

PF2) 최종 침전조 축소를 위한 MBR 설계 및 초기 운전 조건

신춘환, 강동호¹, 박해식^{1*}, 조현길¹

동서대학교 환경공학과, ¹부산환경공단 환경연구센터

1. 서 론

막분리 기술의 다변화 추세는 고액 분리 기술의 실용화 방안 전개 및 수처리 기술에 대한 효율적인 접목을 포함하고 있으며, 저비용, 고효율을 위한 융합기술의 개발 및 현장 적용분야의 개척과 함께 Nano 소재 응용기술을 바탕으로 수처리 기술에 대한 접목을 요구되고 있다. 특히 하수처리장 부지축소를 위한 대책의 일환으로 침전조(1, 2차)의 소요면적 저감을 위한 침지형 MBR 설계 및 운전조건 도출, 그리고 MLSS 범위에 따른 운전조건 변화 및 대비책 마련 등 하수처리장 운전경비 절감을 위한 실용화 기술의 필요성이 자주 거론되고 있는 실정에 비추어 일차적으로 실용화형 기술의 현장 접목 방법 제시를 위하여 1) Bench Scale 배제를 위한 간이 Pilot Plant 설계 및 제작, 2) 실용화형 장치의 현장 운전 조건의 최적화, 3) 설계장치의 경제성 제시 및 사업화 가능성을 타진하고자 하였으며 나아가서는 하·폐수 성상에 따른 맞춤형 MBR의 제작의 기초자료를 제공하고자 한다.

또한, MBR의 응용도 개발을 위하여 침지형 MBR을 구성하고 있는 PVDF계 Hollow fiber성상, 하.폐수의 성상, 모듈의 형태, back washing 방법 등 운전 factor들의 상호 관계를 고찰하여 최적 운전 조건을 도출하고자 하였으며, 개발된 Nano 소재의 MBR에 적용하기 위해 MBR에 의한 유기물과 SS의 제거효율 제시하고, 기존의 수처리 공정과의 경제성 비교를 통한 수처리 융합기술의 실효성을 설정하고자 하였다.

본 연구에서는 제작원가의 감소를 위해 국내 W사의 PVDF계 중공사 막을 4 bundle 씩 묶어 모듈을 제작하였으며, 처리용량은 10 ton/day으로 설정하여 반응조 내 SS의 농도구배가 없도록 하부로부터 간헐 폭기하는 방식을 선택하여 부산 수영하수처리장에 pilot plant를 설치하였다. Pilot plant는 정상 운전을 위하여 하수처리장의 폭기조로 부터 유입된 MLSS 1000 ppm 정도의 원수를 시험 여과하고, 세척수로 2회 세척, 10% 에탄올 용액으로 1회 세척, 그리고 NaOCl 5% 용액으로 1회 세척 과정을 거치고 마지막으로 세척수로 최종 세척한 후 운전 하였다.

2. MBR 제작 조건 및 운전 방법

2.1. MODULE & MEMBRANE DESIGN

표 1. 막 모듈의 일반 사양

Module Type	Top Head
Module Height	900 mm, Width : 75 mm, Length : 580 mm
Module Material	ABS
Net Weight	6 Kg
Adhesive	Poly-urethane/Epoxy Resin
Type	Hollow Fiber
Surface Area	15 m ²
Pore Size	0.1 μm
Porosity	45 %
Hollow Fiber Looseness	<0.5 %
Flux	460 LMH with Drinking Water, at 25°C
embrane Material	PVDF (Polyvinylidene fluoride)
Characteristics	Hydrophilic
Hollow fiber Outer Diameter	2 mm
Hollow fiber Inner Diameter	0.5 mm
Hollow fiber Tensile Strength	220 N

2.2. OPERATING CONDITIONS

표 2. MBR의 운전조건

Product to Filtered	1,000~15,000 MLSS(Mixed Liquor Suspended Solids)
Operating Temp.	0~60°C normal, 80 max
Operating Pressure	0.1~1.0 kgf/cm ²
Operating pH	2~12
Operating Step	Suction ⇔ Idle ⇔ Backwashing(Air or water)
Backwashing Pressure	0.5~1.0 kgf/cm ²
Chemical Usage	H ₂ O ₂ /NaOCl/Citric Acid

2.3. Pilot plant 개요도

본 실험에 적용된 슬러지 농축시스템은 재래식 활성슬러지 공정의 침전조에서 발생한 잉여슬러지를 membrane 여과를 통해 슬러지의 함수율을 낮추어 슬러지 용적을 줄이기 위한 처리시스템이다. 사용된 membrane은 직경 2 mm의 중공사막을 사용하였으며, 0.1 μm의 pore size를 가지고 있어 잉여슬러지와 여과액을 완벽하게 분리할 수 있다. 또한 membrane여과가 지속적으로 이루어질 경우 막오염 현상을 방지하기 위해 여과액을 이용한 역세척이 가능한 시스템이다.

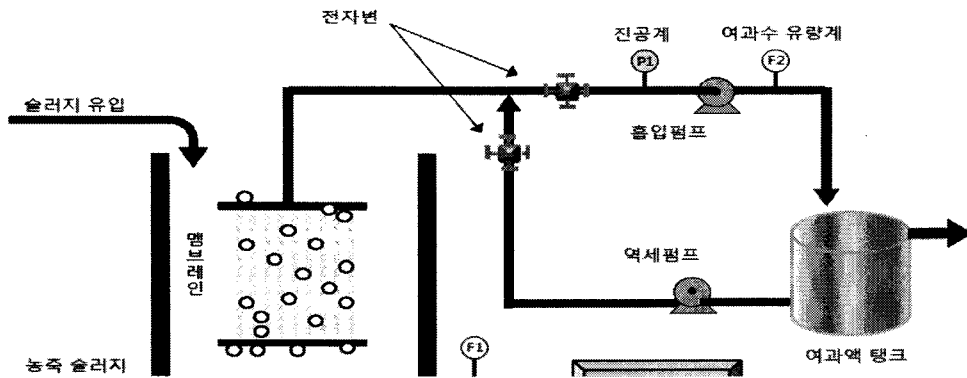


그림 1. MBR Pilot Plant의 개요도

2.4. 폭기조 조성

본 실험에 사용된 하수처리장의 폭기조 조성은 표 3과 같다.

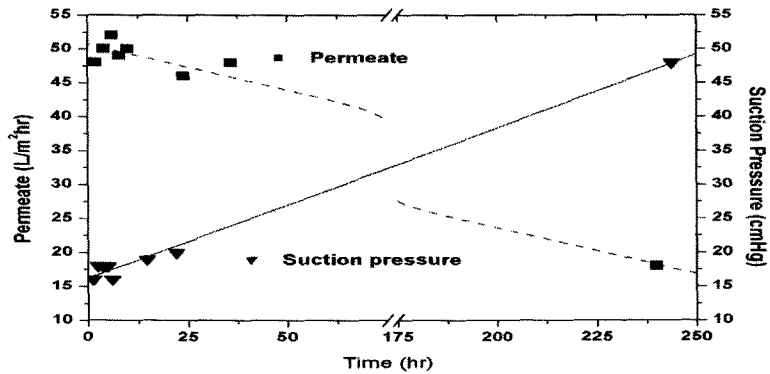
표 3. 하수처리장 폭기조의 조성

조성	농도 (mg/l)
CODMn	140~150
CODcr	410~420
T-N	11.3~13.5
T-P	1.2~1.4
SS	1,900~2,100

3. 결과 및 고찰

3.1. 초기설치 후 운전조건

MLSS 1,000 ppm의 폭기조 유입수를 원수로 사용하여 운전한 결과, <그림 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 운전 36 시간까지의 운전 초기에는 suction pressure는 평균 18 cmHg, 여과 수량이 평균 50 lmh 로 정상 운전 조건을 만족하고 있음을 알 수 있다. 240 시간의 경우는 MBR에 유입된 처리수를 정체시켜 MLSS 24,000 ppm의 최악의 조건을 설정하여 suction pressure의 상승과 여과 수량의 감소 경향을 확인하고자 하였다. 이 조건에서는 suction pressure는 48 cmHg로 상승하였으며, 여과수량은 18 lmh로 급격히 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 폭기조 유입수를 MBR의 체류시간 만큼 여과할 수 있도록 MBR 하부에 설치된 배출구를 통해 유입 수량만큼 배출하는 물질수지를 설정 할 필요가 있음을 알 수 있다.



* 240 시간의 경우 유입수 없이 MBR에 정체된 MLSS 24,000 ppm으로 운전한 결과.

그림 2. 초기설치 후 MBR 운전 특성.

3.2. Back washing 후 운전조건

3.2.1. Back washing 과정

3.2.2. 2차 세척수 여과

초기 운전 조건의 설정을 위해 MLSS 1,000 ppm 정도의 폭기조 유입수를 사용하였으나, 위의 초기 운전 결과를 나타낸 <그림 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 MLSS 24,000 ppm으로 운전한 MBR은 back washing하여 운전할 필요가 있다. Back washing의 효과를 조사하기 위해 <그림 6>에 나타낸 back washing 과정을 거쳤다.

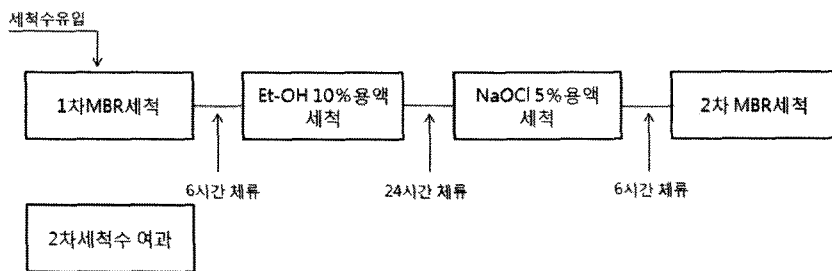


그림 3. MBR의 Back washing 과정.

표 4. 2차 세척수의 여과 특성

구분	반응조 내 농도 (ppm)	여과수 농도 (ppm)
CODMn	1.87	0.87
CODCr	11.00	2.49
T-N	1.88	1.00
T-P	0.22	0.14
SS	119.0	1.88

* 2차 처리수 처리효과 (운전 조건 : suction 10 cmHg 여과수량 68 l/m²·h)

2차 세척수를 MBR 내에 채류시킨 후 여과 한 결과로 세척에 의해 제반 농도가 낮게 측정되었으며, bench scale로 실험실에서 운전할 경우의 순수에 대한 여과 효과와 비교할 수 있는 기초 자료로 활용이 가능하다.

3.2.3. Back washing 후 운전 특성

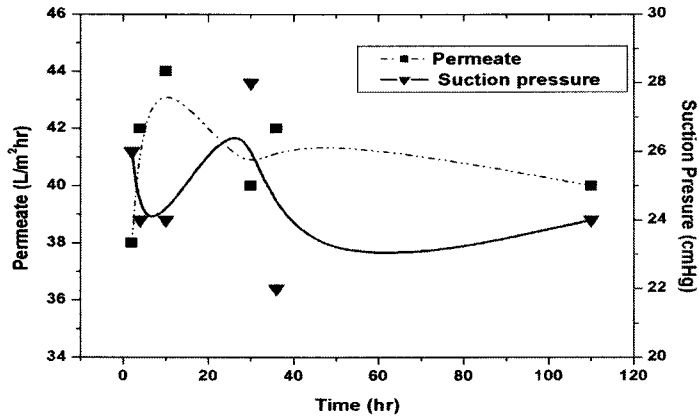


그림 4. Back washing 후 MBR 운전 특성.

그림 4의 운전결과에 나타난 바와 같이 여과 수량은 평균 42 l/mh, suction pressure 24 cmHg 로 나타나 여과수량은 16% 감소, suction pressure는 30% 상승하고 있음을 확인하였다. 따라서 연속 운전에 의해 정유량 운전에서의 suction pressure의 범위, 정압운전에서의 여과수량의 감소 범위를 확정하여야 한다.

그림 5와 6에는 운전 시간 0~480에서의 SS, permeate 및 suction pressure 의 변화를 나타내었다. 여기서 보면 SS 는 유입수의 1,900ppm에서 운전 시간 1시간 후, 21 ppm으로 시작하여 99.9%의 제거 효율을 보이고 있으며 2시간 ~480 시간에서 84~48 ppm으로 나

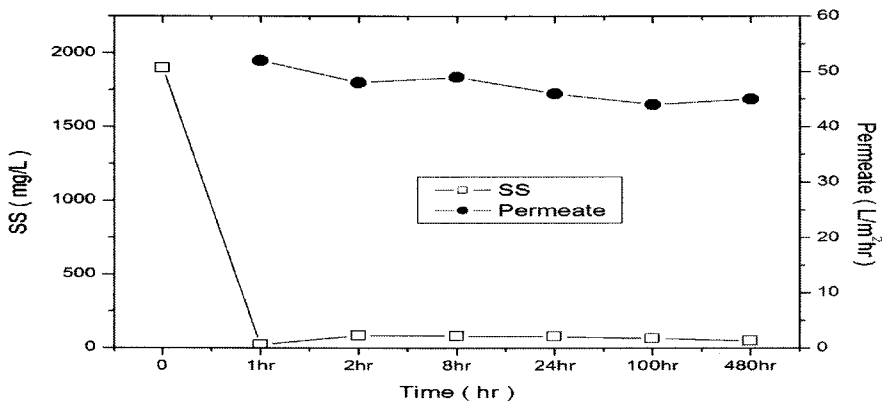


그림 5. 운전 시간 0~480 동안의 SS와 여과수량의 변화.

타나 99.5% 이상의 제거 효율을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 이 시간동안의 여과 수량은 52~42 l/hr, 흡인 압력은 16~20 CmHg로 나타나 여과 과정 동안의 정유량, 정압조건을 만족하고 있음을 확인 할 수 있다.

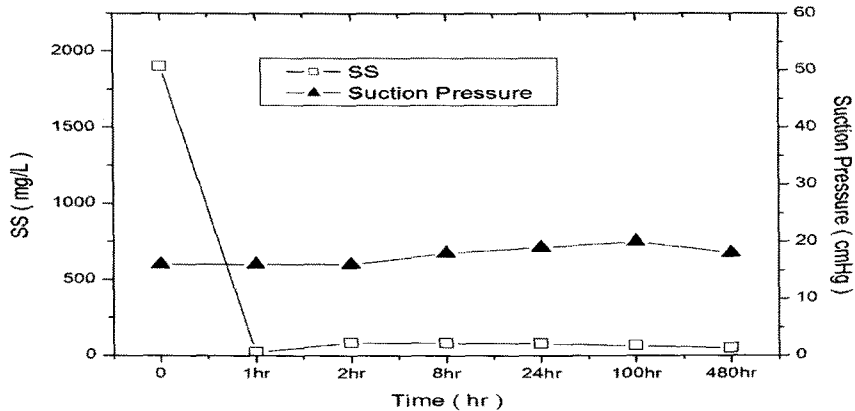


그림 6. 운전시간 0~480 동안의 SS 와 흡인 압력의 변화.

4. 결론 및 요약

PVDF 막을 사용한 MBR의 초기운전 결과를 이용하여 연속운전의 경우 정압 조건, 정유량 조건을 만족 시키는 결과를 도출하여 pilot plant의 현장 적용성을 제시해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 부산 환경공단의 2008년도 산.학 협력 연구 구상 사업에 의해 수행되었으며 연구비 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- C. H. Shin and R. A. Johnson, *J. Ind. Eng. Chem.*,**13**, 1, 40(2007).
- A. M. Barbe, P. A. Hogan and R. A. Johnson, *J. Mem. Sci.*,**172**,149(2000).
- D. Wang, K. Li and W. K. Teo, *J. Mem. Sci.*, **115**, 85(1996).
- J. Kamo, T. Hirai and K. Kamada, *J. Mem. Sci.*, **70**, 217(1992).
- Technical Information Brochure-Polyolefin Hollow fiber Membrane, Mitsubishi Rayon Co. Ltd., (1987).