

## MBR(Membrane Bioreactor:A/O)공정과 나노여과를 이용한 축산폐수 고도처리

장경국, 배태현, 김은영, 장하원, 탁태문  
서울대학교 생물자원공학부

### Advanced Swine Wastewater Treatment with using Membrane Bioreactor(A/O) and Nanofiltration

Gyoung-Gug Jang, Tae-Hyun Bae, Eun-Young Kim, Ha-Won Jang,  
Tea-Moon Tak

School of Biological resource & material engineering ,  
Seoul National University

#### 1.서론

축산폐수에 대한 방류수 수질기준 항목에 COD의 추가 및 질소와 인의 기준이 강화(1999년)됨에 따라 많은 축산폐수처리시설의 보강과 새로운 기술도입이 요구되고 있다. 따라서 대부분의 공공처리시설에서는 질소 및 인을 제거하기 위하여 2차 처리단계에서 무산소조(탈질조)와 호기성(포기조)를 연계한 생물학적 질소제거를 실시하고, 최종처리단계에서 응집제 투입에 의한 응집·침전공정후 모래여과 또는 활성탄 흡착공정에 의한 인과 색도제거 하는등, 생물학적 처리 및 물리·화학적 처리시설이 추가적으로 보완·적용단계에 있다. 하지만 축산폐수의 고도처리 부문은 연구단계에 있는 상태로서 실규모 시설에서 유기 물질 및 영양염류의 안정적인 처리가 이루어질 수 있는 안정적인 처리공정의 있지않다.

이러한 문제점의 원인으로는 생활하수나 오수등에 적용되는 생물학적 처리 공정의 방식을 단순히 scale up을 통한 처리하려고 시도하였기 때문이다. 다른 폐수들과 달리 축산폐수는 높은 SS와 고농도 유기염류, 그리고 많은 난분해성물질의 함유를 특징으로 하기 때문에 단일처리공정만으로 힘들어 각 성상별 처리에 관한 새로운 개념의 폐수처리 시스템이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

이와 같은 상황에서 기존 시스템보다 처리효율이 높고 안정적인 처리수질을 가지는 처리시스템으로 분리막 생물반응기와 나노여과 공정을 각각 주처리, 후처리 공정에 도입하여 고도처리와 함께 방류수 기준에 적합한 처리수를 생산하는 방법을 고려해보았다.

## 2.이론

축산폐수의 활성슬러지 법을 이용한 생물학적 처리시 가장 문제시되는 바는 고농도의 유기염류와 난분해성 물질에 의한 활성저하에 따른 슬러지벌킹과 foaming 형성은 심각한 유출 수질악화를 초래 그 기능을 상실하고 있다. 이러한 문제를 분리막 생물반응기(MBR; Membrane bioreactor)이 해결할 수 있다. MBR은 기존의 생물학적 처리의 중력침전에 의한 슬러지의 분리를 분리막으로 대체하여 반응조내의 고농도 미생물 유지 및 질산화균과 같은 성장속도가 늦은 미생물 보유를 통한 처리 효율이 증가되고, 막에 의한 수처리가 결합되어 유출수의 수질이 향상되고 병원균의 제거도 어느 정도 가능한 우수한 수처리 시스템이다. 또한 생물학적 처리 조건에 상관없이 처리 수질이 안정적이라는 장점을 가지고 있다. 따라서 현 축산폐수 처리장에 적용시 과부하를 처리하기 위한 응집제 및 염소처리 비용을 절감할 것이라고 예상된다.

또한 현재 정수처리에서 큰 관심을 가지고 있는 나노여과 공정을 마지막 고도처리 부분에 적용시켜 후처리의 난분해성 물질에 관하여 화학적 응집제나 염소처리 없는 방류수를 생산하는 시스템의 적용성을 가늠해보고자 한다.

## 3.실험 장치 및 방법

본 실험에 사용된 원수는 서울대학교 부속실험목장에서 발생하는 양돈분뇨를 1차 진동스크린을 통해 고액분리된 것을 실험 원수로 사용하였으며, 반응조에 유입시에는 세척수와 MBR처리수로 초기 10배 희석하여 농도를 낮춘 후 유입농도를 점차 높여가며 실험을 수행하였다.

본 연구에 사용된 장치는 침지형 평막(퓨어엔비텍)을 이용한 MBR system으로 질소 제거를 위하여 포기조와 무산소조를 전면 설치하였다. 실제 적용가능성을 높이기 위하여 실험규모는 pilot scale로서 무산소조 1 ton, 포기조 2 ton, MBR조 0.5 ton으로 전체 3.5 ton의 규모이며 하루 처리용량은 700L 이다. 미생물 적응기간을 포함하여 전체 200일간을 정지 없이 계속적으로 운전하였으며, MBR 처리수에 대하여 실험실 자체 제조한 nano막과 구 상용막을 이용하여 batch 실험을 하여 방류수 기준에 합당한 처리수를 생산가능성을 타진하고자 하였다.

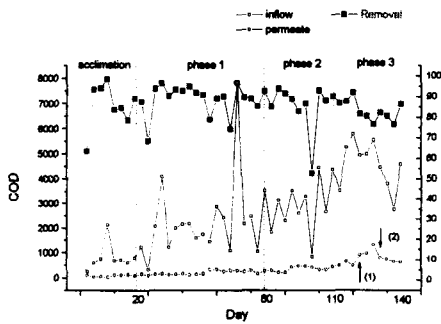
## 4.결과 및 토론

### 4.1 A/O MBR 운전

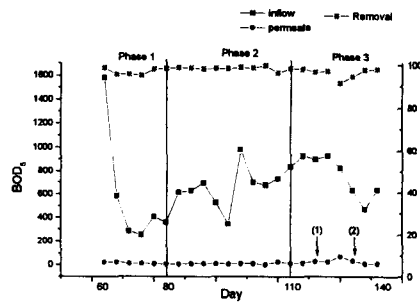
140여일 동안 정지 없이 반응조가 운전되었으며, COD의 경우 전체 평균 85%의 제거효율 가진 반면 COD 대비 20% 내외의 BOD의 경우 전체적으로 95%이상의 높은 제거효율을 보였다.

총 질소의 제거율을 BOD 나 COD 제거에 비하여 상당히 불안한 거동을 보였다. 미생물의 성장을 도모해서 슬러지 폐기가 없었던 초기 phase 1에서 다소 높았던 제거율은 대부분의 질소제거가 미생물의 세포합성에 의해서 제거된 것으로 생각된다. phase가 진행됨에 따라 질소제거율은 계속적으로 떨어져서 대략 40% 내외의 제거율을 보였기 때문에 초기 고농도의 질소제거 공정이나 후단 질소제거 공정이 필요하였다.

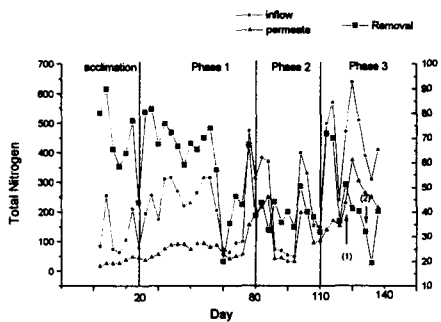
총 인의 제거율 또한 TN과 마찬가지로 상당히 불안한 거동을 보였는데 phase 1과 phase 2를 거쳐 제거효율이 떨어지던 총인의 비율이 phase 3에서 평균제거율이 2배 이상 상승하였다. 이것은 앞서 생각했듯이 급격히 증가한 미생물량에 폐기되는 슬러지 량의 증가로 제거효율이 좋아진 것으로 사료된다.



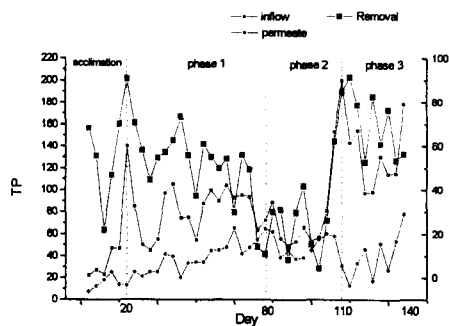
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 1. Variation of several nutrients removal phase with time a) COD b)BOD c) TN d)TP

(1) DO deficiency with rapid increase of MLSS(DO=0.26)

(2) DO increase with addition of air blower in aerobic reactor

#### 4.2 MBR 처리수에 대한 Nanofiltration 적용

분리막에 문제가 생기지 않는 한 막결합 연속 A/O 반응조는 부유물이 존재하지 않은 유출수를 안정적으로 공급한다. 하지만 세공을 통과하는 저분자량의 난분해성 COD와 색도유발물질에 의하여 전체적인 유출수는 노란색을 띄고 있으며 그 수질이 법적기준에 미치지 못하였다. 이에 후단공정으로 나노여과방식을 첨부하여 몇몇 인자를 제외한 색도가 제거된 유출수를 얻을수 있었다.

	<i>COD<sub>cr</sub></i>	<i>TN</i>	<i>TP</i>
<i>MBR (10/13) Permeate</i>	198	249	38.4
<i>Nanofiltration "s"</i>	11	77	0
<i>MBR (12/03) Permeate</i>	720	225	81.6
<i>Nanofiltration Preparation in lab</i>	94	12	2.8
<i>Nanofiltration "s"</i>	129	50	0.9

10/13: flux = 53 LMH ("s") 12/03 = 92LMH ("lab), 49LMH ("s")  
Lab : Piperazine 2% + Camphoursulfonic acid 1.5% + TMC 0.1%

Table 1. Permeation characteristics of Nanomembranes prepared by lab and commercial corporation about MBR permeate

#### 5.참고문헌

- 1) Tae-hyun Bae, Sung-soo Han and Tae-Moon Tak, "Membrane sequencing Batch Reactor System for the Treatment of Dairy Industry Wastewater." Process Biochemistry 39, pp 221-231
- 2) 황규대, 조철휘, 정민모 "무산소-호기공정을 이용한 축산폐수처리에서 유입수 C/N비와 내부반송률이 질소 제거에 미치는 영향." 대한환경공학회 vol 21 No. 11. pp 2205~2220, 1999
- 3) 류장현, 강선홍 "MBR을 이용한 축산폐수처리" 물환경학회지, 19권 3호 pp 301~310. 2003