

MBR/NF/RO를 이용한 가축폐수처리와 후탈질/응집가압부상을 이용한 잉여슬러지 및 농축수 처리 기술

Livestock Wastewater Treatment Using MBR/NF/RO and Application of Post-Denitrification and Air Flotation Process to Treat Excess Sludge and NF/RO Brine

나유미[†] · 배종복* · 문태훈 · 황윤영 · 이양우

Yumee Na[†] · Jongbok Bae* · Taehun Moon · Yunyoung Hwang · Yangwoo Lee

코웨이(주) · *새한인텍(주)

Coway · *Saehan Entech

(2013년 4월 29일 접수, 2013년 5월 27일 채택)

Abstract : Full scale livestock wastewater treatment plant (100 t/d) was constructed and operated to develop compact and cost effective treatment process for public plant as well as individual farm. Liquid form of livestock wastewater after belt press filter was treated through MBR/NF/RO. NF/RO brine water was mixed with livestock wastewater sludge and treated using denitrification, coagulation and air flotation process. Mixed effluent of NF/RO and air flotation meet public livestock wastewater treatment standard, BOD, T-N and T-P, 30 mg/L, 60 mg/L, 8 mg/L below, respectively. Condensed sludge of air flotation returned belt press filter. Dewatered cake contained 90% water and could be used fertilizer after mixing sawdust.

Key Words : Livestock Wastewater Treatment, MBR, NF, RO, Post-Denitrification, Air Flotation, Sludge Treatment RO Brine Water Treatment

요약 : 가축분뇨 공공처리시설 및 개별농가에서도 적용이 가능하도록 경제적이고 운영이 비교적 쉽고 간단하며 부지가 적게 소요되는 콤팩트한 처리시설을 개발하기 위하여 안성에 있는 M농가에 실규모의 처리시설(100톤/일)을 설치하고 공공처리시설 방류수 수질기준까지 처리할 수 있도록 운영하였다. 벨트프레스 탈수기를 통해 고액분리된 액상 가축분뇨는 MBR/NF/RO를 통해 처리되고 NF/RO농축수 및 가축분뇨처리 슬러지는 혼합한 뒤 탈질을 거쳐 응집가압부상을 통해 처리된다. MBR/NF/RO처리수와 가압부상조 유출수를 혼합 방류하면 공공처리장 수질기준 BOD 30 mg/L, T-N 60 mg/L, T-P 8 mg/L 이하가 달성된다. 가압부상 농축 슬러지는 벨트프레스 탈수기로 유입되어 고상 가축분뇨와 함께 탈수되어 분리된 고형물의 수분함량은 90%로 톱밥과 혼합되어 퇴비로 활용된다.

주제어 : 가축폐수처리, MBR, NF, RO, 후탈질, 응집가압부상, 잉여슬러지처리, 농축수처리

1. 서론

가축분뇨 발생량은 오·폐수의 1%에 불과하나 부하량은 37%를 차지하며 최근 축산업이 대형·기업화되고 있어 퇴·액비의 과다배출이 환경용량을 초과하여 하천 등의 주요 오염물질로 작용하고 있다.⁵⁾ 가축분뇨는 축산농가가 발생자 처리 원칙에 따라 직접 처리하는 것이 바람직하나 농경지확보가 곤란한 농가는 지원화처리가 어렵다

가축의 분은 BOD기준으로 36,000 mg/L~100,000 mg/L, 뇨는 2,000 mg/L~7,600 mg/L으로 방류수 수질기준인 30 mg/L(공공처리시설), 50 mg/L(허가대상배출시설, 특정지역), 150 mg/L(허가대상배출시설, 기타지역) 이하로 처리하기 위해서는 다양하고 Table 1과 같이 복잡한 공정이 필요하다. 또한, 주처리 공정의 안정적 운영을 위해 전처리에서도 높은 BOD제거율(22~70%)이 요구되며 따라서 전문적 지식이 없는 농가에서 이처럼 복잡한 공정을 적용하기에는 많은 어

려움이 있다.¹⁻³⁾

최근 환경부에서는 ‘가축분뇨 관리 선진화 종합대책’을 마련하여 가축분뇨를 공장폐수 수준으로 관리를 강화하며 2020년까지 공공처리시설 처리율 50% 달성을 위하여 약 1조7천억을 투자, 100개소를 신·증설하기로 하였다.⁴⁾ 이러한 환경부의 가축분뇨 선진화 대책의 가축사육제한구역 대상지역 확대 및 과밀지역 추가, 정화방류수 수질기준 강화, 퇴·액비의 비료관리법 준수, 특히 무허가, 미신고 배출시설 등에 대한 행정처분의 강화와 3억원 이하의 과징금 부과 등 강도 높은 규제에 대해 축산관련단체협의회와 농협중앙회에서는 축산현실을 외면한 일방적인 대책으로 판단하고 강력한 대응방침을 세우고 있는 현실이다.⁵⁾

2012년 가축분뇨의 해양투기 중단이후 해양투기 의존도가 상대적으로 높았던 경상남도의 경우 많은 어려움을 겪고 있다. 2011년 12월 해양투기 물량은 6만3천여톤으로 이중 94%인 5만9천톤이 경남·북 물량이었다. 양돈전문가들

[†] Corresponding author E-mail: youme@coway.co.kr Tel: 02-870-5179 Fax: 02-870-5247

Table 1. Flow chart and influent/effluent BOD quality of public livestock manure treatment plants²⁾

Treatment flow chart		BOD (mg/L)	
		Influent (pre-treatment)	Effluent
Liquid phase floatation	Grit remover (pre-treatment)→Denitrification/Nitrification→Mixing chamber→Flocculation→dehydrator→neutralization→Up-flow filter→Sand filter→Activated carbon absorption→Disinfection	25,337 (19,506)	1.4
HYCEM	Grit remover→Centrifuge (pre-treatment)→HYCEM→Nitrification reactor→1st Settling tank→SBR→Ozone media contact tank→2nd Settling tank→3rd Settling tank→Sand filter→Ozone contactor→Activated carbon absorption	15,870 (8,623)	3
Nix-MBR	Grit remover→Centrifuge (pre-treatment)→pressure floatation→Denitrification/Nitrification reactor→Screen→UF→Fenton oxidation→Neutralization→Settling tank→Activated carbon absorption	13,933 (5,953)	20
BCS	Grit remover→Centrifuge (pre-treatment)→BCS (SBR)→Pressure floatation→Ozone contactor→DBAF→Activated carbon absorption	14,230 (3,740)	17
B3	Grit remover→Multi step screen (pre-treatment)→1st Reactor→1st Settling tank→2nd Reactor→2nd Settling tank→Chemical sedimentation→Sand filter→Ozone contactor→Activated carbon absorption	21,892 (6,720)	25.5

은 해양투기가 전면 중단된 이후 경남·북의 많은 농가가 문을 닫았다고 주장한다. 2010년 1천 765농가에서 2012년 3/4분기에는 1천 374농가로 391농가, 약 22%가 감소하였다. 또한 한 양돈농가에서는 “말할 수는 없지만 알게 모르게 불법으로 처리하는 경우도 많다”고 밝혔다.⁶⁾ 고액분리시설을 갖추지 않는 농가도 많아 가축분뇨를 톱밥/왕겨와 섞어 퇴비화 하는 농가가 증가하는데 이에 따라 퇴비화비용이 증가하고 양돈가격 하락으로 농가의 경제적 어려움이 가중되고 있다.

따라서 가축분뇨 공공처리시설 및 개별농가에서도 적용이 가능하도록 경제적이고 운영이 비교적 쉽고 간단하며 부지가 적게 소요되는 컴팩트한 처리시설의 개발이 절실히 요구되고 있다. 가축분뇨의 고농도 부하도 안정적으로 처리하며 발생하는 슬러지도 퇴비화 가능한 처리 공정을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 연구방법

2.1. 실험재료 및 방법

2.1.1. 유입원수 성상

본 연구에서는 안성시 소재 M 양돈농가 모돈의 분과 뇨 혼합액을 응집제가 투입되는 벨트프레스에서 탈수한 탈리액을 유입원수로 사용하였으며, 2012년 1월부터 10월까지의 유입유량 및 오염물질 분석결과는 Table 2와 같다. 처리 대상수의 수온은 최저 7.0, 최대 27.1℃로 평균 17.0℃, pH는 7.1~8.1로 평균 7.6으로 측정되었다. 평균 유입농도는 BOD는 12,985 mg/L, COD_{cr}은 29,200 mg/L COD_{mn}은 2,658 mg/L, SCOD_{cr}은 26,155 mg/L, SS는 606 mg/L로 분석되었다. T-N 및 T-P는 각각 2,274 mg/L, 56 mg/L로 분석되었다.

2.1.2. 처리시설 공정

탈수공정을 거친 가축폐수를 무산소조, 호기조로 구성된

Table 2. Characteristics of water quality liquid livestock wastewater after coagulant addition belt press filter

Item	Minimum	Maximum	Average
Flow (m ³ /day)	48.0	52.8	50.2
pH	7.10	8.02	7.60
Temperature (°C)	7.0	27.1	17.1
BOD (mg/L)	12,770	13,200	12,985
COD _{cr} (mg/L)	27,400	41,300	29,200
COD _{mn} (mg/L)	3,040	2,450	2,658
SCOD _{cr} (mg/L)	24,500	38,640	26,155
SS (mg/L)	225	1,150	606
T-P (mg/L)	21.4	161.4	56
T-N (mg/L)	1,896	2,931	2,274
NH ₄ -N (mg/L)	1,140	2,250	1,875
NO ₃ -N (mg/L)	11.8	53.0	19.2

생물반응조에 유입시켜 유기물, 질소를 제거하고 분리막을 통해 부유물질을 제거하며, 질산성질소 및 색도는 NF/RO에서 제거한다. NF/RO 농축수는 잉여슬러지와 후탈질조에서 혼합되어 외부탄소원 주입에 의해 탈질이 일어나 질소가 제거되고 약품응집설비 및 가압부상을 통해 잔존 유기물, 인, 색도를 제거하여 NF/RO 처리수와 혼합 방류하는 공정으로 공정도를 Fig. 1에 나타내었다. MBR의 호기조의 MLSS는 평균 8,000 mg/L이며 HRT 20일, SRT 106일로 유지되었다.

2.1.3. UF 분리막의 특성 및 운전조건

UF 분리막은 생물반응조 후단에 침지식으로 설치되어 있으며, PVDF 재질의 중공사막으로 공극크기는 평균 0.04 μm이며, Flux는 12 LMH로 운전하였고 분리막의 특성 및 운전조건은 Table 3에 나타내었다.

MBR 공정 후단 막분리 호기조내 분리막(pore size 0.04 μm)에 의해 여과된 처리수는 대부분의 Colloid입자를 제거함으로써 후속 공정인 NF/RO 시스템의 전처리 역할로 NF/RO 공정을 안정적으로 운전할 수 있게 한다.

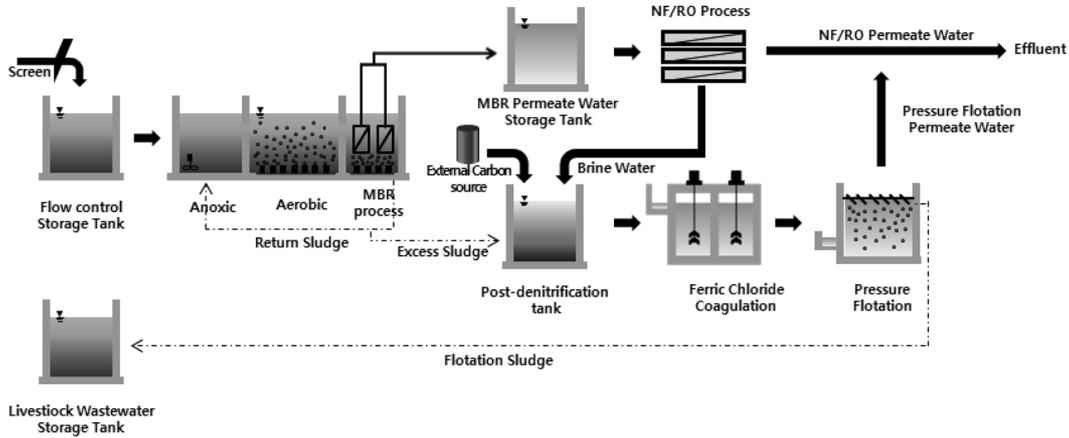


Fig. 1. Schematic diagram of the pilot plant.

Table 3. Characteristics of UF membrane

Item	Characteristics
Pore size (μm)	0.04
Membrane material	PVDF
Membrane type	Hollow fiber
Operating pressure (kgf/cm ²)	0.07~0.55
Operating type	Submerged Type
Cycle	10 min Filtration, 40 sec Backwashing
TMP (kgf/cm ²)	0.18~0.22 (0.20)*
Chemical usage	Sodium Hypochlorite (2 times/wk) Citric acid (1 time/wk)
Surface area (m ²)	232
Flux (LMH)	Filtration : 12, Backwashing : 30
Permeability (LMH/(kgf/cm ²))	52.9~69.4 (59.9)
Permeability (@20°C) (LMH/(kgf/cm ²))	35.3~60.2 (46.6)

* min,~max., (mean)

Table 4. Characteristics of NF/RO membrane operation

Item (Average value)	Characteristics
Influent flow (m ³ /hr)	13.2
Permeate flow (m ³ /hr)	10.2
Concentrate flow (m ³ /hr)	3.0
Recovery (%)	77.0
Inflow pressure (kgf/cm ²)	11
Concentrated pressure (kgf/cm ²)	10
ΔPD (kgf/cm ²)	1.0
Chemical usage	Sodium hydroxide (twice a week) Citric acid (twice a week)

Table 5. Denitrification process operation condition

Item	Inflow
NF/RO brine water	15 m ³ /d
MBR sludge	10 m ³ /d
External carbon source (Methanol 99%)	20 L/d
Retention time	16 hr

2.1.4. NF/RO 공정의 특성 및 운전조건

RO막은 공경이 매우 작아 1가 이온까지 99% 이상 제거가 가능하지만 고농도의 폐수를 처리할 경우 높은 압력을 필요로 한다. 따라서 1단 내 NF막과 RO막을 2:1 비율로 장착한 NF/RO공정을 선정하여 NF막에서는 1가 이온 제거율을 낮게 하고 높은 여과 속도를 유지하게 하며, RO막에서는 오염물질을 고도로 처리함으로써 처리수 수질을 향상시켜 결과적으로 처리수의 수질과 회수율을 동시에 달성할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 적정수질 달성은 물론이고 회수율을 향상(농축수 발생량 감소)시킬 수 있다.

또한 NF막에 의한 1가 이온의 처리수중 배출로 고압펌프의 운전압력을 저하시켜 동력비 절감과 저압에서 가동함으로써 막의 수명을 연장시킬 수 있다. NF/RO 공정은 격일로 운전되며 운전완료 후 수산화나트륨과 구연산으로 세정한다.

2.1.5. 탈질 공정의 특성 및 제원

NF/RO 공정에서 발생된 농축수에는 고농도의 질산염과

난분해성 유기물이 함유되어 있다. 따라서 탈질공정을 거쳐 질소 제거를 위해 탈질조에 MBR 잉여슬러지와 NF/RO 농축수를 혼합하고 외부탄소원을 투입하였다. MBR잉여슬러지는 연속적으로 투입되고 NF/RO농축수는 NF/RO가 운전되는 격일로 유입된다. 농축수 유입 후 외부탄소원으로 메탄올을 주입하고 16 hr 동안 혼합하여 탈질을 유도한다.

2.1.6. 약품응집처리 및 가압부상 공정의 특성 및 제원

탈질공정을 거친 NF/RO 농축수, MBR 잉여슬러지 혼합액은 MLSS농도가 8,000~9,000 mg/L 이상으로 침전으로 고액분리가 어렵기 때문에 응집처리 후 가압부상공정을 선택하였다. 무기응집제로 염화 제2철(FeCl₃) 사용시 많은 알칼리도가 소비되며 이 과정에서 CO₂ 가스가 다량 발생되어 슬러지가 부상하여 후단의 가압부상설비의 효율을 높여준다. 유입수 라인에 보조응집제로 폴리머를 투입하여 응집효율을 높였다. 약품응집처리 공정 조건 및 가압부상조의 제원

Table 6. Specifications of chemical coagulation

Item	Specifications
FeCl ₃ feed tank	10 m ³
FeCl ₃ feed pump	1 L/min × 0,04 kW
FeCl ₃ feed rate	4,6 kg/m ³
Polymer solution tank	1,0 m ³
Polymer feed pump	1 L/min × 0,04 kW
Polymer feed rate	0,3 kg/m ³

Table 7. Specifications of pressure flotation equipment

Item	Specifications
Size	300 W × 900 L × 1,200 H
Pressure pump	0,05 CMM × 55 mH × 0,8 kW
Pressure Tank	φ500 × 1000H
Compressor	9 kg/cm ² × 2,2 kW
Scum Pump	0,02 CMM × 10 mH × 0,75 kW

은 Table 6, 7에 각각 나타내었다. 탈질공정에서 투입된 메탄올은 가압부상조에서 증발되어 제거된다.

2.2. 분석방법

본 연구의 모든 수질 분석방법은 공정시험법 및 Standard Method (1998, USA)에 준하게 실험을 진행하였으며, HACH사의 DR 5000을 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 오염물질 처리효율

3.1.1. 유기물 처리효율

Table 8. Soluble COD_{cr} removal efficiency of livestock wastewater

Item	Concentration (mg/L)		Removal efficiency (%)
	Livestock wastewater	Final effluent	
SCOD _{cr}	24,500~38,640 (26,155)	21,0~46,6 (34,7)	99,9

* min,~max., () is arithmetic mean

Table 9. T-N removal efficiency of livestock wastewater

Item	Concentration (mg/L)		Removal efficiency (%)
	Livestock wastewater	Final effluent	
T-N	1,140~2,760 (1,927)	36~48 (42,2)	97,8

* min,~max., () is arithmetic mean

COD_{cr}는 평균 26,155 mg/L이며 SCOD_{cr}의 경우 평가기간 동안 24,500 mg/L~38,640 mg/L으로 유입되며, 최종방류수의 농도는 평균 34.7 mg/L로 안정적으로 배출되었다. SCOD_{cr} 처리효율 및 농도변화를 Table 8 및 Fig. 2에 나타냈다.

3.1.2. T-N 처리효율

유입수의 T-N은 평균 2,274 mg/L이며 용존 T-N의 경우 유입수는 1,140 mg/L~2,760 mg/L 범위로 유입되며, 방류수 농도는 평균 42.2 mg/L로 안정적으로 배출되었다. T-N 처리효율 및 농도변화를 Table 9 및 Fig. 3에 나타냈다.

3.1.3. T-P 처리효율

유입수의 T-P은 평균 55.7 mg/L이며 용존 T-P 농도는 8.0 mg/L~106 mg/L로 유입되었으며 최종방류수의 농도는 평균 0.8 mg/L으로 안정적으로 배출되었다. T-P 처리효율 및 농도변화를 Table 10 및 Fig. 4에 나타냈다.

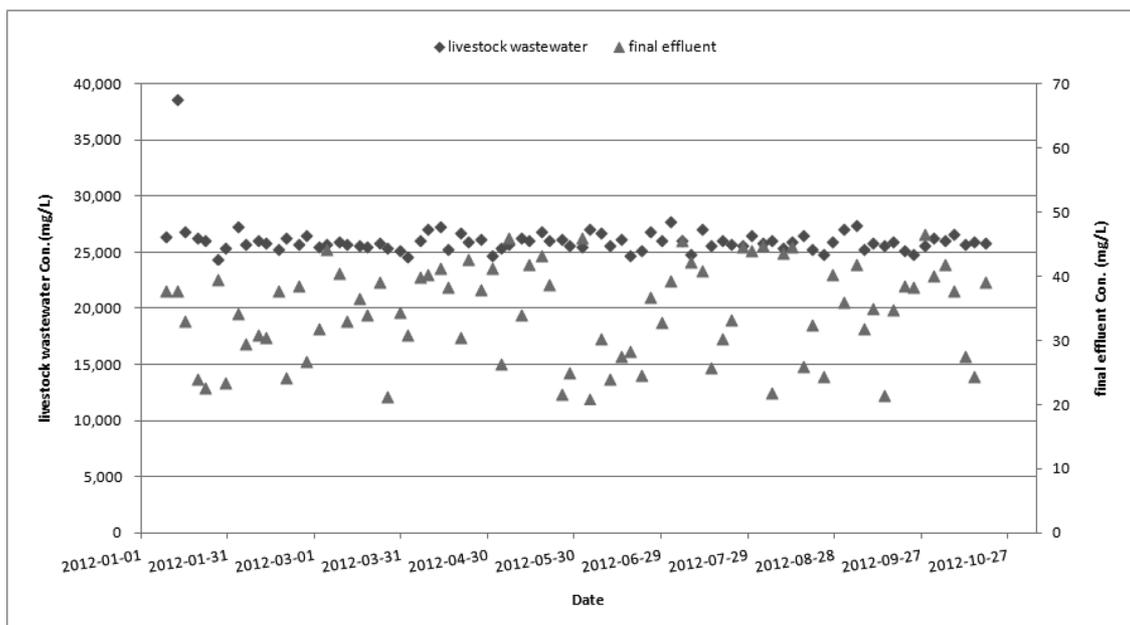


Fig. 2. Soluble COD_{cr} variation of livestock wastewater and effluent.

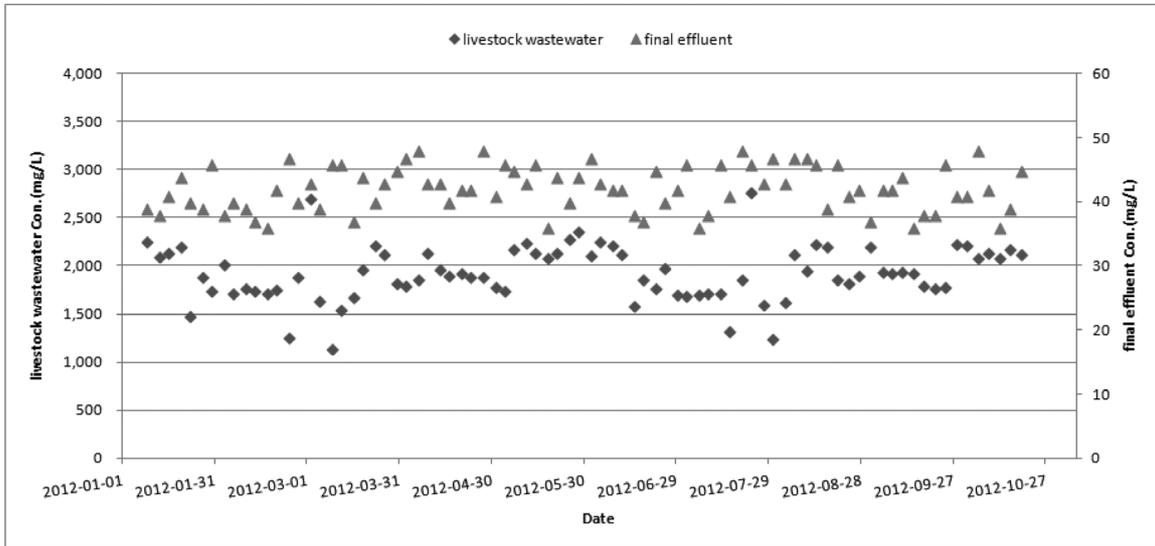


Fig. 3. Soluble T-N variation of livestock wastewater and effluent.

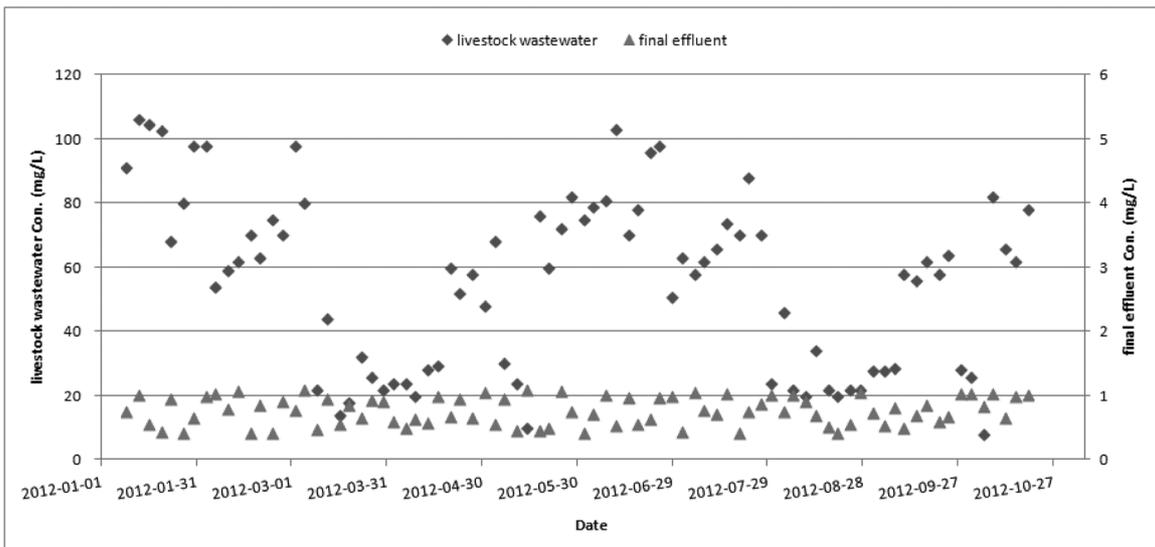


Fig. 4. Soluble T-P variation of livestock wastewater and effluent.

Table 10. T-P removal efficiency of livestock wastewater

Item	Concentration (mg/L)		Removal efficiency (%)
	Livestock wastewater	Final effluent	
T-P	8.0~106 (25.7)	0.42~1.09 (0.8)	98.6

* min, ~max, () is arithmetic mean

3.2. 단위공정별 농도변화

3.2.1. 유기물 농도변화

단위공정별 유기물질의 거동을 알아보기 위하여 각 반응

단계별 SCOD_{cr}의 농도를 Table 11에 나타냈다. 유입수의 평균 농도는 26,155 mg/L이며, 생물반응조인 무산소조와 호기조의 평균 농도는 1,955 mg/L, 680 mg/L이며, UF처리수와 NF/RO처리수의 평균 농도는 566.4 mg/L, 13.7 mg/L로서 각각 97.8%, 99.9%의 제거효율을 보였다.

NF/RO농축수의 경우 평균 농도는 744 mg/L로 나타났으며, 잉여슬러지와 혼합하여 탈질을 거친 유기물 평균농도 524 mg/L로 나타났다. 최종방류수의 SCOD_{cr}의 평균 농도는 34.7 mg/L이며, BOD 농도는 1.6 mg/L로 나타났다.

Table 11. Variation of SCOD_{cr} concentration in each reactor

Item	Live stock waste water	Anoxic	Aerobic	UF permeate	NF/RObrine water	NF/RObrine water + Excess sludge	NF/RO permeate	Pressure flotation	Final effluent
SCOD _{cr} (mg/L)	26,155	1,955	680	566.4	744	524	13.7	41.3	34.7
BOD (mg/L)	13,200	-	-	-	-	-	-	-	1.6

Table 12. Variation of soluble T-N concentration in each reactor

Item	Live stock waste water	Anoxic	Aerobic	UF permeate	NF/RObrine water	NF/RObrine water + Excess sludge	NF/RO permeate	Pressure flotation	Final effluent
Soluble T-N (mg/L)	1,927	352,9	127,3	120,0	222,6	98,6	28,7	44,7	42,2
NH ₃ -N (mg/L)	1,875,1	116,1	5,3	2,4	5,4	1,7	1,7	1,6	1,6
NO ₃ -N (mg/L)	19,2	14,5	41,7	39,0	71,7	40,6	26,1	38,2	32,4

3.2.2. 질소 농도변화

T-N농도는 평균 2,274 mg/L(용존 T-N 1,927 mg/L)로 유입된 후 생물반응조에서 질산화/탈질 과정을 거쳐 최종 UF 처리수는 120 mg/L, NF/RO 생산수의 경우 28.7 mg/L로 나타났다.

NF/RO농축수의 T-N농도는 평균 222.6 mg/L이며 잉여슬러지와 혼합하여 약 200~210 mg/L의 농도로 후탈질조에 희석되고 외부탄소원 주입에 의한 탈질 이후 T-N은 평균 98.6 mg/L이며, 가압부상처리 후 평균 44.7 mg/L로 나타났다. 가압부상처리수는 NF/RO처리수와 혼합되어 최종방류되며 이때의 T-N농도는 42.2 mg/L로 공공처리장 방류수 처리 기준 50 mg/L 이하를 만족하였다.

3.2.3. 인 농도변화

T-P는 평균 55.7 mg/L(용존 T-P 25.7 mg/L)로 유입된 후 생물학적 처리공정 및 UF 처리 이후 12.2 mg/L로 처리되고 NF/RO를 거치면 0.7 mg/L로 나타난다. 축산폐수는 탈수기에 철염투입으로 고형물과 함께 인이 전처리에서 많은 부분 제거되어 MBR로 유입되는 농도가 매우 낮은 특징을 지니고 있다.

NF/RO 농축수는 잉여슬러지와 혼합 후 응집부상되어 처리되기 때문에 가압부상 처리수의 T-P는 1.3 mg/L로 나타났다. 최종방류수의 농도는 0.8 mg/L로 공공처리장 방류수 수질기준 8 mg/L 이하보다 매우 낮은 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

3.2.4. 수온에 따른 질소제거율

호기조의 평균 수온은 33℃로 동절기에 최저 수온 26.6℃, 하절기에 최고 수온 39.5℃로 나타났으며, pH는 평균 7.85로 7.4~8.19 범위로 측정되었다.

MBR의 질소제거율은 Fig. 5와 같이 평균 93.2%로 90.2~97.9%의 범위로 보였으며, 90% 이상의 효율을 보였다. 고농도 유기물의 산화과정에서 발생하는 열로 인해 겨울에도 높은 수온이 유지된다. 따라서 동절기에도 최저 수온이 26.6℃로 높게 나타나며 하절기 고온에서도 질산화/탈질 효율에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

이는 가축분뇨 처리시설의 경우 유입수의 유기물 농도가 고농도이므로, 미생물의 유기물 분해가 발열 반응이기 때문인 것으로 판단된다.

Table 13. Variation of soluble T-P concentration in each reactor

Item	Live stock waste water	Anoxic	Aerobic	UF permeate	NF/RObrine water	NF/RObrine water + Excess sludge	NF/RO permeate	Pressure flotation	Final effluent
Soluble T-P (mg/L)	25,7	18,9	17,5	12,2	17,4	8,3	0,7	1,3	0,8

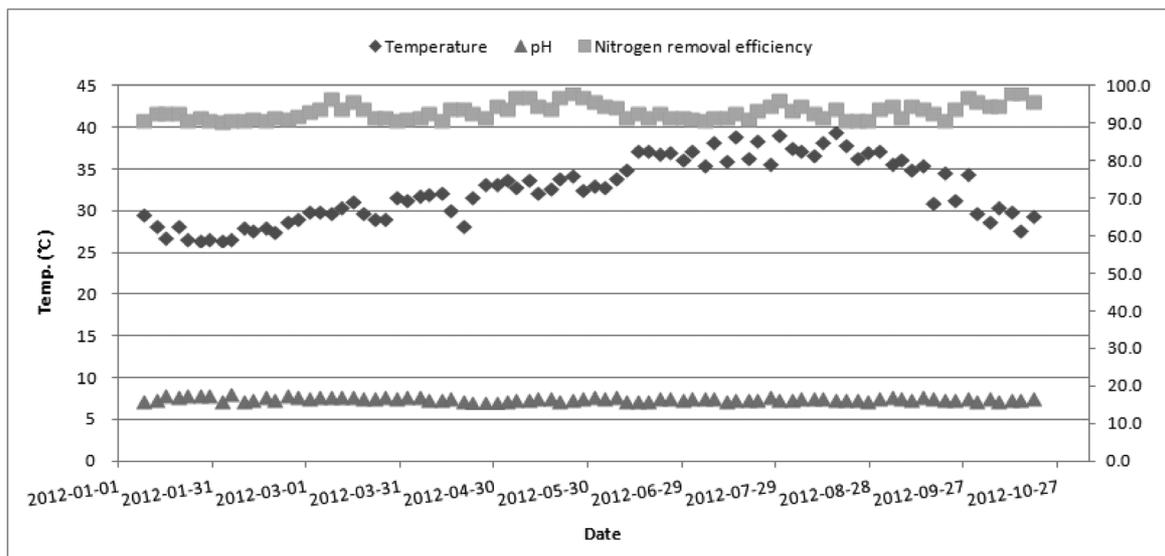


Fig. 5. Variation of nitrogen removal efficiency according to temperature.

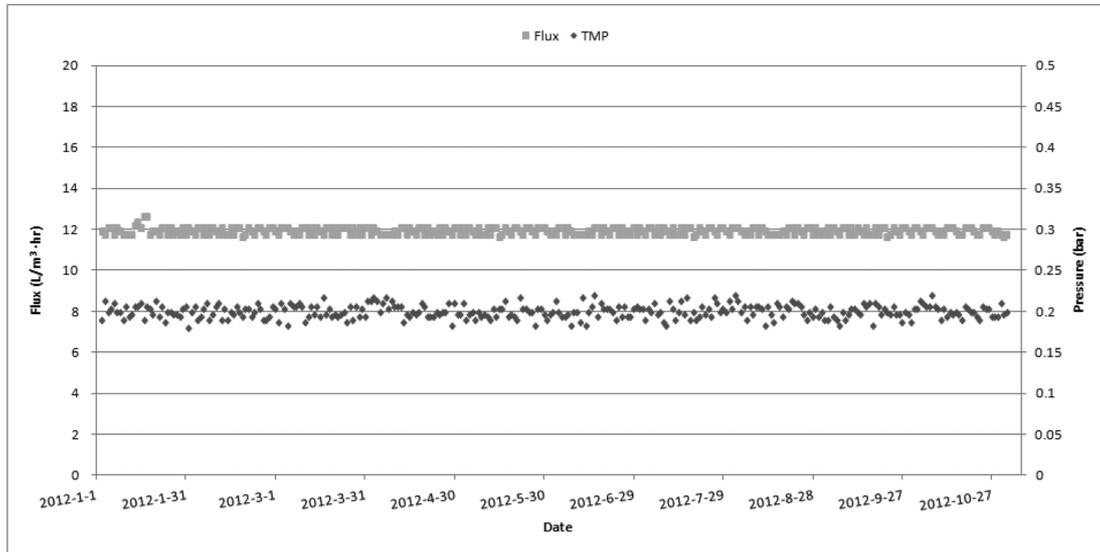


Fig. 6. Variation of UF flux and TMP.

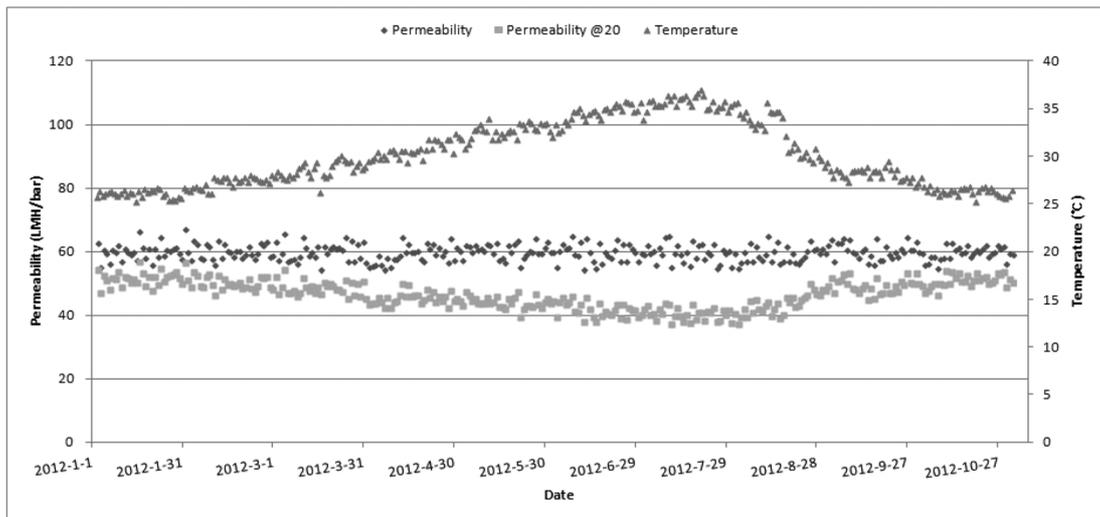


Fig. 7. Variation of UF permeability.

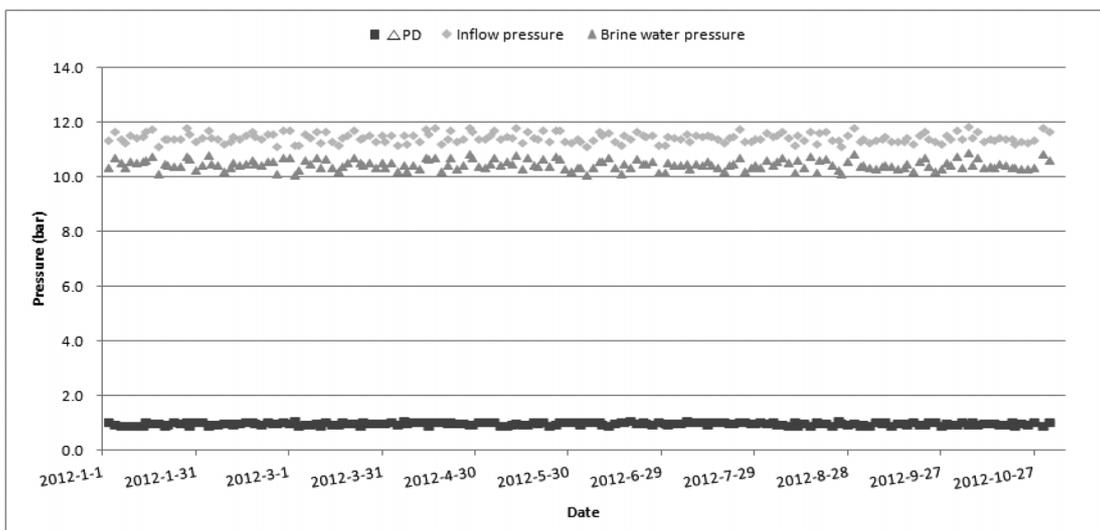


Fig. 8. Variation of NF/RO inflow pressure and brine water pressure.

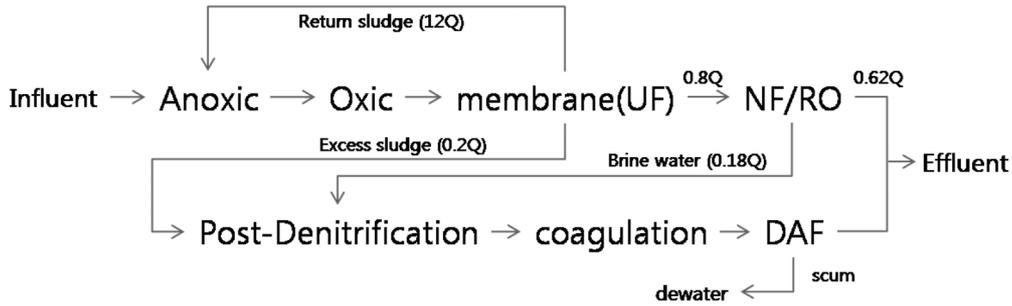


Fig. 9. Process flow chart of the pilot plant.

3.2.5. UF 분리막 운전성능

TMP 0.18~0.22 kgf/cm²으로 평균 TMP 0.20 kgf/cm²을 유지하였으며, Flux는 평균 12.0으로 11.6~13.8 LMH로 안정적으로 운전이 가능하였다. Fig. 6에 Flux 및 TMP 변화를 나타냈다. 총 운전기간 304일 동안 CIP 없이 운전이 가능하였다.

Permeability (20℃) 역시 안정적인 TMP로 운전이 가능하여 35.5~60.2 LMH/kgf/cm²으로 평균 46.6 LMH/kgf/cm²으로 안정적으로 나타났다(Fig. 7)

3.2.6. NF/RO 운전성능

NF/RO유입수의 전도도는 10,000 uS/cm로 매우 높은 수준이나 평균 유입압력은 11 kgf/cm²으로 운전기간 동안 안정적으로 유지되었으며, 회수율은 75.2~78.9%로 평균 77.0%로 일정하게 나타났다.

한다. 개별농가(신고, 허가)는 기준치가 높아 MBR만으로도 수질기준은 만족하나 MBR 처리수의 경우 색도가 매우 높아 그대로 방류할 경우 인근 하천의 미관을 저해하며 민원의 소지가 되기 때문에 NF/RO 설치가 권장된다.

3) 분리막의 평균 유입유량은 2.7 m³/hr였으며, 304일 운전기간동안 CIP없이 유지세정만으로 TMP 0.18~0.22 kgf/cm²으로 평균 TMP 0.20 kgf/cm²을 유지하였으며, Flux는 평균 12.0 LMH로 11.6~13.8 LMH로 안정적으로 운전이 가능하였다.

4) NF/RO유입수의 전도도는 10,000 uS/cm로 매우 높은 수준이나 평균 유입압력은 11 kgf/cm²으로 운전기간 동안 안정적으로 유지되었으며, 회수율은 75.2~78.9%로 평균 77.0%로 일정하게 나타났다.

KSEE

4. 결론

1) 가축분뇨처리와 처리과정에서 발생하는 잉여슬러지 및 NF/RO 농축수도 처리하여 공공처리시설 및 개별농가에서도 적용이 가능하며 Table 1에서 제시한 기존 공공처리시설보다 공정이 간단하고 부지가 적게 소요되는 콤팩트한 처리시설을 Fig. 9와 같이 개발하였다.

2) 탈수공정을 거친 가축폐수는 CODcr 29,200 mg/L, BOD 12,985 mg/L, SS 606 mg/L, T-N 2,274 mg/L, T-P 32.5 mg/L의 농도를 지니며 MBR/NF/RO로 처리하여 CODcr 13.7 mg/L, T-N 28.7 mg/L, T-P 0.7 mg/L로 처리된다. NF/RO농축수는 MBR슬러지와 함께 탈질/응집가압부상되어 CODcr 41.3 mg/L, T-N 44.7 mg/L, T-P 1.3 mg/L이 되며 최종 방류수 수질은 CODcr 34.7 mg/L, BOD 1.5 mg/L, T-N 42.2 mg/L, T-P 0.8 mg/L로 공공처리장 방류수 수질 기준을 만족

참고문헌

- Gwak, J. H., "Excrement volume and characteristics across stages of pig growth," National Livestock Research Institute (2011).
- Yim, S.-G., "Operation condition and effective mangement about public livestock manure in treatment plant," (2011).
- Lee, J. G., "Master planning of livestock manure management," Daejeon Development Institute, Policy Study Report, 2009-15, (2009).
- Ministry of Environment, Advanced Comprehensive Counter Measures Livestock Manure Management(2009).
- Korea Pork Producers Association, Announcement of Governmental Advanced Comprehensive Counter Measures Livestock Manure Management. Council of Livestock Industry, Strong Opposition of One-Sided Regulation (2012/05/30).
- Hyundai Livestock News, Diagnose/Livestock Manure Sea Dumping Stop One Year, Outcome and Task (2012/12/03).