

## 돈 슬러리용 고형물 분리시스템 개발

김태일 · 최동윤 · 백광수 · 박진기 · 양창범 · 탁태영 · 김민균\*

농촌진흥청 축산기술연구소

## Development of an Solid Separation System for Pig Slurry

Kim T. I., Choi D. Y., Baek K. S., Park J. K., Yang C. B., Thak T. Y.

and Kim M. K.\*

National Livestock Research Institute, RDA, Suwon, 441-350, Korea

### Summary

This study was conducted to develop the new solid separating system which can be efficiently and economically removed the solid parts in high pollutants concentration of pig slurry. The pollutants concentration, BOD<sub>5</sub>, COD and SS of the slurry used in this study was 15,990(± 2,389)mg/ℓ, 20,004(± 5,512)mg/ℓ and 26,486(± 5,935)mg/ℓ, respectively. After removal of solid part in slurry, the pollutants concentration, BOD<sub>5</sub>, COD and SS was changed into 5,617(± 690)mg/ℓ, 5,553(± 633)mg/ℓ and 1,456(± 341)mg/ℓ, respectively in the Fixed biological membrane tank. The reduction of the pollutants concentration of suspend liquid through membrane will be allowed to greatly improve the water purification by an Activated sludge method. This separating system consisted of a temporary storage, a circulating tank and a Fixed Biological membrane tank. A temporary storage which has a draining system of screw type and an aeration device played a tremendous role in draining the solid by forcing an aeration of 0.3 ℓ/min. A Fixed Biological membrane tank of which a styrofoam filled in a 2/3 volume as a Biological media was fixed by a stainless steel net(pore size : 0.5mm) to separate the liquid layer of influx in them. The separating system efficiency factors were the speed of screw motor, cycle number of slurries in a circulating tank and moisture contents of solid effluent through the screw path. Although the pollutants concentration was very variable in temporary storage, the final concentration of BOD<sub>5</sub> and SS, except COD of the suspended liquid in a Fixed biological membrane were not different regardless of cycle number of a circulating tank. Moisture contents of effluent from temporary storage was 73% under the speed 1 ppm of screw motor and 62% under the 1/4rpm of it.

(Key words : BOD<sub>5</sub>, Fixed biological membrane, Separating system, SS)

---

\* 서울대학교 농화학과(Division of Applied and Chemistry, School of Agricultural Biotechnology Center for Plant Molecular Genetics and Breeding Research, College of Agriculture and Life science, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea)

## 서 론

국내 전업양돈 농가의 돈사 중 80% 이상이 돈분뇨가 혼합관리되는 슬러리 돈사로 되어 있으며 돈 슬러리에는 유기물이 고농도로 함유되어 있고 돈 슬러리의 BOD<sub>5</sub>가 24,047 mg/l, SS는 36,833mg/l로 오염농도가 매우 높아(농림부, 2000) 적절한 처리를 하지 않고 액비로 이용시나 방류시 악취로 인한 대기 오염과 호소의 부영양화 등 환경에 미치는 영향이 매우 크다. 이를 적절히 처리하기 위해서 여러 가지 방법이 강구되고 있다. 일반적으로 돈 슬러리의 처리방법으로는 퇴비화법, 저장 액비화법, 활성 오니법 및 3단 저장간이정화법 등이 있으나 간이정화법은 처리효율이 낮아 비효율적인 것으로 보고되었다(농촌진흥청, 1997). 액비화 방법은 대형 저류조에서 가축분뇨를 단순저장 또는 교반저장으로 처리하는 방법으로서 6개월 이상을 요하고 있어 최종 처리수는 액비로 사용한다. 따라서 이 방법은 대형 가축분뇨 저장시설이 필요하며 살포를 위한 충분한 면적의 농경지를 확보해야 하는 단점이 있다. 활성오니법은 유입수의 유기물 농도가 너무 높으면 적정처리가 거의 불가능하여 고효율의 전처리 공정이 요구되어지며, 처리중 슬러지의 팽화현상, 슬러지 부유현상 등 문제가 야기되고 있다(Cumby, 1987; George and Franklin, 1991; Ra and Mavinic, 1997).

돈슬러리의 고형물을 분리하기 위한 고액분리기의 형태는 스크류 방식과 드럼방식이 주로 이용되고 있는데 이들을 이용한 슬러리에 접목기술은 액비살포 면적을 줄이기 위하여 주로 적용되고 있다. 이들의 산물은 곤죽된 액상물과 고형물이 되는데 고형물은 퇴비화하고 액상물은 액비로 주로 이용된다. 그러나 농가 일부에서는 정화처리용으로도 사

용하지만 그 효율은 매우 낮아 문제점으로 지적되고 있다.

따라서, 스크류 방식의 배관에 지름이 100mm인 스크류만 부착하고 상층액은 고정상 생물막을 접목하여 새로운 분리시스템(축산연 개발 '98)을 개발하여 활성오니법에서 나타난 문제점을 보완하고, 돈 슬러리를 활성오니법으로 원활하게 처리하기 위한 수단으로 이용되었다.

본 연구에서 개발한 고형물분리시스템은 저 산소 조건을 유지해주어 미생물에 의한 산화를 최소화하고 고형물의 점성을 유지시키면서 미생물대사에 의해 발생된 개스만을 방출시키도록 고안하였으며 돈분뇨 분리시스템의 처리효율을 극대화하기 위한 인자를 도출하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험연구기간

본 연구는 1999년 4월부터 10월까지 약 7개월 동안 축산기술연구소에서 수행하였다.

### 2. 고형물 분리시스템 처리공정

1일 처리량은 200 l로 24시간 동안 시간별 일정량이 유입되도록 고안한 돈 슬러리의 기본 처리공정은 Fig. 1과 같다. 돈사에서 배출된 돈슬러리는 1차 저장조에 수집되고 저산소 폭기를 위해 이는 다시 간이 저장조로 이송된다. 간이저장조는 폭기시설과 간이저장조의 저면에 스크류형 배출시스템이 부착되어 있으며 고상부와 액상부를 분리하기 위해서 2mm 구형 발포스치로폴을 고형물 거름용 매디아로 하여 고정상 생물막을 만들어 그 하부에 이송되어 온 슬러리는 상분리가 일어

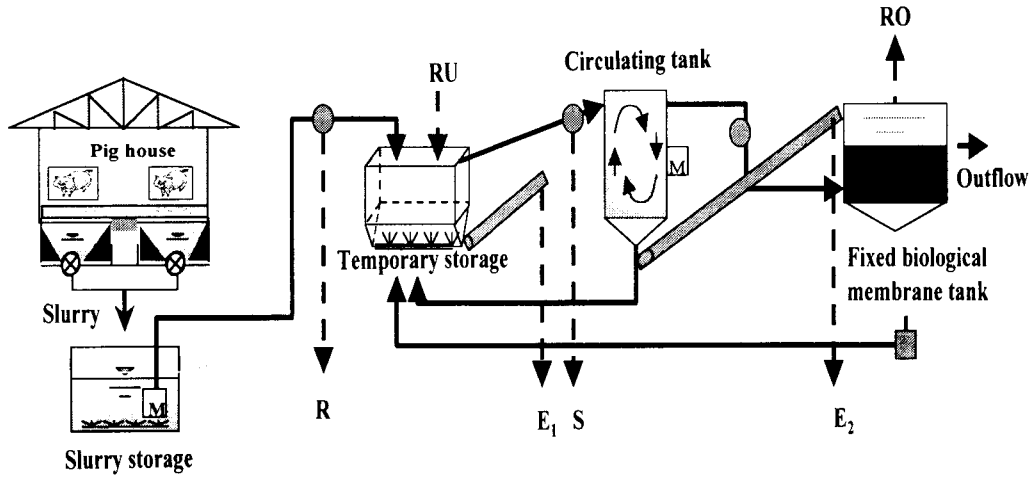


Fig. 1. Flow diagram of the solid separating system.

나며, 메디아를 통과한 액상물은 SBR (Sequence Batch Reactor) 시스템으로 연계되며 메디아를 통과하지 못한 고형물은 다시 간이 저장조에 재이송하게 되어 침전화되어 배출되는 시스템이다. 스크류의 길이는 2m이며 경사각도는 30°를 유지하도록 하여 고형물을 배출토록 하였다.

슬러리의 처리방식은 간이저장조에서 순환조로의 이송은 수중모터에 의해서 이루어지며 순환조에서 고정상 생물막조까지는 중력에 의한 자연 유하식으로 유입하도록 하였다. 돈 슬러리시스템은 각각 사면뿔형, 1.2m<sup>3</sup>로 간이저장조와 고정상 생물막조로 구성되어 있으며 간이저장조에 Anoxic 상태를 막기 위해 부로와(16.25 l/min)와 산기간(porous diffuser)을 설치하였으며 고정상생물막조에는 상분리를 유도하기 위해서 직경 2mm의 발포 스티로폼로 용량의 2/3를 충전한 후 구경크기가 0.5mm인 스텐망을 설치하여 고정하였다. 순환조는 원뿔형으로 높이 3m, 용량이 3.6m<sup>3</sup>로 고형물배출량을 극대화하여 활성오니 유입수의 오염부하량을 최소화하도록 설계, 제작하였다.

### 3. 시료채취 및 물리적 요인 분석

돈분뇨시스템의 처리공정을 조사하기 위해 투입되는 시료는 Fig. 1과 같이 저장조에서 균일화 시킨 후 간이 저장조에 투입되는 원슬러리를(R), 침전물이 상당히 배출된 후 부상된 액상물이 순환조에 펌핑되는 슬러리(S), 간이저장조로 슬러리의 회수가 이루어지고 난 후 시료채취당일 오후 8시에 채취되는 슬러리(RU), 순환한 후 고정생물막 하단부에 투입되어 고정 생물막 통과 액상물(RO)을 시료로 하였다. 스크류형 배출기에서 나오는 고형물(E)의 수분 함량을 조사하기 위해 시료로 이용하였다. 시스템의 물리적 변수는 저속스크류의 회전수, 순환조내 순환횟수로 하여 이들 변수에 따른 오염농도를 조사하였다.

### 4. 수질분석

채수한 시료는 채수 직후 수질공정시험법(환경부 1991)과 Standard method (APHA, 1998)에 준해서 분석하였으며 분석항목은 다음과 같다.

가. BOD<sub>5</sub>(Biochemical Oxygen Demand)

채수한 시료는 증류수로 희석한 후 300ml의 BOD병에 넣어 20℃의 항온기내에 5일간 배양하여 항온전과 항온 후 미생물에 의한 산소소비량을 계산하여 측정하였다.

나. COD<sub>Mn</sub>(Chemical Oxygen Demand)

COD<sub>Mn</sub>는 시료 일정량을 채취한 라운드 300ml 플라스크에 황산을 넣어 산성화 한 후 과망간산칼륨을 일정량 넣고 30분간 끓는 물에서 반응시킨 후 수산화나트륨을 일정 과량을 넣어 60~80℃를 유지하면서 과망간산칼륨으로 역적정하여 산소의 양을 측정하였다.

다. SS(Suspended Solid)

흡입병에 유리섬유지(GF/C)를 장착하고 진공펌프를 이용하여 시료를 여과시킨 후 110℃의 건조기에서 2시간동안 건조시킨 후 무게를 측정하여 계산하였다.

라. pH

pH는 pH meter(DMP-600)를 이용하여 시료채취 직후 측정하였다.

마. T-P(총인)

시료중의 유기물을 산화분해시켜 인산염의 형태로 변화시킨 후 인산염을 아스코르빈산 환원 흡광광도법으로 880nm에서 측정하여 인산의 농도를 구하였다.

바. T-N(총질소)

질소중의 질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재하에 120℃에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 후 산성에서 흡광광도법으로 220nm에서 측정하여 정량하였다.

결과 및 고찰

1. 간이저장조의 폭기량 변화

간이 저장조의 폭기량 변화에 따른 돈 슬러리의 성상을 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 폭기량별 15일간 관찰결과를 나타낸 것으로 폭기량 2 l/min에서 0.3 l/min으로 감소시켜도 스크 현상은 나타나지 않았고 슬러지의 부유현상이 나타났으며 슬러지의 침전은 0.3 l/min에서 양호하였다. 0.1 l/min으로 하였을 때는 간이 저장조의 Anoxic 상태에 가까워 Scum 현상이 나타나고 Gas 발생에 의한 부유물질이 많아짐을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서는 간이저장조의 폭기량을 0.3 l/min로 고정하여 실험을 수행하였다.

2. 스크류 배출기 회전수 측정

스크류 배출기의 회전수를 측정하는 결과는 Table 2와 같다. 회전수를 높일수록 고형물에 함유된 수분 함량이 많아지며 배출량은 회전수를 높일수록 일일 투입량대비 2.1%까지 배출되었으나 1/4rpm과 1/10rpm 사이에서는 배출량은 1.0%에서 0.2%로 월등히 감소한 반면 수분 함량에는 큰 차이를 나타내지 않았으며 이는 배출기의 길이가 2m로 고정된 상태이기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 본 실험에서는 1/4rpm으로 고정하여 시험을 수행하였다.

Table 1. Characteristics of slurry by visual perception in a temporary storage under the aeration volumes

Aeration volume ( ℓ /min)	Item	Visual characteristics
2		Scum formation : Never Floation of sludgy : Much Sludgy setting : Never Bulking : Never
1		Scum formation : Never Floation of sludgy : a little Sludgy setting : a little Bulking : a little
0.3		Scum formation : Never Floation of sludgy : a little Sludgy setting : Much Bulking : Never
0.1		Scum formation : Much Floation of sludgy : Much Sludgy setting : a little Bulking : a little

Table 2. Changes of Moisture and Solid content depend on the cycle determination of screw motor in E2

Cycle No.of screw moter	Item	Moisture contents(%)	Solids, kg (ratio of total volume)
2 rpm		92(±2.4)	4.2kg(2.1%)
1 rpm		73(±3.8)	2.8kg(1.4%)
1/4 rpm		62(±3.5)	2.0kg(1.0%)
1/10 rpm		58(±3.0)	0.4kg(0.2%)

### 3. 돈 슬러지의 오염농도 변화

간이저장조의 폭기량을 0.3 ℓ/min, 배출기의 회전수를 1/4rpm으로 고정하고 순환조의 순환횟수를 1회순환, 2회순환, 3회순환하였을

경우의 돈 슬러리 오염농도 변화를 측정 한 결과는 Table 3, Table 4, Table 5와 같다. 사양형태, 축사의 시설 낙후, 계절 등에 따라 돈슬러리의 오염농도는 큰 변화를 가져온다. 본 시험에 이용된 돈 슬러리의 오염농도는

Table 3. The pollutants concentration of one-cycle slurry in circulating tank

(unit : mg/ ℓ )

Pollutants concentration Samples	pH	BOD	COD	T-N	T-P	SS
R	7.54	16,230	18,790	2,130	662	24,900
S	7.87	15,070	15,600	1,500	593	2,475
RU	7.46	8,000	9,400	1,740	326	6,950
RO	8.05	6,300	6,280	1,420	129	1,850
Residue (%)		9,930 (61.18)	12,510 (66.57)	710 (33.33)	533 (80.51)	23,050 (92.57)

Table 4. The pollutants concentration of two-cycle slurry in circulating tank

(unit : mg/ ℓ )

Pollutants concentration Samples	pH	BOD	COD	T-N	T-P	SS
R	8.14	18,250	26,070	2,640	760	33,050
S	8.15	11,050	12,900	1,630	530	16,320
RU	8.10	7,090	8,260	1,720	535	7,700
RO	8.11	5,630	5,260	1,205	210	1,250
Residue (%)		12,620 (69.15)	20,810 (79.82)	1,435 (54.35)	550 (72.36)	31,800 (96.21)

Table 5. The pollutants concentration of three-cycle slurry in circulating tank

(unit : mg/ ℓ )

Pollutants concentration Samples	pH	BOD	COD	T-N	T-P	SS
R	8.11	13,490	15,260	1,890	601	21,500
S	8.09	7,150	6,046	720	430	6,400
RU	8.15	6,210	5,018	521	301	5,800
RO	8.13	4,920	5,120	287	204	1,270
Residue (%)		8,570 (63.52)	10,140 (66.44)	1,603 (86.24)	397 (66.05)	20,230 (94.09)

BOD<sub>5</sub>가 15,990mg/ℓ (±2,389), COD가 20,040 mg/ℓ (±5,512), SS가 26,483mg/ℓ (±5,935)이었으며 BOD<sub>5</sub> 변화는 1회순환시 38.82%, 2회순환시 30.85%, 3회순환시 36.48%가 감소하였고 이는 순환횟수별 BOD<sub>5</sub> 감소량은 차이가 없었으며 본 시스템 적용시 BOD<sub>5</sub> 30% 정도가 감소되고 있음을 알 수 있다. COD<sub>Mn</sub> 감소변화는 1차 순환시 33.43%, 2차 순환시 20.16%, 3차 순환시 33.56%로 2차 순환시 감소변이가 적었다.

SS의 감소변화는 순환조의 1차 순환시 7.48%, 2차 순환시 3.79%, 3차 순환시 5.91% 감소변화가 있었다. 오염농도 변화중 Table 4와 Table 5에서 알 수 있듯이 COD<sub>Mn</sub>의 감소변화를 제외하고 BOD<sub>5</sub>와 SS의 변화는 큰 차이를 나타내지 못하였으나 초기유입 오염농도가 높고 낮음에 관계없이 균일적으로 오염물질을 감소시켜 주고 있음을 보여주고 있다. 이는 돈 슬러리를 정화처리시 문제점으로 대두되고 있는 오염농도가 높아 처리효율이 떨어지는 활성오니법의 단점을 보완하는 전처리 시스템으로 저렴하고 매우 경제적인 본 시스템을 적용시 매우 큰 정화효율을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

본 연구는 경제적이고 효율적으로 돈 슬러리를 분리할 수 있는 새로운 고행물 분리 시스템을 개발하여 최적 시스템의 운영요건을 구명하고 1일 처리용량 200ℓ 규모의 pilot에서 분리 시스템의 인자도출 및 분리효율의 분석결과는 다음과 같다.

1. 돈 슬러리의 고행물 분리를 위해 간이 저장조와 순환조, 고정식 생물막조로 구성되는 시스템을 개발하여 본시험에 공시하였다.

2. 시스템의 효율을 구명하기 위해서 폭기량과 스크류 배출기의 회전수를 측정된 결과 폭기량은 0.3ℓ/min에서 Bulking 현상이 거의 나타나지 않았으며 슬러지 부유현상은 매우 경미하였고 침전효과가 좋았으며 스크류배출기의 회전수는 1/4rpm에서 고행물 수분 함량이 62%로 수분조절재 없이 축분 퇴비화할 수 있는 조건이 형성되었다.

3. 순환조의 순환횟수에 따른 오염농도감소는 유입 슬러리의 농도가 낮고 높음에 관계없이 일정한 수준을 감소시켜 주었다. 본 시험에 이용되는 돈 슬러리의 오염농도는 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub> and SS가 각각 15,990(±2,389)mg/ℓ, 20,0040(±5,512)mg/ℓ 및 26,486(±5,935)mg/ℓ 이었으나 순환조의 2회 순환시 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub> and SS가 각각 5,630mg/ℓ, 5,260mg/ℓ 및 1,250mg/ℓ 으로 감소되었다.

4. 따라서, 이 시스템을 돈 슬러리 정화의 전처리시스템으로 적용함으로써 고행물은 수분조절재가 없이 퇴비화 할 수 있고 돈슬러리를 정화처리시 고농도의 오염물질 때문에 처리효율이 떨어지는 활성오니법의 단점을 보완케 함으로서 활성오니법을 이용한 정화효율을 크게 높일 수 있을 것으로 사료된다.

## 인 용 문 헌

1. 농림부. 2000. 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발
2. 농촌진흥청. 1997. 새로운 가축분뇨처리기술. 농촌진흥청 축산기술연구소
3. 환경부. 1991. 수질오염 공정시험법
4. American public health association(A.P.H.A), (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Ed., Washington, D.C.

5. Cumby, T. 1987. Review of slurry aeration;  
2. Mixing and foam control. J. Agric.  
Engng. Res. 36:157-174.
6. George Tchobanoglous and Franklin L,  
Burton. 1991. Wastewater engineering :  
Treatment, Disposal, and Reuse, 3rd ed.,  
engineering : Treatment of Piggrey, and  
Reuse, McGRAW-HILL. Inc. Singapore. pp.  
553-556.
7. Ra, C. S., Lo, K. V. and Mavinic, D. S.  
1997. Swine wastewater treatment by a  
batch-mode 4-stage process : loading rate  
control using ORP. Environmental Tech-  
nology, Vol. 18, 615-622.