

밀폐공간 작업안전

1. 밀폐공간의 정의
2. 재해예방대책
3. 밀폐공간 재해사례

1. 밀폐공간의 정의

1. 밀폐공간의 정의

밀폐공간이란



밀폐공간이란
근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간으로 환기가 불충분한 상태에서 산소 결핍¹, 유해가스²로 인한 건강장애와 인화성물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다.

¹ 산소결핍이란?

공기 중의 산소농도가 18% 미만인 상태를 말하며, 산소결핍증이란 산소가 결핍된 공기를 들며 마심으로 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 발생하는 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))

2. 재해예방대책

- ◎ 기본조치사항
- ◎ 가스 농도 측정
- ◎ 밀폐공간에서의 환기
- ◎ 보호구 및 구조장비
- ◎ 응급처치

2. 재해예방대책

기본조치사항

**밀폐공간
작업프로그램
수립·시행**

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

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

2. 재해예방대책

기본조치사항



밀폐공간 관리감독자 지정

밀폐공간에서 작업을 행하는 경우에는 관리감독자를 지정하여 다음의 직무를 수행하도록 하여야 한다.

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

2. 재해예방대책

기본조치사항

**밀폐공간
작업허가서
작성 및 교육**

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

2. 재해예방대책

기본조치사항

**밀폐공간
출입금지
인원점검**

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

**감시인 배치
및
연락설비 가동**

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

2. 재해예방대책

기본조치사항



사고 시의 대피 및 대피용 기구의 비치

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

구명줄,
통신장비
확인

2. 재해예방대책

가스 농도 측정



유해공기의 판정기준

- 유해공기의 측정 후 판정기준은 각각의 측정위치에서 측정된 최고농도로 적용하여야 한다.

유해공기의 정확한 농도측정을 위한 필수조건

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

2. 재해예방대책

가스 농도 측정



유해가스 농도 측정지점의 선정

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

2.재해예방대책

밀폐공간에서의 환기

환기 기준 및
절차

- 밀폐공간작업 시작 전에는 밀폐공간 체적의 5배 이상 외부의 신선한 공기로 환기한 후 출입하고, 작업을 하는 동안에는 적절한 공기가 유지되도록 계속하여 환기(시간당 공기교환횟수 20회 이상)해야 하며, 별표 1에 의한 송풍기 용량을 갖춘 환기팬을 구비한다.
- 밀폐공간을 보유한 사업주 또는 협력업체 사업주는 환기팬을 보유하고, 밀폐공간 작업 시 적정공기상태 유지를 위한 환기를 다음과 같이 조치한다.
 - 밀폐공간 내 유해공기가 완전히 제거 전까지는 출입 금지 조치
 - 환기팬에 송풍관(덕트)을 연결하여 작업자 위치 주변에 위치한다.
 - 작업 전(前)에는 구비된 환기팬으로 15분 이상 급기한다.
 - 작업을 시작하기 전에 산소 및 유해가스농도를 측정하고 이상이 있는 경우 추가로 환기하거나 송기마스크 착용 등 작업자 보호조치를 한다.
 - 작업 중(中)에는 구비된 환기팬을 작업종료 시 까지 계속 가동한다.
 - 밀폐공간 내 유해성 확인을 위해 주기적으로 산소 및 유해가스농도를 측정한다.
 - 산소 및 유해가스농도 측정 시 이상이 있는 경우 즉시 대피한다.
 - 밀폐공간작업 재개 시 밀폐공간 작업프로그램에 의한 재평가를 실시한다.
 - 환기에 의한 적정공기상태 유지가 어려운 경우 송기마스크 착용 등 별도의 작업자 보호조치를 시행한다.
 - 사업주는 상기내용을 문서화해야 한다.

2. 재해예방대책

밀폐공간에서의 환기



환기장치에 의한 환기 시 주의사항

- 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 작업을 시작하기 전과 작업 중에 해당 작업장을 적정공기 상태가 유지되도록 환기하여야 한다.
- 불활성기체의 누출·유입 및 황화수소 발생 등 밀폐공간 내부의 산소농도 및 유해가스 농도가 급격하게 변할 수 있는 장소에는 환기절차와 함께 공기호흡기 또는 송기마스크 착용 등 추가로 작업자 보호조치를 해야 한다.
- 폭발위험지역 내에서는 방폭형 구조를 사용하되, 폭발이나 산화 등의 위험으로 인하여 환기를 실시할 수 없거나 작업의 성질상 환기가 매우 곤란하여 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하고 착용하도록 하는 경우 환기를 실시하지 아니할 수 있다.
- 작업 전 및 작업 중에는 유해가스의 농도가 기준농도를 넘어가지 않도록 외부의 공기를 밀폐공간내로 불어넣는 급기방식으로 충분한 환기를 실시하되, 지하관로·배관내부 등 급기로 인해 오염된 공기가 주변으로 확산될 우려가 있거나 선박건조시 블록(BLOCK) 내부 작업 등 밀폐공간 체적이 넓거나 구조가 복잡한 경우에는 배기 또는 급·배기 방식을 적용할 수 있다.

2.재해예방대책

밀폐공간에서의 환기

**환기장치에 의한
환기 시
주의사항**

- 정전 등에 의하여 환기가 중단되는 등 응급상황 발생시 작업근로자는 즉시 밀폐공간 외부로 대피 할 수 있어야 한다.
- 밀폐공간의 환기 시에는 급기구와 배기구를 적절하게 배치하여 작업장 내 환기가 효과적으로 이루어지도록 하여야 한다.
- 급기구는 작업근로자 가까이에서 작업근로자를 등지고 설치한다.
- 송풍관(덕트)은 가급적 구부리는 부위가 적게 하고, 용접불꽃 등에 의한 구멍이 나지 않도록 난연재질을 사용한다.

2. 재해예방대책

보호구 및 구조장비



호흡용 보호구 (공기호흡기, 송기마스크)

- 밀폐공간 작업 시에는 환기를 시켜 적정 공기 상태로 유지하여야 하나 환기를 할 수 없거나 환기 만으로 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 검정규격에 적합한 것을 선택하여 점검 및 보수를 실시하고 언제라도 충분한 성능을 유지하도록 양호한 상태로 보관하여야 한다. 작업자, 구조자는 평소에도 사용법에 대한 훈련 및 구조실습을 실시하여 사용법의 숙지 및 신속성을 유지하도록 해야 한다.
- 공기호흡기
 - 공기호흡기는 활동범위에 있어서 제약을 받지 않으므로 조사활동이나 구조활동에 많이 이용되고 있다. 다만, 무겁고 유효기간이 짧은 단점이 있다.
- 송기마스크
 - 송기마스크는 활동범위에 제한을 받지만 가볍고 유효사용시간이 길어 일정한 장소에서의 장시간 작업에 주로 이용되고 있다.

2. 재해예방대책

보호구 및 구조장비



안전대

- 높이 2m 이상의 추락위험이 있는 곳에서 작업을 할 때에는 안전대(벨트식, 그네식)를 사용하여야 하고 특히, 산소결핍사고 및 유해가스 등의 중독 위험이 있는 갯, 맨홀, 우물 등에 사다리를 사용하여 내려가며 작업을 하는 경우, 갯구 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.

보호가드

- 맨홀 및 금속탱크류의 경우, 입구부분의 뚜껑을 열고 작업을 할 경우 출입 및 접근금지의 경고문, 작업수칙, 응급처치절차 등이 부착된 철제 파이프로 제작된 접이식 보호가드를 설치하고 외부인이 접근하지 못하도록 한다.

삼각대

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

무전기

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

2. 재해예방대책

응급처치



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.

2.재해예방대책

응급처치

응급의료체계의
신고요령심정지를 발견했을
때의 행동 요령

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

- 응급상황이 발생한 위치
- 도움이 필요한 환자의 수
- 환자에게 시행한 치료내용
- 무슨 일이 일어났는가?
- 환자의 상태
- 다른 질문이 없는지 확인



3. 밀폐공간 재해사례

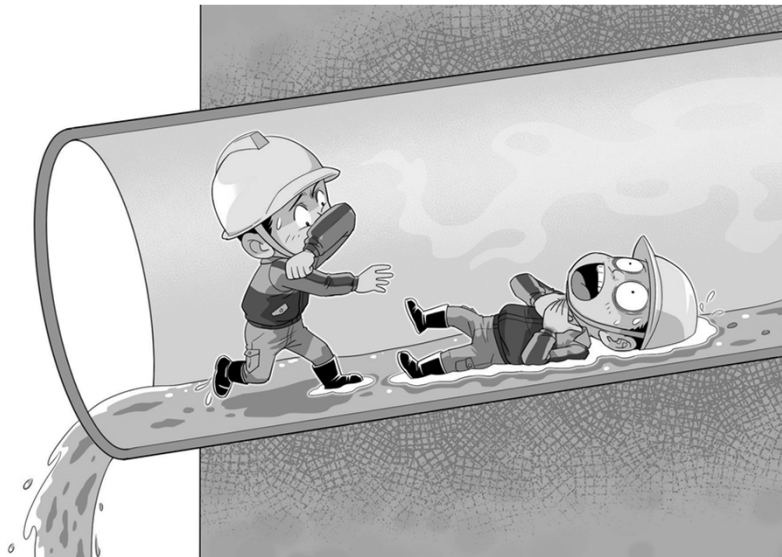
3. 밀폐공간 재해 사례

산소결핍

사례 1

관로 내부 누수점검 중 산소결핍

○○○○년 8월 5일(월), 10:10분경 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.



재해발생 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 질식사하여 사망함.

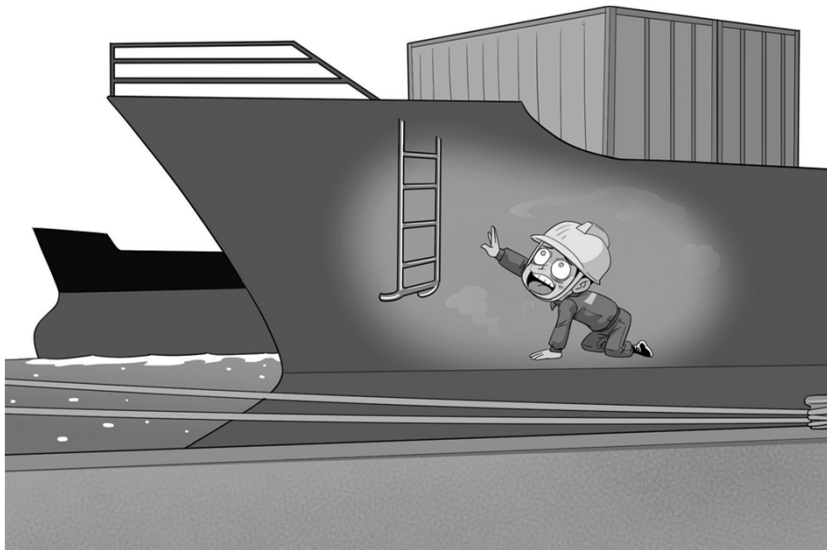
3. 밀폐공간 재해 사례

산소결핍

사례 2

선박 선창 출입 중 산소결핍

○○○○년 7월 29일 09시 50분경, 전북 ○○시 소재 ○○항에서 선적된 화물의 하역을 위해 접안한 홍콩선적 ○○ 선박에서 (주)○○ 군산지사 소속 ○○이 하역작업 감독 업무를 수행하던 도중 출입구 갯웨이를 통해 선창 내부로 들어가다 갯웨이 내부에서 산소결핍에 의해 숨진 채 발견됨.



재해발생 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 갯웨이에 들어갔으며 산소가 결핍된 공기를 호흡한 후 질식사하여 사망함.

3. 밀폐공간 재해사례

황화수소 중독

사례 1

맨홀펌프장 수중펌프 인양작업 중 황화수소 중독

○○○○년 6월 4일(화) 14시경 ○○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



재해발생 원인

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

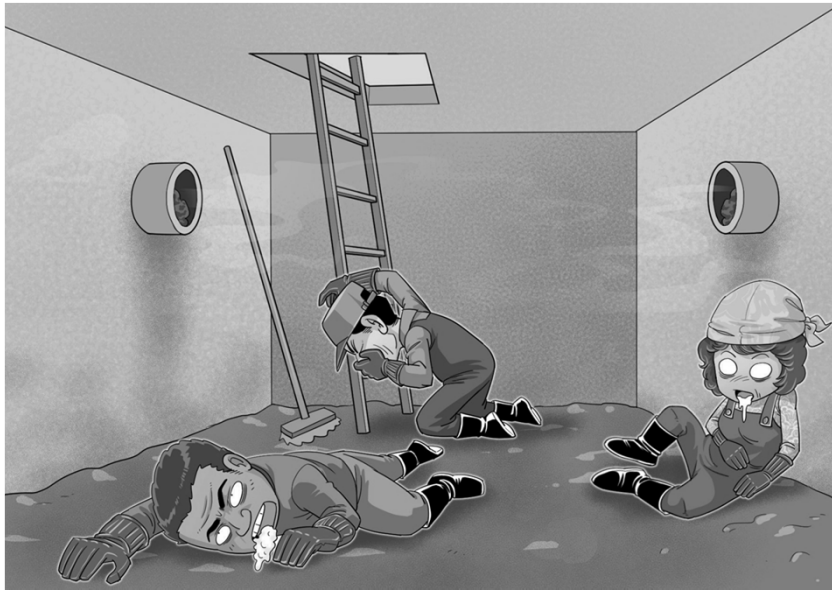
3. 밀폐공간 재해사례

황화수소 중독

사례 2

돈사 중간집수조 내 작업 중 황화수소 중독

○○○○년 5월 4일(토) 11:00분경 경남 ○○군 소재 ○○축산(양돈농장) 돈사와 중간 집수조 사이 관로가 막혀 집수조 내부로 들어가 막힌 배관을 뚫는 작업 중 분뇨에서 발생한 황화수소에 중독되어 2명(외국인근로자 1명, 농장주 부인 1명)이 사망하고 1명(농장주)이 부상한 재해임



재해발생 원인

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

3. 밀폐공간 재해 사례

일산화탄소 중독

사례 1

불가마 장작 연소중 발생한 일산화탄소 중독

○○○○년 3월 20일(수) 13:40경 강원도 ○○군 소재 ○○불가마에서 화부(불때는 작업)작업자가 불가마 안에서 일산화탄소 중독으로 쓰러져 있는 것을 동료가 발견하고, 병원으로 후송하였으나 사망한 재해임.



재해발생 원인

- 환기가 불충분한 장소에서 장작이 불완전 연소 하면서 발생한 일산화탄소의 흐름이 작업자의 호흡영역을 거쳐 가면서 고농도의 일산화탄소에 노출되었음.
- 일산화탄소 가스 중독 예방을 위한 적절한 환기 설비 설치, 일산화탄소 가스 농도 검지기 설치, 호흡용 보호구(송기마스크나 공기호흡기)를 지급하여야 하나 이를 조치하지 않아 발생함.

3. 밀폐공간 재해사례

기타 유해가스

사례 1

맨홀내 메탄가스 누출에 의한 질식

○○○○년 1월 31일(목) 14시 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 교체여부를 점검하던 중 LNG(메탄주성분) 가스 누출로 2명이 질식되어 1명이 사망, 1명이 부상당한 재해임



재해발생 원인

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