

# 밀폐공간 작업안전

## 1. 산소결핍 관련 용어

### 가. 밀폐공간

- 1) 산소결핍, 유해가스로 인한 화재폭발 등의 위험이 있는 장소
- 2) 출입구의 크기가 제한적이고 환기가 제대로 이루어지지 않은 공간
- 3) 탱크, 용기, 사일로, 호퍼, 저장용 창고, 핏트 등이며 근로자가 계속해서 머무를 수 없는 공간
- 4) 산업보건기준에 관한 규칙 별표 3에서 정한 장소



### 나. 적정한 공기

- 1) 산소농도 : 18% 이상 23.5% 미만
- 2) 탄산가스 : 1.5% 미만
- 3) 황화수소 : 10ppm 미만인 수준의 공기

### 다. 유해가스

- 1) 산소농도 : 18% 이상 23.5% 미만
- 2) 탄산가스 : 1.5% 미만
- 3) 황화수소 : 10ppm 미만인 수준의 공기



### 라. 출입허가가 필요한 밀폐공간

- 1) 공간내의 공기가 정상적이지 않은 위험한 공기를 함유
- 2) 출입자를 위험에 빠뜨릴 잠재적인 유해물질이 있음
- 3) 내부의 벽이나 바닥이 경사가 져고 좁은 통로로 인하여 출입자가 함정에 빠지거나 질질할 수 있게 된 내부 지형
- 4) 기타의 안전상 위험이 존재하는 공간

마. 출입허가가 필요하지 않은 밀폐공간

사망의 원인 또는 심각한 신체적 장애를 줄 수 있는 잠재적인 유해, 위험이 들어있지 않은 밀폐공간

바. 산소결핍

공기중의 산소농도가 18% 미만인 상태

사. 산소결핍증

- 1) 산소가 결핍된 공기를 흡입함으로써 생기는 증상
- 2) 공기는 산소가 약 21%, 질소 78%, 그리고 이산화탄소, 아르곤, 헬륨 등이 약 1%정도로 구성
- 3) 산소농도가 16% 이하로 저하된 공기를 호흡하면 빈맥 및 빈호흡, 구토, 두통 등의 증상이 나타남
- 4) 10%이하가 되면 의식상실, 경련, 혈압강하, 서맥을 초래

## 2. 산소의 특성

가. 인체에서의 역할

- 1) 성인은 안정상태에서 0.2~0.3ℓ/min의 산소 소비. 뇌는 하루에 약 100ℓ(전신의 약 25% 정도) 정도의 산소 소모
- 2) 산소공급 감소 시 뇌는 활동을 잃게 되며, 무산소일 경우 순간적으로 뇌의 활동은 정지, 2분이 경과되면 대뇌피질세포가 비가역적인 붕괴를 일으켜 6~8분만에 사망
- 3) 높은 곳에서는 대기압의 저하에 따른 산소분압 저하로 호흡에 의한 산소섭취가 곤란
- 4) 해발 3,000m 이상의 고소지역에서는 호흡, 순환의 기능이 왕성하여 혈액 중에 적혈구, 헤모글로빈이 증가하여 고소거주에 적합하도록 순응이 됨

나. 산소의 자연소모

- 1) 저장용 탱크 등 소재의 산화, 저장이나 운반중인 물질의 산화 및 건성유에 의한 산소소모
- 2) 식물의 호흡작용으로 인한 산소소모
- 3) 미생물의 증식 및 유기물의 부패
- 4) 지하수나 우물물에 용존산소가 적하여 공기 중 산소가 물속으로 용해되어 산소결핍상태가 됨

### 3. 산소결핍발생 원인과 장소

#### 가. 물질의 산화작용

- 1) 저장용 탱크 등 소재의 산화
- 2) 철재의 보일러, 탱크, 반응탑, 압력용기, 가스 홀더, 반응기, 추출기, 분리기, 열 교환기, 선창, 선박의 이중저 등의 내부
- 3) 저장 또는 운반 물질의 산화
- 4) 탱크, 호퍼, 사일로, 유개화차 등의 내부
- 5) 건성유의 산패
- 6) 건성유를 사용하여 도장한 환기가 불량한 장소, 식물성 기름저장탱크 등의 내부

#### 나. 미생물의 호흡 및 증식

- 1) 미생물의 산소 소비량을 비교하여 보면 생체 1kg(수분제외)이 섭씨 30도 부근에서 1시간에 소비하는 소비량은 사람의 몇 배로부터 최고 6000배까지 산소를 소모시키는 것도 있음
- 2) 이런 점을 이용하여 발효식품, 의약품(페니실린, 스트렙토마이신)의 제조와 폐기물처리(하수, 분뇨, 매립)를 하고 있음
- 3) 탱크, 선창, 조, 관, 암거, 맨홀, 하수구 또는 핏트
- 4) 세균의 증식에 따른 산소의 소비로 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등의 발생을 동반함

#### 다. 유기물의 부패

- 1) 케이블, 가스관용의 또는 우수, 유수 등이 체류했던 암거, 맨홀 또는 핏트의 내부
- 2) 신설맨홀에서는 콘크리트의 양생이 완료될 때까지 산소결핍, 유해가스 발생이 비교적 단 시간에 일어나며 형틀을 떼어내기 위해 들어간 근로가 위험에 빠질 수 있음

#### 라. 미생물의 발표 : 탱크, 항온실, 또는 양조조(간장, 식초)의 내부

#### 마. 절임식품, 야채, 곡물 등의 호흡작용 : 단무지 등의 저장조, 항온실, 사일로, 창도 등의 내부

#### 바. 목재의 호흡작용 : 선창, 호퍼 등의 내부

#### 사. 각종 탱크나 밀폐된 방 : 냉장, 냉동, 항온실, 탱크 보일러, 압력용기, 반응탑 등

#### 아. 지하수의 산소소모 : 지하 집수지, 수력발전소 취수구, 용수가 풍부한 지하터널이나 맨홀 내부

#### 자. 우물 : 산소용해, 미생물, 지반의 산소흡수, 토사층으로부터의 산소결핍 공기 유입 등

### 차. 치완용 가스의 사용

#### 1) 화재.폭발예방을 위한 질소 등의 봉입

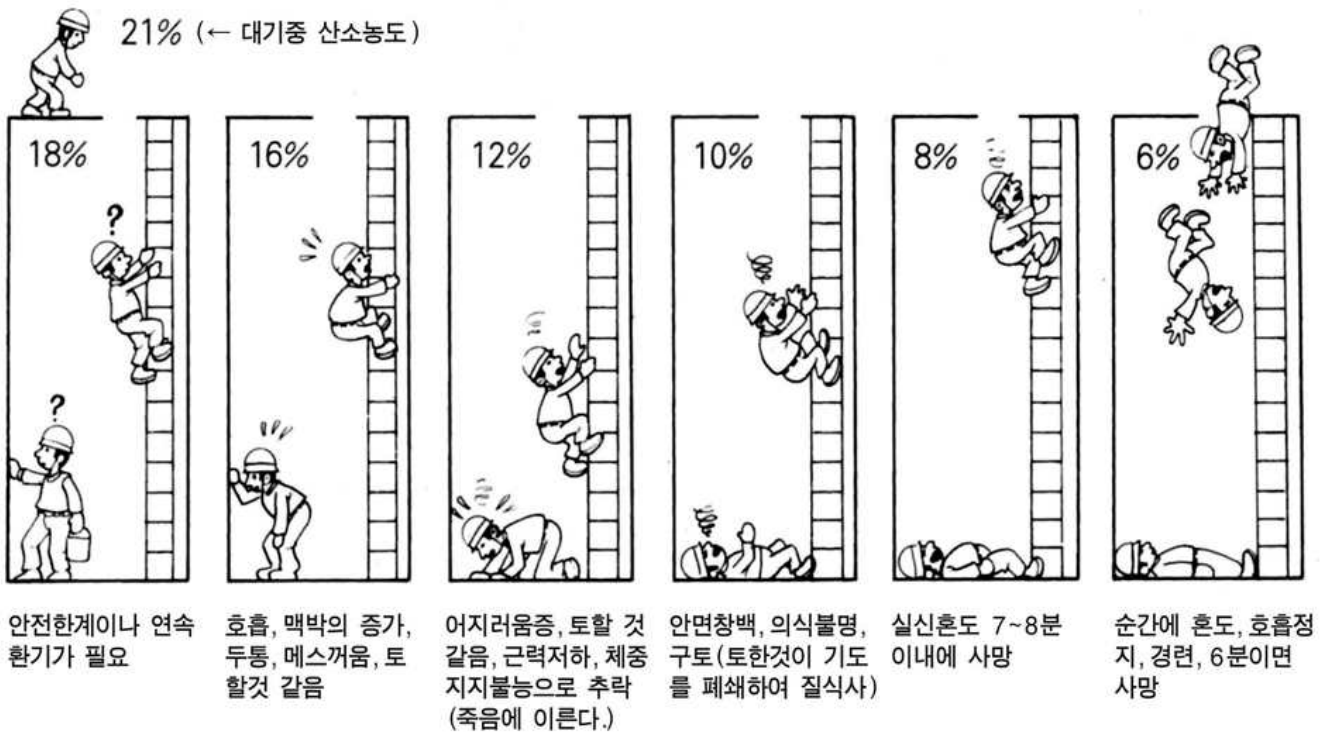
- 질소치환을 실시하는 반응탑, 배관 등에서 화재.폭발을 예방하는 방법으로 질소 등으로 공기를 치환하는 대책을 실시

#### 2) 산화, 흡착, 재 용해의 방지

- 입자상의 화학제품이나 산소를 흡수하는 식물성 기름과 같은 물질은 산화에 의한 변질이나 열화를 방지하기 위해 저장공간에 질소를 봉입하거나 용수에 녹아있는 산소를 제거하고 산소의 재 용해를 방지하기 위해 질소를 봉입

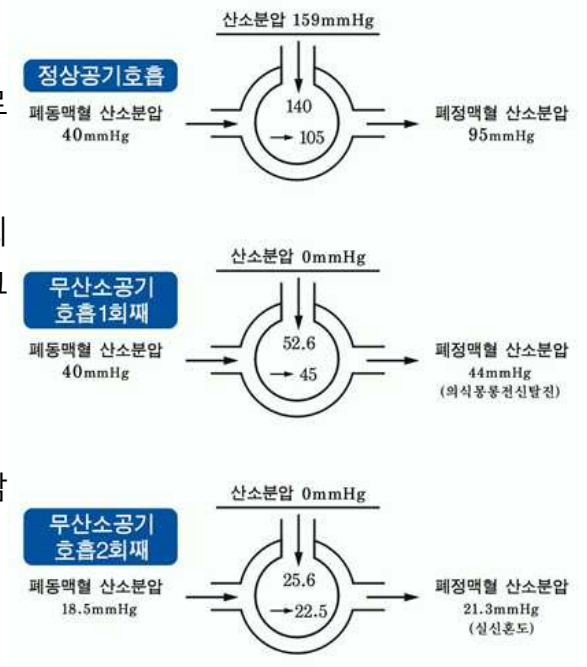
## 4. 산소결핍에 대한 인체 반응

### 가. 산소 농도별 인체 반응



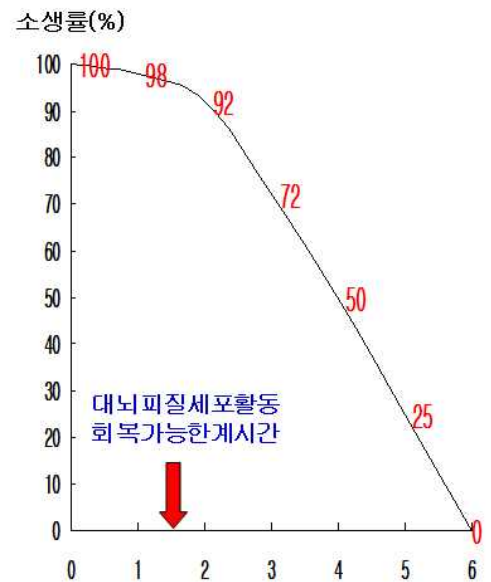
나. 무산소공기 1회 호흡의 위험성

- 1) 무산소 공기 호흡 시 호흡중추를 자극, 흥분확장으로 호기가 불가능해짐.
- 2) 폐 중 산소는 무산소 공기로 점차 희석되어 폐 내의 산소분압이 떨어지고 저하된 혈중 산소분압은 그대로 뇌로 이송
- 3) 뇌의 활동저하 또는 정지로 이어짐.
- 4) 반응은 무산소 공기를 흡입한 후 2초 이내에 일어남



다. 호흡정지시간과 소생률과의 관계

- 1) 호흡정지시간이 6분 이상 되면 소생 가망 없음.
- 2) 구조된 경우에도 언어장애, 운동장애, 시야협착, 마취, 환각, 건망증, 성격이상 및 노이로제 등의 후유증이 남게 되므로 사후관리가 필요.
- 3) 후유증은 10~20%의 저산소 공기에 장기간 노출된 경우에도 잔존할 가능성이 있음



## 5. 질식성 가스

가. 질식성 가스 유해성

- 1) 질식 : 질식생체 또는 조직에 산소결핍이나 탄산가스의 과잉으로 일어나는 상태
- 2) 질식제 - 조직내의 산화작용을 방해하는 화학물질
- 3) 단순 질식제

- 가스 자체는 독성이 없으나 공기 중에 많이 존재하면 산소분압을 저하시켜 조직에 필요한 산소공급의 부족을 초래하는 물질
- 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

#### 4) 화학적 질식제

- 혈액중의 혈색소와 결합하여 산소운반능력을 방해, 조직중의 산화효소를 불활성화 시켜 질식작용
- 혈액중의 산소운반능력을 방해하는 가스 : CO, 아닐린, 니트로소아민, 아비산(AsH<sub>3</sub>) 등
- 조직으로 산소배분을 저해하는 화학물질 : 황화수소(H<sub>2</sub>S), 오존(O<sub>3</sub>), 염소(Cl<sub>2</sub>), 포스겐(COCl<sub>2</sub>)

#### 나. 질식성 가스별 특징

- 1) 질소(Nitrogen, N<sub>2</sub>) : 무색무취의 가스, 공기보다 가벼움
- 2) 아르곤(Argon, Ar) : 무색, 무취의 불활성 가스, 공기보다 무거움
- 3) 이산화탄소(Carbon Dioxide, CO<sub>2</sub>)
  - 무색, 무취의 비연소성 가스, 공기보다 무거움
  - 보통 고체이고 가압 시 액체형태
  - 탄산염화작용, 불활성
  - 유기물 부패(하수구, 저장창고, 우물)
  - 발효(침지, 당밀핏트, 맥주 통)
- 4) 메탄가스(Methane, CH<sub>4</sub>)
  - 천연, 습지, 늪 가스
  - 무색, 무취의 가연성, 공기보다 가벼움
- 5) 일산화탄소(Carbon Monoxide, CO)
  - 무색, 무취의 가스, 공기보다 가벼움
  - 화학적 질식제
  - 유기물의 불완전 연소, 내연기관에서 발생

6) 황화수소(Hydrogen Sulfide, H<sub>2</sub>S)

- 하수가스, 악취가스(계란 썩은 냄새)
- 냄새를 느끼는 농도 : 0.02~0.2 ppm
- 무색, 가연성 가스, 공기보다 무거움

## 6. 산소결핍 위험작업 관리

### 가. 산소농도 측정

- 1) 산소농도측정의 법적 근거는 산업안전보건법 제24조 제1항의 근로자의 건강을 보호하기 위한 "보건상의 조치" 및 보건기준에 관한 규칙 제42조를 근거로 함
- 2) 공기중의 산소농도는 산소농도측정기에 의한 측정을 해야 하며 감각에 의한 감지는 불가능

### 나. 정확한 측정을 위한 유의사항

- 1) 적절한 측정기를 선택,구비
- 2) 항상 정확한 보수관리를 하여 정확도를 유지
- 3) 정확한 측정장소와 측정시기 선정
- 4) 사용측정기의 보수, 취급방법을 충분히 습득

### 다. 작업관리

- 1) 작업에 종사하는 근로자가 산소가 결핍된 공기나 유해가스에 노출되지 않도록 작업시작 전에 작업방법을 결정하고 이에 따라 당해 근로자의 작업을 지휘
- 2) 작업을 행하는 장소의 공기가 적정(산소농도가 18% 이상 23.5% 미만)한 지의 여부를 작업 시작 전에 정확히 측정 및 확인
- 3) 근로자가 산소결핍증에 걸리는 것을 방지하기 위한 산소농도측정, 환기장치 또는 공기 호흡기 등의 기구 또는 구조설비를 작업시작 전에 점검
- 4) 근로자에게 공기호흡기 등 공기공급식 호흡용 보호구의 착용을 지도하고 착용상황을 점검
- 5) 안전담당자의 점검결과 이상을 발견하여 보고한 때에는 사업주는 즉시 환기, 보호구 지급, 설비보수 그 밖의 모든 필요한 조치를 취함
- 6) 상시 작업상황을 감시하여 이상이 있을 경우 이를 안전담당자, 기타 관리감독자에게 통보 하는 자를 두는 등 이상 유무를 조기에 파악하기 위하여 필요한 조치를 취함

7) 산소결핍위험 작업에 종사하는 근로자에 대하여는 출입 시 인원을 점검하고 관계자 외의 출입을 금지시키고 금지표지판을 보기 쉬운 장소에 다음 사항을 게시

- 관계자 외 출입금지
- 산소결핍에 의한 위험
- 출입 시 취할 조치
- 사고 시 조치
- 보호구, 가스 및 산소측정기, 환기설비 보관장소
- 안전, 보건담당자의 이름

8) 사고시의 대피

- 산소결핍위험 작업장에서의 종사 근로자가 안면창백, 호흡수 증가, 현기증 등의 자각증상과 같은 신체의 이상을 호소하는 때에는 즉시 작업을 중단하고 근로자를 대피시킴
- 산소결핍의 우려가 없음을 확인할 때까지는 관계자외 출입금지 표지판을 게시

9) 대피용 구조기구의 비치

- 산소결핍위험작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 공기호흡기, 사다리, 섬유로프 등 비상시 피난시키거나 구출하기 위해 필요한 기구를 비치
- 산소결핍위험작업에서 근로자를 구출하는 작업에 작업자를 종사하게 할 때에는 공기호흡기 등 호흡용 보호구를 지급, 착용하도록 함

**<자료출처 : 안전보건공단>**