

KOSHA GUIDE

P - 18 - 2012

인화성 물질의 누출에 대한 안전조치 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 서울산업대학교 시스템안전연구센터 김 나 영

○ 개정자 : 최 이 락

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- NFPA 329 Recommended Practice for Handling Release of Flammable and Combustible Liquids and Gases

○ 관련 법규 · 규칙 · 고시 등

산업안전보건기준에 관한 규칙 제436조(작업수칙)

○ 기술지침 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

인화성 물질의 누출에 대한 안전조치 기술지침

1. 목적

이 기술지침은 인화성 액체가 누출되었을 때 이로 인한 화재 폭발을 방지하고 그 피해를 극소화하기 위한 안전조치 방안을 제시함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 기술지침은 인화성 액체를 사용하거나 취급하는 시설에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 기술지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) 본 기술지침에서의 “인화성 액체(Flammable liquid)”란 표준압력 하에서 인화점이 60 °C 이하이거나 고온·고압의 공정 운전 조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 액체를 말한다.

(나) “인화점(Flash point)”이란 액체 표면에 가연성혼합물을 형성할 정도의 충분한 증기를 발생시키는 최소 온도를 말한다.

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

4. 인화성 액체 및 가스

4.1 인화성 액체 및 가스 누출의 위험성

(1) 인화성 액체나 가스는 컨테이너, 배관 및 탱크에서 누출될 수 있으며, 기타 표면

누출, 인간의 실수로 인해 누출될 수 있다.

- (2) 대부분의 경우 누출된 인화성 액체 및 가스의 양은 소량이거나 증발하여 사라지거나 외부 환경으로 흡수되어 버린다.
- (3) 누출된 인화성 액체 및 가스는 그 물리적 화학적 특성 때문에 낮은 곳으로 흘러가는 경향이 있다. 예를 들면 지하실, 다용도 도관, 하수구 혹은 취수정 등으로 퍼져갈 수 있다.
- (4) 즉각적이고 심각한 위험이 존재할 지, 존재하지 않을 지 알 수 없다. 예를 들어 누출된 가스나 액체의 양이 얼마인지 어디에서 발견되는 지 어떻게 제한되는 지에 따라 점화의 가능성이 달라진다. 왜냐하면 하부구조(시설)에 제한되지 않은 인화성 액체는 이곳저곳으로 퍼져갈 수 있고 즉각적이지는 않으나 잠재적인 위험을 내포하기 때문이다.
- (5) 하부구조(시설)의 인화성 가스는 유출된 인화성 액체에 의한 것일 수 있다.
 - (가) 세척 용제(Cleaning solvent)나 화학 물질이 산업 및 가정 사용자에게 의해 하수시설로 씻겨내려 가거나 하수구로 들어가는 표면유출(Surface release)은 인화성 가스를 발생시킬 수 있다.
 - (나) (가)의 누출은 탱크나 컨테이너의 손상, 배관 부식, 구조적 실패(Structure failure) 등을 야기할 수 있으며, 화재를 초래할 수 있다.
- (6) 만약, 인화성 액체나 가스가 유기물질들을 부패시키면서 땅속에 존재한다면, 인근의 하부구조물로 침투하게 될 것이다.
- (7) 매립지에 대한 특별한 주의가 필요하다. 매립지대의 물질 부패 시 발생하는 가스 특히 메탄의 경우는 악취가 없을 수도 있다.
- (8) 하부구조시설은 전형적으로 시멘트, 콘크리트, 벽돌 또는 유리 타일로 건축되고 이들은 모두 가스를 통과시킬 수 있도록 건축되었기 때문에 인화성 가스나 증기는 수도관, 하수구, 배수구 및 지하실로 유입될 수 있다.
- (9) 가스나 증기는 지하하수구 주위나 균열을 통해 빌딩의 지하로 스며들거나 바닥이나 하부구조로 침투한다.

(10) 하부구조시설에서 액체나 증기의 누출에 의해 생성되는 조건은 다음의 두 가지로 나뉜다.

(가) 가연성 분위기

(나) 유해

① 유해 조건은 가스의 독성 및 질식 비율과 관련이 있다. 일부 가스와 액체들은 두 가지 다 해당된다. 4.1항 (10호)의 (나)에 있는 일부는 건강을 위협하므로 부차적인 예방대책이 요구되어질 지도 모른다. 예를 들면 벤젠의 치명적인 호흡농도는 단지 연소하한계의 작은 분율 일 뿐이다.

(11) 인화성 액체 및 가스들은 주로 구조물, 시설, 사람에게 즉시 접근 가능한 위치에 저장되거나 다뤄진다.

(12) 인화성 액체에는 화학물질, 세정제, 자동차 연료, 디젤연료 및 난방기름(연료)이 포함된다. 이런 종류의 액체로 자동차 연료는 광범위하게 사용되고 있으며 주유 시설에 지하나 지상에 저장되고 있다.

(13) 인화성가스에는 천연가스, 프로판, 하수가스, 냉각가스가 포함된다.

4.2 화재 및 폭발

(1) 지하의 폭발 및 화재 가능성은 아래의 두 가지 요인에 의한다.

(가) 인화한계농도 내의 인화성 가스 및 공기의 혼합물

(나) 점화원

(2) 개개의 폭발이나 화재의 심각성과 그 결과는 그 원인에 따라 다르며 하나의 폭발이 심각한 재앙을 가져올 가능성은 항상 존재한다.

4.3 점화원

(1) 하부구조 시설물에서 수집되는 인화성 가스들의 점화가능성은 다음의 조건들에 의해 제한된다.

- (가) 증기는 가연성 혼합물질을 만들기 위해서 충분한 공기와 섞이거나, 가연성물질이 만들어질 수 있는 곳으로 빠져나가야 한다.
- (나) 가연성 혼합물이 존재하는 곳에 특정 공기 혼합물에 점화시킬 수 있는 충분한 열이 반드시 있어야 한다.
- (2) 가연성 혼합물은 대기 중의 이런 가스나 증기들의 농도가 연소하한계와 연소상한계 사이에 있을 때 형성된다.
- (3) 하부구조에서 발견되는 가스나 증기들의 연소한계는 <표 1>을 참고한다.

<표 1> 하부구조에서 발견할 수 있는 인화성 액체나 가스의 물성치

물질	인화점 ℃	연소한계		비중 (물 = 1)	증기밀도 (air = 1)
		LFL	UFL		
아세톤 (Acetone)	-20	2.5	12.8	0.8	2.0
아세틸렌 (Acetylene)	가스	2.5	100.0	-	0.9
암모니아 (Ammonia)	가스	15.0	28.0	-	0.6
벤젠 (Benzene)	-11	1.2	7.8	0.9	2.8
부타디엔 (Butadiene)	가스	2.0	12.0	-	1.9
부탄 (Butane)	가스	1.9	8.5	-	2.0
이황화탄소 (Carbon disulfide)	-30	1.3	50.0	1.3	2.6
일산화탄소 (Carbon monoxide)	가스	12.5	74.0	-	1.0
에탄 (Ethane)	가스	3.0	12.5	-	1.0
염화에틸 (Ethyl Chloride)	-50	3.8	15.4	0.9	2.2
가스 오일 * (Gas oil)	66	0.5	5.0	<1.0	-
가솔린 (Gasoline)	-43	1.4	7.6	0.8	3.0~4.0
수소 (Hydrogen)	가스	4.0	75.0	-	0.1
황화수소 (Hydrogen sulfide)	가스	4.0	44.0	-	1.2
등유 (Kerosene)	38~72	0.7	5.0	<1.0	-
메탄 (Methane)	가스	5.0	15.0	-	0.6
브롬화메틸 (Methyl bromide)	가스	10.0	16.0	-	3.3
염화메틸 (Methyl chloride)	가스	8.1	17.4	-	1.8
천연가스 * (Natural gas)	가스	3.8~6.5	13.0~17.0	-	-
석유 에테르 (Petroleum ether)	<-18	1.1	5.9	0.6	2.5
프로판 (Propane)	가스	2.1	9.5	-	1.6
톨루엔 (Toluene)	4	1.1	7.1	0.9	3.1

* 가스와 액체의 혼합물, 이들의 물성치는 조성에 따라 다르다.

- (4) 잠재적인 점화요인들은 매일 일상생활에서 맞닥뜨릴 수 있으며 나화, 로(Furnace)의 보조점화불꽃(Pilot lights), 자동내연기관과 그 외 내연기관, 흡연 등이다.
- (5) 정전기도 점화가 가능한 스파크가 발생하는 범위까지 축적이 되면 점화원이 될 수 있다.
- (가) 정전기는 저습도 환경에서 가장 쉽게 그리고 가장 크게 축적된다.
- (나) 정전기는 고압의 가스나 액체가 배관에서 고속으로 빠져나올 때 생성된다. 배관 내 먼지 입자, 스케일(Scale), 혹은 액체방울들이 가스나 증기에 의해 고속으로 분출될 때 과하게 축적될 수 있으며, 방전 시 쉽게 점화원으로 작용할 수 있다.

5. 초기 대응

5.1 누출 감지

- (1) 인화성 가스나 액체의 누출의 감지는 실질적인 누출의 감지와 잠재적인 누출의 감지로 나뉘질 수 있다.
- (2) 인화성 액체나 가스의 실질적 누출은 아래의 장소에서 감지될 수 있다.
 - (가) 일반적인 주거 지역의 지하구조물, 예를 들어 지하실, 지하철 또는 터널
 - (나) 일반적인 주거 지역이 아닌 곳의 지하구조물, 예를 들어 맨홀, 하수구, 다용도 수도관, 다용도 지하창고 혹은 취수정 등
 - (다) 지하수
 - (라) 수돗물
 - (마) 지상수(지표수)
 - (바) 토양 누출

(3) 인화성 액체, 가스 혹은 증기의 잠재적 누출은 다음에 의해 감지될 수 있다.

(가) 누출 증거

(나) 기밀시험의 실패

(다) 모니터링 장비

(라) 재고 손실

(마) 탱크 내의 물의 잔존량

(바) 냄새

5.2 물리적 발견의 초기 대응

- (1) 물리적 발견 시 주변여건을 고려하여 생명체나 개인 재산에 잠재적인 위험이 존재하는 경우, 폭발이나 화재의 위험으로부터 공중을 보호하기 위한 즉각적인 대처가 취해져야 한다.
- (2) 도시 위생시설, 고속도로와 같은 비주거용 구조물인 경우, 그 시설에 대한 책임자와 즉각 연락되어야 하며 하수도, 전기, 전화는 그 지역 담당자가, 다용도 도관은 가스회사 기술부서가 맡아야 한다.
- (3) 경찰은 어떠한 위험지역에서도 공공의 안전을 유지하도록 노력하여야 한다.
- (4) 문제의 원인이 될 수 있는 인화성 액체를 다루거나 저장하는 시설을 가진 기관들은 모든 가능한 지원을 제공하여야 한다.
- (5) 빌딩 혹은 구조물 내의 인화성 가스 및 증기의 존재가 냄새 때문에 보고된다고 할지라도 가스나 증기의 종류나 그 농도를 결정하는 데에 있어 냄새에 의존할 수는 없다. 가연성가스감지기나 광이온화검출기같이 적절히 조정 가능한 장치가 가연성 가스 및 증기 농축 정도와 현존량을 측정하는데 사용되어야 한다.
- (6) 인화성 액체나 가스 혹은 증기가 발견된 지역에는 아무도 들어가는 안 된다. 단 5.4항에서 설명된 곳은 제외한다.

(가) 만약 가연범위 하한 농도 이상의 액체, 가스 혹은 증기가 건물에서 발견된다면 그 건물은 통제되어야 한다.

(나) 적어도 노출된 지역 내의 건물 거주자들은 철수시켜야 한다.

(다) 건물 공사, 건물 배치, 건물 사용 등이 철거 시 고려되어야 할 사항이다.

(7) 만약 액체나 기체가 터널이나 지하철에서 발견된다면, 전문가가 폭발, 화재, 건강에 대한 위협이 없다고 결정할 때까지 교통은 통제되어야 한다.

5.3 점화요인 제거

(1) 흡연이나 점화의 다른 요인들은 가연성 및 인화성 액체, 가스가 발견된 곳에서 금지되어야 한다.

(2) 조명이나 전기스위치를 켜거나 꺼서도 안 된다. 전력코드가 콘센트에서 제거되어서도 안 된다. 그 지역에서 떨어져 있는 다른 스위치만 전력 차단을 위해 사용되어야 한다.

(3) 인화성 액체나 가스가 지하구조물 내에 있다는 확증이 있는 경우, 전기 및 가스 서비스는 건물 바깥에서 차단되어야 한다.

5.4 위험 지역 출입

(1) 유독물질에의 노출, 화재, 폭발 같은 위험 때문에 미지 농도의 증기 및 가스가 있는 곳에 들어갈 때는 주의하여야 한다.

(2) 하수구나 도관의 가연성 가스나 증기는 인화성 액체에서 추출되는 것이 아니라 과열된 절연체 하수구에서 생성된 가스, 연료가스 및 산업가스에서 나오는 증기일 수도 있다. 이런 경우에는 특별한 장비, 장치, 가솔 과정 등이 요구된다.

(3) 시설 책임자나 소유자에 대한 지침도 강력히 전달되어야 한다. 가스나 증기의 농도가 장비에 의해 검사되기 전에는 건물출입이 통제되어야 한다.

(4) 유독성 가스나 증기 또는 불충분한 산소 때문에 부차적인 위험이 존재할 수 있다.

이런 조건이 의심된다면 측정가능한 장비로 추정되는 위험의 범위와 특성을 확인하여야 한다.

(5) 영향을 받은 지역 내의 가스나 증기는 전문가에 의해 지속적으로 혹은 주기적으로 검사받아야 한다.

(가) 가스 및 증기 농도가 연소하한계(LFL)의 50% 이상인 지역의 모든 사람은 대피시킨다.

(나) 영향권 내 지역은 인화성 증기 농도를 제거하거나 낮추어 화재나 폭발 위험을 낮추기 위하여 환기되어야 한다.

(다) 가스 및 증기 농도가 연소하한계(LFL)의 50% 미만으로 감소되는 즉시 해당지역으로 들어가 상황을 파악한 후 원인을 제거하여야 한다.

(라) 직원은 완전하게 구비된 호흡용 보호구를 착용하고 해당지역에 들어가야 한다.

(6) 일반적으로 문과 창문을 열거나 맨홀 뚜껑 또는 다른 칸막이를 제거하는 것 등 자연 환기로도 해당 지역의 증기를 충분히 제거할 수 있다.

(7) 자연환기로 증기를 제거하는 데 충분하지 않은 지역 즉, 낮은 지역이나 제한지역은 강제 배기 장비를 사용하여야 한다.

(가) 증기를 제거하기 위해 방폭형 전기모터로 구동하는 구동하는 팬과 방폭구조의 수동 팬 혹은 공기 이덕터(Air eductor)를 사용한다.

(나) 배기출구 근처의 점화원을 제거한다.

(다) 신선한 공기를 공급하기 위하여 개구부를 열어야 하나 강제로 공기를 주입해서는 안 된다.

(8) 하수구 가스는 물을 천천히 유입하거나 하수를 넘쳐흐르게 하면 점차로 감소되거나 멈출 수 있다.

(9) 그 지역의 출입이 안전하다고 판정이 날 때, 인화성 액체나 가스 및 증기를 제거하기 위한 출입이 허용된다.

(10) 인화성 액체나 가스, 증기의 출입구나 지역이 확정되면 그 지역은 봉쇄하여야 한다.

- (11) 방출트랩장치가 안된 배수설비, 건식트랩, 배관 또는 마루나 기초 부분을 통하는 개구부(입구)들은 증기가 유입될 수 있으므로 조사하여야 한다. 만약 증기가 트랩(방출기)이 설치된 배수 시설이나 배관 또는 건식방출기로 유입된다면 그 곳을 가스 유입을 막기 위해 물로 채워야 한다.
- (12) 만약 연료가스가 인화성 가스나 증기의 원인으로 밝혀지면 같은 지역 내의 모든 가스관은 검사되어야 한다. 연료가스가 원인이라면 가스회사에 연락하여야 한다.
- (13) 누출의 성질 상 누출은 구조물 내부에서 중지될 수 없다. 이 경우에 차단구멍, 해자, 펌프구멍, 취수부(Wellpoint)가 오염된 구조물의 바깥에 있어야 한다.
- (14) 누출이 하수구에서 감지될 때 그 원인은 장비를 사용해서 역추적하여 위치를 파악한다. 만약, 하수 설비의 출입이 횃수로 제한되어 있다면 트랜치나 취수공(Well hole) 또는 취수부를 사용하여 누출을 차단할 수 있다.
- (15) 만약 도관이나 하수구로 액체나 가스 및 증기의 유입이 멈춰지고 시설 내부 접근이 가능하지 않을 경우, 그 시설 주변지역은 포화된 토양의 노출범위를 결정하기 위해 조사하거나 천공하여야 한다. 그 노출지역은 개방하고 시설은 외부와 차단되어야 한다.
- (16) 인화성 액체가 수원으로의 누출되는 경우, 화재나 폭발의 위험보다는 오염문제를 더 많이 유발한다. 하지만 인화성 액체의 누출이 멈춰지고 안전하게 제거될 때까지는 잠재적인 화재나 폭발의 위험성이 존재한다.
- (17) 인화성 액체가 취수정에서 발견될 경우, 펌핑은 중단되어야 하고 발화 원인은 증기농도가 확인될 때까지 저장탱크의 물과 취수정 주변 지역에서 제거되어야 한다. 취수정로부터 증기를 모으는 트랩이나 웰하우스(Well house) 외부의 전력은 차단되어야 한다.
- (18) 인화성 액체가 지표수 또는 지하수에서 발견되는 경우 폭발성 증기 농도가 도량 또는 웅덩이로 확산될 수도 있다.
 - (가) 대부분의 경우 지표수에서 발견되는 인화성 액체의 양은 얇은 막으로 존재하기 때문에 심각한 화재를 일으키지 않는다. 이것은 액체가 작은 물방울들 사이나 웅덩이에 퍼지거나 또는 색채광택이 물의 표면에 가시화한 경우이다.

- (나) 물의 전체표면이 덮여 있거나 폭 6 m 이상의 웅덩이가 있다면 화재 위험이 존재한다.
- (다) 다량의 증기가 생성되는 경우, 풍향을 확인하고 그 방향으로 적어도 30 m 이내의 점화원은 제거되어야 한다.
- (라) 실지로 오염된 물 또는 액체의 확산을 막기 위해 둑이나 댐을 건설하기도 하고 유동 방재(Floating boom)를 사용하기도 한다.
- (마) 일단 인화성 원인을 차단하면 증발, 확산, 희석, 흡수제, 여과장치 및 걷어내는 장치를 통해 제거할 수 있다.

5.5 누출 징후에 대한 초기 대응

- (1) 재고 손실, 탱크 내부의 물, 기밀도 시험의 실패 또는 모니터링 장비의 감지가 심각한 화재나 폭발을 직접적으로 암시하는 것은 아니다.
- (2) 액체의 누출 징후가 발견된다면, 5.2항과 같이 물리적 발견에 따른 초기 대응 절차에 따라야 한다. 그렇지 않으면 7, 8, 9항에서 제시하는 대로 따라야 할 것이다.
- (3) 9항의 권고사항들은 누출의 증거가 있을 경우에 한한다.

6. 누출원 조사

6.1 개요

- (1) 화재와 폭발을 경감하기 위한 모든 필요한 대책을 강구한 후 가장 중요한 단계는 인화성 액체의 누출원을 파악하여 추후의 누출을 방지하는 것이다.
- (2) 대부분의 경우 누출원은 액체 또는 증기가 발견된 장소와 상대적으로 가까운 곳에 있다.
 - (가) 액체는 다공성 토양 및 암석이나 다공질로 충전된 트렌치를 통과하거나, 수로, 배관 및 도관을 따라 수백 미터 혹은 수백 킬로미터까지 퍼져갈 수 있다. 결과

적으로 누출된 액체의 초기 지점과는 멀리 떨어져 있을 수 있고, 인화성 액체를 취급하고 저장하는 많은 시설물을 포함할 수 있다.

(나) 누출원은 폐기된 지하저장탱크일 수도 있다.

(3) 만약 누출원을 인근 100 m 이내나 그 근처에서 찾지 못한다면 그 다음은 그 근처의 다른 지역의 잠재원인을 포함 조사를 확대하여야 한다.

(4) 다음의 잠재원인들을 검사하여야 한다.

(가) 자동차 주유소

(나) 자동차 차고 및 판매 대리점

(다) 택시회사, 창고, 농장 및 제과점과 같은 집단 작업

(라) 사유지에 연료를 저장하는 계약자 혹은 판매업자

(마) 자동차 연료와 난방연료 공급자

(바) 드라이클리닝과 같은 세탁시설

(사) 화학공정 공장 및 공업

(아) 공항과 계류장

(자) 석유 및 가스 지하 수송 배관

(차) 과거에 인화성 액체를 저장하다가 폐기한 저장탱크

(카) 인화성 액체를 저장할 수 있는 모든 자산

(5) 지역의 공공부서 및 기타 정부기관들이 지하수 유동 형태에 관한 정보를 얻는데 노력하여야 한다.

(6) 이 지역 지도를 입수하거나 그려야 하고 각 시설물을 지도에 표시하며 모든 획득된 정보를 기록하여야 한다.

(7) 누출로부터 시작된 변화를 찾아야 한다.

- (가) 조사를 시행하기 위한 조직을 구성하여야 한다.
- (나) 조사는 가장 가깝고 확실한 잠재적 원인부터 시작해서 발견지점, 움직이는 언덕, 지하수 유동의 변화, 하수구나 도관의 상류흐름의 관점에서 실시하여야 한다.
- (8) 타당한 원인이 수 시간 내 발견되지 않으면 초기조사를 진행하는 동안 설비, 지하 저장탱크, 지하배관 같은 가장 근접되고 가능성 있는 원인을 은폐된 누출지점으로 간주하고 시험하도록 한다.

6.2 조사 과정

- (1) 인화성 액체는 다음과 같은 이유로 대지에 스며들기 쉽다.
 - (가) 액체는 이동 중 누출되어 지하도관에 도달되거나 다공성 토양으로 스며든다.
 - (나) 누출은 저장, 운송 혹은 취급설비에서 나타난다.
- (2) 누출 및 누출의 가능성을 점검하기 위하여 본 절에서 제시되는 여러 지침 또는 추천사항을 이용하여야 한다. 또한 시설 관리자에 대한 조사가 이뤄져야 하며 건물과 시설에 대한 점검도 이뤄져야 한다.
- (3) 누출에 대한 충분하고 명확한 원인이 밝혀지지 않는 한 잠재적 원인의 첫 번째 징후에 대한 조사를 멈추지 말아야 한다.
- (4) 모든 정보가 가능하다고 하고 그 분석이 그 원인 제거에 합당할 때까지 어떠한 잠재적 원인도 제거하지 않도록 한다.
- (5) 다음 사항들을 그 조사지역의 시설운영자에게 질문하도록 한다.
 - (가) 하역작업 시 유출된 적이 있는가?
 - (나) 저장 또는 취급설비가 누출 중이거나 누출된 적이 있는가?
 - (다) 지하시설물에 손상을 입힐 수 있었던 수리나 굴착작업의 증거가 있는가?
 - (라) 배관, 탱크 또는 기타장치에 대해 누출을 일으킨 유지보수작업이 있었는가?

- (마) 그 지역에 있어서는 안 될 냄새(악취)나 액체가 있었는가?
- (바) 저장목록과 사용기록이 누출의 징후를 보여주는가?
- (사) 지하저장설비에서 물이 발견된 적이 있는가?
- (아) 탱크차량, 컨테이너 또는 저장탱크로부터 액체가 누출되었던 사고를 알고 있는가?
- (자) 액체이송과 펌핑 중에 어떠한 문제가 있었는가?
- (6) 이런 질문들로도 잠재적 원인 규명에 실패한다면, 장비 검사 시 토지 소유자 및 운영자에게 협조를 요청하여야 한다.
- (가) 만약 운영자가 소유자가 아니라는 이유로 거절한다면 소유자로부터 허락을 받도록 한다.
- (나) 필요하다면 지방정부 관료들과 협조를 위해 연락을 하여야 한다.
- (7) 다음의 지침은 장치 검사에 유용하다.
- (가) 올바른 운전과 누출 원인 규명을 위해 현장 누출 감지기를 점검한다.
- (나) 누출된 흔적을 발견하기 위해 탱크차량으로부터 저장탱크까지 액체가 운송된 충전 배관 주변 지역을 확인한다. 포화되어 변색된 토양, 오염된 콘크리트 또는 갈라진 아스팔트는 반복된 누출이 발생하여 지하에 축적될 우려가 있음을 나타낸다.
- (다) 누출된 흔적을 발견하기 위해서 저장탱크 주변 지역도 조사하여야 한다.
- (라) 누출된 흔적을 발견하기 위해서 노출된 모든 배관을 조사하여야 한다.
- (마) 분배 장치의 누출 여부도 조사하여야 한다.
- (바) 분배 노출과 호스도 누출 여부를 조사하여야 한다.
- (사) 원격 펌프 장비가 사용되었다면 개방하기 전에 가연가스감지기로 그 하우징이나 피트를 검사하여야 한다.

- (아) 그 용도가 아니더라도 바닥의 배수구나 썸프(Sump)로 폐수가 버려진 것이 확인된다면 점검하여야 한다.
- (자) 누출되고 있는 장비는 수리되기 전까지는 사용해서는 안 된다.
- (차) 누출되고 있는 저장 탱크나 배관은 액체가 계속 누출되고 있다면 비워야 한다.
- (8) 적절한 인화성가스감지기로 자동차 주유소에서 사용되는 분배장치도 다음과 같은 방법으로 검사하여야 한다.
- (가) 분배장치 커버는 그 장치 바로 아래에 주유표시기를 충분히 넣을 정도의 크기로 열어야 한다. 뚜껑을 너무 넓게 열면 현재 증기를 희석할 수 있게 되고 누출이 없음을 의미하는 낮은 수치를 나타낼 수 있다.
- (나) 증기 농도가 잠재적 누출을 나타낸다면 분배기 뚜껑은 제거하여야 하고 배관, 밸브, 배관 부속품들은 누출 검사를 실시하여야 한다.
- (9) 모든 장치가 정상적이고 썸프(Sump)나 하수구로 누출되거나 폐기되는 확실한 징후가 없다면 부지 주변 지역과 대지를 다음의 지침을 참고하여 조사한다.
- (가) 대지로 버려지거나 폐기되고 있는 액체의 흔적을 조사한다.
- (나) 자갈, 잔디 혹은 흙으로 덮여 있을 가능성이 있는 모든 오염을 조사하여야 한다.
- (다) 독을 따라 수면위에 있는 유막이나 광택이 있는 곳같이 인화성 액체의 징후가 있는 지 근처의 물웅덩이나 물 흐름을 찾아 조사한다.
- (라) 오염된 지하수나 누출 또는 폐기로 인해 손상을 입었음을 나타내는 식물의 생장을 조사한다.
- (마) 광이온감지거나 다른 감지기로 유틸리티의 맨홀과 같은 하수구와 지하수로 및 구덩이 등의 증기의 존재를 조사한다. 그리고 이 지역에 고여 있는 수면 위의 이물질의 흔적을 육안으로 확인한다.
- (바) 지역 내의 모든 소화전을 확인한다.
- (사) 잠재적 원인으로부터 근처의 절단된 수로와 가파른 절단면 또는 자연적인 비탈

에 액체의 정후가 있는 지 조사한다.

- (10) 하수구나 대지 위로 인화성 액체의 폐기하거나 누출시키는 것은 즉시 해당관청에 신고하여야 한다.
- (11) 부주의로 인한 소량 누출과 심각한 누출을 혼동해서는 안 된다.
- (12) 심각하다고 사료되는 누출은 대량 누출이거나 반복적인 소량 누출인데 이는 다공성 토양이나 지하구조물로 침투하거나 지하수면까지 도달할 수 있다.

6.3 누출원인의 확인 절차

- (1) 일단 정확한 누출원 또는 누출원인들이 발견되고 더 이상의 누출이 없었다면, 확인된 누출원인이 실제 누출원임을 결정하여야 한다. 추후 조사 능력은 잠정적으로 제한될 수 있다.
- (2) 제거와 방호조치가 취해지는 동안 액체의 흐름과 양, 그리고 문제점들이 발견되는 지역에서의 증기 농도 등을 감시하고 기록하여야 한다.
- (3) 현저하고 지속적으로 감소된다면 누출원인이 확정되었다고 추정할 수 있다.
- (4) 적당한 시간이 경과한 후에도 오염된 지역으로의 액체 유입이 멈춰지거나 감소되지 않는다면 다음의 절차에 따라 추후 조사가 실행되어야 한다.
 - (가) 오염된 지역 근처에 있는 액체 저장시설 또는 취급 설비에 관한 누출 감지 시험을 실시한다.
 - (나) 발견지점으로부터 누출원까지 액체의 경로를 추적하여야 한다.

7. 탱크와 배관의 누출 감지

7.1 개요

- (1) 가장 효과적인 방법 또는 시험 방법을 결정하기 위해 이전에 수집된 모든 자료를 검토한다.

- (2) 최근 시험과 누출 감지 방법에 대한 부수적인 세부사항을 검토하기 위해 담당 관청에 자문을 구한다.
- (3) 취해진 절차에 상관없이 액체 취급 장치는 정상적 작동 조건과 가능한 가까운 방법으로 평가되어야 한다. 과도한 압력 혹은 비전형적인 액체에 의한 시험은 아무 것도 존재하지 않는 누출을 나타내거나 존재하는 누출을 숨길 수도 있다.

7.2 누출 감지 및 기밀성 시험을 위한 예비조치

7.2.1 지하저장탱크

- (1) 6항에서 설명한 조사과정에서 획득한 정보를 검토하여야 한다. 특히 다음 사항을 조사한다.
 - (가) 탱크 충전 방법
 - (나) 손상된 충전 배관, 특히 덮개 아래 설치된 배관
 - (다) 탱크 주변의 대지 침하에 관한 증거
 - (라) 탱크나 그 배관부속품에 손상을 줄 가능성이 있는 작업에 대한 표시
 - (마) 탱크나 그 부착 배관에 대한 과거 혹은 최근의 작업이력
 - (바) 설비의 년 수
 - (사) 가스 센서 또는 육안검사로 발견된 액체흐름과 위치
 - (아) 재고 목록 기록
 - (자) 탱크 계량 시스템의 유형과 그 계량시스템이 누출의 첫 발견 시 작동 여부
 - (차) 탱크가 이중 방호식(Secondary containment type) 설계인지 여부
 - (카) 가능하다면 수중 터바인 펌프 썸프(Sump)의 조건

7.2.2 지상저장탱크

6항에서 설명한 조사과정에서 획득한 정보를 검토하여야 한다. 특히 다음 사항을 조사한다.

(가) 탱크의 충전 방법

(나) 탱크 지지대 및 기초 작업에 대한 증거

(다) 탱크나 그 부속품에 손상을 줄 수 있었던 작업에 대한 징후와 탱크 및 연결 배관에 관한 최근 작업 이력

(라) 시설의 년 수

(마) 가스 센서 및 육안 검사에 의해 발견된 액체흐름과 위치

(바) 누출방지 통제 및 상호측정 계획, 환경보호, 특히 이전의 누출에 대한 기록과 누출 억제 방법에 대한 특정 권고사항

(사) 재고 목록 기록

(아) 탱크 계량시스템의 유형과 그 계량시스템이 누출의 첫 발견 시 작동 여부

(자) 탱크가 이중 방호식 설계인지 여부

7.2.3 배관

(1) 배관시스템은 다음의 사항을 점검하여야 한다.

(가) 지하 배관을 손상시킬 우려가 있는 최근의 굴착, 차도 수리 및 기타 작업

(나) 작업 실수로 누출이 발생했던 최근 작업 및 이전 작업 기록

(다) 결빙 및 침강과 같은, 배관 및 배관지지대의 손상이 일어날 수 있을 정도의 지형 변형 증거

(라) 액체 또는 증기의 용해작용으로 인한 아스팔트의 연화 또는 누출을 감지하게 하는 병이 든 식물

(마) 폐쇄된 분배 시설이나 보조시설 같은 곳에서의 유기되거나 단절된 배관

(바) 배관 내부 누출 감시기의 작동 및 누출 증거 확보

(사) 지하배관의 종류

(아) 부식 통제 시스템 유형

(자) 배관 강도 측정 기록

(2) 공급 배관이 진공 하에서 작동한다면 체크밸브(Check valve)나 배관에서의 누출 증거를 점검하여야 한다.

(3) 체크밸브의 기밀도가 의심된다면 아래의 절차를 수행한다.

(가) 체크밸브가 수리되거나 교체되어야 한다.

(나) 펌프시험을 반복해서 실시하고 여전히 공기가 흡입 측에 유입된다면, 지하에서 배관이 누출되고 있다고 가정할 수 있으므로 조사에 착수하여야 한다.

(4) 7.2.3항의 (2)호와 (3)호의 과정들이 누출원인 규명에는 실패하지만 여전히 누출 의심의 이유가 있다면 배관을 7.5항에 부합하여 시험하여야 한다.

7.2.4 재고 기록

(1) 다음의 사항을 고려하여 재고 기록이 정확한 지 점검하여야 한다.

(가) 정확히 측정되지 않는 계량기

(나) 저온으로 인한 수축

(다) 도난

(라) 자동 탱크 계량장치의 오작동

(2) 재고 손실의 원인이 확실히 밝혀진다고 할지라도 결론을 확정짓기 전에 그 손실이 얼마나 발생 했는지를 알기 위한 사후조사가 수반되어야 한다.

7.3 누출 감지

7.3.1 개요

기본적으로 6항의 조사과정에서 얻어진 정보로 7.3항에서 언급한 누출감지방법 및 수단을 논리적 제거 과정에 사용하여야 한다.

(가) 누출 감지방법은 제조사의 권장사항에 따라 설치되고 유지·운영되어야 한다.

(나) 누출감지기를 사용하는 인력(직원)은 그 사용법을 훈련받아야 한다.

(다) 과정 및 결과에 대한 문서가 제공되어야 한다.

(라) 누출 감지방법 및 수단은 적용 가능한 환경 규정에 따라야 하며 정확하게 문서화되어야 한다.

(마) 만약 누출이 기술된 방법에 의해 발견된다면 확인시험이나 9항에서 언급할 추적기법을 활용하여야 한다.

7.3.2 지하저장탱크

(1) 탱크에 ‘누출시험모드’가 있는 자동식 탱크 계량기가 설치되어 있다면 제작자의 운전 지침에 따라 누출시험이 실시되어야 한다.

(2) 재고 기록이 정량적 통계방법에 의해 분석된다면 가능성 있는 누출 징후를 검사하기 위하여 재고 조정 분석을 실시하여야 한다.

(3) 액체량의 측정이 처음과 마지막 사이의 기간이 적어도 36시간이고 그 사이에 액체가 추가되거나 제거되지 않았다면, 용량이 3785 L 이하인 탱크는 수동식 탱크 계량기를 사용할 수 있다.

(4) 탱크가 이중벽 구조이거나 보조 봉쇄설비가 설치되어 있다면 누출 감지를 위해 모니터링 지점을 점검하여야 한다.

(5) 증기 또는 지하수 감시조(Monitoring well)가 탱크가 설치된 지하 공간(Tank system excavation area)에 설치되어 있다면 누출의 징후를 점검하여야 한다.

7.3.3 지상저장 탱크

(1) 탱크설비에 대한 육안검사가 수행되어야 한다.

(2) 탱크가 이중벽 구조이거나 보조봉쇄 설비가 설치되어 있다면 누출 감지를 위해 모

니터링 지점을 점검하고 누출 감지 포트(Port)를 점검하여야 한다.

- (3) 증기 또는 지하수 감시조(Monitoring well)가 탱크 시스템 지역에 설치되어 있다면 누출의 징후를 점검하여야 한다.

7.4 지하저장탱크 시험

- (1) 만약 7.3항에서 언급한 누출 감지방법이 적절치 않거나 누출원인을 규명하지 못한 다면 배관, 탱크 혹은 둘 다 시험해 볼 필요가 있다. 용량 기밀시험법이나 비용량 기밀시험법을 사용 할 수 있다.
- (2) 시험 절차는 안전한 지하저장과 취급설비의 어느 곳에서든지 누출을 감지할 수 있어야 한다.
- (3) 누출이 존재한다고 사료되는 경우 직원의 안전과 환경에 대한 영향을 고려하여 시험방법을 결정하여야 한다.
- (4) 시험 방법은 제작사의 권장절차와 부합되게 실행되어야 한다.
- (5) 직원은 시험을 실행하기 위한 교육을 받아야 한다.
- (6) 시험 절차 및 결과에 관한 문서가 제공되어야 한다.
- (7) 시험 방법은 환경법에 부합되어야 하고 정확성을 위해 문서화되어야 한다.
- (8) 용량기밀시험은 감지확률 0.95 와 오류정보 확률 0.05 로 380 ml 정도의 소량 누출도 감지할 수 있어야 한다.
- (9) 비용량 기밀시험은 누출감지가 가능하다. 하지만 누출 속도(Rate)를 수량화할 수는 없다.
- (10) 기밀시험 결과가 누출 가능성을 나타낸다면, 누출을 확신하기위한 시정 조치 또는 추가 시험을 수행하여야 한다.

(11) 압력 시험

- (가) 공기 또는 기타 활성가스에 의한 압력 시험 - 인화성 액체를 수용하고 있는 탱

크나 배관의 공기 또는 기타 활성가스 압력시험이 권장되지 않으며 규정이나 조례에 의해 요구되지도 않으며 실무에 적용되지 않아야 한다.

(나) 불활성 가스 시험 - 불활성 가스는 탱크나 배관 설비의 누출 방지 목적으로 사용될 수 있다. 그 제품과 불활성 가스로 인해 발생된 압력은 탱크제작자가 추천하는 한계를 초과해서는 안 된다. 압력제한장치는 이것을 적용하기 위해 사용된다.

(12) 탱크 내부 검사는 탱크의 내부 조건을 평가하기 위해 실시되어야 한다.

7.5 지하배관 시험

7.5.1 배관의 수압시험(Hydraulic test)

- (1) 이 시험은 비교적 간단한 시험으로 신속하게 누출을 감지할 수 있다.
- (2) 배관은 시스템의 다른 부분과 격리되어야 한다.
- (3) 시험은 시스템의 최대 예상압력의 150 %로 수행하나 계기 압력은 시스템의 가장 높은 곳에서 측정하여 게이지압으로 34.5 kPa(5 psi)를 넘지 않도록 한다.
- (4) 시험은 적어도 10분은 유지되어야 한다.
- (5) 압력이 떨어지는 것은 배관의 누출 가능성을 의미하므로 용량기밀시험(Volumetric tightness test)을 실시하여야 한다.
- (6) 액체의 압력 손실은 아래의 원인에 기인한다.
 - (가) 배관 누출
 - (나) 배관 내 액체의 온도 감소
 - (다) 액체의 압력에 의한 배관 뒤틀림
 - (라) 배관 내 증기 막힘(Trap)

7.5.2 추적 또는 색조 시험

이 시험이 사용된다면 배관에 의해 취급되는 제품을 위해 승인되어야 한다.

7.6 지상저장탱크 시험

7.6.1 음향 발산

음향발산감지법은 탱크바닥에서 발생한 누출 소음을 탐지하고 그 원인을 찾기 위해 음향 감지기를 사용한다.

7.6.2 용량누출(Volumetric leak) 감지

(1) 온도-수위(Level)법

(가) 액체의 누출감지를 위한 온도-수위법은 액체의 레벨을 정확히 측정하고 열팽창 또는 수축을 온도감지기의 수직배열을 이용하여 보정한다.

(나) 온도보정 레벨의 1단계 감소는 누출을 의미한다.

(2) 질량 측정법

(가) 부피(Volumetric) 누출감지를 위한 질량 측정법은 탱크의 바닥에 가까이에서 작용하는 압력을 측정한다. 압력은 측정점 바로 위에서 질량에 대응하고 열팽창으로 인한 액체 수위변화에 독립적이다.

7.6.3 추적 시험법

이 방법은 저장 시스템에 추적용 가스를 주입하여 저장 시스템 외부에 존재하는지의 여부를 시험한다.

7.6.4 불활성가스 압력시험법

(1) 불활성가스를 탱크와 배관시스템의 누출 감지 목적으로 사용한다.

(2) 제품과 불활성가스에 의해 발생한 압력은 탱크제작자가 권장한 한계를 넘어서는 안 된다.

(3) 이 시험법의 적용에는 압력제한 장치가 사용되어야 한다.

7.6.5 내부 검사

- (1) 탱크의 내부 검사는 탱크의 내부조건을 평가하기 위해 실시하여야 한다.
- (2) 안전 출입을 위한 절차를 따라야 한다.

8. 지하 액체의 추적

8.1 개요

- (1) 실질적인 절차와 시험 방법의 선택은 문제 상황, 초기 조사에서 얻은 정보 그리고 이전의 시험 결과에 좌우된다.
- (2) 초기 시도가 원인 규명에 실패한다면 추가의 전문적인 지원이 필요하다.

8.2 지하유출 판정과정

- (1) 지역의 밑그림을 그리기 위해 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - (가) 잠재적 원인과 경로
 - (나) 적절한 지질학 자료의 적용
 - (다) 하수도, 거리, 도관, 개울, 맨홀, 탱크, 충전 배관, 배기 입상관 그리고 펌프의 위치
 - (라) 채우거나 메워진 개울이나 폐기된 도랑
- (2) 다음의 정보를 포함하되, 이에 국한하지 않는다.
 - (가) 상수도부, 하수도부
 - (나) 지역, 국가 지질관련 부서
 - (다) 유틸리티 회사

(라) 지역주민

- (3) 필요하다면 금속탐지기로 묻혀있는 강철배관을 추적하거나 찾아야한다.
- (4) 밑그림에 수집된 정보는 근처의 특정시설이 원인이 될 수도 있음을 알려준다.
- (5) 잠재적 액체 흐름 경로를 다음의 절차에 따라 파악한다.

(가) 맨홀, 하수관, 입구박스(Inlet box), 취수정, 개방된 도랑, 노출된 경사면과 절단면 그리고 기타 특징들을 육안으로 점검한다.

(나) 인화성 액체의 존재 여부를 가리는 시험을 위해 물 표본을 채취한다.

(다) 광이온감지기 또는 다른 장비로 증기의 존재 여부를 결정한다.

(라) 천연가스관, 매립, 하수구 가스 등과 같은 증기 관독 자료들을 조사하여야 한다.

(마) 지하 구조물 검사가 지하 액체 흐름의 방향을 정확하게 지시하지 못하면 되메워진 토양이나 침투층에서 토양 내 증기를 찾는 등의 보다 상세한 조사가 실시되어야 한다.

- (6) 시험으로 오염발생가능 지역을 결정하고자 할 때, 다음번의 가장 가능성 있는 원인을 결정하기 위해 8.2항에 언급된 절차를 사용하여 조사 방법을 확대하여야 한다.
- (7) 문제가 점점 복잡해 잠에 따라 다른 시험과 추적의 방법이 유용할 수도 있다.
- (8) 각 시험 절차의 장·단점은 유효한 결과에 도달하면 알 수 있다.

8.3 색조 추적

- (1) 이 방법은 누출원인으로 추정되는 저장시스템에 용화되는 염료를 넣어 물들여진 액체가 발견 지점에 나타나는 지를 보는 것이다.
- (2) 이 과정은 몇 분에서 며칠의 시간이 걸릴 수 있다.

8.4 색층 및 분광사진 분석

- (1) 색층 및 분관사진 분석은 대부분의 혼합물이 감지 추적이 가능한 계기이다.
- (2) 석유계 액체와 같이 복합 혼합물을 함유하는 경우에 사용한다.

8.5 기타 화학적 분석

기타 화학적 분석은 오염 기간 또는 부가물의 식별이 가능하다.

9. 인화성액체의 제거 및 처치

9.1 개요

- (1) 제거 및 처리 방법은 누출된 인화성 액체의 양 또는 구조물이나 또는 표면에서 존재하는 지 여부, 화학적·물리적 특성, 영향을 받은 지역에 따라 결정된다.
- (2) 이 방법에 있어 가장 중요한 인화성 액체의 화학적 특징은 주변온도에 영향을 받는 휘발성이다
 - (가) 솔벤트, 가솔린, 기타 휘발성 액체와 같은 인화성 액체는 주변온도에 따라 급속히 증발한다.
 - (나) 연료 기름, 식용유, 기타 비휘발성인 인화성 액체는 쉽게 증발하지 않고 오랜 시간 잔류하는 경향이 있다.
- (3) 일반적으로 휘발성 액체의 구성물이나 증기의 봉입물(Enclosure)을 퍼징하는 것은 우선적으로 환기가 중요한 반면에 액체는 물리적으로 모아 제거하여야 한다.
- (4) 구조물 또는 환경 조건에 관한 기본 범위는 다음과 같다.
 - (가) 지하실, 지하철, 터널, 탄광과 같은 주거용 지하구조물
 - (나) 지붕이나 마루 밑 공간, 하수구, 설비 터널과 같은 비주거용 지하구조물
 - (다) 지표수
 - (라) 지하수

(마) 토양

(5) 5.2항과 같은 절차가 수반된다.

(6) 유출된 석유 제품은 도로표면에서부터 지하 하수관 또는 도관까지 세척할 수 없는데 잠재적으로 위험하고 위법이기 때문이다. 잔류물은 모래, 진흙, 걸레 등으로 흡수 제거하는 방법으로 제거하여야 한다,

(7) 만약 선택의 여지가 없는 위급상황이라면 전문가의 결정과 공공기관의 허가 후에 세척할 수 있다.

9.2 지하(실)

(1) 거의 예외가 없이 지하에서 발견되는 액체의 양은 비교적 적다. 왜냐하면 대부분의 경우 액체가 상당한 양으로 축적되기 전에 감지되고 추가흐름은 정지되거나 차단될 수 있다.

(2) 휘발성 액체와 그 증기가 수반되는 곳의 우선적 제거방법은 환기이다.

(3) 잔류하고 있는 소량의 액체는 시판되는 흡수제로 제거할 수 있다. 사용한 흡수제는 증기 확산을 방지하기 위해 덮개가 있는 컨테이너에 수납하여야 한다.

(4) 일단 모든 인화성 액체가 제거되고 난 후 최종 절차는 지하 집수조와 바닥 배수구를 물로 씻어 내리고 분해가 가능한 계면활성제로 오염된 표면을 세척하는 것이다.

(5) 가연성가스감지기로 점검하고 환기하는 것은 세척 과정 전반을 통해 계속되어야 한다.

(6) 드문 경우이긴 하지만 비교적 많은 양의 휘발성 액체가 포함되어 있는 경우에는 액체의 계속된 증발 때문에 환기로 증기의 농도를 안전한 수준까지 감소시키기는 어렵다.

(가) 이런 경우 액체를 배럴, 드럼 또는 적당한 용기나 휴대용 탱크나 탱크차량으로 펌프를 사용하여 이송하여야 한다.

- (나) 누출원과 그 영향을 받는 구조물 사이에 차단용 도랑을 파야할 필요가 있을 수도 있다.
- (7) 연료와 같은 비휘발성 액체가 포함된 경우 액체의 증발률이 낮으므로 환기는 비효과적이다.
- (가) 수면 또는 견고한 표면 위의 얇은 인화성 액체 층을 위해서는 흡수제를 사용한다.
- (나) 펌프를 사용하거나 기타의 다른 방법을 사용하여 인화성 액체를 제거한다.
- (다) 마지막 청소에 썸프와 하수구를 청소하고 표면을 세척하는 것이 필요하다면 이러한 작업 전에 지역 환경 당국에 문의하여야 한다.
- (8) 인화성 액체의 환경으로의 누출의 결과로 발생한 지하 증기의 중요한 제거 방법은 환기이다. 증기는 영향을 받은 환경의 개선이 완료되기까지 제거되지 않을 수도 있다.