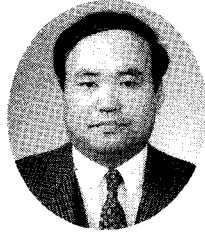


# 슬러지처리 및 처분

〈1〉



奇文奉

〈환경관리공단 기술부, 환경(수질)기술사〉

## 목 차

- 1. 개요
  - 1.1 슬러지의 발생원 및 성상
  - 1.2 함수율 및 용적
  - 1.3 슬러지중의 물의 존재 상태
- 2. 슬러지 전처리
  - 2.1 안정화
  - 2.2 농축
- 3. 슬러지 처리
  - 3.1 탈수
  - 3.2 건조
  - 3.3 소각
- 4. 슬러지 최종 처분
  - 4.1 지상처분
  - 4.2 해양처분
  - 4.3 재활용

분 또는 재이용 등에 관련되는 여러가지 문제는 우리나라의 경우 상·하수처리장을 비롯하여 폐수, 분뇨, 오수정화 시설에 이르기까지 슬러지 성상이 다양하고, 그 양이 증가함에 비추어 처리, 처분의 관리체계가 소홀하여 자연계 뿐만아니라 생활환경에까지 2차 오염문제를 일으키고 있다.

특히 도시인구의 과밀화와 공업의 발달로 생산 규모의 증대 및 새로운 합성물질 등으로 오염이 가중되고 있는 실정이다. 만약 각각의 배출원에서 슬러지를 적정처리, 처분을 하지 않고 슬러지를 자연계로 방출을 계속하게 되면 궁극적으로는 계속 누적된 대량의 슬러지가 환경오염을 가속화시키고 생태계의 문제를 일으키게 될 위험이 있을 뿐만아니라 슬러지중에 유해물질이 있는 경우는 토양오염이나 생태계의 파괴로 예상외의 심각한 환경문제가 발생될 가능성이 있다.

## 1. 개요

수중에 각종의 오염물질이 정화 처리하는 과정에서 생성되는 농축생성을 즉, 슬러지의 처리, 처

## 1.1 슬러지의 배출원 및 성상

슬러지의 발생은 폐수의 종류, 처리방법, 처리 정도에 따라 다르나 통상 함수율이 높고 부피가 커서 유기물이나 독성물질이 농축 함유되어 있

어, 2차 오염의 가능성이 큰 것으로 알려져 있다.

특히 산업폐수에서 발생된 슬러지는 도시하수에서 발생된 슬러지에 비해 그 발생량이나 성상의 조사가 불충분하여 정확하게 알 수 없는 실정이며, 그 처리처분은 현장 기술자가 당면한 가장 복잡하고 어려운 문제이다.

그 이유로는 첫째, 슬러지는 주로 미처리 폐수의 악취요인이 되는 물질로 이루어져 있으며 둘째, 슬러지처리시 전처리, 개량의 조작에 따라 수분제가 효율이 달라지며 셋째, 슬러지의 발생원이 다양하여 함유하고 있는 물질이 각기 달라 그의 처리 처분방법이 달라지는 것이다. 따라서 슬러지가 발생되는 그 발생원을 보면 표 1과 같다.

(표 1) 폐수처리시설에서의 고품물 및 슬러지 발생원

단위조작 또는공정	고형물또는 슬러지상태	비 고
체 분 리	큰 고품물	큰 고품물은 분쇄하여 폐수에 반송함으로써 처리시설에서 제거되게 하기도 한다.
침사탱크	그릿 또는 스크	그릿제거 시설에서 스크제거 설비를 생략하기도 한다.
예비포기	스크	예비포기 탱크에 스크제거 설비가 없는 플랜트도 있다.
1차 침강	1차 슬러지와 스크	슬러지와 스크의 양은 집수계통 및 산업폐수의 혼합여부에 따라 다르다.
포기탱크	현탁고형물	BOD의 전화로 인하여 현탁고형물이 생성된다. 포기탱크에서 폐기한다면 폐기 활성 슬러지의 농축에 부상 농축기가 쓰인다.
2차 침강	2차 슬러지와 스크	미국 환경보호국에서는 2차 침강탱크에 스크제거 설비를 요구하고 있다.
슬러지 가공시설	슬러지와 회분(재)	슬러지 및 회분의 특성과 수분함유량은 사용되는 조작과 공정에 따라 달라진다.

(표 2) 여러가지 폐수처리 공정에서 생성되는 슬러지의 성상 및 량

처 리 공 정	슬러지		건조고형물, kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	
	고형물비중	비 중	범 위	대표값
1차 침강	1.4	1.02	110-170	150
활성슬러지(폐기슬러지)	1.25	1.005	70-100	85
살수여상 (폐기슬러지)	1.45	1.025	55-90	70
장기포기 (폐기슬러지)	1.30	1.015	80-120	100a

또한 슬러지는 그 성상이 폐수의 종류, 처리방

슬러지는 통상 함수율이 높고 부피가 커서 유기물이나 독성물질이 농축 함유되어 있어, 2차 오염의 가능성이 큰 것으로 알려져 있다.

특히 산업폐수에서 발생된 슬러지는 도시하수에서 발생된 슬러지에 비해 그 발생량이나 성상의 조사가 불충분하여 정확하게 알 수 없는 실정이며, 그 처리처분은 현장 기술자가 당면한 가장 복잡하고 어려운 문제이다.

법, 처리정도에 따라 발생된 슬러지의 성상도 달라 정확하게 알 수는 없으나, 도시하수의 경우는 표 2와 같다.

## 1.2 슬러지의 함수율 및 용적

### 1) 용적과 질량관계

슬러지의 용적은 그 수분 함유량에 관계되는 것으로 고품물의 특성과는 별로 상관이 없으므로 슬러지가 고정성 고품물과 휘발성 고품물로 되어 있다면 전체 슬러지의 비중은 다음 식으로 계산 된다.

$$\frac{M_s}{S_s \rho_w} = \frac{M_f}{S_f \rho_w} + \frac{M_v}{S_v \rho_w}$$

$M_s$  : 고품물질량 (kg)

$S_s$  : 고품물 비중(kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_w$  : 물의 밀도 (kg/m<sup>3</sup>)

$M_f$  : 고정성 고품물질량(kg)

$S_f$  : 고정성 고품물비중(kg/m<sup>3</sup>)

$M_v$  : 휘발성 고품물질량(kg)

$S_v$  : 휘발성 고품물 비중(kg/m<sup>3</sup>)

예 1) 함수율이 90%인 슬러지중 1.3의 비중이 2.5인 슬러지는 고정성 고품물이고, 그중 나머지는 비중이 1.0인 슬러지는 휘발성 고품물 이라고 하면 전체 고품물의 비중은 얼마인가? 이때 슬러지의 비중은 얼마인가?

(풀이)

$$(1) \frac{1}{S_s} = \frac{0.33}{2.5} + \frac{0.67}{1.0} = 0.802$$

$$\therefore S_s = \frac{1}{0.802} = 1.25 \quad \underline{\text{답 : 1.25}}$$

$$(2) \frac{1}{S_{s1}} = \frac{0.1}{1.25} + \frac{0.9}{1.0} = 0.98$$

$$\therefore S_{s1} = \frac{1}{0.98} = 1.02 \quad \underline{\text{답 : 1.02}}$$

### 2) 함수율

물 또는 고형질의 슬럿지중에 있어서 중량비율은 슬럿지의 함수율(Moisture Content) 또는 고형질의 함유량(Solid Content)라고 부른다.

○ 함수율

$$P_w = \frac{W}{W + M_s} \times 100(\%)$$

○ 고형물 백분율

$$P_s = \frac{M_s}{W + M_s} \times 100 - 100 P_w(\%)$$

예 2) 슬럿지중의 물의 무게(W)가 85kg, 고형물질의 무게(Ms)가 15kg인 경우의 슬럿지 함수율은 얼마인가?

(풀이)

$$P_w = \frac{85}{85 + 15} \times 100 = 85(\%) \quad \underline{\text{답 : 85\%}}$$

### 3) 슬럿지의 용적(V)

○ 고형물의 량에서 용적을 구할시

$$V = \frac{M_s}{\rho_w S_{s1} P_s} \times 100$$

Ms : 건조 고형물질량(kg)

$\rho_w$  : 물의 밀도(kg/m<sup>3</sup>)

Ss1 : 슬럿지 비중

Ps : 고형물 분율 (백분율)

Ps : 변동 고형물 분율 (백분율)

Pw : 물의 분율 (백분율)

Pw : 변동 물의 분율 (백분율)

V : 슬럿지 용적 (m<sup>3</sup>)

V : 변동슬럿지 용적 (m<sup>3</sup>)

○ 함수율에서 용적을 구할시 ( $\rho_w \neq 1, s_{s1} \neq 1$ )

$$V = \frac{M_s}{P_s} \times 100 = \frac{M_s}{100 - P_w} \times 200$$

○ 처리조작에 따른 용적 변동량을 구할시

$$V' = V \times \frac{P_s}{P_s'} = V \times \frac{100 - P_w}{100 - P_w'}$$

예 3) 함수율 99%의 슬럿지 100m<sup>3</sup>를 조작하여 함수율 95%의 슬럿지로 만들었다. 감량된 슬럿지의 량은 얼마인가?

(풀이)

$$V = 100 \times \frac{1}{5} = 20m^3$$

$$100 - 20 = 80m^3 \quad \underline{\text{답 : 80m}^3}$$

그림 1은 슬럿지의 함수율과 용적감소비와의 관계를 나타낸 것이다.

### 1.3 슬럿지중의 물의 존재 상태

슬럿지의 용적은 그 함수율에 의해 좌우되는 것으로 이것을 감량시키기 위하여 함유된 수분을 위생적, 경제적으로 고형물질에서 분리하여야만 한다. 그림 2는 도시하수의 소화슬럿지 1m<sup>3</sup>가 함수율의 감소에 따라 용적이 감소되어가는 상태를 나타낸 것이다.

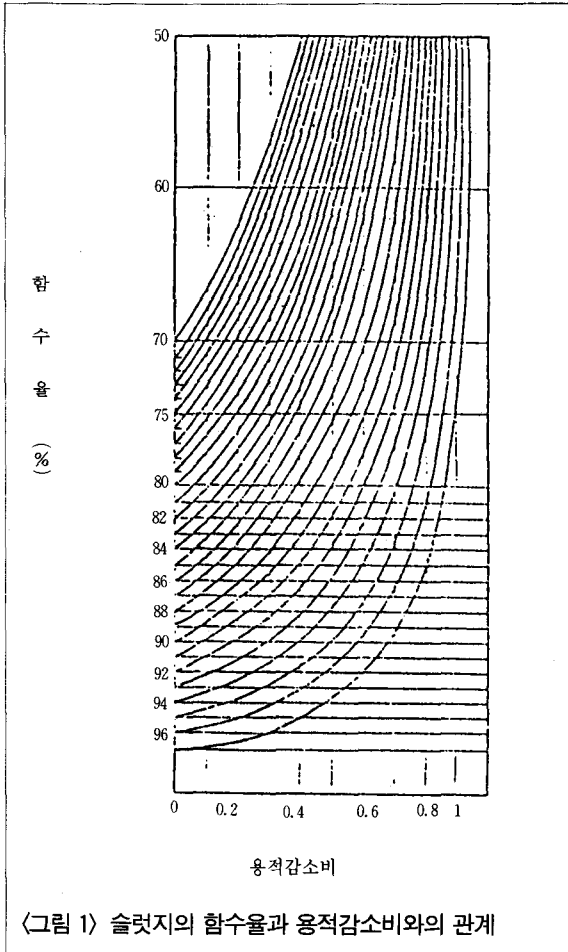
#### 1) 간격수

크고 작은 고형물질에 둘러쌓여 있는 수분을 간격수(Cavernous Water)라고 하며, 이는 고형물질과 직접 결합해 있지 않기 때문에 용이하게 분리할 수 있다.

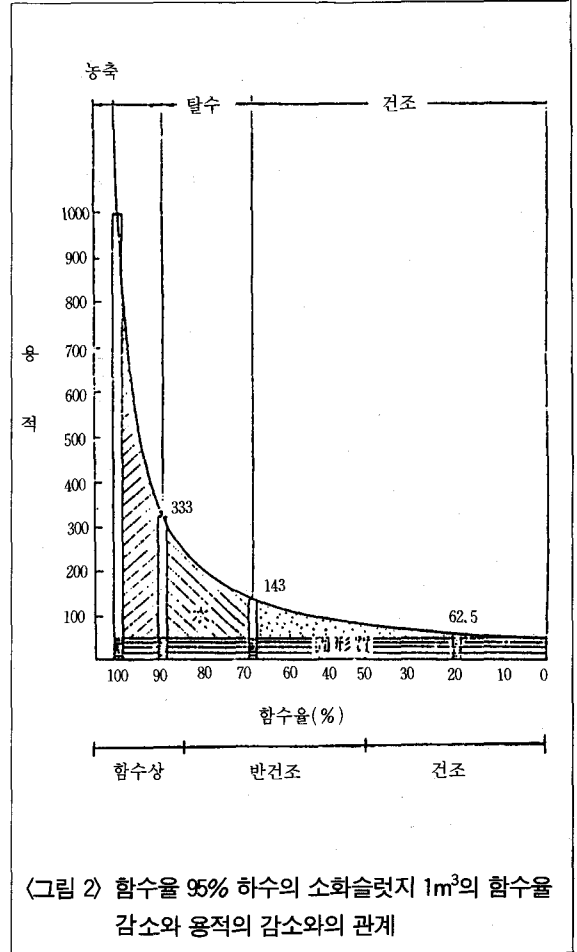
#### 2) 모관 결합수

집합밀도가 높은 슬럿지 고형물의 입자에 수분이 둘러 쌓이면 모관 현상을 일으켜서 다음과 같은 결합수가 된다.

○ 췌기상 모관 결합수(Wedge Shaped Capillary Water) : 고형물질 입자의 접촉면으로 이루어진 모관에 수분이 췌기상으로 결합되어 있는 모관수



〈그림 1〉 슬릿지의 함수율과 용적감소비와의 관계



〈그림 2〉 함수율 95% 하수의 소화슬릿지 1m<sup>3</sup>의 함수율 감소와 용적의 감소와의 관계

○ 간격모관 결합수(Cavernous Capillary Water) : 고형물질의 갈라진 틈에 채워져 있는 모관수

이들 모관결합수는 모세관압으로 결합되어 있는 물이기 때문에 모세관의 표면장력의 합력과 역으로 작용하는 것과 같은 힘을 더하면 제거가 가능한데 예를들면 원심력, 진공압, 전기 우수력, 열침투력 등을 이용할 수 있다.

### 3) 표면 부착수

콜로이드상 입자의 결합수나 미세 슬릿지와 생물학적처리로 생기는 슬릿지에 부착되어 있는 것을 표면 부착수(Adhesion Water)라고 하며, 이 수분은 제거하기가 어렵다.

콜로이드상 입자의 결합수는 응집제를 이용하 환경관리인. 1991.12

여 응집시켜 분리시킨다.

### 4) 내부수

슬릿지중의 수분은 미생물의 세포막에 둘러싸여 있는 것도 있는데 이것을 내부수라고 한다. 간격수, 모관결합수, 표면부착수는 외부 수분임에 반하여 세포액은 내부수분이다. 이러한 내부수는 고형물질과 결합력이 대단히 강하여 이것을 제거하기 위해서는 세포막을 파괴하여야 하는데 기계적인 방법으로는 세포액의 압축은 가능하나 파괴는 어렵다.

이러한 내부수를 추출하기 위해서는 세포를 호기성 또는 혐기성균에 의해 생물학적 분해를 시키든지 고온 가열이나 냉동조작을 가하면 내부수가 외부수로 된다. ◼