

## 양돈폐수 처리를 위한 나노여과 회전판형 분리막 모듈의 특성 연구

이 영, 최 찬 섭\*, 노 수 흥  
연세대학교 보건과학대학 환경공학부, (주)한국환경기술\*

### NF-RDM Characteristics for the Swine Wastewater Treatment

Lee Young, Choi Chansup\*, Noh Soohong  
School of Environmental Engineering, Yonsei University  
Korean Environmental Technology Co. Ltd.\*

#### 1. 서론

농업부문의 주요 수출산업으로서 양돈산업의 비중이 커지면서 양돈산업이 점차 활성화 되고 있는 추세이다. 이에 따른 축산 분뇨의 발생량 역시 급증하게 되어 환경적 문제를 야기시키고 있다. 또한 양돈 폐수는 그 특성상 일반 오, 폐수와 달리 고농도의 유기성 오염물과 영양염류를 함유하고 있어 기존 생물학적 처리공정만으로는 그 효율이 낮고 안정적인 처리수질의 확보가 어렵다.

본 연구에서는 양돈폐수 처리를 위한 기존의 나노여과막 회전판형 모듈을 막면적을 증대시키고 투과능의 향상을 위해 연속 역층격식 모듈을 제작하여 기존 회전판형 모듈과 비교실험 하였고, 역삼투 분리막의 막오염을 일으키는 중요한 요인인 스케일의 형성을 억제하기 위해 연속농축 과정에서의 결정화에 의한 이온 제거특성을 살펴보았다. 기존의 연구에서 양돈폐수에 대한 나노여과 회전판형 모듈은 안정된 투과특성을 보여주었으며[4], 연속 역층격형 모듈을 이용한 회전판형 모듈은 다른 폐수에 적용된 사례가 있다[5].

회전판형 막 모듈은 표면유속을 증가시키기 위해 압력을 높여 유속을 증가시키는 대신 막 자체를 회전시켜 높은 전단응력(shearstress)으로 난류(turbulence)를 형성하여 케이크층과 농도분극 현상을 감소시킬 수 있다. 회전판형분리막 모듈에서의 투과특성은 일반적인 경계층 저항 모델(Resistance-in-series model)을 기초로 발전하여 다음의 (1)식으로 나타낼

수 있다.

$$J = \frac{\Delta P_t}{R_m' + \alpha (C_B)^\beta (\omega r)^\gamma \Delta P_t} \dots\dots\dots (1)$$

(  $R_m'$  :  $R_m + R_f$ ,  $C_B$  : Bulk concentration of the rejected solute,  $\omega$  : Angular velocity,  $r$  : Radius of plate,  $\phi$  : Coefficient of epn.,  $\alpha, \beta, \gamma$  : Values of eqn. )

## 2. 실험준비 및 방법

실험에 사용된 회전판형 분리막 모듈에서 회전판은 ABS 재질의 팔각형으로 되어있고 2개의 회전축으로 구성되어 있으며 각 회전축에 회전판막을 최대 10개(3.3m<sup>2</sup>) 까지 끼어 넣고 housing안의 중앙에 수직으로 설치하여 오염물질을 효과적으로 탈락시킬 수 있게 만들었으며 회전판막 사이에는 다른 회전판막이 겹치게 되는 형태로 운전된다.

개선된 형태의 역충격형식 회전판 모듈에서 지지판은 중앙의 구멍 외에 중심원에서 4mm 떨어진 거리에 판 자체에 15mm의 구멍을 만들어 직경 4.8mm, 무게 0.5g의 스테인리스 구슬이 움직일수 있는 공간을 주었다. 이 구멍과 중심의 구멍사이에는 직경 2mm의 구멍이 있어 판의 회전시 구슬에 의해 유로가 되는 구멍이 막혀 연속적인 역충격을 주기 위한 것이다.

NF-RDM에 사용된 분리막은 TRISEP사의 XN-45을 사용하였고 실험에 사용된 원수는 별도의 전처리없이 협잡물을 제거하기 위해 1mm채로 거른 슬러리상태의 양돈폐수로 실험하였다. 운전 조건은 압력과 회전속도 그리고 원수농도를 변화시켜 그 투과특성을 살펴보았다. 연속농축은 회전판막 housing 내에서 일어나며 원하는 농축 배수를 유지할 때 까지 펌프로 압력을 유지하며 원수를 하우징 내로 밀어 넣어 농축하였으며 농축이 끝나면 배수를 시키고 다시 농축을 반복하였다.

## 3. 결과 및 토론

기초특성 실험에서 투과면에서 유체 흐름에 의한 저항( $R_{pe}$ )은 분리막의 저항( $R_m=7.8108\text{kPa/LMH}$ )에 비해 0.6%미만으로 매우 작았으며 회전에 의한 압력손실은 미끄럼 흐름에 의한 압력손실( $P_{slip}=2.1834*(\omega r)^2$ )이 대부분이었다. 양돈폐수의 투과율은 회전속도, 유효압력의 증가에 따라 증가하였고, TS농도가 감소함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 4kgf/cm<sup>2</sup>이상에서는 투과율의 상승이 적었다. 같은 선속도와 TS농도 조건에서 역충격식 모듈의 투과율이 2.5%정도 높았으며, 같은 압력, TS농도 조건에서는 3.1%

정도가 높았다. 또한 같은 TS농도, 같은 선속도 조건에서는 2.5% 정도가 높았다. 투과율의 상승정도가 크지 못한 이유는 모듈의 지름이 500mm로 증가하여 역충격의 힘이 분리막이 부풀어오르며 그 힘을 흡수하기 때문이라 사료된다. 따라서 세라믹 분리막을 적용한다면 역충격의 효과가 증대될 것으로 예측된다.

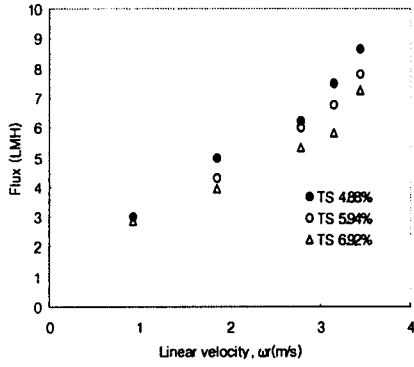


Fig. 1 Effect of linear velocity on flux for different TS at 4kg/cm<sup>2</sup> (Convention)

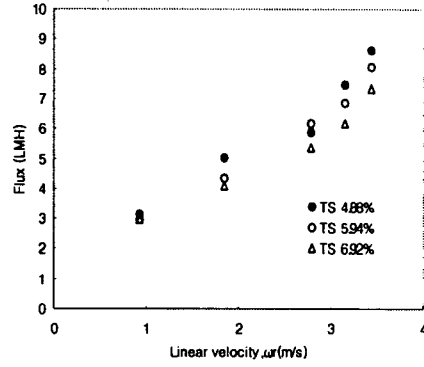


Fig. 2 Effect of linear velocity on flux for different TS at 4kg/cm<sup>2</sup> (Backpulse)

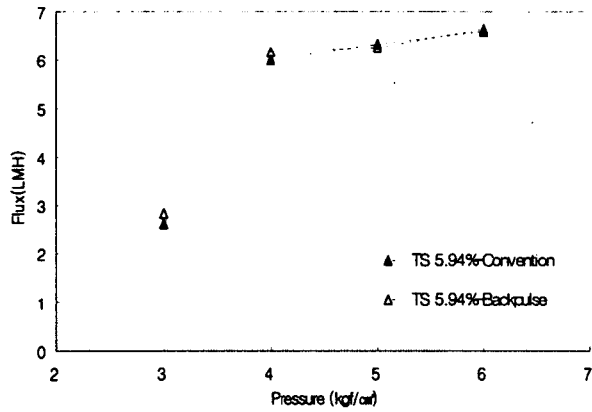


Fig. 3 Effect of pressure on flux for different module type at TS 5.94%

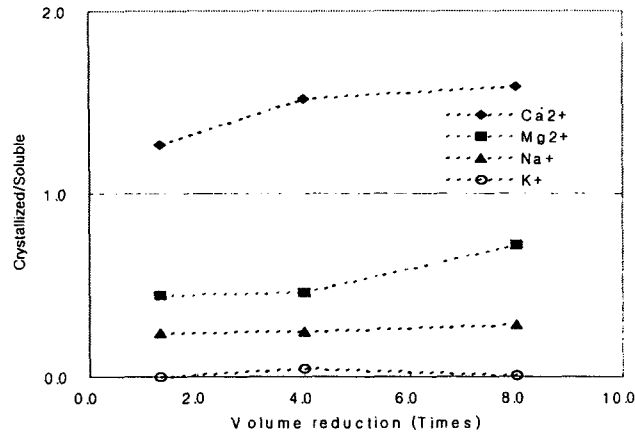


Fig. 4 The ratio of crystallized cations to soluble ones

10배 농축을 통하여 농축수의 함수율은 최초 97.2%에서 87.4%로 감소하였고, 점도는 23mPa·s에서 766mPa·s까지 상승하였으며 soluble TOC값은 12,890mg/l에서 32,020mg/l로 농축이 진행되었다. 농축과정에서 배제된 다가 이온들은 포화농도이상의 농도가 되어 결정화과정을 거쳐 고형물로 존재하였다.

#### 4. 참고문헌

1. 김제우, “회전판 막모듈을 이용한 Oil emulsion의 분리특성 연구”, 연세대학교 석사학위논문, (1995)
2. N.R. Wiesner, J. Engler, “Development of a rotating disk membrane for treating aqueous stream with high solids concentrations”, NAMS '96, (1996)
3. 장진호, “2축 회전판형 막모듈의 오일에멀전 투과모델에 관한 연구”, 연세대학교 석사학위논문, (1997)
4. 박범성, 최찬섭, 노수홍, “2축 회전판형 나노여과 막모듈을 이용한 돈사 발생폐수의 분리특성에 관한 연구”, 한국막학회 추계학술대회, pp97-100, (2000)
5. S. H. Choi, C. S. Choi, S. H. Noh and K. H. Lee, “Treatment of Water-based Ink Cleansing Wastewater by Using Rotating Disc Module with NF Membranes”. Euromembrane 2000, pp72-73, (2000)