

축산 폐수의 전처리 방법과 역삼투압 처리

박순주³, 김문일^{1,2}, 김도윤^{1,2}, 장호남^{1,2*}, 장승택²

¹ 우)305-701 한국과학기술원 생명화학공학과, 대전시 유성구 구성동 373-1

² 우)305-338 이원바이오텍(주), 한국과학기술원 동문창업관 5105호

³ 우)445-974 3M 기술연구소, 경기도 화성군 태안읍 병점리 374-5번지

(접수일자 : 2003. 3. 29 / 채택일자 : 2003. 4. 29)

Reverse Osmosis Treatment of Swine Wastewater with Various Pretreatment Systems

Soon Ju Park^{1,3}, Moon Il Kim¹, Do Yun Kim¹, Ho Nam Chang^{1,2*}, Seung Teak Chang²,

Dept of Chemical and Biomolecular Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST),
373-1 Guseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-701, Korea

² Fibiotech, Ltd 5105 Alumni Venture Center, KAIST, Daejeon 305-338, Korea

³ 3M Research and Development Institute, 374-5 Ryeongjeom-ri, Taeon-eup, Hwaseong-gun, Gyeonggi-do
445-974, Korea

요 약

우리나라에서 발생하는 축산폐수는 130,000m³/day로 전체 폐수의 0.43%에 불과하지만 총 BOD(생물학적 산소요구량)의 8.6%를 차지하고 있다. 그러나 생활폐수나 산업폐수와 달리 높은 질소, 인을 함유하고 있어 강이나 호수의 부영양화의 주원인이 되고 있다.

우리나라 축산폐수는 각 농가 당 폐수 발생량이 2.5 m³/day에 불과해 소규모이어서 경제적인 처리 방법이 필요하다. 부유물질 제거를 위해 미세여과 공정대신 충전탑을 이용한 전처리 방법을 통해 90% 이상의 부유물질을 제거하고 이어 역삼투압 방법을 적용하면 전질소와 전인의 제거율은 95%이상이나 되어 방류수는 전질소는 200 mg/L이하, 전인 1 mg/L이하로 환경부의 축산폐수 배출수 수질 허용기준인 전질소 260 mg/L, 전인 50 mg/L이하를 충분히 만족시킬 수 있다. 2 m³/day의 축산폐수를 처리하는데 0.4 m²의 역삼투압 막 면적만 필요해 효과적인 소규모 처리시설이 가능함을 밝혔다. 처리에 소모되는 전력량도 월 30 Kwh로 에너지 절약적인 공정이 가능함을 예측하였다.

ABSTRACT : The generation of livestock wastewater in Korea amounts to 130,000m³/day, 0.43% of the total waste water volume, but which corresponds to 8.6% of total BOD loading. Furthermore this

wastewater contains a large amount of nitrogen and phosphorus that are major causes of eutrophication in rivers and lakes.

The average volume of livestock wastewater in a Korea's single farm is only 2.5 m³/day, which necessitates development of a simple and economical process for the removal of nitrogen and phosphorus. Introduction of filtration method removes more than 90% of suspended solids. Subsequent application of reverse osmosis removes more than 95% of total nitrogen and phosphorus in the wastewater. The effluent of this treatment will yield less than 200 mg/L of total nitrogen and 1 mg/L of total phosphorous, which are lower than 260 mg/L of total N and 50 mg/L of total P, the regulation values of Ministry of Environment, Korea.

Treating 2 m³/day of livestock wastewater was found to be feasible with the application of filtration and reverse osmosis and the electricity requirement was estimated to be about 30 Kwh/month.

keywords : livestock wastewater, small-scale, pretreatment, reverse osmosis, nitrogen and phosphate removal

1. 서 론

우리나라의 가축사육두수는 2001년 현재 한육우가 1,405,849마리, 젓소가 548,176마리, 돼지가 8,719,851, 닭이 102,392,943, 오리 6,715,554로 숫자로는 닭과 오리가 많으나 축산 폐수 기여도는 낮아 한육우, 젓소, 돼지가 주종을 이룬다고 하겠다(1). 축산폐수는 생물학적 산소요구량이 1,250-5,000mg/L로 보통 가정 생활하수의 6-25배에 이르기 때문에 Table 1에서 보는 것처럼 양은 적더라도 수계에 미치는 영향이 크다 (2).

축산폐수는 오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률(06827호, 2002.12.16) 로 규제하고 있다. 여기서 "축산폐수"라 함은 축산분뇨와 축산폐수처리시설을 청소한 물이 축산분뇨에 섞인 것을 말한다(3). 배출기준은 상수도 취수지역으로 4km로 규정하고 있는 "수질보전특별대책지역" 즉 특정지역과 일반지

역에 따라 달라진다. 또 축산폐수를 수거하여 공동으로 처리하는 공공 처리시설에 따라서도 달라진다. Table 2는 처리시설별 축산폐수 방류수 기준을 보여 주고 있는 데 공공처리시설에서는 규제항목이 생물학적 산소요구량, 화학적 산소요구량, 부유물질, 대장균, 총질소, 총인 등 6항목이고 허가 지역 중 특정지역에는 4개 항목, 기타지역 및 신고지역은 2개 항목이며 규제치도 상당히 후한 편이다(4).

참고로 축산폐수 허가대상 농가수는 9,569호, 신고대상 농가수는 39,915호이다 (5). 축산폐수는 오수, 분뇨및축산폐수의처리에관한법률시행규칙의 제8조에 의하면 축산폐수공공처리시설의 처리방법에는 1)호기성 생물학적 방법 2)혐기성생물학적 방법 3)물리.화학적 처리방법 4)퇴비화방법 혹은 저장 액비화방법 5)제1호 내지 제4호의 방법을 조합한 방법에 의해 처리할 수 있음을 열거하고 있다(4). 실제로 37개소의 공공처리시설에서 9.4 kiloton/일의 축산 폐수를 처

Table 1. Various Pollution Sources of River1 from Various Treatment Facility

Wastewater Classification	Amount generated (kiloton/day)	Concentration (mg/L)	Total Loading (ton/day)
Domestic	26,946 (15,441)	200	4,230 ² (3088),
Industrial	2,614(8.8%)	1000	2,614 (34.8%)
Livestock	130(0.43%)	5000	650 (8.6%)
Total	29,690(100%)		7,494 (100%)

1. Reconstituted from various data from <http://www.me.go.kr> (2002)

2. 15441 kiloton corresponds to treatment rate of 73.8%

Table 2 Discharge Criteria of Livestock Wastewater

Classification	Collective Facility1 (공공처리시설)	Licensed Facility2 (허가지역)		Reported Facility2 (신고지역)	
		Special area (특정)	General area(일반)	Special area (특정)	General Area (일반)
BOD(mg/L)	30	50	150	150	350
COD (mg/L)	50	---	---	---	---
SS(mg/L)	30	50	150	150	350
F.coli(개/ml)	3000	---	---	---	---
Total N(mg/L)	60	260	---	---	---
Total P(mg/L)	8	50	---	---	---

1 환경부령 00134호(2002.12.14)별표1, 2항에 의거

2 환경부령 00134호(2002.12.14)별표1, 3항에 의거

리하고 있는 데 발생하는 슬러지 량이 연간 51,032톤이며 이 중 38,247톤(74.9%)가 토비로, 4,112톤(8.0%)가 액비로, 소각이 598톤, 해양투기가 420톤, 기타가 7,594톤이고 미 처분량이 55톤이다 (6). 그리고 130 kiloton/일의 축산폐수 중 94톤/일 즉 7.23%만이 공동처리시설에서 처리되고 나머지 90% 이상이 허가대상이거나 신고대상으로 되어 있어 적절한 현장 처리 기술을 개발하는 것이 급선무라 하겠다. 참고로 130 kiloton을 허가, 신고대상 50,000호의 농가수로 나누면 하루에 발생하는 폐수량은 불과 25 ton/일로 이러한 소량의 축산 폐수를 처리하는 공법은 최소의 시설로 하는 것이 중요하다 하겠다.

2. 축산폐수의 특성

2.1 축산 폐수 배출농도와 배출원단위

축산폐수는 낙농시설, 육우시설, 양돈시설에 따라 두당 배출량에 차이가 있다. 낙농시설의 경우는 두당 배출량이 17-40 L/일 인데 비해 육우시설은 14.6L/일 양돈시설은 6-33 /일로 자료에 따라 많은 차이가 있다 (7). 그러나 환경부 고시 1999-109호 (1999.7)에 의하면 양돈시설은 8.6L/일이고 육우시설은 14.6 L/일이다 (8).

배출원 단위를 보면 돼지는 BOD가 2,510 mg/L, SS가 1,230 mg/L, TN이 446 mg/L, TP가 150 mg/L이고 두당 배출량은 BOD가 31.4 g, SS가 20.8 g, TN이 5.6 g, TP가 1.9 g이다(9). 두당 배출량은 물의 사용량에

관계없이 사육두수에만 관계되는 자료이므로 물의 사용량을 알면 농도가 결정될 수 있어 편리한 자료라 할 수 있다. 참고로 한우는 BOD 총량이 95.7g/L로 돼지의 3배 정도이고 SS는 40.6 g으로 두배, TN은 14.7 g으로 2.6배, TP는 2.0 g으로 비슷한 값을 가지고 있다.

2.2. 질소와 인 제거 방법

축산폐수는 BOD/N의 비율이 100/20 -100/40으로 일반 생활폐수에 비해 매우 높다. 또한 높은 인의 농도와 함께 적절히 처리하지 않고 방류할 경우 적은 양으로도 강이나 호수의 수질을 심각하게 오염시킬 수 있다. "질소"분을 제거하는 데 물리적, 화학적 및 생물학적 방법이 쓰이고 있다(10). 물리적인 방법은 pH를 10.8이상으로 올리면 암모니아는 대부분 기상에 존재하게 되어 stripping을 함으로서 암모니아를 제거하는 방법이다. 화학적인 방법은 염소를 이용하여 질소 형태로 제거하거나 이온교환수지를 암모니아 이온을 제거한 후 다시 사용한다. 생물학적 방법은 가장 많이 사용하는 방법으로 산소로 암모니아를 산화시켜 질산으로 만들고 이를 탈질화 시켜 질소 형태로 제거한다. 4단계 Bardenpho 및 5단계 Bardenpho 공정이 있으며 NO₃-N kg을 제거하는 데 3.0 kg의 메탄을 혹은 이에 상응하는 탄소원이 필요하다.

2.3. 역삼투압법

역삼투압법은 질소와 인의 제거에 탁월한 것으

로 알려져 있다. 또한 처리수는 방류수 기준에 적합할 뿐만 아니라 폐기해 버리는 농축수는 톱밥에 첨가하여 퇴비제조에 다시 사용할 수 있다. 축산 폐수는 많은 부유물질을 가지고 있어서 삼투압 법을 시행하기에 앞서 이를 잘 제거하는 것이 성공적인 역삼투압 공정을 오랫동안 잘 운전할 수 있는 장점이 있다.

이미 MF, RO막을 이용한 축산 폐수 처리공정은 산업화 된 기술로 일본의 Kurabe공정은 60톤의 돈사의 노는 생물학적 처리를 거쳐 미세여과(MF)와 역삼투압공정(RO)을 거친다 (Fig. 1). 역삼투압공정에서 농축된 15톤의 농축노는 돈분과 함께 퇴비를 만드는데 사용된다.

원수는 BOD가 18,000 mg/L, Total N은 2,000 mg/L인데 생물학적처리를 거치면 SS가 4,010 mg/L, COD는 208.6 mg/L, BOD는 544 mg/L, Total N은 824 mg/L, Total P가 159.0 mg/L이다. MF와 RO공정을 거친 처리수는 BOD가 1.1 mg/L이하, total N은 0.2 mg/L, total P는 0.1 mg/L이하로 아주 낮은 수준을 유지하고 있다. 이상의 막 공정에서 질소제거율은 99.7%, 인 제거율은 99.9%를 보여주고 있다.

그러나 대규모 축산폐수처리에는 MF를 이용한 전처리 공정이 사용될 수 있으나 하루에 1-5m³ 정도의 축산 폐수처리는 혐기성 메탄가스 처리나 퇴비화, 액비로 제조하는 것이 바람직하므로 우선 BOD가 높은 "분"을 분리하고 노와 세척수를 모아서 이들을 방류수 기준에 맞도록 처리한 다음 배출한다. 나머지 농축된 액체와 약간의 분이 포함된 부분은 액비로 사용하거나 퇴비용으로 처리하는 것이 바람직하다. 여기에서 질소나 인을 제거하는 방법은 다른 생물학적인 방법을 사용할 수도 있지만 RO를 이용하여 질소와 인을 제거하고 또 RO를 원활하게 운전하기 위하여 MF보다는 침전이나 여과 방식을 통한 전처리를 하는 것을 연구하였다.

3. 전처리 공정

부유물질 제거를 위한 모델 샘플로는 음식물쓰레기를 1 g/L(건조무게 0.2g/L에 해당)가 되도록 음식물 쓰레기 분쇄기 (Kenmore 3/4 HP, Sears, Roebuck and Co. U.S.A.)로 간 후에 분리하기 전 후

에 spectrophotometer (Ultrospec3000, Pharmacia Biotech, Sweden)를 이용하여 optical density(OD)를 측정함으로써 제거율을 측정하였다.

(1) 원심분리기 처리

원심분리기(ependorf 5415D, ependorf, Germany)를 이용하여 12000 rpm에서 6분 동안 처리함으로써 spectrophotometer의 OD를 비교함으로써 95%가 제거됨을 확인하였다.

(2) 철망을 이용한 다중 실린더

전처리 공정에서 부유물질이 얼마나 잘 되는지를 알아보기 위하여 높이 50 cm이고 세 개의 동심원 실린더를 사용하였다. 가장 바깥쪽의 실린더는 아크릴 실린더이었고 중간 실린더에는 높이가 40 cm이고 200 mesh인 철망을 가장 내부의 실린더에는 420 mesh의 천을 감았다. 부유물질로는 분쇄된 음식물 쓰레기를 가장 바깥실린더와 중간실린더로 주입한 후 수압에 의해 자연적으로 필터가 되도록 하였다. 그러나 제거율이 낮아 효용이 없었다.

(3) 충전탑

Fig. 2에서 보는 것처럼 높이 80 cm 지름 4 cm 인 충전탑에 크기가 4-7 mm, 570 μ m, 244 μ m인 모래를 충전하고 유량을 1.8-3L/h를 흘리면서 부유물질 제거율을 측정하였다. 제거율은 33%, 89%, 86%였다.

4. RO 공정 실험 및 결과

4.1 실험장치

본 실험에 사용된 역삼투압 장치는 독일의 Rochem사 제품으로 상세도가 Fig. 3에 도시되어 있는데 전처리 필터와 역삼투압 모듈로 구성되어 있다. 전처리 필터 housing은 총 용량이 4L이고 높이가 47 cm이고 윗면의 지름이 12 cm, 아랫면의 지름이 6 cm인 원주형을 취하고 있다. 필터는 높이가 45 cm이고 표면적이 0.8 m²이다. 역삼투압 모듈은 새한사 (RE1812-35, Saehan, Korea)제품으로 spiral wound형 지름이 18인치이고 길이가 12인치인 실린더로 총

표면적은 $4.3 \text{ ft}^2(0.4\text{m}^2)$ 이다. NaCl제거율은 99%로 알려져 있고 flux는 $0.69 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 이다.

4.2 장치의 운전 (Fig. 3)

공급수(1)에는 전처리필터(2)를 통하여 압력계(3)에서 압력이 측정되고 펌프(4)를 통하여 압력계(5)에서 압력이 측정된 후 RO 모듈(5)을 거친 후 전도도측정기(6)를 거친 후 유량측정기(7)에서 유량을 측정한 후 바깥으로 배출된다. RO를 거친 일부 retentate수는 고압조절밸브(8)를 거치거나 bypass valve(9)를 거친 후 일부는 농축수 형태로 공급수 형태로 feed tank로 가거나 혹은 다시 전 처리 필터(2)로 재순환 된다. 이는 대부분을 재순환시켜 RO모듈에 유량을 일정량으로 유지하기 위함이다.

각종 실험에 사용한 폐수는 합성하였거나 현장에서 채취한 돈사폐수를 사용하였다. 이온농도는 Waters사의 이온크로마토그래피(Waters 2690, Waters, USA)로 측정하였고 T-N, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and PO_4 는 미국 Hach DR/2010 spectrophotometer system (Loveland Co, USA) programmed calibration을 이용하였다.

4.3 NaCl flux와 거부율

Fig. 4a에는 압력에 따른 NaCl의 flux변화를 보여주고 있다. 40 기압일 때 0.58g/L 의 농도에서 flux가 30L/h 인데 비해 1.75g/L 일 때는 삼투압이 각각 0.49 bar 와 1.48bar 에 불과해 $20\text{-}50\text{bar}$ 에 이르는 hydraulic pressure에 비해 미미하다고 할 수 있다. 그러나 flux는 34L/h 와 28L/h 로 0.58g/L 때가 1.75g/L 일 때에 비해 많이 차이가 남을 알 수 있었다. Fig 4b에는 거부율 (rejection)은 거의 100%로 차이가 없음을 알 수 있었다.

4.4 암모니아의 flux와 거부율

Fig. 5a에는 1000mg/L NH_4^+ 를 feed로 하여 역삼투압법을 시행하였을 때 flux는 한 시간 후에 평형상태에 도달하였는데 40기압에서 flux는 25L/h 였고 20기압에서 flux는 18L/h 였다. 거부율은 40기압일 때

가 94% 정도, 30기압일 때가 92%, 20기압일 때는 88% 정도였다 (Fig. 5b). 한 시간 후에 정상상태에 도달한 flux와는 달리 시간에 따른 변화는 없었다.

4.5 여러 가지 질소이온과 인의 거부율

Fig. 6에는 압력에 따른 여러 가지 질소이온과 인의 flux, 거부율을 보여주고 있다. 압력이 높아짐에 따라 flux가 증가하는 일반적인 경향을 보이나 가장 flux가 높은 이온은 암모니아였고 아질산, 인, 질산이었고 혼합물과 urea는 큰 차이가 없었다. 거부율은 압력에 따라 큰 차이를 보이지 않았는데 가장 높은 것은 아질산이었고 낮은 것은 암모니아였다. 이때 사용된 질소는 1000mg/L , 인은 100 mg/L 였다. 혼합물은 암모니아를 500mg/L , 질산을 250mg/L , 아질산을 250mg/L 로 하였다.

4-6. 돈사 폐수를 이용한 역삼투압 실험

돈사폐수의 성분은 암모니아성 질소가 500, 질산성 질소가 70, 아 질산성 질소가 0.8로 총질소(T-N)는 1000mg/L 이었고 총인(T-P)은 31mg/L 이었다.

Fig.7에는 돼지 폐수를 전 처리 하여 역삼투압법을 시행하였을 때 시간에 따른 flux, 거부율 차이를 보여주고 있다. 원심분리를 하여 부유물질을 제거하였을 때 시간에 따라 flux가 약간 증가하나 충전탑을 이용한 전처리에는 시간에 따라 flux가 약간 감소함을 알 수 있었다. 거부율은 T-N(total nitrogen)은 원심분리나 충전탑을 이용하였을 때도 100%내외로 별로 차이가 없었고 T-P(total phosphorus)은 충전탑 전처리가 98.7%, 원심분리는 99% 이상으로 원심분리가 우수하였다.

30기압 일 때 원심분리기가 $18\Rightarrow 22.2\text{L/h}$ 로 증가했고 rejection은 $96.88\Rightarrow 98.42\%$ 로 증가했다. 총질소는 0.107mg/L , 총인은 0.05mg/L 였고 충전탑을 이용했을 때는 flux는 $17.4\Rightarrow 14.1\text{L/h}$ 로 감소하면서 최종 방류수 수질은 질소가 0.170mg/L , 총인은 0.6mg/L 이었다.

Fig. 8a에는 시간에 따른 방류수의 수질을 보여주고 있는데 질소의 경우는 원심분리의 경우가 우수했고 인의 경우는 충전탑이 우수한 수질을 보여주었

다 (Fig. 8b)

Fig. 9에는 시간에 따른 Feed와 방류수(permeate)의 양을 보여주고 있는데 permeate의 양은 시간에 따라 줄어드는 일이 없어서 직선관계를 보이고 있다. 즉 30L는 약 1.3시간 후에 21L가 제거되고 9L가 남아 있음을 알 수 있다. 기압은 30기압을 유지하였다.

4. 막 공정 설계

이상의 전처리 실험과 역삼투압 실험을 이용하여 하루에 2톤의 폐수를 발생하는 돈사의 폐수 처리 장치를 설계하여 보았다.

(1) 전처리 장치:

시간당 유량은 2L/h로 하루 유량은 2x24L/day 약 50L/day로 한다. 하루에 처리량이 2톤이므로 50L/day의 40배가 된다. 따라서 단면적이 40배가 되어야 하므로 현재의 4cm 내경을 6.3하여 25.3cm가 된다. 약간의 여유를 주어서 직경 30cm, 높이 120cm, 충전재 0.5-1mm의 구형 충전제로 한다. 걸보기 속도는 유량/충면적=[2000L/day]/ [(30x30)x3.14/4] = 1.18m/h가 된다. 체류시간은 충전탑의 부피가 84.6L이므로 107h가 된다. 이를 통상의 폐수처리 여과미디어의 결과와 비교하면 3.40L/(s m²)로 표시되므로 이를 m/h로 바꾸면 12.24m/h가 된다(10). 따라서 전처리 장치에 의한 여과속도는 통상 폐수처리미디어에서의 속도의 1/10 정도임을 알 수 있다.

(2) RO 장치

30기압, 모듈규격: 내경, 1.8inch, 길이 12 inch, 표면적 4.3ft²으로 한 시간에 15L를 처리한다. 하루는 360L를 처리하게 되므로 2톤의 경우는 1/3로 농축을 한다고 가정하면 1200L를 처리하여야 하므로 위의 모듈이 4개 필요하거나 혹은 같은 성능을 갖는 대형 모듈을 이용하면 된다. [flux: 15L/(4.3x900)=15L/0.3870m²=38.75L/m²h, [1.5-42]L/m²h

여기에 소모되는 에너지를 계산하여 보면 30기압에서 하루에 1톤의 방류수를 생산하는 데 소모되는 이론적인 에너지량은

$$W_{min} = \Delta P \cdot V_w = 30 \text{atm} \cdot V_w = 30 \times 10^3 (\text{Nm}^{-2}) \cdot 18 \cdot 10^6 (\text{m}^3 \text{mol}^{-1}) = 54 \text{J/mol} = 3.0 \text{MJ/m}^3$$

1Kwh = 1000watt x 3600sec = 3.6x10⁶J 이므로 약 0.83Kwh가 필요하게 되나 이는 이론적인 양이므로 실제로는 1 Kwh/m³가 필요하다고 하면 하루에 약 100원이 소요되므로 한달에 사용되는 전기 값은 3,000원이 되는 셈이다(11).

(3) 장기 운전 가능성

본 연구는 축산폐수의 규모가 작아 본격적인 폐수처리장치를 설치하기에는 적합하지 않은 시설을 대상으로 하고 있다. 그러나 이들의 숫자는 상당히 많아 실제 축산폐수로 인한 오염의 많은 부분을 차지하고 있다. 이들 시설은 전문 관리인보다는 농가에서 농부들이 직접 운영하게 되므로 조작이 간단하고 고장이 없어야 한다. 본 연구결과는 배출 수의 수질은 바로 배출하여도 좋을 정도이고 농축수는 퇴비에 쓰이므로 이차오염이 없는 공정이다. 역삼투압방식이 깨끗하고 또 국내에서 막이 생산되고 있어 경제적인 수도 있지만 전처리가 없이는 막에 fouling이 생겨 쓸 수 없게 되는 것이 문제이다. 원심분리를 하면 깨끗한 전처리가 되지만 고가이고 또 일손이 많이 가기 때문에 대안으로 여러 가지 전처리 방법에 관한 연구를 수행하게 되었다. 성공여부는 현장에서 설치하여 일년 정도 운전하면서 장기운전에 따른 각종 trouble-shooting을 한 후에 본격적인 산업화에 착수하는 것이 바람직하다고 본다. 장기운전의 필수조건은 좋은 전처리 방법을 개발하여 역삼투압 공정이 얼마나 장기적으로 운전되느냐에 달려 있다.

5. 결 론

- [1] 우리나라 대부분의 축산폐수 발생농가는 하루에 발생량이 25톤 내외의 소규모 시설로 공동 처리장까지 운반하여 처리하는 것보다는 현장처리에 적합한 규모임을 알 수 있었다.
- [2] 전처리는 원심분리 등의 방법이 있으나 자동화하기가 좋은 충전탑 방법을 채택하여 90%이상의

부유물질을 제거할 수 있었다.

- [3] 역삼투압법을 적용하여 NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- 요소, 인 등을 95% 이상을 제거할 수 있었고 이는 특정지역의 허가시설 기준인 질소 260 mg/L, 인 50 mg/L을 만족시킴을 알 수 있었다.
- [4] 2톤 규모의 돼지 축사 폐수를 처리하기 위한 장치로는 충전탑 (height 1.2 m x 30 cm, inner diameter)와 내경 1.8 inch x 1.2 m 규모의 모듈을 가진 RO장치를 이용하여 30기압 정도에 운전하면 하루에 발생된 2톤의 폐수를 처리하여 1200L를 방류수의 기준에 맞게 방류하고 나머지는 폐비를 만드는데 활용할 수 있음을 예측하였다.
- [5] 이상의 연구로 돼지 사육두수 1000-3000마리 정도의 돈사에 적합한 폐수처리 시설은 3,000원 정도의 에너지 비용으로 들이지 않고 처리할 수 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 환경연감, 2002, 4.농업.
- (2) Reconstituted from various data from <http://www.me.go.kr> (2002)
- (3) 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 (06827호, 2002,12,16)
- (4) 환경부령 00134호(2002.12.14)별표1, 2,3항에 의거
- (5) 2001년 오수·분뇨 및 축산폐수처리 통계
- (6) 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부 (2002)
- (7) (<http://www.enen89.pe.kr/html/ham4/4-15.htm>)
- (8) 환경부 고시 1999-109호 (1999.7)
- (9) 첨단 환경기술, (1995.1)
- (10) 서명교외 4인 공역, 폐수처리 단위조작, Sci Tech (1998)
- (11) 막분리 -응용-, 한국막학회 (1996)
- (12) M. Okazaki, T. Nishida, Update Application of Membrane Technology in Water Environment, in Membrane Processes for the Conservation of Water Resources pp27-48, The Membrane Society of Korea (1998)
- (13) M. Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Netherlands (1996)
- (14) 장호남,서진호, "생물화학공학" 제2판, 아카데미서적 (2001)
- (15) 박순주, 축산폐수의 전처리 방법과 역삼투압처리, KAIST MS Thesis (2002)
- (16) 서명교,신함식,안갑환,전항배, 최윤찬 역, 폐수처리단위조작,(Unit Operations and Processes in Environmental Engineering; Tom D. Reynolds, Paul A. Richards,) SciTech Media (1998)
- (17) 바우근, 배재호,양지위공역, 생물환경공학 (B.F. Rittman and P.L. McCarty, Environmental Biotechnology, McGraw-Hill Korea,) (2002)