
안전보건교육교재

- 밀폐 공간 재해 예방 -

2020.06.



K I S I

고용노동부지정 안전관리전문기관

한국산업안전관리원

TEL: 1588-8393 (代) FAX: (031)414-0725

안전보건교육일지

2020 년 6 월 일

결
재

담 당

검 토

승인

교육구분

1. 신규채용자 교육 2. 작업내용 변경 시 교육 3. 특별안전보건 교육
4. 정기교육 5. 관리감독자 교육 6. 기타 ()

교육인원

구 분

계

남

여

비 고

교육대상 근로자수

교육구분

교 육 과 목

교육방법

교육시간

교육장소

교재준비

밀폐 공간 안전 작업

교육목적

밀폐 공간 작업 안전에 대한 지식과 사고 사례를 통하여 질식 재해를 예방하는데 교육의 목적이 있습니다.

교
육
내
용

1. 밀폐 공간
2. 산소결핍 발생 원인과 장소
3. 밀폐 공간의 건강장해
4. 밀폐 공간 작업 시 안전 작업 절차
5. 중대 재해 사례

※ 교육평가 및 의견

강 사 명

비 고

1. 밀폐공간

가. 밀폐공간이란?

밀폐공간이란 근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간으로 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍, 유해가스로 인한 건강장해와 인화성물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다.

(※ 밀폐공간은 사방이 막혀있는 공간을 비롯하여, 일부 개방되어 있더라도 산소 결핍 등에 의한 질식의 위험이 존재하는 공간도 포함된다.)

나. 정의 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조)

- 밀폐공간이란 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 별표 18에서 정한 장소를 말한다.
- "유해가스"란 탄산가스·일산화탄소·황화수소 등의 기체로서 인체에 유해한 영향을 미치는 물질을 말한다.
- "적정공기"란 산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 탄산가스의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30ppm* 미만, 황화수소의 농도가 10ppm* 미만인 수준의 공기를 말한다.
- "산소결핍"이란 공기 중의 산소농도가 18퍼센트 미만인 상태를 말한다.
- "산소결핍증"이란 산소가 결핍된 공기를 들이마심으로써 생기는 증상을 말한다.

* ppm(part per million, 10^{-6}) : 물질의 농도를 나타내는 단위로 1ppm은 100만분의 1에 해당하는 농도를 말한다. (1%=10,000ppm)

다. 밀폐공간 예시

- 우물·수직갱·터널·잠함·피트 또는 그밖에 이와 유사한 것의 내부
- 케이블·가스관 또는 지하에 부설되어 있는 매설물을 수용하기 위하여 지하에 부설한 암거·맨홀 또는 피트의 내부
- 빗물·하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부
- 바닷물이 있거나 있었던 열교환기·관·암거·맨홀·둑 또는 피트의 내부

- 장기간 밀폐된 강재의 보일러·탱크·반응탑이나 그 밖에 내벽이 산화하기 쉬운 시설의 내부
- 건성유를 함유하는 페인트로 도장되어 건조되기 전에 밀폐된 지하실·창고 또는 탱크 등 시설의 내부

< 지하 피트 >



< 배관 내 용접 >



< 하수도 맨홀 >



< 상수도 맨홀 >



< 강재 보일러 >



< 반응탑 >



< 원료저장탱크 >



< 선박 탱크 >

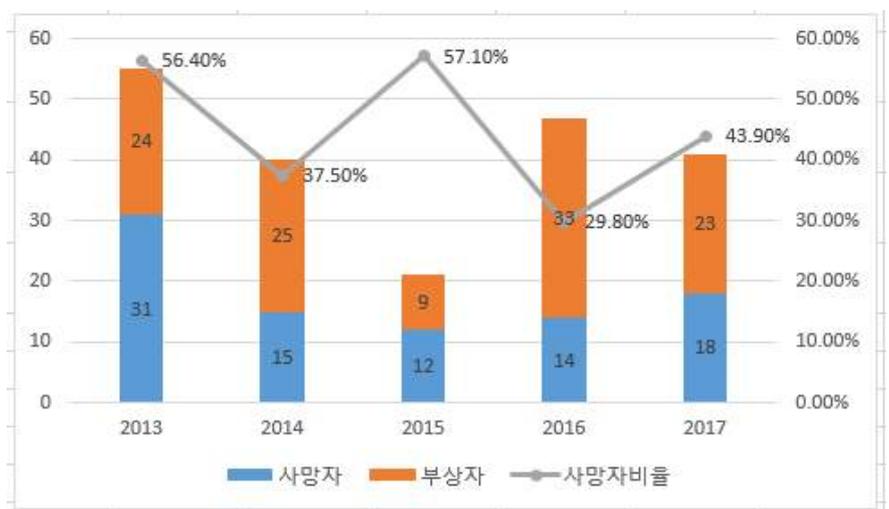


- 곡물(사료)의 저장용 창고, 과일 숙성용 창고, 종자 발아용 창고, 버섯류 재배를 위한 사일로
- 간장·주류·효모 등 발효하는 물품이 들어 있거나 들어 있었던 탱크·창고 또는 양조주의 내부
- 분뇨, 폐수, 등이 들어있는 정하조·침전조·집수조·탱크·암거·맨홀·관 또는 피트의 내부
- 드라이아이스를 사용하는 냉장고, 냉동고, 냉동화물자동차, 냉동컨테이너의 내부
- 불활성 기체가 들어 있거나 있었던 보일러, 탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부
- 갈탄, 목탄, 연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부



라. 연도별 재해자 현황

연도	소계	사망자	부상자	건수	비율
		204	90	114	114
2013	55	31	24	36	56.40%
2014	40	15	25	28	37.50%
2015	21	12	9	18	57.10%
2016	47	14	33	18	29.80%
2017	41	18	23	14	43.90%



2. 산소결핍 발생원인과 장소

가. 물질의 산화작용

저장용 탱크 등 소재의 산화, 저장 또는 운반물질의 산화, 건성유의 산패 등은 공기 중의 산소를 빠르게 감소시키므로 그 내부에서 청소작업 등을 하는 근로자는 산소결핍증을 일으키게 된다.

① 저장용 탱크 재료의 산화

발생장소 : 강재의 보일러, 탱크 반응탑, 압력용기, 반응기, 추출기, 열교환기, 선창 등의 내부

원인/결과 : 철재 탱크 내에 물기가 있거나 장기간 밀폐되면 내벽이 산화되면서 산소결핍 상태가 된다.

(※ 산화 : 어떤 물질이 산소와 결합하거나 수소를 잃는 현상)

② 저장 또는 운반물질의 산화

발생장소 : 탱크, 호퍼, 사일로 등의 내부

원인/결과 : 석탄, 강재 등은 상온에서도 공기 중의 산소를 소비하여 산화작용을 일으킨다.

③ 건성유의 산패

발생장소 : 건성유를 사용하여 도장한 환기가 불량한 장소, 식물성 기름저장탱크 등의 내부

원인/결과 : 건성유는 건조, 경화될 때 산소와 반응하여 응고되며, 동시에 일산화탄소를 방출함으로써 저산소 상태를 만들고, 불포화 지방산을 함유한 식물성 식용유는 산소와 결합하여 응고, 변질된다.

나. 미생물의 호흡작용

미생물의 생체 1kg(수분제외)이 섭씨 30도 부근에서 1시간에 소비하는 산소 소비량은 사람의 몇 배로부터 최고 6,000배까지에 이른다. 이때 이산화탄소, 메탄, 황화

수소 등의 유해가스도 발생시키며 이런 미생물들이 존재하는 작업장에서는 근로자들이 산소결핍증이나 유해가스 중독에 걸릴 가능성이 높다.

① 미생물의 증식

발생장소 : 탱크, 선창, 관, 암거, 맨홀, 하수구 또는 피트

원인/결과 : 분뇨, 기타 부패하기 쉬운 물질을 넣었던 탱크 등이나 하수, 오물은 세균 증식에 의하여 산소가 소비되며 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등의 발생을 동반한다.

② 유기물의 부패

발생장소 : 케이블 또는 가스관용의 암거, 맨홀 또는 피트의 내부, 우수, 유수 등이 체류했던 암거, 맨홀 또는 피트의 내부

원인/결과 : 콘크리트가 응고될 시 산소를 소비하고 대신 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등이 발생한다. 그로 인해 밀폐공간 내에서 형틀을 제거하는 근로자가 산소결핍의 위험에 빠질 수 있다.

다. 치환용 가스의 사용

화재나 폭발을 방지하거나 설비를 보호하기 위해 외부의 공기가 들어오지 못하도록 불활성 가스를 채워둔 장소는 산소가 부족한 곳이며, 그 밖에 불활성가스를 사용하는 장소도 가스의 유입으로 질식재해의 위험이 높다.

① 화재예방을 위한 질소 등의 봉입

발생장소 : 질소치환을 실시하는 반응탑, 배관 등

원인/결과 : 반응탑 및 배관 내 가스의 폭발을 방지하기 위하여 질소치환을 실시하는 경우 산소결핍 현상이 발생한다.

② 질소, 이산화탄소 등의 이용

발생장소 : 질소치환을 실시하는 각종 저장탱크, 환기가 나쁜 장소에서 불활성가스를

이용한 아크용접, 절단작업 및 액체나 드라이아이스를 사용하는 냉동고, 컨테이너 등
원인/결과 : 불활성가스(질소 또는 이산화탄소) 사용으로 인한 상대적 산소결핍 현상
이 발생한다.

③ 가스의 분출, 돌출

발생장소 : 메탄, 이산화탄소를 용출하는 광산, 탄광, 지층의 수직갱, 피트 등의 내
부, 이산화탄소, 프레온 등의 소화설비를 갖춘 지하실, 지하주차장, 선실, 탱크, 피트
등의 내부

원인/결과 : 메탄, 이산화탄소의 발생 및 밀폐공간 내 불활성가스 사용으로 산소결핍
이 발생한다.

3. 밀폐공간의 건강침해

가. 산소농도가 인체에 미치는 영향

산소는 지구표면에 있는 원소 중 무게로 양이 가장 많은 원소이며 무색, 무취이다.
대기 중에서는 주로 기체로 존재하며 생물체의 구조를 이루는 대부분의 분자에 포함
되어 있으며, 호흡에 필수적이다.

※ 호흡정지 시간이 4분 이상 되면 소생률이 50% 이하로 떨어지며 뇌손상이
진행되고, 그 후 구조된 경우 후유증으로 언어장애, 운동장애, 시야협착, 마취, 환각,
건망증, 성격이상 및 노이로제 등이 남게 되므로 사후관리가 필요하다.

이런 후유증은 10 ~ 20%의 저산소 공기에 장기간 노출된 경우도 잔존할 가능성이
있다.

나. 일산화탄소(CO)의 농도가 인체에 미치는 영향

일산화탄소는 무색, 무취의 기체로서 산소가 부족한 상태로 연료가 연소할 때 불
완전연소로 발생한다. 사람의 폐로 들어가면 혈액 중의 헤모글로빈과 결합하여 산소
공급을 가로막아 심한 경우 사망에까지 이르게 한다.

산소농도(%)	영향과 증상
15 ~ 19	열성적인 업무능력 감소, 신체조절기능 손상 및 심장, 폐순환기 장애자 초기증상 유발
12 ~ 14	호흡수 및 맥박 증가, 기능조절지 판단력의 손상
10 ~ 12	호흡이 더욱 빠르고 깊어지며 판단력 저하 및 입술 청색증
8 ~ 10	정신혼미, 어지럼증, 의식상실, 안면 창백, 청색입술, 욕지기와 구토
6 ~ 8	4 ~ 5분 내 치료로 회복가능, 6분 내 50% 치명적, 8분 내 100% 치명적
4 ~ 6	40초 내에 혼수상태 경련, 호흡정지, 사망



■ 일산화탄소(CO)농도와 인체영향

농도(ppm)	노출시간	건강영향
5	20분	교차신경계 반사작용 변화
30	1시간	시각, 정신기능 장애
200	2~4시간	전두부중, 강도의 두통
500	2~4시간	신한두통, 공포심, 시력장애, 허탈감
1,000	2~3시간	맥박이 빨라짐, 경련을 수반한 실신
2,000	1~2시간	사망

■ 일산화탄소(CO) 노출기준

농도(ppm)	노출기준
30	8시간 시간가중 허용농도(Threshold Limit Value_Time Weighted Average)
200	단시간 노출 허용농도(Threshold Limit Value_Short Term Exposure Limit)
1,200	즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도 (Immediately Dangerous to Life and Health)

다. 황화수소(H₂S)농도가 인체에 미치는 영향

황화수소는 무색의 기체로 계란 썩는 냄새가 난다. 대도시의 하수 또는 쓰레기장과 석유정제공정이나 피혁, 형광물질 원료 등의 제조공정 중 발생하며, 공기보다 비중이 커서 무거우므로 밀폐공간 내 저층부에 주로 존재한다.

▪ 황화수소(H₂S)농도와 인체영향

농도(ppm)	노출시간	건강영향
50 ~ 100	1시간	가벼운 자극(눈, 기도)
200 ~ 300	1시간	신경쇠약, 호흡기관 손상
500 ~ 700	2분 ~ 1시간	급속한 허탈, 두통, 현기증, 의식불명, 사망
1,000 이상	수분	의식불명, 사망

▪ 황화수소(H₂S) 노출기준

농도(ppm)	노출기준
10	8시간 시간가중 허용농도(Threshold Limit Value_Time Weighted Average)
15	단시간 노출 허용농도(Threshold Limit Value_Short Term Exposure Limit)
300	즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도 (Immediately Dangerous to Life and Health)

4. 밀폐공간 작업 시 안전작업 절차

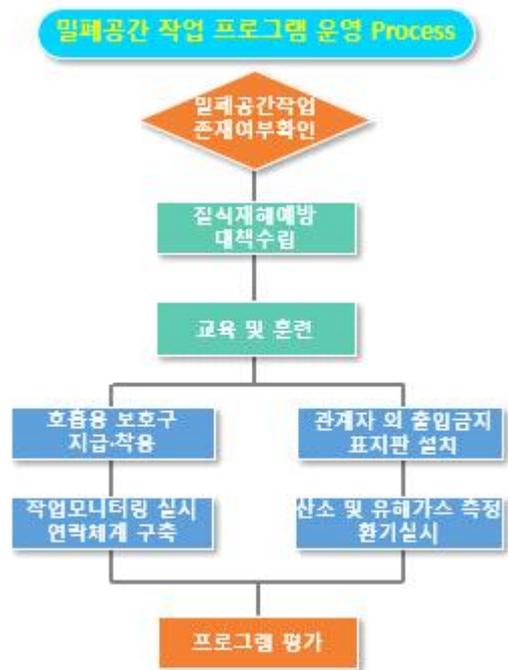
가. 밀폐공간 작업 프로그램의 수립·시행

구성내용

- 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
- 밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인의 파악 및 관리방안
- 밀폐공간 작업시 사전 확인이 필요한 사항
- 안전보건교육 및 훈련

사전 확인사항

- 작업 일시, 기간, 장소 및 내용 등 작업 정보
- 관리감독자, 근로자, 감시인 등 작업자 정보
- 산소 및 유해가스 농도의 측정결과 및 후속조치 사항
- 작업 중 불활성가스 또는 유해가스의 누출·유입·발생 가능성 검토 및 후속조치 사항
- 작업 시 착용하여야 할 보호구의 종류
- 비상연락체계



나. 질식예방 교육 및 훈련

밀폐공간 작업을 하는 근로자를 대상으로 특별안전보건교육을 16시간 이상 실시하여야 한다. (산업안전보건법 시행규칙 제26조, 별표 5)

- 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항
- 사고 시의 응급처치 및 비상 시 구출에 관한 사항
- 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항
- 비상 연락체계 운영
- 구조용 장비 착용 및 환기기구 설치
- 비상대피 훈련
- 밀폐공간작업의 안전작업방법에 관한 사항
- 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항

※ 응급처치에 관한 사항 등을 6월에 1회이상 주기적으로 훈련 실시



다. 밀폐공간 환기

밀폐공간에서는 유해가스를 제거하고 적절한 산소농도를 유지하기 위하여 작업시간 전·중에 환기를 실시하여야 한다.



오폐수 처리장 내 저수조 슬러지 제거작업 중 질식

재해 개요

오폐수 처리장 저수조 내 음식물 슬러지 제거작업을 하던 중, 누출된 황화수소 가스에 중독 사망 또는 부상당한 재해임.

재해 상황도



재해 발생원인

- 작업 전 저수조 내부 유독가스 농도 미측정
- 송기마스크 등 보호구 미착용
- 외부 공기의 유입 미비(환기 미실시)
- 밀폐공간 작업안전 수칙 미준수(작업지휘자 미배치 등)

재해 예방대책

- 작업시작 전 저수조 내부 산소농도 및 유독가스 농도 측정 실시
- 송기마스크, 공기호흡기 등 호흡용 보호구 착용 철저
- 송기팬 등을 이용하여 지속적으로 외부 공기 유입
- 밀폐작업 시 안전작업 계획서 작성, 표준안전수칙 준수, 작업지휘자 배치

TCE(trichloroethylene) 누출로 중독

재해 개요

LDC 모니터 생산공장에서 초음파세척기 내부에 TCE가 넘쳐흐르자, 작업자 2명이 세척기 내부로 들어가 청소작업을 하던 중 TCE에 중독되어 사망한 재해임.

재해 상황도



재해 발생원인

- 보호구 미착용 상태로 유해물질 취급
- TCE에 대한 사전 안전교육 미실시
- 국소배기장치 미설치로 유해물질 체류
- 관리감독의 소홀

재해 예방대책

- 유해물질 취급 시 보호구 착용 철저
- TCE에 대한 특별안전보건교육 실시
- 국소배기장치 설치 및 가동으로 유해물질 체류 억제
- 관리감독 철저(해당부서에 통보, 전문가를 통한 조치 실시)

- 본 자료는 안전보건공단 자료를 인용하여 제작하였습니다. -

-끝-