

산소결핍증

Oxygen deficiency

관리자용

용어의 정의

밀폐공간

환기가 불충분한 상태에서 산소결핍이나 질식, 유해가스로 인한 건강장애, 인화성 물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 안전보건규칙 <별표 18>에서 정한 장소를 말함. 이 경우 밀폐공간작업 도중에 해당 유해·위험이 발생할 우려가 있는 장소를 포함함

밀폐공간작업

밀폐공간 내에 들어가 근로자가 필요한 업무를 수행하는 경우를 말하며, 밀폐공간에 근접하여 작업할 때 근로자가 질식이나 건강장애를 입을 우려가 있는 경우를 포함함

적정공기

산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 말함

산소결핍

산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 "산소농도가 18퍼센트 미만일 경우"로 규정

- 산소결핍은 물질의 산화나 부식, 미생물의 호흡작용, 식물, 곡물, 목재 등의 부패, 작업공간의 공기가 다른 가스로 치환되는 경우에 발생함

산소결핍증

산소가 결핍된 공기를 흡입함으로써 생기는 이상증상을 말함

발생원 및 노출가능 상황

- 환기가 충분하지 않은 밀폐된 공간에서 발생 가능
 - 지하 맨홀이나 분뇨탱크, 폐수 또는 하수처리설비 등에서 호발
 - 습도와 온도, 유기물의 영양분 등으로 미생물의 번식이 쉬워 이산화탄소, 황화수소, 메탄가스 등이 발생하며 산소농도는 급격히 저하됨
 - 환기가 부족한 밀폐된 공간에서 철제 보일러, 압력용기, 반응탑, 선박 등 금속산화물 또는 녹슬기 쉬운 철재, 산화반응이 쉬운 탱크가 있는 경우는 공기 중 산소와의 산화반응으로 산소의 농도가 낮아지게 됨



증상 및 진단

- 산소소비량이 가장 높은 장기는 뇌임. 따라서 산소 공급량이 감소하게 되면 뇌의 활동성이 저하되고, 산소가 없이 2분이 경과되면 대뇌의 피질 세포가 비가역적으로 손상되고 6~8분 후에는 전신의 장기가 영향을 받아 사망에 이르게 됨
- 산소 농도에 따른 증상

산소의 농도(%)	증상
15 ~ 19.5	피로, 피곤, 작업능력 저하, 지구력 감소
12 ~ 15	맥박과 호흡수 증가, 협동운동장애, 행동의 부조화, 판단능력저하
10 ~ 12	맥박이 빨라지며 직무 수행 불가함, 입술에 청색증 발생
8 ~ 10	실신, 구토, 의식소실, 창백
6 ~ 8	사망률이 8분 노출의 경우 50~100%, 6분 노출의 경우 25~50%, 4~5분 노출시 치료후 회복 가능
4 ~ 6	40초 내로 혼수상태, 혼수, 호흡정지, 사망

국내사례

최근 5년간 산소부족 또는 유해가스 중독으로 사망하는 사례는 매년 30~60여 명임. 밀폐공간 작업의 범위가 매우 넓고 무색, 무취한 유해가스에 노출될 경우 위험성 판단이 어렵다는 점을 염두에 두고 예방 대책을 마련할 필요가 있음.



예방조치

- 밀폐공간 작업시 작업전 산소농도를 측정하여 적정 산소농도(18~23.5%) 확인

[관련규정 예시]

※공기 중 산소농도 부족 등으로 인한 산소결핍증 중 근로자의 건강장해 예방과 직접 관련된 의무에 대한 산업안전보건법상 주요 규정

▲(제39조) 보건조치*

▲(제130조) 특수건강진단 등

▲(제139조) 유해·위험작업에 대한 근로시간 제한 등

* 산업안전보건기준에 관한 규칙 제10장 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방(제618조~제645조) 등

밀폐공간 작업의 절차

출입 사전조사

- 밀폐공간 여부 및 밀폐공간에 출입하지 않고 작업할 수 있는 가능성 확인
- 유해가스 존재 및 유입(발생)가능성 여부

장비준비 / 점검

- 산소농도, 유해가스 농도 측정기
- 환기팬, 공기호흡기 또는 송기마스크
- 대피용 기구(사다리, 섬유로프)등 안전장구
- 화기작업이 있을 경우 방폭전등, 소방장비 등

출입조건설정

- 출입자, 출입시간, 출입방법 등 결정
- 관계자와 출입금지표지판 설치

출입 전 산소 및 유해가스
농도 측정

- 산소 및 유해가스(H₂S, CO₂, CO, CH₄ 등)농도 측정
- 측정지 점수, 측정방법을 준수하여 실시

환기실시

- 작업장소에 따라 적합한 환기방법, 환기량(초기 밀폐공간 체적 10배, 작업 중 시간 당 교환 횟수 20회 이상) 적용

환기 후 산소 및 유해가스
농도 측정

- 산소 및 유해가스(H₂S, CO₂, CO, CH₄ 등)농도 측정
- 측정지 점수, 측정방법을 준수하여 실시

밀폐공간 작업 허가서
작성 및 허가자 결재

- 작업허가서
- 화기작업 허가는 밀폐공간작업 허가내용에 포함
- 프로그램 추진팀(장)에 결재

감시인 배치

- 밀폐공간 외부에 감시인 상주 및 연락체계 구축

통신수단 구비

- 무전기 등 근로자와 감시인의 연락용 장비 구비
- 비상 연락체제 구축
- 대피용 기구 등 구비: 송기마스크 또는 공기호흡기, 사다리, 섬유로우프 등

밀폐공간 작업 허가서
작업공간 게시

- 밀폐공간 출입구 등 눈에 잘 보이는 곳에 게시 (작업 종료시 까지)
- 허가서의 훼손 방지조치

밀폐공간 출입

- 안전보호구 착용 후 사다리 등을 이용
- 출입인원 확인

감시모니터링 실시

- 밀폐공간내 작업상황 주기적(최대 1~2 시간 간격)확인
- 작업자와 연락체제 구축

문제발생시 긴급조치
및 사후보고

- 재해자에 대한 응급처치 실시
- 관리감독자 등 추진팀에 연락
- 119등 관계기관 통보 및 보고

밀폐공간 작업 근로자의 준수사항

- 작업근로자는 유해가스의 존재여부 확인 등 밀폐공간작업 특별안전보건교육에서 습득한 제반 안전작업수칙을 준수하여야 함
- 작업도중 휴대한 측정기가 정상적으로 작동하는 지 수시로 확인하고 정상 작동되지 않는 경우 즉시 감시인에게 알리고 작업장소를 벗어나야 함
- 밀폐공간 작업도중 유해가스의 발생이나 화재·폭발 등 유해위험 상황을 인지한 경우 동료 인근 근로자와 감시인에게 즉시 전파하고 작업장소를 벗어나야 함
- 관리자나 감시인의 허가없이 작업장에 출입하지 않아야 함. 계획된 작업이 필요에 따라 일시 중단되어 밀폐공간을 떠난 후 동일한 작업을 위해 재진입하는 경우에도 동일함
- 밀폐공간 내 작업장에 적정공기수준의 환기가 이루어지고 있는 경우 해당 장치의 정상작동여부를 수시로 확인해야 함
- 밀폐공간 내에서는 내연기관(특히 휘발유를 사용하는 것)의 사용을 자제해야 함. 작업 특성상 내연기관 사용이 불가피한 경우 사용시간을 최소화하고 일산화탄소 등 유해가스의 농도를 수시로 측정해야 함
- 지급된 보호구와 안전장구류를 기준에 따라 착용해야 함
- 공기호흡기를 착용하고 작업이나 구조활동을 하는 경우 공기부족을 알리는 경보가 울리면 즉시 해당 공간을 떠나야 함

재해사례

이산화탄소 가스 방출

- 변전실에서 CO₂ 소화설비 P형 복합식수신기 조작방법 설명 중 수신기 내 수동방출 버튼을 오조작하여 수신기 내 모든 구역의 CO₂ 가스(질식가스)가 방출되어 변전실 내부에 있는 직원은 사망하고 외부에서 작업자 구출을 위해 진입한 직원은 의식을 잃는 부상을 당함



밀폐공간 작업 전 체크리스트

확인사항	확인 (√)표	비고
① 작업허가서에 기재된 내용을 충족하고 있는가?		
② 밀폐공간 출입자가 안전한 작업방법 등에 대한 사전교육을 받았는가?		
③ 감시인에게 각 단계의 안전을 확인하게 하며 작업수행 중 상주하도록 조치하였는가?		
④ 입구의 크기가 응급사항 시 쉽게 접근하고 빠져올 수 있는 충분한 크기인가?		
⑤ 밀폐공간 내 유해가스 존재 여부 대한 사전 측정을 실시하였는가?		
⑥ 화재·폭발의 우려가 있는 장소인가? 방폭형 구조장비는 준비되었는가?		
⑦ 보호구, 응급구조체계, 구조장비, 연락·통신장비, 경보설비 정상여부를 점검하였는가?		
⑧ 작업 중 유해가스의 계속 발생으로 가스농도의 연속측정이 필요한 작업인가?		
⑨ 작업 전 환기 및 작업 중 지속적 환기가 필요한 작업인가?		