

1. 밀폐공간이란?

환기가 불충분한 상태에서 산소결핍(산소농도가 18% 미만인 상태), 유해가스로 인한 건강장애와 인화성물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소(「산업안전보건기준에 관한 규칙」 [별표18]에서 정한 장소)로서 밀폐공간은 반드시 현재 산소결핍 상태이거나 유해가스로 차 있는 상태만을 의미하지 않으며, 작업과정 중 산소결핍 환경이 조성될 수 있는 공간도 밀폐공간에 해당 된다.



〈 반응탑 〉



〈 곡물 Silo 〉



〈 선박 내부 〉



〈 음식물 저장 호퍼 〉



〈 주류발효탱크 〉



〈 식품발효 및 저장소 〉



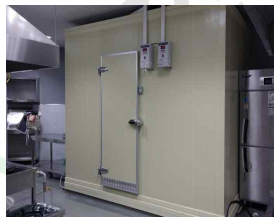
〈 하수처리장 침전지 〉



〈 정화조 〉



〈 분뇨처리장 〉



〈 냉동창고 내부 〉



〈 폐수침전조 〉



〈 반응기 〉



〈 원료저장탱크 〉



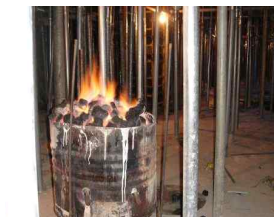
〈 용접·비파괴 배관 〉



〈 공기정화장치 〉



〈 지하피트 〉



〈 콘크리트 양생장소 〉



〈 바지선 부력탱크 〉



〈 하수도 맨홀 〉



〈 상수도 맨홀 〉

2. 밀폐공간의 건강장해

2.1 산소농도에 따른 생체반응

산소농도(%)	영향과 증상
15 ~ 19	열성적인 업무능력 감소, 신체조절기능 손상 및 심장, 폐순환기 장애자 초기증상 유발
12 ~ 14	호흡수 및 맥박 증가, 기능조절·지각·판단력의 손상
10 ~ 12	호흡이 더욱 빠르고 깊어지며 판단력 저하 및 입술 청색증
8 ~ 10	정신혼미, 어지럼증, 의식상실, 안면 창백, 청색입술, 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 생명을 잃을 가능성이 높다. 소생한계 내에서 구조된 경우 후유증으로 언어장애, 운동장애, 시야협착, 마취, 환각, 건망증 및 성격이상 등이 남게 되므로 사후관리가 필요하다. 이런 후유증은 10 ~ 20%의 저산소 공기에 장기간 노출된 경우도 잔존할 가능성이 있다.

2.2 일산화탄소(CO)농도와 인체영향

농도(ppm*)	노출시간	건강영향
5	20분	교차신경계 반사작용 변화
30	1시간	시각, 정신기능 장애
200	2~4시간	전두부 중강도의 두통
500	2~4시간	심한두통, 공포심, 시력장애, 허탈감
1,000	2~3시간	맥박이 빨라짐, 경련을 수반한 실신
2,000	1~2시간	사망

※ 일산화탄소(CO)의 노출기준은 1일 8시간 작업 시 30ppm

2.3 황화수소(H₂S)농도와 인체영향

농도(ppm)	노출시간	건강영향
50 ~ 100	1시간	가벼운 자극(눈, 기도)
200 ~ 300	1시간	신경쇠약, 상당한 자극
500 ~ 700	2분 ~ 1시간	의식불명, 사망
> 1,000	수분	의식불명, 사망

※ 황화수소(H₂S)의 노출기준은 1일 8시간 작업 시 10ppm

2.4 무산소공기의 위험성

무산소 공기를 호흡하면 호흡중추의 자극으로 흉부가 확장돼 무산소 공기를 다시 뱉어내는 동작을 할 수 없게 된다. 폐 속에 존재하는 산소는 무산소 공기로 점차 희석되어 폐 내 산소분압이 저하되고 폐 속 모세혈관 내 혈중 산소분압은 상승하지 않은 채로 뇌에 이송되는데, 이 때 뇌는 산소분압을 상실해 활동이 저하된다. 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 소생한계 내에서 구조된 경우라 해도 언어·운동장애·시야협착·마취·환각·건망증·성격이상 및 노이로제 등의 후유증이 생길 수 있다.

* ppm(part per million) : 물질의 농도나 그 존재비를 나타내는 단위로 1ppm은 100만분의 1(10⁻⁶)에 해당하는 농도를 나타낸다. 1%는 10,000ppm과 같은 농도가 된다.

3. 밀폐공간의 파악과 관리

3.1 밀폐공간의 파악

밀폐공간관리의 시작은 사업장내 어느 장소가 밀폐공간인지를 파악하고 이를 목록화 하는 것이다.

연번	공정명	작업장소		작업내용	작업빈도	담당부서	관리자
		명 칭	특이사항				
1			* 내부면적 및 환경조건, 유해가스의 종류 등을 기재				
2	ex) 오폐수 처리	저수조	1) 내부면적 : 20m ² 2) 유해가스종류 : H ₂ S	슬러지 제거	1회/월	공무팀	김XX

3.2 밀폐공간 출입금지 조치

파악된 밀폐공간에는 근로자가 잘 볼 수 있는 곳에 밀폐공간임을 게시하여 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 사업주 허락 없이 출입을 금지하여야 한다.
(산업안전보건기준에 관한 규칙 제622조 및 별지 제4호 서식)

※ 표지규격: 1) 가로 21cm 이상, 2) 세로 29.7cm 이상



3.3 보호장구 및 구조장비 구비

밀폐공간 작업을 하게 되는 부서나 팀별로 보호장구 및 구조장비를 구비하여야 한다.

분야	장비명	사용용도
산소 및 유해가스 농도 측정	산소농도 측정기	산소농도 측정
	혼합가스농도 측정기	산소 · 황화수소 · 일산화탄소 · 가연성가스(메탄) 농도 측정
환기	공기치환용 환기팬	밀폐공간 내부를 신선한 외부공기로 치환
호흡용 보호구	공기호흡기	밀폐공간내 재해자 구조 시 사용하거나, 환기가 어려운 장소 또는 작업 중에 유해가스 발생으로 질식위험이 있을 경우에 사용
	송기마스크 (에어라인 마스크)	
기타 안전장비	무전기	감시자와 밀폐공간내 작업자와의 상호연락
	휴대용 랜턴	조명 확보
	안전대 · 구명밧줄	재해자 구조용
	구조용삼각대	재해자 구조용

3.4 질식예방 교육 및 훈련

① 밀폐공간 작업을 하는 근로자를 대상으로 특별안전보건교육을 16시간 이상 실시하여야 한다.

〈밀폐공간에서의 작업 교육내용(산업안전보건법시행규칙 별표 8의2)〉

- 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항
- 사고 시의 응급처치 및 비상 시 구출에 관한 사항
- 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항
- 밀폐공간작업의 안전작업방법에 관한 사항
- 그 밖에 안전 · 보건관리에 필요한 사항

② 긴급상황 발생 시 대응할 수 있도록 비상연락체계 운영, 구조용 장비의 사용, 송기마스크 착용 등, 응급처치에 관하여 6개월에 1회 이상 주기적으로 훈련을 실시하고 결과를 기록 · 보존 한다.

4. 밀폐공간 작업 시 조치기준

4.1 산소 및 유해가스 농도 측정

밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 관리감독자, 안전관리자 및 보건관리자, 지정측정기관 등으로 하여금 산소농도 및 유해가스농도 등을 측정하게 하고 적절한 공기가 유지되고 있는지의 여부를 평가하여야 한다.

① 산소 및 유해가스 측정 시기

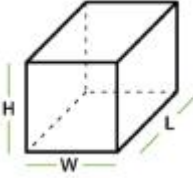
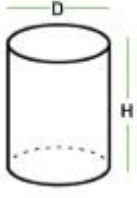
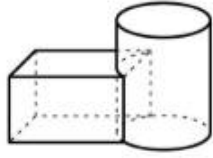
- 당일의 작업을 개시하기 전
- 교대자가 최초로 작업을 시작하기 전
- 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있을 때
- 근로자의 신체, 환기장치 등에 이상이 있을 때
- 장소를 떠났다가 돌아와 작업을 재개하기 전

4.2 밀폐공간 환기

환기는 밀폐공간내 공기상태를 적정공기 상태로 만들기 위한 수단이므로 밀폐공간내에서 이루어질 작업의 특성을 사전에 검토하여 환기방법을 결정하는 것이 중요하다.

※ 밀폐공간 작업 전 확인시 적절한 환기방법을 채택하고 있는지 충분히 검토하여야 한다.

① 밀폐공간 체적(m³)

구분	사각형(직사각형)	원통형	결합형
밀폐공간 형태			
체적(m³)	$H \times W \times L$	$\frac{3.14 \times D^2}{4} \times H$	사각형 체적 + 원통형 체적

② 송풍기 용량 및 가동방법

송풍기 용량	설치 기준	환기팬 정압 : 최소 40mmAq 이상 송풍관(덕트) 길이 : 15m 이하 또는 환기팬 제조사 권장 기준 준수
	용량	밀폐공간 체적(m³)의 40%에 해당하는 송풍기(m³/min) 선정 ※ 시간당 공기 교환율(ACH) 20회 및 송풍기 효율 80% 기준 적용
급기 시간	작업 전	밀폐공간 출입 전 15분간 급기 실시
	작업 후	작업자 출입 후 종료 시 까지 계속 급기

4.3 밀폐공간 작업관리

① 감시인의 배치

- 상시작업 상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치한다.
- 감시인은 밀폐공간내 근로자에 이상이 있을 때 구조요청 등 필요한 조치를 하여야 한다.

② 인원의 점검

- 밀폐공간 작업 시 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시킬 때마다 인원을 점검하여야 한다.

③ 연락체제 구축

- 밀폐공간 작업자와 감시인 사이에 상시 연락할 수 있는 장비 및 설비를 갖추어야 한다.



〈감시인 배치 및 인원 점검〉

5. 응급조치 요령

5.1 질식 재해자 구조 절차

- 밀폐공간에서 작업자가 쓰러진 것을 발견한 즉시 119나 안전관리부서에 연락한다.
- 재해자를 구조하기 위해 공기호흡기나 송기마스크를 착용한다.
- 자칫 호흡용 보호구(공기호흡기, 송기마스크) 없이 밀폐공간 내부로 들어갔다가는 구조자 또한 위험해 질 수 있다. 밀폐 공간 재해자의 상당수는 보호장구 없이 들어간 구조자였음을 기억해야 한다.
- 밀폐공간 내부의 공기상태가 안전한지 확인할 수 없거나 적절한 호흡용보호구가 없다면 밖에서 119구조대가 올 때까지 기다린다.

5.2 심폐소생술(CPR) 시행방법

반응의 확인	신 고	가슴압박 30회 시행	인공호흡 2회 시행	무한 반복
				
환자의 어깨를 가볍게 두드리며 의식여부를 확인하고 호흡상태를 관찰한다.	주변의 한사람을 지목하여 119 또는 안전관리부서에 신고하도록 요청한다.	가슴압박은 분당 100~120회의 속도와 약 5cm 깊이로 강하고 빠르게 시행한다.	환자의 기도를 개방하고 손으로 코를 막은 다음, 입으로 가슴이 올라올 정도로 숨을 불어 넣는다.	가슴압박 30회와 인공호흡 2회를 구조팀이 도착하기 전까지 무한 반복하여 시행한다.

5.3 자동제세동기(AED) 사용법

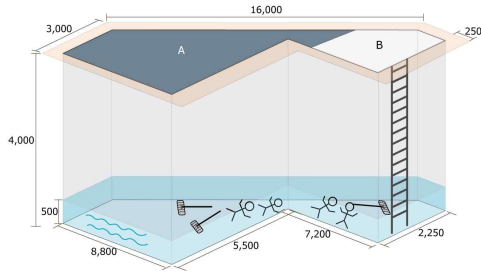
전원 켜기	패드 부착	심장리듬 분석	심장충격 시행	심폐소생술 재시행
				
자동제세동기를 심폐소생술에 방해가 되지 않는 위치에 놓은 뒤에 전원 버튼을 누른다.	한 개의 패드는 오른쪽 빗장뼈 아래에 나머지 패드는 왼쪽 젖꼭지 아래의 중간 겨드랑선에 부착한다.	심장리듬 분석 음성안내가 나오면, 심폐소생술을 멈추고 환자에게서 손을 떼다.	심장충격 버튼이 깜빡이면 버튼을 눌러 심장충격을 시행한다. ※ 작동 전에 환자와 떨어진다.	심장충격을 실시한 뒤에는 즉시 가슴압박과 인공호흡을 30:2로 다시 시행한다.

※ 반드시 심정지 환자에게만 사용하기 바랍니다.

【중대재해사례】

I. 재해발생개요

오포수 처리장에서 저수조 슬러지를 제거하기 위해 근로자들이 저수조 내부에 들어가 밀대로 음식물 슬러지를 한 곳으로 모으는 작업을 하던 중, 누출된 황화수소 가스에 근로자들이 중독 사망 또는 부상당한 재해임.



〈 재해상황도 〉

II. 재해발생원인

- 작업 전 저수조 내부 유독가스 농도 미측정
- 송기마스크 등 보호구 미착용
- 외부 공기의 유입 미비

III. 재발방지계획

- 작업시작 전 저수조 내부 산소농도 및 유독가스 농도 측정 실시
- 송기마스크 등 호흡용 보호구 착용 철저
- 송기팬 등을 이용하여 지속적으로 외부 공기 유입

IV. 관련 법 규

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙

제619조제2(산소 및 유해가스 농도의 측정) ① 사업주는 밀폐공간에서 근로자에게 작업을 하도록 하는 경우 미리 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자로 하여금 해당 밀폐공간의 산소 및 유해가스 농도를 측정하여 적정공기가 유지되고 있는지를 평가하도록 하여야 한다.

1. 관리감독자
2. 법 제15조제1항에 따른 안전관리자 또는 법 제16조제1항에 따른 보건관리자
3. 법 제15조제4항에 따른 안전관리전문기관
4. 법 제16조제3항에 따라 준용되는 법 제15조제4항에 따른 보건관리전문기관
5. 법 제42조제4항에 따른 지정측정기관

② 사업주는 제1항에 따라 산소 및 유해가스 농도를 측정한 결과 적정공기가 유지되고 있지 아니하다고 평가된 경우에는 작업장을 환기시키거나, 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하는 등 근로자의 건강장해 예방을 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

제620조(환기 등) ① 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 곤란한 경우에는 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하고 환기하지 아니할 수 있다.

② 근로자는 제1항 단서에 따라 지급된 보호구를 착용하여야 한다.

※ 자료출처: 안전보건공단 홈페이지 홈 > 자료마당 > 산업재해통계 > 국내 재해사례 > 질식, 중독

안전보건교육일지

결
재

교육일시	년 월 일 : ~ : (시간)						
사업 내 안전보건교육 (산안법 시행 규칙 제33조 제1항 관련)	교육과정	교육대상			교육시간		
	□ 정기교육	사무직 종사 근로자			매분기 3시간 이상		
		사무직 종사 근로자 외의 근로자	판매업무에 직접 종사하는 근로자		매분기 3시간 이상		
			판매업무에 직접 종사하는 근로자 외의 근로자		매분기 6시간 이상		
	□ 채용 시	일용근로자			1시간 이상		
		일용근로자를 제외한 근로자			8시간 이상		
	□ 작업내용 변경 시	일용근로자			1시간이상		
		일용근로자를 제외한 근로자			2시간이상		
	□ 특별교육	별표8의 2 제1호 라목 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업에 종사하는 일용근로자			2시간이상		
		별표8의 2 제1호 라목 각 호의 어느 하나에 해당하 는 작업에 종사하는 일용근로자를 제외한 근로자			- 16시간 이상 (최초 작업에 종사하기 전 4시간 이상 실시하고 12시간은 3개월 이내에서 분할하여 실시 가능) - 단기간 또는 간헐 작업 2시간 이상		
교육인원	구 분	계	남	여	비 고		
	대 상 인 원				【교육참석자 명단】 참조		
	참 석 인 원						
교육제목	밀폐공간 위험성 및 안전작업방법						
교육내용	1. 밀폐공간이란? 2. 밀폐공간의 건강장해 3. 밀폐공간의 파악과 관리 4. 밀폐공간 작업 시 조치기준 5. 응급조치 요령 ※ 중대재해사례						
교육장소 및 실시자	교육장소	직 명			성 명		

〈 교육 참석자 명단 〉

연번	소속	성명	서명	연번	소속	성명	서명
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			