

## 황토를 이용한 축산폐수의 처리에 관한 연구

박진희 · 김보국 · 원찬희

전북대학교 공과대학 토목환경공학부

(2000년 4월 26일 접수, 2000년 8월 3일 채택)

## Treatment of Livestock Wastewater with Coagulant-loess

Jin-Hee Park · Bo-Guk Kim · Chan-Hee Won

*Faculty of Civil and Environmental Engineering, Chonbuk National University*

### ABSTRACT

To investigate the applicability of loess as a coagulant, the optimum conditions of coagulation and efficiency comparison of several coagulants(PAC, PACS, LAS) in chemical treatment of livestock wastewater were performed. As a result, the optimum mixing ratio of loess and lime(CaO) was 3 : 7. The optimum dosage of the mixed coagulant was 30 g/L. The optimum speed for rapid mixing of the mixed coagulant was 200 rpm at 1 min, and the optimum speed for slow mixing was 50 rpm at 10 min. The mixed coagulant showed the removal efficiency of turbidity, SS, BOD, COD<sub>Cr</sub>, T-P and TKN to 95.8%, 92.5%, 71.6%, 71.1%, 98.2% and 32.5%, respectively, which was better than other several coagulants. The mixed coagulant was possible to use as substitutional coagulants of traditional coagulant, and the producted sludge can use as a soil amendments.

---

Key Words : Loess, Livestock Wastewater, Coagulant, Soil Amendment

## 요약문

본 연구에서는 구입이 용이한 황토를 이용하여 축산폐수의 화학적 응집 처리제로서의 적용가능성과 최적 응집조건을 찾고 기존에 사용되어 왔던 고분자 응집제(PAC, PACS, LAS)와 응집 성능을 비교하였다. 연구 결과 황토와 생석회의 최적 혼합비율은 3 : 7이었으며, 이 혼합 응집제의 적정 주입량은 30 g/L이었다. 기존 응집제와 비교실험에서는 loess : lime = 3 : 7의 경우 탁도, SS, BOD, COD<sub>Cr</sub>, T-P, TKN의 제거효율이 각각 95.8%, 92.5%, 71.6%, 71.1%, 98.2%, 32.5%를 나타내었다. Loess : lime = 3 : 7은 응집제로서 사용할 수 있으며, 생산된 슬러지는 토양개량제로서의 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

주제어 : 황토, 축산폐수, 응집제, 토양개량제

## 1. 서론

오래 전부터 황토는 고(古)가옥의 벽, 바닥, 부엌 아궁이 등의 건축자재, 적벽돌, 토기 및 기와의 요업 원료, 논외의 객토용, 즉 토양개량제, 양어장 바닥, 외양간 바닥 깔개 등으로 사용되어 왔다. 최근에는 황토방이라 하여 고급아파트의 바닥 및 벽재, 황토욕탕, 황토침대, 황토방석, 의약용, 적조제거용으로 그 용도가 다양해지고 있다. 건축재료와 요업원료의 사용은 황토에 포함된 점토광물의 가소성과 소성고결의 성질을 주로 이용한 것이며, 물고기 양식에 있어 어병(魚病)의 예방 및 치료에 이용한 것과 황토의 미립 현탁액(일명 지장수(地漿水)라고 함)의 의약용 사용 등<sup>1)</sup>은 점토광물의 흡착성 및 이온교환성에 의한 것이고, 해양의 적조제거에는 주로 점토광물의 흡착 및 응집 현상에 기인한 것이다.<sup>2)</sup>

이러한 황토내의 점토광물의 흡착성질과 응집성질을 이용하여 축산폐수의 화학적 처리에 황토를 응집제로서 적용하고자 하였다. 축산폐수는 질소와 인과 같은 무기염류의 함량과 유기물의 함량이 높아 그대로 강이나 하천에 유입될 경우 수질 악화와 부영양화를 초래하여 상수원을 크게 오염시킬 수 있으며, 축산분뇨와 그에 포함된 병원성 미생물이 지하수오염의 주요 요인이 될 수 있다. 우리나라의 중소규모의 축산농가에서는 화학적 처리로서 철염이나 Alum으로 응집 후 활성슬러지법으로 처리하거나, 저장액비화법이나 톱밥발효돈사를 이용하여 퇴비화하고 있으나 오염물이 충분히 제거되지 않은 상태에

서 방류되고 있고, 화학적 처리법으로는 약품비용이 문제가 되고 있으며, 저장액비화법의 경우 액비용 사용할 초지가 부족할 뿐만 아니라 톱밥발효의 경우 안정화 측면에서 비효율적이다.<sup>3,4)</sup>

따라서, 본 연구에서는 마을 단위 중소규모의 축산폐수를 처리할 때 우리 주위에서 손쉽게 구할 수 있는 저비용의 황토에 대해서 응집제로서의 적용가능성과 기존에 사용되어 왔던 고분자 응집제(PAC, PACS, LAS)와 응집성능을 비교·검토하였으며, 황토응집제 사용시 발생하는 슬러지의 양과 재활용 방안에 대해서도 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료

본 실험에 사용된 대상폐수는 전라북도 내의 W군 소재 양돈농가에서 분리배출되는 축산폐수이다. 시료의 취수는 수시로 행해졌으며 취수된 시료는 20 L 플라스틱통으로 운반한 후 각 실험기간동안 수질의 균일화를 위하여 100 L 플라스틱통에 저장하여 사용하였다. 원폐수의 성상은 Table 1에 나타난 바와 같이 pH 7.1~8.8로 약알칼리성을 나타냈으며, 탁도는 216~374 NTU, T-BOD는 873~2,000 mg/L, S-BOD는 575~1,075 mg/L, T-COD<sub>Cr</sub>은 2,183~4,500 mg/L, S-COD<sub>Cr</sub>은 745~1,700 mg/L, particle/total(%)가 BOD는 42.6%, COD<sub>Cr</sub>

은 63.4%로 나타났다. T-P는 39.9~109.2 mg/L, T-N은 233~534.4 mg/L, TKN은 211.5~487.9 mg/L로, 특히 질소농도가 높은 수치를 나타내고 있다.

## 2.2. 황토 및 고분자 응집제

황토(loess)는 montmorillorite계 점토광물로서 pH는 알칼리성이고, 화강암의 화학성분과 유사하고 입자의 크기는 0.01~0.05 mm인 것이 50% 이상이며 알갱이의 크기가 비교적 고르다. 본 실험에 사용된 황토는 해양의 적조제어용으로 사용하는 황토로 주요 물리·화학성분은 Table 2와 같다. 주체성분인 산화알루미늄은 흡착하는 성질이 있어서 황토가 수중에 용해되면 알루미늄 이온이 용출되어 콜로이드 물질을 흡착·응집하는 것으로 보고되고 있다.<sup>5)</sup>

Table 1. The characteristics of livestock wastewater

Parameter	Concentration	Average
pH	7.1~8.8	7.9
Turbidity(NTU)	216~374	295
Temperature(°C)	20.2~25.8	23
SS(mg/L)	1,515~2,089	1,560
T-BOD(mg/L)	873~2,000	1,437
S-BOD(mg/L)	575~1,075	825
T-COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	2,183~4,500	3,342
S-COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	745~1,700	1,223
T-P(mg/L)	40~109.2	75
T-N(mg/L)	234~534	384
TKN(mg/L)	212~488	375

Table 2. The components of loess

Components	Concentration
pH	7.7
Water content	8.7%
VS	7.2%
SiO <sub>2</sub>	49.42%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.59%
FeO	12.47%
K <sub>2</sub> O	0.93%
TiO	0.59%

본 실험에 사용된 황토는 대부분이 규산과 산화알루미늄으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한 황토만을 사용하여 축산폐수를 처리하면 flocc의 형성이 양호하지 않으며, 탁도의 제거율도 저조하기 때문에 응집보조제로서 생석회(CaO)를 사용하였다. 생석회는 pH를 계속 상승시키는 이온화 표면을 가지고 있으므로 알칼리도의 제공물질이며, 인(P)의 용출억제, 황화수소(H<sub>2</sub>S)의 소멸, 녹조류, 규조류, 편모조류 등의 부유생물 증식억제 효과 등 다양한 기능을 가지고 있다.<sup>6)</sup>

본 실험에 사용된 응집제는 LAS(Liquid Aluminium Sulfate, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 14H<sub>2</sub>O, 비중 1.32), PAC(Poly Aluminium Chloride, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10%, 비중 1.21), PACS(Poly Aluminium Chloride Silicate, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17%, 비중 1.35)을 사용하였다.

## 2.3. 실험방법

실내에서 Jar-tester를 이용하여 각 조건에 따른 축산폐수의 처리에 관한 실험을 실시하였다. 응집실험에 사용된 Jar tester는 JISICO Model J-6S를 사용하였다.

Jar tester를 이용하여 시료량 1 L에 대하여 황토와 생석회의 혼합비율 및 적정 주입량과 적정 응집조건을 결정하였으며, 고분자 응집제인 LAS, PAC, PACS의 최적 응집조건을 찾아 황토와 응집성능을 비교·검토하였다. Jar-Test를 이용, 시료 1 L에 대하여 응집제를 주입, 응집시킨 후 상정액을 채취하여 pH, 탁도, COD<sub>Cr</sub>, T-P, TKN을 각각 측정하였다. 각각의 항목은 Standard Methods 또는 수질오염 공정시험법에 의거하여 실험하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 황토 혼합물질의 최적 응집조건

황토와 생석회 혼합시료를 축산폐수에 응집제로 적용하기 위해서 황토와 생석회의 혼합비율 및 응집의 영향인자에 대해서 각각의 최적 조건을 찾아 보았다.

### 3.1.1. 황토와 생석회의 혼합비율 및 적정 주입량 결정

황토와 생석회의 혼합비율 및 적정 주입량을 알아보기 위하여 황토(loess)와 생석회(lime, CaO)의 비율을 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 및 8 : 2로 혼합하였으며, 주입량을 10 g/L, 20 g/L, 30 g/L, 40 g/L, 50 g/L 및 60 g/L로 증가시키면서 실험을 수행한 후 탁도를 측정하였다. 이때의 원수의 탁도는 285 NTU, 교반조건은 급속의 경우 150 rpm에서 1 min, 완속교반의 경우 45 rpm에서 10 min, 침전은 약 30 min으로 하였다.

Fig. 1에 나타난 것처럼 황토와 생석회의 혼합비율 및 주입량을 변화시킨 결과, 모두가 주입량이 증가함에 따라 탁도가 감소하다가 일정량 이상에서는 탁도가 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있었다. 황토와 생석회의 혼합비율이 3 : 7인 경우 주입량 30 g/L에서 9.7 NTU로 가장 먼저 낮은 탁도를 유지하였으므로 이때의 혼합비 3 : 7과 주입량 30 g/L를 황토와 생석회의 최적 혼합비율 및 적정 주입량으로 하였다.

### 3.1.2. 교반속도에 따른 처리효율

용집에 있어서 급속교반은 용집제를 원수에 주입한 후 가능한 한 신속하게 분산 혼합시켜 용집제가 수중에서 가수분해하여 콜로이드 입자와 중화반응이 일어나 매우 작은 floc이 형성되도록 균일하게 확산시키는 역할을 하며, 완속교반은 floc의 접촉을 좋

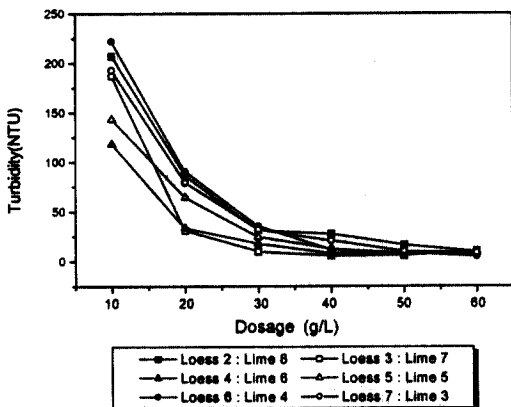


Fig. 1. Turbidity removal efficiency at various mixing ratio of loess to lime.

게 하고, floc 파괴를 방지하는 역할을 한다. 교반속도 및 시간이 적정하게 적용되지 않으면 급속교반시 floc 형성이 잘 이루어지지 않으며, 특히 완속교반시에는 floc의 파괴현상이 생겨 용집효율이 떨어지므로 교반속도 및 시간은 매우 중요하다.<sup>7)</sup>

교반속도에 의한 최적의 용집조건을 찾기 위해서 급속교반속도는 100, 200, 300, 360 rpm으로 완속교반속도는 30, 50, 80 rpm으로 변화시키면서 탁도와 COD<sub>Cr</sub>을 측정하였다.

이때 용집제는 loess 3 : lime 7(이하 황토용집제 (Loess)라 총칭함) 30 g을 주입하였으며, 급속교반시간은 1 min, 완속교반시간은 10 min으로 하였다. 이때의 원수의 탁도는 216 NTU이며, COD<sub>Cr</sub>은 3,750 mg/L이다.

Fig. 2와 Fig. 3은 교반속도에 따른 탁도와 COD<sub>Cr</sub>의 제거효율을 나타낸 것으로, 탁도는 급속교반속도 200 rpm, 완속교반속도 50 rpm에서 24.8 NTU (88.5%) 제거되었으며, COD<sub>Cr</sub>은 급속교반속도 200 rpm, 완속교반속도 50 rpm에서 896.7 mg/L (76.1%) 정도 제거되었으며, 급속교반속도 200 rpm, 완속교반속도 80 rpm에서보다 안정적인 경향을 나타내고 있다. 그러므로 급속교반속도 200 rpm, 완속교반속도 50 rpm을 최적 교반속도로 하였다.

### 3.1.3. 교반시간에 따른 처리효율

황토용집제의 최적 용집교반시간을 찾기 위해서 급속교반시간은 30 sec, 1, 2, 5 min, 완속교반시간은 5, 10, 20, 30 min으로 변화시키면서 탁도와 COD<sub>Cr</sub>을 측정하였다. 이때 주입량과 교반속도는

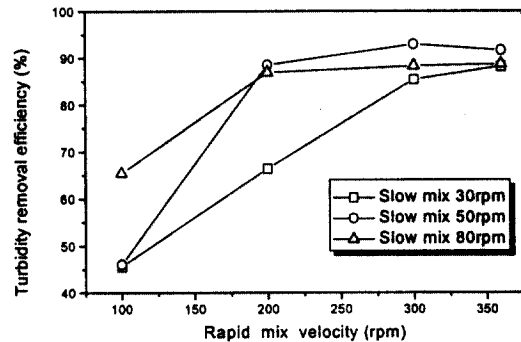


Fig. 2. Turbidity removal efficiency on mixing velocity.

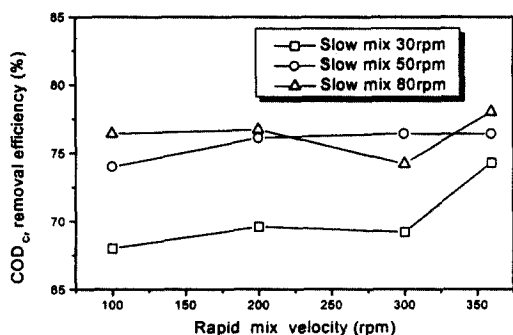


Fig. 3. COD<sub>Cr</sub> removal efficiency on mixing velocity.

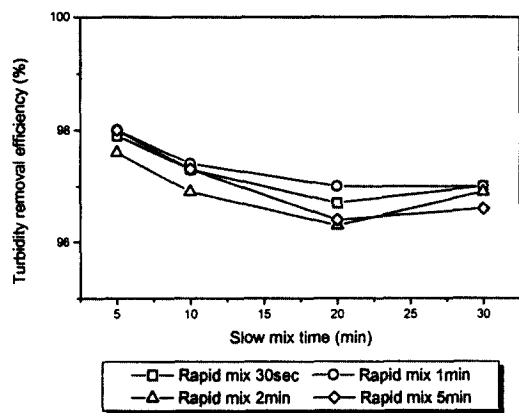


Fig. 4. Turbidity removal efficiency on mixing time.

3.1.1., 3.1.2.에서 결정한 조건으로 하였으며, 원수의 탁도는 335 NTU, COD<sub>Cr</sub> 농도는 3,525 mg/L이다.

Fig. 4, 5에서 보는 바와 같이 교반시간은 급속교반은 1분, 완속교반은 10분 정도로 나타났으며, 이때의 잔류탁도는 8.8 NTU(97.4%), COD<sub>Cr</sub> 933.3 mg/L(73.5%)로 나타났다.

### 3.2. 고분자 응집제의 최적 조건

황토응집제와의 비교실험을 위하여 각 고분자 응집제의 최적 조건을 살펴보았다.

#### 3.2.1. 응집제 주입량 결정

축산폐수를 처리할 때 고분자 응집제의 최적 주입량을 알아보기 위하여 각 응집제를 3 mL/L, 5 mL/L,

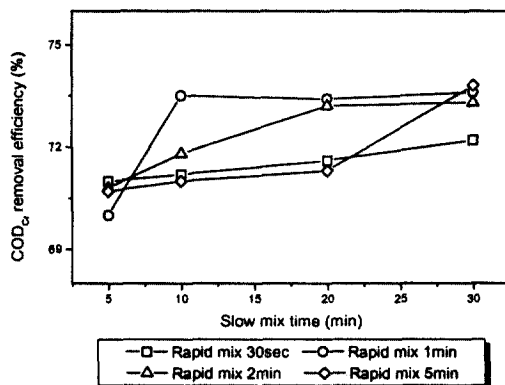


Fig. 5. COD<sub>Cr</sub> removal efficiency on mixing time.

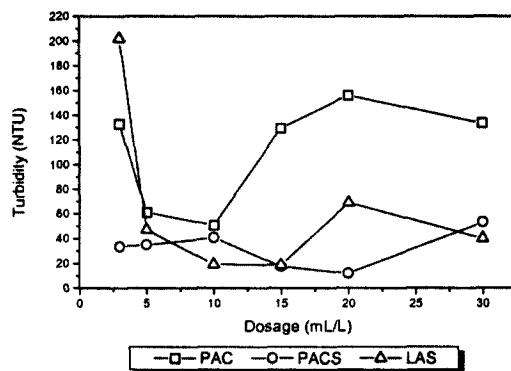


Fig. 6. Turbidity of the water coagulated with PAC, PACS and LAS.

10 mL/L, 15 mL/L, 20 mL/L, 그리고 30 mL/L로 주입량을 증가시키면서 탁도를 측정하였다. 이때 원수의 탁도는 243 NTU, 교반조건은 급속교반은 200 rpm에서 1 min, 완속교반은 50 rpm에서 10 min으로 하였다. PAC, PACS, LAS에 대하여 각각 주입농도를 변화시키면서 나타난 결과, Fig. 6에서 보는 바와 같이 PAC 10 mL/L, PACS 20 mL/L, LAS 10 mL/L일 때 각각 50.7 NTU, 11.9 NTU, 19.1 NTU로 가장 낮은 잔류탁도를 나타내었으며, PAC의 경우 탁도 제거효율이 가장 떨어졌다. 이때의 농도를 각 고분자 응집제에 대한 최적 주입량으로 하였다.

#### 3.2.2. 응집제의 교반속도 결정

각 응집제의 최적 교반속도를 결정하기 위해서 급

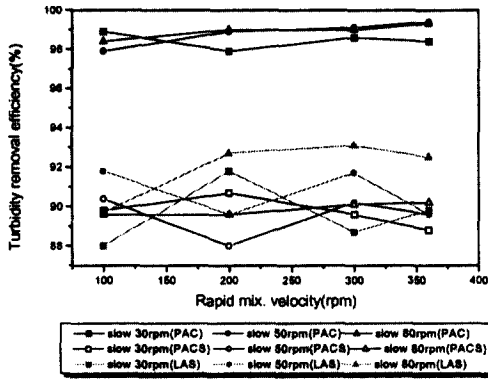


Fig. 7. Turbidity removal efficiency on mixing velocity(PAC, PACS, LAS).

속교반은 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm, 360 rpm 으로 완속교반은 30 rpm, 50 rpm, 80 rpm으로 변화시키면서 탁도를 측정하였다.

이때 각 응집제의 주입량은 PAC, PACS, LAS 각각 10 mg/L, 20 mg/L, 10 mg/L였으며, 원수의 탁도는 243 NTU, 교반시간은 급속교반 1 min, 완속교반 10 min으로 하였다.

Fig. 7은 PAC, PACS, LAS의 교반속도에 따른 탁도의 제거정도를 나타낸 그림이다. PAC의 경우 360 rpm, 50 rpm, PACS 200 rpm, 30 rpm, LAS 300 rpm, 80 rpm일 때 각각 99.4%, 90.7%, 93.7%로 최대의 제거효율을 보이고 있었다. 이때의 속도를 각 응집제에 대한 최적 속도로 하였다.

### 3.2.3. 응집제의 교반시간 결정

각 응집제의 최적 교반시간을 찾기 위해서 교반시간을 급속교반은 1 min, 2 min, 5 min, 완속교반은 5 min, 10 min, 20 min, 30 min으로 변화하면서 탁도를 측정하였다. 이때 원수 탁도는 305 NTU 이다. 주입량과 교반속도는 3.2.1.과 3.2.2.에서 결정한 조건으로 하였다.

Fig. 8은 PAC, PACS, LAS의 교반시간에 따른 탁도 제거정도를 나타낸 것이다. PAC의 경우 급속 교반, 완속교반 각각 1 min, 10 min, PACS 5 min, 5 min, LAS 5 min, 30 min일 때 각각 92.3%, 96.8%, 92.5%정도로 최대의 탁도 제거효율을 나타내어 이때의 시간을 각 응집제의 최적 교반시간으로 하였다.

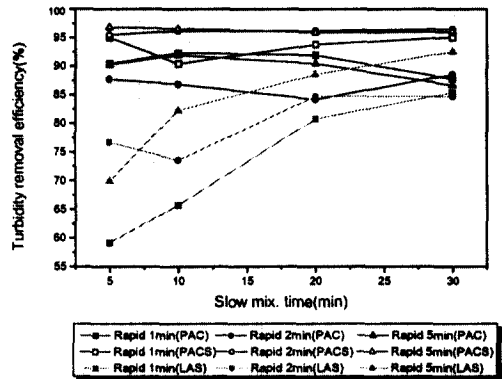


Fig. 8. Turbidity removal efficiency on mixing time(PAC, PACS, LAS).

### 3.3. 각 응집제 최적 조건에서의 처리효율 비교

황토응집제(loess 3 : lime 7)와 기타 고분자 응집제의 처리효율을 비교하기 위해서 3.1., 3.2.에서 구한 황토와 고분자 응집제의 최적 조건으로 실험하였다.

#### 3.3.1. 각 응집제간 최적 조건에서의 제거효율

각 응집제의 최적조건하에서 실험한 결과 pH는 황토응집제(loess)의 경우 12.0, PAC, PACS, LAS는 각각 4.9, 4.6, 4.5를 나타내어 황토의 경우는 pH가 높게, 기타 응집제는 pH가 낮게 나타나 생물학적 처리를 위해서는 각 응집제 모두 pH조정이 필요한 것으로 판단된다. 다만, 호기성 상태에서 암모니아가 *Nitrosomonas*와 *Nitrobacter*에 의해 아질산을 거쳐 질산으로 산화되는 질산화과정에서 1 g의 NH<sub>3</sub>-N이 제거됨에 따라서 4.33 g의 산소가 소모되고 7.1 g의 Alkalinity가 제거되며 0.15 g의 새로운 세포가 합성되는데 Alkalinity가 제거되기 때문에 석회 등의 pH 조절이 필요하므로<sup>8)</sup> 황토로 1차 응집·침전처리 후에 질소성분을 처리하기 위해서 질산화 공정을 채택할 경우에는 처리수의 높은 pH는 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

탁도는 loess, PAC, PACS, LAS 각각 95.8%, 85.4%, 94.9%, 91.4%의 제거효율을 나타내어 황토의 잔류탁도가 12.1 NTU로 탁도 제거효율면에서 아주 우수하였고, PAC가 41.8 NTU로 가장 낮

은 제거효율을 나타냈다.

SS의 경우는 LAS, loess, PACS 순으로 94.7%, 92.5%, 90.7%로 나타났으며, PAC는 86.1% 정도로 SS제거효율이 가장 낮게 나타났다.

T-BOD는 loess가 71.6% 정도로 제거효율이 가장 좋았으며, PAC의 경우 54.9% 정도로 기타 응집제보다 낮은 제거효율을 나타내었다. S-BOD의 경우 loess, PACS, LAS 각각 48.7%, 35.7%, 42.6% 정도 제거되었으며, PAC는 14.8% 제거되어 가장 낮은 제거효율을 나타내었다.

T-COD<sub>Cr</sub>의 경우 loess, PAC, PACS, LAS 각각 71.1%, 68.9%, 62.2%, 67.8% 정도 제거되었으며, S-COD<sub>Cr</sub>의 경우 loess, PAC, PACS, LAS가 각각 23.5%, 26.5%, 11.8%, 19.1%로 PACS가 가장 저조한 제거효율을 나타내었다. BOD와 COD<sub>Cr</sub>의 제거효율면에서는 loess가 기타 응집제보다 각

각 BOD, COD<sub>Cr</sub>이 각각 71.6%, 71.1%로 가장 우수하였다.

T-P는 loess, LAS, PAC순으로 각각 98.2%, 96.1%, 78.6% 정도의 제거효율을 나타내었으며, PACS의 경우 48.5%로 T-P 제거율이 가장 저조하였다. Soluble의 경우 loess, LAS는 각각 96.9%, 91.8%를 나타냈으며, PAC, PACS의 경우 각각 57.0%, 20.4%를 나타내어 loess와 LAS가 T-P의 제거면에서는 아주 효과적임을 알 수 있었다.

TKN의 경우 loess, PAC, PACS, LAS 각각 32.5%, 26.7%, 25.0%, 31.3% 정도의 제거효율을 보이고 있으며, 응집처리로서는 질소성분의 제거에 한계를 가지고 있었으며, 이를 제거하기 위해서는 후속처리로서 생물학적 처리가 필요할 것으로 판단된다.

Fig. 9. The comparison removal efficiency of turbidity with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

Fig. 11. The comparison removal efficiency of BOD with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

Fig. 10. The comparison removal efficiency of SS with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

Fig. 12. The comparison removal efficiency of COD<sub>Cr</sub> with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

Fig. 13. The comparison removal efficiency of T-P with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

Fig. 14. The comparison removal efficiency of TKN with coagulants(Loess, PAC, PACS, LAS).

3.3.2. 각 응집제의 최적조건에서의 슬러지의 발생량 및 황토 슬러지의 재활용 방안

슬러지의 발생량은 황토응집제의 경우 분말상태로 사용되기 때문에 황토가 그대로 슬러지로 발생하므로 다른 응집제보다 약 7배 정도 많이 발생하였으며, 황토응집제의 주입량이 30 g임을 감안하면 황토와 생석회 성분의 대부분이 슬러지로 발생됨을 알 수 있다. Fig. 15에서 보는 바와 같이 슬러지내 고형물함량(TS)도 18.8%로 다른 응집제의 경우 1.5~2.3%보다 많았으며, 슬러지내 수분함량은 황토의 경우 81.2%로 다른 응집제의 경우 97.7~98.5%보다 적기 때문에 슬러지 처리시 농축과 개량 작업이 불필요하며, 탈수작업이 용이할 것으로 판단된다.

또한 고형물함량(TS)내 유기물함량(VS)이 6.6%로 다른 응집제 49.0~60.8%보다 약 1/10 정도 수

Fig. 15. The comparison of production of sludge with Loess, PAC, PACS, LAS.

준을 나타내고 있으며, 이것은 슬러지내 고형물함량이 분말 응집제의 투입량으로 인해 타응집제보다 높았으며, TS의 대부분을 차지하고 있는 황토의 VS가 7.2%(Table 2)로 낮기 때문이라고 판단된다.

축산폐수 처리시 슬러지의 처리는 대부분 퇴비로 이용하거나, 매립, 해양투기, 소각하는 방법을 사용하고 있는데, 매립처리는 매립지 확보의 어려움 뿐만 아니라 침출수로 인한 인근 토양 및 지하수의 오염이 큰 문제라 아니할 수 없다.<sup>9)</sup>

황토로 처리할 경우 생성 슬러지의 양이 많으며, 유기물의 함량이 적기 때문에 매립, 소각, 해양투기나 퇴비의 방법으로는 슬러지를 재활용하기 힘들 것으로 판단된다.

우리 나라의 경작지 토양은 대부분 산성화되어 석회물질의 시용에 의한 토양산도의 교정의 필요성이 강조되고 있다. 또한 중금속은 토양의 낮은 pH에서 용출되고, 높은 pH에서는 수산화물로서 침전되며, 그 결과 중금속의 용해도는 현저하게 저하된다. 이러한 우리 나라 토양의 문제로 인해 토양개량이 필요하며, 토양의 물리적 성질과 화학적 성질을 개선하기 위해 인위적인 토지개량제가 많이 사용되고 있다. 토양의 pH를 상승시키고, 중금속의 농도를 조절하고, 식물의 중금속 과다 섭취를 방지하는데 석회물질이 토지개량제의 일종으로서 사용되고 있다. 황토 슬러지내의 pH는 11.8~12.1로 강알칼리성을 띄고 있으며, 이는 토양개량제로 사용되는 석회물질 대신 사용하여 토양의 산성화를 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 황토 슬러지가 강알칼리성을



Table 3. Heavy metals contents in loess sludge (mg/kg)

Component	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr
Concentration	70.8	89.8	-	-	6.6

띄는 것은 생석회에 의한 pH 상승효과로 생각된다. 또한 토양개량제로서 사용하기 위해서는 중금속 등 유해물질에 의한 토양오염이 우려되므로 슬러지내의 중금속 함량을 알아보았다.

Table 3은 황토용집제를 사용할 경우 발생하는 슬러지내의 중금속 함량을 나타낸 것이다. Cu와 Zn의 함량은 상당히 검출된 반면 Pb과 Cd은 검출되지 않았다. 우리 나라 토양환경보전법<sup>10)</sup>에 토양오염 대책기준인 Cd, Cu, As, Hg, Pb 및 Cr의 각각 4, 125, 15, 10, 300 및 10 mg/kg에 훨씬 못 미치는 수준으로 슬러지를 토양에 살포할 경우 중금속에 의한 영향은 없을 것으로 판단된다. 그러므로 산성화된 토양의 알칼리제로서의 역할 뿐만 아니라 산성토양에서의 중금속의 흡착현상을 저하시키기 위해서 황토 슬러지를 석회물질대신 토양개량제로 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 이의 사용으로 농업생산성의 향상을 꾀할 수 있고, 중금속 등의 유해물질로 인한 토양환경을 오염시키지 않는 한 바람직한 방법일 것이다.<sup>11)</sup>

#### 4. 결 론

저비용의 황토를 이용하여 축산폐수 전처리에 응집제로서 적용가능성과 타응집제와의 비교실험한 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 축산폐수를 처리하기 위한 황토와 생석회의 적정 혼합비율은 3 : 7이었으며, 이 혼합 응집제의 적정 주입량은 30 g/L이었고, 적정 교반 조건은 급속교반은 200 rpm, 1 min, 완속교반은 50 rpm, 10 min으로 나타났다.
- 2) 각 응집제의 적정 조건하에서 비교실험한 결과 황토응집제를 사용한 경우 탁도, SS, BOD, COD<sub>Cr</sub>, T-P, TKN이 각각 95.8%, 92.5%, 71.6%, 71.1%, 98.2%, 32.5% 정도 제거되어 타응집제보다 응집효율이 좋았으며, 탁도,

SS, T-P 제거에는 효과적이었다. 황토와 생석회의 혼합 응집제는 대체 응집제로서 사용이 가능하였으며, 구하기가 용이한 점과 저비용이라는 점을 감안하면 타응집제보다 효과적임을 알 수 있었다.

- 3) 황토응집제를 사용한 경우 슬러지 발생량은 36.3 g/L로 타응집제보다 많이 발생하였으며, 이것의 재활용 방안으로 토양개량제로서 사용가능성을 확인하였다.

#### 사 사

본 연구는 전북대학교 공업기술연구소의 지원하에 수행되었습니다. 본 연구를 후원해 주셔서 감사합니다.

#### 참 고 문 헌

1. 류도옥, 황토의 신비, 행림출판(1995).
2. 황진연, "맥반석과 황토의 특성과 활용," 한국광물학회 산업광물 심포지엄 논문집, 한국광물학회, pp. 89~99(1997).
3. Olesszkiewicz, J. A. and Koziarski, S., Optimization of Wastes Treatment with Reference to Biogas and Protein Recovery, USEPA, 600/2-82-023(1983).
4. Cumty, J., "Review of Slurry Aeration: Mixing and Foam Control," *J. Agri. Eng. Res.*, **36**, 157~174(1987).
5. 김도민, 교육세계백과대사전, 20권, 교육도서, p. 462(1989).
6. 김도민, 교육세계백과대사전, 11권, 교육도서, p. 167(1989).
7. 윤태일, 김재형, 김민숙, 이면준, 정재기, "수처리에서 응집에 미치는 고분자 응집제 주입지점의 영향," *대한환경공학회지*, **13**(4), 207~216(1991).
8. 류희정, 신항식, 신형우, 위생공학, 신광문화사, p. 394(1995).

9. 남궁완, 최정영, "유기성폐기물의 자원화기술,"  
유기성폐기물자원화, 1(1), 33~47(1993).
10. 토양환경보전법, 농림부(1997).
11. 정인호, 제지 및 공단폐수 슬러지의 분해특성,  
경상대학교 석사학위 논문(1995).