

안전보건 VR(가상현실) 교안 [질식 재해 예방]

밀폐공간작업

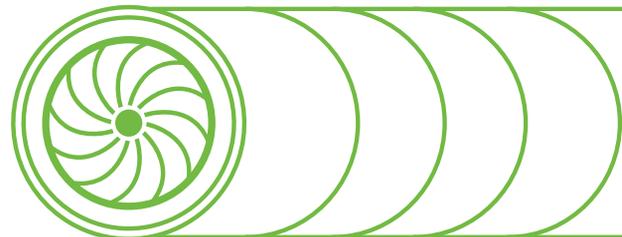


Contents



밀폐공간작업

1. 밀폐공간의 정의 및 종류	03
2. 질식 개요 및 발생원인	09
3. 유형별 질식재해 사례	20
4. 밀폐공간 질식재해 예방 대책	25



1

밀폐공간의 정의 및 종류



[질식 재해 예방]

1

밀폐공간의 정의 및 종류

▶ 밀폐공간(Confined Space)이란?

- ▶ 근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간으로 환기가 불충분한 공간
- ▶ 산소결핍*, 유해가스**로 인한 질식, 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 산업안전보건 기준에 관한 규칙 별표 18에서 정한 장소(18개 작업장소)

* 산소결핍 : 공기 중의 산소농도가 18% 미만인 상태

** 유해가스 : 밀폐공간에서 탄산가스, 일산화탄소, 황화수소 등 기체로서 인체에 유해한 영향을 미치는 물질



▶ 적정 공기농도 기준

보통 공기

산소 21%, 질소 78%, 기타 1%

적정한 공기

산소농도(O₂)의 범위 : 18% 이상 23.5% 미만

탄산가스(CO₂)의 농도 : 1.5% 미만

일산화탄소(CO)의 농도 : 30ppm 미만

황화수소(H₂S)의 농도 : 10ppm 미만

※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조 규정

유해 가스

탄산가스, 일산화탄소, 황화수소 등의 기체로서 인체에 유해한 영향을 주는 물질





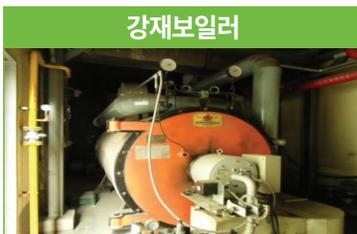
▶ 밀폐공간의 종류

밀폐공간 작업장소 예시 (산업안전보건기준에 관한 규칙 별표18, 18개 장소)

- ① 케이블, 가스관 등 지하 매설물 수용을 위한 암거, 맨홀 또는 피트의 내부
- ② 빗물·하천 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통, 암거, 맨홀, 피트의 내부
- ③ 장기간 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑이나 산화하기 쉬운 시설의 내부
- ④ 건성유를 함유하는 페인트로 도장되어 페인트가 건조되기 전에 밀폐된 지하실, 창고, 탱크 등 통풍이 불충분한 시설의 내부
- ⑤ 곡물, 사료의 저장용 창고, 과일숙성용 창고, 곡물 등 적재한 선창 내부 등
- ⑥ 분뇨, 폐수, 오수 등이 들어 있는 정화조, 침전조, 집수조 등 내부
- ⑦ 헬륨, 질소 등 불활성기체가 들어있거나 있었던 탱크, 배관 등의 내부 등
- ⑧ 갈탄, 목탄, 연탄난로를 이용한 콘크리트 양생장소 등
- ⑨ 화학물질이 들어있던 반응기·탱크 내부, 유해가스가 들어있던 배관·집진기 내부
- ⑩ 산소농도 18% ↓ 23.5% ↑, 탄산가스 1.5% ↑, CO 30ppm ↑, H₂S 10ppm ↑ 장소내부
- ⑪ 근로자가 상주(常住)하지 않는 공간으로서 출입이 제한 되어있는 장소의 내부

※ 추가 밀폐공간 작업장소는 「산업안전보건 기준에 관한 규칙」 [별표18] 참조

장기간 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑



1

밀폐공간의 정의 및 종류

밀폐공간의 종류

공기 중의 산소흡수 물질이 있는 탱크, 호퍼 등의 저장시설

음식물 저장 호퍼



음식물 반입 저장조



활성탄 여과탑

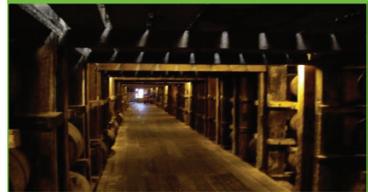


숙성용·발아용 창고, 사일로, 기타 곡물저장 창고

곡물 저장 창고 & 사일로



숙성용 창고



간장·주류·효모 등 발효용 탱크(저장조), 창고, 양조주

주류 탱크



발효용 탱크



단무지 발효조



분뇨·오니 등 부패되는 물질이 있는 정화조, 탱크, 맨홀

정화조



가축 분뇨 처리장



슬러지 인발 맨홀





▶ 밀폐공간의 종류

드라이아이스를 사용하는 냉장고, 냉동고, 냉동 컨테이너



화학물질이 들어 있던 반응기 및 탱크



아르곤, 질소 등 불활성기체가 들어 있는 설비의 내부



유해가스가 들어 있던 배관이나 집진기



1

밀폐공간의 정의 및 종류

밀폐공간의 종류

상수도 맨홀, 선박 부력탱크, 지하공간 등

상수도 맨홀



선박 부력탱크



지하 피트



콘크리트 보온·양생 작업 시 CO 중독

콘크리트 보온



양생을 위해 갈탄 사용



갈탄 co 농도 측정



2

질식 개요 및 발생원인



[질식 재해 예방]

2 질식 개요 및 발생원인

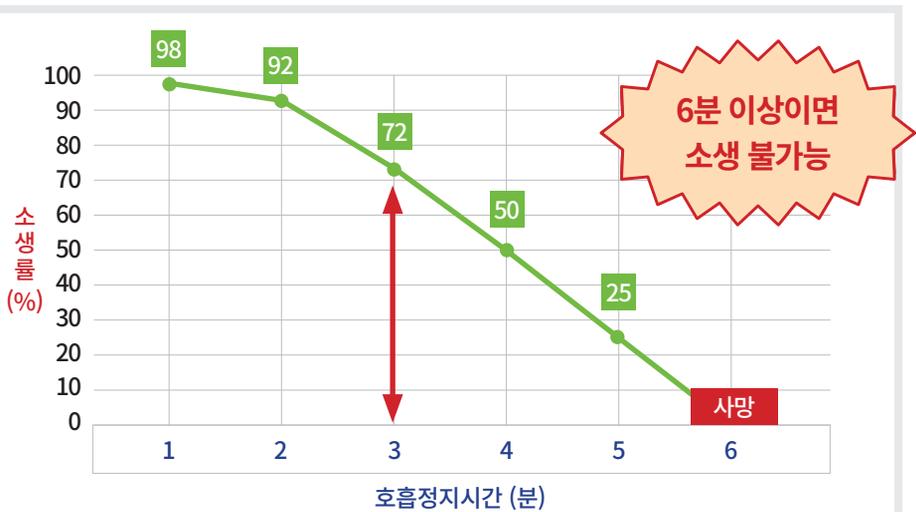
▶ 질식(Asphyxia)이란?

- ▶ 정상적으로 숨을 쉬지 못해 인체에 산소공급이 심하게 부족한 상태
 - 정상적으로는 산소가 부족하면 이산화탄소가 증가하여 호흡중추를 자극
 - 즉시 산소공급이 재개되지 않으면 의식을 잃고 뇌 손상이 되어 사망

산소결핍의 인체 영향



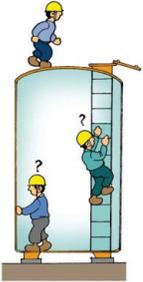
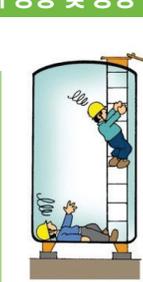
뇌 신경 세포에 치명적 손상
- 언어장애, 운동장애
- 시야장애, 건망증





산소결핍

- ▶ 산소결핍 : 공기중의 산소 농도가 18% 미만인 상태
- ▶ 산소결핍증 : 산소가 부족한 공기를 호흡함으로써 생기는 증상

산소농도별 인체 영향 및 증상					
					
산소농도 18% 이상 안전한계	산소농도 16% 호흡 및 맥박의 증가, 두통, 메스꺼움	산소농도 12% 어지러움, 구토, 근력저하, 추락	산소농도 10% 안면창백, 의식불명, 기도폐쇄	산소농도 8% 실신, 혼절 (8분 이내 사망)	산소농도 6% 순간실신, 호흡정지, 경련 (5분 이내사망)

산소결핍 시 인체 반응



? 작업자는 왜 밀폐공간에서 목숨을 잃을까요?

! 산소가 부족하거나 유해가스가 발생 되는 장소에서 **당신이 숨을 쉬었기 때문!**

- ▶ 밀폐공간의 살인인자 산소결핍.
산소결핍 상황에서 우리인체가 어떻게 반응하는지 알아 보자.

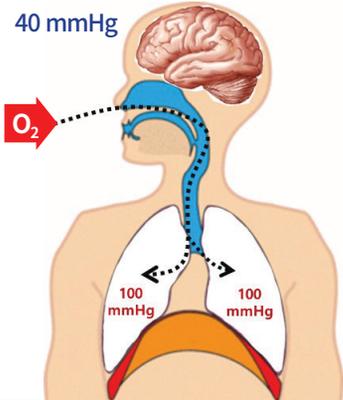
2 질식 개요 및 발생원인

▶ 우리 몸은 산소공급 시스템을 갖추고 있다

대기(정상공기)

! 대기압 : 760 mmHg
산소농도 : 21%

▶ 산소분압
= 760 mmHg x 21%
= 159 mmHg

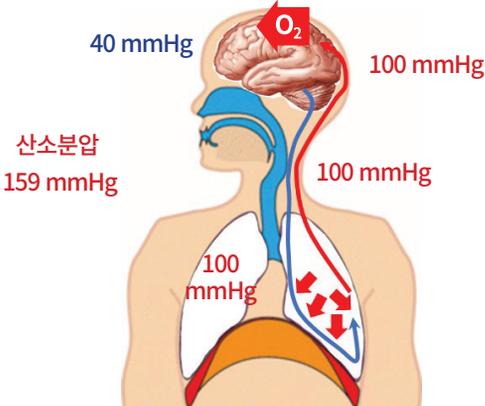


▶ 뇌의 산소분압
40 mmHg

▶ 대기에서 숨을 쉬고 있으면 인체 반응은?

대기에서 호흡

! 숨만 쉬면,
기관의 산소 분압차로 인해
폐(100)에서 뇌(40)로
산소가 압력 차이로 인해
저절로 밀려 들어옴
(물이 높은 곳에서
낮은 곳으로 흐르듯..)



산소분압
159 mmHg

40 mmHg

100 mmHg

100 mmHg



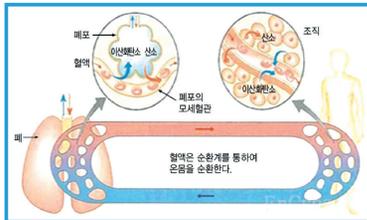
▶ 잠깐! 체내의 산소분압이 왜 100 mmHg 일까?

폐포 속의 기체압은 ① 폐포와 모세혈관 사이 지속적인 기체 교환과 ② 폐포 속 공기는 수증기로 포화되어 있어 대기압과 다르다.

? 폐포의 산소분압

$$= \text{흡기의 산소분압} - \frac{\text{폐포의 이산화탄소 분압}}{\text{호흡상수[R]}}$$

$$= [(P_B - P_{H_2O}) \times F_{iO_2}] - P_{aCO_2} / R$$



폐포 & 조직에서 기체교환

Where, P_B : 대기압(760 mmHg), P_{H_2O} : 수증기압(47 mmHg)

F_{iO_2} : 흡입산소, P_{aCO_2} : 정상인 경우 약 40 mmHg

R : 호흡상수($F_{iO_2} < 0.9$ 이면 0.8, $F_{iO_2} > 0.9$ 이면 1.0)

$$= [(760 - 47) \times 0.21] - 40 / 0.8 \approx 100 \text{ mmHg}$$

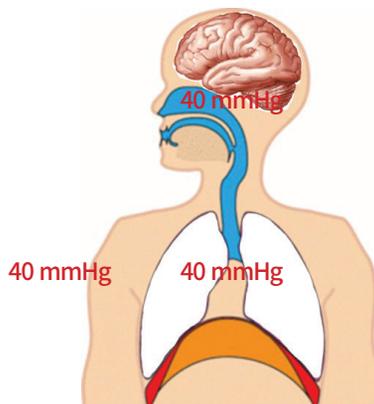
※ 호흡은 혈관막의 압력, 혈류의 흐름 등 복합적 요인에 의해 영향을 받지만, 여기서는 "단순한 공기의 산소와 CO2의 분압 차에 의해 이뤄진다는 가정" 하에 설명한 것임.

▶ 여기서, 숨을 쉬지 않으면(숨을 참고 있으면) 어떻게 될까?

대기에서 무호흡

! 폐포의 분압 40
= 뇌의 산소분압 40

최소한 몸 안의 산소가 빠져 나오지 않음.
(물속에서 숨을 참듯이...)



2

질식 개요 및 발생원인

▶ 만약, 대기중 산소농도가 1%라면?

산소농도 1%



산소분압

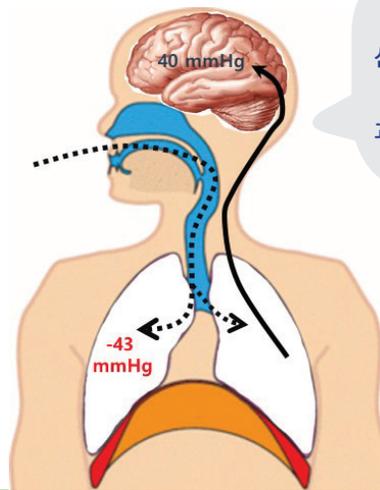
$$760 \times 1\% = 7.6 \text{ mmHg}$$

폐포의 산소분압이
100 에서 -43 으로 낮아지고,
뇌의 산소분압이
더 높아지므로(-43<40)
뇌로 산소가 전달되지 않음

폐포의 산소분압

$$= [(760 - 47) \times 0.01] - 40 / 0.8$$

$$\approx -43 \text{ mmHg}$$



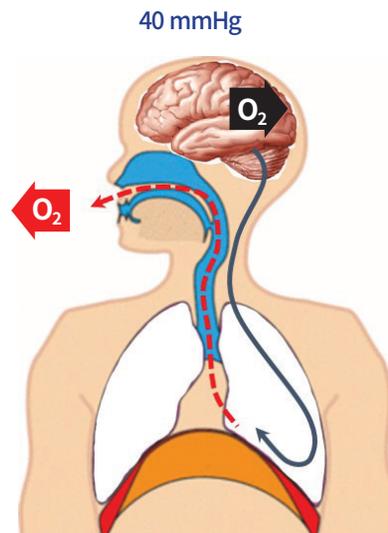
뇌는 잠시라도
산소공급이 이루어
지지 않으면
과사하기 시작한다

산소농도 1%에서 호흡



뇌의 산소분압 40, 폐포의
산소분압 -43 이기 때문에,
역전현상이 일어나 뇌의
산소가 오히려 몸에서
빠져 나간다.

즉, 산소가 부족한 공간에서
한숨을 쉰다는 것은,
뇌 안의 산소를 짝 뽑아 내는
것과 같은 효과
⇒ 결국, 질식사망





산소결핍 및 유해가스가 발생한 밀폐공간에서 한번 숨을 쉬는 것은

컴퓨터 전원을 갑자기 뽑는 것과 같다



그래서, **질식재해 = 즉사** **즉사 (即死)**
[명사] 그 자리에서 바로 죽음

산소결핍이 발생하는 이유는?

① 물질의 산화작용

저장용 탱크 소재의 산화, 저장 또는 운반물질이 산화되면 공기 중의 산소가 빠르게 감소되므로 질식이 일어날 수 있다.

- ▶ 탱크 기타 소재의 산화: $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$
 - ⇒ 강재의 보일러, 탱크 반응탑, 압력용기, 반응기, 열교환기, 선창 등
- ▶ 저장, 운반중인 **물질의 산화**
 - ⇒ 탱크, 호퍼, 사일로 등의 내부
- ▶ **도료**의 산소 소비
 - ⇒ 환기가 불충분한 장소에서의 도장



2 질식 개요 및 발생원인

산소결핍이 발생하는 이유는?

2 미생물의 호흡작용

미생물 증식, 유기물의 부패, 미생물-절임식품·곡물 등의 발효, 목재의 호흡작용 등의 과정에서 산소가 소모되어 산소결핍 상태를 만들 수 있다.

▶ 생체(수분 제외) 1kg 기준, 세균의 산소(1,200,000ml) 소모(사람의 6,000배)

⇒ CO₂, CH₄, H₂S 등 유해가스 발생

유기물(C,H,O,N,S) +(결합산소)	증식 세포 + CH ₄ + CO ₂ + H ₂ S + NH ₃ + 기타	※ 하수처리 슬러지 혐기성 분해 (미국 미네소타 소재 기관 실험)
<ul style="list-style-type: none"> • 분뇨 • 펄프액 • 하수(오니) • 슬러지 • 기타 유기물 	<ul style="list-style-type: none"> • CH₄ : 60~65% • 기타(H₂S, NH₃, H₂, N₂, H₂O 등) : 5~10% • 음식물 침출수, 분뇨폐수, 정화조 오니 중 H₂S 1,000ppm 이상 존재 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ : 30~35%

산소결핍이 발생하는 이유는? (미생물 호흡작용 H₂S 발생기전)

1단계 유기물 유입	
<ul style="list-style-type: none"> • 오수, 하수 유입구로 각종 유기물 유입 • 가스농도(예측) 산소 21% 황화수소 0ppm 	
<ul style="list-style-type: none"> • 호기성 미생물에 의한 산소 소모 • 가스농도(예측) 산소 10~20% 황화수소 1~10ppm 	
<ul style="list-style-type: none"> • 황산염환원 세균의 유기물 분해에 의한 황화수소 발생 • 가스농도(예측) 산소 10% 미만 황화수소 10ppm 이상 	
<ul style="list-style-type: none"> • 오니, 슬러지층 등의 교반(파괴)에 의한 용존 H₂S 다량 노출 • 가스농도(예측) 산소 10% 미만 황화수소 300ppm 이상 	



▶ 산소결핍이 발생하는 이유는?

2 미생물의 호흡작용

- ▶ **유기물의 부패**
 - ⇒ 우수, 유수 등이 체류했던 케이블 또는 가스관용 암거, 맨홀, 피트의 내부
- ▶ **미생물의 발효**
 - ⇒ 항온실, 양조조(간장, 식초)의 내부
- ▶ **절임식품, 야채, 곡물 등의 발효**
 - ⇒ 단무지와 오이지 저장조, 야채 항온실, 사일로, 창고, 선창의 내부
- ▶ **목재의 호흡작용**
 - ⇒ 선창, 호퍼 등의 내부



3 불활성 가스의 사용

외부 공기를 차단하여 화재·폭발 또는 설비 보호 목적으로 불활성 가스를 채워 두거나 사용하는 장소 및 가스 분출로 인해 질식재해 위험이 있다.

- ▶ **화재·폭발 예방을 위한 질소 등의 봉입**
 - ⇒ 질소치환을 실시하는 반응탑, 배관 등
- ▶ **기타 질소, 이산화탄소 등의 이용**
 - ⇒ 질소치환을 실시하는 각종 저장탱크, 불활성 가스를 이용한 용접 등
- ▶ **가스의 분출, 돌출**
 - ⇒ 메탄, 이산화탄소를 용출하는 광산, 탄광, 지층의 수직갱, 피트 등의 내부 또는 이산화탄소, 프레온 등의 소화설비를 갖춘 지하실 등



2 질식 개요 및 발생원인

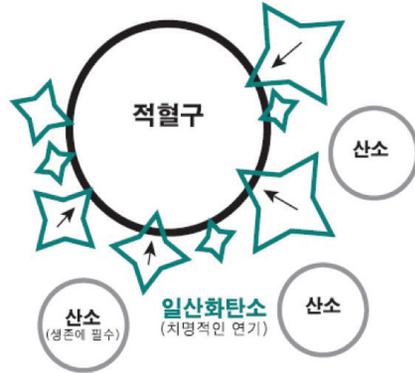
일산화탄소(CO) 중독 발생 기전

CO 특성

- ▶ 무색 무취 가스로 불완전 연소 시 발생

일산화탄소 중독 기전

- ▶ 고농도의 일산화탄소 흡입 시 혈액 속의 헤모글로빈과 결합하여 헤모글로빈의 산소 운반기능을 뺏어버림
⇒ 뇌에 산소 전달이 안되어 즉사



황화수소(H₂S) 중독 발생기전

황화수소 특성

- ▶ 황 냄새의 무색기체로 독성이 상당히 강해 농도가 0.1 ~ 0.2%에 이르면 즉사 (고농도일 경우 후각 마비 ⇒ 냄새 못 느낌)
⇒ 그냥 위험장소에 들어감)

황화수소 중독 기전

- ▶ 몸 속 세포 호흡에 관여하는 미토콘드리아에 붙어 산소 호흡을 방해하는 화학적 질식제 역할
⇒ 세포에 산소 전달이 안되어 즉사

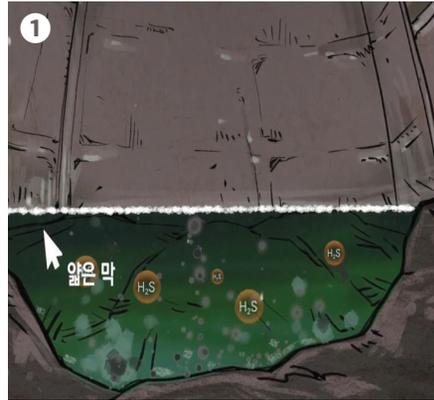




황화수소는 왜 위험할까?

거품 현상(Soda Can Effect) 때문!

- ▶ 콜라 등 소다수를 흔들어 뚜껑을 열면 갑자기 거품이 확 나오듯
- ▶ 특히, 여름철 오폐수(고인 물, 썩은 물)에는 자연적으로 다량의 황화수소, 암모니아 등이 녹아 있고
- ▶ 오폐수 표면을 덮은 얇은 막(스컴층)이 막고 있어서 평상 시 황화수소 등이 거의 발생하지 않음

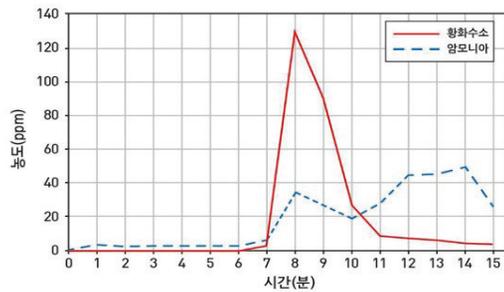


거품 현상(Soda Can Effect)

- ▶ 오폐수에 한 발을 딛는 순간 물 표면을 덮은 얇은막(스컴층)이 파괴되면서 노출기준의 최소 50배 이상 다량의 황화수소 등이 밖으로 터져 나와 급격히 농도가 증가하는 현상



거품효과에 따른 시간대별 유해물질 발생추이



3

유형별 질식재해 사례



[질식 재해 예방]

3 유형별 질식재해 사례

▶ 죽음을 부르는 밀폐공간은 어디일까?

질식 3대 위험장소

<p>1</p> <p>맨홀, 하수처리시설</p>  <p>산소결핍, 이산화탄소</p>	<p>2</p> <p>양돈, 축산 농가</p>  <p>황화수소(H₂S)</p>	<p>3</p> <p>건설현장 콘크리트 양생</p>  <p>일산화탄소(CO)</p>
--	--	---

▶ 맨홀에서의 질식재해 사례

<p>사망 1명</p> <p>도로상 맨홀 내부에 오수·우수 조절밸브 시험 가동을 위해 사다리 내려가던 중 산소결핍으로 맨홀 하부로 추락</p>		<p>사망 2명</p> <p>하수관거 정비공사 현장 에서 이물질로 막힌 하수 관로 정비 작업을 위해 오수 맨홀로 들어갔다 H₂S 중독되어 쓰러짐</p>	
<p>사망 2명</p> <p>중계 펌프장 저류조 내부 슬러지 청소 작업 물량 확인을 위해 하부(4m)로 내려가 확인 후 올라 오는 중 H₂S 중독</p>	 <p>1명 구조 작업 중 사망</p>	<p>사망 2명</p> <p>상수도 맨홀 내 상수도관 파열로 해당 밸브를 잠그기 위해 내부로 들어 갔다 산소결핍에 의한 질식으로 사망</p>	 <p>1명 구조 작업 중 사망</p>

3 유형별 질식재해 사례

▶ 하수처리시설에서의 질식재해 사례

사망 1명, 부상 4명

아파트 하수처리 시설 폐쇄를 위해 정화조 내부에서 오물제거 작업을 하던 중 H₂S 중독에 의한 질식



4명 구조 작업 중 부상

사망 2명, 부상 3명

하수중계 펌프장 밸브조 내 하수관 교체 작업을 위해 게이트 밸브 개방 중 오수가 용출하여 황화수소에 질식



1명 구조 작업 중 사망

부상 3명

하수처리장 약품 용해조에 폴리머를 넣는 작업 중 황화수소로 추정되는 물질로 인한 중독 질식



3명 구조 작업 중 부상

사망 1명

축산분뇨 혐잡물 종합처리 기* 저류 탱크 내 황화수소에 의한 중독
* 혐잡물 및 침사물 등을 함께 처리 하는 설비



▶ 양돈농가에서의 질식재해 사례

사망 2명, 부상 1명

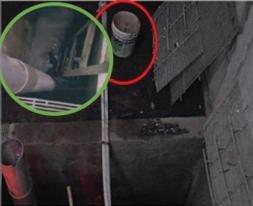
양돈농장에서 분뇨 슬러지 피트 내부 바닥의 슬러지 처리 작업을 하기 위해 2명이 들어갔다가 황화수소에 중독



1명 구조 작업 중 부상

사망 2명

양돈농장에서 분뇨 슬러지 처리 작업을 하기 위해 들어갔다가 황화수소에 중독



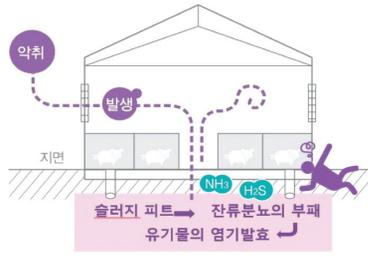
1명 구조 작업 중 사망

사망 4명

양돈 농장에 있는 집수조에서 관로의 이물질 제거를 위해 관로 안의 돈분을 제거 작업 중 황화수소에 의한 중독



2명 구조 작업 중 사망





▶ 건설현장에서의 질식재해 사례

<p>사망 2명, 부상 1명</p> <p>콘크리트 보온·양생 용도로 설치한 갈탄 난로의 관리 및 양생 상태 확인 작업을 하던 중 일산화탄소(CO)에 중독 질식</p>		<p>사망 2명</p> <p>아파트 옥탑 2층 Con's 타설 후 보온·양생용으로 피워 놓은 드럼난로의 숯탄을 보충작업 중 CO에 중독 질식</p>	
<p>사망 2명</p> <p>가솔린 엔진 작동형 양수 펌프의 연료 체크를 위해 지하 펌프장으로 들어가 연료 연소 시 발생한 CO에 중독 질식</p>		<p>사망 1명, 부상 2</p> <p>터널 개착 구간에서 SHEET 방수 작업을 위해 톨루엔이 다량 함유된 아스팔트 프라이머 도포 작업 중 톨루엔 중독</p>	

▶ 불활성 가스, 부식 등에 의한 질식재해 사례

<p>사망 4명</p> <p>플랜트의 냉각탑 내부에서 4명이 내장재(충전재) 교체 작업 중 탑 내부로 유입된 질소에 의한 산소 결핍으로 질식</p>		<p>사망 1명</p> <p>반응기 내부 청소 및 너트와 와셔의 이탈 여부를 확인 하기 위해 반응기 내부로 들어갔다가 산소 결핍에 의한 질식</p>	
<p>사망 1명</p> <p>SUS 배관 용접 후 배관 내부에 머리를 숙이고 용접상태를 확인하다 충전된 아르곤 가스로 인한 산소결핍으로 질식</p>		<p>사망 2명</p> <p>바지선 부력탱크의 내부 점검을 위해 2명이 맨홀로 내려가 작업 중 밀폐 공간 내부 철 부식에 의한 산소 결핍으로 질식</p>	

3

유형별 질식재해 사례

▶ 질식즉사 위험공간

죽은 공기

1

산소결핍

(산소농도가 18% 미만)

2

황화수소 등

(산소배분 기능을 저해하는 물질)

3

일산화탄소 등

(혈액 중 산소운반능력 방해하는 물질)



4

밀폐공간 질식재해 예방 대책



[질식 재해 예방]

4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

▶ 밀폐공간 내 환기기준 및 절차

- ▶ 밀폐공간에서 유해가스 제거, 적정 산소농도 유지를 위해 작업 시작 전 밀폐공간 체적의 5배 이상 외부 신선한 공기로 환기(급기)한 후 출입
- ▶ 작업 중에는 적정 공기가 유지되도록 계속 환기(시간당 공기 교환 횟수 20회 이상)
- ▶ 밀폐공간의 체적에 적합한 송풍기 용량을 갖춘 환기팬 구비
- ▶ 밀폐공간 작업 시 적정 공기 상태 유지를 위한 환기의 조치 사항

- 밀폐공간 내 유해공기가 완전히 제거 전까지는 출입 금지 조치
- 환기팬에 송풍관(덕트)을 연결하여 작업자 위치 주변에 위치
- 작업 전(前)에는 구비된 환기팬으로 15분 이상 급기
- 작업을 시작하기 전에 산소 및 유해가스농도 측정
 - ▷ 이상이 있는 경우 추가로 환기 또는 송기마스크 착용 등 작업자 보호조치
- 작업 중(中)에는 구비된 환기팬을 작업종료 시 까지 계속 가동

- ① 밀폐공간 내 유해성 확인을 위해 주기적으로 산소 및 유해가스농도 측정
- ② 밀폐공간작업 재개 시 밀폐공간 작업프로그램에 의한 재평가 실시
- ③ 환기로 적정 공기상태 유지가 어려운 경우 송기마스크 착용 등 별도보호조치 시행
- ④ 사업주는 상기 내용을 문서화

환기장치 선정기준

- ▶ 환기팬 정압은 40mmAq 이상*, 송풍관(덕트) 길이는 제조사의 제시 길이 초과 금지
 - ▶ 팬 제조사가 제시한 송풍관(덕트) 길이가 없는 경우 15m 넘지 않도록 할 것
- * 밀폐공간 내 10m 주름관(덕트)을 연결하여 성능 실험 결과치로, 풍량 성능을 유지할 수 있는 환기팬의 정압



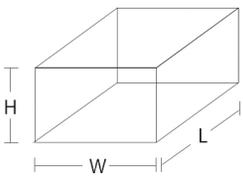
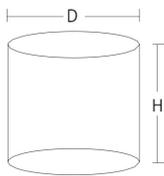
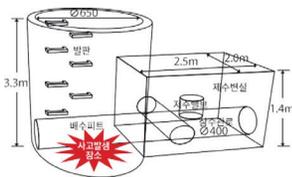
환기장치 및 명판 압력(정압) 40mmAq 이상 확인



▶ 환기장치에 의한 환기량 계산

▶ 아래 도표를 참조하여 밀폐공간 작업공간의 체적을 계산하여, 분(min)당 체적의 40%에 해당하는 용량의 환기팬 구비

※ 체적의 40% 기준은 작업 중 시간당 공기 교환횟수 20회 기준에 환기팬 효율 약 80%를 적용 산정

NO	사각형(직사각형)	원통형	결합형
밀폐공간 형태			
체적 (m ³)	체적(m ³) = H×W×L	체적(m ³) = $\frac{3.14 \times D^2}{4} \times H$	체적(m ³) = 사각형 체적+원통형 체적

▶ 작업 전에는 구비된 환기팬을 15분간 급기하고, 작업 종료 시까지 환기팬을 계속 가동

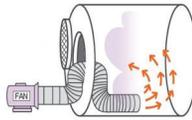
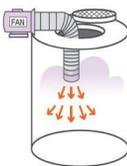
환기량 계산 예시	NO	작업시작 전	작업 중
	환기 방법	체적의 5배 급기	시간당 공기 교환율 20회 (ACH 20회) 유량으로 급기
작업장 체적	V(m ³) = 가로 × 세로 × 높이 = 5×6×10 = 300 m ³		
환기시간 및 환기팬 유량	1,500m ³ 공기 급기 100[m ³ /min]로 15분 급기 (1,500[m ³])	Q = 300m ³ × 20회/hr = 6,000m ³ /hr = 6,000m ³ /hr ÷ 60min/hr = 100m ³ /min 즉, 이론상 100[m ³ /min]의 유량의 환기팬이 필요하나, 분당 체적의 40% (300m ³ × 0.4) 용량인 120[m ³ /min] 환기팬 선정	

4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

작업 중 환기시간

유해인자 추가 발생 없는 경우	작업 종료 시 까지 계속 급기
유해인자가 계속 발생하는 경우	$\text{환기팬 필요 대수} = \frac{\text{체적(m}^3) \times 20\text{회/hr} \times \text{환기팬 여유율}(k=1.8)}{60\text{min/hr} \times \text{구비된 환기팬 용량(m}^3/\text{min)}}$ <p>= 작업 중에 최소 ○○대를 동시에 가동하고, 작업 종료 시 까지 계속 급기</p>



환기장치에 의한 환기 시 주의사항

- ① 유해가스 제거, 적정 산소농도 유지를 위해 작업 시작 전 밀폐공간 내부 체적의 5배 이상 환기(외부 공기를 밀폐공간 내로 불어넣는 급기방식)
- ② 메탄가스, 황화수소 등의 가스 발생 시 거품효과 때문에 지속적인 환기 실시
- ③ 가연성가스 등이 존재할 때 방폭형 모터 및 팬 사용
- ④ 정전 등에 의한 환기 중단 시 즉시 외부로 대피
- ⑤ 급기구와 배기구의 적절한 배치
- ⑥ 배기구는 출입구로부터 멀리, 급기구는 작업자에 가까이에서 등지고 설치
- ⑦ 송풍관(덕트)은 구부리는 부위가 적게 하고 용접불꽃에 대비한 난연재질 사용

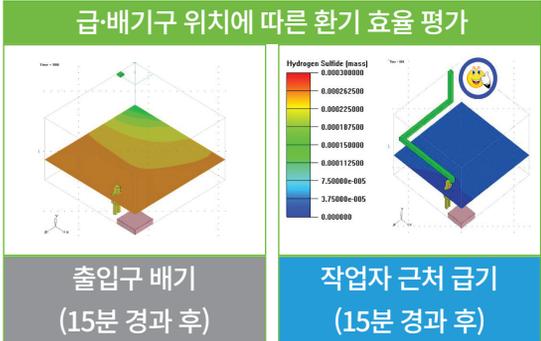
이동식 환기장치의 덕트 연결방법(예)





▶ 밀폐공간 출입구 구조 등 유형별 환기

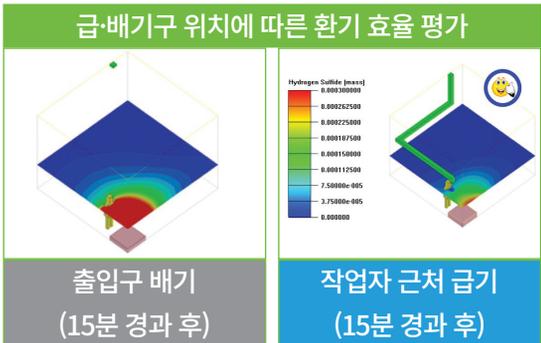
「맨홀 정도의 출입구만 가지는 공간」 환기(급기)



작은 맨홀 정도의 출입구만 가지는
밀폐공간의 환기를 위해서는

작업자 근처 급기만 효과적임!

「한 면이 개방된 밀폐공간」 환기(급기)



한 면이 개방된
밀폐 공간의 환기를 위해서는

작업자 근처 급기만 효과적임!

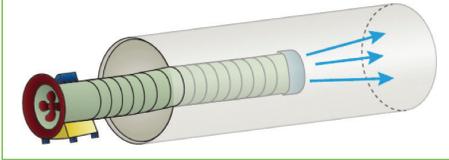
4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

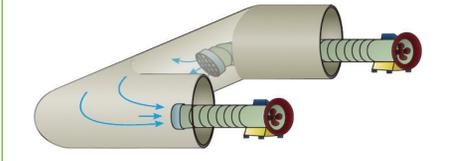
▶ 밀폐공간 출입구 구조 등 유형별 환기

「양 면이 개방된 배관」 환기

일자형 배관일 경우

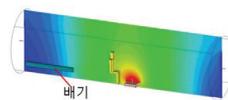


배관의 구조가 복잡한 경우

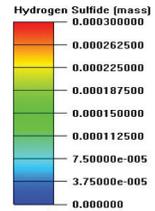


급·배기구 위치에 따른 환기 효율 평가

내부 배기



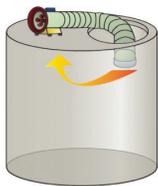
작업자 근처 급기



- 일자형 배관의 경우 **한쪽으로 급기**
- 배관이 휘거나 구조가 복잡한 경우 **한쪽 면에서는 급기, 다른쪽 면에서는 배기**를 해주어 효율적인 환기

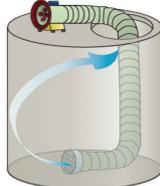
「상부만 뚫려있는 탱크와 같은 밀폐공간」 환기

출입구 근처 급기



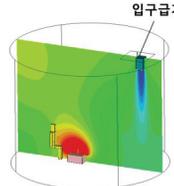
부적합

탱크 하부 급기

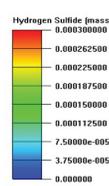


적합

급·배기구 위치에 따른 환기 효율 평가



출입구 배기



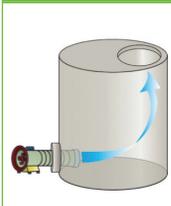
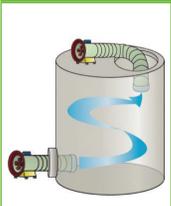
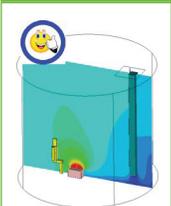
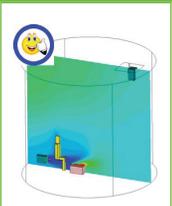
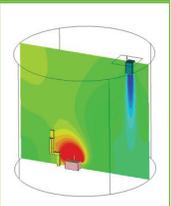
작업자 근처 급기

- 탱크를 환기할 때에는 **덕트를 깊숙이 넣어 아래부터 급기가 되도록 설치**
- 탱크의 출입구 근처에서 급기를 해주면 탱크의 아래 부분은 환기가 제대로 이루어 지지 **않음(부적합)**



▶ 밀폐공간 출입구 구조 등 유형별 환기

「상·하부만 뚫려있는 탱크와 같은 밀폐공간」 환기

탱크 하부 급기	내부 급·배기	출입구 근처 급기	급·배기구 위치에 따른 환기 효율 평가		
					
적합	적합	부적합	탱크 하부 급기	내부 급·배기	출입구 근처 급기

- 탱크를 환기할 때에는 덕트를 깊숙이 넣어 아래부터 급기가 되도록 설치
- 탱크의 출입구 근처에서 급기를 해주면 탱크의 아래 부분은 환기가 제대로 이루어 지지 않음(부적합)

▶ 산소 및 유해가스 농도 측정

측정 시기 및 측정자

- ▶ **작업 시작**(작업을 일시 중단하였다가 다시 시작하는 경우 포함) 전
 - ① 관리감독자, ② 안전관리자 또는 보건관리자, ③ 안전관리전문기관, ④ 보건관리전문기관, ⑤ 작업환경측정기관으로 하여금 측정

측정에 따른 조치사항

- ▶ 산소 및 유해가스 농도를 측정한 결과 적정공기가 유지되고 있지 않은 경우
 - ① 환기를 시키거나, ② 근로자에게 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하는 등 근로자의 건강장해 예방을 위한 필요한 조치

4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

산소 및 유해가스 농도 측정 방법

- ▶ 면적 및 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정
(작업장소에 대해 수직 및 수평방향으로 각각 3개소 이상 측정)
- ▶ 탱크 등 깊은 장소의 농도를 측정 시에는 고무호스나 PVC로 된 채기관으로 측정
(채기관은 1m 마다 작은 눈금으로, 5m 마다 큰 눈금으로 표시)



혼합가스농도측정기

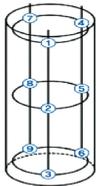


채기관(커넥터 및 눈금 표시)



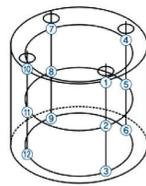
밀폐공간 유형별 측정 지점

좁은 원형 맨홀인 경우



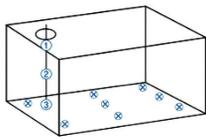
원칙적으로
3가지 깊이로
각 3개소 측정

넓은 원형 맨홀인 경우



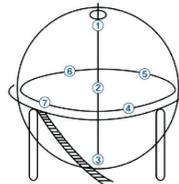
전 맨홀의 밑을
3가지 깊이로 측정

장방형 공간인 경우



우선 맨홀의 바로 밑
① ~ ③을 측정하고
X 는 공기호흡기 등을
장착하고 측정

구형 공간인 경우



정상의 맨홀
바로 밑 3점과
적도상의 샘플링
구멍을 측정



▶ 유해가스 측정 시 주의사항

- ❶ 측정기는 사전 이상 유무 확인(깨끗한 야외 공기에서 검사 시 산소 농도가 20.9%를 초과 또는 미만이면 교정 필요) 및 정기적으로 교정
- ❷ 측정 시 내부를 살펴보기 위해 머리(호흡기)가 밀폐공간 개구면 안쪽으로 들어가지 않도록 조치. 유독가스가 차 있다면 개구면 근처만 가도 위험 가능
- ❸ 깊은 곳을 측정 할 경우에는 공기 호흡기 또는 송기마스크를 착용 후 측정
- ❹ 밀폐공간 내부는 가연성 가스가 차 있을 수 있으므로 어두운 내부에서 측정을 하는 경우 방폭 구조의 전등 사용
- ❺ 긴급상황에 대비해 감시인을 배치해야 하며, 안전대, 구명 밧줄 등을 준비

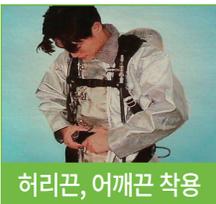


▶ 호흡용 보호구(공기호흡기 또는 송기마스크)

- ▶ 환기가 어렵거나 유해가스가 계속 발생할 가능성이 있을 때 착용
- ▶ 재해자를 구조해야 할 경우 반드시 호흡용 보호구 착용
- ▶ 공기호흡기 및 송기마스크 이용 (방독마스크 사용 금지)

공기호흡기(SCBA) 사용

- ▶ 환기를 할 수 없거나 환기만으로 불충분한 경우 반드시 착용 사용
- ▶ 무겁고 유효 사용시간(10~80분)도 짧으나 활동범위에 제약을 받지 않아 조사 및 구조 활동에 많이 사용



4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

호흡용 보호구(공기호흡기 또는 송기마스크)

송기마스크 사용

- ▶ 활동범위에 제한을 받지만, 가볍고 유효 사용기간이 길어 장시간 작업에 주로 이용
- ▶ 대기를 공기원으로 하는 **호스 마스크**, 압축공기를 공기원으로 하는 **에어라인 마스크**로 구분

호스 마스크		에어라인 마스크	
			
전동	수동	일정 유량식	디맨드식
흡인식	착용자의 폐력으로 흡인	일정 유량식	컴프레서 or
송풍식	전동 송풍기, 수동 송풍기	디맨드 & 압력디맨드형	공기봄베

기타 안전장비

재해자 구조장비

				
그네식 안전대	충격흡수장치	구멍뿔줄	구조용 삼각대	
			<ol style="list-style-type: none"> 1 보호가드 및 표지판(출입 통제) 2 무전기(감시자와 작업자 상호연락) 3 휴대용 랜턴(조명 확보) 	



▶ 밀폐공간 작업관리

밀폐공간 작업 프로그램 수립·시행

- ▶ 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안(필요 시 밀폐공간 위치가 확인되는 도면 첨부)
- ▶ 밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인 파악 및 관리 방안

연번	공정명	작업 장소		작업 내용	작업주기 (작업빈도)	담당 부서 (관리책임자)
		명칭	특이 사항			
1		명칭 및 위치 등	내부면적 및 환경조건, 중독·질식 유발 유해·위험요인 파악 등			

▶ 밀폐공간 작업 시 사전확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차

- 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



이 내용 작업 종료 시까지 해당 출입구 게시

▶ 안전보건교육 및 훈련

▶ 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항

- ※ 자료 검색 : 공단 홈페이지(www.kosha.or.kr) ⇨ 사업소개 ⇨ 직업건강 ⇨ 직업건강 자료실
- ⇨ 직업건강일반 ⇨ 「밀폐」 또는 「밀폐공간작업 프로그램」 검색

4

밀폐공간 질식재해 예방 대책

밀폐공간 작업관리

관리자 및 근로자 안전보건교육

▶ 밀폐공간 작업 시작할 때마다 사전에 감시인을 포함한 작업 근로자에게 주지

- ① 산소 및 유해가스농도 측정에 관한 사항
- ② 환기설비의 가동 등 안전한 작업방법에 관한 사항
- ③ 보호구의 착용과 사용방법에 관한 사항
- ④ 사고 시의 응급조치 요령
- ⑤ 구조요청을 할 수 있는 비상연락처, 구조용 장비의 사용 등 비상시 구출에 관한 사항

※ 교육은 실제 작업자를 대상으로 실시!
특히, 일용근로자에 대한 교육 철저



관리자의 출입금지, 허가서 발급, 감시인 배치 등



관계자의 출입금지



작업허가서 발급



연락체제 구축



감시인의 배치



출입인원(작업인원)의점검



긴급 구조 훈련



▶ 밀폐공간 작업관리

재해자 구조요령

- ❶ 재해자 발생 시 119 연락 또는 주변 동료 작업자에게 요청
(주변에 자동심장충격기가 비치되어 있는 경우 함께 요청)
- ❷ 환기 실시, 공기호흡기·송기마스크 착용 후 구조 (방독·방진마스크 불가)
※ 아무리 급해도 재해자를 구하기 위해 안전조치 없이 밀폐공간 내로 들어가선 절대 안됨!!!
- ❸ 얼굴과 가슴을 관찰하여 호흡이 있는지 확인
- ❹ 호흡이나 맥박 없을 시 가슴압박 30회 실시(반복)
※ 인공호흡 방법을 모르거나 인공호흡을 꺼리는 일반인 구조자는 가슴압박소생술 (compression-only CPR 또는 hands-only CPR)을 하도록 권장
※ 인공호흡을 할 수 있는 구조자 경우 심폐소생술(가슴압박 30회한 후 인공호흡 2회 연속반복) 실시
- ❺ 회복 자세(호흡이 회복되었으면 옆으로 돌려 눕혀 기도가 막히는 것 예방)

▶ 심폐소생술 시행방법

❶ 심정지확인	❷ 119 신고 요청 및 자동심장충격기 요청	❸ 가슴 압박 실시(30회) 및 가슴압박위치	
❹ 인공호흡 시행(2회) ∴ 생략가능	❺ 회복자세		

안전보건 VR(가상현실) 교안



발 행 처 안전보건공단

발 행 인 박 두 용

발 행 일 2021년 5월

주 소 울산광역시 중구 종가로 400

기 획 교육홍보본부

홈페이지 www.kosha.or.kr

2021-교육혁신실-291

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물입니다. 무단전재와 복제를 금하며
이 책 내용의 일부 또는 전부를 사용 하시려면 우리 공단의 동의를 받아야 합니다.

안전보건 VR(가상현실) 교안

[질식 재해 예방]

밀폐공간작업

산업재해예방

안전보건공단



우)44429 울산광역시 중구 중가로 400 (북정동)
고객만족센터 TEL 052. 703.0500 1644-4544



2021 안전보건 교재
온라인 설문조사 바로가기