



공통분야

현장 작업자를 위한

밀폐공간작업 안전

2014 - 교육미디어 - 893

Korea Occupational Safety & Health Agency



안전보건 통합
어플리케이션을 설치하세요

울산광역시 중구 중가로 400
TEL 052 7030 500 FAX 052 7030 322

www.kosha.or.kr

고용노동부

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



이 자료는 사업장의 사업주, 안전보건관리 책임자, 안전관리자, 보건관리자 등 안전보건 관계자가 근로자를 대상으로 실시하는 안전보건교육 교재로 활용할 수 있도록 개발하였습니다. 이 교재를 바탕으로 교육용 교안(PPT)을 함께 개발하여 제공하고 있
사오니 안전보건교육에 널리 활용될 수 있기를 기대합니다. 교육용 교안은 안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr) -
정보마당- 미디어뱅크 WISH - 업종별 자료 에서 내려받아 활용하실 수 있습니다.



이 자료는 사업장의 사업주, 안전보건관리 책임자, 안전관리자, 보건관리자 등 안전보건 관계자가 근로자를 대상으로 실시하는 안전보건교육 교재로 활용할 수 있도록 개발하였습니다. 이 교재를 바탕으로 교육용 교안(PPT)을 함께 개발하여 제공하고 있
사오니 안전보건교육에 널리 활용될 수 있기를 기대합니다. 교육용 교안은 안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr) - 정보마당- 미디어뱅크 WiSH - 업종별 자료 에서 내려받아 활용하실 수 있습니다.

목차

01 밀폐공간작업 개요

밀폐공간 정의	05
밀폐공간 질식 재해 원인과 장소	07
밀폐공간작업 건강장해	14
재해사례	23

02 밀폐공간작업 안전

기본 조치 사항	35
유해공기 농도 측정	38
밀폐공간에서의 환기	40
보호구 및 구조장비	43
질식재해 시 응급처치 요령	47

03 밀폐공간 작업 전 체크리스트

.....	49
-------	----

집필자 | 박현희 (안전보건공단) 기 획 | 안전보건공단 교육미디어실 발행일 | 초판 2014.10 발행인 | 이영순

발행처 | 안전보건공단 울산광역시 중구 종가로 400 (북정동) TEL 052.7030.500

편집디자인 | 닷츠 TEL 02.337.0829 고객불편신고센터 | TEL 1644 4544 FAX 1644 4549

※ 이 교재를 안전보건공단의 허락 없이 부분 또는 전부를 복사, 복제, 전재하는 것은 저작권법에 저촉됩니다

※ 안전보건공단은 '2013년 부패방지 시책평가'에서 최우수 기관으로 선정되었습니다

01

밀폐공간작업 개요

- 밀폐공간 정의
- 밀폐공간 질식 재해 원인과 장소
- 밀폐공간작업 건강장해
- 재해사례



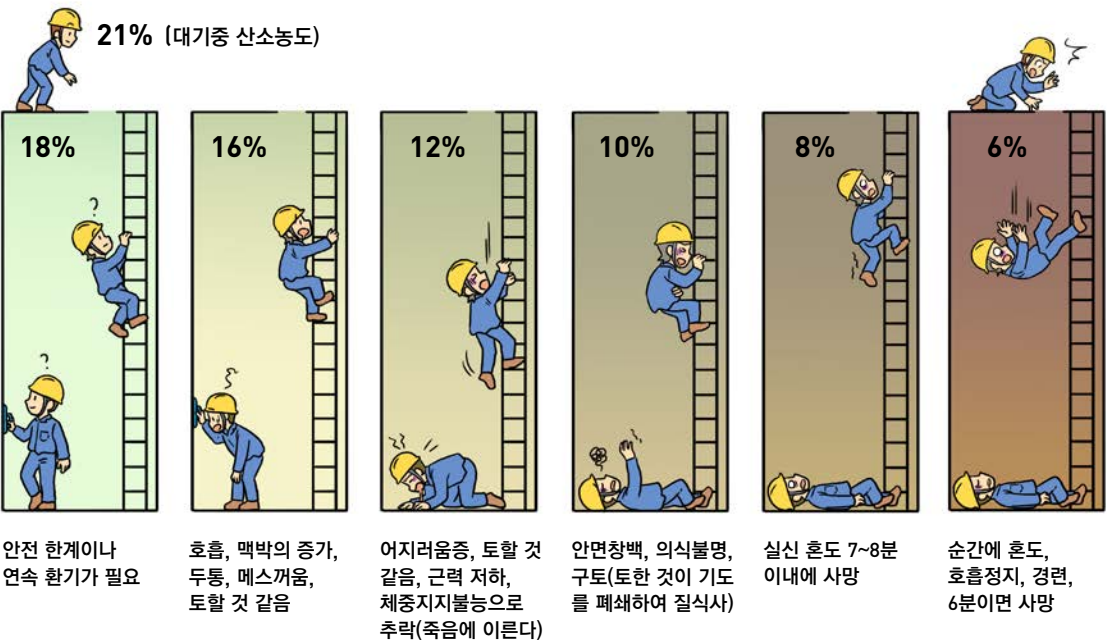
밀폐공간 정의

밀폐공간이란 근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간으로 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍¹, 유해가스²로 인한 건강장해와 인화성 물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다.

일반적으로 우물, 수직갱, 터널, 잠함, 핏트, 암거, 맨홀, 탱크, 반응탑, 정화조, 침전조, 집수조 등이 밀폐공간에 해당된다

¹ 산소결핍이란?

공기 중의 산소농도가 18% 미만인 상태를 말하며, 산소결핍증이란 산소가 결핍된 공기를 들며 마심으로써 생기는 증상이다.
정상적인 공기는 산소가 약 21%, 질소 78%, 그리고 이산화탄소, 아르곤, 헬륨 등이 약 1% 정도로 구성된다. 그 중 산소농도가 16% 이하로 저하된 공기를 호흡하게 되면 체조직의 산소가 부족하게 되고, 맥박과 호흡이 빨라지고 구토·두통 등의 증상이 나타난다. 또 산소농도가 10% 이하가 되면 의식상실, 경련, 혈압강하 등과 함께 맥박수가 감소하게 되어 질식 사망하게 된다.



2 유해가스란?

유해가스는 밀폐공간에서 탄산가스, 황화수소 등의 유해물질이 가스 상태로 공기 중에 발생되는 것이다. 이때 밀폐공간 내 유해한 상태란 다음의 상태를 말한다.

- 산소농도가 18% 미만, 23.5% 이상
- 탄산가스의 농도 1.5% 이상
- 황화수소의 농도 10ppm 이상
- 기타 유해가스는 작업환경측정 노출 기준 적용
(예: 일산화탄소 30 ppm(TWA))



※ 주의

- ① 밀폐된 공간에 인공 공기를 이용하여 과도하게 산소를 공급하게 되어 공기 중 산소농도가 23.5% 이상이 되면 가연성 물질이 발화하여 대형 사고를 일으킬 수 있다.
- ② 산소결핍 장소에서의 방독 마스크 착용은 질식사망 재해를 유발할 수 있어 위험하므로 적정 공기상태를 유지할 수 있도록 환기를 실시하거나, 송기 마스크를 착용하도록 한다.

밀폐공간 질식 재해 원인과 장소

1 공기 중 산소 소모

> 물질의 산화작용

• 저장용 탱크 등 소재의 산화

철재 탱크 내에 물기가 있거나 장기간 밀폐되면 내벽이 산화되어 생긴 녹이 탱크 내의 산소를 감소시키므로 산소결핍 상태가 된다. 일반적으로 지하에 매장되어 있는 광물질에는 황화철을 비롯한 환원 상태의 제1철 화합물이 많이 함유되어 있는데 이들 환원 상태의 물질은 공기와 접촉할 때 수분이 존재하면 쉽게 산화하여 산소를 흡수한다.

발생
장소

철재의 보일러, 탱크, 반응탑, 압력용기, 가스홀더, 반응기, 추출기, 분리기, 열교환기, 선창, 선박의 저장 공간 등의 내부



• 저장 또는 운반 물질의 산화

석탄, 강재, 고철 등은 상온에서도 공기 중의 산소를 소비하여 산화, 발열한다.

발생
장소

탱크, 호퍼, 사일로 등의 내부

• 건성유의 산패

아마유, 보일(Boil)유 등의 도료용 건성유는 건조, 경화할 때 다량의 산소를 유성분 분자 내에 포집하여 결합하며 동시에 일산화탄소와 알데히드를 방출함으로써 저산소 상태를 만들고 건성유, 대두유, 유채유와 같은 불포화 지방산을 함유한 식물성 식용유는 공기 중의 산소와 결합하여 고화, 변질된다.

발생
장소

건성유를 사용하여 도장한 환기가 불량한 장소, 식물성 기름 저장탱크 등의 내부

▶ 미생물의 호흡 작용

미생물의 산소 소비량을 비교하여 보면 생체 1kg(수분 제외)이 쉼씨 30도 부근에서 1시간에 소비하는 산소 소비량은 다음 [표]에서 보는 바와 같이 사람의 몇 배로부터 최고 6,000배까지 산소를 소모시키는 것도 있으며 이런 점을 이용하여 발효식품, 의약품(페니실린, 스트렙토마이신)의 제조와 폐기물 처리(하수, 분뇨, 매립)를 하고 있다.

미생물의 산소 소비량

생체	소비량
사람	200ml
원생동물(Paramecium)	500ml
사상균(lusarium)	10,000ml
조 류(Chlorella)	40,000ml
세 균(Azotobacter)	1,200,000ml

• 미생물의 증식

분뇨, 부니오수, 펄프액, 기타 부패하거나 분해하기 쉬운 물질을 넣었던 탱크 등이나 하수, 오물은 세균의 증식에 따른 산소의 소비로 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등의 발생을 동반하고 하수설비나 펌프, 오수조, 분뇨처리장의 오물조 내 등에서 밀폐공간 질식재해를 일으킨다.

발생
장소

탱크, 선창, 조, 관, 암거, 맨홀, 하수구 또는 펌프

• 유기물의 부패

밀폐된 공간 내부에 유기물이 부패하는 경우, 산소가 소비되고 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등이 발생할 수 있다.

발생
장소

케이블 또는 가스관용의 암거, 맨홀 또는 펌프의 내부, 우수, 유수, 등이 체류했던 암거, 맨홀 또는 펌프의 내부



• 미생물의 발효

발생
장소

탱크, 향온실 또는 양조조(간장, 식초)의 내부

• 절임 식품, 야채, 곡물 등의 호흡 작용

발생
장소

단무지와 오이지 저장조, 야채 향온실

• 목재의 호흡 작용

목재의 호흡 작용으로 인한 산소의 소비가 발생한다.

발생
장소

목재를 운반하거나 보관하는 선창, 호퍼 등의 내부

▶ 기타

• 각종 탱크나 밀폐된 방

발생
장소

냉장실, 냉동실, 향온실, 탱크, 보일러, 압력용기, 반응탑 등 내부

• 지하수의 산소 소모

지하수가 있는 밀폐된 공간에는 지하수의 용존 산소가 적을 때 공기 중에 있는 산소가 물로 용해되어 산소결핍 상태

발생
장소

상수도의 지하 집수지, 수력 발전소의 취수구, 용수가 풍부한 지하 터널이나 맨홀 등의 내부

• 우물

간이 수도나 일반 우물에서는 산소용해, 내부에서 미생물의 호흡, 지질에 따른 산소흡수, 토사층으로부터의 산소결핍공기의 유입 등 복잡한 원인에 의한 산소결핍 발생



2 치환용 가스의 사용

다양한 가스가 작업 중 사용되고 있어 공기 이외의 가스에 의한 사고가 증가하고 있으며 사고의 위험성이 있는 가스는 다음과 같이 분류해 볼 수 있다.

- 가연성(可燃性)가스 : 수소, 메탄, 액화프로판 가스 등
- 지연성(支燃性)가스 : 공기, 산소, 일산화탄소 등
- 불연성(不燃性), 질식성(窒息性), 불활성(不活性)가스 : 이산화탄소, 질소, 아르곤 등

가스에 의한 사고는 대부분 질식에 의한 것인데 이에 대한 정의 및 분류는 다음과 같다

- 질식 : 생체 또는 조직에 산소결핍이나 탄산가스의 과잉으로 일어나는 상태
- 질식제 : 조직 내의 산화작용을 방해하는 화학물질

단순 질식제

원래 가스 그 자체는 독작용이 없으나 공기 중에 많이 존재하면 산소분압을 저하시켜 조직에 필요한 산소공급의 부족을 초래하는 물질. 예를 들면 수소(H_2), 질소(N_2), 헬륨(He), 메탄(CH_4), 에탄(C_2H_6), 탄산가스(CO_2) 등 불활성가스가 단순 질식제

화학적 질식제

혈액중의 혈액소와 결합하여 산소 운반능력을 방해, 조직 중의 산화효소를 불활성화시켜 질식작용

혈액중의 산소 운반능력을 방해하는 가스

일산화탄소(CO), 아질린, 니트로소아민, 아비산(AsH_3)

조직으로 산소배분을 저해하는 화학물질

황화수소(H_2S), 오존(O_3), 염소(Cl_2), 포스겐($COCl_2$)

▶ 화재·폭발예방을 위한 질소 등의 봉입

가연성 가스나 액체에 의한 화재·폭발을 예방하는 방법으로 점화원 또는 공기를 제거하는 것이 좋다. 석유화학 공장에서는 점화원이 되는 전기기기를 방폭형으로 하고 정전기나 충격 불꽃 등의 발생을 방지하기 위해 질소로 공기를 치환하는 대책을 실시한다.

발생
장소

질소치환을 실시하는 반응탑, 배관 등

▶ 기타 질소, 이산화탄소 등의 이용

• 산화, 흡착, 재용해의 방지

입자상이나 미분상의 화학제품이나 산소를 흡수하는 식물성 기름과 같은 물질은 산화에 의한 변질이나 열화를 방지하기 위해 저장 공간에 질소를 봉입하거나 용수에 녹아있는 산소를 제거하고 산소의 재용해를 방지하기 위해 질소를 봉입한다.

발생
장소

질소치환을 실시하는 각종 저장탱크, 환기가 나쁜 장소에서 불활성 가스를 이용한 아르곤접, 절단 작업

• 냉각제의 사용

저온을 유지하기 위해 냉동고 내에 드라이아이스를 넣거나 액체질소를 직접 살포한다.

발생
장소

액체질소나 드라이아이스를 사용하는 냉동고, 컨테이너 등

▶ 가스의 분출, 돌출

터널공사나 탄광 내에 돌연히 대량의 메탄이나 이산화탄소가 돌출하여 산소결핍사고가 일어남

발생
장소

메탄, 이산화탄소를 용출하는 광산, 탄광, 지층의 수직갱, 핏트 등의 내부, 이산화탄소, 프레온 등의 소화설비를 갖춘 지하실, 지하주차장, 선실, 탱크, 핏트 등의 내부

3 밀폐공간의 종류 산업안전보건기준에 관한 기준, (618조 1항 관련, 별표 18)

- 1 다음의 지층에 접하거나 통하는 우물·수직갱·터널·잠함·피트 또는 그 밖에 이와 유사한 것의 내부
가. 상층에 물이 통과하지 않는 지층이 있는 역암층 중 함수 또는 용수가 없거나 적은 부분
나. 제1철 염류 또는 제1망간 염류를 함유하는 지층
다. 메탄·에탄 또는 부탄을 함유하는 지층
라. 탄산수를 용출하고 있거나 용출할 우려가 있는 지층
- 2 장기간 사용하지 않은 우물 등의 내부
- 3 케이블·가스관 또는 지하에 부설되어 있는 매설물을 수용하기 위하여 지하에 부설한 암거·맨홀 또는 피트의 내부
- 4 빗물·하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부
- 5 바닷물이 있거나 있었던 열교환기·관·암거·맨홀·둑 또는 피트의 내부
- 6 장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱크·반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설 (그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부
- 7 석탄·아탄·황화광·강재·원목·건성유(乾性油)·어유(魚油) 또는 그 밖의 공기 중의 산소를 흡수하는 물질이 들어 있는 탱크 또는 호퍼(hopper) 등의 저장 시설이나 선창의 내부
- 8 천장·바닥 또는 벽이 건성유를 함유하는 페인트로 도장되어 그 페인트가 건조되기 전에 밀폐된 지하실·창고 또는 탱크 등 통풍이 불충분한 시설의 내부
- 9 곡물 또는 사료의 저장용 창고 또는 피트의 내부, 과일의 숙성용 창고 또는 피트의 내부, 종자의 발아용 창고 또는 피트의 내부, 버섯류의 재배를 위하여 사용하고 있는 사일로(silo), 그 밖에 곡물 또는 사료종자를 적재한 선창의 내부
- 10 간장·주류·효모 그 밖에 발효하는 물품이 들어 있거나 들어 있었던 탱크·창고 또는 양조주의 내부
- 11 분뇨, 오염된 흙, 썩은 물, 폐수, 오수, 그 밖에 부패하거나 분해되기 쉬운 물질이 들어있는 정화조·침전조·집수조·탱크·암거·맨홀·관 또는 피트의 내부
- 12 드라이아이스를 사용하는 냉장고·냉동고·냉동 화물자동차 또는 냉동 컨테이너의 내부
- 13 헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성 기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부
- 14 산소농도가 18퍼센트 미만 23.5퍼센트 이상, 탄산가스농도가 1.5퍼센트 이상, 황화수소농도가 10 ppm 이상인 장소의 내부
- 15 갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소(養生場所) 및 가설숙소 내부
- 16 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부
- 17 유해가스가 들어있던 배관이나 집진기의 내부

밀폐공간작업 건강장해

1 산소결핍에 의한 건강장해

> 산소의 특성

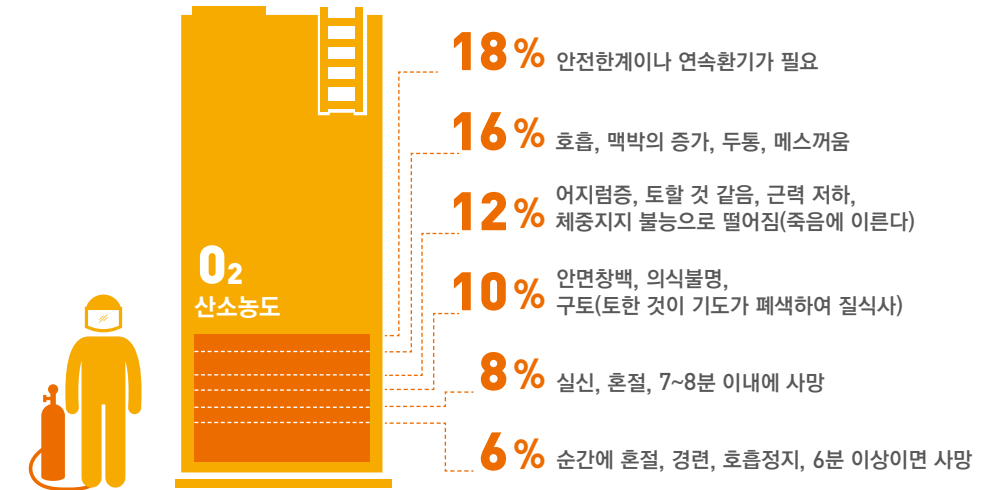
산소는 상온·상압에서 무색·무미·무취의 기체이고, 물과 알콜에 녹으며, 산소 자체는 가연성이 아니나, 다른 물질의 연소를 돕는 물질이다. 공기 중에는 산소가 약 21%, 질소 78% 그리고 이산화탄소, 알곤, 헬륨 등이 약 1%로 구성되어 있다.

> 산소결핍에 의한 건강장해

호흡활동은 폐순환으로 유입되는 혈액으로부터 적절한 양의 이산화탄소를 제거하고 폐순환을 떠나는 혈액에 충분한 산소를 공급하는 것이다. 이러한 기능이 적절히 수행되려면 산소를 공급하고 이산화탄소를 제거하기 위해 신선한 공기가 폐포 내로 적절히 공급되어야 한다. 그러나, 산소농도가 16% 이하로 저하된 공기를 호흡하게 되면 산소가 부족하게 되어 빈맥 및 빈호흡, 구토, 두통 등의 증상이 나타나고, 10% 이하가 되면 의식상실, 경련, 혈압강하, 서맥(맥박수 감소)을 초래하게 되어 질식 사망하게 된다.

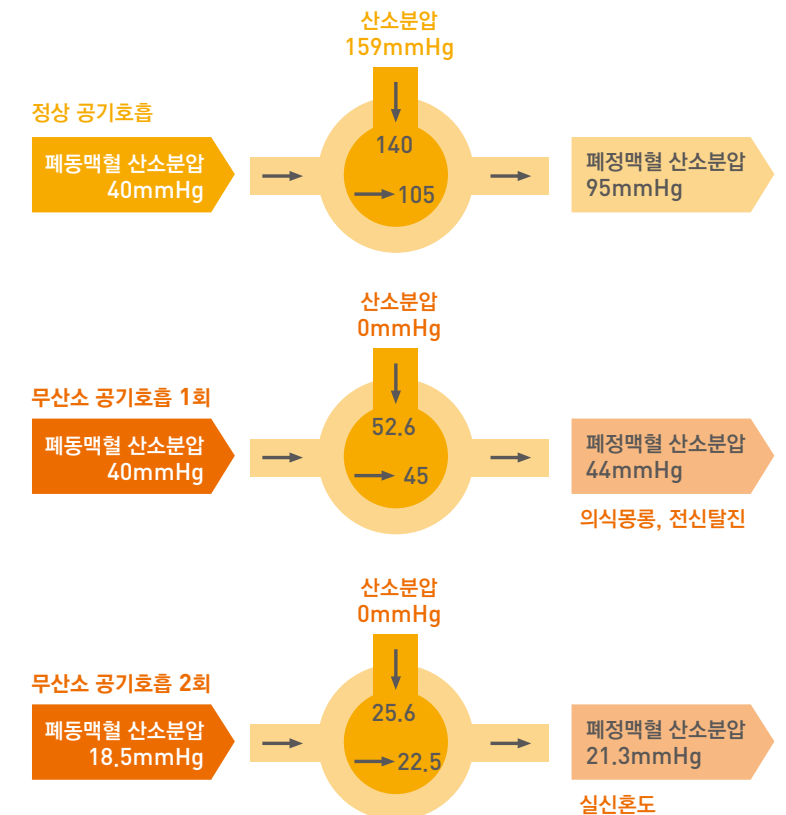
산소농도에 따른 인체영향

인체 영향	산소농도(%)	산소분압 (mmHg)
증상 없음	16~20.9	122~159
심장 및 호흡박동수 증가, 집중력 저하	< 16	< 122
작업 후 비정상적 피로감, 판단력 저하	< 14	< 106
판단능력의 급격한 저하, 영구적 심장 손상, 구토, 메스꺼움	< 12	< 90
의식불명, 행동둔화, 무기력감	< 10	< 76
경련, 가쁜 숨, 심장정지, 수분 후 사망	< 6	< 46
한두번 호흡으로 사망	< 4	< 30



또한, 근육에는 헤모글로빈과 비슷한 마이오글로빈이 있어 혈액에서 산소를 빼앗아 저장하는 성질이 있다. 따라서, 폐포공기의 산소분압이 40 mmHg로 저하했을 때 혈액 중 헤모글로빈의 산소포화도(결합도)는 66% 밖에 되지 않으나 근육의 마이오글로빈은 헤모글로빈이 가지고 있는 부족한 산소를 빼앗아 94% 까지도 포화해 버린다.

무산소 공기 1회의 위험성



2 황화수소

중독에 의한 건강장해

▶ 황화수소의 특성

황화수소는 무색의 기체로, 계란 썩는 냄새가 나는 대표적인 악취물질이며, 유독성 가스로 취급된다. 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Agency)의 보고에 의하면 밀폐공간에서 가장 많은 사망자를 발생한 물질로 공기보다 비중이 커서 무거우므로 높은 농도의 황화수소는 밀폐공간 내 저층부에 주로 존재하여 환기가 원활히 이루어지지 못한다. 황화수소는 화산, 유황온천 등에서 자연적으로 생성되기도 하고 석유정제과정이나 피혁, 아교, 형광물질 원료 등의 제조과정 중 부산물로 인위적으로 발생하기도 한다. 펄프공장의 경우, 펄프원료를 수산화나트륨과 황화나트륨 존재 하에서 증류, 분해하여 셀룰로오스를 얻는데 이 때 황화수소, 메르캅탄 등을 부산물로 발생시킨다. 그 외 혐기성 발효가 일어날 수 있는 대도시의 하수 또는 쓰레기장에서도 발생된다.

황화수소의 물리화학적 특성

물리화학적 특성	황화수소
분자식(Molecular formula)	H ₂ S
분자량(Molecular weight)	34.08
가스밀도(Gas density, air=1)	1.19
증기압(Vapour pressure)	17.6atm
물 용해도(Solubility in Water, 20℃)	2.9% by weight
물/옥탄올 분배계수	0.23 (추정치)
인화점(Autoignition temperature)	260℃
폭발범위(Explosive range in air)	4.3 ~ 46%
색깔(Color)	무색
냄새(Odor)	썩은 달걀냄새

노출기준은 8시간 가중평균노출기준(TWA)이 10ppm, 단시간 노출기준(STEL)이 15ppm이고, 이는 최소한의 눈 및 호흡기계의 자극, 피로증상, 두통, 어지러움 및 중추신경계 장애와 호흡기의 마비, 갑작스런 죽음 등의 재해의 발생 가능성을 최소화하기 위한 농도기준이다.

황화수소 노출 기준

노출 기준	황화수소 농도 (ppm)
8시간 시간가중 허용농도 (Threshold Limit Value_Time Weighted Average)	10
단시간 노출 허용농도 (Threshold Limit Value_Short Term Exposure Limit)	15
즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도 (Immediately Dangerous to Life and Health)	300
50% 치사농도 LC50(Lethal Concentration)	952

▶ 황화수소에 의한 건강장해

약 1,000~2,000ppm 농도의 황화수소가 함유된 공기를 호흡하게 되면 호흡중추가 마비되어 호흡을 멈추게 되며, 500~1,000ppm에서는 무산소 호흡으로 인한 뇌에 산소를 공급하는 경동맥이 자극을 받아 호흡항진(호흡과다)이 발생하게 된다. 약 50~500ppm의 저농도에서는 눈, 호흡기계에 자극이 있고 250~600ppm농도에 장시간 노출되었을 때는 호흡기계 부종이 발생한다고 보고하였다.

황화수소의 인체에 미치는 건강영향

인체 반응	황화수소 농도(ppm)
냄새역치	0.003-0.02
달걀 썩은 냄새	> 30
혐오스러운 냄새	30 - 100
후각적 피로	> 100
눈 염증, 결막염, 각막 부식	< 20ppm/ <8 시간
안구 통증, 두통, 식욕부진, 체중감소, 어지러움	15 - 25
급성 결막염, 눈물, 광선공포증, 각막염	50ppm/ 1시간
의식상실, 사지경련, 혈압강하	230ppm/ 20분
의식불명, 호흡기 부종, 경련, 혈뇨, 사망	> 1,000ppm/ 1분
혼수상태 (1회 호흡 후)	1,000 - 2,000

3 일산화탄소

중독에 의한 건강장해

▶ 일산화탄소의 특성

일산화탄소는 비중이 공기와 거의 비슷한 무색, 무취의 기체로, 일상생활 주변에 흔히 존재한다. 목재, 석탄, 석유, 가솔린, 등유 등의 유기연료가 불완전 연소할 때 발생하며, 담배 연기 속에도 약 4% 함유하고 있고, 자동차 배기가스 중에는 약 0.5~10% 정도를 포함하며, 고속도로 및 담배 연기가 가득한 방안의 대기 중 일산화탄소 농도는 2~50ppm 정도를 나타낸다. 일산화탄소는 가장 잘 알려진 화학적 질식제의 한 종류로 화재로 인한 연기 등이나 각종 사업장에서도 흔히 노출될 수 있는 유해가스이다. 포스겐, 철, 니켈 등의 제조, 제련공장, 석유화학공장, 주물공장 또는 터널이나 탄광 등에서 발생된다. 특히, 밀폐공간에서 많은 사망 재해를 유발하였는데 일산화탄소는 무색에 냄새가 없어 위험성을 사전에 인지하기가 어렵다.

일산화탄소
물리화학적 특성

물리화학적 특성	일산화탄소
분자식(Molecular fomula)	CO
분자량(Molecular weight)	28.0
가스밀도(Gas density, air=1)	0.968
증기압(Vapour pressure)	>35atm
물 용해도(Solubility in Water, 20℃)	0.004% by weight
물/옥탄올 분배계수	해당 안됨
인화점(Autoignition temperature)	609℃
폭발범위(Explosive range in air)	12.5 ~ 74.2%
색깔(Color)	무색
냄새(Odor)	무취
독성정보	-

노출기준은 8시간 가중평균노출기준(TWA)이 30ppm이며, 이는 카르복실헤모글로빈(COHb) 수준이 3.5% 미만을 유지하기 위한 농도로 신경행동학적 변화를 최소화하고 심장혈관을 정상적으로 유지하는데 필요한 농도이다. 또한 이 농도는 임산부 등과 같이 특수한 환경에 놓인 개인에게도 상해가 가해지지 않을 정도의 안전한계를 충분히 고려한 농도이다.

일산화탄소 노출기준

노출 기준	일산화탄소 농도 (ppm)
8시간 시간가중 허용농도 (Threshold Limit Value_Time Weighted Average)	30
단시간 노출 허용농도 (Threshold Limit Value_Short Term Exposure Limit)	200
즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도 (Immediately Dangerous to Life and Health)	1,200
50% 치사농도 LC50(Lethal Concentration)	5,207

▶ 일산화탄소에 의한 건강장해

일산화탄소를 흡입하면 폐에서 혈액 속의 헤모글로빈과 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈을 형성하고, 이 때문에 혈액의 산소운반능력이 상실되어 내부적인 질식상태에 빠지게 된다. 일산화탄소와 헤모글로빈의 친화력은 극히 강하여 산소보다 210배의 세기로 결합하기 때문에 저농도에서도 다량의 일산화탄소-헤모글로빈을 형성하여 산소운반을 저해하므로 질식을 일으킨다.

일산화탄소
폭로량과 건강영향

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

4 이산화탄소
중독에 의한
건강장해

▶ 이산화탄소의 특성

이산화탄소는 밀폐공간 질식 재해의 사망원인으로 종종 언급되는 물질이다. 이산화탄소는 대기 중에 존재하고 있으며 약 350ppm의 농도를 나타내나 최근 대기 중 농도가 상승하고 있어 기후변화를 유발하는 주요 원인으로 지목받고 있다. 이산화탄소는 사람의 호흡이나 엔진의 내부 연소시 발생하며 화학공장과 생물학적 반응과정에서도 발생된다. 이산화탄소의 가스밀도는 공기보다 다소 무거우므로 이산화탄소가 발생하는 지점에서는 공기가 정체되어 있는 경우, 고농도의 이산화탄소 구름이 형성될 수 있다. 개방된 공간에서는 대류와 확산에 의해 쉽게 흩어지기도 하지만 기온이 낮고 밀폐된 공간에서는 이산화탄소가 정체될 가능성도 있다. 이산화탄소는 인화성 또는 폭발성이 없고 정상 환경에서는 화재에 조연 역할을 하지 않는다. 이산화탄소는 색이 없으므로 눈에 보이지 않아 그 존재를 인지하지 못하게 된다.

이산화탄소
물리화학적 특성

물리화학적 특성	이산화탄소
분자식(Molecular fomula)	CO ₂
분자량(Molecular weight)	44.0
가스밀도(Gas density, air=1)	1.53
물 용해도(Solubility in Water, 20℃)	0.14% by weight
물/옥탄올 분배계수	해당 안됨
인화점(Autoignition temperature)	해당 안됨
폭발범위(Explosive range in air)	해당 안됨
색깔(Color)	무색
냄새(Odor)	무취

미국 국립산업안전보건연구원에서는 이산화탄소에 대한 노출 수준을 다음과 같이 권고하고 있다.

이산화탄소 노출 기준	노출 기준	이산화탄소 농도(ppm)
	8시간 시간가중 허용농도 (Threshold Limit Value_Time Weighted Average)	5,000
	단시간 노출 허용농도 (Threshold Limit Value_Short Term Exposure Limit)	30,000
	즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도 (Immediately Dangerous to Life and Health)	50,000

▶ 이산화탄소에 의한 건강장해

이산화탄소는 호흡의 신경학적 조절에 있어 호흡 자극제 역할을 하는데 일정 농도에서는 대뇌혈류 흐름과 국소적으로 혈관확장을 조절하는 역할을 하지만 고농도의 이산화탄소에 노출되면 호흡과 중추신경을 흥분시켜 마취효과, 호흡저지, 질식 등을 유발할 수 있다.

건강한 사람이 농도 1.5% 이상의 이산화탄소를 흡입하면 가벼운 대사장해를 일으키기 시작하는데 혈압 또는 맥박이 상승하거나 약한 마취감을 느끼게 되고 7~10%에서는 호흡량이 증가하여 두통, 무력감, 어지러움의 증상에서 심장 박동 증가, 집중곤란 증상에서 짧으면 몇분 이내에 의식을 잃기도 한다. 11%의 이산화탄소 농도에서는 1분 이내 의식을 잃고 30%의 이산화탄소 농도에서는 25초에 의식을 잃게 된다.

황화수소의 인체에 미치는 건강 영향	인체반응	이산화탄소 농도(ppm)
	정상농도	350
	폐포기실 (Alveolar airspace)	53,000
	감지하는 최소농도	5,500(5시간)
	측정 필요 농도	15,000(장기간)
	약한 증상 (혈압 · 맥박 상승, 약한 마취 등)	30,000
	호흡량 증가 (약 2배)	40,000
	호흡량 재증가	50,000
	두통, 무력감, 어지러움	75,000(7~15분)
	심장박동 증가, 혈압 증가, 짧은 숨, 기억력 감퇴, 집중곤란, 광선공포증(Photophobia)	76,000
	의식불명	110,000(1분 미만) 300,000(25초)

5 휘발성 유기화합물 (VOC)

밀폐공간 출입 시 휘발성 유기화합물에 의한 유해성은 가장 간과하기 쉬운 부분이다. 환경오염물질 중 휘발성이 강한 물질을 휘발성 유기물질 (VOCs, Volatile Organic Compounds)이라고 하는데 휘발성 유기화합물의 가장 큰 특징은 상온에서 쉽게 휘발된다는 것으로 우리 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있는 용제류인 시너, 리무버, 가솔린, 디젤, 난방유 등을 통해 공기 중에 존재할 수 있다.

일반적으로 화학물질과 페인트를 제조하는 저장용기, 폐 화학물질 운반 차량의 저장 탱크와 지하작업장의 도장작업 시 주로 유기용제에 노출이 되는데 질식 재해 예방을 위한 작업 전 유해가스 농도 측정시 기본적인 산소, 황화수소, 일산화탄소, 폭발 하한값의 측정은 이루어지나 휘발성 유기화합물에 대한 측정은 간과되기 쉽다.

재해 사례

산소결핍에 의한 재해사례

- 사례1 : 관로 내부 누수점검 중 산소결핍
- 사례2 : 선박 선창 출입 중 산소결핍
- 사례3 : 활성탄 여과탱크에서의 산소결핍에 의한 질식

황화수소 중독에 의한 재해사례

- 사례4 : 맨홀펌프장 수중펌프 인양작업 중 황화수소 중독
- 사례5 : 돈사 중간집수조 내 작업 중 황화수소 중독
- 사례6 : 단무지 공장 절임조 내부 황화수소에 의한 질식

일산화탄소 중독에 의한 재해사례

- 사례7 : 불가마 장작 연소 중 발생한 일산화탄소 중독
- 사례8 : 양생작업 중 일산화탄소 중독에 의한 사망
- 사례9 : 톱밥건조창고 내 일산화탄소 중독 재해

기타 유해가스에 의한 재해사례

- 사례10 : 맨홀 내 메탄가스 누출에 의한 질식
- 사례11 : 초순수탱크 질소가스 질식재해

사례 1

관로 내부 누수점검 중 산소결핍

2013년 8월 5일, 오전10시 10분경 경북 ○○시 소재 ○○저수지 관로 내부에서 피재자 이○○가 관로의 누수점검을 위한 CCTV 촬영을 위해 관로 내부로 들어가 장애물 제거 등 조치작업을 하던 중 쓰러져 산소결핍에 의해 사망하였고, 관로 내부에 들어간 피재자를 확인하기 위해 들어간 이△△은 부상을 당한 재해임.

재해 발생
원인

- 사고 관로 내부는 외부의 공기 출입이 어렵고, 내부에 고인 물, 미생물 등의 산화작용, 호흡 등에 의해 산소결핍이 우려되는 밀폐공간이었음.
- 재해자는 산소농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 단독으로 관로 내부에 들어갔으며 산소가 결핍된 공기를 호흡한 후 질식하여 사망함.

사례 2

선박 선창 출입 중 산소결핍

2013년 7월 29일 오전 9시 50분경, 전북 ○○시 소재 ○○항에서 선적된 화물의 하역을 위해 접안한 홍콩 선적 ○○ 선박에서 (주)○○ 군산지사 소속 ○○이 하역작업 감독 업무를 수행하던 도중 출입구 갠웨이를 통해 선창 내부로 들어가다 갠웨이 내부에서 산소결핍에 의해 숨진 채 발견됨.



재해 발생 원인

- 사고 선박 선창 내부는 외부의 공기 출입이 어렵고, 선적된 화물(고철 등)의 산화작용, 호흡 등에 의해 산소결핍이 우려되는 밀폐공간이었음.
- 재해자는 산소농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 단독으로 선창 내부 갠웨이에 들어갔으며 산소가 결핍된 공기를 호흡한 후 질식하여 사망함.

사례 3

활성탄 여과탱크에서의 산소결핍에 의한 질식

2011년 03월 29일 오전 11시40분경 충남 ○○시 소재 ○○○○(주) 공장 신축현장에서 협력사 소속 작업자가 활성탄 여과탱크 내부로 들어가 용기에 충전된 활성탄의 평탄 작업 중 산소결핍으로 질식되어 사망한 재해임



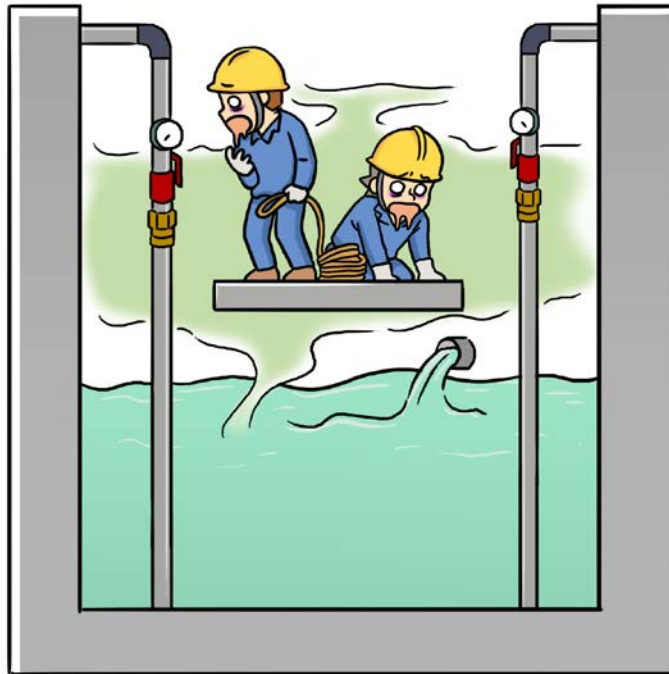
재해 발생 원인

- 젖은 활성탄은 공기 중의 산소를 짧은 시간 내에 급속하게 소모하고, 세균의 번식에 의해 탄산가스 등이 발생하는 산소결핍 위험 장소임.
- 재해자는 산소농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 단독으로 활성탄 여과 탱크 내부에 들어갔으며 산소가 결핍된 공기를 호흡한 후 질식하여 사망함.

사례 4

맨홀펌프장 수중펌프 인양작업 중 황화수소 중독

2013년 6월 4일 오후 2시경 ○○시 ○○동 인근 맨홀펌프장 수중펌프를 지상으로 인양하기 위한 작업의 일환으로 인양로프(체인)를 펌프에 걸기 위해 피재자 송○○와 문○○가 내부로 내려가 작업을 시작하였음. 작업시작 약 10분 뒤 주 작업자인 송○○와 보조 작업자인 문○○가 황화수소 가스 중독 증상으로 인하여 쓰러져 결국 송○○는 사망, 문○○는 부상을 당한 재해임.



재해 발생 원인

- 맨홀 펌프장 내 환기가 이루어지지 않는 상황에서 유기물 등의 오염물질이 부패하면서 황화수소가 발생하여 고농도로 정체되면서(깊이 4m에서 150ppm수준으로 검출되었음) 중독 사고의 위험이 있었음.
- 재해자는 유해가스 농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 맨홀 펌프장 내부에 들어갔으며 고농도의 황화수소에 중독되어 사망함.

사례 5

돈사 중간집수조 내 작업 중 황화수소 중독

2013년 5월 4일 오전 11시경 경남 ○○군 소재 ○○축산(양돈 농장) 돈사와 중간 집수조 사이 관로가 막혀 집수조 내부로 들어가 막힌 배관을 뚫는 작업 중 분뇨에서 발생한 황화수소에 중독되어 2명(외국인 근로자 1명, 농장주 부인 1명)이 사망하고 1명(농장주)이 부상을 당한 재해임



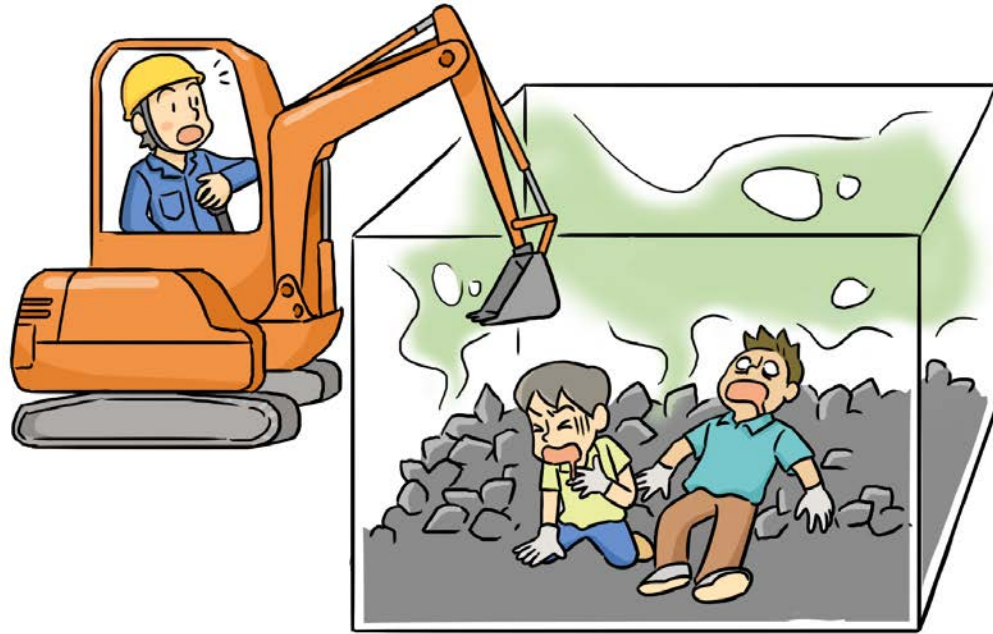
재해 발생 원인

- 돈사와 집수조 사이의 막힌 배관을 뚫기 위해 집수조 내부로 들어가 고압 호스를 이용해 막힌 배관을 뚫는 작업을 실시하던 중 분뇨가 휘저어지면서 분뇨에서 고농도의 황화수소가 발생하였음.
- 재해자는 유해가스 농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 돈사 집수조 내부에 들어갔으며 고농도의 황화수소에 질식하여 사망함.

사례 6

단무지 공장 절임조 내부 황화수소에 의한 질식

2008년 6월 9일 오후 9시경 경북 ○○시에 소재한 ○○조합법인 절임 콘크리트 구조물 내에 있는 절임 무우를 건져 내는 작업을 하던 중 ○○조합법인 소속 전○○와 ○○○종합식품 소속 박○○와 김○○이 절임 콘크리트 구조물 내부에 쓰러져 있는 것을, ○○조합법인 소속 전○○이 발견하고 119구조대에 신고하여 119구조대가 구조하였으나 황화수소 가스에 의한 질식으로 사망함

재해 발생
원인

- 혐기성 상태의 절임 무우의 경우, 황산환원균에 의해 황화수소 가스가 발생하며 절임 무를 건져내는 작업 도중 정체되어 있던 황화수소 가스가 공기 중에 고농도로 발생하였음.
- 재해자는 유해가스 농도 측정, 환기, 호흡용 보호구 착용 없이 단무지 저장조 내부에 들어갔으며 고농도의 황화수소를 호흡한 후 질식하여 사망함.

사례 7

불가마 장작 연소중 발생한 일산화탄소 중독

2013년 3월 20일 오후 1시 40분경 강원도 ○○군 소재 ○○불가마에서 화부(불때는 작업)작업자가 불가마 안에서 일산화탄소 중독으로 쓰러져 있는 것을 동료가 발견하고, 병원으로 후송하였으나 사망한 재해임.

재해 발생
원인

- 환기가 불충분한 장소에서 장작이 불완전 연소하면서 발생한 일산화탄소의 흐름이 작업자의 호흡 영역을 거쳐 가면서 고농도의 일산화탄소에 노출되었음.
- 일산화탄소 가스 중독 예방을 위한 적절한 환기설비 설치, 일산화탄소 가스 농도 감지기 설치, 호흡용 보호구(송기마스크나 공기호흡기)를 지급하여야 하나 이를 조치하지 않아 발생함.

사례 8

양생작업 중 일산화탄소 중독에 의한 사망

2012년 3월 11일 14시경 경기도 ○○시 소재 ○○공사 아파트 건설공사 현장에서 (주)○○ 건설 소속 근로자가 양생작업 온도를 확인하기 위하여 옥탑 2층 엘리베이터 기계실 내부에 들어간 후 일산화탄소(CO)에 의해 중독되어 사망(1명)한 재해임.

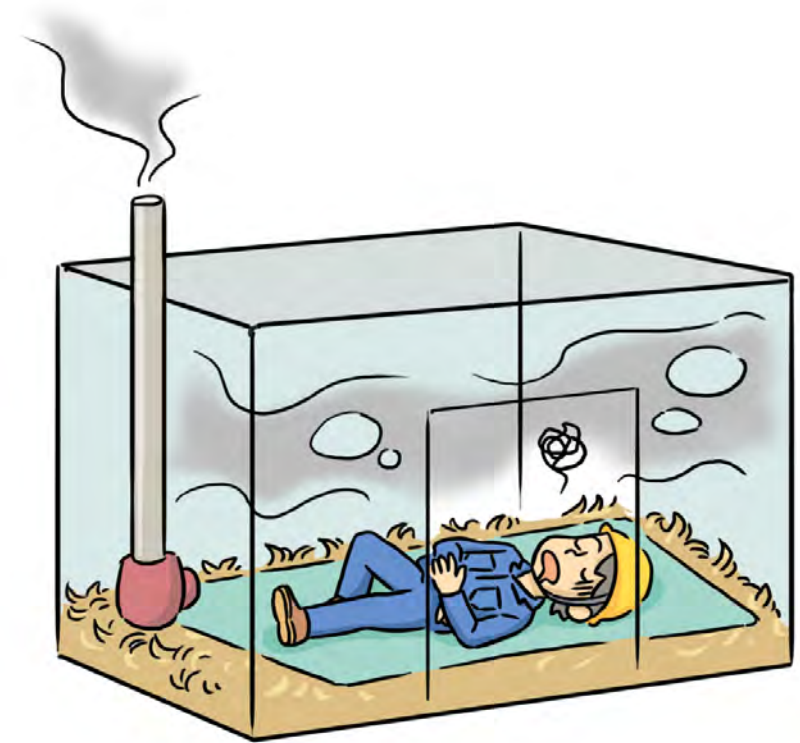
재해 발생
원인

- 콘크리트 양생을 위한 갈탄 난로를 피웠으며 갈탄이 불완전 연소하면서 환기가 충분하지 못한 밀폐된 공간에 일산화탄소가 고농도로 정체되어 (1,000ppm 이상) 있는 상태에서, 내부에 출입한 근로자가 일산화탄소에 의한 중독사고 발생
- 일산화탄소 가스 중독 예방을 위한 적절한 환기, 일산화탄소 농도 측정, 호흡용 보호구(송기 마스크나 공기 호흡기) 지급 및 착용, 감시인을 배치하고 작업하여야 하나 이를 조치하지 않아 발생함.

사례 9

툽밥건조창고 내 일산화탄소 중독 재해

2010년 3월 18일 오전 5시 30분경 선재 가공 및 못 제조업체의 단두 선공정 야간작업자(1명)가 휴식시간 중에 툽밥건조창고에 들어가 취침 중 툽밥의 호흡에 의한 산소결핍 및 열처리로의 연소 배기가스 중 일산화탄소로 사망하는 재해 발생

재해 발생
원인

- 툽밥건조창고는 밀폐된 상태에서 툽밥에 의해 산소가 소비되고, 연소물질의 불완전연소로 발생된 일산화탄소가 건조창고 내에 고농도로 정체되는 질식재해 위험장소였음.
- 질식재해 위험이 있는 밀폐공간에 대한 근로자 출입금지 조치 및 밀폐공간에 대한 안전교육 등을 실시하지 않아 발생함.

사례 10

맨홀 내 메탄가스 누출에 의한 질식

2013년 1월 31일 오후 2시 40분경 홍○○(54세, 남), 이○○(40세, 남) 이 도시가스 맨홀 내부에 설치된 차단밸브(150A 주강 볼 밸브-수동 개폐식) 개폐작동 불량 및 슬리브 덮개 고정용 볼트 부식에 따른 차단밸브 교체 여부를 점검하던 중 LNG(메탄주성분) 가스 누출로 2명이 질식되어 1명이 사망, 1명이 부상당한 재해임

재해 발생
원인

- 밸브 교체여부 점검 중 밀폐공간에서 도시가스 누출로 인한 메탄가스가 맨홀 체적의 대부분을 차지, 산소결핍에 의해 질식사고 발생.
- 가스가 누출될 우려가 있는 장소에서는 적정공기가 유지되도록 환기를 하거나 근로자에게 송기 마스크 등을 지급하여 착용하도록 하여야 하나 조치를 취하지 않음

사례 11

초순수탱크 질소가스 질식재해

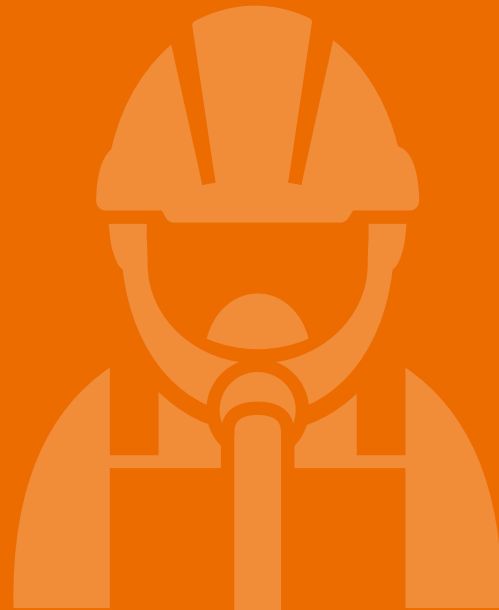
2011년 1월 8일 오후 9시경 경기도 ○○시 소재 ○○(주)내 생산라인에서 사용하는 초순수에 기포가 생기는 이상이 발생하여 기포 발생 유무 등을 점검하기 위해 3m 높이의 탱크 상부로 올라가 탱크 상부에 엎드려서 내부를 점검하던 중 질소가스 누출로 1명 사망재해 발생

재해 발생
원인

- 초순수탱크 상부 개방 후 탱크 내부로 고개를 숙이는 순간, 호흡기로 고농도 질소가스에 노출되어 질식한 사례임
- 탱크 점검 작업시 질소 공급 밸브를 차단하지 않았으며, 배관밸브에 질소의 명칭 및 개폐방향 등 조작방법에 관한 표지를 게시하지 않았고 근로자에게 탱크 내부에 머리를 숙이지 않도록 안전교육을 실시하지 않아 발생함.

02 | 밀폐공간작업 안전

- 밀폐공간 내 작업 시 기본조치 사항
- 밀폐공간에서의 유해공기 농도 측정
- 밀폐공간에서의 환기
- 밀폐공간 보호구 및 구조장비
- 질식재해 시 응급처치 요령



밀폐공간 내 작업 시 기본조치 사항

▶ 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 · 시행

사업주는 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 다음의 내용이 포함된 밀폐공간 보건작업 프로그램을 수립하여 시행하여야 한다

- ① 작업시작 전 공기 상태가 적정한지를 확인하기 위한 측정 · 평가
- ② 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련
- ③ 공기호흡기나 송기마스크 등의 착용 및 관리
- ④ 그 밖에 밀폐공간 작업근로자의 건강장해 예방에 관한 사항



▶ 밀폐공간 관리감독자 지정

밀폐공간에서 작업을 행하는 경우에는 관리감독자를 지정하여 다음의 직무를 수행하도록 하여야 한다

- ① 작업에 종사하는 근로자가 산소가 결핍된 공기나 유해가스에 노출되지 않도록 작업 시작 전에 작업방법을 결정하고 이에 따라 당해 근로자의 작업을 지휘하여야 한다.
- ② 작업을 행하는 장소의 공기가 적정한지의 여부를 작업 시작 전에 확인하여야 한다
- ③ 측정장비 · 환기장치 또는 송기마스크 등을 작업 시작 전에 점검하여야 한다
- ④ 근로자에게 송기마스크 등의 착용을 지도하고 착용상황을 점검하여야 한다
- ⑤ 관리감독자의 점검 결과 이상을 발견하여 보고한 때에는 사업주는 즉시 환기, 보호구 지급, 설비보수, 그 밖의 모든 필요한 조치를 하여야 한다.

▶ 밀폐공간 안전보건작업허가서 작성 및 교육

- ① 밀폐공간 작업관리자, 감시인 등은 밀폐공간을 보유한 책임자로부터 밀폐공간안전보건작업 허가서를 발급 받은 후 작업하여야 한다.
- ② 작업관리자는 사전에 작업자에게 위험요인과 이에 대한 대응방법에 대하여 교육을 실시하여야 한다

▶ 밀폐공간 출입금지과 인원점검

- ① 사업주는 밀폐공간에는 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.
- ② 근로자는 출입이 금지된 장소에 사업주의 허락 없이 출입해서는 아니 된다



▶ 감시인 배치 및 연락설비 가동

- ① 밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 경우 때에는 상시 작업상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치하여야 한다.
- ② 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 그 작업장과 외부 감시인 간에 상시 연락을 취할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

▶ 사고 시의 대피 및 대피용 기구의 비치

- ① 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 때에 산소결핍이 우려되거나 유해가스 등의 농도가 높아서 폭발할 우려가 있는 경우에 즉시 작업을 중단시키고 해당 근로자를 대피하도록 하여야 한다.
- ② 근로자를 대피시킨 경우 적정 공기 상태임을 확인할 때까지 그 장소에 관계자가 아닌 사람이 출입하는 것을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.
- ③ 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 송기 마스크, 사다리 및 섬유로프 등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 필요한 기구를 갖추어 두어야 한다.



밀폐공간에서의 유해공기 농도 측정

▶ 유해공기의 판정기준

유해공기의 측정 후 판정기준은 각각의 측정 위치에서 측정된 최고농도로 적용하여야 한다.

▶ 유해공기의 정확한 농도측정을 위한 필수조건

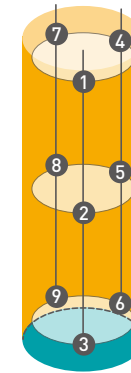
- ① 밀폐공간 내 유해공기 특성에 맞는 적절한 측정기를 선택하여 구비하여야 한다.
- ② 측정기는 유지·보수·관리를 통하여 정확도, 정밀도를 유지하여야 한다
- ③ 측정기의 사용 및 취급 방법, 유지 및 보수 방법을 충분히 습득하여야 한다
- ④ 유해공기 농도측정기를 사용할 때에는 측정 전에 기준농도, 경보설정 농도를 정확하게 교정하여야 한다

▶ 유해가스 농도측정지점의 선정

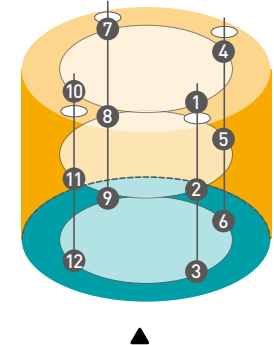
- ① 작업장소에 대해서 수직방향 및 수평방향으로 각각 3개소 이상을 선정한다. 밀폐공간은 공기 흐름이 나쁜 경우가 많아 같은 장소에서도 위치에 따라 공기농도에 현저한 차이가 있으므로 가능한 많은 장소에서 측정하여야 한다
- ② 근로자가 출입하는 장소로서 작업 시 근로자의 호흡위치를 중심으로 측정한다.
- ③ 휴대용 유해공기 농도측정기(또는 산소농도측정기) 등을 이용하여 측정한다.
- ④ 탱크 등 깊은 장소의 농도를 측정 시에는 고무호스나 폴리염화비닐로 된 채기관을 사용하여 평가한다.
- ⑤ 유해가스 측정 시에는 면적 및 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정한다.



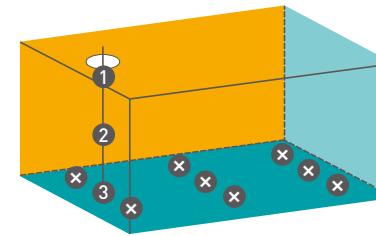
측정점의 선정 예시



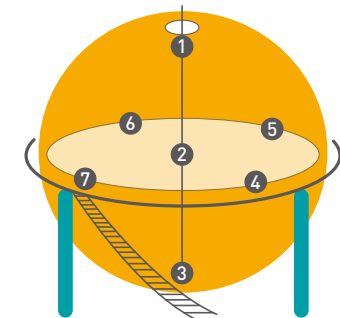
원칙적으로 3가지
깊이로 각 3개소
측정



전 맨홀의 밑을 3가지 깊이로 측정



맨홀의 바로 밑 ①~③을 측정하고
공기호흡기 등을 장착하고 측정



정상의 맨홀 바로 밑 3점과 적도상의
샘플링 구멍을 측정

▶ 유해공기의 판정기준

- ① 당일의 작업을 개시하기 전
- ② 교대자가 최초로 작업을 시작하기 전
- ③ 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 작업을 재개하기 전
- ④ 근로자의 신체, 환기장치 등에 이상이 있을 때 측정한다.

밀폐공간에서의 환기

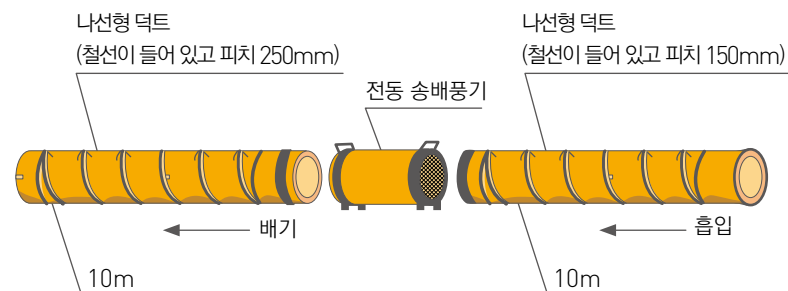
▶ 환기의 필요성 및 환기 일반 원리

- ① 밀폐공간에서는 유해가스를 제거하고 적절한 산소농도를 유지하기 위하여 작업시작 전에 환기를 실시하여야 한다.
- ② 지속적으로 유해가스가 발생하는 경우에는 계속적으로 환기를 하여야 하며, 또한, 가연성 가스 등이 존재할 때에는 팬의 가동 시 전기 스파크에 의한 화재 및 폭발이 있을 수 있으므로 방폭형 모터 및 팬을 사용하여야 한다.
- ③ 작업전 개방하여도 매우 쉽게 환기될 수 있는 창고 등은 출입구 등 개구부를 완전히 열어 자연환기를 충분히 하고 산소농도가 18% 이상, 황화수소 농도가 10ppm 미만임을 확인하고 근로자를 출입시키도록 한다.
- ④ 작업 전 작업장의 실내 체적의 5배 이상의 신선한 공기를 급기한 후 근로자를 출입시키고, 작업 중에도 균일하게 환기되도록 하고, 시간당 20회 이상의 환기가 되도록 급기를 계속하여야 한다
- ⑤ 맨홀 등과 같이 입구의 직경이 60cm 정도로 적은 경우에는 이동식 팬에 연결된 덕트에 맨홀 구멍을 통과하는 부분에 새들(Saddle) 덕트를 연결하여 출입에 지장이 없도록 하여야 한다
- ⑥ 플렉시블 덕트가 달린 이동식 환기장치를 사용하는 경우에는 덕트가 급격히 꺾여 공기흐름이 방해되지 않도록 한다

맨홀의 새들 덕트를 이용한 환기 방법

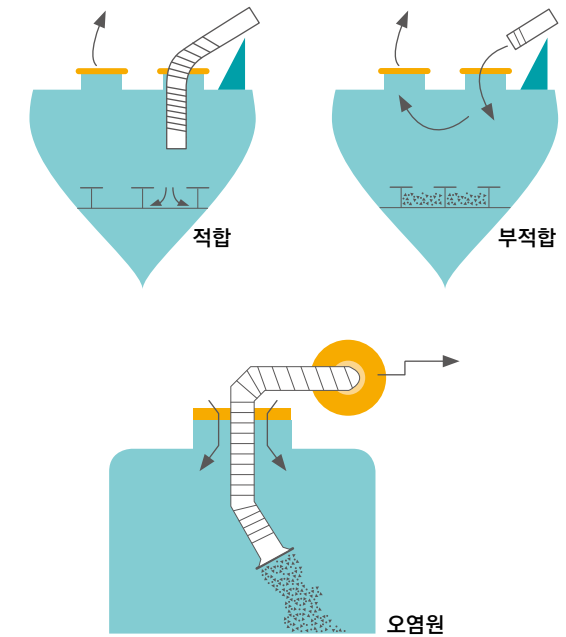


이동식 환기장치의 덕트 연결 방법

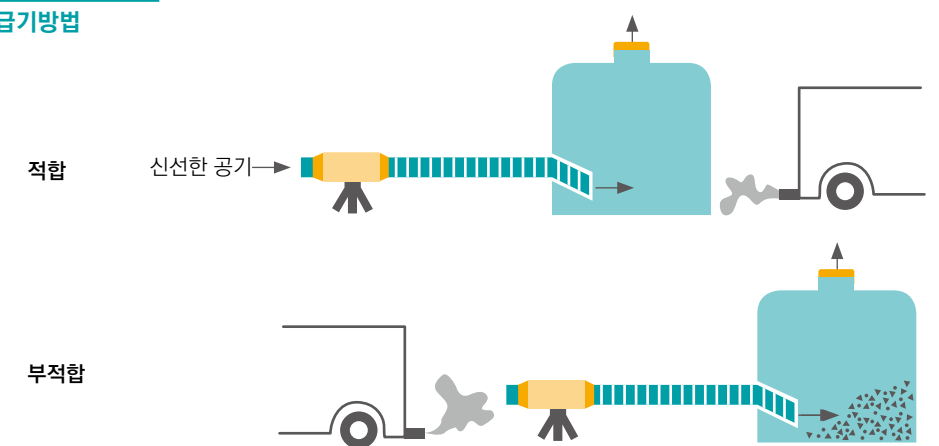


- ⑦ 오염물질을 국소배기방법으로 제거할 때에는 후드 유입구를 오염원에 가장 근접하게 위치시키고 오염물질 공기흐름을 후드 앞으로 유도하여야 한다.
- ⑧ 전체 환기를 이용하여 신선한 공기를 공급하여야 할 때에는 자동차 배기가스 등이 배출되는 지역의 공기가 급기되지 않도록 조치하여 탱크 내의 재오염을 방지하여야 한다

올바른 국소배기 방법



적절한 급기방법



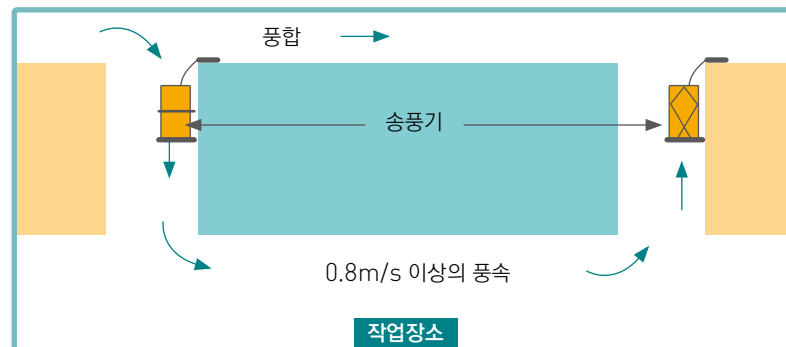
▶ 맨홀, 우물, 갯 등 작업장의 환기

- ① 작업전 급기설비로 급기를 시작하여 15분 후에 산소농도측정을 하고 산소농도가 18% 이상임을 확인한 후 근로자를 출입시킨다. 작업 중에도 급기를 계속한다.
- ② 급기구는 작업장소에 근접시켜야 하며 1인당 10m³/min 이상의 공기를 급기하여야 한다. 다만, 근로자가 4인 이하인 경우에는 50m³/min 이상의 공기를 급기하여야 한다.

▶ 하수암거, 하수구 등 작업장의 환기

- ① 작업전 급기설비로 급기를 시작하여 15분 후에 산소농도측정을 하고 산소농도가 18% 이상, 황화수소 농도가 10ppm 미만임을 확인한 후 근로자를 출입시킨다. 작업 중에도 급기를 계속한다.
- ② 암거 평균단면에 대하여 0.8m/sec 이상의 풍속으로 급기를 한다
- ③ 피트에서의 환기는 피트 내부를 균일하게 환기되도록 하고 시간당 20 회 이상의 환기가 될 수 있도록 급기를 한다.
- ④ 분뇨처리장 탱크 등에서의 환기는 작업 전 탱크 용적의 3~5배 이상의 공기를 송기와 배기를 동시에 실시하고 작업 중에도 환기장치를 계속 가동한다

암거에서의
급기 및 배기 방법



밀폐공간 보호구 및 구조장비

1 호흡용 보호구 (공기호흡기, 송기 마스크)

밀폐공간 작업 시에는 환기를 시켜 적정 공기 상태로 유지하여야 하나 환기를 할 수 없거나 환기만으로 불충분한 경우 호흡용 보호구를 반드시 착용하고 출입하여야 한다. 호흡용 보호구는 작업자의 생명을 보호하는 것이 가장 큰 목적으로 규격과 성능에 대한 내용을 엄격하게 규정하고 있다. 보호구는 검정 규격에 적합한 것을 선택하여 점검 및 보수를 실시하고 언제라도 충분한 성능을 유지하도록 양호한 상태로 보관하여야 한다. 작업자, 구조자는 평소에도 사용법에 대한 훈련 및 구조 실습을 실시하여 사용법의 숙지 및 신속성을 유지하도록 하여야 한다.



공기호흡기

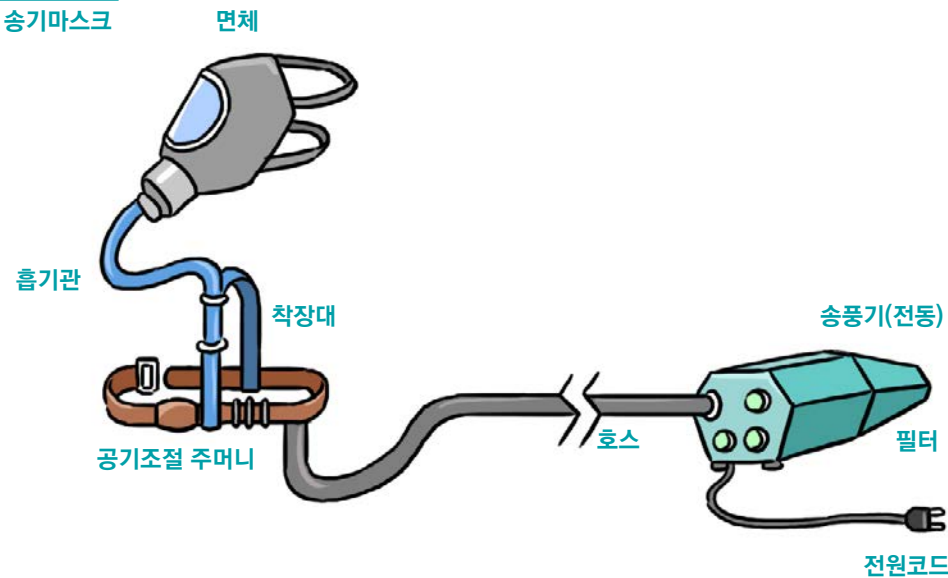
공기호흡기는 활동 범위에 있어서 제약을 받지 않으므로 조사활동이나 구조활동에 많이 이용되고 있다. 다만, 무겁고 유효기간이 짧은 단점이 있다.

송기 마스크

송기 마스크는 활동 범위에 제한을 받지만 가볍고 유효사용시간이 길어 일정한 장소에서의 장시간 작업에 주로 이용되고 있다

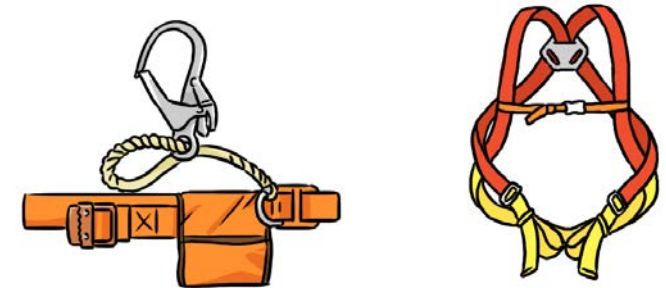
종류	형식	급기방법	호스	
			내경	최대길이
호스 마스크	흡입식	착용자의 폐력흡인	19.4mm이상 25.4mm이하	10m
		전동송풍기	12.7mm이상	40m
	송풍식	수동송풍기	25.4mm이하	
		전동송풍기	12.7mm이상	60m
에어라인 마스크	일정유량식	컴프레샤 또는 공기봄베	6.3mm이하	
복합식 에어라인 마스크	디맨드&압력 디맨드 형		7.9mm이하	
	디맨드&압력 디맨드 형		9.5mm이하	60m

전동 송풍식 송기마스크



2 안전대

높이 2m 이상의 추락위험이 있는 곳에서 작업을 할 때에는 안전대(벨트식, 그네식)를 사용하여야 하고 특히, 산소결핍사고 및 유해가스 등의 중독위험이 있는 갱, 맨홀, 우물 등에 사다리를 사용하여 내려가며 작업을 하는 경우, 갱구 등에서 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하는 경우, 탱크, 화학설비, 싸이로, 냉장고 등 내부의 산소결핍 위험이 있는 장소의 발판에서 작업을 하는 경우 산소결핍 공기를 호흡하여 의식을 상실할 수 있기 때문에 안전대를 사용하여야 한다.



벨트식 안전대

그네식 안전대

3 보호가드

맨홀 및 금속 탱크류의 경우, 입구 부분의 뚜껑을 열고 작업을 할 경우 출입 및 접근금지의 경고문, 작업수칙, 응급처치 절차 등이 부착된 철제 파이프로 제작된 접이식 보호가드를 설치하고 외부인이 접근하지 못하도록 한다.



보호가드

4 삼각대

산소결핍장소에서 사고가 발생하였을 때 금속제의 삼각구조대를 사용하여 피재자를 신속하게 밀폐공간에서 구출할 수 있다.



5 무전기

산소결핍장소에 근로자를 출입할 때에는 항상 작업상황을 송수신할 수 있는 무전기(전원이 항상 충전된)를 휴대하고 얼굴 주위에 마이크가 위치하여야하며, 전원이 켜진 상태에 있어야 한다.

질식재해 시 응급처치 요령

▶ 현장안전의 확인

현장의 안전을 확인하는 것은 어떠한 응급상황에서도 가장 중요한 첫 번째 단계이다. 심정지 환자를 발견하였을 경우에 모든 구조자는 현장이 안전한지를 확인한 후 구조를 시작하여야 한다.

▶ 의식상태 확인

구조자는 현장상황이 안전함을 확인한 뒤 쓰러져 있는 사람의 옆으로 가서 즉시 회부손상과 의식상태를 확인한다. 어깨를 가볍게 두드리거나 조심스럽게 흔들면서 “괜찮으세요?”라고 묻는다. 만약 쓰러져 있는 사람의 목에 외상이 의심되면 꼭 필요한 경우에만 환자를 이동해야 한다. 환자를 부적절하게 이동하면 손상이 악화되거나 척수가 손상될 수 있다.

▶ 응급의료체계 연락

성인에서 발생하는 비외상성 심정지의 주요 원인은 심실세동이며 심실세동의 가장 효과적인 치료는 제세동이다. 따라서 일반적으로 심정지가 의심되는 성인을 발견하면 목격자는 응급의료체계에 전화연락을 함으로써, 제세동기가 현장에 빨리 도착할 수 있도록 한다.

심정지를 발견했을 때의 행동 요령



응급의료체계의 신고요령

119에 연락할 때에 침착하게 다음과 같은 내용을 응급의료 전화상담원에게 알려주어야 한다.

- ① 응급상황이 발생한 위치
- ② 무슨 일이 일어났는가?
- ③ 도움이 필요한 환자의 수
- ④ 환자의 상태
- ⑤ 환자에게 시행한 치료 내용
- ⑥ 다른 질문이 없는지 확인

환자의 자세

효과적인 소생술과 평가를 위해 환자를 딱딱하고 평평한 바닥에 눕힌다. 얼굴을 아래로 하고 누워 있는 경우에는 머리, 목, 어깨, 몸통, 양다리를 하나로 여겨 비틀지 말고 목과 머리를 지지하면서 동시에 돌려(통나무 굴리듯이) 바로 눕힌다. 호흡이 없는 환자는 반드시 양팔을 몸통에 붙여 똑바로 눕혀야 한다.



03 | 밀폐공간 작업 전 체크리스트

1. 산소결핍의 위험성이 있는 작업공간이 있습니까?

다음의 작업장들은 밀폐된 작업공간으로 산소결핍 혹은 기타 가스 중독의 위험성이 있는 곳입니다. 작업장 내에 해당되는 작업공간이 있으면 확인해 두었다가 특별관리를 해야 합니다.

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	① 지하실 내부 혹은 통풍이 충분치 않은 실내 작업장	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	② 통풍이 충분치 않은 선박 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	③ 환기 점검 통로, 덕트 혹은 피트 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	④ 상·하수도 및 맨홀 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑤ 드라이아이스를 사용하는 냉장고, 냉동고, 냉동 화물차 또는 냉동 콘테이너의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑥ 부패하거나 분해되기 쉬운 물질(분뇨, 오니, 썩은물 등)이 들어있는 정화조 탱크, 맨홀 관 또는 피트의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑦ 발효하는 물품이 들어 있거나 들어 있었던 탱크 및 창고의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑧ 사일로나 기타 곡물 또는 사료종자를 보관하는 탱크 및 창고의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑨ 페인트로 도장되어 그 페인트가 건조되기 전의 지하 실창고 또는 기타 밀폐된 공간	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑩ 헬륨, 아르곤, 질소, 프레온, 탄산가스, 기타 불활성의 기체가 들어 있거나 들어 있었던 탱크 또는 호퍼 등의 저장시설이나 선창의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑪ 공기 중의 산소를 흡수하는 물질(석탄, 아탄, 황화광, 강재, 원목, 건성유 등)이 들어 있는 탱크 또는 호퍼 등의 저장 시설이나 선창의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑫ 장기간 사용하지 않은 우물 등의 내부	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑬ 빗물, 하천의 유수 또는 용수가 체류되어 부패 가능성이 있는 밀폐된 공간	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑭ 세척제 등 기타 화학물질을 저장한 탱크의 청소작업	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑮ 밀폐된 공간에서의 용접작업	

2. 작업 전 유해가스는 측정되고 있습니까?

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	① 작업 전에 충분히 환기를 실시한 후 자동 측정기 또는 검지관을 이용하여 산소농도를 측정하고 18% 이상인지를 반드시 확인합니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	② 작업 전에 충분히 환기를 실시한 후 공기 중 가연성 물질의 농도를 측정하여 폭발한계의 10% 이하가 되는지 확인합니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	③ 밀폐공간의 공기 중 탄산가스, 황화수소, 기타 발생이 예상되는 유해가스에 대한 농도를 측정하고 기준치 이하인지를 확인합니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	④ 이러한 산소농도 및 유해가스 농도를 측정할 때 작업자가 직접 측정기를 가지고 밀폐공간 내부로 들어가지는 않습니까? *	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑤ 유해가스 측정은 매 작업 시작 전에 이루어지고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑥ 유해가스 측정은 한 지점만 측정하지 않고 일정한 간격으로 나누어 여러 장소를 측정합니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑦ 측정기는 제대로 작동하는지, 성능은 정확하게 유지되는지 등 기기보정은 주기적으로 되고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑧ 측정결과에 대한 기록은 이루어지고 있으며 1년 이상 보관되고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑨ 측정자(관리감독자)는 충분히 측정방법을 숙지하고 있습니까?	

* 만약 작업자가 밀폐공간으로 직접 들어가 유해가스 농도를 측정하게 되면 측정과정에서 유해가스 중독이 일어날 수 있으므로 고무호스나 기타 채기관을 이용하여야 합니다. 만약 부득이하게 작업자가 직접 측정을 해야할 경우에는 산소호흡기 등을 착용하여 완벽한 예방 조치를 취함은 물론 긴급사태에 대비하여 외부에 감시인 1인 이상을 배치하고 측정을 해야 합니다.

3. 사고를 예방하기 위한 작업관리는 잘 되고 있습니까?

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	① 밀폐공간에 출입하는 절차와 방법이 서술된 표준작업서는 마련되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	② 출입제한 등의 경고 표시는 부착되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	③ 관리책임자는 선임되어 있고 작업시 반드시 지휘감독을 하고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	④ 작업관리에 대한 작업자 교육은 주기적으로 이루어지고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑤ 작업 중 이상상태를 조기에 발견하여 신속한 조치를 취하기 위한 감시인이 배치되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑥ 작업 전후에 투입된 작업자에 대한 인원 점검은 이루어지고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑦ 작업장 내에 호흡용 보호구, 안전대, 안전로프 등 보호장구는 비치되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑧ 보호장구의 취급요령 및 관리방법에 대해 교육이 이루어지고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑨ 사고발생 시 응급조치를 취하는 방법을 작업자들이 충분히 숙지하고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑩ 사고발생 시 비상 연락할 수 있는 체제는 마련되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑪ 어떠한 경우든지 밀폐된 공간에 감시인 없이 혼자 출입하는 경우는 없습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑫ 밀폐된 공간에 방독 마스크나 방진 마스크 등을 착용하고서 출입하는 경우는 없습니까? *	

* 만약 산소결핍이 예상되는 밀폐된 공간에서 방진 마스크나 방독 마스크를 착용하게 되면 그만큼 호흡량이 부족하여 쉽게 산소결핍 상태에 도달할 수 있으므로 이러한 곳에서는 반드시 산소마스크를 쓰고서 2인 이상 한조가 되어 작업을 해야합니다. 또한 송기 마스크를 쓰고서 작업할 때는 항상 밧데리 수명이 다하거나 에어 호스가 빠지는 등의 돌발사태를 대비한 비상용 공기통을 비치하고서 작업을 해야 합니다.

4. 작업 전 혹은 작업 중에 환기는 충분히 되고 있습니까?

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	① 작업 전에 관리감독자의 감독 하에 충분한 환기를 실시하고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	② 산소결핍 위험장소에 대해 작업 전 전체 공기 체적의 5배 이상의 신선한 공기로 치환하고 작업 동안에도 환기가 계속 되도록 공기를 공급하고 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	③ 신선한 공기로 치환된 유해가스가 다른 작업장으로 유입되지는 않습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	④ 환기설비의 운전 중단에 대비하여 예비 전원이 준비되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑤ 갑자기 전원이 끊기거나 환기 장치에 고장이 날 때 즉시 외부로 대피할 수 있는 비상조치가 마련되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑥ 공기가 공급되는 송기구름은 작업자에게 최대한 근접되어 설치되어 있습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑦ 순수한 산소를 사용하여 공기를 공급하지는 않습니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑧ 환기 중일 때 주위의 작업자가 인식할 수 있는 안내 표시판(환기중) 등이 부착됩니까?	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⑨ 이동식 송풍기를 사용하는 경우 전원 공급장치 등 충분한 점검을 실시한 후 사용하고 있습니까?	

고객님의 소중한 평가를 기다립니다

- ▶ 여러분이 보내주신 소중한 의견을 반영하여 더 좋은 안전보건 자료를 만들어나가겠습니다.
- ▶ 아래 설문 양식을 작성하여 팩스052-7030-322 로 보내주시면 감사하겠습니다.

본 자료가 사업장 재해예방활동에 기여한다고 생각하십니까?

매우 그렇다

그렇다

보통

그렇지 않다

전혀 그렇지 않다

귀하는 회사에서 어떤 직책을 맡고계십니까?

경영층

안전보건 관리자

관리 감독자

근로자

기타

본 자료가 만족스러우셨습니까?

디자인 편집

매우 만족

만족

보통

불만족

매우 불만족

내용 구성

매우 만족

만족

보통

불만족

매우 불만족

전반적 만족도

매우 만족

만족

보통

불만족

매우 불만족

귀하께서 근무하는 회사에 대해

업종

☐ 위생 및 유사서비스업

☐ 제조업

☐ 보건 및 사회복지사업

☐ 건설업

☐ 건물종합관리업

☐ 임업

☐ 교육서비스업

☐ 음식업

☐ 도소매업

☐ 기타산업

규모

☐ 5인 미만

☐ 5~49인

☐ 50~99인

☐ 100~299인

☐ 300인 이상

▶ 고객님의 인적사항을 적어주세요. (내용이 누락될 경우 추첨 대상에서 제외됩니다)

이름		전화	
회사명			
회사 주소			

개인정보 수집 및 이용안내

이용자는 해당 개인정보 수집 및 이용 동의에 대한 거부 권리가 있습니다

① 개인정보의 수집 · 이용목적

안전보건 미디어 만족도 측정, 경품 추첨 및 우편 발송 등 서비스 제공에 관련한 목적으로 개인정보를 수집 · 이용

② 수집 · 이용 개인 정보 항목

이름, 전화번호, 회사명, 회사주소

③ 개인정보 보유 및 이용기간

개인정보 수집 당해 연도(경과 시 일괄폐기)

상기 내용을 읽고 개인정보 수집 · 이용에 동의합니다.

☐ 동의 시 체크 표시

개인정보 수집 · 이용에 동의하셔야 경품 증정 등 서비스가 제공될 수 있습니다

Fax 번호 052-7030-322 문의사항 안전보건공단 미디어개발팀 052-7030-699

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY

55