

Bacillus 균을 이용한 축산폐수 처리에 관한 연구 -홍성 축산폐수 처리 사업소를 중심으로-

이영신 · 성기문*

한서대학교 환경공학과, *세일 기술단

A Study on the Treatment of Livestock Waste Water Using Bacillus spp..

Young-shin Lee and Gimoon Sung*

Dept. of Environmental engineering Hanseo university,

*Seil engineering consultant Co. LTD

This study was performed to develop efficient way of treating livestock waste in Hong Sung County with Bacillus spp method. In this study, a pilot plant capable of treating 10 m³/day was installed without substantially remodeling the plant, and a mixture of Bacillus activated additives were revolved with precipitated wastes in a microbially reacting container. The reactor was composed of three oxygen controlled tanks, and this method proved efficient way of reducing N and P simultaneously. The Bacillus colony was adsorbed to the reactor with KL-BC and exposed to bubbled air for 24 hours. Then 0.6 m³ air/minute was supplied. As for sum up, the first oxygen controlled tank was kept DO 0.5 mg/l, the second one was kept DO 0.2-0.3 mg/l, and the third was kept DO 0.1 mg/l.

Key words: Livestock waste, Bacillus spp

1. 서 론

우리나라 가축분뇨의 총 발생량은 연간 약 45,095천톤 정도로 이중 우분뇨가 27,197천톤(60.3%), 돈 분뇨는 14,140천톤으로 (32.6%), 계분은 3,628천톤(8.1%)를 점하고 있다.

축종으로는 소, 돼지, 닭의 순으로 분뇨발생량이 높다.¹⁾

가축분뇨처리시설현황은 처리시설 「설치대상」 농가 83,378호중 85%인 71,157호가 시설을 설치, 운영하고 있으며, 사육 규모별 설치율은 「허가대상」 99%, 「신고대상」 85%로 나타났다. 축산농가에서 설치한 처리시설 별로는 자원화시설 72% 정화시설 26% 이다. 자원화시설로는 퇴비화, 톱밥축사, 저장액비화 시설을 등이 있으며 축사폐수 처리시설 설치농가의 96%가 간이정화조를 설치, 운영하고 있어 기능적으로 매우 단순한 처리시설을 주로 설치하고 있다²⁾. 그러므로 축산업으로 인한 점오염원 및 비점 오염원으로 인해 미치는 환경오염문제가 심각한 상황을 보이고 있다. 현재 홍성군에

서는, 축산폐수 발생단위 3,650 m³/일으로써 생활하수 19,836 m³/일, 산업폐수 295 m³/일에 대해 배출량 비율이 16%로 오염도가 높아 생활하수 오염물질 농도와 거의 비례한다. 특히 홍성군 0축산규모는 충청북도의 사육규모와 거의 비슷할 정도로 사육량이 많아 홍성군 일대에 축산폐수로 인한 수계의 수질오염이 예상된다.

홍성군의 축산폐수 처리방법은 전체 배출량의 90%는 저장액비화에 의해 나머지 10%는 축산폐수 공공처리시설에 의해 처리하고 있다. 축산폐수 공공처리시설의 처리 시스템은 혐기성 소화 공정과 호기성 활성슬러지, 미생물 토양 트랜치 및 오존처리에 의해서 약 250 m³/일을 처리하였으나 처리효율이 저조하여 이 중 60 m³/일을 처리하고 있으며, 처리효율을 높이고자 처리시설의 변경을 계획하고 있다. 현재 전국에 약 30여 개소의 축산폐수 공동처리시설이 있으며, 축산폐수 공동처리시설을 계획하고 있는 지방자치단체들이 늘고 있으나, 처리공법의 문제와 운전관리상의 미숙으로, 축산폐수의 처리율이 낮아 질소, 인등의 처리효율 향상과

함께 새로운 처리시스템 개발이 요구되고 있다.

본 연구는 홍성균 축산폐수를 대상으로 *Bacillus spp.*를 이용한 폐수처리공법을 적용하여 기존의 처리효율보다 향상된 처리기술을 (일명 KL BIO공법)연구하기 위해 축산폐수 공공처리시설에 10m³/일 규모의 pilot plant를 제작하여 가동 중에 있다. 본 공법은 기존의 처리장의 큰 설계 변경 없이 적용 가능한 공법으로 망상형 회전미생물 접촉조에 축산폐수와 바실러스 중 혼합균을 주체로한 미생물 및 바실러스 활성제를 첨가하여, 침적시킨 상태에서 회전 작동시킨 것을 특징으로 한다.

또한 3개의 구성된 반응조에서 산소공급량을 점강하며 운전 하므로써, 질소, 인을 동시에 제거하는 기술이다.

2. 실험 반응조의 설계 및 운전

2.1. 반응조의 운전조건 및 용량

본 연구에 사용한 반응조는 하·폐수처리에서 유기물과 질소 및 인 제거에 뛰어난 능력을 보이는 *Bacillus spp*를 이용한 KL BIO pilot plant 규모의 반응조별 운전조건 및 용량은 Table 1 와 Table 2 와 같다.

*Bacillus spp.*는 팽화현상을 일으키는 사상균의 일종이지만 유기물이 고갈되면서 DO농도가 낮아지는 등의 환경조건이 나빠지면 포자화되고 이러한 포자를 함유한 슬러지는 침강성이 우수한 것으로 알려져 있다. 이들 특성을 적용하기 위해 반응조의 마지막 실에서 *Bacillus spp.*가 증식하는 환경을 약 조건을 부여함으로써 2차 침전조에서의 침강성을 높이고자 한다.

Table 1. Operating condition of reactor

운전조건	
Seeding	종균은 반응조에 넣어 순환 및 반송을 시키면서 접촉제에 부착을 유도하고 반응조에 cake상태의 <i>Bacillus spp.</i> 슬러지 약 500 kg을 넣고 약 24시간을 폭기한다.
공기주입	KL-BC조에는 0.6 m ³ /min 정도의 공기를 주입한다. 반응조1실에는 DO를 0.5 mg/l, ORP 200~250MV 유지 반응조2실 DO 0.2~0.3 정도로 유지 반응조3실 슬러지가 침적되지 않을 정도의 공기주입 DO는 0.1 mg/l에 가깝게 유지
약품투입	미생물 활성제는 분말상태로서 BOD kg당 0.02 kg 정도 1일 1회 일시투입
바실러스중 혼합균의 순양	- <i>Bacillus spp.</i> 포자를 받아시키려면 Seeding 후 약 24시간 정도 유입 유출 수가 없는 상태에서 폭기를 계속하면서 반응조3실과 침전지에서 슬러지 반송을 계속한다. -반응조의 MLSS 농도는 6,000~8,000 mg/L 정도를 유지시키면서 그 이상일 경우 잉여슬러지로서 뽑아낸다.
슬러지의 반송	-반응조3실에서 폭기액, KL-BC조에 유입량 대비 20~50%까지 가변적으로 순환시킨다. -침전조에서 반응조1실에 유입량대비 50~200%까지 가변적으로 반송시 킨다. -침전조에서 유량조정조에서 유입량대비 5% 정도를 반송한다. -SV측정, 침강성 및 MLSS 상태, <i>bacillus spp.</i> 혼합균의 상을 관찰하면서 슬러지 반송량을 조정한다.

2.2 운전방법

홍성 축산 폐수처리 사업소의 Pilot plant의 처리규모는 10m³/일으로써 *Bacillus spp.*를 이용한 생물학적 처리 방법으로 1999년 8월에 시작으로 현재 가동중이며 11월 말까지 운전하였다. 또한 운전 기간이 늦어짐부터 초겨울로 온도의 변화가 심하며, 전체 공정도는 Fig. 1에 나타내었다.

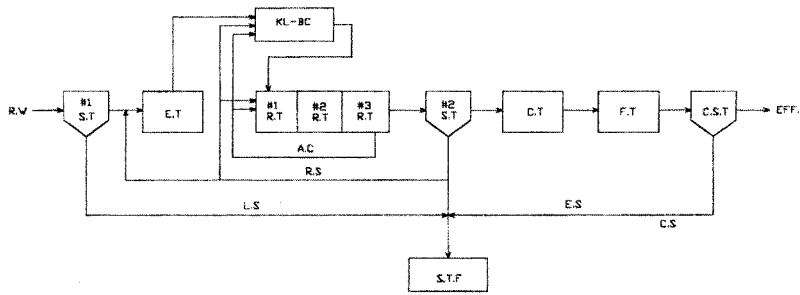
3. 결 과

3.1. 미생물 성장

접촉조에 2.2 rpm 으로 망상체를 회전시키면서 배양한 경과 10일후 정상적으로 *bacillus spp.* 혼합균이 부착 성장하기 시작 하였다. 미생물 배양에 의한 결과 Table 3과 같은 *bacillus spp.*로 분류되었다.

Table 2. The size and volume of reactors

반응조명	규격 (m)	용량 (m ³)	비고
1차침전조	Ψ0.5 × 2.8 ^H	0.5	1일 처리량: 10m ³ /일
유량조정조	1 ^W × 1 ^L × 2.8 ^H	2.5	
KL-BC조	2.4 ^W × 4.125 ^L × 2.5 ^H	7.5	
반응조1실	2.2 ^W × 3.1 ^L × 2.8 ^H	17	
반응조2실	2.2 ^W × 3.1 ^L × 2.8 ^H	17	
반응조3실	2.2 ^W × 3.1 ^L × 2.8 ^H	17	
2차침전조	Ψ0.95 × 2.8 ^H	1.8	
응집조	0.5 ^W × 0.5 ^L × 1 ^H	0.2	
응집형성조	0.5 ^W × 0.5 ^L × 1 ^H	0.2	
응집침전조	Ψ0.78 × 2.8 ^H	1.2	



R.W : raw waste water
 E.T : equalization tank
 C.T : coagulant tank
 C.S.T : coagulant settling tank
 A.C : aeration liquid cycle
 E.S : excess sludge
 S.T.F : sludge treatment facilities
 S.T : settling tank
 R.T : reaction tank
 F.T : flocculant tank
 EFF. : effluent
 R.S : return sludge
 C.S : coagulant sludge

Fig. 1. Flow sheet of pilot plant.

Table 3. Indicator microorgani in the treatment conlitions and the operation

Type	Mol % G+C	RNA group
B.subtilus	43	1
B.coagulans	44	1
B.licheniformis	45	1
B.fostidiosus	35	1
B.polymyxa	44	3
B.macerans	52	3
B.thuringiensis	34	1
B.sphaericus	37	2

notes)1. G+C : guanine cytosine
 2. RNA : ribonucleic acid

반응조별 MLSS 변화는 Table 4와 같으며, 검경에 의하면 각 반응조별 미생물의 상태는 Fig. 2와 같다.

3.2. 반응조별 처리 특성

본 연구에서는 유입수의 농도가 전처리 과정 없이 스크린만 통과한 고농도의 폐수 (BOD 8,000~18,000 mg/l) 로써 처리 과정에서 KL-Bio조 및 반응조, 응집조, 응집 침전조를 거치면서 각 반응조의 처리 특성은 다음 Fig. 3부터 Fig. 7과 같다. 각 반응조별 BOD, COD, T-N, T-P, TSS 농도의 평균 처리 효율은 KL-BC조를 통과 하였을 때 16.3%를 나타내었고, 침전지를 거친후 81.5 %, 응집조를 거친후 2.2%로 나타났다.

3.3. 처리 효율

KL-BIO SYSTEM의 모형실험에서 KL-Bio조 및 반

Table 4. Range of MLSS con. and DO con. in the reactors

	반응조1실	반응조2실	반응조3실	비고
MLSS (mg/l)	8,000~9,000	8,000~8,500	8,000	KL-BC의 회전속도
DO (mg/l)	0.5~1.0	0.2~0.3	0.1	3~4 rpm

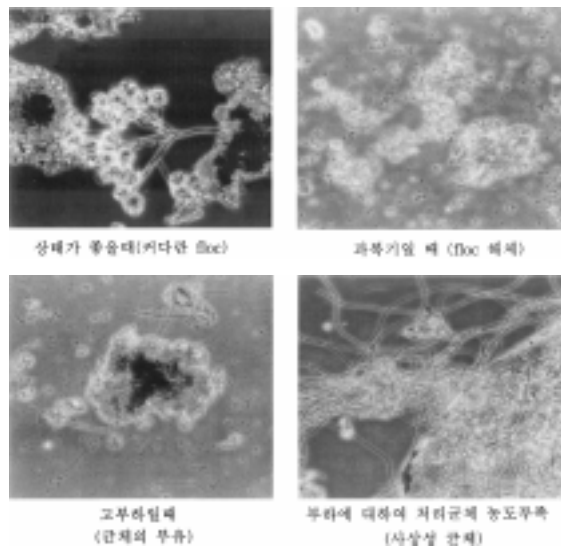


Fig. 2. Activated Bacillus Sludge의 운전조건에 의한 슬러지의 상태.

응조, 응집조, 응집 침전조를 거치면서 축산폐수의 오염물질제거 능력은 크게 향상 되어 Fig.8부터 Fig.12 과 같은 제거 효율을 얻었다. BOD, COD, T-N, T-P, TSS 농도의 평균 처리 효율 90 %이상의 처리 결과를

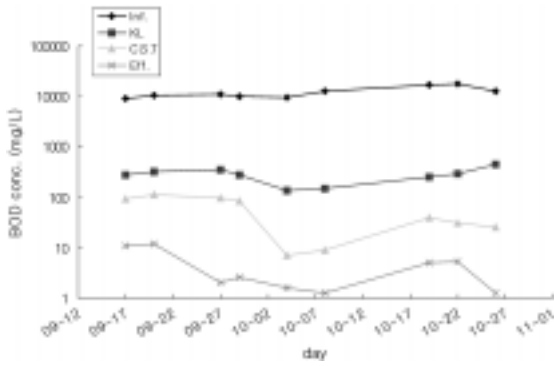


Fig. 3. Comparisons of BOD con.

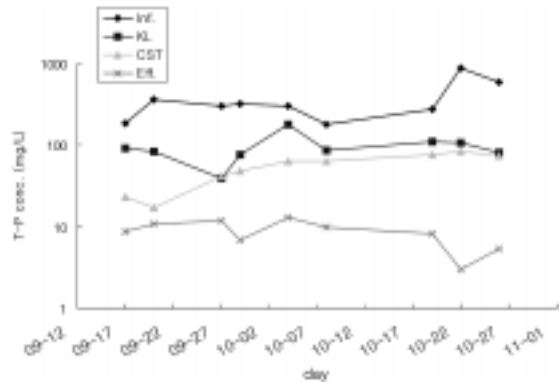


Fig. 6. Comparisons of T-P con.

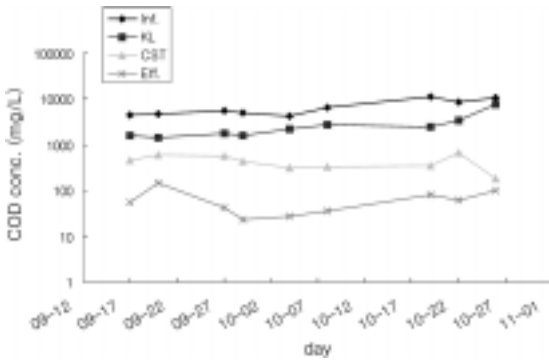


Fig. 4. Comparisons of COD con.

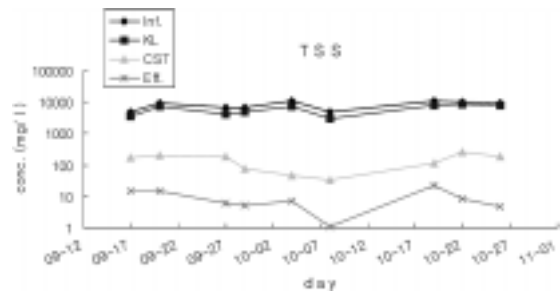


Fig. 7. Comparisons of TSS con.

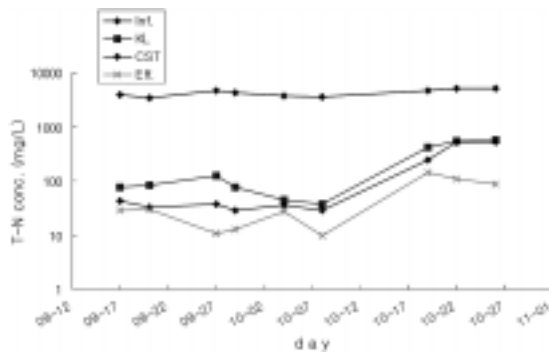


Fig. 5. Comparisons of T-N con.

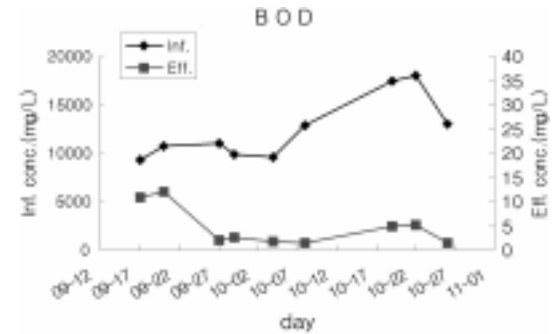


Fig. 8. BOD removal Characteristics.

언어 축산폐수의 처리시 *Bacillus* 균을 이용한 처리시설의 처리 능력이 양호함을 나타내고 있다.

3.4. 온도 변화에 따른 제거 효율

온도 변화에 따른 축산폐수의 처리효율을 KL-BIO SYSTEM의 모형실험 실시한 결과 Fig. 12와 같았다. 실험 기간중 온도의 변화가 있었으나 처리 효율에 큰 변화를 나타내지 않았다.

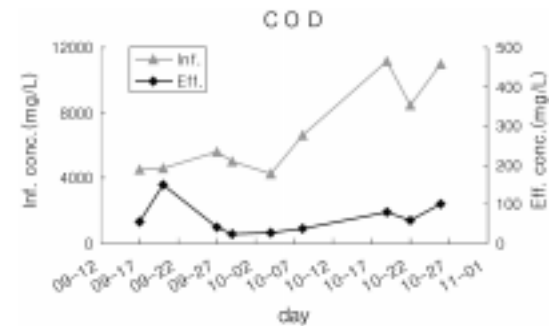


Fig. 9. COD removal Characteristics

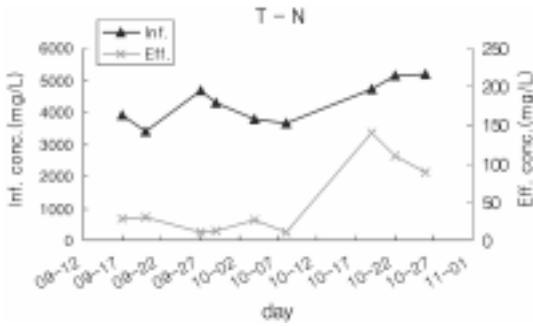


Fig. 10. T-N removal Characteristics

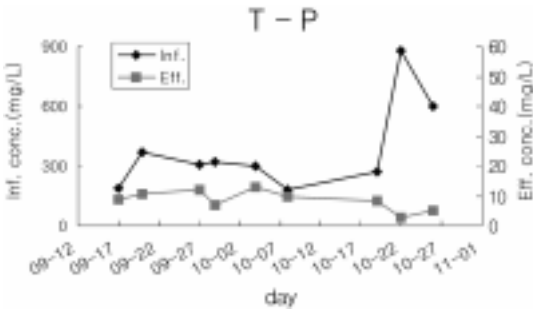


Fig. 11. T-P removal Characteristics

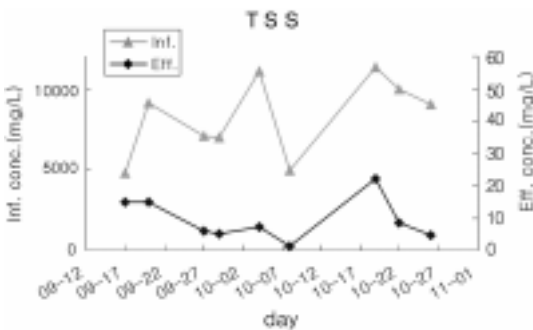


Fig. 12. TSS removal Characteristics

3. 결 론

본 연구에서는 유입되는 축산 폐수를 KL-BIO SYSTEM의 모형실험 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유입 축산 폐수를 KL-BC조 및 반응조에서 바실러스 중 혼합균을 Seeding 하였을 때 적응율이 아주 양호하였다.
2. 각 반응조별 처리 효율은 KL-BC조를 통과 하였을 때 16.3%를 나타내었고, 침전지를 거친후 81.5%,

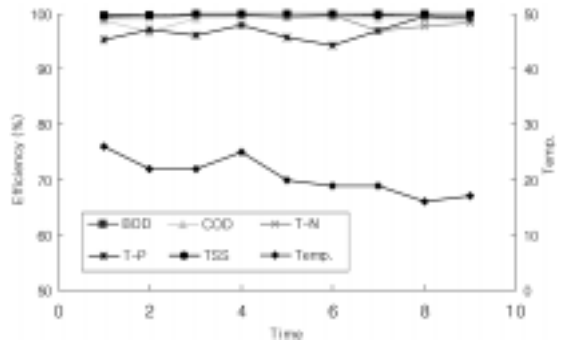


Fig. 13. Removal efficiency by the change of temp

응집조를 거친후 2.2%로 나타났다.

3. 축산폐수의 처리시 bacillus spp을 이용한 처리시설의 처리효율이 영양물질 제거에도 양호하게 나타났다.

4. 실 플랜트에 적용된다면 주위 온도에 영향을 적게 받아 더 높은 처리 효율을 얻을 것이라 사료된다.

5. KL-BIO SYSTEM을 적용할 때는 확장 부지가 필요없으며, 별도의 탈취 설비가 필요 없으며 공정이 단순하여 운전이 쉽고 유입수량 및 수질변동에 강한 회전 망상체를 보유 하고 있어 안정적으로 처리를 할 수 있으며, 슬러지의 함수율이 적어 슬러지 발생량이 감소되며, 동력비가 절감되고, 소독설비가 필요치 않아 유지 관리면에서도 훨씬 유리하다.

참고문헌

- 1) 김영진, 축산폐수 관리 정책 및 신기술 pp16~17 (1997).
- 2) 가축분뇨자원화협의회, 환경 축산 무엇이 문제인가? 심포지움 발표자료모음집(1997).
- 3) 최홍림, 첨단환경기술, 우리 나라 가축분뇨관리 기술현황 pp2~10 (1999).
- 4) 충청남도, “98도정 주요 통계”, pp124~125 (1998).
- 5)村上弘 외 5인, 好氣性無臭
- 6)村上弘 외 3인, Dominant Growth of Bacillus spp. in the Aerobic Night Soil Digestion Tanks and Their Biochemical Characteristics, 水環境學會誌 제 18권, 제 2호 pp97~108 (1995).
- 7) 오수정화실용기술 세미나-오수 및 축산폐수 관리제도와 기술. 국립환경연구원 pp 1~26 (1996).
- 8) Kappeler, J. and Gujer, W. Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic Conditions and Characterization of waste water for Activated sludge. Wat. Sci Tech. 25(6). pp125~139 (1992).