일반강연 B-11

MBR(membrane bioreactor)공정에서 SRT(Sludge retention time)가 생물학적 처리 및 막 오염 거동에 미치는 영향

한성수, 배태현, 박형규, 장경국, 탁태문
서울대학교 생물자원공학부

1. 서론

활성슬러지와 막을 조합한 MBR 공정은 기존의 활성슬러지 공정에 비해 높은 MLSS 농도를 유지할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 처리효율이 미생물의 농도에 대해 선형적으로 증가하지는 않을 것이라고 쉽게 예상할 수 있는데, 이는 매우 긴 SRT는 기질 결핍 상태를 이끌어 생물학적 비활성도가 감소될 수 있기 때문이다. 한편으로 긴 SRT에 의한 높은 MLSS 농도는 막 표면에 슬러지 입자들의 빠른 침전을 통해 막 오염을 가속화시킬 수 있다. 또한 점도나 microbial product의 양과 성질 그리고, cell 표면 상태와 같은 혼합액의 성질이 SRT가 변화함에 따라 달라질 수 있는데, 이러한 변화 역시 막 오염에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 이처럼 막 오염은 MBR 공정에 있어 가장 중요한 문제중에 하나로 자리잡고 있고, SRT의 변화가 활성슬러지 시스템에 있어서 생물학적 활성도 및 미생물의 생리학적 성질을 변화시킬 수 있는 중요한 인자로 작용하므로 미생물의 성질에 어떻게 영향을 미치는지 살펴 볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 SRT에 따라 미생물 활성 및 생물학적 처리효율의 변화뿐 아니라 membrane fouling 경향을 살펴봄으로써 적당한 미생물 농도 유지가 MBR 공정에 있어서 생물학적 활성과 경제성에 있어서 효율적임을 입증하고자 한다.

2. 실험

슬러지는 경기도 신갈 소재 (주)일양식품 하수시설의 반송슬러지를 채취하여 식종하였고, 글루코즈와 염화암모늄을 탄소원과 질소원으로하는 합성폐수를 사용하여 장기간 적응시킨 후 사용하였다.

SRT이외의 모든 조건을 동일하게 하기 위해 4개의 반응조를 동시에 운전하였다. 분리막은 현재 상용화 되어있는 Mitsubishi Rayon Co.에서 생산한 polyehtylene 재질의 0.4㎛세공크기를 갖는 중공사막(sterapore sur 234LF)을 이용하였고, 대략적인 실험장치는 Fig. 1에서 보여주듯 정량 pump, 포기장치, 원심 펌프등 모든 것을 PLC(programmable logic controller)에 연결하여 컴퓨터에 의해 자동적으로 제어되었다. 운전조건은 반응시간동안 air blower의 on/off에 의해 혐기성, 무산소, 호기성 조건을 변화시켰다. 운전 모드는 DO와 ORP monitoring에 의해 분석되었고, 질소와 인 농도 또한 반응조건을 살펴보기 위해 측정되었다.

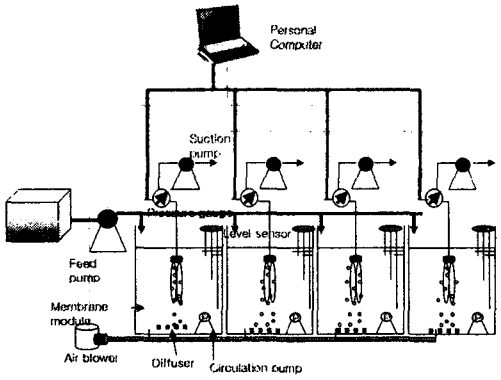


Fig. 1. Schematic diagram of experimental system

수질의 측정은 Standard Methods에 따라 분석하였다. DO농도는 OX22 (AQUA LYTIC, Germany), pH와 ORP는 pH22 (AQUA LYTIC, Germany)를 가지고 측정하였다. TP와 ortho phosphate 농도는 Fotometer AL282 (AQUA LYTIC, Germany) 와 reagent kits를 이용해서 흡광도법을 사용하여 측정하였고, TKN은 Kjeltec Auto 2300 analyzer (Tecator, Sweden)을 사용하였으며, 질산성 질소와 아질산성 질소 (NOx)는 ion chromatography(Shimadzu, Japan)를 이용하여 측정하였다.

막 여과 특성을 조사하기 위해 간이 모듈을 이용하여 포기 유량별 연속흡입시 여과 증가 경향과 critical flux를 측정하였고, 아래의 여과저항모델을 사용하여 슬러지에 의한 막오염의 정도를 정량적으로 계산되었다.

$$Rt = \Delta Pt / J \cdot \mu$$

where,

Rt: Total filtration resistance(m-1)

ΔPt: Transmembrane pressure(N/m2)

J: Permeate flux(m3/m2hr)

μ: Viscosity of permeate (N.s/m2)

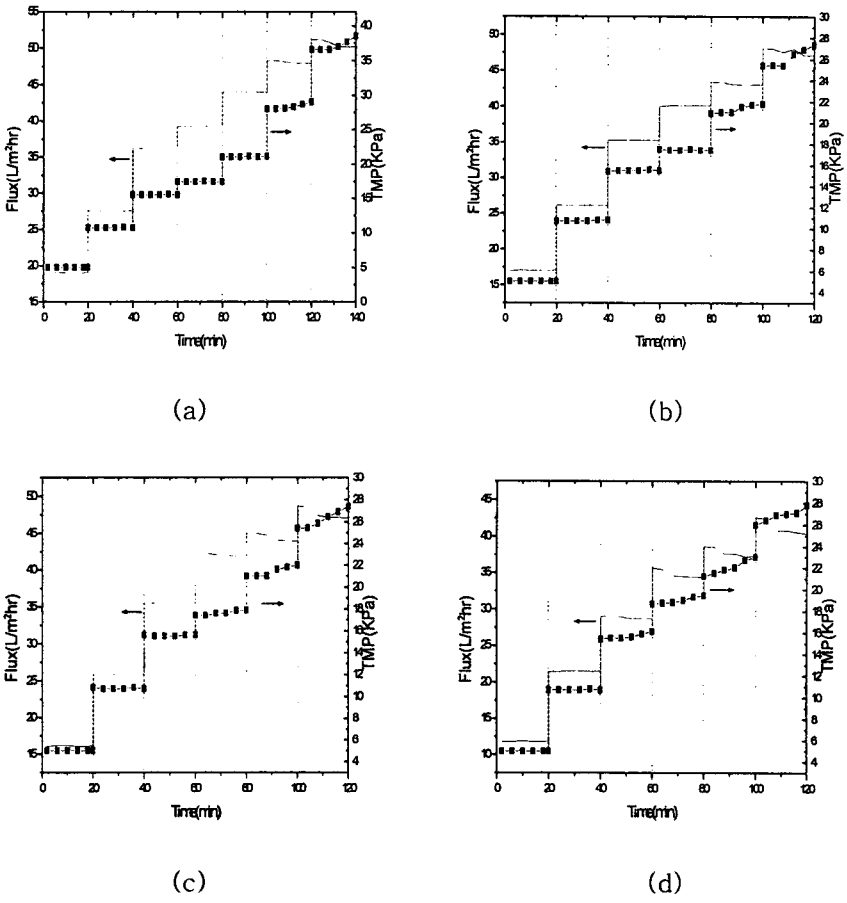
미생물의 활성도를 측정하기 위하여 비산소 소모율(Specific oxygen uptake rate)을 winkler's bottle 법을 측정하였다. 실험 방법은 농도를 알고 있는 활성슬러지를 원심분리하여 상등액 속에 남아 있는 기질을 미리 제거하였다. 자석교반기로 교반을 실시하면서, 삼각 플라스크에 원심 분리한 활성슬러지를 넣은 후에 DO probe를 꽂는다. DO값이 안정될 때까지 기다린 다음, 합성폐수를 넣어 플라스크의 내부의 공기를 제거하였다. 곧바로 parafilm을 이용해 밀봉하여 외부공기와 단절시키고 용존 산소 농도를 시간에 따라 측정하였다. 비질산화 속도(Specific nitrification rate) 및 비탈질화 속도(Specific denitrification rate) 역시 위와 같은 방식으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig.2는 각각의 SRT별로 시간에 따라 일정한 투과유속을 유지하면서 막 투과압력의 변화를 투과유속 별로 관찰한 그림이다. SRT가 10 days인 경우, 투과 유속이 48 L/m^2hr일 때 막 오염에 의해서 막 투과 압력이 27 KPa을 유지하지 못하고 조금씩 상승하는 것을 알 수 있고, 투과 유속이 51 L/m^2hr에서는 막 투과 압력이 39 KPa에서 36KPa로 더 크게 하는 것을 알 수 있었다. 반면에 SRT가 증가함에 따라서 보다 작은 투과 유속에서는 막 투과 압력이 증가함을 확인할 수 있었다. 이로써 SRT가 증가함에 따라 막 오염이 쉽게 진행됨을 알 수 있었다.

다음으로 포기에 의한 분리막의 세척 효과를 정량화 하기 위해 직렬여과 모델을 이용하였다. SRT가 증가함에 따라 세척효과를 위해 보다 높은 포기강도를 필요로 하고 있음을 확인할 수 있었고, 비산소소모율 역시 SRT가 변화함에 따라 선형적으로 증가하지 않았다.

Fig. 2 Variation of Transmembrane pressure(TMP) with time under step increments of permeate flux
(a: SRT=10day, b: SRT=30day, c: SRT=70day, d: SRT=100day)



4. 참고문헌

1. R. W. Field, D. Wu, J. A. Howell, B. B. Gupta, J. Mem. Sci., Vol 100, 259(1995)
2. T. Ueda, K. Hata and Y. Kikuoka, Wat. Res. Vol 31, 489,(1997)
3. Icu-Tae Yeom, Yoo-Mi Nah, Kyu-Hong Ahn, Desalination, Vol 193, 124(1999)....