

## 고농도 질소제거를 위한 축산폐수 처리시설 적정관리 방안

신남철 · 정유진 · 성낙창

동아대학교 환경공학과

### Optimum Management Plan of Swine Wastewater Treatment Plant for the Removal of High-concentration Nitrogen

Nam-Cheol Shin, Yoo-Jin Jung, Nak-Chang Sung (Dept. of Environmental Eng. Dong-A Univ. Pusan 604-714, E-mail: ncsung@mail.donga.ac.kr)

**ABSTRACT** : The amount of swine wastewater reaches about 197,000m<sup>3</sup> per day at live-stock houses in the whole country. A half of the swine wastewater resources are too small to be restricted legally. This untreated wastewater causes the eutrophication in the water bodies. In case of swine wastewater treatment, the solid-liquid separation must be performed because feces(solid phase) and urine(liquid phase) have large differences in nitrogen and phosphorus concentration. It is necessary to assess exactly the concentration of the pollutants in swine wastewater for planning the wastewater treatment facilities. A full-scale operation was carried out in K city and the plant consists of conventional plant, the supplementary flocculation basin of chemical treatment process and anaerobic-aerobic basin for nitrogen removal. The improved full-scale swine wastewater treatment plant removed the 1,500~3,000mg/ℓ of total-nitrogen(T-N) to 120mg/ℓ of T-N and 131~156mg/ℓ of total-phosphorus(T-P) to 0.15~1.00mg/ℓ of T-N. Accordingly, as a results of operational improvement, the removal efficiencies of T-N and T-P were over 92~96%, 99%, respectively. The continuous supply of organic carbon sources and the state of pH played important roles for the harmonious metabolism in anaerobic basin and the pH value of anaerobic basin maintained at about 9.0 for the period of the study.

**Key Word** : Swine wastewater, Nitrogen removal, Phosphorus removal

## 서론

우리나라의 축산농가는 그 대부분이 소규모의 영세농가로서 축산폐수의 정화시설 설치율이 낮고 배출되는 축산폐수내에는 가축의 분뇨, 세정수 및 사료 찌꺼기 등이 함께 혼합되어 있으며, 발생량과 성상은 가축의 종류, 연령과 체중, 사육규모, 축사의 상태, 계절 등의 많은 요인에 의해 영향을 받는다. 축산폐수는 사람의 분뇨와 마찬가지로 유기물, 부유물, 질소, 인등의 성분함량이 높아 미처리 상태로 방류시 인근 하천 등의 수자원 오염은 물론 호소의 부영양화 현상과 해역의 적조현상을 일으킬 뿐만 아니라 지하수 오염 및 악취문제 등 환경오염을 유발한다.

기존의 오·폐수 처리에 적용되고 있는 활성슬러지법으로 축산폐수를 처리할 경우 BOD, COD, SS 등의 제거는 가능하지만 질소 및 인 제거능력이 낮다. 최근 분뇨오수를 증발, 건조 및 토양내 미생물을 이용하기 위해 토양 중에 침투시키거나 톱밥에 흡착시켜 고형물로 취급하는 방법이 채택되고 있으나 이 역시 악취 발생, 지하수 오염의 위험성, 톱밥구하기가 어려운 점 등의 문제점이 있다. 최근에는 생물막 공법, SBR(Sequencing Batch Reactor),

간헐폭기법, 전기분해법 등 축산폐수처리에 있어 다양한 공법들이 연구되고 있고, 경제적부담으로 인한 부레옥잠이나 개구리밥을 이용한 자연정화법에 대한 연구도 실시되었다.

질소·인의 제거방법으로는 물리·화학적 방법과 생물학적 방법이 있는데, 물리·화학적 방법은 약품비 등 운영비가 많이 소요되는 단점이 있으며 전통적인 생물학적 질소제거 공정은 활성슬러지 내에 자연적으로 존재하는 미생물 등의 대사작용을 합리적으로 조화시켜 수중의 유기성 질소 및 암모니아성 질소를 질산화 공정을 통하여 아질산성 질소와 질산성 질소로 산화시킨 후 탈질화 공정을 거쳐 질소가스로 환원시켜 대기중으로 방출시켜 제거하게 된다. 인의 제거공정은 혐기/호기 조건을 변화시킴에 따라 인의 방출 및 과잉섭취에 의하여 제거하게 된다.

이와같이 축산폐수는 고농도 영양염류를 함유할 뿐만 아니라 그 성상이 여러조건에 따라 변화하기 때문에 기존의 생물학적 공법을 개선하여 축산폐수 중에 영양염류를 처리하는 공법에 대한 체계적인 연구가 필요하며 특히 1999년 1월 1일부터 적용되는 축산폐수공공처리시설의 방류수 수질기준은 BOD와 SS가 30mg/ℓ 이하, COD 50mg/ℓ 이하, 총질소 60mg/ℓ 이하, 총인 8mg/ℓ 이하로

Table 1. The present conditions of occurring on swine wastewater at live-stock in the whole country

	Total	Permission	Declaration	Limit
Number of Farmhouse	567,724 (100%)	3,743 (0.7%)	24,118 (4.2%)	539,863 (95.1%)
Number of Animals (Cattle, Pig, A Thousand of head)	9,911 (100%)	3,424 (34.5%)	3,276 (33.1%)	3,211 (32.4%)
Flowrate of wastewater (m/day)	197,017 (100%)	46,700 (23.7%)	51,456 (26.1%)	93,861 (50.2%)

더욱 엄격히 규제함에 따라 처리효율이 우수하고 경제적인 처리공정의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 축산폐수내 고농도로 존재하는 질소제거를 중심으로 실제 운전사례를 통해 축산폐수처리시설의 적정관리방안을 연구하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 축산폐수의 발생 및 처리현황

전국의 축산농가에서 하루 발생하는 축산폐수 발생량은 Table 1.에 나타낸 바와 같이 약 197천m<sup>3</sup>로서 이중 법적규제대상 미만의 축산농가에서 발생되는 축산폐수가 50%를 차지하고 있으며 이는 인근하천으로 직방류되어 부영양화의 원인이 되고 있다.

축산폐수의 발생량은 급식사료의 종류, 급식량 및 급식방법, 급수량과 급수방법, 가축의 종류, 계절적 변화에 따라 발생량이 크게 변화하고, 가축의 체중, 사육규모 및 축사관리 방법에 따라 특성도 변화한다. 또한 분과 노의 분리가 곤란하며 분뇨량을 정확히 산정하는 것도 매우 어렵다.

축산폐수의 발생특성은 Table 2.와 같이 젖소의 경우 배출량은 약 40ℓ/두·일 정도이며 BOD농도는 3,575~20,821mg/ℓ이다. 육우의 경우도 이와 비슷하며 약 30~40ℓ/두·일의 폐수가 발생하며, 돼지는 BOD농도가 4,009~59,875mg/ℓ이며 폐수발생량은 6~33ℓ/두·일로 나타났다. 따라서 축산폐수의 경우 유기물 농도 뿐만 아니라 질소·인 함량도 높으므로 폐수를 수거할 때 분과 노의 분리는 반드시 필요하다.

Table 2. Characteristics of the original swine wastewater

Section Types	wastewater (ℓ/head·day)		BOD (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		SS (mg/ℓ)		TKN (mg/ℓ)		T-P (mg/ℓ)	
	Average	Range	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine
Dairy Farming	40	17~60	20,821	3,575	200,712	11,368	118,667	25	4,706	4,205	2,206	250
Beef Cattle Farming	33	30~40	24,456	4,640	172,872	19,992	156,800	35	6,080	5,005	3,446	305
Pig Farming	12.4	6~33	59,875	4,009	26,926	9,005	183,000	425	9,790	4,500	4,205	315

Table 3. The present conditions of swine wastewater treatment plant in the whole country

City·Province	Running	Establishing
Kyonggido (13 place)	Yicheon, Yongin (2 place)	Kwangju, Gapyang, Yangpyung, Yeosu, Namyangju, Pochun, Kimpo, Yangju, Paju, Yunchun, Pyeongtaik (11 place)
Kangwondo (4 place)	-	Hwengsung, Chulwon, Hongchun, Wonju (4 place)
Chungchongbukdo (11 place)	-	Jinchun, Chungwon (2 place)
Chungchongnamdo (11place)	Nonsan (1 place)	Dangjin, Yeosan, Hongsung, Buyeo, Younggi, Chungyang, Suchun, Kongju, Asan, Boryung (10 place)
Junrabukdo (9 place)	Imsil (1 place)	Kimjae, Yiksan, Junguop, Soonchang, Wanju, Jinan, Jangsu, Buan (8 place)
Junranamdo (5 place)	-	Naju, Hwasun, Hampyung, Damyang, Kurae (5 place)
Kyongsangbukdo (7 place)	Andong (1 place)	Youngju, Yechun, Uisung, Sangju, Kumi, Youngchun (6 place)
Kyongsangnamdo (6 place)	Kimhae (1 place)	Haman, Changnyoung, Yuiryeong, Hamyang, Milyang(5 place)
Total 57 place	6 place	51 place

축산폐수는 점오염원으로서의 오염발생량이 티오염원에 비해 영향이 크기 때문에 하천오염의 주요한 요인중의 하나로 그 비중이 계속 높아 가고 있는 실정이므로 적정처리시설의 확대·보급이 시급한 실정이다.

현재 각 시·도별 축산폐수공공처리시설 설치현황을 Table 3.에 나타내었고, Table 4.에는 축산폐수공공처리시설 가동현황을 나타내었다. 국내 축산폐수공공처리시설은 대부분 주처리공정으로서 생물학적 처리를 채택하고 있으며 이 생물학적 처리공정에는 혐기성(무산소 포함)과 호기성처리법 모두가 사용되고 있다. 혐기성처리는 HAF (Hyundai Anaerobic Filter)공법, BIMA공법 등이 적용되고 있으며, 호기성처리 공정으로는 액상부식법, 호기성소화법 그리고 무산소와 호기의 조합공정으로 개량산화구법, Bio-Ceramic공법 등이 적용되고 있다.

Table 4. The present conditions of operating for swine wastewater treatment plant

Section	Volume (m <sup>3</sup> /day)	Innet BOD (mg/ℓ)	Outnet BOD (mg/ℓ)	Treatment Process
Kyonggido Yicheon,	190	5,200	Sewage Disposal Plants Connection	Anaerobic Digestion
Kyonggido Yongin	1,300	2,500	Wastewater Treatment Plants Connection	Anaerobic Digestion
Chungnam Nonsan	200	250,000	4.9	Liquid Corrosion
Jumbuk Imsil	150	15,000	10.4	Anaerobic Digestion
Kyongbuk Andong	170	20,000	12.9	Anaerobic Digestion
Kyongnam Kimhae	130	6,000	27.0	Anaerobic Digestion

### 축산폐수처리 및 관리상의 문제점

축산폐수의 전체 발생량중 법적 처리의무가 없는 규제미만 축산폐수발생량은 약 50%를 차지하고 있으며 고농도 오염물질이 하천에 직방류 될 뿐만 아니라 신고대상 축산폐수배출시설의 방류수 수질기준도 BOD로 350~500mg/ℓ 이하의 고농도 배출을 인정하고 있다. 축산폐수처리 관리상으로는 축산농가의 환경에 대한 인식부족과 운영능력 미흡 등으로 축산폐수처리시설의 운영관리가 부실하고 이에 대한 기술지도·점검 인력도 턱없이 부족하여 효율적인 관리가 되고 있지 못하고 있다.

또한 국내에 건설중인 축산폐수처리장의 상당수가 축산폐수의 오염물질농도 예측을 잘못해 가동을 못하고 있으며 이로 인한 수십억원씩 투자된 고가의 시설이 제기능을 못한 채 방치되고 있다. 경북 S시의 경우 지난 95년 국비 25억원 등 38억원을 들여 낙동면 분항리에 하루 115톤 처리능력의 축산폐수처리시설을 준공했으나 오스트리아 엔텍사 공법을 채택한 이 시설은 유입폐수의 BOD농도를 5,000mg/ℓ로 설계했는데 반해 실제 수거되는 축산폐수의 농도는 20,000mg/ℓ 수준에 달해 현재까지 2년째 가동을 못하고 있다. 강원도 C군의 경우 63억원의 예산을 들여 하루 200톤 처리용량의 시설을 건설중에 있으나 당초 7,000mg/ℓ로 잡았던 유입수 농도를 20,000mg/ℓ 이상으로 변경해 보완공사를 하기로 했다.

따라서 정부에서는 축산폐수의 적정처리 및 관리대책 방안으로 범규강화 및 수질기준 강화, 개별 축산농가에 대한 재정지원, 지도·점검 및 홍보강화와 기술지원, 범규제 미만 축산폐수배출시설에 대한 관리강화 뿐만 아니라 축산폐수공공처리시설의 확충에 있어서 유입수의 정확한 농도 예측과 함께 장치의 엄격한 방류수 수질기준을 안정적으로 유지할 수 있는 기술보급과 이의 적정 관리방안에 대한 적극적 검토가 요구된다.

### 축산폐수의 질소제거기술

일반적인 질소·인제거공정으로는 A<sub>2</sub>O공법, Bardenpho공법, UCT공법 및 VIP공법 등 여러 가지 기술이 개발되어 있으나 이

는 폭기조와 혐기조 및 무산소조 등 여러 단계를 거치며 슬러지의 반송과 내부반송에 의해 처리하는 공법들로 주로 하·폐수를 대상으로 개발된 공법들이다. 축산폐수는 영양염류 농도가 높아 미처리 상태로 방류시 부영양화 등 환경오염을 유발시킬 뿐만 아니라 1999년 1월부터 축산폐수공공처리시설의 방류수 수질기준도 강화되므로 질소·인제거는 필수적이다. 따라서 실제적으로 국내 축산폐수를 대상으로 최근 활발히 연구되고 있는 축산폐수처리기술에 대해 살펴보면 다음과 같다.

이병헌 등<sup>1)</sup>은 열대 및 아열대지역에서 번성하는 다년생 수초인 부레옥잠을 이용하여 유입수의 농도 및 체류시간의 변화 등에 따른 유기물질 및 영양소의 처리효율 등을 조사한 결과 영양소의 제거율은 영양소의 부하가 증가함에 따라 감소하여 50~400kg TKN/ha/day의 부하에서 TKN은 30~70%의 제거율을 보였으며 NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N은 30~240kg NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N/ha/day의 부하에서 15~16%의 제거율을 보였다. 또한 총인은 0.5~9.0kg T-P/ha/day의 부하에서 30~90%의 제거율을 보였다. 그러나 주기적으로 부레옥잠을 수확하므로써 식물의 성장을 계속 유지시켜 주어야 하고 처리장치를 위한 토지 확보 및 수온강하에 따른 처리효율 감소 등의 문제점이 있다.

서인석 등<sup>2)</sup>은 기존의 활성슬러지 시스템에서 시설을 변경하지 않고 영양염류를 처리하기 위해 반응조 내의 용존산소를 조정하는 간헐폭기 활성슬러지 시스템을 운영한 결과 기존 24시간 폭기방식으로 운영되는 활성슬러지 시스템에 비해 간헐폭기 형태로 운영시 영양염류 제거효율은 크게 향상되었다. 단일 간헐폭기 활성시스템보다 2단 간헐폭기 시스템을 운영시 총질소(T-N) 및 ortho-P의 제거효율은 높았으며 각각 91.3%, 97%의 효율을 나타내었다. 따라서 기존 처리시설을 변경하지 않고 폭기조내 용존산소만을 적절히 조절하여 효과적으로 영양염류를 처리할 수 있었으나 연구에 사용된 돈사폐수의 TKN 및 ortho-P의 농도가 각각 113~230mg/ℓ, 23~32mg/ℓ의 저농도로서 고농도 영양염류를 함유하는 축산폐수를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

최근에는 운전의 어려움을 해결하고 반응조내의 미생물 확보에 유리함 등의 많은 장점을 지닌 생물막공법(biological film process)에 대한 관심이 고조되고 있으며 임재명 등<sup>3)</sup>은 돈사폐수처리의 package화를 위하여 돈사폐수에 함유된 유기물의 구성성분과 분해특성, 생물막의 부착특성, Sun Lock(S/L<sup>TM</sup>)여재를 이용한 호기성 고정층 생물막 반응조(AFBR)와 준혐기성 고정층 생물막 반응조(ANFBR)의 처리효율을 연구한 결과 TKN과 NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N의 최종 제거효율은 여재의 표면부하량과 용적부하량이 5.60g NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N/m<sup>2</sup>/day, 0.56kg NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N/m<sup>2</sup>/day이하에서 각각 76%이상과 82%이상으로 나타났다. 모든 생물막 공정들은 고농도의 유기폐수를 적용하여 처리할 경우 시간이 경과함에 따라 미생물의 과다증식으로 인하여 생물막이 탈리되고 처리수의 수질이 악화되며 여재의 특성에 따라 공극이 폐쇄되어 처리효율 감소 등의 문제를 유발하게 된다. 따라서 공정개발과 더불어 생

물막공정의 단점을 보완하기 위한 처리시스템의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

근래의 혐기성소화법은 반응조에서 혐기성 미생물을 고농도로 유지시켜 접촉효율을 높이고 수리학적 체류시간(HRT)을 감소시킬 수 있는 새로운 공정들이 개발되고 있다. 이러한 새로운 공정들 중의 하나인 상향류 혐기성 슬러지 블랑켓법(Uplow Anaerobic Sludge Blanket process : UASB)은 HRT가 3~24hr으로 가능하여 호기성 공정과 유사한 HRT를 가지므로 소화조 용적에 대한 문제를 감소시킬 뿐만 아니라 고가의 충전재가 필요치 않아 시설비와 운영비를 감소시킬 수 있는 장점이 있고 또한 처리대상 유기물의 농도가 1,000mg/ℓ 인 저농도에서부터 100,000mg/ℓ 인 고농도까지 적용범위가 매우 넓다. 안송업 등<sup>7)</sup>은 UASB법을 이용한 도축장 폐수의 처리에 관한 연구결과 HRT가 19시간~12시간의 짧은 범위에서도 80%이상의 COD제거율을 나타내었다고 보고하였다.

한동준 등<sup>6)</sup>은 고농도의 암모니아성 질소를 함유한 돈사폐수의 질산화 특성 및 호기성 생물막공정에서의 질소거동을 연구한 결과 호기성 생물막 반응조를 이용한 돈사폐수의 질소거동은 pH 8.6, 온도 20℃, 그리고 총암모니아성 질소농도 496mg/ℓ 조건에서 stripping 12.1%, nitrification 68.9%, heterotrophic cell synthesis 4.0%로 나타났다. 따라서 생물학적 영양염류 제거에 있어서 호기성 생물막 공정은 질산화에 유리한 점이 있어 많이 적용되고 있으나 질산화를 위한 과도한 기질제한은 인의 용출현상을 유발할 수 있다.

SBR의 운전형태는 유입(Fill), 반응(React), 침전(Settle), 배출(Draw) 및 정지(Idle)의 5가지 공정이 한 Cycle로서 반복되는 공정으로 일반 활성슬러지법보다 반응조 용적을 감소시킬 수 있음은 물론 슬러지 팽화현상이나 부상현상을 효과적으로 제어할 수 있는 것으로 보고되어 있다. 이수구 등<sup>12)</sup>은 SBR을 이용하여 축산폐수중 처리상의 많은 문제점을 안고 있는 돈사폐수를 대상으로 혐기/호기 등의 반응시간을 변화시켜 유기물 및 질소·인 제거효과를 비교 검토하였으며 돈사폐수처리에 있어서 가장 효과적인 혐기/호기 반응시간 조건에서 유입부하량 변화에 따른 처리효과를 연구한 결과 총질소 및 인산염 인의 처리에 있어서 반응시간을 호기성으로만 운전하는 것보다 호기/혐기조건을 반복함으로써 제거효율을 높일 수 있었으며 최적 호기/혐기 반응시간은 3시간 간격으로 운전하는 것이 가장 효과적이었고 이때 총 질소 및 인의 제거효율은 각각 85% 및 82%로 보고하였다. 따라서 이러한 공법들의 현장적용을 위해서는 적절한 적용성 및 처리성 실험 그리고 각 공정의 올바른 운전과 유지관리의 기술이 확립되어야 하고 기존의 외국공법을 도입할 때에는 반드시 적용대상 시료에 대한 pilot-plant 및 실증 plant운전을 선행하여 설계 및 운전인자를 도출하여 적용하여야 한다.

대상폐수 및 실험방법

본 연구의 축산폐수처리시설은 경상남도 K시의 축산농가에서

발생되는 축산폐수를 수거대상으로 신고 및 규제미만 농가를 우선으로 수거처리키 위한 축산폐수공공처리장으로 1994년 2월 1일부터 본격 가동되고 있는 시설로서 1일 처리용량은 130m<sup>3</sup>으로 혐기성 소화처리 후 활성슬러지 처리 및 악품용집 처리공정으로 운전되고 있었다. 기존 처리시설에서 질소와 인의 제거를 위해 선택할 수 있는 방법은 세가지로 볼 수 있다. 첫째, 기존 처리장의 공정 및 시설을 그대로 이용하면서 운전방법을 달리하여 어느 정도의 탈질·탈인 효과를 얻고자 하는 방법, 둘째, 기존시설의 일부를 수정하여 공정개선을 유도함으로써 보다 효율적으로 질소와 인을 제거하는 방법, 셋째, 기존공정을 탈피하여 신공정을 개발하여 적용하는 방법이 있다. 따라서 본 연구에서는 둘째 방법에 따른 처리효율을 향상시키기 위한 방안으로 폭기조에 부과되는 부하량을 감소시키기 위해 화학적처리공정인 응집반응조와 고농도 질소의 질산화 및 탈질을 위해 혐기조와 호기조를 증설하였으며 이때 축산폐수의 유입수질 현황은 평균적으로 BOD 6,000mg/ℓ, SS 4,000mg/ℓ, T-N 3,300mg/ℓ 및 T-P 140mg/ℓ 로 조사되었다.

본 조사기간동안의 폐수반입량 및 공정유입폐수량(혼합저류조→혐기성소화조)은 Fig. 1에 나타난 바와 같으며 공정유입폐수량이 폐수반입량 보다 다소 높게 나타난 것은 슬러지 탈리액, 여포세정수, 사여과기 및 활성탄 흡착탑의 역세수 등 공정반송수를 혼합저류조로 이송시킨 결과이며 처리공정으로 폐수의 일정유입은 후속공정의 정상운전과 적정처리효율을 만족하는 데 큰 영향을 미치므로 각 단위공정의 정상화를 위하여 유입수의 정량유입이 필요한 것으로 나타났다.

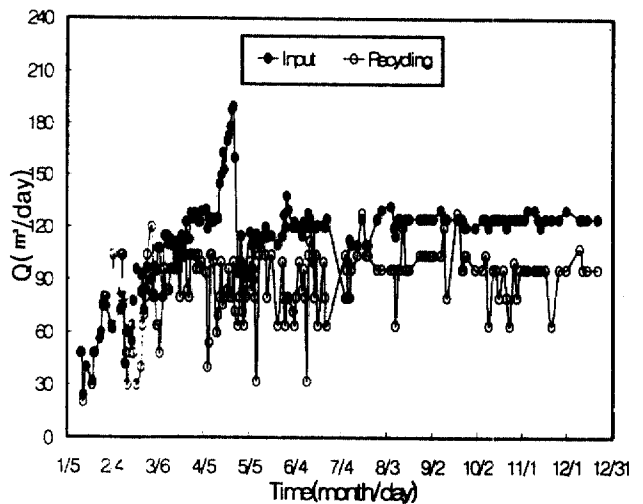


Fig. 1. The variation of input and recycling swine wastewater.

폭기조의 질산화효율을 재고하기 위한 일환으로 공정을 Fig. 2와 같이 변경하였으며, 탈암모니아조에 미생물을 주입하여 폭기시설로 대체 한 것은 1차 폭기조에서 질산화가 덜 된 것을 폭기를 한번더 시키고 체류시간을 길게 함에 따라 질산화율을 향상시키기 위해서였다.

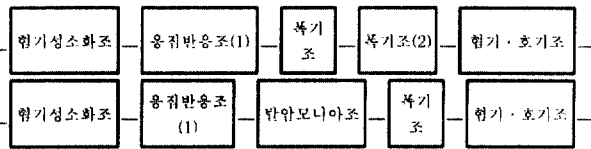


Fig. 2. Schematic diagram of flow sheet(top : before changed, bottom : after changed)

본 처리시설의 혐기성소화방식인 소화조의 적정 효율을 유지시키기 위해 1차 소화조에 대해 온도 31.0~44.9℃, pH는 평균 8.5로, 2차 소화조는 온도 30.4~38.6℃, pH는 평균 8.2로 유지하였을 뿐만 아니라 슬러지를 주기적으로 일정량씩 인발하였다. 화학적 처리공정에서는 주기적으로 Jar-Test실험을 수행하여 Alum, Polymer, FeCl<sub>3</sub>의 양을 결정하였으며, 생물학적 공정인 폭기조, 혐기조, 호기조에 대해서는 최대의 질산화와 탈질로 인해 고농도의 영양염류가 제거될 수 있도록 pH, ORP, DO, Alkalinity, 유기탄소원 등 적정 운전인자를 유지하였고 또한 Air-Lift를 설치하여 내부순환을 통한 호기조와 혐기조간 미생물의 접촉횟수를 증가시켰다.

각 단위공정별 수질은 수질오염공정시험법에 준하여 분석하였으며, 수질분석 항목은 pH, BOD, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-N, T-P 및 생물학적 공정에서의 질산화 및 탈질율의 변화를 파악하기 위해 NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N을 측정하였다.

### 결과 및 고찰

시설운전 중 혼합저류조의 BOD농도는 2,900~6,200mg/ℓ로 나타났고 방류수의 BOD농도는 10~25mg/ℓ로 약 99.5%의 제거효율을 보임을 Fig. 3에서 알 수 있다. COD<sub>Mn</sub>의 혼합저류조에서 평균 농도는 약 2,600mg/ℓ로 BOD/COD는 1.46으로 본 처리시설에 투입되는 폐수는 생물학적으로 분해가능한 물질이 많으므로 유기물제거를 위한 생물학적 공정인 소화조, 폭기조와 화학적 처리공정인 응집반응조의 적정 유지관리가 중요한 것으로 판단된다.

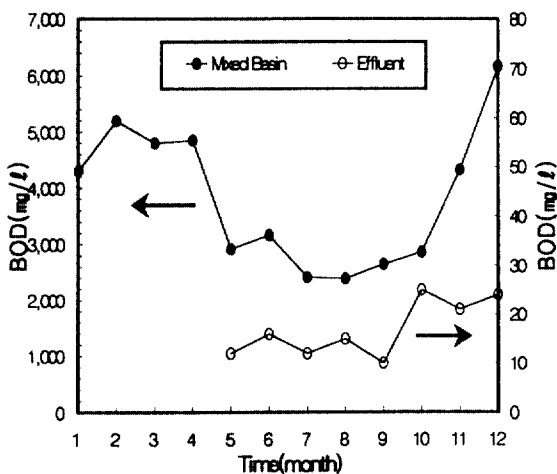


Fig. 3. Average monthly BOD concentrations.

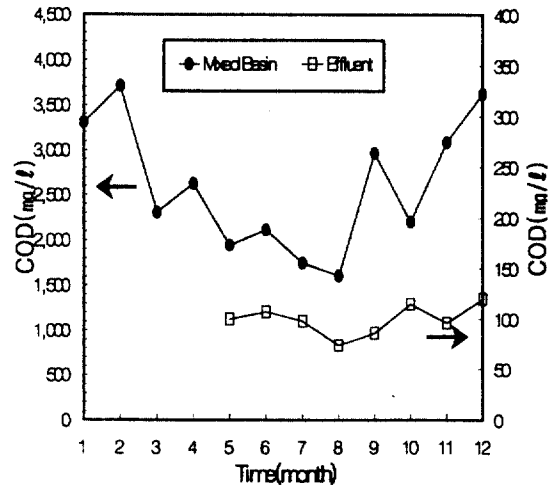


Fig. 4. Average monthly COD concentrations.

혼합저류조의 COD<sub>Mn</sub>농도는 1,600~3,700mg/ℓ로 나타났고 방류수의 COD<sub>Mn</sub>농도는 74~120mg/ℓ로 평균 제거율은 약 96%를 나타냄을 Fig. 4에서 알 수 있고, 또한 방류수의 SS농도는 6~16 mg/ℓ로 방류수수질기준인30mg/ℓ를 만족하는 것으로 조사되었다.

3월에서 12월까지의 분석치를 나타낸 결과 혼합저류조의 T-N은 1,500~3,000mg/ℓ로 하절기에 비해 동절기에 고농도로 유입되고 있음을 Fig. 5에서 알 수 있으며, 계절별 돈사 폐수의 이화학적 특성을 살펴보면 여름철의 경우 낮은 농도를 보이는 것은 돈사내의 용수 사용량과 청소횟수가 많아 청소수에 의한 희석의 원인을 가장 먼저 생각할 수 있으며, 또한 대기의 온도상승에 의한 저류조에서의 유기물 분해 및 질소성분의 탈기를 고려할 수 있다

Hashimoto는 축산폐수의 혐기성 소화공정에서 암모니아성 질소 중 자유암모니아 농도가 150mg/ℓ이 상이면 현저한 독성을

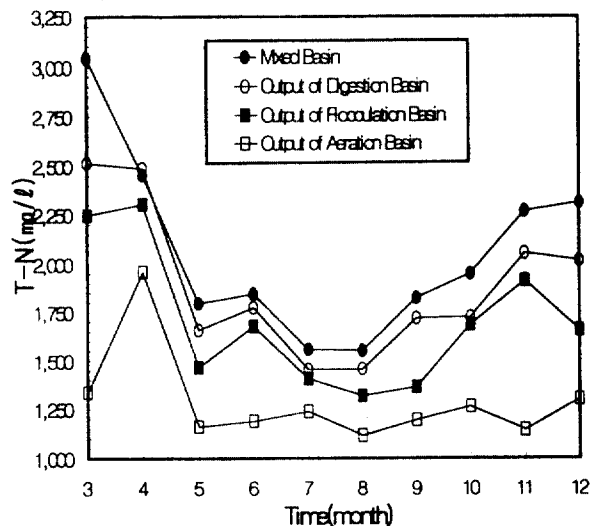


Fig. 5. Average monthly T-N concentrations.

나타내어 반응조가 정지하는 것으로 보고하였고, 따라서 후속 고도처리를 원활히 할 수 있는 유입수질을 만족하기 위해 축산폐수의 혐기성 전처리공정을 최적화할 필요가 있다. 폭기조의 T-N용적부하는 평균 0.86kg/m<sup>3</sup>·d로 운전되었으며 T-N중에 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N이 차지하는 비율이 68%로 나타나 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N의 축적이 되어 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N까지 질산화가 진행되지 않은 것으로 판단되며, 이는 유기물과 질소의 비, 유리암모니아 농도, pH 등에 의해 nitrobacter균이 저해를 받는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 보다 구체적이고 정량적인 고찰이 필요하다. 혐기조와 호기조간에 Air-Lift를 설치하여 내부반송율을 약 300%로 유지시키고 혐기조에 지속적인 CH<sub>3</sub>OH를 공급한 결과 탈질율이 95%이상을 유지하였다. 일반적으로 탈질화 반응은 산성상태에서는 억제되며 pH 5.0 미만에서는 탈질화 반응이 일어나지 않는 것으로 보고<sup>13)</sup>되는데 이것은 무산소기간에 탈질화가 진행되면서 산성상태인 NO<sub>x</sub>-N이 분해되고 알칼리도가 생성되어 pH가 상승되기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 본 처리시설의 혐기조의 pH 및 DO는 각각 9.0, 0.4mg/ℓ 정도를 유지하였다.

5월이후 혐기조에 지속적인 CH<sub>3</sub>OH를 공급하였고 이러한 유기탄소원 공급의 경제적 문제때문에 이의 대용으로 탈질효율이 높은 침전슬러지 및 유기성 폐기물을 발효하여 유기산화시킨 후 탄소원으로 공급해주는 연구가 많이 수행되고 있고, 원폐수와 발효돈사 폐수를 7:3으로 주입한 경우 T-N의 농도는 100mg/ℓ 이하로 나타났으며, 자체내의 돈사폐수를 산발효시켜 생성된 발효돈사폐수를 무산소기간에 첨가함으로써 탈질율을 효과적으로 증진시킬 수 있다고 보고하였다. 방류수의 T-N 농도는 3월에 1,564mg/ℓ로 나타난 것은 활성슬러지조 미생물의 활성이 미약한 결과이며, 4월이후 폭기조 등 미생물 상태가 안정화되어짐에 따라 7월부터 12월까지 방류수 수질기준인 120mg/ℓ을 만족하는 것으로 Fig. 6에서 알 수 있고, 혼합저류조의 T-P농도는 131~156mg/ℓ로 나타났고 방류수의 T-P농도는 0.15~1.00mg/ℓ로 약 99%의 제거율

을 나타내었다. 또한 Resink, Nichols, 이성기<sup>11)</sup> 등은 혐기조에서 체류시간을 길게 하였을 때 인제거율이 높아진다고 보고하였다. 그러나 1999년 1월 1일부터 더욱더 강화되는 축산폐수공공처리시설의 방류수 수질기준을 만족하기 위해서는 고농도 질소 저감방안은 반드시 필요할 것으로 판단된다.

요 약

고농도의 질소를 함유하는 축산폐수에 대한 문헌고찰 및 실제 운전사례를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전국의 축산농가에서 하루 발생하는 축산폐수발생량은 약 197천m<sup>3</sup>로서 이중 법적규제대상 미만 축산폐수가 50%를 차지하고 인근하천으로 직방류시 부영양화의 원인이 되고 있다.
2. 축산폐수의 특성중 가축의 분과 노에 따라 유기물 및 질소·인의 농도차가 크기 때문에 축산폐수처리시설은 반드시 분과 노의 분리가 이루어져야하고 또한 축산폐수공공처리시설의 계획에 있어서 처리대상 축산폐수의 정확한 오염농도의 산정이 필요하다.
3. 기존 처리장에 화학적처리공정인 응집반응조와 질소제거를 위한 혐기·호기조를 설치하여 운영한 K시의 실제 운전사례 결과 유입수의 총질소 농도가 1,500~3,000mg/ℓ인 것을 120mg/ℓ 이하로 방류하므로써 92~96%의 제거효율을 나타내었고 유입수의 총인농도가 131~156mg/ℓ인 것을 0.15~1.00mg/ℓ로 처리하므로써 99%이상의 제거효율을 나타내었다.
4. 혐기조에서 탈질 미생물의 원활한 대사활동을 위해서는 지속적인 유기탄소원 공급과 pH의 영향이 중요하며 조사기간동안 혐기조의 pH는 평균 9.0정도를 유지하였다.
5. 질소·인제거 공법들의 현장적용을 위해서는 적절한 적용성 및 처리성 실험 그리고 각 공정의 올바른 운전과 유지관리의 기술이 확립되어야 한다.
6. 정부에서는 축산폐수의 적정처리 및 관리대책 방안으로 법규 및 수질기준강화, 개별 축산농가에 대한 지원, 지도·점검 및 홍보강화와 기술지원 등 장차의 엄격한 방류수수질기준을 안정적으로 유지할 수 있는 기술보급과 이의 적정 관리방안에 대한 적극적 검토가 요구된다.

참 고 문 헌

1. Byung-Hun Lee, Nam-Hee Lee(1994) Swine Wastewater Treatment by Using Water Hyacinth(Eichhronia crassiper), J. Korea Society of Water and Wastewater Treatment Technology, 2(2) : 29-38
2. Byung-Hun Lee, Eun-Jung Park, Woo-Seok Jung(1995) Nitrogen and Phosphorous removal from swine wastewater

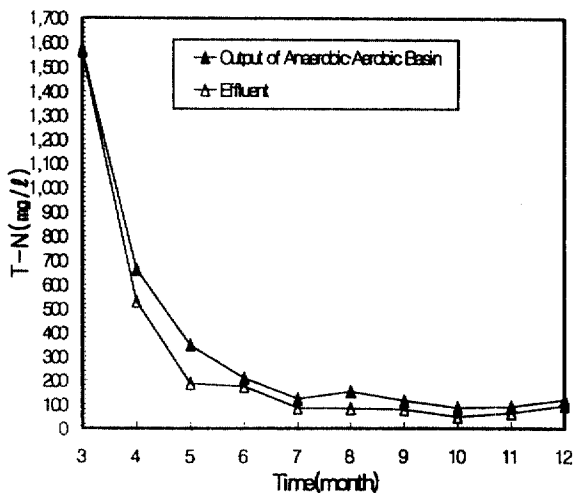


Fig. 6. Average monthly T-N concentrations.

- by using intermittent aeration process, J. of Korea Society of water and wastewater Treatment Technology, 3(4) : 31-45
3. Seo, In-Seok, Lee, Sang-Il (1995), Nutrient Removals of swine wastewater by the intermittently aerated activated sludge system, J. of KESS, 17(7) : 637-647
  4. Rim, Jay-Myoung, Kwon, Jea-Hyouk, Han, Dong-Joon (1995), Package of AFBR/ANFBR process for piggery wastewater treatment, J. of KESS, 17(12) : 1221-1233
  5. Yoon, Cho-Hee, Kim, Yong-Suk (1996), The influence of flow characteristics of oxic reactor on organic and nitrogen removal in a swine wastewater treatment system using A<sub>2</sub>/O process, J. KSWQ Dec.12(4) : 463-470
  6. Han, Dong-Joon, Rim Jay-Myoung (1997), Treatment of piggery wastewater by anoxic/Oxic biofilm process without recirculation, J. Korea Technological Society of Water and Waste Water Treatment. 5(3) : 21-29
  7. Ahn, Song-Yeob, Song, Jee-June (1997), Slaughterhouse wastewater treatment by upflow anaerobic sludge blanket process(UASB), J. of KESS, 19(7) : 863-870
  8. Han, Dong-Joon, Ryu, Jae-Keun, Rim, Youn-Teak, Rim, Jay-Myoung (1998), Reaction characteristics of piggery wastewater for biological nutrient removal, J. of KESS, 20(3) : 371-384
  9. Yong-Dae Lee, Yong-Su Choi, Eung-Bai Shin, Jung-Uk Lee(1995) A New Approach to Biological Process for Nitrogen Removal, J. of KSEE, 17(4) : 387-397
  10. Park, Yung-Kyu, Lee, Chul-Hee, Lee, Byung-Dae (1995), Theoretical analysis for nitrogen removal in anoxic-oxic-anoxic-oxic process including internal recycling, J. of KSEE, 17(9) : 873-885
  11. Seong-Key Lee, Young-Il Song(1996) Effects of Anaerobic Conditions on Biological Phosphorous Removal and Sludge Settleability, J. of Korea Society of Water and Waste Water Treatment, 4(2) : 49-58
  12. Lee, Soo-Koo, Park, Sang-Heun, Cho, Chang-Ho, Lim, Byung-Ran (1998), A study on the swine wastewater treatment using sequencing batch reactor( I ), J. Korea Solid Wastes Engineering Society, 15(1) : 49-56
  13. 동화기술, 수질오염공정시험법 (1996).