

밀폐공간에서의 질식재해 예방

산소는 눈에 보이지 않는다. 그렇다 보니 자신도 모르게 산소결핍으로 인해 사고를 당하고, 당황한 마음에 이를 구하기 위한 구조자도 무리한 구조작업으로 함께 질식하는 사고가 발생한다. 특히 건설현장에서는 맨홀 작업이나, 밀폐공간에서의 도색작업, 실내 공간에서의 임시 난로 등에 의한 질식사고가 빈번하게 발생한다.

1. 산소결핍이란?

산소결핍이란 21% 정도되는 공기 중 산소 비율이 상대적으로 적어져 대기압 하에서의 산소농도가 18% 미만인 상태를 말한다.

미국 NIOSH에 발표한 “밀폐공간에서의 근로자 사망재해에 대한 연구보고서”에 의하면 밀폐공간에서의 사고는 자주 발생하지는 않지만 일단 발생하면 치명적인 결과를 초래하며, 한번의 사고로 여러 명의 사망자를 발생시킬 수 있다는 특성을 가지고 있다.

또한, 미국의 산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 산소농도 19.5% 미만을 관리기준으로 설정하여 더욱 엄격하게 관리하고 있다. 이와 같이 산소가 결핍된 공기를 흡입하게 되면 “산소결핍증”이라는 건강장해가 나타날 수 있는데 초기증상은 안면이 창백하거나 홍조를 띠고, 맥박과 호흡이 빨라지고, 호흡곤란과 현기증, 두통 등이 있거나, 말기에는 의식이 혼미하고 호흡이 나심장이 정지되어 사망에 이르는 상태를 말한다.

이에 밀폐공간에서는 표준작업이 무엇보다도 중요하다. 산소결핍이 예상되는 밀폐된 공간의 내용물이나 작업 특성에 대해서는 작업자들이 대부분 잘 알고 있다. 그러나 이와 같은 사전지식을 믿고 아무런 비상조치 없이 작업에 임하게 되면 예기치 않은 상황에서 사고가 일어날 수 있다. 따라서 밀폐된 공간의 공기 특성과 작업시 어떤 주의사항을 해야 하는지 그리고 비상사태시 어떤 조치를 취해야 하는지 등 구체적인 내용을 문서화한 표준작업이 반드시 마련되어 사전점검 및 훈련을 하고서 작업에 임해야 한다.

2. 사람과 산소의 관계

<표 1> 산소농도 저하시 신체증상

산소농도	증상
21%	정상
18% 이하	산소결핍
12~16%	맥박 · 호흡수의 증가, 정신집중력 저하, 계산착오, 세심한 근육작업 약화, 두통, 귀울림, 메스꺼움
9~14%	판단력 저하, 불안정한 정신상태, 상처의 통증이 없어짐, 기억상실, 체온상승, 의식몽롱, 안면창백, 전신발진 ※ 저산소제, 자상 등을 느끼지 못함, 당시의 기억 없음.
6~10%	의사불명, 중추신경장애, 혈떡거림, 전신 근육의 경련, 저산소제 ※ 저산소제, 혈액중의 산소농도가 부족하여 피부나 점막이 검 6~10% 지속되면 이 그이하
6~10% 이하	심정지 → 호흡정지 → 6-8분 후 심장정지

성인은 안정된 상태에서 1분에 0.2~0.3 l의 산소를 소비하고 있다. 뇌는 생명현상의 가장 중요한 존재이지만, 산소량에 의존도가 높은 특징이 있다. 산소의 공급량이 감소하게 되면 뇌의 활동은 곧바로 활동성을 잃게 된다. 무산소상태로 되면 순간적으로 뇌가 활동을 정지하게 되고, 2분이 경과되면 대뇌의 피질세포가 비가역적인 붕괴를 일으키기 시작한다. 이러한 세포의 붕괴는 6-8분만에 전신으로 파급되어 사망에 이르게 된다. 또한 산소결핍으로 인한 후유증으로 언어장애, 운동장애, 시야장애, 건망증 등이 발생할 수 있다. 근육을 많이 사용할 때에 산소결핍증은 중증화되기

쉽고, 왕성한 노동을 하고 있는 사람이 먼저 산소결핍 증에 의해 피해를 당하게 된다.

산소결핍에 의한 재해중에는 환기가 불량한 폐쇄적 인 공간에서 뿐만 아니라 무산소공기를 한번만 호흡 하여도 큰 재해를 당하는 경우가 적지 않다. 무산소공 기를 갑자기 호흡하게 되면 호흡 중추에 자극하여 흥 부확장이 일어나게 되어 무산소공기를 다시 뱉어내 는 동작이 불가능하게 된다.

따라서 폐가운데 남아있던 산소는 무산소공기에 의해 점차로 희석되어 폐내의 산소분압이 저하하고 폐안의 모 세혈관내의 혈중산소분압은 상승하지 않고 그대로 뇌로 이송된다. 산소를 항상 다량으로 소비하고 있는 뇌는 이 순간에 바로 뇌의 활동을 지탱하는 산소분압을 상실하게 되어 활동저하 또는 활동 정지를 일으키게 된다. 이러한 반응은 무산소공기를 흡입한 후 2초 이내에 일어나게 된 다.

3. 건설현장의 산소결핍 원인

갱내, 맨홀, 탱크, 암거, 핏트, 배수관, 휴게실 등 밀폐 공간에서의 작업, 휴식시 산소 결핍(공기중 산소농도 18%이하인 경우)으로 인해 질식사 등 중대재해가 발 생한다. 특히 건설현장에서의 밀폐공간에서 목탄, 갈 탄 등을 이용한 임시난로 사용시 발생하는 유해가스 와 화기사용에 따른 대기중에 산소 농도 감소에 의한 산소결핍이 발생한다.

따라서 현장에서의 산소결핍에 의한 재해를 예방하 기 위해서는 현장내 화기 관리 감독 및 안전교육이 철 저히 이루어져야 하며, 밀폐공간내 작업시에는 작업 시작전에 산소농도를 측정하고, 근로자에게 보호구 를 착용시켜 이러한 재해를 사전에 예방해야 할 것이 다. 따라서, 사업주는 밀폐공간 작업전 산소농도 측정 방법과 보호구 착용요령을 사전에 교육시켜야 한다.

밀폐공간에서의 일반적인 원인으로는 다음과 같은 것들이 있다.

(1) 뜻하지 않게 갑자기 작동된 혼합기와 같은 기계 장비

- ② 부주의로 공간으로 들어가는 위험가스
- ③ 공간내부의 위험한 공기
- ④ 공간외부의 보조자의 부족
- ⑤ 부적절한 구조계획 및 비상조치 등

4. 산소결핍 재해 사례

가. 맨홀 내부 거부집 해체작업 중 질식
 하수도용 맨홀 내부에 설치된 이동식 사다리를 이 용하여 맨홀 바닥으로 내려가 거부집 해체작업을 하 던 중 호흡곤란으로 사다리에 매달린 피재자를 구조 하였으나 치료도중 사망하였다.

(1) 재해원인

- ① 산소농도 미측정-산소결핍 위험이 있는 하수관용 맨홀출입시에는 사전에 산소농도를 측정하여 산소 농도가 18% 이상일 때만 출입하여야 하나 산소농도 측정을 하지 않았다.
- ② 환기 미실시-산소결핍 위험이 있는 맨홀출입시 에는 송풍기를 사용하여 신선한 공기를 맨홀 내 부에 주입시켜 산소 농도가 18% 이상인 것을 확 인하고 나서 출입하여야 하나 환기를 실시하지 않았다.
- ③ 공기호흡기 미비치 및 미착용-산소결핍 위험 장 소에 출입할 경우 공기호흡기, 호스마스크 등을 배치하고 작업시 착용할 수 있도록 하여야 하나 공기호흡기 등이 비치되어 있지 않았다.
- ④ 산소결핍 위험 장소에서의 작업을 할 경우에는 특별안전교육을 하여야 하나 실시하지 않았다.

나. 발파후 터널내부의 유해가스에 의한 질 식

현장에서 발파 시험을 실시한 터널에 들어가 질식 한 근로자를 발견하고 이를 구조하기 위해 에어 컴프 레샤 호스를 들고 들어간 다른 근로자도 질식하여 사

망한재해이다.

(1) 재해원인

- ① 유해 위험한 장소에 대한 조치 미흡-발파시험을 사전에 통보 받았음에도 처음 근로자는 시험 후 환기가 불충분한 상태의 터널을 진입하였다(발파 시험 후 무단출입을 통제하는 조치가 미흡함)
- ② 구조 작업 방법 불량-재해자는 구조하기 위한 작업(환기 등에서 방독면 등 보호장구의 착용없이 터널로 진입하는 무리한 구조를 하였다.

다. 아파트 옥탑 1층 콘크리트 양생 작업 중 질식

재개발 APT 신축공사 현장에서 피재자인 인부 2명이 APT 옥탑 1층 내부에 화로통 3개에 목탄을 피워기 타설된 콘크리트 양생 작업을 하던 중 질식사해서 사망한 재해이다.

(1) 재해원인

- ① 환기가 불충분한 장소에서 목탄 등의 유해가스 제거 조치가 이루어지지 않았다.
- ② 현장내 화기 설치시 관리감독이 이루어지지 않았다.

라. 아파트 지하층에서 갈탄을 피워놓고 취침 중 질식

리프트 운전원인 피재자들은 퇴근 후 근로자들의 휴게실로 사용하던 아파트 지하 핏트층에서 빈 페인트통에 갈탄을 넣고 불을 피우고 잠을 자다가 갈탄에서 나오는 유해가스에 질식, 사망한 재해이다.

(1) 재해원인

- ① 환기가 불충분한 장소에서 유해가스가 발생하는 갈탄을 피워놓고 잠을 잤다.
- ② 지하실 핏트층 속도 사용-현장내에서 환기설비, 난방설비 등이 없는 지하실 핏트층을 임의로 속소로 사용하였다.
- ③ 밀폐공간에서 화기를 사용할 경우 공기중 산소

농도가 감소하고, 화기에서 발생하는 유해가스에 의한 중독의 위험에 대한 인식을 하지 못했다.

5. 밀폐공간내 작업시 조치 사항(산업보건의 기준에 관한 규칙 제2절)

(1) 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 · 시행

밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 작업 시작전 적정한 공기 상태여부의 확인을 위한 측정 · 평가, 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련, 공기호흡기 또는 송기마스크 등의 착용 및 관리 등 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해예방에 관한 사항에 대해 밀폐공간 보건작업 프로그램을 수립 · 시행하여야 한다.

(2) 환기

산소결핍 위험작업장에서의 작업시작 전 · 중에 당해 작업장을 적정한 공기상태로 유지되도록 환기하여야 한다.

(3) 인원 점검

밀폐공간에서 근로자가 작업할 때에는 당해 장소에 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시킬 때에 각각 인원을 점검하여야 한다.

(4) 출입 금지

밀폐공간에서 행하는 작업에 근로자를 조사하도록 하는 때에는 당해 밀폐공간에서 작업을 하는 근로자 외의 자를 당해 장소에 출입을 하지 못하도록 하고, 산소결핍지역의 출입금지 표지판을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

(5) 연락

밀폐공간 내부와 외부 근로자 상호간에 연락을 취할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

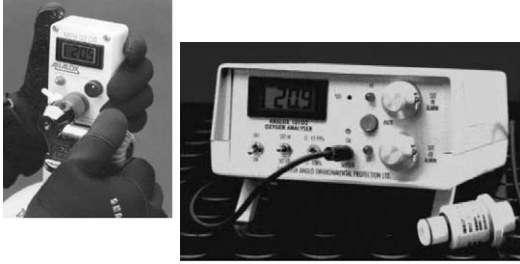
(6) 사고시 대피

산소결핍의 우려가 있는 작업에 대해서는 즉시 작업을 중단시키고, 해당 근로자를 대피시켜야 한다. 이때, 해당 장소의 공기가 적정한 산소농도로 확인될 때까지는 관계자 외의 자를 출입금지시킨다.

(7) 대피용기구의 비치

밀폐공간에서의 작업을 할 경우에는 송기마스크 등의 보호구와 사다리 및 섬유로프 등을 비치하여 응급 상황시 활용하도록 한다.

6. 산소농도 측정 방법



(1) 산소농도 측정기 또는 검지관 방식에 의해 측정한다.

(2) 맨홀 등 깊은 장소의 산소농도 측정시에는 고무 호스나 폴리염화비닐로 된 채기관을 사용한다(채기관은 1m마다 작은 눈금으로, 5m마다 큰 눈금으로 표시를 하여 동시에 깊이를 측정함)

(3) 공기 채취시에는 채기관의 내부용적 이상의 피검공기로 완전히 치환한 후 채취한다.

(4) 시료공기의 채기에는 역지밸브 부착 고무공펌프, 피스톤식 회전수동펌프, 전동펌프 등의 채기용 펌프를 사용한다.

(5) 고압압함의 경우에는 가능한 한 측정자가 내부에 들어가지 않고도 채기할 수 있도록 외부로 통하는 채기관을 설치하여 채기관을 통해 측정한다.

7. 밀폐공간에서의 안전작업수칙

(1) 승인받은 밀폐공간이 아니면 절대 들어가는 안된다.

(2) 작업중 현기증 또는 가벼운 두통을 느낄 경우 즉시 밖으로 대피하고 작업책임자에게 증상 또는 위험요인을 보고하도록 한다.

(3) 밀폐공간에서 작업중 작업자 임의로 공기호흡용

마스크를 벗어서는 안된다.

(4) 밀폐공간 내부에서는 절대 흡연을 하여서는 안된다.

(5) 밀폐공간 내부작업시에는 항상 작업에 집중토록 하고, 각종 도구 및 장비를 올바른 사용법에 의해 다룬다.

(6) 측정장비의 사용법을 정확하게 알고 있는 경우에만 위험요인에 대한 측정을 실시토록 하며, 그렇지 않을 경우 유자격자가 측정토록 한다.

(7) 감시인은 응급상황으로 인한 재해자를 구조할 경우, 반드시 공기호흡용 안전장구를 착용한 상태로 내부로 들어가도록 하며, 이 경우 가능한 한 또 다른 감시인을 밀폐공간 외부 가까이에 위치하도록 한다.

(8) 화학물질 사고시에 대비하여 소방용수 공급시설, 인공호흡장비, 소화기 등 응급구조장비를 항상 유효하게 사용할 수 있도록 한다.

(9) 작업전 산소 및 가스농도 측정을 3개소 이상 반드시 실시하고 산소결핍시 환기조치 및 공기호흡용 마스크를 착용하도록 한다.

(10) 작업중 반드시 안전담당자의 지시에 따른다.

