

# 畜舍尿汚水の 物理的 固液分離技術 開發<sup>1</sup>

오인환 · 박정현 · 장동일\*

건국대학교 자연과학대학 농업기계공학과

## Development of Solid / liquid Separation Technology for Stall Wastewater

Oh In-Hwan, Park Jeung-Hyun and Chang Dong-il\*

Dept. of Agric. Machinery Engineering, Kon-Kuk University

Chungju, Korea 380-701

### Summary

Solid/Liquid(S/L) separation is crucial for biological treatment of animal wastewater. Liquid portion from S/L separation has less BOD-load and proper post-strip treatment can be obtained. Screen or declined sieve was normally used to separate the solid parts. For better separating efficiency a vibration and a cylindrical separator were constructed and tested.

The results are summarized as follows; Solids removal efficiency and moisture content of separated solid were 15~26% and 85~88%, respectively for the vibration separator. For the cylindrical separator, solid removal efficiency and moisture content of solid were 16~39% and 86~89%, respectively.

The greatest amount of drymatter was obtained when operating vibration separator with 10° inclination and 100% vibrating power. For the cylindrical separator maximum efficiency was obtained with 40 rpm and 19° inclination.

The vibration and the cylindrical separator have shown 21% and 26% in BOD removal, respectively. These two types of separator were proved to be applicable methods for animal wastewater separation.

(Key words : Vibration separator, Cylindrical separator, Solids removal efficiency)

### 緒 論

가축사육규모의 증대는 분뇨처리에 高效率의 기술을 필요로 한다. 또한, 1996년 7월 1일부터는 관련법이 강화되어 허가대상의 범위가 확대되고, 신고대상의 경우에는 배출수의 BOD 허용농도도 강화된다. 일반적으로 가축분뇨의 처리

에 있어서 축사내에서 분리하여 처리하는 경우가 대부분이며, 양돈의 경우에는 살포할 수 있는 농경지가 부족하기 때문에 뇨오수의 처리가 문제로 제기된다.

뇨오수의 처리방법으로 생물학적 처리방법인 활성오니법이 활용되고 있으며, 이 방법에서는 유입수의 BOD 농도를 낮추어 주는 것이 要緊

<sup>1</sup> 이 연구는 1995년도 교육부 학술연구조성비(농업과학)에 의하여 연구되었음.

\* Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea 305-764.

하다 (Honda 1971). 그러나, 축사내에서의 분 제거방법에 따라서 유입수에 포함되는 고형물량도 달라진다. 기계식으로 제거하는 스크레파 방식에서는 설치 여하에 따라서 많은 양의 고형물이 포함될 수도 있다. 이것은 유입수의 BOD 농도를 높게 하며 後處理에 지대한 영향을 미치기 때문에 고효율의 분리장치가 필요하다.

따라서, 본 연구는 전업규모의 축산농가 실정에 맞게 개발된 축사뇨오수의 종합처리 시스템 중 물리적 처리공정인 고액분리기의 성능, 효율 및 특성 등에 관한 시험을 수행하여 합리적이고도 효율적인 가축분뇨의 처리를 도모하고자 한다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試機

본 실험은 2 종류의 고액분리기를 대상으로 하였다. 진동체 고액분리기와 회전원통형 고액분리기를 설계 제작하여 시험에 사용하였다.

축사뇨오수의 종합처리 시스템의 흐름도를 Fig. 1에 나타내었다. 축사에서 배출되는 뇨오수는 투입조를 거치면서 모래를 침전시키고 집수조로 유입되기 전에 고액분리기에 의해 고형물이 제거된다. 이렇게 고형물이 분리된 뇨오수는 폭기조에서 호기성 미생물에 의해 분해되며 침전조를 거쳐 放流된다 (오 등 1994, 1995).

축사에서는 깔짚을 사용하지 않았으며, 원수에는 뇨, 청소수, 사료찌꺼기 그리고 약간의 분이 포함되어 있다. 관리자에 따라서 분의 제거에 차이가 있었으며, 투입오수의 고형물함량은 0.6~1.0% 사이였다.

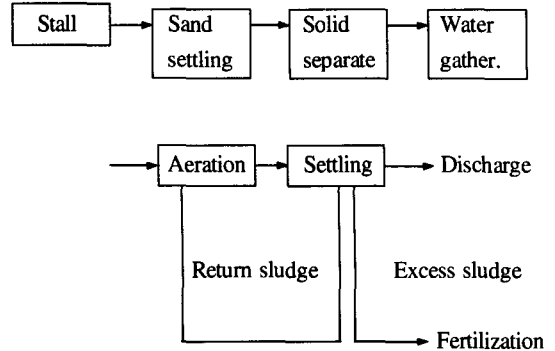


Fig. 1. Scheme of a treatment system for animal wastewater

진동체 고액분리기는 진동모터의 진동과 체면의 경사에 의해 투입된 뇨오수중의 고형물을 분리한다. 수중펌프(금성 모델 PDV-400M, 정격출력 400W)에 의해 유입된 뇨오수는 진동체 고액분리기의 체 위를 지나면서 고형물은 분리되어 경사진 쪽으로 이동되며 분리액은 체 밑으로 흘러 集水槽에 유입된다. 수중펌프의 양수량은 6m의 양정길이에서 130ℓ/m이다. 진동체 고액분리기의 주요 제원은 Table 1과 같으며, 그 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

회전원통형 고액분리기는 원통형의 체가 회전할 때 생기는 遠心力에 의하여 고형물이 분리된다. 원통형의 체안에 뇨오수가 유입되면 원심력에 의해 분리액은 체 밖으로 배출되고 고형물은 원통형체 안에서 이동되어 아래로 떨어진다. 원통형체의 회전 속도는 전기모터와 V벨트로 연결된 플리에 의해 3단계로 조절할 수 있도록 제작하였다. 회전원통형 고액분리기의 제원 및 개략도는 Table 2, Fig. 3과 같다.

Table 1. Specification of vibration separator

Screen	Vibration motor	Coil spring
40 mesh	0.2 kW × 2	SUP 6 φ 9 × 4

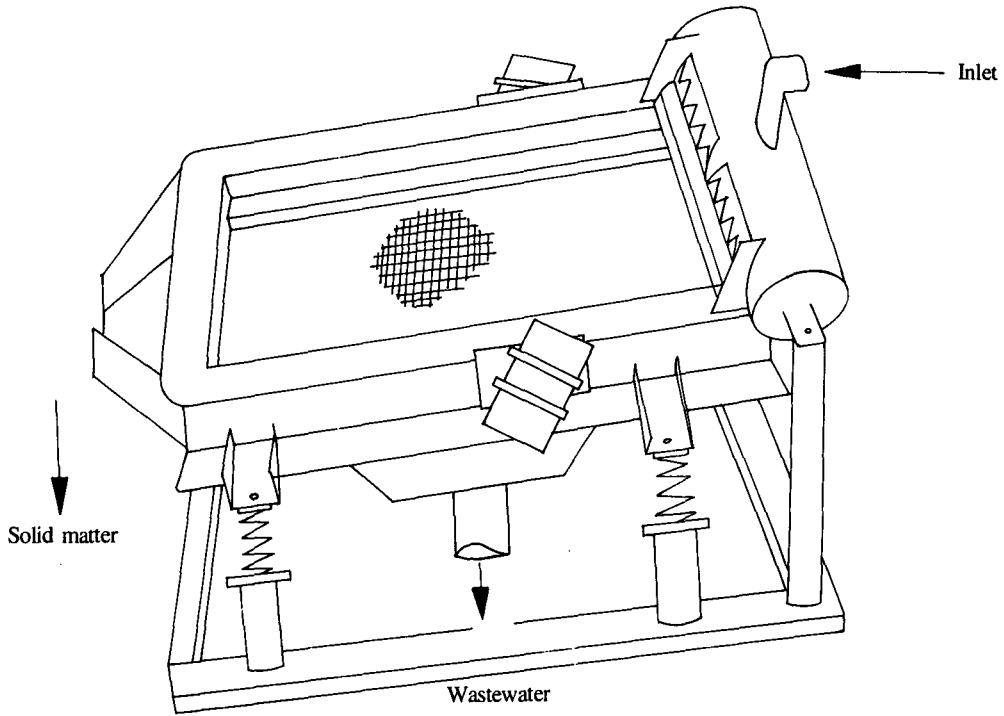


Fig. 2. Vibration separator

Table 2. Specification of cylindrical separator

Screen	Motor	Diam. of cylinder
20 mesh	1.5 kW	57.5 cm

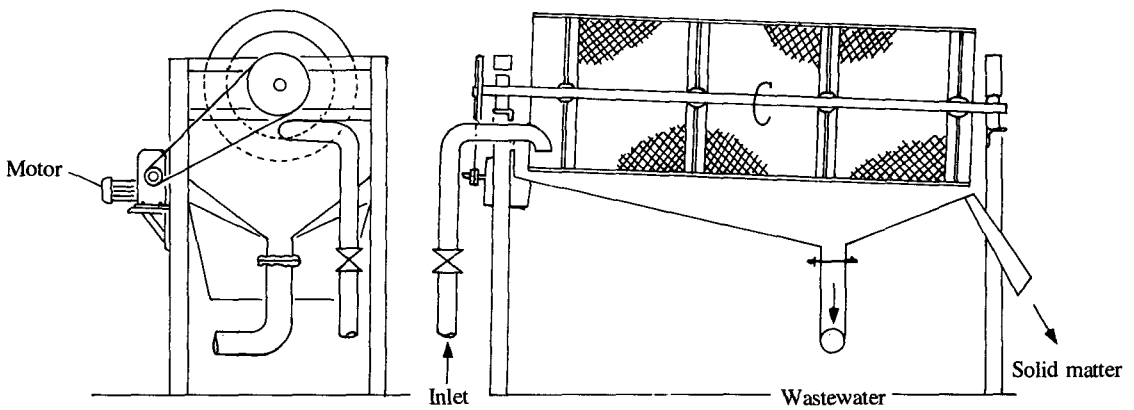


Fig. 3. Cylindrical separator

## 2. 試驗 內容 및 方法

진동체 고액분리기와 회전원통형 고액분리기는 Table 3과 같이 조건을 변화시켜 시험을 수행

하였다. 여기서 진동체 고액분리기의 可振力이란 진동모터의 최대 출력을 100%로 하였을 때, 출력비율에 의한 진동의 정도를 의미한다.

Table 3. Experimental conditions of separators

Vibration separator		Cylindrical separator	
Angle of inclined screen	5°, 10°, 15°	Angle of inclined screen	13°, 16°, 19°
Power rate of vibration motor (%)	40, 60, 80, 100	Revolution speed(rpm)	28, 40, 45

분리효율은 고액분리기에 투입되는 원수의 건물함량과 고액분리 후 나오는 액상부분의 건물함량을 비교하여 식 1에 의하여 계산하였다. 건물함량의 측정 방법은 투입오수의 시료를 약 100g씩 4반복하여 105℃에서 48시간 건조 후 重量을 稱量하여 계산하였다.

$$\eta = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_2 - Z_1} \dots\dots\dots(1)$$

- Z<sub>0</sub> : 원수의 건물함량
- Z<sub>1</sub> : 분리액의 건물함량
- Z<sub>2</sub> : 분리고형물의 건물함량

최대의 분리고형물량에 따라 고액분리기의 최적 조건을 設定하였으며, 이것은 분리된 고형물의 건물함량과 분리효율을 이용해 식 2에 의하여 계산하였다.

$$\text{건물회수율(g)} = (\text{분리고형물 건물함량} / \text{원수의 건물함량}) \times \text{분리효율} \dots\dots\dots(2)$$

고액분리기를 통한 BOD감소는 축사뇨오수의 종합처리 시스템에서 후처리해야 할 분리액의 오염부하를 줄이므로 중요한 의미를 갖는다. BOD 제거율은 고액분리전의 투입오수와 고액분리후 액상물의 BOD를 측정하여 계산하였

다. BOD는 檢壓方式의 BOD 측정기(Model BSB620T)를 이용해 3 반복으로 분석하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 分離效率

진동체 고액분리기는 5°, 10°, 15° 의 3단계로 체의 경사각도와 진동모터 가진력을 40%, 60%, 80%, 100%의 4단계로 변화시켜서 그에 따른 분리효율을 究明하였다. 체의 경사도와 진동모터의 가진력 변화에 따른 진동체 고액분리기의 분리효율은 Fig. 4에 나타낸 바와 같다.

체의 경사도별로 볼 때 진동모터의 가진력이 증가함에 따라 분리율도 15%에서 26%로 증가하는 경향을 나타내었다. 진동횟수가 많을수록 탈리현상에 의하여 수분의 분리가 가증되며 분리율이 증가하는 것으로 사료된다. 또한, 체의 경사각이 클수록 고형물의 미끄러지려는 특성에 의하여 체 위에 머무는 시간이 짧아지며 분리율이 높아짐을 알 수 있다.

체의 경사각이 5° 일 때의 분리율과 10° 일 때 분리율은 큰 차이를 보인 반면 10° 일 때와 15° 일 때의 분리율은 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 체의 경사도가 증가함에 따라 고형물의 분리율이 증가하나 어느 限界 이상이 되면 분리율의 증가가 점차 둔화되어가는 것을 알

수 있다.

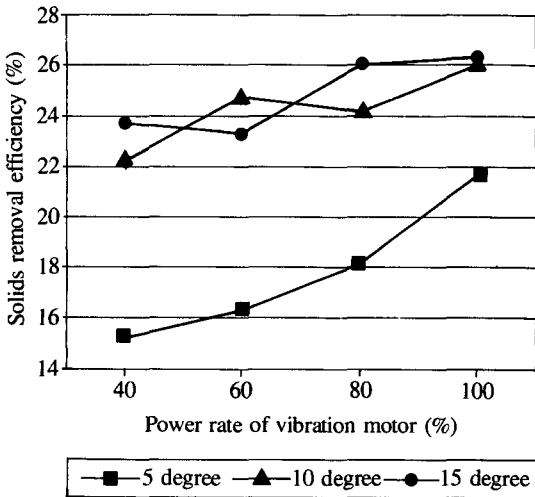


Fig. 4. Solid removal efficiency as variations of a power rate of vibration motor and a angle of inclination

회전원통형 고액분리기는 원통의 회전속도를 28rpm, 40rpm, 45rpm으로, 회전원통의 경사도는 13°, 16°, 19°의 3단계로 조절하여 시험을 수행하였다. 회전속도와 각도 변화에 따른 회전원통형 고액분리기의 분리율은 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 회전원통의 경사도가 증가함에 따라 각각의 회전수 별로 분리율이 16%에서 39%로 증가하는 추세를 보였다. 이는 회전원통 안에 고형물의 미끄러지려는 특성이 분리율에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 즉, 고형물이 회전원통 안에서 遠心力에 의한 힘을 받는 시간이 짧을수록 분리율이 증가한다는 것을 의미한다. 회전수가 높을수록 회전원통 안에 있는 고형물에 작용하는 원심력은 커진다. 따라서, 회전수가 증가함에 따라 분리율에는 부정적인 영향을 줄 것으로 판단된다. 또한, 실제 농장의 조건에서 시험을 수행하였기 때문에 원수의 고형물함량에 약간의 변동이 있었으며, 45rpm, 13°에서 분리율이 높게 나타난 것도 고액분리기에 투입된 원수의 고형물함량이 평균 수치보다 약 2배 정도 높았기 때문인 것으로 분석된다.

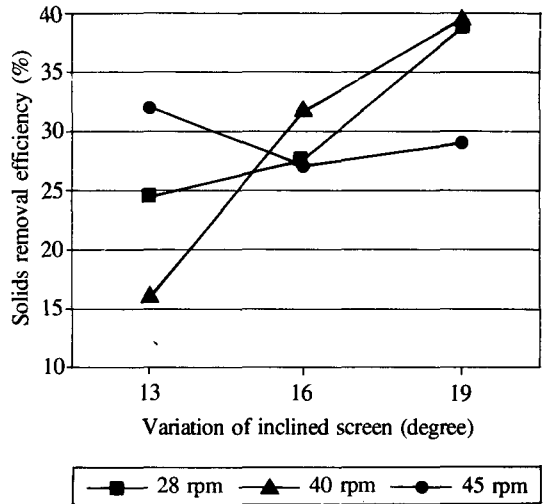


Fig. 5. Solid removal efficiency as variations of a revolution speed and a angle of inclination

고액분리기 분리를 시험에서 진동체 고액분리거나 회전원통형 고액분리기의 경우 진동은 흐름을 촉진시키고, 회전은 지체시키는 작용을 하기때문에 경사각도와 相關關係가 있다. 따라서, 각 분리기의 이러한 특성을 최대한 고려하여서 경사각을 설정하면 높은 분리율을 얻을 수 있다.

## 2. 分離 固形物의 水分含量

체의 경사도와 진동모터의 가진력 변화에 따른 고형물의 수분함량 변화는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 분리되어 나온 고형물의 수분함량은 85~88%로 가진력의 변화에 따라 큰 차이를 보이지는 않았지만 체의 경사도가 낮을수록 고형물의 수분함량도 대체적으로 낮게 나타났다. 이는 고형물의 수분함량이 체 위에 체류하는 시간에 영향을 받아 고형물이 체 위에 오래 머물수록 수분함량이 감소되는 것으로 사료된다. 경사판 분리기로 시험한 Flachowsky(1974)에 의하면 분리된 고형물의 수분함량이 86%로 본 실험 결과와 유사한 범위에 있는 것을 알 수 있다.

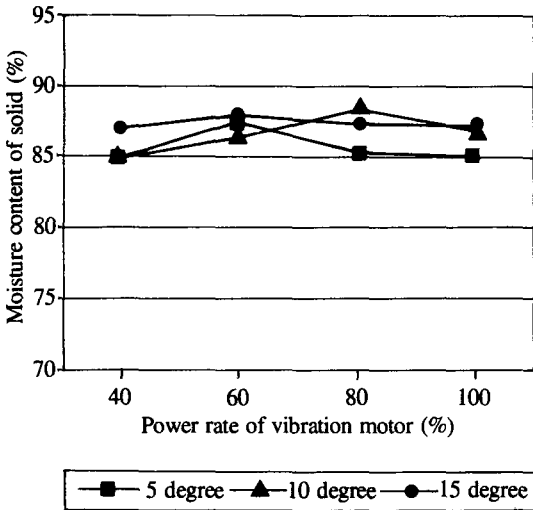


Fig. 6. Moisture contents of solid as variations of a power rate of a vibration motor and a angle of inclination

회전원통형 고액분리기에서 원통의 회전속도와 각도 변화에 따른 고형물의 수분함량 변화는 Fig. 7과 같다.

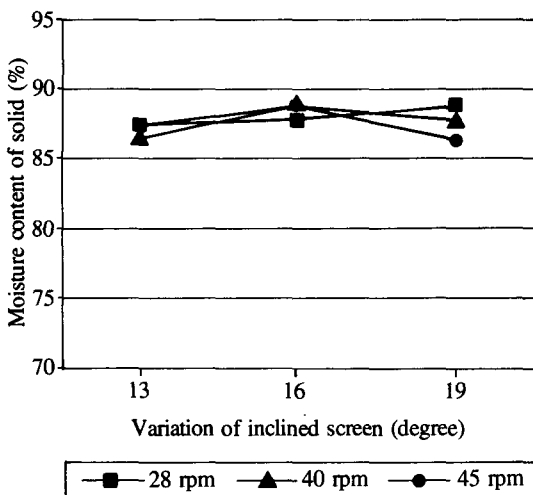


Fig. 7. Moisture contents of solid as variations of a revolution speed and a angle of inclination

회전원통형 고액분리기도 분리되어 나온 고형물의 수분함량은 86-89%의 범위로 큰 차이를 나타내지 않았다. 다만 회전속도가 증가할수록 원심력 때문에 고형물의 수분함량이 감소할 것으로 예상된다.

이상의 결과를 볼 때 진동체 고액분리기와 회전원통형 고액분리기에서 체위에 고형물이 체류하는 시간이 분리율과 고형물의 수분함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서, 분리율과 고형물의 수분함량이 적절한 調和를 이룰 수 있도록 고액분리기의 진동수, 회전수, 체의 경사각도 등을 조절할 필요가 있다.

식 2에 의해서 분리되는 고형물량이 많은 항목을 고액분리기의 最適條件으로 삼았으며, 그 계산 결과는 Table 4와 같다.

위 결과에 의하면 진동체 고액분리기는 체의 경사도 10°와 진동모터 가진력 100%의 경우에 3.45g, 회전원통형 고액분리기는 회전속도 40rpm과 경사각 19°에서 4.74g의 분리고형물량을 얻을 수 있었다.

### 3. BOD 除去率

고형물 분리 후의 BOD 농도를 알고자 분석한 BOD 제거율 시험결과는 Table 5와 같다.

본 시험에서는 Table 5와 같이 진동체 고액분리기의 경우는 21%, 회전원통형 고액분리기는 26%의 BOD 제거율을 보였다. 이 결과는 Glerum (1971)이 보고한 18% 보다는 진동체 고액분리기와 회전원통형 고액분리기 모두 높게 나타났다. 일본의 全農 施設 資材部(1990)에서 보고한 결과에서는 진동형과 원통형의 BOD 제거율이 각각 23%와 21%로 진동형이 약간 높게 나타났으나 본 시험에서는 회전원통형 고액분리기가 진동체 고액분리기 보다 BOD 제거율이 약간 높게 나타났다. 그러나 분리액의 BOD 수치를 보면 진동체 고액분리기가 평균 1,680 ml/ℓ, 회전원통형 고액분리기가 평균 2,070 ml/ℓ으로 진동체 고액분리기의 경우가 약간 낮았으며, 이는 mesh의 相異함에도 기인한다. 판리축

면에서 보면 진동체 고액분리기는 자체적으로 청소효과를 얻는 반면에 회전원통형 고액분리기는 주기적으로 세척을 하여 주어야 하는 단점이 있다. 이상의 결과를 종합해 보면 축사뇨오

수처리 시스템에서 전처리 단계로 상기의 고액분리기를 사용하면 효과적이며, 후처리에서의 BOD 부하를 줄여 전체적으로 높은 처리효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Results for optimal condition of separator

Vibration separator		Cylindrical separator	
5° - 40%	2.30 g	28 rpm - 13°	3.18 g
60%	2.05	16°	3.31
80%	2.67	19°	4.26
100%	3.23		
10° - 40%	3.37	40 rpm - 13°	2.05
60%	3.36	16°	3.49
80%	2.81	19°	4.74
100%	3.45		
15° - 40%	3.07	45 rpm - 13°	4.17
60%	2.80	16°	2.97
80%	3.30	19°	4.08
100%	3.39		

Table 5. Removal rate of BOD

	BOD of wastewater (mg/l)	BOD of separated liquid (mg/l)	Removal efficiency (%)
Vibration separator	2,120	1,680	21 %
Cylindrical separator	2,810	2,070	26 %

摘 要

축사뇨오수의 전처리단계로 고액분리기를 제작하여 분리효율에 관한 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

진동체 고액분리기는 최저 15%에서 최고 26%까지 분리율을 나타내었으며, 분리고형물의 수분함량은 85~88% 사이였다. 회전원통형 고액분리기도 최저 16%에서 최고 39%까지 분리율을 나타내었으며, 고형물의 수분함량은 86~89% 사이였다. 최대의 분리고형물량은 진동체 고액분리기의 경우에 체의 경사도 10°와 진동모터 가진력 100%, 회전원통형 고액분리기에

서는 회전속도 40rpm과 경사각 19°에서 얻을 수 있었다. BOD 제거율은 회전원통형 고액분리기가 26%로 진동체 고액분리기의 21%보다 다소 높았다. 관리측면에서는 회전원통형 고액분리기는 주기적으로 세척을 하여 주어야 한다.

参 考 文 獻

1. Bartlett, H. D., Bos, R. E. and Wunz, E. C. 1974: Dewatering Bovine Animal Manure. ASAE. Vol. 17, No. 5, 968-972.
2. Flachowsky, G., Guether, G. and Borsdorf, G.

- 1974 : Fest-Fluessig-Trennung von Schweineguelle mit Hilfe des Bogensiebs. Agrartechnik 24. Jg. Heft 3, 118-119.
3. Glerum, J. C., Klomp, G. and Poelma, H. R., 1971 : The Separation of Solid and Liquid Parts of Pig Slurry. International Symposium on Livestock Wastes. 19-22.
  4. Honda, K., 1971 : Kanagawa activated sludge system, 24-30.
  5. Moore, J. A., Hegg, R. O., Scholz, D. C. and Strauman, E. 1975 : Settling Solids in Animal Waste Slurries. ASAE. Vol. 18, No. 4, 694-698.
  6. Osborne, L. E., Hephherd, R. Q. and Sneath, R. W. 1976 : An Integrated Separation, Aerobic Treatment and Sludge Dewatering System for Pig Slurry. J. agric. Engng Res. Vol. 21, No. 2, 109-120.
  7. 오인환, 박정현, 이명규, 전병태, 김형화. 1994 : 축산폐수의 흡착산화 처리. 생물생산 시설환경 3(2) 136-144.
  8. 오인환, 박정현, 김범석, 이상락, 맹원재. 1995 : 축산폐수처리 시스템의 최적설계요인 도출. 축산시설환경학회지, Vol. 1, No. 1, 47-53.
  9. 이수구, 박상헌. 1992 : 돈사폐수의 물리화학적 처리에 관한 연구. 서울산업대학 논문집 제 36집, 241-251.
  10. 全農 施設. 資材部. 1990 : 家畜의 尿汚水處理利用.