

## 슬러지 응집시 금속이온의 영향

이창한, 송승구

부산대학교 화학공학과

### I. 서론

하·폐수처리공정에서 발생하는 슬러지는 오염성분이 많고 부패성이 매우 크기 때문에 위생 및 환경보존 측면에서 2차 오염의 위험성을 가지고 있다. 또한, 산업의 발달로 인하여 슬러지의 발생량이 증가함에 따라 처리기준에 대한 법적 규제가 점점 강화되고 있어 슬러지의 효율적인 처리와 자원화의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

슬러지의 발생량은 연차적으로 증가하고 있는 추세이며 1998년에는 연간 145만 톤이 발생되었다. 슬러지는 매립, 소각, 해양투기 등의 방법으로 처리되고 있다. 그러나 지역이기주의에 따른 NIMBY(Not in My Backyard)현상은 매립장 및 소각로와 같은 처리시설의 건설에 있어 커다란 걸림돌로 대두되고 있다. 또한 현재 폐기물 관리법에서는 2001년부터 하수슬러지의 직매립을 금지한다는 조항을 설정해 두고 있어 슬러지를 폐기하기보다는 재활용으로 유도하는 추세이다<sup>1)</sup>.

본 연구에서는 슬러지 처리시 전처리 공정인 응집공정에서 사용되는 무기염인 Alum과 FeCl<sub>3</sub>의 금속이온이 슬러지내에 잔존함으로써 탈수효율에 미치는 영향을 도출하고자 하였다.

### II. 실험재료 및 방법

#### 1. 실험재료

부산에 소재하는 수영하수처리관리소의 소화공정에서 채취된 소화슬러지를 실험에 사용하였다. 소화슬러지는 200 μm의 체로서 협잡물을 제거하였다. 이 슬러지는 3000rpm에서 20분동안 원심분리하여 상등액을 제거하였고, 다시 탈이온수를 주입하여 부유시키는 과정을 3회 반복하므로써 소화슬러지 부유액에 포함된 금속이온을 제거하였다. Buchnner funnel test 장치에 진공압력계를 부착시켜 진공압력을 70 cmHg로 고정하고 여과시간을 측정 한 후 비저항으로 환산하였다(Fig. 1). 활성슬러지의 초기농도는 슬러지 농도와 흡광도의 검량선을 기준으로 측정하였다. 고형물함량은 여과후 슬러지의 습식중량과 건조중량 차로서 계산하였다.

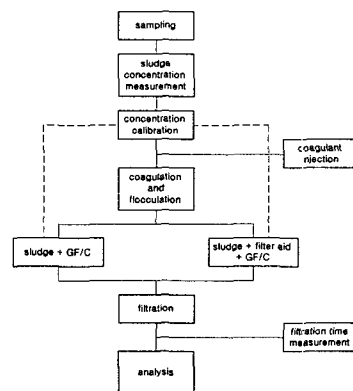


Fig. 1. Schematic diagram of specific resistance experiment.

[연락처] (우)609-735 부산광역시 금정구 장전동 산 30번지 부산대학교 화학공학과 반응공학연구소

이창한, Tel : 051-510-3082, Fax : 051-512-8563, E-mail : mawang01@hanmail.net

## 2. 실험방법

슬러지 응집은 표준 Jar-tester를 이용하여 150 rpm에서 급속교반 1분, 40 rpm에서 완속 교반 10분으로 일정하게 하고  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ 와 2가 양이온을 첨가하여 실험하였다. 슬러지를 응집하여 30분동안 침전시킨 후 상등액을 채취하여 원자흡광분광분석기(PERKIN ELMER Co.)로서 Ca, Mg, Na, K, Fe, 그리고 Al 이온의 방출량 및 잔류량을 분석하였다.

## III. 실험결과 및 고찰

### 1. 슬러지 응집현상

하수처리장에서 폐기되는 소화슬러지의 양이온 함량을 Table 1.에 나타내었다. 소화슬러지의 고형물에는  $Ca^{2+}$ 가 1415mg/l,  $Mg^{2+}$ 가 188.4mg/l,  $Na^+$ 가 142.2mg/l,  $K^+$ 가 102.7mg/l 로서 다량 함유되어 있으며, 여과된 여액에는 다량의 양이온 존재함을 알 수 있었다. 따라서 슬러지 응집시 양이온 방출량의 측정을 위해서 채취된 슬러지를 3회정도 탈이온수에 세척한 후 여액에 1가와 2가 양이온이 없을때 실험을 행하였다.

응집제인  $FeCl_3$ 의 첨가량에 따른  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  이온 방출량과  $Fe^{3+}$  이온의 잔류량 변화를 Fig. 2에 나타내었다.  $Fe^{3+}$  이온이 첨가되더라도  $Na^+$ 와  $K^+$  이온과 같은 1가 이온의 방출량에는 거의 변화가 없었다. 하지만,  $Ca^{2+}$ 와  $Mg^{2+}$  이온과 같은 2가 이온은  $Fe^{3+}$  이온의 첨가량에 따라 방출량이 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 특히,  $Ca^{2+}$  이온은  $Fe^{3+}$  이온의 첨가량이 4meq/l 부터 선형적으로 방출량이 증가한다는 것을 알 수 있었다.  $Fe^{3+}$  이온의 첨가량과 2가 이온의 방출량의 관계를 Fig. 3에 나타내었다. V. urbain등(1993)<sup>2)</sup>이 제시한 모델 (Fig. 4)에서처럼 슬러지 플록을 유지하기 위해 사용되는  $Ca^{2+}$ 와  $Mg^{2+}$  이온과 같은 2가 양이온들과  $Fe^{3+}$  이온의 이온교환이 일어난다는 것을 확인할 수 있었으며,  $Fe^{3+}$  이온의 첨가량이 11.992mM/l 이상에서  $Fe^{3+}$  이온의 첨가량과 2가 이온의 방출량은 상관관계수  $R^2 = 0.9938$ 의 선형적인 관계를 나타내었다. 이 결과로부터  $FeCl_3$ 에 의한 슬러지의 응집은 1가 양이온인  $Na^+$ 와  $K^+$  이온보다는 2가 양이온인  $Ca^{2+}$ 와  $Mg^{2+}$  이온과의 이온교환에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

Table 1. Cation content of digested sludge (unit : ppm)

Content Species	Ca	Mg	Na	K
Digested sludge cake	1415.0	188.4	142.2	102.7
Digested sludge filtrate	60.76	8.04	309.10	178.50

### 2. 탈수특성 변화

양이온 첨가량에 따른 여과비저항과 고형물함량의 변화를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 여과비저항은 슬러지 농도를 5000mg/l 하여 실험하였다.  $Al^{3+}$ 와  $Fe^{3+}$  이온을 첨가하는 실험에서 이온농도가 4meq/l 에서 여과비저항이 90%이상의 급격한 감소율을 보였다. 고형물 함량은 첨가된  $Fe^{3+}$  이온이 잔류하지 않는 6meq/l 의 농도까지는 13~32%까지 점차적으로 증가

하였지만, 그 이상의 영역에서 다시 감소하는 경향을 보였다. 이 결과는 양이온의 과량 첨가에 따른 응집된 슬러지 플록의 재부유에 기인하는 것으로 사료되었다. 따라서 무기염계 응집제인  $\text{FeCl}_3$ 를 사용할 경우 최적의 효율을 얻기 위한 슬러지 응집조건은  $0.8 \sim 1.2 \text{ meq/l} \cdot \text{g}$  sludge임을 알 수 있었다.

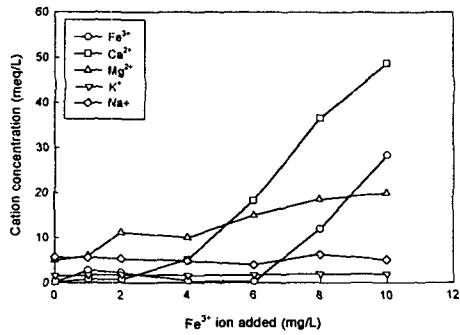


Fig. 2. Effect of monovalent and divalent ion release on  $\text{Fe}^{3+}$  ion added in digested sludge floc.

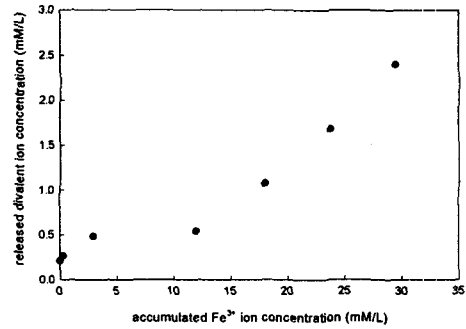


Fig. 3. The quantitative relation between released divalent ion concentration and accumulated  $\text{Fe}^{3+}$  ion conc..

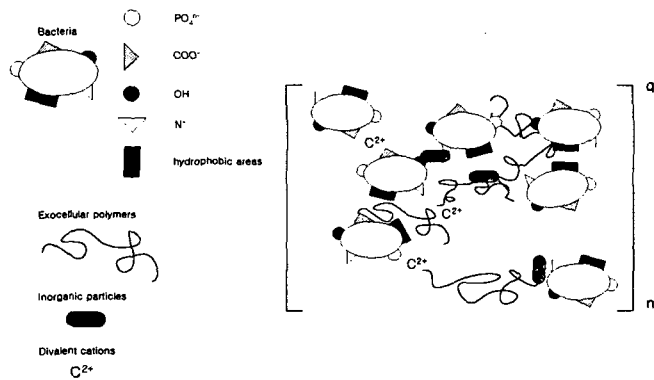


Fig. 4. Schematic representation of the activated sludge floc on an arbitrary scale of size.

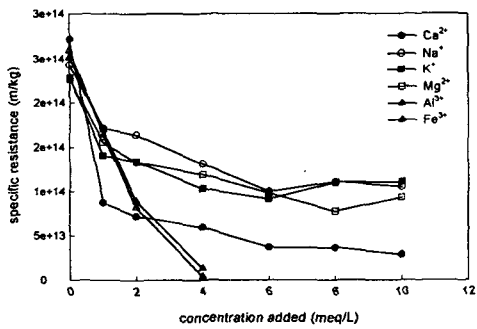


Fig. 5. Effect of cation dosage on specific resistance of digested sludge.

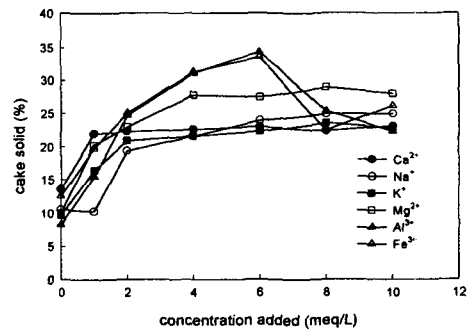


Fig. 6. Variation of cake solid content for cation dosage in digested sludge.

#### IV. 결론

본 연구에서는  $\text{FeCl}_3$ 와 Alum을 첨가하는 슬러지 응집실험을 통해 2가 이온의 방출량과 최적 응집조건에 대한 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1.  $\text{Fe}^{3+}$  이온의 첨가량이 증가함에 따라  $\text{Ca}^{2+}$ 와  $\text{Mg}^{2+}$  이온의 방출량이 점차 증가하는 경향을 나타내었다.
2.  $\text{Fe}^{3+}$  이온의 첨가량이 11.992mM/ℓ 이상의 영역에서  $\text{Fe}^{3+}$  이온의 첨가량과 2가 이온의 방출량은 선형적인 관계를 나타내었으며, 상관계수는  $R^2 = 0.9938$ 이었다. 이 결과로부터 슬러지 응집은 1가 양이온인  $\text{Na}^+$ 와  $\text{K}^+$  이온보다는 2가 양이온인  $\text{Ca}^{2+}$ 와  $\text{Mg}^{2+}$  이온과의 이온교환에 의한 것임을 확인할 수 있었다.
3. 무기염계 응집제인  $\text{FeCl}_3$ 를 사용할 경우 최적의 효율을 얻기 위한 슬러지 응집조건은 0.8~1.2mEq/ℓ · g sludge임을 알 수 있었다.

#### V. 참고문헌

1. 윤준섭, "응집현상을 이용한 폐슬러지 처리", 부산대학교 화학공학과 석사학위 논문, 2000.
2. V. Urbain et al., "Bioflocculation in activated sludge an analytic approach", Wat. Res., Vol. 27, No. 5, pp. 829-838, 1993.