

## < 수질 관리 기술사 문제풀이 >

### ■ 심층 폭기법에 대하여 원리 및 문제점과 대책에 대해서 세부적으로 설명 하시오.

#### 1. 개요

- 활성오니법을 이용한 하수와 폐수의 처리에 관하여 세계적으로 많은 연구가 진행되어 현재는 재래식 활성오니법과 더불어 Tapered Aeration, Step Aeration, 완전 혼합식, 장기폭기식, 순산소식 등 여러 가지 형태의 처리방식이 고안되었으며 보통 폭기조의 형태는 통상 수심 4~6m에서 6~8시간의 폭기시간으로 운영되는 활성슬러지를 이용한 처리방법들이 사용되어 왔다.

그러나 상기의 처리방식들은 아래와 같은 단점이 있다.

- 1) 산소 이용율이 저조하다. (5~10%)
- 2) BOD 용적부하율이 낮다. (0.3~0.8Kg BOD/m<sup>2</sup> 일)
- 3) 수심이 얇기 때문에 폭기조 설치에 넓은 면적이 소요된다.

#### 2. 심층 폭기의 개발

- 1968년 영국에서 호기성 미생물에 의한 메탄올 제조에 관해 연구중 고압아래서 메탄올 생산량이 월등히 상승한다는 사실과 이것은 고압에 의한 산소전달을 향상에 기인한다는 것을 알게 되었으며 이 원리를 이용하여 하수처리장에서 산소전달을 향상을 위해 하수와 공기를 50~150m 깊이의 우물통형의 초심층 폭기조내에서 수직으로 순환시키는 폭기방법을 개발하게 되었다.

#### 3. 원리

- 초심층 폭기조(Deep Aeration)는 대기중의 산소를 강력하게 수중으로 용해시켜, 고용존산소농도를 유지하여 호기성 미생물의 환경조건을 좋게 해주는 방법이며 수중에서의 고도의 산소전달율은 고압, 접촉시간 연장, 와류의 세가지 방법에 의해 성취된다.

그 구조는 우측의 그림과 같으며 반송된 슬러지와 유입된 하수는 가운데 있는 하강관으로 주입된다.



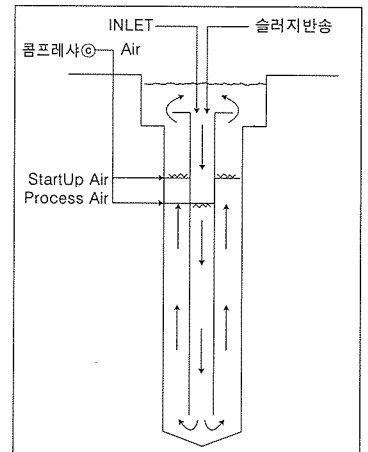
주입되는 공기는 공기기도의 상승속도(약 0.3m/sec)보다 빠른(1~2m/sec)의 속도를 유지시켜 주어야 하며 주입된 공기는 폭기조 하단에 도달할 때까지 수입에 비례하여 수중에 용해되며 폭기조 하단에 도달할 때까지 수입에 비례하여 수중에 용해되며 폭기조 하단에 도달할 때까지 수입에 비례하여 수중에 용해되며 폭기조 하단에서 다시 상승하면서 수중에 용해되었던 질소, 이산화탄소 및 잔류산소 등은 다시 큰 기포를 형성하게 된다.

이러한 과정에서 물속에 전달되는 산소량은 재래식보다 10배 이상인 3.0kg/hrm<sup>3</sup>정도까지 된다. 조사된 산소전달율은 다음과 같다.

구 분	산소흡수율(kgO/hrm <sup>3</sup> )	산고이용율(%)
공기주입시	0.05 ~ 0.1	5 ~ 15
순산소주입	0.15 ~ 0.3	90
초심층폭기	3	90

#### 4. 초심층 폭기법

- 1) 건설비, 유지관리비 절감(슬러지 처리시설 축소, 동력비 감소)
- 2) 처리장 소요면적이 절감된다.
- 3) 고농도 폐수의 처리가 가능하므로 1차 침전지 삭제 가능
- 4) 산소전달 효율의 고도화로 슬러지 발생량이 적고 발생된 슬러지의 탈수성이 양호하다. (시설축소, 유지관리 용이)
- 5) 기후(동절기의 동결 등)의 영향이 적고 악취발생이 적다.
- 6) 재래식 처리 혹은 초심층 폭기법에서 발생된 잉여슬러지를 호기성 소화방식으로 운용될 수 있다. (잉여 오니만을 45도 온도에서 약 4일간 폭기처리하므로 재래식 호기소화의 2주간 저류하는 방식보다 슬러지 처리에 관련된 시설물이 1/4로 축소)



#### 5. 문제점과 대책

- 초심층 폭기조에서 생성된 잉여슬러지는 공기의 과포화, 용존상태이며 미세한 기포를 다량 함유하여 그 자체로서의 침강성이 불량하다. 이에 대한 대처방법으로 진공탈기법, 기계식탈기법, 부상분리법이 다시 시행되어야 하나 본 공정 후속으로 제폭기를 실시하면 공기기포의 제거기능과 침전성을 회복하게 된다.



## 6. 결론

- 1) 기존의 활성 슬러지법에서의 산소이용 효율저하에 따른 제반 문제점을 개선할 수 있고
- 2) 처리장 부지를 대폭 축소시킬 수 있으며(토지매입비 절감)
- 3) 슬러지 발생량을 감소시켜 하수처리장 유지관리비의 상당부분을 차지하는 슬러지 처리 슬러지처리 소요비용을 줄일 수 있으며
- 4) 악취발생이 상대적으로 적어 주택가 부근의 처리장도 민원발생 소지가 그 만큼 적게 될 것이다.
- 5) 그간의 연구결과, 최적초심층 폭기조 깊이는 50~60m 정도이며 그 이상 깊더라도 산소 전달 효율은 증가되지 않는다고 한다.

## ■ 알카리도 (Alkalinity) 의 발생원, 영향, 측정법을 설명하시오.

### 1. 정의

- 수소이온을 중화하기 위해 반응할 수 있는 물속의 이온량 따라서 산을 중화할 수 있는 물의 능력의 척도

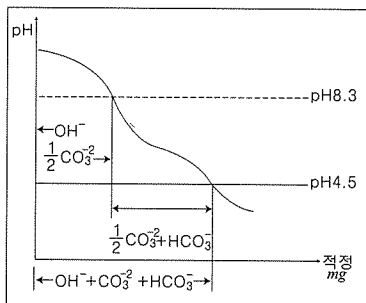
### 2. 발생원

- 1) 자연수계의 알카리도 구성성분
  - $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{OBO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{NH}_3^0$
- 2) 이런 화합물들은 토양 및 대기 중의 광물질 용해
  - ① 인산염 - 배출된 세제, 농경지 비료, 살충제로부터
  - ② HS와 암모니아 - 유기물의 미생물 분해에 의해
- 3) 가장 보편적인 구성 성분
  - ① 탄산염( $\text{CO}_3^{2-}$ )
  - ② 탄산 수소염( $\text{HCO}_3^-$ )
  - ③ 수산화물( $\text{OH}^-$ )

### 3. 영향

- 1) 알카리도가 많으면 물이 쓴맛이 난다.
- 2) 수중에서 다른 양이온과 반응하여 침전되므로 pipe와 다른 물계통 부속시설에 피해

### 4. 측정법



- 1) 알카리도의 측정은 물을 산으로 적정하여 수소당량을 결정하는 방법이며  $\text{CaCO}_3 \text{mg}/\ell$
- 2) 그림에서 pH8.3까지는 탄산염이 1/2이 중화
- 3) pH4.5에서 모든 탄산 수소염이 탄산으로 전환
- 4) pH4.5에서 적정하는데 필요한 산의 량: 물의 전 알카리도 해당

## ■ 슬러지 증식에 대하여 설명하시오.

### 1. 개요

- 포기조내에서 제거되는 BOD성분은 전부 분해되는 것이 아니고 일부는 균체 성분의 합성에 이용되어 균체의 량이 증가된다. 이 비율은 표준활성 슬러지 법의 경우 처리되는 BOD의 약 50% 정도가 된다.

### 2. 슬러지의 증가량

$$\Delta S = a' Lr - bS + I$$

$\Delta S$ : 슬러지 증가량(잉여슬러지 량)(kg / d)

$a'$ : Lr 중 균체합성에 이용되는 비율(하수: 0.35 ~ 0.55, 보통: 0.5)

Lr: 제거되는 BOD 성분(kg / d)

b: 슬러지의 자기산화(내생호흡) 속도계수(d)

(0.005 ~ 0.2, 보통: 0.08)

S: 포기조내 슬러지량(kg)

I: 폐수중 도입되는 SS(kg / d)

### 3. 산소필요량

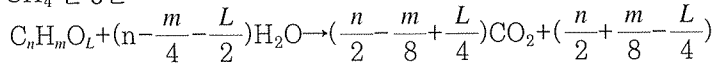
- BOD의 산화와 세포물질 자체의 산화에 소비되는 산소량

### 4. 공기요구량

$$\text{O}_2(\text{m}^3 \cdot \text{Air}/\text{day}) = (a \cdot Lr + bs) \times \frac{22.4 \text{m}^3}{32 \text{kg}} = \frac{100}{21} = \frac{100}{10}$$

■ COD 1kg의 슬러지에서 생산가능한 CH<sub>4</sub>량을 표준상태에서 구하고  
내호흡정도 파악하시오.

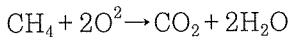
1) CH<sub>4</sub> 발생율



위 식에 의하면 1kg의 COD나 BOD<sub>u</sub>로부터 0.35m<sup>3</sup>

CH<sub>4</sub> 가스 생산

이 식은 세포생산 비포함 됨.



$$\therefore 1g CH_4 = \frac{64}{16} = 4g COD \text{에 해당}$$

또는 1g COD = 0.25g CH<sub>4</sub>에 해당

$$\therefore 1kg COD = 0.25kg CH_4 = 250g CH_4$$

CH<sub>4</sub> 1mole = 16g

$$\therefore 250g CH_4 = \frac{250}{16} = 15.625mole$$

표준상태 1mole Gas = 22.4ℓ

$$\therefore 15.625mole = 350ℓ \text{의 Gas에 해당}$$

표준상태 1mole Gas에 해당

즉, COD 1kg으로부터 350ℓ = 0.35m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> Gas 생산

2) 내호흡 정도 파악 방법

① 혐기성 소화조의 세포생산량은 유입폐수의 유기물질 농도 및 세포 체류기간이 길고 상당한 내호흡이 진행되므로 실 생산량은 비교적 적다. 실험결과에 의하면 0.05mg 세포 / mg COD 진행되므로 실 생산량은 비교적 적다. 실험결과에 의하면 0.05mg 세포 / mg COD

② CH<sub>4</sub> 생산시 내호흡 정도 파악 계산식

$$G = 0.35(Lr - 1.42Rc)$$

G : CH<sub>4</sub> 생산율(Nm<sup>3</sup>/d)

Lr : 제거 BOD<sub>u</sub>량(kg/d)

Rc : 세포 실생산량

1.42 : 세포의 BOD<sub>u</sub> 환산계수



$$R = \frac{Y}{1+b\theta_c C} \cdot Lr = Y_{obs} \cdot Lr$$

- Y : 세포 생산계수 (kg / cell / 제거 kg / BODu)
- Y<sub>obs</sub>: 세포의 실생산계수 (kg Cell / 제거 kg BOD)
- b : 세포의 내호흡 계수 (d<sup>-1</sup>)
- θ<sub>c</sub> : 세포의 체류시간 (d)

## ■ ClO<sub>2</sub>에 의한 소독방법의 장점 및 문제점을 기술하시오.

### 1. 개요

상수원수로 사용되고 있는 하천이나 호수등의 표류수 들이 오염되기 전에는 정수 처리과정에서 염소에 의한 소독방법이 가장 저렴하고 강력한 소독방법으로 인식되어 왔으나 근래의 자연수와 염소(Cl<sub>2</sub>)가스에 의한 소독과정에서 발암성 물질인 Tri Hallogen Methane(THM)이 생성된다는 연구보고와 실제조사에 의해 염소소독방법이 재고찰 되기 시작했다.

### 2. 대체 살균법으로서의 소독방법

- 1) 이산화 염소처리
- 2) 오존에 의한 산화처리
- 3) 자외선 방사(UV)법 등이 있으며 기존시설의 신축없이 그대로 이용이 가능하고 현재까지 가장 안정된 처리결과를 보이는 이산화 염소(ClO<sub>2</sub>)에 의한 대체 살균처리가 일부 시행되고 있다.

### 3. 수처리에 이용되는 이산화염소 반응

- 1)  $2NaCl + O_2 + Cl_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$
- 2)  $5NaCl + O_2 + 4HCl \rightarrow 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$

또한 ClO<sub>2</sub>는 온도, 압력, 빛에 대해 매우 불안정한 물질로서 염소와는 달리 물속에서 가수분해가 되지 않으며 pH2~10의 범위내에서 오존가스의 형태로 존재하며 대기중에 4% 이상 존재시 폭발하는 성질을 가졌다.

### 4. 현재 수처리에 있어서의 이용 용도

- 1) 살균

- ① 염소보다 2.5배의 강한 산화력을 이용하여 세균의 막을 공격하거나 직접 박테리아에 침투하여 살균
- ② pH에 영향이 거의 없으므로 어느 영역에서나 고른 살균력이 있다.
- 2) 망간, 철 및 황 화합물의 산화
  - ①  $2\text{ClO}_2 + 5\text{Mn}^{+2} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{MnO}_2(\text{S}) + 12\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$
  - ②  $\text{ClO}_2 + 5\text{Fe}(\text{HCO}_3) + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{CO}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 이러한 작용 때문에 살균목적 외에 제철, 제망간의 역할도 가능
- 3) 미생물막과 조류의 제어
 

수원지의 조류제어를 위해서 사용하면 황산동의 경우보다 비용이 저렴하다.
- 4) 유기물질의 제거
 

염소화 유기화합물의 생성없이 페놀, Humic 물질, 냄새 유발물질 제거 가능

## 5. $\text{ClO}_2$ 사용에 따른 문제점

- 1) 물과 결합시  $\text{ClO}_2$ 의 50%는  $\text{ClO}_2^-$ (이산화 염소이온), 25%는  $\text{ClO}_3^-$ (과산화 염소이온)으로 물에 잔류된다.
- 2) 기준치 이상 주입시 알레하이드, 케톤 및 유기산이 부산물로 생성되어 어린이들에게 메타헤모글로빈증 발생 우려
- 3) 그이상 주입되면 세포분열, 생식장애, 변이활동 증대의 부작용

## 6. 소독제를 염소대신 $\text{ClO}_2$ 로 변경할 때 문제점의 해결

- 1)  $\text{ClO}_2$ 는 정수장 현장에서 고순도의 약품을 사용하여 직접 제조해야 된다.
- 2) 만약 외부에서 제조된 것을 운반, 사용시는 폭발방지 목적으로 주입된 약품의 인체유해 여부를 명확히 한다.
- 3) 음용수 수질기준에  $\text{ClO}_2$ 의 주입량 및 수돗물에 잔류하는  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ 의 농도를 규정하고 이들에 대한 표준분석 방법이 제시되어야 한다.

## 7. 외국의 경우

- 1) 스위스 :  $0.3\text{mg}/\ell$  ( $\text{ClO}_2$ ) 이하인 것
- 2) 미국 EPA :  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ 의 세 성분 합이  $0.5\text{mg}/\ell$  이하일 것

[자료제공 : 한국산업기술협회 환경연수부]



## 〈 대기 관리 기술사 문제풀이 〉

〈 지난호에 이어 〉

### ◎ 먼지의 화학적 조성

1. 먼지 입자의 조성은 그 입자가 생성된 배출열이나 기원 또는 대기 중에서의 체류상태 등에 따라 달라지는데 보통 수백종의 다른 화학성분 등을 포함한다.

### 2. 먼지의 함유 물질

먼지는 주로 고체상 물질 이지만 액체상물질로 이루어질 수도 있으며 함유물로는 납, 구리, 크롬, 아연, 카드뮴 등과 같은 중금속 물질과 황산염, 질산염 등과 같은 산성의 유해 물질을 함유하고 있음.

### 3. 대기중의 입자상 물질은

- 생성기구에 따른 분류

여러 가지 발생원에서 대기 중으로 직접 배출되는 1차분진 및 각종 화학반응을 거쳐 기체로부터 생성되는 2차 분진과의 혼합이므로 그 화학 조성이 매우 복잡하다.

4. 대기의 먼지 중 미세입자는 황산염, 암모늄염, 질산염 및 원소상태의 탄소, 응축된 유기화합물 등을 포함하고 있으며 발암물질 PAH와 비소, 카드뮴, 아연 등의 중금속들도 미세입자에 농축되어 있다.

① 황산염 : 미세입자의 40~50% 차지하고 암모늄황산염, 암모늄 이황산염, 칼슘황산염 및 많은 종류의 금속염 중 암모늄 황산염이 가장 많다.

질산염 : 입자상물질의 주요 구성성분이기는 하지만 농도가 황산염에 비하여 훨씬 낮다.

② 원소상태의 탄소

- 그래파이트 나 검댕(soot) 매연(smoke) 또는 저휘발성의 유기화합물처럼(원소상태)로 존재

- 연료가 연소 할 때 생성

- 이때 생기는 탄소입자는 매우 작아서 지름이 0.1 $\mu$ m 정도이다.



③ 입자상물질의 유기성분

- 연소할 때 발생하는 1차탄화수료름 와 광화학 반응에 의해 생성되는 2차 유기물질로 구성
- 2차입자의 유기성분들로는 지방족 유기질산염, 카복실산, 벤조산, 페닐, 아세트산등이 있으며 평균적으로 유기화합물은 미세입자상 물질의 25~45%를 차지한다.

④ 초대입자(앞장의 미세입자와 비교)

- 토양입자, 비산재, 나무재, 검댕, 꽃가루 등이 있고 때때로 광물원소들을 포함하여 주로 실리콘, 알루미늄, 칼륨, 철, 칼슘, 알칼리 토금속 과 전이원소 들을 포함.

5. 일반적으로 초대입자들을 알카리성을 띠고 미세입자들은 산성을 띠고 있음.

■  $pm_{2.5}$ 를 정의하고 대도시에서  $pm_{2.5}$ 를 구성하는 주요성분명을 쓰시오.

1.  $pm_{2.5}$ 란

- 입자의 크기가  $2.5\mu m$  이하의 먼지를 말한다.(particalator Mother less than  $2.5\mu m$  an aerodynamic diameter)
- 현재 우리나라에서는 기준이 없으며 미국의 경우 연평균  $15\mu g/m^3$ , 24시간  $65\mu g/m^3$ , 24시간  $65\mu g/m^3$ 의 기준으로 관리 · 규제하고 있다.((NAAQS)미연방대질기준)

2.  $pm_{2.5}$ 의 구성성분 및 발생원

$pm_{2.5}$ 는 입자 · 입경 분포 구분에 있어 미세입자( $2\mu m$ 이하)에 해당되어 주요성분은 As, Cd, Wi, Pb, V, Zn, Co, Cr, Hg, Se, Mn, 황산염(salfate), 질산염(Nitrate) 등을 들 수 있다.

- ① 화석연료의 연소, 자동차의 배출가스, 화학물질의 제조과정 등과 같은 인위적 발생원에 의한 것
- ② 황산화물, 질소산화물 과 휘발성유기화합물 등의 대기중에서 서로 응축, 응결 등의 화학적인 반응을 통해 가스상태의 물질에서 입자상태의 물질로 변환된 것으로(2차먼지) 구분할 수 있다.

3.  $pm_{2.5}$ 의 영향

$pm_{2.5}$  즉 미세입자는 대기중에서 잘 제거 되지 않고



- ① 호흡에 의하여 기도와 폐포에 부착하여 호흡기 질환을 일으킨다.
- ② 식물의 잎 표면에 부착되면 식물에게도 피해를 일으킨다.
- ③ 또한 0.1~1 $\mu$ m 크기의 입자들은 대기중에서 가시광선을 흡수, 산란하는 광학적 성질을 지니기 때문에 시정장애 현상을 일으키기도 한다.
- ④ 중금속 체내 축적
- ⑤ 산 미스트(mist)로 인체에 피해 가중

#### 4. 향후 대책

현재 우리나라에서는 pm<sub>-10</sub>을 환경기준으로 삼고 있다. 그러나 pm<sub>2.5</sub>는 황산염, 질산염, 암모니아 등의 이온성분과 금속화합물 및 수분 등으로 이루어져 있는 반면에 pm<sub>10</sub>은 바람에 의하여 비산된 토양먼지 및 해염을 비롯하여 기계적 분쇄 과정을 거쳐 생성되는데 주로 자연적 발생원에 의한 것이 대부분이다. 이런 입자들은 pm<sub>2.5</sub> 보다 건강학적인 측면에서 덜 중요하므로 앞으로 입자상 오염물질의 효율적 관리를 위하여 pm<sub>2.5</sub>를 한정기준에 포함시켜 측정하고 규제 관리하는 것이 필요하다.

### ■ 먼지 저감 대책에 대해서 기술하십시오.

#### 1. 산업공정에서 배출되는 먼지의 저감 대책(밀, 연, 연, 방)

- ① 먼지 발생 시설의 밀폐화
- ② 먼지 발생량에 영향을 미치는(연료사용을 회분 함량이 많은 석탄 및 B-C유 등에서 LPG, 도시가스 등으로 대체
- ③ 연소시설 또는 연소방법개선으로 연소효율을 높이고 연료사용량 적음.
- ④ 방지시설(집진기) 설치 및 적절한 운영

#### 2. 자동차 배출물질 저감대책(제, 연, 운, 디, 교)

- ① 제작단계에서 저공해 자동차 생산
- ② 자동차 연료 및 공해관리체계 개선
- ③ 운행차의 저공해 및 매연 단속강화
- ④ 디젤차량에 매연감소기 부착 의무화(배출가스 후처리 장치)
- ⑤ 교통체계 및 교통수용 관리 개선

#### 3. 비산먼지 저감대책(밀, 방, 살, 세)

- ① 물재 야적장, 저탄장, 등의 비산먼지 발생원의 밀폐화, 방진덮개
- ② 방풍망 설치(최고 저장높이 1/3이상 방진벽, 최고 저장높이 1.25배 이상 방진망 설치)
- ③ 살수(함수율 300~400cc/m<sup>2</sup>, 7~10%유지, 살수반경 5m, 수압 3kg/cm<sup>2</sup> 이상 시설 설치)
- ④ 세륜 세차 시설 설치
- ⑤ 차량이동로 우선포장

#### 4. 기타 : 장거리 이동물질의 저감(국제 협력 강화)

##### ④ 공사시 비산먼지 저감방안

##### 1. 세륜 세차시설 설치(공사주간 진출입로 환경관리 전압원 배치)

##### 2. 살수

- ① 살수는 주기적으로 실시한다.(비포장 작업구간, 토사야적장 등)
- ② 토사야적장의 살수
  - 저장물질의 함수율은 항상 7~10%유지
  - 상· 하적 장소 주위에 고정식 또는 이동식 살수시설 설치(살수반경 5~7m, 수압 3~5kg/cm<sup>2</sup>이상)
  - 풍속이 평균 8.0m/gee 이상일 때 작업중지
- ③ 살수량의 결정
  - 물의 침투심도, 수분증발량 및 풍속관계, 과살수 등의 사항을 종합적으로 고려하여 경험적 수치를 근거로 발진상태에 따라 결정
  - 일반적으로 공사장 내 및 토량이동이 심한 작업장에 300~400cc/m<sup>2</sup>가 되도록 살수한다.
  - 살수의 저감효과는 1일 2회 살수에 약 58% 비산먼지 저감

##### 3. 공사차량에 대한 규제

- ① 토사 적재시 덮개 설치
- ② 적재물이 적재함 상단으로부터 수평 5cm 이하 까지만 측면에 닿도록 적재한다.
- ③ 공사차량 이동로는 우선포장 실시
- ④ 공사장내 통행차량 주행속도 20km/hr 이하 제한
  - 차속 40mph(약 64km/hr)를 기준으로
  - 속도를 20mph(약 32km/hr)로 줄였을때 65% 비산먼지 저감



속도를 10mph(약16km/hr)로 줄였을때 80% 비산먼지 저감  
효과를 나타냄. 따라서 차속은 20km/hr이하로 제한함이 타당적

#### 4. 방진망 설치

- ① 야적물질은 방진덮개로 덮을 것
- ② 야적물질의 최고 저장 높이의 1/3 이상 방진벽 설치  
최고 저장 높이의 1.25배 이상의 방진망 설치

#### 5. 건설장비의 배출가스 억제

- ① 건설장비는 동일구간 작업장 내 집중투입을 억제하기 위한(효율적인 작업공정 수립)
- ② 발생 배출가스의 원활한 대기확산을 위하여 아침이나 야간작업 지양
- ③ 건설장비의 불필요한 엔진 공회전 금지
- ④ 건설장비에 의한 작업진행은 배기가스가 인근 주거지방향으로 배출되지 않도록 주거지 전면부로 정차와 작업진행
- ⑤ 건설장비의 노후화 및 고장으로 인한 다량 배기가스 방지를 위하여 투입장비의 정기점검 및 보수실시

### ■ 대기 중 미세먼지의 환경공학적 중요성, 입도분포와 관련하여 설명하시오.

#### 1. 미세먼지의 정의

대기 중에 존재하는 미세한 입자상 물질을 말하며, 대기오염일 경우 미세먼지 입경이 10 $\mu$ m 이하인 Pm-10(particulate matters less than 10 $\mu$ m as an aerodynamic diameter)을 말한다. 10 $\mu$ m 이상인 입자상 오염물질은 비교적 빨리 침강해 강하먼지라 한다.

#### 2. 성상

미세먼지는 주로 고체상 물질 이지만, 액체상 물질로 이루어질수도 있으며 비표면적이 커서 납, 구리, 크롬, 아연, 카드뮴 등과 같은 중금속물질이 들어 있기도 하고, 황산염, 질산염 등과 같은 입자대부분이 차 등의 이동배출원과 적공정 등과 같은 배출원에서 인위적으로 되기 때문에 중금속과 유해대기물질을 포함하고 금속 중에는 미량 인체에 심각한 산성유해물질이 함유되어 있기도 하다. 그리고 이온성분(원소상태의 탄소)입자상 유기성분

#### 3. 환경공학적 중요성

1) 인체영향

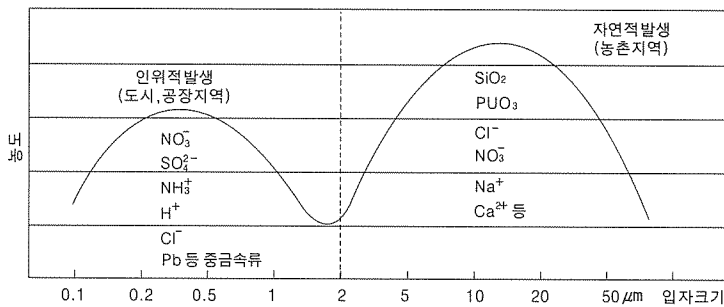
- 10 $\mu\text{m}$  이하 호흡에 의해서 폐포에 도달하며 폐포에 침착하기 때문에 피해가 크다.  
(규폐증)
- SO<sub>4</sub>나 NO<sub>4</sub>와 같은 대기오염물질과 응축해서 산 미스트(mist)로 인체의 피해 가중
- 중금속을 함유한 미세먼지가 호흡과정을 통해 체내축적 시정악화
- 미세먼지가 대기중에 부유하며 빛을 흡수, 산란시켜 시정을 악화시킴. 조사결과 시점이 나쁠때 미세먼지 농도 증가함. 중금속 다수 포함(Cr, Cu, Zu, pb, Hg, Cd, As 등)

2) 식물피해

식물의 기공을 막아 광합성 작용 방해

4. 미세먼지 입도 분포

<그림 1> 미세먼지의 입경분포 및 특성

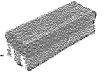


① 2 $\mu\text{m}$  이하

- 인위적 발생원  
화학물질의 제조과정
- ㉠ 자동차 배출가스, 화석연소에서 주로 발생
- ㉡ 황산화물, 질소산화물, VOC 등의 응결·응축등 화학적 반응을 통해 가스상태의 물질에서 입자상태의 물체 질로 변환
- 성분: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, pb 등 중금속류
- Rain out, wash out에 의해 제거

② 2 $\mu\text{m}$  이상

- 자연적 발생원(wind Blow dust, Sea Spray)에서 주로 발생
- 성분: SiO<sub>2</sub>, PUO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> 등
- Sedimautation에 의해 제거



## 5. 대기중 먼지 제거 mechanism

- ① 화학반응
- ② 세척(wash out)
- ③ 응력낙하(Rainout & snow out)
- ④ dry deposition
- ⑤ 수목과 건물 등과의 충돌제거
- ⑥ Brown 운동에의 한계

### ■ 먼지 저감 대책에 대하여 설명하십시오.

#### 1. 산업공정에서 배출되는 먼지의 저감 대책

- ① 먼지 발생 시설의 밀폐화
- ② 먼지 발생량에 영향을 미치는(연료사용을 회분 함량이 많은 석탄 및 B-C유 등에서 LPG, 도시가스 등으로 대체
- ③ 연소시설 또는 연소방법개선으로 연소효율을 높이고 연료사용량 적음.
- ④ 방지시설(집진기) 설치 및 적절한 운영

#### 2. 자동차 배출물질 저감대책

- ① 제작단계에서 저공해 자동차 생산
- ② 자동차 연료 및 공해관리체계 개선
- ③ 운행차의 저공해 및 매연 단속강화
- ④ 디젤차량에 매연감소기 부착 의무화(배출가스 후처리 장치)
- ⑤ 교통체계 및 교통수용 관리 개선

#### 3. 비산먼지 저감대책

- ① 물재 야적장, 저탄장, 등의 비산먼지 발생원의 밀폐화, 방진덮개
- ② 방풍망 설치(최고 저장높이 1/3이상 방진벽, 최고 저장높이 1.25배 이상 방진망 설치)
- ③ 살수(함수율 300~400cc/m<sup>2</sup> 7~10%유지, 살수반경 5m, 수압 3kg/cm<sup>2</sup> 이상시설설치)
- ④ 세륜 세차 시설 설치
- ⑤ 차량이동로 우선포장

#### 4. 기타 : 장거리 이동물질의 저감(국제 협력 강화)

## 5. 공사시 비산먼지 저감방안

- ① 세륜 세차시설 설치(공사주간 진출입로 환경관리 전압원 배치)
- ② 살수
  - 살수는 주기적으로 실시한다.(비포장 작업구간, 토사야적장 등)
  - 토사야적장의 살수
  - 저장물질의 함수율은 항상 7~10%유지
  - 상·하적 장소 주위에 고정식 또는 이동식 살수시설 설치  
(살수반경 5~7m, 수압 3~5kg/cm<sup>2</sup> 이상)
  - 풍속이 평균 8.0m/gee 이상일때 작업중지
- ③ 살수량의 결정
  - 물의 침투심도, 수분증발량 및 풍속관계, 과살수 등의 사항을 종합적으로 고려하여 경험적 수치를 근거로 발진상태에 따라결정
  - 일반적으로 공사장 내 및 토량이동이 심한 작업장에 300~400cc/m<sup>2</sup> 가 되도록 살수한다.
  - 살수의 저감효과는 1일 2회살수에 약 58% 비산먼지 저감
- ④ 공사차량에 대한 규제
  - ㉠ 토사 적재시 덮개 설치
  - ㉡ 적재물이 적재함 상단으로부터 수평 5cm 이하 까지만 측면에 닿도록 적재한다.
  - ㉢ 공사차량 이동로는 우선포장 실시
  - ㉣ 공사장내 통행차량 주행속도 20km/hr 이하 제한  
차속 40mph(약 64km/hr)를 기준으로  
속도를 20mph(약 32km/hr)로 줄였을때 65% 비산먼지 저감  
속도를 10mph(약 16km/hr)로 줄였을때 80% 비산먼지 저감  
효과를 나타냄. 따라서 차속은 20km/hr이하로 제한함이 타당적
- ⑤ 방진망 설치
  - ㉠ 야적물질은 방진덮개로 덮을 것
  - ㉡ 야적물질의 최고 저장 높이의 1/3 이상 방진벽 설치  
최고 저장 높이의 1.25배 이상의 방진망 설치
- ⑥ 건설장비의 배출가스 억제
  - ㉠ 건설장비는 동일구간 작업장 내 집중투입을 억제하기 위한(효율적인 작업공정수립)
  - ㉡ 발생 배출가스의 원활한 대기확산을 위하여 아침이나 야간작업 지양
  - ㉢ 건설장비의 불필요한 엔진 공회전 금지



- ㉔ 건설장비에 의한 작업진행은 배기가스가 인근 주거지방향으로 배출되지 않도록 주거지 전면부로 정차와 작업진행
- ㉕ 건설장비의 노후화 및 고장으로 인한 다량 배기가스 방지를 위하여 투입장 비의 정기 점검 및 보수실시

### ■ 비산먼지의 발생사업장 10가지를 열거하시오.

- ① 시멘트·석회·프라스터 및 시멘트 관련 제품 제조 및 가공업
- ② (비금속물질) 채취·제조·가공업
- ③ 제1차 금속제조업
- ④ 비료 및 사료제조업
- ⑤ 건설업(지반조성공사, 건축물축조 및 토목공사, 조경공사)
- ⑥ 시멘트·석탄·토사 등의 운송업
- ⑦ 운송 장비 제조업
- ⑧ 저탄시설의 설치가 필요한 사업
- ⑨ 고철 또는 곡물 하역업
- ⑩ 금속제품 제조 가공업

### ㉔ 비산먼지의 발생을 억제하기 위한 시설의 설치 및 필요한 조치에 관한 엄격한 기준 적용 사업자

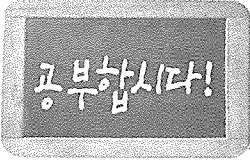
- ① 시멘트 제조업자
- ② 콘크리트제품 제조업자
- ③ 석탄 제품 제조업자
- ④ 건축물 축조 공사자
- ⑤ 토목공사자

### ■ 석탄, 토사 야적장의 비산먼지 생성원인과 저감방안을 기술하시오.

#### 1. 야적장의 비산먼지 생성원인

석탄 또는 토사(야적)과 실기 및 내리기와 운송시 발생할 수 있는 비산먼지는 주변 기상요건에 따라 상당히 달라질 수 있고, 특히 바람이 강하게 부는 날과 건조한 기상 조건에 의한 비산먼지의 발생이 많아진다.





## 2. 비산먼지 저장 방안

일정한 배출구 없이 대기중에 직접 배출되는 먼지에 대한 저감방안은 배출공정별 적절한 시설 설치 및 비산억제물질(주로 물)을 살포하는 방법 등이 있으며 더욱 자세한 내용은 대기환경보전법 시행령 62조 제2항(별표 16)에 규정되어 있다. 다음은 야적장에서 비산먼지 배출공정인 야적, (신기 및 내리기)수송시 비산먼지 발생억제를 위한 시설의 설치 및 필요한 조치 기준이다.

### (1) 야적 (부체상 물질)

- ① 야적물질은 방진덮개로 덮을 것
- ② 야적물질의 최고저장높이 1/3이상의 방진벽 설치 최고저장높이 1.25배이상의 방진망(막)설치(건축물 축조 및 토목공사장 · 조경공사장 · 건축물해체공사장의 공사장경계에는 높이 1.8m 이상의 방진벽 설치)
- ③ 야적물질의 함수율은 7~10%를 유지할수 있는 살수시설 설치
- ④ ①~③ 동등하거나 그 이상의 시설설치

### (2) 신기 및 내리기(분체상 물질)

- ① 작업시 발생하는 비산먼지를 제거할 수 있는 이동식 집진시설 또는 분무식 집진시설(더스트 부스트)를 설치할 것(석탄제품 제조업 제철 · 제강업 또는 곡물하역업에 한함)
- ② 신거나 내리는 장소 주위에(고정식 또는 이동식 살수시설)(살수반경 5m이상, 수압 3kg/cm<sup>2</sup>이상)을 설치 · 운영하여 작업중 재비산이 없도록 할 것
- ③ 풍속이 평균초속 8m이상일 경우에는 작업을 중지할 것
- ④ ①~③과 동등하거나 그 이상의 시설 설치

### (3) 수송

- ① 덮개 설치
- ② 적재물이 적재함 상단으로부터 수평 5cm 이하까지만 적재할 것
- ③ 도로포장
- ④ 세륜세차 시설 설치

[자료제공 : 한국산업기술협회 환경연수부]