

1. 산소결핍에 의한 재해의 특징

“산소결핍”이라 함은 공기중의 산소농도가 18%미만인 상태를 말하며, “산소결핍증”이란 산소가 결핍된 공기를 흡입함으로써 생기는 증상을 말한다.

산소결핍에 의한 재해는 잠함·기초갱, 청과물창고, 탱크, 선창 등의 통풍이 불충분한 작업환경에서의 작업이 증가함에 따라 발생건수도 증가하고 있다.

산소결핍증이나 황화수소중독 등은 지하철·터널공사 등의 토목공사업 같은 공기의 유통이 좋지 않은 지하작업, 화학공업, 청소업, 식료품제조업, 종이·펄프제조업 등 탱크내 작업이나 폐쇄공간에서의 작업 등 많은 업종에서 다발하고 있음은 물론 광범위한 종류의 업종에 걸쳐 발생하고 있고 또한 다양한 규모의 사업장으로 확산되고 있다.

산소결핍에 의한 사고는 사망위험이 다른 가스중독 등에 비해서 높는데 이는 구조하러 들어간 사람이 차례로 연속재해를 입어 사망함으로써 대형재해를 초래하는 경우가 많은 것이 특징이다.

2. 산소의 특성 및 인체에 미치는 영향

가. 산소의 특성

산소는 상온·상압에서 무색, 무미, 무취의 기체로 표준상태에서 1ℓ의 무게는 1.429g, 물 1부피에 대하여 0℃에서 0.0491부피, 20℃에서 0.0311부피가 녹는다. 임계온도는 -118.8℃, 임계압력 49.7atm이다. 액체·고체상태에서는 담청색을 띠며, 액체의 비중 1.118(-183℃), 고체의 비중 1.416(-252.5℃)이다. 물과 알콜에 녹으며 산소 자체는 가연성이 아니나 다른 물체의 연소를 돕는 조연성 물질이다.

물체가 연소하기 위해서는 산소가 필요하며 공기중의 산소농도가 16%(상온)~17(고온)% 이하가 되면 불꽃은 꺼지게 되고, 동물 특히 사람은 생명에 위험을 느끼게 된다. 또한 공기중의 산소량이 증가하면 물체는 발화하기 쉽게 되고 연소속도가 급격히 상승하여 화재 및 화상(작업복의 연소 등)을 일으킬 위험이 있다.

나. 인체에 미치는 영향

성인은 안정된 상태에서 1분에 0.2~0.3ℓ의 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 파급되게 되어 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 산소결핍증에 의해 피해를 당하게 된다.

다. 산소공급

인체는 정상적으로 기도가 잘 확보되고 폐와 심혈관계의 기능이 정상이면 산소 농도가 21%인 대기의 공기 흡입만으로도 산소량은 충분하다. 그러나 이 중 하나라도 기능이 저하되면 더 높은 농도의 산소를 공급해 주어야 한다. 구강대 인공호흡시의 산소농도는 약 16%이나 산소요법으로 90%의 산소를 폐에 주입할 경우도 있다.

라. 산소공급의 부작용

- 산소중독(oxygen toxicity) : 고농도의 산소가 장기간 폐에 공급되면 폐조직이 파괴될 수 있다. 산소농도가 낮으면 폐포는 확장되나 고농도의 산소를 장기간 공급하면 폐포가 수축하여 원상태로 돌아오지 못하고 무기폐(atelectasis) 상태가 될 수 있다. 심한 경우에는 폐포가 완전히 수축되어 사망하는 경우도 있다.

< 산소농도 저하시 신체증상 >

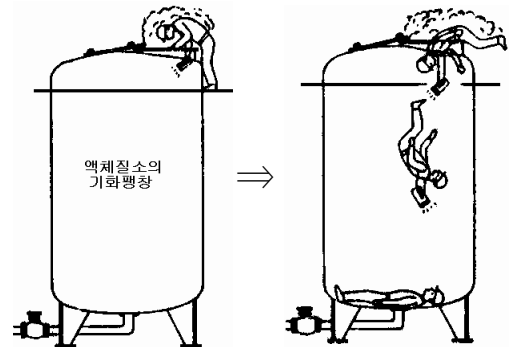
산소농도	증상
21%	정상
18% 이하	산소결핍
12~16%	맥박·호흡수의 증가, 정신집중력 저하, 계산착오, 세심한 근육작업 약화, 두통, 귀울림, 메스꺼움
9~14%	판단력 저하, 불안정한 정신상태, 상처의 통증이 없어짐, 기억상실, 체온상승, 의식몽롱, 안면창백, 전신발진, ※ 찌아노제, 자상등을 느끼지 못함, 당시의 기억 없음
6~10%	의사불명, 중추신경장애, 혈떡거림, 전신근육의 경련, 찌아노제
10~6%지속 또는 그 이하	실신, 혼수상태 → 호흡이 서서히 느려짐 → 호흡정지 → 6~8분후 심장정지

※찌아노제: 혈액중의 산소농도가 부족하여 피부나 점막이 검푸르게 보이 증상

- 눈 손상(retrolental fibrodysplasia) : 영아 특히 미숙아에게 과량의 산소를 공급하면 상흔조직(scar tissue)이 안구 렌즈의 후방에 생겨서 시각장애와 영구적인 시력손상을 일으킨다. 이는 고농도의 산소가 눈에 직접 노출되어 일어나는 현상이 아니라 혈액 속의 고농도 산소 때문이다.
- 호흡정지 : 만성폐쇄성폐질환자(COPD), 폐기종, 만성기관지염, 천식 등의 환자는 고농도의 산소(28% 이상)를 투여할 경우 호흡저하나 정지가 발생할 수 있으므로 이러한 환자에게 산소투여는 주의가 필요하다.

마. 무산소공기의 1회 호흡의 위험성

- 산소결핍에 의한 재해중에는 환기가 불량한 폐쇄적인 공간에서 뿐만 아니라 무산소공기를 한번만 호흡하여도 큰 재해를 당하는 경우가 적지 않다. 무산소공기를 갑자기 호흡하게 되면 호흡중추에 자극하여 흥분확장이 일어나게 되어 무산소공기를 다시 뱉어내는 동작이 불가능하게 된다. 따라서 폐 가운데 남아있던 산소는 무산소공기에 의해 점차로 희석되어 폐내의 산소분압이 저하하고 폐안의 모세혈관내의 혈중산소분압은 상승하지 않고 그대로 뇌로 이송된다. 산소를 항상 다량으로 소비하고 있는 뇌는 이 순간에 바로 뇌의 활동을 지탱하는 산소분압을 상실하게 되어 활동저하 또는 활동정지를 일으키게 된다. 이러한 반응은 무산소공기를 흡입한 후 2초 이내에 일어나게 된다.



<무산소공기의 1회 호흡으로 인한 추락>

3. 산소결핍의 원인

가. 공기중 산소의 소비

공기의 조성은 주로 산소와 질소(4 : 1)로 되어 있으며 공기중의 산소를 소비하는 원인은 다음과 같다.

- 물질의 산화
- 미생물의 호흡작용
- 식물, 곡물, 목재 등의 호흡작용
- 기타

나. 산소의 자연소모

- 철제 탱크내에 수분이 있는 채로 장기간 밀폐시켜 두면 내벽이 산화되어 녹이 슬게 되고 탱크내의 산소가 감소되어 산소결핍상태가 된다. 특히 해수와 같이 전해질을 함유한 경우에는 산화속도가 빠르다. 또한 석탄이나 강재 및 철부스러기 등은 항온에서도 공기중의 산소를 소비하고 산화되어 녹이 슬게 된다. 따라서 이러한 물질을 저장하거나 운반하는 탱크와 화차 등의 내부는 작업환경이 산소결핍상태로 될 염려가 있다.

⇒ 발생장소 : 강재의 보일러, 탱크, 반응탑, 압력용기, 반응기, 추출기, 분리기, 열교환기, 선박의 이중저 등의 내부

- 채소나 과일과 같은 식물도 사람과 같이 산소가 결핍되면 정상적인 호흡작용을 하지 못하므로 생명체로 존재할 수 없다. 이러한 산소의 한계농도는 종류에 따라 다르지만 몇 퍼센트 이하의 산소농도에서는 호흡이 억제되고 더 이하로 줄어들게 되면 무호흡에 의한 장애가 일어난다.
- 푸른잎은 광합성작용에 의하여 탄산가스를 흡수하고 산소를 방출하고 있지만, 사일로나 탱크내에 저장된 잎은 산소를 방출하지 않고 오히려 산소를 소비하여 탄산가스를 방출하는 호흡작용을 하기 때문에 산소결핍상태로 될 가능성이 많다.
- 또한 제품의 처리과정에서의 가열, 연소, 감압건조 및 냉동 등과 같은 공정중에 존재하는 폐쇄성의 공간에 작업자가 들어가게 되면, 작업자 자신의 호흡에 의하여 산소가 소모되어 산소결핍상태로 전환될 가능성이 있으므로 폐쇄성 공간의 출입시에는 출구의 확보와 함께 산소결핍에 대비하여야 한다.

※ 공기 이외의 기체분출시에는 비록 통풍이 좋은 옥외에서도 조건에 따라 산소결핍증을 일으킬 수 있다.

다. 가스의 위험한 성질

- 가스(산소결핍가스, 일산화탄소, LP가스, 수소 등)는 일반적으로 육안으로 식별이 불가능하기 때문에 위험물에 대한 경계심이 약하며, 위험에 쉽게 노출될 수 있다.

대한산업안전협회 K I S A www.safety.or.kr	안전 교육 SHEET 산소결핍 장소에서의 작업 안전	KISA-보건-10
--	---	------------

- 가스는 누설되어도 소음으로 가득찬 공장이나 선박내에서는 발견이 어려우며, 더욱이 가스의 밸브는 사용중 밸브 몸체에 녹이 스는 경우에는 부식되어 누설될 우려가 있다.
- 일반적으로 수소나 메탄을 제외한 대부분의 가스는 비중이 공기와 같거나 공기보다 크기 때문에 통풍이 나쁜 장소에서 무거운 가스는 자연확산을 기대할 수 없다.

4. 산소결핍 위험작업시의 조치(산업안전보건에 관한 규칙)

가. 환기

사업주는 산소결핍위험작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 작업시작전에 당해 작업을 행하게 될 장소의 공기 중의 산소농도가 18퍼센트이상 유지되도록 환기시켜야 한다. 다만, 폭발 또는 산화 등의 위험으로 인하여 환기시킬 수 없거나 작업의 성질상 환기가 심히 곤란하여 근로자에게 공기호흡기·산소호흡기 또는 송기마스크 등 호흡용 보호구를 지급하여 착용하도록 하는 때에는 그러하지 아니하다.

사업주는 환기를 시킬 때에는 순수한 산소를 사용하여서는 아니된다.

나. 인원의 점검

사업주는 근로자를 산소결핍위험작업에 종사하도록 하는 때에는 당해 장소에 근로자를 입장시킬 때와 퇴장시킬 때에 각각 인원을 점검하여야 한다.

다. 출입의 금지

사업주는 산소결핍위험작업 또는 당해 장소에 인접한 장소에서 행하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 산소결핍위험작업에 종사하는 근로자외의 자가 당해 장소에 출입하는 것을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

라. 연락

사업주는 산소결핍위험작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 작업장과 외부의 관리감독자와의 사이에 상시 연락을 취할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

마. 사고시의 대피 등

사업주는 산소결핍위험작업에 근로자를 종사하도록 하는 경우 산소결핍의 우려가 있는 때에는 즉시 작업을 중단시키고 당해 근로자를 대피하도록 하여야 하며, 근로자를 대피시킨 경우 산소결핍의 우려가 없는 것을 확인할 때까지는 그 장소에 관계자외의 자가 출입하는 것을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 곳에 게시하여야 한다.

바. 대피용 기구의 비치

사업주는 산소결핍위험작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 공기호흡기·사다리 및 섬유로우프등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 필요한 기구를 비치하여야 한다.

사. 구출시의 공기호흡기등의 사용

사업주는 산소결핍중에 걸린 근로자를 당해 장소에서 구출하는 작업에 종사하도록 하는 때에는 당해 구출작업에 종사하는 근로자에게 공기호흡기등 호흡용 보호구를 지급하여 착용하도록 하여야 한다.

5. 안전담당자의 직무(산업안전보건에 관한 규칙)

산소결핍위험작업은 산업안전보건법 제14조제1항의 규정에 의거 안전담당자를 지정하도록 되어있으며, 안전담당자로 지정된 자의 직무는 다음과 같다.

- 가. 작업에 종사하는 근로자가 산소가 결핍된 공기를 흡입하지 아니하도록 작업시작전에 작업방법을 결정하고 이에 따라 당해 근로자의 작업을 지휘하는 일
- 나. 작업을 행하는 장소의 공기중 산소농도를 작업시작전에 측정하는 일
- 다. 근로자가 산소결핍중에 걸리는 것을 방지하기 위한 산소농도측정기구·환기장치 또는 공기호흡기등의 기구 또는 설비를 작업시작전에 점검하는 일
- 라. 근로자에게 공기호흡기 등 호흡용 보호구의 착용을 지도하고 착용상황을 점검하는 일

결 재				

(인)

사업내 안전보건교육 (산업법시행규칙 제33조제1항관련)	정기교육		채용시()	작업내용변경시()		특별교육()
	생산직()	사무직()	8시간	2시간		16시간
	월 2시간	월 1시간				
교육인원	구 분		계	남	여	교육 미참석 사유
	교육 대상자 수					
	교육 실시자 수					
교육내용	산소결핍에 의한 재해의 특징 산소의 특성 및 인체에 미치는 영향 산소결핍의 원인 산소결핍 위험작업시의 조치 안전담당자의 직무					
교육실시자 및 장소	성 명		직 명		교육장소	비 고

[illegible]