

KOSHA GUIDE

P - 58 - 2012

위험물질 사고대응에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 명지대학교 김태옥

○ 개정자 : 한 우 섭

○ 제 · 개정 경과

- 2011년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- NFPA 471, "Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents", 1997 Ed., 1997
- NFPA 472, "Standard for Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents", 1997 Ed., 1997

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

위험물질 사고대응에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 위험물질의 누출로부터 사고에 대응하기 위한 최소 요구사항을 제시함으로써 추가적인 인명, 자산 및 환경의 피해를 예방하는데 필요한 기술적 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 위험물질로 인한 사고의 대응책임을 맡은 모든 기관에 적용되며, 사고에 대응하기 위한 기준 운영지침을 제시하고, 특히 계획 절차, 정책 및 사고의 정도에 따른 절차, 개인 방호장비, 오염 제거, 안전 및 통신 시설에 적용한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “초기화재진화 (Incipient fire fighting)”라 함은 화재가 초기단계를 넘어서 진전되지 않았을 때 차단된 구조물이나 건물의 내부 또는 외부에서 수행되는 진화를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 사고 대응계획

4.1 대응계획

(1) 사고대응계획은 비상사태를 위한 준비작업의 필수적인 부분이다.

(2) 사고대응계획팀은 위험물질로 인한 비상시의 계획을 개발한다.

(3) 위험물질의 비상계획은 최소한 매년 검토하여 수정하여야 한다.

(4) 위험물질 비상계획의 적합성과 유효성을 확보하기 위한 교육은 최소한 매년 실시하여야 한다.

4.2 대응수준

<표 1>은 사고의 정도에 따른 대응과 교육을 결정하는데 도움을 주기 위해 제공되는 계획지침이다.

<표 1> 사고의 정도, 대응 및 훈련을 결정하기 위한 계획지침

사고의 상태	사고의 정도		
	1	2	3
생성물의 확인	- NFPA 0 또는 1 등급	- 미국 운송부(DOT) 플랜카드 - NFPA 2 등급 - 미국 환경청(EPA)에서 규정한 폐기물	- 독극물 기체, 폭발물, 유기과산화물, 인화성 고체, 젖으면 위험한 물질, 염소, 불소, 무수암모니아, 방사성 물질 - NFPA 3, 4 등급 - DOT 흡입 위험물질 - EPA에서 규정한 극단적 위험물질 및 저온 물질
용기의 크기	소(양동이, 드럼, 1톤 미만의 실린더, 봉지)	중(1톤 실린더, 이동식 컨테이너, 복합 소형 패키지형)	대(탱크차, 탱크트럭, 고정식 탱크, 호퍼차/트럭, 복합 중형 컨테이너)
화재 /폭발 가능성	낮음	보통	높음
누출 중대성	누출이 없거나 즉시 이용 가능한 수단으로, 소량의 누출을 차단하거나 억제함	특수한 수단없이 누출을 통제할 수 없음	특수한 수단으로도 누출을 통제할 수 없음
인명 안전	관련 물질로부터 생명의 위협이 없음	국한된 지역이나 한정된 대피지역	대단위 지역, 대량 대피지역
환경적 영향	최소	중간	심각
용기 보전상태	손상이 없음	손상되었으나 제품의 처리와 운반에 허용되는 내용물을 넣을 수 있음	격렬한 파열이 일어날 정도로 손상됨

5. 현장 안전

5.1 비상사고 시의 작업

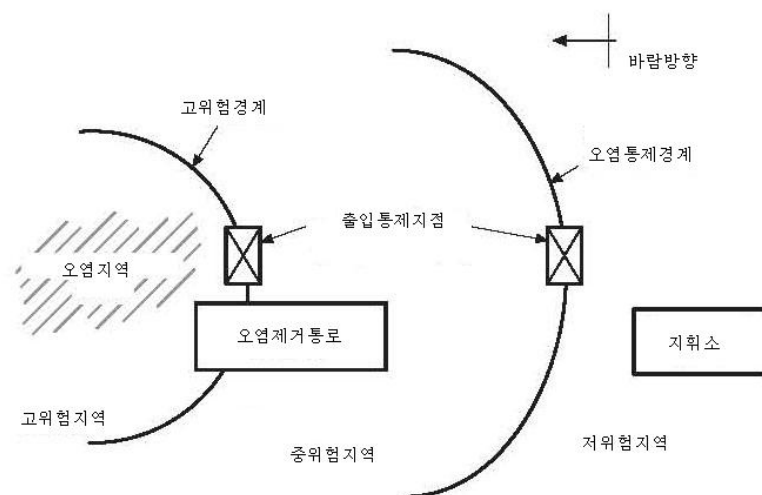
- (1) 비상사고 시의 작업은 관련 규정에 따라 실시하여야 한다.
- (2) 사고관리체계는 모든 위험물질로 인한 사고시에 시행되어야 한다. 이때, 작업은 위임 받은 사고 지휘관이 감독하고, 서면으로 작성된 기준 운영절차를 따라야 한다.
- (3) 사고 시에 따라야 할 일반적인 안전절차를 기술하는 비상대응계획은 관련 규정에 따라 준비하여야 하며, 비상대응절차는 철저히 검토하고, 시험하여야 한다.

5.2 점화원

- (1) 발화가능 물질의 누출이나 잠재적인 누출과 관련된 사고 시 가능한 한 점화원을 제거하여야 한다.
- (2) 가능하면 고위험지역(Hot zone) 내에서 사용되는 전기장치는 공인된 기관에 의해 본질적인 안전성을 보증 받아야 한다.

5.3 통제지역

전형적인 비상대응 통제지역은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 통제지역 도식

5.3.1 고위험지역(Hot zone)

- (1) 위험물질의 누출사고에 의해 직접적으로 영향을 받는 지역으로, 위험물질의 누출로부터 지역 밖의 사람들에게 나쁜 영향을 미치는 것을 충분히 막을 수 있는 범위까지이다.
- (2) 이 지역은 제한지역이라고도 한다.

5.3.2 중위험지역(Warm zone)

- (1) 직원과 장비의 오염을 제거하고, 고위험지역을 지원하는 지역으로, 출입통로의 통제 지점을 포함하며, 오염의 확산을 줄이는데 도움을 준다.
- (2) 오염제거지역, 오염감소지역 또는 제한접근지역이라고도 한다.

5.3.3 저위험지역(Cold zone)

- (1) 이 지역은 지휘소 등 사고를 관리하는데 필요한 지원기능 등을 포함하는 지역이다.
- (2) 청정지역 또는 지원지역이라고도 한다.

5.4 통신시설

- (1) 개인 방호복이나 원거리 작전으로 통신을 할 수 없을 때에는 무전기와 같은 효과적인 통신수단을 마련하여야 한다.
- (2) 무전기의 주파수는 전용주파수이어야 하며, 관련 기관이 사용하거나 공유할 수 없다.
- (3) 통신은 주 통신수단이 고장 났을 때 사용할 수 있도록 사전에 정의된 수신호와 손전 등 신호로 보완하여야 한다.

5.5 감시장비

- (1) 감시장비는 위험물질 누출의 다양한 양상을 측정하는 것으로, 다음과 같은 장비들이 있다.
 - (가) 산소 측정기
 - (나) 인화성 가스 측정기

- (다) 일산화탄소 측정기
 - (라) pH 미터
 - (마) 방사선 탐지기
 - (바) 열량 탐지기 튜브
 - (사) 유기성 증기 분석기
 - (아) 광이온화 측정기
 - (자) 공기 샘플링 장치
 - (차) 염소, 황화수소 또는 산화에틸렌과 같은 특정 생성물을 측정하는 기타 측정기
 - (카) pH 시험지 또는 띠(Strips)
 - (타) 유기성 증기 배지(Badge)나 필름 띠
 - (파) 수은 배지
 - (하) 포름알데히드 배지나 띠
- (2) 모든 감시장비는 사용 전에 작동시험을 하고, 정기적으로 교정하여야 한다.

6. 개인 방호장비

- (1) 관련 기준에 맞는 개인 방호장비의 제공, 유지 및 사용은 필수적이며, 개인 방호장비를 선택할 때에는 물리적, 화학적 및 열에 의한 위험으로부터 방호를 고려하여야 한다.
- (2) 문서화된 개인 방호장비 프로그램을 제정하여야 한다. 이때, 프로그램은 개인 방호장비의 선택과 사용, 저장, 관리 및 검사 절차, 교육 사항 등의 요소를 포함하여야 하고, 개인 방호복은 위험물질과 현재 상태 및 직면할 위험에 적절한지를 고려하여 선택하여야 한다.
- (3) 초기단계를 지나서 화재 진압작업을 위해 사용되는 방호복과 장비는 관련 규정의 요구사항을 충족하여야 한다. 다만, 구조물 화재진화를 위한 방호복은 화학물질을 방호하기 위한 것은 아니다.

6.2 호흡기 방호장비

- (1) 자급식 호흡기구(Self-contained breathing apparatus, SCBA)는 관련 규정의 요구사항을 충족하여야 한다.
- (2) 개인경보 안전시스템(Personal alert safety system, PASS)은 관련 규정의 요구사항을 충족하여야 한다.
- (3) 공기정제마스크는 공기로부터 미립자와 오염물을 여과하기 위해 착용한다. 다만, 오염물의 종류와 양을 알고 있고, 산소량이 충분한 대기 중에서만 착용하여야 한다.

6.3 화학물질 방호복

- (1) 화학물질 방호복(Chemical protective clothing, CPC)은 특수 재료로 만들어 졌고, 화학물질이 신체에 접촉되는 것을 막도록 설계되었는데, 전체가 캡슐형인 것과 비캡슐형의 2가지 종류가 있다.
- (2) 화학물질 방호복을 제조하는 섬유를 만드는 재료는 다양하며, 각 재료는 특정 화학물질이나 화학혼합물로부터 방호하게 되지만, 어떤 화학물질로부터는 거의 방호하지 못하는 경우도 있다. 방호복 재료는 관련 화학물질과 호환성이 있어야 하며, 제조업체의 설명과 일치하여야 한다.
- (3) 적절한 화학물질 방호재료를 선택하기 위해서는 성능에 관한 요구사항(화학물질에 대한 저항력, 침투, 관통, 유연성, 마모성, 온도 저항력, 보존기간 및 크기에 관한 기준 등)을 고려하여야 한다.

6.4 열 방호

6.4.1 근접복

- (1) 근접복은 1,090 ℃의 복사열 온도에서 짧은 시간동안 방호와 가까운 근접방호를 하는데 사용되며, 물과 증기에 대해 약간의 노출을 견딜 수 있다.
- (2) 근접복과 함께 호흡장비가 제공되어야 한다.

6.4.2 화재 진입복

- (1) 화재 진입복은 1,090 ℃의 고온에서 전체가 화염으로 싸인 곳에 짧은 시간동안 진입할 때 방호하는 의복이다.
- (2) 화재 진입복은 구조작업을 위한 사용에는 효과적이지 못하며, 호흡장비도 화염 진입복과 같이 제공되어야 한다.

6.4.3 과방호복(Overprotection garments)

과방호복은 캡슐형의 화학물질 방호복과 결합하여 착용한다.

- (1) 섬광 방호복(Flash cover protective suits) : 섬광 방호복은 근접복이나 화재 진입복이 아니며, 단지 플래쉬백(Flashback)에 대해서만 제한된 과방호를 해주는데, 다른 방호복 위에 착용하고, 필요할 때만 사용한다.
- (2) 저온복(Low temperature suits) : 저온복은 캡슐형 화학물질 방호복이 저온 가스와 액체에 접촉되는 것을 어느 정도 방호해 주며, 캡슐형 화학물질 방호복 위에 착용하고, 필요할 때만 사용한다.

6.5 방호수준

6.5.1 방호수준 I

피부, 호흡 및 눈의 방호를 위해 가장 높은 방호수준이 요구될 때 선택하는데, 다음은 방호수준 I 장비의 구성요소이며, 적절히 사용할 수 있다.

- (1) 관련 기관에서 승인한 전면 마스크의 자급식 호흡기구(SCBA) 또는 필요한 압력이 공급되는 피난용 SCBA가 달린 공기 호흡기
- (2) 증기 방호복 : 방호복 재료로 구성된 캡슐형 화학물질 방호복(TECP 의복)
 - (가) 착용자의 몸체, 머리, 팔 및 다리를 덮음.
 - (나) 장화와 장갑은 의복의 일부분으로 또는 분리하여 단단히 부착함.
 - (다) 착용자의 호흡장비, 장갑 및 장화와 결합하거나 또는 그 자체만으로 착용자를 완전히 둘러쌀 것.
 - (라) 릴리프 밸브, 이음매 및 폐쇄 부품과 같이 TECP 의복의 모든 구성부품은 동등한 내화학물 방호를 제공하여야 한다.

- (3) 상·하가 붙은 작업복
- (4) 긴 속옷
- (5) 장갑, 외피, 내화학성
- (6) 장갑, 내피, 내화학성
- (7) 장화, 내화학성, 철제로 된 앞코와 정강이 부분
- (8) 안전모(의복에 포함)
- (9) 사용 후에 폐기하는 방호복, 장갑 및 장화(의복의 구성에 따라 전부를 캡슐형 의복으로 착용할 수 있다.)
- (10) 송수신 겸용 무전기(캡슐형 의복 안에 착용)

6.5.2 방호수준 II

호흡기 방호는 가장 높은 방호수준이 필요하지만 피부방호는 보다 낮은 방호수준이 필요할 때 방호수준 II의 개인 방호장비가 필요하며, 방호수준 II 장비의 구성요소는 다음과 같고, 적절히 사용할 수 있다.

- (1) 관련 기관에서 승인한 전면 마스크의 자급식 호흡기구(SCBA) 또는 필요한 압력이 공급되는 피난용 SCBA가 달린 공기 호흡기
- (2) 덮개가 달린 내화학복(작업바지와 긴 소매가 달린 재킷, 상·하가 붙은 작업복, 원피스 또는 투피스의 화학물질 비산방지용 의복, 사용 후 폐기하는 내화학 작업복)
- (3) 상·하가 붙은 작업복
- (4) 장갑, 외피, 내화학성
- (5) 장갑, 내피, 내화학성
- (6) 장화, 외피, 내화학성, 철제로 된 앞코와 정강이 부분
- (7) 장화 덮개, 외피, 내화학성(사용 후 폐기)
- (8) 안전모
- (9) 송수신 겸용 무전기(캡슐형 의복 안에 착용)

(10) 안면 차폐물

6.5.3 방호수준 III

공기로 운반되는 오염물질의 농도와 종류를 알고, 공기 오염제거 호흡장치의 사용기준을 충족할 때 방호수준 III의 개인방호장비가 필요하며, 방호수준 III 장비의 구성요소는 다음과 같고, 적절히 사용할 수 있다.

- (1) 전면 또는 반면 마스크, 공기 오염제거 호흡장치, 자급식 호흡기구
- (2) 덮개가 달린 내화학복(작업복, 상·하로 된 화학물질 비산방지용 의복, 사용 후 폐기하는 내화학물질 작업복)
- (3) 상·하가 붙은 작업복
- (4) 장갑, 외피, 내화학성
- (5) 장갑, 내피, 내화학성
- (6) 장화, 외피, 내화학성, 철제로 된 앞코와 정강이 부분
- (7) 장화 덮개, 외피, 내화학성(사용 후 폐기)
- (8) 안전모
- (9) 피난 마스크
- (10) 송수신 겸용 무전기(걸 방호복 안에 착용)
- (11) 안면 차폐물

6.5.4 방호수준 IV

단지 오염의 경우에만 사용되며, 최소로 방호할 수 있는 작업복으로, 방호수준 IV 장비의 구성요소는 다음과 같고, 적절히 사용할 수 있다.

- (1) 상·하가 붙은 작업복
- (2) 장갑
- (3) 장화/신발, 내화학성, 철제로 된 앞코와 정강이 부분
- (4) 장화, 외피, 내화학성(사용 후 폐기)

- (5) 보안경 또는 화학물질 비산방지용 보안경
- (6) 안전모
- (7) 피난 마스크
- (8) 안면 차폐물

6.6 위험의 유형

6.6.1 방호수준 I 이 적용되는 경우

- (1) 위험물질이 확인되고, 측정된(또는 가능성 있는) 대기 중의 고농도 증기, 가스, 미립자에 의하거나 또는 피부에 유해하거나 손상되지 않은 피부를 통해 흡수될 수 있는 예상치 못한 물질의 비산, 침출, 노출될 가능성이 높은 작업 현장 및 작업에서 피부, 눈 및 호흡계통의 가장 높은 방호수준이 요구될 때
- (2) 피부에 매우 위험한 물질로 인지되거나 존재하는 것으로 예상되며, 피부접촉이 가능할 때
- (3) 통풍이 빈약한 제한된 지역에서 작업이 실시되고, 방호수준 I를 요구하는 조건이 아니라는 것을 확인하지 않았을 때

6.6.2 방호수준 II 이 적용되는 경우

- (1) 물질의 유형과 대기 중의 농도를 확인하고, 호흡 방호는 높은 방호수준을 요구하지만 피부방호는 그보다 낮은 방호수준을 요구할 때
- (2) 대기 중의 산소 함유량이 19.5% 미만일 때
- (3) 완전히 확인되지 않은 증기나 가스가 직접 관독되는 유기물 증기 검지기구에 의해 표시되고, 이와 같은 증기와 가스가 피부에 유해하거나 피부를 통해 흡수될 수 있는 화학물질을 대량으로 함유하지 않은 것이 확인될 때
- (4) 액체나 미립자가 존재하지만 피부에 유해하거나 피부를 통해 흡수될 수 있는 화학물질을 대량으로 함유하지 않은 것이 확인될 때

6.6.3 방호수준 III 이 적용되는 경우

- (1) 대기 중의 오염물, 액체 비산물질 또는 기타 직접적인 접촉이 피부에 피해를 입히지 않거나 노출된 피부를 통해 흡수되지 않을 때
- (2) 공기 오염물의 종류가 확인되고, 농도가 측정되며, 오염물을 제거할 수 있는 공기 오염제거 호흡장치를 이용할 수 있을 때
- (3) 공기 오염제거 호흡장치의 사용에 관한 모든 기준을 충족한 때
- (4) 대기 중의 화학물질 농도는 IDLH(Immediately dangerous to life and health) 수준을 초과하지 않아야 하고, 대기 중의 산소 함유량은 적어도 19.5% 이상일 때

6.6.4 방호수준 IV이 적용되는 경우

- (1) 대기 중에는 위험물질이 함유되어 있지 않은 때
- (2) 작업 중 비산이나 침출 또는 예기치 못한 위험한 수준의 화학물의 흡입 또는 접촉 가능성이 있을 때

7. 사고 완화

7.1 통제

- (1) 통제는 유출이나 누출의 초기 위험단계에서 생명과 환경의 위험을 최소화하는 방향으로 봉쇄, 억제 및 수납을 확실히 하는데 필요한 조치들이다.
- (2) 위험물질의 누출을 제한하기 위해 자연적인 방법이나 인위적인 방법을 이용함으로써 환경이나 생명에 최소한의 위험이 가해지도록 효과적인 복구와 처리가 될 수 있도록 한다.

7.2 위험물질

7.2.1 종류

- (1) 화학물질 : 화학적 및 물리적 특성에 의해 위험이 있는 물질
- (2) 생물학적 물질 : 생명과 환경에 병리 효과를 가지며, 보통의 주위 환경에서 존재할 수 있는 유기체

(3) 방사성 물질 : 이온 방사능을 발생시키는 물질

7.2.2 물리적 상태

(1) 위험물질은 3가지 상태(기체, 액체, 고체)로 분류할 수 있고, 이들은 고압 또는 저압으로 저장하거나 보관할 수 있다.

(2) 3가지 상태 모두는 사고가 발생하는 환경에 영향을 받는다.

(3) 비상대응자는 안전작업을 수행하는데 사용되는 방법에 영향을 주는 열, 추위, 비 또는 바람과 같은 조건들을 고려하여야 한다.

7.3 완화방법

위험물질로 인한 사고를 완화하는 방법에는 <표 2> 및 <표 3>과 같이 물리적 방법과 화학적 방법이 있다.

<표 2> 위험물질의 물리적 완화방법

방법	화학적				생물학적				방사성			
	가스		액체	고체	가스		액체	고체	가스		액체	고체
	저압	고압			저압	고압			저압	고압		
흡수	O	O	O	X	X	X	O ⁴	X	X	X	O	X
덮기	X	X	O	O	X	X	O	O	X	X	O ³	O ³
수납	O	O ⁵	O	O	X	X	O	O	X	X	O	O
희석	O	O ⁵	O	O	X	X	X	X	O	X	O	O
초과포장	O	X	O	O	O	X	O	O	O	X	O	O
막음	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
운반	O	X	O	O	O	X	O	O	O	X	O	O
증기진압	X	X	O	O	X	X	O	O	X	X	X	X
진공	X	X	O	O	X	X	O	O	X	X	O	O
배기 ¹	O	O	O	X	O	X	X	X	O ²	X	X	X

1) 낮은 증기압 가스의 배기는 알려진 생물학적 시스템을 터득한 경우에만 권장된다. 배기는 세균학적 시스템이 비병원균으로 판명되었을 때 또는 병원 박테리아에 대항하는 환경을 만드는 방법을 이용할 수 있는 경우에 허용된다.

2) 낮은 증기압 방사성 가스의 배기는 가스가 짧은 반감기를 가진 알파 또는 베타 에미터로 판명되었을 때 허용된다. 다만, 배기는 공인된 위생 물리학자와 상의한 후에만 허용된다.

3) 덮기(Covering)는 적합한 전문가와 상의한 후에만 시행하여야 한다.

4) 박테리아를 함유한 액체의 흡수는 박테리아 흡수나 환경이 박테리아에 저항하는 곳에서 허용된다.

5) 특정한 증기와 가스에 대해서만 물을 부릴 것.

<표 3> 위험물질의 화학적 완화방법

방법	화학적				생물학적				방사성			
	가스		액체	고체	가스		액체	고체	가스		액체	고체
	저압	고압			저압	고압			저압	고압		
흡착	O	O	O	X	O ³	O	O ³	X	X	X	X	X
연소	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X
분산	X	X	O	O	X	X	O ³	X	X	X	X	X
플레이팅	O	O	O	X	O	O	O	X	X	X	X	X
겔화	O	X	O	O	O ³	X	O ³	O ³	X	X	X	X
중화	O ¹	O ⁴	O	O ²	X	X	X	X	X	X	X	X
중합	O	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X
응고	X	X	O	X	X	X	O ³	X	X	X	X	X
증기 진압	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
배기/연소	O	O	O	X	O	O	O	X	X	X	X	X

- 1) 액체 또는 고체 중화제와 같은 기법이 가능할 수 있으며, 물이 사용될 수도 있다.
- 2) 고체 중화제를 사용할 때는 반드시 물과 동시에 사용하여야 한다.
- 3) 이 기법은 생성물질이 박테리아에 저항할 때만 허용된다.
- 4) 이 방법은 특별한 지식과 기술을 필요로 한다.

7.3.1 물리적 방법

유출, 누출 또는 기타 방출 메카니즘이 있는 지역을 줄이기 위한 물리적 통제방법은 지휘자의 허락 하에 수행되어야 한다. 이때, 개인용 방호복의 선택은 위험물질과/또는 조건에 기초하고, 당면할 위험에 적합한 것이어야 한다.

- (1) 흡수 : 흡수는 물질이 습윤과정을 통해 액체를 함유하게 되는 과정이며, 흡수제로 사용되는 대표적인 재료로는 톱밥, 점토, 목탄 및 폴리올레핀 섬유 등이다. 이와 같은 물질은 억제용으로 사용할 수 있으나, 흡수된 액체는 기계 적응력이나 열 응력상태에서 탈수될 수 있음을 주의하여야 한다. 흡수제가 오염되면 흡수된 위험 액체의 특성을 지니므로, 위험물질로 간주하여 적절히 처리하고, 폐기하여야 한다.
- (2) 덮기 : 방사성, 생물학적 및 마그네슘과 같은 화학적 물질의 일시적인 완화형태로, 공인된 위생 물리학자(방사성 물질의 경우)나 기타 적절한 전문가와 상의한 후에 시행

하여야 한다.

- (3) 방유제, 댐, 우회로 및 억류 : 이들은 주변으로 유입되는 액체량을 줄이거나 막는 물리적 방벽의 사용과 관련이 있다. 방유제나 댐은 보통 유출이나 누출을 저지하기 위해 일시적으로 또는 영구적으로 건축된 콘크리트, 흙 및 다른 방벽을 말한다. 우회로는 액체의 흐름방향을 물리적으로 바꾸기 위해 사용하는 방법이다. 액화석유가스(LPG)와 같이 특정물질에서 생성된 증기는 물 분무를 사용하여 분산시킬 수 있다.
 - (4) 희석 : 수용성 위험물질에 물을 첨가하는 것을 말하며, 위험을 안전한 수준으로 줄이기 위함이다.
 - (5) 초과 포장 : 초과 포장의 가장 일반적인 형태는 특대형 컨테이너의 사용이다. 초과포장 컨테이너는 함유된 물질의 위험성에 적합하여야 하고, 유출된 물질은 적절히 처리하거나 폐기하여야 한다.
 - (6) 마개 및 덧붙임(Patch)
- 마개를 하거나 덧붙임은 컨테이너의 작은 구멍이나 찢긴 틈, 터진 곳 또는 갈라진 틈에서 유출되는 물질을 줄이거나 일시적으로 막기 위한 것으로, 수리한 용기는 적절한 검사와 확인 없이는 재사용을 할 수 없다.
- (7) 운반 : 운반은 손상된 컨테이너나 탱크에서 액체, 기체 또는 일부 고체를 펌프 또는 압력에 의해 수동으로 옮기는 과정을 말하며, 선정한 펌프, 운반 호스 및 피팅 및 컨테이너가 위험물질에 적합한지를 반드시 확인하여야 한다. 특히, 인화성 액체운반 시에는 전기적 연속성(본딩이나 접지 등)을 반드시 주시하여야 한다.
 - (8) 진공 처리 : 많은 위험물질들은 진공시켜 쉽게 수납할 수 있으며, 부피가 증가되지 않는 이점이 있다. 이때, 물질의 적합성을 반드시 확인하도록 주의하여야 하고, 배출된 공기는 여과나 세정 또는 필요한 처리를 할 수 있으며, 진공방법은 위험물질의 성질에 의존한다.
 - (9) 증기 분산 : 특정한 물질의 증기는 물 분무를 이용하여 분산시키거나 움직이게 할 수 있다. 액화석유가스(LPG)와 같은 생성물은 가스 농도를 미세한 물 분무에 의해 생성된 와류(Turbulence)를 이용하여 가스를 재빨리 공기와 혼합하여 연소하한계 이하로 줄일 수 있다. 그러나 물 분무를 이용하여 위험물질의 농도를 감소시키는 것은 그 물질을 연소범위로 끌어들일 수도 있다.
 - (10) 증기 덮어씌움(Blanketing) : 증기 진압은 유출 또는 누출된 물질에서 발산된 증기를 가장 효과적인 방법 또는 특별히 만들어진 약제를 사용하여 감소시키거나 제거

하는 것을 말하며, 권장된 증기 진압 약제는 수성막포(Aqueous foam blanket)이다.

- (11) 배기 : 배기는 컨테이너나 용기가 폭발이나 기계 과열과 같은 위험이 예상되는 곳에서 액체나 압축액화가스를 처리하는 공정으로, 배기방법은 위험물질의 성질에 따른다. 일반적으로 배기는 압력을 감소시키거나 억제하고, 폭발 가능성을 줄이기 위한 물질의 누출 통제이다.

7.3.2 화학적 방법

화학적 방법의 통제는 위험물질의 유출을 처리하기 위해 화학약품을 적용하는 것으로, 어떤 경우에도 사용될 방법은 사고 지휘자의 허락을 받아야 한다. 이때, 개인 방호복의 선택은 위험물질 및 그 상태 및 당면하게 될 위험에 적합하여야 한다.

- (1) 흡착 : 흡착은 소르브산염(위험성 액체)이 고체 흡착제 표면과 상호작용하는 과정으로, 이 상호작용의 주요 특성은 다음과 같다.

(가) 흡착제 표면은 흡수제와는 달리 딱딱하며, 부피 증가가 없다.

(나) 흡수와는 달리 흡착과정은 흡착열을 수반한다.

(다) 흡착은 활성탄, 알루미나 등과 같이 활성 표면에서 일어난다.

- (2) 통제된 연소 : 이 지침에서 통제된 연소는 화학적 통제방법으로 간주하며, 이 절차에 대해 상세히 교육받은 자격 있는 사람에 의해서만 사용될 수 있다. 화재의 진화작업으로 말미암아 수용할 수 없는 대량의 물을 오염시키고, 대응자나 공중의 안전을 위협하는 비상사태에서 통제된 연소를 이용할 수 있다. 이 방법을 사용할 때는 환경당국과 상의하여야 한다.

- (3) 분산제, 계면활성제 및 생물학적 첨가제 : 특수한 화학 및 생물학적 약제는 액체의 유출과 관련된 물질을 분산시키거나 분해하는데 사용할 수 있다. 이들 약제를 이용하여 억제를 할 수 없게 되면 일반적으로 액체를 더 넓은 지역으로 확산시키게 된다. 물 위에서 액체가 유출되는 경우에 자주 사용되는 분산제는 액체 유출물을 많은 미세한 방울로 분해하여 허용수준까지 희석시킨다.

- (4) 플레어링(Flaring) : 플레어링은 생성물의 안전한 폐기를 위해 높은 증기압 액체나 압축액화가스와 함께 사용하는 과정으로, 압력을 줄이거나 조절하기 위해 그리고/또는 생성물을 처리하기 위해 물질의 연소를 통제하는 것이다.

- (5) 겔화 : 겔화는 겔을 형성하는 과정으로, 겔은 고체와 액체의 2가지 상태로 구성된 콜

로이드 게이며, 형성된 겔은 위험물질로 간주하여 적절히 폐기하여야 한다.

- (6) 중화 : 중화는 중성염을 만들기 위해 유출물에 산이나 염기를 첨가하는 과정으로, 중화시키기 위해 고체를 사용하면 유출물을 봉쇄할 수 있으나, 중화과정동안 격렬한 반응이나 국부적인 열의 발생을 초래하지 않는 특별한 방식이 필요하다. 특별한 중화방식을 이용할 수 없는 경우에는 열이 생성되고, 격렬한 반응이 발생할 수 있으므로, 중화제를 투여하는 사람을 보호하기 위해 특별히 주의하여야 한다. 중화의 한 가지 이점은 위험물질이 비위험물질로 만들 수 있는 것이다.
- (7) 중합 : 위험물질이 촉매, 열, 빛의 존재 하에서 중합체를 생성하는 기타 물질과 함께 반응하거나, 그 자체만으로 반응하는 과정이다.
- (8) 응고 : 응고는 위험 액체를 고체 물질로 만들기 위해 화학적으로 처리하는 과정으로, 흡착제는 응고과정의 실례가 될 수 있다. 다른 물질들도 위험 액체를 비위험 고체로 전환하는데 사용되는데, 산이나 부식제가 유출된 경우에 중성염을 생성하기 위해 만들어진 특별 방식을 사용하는 것이 그 예이다. 응고과정의 이점은 소량의 유출이 상대적으로 재빨리 제한될 수 있고, 처리가 즉시 이루어질 수 있는 점이다.
- (9) 증기 진압 : 물질로부터 배출되는 증기를 효과적으로 진압하기 위해 고체 활성화 물질을 사용하여 위험물질을 처리하는 과정으로, 이 과정은 용이하게 처리할 수 있는 고체를 형성시킬 수 있으나, 적절히 처리하여야 할 위험한 고체를 생성시킬 수 있다.
- (10) 배기 및 연소 : 컨테이너의 꼭대기에서 높은 증기압을 배기하는 배기구를 사용하고, 컨테이너에 남아있는 액체를 통제된 형태로 방출하여 연소하는 것을 말한다.

8. 오염 제거

8.1 일반 사항

- (1) 위험물질과 관련된 모든 사고에는 대응자와 그들이 사용하는 장비 뿐만 아니라 일반인에게도 오염시킬 가능성이 있으며, 오염물질은 오염된 사람뿐만 아니라 이후에 이들이나 장비와 접촉하는 다른 사람들에게도 위협이 된다.
- (2) 오염 제거는 화학적 또는 물리적 과정에 의해 위험물질 사고와 관련된 사람과 사용된 장비의 오염을 감소시키고, 오염 확산을 방지하는 것을 말한다.
- (3) 사고 대응자는 오염이나 접촉을 최소화하고, 오염물의 이동을 제한하며, 오염된 물질

을 적절히 처리하기 위한 절차를 마련하여야 하고, 처음 절차는 관련된 위험물질의 종류, 위험 정도 및 대응자에 대한 노출 가능성 등을 고려하여 시행하여야 한다.

- (4) 오염제거 절차는 현장 도착에서 시작하여 오염제거 직원의 적정수를 제시하고, 사고 책임자가 오염제거 절차가 더 이상 필요하지 않다고 결정할 때까지 계속되어야 하는데, 희생자에 대한 오염제거도 필요할 수 있다.
- (5) 사람과 장비의 오염제거 방법에는 흡수, 쓸어 모음(Brushing scraping), 고립 및 폐기, 진공 처리, 세정 등의 물리적 방법과 흡착, 화학적 저하(Degradation), 살균 및 소독, 중화, 응고 등의 화학적 방법이 있다.
- (6) 겹옷은 벗기 전에 오염을 제거하여야 하며, 벗은 후 의복의 겹 부분은 나중에 추가로 오염을 제거하고, 씻어서 검사하기 위해 플라스틱 백에 보관하여야 한다. 어떤 경우에는 적절한 폐기를 위해 이들을 컨테이너로 초과 포장하여 싣는다. 이때, 씻거나 행구는데 사용하는 물이나 기타 용액은 폐기 전에 모아 컨테이너에 넣어 분석한다.
- (7) 오염물을 덜 위험한 물질로 바꾸거나 전환하기 위해 화학약품이 포함된 용액을 사용할 때에는 관련 위험에 익숙한 경험자와 상의한 후에만 실시하여야 한다. 세제를 이용한 세척수를 많이 사용하고 있으나 특정 오염물에 대한 효과는 낮으며, 화학용액을 사용하는 것보다는 덜 위험하다.
- (8) 많은 장비들은 오염제거가 대단히 어려워서 위험폐기물과 함께 폐기하기 때문에 가능한 한 작은 장비의 기타 부품들은 폐기하거나 비침투성 재료로 만든다.
- (9) 감시 기구와 샘플링 장비는 잠재적인 오염 문제들을 최소화하기 위해 플라스틱 백(감지 부품만을 노출하여)에 보관할 수 있다.
- (10) 차량이나 트럭과 같은 큰 장비들은 고압의 물 세척, 스팀, 또는 특수 용액으로 오염을 제거하여야 한다. 이때, 세척에 사용된 물이나 다른 용액은 모아서 컨테이너에 넣어 버리기 전에 분석하여야 하고, 적절한 오염절차를 결정하기 위해 적절한 자료를 검토하여야 한다.
- (11) 오염 제거팀에 임명된 사람은 적합한 수준의 개인 방호장비를 착용하여야 하며, 그들 자신도 오염제거가 필요할 수도 있다.

8.2 개인 방호장비

- (1) 개인 방호장비는 벗기 전에 오염제거작업을 실시하여야 한다.

- (2) 개인 방호장비를 벗는 동안 피복은 바깥 면이 착용자에게 닿거나 접촉되지 않도록 벗어야 한다.
- (3) 사고에 사용된 개인 방호장비 일지를 보관하여야 한다.
- (4) 사용 후 폐기하는 방호장비를 착용한 사람은 오염제거과정을 거쳐야 하며, 폐기할 방호장비는 정해진 절차에 따라 폐기하여야 한다.