

2019년 전문교육과정 인명구조사 1급

제1장 구조개론

제3장 로프구조

제5장 CBRNE 사고대응

제7장 119구조·구급에 관한 법률

제2장 구조현장 안전관리

제4장 도시탐색 구조

제6장 수난구조



Contents | 목차

제1장 구조개론

제1장 구조개론	2
제1절 구조활동 의의	2
제2절 구조활동 일반원칙	6
제3절 구조활동 단계별 행동요령	9

제2장 구조현장 안전관리

제2장 구조현장 안전관리	16
제1절 안전사고 발생이론	16
제2절 안전관리 목표	19
제3절 사고유형별 안전관리	21

제3장 로프구조

제3장 로프구조	34
제1절 로프구조의 이해	34
제2절 로프의 이해	41
제3절 로프구조 장비	67
제4절 로프설치 및 확보	94
제5절 하강 · 등반 · 도하	116



제6절 수평구조(계곡 · 건물 간 구조)	132
제7절 수직구조(끌어 올리기)	164
제8절 수평 · 수직구조	180
제9절 리프트구조	192
제10절 철탑구조	202

제4장

도시탐색 구조

제4장 도시탐색 구조	212
제1절 도시탐색구조(USAR) 개요	212
제2절 용어의 정의	214
제3절 건축물 특성의 이해	216
제4절 건축물 피해와 붕괴유형	225
제5절 요구조사 탐색기법	228
제6절 접근전략 및 기술	252
제7절 구조물 안정화 기법	269
제8절 중량물 인양 및 하중 안정화	292
제9절 붕괴건축물 선별과 붕괴건물 표식체계	298
제10절 도시탐색구조의 안전관리	310



Contents | 목차

제5장

CBRNE 사고대응

제5장 CBRNE 사고대응	322
제1절 CBRNE의 개념 및 특성	322
제2절 국내·외 주요사고 사례분석	354
제3절 CBRNE 사고 대응 장비	367
제4절 현장대응활동 식별과정(Awareness)	448
제5절 초기대응과정(Operations)	467
제6절 전문대응과정(Technician)	491
제7절 현장지휘과정(Incident Command)	525

제6장

수난구조

제6장 수난구조	532
제1절 수상인명구조	532
제2절 잠수물리 및 잠수생리	555
제3절 수중탐색 및 인양	605
제4절 동계 수난구조	653
제5절 급류구조	674
제6절 수중환경	680



제 7 장

119구조 · 구급에 관한 법률

제7장 119구조 · 구급에 관한 법률	700
제1절 총 칙	700
제2절 구조 · 구급 기본계획 등	702
제3절 구조대 및 구급대 등의 편성 · 운영	704
제4절 구조 · 구급활동 등	715
제5절 보 칙	726
제6절 벌 칙	731

Contents | 목차

표 목차

[표 3-1] 철탑 전압에 따른 이격거리	203
[표 5-1] 화생방 용어의 변천과정	322
[표 5-2] 화생방무기의 피해효과	323
[표 5-3] 재래식 무기와 화생방 무기의 살상효과 비교	324
[표 5-4] 산단별 화학물질 유통량	354
[표 5-5] 연도별 주요사고 및 피해규모	355
[표 5-6] 구미 불산 누출사고 자원동원 현황	358
[표 5-7] 구미사고와 독일 하노버 사고의 대응 비교	367



그림 목차

[그림 1-1]	경계구역의 설정	8
[그림 2-1]	사고발생의 모델	16
[그림 3-1]	천연섬유와 합성섬유 로프의 구분	42
[그림 3-2]	마닐라로프	43
[그림 3-3]	초기의 나일론로프	43
[그림 3-4]	16가닥 짚 방식	44
[그림 3-5]	48가닥 짚 방식	44
[그림 3-6]	내심과 외심을 모두 짚 방식(과거의 구조)	44
[그림 3-7]	가장 많이 사용되는 로프의 구조	44
[그림 3-8]	로프의 비교	45
[그림 3-9]	물리적 손상	46
[그림 3-10]	마찰열에 의한 로프손상	46
[그림 3-11]	매듭과 꺾임에 의한 로프의 장력변화	47
[그림 3-12]	로프 상태 검사	47
[그림 3-13]	일반적인 로프의 수명	48
[그림 3-14]	로프 기록부	48
[그림 3-15]	로프세척제와 로프세척술	49
[그림 3-16]	로프세척 과정	49
[그림 3-17]	로프보관용 가방	50
[그림 3-18]	매듭 각 부분의 명칭	52
[그림 3-19]	웁매듭	53
[그림 3-20]	두겹웁매듭	53
[그림 3-21]	8자매듭	53

Contents | 목차

[그림 3-22] 두겹8자매듭	54
[그림 3-23] (되감기)두겹8자매듭	54
[그림 3-24] 이중8자매듭	54
[그림 3-25] 줄사다리매듭	55
[그림 3-26] 고정매듭	55
[그림 3-27] 두겹고정매듭	56
[그림 3-28] 나비매듭	56
[그림 3-29] 의자묶음매듭	57
[그림 3-30] 중간8자매듭	57
[그림 3-31] 바른매듭	58
[그림 3-32] 잘못된 매듭	58
[그림 3-33] 한겹매듭	58
[그림 3-34] 두겹매듭	59
[그림 3-35] 움매듭은 8자연결매듭에 바짝 붙이는 것이 좋다.	59
[그림 3-36] 피셔맨매듭법	60
[그림 3-37] 이중피셔맨매듭	60
[그림 3-38] 말뚝매기	60
[그림 3-39] 말뚝매기의 다른 방법, 로프 끝을 둥글게 겹쳐서 끼운다.	61
[그림 3-40] 절반매듭	61
[그림 3-41] 절반매듭의 응용	61
[그림 3-42] 잡아매기	62
[그림 3-43] 감아매기	62
[그림 3-44] 감아매기(좌)와 클렘하이스트 매듭(우)	62
[그림 3-45] 신체묶기	63
[그림 3-46] 슬링을 이용한 간이 안전벨트	63
[그림 3-47] 원형사리기	64



[그림 3-48] 로프정리 매듭	64
[그림 3-49] 나비형 사리기	65
[그림 3-50] 어깨감기	65
[그림 3-51] 8자형 사리기	66
[그림 3-52] 사슬사리기	66
[그림 3-53] 넣어두기	67
[그림 3-54] 안전벨트	68
[그림 3-55] 카라비너 걸기	69
[그림 3-56] 헬멧	70
[그림 3-57] 데이지 체인	71
[그림 3-58] 여러 가지 종류의 하강기	71
[그림 3-59] 홀도르래	72
[그림 3-60] 쌍 도르래	73
[그림 3-61] 기능성 도르래의 종류들	73
[그림 3-62] 고정도르래	74
[그림 3-63] 움직도르래	75
[그림 3-64] 복합도르래	75
[그림 3-65] 고정도르래와 움직도르래의 구분	76
[그림 3-66] 도르래 운용방법	77
[그림 3-67] 카라비너 올바른 사용법	78
[그림 3-68] 카라비너	79
[그림 3-69] 카라비너 입구의 형태	80
[그림 3-70] 잠금방식의 형태	80
[그림 3-71] 결빙시 강제 개방으로 파손된 개폐구	81
[그림 3-72] 카라비너 사용법	81
[그림 3-73] 송곳형 등강기	82

Contents | 목차

[그림 3-74] 조이는 방식의 등강기(등반자 추락방지 장비)	83
[그림 3-75] 자동확보기	84
[그림 3-76] 확보판	85
[그림 3-77] 웨빙	85
[그림 3-78] 웨빙의 활용도	86
[그림 3-79] 스위벨	86
[그림 3-80] 올바른 스위벨 사용위치	86
[그림 3-81] 킥드로	87
[그림 3-82] 캠의 형태	88
[그림 3-83] 캠 세트	88
[그림 3-84] 캠 설치 방법	89
[그림 3-85] 점핑세트 및 핸드드릴	89
[그림 3-86] 인공볼트	90
[그림 3-87] 인명구조용 들것의 종류	91
[그림 3-88] 로프총	92
[그림 3-89] 빅샷	93
[그림 3-90] 드로우 백	93
[그림 3-91] 로프 절단이나 지지물의 파손으로 인한 안전사고를 방지하기 위해 로프는 2개소 이상에 걸착한다.	94
[그림 3-92] 수목을 이용하여 현수로프를 설치하는 방법	96
[그림 3-93] 창문을 활용한 확보점 만들기 예	96
[그림 3-94] 실내 집기를 이용하는 방법	97
[그림 3-95] 확보물을 매몰시켜 로프를 설치하는 방법	97
[그림 3-96] 기둥과 난간의 활용방법	98
[그림 3-97] 옥상의 설치물을 이용하기	98
[그림 3-98] 펜스를 이용하는 방법	99



[그림 3-99] 지점의 설치 예시	99
[그림 3-100] 로프가방의 활용	100
[그림 3-101] 현수로프의 간접 고정	101
[그림 3-102] 지지물에 직접 고정하기	102
[그림 3-103] 카라비너에 로프 결착하기	102
[그림 3-104] 로프감기 설치방법	103
[그림 3-105] 회수로프 설치방법	103
[그림 3-106] 회수 매듭법	104
[그림 3-107] 수평으로 연장된 로프에 가해지는 장력	104
[그림 3-108] 1·2차 확보물과 확보	105
[그림 3-109] 확보로프	106
[그림 3-110] 안전줄을 이용한 자기확보	106
[그림 3-111] 고소작업시 자기확보	107
[그림 3-112] 어깨확보와 지지물을 이용한 허리확보	108
[그림 3-113] 삼각대 설치 순서	109
[그림 3-114] 배치형태에 따른 하중한계	111
[그림 3-115] 1 : 1 : 1 인공말뚝앵커	111
[그림 3-116] 인공말뚝 · 삼각대 · 당김장치 운용방법	112
[그림 3-117] 균등연결법	113
[그림 3-118] 변형균등확보	114
[그림 3-119] 삼각연결법	114
[그림 3-120] 배치형태에 따른 하중한계	114
[그림 3-121] 충격분산	115
[그림 3-122] 직접하강과 간접하강(타인확보)	116
[그림 3-123] 신체에 직접 결착한 간접하강	117
[그림 3-124] 한줄걸기와 두줄걸기	118



Contents | 목차

[그림 3-125] 한줄걸기와 두줄걸기	119
[그림 3-126] 파배기 방식과 반말뚝 방식	120
[그림 3-127] 올바른 하강자세	120
[그림 3-128] 감지줄과 하강기 사이에 제동줄을 끼워서 정지 및 고정	122
[그림 3-129] 압자일렌 하강	122
[그림 3-130] 풋록 등반	123
[그림 3-131] 맨손오르기	124
[그림 3-132] 장비준비	125
[그림 3-133] 등강기 등반 진행과정	125
[그림 3-134] 등강기의 바른 사용법	126
[그림 3-135] 그리그리를 이용한 등반	127
[그림 3-136] 정지 및 하강	128
[그림 3-137] 감아매기(푸르직) 등반	128
[그림 3-138] 등반에 활용되는 각종 확보장비	129
[그림 3-139] 티롤리언 도하 (직접 건너는 방법)	130
[그림 3-140] 다른 사람의 도움을 받아 이동하는 방법	130
[그림 3-141] 쉼대를 이용한 도하기술	131
[그림 3-142] 구조대원 진입시점과 요구조자 구출시점	134
[그림 3-143] 전달로프 · 전달매듭	134
[그림 3-144] 설명서의 주요 그림 - 매듭연결법	135
[그림 3-145] 설명서의 주요 그림 - 감기법	136
[그림 3-146] 1 · 2차 로프(황단로프)	137
[그림 3-147] 확보물과 보조확보물	137
[그림 3-148] 확보물과 확보로프 설치	138
[그림 3-149] 확보물 안전판단 방법	138
[그림 3-150] 에디	138



[그림 3-151] 그리그리	139
[그림 3-152] 스톱하강기	139
[그림 3-153] 섬	140
[그림 3-154] 8자하강기를 활용한 고정장치 활용방법	140
[그림 3-155] 카라비너 활용한 고정장치	141
[그림 3-156] 기본 티롤리언 브리지의 당김 시스템	142
[그림 3-157] 변형 티롤리언 브리지의 당김시스템	142
[그림 3-158] 직접당김 기본장치 5:1	143
[그림 3-159] 직접당김 응용장치 3:1	143
[그림 3-160] 간접 당김장치 활용법	144
[그림 3-161] 감아매기를 이용한 당김장치	145
[그림 3-162] 감아매기를 이용한 당김장치 2	146
[그림 3-163] 구조대원 진입장치	147
[그림 3-164] 중간고리와 연결점	148
[그림 3-165] 이동장치	149
[그림 3-166] 들것의 기본이동장치	149
[그림 3-167] 등강기의 대응으로 활용 가능한 매듭	150
[그림 3-168] 그리그리를 이용한 조절장치	151
[그림 3-169] 1·2차로프 연결점	151
[그림 3-170] 1·2견인로프 연결점	151
[그림 3-171] 소요장비의 정열	153
[그림 3-172] 로프전달과정	154
[그림 3-173] 확보로프(지지로프)	154
[그림 3-174] 고정장치	155
[그림 3-175] 당김장치	155
[그림 3-176] 당김장치(5:1)	156

Contents | 목차

[그림 3-177] 로프당김 (등강기와 띠고리를 이용한 당김)	156
[그림 3-178] 진입장치 설치	157
[그림 3-179] 1·2견인로프 설치	158
[그림 3-180] 구조대원 진입	158
[그림 3-181] 들것 조절장치	159
[그림 3-182] 들것확보	159
[그림 3-183] 들것 이동	160
[그림 3-184] 조절장치를 이용한 요구조자 구출	160
[그림 3-185] 2견인로프 당김	161
[그림 3-186] 1·2차로프 늘어뜨림	162
[그림 3-187] 상류 쪽을 향한 연결점	163
[그림 3-188] 상류 쪽을 향한 연결점	163
[그림 3-189] 직접 끌어올림	165
[그림 3-190] 간접 끌어올림	165
[그림 3-191] 슬링을 이용한 고정방법	166
[그림 3-192] 주로프와 보조로프	167
[그림 3-193] 간접지지로 고정된 들것	167
[그림 3-194] 간접지지만 삼각줄	168
[그림 3-195] 직접지지(삼각줄과 감아매기줄이 연결됨)	168
[그림 3-196] 매듭조절방법	169
[그림 3-197] 감아매기(푸르직매듭과 클렘하이스트)	169
[그림 3-198] 여러 가지 방법을 응용한 감아매기	170
[그림 3-199] 장비준비	170
[그림 3-200] 골반부 ⇒ 가슴부 ⇒ 다리부 1차 고정	171
[그림 3-201] 교차법에 의한 2차고정	171
[그림 3-202]	172



[그림 3-203] 가로로 설치된 안전확보로프	173
[그림 3-204] 확보로프 설치	174
[그림 3-205] 들것내리기	175
[그림 3-206] 요구조자 고정	177
[그림 3-207] 연결점과 유도로프	177
[그림 3-208] 동반 견인되는 구조대원	178
[그림 3-209] 당기기	178
[그림 3-210] 견인중 들것지지로프 각도조절	179
[그림 3-211] 수직견인과 유도로프 조절	179
[그림 3-212] 등강기 등반에 의한 탈출	180
[그림 3-213] 기본시스템(중간내리기)	181
[그림 3-214] 이동장치와 하강도르래	182
[그림 3-215] 구조대원 진입	184
[그림 3-216] 이동장치 설치	184
[그림 3-217] 구조대원 1차진입	185
[그림 3-218] 요구조자 확인	186
[그림 3-219] 구조대원 추가진입	186
[그림 3-220] 들것내리기	187
[그림 3-221] 2차 안전확보	188
[그림 3-222] 한쪽내리기 I	189
[그림 3-223] 한쪽내리기 II	190
[그림 3-224] 한쪽내리기 III	190
[그림 3-225] 직접내리기	191
[그림 3-226] 수평진입(접근)	193
[그림 3-227] 수직진입	194
[그림 3-228] 안전확보	194

Contents | 목차

[그림 3-229] 이동시 2차 안전확보	196
[그림 3-230] 진입 및 구조장치	197
[그림 3-231] 전달로프 · 전달매듭	197
[그림 3-232] 간접이동	198
[그림 3-233] 직접내리기	199
[그림 3-234] 간접내리기	199
[그림 3-235] 랜야드 시스템	205
[그림 3-236] 전달된 내림장치	209
[그림 3-207] 설치된 내림장치	209
[그림 4-1] 국제 도시탐색구조대응 체제	214
[그림 4-2] 아이티 지진 건물붕괴 현장	214
[그림 4-3] 인장력 발생	219
[그림 4-4] 압축력 발생	220
[그림 4-5] 전단력 발생	220
[그림 4-6] 휨 응력 발생	221
[그림 4-7] 목조 건축물의 붕괴징후	222
[그림 4-8] 조적조 건축물의 붕괴징후	223
[그림 4-9] 철근콘크리트 건축물의 붕괴징후	224
[그림 4-10] 프리캐스트 콘크리트 건축물의 붕괴징후	224
[그림 4-11] 캔틸레버형 붕괴	226
[그림 4-12] 기댄형 붕괴	226
[그림 4-13] 팬케이크형 붕괴	227
[그림 4-14] V형 붕괴	227
[그림 4-15] 방이 많은 건물 탐색	233
[그림 4-16] 넓은 개활지 탐색	234
[그림 4-17] 주변 탐색	234



[그림 4-18] 붕괴구조물 인명탐색활동	235
[그림 4-19] 인명구조견 탐색기법	236
[그림 4-20] Guide IR (MOBIR-M3) 열화상카메라	242
[그림 4-21] Guide IR (MOBIR-M3) 열화상카메라	243
[그림 4-22] 서치탑 시리즈(ST-5C)	244
[그림 4-23] 디지털전자내시경(XL675-IPLEX)	246
[그림 4-24] 디지털 전자내시경의 외형과 본체 주요기능	247
[그림 4-25] LD3-B(Life Detector)	249
[그림 4-26] LD2 장비운용원리	251
[그림 4-27] 수직접근	252
[그림 4-28] 수평접근	253
[그림 4-29] 무차별 천공	261
[그림 4-30] 양각절단	261
[그림 4-31] 사선절단	262
[그림 4-32] 한 뚝 한 뚝 천공	262
[그림 4-33] 계단식 절단	265
[그림 4-34] 물 뿌리기	266
[그림 4-35] 안전장구 착용모습	268
[그림 4-36] 이중갈때기 원리	270
[그림 4-37] 지주의 구성요소	271
[그림 4-38] 창문지주 설치방법	272
[그림 4-39] T자 지주 설치방법	273
[그림 4-40] 갈퀴 지주 설치방법	273
[그림 4-41] 경사에 길이 결정하는 방법	273
[그림 4-42] 엮어 짠 기둥지주 설치방법	274
[그림 4-43] 수평지주 설치방법	275

Contents | 목차

[그림 4-44] 뼈기 절단방법	276
[그림 4-45] 버팀목 절단 방법	277
[그림 4-46] 일반 거싯플레이트(사각) 30×30cm	277
[그림 4-47] 2by6 대각선 버팀대	278
[그림 4-48] 2by6 버팀대	278
[그림 4-49] 삼각 거싯플레이트	278
[그림 4-50] 이중(확장) 거싯플레이트	278
[그림 4-51] 사각 프레임 설치하기	281
[그림 4-52] 샤프트 이용 수평터널 뚫기	282
[그림 4-53] 샤프트 이용 수평터널 뚫기 형태	282
[그림 4-54] 바닥을 따라 터널 뚫기 및 빈공간 진입	283
[그림 4-55] 터널 뚫기 방법에 의한 인명구조	283
[그림 4-56] 사각 및 삼각 프레임 터널 뚫기	284
[그림 4-57] 참호 만들기	285
[그림 4-58] 지지대의 원리	286
[그림 4-59] 지지대의 여러 형태	287
[그림 4-60] 벽면지지	288
[그림 4-61] 문틀지지	289
[그림 4-62] 수평지지	289
[그림 4-63] 특정지점지지	290
[그림 4-64] 수직지지	290
[그림 4-65] 평면 바닥층 경사면지지	291
[그림 4-66] 불규칙 바닥층 경사면 지지	291
[그림 4-67] 지렛대 이용	294
[그림 4-68] 호이스트	294
[그림 4-69] 박스형 크리빙	296



[그림 4-70] 플랫폼형 크리빙	296
[그림 4-71] 중량물 들어올리기와 안정화	297
[그림 4-72] 기점이 되는 곳이 있는 경우	301
[그림 4-73] 기점이 되는 곳이 없는 경우	301
[그림 4-74] 건물외부 위치표식	302
[그림 4-75] 건물내부 위치표식	302
[그림 4-76] 건물내부 층별 구획	303
[그림 4-77] 건물내부 기둥 확인	303
[그림 4-78] 완성된 활동현장 마킹시스템의 예	304
[그림 4-79] 완성된 활동현장 마킹시스템의 해설	306
[그림 4-80] 사상자 표식 해설	307
[그림 4-81] 신속처리 표식 해설	308
[그림 4-82] 작업 활동지역 표시	309
[그림 4-83] 붕괴 및 위험지역 표시	309
[그림 4-84] 긴급신호체계 증별 및 방법	310
[그림 4-85] 사고발생의 4가지 기본원인 모델	311
[그림 4-86] 사고발생의 기본원인으로서의 4M	311
[그림 4-87] 사고발생 방지대책으로서의 4M	312
[그림 5-1] 신경가스 및 수포가스의 피해	326
[그림 5-2] 탄저균감염	329
[그림 5-3] 탄저균의 현미경 사진	330
[그림 5-4] 두창 발진 양상	334
[그림 5-5] 페스트 환자의 임상 양상	337
[그림 5-6] 에볼라 출혈열 환자	338
[그림 5-7] 툴라레미아 균	339
[그림 5-8] 리신 구조	340

Contents | 목차

[그림 5-9] 보틀리누스 균	341
[그림 5-10] 원자 모형	342
[그림 5-11] 알파입자	343
[그림 5-12] 베타입자	344
[그림 5-13] 감마선	344
[그림 5-14] 방사선의 종류별 특성	345
[그림 5-15] 밀봉선원	346
[그림 5-16] 방사선의 투과력	346
[그림 5-17] 전신티폭과 국소피폭	348
[그림 5-18] 선량환산 개념	349
[그림 5-19] 외부 피폭의 방호 3대원칙	350
[그림 5-20] 외부 피폭의 방호(거리)	351
[그림 5-21] 글로브박스	352
[그림 5-22] 선량범위에 따른 방사선 증상 및 영향	353
[그림 5-23] 방사선을 일시에 받았을 때의 장애	353
[그림 5-24] 20년간(1999~2009) 사고발생 장소	355
[그림 5-25] 20년간(1999~2009) 화학물질 사고발생 유형	355
[그림 5-26] 지역별 20년간(1999~2009) 화학물질 사고발생 건수	356
[그림 5-27] 사고발생 상위 8개 유해화학물질	356
[그림 5-28] 보호복 침투현상	368
[그림 5-29] EPA 보호수준별 개인보호장비 및 선택기준	368
[그림 5-30] LEVEL A 화학복	370
[그림 5-31] LEVEL A 단면도	370
[그림 5-32] LEVEL B · C	371
[그림 5-33] LEVEL B · C보호복 단면도	371
[그림 5-34] 덧신	372



[그림 5-35] 테스트 키트	372
[그림 5-36] 부분별 명칭	373
[그림 5-37] 탈착식 장갑 사용법	376
[그림 5-38] 공기 공급장치	376
[그림 5-39] 냉방용 조끼	377
[그림 5-40] DFB-K	377
[그림 5-41] RI-100	378
[그림 5-42] EOD-9	378
[그림 5-43] 양압식 공기호흡기	381
[그림 5-44] 전면형 마스크	382
[그림 5-45] KITAGAWA 펌프, DRAGER 핸드펌프	383
[그림 5-46] 대표적인 검지관	384
[그림 5-47] 암밴드	384
[그림 5-48] 암밴드 사용	384
[그림 5-49] 암밴드 카세트 변화	385
[그림 5-50] Mini MAX-4	386
[그림 5-51] 배터리 및 메모리	386
[그림 5-52] HazMat ID	387
[그림 5-53] 각 부분별 명칭	387
[그림 5-54] 배터리 장착	388
[그림 5-55] 전원 스위치	388
[그림 5-56] 자기진단용 샘플	389
[그림 5-57] 분석 실행	390
[그림 5-58] 센서 투입구와 압력손잡이	390
[그림 5-59] 분석 결과	391
[그림 5-60] VISUAL COMPARE 기능	391

Contents | 목차

[그림 5-61] 데이터 결과와 관련 정보	392
[그림 5-62] 분석 데이터 저장	392
[그림 5-63] 저장된 분석정보 확인	393
[그림 5-64] 시스템 구성과 기능	394
[그림 5-65] 배터리 장착	395
[그림 5-66] 공기정화팩 장착	396
[그림 5-67] 전원 켜기	397
[그림 5-68] 전원 끄기	397
[그림 5-69] 화학분석제독 차량 내 EM-640	398
[그림 5-70] 전원공급기, 분석기, 컴퓨터	398
[그림 5-71] 화면	399
[그림 5-72] 예열 및 유해가스 채집	399
[그림 5-73] 분석 시작	399
[그림 5-74] 샘플 메뉴 선택	400
[그림 5-75] 샘플 삽입 전 단계	400
[그림 5-76] 샘플 삽입 및 분석시작	401
[그림 5-77] 분석 결과	401
[그림 5-78] 분석 종료	401
[그림 5-79] 컴퓨터 종료	402
[그림 5-80] 부분별 명칭	403
[그림 5-81] 배터리	403
[그림 5-82] 훈련용 카트리리지 제거	404
[그림 5-83] 수집용 카트리리지 장착	404
[그림 5-84] LCD 표시	405
[그림 5-85] 스트립 포트	406
[그림 5-86] BTA 스트립	407



[그림 5-87] 스포이드 이용	407
[그림 5-88] BTA 스트립 검사결과	408
[그림 5-89] 다중 탐지 키트	409
[그림 5-90] 백색가루 검사	409
[그림 5-91] 검사 결과	410
[그림 5-92] RDS-110	410
[그림 5-93] GMP-12H	411
[그림 5-94] GMP-12L	412
[그림 5-95] GMP-11	412
[그림 5-96] 배터리 교체	413
[그림 5-97] 작동스위치	413
[그림 5-98] β Probe 와 γ Probe 연결	414
[그림 5-99] 방사능 측정 시 CPS (count per sec)	415
[그림 5-100] 누적된 방사선(누적선량) 확인 (mSv)	415
[그림 5-101] 선량률 측정 (uSv/h)	415
[그림 5-102] 선량률 측정 (mSv/h)	416
[그림 5-103] 전신계측 방법(전면, 후면)	418
[그림 5-104] 6150 AD5	418
[그림 5-105] 선량률 측정	419
[그림 5-106] 선량률 측정	420
[그림 5-107] 선량률 측정	421
[그림 5-108] 개인선량계	421
[그림 5-109] 배터리 교체	422
[그림 5-110] 전원 ON/OFF	423
[그림 5-111] RAD-60S	423
[그림 3-112] 배터리 교체	424

Contents | 목차

[그림 5-113] 모드 표시	424
[그림 5-114] Neutron RAE II	424
[그림 5-115] LCD display	425
[그림 5-116] 송풍기	427
[그림 5-117] 공기주입 과정	428
[그림 5-118] 압축공기 이용	428
[그림 5-119] 응급제독소 내부	429
[그림 5-120] 정밀제독텐트	430
[그림 5-121] 정밀제독텐트 전개	430
[그림 5-122] 정밀제독텐트 팽창	431
[그림 5-123] 급수(폐수)탱크 조립	431
[그림 5-124] 하이드로퍼 펌프	432
[그림 5-125] Hotbox 200	432
[그림 5-126] 각부 명칭	432
[그림 5-127] Hotbox 200	433
[그림 5-128] 호스 연결 계통도	434
[그림 5-129] 호스 연결	434
[그림 5-130] 샤워실 내 개폐밸브	435
[그림 5-131] 프로포셔너	435
[그림 5-132] 유량조절기	436
[그림 5-133] 폐수 펌프	436
[그림 5-134] 정밀제독소	437
[그림 5-135] 환자제독	438
[그림 5-136] 휴대용제독기	438
[그림 5-137] 휴대용제독기 사용방법	439
[그림 5-138] RM21	440



[그림 5-139] 응급제독(인체)	441
[그림 5-140] Di 60	441
[그림 5-141] 장비제독	441
[그림 5-142] 방사능 오염장비 제독	441
[그림 5-143] RM54	442
[그림 5-144] TDE202	442
[그림 5-145] 제독제 적용성	443
[그림 5-146] 화학분석제독차	443
[그림 5-147] 양압설비 및 기타설비	444
[그림 5-148] 지역제독과 인체제독	445
[그림 5-149] 수거기	445
[그림 5-150] 특수격리 보호틀것	446
[그림 5-151] 통제선	446
[그림 5-152] 풍속계	447
[그림 5-153] 비상용 산소호흡기	448
[그림 5-154] 풍하위험의 영향을 주는 요소	449
[그림 5-155] 유해화학물질비상대응핸드북	452
[그림 5-156] ERG 색인별 유해물질 목록	453
[그림 5-157] ERG 색인별 유해물질 구분	454
[그림 5-158] 안전거리	454
[그림 5-159] 유출규모 구분	455
[그림 5-160] ERG 활용	456
[그림 5-161] CARIS 구성	457
[그림 5-162] CARIS 대응지침 정보	458
[그림 5-163] 플래카드	460
[그림 5-164] 위험물 표지	461



Contents | 목차

[그림 5-165] 포장용기	462
[그림 5-166] 화물탱크로리	463
[그림 5-167] 위험물 저장탱크	464
[그림 5-168] NFPA 표시체계	466
[그림 5-169] 위험물질 분류	467
[그림 5-170] 인체의 노출경로	470
[그림 5-171] 스트레스에 의한 파손	472
[그림 5-172] 파손된 용기	473
[그림 5-173] 소리의 속도보다 더 빠르게 진행되는 대폭발	473
[그림 5-174] 확산의 형태	474
[그림 5-175] 보행기능환자 제독소	481
[그림 5-176] 보행불기능환자 제독	482
[그림 5-177] 제독소 구성도	484
[그림 5-178] 방재약품	486
[그림 5-179] 통제선	488
[그림 5-180] 오염구역 설정	489
[그림 5-181] 방어적 전략과 공격적 전략	494
[그림 5-182] 덮기(커버링)	495
[그림 5-183] 댐작업	495
[그림 5-184] 댐작업 유형	496
[그림 5-185] 방지둑 우회작업	497
[그림 5-186] 증기확산	497
[그림 5-187] 증기억제	498
[그림 5-188] 중화	498
[그림 5-189] 오버패킹	500
[그림 5-190] 패칭과 플러깅	500



[그림 5-191] 다양한 형태의 누출차단	502
[그림 5-192] 고압누출방지호스	503
[그림 5-193] 고압누출방지호스를 활용한 누출차단	503
[그림 5-194] 누출방지밴드	504
[그림 5-195] 누출방지(배수)백	504
[그림 5-196] 진공누출배수백	505
[그림 5-197] 누출방지창	505
[그림 5-198] 플랜지 배수백	506
[그림 5-199] 리프팅겸용 누출방지슬리브	506
[그림 5-200] 누출방지슬리브	507
[그림 5-201] 누출방지본드와 누출방지테이프	507
[그림 5-202] 파이프실링백	508
[그림 5-203] 누출물 진공수거기	508
[그림 5-204] 오염물수거 컨테이너	509
[그림 5-205] 누출물 수거용 통	509
[그림 5-206] 누출물 수거용장구류	510
[그림 5-207] 시료채취 장비세트	513
[그림 5-208] 시료채취 장비구성품	513
[그림 5-209] PH측정기	517
[그림 5-210] PH측정기 색상변화	518
[그림 5-211] Hazmat smart strip	518
[그림 5-212] 헤즈멧 스마트 스트립 사용(색의 변화)	519
[그림 5-213] 드래거 CDS킷	519
[그림 5-214] CDS 사용	520
[그림 5-215] kitagawa tube	521
[그림 5-216] Hazmat ID	521

Contents | 목차

[그림 5-217] HGVI	522
[그림 5-218] BT-650	522
[그림 5-219] 복합가스측정기	523
[그림 5-220] 방사능 측정기	524
[그림 5-221] 통제구역 설정	525
[그림 5-222] 위험구역 설정	526
[그림 5-223] 유해화학물질 대응조직도	526
[그림 6-1] 뺨어 돕기	536
[그림 6-2] 내밀어(가져다) 주기	536
[그림 6-3] 던져주기	537
[그림 6-4] 막기	539
[그림 6-5] 빗겨 나기	539
[그림 6-6] 풀기	540
[그림 6-7] 손목 풀기	541
[그림 6-8] 의식이 있는 요구조자 구조	541
[그림 6-9] 물속에서 요구조자 뒤로 접근하기	542
[그림 6-10] 의식없는 요구조자 구조	543
[그림 6-11] 접근	545
[그림 6-12] 의식이 있는 요구조자 뺨어 돕기(전방접근)	546
[그림 6-13] 의식이 있는 요구조자 뒤에서 접근(후방접근)	547
[그림 6-14] 의식이 없는 요구조자 뒤에서 구조	547
[그림 6-15] 수면에 엮어져 있는 요구조자 손목풀기	548
[그림 6-16] 구조보드 접근하기	550
[그림 6-17] 구조보드를 이용한 구조	551
[그림 6-18] 수난사고시 당황과 공포가 미치는 영향	553
[그림 6-19] 척추 손상이 의심되는 환자의 구조	554



[그림 6-20] 물질의 세가지 상태	556
[그림 6-21] 공기의 구성	557
[그림 6-22] 압력	558
[그림 6-23] 압력의 종류	559
[그림 6-24] 물의 밀도(압력)	560
[그림 6-25] 압력에 따른 기체의 변화	561
[그림 6-26] 압력 공식	562
[그림 6-27] 부피의 변화	565
[그림 6-28] 달톤의 부분압	568
[그림 6-29] 헨리의 법칙과 감압병	569
[그림 6-30] 분자운동	570
[그림 6-31] 부력의 형태	571
[그림 6-32] 수중에서 작용하는 여러 가지 힘	572
[그림 6-33] 빛의 굴절	573
[그림 6-34] 빛의 반사와 흡수	574
[그림 6-35] 물속에서의 소리전달	575
[그림 6-36] 열	575
[그림 6-37] 호흡과정	579
[그림 6-38] 귀 압착	586
[그림 6-39] 압착 부위	587
[그림 6-40] 치아압착	589
[그림 6-41] 수경 압착과 이퀄라이징	590
[그림 6-42] 감압병	593
[그림 6-43] 공기색전증	594
[그림 6-44] 종격기종과 피부밀기종	596
[그림 6-45] 기흉	597

Contents | 목차

[그림 6-46] 공기충전 과정에서 일산화탄소 발생	600
[그림 6-47] 질소마취	602
[그림 6-48] 숨참기와 초과호흡	603
[그림 6-49] 목격자의 위치와 자세에서 사고지점을 판단	605
[그림 6-50] 삼각측량법	606
[그림 6-51] 장시간 지나 익수자가 수면위로 떠오른 상태	611
[그림 6-52] 물살에 의해 익수자의 손상되기 쉬운 부분	618
[그림 6-53] 사체를 인계하는 모습	619
[그림 6-54] 유속의 따른 신체 이동	621
[그림 6-55] 수중탐색에 필요한 장비	623
[그림 6-56] 중시선과 방위선을 이용한 위치 결정법	627
[그림 6-57] 보트에서 위치 다시 찾는 법	627
[그림 6-58] 원형탐색	630
[그림 6-59] 반원탐색	631
[그림 6-60] ‘ㄹ’ 자형 탐색	632
[그림 6-61] 직선탐색	633
[그림 6-62] 잭스테이(Jackstay) 탐색	634
[그림 6-63] 보트에인 탐색	635
[그림 6-64] 수중 통신장비	636
[그림 6-65] 위기 관련 수신호	639
[그림 6-66] 방향 및 숫자 수신호	640
[그림 6-67] 작업 관련 수신호	641
[그림 6-68] 인양에 필요한 장비	642
[그림 6-69] 인양에 적합한 매듭	643
[그림 6-70] 부력 계산	644
[그림 6-71] 인양 주머니의 형태	646



[그림 6-72] 조수간만의 차 이용하기	647
[그림 6-73] 너울 이용하기	647
[그림 6-74] 무감압 잠수표	650
[그림 6-75] 요구조자에게 접근하는 장면	656
[그림 6-76] 들것에 결착된 요구조자를 물으로 구조하는 장면	656
[그림 6-77] 요구조자에게 접근하는 장면	657
[그림 6-78] 개방된 부분을 요구조자 머리 쪽에 댄다.	657
[그림 6-79] 요구조자를 보트위로 끌어 올린다.	657
[그림 6-80] 보트를 물에서 끌어당긴다.	657
[그림 6-81] 요구조자를 인양하는 장면	658
[그림 6-82] 얼음위에 인양한 장면	658
[그림 6-83] 요구조자를 선미에 결착하는 장면	659
[그림 6-43] 얼음 위를 끌고 나오는 장면	659
[그림 6-85] 요구조자에게 접근하여 부력장비를 던지는 장면	659
[그림 6-86] 요구조자에게 접근하는 장면	660
[그림 6-87] 썰매 앞부분을 요구조자 쪽에 댄 장면	660
[그림 6-88] 요구조자를 썰매 위로 끌어 올리는 장면	660
[그림 6-89] 확보로프를 물으로 당겨 구조를 실시하는 장면	660
[그림 6-90] 물로부터 진입하는 장면	661
[그림 6-91] 요구조자에게 보드 전달 장면	661
[그림 6-92] 요구조자 결착 후 확보로프를 물으로 당기라는 신호 장면	661
[그림 6-93] 요구조자를 물으로 끌어 당겨 구조하는 장면	661
[그림 6-94] 요구조자에게 접근하는 장면	662
[그림 6-95] 요구조자를 구조판 위로 끌어올린 장면	662
[그림 6-96] 빙상에서의 헬기구조 장면	662
[그림 6-97] 얼음 밑 잠수 작업구역 예시	667

Contents | 목차

[그림 6-98] 보트의 노 또는 봉 등을 활용	675
[그림 6-99] V자 대형 및 일직선(중) 대형	676
[그림 6-100] 급류에서 차량구조	676
[그림 6-101] 드로우 백	677
[그림 6-102] 드로우 백 구조	678
[그림 6-103] 보트 기본 확보(2:1)	679
[그림 6-104] 파도의 모양	681
[그림 6-105] 파도의 특성	682
[그림 6-106] 쇄파	683
[그림 6-107] 태양, 달, 지구가 일직선상에 위치하면 대조(사리)가 된다.	686
[그림 6-108] 태양, 달, 지구가 직각을 이루면 소조(조금)가 된다.	686
[그림 6-109] 지구가 자전하면서 만조와 간조가 반복되는 과정	688
[그림 6-110] 연안류	689
[그림 6-111] 역류 (Rip currents)	690
[그림 6-112] 해류가 있는 곳에서의 잠수	693
[그림 6-113] 수온약층	694



제1장 구조개론

제1절 구조활동 의의

제2절 구조활동 일반원칙

제3절 구조활동 단계별 행동요령

구조개론

구조개론

- 학습 목표**
- 01 조활동 정의, 소방구조업무의 연혁 및 관계 법규를 이해한다.
 - 02 구조대장(대원)의 구조활동 일반원칙 및 활동수칙을 이해한다.
 - 03 구조활동 단계별 행동요령 및 조치사항을 이해한다.

제1절 구조활동 의의

1. 정의

구조란 『화재, 재난·재해 및 테러, 그 밖의 위급한 상황(이하 “위급상황”이라 한다)에서 외부의 도움을 필요로 하는 사람(이하 “요구조자”라 한다)의 생명, 신체 및 재산을 보호하기 위하여 수행하는 모든 활동』으로 정의할 수 있다. 특히 인명구조란 『급박한 신체적 위험상황 또는 위급한 상황에서 스스로의 힘으로 벗어날 수 없는 사람을 지식·기술·체력 및 각종 장비를 활용하여 생명·신체를 보호하고 안전한 장소로 구출하는 일체의 활동』으로 정의하고 있다.

소방기관의 구조활동은 ‘소방기본법’ 『제1조(목적)에 화재, 재난·재해, 그 밖의 위급한 상황에서 구조·구급 활동 등을 통하여 국민의 생명·신체 및 재산을 보호 한다』는 규정과 ‘119구조·구급에 관한 법률’ 『제1조(목적)에 화재, 재난·재해 및 테러, 그 밖의 위급한 상황에서 국민의 생명·신체 및 재산을 보호 한다』는 규정 및 같은 법 『제8조(119구조대의 편성과 운영)에 소방청장·소방본부장 또는 소방서장(이하 “소방청장 등”이라 한다)은 위급상황에서 요구조자의 생명 등을 신속하고 안전하게 구조하는 업무를 수행하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 119구조대를 편성하여 운영하여야 한다』는 규정에 근거를 두고 있으며 이러한 소방구조행정은 소방기관에 의해 수행되는 비권력적이면서 직접적인 서비스 행정이라 할 수 있다.

2. 소방구조업무의 연혁

우리나라 소방서에서 인명구조활동을 업무로 하게 된 것은 1958년 3월 11일 법률 제 485호로 소방법이 제정되면서부터이다. 당시 화재와 함께 풍·수해, 설해에 의한 인명구조 업무가 소방업무에 포함되었으나 1967년 4월 14일 법률 제1955호로 소방법을 개정함에 따라 화재만을 담당하게 되었다.

그러나 경제성장과 더불어 삶의 질이 향상되면서 안전에 대한 국민의 관심도 크게 높아졌으며, 복잡한 사회구조만큼이나 각종사고가 빈발하고 그 유형도 다양해 높은 수준의 전문성을 갖추고 고도로 훈련된 구조대원이 필요하게 되었다. 특히 1988년 제24회 서울올림픽 대회를 완벽히 개최하기 위하여 우발사태, 교통사고, 테러 등에 의한 화재 등 각종 사고가 발생했을 때 인명구조를 전담할 수 있는 고도로 전문화된 구조기술과 장비를 갖춘 구조대의 설치가 절실히 요구되었다.

이러한 시대적 추세에 따라 1987년 이전에는 각 소방서 단위로 신체 건강하고 희생정신이 강한 직원을 선발하여 인명구조특공대를 운영해 오다가 1987년 9월 4일 『119특별구조대설치운영계획』을 수립하고 1988년 8월 1일 올림픽이 개최되는 7개 도시에 119특별구조대 9개대(서울3, 부산·대구·인천·광주·대전·수원)를 설치하여 구조대원 114명과 구조공작차 9대로 화재 및 각종 사고시의 인명구조 활동을 수행하게 되었다.

이때의 구조대원은 소방관으로서 군 특수훈련 이수자와 특수부대 출신자를 중심으로 선발하여 내무부 및 서울소방학교에서 6주간의 인명구조교육을 이수시킴으로서 인명구조 전문요원으로 양성하였고, 1989년도에 소방법을 개정('89. 12.30. 법률 제4155호)하여 소방업무에 구조활동을 명문화 하였다.

이후 청주 우암아파트상가 붕괴사고('93.1.7.), 아시아나 항공기 추락사고('93.7.26.), 성수대교 붕괴사고('94.10.21.), 충주호 유람선 화재사고('94.10.24.), 삼풍백화점 붕괴사고('95.6.29.) 등 각종 대형재난·사고가 빈발함에 따라 구조기능의 보강이 추진되어 각종 재난현장에서 긴급구조구난 활동능력을 보강하기 위하여 행정자치부('08.2.29. 행정안전부, '13.3월 안전행정부로 변경)와 시·도 및 소방서에 구조구급과를 설치하였다. 또한 행정자치부 장관 직속의 중앙119구조대('11.1.28. 중앙119구조단, '13.9.7 중앙119구조본부로 승격)를 설치하고 각 시·도에는 수난구조대, 산악구조대, 화학구조대, 등을 설치하여 지역적 특성에 맞는 구조활동을 전개할 수 있는 체계를 구축하였다. 특히 2011년 9월 9일부터 '119구조·구급에 관한 법률'의 시행으로 구조업무를 효과적으로 수행하기 위한 체계의 구축 등 구조활동에 필요한 기반을 마련하였으며, 2017.7월, 정부조직법 개정에 따라 소방청이 창설되었다. 현재 전국에는 270개대 4,117명의 구조대원이 국민의 생명을 보호하기 위해 최선의 노력을 다하고 있다.

3. 관계법규

가. 구조대의 편성·운영

구조개론

119구조대의 편성과 운영에 대하여는 ‘119구조·구급에 관한 법령’에서 정하고 있다. 소방청장 등은 위급상황에서 요구조자의 생명 등을 신속하고 안전하게 구조하기 위하여 119구조대를 편성하여 운영하여야 하고, 소방청장은 국외에서 대형재난 등이 발생한 경우 구조활동을 위하여 국제구조대를 편성하여 운영할 수 있다. 또한 소방청장 또는 소방본부장은 초고층 건축물 등에서 요구조자의 생명을 안전하게 구조하기 위하여 항공구조구급대를 편성하여 운영한다.

1) 일반구조대

시·도의 규칙으로 정하는 바에 따라 소방서마다 1개 대(隊) 이상 설치하되, 소방서가 없는 시·군·구의 경우에는 해당 시·군·구 지역의 중심지에 있는 119안전센터에 설치할 수 있다.

2) 특수구조대

소방대상물, 지역 특성, 재난발생 유형 및 빈도 등을 고려하여 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따라 지역을 관할하는 소방서에 설치한다. 다만, 고속국도구조대는 직할구조대에 설치할 수 있다.

- 화학구조대 : 화학공장이 밀집한 지역
- 수난구조대 : ‘내수면어업법’ 제2조제1호에 따른 내수면 지역
- 산악구조대 : ‘자연공원법’ 제2조제1호에 따른 자연공원 등 산악지역
- 고속국도구조대 : ‘도로법’ 제10조제1호 따른 고속국도
- 지하철구조대 : ‘도시철도법’ 제2조제3호가목에 따른 도시철도의 역사(驛舍) 및 역 시설

3) 직할구조대

대형·특수 재난사고의 구조, 현장 지휘 및 지원 등을 위하여 소방청 또는 시·도 소방본부에 설치하되, 시·도 소방본부에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.



4) 테러대응구조대

테러 및 특수재난에 전문적으로 대응하기 위하여 소방청과 시·도 소방본부에 각각 설치하며, 시·도 소방본부에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.

5) 국제구조대

소방청장은 국외에서 대형재난 등이 발생한 경우 재외국민의 보호 또는 재난발생국의 국민에 대한 인도주의적 구조 활동을 위하여 국제구조대를 편성하여 운영할 수 있다. 현재 소방청에 설치하는 직할구조대인 중앙119구조본부에서 업무를 담당하고 있다.

6) 항공구조구급대

소방청장 또는 소방본부장은 초고층 건축물 등에서 요구조자의 생명을 안전하게 구조하거나 도서·벽지에서 발생한 응급환자를 의료기관에 긴급히 이송하기 위하여 항공구조구급대를 편성하여 운영한다.

나. 구조대원의 자격 기준

1) 구조대원의 임명

구조대원은 소방공무원으로서 다음 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 소방청장·소방본부장 또는 소방서장이 임명한다. 다만 항공구조구급대원은 구조대원의 자격 기준 또는 구급대원의 자격기준을 갖추고, 소방청장이 실시하는 항공 구조·구급과 관련된 교육을 마친 사람으로 한다.

- 소방청장이 실시하는 인명구조사 교육을 받았거나 인명구조사 시험에 합격한 사람
- 국가·지방자치단체 및 ‘공공기관의 운영에 관한 법률’ 제4조에 따른 공공기관의 구조관련 분야에서 근무한 경력이 2년 이상인 사람
- ‘응급의료에 관한 법률’ 제36조에 따른 응급구조사 자격을 가진 사람으로서 소방청장이 실시하는 구조업무에 관한 교육을 받은 사람

제2절 구조활동 일반원칙

1. 구조대원의 임무

구조개론

구조대원은 재해 또는 각종 사고로 생명·신체에 위협을 느끼는 사람을 안전하고 신속하게 구출하여야 하는 임무를 가지고 있다. 이를 위해 평소에 끊임없이 훈련하고 각종 재해사례 등의 연구를 통하여 체력·기력의 강화와 지식·기술향상에 노력하여야 한다.

가. 구조대장(현장지휘관)의 임무

1) 신속한 상황판단

현장 지휘관은 종합적으로 정보를 받아들여 대원과 요구조자의 안전을 확보할 수 있도록 정확하고 빠른 판단을 내려야 하며 취하여야 할 조치를 전 대원에게 명확히 알려 구조활동에 차질이 없도록 하여야 한다.

구조활동을 진행할 때는 사고의 형태 및 현장 여건과 구조활동 능력 등을 종합적으로 고려하여 요구조자는 물론 대원과 관계자 등의 2차 재해방지에 만전을 기한다.

2) 대원의 안전확보

현장 지휘관의 최우선 임무는 구조활동에 임하는 대원의 안전을 확보하는 것이다. 그러므로 절대로 대원이 불필요한 위험을 감수하게 되는 구조방법을 선택하여서는 안 된다.

구조대장은 어디가 안전하고 구조작전을 펼치기에 적합한지를 판단하고 요구조자의 안전한 구출과 재산상의 손실을 최소화하는 구조방법을 결정하여야 한다. 따라서 구조대장은 사고현장에서 구조대원과 요구조자에게 위험을 미칠 수 있는 모든 요소들과 2차적 위험요인을 파악하여 사전에 제거하는 등 안전조치를 강구하고 구출할 수 있도록 해야 한다.

3) 구조작업의 지휘

구조대장은 특별한 경우가 아니면 직접 구조작업에 뛰어 들지 말고 구조대 전체를 감독하여야 한다.

구조활동 현장에 복수의 부대가 출동하고 관할 소방서에서 아직 도착하지 않은 경우에는 선착 구조대의 대장이 구조활동을 지휘한다. 이것은 먼저 도착한 구조대가 현장의 상황을 가장 정확히 파악하고 있기 때문이다. 이후 현장을 관할하는 소방서 또는 소방본부의 구조대가 도착하면 관할 소방본부 또는 소방서장이 지휘한다.



4) 유관기관과의 협조 유지

사고현장의 관계자 및 관계기관과 연락을 긴밀히 하여 사고 실태를 정확히 파악하고 대원을 지휘함으로써 효율적인 구조활동이 되도록 하는 것도 구조대장의 임무이다.

나. 대원의 임무

구조대원은 평소에 체력과 기술을 단련하고 모든 장비가 제 성능을 발휘할 수 있도록 점검·정비를 하여야 한다. 현장활동에 임할 때에는 자의적인 행동을 하지 않고 지휘 명령을 지켜 각자에게 부여된 임무를 수행한다. 사고 현장에서의 자의적인 행동은 해당 대원 자신과 활동하는 모든 대원, 심지어 요구조자까지도 위험에 빠트릴 수 있다.

구조활동 중에는 현장의 위험요인 및 상황변화에 주목하고 인지된 정보를 구조작업의 진전 상황과 함께 시기적절하게 구조대장에게 보고하고 구조활동 중에는 대원 자신의 안전은 물론 다른 대원의 안전에도 주의한다.

2. 활동수칙

가. 경계구역의 설정과 활동공간의 확보

사고현장의 적절한 통제는 혼란을 줄이고 불필요한 인원을 줄여 안전관리에 크게 도움을 준다. 따라서 사고현장에서 구조활동에 임하는 대원이 경계구역을 설정하고 안전선(Fire line)이나 로프 등 즉시 이용할 수 있는 물품을 이용하여 일반인의 출입을 차단하는 지역임을 표시한다. 경계구역을 설정할 때에는 인원뿐만 아니라 각종 장비 활용에 장애가 되지 않도록 기자재 운반 및 차량 정지 위치 등에 주의하여 유효한 활동공간을 확보하여야 한다. 사고현장에 위험물, 전기, 가스 등 복합적인 위험요인이 혼재하는 경우에는 위험이 큰 요인부터 순차적으로 제거하면서 구조활동을 전개한다.

특히 유독가스가 누출되었거나 폭발 또는 건축물 붕괴 등 대량피해의 위험성이 있다고 판단되는 경우에는 인근 주민을 대피시키는 등 안전조치에 만전을 기해야 하며 필요에 따라 경찰 등 유관기관과 협조하여 경계요원을 배치하고 주변의 교통을 통제하거나 통행을 차단한다.

구조개론



나. 장비의 현장조달과 관계자의 활용

구조활동에 필요한 장비는 대부분 소방관서에서 확보하고 있지만 대형사고가 발생한 경우 장비가 부족할 수도 있고 특이한 사고의 경우 적합한 장비를 확보하지 못했을 수도 있다.

따라서 현장 또는 현장부근에 활용할 수 있는 장비가 있는 경우 그 장비를 단독으로 또는 조작요원과 함께 조달하여 활용하는 방안을 고려한다. 다만 그러한 경우에는 사전에 관계자와 비용 보상의 방법 등에 대하여 협의를 해두어야 한다.

특히 방사성 물질이나 독극물의 누출, 기타 특이한 사고가 발생하여 구조활동에 임하는 경우 독단적인 판단으로 활동하지 말고 현장 관계자 및 관련 전문가, 유경험자 등의 지식과 기술을 적극적으로 활용한다.

이와 같이 현장에서 타 기관이나 관련 전문가들과 함께 활동을 할 경우에는 명령지휘체계의 수립과 각각의 임무분담, 통신수단의 확보 등에 각별히 유의해야 한다.

다. 사생활 및 개인정보 보호

구조활동 시에는 요구조자와 그 가족 등을 고려하여 필요에 따라 현장 주변에 있는 관계자 또는 군중의 접근을 차단하거나 주위의 시선으로부터 보호할 수 있는 조치를 강구하여 요구조자의 사생활 및 개인정보를 보호한다. 또한 무선통신은 보안에 취약하므로 요구조자의 자세한 신상을 송신하지 않도록 한다.

특히 요구조자가 유명인사이거나 사회적인 영향이 예측되는 경우에는 상급 지휘관에게 보고하고 지시를 따르도록 한다.



제3절 구조활동 단계별 행동요령

1. 사전대비

구조활동은 항상 만반의 준비를 갖추고 대비해야 한다. 따라서 구조대원은 항상 체력을 단련하고 전문 구조기술 훈련과 재해사례에 대한 연구 등을 통하여 구조기법의 향상을 도모하여 유사시에 대비하여야 한다.

- 과거의 사례, 예상되는 사고내용, 타 지역에서 발생한 사례 등을 검토하고 지역 특성에 맞는 대응책을 강구한다.
- 효과적인 훈련을 실시하고 어떠한 상황 하에도 방심하지 않도록 노력한다.
- 구조활동은 부대에 의한 조직활동으로서 구조대원 상호간 신뢰를 바탕으로 행동하는 것이다. 따라서 모든 대원은 상호 신뢰관계의 토대 위에서 원만한 인간관계를 유지한다.
- 체력, 기술을 연마하고 사기진작에 노력한다.
- 장비는 항상 확실하게 점검, 정비하여 둔다.
- 관할 출동구역내의 도로상황, 지형, 구획의 구성 등을 사전에 조사 파악하여 재난·사고 발생이 예상되는 경우 미리 필요한 대책을 강구하여 둔다.

2. 출동시의 조치사항

가. 출동지령을 통하여 확인할 사항

- 사고발생 장소
- 사고의 종류 및 개요
- 도로상황과 건물상황
- 요구조자의 수와 상태
- 사고의 확대 등 위험요인과 구조활동 장애요인 여부

1

나. 현장의 환경 판단과 출동 전에 조치할 사항

- 사고정보를 통하여 구출방법을 검토한다.
- 사용할 장비를 선정하고 필요한 장비가 있으면 추가로 적재한다.
- 출동경로(최단시간)와 현장 진입로를 결정한다.
- 필요시 진입로 확보를 위한 조치를 요청한다.
(유관기관의 교통·인파 통제 및 특수장비의 지원요청 등)

구조개론

다. 무선 정보를 통해 확인할 사항

- 사고발생 장소와 무선정보 등에 의한 출동지령 장소에 변경 여부를 확인한다.
- 추가정보에 의해 파악된 사고개요 및 규모 등이 초기에 판단하였던 구출방법 및 입
무분담 등 결정에 부합되는지를 재확인한다.
- 선착대의 행동내용 등을 파악하여 자기대의 임무와 활동요령을 검토한다.
- 관계기관 등에 대한 연락 여부와 이에 따른 조치 상황을 확인한다.

라. 정보의 재검토 및 대응

출동지령 이후 장소의 변경이 있는 경우 또는 사고의 영향에 의한 교통폭주 등이 있
는 경우에는 출동경로, 진입로 등을 재검토하여 조기에 현장에 도착하도록 노력한다.

- 출동 시 결정한 판단의 변경 또는 수정을 요하는 정보를 입수한 경우 즉시 전 대원
에게 상황을 전파하도록 하고 이에 따라 필요한 조치를 취한다.
- 청취한 정보에서 관계기관 또는 의료진 등이 대응하고 있는 경우에는 해당 부서와
의 연계 활동요령에 대하여 미리 대원에게 주지시킨다.
- 도로나 교통사정 등으로 현장에 신속히 도착하기 곤란할 것으로 예상되면 유·무선
통신망을 활용하여 상부에 보고하고 우회도로를 선택할 수 있도록 상황을 전파한다.
- 선착대로부터 취득하는 정보는 가장 신뢰할 수 있는 최신 정보이므로 사고 개요, 규
모 등을 확실히 청취하고 자기임무 등을 확인한 후 대원에게 필요한 임무를 부여한
다. 또한 상황에 따라 자기대의 현장도착 예정시간 및 사용 가능한 기자재 보유상황
등 정보를 선착대에 제공한다.



3. 현장도착시의 조치사항

지휘자는 현장에 도착하면 사고 상황과 인명구조에 필요한 활동여건을 신속히 파악하여 구출방법을 결정하고 필요한 지시를 내린다.

가. 차량부서 선정

- 사고가 발생한 장소가 도로 또는 도로변인 경우 적색회전등 또는 비상정지등 기타 등화를 활용하여 주행하고 있는 일반차량의 사고를 방지한다.
- 현장상황에 눈을 떼지 않고 안전운전에 주의하여 부서한다.
- 부서 위치는 2차사고의 영향을 받지 않는 장소로 한다. 특히 교통사고의 경우 후속 차량이 연쇄추돌할 위험이 있으므로 현장에 출동한 구조차량은 사고 차량 후미 사선으로 위치토록 차량을 배치하여 작업 중인 대원의 안전을 확보한다.
- 구조활동을 안전하고 원활하게 실시할 수 있는 작업공간을 확보한다.
- 구급대를 비롯하여 나중에 도착하는 특수차의 부서 위치를 고려한다.

나. 현장 홍보활동 실시

- 차량에 설치된 방송설비 등을 활용하여 구조대가 도착한 취지를 알려 사고 당사자와 인근주민이 안심할 수 있도록 조치한다.
- 사고와 관련된 관계자를 호출한다.
- 일반인과 관계자에게 위험이 있다고 예측된 때는 안전한 장소로 대피시킨다.
- 경계구역으로 설정된 범위 내에는 관계자 이외의 출입을 통제한다.

다. 장비관리

- 현장에 휴대하는 장비의 종류 및 수량을 정확히 파악하고 통제한다.
- 출동 대원 전원이 차량으로부터 이탈하는 경우 지령실로 상황을 보고하고 차량 및 기자재의 보안에 필요한 조치를 취한다.

4. 현장활동 시 조치사항

가. 현장의 상황확인

구조개론

아무리 경미한 사고라도 사고현장과 주변부를 철저히 검색하고 필요한 정보를 파악하여야 한다. 경미한 사고로 판단하고 인명검색을 소홀히 하여 사고처리가 끝나거나 심지어 소방대가 철수한 후에야 사상자가 발견되는 상황은 절대 용납될 수 없다.

나. 사고장소의 확인

- 발생장소 소재지, 건물의 규모, 사고가 발생한 위치
- 사고의 규모, 현장에 잠재된 위험성과 진입상의 장애유무
- 현장 진입수단과 경로의 확인

다. 요구조자

- 요구조자의 유무와 수
- 요구조자의 위치, 부상부위, 상태 등
- 요구조자에게 가해지는 장애요인 (형상, 재질, 구조, 중량 등)

라. 활동 중 장애와 2차 재해 위험

- 감전, 유독가스, 낙하물, 붕괴, 전락 등 눈에 보이는 위험성
- 현장에 잠재된 2차 재해요인의 파악

마. 기타 사항

- 요구조자 확인 및 구출에 필요한 기자재의 추가여부 확인 및 점검
- 관계기관의 대응상황(내용, 인원수, 시간) 파악



5. 활동결과 보고 및 검토

재난 현장은 사고의 성격에 따라 시간이 경과하면서 유기적으로 변화하는 경우가 있다. 변화하는 현장상황에 따라 정해진 통신요령을 통해 신속히 상급지휘관에게 상황을 보고하고 필요한 지시를 받아야 한다.

가. 도착 시 보고 (현장보고)

구조대가 현장에 도착한 즉시 육안으로 관찰하고 관계자로부터 청취된 사항을 보고 하며 가능한 범위에서 다음 내용을 부가한다. 보고내용의 신속한 전파가 가능하도록 무선선을 활용한다.

- 사고발생 장소
- 사고개요
- 요구조자의 상태와 숫자
- 확인된 부상자 수와 그 정도
- 주위의 위험상태
- 응원대의 필요성
- 기타 구조활동 상 필요한 사항

나. 현장보고 (상황 또는 활동보고)

1) 보고내용

사고의 실태가 대략 판명된 시점 또는 현장상황과 활동내용이 변화된 경우 보고 하며 다음과 같은 사항을 부가하도록 한다.

- 사고발생 장소(도착 시 보고에 변경이 있는 때)
- 사고발생의 원인과 사고형태 및 현장 상황
- 요구조자의 상태와 그 주요내용(무선 통신은 보안성이 취약하므로 자세한 인적 사항은 개인정보 보호를 위하여 무선으로 통신하지 않도록 주의한다.)
- 구조대 및 기타 관련부서별 대응상황과 구조활동의 수행여부 확인. 수색·구조 작업이 완료된 곳과 진행 중인 곳, 수색·구조 작업이 불가능한 곳이 있으면 그 사유 등

- 교통상황과 일반상황, 관계기관의 대응 및 주위상황
- 기타 필요한 사항

2) 보고 시의 주의사항

보고를 할 때에는 보이는 그대로의 상황과 확인된 내용을 보고하며 추가적인 정보가 있는 경우에는 해당내용을 부가한다.

- 개인의 프라이버시에 관한 내용이나 사회적인 파장이 예측되는 내용이 있을 때는 상급 지휘관에게 보고하고 지시를 따른다.
- 보고는 간결, 명료하게 하고 전문적인 용어에는 설명을 붙인다.
- 무선에 의한 보고 시 혼선을 방지하기 위하여 통신담당자를 지정하고 보고내용의 우선순위를 정하여 보고한다.

구조개론



제2장

구조현장 안전관리

제1절 안전사고 발생이론

제2절 안전관리 목표

제3절 사고유형별 안전관리

2

구조현장 안전관리

구조현장
안전관리

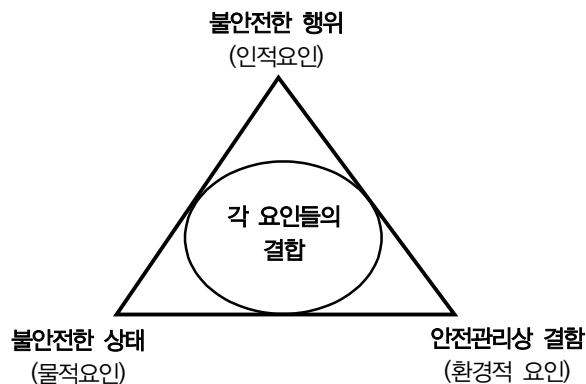
- 학습 목표**
- 01 안전사고 위험요인 분석 및 위험요인 회피능력을 배양한다.
 - 02 소방 안전관리 목표 및 특성을 이해한다.
 - 03 사고유형별 안전관리 준수사항을 이해한다.

제1절 안전사고 발생이론

사고의 일반적 양상은 물건의 충돌 또는 접촉에 의하여 발생하는 것이고, 그 요인은 인적, 물적, 환경적 요인 또는 이들 상호간의 불안정한 행위·상태에 의해 일어나는 것이다. 이와 같이 볼 때 이론적으로는 이들 위험요인을 사전에 제거하면 사고는 일어나지 않을 것이다.

1. 사고발생의 기본적 모델

[그림 2-1] 사고발생의 모델





2. 위험요인 분석

가. 인적요인 (불안전한 행위)

안전한 상태를 불안정한 상태로 변하게 하는 사람의 행동이나 행위가 사고발생 요인이 된다.

구분	위험요인
모 른 다	○ 안전행위에 대한 지식부족 - 교육 불충분, 이해 및 기억 불충분, 망각
할 수 없다	○ 능력부족으로 완전하게 실행할 수 없다. - 기능미숙, 작업량 과다, 어려움 ○ 능력은 있지만 완전하게 발휘할 수는 없다. - 심신 부조화, 환경의 불량, 조건의 부적합
하지 않는다	○ 안전행위에 대하여 지식은 있지만 실행하지 않는다. - 상황파악의 오류, 무의식, 고의 ○ 규율준수에 잘못이 있다. - 무의식(의식저하), 고의, 수줍음

나. 물적요인 (불안전한 상태)

건물이나 시설, 설비 등의 미비, 결함이 있는 경우에 사고발생 위험이 높다.

구분	위험요인
장소	○ 상태의 불량 - 강도부족, 강도저하(노화, 부식, 손괴, 소손)
시설	○ 기능의 불량 - 기능저하, 고장
설비	○ 구조의 불비 - 조작, 취급불량
기자재	○ 흠결 등 - 설계불량, 재질불량
장비	
피복	

다. 환경적 요인

기후, 현장부근의 입지조건 등 환경이 불안정한 경우 사고 위험이 증가한다.

구분	위험요인
자연환경 등	○ 기후, 기상 등의 불량 - 비, 바람, 서리, 냉해, 연기, 유해가스 등
훈련(작업) 환경	○ 정리·정돈의 불량 - 불용품의 방치, 정리·정돈 불량, 흠결 ○ 형상배치 불량 - 협소, 지형, 요철, 불비, 난잡 ○ 설비의 불량. - 소음, 조명, 환기, 경보 등

3. 위험요인 회피능력 배양

위험요인을 피하기 위해서는 대원 스스로 위험한 현상을 관찰하고 위험요인을 예측하여 이에 대한 대응능력을 익히고 실천하여야 한다.

- 외적 위험요인 예지능력
과거의 경험과 지식, 오감 등으로 판단하여 주위의 위험요인을 발견해내는 능력
- 내적 위험요인 통제능력
내면에 있는 위험요인 즉, 자기중심적인 사고나 감정을 올바른 방향으로 통제할 수 있는 능력
- 실행능력 : 외적·내적 위험요인을 판단하고 이를 행동으로 실행하는 능력

4. 건강과 체력의 유지

소방업무는 모든 작업 중에서도 가장 위험하고 가장 힘든 일에 속한다고 할 수 있다. 화재를 진압하고 장애물을 제거하며 무거운 장비를 운반하고 요구조자를 구출하는 등의 업무는 강한 근력과 심폐지구력이 필요하다.

따라서 모든 대원은 주어진 업무를 충분히 수행할 수 있도록 체력을 강화하고 체계적인 체력훈련 프로그램을 운영하여야 한다.

이러한 체력단련 프로그램에는 근력강화를 위한 웨이트 트레이닝과 심폐지구력 향상을 위한 유산소 운동, 신체의 유연성을 강화하기 위한 스트레칭 등이 포함되도록 구성하고 일과시간 중에 규칙적으로 시행하여야 한다.



안전관리 10대 원칙

- (1) 안전관리는 임무수행을 전제로 하는 적극적 행동대책이다.
- (2) 화재현장은 항상 위험성이 잠재하고 있으므로 안일한 태도를 버리고 항상 경계심을 게을리 하지 말라.
- (3) 지휘자의 장악으로부터 벗어난다는 것은 중대한 사고에 연결되는 것이므로 독단적 행동을 삼가고 적극적으로 지휘자의 장악 안에 들어가도록 하라.
- (4) 위험에 관한 정보는 현장 전원에게 신속하고 철저하게 주지시키도록 하라. 위험을 먼저 안 사람은 즉시 지휘본부에 보고하고 긴급 시는 주위에 전파하여 위험을 사전 방지토록 하라.
- (5) 흥분, 당황한 행동은 사고의 원인이 되므로 어떠한 상황 하에서도 냉정, 침착성을 잃지 않도록 하라.
- (6) 기계, 장비에 대한 기능, 성능 한계를 명확히 알고 안전조작에 숙달토록 하라.
- (7) 안전확보의 기본은 자기방어이므로 자기안전은 자기 스스로 확보하라.
- (8) 안전확보의 첫 걸음은 완벽한 준비에서 시작된다. 완전한 복장과 장비를 갖추고 안정된 마음으로 정확히 행동에 옮겨라.
- (9) 안전확보의 전제는 강인한 체력, 기력이므로 평소 체력, 기력을 연마하라.
- (10) 사고사례는 생생한 교훈이므로 심층 분석하여 행동지침으로 생활화하라.

제2절 안전관리 목표

소방대원은 국민의 생명, 신체 및 재산을 화재로부터 보호하는 중대한 사명을 가지고 그 임무를 수행하기 위하여 현장으로 출동한다. 그러나 소방활동을 전개하는 현장은 예측할 수 없는 위험요소가 존재하는 곳이다.

더구나 위험요소와 상황의 변화가 현저하여 안전하게 소방업무를 수행할 수 있는 “안전한계”를 구체적으로 어디까지 설정하는가 하는 기준을 정하는 것이 매우 곤란하기 때문에 지휘자는 물론 대원 각자도 항상 안전에 대하여 주의를 기울이고 불안정한 요인이 없는지 확인하며 임무를 수행하여야 한다.

이와 같이 임무가 위험성을 수반하는 경우에 어떠한 방법으로 안전한 활동을 보장할 수 있는가 하는 안전관리의 방법이 중시된다. 즉 안전관리는 임무의 완벽한 수행을 전제로 하는 적극적 행동대책이라고 정의할 수 있다.

2

1. 안전관리

구조현장
안전관리

소방의 안전관리는 일반기업에서 시행하는 안전관리와는 근본적으로 다른 의미를 갖는다. 일반 기업체에서 시행하는 공사의 경우 안전관리는 모든 것에 우선하는 고려대상이다.

그러나 화재현장에 있는 소방대원이 연소중인 건물내부의 정보를 사전에 완전히 파악하고 소방활동에 임하는 경우는 거의 없다. 따라서 현재 어디서 어떻게 연소되고 있으며 어디로 연소가 확대되는지, 요구조자의 상황은 어떠한지 등의 기본적인 상황도 파악할 수 없는 경우가 많다.

그렇다고 안전에 필요한 정보를 확인하기 위하여 소방활동을 지연시키면 화재는 점점 확대되어 요구조자나 그 주위의 위험이 커진다. 이러한 피해의 확대방지와 인명위험의 배제를 위하여 소방대는 상황파악과 병행하여 인명검색, 구조, 연소저지 등의 활동을 진행시키는 것이다.

이와 같이 소방활동은 공사현장의 작업진행 과정과는 다르며 소방대의 활동이 화재의 진행을 따라가는 것이 보통이므로 가능한 빨리 화재를 소방의 통제 하에 두고 활동하도록 하여야 하는 것이다. 따라서 소방활동은 재해의 진압과 안전의 확보를 동시에 진행시켜야 하는 특수성을 가지고 있다.

2. 안전관리 지향

소방활동 현장에서 발생하는 사고는 대부분 불안정한 현장상황 혹은 대원의 불안정한 행동 등 잠재된 위험요인에 의하여 발생하는 것이다.

소방업무를 수행하는 과정에서 사고가 발생하면 본인과 그 가족의 고통은 물론이고 사회적으로도 많은 손실을 가져온다. 따라서 사고방지를 위해서는 단편적인 대응책보다는 화재현장에 내재하는 잠재적 위험요인을 확인하고 배제할 수 있는 능력을 기르는 것을 우선해야 한다.

잠재 위험요인을 배제하기 위해서는 우선 현장의 위험성에 대한 감각, 감수성을 길러 위험요소를 올바르게 예지, 예측하고 사전에 계획된 안전대책을 적용시켜 필요한 준비를 취하도록 하는 것이다.



3. 소방 안전관리의 특성

가. 안전관리의 일체성 · 적극성

화재현장에 있어서 소방활동은 안전관리와 면밀하게 연결되어 있다. 예를 들면, 화재가 발생한 건물로부터 호스를 분리하여 연장하는 것은 낙하물이나 화재에 의한 복사열로부터 호스의 손상방지를 도모하기 위한 것이지만 효과적인 소방활동을 전개하여 대원 자신을 지키는 결과를 얻을 수 있다.

나. 안전관리의 특이성 · 양면성

소방활동은 임무수행과 안전확보의 양립이 요구된다. 위험성을 수반하는 임무수행 시에 안전관리 개념이 성립된다. 화재현장의 위험을 확인한 후에 임무수행과 안전확보를 양립시키는 특이성·양면성이 있다.

다. 안전관리의 계속성 · 반복성

안전관리는 반복하여 실행해야 한다. 소방활동의 안전관리는 출동에서부터 귀소하기까지 한 순간도 끊임없이 계속된다. 따라서 평소의 교육, 훈련이나 기기점검 등도 안전관리상 중요한 요소이다.

제3절 사고유형별 안전관리

1. 구조활동 일반

화재 이외의 구조작업으로는 기계, 건물, 공작물, 전기, 교통사고, 수난, 풍수해 및 산악 등 지에서의 사고가 있으며 일반적으로 활동환경이 열악하고 행동장애가 많으므로 2차적인 재해발생에 의한 대원의 부상 위험성이 높다.

- 구조장비의 사용방법을 잘 모르거나 성능한계를 초과하여 사용하면 장비의 오작동, 고장 등 사고의 위험이 있으므로 장비의 정확한 작동방법과 제원, 성능을 파악하고 취급에 숙달되어야 한다.
- 원치 등을 이용하여 로프를 설치하는 경우 로프의 인장력을 초과하여 당기게 되기 쉬우며 이 경우 로프가 절단되거나 지지물의 파손, 붕괴 등 뜻하지 않은 사고가 발생할

우려가 있다. 로프가 지나친 장력을 받지 않도록 주의해야 하며 아울러 지지물 파손 등에 의한 2차 사고를 방지하기 위하여 안전한 장소를 선정한다.

- 구조활동을 위해 설치한 로프나 와이어, 유압호스 등에 대원이 걸려 넘어지기도 하고, 설치된 장비가 작동하지 않는 경우 오히려 장애물이 될 수도 있다. 특히 야간에는 조명기구를 설치하여 사고방지에 노력한다.
- 현장에 설치한 장비가 쓰러져 대원이 부상당할 위험이 있으므로 잘 정리 하여 둔다. 장시간 구조활동을 전개할 때에는 피로가 누적되어 주의력이 산만해지고 부상당할 우려가 있으므로 장시간 작업자는 교대할 수 있도록 한다.

2. 교통사고 (자동차 사고)

사고발생에 따라서 차체가 파손, 변형되면 불안정한 상태가 되기도 하고 구조활동 시에는 요구조자의 부상부위 악화방지도 주의하여야 하므로 신중한 행동이 요구된다. 또한 보통 작업장소가 좁기 때문에 대원행동이 제한되며 활용할 수 있는 장비가 제한되는 등 활동 장애 요인이 많다.

- 출동한 차량은 주행차량으로 인한 2차적 사고를 방지할 수 있는 장소에 주차하고 작업장소 후면에 경광등 또는 반사 표지판을 설치하여 구조활동 중임을 표시한다.
- 일반차량이 주행하는 도로에서 작업할 때에는 불의의 접촉사고가 발생할 위험이 높으므로 사고가 발생한 차선 밖으로 나가지 않도록 조심하고 로프 등으로 활동구역을 설정한다.
- 구조활동 중에 사고차량이 움직이지 않도록 확실히 고정한다.
- 사고차량으로부터 누설된 연료나 오일에 인화하여 대원 및 요구조자가 화상을 입을 위험이 있으므로 사고차량의 엔진정지 및 배터리 단자를 제거하는 등의 안전조치를 한다. 가스절단기 등 불꽃이 발생하는 장비를 사용할 때에는 주변의 가연물을 제거하고 소화기 또는 경계관찰을 배치하여 화재에 대비토록 한다.
- 파괴된 유리창에 붙어있는 유리조각은 완전히 제거하고 파손된 금속 등 예리한 부분은 안쪽으로 꺾어놓은 후 천 등으로 덮어 사고방지를 도모한다.
- 화물차의 경우 적재물이 낙하 또는 붕괴하여 대원이 부상을 입거나 활동에 장애를 받을 수 있으므로 사전에 제거, 고정 등 확실한 조치를 취한다.



3. 수난사고

가. 육상에서의 구조

수난사고일지라도 연안이나 하천가, 교량의 하부 등지에서 사고가 발생하면 구조할 수 있는 거점을 육상에 두게 되지만 발판이 불안정한 장소가 거점이 되는 경우에는 넘어지거나 물에 빠질 위험이 있다.

- 연안, 방파제 위에서는 장애물 등의 유무를 확인하여 넘어지거나 물에 빠지지 않도록 주의한다.
- 사다리차를 활용하여 구조할 경우는 회전 등에 의해 대원이 부상당할 위험이 있으므로 평탄하고 지반의 견고한 장소를 선정하여 부서한다.
- 연안 등에서 요구조자에게 구명부환을 투입하는 경우에는 신체의 균형에 주의하고 안정된 자세로 행하며 필요에 따라 로프로 몸을 확보한다.
- 물속에는 금속 등의 위험한 물품과 부유물 등 장애물이 있으므로 맨발로 입수하지 않는다.
- 익수된 요구자에게 주의하지 않고 접근하면 물속으로 끌려 들어갈 우려가 있으므로 요구조자의 후면으로부터 신중히 접근한다. 또한 이 경우 구조원은 구명자켓 또는 부환에 확보로프를 연결하여 안전을 확보한다.

나. 배에 의한 구조

작은 선박은 파도의 영향을 받아 크게 동요되고 대원의 이동, 요구조자의 수용 등에서 배의 균형이 깨지면서 대원이나 장비가 물속으로 빠질 위험이 있다.

- 승선하는 대원은 구명조끼를 착용하고, 물속에 빠지는 경우에도 쉽게 수영할 수 있도록 간편한 복장을 착용하는 등 사전에 대비한다.
- 승선할 때 물속으로 빠지지 않도록 대원 상호간에 신체를 유지하여 서서히 체중을 이동한다.
- 승선 중 대원이 이동할 때는 자세를 낮추어 물속으로 빠지지 않도록 주의한다.
- 야간이나 짙은 안개 속에서는 항해중인 선박과 충돌할 우려가 있으므로 등화 및 확성기 등으로 항해중인 선박에 주의를 환기한다.

- 운항 중에는 횡파를 받아 전복할 우려가 있으므로 항해에 주의한다.
- 작은 선박 위에서 요구조자를 직접 구조하는 경우에는 선수나 선미측에서 신체를 확보하고 배의 균형 유지에 주의한다. 상황에 따라 부환 등을 사용한다.
- 단선에 요구조자를 인도할 때는 불안정한 측면을 피하여 배 후미에 부서한다.

다. 잠수구조

잠수활동은 물의 속도, 수온, 수심, 수중시계 저하 및 장애물 등에 의해 육체적인 피로, 정신적, 생리적인 부담이 크고 직접 대원의 생명에 관한 위험이 잠재하고 있으므로 대원 상호간에 연계가 필요하다.

- 잠수활동 중에는 활동구역 주변에 경계선을 배치하여 감시를 강화하고 확성기, 부표, 적색등, 기타 등화 등으로 일반 항해선에 잠수활동 중이라는 것을 주지시키고 활동구역 부근으로 진입하지 않도록 통제한다.
- 잠수대원은 수시로 압력계를 확인하고 스쿠버장비 고장 등 긴급 시에는 동료에게 알려 상대의 호흡기를 사용하여 상호 호흡하거나, 상대방의 비상용 호흡기를 사용하여 규정의 속도로 부상한다.
- 잠수 중 어망 등의 장애물에 걸린 경우에는 동료에게 알리고 냉정히 행동한다. 또한 잠수할 때는 수중의 장애물을 제거할 수 있도록 스쿠버나이프를 반드시 휴대한다.
- 잠수대원은 스쿠버장비를 사용하여 잠수 중 긴급 부상할 때에는 감압증을 방지하기 위하여 반드시 숨을 쉬면서 부상한다.
- 잠수대원이 선박에 접근하는 경우에는 승선원과 연락을 취해 스크루가 정지된 상태를 확인하여 사고 방지에 유의한다.
- 폐수 등으로 오염된 현장에서 잠수활동을 할 경우는 구조활동 종료 후 맑은 물로 신체를 세척한다.
- 잠수활동 종료 후에 잠수시간, 잠수 심도에 따라 체내가스 감압을 위하여 규정의 휴식시간을 취한다.
- 잠수대원은 다음과 같은 질병 또는 피로 등 신체적 정신적 이상이 있을 때는 잠수하지 않는다.
 - 중풍, 두통, 소화기계 질환 또는 질환에 의해 몸 조절이 나쁜 자(눈병, 치통 등 국부적인 것도 포함)



- 외상, 피부병, 기타 피부에 이상이 있는 자
- 피로가 현저한 자
- 정신적 부담, 동요 등이 현저한 자
- 잠수대원은 잠수 중 사고방지를 위한 조치를 숙지할 것
 - 잠수기구 고장에 대응한 조치
 - 잠수 장애의 배제 또는 사고발생시 조치
 - 수압 감압에 대응하는 조치 등

4. 건물, 공작물

가. 공통사항

건물 부대시설 또는 공작물 사고에서 요구조자는 도괴물이나 공작물의 틈에 끼어 탈출이 곤란한 경우가 많다. 작업위치도 불안정하고 좁은 장소에서 발생하므로 활동상 장애가 많고 대원의 2차적 사고 발생 위험도 높다.

- 발코니, 베란다 등은 외관상 견고하게 보여도 쉽게 무너지는 경우가 있으므로 진입 전에 갈고리 등으로 끌어당기기도 하고 연장한 사다리를 흔들어서 강도를 확인한다.
- 철제 트랩 등은 부식하여 무너지기 쉽게 되어있는 경우가 있으므로 한 계단씩 강도를 확인하면서 오르내린다. 무거운 장비를 휴대한 경우 가급적 다른 통로를 이용한다.
- 로프 확보지점으로 활용하는 창틀과 기둥 등은 강도 부족으로 빠지거나 떨어지는 위험이 있으므로 가능한 한 로프를 결속하기 전에 끌어당기는 등 방법으로 강도를 확인한다. 로프의 경유점은 2개소 이상으로 한다.
- 작업장소가 높고 협소한 경우는 대원 간에 부딪혀서 추락하거나 로프에 휘감기는 등의 위험이 있으므로 진입하는 대원은 최소한으로 제한하고 장비를 정리하여 활동공간을 확보한다.
- 좁은 복도와 계단에서 들것을 이용하여 요구조자를 운반할 경우 들것을 놓쳐 발에 떨어뜨리기도 하고 허리에 부딪혀서 부상당할 위험이 있으므로 대원 상호 간에 신호를 하고 발 앞을 확인하면서 행동한다.

2

나. 도괴¹⁾ 시구조현장
안전관리

건물, 공작물 도괴현장에서 부주의한 파괴나 도괴물을 들어올릴 때에는 2차적인 도괴와 전체 붕괴²⁾ 등의 위험성이 있으므로 대원의 구출행동은 신중해야 한다.

- 도괴현장에서는 유리조각이나 함석판 등의 예리한 물체에 부상당할 위험이 있으므로 활동범위 내의 파편 등 날카로운 부분은 구부려 꺾거나 목재, 천 등으로 덮어둔다.
- 도괴현장에는 못, 볼트 등을 대원이 밟아 찢릴 위험이 있으므로 안전화를 신고 산란물 위를 부주의하게 걷지 않는다.
- 대원이 도괴물 위를 넘어가는 경우 넘어지거나 무너지는 등의 위험이 있으므로 발 앞의 강도, 안정도 등을 확인한 후 체중을 걸친다.
- 도괴물을 파괴하여 제거할 경우 그 충격으로 예상외의 장소가 붕괴하여 부상당할 위험이 있으므로 주위 상황을 확인하면서 서서히 힘을 가한다.
- 모래, 먼지 등이 부유하는 장소에는 눈과 호흡기를 보호하기 위하여 방진안경, 방진 마스크 등을 활용한다.

다. 높은 곳에서의 활동

높은 곳에서 활동할 때는 대원이 떨어지거나 파괴물 혹은 기지재 등의 낙하에 의한 대원의 부상위험이 있으므로 안전로프를 결착하여 낙하를 방지하고 아래쪽에는 출입을 규제하는 등의 안전조치를 취할 필요가 있다.

- 사다리차의 사다리에서 곤돌라 등의 불안정한 장소로 옮길 경우 미끄러지거나 균형을 잃기도 하고 혹은 공포심 등으로 신체가 생각지도 않게 움직여 추락할 위험이 있으므로 로프를 사다리에 묶든지 견고한 지지물에 결속하고 진입할 장소에 설치된 발판의 안정도를 확인한다.
- 높은 곳에서의 구조활동은 일반적으로 활동공간이 좁고 장소가 한정된 경우가 많으므로 낙하위험이 있는 기지재는 로프 등으로 낙하방지 조치를 취한다. 또한 아래쪽의 낙하 예측범위에 경계구역을 설정하고 감시요원을 배치하여 출입을 규제한다.

1) ① 토사, 적재물, 구조물, 건축물, 가설물 등이 무너짐으로써 적재물 및 낙반 등에 매몰, 충돌, 협착 되는 경우.

② 적재물이 경사면으로 일괄적으로 무너져 내리면서 가해하는 경우.

2) ① 외력의 증가 없이 구조물의 변형이 갑자기 증가하는 상태.

② 건물이 파괴하여 무너져 내리는 것.



라. 지하공작물

건물, 공작물 지하부분 및 낮은 곳에 있어서 구조활동은 일반적으로 어둡고 협소하여 활동이 힘들고 큰 장비는 활용이 어려우므로 공간을 고려하여 장비를 선택하여야 한다. 또한 환기가 불충분하거나 유독물질이 체류하는 경우가 많으므로 호흡보호에 만전을 기해야 한다.

- 공사현장에서의 구조활동은 지반, 기자재 등에 걸려 넘어지기도 하고 추락할 위험이 있으므로 주의한다.
- 낮은 곳으로 내리는 구조기자재는 떨어뜨릴 위험이 있으므로 확실히 결속하여 수납 주머니에 넣는 등 낙하에 의한 부상방지를 도모한다. 또한 수직의 상·하수관 등의 장소에서 작업을 할 경우는 활동장소의 직하에 위치하지 않도록 하고 상호연락을 긴밀히 한다.
- 좁은 계단과 어두운 지하실내에서는 대원이 넘어지거나 추락할 위험성이 있으므로 갈고리 등을 유효하게 활용하여 안전을 확인한다.
- 현장에서 조달한 기자재, 크레인 등을 활용할 때는 관계자로부터 성능, 강도를 확인한다. 전문적 지식, 기술을 필요로 하는 것은 작업순서와 소방대와의 연계요령을 이해시킨 후 관계자에게 실시한다.
- 폐쇄된 지하공간으로 진입할 때에는 반드시 공기호흡기를 착용한다.

5. 산소결핍 사고

- 산소가 결핍되어 있는 경우 단 한번만의 호흡으로도 의식을 잃을 수 있으므로 내부 진입 시 반드시 공기호흡기를 장착하고 면체 사이에 틈이 발생하지 않도록 세심한 주의를 기울인다.
- 산소결핍 여부를 측정할 때는 반드시 공기호흡기를 장착하고 맨홀 등의 주변에서 개구부를 향하여 순차적으로 행하고 산소결핍 상태가 나타난 때는 조기에 경계구역을 설정한다. 또한 산소결핍 여부를 측정과 병행하여 가연성 가스의 유무에 대해서도 확인하여 폭발위험이 있을 때는 송풍기 등으로 가연성가스를 제거하면서 구조활동을 개시한다.
- 진입대원은 맨홀 등의 입구가 좁은 장소에서 요구조자에게 공기호흡기를 장착시키고 구출하는 경우 보조자와의 연계불능 등으로 면체가 이탈하지 않도록 주의한다.

- 좁은 장소에서 여러 개의 로프를 취급하는 경우 로프를 잘못 당기면 진입한 대원이 넘어져 면체가 벗겨질 수 있으므로 구출로프, 확보로프를 목적별로 구분하여 대원별로 지정하는 등 사용로프를 명확히 구별한다.
- 지하수조 내에서는 대원 상호 간 또는 장애물 등에 부딪히거나 넘어져 면체가 벗겨져 유독가스를 흡입할 우려가 있으므로 조명기구를 사용하고 대원 간에 신뢰하고 의사 전달을 명확히 한다.
- 의식이 혼미한 요구조자는 진입한 대원에 의지하여 돌발적인 행동을 취할 수도 있으므로 면체가 이탈되지 않도록 주의를 기울인다.

6. 폭발사고

가연성가스 또는 인화성 위험물에 의한 폭발사고는 건물, 공작물 등 파괴와 붕괴에 의하여 강도저하를 일으켜 불안정한 상태인 경우가 많고 대원의 부주의한 행동에 의해 재붕괴 등 2차적인 재해가 발생할 위험성이 있다.

- 폭발에 의해 붕괴된 지붕, 기둥, 교량 등은 갈고리 등으로 강도를 확인하면서 행동한다. 붕괴위험이 있는 기둥 등은 진입하기 전에 제거하거나 로프 등으로 고정한다.
- 대원이 왕래하는 장소에 유리조각, 철근 등이 돌출하고 있을 때는 장갑을 착용하고 예리한 부분은 갈고리 등으로 제거하든지 구부려 두고 필요에 따라 천 등으로 덮어 조치한다.
- 폭발사고 현장에는 비산물, 독극물에 의한 부상사고를 방지하기 위하여 방화복·방열복과 방수화를 사용한다.
- 2차폭발의 우려가 있을 때는 경계구역을 설정하여 인화방지 조치 및 가스의 희석·배출 등 안전조치를 취한다. 경계구역 내로 진입할 때에는 콘크리트 벽체 등을 방패로 하여 조심스럽게 접근하며 필요한 최소한의 인원만 진입하도록 통제한다.



7. 전기관계 사고

감전사고 또는 전기설비 부근에서 발생한 사고 시에는 구조대원이 넘어지거나 부딪힐 때 전력선에 접촉할 가능성이 매우 높으므로 안전로프 등을 설치하여 전선이나 전기기기에 접근하지 않도록 조치하고 반드시 전원차단 여부를 확인하여야 한다.

- 모든 전선은 전력차단이 확인되기 전까지는 통전중인 것으로 가정하고 행동한다.
- 활동장소 부근에 전기설비 통전부가 있는 경우 감전될 우려가 있으므로 관계자 등에게 전원을 차단시키고 절연 고무장갑 등을 착용하며 스위치 등 노출부에 접촉하지 않도록 주의한다.
- 옥외에서 수직으로 내려간 전선은 통전하고 있는 경우가 있으므로 부주의하게 접근하지 말고 전력회사의 직원에게 전원을 차단시킨 후 행동한다.
- 통전상태에 있는 요구조자는 전원을 차단한 후 구조한다. 긴급한 경우는 내전의 성능 범위 내에서 안전을 확보하여 행동한다.
- 침수된 변전실에서 구조활동을 할 경우는 먼저 전력회사 직원을 통하여 개폐기 등 전원차단을 확인하여야 한다.
- 고압선 주변에서 사다리차를 사용하는 경우 사다리 또는 작업 중인 대원이 전선에 접촉할 위험이 있으므로 전력회사에 송전 정지를 요청하고, 사다리 위의 대원과 기관원과의 연락을 긴밀히 하여 전선과 안전거리를 두고 활동한다.
- 철탑, 철주 위에서 발생한 사고 시 등반 전에 고압선, 저압선 모두 송전이 정지되어 있는 것을 확인하고 전선에 접촉하지 않도록 주의한다.

8. 산악사고

가. 공통사항

산악지역 구조활동은 장시간, 장거리 활동으로 체력소모가 많으며 급경사면이나 수풀, 계곡 등에서의 행동으로 위험요인이 많다. 특히 대원의 발 부상은 보행이 곤란해져 동료 대원에게 부담을 주게 된다.

- 등산길을 선행하는 대원은 후속 대원에게 나뭇가지가 튕기거나 낙석, 붕괴, 낙하 등 위험을 알린다. 수풀에서 행동할 때에는 나뭇가지가 튕겨 되돌아 올 경우를 대비하여

2

구조현장
안전관리

보호안경을 사용한다.

- 등산길에는 계단차이, 요철 등에 주의하고 도로의 가장자리 부분이 붕괴되거나, 발을 잘못 디더 추락하는 사고를 방지하기 위하여 등산로 중앙이나 산 쪽으로 보행한다.
- 지지점으로 활용할 나무나 바위 등은 강도를 확인하고 가급적 2개소 이상의 지지점을 확보한다.
- 장시간 활동할 경우는 휴식과 교대를 번갈아 하여 피로경감, 주의력, 집중력 지속에 노력한다.
- 급경사면의 등산길에 낙석위험이 있는 경우는 헬멧 등을 장착함과 동시에 반드시 위쪽에 주의하면서 행동한다. 또한 낙석이 발생한 때는 큰소리로 아래쪽의 대원에게 알리고 경사면의 직하를 피해 횡방향으로 피한다.

나. 여름 산

여름의 산악구조 활동은 겨울철과 비교하여 행동하기 쉽지만 더위와 장시간 활동으로 피로가 축적되기 쉽고 날씨 급변에 의한 사고의 위험이 있다.

- 활동 중 천둥이나 번개가 발생하면 낙뢰사고의 위험이 있으므로 산 정상, 능선에서 곧바로 벗어나고 신체에서 금속물체를 제거하며 가능한 한 건조한 장소에서 낮은 자세를 취한다.
- 직사열광을 받으며 장시간 활동할 경우 열사병 등을 방지하기 위하여 나무그늘 등의 시원한 장소에서 휴식을 취하며 수분을 공급한다.
- 대원은 독사, 곤충 등으로부터 신체를 보호하기 위하여 노출부가 없도록 하고 풀숲과 수림에 들어가지 않도록 한다.
- 여름은 손에 땀이 나서 기지개를 낙하시킬 위험이 있으므로 손에 땀을 닦아 미끄럼 방지에 주의를 한다. 또한 경사면의 위, 아래에 대원이 있는 경우 상호 안전을 확인한다.

다. 겨울 산

겨울의 산악구조 활동은 적설과 결빙으로 활동 중 미끄러져 추락하거나 쌓인 눈이 붕괴되는 등 위험성이 높으므로 장비를 안전하게 설치하고 겨울 산의 기상조건을 충분히 고려하여 행동한다.

- 눈이 얼어붙은 등산길에는 크램폰(아이젠) 등으로 미끄럼을 방지하고 상황에 따라서



는 대원 상호간 로프로 확보한다.

- 바람, 눈 등으로 시계가 나쁜 경우 아래쪽을 보지 못할 수 있으므로 지형도, 컴퍼스를 활용하여 목표가 된 산의 특징, 지형 등을 비교하여 위치를 확인한다.
- 방한복, 식량, 개인장비 등을 준비하고 대원의 체력을 고려한 보행속도를 유지하여 대열을 흐트러뜨리지 않는다.
- 겨울산은 청정하여도 햇볕이 미치지 않는 경사면에는 동결되어 있는 곳이 있으므로 보폭을 작게 하여 넘어지거나 추락하지 않도록 주의한다.
- 눈 쌓인 경사면에서 행동할 경우 경사면 전반을 보고 넘는 위치에 감시원을 배치한다. 감시원은 눈이 무너질 위험을 확인하면 경적 등으로 알려 항상 횡 방향으로 퇴로를 확보하여 둔다.

9. 항공기 사고

항공기 사고는 추락이나 활주로에서의 이탈 등에 의해 기체가 파손되어 불안정한 상태가 되어 있는 것이 많고 부주의하게 행동하면 2차 화재가 발생하기 쉽다. 특히 연료 등의 누출이 있는 경우는 화재발생 위험 제거와 병행하여 구조활동을 실시하여야 한다.

- 공항 내에 진입할 때는 반드시 공항 관계자 유도에 따라서 진입하고, 화재발생 위험을 예측하여 풍상, 풍횡 측으로 부서함을 원칙으로 한다.
- 불티를 발하는 기자재는 원칙으로 사용하지 않는다. 부득이 사용할 때에는 소화기를 준비하거나 경계관찰을 배치한다.
- 기내에서 활동하고 있을 때는 별도의 출입구에 연락원을 배치하여 화재 등 긴급사태 발생에 대비한다.
- 엔진이 가동 중인 기체에 접근할 때는 급·배기에 의한 사고를 방지하기 위하여 기체에 횡으로 접근한다. 이 경우 기체의 크기에 따라 다르지만 여객기의 경우 엔진꼬리 부분에서 약 50m, 공기 입구에서 약 10m 이상의 안전거리를 확보한다.
- 프로펠러기와 헬리콥터는 엔진가동 중은 물론이고, 정지 중에도 프로펠러와 회전날개로부터 일정거리를 유지하여 행동한다.
- 누출되어 있는 연료와 윤활유가 연소할 우려가 있으므로 방화복 등 적절한 개인보호장비를 착용하여 신체를 보호한다.

2

10. 토사붕괴 사고

구조현장
안전관리

토사붕괴는 광범위한 지역이 매몰되는 경우와 부분 붕괴사고가 있다. 구조활동 중 재붕괴의 우려가 크고 토사가 무거워 작업이 진척되지 않아 장시간 걸리기도 하고 활동 장소가 좁아 구조인원이 제한되는 등 2차적인 위험요인이 많이 있다.

- 붕괴된 토사와 나무 위에서는 발이 빠지기도 하고 미끄러져 넘어질 우려가 있으므로 발판을 안정시키면서 행동한다.
- 토사를 제거할 때는 2차 붕괴가능성을 충분히 고려하고 재붕괴 위험이 있는 장소는 말뚝 및 방수시트 등으로 안정을 확보하면서 작업을 개시한다.
- 활동 중에는 반드시 감시원을 배치하고 2차적인 토사붕괴 발생에 대비해 토사 붕괴 방향과 직각의 방향에서 퇴로를 확보하여 둔다.
- 유출된 토사 등은 손앞에서부터 순차적으로 제거하여 활동의 장애가 없는 장소에 운반하고 활동공간을 확보하여 행동한다.
- 활동이 장시간 이어질 경우에는 피로누적으로 인한 주의력 산만 등을 방지하기 위해 일정 시간을 정해 작업대원을 정기적으로 교체하여 주고 인접 구조대 등에 응원을 요청하여 교대요원을 확보한다.
- 붕괴현장의 토사와 가옥 등은 물을 함유하여 예상 이상으로 무거운 경우가 많으므로 요추 등 손상방지에 주의하여 작업한다.
- 삽과 해머 등을 사용할 때는 파손, 낙하 등의 사고를 방지하기 위해 항상 주위상황을 확인하여 떨어뜨리지 않도록 조심한다.



제3장 로프구조

제1절 로프구조의 이해

제2절 로프의 이해

제3절 로프구조 장비

제4절 로프설치 및 확보

제5절 하강·등반·도하

제6절 수평구조(계곡·건물간 구조)

제7절 수직구조(끌어 올리기)

제8절 수평·수직구조

3

로프구조

로프구조

- 학습 목표**
- 01 로프에 대한 이해 및 로프구조 환경변화를 이해한다.
 - 02 용도별 로프구조 장비, 로프 매듭의 종류 및 응용법을 이해한다.
 - 03 지지점(확보점)을 이용한 로프설치 및 안전확보 절차를 이해한다.
 - 04 등·하강, 도하, 진입/검색, 요구조자구조시 로프 활용법을 이해한다.
 - 05 수평, 수직, 리프트, 철탑구조 등 사고유형별 구조기술을 이해한다.

제1절 로프구조의 이해

사고의 일반적 양상은 물건의 충돌 또는 접촉에 의하여 발생하는 것이고, 그 요인은 인적, 물적, 환경적 요인 또는 이들 상호간의 불안정한 행위·상태에 의해 일어나는 것이다. 이와 같이 볼 때 이론적으로는 이들 위험요인을 사전에 제거하면 사고는 일어나지 않을 것이다.

1. 로프구조를 위한 준비단계

로프구조 활동이 필요한 사고나 재난은 다양한 형태와 규모로 발생한다. 그러한 까닭에, 준비(preparation)가 잘 되었는가의 여부가 결국 구조의 성패를 좌우하기 마련이다. 그러므로 사고현장 대응계획과 현장관리에 필요한 사항에 대한 이해가 선행되어야 한다. 보다 구체적으로는 ‘위험요인 분석’, ‘필요자원의 규명’ 등이 준비단계에 해당한다고 하겠다.

가. 위험요인의 분석

간단히 말해서, 위험요인의 분석이라는 것은 인명과 재산, 환경을 위협할 가능성이 있는 요인들을 찾아내는 작업을 말한다. 내가 속한 구조대의 관할구역 내에 존재하는 로프구조 가능성이 있는 잠재적 상황들을 깊이 살펴 연구하는 것이 필요하다. 이와 같은 위험요인들은 어떤 장소를 특정할 수 없으며 어떤 양상으로 한정할 수도 없는 것이



다. 따라서 관할구역에 고층건물이 있는가? 교량이 있는가? 산업시설이 있는가? 대로나 고속도로가 있는가? 물(하천·호수·저수지·강)이나 통신탑 등이 있는가? 등에 대한 면밀한 검토가 있어야 할 것이다.

일단 특정 위험요인이 포착이 되면 다음단계는 문서화(혹은 매뉴얼화)를 하는 것이다. 예컨대, 일종의 도상훈련을 위한 자료 축적작업으로 이해하면 될 것이다. 위험요인의 분석을 기반으로 다음의 질문에 답할 수 있어야 한다.

- 위험요인이 실제상황으로 발생하는 경우, 이를 대응하기 위하여 어느 정도 수준의 훈련과 장비가 필요한가?
- 우리 조직은 필요한 훈련 수준을 지원할 여력이 있는가?
- 사고발생 가능성을 줄이기 위하여 우리에게 필요한 자원은 무엇인가?

나. 필요자원의 규명

필요성 분석이란 우리가 안전하게 효율적으로 로프구조를 수행할 수 있는가에 대한 역량을 분석하는 작업을 말한다. 필요성 분석을 수행하려면 그동안의 로프구조 활동에 대한 자료가 필요하다. 이 자료들은 얼마나 많이 또한 어떤 종류의 로프구조가 수행되었는지를 보여주는 지표가 되며 미래에 발생하게 될 구조활동의 양상과 활동의 시간 등을 예상할 수 있도록 하여주는 근거가 될 수 있다. 이러한 자료의 검토와 미래 구조활동에 대한 예측이 수행되면 인적자원과 필요장비가 파악될 수 있다.

각 구조대가 처한 내·외부 환경은 모두 다를 것이다. 어떤 구조대는 산악지형에 위치하고 있으며 어떤 구조대는 도심 혹은 해수면에 접할 수도 있을 것이다. 그럼에도 공통적인 요소가 적용될 수 있는 하나의 사실이 있는데 그것은 바로, 구조대의 능력은 그대의 팀워크와 훈련에 의하여 결정된다는 사실이다. 구조대는 로프구조만 잘하고 다른 대응에는 소홀할 수 없으므로 전반적인 구조능력을 개발하여야 할 것이며 또한, 인력을 충분히 보유한 구조대에 비하여 비번자를 동원하여야 하는 구조대도 있을 것이다. 이와 같은 구조대의 양적, 질적 요소를 감안한 인적자원의 능력 전반을 파악하고 분석하는 작업이 필요하다. 또한 전문가 수준의 구조능력(이른 바, 테크니컬 레스큐)을 발휘하기 위해서는 이에 상응하는 장비의 보유와 숙달이 필수적인 요소이다. 필요성 분석을 통하여 어떠한 장비가 필요한 것인지에 대한 목록의 작성이 필요한 이유이다.



2. 로프구조의 환경변화

로프구조

로프구조의 궁극적인 목표는 요구조자가 위험으로 벗어나서 안정적이고 안전한 상태가 되거나, 추락으로부터 보호되도록 하는 일체의 행위를 수행하는 데에 있다. 이에 필요한 로프활용기법을 모두 로프구조 기술이라 할 수 있을 것이며 이에 필요한 일체의 관련 장비를 로프구조장비라고 명명할 수 있다. 로프구조의 환경은 최근 십 수년간 각 분야에서 많은 변화가 있었다.

가. 인명구조(Fire Service Rescue)

소방에서의 구조용 로프와 관련된 장비의 활용에 있어서 최근 많은 변화가 있었다.

우리나라 뿐 아니라 일부 선진국에서도 구조활동 중 로프가 끊어져 소방관이 순직하는 일들이 있었다. 이에 따라 인명구조용으로 천연섬유 로프를 사용하는 전통에서 완전히 탈피하게 되어 합성 로프(synthetic fiber rope)를 전격적으로 사용하게 된 것이다.

나. 전술활동(Tactical Operations)

테러와 폭력행사 증가로 인하여 경찰이나 군에서 고소구조 수행준비에 만전을 기하게 된다. 이러한 혁신의 사례가 헬리콥터의 활용 등으로 대표되는 대응이다. 이러한 대응범위의 확장으로 인하여 구조용 8자하강기도 탄생하게 된 것이다.

다. 산업구조(Industrial Rescue)

정유소, 화학 공장, 채취장(open pit), 및 지하 광산 등의 고소지대와 협소공간(confined areas) 등에서 산업구조 사고들이 발생하게 되는데 여기에는 추락위험을 위시하여 함정, 위험물질에의 노출 등의 위험요인이 존재한다. 이러한 상황에서의 로프구조의 원칙은 산업·자연환경에서의 로프구조와 유사하지만 환경적으로 특수한 상황이기 때문에 구조대원에게 도움이 될 수도 그 반대일 수도 있다. 산업 구조상황에서는 확보물(앵커)로 활용할 수 있는 구조물들이 많이 산재하여 있고 대응시간이 상대적으로 짧은다는 점에서 구조조건이 좋은 측면은 있다.

대단히 전문화된 형태의 로프구조 활동으로는 협소공간구조(confined space rescue)를 들 수 있다. 협소공간에는 대개 위험물질과 각종 기계·장비들이 있어 주의가 요한다. 가장 심각한 것은 대기에 떠다니는 위험물인데 구조대원이 보호복과 호흡장치들을 장착하여 자기안전을 확보하여야 한다. 더구나, 구조대원은 부식유발물질에 저항력이 있는 섬유로 된 특수로프를 사용하여야 한다. 협소공간 구조에서는 구조대원의 사망률도 높으므로 협소공간에서 준수할 사항을 따라 수칙으로 정할 필요가 있다.



라. 로프 진입(Rope Access)

등반가들이 사용하는 소위 마운티니어링(mountaineering)이나 케이빙(caving) 로프 기술이 로프구조 상황에서의 접근이나 진입 시에 널리 쓰이게 되었다. 로프진입 기술을 활용하여 원래는 도달하기 힘든 장소에 더욱 신속하고 더욱 간단히 진입할 수 있게 되었다. 바로 두 줄의 로프(주로프와 보조로프)와 안전벨트의 활용이 로프 진입을 위한 장비이자 활용 대상이 된 것이다.

마. 타워구조(Tower Rescue)

철탑에서 작업을 하는 경우를 포함하여 철탑구조에서도 로프가 활용된다. 철탑은 주로 인적이 드문 곳에 위치하고 있어 사고 목격이 드문 탓으로 점증하는 철탑사고에 대한 인식이 제대로 이루어지지 않고 있지만 자살 등을 비롯한 사고 등이 실제로 존재하고 있다. 철탑구조의 구조형태가 리프트 구조에 적용된다고 할 수 있다.

바. 기타 로프활용의 예

매우 정교한 예능환경, 예컨대, 조명기술자와 특수효과 담당자들이 무대 위쪽으로 올라가야 하는 경우에도 활용된다. 점차로 이러한 근로자들은 로프기술을 활용하여 안전을 확보하고 확보물을 설치하여 작업을 수행한다.

3. 로프구조 전문가

암벽등반 같은 독특한 특정 분야에서 특화된 로프구조 환경에서는 어떤 특유의 전통이 있기 마련인데 이와 같은 특유의 전통들을 각기 차용하여 로프구조 환경에 필요한 기술과 장비를 상호간에 활용하면서 로프구조 기술이 발전하고 있다. 이러한 각 상황에서 특화된 기술과 장비들을 적극적으로 사용하는 사람들이 바로 로프구조 전문가이다. 수많은 구조기법에 숙련되고 특별한 요구상황에 직면하여 습득한 기술과 보유한 장비를 사용한다. 로프구조 전문가는 각 구조환경에 필요한 기술을 반복·숙달한다. 각각의 구조환경에서 요구되는 기술을 사용하여 중력도 정복하고 어떤 방향으로든지 자유롭게 이동할 수 있어야 한다. 또한, 로프구조 기술을 활용하여 위험한 상황에 있는 요구조자나 사물을 안전한 곳으로 안전하게 이동시킬 수 있는 능력이 로프구조 전문가의 능력이다. 로프구조 전문가가 되고자 한다면 다음에 적시된 사항들에 대하여 숙고할 필요가 있다.



3 가. 훈련기관

로프구조

로프구조기술은 책을 읽는 것만으로는 완벽하게 습득할 수 없다. 또한, 도상훈련과 실습만으로 숙달하기에도 쉬운 일이 아니다. 로프구조와 관련된 기술과 기법은 물론이고 구조의 기준과 법률적 규정에 대한 지식을 제공할 수 있는 로프구조 교육기관을 선정하여 교육을 받는 것이 매우 중요하다.

나. 지속적 기술관리

능력을 구성하는 모든 요소들이 그러하듯이, 로프구조 기술도 지속적으로 연습하고 훈련하지 않으면 숙련도가 급격히 저하된다. 이러한 차원에서 로프구조의 계획된 훈련은 필수적인 것이다. 숙련된 로프구조의 기술을 가진 대원과 그렇지 않은 대원의 차이는 당연한 이야기이지만 결국 '기술구사능력'에 있다. 이해하고 설명할 수 있다는 것도 중요하지만 구조대원에게 더욱 중요한 것은 본능적으로 기술을 구사할 줄 아는 것이다. 구조기술의 반복된 연습이 없이는 본능적인 구조기술의 구사는 불가능하다. 로프구조는 인명구조에서 가장 기본적인 요소이면서 가장 위험하고 고난위의 구조기술이기 때문이다.

다. 로프구조 상황에서의 여유

공포는 자연스런 인간의 본능인데 어느 정도 공포도 있어야 하는 것은 사실이다. 그러나 로프구조 상황에서 활동을 전개함에 있어 필요한 것이 바로 '여유'이다. 공포만 있고 여유가 없으면 작업효율성이 급격히 떨어지기 때문이다. 현장활동에는 초고층 옥상이나 절벽의 꼭대기, 혹은 앞이 전혀 보이지 않는 물속에서 구조활동을 해야만 하는 경우도 있을 것이다. 몇 백 미터 높이에서 여유를 가지게 되려면 몇 백 미터 높이에 자주 가보는 수밖에 없다. 결국은 연습이다.

라. 안전

로프구조 활동의 주된 목표 중의 하나는 안전한 구조활동을 수행하는 것이다. 이와 같은 주요목표는 정신적·육체적 개념 정립과 팀워크를 통하여 성취된다.

마. 대원의 적신호 인지

로프구조 활동 시 각 대원은 개인의 적신호 혹은 위험표식을 숙지하여야 한다.

- 터널 비전(상황판단을 못하게 하는 예측 불가능한 문제들, 사소한 것에 대한 착)
- 육체피로



- 추위, 더위 등에 의한 환경요인 때문에 생기는 정신적 육체적 손상
- 약물과 알코올에 의한 손상
- 위험상황에서 이를 표현하기 두려워하는 것
- 개인의 불행, 가족의 문제 등으로 일에 집중하지 못하는 상태
- 아드레날린 과다분비(흥분) : 휴식을 취할 것
- 도움요청 불능: 누구든지 때로는 머릿속으로는 알면서도 인정을 못하는 경우

바. 신체안전 개념

다음의 신체안전수칙을 반드시 준수해야 한다.

- 어떠한 상황에서도 안전확보 우선
- 필요시에는 여분의 시스템을 활용
- 헬멧을 착용하고 적절한 개인보호장비 착용
- 장비와 사용할 도구가 안전한지 끊임없이 확인
- 추락에 의한 충격을 받은 개인장비는 사용금지

사. 훌륭한 구조대원의 특성

훌륭한 구조대원의 모든 특성을 정의할 수는 없겠지만, 몇 가지 확실한 특징을 적시 할 수는 있다. 가장 중요한 특성은 구조대원이 얼마나 요구조자에 대하여 관심을 가지 는가이다. 구조대원은 반드시 구조해야하는 대상이 목적이어야 한다. 구조대상이란 곤란에 처한 사람, 정신적으로나 육체적으로 고통을 겪는 바로 그 사람이다. 구조대원은 끊임없이 요구조자와 대화하고 요구조자가 의식이 없어도 대화를 시도하여야 한다. 의식이 없는 요구조자라고 해도 들을 수 있는 경우가 있기 때문이다.

아. 위험이 낮은 기술부터 구사

요구조자에게 접근할 때에는 구조대원이나 요구조자 모두에게 위험이 가장 작게 초래되는 방식을 사용해야한다.

- 접근하기 전에 상황분석 : 불안정한 대기, 시설과 장비의 상태, 낙석이나 호전적인 사람들도 다 위험요소이다.
- 서두르지 말 것 : 서두르면 (요)구조자 모두에게 위험한 상황을 야기

3

로프구조

- 보다 신중하고 꼼꼼하게 처리할 것
- 고소 작업시 다른 구조대원에게 바짝 다가서지 말 것
- 가장 덜 위험한 접근로를 택하여 요구조자에게 접근할 것
- 단순한 구조기법으로 효율성과 안전성을 확보 : 로프구조에서는 단순한 방식이 효과적인 방식이며, 복잡한 시스템일수록 오류가 발생할 확률이 높다
- 수직구조시 요구조자의 위쪽으로 시스템 설치금지(낙석이나 장비낙하 등)
- 안전관리자를 지정 : 장비활용, 확보, 시스템 설치, 등·하강 및 안전벨트 착용 등을 점검(안전관리자는 가장 숙련된 대원을 지정)
- 헬멧, 안전벨트 착용은 필수
- 구조활동 개시 전에 다수의 안전로프를 설치

자. 자기구조 대비(Preparation for Self-Rescue)

아무리 사소한 로프구조 활동이라고 해도, 아무리 경험이 많은 구조대원이라고 해도 뭔가 잘못될 수 있음을 인정하고 스스로를 구조할 준비를 해야 한다. 최소 필요장비는 각종 카라비너, 웨빙이나 로프 슬링, 푸르직 룹(loops) 등이다.

차. 동료 구조대원 백업(Backup of Other Rescuers)

각 구조대원은 언제라도 동료 구조대원을 구조할 준비가 되어야 한다. 팀 동료 누구라도 부족한 면이 있다면, 집중하여 근거리에서 주시한다. 누구라도 실수는 할 수 있는 것을 명심하고 잘못된 일이 생기면 즉각적으로 바로잡을 준비가 되어 있어야 한다.

카. 장비관리

모든 구조장비는 철저히 관리하여야 한다. 그럼에도 불구하고 로프구조 장비의 경우에는 특히 관리가 중요하다. 왜냐하면 장비 하나 때문에 인명이 달려 있는 탓이다. 장비관리와 관련된 고려사항은 다음과 같다.

- 안전하게 고정되지 않은 장비를 낙하지점 끝에 두지 않는다. 손상되거나 분실할 수 있으며 부상을 초래
- 수직면에서 장비를 사용할 때에는 모든 장비를 걸착할 것
- 로프구조 활동 종료 후 모든 장비를 점검할 것



- 로프는 특히 주의하여 관리
- 결함 장비는 즉시 폐기

타. 임기응변의 중요성

로프구조에서는 대원 개인의 임기응변능력 보유여부가 아주 중요하다. 모든 사고의 상황이 다르고 날씨나 지형 등 조건이 늘 다르기 때문이다. 잘 훈련된 개인이 판단력까지 갖추고 있다면 어느 한 가지 상황과 기법에만 숙달반복이 되어 있는 사람보다 로프구조의 전문가적 소양이 더 많다 하겠다. 그러나 이러한 판단과 센스도 역시 경험에서 나오는 것이므로 경험을 쌓는 유일한 간접수단은 다양한 훈련이라는 것을 거듭 강조하고자 한다.

파. 팀(Team)과 안전관리자

수많은 사고와 실수가 팀워크 관리의 실패 때문에 야기된다. 구조대원이 이를 피하려면 자주 '모여서 훈련'하여 개인의 기술이 전체 구조대 단위의 기술이 되도록 하여야 한다. 우리나라의 경우에는 안전관리자를 그다지 중요하지 않게 보는 경향도 있는 것 같다. 그러나 안전관리자는 실수나 사고방지의 역할을 하므로 훈련이나 로프구조 활동 중에 안전절차가 준수되는지를 감독해야하며, 안전관리자는 팀 리더와는 별도로 지정되어야 한다.

제2절 로프의 이해

1. 로프(Rope)

로프의 명칭으로 자일(seil), 꼬르드(cords-코드) 등이 있으나 우리나라에서는 대부분 '로프'란 명칭으로 더 알려졌으며 우리말로 바, 줄, 끈 등으로 불린다.

과거에는 주로 가죽이나 식물성 섬유를 이용하였는데, 우리나라에서는 종자섬유인 면과 인피섬유(껍질을 이용한 섬유)인 마(삼베·모시) 등을 꼬아서 만든 바를 사용해 왔다. 1864년 영국의 알파인클럽에서는 마닐라보다 강도가 다소 높은 마를 이용한 등반용 로프를 사용하였으며, 그 이전에는 모두 마닐라로프를 등반용으로 사용하였다.

1938년 미국에서 합성섬유의 대표 격인 나일론이 탄생되어 오늘날에 이르러 다양한 재

3

로프구조

질의 합성섬유를 이용한 로프가 발달하게 되었다. 1950년대 유럽에서 꼬는 방식이 아닌 짚 방식에 의한 로프가 개발되었고, 1970년대에 속심에 나일론 섬유를 꼬아서 만들고 외피는 짜서 감싼 케른맨틀(Kern Mantle)로프가 개발되었다. 이 로프는 현재 사용하고 있는 로프와 같은 구조로서 적당한 부드러움과 높은 강도, 그리고 내마모성을 지니고 있으면서 필요 이상 늘어나는 단점이 보완된 것이다. 최근에 들어서 ‘케블라’, ‘카본’이라는 원단이 발명되어 더욱 튼튼한 로프가 생산되고 있다. 오늘날 합성섬유가 만들어지기 전에는 우리가 잘 알고 있는 잎섬유의 대표 격인 마닐라로프가 전 세계적으로 가장 많이 사용되어 왔는데, 전체의 90% 가량이 필리핀 마닐라에서 생산됐다 하여 ‘마닐라로프’라는 이름을 갖게 되었다. 현재에 사용되는 산악용·인명구조용 로프는 여러 가지 특성을 고려하여 그 강도와 취급 등이 가장 좋은 폴리아미드계열의 나일론로프가 가장 많이 사용되고 있다. 현재 UIAA(국제산악연맹)는 짚 방식에 의한 로프를 산악용, 산업용 로프로 공인하고 있다.

가. 로프의 종류

현재 사용되고 있는 로프는 산악용·산업용·어업용·농업용 등으로 구분되며, 그 종류로는 크게 천연섬유로프, 합성섬유로프, 와이어로프 등이 있다. 하지만 구조업무에 적합한 기동성·유연성·견고성·무게·수명·탄력·보관 등의 장점을 최대한 고려하여 합성섬유 로프를 가장 많이 사용하고 있다.

[그림 3-1] 천연섬유와 합성섬유 로프의 구분

천연섬유 (식물성 섬유)	종자섬유	무명(면)
	인피섬유	대마(삼베), 저마(모시), 황마, 아마, 라미
	잎섬유	마닐라, 파초, 아바카, 사이실
	과일섬유	야자섬유
합성섬유	폴리아미드계	나일론, 아밀란, 펄론
	폴리에스테르계	데이크론, 데틸린, 테트론
	폴리비닐알코올계	비닐론, 미쿨론

1) 천연섬유 로프

천연섬유의 특성상 나일론과 달리 여러 가닥의 섬유를 꼬아서 만든 형식이다.

[그림 3-2] 마닐라로프



잘 늘어나지 않고 마찰에 강하며 태양 및 오염물에 노출 시 나일론보다 강하며, 물에 젖을 경우 강도가 절반 정도 떨어지는 경향이 있다.

현재는 산악용으로 사용되지 않고 있지만, 나일론이 있기 전까지는 세계적으로 가장 많이 사용된 산악장비이다.

2) 합성섬유 로프

합성섬유의 대표격인 나일론은 초기에 천연섬유로프와 같이 끈 방식으로 제작하였으나 뻣뻣하고, 마찰에 약하고, 지나치게 늘어나는 단점이 있었다. 기술력의 발달로 이러한 문제점을 보완해주는 짚 방법을 채택하면서 나일론의 우수성인 충격을 줄여주는 신축성과 내구성을 갖추게 되었다.

초기의 짚 로프는 11mm를 기준으로 하여 장력이 20kN 미만이었지만, 2007년 현재의 기술은 10.5mm 기준 최대 27kN의 장력을 가지고 있다. 나일론은 물에 젖을 경우 강도가 20~25% 가량 떨어지고 늘어나는 단점 때문에 무거운 물체를 지속적으로 고정하는 용도에는 부적합하다. 현재 산악용 또는 인명구조용으로 활용되는 로프는 외피가 24~48 가닥의 짚 로프이며, 내피와 외피가 따로 제작된다. 로프는 각 제작사의 기술과 제조방법이 다르지만 강도 면에서는 큰 차이가 없다.

[그림 3-3] 초기의 나일론로프



3

[그림 3-4] 16가닥 짚 방식



로프구조

[그림 3-5] 48가닥 짚 방식



[그림 3-6] 내심과 외심을 모두 짚 방식(과거의 구조)



[그림 3-7] 가장 많이 사용되는 로프의 구조



3) 방수로프

젖은 로프는 사용이 불편할 뿐만 아니라 무겁고 얼어붙기라도 하면 취급하기가 더욱 어렵다. 하강기나 확보기구의 제동력이 떨어져 추락을 멈추기가 어려워지고, 로프 자체의 강도도 약 10~15% 정도 저하된다. 로프의 방수처리는 외피와 속심에 실리콘(Silicon), 테플론(Teflon), 파라핀(Paraffin) 코팅을 하는데, 이 코팅 처리법은 로프의 내구성을 높여주고 카라비너와 바위와의 마찰을 약 30% 정도 줄여 로프를 오랫동안 쓸 수 있도록 하였으며, 자외선을 차단하는 효과도 있다. 방수로프는 대부분 물에 뜨는 경향이 있어 수상구조용으로 많이 활용되고 있다.

4) 용도에 따른 구분

[그림 3-8] 로프의 비교

종류	무게	신장률	유연성	색깔	용도	기타
스태틱 (정적로프)	스태틱이 약간 무거움	3%이하	딱딱함	단일색	인명구조용 산업용 동굴탐사용	내구성이 강함
다이내믹 (동적로프)		5~10%	부드러움	화려함	등반용	가볍고 부드러워 사용이 편리함

로프는 사용 목적에 따라 크게 두 종류로 구분하는데 스태틱로프와 다이내믹로프 또는 인명구조용(산업용)과 등반용으로 나뉜다.

나. 로프의 성능

세계적으로 산악용 로프의 성능검사는 UIAA(국제산악연맹)에서 이뤄지는데 이곳에서 의 검증을 가장 신뢰한다.

본 내용에서는 주로 사용되는 9.8~12mm 굵기의 로프에 대한 충격흡수력, 신장률 등의 성능검사를 한다.

※ UIAA는 산악용 로프만을 전문으로 테스트하며, 인명구조 용도의 로프는 민감한 사안이므로 테스트를 하지 않고 대개 산업용이 인명구조용으로 사용된다. 카라비너, 헬멧, 안전벨트 등 주요장비에 대해서 안전도 검사를 하고 인증마크를 부여하므로 가급적 UIAA마크가 부착된 장비를 사용하는 것이 좋다.

다. 로프관리

로프의 기능이라면 단순히 안전확보, 인명구조 등만 생각하지만 추락하였을 때 지면이나 바위로 충돌하지 않도록 하며, 구조대원에게 심리적인 믿음과 안정을 준다. 이러한 메커니즘은 로프가 단순히 '튼튼한 밧줄'의 역할을 넘어서 추락 충격의 대부분을 흡수해 주는 역할을 하고 있다. 이와 같은 이유로 로프는 철저한 관리가 필요하다.

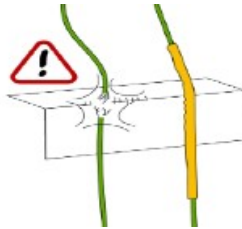
로프구조

1) 로프의 일반적 관리

○ 물리적 손상

로프(특히 하중을 받을 시)는 날카로운 모서리로부터 보호하고 마모 및 파열에 대비하여 보호 장비를 사용

[그림 3-9] 물리적 손상



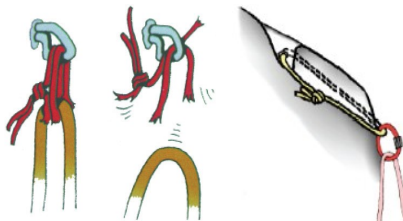
○ 화학적 손상

로프는 절대 산성물질과 접촉하지 않게 하고 산성과 접촉이 의심되는 경우에는 즉시 폐기할 것(※ 산성물질 : 자동차 배터리액 등)

○ 마찰열에 의한 손상

2개의 로프를 직접 연결하면 마찰부위에서 발생하는 열로 인해 로프가 단선 될 수 있으므로 카라비너를 함께 사용

[그림 3-10] 마찰열에 의한 로프손상

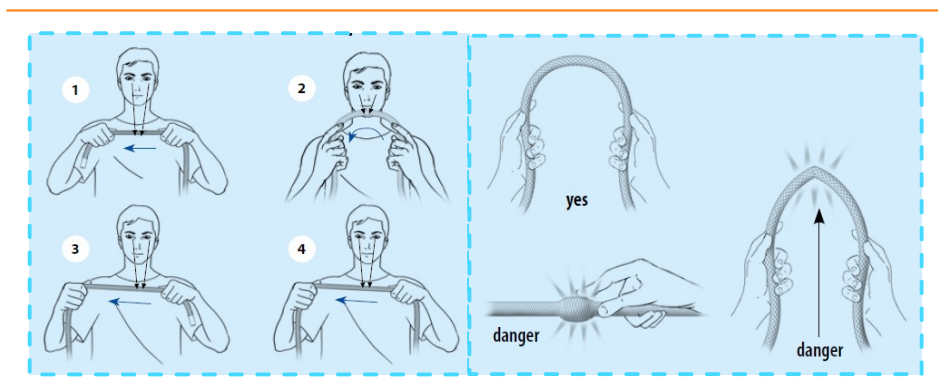


- 오염
로프는 깨끗하게 사용해야 하며 특히 먼지와 모래는 섬유조직을 손상시킴
- 물에 젖은 로프
젖은 로프는 예민해지고 더 늘어나며 매듭의 강도도 감소시킴
- 매듭
로프는 매듭을 하는 끝 부분이 가장 크게 손상되며 매듭은 로프강도를 현저하게 감소시킴

[그림 3-11] 매듭과 꺾임에 의한 로프의 장력변화

매듭의 종류	매듭의 강도(%)
매듭하지 않은 상태	100
8자 매듭	75~80
한겹고정 매듭	70~75
이중 피셔맨매듭	65~70
피셔맨매듭	60~65
테이프매듭	60~70
말뚝매듭	60~65
엄지매듭	60~65

[그림 3-12] 로프 상태 검사



3

로프구조

2) 로프기록부 작성

로프를 구입한 부서에서는 폐기할 때까지 지속적으로 관리하고 기록하여야 한다. 로프의 사용일자 및 검사·정비사항 등을 기록부에 기입해야 한다. 이러한 정보들은 로프의 폐기시기를 결정하는 데 도움을 준다. 기록부는 방수봉투에 보관하고 보통 로프보관용 가방과 함께 보관하도록 한다.

[그림 3-13] 일반적인 로프의 수명

로프의 수명

- 시간의 경과에 따른 강도저하
 - 로프는 사용 횟수와 무관하게 강도가 저해된다.
 - 특히 4년 경과 시부터 강도가 급격히 저해된다.
 - 5년 이상 경과된 로프는 폐기한다.(UIAA 권고사항)
- 로프의 교체시기 (관리와 보관이 잘 된 로프 기준, 대한 산악연맹 권고사항)
 - 가끔 사용하는 로프 : 4년
 - 매일 사용하는 로프 : 1년
 - 매주 사용하는 로프 : 2년
 - 스포츠클라이빙 로프 : 6개월
- ※ 즉시 교체하여야 하는 로프
 - 납작하게 눌린 로프
 - 손상된 부분이 있는 로프
 - 큰 충격을 받은 로프(추락, 낙석, 아이젠)

[그림 3-14] 로프 기록부

《 로프기록부 》

- 제조회사 : 베알(프랑스) ○ 제조일자 : 2014. 01. 01 ○ 구입일자 : 2014. 03. 01
- 길 이 : 200m ○ 직 경 : 11mm ○ 형 태 : 스테틱
- 소방서

사용일자	목적	기록사항	사용자
'11, 04, 01	산악구조	심한외피 밀림현상(사용중지)	홍길동

3) 로프세척

로프의 세척 및 건조는 제조회사에 따라 다르며, 다음은 로프의 세척에 대한 일반적인 지침이다. 먼저 천연섬유(Natural Fiber)는 물로 세척하지 않는다. 처음에는 천연섬유를 강하게 하지만 지속적으로 적셨다 건조하면 섬유를 약하게 하면서 손상을 일으키기 때문이다. 흙이나 모래알을 떨어 낼만큼 부드럽게 솔질을 해서 닦아내야 한다.

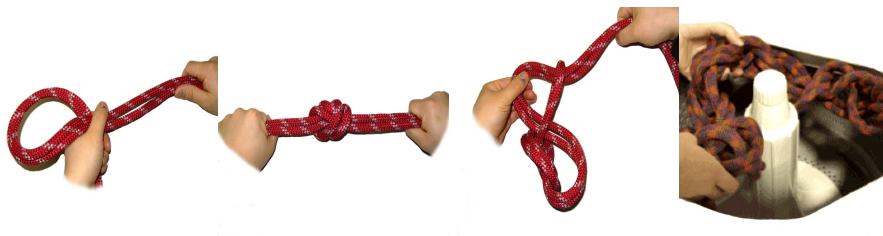
[그림 3-15] 로프세척제와 로프세척솔



합성섬유의 경우 찬물과 연한 비누를 사용해서 세척하게 되는데 표백제나 강한 세척제는 사용하지 않는다. 합성섬유 로프를 세척하는 데는 세 가지 중요한 방법이 있는데 그것은 손세탁, 로프세척용 솔, 그리고 일반세탁기이다.

세탁기에 넣기 전에 로프는 꼬임을 최소화하기 위해서 고리형식으로 정리한다.

[그림 3-16] 로프세척 과정



먼저 손세탁은 헹궂으로 닦아내거나 솔 등으로 문지른 다음 깨끗한 물에 잘 헹군다. 상업용 로프 세척용 솔은 일반 수도꼭지나 정원호스 등에 연결해서 사용할 수 있다. 로프를 세척기에 통과시켜 여러 방향에서 뿌려대는 물줄기로 로프의 모든 면을 세척한다. 이 장치들은 로프의 진흙이나 표면의 부스러기들을 세척하는 데는 충분하지 않기 때문에 더 깨끗한 세척을 위해서 일반 세탁기에서 세척한다. 회전식 세

탁기는 로프에 손상을 주기 때문에 낙차식 세탁기를 사용한다. 세척은 차가운 물을 사용하며 어떤 종류든 적은 양의 부드러운 세제를 사용한다. 로프는 세척기에 넣기 전에 세척용 그물망에 넣어 보호하는 것도 좋은 방법이다.

4) 로프보관

로프구조

로프는 대부분 로프가방에 보관한다. 로프는 청결하고 건조한 작은 보관용 가방이나 칸막이 방에 저장하되 환기가 잘 되어야 한다. 로프는 배터리액, 탄화수소 연료 또는 자욱한 연기나 이러한 물질의 증기와 같은 화학적 오염에 노출되어서는 안 되며 동력장비 또는 이러한 장비의 예비연료와는 따로 보관하여야 한다. 케른멘틀 로프와 그 밖의 구조로프는 보관용 가방에 보관하는 것이 가장 좋은 방법이다. 로프 가방은 손쉽게 운반할 수 있으며, 먼지나 때가 묻지 않아 로프의 좋은 상태를 유지할 수 있다.

[그림 3-17] 로프보관용 가방



2. 로프매듭

가. 로프매듭의 개요

로프는 구조활동 및 훈련에 있어 대원의 진입 및 탈출, 요구조자의 구출, 각종 장비의 운반 및 고정, 장애물의 견인 제거 등 다양한 용도로 활용할 수 있어 구조장비 중에서도 가장 활용도가 높다. 그러나 적절한 관리를 하지 못했을 경우 인명구조 현장에서 이를 사용하지 못하게 되는 것은 물론이고 요구조자와 대원의 안전을 보장할 수도 없다. 따라서 평소 관리에 세심한 주의를 기울여야 하며, 구조현장에서 사용되는 다양한 로프매듭법과 구조기구의 사용법을 잘 익혀두어 야간이나 악천후 등 최악의 상황에서도 신속하고 정확하게 로프를 설치할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

나. 매듭의 기본원칙

1) 좋은 매듭의 조건

좋은 매듭의 가장 중요한 조건은 물론 『묶기 쉽고, 연결이 튼튼하여 자연적으로 풀리지 않고, 사용 후 간편하게 해체할 수 있는 매듭』이다. 그러나 이것은 서로 모순되는 요구로서 세 가지를 모두 만족시키는 것은 매우 어렵다. 따라서 구조활동 현장의 상황에 따라서 쓰이는 매듭을 결정하여야 한다. 즉 그러한 상황에 적응되는 매듭 중 가장 널리 쓰이고 또한 해당 대원이 가장 잘 할 수 있는 매듭법을 사용하는 것이다. 로프매듭을 할 때에는 특히 다음사항을 주의토록 한다.

- 매듭법을 많이 아는 것 보다는 잘 쓰이는 매듭을 정확히 숙지하는 것이 더욱 중요하다. 야간이나 악천후에도 능숙히 설치할 수 있어야 하고 다른 사람에게도 안전하게 매듭을 해 줄 수 있어야 한다.
- 매듭은 정확한 형태로 단단하게 조여야 풀어지지 않고 하중을 지탱할 수 있다.
- 될 수 있으면 매듭의 크기가 작은 방법을 선택한다. 매듭부분으로 기구, 장비 등을 통과시켜야 하는 경우가 있기 때문이다.
- 매듭의 끝 부분이 빠지지 않도록 주매듭을 묶은 후 윗매듭 등으로 다시 마감해 준다. 이때 끝 부분이 빠지지 않도록 충분한 길이를 남겨두어야 하는데 최소한 로프 직경의 10배 정도는 남아 있어야 한다. 즉 11mm 로프인 경우 11cm, 9mm 로프라면 9cm 정도는 되어야 한다.
- 끊어지지 않는 로프는 존재하지 않고 풀어지지 않는 매듭도 없다. 따라서 사용 중에 로프와 매듭부분에 이상이 없는지 수시로 확인한다.
- 로프는 매듭 부분의 강도가 저하된다는 사실을 기억한다.

2) 매듭의 종류

매듭은 로프와 로프의 연결이나 기구 또는 신체를 묶을 때, 또는 현수점(懸垂點, 로프를 묶어 고정하는 부분)을 설정할 때 등 다양하게 활용된다. 매듭을 할 때에는 목적에 맞는 매듭을 선택하여 정확하게 묶어야 하며 사용 중에도 풀리거나 느슨해지지 않는지 수시로 재확인하도록 한다.

로프매듭(knot)은 일반적으로 형태 및 용도에 따라 stopper(마디), bend(잇기), noose(울가미, 움직이는 고리), loop(크기가 고정된 고리), hitch(얹어매기) 등으로 구분하고 우리 전통매듭에서도 결절(結節), 결합(結合), 결착(結着), 결축(結縮), 결문(結紋), 결속(結束) 등으로 구분하는 수많은 매듭법이 있다.

3

로프구조

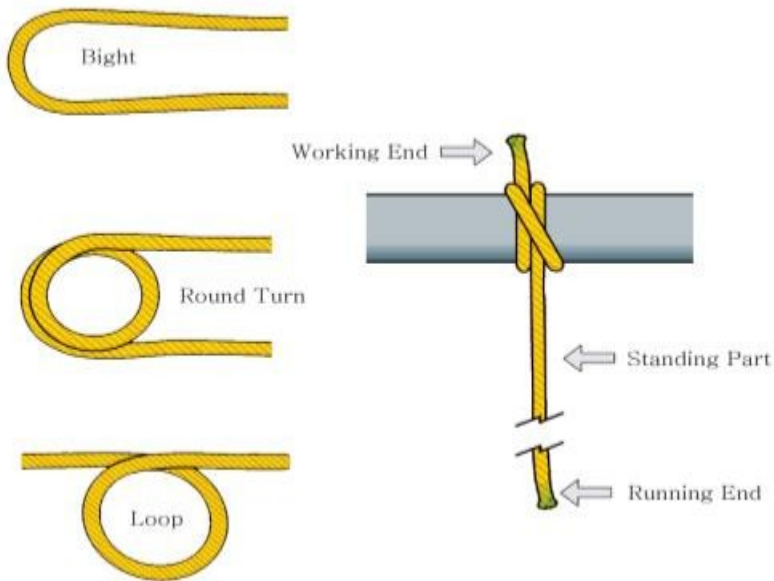
그러나 이러한 매듭법은 교재나 가르치는 사람에 따라 여러 가지 다른 명칭으로 불리는 경우가 많으므로 혼동하지 않도록 유의해야 한다.

매듭법은 용도에 따라 크게 다음과 같이 3가지 형태로 분류한다.

- 마디짓기(結節) - 로프의 끝이나 중간에 마디나 매듭·고리 만들기
- 이어매기(連結·結合·結束) - 한 로프를 다른 로프와 서로 연결하기
- 움켜매기(結着) - 로프를 지지물 또는 특정 물건에 묶기

3) 매듭 각 부분의 명칭

[그림 3-18] 매듭 각 부분의 명칭



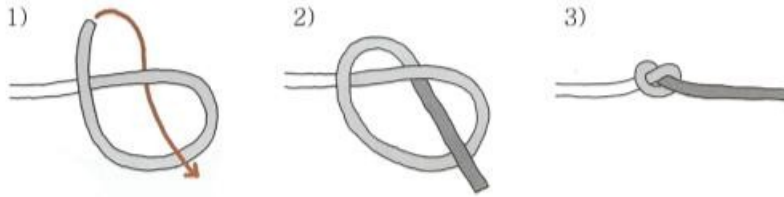
다. 기본 매듭

1) 마디짓기 (결절)

- 움매듭 (엄지매듭, overhand knot)

로프에 마디를 만들어 도르래나 구멍으로부터 로프가 빠지는 것을 방지하거나 절단한 로프의 끝에서 꼬임이 풀어지는 것을 방지할 때 사용하는 가장 단순한 형태의 매듭이다. 일부 등반교재 등에서 8자매듭을 움매듭이라 부르는 경우도 있으나 우리 전통매듭에서는 이 매듭을 움매듭이라고 한다.

[그림 3-19] 윽매듭



○ 두겹윽매듭 (고리 윽매듭)

두겹윽매듭은 로프의 중간에 고리를 만들 필요가 있을 때 사용한다. 간편하게 매듭할 수 있는 방법이지만 힘을 받으면 매듭 부분이 계속 조여지므로 풀기가 힘들다.

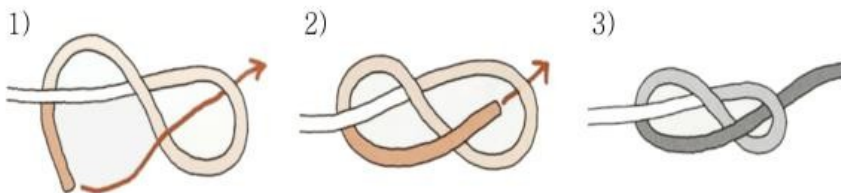
[그림 3-20] 두겹윽매듭



○ 8자매듭 (figure 8)

매듭이 8자 모양을 닮아서 '8자매듭'이라고 한다. 윽매듭보다 매듭부분이 커서 다루기 편하고 풀기도 쉽다.

[그림 3-21] 8자매듭



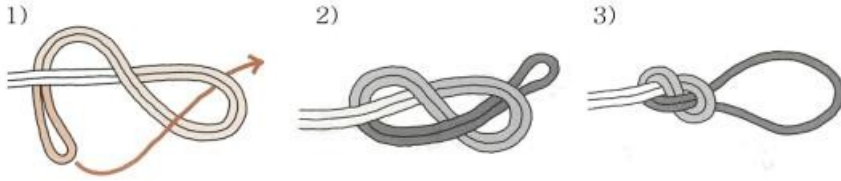
○ 두겹8자매듭 (figure 8 on a bight)

두겹8자매듭은 간편하고 튼튼하기 때문에 로프에 고리를 만드는 경우 가장 많이 활용된다. 로프에 고리를 만들어 카라비너에 걸거나 나무, 기둥 등에 확보하고자 하는 경우 폭넓게 활용한다. 로프를 두겹으로 겹쳐서 8자매듭으로 묶는 방법과 한겹으로 되감기 하는 방식이 있다.

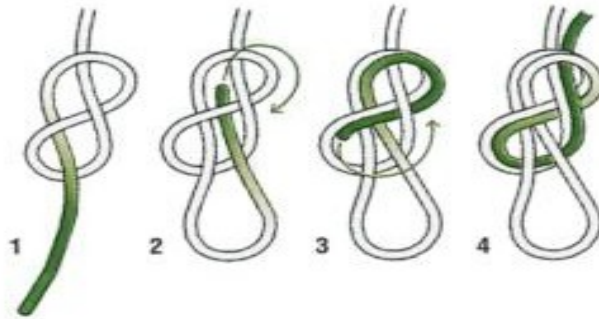
3

[그림 3-22] 두겹8자매듭

로프구조

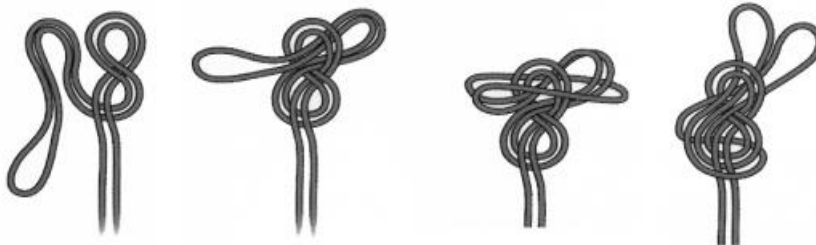


[그림 3-23] (되감기)두겹8자매듭



- 이중8자매듭 (double figure 8)
로프 끝에 두 개의 고리를 만들 수 있어 두 개의 확보물에 로프를 고정하는 경우에 매우 유용하다.

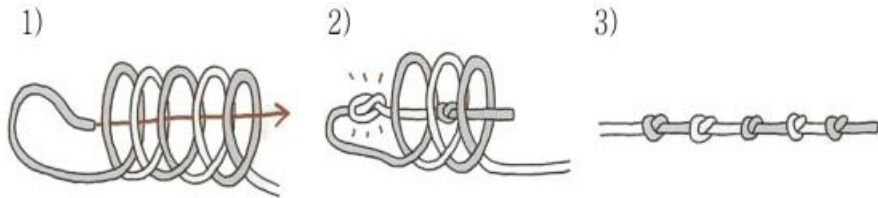
[그림 3-24] 이중8자매듭



○ 줄사다리매듭

이 매듭은 로프에 일정한 간격을 두고 수개의 움매듭을 만들어 로프를 타고 오르거나 내릴 때에 지지점으로 이용할 수 있도록 하는 매듭이다.

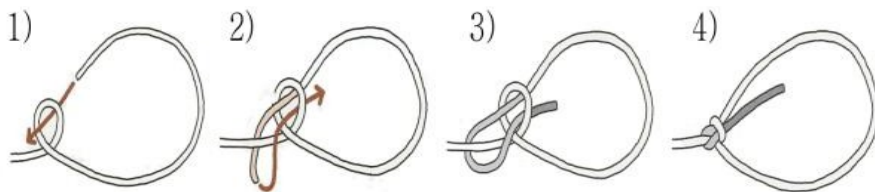
[그림 3-25] 줄사다리매듭



○ 고정매듭 (bowline)

로프의 굵기에 관계없이 묶고 풀기가 쉬우며 조여지지 않으므로 로프를 물체에 묶어 지지점을 만들거나 유도 로프를 걸착하는 경우 등에 활용한다. 구조활동은 물론이고 어디서든 자주 사용되는 중요한 매듭이어서 ‘매듭의 왕(king of knots)’이라고 까지 부른다.

[그림 3-26] 고정매듭



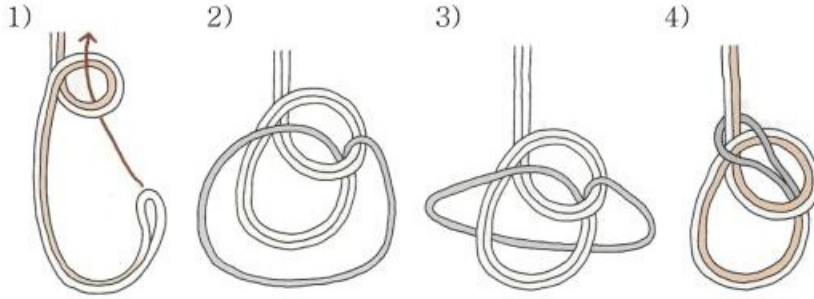
○ 두겹고정매듭 (bowline on a bight)

로프의 끝에 두 개의 고리를 만들어 활용하는 매듭이다. 수직맨홀 등 좁은 공간으로 진입하거나 요구조자를 구출하는 경우 유용하게 활용하며 특히 완만한 경사면에서 확보물 없이 3명 이상이 한줄 로프를 잡고 등반하는 경우 중간에 위치한 사람들이 이 매듭을 만들어 어깨와 허리에 걸면 로프가 벗겨지지 않고 활동이 용이하다.

3

[그림 3-27] 두겹고정매듭

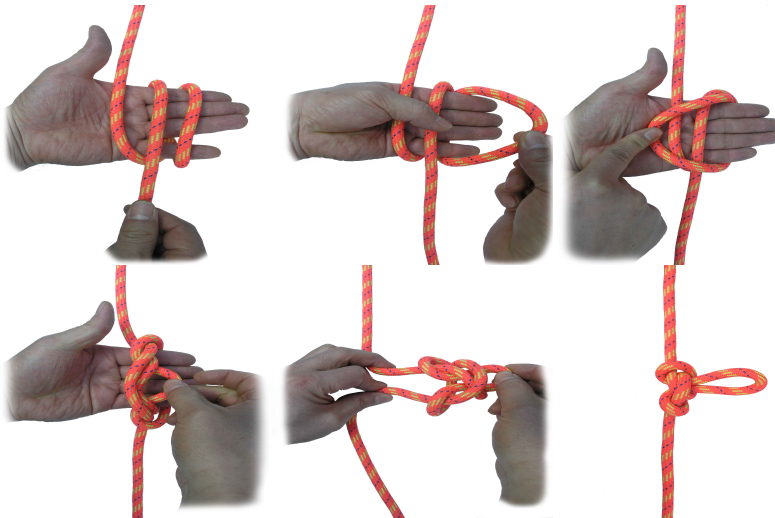
로프구조



○ 나비매듭

로프 중간에 고리를 만들 필요가 있을 경우에 사용하며, 다른 매듭에 비하여 충격을 받은 경우에도 풀기가 쉬운 것이 장점이다. 중간 부분이 손상된 로프를 임시로 사용하고자 하는 경우에 손상된 부분이 가운데로 오도록 하여 매듭을 만들면 손상된 부분에 힘이 가해지지 않아 응급대처가 가능하다.

[그림 3-28] 나비매듭

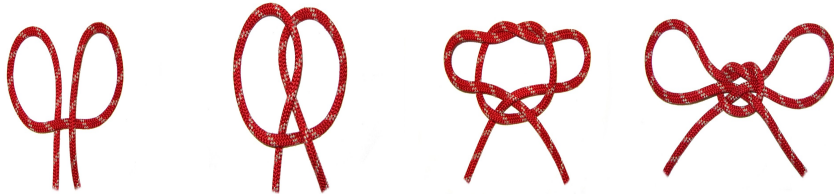


○ 의자묶음 매듭(Chair knot)

유동성이 있는 매듭으로서 들것에 요구조자를 고정할 때 사용된다. 요구조자의 이탈을 방지하고 들것에 완전 고정하기 위하여 발부분에 사용된다. 말뚝매듭을 응용한 것으로 수직구조 시 요구조자가 아래로 밀리는 것을 방지하기 위해 두개

의 고리에 발을 걸어 사용한다.

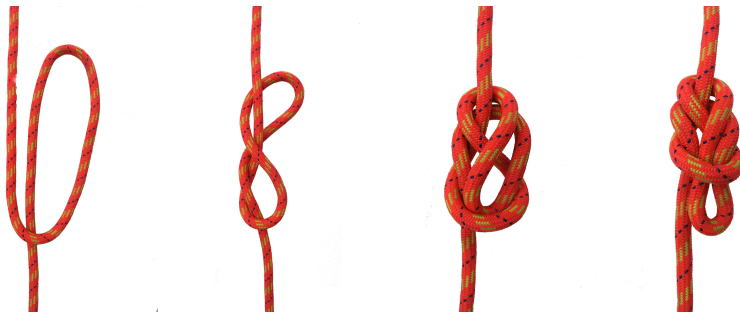
[그림 3-29] 의자묶음매듭



○ 중간8자매듭

나비매듭과 같이 로프의 중간에 고리를 필요로 할 때 사용하는데 주로 수직구조에서 사용되며 쉽게 풀 수 있다는 장점이 있다. 이 매듭은 고리와 끝줄이 반드시 같은 방향으로 빠져나와야 한다.

[그림 3-30] 중간8자매듭



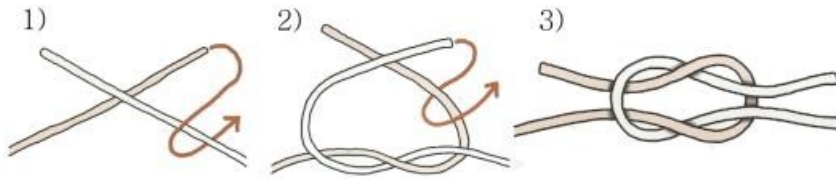
2) 이어매기 (연결)

○ 바른매듭 (맞매듭, square knot)

바른매듭은 묶고 풀기가 쉬우며 같은 굵기의 로프를 연결하기에 적합한 매듭이다. 로프 연결의 기본이 되는 매듭이며 힘을 많이 받지 않는 곳에 사용하지만 굵기 또는 재질이 서로 다른 로프를 연결할 때에는 미끄러져 빠질 염려가 있어 직접 안전을 확보하는 매듭에는 적합하지 않다.

[그림 3-31] 바른매듭

로프구조



반드시 매듭부분을 완전히 조이고 끝부분은 윗매듭으로 마감하여야 한다.

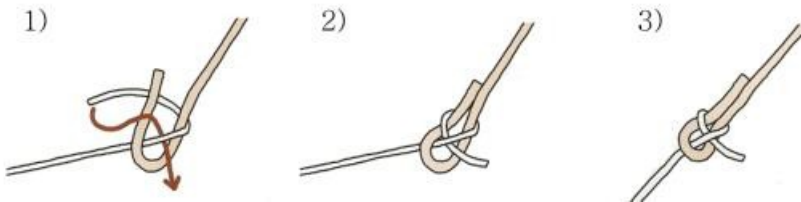
짧은 로프가 서로 다른 방향으로 묶이면 로프가 미끄러져 빠지게 되므로 주의해야 한다.

[그림 3-32] 잘못된 매듭



○ 한겹매듭 (bucket bend), 두겹매듭 (double bucket bend)

[그림 3-33] 한겹매듭



한겹매듭은 굵기가 다른 로프를 결합할 때에 사용한다. 주로프는 접어둔 채 가는 로프를 묶는 것이 좋으며 로프 끝을 너무 짧게 묶으면 쉽게 빠지므로 주의한다.

두겹매듭은 한겹매듭에서 가는 로프를 한 번 더 돌려감은 것으로 한겹매듭보다 더 튼튼하게 연결할 때에 사용한다.

[그림 3-34] 두겹매듭

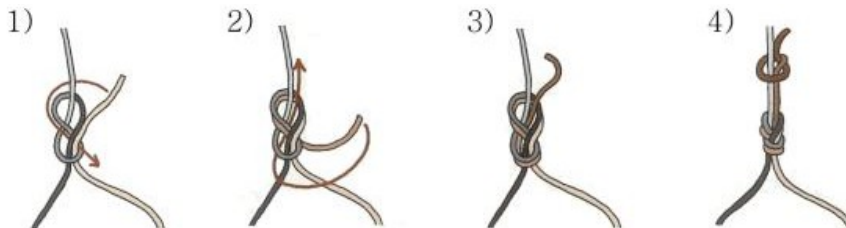


A로프 (기준 로프)	굵은 것	딱딱한 것	마른 것
B로프 (기준 로프)	가는 것	부드러운 것	젖은 것

○ 8자연결매듭 (figure 8 follow through)

많은 힘을 받을 수 있고 힘이 가해진 경우에도 풀기가 쉬워 로프를 연결하거나 안전을 확보하기 위한 매듭으로 자주 사용된다. 주로프로 8자 형태의 매듭을 만든 다음 연결하는 로프를 반대 방향에서 역순으로 진입시켜 이중8자의 형태를 만든다. 매듭이 이루어지면 양쪽 끝의 로프를 당겨 완전한 형태의 매듭을 완성하고 움매듭으로 마무리한다.

[그림 3-35] 움매듭은 8자연결매듭에 바짝 붙이는 것이 좋다.



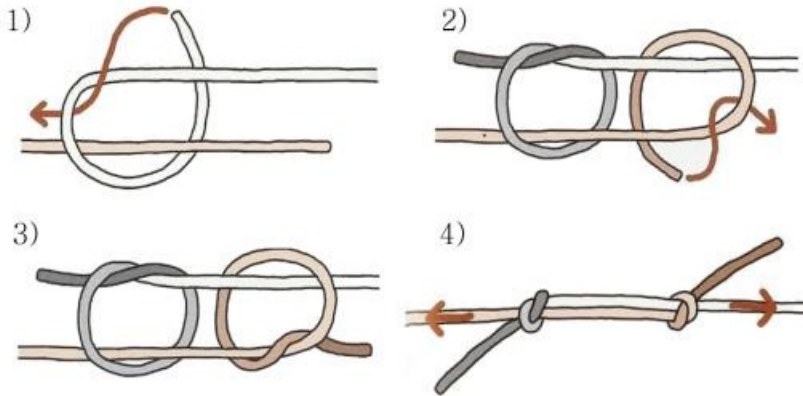
○ 피셔맨매듭 (fisherman's knot)

두 로프가 서로 다른 로프를 묶고 당겨서 매듭부분이 맞물리도록 하는 방법이다. 신속하고 간편하게 묶을 수 있으며 매듭의 크기도 작다. 두 줄을 이을 때 연결매듭으로 많이 활용되는 매듭이지만 힘을 받은 후에는 풀기가 매우 어려워 장시간 고정시켜 두는 경우에 주로 사용한다. 매듭 부분을 이중으로 하면(이중피셔맨매듭) 매듭이 더욱 단단하고 쉽사리 느슨해지지 않는다.

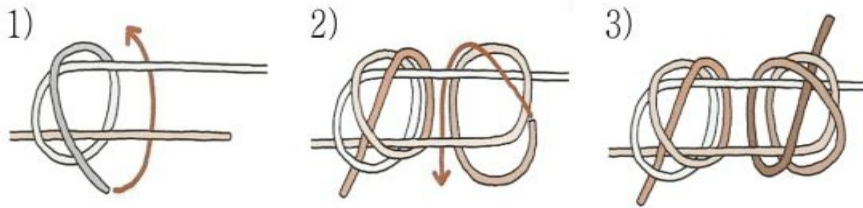
3

로프구조

[그림 3-36] 피셔맨매듭법



[그림 3-37] 이중피셔맨매듭



3) 움켜매기 (걸착)

○ 말뚝매기 (까베스땅 매듭, clove hitch)

로프의 한쪽 끝을 지지점에 묶는 매듭으로 구조활동을 위해 로프로 지지점을 설정하는 경우 많이 사용한다. 묶고 풀기는 쉬우나 반복적인 충격을 받는 경우에는 매듭이 자연적으로 풀릴 수 있으므로 매듭의 끝을 안전하게 처리하여야 한다. 말뚝매기가 풀리지 않도록 끝 부분을 움매듭하여 마감하는 방법을 많이 활용하고 주로프에 2회 이상의 절반매기를 하는 방법도 사용한다.

[그림 3-38] 말뚝매기



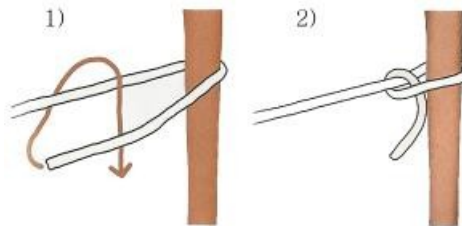
[그림 3-39] 말뚝매기의 다른 방법, 로프 끝을 둥글게 겹쳐서 끼운다.



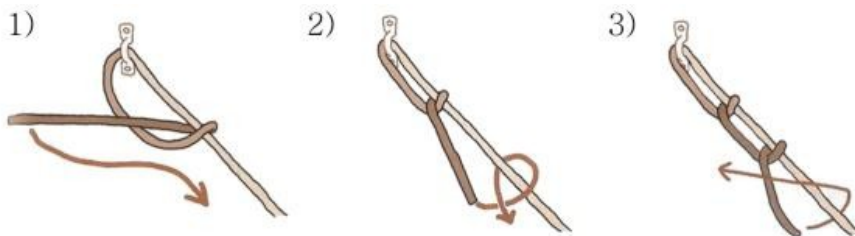
○ 절반매듭 (half hitch)

로프를 물체에 묶을 때 간편하게 사용하는 매듭이다. 묶고 풀기는 쉬우나 결속력이 매우 약하기 때문에 절반매기 단독으로는 사용하지 않는다.

[그림 3-40] 절반매듭



[그림 3-41] 절반매듭의 응용



○ 잡아매기

안전벨트가 없을 때 요구조자의 신체에 로프를 직접 결착하는 고정매듭의 일종으로 요구조자의 구출이나 낙하훈련 등과 같이 충격이 심한 훈련이나, 신체에 주는 고통을 완화하기 위하여 사용된다. 긴급한 경우에만 사용하도록 한다.

[그림 3-42] 잡아매기

로프구조



○ 감아매기 (prusik knot, 비상매듭)

굵은 로프에 가는 로프를 감아매어 당기는 방법으로, 고리부분을 당기면 매듭이 고정되고 매듭부분을 잡고 움직이면 주로프의 상하로 이동시킬 수 있으므로 로프등반이나 고정 등에 많이 활용한다. 감는 로프는 주로프의 절반정도 굵기일 때 가장 효과적이며 3회 이상 돌려 감아야 한다.

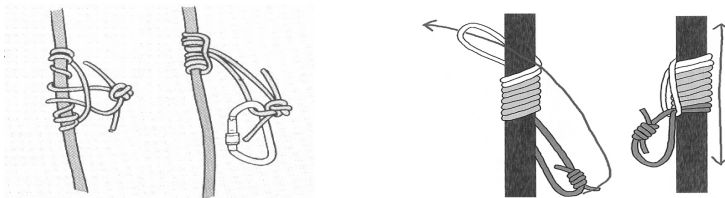
[그림 3-43] 감아매기



○ 클렘하이스트 매듭 (klemheist knot)

감아매기와 같이 자기 제동(self locking)이 되는 매듭으로 주로프에 보조로프를 3-5회 감고 로프 끝을 고리 안으로 통과시켜 완성한다. 하중이 걸리면 매듭이 고정되고 하중이 걸리지 않으면 매듭을 위 아래로 움직일 수 있다.

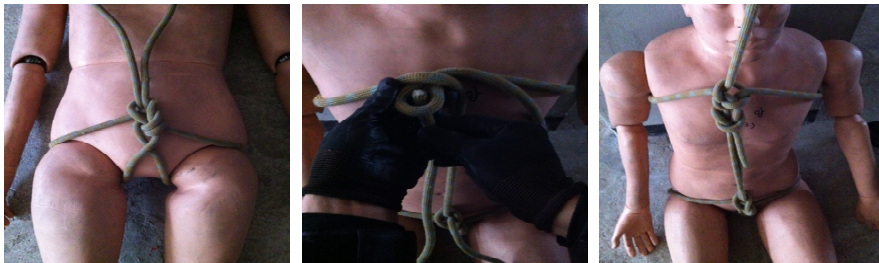
[그림 3-44] 감아매기(좌)와 클렘하이스트 매듭(우)



○ 신체묶기

과거 구조기술이 확립되어 있지 못하고 구조장비도 부족했을 때에는 로프에 직접 요구조자를 결착하여 구출하는 경우가 많았다. 그러나 이러한 구조방법은 요구조자의 신체를 보호하지 못하고 예기치 못한 손상을 입힐 수도 있기 때문에 현재는 거의 사용되지 않는다. 요구조자를 구출할 때에는 반드시 안전벨트를 착용시키거나 들것을 이용하여 요구조자의 보호에 최선을 다해야 한다.

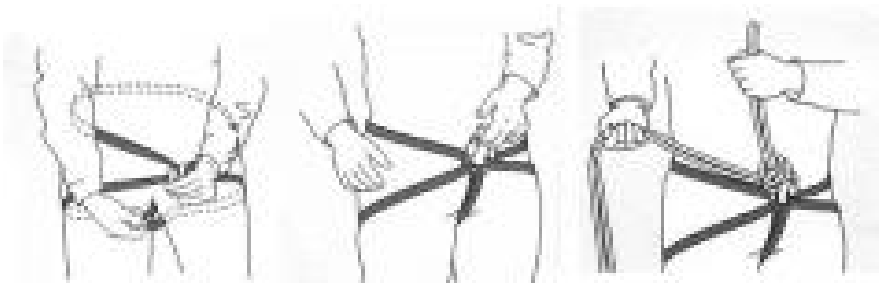
[그림 3-45] 신체묶기



○ 간이 안전벨트

안전벨트 대용으로 하강 또는 수평도하 등에 사용할 수 있는 매듭이다. 3m 정도 길이의 로프나 슬링의 끝을 서로 묶어 큰 원을 만들고 허리에 감은 다음, 등 뒤의 로프를 다리사이로 빼내어 카라비너로 연결한다. 로프보다는 슬링을 이용하는 것이 신체에 가해지는 충격을 줄일 수 있다.

[그림 3-46] 슬링을 이용한 간이 안전벨트



4) 로프사리기(로프정리)

로프를 사릴 때는 언제나 꼬이거나 엉킬 수 있다는 가정을 염두에 두어야 한다. 아무리 잘 사리더라도 보관방법이나 이동, 충격, 흔들림 등으로 꼬이거나 엉킬 수 있다.

○ 원형사리기

로프의 길이가 20m 이하의 비교적 짧은 로프를 휴대와 장기간 보관할 때 편리한 방법이나 풀 때 로프가 꼬이거나 엉키는 단점이 있어 구조작업 시에는 사용하지 않는 것이 바람직하다.

[그림 3-47] 원형사리기



[그림 3-48] 로프정리 매듭



○ 나비형 사리기

로프의 길이가 20~60m 이하의 긴 로프를 사릴 때 사용하는 방법으로 왼손으로 로프의 한 쪽 끝을, 오른손으로 긴 로프를 잡고 양팔을 벌려 한 발의 길이가 되게 한 다음 꼬이지 않도록 주의하면서 왼손으로 로프를 잡는다. 다시 양팔을 벌려 로프가 한 발이 되게 한 다음 로프를 왼손으로 잡아나간다. 이 방법은 로프가 지그재그 형태로 차례로 쌓이므로 풀 때에도 엉키지 않는 장점이 있다.

[그림 3-49] 나비형 사리기



○ 어깨감기

로프의 길이가 60m 이상이 되면 사리면서 한 손으로 잡고 있을 수 없게 된다. 이때에는 로프를 어깨로 올려서 사리는 방법으로 왼손으로 로프의 끝을 잡고 오른손으로 로프를 잡아 목 뒤로 돌려 어깨에 걸친다. 오른손으로 로프를 잡은 상태에서 왼손에 로프를 놓고 오른쪽의 로프를 잡아 다시 목 뒤로 돌린다. 같은 방법으로 로프를 어깨 위에 쌓고 마지막에 두 손을 로프 안쪽에 넣어 조심스럽게 들어내고 한발감기와 같은 방법으로 마무리 한다. 로프를 두 겹으로 잡으면 보다 신속히 사릴 수 있다.

[그림 3-50] 어깨감기



○ 8자형 사리기

나비형 사리기와 함께 로프가 꼬이지 않게 사리는 방법으로 풀 때 꼬이지 않는 장점이 있다. 굵고 뽀뽀한 로프나 와이어로프 등을 정리할 때 편리하다.

로프구조

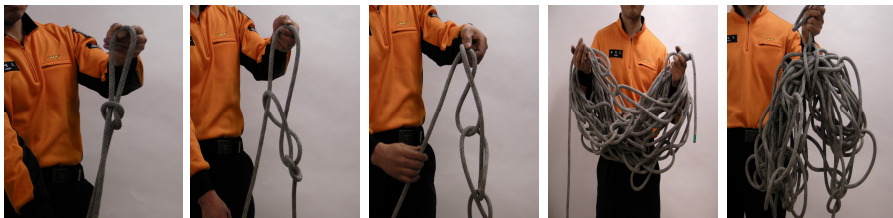
[그림 3-51] 8자형 사리기



○ 사슬 사리기

과거에는 주로 화물차 기사들이 사용한 방법이지만 원형이나 8자형 사리기보다 꼬이거나 엉키는 확률이 현저히 낮다. 이 방법은 마지막 끝처리가 잘 되어야 하는데, 잘못될 경우 푸는 방법도 잘 익혀 두어야 한다. 마지막 1m 정도의 여유줄을 남겨 놓고 마지막 사슬을 여유줄에 묶는데 절대로 여유줄이 매듭 안으로 들어가서는 안 되며 고리를 작게 사리는 것이 좋다.

[그림 3-52] 사슬사리기



○ 넣어두기

사용빈도가 높고 구조목적으로 현장에서 바로 꺼내 사용할 수 있다. 첫줄을 가방안쪽의 아랫부분에 매듭하여 고정하고 나머지는 위에서 아래로 자연스럽게 흘러내리듯 넣고 마지막 끝줄은 처음을 표시할 수 있도록 구분해 둔다. 충격이나 흔들림에 의해 엉킬 확률이 있으므로 이동시 주의한다.

[그림 3-53] 넣어두기



제3절 로프구조 장비

1. 개인안전장비

가. 안전벨트 (Harness)

안전벨트 선택 시에 현장의 상황에 가장 적합한 것이 무엇인지를 우선적으로 고려하여야 한다. 종류로는 등반용, 구조용, 동굴탐사용, 산업용, 요구조자용 등이 있으며 일반적으로 구조대원들의 안전벨트는 낙하방지의 목적과, 낙하시의 충격을 줄이기 위해 허리와 다리·가슴 등으로 충격이 분산되도록 제작되어야 한다.

안전벨트는 활동성에 크게 제약받지 않는 범위에서 패드가 두껍고 넓은 것, 허리와 허벅지의 조절이 가능하고 엉덩이 부분의 밴드가 탈착이 가능한 제품이 좋다. 이는 오랜 시간을 안전벨트에 의지해야 하기 때문에 허리와 다리의 압박으로 인해 가중되는 피로를 줄이기 위한 선택이다. 일반적으로 구조대원은 버클이 달린 안전벨트를 사용해야 하는데 이것은 보온복 착용으로 인해 다리 고리의 크기를 조절해야 하기 때문이다.

로프구조



요구조자용



산악용



인명구조용, 산업용

안전벨트는 구조대원이 흘리는 땀이 염분으로 변해 수명이 단축될 수 있어 변색여부를 살펴보고, 장비결이의 이상유무, 버클부분의 부식상태 등을 점검하는 것이 중요하다. 특히 박음질 부분이나 마찰이 가해지는 부분에는 세심한 관찰이 필요하며 부식이 심하거나 박음질이 손상됐을 때는 바로 교체하는 것이 좋다. 허리부분은 골반 뼈 보다 작게 조여 착용해야 한다. 버클에 웨빙이 한번만 통과 되었을 때는 300kg 정도의 충격에도 빠져 버릴 수 있으므로 반드시 반대방향으로 한 번 더 통과시켜서 사용해야 한다. 웨빙 끝은 최소한 5cm이상의 여분이 있어야 하며 안전벨트에 로프를 묶을 때는 다리 고리와 허리벨트를 같이 묶어 주어야 한다.

상·하체형 벨트와 하체형 벨트와의 만족감 차이는 거의 없으나 상·하체형 벨트는 두 사람의 무게를 지탱할 수 있으며, 매달린 상태에서 자세를 바꾸는 등의 움직임과 요구조자에게 접근 시 손의 활동은 자유롭지만 어깨와 몸 전체의 제약을 받게 된다.

요구조자용 안전벨트는 일반적인 안전벨트와 달리 착용과 해체가 편하고 안정감이 있다. 또한 삼지점이 가슴부위에 있어 구조작업 중 요구조자가 뒤집어지는 현상을 방지한다.

[그림 3-55] 카라비너 걸기



안전벨트는 구조활동 시 대원의 안전을 지켜주는 필수장비 중의 하나이다. 형태와 용도에 따라 상단용, 하단용, 허리용, 상·하단용(X 벨트) 등이 있지만 UIAA에서는 상·하단 벨트만을 인정한다. 상·하단 벨트가 착용이 다소 번거롭기는 하지만 추락 시 충격을 몸 전체로 분산하여 부상 위험을 줄여주기 때문에 구조활동 시에는 반드시 상·하단형 벨트를 사용해야 한다.

나. 헬멧

구조작업 시 추락 및 갑자기 떨어지는 낙석 등으로 신체의 가장 중요한 부분인 머리를 보호하는 장비로써 국제산악연맹(UIAA)인증이 있는 것을 사용하여야 한다. UIAA에서는 헬멧의 수직 충격 테스트, 전면·측면·후면 충격테스트, 관통테스트, 턱끈 하중테스트, 벗겨짐 테스트의 5가지 항목으로 테스트가 이루어진다.

일정 한도 이상의 물리력이 가해지면 헬멧이 아무리 튼튼해도 인체가 그 충격을 이겨내지 못해 목뼈가 부러지거나 뇌출혈이 발생할 수 있다. 헬멧은 충격이 가해졌을 때 부서지면서 힘을 분산시키는 원리로 인체를 보호하기 때문에 생각하는 것보다 튼튼하지 않을 수도 있다. 큰 충격을 받은 헬멧은 겉으로 멀쩡해 보이더라도 내부의 틀이 파손되어 더 이상 완충작용을 할 수가 없으므로 높은 곳에서 떨어뜨리거나 심한 충격을 받은 헬멧은 폐기해야 한다.

헬멧을 사용할 때는 시야에 방해를 받지 않는 한도 내에서 앞으로 눌러써야 이마와 안면을 보호할 수 있다. 그러나 한쪽 옆이나 뒤쪽으로 비스듬히 쓰거나 턱끈을 단단히 고정시키지 않으면 충격을 받았을 때 쉽게 벗겨져 보호구로서의 역할을 하지 못하게 된다.

헬멧은 작업 중 항상 착용하고 있어야 하며, 착용하여 뒤로 밀어 이마가 노출되는지도 검사해 보아야 한다. 신형의 제품들은 헤드랜턴 밴드 등이 고정 될 수 있도록 클립

이 장착되어 있고, 폴리카보네이트와 케블라 방탄섬유를 사용하며 또한 낙석 등으로 얼굴을 보호할 수 있는 커버가 부착되어 있는 기능성 헬멧도 있다.

최근에 생산되는 헬멧은 머리를 직접 보호하는 내피가 폼(FOAM)형식으로도 제작되는데 기존의 밴드(BAND)형식보다 보호능력이 뛰어날 수 있지만 장시간 착용 시 머리에 많은 부담을 줄 수 있다.

[그림 3-56] 헬멧



다. 데이지체인

데이지 체인은 확보길이를 조절할 수 있기 때문에 대원의 안전확보와 등강기 등반 및 길이조절 등 다양한 용도로 편리하게 사용된다.

고층건물 등의 구조현장에서 데이지 체인은 필수 안전장비이다. 고소작업 또는 추락의 위험이 있는 장소에서는 반드시 착용하여야 한다.

양끝의(안전벨트에 묶는 쪽과 잠금비너를 연결하여 확보물에 거는 쪽) 고리에 걸릴 때 제작사마다 다소 다르지만 18KN 내지 22KN의 강도를 갖는다. 따라서 데이지 체인으로 자기 확보를 할 때는 반드시 큰 고리를 안전벨트에 감아매기로 연결해야 한다.

데이지 체인의 사이사이에 있는 고리들은 필요에 따라 길이를 조절할 수 있는 용도인데, 이때 반드시 끝 고리와 적당한 길이의 중간 고리를 함께 걸어 주어야 한다.

데이지 체인은 '자기 확보'로만 쓴다. 요구조자와 동시 확보 시 반드시 데이지 체인을 추가하거나 2차 안전확보를 한다.

[그림 3-57] 데이지 체인



버클형

웨빙 결합형

고리형

2. 하강기

로프를 이용해서 하강할 때 사용하며 작고 가벼우면서도 견고하여 사용이 간편하다. 하강기는 하강지점의 형태와 하강목적, 로프의 굵기에 따라 적합한 장비를 선택해야 한다. 전형적인 하강기인 8자 하강기는 큰 고리 안쪽에 로프를 넣고 카라비너를 작은 고리 바깥쪽에 감아 마찰력이 생기도록 하는 원리이다.

[그림 3-58] 여러 가지 종류의 하강기



사용목적과 방법에 따라 적합한 하강기를 선택하는 것이 중요하며, 사용 전에 점검하여 심한 마모·변형 또는 균열이 있거나 큰 충격을 받은 것은 곧바로 폐기 하도록 한다.

3

3. 도르래

로프구조

도르래는 형태에 따라 다음과 같이 구분한다. 틀이 고정되어 있는 경우 고정도르래(도르래 원리의 명칭과 다름), 틀이 회전되는 경우 개방도르래, 활차가 가로로 정렬 된 경우 횡도르래(힘을 분산하기위한 목적의 도르래), 활차가 겹친 경우 종도르래(탠덤과 같이 수평 이동 목적을 위한 도르래)라 한다. 횡도르래나 종도르래는 쌍도르래류에 속한다.

가. 홀(단)도르래

도르래는 구조와 운반에 필수적인 장비이며 물체를 이동시키고 힘의 방향을 전환해주는 역할을 한다. 고정식도르래는 측면판이 고정된 도르래(Pulley)로서 운반시스템과 방향을 잡아주는 도르래로 적합하며, 홀이 넓어 O형 카라비너와 함께 사용하면 효과적이다. 회전식도르래는 측면판이 곡선이어서 활용범위는 넓지만 푸르직 매듭을 응용하는 목적에는 부적합하다. 하지만 넓은 삼각형 구멍에 카라비너를 3개까지 설치 가능하며, 구조작업이나 무거운 짐을 운반하거나 집중적인 사용에 적합하도록 견고하게 제작되었다. 푸르직용 도르래는 두께가 얇은 편이고 측면판 아랫부분의 각진 부분의 기능은 로프를 당길 때 푸르직매듭이 측면판에 걸려 활차 안으로 떨어가지 않게 하는 기능이다. 사용 용도에 따라서 적절한 도르래를 사용하면 효율적이고 안전한 구조작업을 할 수 있다.

[그림 3-59] 홀도르래



고정식도르래(픽스)



회전식도르래(레스큐)



푸르직용 도르래

나. 쌍(이중)도르래

쌍도르래는 인명구조 시 도르래 하나에 걸리는 하중을 2개의 도르래로 분산시켜 용이하게 이동할 수 있으며 다른 도르래를 적절히 추가하여 쉽게 중량물 이동이 가능하다. CMI와 제미니는 로프를 복합적으로 사용하여 당길 때 무게를 효과적으로 분산시키거나 푸르직 매듭을 사용하기 적합하다. 쌍도르래류는 상·하단부에 카라비너를 걸 수 있도록 만들어져 창조적인 다른 형태의 도르래 시스템을 만들 수 있다.

[그림 3-60] 쌍 도르래



CMI

중량물 작업용 도르래

제미니

운반·이동용 도르래

탠덤

탠덤 도르래는 외줄 선상의 로프나 케이블 상에서 수평 이동할 때 주로 사용된다. 판이 고정되어 있기 때문에 신속하게 설치되며, 나란히 배열된 두 개의 바퀴로 안정감이 있다. 당김 목적으로 사용할 때는 로프를 일일이 끼워야하는 불편한 점이 있다.

다. 기능성 도르래

구조시스템이 복잡해지고 기술이 고도화됨에 따라 다양한 기능을 가진 장비가 요구되는데 이를 개선한 다양한 기능의 도르래가 개발되었다.

[그림 3-61] 기능성 도르래의 종류들



캠형(트랙션)

스위벨형

확보형

캠형 도르래는 도르래와 등강기의 기능을 가진 장비로서 로프가 역회전 하는 것을 막아주며 운반과 이동에 용이하게 사용할 수 있고 다른 형태의 시스템을 만들 때 사용된다. 또한 장비가 확보되어 있을 때 움직임이 가능한 측면판을 이용하여 로프를 통과시킬 수 있다. 스위벨형은 견인 시 따로 스위벨을 설치하지 않고 자체 스위벨 기능을 가지고 있어 로프꼬임을 방지해 줄 수 있다. 확보형은 견인 시 레버와 잠금장치를 조작하여 내릴 때도 자유롭게 활용할 수 있어 효율적인 구조를 할 수 있게 해준다.

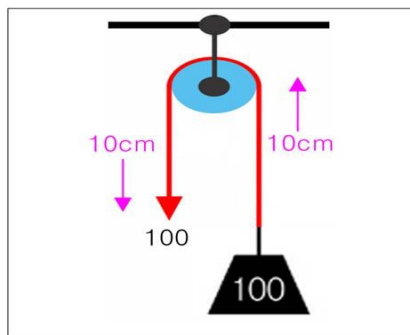
라. 도르래 원리

바퀴에 끈이나 체인 등을 걸어 힘의 방향을 바꾸거나 힘의 크기를 줄이는 데 사용한다. 지렛대, 썰기 등과 함께 힘의 전달기구로 쓰이며, 두레박, 기중기 등에서 도르래를 이용한다. 크게 고정도르래와 움직도르래로 나눌 수 있고, 둘을 혼합한 복합도르래도 있다. 고정도르래는 힘의 방향을 바꾸고, 움직도르래는 힘을 분산시키는 기능으로 적은 힘으로도 그 이상의 힘을 내는 효과를 얻을 수 있다. 그러나 힘의 크기가 줄어든 만큼 당기는 거리가 길어지므로 일(에너지)에는 이득이 없다.

1) 고정도르래

회전축을 고정시킨 도르래. 도르래의 회전축은 고정되어 있고 걸친 줄의 한쪽을 당겨서 다른 쪽의 물체를 끌어당기거나 들어 올리는 역할을 한다. 힘의 방향을 바꿀 수 있지만, 하중과 같은 크기의 힘이 필요하다. 따라서 100N의 물체를 들어 올리려면 100N의 힘이 필요하다. 힘의 이득을 얻을 수 없으므로 가벼운 물체를 들어 올릴 때만 사용하고, 무거운 물체를 들어 올릴 때는 움직도르래와 함께 사용한다.

[그림 3-62] 고정도르래

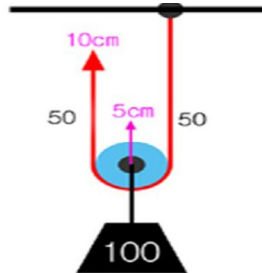


2) 움직도르래

회전축이 고정되지 않고 이동하는 도르래. 유동활차(遊動滑車)라고도 한다. 도르래에 걸린 줄의 한쪽을 고정하고 도르래에 움직이려는 물체를 걸어 도르래와 함께 당긴다. 힘의 방향을 바꾸지는 못하지만 절반의 힘으로 하중을 지탱할 수 있다. 이렇게 힘의 이득을 얻을 수 있지만, 물체가 이동하는 거리는 끌어당긴 줄의 길이의 반 밖에 되지 않으므로 실제로 일, 에너지의 이득은 없다. 기중기, 엘리베이터 등 많은 경우에 고정도르래와 함께 사용한다. 무게 100N의 물체를 들어 올릴 때, 하나

의 움직도르래를 사용하면 50N의 힘만 있어도 된다. 하지만 물체를 1m 움직이기 위해 2m의 줄을 당겨야 하므로 전체적으로 한 일은 100J이 되어 이득을 얻지 않는다.

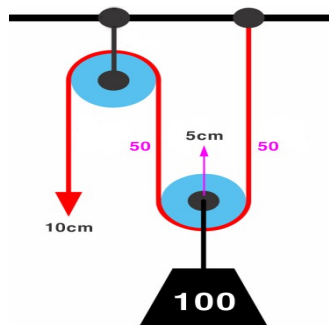
[그림 3-63] 움직도르래



3) 복합도르래

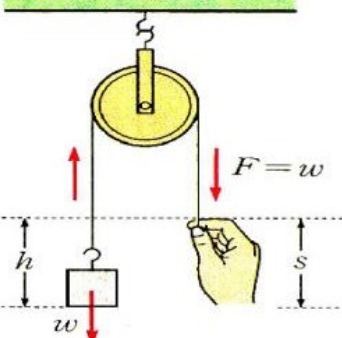
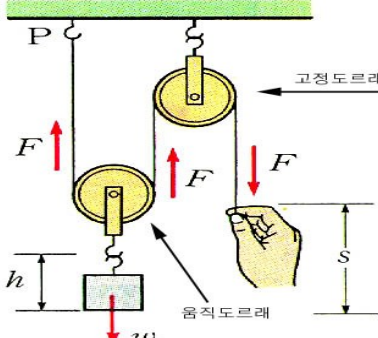
고정도르래와 움직도르래를 적당히 조합하면 힘이 걸리는 방향을 바꿈과 동시에 힘의 효과를 확대할 수 있다. 이와 같이 고정도르래와 움직도르래를 조합한 도르래를 복합도르래(조합도르래)라고 한다. 이 경우 힘 효과의 확대율은 움직도르래의 수에 비례한다.

[그림 3-64] 복합도르래



3

[그림 3-65] 고정도르래와 움직도르래의 구분

종류	고정도르래	움직도르래
힘의 크기	줄을 당기는 힘(F) = 물체의 무게(w)	줄을 당기는 힘(F) = 1/2 × 무게(w)
이동 거리	줄을 당기는 거리=물체가 올라간 높이 s = h	줄을 당기는 거리=2×높이 s = 2h
일의 양	힘의 이득은 없으나 힘의 방향 전환 일의 양은 같다	힘은 절반, 거리는 2배로 증가 일의 양은 같다
구조		

로프구조

4) 로프구조에서의 도르래

로프구조에서의 도르래는 탠덤, 제미니, 트윈, 픽스, 레스큐, 미니, 프로트랙션 등이 있다. 여기에 사용되는 도르래를 이용하여 당김장치와 끌어올림장치 등 여러 방법으로 응용하여 사용한다.

당김장치와 끌어올림장치는 고정도르래와 움직도르래를 조합한 복합도르래를 사용한다.

※ 참고 : 로프구조에서 사용되는 도르래에서 힘의 비율은 도르래의 마찰계수와 도르래의 크기를 포함하지 않고 계산한다. 그 이유는 사용되는 도르래의 크기는 제한되어 있기 때문이다, 또한 도르래의 당김 줄의 각도는 180°로 한다.

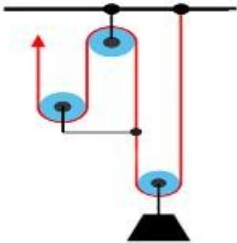

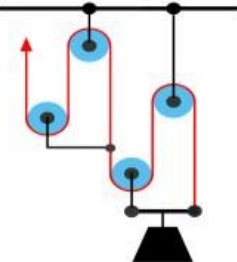

5) 도르래와 힘의 비율

[그림 3-66] 도르래 운용방법

<p>1 : 1</p>	<p>1 : 1</p>
<p>2 : 1</p>	<p>2 : 1</p>
<p>3 : 1</p>	<p>3 : 1</p>
<p>4 : 1</p>	<p>4 : 1</p>

3

로프구조

	
<p>6 : 1</p>	<p>6 : 1</p>
	
<p>9 : 1</p>	<p>9 : 1</p>

4. 카라비너

산악구조 현장에서 많이 쓰이는 장비중의 하나이며 요구조자나 구조대원의 생명과 직결되는 가장 중요한 장비이기도 하다. 사용 용도에 따라 여러 가지 형태를 하고 있으나 어느 것이 뛰어나다고 판단하기는 어려우며 그 생김새에 따라 용도에 차이를 둘 뿐이다.

카라비너는 사용 용도에 따라 구분해서 사용한다. 단순한 곳, 장비와 장비를 연결하는 곳, 하중을 적게 받는 곳, 생명과 직결되지 않는 곳 등에는 개방 카라비너를 사용하며, 위험성이 상당한 곳, 하중을 많이 받는 곳, 생명과 직결된 곳은 잠금 카라비너를 사용한다.

[그림 3-67] 카라비너 올바른 사용법



카라비너의 올바른 사용법으로 먼저, 사용자의 기준으로 정면에서 걸고 반 바퀴 뒤집는다. 부수장비를 위에서 누르듯이 카라비너에 끼워 넣고 잠근다. 구조대원이 서로 마주보며 작업하더라도 언제나 주 사용자가 기준이 되어 혼동이 없어야 한다.

안전벨트에 착용 시 종류별로 세로나 가로로 설치해야 하는 특성이 있다. 세로로 설치할 경우 걸고 돌려서 개폐구가 위로 나오도록 하고, 가로로 설치할 경우 좌측(바른손잡이)에서 걸고 돌려서 개폐구가 반드시 왼쪽에 오도록 한다.

스피릿형은 빨리 설치하고 회수해야 하는 어려운 작업 시 장점을 지니도록 특별히 설계된 것이다. 개폐구가 일직선인 스트레이트형과 굴곡이 저있는 벤트형이 있으며 보통 킥드로와 함께 사용하며, 우연히 개폐구가 열릴 가능성이 다른 카라비너에 비해 높은 편이다.

인명구조에 사용되는 카라비너는 주로 D형 잠금 카라비너인데 이것은 구조적으로 O형보다 인장강도와 안정성이 뛰어나기 때문이다. 하지만 D형 카라비너의 최대 단점은 좌우가 비대칭이기 때문에 고정식 홀 도르래와 같이 넓은 반경을 요구하는 장비에 사용 시 장비의 변형이나 파손의 우려가 있으므로 큰 힘을 받는 곳이 아니라면 장비활용과 인명구조의 호환성을 위해 O형 카라비너를 사용하는 것이 효과적이다.

[그림 3-68] 카라비너



변형“D”형 카라비너는 표준“D”형 카라비너의 단점을 보완한 것으로 개폐부분이 더 넓어 반 말뚝매듭과 같은 매듭 응용 시 용이하게 사용할 수 있다.

카라비너의 생산과정에 있어서 크게 굴곡 또는 압착에 의한 생산방식이 있는데 인장강도에서 압착식이 약간의 우수성을 띤다. 그 생김새로도 쉽게 구분할 수 있는데, 먼저 굴절식은 강제로 휘어서 만든 카라비너로써 O형 형태가 부자연스럽거나 금속표면에 굴곡이 없이 매끈하고, 압착식은 금속 표면에 굴곡부분이 있다는 차이점이다.

[그림 3-69] 카라비너 입구의 형태



굴절식 카라비너(이빨)

압착식 카라비너(키락)

로프구조

과거의 카라비너는 개폐구를 걸도록 이빨형태의 고리가 있었으나 현재 생산되는 카라비너는 개폐구를 끼우도록(Key Lock) 되어있다. 이빨형태는 장비나 로프를 걸거나 뺄 때 걸리는 경우가 많아 불편을 주기 때문에 부드러운 Key Lock 방식의 카라비너를 사용하는 것이 편리하다.

개폐구의 잠금 형식에 따라 스크루, 볼락, 트라이액트 형이 있다. 스크루형은 잠금장치를 돌려 잠그는 수동식 방식이며, 볼락형은 볼을 누른 후 잠금장치를 돌려 개폐하는 자동 잠금 방식, 트라이액트 형은 잠금장치의 덮개를 올린 후 돌려서 개폐하는 형식의 자동 잠금 방식이다. 등강기, 도르래, 하강기를 사용할 때에는 안전에 중대한 문제가 발생할 수 있으므로 잠금 카라비너를 사용하여야 한다.

[그림 3-70] 잠금방식의 형태



스크루형

볼락형

트라이액트형

키락형

재질은 알루미늄 합금이나 스틸이며, 인장강도는 제품별로 몸체에 표시되는데 일반적으로 종 방향으로 25kN~30kN, 횡 방향으로 8kN~10kN정도이다. 스틸로 제작된 카라비너의 경우 강도가 10~20%정도 우수하므로 하중이 많이 나가는 곳에 설치하는 것이 좋다.

일반적으로 구조대원들은 일반사고와 산악사고의 구조작업에도 동일한 카라비너를 사용

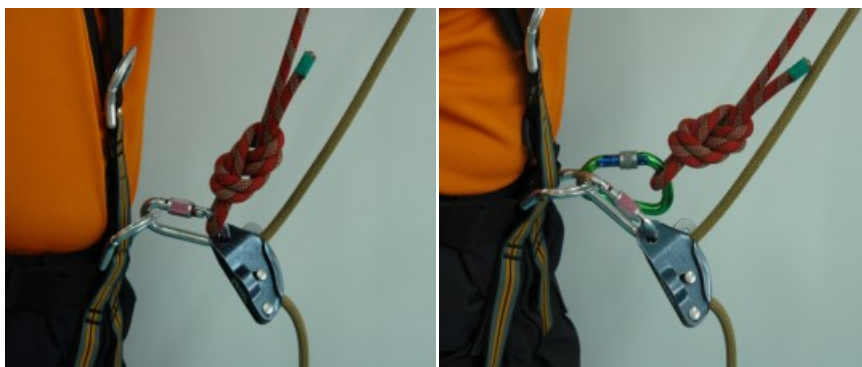
하고 있다. 이러한 경우 큰 인장강도를 가진 것과 들것에 적합한 큰 카라비너를 사용하도록 권한다. 경우에 따라서 소형 등강기·도르래·하강기에는 큰 크기의 카라비너를 사용하지 않아도 되기 때문에 소형 산악용 카라비너가 구조용으로 사용되고 있는 경우도 있다.

[그림 3-71] 결방시 강제 개방으로 파손된 개폐구



사용 전에 스프링부분의 탄력성 등을 점검하고, 잠금 카라비너의 출구가 잠겼는지에 대해 검사하는 습관을 가져야 하며, 너무 단단하게 스크루를 잠그지 않아야 한다. 또한 심한 마모·변형 또는 균열이 있거나 큰 충격을 받은 것은 절대 사용하지 않도록 하며, 개폐구가 뽁뽁하거나 지저분한 경우 기름, 화이트 가솔린(혹은 WD40) 등으로 청소한 다음 끓는 물에 20초 정도 담가 용제를 제거한다. 겨울철 잠수 중 사용한 카라비너는 강제 개방 시 개폐구의 스프링이 파손되어 사용이 불가능한 우려가 있으므로 반드시 녹였다가 개방한다.

[그림 3-72] 카라비너 사용법



잘못된 사용법

잘 된 사용법

요구조자를 매달거나 구조대원이 하강 시 반드시 한 개의 카라비너에 한가지의 매듭이나 장비를 걸고 사용하여야 하며, 중복되어 설치할 경우 많은 불편함과 위험을 초래할 수 있으므로 반드시 하나의 용도로만 사용한다.

로프구조

케이블용 카라비너(커넥터)는 개폐구가 넓어 걸고 회수하기가 편리하며 크기에 따라 직경 60mm~120mm 굵기의 철근·철골·케이블 등의 시설물에 걸 수 있어 안전확보용으로 많이 사용되고 있다. 일반 카라비너처럼 별도의 잠금장치가 없지만 반드시 손으로 쥐어야만 개폐가 가능한 자동잠금연결방식의 특징을 가지고 있다.(그림3-70 '커넥터' 참고)

5. 등강기

등강기류의 장비들은 로프를 당기기 위한 목적과 추락방지를 위한 목적의 등강기로 구분되며 운용 능력에 따라 그 사용범위가 매우 넓다. 하강도 가능한 장비들도 있다.

로프를 활용하여 등반하거나 이동할 때 보조장치로도 사용되며 로프에 걸착하여 수직 또는 수평으로 이동할 수 있도록 고안된 기구이다. 톱니가 나 있는 캠이 로프를 물고 역 진행을 하지 못하도록 함으로써 한 방향으로만 움직이게 된다. 수많은 등강기의 종류가 있지만 형태에 따라서 각각 특징을 가지고 있어 작업환경에 따라서 적절하게 선택을 해야 한다. 등강기는 크게 날카로운 여러 개의 이빨로 잡는 방식과 로프를 조이는 방식이 있다.

티블력은 경량이면서 크기가 작아 휴대가 편리하다. 겉면에 작은 구멍이 있어 직경이 작은 코드슬링을 이용하여 확보물과 티블력 등강기 사이의 길이를 조절할 수 있다. 베이직은 구조작업용으로 널리 사용하는 등강기 중의 하나이다. 주로 견인 등에 사용하며 이것과 비슷한 장비로서 크롤이 있는데 크롤은 주로 등강길이가 긴 환경에서 사용될 수 있도록 전용 웨빙을 부착할 수 있는 변형된 구멍의 모양에서의 베이직과는 약간의 차이가 있다.

[그림 3-73] 송곳형 등강기



티블력



베이직



스틸형 등강기



주물형 등강기

스틸형 등강기는 주로 설산에서 많이 사용하는 등강기로서 두터운 장갑을 착용한 상태에서 레버조작을 쉽게 할 수 있도록 핀을 풀 수가 있다. 두 줄을 등반할 때는 트윈 어센드를 이용하기도 한다.

주물형 등강기의 하나인 스위스 줌마는 톱니의 형태가 로프의 손상을 줄여줄 수 있으나 충격 시 카라비너를 거는 구멍부위가 깨어질 수 있어 위험하므로 안쪽에 직경이 작은 웨빙을 추가로 연결하여 사용하여야 한다.

바위의 각도에 따라 위 등강기의 사용이 편하고 불편할 수 있다. 각 제품은 손의 각도와 제품의 형태에 따라 결정되는데, 예를 들어 폐출사의 등강기 어센션은 등반 각도가 70~80도 각도에서 적합하며, CMI사의 울트라어센더, 트랑고사의 등강기, 유마르(Jumar) 등은 90도 이상의 등반 각도에 사용이 적합하다. 등반자의 추락방지용 제동장비들도 등강기의 용도로도 유익하게 사용할 수 있다.

[그림 3-74] 조이는 방식의 등강기(등반자 추락방지 장비)



6. 자동확보기

자동 확보기는 등·하강 및 작업로프 전개 시 구조대원의 힘을 사용하지 않고 자동으로 확보를 할 때 사용하는 장비이다. 하지만 편리한 만큼 위험성이 커 사용방법을 정확하게 숙지하고 있어야 한다. 산악구조에서 자동확보기는 필수장비이다. 자동확보기는 당겨진 로프가 떨어가지 않도록 잡아주며 필요할 때 쉽게 풀 수 있어야 한다.

확보장비로 세계적으로 가장 잘 알려진 ‘그리그리’는 많은 산악인들이 선호하는 확보장비이다. 그리그리 형태의 장비들은 한 줄의 로프를 사용하며 등반자 확보·등반·하강 등의 기능을 갖추고 있으나 조정 레버가 매우 민감하므로 감각을 많이 익혀야 한다.

‘그리그리’는 스톱과 동일하게 갑작스럽게 로프가 당겨지면 캠이 회전하면서 로프를 눌러

3

제동을 잡기 때문에 미끄러짐을 막아준다. 하지만 강한 하중이 걸릴 경우 간접 당김장치를 이용해야만 캠축을 풀 수 있다는 단점이 있다. 특히 아이디와 달리 안전장치가 없으므로 로프를 장착할 때 방향을 정확하게 확인해야 한다.

로프구조

'ID'는 그리그리의 11mm 로프밖에 사용하지 못하는 한계를 보완하여 13mm 로프까지 사용이 가능하며 로프를 잘못된 방향으로 설치했을 때 움직이지 않도록 되어 있다.

그리그리와 사용방법은 비슷하나 최대의 장점으로, 로프를 풀 때 풀려나가는 로프가 일정속도 이상이 되면 스스로 정지시키는 기능을 가지고 있다.

'에디'는 그리그리와 형태와 원리가 비슷하지만 캠축이 2중 지렛대 형식으로 설계되어 있어 하중이 걸려도 자체레버를 이용하여 로프를 쉽게 풀 수 있다는 장점을 가지고 있다. 에디를 이용한 하강 시 적정속도의 감각을 익혀야 하는데, 일정속도를 초과하게 되면 캠축이 마찰에 의해 잠기게 된다.

[그림 3-75] 자동확보기



스톱



그리그리



아이디



에디

7. 확보판(ANCHOR PLATE)

다양한 구멍의 형태를 가진 확보판은 3개에서부터 13개가 넘는 구멍을 가지고 있는 것들이 있다. 리깅 플레이트, 앵커 플레이트라고도 하며 제작사마다 다양한 명칭들을 사용하고 있다. 확보지점에 여러 가지 장비를 설치하거나 여러 목적으로 사용하는 장비이며, 수평·수직구조 시 구조대원 및 요구조자 운반에 중요한 장비이다.

[그림 3-76] 확보판



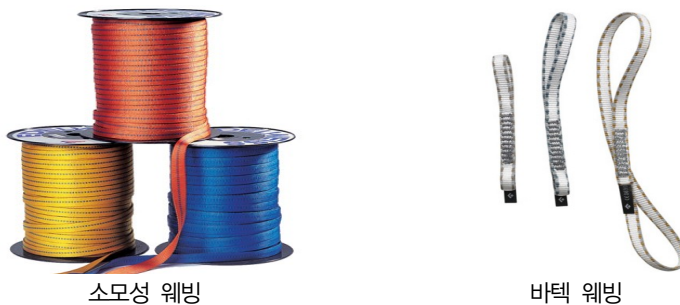
8. 웨빙(Webbing) · 슬링(Sling)

웨빙은 일종의 소모성으로 사용하는 넓은 면적의 슬링인데 그 사용범위가 매우 넓다. 웨빙에는 한 겹으로 되어있는 테이프형과 두 겹으로 되어있는 튜브형이 있다. 또한 롤형식의 소모성 웨빙과 제작 시 길이별로 박음질이 되어 생산되는 바텍웨빙이 있다.

웨빙의 주 용도는 로프의 꺾임을 해결해 주거나, 확보물을 서로 연결하고 연장하는 것, 여러 개의 확보물에 하중이 균등하게 걸리게 하는 것이다. 이밖에 암각이나 나무에 사용하여 좋은 확보지점을 만들 수 있다.

두께가 얇고 폭이 넓기 때문에 모서리에서 로프보다 꺾임에 대한 부담이 적어 확보물에 설치하는 확보줄로 많이 사용된다. 확보줄로 사용할 때는 여러 겹으로 겹쳐 사용하는 것이 안전하다. 그밖에도 임시 안전벨트를 만들 때, 요구조자를 들것에 고정할 때, 금속간의 마찰을 피하고자 할 때 등 사용자의 능력에 따라 다양도로 활용할 수 있다. 재봉선이 있으면 암각에 쓸려 마모가 될 수 있으니 재봉선을 확인하는 것이 중요하다. 웨빙은 물과 습기에 약하다. 특히 매듭이 오랫동안 묶여 있던 부분은 걸보기와는 달리 헐거워지거나 손상되어 있을 수 있으므로 매듭을 다시 확인한다.

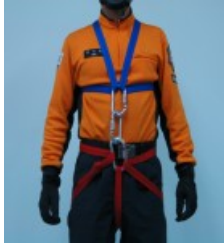
[그림 3-77] 웨빙



소모성 웨빙

바텍 웨빙

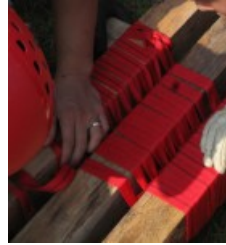
[그림 3-78] 웨빙의 활용도



간이벨트



요구조자 고정



삼각대설치



균등확보

로프구조

9. 스위벨(Swivel)

스위벨은 들것이나 무거운 물체를 끌어올릴 때 축이 360° 회전되어 로프의 꼬임을 최소화시키므로 로프가 꼬여 발생할 수 있는 2차 안전사고를 방지하는 장비이다.

[그림 3-79] 스위벨



[그림 3-80] 올바른 스위벨 사용위치



10. 퀵드로(Quickdraw)

확보물에 로프를 빨리 연결시키기 위해 만들어졌지만 확보물과 로프를 안전하게 연결하는 도구로 더욱 중요하게 사용된다. 볼트에 설치한 확보물에 로프를 연결할 때 카라비너만 직접 연결하면 로프가 벽에 바짝 붙어 로프가 움직이지 않고 카라비너에서 빠질 위험성도 높다. 퀵드로는 길이가 5cm, 10cm, 15cm, 20cm가 있으며, 주로 10cm, 15cm가 많이 사용된다. 퀵드로는 밴트게이트를 이용하는 쪽에 로프를 쉽게 통과하기 위하여 고정용 고무(스트링)를 끼우는데 자주 이 부분을 잘 살펴보아야 한다. 또한 박음질 부분의 손상된 상태나 물기나 습기로 인해 변색되거나 헐지 않았는지를 점검하는 것이 좋다.

[그림 3-81] 퀵드로



11. 인공확보물

가. 캠(Cams)

캠은 나무 등 자연확보물이 없을 때 설치하는 인공확보물로서 바위틈에 끼워서 사용한다. 일반적인 등반보다 구조작업 시 인장력에 의한 부담이 크므로 여러 개를 사용하여 부담을 분산시켜야 한다. ‘후렌드’로도 잘 알려져 있다. 보통 1호에서 10호까지 크기가 있으며 주로 캠 유닛이 3개인 TCU(Three camming unit)와 4개로 되어있는 FCU(Four camming unit)가 있다.

캠은 암벽등반에서 가장 많이 사용하는 장비로 크랙이 잘 발달된 곳에서는 설치와 회수가 간편한 확보장비이며, 구조작업 시 작은 것보다는 큰 캠이 더 많이 필요하다. 작은 것일수록 안정성이 떨어지기 때문에 능숙하게 다룰 수 있어야 한다.

[그림 3-82] 캠의 형태

로프구조



TCU

FCU

작은 캠은 매끈한 바위에서는 가용범위가 적고 회전 각도는 커서 빠지기 쉽기 때문에 캠이 닿는 바위의 접촉면을 잘 관찰하여 적당한 각도를 유지하도록 설치해야 한다.

바위의 강도가 약하거나 바위 입자가 살아 있는 곳은 바위 표면이 부스러지면서 캠이 벌어지게 되는데, 회전 각도의 설치 가용범위가 작기 때문에 빠져 버리게 된다. 이런 점만 조심한다면 작은 캠도 안전하게 사용할 수 있다.

[그림 3-83] 캠 세트



[그림 3-84] 캠 설치 방법



볼량

볼량

양호

나. 점핑세트와 인공볼트

점핑세트는 볼트 설치 시 필요한 기구로써 바위나 콘크리트에 설치하려면 충분히 강해야 하며, 볼트를 고정시키는 나사의 강도 또한 아주 강해야한다. 본체, 해머, 비트 등으로 구성되어 있고 손목 고리가 있는 것이 편리하다. 드릴 날을 직접 점핑에 끼워 사용하는 장비로 주로 리벳이나 포인트 훅 작업 시 사용되며 8~12mm 드릴 날을 주로 사용한다.

인공볼트는 보통 확장볼트가 많이 사용되는데 점핑세트로 구멍을 뚫은 후 확장볼트 축에 썬기를 끼워 망치로 치면 구멍 안에서 확장되는 원리로 바위 속에 단단히 고정된다.

[그림 3-85] 점핑세트 및 핸드드릴



핸드드릴

해머

드릴비트

리벳볼트는 주로 6~6.5mm 핸드드릴로 구멍을 내어 그 구멍에 8mm 공업용 볼트를 설치한 후 와이어행거 등을 걸어서 하는데, 강도는 아주 약한 암질에서 3분을 못 견딜 때도 있고 아주 강한 암질에서는 800kg 이상의 충격 하중도 견딜 수 있으므로 암질에 따른 깊이의 조정이 필요하다.

로프구조



12. 들것

요구조자나 환자를 효과적으로 이동·운반할 수 있는 들것은 수난구조·산악구조·일반구조·항공구조·붕괴건물구조 등 그 상황별로 종류도 다양하다. 적합한 들것의 선택은 인명구조 시 요구조자의 안전을 지키고 사용자의 편리함을 가질 수 있다.

구조용 들것은 단단한 플라스틱이나 유리섬유로 만들어지고 등판이 조절되는 구조이다. 특히 산악구조용 들것은 주로 분리형이거나 어깨에 걸치고 이동이 간편하고 조작성이 쉽기 때문에 일반 들것보다 산악지형에 적합하다고 할 수 있다.

일체형 들것은 가장 많이 사용하는 것으로서 다양한 현장에서 적용이 가능하다. 일체형 이므로 조립이 필요하지 않아 신속하게 사용이 가능하며 제작사마다 다리부분에 발판이 있어 수직구조에서 좀 더 안정적으로 사용할 수 있다.

분리형 들것은 분리 형태라서 적재가 용이하고, 제한된 장소에 쉽게 접근하기 위해 고안되었다. 사용 전 반드시 연결부위의 이상 유무를 확인해야 하며 슬링 등을 이용하여 들것 연결부위에 이중으로 안전장치를 하는 것이 적절하다.

조립형 들것은 완전 분리가 가능해 가방에 수납이 가능하며 거친 산악환경에서 신속히 이동할 수 있도록 도와주며 또한 어깨 거치대가 있어 편리하게 요구조자를 이동할 수 있다.

[그림 3-87] 인명구조용 들것의 종류



또한 대부분의 들것에는 인체의 균형과 무게를 고려하여 균형을 잡기위해 적정위치에 확보용 구멍이 있는데 대부분 머리부위와 허벅지 아랫부분에 구멍이 있어 별도의 무게 조절을 할 필요가 없으나 분리형 들것은 요구조자의 무게에 의해 분리될 우려가 있기 때문에 반드시 6지점을 계산하여 삼각줄을 설치한다.

13. 로프전달 장비

가. 로프발사총

로프총은 로프 발사총 또는 송선기로 부르며 고층건물이나 해상, 계곡 등 구조대원의 접근이 불가능한 상황에서 로프 또는 메시지 전달 등의 수단으로 사용할 수 있는 장비이다. 압축공기를 이용한 공압식과 추진탄을 이용한 화약식이 있으나 현재 공압식은 거의 사용되지 않고 사용이 간편한 화약식을 주로 사용한다.

1) 사용방법

화약식에 추진탄을 사용하면 최대사거리는 200m, 유효사거리는 150m이고 공압식의 경우 150kg/cm² 압력에서 최대사거리 120m, 유효사거리 60m 내외이다.

사격각도는 현장상황에 따라 다르지만 수평각도 65° 가 이상적이고 목표물을 정조준 하는 것이 불가능할 경우에는 위험지역 위로 발사하여(이때 조준경을 이용하지 않고 목측으로 조준한다) 견인로프(1차로프)가 위험지역의 요구조자 위로 지나가도록 하면 요구조자가 견인로프를 회수하기 용이하다.

2) 주의사항

로프총은 탄두를 고속으로 발사하므로 총기에 준하여 관리하며 특히 다음과 같은 점을 유의하여야 한다.

- 즉시 발사할 것이 아니면 장전하여 두지 말아야 하며, 만약 장전 후 잠시 기다리게 될 경우에는 반드시 안전핀을 눌러둔다.
- 수평각도 45° 이상으로 조준하지 않으면 발사되지 않도록 되어있으나 갑작스런 충격을 받으면 발사될 수도 있음에 유의해야 한다.
- 발사하기 전에 요구조자에게 안내 방송을 하고 탄착 예상지점 주변의 인원을 대피시켜 안전사고가 발생하지 않도록 한다.
- 견인탄을 장전하지 않았더라도 사람을 향해 공포를 발사하면 안 된다. 추진탄의 압력이나 고압공기에 의해 부상을 입을 우려가 있다. 장기간 사용한 총은 안전핀을 눌러 놓아도 격발장치가 풀려 자동 격발될 수 있다.
- 한번 사용한 견인탄은 반드시 확인하여 조그마한 균열이라도 있으면 폐기한다.
- 공압식과 화약식에 사용하는 견인탄 내경은 같으나 중량에 차이가 있으므로 교환 사용하지 않도록 한다.
- 견인로프의 길이는 120m 로서 원거리 발사 시 로프 끝부분이 로프 홀더에서 이탈하여 견인탄과 함께 끌려갈 우려가 있으므로 로프를 홀더에 집어넣고 바깥쪽 로프 끝을 홀더 뚜껑에 끼워서 견인로프가 빠지지 않도록 한다.
- 사용 후에는 탄피를 제거하고 총기 손질에 준하여 약실을 청소한다.

[그림 3-88] 로프총



나. 빅샷(big shot)

로프총을 대신하여 사용되는 장비들이 많이 개발되고 있다. 빅샷(big shot)은 고무 줄의 탄력을 이용하여 로프를 전달하장비로서 화약식과 공압식에 비해 사용법이 간단하고 화약이나 압축공기가 필요없이 계속 사용가능하다는 장점이 있다.

[그림 3-89] 빅샷



다. 드로우 백(Throw bag)

드로우 백에 로프 전달용 실을 연결하여 던지는 장비로 휴대가 간편하고 구조대원이 편한 방법으로 던질 수 있다 하지만 드로우 백을 던지는 방법과 던지는 사람에 따라 던질 수 있는 거리가 달라진다. 트리 포크(Tree fork)를 이용하여 케이블카 구조 및 확보물에 로프에 스트레스를 주지 않고 확보와 로프회수를 쉽게 할 수 있다는 장점이 있다.

[그림 3-90] 드로우 백



제4절 로프설치 및 확보

1. 로프설치

로프구조

가. 지지점 만들기

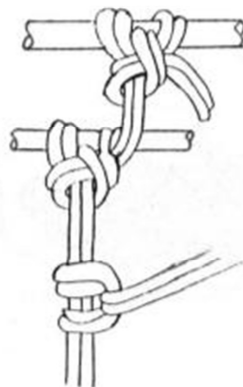
로프를 활용하여 구조활동을 전개하는 경우 로프를 공작물이나 수목 등 일정한 지지물에 묶어 하중을 받을 수 있도록 설치하고 카라비너 또는 도르래 등의 기구를 이용하여 힘의 작용방향을 바꾸기도 한다.

이와 같이 로프를 직접 묶어 하중을 받게 되는 곳을 『지지점(支持點)』 또는 『확보점(確保點)』이라고 하며 특히 수직방향으로 설치하는 로프가 묶이는 곳은 『현수점(懸垂點)』이라고 따로 구분하기도 한다.

연장된 로프에 카라비너, 도르래 등을 넣어 로프의 연장 방향(결국『힘』의 방향)을 바꾸는 장소를 『지점(支點)』이라 부르며 지점에서는 카라비너 등의 장비와 로프의 마찰에 의해 저항력이 발생한다.

지지점과 현수점, 지점 등을 구체적으로 구분하지 않고 통칭하여 단순히 앵커(anchor)라 부르는 경우도 많다.

[그림 3-91] 로프 절단이나 지지물의 파손으로 인한 안전사고를 방지하기 위해 로프는 2개소 이상에 걸착한다.





나. 지지물 선정

확보점이든 지점이든 로프를 설치하기 위해서는 적당한 지지물(충분한 강도를 가진 구조물, 공작물, 수목 등), 로프(지지물에 결착), 활용기구(카라비너, 도르래 등)가 필요하다.

주변에 용이하게 지지할 수 있는 지지물이 없을 경우 지형지물이나 물체를 잘 활용하여 확보점 등을 설정하고, 지지물의 형태에 따라 알맞은 매듭법을 활용해서 확보점·지점을 만들게 된다.

지지물은 고정된 공작물이나 수목 등 하중을 충분히 견딜 수 있는 물체를 선택하여야 하며, 설치하는 로프는 반드시 2겹 이상으로 하고 2개소 이상을 서로 다른 지지물에 묶어 지지물의 파손, 로프의 절단 등으로 발생할 수 있는 안전사고에 대비하여야 한다.

또한 로프가 묶이는 부분이 날카롭거나 거칠 경우, 설치된 구조기구가 지지물에 닿아 마찰이 발생할 경우에는 로프 보호기구나 담요, 종이상자 등을 이용하여 마찰을 최소화하도록 한다.

적당한 지지물이 없는 경우에도 다양한 방법으로 로프를 활용할 수 있도록 특정한 형식에 얽매이지 말고 연습을 통해 다양한 설치방법을 익혀야 한다.

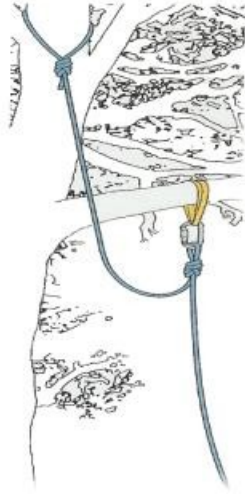
1) 수목이나 전신주, 철탑 등 수직물체의 이용

보편적으로 많이 활용하는 방법이지만 항상 지지물이 견고히 고정되어 있는지를 확인하고 2개소 이상을 확보하여 안전에 지장이 없도록 조치한다.

2) 창틀의 이용

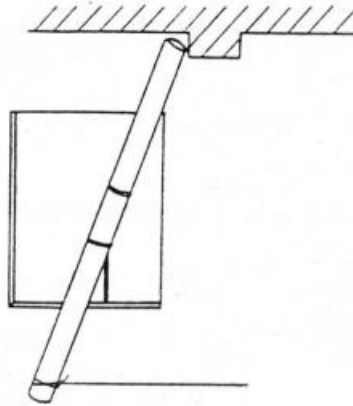
목재나 파이프 등 창틀보다 긴 물체를 이용한다. 이때 지지물이 되는 파이프 등이 충분한 강도를 가지는지 확인하고, 별도의 로프로 고정하여 움직이지 않도록 하여야 한다.

[그림 3-92] 수목을 이용하여 현수로프를 설치하는 방법



로프구조

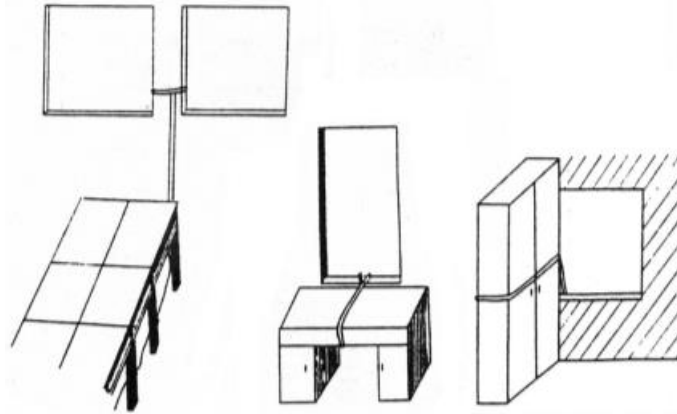
[그림 3-93] 창문을 활용한 확보점 만들기의 예



3) 건물 내의 집기를 이용하는 방법

건물 내의 옷장, 책상, 캐비닛 등 대형 집기를 이용하는 방법이다. 집기의 유동을 방지할 수 있도록 집기자체를 고정하는 것을 잊지 않도록 한다.

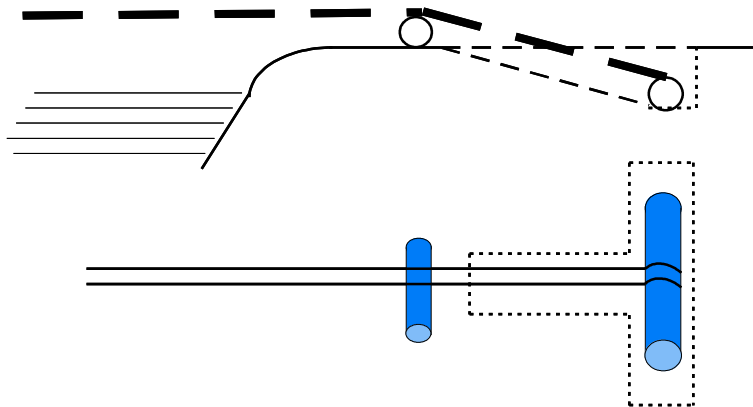
[그림 3-94] 실내 집기를 이용하는 방법



4) 매몰 방법

적당한 지지물이 없는 하천변에서는 독에 지지물을 묻어 지지점으로 활용할 수 있다. 또한 눈사태 등이 발생한 지역에서는 지지물을 눈 속에 묻어 임시로 지점을 설정할 수도 있다. 이러한 경우에는 과도한 중량이 걸리지 않도록 각별한 주의가 필요하다.

[그림 3-95] 확보물을 매몰시켜 로프를 설치하는 방법



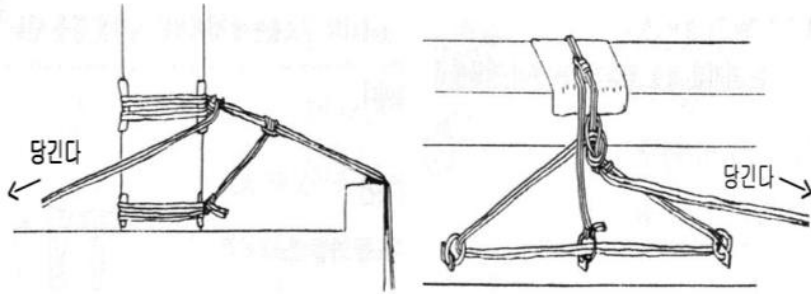
3

5) 기타 지형지물 이용법

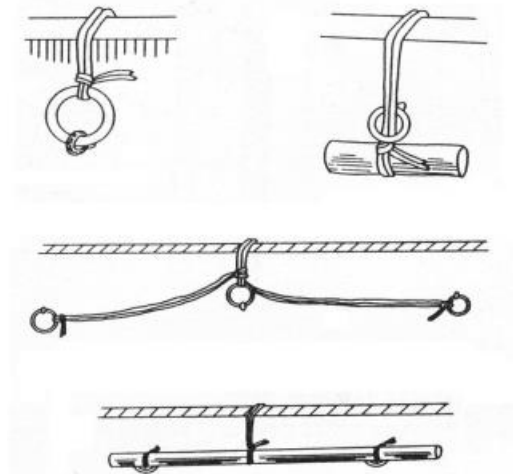
차량이나 사다리, 건물 난간이나 국기계양대 등의 옥상 시설물도 활용하기에 따라서 훌륭한 지지물이 될 수 있다.

로프구조

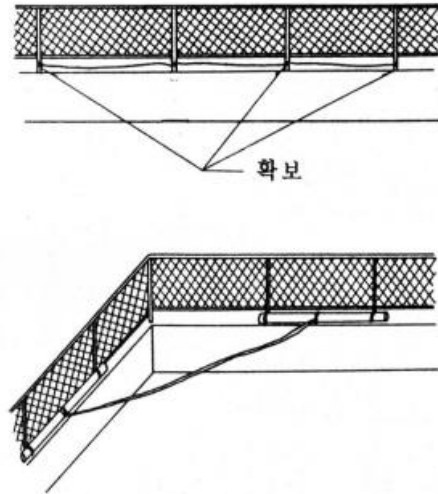
[그림 3-96] 기둥과 난간의 활용방법



[그림 3-97] 옥상의 설치물을 이용하기



[그림 3-98] 펜스를 이용하는 방법

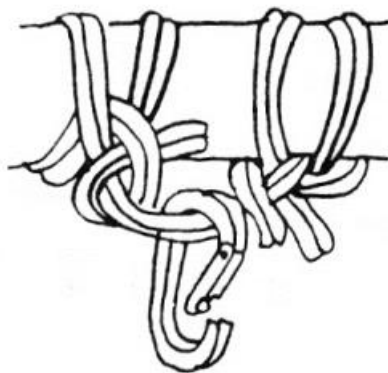


다. 지점 만들기

지점을 설정할 때에도 설정부분의 강도를 면밀히 살펴 충분한 하중을 견딜 수 있는 물체를 선정하여야 한다. 특히 로프의 유동에 의한 마찰이 많이 발생하므로 로프와 로프가 직접 마찰하지 않도록 주의를 기울이고 안전을 위해서 로프는 2겹으로 사용하는 것이 바람직하다.

또한 지점에서는 힘의 작용방향이 바뀔 수도 있으므로 다양한 방향에서 지지가 가능한지를 면밀히 살펴야 할 것이다.

[그림 3-99] 지점의 설치 예시



3

라. 현수로프 설치

현수(懸垂)로프란 요구조자의 구조 혹은 대원 진입, 탈출을 목적으로 지지점에서 아래로 수직으로 설치하는 로프를 말하며 등반 및 하강, 요구조자의 구출 및 장비의 수직 이동, 수직 맨홀 진입 등 다양한 경우에 활용된다.

로프구조

1) 현수로프 설치 원칙

- 지지점은 완전한 고정물체를 택하여야 하며 하중이 걸렸을 때 충분히 지탱할 수 있는 강도를 가져야 하므로 파손이나 균열부분이 있는지 면밀히 살펴보고 두드리거나 흔들어보는 등의 다양한 방법으로 안전성을 철저히 확인한다.
- 로프는 안전을 위하여 두겹으로 사용하는 것을 원칙으로 하고 특히 직경 9mm 이하의 로프는 충격력과 인장강도가 떨어지고 손에 잡기도 곤란하므로 반드시 두겹으로 한다.
- 하강 로프의 길이는 현수점에서 하강지점(지표면)까지 로프가 완전히 닿고 1~2m 정도의 여유가 있어야 한다. 로프가 지나치게 길면 하강지점에 도달한 후에 신속히 이탈하기가 곤란하고 로프가 지면에 닿지 않을 정도로 짧으면 로프 끝에서 이탈하여 추락할 위험이 있다.
- 하강지점의 안전을 확인하고 로프를 투하한다. 로프 가방(ropo bag)을 사용하면 로프의 엉킴과 손상을 방지할 수 있다.
- 필요하면 현수로프를 보조로프로 고정하여 움직이지 않도록 한다.

[그림 3-100] 로프가방의 활용



2) 현수로프의 설치방법

○ 지지물에 직접 묶기

이중 말뚝 매듭이나 고정매듭 등을 이용하여 로프를 지지물에 직접 묶는다. 고정점이 확실하지만 숙달된 사람이 아니면 매듭에 시간이 걸리며 매듭 후 남은 로프의 뒤통리에 주의하여야 한다.

일반적으로 지지물에 로프를 말뚝매기로 묶고 그 끝을 연장된 로프에 다시 옴매듭하거나 두겹말뚝매기를 하여 풀리지 않도록 한다.

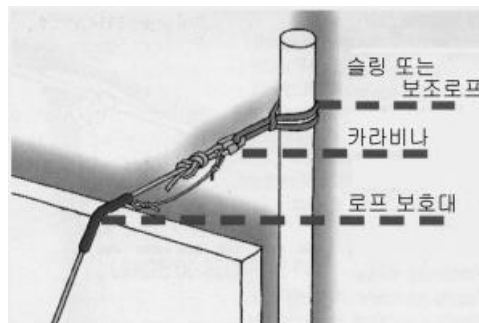
매듭 후에는 다시 주로프에 보조로프를 감아매기 한 후 다른 곳에 고정하여 주로프가 움직이지 않도록 한다.

○ 간접 고정하기

지지물이 크거나 틈새가 좁아 지지물에 직접 로프를 묶기 곤란한 경우 또는 신속히 설치하여야 할 필요가 있는 경우에 사용하는 방법이다.

지지점에 슬링이나 보조로프를 감아 확보지점을 만들고 카라비너를 설치한 다음 8자매듭이나 고정매듭을 하여 카라비너에 로프를 건다. 건물의 모서리나 기타 장애물에 로프가 직접 닿지 않도록 로프보호대를 설치하여 로프를 보호한다.

[그림 3-101] 현수로프의 간접 고정



[그림 3-102] 지지물에 직접 고정하기



로프구조

○ 카라비너를 이용한 방법

카라비너를 걸 수 있는 고리가 있으면 다음과 같은 방법으로 로프를 신속하게 설치할 수 있다. 고리가 없을 경우 보조로프나 슬링 등으로 대응할 수도 있다.

[그림 3-103] 카라비너에 로프 결착하기



마. 회수로프 설치

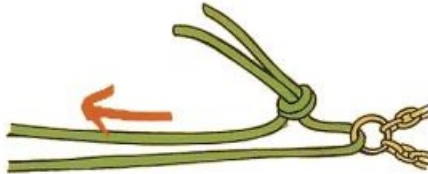
구조현장에 따라 설치된 로프를 회수하기 곤란한 장소가 있다. 이러한 경우 최후에 하강 또는 도하하는 대원이 로프를 회수하기 쉽게 설치하는 방법이다. 안전사고 발생의 위험이 있으므로 극히 신중을 기하여야 하고, 회수 시에는 암벽 틈새나 수목 등 장애물에 로프가 걸리지 않도록 주의하여야 한다.

1) 로프감기

수목이나 전신주 등 지지물에 로프를 감아 사용하고 하강 또는 도하 후에는 매듭의 반대방향으로 당겨 회수하는 가장 간단한 방법이다. 반드시 로프의 두 줄을 동시에 활용하여야 한다. 사용 후에는 매듭부분의 반대방향으로 로프를 당겨 회수하며

이때 로프가 마찰에 의해 훼손되지 않도록 주의를 기울인다. 횡단로프를 설치하는 경우에 많이 활용한다.

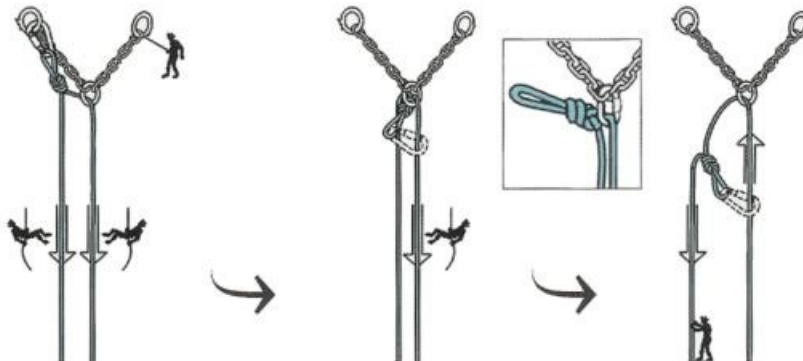
[그림 3-104] 로프감기 설치방법



2) 회수 설치

최종 하강자가 로프 설치를 바꾸어 쉽게 회수하도록 하는 방법이다. 안전사고의 위험은 비교적 적으나 별도의 지지물이 필요하다. 확보물이 설치되어 있는 암벽에서 하강할 때 많이 활용한다.

[그림 3-105] 회수로프 설치방법

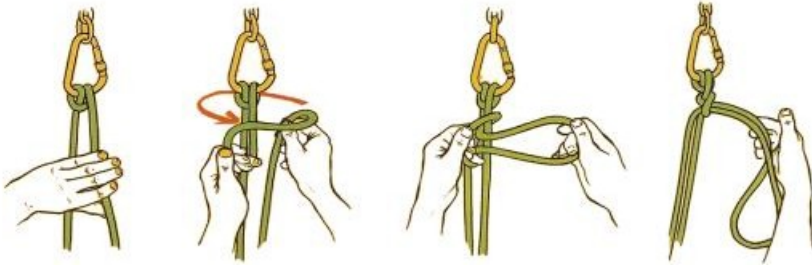


3) 회수 매듭법(Blocking loop)을 이용하는 방법

하강지점에서 풀 수 있는 회수 매듭법이다. 3번 이상 교차 매듭하고 풀리는 로프를 잘 기억해야 한다. 푸는 로프를 착각하여 잘못 당기거나 하강도중 공포감으로 인하여 매듭을 당기면 추락의 위험성이 있으므로 숙달되지 않은 사람은 사용하지 않도록 한다.

[그림 3-106] 회수 매듭법

로프구조

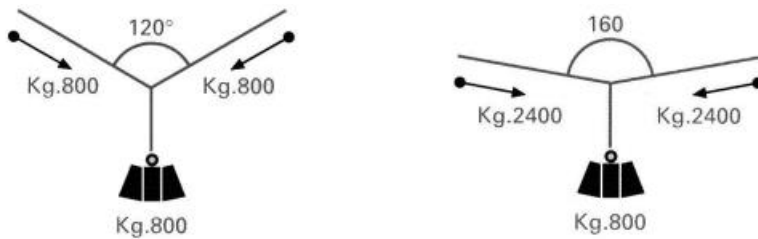


바. 연장로프(횡단로프) 설치

연장로프는 수평 또는 비스듬히 연장하는 로프, 즉 횡방향으로 설치하는 로프를 말하며 도하훈련, 계곡 등에서의 수평구조, 경사 하강(비상탈출)등의 경우에 활용하는 설치방법이다.

연장로프는 팽팽하게 당겨야 활동이 용이하지만 지나치게 당겨지면 로프에 가해지는 장력(張力, tension)도 급격히 증가되므로 로프의 인장강도 이상으로 사용하지 않도록 주의한다.

[그림 3-107] 수평으로 연장된 로프에 가해지는 장력



2. 확보

가. 용어의 정의

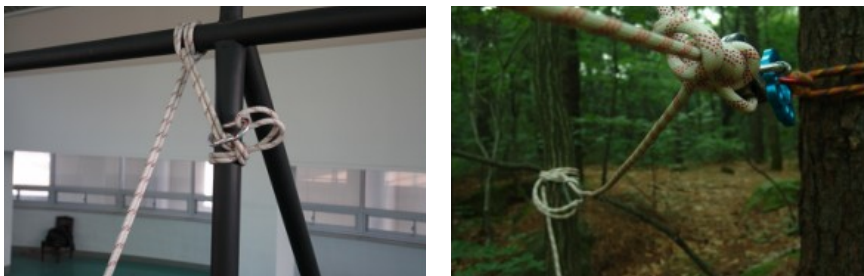
1) 안전확보·확보

확보란 등반·하강·수직구조·고소작업 등 추락의 위험이 있는 장소에서 추락과 안전사고를 방지하고자 로프·장비 등을 활용한 포괄적인 안전조치 행위를 말한다.

2) 1·2차 확보물과 1·2차 확보

확보물이란 추락방지를 위한 안전조치를 취할 수 있는 대상물과, 로프를 당기거나 요구조자를 내리거나 올릴 때 그 하중을 받게 될 대상물을 말한다. 하중을 첫 번째로 받는 확보물이 1차 확보물이라 하고, 1차 확보물이 의심스러울 때 다른 확보물에 한 번 더 설치할 확보물이 2차 확보물이라 한다. 또한 확보물이 의심될 때는 여러 개를 복합적으로 사용할 수 있다. 확보물은 수직에서만 사용하는 것이 아니라 수평 등 어떠한 상황에서도 사용될 수 있으며 상황에 따라 모든 자연물이나 구조물이 확보물이 될 수 있다. 확보물의 선정은 구조작업에서도 가장 중요한 역할을 한다. 튼튼한 확보물일수록 사용자의 심리적 부담을 줄일 수 있으므로 구조작업에 집중할 수 있다. 구조현장에서는 시각판단으로 확보물을 결정하게 되는데, 확신이 서지 않는 한 2개소 이상을 확보물로 사용한다.

[그림 3-108] 1·2차 확보물과 확보



3) 확보로프 (줄)

현수로프를 설치하기 위해 별도의 로프를 1·2차 확보물에 연결하는 로프를 말한다. 확보로프는 구조로프를 설치하기 위해 확보물에 먼저 설치하는 로프인데 구조물의 특성과 사고 상황에 따라 다양하게 시도될 수 있다. 확보로프는 로프의 꺾임과 파손을 고려하여 두 겹 이상으로 감고 하중이 걸리게 될 부분은 그림과 같이 2줄 이상이 되도록 한다. 확보물의 매듭은 사용자의 방해가 되지 않고 한 눈에 보이는 곳에 매듭을 한다. 단순 하강이 아니고 인명구조를 위한 확보로프는 다양한 장비와 로프를 추가로 사용해야 하므로 각각 독립된 확보로프를 설치한다. 확보로프는 단순 하강에는 큰 의미가 없지만 여러 가지 용도로 활용하는 복합적인 인명구조기법에서는 반드시 필요하다.

4) 안전줄 (로프)

건물이나 암벽에 있는 구조대원이 추락을 방지하고 수평이동을 원활히 하고자 로프를 가로 또는 세로로 설치하여 자기확보를 할 수 있도록 한 로프를 말한다. 위험이 있는 장소에서는 반드시 제일 먼저 설치되어야 한다.

[그림 3-109] 확보로프



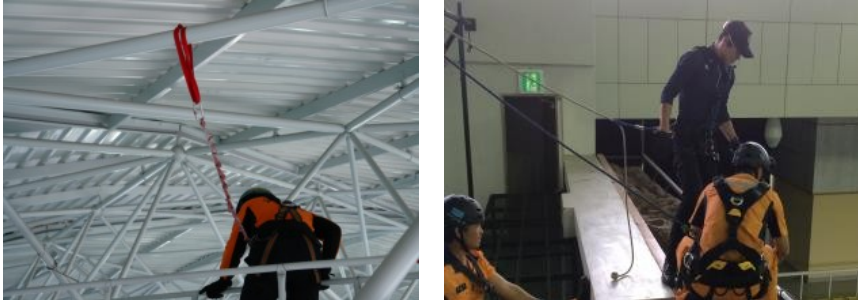
[그림 3-110] 안전줄을 이용한 자기확보



5) 자기확보

자기확보란 작업자 자신의 안전을 확보하기 위하여 신체를 어떠한 물체에 묶어 고정하는 것을 말한다. 구조활동을 하고자 할 때에는 가장 먼저 자기확보부터 해야 한다. 스스로가 확실하게 확보되어 있어야 상대방의 안전을 도모할 수 있다.

[그림 3-111] 고소작업시 자기확보



작업장소의 상황과 이동범위를 고려하여 1m~2m 내외의 로프를 물체에 묶고 끝에 매듭한 후 카라비너를 이용하여 작업자의 안전벨트에 거는 방법을 사용한다. 움직임이 많은 경우에는 미리 안전벨트에 확보줄(데이지 체인 등)을 묶어두었다가 카라비너를 이용해서 필요한 지점에 고정하는데 길이를 조절할 수 있으면 더욱 좋다.

6) 직접 묶기와 간접고정하기

지지물에 직접 묶기란 구조로프를 확보물에 직접 연결하는 기법을 말한다. 간접 고정하기란 확보물에 별도의 보조장치나 도구를 이용해 고정한 후 구조로프를 연결하는 기법을 말한다.

7) 등반확보·하강확보·확보자

등반확보란 암벽이나 건축물에서 진입 또는 등반하는 대원의 추락을 방지하기 위해 안전지역의 구조대원이 로프를 응용하는 기술을 말하고, 하강확보는 건물이나 암벽 등 위험지역으로 하강하거나 안전지역으로 탈출하기 위해 하강하는 대원의 추락 방지와 안전한 진입·탈출을 위한 로프응용기술을 말한다. 확보자는 등반자·하강자·요구조자가 추락하지 않도록 로프를 조절하는 대원을 말한다.

8) 신체확보

신체확보는 확보물이 없거나 장비가 없을 경우 사용하는 방법이다. 신체에 의한 로프의 마찰에 의해 정지와 하강을 시키는 방법으로 신체확보자가 확보물과 제동장비의 역할을 하는 방법이며, 이에는 어깨확보와 허리확보 등이 있다. 어깨확보는 힘이 걸리는 측의 로프가 왼쪽 겨드랑이 밑으로 나오도록 확보로프를 설정한다. 무릎을 굽히거나 펴면서 신체 전체를 사용하는 것이 좋다. 잠시 멈추거나 제동할 때에는 오른손 로프를 왼쪽으로 꺾어 두 줄을 겹쳐 잡아 제동한다. 확보자가 직접 신체확보가 불가능할 때는 주변 구조물을 이용해 '지지물을 이용한 확보'를 한다. 지지물을

잘 활용하면 확보로프의 당기는 방향을 바꾸고 마찰력을 증가시킬 수 있다. 지지물을 이용하여 확보한 경우에는 낙하 충격은 지지점을 통해 그 위쪽 방향에서 나타나므로 지지점을 향하여 확보자세를 취한다. 지지물이 추락 충격에 견딜 수 없을 것으로 판단되면 개인로프, 카라비너 등을 이용하여 지지점을 늘려서 충격이 분산되도록 한다.

[그림 3-112] 어깨확보와 지지물을 이용한 허리확보



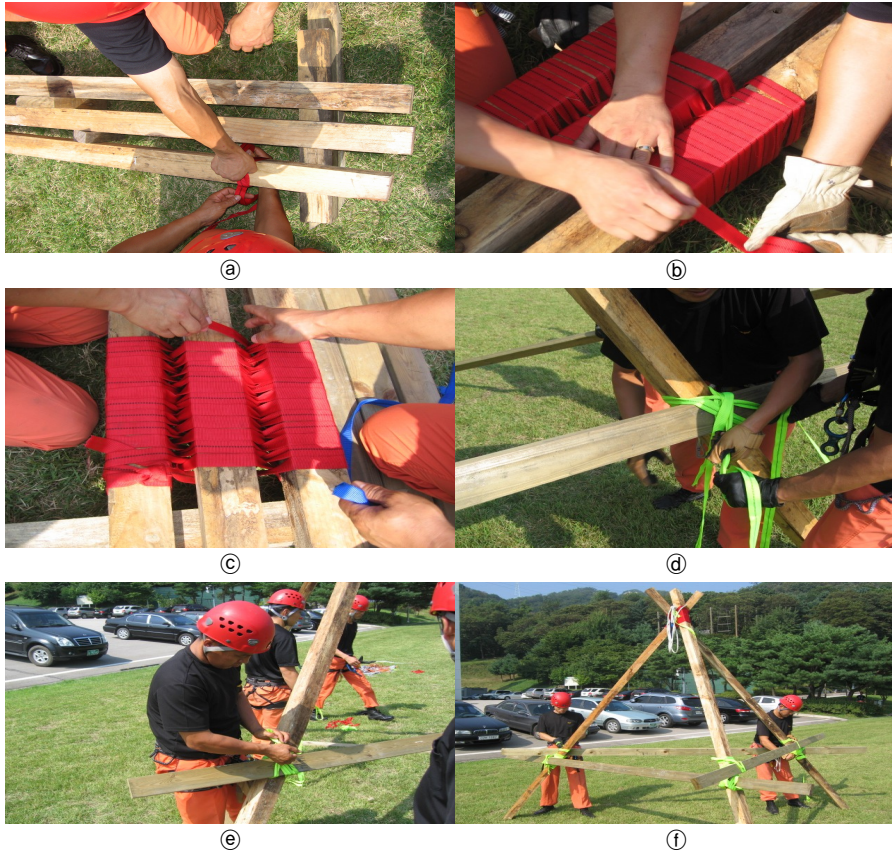
9) 차량확보법

상황이 급박하거나 특별한 확보물이 없는 경우 차량 아래쪽의 후크를 확보물로 삼아 지지로프를 설치하고 직접당기는 방법이다. 이 방법은 힘이 들지 않고 시간을 절약할 수 있는 장점이 있지만 너무 강하게 당기면 로프나 장비의 파손 위험이 있고, 위험지역의 확보물이 파손될 수도 있다. 로프의 수축과 요구조자의 무게에 의해 차량이 끌려갈 수 있으므로 차량확보 시 반드시 고임목을 받친다. 강이나 하천 등에서 차량확보는 지지점이 낮기 때문에 요구조자가 수면에 끌리는 등의 위험을 초래할 수 있으므로 차량견인에 의한 확보법은 차량의 진입여부, 수면과 활동 공간 등의 지형적 조건을 잘 고려해야 한다.

10) 삼각대

삼각대는 확보물이 없는 조건에서 파이프, 통나무 등을 이용하여 힘을 지지할 수 있도록 설치하거나, 확보물의 위치가 낮아 횡단로프를 높이 설치해야 할 경우나 밑으로 추락한 요구조자를 끌어 올릴 때 사용하는 인공확보물이다. 삼각대를 설치하기 위해서는 가급적 기둥의 길이가 같도록 한다. 또한 강한 하중을 받을 때 부러지거나 휘어지는 점을 고려하여 나무기둥은 직경이 10cm 이상의 것을 사용한다.

[그림 3-113] 삼각대 설치 순서



- ① ㉠ 기둥을 가지런히 놓고 그 틈을 손가락이 들어갈 정도로 벌려 놓고
- ② 기둥에 로프의 매듭이나 감는 것을 원활히 하기위해 바닥에 나무 등을 받쳐놓은 후 기둥사이에 직경 4cm 정도의 나무를 끼운다.
- ③ 바깥 쪽 기둥에 말뚝매듭을 하고 순차적으로 8자 감기법을 이용해 10회 정도감는다. 마지막은 말뚝매듭으로 끝처리한 후 웨빙을 이용하여 8자 감기한 부분을 세로로 조여 준다.
- ④ 기둥을 세워 적당히 벌린다.
- ⑤ 가로대는 무릎에서 허리 높이의 위치에 기둥의 숫자만큼 누운 삼각형으로 설치한다 가로대는 삼각대가 벌어지거나 좁혀지는 것을 막는 기능을 하므로 대용으로 일반로프를 사용하여도 좋다. 로프를 가로대 대용으로 사용시 로프의 둥근 특성으로 삼각대의 위쪽으로 미끄러지는 경우가 생기므로 주의하여야 한다.

3

로프구조

11) 인공말뚝(Picket) 확보

사람이 인위적으로 만든 확보물이나 자연적인 확보물이 없을 때 말뚝앵커가 사용될 수 있다. 하지만 말뚝은 강도나 토양의 상태에 따라 확보력이 달라질 수 있으므로 주의해야 한다. 다양한 요소들이 말뚝의 하중한계에 영향을 미친다. 우선 토양의 수분과 밀도는 하중한계에 기본적으로 영향을 미치며, 진흙과 자갈이 섞인 것은 일반적인 토양의 약 90퍼센트, 강가의 진흙이나 모래는 약 50퍼센트 정도의 힘을 발휘한다. 또한 갑자기 하중을 받았을 때보다 조금씩 당겨지는 것은 말뚝의 힘을 더욱 오래 지속시켜준다.

금속 말뚝은 거의 모든 토양에서 설치가 가능한 확보형태이다. 말뚝을 선택할 때는 어떠한 지형에도 구성이 가능한 강도를 지녀야 한다. 말뚝은 금속 또는 단단한 목재가 사용된다. 주로 사용되는 금속 말뚝은 최소한 1m의 길이와 25mm의 직경이어야 하며 보통 콘크리트 보강용 철근이 많이 사용된다. 각각의 말뚝은 최소 1m로 구성되어야 하며 움직임을 최소화시키기 위하여 하중은 전체 말뚝에 분산되어야 한다. 각 말뚝은 웨빙이나 스테틱로프를 이용하여 연결되어야 한다. 말뚝은 보통 3개의 지점으로 구성되며 적당한 각도와 간격이 필요하다. 3-2-1의 배치형태가 가장 강하며 설치되는 말뚝의 형태에 따라 하중을 견디는 능력 또한 다르다.

우선 해머를 이용하여 하중을 받는 반대 방향으로 15° 각도로 세운 뒤 약 3분의 2정도(최소60cm) 주말뚝을 때려 박는다. 주말뚝의 간격은 대략 1.2m~1.5m를 유지하도록 한다. 주말뚝을 웨빙이나 스테틱로프로 앞쪽 말뚝의 상단과 뒤쪽의 말뚝 하단부위를 최소한 5회 정도 감은 후 묶는다.

이미 설치된 웨빙 또는 스테틱로프에 짧은 금속 혹은 단단한 나무 말뚝(보조말뚝)을 삽입하고 로프가 팽팽해질 때까지 돌린 다음 해머를 이용하여 때려 박는다. 각 설치된 주말뚝에 움직임이 있어서는 안되며, 중간 중간에 설치된 보조말뚝 역시 구조작업을 하는 동안 웨빙이나 스테틱로프가 느슨해지지 않도록 충분히 강한 것이어야 한다. 주로프의 확보위치는 토양의 질에 따라 다르게 설치하는데, 비가 오거나 물에 젖은 경우, 모래나 자갈이 섞인 경우는 말뚝의 위쪽으로 하고, 마르고 단단한 경우 지면 쪽에 설치하도록 한다.

[그림 3-114] 배치형태에 따른 하중한계

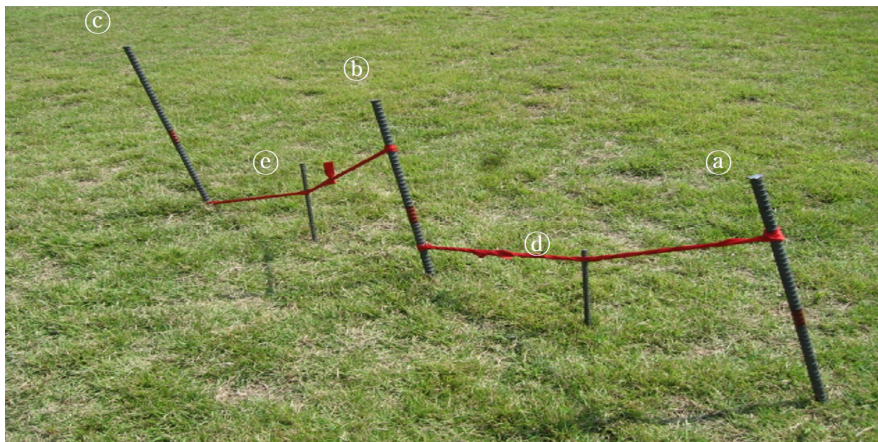
말뚝배치형태	하중한계(kg)
1	300
1 - 1	600
1 - 1 - 1	800
2 - 1	900
3 - 2 - 1	1800

○ 소요장비

- ① 주말뚝 : 지름 30mm, 길이 1m의 쇠말뚝 3개
- ② 보조말뚝 : 지름 30mm 이하, 50cm의 쇠말뚝 2개
- ③ 쇠말뚝 연결용 슬링 또는 스테틱로프

○ 설치방법

[그림 3-115] 1 : 1 : 1 인공말뚝앵커



로프구조



- ① 힘이 가해지는 방향과 일직선상에 말뚝을 박을 세 지점에 1.2m간격으로 표시한다.
- ② ㉠(앞), ㉡(가운데), ㉢(뒤) 세 개의 쇠말뚝을 힘이 실리는 반대방향으로 15°각도를 유지하며 2/3를 망치로 때려 박는다.
- ③ 다 설치된 말뚝에 슬링을 연결하여야 하는데 먼저, ㉠번 말뚝의 상단과 ㉡번 말뚝 하단에 슬링을 다섯 겹으로 연결(말뚝매기)한 후 ㉡번 말뚝의 상단과 ㉢번 말뚝의 하단도 다섯 겹의 슬링으로 연결한다.
- ④ 말뚝 사이에 설치한 슬링의 느슨함을 보완하기 위하여 보조말뚝(㉣, ㉤)으로 쇠말뚝사이의 슬링을 꼬아 텐션이 있게 한 다음 땅에 박아 넣는다.

12) 이중 확보물

이중확보는 확보물의 견고성, 확보장비의 한계, 로프의 유동성, 확보장비에 받는 하중 등을 고려하여 같은 확보물에 여러 개의 확보장비를 설치하거나 다른 확보물에 각각 확보장비를 설치하는 것을 말하는데, 이는 확보물이나 확보장비에 부담을 덜고 구조대원과 요구구조자의 심리적 부담을 줄이는데 중요한 역할을 한다.

○ 다중방향 확보물

대부분의 초크 확보물은 아래 방향으로만 당겨지게 되어 있어 오직 한 방향에 대해서만 하중을 받는다. 그러나 사용 중 초크가 위쪽이나 옆으로 당겨질 때가 있다. 확보물이나 확보물 위에서 루트의 방향이 변할 때 로프가 휘어지면서 초크를 틈새의 위나 바깥쪽으로 당기는 경우가 있다. 어떤 경우에는 위쪽에 있는 초크에 충격이 전달되면서 아래쪽의 초크를 위나 바깥쪽으로 당길 수도 있다. 이러한 상황에서 필요한 것이 어느 방향으로 당겨지든 간에 견딜 수 있는 확보

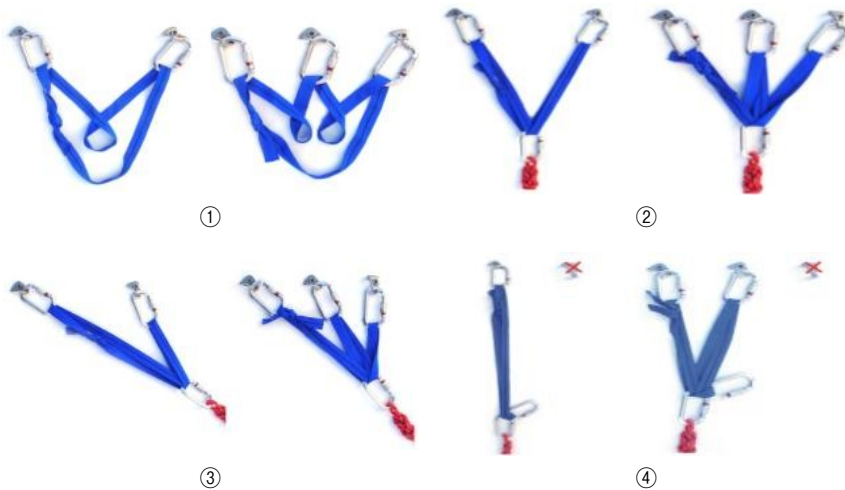
물을 설치하는 것이다. 가장 확실한 방법은 나무·볼트·피톤 등의 다중방향 확보물을 이용하는 것이다. 그렇지 않은 경우에는 한 쌍의 초크를 서로 반대방향으로 설치해서 서로 당겨질 수 있도록 연결하는 방법이 있다.

○ 균등확보물

확보지점은 보통 안전성을 높이기 위해 두개 이상의 확보물을 설치하고, 이것들을 서로 연결하면 충격을 2개 이상의 확보물에 분산시킬 수 있다. 그러나 이러한 확보물들을 연결하는 방법이 잘못되면 안전성이나 충격분산의 목적을 얻을 수 없게 되고, 때로는 설치한 확보물이 파괴되거나 오히려 발생된 충격보다 더 큰 충격이 확보물에 전달될 수 있다.

▶ 균등연결법 (Equalizing)

[그림 3-117] 균등연결법



▶ 삼각연결법 (Triangle Method)

삼각연결법은 균등연결법보다 더 큰 충격이 각각의 확보물에 전달된다. 그러나 두 개의 확보물 중 어느 한쪽이 파괴되더라도 2차 추락의 거리가 균등연결법보다도 짧다는 장점이 있다. 이 2차 추락의 거리는 슬링의 길이와 두 개의 확보물 사이의 거리에 따라 증가한다. 삼각연결법은 고정 확보를 필요로 하는 곳에서는 사용하지 않는다.

[그림 3-118] 변형균등확보



로프구조

[그림 3-119] 삼각연결법



▶ 충격분산 각도

2개 이상의 확보물을 균등연결법에 의해 균등하게 힘을 받을 수 있도록 연결하였다 하더라도 이 확보물들을 연결한 슬링의 각도에 따라 각 확보물에 전달되는 충격은 차이가 난다.

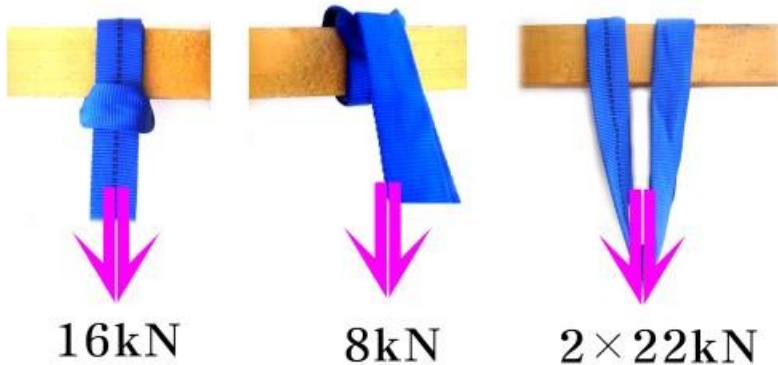
[그림 3-120] 배치형태에 따른 하중한계

연결각도	균등연결	삼각연결법
0°	50%	70%
60°	60%	100%
90°	70%	130%
120°	100%	190%
140°	150%	290%
150°	190%	380%

<p>2지점 균등연결</p>	<p>3지점 균등연결</p>	
-----------------	-----------------	--

- ▶ 슬링 확보 시 슬링에 받는 힘
 슬링을 확보줄로 사용 시 꺾임의 정도에 따라 장력이 달라지는데, 꺾임이 적을수록 슬링의 기능을 최대한 이용할 수 있다.

[그림 3-121] 충격분산



※ 확보 시 고려사항

확보를 할 때에는 반드시 잠금 카라비너를 사용한다. 이는 생명과 직결되는 요소이기 때문에 장비와 장비의 연결이 아닌, 장비와 사람의 연결에는 잠금 장치가 없는 카라비너로 확보를 하게 되면 확보줄에 하중을 주지 않을 때나 순간적인 탄력에 의해 확보줄이 카라비너에서 빠질 확률이 크므로 반드시 잠금 카라비너를 사용한다. 대체로 자기확보에 사용되는 카라비너는 강도가 높은 변형 D형이나 방향성 잠금 카라비너 O형을 사용하도록 한다.

카라비너에 로프를 끼울 때는 반드시 매듭의 고리를 작게 하고 조임 상태를 확인해야 하며, 잠금 장치를 눈으로 확인할 수 있는 위치에 오게 한다. 매듭이 되어있는 로프에 카라비너를 끼울 때는 매듭을 풀고 다시 새로운 매듭을 해서 사용하는 것이 바람직하다.

1. 하강

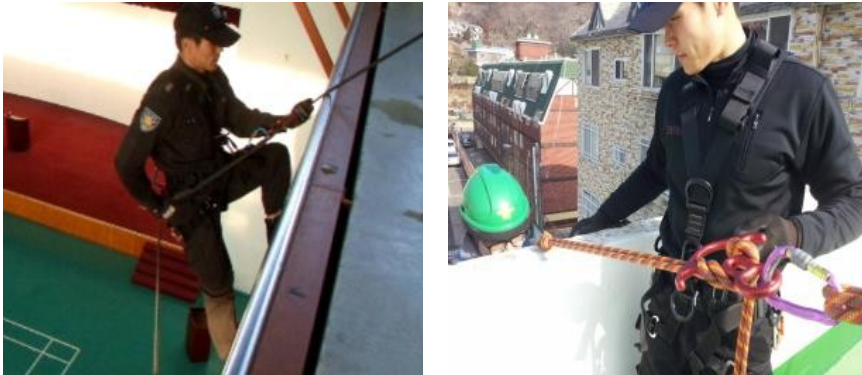
로프구조

가. 용어의 정의

1) 직접하강·간접하강(타인확보)

직접하강이란 확보물에 설치된 로프를 하강자가 직접 로프와 장비를 조작하여 하강하는 기술을 말한다.

[그림 3-122] 직접하강과 간접하강(타인확보)



간접하강은 확보물이 없거나 신속한 하강·진입을 위해 실시하는 방법으로서 확보자가 로프와 장비를 조절하여 하강자를 하강시키는 방법으로 전문장비를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

하강기 등 확보기구를 이용하거나 신체를 이용해서 로프의 마찰력을 증가시켜 추락을 방지한다. 어느 경우에도 확보자 자신의 안전을 위하여 먼저 자기확보 조치를 취해야 하며 확보 중에는 작업자에게서 시선을 떼지 않도록 한다.

간접하강의 방법으로 신체를 이용하는 확보(Body Belay)가 있다. 안전한 확보를 위해서는 확보기구를 사용하는 것이 바람직하지만 확보에 필요한 기구가 구조현장에 없는 경우에는 부득이 신체를 이용하여 확보한다.

[그림 3-123] 신체에 직접 걸착한 간접하강



국제산악연맹(UIAA)에서 권장하는 가장 좋은 신체확보 방법은 허리확보(Hip Belay)이다. 확보자가 위치하는 지점의 안정성을 확인하고 바른 자세를 취하여 균형을 잘 유지한다. 확보자의 자세가 바르지 못하면 추락 등 돌발사고 발생시 올바르게 대처할 수 없다. 간접하강에서 하중을 확보자의 허리로 지탱하는 허리확보법이 가장 많이 사용된다. 서거나 앉아서 확보할 수 있지만 선 자세는 균형유지가 어려우므로 특별한 경우가 아니면 실시하지 않도록 한다. 허리확보도 어깨 확보와 같이 확보로프의 힘의 중심이 아래쪽에 있으면 실시하기 쉽다. 앉은 확보 자세에 있어서는 발로 밟고 지탱할 수 있는 지지물이 있으면 한층 강하게 확보할 수 있다.

2) 현수로프 (수직로프·하강로프)

하강을 하거나 끌어올리기 위해 수직으로 설치된 로프를 현수로프·하강로프·수직로프라 한다.

3) 정지점

하강이 진행 중이거나 정지된 상태에서의 하강기 부분을 말한다.

4) 감지줄·제동줄

하강이 진행될 경우 정지점의 윗부분을 감지로프라 하고 정지점의 아랫부분을 제동로프라 한다.

5) 감지손·제동손

하강 시 바른손잡이의 기준으로 중심을 잡는 왼손(감지줄을 쥐고 있는 손)이 감지손, 제동을 잡는 오른손을 제동손이라 한다. 또한 간접하강 시 확보자가 어깨감기, 허리감기 등으로 하강자의 안전확보를 할 때 바른손잡이 기준 왼손이 감지손, 오른손이 제동손이라 한다.

나. 로프하강 준비

로프구조

1) 하강장비 준비

가장 기본적인 하강기구인 8자하강기는 크기가 작아 휴대 및 활용이 용이한 반면 기술의 숙달이 필요하고 제동과 정지가 불편하다. 하지만 제1장의 용도에 적합한 하강기 종류가 다양하므로 한 가지 장비만을 고집하지 말고 다양한 장비의 활용법을 익혀두도록 한다.

2) 8자하강기에 로프걸기

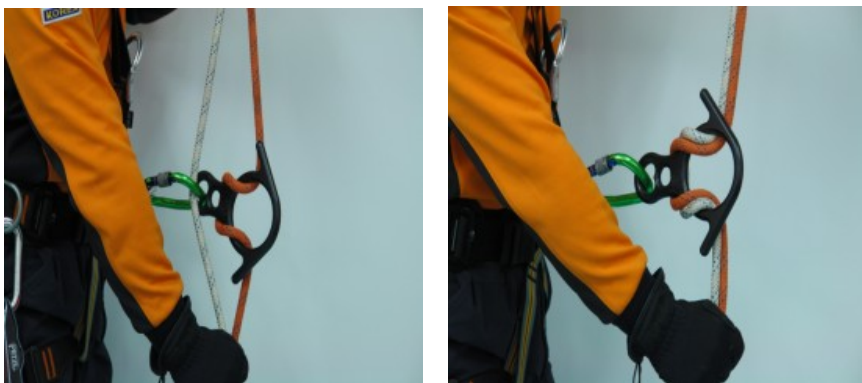
○ 한줄 걸기

일반적인 하강 시에 많이 활용하는 방법이다. 한 줄은 하강 및 제동, 다른 줄은 안전확보용이다. 먼저 카라비너에 한 줄의 로프를 통과시키고 다른 로프를 8자하강기에 넣어 다시 카라비너에 건다. 8자하강기를 통과한 하강 축 로프가 오른쪽(왼손잡이일 경우 왼쪽)으로 가도록 주의하여야 한다.

○ 두줄 걸기

두 줄의 로프를 모두 8자 하강기에 넣고 카라비너에 건다. 하강속도가 느리고 제동이 용이하므로 요구조자 구출활동에 많이 활용하는 방법이지만 하강거리가 긴 경우 로프 자체의 무게 때문에 강한 마찰력이 발생하여 오히려 하강이 쉽지 않을 수 있다.

[그림 3-124] 한줄걸기와 두줄걸기



○ 안전하게 로프 걸기

장갑을 끼고 있거나 날씨가 추운 경우 하강기에 로프를 걸다가 놓치는 경우가 자주 발생하므로 각별한 주의가 필요하다. 이런 경우 [그림 3-125]와 같이 먼저

카라비너에 하강기를 반대로 넣고 로프를 건 다음 하강기를 바꾸어 걸면 하강기를 놓치는 안전사고를 방지할 수 있다.

[그림 3-125] 한줄걸기와 두줄걸기



○ 하강장비 없이 카라비너에 로프걸기

▶ 파배기방식

카라비너 하강법은 8자 하강기가 없던 과거에 주로 사용되던 방법이다. 카라비너를 8자하강기에서 분리하지 않아도 되는 장점이 있으나 로프가 많이 꼬이는 단점이 있다. 로프를 많이 꼰수록 제동력이 우수해진다. 단순 하강용으로 사용하며 고소작업이나 요구조자를 직접 매다는 구조에는 적합하지 않다.

▶ 반말뚝(Munter Hitch, Italian Hitch)방식

로프의 꼬임과 마찰에 의한 단순한 방식으로 위의 파배기 방식보다 안정적이지만 마찰로 인해 로프표면의 손상이 심하고 파배기방식보다 꼬임은 덜하다. 단순 하강용으로 사용하여야 한다.

[그림 3-126] 파배기 방식과 반말뚝 방식



로프구조

다. 일반 하강

하강 전에 반드시 로프의 설치상태와 착지점의 상황 등 안전점검을 실시하고 착지 지점에 안전요원을 배치한다. 하강하는 대원 자신이 직접 안전벨트와 카라비너의 결합 상태, 하강기의 고정과 로프의 삽입 등을 점검하고 안전요원이 다시 확인한다.

하강 도중 벽면을 발로 차서 반동을 주며 하강하는 동작은 금물이다. 실제 구조활동 중에는 요구조자나 들것이 벽면에 부딪혀 부상을 입을 수 있고 유리창 등 건물의 취약 부분이 파손될 우려도 있기 때문에 뒷걸음으로 한발씩 내딛어 하강한다.

[그림 3-127] 올바른 하강자세



위층에서 파손된 유리창이나 카라비너, 하강기 등의 장비가 낙하하는 경우가 있으므로 하강을 마친 대원은 즉시 하강지점에서 뒤로 물러서야 한다. 하강기에서 로프를 뺄 때에 하강기가 로프와의 마찰열로 의하여 뜨거워질 수 있으므로 주의한다.

하강하는 대원이 제동을 걸지 못하여 지나치게 하강속도가 빠른 경우에는 지상의 보조자가 하강로프를 당겨 제동을 걸어주어야 한다. 따라서 보조자는 하강하는 대원에게서 절대로 시선을 떼어서는 안 된다.

라. 오버행(Over Hang) 하강

오버행(Over Hang)은 암벽의 일부가 처마처럼 튀어나온 부분을 말하는 것으로 오버행 부분에서 하강하는 것처럼 발 닿을 곳이 없는 상태로 하강하는 것은 일반 하강과 다른 하강기법이 필요하다. 오버행은 수직으로 하강한다. 오버행 하강에서 제일 중요한 점은 우선 로프가 떨어진 중력방향으로 내려가는 것이다. 오버행 하강 시에는 오버행이 시작하는 턱 끝까지 발이 내려온 다음에 발을 어깨넓이로 편다. 서서 균형을 잡은 상태로 체중을 실어 상체를 뒤로 젖힌다. 로프를 먼저 빼서 몸이 쭉 퍼진 상태가 되도록 한 다음 조금이라도 오버행 아래에 먼저 닿는 발을 내리고 다음 발을 똑같이 내려 균형을 잡으면서 로프가 턱에 걸리도록 하면 된다. 이 때 로프를 충분히 빼지 않고 하강을 시작하면 로프를 잡은 왼손바닥이 턱과 줄에 걸쳐져 질 수 있으니 주의해야 한다. 오버행 턱 아래로 한발이라도 걸치지 못하는 심한 오버행에서 하강을 시작할 때는 위와 같이 하는 동작에서 상체를 쭉 펴지 말고 약간 웅크린 상태에서 로프를 먼저 뺀다. 그 다음에 균형을 잡으면서 부드럽게 몸을 아래로 던져 하강을 시작하면 된다. 이때 상체를 너무 뒤로 젖히면 뒤집어질 수가 있기 때문에 주의해야 한다. 이때에도 제동손은 놓지 말아야 한다. 큰 배낭이나 무거운 장비를 메고 오버행 하강을 할 경우에 무게에 의해 갑자기 뒤로 뒤집어질 수 있다. 이런 경우에는 배낭을 자신의 안전벨트에 걸려있는 자기 확보줄에 매달아 오버행 아래로 먼저 내리고 하강을 하는 것이 안전하다.

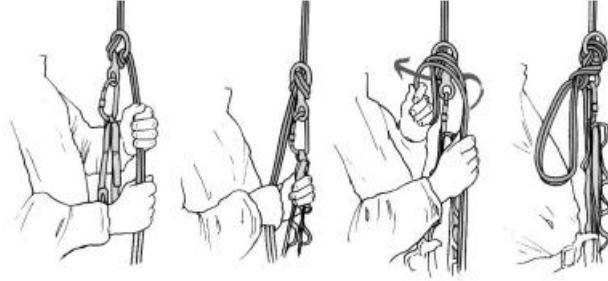
마. 일시정지(작업자세)

하강도중에 일시정지하여 작업하는 방법이다. 스톱하강기는 손잡이에서 손을 떼는 것만으로도 정지가 가능하고 8자하강기도 그림과 같이 로프를 교차시켜서 간단히 고정할 수 있지만 장시간 고정하여 작업하기 위해서는 보다 확실히 고정할 필요가 있다.

작업할 곳 약간 위에서 제동하여 정지한 후 제동 로프를 잡아 올려서 하강기와 로프 사이에 끼운다. 이것만으로 일시 고정이 되지만 더욱 확실히 고정하기 위해서 로프를 하강기 몸체에 묶어준다. 매듭을 할 때는 로프의 탄성으로 정지 위치보다 약간 내려가게 되므로 위치를 잘 선택하고 고정하는 과정에서 균형을 잃지 않도록 주의한다. 작업이 끝나면 매듭을 풀고 균형을 잡은 후 조심스럽게 하강한다.

[그림 3-128] 감자줄과 하강기 사이에 제동줄을 끼워서 정지 및 고정

로프구조

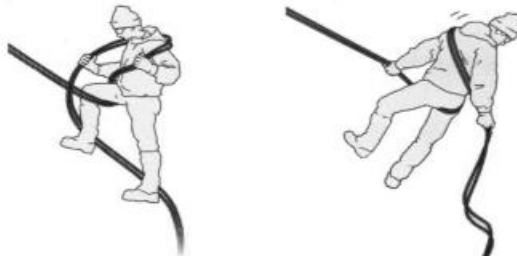


바. 신체감기 하강

독일의 한스 돌퍼(Hans Dulfer)가 개발한 하강법으로 '돌퍼식 하강' 또는 '압자일렌 (Abseilen)' 등으로 부른다. 이 하강법은 기구를 사용하지 않고 신체에 직접 현수로프를 감고 그 마찰로 하강하는 방법으로 숙달되지 않은 경우 매우 위험하므로 긴급한 경우 이외에는 활용하지 않는다. 특히 수직하강보다는 경사면에서 하강할 경우에 활용도가 높은 방법이다.

상의 옷깃을 세우고 다리 사이로 로프를 넣은 후 뒤쪽의 로프를 오른쪽 엉덩이 부분에서 앞으로 돌려 가슴 부분으로 대각선이 되도록 한다. 다시 왼쪽어깨에서 목을 걸쳐 오른쪽으로 내리고 왼손은 현수로프를 잡고 오른손으로 제동을 조정한다. 현수로프에 서서히 체중을 건 다음 허리를 알게 구부려 상체를 로프와 평행하게 유지하고 착지점을 확인하면서 하강한다. 노출된 피부에 로프가 직접 닿으면 마찰로 심한 부상을 입을 수 있으므로 주의해야 한다.

[그림 3-129] 압자일렌 하강



비교적 경사가 완만하고 짧은 구간에서 사용할 수 있는 어깨 하강법은 설치된 하강 로프를 팔과 겨드랑이, 어깨에 감싸 마찰을 일으켜 하강한다.

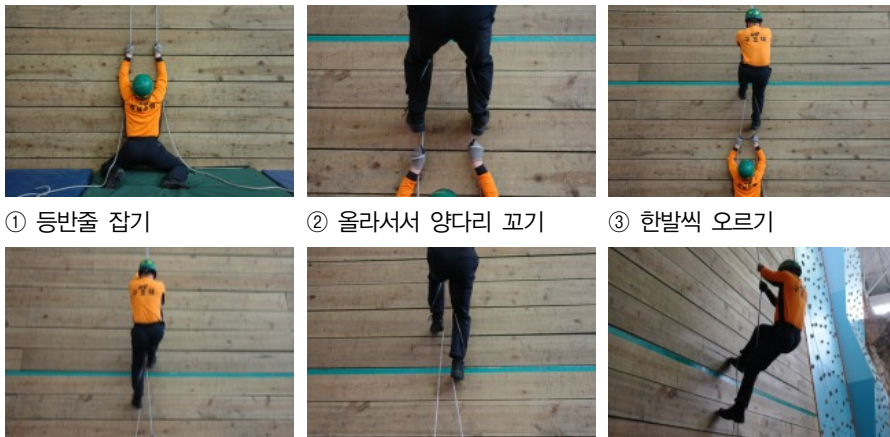
2. 등반

가. 풋록(Foot Lock) 등반

풋록 등반기술은 아무런 장비 없이 신체만을 이용해서 로프를 오르는 방법이다. 익숙해지기 위해서는 많은 체력이 소모되므로 훈련이 필요하며, 로프의 선택도 중요한 몫을 차지한다. 고층을 오르기에는 무리가 따르기 때문에 현재는 많이 이용되지 않는다. 하지만 로프를 이용한 등반의 가장 기초적인 기술이며 줄잡이와의 호흡과 많은 체력과 감각이 요구된다.

등반자와 줄잡이의 호흡이 중요한데 줄잡이의 디딤발과 옮김발, 손의 이동이 조화가 되어야 한다. 훈련시 주마 등반과 마찬가지로 견고한 지지점을 선택하여 현수로프를 확실히 걸착하고 반드시 안전로프를 설치한 후에 등반토록 한다.

[그림 3-130] 풋록 등반



① 등반줄 잡기

② 올라서서 양다리 꼬기

③ 한발씩 오르기

나. 맨손 오르기

저층의 건물이나 구조물, 오버행 등에서 사용한다. 별도의 장비가 필요 없고 신체적 기능으로만 등반하는 기법이다. 구조용 로프를 맨손으로, 한 줄로 오른다는 것은 사실 불가능하다. 하지만 두 줄을 사용할 때는 상황이 달라진다. 손에 쥐어지는 로프의 굵기가 굵어지므로 잡고 체중을 지탱하는데 유리해진다. 하지만 기본적 체력이 갖추어져야 할 수 있는 기법으로 숙달된 대원이라 하더라도 10m 이상 등반은 하지 않는다. 맨손 등반 시 마찰력이 좋은 고무코팅장갑 사용은 가죽장갑보다 유리하다.

로프구조



① 손을 뺀어 잡기



② 다리 올려 로프 꼬기



③ 당기고 일어서기

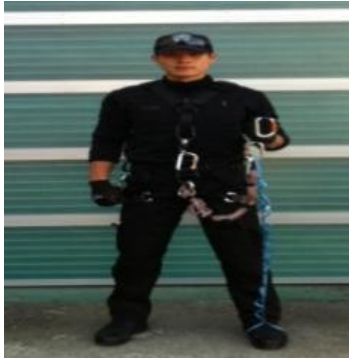
- ① 현수로프(수직로프)에 면하여 양손으로 현수로프의 높은 위치를 잡는다.
- ② 두발을 당겨 올려 한 쪽 발위에 두 줄을 걸치고 다른 한 발로 발등위의 로프를 밟고
- ③ 손으로 당기면서 일어난다. 이때 발이 로프에서 미끄러지지 않게 마찰력을 이용한다.
- ④ ①~③동작을 반복하는데, 동작이 느려지면 체력소모가 많아지므로 신속히 등반한다.

다. 등강기 등반

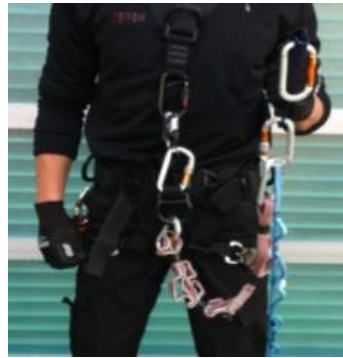
1) 기본등반

등강기 등반과 등강기 하강을 잘 한다는 것은 로프관련 구조장비를 다루는데 능숙하다고 볼 수 있다. 로프관련 장비들이 대부분 사용자의 감각을 요구하고 적절한 감각은 효과를 배가한다. 장비를 사용하지 않는 상황에서 코드슬링만을 이용하여 등반하는 기법도 있다. 맨손등반과 달리 주요 장비를 사용함으로 안전이 확보되고 높은 위치로 오를 수 있는 장점이 있다. 장비는 기본적으로 등강기, 소형등강기, 쥘마 스텝 등이고 2차 안전조치로 데이지체인 등을 사용한다.

[그림 3-132] 장비준비



쥬마스텝 길이조절

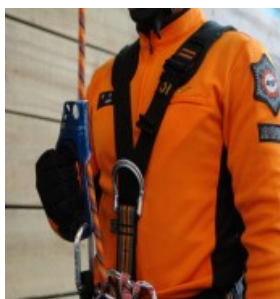


장비착용상태

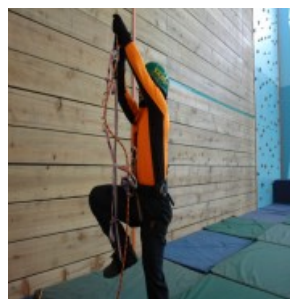
[그림 3-133] 등강기 등반 진행과정



① 자기확보용 장비착용



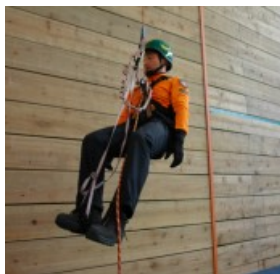
② 등강기 설치



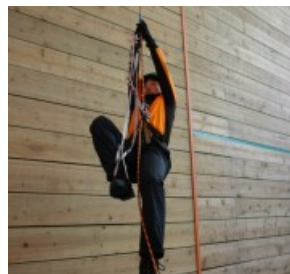
③ 다리 올리고 등강기 올리기



④ 밟고 일어서기



⑤ 양손 놓고 정지



⑥ ③④과정 반복

- ① 등강기와 쥬마스텝을 연결하고 자신의 명치 높이 길이로 조절한다.
- ② 소형등강기를 로프에 걸고 안전벨트에 1차확보 한다.
- ③ 등강기를 로프에 설치한다.

- ④ 데이지체인이나 슬링을 등강기와 안전벨트에 2차확보 하는데 등반동작에 방해 받지 않게 적절한 길이를 한다.
- ⑤ 줌스텝에 발을 끼우고 빠지지 않게 조인다.
- ⑥ 등강기와 줌스텝의 발을 위로 최대한 올린 후 당기고 밟으며 일어선다. 이때 소형등강기에서 로프가 빠져나가는지 확인한다.
- ⑦ ⑥~⑦의 동작을 반복하여 목적위치까지 등반한다.

등강기 상승 중에 안전확보용 등강기(안전벨트에 착용된 등강기 또는 확보장비)에 무게가 실리지 않아 아래의 로프가 떨어 올라오는 경우가 많으므로 등반자가 한 번 도약할 때마다 로프를 확보장비의 아래로 빼내는 것이 중요하다. 이러한 행동이 번거로울 경우에는 보조자가 로프를 가볍게 당겨주거나 등반로프의 끝부분에 무게를 줄 수 있는 물체를 매달아 자연스러운 등반이 될 수 있도록 한다.

상승을 끝내고 등강기에서 로프를 빼려고 하면 캠이 로프를 꽉 물고 있어 쉽게 빠지지 않는다. 이때에는 줌을 위로 올려주면서 레버를 젖히면 된다. 줌을 이용하여 작업할 때 로프 설치 방향을 따라 똑바로 이동시키지 않으면 로프에서 벗어날 위험이 있다. [그림 3-134]과 같이 줌에 카라비너를 끼워두면 로프에서 이탈하지 않는다.

[그림 3-134] 등강기의 바른 사용법



로프에서 등강기가 빠질 수 있는 상황



카라비너를 이용한 안전확보

2) 자동확보장비를 이용한 등반

구조작업 현장에서는 상황에 따라서 상승이나 하강, 어느 하나의 방법이 아니라 하강과 정지, 상승을 반복해야 하는 경우도 있다. 이러한 상황에서 그리그리나 스톱 등 하강이 가능한 자동확보기류와 등강기 등의 등반기구를 적절히 조합하면 상승과

하강을 효과적으로 반복하면서 작업이 가능하다.

▶ 등반준비(장비결착)

안전벨트에 그리그리를 결합하고 현수로프를 삽입한다. 슬링의 한쪽 끝에 발을 넣을 수 있는 고리를 만들고 등강기와 연결한다. 슬링의 길이는 주마가 가슴과 배 사이에 오도록 하는 것이 좋다. 등강기에 현수로프를 삽입하고 등강기 상단의 구멍에 카라비너를 끼워서 로프가 이탈하지 않도록 한다.

▶ 등반

슬링의 고리에 발을 넣고 한 손으로 등강기를 최대한 밀어올린 후 고리를 밟고 몸을 일으켜 세운다. 동시에 반대쪽 손으로 그리그리 하단의 로프를 잡고 힘차게 위로 뽑아 올린다. 그리그리 하단의 로프를 주마에 결착한 카라비너에 넣으면 상승할 때 로프를 당기기가 좀 더 용이하다. 몸을 낮추어 체중이 현수로프에 걸리도록 한 후에 다시 주마를 밀어 올리며 상승을 반복한다.

[그림 3-135] 그리그리를 이용한 등반



① 주마와 그리그리 결착



② 발을 들어 올리며 주마를 밀어 올림



③ 발을 딛고 일어서며 로프를 뽑아올림



④ 로프를 당기는 형태로 응용

▶ 정지 및 하강

필요한 위치까지 상승하면 등강기를 빼내고 그리그리에 현수로프를 묶어 완전히 고정한다. 작업이 끝나면 고정한 로프를 풀고 그리그리를 이용하여 하강한다. 그

3

리그리의 작동레버가 민감하게 반응하므로 연습을 통해 감각을 익혀야 하는데 제동줄을 그리그리의 옆판에 마찰이 되도록 하여 속도를 조절할 수 있다. 필요하면 정지한 후 등강기를 끼우고 다시 상승할 수 있다.

로프구조 [그림 3-136] 정지 및 하강



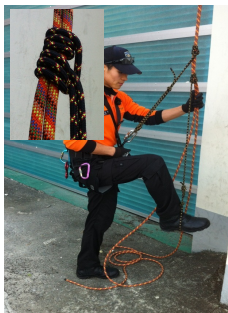
자동정지 및 고정



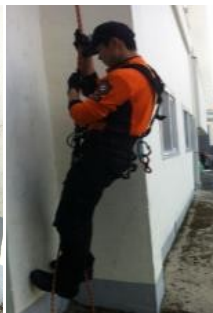
레버를 조절하여 하강

3) 감아매기(푸르직) 등반

[그림 3-137] 감아매기(푸르직) 등반



① 로프 두줄에 감아매기 후 가슴과 다리에 걸착



② 손으로 균형을 잡고 다리를 딛고 일어섬



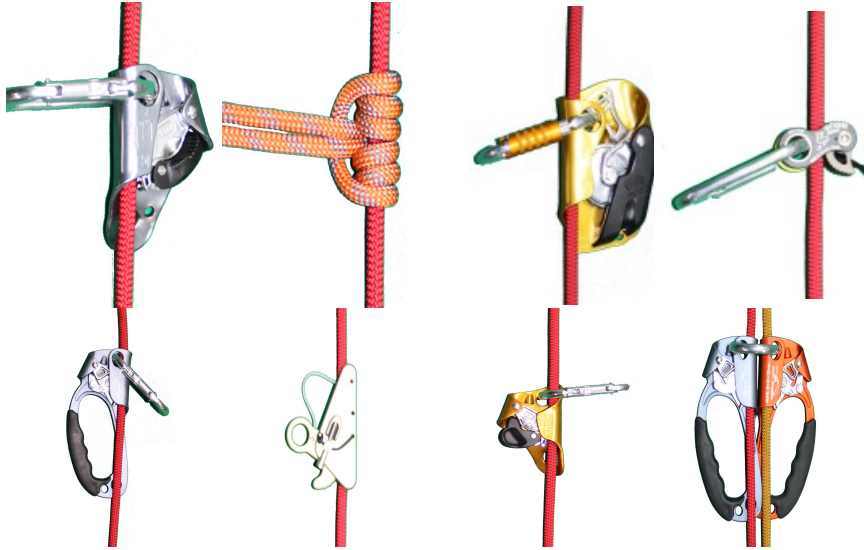
③ 가슴과 연결된 매듭을 손으로 밀어올림



④ 신체를 로프에 의지하고 다리를 들어 매듭을 올림

4) 등반에 활용되는 각종 확보장비

[그림 3-138] 등반에 활용되는 각종 확보장비



3. 도하

가. 도하로프 설치

도하(渡河)라는 표현이 가지는 본래의 의미는 하천을 건넌다는 뜻이다. 그러나 꼭 하천만이 아니고 협곡이나 크레바스 또는 봉우리와 봉우리 사이를 건널 때 이용하는 기술로 로프를 양쪽 견고한 지점에 고정시켜 공중에 걸어 놓고 한 쪽에서 다른 쪽으로 로프를 타고 건너가는 공중 횡단법이다.

도하하는 로프에는 수평장력과 함께 도하대원의 체중이 더하여지므로 지지점은 튼튼한 곳을 설정한다. 로프는 반드시 2겹으로 설치하고 감아매기로 고정하여 별도의 지지점에 묶어둔다. 구체적인 로프설치 기법은 『제4절 로프설치 및 확보』를 참고한다. 어느 경우에도 도하하는 사람의 안전을 위해서 로프를 2줄로 설치하고 도하하는 대원은 반드시 헬멧과 안전벨트를 착용한다. 카라비너를 이용하여 로프와 대원의 안전벨트 간에는 1m~2m 내외의 보조로프를 걸어서 체중을 분산시키고 안전을 도모한다.

나. 도하기법

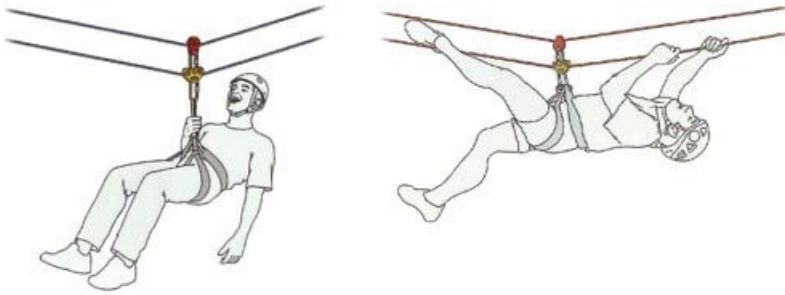
도하방법에는 수병 도하, 원숭이 도하, 티롤리언 도하 등의 기법이 있으나 각 기법 간에 우열 차이가 있는 것은 아니므로 등반 시에 많이 활용되는 티롤리언 도하를 중점으로 살펴보도록 하겠다.

로프구조

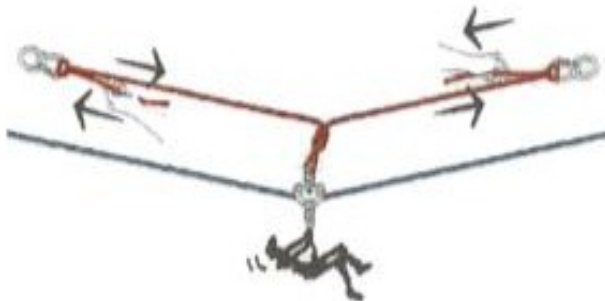
1) 매달려 건너는 방법

티롤리언 브리지(tyrolean bridge) 또는 티롤리언 트래버스(tyrolean traverse)라고 불리며 협곡 양쪽을 연결한 로프에 매달려 건너가는 방법을 말한다. 안전벨트에 카라비너를 이용해서 도르래를 연결하고, 주로프에 매달려 자신의 손으로 로프를 당기며 도하하는 방법과 다른 사람의 도움을 받아서 도하하는 방법이 있다.

[그림 3-139] 티롤리언 도하 (직접 건너는 방법)



[그림 3-140] 다른 사람의 도움을 받아 이동하는 방법



2) 쥬마를 이용해서 건너기

쥬마등반법을 응용해서 수평으로 이동하는 방법이다. 장비 없이 맨손으로 이동하는 방법에 비해 힘과 시간을 절약할 수 있다.

- 쥬마에 슬링을 걸착하고 슬링의 반대쪽 끝에는 발을 넣을 수 있도록 고리를 만든다. 슬링의 길이가 너무 길거나 짧으면 활동이 불편하다. 고리에 발을 넣었을 때 쥬마 위치가 가슴에 오는 정도가 적당하다.
- 카라비너를 이용해서 도하 로프에 도르래와 크롤 또는 베이직, 미니트랙션 등 역회전 방지 기구를 연결하고 크롤의 끝에 카라비너를 연결한다. 도르래는 1단 도르래 보다는 수평2단 도르래(탠덤)를 사용하는 것이 로프의 꺾임을 완화시킬 수 있어서 이동하기 용이하다.
- 쥬마를 로프에 물리고 슬링의 끝을 크롤에 걸착한 카라비너를 통과시킨다.
- 카라비너 또는 퀵드로를 이용해서 도르래와 안전벨트를 연결하고 로프에 매달린 다음 슬링 끝의 고리에 발을 넣는다.
- 다리를 올리면서 쥬마를 앞으로 밀고 다시 다리를 펴는 동작을 반복하면 수평으로 전진하게 된다.

[그림 3-141] 쥬마를 이용한 도하기술



제6절 수평구조 (계곡, 건물간 구조)

로프구조

수평구조의 기본적인 시스템은 장비에 대한 기술적 활용 능력이 숙달된 구조대원이 최소 3명 이상일 경우 운용 가능하다. 하지만 거리가 먼 하천일 경우 로프를 강하게 당기기 위해 다수의 인원이 필요하다.

특히, 계곡구조에는 적합한 로프를 선택하는 것이 중요하다. 일선에 보급된 로프는 주로 산악용으로써 5% 이상의 신장률을 가지고 있다. 이러한 로프는 신장률 때문에 로프를 당겨도 계속 늘어지는 어려움이 발생하고, 요구조자가 수면에 끌리는 경우가 발생하므로 요구조자를 끌어올리거나 횡단하는 용도에는 적합하지 않다.

따라서 수평구조에 사용되는 로프는 주로 인명구조용(테크니컬로프) 또는 산업용으로 보급되는 신장률이 3% 이하가 적합하다 할 수 있다. 저신장률의 로프는 늘어나는 현상이 낮기 때문에 산악로프(다이내믹로프)의 단점을 보완하는데 많은 도움을 준다.

또한, 산악장비의 확보는 수평구조에서 필수적 요소이기 때문에 등강기·카라비너·도르래·등반자 확보장비 등의 기초 장비가 확보되어야 한다.

구조대원은 장비의 원리와 사용법을 충분히 숙지하도록 훈련해야 하며, 로프의 인장력과 장비의 성능·강도·특성 등을 알고 무리하게 사용하여 파손되는 경우가 없도록 해야 한다. 또한 장비를 언제 어디서나 활용할 수 있도록 훈련이 되어 있어야 한다. 대부분의 산악장비는 여러 가지의 용도로 활용이 가능하므로 그만큼 창조적이고 숙달된 훈련이 필요하다.

1. 용어의 정의

가. 위험지역

요구조자 측의 지역을 의미한다. 위험지역은 불특정한 지역이다. 위험지역이 단순고립이 아니라 안전이 심각한 지역이라면 구조활동에 적합한 곳으로 옮기도록 유도한다.

나. 안전지역

구조대원 측의 지역을 의미한다. 안전지역이라 함은 2차 응급처치 또는 이송조치가 가능한 지역이어야 한다. 안전지역은 위험지역보다 낮은 곳을 선정하고 하류 쪽을 선정하는 것이 구조작업에 유리하고 안전하기 때문에 이를 기본조건으로 한다.

기본적으로 위험지역이나 안전지역은 로프를 설치할 수 있는 나무·기둥·바위 등의 확보물이 갖추어져 있어야 하고 튼튼해야 한다. 요구조자의 상태와 위험지역의 조건에



따라 구조에 적합한 장소를 찾아 옮기는 것도 바람직하다. 그리고 갑작스런 폭우로 물이 불어나는 경우를 대비하여 지지물의 위치를 높은 지역에 두어야 한다.

거리가 가까운 계곡 등의 거리에서는 로프나 장비에 손상을 주는 경우가 드물지만, 거리가 먼 하천 등에서는 주의가 필요하다. 거리가 멀수록 로프는 많이 늘어나게 되어 그만큼 많은 힘을 가해 로프를 당겨야 하기 때문에 로프의 매듭부분이나 꺾이는 부분과 고정장치에도 파손의 위험성이 따르며, 장비 수명단축의 원인이 되기도 한다.

위험지역과의 거리는 50m 이하의 거리가 가장 적합하다. 50m 이상의 거리는 하천 횡단구조이며 로프전달과정에서 방법을 달리할 수 있다. 설치한 로프는 수면이나 지면의 위험요소와의 높이가 충분한 높이의 위치이어야 하며, 낮을수록 요구조자가 수면에 끌리는 경우가 발생할 수 있어 요구조자에게 많은 위험이 따르기 때문에 주의가 필요하다.

1) 물에 닿지 않는 경우

안전지역은 위험지역보다 낮은 곳을 선정하고 어디서나 가장 단거리 위치를 선정해야 한다. 하지만 지역 여건과 요구조자의 상태 등을 고려하여 그 상황에 맞는 지역 선정도 필요하다.

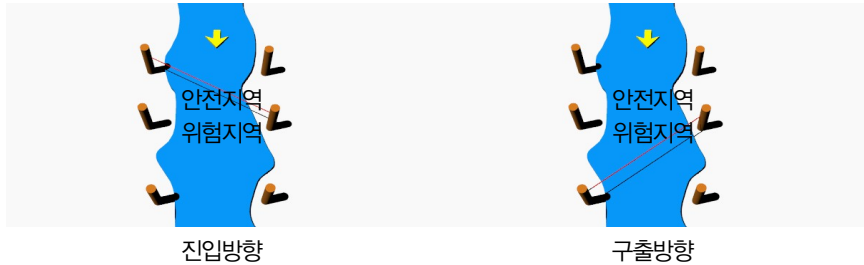
2) 물에 닿는 경우 (폭이 넓은 하천 또는 급류)

물이 흐르는 방향과 유속 등을 잘 이용하면 구조작업에도 많은 효과를 보는데, 상황에 따라 [그림 3-142]와 같이 그 위치를 옮겨야 한다.

최초 상류쪽에서 로프가 전달되어야 하는데, 이는 구조대원 진입 시 수면에 끌리더라도 물의 흐름에 밀려 쉽게 위험지역으로 건너갈 수 있고, 횡단 중 위험지역에 설치된 로프나 확보물이 파손돼 구조대원이 떠내려갈 경우 안전지역에 설치된 로프가 중심축이 되면서 구조대원이 자연스럽게 안전지역 측의 물가로 떠내려 올 수 있기 때문이다.

로프설치 후 안전지역을 위험지역보다 하류 쪽으로 옮길 경우 요구조자 구출시 물이 흐르는 힘에 의해 쉽게 안전지역으로 끌려온다. 따라서 안전지역을 구조대원 진입시점에서는 상류 쪽, 요구조자 구조시점에서는 하류 쪽을 선정하여야 한다.

[그림 3-142] 구조대원 진입시점과 요구조자 구출시점



로프구조

다. 위험지역과 안전지역의 여유 공간

위험지역과 안전지역의 여유 공간은 구조대원이 충분히 활동할 수 있는 공간을 말한다. 가급적 여유 공간이 많은 곳을 선택하는 것이 좋는데, 좁은 곳에서는 당김장치를 설치하거나 요구조자를 오르내릴 때 어려운 점이 많기 때문이다. 또한 여유 공간은 경사진 곳 보다는 평지가 작업하기에 적합하다.

라. 전달 로프 · 매듭 (첫줄)

[그림 3-143] 전달로프·전달매듭



최초 로프발사총으로 요구조자 측에 전달되는 로프를 첫줄 또는 전달로프라 하며, 남녀노소 누구나 쉽게 확보물에 전달로프를 설치할 수 있도록 매듭 한 부분을 전달매듭이라 한다. ‘첫줄’이라는 개념은 항상 위험지역을 향하거나 처음 전달되는 부분을 말한다.

마. 설명서

로프가 전달될 때 누구나 이해하기 쉽게 카라비너와 로프의 매듭을 연결할 수 있도록 그림과 간략한 내용을 설명한 안내서를 말한다. 요구조자의 대상과 상태에 따라 [그림 3-144, 145]와 같은 설명서가 위험지역으로 전달되어야 한다.

요구조자는 전문 매듭법을 모르며 매듭 시 시간이 많이 소요되거나 마구잡이식 매듭으로 인해 로프철수 시 많은 어려움이 생긴다. 설명서 전달의 목적은 요구조자 입장에

서 확보물에 로프를 쉽고 간편한 방법으로 설치하게 하는 것이다.

1) '연결법'의 그림과 설명서 내용

주의 : “견인실은 절대로 끊지 마시오.”

- ① 튼튼한 나무나 전봇대에 가슴 높이의 위치에 그림과 같이 고리를 연결한다.
- ② 쇠고리의 나사를 돌려 잠근다(꽉 조이지 마시오)
- ③ 감긴 로프가 아래로 처지지 않도록 잡고 기다린다.
- ④ 구조대원이 로프를 당기기 시작하면 옆으로 비켜선다.
- ⑤ 전화번호 : 010-1234-0119

[그림 3-144] 설명서의 주요 그림 - 매듭연결법



매듭연결법은 연결이 쉽고 간편하기 때문에 요구조자의 대상이 노약자일 경우가 적합하며, 안전지역에서 로프를 당기기 전까지 아래로 처질 우려가 있고 매듭부분의 장력이 30% 가량 떨어지므로 협곡이나 가까운 거리에서의 로프전달법으로도 적합하다.

2) '감기법'의 그림과 설명서

[그림 3-145]의 감기법은 로프에 손상을 최소화하는 방법으로써 감긴 로프의 마찰력에 의해 단단히 고정되어 로프의 꺾임 부분이 없기 때문에 장력을 최대한 살릴 수 있다. 요구조자에게 처음 전달되는 로프는 쉽게 설치할 수 있어야 하고 로프를 최대한 보호할 수 있어야 한다. 하지만, 요구조자의 조건에 따라 이러한 방법이 부담이 될 수도 있다.

주의 : “견인실은 절대로 끊지 마시오.”

- ① 튼튼한 나무나 전봇대에 가슴 높이의 위치에 그림과 같이 로프 끝이 여유 있게 아래로 네 바퀴를 감는다.
 - ② 로프 끝의 쇠고리를 로프에 걸고 나사를 돌려 잠근다.(꼭 조이지 마시오)
 - ③ 설치가 다되면 옆으로 비켜선다.
- 전화번호 : 010-1234-0119

[그림 3-145] 설명서의 주요 그림 - 감기법



바. 1·2차로프 (두 줄을 상하로 유격을 둔 조건)

1차로프는 요구조자 측에 최초로 전달된 로프로써 하단에 설치되며 주 횡단 역할을 하는데 구조대원이 최초 횡단하는 로프이므로 인장력을 고려하여 구조대원이 수면과의 거리를 유지하기 위해 보통성인의 가슴높이의 위치에 설치되어야 한다.

2차로프는 구조대원이 먼저 전달한 1차로프를 횡단하여 위험지역에 도착한 다음 두 번째 설치하는 로프로써 1차로프 상단에 위치한다. 필요에 따라 1·2차로프는 구별을 위해 색깔을 달리할 필요가 있다.

[그림 3-146] 1·2차 로프(횡단로프)



사. 확보물과 확보로프

확보물은 1·2차로프를 안전하게 설치할 수 있는 나무·기둥·바위 등의 튼튼한 고정 물체를 말한다. 확보물 선정은 [그림 3-147]와 같은 기준을 적용하여 선택한다.

[그림 3-147] 확보물과 보조확보물



토사가 유실되거나 폭우에 쓰러질 수 있는 경사면은 신중하게 선정해야 한다. 확보 물은 견고한 지형지물 및 인공확보물 등을 선정해야 하고 이를 안전하게 유지하기 위해 보조 확보물을 추가해야 한다. 확보물이 기준 이하일 경우 필요에 따라 여러 개를 선정 하여 균등확보방법으로 설치하여도 된다.

확보물이 바위일 때 크고 견고해야 하는데, 바위의 견고성은 나무보다 뛰어나지만 캠장비(바위에 구멍을 내고 끼우는 등의) 등의 소요장비가 추가되어야 하는 경우가 많다.

확보로프는 확보물에 고정장치를 걸어둘 수 있는 고리를 말한다. 매듭부분이 풀리지 않도록 견고하게 2중 안전처리하고, 꺾이는 부분이 장력을 많이 받기 때문에 두 겹을 사용하도록 한다.

3

[그림 3-148] 확보물과 확보로프 설치



로프구조

[그림 3-149] 확보물 안전판단 방법

1급	직경 200mm이상	밀었을 때 흔들리지 않는다.	1차 확보물
2급	직경 150~200mm	밀었을 때 작은 가지가 흔들린다.	1차 확보물
3급	직경 100~150mm	밀었을 때 큰 가지가 흔들린다.	2차 확보물 연결
4급	직경 100mm이하	밀었을 때 기둥이 흔들린다.	2차 확보물 연결

아. 고정장치

당겨 수축한 로프에 요구조자의 무게로 늘어나려는 로프를 고정하는 장비로써 카라 비너 등 여러 가지 하강장비를 활용할 수 있다.

고정장치는 주로 등반자 안전확보 용도로 만들어진 장비를 사용하는데, 기능에서 많은 차이가 있다. 그리고 고정장치는 언제든지 횡단로프를 쉽게 풀 수 있는 조건이어야 한다.

1) 에디(Eddy)

고정장치에 가장 적합한 장비로써 자체에도 2중 안전제동 능력이 있다. 로프가 지나치게 빨리 풀려도 잠기는 기능을 가지고 있고 간단한 조작만으로도 힘들이지 않고 로프를 풀 수 있다.

[그림 3-150] 에디



2) 그리그리(Grigri)

[그림 3-151] 그리그리



이 장비는 등반자 확보용으로 널리 사용되는 장비이며, 간단한 원리로 작동되어 하강 등에서도 활용된다. 50미터 이상의 횡단로프를 설치하고 여러 사람이 당긴 후 로프를 풀 때 지나친 장력에 의해 풀지 못하는 단점이 있다. 협곡이나 좁은 공간에서 고정장비로서 원활하게 사용할 수 있다.

3) 스톱하강기(Stoper)

등반자 확보용·하강용으로 잘 알려진 장비이다. 제동력은 우수하나 당길 때 마찰이 생겨 많은 힘이 들고 근거리 활용시 적합하나 원거리일 경우 그리그리와 같은 단점을 가지고 있다.

[그림 3-152] 스톱하강기



4) 섬(Sum)

등반자 확보용으로 만들어졌으나 잘 알려지지 않은 장비이다. 근거리 활용시 적합하나 원거리일 경우 그리그리와 같은 단점을 가지고 있다.

3

[그림 3-153] 섬

로프구조



5) 8자 하강기를 활용한 고정장치

가장 많이 알려진 하강장비이며 8자하강기를 고정장치로 활용한다. 이 방법은 다른 고정장치와 달리 그림과 같은 복잡한 과정을 거쳐야 하는데, 로프를 쉽게 풀 수 있다는 것이 최대의 장점이다.

[그림 3-154] 8자하강기를 활용한 고정장치 활용방법



6) 카라비너를 활용한 고정장치

끌어올리기 기법으로 오래전부터 사용되었으며 다른 고정장비가 없을시 최소한의 장비로 활용할 수 있는 기법이지만, 로프를 쉽게 풀 수 없다는 단점이 있다.

[그림 3-155] 카라비너 활용한 고정장치



카라비너에 감기



고정된 장치



카라비너 응용시스템

3

자. 당김장치 · 당김로프

당김장치란 도르래 원리를 이용한 여러 가지의 장비를 동시에 사용하여 로프를 효과적으로 당기는 장치이며, 당김장치를 경유하여, 구조대원이 최종적으로 직접 당기는 로프를 당김로프라 한다.

로프구조

당김장치는 도르래를 설치하는 방법과 개수에 따라 2:1, 3:1, 4:1, 6:1 이상의 비율의 힘을 가지게 되는데, 본 교재에서는 3:1, 4:1, 5:1 방법으로 사용하는 기법을 기본으로 하며, 이는 티롤리언 브리지³⁾의 당김시스템을 바탕으로 하였고, 직접당김과 간접당김으로 나뉜다.

[그림 3-156] 기본 티롤리언 브리지의 당김 시스템



[그림 3-157] 변형 티롤리언 브리지의 당김시스템



3) 계곡 횡단이나 크레바스 등에서 사용되는 자일에 의한 횡단 방법. 자일의 양 끝을 고정하고 거기에 매달리는 방법으로 해서 횡단한다. 추락을 막기 위해 자기 확보를 충분히 해 둘 필요가 있다.

1) 직접당김

직접당김이라 함은 하나의 횡단로프에 직접 당김장치를 설치하고 당기는 방법을 말한다. 복잡하지 않고 로프를 당기는 즉시 고정장치에 고정되는 특징이 있어 구조대원 1명이 조작할 수 있는 장점이 있다. 단점으로 1·2차 로프에 따로따로 설치해야 하는 불편함과 시간이 지연되는 점 등이 있다.

[그림 3-158] 직접당김 기본장치 5:1



[그림 3-159] 직접당김 응용장치 3:1



2) 간접당김

간접당김이라 함은 직접당김과 달리 횡단로프외 별도의 로프와 당김장치를 활용하는 것을 말한다. 장점으로서는 간접당김장치 한 개의 세트만으로도 1·2차로프를 당길 수 있으며 직접당김과 다르기 때문에 별도의 로프에 당김장치를 미리 세팅해 두는 것이 편리하다. 단점으로는 당김장치를 당기면 즉시 횡단로프를 다시 고정해야 하는 번거로움이 있어 구조대원 2명 이상이 동원되어야 한다.

[그림 3-160] 간접 당김장치 활용법



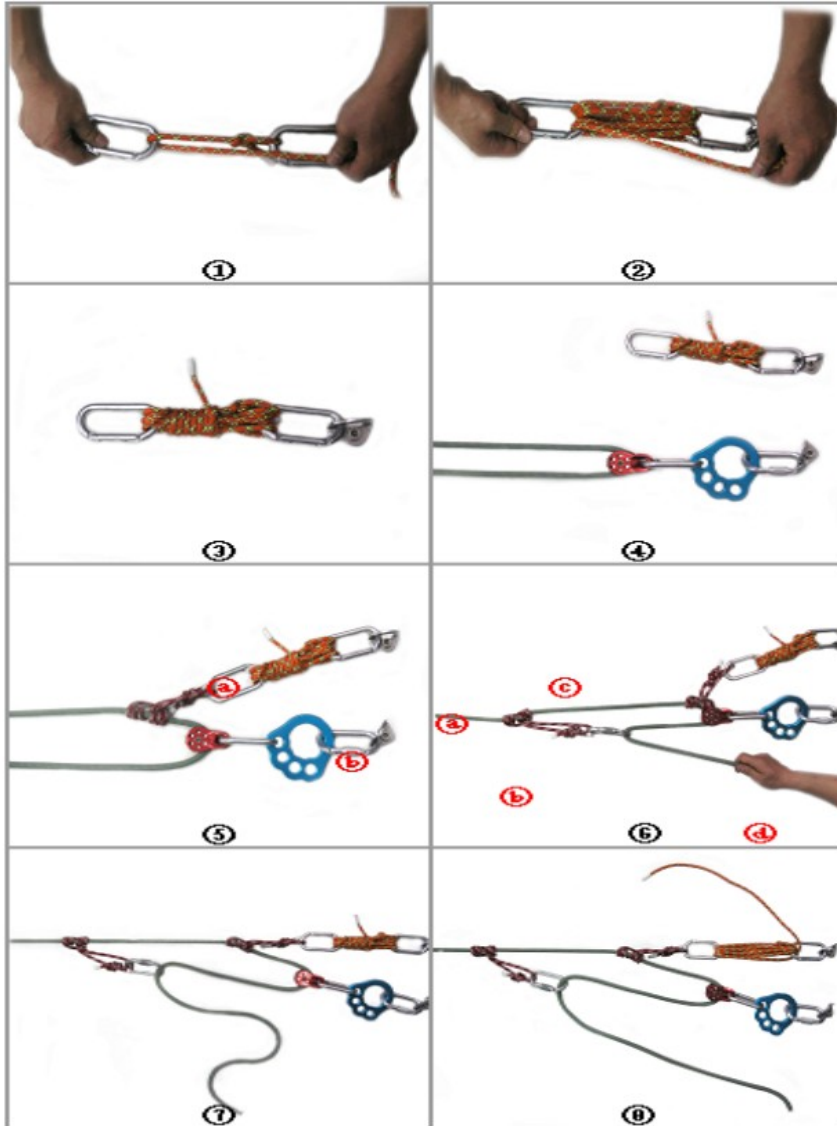
그림과 같이 ①의 당김로프를 당기면 ②의 고정장치 로프를 반드시 당겨 고정시켜야 횡단로프의 고정장치 기능이 이루어진다. 이러한 당김장치의 사전 준비는 구조시간의 단축 등 작업능률 향상에 효과를 발휘한다.

3) 감아매기를 이용한 직접당김장치

감아매기를 이용한 직접당김장치는 주로프보다 2/3정도의 가늘고 부드러운 로프 또는 코드슬링을 이용하여 등강기와 고정장치를 대용한 당김과 고정시스템을 말한다.

로프를 당길 때는 회수를 대비하여 적정수준을 유지하는 것이 좋다. 지나치게 강하게 당기면 로프의 손상과 회수 시 많은 어려움을 겪는다. 이 기법의 운용 목적은 산악장비를 보유하지 않은 때 로프와 슬링을 이용하여 적절히 운용할 수 있는 기초 기법으로 그 원리와 방법을 반드시 알아야 한다.

[그림 3-161] 감아매기를 이용한 당김장치



- ① ② 카라비너 2개에 슬링(웨빙)을 20cm간격으로 다섯 바퀴 이상 감는다.
- ③ ②에서 세로로 다섯 바퀴 이상 감아 절반매듭으로 마무리한다.
- ④ 완성된 장치를 확보물 또는 확보로프에 걸고 횡단로프를 ⑥도르래에 통과시킨다.
- ⑤ 횡단로프에 감아매기 매듭을 하고 카라비너에 연결한다. 감아매기의 여유줄은 짧아야 한다.

- ⑥ 횡단로프에 당김 용도의 감아매기㉓를 설치하고 도르래㉔에 당김로프를 걸고 당긴다. 이때 감아매기 ㉓에 의해 당겨진 로프는 감아매기㉓와 도르래㉔를 통과하면서 당겨진다.
- ⑦ 당김줄을 연장하기 위해 당김로프를 놓게 되면 마찰원리(속도와 힘)에 의해 감아매기㉓의 매듭에서 로프를 견고하게 고정한다. ⑥과 ⑦의 방법을 계속해서 적당히 당긴다.
- ⑧ 해체 또는 상황에 따른 횡단로프 연장 시 슬링을 풀어 천천히 늘어뜨린다. 필요에 따라 다시 당길 수 있도록 운용한다.

[그림 3-162] 감아매기를 이용한 당김장치 2



감아매기를 이용한 직접당김장치라 함은 최소한의 장비에 의한 장치이다. ①과 ②의 코드슬링은 등강기의 역할을 하는데, ①의 감아매기 매듭은 로프를 당길 때 자동 고정장치 역할을 하며, ②의 감아매기 매듭은 당겨진 로프의 역방향 진행을 잡아주는 역할을 한다. 기본기법 1 방법과 동일한 원리이다.

장점은 등강기 종류의 장비보다 로프에 손상 등을 최소화하며 비용이 적게 들고 별도의 고정장치가 필요 없다는 것이다.

단점은 당겨진 로프를 풀 수 있는 기능이 없다는 것이다. 그러므로 최초 로프를 당길 때 적당(70~80%)한 수준에서 당기고, 풀 때는 최대한 당긴 상태에서 ②의 감아매기를 적절히 조절하여 풀어야 한다. 장비가 없는 상황에서도 이러한 기본원리를 이해하고 활용할 수 있어야 한다.

차. 구조대원 진입장치

구조대원이 위험지역 또는 안전지역으로 진입하기 위한 장치로써 도르래와 카라비너를 응용하여 사용한다. 횡단로프의 중간까지는 쉽게 이동이 가능하나 중간 이상부터는 구조대원의 물리적 힘에 의해서만 가능하다. 그러므로 역방향 진행을 차단하는 기능의 장비(캠형도르래)나 기술이 필요하다.

이러한 용도의 여러 가지 기계장치가 있으나 카라비너와 감아매기를 적절히 이용할 수도 있다.

[그림 3-163] 구조대원 진입장치



캠형도르래를 사용한 기본 진입장치

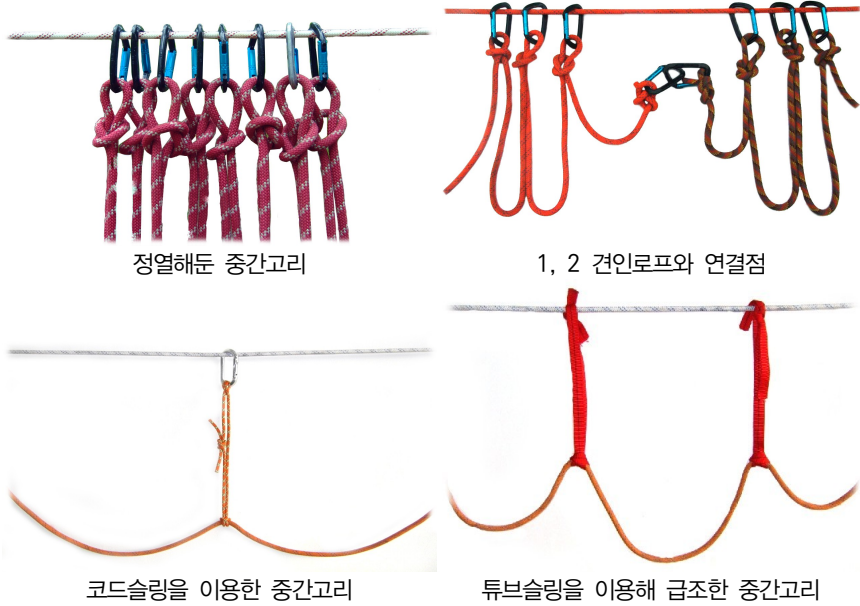


응용 진입장치

카. 1·2견인로프

- (1) 견인로프는 위험지역에서 안전지역으로 건너온 빈 들것이나 안전벨트 등을 직접 당길 수 있는 로프이다. 인명을 직접 매달지 않기 때문에 코드슬링을 사용하는 경우가 있으나 이는 구조대원의 에너지를 많이 소모시키므로, 가급적 횡단로프와 같은 굵기의 로프를 사용하는 것이 좋다. 일정 간격마다 중간고리를 만들어 횡단로프에 걸어 둔다. 이는 구조대원이나 요구조자 이동시 견인로프가 아래로 처져 수면에 끌리거나 수목에 걸리는 등의 위험을 방지하기 위함이다. 또한, 중간고리에 의해 여러 사람이 지속적으로 당길 수 없다는 단점도 있지만, 그림과 같이 슬링을 감아매기한 중간고리는 이러한 단점을 보완할 수 있다.

로프구조



(2) 견인로프는 위험지역의 요구조자를 안전지역으로 당겨 내는 로프이며, (1)견인로프와 같은 조건으로 설치한다. 단, 계곡간의 거리가 짧을 경우 또는 안전지역이 위쪽일 경우에는 요구조자를 신속하고 지속적으로 편리하게 당기기 위해 중간고리를 설치하지 않아도 된다.

타. 이동장치 (안전벨트 및 들것)

1) 로프설치 상황에 따른 조건

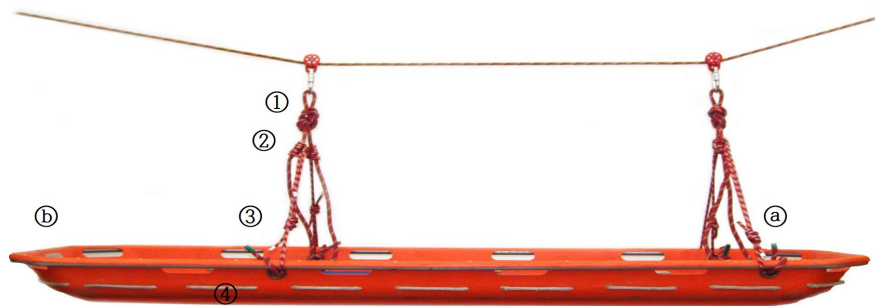
도르래 등을 이용하여 요구조자를 이동시키기 위한 장치로써 들것 구조방법을 기본으로 하여 운용한다. 도르래가 없는 상황일 때는 카라비너를 대용으로 사용할 수 있으며, 두 줄을 동시에 사용 시 그림③과 같이 도르래를 양쪽에 설치하여 운용하며, 로프가 좌·우로 벌어진 상황이라도 같은 방법으로 운용한다. ②, ④의 카라비너는 요구조자의 횡단에 의해 마찰열이 발생하여 로프가 손상되거나 맨손으로 만질 경우 화상의 우려가 있으므로 주의해야 한다.

[그림 3-165] 이동장치



2) 들것 이동장치

[그림 3-166] 들것의 기본이동장치



들것의 이동장치는 [그림 3-166-①]의 조건에서 한 군데 더 설치한 이동장치를 말한다. 안전벨트 이동장치보다 많은 구조기법이 요구되며, 들것의 지지로프 조절과 경사면에서의 구조작업 시 안전하게 들것을 올리거나 내릴 수 있어야 한다. 또한 무게중심을 양분화하고 횡단시 상하 흔들림이 없도록 그림과 같이 설치되어야 한다.

[그림 3-167] 등강기의 대응으로 활용 가능한 매듭

로프구조



보기②의 감아매기 매듭

클렘하이스트 매듭⁴⁾

[그림 3-167]의 ①은 두겹 8자매듭, ②는 자동 고정 역할의 감아매기, ③은 지지 로프와 감아매기용 로프의 연결매듭인 2중 피셔맨매듭, ④는 말뚝매듭 또는 고리용 매듭 등으로 처리한다. 보기②의 감아매기 매듭은 등강기 역할을 하여 중심이동에 따른 들것의 높이를 조절할 수 있고 들것의 무게를 지탱해 주는 지지줄 기능을 한다.

위와 같은 방법은 상황에 따라 들것의 각도나 머리(㉑)와 다리 쪽(㉒)의 높이를 언제든지 조절할 수 있는 유익한 방법이다.

감아매기는 앞에서 언급한 내용처럼 자동 고정장치의 역할을 하는데, 응용방법에도 여러 가지 종류가 있으나 [그림 3-167]처럼 들것의 수평유지를 위하여 두 가지 방법(감아매기와 바흐만매듭⁵⁾)을 사용한다.

파. 조절장치

위험지역과 안전지역의 지면 높이의 차이로 인해 들것을 달거나 내릴 때 구조대원과 요구조자의 안전에 문제가 생길 수 있기 때문에 하강기(그리그리) 등의 장비를 이용하여 들것을 오르내릴 때 편리하고 안전하게 사용하는 장치를 말한다.

조절장치와 들것이동장치의 복합적 기능은 부상자를 옮기는 등 어려운 조건을 편리하게 극복할 수 있다.

4) 코드 슬링이나 웨빙 슬링 둘 중 어느 것이나 쓸 수 있는 장점이 있다. 코드나 웨빙 슬링을 주 로프에 나선형으로 5번 정도 감고 난 후 첫 바퀴를 감을 때 만들어진 고리로 끼워 넣는다. 이것을 아래로 잡아당기면 기본 클렘하이스트이다.

5) 등반용 주 로프에 카라비너를 걸쳐서 대고 주위로 돌려서 묶기 때문에 느슨하게 해서 위로 밀어 올리거나 내리기가 실제로는 프루지크 매듭보다 더 편리하다. 바흐만 매듭은 고정된 로프에서 매듭을 상하로 이동시킬 때 매듭에 무게가 실리지 않는다면 손으로 조작하지 않아도 저절로 따라 움직여주는 장점이 있다. 즉 등반자가 조작을 하지 않아도 무게를 받지 않는 방향으로 로프가 빠져나갈 수 있다.

[그림 3-168] 그리그리를 이용한 조절장치



하. 연결점

연결점이라 함은 장비 철수 시 로프를 회수하기 위한 방법으로 1·2차로프의 전달매듭을 서로 연결한 부분이다.

[그림 3-169] 1·2차로프 연결점



연결점은 위험지역과 안전지역으로 서로 당길 수 있도록 1·2견인로프를 연결한 부분이다.

[그림 3-170] 1·2견인로프 연결점



3

2. 단계별 운용방법

가. 준비단계

로프구조

계곡구조의 조건은 주로 집중호우에 의한 원인이 가장 큰데 주변여건 등을 고려하지 않은 구조활동은 오히려 구조대원과 요구조자를 위험에 처하게 할 수도 있다.

그러므로 현장에 도착했을 때 즉각적인 투입보다는 신중한 판단을 하여야 한다. 유속과 유량, 토사유실 여부 그리고 산사태, 호우가 지속적일지 여부 등을 판단하여야 한다.

1) 위치선정

위치의 선정은 보다 신속하고 안전하게 구조작업을 진행하는 가장 중요한 사항이므로 확보물의 위치와 고정상태를 파악하고, 가급적 위험지역이 낮거나 하류 쪽에 위치하도록 해야 한다. 적절한 거리와 높이 그리고 안전지역과 위험지역 등 전체적인 운용이 편리한 곳이어야 한다.

2) 임무분담

최초의 임무분담은 구조대원의 상태와 능력을 고려하여 크게 위험지역에서 활동할 대원과 안전지역에서 활동할 대원으로 분담한다.

최소인원으로 운용할 수 있는 시스템이기 때문에 기본 인원을 4명으로 한다. 그 이유는 장비의 이동, 숙달여부, 팀워크 등을 고려하여 다수의 인원보다는 소수의 인원이 보다 좋은 단결력과 효율성을 가지고 있기 때문이며, 일선 구조대의 출동인원을 고려한 조건이다.

3) 장비전개

구조작업 진행방법 순서로 장비를 나열해 둔다. 슬링(띠고리)을 나무사이에 설치하여 장비를 순서대로 걸어두거나 평지바닥에 깔판을 깔아 장비를 정렬 한다면 혼동이 없이 원활하게 순서대로 진행할 수 있다.

[그림 3-171] 소요장비의 정열



로프, 장비가방, 로프발사총, 들것



기본소요장비



띠고리를 이용한 장비정열

3

나. 설치단계

로프구조

1) 로프전달

로프를 위험지역으로 전달하는 방법으로써 가장 보편화된 방법은 로프발사총에 의한 견인줄 전달이다. 로프발사총은 정확하게 전달이 가능하고 주변 여건과 관계없이 언제든지 전달이 가능하다.

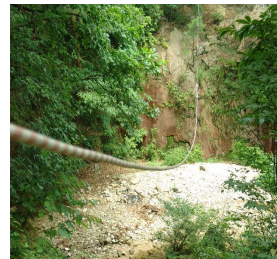
[그림 3-172] 로프전달과정



견인줄 발사



견인줄과 전달매듭 연결



로프전달

로프를 전달할 수 있는 수단은 로프발사총만이 아니다. 견인줄을 돌에 묶어 직접 던지는 방법(실제사례 : 2006년도 강원도 집중폭우에 의한 한계리 고립주민 구출시 사용), 투창에 의한 방법, 활이나 석궁에 의한 방법 등도 있다.

2) 확보로프 (지지로프) 설치

확보로프 설치 시 로프의 양 끝을 피셔맨 매듭으로 연결하고, 로프의 손상을 고려하여 [그림 3-173]와 같이 두겹으로 확보한다.

[그림 3-173] 확보로프(지지로프)



확보로프(연결)-피셔맨 매듭



두겹걸기

3) 고정장치 설치

최초의 고정장치의 설치(횡단줄의 설치)시 그 높이 선정은 지형적 조건, 2차로프의 설치위치 등을 고려하여 대략적으로 구조대원의 가슴높이를 기준으로 한다.

[그림 3-174] 고정장치



4) 당김장치 설치 및 로프당김

간접당김 장치를 기본기법으로 한다. 로프의 손상을 최대한 줄이기 위해 [그림 3-175]과 같이 고정장치에 활용되는 등강기(베이직)를 두 개 사용하는 것도 좋은 방법이다.

[그림 3-175] 당김장치



로프의 손상을 최소화하기 위해 두개의 등강기(베이직)를 사용

등강기의 일종인 베이직은 한 방향 진행을 돕고, 역방향 진행을 방지하기 위해 20° 각도로 기운 20~30여개 가량의 송곳형 이빨이 역진행되는 힘에 의해 찌른 형태로 로프를 잡아준다. 그 장력이 로프의 한 부분에 그대로 가해지기 때문에 로프가 손상될 우려가 크다. 그러므로 로프의 손상을 줄일 수 있는 방법으로 두개의 등강기를 설치하거나 두 군데의 감아매기 매듭을 설치하는 것이 좋다.

[그림 3-176] 당김장치(5:1)



[그림 3-177] 로프당김 (등강기와 띠고리를 이용한 당김)



[그림 3-177]는 구조대원이 보다 편리한 방법으로 로프를 당기기 위해 등강기와 띠고리를 이용하는 모습이다. ①과 ②의 기능은 구조대원이 체중을 싣고 당길 수 있어 로프를 보다 강하게 당길 수 있으며, 여러 사람이 이러한 방법으로 동시에 당길 경우 효과적이다.

5) 구조대원 진입

견인로프의 중간고리를 만들고 1견인로프의 끝줄과 2견인로프·2차로프의 첫줄을 진입하는 구조대원의 안전벨트와 연결한다.

[그림 3-178] 진입장치 설치



진입하는 구조대원은 로프의 꺾임 각도에 의해 횡단거리의 절반정도는 쉽게 이동할 수 있으나 그 이상부터는 구조대원의 능력과 기술에 의존해야 한다. 거리가 가까운 계곡에서는 도르래에 의한 신속한 이동이 가능하나 먼 거리이거나 경사가 심한 곳일수록 [그림 3-178]과 같은 이동장치가 필수적이다. 또한 철수에 필요한 장비를 휴대하여 진입한다.

[그림 3-179] 1·2견인로프 설치

로프구조



[그림 3-180] 구조대원 진입



6) 위험지역 점검 및 확보물 점검

위험지역에 도착한 구조대원은 1견인로프의 첫줄을 확보물에 고정한 후 위험지역과 확보물의 안전여부를 점검한다.

7) 2차로프 설치

1견인로프 당기기(위험지역) → 2차로프 전달매듭 확보물에 연결(위험지역) → 고정장치, 당김장치 설치(안전지역) → 로프당김(안전지역)

8) 들것 및 조절장치 설치

[그림 3-181] 들것 조절장치



[그림 3-182] 들것확보



들것 지지로프는 하강기를 통과하고 들것의 손잡이 부분에 결속(2차 확보)하여야 한다. 들것을 올릴 때에는 요구조자의 머리 부분이 먼저 올라가게 하고, 내릴 때에는 다리부분이 먼저 내려와야 한다.

3

다. 구조단계

1) 들것 이동

먼저 위험지역의 구조대원이 1견인로프를 당겨 들것을 당긴다.

로프구조

[그림 3-183] 들것 이동



○ 요구조자 고정

[그림 3-184] 조절장치를 이용한 요구조자 구출



기본 시스템은 들것을 운용하기 위한 시스템이다. 들것에 요구조자를 고정하거나 안전벨트를 착용시켜 이동장치에 매달리게 한다. 들것의 방향은 머리 쪽이 위험지역으로, 다리 쪽이 안전지역으로 향하게 하는데, 상황에 따라 요구조자의 방향을 달리 할 수 있다.

2) 들것 안전지역으로 당기기

2견인로프를 당기는 속도를 일정하게 하여 들것이 지나치게 흔들리지 않게 한다.

[그림 3-185] 2견인로프 당김



※ 폭이 넓고 횡단로프의 높이가 낮은 하천에서의 구조 시 요구조자를 물에 띄워 끌기 방식으로 실시한다. 그러나 하천이 급류 상황일 때는 물속으로 상류의 바위나 돌이 함께 굴러다니기 때문에 요구자가 부상당할 우려가 있다. 경사가 심할수록 돌이 커지고 구르는 속도가 빠르기 때문에 이런 곳에서의 끌기식의 구조는 요구조자를 최대한 물위에 띄워야 하며 이때, 안전지역은 반드시 위험지역보다 하류 쪽을 선정해야 한다.

3

라. 철수단계

안전지역에서 고정장치를 개방하여 1·2차 로프를 여유 있게 풀어준다.

[그림 3-186] 1·2차로프 늘어뜨림

로프구조



1) 견인로프고정 및 2견인로프 해체

안전지역에서는 1·2견인로프의 연결점을 분리하고 1견인로프의 끝을 안전지역 확보물에 고정한다. 1견인로프는 구조대원이 철수할 때 안전지역에서 당기는 용도로 활용하기 위함이다.

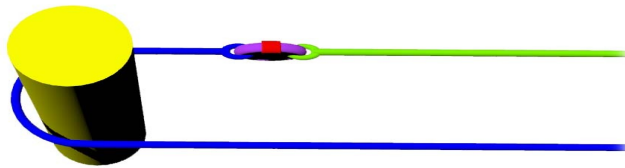
2) 1·2차로프 연결 (연결점)

위험지역의 확보물에 설치된 1·2차로프를 풀고 매듭을 서로 연결한 연결점을 만든다. 이때 연결점과 1차로프는 상류 쪽으로 향하게 하며 안전지역에서는 1·2차로프를 조절하여 당긴다.

[그림 3-187] 상류 쪽을 향한 연결점



[그림 3-188] 상류 쪽을 향한 연결점



3) 구조대원 탈출

위험지역의 구조대원은 이동장치를 1·2차로프에 설치하고 1건인로프의 첫 줄과 이동장치에 자신을 결속한다. 신호와 함께 안전지역에서는 1건인로프를 당긴다.

4) 로프회수

1차로프를 계속당기면서 2차로프는 확보물에서 완전히 분리하고, 2차로프는 위험지역의 확보물을 돌아서 오기 때문에 나뭇가지나 바위틈에 끼이지 않도록 주의해야 한다. 로프의 회수는 사용한 장비들을 100% 회수하기 위한 목적이다.

제7절 수직구조 (끌어올리기)

로프구조

끌어올리기 구조는 지하·절벽·고층건물 등에서 아래로 추락하여 부상·고립된 요구조자의 구조가 목적이다. 이에 지형적 여건, 요구조자의 상태, 소요시간, 안전성 등을 고려하여야 하며, 장비를 간소화 하고 체력소모를 줄여야 한다. 기본 장치는 수평구조 시스템의 도르래를 이용한 당기기 기법을 응용하였다.

1. 용어의 정의

기본적인 운용 용어는 수평구조의 용어를 따른다.

가. 끌어올리기 장치

수평구조의 당김장치를 활용한 기법을 수직기법으로 변환하여 사용하는 것을 말한다. 거벽 등반 등에서 장비와 식량을 오르내리기 위한 홀링(장비 끌어올리기)기법에서 시작되었다. 홀링기법이 인명구조에 적용된 동기는 가장 적은 장비를 이용하여 신속·안전하게 구조할 수 있는 효율적인 기법이기 때문이다.

기본적인 장비는 계곡구조의 당김장치, 고정장치 등이 필요하지만, 편리하고 안전한 구조를 위해 일방도르래 또는 그 기능을 발휘하는 방법의 활용이 필수적이다.

※ 20m 이상의 절벽에서는 직접끌어올리기 방법을 사용하지 않는다.

1) 직접 끌어올림

직접 끌어올리기 장치는 그림과 같이 첫줄이 고정도르래에서 시작하고 움직도르래가 들것(인양물)과 바로 연결되는 도르래의 형태이다.

이 기법은 들것이 올라올 때 까지 정지시간 없이 지속적으로 한 번에 당길 수 있으므로 도르래를 사용하는데 가장 효율적인 방법이다. 하지만 긴 로프가 사용되어야 하고, 로프가 이동되는 동안 바위에 로프 쓸림 등의 마찰계수에 의해 도르래의 효율성이 떨어지고 구조대원의 에너지 소모가 클 수 있다. 그러므로 이 방법은 주변장애물이나 마찰이 없는 맨홀 등과 같은 환경에서 주로 사용하며, 바위의 표면상태, 각도, 높이 등을 충분히 고려하여 활용한다.

확보판·홀도르래·쌍도르래·캠형도르래·등강기 등이 주요장비로 사용하며, 이 기법을 기본사용방법으로 한다.

[그림 3-189] 직접 끌어올림



2) 간접 끌어올림

[그림 3-190] 간접 끌어올림



간접끌어올림은 직접끌어올리기와 달리 로프의 중간에 당김장치를 설치하여 당기는 방법이다. 이 방법은 로프의 소요와 이동하는 로프의 마찰력을 최소화하고 시간을 단축할 수 있는 방법이지만, 로프를 당긴 후 적절한 시점에서 여러 차례 등강기(움직도르래)를 아래로 이동시켜 당김장치를 연장해야 하는 불편함이 있다. 고정장치가 없는 경우 [그림 3-191]과 같이 코드슬링을 이용하여 고정장치를 대신할 수 있다. 감아매기 매듭은 당겨지는 로프의 속도와 힘에 의해 자동 조임기능을 가지고 있는데, 본 교재의 모든 기법에서 기본적으로 운용되는 방법이다.

[그림 3-191] 슬링을 이용한 고정방법



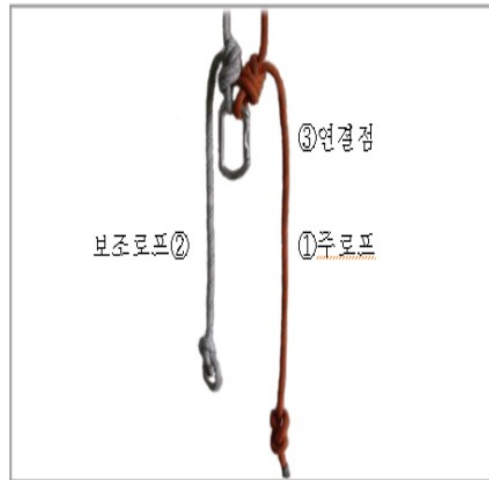
나. 하강로프 (진입로프)

구조대원이 위험지역으로 진입하기 위한 로프를 말하며, 요구조자를 구조할 때 유도 로프로 활용된다. 구조대원 탈출 시 탈출로프로도 사용된다.

다. 주·보조로프

주로프란 요구조자를 직접 매달고 끌어올리기를 위해 도르래 및 당김장치를 설치하는 로프를 말하고, 요구조자의 2차 안전확보를 위해 설치하는 로프를 보조로프라 말한다. 함께 견인되는 구조대원은 ③의 연결점에 의지하지 않고 먼저 ①의 주로프를 통한 하강기를 안전벨트에 1차 결속한다. ②의 보조로프 끝 고리에 2차 확보하는데, 주 운용은 주로프의 하강기를 조절하여 운용한다.

[그림 3-192] 주로프와 보조로프

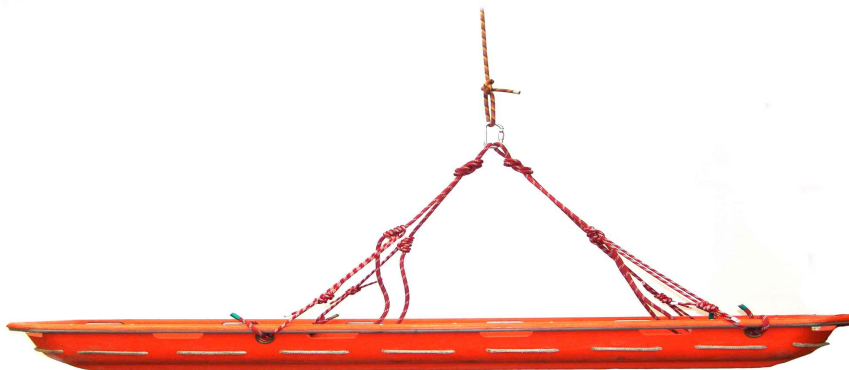


라. 들것지지로프 (삼각줄, 삼각로프)

들것과 주로프를 연결하기 위해 들것에 설치하는 로프를 말한다. 들것의 상·하단, 좌·우측에 각각 연결되어 그 중심점이 주로프와 연결되어야 하는데, 필요에 따라 길이 조절과 각도조절이 가능해야 한다. 삼각줄의 길이를 조절하는 기능의 매듭법은 여러 가지 방법이 있는데 등강기 종류의 기능이 발휘된다.

1) 간접지지

[그림 3-193] 간접지지로 고정된 들것



들것 간접지지 방법은 삼각줄과 감아매기줄이 들것 손잡이에 따로따로 고정되어 감아매기줄은 주 지지역할을 하고 삼각줄은 보조의 역할을 한다. 필요시 길이와 각도 조절이 가능하다. 설치 시 직접지지 방법보다 시간소모가 많으나 두 종류의 로프가 독립된 지지방법으로 들것을 지탱하기 때문에 안전성이 뛰어나다.

[그림 3-194] 간접지지된 삼각줄



2) 직접지지

직접지지 방법은 삼각줄과 감아매기 줄이 서로 연결되어 하나의 지지로프가 되어 서로가 주 지지로프의 역할을 한다. 그림과 같이 감아매기 매듭을 위·아래로 조절하여 들것의 높이와 각도를 조절할 수 있는 방법으로 설치가 간단하고 시간을 절약할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

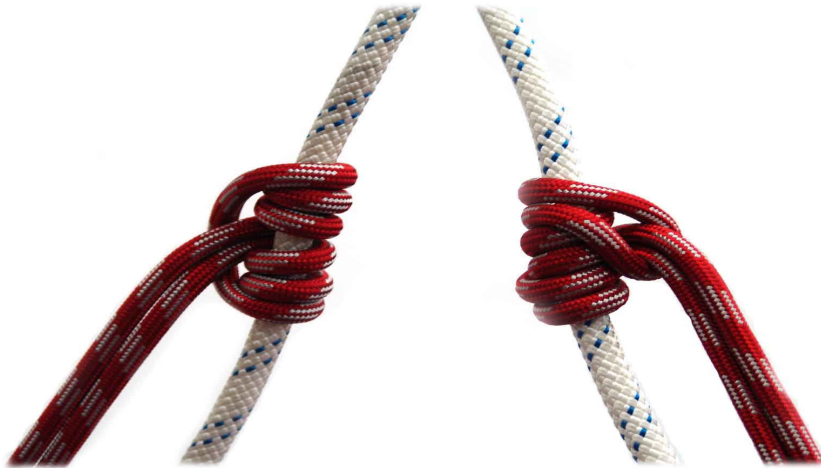
[그림 3-195] 직접지지(삼각줄과 감아매기줄이 연결됨)



[그림 3-196] 매듭조절방법



[그림 3-197] 감아매기(푸르직매듭과 클렘하이스트)



[그림 3-198] 여러 가지 방법을 응용한 감아매기

로프구조



마. 요구조자고정 (다중묶기)

로프 또는 슬링을 사용하여 들것에 요구조자를 고정하는 것을 말하며, 구조기법 만큼이나 중요한 부분을 차지한다. 들것이 흔들리거나 기울어져 구조대원이나 요구조자가 심리적으로 많은 불안감을 느끼게 되면 2차 안전사고의 발생률이 높아지고 시간이 지연되므로, 요구조자의 고정은 수직구조에 있어서 기본적으로 실시하여야 한다.

가슴·골반 그리고 발 등을 잘 고정함으로써 요구조자가 위나 아래로 미끄러지지 않도록 해야 하며, 요구조자의 부상여부에 따라 강도나 방법을 적절히 조절할 필요가 있다.

[그림 3-199] 장비준비



그림과 같이 각각 4~5m 길이의 튜브슬링 3개, 7~8m 길이의 튜브슬링 1개와 바스켓 들것을 준비한다.

1) 1차 고정

[그림 3-200] 골반부 ⇒ 가슴부 ⇒ 다리부 1차 고정



요구조자를 고정하는 골반매듭(하네스매듭)은 요구조자의 중심에 설치되므로 안정적이고 전체 하중을 지지하는 역할을 하며 발매듭(의자묶기매듭)은 골반매듭의 보조역할을 한다. 가슴매듭은 들것이 흔들리거나 거꾸로 되었을 때 요구조자의 이탈을 방지하는 역할을 한다.

2) 2차 고정

2차고정은 보다 안정감을 살리기 위해 약 6~8m 길이의 튜브슬링이나 로프를 이용해 X자로 교차하면서 고정한다.

[그림 3-201] 교차법에 의한 2차고정



요구조자 고정이 완료되면, 들것을 흔들거나, 바로 세우거나, 뒤집거나, 거꾸로 세웠을 경우에도 요구조자가 들것에 고정된 상태를 유지할 수 있을 정도로 고정되어야 한다.

※ 1차로프를 이용한 요구조자 고정

3

로프구조

이 방법은 기본매듭법을 응용한 방법 방법이다. 의식이 없는 요구조자를 긴급하게 내리거나 올릴 때, 들것이나 안전벨트가 없는 상황에서 사용하는 방법으로 매듭법의 숙달과 훈련이 요구된다. 앉은 자세로 견인되기 때문에 세겹고정매듭보다 안전한 견인을 할 수 있다. 세겹고정매듭은 잘못운용하면 요구조자가 구조중 뒤집어질 우려가 생기므로 주의하여야 한다.

바. 유도로프

위험지역의 구조대원이 들것이 바람에 흔들리거나 바위 턱에 걸리는 것을 방지하기 위해 들것의 방향을 유도하는 로프를 말한다. 이 유도로프는 최초에 진입하기위해 설치한 하강로프를 응용한 것이며, 구조대원 탈출 시 탈출로프로도 사용된다.

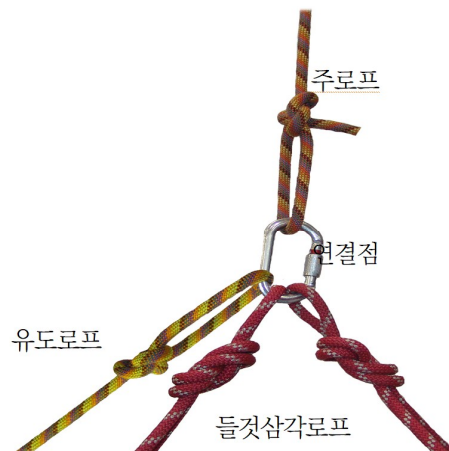
사. 탈출장비 (등반장비)

구조 완료후 위험지역에 잔류한 구조대원의 탈출을 위한 장비를 말한다. 주로 등강기와 확보장비를 혼용해서 사용한다. 반드시 2중 안전을 확보하여야 한다.

아. 연결점

주·보조로프와 삼각로프가 연결된 카라비너 부분을 말한다.

[그림 3-202]



2. 단계별 운용법

가. 준비단계

1) 위치선정

확보물의 위치와 고정상태를 파악하고 요구조자의 위치에서 크게 벗어나지 않는 지점으로 한다.

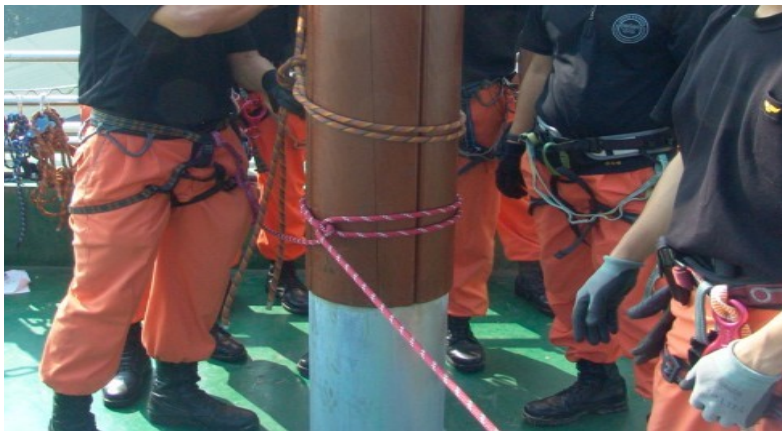
2) 임무분담

임무분담은 구조대원 개개인의 장비운용 능력 등을 고려하여 위험지역과 안전지역에서 활동할 구조대원을 구분하여 지정한다.

3) 안전확보로프 설치

안전지역에서 활동하는 구조대원의 안전을 확보할 수 있는 튼튼한 나무나 바위 등 주변지물에 로프를 가로 또는 세로의 형태로 설치하며, 안전을 위해 가능한 여러 곳을 연결한다.

[그림 3-203] 가로로 설치된 안전확보로프



4) 장비전개

적재적소의 위치에 필요한 장비와 예비 장비만을 전개함으로써 시간적 기술적 요소를 간소화 할 수 있으며, 사용 시 장비가 추락하지 않도록 주의한다. 산악이라는 지형적 특성을 고려하여 이동단계부터 최소한의 장비를 준비하여야 한다.

3

나. 설치단계

설치단계에서는 어떠한 기법으로 구조할지 끌어올리기 시스템의 선정이 중요하다.

1) 확보로프설치

로프구조

구조시스템을 설치할 튼튼한 나무나 바위 등에 설치하는 로프이며, 기본 방법은 수평구조의 확보방법과 동일하다. 주 운용장치, 보조로프, 진입로프를 운용할 수 있도록 각각 설치한다.

[그림 3-204] 확보로프 설치



2) 진입로프설치

최초 진입할 구조대원의 진입을 위해 설치되는 로프이며, 요구조자를 끌어올릴 때는 들것의 흔들림을 방지하는 유도로프의 기능도 한다.

3) 구조대원 1차 진입

로프하강을 통해 최초 진입하는 구조대원은 하강 중 절벽의 대략적 높이를 통보하여야 하는데, 이는 로프 추가여부와 시스템 선정에 결정적 역할을 한다. 진입시 탈출을 대비하여 등강기, 데이지체인, 슬링, 무전기 등의 장비를 휴대한다.

4) 구조기법 선정 및 들것 준비

1차 진입한 구조대원의 정보에 의해 전체 시스템을 직접 또는 간접 끌어올리기 여부를 판단한다.

5) 구조대원 2차 진입

1차 진입한 구조대원의 보조역할을 하며, 필요시 구조작업 전 먼저 등반하여 안

전지역에서 활동하여야 한다. 2차 진입대원은 구조작업에 필요한 요구조자 보호기구, 전신고정을 위한 슬링, 칼, 충분한 카라비너, 데이지 체인, 등강기, 들것 조절장치 등을 휴대하여 진입한다.

6) 주·보조로프 설치 및 들것 연결

주 및 보조로프를 확보줄에 각각 설치하고 들것을 내리기 위해 각 로프의 첫줄을 들것의 상단부에 매단다.

7) 하강로프와 들것 연결

구조대원 진입을 위해 설치한 하강로프를 풀어 끝줄을 들것의 하단부에 연결한다.

8) 들것 내리기

안전지역에서 주로프를 조절하여 들것을 내리고, 위험지역에서는 들것이 바람에 날리거나 턱에 걸리지 않도록 유도로프를 적절히 조절하며 당긴다.

[그림 3-205] 들것내리기



다. 구조단계

1) 견인방법 결정

절벽의 경사 정도나 굴곡상태, 요구조자의 상태에 따라 들것을 수평으로 할 것인지 수직으로 할 것인지를 여부를 판단하고 구조대원이 함께 견인되어야 할지도 판단하여야 하는데 다음과 같은 조건을 고려한다.

3

로프구조

○ 수직으로 끌어올려야할 경우

- ① 바위가 완경사이거나 표면이 고를 경우
- ② 낙석의 우려가 있는 경우
- ③ 의식이 명확하고 부상이 경미할 경우
- ④ 머리·목·가슴 등에 출혈이 있는 경우
- ⑤ 바위틈이 협소하여 수직견인이 불가피할 경우
- ⑥ 수직의 절벽이나 별 무리가 없다고 판단될 경우
- ⑦ 기타 응급의학적으로 수직이 불가피할 경우

○ 수평으로 끌어올려야할 경우

수평으로 끌어올릴 때는 구조대원이 반드시 함께 견인되어야 하는데 이는 들것의 흔들림·충격·걸림 등의 위험요소에 대비하고 2차 안전사고를 예방하며 원활한 구조 작업을 진행하기 위해서이다.

- ① 경추·척추 등의 손상이 의심되거나 골절환자의 경우
- ② 의식이 없는 경우
- ③ 심한 탈수현상이나 쇼크를 받은 경우
- ④ 수직벽 또는 오버행 바위
- ⑤ 기타 응급의학적으로 수평이 불가피할 경우

○ 구조대원이 함께 견인되어야 할 경우

- ① 수평견인일 경우
- ② 바위에 돌출부가 많은 경우
(돌출부에 들것이 걸려 진행을 방해하거나 흔들려 위험을 초래할 수 있다.)
- ③ 바람이 심할 경우
- ④ 바위의 경사변동이 심해 · 들것의 각도를 조절해야 할 경우
- ⑤ 수직벽으로 들것의 흔들림이 예상되는 경우
- ⑥ 요구조자의 심리적 안정을 위한 경우

2) 요구조자 들것고정

들것에 요구조자 고정 시 흔들림이나 진동에 요구조자가 불안을 느끼거나 신체의 일부가 빠져나오는 등의 위험성을 최대한 줄이기 위하여 2중으로 고정하는데 그 방법은 [그림 3-206]과 같이 하며, 어떠한 조건에서도 견고함은 유지하여야 한다. 또한 경사면 수평견인을 대비하여 들것 지지로프의 각도 조절이 가능해야 한다.

[그림 3-206] 요구조자 고정



3) 주·보조로프와 들것연결

로프와 들것을 연결점에 연결한다. 주·보조로프의 첫줄에 2m 여유를 두고 중간에 고리매듭을 한 후 연결점에 연결한다.

4) 유도로프 연결

유도로프를 연결점에 연결한다.

[그림 3-207] 연결점과 유도로프



5) 구조대원 1 고정

2차 진입한 구조대원은 들것과 함께 견인되어야 하므로 연결점과 연결된 주·보조로프의 첫줄을 고리매듭한 후 주로프는 하강기를 통과시켜 연결점에 결속하고, 보조로프는 2차 안전확보를 위해 안전벨트에 건다.

하강기에 사용되는 장비는 각종 하강기 또는 등반자 확보장비 등을 이용하는데,

사용목적은 견인중 발생하는 바위의 변화 등의 부득이한 사정에 의해 들것의 수평 각도를 조절해야 하는 경우 들것의 각도를 편리하게 조절하기 위해서이다.

6) 끌어올리기

로프구조

안전지역에서는 설치된 도르래시스템을 이용하여 당김줄을 당겨 끌어올린다. 함께 견인되는 구조대원은 바위의 표면상태, 각도변화, 바람, 위험여부 등을 판단하여 들것이 좌, 우 수평이 되도록 [그림 3-210]과 같이 삼각줄 조절장치를 적절히 이용하여 한다. 위험지역의 구조대원은 유도로프⁶⁾를 조작하여 견인되는 요구조자와 구조대원이 흔들리지 않도록 조정하여야 한다.

[그림 3-208] 동반 견인되는 구조대원



[그림 3-209] 당기기



6) 끌어올려지는 들것이 바위의 돌출부에 걸리거나 흔들림을 방지하기 위하여 위험지역에서 구조대원이 들것의 안정을 위하여 조작하는 로프이다.

[그림 3-210] 견인중 들것지지로프 각도조절



수직견인 시 위험지역의 구조대원은 그림과 같이 들것에 반드시 유도로프를 연결점에 설치하고 바위 표면 변화 등 상황변화에 따른 대비를 한다. 또한 이 유도로프는 다 올려진 장치를 다시 끌어당기는데 활용된다.

[그림 3-211] 수직견인과 유도로프 조절



3

라. 철수단계

1) 유도로프 고정

안전지역에서는 들것이 완전 견인된 후 위험지역의 구조대원이 탈출할 수 있도록 제일 먼저 유도로프를 확보줄에 고정한다.

2) 구조대원 탈출

고정이 완료된 유도로프에 등강기 등을 이용하여 2중 안전확보 후 등강기 등반에 의한 방법으로 탈출한다.

[그림 3-212] 등강기 등반에 의한 탈출



3) 장비정리

기본적으로 사용한 장비는 100% 철수되어야 하며, 심한충격·변형·기능고장 등의 파손이 되었는지 확인한다. 또한 다시 사용할 수 있도록 정리한다.

제8절 수평·수직구조

수평·수직구조란 특수한 자연조건에서 계곡횡단구조기법과 끌어올리기구조기법을 병행하는 구조방법이다.

수평·수직구조는 골이 깊은 계곡에 있는 부상당한 요구조사, 직접 끌어올리기가 불가능한 잡목지역, 낙석지역, 토사유실지역, 기타 등의 조건에서 실시하는데, 수평구조와 수직구조를 병행하지만 구조기술과 장비활용에서 다소 차이가 난다. 또한 앞 절의 기법들이 집약된 기술이라 할 수 있다

1. 용어의 정의

가. 도움지역

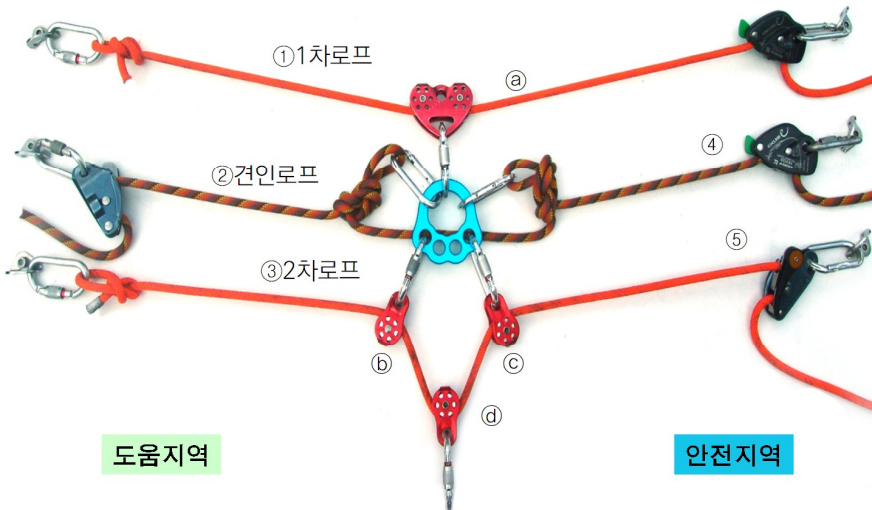
횡단로프를 설치하기 위한 안전지역의 맞은편 지역으로 구조대원이나 들것을 위험지역으로 옮길 때 견인하는 역할을 하는 장소이다.

나. 이동(수평·수직)장치

구조대원을 위험지역으로 이동시키거나 요구조자를 끌어 올리려 안전지역으로 옮기기 위한 이동장치이다.

- ① 1차로프는 주 횡단로프로 운용된다. 로프를 당겨 고정된 후 ㉠도르래를 걸어둔다.
- ② 견인로프는 구조대원과 요구조자를 당기는 로프이다.
- ③ 2차로프는 구조대원을 내리거나 요구조자를 끌어올리는 역할을 하며 요구조자나 구조대원을 다 끌어올린 뒤 횡단용도로 활용된다.
- ④ ㉠도르래는 구조대원 하강 및 요구조자를 끌어 올리는데 사용되는 하강 도르래이다.

[그림 3-213] 기본시스템(중간내리기)



3

다. 하강도르래

이동장치와 함께 설치되어 구조대원이나 요구조자를 매달기 위해 연결점에 연결되는 도르래를 말한다.

로프구조

[그림 3-214] 이동장치와 하강도르래



라. 2차 안전확보

2차 안전확보라 함은 의식이 없는 요구조자를 들것으로 이동하는 한쪽내리기(I, II, III)방법에서 반드시 필요한 절차이다. 이는 견인로프가 들것을 고정해 주지 못하기 때문에 구조대원이 함께 견인되어 들것을 이동장치에 2차고정하는 것을 말한다.

마. 보조로프

로프절단, 장비파손 등의 안전사고발생 시 요구조자와 구조대원의 추락방지를 위해 안전지역과 이동장치를 통과하여 연결점에 함께 연결되는 안전로프를 말한다.



2. 단계별 운용방법

가. 준비단계

1) 위치선정

모든 위치의 선정은 긴급적 구조대원의 입장에서 수월하고 안전한 장소를 선택하여야 하나 지형적 여건이나 요구조자의 상태 등을 고려하여 선정한다. 낙석 또는 낙하물이 요구조자에게 위험이 되지 않도록 주의한다.

2) 안전로프확보

안전지역은 항상 최적의 조건일수 없으므로 구조작업 중 구조대원이 아래로 추락할 수 있는 지형에서는 기본적으로 설치한다.

3) 장비전개

눈에 잘 띄고 운용하기에 적합한, 장비사용이 원활한 곳에 전개한다.

4) 임무부여

수직수평구조기법은 산악구조기술의 집합체라고 할 수 있다. 따라서 산악장비를 효율적으로 다룰 수 있는 능력을 고려하여 임무를 부여한다.

나. 설치단계

1) 확보로프 설치

1·2차 로프와 견인로프를 설치할 수 있는 확보물에 각각 설치한다.

2) 로프발사총 발사

3) 1차로프 설치

로프의 전달과 설치과정은 수평구조와 동일한 방법이다.

4) 구조대원 도움지역 진입

도움지역으로 진입 완료한 구조대원은 견인로프를 고정장치에 확보한다. 이는 구조대원이 위험지역으로 진입하는 과정에서 위험지역 상공으로 견인하기 위함이다. 그리고 도움지역에서 운용할 당김장치 등을 휴대하여 진입한다.

[그림 3-215] 구조대원 진입

로프구조



5) 견인로프설치

도움지역으로 구조대원 진입이 완료되면 즉시 견인로프를 확보물에 고정한다.

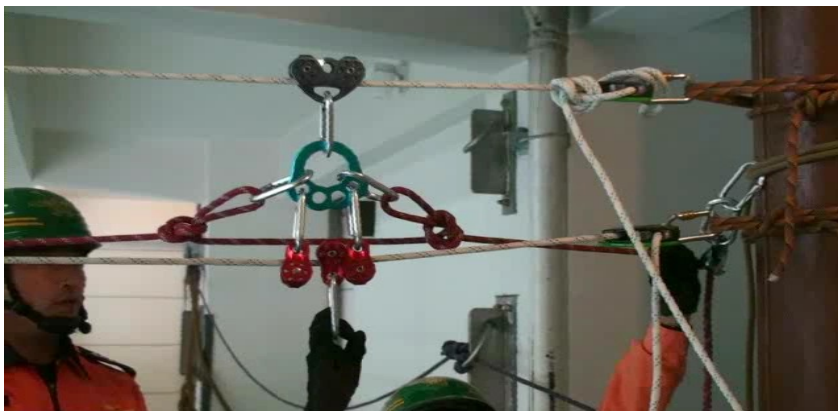
6) 2차로프 설치

도움지역에서는 견인로프에 의해 견인된 2차 로프를 완전고정하며, 안전지역에서는 당김장치를 설치하여 로프를 당긴다.

7) 이동장치 설치

수평·수직구조할 수 있는 도르래와 확보판을 1·2차 로프와 견인로프에 그림과 같이 설치한다.

[그림 3-216] 이동장치 설치



다. 진입단계

1) 구조대원 1차 진입

- ① 위험지역으로 진입할 구조대원은 요구조자용 안전벨트, 유도로프, 테이프슬링, 카라비너, 칼 등 운용에 필요한 장비를 휴대하고 이동장치의 하강도르래에 매달리고 확보판에 2차 안전을 확보한다.
- ② 도움지역에서는 1차 진입 구조대원이 위험지역 상공으로 이동할 수 있도록 견인로프를 적절히 당긴다.
- ③ 진입구조대원이 위험지역 상공에 도착하면 견인로프를 당겨(당겨진 견인로프는 로프의 수평유지에 많은 도움을 준다) 고정된 후 안전 지역에서 2차 로프를 천천히 풀어 위험지역으로 진입대원을 하강시킨다.
- ④ 위험지역에 도착한 구조대원은 휴대한 유도로프를 제일 먼저 하강도르래에 연결하고 이탈한다.

[그림 3-217] 구조대원 1차진입



[그림 3-218] 요구조자 확인

로프구조



2) 요구조자 상태 파악

3) 이동장치 회수

안전지역에서는 2차 로프를 당겨 하강도래를 이동장치로 끌어올린다. 하강도래가 다 끌어올려지면 견인로프를 당겨 이동시키는데, 이때 도움지역에서는 견인로프를 풀어 이동장치가 원활히 이동할 수 있도록 보조를 맞춘다.

4) 구조대원 2차 진입

구조대원 1차 진입과 동일한 방법으로 매달려 이동한다.

[그림 3-219] 구조대원 추가진입



5) 들것 내리기

이동장치 회수과정과 구조대원 2차 진입방법 과정에 의해 들것을 위험지역으로 내린다.

[그림 3-220] 들것내리기



라. 구조단계

1) 요구조자 고정 및 삼각로프 설치

- ① 다중 묶기에 의해 요구조자를 들것에 고정
- ② 삼각줄과 조절매듭을 설치
- ③ 삼각줄을 하강도르래에 연결하고 들것높이를 조절
- ④ 구조대원 1명이 함께 매달린다.
- ⑤ 기본적으로 요구조자의 머리를 안전지역 쪽으로 향하게 하고
- ⑥ 유도로프는 요구조자의 발쪽에 설치

2) 요구조자 끌어올리기

- ① 안전지역에서 2차로프를 당겨 요구조자를 위로 끌어올린다.
- ② 2차로프가 수평이 되도록 끌어 올린다.
- ③ 하강도르래가 이동장치까지 다 끌어올려지면 함께 매달린 구조대원은 그림과 같이 확보판에 2차 안전확보 한다.

로프구조



3) 요구조자 당기기

- ① 안전지역에서 견인로프를 당긴다. 이때 도움지역에서는 견인로프의 고정장치를 풀어준다.
- ② 들것의 흔들림을 최소화하기 위해 견인로프는 당기는 속도와 풀어주는 속도가 일정해야 한다.
- ③ 위험지역의 구조대원은 들것이 흔들리지 않도록 유도로프를 적절히 조절한다.
- ④ 안전지역으로 구조완료 후 유도로프를 하강도르래에 바로 연결한다.

마. 철수단계

- ① 위험지역의 구조대원은 진입단계의 들것내리기 '5)'의 과정과 구조단계의 '2) 요구조자 끌어올리기, 3) 요구조자 당기기' 과정을 반복하며 탈출한다.
- ② 도움지역의 구조대원은 수평구조의 철수단계와 동일한 방법으로 완전철수한다.

3. 기타 운용방법

가. 한쪽내리기

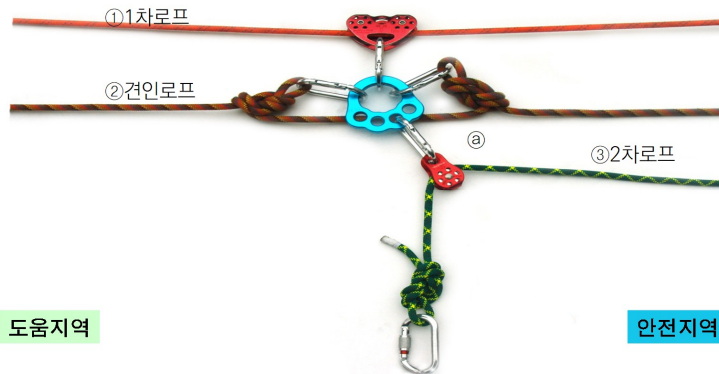
한쪽내리기(I, II, III)의 기본원리는 중간 내리기 방법과 크게 차이가 없으나 소요되는 시간과 장비를 줄일 수 있다. 운용상 단순하고, 신속히 설치할 수 있는 장점이 있지만 반드시 2차 안전확보를 하여야 한다.

기본 운용시스템은 중간내리기 기법이며, 기본기법에 능숙한 구조대원이 이 방법을 운용하여야 한다. 또한 안전지역과 도움지역의 구조대원은 로프를 당기는 시점과 풀어야 하는 시점을 잘 맞춰 매달린 사람이 최대한 흔들리지 않도록 운용하여야 한다.

1) 한쪽내리기 I

①의 주 횡단로프는 1차로프이며, ③ 2차로프는 단순히 끌어올리는 기능만 할 수 있고 ②의 견인로프는 이동시스템의 이동을 돕는 기능과 요구조자를 당길 때 로프의 팽창력에 의해 1차로프의 부담을 줄일 수 있다.

[그림 3-222] 한쪽내리기 I



2) 한쪽내리기 II

①의 1차로프는 단순히 이동장치의 기능이다. ③의 2차로프는 요구조자를 끌어올리거나 안전지역으로 당겨지는 견인로프의 기능이다. 함께 끌어올려진 구조대원은 반드시 2차 안전확보를 하여야 한다.

한쪽내리기 I 방법 보다 장비의 소요가 적어 설치시간을 줄일 수 있으나 끌어올릴 때 안전지역에서 당기는 구조대원은 많은 부담을 느낄 수 있다.

[그림 3-223] 한쪽내리기 II

로프구조



3) 한쪽내리기 III

다른 방법보다 소요되는 장비가 적으며, 단순하고, 신속히 설치할 수 있다. ③의 2차로프는 끌어올리는 기능과 견인로프의 기능을 한다.

[그림 3-224] 한쪽내리기 III



나. 직접내리기

직접내리기는 수평·수직구조에 있어서 최소한의 장비와 단순한 기법을 통한 구조방법이다. 장비설치와 신속성이 뛰어난 장점이 있지만, 요구조자를 구조할 때 많은 에너지가 소모되는 단점이 있다. 이동과 끌어올리기를 동시에 할 수 있다.

[그림 3-225]의 ①은 주 횡단 역할을 하며, ②와 ③은 견인로프 역할을 하는데 다른

기법과는 달리 진입한 구조대원을 내릴 때는 1차로프와 1·2견인로프를 동시에 풀어 구조대원이 하강할 수 있도록 하고, 요구조자를 끌어올릴 때는 안전지역에서 동시에 1차로프와 2견인로프를 당겨야 한다. 깊은 계곡보다는 폭이 좁은 하천 중간에 고립된 요구조자나 잡목이 없는 계곡지역에서의 구조작업시 유리하다.

[그림 3-225] 직접내리기



제9절 리프트 구조

로프구조

산악 및 계곡에서의 사고, 도심의 붕괴 등으로 인한 고립된 요구조자 발생에 따른 로프구조의 필요성과 구조기법은 이미 언급하였다. 이러한 전통적인 장소에서의 로프구조 이외에도 레저활동의 인구증가 및 자살 등으로 인하여 새로운 로프구조의 필요성이 대두되는 특수시설에서의 로프구조에 대하여 간략하게 살펴본다.

1. 리프트구조의 환경

우리나라의 스키장 수는 2012년 현재 총 17 곳으로 파악되고 있다. 이중 50퍼센트가 넘는 총 9개 리프트장이 강원도에 밀집되어 있다. 이외에도 경기도를 비롯하여 충청, 경상, 전라도 지역에도 운영되고 있다. 연간 이용자는 약 1,000만 명으로 추산하고 있다.

가. 스키장(리프트) 안전사고

스키장의 이용인구가 지난 이십년간 25% 이상 증가함에 따라 스키장의 안전사고도 급증하고 있으며 리프트 관련사고는 3년 단위로 3배 이상 증가하는 것으로 추정된다. 리프트 사고의 주요 양상은 리프트가 고장으로 인하여 정지하는 것으로 최근에는 시즌 별로 연간 20회, 사고 당 평균 30~50명이 1시간 이상을 고립되는 것으로 파악되고 있다. 이는 스키장 리프트가 정지되면 구조대가 사다리차 등을 이용하여 구조를 하거나 긴급복구 작업을 통한 작동재개의 방법을 통하여만 구조가 가능한 탓이다.

나. 리프트 구조의 다변화 필요성

스키장 리프트 사고의 발생에서 가장 문제가 되는 것은 추위와 고도라는 요인이다. 요구조자들은 영하의 날씨에 지상 10미터의 높이에서 움직일 수 없는 상태로 1시간 이상을 버텨야 하는 상황에 처하게 된다. 기존의 대형 소방차량을 이용한 구조의 경우에는 차량진입부터 난관이며 사다리 전개로 구조자를 견인하기 까지 많은 시간이 소요된다. 긴급복구에 의한 작동재개의 경우에는 고장 원인의 분석과 복구 작업은 사안마다 다르므로 그 시간을 예측할 수 없다. 2011년 01월에는 무주리조트에서 리프트가 정지, 2시간이 소요된 후 정상가동된 예가 있다.

이러한 견지에서, 경량의 장비로 구조대원이 신속하게 사고현장에 진입하여 안전하게 요구조자를 안전지대로 옮기는 로프구조의 필요성이 점증한다고 하겠다. 각급 단위의 구조대가 최근 리프트 구조에 대한 필요성을 인식하여 자체훈련을 실시하고 있는 추

세이며 이러한 추세에 맞추어 본 교재에서 리프트 구조에 대한 별도의 장을 구성하기로 하였다. 다만, 리프트 구조기법을 훈련함에 있어서 구조대원 자신이 추락하는 사고가 최근 빈발하고 있으므로 훈련에 따른 안전사항을 숙지하여야 함을 강조하고자 한다.

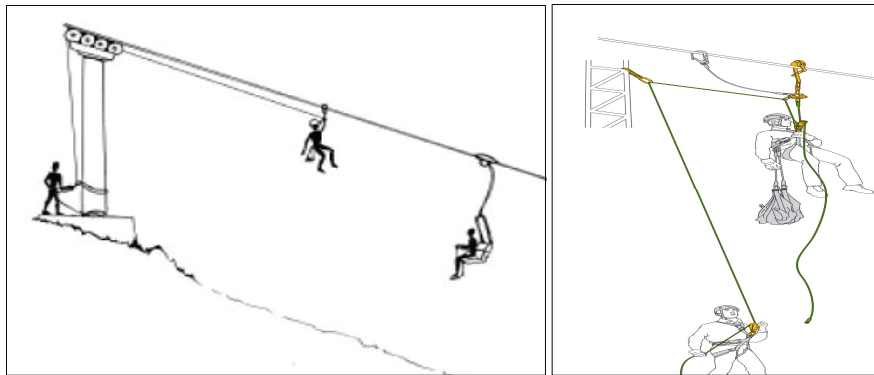
2. 용어의 정의 및 활용법

스키장리프트 구조에 있어서 필히 주의할 사항은 리프트 관리주체와의 협의가 없는 구조활동은 절대로 하지 않는다는 것이다. 요구조자의 구조요청만으로 인명구조활동을 전개하는 경우에는 리프트의 갑작스런 재가동 등의 요인으로 인하여 구조대원 자신의 안전이 보장될 수 없다. 그러므로 기계실 또는 관리자와 상시 연락을 유지하면서 구조활동에 임하는 것은 필수사항이다.

가. 수평진입구조

구조대원이 장비를 착용하여 케이블을 지지하는 철탑, 기둥 등을 등반하고 케이블을 따라 요구조자에게 수평으로 이동하여 진입하는 구조하는 기법이다.

[그림 3-226] 수평진입(접근)



나. 수직진입구조

리프트 상에 고립된 요구조자의 위치까지 구조대원이 로프를 투척하는 등의 방법으로 설치하여 수직방향으로 등반하는 구조기법으로 응급환자나 노약자, 기타 긴급을 요하는 대상자에게 실시한다.

리프트에 진입한 구조대원이 진입장치에 연결된 하강기에 진입로프를 결합하여 요구

조자를 직접내리는 기법을 말한다.

1) 수직진입(등반)

[그림 3-227] 수직진입

로프구조



2) 안전확보

진입한 구조대원은 데이지체인, 랜야드, 커넥터 등을 이용하여 리프트 의자의 구조물에 자기안전확보를 한다.

[그림 3-228] 안전확보





3) 확보로프설치

리프트 의자의 구조물에 로프, 웨빙 등을 이용하여 두겹 이상 감아서 설치한다.

4) 하강기설치

확보로프에 요구조자를 내리기 위한 하강기를 설치한다.

5) 요구조자용 안전벨트 착용

6) 로프연결

로프 한 쪽을 끌어올려 끝에 고리매듭을 한 후, 하강기에 걸고, 매듭은 요구조자에게 연결한다. 이때 안전바(bar)의 위치를 고려한다.

7) 안전바 올리기

요구조자를 내리기위해 의자의 안전바를 위로 올린다.

8) 요구조자 내리기

하강기를 적절히 조절하여 요구조자를 안전지역으로 내린다.

9) 구조대원 탈출 및 로프회수

하강기를 조절(약간의 등반)하여 체중을 의지한 후 확보로프 해체, 2차 안전확보 해체, 로프하강 순으로 탈출을 완료한다. 설치된 로프는 한쪽을 계속 당겨 회수한다.

다. 확보자/확보대원

대원 등반 시 추락을 방지하기 위해 지상에서 로프를 조절하거나 요구조자를 내릴 때 로프를 조절하는 대원을 말한다. 확보자는 등반자를 항상 주시하고 언제든지 추락에 대비한다.

라. 진입로프/구조로프/탈출로프

구조대원이 위험지역으로 수평 및 수직으로 진입하기 위한 로프를 말한다. 요구조자를 구조할 때 하강로프로 활용되며 구조대원이 다른 리프트로 이동하거나 탈출 시에도 사용한다.

마. 2차 안전확보

2차 안전확보는 구조활동 자체에는 많은 제약을 초래하는 측면이 있으나 기법의 특성상 위험요인이 산재하여 있으며 안전한 구조활동을 전개하기 위하여 2차 안전확보는

필수이다.

1) 기둥 등반 후 2차 안전 확보

기둥(철탑) 상부에는 안전 확보에 용이한 시설이 없기 때문에 등반한 구조대원이 케이블 및 시설물에 독자적으로 2개소 이상에 안전 확보를 하는 것을 말한다.

2) 이동시 2차 안전 확보

진입대원이 케이블에 매달려 이동할 때, 확보판이나 케이블에 2차 안전 확보를 하는 것을 말한다.

[그림 3-229] 이동시 2차 안전 확보



3) 구조시 2차 안전 확보

구조할 의자리프트에 도착 시 가장 먼저 의자리프트의 기둥이나 철재 조물에 안전 확보 하는 것을 말한다.

바. 진입(이동) 및 구조장치

구조대원이 철탑상부에서 위험지역으로 진입(이동)하기 위한 장치로, 케이블 도르래, 커넥터, 확보판, 조절 가능한 위치 확보용 장비(그리그리) 등을 결합한 장치 등을 말한다. 이동장치는 요구조자를 내리는 장치로도 사용되므로 진입하는 구조대원은 장비사용에 능숙해야 한다.

[그림 3-230] 진입 및 구조장치



사. 직접이동/간접이동

1) 직접이동

확보자의 도움 없이 구조대원이 단독으로 이동하여 로프회수와 인명구조를 실시하는 방법을 말한다. 확보자가 다음 지원지역으로 이동을 할 수 없는 상황(예: 로프가 짧은 상황)이거나 직접이동이 더 효율적이라고 판단되는 경우 실시한다.

[그림 3-231] 전달로프·전달매듭



2) 간접이동

안전지역에 있는 확보자의 도움을 받아 이동하는 방법으로 가장 기본적이고 안전한 방법으로 진입대원의 부담을 최소화할 수 있다.

3

[그림 3-232] 간접이동

로프구조



아. 조절장치

확보판에 매달린 구조대원이 상황에 따라 상하이동이 용이하도록 할 목적으로 설치하는 장비를 일컫는 것으로 등반기를 활용하면 효율을 극대화 할 수 있다.

자. 직접내리기/간접내리기

1) 직접내리기

리프트에 진입한 구조대원이 진입장치에 연결된 하강기에 진입로프를 연결하여 요구조자를 직접내리는 기법을 말한다.

- ① 안전확보 (진입한 구조대원은 구조물에 자기안전 확보를 우선 실시한다.)
- ② 하강기(자동확보기)설치
- ③ 요구조자에게 안전벨트 착용
- ④ 구조로프 연결
- ⑤ 안전바(bar) 올리기
- ⑥ 요구조자 하강(내리기)

[그림 3-233] 직접내리기



2) 간접내리기

구조대원을 확보한 대원이 안전지역에서 하강기(자동확보기)에 연결된 확보로프를 이용하여 요구조자를 내리는 방법을 말한다.

- ① 안전확보 (진입한 구조대원은 구조물에 자기안전 확보를 우선 실시한다.)
- ② 요구조자에게 안전벨트 착용
- ③ 구조로프 연결
- ④ 안전바(bar) 올리기
- ⑤ 요구조자 하강(내리기)

[그림 3-234] 간접내리기



3

3. 단계별 운영방법

로프구조

장비를 휴대한 상태로 스키장을 도보로 이동하게 되면 많은 어려움이 생긴다. 사전협조를 통하여 장비를 지원받는 등의 효율적인 방법을 강구하게 되면 구조시간을 줄이는 결정적 요인이 될 수 있다.

가. 준비단계

1) 위치선정

위치선정시 구조대원의 수, 이동여부, 요구조자의 수, 요구조자의 상태, 리프트의 길이, 케이블의 높이, 소요시간, 방향, 기타 등의 상황을 고려하여야 한다. 리프트의 지형적 특성상 빠른 시간 내에 구조를 완료할 수 없으므로 위치선정에 있어 신중한 검토가 필요하다. 또한 케이블을 역(상향)으로 이동할 수는 없으므로 하향 이동을 통한 구조를 실시한다. 노약자가 있는 곳, 높거나 가파른 지역의 요구조자를 우선순위 요구조자로 설정하여 위치를 선정한다.

2) 임무분담

3명이 운용하는 것을 기본으로 한다. 기술이 집약된 기법이므로 장비활용에 능숙한 구조대원을 투입하도록 한다. 고도로 숙련된 구조대원이라면 1명이 운용할 수도 있다. 전체상황을 파악한 후에 로프나 장비를 지원해줄 지원대원, 위험지역으로 진입하여 직접적으로 장비를 운용할 진입대원, 진입대원의 안전확보와 간접구조에 기여할 확보대원 등으로 임무를 분담할 수 있다.

3) 장비전개

구조작업 진행방법 순서에 의거하여 장비를 나열한다. 깔판 등에 장비를 나열해 두고 사용하는 것이 장비분실을 막는 효과적인 방법 중 하나이다.

나. 진입단계

1) 안전확보(belay)

확보자는 진입대원의 추락에 대비하여 하강장비나 제동장비를 이용하여 로프를 전개한다. 또한 간접등반시 요구조자를 내리기위한 절차와 진입대원이 구조를 완료한 후 다음 단계로 이동하는 절차에 대해서 숙지하여야 한다.

2) 구조대원 등반

등반하는 구조대원은 추락을 대비하여 퀵드로우를 설치하거나 케이블용 카라비너



를 걸착하는 등의 안전확보 조치 이후에 등반한다.

3) 진입대원 자기확보

철탑 상부까지 등반이 완료되면 구조대원은 Y랜이나 데이지 체인 등을 이용하여 2개소 이상의 지점에 안전확보를 우선적으로 실시하고 활동에 임한다. 안전확보는 케이블에 완전히 매달린 후 마지막에 해체한다.

4) 케이블 도르래 설치

케이블 도르래와 안전고리를 동시에 설치하는데 케이블도르래를 아래쪽에 안전고리는 위쪽에 설치한다.

5) 진입(이동)

철탑의 상부에서 케이블에 내려서기까지 로프나, 카라비너, 각종 장비 등이 철탑 구조물에 끼이지 않도록 주의하고 진입대원은 하향 이동시 케이블을 잡지 않는다. 확보대원은 진입대원이 가속도가 붙지 않도록 하강장비를 조절하여 천천히 이동시킨다. 이 과정에서 진입대원과 확보대원은 적절한 의사소통을 통해 속도와 안전을 유지한다. 진입대원과 확보대원을 연결하는 로프는 기동과 확보대원의 하강기를 통과하므로 무리한 힘을 사용할 필요는 없다. 진입대원이 리프트의자에 도착하면 확보대원은 도르래가 더 이상 움직이지 않도록 확보한다.

6) 구조대원 2차 안전확보

리프트의자에 도착한 구조대원은 의자의 구조물에 2차 안전확보를 한다.

다. 구조단계

1) 요구조자 안전확보

2) 요구조자 안전벨트 착용

3) 요구조자에게 안전벨트 착용

요구조자 안전벨트 착용 시 추락방지를 위해 무리하게 움직이지 않는다.

4) 구조로프 연결

요구조자와 구조로프의 연결. 의자의 안전난간이 방해가 되지 않도록 주의하고 로프는 확보판의 카라비너를 거쳐 요구조자에게 확보한다.

5) 안전바(bar) 올리기

6) 요구조자 하강(내리기)

3

라. 철수단계

1) 하강로프 고정

요구조자를 구조한 후 구조대원이 탈출을 위하여 요구조자를 구조한 로프를 이용하여 케이블을 넘겨 안전지역으로 내리면 확보자가 한쪽으로 흘러내리는 것을 대비하여 로프매듭을 지어 하강로프를 고정한다.

2) 구조대원 탈출

고정된 하강로프에 8자하강기를 결합한 후 하강 시스템으로 확보한 후에 케이블에 설치된 구조대원 진입장치 및 2중 안전 확보를 제거한 뒤 탈출한다.

3) 장비정리

사용한 장비는 모두 철수하는 것을 원칙으로 하며, 다음 출동을 위하여 장비의 상태를 파악하고 정비한다.

로프구조

제10절 철탑 구조(Tower)

산업시설 구조의 경우에는 그 시설의 특성에 따라 구조방법의 경우의 수가 엄청나게 증가하기 때문에 일률적인 기법의 적시가 용이하지 않다. 따라서 공통적이고 일반적인 가이드라인과 특성 등을 중심으로 간략하게 설명한다.

향후 구조수요가 급증하는 경우에는 운용방법과 절차가 추가적으로 연구되어야 할 것이다.

1. 철탑구조의 환경

가. 철탑의 종류

철탑에는 크게 프리스탠딩 철탑과 가이드 철탑이 있다. 프리스탠딩 철탑은 스스로 지탱하는 구조를 갖춘 삼각형 형태의 철탑을 말하며 가이드 철탑은 와이어로 확보하여 지탱하는 직사각형 형태의 철탑을 말한다.

나. 철탑구조의 수요증가

산업화와 정보화로 인하여 산업발달이 급속화되면서 통신 및 전기시설을 견인하기

위한 철탑이 급증하는 추세에 있다. 그러므로 사고발생의 장소의 외연자체가 확대되고 있기 때문에 안전사고의 발생도 증가할 것으로 예상할 수 있다. 또한 주요 철탑들은 외곽지역으로 위치하여 사고발생에도 불구하고 발견이 용이하지 않다는 점도 언급할 필요가 있다. 현재 미국이나 유럽에서는 철탑구조가 로프구조의 주요테마로 등장하고 있다.

다. 철탑구조의 위험성

철탑구조의 위험성은 고도가 높은 곳에서 구조활동을 해야한다는 원천적인 위험성 이외에도 전기시설의 경우, 접촉하는 순간 사망을 의미한다는 점에서 그 위험성이 크다. 따라서 전기시설의 철탑구조에서는 볼트에 따라 적정 공간을 유지하는 것이 필수이다. 당김장치나 내림장치를 설치하여 운영하는 경우에 전기시설 철탑의 볼트에 따라 전기선과 구조장치(로프 포함)간의 적정 안전거리 유지에 관한 지침은 다음의 표와 같다.

[표 3-1] 철탑 전압에 따른 이격거리

키로볼트(kV)	최소 이격거리(feet)
50이하	10
50~200	15
200~350	20
350~500	25
500~750	35
750~1000	45

2. 철탑구조 장비

가. 개인장비

철탑구조에서의 개인장비는 아래에서 제시한 바와 같이 소방에서 사용하는 화재진압용 장비는 사용하지 않는다.

- 1) 구조헬멧(삼각끈, 턱끈 필수)
- 2) 구조장갑(화재진압용 불가)
- 3) 견고한 신발(화재진압용이나 운동화 불가)
- 4) 견고한 안전벨트(인증기관의 인증된 D링이 앞에 달린 전신형)
- 5) 기상(기후)에 알맞은 복장

3

로프구조

- 6) 이중 안전장치(주로, 랜야드)
- 7) 하강장비
- 8) 자기구조장비(self-rescue gear)
- 9) 적정수의 카라비너(잠금형)
- 10) 철탑 등·하강을 위한 수단(도구)들
- 11) 기타장비: (헤드)랜턴, 허리가방, 고글(선글라스), 행동식, 음료

나. 구조장비

- 1) 구조대원마다 무전기 및 무전기 지갑(radio harness)
- 2) 철탑등반을 위한 등반장비
- 3) 적정길이의 로프(구조기법에 따라 선정)
- 4) 내리기 및 확보(빌레이) 시스템 설치를 위한 앵커
(만약 지상에서 수행할 임무라면 방향전환을 위한 앵커)
- 5) 요구조자 보호장비

3. 철탑 등반

철탑 등반은 철탑구조를 위한 제1의 조치이다. 기본적으로 구조대원의 등반에 의하여 모든 구조활동이 시작하기 때문이다. 따라서 철탑구조의 기본은 등반능력에 있다. 일반적으로 철탑의 등반에는 네 가지의 방법이 있다.

가. 내장형 추락방지(built-in fall protection)활용 등반

철탑자체에 이미 설치되어 있는 추락방지 장치(주로 와이어)를 활용하는 등반으로 일반적으로 9.5mm의 와이어 케이블이 철탑의 꼭대기부터 바닥까지 연결되어 있으므로 캠 장비로 등반할 수 있다. 그러나 모든 철탑에 내장형 추락방지 와이어가 있는 것은 아니며 설치가 되어 있더라도 와이어 상태에 대한 점검은 필수이다.

나. 선등법

선등법의 장점은 선등에 성공만 하면 구조대원이 로프에 완전히 매달릴 수 있으며

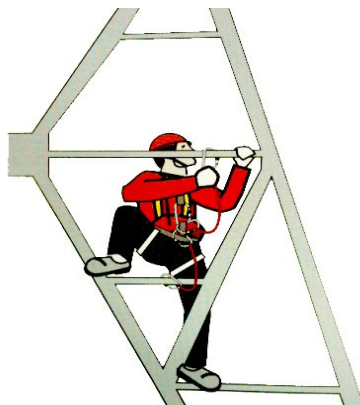
후등하는 구조대원이 편안하게 등반할 수 있다는 점이다. 그러나 선등자에게 부담이 되는 어려운 기술이며 슬링이나 카라비너 등으로 자기확보를 해야하기 때문에 장비가 너무 많이 소요된다는 점이 단점이다. 기타 선등법의 단점으로는 다음의 사항이 있다.

- 1) 구조대원이 철탑에 가지고 올라야만 하는 추가장비의 무게 부담
- 2) 2인 1조(선등자, 확보자)로 활동하여야하기 때문에 느린 사람의 속도대로만 등반이 가능
- 3) 선등자와 확보가 등반에 성공한 경우에만 안전, 선등자가 직하에 설치된 보호(앵커) 장치에서 너무 많이 올라가면 그만큼 추락높이가 커지며 이는 부상위험의 증가를 의미하고 심한 경우 구조활동이 종료되어야 함
- 4) 철탑구조에서는 다이내믹(high-stretch)로프를 사용하기 마련인데 이 역시 추락시의 부상위험을 높이는 요인

다. 랜야드(lanyard) 시스템

랜야드는 종류와 용도가 다양하고 제품마다의 주의사항이 있으므로 이를 정확히 알고 주의사항을 지킨다면 철탑등반에 사용가능한 등반 시스템이라고 할 수 있다. 철탑에 사다리가 있는 경우에는 사다리를 활용하면 되고 사다리가 없다면 스텝 볼트(step bolts)를 활용할 수 있다. 랜야드에는 추락방지장치가 있어 추락 시 부상위험을 줄여주는 점이 강점이다. 이외에도 다이내믹 로프를 쓸 필요도 없고, 추가적인 장비를 운반하지 않아도 되기에 장비의 경량화로 구조대원이 피로를 느낄 확률도 낮아지며 로프 엉킴의 우려도 없는 등 움직임이 자유로워진다. 또한 확보요원이 필요하지 않아 구조대원 1인의 기량대로 속도를 내어 등반할 수 있다.

[그림 3-235] 랜야드 시스템



3

로프구조

랜야드 시스템의 단점으로는 랜야드나 철탑의 설계방식에 따라 철탑 레그(tower leg : 사재 혹은 부재라 함)의 주변까지 랜야드가 닿지 않을 수 있고 적응성이 다른 랜야드의 경우 추락거리가 늘어날 수 있다는 점이다. 랜야드가 길수록 늘어지는 로프로 인하여 추락 시에 부딪칠 대상이 증가하게 된다. 또한, 스텝 볼트(step bolts)⁷⁾를 사용하는 경우 스텝 볼트가 터질 위험이 상존하며 스스로 안전과 활동을 책임져야 하는 탓에 기량에 따라 임무수행이 어려운 구조대원도 있을 것이다.

4. 구조대원의 안전

철탑구조에서 구조대원의 안전과 관련된 영향요인은 다음과 같다.

가. 등반의 높이

철탑이 높으면 내리기(lowering)와 확보에 필요한 로프가 길어지며 이는 운반할 로프의 무게가 늘어나게 된다. 철탑이 높으면 로프의 무게가 증가함과 동시에 관련 장비를 운반하여야 하기 때문이다. 이러한 이유로 철탑구조에서는 11mm로프 보다는 9mm의 로프를 이용하려는 경향도 있다.

나. 철탑 구조물의 형태

스텝 볼트가 있는 철탑에서 볼트간의 거리가 구조대원에게는 중요한 사항이다. 팔과 다리의 길이가 짧은 구조대원의 경우에는 등반에 엄청난 에너지가 쓰이게 된다.

※ 프리스탠딩 철탑은 섹션들로 이루어져서 플랜지(flanges)라고 하는 조인트에 연결되어 부분이 있는데 일반적으로 섹션이 클수록 플랜지도 크다. 간헐적으로는 플랜지에 있는 스텝 볼트간의 거리가 다양한 경우도 있다. 볼트들이 이 지점들에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 팔·다리가 짧은 구조대원은 엄청난 육체적 에너지를 소모하게 된다.

※ 기어드철탑은 가이 와이어(guy wire)가 철탑에 연결되어 있는 형태로 지탱한다. 좁은 면으로 된 철탑에서는 구조대원은 필히 이 와이어를 잘 다루어서 균형을 유지하면서 동시에 로프나 구조장비를 가지고 올라야 한다.

7) 작업자가 승강에 편리하도록 일정한 간격을 두고 전주에 설치하는 막대 모양의 금속제 발판이다.



다. 구조대원의 육체적 상황

철탑 등반 자체가 고된 일인데 구조장비를 가지고 등반하는 것은 더 힘든 일이다. 상체와 하체의 힘만큼이나 심폐지구력도 중요한 요소이다.

라. 기타요인

기온, 기후, 새나 벌, 말벌 등

5. 철탑구조 평가와 종료

가. 철탑의 안전을 확인

가이드 철탑의 경우에는 와이어의 상태를 확인하고 다른 위험요소들을 체크한다. 윈치 등의 리프팅 장비가 현장에 있으면 이 사용권을 확보하도록 한다.

나. 요구조자의 인원 확인

자원분배는 요구조자의 수와 관련된다.

다. 요구조자의 위치 확인

위치가 필요한 구조대원의 수를 결정한다. 외발지시대(monopole)의 경우에는 소수의 구조대원만 진입가능하며 가이드 철탑처럼 면이 적으면 프리스탠딩 철탑에서만만큼의 작업공간이 없을 것이라는 점을 인식하여야 한다.

라. 요구조자 응급처치 사항의 확인

호흡, 의식여부, 부상의 경중에 따라 진입할 구조대원의 수가 결정된다.

마. 구조형태의 결정

구조대원의 동행이 필요한지, 단순히 안전지대로 이동 하면 되는지, 철탑기반(tower-based)으로 구조할 것인지 지상기반(ground-based)으로 구조할 것인지 등의 결정한다.

바. 필요한 구조대원과 출동이 가능한 구조대원의 수를 결정

얼마나 많은 수의 구조대원이 철탑에 안전하게 자리잡을 수 있을지, 숙련된 구조대원이 얼마나 있는지 확인한다.



3 사. 구조계획의 수립

로프구조

지상통제식 구조를 할 것인지 철탑기반 구조를 할지를 결정하고 기 수집된 정보를 바탕으로 구조계획 수립한다. 철탑기반 구조인 경우에는 요구조자 내리기를 철탑에서 통제할지 아니면 동행구조대원이 통제할지 결정하여야 한다. 지상통제형 구조라면 구조대원이 감당하게 될 안테나나 위성접시 등이 있는지와 어떻게 처리하고 임무를 완수할지 등을 계획한다.

아. 구조대원 선정

구조대원의 구조계획 숙지는 필수사항이며 지정된 임무수행을 할 수 있는지 확인한다. 기존의 철탑 구조훈련 경험이 있고 고소작업에 숙달된 구조대원을 선정하여 투입한다.

자. 등반 시스템 결정

등반 시 철탑에 있는 추락방지장치를 이용할 것인지의 또는 보류할 것인지 여부를 선택한다. 선택한 시스템의 장단점을 비교하고 구조대원의 등반시스템의 이해의 수준도 반드시 확인한다.

차. 기후조건 확인

기후 변화에 따라 안전요인도 변화하므로 기존 계획에 없던 사항이라도(예컨대 강풍) 보조대원이 필요하다.

카. 시간의 고려

밤까지 해야 할 구조작업이라면 기온하강에 대비하여야 하며 핸드프리 조명시설보유 여부를 확인하고 조치를 취한다. 어둠으로 인한 구조시간의 지연에 대한 대비여부도 확인하고 보조대원의 필요여부를 결정한다.

타. 대안계획(플랜 B) 수립

원래 계획(플랜 A)이 실패할 것에 대한 대안을 수립한다. 필요한 기량을 갖춘 구조대원을 확보하지 못한 상황에 대한 대안도 마련한다. 여기에는 추가 구조대원 요청 여부 등이 포함된다.

파. 철탑구조의 종료

요구조자를 안전한 곳까지 이동(주로 내리기 기법을 사용)함으로써 철탑구조는 사실상 종료된다. 내리기 기법은 구조대원이 요구조자보다 위쪽으로 진입하여 로프를 지상에 투척하여 지상의 구조대원들이 설치한 내림장치를 요구조자에 결착하는 방식이 가장 일반적이다. 아래의 그림에서 볼 수 있듯이 내림장치에는 앵커스트랩, 방향전환 도르래와 카라비너 등이 활용된다. 고리를 만드는 로프매듭의 활용도 필수항목이다. 이와 같은 내림장치는 철장사다리나 철탑크레인 등 기타의 산업시설 구조에도 공히 활용된다.

전술한 바와 같이, 구조대원에게 장비의 무게부담이 관건이 되는 상황에서는 9mm 로프를 활용하는 경향이 있지만 내림장치에 결부되는 로프는 원칙적으로는 최소한 11mm 로프를 사용하여야 하며 12.5mm를 사용하는 것이 철탑구조에서의 권장사항이다. 경우에 따라 2인(요구조자와 구조대원)이 로프에 매달리는 경우가 있기 때문이다. 장비의 무게까지 감안하여 최소한 1인 기준을 100kg으로 상정하는 것이 바람직하다.

[그림 3-236] 전달된 내림장치

[그림 3-207] 설치된 내림장치





인명구조사 1급



제4장

도시탐색 구조

제1절 도시탐색구조(USAR)개요

제2절 용어의 정의

제3절 건축물 특성의 이해

제4절 건축물 피해와 붕괴 유형

제5절 요구조사 탐색기법

제6절 붕괴건물 천공 및 파괴기법

제7절 구조물 안정화 기법

제8절 중량물 인양 및 하중 안정화

제9절 붕괴건축물 선별과 표식체계

제10절 도시탐색구조의 안전관리

4

도시탐색 구조

도시탐색
구조

- 학습 목표**
- 01 도시탐색구조의 개념, 용어 및 유래를 이해한다.
 - 02 건축물 특성, 건축물 피해 및 붕괴 유형을 이해한다.
 - 03 도시탐색 구조시 요구조자 탐색기법을 이해한다.
 - 04 붕괴건물 천공 및 파괴 기법을 이해한다.
 - 05 구조물 안정화 기법, 중량물 인양 및 하중 안정화 기법을 이해한다.
 - 06 붕괴건축물 선별과 붕괴건물 표식체계를 이해한다.
 - 07 도시탐색구조의 안전수칙 및 임무수행 단계별 고려사항을 이해한다.

제1절 도시탐색구조(USAR) 개요

1. 도시탐색구조의 개념

도시탐색구조(USAR)란? 지진, 테러, 복합적인 붕괴사고 등에 대응하여 요구조자탐색 및 구조활동을 하는 일련의 절차, 즉 각종 건축물의 붕괴 또는 파손으로 인명피해가 발생한 재난현장에서 매몰되거나 부상을 당한 요구조자를 안전하고 신속하게 찾아내고 구조해 내는 일련의 활동으로 건물붕괴 대응기술과 더불어 로프구조기술, 수난구조활동, 맨홀구조, 폐쇄 공간구조 등의 복합적인 구조기술을 말한다.

지진, 홍수, 폭풍 등 자연적 원인에 의한 붕괴는 사고지역이 광범위하며, 사상자 또한 넓은 지역에 광범위하게 나타나며, 화재, 폭발, 부실공사 등 인위적 원인에 의한 붕괴는 피해 범위가 좁고 사상자는 작은 공간에 밀집해 나타나는 것이 특징이다.

붕괴사고 대응을 위해서는 건축구조의 재료성상 및 건축방식, 하중의 원리 및 붕괴유형에 대한 기본개념에 대한 이해가 매우 중요하다.



2. 국외 도시탐색구조의 유래

1988년 아르메니아 대지진 피해시 인도적 차원의 국제구조출동을 하였던 국가들을 중심으로 1991년 유엔 인도주의업무조정국 산하의 비공식기구로 국제탐색구조자문단(INSARAG)이 창설되었는데, 이것의 의미는 대규모 인명피해로 피해국의 역량이 재난대응에 속수무책인 상황에서 지원국들이 나름대로 인명구조 및 구호, 복구 등에 최선의 노력을 경주하지만 국가, 인종, 언어, 문화 등 전혀 다른 다양한 사람들이 모여 재난대응을 하다 보니, 일사분란한 현장대응을 할 수 없었다는 교훈에서 출발한다는 점이다.

특히 지진과 그로인한 동시다발적인 건물붕괴로 수천, 수만 명의 희생자가 동시에 발생한 경우, 이에 대한 효과적인 초기대응의 필요성에 대한 공감대가 형성되면서 유엔 INSARAG의 개념은 우리나라를 포함한 많은 나라들로 확산되어 가입국의 수가 계속 늘고 있는 추세이다.

태평양지진대에 자리 잡고 있는 미국은 일찌감치 연방비상관리청(FEMA)을 중심으로 도시탐색구조대를 편성운영하고 있으며, 캐나다, 영국, 호주, 뉴질랜드 등이 INSARAG가이드라인에 준하여 비슷한 제도를 운영하고 있다.

미국의 경우 연방정부차원에서 100~300여명으로 구성된 28개의 도시탐색구조팀을 데스크포스 형태로 운영하고 있는데, 평시 각 지역의 소방구조대 소속으로 활동하는 팀 중 도시탐색구조의 역량과 자격을 갖춘 우수한 팀이 선별되어 FEMA 팀으로 활용하는 구조를 지니고 있다. 즉 평시 지방정부의 책임하에 운용되다가 대규모 재난발생시 FEMA의 지휘권하에 놓이게 되는 시스템으로 우리나라의 중앙구조대와 유사한 역할을 하고 있는 팀이다.

3. 국제도시탐색구조의 개요

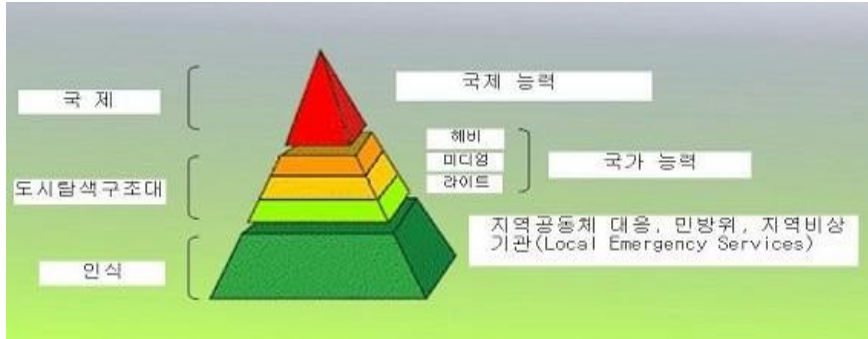
국제도시탐색구조란 대규모 해외 재난 시 INSARAG 가이드라인에 따라 재난국에서 작전을 수행하는 도시탐색구조를 말한다. 이는 국내도시탐색구조와는 달리 국제표준인 INSARAG 가이드라인에 따라 인력과 장비를 갖추고 국외에서 수행하는 인도주의적 인명구조활동이다.

우리나라는 2012년 INSARAG External Classification(IEC, 외부등급분류)에서 최고등급인 상급(Heavy등급)을 획득함으로써 국제표준에 부합하는 인력과 장비를 갖추고 국제도시탐색구조활동에 임할 수 있게 되었다.



도시탐색
구조

[그림 4-1] 국제 도시탐색구조대응 체제



제2절 용어의 정의

붕괴사고 대응활동이란 건축물 또는 공작물의 붕괴 또는 파손으로 발생하는 화재, 위험물 누출 등 2차 재난을 진압하고, 인명피해가 발생한 현장에서 매몰되거나 부상 등을 당한 요구구조자의 긴급탐색구조와 응급처치활동 그 밖의 긴급한 조치들을 말한다.

[그림 4-2] 아이티 지진 건물붕괴 현장





1. 재 난

“재난”이란 국민의 생명·신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 다음 각목의 것을 말한다.

- 태풍·홍수·호우(豪雨)·폭풍·해일(海溢)·폭설·가뭄·지진·황사(黃砂)·적조 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해
- 화재·붕괴·폭발·교통사고·환경오염사고 그 밖에 이와 유사한 사고(국가 또는 지방자치단체 차원의 대처가 필요한 인명 또는 재산의 피해)
- 에너지·통신·교통·금융·의료·수도 등 국가기반체계의 마비와 전염병 확산 등으로 인한 피해

2. 붕 괴

“붕괴”란 허물어져 무너짐이란 뜻으로 포개어 쌓이거나 짜인 물건이 자연적 원인 또는 인위적 원인으로 인한 충격에 의하여 본래의 형태를 잃고 주저앉거나 떨어져 흩어지는 현상을 말한다.

3. 건축물

“건축물”이란 토지에 정착하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 부수되는 시설물, 지하 또는 고가의 공작물에 설치하는 사무소·공연장·점포·차고·창고 등을 말한다.

4. 탐 색

“탐색”이란 드러나지 않은 사물이나 현상 등을 찾아내거나 밝히기 위해 살피어 보는 것으로서 여기서는 구조대원이 자신의 오감이나 특수한 장비 및 탐색견 등을 이용하여 요구 조자의 위치 및 상태를 밝혀내는 것을 말한다.

5. 구 조

“구조”란 사람의 신체적 위험상황 즉, 화재 및 기타 재해 또는 사고에 의해 자력으로 탈

4

출하는 것이 곤란한 자의 생명·신체를 지식·기술·체력 및 각종 장비를 활용하여 안전한 장소로 구출하는 일련의 행동 과정이다.

도시탐색
구조

6. 크리빙(Cribbing)

“크리빙”이란 중량물(붕괴구조물, 차량 등)이 더 이상 내려앉지 않도록 목재 등을 활용하여 격자 형식으로 쌓아 하중을 안정화 하고 지탱하는데 활용하는 지주설치법 또는 그 지주 자체를 말한다.

7. 쇼어링(Shoring)

“쇼어링”이란 지진, 테러 등 재난에 의한 건축물의 외벽, 천정, 창문, 바닥 등을 안정화 내지 강화하기 위해 목재 등을 활용하여 버팀대를 세우는 작업을 말한다.

제3절 건축물 특성의 이해

1. 건축재료

건축재료는 건축물을 짓는데 사용되는 근본이 되는 것들로서 다음과 같이 구분한다.

가. 사용목적에 의한 분류

- 구조재료(건축물의 뼈대 - 기둥, 보, 벽체 등 내력부분을 구성하는 재료) - 목재, 석재, 콘크리트, 철강 등
- 마감재료(내력부분 이외의 칸막이, 장식 등을 목적으로 하는 바닥 등의 내외장재) - 타일, 유리, 금속판, 도료 등
- 차단재료(방수, 방습, 차음, 단열 등을 목적으로 사용하는 재료) - 아스팔트, 시일링재, 페어글라스, 글라스울 등
- 방화·내화재료(화재의 연소방지 및 내화성의 향상을 목적으로 사용하는 재료) - 방화문, 석면시멘트판, 암면 등

나. 화학조성에 의한 구분

- 비금속 : 석재, 흙, 콘크리트, 도자기류
- 금속 : 철강, 알루미늄, 철근, 합금류
- 천연재료 : 목재, 대나무, 아스팔트, 섬유판
- 합성수지 : 플라스틱재, 도료, 실링재, 접착재

다. 건축부위에 의한 분류

구조체, 지붕, 바닥, 외벽, 내벽, 천장 등과 같이 사용되는 각 부위의 특징이나 요구 성능 등에 기초를 두어 분류한다.

이밖에 제조분야별 분류로서 천연재료와 인공재료, 건물의 공사 구분에 의한 분류로서 토공사, 기초공사, 골조공사, 설비공사, 창호공사, 도장공사 등이 있다.

2. 건축 재료의 특성

건축 재료에는 앞에서 알아본 것처럼 여러 가지가 있으나 그중 주요 재료인 콘크리트, 철강, 목재의 특성은 다음과 같다.

가. 콘크리트

콘크리트는 보통 시멘트콘크리트를 말하는 것으로서 시멘트, 자갈, 모래, 물 및 약간의 공기가 혼합된 건축 재료로 다음과 같은 특성이 있다.

- 화재 및 압착에 저항성이 강하다.
- 장력 및 전단 하에서는 약하다.
- 시간이 지날수록 계속 단단해진다.
- 매우 무겁다($1\text{m}^3 = \text{약 } 2,500\text{kg}$)

또한 콘크리트는 수화작용으로 굳어지는데 일단 물이 마르면 콘크리트는 금이 가지만 이것이 반드시 파손을 의미하는 것은 아니다. 그리고 콘크리트는 압착에는 강하나 장력에는 약해서 이를 보완하기 위해 콘크리트 보강용 강철심을 콘크리트 보, 기둥, 바닥에 필수적으로 사용한다.



나. 철강

철강은 원소로서의 철과 그 이외의 금속원소를 함유하고 있는 것으로서 크게 탄소강, 특수강, 주철 등으로 분류되고 고층 건축 재료로 주로 쓰이며 그 특성은 다음과 같다.

- 부수지 않고 굽히거나 펼 수 있다.
- 화재 및 압착에 저항성이 강하다.
- 열, 소리, 전기를 쉽게 전도한다.

다. 목재

목재건축물에 주로 쓰이는 목재는 다음과 같은 특성이 있다.

- 자르기 쉽다.
- 가볍다.
- 절연성이 뛰어나다.
- 부서질 때 삐걱 이는 소리(경고음)가 난다.
- 내화성이 없다.

3. 하중

건축물에 작용하는 힘을 하중 또는 외력이라고 하며, 건축물 붕괴에 주요 요인으로 작용하는데, 대표적인 것으로서 다음과 같은 것들이 있다.

- 고정하중 : 건축물의 자중이나 마감 등 건물에 고정된 하중
- 활하중 : 사람이나 물건 등 움직일 수 있는 하중
- 적설하중 : 쌓인 눈의 하중
- 풍하중 : 바람의 압력에 의한 하중
- 지진하중 : 지진의 발생으로 건축물의 흔들림에 의해 생기는 하중

4. 기본응력

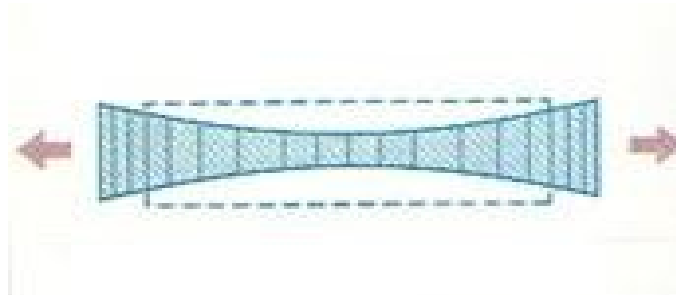
힘이 어떻게 작용하느냐에 따라서 건축자재에 미치는 영향이 다르며 과도한 힘의 작용은

결국 건축물에 대한 피해로 이어지기도 하는데 이러한 힘의 작용형태에 따른 기본 응력은 인장력, 압축력, 전단력, 휨응력의 4가지로 구분 된다.

가. 인장력(引張力)

인장력이란 부재를 양측으로 서로 끌어 당겨서 늘어 날때 발생하는 힘입니다. 직사각형 단면의 길이가 10m인 보의 중간을 누른다면 아랫부분은 인장력이 발생하고 윗부분은 압축력이 발생 합니다. 콘크리트는 현대 건축, 구조물에 광범위하게 사용되는 재료로서 형성이 용이하고 압축강도가 뛰어나 많은 곳에 사용되지만 인장강도는 압축강도의 1/10도 안된다는데 있습니다. 따라서 길이 10m 의 직사각형 콘크리트 보를 만들어 위에서 누른다면 바닥 면에는 균열이 발생하게 됩니다. 이 단점을 보완하기 위해서 철근을 집어넣습니다. 즉 현재 사용되는 철근콘크리트(Reinforced concrete)가 만들어진 이유입니다.

[그림 4-3] 인장력 발생

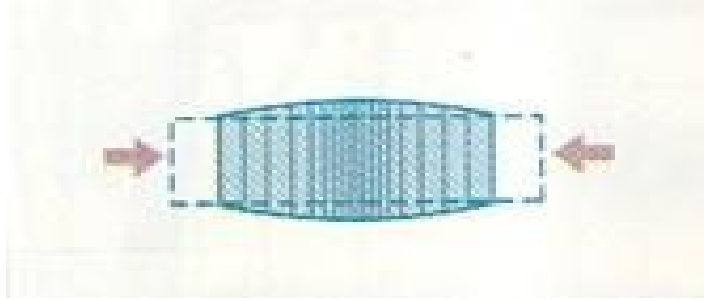


나. 압축력(壓縮力)

물질에 압력을 가하여 용적을 축소시키는 힘으로 자재를 압착하거나 압축하는 힘이며 과도한 압축력이 발생하면 자재는 부서진다.



[그림 4-4] 압축력 발생



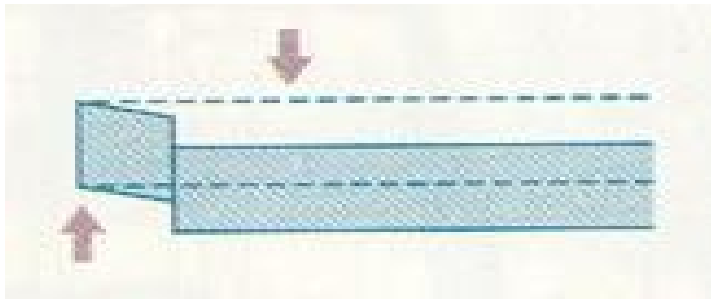
도시탐색
구조

다. 전단력(剪斷力)

물체의 어떤 단면에 평행으로 서로 반대방향인 한 쌍의 힘을 작용시키면 물체가 그 면을 따라 미끄러져서 절단되는 것을 전단 또는 층밀리기라고 한다.

이때 받는 작용을 전단작용이라 하고, 이와 같은 작용이 미치는 힘을 전단력이라고 한다. 전단력에 의해서 물체 내부의 단면에 생기는 내력(内力)을 전단응력(剪斷應力)이라고 하며, 단위면적당의 힘으로 표시된다.

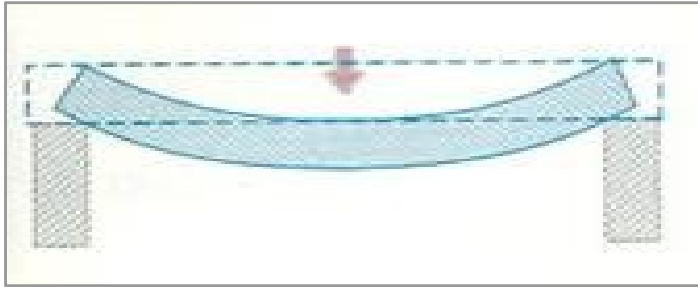
[그림 4-5] 전단력 발생



라. 휨 응력

물체를 굽히려는 힘 모멘트에 의해 발생하는 응력을 말하며, 구부릴 때 발생한다.

[그림 4-6] 힘 응력 발생



누르는 힘을 압축력이라 하는데, 대부분 중력방향 즉 위에서 아래로 가해지는 힘을 말한다. 줄다리기처럼 양쪽으로 당기는 힘을 인장력이라 하고, 가위처럼 자르는(끊는) 힘을 전단력이라 한다. 그리고 야구의 스윙이나 걸레를 짜는 듯이 비틀거나 회전에 의한 힘을 (휨)모멘트라 한다.

5. 건축구조의 형식

건축구조는 건축의 하중을 지지하는 골조, 즉 뼈대를 말하나 넓게는 비골조적 요소를 포함하는 것으로서 형식에 따라 다음과 같이 나눌 수 있다.

가. 골조구조

골조구조란 수평의 보와 수직의 기둥이 강접합된 장방형 격자로 이루어진 구조형식으로 사무소 건물이나 학교건물 등에 많이 사용되고 있다.

나. 벽식구조

벽식 구조란 수직의 벽체와 수평의 바닥슬래브로 이루어진 구조로 보나 기둥이 없으며, 아파트나 호텔같이 고정된 공간분할 형태를 가지며 벽이 많은 건물에 사용된다.

다. 트러스 구조

트러스 구조란 2개 이상의 직선부재의 양단을 마찰이 없는 힌지로 연결해서 삼각형의 단위공간으로 만든 구조물로서 체육관, 공장 등에 사용된다.



라. 케이블 구조

케이블구조란 재료가 갖고 있는 인장력만을 이용하여 구조물을 축조한 형태로 현수 구조라고도 한다.

도시탐색
구조

마. 아치구조

아치구조란 압축력만으로 외력에 저항할 수 있도록 유도한 곡선형태의 구조를 말한다.

바. 기타

그 외의 형식으로서 평판을 접어서 사용한 절판구조, 조개껍질 모양의 쉘구조, 텐트나 풍선모양의 막구조 등이 있다.

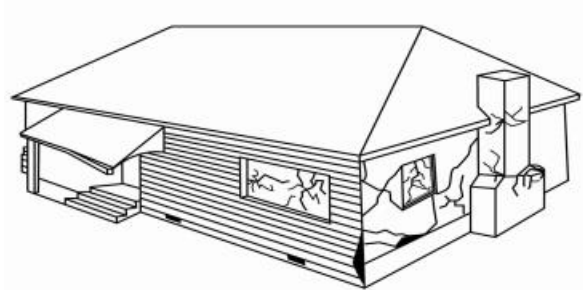
6. 건축구조의 종류 및 붕괴징후

건축구조의 종류는 구조체의 재료, 형식, 시공과정 등에 따라 분류할 수 있으나 여기서는 건축물 붕괴와 비교적 관련이 많은 구조체의 재료에 의한 분류 및 각 유형별 붕괴징후에 대하여 알아보기로 한다.

가. 목조

목조건축은 벽체, 마루, 지붕 등의 뼈대를 나무로 짜서 만든 구조로서 단독주택이 많은데 이들의 주요 결함은 벽과 접합부에서 발생한다.

[그림 4-7] 목조 건축물의 붕괴징후

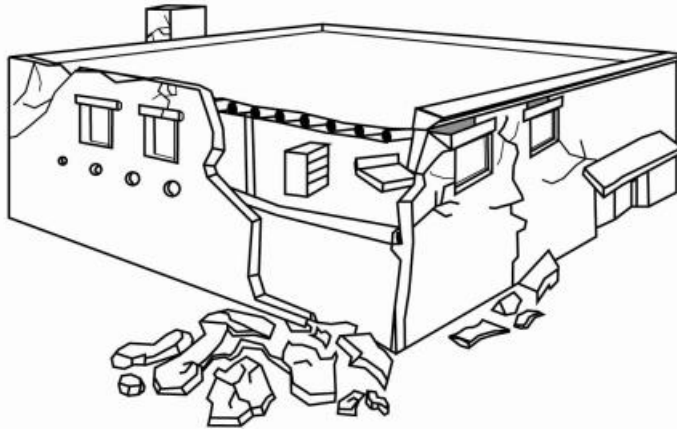


이러한 목조 건축물의 붕괴가 우려될 경우, 안전성을 평가할 때에는 심하게 금이 간 부분은 없는지, 벽체의 기울기, 건축물 기초의 들뜬 상태 또한 복 층 건물에서는 1층의 안전성 등에 대하여 알아보아야 한다.

나. 조적조

이 건축물은 조적 벽판 및 목재 바닥판으로 되어 있으며 주거용·상업용·공업용·공공 시설용으로 주로 사용되는데 이러한 건축물의 붕괴가 우려될 경우, 안전성을 평가할 때에는 흉벽과 장식용 조적의 헐거워짐이나 파손, 벽판과 바닥판 간 접합부의 파손 또는 벽 구석에 금이 갔다거나 바닥이 부분적으로 붕괴되어 불안정하게 지지되고 있는 부분은 없는지 등에 대하여 확인해야 한다.

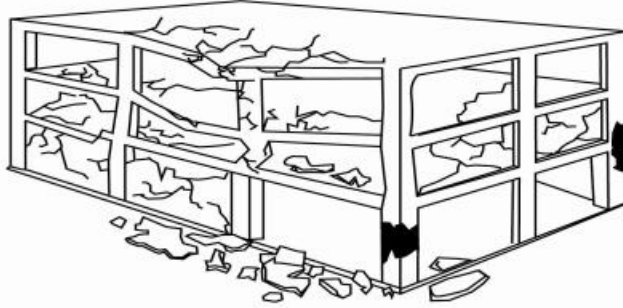
[그림 4-8] 조적조 건축물의 붕괴장후



다. 철근콘크리트

이 유형의 건축물은 콘크리트 틀을 갖고 있으며 주거용·상업용 또는 산업용(고속도로 상 콘크리트교)으로 사용되는데 이러한 철근콘크리트 건축물의 붕괴가 우려될 경우, 안전성을 평가할 때에는 기둥 보강재 내 콘크리트 함유, 각 바닥 선에서 기둥의 균열, 지지 기둥 근처의 대형 보 내 대각선상전단 균열, 전단벽의 균열 등에 대하여 확인해야 한다.

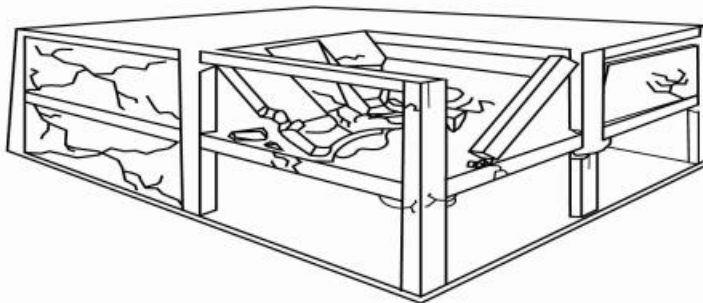
[그림 4-9] 철근콘크리트 건축물의 붕괴장후

도시탐색
구조

라. 프리캐스트 콘크리트(Pre-Cast Concrete)

이 유형의 건축물은 상당한 중량의 바닥판 및 몇 개의 중량 벽판을 갖는 건축물로 주로 상업용·주거용으로 쓰이며 프리캐스트 주차시설을 포함한다. 이 건축물의 대체적인 주요 결함은 부분 판의 상호 접합부에서 발견된다. 즉 벽판 또는 보와 슬래브가 연결되는 부분, 기둥에 보가 연결되는 부분, 슬래브에 벽판이 연결되는 부분 등이며 프리캐스트 건축물의 붕괴가 우려될 경우, 안전성을 평가할 때에는 벽판의 심한 균열, 기둥/보의 접합부 용접 파손 및 코벨(corbels/내물림구조)의 균열, 결합부 상부 및 하부 기둥의 균열, 바닥판의 벽판 접합부 및 전단벽 접합부 상태 등에 대하여 확인하여야 한다.

[그림 4-10] 프리캐스트 콘크리트 건축물의 붕괴장후



마. 기타 유형

이밖에 철골조, 철골철근콘크리트조가 있는데 붕괴위험과 안전성은 축조방식에 따른 취약부분에 대하여 중점적으로 확인 후 평가하여야 한다.



제4절 건축물 피해와 붕괴유형

1. 피해구분

건축물 피해는 구조적 및 비구조적 피해로 나뉜다. 구조적 피해는 건축물의 구조적 요소에 영향을 주며, 비구조적 피해는 건축물의 비구조적 요소에 영향을 미친다.

가. 구조적 피해

- 건축물 전체 붕괴
- 바닥판, 지붕판, 벽판의 기울어짐
- 바닥판, 지붕 판의 무너짐
- 기둥의 부서짐(1개 층 또는 그 이상)
- 기둥·바닥 슬래브·지지벽판 내 균열
- 건물 기초의 균열
- 승강기 통로의 균열

나. 비구조적 피해

- 구조적 피해 외의 일반적 균열
- 건축물 외관 및 외장의 균열 또는 파손
- 계단실의 파손
- 전기·가스·상하수 시설의 피해
- 건축물 표지판 및 발코니 피해

2. 붕괴유형

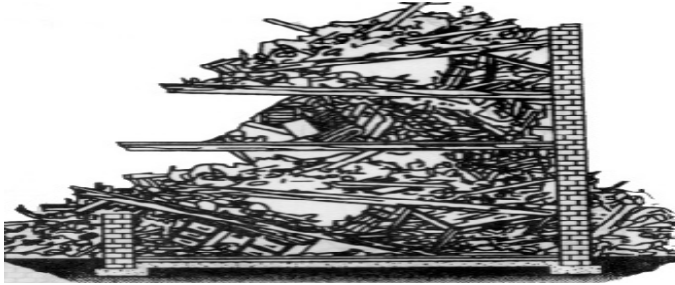
가. 캔틸레버형(Cantilever)

한쪽 벽판이나 지붕 조립부분이 무너져 내리고 다른 한 쪽은 원형을 그대로 유지하고 있는 상태로서 이러한 붕괴는 어떤 충격에 의하여 한 쪽 벽판의 갑작스러운 탈락이 원인이며, 이때 요구조자가 생존할 수 있는 빈 공간은 각 층마다 골조나 튼튼한 가구류



부근에 형성된다.

[그림 4-11] 캔틸레버형 붕괴

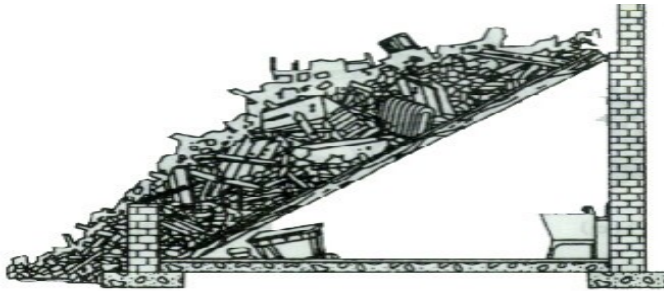


도시탐색
구조

나. 기댄형(Lean-to)

벽판, 바닥판 또는 지붕의 한쪽이 완전히 떨어져 내리고 반대쪽은 여전히 지탱되고 있는 상태에서 지지벽이 무너지거나 한쪽 바닥판의 분리가 그 원인이며 요구조자가 생존 가능한 곳은 붕괴 결과로 생긴 삼각형 모양의 빈 공간이다.

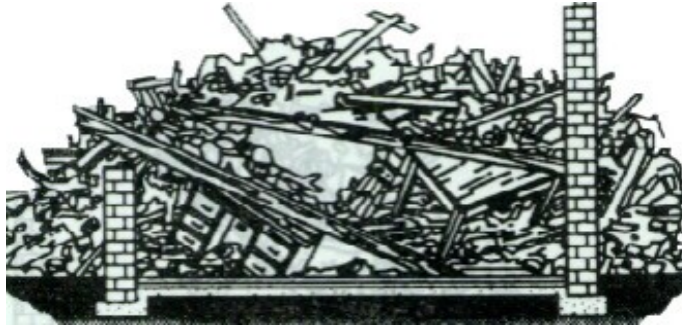
[그림 4-12] 기댄형 붕괴



다. 팬케이크형(Pancake)

몇 개의 바닥 슬래브가 완전히 떨어져 내려 겹겹이 쌓인 상태로 내력벽이나 기둥이 모두 붕괴되었을 때 나타나는 형태이며 지진이나 부실공사 등이 원인이고 요구조자가 생존 가능한 빈 공간은 기둥부분, 대형시설물의 부근 등에 작게 형성된다.

[그림 4-13] 팬케이크형 붕괴



라. V형(V-shape)

바닥판이 중앙부의 지지력 결함 또는 과부하로 인해 중앙부가 붕괴되어 생기며 요구 조사가 생존 가능한 빈 공간은 V형태 잔해의 양쪽 아래 벽 부분이다.

[그림 4-14] V형 붕괴



1. 재난현장 인명탐색

지진이나 초대형건물의 붕괴로 인하여 수많은 사람들이 콘크리트 더미 등의 구조물에 매몰된 재난재해 상황에 대응하기 위해서 본격적인 인명구조 작업 착수 전에 현장 정보수집 및 공유를 통한 적절한 탐색계획의 수립이 성공적인 인명구조 작업의 시발점이 된다.

IT 기술의 눈부신 진전에 힘입어 실시간으로 촬영된 재난현장 항공사진의 Web 공유가 가능한 21세기에도 지진과 쓰나미, 각종 테러 등에 대한 원천적인 차단대책은 아직 없으므로 재난현장 매몰 요구조자를 신속·안전하게 구조할 수 있는 인력 및 장비와 기술을 확보하는 일의 중요성은 이미 각종 대형재난 대응사례를 통해 입증된 사실이라고 할 수 있을 것이다.

도시탐색구조(USAR)의 발전은 아르메니아 대지진 이후 UN OCHA 산하 INSARAG 발족 등 국제재난대응 협력체제 강화 및 최근 도시탐색구조대 등급분류 평가제도, 구조건 국제재난현장 투입인증시험제도 등 역량검증을 통한 차별화의 가속화로 삼풍백화점 붕괴이후 중앙119구조대 등 특수구조기관 발족 이후 훈련시설 및 시스템 도입이 제한되어 있는 국내 소방기관에 시사하는 바 크다.

도시탐색구조 환경에서 만약 요구조자의 위치가 확인되지 않는다면 그를 구조할 방법이 없게 되므로 탐색역량의 중요성이 부각될 수밖에 없다. 그러므로 소방방재 정책을 담당하는 기관의 도시탐색구조 역량강화에 필요한 인력·시설·장비·예산 등에 대한 국가 정책적 차원의 체계적 지원이 절실한 상황이며, 도시탐색구조 현장실무를 담당하는 중앙119구조대 등 각급 구조대는 시스템 운영의 최적화를 위한 교육훈련 및 전문요원 양성이 요망된다.

현장지휘관 혹은 구조대장은 최선의 구조 활동을 위한 정보수집, 탐색지역(장소, 건물)의 결정 및 효율적인 탐색계획을 수립하는 것이 무엇보다 중요하다.

가능한 모든 탐색방법을 동원하여 안전하고 효율적인 장비와 절차를 적절히 활용하여 철저한 탐색을 통하여 요구조자의 위치를 확인하는 것은 궁극적으로 구조물의 안정화 이후 구명 및 구출작업에 이르는 일련의 도시탐색구조 절차의 전개단계로서 그러한 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 기술의 습득이 요구된다.

- 도시탐색구조 조직구성 및 활동방법
- 건물표식체계
- 도시탐색구조 상황의 안전조치



○ 요구조사 탐색 및 위치확인 절차

○ 도시탐색구조 장비, 도구 등 사용법

파손 혹은 붕괴된 건축구조물이 많은 대규모 재난발생의 경우 구조물에 대한 분류작업이 우선 선행되어야 한다. 이 분류 작업은 광범위한 재난현장에서 탐색범위와 장소의 우선순위를 정하는 정찰작업과 동시에 이루어진다. 국내재난의 경우 해당지역 소방본부(서)의 119 구조대 및 119안전센터 등 선착대가 하여야 할 기능이며, 국제적인 재난의 경우에는 현지 소방서, 군 등 지역비상관리기관(LEMA)이 1차적인 임무를 수행할 것으로 기대되나 각국 도시탐색구조팀의 전문적인 기술적 평가가 요구되는 부분이기도 하다.

도시재난환경에서 안전하고 효율적인 인명탐색구조활동을 하기 위해서는 도시탐색구조대 각 요소간의 긴밀한 협력이 요구된다. 탐색활동은 구조임무의 시작단계에서부터 착수되어 건축물이 평가되고 해체되고 다른 곳으로 이동된 후 재탐색이 이루어지기 때문에 철수 단계까지 계속된다.

또한 탐색활동에 활용되는 장비의 종류 및 방법은 매우 다양하므로 전 대원은 인명구조견 및 탐색장비에 대한 기본적인 이해와 더불어 각 장비의 장단점에 대한 폭 넓은 이해가 필요하다.

충분하고 적절한 탐색작업을 하기 위해서는 상당한 시간을 요하므로 피해건물이 많은 경우에 논리적인 접근방법이 필수적인 까닭에 과거에는 재난발생 초기에 건물에 대한 탐색의 우선순위를 정하는 방식이 이용된 반면 현재의 접근법은 최단시간에 가장 많은 생존자를 구조할 수 있는 방법, 즉 단순한 상식에 근거한 수치적 분류법을 적용하여 요구조자의 발견 확률 및 구조성공 기대치가 가장 높은 곳을 우선적인 탐색대상 건물로 분류하는 것이 탐색 우선순위의 핵을 이룬다. 이러한 분류를 위한 1차적인 정보는 현장도착 이전에 이미 확보되어 있을 것이 요망된다.

많은 건물이 붕괴된 장소나 초대형 건물이 붕괴된 현장에 투입이 결정된 도시탐색구조대는 건물분류 임무수행을 위하여 사전정찰 임무의 수행이 요구된다.

사전정찰팀은 탐색팀장(1), 인명구조견전문가(2명), 기술적탐색전문가(1명), 의료전문가(1명), 건축물전문가(1명), 유해물질전문가(1명), 구조전문가(2명)를 기본으로 상황에 따라 적절히 구성하여 탐색대상 지역이나 건물에 대한 탐색, 정찰, 평가활동을 수행하며, 건물의 일련번호, 유해성 평가 및 표식, 1차적인 탐색활동 및 그 결과에 대한 표식 등의 임무를 수행한다.

탐색활동을 진행할 때에는 특히 다음 사항에 주의하도록 한다.

○ 탐색시간 최소화를 통한 생존확률 제고



- 부적절한 언행 삼가 및 요구조자 안심
- 최악의 상황에서도 성공할 수 있다는 긍정적 자세
- 요구조자에 대한 희망의 메시지 전달
- 언어장벽(language barrier)의 확인 및 해소
- 구조대원 신분 확인 및 차분하고 자신감 있는 음성과 언어
- 요구조자에 관한 정보 확보하기
- 가능한 한 신속하게 응급처치
- 다른 요구조자 존재 여부와 그들의 상태에 대한 질문
- 생존자에게 구조작업 상황 고지
- 주위환경으로부터 가능한 많은 보호 제공
- 친척 또는 친구 등의 직·간접 개입 고려

2. 육체적 탐색기법

육체적 탐색기법이란 재난발생 직후 초동 대응하는 지방 119구조대원 및 안전센터 화재 진압대원 등 선적대의 1차적인 탐색방법으로 주로 인체의 감각기관인 시각과 청각을 이용하여 요구조자의 위치를 확인하고 구조하는 방법을 말한다.

하지만 전문적인 탐색장비가 없는 상황에서 부분붕괴로 인하여 여러 격실과 수많은 공간들이 있는 대형건물의 경우 요구조자 발견에 실패하지 않기 위해서는 현장에서 탐색하는 대원들의 조직적이고 체계적인 활동이 요구된다. 현장지휘관 혹은 구조대장은 일체의 작업을 중지시키고 조용한 가운데 구조대가 도착하였음을 소리쳐서 알리고, “제 소리가 들리면 도와달라고 외치거나 무언가 두드려서 소리를 내 보세요”라고 외치도록 한다.

육체적 탐색기법의 특징은 다음과 같다.

- 주간에 실시하여야 효과적임
- 가용자원으로 쉽게 진행가능
- 최소한의 훈련을 요함
- 도시탐색구조대가 도착하기 전에 이루어짐



- 쉽게 접근가능한 표면의 요구조자 탐색에 적합
- 꼼꼼한 탐색을 위해 빠짐없이 탐색하며, 2차 탐색이 요망
- 안전담당, 구조물전문가, 유해물질전문가 등 배치 필요
- 현장 표식 및 기록 요망, 표면의 요구조자 후송 조치
- 수시로 “고함”을 이용하여 요구조자 위치 확인

가. 시각탐색

시각을 통한 공간탐색은 다음과 같이 이루어진다.

- 구조 활동 초기부터 시작되어 수시로 진행
- 중복을 피하고 조직적이고 체계적인 작업이 효율적
- 단시간에 많은 요구조자의 위치를 확인할 수 있는 방법 시도
- 생존가능성이 높은 곳 우선 탐색
- 피해건물 내부 및 주변에서 활동 시 안전을 최우선으로 작업

1) 탐색순서

- 생존가능성이 높은 곳 고려
- 건물의 용도 확인 (사무실, 학교, 집, 상가 등)
- 붕괴 발생시간
- 동료, 친지, 이웃 등 생존자 면담
- 현장지도 및 건물도면 확보
- 본 건물의 아래층 및 출구로 이어진 통로 등 확인
(대피 중 매몰되거나 혹은 건물이 붕괴되면서 추락 가능성)

2) 유의사항

- 요구조자의 위치가 확인된 경우
 - 가장 안전하고 신속한 방법으로 탐색하여 구조
 - 구조작업이 지연되며 어려운 현장은 전문적인 자원 요청
 - 요구조자의 위치 및 상태 등에 관하여 보고



- 다른 요구조자 탐색작업 개시
- 요구조자의 위치가 확인되지 않은 경우
 - 모든 방과 접근 가능한 공간에 대하여 체계적으로 탐색
 - 개구부 활용 및 바닥/지붕 천공 후 확인
(하중이 걸려 있는 벽체에 대한 천공은 위험할 수 있음)
 - 측면 진입보다 구조물의 상부에서 진입하는 것이 보다 안전

3) 시각탐색의 장단점

- 장점
 - 전문적인 대원, 구조건, 정교한 전자장비를 요하지 않음
 - 현장에 있는 사람들이 특별한 훈련 없이 간단한 교육을 통해 바로 2명씩 짝을 이루어 시·청각을 이용한 탐색작업 가능
- 단점
 - 건물내부의 공간에 접근이 곤란한 상황이 많음
 - 구조물의 불안정성으로 인하여 대원의 안전 위험

나. 청각탐색

시각적 공간탐색의 한계가 있기 때문에 청각을 이용한 육체적 탐색방법이 병행되어야 한다. 청각탐색은 2명 이상씩 짝을 이루어 시각탐색과 더불어 하거나, 여러 명이 진열을 갖추고 격자형으로 나아가며 소리를 확인한다. 방법은 주변의 모든 소음을 차단한 상태에서 호루라기 등으로 신호를 보낸 후 숨을 죽이고 요구조자의 소리를 확인하여 2명 이상이 소리를 들은 경우라면 그 가운데 지점을 요구조자의 위치로 정하는 것이다. 붕괴의 유형에 따라 벽 들을 두드리는 것이 보다 잘 들릴 경우도 있으므로 상황에 맞는 방법을 이용하도록 한다.

1) 청각탐색방법의 장단점

- 장점
 - 전문요원, 구조건, 정교한 전자장비를 요하지 않음
 - 최소 2명 이상으로 구성하며, 특별한 훈련 없이 바로 투입가능
 - 요구조자에게 필요한 조치를 취하거나 정보를 얻을 수 있음

- 음파탐지장비와 병용하여 효율을 높일 수 있음
- 짧은 시간에 많은 범위를 커버할 수 있고 야간작업 가능

○ 단점

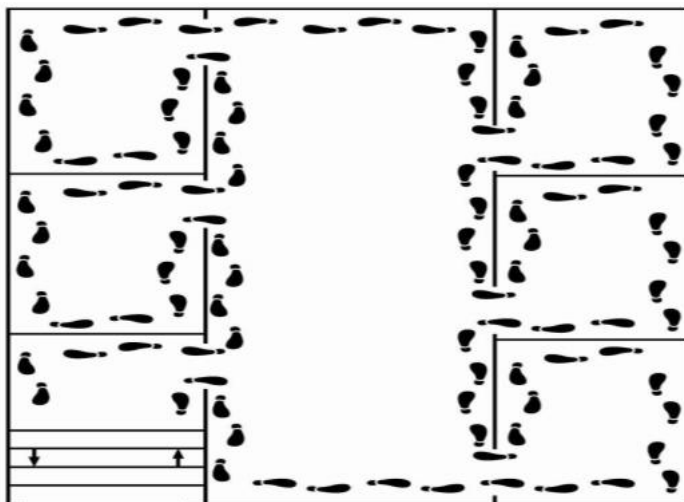
- 요구조자의 정확한 위치확인이 어려울 수 있음
- 무의식자, 병약자, 유아 등에 적용곤란
- 음성이나 두드리는 신호가 너무 약해 듣기 어려운 경우가 있음

2) 방과 격실이 많은 건물에서의 행동요령

방이 많은 건물을 탐색하는 방법은 기본적으로 각 층별로 구획을 정하고, 복도를 기준으로 좌우측에 방문들이 연이어 있는 경우에는 먼저 좌측의 방들을 차례로 탐색한 후 우측 방들을 탐색하거나, 또는 그 역순으로 탐색을 실시하면 탐색지역을 빠트릴 가능성이 낮아질 수 있다.

- ① 대원의 기본적인 수색전술은 “항상 오른쪽으로 진행하라” 이다.
- ② 건물 진입 후 접근 가능한 모든 구역이 탐색될 때까지 오른쪽 벽을 눈으로 확인하거나 손으로 터치하여 진행하다 시작점으로 돌아온다.
- ③ 탈출할 필요가 있거나 진입한 방향을 기억할 수 없다면 돌아서서 왼쪽 손으로 같은 벽을 터치하거나 눈으로 확인하면서 탈출한다.

[그림 4-15] 방이 많은 건물 탐색





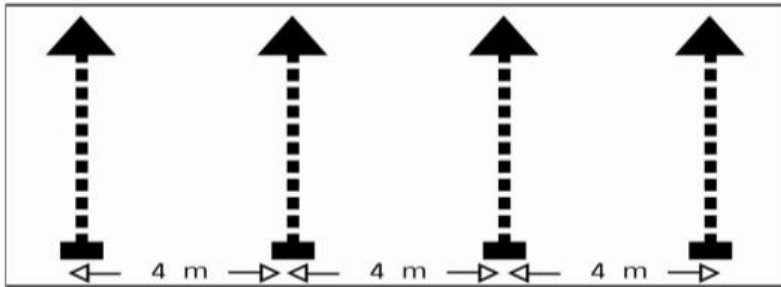
도시탐색
구조

3) 건물내부의 넓은 공간 - 선형탐색

강당(auditorium), 카페(cafeteria) 및 구획이 없는 사무실에서는 선형탐색을 이용한다.

- ① 3-4M 간격의 일직선으로 정렬한다.
- ② 반대편에 이르기까지 전체 개활 구역을 천천히 진행한다.
- ③ 양끝의 대원은 “우 진입-우 진행법”을 이용 주변의 방을 탐색한다.
- ④ 이 절차는 반대방향으로 반복될 수도 있다.

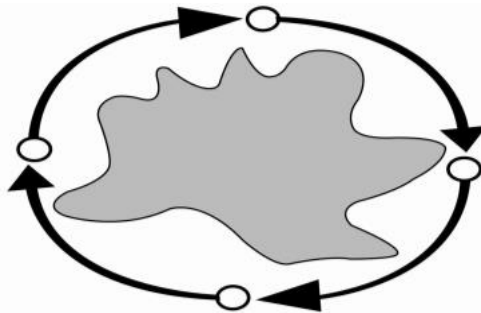
[그림 4-16] 넓은 개활지 탐색



4) 주변 탐색

이 탐색법은 붕괴구조물 상부에서의 잔해더미 탐색이 불가능하거나 안전하지 못할 때 사용될 수 있다.

[그림 4-17] 주변 탐색



- ① 탐색대원 4명이 탐색지역 둘레로 균일한 거리로 위치를 잡는다.
- ② 적절한 탐색기법을 사용하며 모든 탐색대원은 시계방향으로 90° 회전한다. 이 절차는 모든 대원들이 4회 이동이 끝날 때까지(자기의 처음 위치로 돌아올 때까지) 반복한다.

[그림 4-18] 붕괴구조물 인명탐색활동



3. 인명구조견 탐색기법

인명구조견 탐색기법은 개의 후각을 이용하여 인체에서 발생하는 고유한 냄새를 매개로 요구조자의 위치를 판별하는 것이다. 이를 위해서는 약 2년간의 인명구조견 양성과정을 통해 탐색능력을 확보한 공인구조견과 이를 전문적으로 관리하고 운용할 수 있는 핸들러의 역량과 팀워크가 매우 중요하다.

인명구조견은 생명체이지만 소방기관의 인명구조장비 중 탐색용 보조 장비로 운용되고 있으며, 이는 실종된 요구조자의 위치확인에 후각을 통한 냄새식별이 중요한 단서를 제공하며 견 후각능력을 대체할 수 있을 정도의 첨단기술이 개발되어 있지 않기 때문이다.



탐색능력이 검증된 공인구조견은 지진, 붕괴 등 대규모 매물현장에서 불안정한 지형, 좁은 틈새를 자유롭게 이동하면서 신속하게 요구조자의 위치를 식별하는 임무를 수행하게 된다.

가. 냄새이론과 후각반응

냄새는 후각을 자극하는 물질로서 개가 후각자극물질을 감지하는 과정은 특정한 물질분자가 공기 중에 섞여 있거나 공기를 따라 이동하다 비강 내의 후각세포에 접촉하여 후각신경을 자극하면 이 정보를 대뇌에 전달하고 뇌에서는 그 성질을 분석하여 특정한 냄새로써 가치를 부여한다. 따라서 냄새를 발산하는 많은 물질들은 휘발성을 가지며 휘발성이 강할수록 강한 냄새를 풍긴다. 냄새를 표현하는 이름은 자연계에 있는 물질을 사람의 경험과 연결하여 땀 냄새, 노인 냄새, 꽃향기와 같이 추상적으로 그 특성을 말하는데 정확히 표현하면 우리의 후각을 자극하는 복합적인 물질 중에서 가장 강한 물질의 냄새인 것이다. 냄새는 발산하는 물질의 특성을 동물의 뇌에서 화학적으로 분석하여 분류하므로 화학적 구조가 유사하면 동일한 냄새로 감지된다.

인체에서는 분당 40,000개 정도의 미세입자가 끊임없이 박리 이탈되고 있으며 미세하지만 독특한 냄새를 함유하고 있는 이것들은 공기의 흐름과 더불어 공중으로 확산된다.

또한 재난현장에서 붕괴된 건축물의 콘크리트, 벽돌, 목재 등 더미 밑에 매몰되어 있는 요구조자의 경우 붕괴더미의 틈새로 공기의 유통이 있는 상황이면 그 공기에 요구조자의 취기가 실려 같이 이동하게 되므로 탁월한 인명구조견의 후각은 요구조자의 부유취를 통해 냄새의 원천을 찾을 수 있게 된다.

후각기관이 냄새를 맡는 기전은 후각세포를 자극하는 물질이 이동하여 후각점막에 접촉되면 그 자극이 후각신경을 통하여 대뇌에 전해져서 후각자극물질을 분석하고 판단하게 된다. 또한 후각세포는 매우 민감해서 한꺼번에 많이 맡거나 같은 냄새를 오랫동안 맡으면 후각피로현상이 나타나 그 냄새를 맡는 것이 어려워진다.

후각기관의 외부는 크게 코 평면의 피부조직인 비경과 콧등 그리고 액단으로 구성되어 있다. 비경은 개의 신체기관 중에서 온도가 가장 낮아 약 22℃ 정도이고 일반적으로 검정색이나 자신의 털색과 같은 색을 띤다. 비경은 얇지만 튼튼하고 비경 내부 측면의 비강선에서 액체를 분비하여 건강한 상태라면 항상 촉촉하게 젖어 있다. 이처럼 비경표면이 젖어 있으면 냄새 분자가 잘 접촉되고 바람의 방향을 감지하는데 유리하다.

콧등은 비경 끝에서 액단이 시작되는 부위까지로 코 내부의 비강을 둘러싸고 있는데, 후각세포가 주로 몰려 있는 곳은 액단 하부이다. 후각기관의 기능을 담당하는 내부 구조는 비강, 비강점막, 제이콥슨 기관, 후각세포, 후각신경 등으로 이루어져 있다.

인명구조건의 탐색능력 향상 훈련은 엄밀히 말하면 개의 후각능력을 키우는 것이 아니고 뇌의 기능을 개발하는 것이라 할 수 있다. 후각 자극물질을 파악하는 신경세포는 대뇌피질에 많이 분포하고 표면은 회색을 띤 회백질이다. 대뇌피질은 다시 정신적인 지각역할을 수행하는 신피질과 정서와 생득적인 반사 그리고 냄새를 담당하는 고피질로 구분한다. 하등한 척추동물일수록 고피질의 비율이 높아서 후각기능이 발달되어 있는데 개는 고피질이 분포한 전두부가 대뇌 전체의 약 30%를 차지한다. 대뇌의 전체적인 용량은 체중의 1/150~170로 동일체중의 인간에 비해 1/4정도로 작다.

실험결과에 의하면 일반적인 사역견의 경우 20여개의 서로 다른 단어를 구별할 수 있는 학습능력이 있으며, 일부 천재적인 견종에는 50여개 이상의 단어를 구별할 수 있는 견종도 있다고 한다.

나. 냄새전이(Scent Transport)

냄새가 바람을 통하여 이동하는 것을 냄새전이라고 하며 이것은 다음의 몇 가지 독특한 형상으로 나타난다.

- 코닝(Coning) : 냄새가 발원지로부터 풍하의 방향으로 원뿔 상으로 확산되며, 가장 기본적인 냄새전이의 유형이라고 할 수 있다.
- 패닝(Fanning) : 통상 일출직전과 맑은 밤에 나타나며 냄새확산의 원뿔이 수직으로 늘리거나 수평으로 납작하게 늘려서 나타난다.
- 퓨미게이팅(Fumigating) : 윗부분의 안정화된 차가운 공기와 지면의 불안정한 따뜻

한 공기가 혼재되어 있는 오전에 주로 발생하는 현상으로 냄새가 따뜻한 공기를 타고 내려가므로 아래쪽이 보다 고농도의 냄새를 발산하므로 하방형 냄새원뿔 모형이 된다.

- 로프팅(Lofting) : 퓨미게이팅과 반대되는 모형으로 지면의 안정은 요구조자의 취기가 흐르는 공기와 상층의 불안정한 공기가 떠도는 현상이며, 지면은 차가우나 불안정한 따뜻한 공기가 상층에 떠돌아다니므로 냄새원뿔이 상방형이 되고 핸들러는 보다 높은 지역을 수색하여야 한다.
- 루핑(Looping) : 대류현상과 더불어 발생하며 햇볕이 지면에 닿아 냄새가 일어날 때 나타나는 현상이다. 상층의 보다 차가운 공기에 의해 냉각된 후 본래의 지역과 떨어진 곳에 다시 내려오는데 이러한 상승과 하강의 사이클이 여러 번 반복됨으로 견은 요구조자와 다소 떨어진 거리에서 냄새의 콘을 탐지하게 된다.
- 에딩(Eddying) : 냄새가 각이 있는 모퉁이를 휘감아 돌며 전이될 때 나타나는 현상으로 냄새가 건물이나 장애물의 모퉁이에서 회전하며 계속 축적되는 현상을 말한다.

붕괴지에서의 인명구조견 탐색 개념은 커다란 콘크리트 덩어리 혹은 견고한 슬래브 주위의 냄새채널을 통해 요구조자의 냄새가 피어나오는 곳을 견이 감지하게 되는 것이다. 냄새는 부서진 정도가 심하고 구조물의 무게가 더 가벼운 프레임, 목재바닥이 있는 더미, 완전히 파괴된 강화콘크리트, 조립식 콘크리트 건물 등과 같은 곳에서는 상대적으로 균등하게 흐르는 경향이 있다. 따라서 견은 보다 가볍고, 부서진 정도가 심한 구조물에서 냄새의 근원인 요구조자의 위치를 보다 더 잘 감지할 수 있게 된다.

구조물의 절단 및 제거를 통해 관통이 된 구조물에 대한 지속적인 탐색 작업이 이루어지면 요구조자 발견 가능성 및 정보 확보에 큰 도움이 된다. 견고한 콘크리트구조물은 냄새가 여러 층의 표면을 전후좌우로 이동할 수 있고, 요구조자가 위치하고 있는 층까지 도달하기까지 견이 정확한 방향을 감지하기 매우 어렵기 때문이다.

냄새는 단단한 슬래브와 건축재의 큰 덩어리에 의해 생겨난 경로를 통해 이동한다. 이 물질들이 붕괴된 양상에 의해 냄새의 경로가 생성된다. 견을 훈련시킨 이유가 인간 냄새의 가장 강한 농도를 감지하도록 하는 것임을 기억하는 것이 중요하다. 경로와 환경조건, 파괴된 구조물의 양상이 냄새가 고여 있고 발원하는 곳에 커다란 영향을 미친다. 냄새는 이동을 하기 때문에 견이 하는 경보(Barking)가 희생자가 위치하고 있는 정확한 지점과 반드시 일치하지는 않는다. 핸들러는 구조대의 다른 팀원과 협력하여 희생자의 위치를 정확히 찾을 수 있는 다른 기술적 방법을 동원하도록 냄새추적상황에 대한 정보를 제공하는 것이 중요하다. 견이 정확한 위치를 감지하지 못하였다더라도 매몰된 희생자의 존재여부를 확인 하는데 매우 유용하다. 냄새추적상태를 판독하여 요구조자의



정확한 위치를 집어내기 위하여 다른 탐색방법으로 어디서부터 탐색작업을 할 것인지 추가적인 단서를 제공하는 것은 핸들러에 달려있다.

다. 인명구조건 현장탐색전술

광범위한 지역에서 단시간에 요구조자를 탐색하는 데 공인구조건은 최적의 해결책을 제시한다. 협소하거나 불안정한 구조로 대원진입이 곤란한 곳에 언제든 속성수색 및 정밀수색 여부에 관계없이 투입이 가능하다. 구조건 탐색작업 개시에 앞서 탐색범위 내에서 활동하고 있는 사람들을 빠져나가도록 하고, 작업 시 유의사항 등을 알려주도록 한다. 작업 중에는 주변 환경의 위험성을 감안하여 필요시 안전관측자를 배치하거나, 탐색결과와 신뢰도 향상을 위하여 구조건 2두 이상 크로스 탐색이 이루어지도록 전술을 운용하는 것이 보다 효율적이다. 구조건의 상태에 대해 지속적인 관찰을 통하여 피로감, 부상여부를 확인하고, 급수와 휴식을 적절히 안배하도록 한다.

1) 준비단계

인명구조건의 현장 활동 준비단계의 확인사항은 다음과 같다.

- 주의사항 및 통신수단
- 안전지대 및 대피방법
- 탐색범위 및 경계
- 기상상황(시간대, 날씨, 기온, 풍향/풍속)
- 탐색 범위 확인 및 구조건 안전 감독을 위한 구조대원
- 구조물의 유형 및 붕괴유형
- 1차 탐색에 필요한 중요정보

2) 작업시간 및 방법

인명구조건 수색작업은 한 장소에서 작업시간 20-40분 이내를 원칙으로 하며, 작업방법은 1차와 2차 수색으로 구분하여 실시한다.

- 1차 수색 : 정찰 및 건물 분류작업 시 신속하게 구조건 투입 후 견 후각에 의존하여 자유 수색을 하도록 유도하는 방법
- 2차 수색 : 1차 수색 이후 지형과 풍향을 감안하여 격자형 등으로 분할하여 구조건을 이용 정밀수색 하는 방법



3) 탐색시 고려사항

- 핸들러 등 진입대원의 안전성 확보
- 투입하는 구조건의 안전성 확보
- 사전 브리핑
- 가스, 전기, 수도 등 차단여부 및 안전성
- 환경
- 제독

건물붕괴, 지진 등 재난현장에 투입되는 인명구조건은 실제 그러한 상황과 유사한 환경에서 오랜 기간 동안 반복적인 훈련을 통해 현장 활동에 문제가 없을 정도의 일정한 수준에 올라선 개체들로서 국가인증 혹은 국제인증을 받은 개체이거나 소방방재 관련기관에 소속되어 공식적으로 운용되는 개체로 한정하도록 한다.

인명구조건이 투입되는 재난현장은 건물, 콘크리트 붕괴더미, 목재더미, 폭발상황 등 다양한 유형의 환경을 포함하고 있으므로 붕괴더미와 건물내부 상황에서의 특별한 훈련이 필요하다.

4. 기술적 탐색기법

기술적 탐색기법은 음파, 전파/레이더, 영상과 관련된 전자탐색장비를 동원하여 기술적으로 요구조자의 위치를 식별해내는 탐색기법을 말한다. 이를 위해서는 장비에 대한 전문지식과 특수한 교육을 받은 탐색전문가 및 특수 제작된 각 탐색장비의 보유가 선결되어야 할 것이다.

음파장비는 요구조자의 SOS 신호를 감지하는 데 필요한 전자청음장비, 전파/레이더장비는 콘크리트 벽 등을 파괴하거나 이동하지 않고도 투시를 통하여 매몰된 생존자의 존재여부를 전파와 레이더 기술로 식별하는 데 필요한 장비, 영상장비는 매몰된 공간의 틈새로 카메라가 달린 봉 혹은 전자내시경 등을 집어넣어 요구조자의 위치를 모니터로 확인하거나, 적외선 원리를 이용 어두운 공간의 요구조자를 온도차에 의해 식별해주는 열화상카메라 등을 말한다.

전자기술의 발전에 힘입어 전자탐색장비도 내구성, 휴대성, 정확성, 신뢰성 등이 계속 향상되고 있지만 다양한 재난현장에서 활용하는 데 많은 제약요인이 있는 것이 사실이므로 장비별 용도와 기능에 맞추어 활용하도록 하며, 특히 장비성능의 한계를 고려하여 적절한



장비, 적절한 모델을 선정하여 이용하고 인명구조건을 적극 활용하여 미흡한 부분을 보충할 수 있도록 하여야 할 것이다.

기술적 탐색기법에 운용되는 음파, 전파, 영상의 원리를 이용한 장비의 용도 및 사용법에 대한 세부적인 사항은 다음과 같이 설명되어질 수 있을 것이다.

가. 열화상카메라

소방방재용 열화상카메라는 농연 속이나 건물붕괴로 매몰된 장소의 어두운 곳에 있는 생존자를 주변과의 온도차에 의해 영상으로 탐색하는 장비이다.

휴대 및 보관이 용이하고 즉석에서 바로 운용이 가능하며 운용방법도 간단한 장점이 있지만, 콘크리트 등 각종 장애물이 막고 있으면 영상결과물을 얻을 수 없으며, 장애물이 없는 개방된 공간일지라도 움직이지 않는 사망한 요구조자에 대하여 주변온도와 큰 차이가 없다면 판별하기가 쉽지 않은 단점이 있다.

1) 작동원리 및 현장적용

“모든 물체는 생물이나 무생물이거나 각각의 온도에 따라 적외선 에너지를 방출하고 있다”는 원리를 응용하여 물체의 적외선 에너지 강약을 초전기의 광자효과를 이용하여 가시광선의 강약으로 바꾸어 화상으로 표시하는 장비로서 렌즈, 모니터, 콘트롤러, 손잡이, 전원부로 나누어지며 전지의 사용시간은 1~1.5시간이다.

- 보이는 화상은 렌즈로 들어오는 적외선 에너지의 단순한 흑백영상이며, 카메라는 모든 주위 온도에 관계없이 각 물체와 주위환경 사이에 상대온도의 차이를 보여주는 것이다.
- 카메라 화상에는 상대적으로 온도가 낮은 물건은 흑색으로 뜨거운 물체는 백색으로 볼 수 있도록 나타난다(예 : 20℃ 방에서는 뜨거운 발열체 100℃는 백색으로 보이지만 250℃ 방에서 발열체는 주위보다 어둡게 보인다).
- 카메라 화상에 대한 감도와 명료도는 현장 여건의 온도와 대상물에 따라 좌우된다. 추운 방에서는 적은 적외선을 방사하여 물체가 에너지를 발하는 더운 환경에서 보다 에너지가 적게 검출된다.
- 일반적으로 현장이 더우면 더울수록 열 생성 비교가 되어 화상이 더욱 상세하게 보인다.



2) 주의사항

- 유리, 아크릴 등은 긴 파장의 적외선이 투과되지 않으므로 문을 통해서 탐색하는 것은 불가능하며 거울 및 광택이 있거나 도색된 표면이 있는 환경에서는 반사되는 적외선을 검출하게 되므로 주의하여야 한다.
- 전원을 켰을 때 태양광선처럼 강한 빛을 발하는 물체를 향하면 렌즈에 치명적인 손상을 입는다.
- 인화성 및 폭발성 물질이 있는 위험장소 절대 사용 금지
- 전원을 켜고 약15초 정도의 워밍업 시간이 지나야 화면이 정상적으로 작동한다.
- 매월 1회 이상 10분 정도 작동시켜 기능점검을 하여야 함.
- 보관 또는 상용시 영상표시 액정화면(LCD모니터)은 주위 온도에 민감함으로 영하10℃ 이하일 때는 주의를 요함.

3) 열화상카메라 - Guide IR MOBIR M3

- -20~+250 온도 사용 가능 (40mm 망원렌즈 장착가능)
- 256 level, 5 가지 팔레트의 색상 선택
- 감별온도 : 0.1℃ 이상 온도차, 자동 최대온도 추적기능
- 수동 초점 , 자동 최대온도 추적기능
- 장비 메뉴 및 분석소프트웨어 한글지원 , 중량 0.265kg

[그림 4-20] Guide IR (MOBIR-M3) 열화상카메라



4) 열화상카메라 - Argus 4 HR 320

- 800℃ 온도 사용 가능
- 흑색 백색 적색 등 색상 선택
- 감별온도 : 0.1℃ 이상 온도차
- 자동감지(조정시력)
- 내부냉각장치(고온 사용 가능)

[그림 4-21] Guide IR (MOBIR-M3) 열화상카메라



5) 열화상카메라 사용방법

- ① 중앙의 적색 파워 버튼을 눌러 전원을 공급한다.
- ② 전지 용량이 충분한지 점검한다.
- ③ 콘트롤 버튼을 이용하여 적합한 화면 상태를 조정한다.
- ④ 스크린 중앙의 타깃을 이용 물체의 온도를 측정한다.
- ⑤ 줌 기능을 이용 4배까지 확대가 가능하다.

6) 주의사항

- 인화성, 폭발성 물질이 있는 위험장소에서 사용하지 말 것.
- 현장 투입 전 전원을 켜고, 나올 때까지 상태를 유지할 것.
- 전원을 ON했을 때 태양광선 등 강한 빛을 향하면 안 된다.
- 검댕이, 기름 등 카메라 렌즈 오염에 유의할 것.

나. 매몰자영상탐색장비

도시탐색
구조

지진 현장이나 건물 혹은 구조물의 붕괴현장에서 요구조자가 매몰되어 있을 것으로 추정되는 곳이 있을 경우 지름 10Cm 정도의 붕이 들어갈 수 있는 작은 틈새 혹은 구멍에 초소형카메라와 마이크/스피커 등이 부착된 프로브를 삽입하여 요구조자 존재 여부를 확인할 수 있도록 고안된 첨단탐색장비를 매몰자영상탐색장비로 통칭하며, 국산 서치탭 시리즈와 미국의 서치캠 시리즈가 많이 활용되는 모델이다.

이 장비는 휴대가 간편하며, 초소형카메라를 이용하여 육안으로 확인하는 것과 흡사한 결과물을 소형 모니터로 실시간 확인할 수 있으므로 요구조자 존재여부를 비교적 쉽게 판별할 수 있을 뿐 아니라 어두운 공간은 붕 끝에 부착된 전자조명을 활용하여 식별이 가능하고, 요구조자가 의식이 있고 말을 할 수 있는 상황이라면 마이크로 상호 교신도 가능하다.

[그림 4-22] 서치탭 시리즈(ST-5C)



사망한 요구조자에 대하여도 적용성이 있으나 장비를 삽입하기에 적합한 틈새나 구멍이 없으면 콘크리트 벽 등에 코어드릴 등의 장비로 구멍을 만들어 확인해야 하는 불편함이 있다.

1) 서치탭(ST-5C) 장비규격

- 영상신호 : NTSC Color 방식
- 조명방식 : LED 램프 또는 할로겐 램프
- 고감도 콘덴서 마이크 사용



- 탐색봉의 길이 : 219cm
- 헤드부의 직경 : 5cm
- 회전각 : 상하 280°
- 중량 : 2.5kg
- 무선A/V 송출기 사용 가능
- 배터리 사용시간 : 1시간 20분(3시간 충전)
- 카메라는 빛에 매우 민감하여 밝은 빛이나 햇빛 아래에서는 모니터 상에 이상 현상이 생길 수도 있다.
- 섭씨 -10°C이하의 기온에서 작동할 때 배터리의 내구성이 감소되므로 가능하다면 배터리는 상온을 유지해야 한다.
- 카메라조작은 조작스위치로만 작동한다.
- 생활방수는 설계되어 있으나 물속에 잠기게 해서는 안 된다.
- 서치탑 신축봉은 도체여서 전류가 흐르는 전선에 닿을 경우 신축봉의 어느 부분이라도 전류가 흐르는 곳에 접촉을 하게 되면 감전 위험이 있으므로, 구조작업 현장에서 전기가 차단되었는지를 명확히 확인하여야 한다.

2) 서치탑(ST-5C) 사용방법

- ① 배터리를 조정기에 삽입하여 연결한다.
- ② 액정모니터를 탐색봉 홀더에 고정하고 A/V단자를 연결한다.
- ③ 헤드폰을 단자에 연결 후 착용한다.
- ④ 탐색봉 및 모니터의 전원 스위치를 ON 시킨다.
- ⑤ 액정모니터에 화면이 나타나면 탐색을 실시한다.

3) 주의사항

- -10°C 이하에서 작업 시에는 배터리의 보온 및 워밍업 시킨다.
- 카메라 헤드는 손으로 움직이지 말고 작동스위치를 이용한다.
- 습기나 강한 비에 노출을 피하여 사용한다.



다. 전자내시경

도시탐색
구조

산업용, 의료용 장비로 각광 받고 있는 전자내시경은 구조현장에서 진입이 곤란하거나 육안으로 내부 상황을 확인할 수 없는 환경에서 붕괴구조물의 틈새 혹은 코어드릴로 관측구멍을 뚫어 프로브를 삽입하여 내부를 용이하게 관찰할 수 있는 탐색장비로 최근에는 디지털전자내시경이 주로 이용되고 있다.

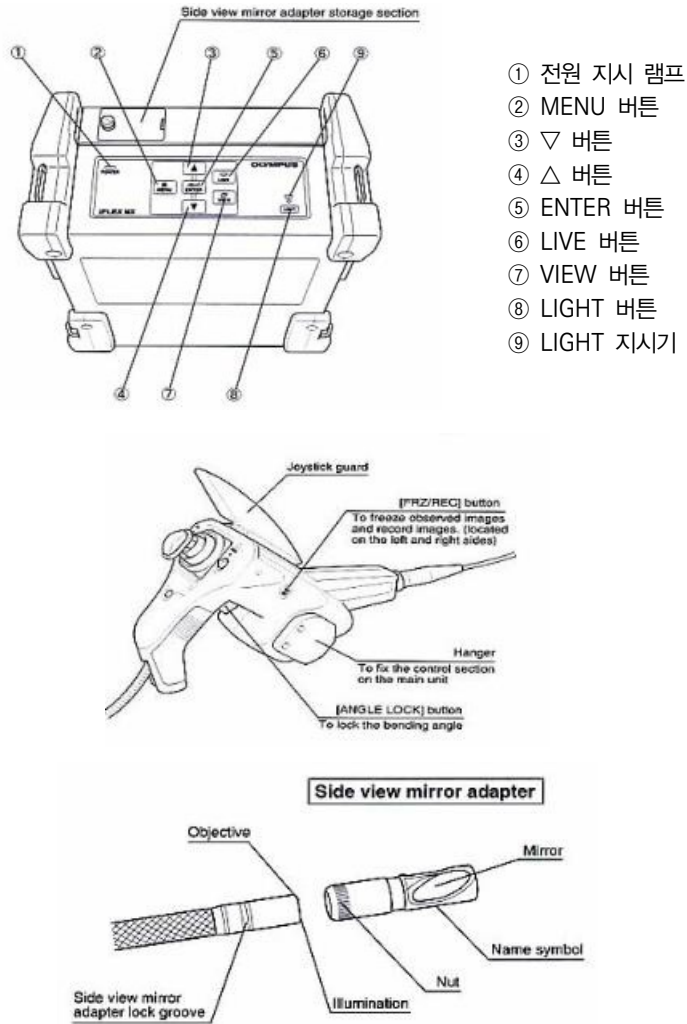
1) 디지털전자내시경(XL675-IPLEX)의 규격

- 일반적인 원리는 전자내시경 카메라와 동일
- 탐색 중 실시간 촬영 디지털이미지 리코딩(정지화면 200장)
- 4방향으로 각도 조절 가능 (상하좌우 120도)

[그림 4-23] 디지털전자내시경(XL675-IPLEX)



[그림 4-24] 디지털 전자내시경의 외형과 본체 주요기능



2) 전자 내시경탐지기(XL-675, IPLEX) 사용방법

- ① 휴대용 배터리를 견고하게 장착 후 본체를 걸착 한다.
- ② 전원Cable을 전원선에 연결한다.
- ③ 프로브를 꺼내어 편다.
- ④ 전원 S/W를 ON시킨다.
- ⑤ 조명조정 장치를 돌려 원하는 광양을 선택한다.



- ⑥ 모니터에 영상이 잘 나타나도록 조절한다.
- ⑦ 프로브의 삽입부분을 개구부에 삽입하여 탐색한다.

3) 주의사항

- 프로브가 심하게 꼬이거나 끊어지지 않게 주의한다.
- 카메라팁 주위의 안전선은 손으로 만지지 않는다.
- 할로겐램프 교환 시 면장갑을 착용하고 할 것

라. 지중음파탐지기

매몰되어 고립된 사람의 고함이나 신음, 두드림 등의 신호를 보낼 수 있는 생존자를 찾아내기 위하여 개발된 장비를 지중음파탐지기라고 한다. 이 장비를 이용하면 붕괴구 조물 안의 생존자의 음성, 음향(acoustic sound)과 미세한 진동음(seismic sound/vibrations) 까지 감지할 수 있다. 넓은 영역의 음파 주파수를 필터로 걸러낼 수 있고, 소음이 없는 환경에서 최적의 성능을 발휘할 수 있다.

신속탐색 및 광역/격자탐색 모두 사용가능하다. 사람이 두드리는 신호는 인공적인 음파(진동)로 간주되는데 지하, 석조 건물, 부서진 암석이나, 잔해에서 혹은 흙 속에서 나오는 극히 작은 음파(진동)는 지진과 유사한 파동으로 전파된다. 이들 파동의 전파는 전파 매체에 크게 의존하는데 콘크리트 바닥의 경우 두드리는 신호에 의해 생성된 파동은 약 5,000m/sec의 속도와 100Hz 이상의 주파수로 전파된다. 탐지기는 수백 미터 떨어진 이러한 진동을 감지할 수 있다. 험거운 토양이나 부서진 잔해에서의 전파 속도와 주파수는 10배 가량 줄어든다.

어떠한 신호에 의해 야기된 지중음(진동)을 들을 수 있도록 하기 위해 고도로 음파(진동)에 민감한 동적 변환기인 지오폰이 사용된다. 이들 변환기에 의해 생성된 전기 신호는 증폭기에 의해 증폭되고 헤드폰(가청범위의 주파수), 신호송신기(저주파수의 진동)와 레벨지시기로 평가할 수 있다.

매우 민감한 마이크로폰인 공중음 센서에 의해 소리를 수신할 수 있으며, 좁은 공간을 통해 넣을 수 있다면 인터콤 시스템을 통해 갇힌 사람과 대화도 할 수 있다.

이 장비는 매우 민감한 센서를 이용하여 1Hz의 저주파에서 3,000Hz의 음파를 탐지하여 생존자를 찾는 특성상 사용 시 주위 환경에 많은 영향을 받으므로 센서를 중심으로 반경 100m이내에는 어떠한 움직임이나 소리를 내어서는 안 된다.

1) 생존자탐지기 - LD3/6(Life Detector)의 규격

[그림 4-25] LD3-B(Life Detector)



- 탐지주파수 : 1~3,000Hz - 음향센서 : 200~3,000Hz
- 진동센서 : 1~3,000Hz ○ 공중음센서 : 2~3,000Hz
- 저역필터기능 : 100Hz ○ 증폭범위 : 120dB
- 고역필터기능 : 600Hz ○ 사용가능온도 : -20℃~50℃
- 기록 기능 : 탐지내역을 15초단위로 300초 순환방식 저장
- 전원 방식 : 충전용 리튬이온 팩 만충시 약 2.6시간 사용
- LD3-6(Life Detector)디스플레이 인터페이스

2) 지중음파탐지기(LD3-6) 사용방법

- ① 배터리를 DI 우측 배터리 하우징에 삽입
- ② DI센서포트에 진동센서/음향센서를 케이블로 연결
- ③ 각 센서의 간격을 3~10m 이내로 지면에 안정되게 설치
- ④ 현장상황에 따라 상호교신이 가능한 음향센서 사용
- ⑤ 헤드폰 연결
- ⑥ DI의 전원 버튼 ON 시키면 LED에 불이 들어 옴



- ⑦ 레벨지시기 하단에 불이 들어오면 센서와 연결 상태 확인
- ⑧ 센서 연결 및 탐색 시작 시 주변의 모든 작업 중단
- ⑨ 필터링 S/W를 조작 잡음이 적은 주파수대 선택
- ⑩ 바 그래프 강도가 높은 부분의 센서를 선택, 집중 탐색

3) 주의사항

- 진동/음향 센서는 한 시스템에서 동시 사용 시 오작동 가능
- 연결케이블 커넥터는 절대 돌려서 삽입하면 안 됨
- 시스템 작동 중 추가센서 설치 인식 못하는 경우 전원 재부팅
- 센서는 생활방수 가능, 물속 사용 불가 - 센서를 케이블로 연결 시 마지 막 센서 연결부분 보호용 캡으로 덮을 것
- 음향센서 하우징의 마이크 부분에 이물질이 쌓일 경우 헤드 스피ンを 분리, 이물질 제거 후 다시 사용
- 사용 후 배터리 분리하여 충전시킨 후 보관
- 센서는 습기나 오염물질에 노출되지 않도록 보관

마. 전파탐색장비

전파탐색장비는 건축물 등 각종 붕괴더미에 깔려 요구조자의 위치확인이 안 되는 상황에서 생존자를 탐색할 수 있는 장비로서 사람의 움직임, 호흡, 심장박동을 송출된 전자파가 감지하여 변조되는 레이더의 기초원리를 응용하고 있다.

매몰된 생존자가 있을 것으로 추정되는 방향으로 송신기를 설치하고, 마이크로파대의 전파를 방사하여 매몰된 생존자의 호흡에 의한 움직임을 반사파로부터 검출하는 것으로 그 생존을 탐사한다.

전 세계의 일부 특수한 도시탐색구조팀 등에서 PLS 시리즈와 Life Detector 시리즈가 제한적으로 이용되고 있으며, 본 서는 Life Detector 시리즈를 중심으로 기술하기로 한다.

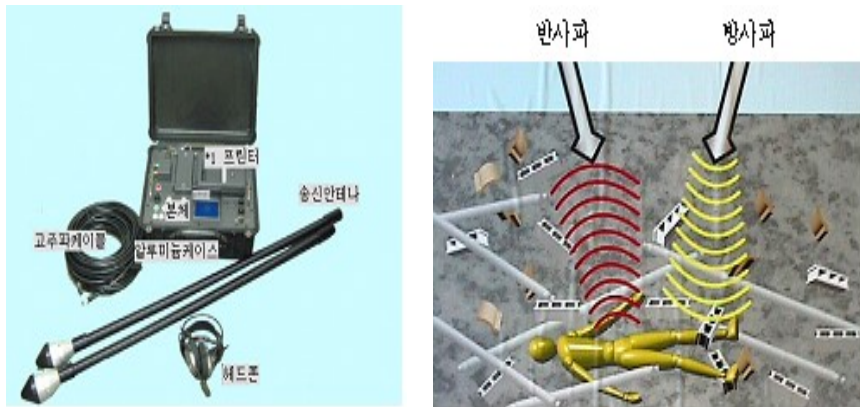
1) 동작원리

라이프디텍터는 파괴된 건물, 잔해 등 속에 마이크로파대의 전파를 방사하여 매몰된 생존자의 호흡에 의한 움직임을 반사파로부터 검출하는 것으로 그 생존을 탐

색한다.

이것은 전파식 생체변의계의 일종으로서 탐색대상이 되는 생체에 미약한 전파를 방사하여 그 반사파를 해석하며 생체의 호흡 및 심박에 따른 변의를 검출하는 “의상 간섭법”이란 예민한 검출법을 사용하고 있다.

[그림 4-26] LD2 장비운용원리



즉, 연속적인 파형의 상단과 하단의 차이의 폭을 파형의 간섭으로 검출하여 검출된 변의를 모니터 상에 파형으로 표시하고, 음의 변화로 출력할 수도 있다. 이런 파형과 소리로부터 변의 상태를 알 수 있다.

2) 시스템 특징

- 독특한 안테나 모형 (삽입식안테나/Wall 안테나)
 - 운용자의 움직임 등 간섭 최소화, 고감도의 전파 변의값 취득
- 운용의 편리성
 - 컴퓨터, 프린터, 모니터 등 기기 한대로 모든 업무수행 가능
- 용이한 식별방식
 - 모니터상의 파형 혹은 음향으로 쉽게 생존자 유무 식별

1. 접근전략 및 기술

가. 접근전략

탐색이 끝나고 요구조사 위치가 확인되면 요구조사에게 접근하는 방법을 결정해야 한다. 요구조사에게 접근 하는 방법은 수직접근과 수평접근이 있다.

1) 수직접근 : 위에서 아래로 접근하는 방법

- 수직의 접근구를 만들기 위하여 바닥면에 적절한 크기의 모형을 그린다.
- 절단하여 들어낼 조각의 중앙에 작은 구멍을 내도록하여 절단부위를 들어올리는데 사용한다.
- 절단부위가 아래쪽으로 떨어져 내리는 것을 방지하기 위하여 사각형의 마주하는 두 방향을 작은 각에서 수직각이 70~80°가 되도록 절단한다.
- 남은 두 방향을 정상적인 수직 형태로 절단하여 네모꼴을 완성한다.
- 그 다음 중앙에 난 구멍을 이용하여 조각을 들어낸다. 만일 톱날의 깊이보다 콘크리트가 더 두껍다면 끌질을 하여 조각을 완전히 깨어낸 다음 들어내도록 한다

[그림 4-27] 수직접근



2) 수평접근 : 측면에서 접근하는 방법

- 접근구를 만들기 위하여 벽면에 적당한 크기의 모양(삼각 또는 사각)을 그린다.
- 선을 따라 절단해 나가되 절단부분이 안쪽으로 떨어져 요구조자를 다치게 하는 것을 예방하기 위하여 상위 두 방향을 작은 각에서 수직각이 80~85°가 되도록 한다.
- 만일 콘크리트가 톱날 도는 드릴 길이보다 더 두껍다면 일단 가능한 깊이까지 뚫은 후 나머지 부분은 끌을 이용하여 바닥부분부터 시작해서 위쪽 으로 조각들을 제거하도록 한다.

[그림 4-28] 수평접근



3) 수직·수평접근의 장·단점

접근방법		
	장점	단점
수직	<ul style="list-style-type: none"> • 작업자의 활동이 자유롭고 접근이 용이하다. • 장비 및 공구 사용이 편리하다. • 여진 등에 비교적 안전하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 파편이 요구조자에게 떨어질 위험이 있다. • 작업시간 소모가 비교적 많다.
수평	<ul style="list-style-type: none"> • 파편이 요구조자에게 떨어질 위험이 거의 없다. • 뚫고 들어가기 쉬워 작업 시간이 단축된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업자의 활동이 자유롭지 못하다. • 장비 및 공구 사용이 불편하다. • 여진 등에 비교적 안전하지 못하다.



나. 접근기술

도시탐색
구조

1) 접근여건 평가

탐색활동을 통해 요구조사 위치가 파악되고 나면 이제 핵심은 요구조사자에게 접근하여 구출해 내는 것인데 이를 위해서는 먼저 접근여건을 평가하여야 하며 이때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 요구조사 위치표식의 정확성
- 접근가능성 및 잔해규모
- 전기, 가스, 상·하수도 시설의 안전성
- 접근장소 주변의 위험요소
- 안전지대 및 탈출로 확보 가능성

2) 잔해제거

요구조사자들이 붕괴건축물 표면 부근의 잔해더미 속에 매몰되어 있을 경우 이들을 구조해내기 위해서는 요구조사 위에 쌓여있는 잔해물을 제거해야 하는데 이때는 조직적으로 차근차근 작업하는 것이 매우 중요하다.

가) 잔해제거 방법

① 선택적 잔해제거

선택적 잔해제거는 요구조사 위치가 확인되었을 때에 그 주변이나 또는 실종자가 발생했을 경우 매몰 가능성이 높은 장소를 선별적으로 정하여 잔해를 제거하는 것으로서 특히 실종자 발생에 따른 잔해제거의 경우는 다음 중 하나 혹은 둘 이상을 조합한 평가에 따라 작업이 진행되어야 한다.

- 실종자가 마지막으로 알려진 위치
- 잔해의 위치와 상태
- 건축물이 붕괴될 때 요구조자가 떨어졌을 것으로 예상되는 방향
- 붕괴에 의하여 형성된 빈 공간
- 기타 요구조자가 대피하여 있을 만한 위치

② 일반적 잔해제거

일반적인 잔해제거는 선택적 잔해제거 등 다른 방법을 이용하고 나서도 아직

실종상태인 사람이 있을 때 실시하는 것인데, 조직적으로 해당 영역을 모두 치워 나가는 작업으로서 만약 주의를 게을리 한다거나 반대로 너무 주의하여 신속성을 잃게 된다면 요구조자는 더 상처를 입거나 사망할 수 있기 때문에 특별히 주의하면서 신속하게 작업한다.

나) 잔해제거에 따른 주의사항

잔해를 제거할 때 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 건축물이 붕괴된 유형을 판별하고 건축물의 구성요소를 확인한다.
- ② 우선 작은 조각들과 위태로운 큰 조각들을 제거하도록 하되 중량을 받고 있거나 그 자리에 빠기 박듯 고정된 조각은 제거해서는 안 된다. 즉 건축물의 안전성에 영향을 줄 수 있는 조각들은 움직이지 않도록 한다.
- ③ 부득이 중량이 걸려있는 조각을 제거해야 할 경우에는 먼저 지주를 설치하여야 한다.
- ④ 하중을 지탱하는 벽들은 절단을 삼가야 한다.
 - 심하게 파손된 패널 벽이 있는 구조물
 - 콘크리트가 헐거워진 부분이 있는 구조물
 - 금이 갔거나 파손된 조립식 패널
 - 금이 간 조적식 벽

2. 천공 및 파괴

천공(뚫기) 및 파괴(깨기) 목적은 요구조자 구조를 위해 확인된 빈 공간으로 접근할 통로를 확보하는 것이다.

도시탐색구조상황에서 어떤 활동도 독립될 수 없으며, 모든 기술들 간에는 상호작용한다.

가. 절차

요구조자 구조를 위하여 건축물의 벽 또는 바닥을 깨거나 구멍을 뚫을 경우도 있는데 이때는 반대편에 직접 요구조자가 있을 수 있다는 점을 감안하여 그들에게 부상을 입히지 않도록 특히 주의하여야 한다. 또한 건축물의 주요 구조부, 전선, 용수관 등에 피해를 주지 않도록 너무 깊이 절단하는 것은 피해야 한다.



그리고 상황에 맞는 적절한 장비 및 공구를 선정하여 이것들의 능력과 한계를 숙지한 후 능력범위 안에서 작업해야 한다.

1) 절단 및 구멍 뚫기 절차

- 개인보호장구 완전 착용
- 알맞은 공구 선정
- 구조대원의 작업환경 확보(환기) 및 위험요인 제거
- 파괴유형 선정
- 적절한 방법과 도구 선택
- 절단한 조각은 제거하고, 날카로운 모서리, 금속에 대한 안전조치
- 필요한 경우 지주설치
- 접근 확보
- 요구조자 구조

2) 천공 및 파괴 도구들

천공 및 파괴 도구들은 강도와 직립 하에 있는 크고 작은 콘크리트 덩어리들을 제거하는데 사용된다. 파괴 및 천공 도구들은 절단제거 혹은 꺾매기 기술과 같은 압착제거방법이 콘크리트에 가해질 때 가장 효과적이다.

- 유압 파괴기
- 수동식(수동식 도구)
- 나무 해머(chipping hammer)
- 회전 해머
- 파괴용 해머
- 콘크리트 절단 도구들

3) 고온 절단 발염방사장치(torch)

고온 절단 발염방사 장비들은 철 보강재, 플레이트, 빔, 케이블 등을 자르는 데 가장 적합하다.

- 산소-아세틸렌/맵 발염방사장치(torch)
- 발열 토치



- 피트로겐(petrogen)

4) 보조 도구들

보조 도구들은 뚫고 깨는 작업을 하는데 필요하며, 작업을 효과적이고 안전하도록 하는데 필요하다.

- 배연 팬
- 발전기 : 전기식/유압식
- 대기 측정기
- 수동식 도구들
- 요구조자 밑에 지지대 설치
- 물통, 스프레이
- 볼트
- 전구 및 부속품들
- 광목지지(Cribbing)
- 연료 및 수리공구들
- 가죽 끈(webbing)
- 소화기
- 도르래 와 로프
- 왕복 톱(reciprocating saw), 리버 절단기(rebar cutters)

5) 공구 및 장비

뚫고 깨는 공구는 체계적 접근으로 사용되어야한다. 하나의 공구 자체로 뚫고 깨는 일을 수행할 수는 없다. 구멍 한 개를 천공 위해 팀은 미리 필요한 공구를 확인해야 한다. 일단 확인된 장비는 가능한 한 신속하고 안전하게 그 작업을 수행할 수 있도록 적절한 사용법과 적절한 순서로 장비를 사용해야 한다. 일반적으로 공구는 다음 항목에서 고장이 발생할 수 있다.

- 절단
- 파괴
- 들어올리기



- 벌리기
- 당기기
- 구멍천공
- 지지

6) 공구의 효과성을 평가하기 위한 일반적 기준

건축물 붕괴작업에 사용되는 장비는 필요한 작업을 수행할 수 있는가를 평가해야 할 뿐만 아니라 믿을만한가, 사용하기 편한가, 피로를 유발하는 요인은 있는가, 작업자와 요구조자에게 위험을 주지는 않는가 그리고 힘든 상황에서 관리가 편한가 등을 평가해보아야 한다. 다음 사항은 평가과정에 도움이 되는 장비평가항목이다.

- 성능
 - 장비는 훈련한대로 현장상황에서도 잘 작동하는가?
- 무게
 - 장비무게는 유사장비와 비교해서 이동성을 제약하는가?
 - 밀폐공간이나 울퉁불퉁한 지면에서 작업하기에 지나치게 무거운가?
 - 한 사람이 안전하게 작업할 수 있는가?
- 동력원
 - 구조작업은 한 가지 형태의 동력원에 의존해서는 안된다. 전기, 공기압, 수력 혹은 연료에 의한 공구의 동력원을 여분으로 고려해야 하고 사전에 작업에 대비한다.
- 현장에서의 유지관리
 - 장비는 구조현장에서 활용되고 유지될 수 있는가?
 - 작업을 위해 얼마나 자주 유지 관리해야 하는가?
 - 유지관리를 위해 필요한 특수 장비는 있는가?
- 구조 작업중에 확인할 사항
 - 장비가 비효과적이어서 대체할 수 있는 방법.

7) 동력장비

이 장비들은 다양한 동력원으로 작동한다. 공기압력, 수력, 연료, 배터리 전기 혹

은 수동으로 작동한다. 작업자는 이들 장비의 가용성에 익숙해져야 하며, 사용전에 제작자가 만든 안전지침을 확인해야 한다. 연료량, 강도, 벨트와 체인의 상태, 칼날, 절단날과 보호대 등에 대한 사전점검이 시동전과 사용 중에 행해져야 한다.

나. 콘크리트구조물을 깨는 방법

콘크리트는 시멘트, 물 그리고 모래, 돌, 자갈 등의 집합물의 혼합물이다. 이 혼합물이 강한 강도를 만들고 건축의 다양한 형태로 사용될 수 있게 한다. 콘크리트는 또한 약점을 가지고 있는데 이를 아는 구조대원은 콘크리트를 뚫는 시간을 줄일 수 있고 가장 효과적인 기술을 적용할 수도 있다.

콘크리트 무게와 치수에 대한 기초지식은 작업과 안전의 관점에서 구조대원에게는 중요하다. 일반적으로 철근콘크리트의 1입방피트(12inches, 30.48cm)는 무게가 약 150파운드(68kg)이다. 이러한 기초정보를 아는 건 구조팀이 어떤 콘크리트를 제거할 때 그 무게가 얼마인가를 재빨리 계산할 수 있게 한다.

콘크리트를 다룰 때 기억해야할 세가지 기본적인 힘(forces)이 있다 인장강도(tension), 전단응력(shear) 그리고 압축강도(compression).

인장강도는 건축물의 각 부분이 당기는 힘이다. 전단응력은 한 부분이 다른 부분에 대응해서 미끄러지려는 힘에 의해 발생하는 강도이다. 압축강도는 서늘 당기는 힘을 말한다. 이 약점은 하중을 견디도록 사용되어지는 콘크리트 보강용 강철봉으로 콘크리트가 보강되었기 때문이다. 콘크리트 보강용 강철봉은 인장력을 제공하고 전단응력에 견디는 능력을 키워준다. 콘크리트 보강용 강철봉을 제거하거나 손상을 입으면 단지 중량물(dead weight)이 된다. 예를 들면, 릴리프 절단이나 한 땀 한 땀 구멍을 내기위해 톱이나 절단기를 사용하는 것은 콘크리트의 압축 강도(콘크리트의 강한 상태)를 제거하고 전단응력을 일으킨다(콘크리트의 약한 상태).

콘크리트 건축양식에 따라 다양한 붕괴건물의 형태를 가지며, 각각의 형태의 콘크리트와 그 특성을 아는 것은 구조대원이 뚫고 깨는 가장 좋은 방법을 계획하는데 도움이 된다.

콘크리트건축은 다음의 6가지 형태로 분류될 수 있다.

- 캐스트 인 플레이스(Cast in place) : 주조할 곳에 부재를 형성하는 콘크리트이다. 일반적인 예는 집을 만들거나 고층건물의 층을 만드는 것이다.
- 프리 캐스트(Precast) : 두어질 곳 보다는 어떤 장소에서 이미 주조된 콘크리트이다. 이는 세계 잡아당겨서 함께 연결되어 있는 한 면 혹은 이중의 T 평면인 경사진



벽면이 될 수 있다.

- 철근콘크리트 : 강철(강철봉)과 콘크리트의 합성물이다. 강철은 콘크리트 자체로는 부족한 유연한 강함을 제공한다. 강철은 또한 압축력 있는 강함을 제공해주기도 한다. 강철과 콘크리트 간의 연결이 끊어지면 건축물의 강도가 사라짐을 기억하는 것이 중요하다. 철근콘크리트의 예는 기둥, 평면 벽, 보, 이중 T 그리고 실질적으로 콘크리트 구조를 가지고 있는 구조물의 모든 부분들이다.
- 프리 스트레스트(Pre-stressed) : 인장을 받는 부분에 미리 압축력을 가하여 하중을 받을 때 미리 인위적으로 만들어 놓은 압축력과 발생된 인장력을 상쇄시키는 것이다. 예를 들면, 큰 하중을 분산시킬 목적의 평면이나 슬래브가 해당된다.
- 프리 텐션드(Pre-tensioned) : “강재를 미리 긴장”시킨 후 콘크리트를 타설하고 콘크리트 경화 후 긴장력을 풀어 프리스트레스를 주는 방법이다. 주로 공장제작에 쓰임.
- 포스트 텐션드(Post-tensioned) : 콘크리트가 경화된 이후 “강재를 나중에 긴장”시킨다. 콘크리트 타설 전 미리 설치해 놓은 슈스에 강재를 박아 긴장력을 준 다음, 모르타르를 부어 콘크리트에 긴장재를 정착시킨 후 긴장력을 풀어 프리스트레스를 준다. 주로 현장제작에 쓰임.
- 강철봉과 강철재 : 일반적으로 철근 콘크리트용 강철봉은 건축형태의 특수한 위치에서 발견된다. 각각의 건축물의 형태와 관련해서 강철봉의 위치, 크기, 두께를 항상 미리 예측할 수는 없다.

효과적으로 콘크리트를 뚫고 파괴하기위해 콘크리트와 건물의 건축형태에 파악하고, 도구를 사용하는 특수기술을 알아야만 한다. 이 기술들은 건축물 형태에 따른 콘크리트의 파괴를 위해 사용된다.

1) 무차별 천공(Dirty Breach)콘크리트구조물을 깨는 방법

수동식 도구의 사용을 포함하여, 크거나 무거운 깨는 도구의 사용으로 한 공간에 신속히 접근하기위해 사용되는 방법. 이 천공을 적용하기 전에 요구조자 위치와 상태에 대해 신중히 고려하여야 한다. 적용 가능할 때 마다 이 작업방법은 신중히 선택해야 한다.

[그림 4-29] 무차별 천공



2) 양각절단(Relief Cuts)

강도 대 전단응력 (tension vs. shear) 이 자르기는 흔히 톱을 사용하고 압착에서 꺼내 깨고 있는 콘크리트에 적용한다. 이 방법들은 정방형 양각 절단, 삼각형 혹은 X자 형 절단. 절단에 의해 생긴 갭은 전단응력이나 강도가 있는 콘크리트의 약한 구조적 안정성이 있는 콘크리트의 태생적 결함을 당신이 활용할 수 있게 한다.

[그림 4-30] 양각절단



3) 사선절단(Bevel Cuts)

이 방법은 들어올리는 작업단계에서 행하는 각이 있는 절단이다. 절단부분은 구멍을 만들어 가능성을 한정함으로써 사선절단은 구조대가 콘크리트를 깊이 자를 수



있게 한다. 이러한 형태의 절단은 요구조자의 상부를 절단할 때 아주 중요하다.

[그림 4-31] 사선절단



도시탐색
구조

4) 단계별 절단(Step Cuts)

이 방법은 판(slab)이 한 번의 톱질로 자를 수 있는 것보다 더 두꺼울 때, 들어 올리는 작업단계에서 사용되는 절단방법이다. 두 번의 절단이 톱의 폭 넓이만큼 서로서로 평행되게 행해진다. 따라서 콘크리트는 흠을 형성하며 두 톱날사이에 쪼개진다. 이 방법으로 톱이 콘크리트를 완벽하게 자를 수 있게 된다.

5) 한 뚝 한 뚝 천공(Stitch Drill)

이 방법은 예비로 선정된 지역을 한 뚝 한 뚝의 형태로 콘크리트를 부분적으로나 완전히 뚫는 구멍천공 방법이다. 이 구멍들은 양각절단(relief cut)과 아주 비슷하다. 여러분이 파괴기를 사용할 때 전단응력이나 강도가 있는 콘크리트에서 사용한다.

[그림 4-32] 한 뚝 한 뚝 천공





6) 쪼이기(Bolting)

이 방법은 다양한 상황에서 사용할 수 있다. 볼트는 영구적으로 혹은 재사용이 가능하다. 대부분의 경우에 볼트는 제거되고 있는 판이나 도구를 지지하기 위한 앵커로서 콘크리트에 설치한다.

7) 습윤(Wetting)

다이아몬드 톱을 사용할 때 도구 부착물 혹은 수동 스프레이 장치의 물을 활용하는 것은 아주 중요하다. 물 사용은 톱날을 냉각시키고 윤활 시켜준다. 이는 다이아몬드가 오염되거나 비효과적하게 되는 것을 방지한다. 또한 먼지를 줄인다.

8) 버닝과 커팅(Burning and Cutting)

발염방사장치(torch)를 부착한 절단(cutting) 기술이며 능숙한 기술자가 되기 위해서는 경험이 필요하다. 발연절단기가 교육훈련한지 몇 분후에 사용할 수 있는 반면에 산소-아세틸렌/맵은 대부분의 지식이 요구된다. 항상!!! 버너 보호안경을 포함한 적절한 개인 보호장비를 착용해야 한다. 작업을 끝내는 데는 단지 강재(slag) 한 조각이면 된다.

다. 콘크리트를 깨는 일반적 기술

콘크리트를 효과적으로 뚫고 파괴하기 위해서 구조대원은 특수한 기술로 장비를 다루는 방법을 알아야 한다. 건축형태에 따른 콘크리트구조물을 파괴하는 기본기술은 다음과 같다.

- 정상적인 작업 중에 장비의 반작용을 예상하고 주의하라. 장비를 묶거나 뒤틀 때 어깨에서 떨어뜨리는 것이 좋다. 그리고 장비가 회전할 때 장비의 손잡이를 떨어뜨리는 것이 사타구니나 복부 손상을 줄일 수 있다.
- 쇠파지, 깨는 쇠파지 혹은 해머나 정(chisel)과 같은 장비를 사용해 콘크리트의 작은 부분을 약화시켜라.
- 깨야 할 곳 주변에 정(chisel)이나 드릴로 여러 개의 구멍을 만들어 약한 면을 만들어라. 추가적으로 장비를 이용하여 약한 면 안쪽을 계속 약화시켜라.
- 1-2인치(25-50mm)크기로 절단 및 파괴 장비로 콘크리트를 잘게 쪼개면 빈 공간이 생겨 콘크리트의 바깥쪽 가장자리에서 작업을 시작하는 것과 동일한 효과를 낸다.
- 두꺼운 콘크리트를 절단할 때, 칼날에 과도한 열 발생을 막기 위해 약 50mm정도 씩 잘라서 절단한다.



- 아스팔트나 콘크리트 블록과 같은 마모성 물질 위에서 작업을 하다가 톱날의 공업용다이아몬드 부분이 손상되었다면 톱날을 교체할 필요가 있다.
- 보강용 철골 주변에 남아있는 콘크리트의 약한 부분을 제거하고, 쇠톱이나 절단기로 콘크리트 보강용 강철봉을 잘라라.
- 한 부분을 제거하기 위해 콘크리트를 톱질할 때, 적어도 두 면을 비스듬히 잘라야 한다. 이는 요구조자에게 잘려진 콘크리트가 떨어지는 것을 방지하고 지렛대(pry bar) 활용으로 그 부분을 제거하기가 용이하다.

라. 절단방법

1) 릴리프 절단(Relief cuts)

이 절단은 일반적으로 톱으로 하며, 정방향, 삼각형 혹은 X자 형태로 절단한다. 릴리프 절단으로 만들어진 틈(gap)으로 구조대원은 콘크리트의 약한 부분, 즉 전단 응력이나 강도가 구조적으로 약한 곳을 공격할 수 있다.

2) 비스듬히 절단하기(Beel Cut)

이 방법은 들어내기 작업을 할 때 하는 각진 절단이다. 비스듬히 절단하는 절단부분이 구멍 속으로 미끄러져 들어가는 것을 막으면서, 콘크리트를 깊이 절단하게 한다. 이 절단방법은 요구조자의 머리나 신체의 상부에서 절단할 때 아주 중요하다.

3) 계단식 절단(Step Cut)

이 절단방법은 들어내기 작업 중에 하는 방법으로 콘크리트 판의 두께가 톱으로 한 번에 자를 수 있을 때 사용한다. 톱날의 폭으로 양쪽 절단이 서로 평행하게 한다. 콘크리트는 홈을 형성하면서 두 개의 절단면으로 잘린다. 이 방법으로 톱은 콘크리트의 두께를 완전히 절단한다.

[그림 4-33] 계단식 절단



4) 기타 뚫고 깨는 기술

○ 볼팅(Bolting)

대부분의 경우에 볼트는 제거되는 부분의 슬래브를 지지하거나 수직형태로 사용되고 있는 공구를 지지하기 위한 앵커로 콘크리트에 부착된다. 볼트는 영구적사용 및 재생가능하다. 어떤 것들은 더 쉽게 활용할 수 있게 사전에 설치한 고리볼트에 연결한다.

○ 물 뿌리기(Wetting)

부착물이나 수동스프레이장비로부터 물을 공급하는 것은 다이아몬드 톱날이나 시스템을 사용할 때 매우 중요하다. 물은 톱날을 냉각시키고 윤활제역할을 하며, 다이아몬드가 손상되거나 비효과적이 되는 것을 방지한다. 또한 물은 절단 시 먼지를 줄인다.



마. 구조대원의 능력

- 효과적으로 뚫고 파괴하기 위해 콘크리트의 특성을 이해
- 효과적으로 뚫고 파괴 위해 건축물의 약점을 파악
- 무엇을 깨고, 뚫고 혹은 자를지 그리고 무엇을 남길지 파악
- 성공적이고 안전한 구조를 위해 적절한 방법을 적용
- 특수임무에 효과적인 특별한 도구 활용
- 우선 패키지(complimentary package)의 도구를 활용하라
- 고온 절단 장비와 활용법을 이해하라
- 효과적이고 안전한 작업환경을 만들어라

바. 도구를 활용한 작업 중의 일반적 안전문제

구조대원은 도구의 반작용에 의해 콘크리트가 크게 혹은 작은 조각으로 나뉘어져 수직으로 들려서 바깥 부분으로 이동될 가능성을 인식하고 있어야 한다. 작업동안에 도구 반작용/회전력을 인식하고 예상해야만 한다. 구조대원은 천공과 자르기 작업 중에 위험한 도구의 반작용에 대비해야만 한다.

어떤 절단작업에서도 톱의 강한 반동과 톱날운동을 인식하고 대비해야만 한다. 작업 중에 유압/전기 동력 도구들의 작업으로 인해 동료 구조대원들이 있음을 인식해야만 한다.



- 열에의 노출
- 중량물의 이동
- 산소결핍 상황
- 밀폐 공간
- 기계의 반작용
- 작업물의 충격
- 날카로운 물체, 도구 및 칼날
- 헛디디거나 위험한 낙하물

사. 추가적인 주의사항

건축물붕괴지역에서의 구조작업에서는 갇혀있는 요구조자를 탐색하고 구조하기위해 복도, 지하실, 붕괴된 공간 그리고 다른 지역에 접근하기위해 구조대원이 벽, 난간 그리고 지붕을 통하여 강제 진입할 필요가 있다.

접근, 절단 그리고 천공은 고된 육체노동이며, 요구조자의 생명을 구하기 위해 구조대원의 노력에 많은 시간을 요한다. 동시에 안전이 확보되어있지 않기 때문에 구조대원은 조심스레 작업해야 한다. 위험물이나 유독물이 있는 작업환경으로 인해 구조대원은 구출도구를 사용하지 못할 수 있다. 밀폐공간의 작업환경은 구조대원으로 하여금 그런 환경에 적합한 도구를 사용하도록 하고, 만약 대형 장비가 탈출구를 막는다면, 잘못된 도구의 사용으로 요구조자의 구출이 어렵게 되며 구조대원의 안전에도 영향 준다.

1) 병참지원

- 톱날, 정 등과 같은 것들의 여유분
- 배터리, 물과 같은 소비성 소모품 등
- 철근콘크리트의 철근을 탐색한 후 스프레이로 표시하거나 구멍을 뚫은 후 영상 장비 등 다음단계를 위한 장비준비

2) 작업환경

작업자의 안전을 확보하고 작업환경을 향상시키고 그리고 피로를 줄이기 위해 어디서나 가능한 한 작업환경을 향상시키는 것은 중요하다. 이는 방수복의 사용과 있을 수 있는 목재의 사용 혹은 콘크리트 혼합물이나 배수로부터 장비를 모으는 것을 포함한다.

3) 장비보호

뚫고 깨는 작업환경은 흔히 거칠고 첨단탐색카메라와 같은 예민한 장비사용에는 적합하지 않다. 이런 민감한 장비는 운반할 때 뿐만 아니라 작업을 마치고 사용하지 않을 때도 잘 보관하는 것이 필수적이다.

4) 작업평가

작업을 수행하기 전에 구조대원은 건물과 작업환경에 대한 위험성 평가를 해야만 한다. 이는 가능한 모든 곳에서 위험 통제를 통해 모든 위험을 인식하고 완화하기 위해서이다.

아. 개인보호장비

- 헬멧
- 귀 덮개
- 보호안경
- 작업용 장갑
- 먼지 마스크, 반/완전 마스크
- 무릎과 팔꿈치 패드
- 발목을 보호하는 안전화

[그림 4-35] 안전장구 착용모습





- 보호안경, 장갑, 헬멧, 안전화 등 개인 보호장비를 항상 착용하도록 한다.
- 공구의 가용범위 내에서 적절하게 공구를 사용하여 작업함으로써 작업자의 피로를 덜게 한다.
- 연료사용에 주의하고 인가된 통에 안전하게 보관되어있는지 확인한다.
- 전기 동력공구를 사용할 때, 전선줄이 짓눌리거나 절단되지 않도록 주의한다.

자. 요약

구조대원은 뚫고 자르는 작업을 할 때 다양한 사항을 고려해야 한다. 조심스럽지만 최대한 신속하게 작업하는 것이 중요하다. 갇혀있는 요구조자를 필사적으로 구해내려고 하지만, 현장을 조심스럽게 평가하고, 필요한 건축물들은 지지하고, 그리고 안전을 위해 모니터하는 것은 여전히 중요하다. 건축물자재에 대한 지식과 이를 깨부수는 방법은 구조대원으로 하여금 효과적으로 작업을 하고 덜 피로하게 하는 방법을 아는 데 아주 중요하다. 또한 구조대원이 동력공구를 사용하고 관리하는 방법, 이 공구들이 출력할 수 있는 힘 그리고 위험물을 안전하게 관찰하고 항상 다른 구조대원을 예의주시하는 것은 또한 매우 중요하다.

제7절 구조물 안정화 기법

구조물이란 일정한 설계에 의해 만든 물건, 건물, 다리, 축대, 터널 따위를 총칭하며, 이러한 구조물이 재난(지진, 폭발, 붕괴, 해일 등)이나 외부 영향 등에 의해 불안정한 상태가 되었을 때에 목재나 장비 또는 기구들을 이용하여, 고정 및 지지함으로써 구조대원의 안전을 유지하면서 원활한 구조활동을 할 수 있도록 하는 것이다.

1. 지주설치

가. 지주의 의미 및 원리

1) 지주의 의미

지주란 탐색 및 구조작업이 수행되는 동안 요구조자와 구조대원의 위험을 줄이기 위해 파손 또는 붕괴되었거나 추가적으로 이와 같은 상황이 우려되는 부분을 임시



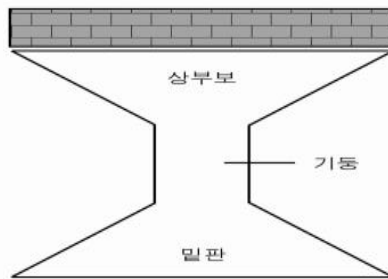
로 지지하는 것을 말하며 다음과 같은 경우에도 설치될 수 있다.

- 심하게 파손된 패널 벽이 있는 구조물
- 콘크리트가 헐거워진 부분이 있는 구조물
- 금이 갔거나 파손된 조립식 패널
- 금이 간 조적식 벽

2) 지주의 원리

지주는 이중갈때기 원리를 따른다. 즉, 지주는 하중을 모으고, 하중을 전달하며, 다시 하중을 지탱할 수 있는 또 다른 면으로 하중을 재분배하는 역할을 한다.

[그림 4-36] 이중갈때기 원리



나. 지주의 구성요소

1) 상부 보(상판)

위로부터의 중량을 모으고 지주를 통해 이를 전달한다.

2) 기둥

상부 보에서 모인 중량을 지탱하며 중량 분산 장소인 밑판으로 이를 전달한다.

3) 밑판

상부에서 전해오는 중량을 지지함으로써 지주의 기초가 되며 상부의 중량을 보다 넓은 곳으로 분산시킨다.

4) 대각선 버팀대

전체 지주체계를 하나로 묶으며 만일의 편심 하중을 지탱하는 것으로 제일 나중에 설치되어야 한다.

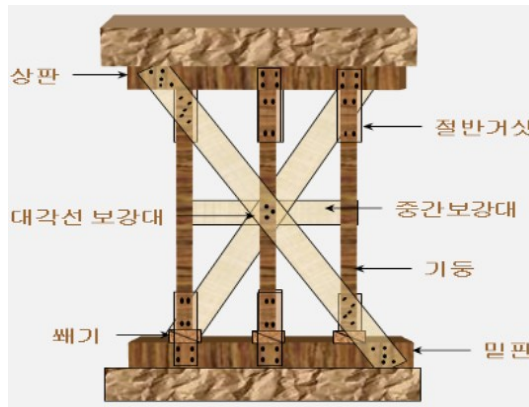
5) 거싯 플레이트(Gusset plate)

상부보를 지원하고, 기둥들을 상부 보 및 밑판에 고정하기 위해 기둥의 위·아래에 못을 쳐서 고정시키는 합판 조각을 말한다.

6) 썰기

기둥 하부 밑에 장착되어 서로 단단히 결합되게 하는 비스듬하게 경사가 진 작은 나무토막으로 이는 지주가 움직이지 못하도록 압박하는 역할을 한다.

[그림 4-37] 지주의 구성요소



다. 지주형태 결정 요인

특정한 상황에서 어떠한 지주를 설치하는 것이 적절한지를 결정하는데 영향을 미치는 요인들은 다음과 같다.

- 건축물 재료의 하중
- 지지 받을 건축물 구성물의 하중
- 기존의 피해를 입지 않은 건축물의 일반 부하중량
- 지지 받을 건축물의 상태
- 지지의 안정성을 결정지을 기초 및 바닥/표면 각
- 지주설치 자재의 이용가능성
- 측면 및 수직의 불안정성



라. 지주의 일반적인 형태

1) 수직지주

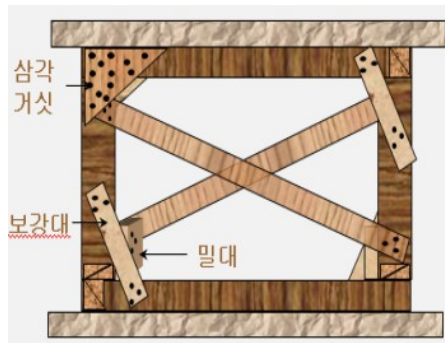
수직 지주의 주된 목적은 피해 입은 바닥, 천장 및 지붕을 안정화하는 것이다. 또한 이것은 유실되었거나 불안정한 내력벽 혹은 기둥을 대신하기 위해서도 이용된다. 다음의 표는 수직지주의 높이별 설치 허용범위 및 하중지지 능력을 나타낸 것이다.

수직 지주 내역 [10×10cm 기둥·상부보·밑판 이용]			
최대높이	기둥사이 최대거리	최대 오버행	기둥 1개당 하중지지 능력
2.5 m (8'0")	1.25 m (4'0")	60 cm (2'0")	3,600 kg (8,000 lbs)
3.0 m (10'0")	1.50 m (5'0")	80 cm (2'6")	2,270 kg (5,000 lbs)
3.7 m (12'0")	1.80 m (6'0")	90 cm (3'0")	1,600 kg (3,500 lbs)

2) 창문/문 지주

이 형태는 붕괴의 위험이 있는 창문이나 문을 지지하는 것으로서 이 문들이 출입 또는 배출구로서 필요가 없을 경우에는 대각선 버팀대를 설치하여 보다 튼튼히 하는 것이 좋다.

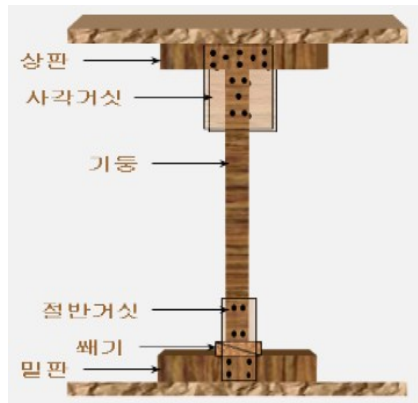
[그림 4-38] 창문지주 설치방법



3) T자 지주

T자 지주의 주된 목적은 보다 견고한 지주가 좀더 안전한 상태에서 설치될 수 있도록 하기 위해 피해 입은 바닥, 천장 또는 지붕을 최초로 안정시키는 것으로 이 지주는 오직 임시적일 뿐이며 요구조자를 재빨리 구출하는 동안에만 이용될 수 있다.

[그림 4-39] T자 지주 설치방법

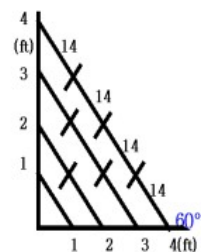
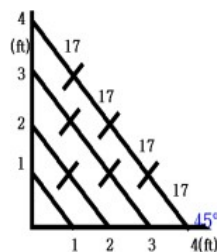
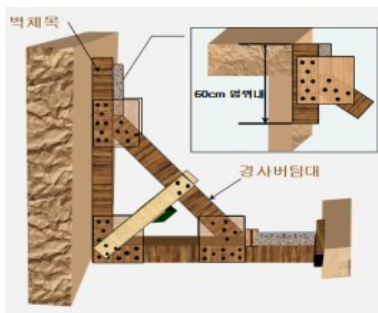


4) 갈퀴지주(벽체지지)

기울어졌거나 불안정한 벽 또는 기둥을 지지하기 위해 사용되는 삼각 지주 시스템으로 이것은 몇 개가 연달아 설치되어야 하는 경우가 많다.

[그림 4-40] 갈퀴 지주 설치방법

[그림 4-41] 경사에 길이 결정하는 방법





○ 계산법

- 45°는 레이커 상단 높이(ft)×17inch = 레이커 길이(inch)

- 60°는 레이커 상단 높이(ft)×14inch = 레이커 길이(inch)

※ cm 로 환산하여 계산법

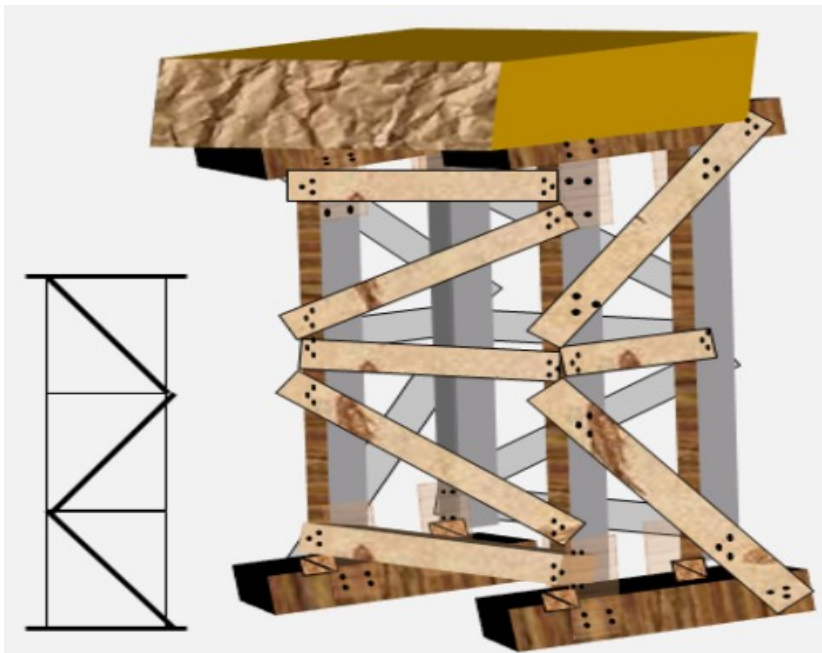
- 45°는 레이커 상단 높이(cm)×1.414 = 레이커 길이(cm)

- 60°는 레이커 상단 높이(cm)×1.166 = 레이커 길이(cm)

5) 엮어 짠 지주

꺼지고 있는 바닥 및 천장 또는 기타 머리 위쪽에 위험이 있을 경우에 설치하는 고기능의 4기둥 시스템으로서 안전 피난소로 이용될 수 있다.

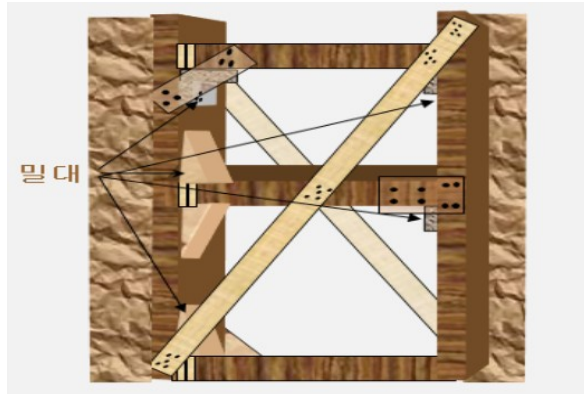
[그림 4-42] 엮어 짠 기둥지주 설치방법



6) 수평 지주

현관, 복도 또는 건물과 건물 사이에서 피해를 입지 않은 벽에 기대어 피해 입은 벽을 안정시키기 위해 사용된다.

[그림 4-43] 수평지주 설치방법



마. 지주 설치조 편성 및 기능

충분한 인력이 확보된다면 지주 설치팀은 6인 2개조로 조직 하는데 1개조는 조립조 다른 한 조는 절단조로 편성한다. 하지만 어떤 조던지 다른 조의 임무를 수행할 수 있어야 한다.

1) 조립조

- 지주 책임관 : 지주 작업책임을 맡게 되며 지주설치 장소 결정을 위해 건축구조 전문가와 업무협의를 하고, 현장에 안전관이 없을 경우에는 안전담당관 임무도 수행한다.
- 측정자 : 모든 지주 구성부분을 측정하고 이 정보를 절단조의 배치자에게 전달 한다.
- 지주설치자 : 지주 조립과 설치를 담당하며 한 장소에 2명이 배치되어 서로 협력하여 작업한다.
- 안전관 : 조립조에 대한 전체적인 안전을 책임진다.
- 운반자 : 공구·장비 및 지주자재를 지주작업 1차 접근 지점에서 지주설치 현장으로 운반하며 필요하다면 지주 설치 작업을 돕는다.

2) 절단조

- 절단 책임관 : 절단구역을 선정하고 안전관을 겸하는데, 절단구역을 선정할 경우에는 지주작업 구역과 근접하도록 해야 한다.
- 배치자 : 절단소를 설치하고 절단할 자재를 측정하여 절단부분을 표시한다.



- 공급자 : 측정되어 표시된 지주설치 자재를 배치자로부터 절단자에게 공급하고 절단 중 움직이지 않도록 돕는다.
- 절단자 : 측정된 자재를 절단한다.
- 공구/장비담당자 : 자재와 장비가 어디로 배치되고 이동되어야 하는지 판단을 하여야 하고 모든 공구가 어디 있는지 알고 있어야 하며 절단조와 조립조에 함께 배치된다.
- 운반자 : 공구, 장비 및 지주 설치 자재를 절단구역에서 1차 지주작업 지점으로 운반한다.

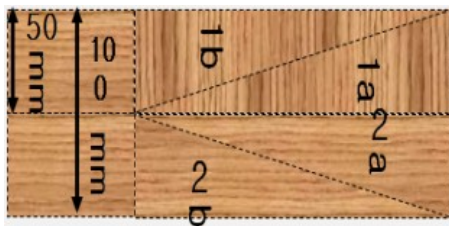
바. 지주제작

1) 목재절단

밀대, 밀판, 썬기는 절단팀이 현장에서 만든다. 안전 절차가 철저히 준수되어야 하며 동력 절단 장비를 이용할 때는 개인보호장비(구조복, 헬멧, 글러브, 보안경, 청각보호도구 등)를 반드시 착용하여야 한다.

- 거싯플레이트는 용도에 따라 삼각, 사각모양으로 합판(19mm)을 이용하여 30cm × 30cm가 되어야 한다.
- 보강판(밀대)는 목재 2by4(5×10cm)를 사용하며 밀대의 길이는 하중에 따라서 달라지며 주로 60cm, 75cm, 90cm 길이를 사용한다.
- 썬기는 다음의 사양에 따라 절단한다.

[그림 4-44] 썬기 절단방법



썬기는 2by4(5×10×30cm)목재를 사용하여 제작하며 4by4(10×10×30cm)목재의 경우 반으로 절단하여 2개조를 만들 수 있다.

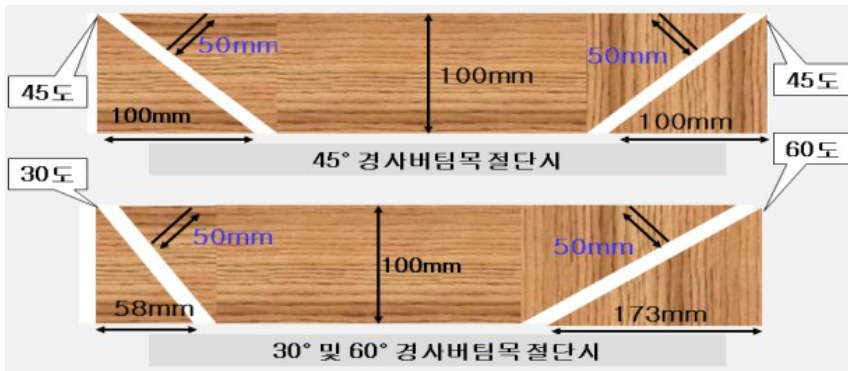


썬기를 결합할 때는 서로 같은 크기의 것을 사용하여야 하고 바깥쪽 각도는 90°가 되어야 한다.

○ 버팀목 절단

버팀목 절단에 가장 적합한 각도는 30°, 45°, 60°이다. 한 쪽 끝을 절단할 때 다른 쪽 끝은 반대방향으로 절단하여 보완각을 만들어야 한다. 절단 각의 합은 90°가 되어야 하며 10×10cm 목재를 이용한다.

[그림 4-45] 버팀목 절단 방법

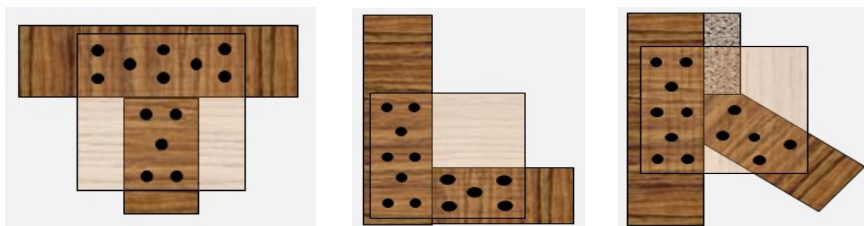


2) 못박기

탐색구조 현장에서는 필요할 경우 해체가 용이하도록 하기 위하여 이중 못을 사용한다. 하지만 현장의 여건상 여의치 않을 경우에는 동일 크기의 일반 못도 사용할 수 있다.

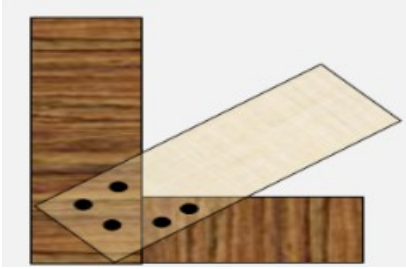
○ 유형별 못박기

[그림 4-46] 일반 거싯플레이트(사각) 30×30cm

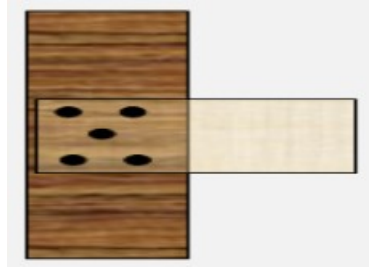




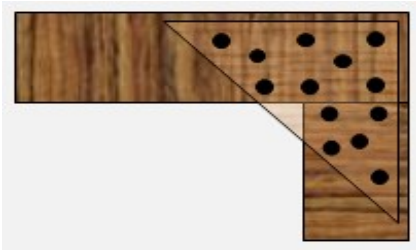
[그림 4-47] 2by6 대각선 버팀대



[그림 4-48] 2by6 버팀대



[그림 4-49] 삼각 거싯플레이트



[그림 4-50] 이중(확장) 거싯플레이트



3) 지주의 설치

수직지주에 가장 흔히 사용되는 목재 크기(폭)는 10×10cm와 15×15cm이며 육중한 구조적 요소 및 커다란 바닥판으로 된 상업용 건물의 경우에는 20×20cm 이상의 목재가 필요하다. 가능하면 건축전문가와 지주 자재의 적절한 크기 또는 설치에 관하여 협의하는 것이 좋다.

○ 1단계 : 수직지주 설치장소를 결정한다.

- 임시지주를 설치하고 잔해물을 치우는데 통상적으로 대략 1㎡ 정도이다.
- 만일 수직지주가 바로 지면 위에서 하중을 버텨야 한다면 바닥의 안정성을 고려하여 하중이 보다 넓은 곳으로 전달될 수 있도록 바닥 보강이 필요하다.

○ 2단계 : 밀판 및 상부보를 측정하여 절단한다.

- 상부보가 설치될 위치 바로 아래 바닥판 또는 지면위에 밀판을 놓는다.
- 밀판은 가능한 한 수평을 유지하도록 한다.

○ 3단계 : 높이를 측정하여 기둥을 절단한다.

- 4단계 : 보강판이나 거싯플레이트를 상부보 및 기둥의 반대쪽 끝과 마주보는 면에 부착한다.
- 5단계 : 피해 입은 구조 요소를 지탱하도록 밀판 꼭대기에 기둥과 상부보를 설치한다.
 - 처음 기둥 2개는 밀판 양끝에서 최소 30cm, 최고 60cm가 되도록 안쪽에 설치한다.
 - 기둥을 상부보 및 밀판과 일렬로 똑바로 수직이 되도록 한다.
 - 상부보 아래 구조 요소를 가능한 한 수평이 되도록 빼기로 메운다.
- 6단계 : 각 기둥의 바닥면 밑에 일련의 빼기를 설치한다.
 - 기둥이 고정될 때까지 여러 개의 빼기를 가볍게 두드려 박는다.
 - 빼기들이 제자리에 있도록 빼기 뒤에 못을 박아 고정한다.
- 7단계 : 보강판을 밀판과 기둥의 반대쪽 끝과 마주보는 면에 부착하고 제 위치에 못을 박는다.
- 8단계 : 수직 지주의 각 방향에 대각선 버팀대를 부착한다.
 - 필요할 경우 대각선 버팀대를 설치하기에 앞서 중간버팀대를 설치한다.
 - 대각선 버팀대는 전체 길이가 충분히 길어야 하며 밀판·상부보 및 각 기둥에 부착되어야 한다.
 - 가능한 대각선 버팀대는 지주의 반대쪽에 X자 형태로 설치되어야 한다.
 - 긴 지역을 잇는 수직지주 시스템의 경우 복합적인 여러 기둥들을 연결하기 위해 여러 개의 대각선 버팀대를 설치한다.

2. 잔해에 터널 뚫기

잔해에 터널 뚫기는 기본적으로 붕괴된 부분에 형성되어 있는 빈 공간을 연결하기 위한 것이며 위치가 파악된 요구조자에게 도달하는 방법으로도 이용된다. 이 작업은 속도가 느리고 위험한 작업이기 때문에 일반적인 탐색작업 또는 목표지점 선정 없이 사용되어서는 안 되며 가능한 모든 방법을 동원한 후에 실시하여야 한다.



가. 일반적 고려사항

잔해에 터널 뚫기 작업에서 일반적으로 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- 터널은 구조대원이 요구조자를 끌어내기에 충분한 크기로 뚫어야 하며 갑자기 방향 전환을 하는 것은 바람직하지 않다. 터널의 크기는 폭 75cm, 높이 90cm 정도인 것이 구조작업을 위해서 적당한 것으로 알려져 있다.
- 터널은 가능하면 벽을 따라서 혹은 벽과 콘크리트 바닥사이로 만들어 나가는 것이 좋다.
- 터널 뚫기의 한 형태로서 수직갱도 만들기가 있는데 이는 수직방향 또는 사선방향으로 접근하기 위한 것이며 땅을 파고 지하실 벽의 무너진 지점에 도달하기 위해서도 종종 사용되는 방법으로 보통 이러한 터널은 잔해물을 표면에서 제거한 후에 만들기 시작한다.
- 터널은 건축물에 수도나 가스 공급관 등이 들어가는 지점으로 뚫고 내려가서는 안 되며 물을 머금은 자갈이나 토양층도 되도록 피해야 한다. 또한 터널 굴착 중 가스관, 수도관, 전기선로 등을 만날 수 있는데 이들을 실수로 절단하였을 경우에는 절단면을 봉하도록 한다. 또한 작업 중 발견된 전선은 확실하게 전기가 흐르지 않는다고 확인될 때까지는 안전할 것이라고 속단하는 것은 금물이다.
- 터널의 공기는 유해가스로 오염되어 있거나 산소가 부족한 경우가 많기 때문에 공기호흡기 또는 산소 호흡장비를 갖추고 작업에 임해야 한다.
- 구조대원은 안전을 위하여 지속적으로 주 버팀목, 빔, 대들보, 그리고 잔해의 움직임과 터널의 붕괴를 일으킬 수 있는 기타 움직임을 관찰해야 한다.

나. 터널 뚫기 방법

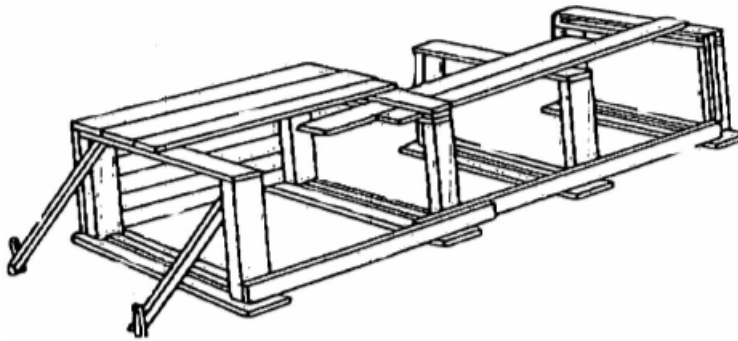
터널 뚫기 방법은 현장상황에 따라 여러 가지가 있을 수 있다.

1) 사각 프레임터널 뚫기

사각 프레임터널 뚫기는 밖에서 조립한 사각형 모양의 프레임을 제거된 잔해 속에 설치하고 그 위에 크라운바라고 하는 기다란 목재를 연결하면서 터널을 연장해 나가는 방법으로서 설치작업은 프레임 3을 먼저 잔해의 수직면에 대어 세운 다음, 프레임 2와 프레임 1을 대략 90cm 정도 간격을 두고 세운 후 확실하게 고정시킨다. 특히 프레임 1은 바닥에 단단히 말뚝을 박아 버팀을 해야 하고, 모든 프레임이 제 자리를 잡으면 프레임의 상단부(지붕)는 바닥재, 널빤지 등의 긴 판자조각으로 덮어야 한다.

측면부 또한 터널의 지붕과 같은 방법으로 프레임기둥과 잔해사이에 판자를 대어 잔해가 틈사이로 새어 들어오지 않도록 하여야 한다. 모든 것이 완성되면 1번 프레임과 비스듬히 대어놓은 버팀목을 제외하고는 나머지 프레임은 완전히 덮이게 되며 프레임의 추가 설치는 전면 기둥 위의 하중을 일시적으로 지탱할 수 있도록 하기 위해 임시프레임을 설치한 후 영구 프레임이 적절하게 자리 잡히고 나면 임시 프레임을 제거하는 방식으로 진행하며 이러한 절차를 터널이 완성될 때까지 반복한다.

[그림 4-51] 사각 프레임 설치하기

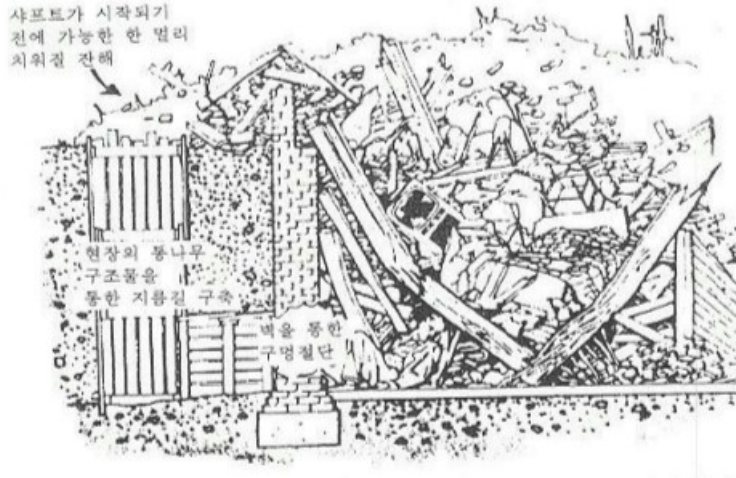


2) 샤프트 이용 수평터널 뚫기

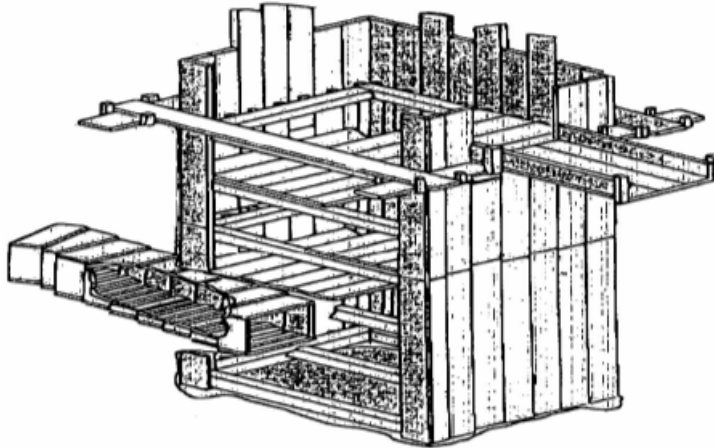
이 방법은 잔해물에 직접 터널을 뚫기가 어렵거나 특별한 상황의 경우에 이용하는 방법으로 붕괴건축물 주변의 땅에다 건축물의 바닥 또는 원하는 위치까지 샤프트를 설치한 후 그것의 바닥에서부터 수평으로 터널을 뚫고 들어가는 것인데, 샤프트를 설치할 때에는 가능한 한 붕괴건축물 가까운 곳에 주변의 잔해물을 제거한 후 설치하도록 하며 비록 지반이 견고해 보일지라도 반드시 지주대를 이용하여 샤프트 측면을 견고하게 지지하여야 한다.



[그림 4-52] 샤프트 이용 수평터널 뚫기



[그림 4-53] 샤프트 이용 수평터널 뚫기 형태



다. 기타 방법

- 지표의 바닥이 붕괴하지 않았을 때 사용할 수 있는 방법으로, 지면을 따라서 또는 잔해를 제거하고 터널 뚫기를 한 후 지하실로 통하는 통로를 확보하는 방법이 있다.

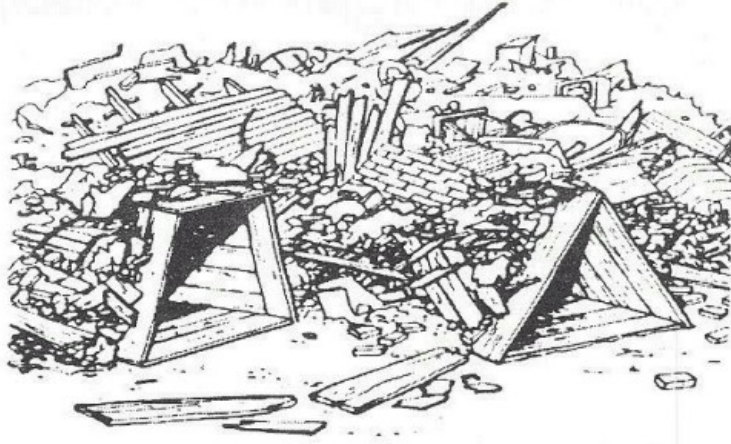
[그림 4-54] 바닥을 따라 터널 뚫기 및 빈공간 진입



[그림 4-55] 터널 뚫기 방법에 의한 인명구조



- 삼각 프레임 터널 뚫기 방법이 있는데 이는 삼각형 모양의 터널을 뚫고 들어가는 것으로서 불균일한 압력에 의해 터널이 찌그러지는 사각 프레임 터널 뚫기의 단점을 보완하기 위하여 실시된다.



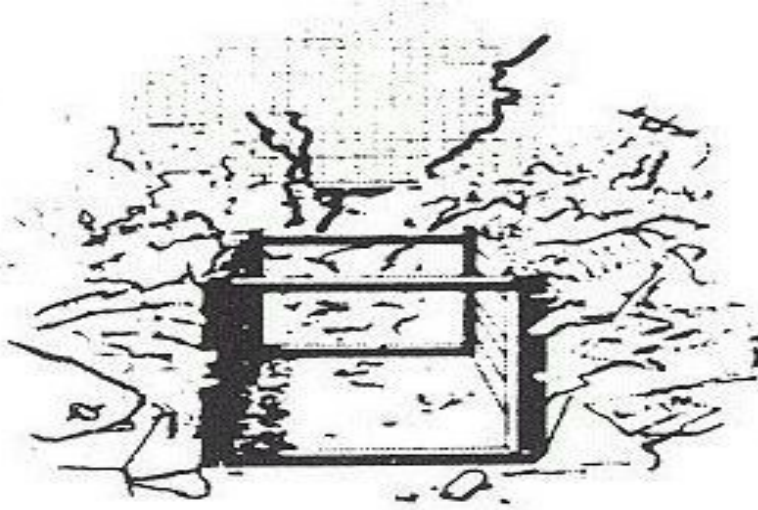
- 벽을 맞대고 빈 공간이 양쪽에 형성되어 있다면 이때는 첫 번째 빈 공간으로부터 맞은 편의 빈 공간에 다다르기 위해 벽면의 잔해를 뚫고 터널을 만드는 방법도 있다.
- 특정한 빈 공간에 다다르기 위해 인접해 있는 지하실 벽면을 뚫고 들어가거나 잔해를 제거한 후 맨홀 또는 커다란 환기구 등을 통하여 진입하는 방법도 있다.
- 터널 뚫기 작업은 어떠한 방법을 선택하던지 관계없이 기둥세우기와 판자대기는 가능한 한 단단하고 뻑뻑하게 고정하도록 하며 강도와 고정의 정도는 잔해물의 움직임으로 깨어지거나 흔들리지 않을 정도로 한다. 그리고 선택한 한가지의 접근 방법에 대하여 성공할 수 있다는 확신이 적다면 둘 혹은 그 이상의 방법을 동시에 사용하는 것이 좋다.

라. 참호파기

참호는 군에서 적의 화력을 피하고 또한 전투를 자유스럽게 수행할 수 있도록 하기 위하여 땅을 파서 만든 도랑을 가리키는 것으로서 잔해더미가 그다지 높지 않은 경우 참호파기를 하는 것이 터널을 뚫는 것보다 원하는 곳에 빨리 도달하는 방법이 될 수 있다. 이러한 참호를 붕괴잔해 속에 파기 위해서는 목표물 근처에 있는 목재, 돌 또는 다른 물체를 제거하는 것이 우선이다. 그런 다음 잔해 속으로 길을 내기 위해 수동도구를 이용하여 필요한 양만큼의 잔해물을 제거해 나간다.

참호파기와 터널 뚫기 작업은 종종 일련의 작업으로 진행되는데 처음에는 참호를 뚫고 들어가다가 잔해가 두꺼워져 더 이상 참호를 만들어 가기가 어려워지면 터널식으로 전환하여 잔해 속으로 파 들어가는 형식으로 이루어진다.

[그림 4-57] 참호 만들기



또한 참호파기는 참호가 만들어지는 잔해물의 종류에 따라 작업속도가 달라지며 대단히 위험한 작업이기도 하다. 만일 참호가 붕괴한다면 구조대원은 부상을 피하기가 어렵기 때문에 참호의 측면이 위험스럽게 움직이거나 붕괴하는 것을 막기 위해서는 버팀목을 설치하고 바닥에는 파일(보통 현장에서 구할 수 있는 통나무 등으로)을 충분히 박아야 하며 참호에서 제거한 잔해물들은 참호 속으로 다시 흘러 내려오지 못하도록 참호 모서리로부터 멀리 떨어진 곳에 쌓도록 한다.

마. 잔해처리

잔해더미 속의 요구조자 위치가 정확하게 파악되고 자동식 구조장비를 사용하는 구조작업이 그들의 안전에 위협을 줄 정도로 가까이 접근하였을 경우에는 수동 장비만을 사용하여 요구조자에게 상처를 주지 않도록 조심하면서 잔해 제거작업을 하여야 한다.

- 요구조자 주위에 있는 잔해는 손으로 제거해야 한다.
- 잔해는 바구니에 담아 멀리 떨어진 장소로 옮겨야 한다.
- 제거하여야 할 잔해물이나 건물의 일부 속에 다른 요구조자가 없다고 확신할 수 있을 때에는 크레인, 굴삭기 등의 중장비를 잔해 제거작업에 이용하여 다른 요구조자가 있는 위치로 빠르게 접근한다거나 작업을 방해할 수 있는 위험한 건물의 추가붕괴를 막도록 한다. 이때의 중장비 사용은 구조대원의 지시에 의하여야 하고 제거되는 모든 잔해는 표시하여 이동시켜야 한다.



3. 지지대의 활용

도시탐색
구조

도시탐색구조(USAR)용 지지대는 탐색 구조작전지역(건물)에서 요구조자나 대원의 위험 요인을 줄이고자 전부 파괴 또는 부분 파괴된 장소 와 붕괴된 장소에서 임시로 지지하는 장비이다.

가. 지지대의 원리

지지대 원리는 더블 터널(기둥 양쪽에 삼각뿔이 각각 하나씩 있음)과 같다. 지지대의 머리부분(sheathing)인 첫 삼각뿔은 하중을 받고, 기둥(struts, 지주)은 그 하중을 전달 하며, 아래에 있는 삼각뿔 지지구조물에 안전하게 하중을 분산시킨다. 하중을 많이 받은 지지대는 콘크리트 슬래브 판도 뚫을 수 있다

지지대(Shoring)의 충족 요건은 다음과 같다.

- 하중을 최초로 받는 머리 부분(header beam) 또는 벽판(wall plate)
- 양쪽 끝부분에 하중을 고루 분산시키는 기둥(하중 전달)
- 지면이나 다른 면으로 중량을 전달하는 바닥판(Sole plate) 또는 하중 받는 판(bearing plate)
- 무너짐과 옆으로 비스듬히 미끄러짐을 막아주는 외부버팀대(Lateral bracing)
- 지지대는 무너질 수 있다는 생각(실패에 대한 경고)

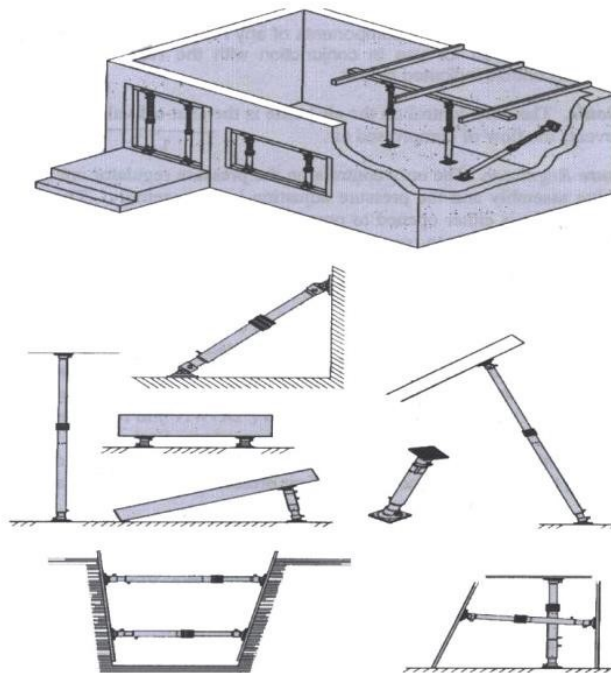
[그림 4-58] 지지대의 원리



나. 지지대의 설치과정

- 1) 피해정도를 알아보는 건물구조 조사
- 2) 어떤 지지대를 설치할 것인가 판단
- 3) 안전을 생각한 지지대 최초 설치
- 4) 외부에서 쓸 수 있는 장비에서 내부에서 쓰는 장비로 전환
 - 비스듬히 끈 버팀 지지대
 - 문 또는 창문 지지대
 - 'T'지점 지지대
 - 수직 지지대
 - 수평 지지대
 - 끈 기둥 지지대(Lace post shores)
 - 경사진 바닥 지지대

[그림 4-59] 지지대의 여러 형태



모든 지지대는 완벽하게 설치되어야 하고, 각각의 부품은 상호 작용할 수 있어야 한다.

지지대는 하중을 받쳐주려고 하는 것인지 중량물을 완전히 들어올리려고 하는 것이 아니다. 'SOFT TOUCH(받쳐주기)'가 필요한데 너무 압을 올려서 사용하면 다음번에 헐거워지므로 빌딩의 무게, 가구·집기물의 무게, 무너진 벽돌(구조물) 등의 무게, 투입대원의 무게등 떠 받쳐질 구조물의 무게를 계산하여야 한다.

다. 지지대의 형태

1) 벽면지지대

[그림 4-60] 벽면지지



구조용 벽면 지지대(The Rescue Strut Long Shore Systems)는 붕괴현장 또는 무너지지 않게 하는 현장에서 탐색구조용으로 만들어졌다. 외관상 파괴 되었거나 부분적 또는 전체적 붕괴가 된 부분이나 구역 또는 구조를 임시 고정 또는 추가 고정 하기 위한 장비라고 정의 한다. 이 장비는 구조대원외에 붕괴 현장 피해자에게 비교적 안전하고 위험 요소가 줄어든 환경을 제공하고자 설치된다.

구조용 벽면 지지대 사용은 목재로 된 지지대 사용보다 장점이 더 많다. 나무로 된 것보다 더 빨리 설치 가능하고 더 튼튼하다. 이 장비의 특징점은 사이즈 재는데 시간이 얼마 걸리지 않아 세우는데 아주 빠르다는 것이다. 다음과 같이 딱 2가지의 치수를 재는 것이 필요하다.

○ 지지대와 면하고 벽과 면하는 지지대 받침선로(Raker rail)의 길이,

- 펼쳤을 때를 고려한 지지대의 총길이. 나무 지지대의 경우, 대부분은 길이를 켜 후 잘라내고, 잘 고정되게 하기 위해 고정삐개를 박아 놓아야 한다. 버팀 지지대 (Rake struts)는 빠르고 안전하게 지지할 수 있는 점이 탁월하다. 구조용 벽면 지지대는 여러 상황에서 쓰일 수 있게 하는 다용도 받침판도 있다.

2) 창/문 지지대

지지 요소에 따라 다르지만, 창문이나 입구문 지지대의 안정적인 설치를 위해 가로 세로 10cm 목재 위판이나 받침판이 경우에 따라 필요하다.

[그림 4-61] 문틀지지



3) 수평지지대

[그림 4-62] 수평지지





4) 특정지점 지지대

[그림 4-63] 특정지점지지

도시탐색
구조



5) 수직지지대

[그림 4-64] 수직지지



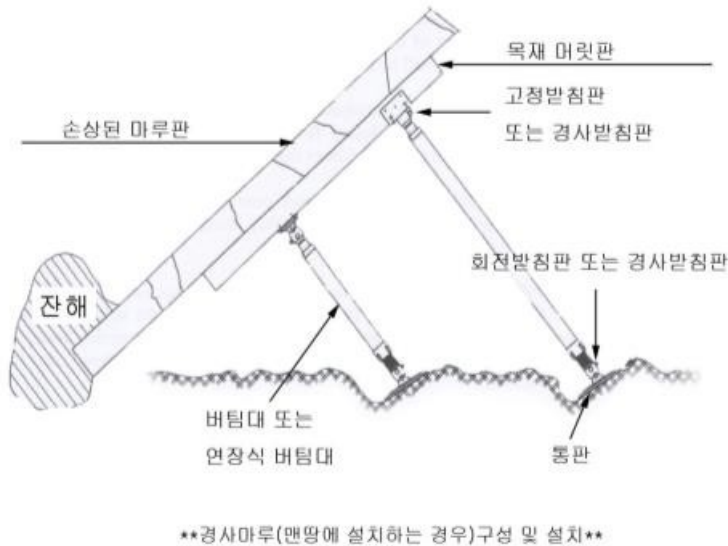
6) 경사면지지대

아랫판(sole plate)이 전달받은 하중을 통판 바닥으로 분산시킨다

[그림 4-65] 평면 바닥층 경사면지지



[그림 4-66] 불규칙 바닥층 경사면 지지





4 라. 지지대의 분리

도시탐색
구조

분리하여 다른 곳에 설치하기 위해서는 압을 푼 다음 수동으로 지지대를 돌려 내부 축을 돌아 내려오게 해야 한다. 분리 시 힘을 받고 있는 부위가 무너지는 경우가 있는데 이럴 때 너트를 풀면 다시 지지대에 압이 차 무너지지 않게 된다.

때로는 하중 때문에 지지대 분리가 안 되는 경우가 있다. 이런 경우에, 그 지지대를 분리하면 대원 안전에 문제가 생기는지 확인해야 한다. 팍 낀 지지대를 제거하기 전에 다른 지지대로 대체할 것인지 아닌지 결정해야 한다. 위험요소가 발견되지 않으면 대체할 지지대를 기존의 지지대 옆에 설치한 후 중량물의 하중이 대체 지지대에 전달될 때까지 기존의 지지대를 주의하면서 나사선 축을 돌린다. 완전히 중량물의 하중이 새로운 지지대에 전달된 것을 확인하고 기존의 지지대를 안전하게 제거한다. 각각의 결착된 지지대를 제거하려면 이런 절차를 계속 반복한다.

제8절 중량물 인양 및 하중 안정화

중량물 들어올리기 및 하중 안정화는 붕괴잔해물 중 비교적 규모가 크고 무거운 물체를 들어 올리거나 원하는 위치에 안정적으로 고정시키는 것으로서 요구조자를 구조해 내거나 통로확보 등 직접 또는 간접의 구조작업을 위해 활용하는 방법이다.

1. 중량물 인양 및 이동

가. 인양과 이동

- 인양 : 인양은 “물체를 끌어서 높은 곳으로 옮김”
- 이동 : 이동은 “움직여 옮김” “움직여 원래의 위치에서 다른 곳으로 옮김”

현대사회에서는 도시를 형성할 때 점점 밀집화, 고층화 되어가는 현실에서 대형폭발 사고나 테러, 화재 등이 발생하여 대형건축물 이 붕괴로 이어지면서 수많은 사상자가 발생하고 있다.

이처럼 대형건축물의 붕괴사고 시에는 숙달된 구조전문가와 첨단 및 대형의 구조장비 등이 신속히 재난현장에 투입되어 보다 안전하고 신속하게 붕괴 잔해물을 제거함으로써 붕괴된 건물 내에서 생존해있는 요구조자를 구조하여야 한다.



생존가능시간	생존확률
30분 안에 구조완료	91%
24시간 " (1일)	81%
48시간 " (2일)	37%
72시간 " (3일)	33%
96시간 " (4일)	19%
120시간 " (5일)	7 %

표에서도 보드시피 신속한 인명구조 및 붕괴잔해물의 인양 및 이동은 보다 많은 요구조자를 구조할 수 있고, 2차 붕괴로 인한 요구조사자 및 구조대원의 안전도 확보할 수 있기에 안전하고, 신속하게 인양 및 이동이 이루어져야 된다.

나. 중량물 인양 전 고려사항

중량물을 들어 올리거나 옮기기 전에 고려할 사항은 다음과 같다.

- 중량물의 무게
- 중량물이 이동되었을 때의 결과(어떤 일이 일어날 것인가?)
- 중량물을 들어 올리거나 옮기기 위한 방법

다. 중량물 인양 방법

1) 지렛대 이용법

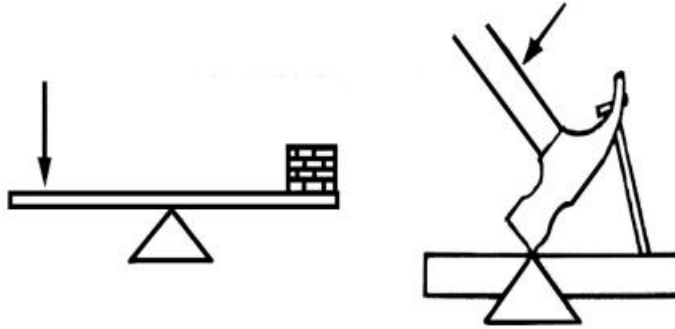
이 방법은 지렛대라고 하는 튼튼하고 강한 막대를 이용하여 지레받침이라 부르는 고정점 위에서 자유롭게 회전할 수 있게 하는 것으로 중량물을 움직이거나 들어 올리는 가장 간단한 방법이다.

- 손으로 움직일 수 없는 중량물 이동
 - 당기기/끌기, 일으키기
- 지레의 원리(구성요소) : 받침점, 작용점, 힘점



[그림 4-67] 지렛대 이용

도시탐색
구조



2) 호이스트(come-along) 이용법

호이스트는 지렛대 및 단계적 기어상승 시스템을 이용하는 들어올리기 및 당기기에서 기계적 확대율을 제공한다. 이것은 한쪽 끝의 앵커훅과 인입식 체인 혹은 강철 케이블에 부착된 또 다른 훅으로 구성된다.

[그림 4-68] 호이스트



3) 유압잭 이용법

유압잭은 지렛대를 이용하여 유압을 암에 걸어주는 것으로 중량물을 들어올리기 위해 이용된다. 이것은 보통 도달거리가 짧지만 매우 힘이 세어서 수십 톤의 무게도



쉽게 들어 올릴 수 있으며 이를 사용할 때에는 지면에 수직을 유지하는 것이 중요하다.

4) 에어백 이용법

에어백은 인력으로 제거할 수 없는 중량물에 의해 요구조자가 깔려있는 경우 특수하게 제작된 고무제품에 강한 공기를 불어넣어 부풀게 함으로써 중량물을 들어올려 요구조자를 구조하는 장비로 특히 붕괴건축물 잔해 및 차량사고의 경우 차체를 들어올리는 데 많이 활용되고 있다.

2. 하중안정화와 크리빙

크리빙은 목재 토막을 좁은 간격으로 쌓아 하중을 안정화하고 지탱하는 데 활용하는 지주설치법 또는 그 지주 자체를 말하는 것으로 물체의 중량을 지탱하도록 작은 공간을 채우거나 중량물을 들어 올릴 때 물체가 제 위치에 있도록 하기 위해 사용된다. 이러한 목재 크리빙이 과도한 중량으로 파손될 경우, 목재 섬유조직이 으깨질 때 시끄러운 소리를 내면서 천천히 진행되기 때문에 구조대원에게 파손이 임박했음을 알리는 충분한 경고가 되기도 한다.

크리빙에 이용되는 자재의 요건은 다음과 같다.

- 자재는 양 표면이 평평해야 한다.
- 자재는 지탱하는 물체의 중량을 버틸 수 있어야 한다.

가. 크리빙의 유형

1) 박스형

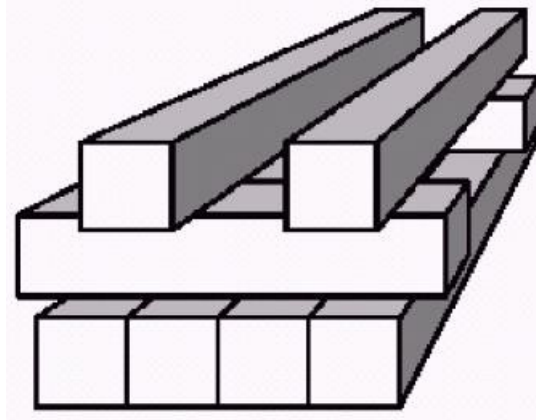
층마다 평행한 목재블록 2개를 사용하여 정방향으로 쌓아 만들며 각 층은 서로 90°가 되게 하고 목재 말단부는 목재의 두께(약10cm)정도 서로 겹치게 한다.

- 박스형 크리빙의 능력
 - 10cm × 10cm 목재 : 약 11,000 kg
 - 15cm × 15cm 목재 : 약 27,000 kg



[그림 4-69] 박스형 크리빙

도시탐색
구조



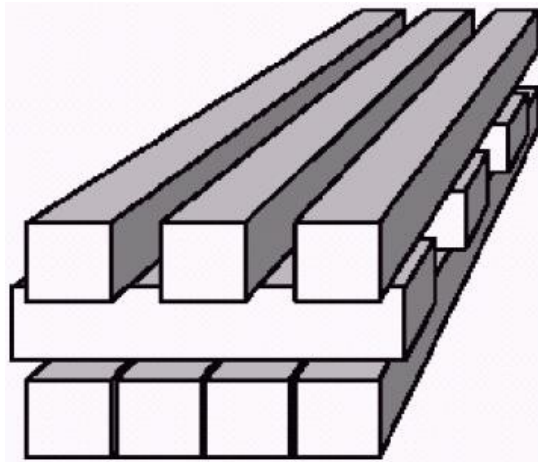
2) 플랫폼형

층마다 각각 3개 또는 그 이상의 목재 블록을 이용하여 단단한 층을 형성한다. 각 층은 90°가 되게 하고 목재 말단부는 목재의 두께(약10cm)정도 서로 겹치게 한다.

○ 플랫폼형 크리빙의 능력

- 10cm × 10cm 목재 : 약 48,000 kg
- 15cm × 15cm 목재 : 약 120,000 kg

[그림 4-70] 플랫폼형 크리빙



나. 중량물 들어올리기 및 안정화 절차

이 절차는 충분한 틈과 안정성이 확보될 때까지 점차적인 중량물 들어올리기와 한 층씩 크리빙을 끼워 넣는 방식으로 다음과 같이 진행한다.

- 지렛대 혹은 유사 도구 등을 이용하여 최초 임시 공간을 만든다.
- 지렛대 등을 원활히 활용할 수 있도록 지렛대 설치, 주위 공간 확보 등 본격 작업준비를 한다.
- 지렛대 등을 이용, 중량물을 천천히 들어 올려 그 밑에 첫 번째 크리빙 층을 설치할 만큼 충분한 공간을 만들고 점차로 들어 올리면서 하중을 버틸 수 있도록 버팀목을 바친다. 이렇게 하면 지렛대가 미끄러지거나 부서지더라도 들어올린 높이에 관계없이 중량물을 안전하게 지탱할 수 있다.
- 지레받침을 높인 후 하중을 다시 들어 올리고 나서 이전 층과 90°를 이루도록 목재로 다음 크리빙 층을 설치한다.
- 지레받침을 다시 자리 잡고 들어 올려 요구조자를 안전하게 구조해 낼 수 있는 충분한 틈이 확보될 때까지 위의 “라)”와 같은 작업을 반복한다.

[그림 4-71] 중량물 들어올리기와 안정화





다. 크리빙작업 일반 원칙

첫 번째 층은 하중을 완전히 분산시킬 수 있도록 단단해야 하는데 특히 모래나 부드러운 흙과 같은 무른 바닥면 위에 설치할 경우에는 더욱 신중해야 한다. 일반적으로 크리빙 높이는 크리빙용으로 사용하는 목재 길이의 3배까지로 제한하는 것을 원칙으로 한다. [높이 : 폭 = 3 : 1]

예를 들어 목재 조각의 길이가 1m 라면 크리빙의 높이가 3m 를 넘으면 안된다. 그리고 목재 블록의 말단부는 10cm 정도 서로 겹치게 하여야 혹시 개별 조각 모서리가 파손될 경우 전체적인 안정성에 영향을 주는 것을 막을 수 있다.

라. 크리빙의 안전조치

- 약 3cm 들어올리고 크리빙을 설치한다.
- 크리빙하는 동안 중량물 밑에 필요없이 손을 넣으면 안된다.
- 안전을 위하여 크리빙 높이는 목재 길이의 3배를 초과해서는 안 된다.

제9절 붕괴건축물 선별과 붕괴건물 표식체계

대규모 건축물 붕괴가 발생한 경우 탐색구조 우선순위 선정방법과 탐색구조활동에 따른 국제탐색구조자문단(INSARAG)의 표식체계 및 신호체계에 대하여 기술하였다.

1. 건축물 선별

건축물 선별은 지진 등으로 인하여 넓은 지역에 걸쳐 여러 동의 건축물이 붕괴되었을 경우에 실시하는 것으로 요구조자를 탐색함과 동시에 구조 가능성이 높은 건축물을 선별하기 위한 것으로 2단계에 걸쳐 실시한다.

- 1단계 : 가장 큰 피해를 입은 지역 전체에 대한 평가
- 2단계 : 개별 건축물에 대한 평가



가. 건축물 선별의 기본원칙

기본원칙은 요구조자 및 구조대원의 위험을 최소화하면서 요구조자의 구조를 최대로 하는 것으로 아래기준에 따라 실시한다.

- 탐색구조대 1개대에 할당된 건축물이 3개 이상일 때 실시한다.
- 건축전문가와 위험물전문가로 구성된 팀에서 실시한다.
- 탐색구조대에 할당된 건축물 선별작업은 신속하게 완료하여야 한다.
- 탐색구조작업은 선별작업이 끝나고 현장 및 구조대원 개인에 대한 적절한 안전조치가 완료되고 나면 시작해야 한다.
- 최초 건축물에 우선순위를 매긴 후 초기탐색작업을 하면서 상세평가를 하여 건축물 표시를 한다.
- 만일 탐색할 건축물이 많으면 선별작업 수행에 2개대 이상을 배정하여야 한다.
- 건축물이 내부에서 구조작업을 수행할 경우 너무 위험한 것으로 판명되거나 건축물 내부에 생존자가 없는 경우에는 “진입금지”라고 명확하게 표시해야 한다.
- 건축물 평가 후에도 새로운 생존자가 발견되었을 때에는 건축물 평가를 다시 해야 한다.
- 여진이나 중장비 사용 후에는 건축물 선별을 다시 해야 한다.

나. 건축물 선별 시 고려사항

건축물 선별작업을 할 때는 다음사항을 고려해야 하며 가능한 많은 정보를 수집하도록 한다.

- 점유형태
- 건축물 유형
- 건축물의 상태
- 붕괴 메커니즘
- 붕괴 일자 및 시간
- 우선순위
- 가용자원
- 위험물질 존재 가능성



- 전기, 가스, 상·하수도 시설 등의 잠금장치 위치

2. 도시탐색구조 표식법

가. 표식체계의 개요

붕괴건축물 탐색구조 표식체계는 국제탐색구조자문단(INSARAG)이 고안해 낸 것으로 국내 및 해외에서 구조활동을 하는 모든 구조대원이 이해할 수 있는 간단·명료하게 표준화한 표식체계로서 건축물의 상태·위험물질·요구조자의 상황 등을 확인할 때 사용된다.

이 체계는 일반적인 기호를 사용하여 작업구역에 대한 정보를 명확하게 확인할 수 있도록 해주며 다음요소들을 포함하고 있다.

- 일반확인체계 : 표식 및 기호
- 건축물 평가 : 진입/진입불가, 탐색, 구조, 특정한 건축물의 특수위험물, 요구조자 위치 등
- 목적 : 붕괴현장에서 유관기관의 협조를 극대화하기 위한 현장평가와 활동경과의 구체적인 정보 제공, 경고, 추적, 계속, 작업 인계의 용이, 상호 운용성 등

나. 표식체계의 구분

붕괴건축물 탐색구조 표식체계는 다음 4가지로 구분할 수 있다.

- 할당구역 또는 작업구역
- 건축물 평가표식
- 요구조자 위치표식
- 일반 위험표식

다. 할당구역 또는 작업구역

주소, 실제위치, 고유한 디자인 등에 의해 구역을 개별적으로 확인하고 표식방법을 정하여 구역을 나눈다. 만약, 이용할 수 있는 지도가 없다면 아래 사항을 참고하여 할당구역 및 작업구역을 정한다.

- 직접 지도를 그린다.

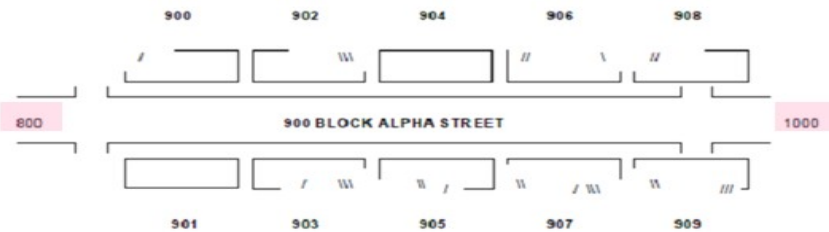
- 기점이 되는 곳을 정한 후 이름을 붙인다.
- 각 구역에 명칭을 부여한다.
- 지도나 스케치상에 건물 내·외부의 상황을 표시한다.

지도를 그릴 때에는 기점이 되는 곳이 있는 경우에는 이를 활용하고 그렇지 않는 경우에는 가까운 구역의 도로명이나 지번을 활용토록 한다.

[그림 4-72] 기점이 되는 곳이 있는 경우



[그림 4-73] 기점이 되는 곳이 없는 경우



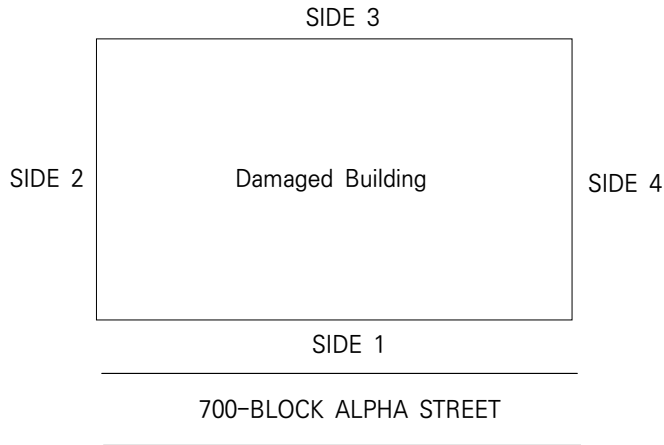


1) 건축물 외부 위치표식

외부에서 볼 때 건축물의 전면부를 1면(SIDE 1)이라 하고, 다른 면들은 [그림 4-74]에서 보듯이 1면에서부터 시계방향 순서로 매긴다.

도시탐색
구조

[그림 4-74] 건물외부 위치표식



2) 건축물 내부 위치표식

각 건축물의 내부는 왼쪽 아래에서부터 시계방향으로 A사분면, B사분면, C사분면, D사분면 순서로 매겨 나간다. 4사분면이 만나는 중앙부는 [그림 4-75]에서 보듯이 E사분면(Quadrant E)으로 정한다.

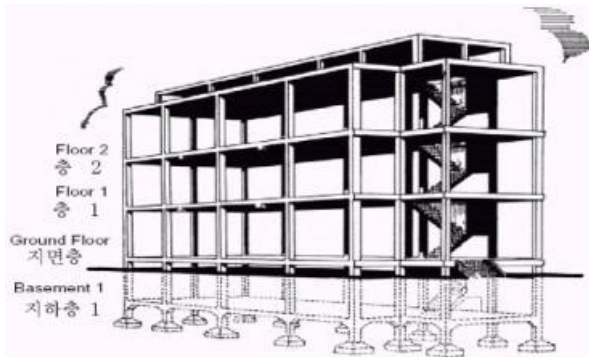
[그림 4-75] 건물내부 위치표식



3) 건축물 층별 구획

다층건축물은 각 층의 구획을 명확히 해야 하며, 층구분은 [그림 4-76]에서 처럼 지면층(Ground Floor)을 기준으로 하여 지정한다. 지면층 바로 상층을 1층(Floor 1)이라 하고 그 상층을 2층(Floor 2)이라 한다. 반대로 지면층 아래층은 지하 1층(Basement 1) 그 아래층은 지하 2층(Basement 2)등으로 숫자를 매겨 나간다. 각 층 구분은 단지 INSARAG 표식기준에 의한 것으로 국가별로 그 기준이 다를 수 있다. (예 : 지면층/Ground Floor = 1층)

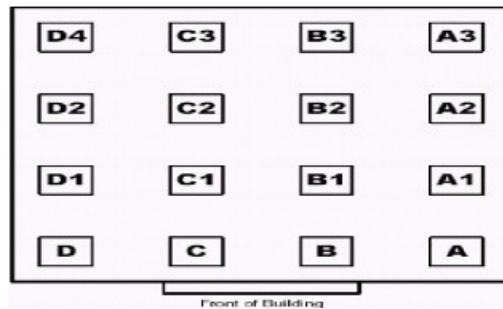
[그림 4-76] 건물내부 층별 구획



4) 기둥 확인

기둥 주위에는 요구조자의 생존가능성이 높은 공간이 가장 많이 형성될 수 있기 때문에 붕괴건축물의 각 기둥을 확인하는 것은 매우 중요하다. 그러므로 [그림 4-77]와 같이 기둥의 위치를 명확히 하여야 한다.

[그림 4-77] 건물내부 기둥 확인



4

라. 활동구역 표시

도시탐색
구조

활동구역 마킹은 좀 더 상세하고 잠재적으로 생존자 구조가 가능한 곳을 따로 표시하기 위함이며, 그러므로 협력시스템에서 중요한 부분이라 하겠다. 이것은 중요한 정보를 나타내며 쉽게 이해하고 적용할 수 있도록 한다. 이것은 USAR팀에 의해 활동현장이 쉽게 파악되고 붕괴현장이 쉽게 평가될 수 있어야 한다. 마킹은 붕괴 구조물 외부의 출입구 부근, 가장 쉽게 보이는 곳에 표시되어야 한다. 모든 평가결과는 OSOCC(현장 활동조정본부)에 즉시 보고되어야 한다.

주요정보가 요청될 때, 팀은 신중하게 결정하고 공통의, 효과적이고 일관성있는 마킹 시스템을 사용하는 반면, 환경 영향에 적응할 수 있어야 한다. 이 시스템은 또한 LEMA(지역비상관리대책본부)/국가시스템을 보완하며 요청 시 적용될 수 있다.

[그림 4-78] 완성된 활동현장 마킹시스템의 예





〈마킹 수단〉

활동현장 마킹은 초기ASR 2단계 섹터평가 동안 적용되어야한다. 마킹은 정면 또는 주 출입구에 표시한다. 다음의 방법이 사용된다.

- 약 1.2m X 1.0m 네모를 그린다.
- 정확한 입구나 현장의 위치를 위해 방향을 표시하는 화살표 그릴 수 있다.
- 박스 안 표시할 것
 - 활동구역 ID
 - 팀 ID
 - ASR level
 - 날짜
- 박스바깥에 표시할 것
 - 위험물(확인이 필요한) : 위쪽
 - 생존자 수 : 왼쪽/ 사망자 수 : 오른쪽/ 실종자 수 : 아래 쪽
- 다음 단계 활동(ASR)이 완료될 때에는·팀 ID, 완료된 ASR, 날짜를 업데이트한다.
- 상황발생시, 실종자 수, 구조된 인원, 수습된 사망자 등을 업데이트한다.
- 마킹시 사용되는 것은 스프레이, 건물표시 크레용, 스티커, 방수 카드 등이다.
- 활동구역 ID는 대략 40cm 높이이다.
- 팀 ID, ASR 단계, 날짜는 더 작게 표시한다. 대략 10cm.평가표식에는
- 색상은 매우 가시적이고 배경과 대비되어야 한다.
- 모든 현장활동 후, 추가 활동이 필요치 않을 경우 전체 마킹의 중간에 수평선을 그린다.
- 어떠한 팀이 중요한 추가 정보를 남겨야한다면, 일상 언어(암호 등을 쓰지 않고)를 사용하여 추가될 수 있다. 이러한 것 그리고 모든 다른 세부 관련사항은 활동현장 분류 (Work site Triage) 또는 현장보고서(Work site Report form)에 작성되며, 정보관리절차를 통해 제출되어야 한다.



[그림 4-79] 완성된 활동현장 마킹시스템의 해설

도시탐색
구조



해설 : 싱가포르팀 1 현장 C-12내 활동구역 C-12b에서 임수를 수행했다. C-12b가 마킹의 우측있다는 것을 표기하기 위한 화살표가 추가되었다. 지하실 쪽에서 가스누출 위험물 경고를 일반적인 글로 나타내고 있다. ASR 2, 3단계가 10월19일 수행되었다. 10월20일 ASR 4단계 전체 SAR이 완료되었다. 추가 활동이 필요치 않음.

마. 사상자(또는 요구조사) 표식(Victim Marking)

- 팀들(예, 탐색팀)이 구조활동을 즉시 현장에서 시작하지 않고 떠나야 할 때
- 다수의 사상자 또는 탐색활동으로부터 정확한 위치의 혼란이 있을 때
- 마킹은 사상자의 위치로 확인된 실제표면의 지점으로 물리적으로 가장 근접하게 표시된 다.
- 사용도구는 스프레이 페인트, 건물표시 크레용, 스티커, 방수카드 등이다.
- 사이즈는 약 50cm이다.
- 색상은 매우 가시적이고 배경과 대비되어야한다.
- 구조활동 완료시 사용목적은 아니다.
- 사상자가 위치한 곳이 아니라면, 활동구역 ID를 가진 구조물의 정면에 표시하지 않는다.

〈진행 예시〉

[그림 4-80] 사상자 표식 해설

설명	표식
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 큰“V”는 잠재적 사상자의 위치에 적용 - 생존 또는 사망 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 필요시 위치의 명확성을 위해“V”로부터 화살표 표기 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ “V” 아래 - “L-2”, “L-3”과 같이 숫자와 병기하여“L”은 확인된 생존자를 나타낸다. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ “D-2”, “D-3”과 같이 숫자와 병기하여 “D”는 확인된 사망자를 나타낸다. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사상자가 수습되면, 관련마크는 사선 처리되고 예시처럼 업데이트된다. - 생존자가 1명이 남으면“L-2”는 사선으로 처리되고“L-1”이 추가된다. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 모든 사상자가 수습되면, 모든 “L”과 “D”가 사선 처리된다. 	

바. 신속처리 표식(Rapid Clearance Marking/RCM)

RCM을 적용하기 위한 과정은 다음과 같다.

- 이 단계의 마킹을 수행하기 위해 팀 또는 LEMA/OSOCC에 의해 결정된다.
- RCM은 단지 현장이 신속하게 완전히 탐색될 때, 또는 생존자 구조가 불가능 하다는 강한 증거가 있을 경우에 사용된다.
- 두가지 RCM 선택이 가능하다 ; 명확성과 사망자
- 신속하게 탐색될 수 있는 구조물 또는 생존자가 없거나 단지 사망자만이 확인 되는 곳에 적용할 수 있다.
- 위 언급된 것과 같이 표준으로 탐색된 구조물이 아닌 곳에 적용할 수 있다.
 - 차량/물건
 - 건물외부
 - 잔해더미 등



- 가장 가시적인 영향을 전달하기 위하여 대상/구역에 가장 눈에 띄는 위치에 적용한다.
- 종료 명확성(Clear)을 나타내는 대문자 “C”, 단지 사망자만 있다는 것을 나타내는 “D” 바로 아래 다음과 같은 사항을 표기한다.

도시탐색
구조

[그림 4-81] 신속처리 표식 해설



명확성(Clear)

ASR 5단계 탐색완료와 동등
구역/구조물이 모든 생존자 그리고 사망자 확인이 끝난 것에
대한 명확성을 나타냄



사망자만 존재(Deceased Only)

종합적인 탐색이 완료, 하지만 단지 사망자만 남아 있음
- 비고 : 사망자가 수습되면, 기존의 마킹 부근에 “명확한”
RCM을 적용할 것

※ 참고

- ASR 등급

등급	내용
ASR 1	광범위 평가
ASR 2	섹터 평가
ASR 3	신속한 탐색 및 구조
ASR 4	전체 탐색 및 구조
ASR 5	종합 탐색 및 구조

- 단계분류 범주(Worksite Triage)

분류 범주	요구조자 정보	공간 크기	ASR Level
A	생존자 확인	모든 공간	Level 3. 신속한 탐색구조
B	생존자 확인	모든 공간	Level 4. 전체 탐색구조
C	불확실 또는 요구조자 존재 가능성	큰 공간	Level 3. 신속한 탐색구조
D	불확실 또는 요구조자 존재 가능성	작은 공간	Level 3. 신속한 탐색구조
E	불확실 또는 요구조자 존재 가능성	큰 공간	Level 4. 전체 탐색구조
F	불확실 또는 요구조자 존재 가능성	작은 공간	Level 4. 전체 탐색구조

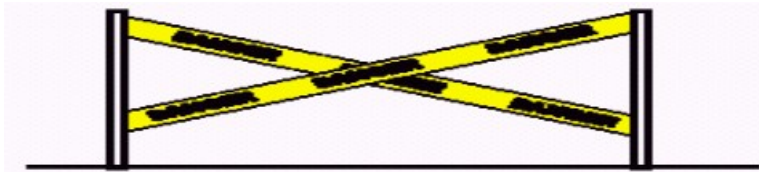
사. 일반 위험표식

좁고 제한된 지역에는 차단막, 깃발 등의 일반비상경계 표식을 사용하고 위험지역, 화생방지역(NBC / Nuclear-Biological-Chemical), 보안지역 등을 포함하는 넓은 지역은 바리케이드, 펜스 등을 설치한다. 또한 상황에 따라 경계표시줄을 설치하는데 작업활동 지역은 황색의 외줄띠를 설치하고, 붕괴 또는 위험지역은 “X”자 모양으로 2가닥의 황색띠를 교차시켜 설치한다.

[그림 4-82] 작업 활동지역 표시



[그림 4-83] 붕괴 및 위험지역 표시



3. 도시탐색구조 신호체계

가. 신호체계의 개요

효과적인 긴급신호는 재난현장에서 안전을 위한 필수적 요소이며, 모든 구조대원은 긴급신호에 대한 세부사항을 숙지하고 구조활동에 임하여야 한다.

신호는 명확하고 간단해야 하며 팀원이 모든 긴급신호에 즉각 대응 가능하도록 경음기 등 적절한 경보기를 사용하여야 한다.



나. 긴급신호체계 종별 및 방법

[그림 4-84] 긴급신호체계 종별 및 방법

도시탐색
구조

종 별	신호방법	경보기 위험 신호
대피/탈출		1초씩 3회 짧은 신호
작업중지		3초간 1회 긴 신호
작업재개		1회 긴 신호+1회 짧은 신호

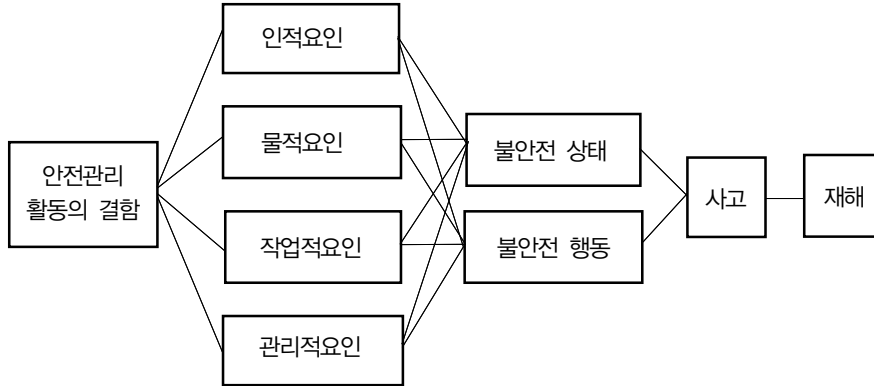
제10절 도시탐색구조의 안전관리

1. 사고발생의 4가지 기본원인

미국 공군에서 개발하여 미국의 국가교통안전위원회(NTSB)가 채택하고 있는 재해의 기본원인 모델로 4개의 M을 기본조건으로 보고 있다.

- ① Man : 실수를 일으키는 인적요인
- ② Machine : 기계설비의 결함, 고장 등의 물적요인
- ③ Media : 작업의 정보·방법·환경 등의 작업적 요인
- ④ Management : 안전기준, 안전관리 조직, 교육훈련, 계획, 지휘감독 등 관리적 요인으로 분류하는 것인데, 이것은 일을 하는 모든 경우에 적용할 수 있는 것으로 소방공무원 직무사고의 기본원인 분석에도 활용할 필요가 있다고 본다.

[그림 4-85] 사고발생의 4가지 기본원인 모델



[그림 4-86] 사고발생의 기본원인으로서의 4M

구분	내 용
Man (인적요인)	① 심리적원인 : 망각, 주변적 동작, 생각(고민거리), 무의식행동, 위험 감각, 성급한 반응, 생략행위, 억측판단, 착오 등 ② 생리적원인 : 피로, 수면부족, 신체기능, 질병, 알코올, 노화 등 ③ 인간관계적원인 : 직장의 인간관계, 리더쉽, 팀워크, 의사소통 등
Machine (물적요인)	① 기계·설비의 설계상 결함 ② 위험방호의 불량 ③ 본질적인 안전화의 부족(인간공학적 배려의 부족) ④ 점검·정비의 부족
Media (작업적요인)	① 작업정보의 부적절 ② 작업자세, 작업동작의 결함 ③ 작업방법의 부적절 ④ 작업공간의 불량 ⑤ 작업환경·조건의 불량 등
Management (관리적요인)	① 안전관리 조직의 결함 ② 안전관리 규정·매뉴얼의 미비 ③ 안전관리 계획의 미수립·불량 ④ 안전교육훈련 부족 ⑤ 부하직원에 대한 지도·감독 부족 ⑥ 적성배치의 부적절 ⑦ 건강관리의 부족 등



가. 사고방지 원리 및 대책

사고방지의 대책도 사고의 기본원인인 4M 즉 인적·물적·작업적·관리적 요인을 근간으로 수립되어야 한다는 것이다.

도시탐색
구조

[그림 4-87] 사고발생 방지대책으로서의 4M

구분	내 용	
Man (인적대책)	- 하려고하는 마음 - 리더십	- 직장의 인간관계 - 팀워크 등
Machine (물적대책)	- 안전방호장치 - 작업의 표준화	- 본질 안전화 - 표시 및 경보 등
Media (작업적대책)	- 작업자세 - 작업환경	- 작업방법 - 작업순서 등
Management (관리적대책)	- 안전관리 조직 - 안전보건관리계획 - 건강관리	- 안전관리 규정 및 수칙 - 안전보건교육 - 작업지휘 및 감독 등

2. 안전의 저해요소

붕괴건축물 탐색구조 작업 현장에는 대체로 많은 위험이 도사리고 있으며 이러한 것들은 서로 복합적으로 작용하기 때문에 세심한 주의를 기울이지 않으면 커다란 위험에 처할 수 있다. 다음은 위험 요소들을 영역별로 나눈 것이다.

가. 상황적 영역

1) 건축물의 불안정성

건축물이 붕괴하기 시작하면 결국 자체의 무게를 실은 채 그것을 구성하고 있는 모든 요소들이 평형을 이루는 시점에 이르러 그 과정이 멈추게 되지만, 만일 잔해물 위에서 사람들의 작업, 땅의 흔들림(여진), 바람 등 별도의 압력이 가해지면 추가적인 붕괴가 일어날 수 있다. 그러므로 구조대원은 건축물의 일부분을 움직인다거나 잔해더미에 속에서 구조작업을 할 때에는 잠재적 위험성에 대하여 항상 주의하여야 한다.

- 잠재적 위험가능성에 대하여 건축기사 등 전문가에게 자문을 구한다.
- 하중을 지지하는 부분은 최후적 조치로서만 제거할 수 있다.
- 2차 붕괴의 조짐에 대하여 항상 경계를 하고 있어야 한다.



- 엘리베이터 통로, 수직 갱 등 특히 위험한 부분의 위치를 파악하고 있어야 한다.
- 여진발생 등에 대비하여 비상대피 통로, 경보신호 방법 등을 숙지하고 있어야 한다.

2) 잔해물 아래의 위험

구조작업을 위하여 잔해물 아래로 내려가면 물의 범람, 대기 중 산소 부족, 유해 및 가연성가스 등의 위험에 직면하게 될 수 있다. 그러므로 물 유입 방지조치, 적절한 조명과 통풍, 표면에 발을 딛기 전에 바닥이 고르지 또는 높낮이 확인 등을 안전을 위하여 필수적이다.

○ 물의 범람

물의 범람은 지하수의 유출, 폭우, 수도관파열 등에 의해 붕괴잔해물 위나 아래에서 일어날 수 있다. 또한 범람한 물은 고여 있거나 유동하게 되며 이들은 건물의 평형에 영향을 끼쳐 2차 붕괴를 일으키기도 한다.

○ 대기 중 산소 부족

붕괴로 인하여 파손된 가스관에서 누출된 가스가 틈 내부로 흘러들어 공간을 차지하거나 공기를 밀어내 산소를 고갈시키게 되면 구조작업을 어렵게 만들뿐만 아니라 질식하는 경우도 발생한다. 그러므로 탐색구조 작업에 임하는 구조대원이 산소부족으로 인한 위험에 처하지 않게 하기 위하여 반드시 신선한 공기를 적당히 공급하여야 하는데 그 방법 중 하나가 적절한 환기를 하는 것이다. 만일 환기를 위해 공기압축기와 환기장비가 사용된다면 터널에서 배출된 공기가 재순환하지 않도록 주의해야 하며 특히 가솔린 엔진이 달린 공기압축기를 이용할 경우 배기가스가 흡입구로 다시 들어가지 않도록 각별히 주의해야 한다. 강제 환기는 좁은 공간에서 가스위험을 다루는 가장 효과적인 방법이며 또한 산소가 부족한 잔해더미 아래에 갇혀있는 요구조자를 구하는 가장 좋은 방법이다.

○ 유해환경

유해환경은 건물 붕괴로 인하여 유해물질이 누출이 되었거나 테러에 의한 경우 군사용 화학무기의 사용에 의하여도 발생할 수 있다. 또한 병원이나 연구소는 방사성물질과 유해가스 등을 보통으로 사용하고 있으며 그 외의 많은 업종에서 유해 화학물질을 통상적으로 사용하고 있다. 따라서 붕괴사고 현장에서 유해물질에 의한 환경오염은 흔히 있는 것으로 안전한 구조작업을 위해서는 현장에 대한 정확한 평가와 안전한 보호복 착용 및 적응장비를 사용해야 한다.



○ 가연성 환경

붕괴에 의한 가스 공급관의 파손 등으로 인화성·가연성 물질이 누출된 상태에서 발화원이 유입되면 화재나 폭발이 일어날 수 있다. 이런 환경에서는 신속히 누출가스를 제거하거나 지속적인 감시를 통하여 불꽃이 발생하지 않도록 주의하고 화재발생에 대비하여 화재진압장비를 갖추어 두어야 한다.

3) 잔해더미 표면 및 주변의 위험

붕괴현장의 잔해더미 표면은 각종 잔해물로 울퉁불퉁하거나 날카로우며 계절별 기상상태에 따른 비 그리고 눈과 얼음은 표면을 미끄럽게 만들거나 날카로운 부분 및 위험한 틈새 등을 감추어버리기도 한다. 또한 먼지와 바람, 소음과 진동 등도 심하게 발생한다. 이러한 위험상황은 붕괴의 결과 또는 자연적으로도 발생하며 구조대원을 위험에 빠뜨리거나 구조작업을 더디게 하는 결과로 나타난다.

○ 날씨

비와 눈 그리고 얼음은 고르지 못한 붕괴현장을 미끄럽게 만들거나 날카로운 부분을 덮어버려 시각적 기능에 장애를 주어 구조작업을 어렵게 만들고 건축물에 하중을 더하기도 한다. 영하의 기온은 대원에게 뿐만 아니라 수랭식 장비에도 영향을 줄 수 있으므로 탐색구조작업에 임하는 구조대원들은 계절적 상황에 알맞은 복장과 개인용 안전장구 등을 착용하고 미끄럼사고 등에도 주의하면서 구조작업을 하여야 함은 물론 구조장비의 적절한 관리에도 힘써야 한다.

○ 잔해표면

잔해더미는 표면이 고르지 못하고 안정되어 있지도 않으며 미끄럽고 위험한 상황을 만들어 놓기도 한다. 이런 조건은 붕괴현장에 흔히 있는 일이기에 탐색구조 작업에 임하는 구조대원은 몸을 숙여 무게중심을 낮추고 조심스럽게 작업에 임하여야 한다.

○ 날카로운 잔해물

붕괴잔해물 중에는 날카롭고 톱니 같은 물체들이 도처에 산재해 있어 주의를 기울이지 않으면 상처를 입을 수 있기에 개인보호장비를 완벽히 착용함은 물론 찢리거나 찢기지 않도록 항상 조심하여야 한다.

○ 물 고임

붕괴잔해 주변에 고여 있는 물은 눈으로 쉽게 깊이를 알아볼 수 없고 건물 내부에 수영장이나 오픈 탱크가 있는 경우도 있다. 만일 이러한 곳을 통과해야 한다면 물의



깊이가 얼마나 되며 바닥은 안전한지에 대하여 면밀한 조사가 선행되어야 한다.

○ 먼지 및 바람

붕괴가 일어난 후에는 대량의 먼지가 장시간 동안 인근의 대기 중에 떠다닌다. 또한 갑자기 불어오는 맹렬한 바람은 강한 먼지를 일으키거나 불안정한 건물에 대한 2차 붕괴를 일으킬 수 있다. 그러므로 구조대원은 호흡기를 보호하기 위하여 적절한 방진용 마스크를 착용하는 것은 필수이다. 또한 불안정한 건물에 대하여는 안전 조치를 하거나 항시 주의를 기울여 바람에 의한 2차 붕괴로 피해를 입지 않도록 하여야 한다.

○ 소음 및 진동

붕괴 사고현장에는 과도한 소음이 발생할 뿐만 아니라 장비에서 나오는 진동이 2차 붕괴를 유발할 수도 있는데 이러한 소음을 막기 위하여 상황에 따라 귀마개를 한다거나 필요한 경우 지휘부에 소음중지를 요청할 수 있다. 또한 진동으로 추가 붕괴가 의심되는 부분은 적절한 안전조치와 함께 지속적인 감시를 하여야 한다.

○ 머리 위의 위험

붕괴현장은 머리 위에서 물체가 떨어지는 상황 등이 발생할 수 있다. 바닥, 벽, 천장 등 무너지다 남아 매달려 있는 부분, 헐거워진 유리창, 부서진 유리판, 네온사인 등은 여진이나 거센 바람이 불면 갑자기 무너져 내리기도 하고 낮게 늘어져 있는 전선은 감전의 위험이 있으며 이러한 위험성은 낮에 보다 밤에 더하다. 그렇기 때문에 머리 위의 모든 위험은 붕괴 잔해물 표면의 구조작업이 시작되기 전에 안전조치가 되어야 하며 크레인 등 중장비가 움직이는 아래에서 작업하는 것은 삼가 하여야 할 것이다.

나. 환경적 위험

1) 유해물질

붕괴현장은 각종 유해물질 즉 석면, 유해가스, 생화학 및 방사성 물질, 유독물, 기타 오염된 폐기물 등으로 인하여 주위 환경이 매우 위험하다. 그러므로 위험성에 대한 정확한 평가가 이루어지지 않은 상황에서 함부로 접근하여서는 안된다. 그리고 현장에 관한 정보는 관계자 등으로부터 얻을 수 있으며 필요한 경우에는 전문가에게 도움을 받아야할 경우도 있다. 또한 탐색구조작업을 위하여 접근할 경우에는 상황에 맞는 적절한 보호 및 안전장비 등을 갖추고 접근하여야 한다.



2) 각종설비 등

가스설비, 전력설비, 상·하수도 등의 파괴는 붕괴현장 상황을 더욱 복잡하게 만든다.

○ 전기

전류가 흐르고 있는 전선의 파손은 구조작업을 하여야 하는 구조대원에게 치명적인 위험을 줄 수 있다.

- 확실하게 전기가 끊겼다고 판단할 수 없는 한 모든 전선은 활선⁸⁾이라고 생각하여야 한다.
- 고압선은 숙련된 전문요원이 적절한 절차에 따라 조치하여야 한다.
- 철문이나 철망울타리와 같이 고압전선과 접할 수 있는 전도체 근처를 피해야 하며 특히 활선 근처에 있는 수영장에 가까이 가지 말아야 한다.
- 손상 받은 건물로 전기가 공급되고 있는 경우, 계량기나 퓨즈박스 근처에 있는 마스터 스위치로 차단하여야 한다.
- 구조차량이나 장비 등은 전선이 늘어지거나 떨어진 곳으로부터 멀리 배치한다.

○ 가스

가스누출은 협소 공간 내의 산소를 밀어내어 질식의 위험은 물론 혼합기체의 폭발로 2차적인 대형사고로 이어질 수 있다.

- 가스누출이 의심되는 곳에서는 불꽃의 사용을 금지하여야 함은 물론 구조장비 등에 의한 스파크도 조심하여야 한다.
- 가스를 차단하기 위한 것이 아니거나 또는 연소우려가 없다면 가스불꽃은 끄지 않고 계속하여 타도록 내버려두는 것이 좋을 경우도 있다.
- 가스가 있는 지역에 들어갈 경우에는 공기호흡기를 반드시 착용한다.
- 노상의 대형 가스관로를 차단하여야 할 경우에는 반드시 시설물 회사나 관련 공공기관의 전문요원이 차단하도록 한다.
- 건물의 각 블록 내에 설치된 가스차단 밸브위치를 확인하여 필요할 경우 차단하도록 한다.

○ 상·하수도 등

붕괴현장에 뿌러지거나 유입되는 물은 간혀있는 요구조자를 익사시킬 가능성이

8) 전기가 충전되어 있는 상태. 전기가 흐르고 있는 상태.



있을 뿐만 아니라 잔해더미가 물에 흠뻑 젖게 되면 그 무게가 거의 50%나 증가하게 되어 약화된 건축물을 무너지게 하거나 철거를 보다 어렵게 만들기도 한다.

- 수도 계량기나 노상 차단밸브를 이용하여 물의 흐름을 차단해야 한다.
- 진화용으로 사용했거나 파손된 상하수도 파이프 등에서 새어 나오는 물은 배수시켜 고이지 않도록 해야 한다.

3. 일반 안전수칙

탐색구조활동 중 주변상황 및 도구·장비의 사용과 관련된 위험으로부터 벗어나기 위해서는 탐색구조 작업에 임하는 모든 사람들은 다음 사항을 반드시 지키도록 해야 한다.

가. 개인안전장비

구조작업에 임하는 대원은 누구나 필요한 모든 개인안전장비를 갖추어야 한다.

나. 위생

오염 및 감염 가능성을 최대한 줄이기 위해 작업구역에 진입 전 또는 이탈 후, 식사 전후, 화장실 이용 전후에 비누와 물로 손 등 노출된 부위를 깨끗이 씻어야 한다.

다. 안전담당관

안전을 위하여 안전담당관을 지정하여야 하는데 이 사람은 모든 안전관련 문제에 대한 책임을 지며, 필요할 경우 모든 작업을 부분 혹은 전면적으로 중지시킬 권한을 갖는다.

라. 휘슬신호(Whistle signals)

안전담당관은 작업구역에 대한 경계 및 경보 신호를 알리기 위해 휘슬을 사용하는데 탐색구조작업에 임하는 대원들은 경보신호를 숙지하고 있어야 한다.

마. 안전지역

안전담당관은 비상시에 대비하여 작업구역에서 긴급히 대피하기 위한 안전지역을 작업구역 근처에 선정하여야 한다.



바. 식수

구조활동 중에 탈수를 방지하기 위하여 물통이나 음료수통에 식수를 준비하여야 한다.

사. 근무교대

각 구조대원은 과로방지를 위해 적당한 시간마다 근무교대를 하여야 한다.

아. 쓰레기

모든 오물은 지정된 쓰레기통이나 오물 수거함에 넣어야 한다.

자. 위험표시

작업 중 위험요인을 발견한 때에는 모든 대원에게 신속하게 전파하고 현장의 적당한 물체를 활용하여 위험표시를 하여야 한다.

차. 팀 안전

구조장비 사용이 포함된 모든 작업은 조를 이루어 실시한다. 즉, 한 사람이 구조장비를 사용하면 다른 사람은 안전을 위한 경계를 하여야 한다.

4. 임무수행 단계별 고려사항

탐색구조 활동 전반에 관하여 대장은 대원의 안전에 책임을 져야 한다. 또한 대원 모두는 항상 서로의 안전을 지켜봐 주어야 하며 불안정한 행동 및 불안정한 상태를 예방하고 이를 경계하여야 한다.

가. 준비단계

1) 긍정적 태도

안전만이 우리가 살아남을 수 있는 필수요소라 여기며 긍정적으로 행동한다.

2) 안전한 절차 및 계획

구조대원 및 요구구조자 모두의 안전확보를 위하여 일련의 절차에 따른 안전계획을 수립하여야 한다.



3) 완벽한 장비

항시 완벽한 작동상태를 유지하고 확실히 포장하여 적재한다.

4) 준비된 대원

대원은 항상 숙련된 기술, 풍부한 지식과 경험을 갖추고 있어야 한다.

5) 정보의 획득

행정적 절차 및 기능, 발생할 수 있는 문제점 등에 대하여 충분한 정보를 획득한다.

나. 편성 및 동원 단계

- 임무 개시 때부터 안전절차 및 관습을 확립한다.
- 브리핑을 할 때에도 안전에 대하여 강조한다.
- 대원 모두가 완전한 개인보호장비를 갖추고 있어야 하며 정신적·육체적으로 건강한 상태를 유지하여야 한다.
- 사용할 장비는 항상 100% 가동상태를 유지하며 안전한 사용방법을 알고 있어야 한다.
- 구조대원이 구조되어야 하는 최악의 상황을 예방하기 위하여 철저한 안전교육이 필요하다.
- 차량의 승·하차시의 안전에도 유의하여야 한다.

다. 작업 단계

- 사고현장 및 작업구역의 위험요소 파악
- 경계 및 경보 신호 숙지
- 탈출로 및 집결지 숙지
- 안전담당관 지정 및 식별에 관한 사항
- 사고 또는 부상의 경우에 대비한 의료시설 위치 및 부상자 이송방법
- 작업계획에 안전기준 포함
- 안전기준에 따른 작업 및 물자조달
- 현장위험 사항에 대한 명확한 확인 점검



- 무선통신 모니터
- 투입 대원의 인원 파악
- 대원 근무교대 적시 실시
- 대원의 피로 및 스트레스 모니터
- 대원의 위생규칙을 준수하는지 확인한다.
- 모든 부상 및 사고를 보고하고 조사한다.

라. 철수 단계

피로, 스트레스 및 PTSD(Post Traumatic Stress Disorder/심리적 외상 후 스트레스 장애)를 확인하고 적절한 조치를 한다.



제5장 CBRNE 사고대응

- 제1절 CBRNE의 개념과 특성
- 제2절 국내·외 주요사고 사례분석
- 제3절 CBRNE 사고 대응 장비
- 제4절 현장대응활동 식별과정(Awareness)
- 제5절 초기대응과정(Operations)
- 제6절 전문대응과정(Technician)
- 제7절 현장지휘과정(Incident command)

5

CBRNE 사고대응

CBRNE
사고대응

- 학습 목표**
- 01 CBRNE의 개념 및 특성을 이해한다.
 - 02 국내·외 주요사고 사례분석 및 대응장비를 이해한다.
 - 03 현장대응활동 식별과정과 NFPA 표시체계를 이해한다.
 - 04 대응단계별 행동절차 및 현장지휘 시스템을 이해한다.

제1절 CBRNE의 개념 및 특성

화생방이란 화학(Chemical), 생물학(Biological), 방사능(Radiological)의 각각 첫글자를 합쳐서 일컫는 말이다. 2000년대 이후 특히 2001년 9.11테러 이후 각국에서는 화생방이란 용어보다는 'CBRNE' 라는 개념을 주로 사용하고 있으며, CBRNE 용어의 변천과정을 정리해보면 다음과 같다.

[표 5-1] 화생방 용어의 변천과정

년도	용어
1950년대	ABC(Atomic, Biological, Chemical)
냉전시대	NBC(Nuclear, Biological, Chemical)
1990년대	CBRN(Chemical, Biological, Radiological, Nuclear)
2000년대	CBRNE(Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosive)

CBRNE는 Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosive의 각각의 첫 글자를 합쳐서 일컫는 개념이다. 미 메릴랜드주 제20지원 사령부는 화학, 생물, 방사능, 핵, 고출력 폭발물(High Yield Explosive) 등 모든 종류의 대량살상무기를 전담한다는 뜻에서 이 무기 종류들의 첫 글자를 따 CBRNE로 약칭하기도 한다.

세계화시대에 들어 “화학·생물학·방사능·핵·고성능 폭발(CBRNE: Chemical, Biological, Nuclear, Enhanced High Explosive)” 무기 및 탄도미사일의 확산이 보편화되었다. 또한 CBRNE 무기기술, 운반수단, 개량된 재래식 무기의 급속한 확산은 향후 예상되는 테러리스트의 공격에 이들 무기들이 사용될 수도 있다는 위협을 증대시키고 있다. 따라서 국제사

회는 비 국가 및 초국가행위자들의 비대칭적 수단과 능력을 통한 CBRNE 무기의 확산과 공격 가능성, 전자전, 게릴라전, 테러활동 등 심각한 비전통적 위협에 직면하게 되었다.

한국은 북한의 화생방전 능력과 한국 내에 산재해 있는 화생방 취약요소를 검토하여 이에 대한 준비를 해야 할 것이다. 미국은 생화학무기 사건 대응부대(CBIRF)를 창설하고, 미 육군 화생방전 사령부(CBCOM)는 각 도시의 경찰과 소방요원, 의료종사자에 대해 생화학 테러 공격 시 화생무기 긴급판정초기탐지(RAID)팀이 도착할 때까지 수행해야 할 일에 대해 교육을 실시하고 있다.

한국도 국가적 차원에서 CBRNE 테러에 대해 국가차원에서 종합적인 대책을 마련하고 대테러 장비 등을 최신화해야 한다. 특히, CBRNE 분야 중에서 비교적 준비가 덜 된 분야에 대해 중점적인 장비의 도입이 이루어져야 한다. 또한 테러는 갈수록 다양화 및 세계화 되어가고 있으므로 장비도 상황에 대처할 수 있도록 개발되고 도입되어야 한다.

대량살상무기(WMD)는 핵, 화학, 세균 탄두 및 재래식 대형 고폭탄두 등을 탑재한 탄도 미사일, 순항미사일, 공대지미사일, 유도폭탄 또는 비유도 폭탄 등이다. 즉 핵, 화학, 생물 무기로 NBC(Nuclear, Biological, Chemical) 무기라고도 한다. 이후 N(핵)과 R(방사능)이 구분되면서 CBRN 무기로 일컬어지다가 최근에는 여기에 E(초고성능 폭발물)가 추가되어 CBRNE 무기로 되었다. CBRNE 무기는 Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Enhanced High Explosive(화학, 생물학, 방사능, 핵 및 초고성능 폭발물)의 첫 글자이며 대량살상능력을 가진 무기로서 특히 E의 예로는 항공유를 가득 채운 화물기, 가스를 실은 탱크로리 등을 들 수 있다.

[표 5-2] 화생방무기의 피해효과

구분	직접효과 범위	인원피해 (비보호 시)	직접효과 발회기간	생산비 (\$/km ²)
화학무기(사린 5TON)	260km ²	30% 사상	7.5초-30분	600
생물무기(탄저균 450L/B)	88,000km ²	25-70% 발병	수일~14일(평균) 수초~수시간(독소)	1
핵무기(수소폭탄 20MT)	190-260km ²	98% 치사	수 초	800

1. 화학(Chemical)

가. 개요

화학무기는 생물학무기와 같이 가격이 저렴하고 쉽게 생산할 수 있으며, 적은 양으로도 많은 인원을 살상시킬 수 있다. 이러한 화학무기의 제조원료 및 기술은 인터넷 등

을 통해서 개인이나 각종 단체에 쉽게 제공되고 있다.

화학 및 유독가스는 눈에 보이지 않으면서 적은 양으로 대규모의 지역을 오염시키고, 동시에 인원을 무능화 또는 살상시킬 수 있다. 또한 이러한 살상효과는 특히 오염지역 내에 방독면 등으로 방호되어 있지 않은 인원일수록 그 피해가 심각하게 발생된다.

[표 5-3] 재래식 무기와 화생방 무기의 살상효과 비교

	재래식(고폭탄1t)	화학(GB300kg)	생물학(탄저균30kg)	핵(20kt)
사망	5명	200~3,000명	20,000~80,000명	40,000명
부상	15명	200~3,000명	-	-

<자료> Steve Feter(1991), Ballistic Missile and Weapons of Mass Destruction : What is the Threat? What Should be done?, International Security, pp.5-42.

위의 자료는 비 방호 상태의 인구밀도 평균 30명/10,000㎡인 도심을 기준으로 공격 시 예상 피해인원이다.

나. 특성

화학무기는 대량살상의 효과를 내면서도 파괴하지 않으며, 핵무기제조단가의 1% 정도의 비용으로 동일한 효과를 낼 수 있는 무기를 만들 수 있고, 수초에서 수분 이내에 인원을 즉각 살상할 수 있는 신속한 효과와 특정한 지역이나 건물 등에 사용하여 수일에서 수주일 동안 오염을 지속시켜 사용을 제한하고 계속해서 살상을 일으키게 하는 것이 화학무기의 특성이다. 우리가 화학무기에 특별한 관심을 가져야 하는 이유는 군인보다 적절한 방호대책을 가지지 못한 일반 시민들에게 무차별적인 살상력을 발휘할 수 있기 때문이다. 따라서 화학무기는 핵전쟁을 유발시키지 않고 현대 전력을 파괴시킬 수 있는 가장 적합한 무기로 인식되고 있으며, 전쟁수행의 전략·전술을 가장 효과적으로 뒷받침해줄 수 있는 무기로 판단되고 있기 때문에 전방뿐만 아니라 후방지역의 대도시 및 산업시설을 대상으로 기습적으로 화학무기를 사용할 것이며, 평시에는 테러의 수단으로 광범위하게 사용될 것이다.

다. 화학작용제의 종류 및 특성

군사적으로 화학전(테러)에 사용되는 유독물질을 보통 ‘독가스’라고 한다. 그러나 화학전에는 모두 독가스만 사용되는 것이 아니다. 실제 대부분의 독가스는 초기에는 액체 상태로 존재한다. 이들 물질이 실제로 살포되면 비로소 어떤 것은 가스형태로, 또 어떤 것은 액체 형태로 운용된다. 따라서 화학작용제라 함은 적 인원을 살상하거나 무능화시키기 위해서 화학적으로 합성한 유독물질을 말한다. 이러한 화학작용제는 군사적으로



는 신경작용제 등으로 분류하며 그 세부특성은 다음과 같다.

1) 신경작용제

가장 강력한 살상력을 가지고 있으며 현대전에서 가장 사용 확률이 높은 급속살상 작용제로 G 계열과 V 계열로 분류한다. 작용원리는 우리 몸의 신경세포에서는 아세틸콜린이라는 자극전달 물질을 방출하는데, 이 작용제가 아세틸콜린 분해 효소의 작용을 방해하게 되고 결국 몸속에 축적된 아세틸콜린 때문에 신경계가 극도의 흥분상태가 되어 사망하게 되는 것이다. 화학작용제는 일반(합성)고무를 침투할 수는 있지만, 부식시키거나 녹이지는 못한다. 거의 대부분의 작용제 오염 시 구토, 호흡곤란, 근육경련 등의 증상이 나타나지만 신경작용제 오염에만 보이는 증상이 있는데, 동공축소가 그것이다. 즉 동공이 비정상적으로 축소되어 있으면 신경작용제에 오염된 것이다.

2) 질식작용제

말 그대로 사람을 질식시켜 사망에 이르게 하는 물질로서 크게 2가지가 있다. 하나는 포스겐(CG)이고 다른 하나는 디포스겐(DP)이다. 갓 베어낸 풀 냄새가 나는 급속 살상 작용제로 제2차 세계대전 시 유태인 학살에 주로 사용되었다. 질식작용제가 폐에 들어가면 CO₂와 HCl을 형성하게 되는데, 염산(HCl)이 폐를 헐게 만든다. 그러면 면역작용에 중요한 혈장이 유출되고 이 혈장이 폐에 차서 사람이 물을 먹은 것처럼 질식하게 된다. 따라서 “질식작용제에 노출되면 폐에 물이 찬다”고 하며, 질식작용제에 노출되어 죽은 사람을 ‘땅에서 익사한 사람’ 즉 ‘육지 익사자’라고도 한다. 질식작용제는 아직까지 해독제라는 것이 없다.

3) 수포작용제

겨자맛이 난다고 하여 흔히 머스타드(Mustard) 가스라고도 한다. 제1차 세계대전 때 많이 사용된 작용제로 피부에 수포형성을 일으켜 인원을 살상하는 작용제이다.

수포작용제는 자체가 살상 작용을 하기도 하지만, 피부를 심하게 손상시켜 2차적인 세균감염을 통해 인원을 살상시킨다. 3도 화상과 증상이 비슷하다. HD, HN, CX, L, HL, PD, ED, MD 등이 있으며, 신경작용제와 마찬가지로 노출 즉시 3분 이내에 치료를 해주어야 한다. 군에서 사용하는 해독제도 있으나, 민간에서는 약국 등에서의 에틸알코올을 부드럽게 발라주는 방법을 쓴다.

[그림 5-1] 신경가스 및 수포가스의 피해

CBRNE
사고대응

4) 혈액작용제

혈액에서 산소를 옮겨주는 헤모글로빈에 있는 시토크롬 효소에 작용하여 산소의 운반을 방해한다. 따라서 혈액작용제에 오염된 사람은 호흡곤란으로 사망에 이르게 된다. 복숭아씨 또는 아몬드 냄새의 자극적인 냄새가 나는 기체이다. 질식작용제의 증상 또한 호흡곤란이나 혈액작용제는 단순히 호흡곤란만 느끼는 것이 아니라, 심한 가슴압박감 또는 가슴통증을 수반하게 되며 고농도 노출 시 4~8분 후에 사망하게 된다. 인후부에 심한 발적 현상도 중요 증상 중 하나이다.

5) 무능화작용제

중추신경계에 영향을 주거나 근육을 약화시키고 변태적 행동을 하게 함으로써 임무수행을 방해하는 화학작용제이다. 무능화작용제는 중추신경억제제의 BZ와 중추신경자극제 LSD 등이 있다.

이 작용제는 분말상태로 되어 있으며 연막 또는 에어로졸 상태로 살포되며 불안, 현기증, 명령 불복종, 구토, 혼돈, 비틀거림, 환각 및 정신착란 등의 증상이 나타난다.

6) 구토작용제

구토작용제는 눈에 대한 자극과 최루를 일으키면서 호흡기에 강한 자극을 유발시켜 구토를 일으키게 한다. 종류로는 다음의 <표 3-8>과 같다.

구토작용제는 두통, 흉부압박감, 인후부의 심한 뜨거움, 코의 통증과 충만감을 일으키며 눈에 자극을 준다. 기침은 자제할 수 없으며 재채기는 격렬하고 지속적이며 코의 분비물이 증가하고 끈끈한 많은 양의 타액이 입으로 흘러나오며 구토 증상이 현저히 나타난다.

7) 최루작용제

최루작용제는 국소자극제로 낮은 농도에서 일차적으로 눈에 작용하여 심한 통증과 최루를 유발하고, 높은 농도일 때는 호흡기와 피부를 자극하고 때로는 구토의 원인이 되기도 한다.



2. 생물학(Biological)

생물무기란 인체에 위해성을 가지는 미생물 및 바이러스와 독소로서 전쟁 또는 테러용 무기로 사용하는 것이므로 병원성 미생물의 존재가 알려진 후부터 이에 대한 관심이 증대되었다. 실제로 병원성 미생물의 존재가 알려진 것은 19세기 프랑스의 파스퇴르와 독일의 코흐 등에 의해서였다. 그러나 역사를 거치면서 여러 가지 질병에 대한 경험을 가지게 된 인류는 어렵פות이나마 질병이 전파한다는 사실을 알고 있었고, 인위적으로 질병을 전파시키는 방법으로 생물무기를 전쟁용 무기로 사용하였다.

생물무기는 위협적인 무기가 될 수 있으나 이를 실제로 사용하기에는 여러 가지 제약이 따르므로 사용하는 자나 노출시키는 자가 모두 감염의 대상이 되기도 한다. 그러나 전쟁에서의 승리를 쉽게 쟁취하기 위해서 지금까지 인류는 생물무기를 사용해 왔다. 최근에는 테러와 같은 방법으로 생물무기를 사용한다. 이에 우리는 생물무기에 대한 대비를 하지 않을 수 없는 상황에 이르게 되었다.

얼마 전 2001년 미국의 911테러이후 공포의 백색가루인 탄저균의 우편물 발송으로 호흡기탄저병 환자가 11명, 피부탄저병 환자가 12명 발생되어 전 세계는 큰 혼란 속에 빠져들었다. 이에 미국은 명분을 생물무기의 근절이라고 내세워 이라크를 침공하게 되었다. 우리나라도 이라크파병이라는 문제에 봉착되어 생물무기와 연관되어 있다.

또한 오늘날에는 유전공학의 발달로 DNA 비밀이 서서히 벗겨지면서 새로운 화학물질로 기존 질병의 독성을 극대화 시키거나 새로운 질병을 만들어내는 생물무기의 새로운 시대를 예고할 수 있을 것이다.

이에 우리는 현장에서의 대처법 및 예방법을 익혀 적절히 대처해 나간다면 신석기 시대부터 사용해온 생물무기와 공존하게 될 것이다.

가. 생물테러의 개념

“생물테러“라 함은 잠재적으로 사회 붕괴를 의도하고 바이러스, 세균, 곰팡이, 독소 등을 사용하여 살상을 하거나 사람, 동물 혹은 식물에 질병을 일으키는 것을 목적으로 하는 행위를 말한다.

생물무기가 테러에 자주 사용되는 이유는 아주 미량으로도 사람을 죽일 수 있는 특성이 있기 때문이다. 그리고 값(핵무기의 1/800)이 싸고 은닉 및 살포가 용이하며 일단 감염이 되면 스스로 번식, 확산되며 오염지역의 확인에 어려움이 따르며, 또한 살포시간과 피해발생의 시간 차이로 초기감지가 어렵다. 감염사실 확인 시에도 이미 다른 지역으로 사람이나 동·식물로 전파시킨 후다. 사고 발생이 자연발생적인지 인위적인지 구

별하기가 대단히 어렵고 시설의 파괴 없이 사람이나 동·식물만을 공격하고 반격을 가할 만한 표적이나 증거를 남기지 않으며 생물무기의 사용위협만으로도 사회적 대혼란을 야기 시키는 특성을 지니고 있다.

CBRNE
사고대응

나. 생물테러의 역사

기원전 184년 카르타고의 장군이었던 한니발이 최초로 생물무기를 사용한 것으로 기록되어지고 있다. 한니발은 페르가몬의 유메네스 왕과의 해전을 준비하면서 흙으로 만든 향아리에 모든 종류의 뱀을 가득 채우라는 명령하여, 전쟁이 일어나자 페르가몬의 병사들이 타고 있는 배에 향아리들을 던지게 하였고, 결국 페르가몬은 한니발 군에게 패배하고 말았다. 그리고 기원전 1세기경에 스키타이 궁수들은 퇴비나 썩은 시체에서 흘러나온 물에 화살촉을 적셔서 쏘는 방법을 이용하기도 하였다.

중세의 장군들은 전염병에 걸린 사람 자체가 무기가 될 수 있다는 사실을 깨달아, 중세에 페스트를 전염시켜 유럽 인구를 1/3내지 1/2의 목숨을 앗아가 전 유럽을 황폐화시킨 계기가 되었다. 1346년 킵차크 칸국의 자니백(1341-1357)이 제노바 상인들의 무역근거지인 카파(현재 우크라이나의 페오도시아)에서 철수 시 페스트에 감염된 동료들의 시체를 투석기에 담아 성 안으로 날려 보냈는데, 이로 인해 카파시내에도 페스트가 퍼지기 시작하였던 것이다. 이후 상인들이 카파에서 배를 타고 이탈리아로 향하였는데, 이때 쥐와 벼룩, 페스트도 함께 전파되었던 것이다. 또한 인위적이 아닌 자연적이지만 1518년 아스텍 문명 몰락 시에도 두창으로 인해 사라지고, 1532년 잉카문명도 두창으로 인해 몰락이 시작되었다. 이후 1763년 영국군이 프랑스와 동맹한 인디언들을 두창에 노출된 모포를 이용하여 승리를 거두었다.

20세기 초반에는 독일군이 연합군을 상대로 생물무기를 사용했다는 의심을 받고 있다. 2차 세계대전에서는 일본이 1940년 10월 중국에 페스트균을 살포했다는 의심을 받고 있다. 또한 한국, 중국, 몽고, 소련, 미국, 영국, 호주 등의 죄수들을 대상으로 각종 생물무기들을 가지고 인체실험을 실시하였고, 중국에서는 일본의 731부대가 인체실험을 실시하였다. 독일군도 제2차 세계대전에서 생물무기를 가지고 인체실험 및 실제 사용하였는지를 의심받고 있다.

한국전쟁에서도 미국이 북한과 중국을 상대로 생물무기를 사용했다고 과학자들은 주장하고 있으며, 이후 영국과 미국 등이 생물무기를 사용했다고 중국과 구소련 등에서 주장하고 있는 실정이다. 최근에는 2001년 911테러이후 탄저균의 백색가루를 우편물로 이용하는 새로운 생물무기를 사용, 생물무기를 테러에 이용하고 있으며, 앞으로의 더 큰 우려는 유전공학의 발달로 새로운 화학물질을 가지고 기존 질병의 독성을 극대화 시키거나 새로운 질병을 만들어내는 생물무기를 대량으로 생산하여 사용할 수 있다고

누구도 배제할 수 없는 일 것이다.

다. 생물테러 병원체의 종류

1) 탄저병(Anthrax)

‘탄저’의 어원은 그리스어 ‘Anthrax’로 ‘석탄’을 뜻한다. 피부에 물집이 생기고 검은 딱지가 앉기 때문에 이런 이름이 붙었다. 탄저병은 소, 말, 양, 염소, 돼지 등 초식동물에 발병하는 전염병으로 크게 호흡기형, 피부형, 소화기형의 3가지가 있지만 사람에게 나타나는 피부형은 다른 동물에서는 없다. 이 가운데 호흡기형이 가장 치명적이어서 초기에 치료를 받지 않으면 90% 이상의 사망률을 보인다. 피부형은 약 20%, 소화기형은 25~60%의 치사율을 보이는데, 3가지 모두 감염 후 7~10일 정도 지나면 증상이 나타나기 시작한다. 백색가루는 배양된 탄저균 박테리아를 건조해서 아주 작은 포자상태로 만든 것이다. 인간감염은 주로 감염된 동물이나 그 부산물에서 탄저 포자의 흡입, 섭취에 의해 이루어진다.

[그림 5-2] 탄저균감염



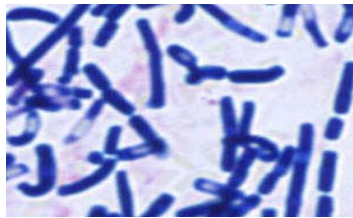
탄저가 생물학적 무기로 사용되어진 것은 80여 년 전으로 추정된다. 1916년 1차 세계 대전에서 연합군에게 탄저균에 감염된 가축이 보내졌고, 감염된 루마니아 양을 러시아에 보낸 일이 있다. 이는 Bucharest Institute of Bacteriology and Pathology에서 확인되었다. 현재 17개국 정도가 생물학 무기를 보유하고 있는데, 탄저균의 보유 정도는 모른다. 1945년 이란에서 대유행으로 백만 마리의 양이 죽었다. 1979년 4월 Swerdloysk, Russia, BW plant에서 소량의 탄저균 발생으로 호흡기증상의 탄저병이 발생하여 79명의 환자 중 68명이 사망 혹은 치명적 후유증을 남겼다. 1992년 열친에 의해 생물무기 생산 공장의 사고가 원인이었다는 사실이 확인되었다.

1995년 일본, 오움 진리교는 지하철에 탄저균과 보툴리눔 독소의 에어로졸 살포를 시도하였으나 질병이 발생하지 않았으며 그 이유는 아직 밝혀지지 않고 있다.

1970년, WHO 전문가 위원회는 도시 상공에서 비행기로 50kg의 탄저균을 살포하여 5백만 명이 노출되면 25만 명이 이환되고 10만 명이 사망할 것으로 예측, 보고하였다.

1993년 한 보고에 의하면 워싱턴 D.C에 100kg의 탄저균 아포 살포 시 13만~3백만 명의 사망이 예상되며 이것은 수소 폭탄보다 더 위력적일 수 있다고 하였다. 10만 명 노출 당 2,600만 달러의 경제적 손실을 발생시킬 것으로 보고 있다. 무색, 무취인 탄저균 아포는 집 밖의 에어로졸 살포로 집 안에 있는 사람까지 똑같이 이환시킨다.

[그림 5-3] 탄저균의 현미경 사진



2001년에는 911테러 이후 미국 전역에 우편물을 통한 탄저테러가 발생하여 22명이 감염되고, 5명이 사망하였다.

탄저의 병원체인 *Bacillus anthracis*는 탄저병을 일으키는 탄저병균과는 다르다. 병원균 중에서 가장 크며, 길이 4~8 μ m, 너비 1~1.5 μ m의 간균(桿菌)으로, 양쪽 끝이 직각으로 절단된 모양을 하고 있는데, 가끔 연쇄상으로 연결된 것도 발견된다. 편모(鞭毛)가 없고, 운동도 하지 않으며, 조건이 나쁘면 아포(芽胞)를 형성(spore forming)하기도 한다. 보통의 실험실 조건에서 아포가 잘 자라며, 오염된 흙 섭취로 양, 염소, 가축에 아포가 감염되며 인간이 피부 접촉, 경구 섭취, 감염된 동물이나 그 배설물을 통해 아포를 흡입(Woolsorter's disease : 염소 털 흡입) 시 전파, 감염된다. 환자에게서 건강한 사람으로의 전염은 잘 안되며, 건조, 열, 자외선, 감마선, 기타 많은 소독제에 저항력이 있다. 어떤 형태의 토양에서 탄저포자는 수십 년 동안 잠복할 수 있다.

초식동물의 질환으로 사람이나 육식동물은 기회숙주이다. 선진국에서는 때때로 산발적으로 발생한 예가 있으며, 농업이나 축산업 종사자, 동물 처리업자나 수의사 등에서 발생한다. 탄저병에 걸린 동물이 많은 남아메리카, 아시아, 동유럽, 아프리카 등지의 농업지역에서는 풍토병으로 발생한다. 1979년에는 러시아의 생물 병기 공장에서 흡입감염 사고가 일어나 66명이 사망하였다.

국내에서는 1990년대 초 경주에서, 2000년에 경남 창녕에서 오염된 고기를 먹고 발생한 사례가 있다. 소, 양, 염소, 말 등 초식동물이 보유 숙주이며, 가축이나 야생 동물도 보유 숙주이다.

탄저로 동물이 사망하였을 때 균을 주위에 퍼뜨리게 된다. 피부감염은 감염 동물이 죽었을 때 사체와 접촉하여 발생하지만, 파리가 매개되는 경우도 있으며, 오염된 털, 모피나 모피 제품을 통해서도 가능하다. 또, 오염된 토양을 통한 감염이나 양모나 모피를 다루는 공장 등에서 생성된 아포 에어로졸을 흡입하여 발생하기도 한다. 인후나 장 감염은 오염된 고기를 먹어서 발생하며, 실험실내 감염도 발생할 수 있다.

잠복기는 보통은 2일 이내이다. 사람과 사람사이의 전파는 매우 드물다. 아포는 몇 십 년이 지난 후에도 감염성을 가진다. 불분명하지만 불현성 감염도 있다고 추측된다. 재감염도 발생할 수 있으나, 보고 예는 드물다. 노출된 50%중 병을 유발하는데 요구되는 감염량은 10,000포자가 필요하다. 잠복기는 보통 1일~8주이며 폭로량과 폭로경로에 따라 다르며 피부손상 시는 3~7일, 흡입 시는 1~6일, 섭취 시는 1~7일 정도이다.

○ 피부 탄저

피부상처를 통한 감염부위(손, 팔, 얼굴, 목 등)에 벌레에 물린 듯한 구진이 나타나며, 1일내지 2일이 지나면 지름 1cm내지 3cm크기의 둥근 수포성 궤양이 형성된 후 중앙부위에 괴사성 가피(eschar)가 형성되며 부종과 소양감을 동반한다. 1-2주가 지나면 병변이 건조되어 가피는 떨어지고 흉터가 남는다. 전신증상으로 발열, 피로감, 두통이 동반될 수 있다.

○ 호흡기 탄저

초기에는 미열, 마른기침, 피로감 등 가벼운 상기도염의 증세를 보이고, B. anthracis가 증격동으로 침입하면 출혈성 괴사와 부종을 유발하여 증격동 확장, 호흡곤란, 고열, 빈맥, 마른기침, 토혈 등이 동반되고 패혈성 쇼크로 급속히 진행되어 사망한다.

○ 위장관 탄저

장탄저의 경우 초기에는 구역, 구토, 식욕부진, 발진 등 비 특이적 증상이 있을 후에 토혈, 복통, 혈변 등의 증상이 나타나고 패혈증으로 진행한다. 인두 탄저의 경우 구강과 인두에 피부 탄저에서 보이는 병변이 나타나고 발열, 인후통, 연하곤란, 경부 림프절 종장이 있을 후 패혈증으로 진행한다.

5

CBRNE
사고대응

○ 합병증

합병증은 수막염으로 탄저 환자의 50%에서 발생한다.

○ 치사율

- 피부탄저 : 항생제 치료 시 : 1%, 항생제 미치료 시 : 20%
- 호흡기탄저 : 항생제 치료 시 : 75%, 항생제 미치료 시 : 97%
- 위장관탄저 : 항생제 미치료 시 : 25~60%(항생제 치료 시 불확실)

○ 제독 및 처치

오염지역 방제 이전에는 폐쇄하고, 일반인의 출입을 통제한다. 밀폐가능한 지역은 밀폐 후 37% 포르말린 용액으로 훈증제독하고, 토양은 깊이 20cm까지 제거하여 소각 및 5% 포르말린 용액 살포한다. 또한 모든 폐기물은 소각 또는 고압증기멸균을 실시한다.

2) 두창(Smallpox)

두창, 포창이라고도 하며 속칭으로 마마, 천연두라고도 한다. 주요 증세는 고열과 전신에 특이한 발진이 나타난다. 전염력이 매우 강하고 예전에는 대유행을 되풀이하여 많은 사망자를 내기도 했으나 19세기 이후 영국의 의사인 Edward Jenner(1749~1823)가 창시한 종두가 보급되면서 격감하였다. 1979년 소말리아의 마지막 환자를 끝으로 세계보건기구(WHO)가 공식적으로 선언한 바이러스전염병으로 백신의 보급으로 박멸된 첫 번째 전염병이다.

우리나라에서는 19세기 말 수신사 김홍집을 수행하여 일본에 간 지식영이 종두를 도입하였다. 6·25전쟁 중이던 1951년에는 4만 여명이 두창 환자가 발생하였으며, 1960년 3명의 환자가 발생한 이후로 두창이 사라졌다.

그러나 911테러이후 두창이 생물무기로 사용될 수 있다는 우려 때문에 우리나라에서도 2001년11월6일 두창을 법정전염병으로 지정하고 있다.

○ 생물무기로서의 두창

1756년부터 1767년까지 있었던 영국군과 북미 원주민(인디안)과의 전쟁에서 영국군이 두창 바이러스를 생물무기로 이용한 예가 생물을 무기로 이용한 첫 예가 된다. 영국군은 당시 의도적으로 두창 환자가 쓰던 담요를 원주민에게 선물로 주어 두창을 만연시키고 그중 50% 이상을 사망하게 하였다. 그러나 그 후 1796년 에드워드 제너의 종두법 개발로 두창의 전쟁무기화 의도는 급격히 감소하였다.



두창의 생물무기로서의 중요성을 다시 불러일으킨 문제는 1979년 두창의 세계적 박멸이라는 세계보건기구의 선포였다. 세계보건기구(WHO) 전문위원회는 전 세계에 산재한 보관용 바이러스를 파괴하거나 모두 WHO Reference Laboratories로 선정된 미국 아틀란타 소재 전염병 통제소나 소련의 Institute for Virus Preparations in Moscow로 이송하도록 권장하였다. 이후 소련의 경우 Moscow strains 두창 바이러스는 Novosibirsk 지역의 Russian State Research Center of Virology와 Biotechnology in Koltsovo로 이송 보관되었다. 1984년까지 모든 국가는 WHO의 권장사항을 따르도록 하였고, 그 후 전문위원회는 그 나머지 바이러스 스톱을 1996년 6월 30일까지 파괴할 것을 권고하였다. 이후 1996년 WHO Executive Board와 WHO 의회간의 토론 끝에 최종 시한을 1999년 6월 30일로 확정하였다. 그러나 그 후 몇몇 나라가 시한을 임의로 지정한 것에 불복, WHO 의회 결정은 후퇴할 가능성이 있는 상태이다. 이러한 사이에 여러 건의 사건이 발생되었고 그 중에 몇 예는 근년에 와서야 문제로 부각되기 시작하여 두창 바이러스를 특정 두 기관만이 보관한다는 사실은 보안상 문제가 큼으로 재고되어야 한다는 여론이 비등하게 되었다.

소련연방은 1972년 맺은 Biological Weapons Convention 협약에도 불구하고, 1990년대에 이르기까지 대단위 생물무기 계획을 유지하고 있음이 밝혀졌다. 현재 소련이외에 생물무기 개발 계획을 보유한 나라는 최소한 10개국 정도로 파악되고 있다.

이러한 국제 분위기로 볼 때 두창이 발생할 경우 다른 어떤 감염병 보다 파괴력이 훨씬 클 것으로 예상된다. 또한, 과거 역사상 경험하였던 어떤 전염병보다 피해가 훨씬 클 것이다. 그 이유를 요약해 보면 과거 20여 년간 두창 예방접종이 중지되었기 때문에 지구상에 많은 비면역자들이 분포되어 있으며 자유롭게 활발히 이동하고 있기 때문에 전염을 확산 촉진할 것이며 치료약이 없고 비축하고 있는 백신이 매우 한정되어 있기 때문이다.

○ 병원체의 특성

1970년, 독일 병원에서 극히 소량의 바이러스에 의하여 감염된 경우에도 한 번의 사건으로 10~20배의 2차 감염이 발생하였다. 사람에서 사람으로 전염되는 2차 전파가 일반적 원인이다.

○ 역학적 특징

전파는 공기전파가 가장 흔하며 수포액, 타액, 호흡기 분비물 등에 의한 직접전파로 가능하다. 잠복기는 노출 시점으로부터 발진의 출현 사이의 기간은 7일내지 19일로서 평균 12일이며, 노출과 발열 및 전염성이 나타나기까지의 기간은 보통 10일에서 14일이다. 전염기간은 발열시작부터 전염성이 있으며 발열 후 2, 3일째에 가장 높으며, 발진이 변하면서 전염성은 점진적으로 떨어지며, 피부병소가 딱지로 덮일 때에 급격히 감소한다.

① 증상

두창의 증상은 여러 요인에 의해 증상과 경과에 많은 차이가 나타난다. 전형적인 두창은 2주 이내의 잠복기를 거친 후 갑자기 발열과 두통 및 요통이 발생하며, 2일 후에는 붉은 색의 구진(피부 위로 약간 돌출되어 올라오는 피부병변)이 팔 또는 온몸에 나타난다.

수일 후 구진이 없어지고 작고 붉은 구진이 다시 발생하면서 얼굴부터 온몸으로 퍼지며 나타나고, 붉은 구진은 2일 후 수포가 되면서 한가운데가 오목해진다. 발병 1주 후에 수포는 농이 차는 농포로 바뀌며, 이 무렵 합병증으로 사망할 가능성이 높다. 예방접종을 하지 않은 경우에는 약 30%의 치사율을 보인다. 농포는 수일 후 딱지가 앉고 발열이 없어지면서 체온이 회복된다. 딱지가 떨어지면서 흉터가 남는 경우에는 특징적인 두창자국이 남는다. 가두 또는 화두는 두창에 대해 어느 정도의 면역성이 있는 사람이 감염된 가벼운 병의 형태이며, 경과가 가볍고 경미하게 끝난다. 합병증은 대부분 피부 병변에 세균이 이차적으로 감염되어 발생하는 패혈증으로 폐렴, 후두염, 녹막염 그리고 농흉 등이 올 수 있다. 눈에 침범한 경우에는 결막염, 각막염, 홍채염 또는 안구 전체에 화농이 발생할 수 있으며, 적지 않은 환자에서 시야 장애와 실명이 발생한다. 중이염, 신장염, 중추신경계 합병증 등이 발생할 수 있다. 사망률은 전체적으로 보아서 20~40% 정도이다.

[그림 5-4] 두창 발진 양상



② 치료 및 예방

치료는 특별한 약이 없으며 증상을 완화시킬 목적으로 치료한다. 예방접종을 받은 사람에게 발생한 경우에는 예후가 훨씬 양호하다. 두창은 전염성이 매우 높으므로 격리하여 치료한다. 두창의 전파는 점막 또는 병변 내에 있는 내용물을 통하여 사람과 사람 또는 상용하는 물품을 매개로 하여 호흡기, 소화기 및 비부의 상처 등을 통해 전파됨으로 두창 환자와의 접촉을 피한다.

③ 수두와 두창의 감별진단

- 전구증세가 없거나 가볍다, 피부 병변은 깊지 않다.
- 한 시점에서 관찰하면 구진, 수포, 농포가 섞여있으며 주로 몸통에 분포한다.
- 처음에 얼굴에서부터 발진이 나오고 나중에 몸통으로 퍼진다, 환자가 toxic하지 않다.
- 진행이 빠르고 구진 → 수포 → 농포까지 진행이 24시간 이내에 일어난다.
- 발진이 손바닥이나 발바닥에 나타나는 일은 드물다.
- 이전에 수두를 앓았거나 수두 백신을 맞은 적이 없는 환자이다.
- 지난 2~3주 이내에 수두 환자에게 노출된 적이 있다.

수두는 수포창(水疱瘡)·작은마마 라고도 한다. 직접 또는 물품을 매개로 하여 접촉감염을 하지만 비말감염을 하는 경우도 있다. 모든 연령층에서 볼 수 있지만, 특히 2~10세 어린이에게 많으며 한번 걸리면 종생면역(終生免疫)을 얻을 수 있다.

두창과 비슷하나, 피부에서는 사지보다 동체에 많은 경향이 있고, 같은 부위에서도 수일 동안은 차례로 발진이 나타나므로 흥반·수포·가피 등 시기가 다른 크고 작은 발진이 혼재(混在)하는 점 등으로 구별된다. 발진은 많이 발생할 때도 있고 적을 때도 있다. 열은 새로운 발진이 나타나는 2~3일간은 지속되지만 발진이 적어서 열이 없을 때도 있다.

3) 페스트(Pest)

페스트는 *Yersinia pestis*에 의한 급성 전염병으로 인수 공통 전염병이나 사람 간 전파도 일어날 수 있으며, 감염성 비말을 통하여 전파가 가능한 질환으로 페스트의 경우에는 피부가 흑자색으로 변하여 흑사병이라고도 불려진다. 중세에 유럽에서도 유행하여 인구의 4분의1이 사망하는 역사적 기록도 있다. 20세기에 들어와서는 동남아시아, 미국, 아프리카 및 남미 등지에서 소유행이 있었으며, 현재는 아프리카, 남미, 동남아시아 및 인도 등지에서 발생하고 있다. 국내 발생 기록은 없으

나 전염병의 위험성이 매우 크기 때문에 제1종 법정 전염병으로 지정되어 있다.

○ 전파양식

페스트는 원래 쥐벼룩에 의해 야생설치류에서 전파되는 전염병으로, 감염된 쥐벼룩에 물려 감염되며, 감염된 야생동물을 취급하거나 폐 페스트 환자가 배출하는 비말을 통해 감염 될 수 있다. 림프절 페스트와 패혈증 페스트의 잠복기는 1-6일이며, 폐 페스트의 잠복기는 1-3일이다.

○ 임상적 특징

① 호흡기 페스트(Pneumonic plague)

일차 호흡기 감염이나 림프절 또는 패혈증 페스트의 합병증으로 발생하며, 자연적으로 발생하는 페스트에서는 드물지만 생물테러 시에 가능한 페스트의 한 종류이며, 대개 심한 두통, 피로, 발열, 구토와 현저한 쇠약감으로 시작되어, 수액성 혈담과 함께 기침, 호흡곤란이 발생한다. 청진 상 특별한 소견은 없으나 흉부 방사선에서 다엽성 경화와 기관지 폐렴 소견을 나타내고 급속히 호흡 부전으로 진행되어 사망한다. 또한 증상 발현 24시간 이내에 적절한 항생제 치료를 시작하면 치명률을 줄일 수 있다.

② 림프절 페스트(BuBonic plague)

자연적으로 발생하는 페스트 종류에서 가장 흔한 임상상으로 감염된 벼룩에게 물려 발병한다. 염증에 의해 커진 림프절(Buboes)의 심한 통증과 종창, 현저한 압통이 특징이고, 사타구니, 겨드랑이, 목 주위 림프절이 흔히 침범되며, 주변 피부는 발적되고 열감이 동반된다. 합병증으로는 패혈증, 폐렴, 수막염 등으로 발전할 수 있다.

③ 패혈증 페스트(Septicemic plague)

림프절 페스트나 호흡기 페스트가 적절히 치료되지 않을 때 나타난다. 뚜렷한 일차 질환의 증거 없이 생기기도 하며, 임상적으로 다른 그람음성 패혈증과 구별되지 않고, 패혈성 쇼크나 범발성 혈관 내 응고증을 일으킨다.

④ 페스트 수막염(Plague meningitis)

드물지만 일차 병변이 적절히 치료되지 않을 경우 합병증으로 나타날 수 있으며, 다른 화농성 수막염과 동일한 증상과 징후를 나타낸다.

⑤ 인두 페스트(Pharyngeal plague)

매우 드물지만 균의 섭취나 흡입으로 생길 수 있으며 전경부 림프절염과 귀밑 부분이 부으면서 편도가 붓고 염증이 생긴다.

⑥ 치명률

치료시 15%, 치료받지 않을시 50%~90% 사망한다. 한편 다른 질환이 폐를 침범하거나 호흡기 폐스트인 경우 24시간 이내에 치료되지 않으면 치명률이 높다.

○ 예방 및 예방접종

페스트는 쥐와 밀접한 관계를 맺고 있으므로 예방대책으로 가장 중요한 것은 구서작업을 철저히 하는 것이다. 또한 항생제(1차 : 젠타마이신 등, 대량환자 발생시 독시사이클린, 시프로플록사신 투여 등)치료조치를 실시한다.

[그림 5-5] 페스트 환자의 임상 양상



(A. 림프절 페스트, B와 C 패혈성 페스트)

4) 바이러스성 출혈열(VHF, Viral Hemorrhagic Fever)

바이러스성 출혈열은 RNA바이러스에 의해 발생하는 다양한 질병으로 현재까지 인류에게 알려진 가장 강력한 독력을 나타내는 미생물 등에 의해 발생한다. RNA의 변형으로 오기 때문에 종류가 다양하다. 다양한 전파경로를 가지며 인체에는 호흡기계를 통하여 감염될 수 있다.

○ 주요증상 및 징후

바이러스성 출혈열 증후군에서 표적이 되는 장기는 혈관계이며, 주요증상은 혈관의 손상이나 혈관 투과성의 변화 때문에 생긴다. 흔한 증상으로는 발열, 근육통, 쇠약감등이 나타나고 징후는 결막의 출혈, 경도의 저혈압과 흉조 및 점상출혈 등이 나타난다. 전형적인 증세는 쇼크, 범발성 점막 출혈이며, 때때로 신경계, 조혈계 또는 호흡기계의 침범을 보이기도 한다. 치사율은 15%에서 20% 혹은 그 이상이 될 정도로 높다. 아프리카에서 에볼라의 발발은 발병자들의 심한 쇠약감과 독성이 두드러지며, 50~90%까지의 높은 치사율을 보인다. 이러한 맹독성 바이러스들은 공기 전염이 가능하고 높은 치사율 때문에 생물학 무기로 이용할 가능성이 있다고 추측된다.



5) 야토병(Tularemia)

야토균(*Francisella tularensis*)의 감염에 의하여 일어나는 인축(인수)공통의 전염병으로 원래는 토끼나 다람쥐의 병원균으로 사람에게는 멧토끼의 고기를 다룰 때 감염된다.

○ 역학적 특징

야토균에 감염된 동물과 접촉을 하거나 사슴파리, 모기, 진드기 등을 통해 전염되며, 야토균에 감염된 음식물이나 식수, 비말을 통해 발생할 수 있으며, 비말을 통해 감염된 경우에는 장티푸스형이나 폐렴형 야토병을 유발할 가능성이 있다. 감염량은 흡입하거나 진피내로 주사 시 10~50개 정도의 병원체와 경구로 질병 유발 시는 1억 개의 병원체가 필요하다. 잠복기는 1일에서 21일 정도이며 평균 3~5일정도이며 잠복기는 침입한 세균 수에 따라 달라진다. 사람에서 사람으로 전파된 예는 없다.

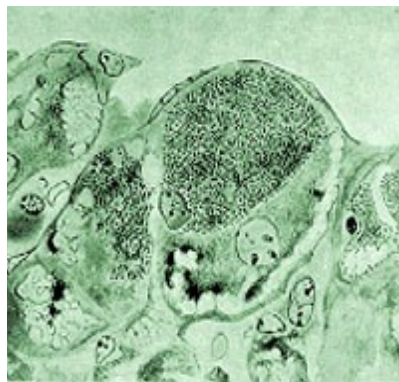
○ 임상적 특성

- ① 피부궤양성림프절(Ulceroglandular)형 야토병은 야토병의 75~85%를 차지하며, 감염된 동물과 접촉 및 진드기에 물린 뒤 발생하는 형태로 피부궤양은 병원체가 들어간 부위에 형성된다. 발열, 오한, 두통, 전신피로, 피부궤양은 국소적 림프절의 종대를 동반하며 보통 겨드랑이나 사타구니 부위에 흔하게 보여진다.
- ② 림프절(Glandular)형 야토병은 발열, 국소적인 림프절형증이 있으나, 피부궤양은 없다. 야토균이 피부병변 없이 또는 형액을 통해 림프절로 이동시 발생한다.
- ③ 안구림프절형 야토병은 야토병의 원인균이 눈을 통해서 침입하여 감염된다.

증상은 눈의 통증과 염증으로 귀 앞에 위치한 림프절의 종대도 동반한다.

- ④ 구강인두형 야토병은 오염된 물이나 음식을 섭취할 때 발생하는 야토병의 형태로 인두중앙형 야토병 환자들은 인후염, 구내 내 궤양, 급성편도염 등 림프절 종대 등을 보일 수 있다.
- ⑤ 폐렴형 야토병은 야토병 중 임상적으로 가장 증상이 심하고, 기침, 가슴 통증, 호흡 곤란이 있다.
- ⑥ 장티푸스형 야토병은 국소적인 증상이나 징후 없이 급성 패혈증, 고열 등 발생할 수 있으며, 폐렴을 동반한다. 항생제 미 치료시 치명률은 30~60%로 나타난다.
- ⑦ 전체적인 야토병의 사망률은 약 2~8% 내외로 알려져 있지만, 장티푸스 또는 폐렴 야토병일 경우 치명률이 높을 수 있다. 또한 조기에 적절히 항생제로 치료받는 경우에 사망률은 1% 미만이다.

[그림 5-7] 툴라레미아균



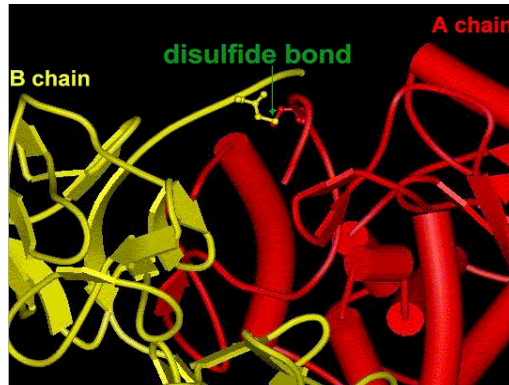
6) 리신(Ricin)

리신은 피마자(*Ricinus communis* : 아주까리)의 종자에 존재하는 독성을 가진 알부민의 일종으로 많은 식물의 잎, 뿌리, 구근 등과 특히 콩과 식물의 종자에 널리 분포하고 있으며, 적혈구를 응집하는 식물적혈구응집소(Phytohem agglutinin : PHA) 중의 하나이다.

리신은 매우 적은 용량으로도 강력한 독성을 발휘하며 독성물질이 에어로졸 상태로 살포될 수 있기 때문에 미국 질병통제관리국(CDC)에서 Class B로 분류되는 독성물질이다. 전 세계적으로 구하기가 쉽고 독성이 강하며 독성분을 추출하기가 쉬워

생물학적 무기로 쉽게 사용될 수 있다. 탄저균이나 보툴리눔 보다 생산하기가 쉽기 때문에 테러분자들이 많이 사용한다. 실제로 2003년 1월 알 자르카위가 보낸 테러 리스트들이 영국의 군대 음식에 리신을 넣을 계획을 세웠다가 사전에 적발되었고, 미국에서는 테러 목적으로 추정되는 리신이 동봉된 우편물이 발견되기도 하였다. 2003년 3월에는 프랑스에서도 알카에다에 의한 리신 테러 정보가 입수되기도 하였다. 이와 같이 최근 리신에 의한 생물학적 테러의 움직임이 증가하고 있음을 알 수 있으나, 국내에는 아직 리신에 대한 정보가 부족한 실정이다. 이러한 리신 테러는 우리나라도 예외일 수 없으며 테러 발생시 이를 치료할 해독제가 없기 때문에 보건 당국의 리신 테러 발생에 대한 관리와 대책이 있어야 하겠다.

[그림 5-8] 리신 구조



○ 역학적 특징

리신 중독은 사람에서 사람으로 즉 사람 접촉에 의하여 전파되지 않는다. 섭취, 흡입, 주사 등으로 인간에게 독성을 나타낼 수 있는데, 주사의 경우 0.5 mg만으로도 성인을 사망하게 할 수 있다. 그러나 흡입이나 섭취에 의하여 사망에 이르게 하기 위해서는 더 많은 양이 필요하다.

○ 임상적 특징

리신 중독의 특징은 몇 시간에 걸쳐 서서히 나타나고 폭로경로와 양에 따라 다르다. 흡입에 의한 증상은 열, 기침, 구토, 호흡곤란 등이 나타난다. 섭취에 의한 경우는 위장관계 상피세포의 괴사, 간, 비장, 신장의 괴사, 혈변성 설사, 구토, 탈수, 저혈압, 발작, 환시, 혈뇨 등이 나타난다. 근육주사의 경우 근육과 주위 림프선의 괴사가 나타난다. 폐부종, 성인호흡곤란증후군, 호흡부전이 나타나면 사망하게 된다. 현재 해독제가 없기 때문에 리신 중독이 발생하면 보존적 대증적 치료밖에 없다.

7) 보툴리눔 독소증(Botulinum)

혐기성 아포형성 간균인 *Clostridium botulinum*에 의해 생성된 보툴리눔 독소에 의한 마비성 질환으로 독소는 신경근 말단에서 아세틸콜린이 방출되는 것을 막아서 마비가 일어난다. 공중으로 살포한 독소일 경우 호흡을 통해 흡입되어 중독을 일으키거나 식품과 용수를 오염시켜 장관성 보툴리눔 중독을 일으키게 된다.

[그림 5-9] 보툴리누스 균



○ 역학적 특징

전파는 사람에서 사람으로의 전파는 일어나지 않으며, 일부 환자의 대변에서 독소가 발견되나 일반적인 감염예방 주의사항으로도 독소의 섭취를 막을 수 있다. 이미 형성되어 있는 독소의 섭취에 의해 발생하며, 식품매개 보툴리눔 독소증은 집에서 직접 저장한 육류, 어류 및 야채 등과 연관되어 저장 전에 오염된 음식은 혐기성 조건에서 균이 증식한 후 독소가 생성되는데 이 독소를 섭취한 후 중독이 일어난다. 보툴리눔 독소증은 일반적인 상수원의 처리과정에서 불활화 되기 때문에 고의적인 독소투여가 아니면 발생하기 어렵다. 외상성 보툴리눔 독소증은 수상(受傷) 후 *C. Botulinum*이 오염되어 있는 흙 등으로 상처가 오염되었을 때, 주사를 맞을 때 또는 세균에 오염된 약제의 비경구 투여로도 발생할 수 있다.

장내정착성 보툴리눔 독소증은 생후 6개월 이하의 유아가 *C. botulinum* 포자로 오염된 음식을 섭취한 후 이 포자가 장내에서 발아, 정착하여 독소를 생성할 때 발생하는 형태이다.

흡인형 보툴리눔 독소증은 자연상태에서는 발생하지 않지만 고의적으로 독소를 비밀 형태로 살포할 경우 발생할 수 있다.

증상 발현까지는 섭취한 독소가 독소작용부위까지 도달하는 시간에 따라서 달라지며, 취한 독소의 양과 독소형에 영향을 받는다. 자연 발생 예에서 증상의 시작은 독소섭취 후 2시간에서 8일 사이에 일어나며, 비밀형태의 보툴리눔 독소에 노출된

후에는 증상발현이 보다 빠를 것으로 생각되며 노출 후 1시간 이내에 증상이 나타날 가능성이 있다.

○ 임상적 특성

신경계 증상으로는 갑자기 발열이 없는 하행성 마비를 보이며, 아래로 내려가는 양측성 근력저하 및 마비 형태로 나타나며, 복시, 안검하수, 안면근육 근력 저하, 연하곤란 및 발음곤란 등 뇌신경 마비 증상이 나타난다. 발열은 없으며 감각도 소실되지 않고, 구갈, 동공 고정이나 산대 외에 심혈관계와 위장관계, 비뇨기계에서 자율신경계 이상증상으로도 나타나며, 만약 증상발현이 매우 빠른 경우 갑작스런 호흡곤란이 발생하기 전에 다른 증상이 없을 수도 있다.

소화기계 증상으로는 오심과 구토, 변비 후 설사와 음식매개 보툴리눔 독소증에서만 소화기계 증상이 나타난다. 섭취한 독소가 곧장 신경학적 증상을 일으킬 수 있으므로 소화기계 증상이 없더라도 보툴리눔 독소증을 의심해야 한다.

보툴리눔독소의 치사량은 독소의 독소형과 체내유입경로에 따라 성인에서 1 μ g 이하일 수 있다. 중증도 환자에서 치료를 시행하지 않는 경우 치명률은 100%에 이를 수 있지만 지지적 요법과 항독소를 사용하면 치명률을 많이 감소시킬 수 있다.

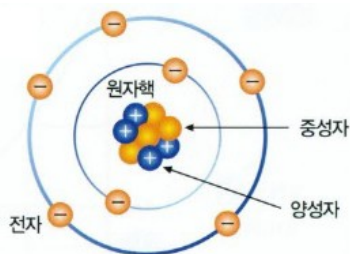
3. 방사능 · 핵(Radiological · Nuclear)

가. 용어의 정의

1) 원자

원자는 물질을 구성하는 최소의 단위로서 양성자와 중성자로 구성된 원자핵과 원자핵 주위를 돌고 있는 (-)전자로 구성된다.

[그림 5-10] 원자 모형



2) 방사성동위원소

동위원소 중에서 원자핵이 스스로 방사선을 방출하여 다른 종류의 원자핵으로 붕괴(방사)되는 원소이다.

3) 방사능

에너지가 높아서 불안정한 원소의 원자핵이 스스로 분해하면서 내부로부터 방사선을 방출하는 데 이 방사선의 세기를 방사능이라 한다. 방사성동위원소의 양을 나타내는 단위로서 표준단위는 Bq(베크렐)을 사용한다.

※ 1Bq=초당 하나의 핵이 변환 또는 붕괴되는 양

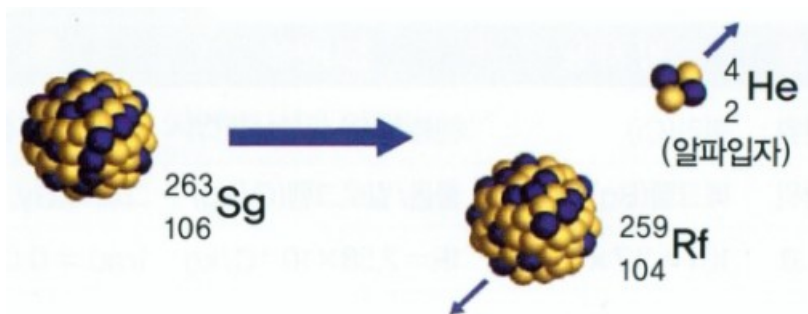
보통 방사능오염을 측정하는 표면오염측정기는 cps(초당 붕괴되는 전자수) 또는 cpm(분당 붕괴되는 전자수) 단위를 사용하는데 어느 정도 오염된 상태를 상대적으로 추정할 수 는 있으나 계수기의 면적(교정계수)이 반영되어 계산이 되어야만 정확한 방사능의 표준단위 Bq로 계산이 가능하다.

4) 방사선

에너지 준위가 높아 불안정한 상태에 있는 원자핵 또는 원자가 보다 안정한 상태로 가면서 방출하는 에너지의 흐름(입자선, 복사선)이다. 에너지가 높은 물체가 에너지를 발산하는 수단은 크게 입자 형태(입자방사선)와 전자파 형태(전자파방사선)로 구분된다. 입자방사선에는 α (알파)입자, β (베타)입자, 중성자 등이 있고 전자파방사선으로는 X(엑스)선, γ (감마)선 등이 있다.

○ α 입자

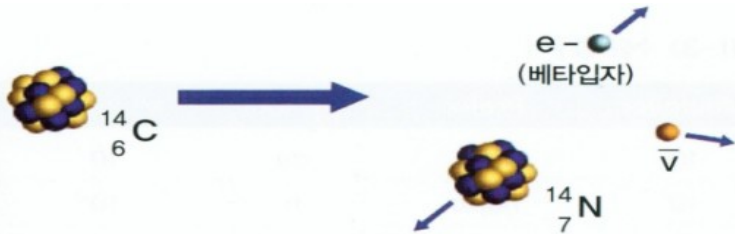
[그림 5-11] 알파입자



입자방사선 중 알파입자는 2개의 양성자와 2개의 중성자로 구성된 입자로서 헬륨의 원자핵과 같다. 따라서 무게는 약 4amu(원자질량단위)이며 +2의 전하를 갖는다. 알파입자는 크기와 전하로 인해 물질을 투과하는 능력은 매우 낮아서 공기 중에서도 몇 cm 밖에 투과하지 못하며 피부의 보호층도 뚫지 못하며 무겁기 때문에 이동거리가 짧고 종이 한 장으로도 차폐가 가능하다. 그러나 방사선 가중치가 20으로서 흡입, 섭취 등을 통하여 인체내부로 들어오게 되면 방사선원(알파입자)이 완전히 제거되기 전까지 피폭은 지속된다.

○ β 입자

[그림 5-12] 베타입자



베타입자는 핵변환의 과정에서 방출되는 음전자 또는 양전자로 물이나 인체조직 수cm까지는 침투할 수 있다. 양전자는 속도가 느려지면 주변의 음전자와 결합하여 소멸하면서 대신 감마선을 방출한다.

○ γ 선

감마선이나 엑스선은 전하를 띠지 않으며 에너지가 높고 파장이 짧은 광자, 즉 전자파이다. 원래는 원자핵에서 방출되는 광자를 감마선, 원자의 궤도전자에서 방출되는 광자를 엑스선이라 부르지만, 본질은 같은 전자파이다. 감마선이나 엑스선은 강한 투과력을 갖는다.

[그림 5-13] 감마선



○ 중성자(n)

중성자 방사선은 원자핵 내의 중성자가 방출된 것으로 전하를 띠지 않으며 무게는 약 1amu 이다. 물질을 잘 투과하며 원자핵과 반응하여 흡수된다. 중성자가 핵분열성 우라늄 원자핵에 흡수되면 핵분열 반응이 일어나고 에너지와 함께 또 다른 중성자들을 방출하게 된다. 이것을 연쇄반응이라 하며 원자로나 핵무기의 기본 원리이다.

[그림 5-14] 방사선의 종류별 특성

내용	종류	알파(α)	베타(β)	엑스선(x) 또는 감마선(γ)	중성자(n)
형태		입자	입자	전자기파	입자
주요 피폭 부위		인체 내부	피부, 눈의 수정체	인체 전신	인체 전신
방사선 가중치		20	1	1	5 ~ 20
방사선의 투과력					

5) 반감기

초기의 방사능 양이 반으로 줄어드는데 걸리는 시간이며, T로 나타낸다. 반감기는 방사성동위원소마다 고유한 값을 지니며, 우라늄과 같이 수십억 년 이상의 긴 것부터 백만분의 1초 이하의 짧은 것까지 있다.

6) 방사선원

방사성물질이 내는 방사선의 종류는 그 물질에 어떤 방사성핵종이 얼마나 많이 존재하느냐에 달려있다. 방사성물질인 방사선원은 그 형태에 따라 ‘밀봉선원’과 ‘비밀봉선원’으로 분류하는데 밀봉선원은 방사성물질을 캡슐 등에 봉입하여 방사성물질은 직접 접촉되지 않은 상태에서 그것으로부터 방출되는 방사선만을 이용하기 위한 것이다. 반면 비밀봉선원이란 방사성물질 자체를 직접 이용할 필요가 있을 경우에 사용하는 것으로서 분말, 용액 또는 기체의 형태로 되어 있다. 예를 들면 그림과 같이 비파괴검사에 사용되는 선원은 대표적인 밀봉선원이며, 병원에서 갑상선 촬영을 위해 방사성 옥소를 환자에게 투여하는 과정은 비밀봉선원을 취급하는 경우가 된다. 대체적으로 비밀봉선원은 저준위 방사선원인 경우이다.

5

CBRNE
사고대응

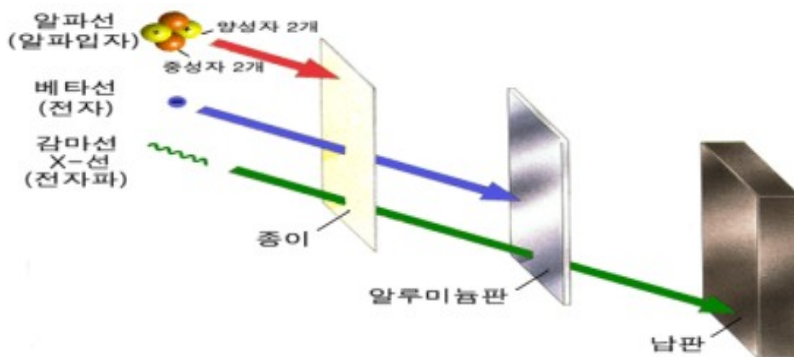
7) 방사선의 투과력

방사선의 투과력은 방사선의 종류와 에너지, 그리고 투과하는 물질의 종류에 따라 달라진다. 일반적으로 알파입자(헬륨의 원자핵)는 투과력이 극히 약하여 종이 또는 얇은 은박지로도 차단이 가능하며, 공기 중에서도 몇 cm 정도만 이동할 수 있다. 반면 베타입자(전자)는 어느 정도의 투과력을 갖는데 공기 중에서는 수 m까지 미칠 수 있고 물이나 인체와 같은 조직에서는 cm 단위까지 투과할 수 있다. 엑스선이나 감마선은 베타선에 비해 월등한 투과력을 가지는데 에너지에 따라 상당한 차이는 있지만 일반 철판이나 콘크리트벽 등은 비교적 용이하게 투과할 수 있다. 물론 투과한 두께에 따라 투과 방사선의 강도는 감소한다. 에너지의 흐름인 방사선이 물질을 잘 투과한다는 것은 물질 속에서 물질과 반응이 작게 일어나 방사선의 에너지 손실이 작다는 것을 의미하며, 반대로 알파입자가 매우 약한 투과력을 갖는다는 것은 물질 내에서 매우 쉽게 자신의 에너지를 소진한다는 의미이다. 즉, 입사되는 방사선의 에너지가 물질에 흡수되는 정도에 따라 투과력이 결정된다.

[그림 5-15] 밀봉선원



[그림 5-16] 방사선의 투과력



나. 방사선 피폭과 방사선량

1) 방사선 피폭

에너지의 흐름인 방사선의 경로에 인체와 같은 물체가 있으면 방사선의 에너지가 그 물체 내로 입사되어 그 중 일부는 물체에 흡수되고 일부는 투과하여 물체 밖으로 나가게 될 것이다. 이렇게 어떤 물체가 방사선의 에너지를 흡수하는 현상을 방사선 피폭이라고 한다.

○ 외부피폭과 내부피폭

인체외부에 있는 방사선원에서 방출되는 방사선을 사람이 피폭하는 경우를 ‘외부 피폭’이라 부르며, 흡입, 섭취 등을 통하여 인체내부로 들어온 방사성물질에서 방출되는 방사선에 사람이 피폭되는 경우를 ‘내부피폭’이라 부른다. 외부피폭의 경우에는 사람이 방사선원 근처를 떠나면 피폭이 중지되지만 내부피폭은 인체 내에 선원이 존재하므로 인체에서 선원이 완전히 제거되기 전까지 피폭은 지속된다.

○ 급성피폭과 만성피폭

방사선 피폭의 시간울에 따라 급성피폭과 만성피폭으로 구분하기도 한다. 급성피폭이란 방사선 강도가 매우 강한 장소에서 단시간에 많이 피폭하는 것을 말하며, 만성피폭은 낮은 율로 장기간에 걸쳐 피폭하는 것을 일컫는다. 일반 화상에서도 매우 뜨거운 열에는 단시간 노출되더라도 피부가 화상을 입는데 반해, 같은 열량이라도 장시간 동안 낮은 온도에서 서서히 열을 흡수하는 것은 화상을 유발하지 않는 것과 마찬가지로 방사선피폭에서도 대체로 급성피폭이 만성피폭보다 상대적으로 위해가 크다.

○ 전신피폭과 국소피폭

또한 피폭하는 신체부위의 정도에 따라 구분하기도 하는데 전신피폭은 전신, 특히 중요 장기가 내장된 몸통부가 비교적 균등하게 방사선에 피폭하는 경우를 말하며, 국부피폭은 신체의 일부분이 선택적으로 피폭하는 경우이다. 특히 피폭부위가 피부에 한정될 때 피부피폭이란 용어를 사용하기도 한다.



2) 방사선량과 단위

방사선이 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있음을 인정한다면 방호를 위해서는 인체가 방사선에 피폭하는 정도를 정량적으로 표현할 필요가 있다. 피폭량을 정량화하기 위해서는 이를 측정할 수 있는 어떤 물리량이 필요한데 이 목적으로 정의된 양이 방사선량이다.

○ 흡수선량

방사선 피폭이 물체가 방사선의 에너지를 흡수하는 현상이라는 점에 근거하여 ‘피폭하는 물체 단위 질량 당 흡수된 방사선의 에너지량’을 흡수선량이라 한다. 흡수선량의 기본단위는 에너지를 질량으로 나눈 [J/kg]이다 그러나 방사선학 분야에서는 편의를 위해 이 단위의 특수명칭으로 그레이(gray; Gy)를 사용한다.

○ 등가선량

같은 크기의 흡수선량이 반드시 인체에 같은 정도의 영향을 미치는 것은 아니다. 이렇게 방사선의 종류에 따라 물질 내에서 에너지를 전달하는 방식이 다르므로 생물학적 영향도 달라질 수 있다. 같은 1Gy의 흡수선량이라도 X선에 의한 것과 중성자에 의한 것은 효과 면에서 큰 차이가 있음이 실험적으로도 밝혀졌다. 따라서 방사선피폭의 생물학적 영향은 단순한 에너지 흡수량인 흡수선량만으로는 적절히 평가할 수 없으며 따라 등가선량을 정의하고 통상 H로 표현한다.

$$\text{흡수선량} \times \text{방사선가중치} = \text{등가선량}$$

○ 유효선량

같은 등가선량이면 방사선의 에너지가 전달되는 물리적 현상은 대등하다고 볼 수

있지만 그렇다고 상이한 장기가 같은 생물학적 영향을 나타낼 것으로 기대할 수는 없다. 다시 말해서 피폭 조직(장기)에 따라서 발현하는 증상이 다르며 그 발현 위험도 다를 수밖에 없다. 조직가중치는 방사선피폭에 의한 조직별 발암위험과 유전적 영향 위험에 근거를 두고 도출된 양으로서 위, 폐, 결장, 골수, 생식선이 상대적으로 큰 값을 갖는다.

[그림 5-18] 선량환산 개념



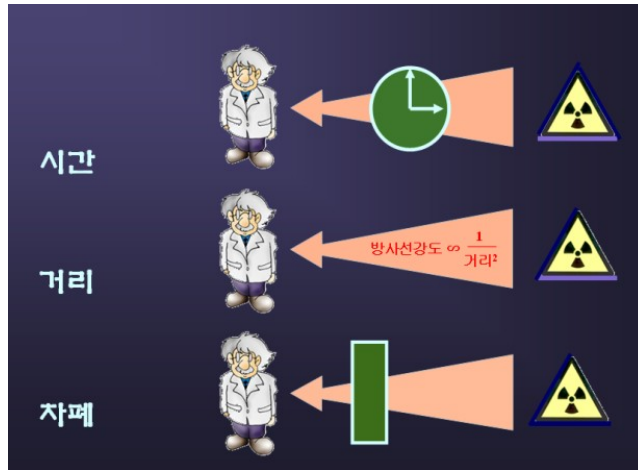
○ 조사선량

조사선량은 사람이 피폭한 선량을 의미하는 것이 아니라 단순히 공간상의 어떤 위치에서 방사선의 강도를 나타내는 양으로서 단위로는 윈트겐(R)을 사용한다. 조사선량은 피폭대상 물질로 공기를 명시하고 있어 사람의 피폭에 직접 적용되지는 않는다.

다. 방사선 방호

1) 외부피폭의 방호

피폭의 원인이 되는 방사선원이 인체 외부에 있는 외부피폭에 대해 적용하는 세 가지 기본원칙은 거리, 시간, 차폐이다. 그러나 무엇보다 우선하는 것은 선원의 위치와 강도에 대해 정보를 가지고 있어야만 이러한 원리를 이용하여 방호목적을 달성할 수 있으므로 현장의 상황을 이해하는 것이 매우 중요하다.



○ 시간

‘시간’이란 방사선에 노출되는 시간 즉, 작업시간을 최소로 단축한다는 것인데 이것은 주어진 작업환경에서 피폭선량은 노출시간에 비례한다는 사실에 근거를 둔다.

예를 들어 선량률이 132mSv/h(시간당 132밀리시버트의 선량 = 0.132Sv)인 위치에서 1시간 동안 작업한다면 피폭선량은 132mSv(=132,000 μ sv 마이크로시버트)가 됨에 반해 만약 작업이 능숙하여 30분에 끝나친다면 피폭선량은 절반인 66mSv에 그칠 것이다.

하지만 방사선보호복을 착용하고 현장에서 빠른 속도로 작업을 진행하기는 쉽지 않다. 현장상황에 따라 다르겠지만 방사선으로부터의 차폐가 의심받고 있는 방사선 보호복의 착용보다는 레벨B급 정도의 보호복을 착용하고 신속히 현장의 구조작업 시간을 단축시키는 것도 한 가지 방법이 될 수 있다.

○ 거리

거리란 선원과 피폭자간의 거리를 최대한 멀리한다는 의미인데 이는 방사선량률이 선원으로부터 거리가 멀어질수록 낮아진다는 원리에 근거한다. 마치 불빛이 광원으로부터 멀어질수록 어두워지는 것과 같은 원리인데 대체로 선원에 의한 방사선량률은 거리의 제곱에 반비례하는 특성을 갖는다.

예를 들면 1cm와 1m는 거리상 100배의 차이지만 피폭되는 방사선량률의 차이는 1/10,000로 줄어든다. 특히 거리가 가까워질수록 선량률이 매우 높아진다는 사실에 유의해야 한다.

선원으로부터 거리를 멀리하는 수단으로는 핀셋, 집게 등 간단한 도구를 사용하거나 원격조작 장치를 사용할 수 있다.

○ 차폐

‘차폐’란 방사선이 물질을 투과할 때에는 그 강도가 감쇠되는 성질을 이용하여 선원과 작업자 사이에 적절한 방벽을 설치하여 선량을 낮추는 것이다.

[그림 5-20] 외부 피폭의 방호(거리)



2) 내부피폭의 방호

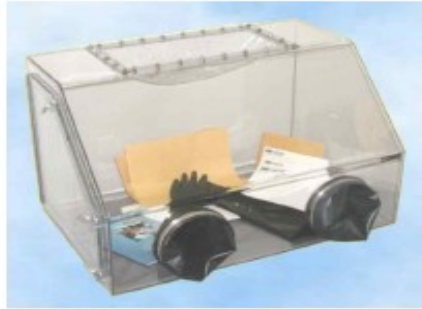
인체 내에 섭취된 방사성물질로 인한 내부피폭의 방호원리는 일반 유독물질 방호와 같은 개념으로 보면 된다.

○ 격납

‘격납’이란 방사성물질 특히 비밀봉선원의 취급을 밀폐된 격납공간에서 수행함으로써 방사성오염이 작업자가 흡입 또는 섭취하는 영역으로 전파되지 않도록 하는 것으로서 가장 적극적인 방호수단이다. 격납의 수단으로는 격납건물이나 글로브박스를 이용할 수 있다.

○ 희석

‘희석’이란 격납이 완전하지 못하거나 취급 공정상 불가피하게 방사성물질의 누설이 일어나 작업환경이 오염되는 경우 환기설비를 가동하거나 공기정화를 실시하는 방법으로 오염을 희석시키는 방법이다.



○ 차단

'차단'이란 격납이나 희석 등의 능동적인 방호수단만으로 방호목적을 달성하기 어려울 때 취하는 소극적인 방법으로 작업자 개인이 방호복이나 방독면을 착용하여 유해물질의 섭취 경로를 차단하는 것이다.

코와 입만 가리는 필터형 반면방독면의 입자에 대한 방호인자는 10으로 오염물의 농도를 1/10 정도로 감소시킨다. 전면방독면의 방호인자는 50, 후드형 전면방독면은 1,000 정도까지 방호인자를 올릴 수 있다. 가스나 증기에 대해서는 공기호흡기만이 방호효과를 기대할 수 있다.

원자력발전소 사고 또는 방사성옥소 취급시설에서는 휘발성이 큰 옥소의 특성으로 인해 공기가 오염될 것이다. 방사성옥소에 의한 예상 오염도가 매우 높다면 방독면 외 갑상선보호제를 이용할 수 있다. 갑상선보호제란 방사성이 아닌 안정 옥소제로서 KI 또는 KIO3 정제를 말하며 오염에 노출되기에 앞서 이를 복용하면 갑상선이 안정옥소에 의해 포화되므로 이후에 흡입되는 방사성옥소가 체내에 흡수되지 않고 배설되도록 함으로써 방호효과를 얻을 수 있다. 원전 주변지역에는 사고에 대비하여 주민이 복용할 수 있는 갑상선보호제가 보건소 등에 준비되어 있다.

3) 방사성 오염의 관리

방사선이용시설의 화재 및 사고 현장에 방사성물질이 누출되어 오염이 발생했다면 화재진압 인력을 포함하여 현장에 출입하는 사람 및 장비에 대해서는 방사성 오염관리가 필요하다. 방사성오염은 육안으로 보이는 것이 아니어서 오염관리를 소홀히 할 경우 마치 살아있는 전염병 병원체처럼 전파되어 그 피해범위가 확대된다. 물론 방사성오염은 생명체가 아니므로 주로 인원이나 물질의 이동을 통해 옮겨간다. 방사성오염이 넓은 지역으로 확산되면 그 제어에는 막대한 비용과 노력이 필요하므로 오염현장에서 철저한 오염관리가 필요하다.

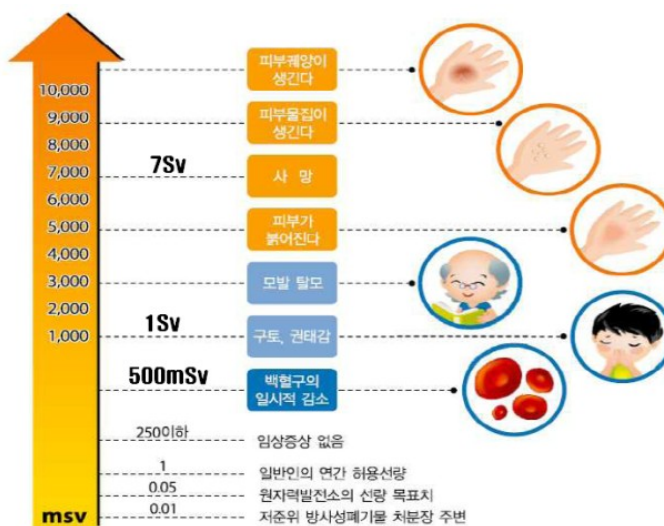
라. 방사선과 인체영향

방사선 피폭으로 인한 DNA 손상은 세포의 사멸이나 기능마비 또는 돌연변이로 나타나게 된다. 방사선의 피폭으로 많은 수의 세포가 영향을 받기 위해서는 피폭하는 방사선의 양이 많아야하며, 또 생명체의 복구 작용이 충분히 뒤따라지 못할 정도로 짧은 기간에 피폭해야 한다. 세포 사멸의 비율이 일정한 수준에 이를 때까지는 임상적으로 병변은 나타나지 않는다. 즉, 방사선 피폭으로 세포의 사멸이 일어나고 그로 인한 건강 영향이 나타나는 데에는 일정수준의 방사선 피폭을 넘어서야 한다. 이 수준을 문턱선량이라고 부른다.

[그림 5-22] 선량범위에 따른 방사선 증상 및 영향

선량범위	증상 또는 영향
3000mSv (급성 전신선량) 이상의 높은 선량	- 확실한 구토, 골수중추군 가능 - 의학적 처치 없을 때는 전신선량 약 4000 mSv부터 높은 사망위험 - 유의한 추가적 암 위험
500-1000mSv (급성 전신선량) 까지의 중간 선량	- 오심, 구토 가능, 경미한 골수 및 정자수 감소 - 약 5%의 후속 추가적 암 위험(정상 25% -> 30%) - 피폭집단이 수백 명 이상이면, 발암 증가 관찰 가능
100mSv (유효선량) 까지의 낮은 선량	- 급성 결정적영향 없음 - 1% 이하의 추가적인 후속 암 위험 - 피폭집단이 크면(약 10만명 이상) 발암 증가 관찰 가능
약 10mSv (유효선량) 이하의 매우 낮은 선량	- 급성 결정적영향 없음 - 극히 낮은 추가적인 암 위험 - 큰 피폭 집단에서도 발암 증가 관찰 불가

[그림 5-23] 방사선을 일시에 받았을 때의 장애



문턱선량은 피폭하는 개인의 체질이나 건강 상태에 따라 약간의 차이가 있을 수가 있으나 문턱선량을 넘는 방사선량을 피폭하면 그 사람에게에는 대체로 해당 장애가 발생할 것으로 볼 수 있다. 이렇게 일정한 문턱선량을 초과하면 거의 필연적으로 나타나는 영향을 결정적 영향이라고 부른다.

제2절 국내·외 주요사고 사례분석

1. 화학사고 발생여건

6~80년 급속한 산업화 추진 시기에 도입된 각종 화학물질 취급시설이 노후화되고, 화학물질 유통량 증가 등으로 인해 국내 화학사고 발생 위험은 계속 높아지고 있는 실정이다. 화학산업단지는 화학물질을 다량 취급하고 있으며, 대부분 화학산업단지는 조성된 지 20년 이상 경과[울산미포산단('62년), 여수산단('82년), 대산산단('88년)]되었다.

[표 5-4] 산단별 화학물질 유통량

(단위:톤/개소)

구분	합계	여수산단	울산미포산단	온산산단	대산산단	동해산단	포항산단	시화산단	광양산단	군산지방	기타산단
유통량	432,541	109,954	87,903	42,818	7,401	4,337	3,506	1,150	28,696	945	145,005
업체수	16,547	100	196	119	4	1	50	467	7	23	15,558

2. 화학사고 발생현황

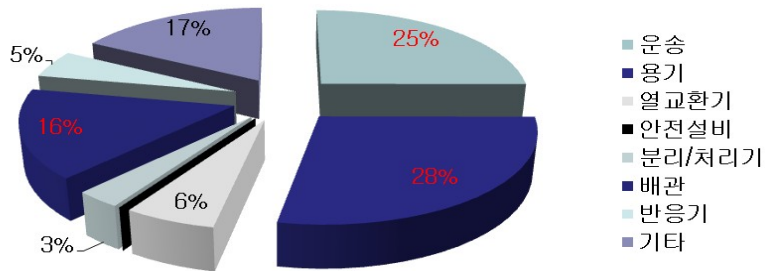
환경부, 국립환경과학원, 소방방재청, 한국산업안전보건공단, 여주시청, 한국가스안전공사 등 각급 기관의 화학사고 사례 자료에 따르면 최근 20년(1990년부터 2009년)동안 발생한 유해화학물질사고는 1,440건으로 집계되었으나 사업체가 보고하지 않는 사고가 상당한 것을 감안한다면 실제 화학물질 사고 발생건수는 이보다 훨씬 많을 것으로 추정된다.

[표 5-5] 연도별 주요사고 및 피해규모

년도	주요사고	피해규모
2000	반월공단 폭발사고	53명 사상
2005	여수산단 염화수소 누출	65명 중독
2008	김천 페놀 유출	16여명 사상
2012	구미 불화수소 유출	5명 사망
2013	삼성전자 화성사업장 불산 유출	1명 사망

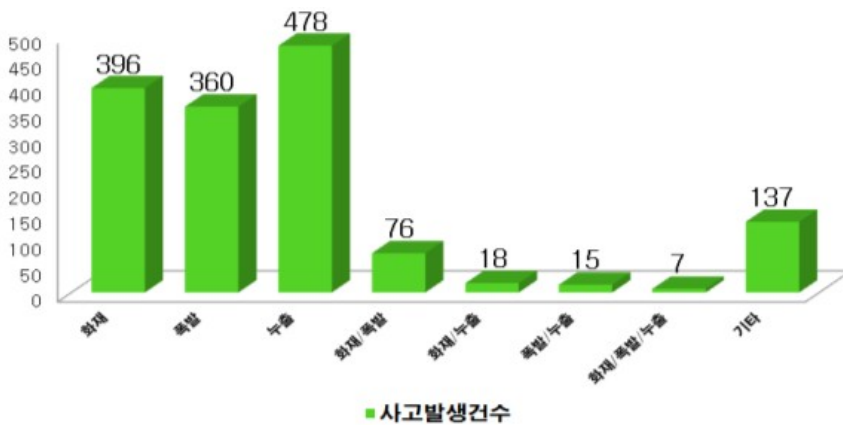
사고발생장소별로는 용기(28%), 운송장치(25%), 배관(16%) 순이며, 특히 운송장치의 경우 차량에 의한 사고가 전체의 81%를 차지해 가장 위험성이 높은 것으로 분석됐다.

[그림 5-24] 20년간(1999~2009) 사고발생 장소



가장 빈번한 사고유형은 누출사고(32%), 화재(27%), 폭발(24%) 순으로 화학사고 발생 시 누출봉쇄와 화재진압 및 폭발에 대한 대비가 필요할 것으로 분석되었다.

[그림 5-25] 20년간(1999~2009) 화학물질 사고발생 유형

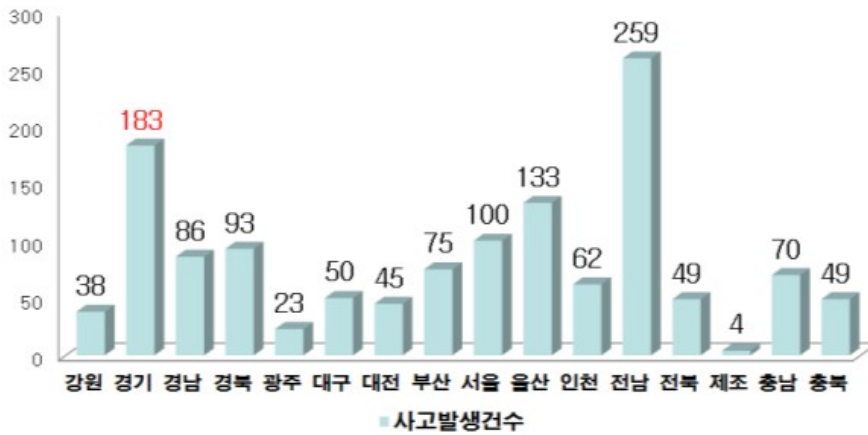


5

CBRNE
사고대응

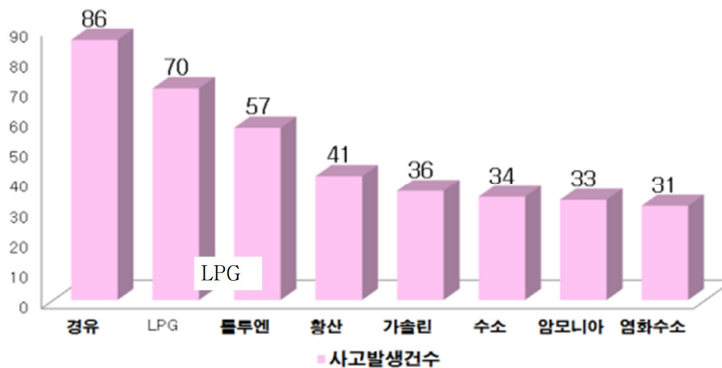
지역별 유해화학물질 사고발생 현황은 전남 259건, 경기 183건, 울산 133건순이었으며, 해당 지역의 유해화학물질 유통량을 비교하였을 때, 사고다발지역은 대규모 화학공장 및 화학물질을 다량으로 취급하는 공단이 있는 곳으로 유해화학물질의 유통량도 높게 조사되었다.

[그림 5-26] 지역별 20년간(1999~2009) 화학물질 사고발생 건수



사고발생 상위 8개 유해화학물질은 경유, LPG, 톨루엔, 황산, 가솔린, 수소, 암모니아, 염화수소 순이었다.

[그림 5-27] 사고발생 상위 8개 유해화학물질



3. 국내 사고사례

〈3.1. 여수 화학제품 공장 폭발 사고〉

2000년 8월 24일 10:10에 전라남도 여수시 여천공단 석유화학제품 생산 업체에서 발생한 폭발사고로 사망 7명, 부상 18명, 재산피해 약 60억원과 함께 인근 하천의 오염 등 심각한 피해가 발생했다. MEK-PO(Methyl Ethyl Ketone Peroxide)공정에서 포장 작업 중 정상온도인 30 °C를 유지하지 못해 온도가 급상승하여 폭발한 사고로 8.22일 중화작업을 실시하지 않았으나, 다음 날(8.23.)이 휴무인 관계로 중화작업이 이루어진 것으로 착각하고 교반기와 펌프 등을 가동한 것으로 추정된다. 사고 직후 즉각적인 신고로 현장에 소방 및 군, 지자체 관계자가 출동하였고, 폭발사고 수습을 위해 사고대책본부를 설치 운영한 후 사고업체 주변 정밀진단을 실시하였다.

〈3.2. 안산 반월공단 폭발 사고〉

2000년 11월 2일 17:08 경기도 안산시 반월공단 방부제 생산 업체에서 발생한 폭발사고로 사망 5명, 부상 48명, 인근 10여개 공장 건물 파손 등의 피해가 발생했다. 방부제 원료물질(DBNE, Di Bromo Nitro Ethanol) 생산공정 중 기 생산된 제품에서 색도가 불량한 제품을 재가공하기 위해 반응기를 운전하던 중 폭발하였으며, 사고원인은 반응기 내부 온도 상승으로 인한 폭발로 추정된다. 공정상의 원가절감을 위하여 온도조건 산출을 위한 비이커 테스트를 충분히 실시하지 않고 현장작업에 적용한 것으로 드러났다.

〈3.3. 구미 휴브글로벌 불산 누출 사고〉

2012년 9월 27일 15:43 경상북도 구미시 산동면 구미제4국가산업단지에 위치한 플루오린 화학제품 생산업체 주식회사 휴브글로벌에서 탱크로리에 실린 불산(불화수소산)⁹⁾ 20톤을 공장 내 저장탱크로 옮기던 중 근로자의 실수로 탱크로리의 밸브가 열리면서 8톤 정도의 가스가 누출되는 사고가 발생하였다. 이 사고로 사망 5명(공장직원 4, 펌프수리업체 직원1), 농작물 237.9ha, 가축 3,209두, 차량(부식) 1,138대, 기업체 77개사 177억원(차량, 건물, 조경수, 조업중단) 등의 피해가 발생하였으며, 주민들의 병원진료는 7,162건(입원 7)이 넘었다. 또한 불산에 노출된 과일을 먹은 주민이 병원에 입원하는 등 땅과 지하수 오염으로 인한 추가적인 2·3차 피해가 우려되고 있다.

소방방재청, 재난대책본부 등 정부 보고자료와 각종 언론내용을 종합하여 구미 불산 누출사고 발생이후 조치상황을 살펴보면 다음과 같다.

9) 불산(불화수소산, Hydrofluoric Acid)은 산업분야에서 널리 쓰이는 비유기성 산의 일종으로 불산 자체는 불연성이거나 금속과 반응, 수소를 발생하여 인화 및 폭발 위험과 무색에 자극적 냄새가 있는 발연성 액체로 강한 부식성과 물에 녹는 성질을 가진다. 유리질 제품을 녹이거나 철의 녹, 금속성 얼룩 제거 등의 용도로 사용되고 있다.

사고발생 직후, 구미경찰서와 구미소방서에서는 가스 누출신고가 접수되어 곧바로 현장에 출동하였다. 소방대는 출동과 함께 경찰청, 구미시, 대구지방환경청 등 관련기관에 통보하였다.

현장에 도착한 경찰은 교통통제 및 주민대피 등의 임무를 수행하였고, 소방은 가스방재 작업과 인명구조활동을 실시하였다. 현장 주변에는 40여명의 경찰과 180여명의 소방관이 투입되어 구조작업을 벌였다. 하지만 소방대는 사고현장에 도착하고 나서야 불산 공장인 것을 알았으며, 경찰은 단순히 화학물질사고로만 인지하고 있다가, 출동 2시간 50여분이 지난 오후 7시쯤에서야 불산의 맹독성을 통보받았다.

사고 진압의 가장 중요한 부분인 탱크로리 가스 누출 밸브 차단작업은 매우 위험하여 구미소방서 자체적으로는 대응에 어려움이 있었고, 이를 지원하기 위해 중앙119구조단이 헬기로 급파되었다(18:20분 출동, 19:17분 도착). 중앙119구조단은 20:30분 현장에 진입하여 대응조치를 실시하였다. 오후 9시 38분 1차 밸브 차단 후 4차례에 걸친 현장 진입 끝에 사고발생 8시간 가량 지난 오후 11시 30분 가스 누출밸브를 완전히 차단하였다.

이날 대응을 위해 동원된 자원 및 지원현황을 살펴보면 다음과 같다.

[표 5-6] 구미 불산 누출사고 자원동원 현황

구분	내용
인원	340명(소방 180, 경찰 35, 시청 15, 군부대 60, 기타 55)
장비	31대(지휘1, 펌프3, 구조6, 구급5, 화학8, 헬기1, 기타2)
응원요청	5대(미군부대:지휘1, 화학1, 펌프1 / 대구소방:구조1, 제독1)
제독장비	방호복장, 방독면, 마스크, 오일웬스, 소석회, 수산화칼슘 등

〈3.4. 상주 웅진폴리실리콘 염화수소 누출 사고〉

2013년 1월 12일 08:10경 경북 상주시 폴리실리콘(태양광 발전 소재) 제조업체에서 염산 저장탱크 아랫부분 밸브 부식으로 염산(농도 35%) 200톤이 누출되는 사고가 발생하여 인근 주민 760여명이 긴급 대피하는 등 큰 소동이 벌어졌다. 염산 탱크와 배관을 연결하는 밸브 부위가 강추위로 터져 금이 생기는 바람에 염산이 누출된 것으로 추정되고 있다. 누출된 염산이 공기와 반응해 염화수소로 바뀌면서 흰 가스가 피어올라 주민들이 불안에 떨었지만 다행히 인명피해는 발생하지 않았다.

경북 상주 염산 누출사고

- (일 시) 2013. 1. 12(토) 11:01경 신고*접수 * 사고발생은 8:10분경
 - * 공장내 탱크에서 연기가 발생하는 것을 목격한 인근주민이 112로 신고하여 상주 경찰서에서 119로 신고
- (원인 및 누출현황) 저장탱크(475톤 탱크에 200톤 저장)의 하부밸브 균열
 - 최근 기온 급강하로 인하여 밸브 부분이 동파되어 날씨가 풀리면서 액체로 누출된 것으로 추정
 - 저장탱크내 액체염산(36%) 약 200톤이 누출되었으며, 누출된 염산은 저류조(저장용량 300톤)에와 유출방지벽 내에 저장됨
 - 염산이 액상으로 누출되어 인근에 쌓인 눈과 반응하여 미스트가 발생한 상태였으며,
 - 유출 방지벽 및 저류조 내의 염산은 수중펌프 및 호스를 이용*하여 폐수처리장 저장탱크에 저장완료(1.13(일) 01:50)
 - * 저류조 내에 폐수처리장으로 설치된 이송배관이 있으나 결빙으로 사용불가
 - 유출 방지벽 내 잔류 염산은 '소석회'로 중화처리 완료(1.13(일) 2:30)
 - 공장주변 정리 후 상황종료(1.13(일) 13:35)
- (동원자원)
 - 동원인원 : 251명(소방 127, 도·시청 60, 경찰 30, 군부대 20, 환경청 6, 기타 8)
 - 동원장비 : 32대(지휘차 1, 구조차 1, 구급차 1, 화학차 1, 수중펌프 12, 비상발전기 6대, 이동탱크 6대, 동력소방펌프 2대, 소석회 살포기 2대)
- 유관기관 조치사항
 - (대구환경청) 팀장 외 1명 13:30분 현장도착
 - (대기측정) 국립환경과학원과 함께 사고주변 염화수소 농도측정 14:30분경부터 8개 지점에서 측정(마을이장 및 주민 동행)하였으나 염화 수소가 검출되지 않았으며, 지역주민과 언론에 측정결과 설명
 - (수질측정) 염산의 외부 유출방지를 위해 마공천(병성천 지류) 4곳에 방지턱 설치, 15·18·22 시경 병성천에서 pH 측정결과 이상 없음
 - (상주시) 현장지휘본부(부시장)를 설치하여 직원비상근무 조치 등 상황유지
 - 인근주민(반경 1.5km 내 340가구 760명)에게 피해예방을 위해 바깥출입 자제 제도 및 홍보방송 실시
 - * 11:40분경 주민 긴급대피를 준비하기도 하였으나, 일부 언론보도와 달리 실제로 주민대피사실은 없음

〈3.5. 화성 삼성전자 불산 누출사고〉

2013년 1월 28일 03:45경 경기도 화성시 소재 삼성전자 반도체공장에서 밸브 플랜지 부분 조임 불량으로 추정되는 불산 누출사고로 근로자 1명이 사망하고 4명이 부상을 당하는 사고가 발생하였다.

국내외적으로 명실상부 초일류 기업으로 평가받으며 국내 산업에서 차지하는 비중이 가장 큰 대기업에서, 평상시 같은 유형의 누출사고가 발생할 우려가 높은 종류의 사고였음에도 이러한 초급적인 관리 부실 사고가 발생했다는 점에서 시사점이 큰 사고라 할 것이다.

삼성전자(주) 화성공장 불산 누출사고

□ 개요

- (일 시) 2013. 1. 28(월) 03:45~04:45
- (장 소) 경기 화성시 삼성전자로 1, 삼성전자(주) 화성공장
 - * 유독물 사용업 등록 : 연간 취급량 171,750톤(불산등 15종)
- (사고개요) 원인은 조사중, 밸브 플랜지부분 조임불량 추정
 - 1. 27(일) 13:30경 불산탱크(500ℓ × 2기) 중 1기의 저부 밸브 가스켓 에서 불산 (50%) 누출이 감지되어 탱크비우기, 밸브교체 작업실시(1.27 23:00 ~ 1.28 02:00)
 - 1.28(월) 03:45경 탱크에 불산 재충전 후, 가압과정 중 밸브이음부분(플랜지)에서 불산누출(2~5ℓ), 04:45경 밸브 볼트 재조임 등 보수완료
 - * 밸브교체, 보수작업 등은 협력업체(삼성약품공급 협력사) STI에서 실시
- (사고인지)
 - 경기도청 재난대책과에서 경기소방본부로 불산가스 누출 확인 전화(16:10)
 - 경기소방본부에서 화성동부경찰서로 전화하여 누출 및 부상자 발생 확인(16:15)
 - * 삼성전자(주)에서 사고발생 상황을 관련기관에 미신고(자체수습)
- (피해현황) 사망 1명(협력업체 직원 병원치료중 사망), 부상 4명(경상, 치료후 귀가)
 - 삼성전자 측은 사망한 직원 1명은 초기 작업시 마스크만을 착용하였으며, 누출된 불산은 2~5리터에 불과하다고 설명함
 - 그러나 현장 탱크외부의 부식정도*로 보아 더 많은 양의 불산이 누출되어 이로 인하여 사망한 것으로 추정되며, 마스크 및 방제복 착용여부는 추후 CCTV등의 추가 자료를 통하여 확인하여야 할 것으로 판단됨

□ 조치사항



○ (소방방재청)

- 사고상황 접수 후 상황관리 및 현장대응조치(청, 경기소방본부)
- 불산 누출 위험성 확인 및 안전조치(화성소방서, 경기본부 특수구조단)
- 유관기관 및 담당부서 상황전파(환경부, 지경부, 행안부, 총리실, BH 등)
- 1.29(화) 09:00 이원욱 의원(민주통합당, 경기 화성을)주관 유관부처(지경부, 환경부, 고용부, 방재청) 합동 현장조사

○ (환경부)

- 18:30 한강유역환경청 화학물질관리과장 등 4명 현장도착
- 18:50 불산가스 측정(불산누출 밸브 3cm 이격지점 8ppm, 10cm 이격지점 1~2ppm, 100cm 이격 지점 불검출)
- 23:00 한강환경유역청 현장 바닥세척 작업 후 오염도 조사예정

○ (삼성전자)

- 액상중화제 10리터로 중화, 흡착포로 흡착하여 방제조치, 대기로 증발된 불소가스는 대기오염 방지시설로 처리

* 저장탱크 주변에 방유턱이 설치되어 외부 유출이 없으며 저장시설은 옥내에 설치됨

〈3.6. 시흥 컨테이너전복 불산 누출사고〉

2013년 5월 18일 08:42경 경기도 시흥시 정왕동 일대 도로에서 트레일러 차량이 우회전 하면서 컨테이너가 분리 전복되어 컨테이너 애 불산을 담은 용기가 파손되어 불산(55%) 200ℓ가 누출되는 사고가 발생하였다.

유해화학물질 운반차량의 전복 등 도로위에서도 사고확률이 높다는 점에서 시사점이 큰 사고라 할 것이다.

경기 시흥 컨테이너 전복 불산 누출사고

□ 개요

- (일 시) 2013. 5. 18(토) 08:42경
- (장 소) 경기 시흥시 정왕동 1629번지 앞 삼거리
- (원인 및 누출현황) 트레일러 차량이 우회전 하면서 컨테이너가 분리·전복되어 컨테이너(3×8m)* 내 불산을 담은 용기가 파손되어 불산(55%) 200ℓ 누출
 - * 코레일 로직스(운반업체)에 따르면, 컨테이너 내 230ℓ 용기 80개 적재, 불산 외 다른 물질은 없음
- (피해현황) 인명피해는 없으며 재산피해는 조사중

□ 주요조치사항

- 경찰에서 소방서로 질산누출 신고(08:42) / 소방서에서 유관기관에 상황전파(08:43)
- 출동한 소방대가 확인결과, 불산으로 파악(08:47), 유관기관에 재통보(08:48)
- 도로에 누출된 불산은 출동한 소방대가 소석회 및 모래로 중화조치(09:51)
 - * 시흥소방서 화학보호복 2벌에 불과하여 중화작업 등 곤란
- 크레인용 이용 컨테이너를 바로 세우는 과정에서 흘러나온 불산 중화조치(15:45)
- 우리청에서 시흥부시장과 통화하여 시흥시 관내에서 처리요청(15:50)
 - * 화주업체(시흥소재 ㈜제이씨)에서는 공장반입을 거부하며 운송업체에서 처리해 줄 것을 요청
- 우리청에서 환경부 화학물질과에 사고수습 요청(16:37)
 - * 환경부 한강유역환경청(현장에서 재분류 및 처리요청), 시흥시(폐기물처리장 이송 요청)
- 컨테이너는 폐기물처리업체(에쿠스서비스코리아)로 이송(17:00)완료
 - * 시흥소방서 펌프차 1대, 경찰 순찰차 1대 호송
- 출동소방대는 폐기물 처리업체 인계 및 철수(17:18)

〈3.6. 시흥 컨테이너전복 불산 누출사고〉

2013년 5월 29일 16:21경 서울 광진구 세종대학교 실험실에서 보유중인 삼브롬화붕소(BBr₃, 액상) 1.5kg 보관용기 균열로 인해 일부가 누출되고 기화하여 가스가 발생하는 사고가 발생되었다. 인명 피해는 입지 않았으나 유독물 취급업체 및 공장 등이 아닌 대학 실험실, 기업 연구소 등 유독물질을 소량으로 취급하는 실험하는 장소에서도 사고 확률이 높으며 특히 대학 실험실에서의 사고는 큰 인명피해가 있을 수 있다는 점에서 시사점이 큰 사고라 할 것이다.

세종대 반도체공동실험실 삼브롬화붕소 누출 사고

□ 개요

- (일 시) 2013. 5. 29(수) 16:21분경
- (장 소) 서울 광진구 군자동 세종대학교 총무관* 501-B(실험실)
* 철근콘크리트조 11/2층 슬래브가 33,060㎡
- (원인 및 누출현황) 실험실에서 보유중인 삼브롬화붕소(BBr₃, 액상) 1.5kg 석영용기에 균열이 생겨 일부누출, 기화하여 가스발생
- (피해현황) 인명피해 없음
- (동원현황) 186명 [소방(51), 한강유역환경청(2), 경찰(100), 군부대(33)]

□ 주요조치사항

- 사고신고 접수(16:24) / 한강유역환경청 등 유관기관 통보(16:32)
- 사고실험실 폐쇄조치 및 인원대피(학생 등 2,000여명)
* 소방서에서 실험실 문 테이핑조치 및 실험실내 후드를 가동하여 누출가스는 스크러버(정화장치)로 이송
- 실험실 내부 누출된 유독가스 환기
- 서울특수구조대, 한강유역환경청, 군, 광진소방서 유관기관 회의(18:00경)
* 누출용기 수거를 위한 밀봉용기, 건조사, 부직포등 준비
- 특수구조대 화생방복 착용 후 현장확인(19:00~19:45)
- 특수구조대 누출용기를 밀봉*(21:09)후 세종대 관계자 및 환경청에 인계
* 200ℓ 밀폐용기 내에 균열된 석영용기 및 오염된 물건을 넣고 건조사로 채워 밀봉

□ 향후계획

- 밀폐용기에 보관된 물질은 폐기물 처리업체로 이송 후 처리
- 5.30(목) 오전까지 자연환기 후 환경부에서 오염여부 측정 후 사용여부 결정

4. 국외 사고사례

CBRNE
사고대응

〈4.1. 이탈리아 세베소 소재 화학공장 다이옥신 누출 사고〉

1976년 7월 10일 이탈리아 북부 롬바르디아주(州) 세베소(Seveso)에서 발생한 유독성 화학물질 방출사건으로 사건이 일어난 공장은 스위스 제약회사 로슈(Roche)의 자회사인 익메사(Icmesa)의 현지공장으로 의료용 비누를 만들기 위해 트리클로로페놀(Trichlorophenol)을 생산하던 중이었다. 생산공장에서 반응용기가 과열되어 내부의 압력이 높아지자 안전밸브 표면이 파열되었다. 이로 인해 많은 염소가스, 다이옥신을 포함한 유독성 화학물질이 대기 중으로 방출되었으며, 화학물질 누출은 냉각시설이 작동될 때까지 한 시간이 넘도록 계속되었다. 독성구름은 주변 5km, 11개 마을로 퍼져나가 주민들은 심한 화상을 입거나 피부병에 걸렸고, 가축 수만 마리가 죽거나 병들었다. 이탈리아 정부는 먹이사슬로 인한 오염을 우려하여 1978년까지 7만 7000마리 가축을 도살했다. 1년 후 과일과 곡식의 다이옥신 오염농도를 조사했는데 과일껍질에서 다이옥신이 검출되었다.

사건이 발생하자 주민들은 다른 지역으로 대피했으나 대기가 회복된 후에도 토양에 남은 다이옥신의 독성 때문에 이 지역의 접근이 한동안 금지되었다. 이후 정화과정을 거쳐 주변 지역 주민들은 마을로 돌아갔지만 세베소는 폐쇄된 상태이다. 피해는 약 2억 5천만 달러에 이르며, 이 사건은 다이옥신이 인체에 미치는 피해를 과학적으로 연구하는 시발이 되었다.

사건 발생 후 EC(유럽공동체)에서는 1982년에 세베소 지침, 1996년에 위험물질을 포함하는 주요 사고피해 통제에 관한 지침을 만들었다. 이는 환경보호를 위해 위험물질로 인한 사고를 예방하고, 인간과 환경에 대한 영향을 최소화하는 것을 목표로 하고 있다.

〈4.2. Flixborough 사이크로hexan 폭발사고〉

1974년 영국의 flixborough 나이프로사 카프로락탐 제조공장에서 증기운의 폭발사고로 28명이 사망하는 사고가 발생했다. flixborough 사고 후 영국에서는 우선 대형사고를 유발할 수 있는 위험한 물질을 어디에 얼마만큼 사용되고 있고 보유하고 있는 지를 완전히 파악할 필요가 있다고 보았고, 이에 따라 '유해·위험물질 취급시설 설치시 신고시행령(Notification of Installation Handling Hazardous Substances Regulations, 1982, NIHHS시행령)'을 제정하였다. NIHHS 시행령에 따라 영국에서 이러한 작업을 진행하던 도중인 1976년 이탈리아 세베소 사건을 계기로 대형 안전사고를 방지하고자하는 움직임이 전 세계로 확산되었다. 이러한 노력은 1982년 EU에서 산업체의 주요 위험성(Industrial Major Hazards)으로부터의 대형사고를 예방하기 위한 규제법령으로 EU지침(Directive)을 공포하였으며, 세계 각국은 중대산업사고 예방에 대한 제도와 법령을 제정하였다.

〈4.3. 인도 보팔 MIC 누출 사고〉

미국의 유니언카바이드사는 인도 중부 마디아프라데시주의 중심도시인 보팔에 현지 공장을 설립하여 농약을 제조 판매하였다. 농약 제조의 원료로 쓰이는 메틸이소시안이라는 유독가스를 탱크에 저장하고 사용해왔는데, 1984년 12월 3일 새벽에 이 유독가스가 누출된 사고가 일어났다. 메틸이소시안은 극소량으로도 중추신경계와 면역체계를 일시에 파괴하는 독극물로 인체에 치명적이다. 사고 당시 저장탱크에서 2시간 동안 유독가스 36톤 정도가 누출됨으로써 2,800여 명의 주민이 죽었고 20만 명 이상의 피해자가 발생했다. 유독가스 저장탱크는 온도가 올라가면 폭발할 위험이 있기 때문에 철저한 안전수칙을 지켜야 하는데 제대로 지켜지지 않았다. 또한 저장탱크가 인구가 밀집한 도시 빈민가의 한가운데 자리잡고 있던 것도 피해를 키운 주요원인 중 하나로 작용하였다.

1985년 4월, 인도 정부는 유니언카바이드사를 상대로 미국의 맨해튼 지방재판소에 제소하였으나 1986년 5월 인도의 재판소에 관할권이 있다는 판결을 내렸다. 1989년 2월, 인도 최고재판소는 배상 청구액 33억 달러에 대해 4억 7000만달러의 배상금을 지불하라고 결론지었다. 1989년 말에 성립된 V.P.싱 정권은 이 판결이 무효임을 선언하고 재차 보상금 교섭에 들어가며 잠정 조치로 피해자 50만 명에 대해 36억 루피의 구제금을 방출하였다. 그러나 농약오염의 후유증은 지금도 이어지고 있다.

〈4.4. 바젤사건〉

1986년 라인 강 상류유역에 위치하고 있는 스위스 바젤 부근의 화학 및 의약품 제조회사인 산도스사의 화학물질저장고에서 화재가 발생하였다. 이 창고에 보관되어 있던 1,300톤에 달하는 90여 종의 화학물질이 물과 함께 라인 강으로 유입되어 인근 강을 죽음의 강으로 변질시켰고 부근 토양과 지하수로 스며들어 심각한 오염을 일으켰다. 또한 화재로 발생한 유독한 연기는 사람과 주변 생물들에 큰 피해를 유발하였다. 라인 강에 서식하던 수중생물은 떼죽음을 당하였고, 사고지점 하류 400킬로미터에 해당하는 하천 구간의 생물은 완전히 사라져 버렸다. 피해액은 400억 달러로 추정되고 있으며 지금도 하천 퇴적물에서는 유해 화학물질이 검출되고 있어 본래대로 회복하기까지 매우 오랜 시간이 필요한 실정이다.

5. 국내·외 사고사례가 주는 시사점

CBRNE
사고대응

위에서 살펴본 국내·외 각종 화학사고 사례들은 유해화학물질 사고가 매우 치명적이며 그 피해범위가 광범위하여 사고발생시 적절한 초기대응이 얼마나 중요한지를 잘 보여주고 있다. 구미 불산 누출사고 사례를 중심으로 그 사고대응시의 문제점을 도출하고, 그에 대한 개선방향을 제시하면 다음과 같다.

먼저, 유관기관 공조체제의 강화이다. 사고 당시 구미시, 대구지방환경청, 소방, 경찰 등의 공조체제가 제대로 이루어지지 못함으로써, 불산의 위험성에 대한 통지, 주민과 직원의 대피, 중화제 사용 등이 적시에 신속히 이루어지지 못했다. 이를 개선하기 위해서는 기관 상호간 신속한 신고·전파체계를 구축하고 사고대응을 위해 각종 교육훈련을 공유함으로써 유기적인 공조체제를 확립해야 할 것이다.

다음으로, 화학사고 대응 소방관의 전문성 확보와 대응장비 보완이 시급하다. 구미 불산 사고 대응시 방호복이 6벌밖에 없었기 때문에 대부분의 소방관들은 맨몸으로 유독가스 속에 몸을 던져야만 했다. 중화제, 화학보호복, 화학물질 분석·제독차량 등 전문 장비 부족은 가장 큰 현장대응의 한계로 작용하였다.

적절한 화학사고 대응 훈련프로그램 및 세부매뉴얼의 개발도 중요하다. 당시 소방방재청의 재난현장표준작전절차(SOP)의 유해화학물질사고 대응절차(SOP 310) 및 유해화학물질 유출사고 위기대응 실무매뉴얼상의 대략적인 기준과 절차만으로는 실제 현장에서 필요한 정보를 얻기에는 역부족이었다. 현장에서 바로 활용 가능한 세부적인 매뉴얼을 개발·보급하고 훈련프로그램에 따른 전문적인 교육훈련이 실시되어야 하겠다.

그러나 아직까지 우리의 화학사고 대응 시스템은 가야할 길이 멀다. 구미 불산 사고 발생 보름 뒤쯤인 2012년 10월15일 독일 하노버 대응사례와 비교하면 그 차이는 극명하게 드러난다.

독일 하노버에서 질산 1400ℓ가 누출되는 사고가 발생했다. 사고가 나자 화학사고 전문가 100명과 지자체, 소방관 등 1000여명이 사고현장에 도착해, 한사람도 다치지 않고 24시간 만에 모든 상황이 완료됐다. 소방관 전원이 방독면과 보호복을 착용하였고 1인당 최대 20분씩만 작업하였다. 현장 인근 고속도로 및 철도는 즉시 통행이 금지됐으며, 인근지역 주민들에게는 곧바로 긴급대피령이 내려졌다. 반면에 구미불산 사고당시 우리 소방관들은 마스크와 방독면 일부만 착용하고 대응에 나서야만 했고, 사고발생 후 2시간이 지나서야 화학물질에 대한 정보가 제공됐으며, 사고발생 3시간 후에야 주민대피령이 내려졌다.

구미사고와 독일 하노버 사고의 대응의 비교는 다음과 같다.

[표 5-7] 구미사고와 독일 하노버 사고의 대응 비교

구분	독일(하노버)	한국(구미)
누출가스	질산	불산
사망자	0 명	5 명
인력투입	화학사고전문가 100명 포함 1000여명의 방재인력	소방관 및 경찰관 350명
보호장비	투입인원 전원 방독면과 보호장비 착용	마스크와 방독면 일부 착용 화학보호복 6벌
주민대피	발생직후 인근 주민 800여명 긴급대피 위험지역 확대 후 1000여명 추가대피	사고발생 3시간 후 주민대피
현장통제	인근 고속도로 통행금지	현장통제 불능

제3절 CBRNE 사고 대응 장비

1. 개인보호장비

가. 화학보호복

화학물질은 다양한 형태와 농도로 신체와 접촉될 수 있기 때문에 누출된 화학물질에 의한 정확한 위험을 예측하는 것은 어렵다. 사고·테러 현장의 전체적인 위험성과 수행하게 될 임무를 고려한 적절한 보호복을 선택해야 한다.

침투(Permeation)·분해(Degradation)·누설(Penetration)등의 내화학성(Chemical Resistance), 세척 및 제독능력, 내구성(Durability), 유연성과 민첩성(Flexibility and Dexterity), 온도영향 등이 보호복 선택 시 주요 고려사항이라 할 수 있는데, 재질에 따라 다양한 형태와 물리적 특성을 갖는다.

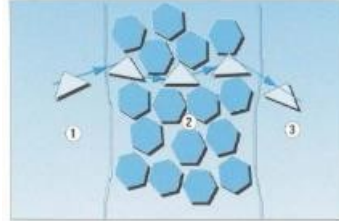
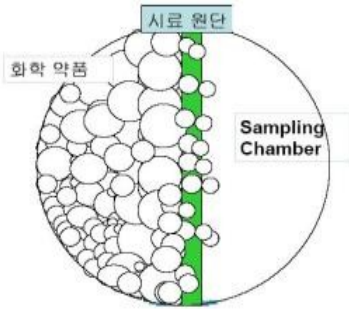
1) 침투(Permeation)

분자수준의 화학물질이 눈에 보이지 않는 보호복의 작은 틈을 확산하여 스며드는 현상으로 눈으로 감지하기 힘들다. 침투는 온도가 높아지고 보호복 재질의 두께가 얇으면 쉽게 일어난다. 또한 일단 화학물질의 확산이 시작되면 보호복의 밖에서 이 물질을 제거하여도 계속해서 확산은 이루어진다. 즉, 제독(Decontamination)이 곧 침투를 멈추게 하지는 못한다는 의미로 보호복을 재사용할 것인지를 결정할 때 중요하게 고려해야 한다. 다음 그림은 침투현상의 설명이다.

5

[그림 5-28] 보호복 침투현상


CBRNE
사고대응



- ① 원단의 겉 표면에 액체분자가 흡착
- ② 원단을 가로질러 흡착된 분자가 확산
- ③ 원단의 안쪽으로 분자가 탈착

[그림 5-29] EPA 보호수준별 개인보호장비 및 선택기준

<p style="text-align: center;">Level A</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 가장 높은 수준의 피부, 눈, 호흡기 보호요구 - 가스·증기로부터 보호할 수 있는 캡슐형 보호의 - 가스, 액체 및 입자상 물질이 최고농도인 경우 - 화학작용제, 시안화합물, 살충제, 유독가스, 발암성 또는 전염성 등 극도로 위험한 물질 - 위험구역(Hot zone)에서 사용 - 양압식 공기호흡기(SCBA) - 내화학성 밀폐형 보호복 - 내화학성 보호장갑, 부츠 등 기타 장비
<p style="text-align: center;">Level B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 가장 높은 수준의 호흡기 보호 - 피부 및 눈의 보호는 A보다 낮은 경우 - 캡슐형 혹은 비캡슐형 액체 팀 보호의 - 극도로 위험한 물질과 접촉하는 일이 거의 없는 경우 - 위험구역 또는 경계구역(Warm zone)에서 사용 - 양압식 공기호흡기 - 내화학성 보호복 - 내화학성 보호장갑, 부츠 등 기타 장비 ※ 가스·증기가 목, 손목을 통해 노출될 수 있음
<p style="text-align: center;">Level C</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 낮은 수준의 호흡기 보호, 피부보호는 B와 거의 동일 - 화학물질이 어느 정도의 농도로 있는지 알려진 상태이며 피부로 흡수되는 위험은 없는 경우 - 제독 및 세척 시 사용 - 공기정화식 호흡보호구(APR) - 액체 팀 보호복(Splash protective) - 내화학성 보호장갑, 부츠 등 기타 장비

Level D	
	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 작업복 수준으로 호흡기 보호구 불필요 - 피부를 특별히 보호할 수준이 아님 - 지원구역(Cold zone)에서 사용 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 작업복 (단, 호흡기계나 피부에 무해한 상황에서만 착용) - 전형적인 안전모, 보호안경 등 기타 장비

2) 분해(Degradation)

화학물질이 달라붙어서 보호복의 재질에 분자적 파괴가 일어나 물리적으로 나뉘게 변성되는 것을 말한다. 즉, 재질이 부풀어 오르거나 구겨짐, 변색, 바삭바삭해지는 부식 등의 물리적 외형이 변하면 분해가 생겼다고 할 수 있다. 그러나 분해가 항상 눈에 보이는 것은 아니다. 어떤 것은 내부조직이 씻겨 바삭바삭해지지만 외관상 아무런 변화가 나타나지 않는 경우도 있다.

3) 누설(Penetration)

바늘에 의해 찢린 구멍, 지퍼, 닳아 헤어지고 약해진 부분, 찢겨진 부분, 보호복의 결함 등을 통하여 화학물질이 비 분자적으로 새어 들어오는 것을 의미한다. 화학물질의 누설 가능성은 극도로 뜨겁거나 차가운 온도에서 증가한다. 액체 화학물질 보호복에서 누설방지는 아주 중요한 요소이다.

상기에서 언급한 것처럼 보호복의 선택은 사고 또는 테러 상황에 맞도록 하며, 그 상황이 바뀌면 개인보호 수준을 상향조정하거나 하향조정 하여야 한다. 화학위험에 대해 신체를 보호하기 위한 장비는 주어진 보호정도에 따라 Level A, B, C, D의 4가지 범주로 분류하는데, 이것은 미국 환경 보호국(EPA)에 의해서 발전된 방호수준이다. EPA에 의한 보호수준별 개인장비 및 선택기준은 위의 표와 같다.

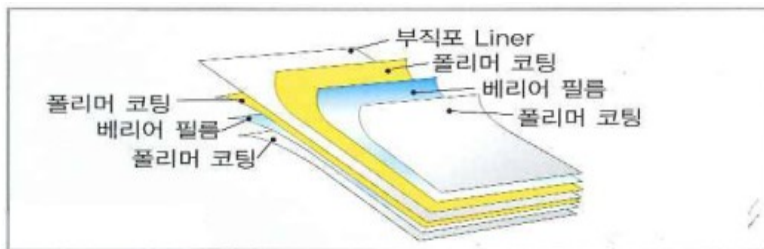
[그림 5-30] LEVEL A 화학복

CBRNE
사고대응

4) LEVEL A 보호복

완전밀폐형 화학보호복은 덮개가 있는 두개의 환기 밸브가 있다. 작업자에게서 나오는 공기로 인한 팽창을 막으면서 외부에서의 유입을 차단하는 기능을 한다.

[그림 5-31] LEVEL A 단면도



또한 작업도중 손을 빼서 공기호흡기의 압력을 확인하거나 무전기를 조작하거나 또는 안면창을 닦을 수 있도록 여유가 있는 보호복을 선택하는 것이 실제 사용자에게 있어서는 매우 중요하다.

7중 원단의 완전 밀폐형 화학 보호복은 다소 활동하는 데 제한을 받는 것이 단점이다. 2중 화학 장갑으로는 외부는 부틸(butyl) 또는 바이톤(Viton) 재질이고 내부는 보호막이 첨부된 장갑의 구조이다.

5) LEVEL B·C 보호복

상·하일체형으로 매우 가벼우면서도 유해 화학물질에 대한 차단력이 우수하다. 이것의 무게는 106g/m²로서 매우 가볍고 고분자 코팅 4중 구조로 강도가 높으며 모든 종류의 입자를 100% 차단한다. 농축 무기산 및 염기, 다양한 유기 화합물에 대한 탁월한 보호 효과가 있다.

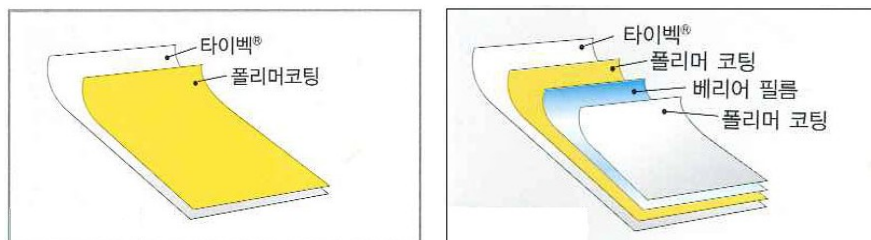
최대 5bar의 압력의 액체가 튀는 것에 대한 저항성을 가지고 있으며 안쪽의 흰색 표면에 정전기 방지 처리가 되어 있다. 특히 솔기 부분에 테이프 처리를 하여 차단 효과를 더욱 높인 것이 특징이다.

[그림 5-32] LEVEL B·C

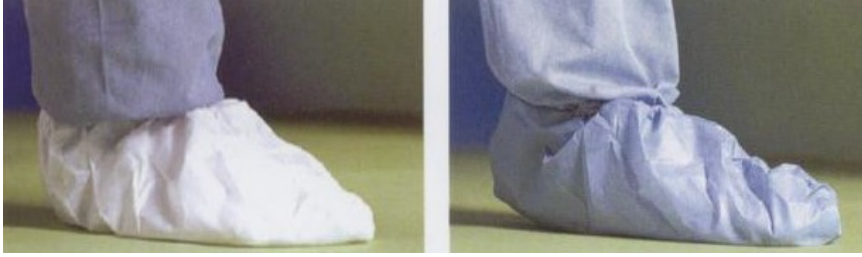


LEVEL B·C 보호복 등은 대부분 2~3 가지로 분류되는데 이외에도 부직포로 만든 보호복은 사용 중 쉽게 찢어질 정도로 내구성이 약해서 최소 오른쪽 4중 구조 이상의 재질로 만들어진 보호복을 선택하는 것이 바람직하다.

[그림 5-33] LEVEL B·C 보호복 단면도



[그림 5-34] 덧신

CBRNE
사고대응

B 또는 C 레벨 보호복을 착용할 때 덧신을 신지 않고 기동화를 그대로 착용한 채로 훈련에 임하는 모습을 자주 보게 되는데 기동화는 내화확성이 아닌 재질로만 들어져 있기 때문에 위와 같은 덧신을 꼭 착용하는 것이 중요하다.

덧신은 건조하거나 젖은 바닥에도 모두 적용성이 있으며 미끄럼 방지 코팅이 되어 있어 신어도 크게 불편함을 느끼지 않고 사용할 수 있다.

6) 보호복 테스트 키트

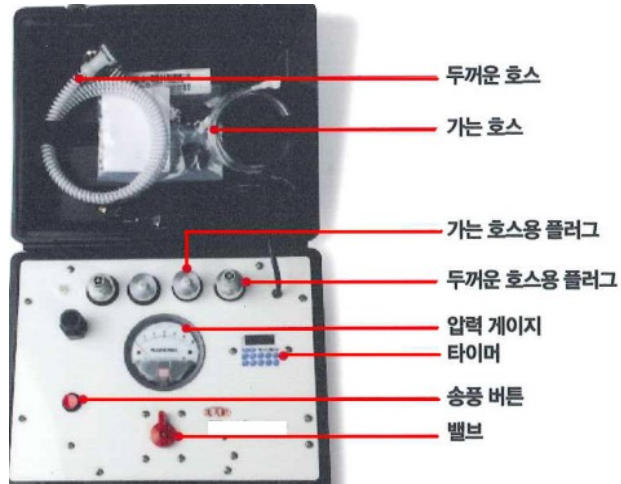
완전밀폐형 보호복의 정기적인 압력 테스트를 할 수 있도록 고안된 테스트 장비이다. 가벼우며 부피가 적고 다른 부속품이 필요하지 않으므로 사용하기가 매우 편리하다.

그러나 보호복의 제작사 별로 각각 별도로 생산이 되어 서로 호환이 되지 않는 단점이 있다.

[그림 5-35] 테스트 키트



[그림 5-36] 부분별 명칭



○ 작동절차

	<p>▷ 배기밸브의 고무뚜껑 개방 ⇒ 배기밸브의 고무판(다이아프램)을 벗긴다.</p>
	<p>▷ 각각의 금속플러그를 호스 앞에 끼우고 ⇒ 보호복의 배기밸브에 장착 ※ 공기가 새어나오지 않도록 단단히 조인다.</p>
	<p>▷ 지퍼 닫음 ⇒ 테스트 키트에 연결.</p>
	<p>▷ 전원연결 ⇒ 밸브개방 ⇒ 송풍기 모터 작동</p>
	<p>▷ 공기 주입 ▷ 압력게이지 5(inH2O)이상 ⇒ 밸브폐쇄 ⇒ 모터중지 ▷ 1분후 기압 4(inH2O) ⇒ 타이머 작동 ⇒ 4분후 3.2(inH2O) 이상이면 합격</p>

5

CBRNE
사고대응

○ 화학보호복 착용법



▶ 공기조절밸브호스를 공기호흡기에 연결한다.



▶ 실린더를 개방한다.



▶ 장애방지제를 도포한다.



▶ 하의를 착용한다.



▶ 면체를 제외한 공기호흡기를 착용한다.

	<p>▶ 무전기를 착용한다.</p>
	<p>▶ 공기조절밸브에 호스를 연결한다.</p>
	<p>▶ 면체를 착용하고 양압호흡으로 전환한다.</p>
	<p>▶ 헬멧과 장갑을 착용한다.</p>
	<p>▶ 상의를 착용 후 지퍼를 닫고 공기조절밸브의 작동상태를 확인한다.</p>

※ 실제로 혼자서 화학보호복을 착용하기는 쉽지 않으며 보조자의 도움이 필요하다.

5

○ 탈착식 장갑

[그림 5-37] 탈착식 장갑 사용법

CBRNE
사고대응



▷ 안전핀을 뺀다. ⇒ 장갑을 시계반대 방향으로 돌린다. ⇒ 장갑 이탈.

○ 공기공급장치

[그림 5-38] 공기 공급장치



위의 공기 공급장치는 보호복 내 공기호흡기의 보조호흡기 연결호스를 통하여 공기를 공급함으로써 활동하는 데 다소 저항을 줄이기 위해서 필요한 장치이며, 보호

복의 종류에 따라 이러한 장치가 없는 보호복도 있으며 장갑 또한 장화역시 탈착식이 아닌 일체식으로 되어 있는 것도 있다.

○ 냉방용 조끼

냉방용 조끼는 보호복을 착용하기 전 안에 입는 것으로 보호복을 착용한 상태의 열로 인한 인체의 온도 상승을 방지하고 최소 유지온도인 28℃를 유지한다. 냉방을 위해서 냉장충전의 필요가 없어서 사용하기 편리하다.

[그림 5-39] 냉방용 조끼



나. 방사선보호복

[그림 5-40] DFB-K



방사선으로부터의 보호는 물론 생화학 상황 시 보호복으로도 착용이 가능한 장비이다. 특수 합성섬유 재질로 방사능 입자로부터만 보호하는 기존의 방사선 보호복과는 달리 알파, 베타, X-선 및 저에너지 감마선으로부터도 보호가 가능하다. 부드러운 재질로

착용이 용이하며 뛰어난 열 분산 기능이 있어 열적 스트레스를 최소화한다. 후드 일체형이며, 무독성 및 납이 포함되어있지 않아 피부 또는 호흡기에 안전하며 특별한 처리 절차가 필요하지 않은 친환경적 제품이다. 내구성 관련 NFPA 1994 기준이상이며 부틸재질의 장갑과 마스크, 부츠로 구성된다. 오른쪽 그림의 조끼와 목보호대는 방사선보호복이 아닌 일반 보호복을 사용할 때 안에 착용한다. 그러나 방사선 보호복은 방사능의 피폭으로부터 충분한 차폐 역할에 한계가 있으므로 이를 인정하고 장비를 맹신하는 일은 없어야겠다.

[그림 5-41] RI-100



다. 폭발물 방호복

[그림 5-42] EOD-9



EOD-9 방폭복은 폭발 또는 폭파 사태와 관련 4가지 통상위협 중압, 분열, 충격 및 열에 탁월하고 골고루 균형 잡힌 보호를 제공한다.

방폭복은 착용대원의 최대 활동성, 유연성 및 시계(視界)를 유지하도록 한다.

아래 부수품을 포함한 다양한 부수품과 호환 가능하다.

- 냉방 내의 시스템
 - 유선 통신장비
 - 무선 통신 장비
 - 화생 보호 내의 및 장비
- EOD-9 방폭복은 신속 착용 및 탈의를 위해 후크 및 루프 짝짜이를 사용하고 있다.

후크를 가볍게 두드리면서 잠금을 확실히 하고 강한 접착 효과를 얻기 위해 루프 짝짜이를 손으로 확고하게 누른다. 후크 및 루프의 최대 표면 범위가 상호 일치 하도록 해야 한다.

EOD-9 방폭복을 신체에 적합하게 맞추기 위해 아래 표에 기재된 지침을 활용한다.

소형	중소형	중형	대형
신장	신장	신장	신장
157~173cm	165~175cm	173~188cm	190~198cm
중량	중량	중량	중량
50~68kg	60~73kg	68~100kg	100~120kg

만일, 방폭복이 화생방핵물질에서 사용되면 반드시 추가 대책을 취해야한다.

- 적합한 호흡시스템(정화통/송풍기, 휴대용 자가 호흡기 또는 산소호흡기) 사용
- 방폭복 내부 화학보호내의(CPU) 착용
- 화생 작전용으로 적절하게 설계된 고무장갑 및 신발 착용
- 화생물질에 노출되면 방폭복 탈의 시 항상 적절한 제독을 실행

○ 방폭복 착용 절차



1. 내의 및 냉방내의(임의선택) 착용



- 2-1. 바지 지퍼를 잠그지 않은 상태에서 팔을 바지 멜빵 안으로 넣고 허리띠를 조이고 멜빵을 조절한다. 허리띠는 바지의 대부분 중량을 유지해야 한다.
- 2-2. 지퍼 슬라이더 스프링이 멈출 때까지 지퍼를 잠근다. 슬라이더 스프링 멈춤을 지나간 지퍼를 잠그면 지퍼가 열리게 되니 스냅을 채워 두어야 한다.
- 2-3. 다리 끈을 조인다.

5

CBRNE
사고대응



- 3-1. 후면 보호대를 위로 올리고 바지 뒷부분의 후크 및 루프 짝퉁이에 IGP(반바지) 한쪽을 채운다.
- 3-2. 반바지를 양 다리사이로 통과시켜 바지 앞부분 허리띠의 후크 및 스냅 단추에 반바지의 다른 쪽을 채운다.
- 3-3. 착용자가 몸을 쭉거리거나 또는 구부릴 때 여유 공간을 갖도록 아래 부분의 후크 및 루프 조절 끈을 부착해야 한다.



- 4. 하의 착용 완료 후 헬멧을 착용한다.
임의선택 : 냉각펌프를 하의 좌측 후크 및 루프 패치에 부착하고, 유선 통신 시스템 케이블을 하의 우측의 후크 및 루프 패치에 부착한다.



- 5. 흉부 후크 와 루프를 잠그고 빨강색 어깨 후크와 루프 짝퉁이를 확실하게 부착한다.
중요사항 : 방폭복을 보호하기 위해 상의는 언제나 어깨를 잡고 들어 올려야 하며, 절대로 목을 잡고 올리지 말것!



- 6. 전원장치를 우측 주머니에 넣고 스냅단추를 채우고, 헬멧과 전원장치를 연결한다.
(착용완료)



긴급탈의 : 1-1. 전면(어깨)와 좌측 신속분리 고리를 집게손가락과 중지 사이에 움켜 쥐고 힘차고 신속하게 양 고리를 밖(신체 앞 방향)으로 잡아당긴다.
 1-2. 헬멧과 반바지, 냉각패드 등을 제거 한다.



2-1. 바지 가랑이 후면의 스냅단추 잠금을 분리 후, 슬라이더 부분 정지를 넘어 지퍼 고리를 위로 단단히 잡아당긴다. 지퍼의 양 측면을 맨 위에서 서서히 잡아당기면 지퍼는 자동으로 열리게 된다.

라. 호흡보호장비

호흡보호구는 공기를 공급하는 방식에 따라 크게 두 가지로 구분되는데, 오염된 공기를 여과하여 공급하는 방독면과 별도의 기구를 통해 신선한 공기를 공급하는 공기정화식 호흡보호구(APR, Air Purifying Respirator)로 나누어진다. 이러한 호흡보호구도 사고현장 상황에 맞게 보호수준을 조정해야 한다.

1) 양압식 공기호흡기

보통 양압식 공기호흡기는 소방관들이 화재진압 등 소방 활동 시 반드시 필요한 개인장비로서 가장 높은 수준의 보호를 요구하는 현장에서 반드시 필요한 장비이다. 현재 군, 환경부 등 여러 화학사고 대응 유관기관에도 많이 보유하고 있는데, 자급식 호흡기(SCBA, Self-Contained Breathing Apparatus)와 밖에서 공기를 공급하는 에어라인 호흡기(SAR, Supplied AirRespirator) 등이 있다.

[그림 5-43] 양압식 공기호흡기



기술규격

- 용도 : 양압식 공기호흡기 면체내의 공기압력을 외부보다 높게 하여 외부 공기가 들어오는 것을 방지
- 사용시간 : 약 50분(300kgf/cm² 까지 충전된 공기를 40ℓ/min 호흡)
- 무게 : 3.6kg(완충시 약5kg)
- 실린더 내용적 : 6.8ℓ
- 최고 충전압력(FP) : 300kgf/cm²
- 내압 시험압력(TP) : 500kgf/cm²
- 최고 충전공기량 : 2,040ℓ

2) 정화통 직결식 호흡보호구

정화통 직결식 호흡보호구는 경량형 디자인으로 탁월한 시야를 확보하며 부드러운 재질로 되어 있어 편안하며 쉽게 머리끈을 조절하기가 쉽다. 또한, 사용시간이 제한되고 호흡 저항이 다소 있는 공기호흡기와 다른 쾌적함을 제공한다.

하지만 오염물질의 농도가 파악이 되지 않거나 산소 결핍의 가능성, 고농도에 노출된 환경에서는 공기 정화식 마스크의 사용이 금지되고 공기호흡기를 착용하여야 한다.

방독용 정화통은 5~20°A 사이의 미세세공이 잘 발달된 총 세공면적의 넓이가 탁월한 활성탄으로 만들어 진다. 대부분의 가스/증기는 5~20°A사이의 미세세공(micropore)에 흡착되며, Mesopore 와 Macropore는 수질 정화 등 액체처리에 효과가 있다.

[그림 5-44] 전면형 마스크



2. 화재방 탐지 · 분석장비

가. 화학(Chemical)

1) CDS(Contained Detection System) Kit

암모니아, 염소 등 독성 화학물질의 농도를 복잡한 분석기거나 고도의 기술 숙련을 필요로 하지 않고 신속, 정확하게 측정하는 기기로 KITAGAWA 펌프, DRAGER 핸드 펌프 및 검지관 셋으로 구성되어 있다. 측정은 측정대상 가스용 검지관 양쪽 끝을 절단하고 펌프를 이용하여 일정량의 시료가스를 흡인하면 시료가스 중 측정대상 가스가 검지제와 즉각 반응을 일으켜서 입구 쪽부터 변색하며, 그 변색 층의 변색 끝 부분 눈금에 의해 농도를 파악한다.

[그림 5-45] KITAGAWA 펌프, DRAGER 핸드펌프



○ 검지관 목록

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Ammonia(암모니아) | 11. Hydrogen cyanide(시안화수소) |
| 2. Arsenic trichloride(삼염화비소) | 12. Hydrogen fluoride(플루오르화 수소) |
| 3. Bromine(브롬) | 13. Methyl bromide(브롬화 메틸) |
| 4. Chlorine(염소) | 14. Methylchloric(염화 메틸) |
| 5. Acrolein(아크롤레인) | 15. Methyl isocyanate(메틸이소시아네이트) |
| 6. 2-chloroethanol (2-클로로에탄올) | 16. Methyl ethyl ketone(메틸에틸케톤) |
| 7. Chloropicrin(클로로피크린) | 17. Phosgene(포스젠) |
| 8. Cyanogenchloride(염화시안) | 18. Phosphine(포스핀) |
| 9. Ethylene oxide(산화에틸렌) | 19. Sulfuric acid(황산) |
| 10. Hydrochloric acid(염산) | 20. Toluene(톨루엔) |

5

암모니아, 염소 등 유해화학물질을 탐지할 수 있는 검지관은 종류별로 20여개로 구성되어 있으며 각각의 색깔변화로 알 수 있는데, 아래 표는 대표적인 탐지가능 검지관 목록과 예를 나타내었다.

CBRNE
사고대응

[그림 5-46] 대표적인 검지관

	암모니아	시안화수소	염소	플루오르화수소	포스겐
검지관					
시간	1분	5분	2분	30초	6분
변화	노랑→파랑	흰색→핑크	파랑→노랑	남보라→노랑	흰색→빨강
범위	2~30ppm	0.25~5ppm	1~10ppm	10~90ppm	0.02~1ppm

2) 암밴드(Armband)

유독성 화학가스의 존재를 초기대응팀이 현장에서 긴급히 경보를 취하기 위해 암밴드를 팔뚝에 차기만 하면 즉시 화학가스의 존재를 판단할 수 있다. 고온 및 저온 그리고 습하고 건조한 환경 하에서도 사용하며 물속에 잠긴 후라도 잔류 물기를 털어내면 육안으로 화학가스를 탐지할 수 있다.

액상 샘플없이 공기 중에 있는 유해 화학가스 및 증발기체의 탐지가 가능하며 현재 10개의 탐지 카세트까지 장착할 수 있다.

카세트 보존기간은 12개월(실내온도) 이며 개봉 후 사용기간은 24시간이다. 사용온도는 -30℃~50℃ (습도 : 20~100RH)이다.

[그림 5-47] 암밴드



[그림 5-48] 암밴드 사용



○ 탐지물질

1. LOW PH (ACID)
2. HIGH PH (BASE)
3. CHLORINE (염소)
4. FLUORINE (플루오린)
5. HYDROGEN SULFIDE (황화수소)
6. IODINE (요오드)
7. AMMONIA (암모니아)
8. PHOSPHINE (포스핀)
9. PHOSGENE (포스겐)
10. SULFUR DIOXIDE (이산화황)

[그림 5-49] 암밴드 카세트 변화



3) MiniMAX 4

개인용 가스측정기로서 대기 중에 잠재적으로 존재하는 O₂, CO, H₂S, 및 폭발성 가스를 측정하기 위해 제작되었다.

가스의 측정값과 사용 정보를 앞의 LCD를 통해 표시한다. 측정된 가스농도가 경보 설정값을 초과하면 고휘도, 고음량의 경보가 발생하여 사용자에게 위험을 알려준다.

본 기기는 센서의 자연적인 출력 감소를 자동으로 보상하여 주며, 온도에 의한 기 기이상 방지 및 센서 점검 기능이 내장되어 있다.

○ 유지/보수

- 배터리 교체 : AA배터리 2개
- 메모리 카드 장착/제거

[그림 5-50] Mini MAX-4



[그림 5-51] 배터리 및 메모리



4) HazMat ID 생화학분석장비

본 장비는 FT-IR 스펙트로미터 장비로서 각종 물질의 분석에 사용되는 전문장비이다. 본 장비는 액체, 고체, 가루, 젤 상태의 물질을 비파괴 방식으로 분석할 수 있는 장비이다.

본 장비의 핵심 부품은 다이아몬드 크리스털을 이용한 광학센서이며, 이 센서를 통과하는 빛의 파장을 분석하여 물질을 탐지하는 광학분석기이다. 5,000가지 저장된 데이터를 가지고 분석물질과 비교하여 가장 근접한 데이터와 정확도를 표시한다. 그러나 물을 함유한 물질은 분석이 다소 제한된다는 단점이 있다.

[그림 5-52] HazMat ID



[그림 5-53] 각 부분별 명칭



기술규격

- 표준 광원 분사 : 아연 셀레나이드 방식
- 최대 광도 : 4cm-1
- 레이저 : 저 강도 솔리드방식
- 광원 : 교체가 가능한 유선 구조.
- 광범위 : 4000 ~ 650cm-1
- 견본투입구 : 다이아몬드 광원 반사 요소가 장착된 스테인레스 스틸 판
- 압력 손잡이 : 수동으로 작동하는 샘플 손잡이
- 탐지기 : 13 mm지름의 TSG 방식.
- 크기 : 가로 12 × 18 × 7 인치
- 무게 : 23 온스
- 전원 공급 : 100-240볼트 , 1.5Amps, 50-60 Hz 자동전원

○ 배터리 장착

배터리 장착 부위에 여러 가지 연결 포트가 있어서 편리하게 사용할 수 있다. 배터리 충전상태를 확인하기 위하여 배터리의 상부에 있는 적색 버튼을 눌러서 LED 등을 확인한다. 4개의 녹색LED가 모두 켜지면 완충된 상태이다. 배터리를 장비에서 장착할 경우에는 아래 화살표와 같은 방향으로 장착하면 된다. 장비를 사용하지 않을 때에는 배터리를 분리하여 보관하는 것을 원칙으로 한다.

[그림 5-54] 배터리 장착



※경고! 정확한 전원을 공급하지 않으면 퓨즈가 단락될 수 있다.

○ 전원 켜기

전원스위치를 앞으로 민다.

윈도우 시작 ⇒ 소프트웨어 자동 구동 ⇒ 로그인(이름, 패스워드)

최초 사용 시【이름: admin, 패스워드: 없음】

[그림 5-55] 전원 스위치



○ 전원 끄기

SHUTDOWN 선택 ⇒ 프로그램 종료

윈도우상의 START-TURN OFF 선택 ⇒ Turn Off 클릭

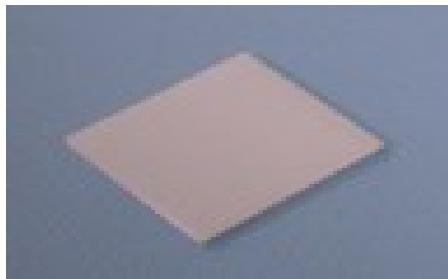
주의해야 할 점은 장비의 소프트웨어 상에서 컴퓨터를 먼저 끈다. 전원스위치를 사용할 경우 소프트웨어 고장의 원인이 된다.

○ 장비 사전 점검

예열(20분) ⇒ 투입구 이물질제거(알코올솜) ⇒ 진단용샘플 고정 ⇒ 사전점검

약 1분이 소요되며 장비의 정확한 분석을 위하여 필요한 과정이다.

[그림 5-56] 자기진단용 샘플



○ 화면 보기 및 방법 선택

본 장비는 QualiD 소프트웨어를 구동하여 물질을 분석한다. METHOD MANAGER 버튼이나 VIEW/EDID CURRENT METHOD 버튼을 통한 다른 기능은 현재의 방식을 바꾸지 않고 표준으로 사용할 것을 권장한다.

○ 분석실행

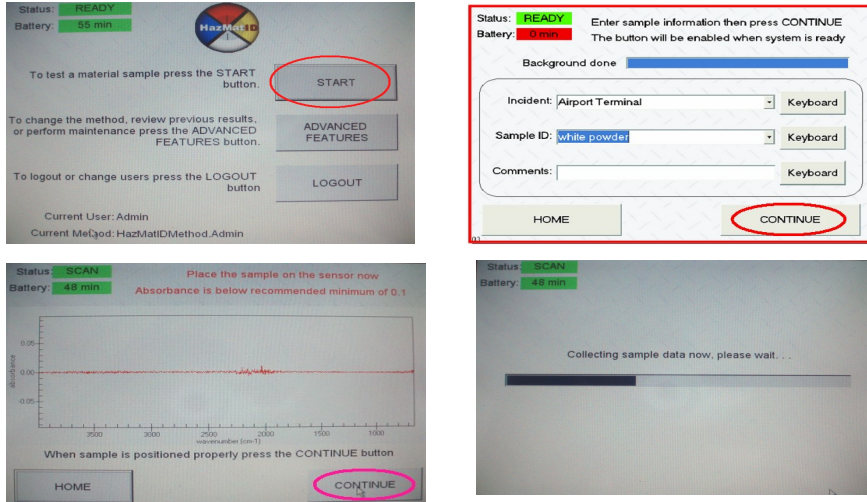
데이터 수집 준비과정

START 클릭 ⇒ Incident(장소) 와 Sample ID 입력 후 CONTINUE 클릭 ⇒ 샘플준비 후 CONTINUE 클릭 ⇒ 분석 데이터 표시

5

[그림 5-57] 분석 실행

CBRNE
사고대응

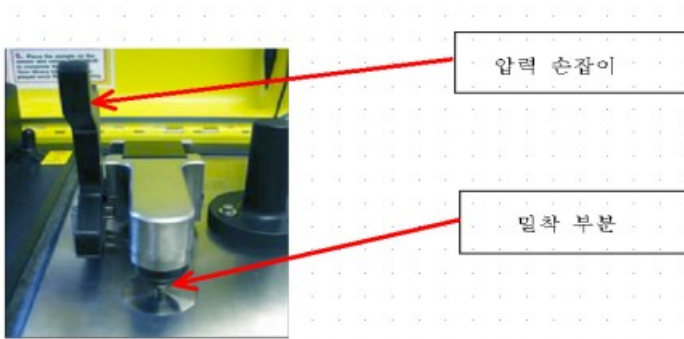


○ 샘플 준비

본 장비의 다이아몬드 ATR 기술은 검증된 화학 분석방식이며, 최첨단 광원 분석 장비를 이용하여 신속한 시간 내에 시험결과를 확인할 수 있다.

- ① 샘플을 채취하여 다이아몬드 광원 센서위의 크리스탈 중앙부분에 투입한다.
- ② 고정 손잡이를 이용하여 샘플을 광원센서에 완전히 밀착시킨다. 상기의 밀착 부분이 완전히 견본과 샘플 투입구 부위를 고정시켜야 한다.
- ③ 액체 샘플은 압력손잡이를 사용하지 않고 스포이드를 사용하여 한·두방울 정도의 샘플을 투입구에 떨어뜨린다.

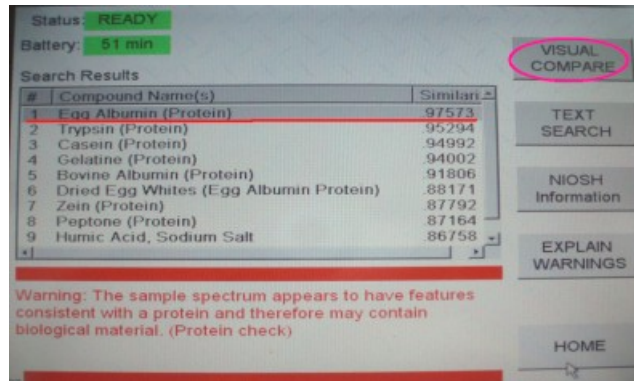
[그림 5-58] 센서 투입구와 압력손잡이



○ 분석 데이터

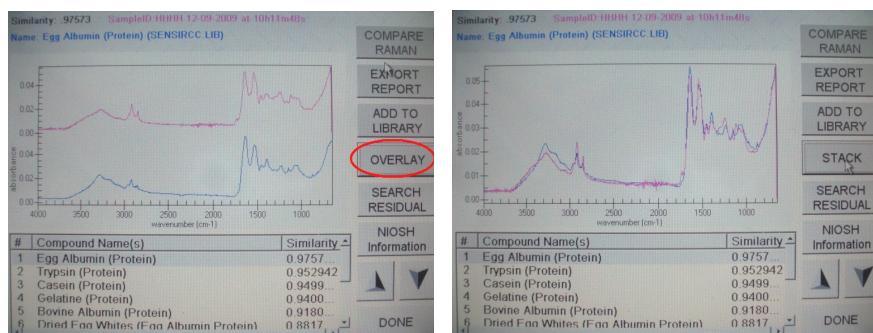
상기와 같이 분석된 데이터가 나타나며 1번의 항목이 가장 근접한 데이터로 판명 되었으며 오른쪽에 정확도가 표시된다.

[그림 5-59] 분석 결과



분석된 스펙트럼과 저장된 데이터리스트를 비교하기 위한 기능이다. VISUAL COMPARE를 클릭하면 아래와 같은 화면이 표시되며 피크를 동시에 비교하기 위하여는 OVERLAY를 클릭한다.

[그림 5-60] VISUAL COMPARE 기능

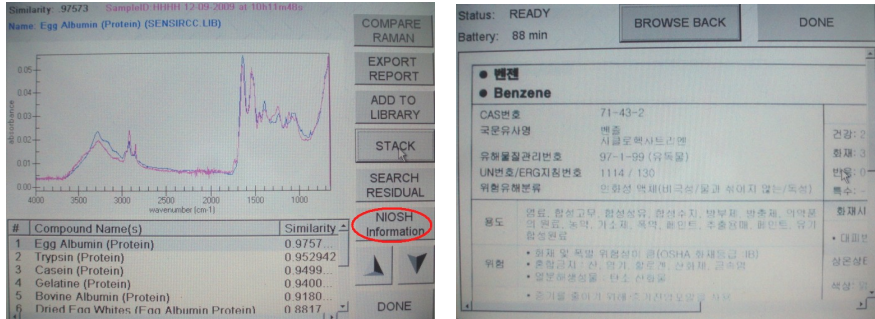


분석된 물질과 관련된 성상, 대응정보가 필요할 시는 NIOSH Information 버튼 클릭. 중앙119구조대에서 보유하고 있는 장비는 미국 질병통제관리국 산하 산업안전보건연구원(NIOSH)의 자료 정보(영문) 대신 한국 국립환경과학원에서 발행한 “유해화학물질 KEY INFO GUIDE”의 정보를 수록하였다.

5

CBRNE
사고대응

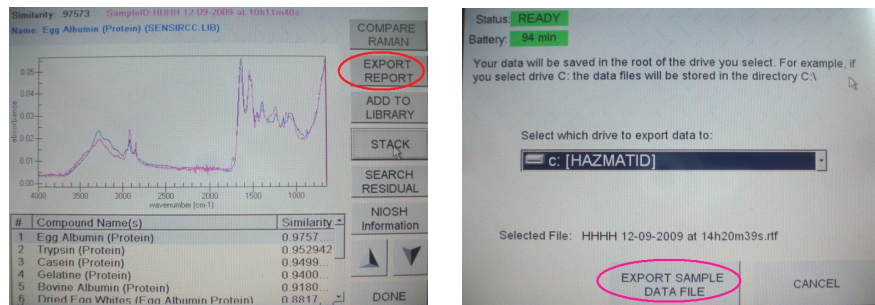
[그림 5-61] 데이터 결과와 관련 정보



○ 분석 데이터 저장

EXPORT REPORT 버튼 클릭 ⇒ EXPORT · SAMPLE DATA FILE 클릭 ⇒ 저장

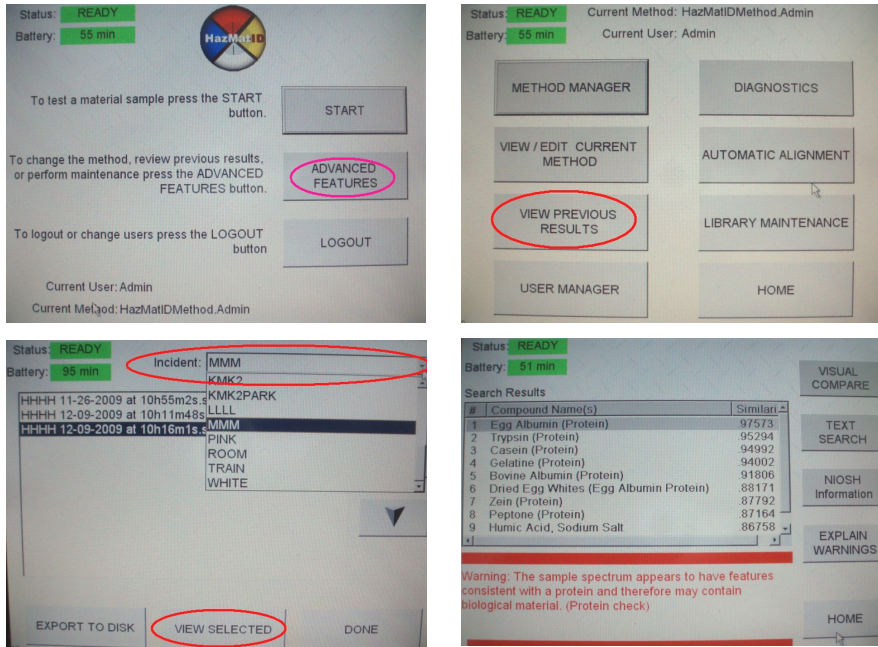
[그림 5-62] 분석 데이터 저장



○ 저장된 분석정보 확인

- ① Home Screen에서 ADVANCED FEATURES 클릭
- ② Advanced Features Screen에서 VIEW PREVIOUS RESULTS 클릭
- ③ Incident 선정 후 VIEW SELECTED 클릭 ⇒ 분석 데이터 표시

[그림 5-63] 저장된 분석정보 확인



5) HGVI

HGVI (Hazardous Gas and Vapor Identifier) 장비는 높은 수준의 긴급대응팀을 위한 장비로 개발되었으며, 대상물질을 탐지, 분석, 식별 할 수 있도록 TICs 대응능력을 제공한다. HGVI 장비는 기본적인 IMS 원리 및 Photoionization Detector (PID), 그리고 Taguchi Gas Sensors (TGS) 기능을 탑재한 다기능 탐지 장비이다.

휴대용으로 3.4 kg의 가벼운 무게로 제작되었으며 사용자가 용이하게 현장에 운반, 사용이 편리하며 어깨끈 및 이중 손잡이 기능을 지원하며, 상황종료 시 쉽게 현장에서 철수가 가능하며 장비의 외부표면을 세척함으로써 제독이 완료된다.

HGVI는 긴급대응팀이 사용하기 용이하게 간단한 동작으로 사용할 수 있도록 제작되었다. LCD 스크린은 자동으로 조도에 따라 조절되며 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 제작되었다. 내장된 소프트웨어는 한 손으로 모든 조작이 가능하도록 제작되었으며, 모든 환경에서 사용할 수 있도록 편리하게 사용할 수 있다.

[그림 5-64] 시스템 구성과 기능

CBRNE
사고대응

HGVI의 첨단 소프트웨어는 각각의 내장된 센서들이 보다 정밀한 탐지 분석 측정이 가능하도록 제작되었다. 이는 IMS 기술과 함께 구성된 각각의 물질에 대한 보다 정확한 탐지를 위하여 기본 장비들보다는 획기적으로 개선된 기능들을 포함하고 있다.

기술규격

○ 센서

- Ion Mobility Spectrometer(IMS) - 2중 채널(+, -) IMS 센서, 코로나 방식
- Photoionization detector(PID) - 대형 다이내믹 모델, 10.6eV bulb
- Taguchi Gas Sensor Array(TGS) - Tin Oxide (MOS) array
- 감마 센서 - 전자 감응식 감마 방사선 탐지기

○ 규격

- 길이 - 43.2 cm · 폭 - 14.0 cm
- 높이 - 12.7 cm · 무게 - 3.4 Kg
- 전원공급 - 100-250 V (ac), 3.0 Amps, 47-63 Hz

○ 전원

- HGVI를 사용하기 위하여는 아래의 3가지 방법이 필요하다.
- 전원공급기능 전용 장비를 사용하여야만 한다.
 - AC Input : 100-250 V ~ 3A. Max, 47-63 Hz
 - DC Output: +18V 6.5A

- 차량용 시거잭 어댑터
- 배터리 : 외부충전기 사용 또는 장비의 장착 시 표준 전원 공급기와 연결 충전
- 시스템 요구사항
 - 라인 손실- 10% 이상의 전원 손실이 발생하지 말아야 한다.
 - 노이즈 - < 2 volts (common mode) or < 20 volts (normal mode)
 - 전류소모 - 3.0 A max.
- 사용환경
 - 작동온도 : -10°C ~ + 50 °C
 - 보관온도 : -20°C ~ +80°C
 - 상대습도 : 10 ~ 90%
 - 기후 : 모든 조건에서 사용 가능

○ 배터리 장착

장비 사용 시에는 항상 반드시 배터리 덮개가 닫혀 있어야 한다. 전기 장치를 포함하고 있어 물이나 제독 용액에 전체를 담그지 말아야 한다.

전원 및 통신부분에 USB 연결부위와 18Volt 전원 공급 부위가 위치하고 있다. 일반적인 디지털 카메라와 같이 본 장비는 USB 케이블을 이용하여 컴퓨터와 연결 시 자동으로 인식된다. 배터리는 장비에 장착된 상태에서 충전이 가능하다.

배터리는 정확한 방향으로만 장착된다. 장착이 부정확한 경우는 덮개가 덮이지 않는다. 각 배터리 수명에 따라 장비사용이 가능하며 전원공급선을 연결하여 사용할 수 있다. 장비를 사용하지 않을 시 반드시 배터리를 분리하여 보관한다.

[그림 5-65] 배터리 장착



Rear View of Battery Compartment



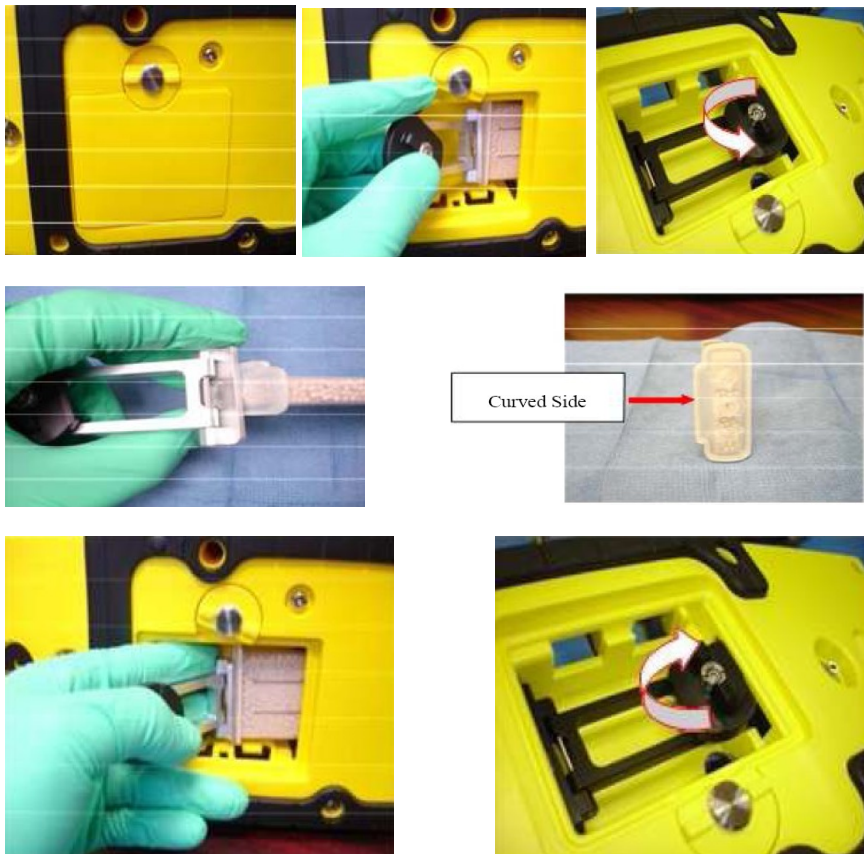
Open View of Battery Compartment

○ 공기정화팩 장착

장비 사용하기 위하여는 반드시 공기정화팩을 장착하여야만 한다. 공기정화팩은 오염이 되지 않도록 청정한 별도의 장소에 보관하여야 한다. 공기정화팩을 교체 시는 장비가 반드시 OFF 상태이어야 하고, 주변에 오염된 물질이 없어야 한다. 가능하면 청정한 고무장갑을 사용할 것

▷ 공기정화팩 덮개 개방 ⇒ 공기정화팩 잠금커버 연결 ⇒ 공기정화팩 플라스틱 커버 제거 ⇒ 잠금장치 고정 ⇒ 장비 로그인 : Sieve pack timer 리셋

[그림 5-66] 공기정화팩 장착



○ 전원 켜기

배터리 장착 ⇒ 버튼을 0에서 1로 ⇒ 소프트웨어 자동가동 및 진행상태 표시

○ 전원끄기

HOME 스크린에서 SHUT DOWN 선택 ⇒ 클리닝 기능 자동수행 CLEAR DOWN COMPLETE(IT IS SAFE TO TURN OFF THE UNIT 표시) ⇒ 손잡이 버튼을 1에서 0으로 돌려 끈다.

[그림 5-67] 전원 켜기



[그림 5-68] 전원 끄기



6) EM-640

혼합물을 분리·이온화하여 유기화학물질을 분석하는 장비로서 차량에 탑재하여 운용한다. 비록 휴대는 불가능하나 사고 시 약 4만여 종의 유해화학물질을 분석할 수 있다.

현재 중앙119구조본부 화학분석제독차에 탑재되어 운용되고 있다. 사고 시 양압 설비가 되어있는 차량 내부에서도 차량 밖의 유해화학물질을 채취하여 분석할 수 있게 되어있어 대원 안전에 효과적인 장비이지만, 분석 완료까지 약 1시간여에 걸쳐 이루어지게 되어 장시간이 소요되는 단점이 있다.

EM-640의 조작은 다소 복잡하다고 할 수 있다. 세팅 절차와 다소 긴 예열시간 및 분석시간 등의 문제로 주기적인 숙달훈련을 가져야 할 것이다. 아래 그림을 통해 미지 물질(담배연기)에 대한 분석과정을 간략히 살펴본다.

[그림 5-69] 화학분석제독 차량 내 EM-640

CBRNE
사고대응

○ 전원켜기

전원공급기, 분석기, 컴퓨터 ⇒ Power On

분석기의 Power On 버튼은 뒤쪽에 위치하고 있고 컴퓨터는 오른쪽 옆면의 Power On 버튼을 작동시킨다.

[그림 5-70] 전원공급기, 분석기, 컴퓨터



○ 예열

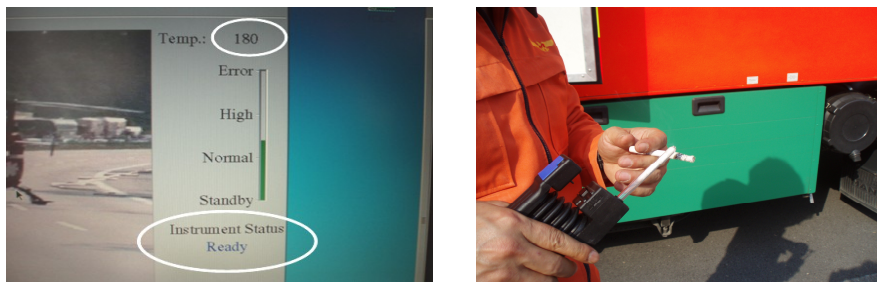
초기 부팅 화면에 “ECS” 와 “Service” 선택창이 뜨면 “ECS” 버튼을 선택한다.

FUSUI 메뉴 선택 ⇒ EM640 Long GC 선택 ⇒ “Initializing”(초기화) ⇒ “Heating”(예열) ⇒ “Ready”(준비) : 20여분 소요 ⇒ Hand Pump 로 유해가스 채집

[그림 5-71] 화면



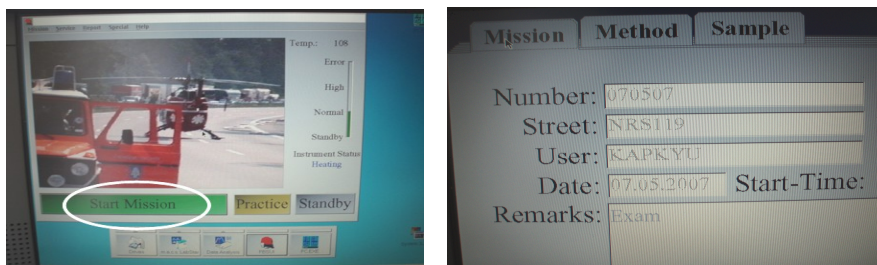
[그림 5-72] 예열 및 유해가스 채집



○ 분석시작

▷ “Start Mission” 메뉴 선택 ⇒ “Method” 메뉴 자동 변경

[그림 5-73] 분석 시작

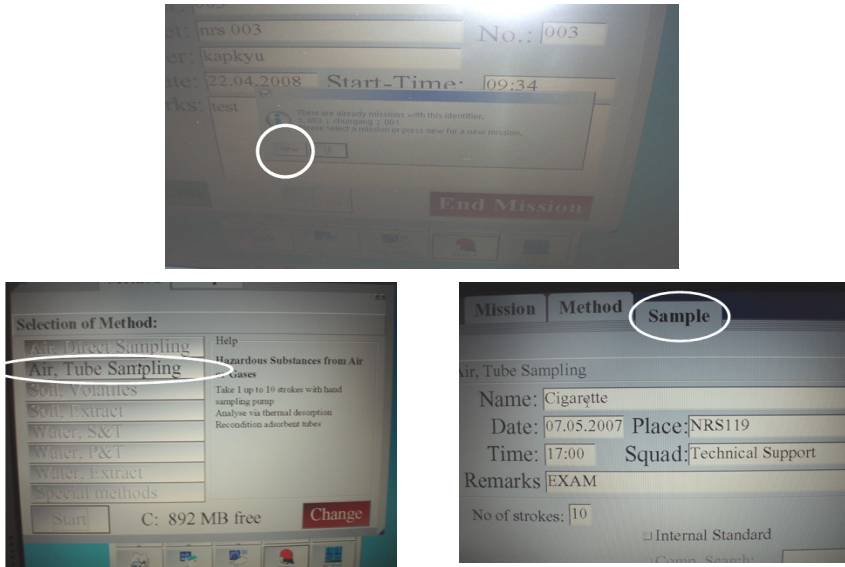


5

CBRNE
사고대응

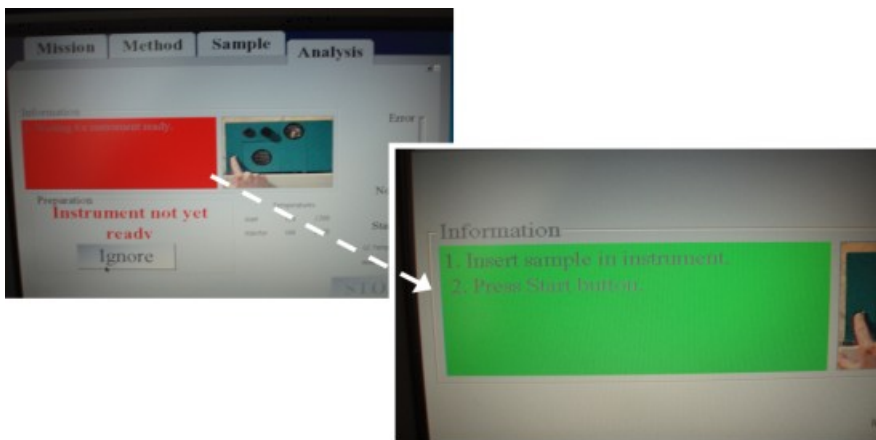
자동으로 과정이 진행되지 않을때 : “continue” 선택 ⇒ “New” 선택 ⇒ “Air Tube Sampling” 선택 ⇒ “Sample” 메뉴 선택 (각 항목 기입)

[그림 5-74] 샘플 메뉴 선택



“analysis” 메뉴 “information” 적색⇒녹색을 바뀐다. (20여분 소요)

[그림 5-75] 샘플 삽입 전 단계



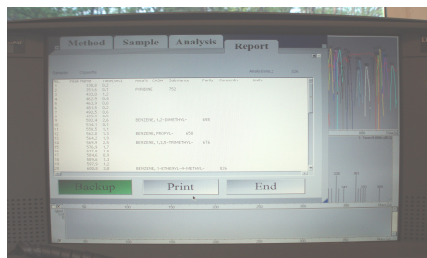
검지관 삽입 ⇒ 분석기 “Start” 버튼

[그림 5-76] 샘플 삽입 및 분석시작



○ 분석결과 - Report

[그림 5-77] 분석 결과

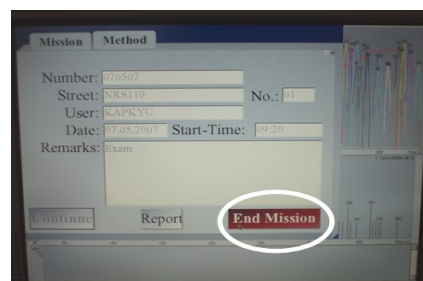
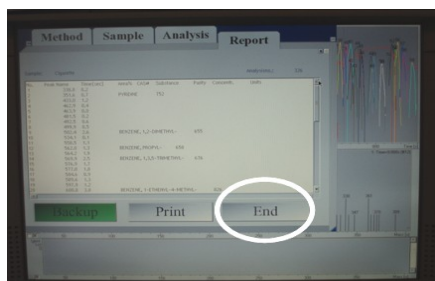


8.5	3.0			
7.7	1.0			
9.4	2.1	BENZENE, ISOCYANO-	660	
2.4	3.2			
15.3	1.3			
10.4	3.2			
19.7	0.5			
18.1	1.4			
19.3	1.1			
19.8	1.6	74663-86-8	Cyclopropane, 1-ethyl-2-heptyl-	809
17.6	2.0			
13.3	2.5	BENZENE, METHYL(1-METHYLETHENYL)-	867	
16.4	0.7			
16.5	3.7			
15.4	1.1			
12.9	0.2			
15.9	2.3			
15.6	3.2	IH-INDENE, 3-METHYL-	722	
15.7	1.3			

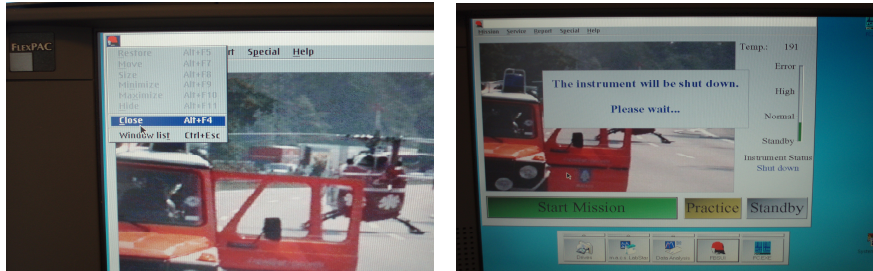
○ 분석종료 및 컴퓨터 shut down

End Mission 클릭 ⇒ 분석과정 종료

[그림 5-78] 분석 종료



왼쪽 위 아이콘 클릭 ⇒ "Close" 메뉴 클릭 ⇒ 컴퓨터 종료



나. 생물학(Biological)

1) BT-650

BT-650은 낮은 전력으로 공기 중의 생물체 및 포자, 기타 미량의 물질들을 용액화 시키는 시스템이다. BioCapture Air Sampler 는 Rotating impactor Technology를 기반으로 공기 중 입자를 포집한다. Rotating impactor/impeller 는 collection zone을 통과하는 와류형태의 Water based의 collection 용액으로 입자를 포집한다.

BioCapture 650은 바이오 에어로졸 포집 및 농축의 최고효율을 가지도록 개발되었다. 650 시스템은 공기유속, 포집효율, 농축계수, 배터리 수명, 시스템의 합리성 및 샘플링하는 시간을 사용자가 조절할 수 있도록 개선되었다. 650 시스템은 현장 및 잔류장소에서 병원성 미생물의 포집에 최적화된 시스템이며, 온도에 의한 기기상 방지 및 센서 점검 기능이 내장되어 있다.

기술규격

용도 : 공기 중의 생물체 및 포자의 용액화

크기 : 12.7cm × 15.2cm × 35.5cm

무게 : 3.4kg(배터리 제외)

샘플링유속 : 200L/min

Particle size : 0.5~10 micrometer

수집기 : 1회용 카트리지

농축시료양 : 2~5ml

전원 : 리튬이온 배터리

배터리 사용시간 : 약2시간

시료농축시간 : 5분, 15분, 30분, 60분
 작동온도 : 2℃ ~ 54℃
 작동습도 : 5% ~ 95%

[그림 5-80] 부분별 명칭



○ 배터리 설치

- ① 한손으로 BioCapture를 뒤집어서 고정한다.
- ② 접촉 링을 시계 반대방향으로 1/4 돌려 배터리 도어를 연다.
- ③ 배터리를 밀어 넣고 도어를 닫는다.

[그림 5-81] 배터리



○ 카트리지 설치

수집용 카트리지는 연속실험을 위해서 항상 신품의 일회용으로 사용한다.(재생품 사용금지) 장비는 수평에서 20도 이내를 유지해야 한다.

Power on ⇒ 평형 유지 실패 시 : LED 적색 점멸, LCD “Level Unit” 표시

[그림 5-82] 훈련용 카트리지 제거



- ① 양쪽의 Attachment Clip를 손가락으로 눌러서 훈련용 카트리지 제거
 - ② Power Button을 누른다. Start/Stop LED 녹색점등, Mode LED 녹색점등
- ※ 카트리지를 결합하기 전 : 항상 power button 작동
- ③ Attachment Clip위에 컬렉션 카트리지를 놓고, 정확히 잠길 수 있도록 누른다.

[그림 5-83] 수집용 카트리지 장착



LCD 창 : “attach Cartridge” ⇒ “Ready” (실패 시 “Init Failure” + 적색LED)

[그림 5-84] LCD 표시



○ 샘플 컬렉션

컬렉션 카트리지는 연속실험을 위해서 사용자는 샘플링시간을 조절할 수 있다. 샘플 포집이 완료되었을 때 샘플 바이얼에는 약 5ml의 샘플 용액이 남아있게 된다

① Mode Button 시간 선택 ⇒ LCD : 시간 표시(5분, 15분, 30분, 60분)

▷ 배터리 용량부족 : LED 적색, LCD : “Insuff Battery”

② Start/Stop button ⇒ 팬, 펌프 작동 ⇒ “Initiating“ ⇒ “Sampling”, 잔여시간 표시 ⇒ “Recovery”, Start/Stop button 점멸 ⇒ “Sample in Vial” (완료)

▷ Start/Stop LED·Dispense LED : 녹색 점등

초기 샘플링 자기진단기능은 샘플링 전에 전력, 레벨, 카트리지 장착, 모터 상태를 자동으로 체크한다. 만약 초기진단에서 통과하지 못하면 LCD에는 자기진단 메시지가 나오게 된다. 잔여시간이 00:00이 되면 잔류 샘플은 카트리지로부터 세척된다. LCD 는 “Recovery”로 표시되고 Start/Stop button은 40초 동안 빠르게 점멸한다.

세척이 끝나면 모터는 정지되고 팬과 펌프는 약 10초정도 작동한다.

○ 샘플 컬렉션의 중지

필요하다면 샘플컬렉션은 중지할 수 있으며 Start/Stop Button 을 누른 뒤 떼다. 그러면 LCD는 “Sampling⇒ “Recovery”로 전환되며 잔류 농축 샘플은 자동 세척

○ BTA 스트립 사용



① 스트립을 Strip Port 에 밀어 넣고

▷ Dispense Button⇒ “Mixing”, 잔여시간 표시 ⇒ “Disp. Complete”

※ “Dispensing“일 때는 장비를 이동하거나 움직이지 않는다.

② BTA 스트립을 제거 ⇒ LCD : “Sample In Vial”

※ 보다 많은 BTA 스트립으로 동일 시료를 측정하고자 할 경우에는 위의 과정을 반복하여 실시한다.

○ BTA 스트립과 생물테러 병원체 및 독소 다중 탐지 키트

“BTA 스트립”과 “생물테러 병원체 및 독소 다중 탐지 키트”는 환경 중에 존재할 가능성이 있는 생물테러 병원체 및 독소를 면역크로마토그래피 원리에 의해 1회 조작으로 간편하게 검출해 내는 초고속 진단 시약이다.

검체희석액을 이용하여 조제한 검체추출액을 검체 패드 부위에 4방울 떨어뜨리면 검액 중의 각각의 항원이 1차적으로 패드에 접합되어 있는 특이 항체와 각각 반응한다.

이후 면역크로마토그래피 원리에 의해 이미 검사선 위치에 흡착되어 있는 생물테러 병원체 및 독소에 대한 각각의 특이 항체와 2차적으로 반응하면서 항체항원항체 복합체를 형성하여 direct-sandwich 원리에 의해 양성, 또는 음성여부를 나타내게 된다.

- BTA 스트립의 종류

- ① Ricin
- ② Tularemia
- ③ Plague(페스트)

- ④ Anthrax
- ⑤ Bot Tox
- ⑥ Orthopox
- ⑦ SEB(Staphylococcus aureus Enterotoxin B)

[그림 5-86] BTA 스트립



BTA 스트립을 이용하여 위의 7가지 검사를 전부 시행할 경우 BT-650의 스트립 포트에 끼워서 순서대로 하나씩 진단할 경우 많은 시간이 소요된다. 이럴 경우 각각 7가지 스트립을 모두 한꺼번에 개방하여 BT-650 카트리지를 이탈시켜 바이얼 속의 검체추출액(약 5ml)을 1회용 스포이드를 이용하여 신속하게 각 개별 스트립에 떨어뜨릴 경우, 더욱 빠르게 검사를 진행할 수 있다.

[그림 5-87] 스포이드 이용



- ① 각각 4방울 정도 떨어뜨리고 20분후 결과 판독
- ② 양성반응 : 2개의 보라색 밴드(대조선과 검사선)
- ③ 음성반응 : 1개의 밴드(대조선)
- ④ 밴드가 나타나지 않을 경우 : 검사가 잘못된 경우 또는 시약의 품질 문제

[그림 5-88] BTA 스트립 검사결과



▷ 다중 탐지 키트를 이용한 진단 검사 항목

- ① Anthrax
- ② Botulinum
- ③ Brucella
- ④ Poxvirus
- ⑤ Ricin
- ⑥ V. cholera
- ⑦ Tularemia
- ⑧ Y. Pestis
- ⑨ SEB

[그림 5-89] 다중 탐지 키트

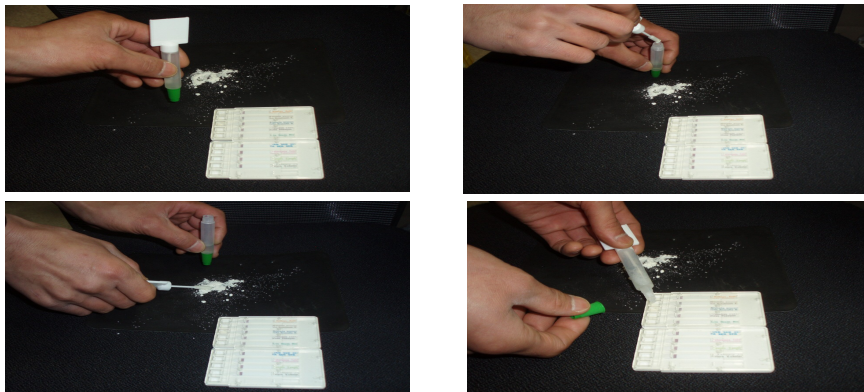


다중 탐지 키트의 장점은 BTA 스트립처럼 개별 포장화 되어있지 않고 하나의 디바이스로 만들어 1회 조작으로 동시에 여러 가지의 생물 테러 병원체 및 독소의 진단을 신속하고 더욱 빠르게 할 수 있다는 점이다.

또한 백색가루가 발견될 경우, 검체 희석액 용기 내에 들어있는 swab를 이용하여 보다 쉽게 검체가 추출 되도록 한다.

swab를 이용한 검체 채취 ⇒ 용기 내 투입 ⇒ 5~10초간 위아래로 흔든다 ⇒ 검사용기의 아래쪽 뚜껑 개방 ⇒ 디바이스에 각각 4방울씩 떨어뜨린다.

[그림 5-90] 백색가루 검사



- ① 각각 4방울 정도 떨어뜨린다.
- ② 20분후 결과 판독
- ③ 양성반응 : 2개의 보라색 밴드
- ④ 음성반응 : 1개의 밴드



다. 방사능(Radiological , Nuclear) 측정장비

1) 방사능/선 측정기(RDS-110 Survey Meter)

RDS-110은 마이크로프로세서가 내장된 γ (감마)선, X(엑스)선, β (베타)선을 측정하기 위한 다목적 Survey Meter이다. 다양한 기능과 내구성 때문에 군, 민방위 그리고 산업적 용도 등 넓은 범위에서 사용된다.

할로겐 가스가 충전되고 에너지 보정형 GM-Tube는 마이크로프로세서 기술과 결합되고 진보된 계수 알고리즘의 사용으로 낮은 자연 방사선장에서도 신뢰할 수 있는 응답을 제공한다.

RDS-110에는 오염도 측정이나 원격조종 측정을 위한 외장형 β Probe의 cps에 대한 알람이 울리는 임계값을 설정할 수 있다. 소리 알람은 프로그램 된 임계치를 초과하는 선량률, 누적 선량이나 cps로 설정된다. cps 알람은 오직 외장형 베타 Probe를 연결했을 때만 작동된다. 알람은 작동되지 않게 할 수 있다.

[그림 5-92] RDS-110



기술규격

○ RDS-110

- 측정범위 : 선량률 0.05 μ Sv/h ~ 99.99mSv/h
선량 0.001 ~ 999.9mSv
- 무게/크기 : 650g / 9.2cm × 19.9cm × 4.4cm
- 작동온도 : -25 ~ 55 $^{\circ}$ C

○ GMP-12H

- 할로겐 가스가 충전된 에너지 보정 GM- tube
- 측정범위 : 선량률 0.1mSv/h ~ 10Sv/h
선량 1 μ Sv ~ 10Sv
- 무게/크기 : 370g / 길이 18.5cm
- 실린더 지름 : 4.5cm
- γ , x ray 측정
- 에너지 범위 : 80KeV - 3MeV

[그림 5-93] GMP-12H



○ GMP-12L

- 할로겐 가스가 충전된 에너지 보정 GM- tube
- 측정범위 : 선량률 0.05 μ Sv/h ~ 100mSv/h
선량 : 0.01 μ Sv ~ 10Sv
- 무게/크기 : 380g / 길이 18.5cm
- 실린더 지름 : 4.5cm
- γ , x ray 측정
- 에너지 범위 : 50KeV - 3MeV

[그림 5-94] GMP-12L



[그림 5-95] GMP-11



○ GMP-11

- 할로겐 가스를 충전한 GM tube
- 측정범위 : 0 - 10,000cps
- 무게/크기 : 360g/ 길이 : 18.5cm
- 실린더 지름 : 4.4cm
- α, β, γ 측정
- Detector Type : GM 할로겐소거형
- 작동온도 : -25~55°C

○ GMP-15

- 할로겐 가스를 충전한 GM tube
- 측정범위 : 0 - 10,000 cps
- 무게/크기 : 380g / 길이 : 18.5cm
- 실린더 지름 : 4.5cm
- α, β, γ 측정

○ 배터리 설치

- AA형 알카라인 건전지 3개 권장
- 약 200시간 사용
- 일반건전지
- 충전용 NiCd 건전지 사용 가능

ON / OFF

▷ ON ⇒ 자동검사 ⇒ 선량(률) 표시

▷ OFF ⇒ 선량정보 저장

Buzzer ON / OFF


- ▷ Buzzer ON : 두 번의 비프음
- 저선량 : 느리게 반복되는 비프음
- 고선량 : 빠르게 반복되는 비프음
- ▷ Buzzer OFF : 한번의 비프음

[그림 5-96] 배터리 교체

[그림 5-97] 작동스위치




측정 한계를 초과할 경우, 연속적인 비프음이 발생된다. 비프음의 변화로 Survey Meter의 표시부를 볼 필요없이 선량률의 변화를 알 수 있다.

 Dose(누적선량)

5초 동안 누적선량을 표시한다. 전원이 ON 되었을 때 누적 선량의 측정은 시작 되고, 건전지를 교체하거나 Survey Meter 의 전원이 OFF 될 때, 선량치는 저장된다. 다시 ON 했을 때, 새로운 누적 선량값은 저장되어 있던 선량값에 더해진다. 누적선량은 초기화 될 수 있다.




Buzzer ON/OFF 버튼과 Dose 버튼을 동시에 5초 동안 누르면 초기화

 Scale illumination

- ▷ 버튼을 짧게 누른다. ⇒ 한 번의 비프음
- + 25초 동안만 조명

5



CBRNE
사고대응

▷ 버튼을 길게 누른다. ⇒ 두 번의 비프음 + 연속적 조명
Scale illumination 버튼을 다시 눌러주면 연속조명 종료

▷ 배터리 테스트 : 5초동안 버튼 누름(빠르게 반복되는 비프음)

 Alarm display

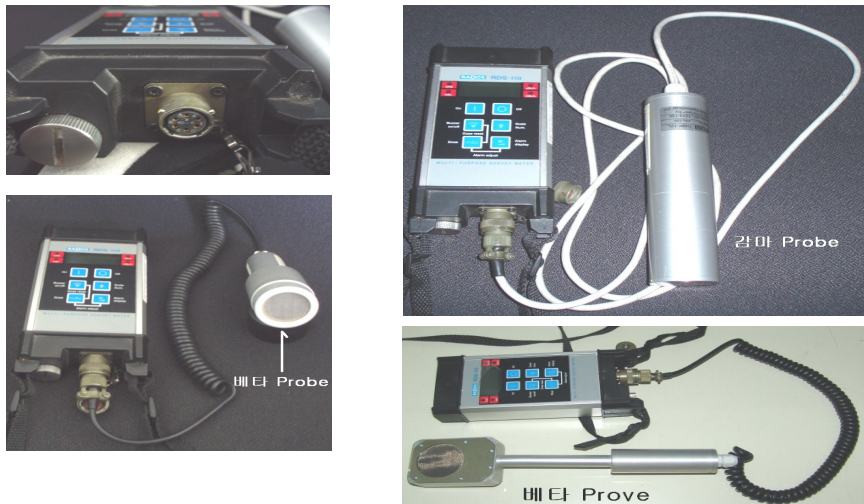
▷ 한번 누름 ⇒ 선량, 선량률의 알람 임계치를 2초 동안 나타낸다.
cps 알람 임계치는 β Probe 연결 시 나타낸다.

  Dose 버튼 + Alarm display 버튼 = 알람 설정치 설정

○ 외장형 Probe

외장형 β 나 γ Probe를 Survey Meter에 연결할 수 있다. Probe는 Survey Meter 아래 부분의 외장형 6핀 연결부에 연결된다. Probe에 연결하기 전에 Survey Meter의 전원은 OFF 상태가 되어야 한다. ON 시키면 작동이 시작되면서 Probe를 자동으로 인식한다. 반대로 Probe를 분리할 때도 전원을 반드시 OFF 시켜야 한다.

[그림 5-98] β Probe 와 γ Probe 연결



○ LED

β Probe를 사용할 때 \Rightarrow LED : cps (초당 펄스 : 초당 방사되는 전자 수)

위험지역(Hot Zone)에서 활동하고 피난하는 구조대원, 또는 요구조자의 방사능 물질에 대한 오염여부를 검사하거나, 제독을 마친 구조대원, 요구자의 방사능 오염 여부를 재측정 할 때 사용하는 계수기이다. 방사능 오염여부를 측정하는 관계로 단위는 CPS (초당 방사되는 전자수) 로 LED가 점등되어 있다.

[그림 5-99] 방사능 측정 시 CPS (count per sec)



γ Probe를 사용할 때 \Rightarrow LED : μ Sv/h, mSv/h(선량률), mSv(누적선량)

방사능 사고 지역에 도착하여 방사능물질에서 방사되는 방사선의 선량률과 누적 선량을 측정할 때 사용하는 계수기이다.

[그림 5-100] 누적된 방사선(누적선량) 확인 (mSv)



[그림 5-101] 선량률 측정 (μ Sv/h)



5

[그림 5-102] 선량률 측정 (mSv/h)



CBRNE
사고대응

- ▷ 1,000 uSv/h (micro Sievert per hour) = 1 mSv/h (milli Sievert per hour)
- ▷ 1,000 mSv/h = 1 Sv/h uSv/h 단위는 999 uSv/h 까지만 표시되고 1,000 uSv/h가 되면 자동으로 1 mSv/h 단위로 변환된다.

○ 표시부

OFL

- ▷ 선량률 초과 (overload)
 - GMP-12L Prove : 100mSv/h 초과 시 표시
 - GMP-12H Prove : 3,000mSv/h 초과 시 표시
- ▷ 선량 초과 : 누적선량 999.9mSv 초과 시 표시
- ▷ cps 과부하 : 9,999cps 초과 시

ΓOFL

선량값과 교대로 표시, 측정 중 누적선량 초과, 선량 초기화 필요
(Dose rate overload during the dose display)

dEF

전원 ON 상태에서 Prove 제거, 전원 OFF 필요(Meter defect)

CAL

메모리 작동 불능(Unit not calibrated)

:

배터리를 5시간 이내에 교환해야 한다.(low battery)

bAΓ

배터리 교환 필요(Replace the battery)

○ 자연방사선량률과 통제구역

방사선은 우리 주변 어디에도 존재한다. 방사선은 태양으로부터도 나오고 땅에서도 나오며 심지어는 음식물에서도 방사선이 나온다. 이렇게 우리 주변에 존재하는 방사선을 자연방사선이라고 한다. 우리가 방사선과 함께 생활을 해도 아무런 문제가 되지 않는 것은 우리 주위에 있는 방사선의 양이 특별히 관심을 두지 않아도 될 만큼의 적은 양이기 때문이다. 이와는 달리 사람의 인위적인 행위에 의해서 발생하는 방사선을 인공방사선이라고 한다. 우리나라의 자연방사선량률이 0.2uSv/h 임을 감안한다면 위험지역(Hot Zone), 준위험지역(Warm Zone), 안전지역(Cold Zone)의 선량범위를 어느 정도 이해할 수 있고 또한 이러한 기준을 참고삼아 건강에 영향을 미칠 수 있는 선량한도가 어느 정도 수치인가를 비교할 수 있다.

위의 계수기 표시부의 수치가 0.18uSv/h, 0.13uSv/h, 0.11uSv/h 로 표시되는 것도 장소의 차이는 다소 있지만 자연방사선량률의 수치라고 볼 수 있다.

※ 우리나라 자연방사선량률 : 0.2uSv/h

- ▶ 위험지역(Hot Zone) : 20uSv/h 이상
0.2uSv/h × 100배 이상 = 위험지역
- ▶ 준위험지역(Warm Zone) : 2uSv/h 이상 ~ 20uSv/h미만
0.2uSv/h × 10배 이상 = 준위험지역
- ▶ 안전지역(Cold Zone): 0.2uSv/h 이상~ 2uSv/h 미만
2uSv/h 미만 = 안전지역

▷ 누적선량 500mSv~1000mSv 선량범위의 증상
오심, 구토 가능, 경미한 골수 및 정자수 감소, 흉반, 적혈구 감소, 약 25%~30% 정도의 치명적 암 발생 확률 증가

공간선량률이 100mSv/h 이상을 나타내는 장소에는 생명의 위협에 대한 즉각적인 구조 활동만을 실시하되 30분을 넘지 않도록 한다.

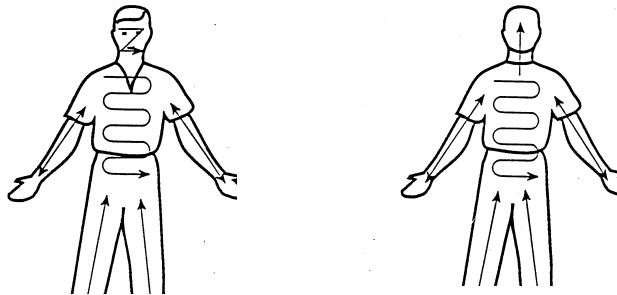
○ 방사선 선량을 측정법

지표면으로부터 1m 높이에서 60초 동안 측정된 후 평균값을 기록한다. 표면으로부터 10cm 거리를 유지하며 탐지기는 초당 2~3cm 정도의 느린 속도로 측정한다. 일반적으로 측정치가 자연준위의 2배 미만일 경우는 무의미한 선량값이며 오염도(cpm, count per minute)와 선량율(mSv/h)를 측정된 후 오염지역의 범위를 설정한다.

○ 인체오염 측정법

요구조자를 깨끗한 바닥에 세운다. 똑바로 서서 발을 약간 벌리고, 손바닥은 편 상태로 전면을 향하고 양팔은 벌린 후 검측기를 피부로부터 1~2Cm 정도의 거리를 유지하면서 초당 2~5Cm 정도의 느린 속도로 머리에서 발끝까지 몸 전체를 체계적으로 측정한다. 양손과 팔 및 얼굴을 주의 깊게 검사하며 머리부터 시작하여 이마, 코, 입, 목 주변, 몸통(S자), 무릎, 발목 등 몸 전체를 검사한다. 신체의 앞면을 검사한 후 대상자를 돌아서게 하여 몸의 뒤쪽 부분 및 발바닥을 검사한다.

[그림 5-103] 전신계측 방법(전면, 후면)



2) 원거리 방사능/선 측정기(6150 AD5)

[그림 5-104] 6150 AD5



원거리 방사능/선 측정기는 방사능 물질, 방사성 동위원소 취급 기관 및 사용 시설과 원자력 연구소, 원자력발전소 등의 재해 발생 시 피폭 방사능 누출, 방사선의 피폭, 오염 범위, 농도 등의 측정 시 발생하는 방사능 오염 및 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 원거리에서 방사선측정 및 방사능 물질 등의 오염도를 측정하기 위한 장비이다. 위 장비는 휴대용이며, 건전지에 의해 작동되는 방사선 측정 및 탐색장비이다.

기술규격

- 센서 : GM 타입에 의한 전이방식으로 측정
 - 센서용적 : 원거리 방사선 측정용 (6.4cm²), 방사능 오염 측정용(100cm²)이상
 - 표시 : 아날로그와 디지털 방식으로 동시에 측정량 표시
 - 외형 : 알루미늄 케이스 및 스테인리스 스틸의 접철식 측정센서 연결 스틱
 - 측정선종 : α · β · γ ·X선
 - 측정범위 : 0.001uSv/h - 1000mSv/h 까지 자동
 - 오차범위 : 10% 이내
 - 응답시간 : 10초 이내 95% 도달
 - 사용조건 : 온도 -30℃ ~ 50℃, 습도 : 0~90% 내외
 - 총중량 : 2.4kg
- 전원 ON/OFF
- 버튼 1번 조작 : 전원 ON
 - 버튼 2번 조작 : 전원 OFF

조명

- ▷ 버튼 1번 조작 : 10초간 조명 유지

경보음 설정

- ▷ 버튼 : 설정치 초과 시 경보음 발생 : LCD 화면에 표시

1번 조작할 때 마다 ON/OFF 기능

배터리 또는 알람 설정치가 초과되면 경보음 발생

[그림 5-105] 선량률 측정



- 1번 조작 : 평균 선량값 표시 (초기화 : ● 2번 조작)
- 2번 조작 : 선량률 알람 설정값 표시 (알람값 변동 : 🔊 조작)
- 3번 조작 : 작동이후 최대 선량률 표시 (초기화 : ● 3번 조작)
- 4번 조작 : 누적선량 표시
- 5번 조작 : 누적선량 알람 설정값 표시
- 6번 조작 : 배터리 전압 표시(배터리 전압이 5.5V 이하 : 경보음 발생)
- 7번 조작 : 교정과 관련된 수치 표시(AC78)

○ 배터리 교체

- 5.5V 이하로 전압 저하 : 경보음과 건전지 기호 점멸
경보이후에도 70시간 정도 작동이 가능하다.

[그림 5-106] 선량률 측정



○ Probe 연결

$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ Probe (6150AD-17)를 소켓에 연결하여 표면오염감시(방사능) 장비로도 활용이 가능하다.

[그림 5-107] 선량률 측정



3) 개인선량계

○ DMC 2000S

방사능 위험지역(Hot Zone)에 출입하는 자는 위험지역 안에서의 피폭선량의 측정을 위해 개인모니터를 상시 착용하지 않으면 안된다. 외부피폭선량 측정용 개인모니터는 개인선량계이며 필름배지, 열형광선량계(TLD), 유리선량계, 직독(직독)식 선량계 등이 있다.

직독식 선량계는 사용자 자신이 현장에서 선량을 읽을 수 있도록 되어 있는 선량계로서 피폭의 자기관리나 경보음을 이용한 방사선 작업의 관리 등에 이용되고 있으며 보조선량계라고 불려지고 있다. 모든 위험지역에 출입하는 대원은 기본선량계를 착용해야만 한다. 개인선량계의 착용위치는 가장 많이 피폭될 부분을 대표하는 위치로 되어 있으며 보통 흉부(여자는 복부)이다.

개인선량계를 착용할 때에 선량계의 표면과 이면을 잘못 분별하는 일이 없도록 주의하여야 하며, 사용 중에 빠져서 떨어지는 일이 없도록 작업복의 포켓 등에 확실하게 장착한다. DMC 2000S의 경우 몸체가 바깥쪽을 향하도록 설계되어 있다.

[그림 5-108] 개인선량계



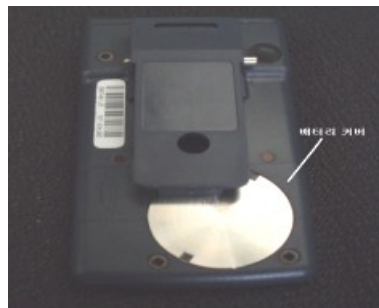
기술규격

- 측정 방사선: X선 및 γ 선
- 측정범위: 백그라운드 ~ 10Sv, 백그라운드 ~ 10Sv/hr
- 측정오차: 20% 이상
- 메모리: 10년 이상의 기간 동안의 데이터 E2PROM에 저장 가능
선량 상승 및 각종 event 에 대한 이력 기록
10초, 1분, 10분, 1시간 또는 24시간의 간격으로 750개 이력사항 저장
- 전지: LiMnO₂/3V/CR2450(Renata 전지 사용)
일반적인 상황에서 연속 운영 시 1년(보관모드에서 3년간 보관)
- 규격: 4.4cm × 8.3cm × 0.9cm
- 무게: 약 50g
- 사용조건: -10°C~50°C

● 배터리 교체

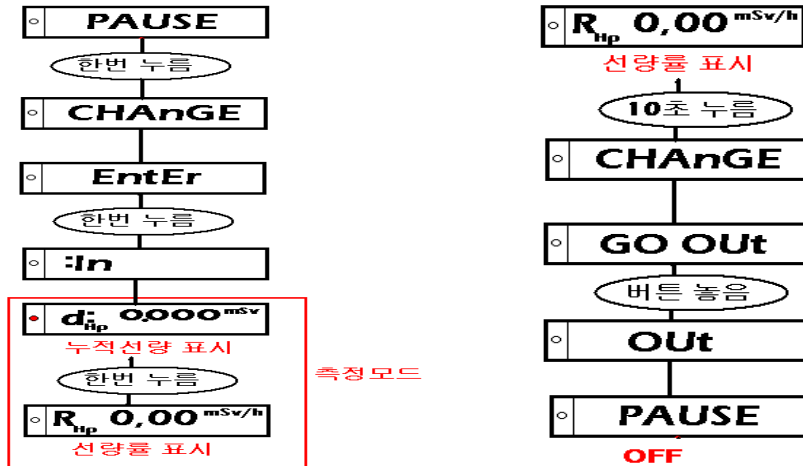
- 선량계를 Pause(OFF) 모드로 전환
- 배터리 커버를 시계 반대방향으로 돌려 개방하고 교환한다.

[그림 5-109] 배터리 교체



● 켜기와 끄기

[그림 5-110] 전원 ON/OFF



※ 측정모드 : 한번누름(누적선량 ⇔ 선량률)

○ RAD-60S

[그림 5-111] RAD-60S



● 배터리 교체

배터리 커버를 시계반대 방향으로 돌려 개방하고 AA 건전지 1개의 양극(+)을 안쪽으로 향하도록 한다.

● 켜기와 끄기

- 켜기 : 조작버튼을 길게 누른다.

5

CBRNE
사고대응

[그림 3-112] 배터리 교체



[그림 5-113] 모드 표시

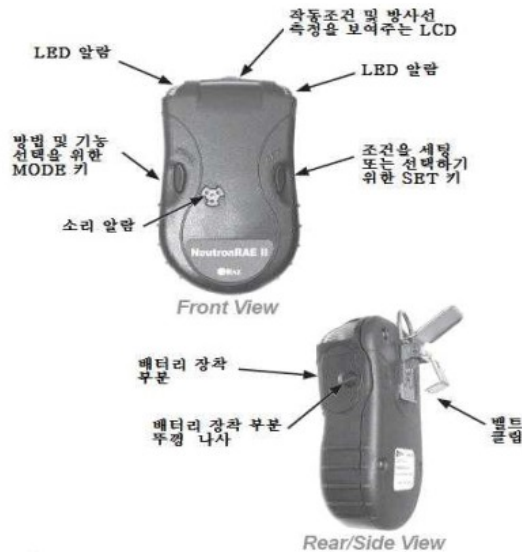


○ Neutron RAE II

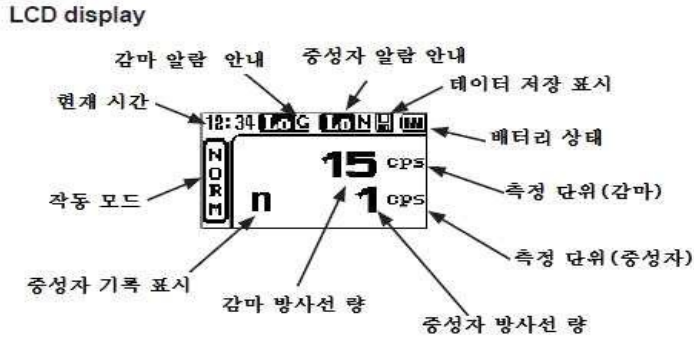
NeutronRAE II는 감마와 중성자 방사선 소스의 빠른 측정기로서 높은 반응성을 가지고 있고, 사람의 건강을 위협하는 수준에 노출되기 전에 빠르게 반응하는 측정기이다.

또한, 저장된 방사선 데이터는 누적되며, 방사선량에 가깝게 측정한다. (감마선은 2초 이내, 중성자는 5초 이내 반응) NeutronRAE II는 사용자 화면, LED 알람표시기, 두개의 버튼(MODE, SET)으로 구성되어 있다.

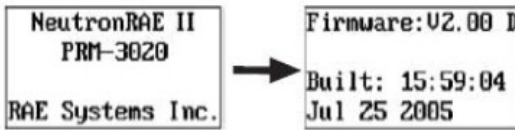
[그림 5-114] Neutron RAE II



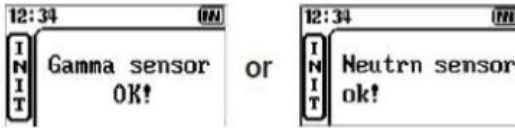
[그림 5-115] LCD display



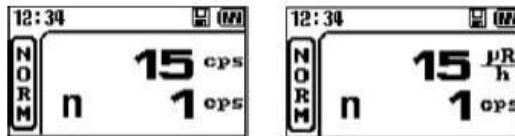
● 켜기와 끄기



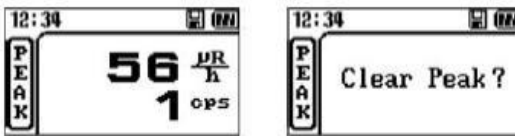
켜기 : MODE버튼을 3초 누름자동으로 LED불빛과 진동이 울리며 제품정보와 버전이 나타난다.



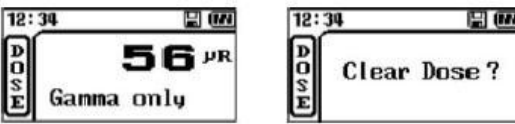
Self-Check 실시 후 그림과 같이 Gamma sensor OK! Neutron sensor OK! 메시지 화면이 나타난다.



자동 교정을 수행하고 교정이 완료되면 데이터 저장이 시작되고 그림과 같이 메인 화면이 나타난다.



대기화면에서 모드버튼을 누름 그림과 같이 가장 높은 방사선 수치가 표시되고 SET버튼을 2회 누르면 최대선율이 초기화 된다.



대기화면에서 모드버튼을 누름 그림과 같이 감사선의 축적된 양이 표시되고 SET버튼을 2회 누르면 누적선량이 초기화 된다.



끄기 : MODE버튼을 5초 누름 측정기는 5초가 카운트다운을 하고 그림과 같이 꺼지게 된다.

기술규격

- 측정 방사선 : 중성자 및 γ 선
- 측정범위 : $0.01\mu\text{Sv} \sim 10\text{Sv}$ (감마만 적용)
- 선량당량율 : 감마 $0.01 \sim 40\mu\text{Sv/h}$ 중성자 $1\sim 100\text{cps}$
- 메모리 : 30,000개 데이터 포인트 (60초 간격으로 20일간 저장가능)
- 전 지 : AA형 알카라인 건전지 2개 사용
일반적인 상황에서 연속 운영 시 600시간 이상 작동
- 규 격 : $12.5\text{cm} \times 6.8\text{cm} \times 3.5\text{cm}$
- 무 계 : 약 240g
- 사용조건 : $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$

3. 제독장비 및 화학분석제독차**가. 제독장비**

유해화학물질의 유출 등 사고 시 제독을 위하여 위와 같은 방제약품을 살포, 흡수, 중화하기 위한 기본 장비로 제독텐트 등 여러 장비가 쓰이고 있다. 일반적으로 유해화학물질 사고에서 제독과정에 비용이 많이 들거나 복잡한 기술이 요구되지는 않는다. 제독의 목적이 오염을 제거하여 대응 활동자가 안전하게 보호의를 벗을 수 있는 정도의 수준으로 만드는 것이기 때문이다. 일반적으로 정밀 제독소(텐트), 응급(간이)제독소, 휴대용제독기 등이 있는데 아래 그림에 간략히 나타내었다.

1) 응급제독소 (Emergency Determination Shower)

응급제독소는 공기를 불어넣을 수 있는 지지대(Supporting Frame)와 샤워 장비를 갖춘 샤워 상자(Determination Cabin)로 구성되어 있다. 지지대는 단일챔버장비를 포함하고 있으며 공기 주입/배출 밸브(Inflation/Discharge Valve)와 압력 안전 밸브(Pressure Relief Valve)가 장착되어 있다. 이 밸브는 최대 허용 작동 압력을 초과할 때 개방된다.

샤워 상자는 벨크로(Velcro)를 이용하여 지지대에 직접 부착된 상태로 지지대 안쪽에 매달려 있다. 샤워 장비 또한 벨크로를 이용하여 지지대 안쪽에 부착되어 있다. 응급제독소는 입구와 출구를 가지고 있는데, 입구는 붉은색 지퍼(Zipper)가 달려 있으며 출구에는 녹색 지퍼가 달려 있다.

지지대 상단에는 4개의 곡선 부착물이 있으며 이 부착물들의 끈을 펼쳐 함께 묶

어 놓으면 강한 바람에도 고정된 상태를 유지하는데 도움이 된다.

기술규격

- 크기 : 280cm × 380cm × 250cm (포장상태 : 60cm × 60cm × 55cm)
- 중량 : 40kg
- 작동 압력 : 0.16~0.2bar
- 지지대 체적 : 약 1.00m³
- 전기송풍기 : 220V/0.95W
- 물사용량 : 12ℓ /1인당
- 제독능력 : 20명/시간당

○ 지지대의 공기 챔버 작동

지지대에 공기를 불어 넣으면 응급제독소가 설계된 형상으로 만들어진다. 샤워기의 형상은 지지대와 단단히 부착된 샤워 상자에 의해 안정적으로 유지된다. 상자의 벽들과 상자의 지붕은 공기가 주입되면 단단하게 당겨지며 펼쳐진다.

전기 송풍기는 공기 주입 및 흡입 기능이 결합된 제품이며 간이 샤워실을 약 1분 안에 팽창시킬 수 있다. 송풍기의 최대 압력은 0.16 Bar이며 소비전력은 220V, 950W이다.

▷ 호스 라인을 이용, 송풍기와 간이 샤워실의 공기 주입/배출 밸브를 연결한다.

[그림 5-116] 송풍기



▷ 보호캡 개방 ⇒ 주입구 밸브에 있는 가로막(Valve Diaphragm)을 시계방향으로 돌려 잠근다.

- 주입 후 호스라인 이탈 시에도 공기 누출 방지 역할
- 제독소를 접을 때는 반시계방향으로 돌려 개방한다.

- ▷ 호스 라인을 이용, 송풍기와 간이 샤워실의 공기 주입/배출 밸브를 연결한다.
- ▷ 송풍기 가동 ⇒ 공기주입(1분 소요) ⇒ 보호캡 잠금

[그림 5-117] 공기주입 과정



○ 압축 공기 주입

압축공기를 이용해서도 공기를 주입할 수 있는데 압력감압기(Pressure Reducer) 1개와 연결호스, 저장용기, 공기 주입/배출 밸브 작동을 위한 어댑터(Adaptor)로 구성되어 있다. 송풍기가 고장이거나 또는 전기공급이 되지 않는 장소에서는 응급적으로 공기호흡기용 압축용기를 이용해도 주입은 가능하다.

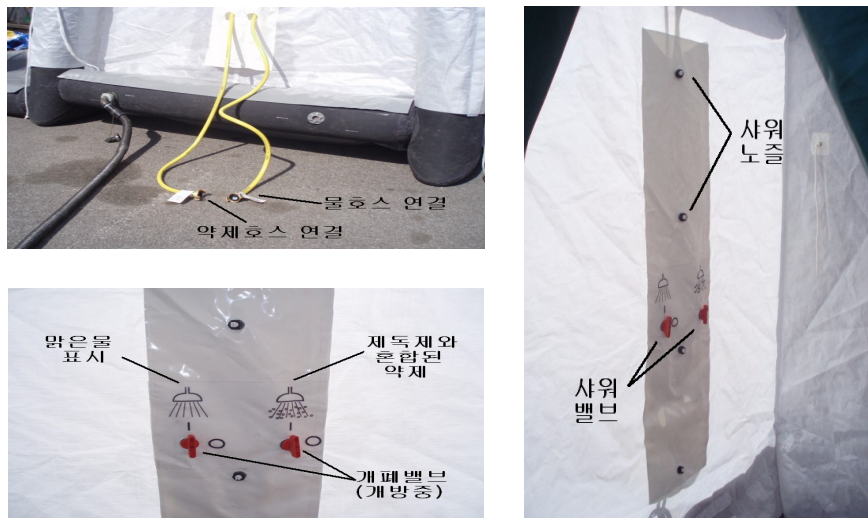
[그림 5-118] 압축공기 이용



○ 샤워노즐 및 개폐밸브

위에서 설명한 응급제독소 외에 약제와 맑은 물을 공급하기 위한 시스템이 필요하다. 이와 같은 시스템은 정밀제독소와 같이 운용을 하게 되므로 정밀제독소 부분에서 설명되어질 것이다. 일단 응급제독소 측면에 아래 그림과 같이 깨끗한 물을 공급하는 호스와 제독제와 물을 섞어서 공급하는 호스가 연결이 되어서, 응급제독소 내부의 밸브의 개폐여부에 따라 선택적으로 물만, 또는 제독제와 섞인 약제만, 아니면 물과 약제 모두가 동시에 샤워노즐을 통해서 분사되어 제독활동이 이루어진다.

[그림 5-119] 응급제독소 내부



2) 정밀제독소 (Determination Shower)

정밀제독소는 응급제독소와는 달리 탈의실과 제독실, 착의실이 별도로 있어 보다 정밀한 제독이 가능하고 개인 사생활을 보장할 수 있도록 설계되어 있다. 기타 내부의 샤워노즐이나 개폐밸브의 설치된 내용은 똑같고 단지 내부통로가 2개인 것(남자용, 여자용)과 3개인 것(남자용, 환자용, 여자용)으로 나뉜다. 텐트의 외부에는 2개의 공기주입/배출 밸브가 챔버에 장착되어 있고 또한 챔버는 2개의 압력 안전밸브가 장착되어 압력이 과다한 경우 이 밸브를 통해서 배출된다. 앞과 뒤쪽의 입구는 직물로 제작한 2개의(또는 3개의) 문을 이용하여 열고 닫을 수 있으며 수직 및 수평 지퍼(Zipper)가 달려 있다.

[그림 5-120] 정밀제독텐트

CBRNE
사고대응

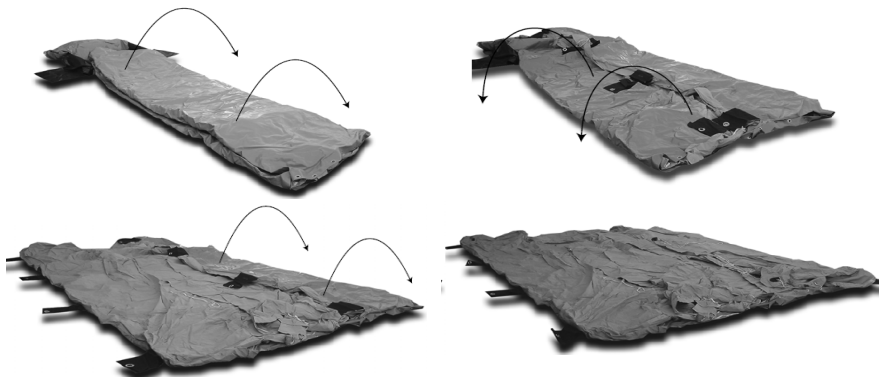
기술규격

- 크기 : 500cm × 500cm × 265cm(포장상태 : 120cm × 75cm × 50cm)
- 중량 : 65kg
- 작동 압력 : 0.16~0.2bar
- 전기송풍기 : 220V/0.95W
- 제독능력 : 시간당 60명
- 샤워공간 : 200cm × 150cm
- 물사용량 : 1인당 12ℓ

○ 정밀제독텐트 전개 및 설치(공기주입)

- ▷ 텐트의 전개 또는 포장 시에도 아래와 같은 방법으로 접는다.

[그림 5-121] 정밀제독텐트 전개



▷ 정밀제독텐트 설치

- 압력 안전밸브에서 소리를 내며 공기가 빠져나오면 작동압력에 도달한 것
- 온도 변화에 따라 다르지만 약 1주일 동안 본체의 외형을 유지

[그림 5-122] 정밀제독텐트 팽창



○ 급수탱크, 폐수탱크

플루이드백(Fluidbag)속에 들어있는 폴리에틸렌 재질로 만들어진 라이너(비닐백)에 물을 채워 물탱크로 쓰거나 또는 폐수를 채워 폐수탱크로도 쓰인다.

[그림 5-123] 급수(폐수)탱크 조립



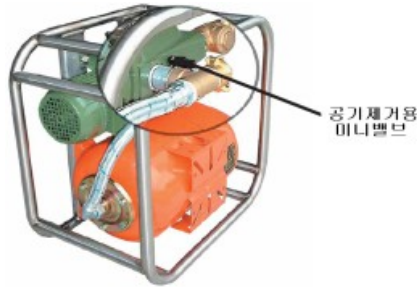
5

CBRNE
사고대응

○ 하이드로퍼 펌프(Hydrophor Pump)

펌프와 흡입 호스는 작동 전에 반드시 물이 채워져야 한다. 급수탱크의 개폐밸브를 개방하고 공기제거용미니밸브(Mini-Valve)를 돌려서 개방하면 펌프의 공기가 빠지며 물이 펌프로 흘러들어갈 것이다. 물의 흐름이 멈추면 펌프의 공기가 빠진 것이니(물이 채워진 것이니) 공기 제거용 미니밸브를 잠근다.

[그림 5-124] 하이드로퍼 펌프



기술규격

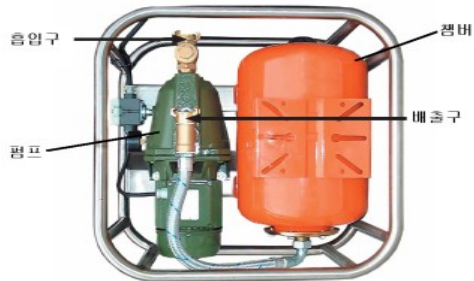
- 소비전력 : 0.8kw
- 전압 : 230V
- 중량 : 34kg
- 용량 : 3.5m³/H
- 작동압력 : 2.5 - 5 Bar

○ 히터 시스템(Hotbox 200)

[그림 5-125] Hotbox 200



[그림 5-126] 각부 명칭

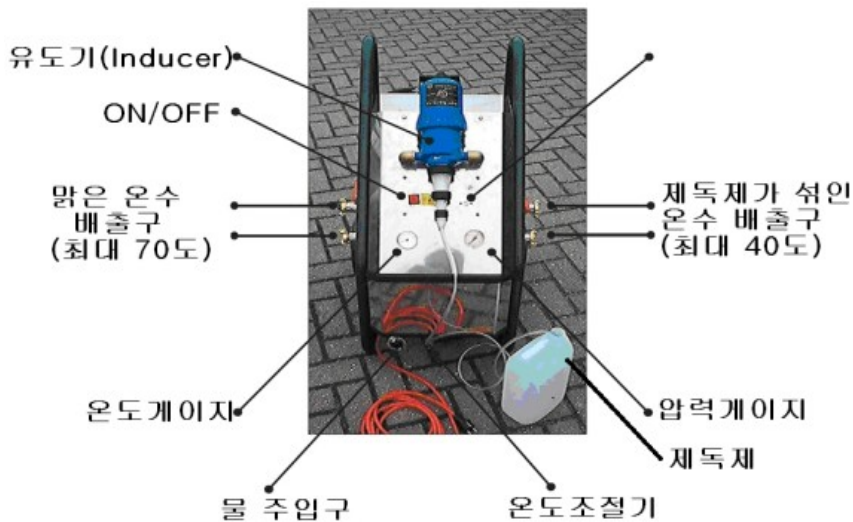


온도조절기를 통해 값을 조절하고 그 설정값에 따라 가열하는 오일 기반의 히터 시스템이다. 작동온도가 세팅 값에 이르면 온도조절기는 버너로 유입되는 연료 공급을 차단하고 가장 낮은 세팅 값에 이르면 연료 공급을 재개한다. 연료는 장비에 탑재된 20L 연료탱크에서 공급된다.

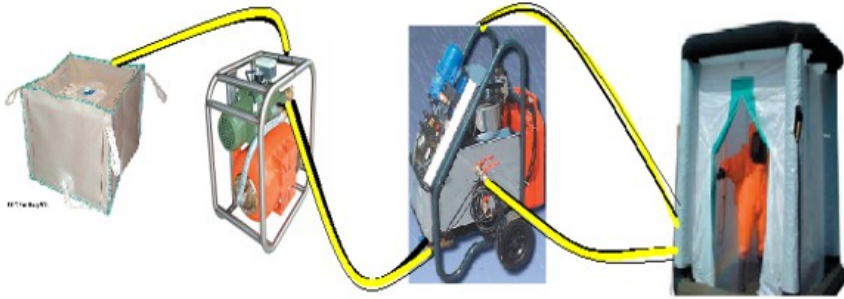
기술규격

- 공급수량 : 100-3,000 ℓ / h
- 최대동작압(최대120℃) : 8bar
- 온도조절기 : 30℃-70℃
- 발열용량 : 61,000kcal/h, 71kw
- 디젤소비 : 8 ℓ / h
- 전압 : 230v/1-50Hz(110V optional)
- 크기 : 68cm × 61cm × 95cm
- 중량 : 74kg

[그림 5-127] Hotbox 200

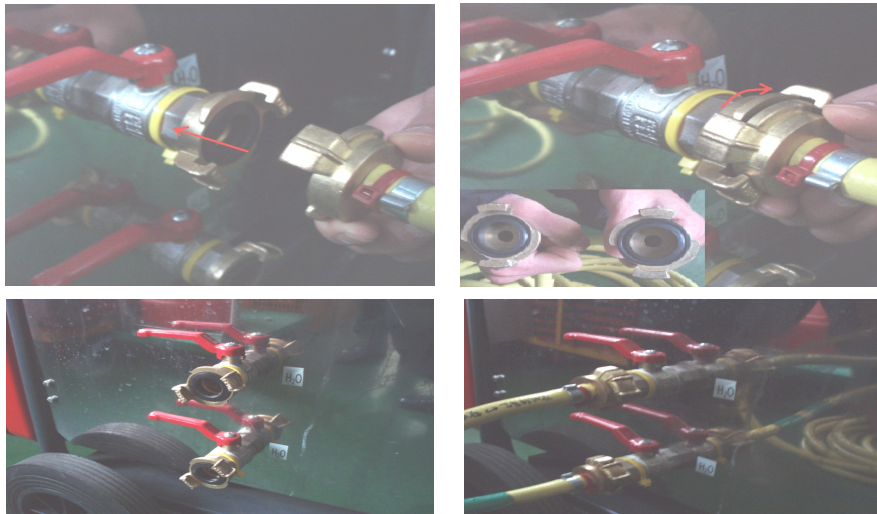


[그림 5-128] 호스 연결 계통도

CBRNE
사고대응

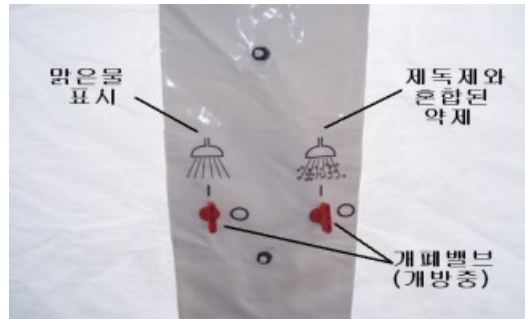
호스연결 방법은 급수탱크, 펌프, Hotbox 의 주입구나 배출구, 응급제독소 또는 정밀제독소가 모두 똑같은 크기와 외형을 가지고 서로 결합이 가능하다. 원터치로 손쉽게 탈착이 가능하다.

[그림 5-129] 호스 연결



Hotbox 좌측의 맑은 온수를 공급하는 배출구 2개와 오른쪽의 제독제가 섞여서 공급되는 배출구 2개는 각각 좌측(온수 1개) + 우측(제독제와 섞인 온수 1개)이 1 세트가 되어 각각 응급제독소, 정밀제독소로 공급되게 된다. 따라서 응급제독소와 정밀제독소의 내부 샤워실 내의 2개의 개폐밸브 중 하나는 맑은 온수가 공급되고 나머지 밸브에는 제독제가 포함된 온수가 공급되게 된다.

[그림 5-130] 샤워실 내 개폐밸브



○ 프로포셔너(propotioner)

프로포셔너는 제독제와 온수를 일정 비율로 섞어주는 역할을 한다. 화재진압용 포소화약제 혼합방식 4가지 중 라인프로포셔너 방식이라고 보면 된다. 펌프와 배출구 사이의 중간에 설치된 Inducer의 벤츄리 작용에 의하여 제독제를 흡입 혼합하는 방식이다.

처음으로 장비를 작동할 때 장비의 상단에 있는 블리드 버튼(Bleed Button)을 눌러 주변에서 일정한 유량(제독제)이 흘러나오는 것이 확인되면 버튼을 해제한다. 이것은 Inducer 안의 공기 기포를 빼는 방법이다.

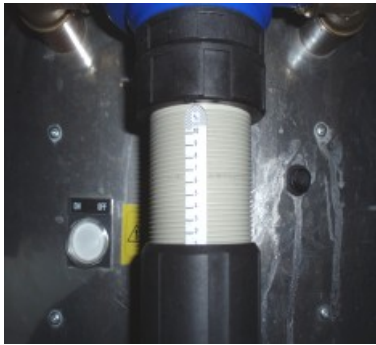
[그림 5-131] 프로포셔너



1~10%까지 약제조절이 가능한데 처음 작동할 때에는 가능한 한 높게(밑의 손잡이를 시계방향으로 돌린다) 세팅해서 많은 유량을 빠르게 흡입하게하고 장비가 흡입을 시작하면 필요한 값으로 조절한다.

- 지역제독 : 10%
- 장비제독 : 5%
- 인체제독 : 1%

[그림 5-132] 유량조절기



○ 폐수 펌프(Waste Pump)

폐수 펌프는 최대 10mm 크기의 입자들로 오염된 물을 폐수용기에 담기 위한 목적으로 펌핑할 때 사용된다. 본 펌프는 진흙, 모래, 점토 등이 섞인 물을 지속적으로 펌핑하는데 사용하여서는 안된다. 폐수 펌프를 이용하여 폭발성 액체를 펌핑하는 행위를 금한다.

[그림 5-133] 폐수 펌프



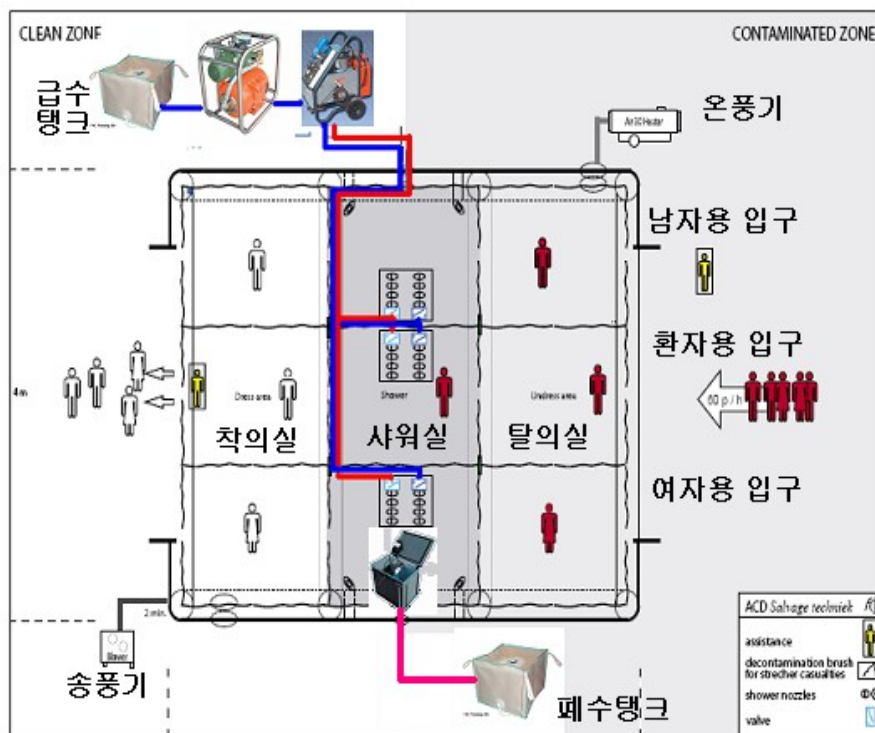
기술규격

- 소비전력 : 0.25KW
 - 용량 : 5.4m³/h
 - 최대 온도 : 35℃
 - 전압 : 230V/50Hz
 - 크기 : 41cm × 36cm × 35cm
 - 중량 : 9kg
- ① 응급제독소·정밀제독소 샤워실 바닥에 폐수펌프를 놓는다.
 - ② 배출구에 호스를 연결하여 그 끝을 폐수용기로 흘러갈 수 있도록 고정한다.
 - ③ 전원 연결 후 일정 수위에 도달하면 작동 시작, 낮은 수위 작동 멈춘다.

○ 정밀제독소 단면도

텐트 종류의 따라 2개의 복도를 가진 정밀 제독소(시간당 40명 제독)도 있다.

[그림 5-134] 정밀제독소



▷ 가운데 통로에 설치된 환자실의 경우 컨베이어(74cm × 20cm × 78cm)를 설치하고 그 위에 들것으로 환자를 샤워실로 이동시켜 제독을 실시한다.

[그림 5-135] 환자제독

CBRNE
사고대응

3) 휴대용제독기 (DS-10)

DS-10은 경중량의 휴대용 제독기로 10ℓ의 용량으로 사용이 가능하다. 주로 위험지역의 테러발생 원인 물질을 수거한 후 긴급 제독하는 데 이용되고 있으며 화학/생물학/방사능 오염지역의 국소 제독을 위해 각기 다른 수용액 또는 에멀션을 만드는 내장형 혼합장비가 장착되어 있다.

[그림 5-136] 휴대용제독기



기술규격

- 최대 작동압력 : 6 bar
- 용기용량 : 15ℓ
- 충전 용량 : 10ℓ (1회 충전으로 50㎡ 제독 가능)
- 최대 작동온도 : 60℃
- 중량 : 약 9.5kg
- 높이 : 70.4cm
- 직경 : 21cm

압력계, 제어총의 모든 재질은 일반적으로 사용되는 제독약품에 대해 보호가 되고 내장형 혼합장치는 수동펌프로 직접 가동 및 작동된다. 액체와 파우더를 혼합 또는 유화할 수 있다. 최대 작동압력이 초과되면 압력해제밸브가 열린다.

한번 충전되고 압력이 가해지면, 중지 없이 5분 이상 작동이 가능하다.

[그림 5-137] 휴대용제독기 사용방법



○ 사용방법

- ① 수동펌프를 누른 다음 시계 반대방향으로 돌려 용기를 개방한다.
- ② 물과 약제를 일정비율로 넣는다.(지역제독 10%, 장비제독 5%, 인체제독 1%)
- ③ 혼합장치용 손잡이를 잡고 오른쪽이든 왼쪽이든 돌려서 약제를 섞는다.

- 수동펌프를 끼워서 돌리면 용기 안에 설치된 물레방아처럼 생긴 혼합장치와 연결되어 약제와 물이 쉽게 섞인다.

- ④ 수동펌프를 누른 다음 오른쪽으로 돌려 용기를 잠근다.
- ⑤ 수동펌프를 위아래로 펌프질하여 적당압력(최대 6bar)이 되면 스프레이건의 손잡이를 잡아당기면 약제가 분사된다.

4) 제독제

○ RM21(인체제독제)

RM21 제독제는 모든 장비의 세척, 금속, 플라스틱 재질, 기타 재질의 제독을 위해 개발되었지만, 특히 순하여 인체 피부에 손상을 주지 않으며, 인체에 직접 사용 시 생리적으로 안전하다. 민감한 장비와 시스템에 특별히 사용할 수 있고 알칼리성, 산성, 산화제, 물을 굳게 하는 작용제 등에 강한 내성이 있다.

- 중요성분 : 비이온성 계면활성제, 이소프로판올, 보조 물질
- 0.5~1%의 농도에서 최고의 성능을 발휘한다.
- RM21(1%) 이용 처리 후 물로 행구는 처리 시간은 1인당 30~60초이다.

[그림 5-138] RM21



○ Di 60 파우더(지역제독제)

Di 60은 가루형태로 생산되었는데 물과 혼합한 10%의 Di 60 수용액으로 지역 제독을 실시한다. 화학 및 생물학 물질의 제독을 위한 액체 제독제를 제조하기 위해 사용되며, 항상 건조한 곳에 보관하여야 한다.

- 5°C~30°C의 온도유지 및 건조, 통풍이 잘되는 곳에 보관한다.

- 제독제 사용 시 보호복, 마스크, 장갑 등 필요하다.
- 통에서 배출된 파우더는 다시 넣으면 안된다.
- 개방된 드럼통은 닫고 파우더는 즉시 사용한다.

[그림 5-139] 응급제독(인체)

[그림 5-140] Di 60



○ RM 35 (생물학 제독)

RM35는 독일 미생물 협회의 기준을 충족하는 강력한 살균력이 있다. 공중 방역 구역이나 대형식당, 화장실, 목욕탕, 수영장 등에 적합하며, 실내의 생물학 제독은 210°C의 건조스팀으로 수행되며, RM21, RM35의 제독제로 제독한다.

- 중요성분: 퀴터너리 암모늄 화합물, 이소프로판올
- 0°C 이하에서 보관하지 말고 보관연한 1년

[그림 5-141] 장비제독

[그림 5-142] 방사능 오염장비 제독



○ RM 54 (방사능 제독)

RM54는 고압세척기로 항공기를 세척 및 유지하기 위해서 고안되었다. PH농도

9로 다른 제독제(RM21·RM35 : PH7)에 비해 산성도가 높아 장비의 금속재질과 플라스틱재질에 대한 세척이 가능하고 원자력, 생물학, 화학 오염지역에 대한 제독이 가능하다.

주요성분은 음이온, 비이온성, 표면활성제 등이다. 강력한 제독력을 가진 물질이 높은 비율로 함유되어 있기 때문에 제독제를 다룰 때 개인보호장구 등 각별한 주의가 요구된다.

[그림 5-143] RM54



○ TDE202 LC(화학 오염장비 제독제)

TDE202 LC는 화학 및 생물학 작용제의 제독을 위하여 TDE202 PC와 물과 혼합하여 사용한다.

[그림 5-144] TDE202



[그림 5-145] 제독제 적용성

제독제 사용

	장비	의류	장구	인체	실내	지역	물
방사능 제독	RM 54		RM 54	RM 21			WATERCLEAN
소독 (생물학 제독)	TDE 202 PC + RM 54, RM 35	RM 35	RM 35	RM 21	RM 35	Di 60 + RM 54, RM 35	WATERCLEAN
해독 (화학 제독)	TDE 202, RM 31	RM 21	TDE 202, RM 31	RM 21	RM 21	Di 60 + RM 54	WATERCLEAN

나. 화학분석제독차

2003년 1월 독일로부터 탐지, 분석, 제독 등 여러 가지 기능을 탑재한 화학분석제독 차량을 중앙119구조대에 도입하여 운영하고 있는데, 차량 내부는 양압 설비와 유해화학물질 분석장비인 EM-640, 인체제독 및 지역제독 설비 등을 갖추고 있으며, 아울러 화학테러·사고 대응에 필요한 여러 장비를 탑재하고 있다. 2011년 현재 전국 18개 테러대응 전문구조대로 지정된 구조대에 위와 같은 기능을 가진 차량을 꾸준히 도입하여 전국적으로 16여대가 넘는 것으로 파악되고 있으며, 환경부 국립환경과학원 역시 분석차를 도입하여 운영되고 있다.

[그림 5-146] 화학분석제독차



기술규격

- 제작사 : 독일 Schmits 사
- 차량 모델명 : MAN(03.1.11.)
- 탑승인원 : 총6명(운전실 : 2명, 분석실 : 4명)
- 정격출력 : 310hp/1,900rpm(6기통)
- 배기량 : 11967cc
- 총중량 : 19톤(최대적재량 : 2.2톤)
- 크기 : 전장 10m × 전폭 2.5m × 전고 3.6m
- 최고속도 : 100km/h(연비 : 4km/h, 경유 300 ℓ)
- 자동변속기, ABS, ASR
- 발전기 : 21kw
- 양압설비
 - 가스실린더(50 ℓ × 2) : 8명이 240분 이상 활동할 수 있는 양
 - 필터여과 : 정화공기 240m³/h (4×60m³/h)
- 기상관측설비 : 풍향, 풍속, 온도, 대기압, 강수량, 상대습도
- 해상도 600 카메라 10배 줌렌즈
- 조명방송설비 : 200W 조명등 4개
- 방송설비 : 100W 스피커 4개
- 탱크용량 : 물탱크(2,000 ℓ), 제독제탱크(250 ℓ), 폐수탱크(350 ℓ)
- 제독설비 : 총 13개 노즐(인체제독 노즐 4개, 지역제독 노즐 9개)
- 샤워시설 : 1kg/cm² 이상 방수압

[그림 5-147] 양압설비 및 기타설비



[그림 5-148] 지역제독과 인체제독



다. 기타장비

1) 누출물 진공수거기

사용법은 진공청소기와 거의 같으며 방사성 미립자를 걸러내기 위한 HEPA 필터를 장착하고 있다.

[그림 5-149] 수거기



기술규격

- 크기 : 74cm × 74cm × 153cm
- 전압 : AC220V/60Hz
- 재질 : 스틸
- 진공 : 2,700mm/H₂O
- 집진량 : 75 ℓ
- 모터사용시간 : 50분 이내.

2) 특수격리 보호들것

특수격리 보호들것은 화재방 상황 발생 후 오염된 환자로부터 오염전달 가능성을 차단하며, 특히 헬리콥터를 이용한 공중이송, 차량으로 이송중인 환자에게는 특히 이상적인 시스템이다.

환자상태를 관찰할 수 있는 윈도우가 있으며 들것의 개방 없이 수액 및 의료용 가스를 주입 가능하다. 또한 의료진이 환자로부터의 독성물질 또는 Agent로부터 오염되지 않고 환자처치를 가능하게 하는 부틸장갑을 포함한다.

오염을 차단하기 위하여 캐노피를 덮어 밀폐시키면 들것은 외부의 공기를 필터로 정화시켜 환자에게 공급하게 된다. 특수격리 보호들것은 오염된 환경에서 사용 후 폐기한다. 오염 후 재사용은 금지되어 있다.

[그림 5-150] 특수격리 보호들것



3) 통제선

위험지역(Hot Zone), 준위험지역(Warm Zone), 안전지역(Cold Zone)을 구분하는 수단으로 통제선을 설치한다. 위험지역 통제선은 적색, 준위험지역은 노란색, 안전지역은 녹색으로 설치한다.

[그림 5-151] 통제선



4) 풍향풍속계

재난현장의 풍향과 풍속을 확인할 수 있는 장비이다. 장비마다 차이점이 있지만 처음 설치할 때 좌표설정이 중요하며, 현재는 경량화, 소형화 되어 사용이 간편하다.

[그림 5-152] 풍속계



5) 비상용 산소호흡기

현장에서 호흡곤란 및 산소결핍 증세를 보이는 요구조자에게 신속하게 산소를 공급할 수 있는 비상용 호흡기이다.

기술규격

- 호흡유량범위 : 0~25 l /min
- 크기 : 20cm × 13cm × 46cm
- 최고 산소충전량 : 약 320 l
- 최고 충전압력(FP) : 약2,016psi(13.9MPa)
- 내용적 : 약2.3 l
- 충전가스 : 산소
- 재질 : 알루미늄 합금
- 무게 : 3.6kg

5

[그림 5-153] 비상용 산소호흡기

CBRNE
사고대응



제4절 현장대응활동 식별과정(Awareness)

1. 기상의 영향

CBRN 작용제의 고의적인 확산에 의해 유발된 위험한 구름(hazardous cloud)의 이동은 많은 요소들의 영향을 받는다. 이러한 요소들은 다음 중 하나로서 분류될 수 있다.

- 작용제를 살포하는데 유리하게 작용하거나
- 풍하위험을 크게 증대시키거나
- 작용제를 살포함에 있어 어느 정도 유리하게 작용하거나
- 작용제를 사용하는데 있어 불리하게 작용한다.

[그림 5-154] 풍하위험의 영향을 주는 요소

요소	불리	중간	유리
바람	12+ m/h (19+ km/h)	8-11 m/h (13-18 km/h)	5-7 m/h (8-12 km/h)
대기 안정성	불안정적	중간	안정적
온도	< 40 °F (< 4.4°C)	40-70 °F (4.4°C- 21.1°C)	> 70 °F (> 21.1°C)
강우	항상	일시적	맑음
구름	조각구름 (낮)	두터운 구름층 (밤)	조각구름; 맑음 (밤)
지형	산악, 산림, 도시	굽이치는 언덕	평지, 수면 위
산림층	우거진 산림	중간정도 밀도	성긴 식물층
작용제	VX, 시안화물 (Cyanide)	수포작용제	사린
확산	용액	폭발	분무

가. 바람

시속 8km 이하 속도의 바람은 위험 구름을 균일하게 확산시켜 작용제가 뿌려진 장소를 중심으로 둥근 모양 또는 달걀 모양의 위험지역을 형성하는 경향이 있다. 시속 8km 의 바람에서는 위험 구름이 풍하방향으로 이동하면서 배(서양의 배는 조롱박처럼 생겼음) 모양의 기둥을 형성 한다. 속도가 빠른 바람은 구름을 파괴하여 보다 빨리 확산시킨다.

나. 공기 안전성

대기 안정성은 또 다른 중요한 요소이다. 덥고 해가 찡찡한 날에는 지표면의 공기가 상승하기 쉽다. 이러한 불안정한 대기 상태는 보통 구름이 이동하는 풍하 거리를 제한하게 된다. 저녁 시간이나 흐린 날에는 지표면의 대기는 낮게 깔리게 되는데 위험 구름도 마찬가지로 경향을 보이게 된다.

다. 온도

높은 온도는 화학 작용제를 더 쉽게 증발시켜 증기 위험의 양을 증가시킨다. 낮은 온도는 거저작용제(mustard agent)를 고체화시켜 증기를 상당히 감소시킨다. 섭씨 32도를 넘는 온도에서는 VX도 증발하지만 보통은 증기 위험을 주지는 않는다.

5

라. 강우

안개비 또는 폭우는 작용제의 증기 및 에어로졸을 공기 중에서 제거하여 준다.

마. 구름층

구름층과 햇빛은 위험 구름에 영향을 준다.

- 낮 동안의 맑은 하늘과 옅은 구름은 불안정한 대기 상태를 만들어 낼 수 있다. 구름 층이 두터워지면 안정된 상황이 이어진다. 밤 동안에는 전반적인 상황이 구름 층과 상관 없이 안정적이 되기 쉽다.
- 자외선은 많은 생물 작용제를 죽이는 기능을 하기 때문에 살상력이 지속되는 생물 학 구름은 낮 보다는 밤에 풍하 이동 거리가 더 크다.
- 두터운 지표면 안개는 “G 시리즈”의 신경 작용제를 가수분해하여 풍하 효과를 감소 시키고 위험 구름을 안정화 시켜 준다.

바. 지형

건물의 존재 및 언덕, 계곡, 나무와 같은 지형적 특징은 바람방향과 대기 중 난기류에 상당한 영향을 줄 수 있다. 여러분은 높은 빌딩들이 있는 도심 지역에서 몇 블록 내의 공간에서도 바람이 서로 다른 방향으로 빠르게 부는 경험을 한 적이 있을 것이다. 빌딩과 같은 큰 규모의 지형 특성은 증기 구름을 파괴하기 쉽다.

사. 산림층

산림이 우거진 지역은 증기구름을 파괴하여 테러리스트가 의도한 CBRN 작용제의 확산에 있어서 불리하게 작용하게 된다.

아. 작용제

작용제의 유형과 양 역시 풍하위험에 영향을 주는 요소이다. “GB”와 같은 몇몇 작용제들은 상대적으로 빨리 증발하여 단기간에 사라지는 짙은 증기 위험을 만들어 낸다. “VX”와 같은 기타의 작용제들은 매우 천천히 증발하여 오래 지속되는 낮은 밀도의 구름을 생성할 수 있다.

매우 빨리 증발하고 공기보다 가벼운 시안화수소 (hydrogen cyanide)는 상당한 풍하 위험을 만들어 내려면 매우 큰 양이 필요하다. 작용제의 양이 클수록 풍하위험의 가능성도 커진다.



물질안전보건자료 (MSDS)에서 어는 점, 증발, 증기영향, 독성에 관한 정보를 파악하여 참조 하도록 하라.

자. 확산

살포 방법과 인자 (parameters)는 구름 형성에 영향을 준다. 연못, 웅덩이에서 생기는 증기는 압축 스프레이 장치에서 나온 구름 보다 농도가 옅은 구름을 형성한다. 폭발 장치로부터 생기는 풍하위험의 범위는 심각할 수 있는데 이는 작용제의 종류와 양 및 폭발 장치를 만들어내는 테러리스트의 기술에 따라 달라진다. 폭발로 방사능 물질을 확산시키는 장치는 매우 심각한 방사능 풍하위험을 만들어 낼 수 있다. 방출의 장소, 실내외 여부, 작용제의 양 등이 CBRN 작용제의 풍하위험에 영향을 준다. 덧붙여 건물의 냉난방 등의 공조설비 등이 건물 내부로부터 외부로 작용제를 배출 할 수도 있고 반대로 오염되지 않은 건물 내부로 작용제를 들여보낼 수 있다.

2. 풍하위험예측의 제한 요소

아래의 요소들로 인해 위험 구름이 어디로 갈지, 얼마나 멀리 이동할지, 얼마나 오래 위험을 줄지 예측하는데 있어 문제가 생긴다.

가. 지역의 날씨

사고가 발생한 곳의 지표면 기상에 대하여는 알기가 쉽지 않다. 공항이나 기타 기상 관측소의 날씨는 사고현장의 날씨와 다를 수 있다. 심지어 사고 대응자들이 사고 지역의 “국소적인 날씨”를 안다고 하여도 풍하지역의 날씨를 알기는 어렵다.

나. 작용제의 양과 순도

방출된 작용제의 양은 알 수 없는 경우가 많다. 심지어 살포 장치가 회수되고 내부용기에 담길 수 있는 용액의 양이 측정된다고 하여도 그 순도를 알 수는 없다. 초기에 있어서 현장 대응자들은 작용제의 종류를 알 수 없는 경우가 많다. 예를 들어 신경 작용제인 “GA”는 “GB”와는 크게 다르게 작용하는데 현장 확인 시험으로는 둘 사이의 차이를 구분하기 어렵다.

다. 빌딩과 지형은 모델화하기 어렵다.

현재의 컴퓨터 모델들은 지형과 도시의 영향을 잘 모델화하지 못한다. 이 모델들은

야외 평지에서의 확산 시험 데이터와 가정을 근거로 하고 있다. 모든 예측은 풍부한 정보를 기반으로 하고 있기 때문에(이 중 상당수는 잘 알려져 있지 않을 수 있다) 복잡한 컴퓨터 모델이 반드시 정확한 예측을 보장해 줄 것이라고 가정해서는 안된다.

CBRNE
사고대응

라. 확산 인자

살포방법은 위험지역의 크기에 영향을 줄 수도 있고 또한 위험 구름의 양과 크기도 영향을 준다. 만일 작용제가 실내에서 누출되고 그 증기가 다시 실외로 누출된 경우 그 구름은 똑같은 양과 유형의 작용제가 실외에서 누출되었을 경우와는 다르게 된다.

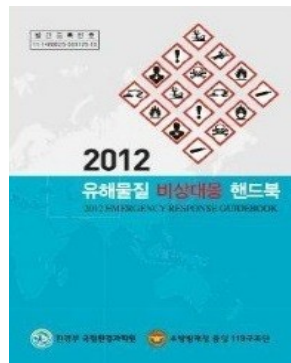
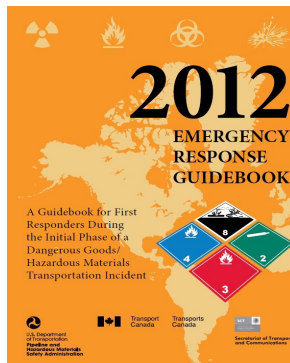
마. 구름은 사라질 수 있다

대응요원들이 풍하위험 예측을 하기위해 현장에 도착하였을 때 그 구름은 사라졌을 수 있고 풍하로 이동하거나 대기 중으로 확산되어 사람들(특히 고층건물 내의 사람들)에게 해를 주었을 수 있다. 이는 특히 작은 양이 일시에 이동하는 경우에 있어서 잘 들어맞는다. “2012 ERG(Emergency Response Guidebook) 비상대응지침”은 누출 이후 초기 30분에 근거 하고 있다. 그 이후에 인자들은 변화했을 수 있다.

3. 유해화학물질비상대응핸드북(ERG)의 활용

가. 유해화학물질비상대응핸드북 안내

[그림 5-155] 유해화학물질비상대응핸드북



- 캐나다 교통부, Canadian Transport Emergency Center
- 유해물질 취급 및 수송에 대한 응급상황시 비상대응
- 약 750,000종 이상의 화학제품 DB
- 캐나다 교통부(TC)와 미국 교통성(DOT), 멕시코 교통통신국(SCT), 아르헨티나의 비상대응정보센터(CIQUIME)와 협력하여 개발

나. 유해화학물질비상대응핸드북 구성

- 1) 유해화학물질비상대응핸드북(ERG) 색인별 유해물질 목록

[그림 5-156] ERG 색인별 유해물질 목록



5

CBRNE
사고대응

[그림 5-157] ERG 색인별 유해물질 구분

○ 노란색(UN번호)

UN번호	영문물질명	지침번호
1045	Fluorine	124

○ 청색(영문명)

영문물질명	지침번호	UN번호
Fluorine	124	1045

○ 갈색(한글명)

한글물질명	영문물질명	지침번호	UN번호
플루오린 (불소)	Fluorine	124	1045

○ 자색(CAS번호)

CAS번호	영문물질명	지침번호	UN번호
7782-41-4	Fluorine	124	1045

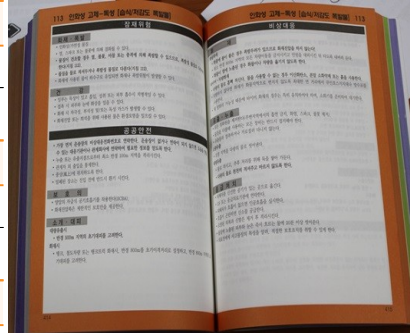
○ 회색(지침번호)

지침번호	UN번호	영문물질명
124	1045	Fluorine

○ 녹색(안전거리/물과 반응물질)

UN번호	가이드	영문물질명	소규모유출			소규모유출		
			초기이격	방호활동거리		초기이격	방호활동거리	
				낮	밤		낮	밤
1045	124	Fluorine	30m	0.1km	0.2km	100m	0.5km	2.3km

○ 주황색(대응방법)

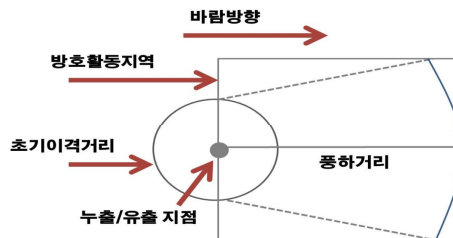


- 잠재위험**
 - 건강
 - 화재 · 폭발
- 공공안전**
 - 주요정보
 - 보호의
 - 소개 · 대피
- 비상대응**
 - 약제
 - 유출 · 누출
 - 응급처치

다. 초기이격거리 및 방호활동거리

1) 소규모, 대규모 유출에 대한 안전거리 제공

[그림 5-158] 안전거리



- 초기이격거리 : 유출/누출이 일어난 지점 사방으로 모든 사람을 격리시켜야 하는 거리, 반경으로 표시
- 초기이격지역 : 사람의 생명을 위협할 정도의 농도에 노출될 수 있는 풍상·풍하 사고주변지역
- 방호활동거리 : 유출/누출이 일어난 지점으로부터 보호조치가 수행되어야 하는 풍하거리
- 방호활동지역 : 사람들이 무기력해져서 인체 건강상 회복할 수 없을 정도의 심각한 영향을 줄 수 있는 사고지점으로부터 풍하방향 지역

라. 사고규모

[그림 5-159] 유출규모 구분

소규모	대규모
	
- 액체 : 약 200ℓ 미만 - 고체 : 약 300kg 미만 ∴ 200ℓ 드럼 이하의 작은 용기의 경우	- 액체 : 약 200ℓ 이상 - 고체 : 약 300kg 이상 ∴ 대형용기 또는 소형용기 다수 누출 시

낮	좁은 독성지역	대기가 동적 / 물질 확산 많음 / 화학물질이 넓은 지역에 분포
밤	넓은 독성지역	대기가 안정적 / 물질 확산 적음 / 화학물질이 좁은 지역에 분포

마. 유해화학물질비상대응핸드북 활용법

- 위험물차량의 형태나 표식 또는 관계자의 송장 등에서 UN번호(노랑), 영문물질명(청색), 한글 물질명(회색)을 확인한다.
- 확인된 해당 물질명(영문, 한글)이나 UN번호 CAS번호의 지침번호를 찾아 주황색 부분에서 대응 방법을 찾는다.
- 1번 사항에서 유해물질목록이 음영으로 표시되어 있으면 녹색부분을 찾아 초기이격


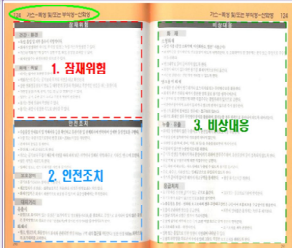

5

거리와 방호 활동거리를 확인한다.(소규모 및 대규모유출에 관한 안전거리와 낮과 밤에 대한 거리표를 제공한다.)

- 물질 미확인 시: 지침번호111번을 활용한다.

CBRNE
사고대응

[그림 5-160] ERG 활용

유해물질 목록	물질유형별 위험성 및 대응방법(지침번호)	초기이격 및 방호활동거리
노란색, 파란색, 회색	오렌지색	초록색
		

바. 유해화학물질비상대응핸드북 활용상의 주의점

- 화학물질 군 별로 비상대응요령을 요약하여 작성하였으므로 물질별 대응정보가 아님에 유의
- 사고초기의 급박한 상황에서 임시조치를 위한 요령이므로 (30분 이내) 반드시 물질에 해당하는 상세정보를 추가적으로 확보하여 더욱 정확한 대응을 하여야 한다

4. 화학물질사고대응정보시스템(CARIS) 활용

가. 화학물질사고대응정보시스템(CARIS) 안내

- 환경청, 소방, 지자체 등 522개 기관 운영
- 전국 유독물 취급업체 정보(6,800여개소), 화학물질 DB(5,300종) 수록
- 유해화학물질로 인한 대형사고 및 화학테러 발생 시 인적, 물적 손실, 환경대해 피해 영향을 최소화
- 보다 합리적이고 화학적인 초기대응을 위해서 화학물질 사고 시 신속하고 적절한 대응정보 제공을 통해 향상된 대응체계 구축 및 2,3차 위해감소

나. 화학물질사고대응정보시스템(CARIS) 구성

[그림 5-161] CARIS 구성



1) 물질정보

테러대비 사고대비물질 69종 및 유해화학물질 5,400여종(유독물 포함)을 사고 및 평시에 활용할 수 있도록 물질기본정보, 물질법규정보, 화학물질위험 및 위해성 정보, 화학물질 사고대처 및 방재방법 등이 구축되어 있으며 사고발생시 화학물질별 각 대응요원들의 사고 대응정보로 사용되어진다.

2) 기상정보

기상청으로부터 전송되는 전 지구 예보자료, NOAA 극궤도 위성SST자료 등을 실시간으로 수집하여 기상예측모델(RAMS)을 이용하여 동아시아, 한반도, 남한 영역의 기상정보를 생성한 후, 이 초기자료를 토대로 상세예상기상정보를 최종 생성한다. 생성된 실시간 기상자료는 화학물질 사고 형태에 따라 화재 및 폭발모델, 확산 예측 모델을 수행할 수 있도록 구성하였으며 상세예측바람장과 함께 피해예측범위가 GIS 위에 표출되어 사고 현장에서 초동대응기관의 사고대응정보로 사용된다.

3) 피해확산모델

화재모델, 증기운폭발, 비등액체팽창증기폭발, SLAB 및 Gaussian Plume, Puff 모델로 구성되며, 초동대응기관에서 초기 기상정보를 활용하여 사고대응 시나리오를 구동하고 신속한 위험성평가를 위해서 사용된다.

5

CBRNE
사고대응

4) 대응시나리오

해당 유해화학물질의 시설별 물질정보 및 저장정보를 바탕으로 사고지점에서의 기상정보와 함께 초기위험도평가 모델을 구동하여 그 결과를 최악 및 대안적인 비상대응시나리오 정보로 구축한다.

5) 취급업체정보

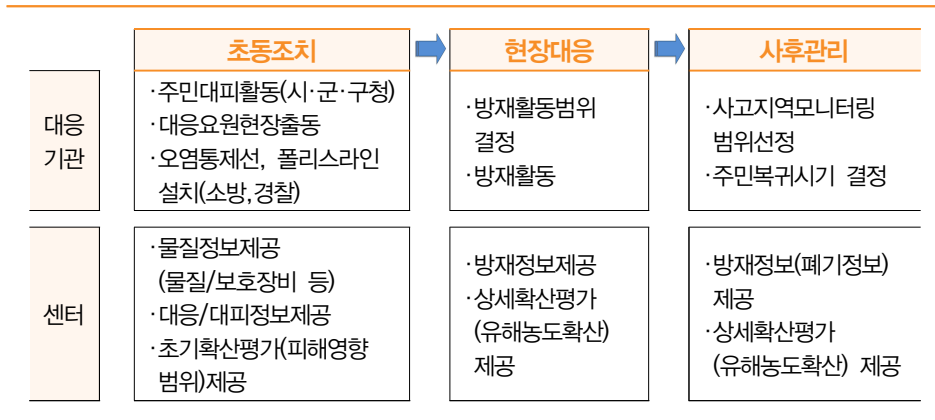
지역, 취급물질 및 저장탱크정보의 취급량, 유통량, 허가등록구분, 자체방재약품 및 방재장비, 비상연락전화번호 등이 제공되어 비상대응기관에서 유용한 정보로 활용되어진다.

6) GIS정보

사고대상(취급업체, 취정수장, 임의위치 등)에 따라 간단한 신고접수정보만으로도 화재, 폭발 및 확산 모델 중 적합한 모델을 선택하여 구동하도록 구성하였고, 확산 피해지역정보, 대응, 대피경로, 방재물품판매처정보를 제공하며, 피해예측정보를 GIS상에 표출하여 신속하게 사고대응정보를 초동대응기관에 전파할 수 있도록 한다.

다. 화학물질사고대응정보시스템(CARIS) 대응지침 정보

[그림 5-162] CARIS 대응지침 정보



5. 물질안전보건자료(MSDS) 활용

- MSDS : Material Safety Data Sheet
- 산업안전보건법에 의하여 유해화학물질에 노출되거나 노출의 잠재적인 위험성을 갖고 있는 근로자에게 관련 정보를 제공하는 것이 목적
- 해당 화학물질의 유해성 평가결과를 바탕으로 제조업자가 작성
- MSDS 제공 의무 (MSDS 비치 의무)
 - 산업안전보건법 제41조에 의거 사업주는 화학물질 또는 제품의 MSDS를 취급자 또는 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 비치
 - 위험물시설인·허가, 화학물질 수입/수출 통관, 기타 화학물질관련법 인허가

MSDS 비치장소 : 화학물질 제조소, 저장소, 해상운송, 항공운송, 육로운송

6. 유해화학물질 플래카드

다음은 원 안의 지침번호에 해당하는 유해물질을 운송하는 차량에 사용되는 플래카드이다.

- 플래카드 또는 오렌지 판넬을 읽고 안전하게 식별하기 위해서 풍상에서 접근한다. 쌍안경을 활용한다.
- 다음의 플래카드 중 하나와 차량 플래카드를 연결시킨다.
- 플래카드와 관련된 원 안의 지침번호를 참조한다.

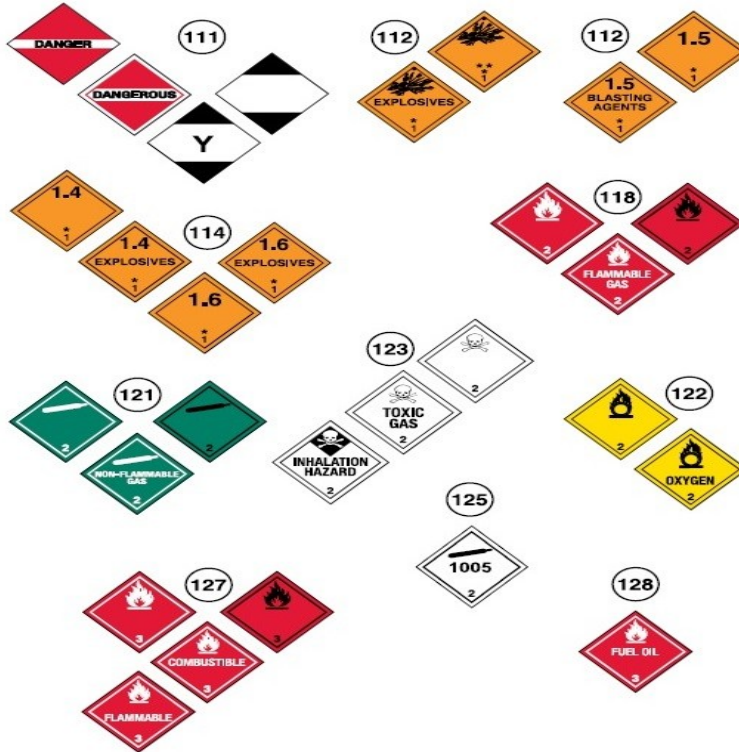
- 인화성(3류) 플래카드  에 대한 지침번호 127을 참조한다.

- 부식성(8류) 플래카드  에 대한 지침번호 153을 참조한다.

- DANGER/DANGEROUS 표시가 있거나 유출, 누출, 연소 물질의 특성이 알려져 있지 않을 때, 지침번호 111을 참조한다. 또한 이 지침번호는 위험물질의 존재가 의심되지만, 플래카드가 보이지 않을 때에도 사용이 가능하다.

5

[그림 5-163] 플래카드

CBRNE
사고대응

- 플래카드와 관련된 지침번호는 가장 중요한 유해화학물질 정보를 제공한다.
- 주황색 플래카드의 별표 한 개(*)는 “호환성 그룹” 폭발물을 나타낸다.
- 주황색 플래카드의 별표 두 개(**)는 폭발물의 구분을 나타낸다.

7. 유해화학물질의 분류 및 표시

[그림 5-164] 위험물 표시

위험물	■ 제품정보	물질명 또는 제품명, 함량 등에 관한 정보
	■ 그림문자	분류기준에 따라 위험성의 내용을 나타내는 그림
	■ 신 호 어	위험성의 정도에 따라 표시하는 “위험” 또는 “경고” 로 표시하는 문구
경고표지	■ 유해·위험문구(H CODE)	분류기준에 따라 위험성을 알리는 문구
	■ 예방조치문구(P CODE)	위험성을 방지하거나 최소화하기 위한 권고조치를 명시한 문구
	■ 공급자정보	제조사 또는 공급자의 명칭, 연락처 등에 관한 정보

주의사항계시판	저장·취급하는 위험물	비고
화기엄금	제 4류 위험물 제 5류 위험물 제 2류 위험물 중 인화성 고체 제 3류 위험물 중 자연발화성 물질	적색바탕 백색문자 0.3×0.6m 이상
화기주의	제 2류 위험물 (인화성 고체 제외)	적색바탕 백색문자 0.3×0.6m 이상
물기엄금	제 3류 위험물 중 금수성 물질	청색바탕 백색문자 0.3×0.6m 이상

유해성 종류	화재의 위험	화재위험 (산화제)	폭발의 위험	고압·냉동가스 (폭발)
그림문자				

피부·금속부식성 물질	호흡·발암·유전 등	유독성 물질 표시	수생 환경 유해성

5

8. 사고현장 물질 확인

가. 포장용기

CBRNE
사고대응

[그림 5-165] 포장용기



포대(BAGS)

- 비료, 농약, 분물물질 등과 같은 고체물질에 사용
- 종이, 천, 플라스틱 등으로 구성된 유연한 포장재
- 접어서 붙이고, 열에 의한 밀봉, 비틀어서 매듭 짓기 등에 의해서 밀봉



병(BOTTLES)

- 시약, 부식성 액체 등의 액체, 고체물질에 사용
- 유리, 플라스틱으로 구성 (때로는 세라믹과 금속이 사용되기도 함)
- 마개를 사용해서 밀봉



드럼(DRUMS)

- 가연성 및 인화성 액·고체, 산화제, 독성물질 등에 사용
- 일반적 용량 : 200ℓ
- 금속, 플라스틱, 섬유판(파이버보드), 합판 등으로 구성된 원통형의 포장



상자(BOXES)

- 거의 모든 유해물질 사용
- 섬유판상자, 나무상자 플라스틱, 합판 등을 사용



다중셀(MULTI-CELL PACKAGING)

- 유해물질, 부식성, 용제 등 액상물질에 사용
- 일반적으로 스티로폼 형태로 사용
- 유해화학물질 최대 용량은 4ℓ와 하나의 일괄구성은 6병까지 가능



카르보이(CARBOYS)

- 가연성, 인화성 및 부식성 액상물질에 사용
- 외부포장(폴리스티렌 박스, 나무상자, 합판드럼)으로 둘러싸여진 유리 혹은 플라스틱 “병”, 철제형태



실린더(CYLINDERS)

- 기본적으로 철제형태(간혹 알루미늄, 섬유유리도 구성됨)
- 아세틸렌, LPG, 염소, 산소와 같은 압축·액화가스



절연실린더(INSULATED CYLINDERS)

- 액화아르곤, 헬륨, 질소, 산소와 같은 극저온절연 액체물질 사용
- 외부보호철제커버에 포함된 철제 실린더로 구성
- 실린더와 커버 사이의 공간은 진공상태

나. 화물탱크트럭

[그림 5-166] 화물탱크로리



**비기압액체화물탱크트럭
(Non-Pressure Liquid Tank)**

- 석유류나 알코올류 등의 인화성 액체나 유독물을 주로 운반(이런 물질들은일반적으로 21 kPa 이하의 증기압을 유지)
- 타원형구조, 방호틀, 측면틀 설치



**저압화학화물탱크트럭
(Low-Pressure Chemical Tank)**

- 비기압액체화물탱크트럭으로 운반할 수 없는 다양한 인화성, 부식성, 독성물질 운반
- 원형·말굽형 구조, 탱크외판은 이중구조
- 방호틀, 측면틀 설치

5

CBRNE
사고대응



부식성액체화물탱크트럭(Corrosive Liquid Tank)

- 산과 같은 부식성 액체 운반
- 작은 원형구조, 측면틀, 작업대,
- 작업대 주위에는 내부식성 도료로 도색 및 코팅됨



극저온액체화물탱크트럭(Cryogenic Liquid Tank)

- 액체산소, 액체질소, 에틸렌 등의 극저온 액체물질에 사용
- 최대 500PSI
- 이중외판구조



고압화학화물탱크트럭(High-Pressure Tank)

- 프로판, 부탄, 암모니아 등의 액화압축가스 운반
- 옆에서 보았을 때 탱크 양단의 끝이 반구형태
- 일반적으로 단열처리 X
- 외판에 "LPG", "고압가스" 등의 영구적인 표시가 있음

다. 저장시설

[그림 5-167] 위험물 저장탱크



콘루프형 저장탱크(Cone Roof Tank)

- 인화성, 가연성, 부식성 액체
- 액체내용물이 가득차 있지 않을 경우 증기혼합물에 의한 화재폭발 우려
- 운전압력 : 대기압



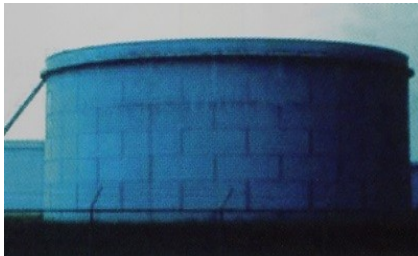
수평탱크(Horizontal Tank)

- 연료저장(액체)
- 화재시 지지대 취약
- 운전압력 : 대기압



수직탱크(Vertical Tank)

- 인화성·가연성액체, 부식성, 비료, 화학용액



부상천정식탱크(Open Floating Roof)

- 인화성, 가연성(석유류) 액체
- 증기혼합물 발생 방지
- 운전압력 : 대기압



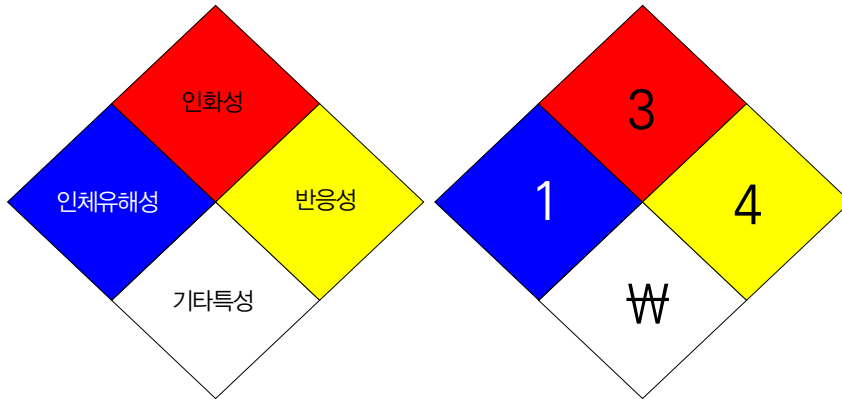
톤 용기(Ton Container)

- 염소, 포스겐, 액화암모니아 등
- 통상 염소1톤 저장가능

5

9. NFPA 표시체계

[그림 5-168] NFPA 표시체계

CBRNE
사고대응

- ◆ 건강 위험성(Health Hazard : 파란색)
- ◆ 화재 위험성(Flammability : 빨간색)
- ◆ 반응 위험성(Reactivity : 노란색)
- ◆ 기타 위험성(Special Information : 하얀색)

- NFPA(미국방화협회 : National Fire Protection Association) 704 표시체계는 화재, 누출 또는 이와 유사한 긴급상황 발생시 해당 물질에 단기간, 급성 노출 되었을 때의 유해·위험성을 표시한 것이다. 건강 위험성, 화재 위험성, 반응 위험성, 기타 위험성에 관하여 해당 유해물질의 위험성을 신속히 파악하기 위하여 마련되었다.
- 본 표시체계는 화재진압은 물론, 비상대응요원에게 기본적인 물질정보 를 제공함으로써, 비상대응절차 착수에 도움을 줄 수 있다. NFPA 704 표시체계는 다음의 4가지 범주로 위험성이 구분되며, 심각한 위험을 가리키는 4로부터 위험이 거의 없는 0까지 이르는 숫자 등급에 의해서 그 심각성 정도가 표시된다.

제5절 초기대응과정(Operations)

1. 국내 위험물 안전관리

가. 위험물의 정의

- 제조, 저장, 취급 및 운반 중 화재폭발을 직간접적으로 촉진시키는 물질
- 위험물(Hazardous materials)이란 폭발성(물리적), 발암성(건강유해성) 및 수생생태독성(환경유해성)
- 위험물안전관리법 제2조 위험물이란 인화성 또는 발화성 성질을 갖는 물질
- 위험물안전관리법 시행령 별표1

[그림 5-169] 위험물질 분류



5

CBRNE
사고대응

나. 국내 위험물안전관리법

유별	성질	내용
1류	산화성고체	액체(1기압 및 섭씨 20℃에서 액상인 것 또는 섭씨20℃이상 40℃이하의 사이에서 액상으로 되는 것을 말한다) 또는 기체(1기압 및 섭씨 20℃에서 기체상태인 것을 말한다) 이외의 것으로서, 산화성 또는 충격성에 의한 위험성을 갖는 것을 말한다.
2류	가연성고체	화염에 의한 발화의 위험성 또는 인화의 위험성을 갖는 물질을 말한다.
3류	자연발화성물질 및 금수성물질	고체 또는 액체로서 공기 중에서 발화의 위험성이 있는 것 또는 물과 접촉하여 발화하거나 가연성가스를 발생하는 위험성이 있는 것을 말한다.
4류	인화성액체	(1기압 및 섭씨 20℃에서 액상인 것)액체로서 인화의 위험성이 있는 것을 말한다.
5류	자기반응성물질	고체 또는 액체로서 폭발·가열분해 위험성이 있는 것을 말한다.
6류	산화성액체	물질자체는 가연성을 갖지 않지만 산소가 공급되는 경우 다른 물질을 연소시키거나, 연소를 촉진시킬 수 있는 물질을 말한다.

2. 외국 위험물 안전관리

가. 위험물의 정의


- 자체에 위험성이 있거나 또는 외부조건에 따라 쉽게 위험성을 나타내는 물질
- 화재 또는 폭발을 일으킬 위험성이 있는 물질
- 인간의 건강 및 환경에 위협할 우려가 있는 물질
(NFPA 472 : Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials)

나. 국제연합(UN)

- 위험물운송기준(Recommendation on the Transport of Dangerous Goods)
- 적용대상 : 수송되는 위험물
- 각국에서 독자적으로 제정하고 있는 위험물 운송류의 국제적 단일화
- 1952년 [위험물의 수송에 관한 전문가위원회]를 설치하여 기본체제를 만들
(2년에 1회 심의)
- 도로, 철도, 항공 및 선박 등의 모든 운송수단에 적용(오렌지북)
 - 위험물의 분류 및 정의
 - 위험물의 라벨
 - 포장 기준
 - 위험물의 품명 리스트
 - 폭발물 등에 관한 특별규정
 - 수송 소속

3. 화학물질의 분류에 관한 국제 표준화(GHS)

가. 위험성에 따른 물질의 그림문자 표시

 그림문자	<ul style="list-style-type: none"> · 화학물질 관련정보 : 물질명칭(제품명칭) · 유해·위험문구 : 분류기준에 따라 · 예방조치문구 : 분류기준에 따라 · 공급자 정보
---	---

- 적용범위 : 모든 유해화학물질 및 혼합물질
- 적용대상 : 근로자, 운송자, 응급대원, 소비자

나. 위험물 분류 및 표지에 관한 기준

구분	주요내용
유해·위험성 분류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27개 항목 <ul style="list-style-type: none"> - 물리적 위험성(16개) : 폭발성물질 또는 화약류, 인화성가스, 인화성 에어로졸, 산화성가스, 고압가스, 인화성액체, 인화성고체, 자기반응성, 자연발화성액체, 자연발화성고체, 자기발열성, 물반응성, 산화성액체, 산화성고체, 유기과산화물, 금속부식성물질 - 건강 유해성(10개) : 급성독성, 피부부식성 또는 자극성, 심한 눈 손상 또는 눈자극성, 호흡기 또는 피부과민성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 특정 표적장기 독성(1회 노출), 특정표적장기독성(반복노출), 흡인유해성물질 - 환경유해성(1개) : 수생환경 유해성 물질
경고표지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 6개 정보 : <ul style="list-style-type: none"> - 제품정보 : 물질명 또는 제품명, 함량 등에 관한 정보 - 그림문자 : 분류기준에 따라 위험성의 내용을 나타내는 그림 - 신호어 : 위험성의 심각성 정도에 따라 표시하는 “위험” 또는 “경고”로 표시하는 문구 - 유해·위험문구(H-CODE) : 분류기준에 따라 위험성을 알리는 문구 - 예방조치문구(P-CODE) : 화학물질에 노출되거나 부적절한 저장·취급 등으로 발생하는 위험성을 방지하거나 최소화하기 위한 권고조치를 명시한 문구 - 공급자정보 : 제조자 또는 공급자의 명칭, 연락처 등에 관한 정보
표지부착 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단일용기·포장과 이중용기·포장으로 구분 <ul style="list-style-type: none"> - 운송그림문자의 우선적용표시, 운송과 조합한 표시도 가능토록 규정 - 전체크기 및 그림문자크기를 탄력적으로 조정가능 - 색상 : 바탕은 백색, 문자와 테두리는 흑색으로 하되, 용기의 표면을 바탕색으로 사용할 수 있다. (다만, 바탕색이 흑색에 가까운 경우 문자와 테두리를 바탕색과 대비 되는 색상으로)

5

4. 유해성에 관한 정보

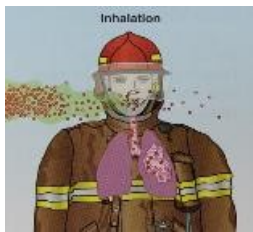
CBRNE
사고대응

모든 물질은 바로 독물이며 다만 양의 문제일 뿐이다.

- 독성 : 생체 조직을 손상시키는 물질의 능력 / 노출 + 독성 = 건강위험
- 독성수준은 화학물질의 종류, 성질, 감수성, 노출량에 따라 다름
- 사람들은 같은 수준의 노출에도 다르게 반응할 수 있음

가. 인체의 노출경로

[그림 5-170] 인체의 노출경로



흡입



섭취



직접적인 접촉

나. 노출경로에 따른 영향

흡입	피부흡수	섭취	직접적인 접촉
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 가장 손상이 심한 경우가 많음 ▶ 분말형태의 증기, 분진, 액체증기, 에어리졸 등 ▶ 혈류를 통해 내장기관으로 전달 ▶ 호흡기 마비 ▶ 혈액의 산소운반능력 저하 ▶ 기도에 영향 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 자연 영향 발생 ▶ 몇 방울 흡수로 사망가능(VX 등) ▶ 눈을 통한 흡수는 가장 빠른 노출방법의 하나 ▶ 독성연기, 가스 혹은 증기형태로 흡수 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 음식물 ▶ 침, 타액 등 혼합 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 부식성 물질은 즉각적 손상 ▶ 산은 수분에 강한 친화력을 가짐 ▶ 심각한 피부 및 기도 화상 ▶ 염기는 지방과 지질을 용해시켜 조직을 변형 ▶ 산은 표면조직에 큰 손상을 가하는 반면, 염기는 더 깊은 손상을 일으킴

5. 누출 화학물질의 거동예측 모델

가. 일반적 유해물질 거동 모델(GHBMO)



- 스트레스 : 만약에 용기가 그 용기 자체의 강도를 넘어서 외부적으로 충격(즉, 스트레스)를 받는다면, 그것을 고장 혹은 파손이라 부른다.
- 파손 : 용기파손은 그 용기를 구성하고 있는 물질, 노출된 스트레스 형태, 고장났을 때의 용기 안의 압력에 기초한다. 용기의 파손이나 고장은 부분적으로는 “구멍” 혹은 전체적으로는 “분열”을 나타낸다. 그 파손용기는 안의 내용물을 방출시킨다.
- 방출 : 용기가 파손 또는 고장났을 때, 에너지를 저장하는 내용물과 용기 조각은 방출된다. 방출은 항상 물질을 포함하고 에너지 방출과 용기 조각의 방출도 포함한다. 이 방출된 물질은 확산된다.
- 확산 : 방출될 때, 용기 안의 물질, 저장된 에너지 그리고 용기는 확산된
- 노출/접촉 : 방출 지역의 사람, 환경, 제품과 같은 것은 노출된다.
- 해(피해 : harm)

나. GHBMO(General Hazardous Behavior Model)의 특성

1) 스트레스(Stress)

- 열적 스트레스 : 열적 스트레스는 용기의 가열과 냉각으로부터 야기된다. 열적 스트레스는 내부압력을 증가시키는 동시에 용기의 변형을 야기한다. 용기의 불길침해, 완화장치의 작동, 온도의 증가같은 환경변화가 원인이다.
- 기계적 스트레스 : 외부의 충격, 충돌에 의해서 용기의 형태의 변형을 야기한다.

- 화학적 스트레스 : 용기 안의 물질의 무질서한 반응/상호작용, 갑작스런 혹은 장기간 동안의 용기의 악화와 같은 용기 안의 두 가지 화학물질이 관여하는 반응은 과도한 열과 압력을 야기한다. 화학적 스트레스는 양립할 수 없는 용기 안의 물질과 다른 물질의 반응 혹은 부식반응의 결과이다.

그 근거로는 육안으로 보이는 부식과 용기표면의 다른 변화이다. 그러나 용기의 내부는 외부로부터 눈에 보이지 않는 가능성을 갖고 있는 화학적 스트레스를 갖고 있을 수도 있다.

[그림 5-171] 스트레스에 의한 파손



열적 스트레스



기계적 스트레스

2) 파손(Breach)

- 분리 : 용기가 산산조각 난 유리병이나 수류탄 폭발과 같은 일반적인 손실을 나타낸다. 이 파손의 형태는 용기가 부서지기 쉬운 물질로 구성되는 경우에 일어난다.
- 질주적 균열 : 이 형태의 파손은 드럼, 탱크 혹은 실린더와 같은 폐쇄된 용기와 연관이 있다. 질주적 균열은 보통 BLEVE와 관련된다.
- 부착물의 개방 : 압력방출장치, 배출밸브 또는 다른 관련 기구와 같은 부착물의 고장, 개방, 파손으로 야기된다.
- 용기의 구멍 : 기계적 스트레스로 야기된다.
- 용기의 찌개짐·찢어짐 : 탱크나 드럼의 용접선의 결함 혹은 찢어짐. 기계적 혹은 열적 스트레스로 야기된다.

[그림 5-172] 파손된 용기



탱크 주변의 하얀색 흔적이 파손의 증거



탱크의 접합부분을 따라서 찌개짐

3) 방출

- 폭발
- 강렬한 파열
- 빠른 방출
- 유출/누출

[그림 5-173] 소리의 속도보다 더 빠르게 진행되는 대폭발



4) 확대

- Hemispheric(반구형태) : 일반적으로 에너지의 빠른 방출(폭발, 폭연, 강렬한 파열 등)로 야기된다.
 - 에너지는 방출지점으로부터 모든 방향으로 퍼진다.
 - 에너지의 확산은 지형과 운량(cloud cover)에 영향을 받는다.

- cloud(구름형태 / 증기운형태) : 바닥이나 물 위에 집합적으로 올라가는 형태의 운반되는 유해물질이 공 모양(ball-shape) 패턴
- plume(기둥) : 사정지역 안에서 바람이나 지형에 의해 영향을 받는 운반되는 유해물질의 비규칙적인 모양의 패턴
- cone(콘형태) : 파손된 지점에서 유해물질의 삼각형모양의 패턴과 넓은 사정거리. 파손지점에서 에너지 방출이 되고 3차원 형태의 패턴으로 기체, 액체, 고체가 분출된다. 예를 들어, BLEVE 현상으로 인한 용기의 파손이나 압축된 액체·기체의 방출
- stream(줄기) : 액체유해물질의 지면을 따라가는 모양의 패턴으로 중력과 지형의 윤곽에 영향을 받는다.
- pool(웅덩이, 못) : 3차원(깊이를 포함한)의 천천히 흐르는 액체의 확산.
- irregular : 불규칙적인 확산은 오염된 운송수단이나 대응자에 의해서 야기된 유해물질의 무분별한 침전물로부터 야기된다.

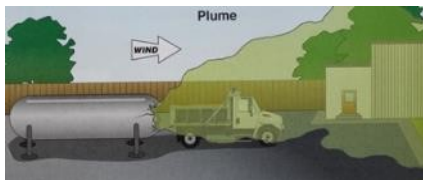
[그림 5-174] 확산의 형태



반구상의 방출은 공기로 바닥이나 물에 부분적으로 접촉되어 있는 운반되는 유해물질의 반구형태나 돔 형태이다.



증기운은 바닥이나 물 위로 올라가는 형태의 운반되는 유해물질의 공모양의 패턴



plume(기둥)은 사정거리에서 바람이나 지형에 의해서 운반되는 유해물질의 불규칙적인 모양의 패턴



cone(콘 형태)은 삼각형모양의 패턴



Stream(줄기 형태)은 지형의 표면을 따라 불규칙적인 확산 중력에 의해서 흘러간다.

※ 초기 대응요원은 유해물질이 용기 외부로 나왔을 때, 외부로 유출된 물질의 어떻게 확산될지를 예측하는 능력이 필요하다. 이 유해물질의 행동양상은 종종 물질의 물리적 속성(가연성, 끓는점, 증기압력, 화학반응 등)에 의해서 결정되어진다. 물질의 물리적 속성은 그 물질이 탈 것인지, 얼마나 빠르게 증발할 것인지, 몇 도에서 얼고, 끓을지, 다른 물질과 반응을 하는지, 그리고 중요한 다른 요소들을 결정한다.

6. 제독(Decontamination)

가. 제독의 분류

1) 습식방법과 건식방법(Wet and Dry)

습식방법

대개 오염된 표면을 물을 이용해서 씻어내거나 호스나 안전세척기를 이용해서 씻어내는 것을 말한다.

건식방법

물이나 기타 다른 용액을 이용하지 않는 세척방법이다.
ex) 스크래핑, 브러싱, 흡수, 흡착

2) 물리적방법과 화학적방법(Physical and Chemical)

물리적 방법

일반적으로 오염된 사람이나 사물로부터 오염물질의 물리적 제거를 포함한다. 이러한 방법은 일반적으로 실행하기가 쉽고 오염물질의 농도를 희석시킬 수는 있지만, 화학적으로는 바뀌지 않은 채로 존재한다.
ex) 흡수, 흡착, 브러싱과 스크래핑, 가열과 냉각, 격리와 폐기(건식 오염제거), 압축 공기, 진공흡입, 세척, 증발

화학적 방법

일반적으로 어떤 종류의 화학적 공정을 통한 오염물질의 제거를 포함한다. 즉, 오염물질에 제거를 촉진하는 어떤 형태의 화학적인 변화가 발생한다. 화학적인 오염물질 제거 방법 중 어떤 것은 다른 위험을 불러올 수 있다 (예, 부식성 물질의 중화).
ex) 화학적 분해, 중화, 응고, 소독, 살균

- 가장 효과적이고 간단한 제독방법은 오염된 PPE 혹은 걸옷을 제거하는 방법이다. 그것은 오염물질을 가장 높은 확률로 제거할 수 있는 방법으로 평가되어진다.
- 게다가 오염된 표면을 물로 씻겨내는 것은 유해한 물질을 제거하거나 안전레벨로 그것을 희석시키는데 효과적이다. 이런 이유로, 오염된 PPE 혹은 걸옷을 제거하는 것과 물로 씻겨내는 것은 긴급제독과 대량제독에 대개 많이 활용된다. 기술적 제독은 모든 오염물질을 물과 비누, 세제, 화학용액을 이용해서 세척하고 철저하게 제거하는 추가적인 노력이 요구된다. 긴급제독 혹은 대량제독을 수행할지의 결정은 관련된 유해물질과 오염지역으로부터 희생자를 최소화해야 하는 절박함에 기초해서 결정된다.

나. 제독의 방법

1) 물리적 제독

○ 솔질과 긁음(Brushing and Scraping)

먼지나 흙과 같이 육안으로 보이는 다소 큰 오염물질의 제거절차이다. 대개, 브러싱과 스크래핑은 단독으로는 제독에 효과적이지 않다. 이것은 다른 제독방법에 앞서서 행하여지는 것으로서 가능한 많은 “주 오염물질”을 제거하는 방법이다. 예를 들어, 부츠나 장갑에 있는 오염된 먼지나 흙을 오염제거 사워에 들어가기 전에 떼어내거나 제거하는 것과 같은 것을 말한다.

○ 흡수(Absorption)

오염면적의 확대를 막기 위해서 유해물질(액체)을 빨아들이는 것으로 흡수제 안에 있는 오염물질의 화학적 성질은 바뀌지 않은 채로 그대로 남아있다. 이것은 주로 장비와 재산을 닦아내기 위해 사용되는 오염제거 방법이다. 수건이나 천으로 방호복이나 보호 장비를 닦는 것 이외에 이것은 분해 제거 작업을 하는 사람에게 제한적으로 사용된다. 가장 많이 사용하는 흡수제는 흙, 질석(풍화된 흑운모), 건조된 여과제, 모래이다. 사용 가능한 다른 재료는 무수 필러와 상업용 제품(예: 패드, 베게)이다. 흡수제는 불활성이거나 또는 반응성을 갖지 않아야 한다.

○ 흡착(Adsorption)

오염물질이 다른 물질의 표면에 부착되는 공정이다. 흡수는 오염물질과 흡수제 사이에 있는 아주 미세한 분자 층에서 발생한다. 이것은 주로 장비와 오염지역의 청소 작업 시 사용되고, 사용 예로는 활성탄, 실리카와 Ca형 벤토나이트가 있다. 원유 유출시 물은 배척하고 원유의 흡착을 위해 사용되는 상업용 누출패드(spill pad)는

또 다른 예이다. 어떤 경우에는, 흡착공정에 의해 열이 발생되고 일시적인 발화가 발생하기도 한다. 이 두 방법의 차이를 기억하는 쉬운 방법은 흡수는 오염물질을 “흡수”함으로써 효력을 발생하게 되고, 반면 흡착은 스스로 추가되거나 오염물질에 “부착”됨으로써 효력을 나타낸다.

○ 희석/세척 : 방호복이나 보호 장비로부터 위험물을 씻어 내기 위해서 물과 비누와 수용액을 사용하는 것이다. 세제와 비누는 계면활성제의 효과로 인해 기름, 지방, 극성 용매, 먼지, 때와 가루 등의 제거에 효과가 있다. 세제를 사용한 희석과 세척 작업은 많은 양의 물을 거의 항상 사용할 수 있기 때문에 사람의 오염제거에 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 안전 세척기(safety shower), 엔진 회사 물탱크, 소화전이 일반적인 용수원이 된다. 희석이나 세척 오염제거 방법을 사용할 때 기술적인 고려 사항은 다음을 포함한다.

- 무수 암모늄과 같이 수용성 물질에 사용할 때 효과적이다.
- 물만을 사용할 경우 오염물질의 농도만 낮춰주지만 화학적 구조는 바꾸지 않는다.
- 비수용성 먼지와 석유를 제거할 때 희석이 효과적일 수 있지만, 오염물 질이 다른 지역으로 넓게 퍼지지 않도록 주의를 요한다(예: 물에 떠있는 석면 섬유).
- 물을 사용하기 전에, 오염물질이 물과 반응하는지, 수용성 물질인지, 또는 물이 더 넓은 지역으로 오염물질을 퍼뜨릴지에 대한 고려를 해서 작업을 한다.
- 희석과 세척 작업은 보통 솔질, 정면과 통합하여 오염제거 공정에서 사용된다.
- 오염제거 공정 중 더 많은 양의 물이 사용될수록, 더 많은 비용과 잠재적인 처리 문제가 발생하게 된다. 오염된 유출물을 처분하기 전에 항상 환경 위원에게 문의하도록 한다.

○ 냉각

비상 대응자에게는 제한적으로 사용되지만, 청소 용역업체는 흐르거나 끈끈한 액체를 고체 상태로 응고시켜서 이를 제한된 시간에 고체 상태에서 잘게 썰고, 긁어모으고, 박편으로 만들기 위해 사용된다. 냉각 공정은 얼음, 드라이아이스를 사용하거나 외부 온도가 위험물의 빙점 이하가 될 경우 지면에서 얼리고 냉각시킴으로써 얻어진다(예: 뜨거운 밀랍이나 타르).

○ 가열

보통 고압의 워터 제트와 함께 고온 증기를 사용하여 오염물질을 가열하고 발파

5

CBRNE
사고대응

하여 제거하는 것을 포함한다. 주로 오염제거 차량, 구조물과 장비에 사용된다. 세제와 용매가 첨가 될 때, 이 방법은 자동차 기름이나 고점도의 수용액과 같은 석유 제품에 효과적이다. 또한 가열은 단순히 오염물질을 증발할 때 사용된다. 가열 기술은 화학약품 보호복이나 사람의 오염제거 작업에는 사용하지 않는다.

○ 격리와 폐기

(“건식 오염제거”의 형태)는 두 단계의 공정으로서 물이나 오염제거 용액을 사용하지 않는다. 먼저, 오염된 물질은 제거하고 지정된 곳에 격리시킨다. 충분한 양의 오염물질이 모아졌을 때(예: 폐기 가능한 방화복), 그 물질은 부대에 넣어 꼬리표를 붙인다. 마지막 과정은 오염물질을 적당한 용기에 포장을 하여 인증된 위험물 폐기 장소로 옮기고, 그곳에서 소각 또는 매립한다.

○ 압축 공기

장비와 구조물의 도달하기 어려운 부분(예, 틈이나 금 사이)의 먼지와 액체를 불어서 제거하는데 사용된다. 그러나 압축 공기가 인간의 피부에 심각한 색전을 유발할 수 있으므로 오염제거 대원에게 사용하지 않아야 한다. 압축 공기로 인한 문제는 오염물질이 주변의 대기로 에어로졸이 형성되면서, 2차적인 문제가 발생할 수 있는 것이다. 예를 들면, Brentwood의 Maryland 우체국(2001)은 압축 공기 호스를 사용하여 컨베이어와 편지 분리 장비를 청소할 때, 건물 주위에 발생된 탄저균 포자에 대한 책임을 져야 했다.

○ 진공흡입

진공기를 사용하여 오염물질을 수집하는 것을 포함한다. 이 방법은 주로 오염제거 건물과 장비에 사용되고, 가연성 인화성 액체, 수은, 납, 석면과 다른 위험 먼지와 미세 입자와 같은 광범위한 범위의 오염물질에 사용된다. 진공은 반드시 이것의 사용과 적용에 대한 등급을 표시해야 한다(예: 방폭, 방진).

○ 고성능 미립자(HEPA)

필터는 오염물질이 위험 먼지, 입자 또는 섬유일 때 사용된다. HEPA 필터는 공기는 통과시키고 공기 중에 떠 있는 큰 입자를 포집하면서 물리적으로 오염물질을 포집하고, 0.1미크론 되는 입자까지도 포착할 수 있다.

○ 증발

단순히 오염물질을 증발시키거나 기체 상태로 날려 보내는 것으로, 특별히 증기에 유해물질이 존재하지 않을 때 사용된다. 이것은 오염제거 장비, 차량과 구조물에 높은 증기압을 가진 액체와 기체의 오염물질에 오염됐을 때 사용된다. 다공성의 표

면과 많은 양의 물질을 처리 할 때, 효과는 떨어지게 된다.

2) 화학적 제독

○ 화학적 분해

2차 화학물질 또는 다른 물질을 사용하여 오염물질의 화학 구조를 변경하는 공정이다. 보통 사용되는 분해제는 차아염소산칼슘 표백제, 차아염소산 나트륨 표백제, 포화 용액으로서 수산화나트륨(가정용 하수 세척제), 탄산나트륨 슬러리(세척용 나트륨), 산화칼륨 슬러리(석회석), 가정용 세탁제와, 이소프로필알코올이 포함된다. 화학적 분해는 주로 오염제거 건물, 차량과, 장비에 사용되고 내화학복에 사용하면 안 된다. 분해용 화학약품은 피부에 직접 사용하면 안 된다.

화학적 분해 공정에 대한 기술적인 충고를 제품 전문가에게 구하여 사용되는 용액이 오염물질과 반응성이 없는지를 확인한다. 잠재적인 문제점은 과도한 농도의 혼합물 (즉, 소방대원 규칙 : 만약 0.5%가 적당하면, 5%는 매우 좋다)과 분해용 화학약품으로부터 CPC(보호복)와 장비에 대한 피해가 포함된다. 오염제거 용액의 물리적, 화학적 호환성은 반드시 사용 전에 결정해야 한다.

○ 중화

부식제에 사용되는 공정으로 최종 용액의 pH를 pH5에서 pH9사이의 범위로 조정하는 것이다. 산을 중화하기 위해 알칼리 용액을 사용하고, 알칼리를 중화하기 위해 산 용액을 사용한다. 가급적 덜 유해한 부산물은 중성이거나 생분해되는 염의 형태를 가진다. EPA에 의하면, 비상상황에서 부식제의 중화를 위해 사용되는 이상적인 물질은 구연산 (25파운드의 백에 있는 분말)으로 알칼리를 중화할 때 사용되고, 탄산소다 (50파운드의 백에 있는 분말)로 산을 중화할 때 사용한다. 두 가지 모두 중성염을 형성하고, 중성화하는 성분에 따라 생분해되는 염으로 되기도 한다. 중화는 주로 부식성 물질에 의해 오염된 오염제거 장비, 차량과 구조물에서 사용된다.

○ 응고

오염물질을 물리적으로 또는 화학적으로 다른 물질과 결합시키거나 캡슐에 넣는 공정이다. 이 방법은 주로 오염제거 장비와 차량에 사용된다. 상업적으로 이용되는 응고 제품은 유출물의 청소 시 사용될 수 있다. 대형 기기들을 시멘트와 같은 물질로 덮었을 경우, 결과적으로 오염물은 영구적으로 그 기기와 결합되게 된다. 그 다음 오염물질은 유해물질 매립지에 매립할 수 있다. 체르노빌 사고 후, 많은 오염물질을 시멘트로 덮은 다음 매립하였다.

○ 소독

화학적이고 생물학적인 전쟁의 무기가 위협이 되고 있기 때문에 점점 더 중요해지고 있다. 소독은 모든 인식된 병원균 미생물을 실제로 비활성화 하는데 사용되는 공정이다. 적절한 소독은 생존 가능한 미생물을 허용된 값 이하로 감소시킨다. 이는 제거하고자 했던 모든 미생물을 완전히 없애는 것은 아니다. 결과적으로, 비상 대응자는 사용 전 소독 기술에 대한 조연을 얻는 것이 중요하다. 마찬가지로, 어떤 소독제는 다른 것 보다 어떤 병원 유발 물질에 더 효과가 있다. 상업적인 소독제는 보통 제품의 성능과 한계를 보여주는 세부 정보를 포함하고 있다. 만약 지역에 있는 실험실, 병원과 대학에 반응할 경우, 위험 평가 작업을 수행하고 존재하는 특별한 종류의 생물학적 위험과 나타날 수 있는 위험에 대한 최상의 소독제를 잘 알고 있어야 한다.

- 화학적 소독제 : 현장 사용에 가장 실용적이다. 페놀 화합물, 제4암모늄 화합물, 염소 화합물, 요오드와 같이 가장 일반적인 화학적 소독제는 상업적으로 이용 가능하다.
- 방부성 소독제 : 주로 신체에 직접적으로 적용하기 위해 만들어졌다. 이것은 알코올, 요오드, 헥사클로로펜과, 제4암모늄 화합물이 포함된다. 이 중 몇 가지의 화합물은 또한 소독제로 분류되지만, 농도의 변화 때문에 방부제로 분류된다. 소독과 살균 용어는 때때로 교환하여 사용된다. 소독이 살균과 같지 않음을 아는 것은 중요하다. 병원 유발 물질 전문가에 의한 몇 개의 장비를 살균하도록 추천되는 오염제거 방법을 소독의 의미로 오해하지 않아야 한다.

○ 살균

대상에 있는 모든 미생물을 파괴하는 공정이다. 가장 일반적인 살균 방법은 증기, 진한 화학 물질이나, 자외선 조사에 의한 방법이다. 살균 공정 시 관련된 장비의 크기 때문에 사용되는 영역에 제한을 받고 사람에게는 적용될 수 없지만, 의료 장비의 오염제거에는 중요한 역할을 한다. 오염된 의료 장비가 때때로 그 현장에서 살균되고, 그런 후에 특별한 설비에 옮겨진 후 소독되거나 버려진다. 오염된 비상대응 장비는 고압 용기를 통하여 살균되기도 하지만, 그 항목이 이 공정을 견디어 낼 수 있는지의 여부를 제조사에게 확인해야 한다.

다. 제독수행의 수혜자

1) 부상자분류

환자의 부상자분류 수행을 위한 절차는 지역긴급대응계획에서 미리 결정되어야 한다. 대개의 경우, 부상자분류는 안전지역(cold zone) 에서 제독이 이뤄진 이후에 시행된다. 그러나 어떤 경우에는(예를 들어 폭발사고), 제독에 앞서 위험지역(hot zone)에서 시행되는 경우도 있다.

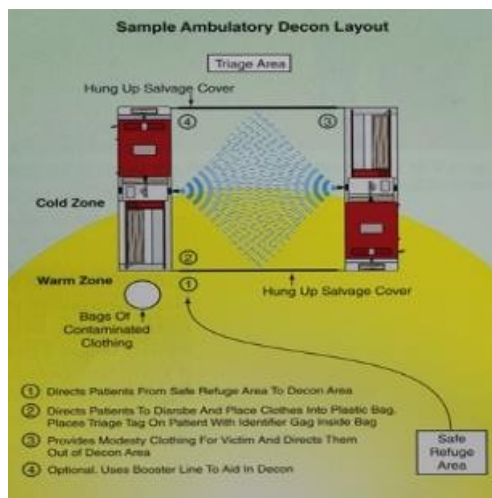
2) 보행가능환자

도움없이 걷고, 말하고, 방향을 이해할 수 있는 희생자는 보행가능환자로 분류한다. 그리고 제독 우선순위를 기다리기 위해서 격리지역 주변 안에 안전하게 피신할 수 있는 곳(안전대피지역 : safe refuge area) 으로 안내해야 한다.

○ 보행가능환자 우선순위에 영향을 미치는 요인

- 심각한 증상을 일으키는 희생자 (짧은 호흡, 흉부 압박)
- 누출지점에서 가장 가까운 희생자
- 유해물질의 노출이 보도된 희생자
- 그들의 옷이나 피부에 오염물질의 증거가 있는 희생자
- 이미 다른 부상을 입은 희생자 (골절, 개방형 상처 등)

[그림 5-175] 보행가능환자 제독소



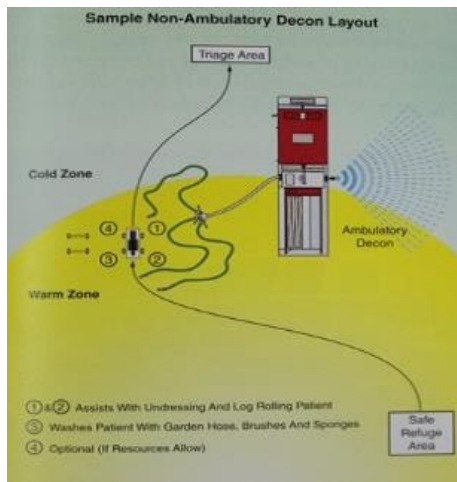
▶ 보행가능환자 제독 배치

- ① 안전대피지역으로부터 제독지역으로 환자를 안내하라
- ② 환자의 옷을 벗을 수 있게 안내하고 옷을 플라스틱 가방에 넣는다.
- ③ 희생자에게 깨끗한 옷을 제공하고 제독지역 밖으로 나갈 수 있게 안내하라

3) 보행불가능환자

보행불가능환자는 무의식, 무호흡 또는 도움 없이는 움직일 수 없는 희생자와 대응자를 말한다. 이러한 환자들은 보행가능환자보다 더 심각한 부상을 입은 사람들이다. 보행불가능환자들은 만약에 위험지역(hot zone)으로부터 그들을 구출할 수 있는 충분한 사람들이 없을 때에는 그 곳에 남아있어야 할지도 모른다.

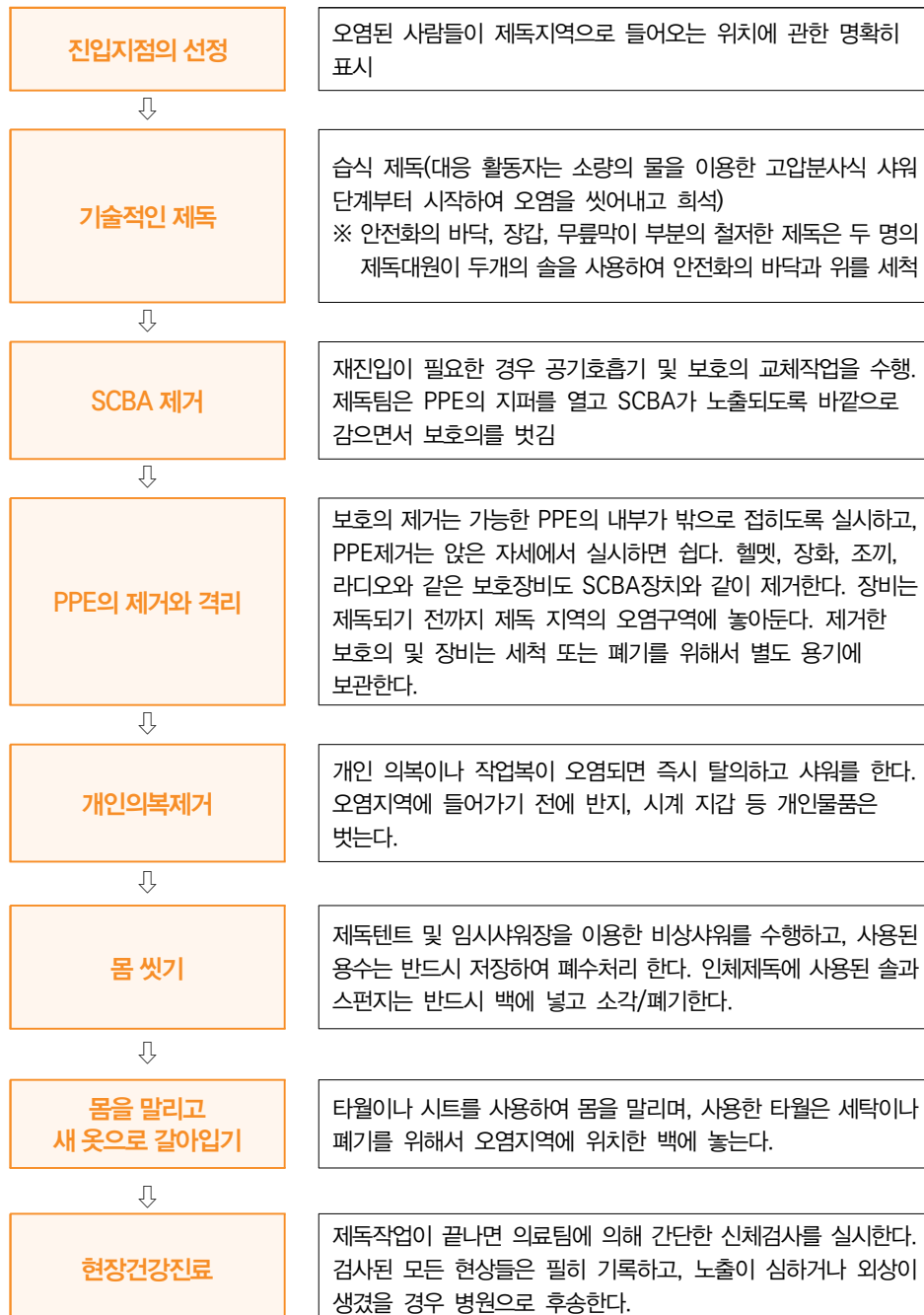
[그림 5-176] 보행불가능환자 제독



▶ 보행불가능환자 제독 배치

- ① & ② : 환자를 굴리면서 옷을 벗기는 것을 도와줘라
- ③ : 호스, 스펀지, 브러시를 이용해서 환자를 씻겨라

라. 제독절차



5

마. 제독소 설치

CBRNE
사고대응

1) 제독소 위치선정

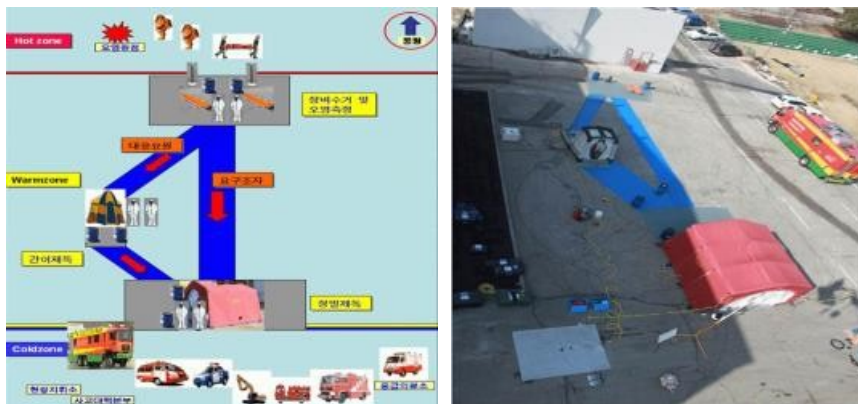
제독소가 먼저 설치되어야 진입 대응활동이 시작될 수 있으므로 제독소의 설치위치에 관한 결정은 가능한 빨리 이루어져야 한다. 다음은 위치선정에 고려되어야 할 사항이다.

화학물질의 특성과 위험성	사고물질이 고체나 비휘발성 액체이라면 위험구역은 상대적으로 작은 규모로써 제독구역이 사고위치에 가깝게 설치할 수 있다. 만약 매우 휘발성이 강하거나 가스일 경우 화재폭발의 위험이 있음을 고려하여 거리를 두어야 한다.
바람	대응활동자를 바람에 의한 누출물질의 이동으로부터 보호하기 위하여 제독소는 반드시 위험지역의 풍상위치에 있어야 한다.
지형	지형적으로 오염된 제독수가 깨끗한 지역으로 흘러가지 않도록 평평한 지역을 고르는 것이 좋다. 또 토양이나 기타 쉽게 흘러 오염을 시킬 수 있는 곳을 피하도록 한다.
물과 장비의 접근성	물과 필요한 장비의 조달이 용이하여야 한다. 만약 소방차와 같이 이동식 물공급원이라면 차량의 접근이 용이하여야 하며 사용하지 않을 때는 밸브를 차단하여 발생 오염수를 최소화 시켜야 한다. 이외에도 호흡기보호구 공기재충전장치, 구급차량, 폐기통 등 장비의 접근이 용이한 위치를 선정하여야 한다.

2) 제독소 설치방법

위험구역이 설정되면 대응요원들은 제독소를 먼저 설치한다.

[그림 5-177] 제독소 구성도





바. 방재약품 종류 및 특성

1) 방재약품의 종류

현재 국내·외에서 사용되고 있는 방재약품은 약 25가지 정도가 있으며, 반응성을 기준으로 중화제, 산화제, 환원제 및 흡착제로 나눌 수 있다. 방재약품으로 중화제를 사용하는 경우는 누출된 화학물질이 물과 반응하거나 공기, 토양에 노출되었을 때 산성, 염기성 물질을 생성하는 경우이다.

대부분의 중화제는 약산, 약염기이며 희석하여 사용하거나 비가연성물질과 혼합하여 사용하기도 하는데 이는 중화제를 사용하여 발생할 수 있는 2차 오염을 막기 위함이다. 또한, 방제 대상물질이 산성인 경우는 염기성 방재약품으로 처리하고 염기성인 경우는 산성 방재약품으로 처리한다. 산화제 또는 환원제는 누출된 위험물질이 환원되기 쉽거나 산화되기 쉬울 때 사용한다. 그러나 특별한 방제 메커니즘이 없는 화학물질에는 흡착과 같은 물리적 방법을 사용하는 것이 일반적이다. 일반적으로 위험화학물질이 유기화학물질일 경우엔 활성탄을 사용하고, 무기물질의 경우에는 질석, 건토, 건사와 같은 비가연성물질을 사용하며, 극성이 있는 것에는 분말시멘트나 비산회를 사용한다.

○ 중화제로 사용되는 방재약품

반응성	방재약품명	화학식
염기성	수산화칼슘(소석회, Calcium hydroxide)	Ca(OH) ₂
	산화칼슘(생석회, Calcium oxide)	CaO
	탄산칼륨(Potassium carbonate)	K ₂ CO ₃
	수산화나트륨(가성소다, Sodium hydroxide)	NaOH
	석회석(Calcium carbonate)	CaCO ₃
	중탄산나트륨(Sodium bicarbonate)	NaHCO ₃
	탄산나트륨(소다회, Sodium carbonate)	Na ₂ CO ₃
	티오황산나트륨(Sodium thiosulfate)	Na ₂ S ₂ O ₃
산성	아세트산용액(Acetic acid)	CH ₃ COOH
	염산 6M(Hydrochloric acid)	HCl

5

CBRNE
사고대응

○ 산화제·환원제로 사용되는 방재약품

반응성	방재약품명	화학적식
산화제	차아염소산칼륨(Potassium hypochlorite)	KHOCl
	차아염소산나트륨(Sodium hypochlorite)	NaOCl
	차아염소산칼슘(Calcium hypochlorite)	Ca(OCl) ₂
	아질산나트륨(Sodium nitrite)	NaNO ₂
환원제	활성탄소(Activated carbon)	C
	중아황산나트륨(Sodium bisulfite)	NaHSO ₃
	아황산나트륨(Sodium sulfite)	Na ₂ SO ₃
	고도표백분(HTH, High test hypochlorite)	Ca(ClO) ₂ ·CaCl ₂ ·2H ₂ O
	고도표백분(STB, Super tropical bleach)	Ca(OCl) ₂ +MgO

[그림 5-178] 방재약품



2) 방재약품의 적용범위

품명	적용	사용방법	비고
가성소다	· 산성물질 및 염소가스 중화	물에 희석	중화제
소석회	· 산성물질 및 염소가스 중화 · 유해물질 누출 시 임시 방유독 설치 및 흡수	중화제살포기 삽 등	흡착제 단열제
소다회	· 산성물질 중화	"	중화제 흡착제
활석분	· 액상위험물· 유해물질 누출 시 임시 방유독 설 치, 흡수 · 건조분말로 사용	"	흡착제
황산 수용액	· 염기성 물질 중화 (가성소다, 암모니아, 수산화칼륨)	물에 희석	중화제
묽은염산	"	"	"
하이포 염소산염	· 아세트알데히드 등 알데히드류 중화	"	"
팽창질석	· 알킬알루미늄, 알킬리튬으로, 팽창성, 단열성이 좋아 유해물질 누출 시 임시 방유독 설치 및 흡수	중화제살포기 삽 등	흡착제 단열제
지오 라이트	· 액상위험물· 유해물질 누출 시 임시 방유독 설치, 흡수 · 건조분말로 사용	"	"
규조토	· 유해물질 누출 시 임시 방유독 설치 및 흡수 · 건조분말로 사용	"	중화제 단열제
탄산수소 나트륨	· 유해위험물 누출 시 임시 방유독 설치 및 흡수 · 건조분말로 사용	"	흡착제 질식제
활성탄	· 독성가스 포집 (일산화탄소, 포스겐 등) · 흡착열 발생에 주의	중화제살포기 삽 등	흡착제
유화제	· 기름유출 시(경, 중질유) 기름 유출된 유면에 확산 막기 위해 오일펜스 설치 후 살포 · 해안이나 기름에 부착 시 유처리	선 살포 10~20분 후 흡착포 등으로 수거	비수용성 처리

7. 위험구역 설정

가. 위험구역 분류

1) 위험지역(Hot Zone : 오염지역) : 인명구조 및 출입통제지역

사고현장의 인접지점으로 오염농도가 현저히 높아서 재해자가 쓰러져있거나, 보호복을 착용하지 않으면 활동이 불가능한 지역으로 신체, 생명에 직접적 영향을 주는 곳이다.

이 지역에서는 인명구조, 측정, 오염물질 수거, 정밀탐지, 환자분류 및 응급처치, 국소·지역제독 등 오염확산 및 2차 인명피해를 방지한다.

실내의 경우 건축·시설물 전체로 설정하고, 실외의 경우 기상정보, 사고물질 정보 및 탐지에 의해 설정해야 한다.

출입인원은 구조대원, 유관기관 전문가(사고대응 필수요원), 군 화학 전문요원(화학분석제독차 및 군 정찰차) 등 고도로 훈련된 요원으로 제한한다. 이들은 출입통제소를 통하여 출입이 가능하며 적절한 PPE(Level A·B)를 착용 후 출입이 가능하다.

도면이나 지도에는 해당구역을 빨간색(Red)으로 표시한다.

[그림 5-179] 통제선



오염지역 통제선



준오염지역 통제선

2) 준위험지역(Warm Zone : 제독지역) : 인명대피 및 대응기관 활동 통제구역

오염농도가 기준치 이하이거나 화생방 오염농도 수준의 지역으로 화학보호복으로 보호가 가능한 지역이다. 오염지역 최외곽 경계선을 기준으로 오염지역보다 윗바람 지역에 위치하여 인명대피 및 유관기관 합동 긴급구조활동에 필요한 지역이다.

이곳은 인체 또는 환경에 잠재적 영향(허용농도 등의 잠재위험)이 있는 곳으로 오염지역과 안전지역의 사이에 위치하여 완충지대로서의 기능을 한다. 이곳에는 인체 및 장비를 제독할 수 있는 제독소가 설치되어 오염지역에서 활동하는 구조대원 및 구조된 오염환자에 대한 제독 및 응급처치를 지원하는 활동구역이다. 활동요원은 방독면, PPE(Level C) 등 최소한의 기본장비를 착용하고 진입한다. 또한 현장지휘소를 설치할 때는 풍향 등을 고려하여 설치한다.

도면이나 지도에는 해당구역을 노란색(Yellow)으로 표시한다.

3) 안전지역(Cold Zone : 현장지휘) : 비상자원운영 일반인, 차량 출입 제한구역

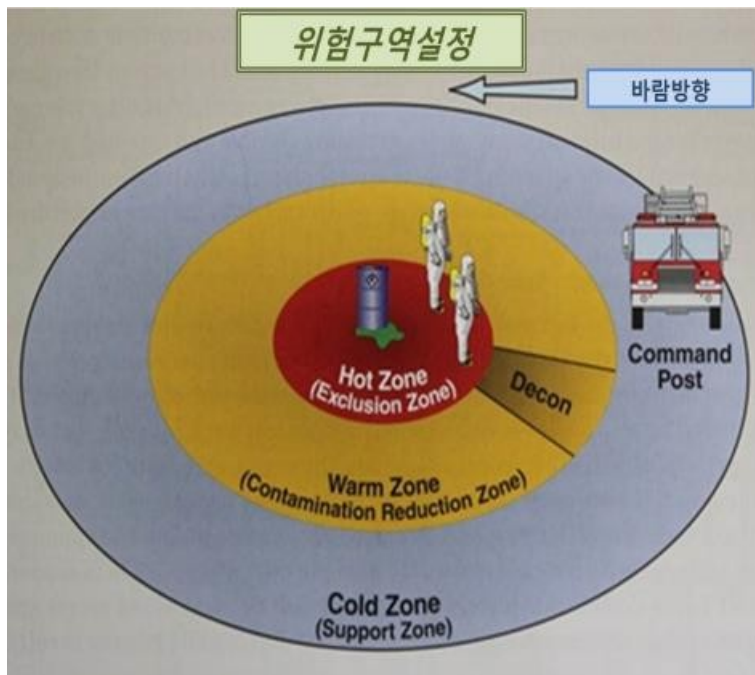
준오염지역 최외곽 경계선을 기준으로 준오염지역보다 윗바람지역에 위치하여 현

장지휘, 환자후송, 지원기관, 자원봉사자 활동 등 사고대응을 위해 필요한 인력과 장비가 설치·운영되는 지역이다. 이 지역에서는 현장지휘소, 급식소 및 임시휴게소 등의 운영이 가능한 지역으로 비교적 안전한 지역이지만, 개인보호장비는 휴대하여야 한다.

출입인원은 구조대원, 경찰, 유관기관 요원, 허가된 방송신문기자, 자원봉사자, 비상대응요원과 구급차, 지휘차, 비상지원차량, 급식차 등 관계차량으로 제한하여야 한다. 사고 발생 즉시 광범위하지만 비상통제선을 확보하여야 한다. 이 지역은 인원, 차량, 장비 등 경찰력에 의해 통제되는 지역으로 지휘본부 및 지원시설이 설치된다. 보호복은 일발 내화학복(Level C) 및 안전화를 착용하여야 하며, 도면이나 지도에는 해당지역을 하늘색(Blue)으로 표시한다.

위험지역	준위험지역	안전지역
A·B급 화학 보호복	보호복 Level B·C	보호복 Level C
구조대	구조·제독대	지휘·진압·구급

[그림 5-180] 오염구역 설정



5

CBRNE
사고대응

나. 위험구역 설정 기준

위험지역 (Hot Zone)	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질 사고지역으로부터 30~100m 지점 - 화학사고시 오염물질의 농도가 TWA(1일8시간 작업가능한 농도) 이상인 지역 - 생물사고시 오염지역 및 건물전체 - 방사능사고시 오염농도가 20μSv/h 이상인 지역
준위험지역 (Warm Zone)	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질 사고지역으로부터 100~200m 인 지점 - 화학사고 오염물질의 위험농도가 TWA(1일8시간 작업 가능한 농도) 이하인 지역 - 방사능사고시 오염농도가 2μSv/h 이상인 지역
안전지역 (Cold Zone)	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질 사고지역으로부터 200m 이상인 지점 - 화생방 오염이 없는 깨끗한 지역 - 사고현장 지휘 및 관리에 필요한 최소한의 지역

※ 위험구역설정은 위험물별 초기이격 및 방호활동거리를 참고한다.

다. 위험구역 설정 방법

1) 119신고자에 의해서 유독·위험물질 누출사고 물질정보를 인지한 경우

상황실은 「화학물질 사고대응정보시스템(CARIS)」을 통해서 기후, 확산방향, 통제지역의 정보를 수집하여 선착대에게 알린다.

- 선착대 또는 긴급구조지휘대는 우선 주민통제·대피를 시켜야 한다.
- 감식·탐지에 의해서 사고물질이 측정·확인되는 경우 최초 위험구역을 신속히 조정해야 한다.

2) 유독·위험물질 누출사고 현장에서 물질정보를 취득한 경우

- 관계자, 물질안전보건자료 MSDS, 물질정보 GHS를 통해서 정보를 수집할 수 있다.
- 선착대 또는 긴급구조지휘대는 ERG북을 이용해서 물질의 방호·이격거리를 설정하고 출동차량을 재배치해야 한다.
- 상황실로부터 제공되는 사고지역의 기상, 오염확산방향 등의 정보를 대응활동에 적극 활용해야 한다.
- 감식·탐지에 의해서 사고물질이 측정·확인되는 경우 최초 위험구역을 신속히 조정해야 한다.

3) 유독·위험물질 누출사고 현장에서 물질정보를 모르는 경우

- 선착대 또는 긴급구조지휘대는 건축·시설물의 경우 건축시설물의 개구부를 기준

으로 전체 지역을 통제한다.

- 상황실로부터 제공되는 기상정보에 의하여 광범위하게 설정한다.
- 사고의심물질은 독성물질로 가정하여 임의 설정하여야 한다.
- 감식·탐지에 의해서 사고물질이 측정·확인되는 경우 최초 위험구역을 신속히 조정해야 한다.

제6절 전문대응과정(Technician)

1. 누출통제(Spill control)

누출통제(spill control)는 유해물질로 인한 더 이상의 오염을 방지하거나 유해물질의 접촉을 막기 위해서 통제 혹은 유지시키기 위해서 취하는 조치이다. 중화와 같은 누출통제전략은 물질의 접촉으로 야기되는 피해의 양을 최소화하는 방법이다. 누출통제방법에는 방어적 전략과 공격적 전략으로 나눌 수 있다. 흔히 방어적 전략이 만족스러운 결과를 가져오지 못하거나 근로자가 화학약품 노출 가능성으로 인해 큰 위험에 직면할 때에는 공격적 전략이 시행되곤 한다.

전형적인 공격적 전략으로 간주되는 봉쇄는 대응자가 위험지역에 투입되어 누출 원천을 통제해야 함으로 아주 위험한 활동으로 간주된다. 예로는 누출용기 똑바로 세우기, 용기 뚜껑과 밸브 닫기와 조이기, 용기 외판의 플러깅과 패칭, 그리고 밸브 분리나 펌프장치 중단에 의한 용기의 압력 저감을 포함한다.

이러한 방법은 철저한 위해 및 위험평가를 수행한 후에만 승인되어야 한다. 어떠한 비상사태에서도 불합리한 위험을 감수할 만한 가치는 없다. 위험지역으로부터 신속한 철수는 언제나 열려 있는 선택사항이다.

○ 누출통제활동 시 고려사항

1. 유해물질의 종류(사건의 형태)
2. 물리적 형태(고체, 기체, 액체)
 - ※ 대부분의 고체는 봉쇄하기 쉬운 형태이며, 고증기압 액체와 가스상 물질은 현장 대응자가 대응하기 어려운 상황이다.
3. 위해요인 고려
 - ※ 가연성물질을 다루는 작업 또는 인근에서 대응시 물공급원 확보
4. 대응자와 민간인에 대한 위험상황 고려
5. 활동을 수행할 진입팀의 훈련 수준과 신체적 능력치 고려
6. 누출통제 활동을 위해 특수한 도구나 장비의 필요성 확인
 - ※ 누출방지 키트나, 스파크를 유발하지 않는 도구 등
7. 사고가 발생할 경우 대응자는 비상치료 및 오염제거 준비

※ 위의 누출봉쇄 고려사항에 대한 충분한 정보나 자원을 확보하고 현장지휘관이 안전한 대응 활동수행이 가능하다고 판단할 때까지는 모든 상황을 미루어야 한다.

2. 누출통제방법

가. 방어적 전략

인력, 장비 등을 적게 투입하여 누출, 유출된 화학물질의 방향전환이나 제방쌍기와 같은 구체적인 활동의 유형으로 확산을 제한하는 쪽으로 대응노력을 기울이는 방법이다. 일반적으로 방어적인 방식은 현장대응자를 공격적인 방식보다는 위험상황에 덜 노출시키는 장점을 가지고 있다.

나. 공격적 전략

자원을 누출, 유출에 투입하여 신속하게 문제를 통제 내지 완화하도록 기도된 특정한 유형의 공세적인 활동으로 정의된다. 공격적인 활동은 현장대응자를 위험에 처하게 할 수 있지만, 조치활동을 빠르게 진행하여 유출을 신속하게 제한 내지 봉쇄할 수 있다.

방어적 전략

- 흡수/흡착 (absorption/ adsorption)
- 덮기/커버링(blanketing/covering)
- 댐 작업/도랑 작업(daming/diking)
 - 오버플로 댐(overflow dam)
 - 언더플로 댐(underflow dam)
- 희석(dilution)
- 우회(diversion)
- 보유(retention)
- 증기 확산(vapor dispersion)
- 증기 억제(vapor suppression)

공격적 전략

- 중화(neutralization)
- 오버패킹(overpacking)
- 패칭/플러깅(patching/plugging)
 - 마개 누출(bung leak)
 - 구멍(punctures)
 - 테두리 누출(chime leak)
- 응고(solidification)

○ 공격적 전략이 요구되는 상황

1. 유해화학물질이 증기나 가스이고 그 용기로부터 멀리 이동한다.
2. 유해화학물질이 고체, 분말형태이고, 기상조건으로 인해 현장에서 멀리 운반되어질 위험이 있다.
3. 방어전술을 시도했으나 바람직한 결과를 얻지 못했다.
4. 현장상황이 악화되어 시간이 경과함에 따라 위험이 가중되고 있다.

○ 누출봉쇄 시 고려사항

1. 누출을 봉쇄하기 전에 방출속도를 최대한 줄인다.(용기의 압력 낮춤)
 2. 배관의 경우 상부 및 하부의 밸브위치 확인·점검하여 누출 차단
 3. 용기의 개구부 점검(뚜껑, 마개 등을 조여줌)
 4. 누출이 일어난 액체용기를 바로 세우는 형태로도 누출 중단 가능
 5. 용기의 구멍을 용기내 물질보다(액상, 고상) 위쪽으로 가도록 위치를 바꿔줘서 유해물질의 누출을 줄임
 6. 액화가스(염소, 암모니아 등)형태의 용기에서 누출이 발생할 때 누출물질의 형태를 액체보다는 증기형태로 다루도록 용기를 돌려준다.
- ※ 액체형태로 누출되면 상황이 심각해지고, 위험지역도 확대된다(염소의 액체/증기 팽창 비는 460대 1, 암모니아 850대 1)

CBRNE
사고대응

방어적 누출봉쇄전략은 이미 용기에서 흘러나온 유해물질을 억제하기 위해서 사용된다.



공격적 누출봉쇄전략은 오버패킹과 같이 용기로부터 유해물질이 흘러나오거나 다른 용기로 흘러들어가는 것을 차단하기 위해서 사용된다.

○ 흡수/흡착(absorption/ adsorption)

액체를 흡수해서 머금기 위해 흡수제를 사용하는 처리 기술이다. 유독물질을 고체 흡수제를 사용하여 빨아들인다. 흡수된 유해물질은 sorbate(소르베이트/흡수된 물질)라고 불리는 반면, 유해물질을 흡수하는 물질은 sorbent(소르벤트/흡수제)라고 불린다. 반드시 흡수제는 불활성이어야 한다. 흡수제는 유해한 폐기물로 다뤄져야 하고 오염된 즉시 폐기절차에 따라서 적절하게 없애야 한다. 일반적으로 시중에 시판중인 케미컬 흡착제(Chemical Sorbents)를 사용 할 수 있으며, 흡수제가 없을 시 모래 및 흙으로 대처할 수 있다.

○ 덮기/커버링(blanketing/covering)

물리적 제한 방법으로 고체상의 분말 유출시 플라스틱 덮개나 방수천을 씌워서 바람에 의한 날림을 방지하는 방법이다. 화학물질 운반트럭의 전복 또는 상하차 작업 시 사고에 의한 화학물질 보관용기의 낙하·파손으로 고체상 화학물질이 유출될 경우 물과의 반응성을 고려해야하며 특히 우수로, 하수관거, 하천으로 유입차단이 가장 우선되어야 한다. 커버링을 통한 조치는 임시방편임으로 신속하게 추가적인 조치를 취함으로써 유출된 화학물을 안전하게 처리할 수 있다.

[그림 5-182] 덮기(커버링)



○ 댐작업(daming)

물질이 넘치는 양을 줄이거나 막기 위해서 댐을 만들어서 물리적으로 가두는 방법이다. 댐 방법에는 오버플로 댐(overflow dam)과 언더플로 댐(underflow dam)의 두 가지가 있다.

[그림 5-183] 댐작업

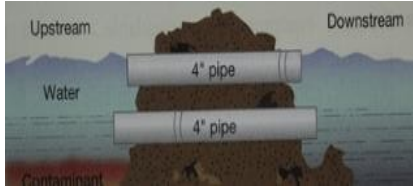


누출된 연료의 댐

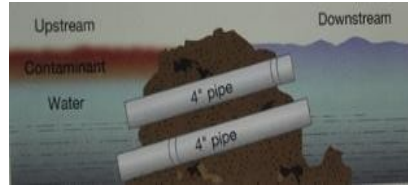


댐작업

<p>오버플로 댐 (overflow dam)</p>	<p>댐 뒤에 물보다 무거운 물질(비중>1)이 가라앉았을 때 가두는 방법으로 오염되지 않은 물이 댐 윗부분으로 넘쳐흐를 수 있도록 한다. 이 방법은 천천히 흐르는 좁은 수로에 가장 효과적이다.</p>
<p>언더플로 댐 (underflow dam)</p>	<p>PVC 파이프를 사용해서 댐 뒤의 오염물질이 유지되는 동안 오염되지 않은 물이 댐 아래로 흐를 수 있도록 한다. 이 방법은 천천히 흐르는 좁은 수로에 가장 효과적이다.</p>



오버플로우



언더플로우

○ 희석(dilution)

액체 또는 고체 오염물질의 농도를 줄이기 위해서 물 또는 다른 용해제를 사용하는 처리과정이다. 희석작업을 위해 가장 자주 사용되는 물질은 물이며, 일반적으로 많은 양을 즉시 이용가능하다. 그러나 희석작업은 위험물질의 화학성분이 감소되기만 하고, 제거된 것이 아니므로 때문에, 누출된 액체를 쓸어 담아야 하고 제대로 폐기처리 되어야 한다.

○ 우회작업(diversion)

누출된 화학물질이 주민과 주변 환경에 피해가 최소한으로 일어날 수 있는 지역으로 이동하도록 의도적으로 장소를 바꾸는 통제형태이다.

누출지역의 지표면 또는 하수로에 장벽을 쌓아 지표면을 흐르는 화학물질 앞에 흙 또는 각종 물품을 활용하여 쌓아서 방향을 바꾸는 물리적인 방법이다. 장벽은 실제 누출되는 화학물질보다 먼 거리에 위치한 곳에 구축하여 물질이 우회하기에 충분한 시간이 걸리는 곳에 설치하여야 한다. 최종 지점에서의 안전한 처리를 위해 일부 지역의 오염을 감수해야 되며, 하천과 수로에서는 유출물을 흡수 또는 포집할 수 있는 지역으로 유출물의 방향을 전환해야 한다. 방향을 전환하기 위한 장벽은 접근하는 유출물의 각도와 속도를 고려해야 하며, 유속이 빠를수록 속도를 완화하고 방향을 전환하기 위해서는 장벽의 길이와 각도가 커야한다. 빠르게 흐르는 유출물의 경우 각도를 크게 하여 효과적인 전환을 유도해야 한다. 일반적으로 60도 정도의 각도가 빠른 속도의 누출을 우회 시키는데 많이 이용되어왔다.

[그림 5-185] 방지독 우회작업



○ 보유(retention)

보유는 제어하는 다른 장벽 방법이다. 이 방법으로는 물질을 일시적으로 나중에 흡수할 수 있고, 중화할 수 있고, 희석할 수 있는 장소에 보유하는 것이다. 보유는 논의된 장벽방법 중에 가장 보편적으로 사용되고 효과적인 방법이다.

○ 증기 확산(vapor dispersion)

물분무, 화학적 억제제 등을 사용해서 증기를 확산시키거나 제거하는 방법으로 수용성 물질(ex. 무수 암모니아)에 효과적이다.

○ 증기 억제(vapor suppression)

누출된 물질로부터 생성되는 증기를 줄이거나 제거하기 위한 물리적 가둠의 방법이다. 일반적으로 그것은 공격적 방법으로 가연성, 부식성, 독성으로 증기가 발전하는 것을 완화시키고 대기에 노출된 표면적을 줄이기 위한 것이다. 증기억제는 일반적으로 유해물질의 성분을 변화시키지는 않지만, 통제되지 않은 증기와 연관된 직접적인 피해를 크게 줄일 수는 있다.

[그림 5-186] 증기확산





○ 중화(neutralization)

누출된 화학물질에 제2의 물질을 가함으로써 화학적 반응을 일으켜 덜 해로운 물질 형태로 중화시키는 화학적 방법이다. 가장 일반적인 예로서 누출된 산에 염기물질을 가하여 중화염을 생성시키는 것이 있다.

중화의 큰 장점은 방출되는 유해 증기가 현저히 감소된다는 것이다. 어떤 경우는 유해물질이 전혀 해롭지 않은 형태로 전환될 수도 있고, 적은 비용과 노력으로 쉽게 폐기 처리할 수 있다. 그러나 산과 염기가 섞이는 초기 단계에는 독성, 가연성 증기 발생뿐만 아니라 다량의 열을 발생시킬 수도 있다.

[그림 5-188] 중화



※ 중화적용 시 유의점

1. 누출된 유해물질의 종류를 적극적으로 확인한다.
2. 해당물질의 물리적, 화학적 성상을 조사한다.
3. 중화제의 적용 후에 우수와 함께 흘러가는 것을 막기 위하여 유출이 통제되고 가두어졌는지 확인이 필요하다. 일단 중화작업이 시작되면 반응의 완결을 위한 충분한 양의 중화제가 확보되어야 한다.

어떤 유해물질 누출에 대해 중화처리를 하려할 때 사용할 중화제를 선정하는데 몇 가지 사항을 고려해야 한다. 이것은 어떤 물질이 다른 물질보다 환경에 더 친화적이기 때문이다. 중요한 관심사항은 생분해성 및 중화 후 잔류물질과 잔류 산·알카리 유해성 여부이다. 환경 관점에서 가장 선호되는 중화제는 탄산소다 계통(산 유출에 대하여)과 유기산(알카리 유출에 대하여)이 있다. 수산화나트륨과 염산 등은 생분해성 물질을 생성하지 못하고 잔류물의 안전성을 확보하기가 매우 힘든 물질이다. 만약 유출이 환경적으로 민감한 지역에서 발생한다면, 전문가로부터 사용할 중화제에 대한 조언을 받는 것이 좋다. 부식성물질 유출은 가장자리에서부터 내부 방향으로 중화제를 삽입하여 나간다. 그럼으로써 대응활동자의 안전을 먼저 확보할 수 있다. 적절한 보호의를 입었다 할지라도 유출된 곳을 통과하여 걷는 것은 피해야한다. 중화제를 지나치게 많이 사용해서 본래의 산성 유출물 대신 많은 부식성 유출물을 발생 시킬 수 있다는 점을 간과해서는 안 된다. 어떤 염기성 물질의 유출은 다양한 종류의 묽은 약산을 사용하여 중화시킬 수 있다. 그러나 이러한 기술은 제품 전문가의 조언 없이 적용하는 것은 좋지 않다. 전문가의 중화제는 가능하면 다량으로 구입하고 지정장소에 보관한다.

○ 오버패킹(overpacking)

누출이 발생한 드럼, 용기 또는 실린더를 손상되지 않은 대형의 오버패킹 컨테이너 속에 넣는 물리적 봉쇄 방법이다. 액체 용기에 사용되지만 염소와 같은 일부 압축가스 실린더에도 사용할 수 있다. 액체 오버패킹 컨테이너는 강철과 폴리에틸렌으로 제작되며 실험실용 팩에서 드럼에 이르기까지 그 범위는 다양하다. 가능하면 오버패킹 컨테이너 속에 용기를 넣기 전에 누출되는 곳을 일시적으로 수리해야 한다. 오버패킹 컨테이너 속에 넣는 방법은 밀어넣기와 굴러 밀어넣기 방법이 있다. 밀어넣기는 용기가 수평으로 있을 때 실시할 수 있으며, 대응자가 누출용기의 끝을 들어올려 오버패킹 컨테이너 안으로 들어오도록 한 후 용기를 똑바로 세우는 방법이다. 굴러 밀어 넣기는 용기를 밀어서 굴리는 동작으로 누출 용기가 오버패킹 용기에 들어가게 하는 방법이다. 똑바로 세울 때는 누출용기의 무게가 중요한 변수이다. 용기의 크기와 무게에 따라서 오버패킹 형태가 달라질 수 있고 이는 현장대응 시 고려사항 중 하나이다. 누출이 발생한 드럼을 오버패킹 하는 방법은 다음과 같다.

[그림 5-189] 오버패킹

CBRNE
사고대응

밀어넣기



굴러 밀어넣기

※ 실린더형 오버패킹 장치는 압축가스회사 및 업체 대응팀에 의해 누출 실린더 통제 및 수송에 사용된다. 일단 실린더가 이중 포장되면 취급 및 폐기를 위한 시설물이나 기타 장소로 수송할 수 있다. 실린더형 오버패킹 컨테이너는 쉽게 이용할 수 없다는 점, 이동과정에 아주 많은 시간이 걸린다는 점, 그리고 제작이나 구입에 많은 비용이 든다는 몇 가지 단점을 가지고 있다.

○ 패칭/플러깅(patching/plugging)

균열부위에 재료나 장치를 놓아 유해물질이 용기에서 나오지 않게 하는 것이다. 패치는 상용 및 가정에서 만든 장치를 포함할 수 있고 용기 외판, 배관시스템 및 밸브에서의 누출 수리에 사용된다. 패치는 관련 화학약품과 양립할 수 있어야 한다. 패치는 플러그와 마찬가지로 현장에서 제작할 수도 있지만, 미리 각종 장치를 만들어 출동차량에 휴대함으로써 많은 시간을 절약할 수 있다.

[그림 5-190] 패칭과 플러깅



플러깅



패칭



○ 패칭활동시 고려사항

1. 균열 부위보다 최소 1.5배 크기가 큰 패칭 장치를 고려해야 한다. 너트, 토글 볼트, T-볼트 등을 사용하는 더 작은 장치는 질 때 용기 안으로 밀려들어갈 수 있다.
2. 패치는 관련 유해물질과 양립할 수 있어야 한다. 특히 부식성 물질을 취급할 때는 더욱 그렇다.
3. 패치 작업을 위한 계획은 공기공급원 작동시간을 꼭 염두에 두어야 한다. 몇 번의 진입 작업이 필요할 수도 있으며, 진입팀은 한 명이 항상 작업을 수행하고 또 한 명은 대기하고(즉, 백업팀), 세 번째 사람은 작업 흐름에 참여할 준비를 갖추어야 한다.
4. 패칭작업이 복잡하고 시간이 허락하면 진입팀이 Cold zone(안전지역)에서 패칭작업을 시험해 보도록 하는 것을 고려해야 한다. 적절한 도구와 장비를 갖추고 모든 현장대응요원에게 진입 및 패칭작업에 관해 상세하게 설명해야 한다.
5. 액체용기를 다룰 때에는 플라스틱과 금속의 균열 형태가 서로 다르고 그에 따라 수리 방법도 상이하다는 것을 항상 인식해야 한다.

○ 다양한 누출형태

- bung leak (마개누출)
- punctures (구멍)
- chime leak (테두리 누출)

5

[그림 5-191] 다양한 형태의 누출차단

CBRNE
사고대응

bung leak



A
마개가 있는 부분이 위로 가게 드럼을 세우거나 굴린다.



B
적당한 마개렌치를 찾아서 누출이 멈추거나 줄어들 때까지 조인다.



C
새로운 마개로 대체하거나 기존의 마개를 재사용한다.

punctures



A
구멍의 위치가 액체의 수위보다 높은 곳에 있도록 드럼을 굴린다.



B
누출부위에 맞는 T볼트 플러그를 사용해서 막는다.



C
플러그 접합 부위의 미세한 누출을 막기 위해서 화학적 패칭을 사용한다.

chime leak



용기의 테두리 부분이 위로 갈 수 있게 드럼을 굴리거나 세운다. 용기를 묶기 위해서 양립가능한 화학적패치를 사용한다.

○ 응고(solidification)

액체 또는 점선 물질을 고체로 만들어 주는 과정이며, 오염물질이 화학적으로 결합 또는 캡슐화되며 다른 물질로 변형되는 과정을 말한다. 소량의 위험물질 누출 시 비교적 신속하게 사용할 수 있으나 응고제가 선택되기 전에 전문적인 조언과 화학적 반응에 대한 위험성을 판단 후 사용하여야 한다.

다. 누출방지장비

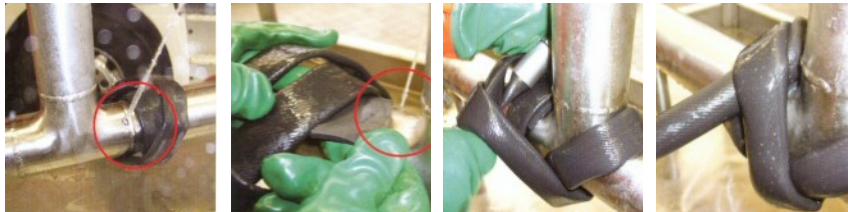
1) 고압누출방지호스(Sealing hose)

고압 파이프 라인 연결부에서 화학물이 누출될 때 사용되는 장비이다. 크기가 큰 장비가 접근하기 어렵거나 작동압력이 최대 10bar인 경우에 적용된다. T자 파이프 또는 장비를 전개하기 어려운 연결부에 사용하고 호스길이가 3가지로 다양하여 여러 가지 파이프 직경에 사용할 수 있다.

[그림 5-192] 고압누출방지호스



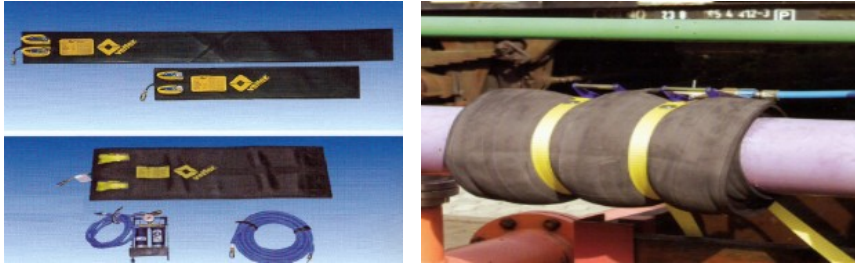
[그림 5-193] 고압누출방지호스를 활용한 누출차단



2) 누출방지밴드(Leak Sealing Bandages)

파이프 라인이 손상되어 유독물질이 배출될 때 필요한 장비이다. 크기에 따라 직경 5~48cm 또는 19~38cm 인 파이프나 컨테이너에서 누출이 발생할 때 사용하며 탱크 옆면에 틈이 길게 발생했을 때도 사용할 수 있다. 발뽀프로 팽창시키고 사용하기 간편하다. 정전기 방지와 난연성 재질로 만들어 졌다.

[그림 5-194] 누출방지밴드

CBRNE
사고대응

3) 누출방지백(Leak Sealing Bags)

직경이 48cm 이상인 파이프, 컨테이너, 탱크로리, 드럼, 보관탱크의 누출부분을 막을 때 사용하는 장비이다. 폴리아미드 강화판으로 만들어 젖으며 벨트는 폴리에스테르 재질이며 인장강도는 4톤, 넓이는 5cm 이다.

[그림 5-195] 누출방지(배수)백



4) 미니누출방지백(Mini Leak Sealing Bags)

직경 10~90cm인 소형드럼, 파이프, 통에서 오염물이 누출될 때 사용한다. 두께가 1.2cm 이고 발 펌프로 5~15회 정도 작동하면 충분할 정도로 공기 소요량이 적고 정전기 방지와 화학물질에 강한 내성이 있다.

5) 진공누출배수백(Vacuum Leak Sealing Bags)

표면이 깨끗하고 부드러우면서 약간 굽은 탱크로리나 대형 탱크에서 누출 부분을 막고 유해화학물질을 배출하여 수거할 때 사용한다. 탱크의 표면이 거칠거나 이음부분 등은 실제 진공으로 백을 고정시키기가 사실 쉽지 않다.

[그림 5-196] 진공누출배수백



6) 누출방지창(Leak Sealing Lance)

탱크로리 등에서 누출이 발생하였을 때 창을 구멍 난 부분에 찔러 넣고 연결파이프 뒤에 공기압 호스를 연결하여 발펌프로 팽창시켜 1인이 즉시 누출을 막을 때 사용하는 장비이다.

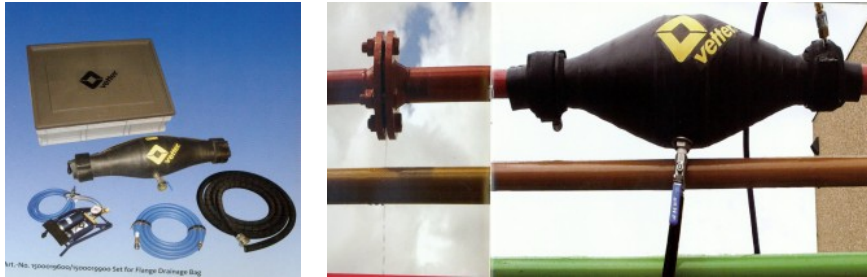
[그림 5-197] 누출방지창



7) 플랜지배수백(Vacuum Leak Sealing Bags)

플랜지 누출부를 완전히 감싸서 누출을 막는다. 가스와 액체에 잘 견디는 지퍼를 이용해서 배수백을 쉽게 잠글 수 있고 스테인리스 스틸 재질의 볼 밸브를 통해 화학 물질을 배출하여 수거한다.

[그림 5-198] 플랜지 배수백



8) 리프팅겸용 누출방지슬리브(Lifting and Sealing Sleeve)

두 가지 기능이 있는데 한 가지는 누출되는 유해화학물질을 봉인할 수 있는 기능이 있고 또 한 가지는 누출되는 드럼을 임시보관통으로 옮겨서(리프팅) 이동할 수 있는 기능이다.

[그림 5-199] 리프팅겸용 누출방지슬리브



9) 누출방지 슬리브 세트(Pipe Sealing Sleeves)

작동압력이 16bar 이내인 파이프라인에서 누출이 발생하였을 때, 사용하는 장비이다. 화학공장이나 상수도 또는 지역난방공장 등에서 사용할 수 있다. 열(최대 80°C)에 오래 견딜 수 있으며 내부는 에틸렌 프로필렌 디엔 고무실링 등으로 되어 있어 설치하기가 용이하며, 압력이 최대 16bar(수압)인 경우까지 사용할 수 있다.

[그림 5-200] 누출방지슬리브



10) 누출방지분드(Leak Sealing Paste), 누출방지테이프(Leak Sealing Tape)

화학물질이나 석유화학물질이 밸브소켓이나 파이프 플랜지 등에서 흘러나오는 것을 초기에 응급 처치하여 더 이상의 누출을 막는 데 사용하는 장비이다. 그러나 파이프 내 물질의 압력이 어느 정도 발생하는 설비에는 적응성이 없으며, 수용성이라 물이 누출방지에는 적합하지 않다.

분드의 경우 0.4bar(5.81psi)까지 압력을 견딜 수 있으며, 녹슨 곳, 기름이 많은 곳, 지저분한 곳에서도 사용할 수 있다.

[그림 5-201] 누출방지분드와 누출방지테이프



11) 파이프실링백(Gully Sealing Bags)

유해화학물질이 배수로로 유출되는 것을 막기 위한 장비이다.

CBRNE
사고대응

[그림 5-202] 파이프실링백



12) 누출물 진공수거기(Permanent Aspirator)

오염물을 흡입함과 동시에 수거용기에 배출하는 장비이다. 흡입호스는 (길이:4m, 내경:3.8cm) 뜨거운 오일에도 강한 저항력을 지닌 고강도 플렉서블(flexible) 재질로 되어 있다.

[그림 5-203] 누출물 진공수거기



13) 오염물수거 컨테이너(Pneumatic Collection Containers and Tanks)

신속하고 안전하게 유독물질을 임시적으로 보관할 수 있다. 화학물질에 강한 내성이 있으며, 신속하게 설치가 가능하다. 과도한 팽창을 방지하기 위하여 안전밸브가 내장되어 있으며 작동 압력이 0.5bar로 낮다.

[그림 5-204] 오염물수거 컨테이너



14) 누출물 수거용 통

드럼 내부에 에폭시 페놀(Epoxy-Phenol)이 코팅되어 있으며 덮개는 고무 개스킷을 설치하여 밀폐가 용이다.

[그림 5-205] 누출물 수거용 통



15) 누출물 수거용 장구

질기고, 탄력성이 있는 폴리프로필렌(polypropylene) 재질로서 스파크 방지 처리가 되어있고 경량으로서 뛰어난 내화학성과 내균성이 있다. 또한 화학재해용 삼은 녹이 안 슬고 쉽게 파손되지 않는 특수재질로 되어 있고 탈·부착 가능한 강화 플라스틱 자루로 되어 있다.

[그림 5-206] 누출물 수거용장구류



16) 수거 컨테이너(Collection Container)



2. 시료채취 및 탐지

사고현장에서의 주위 오염기준을 판단하고 통제구역 범위를 판단하여 지역조사와 제독지원을 하기 위해서 시료채취를 하는 것이다. 만약 감시장치로 물질의 정보를 얻지 못한다면, 대응자는 샘플을 채취해서 좀 더 세부적인 분석을 위해서 연구소로 보내거나 필드테스트를 수행한다. 만약 범죄나 테러와 관련이 있는 사고였을 경우, 샘플은 증거로서 수집되어야 한다. 고체, 액체 샘플이 대부분이지만, 가스와 생물학적 물질의 샘플 수집도 가능하다.

가. 시료채취 시 고려사항

1) 현장 정보 수집

- 사고 및 물질 유형
- 현장 대응 인력
- 현장 기록
- 포장문구(Label)
- 현장지도

2) 현장에서의 고려사항

- 물질의 상태
- 고체·액체, 증기
- 날씨 상태
- 누출의 유형 및 상태

3) 시료정보 확인

- PID 또는 소형탐지장비를 통해서 시료채취대상 물질 선별
- 물질을 발견한 최초 대응팀의 설명을 통해서 시료정보 확인
- pH 용지를 이용해서 물질의 반응을 확인
- 탐지장비에 나타난 표시로 시료와 관련된 잠재적 위험에 대한 추가정보 확인
- 시료 양
- 고농도 또는 순도 100% 공업 액체 화합물, 액체 화학물질, 미확인 액체인 경우 : 1 μ l(마이크로 리터)~1ml 정도가 적당
- 환경농도의 액체시료(environmental concentrations of liquid samples)인 경우 : 60ml 정도가 적당
- 고체시료(토양, 슬러지 등)인 경우 : 시료 용기 가득 채운 양이 적당
- 기타 고체시료(목재, 페인트 벗겨진 것) : 1g 정도 적당
 - 자기오염을 최소화하기 위해서 용기를 얹지르지 않도록 주의

- 방사능 시료의 봉투 당 방사능 검지기(radiological swipes)가 하나씩 들어있다.
- 닦아서 시료를 채취한 경우, 용기 하나 당 한번 씩만 닦아 담아야 한다.

5) 오염방지

- 수집된 샘플은 잠재적인 교차오염을 방지하기 위해서 아직 사용하지 않은 기구와 장비, 다른 화학물질로부터 떨어진 곳에 보관하거나 이동해야 한다. 교차오염은 수집 중에서 가장 주의해야 하는 사항이다. 시료채취 중 교차오염이 발생된 경우에는 수집된 시료는 효용성을 떨어뜨리고, 시료채취절차는 신뢰를 잃게 된다. 시료의 교차오염을 최소화하기 위해서는 몇 가지 주의사항이 필요하다.
- 밀봉(봉인)한 용기를 필요시까지 절대 열지 않도록 한다.
- 샘플기구와 샘플채취 시 착용한 장갑은 각각의 샘플 당 하나씩 사용한다. 샘플 기구를 재사용하지 않는다. 생물샘플은 살균한 용기에 수집하고, 일반 화학샘플은 깨끗한 용기에 수집해야 한다.
- 각 시료를 채취하는 중간에 장갑의 오염을 제거하거나 팀을 교체(레벨A 보호복을 입지 않고 있는 경우)하도록 한다.

6) 시료의 취급(handling) 및 이송

- 채취된 시료는 직사광선과 열로부터 보호하고 가능한 차갑게 유지시킨다.
- 만약에 시료가 차갑다면, 차갑게 유지시키지만 냉동하지 않는다.
- 만약에 시료가 따뜻하다면, 차갑게 유지시키지만 냉동하지 않는다.
- 어느 시료라도 보존처리(preservation)를 하지 않는다.
- 채취된 시료는 빠른 시간 내에 안전한 방법으로 분석기관에 인계한다.
- 채취된 시료는 미리 정해진 방법으로 표시를 하고 상세한 시료채취 보고서를 작성한다.

나. 시료채취 장소

시료는 오염물질의 독성을 대표할 수 있는 곳에서 채취한다. 시료대상 화합물의 성질을 잘 알고 있다면 시료채취 장소를 적절히 판단할 수 있고 따라서 그 장소에서 다양한 정보를 얻을 수 있다. 또한 수집하고자 하는 시료를 생산·보관하기 위해서 사용한 제품 또는 장비는 그 잔여물을 포함하고 있을 수 있다.

- 화학물질이 방출 또는 사용된 장소

- 방출 또는 사용이 이루어진 장소
- 물질과 그 주변 환경 사이에서 누출 혹은 반응의 징후가 있는 장소
- 잔여물 채취가 가능한 용기의 뚜껑과 같은 구멍
(용기를 타고 흘러 밑에 쌓인 누출물도 잔여물 가능성이 있다)

다. 시료채취 도구

유해화학물질 사고 발생 시 시료수집을 위한 장비이다. 시료채취 위치를 선정 한 후 상황을 파악하여 적절한 시료채취장비를 사용하여 시료를 수집한다.

1) 시료채취 장비세트



[그림 5-207] 시료채취 장비세트



○ 시료채취장비세트 구성품

[그림 5-208] 시료채취 장비구성품

고체 시료 채취		<ul style="list-style-type: none"> - 외부 플라스틱 용기와 내부 유리용기(50m l)(각3개) : 고체/액체 상태의 시료를 담을 때 사용한다. - 스푼, 손잡이(3개) : 토양 및 분말상태의 시료를 긁거나 퍼담을 때 사용 - 스푼(3개) : 고체 상태의 시료를 담을 때 사용 - 메스 : 시료를 자르거나 긁어낼 때 사용
표면 시료 채취		<ul style="list-style-type: none"> - 외부 플라스틱 용기와 내부 유리용기(각3개) - 알코올 거즈 : 수집 시 사용도구를 소독할 때 사용 - 와이어형 집게(2개), 안테나식 집게(2개) 도구가 닿지 않는 부분의 시료 수집 시 거즈 결합 후 사용 - 가위형 집게 : 거즈 결합 후 액체시료 수집 시 사용

<p>액체 시료 채취</p>		<ul style="list-style-type: none"> - 60m l 주사기(6개) - 16g 바늘(6) : 주사기 결합 - 추(3) : 액체의 유면 아래로 튜빙관을 가라 앉게 한다.
<p>기 타</p>		<ul style="list-style-type: none"> - PH 검지지 : 검지지를 액체시료에 담가 나타나는 색깔을 비교하여 PH 1-11 사이의 PH 수치를 측정한다. - PH테스트 페이퍼 : 수집시료의 산성도 측정 - 화학탐지지 : 액체시료에 대한 화학작용제 여부 확인 - 니트릴 장갑 : 수집자 손의 오염방지 - 보안경, 나침반, 줄자, 볼펜, 후레쉬, 온도계 - 클립보드, 유성펜, 시료라벨, 수집보고서, 방수노트, 비닐커버(바닥), 비닐팩(over-pack), 제독포(수집용기 외부 제독용) - 튜빙관(길이 25인치 투명하고 가는 호스) - 시료후송가방 : 시료수집 후 시료 이동시 사용

2) 배경시료(BACKGROUND SAMPLES)

배경시료의 목적은 목표물질을 확인할 때 비교를 위한 기준(baseline)을 세우는 것이다. 오염 이전에 존재하던 화학·생물학·방사능 물질을 배제할 수 있는데 이 물질들은 시료 및 정상 환경에 흔히 존재한다. 배경시료는 목표 물질 장소의 토양이나 환경을 대표하는 시료이다. 배경시료 채취 장소는 위험지역에 가까워야 하나 수집되는 배경시료에 목표물질이 확실히 존재하지 않도록 충분히 멀어야 한다. 가능한 한 같은 유형의 물질을 채취하고 같은 도구 및 방법을 이용한다. 배경 시료가 누출 물질에 절대 오염되지 않도록 한다. 토양에 대한 누출인 경우 한 주먹의 유사 토양이 배경시료로 이용된다.

3) 빈 시료용기(BLANKS)

“빈 시료용기”에는 실제 시료가 들어있지 않다. “빈 시료용기”는 연구실에서의 조절(control)을 위해 사용되는 개봉되지 않은 시료수집용기이다. 개봉되지 않은 시료용기는 청결하고 무균이라는 것이 인정된다. 몇몇 조직들은 “빈 시료용기” 뿐 만 아니라 “빈 시료도구”를 요구할 수도 있다. 빈 시료용기(blank)를 위험지역(Hot

Zone)으로 가져가서 준비하고 다시 꺼내 옴으로써 위험지역 및 오염제거 지역에서
 의 시료 취급 절차가 개봉되지 않은 용기가 손상되지 않았음을 증명된다. 이를 통해
 기타의 시료 용기에 어떤 물질이 존재하던 간에 취급 중 잘못하여 들어간 것이 아니
 라는 것을 증명하는 것에 관한 증거의 순수성이 유지된다.

빈 용기를 준비하는 절차는 가능한 한 시료를 준비하기 위한 절차에 가까워야한
 다: 같은 유형의 시료용기를 가지고 들어가서 같은 방식으로 포장을 풀고 재포장한
 다. 빈 시료용기(blanks)를 열지 않도록 주의하고, 같은 유형의 봉인과 덧포장을 실
 시하여, 다른 시료와 같은 방식으로 제독을 하여 위험지역으로부터 가지고 나온다.

라. 시료채취 방법

1) 고체 시료 수집(SOLID SAMPLING)

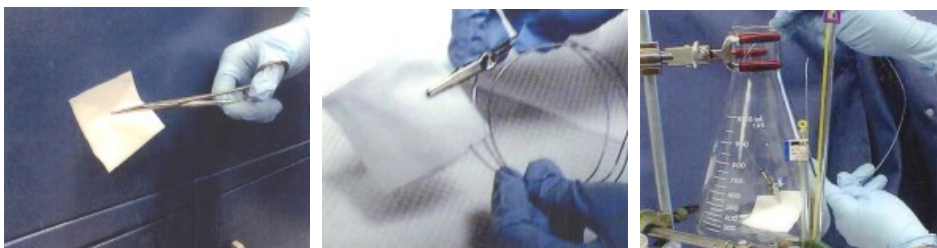


도구들은 오염되지 않게 밀봉되어 있다. 시료와 직접적으로 접촉하는 스푼의 끝
 부분은 만지지 않도록 한다.



시료를 담을 때 용기의 외부와 시료가 닿지 않도록 하고 수술용 메스를 사용하여
 표면의 나무나 페인트를 긁어낸다.

2) 표면 시료 수집(WIPE SAMPLING)



미리 적셔진 알코올 헝겊을 사용한다. 한 개 이상이 필요로 할 것이다. 강하게 눌러 최소한 1㎡이상 닦는다. 도구가 닿지 않는 부분은 클립과 철선을 사용하여 처리할 수도 있다.

CBRNE
사고대응

3) 액체 시료 수집(LIQUID SAMPLING)



무게추, 튜빙관 및 바늘은 드럼 내에 액체를 수집할 수 있게 해준다. 각기 다른 액체 샘플을 흘리거나 섞이지 않도록 극도로 주의하여야 하며, 낮은 농도의 시료라면 시료용기를 어느 정도 충만하게 채우도록 하고 높은 농도의 시료라면 그 보다는 덜 채워도 무방하다.

4) 기록유지 및 관리 사항 일체 (Record Keeping and Chain - of Custody)



내부·외부 용기를 확인하고, 시료수집 위치와 주위 상황을 기록한다. 내부 용기를 흡착 물질로 둘러싸고 외부용기에 넣은 다음, 파라필름으로 밀봉한다. 관리 사항 일체를 기입하고 기입한 양식을 시료 후송가방에 시료와 같이 넣는다.

○ 시료용기에 기재할 사항

- | | | | |
|---------------|-----------|-------------|---------|
| 1. 시료의 명칭 | 2. 시료의 매질 | 3. 시료의 양 | 4. 채취장소 |
| 5. 채취시간 및 일기 | 6. 시료번호 | 7. 채취책임자 이름 | 8. 채취방법 |
| 9. 기타(보관상태 등) | | | |

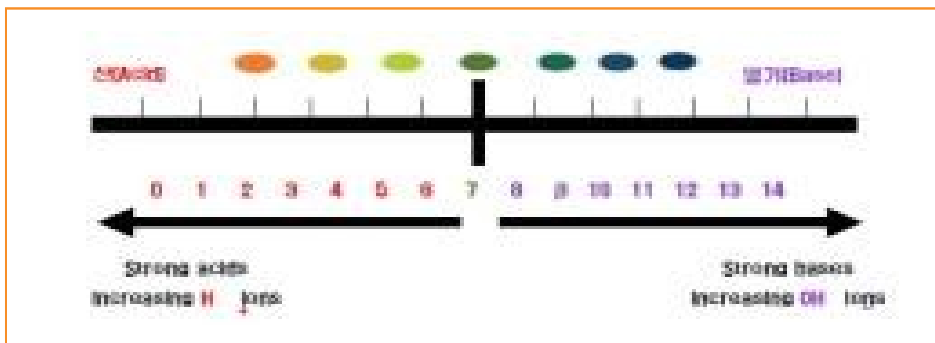
마. 탐지 및 분석장비

[그림 5-209] PH측정기



pH용지 및 pH미터는 액체 누출물의 산·알칼리성 정도를 파악하기 위해서 사용한다. 이러한 산·알칼리도는 수용액상태에서 측정이 가능하다.

- pH용지에 액체를 묻혀서 그 색의 변화를 보고 산·알칼리를 판단한다. 단, 어두운 환경에서는 식별하기 어렵고, 공기 중의 산·가스 존재여부가 pH종이에 물을 묻혀 방치하기 되면 나타날 수 있다.
- pH미터는 지시전극을 사용하여 전자적으로 pH를 수치화하여 나타낸다. 휴대용은 배터리를 사용하므로 항상 그 용량을 확인하여야 하고, 자주 전극을 보정하여 정확한 값이 익히도록 하여야 한다.



5

[그림 5-210] PH측정기 색상변화

CBRNE
사고대응

pH 0-3	강산성
pH 7	중성
pH 10-14	강알칼리성



pH 0-3은 강산성을 나타낸다.



pH 10-14은 강알칼리성을 나타낸다.

[그림 5-211] Hazmat smart strip



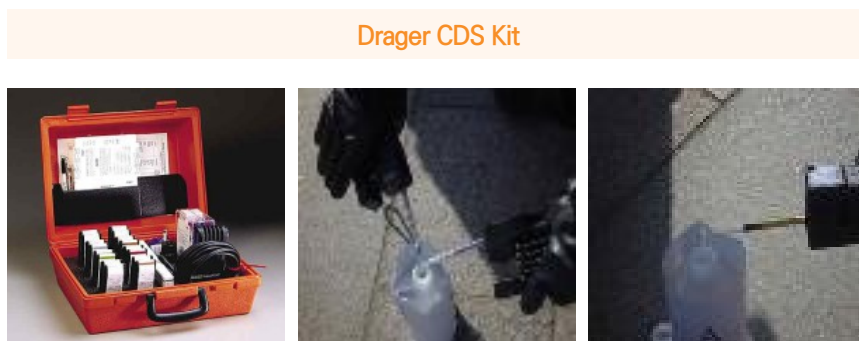
화학복을 착용한 상태에서 손목 및 발 등에 붙여 활용하는 것으로 클립을 사용하거나 스티커를 붙일 수 있는 구조로 되어있다. 색상변화를 통해서 다음과 같은 물질의 존재 여부를 확인할 수 있다.

[그림 5-212] 헤즈멧 스마트 스트립 사용(색의 변화)

분류	기본 색상(음성반응)	양성 반응	최소 탐지농도
염소(Chlorine)	노란색	파란색, 흰색	1ppm
산/염기(pH)	오렌지색	붉은색-파란색	산성 - 염기성
불화물(Fluoride)	핑크색	노란색, 흰색	20ppm
신경작용제(Nerve)	갈색	금색, 붉은색, 녹색	G, H, V 작용제
산화제(Oxidizer)	흰색	파란색, 보라색	1ppm
비소(Arsenic)	흰색	노란색, 갈색, 검정	0.5ppb
황화물(Sulfides)	흰색	갈색, 검정	5ppm
시안화물(Cyanide)	녹색	파란색	0.2ppm



[그림 5-213] 드래거 CDS킷



공기 중의 특정 기체와 증기의 농도를 측정하기 위한 탐지장비로 검지관의 색상변화를 통해 확인하는 변색화학기법을 이용하고 있다. 검지관은 시험 대상 화학물질과 반응하는 여러 시약으로 채워지며, 해당 화학물질이 있을 때 시약의 색상이 변하거나 관의

농도레벨(ppm 또는 물질의 %)을 이용하여 평가 내지 측정하는 착색얼룩이 생긴다. 각 물질에 따라 펌프 횟수가 정해져 있으며, 반응시간은 화학물질에 따라 약 2분~5분 정도가 소요된다. 운용상의 유의사항은 농도레벨을 판독할 경우 착색점 또는 그 끝 부분을 육안으로 판독해야 하는 점과 주변 대기 여건에 따라 보정이 필요하며 최대 35%의 오차한계가 있을 수 있다. 또한, 검지관의 시효기간은 보통 24개월이며, 유사한 화학 물질에 의하여 영향을 받을 수 있다.

○ 사용상 유의사항

다음은 검지관을 이용한 탐지기를 사용할 때 고려되어야 할 사항이다.

- 경우에 따라 유입샘플 공기 중의 습기를 제거하는 필터가 없는 튜브가 있으므로 높은 습도가 측정에 영향을 줄 수 있음을 고려한다.
- 간섭가스가 있을 수 있으므로 반드시 제조자의 설명을 확인한다.
- 튜브 내의 작용원료물질이 시간이 지남에 따라 변질될 수 있으므로 반드시 유효기간을 확인한다.
- 결과치를 색도변화의 불확실성을 고려하여 해석한다.
- 튜브에 따라 다른 공기흡입 횟수가 정해져 있음에 유의한다.
- 공기흡입 시간을 충분히 준다.

[그림 5-214] CDS 사용



- ① 검지관의 양끝을 잘라낸 다음 펌프에 장착한다.
- ② 펌프를 손으로 압축하여 시료를 채취한다
- ③ 검지관의 색이 변하는 것을 이용하여 물질의 농도를 확인한다.

[그림 5-215] kitagawa tube

Kitagawa tube



CDS Kit과 동일하게 검지관을 이용한 탐지기로, 화학물질의 존재여부 및 대략적인 농도를 파악할 수 있는 탐지장비 이다. Kitagawa 탐지장비는 흡입펌프와 검지관으로 구성되어 있는데, 검지관을 꼽고 펌프를 잡아당겨 흡입하게 되면 일정 시간이 지난 뒤 자동으로 흡입차단장치가 작동되는 구조로 설계되어 있다. 본 탐지장비로 측정할 수 있는 상업용 검지관은 약200여종이 판매되고 있다.

Drager 검지관

- 200 물질종류 검지관(측정범위 500가지)
- 사고대비물질 56종 중 24종 측정가능
- 유독물/위험물 다수물질 측정가능

Kitagawa 검지관

- 200 물질종류 검지관
- 사고대비물질 56종 중 37종 측정가능
- 유독물 중 다수물질 측정가능

[그림 5-216] Hazmat ID

생화학분석장비(Hazmat ID)



- 액체, 고체, 가루, 젤 상태의 물질을 비파괴방식으로 분석할 수 있는 장비
- 다이아몬드 크리스털을 이용한 광학센서를 통과하는 빛의 파장을 분석하여 물질을 탐지하는 광학분석기
- 탐지 시간이 최대 3분 이내이며, 노트북을 연결하여 사용 시 스펙트럼 분석까지 가능
 - 장점 : 5000가지 저장된 데이터와 분석물질을 비교하여 가장 근접한 데이터와 정확도를 표시
 - 단점 : 물을 함유한 물질의 분석은 다소 제한됨

[그림 5-217] HGVI

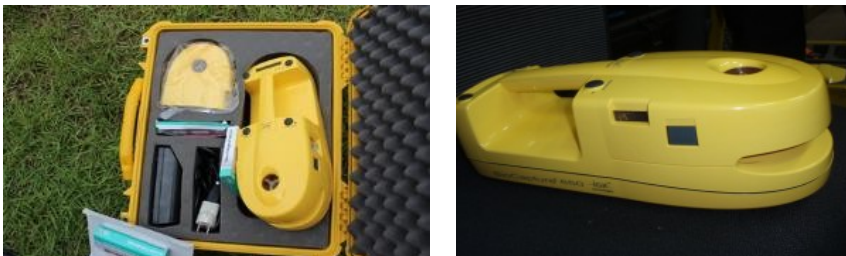
HGVI(Hazardous Gas and Vapor Identifier)



- 높은 수준의 긴급대응팀을 위한 장비로써 대상물질을 탐지, 분석, 식별할 수 있다.
- 기본적인 IMS(Ion Mobility Spectrometer) 원리 및 PID(Photoionization Detector), 그리고 TGS(Taguchi Gas Sensors) 기능을 탑재한 다기능 탐지 장비이다.

[그림 5-218] BT-650

BT-650(BioCapture 650)



- 공기 중의 생물체 및 포자 및 포자 용액화 시스템
- 낮은 전력으로 바이오 에어로졸 포집 및 농축의 최고효율을 가짐
- 공기유속, 포집효율, 농축계수, 배터리 수명, 시스템의 합리성 및 샘플링하는 시간을 사용자가 조절 가능
- 현장 및 잔류장소에서 병원성 미생물 포집에 최적

[그림 5-219] 복합가스측정기

복합가스측정기(MiniMax-4)



- 대기 중에 잠재적으로 존재하는 O₂, CO, H₂O 및 폭발성 가스를 측정
- 측정된 가스농도가 경보 설정값을 초과하면 고음량 경보가 발생하여 사용자에게 위험을 알림

방사능 측정기

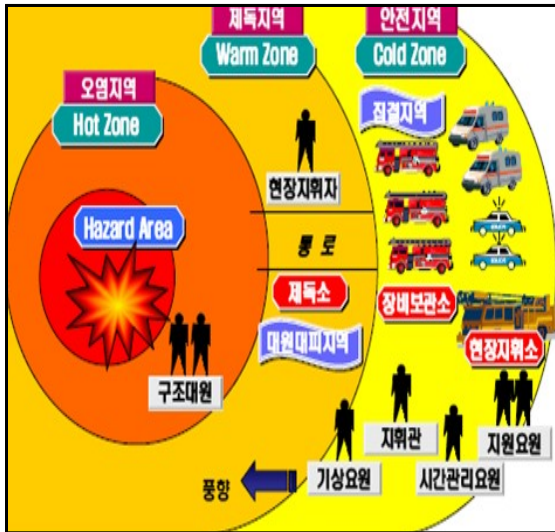


- 방사능 물질, 방사성 동위원소 취급기관 및 사용시설과 원자력연구소, 원자력발전소 등의 재해 발생 시 피폭 방사능 누출, 방사선의 피폭, 오염 범위, 농도 등의 측정 시 발생하는 방사능 오염 및 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 방사선측정 및 방사능물질 등의 오염도를 측정하기 위한 장비
- α · β · γ 선 측정

제7절 현장지휘과정(Incident Command)

1. 유해화학물질사고에서의 현장지휘

[그림 5-221] 통제구역 설정



● 위험물질 대처방안

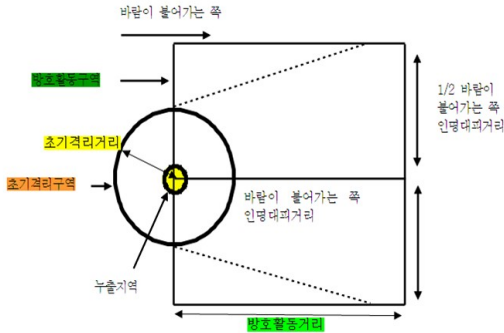
- 위험물질의 존재를 감지한다
- 잠재적 위험을 평가한다
- 대응 목표를 선택한다
- 선택 가능한 작전을 확인한다
- 최선의 작전을 선택한다
- 진행상황을 평가한다

- 대응목표는 인명을 구조하고, 현장 및 관련 대원의 불필요한 노출을 방지하기 위해 관련 물질의 억제와 통제에 초점을 맞추어야 한다.
- 안전 대원들은 안전한 보호복을 착용한다. 작전경계 내에서는 최소한의 보호복을 착용해야 한다. 특수보호장비는 관련물질의 특성에 따라 달라진다.
- 현장지휘관은 대규모 누출 시 위험물질 사고현장에서 작업하는 모든 유관기관의 조정통제를 위해 긴급구조통제단을 설치, 운영한다. 현장지휘관의 책임은 인명 및 재산 보호 외에 누출된 물질의 성분을 파악해야 한다. 물질의 확산을 방지하기 위한 조치를 취한다. 모래를 뿌리거나 확산방지를 위한 약제를 뿌린다. 누출된 물에 대한 통제를 병행한다. 오염 또는 부상당한 대원은 그 대원과 직접적으로 접촉한 사람을 포함하여 사고현장에서 안전한 지역으로 이동시킨 후 전문치료센터로 이송한다.

5

[그림 5-222] 위험구역 설정

CBRNE
사고대응

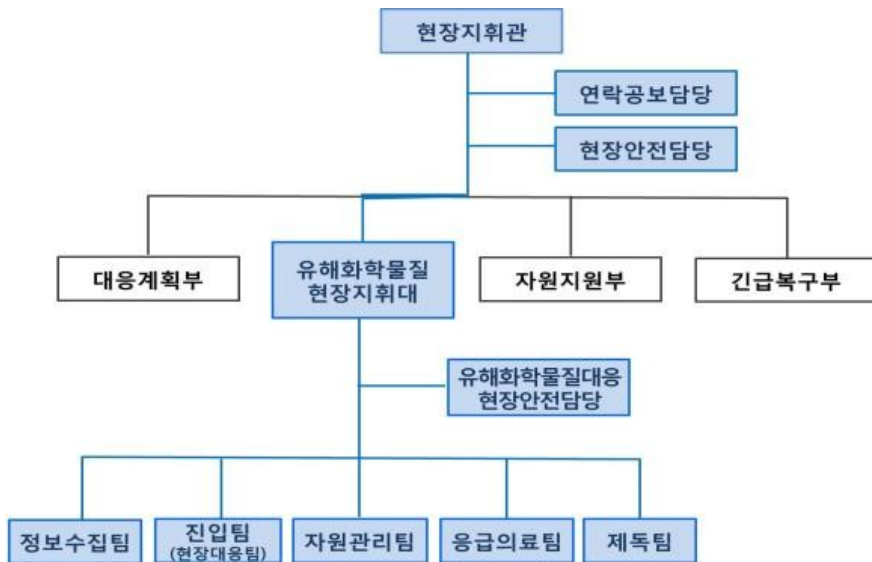


위험물질 관련 차량 사고의 경우, 사고 현장 근처의 모든 교통을 우회하도록 한다. 위험물질이 하수도로 흘러 들어가지 않도록 주의한다. 그러한 경우 문제를 복잡하게 하고 재난을 확대시킬 수 있다.

2. ICS(the Incident Command System) 구성

가. 유해화학물질 대응조직도

[그림 5-223] 유해화학물질 대응조직도



나. 유해화학물질 대응조직의 기능

효과적인 사고명령체계는 지휘관이 현장에서 활동하는 대원들이 어떤 그룹(sectors,



division or groups)에서 활동하는지 그들의 역할과 기능이 무엇인지를 파악하는 것이다. 이와 관련된 지식은 사고명령체계의 조직적 구조에 대한 이해가 필요하다.

구분	역할		
현장지휘관	화학물질 사고의 전반적인 관리 계획 관리하고 세우는데 책임이 있는 사람. 효과적인 사고지휘체계 조직을 구성, 사고 전략과 실행 계획을 수행, 자원의 배분, 적합한 임무 부여, 정보관리 등의 역할을 총괄함.		
현장안전담당 (통제관)	비상대응요원 안전을 지키기 위해 위험한 장소의 위험성 평가와 모니터링의 수행 책임이 있는 사람.		
정보수집팀	<p>화학물질사고와 관련한 모든 자료와 정보를 모으고, 수집, 조정, 보급시키는 책임이 있는 사람.</p> <table border="0" data-bbox="428 691 1163 825"> <tr> <td data-bbox="428 691 599 825"> [임무] - 데이터 수집 - 정보 관리 - 조정 </td> <td data-bbox="599 691 1163 825"> [평가] - 유해성(hazards)/위험성(risks) - 주민보호 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공 </td> </tr> </table>	[임무] - 데이터 수집 - 정보 관리 - 조정	[평가] - 유해성(hazards)/위험성(risks) - 주민보호 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공
[임무] - 데이터 수집 - 정보 관리 - 조정	[평가] - 유해성(hazards)/위험성(risks) - 주민보호 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공		
진입팀 (현장대응팀)	<p>사고지휘자의 지시에 의해서 화학물질에 가능한 가까운 접근을 하여 화학물질의 실제 잠재적인 누출을 확인하고 직접 통제하는 사람.</p> <table border="0" data-bbox="428 916 1163 1109"> <tr> <td data-bbox="428 916 742 1109"> [임무] - 진입(entry)/후퇴(back-up) - 정찰(reconnaissance) - 탐지 - 시료채취 - 완화(mitigation) </td> <td data-bbox="742 916 1163 1109"> [평가] - 유해성/위험성 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 실행 </td> </tr> </table>	[임무] - 진입(entry)/후퇴(back-up) - 정찰(reconnaissance) - 탐지 - 시료채취 - 완화(mitigation)	[평가] - 유해성/위험성 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 실행
[임무] - 진입(entry)/후퇴(back-up) - 정찰(reconnaissance) - 탐지 - 시료채취 - 완화(mitigation)	[평가] - 유해성/위험성 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 투입 제공 - 유해화학물질 대응계획 (HazMat Action Plan) 실행		
자원관리팀	<p>화학물질 처리를 위해서 필요한 특수장비를 지원해주는 사람</p> <table border="0" data-bbox="428 1174 1163 1274"> <tr> <td data-bbox="428 1174 742 1274"> [임무] - 유해화학물질 물품 및 장비의 추적 및 통제 </td> <td data-bbox="742 1174 1163 1274"> [평가] - 요청 물품 및 장비 지원 - 실행계획부분 조정 </td> </tr> </table>	[임무] - 유해화학물질 물품 및 장비의 추적 및 통제	[평가] - 요청 물품 및 장비 지원 - 실행계획부분 조정
[임무] - 유해화학물질 물품 및 장비의 추적 및 통제	[평가] - 요청 물품 및 장비 지원 - 실행계획부분 조정		
응급의료팀	<p>의료상황 발생시, 환자를 분류하여 응급처치 및 병원 이송하는 사람</p> <table border="0" data-bbox="428 1337 1163 1492"> <tr> <td data-bbox="428 1337 742 1492"> [임무] - 사전/사후 의료검사 - 기술적 의료 지도 - 교대조 운영(Rehabilitation) - 병원에 통보 </td> <td data-bbox="742 1337 1163 1492"> [평가] - 유해화학물질 대응계획(Haz Mat Action Plan)의 의료지원 요소 개발 </td> </tr> </table>	[임무] - 사전/사후 의료검사 - 기술적 의료 지도 - 교대조 운영(Rehabilitation) - 병원에 통보	[평가] - 유해화학물질 대응계획(Haz Mat Action Plan)의 의료지원 요소 개발
[임무] - 사전/사후 의료검사 - 기술적 의료 지도 - 교대조 운영(Rehabilitation) - 병원에 통보	[평가] - 유해화학물질 대응계획(Haz Mat Action Plan)의 의료지원 요소 개발		
제독팀	<p>경계구역에 위치한 제독소에서 제독절차에 따라서 자원과 대응요원과 장비의 제독을 실시하는 사람.</p> <table border="0" data-bbox="428 1596 1163 1725"> <tr> <td data-bbox="428 1596 742 1725"> [임무] - 제독계획의 조사 및 계획 </td> <td data-bbox="742 1596 1163 1725"> [평가] - 유해성과 위험성 및 추가제독 필요성 - 제독의 전문화(긴급지원팀/시민들/Hazmat 작업수행 장비) </td> </tr> </table>	[임무] - 제독계획의 조사 및 계획	[평가] - 유해성과 위험성 및 추가제독 필요성 - 제독의 전문화(긴급지원팀/시민들/Hazmat 작업수행 장비)
[임무] - 제독계획의 조사 및 계획	[평가] - 유해성과 위험성 및 추가제독 필요성 - 제독의 전문화(긴급지원팀/시민들/Hazmat 작업수행 장비)		

5

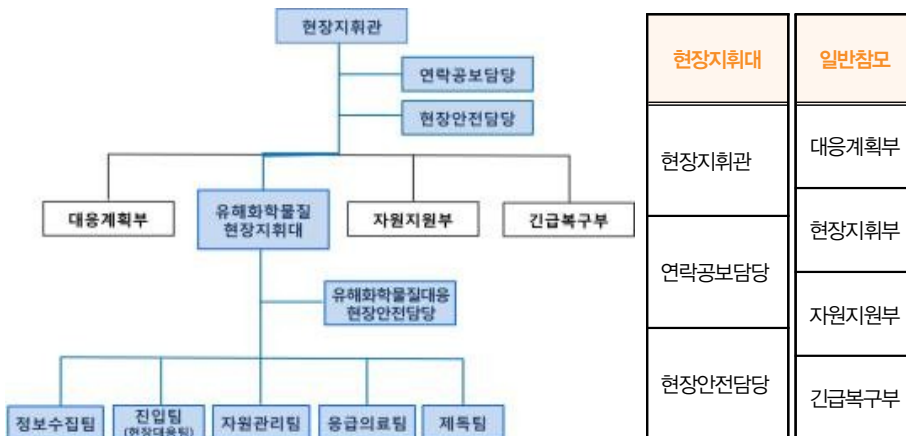
CBRNE
사고대응

○ 유해화학물질 사고현장에서의 대응활동 우선순위

생명안전 (1순위)	사건 안정화 (2순위)	재산/환경보호 (3순위)	증거보존 (4순위)
Hazmat 사고에 대응하기 전에, 긴급대응요원들은 대응활동의 우선순위를 이해해야 한다.			
<ul style="list-style-type: none"> 1차 검색 피난/대피 구역접근 통제 2차 검색 전술채널 (팀별 임무 할당) 응급의료팀 제독 교대조 편성 운영 	<ul style="list-style-type: none"> 노출 환기 전기가사차단 (utility dis connect) 물공급 Hazmat 팀 요청 lighting(조명) 주민통제 	<ul style="list-style-type: none"> 누출통제 증기통제 자산 안정화 수거업체 요청 적십자 요청 	<ul style="list-style-type: none"> 샘플채취 증거보호

3. 통합지휘시스템(NIMS)

긴급구조통제단의 경우 다수 기관 간 조정체계인 통합지휘시스템(NIMS: National Incident Management System)을 채택하고 있다. 대규모 재난현장에서 재난초기 지휘대는 단지 몇 개의 하부조직 단위(지휘요원)만을 가지고 우선 재난 대응활동에 임하고, 사고범위가 확대됨에 따라 지휘관은 각 기능별 임무를 담당할 몇몇 참모요원을 필요로 하게 될 것이며, 여기에 따라 반, 팀, 기타 단위조직들이 보강되어짐으로써 점진적으로 통제단 지휘체계는 완전 가동될 수 있도록 하고 있다. 이는 재난규모에 따라 축소, 확장 가능하다는 의미이다.



<p>현장 지휘대</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각종신고 및 통보에 의해 누출정보를 접수한 경우 비상연락망에 의해 공무원과 재난관리책임기관에 통지 <ul style="list-style-type: none"> - 국정원 또는 환경부에 반드시 통보하여 단순 유출 또는 테러에 의한 살포행위에 따른 대응활동 전개가 가능하도록 조치 - 출동하는 유관기관의 대원들은 관련보호장구를 착용토록 통보 ○ 사고현장을 통제하고 차량진입에 따른 주민의 접근을 통제하고 긴급방제작업에 불필요한 주민은 안전한 장소로 대피 조치 ○ 유출로 인해 광범위한 지역이 위험에 노출될 때, 언론매체를 통해 대중에 통지 <ul style="list-style-type: none"> - 비상방송시스템을 작동하여 비상경고메시지를 방송하도록 요청 ○ 유해화학물질 유출사고 신고를 접수한 후 위험지역 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 풍향 및 지표수, 지하수의 흐름방향을 파악하여 위험확산방향 분석 - 주민보호를 위한 긴급조치 필요시 위험지역 주민에게 비상경고메시지 전파 - 예측된 위험영향지역 내 특별시설(요양소, 교도소, 학교, 병원과 공장 등)의 존재여부 확인 및 위험상황 통지 ○ 보호장구를 갖추지 않은 기자들이 현장에 접근하지 않도록 대중정보센터에서 충분한 정보제공
<p>대응 계획부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고유발경위, 오염물질의 종류 및 양, 오염확산정도, 사고현장 시료채취분석 등 사고 발생원인 조사 실시 ○ 화재, 폭발, 질식사고 등을 유발할 수 있는 유해물질 안전한 장소로 이동 검토 ○ 위험물질 전문가들로 구성된 기술지원팀의 자문으로 재난과 관련된 기술적 정보를 수집·분석하여 대응계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 위험물질과 관련된 물리적, 화학적, 신체적 위험성 고려 ○ 위험물이 환경에 미치는 영향을 평가
<p>자원 지원부</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 추가 대응인력의 동원체계를 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 재난대비단계에서 긴급구조지원기관, 적십자사 또는 자원봉사단체와 협력체제를 구축하고 교육과 훈련을 통하여 자원동원체계 확립 ○ 외부자원의 대응활동 편의 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 추가적으로 지원되는 외부자원을 위하여 숙박시설이나 야영지를 준비하고 음식과 식수 등을 공급 - 지역 사정에 익숙지 못한 외부자원에 대해서는 출영(出迎)과 안내를 담당할 요원을 지정 ○ 재난규모 확대시의 예비 인원자원의 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 군, 경찰 등 긴급구조지원기관의 인력 - 타 시·도의 지원인력 - 의료관계 종사자 등 ○ 화학물질 처리를 위한 전문인력과 장비를 보유한 유관기관(환경부, 국립환경연구원 등)의 자원동원 체제 유지 <ul style="list-style-type: none"> - 유출물질 성상별 대응활동 방향을 제시할 수 있는 기술전문가 동원 - 유독물 유출시 중화, 회수 할 수 있는 자재 확보

5

CBRNE
사고대응

현장 지휘대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장지휘본부와 유기적 협조 하에 현장진입 및 구조구급활동 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 현장 구조구급 및 안전조치활동은 방사선사고대책본부가 지문하는 처리절차에 의해 이행 - 현장활동대원의 방사선 노출방지 등 안전조치 이행 - 2차 확산사고가 발생 않도록 지속적 감시활동 수행 - 위험정도에 따른 지역을 구분하고 보호장비 착용 후 임무수행 - 오염물에 노출되거나 노출된 것으로 추정되는 사람 및 물건에 대해서 다음 단계에 의해 제독 및 병원이송 조치
긴급 복구부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재난민방위과와 연대활동 ○ 유출확산을 막기 위해 필요시 제방을 설치작업 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 환경을 보호하기 위해 필요한 조치사항 모래, 흙 등으로 적절한 높이의 턱을 만들어, 누출된 액체가 배수관, 하수도 또는 강에 스며들거나 흘러 들어가지 않도록 조치 ○ 위험물질 소량 유출시는 모래나 흙으로 유출된 제품 흡수조치



제6장 수난구조

제1절 수상인명구조

제2절 잠수물리 및 잠수생리

제3절 수중탐색 및 인양

제4절 동계 수난구조

제5절 급류구조

제6절 수중환경

6

수난구조

수난구조

- 학습 목표**
- 01 구조영법 및 수상인명구조 기술을 이해한다.
 - 02 잠수물리, 잠수생리, 잠수압력 및 잠수병을 이해한다.
 - 03 유형별 수중탐색, 인양법, 수중 의사소통법을 이해한다.
 - 04 동계수난구조, 급류구조 등 특수상황별 구조기술을 이해한다.
 - 05 파도, 쇄파, 조석, 부진동, 해류 등 수중환경을 이해한다.

제1절 수상인명구조

1. 구조영법

구조대원은 능률적이고 효율적인 수상구조를 위하여 다양한 수영 영법과 구조 영법을 습득하여 여러 형태의 수영영법을 자유자재로 구사할 수 있어야만 한다. 대부분의 구조기술을 수행하기 위해서는 이러한 영법들의 숙달이 필수적인데 수상구조 및 장비 이용한 구조에서 배우게 될 수중인명 구조술의 기본과정이라 하겠다. 특히 구조영법은 경영¹⁰⁾에서 사용하는 영법과는 달리 필요에 따라 약간씩의 변형이 이루어진다.

가. 입영

한 방향 만으로의 추진이나 이동 목적의 다른 영법에 비하여 입영은 제자리 회전은 물론, 전·후진과 좌우 이동까지도 가능하며 그 실질적 실용성이 매우 좋은 영법이다. 구조대원은 양발 엇갈려 차기로 입영할 수 있어야한다. 다른 다리차기와는 달리 양발 엇갈려 차기는 구조대원을 수면 위에 떠있게 하는데 가장 효율적이며 수면위로 일정한 높이를 유지할 수 있도록 한다. 입영 양발 엇갈려 차기는 요구조자와의 이동 시, 깊은 물에서 척추 부상자의 척추고정 시, 또는 그 외에 수면에서 떠 있어야 할 필요가 있을 때 주로 사용된다. 이 동작은 양발을 번갈아 가며 무릎을 기점으로 하여 원을 그리듯 돌려 차는 게 특징이다. 발의 동작은 원리적으로 물을 아래쪽으로 밀어 내어 몸을 위로

10) 일정한 거리를 헤엄쳐 그 빠르기를 거름. 또는 그런 경기.



올려주는 역할을 한다.

나. 자유형(크롤형)

위급상황 발생 시 중요한 구조 원리중의 하나는 바로 속도이다. 특히 의식있는 요구조자는 수면 위에 오래 머물러 있지 않기 때문에 사고자에게 빨리 접근하는 것은 구조의 용이성을 판가름한다. 또한 주기적으로 사고자의 상태를 인지하기 위해 시선 확인이 필요하다. 이때 적합한 다가가기 영법으로는 자유형이 있다.

이 영법은 의심의 여지없이 수중에서 가장 빠른 영법이다. 이는 앞으로 전진 할 때 물에 직면하는 면적이 작고 속도가 일정하게 유지되기 때문이다. 구조영법에서 사용하는 자유형은 기본적으로 경영에서 사용되는 영법과 같다. 그러나 이 영법이 구조에 사용될 때는 주기적으로 얼굴을 앞으로 들어올려 요구조자에게 시선확인을 할 필요가 있으며 또한 동시에 숨을 쉬도록 한다. 이 방법은 요구조자의 위치를 재확인하는데도 도움을 준다.

다. 트러젠

자유형의 효과를 한층 높이기 위하여 다리차기에 역점을 두지 않고 몸을 약간 옆으로 돌릴 필요가 있음을 인정하여, 자유형과 비슷한 크롤의 변형을 사용하는데 이를 트러젠 이라고 한다. 구조대원이 상당히 먼 거리를 갈 때나 요구조자에게 빠른 속도로 접근해야 할 때에 유용하며, 또한 머리를 조금만 조정하여도 접근할 때 요구조자를 잘 볼 수 있으므로 인명구조 시 접근에 매우 유용하다.

라. 평영

평영은 자유형에 비해 속도가 느리다. 그러나 요구조자에게 접근하는데 자유형에 비해 훨씬 효과적일 수 있다. 왜냐하면 구조대원의 호흡조절이 편한 상태로 체력 소모가 적고, 요구조자에게 시선확인이 항상 가능하며, 수면 위에서 또는 물 속에서도 사용할 수 있기 때문이다. 또한 이 영법은 수면이 잔잔하지 않을 때도 사용할 수 있다. 경영에서 사용하는 영법을 기본적으로 사용하나, 팔의 동작이 경영에서의 영법보다 넓은 것이 특징이다.

마. 횡영

횡영은 요구조자를 물에서 가까운 육지로 운반하는 경우에 주로 사용되는데, 구조대원이 요구조자와 같이 이동하는데 효과적인 영법이다. 부력, 체구, 체력에 따라 발차기의 방법도 달라지는데 가위차기와 역가위차기가 대표적으로 사용된다. 구조대원은 상

6

수난구조

황의 변화에 민감하게 대응하여야 함으로 횡영을 양쪽 방향으로 수행할 수 있어야 하고 또한 두 형태의 발차기를 양 쪽 방향에서도 사용할 줄 알아야 한다. 아래팔은 물을 누르듯 끌어당기는 동작을 하며, 위팔은 구조시 전진의 목적으로는 사용되지 않는다.

1) 가위차기

횡영에서 사용하는 발차기는 가위차기이다. 몸통과 다리가 일직선상에 놓여 있을 때를 기점으로 하여 엉덩이와 무릎을 구부려 무릎이 몸통 쪽으로 오도록 끌어올린다. 그 다음 무릎이 좌우로 벌어지지 않도록 하여 두 다리를 앞뒤로 벌리는데, 이때 수면에 가까이 위치한 다리가 몸체의 앞으로, 반대의 다리가 뒤로 이동한다. 그리고는 다리를 펴서 모으듯 물을 차 추진력을 얻는다. 평영의 발차기에서는 안쪽 발바닥을 사용하여 물을 차는데 반해 가위차기 시 윗다리의 발은 발바닥 전체로, 아래다리의 발은 발등으로 물을 차게 된다. 두 다리 사이의 공간은 최대한 적게 하도록 주의한다.

2) 역가위차기

역가위차기는 발차기의 동작 전에 윗다리와 아랫다리의 위치가 가위차기와 반대일 뿐 다른 기술은 동일하다. 즉 다리차기 전에 수면에 가까운 윗다리는 몸통의 뒤 쪽으로, 수면에서 먼 아래다리는 몸통 앞쪽으로 이동하게 된다. 역가위차기는 구조대원과 요구조자에 접촉이 이루어져 둘 사이에 공간이 없을 때 주로 사용한다.

바. 배영

배영이 구조에 사용되는 경우는 그리 흔하지 않다. 그러나 구조대원의 체력이 상쇄하여 일시적인 휴식을 필요로 하거나 구조용 튜브(RESCUE TUBE)를 사용하여 요구조자를 끌어올 때 사용된다.

사. 기본배영

기본배영은 휴식 혹은 구조를 위한 기술이다.

기본배영은 힘들이지 않고 편안하게 호흡을 계속할 수 있으므로 구조대원의 체력 소모를 줄이고자 할 때나 빠르지 않는 속력으로 요구조자를 견인 및 이동 시키고자 할 때에 이 방법을 사용한다.

때로는 가위차기나 역가위차기보다 기본배영의 다리차기가 더욱 강한 추진력을 보일 때가있다, 기본배영의 다리차기를 사용하는 경우에는 무릎의 벌어짐이 어깨 넓이보다 넓지 않도록 한다. 평영의 다리차기에서와 같이 추진력을 얻기 위해서는 물을 양발바닥의 안쪽으로 찬다.



아. 스컬링(Sculling)

구조기술에서 가장 많이 활용되는 기술이다. 쉽게 설명하자면 수중에서 구조대원의 자세 및 위치 변동, 그리고 모든 손동작은 이 스컬링에서 부터 시작된다고 보는 것이다. 스컬링은 “노를 젓다” 라는 의미로 손과 팔을 8자 모양으로 하여 작고 빠른 왕복동작을 통해 추진력을 만들어 내는 것이 대표적이며, 구조대원이 수중에서 수직으로 이동하는 데도 사용된다.

자. 잠영

잠영기술은 구조대원으로 하여금 수면에서 들어가는 다이빙만으로는 물 속에 가라앉은 요구조자를 찾을 수 없을 경우가 있는데 잠영에 의해서 찾는 경우가 많으며, 위험물을 피할 수 있게 하는 등 수중에서의 여러 가지 활동을 자유롭게 할 수 있게 한다.

잠영은 어떤 형태로든 이루어질 수 있으나 주로 평영에서 사용하는 다리차기를 사용하도록 한다. 잠영은 먼 거리를 이동하는데 적합하지 않으므로, 따라서 구조기술에서 먼 거리 이동에 잠영을 응용하지는 않는다. 그러나 구조기술의 효율성을 위해 잠영기술의 습득은 중요하다.

2. 기본 수상구조

구조대원은 위급상황 시 자신이 숙련해 놓은 기술 중에 어떤 기술을 사용하여 요구조자에게 도움을 주어야 하는지에 대해 명확히 이해하고 있어야 한다. 선택된 기술은 구조대원과 요구조자의 양쪽 모두에게 안전성이 확보되는 동시에 효율적이어야 한다는 기본 원칙이 있다. 구조대원은 요구조자의 안전을 생각함과 동시에 자신의 안전 또한 돌봐야 한다.

기본 수상구조는 수영을 하지 않으면서 요구조자를 돕는 방법을 통칭하며, 다른 모든 구조기술에 선행되어 최우선적으로 선택되어야 할 것이다. 기본 수상구조는 또한 구조대원이나 그 외 도움을 주는 사람들의 위험성을 최소화하도록 고안되었으며, 따라서 어떠한 경우에도 구조대원 및 보조자의 안전을 항상 유지하여야 한다.

가. 뺨어 돕기(구조자의 팔, 다리를 뺨어 사고자 돕기)

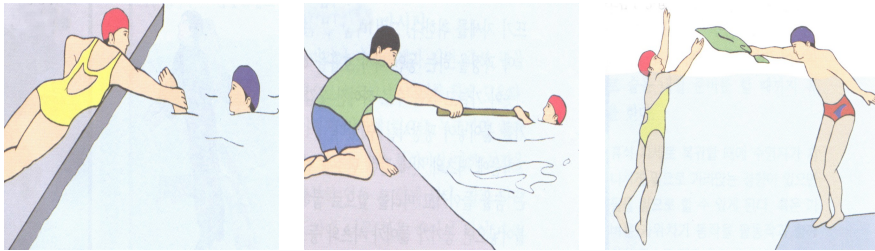
먼저 장대와 같은 장비가 있다면 우선적으로 사용한다. 만약 이와 같은 장비가 곧바로 준비되어있지 않는 경우에는 다음과 같은 몇 가지 방법을 이용한다. 바닥에 누워 자신의 몸을 고정한 후에 팔을 뺨어 요구조자의 손등을 잡아 천천히 물가로 이끈다.

때로는 물로부터 요구조자까지의 거리가 멀어, 팔을 뺨었음에도 불구하고 요구조자

에게 손이 닿지 않을 때가 있다. 이때는 즉시 물 속에 들어가 안전 고정물에 자신을 확실하게 고정한 후 팔을 뻗어 요구조자의 손목을 잡고 끌어 온다.

거리가 멀어 팔이 닿지 않을 때는 자신의 고정을 확보한 후에 발을 뻗어 요구조자가 구조대원의 다리를 잡을 수 있도록 도와줄 수도 있다. 뻗어 톱기를 할 때는 요구조자에게 말을 건넌 으로서 요구조자를 안정시키는데 도움을 줄 수 있다.

[그림 6-1] 뻗어 톱기



나. 내밀어 주기(가져다주기)

구조대원이 수상구조를 실행 할 때 최후로 선택해야하는 기술은 구조장비 없이 요구조자와 직접적인 접촉을 통해 이루어지지만 그만큼 위험하다. 왜냐하면 지친 요구조자는 갑자기 의식 있는 요구조자로 변할 수 있으므로 부이 등을 이용하여 구조대원의 위험을 줄일 수가 있다. 따라서 요구조자에게 수영으로 접근하여 부이 등을 내밀어 주어 요구조자가 부이를 잡도록 하고 구조대원은 부이의 줄을 잡고 요구조자를 끌어 안전지대로 옮기거나, 내밀어주기와 유사방법으로 요구조자에게 접근하여 킥 보드, 물에 뜨는 물놀이 기구 등을 이용하여 요구조자에게 가져다주어 요구조자가 기구를 잡도록 하고 구조자는 기구를 잡고 안전지대로 옮긴다. 이때도 대화를 통하여 구조자가 안정을 찾도록 도와 준다.

[그림 6-2] 내밀어(가져다) 주기

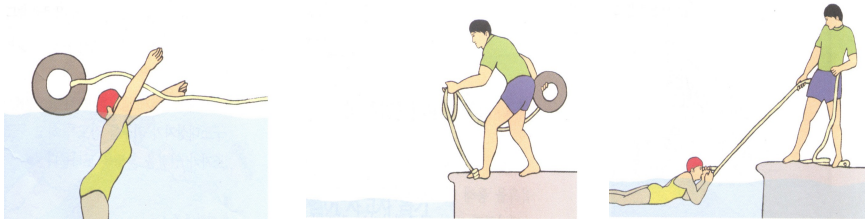


다. 던져주기

구조대원이 구명부환이나 그 외 적합한 구조장비를 요구조자에게 던져주어 요구조자가 던져진 장비를 잡게 한 후 안전지대로 옮기는 기술이다. 구명부환을 던지는 방법은 아래와 같다.

- 구명부환을 가지고 요구조자와 가장 가까운 안전지대로 이동하여 자세를 취한다.
- 구명부환 줄의 끝 부분을 한쪽 발로 밟고 자세를 낮추고, 구명부환은 언더스로우로 던져 요구조자의 뒤쪽으로 가게하고 줄은 요구조자의 몸통 가까이 가게 한다.
- 요구조자가 구명부환을 잡으면 안전지대로 일정한 속도로 천천히 끌면서 대화를 통해 안정을 찾는다. 만약 구명부환을 잡지 못 하였을 경우 다시 던진다.(※ 주의해야 할 사항은 바람과 물살을 이용한다는 것을 잊지 말아야 하며, 거리가 멀거나, 바람이 세게 불거나, 정확하게 던질 수 없을 경우에는 다른 방안을 강구 하여야 한다.)

[그림 6-3] 던져주기



라. 인간사슬 만들기

많은 사람들이 있다거나, 물깊이가 가슴을 넘지 않는다면, 인간사슬을 만들어 요구조자를 도울 수 있다. 고정된 기준이 되는 첫 번째 사람은 안전지대에 한 손으로 자신을 확실히 고정하고 다른 손으로 두 번째 구조자를 잡는다. 이때 첫 번째 사람과 두 번째 사람이 보는 방향은 서로 반대이며, 이렇게 하여 짝수 번째 구조자들과 홀수 번째 구조자들이 같은 방향을 보게 된다. 서로 잡을 때는 서로의 손목 위를 잡음으로서 누구 한 구조자에 의해 사슬이 끊기지 않도록 한다. 물의 깊이가 낮더라도 급류이거나 물의 깊이가 가슴 이상일 때는 인간사슬 만들기를 금한다. 인간사슬의 이동이 필요한 경우에는 물 속에 있는 구조자들은 걷는 동작보다는 바닥에 발을 부착 시킨 채 이동하도록 한다. 가벼운 사람일수록 사슬의 끝부분에 위치하며 사슬의 마지막의 구조자가 구조 장비를 가지고 가도록 한다. 사슬을 구성하는 모든 구성원은 몸의 중심을 안전지대 쪽으로 기울이도록 한다.

6

3. 고급 수상인명구조(구조기술)

수난구조

구조대원은 언제나 물 속에 뛰어든 준비가 되어 있어야 한다. 사고가 발생하지 않도록 예방과 교정을 통한 최선의 노력을 기울인다 하더라도 사고란 예측과 무관하게 발생하기 때문이다.

구조 시에 물 속에 입수하여 요구조자를 구하는 것은 최후의 선택이 되어야 하는데, 효율적인 구조를 위하여 구조대원은 상황을 즉시 인식하고 이에 가장 적합한 구조방법이 무엇인가를 결정하여야 한다. 이 장에서는 이러한 기술들을 설명하는데 그 목표가 있다. 때론 저수지, 강, 바다 등 조건에 따라 약간의 변형이 있을 수 있겠으나 이 장에서 제시하는 기술은 대부분의 상황과 조건에 공통적으로 적용 될 수 있을 것이다.

가. 방어기술

구조대원으로서 요구조자를 구하려 후방접근을 시도 한다면 지친 수영자나 의식 있는 요구조자는 자신의 안전을 목적으로 구조대원을 잡을 수 없다. 그러나 전방접근을 한다면 이 요구조자들은 가깝게 다가오는 구조대원을 잡으려고 시도할 수 있다.

이 과정에서 구조대원은 요구조자에게 머리, 목, 어깨, 팔, 손 등, 신체의 일부를 요구조자에게 잡힐 위험소지가 있는 것이다. 이때는 막기와 풀기의 기술을 이용하여 요구조자로부터 벗어나도록 해야 한다.

1) 막기

막기는 한 손 막기와 두 손 막기가 있다. 막기는 요구조자가 구조대원을 잡으려는 것을 피하기 위한 기술이다.

요구조자가 구조대원을 잡으려할 때 구조대원은 머리를 요구조자로부터 멀리하고 물 속으로 잠수하며 한 손이나 두 손을 이용하여 손바닥으로 요구조자의 가슴을 미는 것이다. 이때 요구조자의 가슴을 미는 손은 완전히 펴진 상태를 유지하도록 한다. 밀기를 실시하여 요구조자로부터 멀어진 후에는 다시 물위로 올라와 요구조자의 상태를 살필 수 있도록 한다. 그리고 가능하다면 후방접근을 실시한다.

[그림 6-4] 막기



2) 빗겨 나기

요구조자가 구조대원을 붙잡지 못하게 하면서도 한편으로는 구조 목적을 달성할 수 있는 한층 더 기술적인 “피보트(Pivot)”를 사용하는 것이다. 이 방법에서는 요구조자가 내민 팔들 중의 하나 아래로부터 팔꿈치의 바로 위를 엄지 손가락을 안쪽에 대고 움켜쥐는 것이다.

이것은 좌편에서 우편으로 또는 우편에서 좌편으로 될 것이다. 반전(Reversing) 시키지 않고 구조대원이 옆으로 돌아 요구조자를 향하여 대면한다. 그 팔을 빨리 올려 머리 위로 넘기고 구조대원은 뒤에 있는 위치로 선회하여 요구조자의 거드랑이 밑으로 빠져 나와서 요구조자의 뒤에 나타나는데 자유로운 손으로 요구조자의 턱을 붙잡을 때까지는 붙잡은 팔을 놓지 않는다.

[그림 6-5] 빗겨 나기



3) 풀기

요구조자에게 구조대원이 잡히는 경우 구조 또는 풀기를 시도한다. 먼저 요구조자의 체구가 작거나 부력이 좋다면, 또는 안전지대까지의 거리가 짧다면 구조대원은 수영으로 요구조자와 함께 안전지대로 이동하는 방법을 택할 수 있다. 요구조자가 앞에서 머리를 잡고 있을 때는 평영으로 수영하는 것이 알맞다. 손이나 팔목, 또는 팔을 잡혔을 경우에는 양발 엇갈려 차기나 횡영 다리차기를 사용하는 것이 적당하다. 구조대원이 요구조자의 앞에서 잡혔을 때는 일단 요구조자를 밀치거나 요구조자와 함께 물 속으로 잠수를 함으로써 앞 목 풀기를 이룰 수 있다.

요구조자가 앞이나 뒤에서 구조대원을 잡는 경우에는 곧바로 먼저 한번의 숨을 크게 들이쉬 다음 턱을 앞가슴에 붙이듯 끌어당겨 옆으로 돌린다. 그리고는 어깨를 올리고 다리먼저 다이빙을 사용하여 물 아래로 내려간다. 물 아래로 내려가는 동시에 구조대원은 자신의 팔을 요구조자의 팔꿈치나 위팔 아래쪽에 부착시켜 세차게 위쪽으로 밀친다.

[그림 6-6] 풀기



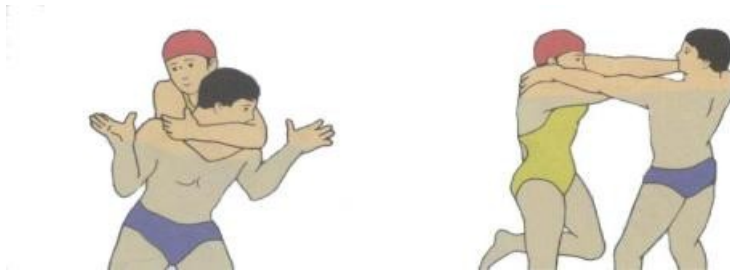
이때 풀기를 완전히 성공할 때까지 턱은 끌어당긴 상태를 그리고 어깨는 올린 상태를 유지하여야한다. 요구조자의 팔을 밀치며 앞 목 풀기와 뒷 목 풀기를 시도할 때 구조대원의 뒤통수 쪽에 위치한 팔을 먼저 뒤로 밀치는 것이 효과적일 수 있다. 일단 풀기가 성공하면 구조대원은 요구조자로부터 멀리 떨어져 물위로 올라온 후에 다시 요구조자의 상태를 파악하고 후방접근을 통하여 구조를 시도하여야한다. 만약 요구조자가 구조대원의 손이나 팔을 잡았을 경우에는 각각 손목 풀기와 팔 풀기를 시도할 수 있다.

요구조자가 구조대원의 팔을 잡았을 때는 구조대원은 잡히지 않은 손을 이용하여 요구조자의 어깨를 물아래로 누른다. 이때 구조대원은 자신의 무게로 요구조자를 누르기 위해 다리차기를 이용하여 물위로 올라오는 자세를 취하는 것이 유리하다. 그

리고는 팔을 풀고 요구조자로부터 멀리 떨어진다.

손목풀기는 요구조자가 구조대원의 손목이나 손을 잡았을 때 사용하는 기술인데 먼저 잡히지 않은 손으로 자신의 잡힌 손을 잡고 위로 힘차게 뺏아 올리는 행동을 취한다. 그리고는 요구조자로부터 멀리 떨어져 후방접근을 시도하여 다음 구조를 준비하도록 한다.

[그림 6-7] 손목 풀기



나. 구조기술

구조기술은 의식 있는 요구조자와 의식 없는 요구조자에 따라 달라진다.

1) 의식이 있는 요구조자 구조

의식 있는 요구조자를 구조하는데 가장 많이 사용하는 기술은 가슴 잡이다. 가슴 잡이는 후방접근 이후에 이루어진다. 준비 서기에서 구조대원은 오른(왼)손을 뺏어 요구조자의 오른(왼)쪽 겨드랑이를 잡아 뒤로 끌 듯하며 위로 올린다. 이로써 요구조자의 자세가 가능하면 수평을 유지하도록 한다. 이와 동시에 구조대원의 왼(오른)팔은 요구조자의 왼(오른)쪽 어깨를 나와 오른(왼)쪽 겨드랑이를 감아 잡는다. 힘찬 다리차기와 함께 오른(왼)팔의 동작으로 요구조자를 수면으로 올리며 이동을 시작한다.

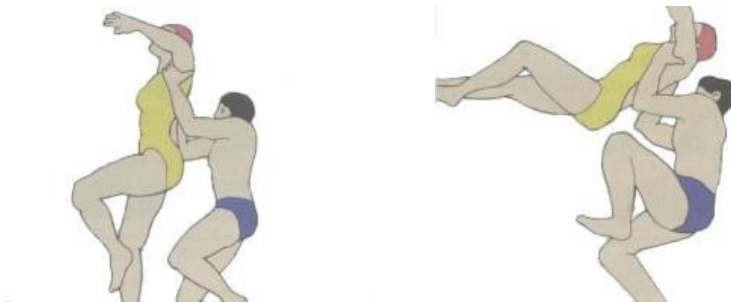
[그림 6-8] 의식이 있는 요구조자 구조



이 기술을 사용하는 경우에는 자주 요구조자의 얼굴이 물위로 나와 있는가를 확인하는 것이 중요하다. 가슴 잡이는 다음에 설명되는 변형된 가슴 잡이에 비해 구조대원의 체력이 비교적 적게 소모되는 장점이 있기는 하지만, 요구조자는 불안을 느끼기도 한다. 변형된 가슴 잡이는 사고자의 편의를 최대한 고려하여 고안되었다. 그러나 먼 거리를 이동 하는데는 부적합할 수도 있다.

이 기술에서는 구조대원의 한 팔이 요구조자의 허리를 감아 잡는 것이 특징이다. 변형된 가슴 잡이가 정확하게 이루어지면, 요구조자는 구조대원 위에 앉거나 또는 머리와 어깨가 수면위로 나오게 된다. 그러나 요구조자가 물위로 많이 올라올수록 구조대원은 그 만큼 물 아래로 가라앉아 연속적인 호흡이 불가능해질 수 있다. 안전 지대로의 이동 중에는 요구조자의 키와 체형, 부력을 고려하여 감은 팔의 위치를 조정하여도 된다. 숙련도에 따라 감은 팔을 번갈아 가며 사용하여도 된다. 구조대원은 주기적으로 수면 위로 부상하여 숨을 쉬도록 한다. 이 기술의 수행에 있어 주로 사용되는 다리차기는 가위차기 및 역가위차기이다.

[그림 6-9] 물속에서 요구조자 뒤로 접근하기



2) 의식이 없는 요구조자 구조

의식 없는 요구조자를 구조하는 기술은 한 겨드랑이 끌기, 두 겨드랑이 끌기, 손목 끌기가 있다. 이 기술들은 요구조자가 수면에 위치하여 있거나 물 속에 가라앉아 있는 경우 모두에 사용된다. 한 겨드랑이 끌기와 두 겨드랑이 끌기는 후방접근 후에 주로 사용되어지는 기술들이다.

한 겨드랑이 끌기에서 구조대원의 한 쪽 손은 요구조자의 같은 쪽 겨드랑이를 잡는다. 이때 구조대원의 손은 겨드랑이의 밑으로부터 위로 끼듯 잡고 요구조자가 수면과 수평을 유지하도록 한다.

[그림 6-10] 의식없는 요구조자 구조



두 겨드랑이 끌기도 같은 방법으로 하되 구조대원의 두 팔을 모두 사용한다는 것이 한 겨드랑이 끌기와 다른 점이다. 요구조자의 위치가 수직일 경우에는 구조대원의 두 팔로 요구조자의 겨드랑이를 잡고 팔꿈치를 요구조자의 등에 댄다. 손으로는 끌고 팔꿈치로는 미는 동작을 하여 요구조자의 자세가 수면과 수평이 되도록 이끈다. 한 겨드랑이 끌기에서는 주로 횡영이 사용된다. 두 겨드랑이 끌기에서 주로 사용되는 구조영법은 팔 동작을 하지 않는 기본배영이다. 이 두 기술들은 서로 번갈아가며 사용되기도 하는데 먼 거리를 이동할 때는 보통 한 겨드랑이 끌기가 사용된다. 이 두 기술은 또한 의식 있는 요구조자의 구조에 사용될 수도 있다. 손목 끌기는 전방접근 이후에 주로 사용된다. 준비서기를 유지하여 구조대원의 오른(왼)손으로 요구조자의 오른(왼)손목을 잡는다. 얼굴이 물 아래쪽을 향하고 있을 때는 요구조자를 회전시켜야한다. 이때는 요구조자를 1M 이상 끌다가 잡고 있는 손을 물밑으로 큰 반원을 그리듯 하여 돌려 요구조자의 얼굴이 위로 나오도록 한다. 이동시에는 계속적인 손목 끌기나 또는 다른 끌기 기술로 전환할 수도 있다.

다. 장비 구조 기술

최근에는 효율적 구조와 안전한 수상활동을 도모하고자 많은 해수욕장이나 시설에서도 다양한 인명구조장비를 갖추고 있다. 개인구조장비가 각 구조대원에게 배당되어 있다면 구조대원은 임무를 수행하는 동안에는 항상 이 개인장비를 가지고 다녀야한다. 그리고 구조를 수행할 때도 이 장비와 함께 물 속에 들어가도록 한다. 개인구조장비는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

요구조자와 직접적인 접촉을 이룰 필요가 없다. 구조대원은 요구조자를 이동시키는데 움직임이 훨씬 더 자유스럽다. 사고자에게 더 많은 부력을 부여함으로써, 정신적으로 진정할 수 있도록 한다. 필요하다면 구조호흡이 가능하다.

6

1) 들어가기

물 들어가기 기술로 다리모아 들어가기, 다리 벌려 들어가기 외에 물가 들어가기 가 있으며 다음과 같은 방법으로 시행한다.

○ 점진적으로 깊어가는 해변가 들어가기

- 점진적으로 깊어가는 물가에서는 Run-and-Swim입수를 한다. 튜브와 연결 끈을 어깨 뒤로 맨다. 물속으로 뛰어들 때 무릎을 높게 올려 물에 넘어지지 않도록 한다.
- 더 이상 뛰기가 불가능한 깊이 에서는 튜브를 옆으로 내려놓고 상체를 앞으로 굽혀 수영을 시작한다. 머리 먼저 들어가기는 되도록 금한다.

○ 다리 벌려 들어가기

이 기술은 물의 깊이가 최소 1.5M이며, 낙하지점에서 수면까지의 높이다 1M 이 내일 때 사용된다. 다리 벌려 들어가기는 크게 두 가지 방법이 있다. 첫째로, 어깨 끈을 멘 채로 줄이 꼬이거나 걸리지 않게 하여 한손으로 집어 든다. 물들여가기 방법은 수면에 발이 닿기 직전에 개인구조장비를 자신의 옆쪽으로 뿌리듯 던짐으로서 줄에 엉키지 않게 한다. 레스큐 튜브나 레스큐 부이를 사용할 때 이 기술을 이용한다. 두 번째 방법은 레스큐 튜브를 착용했을 때만 사용하는 기술인데, 레스큐 튜브를 가슴앞쪽에 수평으로 하여 안고 물로 뛰어드는 방법이다. 물에 들어가기 전에 어깨끈과 연결된 줄은 단정하게 정리하여 한 손으로 쥐고 있어야 한다. 따라서 물들여가기 과정에서 줄이 몸에 엉키는 것을 방지한다. 물들여가기 바로 후에는 가위차기를 이용하여 몸이 물위로 뜨도록 한다.

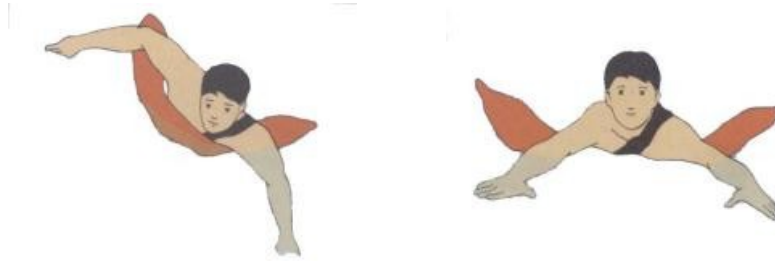
○ 다리모아 굽혀 들어가기

낙하지점이 1.5M 이상일 때, 물깊이나 물 속 사정에 대해 알지 못하고 있을 때 이 기술을 사용하도록 한다. 물에 들어가기 전에 레스큐 튜브를 가슴에 수평으로 놓아 겨드랑이에 끼안고, 어깨끈과 연결된 줄은 단정하게 정리하여 한 손으로 쥐고 있어야 한다. 따라서 물들여가기 과정에서 줄이 몸에 엉키는 것을 방지한다. 물들여가기 바로 후에는 가위차기를 이용하여 몸이 물위로 뜨게 돕는다.

2) 접근

구조장비가 없을 때 사용하는 다가가기 기술에 비해 속도가 느린점은 있지만 구조대원에게 안정감을 주기에는 유리하다. 장비를 이용한 다가가기 기술들은 다음과 같다.

[그림 6-11] 접근



○ 먼 거리 접근

요구조자의 거리가 먼 경우에는 개인구조장비의 어깨 끈은 맨 채로 뒤에 달고 다가서기를 시도한다. 이때는 자유형이나 평영을 사용한다. 자유형을 하는 경우에는 지속적으로 고개를 들어 요구조자를 주시한다.

○ 짧은 거리 접근

요구조자의 거리가 짧을 경우에는 레스큐 튜브를 구조대원이 가슴에 수평으로 꺼안고 다가가기를 한다. 이때는 자유형이나 평영을 이용한다. 구조대원의 선택에 따라 전방접근 또는 후방접근을 모두 사용할 수 있다.

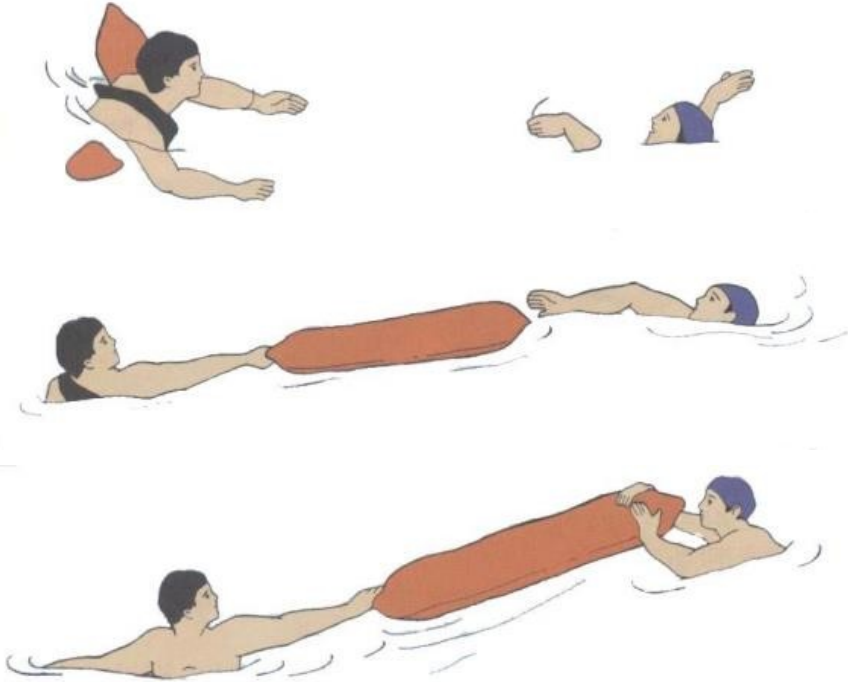
3) 의식이 있는 요구조자의 구조

○ 뺀어 돕기(전방접근) : 지친수영자나 의식있는 요구조자를 위한 가장 쉬우면서도 효율적인 구조기술이다.

- ① 전방접근을 시도 한다
- ② 레스큐 튜브의 연결끈 반대쪽 끝을 내밀어 주며 잡도록 한다
- ③ 요구조자가 다리차기를 할 수 있다면 그렇게 하도록 권장한다. 만약 다리차기 못하면 “옆으로 끼세요” 하고 말한 다음 뒤로 돌아가 평영 발차기 하면서 나온다.
- ④ 안전지대로 사고자를 끌어 이동한다.

[그림 6-12] 의식이 있는 요구조자 뺏어 돕기(전방접근)

수난구조



○ 뒤에서 장비 부착한 채 구조(후방접근) : 지친수영자나 요구조자를 위해서는 후방접근을 통해 다음과 같이 구조한다.

- ① 후방접근을 시도 한다.
- ② 레스큐 튜브를 구조대원의 양 겨드랑이 밑에 끼 넣은 상태에서 요구조자의 양쪽 겨드랑이를 아래서 위로 감아 잡는다. 동시에 레스큐 튜브를 구조대원 자신과 요구조자 사이에 꼭 끼도록 한다.
- ③ 요구조자를 뒤로 재껴 자세가 수평이 되도록 한다. 이때 두 사람의 머리가 서로 부딪치지 않게 조심한다.
- ④ 대화를 통해 안정을 유도한다.
- ⑤ 기본배영의 다리차기를 사용하여 안전지대로 이동한다.

[그림 6-13] 의식이 있는 요구조자 뒤에서 접근(후방접근)



4) 의식이 없는 요구조자의 구조

○ 뒤에서 구조(후방접근)

요구조자가 수면이나 수면 바로 아래 위치하여 의식이 없는 경우, 그리고 척추 부상이라고 판단되지 않는 경우에는 다음과 같은 구조기술들을 사용한다.

요구조자는 체형과 부력에 따라 물속에서의 자세가 수직 또는 수평으로 유지되는데, 다음의 기술들은 요구조자의 입과 코를 물 밖으로 내 놓는데 그 목적이 있다. 각 기술의 선택은 되돌아가야만 하는 안전지대의 방향, 요구조자의 자세, 그리고 다가서는 방향에 따라 결정된다.

[그림 6-14] 의식이 없는 요구조자 뒤에서 구조

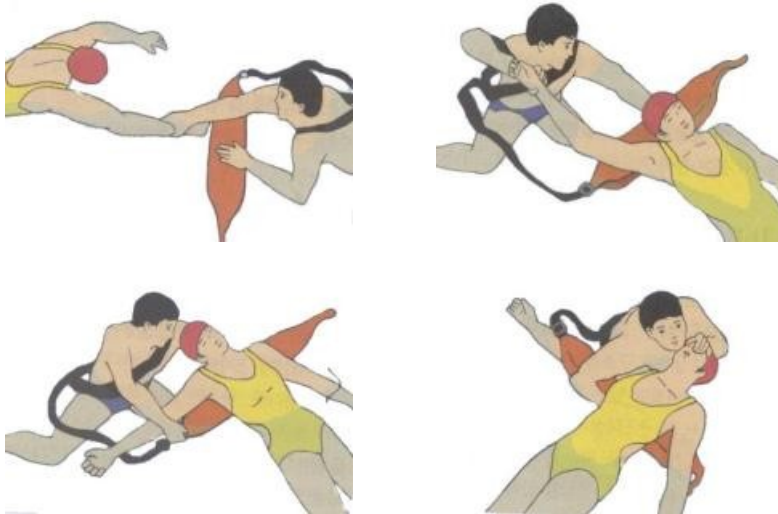


- ① 후방접근을 실시한다.
- ② 레스큐 튜브를 구조대원의 양 겨드랑이 밑에 수평으로 꺼 넣은 상태에서 요구조자의 양쪽 겨드랑이를 아래서 위로 감아 잡는다. 동시에 레스큐 튜브를 구조대원 자신과 요구조자 사이에 꼭 끼도록 한다.
- ③ 요구조자를 뒤로 젖혀 자세가 수평이 되도록 한다. 이때 두 사람의 머리가 서로 부딪치지 않게 조심한다.
- ④ 요구조자와 함께 옆으로 굴러 요구조자의 가슴과 얼굴이 수면위로 나오고 구조대원의 위로 위치하게 된다.
- ⑤ 안전지대로 이동하는데 가능하면 요구조자를 잡은 구조대원의 팔은 요구조자의 어깨를 잡은 요구조자의 어깨를 위에서 아래로 끼워 구조장비와 함께 잡을 수도 있다.

○ 수면에 업어져 있는 요구조자 손목 끌기(전방접근)

전방접근 후에 요구조자가 얼굴을 물 밑으로 향하고 거의 수평 일 때 사용하는 법이다.

[그림 6-15] 수면에 업어져 있는 요구조자 손목끌기





- ① 전방접근을 한다.
- ② 개인구조장비를 구조대원과 요구조자 사이에 일자로 위치하도록 가로막기하고 손목 끌기의 방법으로 요구조자를 뒤집는다. 이 때 구조장비를 요구조자의 어깨 바로 밑 등 부위에 위치하도록 넣는다.
- ③ 요구조자의 손목을 잡고 있던 팔로 요구조자의 어깨와 레스큐 튜브를 동시에 위에서 아래로 감아 잡는다. 레스큐 캔일 경우에는 팔로 어깨를 감아 잡고 그 손으로 레스큐 캔을 잡는다.
- ④ 횡영으로 요구조자를 안전지대로 이동시킨다.
레스큐 튜브는 요구조자를 그 위에 올려놓는 데도 사용되며, 또는 요구조자를 감아 묶는 데도 사용할 수 있다. 요구조자를 감아 묶는 데는 전방접근하기와 후방접근에도 이용된다. 레스큐 튜브는 직접 구조대원의 가랑이에 묶어 사용되기도 한다.

5) 가라앉은 요구조자 구조

의식 없는 요구조자는 항상 물위나 수면에 위치하고 있지만은 않다.

요구조자가 깊은 물에 가라앉아 있을 때는 다음과 같은 기술을 쓴다.

- 한 겨드랑이, 두 겨드랑이, 손목 끌기를 사용하여 사고자를 물위로 끌어올린다.
- 한 손으로 물위에 놓았던 구조장비를 수거하여 구조대원과 사고자 사이에 놓고 양쪽 또는 한쪽겨드랑이를 감아준다.

6) 구조 보드(The Rescue Board)

구조 보드는 빠르고 안정성이 뛰어나며 사용이 간편하고 여러 길이와 무게로 제작된다. 구조 보드는 감독구역의 외곽지대를 순찰하거나 주시 할 때 사용되며 주로 위급상황에 대비하여 물가 근처에 대기시켜 놓는다.

구조대원은 다양한 날씨와 조류의 조건에서 연습을 통한 기능향상을 도모해야 할 것이다. 구조 보드의 장점은 성인남자 두 명 이상의 하중에도 충분한 부력을 유지할 수 있다는 점이다. 그리고 물속에 수초가 집결된 지점이라 할지라도 구조대원과 구조 보드는 원하고자 하는 방향으로의 진행에 방해받지 않고 물위를 미끄러져 갈 수 있다는 점도 장점 중에 하나이다.

구조 보드와 함께 감독구역을 주시하는 경우에는 앉거나 무릎을 꿇은 자세로 주시를 한다.

○ 구조보드 사용법

- ① 입수시 보드의 중간 위치를 잡는다
- ② 수심이 무릎 깊이가 되면 보드의 중심 약간 뒤쪽에 탄다.
- ③ 엎드린 자세로 양팔을 사용하여 몇 번 정도의 노젓기를 한 후에 무릎을 꿇은 자세로 전환하여 계속적으로 노를 젓는다.
- ④ 구조보드 위에서 요구조자를 감시할 때는 무릎을 꿇거나 앉아서 시야를 확보하도록 한다.

[그림 6-16] 구조보드 접근하기

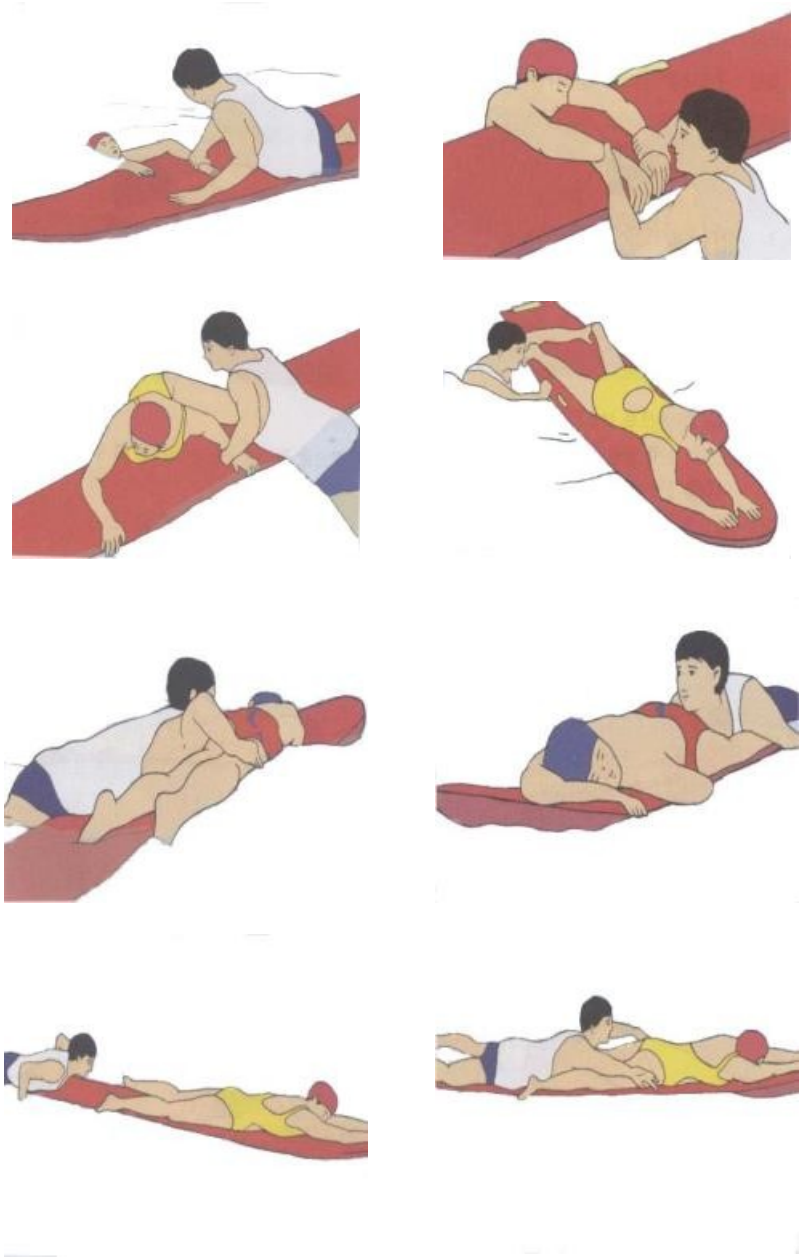


○ 구조보드를 이용해서 요구조자에게 접근하기

- ① 수면이 잔잔할 경우에는 구조보드의 앞쪽을 요구조자에 향한다.
- ② 무릎을 꿇은 상태로 접영으로 팔을 젓는다.
- ③ 머리를 들어서 요구조자에 대한 시야를 확보 한다.
- ④ 파도가 높거나 또는 강풍의 경우에는 자세와 진행 방향을 상황에 맞게 바뀌가며 다가가도록 한다.

○ 구조보드를 이용한 지친 수영자 구조법

[그림 6-17] 구조보드를 이용한 구조



6

수난구조

- ① 요구조자의 측면으로 접근한다.
- ② 구조대원은 지친 요구조자 손목을 잡고 지친 수영자의 반대쪽으로 미끄러져 내려간다. 지친 요구조자가 구조 보드의 맞은편 끝을 잡도록 한다.
- ③ 요구조자가 구조보드 위로 팔을 올리도록 도와준다. 지친 요구조자를 안심시키고 쉴 수 있도록 한다.
- ④ 구조 보드의 안정을 유지하며 구조보드를 잡고 요구조자가 구조 보드에 오도록 돕는다.
- ⑤ 요구조자가 보드의 앞쪽으로 머리를 향하고 엎드리도록 한다.
- ⑥ 구조 보드의 앞쪽을 해안가로 향하게 위치시키고 구조대원은 요구조자의 뒤쪽으로부터 레스큐 보드에 올라 요구조자의 다리사이에 위치 하고, 보드의 전복 방지를 위해 다리는 물속에 위치한다
- ⑦ 다리를 저어서 보드를 해안가 안전지대로 이동시킨다.
- ⑧ 요구조자가 보드에서 내리도록 도와주고 1인 부축하기 운반으로 이동시킨다.

4. 응급처치

가. 익수와 익사

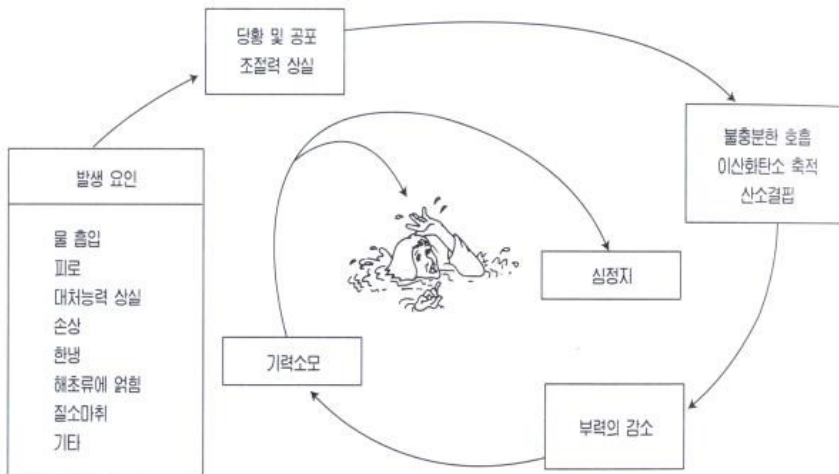
익사란(drowning)란 물에 잠긴 후에 질식에 의하여 사망하는 경우로 정의된다. 익수(near drowning)는 물에 잠긴 후에 최종결과에 관계없이 일시적이더라도 환자가 생존한 경우를 의미한다. 익사는 물속에 빠진 후 돌연한 공포로 인하여 생길 수 있다. 소량의 물이라도 기도로 유입되면 심한 후두자극을 초래하며, 이로 인하여 후두의 근육이 수축하여 기도를 폐쇄시킬 수 있다. 이러한 현상을 후두경련 혹은 성문폐쇄라고 한다. 후두경련은 후두를 폐쇄하여 어떤 물질이 폐로 들어가는 것을 막기 위하여 생기는 현상이지만, 공기의 흐름도 차단되어 폐로 산소가 유입되지 않으므로 환기가 일어나지 않게 된다. 결국, 환자는 저산소증으로 의식을 잃게 되거나 사망하게 된다.

이와 같이 물이 폐로 유입되지 않고 후두경련에 의하여 발생하는 경우를 건성익사(drydrowning)라 하며, 익사환자의 15% 내외에서 관찰된다.

저산소증은 익수 후 사고의 정도와 시간, 흡인한 물의 양에 따라서 나타나는 중요한 소견 중 하나인데, 심한 저산소증이라도 조기에 적극적인 치료를 시행한다면 결과가 양호한 경우가 많다. 저수지나 호수와 같이 담수에 의한 익수 시에는 담수가 혈액보다 삼

투압이 낮기 때문에 폐로 유입된 담수는 폐포벽을 통과하여 혈류로 흡수된다. 결과적으로 혈액의 전해질이 희석되고, 폐포의 모세혈관벽이 손상되며, 폐포를 싸고 있는 표면활성제(surfactant)의 변성을 초래하여 환기 장애가 일어남으로써 저산소증이 유발된다. 해수가 폐로 유입되면 농축된 바닷물은 삼투압이 높기 때문에 혈액내의 혈장성분과 혈장(plasma)이 폐포 내로 급속히 이동하여 폐부종(pulmonary edema)을 유발되며, 이로 인해 공기 중의 산소가 혈액내로 유입되지 못하므로 저산소증을 일으킨다. 결과적으로 해수나 담수에 관계없이 저산소증이 발생하게 된다. 저산소증은 심장의 기능에도 영향을 주어 심방세동이나 심실수축 같은 부정맥을 유발할 수 있으며, 익수 후 갑작스럽게 사망하는 경우는 심실세동에 의한 경우가 많다.

[그림 6-18] 수난사고시 당황과 공포가 미치는 영향



나. 익수의 응급처치

익수상태에서 구조된 환자에게는 즉각적인 인공호흡을 시행하여야 한다. 만일 맥박이 축지 되지 않는다면 심폐소생술이 실시되어야 한다. 많은 양의 물이 폐로 유입되지 않는 환자는 적당한 산소환기로 저산소증이 회복될 가능성이 높다. 호흡이 있다면 구조대원 및 응급구조사는 통풍이 잘되는 곳에 환자를 위치시키고 충분한 산소를 투여하면서 신속히 병원으로 이송해야 한다.

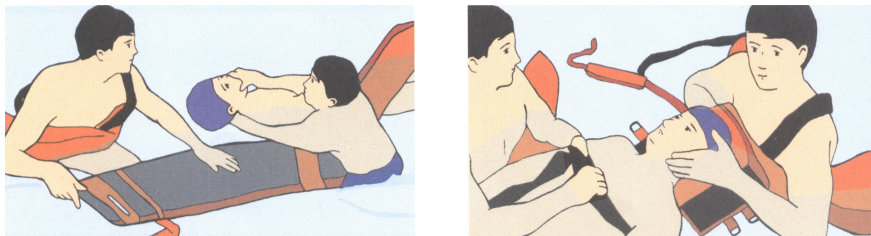
다. 수난사고와 척추손상

수난구조

수난사고에서도 척추손상이 발생할 수 있으며, 다이빙에 의한 수난사고에서 흔하다. 수난사고로 인하여 의식장애가 있거나, 의식은 있으나 무기력, 마비 또는 팔, 다리의 저림 등을 호소한다면 척추손상을 의심해야 한다. 척추손상이 의심될 때는 척추손상이 악화되는 것을 방지하기 위한 방법을 시도해야 한다. 수난사고에 의한 척추손상이 대부분은 경추손상이다. 손상을 받은 환자가 물속에 있는 동안에도 척추는 반드시 고정되어야 한다. 척추 손상이 의심되는 환자의 구조과정은 다음과 같다.

- 환자의 얼굴을 수면위로 위치시킨다. 수면으로 얼굴을 내밀기 위하여 환자의 체위를 변화하고자 하는 경우에는 최소 2명의 구조대원이나 응급구조사가 필요하다. 척추손상 환자에서 환자의 머리만 돌리면 손상이 더욱 악화되기 때문에 환자의 두부와 상반신을 동시에 돌려서 척추를 보호해야 한다.
- 기도를 확보하고 인공호흡을 시행한다. 환자의 얼굴을 수면위로 위치시킨 후에 구강 대 구강, 혹은 다른 호흡보조 장비로 인공호흡을 시작한다. 이때 다른 구조대원은 환자의 머리와 몸통을 수평으로 유지하고 있어야 한다. 즉각적인 인공호흡은 익사나 익수환자에게 우선적으로 시행할 응급처치이다.
- 환자의 몸체 밑에 척추고정판이나 나무판자를 위치시킨다. 경추의 움직임을 방지하기 위하여 머리와 몸통을 척추고정판에 고정시켜야 한다.
- 심장마비 환자는 환자를 물속에서 구조하여 육지로 이동시킨 후 지상의 척추고정판 위에서 흉부압박을 시작한다. 효율적인 흉부압박은 수면에서 불가능하므로 반드시 지상에서 시행하도록 한다.

[그림 6-19] 척추 손상이 의심되는 환자의 구조





라. 소생을 위한 노력

물에 빠진 심정지 환자를 소생시키는 경우에 구조대원 쉽게 환자를 포기해서는 안 된다. 환자가 차가운 물속에 빠져있는 동안 체온은 상당히 저하될 것이다. 특히 21°C 이하의 찬물에서는 저체온증이 발생하며, 체온이 저하된 상태에서는 신체의 산소요구량이 낮아지기 때문에 중요한 장기들이 저산소증에도 오랜 시간을 버틸 수 있다. 일부 저체온증 익수환자 중에 장시간의 심폐소생술 후에도 심각한 후유증 없이 성공적으로 소생되었다는 보고가 있다. 그러므로 환자가 회복될 때까지 혹은 병원이나 현장에서 의료진(의사)에 의하여 사망이 선언될 때까지는 심폐소생술을 계속해야 한다.

제2절 잠수물리 및 잠수생리

1. 잠수물리

인간은 일생동안을 지구의 대기환경 안에서 생활하기 때문에 항상 대기환경에서 일어나는 여러 가지 물리· 화학적 현상들을 접하며 살고 있으며, 인간은 육상에서 일어나는 현상들을 여러가지 감각기관을 통하여 느끼며 볼 수 있다. 그러나 인간은 물 속에서 살도록 적응되어 있지 않기 때문에 수중세계로 접어들면 상황은 완전히 달라진다. 그러므로 잠수자가 물속에서 안전하게 활동하려면, 물속의 특성과 그 속에서의 현상들을 이해하기 위해서는 물리학의 기초적 지식을 알아야 한다. 초보자에게 물리학이라는 것 자체가 생소하고 저항감을 주는 경우가 많으나 잠수자에게 필요한 기초적인 물리의 원칙은 확실하게 이해하여야 한다. 특히 기체의 압축, 용해, 팽창이 인체와 관련될 때 어떠한 현상이 발생되며 인체 내에서 기체와 액체가 상호 어떠한 관계로 나타나는가를 꼭 이해해 두어야 한다.

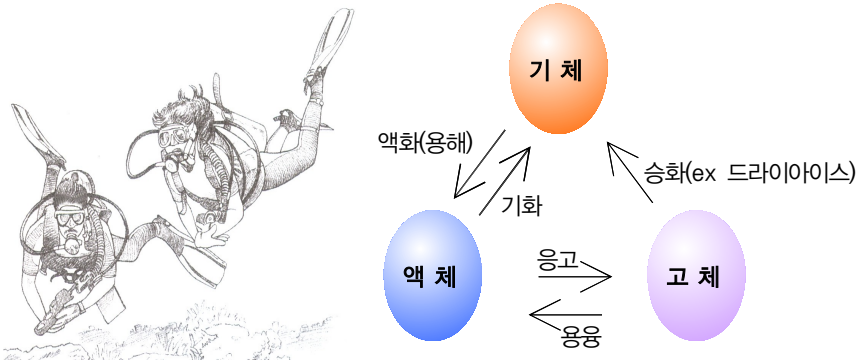
가. 물질의 세 가지 상태

원자들의 결합으로 만들어진 원소들은 고체, 액체, 기체의 3가지로 존재한다. 고체는 형태와 무게와 부피를 가지고 있으며, 액체는 부피와 무게를 가지고 있으며, 용기의 모양에 따라 형태가 변한다. 기체(가스)는 결정된 무게와 공간을 차지하고 있으나 결정된 부피나 형태가 없으며 압축 및 팽창 되는 것을 말한다. 어떤 물질이 어느 상태로 존재하느냐 하는 것은 온도에 의존하며 약간의 압력에도 의존할 수 있다.

6

[그림 6-20] 물질의 세가지 상태

수난구조



- 기체 - 호흡 매개체(부피/질량)
- 액체 - 물속에서 이루어짐(DIVING)
- 고체 - 장비(SCUBA) 및 주변 환경 등이 고체임

나. 잠수자의 물리학

잠수 분야에서 인체를 구분한다면 인체는 보통 고체부분, 액체부분, 기체부분 으로 구성되어 있다.

1) 고체부분

뼈, 연골, 근육조직 등의 것으로 경우에 따라서는 압축이 되지 않거나 어떤 중대한 변화를 일으킬 만큼 압축이 되지 않는다.

2) 액체부분

혈액, 점액, 조직속에 들어있는 수분 등을 지칭하는 것으로 형태는 변하더라도 그 부피는 별로 변하지 않는다.

3) 기체부분

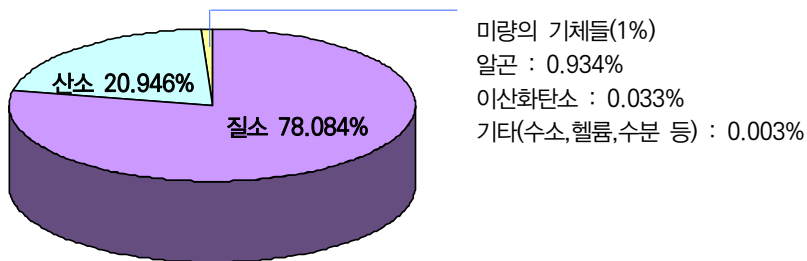
허파, 부비동(Sinus), 유스타키오관, 중이 등과 같이 공기가 채워져 있는 부분을 말하며 이 부분은 압력을 받으면 모두 그 부피, 모양, 크기에 변화를 일으킨다.

다. 잠수에 있어서의 기체

스쿠버 잠수에서는 공기를 호흡하게 되는데, 이 공기는 여러 가지 기체의 혼합물로 구성되어 있고 무게가 있으며, 공간을 차지하며, 또한 이들 각 기체상태는 혼합되어 있

기 때문에 성분은 변함이 없이 각기 독립된 상태로 존재하며 압력에 따라 부피가 압축 또는 팽창이 되고 그것이 곧 인체에 중요한 영향을 미치게 된다.

[그림 6-21] 공기의 구성



1) 질소(Nitrogen : N₂)

- 공기의 주성분이며 무색, 무미, 무취의 기체이다.
- 자연 상태에는 반응을 일으키지 않는 불활성기체이다.
- 호흡에는 필요 없으며 고압에서 마시게 되면 취한다.(질소마취)
- 지방질 조직에서는 물보다 5배 이상 더 용해가 잘된다.

2) 산소(Oxygen : O₂)

- 무색, 무미, 무취의 기체이며 호흡 및 연소에 필요하나, 자체는 연소하지는 않으며 아주 높은 온도에서는 달착지근한 신맛이 난다.
- 순수산소는 수심10m(33ft)이상의 물 속에서 호흡 시 발작과 의식불명 상태 등의 산소 중독 현상이 발생하며 보통 공기 속에 혼합되어 있는 산소는 수심 85m(297ft)이상 깊은 곳에서 비로소 독성을 일으킨다.
- 모든 기체 물질의 분자량을 측정하는 기준이며 동식물의 생존에 불가결한 활성 기체이다.

3) 이산화탄소(Carbon Dioxide : CO₂)

- 산소 두 분자와 탄소 일분자의 화합물이다.
- 무색이며 밀폐된 CO₂는 신맛이 나고 냄새가 나며 공기에 비해 1.5배 무겁다. 유기체의 연소 시 또는 산화 시 발생하여 인체에 유독하고 식물의 광합성 작용에 필요한 요소로써 용해되면 탄산이 된다.

6

수난구조

○ 구멍조끼 실린더에 보통 이것을 사용한다.

4) 일산화탄소(Carbon Monoxide : CO)

- 무색, 무미, 무취의 기체이며 탄소를 가진 물체가 탈 때에 발생하며 독성이 매우 강하다.(연탄이 탈 때나 자동차 내연기관에서 많이 발생)
- 탄소 일분자와 산소 일분자와의 화합물로서 화학적으로 불안정하며 다른 산소 일분자를 만나면 CO₂로 변한다.
- 인체 내의 헤모글로빈 및 여러 가지 호흡요소와의 결합력이 산소보다 훨씬 강하므로 치명적인 기체이다.
- 고압상태에서 아주 적은 양이라도 마시면 거의 치명적이며 일산화탄소(CO)에 마취되면 머리가 아프고 어지러우며 매스꺼워지고 또한 얼굴이 빨갛게 상기되다가 갑자기 혼수상태에 빠지게 된다.

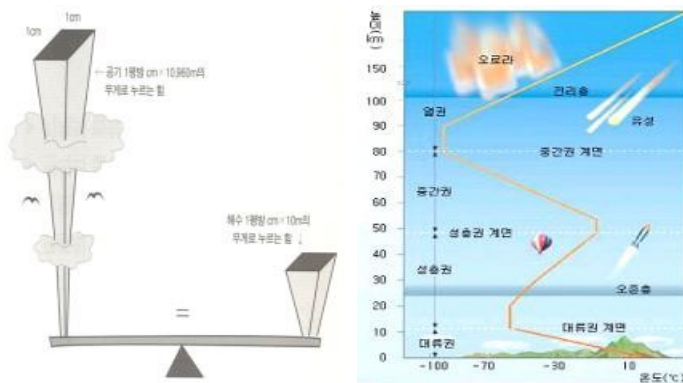
5) 헬륨(Helium : He)

- 무색, 무미, 무취의 기체이며 열전도가 좋고 수소 다음으로 가벼우며 기체 중에서 용해가 제일 안 된다.
- 산소와 적당한 비율로 혼합하여 심해잠수 시 사용할 수 있으며, 비행선이나 기구를 부풀리는데도 사용하며, 또한 환자 치료용의 산소를 희석하는데도 사용된다.

라. 압력(Pressure)

압력이란 단위 면적당 가해지는 힘을 말하며, 그 단위는 Kg/cm² 또는 P.S.I (Pound Per Square Inch)로 표시한다. 압력의 형태는 다음과 같다.

[그림 6-22] 압력



1) 대기 압력(Atmospheric Pressure)

지구를 둘러싸고 있는 공기를 대기라고 부르며 이 대기의 무게를 대기 압력이라고 한다. 공기는 무게가 있기 때문에 누르는 힘을 가지고 있으며, 따라서 공기의 분자는 공간을 차지하게 된다. 또한 공기는 높이 올라갈수록 공기 밀도는 희박하다가 더 높이 올라가면 공기는 없게 된다. 공기가 없는 상권층에서부터 바다의 수면까지 가로, 세로 1cm의 직육면체의 파이프를 세워 놓았다고 할 때 그 파이프 안에 들어있는 공기의 무게는 $1.0335\text{Kg}/\text{cm}^2$ 이며 파운드로 계산한 때는 한 변이 1인치인 직육면체의 파이프를 세워놓았다고 가정할 때, 그 파이프 안에 들어있는 공기의 무게는 약 14.7 파운드(6.67Kg)가 되며 이것은 14.7 PSI로 표기하며, 대기압으로서 1기압으로 정한 기준이다.

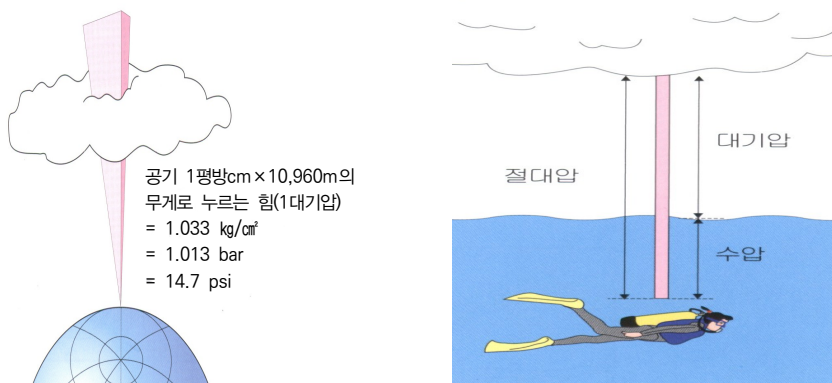
2) 계기 압력(Gauge Pressure)

계기압력이란 수면에서부터 일정한 수심까지의 물의 누적된 무게를 말하며 계기압이라고도 한다. 대기압력 하에서 정확히 말하면 1대기압에서 압력계기는 0을 가르키며, 계기압력이란 압력계기의 바늘이 가리키는 압력으로 대기 압력을 제외한 압력이다.

3) 절대 압력(Absolute Pressure)

절대압력은 계기압력과 대기압력을 합한 총 압력의 합을 말한다. 즉 사람이 물 속에 있을 때에는 수압과 대기압을 합한 만큼의 압력을 받고 있는데, 이때 계기는 수압만을 나타내지만 절대압력은 실제 사람이 받고 있는 모든 압력, 즉 수압과 대기압을 더한 것을 말한다.

[그림 6-23] 압력의 종류



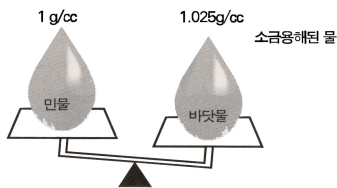
6

마. 물의 밀도(압력)

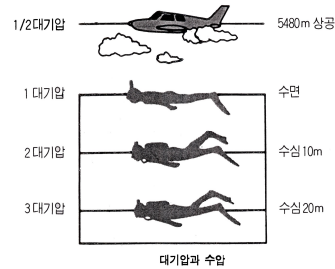
밀도란 일정한 부피의 무게를 말하며 g/cc 또는 lb/cu ft로 표시한다. 물은 기체와는 달리 압축되지 않으며 수심에 관계없이 밀도는 일정하다. 수압을 물의 무게에 의해 생기므로 수심에 따라 수압은 일정하게 변화한다.

수난구조

[그림 6-24] 물의 밀도(압력)



담수 : 1g/cc (62.4 Pound/cuft)
 해수 : 1.025g/cc (64 Pound/cuft)

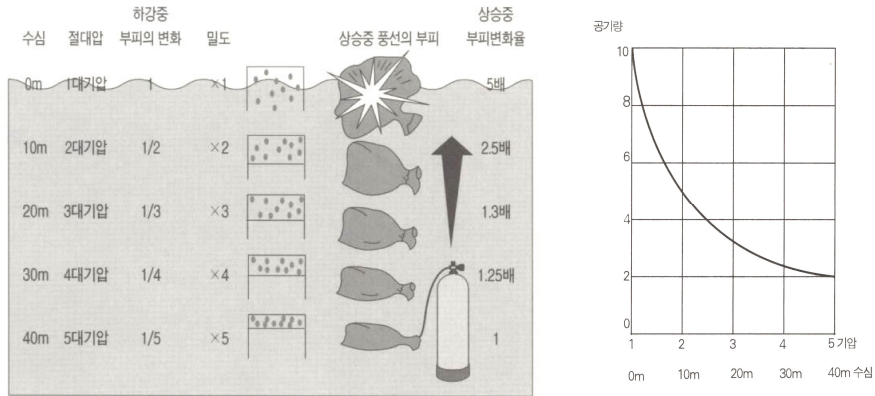


담수 : 수심/10.3m(34ft)마다 1기압씩 증가
 해수 : 수심/10m(33ft)마다 1기압씩 증가

바. 기체의 법칙

기체는 온도, 압력, 부피의 세 가지 요소와 밀접하게 관계가 있어서 이들 중 한 가지 변화가 있으면 다른 요소들에게 상당한 변화를 가져오게 된다. 따라서 변경된 주위환경에 따라 온도, 압력, 부피의 변화로 영향을 받을 변화를 미리 추측하는데 많은 도움이 된다. 예를 들어 잠수자가 물 속에서 상승하고 하강할 때에 따른 잠수자의 폐나 잠수복의 공기에 미치는 압력의 변화를 알 필요가 있다. 또한 공기압축기의 조정능력과 온도나 압력변화에 따른 공기통의 압력계를 읽을 줄 알아야 한다. 이 필요성에 대한 답을 기체의 법칙을 알고 있음으로써 알 수가 있다. 잠수자에게 직접관계가 있는 기체의 법칙은 보일의 법칙, 달톤의 법칙, 샤를의 법칙, 헨리의 법칙 등이 있다.

[그림 6-25] 압력에 따른 기체의 변화



1) 보일의 법칙(Boyles Law)

보일의 법칙에 의하면 온도가 일정하면 기체의 부피는 절대압력에 반비례하여 줄어들고, 그 밀도는 정비례하여 증가한다. 즉 외부의 압력이 2배로 되면 기체의 부피는 반으로 줄어들고 그 기체의 밀도는 2배로 증가한다. 예를 들어 수면에서 5ℓ의 공기를 넣은 고무풍선을 수심10m의 물 속으로 가지고 내려가면 절대압이 2기압이 되므로 그 풍선의 부피는 1/2인 2.5ℓ가 되고 풍선 안에 공기의 밀도는 2배가 된다. 또 20m의 수심으로 내려가면 부피는 1/3인 1.666667ℓ가 되고 밀도는 3배로 증가한다. 이와 반대로 수심10m에서 2.5ℓ의 공기를 채운 풍선을 수면으로 가지고 올라오면 풍선은 5ℓ의 부피로 커지며 밀도는 반으로 줄어든다. 이와 같은 원리에 의하여 똑같은 공기량을 가지고 잠수하여도 수심이 깊어질수록 공기는 빨리 소모된다. 마찬가지로 잠수자 공기를 들이마시고 수심10m에 내려가면 폐는 압축이 되고 만다. 그러나 폐는 신축성이 있기 때문에 상처를 받지 않는다.

보일의 법칙을 공식으로 표시하면 $pv = c$ ($p =$ 절대압력, $v =$ 부피, $c =$ 계수)

따라서 물 속에서 공기의 부피를 알려면 다음 공식을 사용한다.

$$m\text{법} \frac{D + 10}{D + 10} V_1 = V_2 \quad ft\text{법} \frac{D + 33}{D + 33} \times V_1 = V_2$$

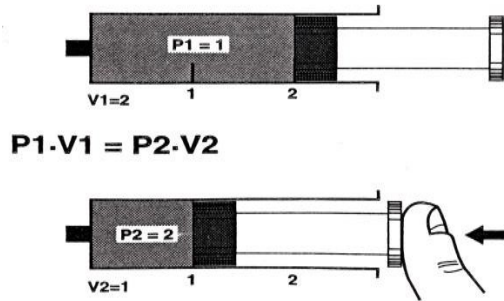
○ 부호의 뜻

- V_1 : 수면에서 확인된 일정한 부피가 물 속에 들어가서 얼마의 부피가 되는가를

알아보려면 수면에서의 부피를 가리키며 반대로 물 속에서 확인된 일정한 부피의 공기가 수면위로 올라오면 물 속의 부피를 가리킨다.

- V_2 : V_1 에 의하여 알고 싶은 공기의 부피를 가리킨다.
- D : 수심.
- 수면에서 결정된 V_1 이 수심 들어가면 얼마나 축소되는지를 알아보려면 D 를 분모 D 에 대입하고 물 속의 부피가 수면으로 올라오면 얼마나 커지는 가를 알고 싶으면 분자 D 에 대입시킨다. 분자나 분모의 10이라는 숫자는 10m를 뜻하며 이것은 계기압력을 절대기압으로 환산해 주기 위한 수치이다.

[그림 6-26] 압력 공식



○ 계산의 예

수심 50m에서 5ℓ의 공기를 가진 고무풍선은 수면위로 올라오면 몇 리터(ℓ)가 되는가?

$$\begin{aligned} & \text{(절대압 = 대기압 + 게이지압)} & \therefore 6 \times 5 \ell = 30 \ell \\ \therefore 1 + 5(50\text{m}) = 6\text{기압} \end{aligned}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

○ 부호의 뜻

- P_1 = 수면의 1기압.
- P_2 = 물 속에서의 수압.
- V_1 = 압축공기의 양.
- V_2 = 물 속에서의 공기의 부피



○ 계산의 예

2m²(2039ℓ, 혹은 72ft²)들이 공기탱크에 공기를 채우면 수심 20m에서 얼마동안 호흡을 할 수 있는가?

(참조 : 수면에서 약 90분간 호흡을 할 수 있다.)

$$V_2(\text{물속부피}) = \frac{P_1(\text{수면1기압}) \times V_1(\text{압축공기})}{P_2(\text{절대압력})}$$

$$V_2 = \frac{1 \times 2(\text{m}^2)}{3(\text{기압})} \approx 0.67\text{m}^2$$

$$\text{호흡시간} = \frac{V_2}{V_1} \times \text{수면호흡시간}$$

$$\frac{0.67(\text{m}^2)}{2(\text{m}^2)} \times 90(\text{분}) \approx 30(\text{분})$$

$$V_2 = \frac{1 \times 2(\text{ft}^3)}{3(\text{기압})} = 24(\text{ft}^3)$$

$$\frac{24\text{ft}^3}{72\text{ft}^3} \times 90(\text{분}) = 30(\text{분})$$

그러므로 2m²(2039ℓ, 혹은 72ft²)짜리 공기탱크는 수심 20m에서 30분간 호흡할 수 있다.

2) 샤를의 법칙(Charlès Law)

○ 원리 및 공식

B보일은 압력과 부피가 역비례 관계가 있다고 밝힌 사람이다. 그는 저기압인 상태와 온도의 변화에 대해선 생각하지 않았다.

샤를의 법칙에 의하면 압력(절대압)이 일정할 때 기체의 부피는 절대온도에 비례한다. 즉 온도가 상승하면 기체의 체적은 증가하게 된다.

위에 대한 것을 공식으로 나타내면

$$PV = RT \text{ 또는 } \frac{PV}{T} = R$$

(P = 절대압력, V = 체적, T = 절대온도, R = 기체계수)

예를 들면 절대온도가 두 배이면 체적온도와 압력도 두배로 증가한다는 이론

6

수난구조

○ 온도

온도는 화씨(°F)와 섭씨(°C)를 사용한다.

이는 물이 얼기 시작하는 점(0°C와 32°F)과 끓는점(100°C와 210°F)에 기초를 둔다. 온도 단위를 환산하는 공식은 다음과 같다.

$$\blacktriangle \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{5}{9}(0.555) \times (\text{ } ^\circ\text{F} - 32)$$

$$\blacktriangle \text{ } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5}(1.8) \times (\text{ } ^\circ\text{C} + 32)$$

○ 절대온도

절대온도는 0에 기초를 두는데 이 0은 온도가 내려갈 수 있는 가장 최저의 온도(부자운동이 멈출 때)를 말한다. 화씨(°F)에서는 -459.72°F(-460°F)이고, 섭씨(°C)는 -273.13°C(273°C)이다.

화씨(°F) 및 섭씨(°C)를 절대온도로 바꾸는 공식은 다음과 같다.

$$\blacktriangle \text{ } ^\circ\text{R} = \text{ } ^\circ\text{F} + 460$$

$$\blacktriangle \text{ } ^\circ\text{K} = \text{ } ^\circ\text{C} + 273$$

3) 보일과 샤를의 법칙

○ 원리

보일의 법칙은 압력과 부피의 관계를 말했고 샤를의 법칙은 압력과 부피에 대한 온도변화의 효력을 설명한 것이다. 그러나 보일과 샤를은 온도, 부피, 그리고 압력의 인수인 기체가 상호관계로 변화를 가지고 온다는 것을 알고 하나의 기체에 대한 법칙을 세웠다. 이를 보일과 샤를의 법칙이라고 하고 총체적으로 일반적인 기체의 법칙이라고 한다.

$$\frac{P_1V}{T_1} = K \text{이므로 } \frac{P_2V_2}{T_2} = K \text{가 된다. 그러므로}$$

$$\frac{P_1V}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K \text{가 된다.}$$

○ 부호의 뜻

- P₁ = 최초 압력(절대압력)

- V_1 = 최초 부피
- T_1 = 최초 온도(절대)
- P_2 = 마지막 압력(절대)
- V_2 = 마지막 부피
- T_2 = 마지막 온도(절대)
- K = 불변 계수

위의 공식을 계산하려면 아래사항을 알아야 한다.

※ 모르는 것이 오직 한 가지이어야 한다.

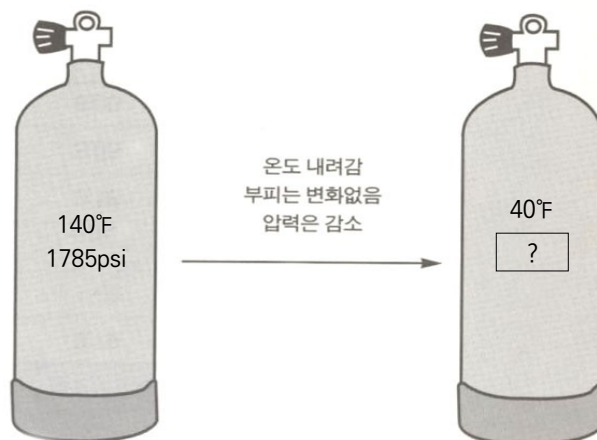
※ 변하지 않는 것(예를 들어 공기탱크의 부피)이나 그 변화가 결과에 미치지 못할 때 공식의 양편에서 지워버려 계산을 간단히 할 수 있다.

○ 예제 1

스쿠버 공기탱크에 1785psig의 압력을 받았을 때 온도가 140°F이 되었다.

40°F의 물에 잠수했을 때 압력은 얼마인가?

[그림 6-27] 부피의 변화



6

수난구조

- ①
- P_1
- 의 값을 구한다.

$$P_1 = 1785\text{PSI}(\text{gage}) + 14.7\text{PSI}(\text{기압}) = 1799.7\text{psig}$$

- ②
- V_1V_2
- 는 공기탱크의 부피가 변하지 않으므로 공식에서 생략하면

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

- ③ 화씨로 되어있는 온도를 절대온도 R로 바꾼다.

$$R = \text{°F} + 460 \text{이므로, } T_1 = 140 + 460 = 600^\circ,$$

$$T_2 = 40 + 460 = 500^\circ$$

- ④
- P_2
- 를 알아야 함으로
- P_2
- 를 구하기 위한 공식을 정리하면

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} \text{ 그러므로 } P_2 = \frac{1799.7\text{psig} \times 500R}{600R} = 1499.75\text{PSI를}$$

계산계기 압력으로 고치려면

$$1499.75 - 14.7\text{PSI} = 1485.05\text{psig}$$

○ 예제 2

압축기는 분당 60ft³ 흡입능력이 있고 수면온도는 80°F이다.

잠수압력은 5절대기압이다. 절대온도는 수면에서 504°R이며 수심에서는 500°R이다. 잠수한 깊이에서의 부피는 얼마인가?

- ① 공식을 정리하면

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

- ② 숫자를 대입하면

$$V_2 = \frac{1\text{atm} \times 60 \text{ cuft}/\text{min} \times 500^\circ\text{R}}{5\text{atm} \times 540^\circ\text{R}} = 11.1\text{cuft} / \text{min}$$

깊은 바다 속에서 한 잠수자에게 필요한 실제적 부피는 4.5cu ft/min이므로 공기 압축기의 능력은 충분하다.



온도 °C	압력 150kg/cm ² 용	압력 200kg/cm ² 용
0	127.6	170.1
10	134.0	178.8
20	140.4	187.2
30	146.8	195.8
※35	150.0	200.0
40	153.2	204.3
50	159.5	212.7

▲ 온도의 변화에 따른 압력의 변화(충전시 기준온도 35°C)

4) 달톤의 법칙

○ 원리

혼합기체의 전체 압력이라는 것은 그 기체를 구성하고 있는 각 구성의 성분 가스가 차지하고 있는 부분압력의 총화이며 부분압력은 그 가스의 체적(부피)에 비례한다. 표면에서 가스의 부분압력은 다음과 같다.

$$\text{산소 } \frac{21}{100} \times 14.7 = 3.087$$






$$\text{질소 } \frac{79}{100} \times 14.7 = 11.613$$

달톤의 법칙은 압력을 받으면 인체 내에 어떤 특정 기체가 너무 지나치게 누적될 수 있기 때문에 일어날 수 있는 사고에 관하여 깊은 관심을 갖도록 암시해 주고 있다.

6

[그림 6-28] 달톤의 부분압

수난구조

수심 (바다)	절대압	부피의 변화	부분압	
			질소 79%	산소 21%
0 m	1 대기압		0.79 대기압	0.21 대기압
10 m	2 대기압		1.58 대기압	0.42 대기압
20 m	3 대기압		2.37 대기압	0.63 대기압
30 m	4 대기압		3.16 대기압	0.84 대기압
40 m	5 대기압		3.95 대기압	1.05 대기압

○ 예제

수심 90ft에서 잠수자가 호흡하고 있는 공기 중 산소의 부분압력은 얼마인가?

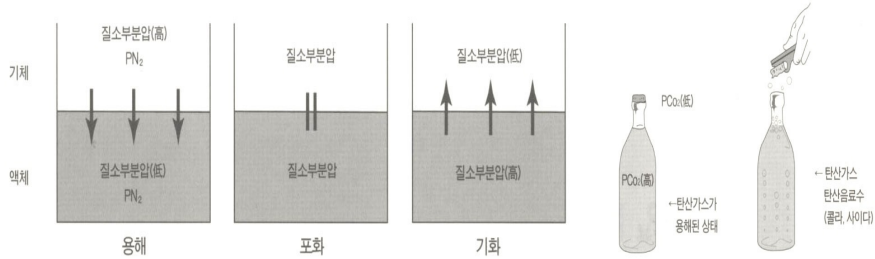
$$\frac{21}{100} \times 14.7 \times 4(\text{절대대기압}) = 12.348 \text{ PSI}$$

5) 헨리의 법칙

일정한 온도하의 액체 내에 용해되어 있는 기체의 양은 그 기체의 부분압력과 비례한다. 즉, 예를 들면 여름에 맥주나 사이다, 콜라 등 탄산음료에 들어있는 탄소가 병마개를 뺐은 후 병 속의 압력이 저하되면서 급속히 외부로 방출하는 것을 말한다. 일단 잠수자가 잠수하게 되면 인체는 콜라병과 같이 된다. 잠수자가 압력을 받으면 받을수록 들이마신 공기의 각 성분은 폐를 통하여 혈액 속에 용해된다. 이때 잠수자는 천천히 상승하면서 용해되어 있는 기체가 거품이 되어 끓어오르지 않도록 주의하여 천천히 상승하여야 한다.

즉 콜라병을 천천히 조금씩 열면 녹아있는 기체(CO₂)가 급히 끓어오르는 현상을 막을 수 있는 것이다. 따라서 잠수자가 급히 상승한다는 것은 곧 기체의 폭발적인 기화현상을 불러일으킴으로서 혈관을 압박시켜 차단시키거나 인체의 조직을 파괴하게 된다. 여기서 잠수자는 최소한 혈액 속에 녹아있던 기체들의 기포가 극히 미세하여 모세혈관이나 폐 세포를 통과할 수 있도록 그에 알맞은 속도로 상승하여야 함을 알 수 있다. 혈관이 차단되면 혈액 속으로 산소를 공급할 수 없으며 뇌에서 기포가 발생하면 심한 통증을 느끼며 심할 때에는 신체에 장애가 올 수도 있다.

[그림 6-29] 헨리의 법칙과 감압병



사. 기체의 확산

기체에서는 부분압과 운동에너지의 결과로 확산현상이 일어난다. 확산현상이란 기체의 분자들이 서로 섞이는 현상을 말하며, 밀폐된 용기 내에서 기체분자들은 각자 임의의 방향으로 이동하여 결국에는 모든 용기 내에 골고루 퍼지게 되는 것이다. 용기 내에 두 가지 서로 다른 기체가 칸막이로 나누어져 있고, 칸막이에 작은 구멍이 뚫려 있다면 두 기체는 이 구멍을 통하여 서서히 확산하여 서로 섞이게 된다. 확산속도는 기체 분자의 무게와 관련 있으며, 기체 분자가 무거울수록 천천히 움직이게 되므로 확산속도는 느려지게 된다. 투과성의 막으로 나누어진 두 기체 사이에도 분자들의 상호이동이 발생하며 분자들은 부분압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 더 많이 이동하여 결국 압력의 평형을 유지하게 된다. 압력이 평형상태를 유지하여도 분자의 상호이동은 계속된다.

아. 기체의 운동

기체의 분자는 빠른 속도로 이동하며 물체와 충돌하면 튕겨져 다시 다른 방향으로 이동을 하게 된다. 대기압 상태에서 1 inch²면적에 매 초당 2×10²⁴개라는 엄청난 숫자의 분자가 충돌한다. 이들 분자 하나 하나는 매우 미세하여 아무런 영향을 주지 않지만 수많은 분자들이 모이게 되면 일정한 힘을 갖게 된다. 이런 기체의 운동에너지는 두 가지의 요소에 의해 결정된다.

첫째는 분자들의 이동 속도이고 둘째는 분자들의 무게이다. 일정한 온도에서 분자의 무게가 무거운 기체는 분자의 무게가 가벼운 기체에 비하여 운동속도가 느리다. 그러나 두 기체의 무게와 속도의 조합에 의한 운동에너지는 동일하다. 즉 “같은 온도에서 모든 기체의 운동에너지는 동일하다.” 바꾸어 말하면 기체 분자의 운동에 의한 결과로 나타나는 압력은 온도가 같다면 모든 기체가 동일하다는 것이다. 그러나 용기내의 기체분자의 수나 충돌력이 변화되면 결과적으로 압력이 변화된다. 예를 들어 온도가 상승하면 분자의 운동속도가 빨라져서 용기내벽에 충돌하는 횟수가 빈번해지고 충돌력도 증가하

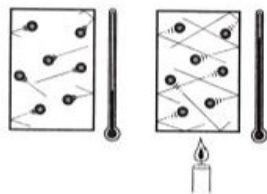
기 때문에 압력이 높아지게 된다. 용기에 담긴 일정량의 기체가 압력에 의해 압축이 되었다면 단위 부피당 기체 분자의 수가 증가하게 되어 기체분자가 용기내벽에 충돌하는 횟수가 빈번해지기 때문에 압력이 증가하게 된다.

수난구조

자. 액체 속의 기체

기체와 액체가 만나게 되면 기체의 일정량이 액체에 용해된다. 어떤 기체는 용해도가 높아서 액체에 쉽게 용해되기도 하고 어떤 액체는 용해력이 강해서 기체를 쉽게 흡수하기도 한다. 예를 들면 질소는 물보다 지방질에 약 5배정도 잘 흡수된다. 기체가 액체에 흡수되는 양은 온도와 압력에 영향을 받는다. 액체에 용해된 기체의 양은 “일정한 온도에서 액체내에 용해되는 기체의 양은 그 기체의 부분압과 비례한다.”는 헨리의 법칙에 의해 잘 설명된다. 즉 액체에 용해되는 기체의 양은 기압에 비례하여 증가 또는 감소하는 것이다. 기체와 액체가 만난다면 기체분자들이 부분압에 의해 액체로 밀려 들어 간다. 기체분자들이 액체로 이동함에 따라 액체 속의 기체부분압이 커지게 된다. 기체의 부분압과 액체 속의 기체 부분압의 차이를 압력 경사라고 하며 이 압력 경사가 클수록 기체의 용해는 빠르고, 작을수록 용해가 느리게 진행된다. 즉 기체의 부분압이 높고 액체에 용해된 기체의 압력이 낮은 상태에서는 기체의 용해가 빠르게 진행되지만 점차 액체 속의 기체압력이 증가하여 압력경사가 0이 되면 포화상태가 된다. 기체의 용해도는 온도에 따라 변하여 온도가 낮을수록 용해도는 높아진다. 잠수자가 수면 아래로 하강하면 체내의 혈액에 용해되는 공기의 양은 각 성분의 부분압에 따라 다르지만 압력이 높을수록(수심이 깊을수록) 그리고 오래 머무를수록 많은 양의 공기가 혈액에 용해된다. 반대로 잠수자가 상승하면 혈액 속에 녹아있는 공기가 허파에서 확산작용에 의해 체외로 천천히 배출된다. 규정된 상승속도 이하로 천천히 상승하면 혈액 속의 기체는 허파를 통하여 정상적으로 배출되지만 만약 상승속도가 지나치게 빠를 경우 혈액속의 기체가 허파에 도달하기 전에 혈액 속에서 기포가 발생된다. 이 기포는 감압병의 원인이 되기 때문에 잠수자가 상승할 때에는 반드시 규정 속도를 지켜야 한다.

[그림 6-30] 분자운동



기체의 온도가 상승하면 분자의 운동이 활발해져서 압력이 높아지게 된다

차. 부력

물체를 뜨게 하는 힘을 부력이라고 한다. 아르키메데스의 원리에 의하면, 어떤 물체가 액체 속에 잠겼을 때, 그 물체는 물체에 의하여 배제된 액체의 무게만큼 부력을 받게 된다. 부력은 밀도에 의존하며 부력의 형태와 계산법 및 부력의 영향은 다음과 같다.

1) 부력의 형태

○ 양성부력

물체가 배제한 물의 비중이 물체의 비중보다 무거운 경우 그 물체가 뜨게 되는 것을 말한다.

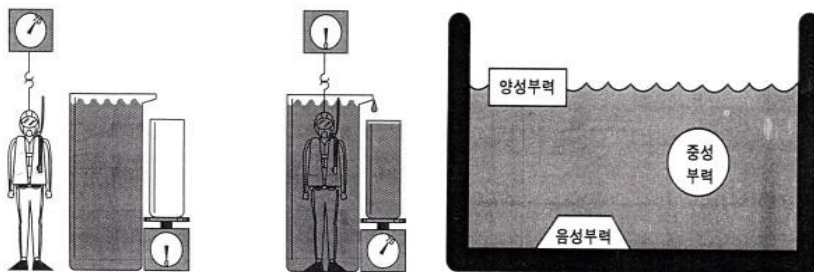
○ 중성부력

물체가 배제한 물의 비중과 같을 경우 그 물체는 액체 속에 뜨지도 가라앉지도 않는다. 이는 뜨려고 하는 힘과 가라앉으려고 하는 힘이 균형인 상태로 되어 있기 때문이다.

○ 음성부력

물체가 배제한 물의 비중이 물체의 비중보다 가벼울 경우 그 물체는 가라앉는 상태를 말한다.

[그림 6-31] 부력의 형태



물에 잠긴 다이버는 잠긴 부피와 같은 물의 무게만큼 부력을 받는다

2) 부력계산

부피가 1ft^3 , 무게가 10파운드 되는 통나무를 물 속에 담갔을 때, 배제된 물의 무게가 64파운드였다면, 부력은 64파운드로서 54파운드가 초과부력이므로 양성부력에 해당된다. 잠수자는 여러 가지 부력조절장비 등을 이용하여 물속에서 부력을 조

6

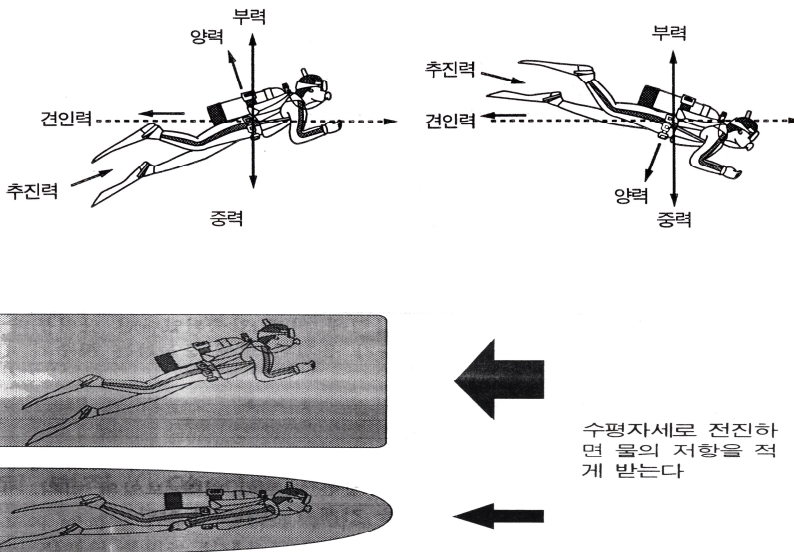
절할 수 있으며, 15~20ft(5~6m)의 깊이에서 숨을 쉬는 잠수자는 중성부력에 있게 되며 더 밑으로 내려가면 그는 가라앉게 된다.

3)부력의 영향

수난구조

수중에서 잠수자가 이동할 때 이동 방향으로 작용하는 힘을 추진력 이라 하며 저항 등에 의해 이동방향의 반대방향으로 작용하는 힘을 견인력이라고 한다. 그 밖에도 부력, 중력, 양력 등의 힘이 작용하는데, 부력은 아래에서 위쪽으로 작용하며 중력은 위에서 아래로 작용한다. 잠수자가 양성부력인 경우에는 양력이 위쪽으로 작용하고 음성부력일 경우에는 아래쪽으로 작용한다. 양력은 잠수자의 자세에 따라 방향이 바뀌는데 잠수자가 전진방향을 위쪽으로 향하여 자세를 취하면 양력은 위쪽으로 작용하고, 반대로 잠수자가 전진방향을 아래쪽으로 자세를 취하면 양력은 아래쪽 방향으로 작용한다. 잠수자의 자세가 수평선에서 기울어질수록 물의 저항을 받는 단면적이 넓어지게 되므로 이동하기가 어려워진다. 그러므로 수중에서 이동할 때는 저항을 최소화하기 위해 중성 부력을 정확하게 유지하여 수평 자세를 취하는 것이 중요하다.

[그림 6-32] 수중에서 작용하는 여러 가지 힘



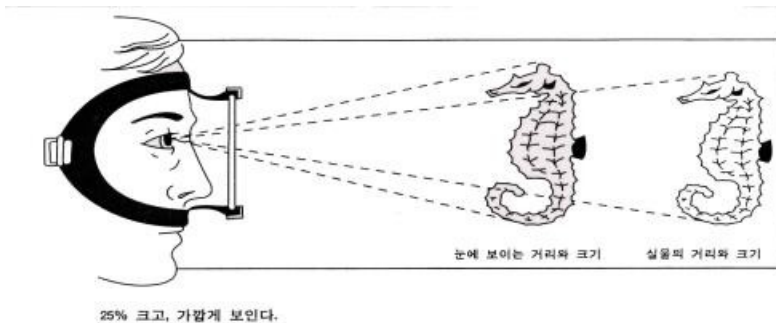
카. 빛

본다는 것은 다양한 표현, 사물, 공기로부터 반사 되는 빛의 반사에 의한 영상이기 때문에 눈에 보이기 위해서 빛을 필요로 하게 된다. 물 속에서는 표면에서와는 다르게 빛의 굴절, 빛의 반사와 확산, 빛의 흡수 요소에 의해서 잠수자가 보는 것에 영향을 주게 된다.

1) 빛의 굴절

빛은 물질이 다른 곳을 통과할 때 굴절한다. 잠수자가 수중에서 사물을 선명하게 보기 위해선 물안경을 착용해야 하므로 빛이 잠수자의 눈에 도달하려면 물과 물안경 유리, 물안경 속의 공기층 등 각기 다른 세 가지 물질을 통과하게 되므로 굴절현상이 생기게 되며, 따라서 수중에서는 실제보다 약 25%(¼)정도 가깝고 크게 보이게 된다.

[그림 6-33] 빛의 굴절



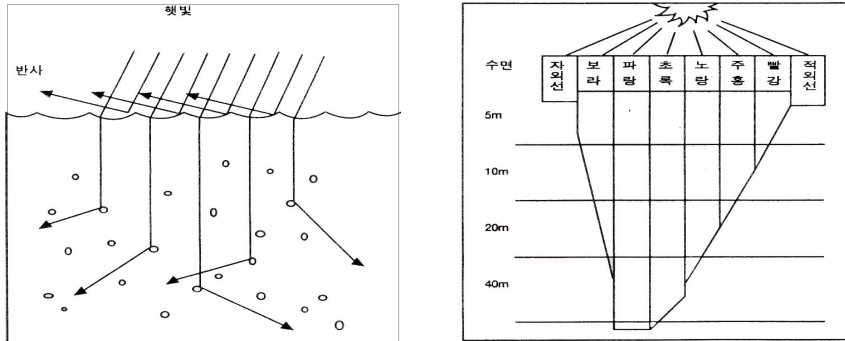
2) 빛의 반사와 확산

빛의 반사는 햇빛이 물 속으로 들어가기 전 수면에 의해 그 침투가 차단당함으로써 일어나는데, 특히 파도가 심할 경우 수면에서 반사되는 빛의 양은 훨씬 많아진다. 또한 수면을 통과한 빛들도 물 속의 많은 먼지나 프랑크톤 등에 의하여 확산되고 만다, 아주 잔잔한 물 속에서도 투과된 빛의 75% 정도가 수심 6m 이내에서 이 같이 확산되므로 빛은 물속 깊이 들어가지 못하게 되고 수심이 깊어질수록 점점 어두워진다.

6

[그림 6-34] 빛의 반사와 흡수

수난구조



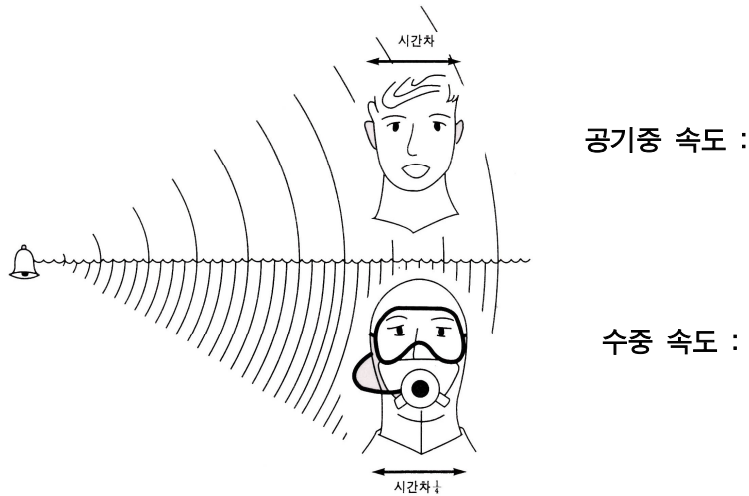
3) 빛의 흡수

햇빛은 각기 파장이 다른 여러 가지 색깔들로 구성되어 있다. 빛이 수면을 통과해 물속 깊이 내려갈수록 그 강도는 점점 옅고 파장이 긴 색깔인 빨강색부터, 주황, 노랑, 초록, 파랑색의 순으로 물에 흡수된다. 따라서 20m 이상 깊이 내려가면 붉은색의 옷도 보라색 정도로 보이며 모든 사물이 푸르스름한 회색을 띄게 된다.

타. 소 리(음향)

수중환경에서 소리의 변화는 빛의 변화와 유사하다. 소리 역시 빛과 같이 파장의 특성을 갖고 있으며, 소리에서의 파장은 압력의 파장이다. 소리는 물체의 진동에 의해 만들어지며 공기나 물에서 분자의 파장 형태로 전달된다. 이 파장은 귀에 도달하여 고막에 같은 파장의 떨림을 만들어 냄으로써 소리를 전달하게 되는 것이다. 소리는 일정한 밀도를 갖는 물체를 통하여 전달되기 때문에 밀도가 높은 물속에서는 잘 전달되며, 진공 상태에서는 전달되지 않는다. 음파는 물에서 육상보다 4배 정도 빠른 약 1,500m/초의 속도로 더 멀리까지 전달된다. 그런데 사람의 두 귀에 도착하는 소리의 시간차이를 감지하여 방향을 판단하기 때문에 전달 속도가 빠른 수중에서는 시간 차이가 줄어들어서 방향을 판단하기가 어려워진다. 사람의 발성기관은 육상의 공기 중에서 사용하기에 적합하도록 구성되어 있어서 수중에서 목소리를 이용하여 의사를 전달하기 어렵고, 잠음도 공기 중에서 보다 크게 전달되기 때문에 수중에서 의사를 전달하는 것은 다른 장비의 도움이 없이는 거의 불가능하다.

[그림 6-35] 물속에서의 소리전달

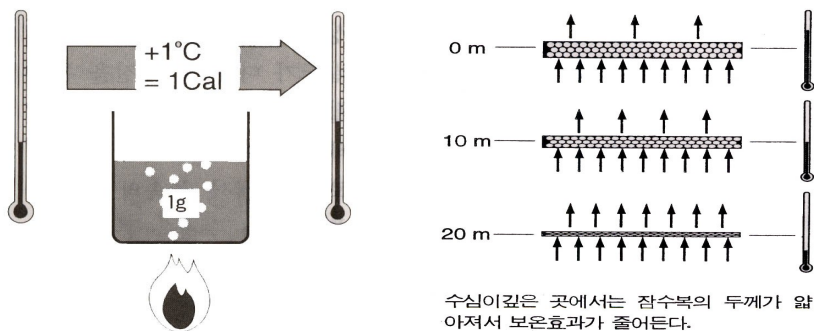


파. 열

열은 인간의 환경에 결정적인 요소이다. 사람의 신체는 신체 내에 온도의 변화 안에서 제 기능을 한다. 열은 분자운동에 비례한 에너지의 형태이며, 열을 나타내는 단위는 Cal(칼로리) 또는 kg/Cal(키로 칼로리)로 쓴다.

1 Cal(칼로리)는 1g의 물을 1°C 올리는데 필요한 열량을 말하며 kg/Cal(키로 칼로리)는 1kg의 물을 1°C 올리는데 필요한 열량을 말한다. 비열은 물을 1로 했을 때의 비율로써 공기의 전도율이 0.24라 함은 1g 을 1°C 높이는데 열량이 0.24칼로리라는 말이다. 열을 한곳에서 다른 곳으로 옮기는데 전도, 대류, 복사의 세 가지 방법이 있다.

[그림 6-36] 열



6

수난구조

○ 전 도(Conduction)

전도는 직접 물질적인 접촉에 의해서 열이 이동하는 것을 말한다. 예를 들면, 요리그릇이 뜨거워지는 것을 전도라 한다. 물은 공기보다 열전도율이 25배나 더 빠르다. 또 물은 다른 액체보다 더 많은 열을 저장시키는 성질이 있기 때문에 체온보다 낮은 물에 들어가게 되면 그에 비례하여 더욱 빠른 속도로 체온이 물에 전달되게 된다. 인체는 열을 빼앗기면 부족한 열을 생산하기 위하여 더욱 많은 산소를 소모해야 한다. 더욱이 인체의 심장부는 온도가 일정해야 하며, 조금이라도 낮아지면 제 기능을 상실하게 된다. 그런데 인체는 열을 빼앗기기 시작하면 제일 먼저 피부에 열을 전달해 주는 기능을 포기하고 그 다음 단계로는 피부 밑의 조직에 열 공급을 포기하는 순서인데, 이렇게 되면 곧 모세혈관을 차단시켜서 혈액순환이 정지하게 되고, 이에 따라 열 공급이 가속적으로 차단된다.

보통 소름이 끼쳐지는 현상은 바로 이와 같은 작용들에 의한 것이다. 계속해서 열을 빼앗기게 되면 심장부는 팔, 다리 등 인체의 심장부와 거리가 먼 곳의 열전달을 포기하면서라도, 심장부는 최후까지 열을 저장하려는 노력을 계속한다. 만일, 이러한 경우 갑자기 담요와 같은 것을 뒤집어쓴다면 어떻게 될까? 그렇게 되면 인체외부에 새로운 신진대사가 필요하게 될 것이다. 심장부는 자체의 최후 온도라도 유지하기에 전력을 경주하고 있으므로 그것 자체만으로도 부족하던 열에너지를 다시 신진대사가 발생하는 먼 곳까지 전달하려면 급격한 무리가 발생하게 된다. 따라서 심장부는 훨씬 무리한 운동으로 신체상의 급격한 변화를 받게 된다. 별안간 떨리고, 두통이 심해지며 신경 계통에 혼란이 일어나는 현상 등은 모두 그러한 적당하지 못한 조치를 했을 때 발생하는 위험들이다. 마찬가지로 독한 술을 먹더라도 체온을 정상적으로 회복시키는 데는 아무런 효과가 없다. 지나친 체력을 소모한 다이빙 뒤에, 때때로 알코올음료가 필요한 듯한 현상을 가끔 보게 되지만, 결국 그것은 기분 전환정도가 그 한계이고 체온을 높이는 데는 아무런 도움이 되지 않는다. 따라서 빼앗긴 체온을 빨리 회복하는데 가장 좋은 방법은 모닥불을 양쪽에 피워놓고 그 사이에 앉아 열 공급을 받거나 뜨거운 물에 들어가는 방법이다. 고래는 피부 속에 많은 지방을 저장하고 있어서, 그것이 단열 작용을 하지만, 인체는 그러한 장치가 되어 있지 않다. 인체표면에 기름을 발라도 결국은 물에 씻기거나, 혹은 오히려 열전도율을 높여 주는 결과 밖에는 얻는 것이 없다.

○ 대류(Convection)

대류란 가열된 액체나 기체의 움직임에 의하여 열이 전달되는 것을 말한다.

이것은 난로에 의해 실내가 따뜻하게 되는 원리와 같다. 즉, 따뜻한 공기는 위로 올라가고 차가운 공기는 밑으로 내려오는 자연적인 공기의 흐름으로 인한 것이다. 만약



잠수자가 물이 가득 찬 수영장의 바닥에서 머무른다면 대류에 의해 가라앉은 찬물이 아래쪽으로 모이고, 잠수자는 전도에 의해 체온을 빼앗기게 되는 것이다.

○ 복 사

에너지 전자기의 파장에 의해서 열이 이동하는 것을 말한다. 태양으로부터의 열, 전 기히터로부터의 열은 이 복사의 대표적인 형태이다.

2. 잠수생리

생리학은 생명체의 기능과 생명에 관계되며, 해부학은 각 과정이 실행되는 신체의 구조와 조직의 연구이다. 잠수자가 자기신체와 생명에 관계되는 과정에 대한 기본적인 이해를 하고, 수중환경이 잠수자에게 부과하는 증가된 요구에 대처하기 위한 생리학과 해부학에 대한 일반적인 사항에 대한 기초적 이해를 위하여 기술한다.

가. 인체의 구조와 환경

인체는 각각 특정한 기능을 가진 상호의존적인 구조의 집합체로 이루어져 있으며, 잠수자에게 중요한 인체구조는 골격, 근육, 신경, 순환기, 호흡기 및 배출기이다.

1) 골격

골격은 신체가 형성되는 기본구조를 제공하여 인체에 힘을 주고 생명에 관련 되는 기관을 보호해 준다.

2) 근육

근육은 인체를 움직이게 해주는데, 눈 한번 깜빡하는 곳에서부터 장거리 달리 기에까지 부차적으로 생명에 관계되는 기관을 보호해 준다.

3) 신경

신경은 대뇌, 척추신경, 신경 복합조직으로 이루어져 있으며, 모든 인체의 기능 및 활동을 조정해준다.

4) 세포

인체는 수백만의 아주 작은 생명체인 세포로 조직되어 있으며, 세포는 너무 나 작기 때문에 현미경으로 볼 수 있다. 세포는 음식물과 산소를 섭취하고 탄산가스와 찌꺼기, 수분 및 열을 발생하며, 이 세포들은 살아있지만 하는 것이 아니라, 일하고, 놀며, 배우고 활동하는 모든 것의 에너지와 능력을 가지고 있으며 인체생명의 원동

6

수난구조

력이 되고 있다. 인체의 세포는 여러 가지 종류가 있으며, 각각 다른 역할을 하는 조직체를 구성하고 있다. 조직체(Tissue)란 인체의 각 부분이 별다른 기능과 역할을 하는 것으로서, 각 조직체의 역할로 인하여 원활한 생명체를 이룬다.

5) 순환기

외부환경이 완전하더라도 내부 각 조직의 활동은 쉬지 않는다. 즉, 심장은 피를 인체의 각 부분에 보내고, 각 조직체액은 피와 가스 및 용해된 물질을 서로 교환하며, 폐는 산소와 이산화탄소(CO_2)를 교환하고, 소화기관은 혈관이 조직체에 보낼 수 있도록 음식물을 준비한다. 인체의 과열은 피가 표피에 접촉되므로 냉각되고, 또한 땀이 나서 저하가 된다. 이러한 활동은 여러 가지 조직의 활동 중 일부분에 속하는 것이다.

6) 인체의 조직

인체의 폐 신경 및 호르몬 작용으로 인하여 외부 환경의 변화에 따라 인체 내부의 각 조직은 자동적으로 적응하게 된다.

7) 호흡기

호흡에 관해서는 사람이 물에 들어가게 되는 외부환경의 변화가 있을 때, 호흡 보조기가 없이는 안된다. 또한, 사람이 깊이 잠수할 때 상당한 수압을 받게 되며 이를 회복하기란 용이하지 않다. 안전한 잠수란, 생리를 앎으로써 도모할 수 있다.

나. 호흡과 순환

1) 호흡과 혈액순환

호흡과 혈액순환은 인간이 생명을 유지하는데 가장 기본적인 활동이며, 이 활동에 의해 인체 조직에 산소를 공급하고 체내에 생긴 이산화탄소(CO_2)를 몸 밖으로 배출할 수 있게 되는 것이다

2) 신진대사

세포는 살고 발육하고 기능을 완수하기 위해 에너지를 필요로 한다. 따라서 음식물의 소화, 다시 말하면 연료인 음식물과 산소가 필요하고 그 결과 이산화탄소(CO_2), 물, 열 등이 발생한다. 이러한 음식물의 소화과정을 신진대사라 한다.

3) 세 포

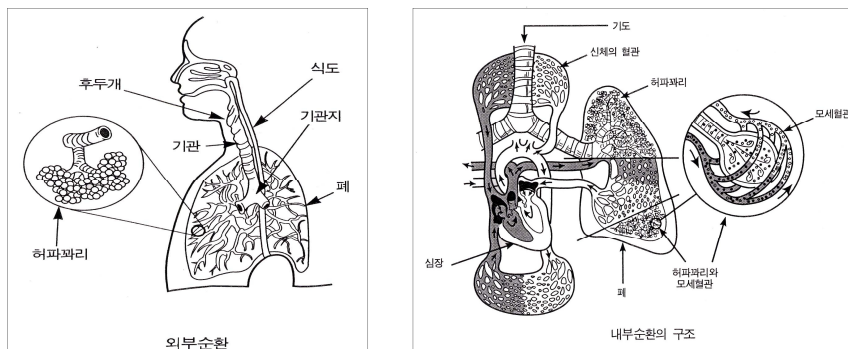
세포가 직접 산소를 필요로 하고 이산화탄소(CO_2)를 배출하는 과정을 표피에서 폐의 힘을 빌리지 않고도 한다. 얇은 피부를 사이에 두고 세포가 직접 이산화탄소(CO_2)를 배출하는 과정은 표피에서 폐의 힘을 빌리지 않고도 한다. 얇은 피부를 사이에 두고 세포가 직접 이산화탄소(CO_2)를 배출하는 과정을 표피에서 폐의 힘을 빌리지 않고도 한다.

CO₂)를 다시 운반해서 폐로 가지고 온다. 그러므로 폐에서 산소(O₂)와 이산화탄소(CO₂)의 교체가 있게 된다.

4) 호흡과정

우리가 숨을 들이마시면 공기를 코나 입을 통해 기관지, 기관지를 통해 폐포로 들어가게 된다. 폐포는 가느다란 실핏줄로 둘러 싸여져 있고, 실핏줄 속의 혈액은 신선한 산소를 공급받고 이산화탄소(CO₂)를 배출하며 이렇게 전달된 실핏줄 속의 산소는 심장으로 전달되며, 심장은 혈액속의 산소를 동맥을 통해 각 조직의 세포에 전달한다. 각 조직의 세포는 전달된 산소를 신진대사에 사용하고 대신 이산화탄소(CO₂)를 혈액에 보내게 된다. 혈액속의 이산화탄소(CO₂)는 정맥을 통해 심장으로 흘러가며, 다시 심장에서 폐포로 가서 내쉬는 숨을 통해 몸 밖으로 배출되게 된다.

[그림 6-37] 호흡과정



다. 순환계통

순환계통은 폐, 모세혈관, 조직체 모세혈관, 심장, 동맥, 정맥으로 구성되어 있다.

1) 심장

- 심장은 주먹만 한 크기이고 가슴중앙에서 조금 왼쪽에 있고, 근육으로 구성되어 근육 수축작용으로 피를 분출(Pumping)해서 각 순환계통에 보낸다.
- 심장은 좌, 우 둘로 분리되어 있으며 서로 직접적인 연결은 없으며 좌, 우 각각에 심실로 구성되어 있다.
- 순환은 좌심실에서 대동맥을 통하여 각 조직체로 나갔다가 정맥을 통해서 우심방으로 들어간다. 우심방에서 우심실로 다시 폐로 가서 맑은 피가 되어 좌심방

6

수난구조

으로 들어간다. 이것이 다시 좌심실로 간다.

- 보통 성인은 6ℓ의 피를 가지고 있으며 혈장 50%, 적혈구 45%, 백혈구 5%와 혈전으로 되어있다.
- 혈장은 92% 물로 이루어진 노란용액으로 백혈구 및 기타 물질을 운반한다.
- 피는 산소와 탄산가스를 운반하는 성질을 가지고 있으며, 적혈구는 산소를 운반하는 역할을 하고 피(1m³)내에 약 500만개의 적혈구가 있으며, 적혈구가 산소를 운반하는 것은 혈구속에 헤모글로빈이라는 것이 있기 때문이며, 헤모글로빈이 산소를 지녔을 때는 아주 빨간색이 나고 산소를 잃으면 푸르스름한 색을 띄게 된다.
- 헤모글로빈이 산소를 지니고 조직에서 산소를 주게 됨은 산소의 부분압력에 기인한다. 헤모글로빈은 탄산가스 운반에도 많은 도움이 되고, 탄산가스를 배출하게 되는 것도 부분압력에 기인한다.
- 백혈구는 침입한 박테리아를 잡아먹거나 공격함으로써 신체에 오염되는 것을 방지한다. 백혈구의 수는 적혈구에 비해 200:1로 수가 적으나 세균에 감염되면 백혈구의 수는 급격히 증가한다.
- 혈장은 생명유지에 필요한 물질을 함유하고 있으며, 혈전(혈소판)은 피를 응고시키는 역할을 한다.

2) 동맥과 정맥

- 동맥은 심장에서 모세혈관을 통해서 몸의 조직체에 피를 보내는 역할을 한다.
- 정맥은 모세혈관에서 심장으로 돌아오는 피를 보내는 역할을 한다.
- 동맥과 정맥은 나무 가지와 같은 여러 갈래로 온 전신을 둘러싸고 있으며, 심장 부근의 혈관은 엄지손가락만 하고, 가장 작은 혈관은 현미경으로 보아야 보일 정도이고, 모세혈관, 동맥, 정맥은 서로 연결되어 있다.
- 심장에서 대뇌로 혈액을 공급하는 동맥을 경동맥이라고 한다.

경동맥은 목 부분에서 두 갈래로 갈라지는 부분에 있으며, 이 부분은 다른 혈관들보다 약간 두툼하게 부풀어져 있다.

3) 폐 모세혈관

폐의 공기주머니를 완전히 감싸도록 혈관이 뻗쳐 있으며, 폐 모세혈관에서 산소와 탄산가스가 교체하게 된다.



4) 조직체 모세혈관

각 조직에 뻗쳐있는 혈관으로 산소 및 음식물을 운반하기도 하고, 나쁜 찌꺼기를 폐로 운반한다.

5) 순환률

혈액의 산소운반은 헤모글로빈에 의해 이루어지며, 심장은 1분 동안에 60~70회 박동하고 5ℓ 정도의 혈액을 순환시킨다. 그러나 심한 운동이나 노동을 할 때에는 1분에 150회까지도 박동하며, 약 35ℓ의 혈액을 순환시키기도 한다.

6) 혈압

혈압은 매 심장의 박동시마다 변화하는데, 압력이 낮은 때는 심장이 이완 되어 있고 혈압이 높을 때는 심장은 긴장되어 있다.

압력이 낮은 심장박동을 확장기 압력이라 하고, 압력이 높은 때의 심장압력을 수축기 압력이라 한다. 이 압력을 수은주로 측정하여 고압/저압으로 측정하는데 정상적인 수은이 120/80이다.

라. 호흡계통

호흡기는 폐, 인후, 횡경막, 림 케이지(Rib cage)와 공기를 폐로 운반하고 빼내는 근육들로 되어 있고, 폐는 약 3억 개의 공기주머니를 가진 2개로 나누어져 있으며, 이를 폐포(Alveoli)라 부른다. 폐포(Alveoli)의 주위에는 많은 모세 혈관이 있으며, 모세혈관에 있는 피와 공기주머니에 도착한 혼합물의 가스교환을 원활하게 해준다. 공기는 입에서 인후를 통해 들어가서 두 개의 기관지로 나뉘어져 공기주머니를 이룬다.

폐와 심장부는 횡경막(Diaphragm)을 사이에 두고 복부와 격리되어 있으며, 횡경막이 굽어지면 숨을 내쉬게 되고 아래로 당겨지면 숨을 들이마시게 되는데, 이 횡경막을 움직이는 근육은 거의 무의식 상태로 반복운동을 하고 있으며, 보일의 법칙에 따라 용량이 늘어남에 의해서 가슴압력이 낮아지고 상대적으로 압력이 높은 바깥 공기가 폐안으로 들어오게 된다. 또한, 폐에 있는 공기를 전부 배출할 수 없기 때문에 잔유 공기량은 항상 1~1.5ℓ가 남아있다.

○ 호흡속도(Respiratory Rate)

보통 성인의 1분간 호흡수는 10~20회 정도이며, 운동을 하게 되면 호흡속도는 증가하게 된다.

6

수난구조

○ 최대 폐용량(Total Lung Capacity)

폐가 최대로 공기를 흡입할 때의 부피는 5~6ℓ 정도이다.

○ 최소 폐활량

폐 속의 공기를 완전히 배출한 후 잔여 공기량을 말하며, 보통 1~1.5ℓ 정도이다.

○ 호흡량(Total Capacity)

한 번의 정상적인 호흡 시 폐에 출입하는 공기량은 정상적인 호흡 시에 보통 0.5ℓ 정도이며, 운동의 양에 따라 2ℓ 정도까지 증가하지만 폐활량을 넘지는 못한다.

○ 폐활량(Vital Capacity)

최대로 폐에 공기를 흡입한 후 잔유량만 남기고 최대한 내뿜어내는 것을 말하며, 폐활량은 보통 4~5ℓ 정도이다. (최대 폐용량 - 최소 폐용량 = 폐용량)

○ 흡입 예비량(Inspiratory Reserve Volume)

정상적인 호흡의 흡입 후에 계속해서 흡입할 수 있을 때까지, 억지로 흡입할 때의 공기량을 말하며, 쉴 때는 2.5ℓ 정도이다.

○ 배출 공기량

정상적인 호흡의 배출 후에 계속해서 내뿜을 수 있을 때까지, 억지로 배출할 때의 배출 공기량을 말하며, 흡입 및 배출 예비량은 쉴 때는 양이 많고 활동 할 때 양이 적어지며 쉴 때는 보통 1ℓ 정도이다.

○ 비활량(Dead Space)

호흡기 호흡량의 공기 중 폐포(Alveoli)에서 피와 산소 및 탄산가스 교환을 하지 않은 공기량을 말하며 쉴 때는 보통 0.2ℓ 정도이고 운동량이 클수록 비활량은 증가한다.

○ 매분 호흡량(R.M.V : Respiratory Minute Volume)

1분간 폐에 출입하는 공기의 총량으로서 매분호흡량(R.M.V)=호흡량×호흡 속도로 계산되며 매분호흡량은 보통 완전히 쉴 때에 6ℓ 정도이고 운동량이 클 때에는 100ℓ를 넘기도 한다.

○ 정상 폐용량(Normal Capacity)

정상적인 호흡 시 폐용량은 보통 성인이 2~2.5ℓ 정도이다.

3. 잠수압력

가. 압력의 영향(Effects of Pressure)

- 압력의 영향은 1차적(직접적) 영향 및 2차적(간접적) 영향으로 나눌 수 있다. 1차적 영향은 압력이 인체의 세포와 공간에 미치는 기계적인 영향이며, 2차적 영향은 호흡 시 기체 부분압력의 차이로 생기는 생리적 영향을 말한다.
- 인체는 상당한 압력을 받더라도 각 기관의 작용이 크게 제한을 받지 않는다. 폐는 정상적으로 순환하고 두뇌와 신경도 정상적으로 작용한다.
- 인체 내의 공간이 봉해져서 외부압력의 증가에 따라 외부압력과 인체 내 공간의 압력이 균형되지 않으면 인체의 파괴, 혹은 이상이 생기게 된다.
1대기압의 1/16(약 1PSI, 2피트 수심)의 압력불균형으로도 조직체가 파괴되거나 피가 나오게 된다.
- 압력불균형은 하강뿐만 아니라 상승 시에도 문제가 된다. 대부분 인체의 공간은 팽창되는 공기가 자연히 배출되게 되어 있지만 사람이 고의로 호흡을 정지할 때 폐에 이상이 생기며 공기색전증에 걸리게 된다.
- 폐에서 용해되는 기체의 양은 부분압력과 비례해서 더 많은 기체가 혈액에 용해되며, 질소나 헬륨과 같은 기체용해가 상승 시 혈액에서 거품으로 팽창하게 되어 문제가 된다.
- 산소, 질소, 탄산기체와 같이 부분압력의 증가에 따라 혈액에 용해된 기체가 직접적으로 인체에 영향을 주는 것이다. 즉, 산소중독, 질소마취 등이 그것이다.

나. 압력의 간접적 영향

압력의 2차적 혹은 간접적 영향이란 1차적 또는 직접적인 영향으로 몸에 이상이 생기는 것이 아니고 기체의 부분압력에 의하여 피가 기체포화, 혹은 방출하는 과정과 기체의 내포에 따르는 인체의 영향을 말하는 것이다.

- 피가 질소를 함유하는 것은 질소의 부분압력과 비례한다.

혈액 혹은 조직체가 더 많은 질소를 함유하는 과정을 흡수포화, 또는 질소포화라고 한다. 질소를 잃어가는 과정을 제거, 비포화 또는 비질소화라고 한다.

- 잠수시 압력의 증가에 따라 질소의 포화가 있고, 수면으로 상승, 즉 압력이 낮아짐에 따라 비포화(Desaturation)가 생긴다.

6

수난구조

- 33피트¹¹⁾, 혹은 그 이상의 어떤 수심에서든지 피가 질소 완전포화를 하자면 약 12 시간이 소요되고, 그 사람이 수면에 올라와서 정상적인 질소 함유량을 가지려면 질소 제거에 필요한 시간도 역시 12시간이 소요된다.
- 질소포화를 좌우하는 요소
 - 수심(수압) 및 시간
 - 질소의 부분압력
 - 순환 및 작업량
 - 수온 및 신체조건
- 질소호흡 후 제거를 위하여 정상적이고 점진적인 방법을 취하지 않으면 감압병에 걸리게 된다. 즉 포화된 질소가 상승에 따라 초과 포화되고 나중에는 용해되어 있지 아니하고 기포가 되어 혈액, 혹은 조직체에 머물게 된다.
- 모세혈관이 적은 지방질 조직체에는 많은 질소가 오랜 시간 포화된다. 그러므로 제거에도 장시간 걸리게 된다.

4. 하강시 압력의 영향

인체에는 폐, 입(구강), 코, 콧구멍, 기관지, 중이¹²⁾, 유스타키오관¹³⁾, 그리고 두개골속에 있는 여러 개의 부비동(Sinus)이라는 공간이 있으며, 이 공간으로 연결된 각종 통로는 대단히 좁기 때문에 만약 이러한 통로들이 막힌다면 공간 속에 갇힌 공기는 잠수자가 하강하면 압력이 일치하지 않으며, 이러한 공간들은 딱딱한 벽으로 쌓여 있기 때문에 압력과 일치시키기 위해 압력을 받지 않는다. 이렇게 되면 높은 압력에서 신체 조직이 공간으로 공기가 빠져나가도록 밀어 주게 된다. 이러한 상황이 되면, 압력불균형으로 심한 통증이 있게 되며, 압력불균형이 심해지면 혈관이 파열되거나 다른 조직이 상처를 입게 된다. 이러한 문제들을 잠수에서는 압착(Squeeze)이라고 한다. 즉, 압착이란 밀폐된 공간과 외부압력과 압력균형이 되지 않아서, 그 결과로 일어나는 상태를 말하며, 압착은 통상 잠수자가 하강 시 수압(절대압)의 증가로 인하여 발생하며 다음과 같은 압착상태가 있다.

11) 1피트(ft) = 약 30.48cm, 33피트(ft) = 약 1,005.84cm = 약 10.058m

12) 귀를 세 부분으로 나누었을 때 고막에서부터 달팽이관까지를 가운데귀(중이)라고 말한다.

13) 코의 뒤쪽 부분인 비인강과 가운데귀(중이)를 연결하는 관으로서 연결 부위와 골 부위로 이루어져 있다. 가운데귀의 환기를 담당하고, 가운데귀의 압력이 바깥귀의 압력과 같게 조정해주는 기능을 한다

가. 귀 압박

잠수자가 수면에서 하강해 내려갈수록 더 높은 수압을 받게 되는데, 이 수압에 의해 제일 먼저 반응이 오는 곳은 귀의 고막이다. 고막은 외이강과 중이강으로 나누는 얇은 막으로 외부의 압력이 증가하면 고막은 안쪽으로 휘게 되며 이때 통증을 느끼게 되며 불과 몇 미터 수심의 압력 차이에도 쉽게 손상될 수 있다. 귀는 유스타키오관(Eustachian Tube)이라 부르는 가는 관으로 코와 통해 있는데, 코를 손으로 막고 코로 공기를 불면 이 관을 통해 귀로 공기를 보낼 수 있다. 이러한 동작을 이퀄라이징이라고 한다. 이같이 실시하여 외부의 압력과 귀속 공간의 압력을 균형있게 해주면 고막은 제자리로 돌아가고 통증도 없어진다. 압력의 차이뿐만 아니라 이퀄라이징을 너무 세게 실시할 경우에도 갑자기 높은 압력이 유입되어 내이¹⁴⁾가 손상을 입을 수 있다. 이러한 동작들을 귀의 압력균형이라 부르며 귀의 압력균형은 안면근육을 움직이거나 혀를 피스톤 같이 이용하여 공기를 유스타키오관으로 공기를 밀어 넣는 방법도 있으며, 침을 삼키거나 턱을 움직여도 될 수 있다.

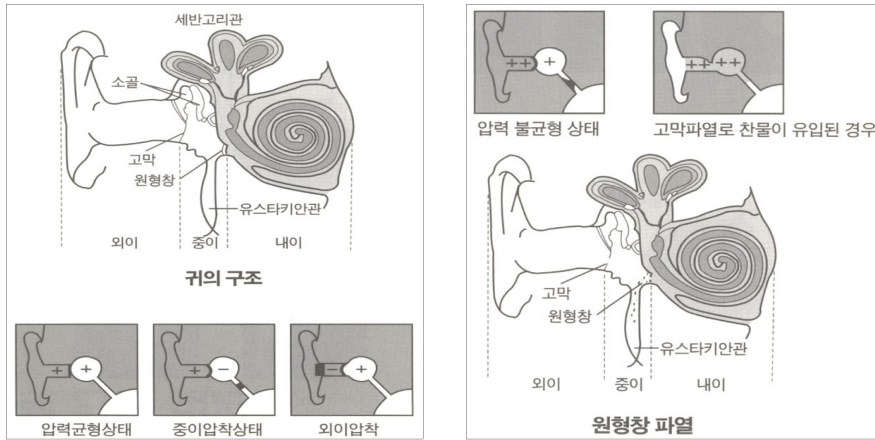
만약 귀의 압력균형을 하지 못하고 잠수해 내려가면 중이강¹⁵⁾의 압력은 상대적으로 낮아지고 고막은 외부의 압력을 견디지 못하여 파열되면 찬물이 귀속으로 유입되게 된다. 찬물이 귀속으로 유입되면 귀의 평형감각능력이 잠시 마비되어 심한 현기증과 방향 감각상실 등이 생기며 멀미와 구토도 일어날 수 있다. 그러나 귀속으로 유입 되는 물의 양은 아주 적은 양이기 때문에 3~4초 지나면 체온에 의해 곧 귀속으로 유입된 물은 따뜻해지고 귀의 평형감각은 다시 돌아오게 되며, 만약 정원창¹⁶⁾이 파열되면 내이의 혈액이 중이강으로 흘러들고 체온저하, 귀울림, 현기증과 같은 현상들이 나타날 수 있다. 만약 고막이 파열되는 경우에는 물속에서 고정된 물체를 잡고 있거나, 그대로 잠시 기다려 안을 되찾으면 된다. 그 후 바로 물 밖으로 나와야하고 병원에서 귀속이 세균에 감염되지 않도록 조치를 취한다. 귀속에 염증이 생기거나 다른 2차적인 부작용을 일으키지 않는다면 대개 2주일 후에는 다시 잠수할 수 있을 정도로 완치되며 고막이 파열되면 청각능력이 감소될 수도 있다. 잠수할 때 귀마개를 사용하면 귀마개와 고막사이에 공간이 생기게 되고, 이 공간은 압력균형을 할 수 없기 때문에 고막이 밖으로 파열되게 된다. 따라서 잠수 시 귀마개를 착용해서는 절대로 안된다.

14) 몸이 얼마나 기울어졌는지를 감지하는 평형기관과 듣기를 담당하는 청각기관으로 이루어진 귀의 가장 안쪽 부분.
 15) 가운데귀(중이)의 일부로 바깥귀(외이)와 속귀(내이) 사이에 있는 공간을 가리킨다. 뼈로 둘러싸여 있고 유스타키오관(귀관, 이관, 귀인두관)의 기능이 좋으면 항상 공기로 차 있다. 망치뼈, 모루뼈, 등자뼈의 세 개 귀속뼈(고실뼈, 소리전달뼈)가 있어 소리 자극이 전달되는 통로이다.
 16) 고실안쪽벽의 뒤 아래쪽에 있는 내이(內耳)의 골창이고, 결합조직의 제2고막이 처져 있다. 내부는 와우 나선관 고실계의 첫부위이다. 음파에 의해서 내이액에 가해진 창에 대해서 대상작용을 하는 곳으로 알려져 있다.

6

[그림 6-38] 귀 압착

수난구조



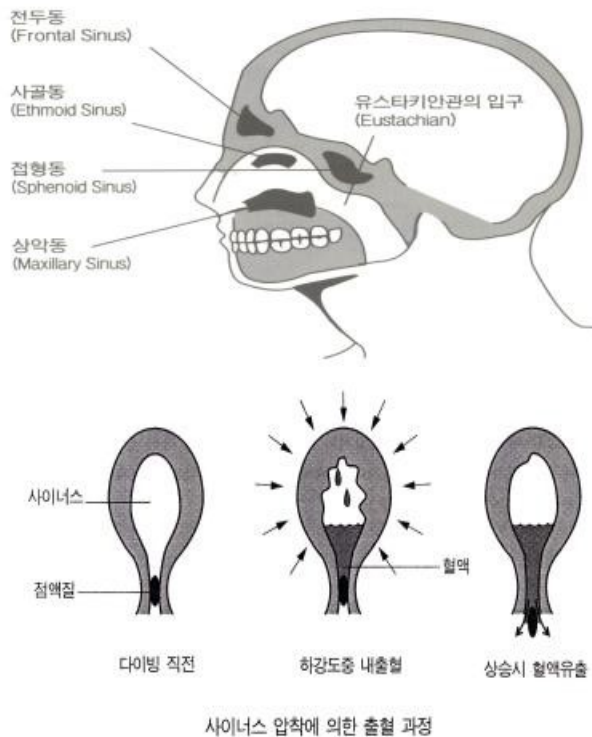
위에 대한 원인 및 예방을 요약하면 다음과 같다.

구분종류	중이압착	외이압착
원 인	<ul style="list-style-type: none"> • 유스타키안관이 막히더라도 잠수할 때 • 하강시 귀로 공기를 불어넣지 못하거나 압력균형을 못 시켰을 때 	<ul style="list-style-type: none"> • 두건을 쓰고 들어갈 때 귀마개를 사용할 때
징 후	<ul style="list-style-type: none"> • 하강시 귀가 아프다. • 고막이 찢어질 때는 갑자기 통증이 사라진다. • 중이 및 고막에서 피가 나온다. • 고막이 찢어질 때는 밖에까지 피가 나온다. 	
치 료	<ul style="list-style-type: none"> • 전문의에게 보인다. • 고막이 찢어지지 않았을 때에는 고막 외부를 깨끗이 손질하고 압력을 가하지 않는다. • 고막이 찢어졌을 때에는 다른 물질이 들어가지 않게 하며 고막이 붙을 때까지 치료를 받으며 잠수를 하지 말아야 한다. 그리고 코를 세게 풀거나 귀에 압력을 가하는 일을 삼가야 해야 한다. 	
예 방	<ul style="list-style-type: none"> • 압력감사에 합격한자를 잠수시킨다. • 하강시 귀의 압력균형을 실시하며 압력균형이 이루어지지 않을 때에는 몇 피트 상승후 다시 압력균형을 실시하며 하강한다. • 그래도 압력균형이 이루어지지 않을 때에는 잠수를 포기하고 상승하여 잠수를 하지 말아야 한다. • 머리가 차거나 감기에 걸려 유스타키안관이 막혔을 때 잠수하지 말아야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 두건을 착용했을 경우는 귀에 균형을 유지해 주라. (귀속에 물을 집어넣는다.) • 귀마개를 사용하지 말라.

나. 부비동(Sinus) 압착

부비동은 두개골 내에 존재하는 공기공간으로 이곳 역시 하강 및 상승 시에 압력 차이에 의한 압착증세가 발생할 수 있다. 이러한 공간들은 코와 작은 관으로 연결되어 있다. 부비동은 공기를 순환시키고, 촉각기능과 온도 및 습도를 조절하고, 두개골의 무게를 저하시키는 기능을 가지고 있으며, 해부적인 측면으로는 상기도 점막으로 덮여있어 항상 공기와 접해야 제 기능을 발휘할 수 있다. 평상시 이 관은 열려 있어서 잠수를 할 때에는 저절로 압력균형이 이루어진다. 그러나 감기, 알레르기, 염증 등이 생기면 이 관은 막히게 되어 압력균형이 되지 않는다. 이같이 부비동의 압력균형이 되지 않아 압착이 일어나면 압착을 받는 곳이 바늘로 찌르는 듯 따끔따끔 아프고, 심한 경우 그 안의 실핏줄이 터져 출혈을 일으키고 코를 통해 혈액이 밖으로 나오게 된다.

[그림 6-39] 압착 부위



부비동 압착은 잠수를 중단하고 하루정도 쉬면 대개 저절로 낫는다. 감기, 알레르기, 염증 등이 생기면 귀와 통하는 유스타키오관이나 부비동으로 통하는 관들이 부어오르

거나 점액질로 관이 막히게 되므로, 이때는 잠수를 포기 할 수밖에 없다. 이런 경우 일부 잠수부들은 코 뚫리는 약을 사용하여 잠수하기도 하나 대체로 이런 약의 효과는 지속적이지 못하고 잠수 중 다시 관이 막히는 일 발생할 수도 있으므로 사용을 피해야 할 것이다. 만약 잠수도중 관이 다시 막히면 상승할 때 귀속에 역압착증이 발생할 수 있다. 또한 이런 종류의 약들은 대개 졸리고 나른하게 만드는 성분이 포함되어 이중 위험을 가지고 있다.

원인, 징후, 치료, 예방법은 다음과 같다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> • 코에서 부비동(Sinus)으로 통하는 통로가 막혔을 때 잠수하면 압착에 걸린다. • 부분 감기 혹은 다른 영향으로 통로가 막혀 압력균형을 해주지 못한다.
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 하강시 눈 주위(두면)에 통증이 있으며 상승하면 덜어진다. • 수면에 올라오면 코에 피가 나 있다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 코와 부비동(Sinus)의 통로가 막혔다고 생각될 때는 잠수를 피해라.
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 머리가 차가울 때 잠수를 피한다. • 부비동(Sinus)에 통증이 있을 때 잠수를 피해라.

다. 폐 압착

스킨 잠수 시 할 때 수면에서 숨을 들이마신 후, 숨을 참고 잠수해 내려가면 수압의 증가에 따라 신축성 있는 폐의 부피는 수압에 따라 점점 압착이 발생한다. 너무 깊이 내려가 폐의 부피가 폐의 잔유량 보다 압착되면 폐 압착이 발생할 수도 있다. 즉 폐가 완전히 쪼그라들어 폐에 손상을 초래할 수 있다. 이론적으로 사람이 수심 30m(4기압) 이하로 내려가게 되면 폐 압착의 가능성이 있다고 본다. 그러나 몇몇 사람들이 이보다 더 깊은 수심인 100m 이상 거뜬히 스킨 잠수를 해보이고 있으므로 폐 압착이 실제 일어날 수 있는지는 의문시되고 있다.

보통 성인은 약 0.5ℓ의 공기를 호흡하고 최대용량은 약 10배인 5~6ℓ 정도의 공기를 호흡할 수 있다. 보통정도의 숨을 쉴 때는 0.5ℓ의 공기를 호흡기 양이라고 하며 서양에서는 이것을 파인트(Pint:0.471ℓ) 단위로 표시한다.

숨을 크게 들이마시고 물 속으로 들어가면 최소의 12파인트의 공기는 10m 하강하면 6파인트가 되며, 20m 하강하면 1/3로 줄어 4파인트가 되고, 다시 30m 하강하면 1/4로 줄어 들어 3파인트가 된다. 마지막 3파인트는 폐 속에서 아무리 내쉬어도 남아 있는 공기의 부피가 된다. 만일, 여기에 다시 10m를 더 하강한다면 공기는 다시 1/5인 2.4파인트가 되며 이상으로 폐가 축소된다면 흉곽 전체가 축소되고 횡경막은 자기 한계 이상으로 위로 올라가야 하기 때문에 가슴벽이나 횡경막이 상처를 입게 될 수 있다.

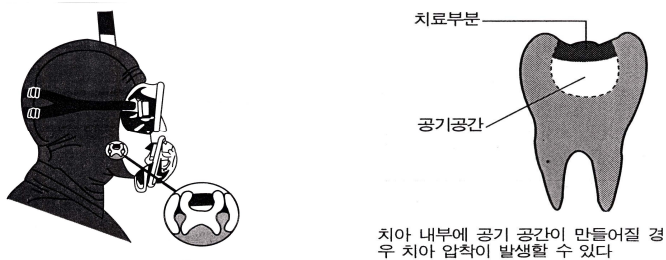
원인, 징후, 치료법을 요약하면 다음과 같다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> 스킨 잠수 시 너무 깊이 내려가면 폐압착이 발생할 수 있다. 스쿠버 잠수를 할 때 하강시 호흡을 중지할 때. 하강시 호흡조절기에 문제가 있을 때.
징후	<ul style="list-style-type: none"> 하강 시 가슴에 압박감을 느낀다. 혹은 가슴이 아프다. 수면으로 올라올 때 호흡이 곤란하다. 목구멍에서 피가 나온다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> 잠수자를 수면 밖으로 올린 다음 입 속의 피를 닦아 낸다. 호흡하지 않으면 인공호흡을 시키고 호흡이 곤란할 때는 산소호흡기를 이용하는 것이 좋다. 환자에게 충격을 주지 않도록 하라. 증상이 심할 때 전문의에게 치료를 받게 해야 한다.
예방	<ul style="list-style-type: none"> 스킨 잠수 시 너무 깊이 잠수하지 마라. 스쿠버 잠수 시 호흡을 정지, 또는 공기를 아낀다고 숨 참기를 하지마라. 잠수시 가슴에 압박감, 또는 통증이 있을 때에는 잠수를 중지하고 상승하라.

라. 치아 압착(Tooth Squeeze)

하강 시 이가 아프면 이 뿌리에 있는 조그만 공간이 압력불균형으로 일어나는 압착이라고 볼 수 있다. 만약 상한 이를 치과에서 씌우거나 메꿀 때 잘못해서 내부에 공간이 생기면 잠수중 이 공간에 압력균형을 할 수 없으므로 압착이 생기고 통증을 느끼게 된다. 이런 경우에 치과에서 재치료를 받아야 한다.

[그림 6-40] 치아압착



마. 내장의 압착(Intestinal Squeeze)

우리가 먹는 어떤 음식들은 소화되는 과정에서 기체를 발생시킨다. 장이나 위는 신축성이 있기 때문에 잠수해 내려가는 도중에는 만약, 기체가 있다고 하더라도 장이나 위의 수축과 더불어 압력균형이 되기 때문에 특별한 문제가 없다. 그러나 잠수도중 생긴 기체는 상승하면 팽창하게 되므로 기체가 발생한 부위에 통증을 느끼게 한다. 잠수

도중 이런 통증이 오면 아주 서서히 상승해야 한다. 체내에 기체가 생기는 것을 방지하기 위해 잠수 전에는 발포성 음료(콜라, 사이다 등)나 기체를 잘 발생시키는 음식(콩, 양파, 보리 등) 등을 섭취하지 않는 것이 좋으며, 또한 잠수 중 공기를 삼키지 않도록 조심한다.

수난구조

바. 안면과 몸체 압착

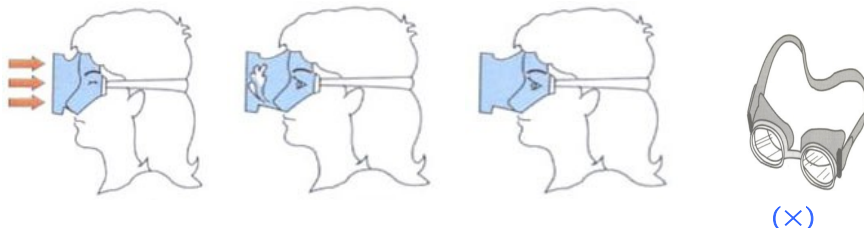
안면마스크나 헬멧 속의 압력이 갑자기 변화하여 외부의 수압과 불균형이 될 때, 즉 공기공급이 갑자기 떨어지거나 급격한 수심 변화로 공기공급이 압력의 변화에 따르지 못할 때 눈에 충혈이 생긴다. 건식 잠수복을 입고 잠수 시 잠수복과 피부와의 사이에 공간이 있게 될 때에 압력 불균형으로 인하여 압착이 발생할 수 있다. 이러한 압착현상은 다음과 같은 것들이다.

1) 수경 압착(Face Mask Squeeze)

잠수를 하기 위해 사용하는 수경 내부에는 공기가 있게 된다. 이러한 공간에 잠수하여 하강하여 내려가는 동안 코로 공기를 보내주어 외부와 같은 압력으로 압력균형을 해주어야 한다. 그렇지 않으면 수경이 외부압력에 의해 얼굴의 안면부에 바싹 달라붙으려 하게 되고 심하면 혈액이 몰려 눈이 충혈 되기도 한다. 눈만 가리는 수영용 물안경을 쓰고 잠수하면 코로 물안경의 내부의 압력을 조절할 수 없기 때문에 물안경 압착을 피할 수 없게 된다.

따라서 수영용 물안경을 착용하고 잠수하는 일이 있어서는 안 된다.

[그림 6-41] 수경 압착과 이퀄라이징





원인	<ul style="list-style-type: none"> • 수경을 사용할 때 너무 빨리 하강하여 주위의 압력차와 균형을 이루어 주지 못할 때 수경에 공기를 불어넣지 않을 때. • 수영용 수경을 사용하였을 때. • 폐압착이 일어날 때 수경압착도 따라서 일어날 수 있다.
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 머리 부분이나 눈이 죄이고 빨려 들어가는 것 같다. • 호흡이 곤란해진다. • 눈에 핏발이 서고 눈, 코, 폐 등에서 피가 나고 안면에 핏발이 선다. • 심한 경우는 질식한다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 호흡을 하지 않을 때에는 인공호흡을 하고 폐압착의 경우를 생각해서 치료준비도 하라. • 핏발이 선 곳이나 피가 난 곳에는 찬 것으로 찜질을 하라. • 증상이 심한 경우에는 전문의에게 치료를 받아야 한다.
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 스쿠버나 스킨을 막론하고 코로 공기를 불며 자기 자신이 조절을 하면서 서서히 하강하라. • 과도한 중량을 착용하고 하강을 속도를 초과하지 말라. • 절대로 압력균형을 할 수 없는 수영용 수경을 사용하지 마라.

2) 잠수복 압착

원인	<ul style="list-style-type: none"> • 건식잠수복은 피부와 슈트사이에 공간을 허용한다. 이 공간이 어느 정도 수심까지는 괜찮지만 그 수심을 넘어서 아주 깊은 곳에서는 압력 불균형 등으로 인한 압착이 생긴다. • 건식잠수복의 목 실타에 의해 경동맥 부분이 압박을 받아 대뇌의 혈액공급을 방해할 때.
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 피부가 꼬집는 듯 통증과 피부에 핏발이 서거나 피가 난다. • 무기력, 졸림, 탈진 등의 증세가 나타난다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 피부에 크게 도움이 될 만한 치료법은 없다. 핏발이 선 곳에 찬찜질을 하고 필요하면 약을 발라주는 것도 좋다. • 대뇌의 혈액순환이 원활하게 해준다.
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 피부가 꼬집는 것 같은 통증이 발생하면 하강을 멈추고 건식잠수복과 피부가 접힌 곳을 바르게 펴준다. • 내피를 착용한다. • 건식잠수복의 내부에 공기를 약간 채운다.(부력주의) • 건식잠수복의 목실타를 적절하게 조절한다.

3) 잠수 모자에 의한 압착(Hood Squeeze)

잠수모자가 귀에 바싹 달라붙게 되면 모자와 귀속 고막사이에 공기의 공간이 생기고, 이 공간은 수압이 증가하면 압착이 되어 고막이 밖으로 밀려나오려고 한다. 이러한 현상을 방지하려면 모자에 가는 구멍을 뚫어 물이 귀속으로 들어오도록 하거나 잠수하기 전 모자 속에 물을 약간 넣어주면 해결되며, 또한 목이 꼭 조일 때는 경동맥에 압박을 가하여 건식 잠수복의 목실타가 꼭 조이는 것과 같은 증세를 유발할

6

수 있다. 잠수 모자를 선택을 할 때에는 잠수자의 머리와 목에 크기가 맞는 것으로 하여야 한다. 작을 경우 압착과 통증을 유발하고, 너무 클 경우 체온유지의 효과를 볼 수 없기 때문이다.

수난구조

5. 잠수병

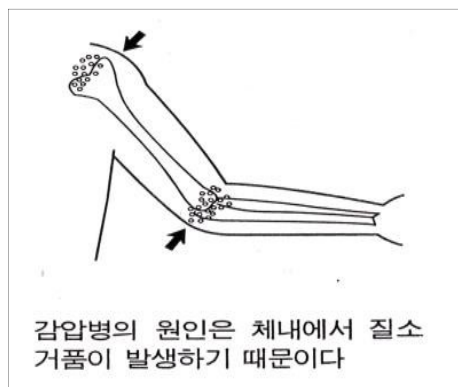
잠수자가 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 상승 할 때에는 폐 속에 있는 공기의 부피는 커지고 혈액 속에 용해된 기체가 액화상태에서 기화되어야 하며, 또한 부피도 커지게 된다. 이 과정에서 많은 질병 및 장애가 발생하게 되고 있으며, 공기 부피의 통제를 잘못하여 일어날 수 있는 질병들이 상승 시에 압력의 영향으로 일어날 수 있는, 즉 감압병(케이슨, 벤즈), 공기색전증, 중격기증, 기흉, 장 및 위경련 등 여러 가지 많은 질병들이 발생할 수 있다.

가. 감압병(Decompression Sickness)

감압병은 피와 조직체에 기체의 기포가 형성되는 상태를 말한다. 즉, 우리가 숨 쉬는 공기는 인체의 폐에서 혈액을 통해 각 조직에 녹아들어 간다. 숨 쉬는 공기는 주로 질소와 산소로 구성되어 있는데 산소는 신진대사에서 일부 소모되나 질소는 그대로 인체에 남아 있게 된다. 잠수를 해서 수압이 증가되면 잠수자가 숨 쉬는 공기의 압력도 증가하고, 또한 질소의 부분압력도 증가하기 때문에 신체 내에 녹아 들어가는 질소의 양도 증가한다. 예를 들어 수심20m에 잠수하면 잠수자가 받는 절대압은 3대기압이 되며 이때 인체 내에는 육상보다 3배나 많은 질소가 녹아들어 가게 된다. 인체 내에 녹아 들어간 질소의 부분압이 숨 쉬는 공기내의 질소 부분압과 같아질 때까지 계속 녹아들어 가며, 어떤 수심에서 인체가 완전히 포화되는 데는 약24시간 이상 걸리기도 한다. 이와 반대로 물 속에서 상승하게 되면 외부의 압력이 낮아지므로 신체내의 질소 부분압이 외부보다 높게 되어 질소는 각 조직을 떠나 혈액을 따라 폐로 들어간 후 호흡을 통해 서서히 방출한다. 이같이 질소가 방출되는 것은 녹아들어 갈 때와 마찬가지로 아주 서서히 일어나며 각 조직에 따라 그 속도에 차이가 있다. 그러나 잠수자가 오랜 잠수 후 갑자기 상승하면 외부의 압력이 급격히 낮아지므로 신체내의 질소는 과포화된 상태가 되고, 인체의 조직이나 혈액 속에서 기포를 형성하게 된다. 이것이 감압병의 원리이며 질소기포가 어디에 얼마나 생겼는가에 따라 그 증세는 다양하다. 감압병을 벤즈(Bends) 또는 케이슨병(Caisson Disease) 이라고도 부른다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> 잠수 후 부적당한 감압.
예방	<ul style="list-style-type: none"> 정확한 감압표 사용. 상승속도를 초과하지 말 것. ※ 분당 9m(30ft) ≒ 초당 15cm 징후가 나타나면 즉시 상급자에게 보고 후 조치를 취할 것.
징후	<ul style="list-style-type: none"> 뇌에 기포가 생길 때 - 시력장애, 현기증, 마비, 의식불명, 경련. 관절, 근육, 뼈속에 생길 때 - 그 부위에 통증. 척추에 생길 때 - 반신불수, 마비. 폐속에 생길 때 - 질식, 호흡곤란. 피부에 생길 때 - 그 부위가 부풀어 오르며 가렵다. 혈액속에 생길 때 - 혈액순환이 잘 안된다. 감압병의 증세는 85%가 잠수 후 1시간 이내에 나타나며 3시간 이내에는 95%, 6시간 이내는 1%를 나타나며 흔하지는 않지만 12~24시간 후에야 나타나는 수도 있다. 그 증세는 대개 부분적으로 나타나는데 팔과 다리의 관절에 주로 잘 나타난다.
징후 (%)	<ul style="list-style-type: none"> 국부 통증 : 89% 팔 통증 : 30% 마비 : 2.3% 피로와 고통 : 1.3% 다리 통증 : 70% 현기증 : 5.3% 호흡곤란 : 1.6% 무의식 졸도 : 0.3%
치료	<ul style="list-style-type: none"> 환자를 재압 챔버(Recompression Chamber) 속에 눕히고 다시 압력을 가하면 몸속에 생긴 기포가 점점 작아지고 다시 인체에 녹아 들어가게 되며 증세도 없어진다. 그 후 천천히 압력을 줄여 기포가 다시 생기지 않도록 감압을 한다.(감압병 치료 재압 표를 보고 환자의 상태에 따라 치료한다.) 재압 치료는 반드시 재압챔버 안에서 실시하여야 하며 물속에서 하는 것은 극히 위험하다. 환자를 후송하는 방법은 재압 챔버로 이송하는 동안에는 산소호흡을 시켜주는 것이 좋으며, 환자를 수평으로 이송하는 것보다 머리 부분이 낮게 5~10도 정도 기울여진 상태에서 수평으로 이송하는 것이 좋다. 환자후송에 부득이하게 항공기를 이용 할 경우에는 고도를 최대한 낮게 하거나 기체내의 기압을 최대한으로 높게 하는 것이 좋다.

[그림 6-42] 감압병

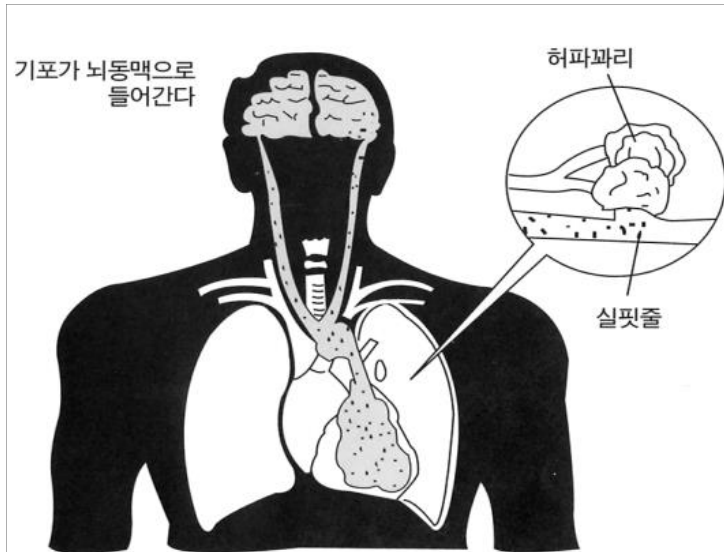


6

나. 공기색전증

[그림 6-43] 공기색전증

수난구조



수중에서 호흡을 하다가 상승하게 되면 외부의 압력이 감소하기 때문에 보일의 법칙에 의해 폐 속에 있던 공기는 팽창한다. 정상호흡 중에는 팽창된 공기가 입을 통하여 밖으로 배출이 되지만 만약 숨을 참으면 공기는 나갈 곳이 없어서 폐를 팽창시키고 드디어는 폐가 파열하게 된다. 폐손상으로 인해 허파파리 안의 공기가 과도하게 팽창하면 허파파리를 감싸고 있는 실핏줄 속으로 공기기포가 직접 들어가게 되고, 이 기포들이 혈관을 따라 심장으로 들어갔다가 다시 심장의 펌프질에 의해 뇌동맥 속으로 들어가 거기에서 기포들이 모여 커지면서 뇌로 통하는 혈액의 공급을 차단시키거나 방해한다. 다시 말하면 상승 시 폐에 있는 공기의 팽창으로 인하여 공기가 폐에서 직접 순환계통에 들어가서 기포를 형성하는 결과로 폐와 대동맥에 영향을 주는 것을 말하며, 약 0.1기압 정도의 작은 기압변화에서도 발생할 수 있다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> • 상승 시 호흡정지 또는 빠른 상승에서 일어난다. 특히 얇은 수심에서도 주의하라. (12ft 수심에서 상승 시에도 호흡을 정지하면 일어난다.)
증세	<ul style="list-style-type: none"> • 수면에 올라온 즉시, 혹은 몇 분 안에 증세가 나타난다. • 현기증, 시력감퇴, 마비, 의식불명, 가슴의 통증, 호흡곤란, 입가에 피거품 등이며 수면에 올라오기 전에 기절 할 수도 있다. • 뇌로 통하는 경동맥이 막혀 혈액공급이 안되면 3~5분 이내로 뇌세포가 죽기 시작한다. • 물위에 떠서 의식이 없거나 수면으로 올라오자마자 기절하는 잠수자는 일단 공기색전증으로 의심해 보아야 한다.
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 공기색전증은 무서운 잠수병이지만 이를 쉽게 피할 수 있다. 즉, 잠수중 절대로 숨을 참지 말고 계속 정상적인 호흡을 하면 된다. 만약 공기가 떨어져 비상상승을 해야 할 경우는 고개를 뒤로 젖혀 기도를 열어주고 계속 공기를 조금씩 내뿜어주며 최대한 천천히 상승한다. • 유효적절한 잠수물리 및 생리, 잠수기구에 대한 교육이 필요 하다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 지체하지 말고 즉시 재압하라. 환자를 챔버에 넣은 후 즉시 환자의 상태에 따라 공기색전증 치료표(Treatment of Air Embolism Table)에 의거하여 치료한다. • 환자를 후송하는 방법은 감압병 환자 후송방법과 동일하고 필요하면 심폐소생법이나 응급처치를 실시한다.

다. 공기의 부피 통제를 잘못하여 일어나는 질병

공기색전증과 그 원인은 같으나 공기색전증 외에 폐파열로 인해 일어날 수 있는 다른 형태의 몇 가지 잠수병을 살펴보면 다음과 같다.

1) 가슴 중앙의 기종(중격기종, 縱隔氣腫, Mediastinal Emphysema)

폐 파열로 인해 새어나온 공기가 가슴 중앙(허파사이, 심장부근, 기관지 둘레)에 모여 팽창하면서 심장, 주혈관들, 기관지 등에 압박을 주는 것을 말한다.

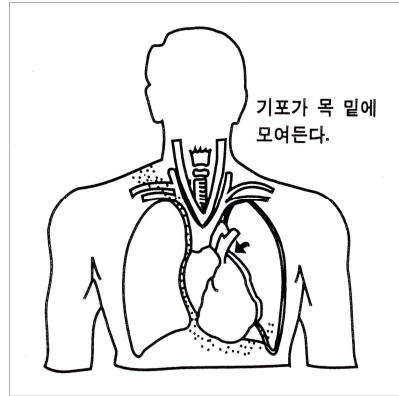
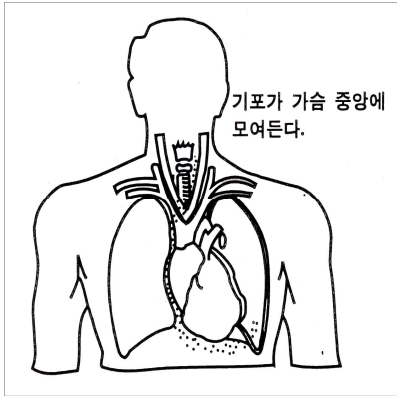
증세 및 치료법은 다음과 같다.

증세	<ul style="list-style-type: none"> • 가슴 중앙에 통증, 혈액 순환이 잘 안 된다. • 입술과 피부가 파래지며 호흡이 곤란해진다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 공기색전증과 같이 재압 치료를 한다. • 환자를 후송하는 방법은 공기색전증과 동일하다.

6

[그림 6-44] 종격기종과 피부밑기종

수난구조



2) 피부 밑의 기종(Subcutaneous Emphysema)

폐파열로 새어나온 공기가 가슴중앙을 지나서 목 부근까지 올라가 목 부분 피부 밑이나 쇄골 근처에 모이는 것을 말한다.

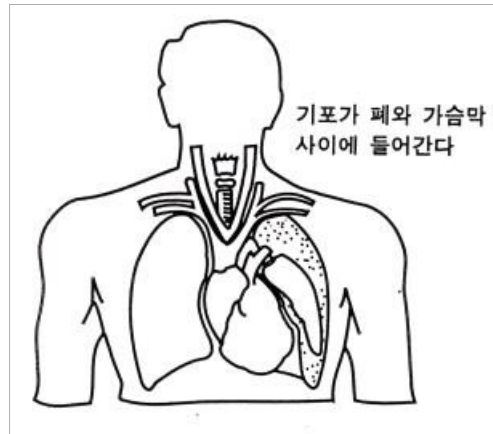
증세	<ul style="list-style-type: none"> • 목 근처의 피부가 부어 오른다. • 목소리에 변화가 오며 호흡이 곤란하다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 피부 밑에 모인 기포는 주사바늘로 뽑아낼 수 있으며 증세가 경미한 경우는 피부를 통해 저절로 빠지기도 한다. • 환자를 후송하는 방법은 공기색전증과 동일하다.

3) 기 흉(Pneumathorax)

폐파열로 인해 새어나온 공기가 폐를 둘러싸고 있는 가슴막과 폐 사이에 있는 공간에 모여 폐와 심장을 압박하는 것을 말한다.

증세	<ul style="list-style-type: none"> • 가슴에 통증, 입술과 피부가 파래진다. • 호흡이 곤란하며 답답하고 심장에 압박이 온다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 병원에서 폐와 가슴막 사이에 차 있는 공기를 빼주어야 한다. • 환자를 후송하는 방법은 공기색전증과 동일하다.

[그림 6-45] 기흉



※ 공기색전증, 가슴중앙의 기종, 피부밑의 기종, 기흉 등은 그 발생원인이 같으므로 동시에 발생 할 수도 있고, 각기 따로 일어날 수도 있다. 그러므로 이 중 어떤 증세가 하나만이라도 나타나면 공기색전증에 대한 치료에 대비하도록 한다.

라. 각 기체 성질에 의한 질병(호흡계통의 질병)

부피의 변화 때문이 아니고, 물속에 들어가 있다는 자체에서 발생하는 호흡기 계통의 질병으로써, 호흡단절의 결과가 초래되어 위험하다. 이 사고는 첫째로 익사사고를 들 수 있으며, 그 외에 질소 마취, 산소중독, 이산화탄소중독, 일산화탄소중독, 기름찌꺼기가 있는 공기의 호흡, 과도한 호흡과 기체의 작용, 인체의 포도당과 산소의 작용 등이 문제가 된다.

1) 준 익사(Near Drowning)

익사란 물에 잠겨서 질식사하여 사망한 것을 말하며, 준 익사란 물에 잠겨서 어느 정도 질식 상태가 이루어져서 그대로 방치하면 사망할 수 있는 상태를 말한다. 준 익사의 경우 대부분 의식이 없고 호흡을 멈춘 상태이며 청색증 등이 나타나며, 상태가 경미할 경우 겨우 약간 호흡을 할 수 있는 정도이다.

체내에 산소 공급이 중단 될 경우 뇌는 약 4~5분 내에 치명적인 손상을 받는다. 그러나 찬물에서는 이보다 시간이 길어진다. 40분 이상 물에 잠겨있던 환자가 소생되기도 하기 때문에 어떠한 상태의 환자라도 소생시키려는 노력을 포기해서는 안된다. 준익사는 폐가 침수된 경우와 단지 후두의 부분만 막혀있는 경우로 나눌 수 있으며, 후자의 경우 대부분 환자가 의식을 갖고 반응할 수 있다. 그러나 폐가 침수된

6

수난구조

경우에는 물의 성격과 침수량에 따라 여러가지 생리학적인 현상이 나타난다. 해수는 혈액보다 염분도가 높고 민물은 혈액보다 염분도가 낮다. 그러므로 해수나 민물 모두 폐에 유입되면 허파파리의 조직을 손상시키게 된다. 허파파리의 조직이 손상을 받으면 혈액내의 체액이 허파파리로 유입되어서 저산소증을 더욱 악화시키게 된다. 이런 현상은 사고 후 몇 시간이 지난 다음에도 발생할 수 있으므로 지속적인 치료가 필요하다. 환자가 의식이 없고 호흡을 하지 않을 경우에는 즉시 인공호흡을 시켜야 하며 가능한 빨리 산소를 공급해야한다. 환자의 맥박이 약해져서 감지하기 어려울 수도 있으므로 심폐소생술을 시도하기 전에 환자의 맥박을 주의 깊게 확인을 해야 한다. 때로는 경미한 증상이 갑자기 악화될 수 있으므로 환자가 호흡을 하고 의식을 되찾는 등 상태가 호전되는 것 같이 보이더라도 가능한 빨리 산소를 공급하고 의료진에게 후송하여야 한다.

2) 산소부족(Anoxia)

원인	<ul style="list-style-type: none"> • 공기 공급이 차단되거나 부적당할 때. • <u>완전폐쇄식 재호흡기(CCR : Closed Circuit Rebreathers)</u> 또는 <u>반폐쇄식 재호흡기(SCCR : Semi Closed Circuit Rebreathers)</u>에서 유용한 산소를 모두 사용한 후. • 폐쇄회로 스쿠버에서 처음으로 공급되는 산소가 불결할 때. • <u>개방형¹⁷⁾ 호흡기(OC : Open circuit Demand Scuba)</u>에서 잠수자가 들이마시는 공기중에 산소량이 부족할 때. • 반폐쇄회로에서 산소(혼합된 기체중)량이 적을 때. • 산소공급이 너무 적거나 원활하게 이루어지지 않을 때. 															
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 무의식중 자신이 느끼지 못하는 중에 정신을 잃을 수도 있다. • 산소의 농도와 인체에 미치는 영향(1기압 상태시) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">산소농도 (%)</th> <th style="text-align: center;">동맥혈의 산소포화도</th> <th style="text-align: center;">증상</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">16~12</td> <td style="text-align: center;">89~85%</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 맥박 및 호흡수 증가, 정신집중 노력이 필요 • 세밀한 근육운동이 원활하지 않음 • 두통, 귀 울림 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14~9</td> <td style="text-align: center;">87~74%</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 판단력이 둔해짐. 불안정한 정신상태, • 역행성, 건만증, 체온상승 • 전신탄력, Zyanose(독) </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10~6</td> <td style="text-align: center;">74~33%</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 의식불명, 중추신경장애, 경변, Zanoose(독) </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10~6의 지속 또는이하</td> <td style="text-align: center;">33%이하</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 혼수 → 호흡완서, 호흡정지, 6~8분 후 호흡정지 </td> </tr> </tbody> </table>	산소농도 (%)	동맥혈의 산소포화도	증상	16~12	89~85%	<ul style="list-style-type: none"> • 맥박 및 호흡수 증가, 정신집중 노력이 필요 • 세밀한 근육운동이 원활하지 않음 • 두통, 귀 울림 	14~9	87~74%	<ul style="list-style-type: none"> • 판단력이 둔해짐. 불안정한 정신상태, • 역행성, 건만증, 체온상승 • 전신탄력, Zyanose(독) 	10~6	74~33%	<ul style="list-style-type: none"> • 의식불명, 중추신경장애, 경변, Zanoose(독) 	10~6의 지속 또는이하	33%이하	<ul style="list-style-type: none"> • 혼수 → 호흡완서, 호흡정지, 6~8분 후 호흡정지
산소농도 (%)	동맥혈의 산소포화도	증상														
16~12	89~85%	<ul style="list-style-type: none"> • 맥박 및 호흡수 증가, 정신집중 노력이 필요 • 세밀한 근육운동이 원활하지 않음 • 두통, 귀 울림 														
14~9	87~74%	<ul style="list-style-type: none"> • 판단력이 둔해짐. 불안정한 정신상태, • 역행성, 건만증, 체온상승 • 전신탄력, Zyanose(독) 														
10~6	74~33%	<ul style="list-style-type: none"> • 의식불명, 중추신경장애, 경변, Zanoose(독) 														
10~6의 지속 또는이하	33%이하	<ul style="list-style-type: none"> • 혼수 → 호흡완서, 호흡정지, 6~8분 후 호흡정지 														

17) 개방형(OC : Open Circuit demand scuba) : 실린더의 공기를 마시고 외부로 배출하는 방식

18) 재호흡기(Rebreathers) : 다이버가 배출하는 이산화탄소를 화학적 흡수제로 제거한 후 재순환 하는 장비



치료	<ul style="list-style-type: none"> 수중에서 산소부족을 느끼면 즉시 상승해서 신선한 공기를 호흡하도록 한다. 환자가 숨을 쉬 다음 신선한 공기 공급이 좋다. 가능하다면 산소를 공급하라. 만일 의식을 상실했다면 인공호흡 및 심폐소생법(C.P.R)을 실시하라.
예방	<ul style="list-style-type: none"> 징후가 발생하면 즉시 상승할 것. 잠수장비의 상태는 양호한 것으로 사용할 것. 재호흡기¹⁸⁾는 순수한 산소공급을 하도록 할 것. 혼합기체를 사용하는 장비는 준비를 철저히 할 것. 잠수자가 마시는 산소량은 18% 이하가 되지 않도록 한다.

3) 이산화탄소(CO₂) 중독

잠수자가 들이마시는 기체에 CO₂가 증가하면 호흡신경을 자극하는 뇌에 전달되며, 이 뇌는 CO₂가 증가하면 쉽게 손상을 입는다. 따라서 1기압 상태의 작업환경에서의 최대 허용농도는 0.5%이며, 사람에 따라 다르겠지만 인체가 지탱할 수 있는 한계치는 0.3%이다. CO₂가 많이 함유된 공기는 아무리 호흡하여도 허파에서 배출되어야 할 CO₂를 배출되지 못하게 되고, 오히려 누적시키게 된다. 이 기체는 중독을 일으킬 뿐만 아니라 산소중독, 질소마취의 효과를 높이는 작용을 하며 감압병의 가능성도 높여준다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> 공기 공급이 끊어지거나 부적당할 때 재호흡기에서 탄산가스를 제거하는 약품이 제거능을 다하지 못할 때 과로 및 과도한 호흡조절로 체내에 이산화탄소의 축적 																		
징후	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소의 농도와 인체에 미치는 영향(1기압 상태에서) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">농도</th> <th>영향</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250~300ppm</td> <td>공기 중의 정상 농도.</td> </tr> <tr> <td>0.5 %</td> <td>TLV 및 MAL(작업환경하에서의 최대허용농도)</td> </tr> <tr> <td>3 %</td> <td>호흡곤란, 두통, 현기증, 구토, 약한 마취성, 청각감퇴, 혈압 및 맥박의 증가.</td> </tr> <tr> <td>5 %</td> <td>30분 후 정도에 피독 징후, 두통, 현기증.</td> </tr> <tr> <td>8 %</td> <td>현기증, 혼수상태, 인사불성.</td> </tr> <tr> <td>9 %</td> <td>명료한 호흡곤란, 혈압상실, 출혈, 4시간 후 정도에 사망.</td> </tr> <tr> <td>10 %이상</td> <td>시력장애, 경련, 과호흡, 혈압박진, 의식소실.</td> </tr> <tr> <td>25 %</td> <td>중추신경계의 억제, 혼수, 경련, 질식사로 진행.</td> </tr> </tbody> </table>	농도	영향	250~300ppm	공기 중의 정상 농도.	0.5 %	TLV 및 MAL(작업환경하에서의 최대허용농도)	3 %	호흡곤란, 두통, 현기증, 구토, 약한 마취성, 청각감퇴, 혈압 및 맥박의 증가.	5 %	30분 후 정도에 피독 징후, 두통, 현기증.	8 %	현기증, 혼수상태, 인사불성.	9 %	명료한 호흡곤란, 혈압상실, 출혈, 4시간 후 정도에 사망.	10 %이상	시력장애, 경련, 과호흡, 혈압박진, 의식소실.	25 %	중추신경계의 억제, 혼수, 경련, 질식사로 진행.
	농도	영향																	
	250~300ppm	공기 중의 정상 농도.																	
	0.5 %	TLV 및 MAL(작업환경하에서의 최대허용농도)																	
	3 %	호흡곤란, 두통, 현기증, 구토, 약한 마취성, 청각감퇴, 혈압 및 맥박의 증가.																	
	5 %	30분 후 정도에 피독 징후, 두통, 현기증.																	
	8 %	현기증, 혼수상태, 인사불성.																	
	9 %	명료한 호흡곤란, 혈압상실, 출혈, 4시간 후 정도에 사망.																	
	10 %이상	시력장애, 경련, 과호흡, 혈압박진, 의식소실.																	
25 %	중추신경계의 억제, 혼수, 경련, 질식사로 진행.																		
치료	<ul style="list-style-type: none"> 잠수자는 작업을 중지하여 쉬고, 환기해야 하며 필요하면 상승 한다. 잠수자를 수면위로 올려서 신선한 공기를 호흡하게 하며, 산소호흡을 시키면 더욱 좋다. 무의식일 때는 인공호흡을 하며, 필요시 심폐소생술을 실시한다. 																		

예 방

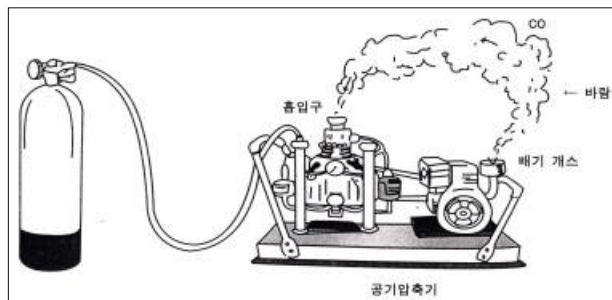
- 상기 각 원인을 피하도록 하고, 호흡이 곤란해지면 쉬도록 하라.
- 호흡이 점점 곤란하고 정신작용이 명쾌하지 못할 때는 잠수를 중지하고 상승하라.
- 잠수자는 항상 숨이 가쁘지 않게 활동하여야 체내에 이산화탄소의 축적을 방지해야 한다.

수난구조

4) 일산화탄소(CO) 중독

일산화탄소는 대기 중에 0.002%만 있어도 치명적일 수 있는 기체로서 엔진의 배기가스나 연탄가스 안에 많이 포함되어 있다. 혈액의 산소를 운반하는 헤모글로빈에는 산소 보다 일산화탄소의 용해가 약 200배 정도 더 잘되므로 일산화탄소를 호흡하게 되면, 혈액이 조직체에 산소를 공급하는 기능을 잃게 된다. 공기통에 공기를 충전할 때 일산화탄소가 많은 곳에서 하면 잠수중에 일산화탄소를 마시게 되는데 이 일산화탄소는 압축되어 있으므로 잠수자에게 치명적일 수 있으므로 주의하면서 충전을 해야 한다. 또한 공기압축기의 윤활유는 고온에서도 타지 않는 것을 사용해야 하며, 부적당한 윤활유를 사용하면 압축기 안에서 윤활유가 연소되어 일산화탄소가 발생할 수도 있다.

[그림 6-46] 공기충전 과정에서 일산화탄소 발생



원인	<ul style="list-style-type: none"> • 공기압축기의 공기흡입구가 압축기 배기가스 배출관에 너무 가까운 경우. • 공기압축기에서 윤활유가 공기공급기에 같이 분사해 들어갈 때. • 일산화탄소가 많은 곳에서 공기를 충전할 때.
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 자신이 알지 못하는 사이에 무의식. • 두통, 현기증, 허약, 혼란, 산소부족과 비슷한 정신쇠퇴. • 반응이 느림, 무분별, 심한 경우는 호흡정지. • 입술, 손톱, 피부 등이 붉게 된다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 신선한 공기를 공급하며 가능하다면 산소를 공급을 하는 것이 좋다. • 무의식의 경우에 인공호흡 및 재압을 실시해야 한다. • 산소로 재압을 할 때는 60ft 이상에 30분 이상 재압을 하지 말아야 한다.



예방	<ul style="list-style-type: none"> • 공기압축기의 흡입구를 압축기 배기가스 출관에서 멀리하고 풍상쪽에 가도록 설치한다. • 공기압축기의 유지 및 정비를 철저히 하고 정기적으로 검사한다. • 주변의 공기가 깨끗한 곳에서 공기를 충전한다.
-----------	--

5) 산소(O₂) 중독

산소는 우리에게 없어서는 안 될 기체이지만 지나치게 많은 산소를 함유한 기체를 호흡하면 오히려 산소중독이라는 위험한 증세를 일으킨다. 산소의 부분압이 0.6 대기압 이상인 기체를 장시간 호흡하면 중독의 위험이 생기며 1.6 대기압이면 점점 중독이 빨라지며, 2대기압의 경우 약 30분 정도 흐르면 산소중독을 일으키기 시작한다.

원인	<ul style="list-style-type: none"> • 과도한 산소의 부분압력을 제한 된 시간 이상 받게 될 때 걸린다. • 재호흡기에서 산소를 사용할 때 제한된 수심 및 시간을 넘길 때 걸린다. • 산소와 다른 혼합기체에서 산소의 부분압력이 많을 때 탄산가스의 누적으로 인하여 산소중독이 일어날 수 있다. • 과로시 에도 일어날 수 있다. 																
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 경련, 안변경련, 근육경련, 혼란, 피로 • 뱃멀미, 현기증, 기력 및 청력의 감퇴, 호흡곤란. • 경련을 할 때 허를 깨물거나 딱딱한 곳을 친다. • 경련이 끝나면 몇 분간 무의식 상태이다가 점차적으로 호흡이 회복 																
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 산소의 수심 및 시간제한을 넘지 말고 짝을 관찰하라. • 과로를 피하고 이산화탄소(CO₂)가 초과되면 산소중독이 일어날 수 있다는 것을 명심해야 한다. • 재호흡기에서 CO₂의 흡수재와 산소마스크의 여과장치 함이 완전한가 확인하라. • 개방회로 공기통에 순수한 산소를 절대로 채우지 마라. • 순수한 산소를 사용할 때 수심 25ft를 초과하지 말아야 하며 가장 적절한 수심은 15ft 이내이며 30ft를 초과시에는 특별한 경우에 한다. • 개방식 잠수시 218ft를 초과하지 마라. • 산소의 수심 및 시간 제한 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>수 심 (ft)</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>시 간 (분)</td> <td>240</td> <td>150</td> <td>110</td> <td>75</td> <td>45</td> <td>25</td> <td>10</td> </tr> </table>	수 심 (ft)	10	15	20	25	30	35	40	시 간 (분)	240	150	110	75	45	25	10
수 심 (ft)	10	15	20	25	30	35	40										
시 간 (분)	240	150	110	75	45	25	10										
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 잠수시 짝이 경련을 일으키면 끌고 올라온다. • 수면에 올라오면 부력조절기에 공기를 넣고 환자의 머리가 물 밖으로 나오도록 한다. • 경련시 붙잡지 말고 허를 물지 않도록 형겅 같은 것을 물린다. • 필요하다면 인공호흡을 시키고, 주의해서 관찰하고 전문의에게 데려가라. 																

6) 질소마취

1기압 상태에서의 질소는 비활성 기체지만, 물속 깊이 내려갈수록 호흡하는 공기의 압력이 증가함에 따라 공기 중에 있는 질소의 부분압도 증가하는데 이 고압의 질소가 인체에 마취작용을 일으키게 된다. 수심 30m에서는 빈속에 마티니한잔을 먹는 것과 비슷하고 15m 수심이 증가할 때마다 마티니한잔을 더 마시는 것과 같은 비율로 보면 된다.

[그림 6-47] 질소마취



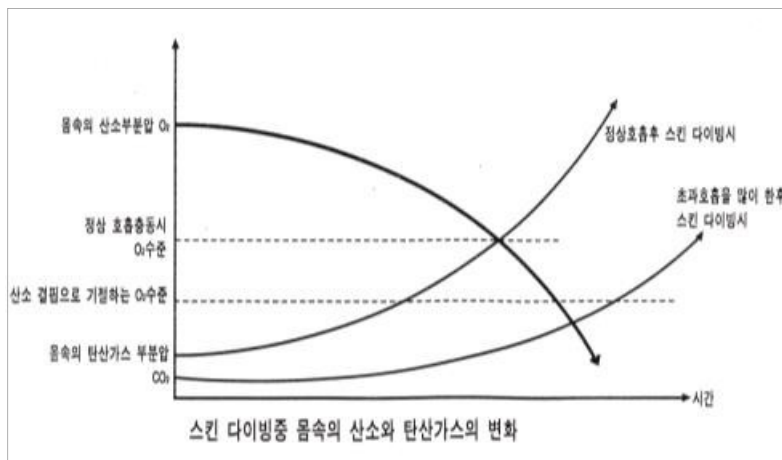
원인	<ul style="list-style-type: none"> • 공기 중의 질소는 약 100ft(약 30m) 이상의 수심에서는 술 취한 듯한 영향을 준다. • 약 200ft(60m) 이상의 수심에서 대부분 잠수자는 심한 마취현상으로 인하여 효과적이고 안전하게 일할 능력을 잃는다. • 인체에 질소가 과포화 되면 발생한다. ※ 사람마다 마취현상이 나타나는 수심은 다르다.
징후	<ul style="list-style-type: none"> • 질소마취의 현상은 알코올을 마신 것과 같다. • 판단과 숙련된 능력을 잃음. • 자기안전과 해야 할 일의 집중력이 떨어진다. • 간단한 일이라도 그것을 하기가 힘들다. • 바보 같은 짓이나 어리석은 행동을 한다. • 아주 깊은 수심에서 잠수한다면 거의 무의식이 된다.
치료	<ul style="list-style-type: none"> • 특별한 치료가 없다. 얕은 수심이 낮은 곳으로 상승하면 증상은 사라진다. • 질소마취가 걸린 이후라도 뒤에 특별한 영향이 남지 않는다.
예방	<ul style="list-style-type: none"> • 공기를 사용하는 잠수는 깊은 잠수를 하지 않으면 질소마취에 걸리지 않는다. • 잠수자는 질소마취에 대한 것을 이해하고 알맞게 행동해야 한다. • 스쿠버 잠수시는 100ft(약 30m) 이상 들어가지 않는 것이 좋다.

7) 숨참기와 초과호흡

호흡을 할 때 숨을 모두 내쉬어도 기도와 폐의 일부에는 신선한 공기보다 이산화탄소의 농도가 높은 공기가 얼마간 남게 된다. 이 공간을 호흡사강(Dead Air Space)이라고 하며, 실제로 호흡율을 떨어뜨리게 하는 공간이다.

스킨잠수 시 숨을 오랫동안 참기 위하여 물속으로 하강하기 전에 몇 차례 정상호흡 보다 빠르고 깊게 호흡하는 것을 초과호흡이라 하며, 이것은 실제로 정상적인 호흡을 인위로 방해하는 것이다.

[그림 6-48] 숨참기와 초과호흡



건강한 사람은 조금만 연습하면 보통 1~2분간 숨을 참을 수 있다. 숨을 참고 있으면 시간이 흐를수록 숨을 쉬고 싶은 충동이 강해지는데, 이것은 혈액 속의 산소량과 탄산가스량을 감지하는 두 개의 감각기관에서 숨 쉬라는 자극을 보내기 때문이다. 이 두 감각기관은 산소의 양이 떨어지거나 이산화탄소의 양이 많아지면 숨을 쉬도록 자극을 보내는데 산소의 양보다는 이산화탄소의 양에 의한 자극이 더 주된 것이다. 숨을 오래 참기 위해서는 초과호흡을 하게 되면 효과가 있는데, 초과호흡이란 숨을 깊게 들이마셨다가 깊게 내쉬는 방법이다.

초과호흡을 하면 탄산가스가 많이 배출되므로 몸속의 탄산가스량이 상당히 낮아진다. 그러나 초과호흡을 너무 많이 실시한 후 물 속에서 숨을 참으면 위험하다. 왜냐하면 초과호흡이 너무 지나치면 몸속에 탄산가스량이 아주 낮아져서 몸속의 산소

6

수난구조

량이 다 떨어질 때까지 숨을 참고 있어도 탄산가스량에 의한 자극이 오지 않으므로 사람이 숨을 쉬고 싶은 충동을 느끼지 않게 된다.

더욱이 물속에서 숨을 오래 참고 있다가 상층을 하면 몸속에 조금 밖에 남아있지 않던 산소의 부분압이 갑자기 내려가서 산소결핍증(Hypoxia)을 일으켜 상승도중 의식을 잃을 수도 있다. 이 같은 이유로 인해 물속에서 기절하는 것을 “얕은 물속에서의 기절”(Shallow Water Black out)이라 부른다. 그러므로 숨을 참기 전 초과호흡은 3~4회가 적당하며 물속에서 숨을 쉬고 싶은 충동이 생기면 무리하게 참지 말고 물위로 올라와야 한다.

마. 의식상실(Loss of Consciousness)

1) 원 인

- 잠수 중 혹은 잠수 후에 의식을 상실함은 대단히 위험한 일이다. 공기색전증이 나 감압병 혹은 어떤 사태로 인하여 호흡을 정지하거나, 장애를 받게 될 때 의식을 잃게 되며 거기에 따라 상당히 위험한 결과가 초래된다. 즉 산소중독, 익사, 공기색전증 혹은 폐 손상 등이 결과적으로 생기게 된다.
- 의식불명이 생겼을 때, 그것이 어떠한 원인으로 발생하게 되었는가를 안다는 것은 극히 어렵다. 치료하는 도중에 어떤 원인으로 의식을 상실하게 되었는가 알 수 있다.

2) 치 료

- 인공호흡을 실시하라. 환자가 호흡을 하지 않을 때 인공호흡 혹은 산소호흡기(Resuscitator)로써 환자를 호흡하게 한다.
- 즉시 재압하라. 의식상실이 공기색전증이나 감압병의 결과로 올 수 있다는 것을 기억하라.
- 환자에게 다른 징후나 정상적이 아닌 점이 있지 않나 세밀히 관찰하고 응급처치 및 전문의 도움이 필요하다.

제3절 수중탐색 및 인양

1. 수중수사법

가. 사체수색

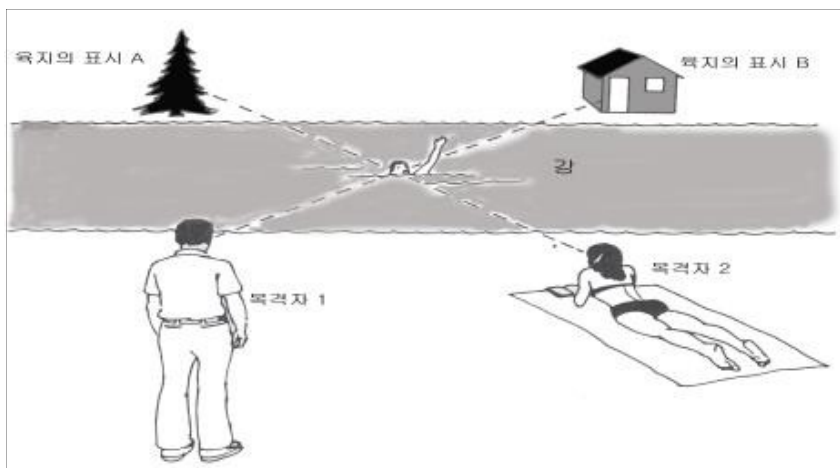
수난사고가 발생하면 구조대원은 요구조자가 살아있다고 믿고 작업을 시작해야 하며, 경찰은 결과가 규명되지 않은 모든 급사 사건을 우선 타살 가능 사건으로 취급한다. 이러한 이유 때문에 물속으로 갈고리를 넣어 요구조자를 발굴·인양하는 일을 구조대원이 해야 되는 경우가 많이 있다. 구조대원은 잠수를 해서 요구조자를 인양 할 때도 사체로 취급해서는 안된다. 그리고 물속에서 요구조자(익사체)가 놓여 있는 위치, 장면을 기록하고 주위에서 발견되는 여러 가지 물건들도 환경이 허락 된다면 수거해야한다.

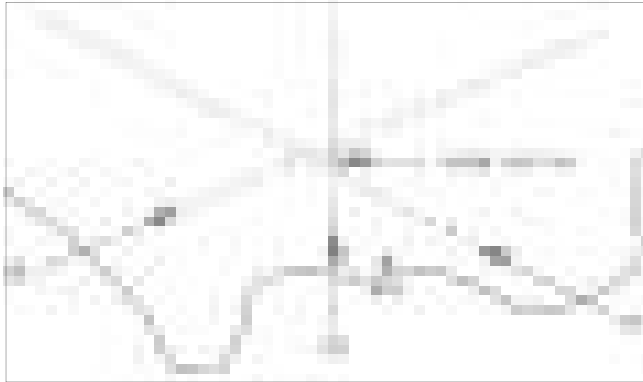
나. 목격자를 통한 정보수집

익사체의 위치를 탐문하기 위해 목격자의 면담은 반드시 구조대원이 실시한다.

- 목격자의 최초 정보는 구조대원이 직접 실시하여야 한다.
- 최초 정보수집은 목격자가 사고 현장을 목격했던 바로 그 자리에서 실시해야 하며 목격자의 정보를 끝까지 듣고 객관적이고 정확하게 판단을 한다.

[그림 6-49] 목격자의 위치와 자세에서 사고지점을 판단





위치 1, 2, 3은 서로 다른 위치에 있었던 목격자의 위치이며 그들 각자가 가리키는 방향이 표시되어 있다.

- 목격자의 정보는 직접 들어야 하며 목격자의 이야기를 들은 사람을 통한 정보는 신뢰도가 떨어진다. 목격 당사자만이 본 것을 정확히 말할 수 있다. 목격자의 말을 들은 경찰관이나, 주의사람들과 인터뷰하는 것은 한 단계 거친 정보이기 때문에 잘못된 내용을 많이 담고 있을 수 있다.(개인의 주관적인 생각이 포함된다.)
- 어린이를 포함해서 모든 목격자와 인터뷰를 한다. 어린 아이는 어른들처럼 강한 감정에 사로잡히지 않기 때문에 사고현장에서 좀 더 객관적으로 정확하게 설명할 수도 있다.
- 목격자의 말을 가로막지 말고 목격자가 말을 다 할 수 있도록 시간을 준다.

목격자의 말이 끝나면 목격자에게 질문을 하되 '예' 또는 '아니오'란 말로는 대답할 수 없는 비유인(non-leading) 질문을 한다. 목격자는 충격을 받아 매우 추상적이고 일시적인 심리 상태에 있을 수 있기 때문에 유인 질문에는 잘 끌려온다.

- 잘못된 질문의 예시
 - 그 사람이 저 통나무와 가까운 거리에 있었습니까?
(이 질문은 인터뷰하는 구조대원의 의견이 더 많이 반영될 수 있다.)
 - 그 사람이 해변에서 100m 거리에 있었다는 말씀입니까?
- 옳은 질문의 예시
 - 그 사람이 어디에 있었는지 말씀해 주시겠습니까?



- 목격자가 있었던 곳은 어디입니까?
 - ... 보여주세요.
 - ... 지적해보세요.
 - ... 묘사해보세요.
 - 열려진 질문을 해야 한다.
- 수면 위의 거리는 측정하기가 대단히 어려우므로 가능하면 목격자에게 방향 위주로 질문해야 한다.(삼각측량법) 쌍방이 통화할 수 있는 무전기가 있으면 보트를 탄 사람이 목격자가 가리키는 방향을 따라 보트를 전진 시키면서 부표를 띄워 놓을 수 있다.
- 잘못된 질문의 예시
- 그 수영객이 마지막으로 보였던 위치에서 저 보트가 얼마나 가까운 거리에 있었습니까?
- 옳은 질문의 예시
- 저기 물 위에 떠있는 구조대원들 중(부표)에 당신이 마지막으로 목격했던 수영객과 같은 자리에 있는 구조대원은 누구입니까?
- 거리의 측정이 필요한 경우에는 목격자가 쉽게 말할 수 있는 단위로 말하게 한다. 예를 들면 자동차 한 대의 길이, 운동화 길이, 또는 도시의 한 구간의 거리 등이다. 목격자는 그 자신이 구조에 나서지 못했거나 구조에 나섰지만 최선을 다하지 못해 양심의 가책을 느끼거나 죄의식으로 힘들어 할 수 있다. 이런 경우에는 그들이 최선을 다한 것이라고 말해 주어 감정을 누그러뜨려야 한다. 희생자를 발견하는 일에 있어 그들의 도움이 또 다시 필요할 것이며 그들의 정보가 대단히 값진 일이라는 사실을 말해 주어서 그들을 더욱 위로해야 한다.
- 목격자가 배 전복 사고에서 살아난 사람인 경우에는 사고를 일으킨 배와 비슷한 크기의 배에 그 목격자를 태우고 사고 현장에 가서 그 사람으로 하여금 사고 지점에 부표를 던지게 한다. 이때 배를 운전하는 사람은 목격자가 지시하는 방향으로 정확히 배를 운전해야 한다. 수심이 깊거나 물이 흐릴 때는 정확한 위치를 찾을수록 좋다.
- 목격자의 이름, 주소, 전화번호를 확실히 알아둔다. 목격자가 먼 지방에 사는 여행자인 경우에는 특히 이 사항을 중시해야 한다. 수색이 성공하든 실패하든 그 목격자에게 공식 문서 형식의 감사 서한을 사후에 보내도록 한다. 목격자의 경우 평생 기억이기 때문에 감사 서한을 받았다면 구조대원에게 더 좋은 기억을 갖게 될 것이다.

6

다. 유족의 처리

수난구조

구조대원은 심리적 상황에도 대처해야하는 경우가 많다.

- 목격자가 가족인 경우도 많으며 이런 때에는 목격자가 정신적으로 비정상적 상태가 되기 때문에 목격자를 이해해주고 좀 더 공손해야 할 필요가 있다. 구조대원은 현장에 있는 희생자의 가족과 만나는 일을 어려워해서는 안된다. 희생자의 가족이 도움이 되는 정보를 줄 수도 있고, 그들도 도움이 되려고 노력한다는 사실을 알고 있어야 한다.
- 주의할 점
 - 희생자의 가족이 사고 현장을 실제로 목격했는지 확인해야 한다. 흔한 경우로써, 가족들은 사고 당시에 현장을 목격하지 않았음에도 불구하고 사고지점을 확실하게 지적하기 쉽다. 가족들은 다이버들이 사고 위치를 알지 못하면 물에 들어가지 않을 것이라 생각하기 때문이다.
- 친척에게 질문할 때는 희생자의 이름을 불러가며 말해야 한다.
 - 잘못된 질문의 예시 : 희생자가 마지막으로 보였던 위치가 어디입니까?
 - 옳은 질문의 예시 : 홍길동님이 마지막으로 보였던 위치가 어디입니까?
- 수색 작업이 시작된 다음에는 가족이 현장을 보지 못하도록 다른 곳으로 보내야 한다. 가족들은 현장에서 인양된 시신을 보지 않는 것이 좋다. 가족들이 현장에서 시신을 보게 되면 정신적 충격을 받게 된다. 건져진 의사체는 입과 코에서 피거품을 흘리기도 하기 때문에 가족들의 쇼크 등 2차 사고가 발생 할 수 있다. 사망자가 어린이인 경우에는 부모를 강제로 피신시키지 않는 한 슬픔을 억누르지 못한 부모가 현장에서 떠나기를 거부하며 시신을 꺼안으려고 할 수 있다. 군중이 많은 곳에서 이런 일이 벌어지면 사태를 수습하기가 매우 어려워진다. 바로 이런 이유들 때문에 사체를 구급차에 실어 현장을 떠날 때까지 가족들을 격리시켜야 한다. 수색 작업 전에 유족에게 수색 작업은 상당한 시간이 소요될 것이며 곧 다시 데려다 주겠다고 설득하면 유족들도 움직일 마음이 생길 수 있다. 유족들은 감정상 반드시 정상적일 수는 없으며 제2의 희생자로 대우해야 한다. 그들을 위로하고 이해해주는 행위는 구조대원들이 할 수 있는 보람된 일이다.
- 수색 작업이 다음 날까지 연장되면 유족들은 현장을 떠나지 않으려고 하는데 그들에게 수색 작업이 다음 날 몇 시에 다시 시작된다는 사실을 알려 준다. 수색 작업의 시작은 공표한 시간에서 1시간 일찍 앞당겨 한다. 유족이 현장에 도착했을 때 작업은 이미 시작된 이후가 되게 하란 것이다. 유족이

먼저 도착해서 구조대원을 기다리게 되면 구조대원에 대한 불신이 생기기 때문이다.

- 사고에서 살아남게 된 유족은 불안정한 심리 상태에 놓이게 되어 특별한 이유도 없이 매우 공손했던 태도가 극단적으로 비판적이 되거나 적대감을 갖는 태도로 돌변할 수 있다. 이런 돌변적인 태도는 심리적으로 부담을 안고 있는 사람에게서 흔히 나타나며 주로 수색 2일째가 되는 날 잘 나타난다. 구조대원은 이런 심리 변화가 있다는 사실을 알고 있어야 하며 태도가 변했거나 비판적으로 된 유족과 개인적으로 상대하지 말아야 한다. 수색 현장에서 유족과 상대할 팀 요원은 어느 한 사람을 정해서 그 사람이 전담토록 하는 것이 좋다.
 - 애도를 표시하는 일
 - 구조대원의 활동 계획을 유족에게 설명해 주는 일
 - 아무도 유족을 상대해 주지 않으면 유족은 세상에서 가장 외로운 사람이 되고 만다. 희생자의 친구나 가족은 위로해 주고 이해해 주는 사람을 필요로 한다. 그들을 당신의 친한 친구처럼 대하라.
- 수난사고현장이 장기화되거나 현장에 유족이 있을 때에는 유족이 쉴 수 있는 공간을 확보해주는 것이 좋다.

라. 뉴스 미디어와의 관계

구조대원은 유족과 사고자 친구 등의 권리를 존중하는 전제하에 기자들과 돈독한 관계를 유지할 필요가 있다. 기자들은 익사 사고가 일어난 직후에 현장에 도착해서 구조대원에게 기대하게 되는 경우가 많다. 기자들은 대중에게 소식을 알리는 것이 의무이며 또한 수색 작업에 방해를 일으키지 않아야 하는 각도에서 대우하여야 하며 그들의 권리도 존중되어야 한다.

현장에 없는 대다수의 국민들은 기자의 말을 100% 신뢰하며 구조대원의 활동을 보게 되기 때문에 기자의 말 한마디에 구조대원의 노력이 물거품이 될 수도 있다는 것을 명심해야 한다.

다음에 지시하는 요령을 참고하자.

- 가능하면 신문 기자와의 인터뷰는 사건 현장을 떠나서 한다. 수색 작업을 개시하기도 전에 다이버가 유족 옆에서 기자와 인터뷰하는 것은 유족들이 좋게 보아주지 않는다.
- 인터뷰를 사건 현장에서 실시해야만 되는 경우에는 깔끔한 복장으로 팀의 지휘관을 내세운다. 이렇게 하는 것은 다이버들이 방해받지 않고 작업을 진행하기 위해서이다.

6

수난구조

- 다이빙 장소는 정돈하며 외견상으로 프로답게 보이도록 한다.
- 다이빙 계획의 논의는 기자가 없는 곳에서 한다. 그래야만 모든 дай버들이 수색작업에 관해 자유롭게 의논할 수 있게 된다.
- 구조대원은 각자가 따로따로 현장에 도착하지 말고 현장 이외의 다른 장소에서 먼저 모인다음에 함께 현장에 도착하여야 한다. 개별적으로 현장에 도착하면 먼저 도착한 дай버는 기자와 유족이 의문스럽게 바라보는 상태에서 아무런 일도 시작하지 못하고 그냥 서 있어야 하는 난처한 입장이 된다.
- 모든 인터뷰는 짧게 끝내야 한다.
- 밖에 있는 구조대원은 복장을 단정히 차려 입어야 한다. 복장은 통일하는 것이 좋다. 그리고 사고현장에 코믹한 티셔츠를 입고 나타나는 것은 예의에 어긋난다.
- 잡담, 미소 또는 웃음을 피한다. 특히 소리 내어 웃는 것은 금물이다. 희생자의 친구나 유족의 감정을 신경 써 주어야 한다.
- 사망자의 이름과 사건 내용을 발표하는 일은 희생자와 가장 가까운 가족이 가장 먼저 사망을 알게 하는 것은 당연하다. 뉴스 미디어가 취재하고 있는 사건에서는 다른 수많은 사람들이 구조대원을 유심히 관찰하게 된다. 따라서 가능한 프로답게 보이도록 행동해야 한다.

마. 사체의 관찰

사망한 인체가 사후에 겉으로 나타내는 여러 가지 변화를 구조대원이 앎으로 해서, 경찰관에게도 조언을 줄 수 있고, 신뢰도에 있어 위 급수가 되며 일반적인 사체 수색 다이버들과 격을 달리하게 된다. 먼저 사망 시간의 산정, 물 속에 잠겨 있던 시간의 산정 및 사체가 떠오른 시간의 산정은 어쩔 수 없이 정확하지 못하다는 것을 알고 시작하자.

1) 경직(硬直, rigidity)

사체는 사망 직후에 여러 변화를 일으킨다. 화학적 성질을 띠고 있는 변화는 온도에 따라 진행 속도가 달라진다. 사후 경직은 사망과 동시에 일어나는 화학 반응이 원인이며 실내 온도에서는 수 시간 이내에 나타나고 12시간이 경과하면 경직은 끝까지 간다. 온도가 따뜻할수록 경직 속도는 빨라진다. 경직은 크기가 작고 길이가 짧은 근육에서 먼저 일어난 후에 큰 근육에 까지 전파된다. 잔 근육이 제일 많은 곳은? 목은 수많은 작은 근육들이 밀집되어 있는 매우 유연한 곳이다. 사후 경직은 근육이 굳어지는 것이 원인이며 일반인들은 관절이 굳어서 일어나는 현상이라고 흔히들 알고 있다. 완전히 경직된 사체는 온도와 근육 속의 박테리아 작용에 따라 경직

을 유지하고 있는 시간이 여러 가지로 달라진다. 가스를 발생시키는 부패 박테리아 종류는 경직을 빨리 풀어지게 한다. 사체낭에 사체를 넣기 위하여 굳어진 팔 다리를 바로 펴야 하는 경우에는 상당한 힘을 가해야 한다. 사체가 아직 덜 굳어진 상태에서 사지를 펴면 팔다리는 그 상태를 유지하고 굳어지지만 경직이 방해 받지 않은 다른 부위만큼 딱딱하게 굳어지지는 않는다. 경직의 원인은 근육 속에 생성되는 유산(乳酸)이다. 따라서 사망 직전에 심하게 허우적댄 행동은 경직을 촉진시킨다. 왜냐하면 근육이 운동을 하게 되면 근육 속에 유산이 많이 생성되기 때문이다. 이러한 지식을 염두에 두고 근육 경직의 시작과 경직의 정도는 알아보면 사망 시간을 용이하게 추정할 수 있다.

2) 사체의 경련(cadaveric spasm)

즉각적인 사체 경직은 매우 희귀하게 일어나는 현상인데 이것은 마지막 의식 상태에서 희생자가 정신적으로 대단히 큰 충격을 받았을 때 유발된다. 물속 바닥의 잡동사니를 움켜쥐고 있음으로써 사체 경련을 나타내고 있는 사체를 보면 희생자가 물 속 바닥에 가라앉을 때까지도 살아 있었다는 것을 확인할 수 있다.

[그림 6-51] 장시간 지나 익수자가 수면위로 떠오른 상태



3) 사체 지방의 비누화(adipocere saponification)

습한 환경, 특히 물 속이나 수면에서 떠있는 사체가 시간이 오래 지나면 특이한 냄새를 풍기는 하얀 왁스 물질로써 비누와 유사한 성질을 가졌기 때문에 비누화(saponification)라고 부른다. 비누화가 일어나려면 일정 조건이 갖추어져야 한다.

6

수난구조

비누화를 일으킨다고 믿어지는 박테리아 온도가 60°F(섭씨 15.5°) 이상이며 습도가 높고 산소가 부족한 환경 속에서 번성한다. 사체의 지방분에서 비누화가 일어나면 사체는 더 이상 부패하지 않을 수도 있다. 그러나 비누화 작용은 보통 수개월이 지난 다음에 일어난다. 1개월 이내에 비누화 작용이 일어난 예가 있기도 하다.

4) 거품

익사자는 입이나 코에서 흰 거품을 흘릴 때가 많다. 이 거품은 사체를 물에서 건져낸 직후 또는 약간 뒤에 나타난다. 이것은 씻어내도 수 시간 동안 계속 나타날 때가 많다. 특히 유족에게 사체를 확인시킬 때는 그 직전에 사체의 얼굴을 닦아주는 것이 도리이다. 그러나 거품은 수분 이내에 다시 나타나기 쉽다. 또 다른 경로에서 생기는 거품은 기관지선(氣管支腺)이 물에 닿아 과민반응을 일으켜 점액을 흘리는 것이다. 이 끈적끈적한 점액이 물과 혼합되어 거품의 형태가 된다.

5) 구더기

사체 표면이나 내부에 구더기가 있다는 것은 사체가 공기 중에 노출되어 있었다는 사실을 뜻한다. 수중 사체에 구더기가 있으면 다음 두 가지의 가능성이 있다.

- 사체가 확대 부상에 의하여 공기에 노출된 경우
- 물에 잠기기 전에 먼저 사망한 사체

6) 시반(屍斑 : Lividity)

시반은 인체 내에서 혈액의 순환이 정지되었기 때문에 일어난다. 혈액 순환이 정지되면 사체 안에 있는 혈액은 중력의 작용 때문에 낮은 곳으로 몰리게 된다. 물은 부력을 갖고 있기 때문에 익사체의 시반은 매우 미약하게 나타난다. 그러나 시반이 강하게 나타나 있으면 사체는 물 밖에서 사망 후 물속에 잠겼다는 의미가 된다. 시반이 잘 나타나는 위치는 사체의 상부 쪽이며 산소 부족증 혈액 때문에 자줏빛을 띠고 있는 피부사이에 창백한 색으로 나타난다.

7) 사후의 상처(post mortem wounding)

사체가 사망하기 직전 수 분 안에 받은 외상은 파열된 모세 혈관으로부터 흘러나간 혈액의 흔적으로 알 수 있다. 상처가 사망하는 순간 또는 후에 생긴 것이라면 혈액 순환이 정지된 이후이기 때문에 그 부위의 혈액은 주변의 근육 속으로 흡수된다.

8) 부패

사체의 부패를 지연시키거나 촉진시키는 요인은 너무나 많다. 사체 부패를 촉진시키는 요인 중에 중요한 것들을 열거한다면 열, 습도, 박테리아, 비만 등을 들 수

있다. 이 요인들은 부패를 빠른 속도로 촉발시킨다. 연구에 따르면 출혈성 심장마비 사망자의 사체는 나이 먹은 사람 또는 앓다가 죽은 사람처럼 부패가 빨리 일어난다. 부패를 지연시키는 요인은 추위, 건조한 공기 및 비교적 무균상태의 환경이다. 모체에서 나와 소화기관에 아직 음식이 투여되지 않은 신생아 사체는 무균 조건하에서 놀라울 만큼 오랫동안 부패되지 않는다.

위와 같은 원리에서 따뜻하고 더러운 물에 익사한 사체는 차고 맑은 물의 사체보다 빨리 부패한다.(그러므로 빨리 떠오른다.) 온도가 매우 낮고 바람이 건조한 곳에서는 사체가 미라로 변하여 매우 오랫동안 보존된다. 반면에 바로 그 옆에 맑은 물에 잠겨있는 사체는 그 기간이면 형체를 알아볼 수 없을 정도로 부패한다.

9) 사체의 팽창 수면 부상의 시기

- 경찰이나 유족은 구조대원에게 사체가 언제쯤 떠오를 것인지에 대해 묻는 일이 많다. 이 문제에 있어서도 대답은 간단치가 않다. 사체가 물에 잠긴 이후 다시 떠오를 때까지의 기간을 결정하는 것은 사체 안에서 가스의 생성이 어떤 속도로 일어나는가에 달려있다. 그러나 그 속도를 결정하는 요인이 또한 무한하게 많다는 것이다. 사체는 소화기관(위와 내장)에서 생성되는 가스가 다른 기관에 비해 빨리 발생한다. 특히, 온도가 따뜻하면 가스 생성 박테리아의 번식은 왕성해진다. 또한 개개인의 건강 상태와 어떤 음식을 즐겨먹었느냐에 따라 내장 속의 박테리아는 그 종류가 다르게 된다. 최근에 먹은 음식이 탄수화물(사탕, 맥주, 감자칩 등)이면 이산화탄소 가스와 황화수소 가스를 다량 방출시키는 특정 박테리아가 번성한다. 이런 경우에 사체가 따뜻하고 알고 물속에 있으면 24시간 이내에 부상한다.
- 사체를 부패시키는 박테리아의 종류는 여러 가지가 있다. 이들 박테리아들이 생성시키는 가스는(황화수소, 메탄, 암모니아, 이산화탄소) 팔 다리를 비롯하여 사체 전체를 부풀게 한다. 이런 가스가 원인이 되어 떠오른 사체는 가스가 쉽게 탈출되지 못하기 때문에 사체는 수면에 안정적으로 뜬다. 일단 부상을 시작한 사체는 수압이 약해짐에 따라 가스의 부피가 점점 팽창되어 상승 속도가 가속되어 굉장히 빠른 속도로 수면으로 솟아오른다. 만약 너무 많은 가스가 체외로 방출되면(입이나 직장을 통해서) 사체는 다시 물속으로 가라앉을 수 있다. 이렇게 되면 사체는 또 다시 떠오를 가능성이 없을 수도 있다. 이와 같이 가스 생성이 두 가지 형식으로 나타난다고 해서 사체가 두 번 떠오를 수 있다고 단정해서는 안 된다. 어떤 조건에서 보면 사체의 재부상은 다시 일어나지 않는 경우도 있는 것이다.

6

수난구조

- 사체가 부패할 때 생성되는 가스는 3가지 특성을 갖고 있다.
 - 물에 잘 용해된다.
 - 압력에 수축이 잘된다. 그래서 얇은 물에서는 더 빨리 부상할 수 있다.
 - 생성량은 온도에 크게 좌우된다.
- 사체가 예를 들어 30m 이상으로 깊은 물속에 빠지면 가스의 생성량은 적어진다.
 - 수압으로 가스의 부피가 줄어들며, 물에 용해되어 사라지는 가스의 양도 많아진다.
 - 물속 깊은 곳은 온도가 낮기 때문에 박테리아의 작용과 번식이 억제되어 가스 생성 속도가 느리며 또한 가스는 찬물에서 더욱 용해도가 높아진다.
- 가스를 발생시키는 박테리아 종류에 따라 활동 시간도 다르기 때문에 다시 가스가 발생되어 부상될 수도 있다. 재부상의 경우 남, 여, 어린이가 다르다. 폐, 위와 대부분의 신경체계까지 모두 물이 가득 차 몸무게가 무거운 상태에서 재부상은 사람마다 차이가 난다. 그리고 대부분 뼈의 무게와 위, 폐에 가득찬 물로 인해 성인 남성들은 성인 여성보다 무거워지는 경향을 보인다. 그리고 어린이들은 가벼워 어린 아이가 물에 빠졌을 경우 찾는 것이 어렵지 않다.

이론상 구조대원은 사체의 부상 시간을 선불리 예언해서는 안 된다. 추측으로 사체부상 시간을 예언했을 때 대개 틀리는 경우가 많기 때문에 전문가로서의 신뢰도와 명성을 실추하기 쉽다. 이와 마찬가지로 사체의 부패 정도만을 관찰해 보고 사체가 언제부터 물에 빠져 있었는지 추정하는 것은 잘못된 것이다. 부패나 사체 확대의 과정은 매우 난해한 것이기 때문에 이것에 관한 예측은 구조대원이 할 내용이 못된다.

바. 익사의 확인

1) 해수에서의 익사

해수는 약 3%의 염분을 간직하고 있기 때문에 이것이 폐 속에 들어가면 주변 폐 조직에 있는 혈관에서 체액이 분비되어 염분을 희석 시키려는 반응이 일어난다.

이 현상은 결과적으로 혈액이 되게 만든다. 동시에 염분은 폐포의 벽을 통해 혈액 속으로 침투한다. 이 현상을 심장 불규칙성을 일으키는 혈구 농축증(hemoconcentration)이라고 한다. 이런 상황에서는 무산소증(anoxia), 또는 심장 마비를 비롯해서 여러 가지 요인이 사망을 초래할 수 있다.

2) 담수에서의 익사

담수를 폐가 마시게 되면 혈액의 염분이 폐포막을 통해 밖으로 유출되는 현상이 일어나며 동시에 다량의 수분이 삼투작용에 의하여 주변 폐 조직의 혈관으로 흡수한다. 이 결과로 일어난 혈구희석(hemodilution)은 신장 박동률의 불규칙을 역시 유발, 사망의 원인을 만든다.

3) 호수의 익사

호수에는 강한 물살이 있기 어렵다. 큰 댐이 물을 방류시킬 때는 호수에 물살이 생기지만 그것도 댐 근처에서만 나타난다. 대부분의 호수는 물이 매우 느린 속도로 흘러서 과학적 측정기구를 동원해야 그것을 알 수 있는 정도이다.

이것은 사체가 떠올라 바람에 밀려 이동된 것이다. 익사 지점에서 늘 부는 바람의 방향은 호수의 물이 흐른다고 사람들이 믿는 그 방향과 일치하는 경우가 대부분이다. 바람에 의한 파도를 보면 물이 흐르는 것처럼 보이지만 실질적으로 바람은 단지 수면 위로 에너지를 전도 시키면서 수면 위에 떠 있는 물체를 밀어줄 뿐이다. 물이 흐르지 않는 호수에서는 익사 위치 바로 아래 반드시 익사체가 있다. 원칙적으로 말하면 이런 장소의 익사체는 수심의 깊이를 지름으로 하는 바닥 범위 내에 사체가 놓여 있다. 이 원칙이 빗나가는 경우는 대개 목격자가 익사지점을 정확히 지적하지 못하는 경우이다.

4) 수온약층(Thermoclines)

호수의 물은 뚜렷한 수온약층을 갖고 있는 때가 흔하다. 수온약층이란 온도가 서로 다른 물의 층이 부딪혀 있는 것을 말한다. 수면 층의 수온은 섭씨 18도인데 저층의 수온은 7도일 수 있다는 것이다. 저층부의 차가운 수온은 사체가 부상하는 과정을 지연시키는 조건을 만든다.

수온약층을 경계로 양쪽의 물은 온도가 다르기 때문에 물의 밀도도 다르다. 사체가 하강하거나 상승하다가 이 수온약층에 걸려 물속 허공에 장시간 붙잡혀 있게 된다는 설이 오랫동안 있었다. 그러나 실제로 이런 경우가 확인된 사실은 한 번도 없다. 수학적으로 따져 볼 때 65kg 이상의 체중을 가진 사체가 수온약층에 걸려 제자리에서 떠 있으려면 30kg의 미세한 차이로 중성부력이 유지되어야 한다. 사체가 하강할 때는 체내의 공기 공간이 크게 축소되며 다시 떠오를 때는 기체의 팽창이 급격하기 때문에 실제로 그런 일은 일어나기 어렵다.

6

수난구조

5) 호수 바닥의 조건

호수의 밑바닥은 토질과 호수 주변의 숲과 초원의 성질에 따라 특성이 다르다.

낙엽수는 매년 가을마다 잎을 호수에 퇴적시킨다. 담수에서는 나뭇잎이 매우 느린 속도로 부패하기 때문에 바닥의 침적토 두께가 한 뼘에서부터 몇 척에 이르기까지 여러 가지가 존재하게 된다. 호수 바닥의 이런 부드러운 침적층이 새들의 분비물 때문에 생긴 것이라고 말하는 경우가 있으나 사실은 그것이 아니다. 흔한 일은 아니지만 익사체는 이런 부드러운 침적층 속에 들어가 보이지 않게 되는 경우가 있다. 따라서 사체 수색 시에는 침적층 표면이 이상하게 눌러 있거나 비정상적인 형태로 보이는 곳을 유심히 조사할 필요가 있다. 천연 호수에 들어가 수색하는 다이버는 끊임없이 부력조절을 하면서 잠수하는 것이 절대적인 요건이다.

6) 파도

호수 바닥에 일단 가라앉은 사체는 바람과 파도의 교호작용에 의하여 이동되지 않는다. 그러나 수심이 매우 얇은 곳에서 영향력이 큰 파도가 밀려오면 예외가 된다. 익사 장소가 호수 근처이면 익사체가 강한 바람에 밀려 물으로 올라갈 수 있다는 것이다. 바위가 많은 호숫가와 작은 포구 지대는 폭풍이 불고 있을 때나 그 직후에 잘 살펴보아야 할 지역에 해당한다. 갑자기 부는 폭풍은 보트를 물으로 올릴 수도 있다. 보트가 호숫가에 접근하다가 뒤집힌 경우에는 그곳의 수심이 3m를 넘지 못하여 파도의 에너지가 호수 바닥에 닿기 때문에 익사체는 호숫가 쪽으로 밀려 나갈 수 있다.

7) 강물의 익사

강은 다른 종류의 물과 다른 두 가지의 특성이 있다. 수심이 얕다는 것은 유리한 일면을 갖고 있지만 그 반대의 조건도 역시 뒤따른다.

- 사체가 강바닥에 가라 앉았기 때문에 익사지점에서(거의 그 자리에 놓여 있는) 사체를 발견하게 되는 경우가 있다.
- 사체를 익사지점으로부터 상당히 먼 거리에서 발견하게 되는 두가지의 경우가 있다. 70% 이상의 경우에서 익사체는 익사지점으로부터 7m를 벗어나지 않은 거리에서 발견 되었다. 10%의 경우는 30m 범위 이내에서 발견되었으며 나머지 20m는 다이버들에 의해 사체가 발견되지 않았다. 강물은 수심이 얕아서 사체의 수중 무게가 1kg 미만으로 가볍기 때문에 부패로 인한 가스가 조금만 생겨도 부력이 일어나 곧 뜨게 된다.



8) 물살

물살은 구조대원에게 가장 귀찮은 존재이다. 다이빙 팀이 익사 장소에 도착했지만 현지의 책임자는 익사 장소에서 꽤나 먼 하류에서부터 수색을 시작해야 한다고 주장하게 된다. 강물의 특성에 대해 잘 알고 있다는 고착관념 때문에 이런 사람들은 구조대원이 먼저 익사 장소를 확인해보기도 전에 소용돌이와 물이 제자리걸음을 하고 있는 지역 또는 수심이 움푹 파인 곳에 수색할 것을 요구한다. 그러나 이런 탐색은 실패 확률이 대단히 높다. 강물에 빠진 익사체 수색에 있어서는 무엇보다 먼저 가장 빠른 시간 내에 익사지점부터 수색하는 것이 원칙이다. 즉시 할 수만 있으면 강변을 걸어가며 물속을 관찰하거나 헬기 수색을 병행해도 좋다.

9) 유속의 측정

물에 들어가기 전에 먼저 물살의 속도를 측정해야 한다.

- 유속 5노트에서 다이버는 고정된 물체를 잡고 최대 1분내지 2분간 견딜 수 있다. (5knot = 9.2km/h = 2.57m/s)
- 유속 3노트에서는 5분까지 매달릴 수 있다. (3knot = 5.5km/h = 1.54m/s)

유속 측정표

부력구 30m이동 소요시간(초)	m/s	환 산 유 속(knot)
		1노트=1.943844m/s
6	5	9.7
7	4.2	8.3
8	3.7	7.2
9	3.3	6.4
10	3	5.8
11	2.7	5.3
12	2.5	4.8
13	2.3	4.4
14	2.1	4.1
15	2	3.8
20	1.5	2.9
25	1.2	2.3
26	1.1	2.2
27	1.1	2.1

10) 사체의 관찰

강에서 인양된 사체는 물살의 영향 때문에 특이한 특징을 나타낼 수 있다. 부패가 심한 단계가 되면 물살은 사체의 느슨한 피부를 다량 벗겨낸다. 이는 가슴과 등에서 집중적으로 일어나며 피부 및 근육 조직이 노출된다. 익사자가 높은 위치에서 물로 떨어져 사망했거나 강한 물살에 노출되어 있으면 사체의 옷이 많이 벗겨져 있을 수 있다. 손목시계와 반지도 빠져나간 것을 발견한 경우도 있었다.

[그림 6-52] 물살에 의해 익사자의 손상되기 쉬운 부분



흔히 익사체는 앞으로 수그린 양수 속의 태아의 자세를 하고 엎드려 있다. 강물에 따라 사체가 강바닥과 부딪치면서 떠내려가면 이마, 코, 손가락 관절, 팔뚝, 무릎, 발끝의 피부가 벗겨진다.

11) 수초

수초가 무성한 담수 속의 풀은 1.5m 이상으로 크게 자랄 수 있어서 여기에 가라 앉은 사체는 수초에 완전히 가려질 수 있다. 물속의 시야가 어느 정도 보이는 곳이면 물고기 떼가 모여 있는 곳을 주의 깊게 봐야 한다. 물고기들은 사체를 먹기 위해 사체 주변으로 모여들기 때문이다.

사. 사체인계

사체를 인양할 때는 익수자의 모습을 유가족 및 현장에 구경하는 사람들이 보지 않게 사체낭 및 흰색 천으로 덮은 뒤에 수면 밖으로 운반 한다. 익수자를 지상으로 구조 하였으나 사망한 경우 유가족에게 인계하여야 한다.

다만 현장에 유가족이 없을 경우 관할 시·도지사, 시장, 군수, 구청장에게 인계하여야 한다. 현장에 있는 경찰에게 먼저 인계하는 것이 아니다. 만약 병원으로 이송되었어도 유가족이 우선시되고 유가족이 없을 때는 관할 시장, 군수에게 인계하여야한다.

[수상에서의 수색·구조 등에 관한 법률, 제35조(구조된 사람·선박등·물건의 인계)참조]

[그림 6-53] 사체를 인계하는 모습



사체를 육상으로 올리기 힘든 장소이거나 물살을 거슬러 올라갈 수 없으면 강류를 따라 하류로 내려가면서 도로에 접근하기 쉬운 장소를 찾아도 된다. 이 방법은 사체의 부패가 많이 진전되어 있고 제 모습을 상실한 경우에 적용시킬 필요가 있다. 이런 경우에는 사체를 장례용 플라스틱 파우치나 사체낭에 담아 사체의 손실을 최소한으로 한다. 익수자 및 사체를 구조·인양할 때 스쿠버용 장갑 또는 수술용 의료용장갑을 끼고 다루는 것이 2차 감염방지에 좋다. 이 장갑은 병원 및 119구급차에서 쉽게 구할 수 있다.

6

2. 수중탐색법

수난구조

수중에 빠진 물건을 찾거나 인양하는 것은 특수한 기술과 지식이 없이는 그리 쉬운 일이 아니다. 수중 탐색에는 성공 가능성과 안전에 대한 지식이 요구되며 인양 역시 마찬가지이다. 이 장은 수중이라는 잠재적인 위험성을 고려하여 현장에서 보다 안전하고 신속 정확한 탐색의 원칙을 알고 구조대원의 수중 탐색 활동을 원활하게 하기 위한, 잠수계획, 탐색기술 및 인양방법, 그 문제점과 위험요소, 인양 백(lift bag)의 사용 등에 대하여 다루었다.

가. 물속에서의 사람의 신체

1) 물속에서 사람의 무게

물속에서 사람의 무게		
성별	수면 무게(kg)	수중 무게(kg)
남 성	68 ~ 77	4 ~ 7
남 성	81 ~ 90	3 ~ 5
여 성	49 ~ 63	3.6 ~ 7
아 이	18 ~ 31	2 ~ 3.6

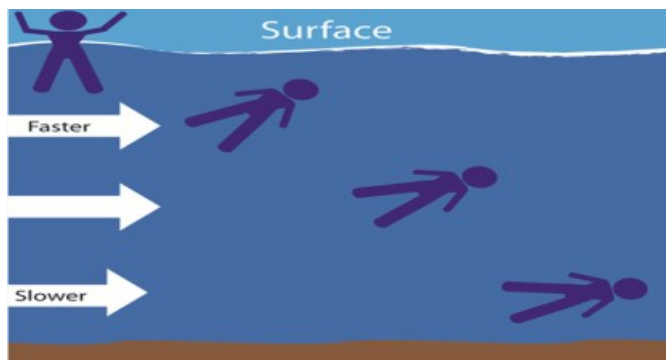
특히 주목할 것은 이러한 무게는 평균이다. 근육 및 뼈가 바른 사람은 물 보다 밀도가 높은 반면에, 뚱뚱한 사람은 밀도가 낮아 더 큰 부력을 가진다. 키가 크고 마른 사람과 무게가 81~90kg인 사람을 예를 들면 키가 크고 마른 사람은 더 많은 지방을 가진 범주의 평균 사람보다 약간 더 무겁다.

○ 허구와 진실

- 허구
 - 어떠한 조류든 신체를 하류로 쓸어버릴 것이다.
- 진실
 - 물속에 가라앉는 신체는 수직으로 1피트(약30.48cm) 가라앉을 때마다 수평 방향으로 1피트 이상 떠내려가지 않는다. 이는 물의 깊이만큼의 반경을 가지는 Cone이 형성 된 바닥에 있는 수직 급경사(vertical drop) 인근에 신체가 자리 잡게 한다.
 - 조류는 수면에서 더 빠르게 흐르고 바닥을 따라 더 느리게 흐르게 되므로 신체는 층류의 층들을 통하여 아래로 떨어지고 하류로 이동하면서 서서히 바닥으로 가라앉게 된다. 층류의 속도, 수심, 강도와 바닥의 구성 물질에 따라 하류의 거리는 달라진다.

- 유속이 매우 느리면 신체는 수직 급경사(vertical drop) 인근에 가라앉아 있을 것이지만, 만약 콘크리트로 되어 있는 수로와 같은 곳에서 바닥 조류가 여전히 빠른 속도로 움직이고 있다면 매우 먼 거리로 이동하게 될 수도 있다.
- 비록 요구조자가 어딘가에 걸리거나 끼어 있다 하더라도 형성된 가스가 결국은 신체를 수면으로 떠오르게 하여 수면 조류의 빠른 흐름으로 인해 하류로 이동하게 될 수도 있다.

[그림 6-54] 유속의 따른 신체 이동



나. 탐색절차

탐색 또는 인양하고자 하는 물체를 설정, 파악하고 위험요소와 공기량, 수심, 등을 면밀하게 고려하고, 다이빙 능력이나 장비를 고려하여 어떠한 방법으로 할 것인가 현실적인 계획을 수립하여 시행한다.

- 탐색을 위하여 가장 먼저 해야 할 일은 탐색 할 대상에 대한 자세한 정보를 획득하는 것이다
- 그 다음 얻어진 정보에 따라 탐색할 구역을 설정하고, 부표를 띄워 탐지지역을 제한하고 그 지역의 시야, 바닥의 모양, 물체의 크기, 조류, 수심, 기타 환경적인 조건, 수중 탐색할 구조대원의 훈련 및 경험, 사용할 수 있는 장비 등을 고려하여 그 구역에 알맞은 적절한 탐색방법을 결정, 수중수색 및 안전요원과 수중 수색작업에 대한 사전 회의를 실시한다.(각 임무 및 익수자를 찾았을 때의 경우, 짝 다이버와 헤어졌을 때 대처법 등)
- 결정된 탐색 방법에 따라 인원을 할당하고 조직하며 장비를 준비하고 탐색지역에서 수중 탐색 활동을 진행한다.(수중 수색전에 스킨다이빙 및 스노클링으로 1차 수면

6

수난구조

수색도 병행하면 수중 탐색에 도움이 된다)

- 수중 탐색 중 익수자를 찾았을 때에는 손으로 들고 올라올 경우 익수자의 신체가 손상되지 않게 목덜미나 가슴부위를 잡고 올라오는 것이 중요하며 다리나 머리를 잡고 올라오면 유가족이 보기가 좋지 않다. 그 외에 인양이 불가능할 경우 다이빙 부표를 띄어 표시한 후 추가 дай버 및 장비를 이용하여 구조한다.
- 익수자를 인양할 때는 수면으로 인양 전에 들것과 사체낭을 이용하여 부패 되거나 손상된 익수자의 모습이 유가족들에 보이지 않게 하여야 한다. 그렇지 않을 경우 흥분한 유가족이 달려들어 또 다른 사고가 발생 할 수 있다.
- 인양 백(lift bag)을 사용해야 할 장비일 경우 인양 백(lift bag)을 피 인양물에 설치한 다음 인양 백(lift bag)에 공기를 조금씩 넣어 바닥에서 물체를 떼어낸 다음 약한 양성부력 또는 중성부력을 유지하며 물체를 수면에 띄운다. 이때 주의 할 점은 수중에서 인양되는 인양물의 밑 부분에 дай버가 위치한다던가, 인양 백(lift bag)과 дай버가 함께 상승하는 경우는 특히 주의하여야 한다. 물체를 물 밖으로 끌어내면 탐색 및 인양에 대한 모든 절차를 마치게 된다.
- 탐색장소 중 물결이 치고 와류가 있는 곳에서는 익수자가 와류에 있을 수 있기 때문에 이곳을 중점 탐색해야 한다. 하지만 구조대원의 안전에도 각별히 유의하여야 한다. 여기에서 빠져 나오기 위해서는 바로 상승하는 것이 아니라 와류지역을 바닥 밑으로 빠져나온 다음 상승해야 한다.

다. 탐색에 필요한 장비

탐색을 위해서는 모든 잠수에 공통적으로 사용되는 기본 개인 잠수장비 외 수중랜턴과 수중 나침반, 수중 메모판, 탐색 로프와 수중 릴, 휴대용 위치 표시용 부표 등의 개인장비가 필요하고 공동장비로는 탐색 및 인양 잠수를 지휘할 보트와 상승 하강 줄과 닻, 여러 가지 로프와 카리비너, 탐색 구역을 표시할 고정용 수면 부표와 닻, 기타 예비 부품 등이 필요하다.

[그림 6-55] 수중탐색에 필요한 장비

				
부표	나침의	수중릴	수중랜턴	메모판
				
안전벨트	카라비너	로프	앵카	탐색봉

라. 탐색의 성공여부에 영향을 미치는 요소

수중탐색의 성공 여부를 결정짓는데 중요한 요소에는 시야, 바닥의 모양, 조류, 물의 움직임, 바닥에 사는 생물 등의 밀집도, 사전 정보, 탐색개시 시각, 구조대원의 수준 및 경험과 팀워크, 탐색 대상물의 크기 등에 있다.

- 시야가 좋을수록 탐색에 성공할 가능성은 높아지고, 바닥이 평평한 곳에서는 여러 가지 탐색 방법을 동원해서 탐색하기에 편리하고 빠른 탐색이 가능하나 조류나 파도 등에 의해 탐색 대상이 되는 물체가 유실되거나 빨려 파묻힐 가능성이 높아진다. 그러나 이와는 반대로 바닥의 모양이 불규칙한 곳에서는 탐색 로프 등을 이용한 탐색 방법이 제한되나 바위 등에 갈라진 틈에 탐색 대상물체가 끼이거나 솟아오른 봉우리 등에 물체가 걸릴 가능성이 높으므로 조류나 파도가 존재하는 곳에서도 탐색 대상물이 멀리 이동되지 않는다.
- 조류, 해류, 파도에 의한 물밀의 흐름 등 물의 움직임이 많은 곳에서는 탐색에 성공할 가능성이 낮아진다. 특히 중성부력인 물체는 조류, 해류 등에 의해 멀리 떠내려갈 가능성이 높아지며, 써지(Surge)와 같은 파도에 의한 물밀의 흐름은 바닥에 가라앉은 물건을 빨이나 모래 등으로 덮어버리거나 빨려 묻힌 물체를 밖으로 드러나게 한다.
- 물의 움직임은 잠수자가 탐색 중 위치 파악과 진행 방향을 유지하기 곤란하게 하며, 물의 흐름으로 인해 탐색의 대상이 되는 물체는 물에 빠진 곳에서 멀리 떠내려가

6

수난구조

로 물의 움직임이 적은 곳에서 보다 탐색에 성공할 가능성이 낮아진다.

- 강물과 같이 일정한 방향으로 물이 흐르는 곳에서는 그 흐름이 약해지거나 갑자기 깊어지는 특정지역에 잃어버린 물체가 있을 확률이 높으므로 다른 곳에서 보다는 쉽게 물체를 찾을 수 있다.
- 바닥에 해초가 우거지거나 폐그물, 수중 구조물 등이 많은 곳에서 물체가 해초사이에 가려지거나 수중구조물 등에 가려져 쉽게 보이지 않으므로 탐색하기 어려워진다.
- 보다 빠르고 정확한 정보습득은 탐색의 성공여부를 좌우하는데 정보를 빨리 얻을수록, 그리고 얻어진 정보가 정확할수록 탐색이 성공할 가능성은 높아진다.
- 탐색의 시작시각도 탐색의 성공 여부에 중요한 역할을 하는데 정확한 사전정보를 얻고 이에 따라 즉시 그 지역에 적합한 탐색방법을 결정하여 탐색하면 성공할 가능성이 매우 높다. 그러나 정확한 정보를 습득하고도 탐색을 늦게 시작한다면 물체는 물의 흐름에 의해서 떠내려가거나 썩지 등에 의해서 빨이나 모래에 묻혀버려 탐색을 어렵게 만든다. 따라서 물체를 잃어버린 후부터 탐색이 시작되는 시각까지의 시간차가 적으면 적을수록 탐색에 성공할 가능성이 높아진다.
- 구조대원의 수준과 팀워크도 수중탐색의 성공여부를 결정짓는 중요한 요소가 된다. 탐색은 대개가 여러명의 구조대원이 협동심을 발휘하여 조직적으로 잠수해야만 성공할 가능성이 높아지므로 성공적인 탐색을 위해서는 육상보조자와 구조대원간 그리고 잠수자와 잠수자 사이의 원활한 의사소통과 협동심이 필요하며 잠수자의 수준도 높아야 한다. 그리고 탐색하는 구조대원이 잠수는 물론 탐색경험이 많을수록 탐색 인양에 성공할 가능성이 높다.
- 탐색인양의 대상이 되는 물체의 크기가 크면 클수록 탐색에 성공할 가능성은 높아지거나 인양하기에는 어려워질 가능성이 크다.

마. 수중탐색시 고려할 사항

1) 대원의 임무편성

탐색에 활용되는 잠수자는 흐린물 잠수, 수중방향 찾기, 탐색 및 인양 등 특수 잠수교육을 받고 특히 탐색 및 인양에 경험이 많은 잠수자를 활용하며, 탐색의 형태에 따라 필요한 최소의 인원이 결정된다. 마지막으로 탐색 및 인양에 필요한 인원으로는 육상의 보조자가 있다. 육상에서 감독자의 지시에 따라 잠수자와 탐색줄 등으로 의사를 소통하며 방향을 지시하는 육상보조자(Tender)는 잠수자가 아니라도 가능하지만 될 수 있으면 탐색 및 인양에 경험이 많은 잠수자를 육상보조자로 활용하는 것



이 바람직하다. 팀의 지휘자는 구조대원들을 모아 놓고 각자 개개인 능력에 따라 임무를 부여한다.

2) 수중 장애물

우선 탐색 중에 날카로운 물체나 파편 등을 조심해야 한다. 물의 흐린 곳에서 탐색할 때에는 더듬어서 물건을 찾아야 할 때가 있다. 이러한 때에는 날카로운 물체나 파편 등에 베이거나 찢리지 않도록 두꺼운 보호용 장갑을 끼어야 하고 천천히 조심스럽게 더듬으면서 찾아야 한다.

탐색 지역에 있는 낚시줄이나 로프, 페그몰 등에 탐색줄이나 잠수자 또는 잠수자가 착용한 장비가 걸릴 수 있고 이렇게 걸리면 수색이 중단되거나 잠수자가 위험한 상황에 빠질 수 있으므로 특히 주의해야 한다. 탐색하는 잠수자는 이러한 상황에 대비하여 그물이나 로프를 쉽게 자를 수 있도록 항상 날카로운 칼을 착용해야 한다.

3) 흐린물에 적응

흐린물에서 탐색해야 할 때에는 짝을 잃어버리거나 방향 감각을 쉽게 상실할 수 있으므로 짝을 잃어버리지 않기 위해서 각별히 주의해야 한다. 특히 탐색줄을 사용하지 않고 흐린 물에서 탐색을 할 때에는 짝과 헤어질 가능성이 높아진다.

4) 조류(물살)

해류가 있는 곳에서 탐색해야 할 때에는 출수 지점이나 다이빙 보트로부터 멀리 떠내려가지 않도록 잠수를 계획해야 하고 주의 깊게 잠수해야 한다. 조류가 있을 때에는 조류의 방향에 유의하고 가능하면 물의 흐름이 적은 게류(憩流 slack water) 또는 정조(Slack Water)때 잠수하는 것이 바람직하다.

5) 인양매듭

물체를 인양할 때에는 인양 중 매듭이 풀리거나 인양 주머니로부터 공기가 빠져 물체가 다시 바닥으로 가라앉을 때 이 물체에 깔리지 않도록 주의해야 한다.

6) 잠수지역 통제

선박 및 보트의 통행이 빈번한 곳에서 탐색 및 인양할 때에는 반드시 잠수표시 깃발을 수면에 게양하고 수면 또는 육상에 감시 요원을 배치시켜 선박 등이 잠수지역을 피해 지나가도록 해야 한다.

6

바. 탐색할 지역 결정

수난구조

1) 사전 정보수집(위치파악)

탐색할 지역을 결정하기 위해서는 우선 정확한 사전정보를 수집해야 한다. 우선 잃어버린 물체와 조난자를 마지막으로 본 지점을 확인하고, 물체를 잃어버릴 당시의 파도, 조류의 방향, 조류의 속도, 수심, 저질 등과 같은 바다 상태에 대해 정보를 수집한다. 또한 잃어버린 물체의 크기와 무게, 모양, 용도 등에 대해서도 파악해야 하며 잠수자가 실종된 경우에는 실종된 잠수자의 인상착의 및 잠수복의 색깔, 사용하는 장비의 종류와 색깔, 체격, 특징 등에 대한 정보 등도 수집해야 한다. 실종사고 시 실종 당시의 장비의 상태가 정상작동 중이었던지, 공기는 충분하였는지, 육체적 정신적 건강상태는 어떠한 것인지, 실종사고 시 잠수 활동사항(사진, 채집, 사냥, 기타)은 무엇이었는지, 실종자가 전에 그 지역에서 잠수한 경험이 있는지 등도 확인해야 한다. 아울러 잃어버린 시각과 목격자가 있는지를 확인하여 목격자가 있는 경우 목격자로부터 사고당시 상황에 대한 자세한 정보를 습득해야 한다.

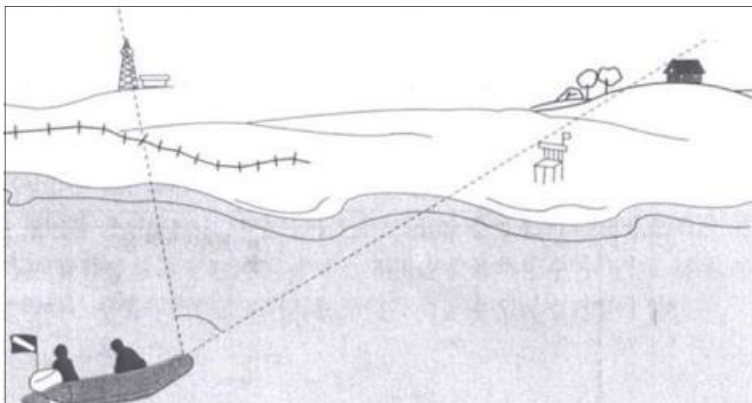
- 우선 육상에서 위치를 구하는 방법 중 중시선(重視線, transit line)을 이용한 방법에 대해서 알아보자. 두 개의 물표가 일직선 위에 겹쳐서 보일 때 관측자는 해도 위에서 이들 물표를 연결한 직선위에 있게 된다. 이들 물표가 겹쳐서 보이는 것을 중시(重視 transit)되었다고 하며 중시된 물표들을 연결한 직선을 중시선이라 한다. 이런 중시선은 항상 얻을 수 있는 것이 아니지만 이런 기회를 잡으면 장비들을 사용하지 않고도 정확한 위치를 기억 또는 찾을 수 있어 편리하다. 이렇게 육상에서 구한 하나의 중시선과 다른 목격자가 또 하나의 중시선이 만난 교점을 물체가 빠진 곳으로 정하는 방법이 중시선을 이용한 방법이다. 중시선을 구할 수 없는 경우에는 육상에서 나침반을 이용하여 목격자가 서있는 지점으로부터 물건이 빠진 곳의 방위각을 구하는데 이때 두개이상 위치에서 방위각을 기억해야 물건이 빠진 지점을 기억 할 수 있다.

[그림 6-56] 중시선과 방위선을 이용한 위치 결정법



- 이번에는 물건이 빠진 위치를 보트에서 구하는 방법에 대해서 알아보기로 하자. 만일 물건이 당시에 현장에 있었다면 바로 그 위치에 닻 줄을 내리거나 위치 표시 부이를 띄우면 쉽게 그 위치를 기억할 수 있으나 그렇지 못한 경우에는 육상에서 위치를 기억할 때 사용하던 방법인 중시선을 이용한 법이나 나침반을 이용한 두 개 이상의 위치선을 구하여 그 교점을 구하는 법을 사용하여 위치를 구한다. 그러나 육지와 멀리 떨어져 있어 육상의 물표들을 활용하여 위치를 구할 수 없을 때에는 인공위성을 이용하여 위치를 구하는 기기GPS나 레이더(Radar) 등을 이용하여 위치를 구해야 한다.

[그림 6-57] 보트에서 위치 다시 찾는 법



6

수난구조

2) 탐색지역 설정

위와 같은 방법을 사용하여 물건이 빠진 위치를 결정한 다음에는 그 위치에 부표를 띄우고 탐색할 구역을 설정해야 한다. 만일 정확한 지점을 찾지 못할 때에는 가장 확률이 높은 지역을 결정한다. 탐색할 구역을 설정할 때에는 가능하면 해안선이 나 방파제, 부두, 강둑, 강변, 제방 등을 탐색 경계구역으로 정하는 것이 바람직하고 탐색지역은 가능하면 사각형을 유지해야 다음 탐색 구역과 구별하기 쉬워서 중복해서 탐색하는 시간낭비를 덜어줌은 물론 여러 가지 탐색방법을 쉽게 활용할 수 있다. 일단 탐색할 구역이 결정되면, 탐색할 지역에 대한 대략의 크기를 (가로×세로) 흰 킁 또는 줄자로 측정하고, 해도 위에 그 탐색구역을 표시해두며, 탐색지역의 사각형 꼭짓점에 한 개씩의 부표를 띄워 탐색구역을 쉽게 확인할 수 있도록 해두는 것이 바람직하다.

- 가능하면 간단한 방법을 사용하고 탐색 할 지역의 수심, 물의 흐름, 바닥의 구성 물질 및 형태, 장애물 등에 따라 탐색 방법과 탐색 시작 지점을 정한다.
- 앵커에 로프를 묶어 띄운 부표나 수중에서 띄워 올린 위치표시 부표를 탐색시작 지점으로 삼는다.
- 가능하면 정북쪽, 정남쪽, 정동쪽, 정서쪽 등 방위각을 기억하기 편리한 쪽으로 진행방향을 설정한다. 탐색줄을 사용하지 않고 나침반에 의존하며 탐색할 때에는 탐색하는 2명중 한명은 방향 유지를 책임지고 다른 한명은 탐색에 전념하도록 한다.
- 탐색 중에는 방향의 유지만큼이나 중요한 기술이 수중에서 거리를 측정하는 기술이다. 수중에서 거리를 측정하는 방법에는 다음과 같은 것들이 있다. 줄자, 발차기 횟수, 시간, 팔 길이 재기 등이 그 방법인데 줄자를 사용하여 거리를 측정하는 것이 가장 정확하고 줄자는 눈금을 매긴 것을 사용하는 것이 보통이다. 흰 킁의 수를 이용하는 방법 보다는 팔 길이의 횟수를 측정하는 방법이 보다 더 정확한 거리를 측정할 수 있으며 거리를 미리 측정해 두면 탐색범위를 파악하는데 많은 도움이 된다.
- 탐색을 마치고 다음 지역으로 탐색지역을 옮길 때에는 약간씩 겹쳐야 한곳도 빠뜨리지 않고 탐색할 수 있다.
- 모든 수중 탐색 활동에는 수중방향 찾기와 거리측정 기술을 기본으로 이용한다.



사. 탐색의 종류

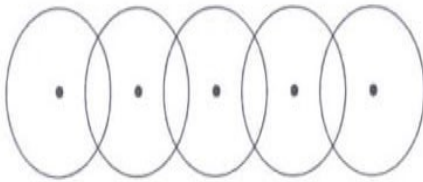
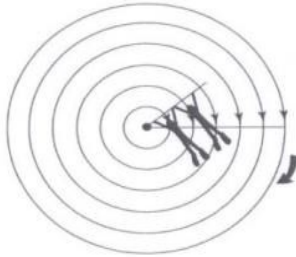
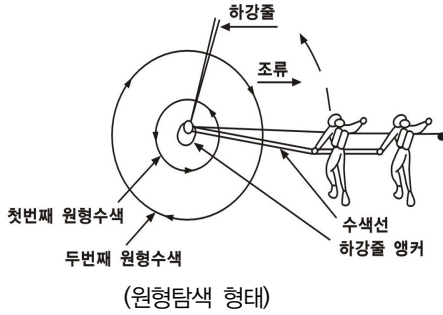
1) 수면탐색

수면 탐색은 시야가 좋고 수심이 얕으며 물살이 빠른 곳 등을 탐색할 때 주로 사용되며 탐색 중 감압병이나 공기색전증 등 잠수병에 노출되지 않아 안전하며, 수면이므로 나침반 등을 사용하지 않고도 방향찾기가 용이하며 일행들과 이탈될 가능성이 크게 줄어드는 장점이 있다. 수면탐색 중에는 스킨 다이빙이나 스노클링하여 탐색하며, 수중 탐색에서 사용되는 횡대탐색법도 사용될 수 있다.

2) 원형탐색

원형탐색은 탐색줄을 이용한 탐색 중 가장 기본적인 탐색 방법의 하나로 장애물이 없고 비교적 시야가 나쁜 곳에서 사용하는 것이 보통이다. 탐색줄은 사용하는 다른 탐색법에 비해 준비가 간단하고 비교적 여러 상황에 대응할 수 있는 장점을 갖고 있다. 해안과 인접한 지역에서는 탐색중 원을 형성할 수 없으므로 이 방법은 실시할 수 없다. 물체가 빠진 위치를 비교적 정확히 알고 있을 때 이 방법을 활용한다. 물체가 빠진 지점에 탐색 시작 표시를 띄우고 이 부표를 기점으로 원 탐색 회전의 중심점으로 삼는데 이 회전의 중심점은 무거운 앵커를 달아 놓은 하강줄을 이용하거나 한명의 구조대원을 원의 중심점으로 삼는 방법이 있다. 회전의 중심점을 하강줄로 삼는 경우에는 보다 많은 다이버를 탐색활동에 전념시킬 수 있는 장점이 있는 반면, 탐색 중 부주의하면 회전의 중심점이 이동되거나 제대로 원을 그리지 못할 가능성이 있다

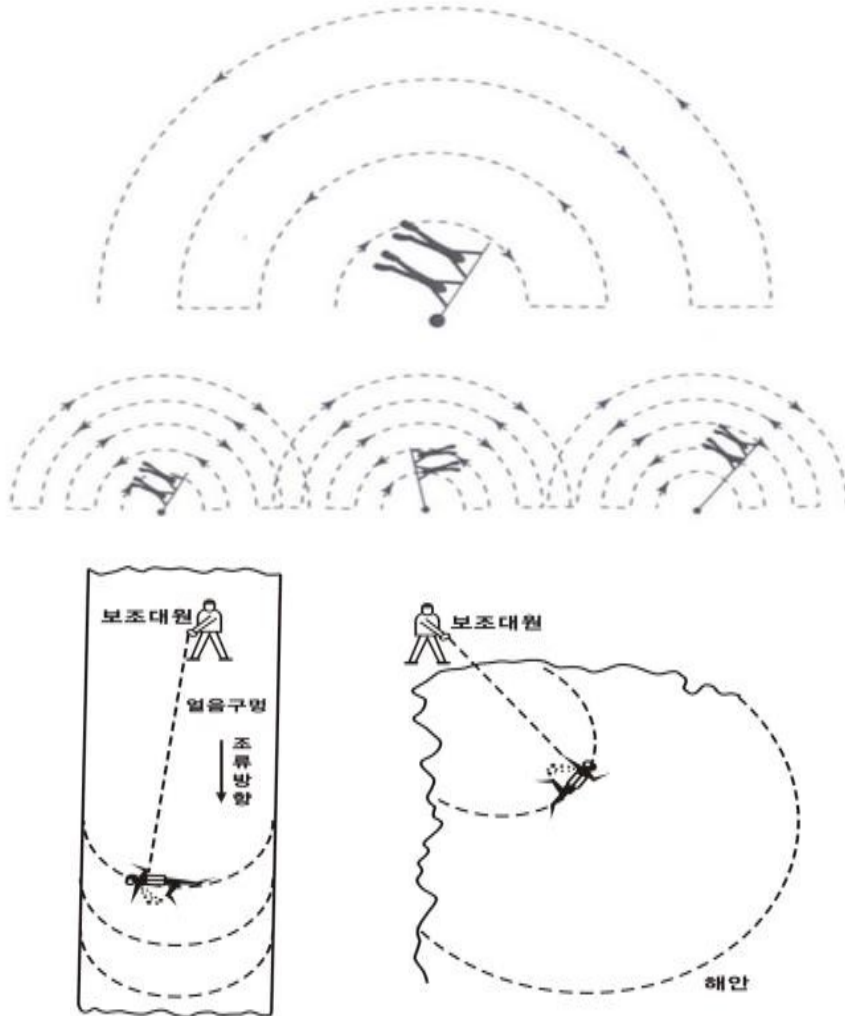
수난구조



3) 반원탐색

이 탐색법은 해안이나 부두, 잔교(棧橋), 방파제 부근에서 물체를 잃어버렸을 때 사용하는 탐색방법으로서 비교적 시야가 나쁜 곳에서도 효과적으로 사용된다. 탐색 방법은 원 탐색과 유사하며 물체를 찾을 가능성이 가장 높은 지점으로부터 가장 가까운 해안에 탐색줄의 한쪽 끝을 육상의 단단한 물체에 고정시킨 뒤에 잡고 탐색자는 탐색줄이 허락하는 범위 내에서 육상 중심으로 반원을 완전히 그리면서 탐색하는 방법으로 하나의 반원을 완전히 그리고 나며 육상보조자가 줄을 조금씩 더 풀어 주어 다시 반원을 그리며 탐색하게 하는 방법으로 원탐색에서와 마찬가지로 물체의 크기가 클수록 그리고 시야가 좋을수록 탐색간격이 넓어진다. 한 구역을 완전히 탐색한 다음 탐색구역으로 이동할 때에는 먼저한 탐색구역과 약간 겹치도록 탐색구역을 설정해야 한곳도 빠뜨리지 않고 탐색할 수 있다.

[그림 6-59] 반원탐색



4) '르'자형 탐색

'르'자형 탐색은 탐색줄이나 기타 탐색을 위한 특수한 장비없이도 즉시 간편하게 실시할 수 있는 탐색법으로 물흐름이 적고 바닥이 평평한 곳에서 주로 사용된다. 탐색할 구역을 결정한 다음 탐색할 구역의 한쪽 모퉁이에 탐색시작 표시용 부표를 띄우고 그 곳에서 부터 탐색을 시작하며 탐색진행방향을 가능하면 정동향, 정서향, 정남향, 정북향으로 정하고 탐색구역의 반대쪽 한계지점까지 발차기 또는 팔 길이로 거리를 측정하며 나침반으로 방향을 유지하여 진행한다.

반대쪽 한계지점에 도달하면 탐색을 계속할 방향으로 90° 각도로 방향을 바꾸고 약간만 나아간 다음 다시 90° 로 방향을 바꾸어 탐색을 시작했던 쪽으로 방향을 잡고 거리를 측정하면서 나아가는 방법을 반복하면서 탐색을 계속해 나아가는데 이때 먼저 탐색했던 지역과 약간 겹쳐서 탐색하도록 한다. ‘ㄹ’자형 탐색은 수중의 시야가 좋을수록 물체의 크기가 클수록 탐색 간격이 커지게 된다.

[그림 6-60] ‘ㄹ’자형 탐색

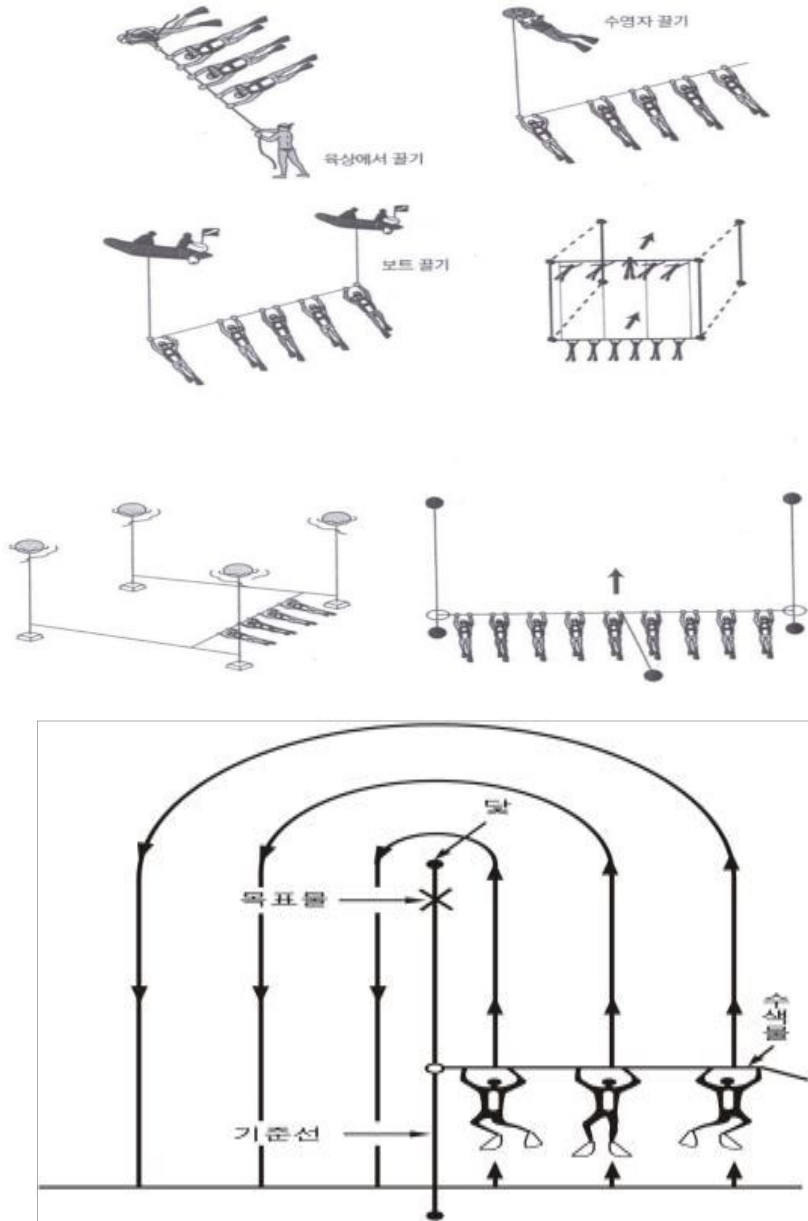


5) 직선탐색

이 방법은 비교적 넓은 범위를 탐색할 경우에 사용하는 탐색방법으로 우선 탐색에 앞서 탐색할 구역을 결정하여 탐색구역의 네 귀퉁이에 부표를 띄우고 탐색을 해 나갈 방향으로 양쪽 모서리에 탐색의 기준이 되는 줄을 묶고 그 기준선에 대해 수직으로 탐색줄을 묶어 잠수자가 일렬횡대로 서서 탐색방향으로 탐색해 나가는 방법이다.

이 방법은 시야가 나쁜 곳에서도 유용하게 사용할 수 있는 탐색법이다.

[그림 6-61] 직선탐색



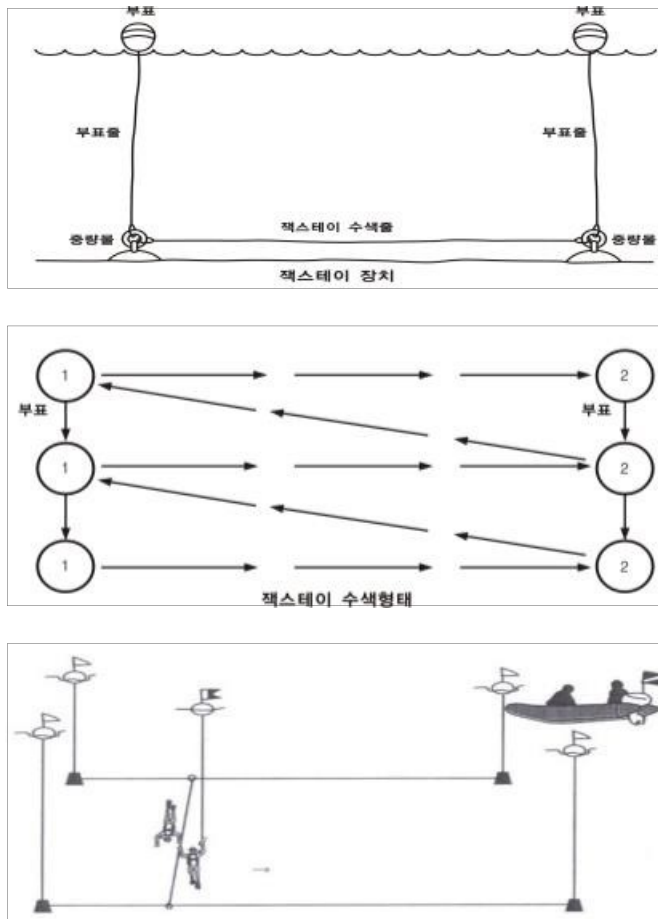
6

수난구조

6) 바닥 유도선(Jackstay) 탐색

이 방법도 직선탐색법과 마찬가지로 비교적 넓은 범위를 탐색할 때 사용되며 물건을 분실한 지점을 확인했으나 조류 등의 영향으로 그 위치의 변화가 예상되는 경우에 사용하는 방법이다. 우선 의심이 가는 지역의 외곽에 웨이트를 달아 표시용 부표를 띄우고, 탐색구역을 제한하는 기준이 되는 로프를 부표에 연결하여 탐색구역의 양쪽에 평행하게 바닥에 깔고 이것을 탐색방향의 유도선을 삼아 이 유도선에 대한 수직방향으로 움직일 수 있게 탐색줄을 설치한다. 이때 잠수자는 탐색줄의 양끝에서 반대쪽으로 마주 보면서 탐색해오고 탐색 후에는 적당한 거리를 이동하여 탐색을 계속한다.

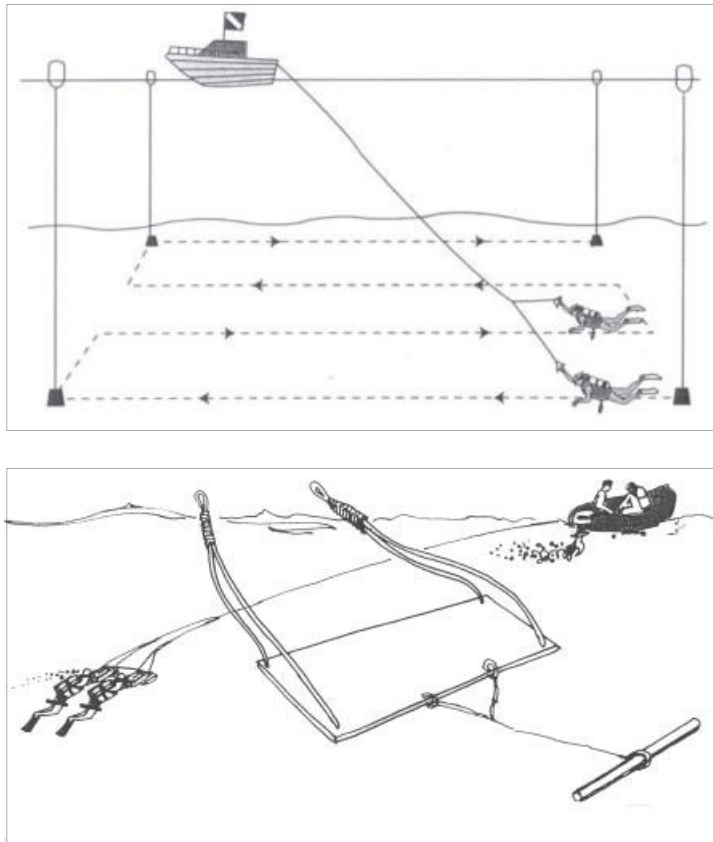
[그림 6-62] 잭스테이(Jackstay) 탐색



7) 보트예인 탐색

이 방법은 시야가 좋은 곳에서 난파선과 같은 큰 물체를 찾을 때 사용하는 탐색 방법으로 보트에서 내린 예인줄에 잠수자가 붙잡고 매달릴 수 있는 썰매와 같은 장비를 달아 여기에 매달려 보트에 끌려가며 탐색하는 방법이다. 이때 보트가 속력을 내면 위험하게 되므로 매우 느린 속도로 진행해야 하며 잠수자는 끌려가는 동안 탐색을 실시하면서 예인줄이 수중구조물 등에 걸리지 않도록 주의해야 한다.

[그림 6-63] 보트예인 탐색



3. 수중 의사소통

가. 수중 통신장비

수난구조

현재 일선 구조대에서 사용하는 수중통신장비는 지역적 특성(내수면, 바다 등)상 보유, 운용중인 곳과 그렇지 않은 곳으로 나뉘져 있는 실정이다. 그리고 실제 현장에서의 사용빈도 또한, 극히 미미한 수준이라서 사실상 관심 밖의 장비로 인식되고 있다. 하지만, 장비의 특성을 알고 활용방안 등을 고려한다면 보다 안전한 환경에서의 작업이 가능할 것이다.

현재 일선에서 사용 중인 장비로는 대체로 초음파를 이용한 무선통신 형태의 풀페이스 마스크 일체형 통신장비와 유선과 표면공기공급방식을 병행한 풀페이스마스크통신장비에 국한되어 있다고 해도 과언이 아니다.

[그림 6-64] 수중 통신장비



1) 수중 육성 전달 통신장비

수중에서 호흡에 지장을 주지 않고 육성으로 최대 30M까지 전달이 가능한 장비로써 육성의 마이크와 같은 원리로 작동하는 장비로써 복잡하고 번거로운 사용법에 비하면 단순하지만, 사용 환경에 따라 효율적으로 운용이 가능한 장비이다.



2) 수중 VHF 통신장비

수중에서 VHF 무전기를 방수캡을 이용하여 별도의 송수신 장치를 풀페이스마스크에 장착하여 사용하는 장비이다.

3) 수중 초음파 무선통신장비

수중의 다이버국과 지상의 송수신기를 초음파 변조방식으로 풀페이스마스크 내부의 마이크와 측면에 부착된 스피커를 이용하여 통신이 가능한 장비로써 송신전달력은 1W의 출력으로 최대 300M까지 도달이 가능하다.

4) 수중 음성통신장비(마스크 부착형)

잠수사 마스크 스트랩에 간편하게 부착하여 다이버 상호간에 음성으로 통신할 수 있는 장비로써 최대 55M 수심까지 사용이 가능하며, 지상국과도 통신이 가능한 소형 수중통신장비이다.

5) SOS 긴급신호 및 다이버 간 문자송신이 가능한 다이브 컴퓨터

다이브컴퓨터 기능에 SOS 긴급신호 송출기능과 다이버 간에 사전에 입력된 문자메시지를 전송할 수 있는 장비로써 보트의 지상국과 위험에 처한 다이버의 위치 추적도 가능한 장비이다.

6) 수중 유선통신 장비(케이블 사용)

풀페이스마스크와 지상국의 송수신 방식을 유선으로 적용한 수중통신장비로써 무선보다 음성전달 간 감쇠되는 신호가 없으므로 생생한 목소리를 들을 수 있지만, 수중활동 v 간에 케이블에 의한 수중활동의 제약이 있을 수도 있다.

이처럼 다양한 수중통신장비가 용도와 분야별로 사용되고 있고, 여러 수중통신 관련업체에서 서로 경쟁하여 하루가 다르게 신제품을 쏟아내고 있다. 하지만, 서론에도 다루었던 수중통신의 근본적인 문제점을 해결하지 못하면 획기적인 장비가 출시되기까지는 상당한 시일이 걸릴 수도 있겠다. 그래서 아직까지 첨단장비가 나오기 이전의 고전적인 통신수단을 버릴 수는 없을 것이다. 고전적인 통신수단으로는 다이버간의 수신호와 줄신호 및 수중메모판을 이용한 방법들이 있다.

나. 수중 줄신호(Line Signals)

줄신호는 과거 통화가 개발되지 않았을 때 지상과 수중이 의사를 주고받았던 유일한 통신 수단이었으나 최근에는 통신장비가 고장나 통화가 두절되었을 때 사용되고 있다. 따라서 줄신호는 오랜 경험을 토대로 만들어진 것으로서 가장 신뢰할 수 있는 통신

6

수난구조

이다. 표준신호는 모든 잠수 작업 시 사용될 수 있다. 그리고 특수신호는 특수임무에 따라 잠수사와 보조사간에 별도의 신호를 정할 수 있다.

모든 신호는 받는 즉시 알 수 있어야 하고 신호를 받았으면 받은 신호에 대해 반드시 응답해야 한다. 만약 응답 신호가 없거나 틀린 신호가 응답되면 다시 신호를 보내야 한다. 그러나 계속 응답이 없을 경우에는 다음 3가지의 가능성을 고려해야 하는데 신호줄의 엉킴, 신호줄의 지나친 방출, 잠수사의 사고 등이다.

이런 경우로 인해 통신이 두절되었을 때에는 즉시 잠수감독관에 알려 문제를 해결하도록 해야 하고 비상사태로 간주하여 처리해야 한다. 모든 흐린물 잠수중이나 수중 수색활동 간의 다이버간 신호전달을 위한 줄신호는 다음과 같이 세분화 되어 있지만, 너무 복잡한 줄신호는 오히려 다이버간에 전달 오류가 발생할 수도 있다. 고도로 훈련이 되어 있지 않거나, 수중에서 손발을 맞추어 보지 않은 다른 팀과의 줄신호는 간략하게 수상에서 다이빙절차 브리핑 간에 간단한 신호를 서로 약속하여 수중활동에 임하는 것도 좋은 방법이라 할 수 있겠다.

줄신호는 통신의 기본적인 수단이며, 줄신호의 지식은 잠수사의 안전을 좌우한다. 모든 줄신호는 받는 즉시 응답을 해야 하며, 상대방이 충분히 인지할 수 있을 정도로 당겨야 하고 상대방을 끌어 낼 정도로 강해서는 안된다. 또 항상 신호를 명확하게 주고받을 수 있도록 늦추어진 줄을 당겨 적당한 장력을 유지해야 한다.

다. 수중 수(手)신호

수중수신호는 여러 민간 잠수단체에서 다양한 방법으로 사용된다. 위 그림에서 열거한 수신호 방법은 통상적으로 가장 많이 사용하는 수신호방법으로 기본적으로 알아두어야 할 수신호들이다. 만일, 긴급한 상황에서 다이버 간에 통일되지 않은 수신호 사용으로 상호간에 의사소통이 되지 않을 경우에는 위험한 사황을 초래할 수 있으므로, 다 이빙전에 반드시 잠수계획 브리핑을 통해 미리 숙지하여야 한다. 위에서도 언급한 바 있지만, 수중수신호는 가장 고전적인 방법이지만 통일된 수신호는 가장 정확한 다이버간 의사소통을 할 수 있다.

[그림 6-65] 위기 관련 수신호



도와달라



공기 없음



위험, 경고, 문제발생



짜호흡



안전



정지, 제자리에서 기다려라



이퀄라이징이 안됨



사이너스 압착

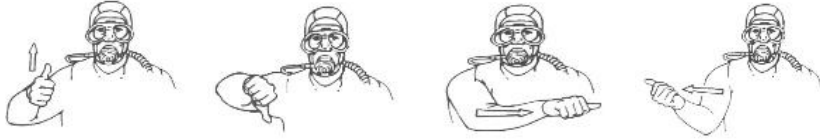


통증, 다침, 아픔

6

[그림 6-66] 방향 및 숫자 수신호

수난구조



위(방향)

아래(방향)

왼쪽(방향)

오른쪽(방향)



일(하나)

이(둘)

삼(셋)

사(넷)

오(다섯)



육(여섯)

칠(일곱)

팔(여덟)

구(아홉)

십(열)

[그림 6-67] 작업 관련 수신호



보 라



좋다, 맞다, OK



보 트



앵 커



라인 또는 로프



후 크



수 색



길 다



짧 다



느 슨 함



단 단 히 조 임



당 기 다



밀 다



잡 다, 매 달 리 다



내 려 놓 다, 떨 어 뜨 리 다



집 어 들 다



절 단, 칼



가 다

4. 인양

인양(引揚)이란 탐색한 결과, 잃어버린 물건을 찾았을 때 그 물건을 수면으로 부상(浮上)시키는 일련의 과정을 가리킨다.

수난구조

가. 인양에 필요한 장비

인양에 사용되는 특수한 장비로는 물체를 들어 올리는 데에 필요한 부력을 얻을 수 있는 인양주머니와 인양 물체를 인양주머니에 묶을 때 사용되는 로프, 로프와 인양 주머니를 연결할 때 사용할 카라비너(Carabiner) 또는 샤클(Shackle), 후크(Hook), 부력을 주기위해 인양주머니에 공기를 공급할 여분의 공기통과 호흡기, 수중에 있는 물체의 위치 표시하는데 필요한 작은 부표 등이 있다. 인양주머니는 전문점에서 구입할 수 있는 것도 있으나 작은 물체를 인양할 때에는 자동차 튜브 등으로 임시로 만든 인양주머니를 사용할 수도 있다.

[그림 6-68] 인양에 필요한 장비



나. 인양을 위해 알아야 할 사항

인양을 위해 사전에 알아 두어야 할 사항으로 로프 매듭법과 인양 물체를 띄우기 위한 부력을 계산하는 방법이 있다.

1) 인양에 적합한 매듭

- 바른 매듭(Square Knot)

바른 매듭법은 모든 매듭의 기본이 되는 것으로서 주로 같은 굵기, 같은 재질의 로프를 연결할 때 사용한다.

○ 피셔맨 매듭(Fisherman's)

피셔맨즈 매듭법은 같은 굵기 및 재질이 같은 로프를 장시간 연결할 때 사용하며 매듭자체가 단단하다.

○ 두겹 매듭(Sheet Bend)

두겹 매듭법은 굵기가 다른 로프 및 젖은 로프를 서로 연결할 때 사용한다.

○ 말뚝 매기(Clove Hitch)

말뚝 매기법은 로프 중간에 고리를 만들 수 있으며 말뚝이나 기둥에 로프를 걸착할 때 사용한다.

○ 고정 매듭(Bowline)

고정 매듭법은 로프 끝에 고리를 만들어 쓰며 이때 매듭이 미끄러져 풀어지거나 고리가 조여들지 않는다.

○ Two Half Hitch

고리나 말뚝 등에 밧줄을 묶어 놓을 때 사용하며 빨리 묶고 풀 수 있다.

[그림 6-69] 인양에 적합한 매듭



바른 매듭(Square Knot)



피셔맨즈 매듭(Fisherman's)



고정 매듭(Bowline)



말뚝 매기(Clove hitch)



두겹 매듭(Sheet bend)



Two Half Hitch

2) 인양 물체를 띄우기 위한 필요한 부력 계산

예제) 부피가 20L 이고 무게가 50kg인 모터보트 엔진이 20미터 깊이의 바다에 빠졌다. 이것을 인양하기 위해서는 10L용 인양주머니 몇 개가 필요한가?
단, 인양주머니와 그 부속물 자체의 무게가 1kg이다.

○ 먼저 엔진이 수중에서 갖는 자체 부력을 계산한다.

수중에서의 엔진이 갖는 자체 부력

$$= 20L (\text{엔진의 부피}) \times 1.025\text{kg/L} (\text{바닷물의 밀도}) = 20.5\text{kg}$$

○ 수중에서의 엔진의 실제무게

$$= 50\text{kg}(\text{엔진의 실제무게}) - 20.5\text{kg}(\text{엔진이 갖는 부력}) = 29.5\text{kg}$$

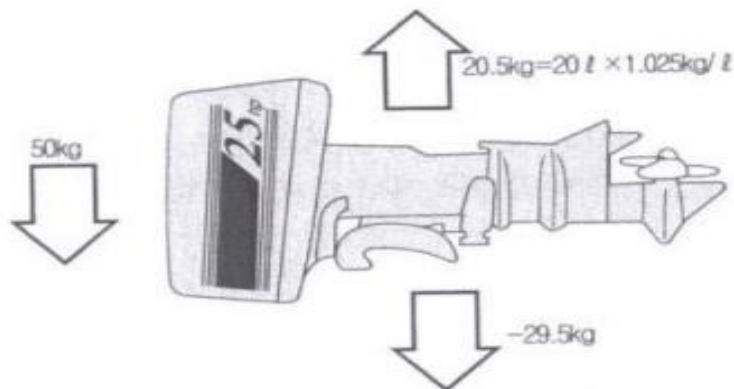
○ 인양주머니의 한 개당 부력

$$= 10L(\text{인양주머니 부피}) \times 1.025\text{kg/L}(\text{바닷물 밀도}) - 1\text{kg}(\text{인양주머니와 부속물이 갖는 무게}) = 9.25\text{kg}$$

$$\therefore \text{엔진을 띄우기 위해 필요한 인양주머니의 수} = 29.5\text{kg}(\text{수중에서의 엔진의 무게}) \div 9.25\text{kg} (\text{인양주머니 한 개 당의 부력}) = 3.19\text{개}$$

\therefore 10L짜리 인양주머니 4개가 필요하다.

[그림 6-70] 부력 계산





다. 인양 시 고려해야할 사항

물에 빠진 물체를 인양할 때 주의해야할 사항에는 여러 가지가 있으니 그 중 대표적인 것들로 다음과 같은 것들이 있다.

- 먼저, 부력조절기를 인양도구로 사용해서는 안 된다는 것이다. 만일 부력조절기를 인양도구로 사용하기 위해 부력조절기에 공기를 가득 넣고 물체를 인양하는 경우에 실수로 인양하던 물체를 떨어뜨리면 잠수자는 갑작스럽게 양성부력이 되어 상승속도를 제어할 수 없어서 급상승하게 되므로 잠수자를 위험한 상황에 빠뜨리게 된다.
- 인양주머니에 공기를 넣을 때에는 반드시 별도의 공기통에 연결한 별도의 호흡기를 사용해서 공기를 넣어야 한다. 만일 인양주머니에 공기를 넣을 때 잠수자 자신의 호흡기나 비상호흡기를 사용하면 예상보다 많은 공기를 소요하게 되어 호흡할 공기가 떨어지는 상황을 만들기 쉽다.
- 인양목적물이 부상할 때 인양주머니나 인양물체에 묶은 로프에 호흡기나 비상호흡기에 걸릴 수 있는 위험성이 증가하게 되고 만일 이렇게 되면 잠수자는 인양물체가 부상함에 따라 인양물체에 딸려가면서 상승하게 되어 정상상승 속도를 유지할 수 없어 위험하다.
- 인양목적물이 부상(浮上)도중에는 인양목적물의 밑에서 따라 올라 가지 않아야 한다. 만일 인양목적물이 부상되는 도중에 로프의 매듭이 풀리거나, 인양주머니에서 공기가 갑자기 빠지면 인양목적물이 그 밑을 따라 올라가던 잠수자를 덮쳐 위험 상황을 초래하게 한다.

라. 인양 절차

- (탐색) → (위치파악) → (위치 표시용 부표설치) → (인양물의 무게 파악) → (인양 방법 결정) → (인양주머니를 인양물에 연결) → (매듭확인) → (인양주머니에 공기 주입) → (부상 : 부상 중 약한 양성 부력 또는 중성 부력 유지) → (배나 육상으로 끌어올리기)

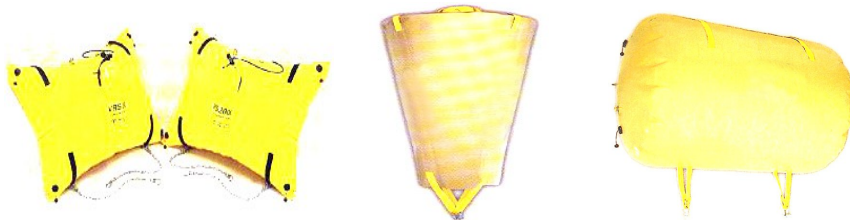
1) 인양 주머니의 결정

- 우선 인양주머니는 인양 할 목적물의 무게와 인양 주머니의 부력이 맞는 것을 택해야 한다. 예를 들어 물체의 무게는 무거운데 인양주머니가 너무 작다면 물체를 인양하는 것이 불가능해진다. 작은 인양주머니를 사용할 때에는 여러개를 준비하여 사용해야한다. 한편 위와는 반대로 인양할 물체에 비해서 인양주머니가 너무 큰 경우에는 수면으로 부상 중 상승속도가 빨라져서 인양주머니가 수면

위로 솟구치면서 공기가 빠지게 되어 물체가 다시 가라앉는 경우가 생길 수 있다. 알맞은 인양주머니를 사용하면 간단하게 마칠 수 있는 작업도 시간과 체력을 불필요하게 많이 소비하는 결과를 초래하게 된다.

- 인양주머니는 가능하면 전문점에서 구입해야 한다. 그러나 만인 인양해야할 물체의 무게가 그리 무겁지 않고 인양주머니 구입이 곤란하거나 현장에서 즉시 준비해야할 경우에는 채집망 안에 비닐봉지 넣은 것이나 타이어 튜브의 한쪽을 자른 것 또는 더플 백(큰 자루 주머니, Duffle bag)등을 사용할 수 있다.
- 인양주머니를 선택할 때에는 가능하면 공기 배출변(Dump valve)이 달린 것을 선택하는 것이 바람직하다. 부상(浮上)중 인양주머니 안의 공기를 조금씩 배출시키지 않으면 물체는 급부상하게 된다. 이러한 현상을 막기 위해서는 상승 중 인양주머니 안에서 공기를 조금씩 배출 시킬 수 있는 배기밸브가 달린 것으로 준비하는 것이 좋다.
- 인양주머니에 줄이 달려 인양목적물을 쉽게 연결할 수 있는 것을 선택하는 것이 바람직하고 큰 것 한 개를 사용하는 것 보다 작은 것 여러개를 사용하는 것이 물체가 부상될 때 평행을 이루어 안전하다.

[그림 6-71] 인양 주머니의 형태



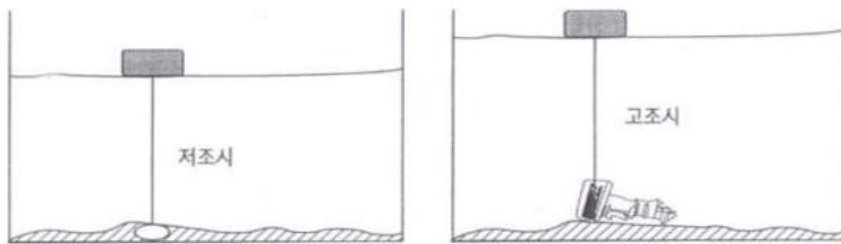
2) 인양목적물을 바닥에서 떼어내기

만일 인양목적물이 바닥의 뽕에 묻힌 때에는 바닥의 흡착력으로 인해 인양물체가 바닥에서 잘 떨어지지 않으므로 인양 전 다음과 같은 방법을 사용하여 인양목적물을 바닥에서 떼어내야 한다.

- 가장 간단한 방법은 지렛대를 사용하는 것이다. 육상에서 지렛대를 사용하면 무거운 바위도 움직일 수 있듯이 수중에서 지렛대를 사용하면 모든 물체가 부력을 갖기 때문에 육상에서 보다 쉽게 움직일 수 있다.

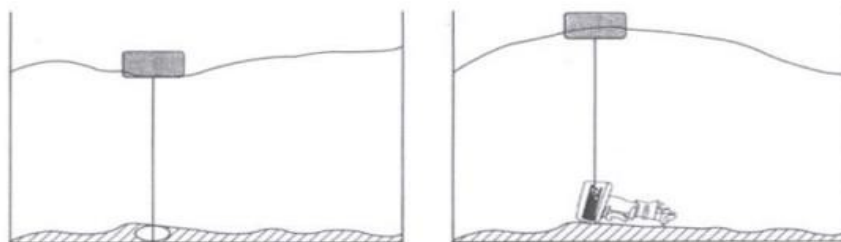
- 인양할 물체가 빨과 같은 곳에 묻혀 있을 때에는 빨이 갖고 있는 흡착력 때문에 상당히 어렵다. 지렛대를 이용하여 물체를 바닥에서 약간 들어낸 다음 그 사이에 받침대를 넣어두어야 한다.
- 조수간만의 차를 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 간조 시 로프의 한쪽 끝을 인양목적물에 묶어두고 한쪽 끝은 수면 위의 큰 부유물에 바싹 조여 묶어두면 만조가 되면서 부유물의 부력으로 인해서 로프의 장력이 높아져 빨 속에 묻혔던 인양목적물이 빨로부터 빠져나오는 것을 이용하는 방법이다.

[그림 6-72] 조수간만의 차 이용하기



- 너울(Swell)을 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 인양목적물에 로프의 한쪽 끝을 묶고 다른 한쪽 끝은 수면 위의 커다란 부유물에 묶어 너울에 의해 파고(波高)가 변함에 따라 로프에 장력이 생겨 인양 될 물체가 빨로부터 빠져나오도록 하는 방법이다.

[그림 6-73] 너울 이용하기



6

수난구조

3) 인양주머니에 공기 주입하기

인양 주머니를 인양할 대상이 되는 물체에 매듭법이나 샤클 등을 이용하여 견고하게 연결한 다음 인양주머니에 공기를 넣어야 하는데 이때에는 별도의 공기통에 연결된 호흡기 또는 공기분사기(Air Nozzle)를 사용해야 한다. 인양주머니에는 공기를 조금씩 나누어서 넣으면서 인양목적물이 바닥에서 뜨는가 확인해야 물체가 급부상하는 것을 막을 수 있다. 물체를 수면으로 부상시키기 전에 인양주머니와 인양목적물간의 무게의 중심이 맞았나 확인하고, 중성부력이 되거나 약한 양성부력이 되도록 유지해서 상승 속도가 너무 빠르지 않도록 하고, 매듭이 확실히 됐는지 확인해야 한다.

4) 부상(浮上)

- 인양 목적물을 수면으로 부상시키기 위해서는 우선 인양 주머니가 인양 목적물에 확실히 묶여 있는지를 확인한 다음 인양 목적물을 살짝 들어서 바닥에서 완전히 뜨게 한다. 일단 인양 목적물이 바닥에서 분리 이탈되면 이 때부터는 인양 목적물이 급부상 되지 않도록 주의를 기울여야 한다.
- 인양 목적물을 인양할 때에는 가능한 한 천천히 부상시켜야 한다. 부상 속도가 너무 빠르면 수면위로 인양 주머니가 솟구쳐 공기가 빠지거나 그 충격으로 인해 매듭이 풀어져 인양 목적물이 바닥으로 다시 가라앉을 수 있기 때문이다.
- 부상속도를 조절하는 방법은 부상 중 인양 목적물과 인양 주머니가 약한 양성부력을 가질 수 있도록 수시로 인양주머니의 공기량을 조절하는 것이다. 그러나 큰 물체를 인양 중 인양주머니의 공기량을 조절하여 상승 속도를 조절하는 것은 어렵고 위험함으로 함께 부상하지 않고 멀리 피해 부상해야 한다.
- 작은 물체는 다음과 같이 잠수자가 속도를 조절할 수도 있다. 주기적으로 덤프 밸브(공기 배출변)를 작동시켜 인양 주머니 안에서 과다 팽창된 공기를 조금씩 빼어준다.
- 덤프 밸브가 없는 인양주머니를 사용할 때에는 인양주머니의 최상부에 줄을 묶어 두었다가 공기를 빼야할 필요가 있을 때마다 그 줄을 당겨 인양주머니에서 과다 팽창된 공기가 빠져나가도록 할 수도 있다.
- 인양 중 부상속도가 빨라지고 그 속도를 제어할 수 없을 때에는 줄을 놓고 멀리 달아나야 한다.
- 인양주머니에서 공기가 너무 많이 빠지면 물체가 다시 가라앉게 되는데 이때는 그 물체를 잠수자의 힘으로 끌어올리려 하지 말고 그냥 가라앉게 내버려 두어야 한다.



- 물체를 부상시키는 도중에는 한명의 잠수자는 덤프밸브를 작동하고 다른 한명은 부상되는 것을 지켜보다가 필요하면 도움을 준다. 필요하면 인양목적물을 별도로 부상시키고 잠수자는 정상 상승 속도를 지키며 상승한다.

5) 인양된 물체를 육상 또는 보트로 이동하기

수면까지 부상된 물체는 다시 바닥으로 가라앉지 않도록 주의하며 천천히 끌어 일단 얇은 해안으로 끌고 간 후 보트 위나 육상으로 들어 올린다.

5. 잠수표 사용 및 공기소모율 계산

가. 잠수표 사용법

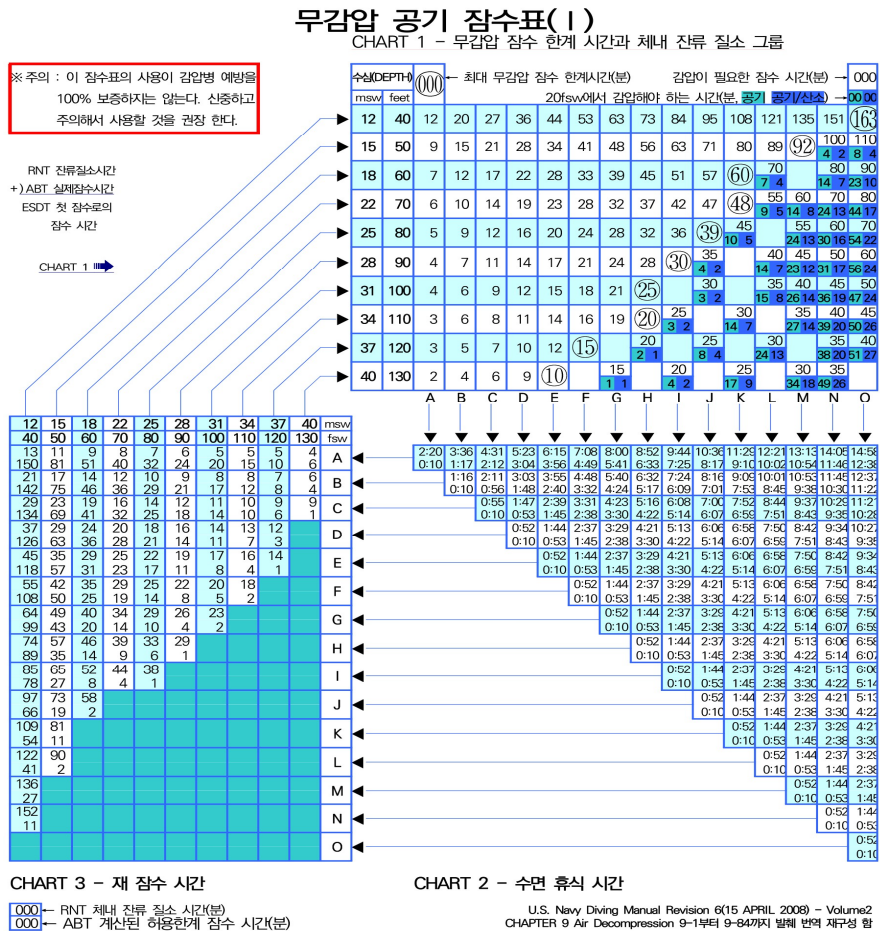
- 잠수시간
하강시작 시간부터 수면으로 상승시작 시간까지 2분에서 16분 간격으로 표시하며 같거나 큰 수치를 선택한다.
- 잠수수심
잠수 중 가장 깊이 하강했던 수심을 말하며 3m에서 4m 간격으로 최대 40m까지 표시되어 있으며 같거나 큰 수치를 선택한다.
- 감압정지
감압 불필요 한계 초과 시 상승도중 일정 수심에서 일정시간을 정지하여 체내에 과다 축적된 질소를 배출하는 시간을 말한다.
- 첫 잠수
전회 잠수가 끝나고 12시간 이상경과 후 행하는 잠수를 말한다.
- 재 잠수
전회 잠수가 끝나고 10분 이후 ~12시간 이내에 행하는 잠수를 말한다.
(10분 이내 잠수는 전회 잠수의 연장으로 본다)
- 휴식시간(Surface Interval Time)
잠수를 마치고 수면 도착 후부터 다음 하강하는 시각까지를 시간으로 최소10분부터 15시간 50분까지 표시한 것을 말한다.
- 반복그룹(Repetitive Group)
잠수를 마치고 수면으로 상승했을 때 체내에 남아 있는 질소의 양을 알파벳으로 표시 한 것을 말한다.



수난구조

- 잔류질소 시간(Residual Nitrogen Time)
잔류질소 때문에 재 잠수 시 실제잠수 시간에 더해야 하는 시간을 말한다.
- 허용한계 잠수시간(Adjudted Maximum Dive Time)
재 잠수 시 감압정지 없이 머물 수 있는 최대 시간을 말한다.
- 안전정지(Safety Stop)
매 잠수 시 안전 및 감압병 예방을 위하여 수심 6m에서 3~5분간 머무르는 것을 말한다.
- 상승속도(Ascent Rate)
분당 9m의(초당15cm)의 속도로 상승한다.

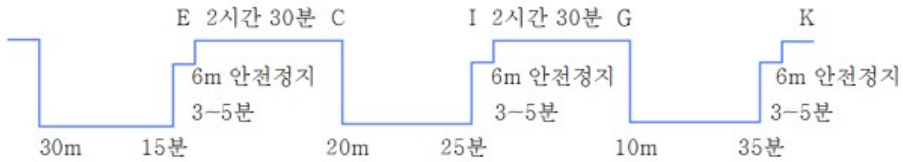
[그림 6-74] 무감압 잠수표



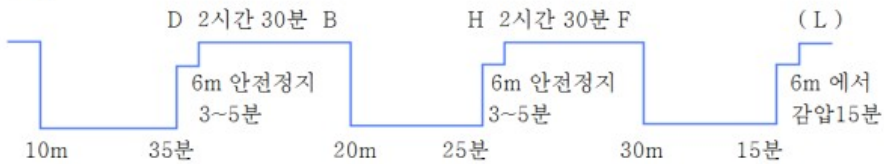
〈잠수형태의 비교〉

구분	㉠ 깊은 수심 → 얇은 수심	㉡ 얇은 수심 → 깊은 수심	잠수 후 수면휴식
첫 잠수	30m / 15분	10m / 35분	2시간 30분
2회 잠수	20m / 25분	20m / 25분	2시간 30분
3회 잠수	10m / 35분	30m / 15분	2시간 30분
비교	감압이 불필요한 안전한 잠수	3회 잠수가능시간 5분	

㉠



㉡



※ 만일 3차 잠수를 15분간 계획 한다면 체내의 잔류 질소시간이 20분이므로 (20분+15분=35분) 즉, 30m에서 35분간 잠수한 것으로 무감압 잠수한게 시간을 초과하여 상승도중 20fsw(6m)에서 15분간 반드시 감압정지를 하여야 함.

나. 공기소모율 계산법

필요한 공기량 (가능한 다이빙시간) 공기탱크에 넣을 수 있는 공기량에는 한계가 있다. 계획한 다이빙에 필요한 충분한 양을 알아야 한다. 다이빙에 사용가능한 양인지 확인해야 하고, 다이빙에 쓸 공기의 부피를 계산할 수 있어야 한다.

그 계산에는 간단한 산술과 압력 및 부피의 관계에 대한 이해가 필요하다. 공기소모 비율은 수면에서 분당 25리터의 일반적인 평균 공기 소모율에 근거해 계산하기로 한다.

이 비율은 정상적인 속도로 핀킥 등의 가벼운 일을 할 때의 소모비율이다. 휴식을 취한 다이버는 호흡량이 줄게 되고, 힘든 작업을 하는 다이버는 4~5배 이상의 호흡을 하게 된다. 또한 찬물에서는 호흡량이 더욱 많아지게 될 것이다.

공기의 필요량을 계산하기 전에 다이빙 환경에 맞는 평균 소모량을 산정하고 버디와

6

수난구조

맞추도록 한다. 실제 자신의 소모 비율이 얼마인지 확인하고 다이빙을 계획할 때는 그 비율을 적용하도록 한다.

주의할 점은 분당 25리터라는 비율은 수면에서의 비율이다. 10m에서는 압력이 두 배가 되므로 다이버는 분당 50리터를 호흡하게 된다. 또한 30m에서는 분당 100리터의 공기를 호흡하는 것이다. 수심의 변화에 따른 실제 공기소모량을 판단하려면 분당 25리터에 절대압을 곱하면 된다.

예를 들어 20m(3bar)에서의 소모량→25리터/분×3bar=75리터/분 상승이나 하강 중에는 공기를 덜 쓰게 되겠지만 소모량을 계산할 때 그것을 염두에 두지 않도록 한다. 보다 안전한 다이빙을 위해서는 그 때의 양을 무시하는 것이 좋다.

○ 예제1) 탱크가 11리터의 용적을 가지고, 상용압력이 200bar이다. 얼마의 공기를 가지고 있는가?

- WC(용적)×WP(상용압력)=공기량→11× 200 =2200L

○ 예제2) 11리터의 탱크가 200BAR의 상용압력에서 2200리터의 용적을 가지지만 게이지에 160BAR가 표시됐다면 얼마의 공기를 가지고 있는가?

- WC×게이지의 압력=유용한 공기 → 11×160=1760L

예비공기 얼마의 공기를 예비로 남겨야 하는가? 다이빙하는 곳의 수심이 깊을수록 더 많은 공기가 필요하다. 25미터 이하의 수심을 다이빙할 때는 적어도 탱크 상용압력의 1/4정도를 예비공기로 남겨야 하며, 다이빙 지역이 10m 이내라면 1/10정도가 적당하다. 탱크의 잔압 게이지에는 0-50BAR까지 적색으로 표시되어 있으며 대부분의 다이버가 예비공기로 50BAR를 남긴다.(탱크 용적의 1/4-1/5정도) 필요한 공기량을 계산할 때 예비공기는 제외한다. 수면에 도달했을 때 예비공기가 많이 남을 수 있도록 한다.

○ 예제3) 11리터, 상용압력 200BAR인 공기탱크를 최대수심 20M까지 다이빙에 사용하고 예비공기로 50BAR를 남기기로 했다면 얼마동안 다이빙 할 수 있는가? (공기소모율은 수면에서 25/분으로 가정한다.)

- 탱크내 공기량 : 11×200 = 2200L

- 50BAR의 예비공기량 11×50=550L

- 다이빙에 사용할 공기 = 총 공기 - 예비공기 2200 - 550 = 1650L

- 수심에서의 공기 소모율 = 수면에서의 소모율 × 수심에서의 절대압
(20M의 절대압은 3BAR) 25L/min × 3BAR = 75L/min

- 다이빙 시간 = 사용할 공기를 수심에서의 소모율로 나눈다.
 $\therefore 1650L$ 를 $75L/min$ 으로 나누면 약22분정도 잠수가 가능하다.

○ 예제4) 수심 10m에서 30분간 150bar의 공기를 소모한 다이버가 수심 30m에서 같은 량의 공기를 얼마의 시간동안 사용가능한가?

- 수심 10m에서의 공기소모율 = 사용한 공기량 / 경과시간
 $(150bar/30min = 5bar/min)$
- 수면공기소모율 = 특정수심 공기소모량/절대압
 $(5bar/min \div 2ata = 2.5bar/min)$
- 수심 30m 공기소모량 = $4ata \times 2.5bar/min = 10bar/min$
- 수심 30m에서 15분간 호흡하면 $10bar/분 \times 15분 = 150bar$
 \therefore 이 다이버는 30m에서 15분간 잠수하면 150bar의 공기를 소모하게 된다.

제4절 동계 수난구조

1. 빙상구조

가. 접근(Reach) 구조

1) 꼬챙이장대(Pike Pole) 구조

꼬챙이장대는 구조대원이 요구조자에게 다가가는 동안 그의 몸무게를 분산시키기 위해 사용된다. 요구조자가 닿는 거리에 있을 경우 구조대원은 꼬챙이장대로 요구조자를 재빨리 걸어 물 밖으로 구조해 낸다. 만약 요구조자가 물속에 잠겨버렸다면 이 꼬챙이장대의 후크를 이용하여 얼음판 밑이나 바닥에 있는 요구조자를 구조 및 수색할 수도 있다.

2) 사다리 구조

가장 훌륭한 빙상구조장비는 아마도 가벼운 사다리와 로프일 것이다. 왜냐하면 전국 소방서 어디에서나 보유하고 있는 장비이며 구조대원과 요구조자의 무게로 얼음이 깨지더라도 사다리는 깨진 얼음 지역에서 항상 위쪽으로 기울어져서 그들의 무게를 지탱하기 때문이다. 사다리 가로대는 좋은 손잡이가 된다. 그래서 소방장비

6

수난구조

중 하나인 복식사다리를 이용하면 효과적이다. 구조방법은 다음과 같이 실시하면 안전하게 할 수 있다. 구조대원은 가급적 접근이 가능한 장소까지 최대한 접근한다. 이때 자세는 사다리 하단 부를 복부로 누른 상태를 취한다. 만약 1단을 전개하여 사다리가 요구조자에게 미치지 않을 경우 2단까지 전개한다. 2단까지 전개하여도 부족한 경우 구명환 등 부력장비를 던져 당긴 후 요구조자가 최 선단의 가로대를 붙잡고 사다리 위로 나올 수 있도록 한다. 그리고 요구조자의 손이 어는 등 상태가 악화되어 자력으로 사다리위로 오를 수 없는 경우 구조대원이 직접 사다리 위를 낮은 자세로 접근하여 구조를 한다. 이때 다른 구조대원은 사다리를 지지해야 한다.

3) 팽창호스 구조

요구조자 구조의 첫 단계는 견인로프를 이용하여 이루어진다. 구조대원이 로프를 이용해 요구조자에게 닿을 수 없다면 얼음 위로 사다리를 미끄러지게 하여 닿을 수도 있을 것이다. 이때 사다리가 얼음을 깨뜨리게 되면 사다리를 잃어버릴 뿐만 아니라 구조대원이 희생될 수도 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 ‘급조부력장치(quick float)’라 부르는 6.35cm(2.5인치) 팽창호스는 수상 및 빙상사고 현장에서 유용하게 사용할 수 있다. 4m 복식사다리 둘레에 호스를 묶으면 구조대원이 의지하고 안정적으로 구조작업을 할 수 있고, 이 사다리를 요구조자에게 닿도록 얼음이나 물을 가로질러 밀고 나갈 수 있다. 만일 요구조자가 사다리를 붙잡을 수 없을 정도로 약해져 있다면 구조대원이 부력 사다리 위에 올라 요구조자를 안전하게 이끈다. 부력 사다리는 요구조자에게로 헤엄쳐 가는데 발판 역할을 해 줄 수 있다. 사다리는 소진(消盡)하여 움직일 수 없는 요구조자 밑으로 밀어 넣거나 사다리 너머로 요구조자의 팔을 넘기게 하고 구조대원은 반대쪽에서 요구조자의 양 어깨를 잡고 구조대원 쪽으로 사다리 위로 끌어올린다. 요구조자의 양다리를 사다리에 평행하게 당기면 구조대원이 요구조자의 체중을 부력 사다리로 지지할 수 있을 것이다. ‘급조부력장치’ 장착 사다리는 만들기 쉬우며 저비용 빙상구조 장비이다. 이러한 부력장비 조립 실습을 몇 차례 해보고, 물속 가상 구조상황에서 1~2시간 실습해보면 구조대원의 안전과 요구조자의 신속한 안전구조를 확인하면서 구조대원은 자신감을 갖고 겨울철 빙상구조에 대응할 수 있을 것이다.

나. 던지기 구조(Throwing Rescue)

모든 구조기술 가운데 던지기 구조는 가장 자주 쓰이면서 일반적인 것이다. 이것은 신속하고 단순하면서도 안전하여 구조대원 1명으로도 할 수 있다.



1) 구조백 구조(Throwing rescue)

투척용 구조백(Rescue Throw Bag)을 이용하여 구조하는 방법으로 로프주머니 안에는 18~24m 로프가 들어 있어서 구조대원이 위험하지 않은 물에서 구조를 할 수 있다. 구조대원은 구조로프를 앵커 등에 확보하든지 줄 끝을 쥘 채 백을 요구조자에게로 던진다. 백이 날아가면서 백 바깥으로 로프가 나오게 되며 이것을 요구조자가 잡으면 구조가 실시되는 것이다. 감긴 로프를 던진다는 것은 훈련이 필요하며 훈련을 많이 하게 되면 배낭처럼 던질 수 있으며 무엇보다도 재시도 해야 할 필요성이 있을 경우 신속하게 회수하여 원래의 상태에서 다시 던질 수도 있게 된다.

2) 구조용 튜브 및 구명부환 구조

우선 요구조자에게로 다가간다. 그런 다음 그에게 말을 걸고 구조가 진행 중임을 확인시키는 것이다. 구조대원은 몸을 낮추고 얼음이 깨져 빠지지 않도록 체중을 분산시켜야 한다. 또 자신의 안전은 물론이고 요구조자 구조에 도움이 되도록 물에서 로프로 확보되어 있어야 한다. 일단 요구조자 쪽에 도착하면 구조대원은 뒷부분에서 얼음구멍으로 접근하여 들어간다. 왜냐하면 보통은 요구조자가 빙봉(ice shelf/얼음 덩어리)의 앞 모서리를 잡고 매달려 있기 때문이다. 이것은 미약하게 생명줄을 부여 잡고 있는 것이기에 구조대원은 요구조자를 안전하게 할 준비가 되어있지 않는 한 혼란시켜서는 안 된다. (요구조자가 공포로 구조대원을 움켜잡아 모두 겁을 먹고 가라앉는 것을 경계하는 까닭이다.)

구조대원이 요구조자와 물속에서 직접 접촉하는 방식이다. 1번 구조대원은 구조로프를 착용하는데 이 로프는 물에 있는 2번 구조대원이 조종한다. 1번 대원이 요구조자의 한쪽으로 입수하여 요구조자 겨드랑이 아래로 구조로프를 드리워 반대편 쪽으로 길을 헤쳐 나간다. 요구조자 뒤쪽에서 구조대원은 로프로 요구조자를 둘레로 묶은 다음 구조로프에 카라비너를 걸어 2번 구조대원에게 물 밖으로 당기라고 신호한다. 이때 물속에 있는 구조대원은 요구조자가 얼음 위로 올라서도록 도우며, 요구조자와 함께 동일한 줄로 물으로 구조해 나오는 것이다.

보조자들이 요구조자를 물 밖으로 구조해 낼 때 이들은 요구조자가 이 상황에서 극도로 허약해져 있다는 것을 유념해야 한다. 냉각된 심장은 매우 민감한 심박을 갖고 있어서 허약한 심박이 심실세동(心室細動: ventricular fibrillation)으로 이어지지 않도록 부드럽게 다루어야 한다.

다. 회수기(Rescue Retriever) 구조

- 회수기는 인적자원이 한정된 작업의 경우 두 사람만으로도 신속한 전개가 가능하다.
- 구조대원 1인이 단순히 크랭크핸들을 밀고 당기고 돌리기만 하면 놀랄 만큼 정확하게 고리를 요구조자에게로 끌고 갈 수 있다. 케이블이 반경식(半硬式:semi-rigid) 구조여서 언덕을 오르내리거나 독을 오르거나 얼음을 가로지르는 등 쉽게 조작할 수 있다. 일반적인 구조장비로는 접근 불가능한 요구조자에게 접근할 수 있도록 해 준다.
- 일단 자리를 잡으면 구조 고리는 요구조자 위에 놓여 구조대원이 케이블을 물로 당기지만 하면 성공적으로 구조를 완료하게 된다. 케이블에서 생기는 매우 높은 부력은 빠른 물살에서도 회수기를 사용할 수 있도록 해준다. 크랭크핸들을 계속 돌리면 구조 고리가 수면 아래에서 요구조자를 탐색하는 준설기 구실을 하도록 할 수 있다.

라. 부양기 부착 바스켓 들것(Basket Stretcher with Flotation Collar) 구조

1) 요구조자 들것 결착

이따금씩 요구조자가 사고의 결과로 등이나 목 부위에 부상을 입었거나 부상을 입은 것으로 보이는 경우가 있다. 이 때에는 이들을 물 밖으로 구조해내기 전에 2차 부상을 예방하기 위해 이들을 안정화시킨다. 이 경우 구조대원 2명이 입수하여 먼저 들것 안에 요구조자를 결착시킨다.

2) 들것에 결착된 요구조자 꺼내기(Removing the person in a stretcher)

일단 요구조자가 들것 안에 결착되면 물에 있는 구조대원들은 물속의 대원이 들것을 안정되게 뜬 가운데 요구조자를 구조해 낸다.

[그림 6-75] 요구조자에게 접근하는 장면

[그림 6-76] 들것에 결착된 요구조자를 물으로 구조하는 장면



마. 보트 구조

1) 구조보트를 이용한 구조

- ① 구조대원 1인 또는 2인이 구조보트를 타고 요구조자에게 접근한다. 이때 보트에 안전로프를 연결 물에서 확보를 해야 한다. 물론 구조대원도 보트에 안전 확보를 한다.
- ② 요구조자에게 접근한 후 보트의 선수 쪽 개방된 부분을 요구조자 머리 위로 가깝게 댄다.
- ③ 구조보트 앞쪽 개방된 부분으로 요구조자를 끌어 올려 구조한다.
- ④ 물에 있는 보조대원들에게 확보로프를 당기라는 신호를 보낸다. 보조대원들은 확보로프를 당겨 보트를 물으로 끌어내어 구조작업을 완료한다.

[그림 6-77] 요구조자에게 접근하는 장면



[그림 6-78] 개방된 부분을 요구조자 머리 쪽에 댄다.



[그림 6-79] 요구조자를 보트위로 끌어 올린다.



[그림 6-80] 보트를 물에서 끌어당긴다.



2) 일반보트를 이용한 구조

구조보트를 이용한 구조방법과 거의 비슷하나 다른 점은 요구조자에게 접근하는 방법이다. 일반보트는 선미 쪽으로 접근해야 하며 접근하는 방법은 구조대원이 물에서부터 보트 밖에서 얼음 위를 걸어서 밀고 접근해야 한다.(이때 미끄럼 방지를 위해 아이젠이나 얼음 미끄럼 방지창을 착용해야 한다)

그리고 요구조자를 보트위로 직접 끌어 올려 구조하는 방법과 요구조자를 로프로 확보하고 선미에 결착한 다음 요구조자를 그대로 얼음 위로 끌고 구조해 나오는 방법이 있다. 얼음 위는 미끄럼효과가 있어 끌고 나오는데 어려움이 없을 것이다.

[그림 6-81] 요구조자를 인양하는 장면



[그림 6-82] 얼음위에 인양한 장면



바. 호버크라프트(Hovercraft) 구조

호버크라프트를 물에서 부양시켜 적정속도를 컨트롤하여 요구조자에게 접근한다. 이때 접근거리는 너무 가까이 하지 않는다. 그 이유는 얼음위에서는 속도조절이 매우 어렵기 때문이다. 얼음같이 딱딱하고 평평한 표면에서는 부양을 위한 공기가 적게 소모되고 또한 스커트가 표면에 끌리지 않기 때문에 빠르게 움직인다.

요구조자에게 접근 한 다음 호버크라프트에서 부력장비(구명환, 구조튜브 등)를 던지든지 꼬챙이 장대를 요구조자에게 전달하여 구조하는 방법 한 가지와 구조대원이 얼음 위에 내려 요구조자에게 직접 접근하여 구조하는 방법 한 가지를 현장 상황에 따라 선택하여 구조를 실시하면 된다.

[그림 6-83] 요구조자를 선미에 결착하는 장면 [그림 6-43] 얼음 위를 끌고 나오는 장면



[그림 6-85] 요구조자에게 접근하여 부력장비를 던지는 장면



6

사. 구조썰매 구조

수난구조

- ① 물에서 먼저 구조대원과 구조썰매를 확보로프에 결착하고 요구조자에게 접근을 한다.
- ② 구조썰매 앞부분을 요구조자 쪽으로 대고 요구조자를 구조썰매 위로 끌어 올린다.
- ③ 물에 있는 보조대원들에게 확보로프를 당기라는 신호를 보낸 후 물으로 구조썰매를 당겨 구조를 실시한다.

[그림 6-86] 요구조자에게 접근하는 장면



[그림 6-87] 썰매 앞부분을 요구조자 쪽에 댄 장면



[그림 6-88] 요구조자를 썰매 위로 끌어 올리는 장면



[그림 6-89] 확보로프를 물으로 당겨 구조를 실시하는 장면



아. 서핑보드(Surf Boards)구조

빙상구조판도 매우 유용한데 이것은 요구조자를 더 잘 지지해주며 잡을 곳도 많다. 또한 얼음이 꺼졌을 때 부력장치가 되기도 한다. 보드를 확보로프에 결착하고 물로부터 요구조자에게 접근한다. 요구조자에게 접근 한 다음 보드를 요구조자에게 전달하여 보드를 붙잡게 한 후 구조대원은 요구조자 뒤쪽으로 접근해 요구조자를 보드 안전벨트에 결착시킨다. 그리고 물에 있는 보조대원들에게 확보로프를 당기라는 신호를 보내어 구조를 실시하면 된다. 이때 구조대원은 요구조자가 얼음 위로 올라 올 수 있도록 뒤쪽에서 밀어 올려 준다.

[그림 6-90] 물로부터 진입하는 장면



[그림 6-91] 요구조자에게 보드 전달 장면



[그림 6-92] 요구조자 결착 후 확보로프를 물으로 당기라는 신호 장면



[그림 6-93] 요구조자를 물으로 끌어 당겨 구조하는 장면



6

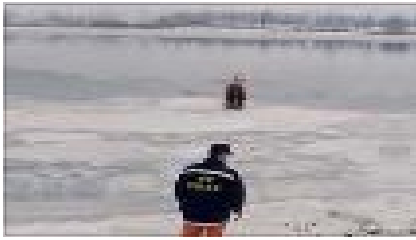
자. 조난자 구조판 구조

수난구조

- ① 물에서 구조판과 구조대원을 확보로프에 결착하고 요구조자에게 접근한다. (아이스 송곳이나 노를 이용한다).
- ② 요구조자에게 접근한 후 현장상황에 따라 부력장비나 꼬챙이 장대를 이용하든지 구조판을 요구조자가 직접 잡을 수 있도록 접근시켜 준다. 그리고 요구조자를 구조판 위로 끌어 올린다.
- ③ 물에 있는 보조대원들에게 확보로프를 당기라는 신호를 보내 구조를 실시한다.

[그림 6-94] 요구조자에게 접근하는 장면

[그림 6-95] 요구조자를 구조판 위로 끌어올린 장면



차. 헬기를 이용한 구조

얇은 얼음에서는 헬기를 이용하면 효율적이나 출동소요시간이 많이 걸린다는 점이 단점이다. 헬기가 현장에 도착하게 되면 구조대원은 주변상황을 살핀 후 안전이상 유무를 확인한 후 호이스트를 이용하여 하강 요구조자에게 직접 접근한다. 이때 헬기가 제자리 비행할 때 요구조자는 하향풍에 유의하도록 해야 한다. 그런 다음 요구조자의 부상 정도에 따라 Rescue seat나 다목적 들것 등에 요구조자를 결착한 후 헬기로 인양하여 구조를 실시한다. 만약 다수의 요구조자가 있을 때에는 구조 낭을 사용하여 구조를 실시한다.

[그림 6-96] 빙상에서의 헬기구조 장면





2. 얼음 밑 잠수

정상적인 상태의 잠수절차가 지극히 차가운 환경에서의 잠수에도 적용이 된다. 그러나 다이버의 안전성을 높일 수 있는 중요한 장비와 절차상의 차이가 많다.

가. 잠수계획 시 고려사항

1) 일반 고려사항

잠수작업의 성공은 신중하고 철저한 계획수립의 직접적인 결과이다. 각 잠수임무의 특성이 계획수립의 범위를 결정하기는 하지만 어느 정도 일반적인 고려사항은 모든 잠수작업에 적용 할 수 있다.

○ 수저(水底)시간

수저시간에는 항상 초과 시간이 붙는다. 수저시간을 보존하거나 다이버의 효율성을 증가시키기 위해 방법을 찾는 것은 성공에 필수적이다.

○ 사전계획

예상하지 못한 문제로 인해 다이빙 활동이 지연되면 실패할 수도 있다. 특정 목표를 완수하는데 가용한 시간의 사용을 미리 계획하는 것은 성공의 필요조건이다.

○ 장 비

작업에 적합한 장비를 선택하는 것은 성공에 필수적인 요소이다.

○ 환경조건

잠수계획을 세우는 대원들은 극한 환경 조건을 안전하게 완화하기 위한 계획을 세워야 한다. 대원 및 지원시설의 안전에 가장 우선을 두어야 한다.

○ 다이버 보호

모든 잠수 활동 시 기후악화 그리고 극심한 오염 등으로부터 다이버를 보호하는 일은 아주 중요하다.

○ 긴급 상황 시 지원

다이빙을 하기 전에 외부의 요소로부터 긴급 지원을 조정하는 일은 매우 중요한 일이다.

○ 기 상

다이빙은 기상에 따라 좌우되기 때문에 최악의 경우도 고려하여 계획해야 한다.

6

수난구조

2) 환경 고려사항

- 얼음 밑 잠수의 임무와 요구사항이 활동상 필수 불가결한지 검토되어야 한다.
- 얼음의 두께, 수심, 수온, 풍속, 수류, 시계 및 고도의 상황과 같은 환경적 상황이 결정되어야 한다. 잠수 활동 지휘자 혹은 얼음과 차가운 물에서의 잠수경험이 있는 사람이 잠수지역을 정찰하는 것이 이상적이다.
- 물자조달계획에는 수송, 보조 장비, 식량공급, 연료, 공구, 의류, 침구, 의료적 대피 절차, 통신 등이 포함되어야 한다.

나. 잠수장비 고려사항

잠수장비는 차가운 물에서의 잠수계획을 수립할 때 고려해야 할 장·단점이 있다.

1) 스쿠버 이용의 장점

- 휴대성
- 신속한 출동
- 표면지원 요건의 최소화

2) 스쿠버 이용의 단점

- 레귤레이터의 동결 가능성
- 수심의 한계
- 통신의 한계
- 감압잠수 기술을 이용할 수 있는 극히 제한된 능력

다. 잠수 준비절차

1) 다이버의 고려사항

수난구조현장의 잠수 활동지휘자는 잠수에 요구되는 모든 대원들이 얼음 밑 잠수 기술에 적합한 훈련을 받았는지, 신체적으로 적합한지 반드시 확인하여야 한다.

어떠한 다이버라도 얼음 밑 잠수에 대한 심리적 스트레스(불안, 폐쇄공간공포, 무모함 등)로 고통 받고 있다고 잠수활동 지휘자가 판단할 경우 잠수가 허용되지 않을 수 있다.

2) 잠수구역 선정 시 고려사항

잠수구역의 선정은 잠수 목적과 그 지역의 지리적 환경(얼음두께 및 얼음 표면의 상태 등)에 따라 달라질 수 있다. 동력드릴을 이용하거나 체인 톱을 이용하여 구멍을 뚫어 얼음의 두께를 평가한다. 추가적으로 선택된 잠수방법, 안전 접근로, 잠수대기소의 위치, 비상 상승구, дай버 노출 및 필요한 지원요원도 잠수구역의 선정과 관계가 있을 것이다.

3) 잠수대기소 설치

얼음 밑 잠수를 행할 때 동상의 방지와 장비의 동결방지를 위해 잠수구역에서 최대한 가까운 곳에 잠수 대기소가 설치되어야 한다. 통상적으로 입수구멍의 위 혹은 다이버가 이용할 수 있는 작업구역 위에 장애물이 있으면 텐더의 움직임을 제한하기 때문에 그곳에는 천막을 설치하지 않는다. 그러나 바람막이는 설치하여야 한다. 조립천막과 난방기구가 있는 대기소가 이상적이다. 이 경우 대기소 바로 밑에 있는 얼음이 약해지지 않는지 주의 하여야 한다. 프레임과 깔판을 포함한 천막장비는 잠수구역의 보호소 설치와 방풍을 위하여 필요할 수 있다. 기후의 심한 정도, 잠수구역과의 거리, 임무의 지속시간에 따라서 잠수 대기소는 작은 천막에서부터 현장에 운송 설치된 정교한 오두막에 이르기까지 다양하다. 잠수대기 장소는 건조한 물품을 위한 보관소와 장비를 건조할 곳이 있어야 한다. 다이버의 복장 착용을 위한 의자와 단열을 위한 깔판이 설치되어야 하며, 난방과 조명도 적절하여야 한다. 아주 춥고 건조한 기후에서 화기(火氣)와 부적절한 환기는 항상 존재하는 위험요인들이다. 일산화탄소측정기를 이용할 수 있어야 하고, 모든 거주 혹은 작업공간에 대한 정기적인 점검이 이루어 져야 한다. 잠수 대기소마다 소화기를 비치해야 한다.

4) 입(출)수구 만들기

얼음을 자르면서 구멍의 모서리 부분을 말끔히 처리하기 위해 적합한 구멍을 절삭하는 데에는 적절한 장비가 사용되어야 한다.

얼음구멍 만들기 해머를 사용하면 주위의 얼음을 약화시키기 때문에 권장하지 않는다. 구멍은 [그림 6-97]에 예시 된 바와 같이 약 2-3m 변의 삼각형이어야 한다. 삼각형의 구멍이 절삭하기 쉽고, 다이버 2명이 동시 입·출수하기 용이하다. 작업 시 튀는 얼음과 물에 옷이 젖을 수 있으므로 슈트를 입는 것이 좋으며 안전 줄을 허리에 메고 텐더가 잡고 있도록 한다. 얼음조각은 얼음 밑으로 밀어 넣을 경우 제자리로 돌아와 구멍을 막을 수도 있으므로 구멍 밖으로 제거되어야 한다. 다이버의 퇴수를 돕고, 얼음 표면 위에 있는 다른 대원의 보행안정성을 높이기 위해 미끄럼 방지용 깔판 등을 입(출)수구 주위의 얼음 위에 깔아두어야 한다. 이 구멍은 잠수작

6

수난구조

업 종료와 더불어 불 특정인이 물에 빠지는 사고를 방지하기 위하여 분명하게 안전 조치를 해두어야 한다. 여유가 있으면 잘린 얼음 조각들을 제자리로 돌려놓아 재 빙 속도가 빨라지도록 한다.

5) 비상상승(출수)구 만들기

비상구는 퇴수 지점에 대한 대안을 제공하며 실종 다이버의 수색에 도움이 된다. 수류와 조류가 있는 강이나 만에서의 잠수 시에는 얼음에 하류방향으로 비상상승구가 절삭되어 있어야 한다.

6) 하강 줄 및 방향 안내줄 준비·설치

다이버의 방향성과 방향감각에 도움이 되도록 입·출 수구 아래로 앵커를 매달은 로프 하나가 설치되어야 한다. 하강 줄은 약 40~50mm 정도의 로프를 앵커 고리에 통과시켜 고정매듭으로 고리를 만든 다음, 입(출)수 구멍 바깥쪽 중간부분에 넣어 하강 줄을 탄력 있게 잡아당겨 얼음용 스크루를 가장자리에 박아 감아 매기로 스크루에 연결하여 잔여 로프가 남지 않게 매듭처리를 한다.

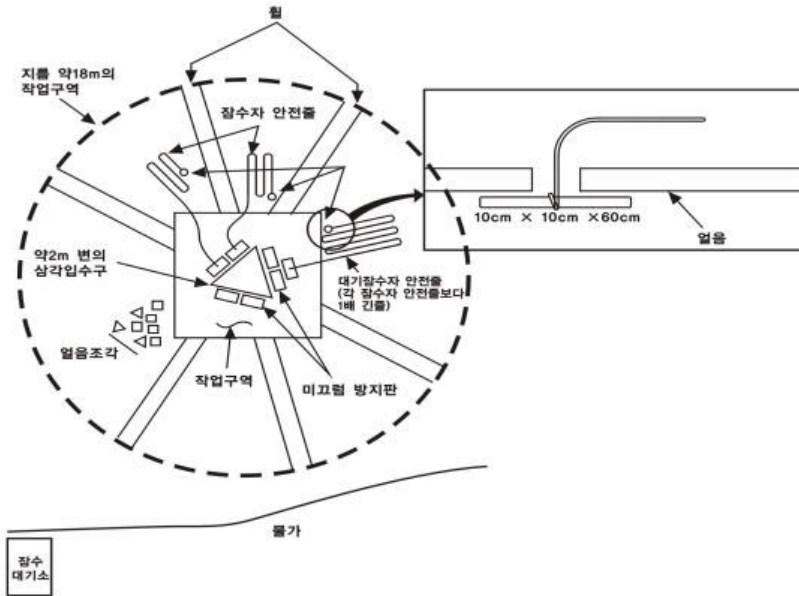
로프의 끝에 수심측정용 스트로브라이트를 줄줄이 부착하는 것뿐만 아니라, 라이트 하나를 매달아 놓는 것도 도움이 된다. 작업구역의 위치가 정해지면 앵커 줄에서 작업구역까지 거리 줄을 연결하여 두어야 한다. 다이버가 방위를 계속 인식하는데 도움이 될 수 있는 또 다른 방법은 잠수구역의 얼음위에 덮여 있는 눈을 바퀴살 모양으로 쓸어내는 것이다.

다이버는 얼음과 눈의 두께가 60cm 이내일 때 작업구역의 중앙에 위치한 입수 구멍으로 안내하는(눈을 쓸어 낸) 길을 볼 수 있어야 한다. 작업구역의 직경은 최소 약 18m 이상이어야 한다.

7) 안전 줄 준비 및 설치

안전 줄은 다이버가 출입구멍을 다시 찾는데 도움이 될 수 있도록 얼음 밑 잠수 활동의 의무사항이다. 폴리프로필렌으로 꼬아 만든 로프가 최고의 안전줄로 입증되었다. 이것은 다이버로부터 이탈되어도 상승하는 장점이 있고 시각적으로 잘 보이는 황색, 흰색, 오렌지색 등을 이용할 수 있다. 다이버에게 안전 줄을 연결하는 가장 용이한 방법은 윙매듭, D형 고리, 카라비너를 안전 줄에 걸착하는 것이다. 안전 줄을 양쪽 끝단에 연결할 때 안전성이 완벽히 확보되어야 한다. 안전 줄은 차량, 삼, 구급상자, 기타 휴대용 장비에 묶어서는 안 된다. 잠수구멍에서 6~7m 가량 떨어진 곳의 얼음 아래로 10cm×10cm×60cm 크기의 판을 설치하여 안전 줄의 안전 확보에 이용할 수도 있다.

[그림 6-97] 얼음 밑 잠수 작업구역 예시



D형 고리와 카라비너는 카라비너의 개·폐구가 닫힌 채 얼어붙지 않은 이상 표면 위에서 다이버와 텐더를 가장 신속하게 연결할 수 있다. 카라비너는 부식에 대한 점검이 자주 이루어져야 한다. 젖어 있는 안전 줄은 얼음표면 위에 얼어붙지 않도록 맨 얼음 위에 놓아두는 것을 금하여야 하며 여분의 안전 줄은 엉킴을 방지하지 위하여 8자형으로 사려둔다.

8) 장비준비

다이버는 입수하자마자 켜지도록 되어있는 조난용 라이트를 착용하여야 한다. 다이버는 차가운 물에서의 잠수 활동 시 불필요한 장비를 거추장스럽게 달고 있으면 안 된다. 스노클은 제거되어야 하며, 수중칼을 다리 안쪽에 착용함으로써 안전 줄이 다이버의 장비에 걸리는 것을 방지하는데 도움이 된다. 마스크와 핀 등 고무제품을 주의해서 다루어야 한다.

라. 입수 후의 진행절차

1) 입수

입수지점에 걸터앉아 안전 입수 법으로 입수한다. 공기 중에 장시간 호흡기를 물

6

수난구조

고 있으면 결빙되기 쉬우므로 입수 전 호흡기를 물지 않고 있다가 입수 후 호흡기를 완전히 물도록 하고 수중에 얼굴을 담그고 1분 정도 호흡을 해본 후 작동에 이상이 없으면 잠수하도록 한다.

2) 짝 잠수

얼음 밑이나 매우 차가운 물에서의 잠수는 짝 잠수자(Buddy)의 도움이 절실히 필요하다. 얼음을 뚫고 잠수 작업을 할 때 다이버는 슈트의 이상, 레귤레이터 동결, 기타 장비와 관련된 문제 등 생명을 위협하는 상황은 다이버를 특히 취약하게 할 수 있기 때문에 버디의 도움이 절실히 필요하다.

그러므로 다이버는 활동 전에 반드시 짝 호흡을 연습하여야 한다. 능숙하게 짝 호흡을 진행하면 응급상황 발생 시 귀중한 시간의 손실을 최소화할 수 있게 될 것이다.

3) 보조대원(Tender)

텐더는 항상 안전 줄을 잡고 있어야 한다. 얼음 밑 잠수 시 텐더가 안전 줄을 놓쳐서 입·출수 구멍에 빠뜨리는 것을 방지할 수 있도록 하기 위하여 로프의 끝단은 지지물에 안전하게 걸착하는 추가적인 안전조치가 있어야 한다. 텐더와 잠수 활동지휘자가 다이버의 위치를 추정할 수 있도록 안전 줄에 1m 간격의 표식을 해두는 것이 권장된다. 텐더는 수저(水底)의 다이버와 긴밀하게 작업하는 잠수 팀의 표면구성원이다. 잠수 시작 시에 텐더는 다이버의 장비와 복장 등을 점검한다. 일단 다이버가 물속으로 들어가면 텐더는 계속적으로 줄을 감시하여 줄이 지나치게 느슨하거나 팽팽한지 확인한다. 텐더는 다이버와 줄을 당김으로써 신호를 교환하며, 잠수활동지휘자는 줄을 당기는 신호와 긴급 상황 신호를 지속적으로 감시하고 있어야 한다.

4) 구조 잠수자(Rescue Diver)

레스큐다이버와 텐더는 즉시 잠수 할 수 있는 준비가 되어 있어야 한다. 잠수활동지휘자가 레스큐 다이버의 필요성을 결정하기까지 다이버 자신의 보은에 유의해야 한다. 레스큐 다이버의 안전 줄 길이는 유사시 원형탐색을 실시할 수 있도록 다이버의 안전 줄 보다 약2배 길어야 한다.

마. 활동상의 주의사항

일반적으로 정상상태의 절차가 극히 차가운 환경에서의 잠수 활동에도 적용된다. 그러나 동결의 가능성이 높아짐에 따라 짝 호흡절차에 대한 완벽한 숙달을 요한다.

1) 일반주의사항

얼음과 차가운 물 잠수 활동의 일반적 주의사항은 다음 사항을 포함한다.

- 다이버는 충분한 휴식을 하여야 하며, 탄수화물과 단백질 함량이 높은 식사를 하고 음주는 금하여야 한다. 알코올은 피부와 혈관을 확장시켜 체열의 손실을 증가시킨다.
- 목욕은 차가운 환경에서 유행하는 질병의 감염을 예방하기 위한 중요한 보건조치이다. 필요하다면 옷 속으로 스펀지를 넣어 신체 목욕을 할 수도 있다.
- 목욕 후 피부 진정제나 로션을 피부에 발라 건조한 공기에 수분 증발이 이루어지는 것을 막고 피부를 부드럽게 유지하도록 하여야 한다.
- 면도를 하면 피부를 보호하고 있는 기름기가 피부에서 제거되므로 면도와 세안은 저녁에 하여야 한다. 면도를 너무 깊이 하면 피부의 보호 층을 벗겨내어 동상을 촉진 할 수도 있다.

2) 얼음상태

어떤 특정지역의 얼음상태가 불규칙성, 유동성이 있으면 잠수 활동을 극히 위험하게 할 수 있다. 유빙(遊氷)의 이동은 상대적으로 짧은 시간에 커질 수 있고, 잠수 구역의 잦은 위치변경과 수저(水底)바닥의 고정된 구역에서 작업하기 위해 새로운 접근 구멍의 절삭을 요할 수 있다. 표류하는 얼음 혹은 쪼개진 얼음에서의 잠수는 위험하며, 반드시 필요한 경우에만 수행되어야 한다. 표면과 표면에서 차이가 있는 압력고선의 움직임 혹은 얼음 덩어리가 접근하여 구멍에 가까이 올 수 있고, 안전 줄이나 신호 줄을 자를 수 있고, 다이버를 고립시키거나 눌러버릴 수 있다. 잠수구역 인근의 얼음에 균열을 만들면 다이버의 손실과 함께 얼음 위에 있는 지원시설물들을 상실하는 결과를 초래할 수 있다.

3) 복장 주의사항

다이버는 몸에 맞는 복장을 착용하고, 모든 싺 부위를 완벽히 차단 관리한다면, 차가운 물에서라도 단시간 동안은 보온과 건조 상태를 유지할 수 있다. 얼음과 차가운 물에서의 잠수를 위한 복장 착용 시에는 다음과 같이 하여야 한다.

- 건식잠수복은 원단이 찢어지거나 잘려진 부위에 대한 세심한 점검이 이루어져야 한다. 건식잠수복은 안면부위의 노출을 최소화하여야 한다.
- 장갑, 싺은 순환의 제한을 야기하지 않으면서 물기의 침투를 막아야 한다. 건식잠수복의 후드 안에 직물 모자를 착용하면 체온을 보호하는데 효과적이다. 모자를 슈트 안면부의 싺까지 꼭 눌러 써서 적절히 위치시키면 머리가 상대적으로 건조하고 편안해질 것이다.

6

수난구조

4) 표면에서의 주의사항

표면에서는 다음과 같이 하여야 한다.

- 복장을 착용한 다이버는 입수 전 과열과 그로 인한 발한으로부터 보호를 받아야 한다. 난방이 되고 있는 오두막식 시설에서 활동할 때 특히 잠수구역으로 이동하려 힘을 쓸 때 과열현상이 쉽게 발생한다. 젖은 옷에서 다이버의 얼굴이 식혀지면서 마치 매 순간마다 선풍기를 쏘이는 듯 한 결과로 인하여 입수 시까지 발한이 지속될 수 있다. 발한은 속옷을 젖게 하여 단열성을 크게 떨어뜨리게 할 것이다.
- 다이버는 입수 대기 중 얼음 위에 앉거나 차가운 바닥에 발을 올려놓는 행위를 삼가야 한다. 단열된 오두막식 천막안 일지라도 바닥의 지면온도는 응고점에 가까울 것이다.
- 다이버가 복장을 착용한 상태의 표면 지속시간은 상대적으로 비활동적이므로 다이버의 오한을 방지하기 위하여 최소화되어야 한다. 표면에서의 시간은 슈트 벨트와 레귤레이터 등 잠수장비의 금속 부위를 응고점 이하로 생각시켜 다이버의 입수 시 얼음이 끼일 수 있다.
- 새로 형성된 얼음의 표면에서 활동 시에는 안면부의 노출된 피부가 다치지 않도록 조치를 하여야 한다. 피부가 마비되어 고통은 없을 지라도 상당한 출혈을 동반한 그러한 상처가 쉽게 생긴다.

5) 수중에서의 주의사항

- 심한 오한은 판단력의 감퇴를 불러올 수 있기 때문에 수중 수행 임무는 확실한 인식 연습과 더불어 단순한 것이어야 한다.
- 잠수 활동은 오한이나 손동작의 기능감퇴가 심해지면 종결되어야 한다.
- 건식잠수복이 찢어지거나 물이 새면 새는 정도에 관계없이 즉시 표면으로 올라와야 한다. 차가운 물의 아주 얼얼한 효과는 새는 정도에 따라 수분 내에 열 쇼크를 유발할 수 있다.
- 다이버와 잠수 활동지휘자는 반복 잠수의 열 효과 누적에 대하여 반드시 인식하여야 한다. 성공적인 잠수 일수가 늘어남에 따라 열 보상치가 축적되어 피로가 누적되고 효율이 감소되는 결과를 가져올 수 있다.

느리고 천천히 체열을 식히는 것과 관련이 있는 저체온증의 진행은 오한과 더불어 생산이 시작되기 전에 중심체온의 급격한 하강을 불러일으키는 것으로 여겨진다.



6) 잠수 후의 주의사항

다이버는 차가운 물에서 퇴수 하자마자 아마도 피곤이 찾아와서 추가적인 오한을 쉽게 겪게 될 것이다.

- 만약 웨트슈트를 착용하고 있으면 즉시 표면을 온수로 씻어 주어 기분전환과 열 대체 효과를 갖게 된다.
- 다이버를 편안하고 건조하며 상대적으로 따뜻한 환경에서 건조시켜서 잃어버린 체열을 복구시킬 수 있도록 하는 시설물이 반드시 제공되어야 한다.
- 다이버는 가능한 빨리 젖은 옷을 벗고, 건조시키고, 따뜻한 보온 복을 착용하여야 한다. 대원들은 따뜻하고 건조한 의류와 담요, 비알코올성의 뜨거운 음료를 보유하고 있어야 한다.

바. 비상절차

1) 길을 잃은 다이버

안전 줄에서 이탈되어 입(출)수 구멍을 찾지 못하는 다이버는 다음과 같이 하여야 한다.

- 얼음 밑면으로 상승하여야 한다.
- 중량벨트를 제거하여 버려야 한다.
- 위치 유지를 위해 얼음에 수중 칼로 위치를 고정하여야 한다.
- 수직 자세를 흔들리지 않고 그 자세를 최대한 유지하여 수색 중인 레스큐다이버 안전로프가 연결되도록 하여야 한다.
- 안전 줄과 레스큐다이버의 안전 줄을 주시하고 레스큐다이버가 도달할 때까지 기다려야 한다. 길을 잃은 다이버는 구멍을 다시 찾으려는 시도를 하는 것보다 레스큐다이버가 올 때까지 그대로 있어야 한다.

2) 레귤레이터 동결

레귤레이터에 이상이 생겨 계속 새어나오거나 얼어버리면 즉시 결합되어 있는 다른 레귤레이터를 쓰거나 계속 새어나오는 레귤레이터로 호흡을 해야 할 경우에는 프리플로우 호흡법으로 호흡하며 즉시 입(출)수 지점으로 나온다.

3) 인플레이터 밸브의 이상

인플레이터를 과도하게 사용하면 밸브에 동결이 일어날 수 있으므로 한 번에 1초

6

수난구조

정도로 짧게 끊어서 작동시켜야 한다.

인플레이터 밸브가 동결되거나 기계적인 고장이 생기면 공기가 급격하게 드라이 슈트 내부로 들어갈 수 있다. 이때는 즉시 인플레이터 호스를 건식잠수복에서 분리시켜야 한다. 슈트에 과도하게 들어간 공기가 배기밸브를 통해서 빠르게 방출되지 않는 응급상황에서는 목실을 잡아당기거나 팔을 머리위로 올려서 손목 싹을 잡아당겨서 공기를 배출한다. 이렇게 하면 공기가 한꺼번에 빨리 빠지는 대신 슈트 속으로 얼마간의 물이 들어온다. 빠른 상승을 하게 될 때는 계속해서 숨을 내쉬어 폐의 과팽창을 방지한다.

인플레이터 밸브에 이상이 생기면 잠수 활동을 끝내야 한다.

4) 중량벨트의 상실

중량벨트가 떨어져나가면 통제 불능의 빠른 상승이 일어난다. 이때는 슈트의 공기를 모두 방출하고 상승 속도를 줄이기 위해서 몸을 수평으로 펼친다. 중량벨트가 없이 얼음 아래에 위치하게 되면 몸을 추수리기가 매우 힘들다.

안전 줄로 텐더에게 신호를 보내어 출구 쪽으로 당겨달라는 신호를 해야 한다. 발차기를 하며 손으로 얼음을 밀어서 끌려가는 것을 도와야 한다. 버디는 이 상태를 지켜보면서 도움이 필요할 때 도와준다.

5) 줄의 엉킴

얼음 밑 잠수는 하강 줄, 안전 줄, 신호 줄 등 여러 가지 줄들을 사용하게 되므로 줄에 엉킴 가능성이 있다. 줄이 엉키게 되더라도 대부분은 дай버 자신이나 버디의 도움으로 해결할 수 있다.

다른 것에 엉키게 되면 우선 침착하게 상황을 판단해야 하며 회전 등에 의해 줄이 더 엉키게 되면 안 된다. 엉킴을 느끼게 되면 조심스럽게 해결하거나 버디에게 신호를 보내어 도움을 요청해야 한다. 엉킨 줄을 절단해야 할 경우도 있는데 줄을 절단하기 전에 잠수 활동을 위해 사용되는 안전 줄 등 중요한 줄이 아닌지 확인해야 한다. 텐더는 줄이 꼬였다는 것을 느끼게 되거나 줄 당김 신호에 대한 회신을 얻을 수 없게 되면 상황을 파악하기 위해서 레스큐다이버를 즉시 보내야 한다.

6) 실종 다이버에 대한 수색

텐더는 다이버의 응답이 없으면 즉시 잠수작업지휘자에게 보고하여야 한다. 다음의 절차가 즉시 이행되어야 한다.

○ 잠수 작업지휘자는 다른 모든 다이버들을 즉시 소집하여야 한다.



- 잠수 작업지휘자는 실종 다이버의 잠수 활동 속도와 방향을 고려하여 실종 다이버가 있을 만한 위치를 추정하여야 한다.
- 레스큐다이버는 잠수 지휘자의 지시에 따라 입수 후 추정된 방향으로 유영을 하면서 길을 잃은 다이버를 커버할 수 있으리라 여겨지는 거리의 2배의 거리를 간다.
- 텐더는 레스큐다이버의 안전 줄을 팽팽하게 유지하여야 한다.
- 레스큐다이버는 원형수색을 실시한다.
- 실종 다이버의 안전 줄이 걸려 있을 때 레스큐다이버는 다가가서 텐더에게 신호를 보내 느슨함을 당기도록 한다.
- 레스큐다이버는 실종 다이버를 찾아 구멍으로 되돌아올 수 있도록 돕는다.
- 만약 1차 수색에서 실패하면 가장 가능성이 큰 비상상승구로 수색지역을 이동하기 전 1회에 한하여 반복수색이 이루어져야 한다.

사. 잠수활동 후 정리정돈

모든 상황이 끝난 후에는 장비를 정리하고 철수하기 전에 주변청소와 잠수를 하기 위해 뚫어놓은 입수 구멍에 다른 사람이 빠지지 않도록 위험 표시 등 안전조치를 하고 철수하여야 한다.

1. 급류구조의 특성

수난구조

지구온난화에 따른 각종 풍수해 사고가 많이 발생하고 있고 앞으로도 계속해서 발생할 것입니다. 특히, 급류구조는 우리나라에서는 아직 급류구조와 관련한 교육이 없어 급류사고가 발생하면 급류에 맞지 복장과 장비로 인하여 구조대원이 사망하는 경우가 발생하고 급류에 관한 지식부족으로 급류구조에서 많은 어려움을 갖고 있습니다. 선진국에서는 일찍부터 이런 급류구조 훈련 과정이 있어 구조대원뿐만 아니라 일반인들도 급류에 관하여 많이 지식을 가지고 있다.

가. 급류구조 위험사항

급류에서는 눈으로 확인되는 위험한 사항뿐 아니라 확인되지 않는 위험한 요소들이 구조대원이 요구조자를 구조하는데 어려움이 있다.

- 돌과 흙탕물이 같이 쓸려 내려오는 급류구조는 절대 뛰어들지 않는다. 이런 부유물로 인한 2차 사고가 발생할 수 있다.
- 수중보에서 와류로 인해 구조대원이 말려들어갈 수 있다.
- 급류로 인하여 확보자가 같이 딸려 들어갈 수 있다.
- 수중에서는 공기보다 25배의 열전도율이 발생한다. 이로 인해 저체온증에 걸릴 수 있다.
- 흐린 시야로 인하여 수중에 있는 바위틈이나 나무 등 발에 걸릴 수 있다.

나. 급류에서 효과적인 구조방법

- 손으로 직접 다울 수 있는 구조
- 드로우백 구조
- 급류구조보드를 이용한 구조
- 급류를 건너는 구조
- 보트를 저어서 가는 구조
- 직접 뛰어들어서 구조

○ 헬기구조

※ 급류구조 시 개인보호장비 없이 3미터 이상 거리를 가지 않는다.

2. 급류구조 방법

가. 직접구조

1) 보트의 노 또는 붕을 이용한 직접 구조

- 첫 번째 구조대원은 요구조자가 있는 방향을 향해 직진상태로 유지
- 두세 번째 이동시 얼굴을 돌려“두세 번째 대원에게 이상여부”확인 후 이동
- 노 또는 붕 등은 수심측정과 구조대원을 지지하는 역할
- 두세 번째 대원은 앞대원의 어깨와 허리부근을 잡고 균형을 잡는다.

[그림 6-98] 보트의 노 또는 붕 등을 활용

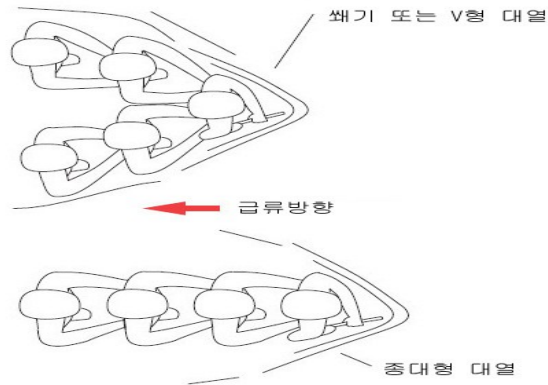


2) V자 대형 및 일직선 대형을 이용한 직접 구조

- 진입시 수심이 구조대원의 무릎보다 깊으면 진입을 중단하고 다른 방법을 강구
- 대형은 최초 했던 대형 그대로 유지하고 이동 간 대형을 바꾸지 않는다.
- 발은 단단한 곳을 지지하며 이동한다.
- 절대 서두르지 않는다.

[그림 6-99] V자 대형 및 일직선(종) 대형

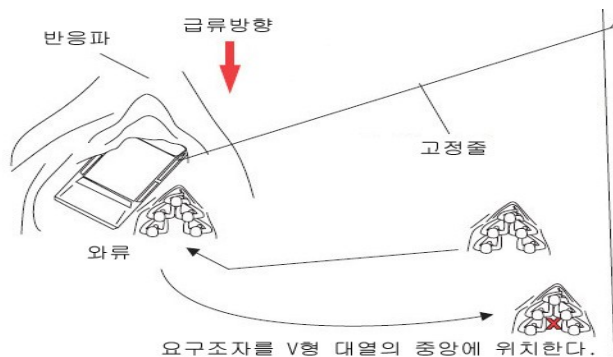
수난구조



3) 차량에 있는 요구조자 직접 구조

- 진입대원을 제외한 진입대원은 상류 쪽에 부유물 등을 지속적으로 확인한다.
- 진입실패에 따른 하류 쪽에 드로우백을 던질 수 있는 구조대원을 예비로 확보한다.
- 가능하면 차량의 안전확보를 위해 도착과 동시에 로프로 안정화 작업을 한다.
- 요구조자는 개인보호장비, 헬멧 등을 반드시 착용시킨다.
- 안전확보로프를 잡고 이동시 2차 사고가 발생할 수 있다.
(차량이 이동할 수 있기 때문)
- 처음 왔던 대형을 유지하면서 그대로 탈출한다.

[그림 6-100] 급류에서 차량구조



나. 장비를 활용한 구조

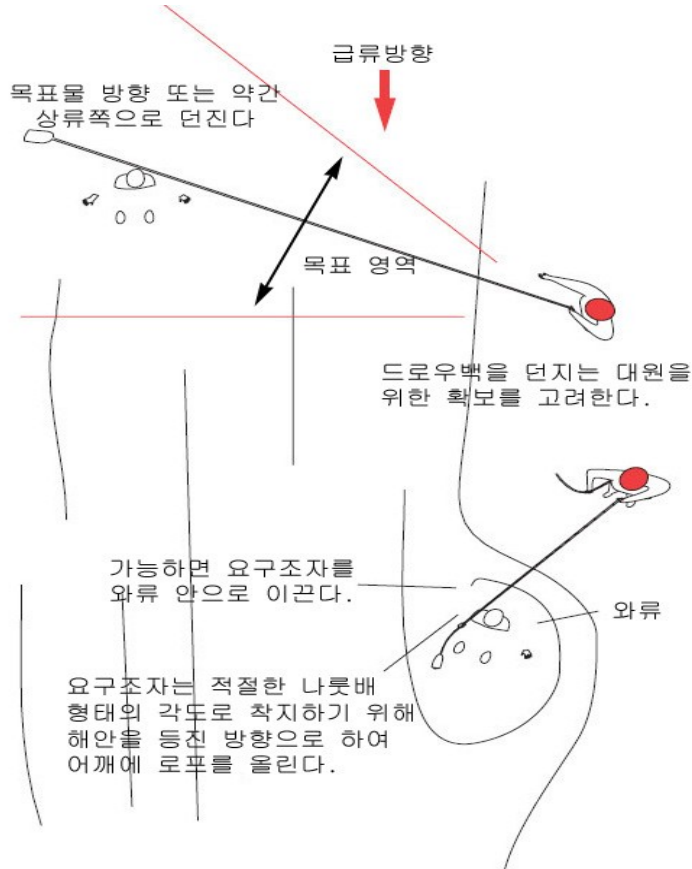
1) 드로우 백

[그림 6-101] 드로우 백



- 드로우 백을 던질 수 있는 최적의 장소를 선정한다.
- 구조대원은 요구조자의 시선을 놓쳐서는 안된다.
- 드로우 백을 던질 때 요구조자의 머리를 충분히 넘길 수 있도록 방향과 길이를 생각한다. (실패할 수 있으므로 구조대원 2~3명이 하류 쪽에 드로우백을 던질 수 있게 예비로 투입해 둔다.)
- 목표지점에 왔으면 드로우 백을 밑에서 위로 힘차게 던진다.
- 요구조자가 로프를 붙잡았으면 조심스럽게 당겨 안전한 지역으로 이동시킨 후 당긴다.
- 무릎이상의 수심에서 던지지 않도록 하며, 요구조자에게 시선을 고정해야 한다. (언제 어느 순간에 없어질 수 있음)

수난구조

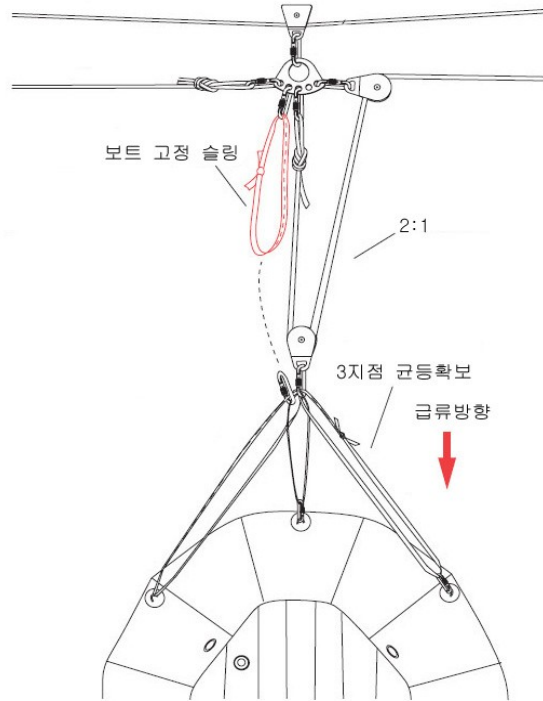


2) 고무보트

- 수평·수직 구조시스템 응용(내용 참고)
- 2:1 시스템으로 유속이 강할 경우 당기는 대원들의 수를 보강한다.
- 보트고정슬링은 보트와 요구조자가 근접했을 때 보트와 분리해서 접근, 구조 후에는 다시 결착한다.

※ 급류구조 때 FRP보트를 사용하거나 모터를 이용해 구조하는 방법은 모터의 고장이나 수중의 장애물에 의해 전복 또는 파손될 수 있기 때문에 고무보트를 이용해야 한다.

[그림 6-103] 보트 기본 확보(2:1)



수중 환경이란 잠수자에게 영향을 주는 수중세계의 모든 물체와 생물을 포함한다. 이장의 목적은 우리에게 영향을 주는 수중세계의 물리적, 생리적 특성을 이해하고 더 많은 지식을 쌓도록 하는데 있다. 구조대원으로서 우리들은 수중세계에서 어떻게 하면 수중생물과 자신을 보호할 수 있는지 잘 알아야만 한다.

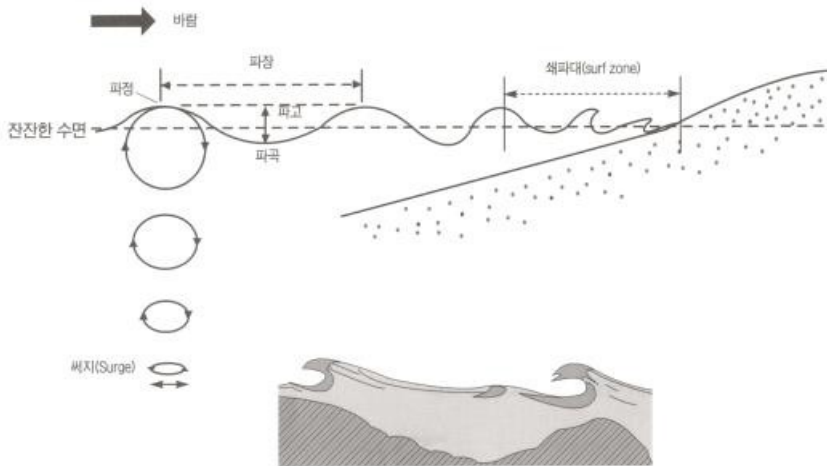
1. 파도(Wave)

파도는 물 입자가 상하운동을 하며 에너지를 전달하는 형태로서 보통 바람에 의해 수면에 생기며 바람 방향과 일치한다. 또 이차적으로는 지각운동이나 태양과 달의 중력 변화에 의해서 생기기도 한다. 파도의 크기는 파장, 파고 주기 등에 의해 측정된다. 파고(wave height)는 파도의 가장 높은 부분인 마루에서 가장 낮은 부분인 골과의 수직 거리를 말한다. 파장(wave length)은 마루와 마루 사이 또는 골과 골 사이의 수평거리로 측정되며 주기(period)는 한 고점을 지나치는 골과 골 또는 마루와 마루의 시간 차이를 말한다. 파도가 지나간다고 하지만 쇄파현상이 일어나지 않는 한 실제로 물의 이동은 거의 없다. 물 입자들은 단지 파도의 진행방향으로 원형의 궤도를 회전하는 원운동을 하며 에너지를 전달한다. 수면의 입자는 파고와 거의 같은 높이로 원운동을 한다. 수면 아래에서 물의 원운동은 계속 작아져 수심이 파장의 1/2 정도가 되면 물 입자의 원운동은 거의 없어진다. 예를 들어 50피트의 파장을 가지고 있는 파도라면 25피트 이하로 내려가면 이 파도의 영향력은 거의 없어지게 된다.

파도는 새롭게 형성된 바람의 영향아래 더 커지게 된다. 해수면의 기압변화와 공기의 마찰에 의한 지체는 수면에 연흔을 만들게 되고 이 연흔은 바람의 속도, 지속성, 취송거리(fetch)와 함께 파도를 더 크게 만든다. 취송거리(fetch)란 바람이 부는 거리를 말하며 에너지는 공기에서 물로 직접 전달된다. 이렇게 바람에 의해 밀리는 파도는 바람이 작아지거나 바닥의 경사도가 급해져 백파를 형성하기 전까지 성장을 계속한다. 바람이 지속적으로 불게 되면 파도는 바람의 속도에 따라 꾸준히 진행될 때까지 파고와 주기가 증가하게 된다. 이런 안정적인 상태를 SEA라 하며 이것은 바람이 지속적으로 부는 한 안정적인 상태를 유지하게 된다. 바람의 속도가 감소하거나 파도가 취송거리를 벗어나면 파고는 감소하게 되며 마루부분은 둥글게 변하며, 파장은 짧아지게 된다. 이런 파도를 너울(swell)이라 하며 일정한 파고, 주기, 파장을 가진다. 이 상황에서 파도는 에너지가 유지되는 동안 수천 마일을 이동하게 된다. 드물게 매우 크고 파괴적인 파장이 바다 속의 지진에 의해 생성될 수 있는

데 이런 것을 해일(tidal waves) 또는 쓰나미(Tsunami)라 부른다. 그러나 실제로 이것은 조석과는 아무 상관이 없으며 단순히 지진파(seismic waves)라 불린다. 이 거대한 파도는 매우 빠른 속도로 움직이며 매우 큰 높이까지 상승하게 된다. 이 때문에 만약 수마일 밖에서 지진이 일어난 경우라도 이런 곳에서의 다이빙은 피해야만 한다. 지진파는 라디오나 TV를 통해 예측할 수 있다.

[그림 6-104] 파도의 모양

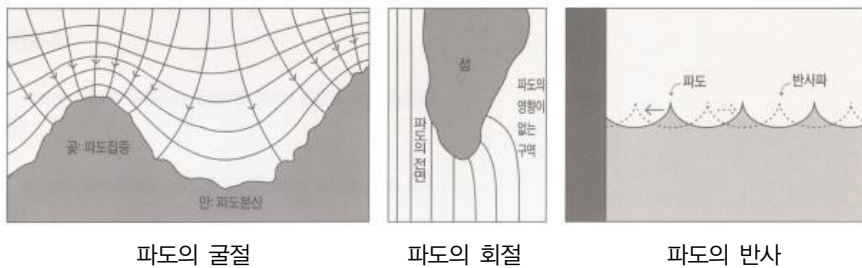


가. 얕은 수심에서 파도(Waves in Shallow Water)의 특성

파도가 파장의 반보다 얕은 물로 이동하게 되면 물 속에서 물 분자의 원운동은 방해 받게 된다. 그래서 바닥에서는 물 분자가 앞뒤로 움직이는 써지(surge)로 변하게 된다. 써지는 수심이 낮고 파도가 크며 파장이 길 때 가장 커지게 된다. 다이빙 시에는 써지에 의해 몸이 앞뒤로 움직이게 된다. 큰 써지가 있는 경우에는 매우 위험할 수 있으므로 다이빙을 피하도록 한다. 일반적인 써지의 경우에는 직접 부딪쳐 에너지를 소모하지 말고 써지를 타고 유명 하도록 한다. 약간의 써지가 있는 경우에는 그 써지가 지나가는 동안 물속의 구조물을 잡고 있음으로써 자신을 보호하도록 한다. 일반적으로 해안으로 향하는 물의 운동은 해안에서 떨어진 지역에서보다는 더 크므로 다이빙을 끝내고 출수 시에는 이런 영향력을 이용하도록 한다. 간단히 말해 물의 흐름이 외해를 향할 때는 몸을 고정시키고 물의 흐름이 해안을 향하는 경우 그 물의 흐름을 타고 전진하도록 한다. 해안에 접근하거나 얕은 수심을 가로질러 가는 파도는 반사, 굴절 및 분산을 하게 된다. 이 파도가 방파제 혹은 수직 절벽을 만나 부딪치는 경우에는 약간의 에너지를 잃고 반사되게 된다. 이렇게 반사되어지는 파도에 의해 생성된 쇄파는 잠수자를

힘들게 할 수 있으므로 반사되는 파도가 있는 지역에서의 다이빙은 피하도록 한다. 파도가 장애물과 만나게 되면 파도의 움직임은 장애물 주위로 분산되게 된다. 파도가 장애물을 통과할 때는 장애물과의 마찰에 의해 에너지가 옆쪽으로 전달되게 된다. 파도가 해안에 접근하게 되면 바닥의 저항에 의해 속도가 느려지게 된다. 파도는 수심의 차이에 따라 부분부분이 따로 이동하게 되며 파도의 마루와 방향은 바닥의 굴곡과 평행을 이룰 때 까지 구부러지게 된다. 따라서 파도는 해안에 평행하게 되며 육지 쪽으로는 집중되고, 만이나 후미진 곳에서는 분산하게 된다. 그래서 파도의 움직임이 클 때 울퉁불퉁한 노출부에서의 입 출수는 바람직하지 못하다.

[그림 6-105] 파도의 특성



파도의 굴절

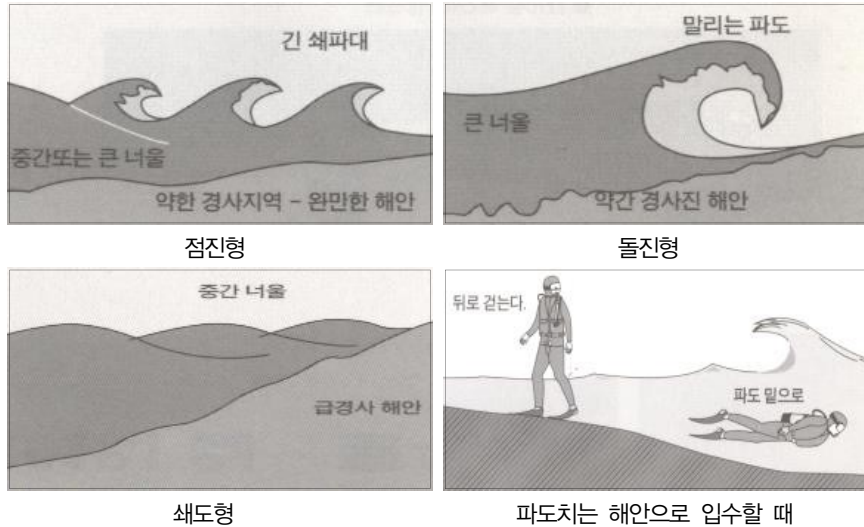
파도의 회절

파도의 반사

2. 쇄파(surf)

파도가 얇은 물 쪽으로 이동하게 되면 가장 낮은 부분은 속도가 느려지게 되고 윗부분은 바닥부분에 비해 속도가 빨라서 결과적으로 불안정한 상태가 된다. 수심이 거의 파장의 두 배가 되면 골은 높고 뾰족해지며 파도의 속도와 파장은 감소하게 된다. 최종적으로 수심이 파장의 1.3배 정도 되면 파장의 가장 뾰족한 부분은 60도 이상의 각도로 앞으로 향하게 되며 이렇게 불안정한 상태에서 파도는 전면에서 부서지게 된다. 이 시점에서 물은 실제로 파도를 따라 움직이게 된다. 이렇게 깨어진 파도를 쇄파(SURFS)라 부르고 에너지의 전달로 물에 거친 움직임을 일으켜 백파를 일으키게 되는데 이 지역을 쇄파지역(surf zone)이라 한다.

[그림 6-106] 쇄파



이런 쇄파는 물속에 포함된 공기거품에 의해 형성되며 밀도가 낮기 때문에 결과적으로 부력이 작아진다. 깨어진 파도는 해안을 덮치거나 부딪치기 전까지 육지 쪽으로 계속 이동하게 되고 최고조에 이르게 되면 에너지가 소멸하게 된다. 이렇게 육지로 올라온 물은 다시 바다 쪽으로 빠져나가게 되며(backrush) 약 3피트 수심까지 영향을 미치게 된다. 그러나 역류와는 다른 부류이다. 수영객을 바다로 끌고 들어간다는 역류 또는 바다로 향하는 조류는 존재하지 않는 미신일 뿐이다.

그러나 경사가 큰 곳에서의 백 러쉬는 강할 수 있으므로 이 경우에는 넘어지는 것을 방지하기 위해 기어 나오도록 한다. 만약 해변 앞에 모래톱이나 리프가 있어서 이곳을 넘어온 깨어진 파도가 다시 깊은 물속으로 들어가게 되면 파도는 다시 원운동을 하게 된다. 이 파도는 처음 것보다는 크기가 작으며 마찬가지로 파고의 1.3배가되는 수심에서 다시 깨어지게 된다. 따라서 잠수자는 쇄파를 보고 모래톱이나 리프의 위치를 확인할 수 있다. 부서지는 파도의 주요특징으로는 그 다양한 높이에 있다. 일반적으로 부서지는 파도는 큰 파도군이 지나간 후 작은 파도가 접근하게 되며 각각으로 보면 앞보다는 뒤에 따라오는 것들이 크기가 더 크다. 이것은 두개의 다른 출처로부터 두개의 너울이 겹치면서 생기게 된다. 두개의 파도의 마루가 부딪치게 되면 그 힘이 강화되어 각각의 너울보다 높이가 높아지게 된다. 만약 한 파도의 마루와 또 다른 파도의 골이 일치하게 되면 파도의 영향은 더 작아지게 된다. 이렇게 부서지는 파도를 공부함으로써 쇄파의 파괴력, 빈도수와 최소 파장시간에서의 입 출수 시점을 결정할 수 있다.

6

가. 쇄파의 형태(Types of Surfs)

수난구조

해변의 경사도는 쇄파 지역의 폭과 쇄파의 영향력에 상당한 영향을 미치게 된다. 일반적으로 해변의 경사가 낮고 쇄파의 힘이 크지 않은 경우에는 약한 쇄파(Spilling breaker)가 형성되게 된다. 이 쇄파는 해변으로 부터 먼 거리에서 형성되어 긴 쇄파 지역을 만들면서 계속적으로 해변으로 에너지를 전달하게 되며 퇴적물을 뒤집어서 물을 흐리게 만든다. 강한 쇄파(plunging breakers)는 에너지가 갑자기 사라지는 것으로 약간의 경사도를 가진 해변에 큰 스웰이 접근함으로써 형성된다. 이 스웰이 해변으로 접근하게 되면 파도는 빠르게 급격해지고 갑작스럽게 부서지게 된다. 이 형태의 부서짐은 상당한 파괴력을 가지고 있으며 매우 위험하다. 약 3피트 이상의 쇄파는 서 있는 잠수자를 쉽게 넘어뜨릴 수 있다. 강한 쇄파의 끝부분은 크게 구부러져서 관의 형태나 공기 주머니의 형태를 형성한다. 강한 쇄파는 매우 좁은 지역으로 에너지가 전달되기 때문에 시야는 좋은 편이다. 총돌 쇄파(Collapsing breakers)는 매우 급격한 경사를 가진 해안에서 중간정도의 쇄파가 밀려드는 경우에 형성된다. 이 파도의 반 정도 높이에서 부서지게 되면 약간의 물보라와 거품이 생기게 된다. 그래서 이 쇄파는 별 영향 없이 부서지게 된다. 매우 급격한 경사면에 작은 스웰이 접근하게 되면 승강쇄파(surging breakers)가 만들어진다. 이 쇄파는 거의 거품을 일으키지 않고 상하로 움직이게 된다.

나. 해변에서의 쇄파의 영향(Effects of Surf on Beachs)

일반적으로 겨울에는 여름보다 파도가 더 조밀하게 부서진다. 따라서 해안 더 가까이에서 부서지게 되며 모래를 외해로 운반하는 역할을 해 해변과 쇄파지역의 바위를 노출시키게 된다. 쇄파의 주기가 길어지는 여름이 되면 파도는 모래를 다시 해변으로 옮겨 바위지역을 덮게 된다. 쇄파 지역을 통과할 때는 파도의 형태와 쇄파의 부서짐 등을 관찰한 후 안전성 여부를 결정해야 한다. 일반적인 경사면의 해안에서는 완전하게 장비를 갖춘 후 밀려오는 파도를 관찰하며 쇄파를 향해 옆 또는 뒤로 서 있는 다. 쇄파 지역에서 서 있을 경우에는 균형을 잡기 위해 무릎을 구부린다. 이때는 발을 넓게 서고 무게 중심을 낮추도록 한다. 만약 쓰러졌을 경우에는 다시 서기 위해 노력하지 말고 수평 자세를 유지한 채 유명 하도록 한다. 그 다음 빨리 깊은 물 쪽으로 헤엄쳐 가 물 속으로 입수하도록 한다. 만약 부이를 사용하게 되면 부이가 쇄파 지역으로 끌고 가게 된다. 급격한 경사면에 강한 파도가 밀려올 때는 전장비를 착용한 잠수자라도 위험에 빠질 수 있다. 그 이유는 쇄파 지역의 넓이는 불과 몇 피트 정도이지만 파도가 강하게 해변으로 직접 밀려들게 되기 때문이다. 강한 쇄파가 있는 지역에서는 잘 못 서있게 되면 넘어질 수도 있고 직접적으로 잠수자를 때릴 수도 있다. 만약 상태가 나쁘면 다른 장소를 찾는 것이 더 안전하고 상태가 좋다면 다음의 과정을 따르도록 한다.



- 부력조절기를 부풀려 약간의 양성부력을 띄도록 한다.
- 전 장비를 다 착용하도록 한다.
- 물의 상태를 잘 살핀 후 파도가 가장 작게 칠 때 입수하도록 한다.
- 물 속에 들어간 후에는 가능한 한 빨리 다음 쇠파가 몰려오기 전에 쇠파지역을 벗어나도록 하는데 이것은 고급기술의 하나이다.

얇은 바위나 산호초를 통과해 쇠파지역에서 입수할 경우에는 위험이 뒤따르게 되므로 상해로부터 보호할 수 있는 특별한 교육을 받아야 한다. 이런 입수 방법들은 적절한 교육을 받은 경험 있는 잠수자의 감독 하에 완전하게 익히기 전까지는 실시하지 않도록 한다. 쇠파지역에서 출수 시에는 일단 쇠파지역의 외곽에서 멈춘 후 쇠파의 상태를 살피도록 한다. 또한 시기를 잘 선택해 파도군 중 가장 마지막의 큰 파도를 타고 나오도록 한다. 쇠파 지역에서는 갑자기 파도가 칠 수 있으므로 손으로 마스크를 잡도록 한다.

약한 쇠파를 타고 출수할 때는 일단 허리부분 깊이까지 헤엄쳐 나온 후 해변을 등지고 서서 다가오는 파도를 관찰하며 무릎을 구부린 상태에서 해변으로 나온다. 이때 가슴깊이보다 높은 파도가 칠 때는 몸을 물속에 잠기도록 한다. 강한 쇠파를 통해 출수 시에는 먼저 쇠파의 주기를 확인한 후 해변으로 향하는 쇠파를 타고 출수하도록 한다. 이때 파도 속에 잠기거나 머리 위에 떨어지는 쇠파를 주의하도록 한다. 다음 파도가 오기 전에 쇠파 지역을 빠르게 수영해서 빠져 나오기는 매우 힘들다. 따라서 수평자세를 유지하고 물 밖으로 기어 나오도록 한다. 쇠파 지역에서 출수 시에는 물 밖으로 완전히 나오기 전까지는 장비를 벗지 않도록 한다. 또 출수 시에는 파도와 자신 사이에 떠있는 부표 등은 피해야 하는데 이것은 부표가 물 쪽으로 밀거나 잠수자를 덮칠 수 있기 때문이다.

6

3. 조석 (Tides)

[그림 6-107] 태양, 달, 지구가 일직선상에 위치하면 대조(사리)가 된다.

수난구조



[그림 6-108] 태양, 달, 지구가 직각을 이루면 소조(조금)가 된다.



조석이란 일차적으로 달의 중력과 이차적으로는 지구와 태양의 중력 작용에 의한 물의 주기적인 상하운동을 말한다. 달은 지구와 가깝기 때문에 조석에 미치는 영향이 태양의 거의 두 배가 된다. 해안에서 조석은 주기적이며 리듬있게 움직이며 지구 원주의 반 정도 되는 긴 주기의 파장을 가지고 있다.

지구와 달 사이의 중력 작용은 달과 가장 가까운 지구의 반구에 조석현상을 일으킨다. 달의 반대편 반구에서는 반대방향으로 조석현상이 일어난다. 결과적으로 지구의 양쪽에서 두개의 조석현상이 일어나는 것이다. 이러한 현상은 축을 중심으로 한 지구의 회전과 같이 상대적으로 안정적이다. 대개의 지역에서는 하루에 두 번의 조석현상이 일어난다. 그러나 지구가 기울어 있기 때문에 상대적으로 달의 위치가 달라져 많은 지역에서 다른 양상의 조석현상이 일어나게 된다. 태양 역시 조수에 작용하지만 그 영향력은 더 작다. 조석의 총 생

성력은 태양과 달의 힘을 합한 것이다. 태양에 의한 조석은 달에 의한 조석을 증가시키거나 감소시킨다. 이 때 두 가지 중요한 상황은 달, 지구, 태양이 일직선상에 놓이는 경우와 이 세 가지가 일직선상에 있지 않은 경우이다. 일직선상에 있을 경우는 상현과 하현 때로 달의 인력에 태양의 인력이 더해져 조석차가 가장 높은 사리(Spring tide)가 된다. 조금(Neap Tide)은 간만조가 낮은 때로 태양과 달, 지구가 일직선상에 놓여있지 않을 때 일어난다.

조석범위는 달이 지구에 근접한 경우에 더 큰 영향을 받는다. 즉 달이 지구 궤도에 가깝게 접근하면(근지점 : Perigee) 조수가 높아지고, 멀리 떨어지면(Apoge : 원지점) 조수가 낮아진다. 따라서 근지점 때 사리가 발생하면 그 해에 가장 높은 대사리가 생기며, 원지점 때 조금이 발생하면 그 해에 가장 작은 조금이 발생한다. 수괴는 규모에 따라 자연스런 진동(앞뒤로 움직이는 것)을 하게 된다. 지구 내에서 물의 진동은 하나가 아니라 여러 개의 진동이 모여있는 것이다. 조석을 만드는 힘 정도에 따라 조석의 형태가 결정된다.

조석은 다음의 세가지로 분류할 수 있다.

- 전일주조(Diurnal) : 24시간 50분마다 만조와 간조가 한 번씩 일어나는 것.
- 반일주조(Semidiurnal) : 24시간 50분 동안 두 번의 만조와 간조가 일어나는 것. (조석변화는 거의 6시간에 한 번씩 일어난다.)
- 혼합형(Mixed) : 전일주조와 반일주조가 혼합된 형태로 조석의 높이가 일정하지 않다.

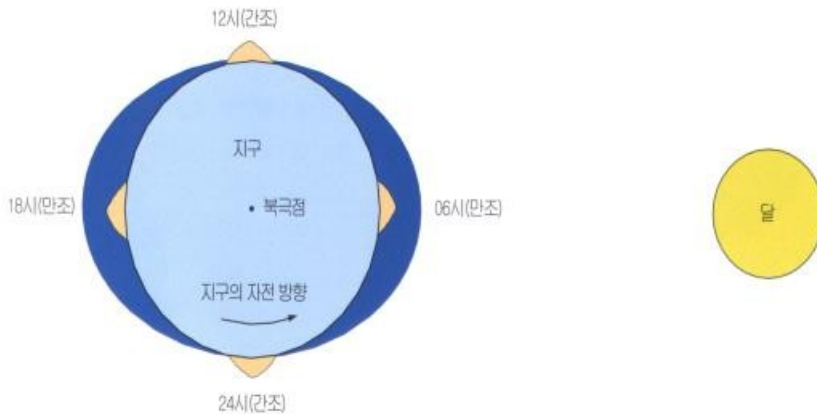
조석의 높이는 해안선의 형태와 달과 년의 시간, 바람의 상태등과 같은 여러가지 요인에 의해 다양하게 나타난다. 대양에서 조수의 높이는 보통 2-5피트 사이지만 항구나 만에서는 간 만조 시에 매우 강한 조류가 흐르기 때문에 그 높이가 매우 높다.(약 40피트 이상)

더 나아가 단지 수 백 마일 정도 떨어진 두 지역에서의 조석의 높이가 30피트 이상 차이가 날 수도 있다. 조류는 주기적이며 조석과 관련된 수평적인 물의 움직임으로 조석의 변화에 따라 방향도 바뀌게 된다. 해안 쪽으로 향하거나 또는 상승하는 조류를 밀물(Flood Tide)이라 하며, 바다 쪽으로 향하거나 하강하는 조류를 썰물(Ebb Tide)이라 한다. 조류는 매우 강한 흐름으로 특히 좁은 지역을 통과할 때 더욱 세진다. 특히 좁은 수로에 많은 양의 물이 한꺼번에 집중되면 조류는 더욱 세진다. 대양에서 조류는 조석주기에 따라 방향이 바뀌면서 유동 없이 계속적으로 흐른다. 조류가 바뀔 때는 물이 거의 흐르지 않거나 멈추는데 이 때를 정조(Slack Water)라 한다. 물이 각 방향으로 흐르게 될 때 그 속도는 정조시 거의 움직이지 않는 때부터 중간의 최고조에 이르기까지 다양하다. 다이빙 시에는 그 지역에서의 조석표를 참고하여 정조시간을 결정해 더 안전한 다이빙 상황을 만들도록 한다. 이런 조석표나 다른 특별한 정보들은 관련 잡지나 신문 등에서 얻을 수 있다. 조석표는 매일의 조류를 예측해서 1년분이 게재된다. 어떤 운하나 해협에서는 편하게 다이빙할 수 있는 정조시간이 15분에서 20분 사이로 제한적일 수 있다. 따라서 이런 지역에서 다이빙 할 때

는 특히 주의하도록 하며 미리 충분한 계획을 세우도록 해야 한다. 또 강한 조류에 맞서 수영하려하지 않는다. 만약 조류를 만나게 되면 부력조절기를 부풀리고 해안을 향해 조류와 직각방향으로 헤엄치던지, 보트에 신호를 보내고 구조될 때 까지 기다리도록 한다.

수난구조

[그림 6-109] 지구가 자전하면서 만조와 간조가 반복되는 과정



4. 부진동 (Seiches)

호수나 만과 같이 수표면이 넓고 부분적으로 막힌 지형에서는 여러 요인에 의해 파도가 양끝 쪽으로 주기적으로 움직이게 된다. 이런 파도의 움직임을 부진동 이라 하고 분지의 깊이와 크기에 따라 주기가 달라지게 된다. 그러나 많은 사람들은 이런 부진동의 파장과 파고가 매우 낮기 때문에 별로 인식하지 못한다. 큰 호수등지에서 이런 부진동은 지표면의 기압차에 의해서도 생기지만 대개는 바람에 의해 형성되게 된다. 예를 들어 강한 바람이 몇 시간 동안 호수의 축을 따라 불게 되면 호수 끝 쪽으로 물이 거의 10피트 이상의 높이로 모이게 되지만 반대편은 그만큼 수위가 낮아지게 된다. 이 진동은 거의 12-14시간 정도의 주기를 가진다. 부진동은 해양 쪽으로 열린 만의 입구에서 거의 항상 긴 주기의 파도로부터 생기게 된다. 이것은 처음 파도가 만 내부로 유입되게 되면 항구 혹은 만 내부로 지속적인 진동을 하게 된다. 부진동은 다이빙 시 시야를 흐리게 하고 입 출수 지점의 수심을 급격하게 변화시킨다.

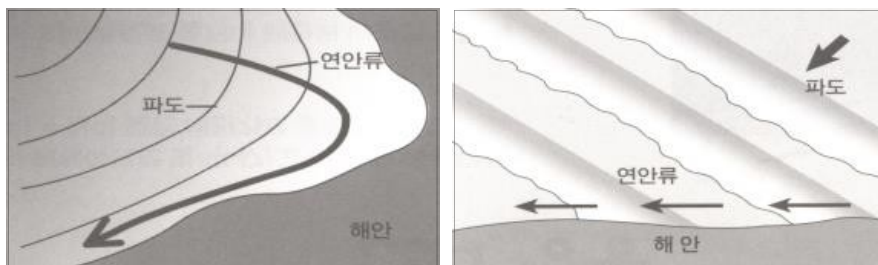
5. 해류 (Currents)

가. 연안류 (Longshore Currents)

파도는 해안으로 접근하게 되면 각 때문에 해안과 평행하게 흐르게 된다. 이런 해류를 연안류라 하며 쇄파의 크기가 큰 경우에는 거슬러 헤엄칠 수 있는 것보다 더 큰 속도를 가지게 된다. 이런 해류의 속도는 대개 1노트 이하이지만 파고나 해안과 파도와의 각도, 해안의 경사도에 따라 속도가 증가하기도 한다. 연안류의 강도는 쇄파 지역의 안쪽에서 가장 강하고 사람을 해안으로 부터 멀리 이동시킬 수도 있다. 연안류는 잠수자를 해안에서 멀리 떨어뜨릴 수 있고 결과적으로 잘못된 곳에서 출수하게 만들 수 있다. 또한 바닥의 구성물을 옮겨와 해안의 시야를 흐리게 하는 원인이 되기도 한다. 해안에서 어떤 물건을 떨어뜨리게 되면 연안류의 방향으로 움직이게 된다. 또 강한 연안류는 특히 경사가 심한 해안에서 협곡이나 해구를 만들기도 한다.

계속되는 해안의 경사면을 걸을 때는 예기치 않게 머리위로 물이 덮치는 경우가 생길 수 있다. 따라서 물에 입수하기 전에 연안류의 유무를 확인하고 대처방안을 세워야 한다. 연안류는 이 해류를 따라 움직이는 떠있는 나무나 새, 물체의 움직임을 보고 확인할 수도 있다. 만약 쇄파가 강하여 강한 연안류가 존재한다면 다이빙을 하지 않는 것이 좋다.

[그림 6-110] 연안류

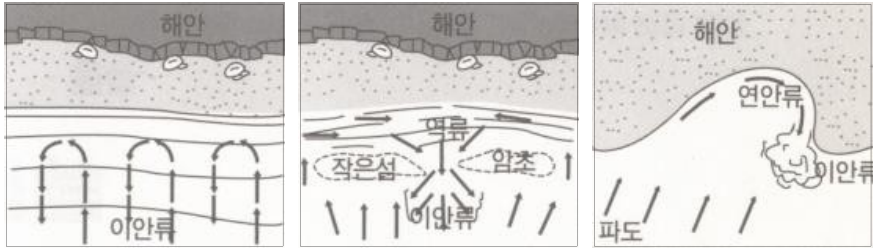


나. 역류 (Rip currents)

역류는 물의 수위가 낮아지면서 형성된다. 커다란 파도가 해안에 접근하게 되면 물의 너울은 해안의 경사면 위로 올라가게 된다. 이것이 평균적인 높이보다 높게 되면 이 물은 수위를 맞추기 위해 가라앉게 된다. 만약 이렇게 수위를 낮추려는 일이 대양의 깊은 바닥에서 일어난다면 이때 역류가 생성되게 된다. 역류가 흐르는 길이는 20야드에서 반 마일 또는 그 이상 까지 다양하다. 이것은 해변에서 수영하는 사람을 위험에 빠

뜨릴 수 있고 또한 갑작스럽게 만난 경우 잠수자에게도 위험이 될 수 있다. 역류의 강도는 파도가 잔잔한 동안 가장 커지게 된다. 따라서 쇠파의 크기와 역류의 강도는 직접적인 관계가 있다. 큰 쇠파는 강한 역류와 같다고 보면 된다.

수난구조 [그림 6-111] 역류 (Rip currents)



1) 역류의 4가지 형태

○ 영구적

이것은 바위사이의 협곡이나 또는 지형적인 요인에 의해 생기는 것으로 거의 변화가 없다. 방파제나 부두, 송유관 또는 노출부와 같은 영구적인 구조물도 역류를 만들 수 있다.

○ 고정적

고정적인 역류는 두 번째로 긴 지속시간을 유지한다. 대양의 협곡 또는 해구에 의해 형성된 역류는 수 시간에서 몇 달까지 지속될 수 있다.

○ 순간적

이것은 어떤 장소에서 자연적으로 일시에 만들어지거나 짧은 주기를 가진 큰 쇠파에 의해 만들어진다. 따라서 갑자기 나타났다가 예고 없이 사라지게 된다.

○ 순회

순회하는 역류는 연안류에 의해 해안을 따라 이동하게 된다. 이 형태는 분산되기 전에 해안의 커다란 부분을 순회하게 된다.

2) 역류의 기본적인 부분

○ 입 부분(Mouth)

이것은 지류(feeder zone)로 알려진 해안과 가장 가까운 부분으로 연안류에 의



해 공급될 수 있으며 해변의 경사면으로 물을 올리게 된다.)

○ 목 부분(neck)

이것은 역류의 중간부분으로 가장 속도가 빠르다.

○ 머리 부분(head)

이것은 역류의 흐름이 외해로 향하며 에너지가 분산되는 곳이다.

역류는 해변 앞에 부채꼴모양으로 형성된 물이나, 해안에서 바다 쪽으로 흐르는 혼탁한 물의 줄기, 수면의 거품, 외해로 향하는 곳의 쇠파가 감소하는 것을 보고 알 수 있다. 따라서 파도가 많이 치고 바람이 많이 부는 날에는 역류를 구분하기가 어렵다. 약한 역류는 외해로 쉽게 빠져나갈 수 있도록 도와준다. 만약 역류를 확인하고 그곳을 통해 빠져나가고 싶다면 직접 역류를 따라 약 100피트(약30.48m) 정도 헤엄쳐 나가도록 한다. 만약 연안류가 존재한다면 역류의 옆으로 빠지는 것이 좋다. 역류의 속도는 종종 1노트(약1.852km/h) 보다 크므로 거슬러 헤엄치려 하지 않는다. 경험 많은 잠수자는 때때로 이 역류를 이용해 외해로 신속하게 빠져나간다. 이 때는 역류의 머리 부분을 타고 나와 옆쪽으로 빠져 나간다. 만약 이런 상황을 경험해보지 않았다면 피하는 것이 좋다.

다. 바람에 의한 해류(Wind Currents)

대양에서의 조류는 바람이 물을 밀어냄으로써 생기게 되는데 수괴 내에서 일정한 물의 줄기가 밀려가는 것이다. 또한 매우 낮은 속도이기는 하지만 온도차에 의한 전도해류가 생기게 된다. 물을 가로질러 흐르는 바람의 영향 때문에 수면에서는 물이 움직이게 된다. 이런 영향력은 수면에서 수중으로 전달되게 되는데 깊이가 깊어지면서 그 영향력이 점점 감소하게 된다. 바람에 의해 생성된 조류는 지구의 회전이나 또는 코리올리의 힘(Coriolis force)에 의해 바람방향으로 흐르지 않는다. 이 코리올리 힘에 의한 방향편차는 북반구에서는 오른쪽으로 남반구에서는 왼쪽으로 돌게 된다. 그래서 주요 대양에서의 해류는 적도위쪽에서는 시계방향으로, 적도 아래쪽에서는 시계 반대방향으로 흐르게 된다. 코리올리의 힘은 고위도 지방에서 더 커지고 수심이 깊어질수록 영향력이 더 커진다. 조류의 방향은 약 15도 정도부터 깊은 바다의 45도 까지 다양하다. 바람에 의해 생성된 조류의 속도는 바람의 속도 및 일정량, 바람이 분 시간 및 여러 요인에 좌우된다. 만약 같은 방향으로 바람이 12시간 이상 불었다면 수면 조류의 속도는 바람 속도의 거의 2% 정도가 된다. 조류의 셋(Set)과 드리프트(Drift)는 각각 조류의 방향과 속도를 나타내는 말이다. 조류의 세기는 다음과 같은 요소에 영향을 받는다.

6

수난구조

1) 수심

바람에 의해 생성된 조류는 수심이 깊어질수록 속도가 감소한다.

2) 바닥의 구성물

바닥의 구성물은 물의 운동을 방해한다. 따라서 조류는 일반적으로 바닥에서 약해진다.

3) 수온

물은 수심이 깊어질수록 차가워진다. 온도가 감소하게 되면 물의 밀도 또는 무게는 증가하게 되고 무거운 물은 조류의 속도를 감소시킨다.

만약 예기치 않은 상황으로 출수지점에 하향조류가 있다면 다음 지침을 따르도록 한다.

- 만약 공기가 충분하다면 바닥의 상향조류가 있는 곳으로 간다. 양손을 번갈아 사용하도록 하고, 조류가 없어지는 지점까지 상승하도록 한다.
- 사전에 출수지점을 정했다면 다른 출수지점을 선택하도록 한다.
- 양성부력을 확보한 후 도움을 청하는 신호를 보내고 구조를 기다린다. 유용한 도구로는 호루라기나 마스크의 앞 유리를 이용한 반사경 또는 다이브 소시지 등이 있다. 머리위로 양손을 흔드는 것 또한 구조신호로 사용된다.

다음은 조류가 예상되거나 조류가 있는 곳에서의 다이빙 시 취해야 할 행동이다.

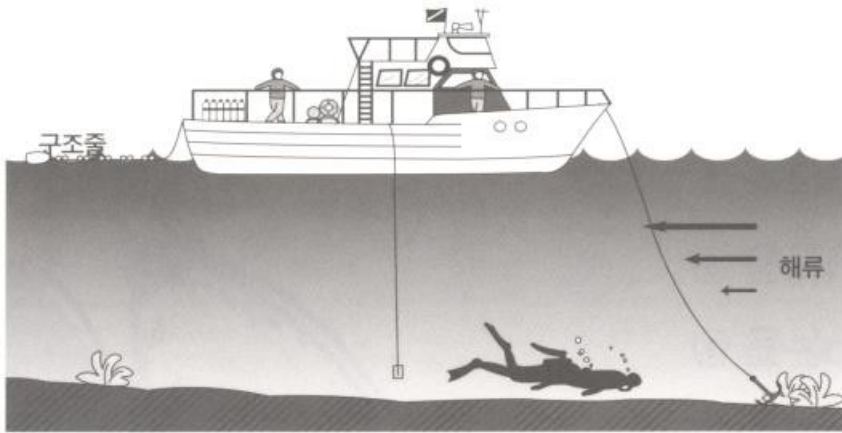
- 항상 조류를 거슬러 다이빙을 시작하고, 표류다이빙을 위한 교육과 준비, 장비가 갖추어져 있지 않으면 실시하지 않는다. 일단 바닥에 붙어서 움직이도록 하고 불필요한 킥으로 피로나 지치지 않도록 주의한다.

되돌아 올 때는 최소한 공기가 반정도 이상은 남아있어야 하며 조류를 따라 되돌아오도록 한다.

- 하강 시에는 약간 무게가 있는 하강줄이나 앵커라인을 이용하도록 한다. 조류가 있는 상황에서 자유하강은 피하도록 한다.
- 잠수자가 보트로 귀환 시 도움을 주기 위해 보트에 최소 100피트(약 30.48m) 이상의 트레일 라인(Trail Line)을 설치하도록 한다.
- 조류에 떠밀리는 사람을 도와주기 위해 보트에는 항상 자격있는 사람이 대기하고 있어야 한다.

- 장비를 완전히 갖춘 잠수자의 최대유영속도는 1노트(약 1.852km/h) 정도임을 명심한다. 그러나 1노트(약 1.852km/h) 정도의 조류를 거슬러 유영하는 것은 잠수자를 금방 지치게 하므로 현명한 일이 아니다.

[그림 6-112] 해류가 있는 곳에서의 잠수



6. 강의 조류 (River Currents)

조류는 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어질 때처럼 중력에 의해서도 생기며 매우 강하고 위험할 수 있다. 퇴적물이나 다른 물질 또는 수면의 공기 거품들은 강의 시야를 거의 0으로 만들 수 있다. 강에서의 조류는 강의 중간부분 및 수면, 구부러지는 곳의 끝부분에서 가장 강하다.

이런 조류의 흐름은 깊이와 강가 쪽으로 갈수록 감소하게 된다. 다양한 바닥조건과 빠른 유속은 소용돌이, 폭포등과 같은 독특하고 위험한 물의 운동을 만들 수 있다. 따라서 이렇게 유속이 빠른 강에서의 다이빙 시에는 특별한 장비와 과정, 교육 등이 필요하다.

7. 수온변화 (Thermal Changes)

수온은 계절이나 수심, 바람의 변화나 기후조건에 따라 달라질 수 있다. 여기서는 담수와 해수의 일반적인 온도변화에 대해 기술한다. 해안에서 외해로 바람이 강하게 지속적으로 불거나 연안을 따라 바람이 불게 되면 수면의 따뜻한 물은 외해로 밀려나가게 되고 바닥으로

6

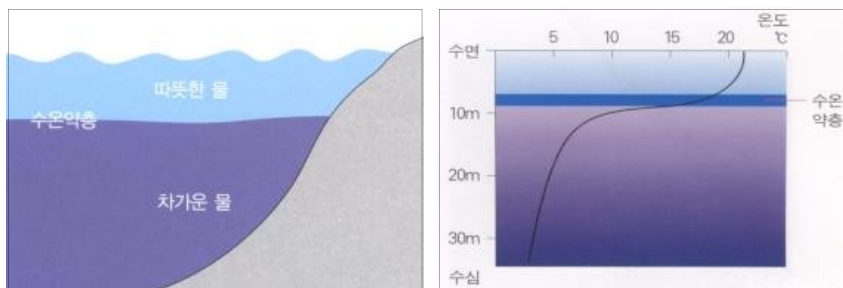
수난구조

부터 차갑고 영양분이 풍부한 물이 수면으로 상승하게 된다. 이렇게 차가운 물이 깊은 곳으로 부터 수면으로 수직으로 올라오는 것을 용승(Upwelling) 이라고 한다. 연안에 절벽지형을 가지고 계절적인 바람이 부는 곳에서는 이런 용승현상이 나타난다. 용승은 영양염류를 많이 함유한 차갑고 깨끗한 물이 밑바닥에서 올라오기 때문에 플랑크톤이 풍부해지게 된다. 이렇게 플랑크톤이 풍부해지면 시아가 흐려지므로 다이빙하려고 할 때는 어느 정도 플랑크톤이 없어진 후를 선택하도록 한다.

8. 온도 성층(Thermal Stratification)

여름에 호수등지의 수면은 태양에 의해 데워져 표층수(Epilimnion)라 불리는 따뜻한 물의 층을 형성하게 된다. 이 층의 아래쪽에는 차갑고 조밀한 물의 층인 저층수(Hypolimnion)가 남게 된다. 수면의 온도가 거의 70°F(약 21.11°C) 이상이라도 깊은 수심의 호수바닥의 온도는 거의 39.2°F(4°C) 정도를 유지한다. 이 두 층 사이에서 갑자기 온도가 변화하는 지점을 수온약층(Thermocline)이라 한다.

[그림 6-113] 수온약층



가을동안에 호수의 수면은 차가워지게 된다. 수온이 거의 43°F(약 6.11°C) 정도가 되고 수온약층이 없어질 정도로 바람이 불어 물의 순환이 원활하여 전체 수괴가 혼합 되는 것을 등온선(Isothermal : Fall Over)이라 한다. 이런 등온선은 수온이 거의 35.6°F(약 2°C) 정도가 되는 늦은 겨울까지 계속된다. 수면이 더 차가워져서 물의 온도가 거의 32°F(0°C)가 되면 수면에는 밀도가 낮은 물이 모이게 된다. 이렇게 가벼워진 물은 성층을 형성해 깊은 곳의 물과 섞이지 않게 되며 역수온약층(Reverse Thermocline)이 형성되게 된다. 봄의 태양빛에 의해 수면이 따뜻해지면 스프링 턴오버(Spring Turnover : 봄철 해빙기)가 시작 된다.



이것은 수면의 온도가 39.2°F(4°C)가 될 때까지 섞이게 되고 다시 밑바닥에는 밀도가 낮은 물이 모여 성층을 이루게 된다. 물은 액체상태 일 때보다 고체 상태인 얼음이 되면 밀도가 더 낮아진다. 얼음이 수면에 뜨는 것도 이 이유 때문이며 수중세계에서 생물들이 발전할 수 있게 하는 또 하나의 조건이 된다. 온도성층은 호수 등에서 물속의 산소량에 영향을 미쳐 물고기의 번식에 영향을 미친다. 또 온도는 플랑크톤의 증식에도 영향을 미쳐 시야에 영향을 주게 된다. 많은 호수에서 만약 바람이 불어 부유물을 일으키지만 않는다면 등온조건은 다이빙할 때 가장 좋은 시기를 제공한다.

염분약층(Halocline)은 염분도가 다른 두 물 사이의 수평 경계선을 말한다. 여러 상황에서 민물은 바다로 흘러들어 바닷물과 만나게 되고 두 물의 밀도 차에 의해 분리된 층으로 남아 있게 된다. 그러나 두 물의 경계면은 부딪쳐 곧 섞이게 된다. 이 경계층은 약 수 피트 정도이며 통과하는 동안 시야에 영향을 미치게 되고 방향감각의 상실을 일으킬 수 있다. 물론 이것이 물리적으로는 위험하지는 않지만 다이빙 시에 이런 염분약층을 만나면 피하도록 한다.

9. 바닥조건 (Bottom Condition)

다이빙할 곳의 바닥 구성물은 시야, 수중생물, 수중항행, 다이빙 계획, 필요한 장비의 선택 등에 영향을 미친다. 산호로 구성된 곳에서는 대개 좋은 시야, 따뜻한 수온, 풍부한 고기 등으로 즐거운 다이빙을 할 수 있다. 위험요소로는 산호에 긁히거나 생물들에게 쓰임 또는 물이 너무 맑아서 계획한 수심보다 더 깊이 들어갈 수 있다는 것 등이 있다. 그래서 항상 보호 슈트를 입도록 하고, 생물들과 접촉 하지 않도록 하며 자주 수심계를 확인하도록 한다.

임반 지역은 추운 지역에 많이 존재하고 산호지대에 비해 여러 가지 이점이 있다. 시야는 지역, 계절 등의 요인에 따라 다양하다. 위험요소로는 입출 수시 조류에 미끄러지거나, 조류, 쇠파, 수중 식물 등이 있다. 모래지역은 여러 곳에 존재하며 시야는 물의 운동량에 따라 다양하게 바뀐다. 이런 지역을 사막처럼 느끼는 잠수자도 있지만 많은 생물들에게는 이곳이 그들의 보금자리이다. 모래지역에서 다이빙할 때는 중성부력을 유지하도록 하고 침전물이 뜨는 것을 방지하기 위해 가능한 한 바닥근처에서는 Fin kick을 하지 않도록 한다.

침전물이 많은 지역을 지날 때는 게이지나 비상용호흡기가 끌리지 않도록 주의한다. 진흙지역은 고운 진흙에서 반유동 침전물까지 그 구성 성분이 다양하다. 이런 지역은 여러 곳에 존재하지만 대부분 강, 호수, 만 등에 존재한다. 해양생물들은 모래지역에서 발견되는 것과 비슷한 종류들이 발견된다. 진흙 침전물은 쉽게 부유하기 때문에 이런 곳은 대개 시야가 좋지않다. 진흙성분은 입 출수에 많은 영향을 끼친다. 진흙에 미끄러지거나 진흙 속으로 깊이 빠지지 않도록 주의한다.

10. 다이빙 활동 환경 (Environmental Diving Activities)

수난구조

잠수자들은 환경에 의해 만들어진 특별한 곳에서 다이빙을 할 수 있다. 즉 동굴, 해구, 블루 홀과 같이 자연적으로 만들어진 곳은 잠수자에게 호기심을 불러일으키며 흥미를 북돋워준다. 또한 사람들은 얼음 밑이나 높은 고도 위에 있는 호수, 대양의 100피트(30.48m)를 넘는 곳에서 다이빙을 하기도 한다. 이런 환경 하에서의 다이빙은 모두 다음과 같은 일반적인 공통점을 가지고 있다. 먼저 이런 활동에는 특별한 지식과 장비, 기술이 필요하다. 어떤 상황에서 다이빙하기 위해서는 특별한 교육이 필요한데 이것은 지금까지 일반적으로 알아왔던 다이빙 기술과 전혀 다를 수 있다. 이런 환경에서의 다이빙 시 위험성을 감소시킬 수 있는 특별한 기술들은 다음 장에서 다루도록 한다.

가. 인공구조물 (Man-made structures)

방파제, 부두, 선창 등은 파도나 조류, 나쁜 시야, 보트 또는 낚시줄 때문에 위험할 수 있다.

또한 난파선은 잠수자에게 매력적이지만 어떤 것은 매우 위험할 수 있다. 이런 위험성에는 엉키거나 걸림 또는 방향을 잃는 것 등이 있다. 따라서 이런 특별한 곳에서 다이빙 할 경우에는 특별한 교육과 장비가 필수적이다. 바다에 떠있는 시추선은 훌륭한 다이빙 장소이다. 이런 시추선은 해안으로부터 200마일 이상 떨어진 설피지역의 바깥 쪽 어디에나 있으며 수심은 약 300피트 이상이다. 이런 환경에서는 수중사냥이 인기가 있다. 더해서 이런 시추선 주위에는 파이프나 케이블 등의 쓰레기가 주위 곳곳에 있으므로 엉키거나 상해를 입지 않도록 주의를 기울여야 한다.

어떤 지역에서는 수중에 큰 송유관이 흔하게 있기도 한다. 그러나 이런 파이프 주변에는 많은 오염물이 있어 병에 걸릴 위험이 있으므로 송유관 주위에서의 다이빙은 피하도록 한다. 또한 송유관에는 흡입구가 있어서 갑자기 잠수자를 끌어당길 위험성도 있다. 댐 주위에서의 다이빙도 피해야 하는데 이것은 말 그대로 강한 조류가 잠수자를 물속으로 끌고 갈 수 있기 때문이다.

나. 기후조건 (Weather Conditions)

기후는 다이빙활동에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 그래서 항상 지역적인 기후를 잘 알고 있어야 하며 다이빙 계획 시에는 기후를 예상해야만 한다. 지역적인 차이에 따라 다른 독특한 기후가 나타날 수 있다. 어떤 지역에서는 날씨나 수면의 조건에 따라 작은 보트로 다이빙하는 것을 금지하기도 한다.

잠수자와 관계있는 기후조건은 다음과 같은 것들이 있다.



- 스콜(Squalls)은 바다에서 갑자기 많은 양의 비가 한꺼번에 내리는 것이다.
- 폭풍우는 바람, 파도, 폭우를 만들며 시계를 감소시킨다. 번개, 회오리바람, 용오름 등도 위험할 수 있다.
- 낮은 온도는 장비를 얼게 하거나 동상 또는 저 체온증을 유발한다.
- 높은 온도와 습도는 체온상승, 열 손실, 일사병을 일으킬 수 있다.
- 태양열은 적도지방에서 특히 심하며 눈의 피로 및 화상을 일으킬 수 있다.
- 바람은 수면조건에 영향을 미쳐 온도를 낮추거나 조류의 원인이 되며, 배멀미를 일으킬 수 있다.

A Venn diagram consisting of two overlapping circles. The left circle is light orange and the right circle is a darker orange. A thin black horizontal line passes through the center of both circles. The text '인명구조사 1급' is centered within the intersection of the two circles.

인명구조사 1급



제7장

119구조·구급에 관한 법률

제1절 총 칙

제2절 구조·구급 기본계획 등

제3절 구조대 및 구급대 등의 편성·운영

제4절 구조·구급활동 등

제5절 보 칙

제6절 벌 칙

119구조·구급에 관한 법률

119
구조·구급에
관한 법률

- 학습 목표**
- 01 구조·구급에 관한 법률을 이해한다.
 - 02 구조·구급 기본계획, 구조대 및 구급대 등의 편성·운영을 이해한다.
 - 03 구조·구급 활동 관련 법규를 이해한다.

제1절 총 칙

제1조 【목적】 이 법은 화재, 재난·재해 및 테러, 그 밖의 위급한 상황에서 119구조·구급의 효율적 운영에 관하여 필요한 사항을 규정함으로써 국가의 구조·구급 업무 역량을 강화하고 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하며 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다.

[시행령] 제1조(목적) 이 영은 「119구조·구급에 관한 법률」에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

[시행규칙] 제1조(목적)

이 규칙은 「119구조·구급에 관한 법률」 및 같은 법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 【정의】

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “구조”란 화재, 재난·재해 및 테러, 그 밖의 위급한 상황(이하 “위급상황”이라 한다)에서 외부의 도움을 필요로 하는 사람(이하 “요구조자”라 한다)의 생명, 신체 및 재산을 보호하기 위하여 수행하는 모든 활동을 말한다.
2. “119구조대”란 탐색 및 구조활동에 필요한 장비를 갖추고 소방공무원으로 편성된 단 위조직을 말한다.
3. “구급”이란 응급환자에 대하여 행하는 상담, 응급처치 및 이송 등의 활동을 말한다.



4. “119구급대”란 구급활동에 필요한 장비를 갖추고 소방공무원으로 편성된 단위조직을 말한다.
5. “응급환자”란 「응급의료에 관한 법률」 제2조제1호의 응급환자를 말한다.
6. “응급처치”란 「응급의료에 관한 법률」 제2조제3호의 응급처치를 말한다.
7. “구급차등”이란 「응급의료에 관한 법률」 제2조제6호의 구급차등을 말한다.
8. “지도의사”란 「응급의료에 관한 법률」 제52조의 지도의사를 말한다.

제3조 【국가 등의 책무】

- ① 국가와 지방자치단체는 119구조·구급(이하 “구조·구급”이라 한다)과 관련된 새로운 기술의 연구·개발 및 구조·구급서비스의 질을 향상시키기 위한 시책을 강구하고 추진하여야 한다.
- ② 국가와 지방자치단체는 구조·구급업무를 효과적으로 수행하기 위한 체계의 구축 및 구조·구급 장비의 구비, 그 밖에 구조·구급활동에 필요한 기반을 마련하여야 한다.
- ③ 국가와 지방자치단체는 국민이 위급상황에서 자신의 생명과 신체를 보호할 수 있는 대응능력을 향상시키기 위한 교육과 홍보에 적극 노력하여야 한다.

【시행규칙】 제2조 (기술경연대회)

- ① 소방청장·소방본부장 또는 소방서장(이하 “소방청장등”이라 한다)은 「119구조·구급에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제3조제1항에 따른 구조·구급 기술의 개발·보급을 위하여 기술경연대회를 개최할 수 있다.
- ② 제1항에 따른 기술경연대회의 운영에 필요한 구체적인 사항은 소방청장이 정한다.

제4조 【국민의 권리와 의무】

- ① 누구든지 위급상황에 처한 경우에는 국가와 지방자치단체로부터 신속한 구조와 구급을 통하여 생활의 안전을 영위할 권리를 가진다.
- ② 누구든지 119구조대원·119구급대원(이하 “구조·구급대원”이라 한다)이 위급상황에서 구조·구급활동을 위하여 필요한 협조를 요청하는 경우에는 특별한 사유가 없으면 이에 협조하여야 한다.
- ③ 누구든지 위급상황에 처한 요구조자를 발견한 때에는 이를 지체 없이 소방기관 또는 관계 행정기관에 알려야 하며, 119구조대·119구급대(이하 “구조·구급대”라 한다)가 도착할 때까지 요구조자를 구출하거나 부상 등이 악화되지 아니하도록 노력하여야 한다.

제5조 【다른 법률과의 관계】 구조·구급활동에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 법에서 정하는 바에 따른다.

제2절 구조·구급 기본계획 등

제6조 【구조·구급 기본계획 등의 수립·시행】

- ① 소방청장은 제3조의 업무를 수행하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 구조·구급 기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.
- ② 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 구조·구급서비스의 질 향상을 위한 정책의 기본방향에 관한 사항
 2. 구조·구급에 필요한 체계의 구축, 기술의 연구개발 및 보급에 관한 사항
 3. 구조·구급에 필요한 장비의 구비에 관한 사항
 4. 구조·구급 전문인력 양성에 관한 사항
 5. 구조·구급활동에 필요한 기반조성에 관한 사항
 6. 구조·구급의 교육과 홍보에 관한 사항
 7. 그 밖에 구조·구급업무의 효율적 수행을 위하여 필요한 사항
- ③ 소방청장은 기본계획에 따라 매년 연도별 구조·구급 집행계획(이하 “집행계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.
- ④ 소방청장은 제1항 및 제3항에 따라 수립된 기본계획 및 집행계획을 관계 중앙행정기관의 장, 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)에게 통보하고 국회 소관 상임위원회에 제출하여야 한다.
- ⑤ 소방청장은 기본계획 및 집행계획을 수립하기 위하여 필요한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 또는 시·도지사에게 관련 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 자료제출을 요청받은 관계 중앙행정기관의 장 또는 시·도지사는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

[시행령] 제2조(구조·구급 기본계획의 수립·시행)

- ① 「119구조·구급에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제6조제1항에 따른 구조·구급 기본 계획(이하 “기본계획”이라 한다)은 법 제27조제1항에 따른 중앙 구조·구급정책협의회(이하 “중앙 정책협의회”라 한다)의 협의를 거쳐 5년마다 수립하여야 한다.
- ② 기본계획은 계획 시행 전년도 8월 31일까지 수립하여야 한다.
- ③ 소방청장은 구조·구급 시책상 필요한 경우 중앙 정책협의회의 협의를 거쳐 기본계획을 변경할 수 있다.
- ④ 소방청장은 제3항에 따라 변경된 기본계획을 지체 없이 관계 중앙행정기관의 장, 특별 시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)에게 통 보하고 국회 소관 상임위원회에 제출하여야 한다.

[시행령] 제3조(구조·구급 집행계획의 수립·시행)

- ① 법 제6조제3항에 따른 구조·구급 집행계획(이하 “집행계획”이라 한다)은 중앙 정책 협 의회의 협의를 거쳐 계획 시행 전년도 10월 31일까지 수립하여야 한다.
- ② 집행계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 기본계획 집행을 위하여 필요한 사항
 2. 구조·구급대원의 안전사고 방지, 감염 방지 및 건강관리를 위하여 필요한 사항
 3. 그 밖에 구조·구급활동과 관련하여 중앙 정책협의회에서 필요하다고 결정한 사항

제7조 【시·도 구조·구급집행계획의 수립·시행】

- ① 소방본부장은 기본계획 및 집행계획에 따라 관할 지역에서 신속하고 원활한 구조·구 급활동을 위하여 매년 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 “시·도”라 한 다) 구조·구급 집행계획(이하 “시·도 집행계획”이라 한다)을 수립하여 소방청장에게 제출하여야 한다.
- ② 소방본부장은 시·도 집행계획을 수립하기 위하여 필요한 경우에는 해당 특별자치도지 사·시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 관련 자료의 제출을 요청 할 수 있다. 이 경우 자료제출을 요청받은 해당 특별자치도지사·시장·군수·구청 장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.
- ③ 시·도 집행계획의 수립시기·내용, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[시행령] 제4조(시·도 구조·구급 집행계획의 수립·시행)

- ① 법 제7조제1항에 따른 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 “시·도”라 한다) 구조·구급 집행계획(이하 “시·도 집행계획”이라 한다)은 법 제27조제2항에 따른 시·도 구조·구급정책협의회(이하 “시·도 정책협의회”라 한다)의 협의를 거쳐 계획 시행 전년도 12월 31일까지 수립하여야 한다.
- ② 시·도 집행계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 기본계획 및 집행계획에 대한 시·도의 세부 집행계획
 2. 구조·구급대원의 안전사고 방지, 감염 방지 및 건강관리를 위하여 필요한 세부 집행 계획
 3. 법 제26조제1항의 평가 결과에 따른 조치계획
 4. 그 밖에 구조·구급활동과 관련하여 시·도 정책협의회에서 필요하다고 결정한 사항

제3절 구조대 및 구급대 등의 편성·운영**제8조 【119구조대의 편성과 운영】**

- ① 소방청장·소방본부장 또는 소방서장(이하 “소방청장등”이라 한다)은 위급상황에서 요 구조자의 생명 등을 신속하고 안전하게 구조하는 업무를 수행하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 119구조대(이하 “구조대”라 한다)를 편성하여 운영하여야 한다.
- ② 구조대의 종류, 구조대원의 자격기준, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ③ 구조대는 행정안전부령으로 정하는 장비를 구비하여야 한다.

[시행령] 제5조(119구조대의 편성과 운영)

- ① 법 제8조제1항에 따른 119구조대(이하 “구조대”라 한다)는 다음 각 호의 구분에 따라 편성·운영한다.
 1. 일반구조대: 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따라 소방서마다 1개 대(隊) 이상 설치하 되, 소방서가 없는 시·군·구(자치구를 말한다. 이하 같다)의 경우에는 해당 시·군·구 지역의 중심지에 있는 119안전센터에 설치할 수 있다.
 2. 특수구조대: 소방대상물, 지역 특성, 재난 발생 유형 및 빈도 등을 고려하여 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따라 다음 각 목의 구분에 따른 지역을 관할하는 소방서에 다



음 각 목의 구분에 따라 설치한다. 다만, 라목에 따른 고속국도구조대는 제3호에 따라 설치되는 직할구조대에 설치할 수 있다.

가. 화학구조대: 화학공장이 밀집한 지역

나. 수난구조대: 「내수면어업법」 제2조제1호에 따른 내수면지역

다. 산악구조대: 「자연공원법」 제2조제1호에 따른 자연공원 등 산악지역

라. 고속국도구조대: 「도로법」 제10조제1호에 따른 고속국도(이하 “고속국도”라 한다)

마. 지하철구조대: 「도시철도법」 제2조제3호가목에 따른 도시철도의 역사(驛舍) 및 역 시설

3. 직할구조대: 대형·특수 재난사고의 구조, 현장 지휘 및 테러현장 등의 지원 등을 위하여 소방청 또는 시·도 소방본부에 설치하되, 시·도 소방본부에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.
4. 테러대응구조대: 테러 및 특수재난에 전문적으로 대응하기 위하여 소방청과 시·도 소방본부에 각각 설치하며, 시·도 소방본부에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.

- ② 구조대의 출동구역은 행정안전부령으로 정한다.
- ③ 소방청장·소방본부장 또는 소방서장(이하 “소방청장등”이라 한다)은 여름철 물놀이 장소에서의 안전을 확보하기 위하여 필요한 경우 민간 자원봉사자로 구성된 구조대(이하 “119시민수상구조대”라 한다)를 지원할 수 있다.
- ④ 119시민수상구조대의 운영, 그 밖에 필요한 사항은 시·도의 조례로 정한다.

[시행규칙] 제3조(119구조대에서 갖추어야 할 장비의 기준)

- ① 「119구조·구급에 관한 법률 시행령」(이하 “령”이라 한다) 제5조에 따른 119구조대(이하 “구조대”라 한다) 중 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도(이하 “시·도”라 한다) 소방본부 및 소방서(119안전센터를 포함한다)에 설치하는 구조대에서 법 제8조제3항에 따라 갖추어야 하는 장비의 기본적인 사항은 「소방력 기준에 관한 규칙」 및 「소방장비 관리규칙」에 따른다.
- ② 소방청에 설치하는 구조대에서 법 제8조제3항에 따라 갖추어야 하는 장비의 기본적인 사항은 제1항을 준용한다.
- ③ 제1항과 제2항에서 규정한 사항 외에 구조대가 갖추어야 하는 장비에 관하여 필요한 사항은 소방청장이 정한다.

[시행규칙] 제5조(구조대의 출동구역)

- ① 영 제5조제2항에 따른 구조대의 출동구역은 다음 각 호와 같다.
1. 소방청에 설치하는 직할구조대 및 테러대응구조대: 전국
 2. 시·도 소방본부에 설치하는 직할구조대 및 테러대응구조대: 관할 시·도
 3. 소방청 직할구조대에 설치하는 고속국도구조대: 소방청장이 한국도로공사와 협의하여 정하는 지역
 4. 그 밖의 구조대 : 소방서 관할 구역
- ② 구조대는 제1항에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 소방청장등의 요청이나 지시에 따라 출동구역 밖으로 출동할 수 있다.
1. 지리적·지형적 여건상 신속한 출동이 가능한 경우
 2. 대형재난이 발생한 경우
 3. 그 밖에 소방청장이나 소방본부장이 필요하다고 인정하는 경우

[시행령] 제6조(구조대원의 자격기준)

- ① 구조대원은 소방공무원으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자격을 갖추어야 한다.
1. 소방청장이 실시하는 인명구조사 교육을 받았거나 인명구조사 시험에 합격한 사람
 2. 국가·지방자치단체 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관의 구조 관련 분야에서 근무한 경력이 2년 이상인 사람
 3. 「응급의료에 관한 법률」 제36조에 따른 응급구조사 자격을 가진 사람으로서 소방청장이 실시하는 구조업무에 관한 교육을 받은 사람
- ② 제1항제1호에 따른 인명구조사 교육의 내용, 인명구조사 시험 과목·방법, 같은 항 제3호에 따른 구조업무에 관한 교육의 내용, 그 밖에 필요한 사항은 소방청장이 정한다.
- ③ 소방청장은 제1항 및 제2항에 따른 교육과 인명구조사 시험을 「소방공무원법」 제15조제1항 또는 제2항에 따라 설치된 소방학교 또는 교육훈련기관에서 실시하도록 할 수 있다.

제9조 【국제구조대의 편성과 운영】

- ① 소방청장은 국외에서 대형재난 등이 발생한 경우 재외국민의 보호 또는 재난발생국의 국민에 대한 인도주의적 구조 활동을 위하여 국제구조대를 편성하여 운영할 수 있다.
- ② 소방청장은 외교부장관과 협의를 거쳐 제1항에 따른 국제구조대를 재난발생국에 파견할 수 있다.
- ③ 소방청장은 제1항에 따른 국제구조대를 국외에 파견할 것에 대비하여 구조대원에 대한 교육훈련 등을 실시할 수 있다.
- ④ 소방청장은 제1항에 따른 국제구조대의 국외재난대응능력을 향상시키기 위하여 국제연합 등 관련 국제기구와의 협력체계 구축, 해외재난정보의 수집 및 기술연구 등을 위한 시책을 추진할 수 있다.
- ⑤ 소방청장은 제2항에 따라 국제구조대를 재난발생국에 파견하기 위하여 필요한 경우 관계 중앙행정기관의 장 또는 시·도지사에게 직원의 파견 및 장비의 지원을 요청할 수 있다. 이 경우 관계 중앙행정기관의 장 또는 시·도지사는 특별한 사유가 없으면 요청에 따라야 한다.
- ⑥ 제1항부터 제5항까지의 규정에 따른 국제구조대의 편성, 파견, 교육훈련 및 국제구조대원의 귀국 후 건강관리와 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ⑦ 제1항에 따른 국제구조대는 행정안전부령으로 정하는 장비를 구비하여야 한다.

[시행령] 제7조(국제구조대의 편성과 운영)

- ① 소방청장은 법 제9조제1항에 따라 국제구조대를 편성·운영하는 경우 인명 탐색 및 구조, 응급의료, 안전평가, 시설관리, 공보연락 등의 임무를 수행할 수 있도록 구성하여야 한다.
- ② 소방청장은 구조대의 효율적 운영을 위하여 필요한 경우 국제구조대를 제5조제1항제3호에 따라 소방청에 설치하는 직할구조대에 설치할 수 있다.
- ③ 국제구조대의 파견 규모 및 기간은 재난유형과 파견지역의 피해 등을 종합적으로 고려하여 외교부장관과 협의하여 소방청장이 정한다.
- ④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외에 국제구조대의 편성·운영에 필요한 사항은 소방청장이 정한다.

[시행령] 제8조(국제구조대원의 교육·훈련)

- ① 소방청장은 법 제9조제3항에 따른 교육훈련에 다음 각 호의 내용을 포함시켜야 한다.
1. 전문 교육훈련: 붕괴건물 탐색 및 인명구조, 방시능 및 유해화학물질 사고 대응, 유
인재난평가조정요원 교육 등
 2. 일반 교육훈련: 응급처치, 기초통신, 구조 관련 영어, 국제구조대 윤리 등
- ② 소방청장은 국제구조대원의 재난대응능력을 높이기 위하여 필요한 경우에는 국외 교육
훈련을 실시할 수 있다.

[시행규칙] 제6조(국제구조대에서 갖추어야 할 장비의 기준)

- ① 법 제9조제7항에 따라 국제구조대는 다음 각 호의 장비를 갖추어야 한다.
1. 구조 및 인양 등에 필요한 일반구조용 장비
 2. 사무통신 및 지휘 등에 필요한 지휘본부용 장비
 3. 매몰자 탐지 등에 필요한 탐색용 장비
 4. 화학전 또는 생물학전에 대비한 화생방 대응용 장비
 5. 구급활동에 필요한 구급용 장비
 6. 구조활동 중 구조대원의 안전 및 숙식 확보를 위하여 필요한 개인용 장비
- ② 제1항에 따른 장비의 구체적인 내용에 관하여 필요한 사항은 소방청장이 정한다.

제10조 【119구급대의 편성과 운영】

- ① 소방청장등은 위급상황에서 발생한 응급환자를 응급처치하거나 의료기관에 긴급히 이
송하는 등의 구급업무를 수행하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 119구급대
(이하 “구급대”라 한다)를 편성하여 운영하여야 한다.
- ② 구급대의 종류, 구급대원의 자격기준, 이송대상자, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으
로 정한다.
- ③ 구급대는 행정안전부령으로 정하는 장비를 구비하여야 한다.



[시행령] 제10조(119구급대의 편성과 운영)

- ① 법 제10조제1항에 따른 119구급대(이하 “구급대”라 한다)는 다음 각 호의 구분에 따라 편성·운영한다.
 1. 일반구급대: 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따라 소방서마다 1개 대 이상 설치하되, 소방서가 설치되지 아니한 시·군·구의 경우에는 해당 시·군·구 지역의 중심지에 소재한 119안전센터에 설치할 수 있다.
 2. 고속국도구급대: 교통사고 발생 빈도 등을 고려하여 소방청, 시·도 소방본부 또는 고속국도를 관할하는 소방서에 설치하되, 시·도 소방본부 또는 소방서에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.
- ② 구급대의 출동구역은 행정안전부령으로 정한다.

제13조의2(119구급상황관리센터의 설치 및 운영)

- ① 법 제10조의2제1항에 따른 119구급상황관리센터(이하 “구급상황센터”라 한다)에는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자격을 갖춘 사람을 배치하여 24시간 근무체제를 유지하여야 한다.
 1. 「의료법」 제2조제1항에 따른 의료인
 2. 「응급의료에 관한 법률」 제36조제2항에 따라 1급 응급구조사 자격을 취득한 사람
 3. 「응급의료에 관한 법률」 제36조제3항에 따라 2급 응급구조사 자격을 취득한 사람
 4. 「응급의료에 관한 법률」에 따른 응급의료정보센터(이하 “응급의료정보센터”라 한다)에서 2년 이상 응급의료에 관한 상담 경력이 있는 사람
- ② 소방청장은 법 제10조의2제2항제4호에 따른 119구급이송 관련 정보망을 설치하는 경우 다음 각 호의 정보가 효율적으로 연계되어 구급대 및 구급상황센터에 근무하는 사람에게 제공될 수 있도록 하여야 한다.
 1. 「응급의료에 관한 법률」 제27조제2항제3호에 따라 응급의료정보센터가 제공하는 「응급의료에 관한 법률 시행령」 제24조제1항 각 호의 정보
 2. 구급대의 출동 상황, 응급환자의 처리 및 이송 상황
- ③ 구급상황센터에 근무하는 사람은 이송병원 정보를 제공하려면 제2항제1호에 따른 정보를 활용하여 이송병원을 안내하여야 한다.
- ④ 소방본부장은 구급상황센터의 운영현황을 파악하고 응급환자 이송정보제공 체계를 효율화하기 위하여 매 반기별로 소방청장에게 구급상황센터의 운영상황을 종합하여 보고하여야 한다.

- ⑤ 구급상황센터의 설치·운영에 관한 세부사항은 구급상황센터를 소방청에 설치하는 경우에는 소방청장이, 시·도 소방본부에 설치하는 경우에는 시·도의 규칙으로 정한다. 다만, 시·도 소방본부에 설치하는 구급상황센터의 설치·운영에 관한 세부사항 중 필수적으로 배치되는 인력의 임용, 보수 등 인사에 관한 사항은 소방청장이 정하는 바에 따른다.

[시행규칙] 제7조(119구급대에서 갖추어야 할 장비의 기준)

- ① 영 제10조에 따른 119구급대(이하 “구급대”라 한다) 중 시·도 소방본부 및 소방서(119 안전센터를 포함한다)에 설치하는 구급대에서 법 제10조제3항에 따라 갖추어야 하는 장비의 기본적인 사항은 「소방장비관리규칙」에 따른다.
- ② 소방청에 설치하는 구급대에서 법 제10조제3항에 따라 갖추어야 하는 장비의 기본적인 사항은 제1항을 준용한다.
- ③ 제1항에서 규정한 사항 외에 구급대가 갖추어야 하는 장비에 관하여 필요한 사항은 소방청장이 정한다.

[시행규칙] 제8조(구급대의 출동구역)

- ① 영 제10조제2항에 따른 구급대의 출동구역은 다음 각 호와 같다.
 1. 일반구급대 및 소방서에 설치하는 고속국도구급대: 구급대가 설치되어 있는 지역 관할 시·도
 2. 소방청 또는 시·도 소방본부에 설치하는 고속국도구급대: 고속국도로 진입하는 도로 및 인근 구급대의 배치 상황 등을 고려하여 소방청장 또는 소방본부장이 관련 시·도의 소방본부장 및 한국도로공사와 협의하여 정한 구역
- ② 구급대는 제1항에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 소방청장 등의 요청이나 지시에 따라 출동구역 밖으로 출동할 수 있다.
 1. 지리적·지형적 여건상 신속한 출동이 가능한 경우
 2. 대형재난이 발생한 경우
 3. 그 밖에 소방청장이나 소방본부장이 필요하다고 인정하는 경우

[시행령] 제11조(구급대원의 자격기준)

구급대원은 소방공무원으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자격을 갖추어야 한다. 다만, 제4호에 해당하는 구급대원은 구급차 운전과 구급에 관한 보조업무만 할 수 있다.

1. 「의료법」 제2조제1항에 따른 의료인



2. 「응급의료에 관한 법률」 제36조제2항에 따라 1급 응급구조사 자격을 취득한 사람
3. 「응급의료에 관한 법률」 제36조제3항에 따라 2급 응급구조사 자격을 취득한 사람
4. 소방청장이 실시하는 구급업무에 관한 교육을 받은 사람

[시행령] 제12조(응급환자의 이송 등)

- ① 구급대원은 응급환자를 의료기관으로 이송하기 전이나 이송하는 과정에서 응급처치가 필요한 경우에는 가능한 범위에서 응급처치를 실시하여야 한다.
- ② 소방청장은 구급대원의 자격별 응급처치 범위 등 현장응급처치 표준지침을 정하여 운영할 수 있다.
- ③ 구급대원은 환자의 질병내용 및 중증도(重症度), 지역별 특성 등을 고려하여 소방청장 또는 소방본부장이 작성한 이송병원 선정지침에 따라 응급환자를 의료기관으로 이송하여야 한다. 다만, 환자의 상태를 보아 이송할 경우에 생명이 위험하거나 환자의 증상을 악화시킬 것으로 판단되는 경우로서 의사의 의료지도가 가능한 경우에는 의사의 의료지도에 따른다.
- ④ 제3항에 따른 이송병원 선정지침이 작성되지 아니한 경우에는 환자의 질병내용 및 중증도 등을 고려하여 환자의 치료에 적합하고 최단시간에 이송이 가능한 의료기관으로 이송하여야 한다.
- ⑤ 구급대원은 이송하려는 응급환자가 감염병 및 정신질환을 앓고 있다고 판단되는 경우에는 시·군·구 보건소의 관계 공무원 등에게 필요한 협조를 요청할 수 있다.
- ⑥ 구급대원은 이송하려는 응급환자가 자기 또는 타인의 생명·신체와 재산에 위해(危害)를 입힐 우려가 있다고 인정되는 경우에는 환자의 보호자 또는 관계 기관의 공무원 등에게 동승(同乘)을 요청할 수 있다.
- ⑦ 소방청장은 제2항에 따른 현장응급처치 표준지침 및 제3항에 따른 이송병원 선정지침을 작성하는 경우에는 보건복지부장관과 협의하여야 한다.

제10조의2 【119구급상황관리센터의 설치·운영 등】

- ① 소방청장은 119구급대원 등에게 응급환자 이송에 관한 정보를 효율적으로 제공하기 위하여 소방청과 시·도 소방본부에 119구급상황관리센터(이하 “구급상황센터”라 한다)를 설치·운영하여야 한다.
- ② 구급상황센터에서는 다음 각 호의 업무를 수행한다.
 1. 응급환자에 대한 안내·상담 및 지도
 2. 응급환자를 이송 중인 사람에 대한 응급처치의 지도 및 이송병원 안내
 3. 제1호 및 제2호와 관련된 정보의 활용 및 제공
 4. 119구급이송 관련 정보망의 설치 및 관리·운영
- ③ 구급상황센터의 설치·운영, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ④ 보건복지부장관은 제2항에 따른 업무를 평가할 수 있으며, 소방청장은 그 평가와 관련한 자료의 수집을 위하여 보건복지부장관이 요청하는 경우 제22조제1항의 기록 등 필요한 자료를 제공하여야 한다.
- ⑤ 소방청장은 응급환자의 이송정보가 「응급의료에 관한 법률」 제27조제2항제4호의 응급료 전산망과 연계될 수 있도록 하여야 한다.

제11조 【119구조·구급대의 통합 편성과 운영】

소방청장등은 제8조제1항 및 제10조제1항에도 불구하고 구조·구급대를 통합하여 편성·운영할 수 있다.

【시행령】 제14조(119구조구급센터의 편성과 운영)

- ① 소방청장등은 효율적인 인력 운영을 위하여 필요한 경우에는 법 제11조에 따라 구조대와 구급대를 통합하여 119구조구급센터를 설치할 수 있다.
- ② 시·도 소방본부 또는 소방서에 119구조구급센터를 설치할 때에는 시·도의 규칙으로 정하는 바에 따른다.



제12조 【항공구조구급대의 편성과 운영】

- ① 소방청장 또는 소방본부장은 초고층 건축물 등에서 요구조자의 생명을 안전하게 구조하거나 도서·벽지에서 발생한 응급환자를 의료기관에 긴급히 이송하기 위하여 항공구조구급대를 편성하여 운영한다.
- ② 제1항에 따른 항공구조구급대의 편성과 운영 및 업무, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ③ 제1항에 따른 항공구조구급대는 행정안전부령으로 정하는 장비를 구비하여야 한다.

[시행령] 제15조(항공구조구급대의 편성과 운영)

- ① 소방청장은 법 제12조제1항에 따른 항공구조구급대를 제5조제1항제3호에 따라 소방청에 설치하는 직할구조대에 설치할 수 있다.
- ② 소방본부장은 시·도 규칙으로 정하는 바에 따라 항공구조구급대를 편성하여 운영하되, 효율적인 인력 운영을 위하여 필요한 경우에는 시·도 소방본부에 설치하는 직할구조대에 설치할 수 있다.

[시행령] 제16조(항공구조구급대의 업무)

항공구조구급대는 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 인명구조 및 응급환자의 이송(의사가 동승한 응급환자의 병원 간 이송을 포함한다)
2. 화재 진압
3. 장기이식환자 및 장기의 이송
4. 항공 수색 및 구조 활동
5. 공중 소방 지휘통제 및 소방에 필요한 인력·장비 등의 운반
6. 방역 또는 방재 업무의 지원
7. 그 밖에 재난관리를 위하여 필요한 업무

[시행규칙] 제9조(항공구조구급대에서 갖추어야 할 장비의 기준)

- ① 법 제12조제3항에 따라 시·도 소방본부에 설치하는 항공구조구급대에서 갖추어야 할 장비의 기본적인 사항은 「소방력 기준에 관한 규칙」 및 「소방장비관리규칙」에 따른다.
- ② 법 제12조제3항에 따라 소방청에 설치하는 항공구조구급대에서 갖추어야 할 장비의 기본적인 사항은 제1항을 준용하되, 항공구조구급대에 두는 항공기(이하 “항공기”라 한다)

는 3대 이상 갖추어야 한다.

- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 항공구조구급대가 갖추어야 하는 장비에 관하여 필요한 사항은 소방청장이 정한다.

119
구조·구급에
관한 법률

[시행규칙] 제10조(항공구조구급대의 출동구역)

- ① 항공구조구급대의 출동 구역은 다음 각 호에 따른다.
1. 소방청에서 설치된 경우: 전국
 2. 소방본부에 설치된 경우: 관할 시도
- ② 소방청장 또는 소방본부장은 제1항에도 불구하고 대형재난 등이 발생하여 항공기를 이용한 구조·구급활동이 필요하다고 인정되는 경우에는 해당 소방본부장에게 출동구역 밖으로의 출동을 요청할 수 있다.
- ③ 제2항에 따른 요청을 받은 소방본부장은 특별한 사유가 없으면 제2항의 요청에 따라야 한다.

[시행령] 제17조(항공구조구급대원의 자격기준)

항공구조구급대원은 제6조에 따른 구조대원의 자격기준 또는 제11조에 따른 구급대원의 자격기준을 갖추고, 소방청장이 실시하는 항공 구조·구급과 관련된 교육을 마친 사람으로 한다.

[시행령] 제18조(항공기의 운항 등)

- ① 항공구조구급대의 항공기(이하 “항공기”라 한다)는 조종사 2명이 탑승하되, 해상비행·계기비행(計器飛行) 및 긴급 구조·구급 활동을 위하여 필요한 경우에는 정비사 1명을 추가로 탑승시킬 수 있다.
- ② 조종사의 비행시간은 1일 8시간을 초과할 수 없다. 다만, 구조·구급 및 화재 진압 등을 위하여 필요한 경우로서 소방청장 또는 소방본부장이 비행시간의 연장을 승인한 경우에는 그러하지 아니하다.
- ③ 조종사는 항공기의 안전을 확보하기 위하여 탑승자의 위험물 소지 여부를 점검하여야 하며, 탑승자는 항공구조구급대원의 지시에 따라야 한다.
- ④ 항공기의 검사 등 유지·관리에 필요한 사항은 소방청장이 정한다.
- ⑤ 소방청장 및 소방본부장은 항공기의 안전운항을 위하여 운항통제관을 둔다.



[시행령] 제19조(119항공기사고조사단)

- ① 소방청장 또는 시·도지사는 항공기 사고(「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제3조제2항 각 호에 따른 항공사고는 제외한다)의 원인에 대한 조사 및 사고수습 등을 위하여 각각 119항공기사고조사단(이하 이 조에서 “조사단”이라 한다)을 편성·운영할 수 있다.
- ② 조사단의 편성·운영, 그 밖에 필요한 사항은 소방청의 경우에는 소방청장이 정하고, 시·도의 경우에는 해당 시·도의 규칙으로 정한다.

제4절 구조·구급활동 등

제13조 【구조·구급활동】

- ① 소방청장등은 위급상황이 발생한 때에는 구조·구급대를 현장에 신속하게 출동시켜 인명구조 및 응급처치, 그 밖에 필요한 활동을 하게 하여야 한다.
- ② 누구든지 제1항에 따른 구조·구급활동을 방해하여서는 아니 된다.
- ③ 소방청장등은 대통령령으로 정하는 위급하지 아니한 경우에는 구조·구급대를 출동시키지 아니할 수 있다.

[시행령] 제20조(구조·구급요청의 거절)

- ① 구조대원은 법 제13조제3항에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 구조출동 요청을 거절할 수 있다. 다만, 다른 수단으로 조치하는 것이 불가능한 경우에는 그러하지 아니하다.
 - 1. 단순 문 개방의 요청을 받은 경우
 - 2. 시설물에 대한 단순 안전조치 및 장애물 단순 제거의 요청을 받은 경우
 - 3. 동물의 단순 처리·포획·구조 요청을 받은 경우
 - 4. 그 밖에 주민생활 불편해소 차원의 단순 민원 등 구조활동의 필요성이 없다고 인정되는 경우
- ② 구급대원은 법 제13조제3항에 따라 구급대상자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 비응급환자인 경우에는 구급출동 요청을 거절할 수 있다. 이 경우 구급대원은 구급대상자의 병력·증상 및 주변 상황을 종합적으로 평가하여 구급대상자의 응급 여부를 판단하

여야 한다.

1. 단순 치통환자
 2. 단순 감기환자. 다만, 섭씨 38도 이상의 고열 또는 호흡곤란이 있는 경우는 제외한다.
 3. 혈압 등 생체징후가 안정된 타박상 환자
 4. 술에 취한 사람. 다만, 강한 자극에도 의식이 회복되지 아니하거나 외상이 있는 경우는 제외한다.
 5. 만성질환자로서 검진 또는 입원 목적의 이송 요청자
 6. 단순 열상(裂傷) 또는 찰과상(擦過傷)으로 지속적인 출혈이 없는 외상환자
 7. 병원 간 이송 또는 자택으로의 이송 요청자. 다만, 의사가 동승한 응급환자의 병원 간 이송은 제외한다.
- ③ 구조·구급대원은 법 제2조제1호에 따른 요구조자(이하 “요구조자”라 한다) 또는 응급환자가 구조·구급대원에게 폭력을 행사하는 등 구조·구급활동을 방해하는 경우에는 구조·구급활동을 거절할 수 있다.
- ④ 구조·구급대원은 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 구조 또는 구급 요청을 거절한 경우 구조 또는 구급을 요청한 사람이나 목격자에게 그 내용을 알리고, 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 기록·관리하여야 한다.

[시행령] 제21조(응급환자 등의 이송거부)

- ① 구급대원은 응급환자 또는 그 보호자[응급환자의 의사(意思)를 확인할 수 없는 경우만 해당한다]가 의료기관으로의 이송을 거부하는 경우에는 이송하지 아니할 수 있다. 다만, 응급환자의 병력·증상 및 주변 상황을 종합적으로 평가하여 즉시 필요한 응급처치를 받지 아니하면 생명을 보존할 수 없거나 심신상의 중대한 위해를 입을 가능성이 있다고 인정할 만한 상당한 이유가 있는 경우에는 환자의 이송을 위하여 최대한 노력하여야 한다.
- ② 구급대원은 제1항에 따라 응급환자를 이송하지 아니하는 경우 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 기록·관리하여야 한다.

[시행규칙] 제11조(구조·구급요청의 거절)

- ① 영 제20조제1항에 따라 구조요청을 거절한 구조대원은 별지 제1호서식의 구조 거절 확인서를 작성하여 소속 소방관서장에게 보고하고, 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다.
- ② 영 제20조제2항에 따라 구급요청을 거절한 구급대원은 별지 제2호서식의 구급 거절·거부 확인서(이하 “구급 거절·거부 확인서”라 한다)를 작성하여 소속 소방관서장에게 보고



하고, 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다.

[시행규칙] 제12조(응급환자 등의 이송 거부)

- ① 구급대원은 영 제21조제1항에 따라 응급환자를 이송하지 아니하는 경우 구급 거절·거부 확인서를 작성하여 이송을 거부한 응급환자 또는 그 보호자(이하 “이송거부자”라 한다)에게 서명을 받아야 한다. 다만, 이송거부자가 2회에 걸쳐 서명을 거부한 경우에는 구급 거절·거부 확인서에 그 사실을 표시하여야 한다.
- ② 구급대원은 이송거부자가 제1항 단서에 따라 서명을 거부한 경우에는 이를 목격한 사람에게 관련 내용을 알리고 구급 거절·거부 확인서에 목격자의 성명과 연락처를 기재한 후 목격자에게 서명을 받아야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항의 규정에 따라 구급 거절·거부 확인서를 작성한 구급대원은 소속 소방관서장에게 보고하고, 구급 거절·거부 확인서를 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다.

제14조 【유관기관과의 협력】

- ① 소방청장등은 구조·구급활동을 함에 있어서 필요한 경우에는 시·도지사 또는 시장·군수·구청장에게 협력을 요청할 수 있다.
- ② 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없으면 제1항의 요청에 따라야 한다.

제15조 【구조·구급활동의 위한 긴급조치】

- ① 소방청장등은 구조·구급활동을 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 다른 사람의 토지·건물 또는 그 밖의 물건을 일시사용, 사용의 제한 또는 처분을 하거나 토지·건물에 출입할 수 있다.
- ② 소방청장등은 제1항에 따른 조치로 인하여 손실을 입은 자가 있는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 손실을 보상하여야 한다.

[시행령] 제22조(손실보상)

- ① 소방청장등은 법 제15조제1항에 따른 조치로 인한 손실을 보상할 때에는 손실을 입은 자와 먼저 협의하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 손실보상에 관한 협의는 법 제15조제1항에 따른 조치가 있는 날부터 60일 이내에 하여야 한다.

- ③ 소방청장등은 제2항에 따른 협의가 성립되지 아니하면 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제51조에 따른 관할 토지수용위원회에 재결(裁決)을 신청할 수 있다.
- ④ 제3항에 따른 재결에 관하여는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제83조부터 제87조까지의 규정을 준용한다.

제16조 【구조된 사람과 물건의 인도·인계】

- ① 소방청장등은 제13조제1항에 따른 구조활동으로 구조된 사람(이하 “구조된 사람”이라 한다) 또는 신원이 확인된 사망자를 그 보호자 또는 유족에게 지체 없이 인도하여야 한다.
- ② 소방청장등은 제13조제1항에 따른 구조·구급활동과 관련하여 회수된 물건(이하 “구조된 물건”이라 한다)의 소유자가 있는 경우에는 소유자에게 그 물건을 인계하여야 한다.
- ③ 소방청장등은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 구조된 사람, 사망자 또는 구조된 물건을 특별자치도지사·시장·군수·구청장(「재난 및 안전관리 기본법」 제14조 또는 제16조에 따른 재난안전대책본부가 구성된 경우 해당 재난안전대책본부장을 말한다. 이하 같다)에게 인도하거나 인계하여야 한다.
1. 구조된 사람이나 사망자의 신원이 확인되지 아니한 때
 2. 구조된 사람이나 사망자를 인도받을 보호자 또는 유족이 없는 때
 3. 구조된 물건의 소유자를 알 수 없는 때

【시행규칙】 제13조(구조된 사람과 물건의 인도·인계)

- ① 소방청장등이 법 제16조제3항에 따라 특별자치도지사·시장·군수·구청장(「재난 및 안전관리 기본법」 제14조 또는 제16조에 따른 재난안전대책본부가 구성된 경우에는 해당 재난안전대책본부장을 말한다. 이하 같다)에게 구조된 사람, 사망자 및 구조·구급활동과 관련하여 회수된 물건을 인도하거나 인계하는 경우에는 명단(신원을 확인할 수 없는 경우에는 인상착의를 기재할 수 있다) 또는 목록을 작성하여 확인한 후 함께 인도하거나 인계하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 인도·인계는 구조·구급상황이 발생한 지역을 관할하는 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 하되, 관할 특별자치도지사·시장·군수·구청장이 분명하지 아니할 때에는 구조·구급상황 발생 현장에서 인도·인계하기 쉬운 지역의 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 한다.



제17조 【구조된 사람의 보호】

제16조제3항에 따라 구조된 사람을 인도받은 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 구조된 사람에게 숙소·급식·의류의 제공과 치료 등 필요한 보호조치를 취하여야 하며, 사망자에 대하여는 영안실에 안치하는 등 적절한 조치를 취하여야 한다.

제18조 【구조된 물건의 처리】

- ① 제16조제3항에 따라 구조된 물건을 인계받은 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 이를 안전하게 보관하여야 한다.
- ② 제1항에 따라 인계받은 물건의 처리절차와 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

【시행령】 제23조(구조된 물건에 대한 처리)

- ① 특별자치도지사·시장·군수·구청장(「재난 및 안전관리 기본법」 제14조 또는 제16조에 따른 재난안전대책본부가 구성된 경우에는 해당 재난안전대책본부장을 말한다. 이하 같다)은 법 제18조제2항에 따라 구조·구급과 관련하여 회수된 물건(이하 “구조된 물건”이라 한다)을 인계받은 경우 인계받은 날부터 14일 동안 해당 지방자치단체의 게시판 및 인터넷 홈페이지에 공고하여야 한다.
- ② 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 구조된 물건의 소유자 또는 청구권이 있는 자(이하 “소유자등”이라 한다)가 나타나 그 물건을 인계할 때에는 소유자등임을 확인할 수 있는 서류를 제출하게 하거나 구조된 물건에 관하여 필요한 질문을 하는 등의 방법으로 구조된 물건의 소유자등임을 확인하여야 한다.
- ③ 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 구조된 물건이 멸실·훼손될 우려가 있거나 보관에 지나치게 많은 비용이나 불편이 발생할 때에는 그 물건을 매각할 수 있다. 다만, 구조된 물건이 관계 법령에 따라 일반인의 소유 또는 소지가 제한되거나 금지된 물건일 때에는 관계 법령에 따라 이를 적법하게 소유하거나 소지할 수 있는 자에게 매각하는 경우가 아니면 매각할 수 없다.
- ④ 제3항에 따라 구조된 물건을 매각하는 경우 매각 사실을 해당 지방자치단체의 게시판 및 인터넷 홈페이지에 공고하고, 매각방법은 「지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」의 규정을 준용하여 경쟁입찰에 의한다. 다만, 급히 매각하지 아니하면 그 가치가 현저하게 감소될 염려가 있는 구조된 물건은 수의계약에 의하여 매각할 수 있다.

제19조 【가족 및 유관기관의 연락】

- ① 구조·구급대원은 제13조제1항에 따른 구조·구급활동을 함에 있어 현장에 보호자가 없는 요구조자 또는 응급환자를 구조하거나 응급처치를 한 후에는 그 가족이나 관계자에게 구조경위, 요구조자 또는 응급환자의 상태 등을 즉시 알려야 한다.
- ② 구조·구급대원은 요구조자와 응급환자의 가족이나 관계자의 연락처를 알 수 없는 때에는 위급상황이 발생한 해당 지역의 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 그 사실을 통보하여야 한다.
- ③ 구조·구급대원은 요구조자와 응급환자의 신원을 확인할 수 없는 경우에는 경찰관서에 신원의 확인을 의뢰할 수 있다.

제20조 【구조·구급활동을 위한 지원요청】

- ① 소방청장등은 구조·구급활동을 함에 있어서 인력과 장비가 부족한 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 관할구역 안의 의료기관, 「응급의료에 관한 법률」 제44조에 따른 구급차등의 운전자 및 구조·구급과 관련된 기관 또는 단체(이하 이 조에서 “의료기관등”이라 한다)에 대하여 구조·구급에 필요한 인력 및 장비의 지원을 요청할 수 있다. 이 경우 요청을 받은 의료기관등은 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.
- ② 제1항의 지원요청에 따라 구조·구급활동에 참여하는 사람은 소방청장등의 조치에 따라야 한다.
- ③ 제1항에 따라 지원활동에 참여한 구급차등의 운송자는 소방청장등이 지정하는 의료기관으로 응급환자를 이송하여야 한다.
- ④ 소방청장등은 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 제1항에 따른 지원요청대상 의료기관등의 현황을 관리하여야 한다.
- ⑤ 소방청장등은 제1항에 따라 구조·구급활동에 참여한 의료기관등에 대하여는 그 비용을 보상할 수 있다.

[시행령] 제24조(구조·구급활동을 위한 지원요청)

- ① 법 제20조제1항에 따른 구조·구급에 필요한 인력과 장비의 지원을 요청할 때에는 팩스·전화 등의 신속한 방법으로 하여야 한다.
- ② 제1항 외에 의료기관에 대한 지원 요청에 필요한 사항은 보건복지부장관과 협의하여 소방청장이 정하고, 구조·구급과 관련된 기관 또는 단체에 대한 지원 요청에 관하여 필요한 사항은 관할 구역의 구조·구급과 관련된 기관 또는 단체의 장과 협의하여 소방본부



장 또는 소방서장이 정한다.

[시행규칙] 제14조(구급활동 지원)

소방청장등은 법 제20조제1항에 따라 지원을 요청받은 의료기관에 소속된 의사가 구급활동을 지원(자원봉사인 경우를 포함한다)하는 경우에는 법 제10조의2제1항에 따른 119구급상황관리센터나 구급차에 배치하여 응급처치를 지도하게 하거나 직접 구급활동을 하게 할 수 있다.

[시행규칙] 제15조(구조·구급활동 지원요청대상 의료기관등의 현황관리)

- ① 소방청장등은 법 제20조제2항에 따라 관할구역 안의 의료기관 및 구조·구급과 관련된 기관 또는 단체의 현황을 관리하기 위하여 별지 제3호서식의 구조·구급 지원요청 관리대장을 작성·관리하여야 한다.
- ② 제1항에 따른 구조·구급 지원요청 관리대장은 전자적 처리가 불가능한 특별한 사유가 없으면 전자적 처리가 가능한 방법으로 작성·관리하여야 한다.

[시행규칙] 제16조(구조·구급활동에 필요한 조사)

소방청장등은 구조·구급업무의 원활한 수행을 위하여 교통, 지리, 그 밖에 필요한 사항을 조사할 수 있다.

제21조 【구조·구급대원과 경찰공무원의 협력】

- ① 구조·구급대원은 범죄사건과 관련된 위급상황 등에서 구조·구급활동을 하는 경우에는 경찰공무원과 상호 협력하여야 한다.
- ② 구조·구급대원은 요구조자나 응급환자가 범죄사건과 관련이 있다고 의심할만한 정황이 있는 경우에는 즉시 경찰관서에 그 사실을 통보하고 현장의 증거보존에 유의하면서 구조·구급활동을 하여야 한다. 다만, 생명이 위독한 경우에는 먼저 구조하거나 의료기관으로 이송하고 경찰관서에 그 사실을 통보할 수 있다.

제22조 【구조·구급활동의 기록관리】

- ① 소방청장등은 구조·구급활동상황 등을 기록하고 이를 보관하여야 한다.
- ② 구조·구급활동상황일지의 작성·보관 및 관리, 그 밖에 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다.

[시행규칙] 제17조(구조활동상황의 기록관리)

- ① 구조대원은 법 제22조에 따라 별지 제4호서식의 구조활동일지에 구조활동상황을 상세히 기록하고, 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다. 다만, 구조차에 이동단말기가 설치되어 있는 경우에는 이동단말기로 구조활동일지를 작성할 수 있다.
- ② 소방본부장은 구조활동상황을 종합하여 연 2회 소방청장에게 보고하여야 한다.

[시행규칙] 제18조(구급활동상황의 기록관리)

- ① 구급대원은 법 제22조에 따라 별지 제5호서식의 구급활동일지(이하 “구급활동일지”라 한다)에 구급활동상황을 상세히 기록하고, 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다. 다만, 구급차에 이동단말기가 설치되어 있는 경우에는 이동단말기로 구급활동일지를 작성할 수 있다.
- ② 구급대원이 응급환자를 의사에게 인계하는 경우에는 구급활동일지(이동단말기로 작성하는 경우를 포함한다)에 환자를 인계받은 의사의 서명을 받고, 구급활동일지(이동단말기에 작성한 경우에는 전자적 파일이나 인쇄물을 말한다) 1부를 그 의사에게 제출하여야 한다.
- ③ 구급대원은 구급활동 중 심폐정지환자에게 심폐소생술이나 심장충격기를 이용한 응급처치를 한 경우에는 별지 제6호서식의 심폐정지환자 응급처치 세부 상황표를 작성하여 소속 소방관서에 3년간 보관하여야 한다.
- ④ 소방본부장은 구급활동상황을 종합하여 연 2회 소방청장에게 보고하여야 한다.

[시행규칙] 제19조(구조·구급증명서)

- ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 구조대나 구급대에 의한 구조·구급활동을 증명하는 서류를 요구하는 경우에는 별지 제7호서식의 구조·구급증명 신청서(전자문서로 된 신청서를 포함한다)를 작성하여 소방청장등에게 신청하여야 한다.



1. 인명구조, 응급처치 등을 받은 사람(이하 “구조·구급자”라 한다)
 2. 구조·구급자의 보호자
 3. 공공단체 또는 보험회사 등 환자이송과 관련된 기관이나 단체
 4. 제1호부터 제3호까지에 해당하는 자의 위임을 받은 자
- ② 소방청장등은 제1항에 따라 구조·구급증명 신청을 받은 경우에는 다음 각 호의 서류 중 관련 서류를 통하여 신청인의 신원 등을 확인한 후 별지 제8호서식의 구조·구급증명서를 발급하여야 한다.
1. 주민등록증, 운전면허증, 여권, 공무원증 등 본인을 확인할 수 있는 신분증
 2. 위임 등을 증명할 수 있는 서류
 3. 구조·구급자의 보험가입을 증명할 수 있는 서류
 4. 그 밖에 구조·구급활동에 관한 증명자료가 필요함을 입증할 수 있는 서류
- ③ 구조·구급자의 보호자가 제1항에 따른 구조·구급증명을 신청하는 경우에는 소방청장등은 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 주민등록표 등본 또는 가족관계증명서를 확인하여 보호자임을 확인하여야 한다. 다만, 신청인이 확인에 동의하지 아니하는 경우에는 그 서류를 첨부하도록 하여야 한다.

제23조 【구조·구급대원에 대한 안전사고 방지대책 등 수립·시행】

- ① 소방청장은 구조·구급대원의 안전사고방지대책, 감염방지대책, 건강관리대책 등(이하 “안전사고방지대책등”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.
- ② 안전사고방지대책등의 수립에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[시행령] 제25조(안전사고방지대책)

- ① 소방청장은 법 제23조제1항에 따라 구조·구급대원의 안전사고 방지를 위하여 안전관리 표준지침을 마련하여 시행하여야 한다.
- ② 제1항의 안전관리 표준지침은 구조활동과 구급활동으로 구분하되 유형별 안전관리 기본 수칙과 행동매뉴얼을 포함하여야 한다.

[시행령] 제26조(감염관리대책)

- ① 소방청장등은 구조·구급대원의 감염 방지를 위하여 구조·구급대원이 소독을 할 수 있도록 소방서별로 119감염관리실을 1개소 이상 설치하여야 한다.

- ② 구조·구급대원은 근무 중 위험물·유독물 및 방사성물질(이하 “유해물질등”이라 한다)에 노출되거나 감염성 질병에 걸린 요구조자 또는 응급환자와 접촉한 경우에는 그 사실을 안 때부터 48시간 이내에 소방청장등에게 보고하여야 한다.
- ③ 법 제23조의2제1항에 따른 통보를 받거나 이 조 제2항에 따른 보고를 받은 소방청장등은 유해물질등에 노출되거나 감염성 질병에 걸린 요구조자 또는 응급환자와 접촉한 구조·구급대원이 적절한 진료를 받을 수 있도록 조치하고, 접촉일부터 15일 동안 구조·구급대원의 감염성 질병 발병 여부를 추적·관리하여야 한다. 이 경우 잠복기가 긴 질환에 대해서는 잠복기를 고려하여 추적·관리 기간을 연장할 수 있다.
- ④ 제1항에 따른 119감염관리실의 규격·성능 및 119감염관리실에 설치하여야 하는 장비 등 세부 기준은 소방청장이 정한다.

[시행규칙] 제20조(감염성 질병·유해물질 등 접촉보고서)

구조·구급대원이 영 제26조제2항에 따라 근무 중 위험물·유독물 및 방사성물질에 노출되거나 감염성 질병에 걸린 요구조자 또는 응급환자와의 접촉 사실을 소방청장등에게 보고하는 경우에는 별지 제9호서식의 감염성 질병 및 유해물질 등 접촉 보고서를 작성하여 보고하여야 한다.

[시행규칙] 제21조(검진기록의 보관)

소방청장등은 다음 각 호의 자료를 구조·구급대원이 퇴직할 때까지 「소방공무원임용령 시행규칙」 제17조에 따른 소방공무원인사기록철에 함께 보관하여야 한다.

1. 제20조에 따른 감염성 질병·유해물질 등 접촉 보고서 및 영 제26조제3항에 따른 진료 기록부
2. 영 제27조제1항에 따른 정기건강검진 결과서 및 같은 조 제5항에 따른 진료 기록부
3. 그 밖에 구조·구급대원의 병력을 추정할 수 있는 자료

[시행령] 제27조(건강관리대책)

- ① 소방청장등은 소속 구조·구급대원에 대하여 연 2회 이상 정기건강검진을 실시하여야 한다. 다만, 구조·구급대원이 「국민건강보험법」 제52조에 따른 건강검진을 받은 경우에는 1회의 정기건강검진으로 인정할 수 있다.
- ② 신규채용 된 소방공무원을 구조·구급대원으로 배치하는 경우에는 공무원 채용신체검사 결과를 1회의 정기건강검진으로 인정할 수 있다.



- ③ 소방청장등은 제1항에 따른 정기건강검진의 결과 구조·구급대원으로 부적합하다고 인정되는 구조·구급대원에 대해서는 구조·구급대원으로서의 배치를 중지하고 건강 회복을 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- ④ 구조·구급대원은 구조·구급업무 수행으로 인하여 신체적·정신적 장애가 발생하였다고 판단하는 경우에는 그 사실을 해당 소방청장등에게 보고하여야 한다.
- ⑤ 제4항에 따른 보고를 받은 소방청장등은 해당 구조·구급대원이 의료인의 진료를 받을 수 있도록 조치하여야 한다.
- ⑥ 구조·구급대원의 정기건강검진 항목은 행정안전부령으로 정한다.

[시행규칙] 제22조(구조·구급대원의 정기건강검진항목)

영 제27조제6항에 따른 구조·구급대원의 정기건강검진 항목은 별표와 같다.

[시행규칙] 제23조(구급차 등의 소독)

소방청장등은 주 1회 이상 구급차 및 응급처치기구 등을 소독하여야 한다.

제24조 【구조·구급활동으로 인한 형의 감면】

다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 구조·구급활동으로 인하여 요구조자를 사상에 이르게 한 경우 그 구조·구급활동 등이 불가피하고 구조·구급대원 등에게 중대한 과실이 없는 때에는 그 정상을 참작하여 「형법」 제266조부터 제268조까지의 형을 감경하거나 면제할 수 있다.

1. 제4조제3항에 따라 위급상황에 처한 요구조자를 구출하거나 필요한 조치를 한 자
2. 제13조제1항에 따라 구조·구급활동을 한 자

제25조 【구조·구급대원의 전문성 강화등】

- ① 소방청장은 국민에게 질 높은 구조와 구급서비스를 제공하기 위하여 전문 구조·구급대원의 양성과 기술향상을 위하여 필요한 교육훈련 프로그램을 운영하여야 한다.
- ② 구조·구급대원은 업무와 관련된 새로운 지식과 전문기술의 습득 등을 위하여 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 소방청장이 실시하는 교육훈련을 받아야 한다.
- ③ 소방청장은 구조·구급대원의 전문성을 향상시키기 위하여 필요한 경우 제2항에 따른 교육훈련을 국내외 교육기관 등에 위탁하여 실시할 수 있다.
- ④ 제2항 및 제3항에 따른 교육훈련의 방법·시간 및 내용, 그 밖에 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다.

[시행규칙] 제24조(구조대원의 교육훈련)

- ① 법 제25조에 따른 구조대원의 교육훈련은 일상교육훈련, 특별구조훈련 및 항공구조훈련으로 구분한다.
- ② 일상교육훈련은 구조대원의 일일근무 중 실시하되, 구조장비 조작과 안전관리에 관한 내용을 포함하여 구조대의 실정에 맞도록 소방청장등이 정한다.
- ③ 구조대원은 연 40시간 이상 다음 각 호의 내용을 포함하는 특별구조훈련을 받아야 한다.
 1. 방사능 누출, 생화학테러 등 유해화학물질 사고에 대비한 화학구조훈련
 2. 하천[호소(湖沼)를 포함한다], 해상(海上)에서의 익수·조난·실종 등에 대비한 수난구조훈련
 3. 산악·암벽 등에서의 조난·실종·추락 등에 대비한 산악구조훈련
 4. 그 밖의 재난에 대비한 특별한 교육훈련
- ④ 구조대원은 연 40시간 이상 다음 각 호의 내용을 포함하는 항공구조훈련을 받아야 한다.
 1. 구조·구난(救難)과 관련된 기초학문 및 이론
 2. 항공구조기법 및 항공구조장비와 관련된 이론 및 실기
 3. 항공구조활동 시 응급처치와 관련된 이론 및 실기
 4. 항공구조활동과 관련된 안전교육



[시행규칙] 제25조(항공구조구급대 소속 조종사 및 정비사에 대한 교육훈련)

① 법 제25조에 따른 교육훈련 중 항공구조구급대 소속 조종사 및 정비사에 대한 교육훈련은 다음 각 호의 구분에 따른다.

1. 조종사

가. 비행교육훈련

- 1) 기존전환교육훈련(신규임용자 포함)
- 2) 자격회복훈련
- 3) 기술유지비행훈련

나. 조종전문교육훈련

- 1) 해상생환훈련
- 2) 항공안전관리교육
- 3) 계기비행훈련
- 4) 비상절차훈련
- 5) 항공기상상황관리교육
- 6) 그 밖의 항공안전 및 기술향상에 관한 교육훈련

2. 정비사

가. 해상생환훈련

나. 항공안전관리교육

다. 항공정비실무교육

라. 그 밖의 항공안전 및 기술향상에 관한 교육훈련

② 제1항에 따른 교육훈련의 세부사항은 소방청장이 정한다.

[시행규칙] 제26조(구급대원의 교육훈련)

- ① 법 제25조에 따른 구급대원의 교육훈련은 일상교육훈련 및 특별교육훈련으로 구분한다.
- ② 일상교육훈련은 구급대원의 일일근무 중 실시하되, 구급장비 조작과 안전관리에 관한 내용을 포함하여 구급대의 실정에 맞도록 소방청장등이 정한다.
- ③ 구급대원은 연간 40시간 이상 다음 각 호의 내용을 포함하는 특별교육훈련을 받아야 한다.
 1. 임상실습 교육훈련
 2. 전문 분야별 응급처치교육
 3. 그 밖에 구급활동과 관련된 교육훈련
- ④ 소방청장등은 구급대원의 교육을 위하여 소방청장이 정하는 응급처치용 실습기자재와 실습공간을 확보하여야 한다.
- ⑤ 그 밖에 구급대원의 교육훈련에 필요한 세부적인 사항은 소방청장이 정한다.

제26조 【구조·구급활동의 평가】

- ① 소방청장은 매년 시·도 소방본부의 구조·구급활동에 대하여 종합평가를 실시하고 그 결과를 시·도 소방본부장에게 통보하여야 한다.
- ② 소방청장은 제1항에 따른 종합평가결과에 따라 시·도 소방본부에 대하여 행정적·재정적 지원을 할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 평가방법 및 항목, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[시행령] 제28조(구조·구급활동의 평가)

- ① 법 제26조에 따른 시·도 소방본부의 구조·구급활동에 대한 종합평가(이하 “종합평가”라 한다)는 다음 각 호의 평가항목 중 구조·구급 환경 특성에 맞는 평가항목을 선정하여 실시하여야 한다.
 1. 구조·구급서비스의 품질관리
 2. 구조·구급대원의 전문성 수준
 3. 구조·구급대원에 대한 안전사고방지대책, 감염방지대책, 건강관리대책
 4. 구조·구급장비의 확보 및 유지·관리 실태
 5. 관계 기관과의 협력체제 구축 실태
 6. 그 밖에 소방청장이 정하는 평가에 필요한 사항
- ② 종합평가는 서면평가와 현장평가로 구분하여 실시하되, 서면평가는 모든 시·도 소방본



부를 대상으로 실시하고, 현장평가는 서면평가 결과에 따라 필요한 시·도 소방본부를 대상으로 실시한다.

- ③ 소방본부장은 종합평가를 위하여 시·도 집행계획의 시행 결과를 다음 해 2월 말일까지 소방청장에게 제출하여야 한다.

제27조 【구조·구급정책협의회】

- ① 제3조제1항에 따른 구조·구급관련 새로운 기술의 연구·개발 등과 기본계획 및 집행계획에 관하여 필요한 사항을 관계 중앙행정기관 등과 협의하기 위하여 소방청에 중앙구조·구급정책협의회를 둔다.
- ② 시·도 집행계획의 수립·시행에 필요한 사항을 해당 시·도의 구조·구급관련기관 등과 협의하기 위하여 시·도 소방본부에 시·도 구조·구급정책협의회를 둔다.
- ③ 제1항 및 제2항에 따른 구조·구급정책협의회의 구성·기능 및 운영, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[시행령] 제29조(중앙 정책협의회의 구성 및 기능)

- ① 중앙 정책협의회는 위원장 및 부위원장 각 1명을 포함한 20명 이내의 위원으로 구성한다.
- ② 중앙 정책협의회 위원장은 소방청장이 되고, 부위원장은 민간위원 중에서 호선(互選)한다.
- ③ 위원은 다음 각 호의 사람 중에서 소방청장이 임명하거나 위촉한다.
 - 1. 관계 중앙행정기관 소속 고위공무원단에 속하는 일반직공무원(이에 상당하는 특정 직·별정직 공무원을 포함한다) 중에서 소속 기관의 장이 추천하는 사람
 - 2. 긴급구조, 응급의료, 재난관리, 그 밖에 구조·구급업무에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람
- ④ 위촉위원의 임기는 2년으로 한다.
- ⑤ 중앙 정책협의회의 효율적인 운영을 위하여 중앙 정책협의회에 간사 1명을 두며, 간사는 소방청의 구조·구급업무를 담당하는 소방공무원 중에서 소방청장이 지명한다.
- ⑥ 중앙 정책협의회는 다음 각 호의 사항을 협의·조정한다.
 - 1. 기본계획 및 집행계획의 수립·시행에 관한 사항
 - 2. 기본계획 변경에 관한 사항
 - 3. 종합평가와 그 결과 활용에 관한 사항
 - 4. 구조·구급과 관련된 새로운 기술의 연구·개발에 관한 사항

5. 그 밖에 구조·구급업무와 관련하여 위원장이 회의에 부치는 사항

[시행령] 제30조(중앙 정책협의회의 운영)

- ① 중앙 정책협의회의 정기회의는 연 1회 개최하며, 임시회의는 위원장이 필요하다고 인정하거나 위원이 소집을 요구할 때 개최한다.
- ② 중앙 정책협의회의 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의(開議)하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.
- ③ 중앙 정책협의회의 회의에 출석한 위원에게는 예산의 범위에서 수당과 여비를 지급할 수 있다. 다만, 공무원인 위원이 그 소관 업무와 직접적으로 관련되어 출석하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ④ 중앙 정책협의회의 업무를 효율적으로 운영하기 위하여 필요하면 중앙 정책협의회의 의결을 거쳐 분과위원회를 둘 수 있다.
- ⑤ 제1항부터 제4항까지에서 규정한 사항 외에 중앙협의회 운영에 필요한 사항은 중앙 정책협의회의 의결을 거쳐 위원장이 정한다.

[시행령] 제31조(시·도 정책협의회의 구성 및 기능)

- ① 시·도 정책협의회는 위원장 및 부위원장 각 1명을 포함한 15명 이내의 위원으로 구성한다.
- ② 시·도 정책협의회 위원장은 소방본부장이 되고, 부위원장은 위원 중에서 호선한다.
- ③ 위원은 다음 각 호의 사람 중에서 시·도지사가 임명하거나 위촉한다.
 1. 해당 시·도의 구조·구급업무를 담당하는 소방정(消防正) 이상 소방공무원
 2. 해당 시·도의 응급의료업무를 담당하는 4급 이상 일반직공무원(이에 상당하는 특정직·별정직 공무원을 포함한다)
 3. 긴급구조, 응급의료, 재난관리, 그 밖에 구조·구급업무에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람
 4. 「재난 및 안전관리기본법」 제3조제7호에 따른 긴급구조기관과 긴급구조활동에 관한 응원(應援) 협정을 체결한 기관 및 단체를 대표하는 사람
- ④ 위촉위원의 임기는 2년으로 한다.
- ⑤ 시·도 정책협의회의 효율적인 운영을 위하여 시·도 정책협의회에 간사 1명을 두며, 간사는 시·도 소방본부의 구조·구급업무를 담당하는 소방공무원 중에서 소방본부장이 지명한다.



⑥ 시·도 정책협의회는 다음 각 호의 사항을 협의·조정한다.

1. 시·도 집행계획 수립에 관한 사항
2. 시·도 집행계획 시행 결과 활용에 관한 사항
3. 시·도 종합평가 결과 활용에 관한 사항
4. 그 밖에 구조·구급업무와 관련하여 위원장이 회의에 부치는 사항

[시행령] 제32조(시·도 정책협의회의 운영)

시·도 정책협의회의 운영에 관하여는 제30조를 준용한다. 이 경우 “중앙 정책협의회”는 “시·도 정책협의회”로 본다.

[시행령] 제32조의4(민감정보 및 고유식별정보의 처리)

소방청장등은 다음 각 호의 사무를 수행하기 위하여 불가피한 경우「개인정보 보호법」 제23조에 따른 건강에 관한 정보나 같은 법 시행령 제19조에 따른 주민등록번호, 여권번호, 운전면허의 면허번호 또는 외국인등록번호가 포함된 자료를 처리할 수 있다.

1. 법 및 이 영에 따른 구조·구급활동에 관한 사무
2. 법 제22조에 따른 구조·구급활동의 기록 관리에 관한 사무

제6절 벌 칙

제28조 【벌칙】

정당한 사유 없이 제13조제2항을 위반하여 구조·구급활동을 방해한 자는 5년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

제29조 【벌칙】

정당한 사유 없이 제15조제1항에 따른 토지·물건 등의 일시사용, 사용의 제한, 처분 또는 토지·건물에 출입을 거부 또는 방해한 자는 300만원 이하의 벌금에 처한다.

제30조 【과태료】

- ① 제4조제3항을 위반하여 위급상황을 소방기관 또는 관계 행정기관에 거짓으로 알린 자에게는 200만원 이하의 과태료를 부과한다.
- ② 제1항에 따른 과태료는 대통령령으로 정하는 바에 따라 소방청장등 또는 관계 행정기관의 장이 부과·징수한다.

[시행령] 제33조(과태료의 부과기준)

법 제30조제1항에 따른 과태료의 부과기준은 별표 2와 같다.



[별표 2]

과태료의 부과기준(제33조 관련)

1. 일반기준

가. 과태료 부과권자는 위반행위자가 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제2호에 따른 과태료 금액의 2분의 1의 범위에서 그 금액을 줄여 부과할 수 있다. 다만, 과태료를 체납하고 있는 위반행위자에 대해서는 그러하지 아니하다.

- 1) 「질서위반행위규제법 시행령」제2조의2제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우
- 2) 위반행위를 자수한 경우
- 3) 위반 이후 위반상태를 시정하거나 해소하기 위해 노력한 경우
- 4) 그 밖에 위반행위의 정도, 위반행위의 동기와 그 결과 등을 고려하여 과태료를 줄일 필요가 있다고 인정되는 경우

나. 위반행위의 횟수에 따른 과태료의 부과기준은 최근 1년간 같은 위반행위로 과태료를 부과받은 경우에 적용한다. 이 경우 위반행위에 대하여 과태료 부과처분을 한 날과 다시 같은 위반행위를 적발한 날을 기준으로 하여 위반 횟수를 계산한다.

2. 개별기준

위반행위	근거 법조문	과태료 금액(단위: 만원)		
		1회 위반	2회 위반	3회 이상 위반
가. 법 제4조제3항을 위반하여 구조·구급활동이 필요한 위급상황을 거짓으로 알린 경우	법 제30조 제1항	100	150	200
나. 법 제4조제3항을 위반하여 구조·구급활동이 필요한 위급상황인 것으로 거짓으로 알려 구급차등으로 이송되었으나 이송된 의료기관으로부터 진료를 받지 않은 경우	법 제30조 제1항	200		

■ 국내문헌

1. BIG WALL CLIMBING (2007년) : 익스트림 라이더
2. 산악로프구조론 : 중앙119구조본부
3. 임업기능인 영림단
4. 붕괴건축물 탐색구조 : 중앙119구조본부
5. 재난관리론 : 한성문화사
6. 건축물구조와 안전 : 신원구조안전기술단
7. 첨단인명탐색장비 조작요령 : 중앙119구조본부
8. 오픈워터 다이버 매뉴얼 : SDD
9. 응급구조와 응급처치 : 연세대학교 원주의과대학
10. 해난구조대 초급과정 : SSU
11. 다이브마스터 매뉴얼 : TDI/SDI KOREA
12. 안전수영 : 대한적십자사
13. 수상인명구조 : 대한적십자사
14. 스포츠 스쿠버 다이빙Ⅲ(상급편) : CMAS KOREA
15. 스포츠 스쿠버 다이빙Ⅱ(중급편) : CMAS KOREA
16. 스포츠 스쿠버 다이빙Ⅰ(초급편) : CMAS KOREA
17. 어드밴스드 다이빙 매뉴얼 : TDI/SDI KOREA
18. 오픈워터 다이버 매뉴얼 : TDI/SDI KOREA
19. 잠수이론과 실기(초급과정) : KUDA
20. 잠수기술개론 : 한국기능잠수학교
21. 잠수, 특전전술 : UDT
22. 해상척후조 자격과정 : 특수전사령부
23. 유해화학물질(HAZMAT) 훈련프로그램 : 경기도소방재난본부
24. CBRNE사고대응실무 : 중앙119구조본부

■ 국외문헌

1. PROFESSIONAL (2007년) : PETZL
2. TECHNICAL ROPE RESCUE (2007년) : RESCUE 3 INTERNATIONAL
3. ROPES EQUIPMENT (2007년) : PIGEON MOUNTAIN INDUSTRIES
4. SWIFTWATER RESCUE (2007년) : RESCUE 3 INTERNATIONAL
5. ESSENTIAL OF FIREFIGHTING 4TH EDITION : IFSTA
6. HIGH ANGLE RESCUE TECHNICIAN
7. CMC ROPE RESCUE MANUAL
8. UN 국제수색구조 가이드라인
9. 붕괴건축물 교육용 교안 : 미국, 해외재난지원실(OFDA)
10. 도시탐색구조 교육용 교안 : 호주, 뉴사우스웨일즈
11. 도시탐색구조 교육용 교안 : 영국소방대학교
12. U.S. Navy Diving Manual Revision 6
13. U.S. Noaa Diving Manual
14. NAUI Advanced Diving
15. NAUI Adventures In Scuba Diving
16. PADI Adventures In Diving



■ 참고사이트

1. 코오롱 등산학교 : <http://www.mountaineering.co.kr/>
 2. <http://blog.daum.net/essekr/272>
 3. <http://www.naver.com/>
-

| 참여한 사람들 |

집필위원

외래교수 송남현
외래교수 손원배

검토위원

외래교수 최규출
외래교수 손원배
외래교수 천성수
외래교수 황인환

인명구조사 1급

발행일 2018년 12월

발행 중앙소방학교

인쇄처 (주)프리비(Tel. 061-332-1492)

※ 본 교재는 2018년도 교재를 기반으로 개발되었습니다.

※ 이 책의 내용은 저자와 협의 없이 無斷再製 또는 轉載를 금합니다.