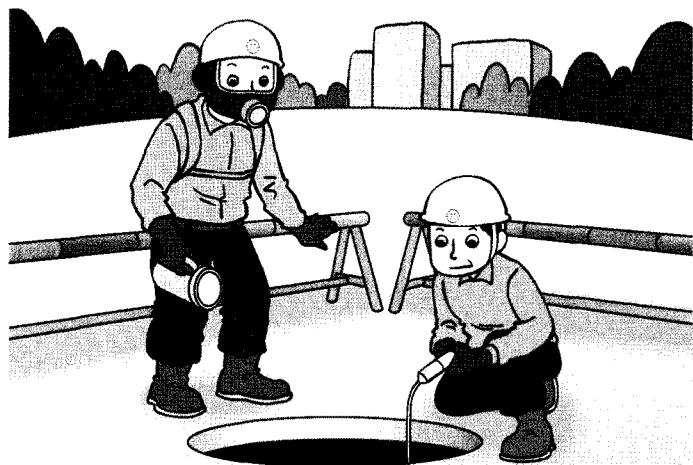


# 밀폐공간작업 질식재해예방



대한산업안전협회 건설안전본부 이정훈 과장

## 1. 서론

매년 여름철만 되면 상·하수도 맨홀이나 아파트 오·폐수 처리장, 저장탱크 등 밀폐공간에서 산소결핍이나 유해가스 중독으로 인한 질식재해가 반복적으로 발생하고 있다. 기온이 상승하고 습기가 차기 때문에 밀폐공간에 미생물 번식이 활발해져 유해가스가 발생하고 산소결핍 현상이 일어나기 때문이다.

최근 10년간의 질식재해통계자료에 따르면, 2000년부터 2009년까지 밀폐공간에서 질식으로 189명이 사망하고 54명이 부상한 것으로 나타났다. 189명의 사망자중 80명(42.3%)은 여름철인 6월부터 8월 사이에 집중적으로 발생하여, 여름철 질식재해예방을 위한 각별한 주의가 필요하다.

〈질식재해 발생현황(2000~2009 단위 : 명)〉

구분	계	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
사망자 수	계	189	12	14	31	20	22	16	21	11	26
부상자 수	계	54	3	6	7	7	3	4	1	14	6

〈월별 질식 사망재해 발생현황(2000~2009 단위 : 명)〉

구분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
사망자수	계	189	9	8	9	15	13	28	31	21	18	15	8

## 2. 밀폐공간작업 질식에 대한 규정

〈산업안전보건법 산업보건기준에 관한 규칙 개정안(제12장 밀폐공간작업으로 인한 건강장해의 예방)〉

### 가. 밀폐공간이란

밀폐공간이란 근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간으로 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍, 유해가스로 인한 건강장해와 인화성 물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소

## 나. 재해발생원인

### (1) 물질의 산화작용

강재의 보일러, 반응기, 부력탱크, 사일로 등 소재의 산화·저장·운반 물질의 산화, 건설유의 산폐 등으로 공기 중의 산소가 빠르게 감소되어 그 내부에서 작업 등을 하는 근로자는 산소결핍에 의한 질식이 유발될 수 있다.

### (2) 미생물의 호흡작용

상하수도 맨홀, 정화조, 집수조, 펫트, 식품저장조, 발효탱크 등에 부패하거나 분해하기 쉬운 유기물이 들어있어 미생물 증식에 의한 호흡작용으로 산소를 급격히 소비하게 되고, 일산화탄소, 황화수소, 일산화탄소, 메탄 등의 유해가스를 발생시켜 그내부에서 작업하는 근로자는 산소결핍 또는 유해가스 중독으로 질식이 유발될 수 있다.

### (3) 치환가스의 사용

반응탕, 배관, 냉동고, 콘테이너 등에서 질소, 아르곤, 이산화탄소 등을 이용한 치환작업을 하는 장소 내부의 근로자는 산소결핍에 의한 질식이 유발 될 수 있다.

## 다. 밀폐공간 내 적정공기농도 기준

측정가스	기준농도
산소(O <sub>2</sub> )	18% ~ 23.5%
탄산가스(CO <sub>2</sub> )	1.5% 미만
황화수소(H <sub>2</sub> S)	10ppm 미만
기연성가스	하한치 10% 이하

## 라. 질식이란

생체 또는 조직에 산소 결핍이나 탄산가스 과잉으로 일어나는 상태로 단순질식과 화학적 질식으로 나누어 진다.

(1) 단순 질식 : 원래 가스 그 자체는 독작용이 없으나 공기 중에 많이 존재하면 산소분압을 저하시켜 조직에 필요한 산소공급의 부족하게 되는 작용

1. 질식가스의 종류 : H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO<sub>2</sub> 등

(2) 화학적 질식 : 혈액중의 혈색소와 결합하여 산소운반능력을 방해, 조직 중의 산화효소를 불활성화 시켜 유발되는 작용

1. 질식가스의 종류 : 일산화탄소(CO), 아닐린, 니트로소아민, 아비산(AsH<sub>3</sub>), 황화수소(H<sub>2</sub>S), 오존(O<sub>3</sub>), 염소(Cl<sub>2</sub>), 포스겐(COCl<sub>2</sub>) 등

## 마. 밀폐공간별 작업의 종류

밀폐공간명	내부모습	작업종류
맨홀내부 (상수도)		<ul style="list-style-type: none"> <li>상수도관 보수</li> <li>노후변실 보수</li> <li>노후배관 도색</li> <li>유량계 설치</li> <li>노후관 교체</li> <li>배수지청소</li> <li>방수·도장작업</li> <li>양수작업</li> <li>기타 점검·보수작업</li> </ul>
맨홀내부 (하수도)		<ul style="list-style-type: none"> <li>하수관로 보수</li> <li>하수관 준설</li> <li>맨홀내 인버터작업</li> <li>기존관 연결작업</li> <li>수밀시험</li> <li>방수·도장작업</li> <li>양수작업</li> <li>기타 점검·보수작업</li> </ul>
하수처리장		<ul style="list-style-type: none"> <li>하수(오수) 관거 설치</li> <li>맨홀 설치 및 보수작업</li> <li>침사지 준설·보수작업</li> <li>탈수기동 준설·보수작업</li> <li>토출정 준설·보수작업</li> <li>탈취기 슬러지 청소</li> <li>방수·도장작업</li> <li>양수작업</li> <li>기타 점검·보수작업</li> </ul>
음식물 처리시설		<ul style="list-style-type: none"> <li>틸리액저장조 보수·점검</li> <li>반입저장호퍼 투입작업</li> <li>슬러지 청소</li> <li>기타 점검·보수작업</li> </ul>

## 3. 재해발생 사례

### 가. PLC ROOM 내부작업 : (사망 3명)

2009년 5월 7일(목) 연구개발추진반 소속 전기정비 담당자인 피재자가 13:30분경 QSS활동(혁신활동)에 참여하기 위하여 유통로 16층 가스 분석실로 가는 도중 전날(2009.05.06일) HCI 샘플러 PLC ROOM 양압용 질소주입배관 설치작업이 완료되어 질소가스가 주입되고 있던 HCI 샘플러 PLC ROOM 내부로 가서 점검 등의 작업을 하던 중 질소가스에 질식하여 쓰러진 피재자를 동료작업자가 14:40분경 발견하고 119에 신고하여 병원으로 후송하였으나 사망한 제대로 조치되는 재해임

### 나. 폐수처리시설에서의 질식사고(사망 1명, 부상 1명)

2009년 1월 경기도 소재 폐수 폐수처리시설에서 설비 충축을 위해 폐수 처리시설 내부 슬러지통을 수중펌프로 제거하는 과정에서 펌프 스크린이

이 물질로 막히자 이를 제거하기 위해 폐수조 내부로 들어갔다가 황화수소에 의한 질식으로 작업자 1명이 사망하고, 1명이 부상하고 사고가 발생했다.

#### **다. 양묘장 집수정에서의 질식사고(사망 2명)**

2009년 7월, 경기도 소재 꽃가꾸기 양묘장에서 집수정 물을 펌핑하는 펌프가 작동되지 않자 이를 확인하기 위해 작업자 1명이 맨홀 내부로 들어갔다가 산소결핍에 의한 질식으로 사망하고, 이를 구하러 들어간 동료작업자 1명이 추가로 사망했다.

#### **라. 폐용제 저장탱크에서의 질식사고(사망 1명, 부상 1명)**

2009년 6월, 인천광역시 소재 여객청사 디아싱 폐용제 저장탱크에서 탱크로리 차량을 이용해 폐용제를 펌핑(수정펌프)하는 작업중에 작업자가 수중펌프 위치를 옮기기 위해 지하탱크 내부로 들어갔다가 산소결핍에 의한 질식으로 1명이 사망하고, 이를 구조하러 들어간 동료작업자 1명이 질식으로 부상당했다.

### **4. 안전작업 절차**

#### **가. 작업전 사전조사**

- (1) 상하수도 맨홀 등 작업공간 내부 최소 작업인원 결정
- (2) 최소 작업시간, 작업방법 등 결정
- (3) 작업공간내 부식상태(산소결핍 발생) 확인
- (4) 작업공간내 유기물 유무(유해가스 발생) 등 확인

#### **나. 안전보건교육 실시**

- (1) 질식재해 위험성 및 예방 교육
  - 산소결핍 및 황화수소 위험성 및 증상
  - 맨홀 출입시 가스농도 측정방법
  - 환기방법
  - 안전장비 사용방법
  - 재해자 발생시 구조방법 및 응급처치 방법

#### **다. 산소농도 및 유해가스 농도 측정**

- (1) 측정가스 : 산소, 황화수소, 일산화탄소, 가연성가스
- (2) 작업공간이 부식되어 있거나 물이 고여 있는 경우 산소농도 부족상태를 의심
- (3) 작업공간에 유기물이 존재하여 부식되었거나 부식이 진행되고 있는 경우 유해가스 발생을 의심  
※ 심한 악취(계란썩는 냄새) 발생 → 황화수소존재
- (4) 맨홀 상부, 중간, 하부 지점별 농도 측정

#### **라. 환기실시**

작업장소에 따라 적합한 환기 방법, 환기량 적용

- 환기방법 : 급기시는 작업자 위로 급기구를 위치시켜 신선한 공기를 공급하고, 배기시에는 작업공간 깊숙이 배기구를 위치시켜 유해공기를 제거함
- 환기량 : 맨홀의 경우 기적의 5배 이상을 신선한 공기로 환기하고 오수 또는 하수맨홀 등과 같이 유기물 퇴적되어 있는 공간에는 작업중에 계속적으로 환기를 실시한다.

## 마. 감시인배치 및 인원점검

- (1) 작업 상황을 상시 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐 공간 외부에 배치
- (2) 밀폐공간작업 종사자에 대하여 출입마다 인원점검
- (3) 밀폐공간작업 출입구에 “관계자 외 출입금지” 표지
- (4) 밀폐공간 위험작업장과 외부 감시자 사이에 상시 연락할 수 있는 장비 또는 설비 구비

## 바. 재해자 구조요령

- (1) 밀폐공간작업 중 재해자 발생시 119 또는 동료작업자에게 구조요청
- (2) 작업공간 내 환기 실시
- (3) 공기호흡기 또는 송기마스크 착용 후 구조 실시

## 사. 구비해야 할 안전장비 종류

분야	장비명	사용용도	사용방법	사진(예)
산소 및 유해가스 농도 측정	산소농도 측정기	산소(O <sub>2</sub> )농도 측정	밀폐공간 안으로 휴대하여 들어가서 측정	
산소 및 유해가스 농도 측정	혼합 가스농도 측정기	산소농도측정 황화수소농도 측정 일산화탄소 농도 측정 가연성가스 (메탄) 측정	밀폐공간 외부에서 흡입 용 호스를 이용하여 측정	
환기	공기자활용 환기팬	밀폐공간내를 신선한 외부공기로 치환	플레시블 덕트를 연결하여 급기 또는 배기 방식으로 환기	
호흡용	공기호흡기	구조자 구조시 착용 환기가 어려운 장소 사용	공기압축용기로부터 안면마스크로 공기를 이송하는 호흡	
보호구	송기마스크		외부공기를 전동공기펌프로 흡입하고 공기이송관으로 연결된 마스크로 호흡	
출입 통제	관계자외 출입금지 표지판	밀폐공간작업장소에서의 작업자 이외 출입을 통제	밀폐공간작업장소 출입 구에 게시	
기타 안전 장비	무전기	감시자와 밀폐 공간내 작업자와의 상호연락	밀폐공간작업시 휴대	
	휴대용 랜턴	어두운 밀폐공간 작업장을 밝히기 위해 사용	밀폐공간작업시 휴대	

## 아. 응급조치요령(심폐소생술)

구조된 재해자가 호흡과 맥박이 없는 경우 구조대가 도착 할 때까지 심폐소생술을 실시한다.

## 5. 개선대책

- (1) 밀폐공간 등 산소결핍 우려 공간 내, 작업 시 작업시작전과 작업 중에 산소 및 유해가스 농도를 측정하고 측정값에 따라 환기 실시, 공기호흡기 등 충분한 안전조치를 취한 후 작업 실시
- (2) 산소결핍위험 및 유해가스 발생 작업 시에는 송풍기와 배풍기를 이용, 충분한 환기를 실시한 뒤 작업 실시, 유해가스 등이 계속적으로 발생할 우려가 있는 경우에는 작업 중에도 지속적으로 환기 실시
- (3) 현장내부에 대해 환기를 실시하기가 불가능 할 경우에는 작업자에게 공기호흡기 또는 송기마스크 등 호흡용보호구를 지급하여 착용토록 조치
- (4) 산소결핍 및 유해가스 발생위험이 있는 장소에서의 작업시에는 근로자의 안전을 위해 작업 전에 작업안전수칙, 사용하여야 할 보호구 및 장비, 사고 시 구조방법 및 응급처치 요령 등을 내용으로 하는 교육 실시
- (5) 산소결핍이 우려되는 밀폐 공간 내부의 작업 시에는 상시 작업 상황을 감시하여 이상 시 즉시 조치할 수 있는 감시인을 배치하여 1인이 단독 작업을 실시하지 않도록 조치
- (6) 특히 동료작업자가 질식하여 쓰러질 경우 호흡용보호구가 없으면 직접 구조하려 하지 말고 관리감독자 또는 119구조 대 등에 구조를 요청토록 교육

## 6. 결론

우선 산소결핍이 우려되는 밀폐공간에서는 작업할 때, 작업시작전과 작업 중에 수시로 산소 및 유해가스 농도를 측정하고 측정값에 따라 환기, 공기호흡기 등 충분한 안전조치를 취한다. 산소결핍 위험 및 유해가스가 발생했을 때에는 송풍기와 배풍기를 이용하여 충분히 환기를 시키고, 유해가스가 계속 발생할 우려가 있을 때에는 작업 중에도 지속적으로 환기를 실시한다.

환기시키기 어려운 공간에서 작업할 때에는 작업자에게 공기호흡기 또는 송기마스크 등 호흡용보호구를 지급하여 착용토록 하고 작업 안전수칙, 사용하여야 할 보호구 및 장비, 사고 시 구조방법 및 응급처치 요령 등 수시로 안전교육을 실시한다.

그리고 감시인을 배치하여 1인이 단독으로 작업하지 않도록 조치를 취해야 하며 특히 동료작업자가 질식하여 쓰러졌을 경우 관리감독자 또는 119구조대 등에 연락을 한 후 호흡용보호구를 착용한 뒤 구조해야 한다.