

관형 세라믹 한외여과막을 사용한 폐수처리 및 재활용 기술 개발 : 1. 주기적 역세척 효과

박진용

한림대학교 환경학과
(1999년 4월 3일 접수, 1999년 7월 13일 채택)

Development of Wastewater Treatment and Recycle Technology Using a Tubular Ceramic Ultrafiltration Membrane : 1. Effect of Periodic Backflushing

Jin Yong Park

Department of Environmental Science, Hallym University
(Received April 3, 1999, Accepted July 13, 1999)

요약 : 폐수를 한외여과할 경우 발생하는 막오염 현상을 최소화하기 위하여 세척수로 주기적으로 역세척 하였을 때 그 효과와 최적 조건을 조사하는 것이 본 연구의 목적이다. 폐우유팩을 재생하여 화장지를 생산하는 A회사 및 골판지를 재생하는 B회사의 응집 침전 처리수를 대상으로, 평균기공의 크기가 $0.02 \mu\text{m}$ 인 관형 알루미나 세라믹 한외여과막으로 처리하면서 역세척 주기의 변화가 막오염과 투과수의 수질에 미치는 영향을 조사하였다. 이때 역세척 시간은 모든 경우에 3초씩 일정하게 행하였다. 원수 및 투과수의 부유 고형물 및 총용존 고형물, 화학적 산소요구량을 분석한 결과, A회사의 폐수는 역세척 주기가 15초로 가장 짧은 경우 부유 물질의 배제율이 가장 우수하였다. 그러나, 화학적 산소요구량의 배제율은 A회사 및 B회사의 폐수가 모두 역세척 주기가 30초인 경우 가장 높았다. 한편, 총용존 고형물의 배제율은 A회사 폐수가 역세척 주기 30초와 60초에서 유사한 값을 보였고, B회사 폐수가 역세척 주기 60초에서 가장 탁월하였다. 운전시간에 따른 투과 플럭스의 변화로 역세척이 막오염의 진행에 미치는 영향을 조사한 결과, A회사 및 B회사의 응집 침전 처리수 모두 역세척을 하였을 때 투과 플럭스가 서서히 감소하였고, 정상 운전시 보다 높은 값을 나타내었다. 그러나, 가장 높은 투과 플럭스를 유지하는 조건은 A회사 폐수와 B회사의 폐수가 차이를 보였는데, 수질 조사 결과 A회사 폐수는 부유 고형물 및 화학적 산소요구량이 높았으나 B회사 폐수는 총용존 고형물이 상대적으로 많기 때문에 발생한 결과로 추정된다.

Abstract : A periodic backflushing was performed to reduce the membrane fouling of ultrafiltration for wastewater, and the effect and the optimum condition were investigated in this study. The alumina-ceramic tubular membrane with pore size of $0.02 \mu\text{m}$ was used for the wastewater treated by coagulation and sedimentation from two paper plants, of which A plant made toilet paper by recycling milk paper cartons and B plant recycled corrugated cardboards. And the effect of periodic backflushing to membrane fouling and quality of permeate were studied with a constant backflushing time of 3 sec. As results of measuring SS, TDS, and COD of source and permeate, the rejection rate of SS showed the highest value at the backflushing period of 15 sec, which was the shortest time in these experiments, in case of wastewater discharged from A plant. However, the rejection rate of COD had the highest value at the period of

30 sec for wastewater from both A and B plant. Then, the rejection rate of TDS was almost same at 30 and 60 sec for A plant wastewater, and the highest at 60 sec for B plant. The effect of periodic back-flushing to membrane fouling was investigated by change of permeate flux according to operating time. The permeate flux decreased slowly at the operation with backflushing, and was higher compared with that without backflushing in both case of A and B wastewater. But, the optimum period with the highest flux of A wastewater was different from that of B, because SS and COD of A was higher than those of B and TDS of B was higher than that of A.

1. 서 론

최근 침전분리 대신 고액분리 기술로서 막분리 기술이 주목받고 있는데 분뇨 처리 분야와 중수도 분야에서 실용화가 이루어지고 있다. 그러나 지금까지 이용되었던 막모듈(membrane module)은 십자 흐름(cross flow)에 의한 여과형식으로 동력비도 많이 들고 유지 관리도 쉽지 않다. 이에 반응조 안에 막모듈을 직접 침지해 흡인 여과하는 방식이 개발되어 왔고 동력비용 저감화와 장치의 소형화를 도모해 왔다. 또한, 막의 재질로는 유기계 고분자 막이 이용되어 왔으나, 내구성과 강도, 막오염(fouling)과 투과 유속 저하시 세정 등의 문제점이 남아 있다. 그에 비해 무기계 세라믹막은 내약품성, 내열성, 강도가 뛰어나고 역압 세정이 가능하며, 투과 유속 저하시 약품 세정에 있어서 약제의 선택범위가 넓은 등의 특징을 가지고 있다.

이러한 세라믹 분리막을 이용한 폐수처리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, Scott과 Smith[1]는 아이스크림 제조 회사의 폐수를 대상으로 세라믹 정밀 여과막과 생물반응기를 연계하여 처리하는 방법을 시도하였다. 또한, 계면활성제를 포함한 폐수를 대상으로 세라믹 한외여과를 수행한 연구 결과를 Gadell 등[2]이 발표하였다. 한편, Si-Hassen 등[3]은 금속 부유 용액을 대상으로 세라믹 정밀여과막을 사용하여 향류식 여과의 최적 조건에 대한 연구를 수행하였으며, Nazzal과 Wiesner[4]는 세라믹 정밀여과막을 사용하여 수처리시 물의 pH와 이온의 세기가 미치는 영향에 대하여 살펴 보았다.

본 연구에서 사용한 세라믹막은 무기막의 한 종류인데 무기막의 발전 과정을 살펴 보면, 다공성 세라믹막을 이용한 Knudsen 흐름에 의한 ^{235}U (uranium hexafluoride)의 농축에 대한 연구이래 최근에 다양한 재질의 한외여과용 무기막들이 시판되고 있다. 무기막은 막소재에 따라 세라믹막, 유리막(glass membrane), 금속막(metallic membrane)의 3종류로 대별된다. 세라믹은 금속(Al, Zr 등)에 비금속 물질이 산화물(oxide), 질화물(nitride) 또는 탄화물(carbide)

형태로 결합된 물질로 정의된다. 한외여과용 세라믹막의 제조는 먼저 이들 물질을 줄-겔공정 또는 sintering시켜 세공크기가 수십 μm 에 이르는 다공성 막을 제조한 후, 이 막의 표면에 세라믹 미세 분말을 반복적으로 도포하여 능동층(세공크기 수십-수백Å)을 형성시켜 완성하는데, 이 방법을 'slip-casting'법이라 한다. 세라믹 막의 능동층 소재로는 일반적으로 alumina 및 zirconia가 가장 널리 사용되고 있다[5].

일반적으로 제지공장의 폐수는 pH가 약산성이거나 중성이며 물에 쉽게 녹지 않는 유기질 섬유소류와 물과 전혀 반응성이 없는 무기질의 미소한 현탁성 부유 물질을 많이 함유하고 있는 것이 특징이다. 따라서 단시간에 처리하면 BOD가 매우 낮고 유독성 화학약품이 거의 없을 뿐만 아니라, 용존 불순물이 많지 않으므로 처리방법은 단순해진다. 또한, 다른 산업폐수와 특이한 차이는 현탁성 부유물만을 신속히 분리 제거하면 처리수의 상층액을 제지공업용수로 재순환 사용할 수 있다는 것이다. 다만 소량의 수용성 유기물이 있으며 이들이 농축되어서, slime 문제와 미생물 번식 문제가 대두되므로 이에 대해 배려할 필요가 있다[6]. 본 실험에서 사용한 제지 공장의 폐수도 제품의 영향을 그대로 받아 콜로이드 농도가 높고, 부유물질이 많아 막오염이 쉽게 발생하였다.

세라믹 분리막을 포함한 대부분의 분리막에 의한 폐수처리에서 해결해야 할 과제가 막의 오염에 의한 처리 효율의 감소이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 기술이 연구되어 왔는데 그 중에 한 방법이 Taylor 와류를 이용한 동역학적 여과이다[7-10]. 또한, 회전판형 모듈을 이용한 막오염 방지 기술에 대한 연구도 이루어지고 있다[11]. 한편, 오일 함유 세척수의 한외여과 처리시 질소기체에 의한 역세척으로 막오염을 최소화하는 연구가 진행되고 있다[12].

본 연구에서는 세라믹 한외여과막을 이용한 장치를 이용하여 제지 공장 2곳에서 배출되는 폐수를 대상으로 연구를 수행하면서, 원수 및 처리수의 수질을 평가하기 위하여 부유 고형물질(SS)과, 총용존 고형물(TDS), 화학적 산소요구량(COD)을 조사하였다. 이리

한 제지 폐수를 한외여과 처리할 때 분리막 표면에서 발생하는 농도 분극 현상으로 막이 오염되어 투과 플럭스를 감소시킬 것으로 예상되었다. 따라서, 이러한 막오염 현상을 최소화하기 위하여, 질소기체로 세척수를 가압하여 주기적으로 역세척을 수행하였다. 또한, 다른 역세척 주기 조건에서 한외여과하면서 처리수량과 수질을 비교하여, 각 폐수에 대한 최적 운전 조건을 규명하고자 하였다.

2. 한외여과 실험

2.1. 세라믹 분리막의 특성

본 실험에 사용된 세라믹 막은 동서산업(주)에서 알루미나 재질로 제조한 기공의 크기가 $0.02 \mu\text{m}$ 인 관형 한외여과막으로 그 재원은 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. Specifications of tubular ceramic membrane used in this study

Material	Alumina
Pore size (μm)	0.02
Outer diameter (mm)	11
Inner diameter (mm)	7
Length (mm)	250
Surface area (cm^2)	55.0

2.2. 제지 폐수의 특성

본 연구에서는 두 회사의 제지 폐수를 대상으로 실험을 수행하였다. A제지 회사 폐수의 경우 제품의 원료로 폐유유편을 사용하여 폐수의 상태가 유유편에 남아 있는 우유찌꺼기 및 인쇄 글씨의 색소로 인해 매우 혼탁하였다. 반면 B제지 회사의 폐수는 골판지 등을 주원료로 사용하며 폐수의 상태가 매우 양호하여, B제지 회사에서는 응집 침전 처리수를 공정에 재순환하여 세정에 사용하고 있었다. 본 연구에서 사용한 두 제지 회사의 폐수에 대한 수질을 조사하여 Table 2에 제시하였다.

2.3. 실험 장치

본 연구실에서 세척수에 의한 주기적 역세척 운전이 가능하게 설계한 세라믹 한외여과 실험장치를 Fig. 1에 나타내었다. 공급탱크는 스테인레스 재질로 25 l 용량이며, 냉각수가 순환하는 동관 코일을 설치하여

Table 2. Water quality of source used in this study

	A company		B company	
	Range	Average	Range	Average
SS (mg/L)	7.5~17.5	13.8	2.5~10	6.3
COD (mg/L)	39.6~85.7	65.8	19.6~28.8	24.1
TDS (mg/L)	60.0~76.0	70.3	118~145	133

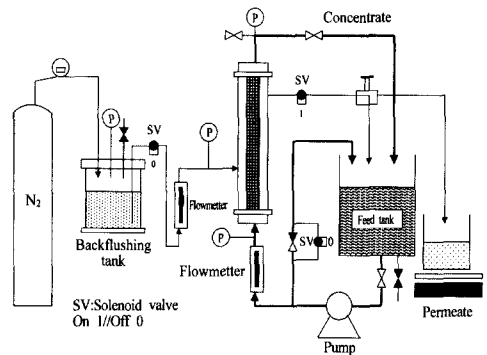


Fig. 1. Apparatus of ultrafiltration with periodic backflushing.

온도를 일정하게 유지하였다. 제지 폐수는 원심 펌프 (Procon, Standex Co.)에 의해 공급탱크로부터 세라믹막 모듈 하단부로 이송되어 관형 분리막 내부로 투입되며, 펌프 우회관을 설치하여 막에서의 압력과 유량을 조절할 수 있도록 하였다. 막에 유입되는 유량은 유량계 (NP-127, TOKYO KEISO, Japan)로 측정하였고 입구와 출구부에 각각 압력계를 설치하여 막 모듈내의 압력차를 측정하였다. 역세척 효과에 대한 실험을 위하여 투과액 배출구와 질소 투입구에 각각 솔레노이드 밸브 (CKD, Japan)를 설치하였고, 막 투과 압력에 관계없이 역세척 동안 막의 내부압력을 일정하게 유지시켜주기 위하여 막의 우회관에 솔레노이드 밸브를 장착하였다. 세 개의 솔레노이드 밸브들은 모두 하나의 시간제어계 (Twin timer; OMRON, Japan)에 연결 부착되어 밸브의 개폐가 동시에 일어난다. 솔레노이드 밸브는 전원이 차단된 경우는 닫힌 상태이므로 투과액 배출구에 부착된 밸브에는 우회관을 설치하여 역세척을 하지 않을 때에는 투과액이 배출될 수 있도록 하였다. 역세척시 투입되는 세척수는 모듈

의 하단부에 연결되어 있고 투과액 배출구는 모듈의 상단부에 설치하였다.

2.4. 실험 방법

공급탱크에 5 l의 폐수를 채우고 역세척 시간을 3 초로 일정하게 설정하고 이들 각각의 경우에 대해서 정상운전시간을 15초, 30초, 60초로 변화시키면서, 운전시간에 따른 투과 플럭스의 변화 거동을 관찰하였다. 또한, 역세척을 하지 않고 투과실험을 하여, 역세척을 한 결과와 비교하였다. 원수의 농도를 일정하게 유지하기 위하여 역세척수가 유입된 양과 동일한 양의 투과수를 제거하여 주었으며, 막투과 압력은 1.52×10^5 Pa, 역세척 압력은 9.8×10^4 Pa로 일정하게 유지하였다. 본 연구에서 역세척수는 1차 증류수를 사용하였다.

실험이 종료된 후 사용한 폐수를 배수한 후, 5 l의 증류수로 10~15분 동안 주기적 역세척 운전을 하면서 세라믹을 세척하였다. 그 다음, 모듈에서 세라믹막을 탈착하여 20% 질산 수용액에 2~3일간 방치하여, 막 기공내의 오염물질이 용해되어 나오도록 하였다. 새로운 운전 조건에서 가동하기 전에 막을 모듈에 설치한 후, 1차 증류수로 정상 운전하면서 세척하면서, 투과 수량을 측정하여 막 성능의 회복 여부를 확인하였다.

오염물질 배제율의 산출을 위한 제지폐수 및 투과액의 농도 분석 항목 중 총용존 고형물은 conductivity meter (ATI ORION사, Model 162, U.S.A.)로 전기 전도도를 측정하여 구하였고, 부유 고형물 및 화학적 산소요구량은 공정시험방법[13]에 의거하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

응집 침전수와 방류수를 시료로 하여 정상운전만 하였을 경우와 역세척 시간 3초에 대한 정상운전 시간을 15초, 30초, 60초로 변화시키면서 실험하여 얻은 부유 고형물 및 총용존 고형물, 화학적 산소요구량의 배제율을 다음 식(1)을 이용하여 구하였다.

$$\text{배제율(rejection rate, \%)} = \frac{\text{유입수(feed)} - \text{유출수(permeate)}}{\text{유입수(feed)}} \times 100 \quad (1)$$

3.1. A제지 회사의 응집 침전수에 대한 한외여과

A회사의 응집 침전 처리된 폐수를 대상으로 부유

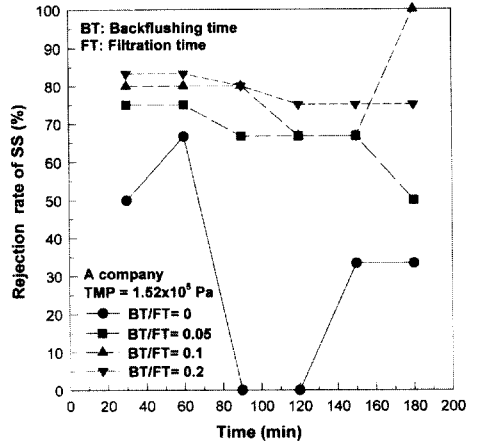


Fig. 2. Change of rejection rate of SS according to backflushing period during operation for A plant wastewater.

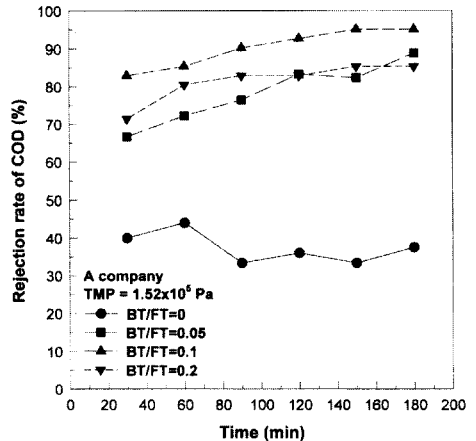


Fig. 3. Change of rejection rate of COD according to backflushing period during operation for A plant wastewater.

물질의 배제율에 대한 역세척 주기의 영향을 Fig. 2에 나타내었다. 여기서, BT는 역세척 시간 (back-flushing time)이고, FT는 정상운전시간 (filtration time)을 의미한다. 역세척 없이 정상 운전할 경우 (BT/FT=0) 초기 60분까지 다소 부유 물질의 배제율이 증가하는 모습을 보였지만, 막 오염의 심화로 배제율이 급격히 감소하였다. 140분 경과 후 배제율이 약간 상승하는 불안정한 모습을 나타내었는데, 이것은 막의 오염에 의해 막의 기공 (pore)의 크기가 부분적으로 작아지기 때문인 것으로 추정된다. 반면, 주기적

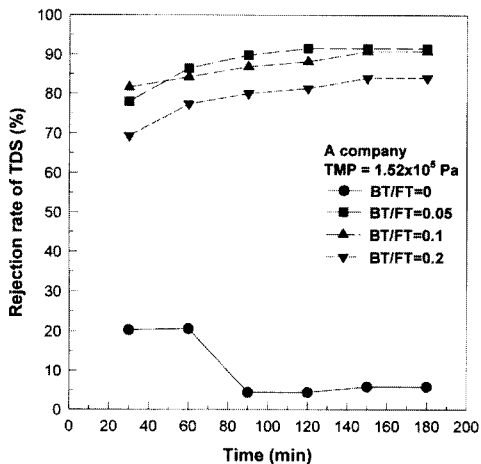


Fig. 4. Change of rejection rate of TDS according to backflushing period during operation for A plant wastewater.

인 역세척할 경우 부유 물질의 배제율이 80% 정도로 거의 일정하게 유지되었으며, 역세척을 15초 주기로 3초씩 했을 경우 (BT/FT=0.2) 배제율이 대체적으로 높은 값을 보이고 있다. 이러한 현상을 역세척을 짧은 주기로 할수록 부유 물질의 제거가 효과적으로 이루어지고 있음을 나타내는 것으로 판단된다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이, 정상운전만 했을 경우 (BT/FT=0) 화학적 산소요구량의 배제율은 45% 이하의 낮은 값을 나타내고 있다. 반면에, 역세척을 하면 시간이 경과함에 따라 배제율이 증가하는 경향을 보이고 있으며, 부유 물질의 배제율의 경우 (Fig. 2)와 다르게 역세척 주기를 30초로 할 경우 (BT/FT=0.1) 가장 높은 화학적 산소요구량의 배제율을 나타내고 있다. 이러한 현상은 분리막의 성능을 극대화할 수 있는 최적의 역세척 주기가 존재함을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

역세척 주기에 따른 총용존 고형물의 배제율의 변화를 Fig. 4에 제시하였는데, 화학적 산소요구량의 경우와 유사하게 역세척을 하였을 경우 시간이 경과함에 따라 배제율이 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나, 역세척 없이 정상운전만 했을 경우와 역세척 운전 했을 경우의 배제율의 차이가 화학적 산소요구량의 경우보다 더 확연하게 보이고 있다. 또한, 역세척 주기를 30초 (BT/FT=0.1)와 60초 (BT/FT=0.05)로 했을 경우 거의 동일한 배제율을 보이고 있다. 따라서, 역세척 주기가 30초와 60초 사이가 화학적 산소요구량의 제거에 최적의 조건임을 추정할 수 있다.

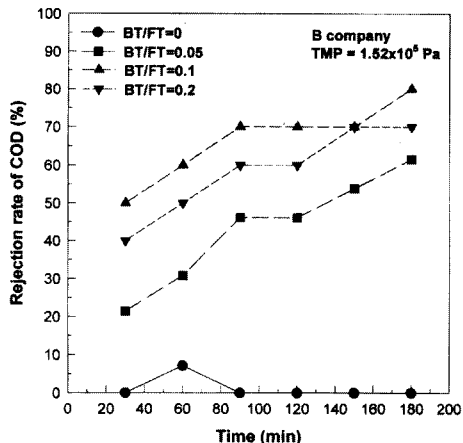


Fig. 5. Change of rejection rate of COD according to backflushing period during operation for B plant wastewater.

3.2. B제지 회사의 응집 침전수에 대한 한의여과

B회사의 응집 침전 처리수는 Table 2에 제시한 바와 같이 하천 방류수 수질 기준인 COD 40 이하로, 실제 B회사에서는 방류수의 일부를 공정에 재사용할 정도로 수질이 양호하였다. 따라서, 본 연구에서 사용한 세라믹막으로 B회사의 응집 침전 처리수를 여과한 결과, 부유 물질이 거의 제거되지 않는 것으로 나타났다. 한편, B회사의 폐수를 대상으로 화학적 산소요구량의 배제율을 살펴 본 것이 Fig. 5이다. 정상운전만 하였을 경우 60분까지 배제율이 증가되었으나 다시 감소하여 배제율이 0%가 되었다. 역세척을 하였을 경우 A회사 폐수의 경우와 유사하게 시간이 경과함에 따라 배제율이 증가하는 경향을 보이고 있다. 한편, 역세척 주기가 30초인 경우 (BT/FT=0.1) 가장 높은 화학적 산소요구량의 배제율을 보여 최적의 역세척 주기일 것으로 추정된다. 이와 같은 결과는 A회사 폐수를 대상으로 한 Fig. 3의 결과와 일치하는 것이다. 물론, 역세척할 경우 세척수에 의하여 투과수가 순간적으로 회석되어, 그 영향으로 투과수의 수질이 향상되는 효과가 있었을 것으로 판단된다. 그러나, 역세척 주기가 짧아질수록 세척수가 다량 투입되므로 그 회석 효과가 클 것으로 예상되지만, 역세척 주기가 가장 짧은 15초인 경우 (BT/FT=0.2) 오히려 낮은 배제율을 보이고 있다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 B제지 회사 폐수를 대상으로 총용존 고형물의 배제율은 정상운전만 하였을 경우 배제율 0%로 거의 제거되지 않는다는 것을 알 수 있다. 반면에, 역세척 주기의 변화에 따른 배제율

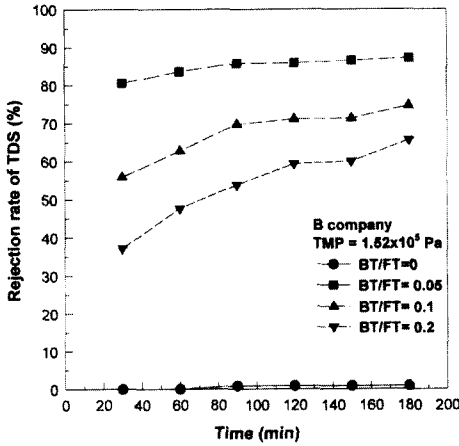


Fig. 6. Change of rejection rate of TDS according to backflushing period during operation for B plant wastewater.

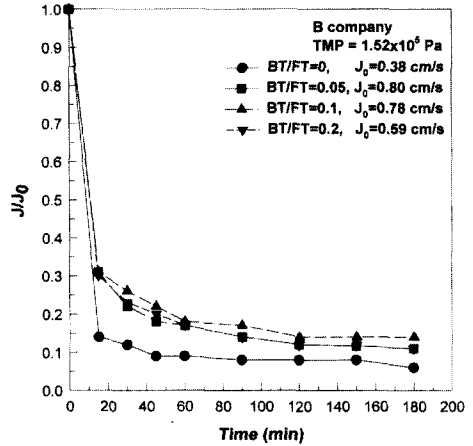


Fig. 8. Change of dimensionless permeate flux according to backflushing period during operation for B plant wastewater.

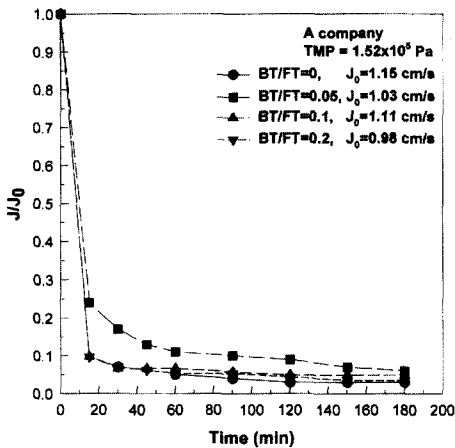


Fig. 7. Change of dimensionless permeate flux according to backflushing period during operation for A plant wastewater.

을 보면 역세척 주기가 60초로 가장 덜 빈번하게 역세척했을 경우 (BT/FT=0.05) 가장 높은 배제율을 보이고 있다.

3.3. 투과 플럭스에 대한 역세척 주기의 영향

조업시간에 따른 투과 플럭스 (J)를 구한 다음, 초기 투과 플럭스 (J₀)로 무차원화하여 각각 역세척 주기의 영향을 살펴 본 것이 Fig. 7과 Fig. 8이다. A회사 및 B회사의 폐수를 사용할 때 모두 초기 30분 동안 투과 플럭스는 급격히 감소하다가, 투과 플럭스 감

소율은 매우 둔화되어 60분 이후에는 거의 일정한 안정된 모습을 볼 수 있다. 투과 플럭스가 시간이 경과함에 따라 감소하는 것은, 잘 알려진 바와 같이 막오염이 진행됨에 기인한 것으로 볼 수 있다. 따라서, 투과 플럭스가 상대적으로 덜 감소할수록 역세척 효과로 막오염을 둔화시킨 것으로 판단할 수 있다.

A제지 회사의 폐수를 대상으로 한 결과인 Fig. 7을 보면, 역세척 주기를 60초로 한 경우 (BT/FT=0.05) 가장 높은 투과 플럭스를 유지할 수 있어 역세척 효과가 가장 우수한 조건으로 볼 수 있다. 반면에, B제지 회사의 폐수를 대상으로 한 Fig. 8에서는 역세척 주기가 30초인 경우 (BT/FT=0.1) 투과 플럭스가 가장 높게 유지되었는데, 역세척 주기의 변화에 따른 투과 플럭스의 변화량이 상대적으로 뚜렷하지 못하였다. 그러나, A회사의 경우보다 역세척을 하지 않고 정상 운전시 투과 플럭스에 비하여 역세척 효과가 뚜렷하게 나타났다.

투과 플럭스 감소율이 같은 실험조건임에도 불구하고 이와 같이 다른 양상을 보인 것은 시료의 차이 때문인 것으로 추정된다. 실제로 원수의 수질을 조사한 Table 2를 보면, 부유 고형물질의 평균값이 A회사의 폐수의 경우 13.8 mg/l, B회사의 경우 6.3 mg/l로 2배 이상의 차를 보였으며, 화학적 산소요구량의 평균값은 A회사의 경우 65.8 mg/l, B회사의 경우 24.1 mg/l로 큰 차이를 보였다. 반면에 총용존 고형물의 평균값은 A회사의 경우 70.3 mg/l, B회사의 경우 133 mg/l로 오히려 B회사의 총용존 고형물의 농도가 높았다. 따라서, 이러한 본 연구의 결과는 처

리하고자 하는 폐수의 수질에 따라 최적 역세척 주기가 변화한다는 것을 의미하는 것이다.

4. 결 론

우유팩을 재생하여 화장지를 생산하는 A회사와, 골판지를 재생 생산하는 B회사의 응집 침전 처리수를 대상으로, 평균기공의 크기가 $0.02 \mu\text{m}$ 인 관형 알루미늄 나 세라믹 한외여과막으로 처리하면서 역세척 주기를 변화가 막오염과 투과수의 수질에 미치는 영향을 조사하였다. 이때 역세척 시간은 모든 경우에 3초씩 일정하게 행하였다. 원수 및 투과수의 수질을 비교하기 위하여, 부유 고형물, 총용존 고형물 및 화학적 산소 요구량을 분석하였다.

그 결과, A회사의 응집 침전 처리수를 대상으로 했을 때, 역세척 주기가 15초로 가장 짧은 경우 (BT/FT=0.2) 부유 물질의 제거율이 가장 우수하였다. 그러나, 화학적 산소요구량의 배제율은 역세척 주기가 30초인 경우 (BT/FT=0.1)가 가장 높았으며, 총용존 고형물의 배제율은 역세척 주기 30초와 60초 (BT/FT=0.05)에서 유사한 값을 보였다. 반면에, B회사의 응집 침전 처리수를 대상으로 한 결과를 보면, 수질이 상대적으로 양호하여 본 연구에서 사용한 세라믹막으로는 부유 물질의 농도가 변화가 거의 없었다. 그러나, 화학적 산소요구량의 배제율은 A회사의 경우와 같은 조건인 역세척 주기 30초에서 가장 높았으며, 총용존 고형물의 배제율은 역시 역세척 주기 60초에서 가장 탁월하였다.

운전시간에 따른 투과 플럭스의 변화를 조사하여, 역세척이 막오염의 진행에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, A회사 및 B회사의 응집 침전 처리수 모두 역세척을 하였을 때 투과 플럭스가 서서히 감소하였고, 3시간이 경과하여 투과 플럭스가 거의 일정해졌을 때 정상 운전시 보다 높은 값을 나타내었다. 그러나, 가장 높은 투과 플럭스를 유지하는 조건은 A회사의 경우 역세척 주기가 60초일 때이었으나, B회사의 경우 30초일 때로 다른 결과를 보였다. 이것은 본 연구에서 사용한 A회사의 폐수는 부유 물질 농도 및 화

학적 산소요구량이 높았으나 B회사의 폐수는 총용존 고형물 농도가 상당히 높기 때문에 발생한 결과로 추정되며, 따라서 수질에 따라 최적 역세척 주기 조건이 변할 수 있다는 것을 의미하는 것이다.

감 사

본 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으므로 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. J. A. Scott and K. L. Smith, *Water Research*, **31**, 69 (1997).
2. F. Gabelle, W.J. Koros, and R.S. Schechter, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **35**, 3587 (1996).
3. D. Si-Hassen, A. Ould-Driss, M. Y. Jaffrin, and Y. K. Benkahla, *J. Membrane Sci.*, **118**, 185 (1996).
4. F. F. Nazzal and M. R. Wiesner, *J. Membrane Sci.*, **93**, 91 (1994).
5. 한국막학회 편, "막분리의 기초", 자유아카데미 (1996).
6. 임재명, 신항식, 정재춘, 이남훈, 민병현, 이상호, "산업폐수처리공학", 신광문화사 (1996).
7. 박진용, 최창균, 김재진, *화학공학*, **27**, 637 (1989).
8. 박진용, 최창균, 김재진, *화학공학*, **30**, 268 (1992).
9. J. Y. Park, C. K. Choi and J. J. Kim, *J. Membrane Sci.*, **97**, 263 (1994).
10. C. K. Choi, J. Y. Park, W. C. Park, J. J. Kim, *J. Membrane Sci.*, **157**, 177 (1999).
11. 장진호, 노수홍, *대한환경공학회지*, **21**, 217 (1997).
12. 김종표, 전명석, 김재진, 정건용, 전성덕, *멤브레인*, **8**, 94 (1998).
13. 환경처 고시, "수질오염 폐기물 공정시험방법", 3판, 동화기술 (1995).