

행복한 시민, 신뢰받는 기업,  
글로벌 No.1 서울교통공사

---

# 산 업 안 전 보 건 자 료

---

2018. 10.

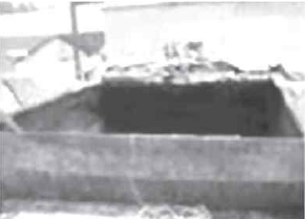


Seoul Metro

안 전 관 리 본 부  
[보건환경처]

# 1. 밀폐공간이란

환기가 불충분하여 유해가스나 산소결핍으로 인하여 건강장애 또는 인화성물질로 인하여 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말하며, 예시를 들면 아래의 장소의 내부가 해당된다.

반응탑	보일러연통	선박창고	음식물 저장 호퍼
			
주류발효탱크	식품발표 및 저장소	하수처리장 침전지	오수처리장 정화조
			
분뇨처리장	냉동창고 내부	폐수침전조	반응기
			
원료저장탱크	용접·비파괴배관	공기정화장치	지하핏트
			
콘크리트 양생장소	바지선 부력탱크	하수도 맨홀	상수도 맨홀
			

- ☞ 산소결핍이란 산소농도가 18% 미만인 상태를 말합니다.
- ☞ 밀폐공간은 반드시 현재 산소결핍 상태이거나 유해가스로 차 있는 상태를 의미하지 않습니다. 작업과정 중 산소결핍 환경이 조성될 수 있는 공간도 밀폐공간에 해당 됩니다.

## 2. 산소결핍 발생원인과 장소

### 2.1 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 한다.

산소결핍발생원인과 장소	작업장 예
저장용 탱크 재료의 산화	철재보일러, 탱크 반응탑, 압력용기, 가스홀더 반응기, 추출기, 선창, 선반의 이중저 등 내부
저장물질 또는 운반물질의 산화	석탄, 강재, 고철 등을 담은 탱크, 시일로
건성유의 산패	건성유를 사용하여 도장 환기가 불량한 장소 식물성 기름 저장탱크 등의 내부

## 2.2 미생물의 호흡작용

미생물의 생체 1kg(수분제외)이 섭씨 30도 부근에서 1시간에 소비하는 산소 소비량은 사람의 몇 배 부터 최고 6,000배 까지이다. 이때 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등의 유해가스도 발생시키며 이런 미생물들이 존재하는 작업장에서는 근로자들이 산소결핍이나 유해가스 중독에 걸릴 가능성이 높다.

산소결핍발생원인과 장소	작업장 예
공기 중 산소를 소비하는 미생물의 발효 등의 장소	양조조(간장, 식초), 부패에 의한 분뇨처리조 맨홀과 하수구, 정화조
호흡작용에 의한 산소결핍 발생장소	과일 곡물 목재 등 저장소, 곡물을 담은 시일로

## 2.3 치환용 가스의 사용

화재나 폭발을 방지하거나 설비를 보호하기 위해 외부의 공기가 들어오지 못하도록 불활성 가스를 채워둔 장소가 산소가 부족한 곳이며, 그 밖에 불활성가스를 사용하는 장소도 가스의 유입으로 질식해의 위험이 높 습니다.

산소결핍발생원인과 장소	작업장 예
화재·폭발 방지를 위해 질소 등을 채운 곳	반응탑, 배과, 내부가 질소로 치환하는 각종 저장탱크, 설비 보호를 위해 질소를 채운 장소
질소, 이산화탄소 등의 이용	드라이 아이스를 사용하는 냉동고·컨테이너

## 3. 밀폐공간의 건강장애

### 3.1 산소농도에 따른 생체 반응

산소농도(%)	영향과 증상
15 ~ 19	열성적인 업무능력감소, 신체조절기능 손상 및 심장, 폐순환기 장애자 초기증상 유발
12 ~ 14	호흡수 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

※ 호흡정지 시간이 6분 이상 되면 소생은 가망이 없게 된다. 소생한계 내에서 구조된 경우 후유증으로 언어장애, 운동

장해, 시야협착, 미취, 환각, 건망증, 성격이상 및 노이로제 등이 남게 되므로 사후관리가 필요하다. 이런 후유증은 10~20%의 저산소 공기와 장기간 노출된 경우도 잔존할 가능성이 있다.

### 3.2 일산화탄소(CO)농도와 인체영향

농도(ppm)	노출시간	건강영향
200	3시간	가벼운 두통과 불쾌함
600	1시간	두통 불쾌감
100 ~ 2,000	2시간	정신혼란 메스꺼움 두통
	1.5시간	현기증
	30분	심계항진(두근거림)
2,000 ~ 2,500	30분	의식불명

※ 일산화탄소(CO)의 노출기준은 1일 8시간 작업 시 30ppm 임.

### 3.3 황화수소(H<sub>2</sub>S)농도와 인체영향

농도(ppm)	노출시간	건강영향
50 ~ 100	3시간	가벼운 자극(눈, 기도)
200 ~ 300	1시간	상당한 자극
500 ~ 700	30분 ~ 1시간	의식불명 사망
> 1,000	수분	의식불명 사망

※ 황화수소(H<sub>2</sub>S)의 노출기준은 1일 8시간 작업 시 10ppm 임.

### 3.4 무산소 공기의 위험성

무산소 공기를 호흡하면 호흡중추의 자극으로 흉부가 확장돼 무산소 공기를 다시 뱉어내는 동작을 할 수 없게 된다. 폐 속에 존재하는 산소는 무산소 공기로 점차 희석돼 폐 내 산소분압이 저하되고 폐 속 모세혈관 내 혈중 산소분압은 상승하지 않은 채로 뇌에 이송되는데, 이 때 뇌는 산소분압을 상실해 활동이 저하되기 때문이다.

산소 결핍증이 심하게 되면 뇌세포가 파괴돼 재생불능 상태가 된다.

대뇌피질의 파괴가 시작된 단계에서는 구급처치로 생명유지가 가능하나 의식회복은 곤란하며, 호흡이 6분 이상 정지되면 소생하기가 어렵다. 또 소생한게 내에서 구조된 경우라 해도 언어운동장애 시야협착 미취 환각 건망증 성격이상 및 노이로제 등의 후유증이 생길수 있다.

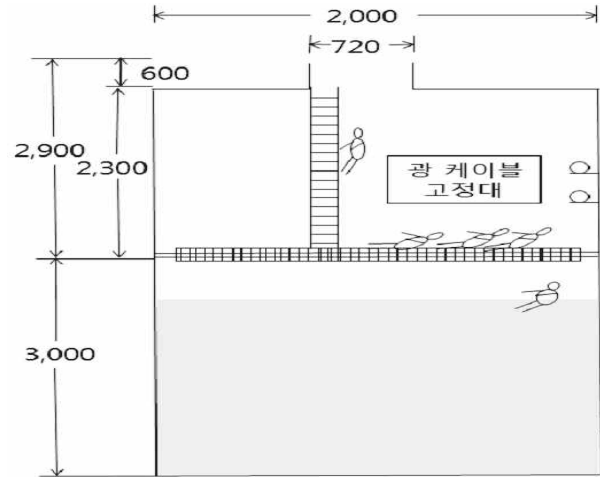
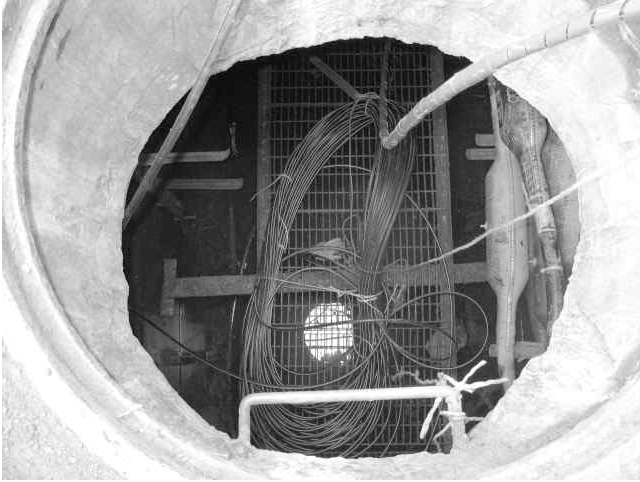


〈무산소 공기호흡에 의한 위험성〉

## 4. 주요 관계 법령(산업안전보건기준에 관한 규칙)

<p><b>제 619조</b> 밀폐공간보건작업프로그램 수립·시행 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 별표 18의 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 다음 각 호의 내용이 포함된 밀폐공간 보건작업 프로그램을 수립하여 시행 하여야 한다.</li> <li>- 작업 시작 전 공기 상태가 적정한지를 확인하기 위한 측정·평가</li> <li>- 응급처치 등 안전보건 교육 및 교육</li> <li>- 공기호흡기나 송기마스크 등 착용과 관리</li> <li>- 그 밖에 밀폐공간 작업근로자의 건강장해 예방에 관한 사항</li> </ul>
<p><b>제 620조</b> 환기 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 작업을 시작하기 전과 작업 중에 해당 작업장을 적정공기 상태가 유지되도록 환기하여야 한다. 다만 폭발이나 산화 등의 위험으로 인하여 환기할 수 없거나 작업의 성질상 환기하기가 매우 곤란하여 근로자에게 송기마스크 등을 지급하여 착용하도록 하는 경우에는 그러지 아니하다.</li> </ul>
<p><b>제 621조</b> 인원의 점검 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 그 장소에 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시킬 때마다 인원을 점검하여야 한다.</li> </ul>
<p><b>제 622조</b> 출입의 금지 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 그 밀폐공간에서 작업하는 근로자가 아닌 사람이 그 장소에 출입하는 것을 금지하고 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.</li> <li>· 근로자는 제1항에 따라 출입이 금지된 장소에 사업주의 허락 없이 출입해서는 아니 된다.</li> </ul>
<p><b>제 623조</b> 연락</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 그 작업장과 외부의 감시인 간에 상시 연락을 취할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.</li> </ul>
<p><b>제 624조</b> 사고 시의 대피 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 때에 산소결핍이 우려되거나 유해가스 등의 농도가 높아서 폭발할 우려가 있는 경우에 즉시 작업을 중단시키고 해당 근로자를 대피하도록 하여야 한다.</li> <li>· 제1항에 따라 근로자를 대피시킨 경우 적정공기 상태임을 확인할 때까지 그 장소에 관계자가 아닌 사람이 출입하는 것을 금지하고 그 내용을 보기 쉬운 장소에서 게시하여야 한다.</li> <li>· 근로자가 제2항에 따라 출입이 금지된 장소에서 사업주의 허락 없이 출입해서는 아니 된다.</li> </ul>
<p><b>제 625조</b> 대피용 기구의 비치</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 송기마스크 등 사다리 및 섬유로프 등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 필요한 기구를 갖추어야 한다.</li> </ul>
<p><b>제 625조</b> 구출 시 송기마스크 등의 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에 그 구출작업에 종사하는 근로자에게 송기마스크등을 지급하여 착용하도록 하여야 한다.</li> <li>· 근로자는 제 1항에 따라 지급된 보호구를 사업주의 지시에 따라 착용하여야 한다.</li> </ul>
<p><b>제 625조</b> 구출 시 송기마스크 등의 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업주는 근로자가 터널갱 등을 파는 작업을 하는 경우에 근로자가 유해가스에 노출되지 않도록 미리 그 농도를 조사하고, 유해가스의 처리방법 터널갱 등을 파는 시기 등을 정한 후 이에 따라 작업을 하도록 하여야 한다.</li> </ul>

## 5. 중대재해사례



### 1. 재해발생과정

- 망구축 기간망 선로공사를 위해 작업자가 양수작업 후 맨홀(○○시 소재)에 들어가다가 유해가스(co) 질식으로 쓰러져 있는 것을 동료직원들이 보고 구출하러 맨홀에 들어갔다가 질식으로 쓰러짐
- 맨홀내 작업자들은 119에 구조되어 병원으로 후송되었으나 1명 사망, 1명 부상한 재해임.

### 2. 재해발생원인

- 밀폐공간보건작업 프로그램 미수립
- 작업 전 맨홀 내부 산소농도 및 유해가스 미측정
- 대피용 기구 및 송기마스크 미비치
- 작업 전 특별안전보건교육 미실시(16시간 이상)

### 3. 동종재해 예방대책

- 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립·시행
- 작업 전 산소농도 및 유해가스 측정
  - 산소농도의 범위가 18% 이상 23.5%미만, 탄소가스의 농도가 1.5%미만, 황화수소의 농도가 10ppm미만
- 대피용 기구 비치 및 구출 시 송기마스크 등의 사용
  - 대피용 기구(사다리, 섬유로프, 안전대 등)를 비치하고, 공기호흡기 또는 송기 마스크 착용
- 작업 전 특별안전보건교육 실시(16시간 이상)