

밀폐공간 작업과 산소결핍 작업

CONTENTS

1. 밀폐공간 작업

- 밀폐공간 작업 개요
- 밀폐공간 작업 건강장해
- 밀폐공간 작업 안전조치

2. 산소결핍 작업 시 안전관리

- 산소결핍이란?
- 산소결핍에 의한 재해 예방

part 1. 밀폐공간 작업

1. 밀폐공간 작업 개요

1) 밀폐공간의 정의

가. 밀폐공간

- 근로자가 작업을 수행할 수 있는 공간이나 환기가 불충분한 상태
- 산소결핍, 유해가스로 인한 건강장애, 화재·폭발 등의 위험
- 우물, 수직갱, 터널, 잠함, 피트, 암거, 맨홀, 탱크, 반응탑, 정화조, 침전조, 집수조

나. 산소결핍

- 공기 중의 산소가 18% 미만인 상태, 정상적인 공기는 산소 약 21%
- 산소결핍증: 산소가 결핍된 공기를 들이마셔 생기는 증상

다. 유해가스

- 유해 물질이 가스 상태로 공기 중에 발생하는 것
- 산소농도 <18% 또는 $\geq 23.5\%$, 탄산가스 농도 $\geq 1.5\%$, 황화수소 농도 $\geq 10\text{ppm}$

2) 질식 재해 원인

가. 공기 중 산소 소모

① 물질의 산화 작용

- 저장용 탱크 등 소재의 산화
 - 물기 또는 장기간 밀폐로 철제 탱크 내벽 산화 → 산화 과정에서 산소 소비
 - 철제 보일러, 탱크, 반응탑, 압력용기, 가스홀더, 반응기, 추출기, 분리기 등
- 물질의 산화 작용
 - 석탄, 강재, 고철 등 저장 또는 운반 물질의 산화
 - 탱크, 호퍼, 사일로 등의 내부
- 건성유의 산패
 - 도료용 건성유는 건조, 경화 시 다량의 산소 포집 → 일산화탄소, 알데히드 방출
 - 불포화 지방산 함유한 식물성 식용유 저장탱크 → 산소와 결합하여 고화, 변질

② 미생물의 호흡작용

- 미생물의 산소 소비
 - 원생동물, 사상균, 조류, 세균 등 산소 소비량이 높음

- 발효식품 제조, 의약품 제조, 폐기물 처리 등의 장소

■ 미생물의 증식

- 세균의 증식에 따른 산소 소비

■ 유기물의 부패

■ 미생물의 발효

■ 절임 식품, 채소, 곡물 등의 호흡 작용

■ 목재의 호흡작용

③ 기타 장소

■ 각종 탱크나 밀폐된 방

■ 지하수의 산소 소모

■ 우물

나. 치환용 가스

① 작업 중 사용되는 다양한 가스

■ 가연성, 지연성, 불연성, 질식성, 불활성 가스 등

■ 생체 또는 조직에 산소결핍, 탄산가스 과잉 등으로 인한 질식 위험

② 화재 폭발 예방

■ 점화원 또는 공기 제거 목적

■ 산화, 흡착, 재용해 방지

■ 냉각제

③ 가스 분출

■ 터널공사나 탄광 내 갑자기 대량의 메탄이나 이산화탄소가 돌출

■ 이산화탄소, 프레온 등 소화설비를 갖춘 지하실, 지하주차장, 선실 피트 등

2. 밀폐공간 작업 건강장해

1) 산소결핍

가. 호흡

■ 체내에 산소를 받아들이고 이산화탄소를 배출하는 생명 활동

■ 폐포 내로 신선한 산소 공급

■ 산소 16% 이하: 빈맥 및 빈호흡, 구토, 두통

■ 산소 10% 이하: 의식상실, 경련, 혈압강하, 맥박수 감소

나. 산소(O_2)

- 상온과 상압에서 무색·무미·무취 기체
- 가연성은 아니지만 다른 물질의 연소를 도움
- 공기에는 용량 20.91%, 물에는 중량 88.8%, 인체에는 약 65%의 산소가 함유
- 공기: 산소 약 21%, 질소 78%, 기타(이산화탄소, 아르곤, 헬륨) 1%

2) 유해가스 중독

가. 황화수소(H_2S)

- 무색, 썩은 계란 냄새가 나는 대표적인 악취 물질이자 유독성 가스
- 공기보다 비중이 커서 무거움 → 밀폐공간 내 저층부에 위치하여 환기가 어려움
- 오수, 하수, 쓰레기 매립장 등 유기물의 혐기성 분해에 의해 발생
- 눈 및 호흡기계 자극, 중추신경계 장애, 호흡기 마비 및 갑작스런 죽음 등 유발

나. 일산화탄소(CO)

- 무색무취, 유기연료가 불완전 연소할 때 발생
- 가장 잘 알려진 화학적 질식제로 밀폐공간에서 많은 사망 재해 유발
- 일상생활 속에 흔히 존재: 화재, 담배 연기, 자동차 배기가스, 고소도로 등
- 일산화탄소-헤모글로빈 형성으로 혈액의 산소운반 능력 상실, 질식 유발

다. 이산화탄소(CO_2)

- 무색의 기체로 대기 중 존재, 인화성이나 폭발성 없음
- 밀폐공간 질식 재해의 사망원인이 되기도 함
- 호흡자극제 역할, 중추 신경 흥분, 마취 효과, 호흡 저지, 질식 등 유발

라. 기타 질식성 가스

① 질소(N_2)

- 화재, 폭발 예방용 봉입제
- 산소치환, 공기보다 약간 가벼움, 무색무취의 불활성 가스

② 메탄(CH_4)

- 터널공사, 탄광, 하수맨홀, 분뇨 처리조, 습지, 늪 등에서 발생
- 가연성 가스로 화재와 폭발의 위험성, 공기보다 가벼움, 무색무취

③ 아르곤(Ar)

- 고온에서 안정적, 산소치환, 공기보다 무거움, 무색무취의 불활성 가스

- 용접, 고온의 열처리, 반도체 결정 성장, 기체 방전관 등

마. 휘발성 유기화합물(VOC)

- Volatile Organic Compounds, 환경오염물질 중 휘발성이 강한 물질
- 상온에서 쉽게 휘발, 공기 중에 존재할 수 있음
- 질식재해 예방을 위한 작업 전 유해가스 농도 측정

3. 밀폐공간 작업 안전조치

1) 밀폐공간작업 기본 안전 조치

가. 밀폐공간 작업프로그램

- 작업시작 전 공기 상태가 적정한지 확인 및 평가
- 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련
- 공기호흡기나 송기마스크 등의 착용 및 관리
- 그 외에 밀폐공간 작업 근로자 건강장해 예방에 관한 사항

나. 밀폐공간 작업 시 조치사항

- 밀폐공간 작업 허가서 발급
- 밀폐공간 작업에 필요한 교육 및 훈련 진행
- 관계근로자 외 출입금지
- 근로자 입장 및 퇴장 시 인원점검
- 작업상황 감시인 배치
- 작업장과 외부 감시인 간 연락설비 가동
- 사고 시 대피조치 및 대피용 기구 비치

2) 유해공기농도 측정

가. 유해 공기 판정 기준

- 각각의 측정 위치에서 측정된 최고농도 적용
- 밀폐공간 내 유해 공기 특성에 맞는 적절한 측정기
- 측정기 유지보수 관리, 사용 및 취급, 유지, 보수 방법 습득
- 사용 전 기준 농도, 경보 설정 농도 정확하게 교정

나. 농도측정지점 선정

- 수직 방향 및 수평 방향 3개소 이상 선정

- 작업 시 근로자의 호흡 위치를 중심으로 측정
- 휴대용 유해 공기 농도 측정기 등을 이용하여 측정
- 면적 및 깊이를 고려하여 적절한 측정기를 사용하고 내부를 골고루 측정

다. 유해공기 측정 시점

- 당일 작업 및 교대자 최초 작업 시작 전
- 전체 근로자가 작업 장소를 떠났다가 작업을 재개하기 전
- 근로자의 신체, 환기장치 등에 이상이 있을 때

3) 밀폐공간 환기

가. 환기 기준 및 시점

- 작업 시작 전 5배 이상 외부의 신선한 공기로 환기 후 출입
- 작업 중 적절한 공기가 유지되도록 시간당 공기 교환 횟수 20회 이상 으로 환기
- 적절한 송풍기 용량을 갖춘 환기팬 구비

나. 환기 절차

- 유해 공기 완전 제거 전까지 출입금지 조치
- 환기팬에 송풍관(덕트) 연결
- 작업 전 구비된 환기팬으로 15분간 급기
- 작업 시작 전 산소 및 유해가스 농도 측정, 이상이 있는 경우 작업자 보호 조치
- 작업 중 구비된 환기팬을 작업 종료 시까지 가동
- 주기적인 산소 및 유해가스 농도 측정
- 측정 시 이상이 있는 경우 즉시 대피
- 작업 재개 시 밀폐공간 작업 프로그램에 의한 재평가 실시
- 적정 공기 상태 유지가 어려운 경우 별도의 작업자 보호 실시
- 환기 절차 이행에 관한 내용 문서화

다. 환기장치에 의한 환기 주의사항

- 산소농도 및 유해가스 농도가 급격하게 변할 수 있는 장소
 - 불활성 기체의 누출, 유입 및 황화수소 발생
 - 환기 절차와 함께 추가 작업자 보호조치
- 폭발 위험지역 내
 - 방폭형 구조 사용

- 폭발, 산화 위험, 환기가 어려운 경우 공기 호흡기, 마스크 착용 등
 - 작업 전 및 작업 중 급기방식으로 충분한 환기
- 유해가스 농도가 기준농도를 넘어가지 않도록 함
- 급기 방식: 외부의 공기를 불어 넣는 방식
 - 배기 또는 급배기 방식 적용
- 급기로 인해 오염된 공기 확산 우려
- 체적이 넓거나 복잡한 경우
 - 기타
- 환기가 중단되는 등 응급상황 발생 시 즉시 밀폐공간 외부로 대피
- 급기구와 환기구 적절하게 배치
- 급기구는 작업 근로자 가까이 설치하되 작업자를 등지고 설치함
- 송풍관은 구부리는 부위를 적게 하고, 난연 재질을 사용함

4) 보호구 및 구조장비

가. 호흡용 보호구

- 안전인증 규격에 적합한 것을 선택함
- 충분한 성능을 유지하도록 보관 및 점검, 보수를 철저히 함
- 작업자와 구조자 훈련 및 구조 실습을 통해 사용법을 숙지하게 함
- 공기호흡기, 송기마스크

나. 안전대

- 산소결핍 사고 및 유해가스 등의 중독 위험이 있을 때 사용하도록 함
- 삼각대, 보호가드

다. 무전기

- 산소결핍 장소에 근로자 출입 시 작업상황 송수신을 위해 휴대
- 전원이 켜진 상태를 유지하도록 함

5) 응급조치

가. 사고 현장 안전 확보

- 현장의 안전을 확인하는 것이 가장 중요한 일
- 환자 발견 시 현장이 안전한지 확인 후 구조 시작

나. 의식 확인

- 외부손상 정도와 의식상태 확인
- 목에 외상이 의심되는 경우 필요한 경우에만 환자 이동

다. 응급의료체계 연락

- 조치
 - 심정지가 의심되는 성인 발견 시 응급의료체계에 연락
 - 제세동기 사용이 용이하도록 대비
- 응급의료체계 신고 시 알려야 할 것
 - 응급상황이 발생한 위치
 - 무슨 일이 일어났는가
 - 도움이 필요한 환자의 수
 - 환자의 상태
 - 환자에게 시행한 치료 내용
 - 다른 질문이 없는지 확인
- 환자의 자세
 - 환자를 딱딱하고 평평한 바닥에 눕힘
 - 얼굴을 아래로 하고 누워 있을 경우 통나무 굴리듯 바로 눕힘
 - 호흡이 없는 환자는 반드시 양팔을 몸통에 붙여 똑바로 눕힘

part 2. 산소결핍 작업 시 안전관리

1. 산소결핍이란?

1) 산소의 특성과 산소결핍

가. 산소결핍

- ① 산소농도 18% 미만일 경우
 - 산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙
- ② 산소농도 19.5% 미만일 경우
 - 미국 산업안전보건청 (OSHA)
- ③ 산소결핍증
 - 산소가 결핍된 공기를 흡입함으로써 생기는 이상증상

나. 산업안전보건법상 적정공기

- 산소농도 : 18% ~ 23.5%
- 탄산가스 농도 : 1.5% 미만
- 일산화탄소 농도 : 30ppm 미만
- 황화수소 농도 : 10ppm 미만

다. 산소

- 상온, 상압에서 무색, 무미, 무취의 기체
- 물과 알코올에 녹음
- 가연성은 아니지만 다른 물체의 연소를 돕는 원인물질
- 냄새나 감각으로 산소 부족 환경을 판단할 수 없음
- ① 공업용 산소
 - 물체의 연소를 돕는 성질 이용
 - 용접 용단 : 아세틸렌 불꽃 조연제
 - 화학공업
 - 유리, 제지, 전자, 반도체
 - 용수 및 폐수 처리
- ② 의료용 산소
 - 호흡용
 - 약 50% 산소 + 1~5% 탄산가스 혼합

- 의료용, 비행기 탑승자, 로켓 탑승자, 소방관, 잠수사 등
 - 고압 산소 요법 : 100% 순산소 이용
 - 양식장 또는 활어 운송 등
- ③ 성인의 산소소비량 = 분당 0.2~0.3ℓ
 - 뇌는 생명현상에서 가장 중요한 신체기관
 - 하루 필요 산소량 100ℓ (전신의 약 25%)
 - 산소공급이 감소하면 활동을 잃음
- 무산소일 경우 순간적으로 활동 정지
- 2분 경과 : 대뇌피질 세포의 비가역적인 붕괴
- 6~8분 : 사망
 - 대기압 저하에 따른 산소분압 저하
- 호흡에 의한 산소섭취 곤란
 - 해발 3,000m 이상의 고소지역
- 호흡, 순환의 기능 왕성
- 적혈구, 헤모글로빈 증가
- 고소거주에 순응 (거주 한계 : 5,500m)

라. 산소의 자연소모

① 산화작용

- 다양한 산화 현상
- 탱크 등에서의 산화
- 저장이나 운반중인 물질의 산화
- 건성유에 의한 산소소모
 - 수분이 있는 채로 장기간 밀폐된 철제 탱크
- 내벽이 산화되어 녹이 슬게 됨
- 전해질이 함유된 해수의 경우 산화속도 빠름
- 탱크 내의 산소가 감소되어 산소결핍

② 호흡 작용 및 용존산소

- 수확된 채소, 과일 등의 호흡작용
- 기준치 이하의 산소농도에서 무호흡에 의한 장애 발생
 - 지하수나 우물물의 용존산소 부족
- 공기 중의 산소가 물속으로 용해
- 밀폐된 공간 내에서는 산소결핍상태

2) 산소결핍에 따른 건강장해

가. 산소부족에 대한 반응

- 산소 부족 환경 → 유산 생성량 ↑ → 혈액의 산성화 → 호흡중추 등의 자극 → 호흡심도, 호흡수, 심장 박동 수 증가

① 생리적인 적응

- 공기를 상대적으로 많이 호흡 → 산소부족량 보충
- 혈액을 보다 다량으로 순환
- 뇌의 혈관 확장 → 대량의 혈액을 받아들이기 위한 준비
- 산소 농도 16% 이하 → 생체적 보상 불가능, 산소결핍 증상

나. 산소 농도에 따른 인간의 반응

산소농도(%)	생리학적 효과
23.5 이상	폭발성 기체, 과 산소 효과
19.5 ~ 23.5	정상 호흡, 부작용 없음
15 ~ 19.5	피로, 피곤, 작업 능력 감소, 지구력 소실
12 ~ 15	맥박과 호흡률 증가, 협동 운동 장애, 행동의 부조화, 판단력 약화
10 ~ 12	맥박이 빨라지며 직무수행 불가, 판단력 저하, 협동 운동 소실, 입술이 파랗게 변함
8 ~ 10	정신력 쇠약, 실신, 구토, 의식소실, 창백해진 얼굴
6 ~ 8	8분 노출의 경우 50~100%, 6분 노출의 경우 25~50% 사망할 수 있으며 4~5분 노출의 경우 치료 후 회복 가능
4 ~ 6	40초 내로 혼수상태, 행동 조절 불가, 경련, 혼수, 호흡정지, 사망

다. 산소결핍의 인체 영향

- 뇌신경 세포에 치명적인 손상
- 후유증으로 언어장애, 운동장애, 시야장애, 건망증 등
- 뇌부종이 급격히 일어나 회복 후에도 뇌혈관 압박

① 산소부족 상태에서 작업

- 근력저하, 어지러움 등의 신체 반응 → 추락, 전락, 익사 등의 사고
- 기능 저하 → 착각, 오동작, 헛디딤
- 질식으로 인한 구토, 흉부가 하늘을 향한 상태 → 질식사
- 엎드린 자세로 물이 고여 있는 곳으로 쓰러짐 → 익사

라. 급성 산소결핍

- 평지의 작업환경에서 나타나는 산소결핍
- 대부분 저 산소 환경의 노출에 의하여 재해 발생
- 산소결핍증이 나타나는 산소농도
- 건강상태나 개인차에 따라 다르게 나타남
- 16%에서 자각 증상
- 저 농도가 될수록 증상이 무거워짐
- 10% 이하에서 치명적 위험
- 작업장소에 별도의 표지가 없을 경우 : 산소결핍에 의한 증상인지 알 수 없음

3) 산소결핍의 원인

가. 공기 중 산소소모 - 물질의 산화 작용

① 소재의 산화

- 철제 탱크
- 물기가 있거나 장기간 밀폐로 내벽이 산화되어 생긴 녹이 탱크 내의 산소를 감소
- 산소결핍 상태
- 지하 매장 광물질
- 황화철을 비롯한 환원상태의 제 1 철 화합물 함유
- 공기와 접촉할 때 수분이 존재하면 쉽게 산화
- 산소를 흡수하여 산소결핍 상태
- 철재의 보일러/탱크/반응탑/압력용기/가스홀더/반응기/추출기/분리기/열교환기/선창/선발의 이중저 등의 내부

② 저장 또는 운반 물질의 산화

- 석탄, 강재, 고철 등
- 상온에서도 공기 중의 산소를 소비
- 산화, 발열되어 산소결핍 발생
- 탱크/호퍼/사일로/유개화차 등의 내부

③ 건성유의 산패

- 아마유, 보일(Boil)유 등의 도료용 건성유
- 건조, 경화될 때 다량의 산소를 유성분 분자 내에 포집하여 결합
- 일산화탄소와 알데히드 방출
- 저 산소 상태 조성
- 건성유, 대두유, 유채유 등 불포화 지방산 함유 식물성 식용유

- 공기 중의 산소와 결합하여 고화, 변질
 - 건성유를 사용, 도장한 환기가 불량한 장소 / 식물성 기름저장탱크 등의 내부

나. 공기 중 산소소모 - 미생물의 호흡작용

생체의 종류	산소 소비량 (ml/g/day)
사람(Human)	200
원생동물(Paramecium)	500
사상균(Lusarium)	1,000
조류(Chlorella)	40,000
세균(Azotobacter)	1,200,000

■ 활용 분야

- 발효식품
- 의약품의 제조 : 페니실린, 스트렙토마이신
- 폐기물 처리 : 하수, 분뇨, 매립
- ① 미생물의 증식
 - 부패하거나 분해하기 쉬운 물질을 넣었던 탱크 (분뇨, 부니, 오수, 펄프액 등)
 - 하수, 오물
 - 세균 증식에 따른 산소 소비
 - 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등의 발생
 - 하수설비, 피트나 오수조 분뇨처리장의 오물조 내 탱크/선창/조/관/암거/맨홀/하수구 또는 피트
- ② 유기물의 부패
 - 신설맨홀
 - 산소 소비, 이산화탄소, 메탄, 황화수소 등 발생
 - 콘크리트의 응고가 완료될 때까지 비교적 단시간에 진행
 - 형틀을 떼어내기 위해 들어간 근로자의 산소결핍 위험
 - 케이블 또는 가스관용 암거, 맨홀 또는 피트의 내부
 - 우수나 유수 등이 체류했던 암거, 맨홀 또는 피트의 내부
- ③ 미생물의 발효
 - 탱크 / 향온실 또는 간장이나 식초 양조조의 내부
- ④ 절임식품, 야채, 곡물 등의 호흡작용
 - 단무지와 오이지 저장조 / 야채 향온실 / 사일로 / 창고, 선창의 내부
- ⑤ 목재의 호흡작용

- 목재의 호흡작용으로 인한 산소의 소비
- 선창, 호퍼 등의 내부

다. 기타

- ① 각종 탱크나 밀폐된 방
 - 냉장실, 냉동실, 항온실, 탱크, 보일러, 압력용기, 반응탑 등 내부
- ② 지하수의 산소소모
 - 지하수가 있는 밀폐된 공간
 - 지하수의 용존산소가 적을 때
 - 공기 중에 있는 산소가 물로 용해
 - 산소결핍 상태
 - 상수도의 지하 집수지 / 수력발전소의 취수구 / 용수가 풍부한 지하터널이나 맨홀 등의 내부
- ③ 우물
 - 간이수도나 일반 우물
 - 산소용해
 - 내부에서 미생물의 호흡
 - 지질에 따른 산소흡수
 - 토사층에서 산소결핍공기의 유입 → 산소결핍이 발생

라. 치환용 가스의 사용

- ① 위험성 가스 분류
 - 가연성 : 수소, 메탄, 액화프로판 가스 등
 - 조연성 : 공기, 산소, 일산화탄소 등
 - 불연성 , 질식성, 불활성 : 이산화탄소, 질소, 아르곤 등
- ② 질식 : 생체 또는 조직에 산소결핍이나 탄산가스의 과잉으로 일어나는 상태
- ③ 질식제 : 조직 내의 산화작용을 방해하는 화학물질
- ④ 단순 질식제
 - 가스 자체에 독작용이 없음
 - 공기 중에 많이 존재하여 산소분압을 저하시켜 산소 공급의 부족
 - 불활성 가스가 해당
 - 수소(H₂), 질소(N₂), 헬륨(He), 메탄(CH₄), 에탄(C₂H₆) 탄산가스(CO₂)
- ⑤ 화학적 질식제

- 혈액 내의 혈색소와 결합하여 산소 운반 능력을 방해
- 일산화탄소(CO), 아닐린, 니트로소아민, 아비산(AsH_3) 등 조직 내의 산화효소를 불활성화 시켜 질식 작용
- 황화수소(H_2S), 오존(O_3), 염소(Cl_2), 포스젠(COCl_2)
- ⑥ 질소 등의 봉입
 - 가연성 가스나 액체에 의한 화재 · 폭발을 예방하는 방법
 - 점화원 또는 공기를 제거하는 것이 좋음
 - 석유 화학 공장에서의 대책
 - 점화원이 되는 전기기기를 방폭형으로 구비
 - 질소로 공기를 치환
 - 정전기나 충격불꽃 등의 발생 방지
 - 질소치환을 실시하는 반응탑, 배관 등
- ⑦ 질소, 이산화탄소 등의 이용 - 산화, 흡착, 재용해의 방지
 - 입자상이나 미분상의 화학제품이나 산소를 흡수하는 물질 (식물성 기름)
 - 질소의 봉입으로 산화에 의한 변질이나 열화를 방지
 - 용수에 녹아 있는 산소 제거 및 산소 재용해 방지
 - 질소 치환을 실시하는 각종 저장탱크
 - 환기가 나쁜 장소에서 불활성 가스를 이용한 아크 용접, 절단작업
- ⑧ 질소, 이산화탄소 등의 이용 - 냉각제의 사용
 - 저온을 유지하기 위해 냉동고내 드라이아이스를 넣거나 액체 질소를 직접 살포
 - 액체질소나 드라이아이스를 사용하는 냉동고, 컨테이너 등
- ⑨ 가스의 분출, 돌출
 - 터널 공사나 탄광 내에 돌연히 대량의 메탄이나 이산화탄소 돌출 → 산소결핍 사고 발생
 - 메탄, 이산화탄소를 용출
 - 광산, 탄광, 지층의 수직갱, 피트 등의 내부
 - 이산화탄소, 프레온 등의 소화 설비
 - 지하실, 지하주차장, 선실, 탱크, 피트 등의 내부

2. 산소결핍에 의한 재해 예방

1) 산소결핍 재해발생의 특징

- 경계심 및 사전지식 부족
- 동종재해가 매년 계속 발생

- 안전 장비 등 미보유
- 작업 준비 부족
- 작업관리 소홀
- 작업 중 안전 의식 부족

2) 산소결핍 작업 안전 조치

가. 산소 및 유해가스 농도 측정

① 측정 자격

- 공기 측정 장비의 조작과 그 결과에 대한 올바른 해석을 할 수 있는 자
 - 관리감독자
 - 안전관리자 또는 보건관리자
 - 안전관리 전문기관
 - 보건관리 전문기관
 - 지정 측정 기관

② 적정 공기 여부 평가

- 적정 공기
 - 산소농도 범위 18%~ 23.5% 미만
 - 탄산가스 농도 1.5% 미만
 - 일산화탄소 농도 30ppm 미만
 - 황화수소 농도 10ppm 미만
 - 가연성가스의 농도가 하한치의 10%를 넘지 않는 경우
 - 독성가스 농도가 허용기준 미만인 경우
- 유해가스 농도 측정시기
 - 밀폐공간 작업을 위한 사전조사 시
 - 밀폐공간 작업을 시작하기 전
 - 장기간 작업, 불활성가스 또는 유해가스의 누출, 유입 발생 가능성이 있는 경우 :
수시 또는 일정시간 간격으로 측정
 - 전체 근로자가 작업장소를 떠났다가 돌아와 작업을 재개하기 전
 - 근로자의 신체, 환기장치 등에 이상이 있을 때

③ 측정 장소

- 면적 및 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정
- 작업장소에 대해 수직 및 수평방향으로 각각 3개소 이상 측정
- 깊은 장소의 농도를 측정할 때 고무호스나 PVC로 된 채기관으로 측정

- 1m 마다 작은 눈금으로 5m 마다 큰 눈금으로 표시

④ 측정 시 유의사항

- 측정기 사전 검사
 - 유해가스 측정기의 정기적인 교정 필요
 - 깨끗한 야외 공기에서 검사 시 산소농도가 20.9% 초과 또는 미만 일 경우 : 교정이 필요함
 - 측정자 안전 보장
- 내부를 살펴보기 위해 측정자의 호흡기가 밀폐공간 개구면 안쪽으로 들어가는 것을 금함
- 유독가스가 가득 찬 상태에서는 개구면 근처에서 위험
 - 깊은 곳 측정할 시 보호구 착용 : 공기 호흡기 또는 송기 마스크
 - 어두운 내부 측정 시 방폭 구조의 전등사용 : 가연성 가스로 차 있을 수 있음
 - 긴급 상황에 대비 : 감시인 배치, 공기호흡기 또는 송기 마스크, 안전대, 구명 밧줄준비

나. 환기

- 밀폐공간 내 공기상태를 적정공기 상태로 만들기 위한 수단
- 밀폐공간 작업에서 중요한 안전작업 수단
- 작업 중 산소 소모나 유해가스 발생으로 인한 질식 위험
- 작업 특성을 검토한 환기 방법 결정
- 작업 전 확인 시 환기 방법의 적절성 충분한 검토 필요

① 환기 시 주의사항

- 환기장치 는 작업 전 정상작동 여부 확인
 - 환기장치 작동이 되지 않는 경우 교체할 때까지 작업금지
 - 작업 전 밀폐 공간 내 공기 상태를 만들기 위한 충분한 환기
 - 체적의 5배 이상의 신선한 공기 공급
 - 작업 중 가능한 계속 환기
 - 유해가스 발생 우려가 없는 경우 제외
 - 급기구와 배기구를 적절하게 배치, 환기가 효과적으로 이루어 질 수 있도록
 - 유해가스 발생원과 반대방향에 설치
 - 급기부는 깨끗한 공기가 들어올 수 있는 위치에 설치 : 배기부와 떨어져서 설치
 - 송풍관
- 가급적 구부리는 부위를 적게 설치

- 용접 불꽃 등에 의해 구멍이 나지 않도록 난연 재질 사용
 - 환기만으로도 적정공기를 유지하기 힘든 경우 : 반드시 호흡보호구 착용

다. 보호 장구의 사용

- 작업이나 긴급 상황에 즉각적으로 사용 가능한 상태로 유지
- 근로자에게 사용 방법 등에 대한 충분한 교육 실시
- ① 착용장소
 - 유해가스의 지속적인 발생
 - 환기만으로 적정공기를 유지하기 힘든 경우
 - 탱크, 화학설비, 수도나 도수관 등
 - 구조적으로 충분히 환기가 힘든 경우
 - 응급상황 발생
 - 충분한 환기에 필요한 시간적 여유가 없는 경우
- ② 공기 호흡기 착용이 어려운 경우
 - 밀폐 공간 등 장소가 협소한 경우
 - 외부에서 공기를 공급하는 방식의 송기 마스크 착용
 - 송기 라인이 꼬이거나 끊어지지 않도록 관리
 - 공기 공급이 중단되는 경우가 없도록 대비
 - 산소농도가 18% 미만인 장소 : 반드시 공기호흡기나 송기 마스크 착용

라. 유해가스 발생장소 조치

- ① 용접 등에 관한 조치
 - 작업 공간 적정 공기 상태 유지
 - 가스 농도 측정, 환기 등의 방법 사용
 - 환기 등의 조치로 적정공기 상태 유지 어려운 경우
 - 근로자에게 공기호흡기 또는 송기 마스크 지급
- ② 불활성기체 사용 시 조치
 - 밸브 또는 콕을 잠그거나 차단판 설치
 - 잠금장치 설치 및 금지 표지 게시
 - 배관의 밸브나 콕 또는 스위치 또는 누름 장치 등
 - 배관 내 불활성 기체 명칭
 - 개폐의 방향 등 조작방법에 관한 표지
 - 불활성 기체 잔류 방지를 위한 조치

- 불활성 기체를 직접 외부로 내보내기 위한 설비

③ 가스 배관 공사 등에 관한 조치

- 지하실 또는 맨홀의 내부, 통풍이 불충분한 장소에서 가스배관 작업 시
- 배관을 해체 또는 부착하는 작업장소에 해당 가스가 들어오지 않도록 차단
- 적절한 공기상태 유지를 위한 환기

- 근로자에게 공기호흡기 또는 송기 마스크 지급 및 착용

④ 설비개조 등의 작업 시 조치

- 분뇨, 오수, 펄프액 및 부패하기 쉬운 물질에 오염된 펌프 배관, 그 외 부속설비
- 작업 방법 및 순서를 정하여 사전에 작업 종사 근로자에게 널리 알림
- 황화수소 중독 방지에 필요한 지식을 가진 자를 해당 작업의 지휘자로 지정

⑤ 소화 설비 등에 대한 조치

- 통풍이 불충분한 장소에서 탄산가스를 사용하는 소화기 또는 소화 설비 사용

- 쉽게 뒤집히거나 손잡이가 쉽게 작동되지 않도록 할 것, 탄산가스가 새어나갈 위험이 있음

- 소화를 위해 작동하는 경우 외에 소화기 또는 소화 설비 임의 작동 금지

- 소화 설비 설치 장소에서 유지·보수 작업

- 작업 시작 전 소방시설 운영담당자와 작업도면 검토 및 현장조사 실시

- 오작동 방지를 위해 자동 · 수동 전환스위치 반드시 수동 측으로 전환

- 안전보건 교육 실시, 화재 및 오작동 등에 의한 소화 설비 작동 시 조치 사항 등

- 화재나 작동 등으로 이산화탄소가 방출된 장소 들어가기 전 완전 환기

- 인명구조 등으로 필요한 경우 공기호흡기 착용

⑥ 출입문, 출입구임의 잠김 방지

- 근로자가 작업하는 동안

- 설비의 출입뚜껑 또는 출입문이 임의로 잠기지 않도록 조치

- 작업을 마치고 출입뚜껑 또는 출입문을 잠그는 경우

- 내부에 작업자가 있는 지를 반드시 확인

⑦ 지하실 등의 작업 시 조치

- 배관이 설치되어 있는 지하실이나 피트 등의 내부에서 작업하는 경우

- 배관을 통해 산소결핍 공기나 유해가스가 새지 않도록 조치

- 산소결핍 공기나 유해가스가 셀 때

- 직접 외부로 내보낼 수 있는 설비 설치

- 적정 공기상태 유지하도록 조치

⑧ 압기공법에 관한 조치

- 지층이나 인접한 장소에서 작업 시
- 유해가스가 쉼 우려가 있는 지 여부와 산소농도 조사
- 조사결과 유해가스가 새거나 산소가 부족할 경우
- 즉시 작업 중지, 출입금지 등의 필요한 조치

마. 작업관리

① 관리 감독자의 직무

- 작업 시작 전 작업방법 결정 및 근로자의 작업 지휘
- 산소결핍 공기나 유해가스 노출 되지 않는 방법
- 작업 시작 전 작업 장소의 공기가 적정한지 확인
- 측정 장비, 환기장치, 공기호흡기 또는 송기 마스크 등 점검
- 근로자에게 공기호흡기 또는 송기 마스크 등의 착용 지도 및 점검

② 감시인의 배치

- 상시 작업 상황 감시할 수 있는 감시인 지정 외부에 배치
- 근로자에게 이상이 있을 때 구조 요청 등 필요한 조치
- 즉시 관리감독자에게 알림
- 작업장과 외부의 감시인 간에 항상 연락을 취할 수 있는 설비 설치

③ 인원의 점검

- 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시킬 때마다 점검

④ 출입의 금지

- 사업장 내 밀폐공간 사전 파악
- 관계 근로자 외 출입 금지
- 출입금지 표지를 보기 쉬운 장소에 게시

⑤ 연락체제 구축

- 내부 작업자와 외부 감시인 사이 상시 연락할 수 있는 장비 및 설비

⑥ 안전한 작업 방법 등의 주지

- 매 작업 시작 전 해당 작업 근로자에게 알림
- 산소 및 유해가스 농도측정에 관한 사항
- 사고 시 응급조치 요령
- 환기 설비의 가동 등 안전한 작업방법에 관한 사항
- 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항
- 구조용 장비 사용 등 비상 시 구출에 관한 사항

3) 재해자 구조와 심폐소생술

가. 재해자 구조

- 입구와 내부의 협소성
- 산소결핍 또는 유해가스 등의 존재
- 재해자 구조 중 사고 다수 발생

① 재해자 구조의 절차

- 119나 회사 내 안전보건관리팀에 연락
- 재해자 구조를 위해 공기호흡기나 송기 마스크 착용
- 구조된 재해자에 대해 심폐소생술 실시
- 충분한 훈련과 교육 필요 : 최소 6개월 간격으로 훈련 실시

② 심폐소생술

- 반응확인

- 무반응, 무호흡 또는 비정상 호흡 확인

- 심폐소생술

- 흉부 압박 위치 : 양 젖꼭지를 이은 중앙의 흉부 부위
- 한 손의 손등에 다른 손을 겹쳐 깍지를 껴서 잡아당김
- 팔꿈치가 구부러지지 않도록 하고 일직선으로 유지
- 4~5cm 깊이, 1분간 100회 이상 120회 미만의 속도
- 119구급대가 도착할 때까지 실시

- 회복자세

- 심폐소생술 중 재해자가 움직이거나 소리를 내는 경우 조치
- 심폐소생술을 통해 호흡이 회복된 경우 조치
- 재해자를 옆으로 돌려 눕혀 기도가 막히는 것을 예방