



# 「폐수처리장」에서의 질식재해 발생사례(3)

## - 하수처리장 침전지 내부작업중 산소결핍에 의한 질식 -

우리 환경인들의 삶의 터전인 현장에는 많은 유해·위험요인들이 상존하고 있으나 이를 간과하거나 무시하고 지나쳐버림으로써 돌이킬 수 없는 중대재해가 빈번히 발생하고 있습니다. 이에 본지는 최근 발생된 환경오염방지시설관련 재해사례를 알려드리으로써 발생가능한 재해를 사전예방하고 회원 여러분들의 소중한 생명을 보호코자 합니다.

[편집자 주]

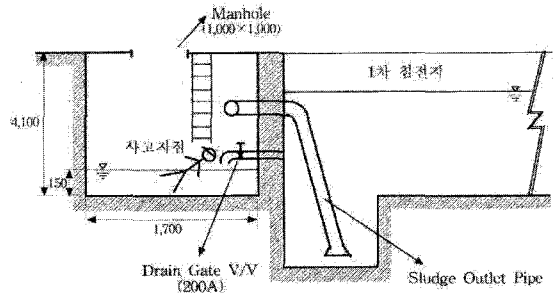
### 1. 재해개요

- 가. 발생일자: 2001. 8. 21(화) 15:00경
- 나. 소재지: 울산광역시 남구 ○○○동
- 다. 사업장: ㈜○○
- 라. 피재자: 기술관리 박○○, 기계공 정○○
- 마. 사고유형: H<sub>2</sub>S 등이 일시에 배출되어 산소결핍에 의한 질식
- 바. 피해정도: 사망 2명
- 사. 발생개요

• 울산광역시 하수처리장 1차침전지에서 피재자 정○○ 등 2명이 침전지의 하수 및 슬러리를 제거후 교체작업을 하기 위해 침전지에 부착된 슬러리 이송배관이 설치된 핏트 내부로 들어가 드레인 게이트 밸브를 여는 순간 배관내에 채류되어 있던 폐수 및 슬러리에서 발생된 황화수소(H<sub>2</sub>S) 등의 가스가 일시에 배출되어 핏트 내에 확산됨으로 핏트 내부의 공기가 산소결핍 상태로 되고, 이를 피재자 정○○ 이 냄새로 감지하고 이동식 사다리로 올라오다 하수가 고

인 수심 15 cm 핏트 아래로 떨어졌고, 주변 작업을 관리하던 피재자 박○○ 이 이를 발견하고 급히 핏트 내부로 구출하러 들어가서 정○○ 을 구출하였으나 박○○ 은 산소결핍에 의한 질식으로 의식불명 상태로 쓰러져 있는 것을 현장 공사감독자 등 인근작업자들이 구조하여 긴급 후송하였으나 사망하고, 구출된 정○○ 은 입원치료 중인 재해임

### < 재해상황도 >





## 2. 재해발생경위

• 사고당일 15:00경 울산광역시 ○○하수처리장 1차침전지에서 울산광역시에서 발주한 공사를 도급받은 ㈜○○소속 근로자 박○○ (23세) 등 4명이 1차침전지 슬러리제거스크레퍼 고무시트 교체공사를 하던 중, ○○피재자 정○○ (44세) 등 2명이 침전지의 하수 및 슬러리를 제거후 교체작업을 하기 위해 침전지에 부속된 슬러리 이송배관이 설치된 핏트 내부로 들어가 드레인 게이트 밸브를 개방하는 순간 배관내에 체류되어 있던 폐수 및 슬러리에서 발생된 황화수소(H<sub>2</sub>S), 메탄(CH<sub>4</sub>), 암모니아(NH<sub>3</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 등의 가스가 일시에 배출되어 핏트 내에 확산됨으로, 핏트 내부의 공기가 산소결핍 상태로 되고, 이를 피재자 정○○가 냄새로 감지하고 이동식 사다리로 올라오다 하수가 고인(수심 15 cm) 핏트 아래로 떨어졌고(정○○의 1명은 밸브 개방전 핏트 밖으로 나왔다고 함) 정○○를 주변작업을 관리하던 피재자 박○○ (23세)가 발견하고 급히 핏트 내부로 구출하러 들어가서 정○○을 구출하였으나 박○○는 산소결핍에 의한 질식으로 의식불명 상태로 쓰러져 있는 것을 현장 공사감독자 차○○ 등 인근작업자 4명이 구조하여 긴급 후송하였으나 사망하고, 구출된 정○○는 입원 치료 중임.

## 3. 재해발생원인

- 산소결핍 위험작업 전 산소농도 등 농도측정 미실시
  - 침전지 부속 핏트에서의 작업은 출입시 사전에 산소농도 등 기타 유해가스 농도를 측정후 안전한 상태에서 출입이 허가되고 작업하여야 하나 산소농도 등에 대한 측정을 하지 않고 작업을 수행
- 핏트 등 밀폐장소에 출입작업시 환기 미실시
  - 산소농도가 18 % 미만인 경우에는 출입을 금지시키고 환기를 실시하여 산소농도가 정상(20.9 %)을 유지하도록 한 후 출입을 허가해야 하며, 작업시에도 지속

적인 환기를 실시하여 수시로 산소농도를 점검하여 정상여부를 확인해야 하나, 환기시설이 미설치됨

- 핏트 내 출입 작업시 작업자에게 보호구 등 미지급
  - 산소결핍, 가스발생 가능 작업에는 작업자에게 송기마스크, 공기마스크 등 호흡용 보호구와 안전대를 지급하여 산소결핍상황시 등 필요시 신속히 착용할 수 있도록 해야 하나 이를 지급하지 않았으며, 동 작업장소 등 위험장소에는 사다리, 구명용 밧줄 등을 설치하여 작업토록 하여야 하나 구명밧줄 등이 미설치됨
- 구출시 구조자의 안전조치 미실시
  - 구출자의 안전을 위해 공기호흡기 등 호흡용보호구를 착용한 후 출입 구출을 해야하나 착용하지 않았으며, 또한 공기호흡기, 산소마스크 등 위급상황에서 신속히 사용 또는 착용할 수 있도록 비치해야 하나 미비치함
- 동 작업시 안전담당자 직무 미수행
  - 동 작업자에게 작업전 안전보건교육을 실시해야 하나 미실시함
- - 감시인 미배치, 보호구 미지급, 사전 산소농도 미확인, 환기조치 미실시

## 4. 동종재해예방대책

- 출입전, 중간에 산소농도 측정 관리
  - 출입 전과 작업중간에 수시로 산소농도를 측정하여 산소농도가 18 % 미만이면 작업을 중지하고 작업자를 대피시켜야 함
- 환기설비 설치 및 효과적인 가동
  - 환기설비를 설치하여 지속적으로 환기하여야 하며, 환기는 작업장 바닥까지 공기가 치환될 수 있도록 가변형 닥트 등을 이용하여 실시
  - 환기설비의 지속적 가동여부 감시
- 보호구 비치, 지급, 착용 등 안전상의 조치
  - 출입전 호흡용보호구(송기마스크, 공기호흡기 등)가 정상가동하는지 확인, 착용 및 사용방법에 대한 교육후 휴



## 산업재해예방캠페인

대하여 출입하고, 만약 산소결핍 위험이 상존할 가능성이 있는 장소의 출입시에는 착용후 출입토록 해야 함

- 공기호흡기, 산소호흡기는 유사시 신속히 사용할 수 있는 장소에 비치하고, 작업자 및 관리감독자에게 교육하여 필요시 즉시 사용할 수 있도록 해야함

- 구명밧줄, 사다리 등 대피용 기구를 작업장소에 비치하여 유사시 신속히 재해자를 구출하도록 해야 함

- 구출시 구조자의 호흡용 보호구 착용 등 안전조치
  - 피재자 구출 등 응급구조, 응급조치에 대한 교육 실시
  - 구조자의 안전을 위한 공기마스크 등 착용 후 구조

• 안전담당자 지정 및 직무수행

- 종사자 사전교육
- 감시인 배치
- 산소농도 측정 및 환기 실시 조치
- 보호구 점검 및 착용 등 관리
- 응급시 조치 등

### 재해예방상식

#### 산소결핍 장소에서의 산소농도 측정 및 환기

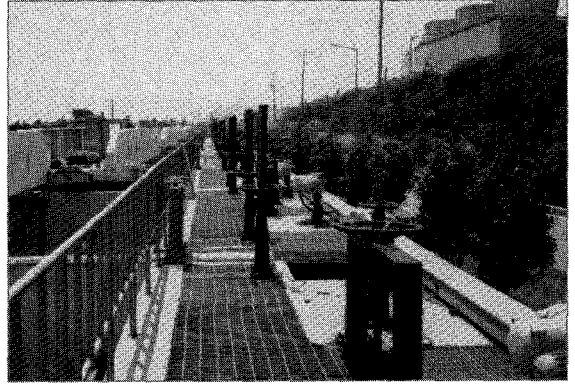
산소결핍의 발생장소나 원인은 매우 다양하지만 일반적인 대책은 산소농도의 측정, 환기, 보호구착용의 안전수칙을 지키는 일이다.

#### 1. 산소농도 측정

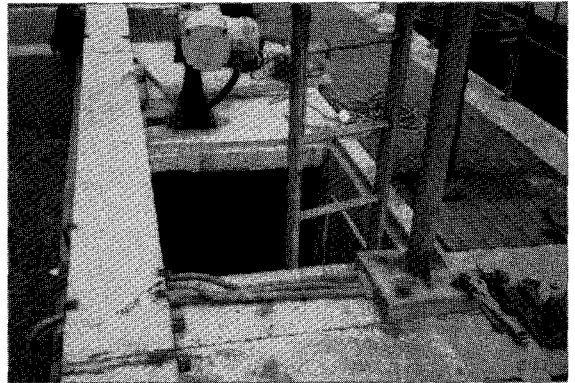
산소결핍증 방지의 근본대책은 공기중 산소농도의 정확한 측정에 있다. 산소결핍 상태의 파악은 산소농도 측정기에 의한 측정이 유일한 방법이며 감각에 의한 감지로는 불가능하다.

산소농도를 정확히 측정하기 위해서는

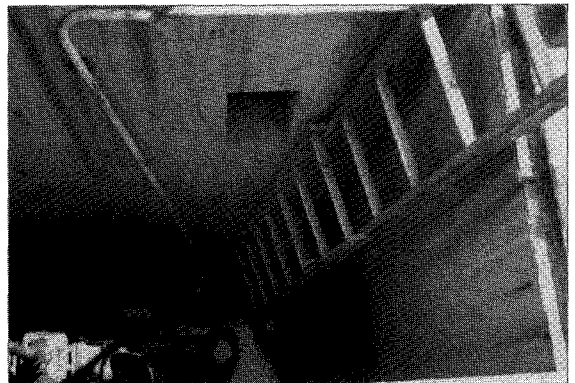
#### 현장사진



[재해발생 장소]



[재해발생 맨홀]



[재해발생 핏트 내부]



- 적절한 측정기를 선택·구비
- 항상 정확한 보수관리를 하여 정확도를 유지
- 정확한 측정장소와 측정시기 선정
- 사용측정기의 보수·취급법을 충분히 습득하여야 한다

산소농도를 반드시 측정해야 하는 경우에는

- 당일의 작업을 개시하기 전
- 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 다시 작업을 개시하기 전
- 근로자의 신체, 환기장치 등에 이상이 있을 때

#### 가. 산소농도의 측정시 유의사항

- 1) 공기중의 산소농도의 정확한 측정은 산소결핍재해 예방방지의 기본으로 측정실시자는 다음 사항에 주의하여야 한다
  - 측정자는(관리감독자, 안전보건담당자) 충분한 측정방법 숙지
  - 측정자는 보호구 없이 측정장소에 함부로 들어가서는 안됨
  - 긴급사태에 대비 감시인 1인이상 보조



- 전락방지를 위해 보조자도 구명밧줄 준비
- 깊은 곳 측정시 공기호흡기 및 송기마스크를 착용
- 내부조명은 장착식 또는 휴대식 보호가드부착 또는 방폭구조 전등 사용

#### 나. 측정장소

산소결핍은 비교적 공기의 유통이 나쁜 장소에서 일어나는 일이 많으나 같은 장소에서도 위치에 따라 현저한 차이가 있다. 따라서 부분적인 산소결핍공기의 존재를 발견하기 위해서는 가능한한 많은 장소에서 측정할 필요가 있다

측정은 다음의 장소에서 실시한다.

- 작업장소에 대해서 수직방향 및 수평방향으로 각각 3개소 이상
- 작업에 따라 근로자가 출입하는 장소

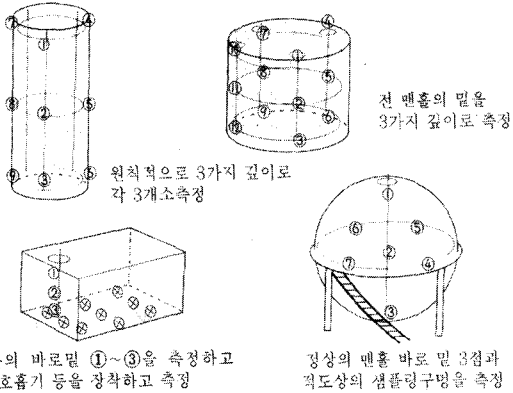
#### 다. 측정방법

산소결핍 위험작업에서 행하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 다음의 측정기준에 따라 작업시작 전에 당해 공기 중에 측정하도록 한다

- 1) 산소농도측정기에 의한 측정
- 2) 탱크 등 깊은 장소의 산소농도 측정시에는 고무호스나 폴리염화비닐로 된 채기관을 사용(채기관은 1m마다 작은 눈금으로 5m마다 큰 눈금으로 표시를 하여 동시에 깊이를 측정함)
- 3) 공기 채취시에는 채기관의 내부용적 이상의 피검공기로 완전히 치환한 후 채기
  - 채기관의 내부용적(mm<sup>3</sup>) = π x r<sup>2</sup> x L
  - r: 반경(mm), L: 채기관의 길이(mm)
- 4) 시료공기의 채기에는 역지벨브부착 고무공펌프, 피스톤식 회전수동펌프, 전동펌프 등의 채기용 펌프를 사용



5) 고압압함의 경우에는 가능한 한 측정자가 내부에 들어 가지 않고도 채기할 수 있도록 저부 작업실에서 외부로 통하는 채기관을 설치하여 이 채기관을 통해 측정



[그림1] 측정점의 선정 예

### 라. 산소농도 측정기의 종류

#### ○ Monitor 식 측정기

- 채기식 - 채기관으로 피검공기를 측정기까지 흡인하여 측정기내의 센서로 산소농도를 검출하는 방식
- 확산식 - 센서를 넣은 검출기와 측정기를 케이블로 연결하여 검출기를 측정점에 투입하여 확산에 의해 센서에 들어간 산소의 농도를 검출하는 방식

## 2. 환기

### 가. 환기시 일반적인 주의사항

- 작업전에는 안전담당자의 지휘하에 충분한 환기 실시(산소농도 18%이상)
- 협소한 장소, 산소를 흡수하거나 황화수소 메탄가스를

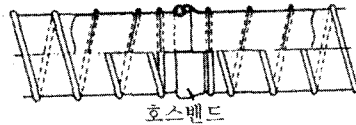
- 발생할 우려가 있는 물질이 있는 장소, 산소결핍 공기가 침입시 작업 중 계속 환기 실시
- 정전 등에 의한 환기 중단 시 즉시 외부로 대피
- 송기관 말단에서의 송기량 측정 및 확인
- 송기구와 배기구의 최대한 이격에 의한 작업장내 균일 환기
- 급기구는 작업자에 근접 설치
- 환기설비의 운전 중단에 대비한 예비 전원 준비
- 환기를 위해 순수 산소 사용금지

### 나. 이동식 환기장치에 의한 환기시 주의사항

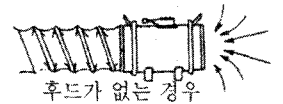
- 폭발 위험 구역내에서는 방폭구조일 것
- 송풍관을 사용할 때 1대 송풍기로 풍압부족시에는 2대 이상을 직렬연결 사용할 것
- 흡입측 송풍관에는 후드를 부착 사용할 것
- 송풍관을 가급적 구부리는 부위가 적게하고 용접불꽃 등에 의한 구멍이 나지 않도록 난연재질을 사용할 것



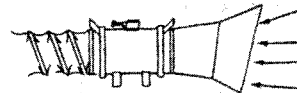
링을 비틀어 집어넣음



호스밴드



후드가 없는 경우



후드가 있는 경우

이동식 환기장치의 송풍관 접속과 후드부착방법



다. 이동식 환기장치의 점검사항

- (1) 이동식 송풍기
  - 전동기의 고장유무
  - 전원코드의 단선, 접속부의 접촉불량 유무
  - 캡타이어 코드와 단자상과의 접속상태
  - 연속운전시의 과열유무
  - 코드의 끝에 "환기중 · 정지" 등의 표시판 부착 유무
- (2) 송풍관
  - 연소에 의한 구멍이나 파열유무
  - 내부의 먼지의 축적 유무
  - 링, 나선의 손상유무
  - 접속부의 확실한 고정여부

라. 환기시설의 적용 제외

다음과 같은 경우에는 환기시설을 할 수 없으므로 작업을 위해 출입을 하는 경우에는 공기호흡기 등을 필히 착용하여야 한다.

- 인화성 액체, LPG 탱크, 화학반응장치의 내부 등에 인화, 폭발의 방지를 위해 불활성 기체를 충전한 경우
- 야채, 과일 등의 신선한 식료품을 넣어 둔 냉장고 등에 신선도 유지를 위해 불활성 기체로 봉입한 경우
- 드라이이이스를 사용하여 물시멘트의 잿물을 거르는 일을 하는 경우
- 정화조, 오물탱크 등과 같이 환기를 함으로써 주위에 악취를 발산할 우려가 있는 경우

마. 작업장소에 따른 환기량

1) 잠함, 압기실 등의 압기공법의 작업실

기관실 및 작업실에 대하여 사전에 환기설비를 이용하여 당해 기적의 5배 이상의 신선한 외부공기로 환기 후 근로자가 작업하는 동안 계속 송기함

2) 피트내부

피트내를 균일하게 환기하고 20회/hr 이상 환기토록 송기함

3) 황화수소가 발생할 우려가 있는 탱크, 보일러 등의 내부 당해 장소

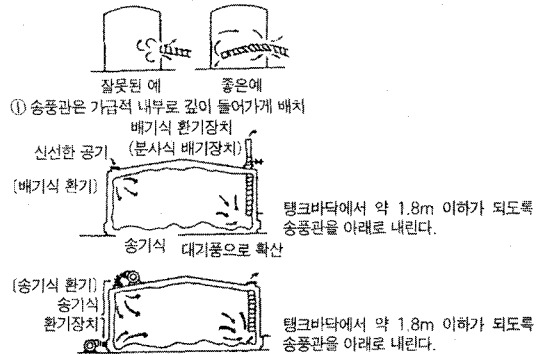
기적의 5배이상 신선한 공기로 송기한 후 출입하고 작업동안에는 20회/hr 이상 환기토록 송기함

4) 탱크내 퇴적물 제거작업

작업개시 전 탱크 등 용적의 3~5배 이상의 신선한 외부공기를 사용하여 환기 후 출입하고 작업중에는 계속 환기장치 가동

5) 기타 산소결핍 위험장소

작업전 기적의 5배이상의 신선한 공기로 송기한 후 출입하고 작업동안에는 균일한 환기가 되도록 하여 20회/hr 이상 송기함.



송풍관을 이용하여 행하는 환기의 예

