전남 순천 레미콘 제조업체 저장탱크 작업 중 질식 사망 사고

재해개요

2025년 8월21일 13시 30분 경 순천 레미콘 제조업체에서 밀폐된 혼합제 저장 탱크 내부에서 작업하던 작업자 1명이 쓰러졌으며 구조하기 위해 동료 작업자 2명이 탱크 내부로 들어갔다가 유해가스에 중독돼 3명 모두 사망하였음.

재해상황(실제)





재해발생 원인(추측)

○ **황화수소 중독에 의한 질식**

○ **안전보호구 미 착용(송기마스크, 공기호흡기)**

재해예방 대책

○ **밀폐공간 작업 프로그램의 수립 이행**

-사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안

-밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인의 파악 및 관리 방안

-밀폐공간 작업 시 사전 확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차

-안전보건교육 및 훈련

-그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항

○ **작업 전 중 후 산소 및 유해가스 농도 측정 실시 및 적정 공기유지**

(산소농도 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소 농도 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소 농도30피피엠 미만, 황화수소 농도 10ppm 미만)

○ **적정공기상태가 유지되도록 수시 환기 실시(환기휀, 배풍기, 배기구, 송풍기 등 사용)**

○ **안전보호구 지급/착용 실시(안전대, 구명밧줄, 공기호흡기, 송기마스크)**

○ **대피용 기구 비치(섬유로프, 사다리, 삼각대 등)**

○ **관리감독자와 상시 비상연락체계 유지(무전기 등)**

○ **작업장 입구에 감시인 배치 및 필요 시 관리감독자 입회하여 현장 관리감독 실시**

2024-교육혁신실-886

산업안전보건기준에 관한 규칙

밀폐공간 내 작업 시 조치 등

1 정의

■ **밀폐공간 : 산소결핍, 유해가스로 인한 질식 · 화재 · 폭발 등의 위험이 있는 장소**

밀폐공간 [산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 18]

1. 다음의 지층에 접하거나 통하는 우물·수직갱·터널·잠함·피트 또는 그밖에 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 강재의 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 제외)의 내부
7. 석탄·아탄·황화광·강재·원목·건성유·어유 또는 그 밖의 공기 중의 산소를 흡수하는 물질이 들어 있는 탱크 또는 호퍼(hopper) 등의 저장시설이나 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·냉동화물자동차 또는 냉동컨테이너의 내부
13. 헬륨·아르곤·질소·프레온·이산화탄소 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 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·냉동화물자동차 또는 냉동컨테이너의 내부
13. 헬륨·아르곤·질소·프레온·이산화탄소 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부
14. 산소농도가 18% 미만 또는 23.5% 이상, 이산화탄소농도가 1.5% 이상, 일산화탄소농도가 30ppm 이상 또는 황화수소농도가 10ppm 이상인 장소의 내부
15. 갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부
16. 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부
17. 유해가스가 들어있던 배관이나 집진기의 내부
18. 근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부

[질식재해가 발생할 수 있는 주요 장소]



- **유해가스** 이산화탄소(CO) · 일산화탄소(CO2) · 황화수소(H2S) 등의 기체로서 인체에 유해한 영향을 미치는 물질
- **적정공기** 산소농도의 범위가 18% 이상 23.5% 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5% 미만, 일산화탄소의 농도가 30ppm 미만, 황화수소의 농도가 10ppm 미만인 수준의 공기
- **산소결핍** 공기 중의 산소농도가 18%미만인 상태
- **산소결핍증** 산소가 결핍된 공기를 들이마심으로써 생기는 증상

01 산소결핍증

○ 대기 중 정상적인 산소농도는 약 21%입니다. 산소농도가 18% 미만으로 떨어지면 '산소결핍증'을 일으킵니다.

산소농도별 인체 영향



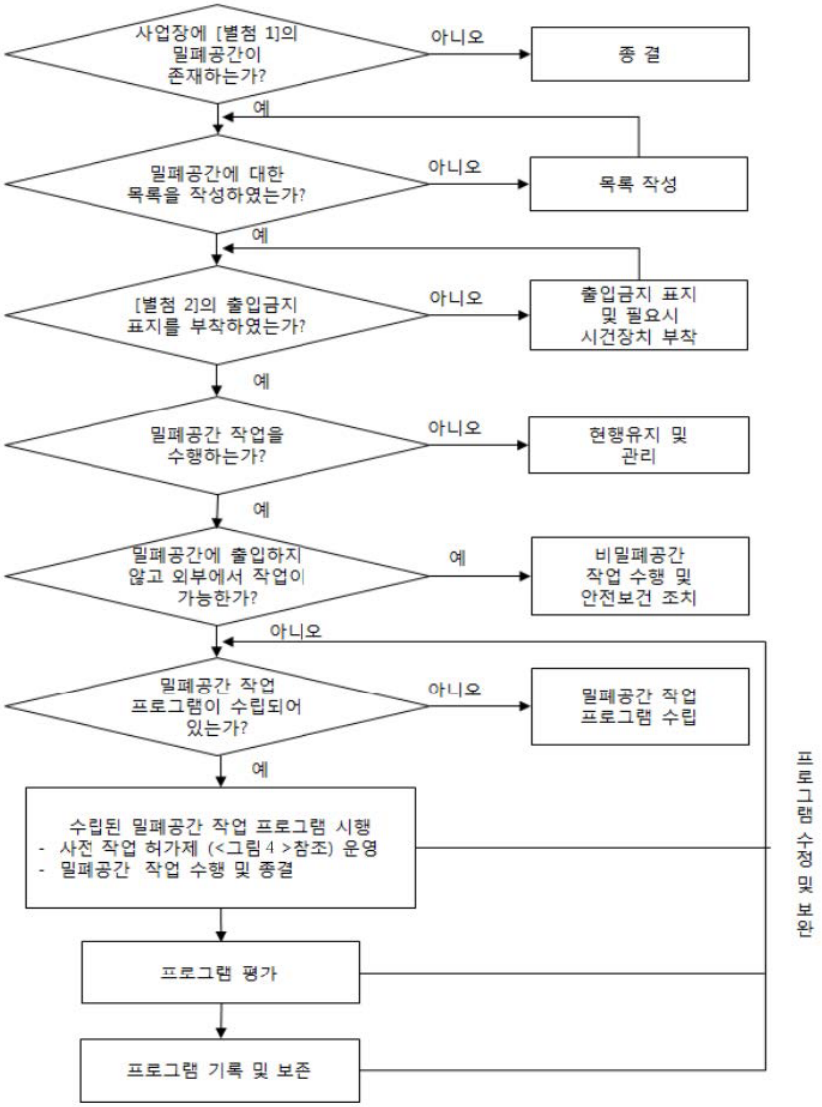
산소농도 18%	산소농도 16%	산소농도 12%	산소농도 10%	산소농도 8%	산소농도 6%
안전한계이나 연속환기 필요	호흡, 맥박의 증가, 두통, 메스꺼움, 토할 것 같음	어지럼증, 토할 것 같음, 근력저하, 체중 지지 불능으로 추락	안면창백, 의식불명, 구토	실신혼절, 7~8분 이내에 사망	순간에 혼절, 호흡정지, 경련, 6분 이상이면 사망

2 밀폐공간 작업 프로그램의 수립·시행

- **밀폐공간에서 근로자에게 작업을 하도록 하는 경우 각 내용이 포함된 밀폐공간 작업 프로그램을 수립하여 시행**

1. 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
2. 밀폐공간 내 질식 · 중독 등을 일으킬 수 있는 유해 · 위험 요인의 파악 및 관리 방안
3. 제2항에 따라 밀폐공간 작업 시 사전 확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차
4. 안전보건교육 및 훈련
5. 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항

밀폐공간 프로그램 수립 및 평가 흐름도 (H-80-2021)



[사업장 내 밀폐공간 목록(예시)]

연번	공정명	작업장소		주요 작업내용	작업주기 (작업빈도)	담당부서 (관리책임자)
		명칭	특이사항			
1		명칭 및 위치 등	내부면적 및 환경조건, 중독·질식 유발 유해위험요인 파악 등			
3						
4						
⋮						

밀폐공간 프로그램의 내용 (H-80-2021)

√ 밀폐공간의 위치, 형상, 크기 및 수량 등 목록 작성
√ 폐공간의 사진이나 도면(필요시)
√ 밀폐공간 작업의 당위성 및 필요성
√ 작업 중 작업특성 또는 주변 환경요인에 의해 질식, 중독, 화재, 폭발 등을 일으킬 수 있는 유해 위험 요인(근로자가 상시 출입하지 않고 출입이 제한된 장소로서 해당공간에서 산소결핍, 가스누출 등 유해요인발생 가능성 포함)
√ 밀폐공간작업에 대한 허가 및 수행요령
√ 근로자에 대한 교육과 훈련의 방법
√ 산소 및 유해가스 농도의 측정과 후속조치 요령
√ 환기장비의 사용 및 환기요령
√ 작업 시 근로자가 작용하여야 할 보호구 및 안전장구류
√ 감시인의 배치와 상시 연락체계 구축방안
√ 밀폐공간 작업에 대한 감독과 모니터링 방안
√ 비상사태 발생 시의 조치 및 보고요령(재해자에 대한 응급처지 포함)
√ 프로그램의 평가 및 기록보존 방안

■ 밀폐공간에서 작업을 시작하기 전 필요한 사항을 확인하고, 작업 종료시까지 해당 내용을 작업장 출입구에 게시

*** 밀폐공간 작업 시작 전 확인사항**

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

협력업체나 사외 근로자의 밀폐공간작업 수행 (H-80-2021)

√ **사전준비**

- 가스농도측정기에 이상이 없는지 확인

  * 예를 들어, 깨끗한 야외 공기에서 산소농도를 측정했을 때 산소농도가 20.9%를 초과하거나 미만으로 나타나면 교정 또는 센서교체가 필요한 상황입니다. 그 밖의 다른 유해가스도 표준 가스를 이용하여 측정기의 이상 유무를 확인하거나 정기적인 검교정을 통해 정상상태를 유지

√ **사업주는 자사 사업장내 밀폐공간 작업을 협력업체나 사외 근로자로 하여금 수행토록 하는 경우 밀폐공간의 위치와 유해위험요인을 사전에 파악한 후 필요한 정보를 협력업체에 제공하고 해당 작업과 관련된 제반 감독업무를 수행**

- 협력업체 사업주는 밀폐공간 작업을 수행하는 근로자에게 해당 공간의 유해위험 요인 등 원청이 제공한 위험정보를 확인하고 작업시작 전에 안전한 작업방법 등을 포함하는 교육을 이수하도록 하고 필요한 감독을 실시
- 근로자는 원청 및 협력업체가 제공한 위험정보를 숙지하고 안전보건규칙에서 정하는 바에 따라 작업을 수행

3 산소 및 유해가스 농도의 측정

■ **'밀폐공간 산소 및 유해가스 농도를 측정 및 평가하는 자'에 대하여 밀폐공간 작업을 시작하기 전에 관련 내용에 대한 숙지여부를 확인 하고 필요한 교육 실시**

1. 밀폐공간의 위험성
2. 측정장비의 이상 유무 확인 및 조작 방법
3. 밀폐공간 내에서의 산소 및 유해가스 농도 측정방법
4. 적정공기의 기준과 평가 방법

■ **밀폐공간에서 작업을 하는 경우, 작업 시작 전 적정공기 유지 여부를 평가**

- 밀폐공간에서 작업을 시작하기 전에(작업을 일시 중단했다가 다시 시작하는 경우 포함)
- 밀폐공간 산소 및 유해가스 농도 측정과 평가에 관한 지식과 실무경험이 있는 자를 지정하여
- 해당 공간의 산소 및 유해가스 농도를 측정하여 적정공기가 유지되는지 평가

  * 무선설비 또는 무선통신을 이용한 원격 측정을 포함

■ 적정공기

산소(O_2)	이산화탄소(CO_2)	일산화탄소(CO)	황화수소(H_2S)
18%이상 23.5%미만	1.5%미만	30ppm미만	10ppm미만
인화성물질 : 인화하한계값의 25% 미만(이 외의 유해물질은 노출기준 이내인지 확인)			

■ 산소 및 유해가스 농도 측정 결과 적정공기가 유지되지 않다고 평 가된 경우 작업장을 환기시키거나, 근로자에게 호흡용 보호구(공기 호흡기 또는 송기마스크)를 지급·착용하도록 하는 등 근로자 건강장해 예방을 위해 필요한 조치 실시

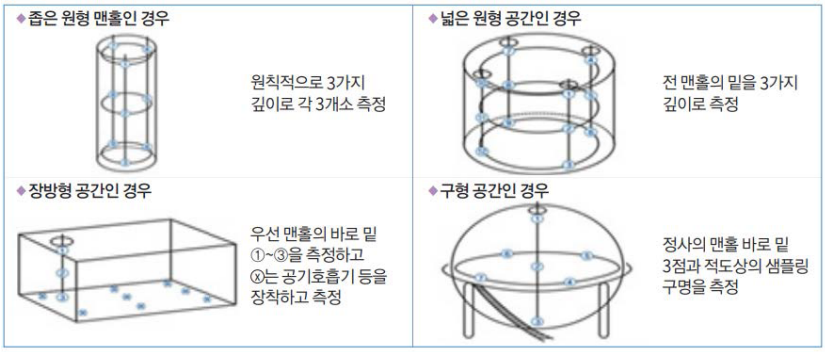
☑ 산소 및 유해가스 농도 측정 방법

√ 사전준비

가스농도 측정기에 이상이 없는지 확인

√ 측정방법

면적 및 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정(작업장소에 대해 수직 및 수평 방향으로 각각 3개소 이상 측정)



4 환기

■ 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 작업을 시작하기 전과 작업 중에 환기를 실시하여 해당 작업장의 적정공기 상태를 유지

■ 폭발·산화 등의 위험으로 인하여 환기할 수 없거나 작업의 성질상 환기하기가 매우 곤란한 경우에는, 근로자에게 호흡용 보호구(공기호흡기 또는 송기마스크)를 지급·착용하도록 하고 환기를 실시하지 않을 수 있음

■ 근로자는 지급된 보호구를 착용해야 함

환기 방법

√ 환기 시기

- 기본적으로 밀폐공간작업 전, 작업중 필요에 따라 환기 실시
- 최초 밀폐공간에 들어가기 전에 작업공간을 안전한 상태로 만들기위해 환기 실시
- 장시간 닫혀있던 밀폐공간에는 유해가스가 차 있을 가능성이 높아 매우 위험할 수 있음
  최소 25분 이상(밀폐공간체적의 10배 이상) 신선한 공기로 환기를 한 후 가스농도 측정을 하는 것이 안전
- 작업 과정에서 유해가스가 발생하거나 누출이나 유입으로 유해가스가 작업공간으로 들어올 가능성이 있는 경우, 작업하는 동안 계속 환기 실시

(오·폐수처리장, 맨홀, 분뇨처리시설 등) 오·폐수, 분뇨 등에 녹아있던 황화수소, 메탄 등은 작업 과정에서 휘젓는 순간, 공기중으로 폭발적으로 발생되어 질식을 일으키므로 작업하는 동안 계속 환기해야 합니다.

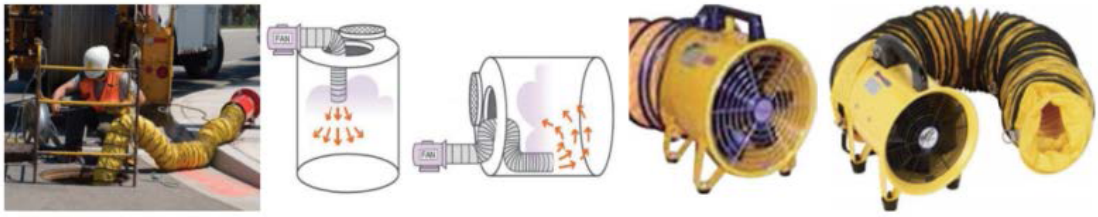
(용접작업, 양수기 작업) 밀폐공간 내부에서 하는 용접작업이나 양수기와 같은 내연기관 설비를 가동하는 과정에서 일산화탄소 등 다량의 유해가스가 발생하여 질식을 일으킬 수 있으므로 작업하는 동안 계속 환기해야 합니다.

(질소, 아르곤 등 불활성가스 배관이 연결되어 있는 장소) 질소, 아르곤 등 불활성가스 배관이 연결되어 있는 밀폐공간도 잘못된 설비조작이나 배관의 문제로 유해가스가 누출·유입되어 위험한 상황을 초래할 수 있으므로 작업하는 동안 계속 환기해야 합니다.

환기 방법

√ 환기방법

- 환기팬은 정압이 40mmAq 이상이고, 용량(m^3/min)이 밀폐공간 체적(m^3)의 40% 이상의 것으로 준비
- 송풍관(덕트) 길이는 환기팬 제조사에서 제시한 길이를 초과하지 않아야 하며 제조사에서 별도로 제시하지 않는 경우 15m를 넘기지 않도록 할 것
- 송풍관(덕트)은 가급적 구부리는 부위가 적게하고, 용접불꽃 등에 의한 구멍이 나지 않도록 난 연재질을 연재질을 사용하며, 폭발위험지역 내에서는 방폭형구조를 사용
- 가급적 외부의 공기를 밀폐공간내로 불어넣는 급기방식으로 실시
- 지하관로·배관내부 등 급기로 인해 오염된 공기가 주변으로 확산될 우려가 있거나 선박 건조시 블록(BLOCK) 내부 작업 등 밀폐공간 체적이 넓거나 구조가 복잡한 경우에는 급·배기 방식을 적용할 수 있음
- 급기구는 작업근로자 가까이에서 작업근로자를 등지고 설치



5 인원의 점검

- 밀폐공간 작업 장소에 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시길 때 마다 인원을 점검



6 출입 금지

- 사업장 내 밀폐공간을 사전에 파악하여 밀폐공간에는 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지
- 밀폐공간 근처의 보기 쉬운 장소에 출입금지 표지를 게시하여야 하며, 근로자는 허락없이 출입금지 장소에 출입하지 않아야 함

  * 통상적으로 출입할 필요가 없는 밀폐공간에 대해서는 잠금장치를 채워서 출입을 제한

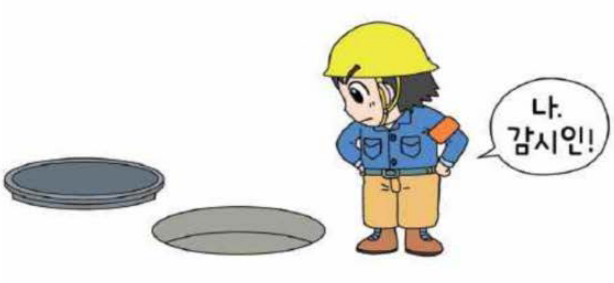




[밀폐공간 출입금지 표지]
(안전보건규칙 별지 제4호서식)

7 감시인의 배치

- 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 동안 작업상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치
- 밀폐공간에서 작업을 하는 동안, 작업장과 외부의 감시인 간에 항상 연락을 취할 수 있는 설비를 설치
- 감시인은 밀폐공간에 종사하는 근로자에게 이상이 있을 경우, 구조요청 등 필요한 조치를 한 후 즉시 관리감독자에게 알려야 함





8 안전대 및 대피용 기구의 비치

- 밀폐공간에서 작업하는 근로자가 산소결핍이나 유해가스로 인하여 추락할 우려가 있는 경우에는 안전대나 구명밧줄, 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 함

- 안전대나 구명밧줄을 착용하도록 하는 경우,
  이를 안전하게 착용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 하며
  근로자는 지급된 보호구를 잘 착용해야 함

안전대 사용법

- 밀폐공간에서 작업을 하는 경우, 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 필요한 기구를 갖추어야 함

  * 공기호흡기 또는 송기마스크, 사다리 및 섬유로프 등

송기마스크 및 공기호흡기의 사용

√ 호흡용보호구(송기마스크 또는 공기호흡기)

- 안전대는 높은 곳에서 작업하는 근로자의 떨어짐을 방지하기 위한 것이나 안전대만으로는 근로자를 보호하지 못하므로 현장에는 반드시 안전대 걸이를 설치해야 합니다.
- 기본적으로 호흡용 보호구를 착용하지 않더라도 작업할 수 있도록 환기를 통해 밀폐공간 내부를 적정공기 상태로 만드는 것이 중요합니다.
- 환기를 할 수 없거나 환기만으로 불충분한 경우에는 호흡용보호구를 반드시 착용하고 출입하여야 합니다.
- 밀폐공간은 장소가 협소하여 공기호흡기를 착용하고 들어가기 어려울 수 있습니다.
  이 경우 외부에서 공기를 공급하는 방식의 송기마스크를 착용하는 것이 더 안전할 수 있습니다.

  (다만, 송기마스크의 송기라인이 꼬이거나 끊어지지 않도록 잘 관리하여야 하며, 정전 등으로 공기 공급이 중단되는 경우가 없도록 대비하여야 합니다.)

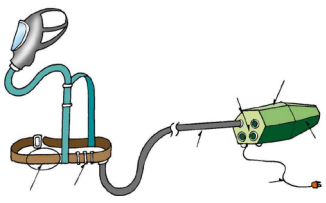
√ 호흡용보호구의 착용장소

- 유해가스가 지속적으로 발생하여 환기만으로 적정공기를 유지하기 힘든 경우
- 탱크, 화학설비, 수도나도수관등 구조적으로 충분히 환기가 힘든 경우
- 응급상황이 발생하여 충분히 환기시킬 시간적 여유가 없는 경우

공기호흡기(SCBA)



송기마스크



구명줄 및 구조용 삼각대의 사용

√ 안전대와 구명줄

- 밀폐공간은 용기·탱크 등 시설내부, 지하, 갱, 맨홀, 피트로 들어가는 경우 승강구나 오르내리는 사다리가 있을 수 있습니다. 따라서 들어가는 과정이나 내부에서 작업할 때 추락 위험이 있습니다.
  탱크 바닥이나 기타 습기 찬 환경의 바닥, 사다리 발판이 매우 미끄러울 수 있습니다.
- 따라서 추락위험에 대비하기 위해 안전대와, 구명밧줄을 착용하여야 합니다.

√ 구조용 삼각대 등

- 응급상황발생 시 구조하기위한 구조용삼각대, 사다리, 섬유로프 등을 갖추어 두어야 합니다.





9 상시 가동 급·배기 환기장치를 설치 한 경우의 특례

■ **밀폐공간에 상시 가동되는 급 · 배기 환기장치를 설치하고 24시간 상시 작동하게 하여 질식 · 화재 · 폭발 등의 위험이 없도록 한 경우 일부 사항을 적용하지 않을 수 있음**

1. 밀폐공간 작업 시작하기 전 확인(제619조 제2항)
2. 밀폐공간 작업 출입구에 정보 게시(제619조 제3항)
3. 밀폐공간 환기 등(제620조)
4. 밀폐공간 작업 인원점검(제621조)
5. 밀폐공간 작업 감시인의 배치 등(제623조)
6. 밀폐공간 작업 안전대 등 착용(제624조)
7. 밀폐공간 작업에 따른 긴급 구조훈련(제640조)

※ 단, 아래 밀폐공간은 해당 특례 제외

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

- **상시환기장치의 작동 및 사용상태, 밀폐공간 내 적정공기 유지상태를 정기적**(월 1회 이상)**으로 점검하고, 이상 발견 시 즉시 필요한 조치**

- **점검결과(점검일자, 점검자, 환기장치 작동상태, 적정공기 유지상태 및 조치사항 등)를 해당 밀폐공간의 출입구에 상시 게시**

추가적인 안전보건 정보는 다음을 참고하실 수 있습니다.

√ 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침 (KOSHA GUIDE H-80-2021)
√ 안전보건 VR 질식재해 예방 교재 (2021-교육혁신실-291)
√ 밀폐공간 질식 동영상 VR (2020-교육홍보본부-1033)
√ 밀폐공간 질식재해예방 안전작업가이드 (2024-산업보건실-418)

※ 본 콘텐츠는 산업안전보건의 이해를 돕고자 제작되었습니다.
법에서 요구하는 보다 자세한 사항은 산업안전보건기준에 관한 규칙을 참고하여 주시기 바랍니다.