

## 한외여과막을 이용한 자동차 세척배수의 처리

정 건 용\* · 장 규 만

서울산업대학교 화학공학과  
(1999년 9월 22일 접수, 1999년 12월 20일 채택)

### Ultrafiltration Treatment for Car Washing Effluent

Kun Yong Chung\* and Kyu Man Chang

Department of Chemical Engineering, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received September 22, 1999, Accepted December 20, 1999)

**요 약 :** 오일과 세척제가 다량 함유되어 있는 자동차 세척배수를 한외여과막으로 처리하였다. 세척배수 처리에 적절한 분리막과 투과현상을 평가하기 위하여 분획분자량이 10, 30 및 100k dalton인 한외여과막과 dead-end 방식의 stirred cell (Amicon 8050)을 사용하여 투과유속과 제거율을 측정하였다. 분획분자량이 작은 막에 경우 막오염 현상이 미약하였으나, 분획분자량이 큰 YM100 (100k dalton)인 경우에는 분리막 표면에 오일층을 형성 뿐만 아니라 막 세공 중 일부는 운전압력 조건에 따라서 변형이 가능한 오일 입자가 막을 가능성이 있다. 그러나 오일 및 입자 배제율은 95% 이상이며 세척제를 포함한 투과수를 재활용할 수 있어 수질오염을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 분획분자량이 50k dalton인 증공사형 한외여과막을 이용한 세척배수의 연속적 처리실험을 하였으며, 케이크 여과모델이 잘 적용됨을 확인하였다.

**Abstract :** The car washing effluent containing various oils and detergent was treated by ultrafiltration membranes. Dead-end type stirred cell (Amicon 8050) with 10, 30 and 100k dalton membranes was used to determine permeation and rejection characteristics for the car washing effluent. In case of low molecular weight cut-off membranes, the effect of membrane fouling was weak under the applied pressures. However, the permeation flux for YM100 membrane(100k dalton) may be affected by oil layer formation on the membrane surface as well as oil particle plugging for a part of membrane pores due to compressible and deformable oil properties. Oil and particle rejections in the permeates were over 95%, but detergent was passed easily through the membranes. Hence, the permeates containing detergent can be recycled to the system, and may reduce water pollution. Also, the car washing effluent was treated continuously by a capillary type ultrafiltration membrane of MWCO 50k dalton. The experimental data were fitted suitably to the cake filtration model.

### 1. 서 론

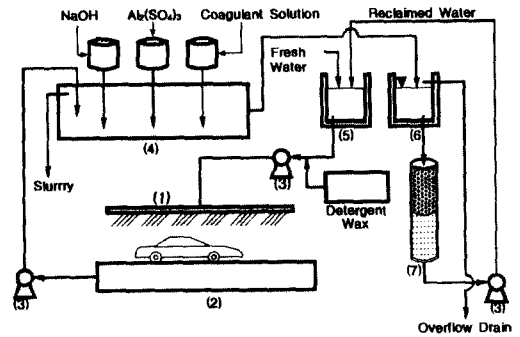
급속한 도시화와 생활수준 향상 및 산업발전으로 물 수요량은 끊임없이 증가하고 있다. 1961년 수도물 사용량은 60만 ton/day로 1인당 물 사용량은 100 L/day 수준이었으나 1998년 현재 우리나라의 1인당 물 사용량은 400 L/day 이상으로 4 배이상 증가하였

다. 그러나 우리나라의 연평균 강수량은 1,274 mm이며 이중 2/3 정도는 장마철에 집중되어 대부분이 유실되고 생활용수, 공업용수, 농업용수 등으로 이용 가능한 양은 총강우량의 약 20 내지 30% 정도에 불과하다. 또한 산업폐수의 발생량과 폐수중 오염물질의 양이 지속적으로 증가하고 인구증가에 따른 생활하수의 발생량도 증가하면서 산업폐수와 생활하수의 발생이

급속히 증가하고 있다. 따라서 2006년경에는 물이 부족할 것으로 예측되며 이에 대처하기 위하여 물사용의 절약은 물론 산업폐수와 생활하수의 처리 및 재사용하는 기술이 절실히 요구된다[1]. 결국, 정부에서는 오수의 발생원 처리개념인 합병정화조 제도를 2002년까지 전국적으로 실시할 계획이다[2]. 또한 중수도의 도입이 심각하게 거론 중이며 대형의 건축물과 대단위 시설물 등에서 점차 확대 적용되는 실정이다. 이밖에 자동차 수가 급증함에 따라서 자동차 세척배수도 증가하고 있으며 현재 공식적으로 등록된 세차장이 38,000 여개로서 이곳에서 발생하는 자동차 세척배수는 약 400 만 ton/yr 규모로 추정되나 대부분이 적절히 처리하지 않고 하수로 배출되는 실정이다.

자동차 세척배수는 자동차에 붙어있는 오일과 세척제등이 포함되어 있으며 상당부분은 물/오일의 안정적인 현탁액 상태이므로 이를 분리, 회수하는 공정은 급속가공시 발생하는 가공유의 처리와 다소 유사하다. 물/오일 시스템은 크게 부상유(free-floating oil), 불안정한 물/오일 현탁액과 안정한 물/오일 현탁액으로 분리할 수 있다. 그 중 부상유는 물과 오일의 비중 차이를 이용하여 쉽게 기계적으로 분리 가능하며 불안정한 물/오일 현탁액의 경우도 기계적 또는 화학적인 방법으로 비교적 쉽게 분리 가능하다. 그러나 자동차 세척배수 또는 급속가공시 발생하는 수용성 절삭유, 알칼리 세척수등은 계면활성제에 의하여 유적이 수중에 안정된 상태로 유화 분산되어 있는 마지막 형태의 물/오일 현탁액이므로 물과 오일을 분리하기가 매우 어렵다[3]. 따라서 산분해 방법으로 먼저 에멀전을 파괴하고 응집부상 또는 침전시켜서 분리하고 있으나 비이온성 계면활성제를 사용하는 경우에는 이 방법으로도 처리할 수 없는 어려움이 있다.

먼저, 현재 자동차 세차장에 설치되어 조업중인 세차배수 처리 시스템을 소개하면 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 자동차 세척수는 분사기(1)에서 자동차에 공급, 세척되며 자동차에 부착된 먼지 및 오물은 세척수와 함께 집수조(2)에 모인다. 이 집수조에 모인 세차배수는 기름 및 계면활성제등이 다량 포함되어 있으며 펌프로 응집조(4)에 이동시킨후,  $Al_2(SO_4)_3$  등의 응집제를 사용하여 부유물을 제거시키고 중화제(NaOH) 등을 사용하여 pH를 방류기준에 맞추어 재생수 저장조(5)로 이동시킨다. 세차시 소비되는 물은 재생수 저장조에서 보충되며 여기에 계면활성제 및 광택용 왁스를 첨가하여 재사용한다. 또한 매일 1회 정도 모래여과기(7)를 통과시켜 재활용수의 수질을 향상시킨다. 이밖에 응집을 파이프 내에서 진행시키고 독특한 방



(1) Sprinkler (2) Storage Tank (3) Pump (4) Coagulant Tank (5) Feed Tank (6) Balancing Tank (7) Sand Filter

Fig. 1. Typical schematic flow diagram for car washing and effluent treatment system.

식의 슬러지 가압부상조를 도입하여 장치의 크기를 최소화시킨 세차배수 처리시스템이 국내에서도 생산되고 있다[4]. 그러나 이상의 시스템에서도 다량의 응집 부유물이 발생하여 폐기처리가 문제이며 재생수중에 일부 유분의 잔류 등 수질이 비교적 양호하지 못하여 이를 재사용할 경우, 세척후 잔여물질이 차량에 잔류하게 되는 등 세척능력이 저하되기도 한다.

따라서 본 연구에서는 세차용 배수로부터 오일성분을 농축, 분리하고 더 나아가 물 및 세척제를 경제적으로 회수하는 분리막 시스템의 가능성에 관하여 연구를 진행하였다. 적절한 분리막 시스템을 도입하여 비교적 간단한 방법으로 세차배수를 처리할 경우, 양호한 수질의 투과수를 확보할 수 있으며 이를 재사용함으로써 수자원을 효율적으로 활용할 수 있게 되고 경제적인 측면에서도 분리막 시스템의 투자비는 재사용되는 물, 약품 및 세척제 비용등의 운전비 절감에 예상된다.

## 2. 실험

### 2.1. 실험장치

본 실험에서 사용한 장치의 개략도는 Fig. 2와 같다. Fig. 2(a)는 dead-end 방식으로 최대 수용액 부피 50 mL, 유효 막면적 13.4 cm<sup>2</sup>인 stirred UF cell(Amicon 8050)(2)을 질소통과 연결하여 손쉽게 가압할 수 있도록 배관하였다. 분리막을 통하여 나온 투과액은 전자저울(3) 위에 비이커로 수집되며 매초마다 그 무게를 측정하여 컴퓨터(4)로 입력된다. 또한 Fig. 2(b)는

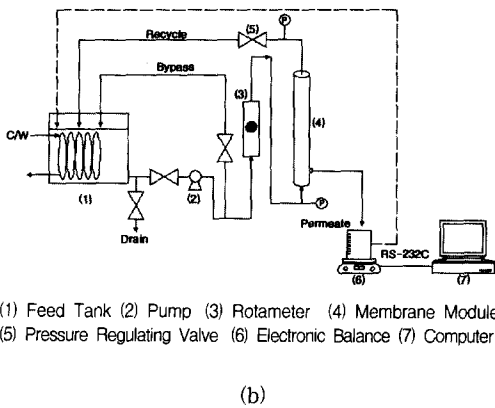
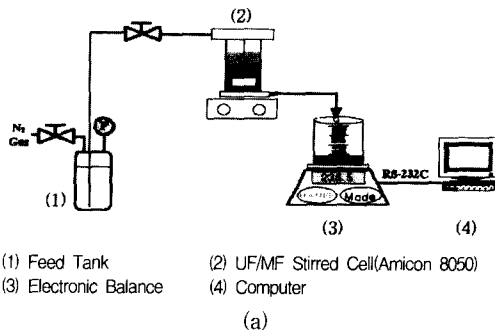


Fig. 2. Schematic flow diagram for (a) dead-end type membrane system and (b) crossflow membrane system.

십자형 흐름 여과(crossflow filtration) 실험 장치이다. 중공사형 한외여과막의 내경은 1.1 mm이고 막모듈의 직경은 2.5 cm, 길이는 46 cm 이며 총유효 막면적이 930 cm<sup>2</sup>이었다. 대기압 상태의 세척액은 10 L 크기의 저장조(1)로 부터 pump(2)로 가압되고 유량 조절을 원활히 하기 위하여 우회관(bypass)을 설치하였다. 공급용액은 로타미터 유량계(3)를 통과한 후 분리막 모듈(4)에 공급되며 모듈 전후에 압력을 측정하였다. 압력조절 밸브(5)를 통과한 잔류액(retentate)은 원액 저장조로 회수되었으며 투과액(permeate)은 전자저울(6)을 사용하여 투과유량을 측정하고 한 후 컴퓨터(7)로 입력된다.

2.2. 세차배수 및 분석

본 실험에 사용한 평판형 한외여과막을 Table 1에 요약하였으며 자동차 세차배수는 광명시에 위치한 모 주유소에서 채취하였다. Fig. 1에서의 같은 집수조에

Table 1. Ultrafiltration membranes used for the experiment

	PM10	PES30	YM100
MWCO(Dalton)	10,000	~30,000	100,000
Material	Polysulphone	Polyethersulphone	Regenerated Acetate
Manufacturer	Amicon	Fluid Systems	Amicon

Table 2. Car washing effluent quality analysis

	Car washing effluent	Treated effluent <sup>1)</sup>	Prefiltered effluent <sup>2)</sup>
Turbidity(NTU)	26	5.2	6.9
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	35	21	29
pH	6.9	6.9	6.8
Oil(mg/L) (n-hexane)	214	55	56
Nonionic surfactant <sup>3)</sup> (mg/L)	163	59	-

<sup>1)</sup> Treated by commercial system (Fig. 1)

<sup>2)</sup> Toyo Roshi Filter Paper #2

<sup>3)</sup> Reference[8]

Table 3. Particle size distribution of oil in car washing effluent prefiltered by Toyo Roshi filter paper #2

Diameter(μm)	Number(%)
0.06	55.47
0.0691	21.77
0.0796	12.24
0.0917	4.45
0.1056	1.18
0.1216	0.47
0.2139	0.01
0.2464	0.13
0.2837	0.28
0.3268	1.15
0.3763	0.99
0.4334	0.76
0.4992	0.49
0.5749	0.36
0.6621	0.1
0.7626	0.08
0.8782	0.04
1.0115	0.02

서 채취한 세차배수(2) 및 재생수(5)를 분석하면 Table

2와 같으며 특히 세차배수중에는 상당량의 오일과 계면활성제 및 부유물이 포함되어 있어 탁도가 높았다. 따라서 분리막으로 세차배수를 처리하기 전에 먼저 여과지(Toyo Roshi #2)로 전처리 여과하였으며 수질 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 비이온성 계면활성제(nonionic surfactant)는 cobalt thiocyanate active substances(CTAS)에 의하여 추출 분석하였으며 자세한 실험방법은 참고문헌(8)에 나타나 있다. 또한 세차배수중에 함유된 오일 분포는 laser scattering method (Photal Otsuka Electronics, PAR- III)로 측정하였다. 세차배수중 오일분포는 Table 3에서와 같이 약 0.06 내지 1  $\mu\text{m}$  범위로 나타났으며, 특히 0.1  $\mu\text{m}$  이하인 오일입자 분포가 90% 이상이였다. 본 연구에서는 세차배수(2)를 수집하여 Toyo Roshi #2 여과지로 전처리한 물을 사용하여 분리막 실험을 수행하였다.

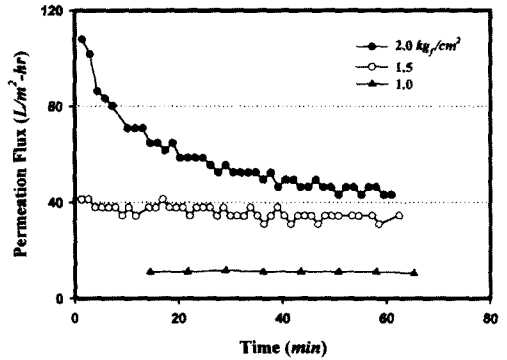
### 3. 결과 및 고찰

먼저 세차배수 처리를 위한 적절한 분리막을 선정하기 위하여 dead-end 방식으로 실험하였으며, 그 결과를 기초로 하여 중공사막을 이용한 십자형 흐름여과를 실시하였다.

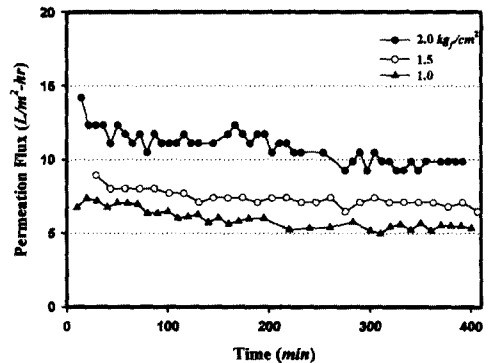
#### 3.1. 세차배수 투과실험

한외여과용인 PM10, PES30 및 YM100의 평막을 사용한 dead-end형 투과유속의 실험결과를 Fig. 3에 나타내었다. 교반속도는 300 rpm으로 일정하였으나 운전압력은 1.0, 1.5 및 2.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 변화시키면서 투과유속을 측정하였다. Fig. 3(a)에서와 같이, PM10의 경우는 운전압력이 1.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$  보다 낮을 때, 투과유속은 운전시간에 따라서 크게 변화하지 않았으나 2.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서는 초기에 약 110  $\text{L}/\text{m}^2\text{-hr}$ 에서 급격히 감소하여 1 시간 정도 후에는 약 45  $\text{L}/\text{m}^2\text{-hr}$ 로 60% 가량 감소하였다. Fig. 3(b)에서와 같이, PES30인 경우는 투과유속이 PM10의 경우보다 훨씬 낮았으며, 투과시간에 따른 투과유속 역시 운전압력이 증가함에 따라서 감소하였으나 2  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서의 투과유속 감소율이 약 30%로 PM10의 경우보다 훨씬 낮았다. 그러나 세공크기가 큰 YM100의 경우는 Fig. 3(c)에서와 같이 모든 운전압력하에서 투과시간이 경과함에 따라서 분리막 근방에서의 농도분극화 현상이 현저히 발생하여 투과유속이 초기에 10% 정도로 급감하였다.

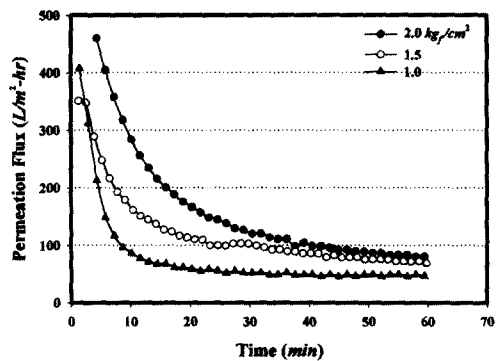
분리막의 세공 크기보다 훨씬 작은 입자를 분리할 경우, 작은 크기의 입자는 세공의 전부 또는 일부분을 막히게 할 수 있으며, 이와 같은 현상을 standard pore



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Car washing effluent permeation flux with respect to filtration time at various transmembrane pressures,  $T=18^\circ\text{C}$  and 300 rpm: (a) PM10, (b) PES30 and (c) YM100.

blocking (SPB) 이라고 부른다. 본 연구에서 사용한 세차배수 중에는 오일 뿐만 아니라 계면활성제가 포함

되어 있으므로 크기가 작은 계면활성제는 한외여과막의 세공내벽에 부착하여 세공크기를 감소시킬 수 있다. 또한 세차 배수 중에 오일입자는 0.04 내지 0.5 μm 범위에 분포되어 분리막 세공보다 클지라도 운전압력이 클 경우, 오일 입자가 변형되어 세공을 투과하거나 막을 수도 있다[5]. 이상과 같은 SPB에 경우, 분리막 투과량이 세공크기에 비례한다면, 투과량(V) 및 투과 시간(t)에 대하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다 [6,7].

$$\frac{t}{V} = \frac{K_s}{2} t + \frac{1}{q_0} \quad (1)$$

여기에서  $q_0$ 는 초기의 막 투과유속이며  $K_s$ 는 여과상수이다.

또한 입자의 크기가 세공보다 크거나 입자가 분리막 표면에 잘 부착되는 경우, 초기에는 상대적으로 크기가 작은 입자 또는 계면활성제등이 분리막 세공을 막음으로 식(1)과 같이 SPB 모델을 적용할 수 있다. 그러나 세공이 전부 또는 일부분이 막히게 되면 그 이후에는 막표면에 cake를 형성할 수 있으며 cake filtration(CF) 모델이 적용될 수 있다. 이 경우, V에 대한 t/V의 관계식은 아래와 같이 나타낼 수 있다[6,7].

$$\frac{t}{V} = \frac{K_c}{2} V + \frac{1}{q_0} \quad (2)$$

여기에서  $K_c$ 는 CF 모델의 상수이다.

Fig. 3에서 나타난 투과현상을 보다 자세하게 규명하기 위하여 SPB 또는 CF 모델식인 식 (1) 또는 (2)

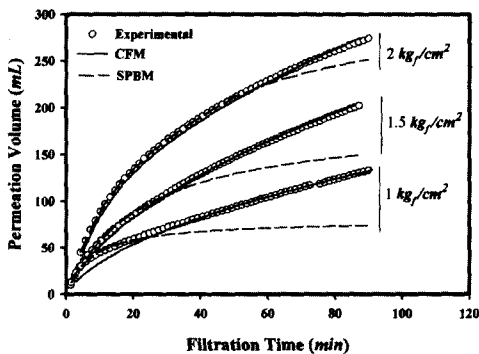


Fig. 4. Standard pore blocking and cake filtration models for YM100 system.

의 적용 가능성을 Fig. 4와 같이 확인하였다. 분리막의 세공이 비교적 큰 YM100의 경우, 저압으로 운전할 때 (1.0 및 1.5 kg/cm<sup>2</sup>) 초기 20 내지 30분이내에서 SPB가 지배적으로 분리막 세공이 오일로 포화되고, 그 이후에는 분리막 표면에 케이크층이 지배적인 저항인 CF 모델을 적용할 수 있었다. 그러나 운전압력을 더 증가시켜 2.0 kg/cm<sup>2</sup>으로 높이면 분리막 세공 막힘현상이 약 1시간동안 서서히 일어나며 그 후에 케이크층이 형성됨을 알 수 있으나, SPB 모델과 CF 모델사이의 차이가 현저히 줄어들음을 확인할 수 있었다. 또한 분리막의 세공 크기가 작은 PES30 또는 PM10인 경우에 대한 여과특성을 Fig. 5 및 Fig. 6에 각각 나타내었다. 초기에는 막세공의 막힘 현상이 다소 존재하였으나 전반적으로 케이크 저항이 주도적인 CF 모델을 따르는 것으로 판명되었다. Fig. 4에서 Fig. 6의 투과모델에서 사용한 각각의  $K_s$ ,  $K_c$  및  $q_0$ 의

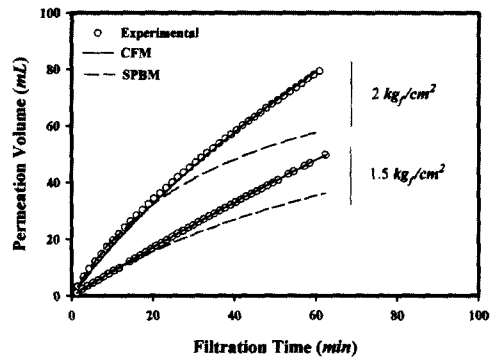


Fig. 5. Standard pore blocking and cake filtration models for PM10 system.

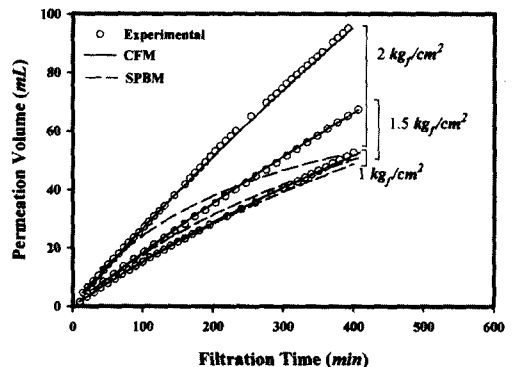


Fig. 6. Standard pore blocking and cake filtration models for PES30 system.

**Table 4.** Filtration parameters for the cases of YM100, PM10 and PES30 membranes

Membranes	Kg/cm <sup>2</sup>	SPB		CF	
		K <sub>s</sub> × 10 <sup>3</sup> (mL <sup>-1</sup> )	1/q <sub>0</sub> (min/mL)	K <sub>c</sub> × 10 <sup>3</sup> (mL <sup>-1</sup> )	1/q <sub>0</sub> (min/mL)
YM100	1.0	25.0	0.10	8.0	0.16
	1.5	10.6	0.12	3.0	0.12
	2.0	6.1	0.13	2.3	0.10
PM10	2.0	10.5	0.41	6.7	0.48
PES30	2.0	13.3	7.87	18.0	8.35

값을 Table 4에 요약하였다. YM100의 경우에서와 같이 운전압력을 증가시키면 K<sub>s</sub> 및 K<sub>c</sub> 값은 감소하였으며, 또한 분리막의 투과유속이 클수록 (PES30, PM10, YM100 순) K<sub>s</sub> 및 K<sub>c</sub> 값이 감소함을 확인할 수 있었다.

**3.2. 세차배수 투과수질**

운전압력 2 kg/cm<sup>2</sup>하에서 분리막을 통과한 투과수와 공급용액의 수질을 분석하여 Table 5에 나타내었다. 투과용액의 오일함량을 n-hexane으로 추출하여 증량으로 측정하였으나 투과용액중에 함유된 오일의 함량이 매우 작으므로 그 정확도가 높지 않아 신뢰할 수 없었다. 그러나 Table 2에서와 같이 탁도는 오일함량의 상대적인 값으로 표시할 수 있으므로 탁도로 분리막의 배제율을 추정할 수 있었다. 즉, 여과지로 전처리한 공급용액의 탁도는 6.9 NTU이였으나 한외여과막을 통과시키면 0.2 내지 0.3 NTU로 감소하였으며 탁도가 오일/입자 농도에 선형적인 관계를 유지한다면 95% 이상의 오일/입자가 배제하였다고 추정할 수 있다. 투과용액의 COD는 공급용액 COD보다 15 내지 25% 가량 감소하였으나 여전히 높은 상태이다. 이것은 비록 공급용액중에 오일이 분리막으로 제거되었더라도 대부분의 계면활성제가 분리막을 통과하였기 때문으로 판단된다. 즉, Table 2에서 세차배수와 재생수의 오일, COD 및 계면활성제 함량을 비교하면

**Table 5.** Prefiltered and permeate quality analysis of car washing effluent

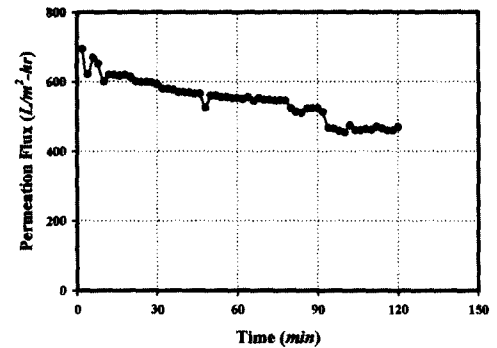
	Prefiltered Effluent	Permeate		
		PM10	PES30	YM100
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	29	23	25	22
Turbidity(NTU)	6.9	0.2	0.3	0.2
pH	6.8	6.9	6.6	6.5

재생수내에 오일의 함량이 약 1/4, 계면활성제가 1/3 정도로 감소하더라도 재생수의 COD 값은 1/2 이상으로 유지됨을 알 수 있다.

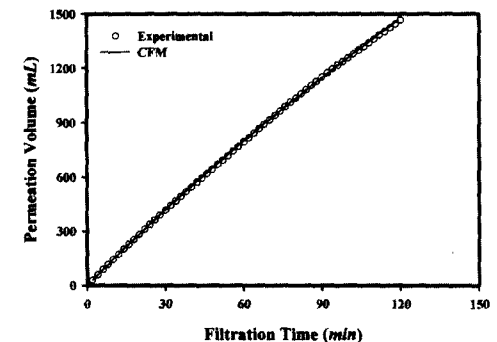
이상의 실험에서 같이 분획분자량이 100,000 dalton 이하의 한외여과막으로 세차배수를 처리한 결과, 배수중에 포함된 미세입자 및 오일은 제거되고 세척수 및 계면활성제등의 유효성분은 회수되어 재사용이 가능함을 보여주었다. YM100의 경우는 PM10 또는 PES30보다 초기 투과유속은 높으나 투과유속이 시간에 따라서 급격히 감소하므로 투과유속을 높게 유지할 수 있는 적절한 운전조건의 확립이 필요하다.

**3.3. 세차배수 연속 투과실험**

본 실험에서는 이상의 기초실험을 토대로 하여 실제공정에 응용할 수 있도록 분획분자량이 50,000 dalton



**Fig. 7.** Car washing effluent permeation flux as a function of filtration time for crossflow system used Koch membrane HF1.0-45-CM50 at T=25°C, P=1 kg/cm<sup>2</sup> and flowrate =4 L/min.



**Fig. 8.** Cake filtration model for crossflow system.

인 polyacrylonitrile 공중합체인 증공사형 한외여과막을 사용하여 Fig. 2(b)에 나타난 방법으로 세차배수를 연속적으로 처리하였다. 운전압력이  $1 \text{ kg/cm}^2$ 이고, 원료공급 유량은  $4 \text{ L/min}$ 으로 Reynolds 수가 약 1300 일 경우 시간에 따른 막 투과유속을 Fig. 7에 나타내었다. 초기에 투과유속은  $230 \text{ L/m}^2\text{-hr}$ 이었으나 2시간 후에는  $150 \text{ L/m}^2\text{-hr}$ 로 약 35% 가량 감소하였다. 또한 여과특성을 Fig. 8에 나타내었으며 전반적으로 케이크 여과모델이 잘 적용됨을 확인할 수 있었다. 이 경우  $K_c=1.86 \times 10^{-5} \text{ mL}^{-1}$  및  $1/q_0=0.0676 \text{ min/mL}$ 으로 dead-end 방식의 운전 경우보다 훨씬 작은 값을 나타내었고 이는 투과유속이 훨씬 높음을 나타낸다. 이밖에 공급수의 COD는  $22 \text{ mg/L}$ 이었으나 투과수의 COD는  $12 \text{ mg/L}$ 로 감소하였으며 이는 3.2절에서 실험한 평막의 경우보다 다소 높은 배제율이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 오일과 세척제 (계면활성제)가 주성분인 세차용 배수를 한외여과막으로 처리하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 세차배수중 함유된 부유물질이나 입자크기가 큰 오일은 전처리 여과로 상당부분 제거 가능하며 계속적으로 한외여과막으로 처리할 경우, 약 95% 이상의 오일/입자를 제거할 수 있었다. 또한 세차배수 중 계면활성제의 대부분은 한외여과막을 투과하였으므로, 재사용이 가능하여 경제적인 뿐만 아니라 환경 친화적인 방법이 될 것이다.

둘째, 세공크기가 큰 YM100 분리막은 PM10 또는 PES30보다 2 배이상의 투과유속을 나타내었으나, 분리막 표면에 케이크에 형성은 물론 막 내부의 세공도 막히는 것으로 추정되었다. 또한 운전압력이 세공 막

힘 현상에 영향을 미치며 본 연구 결과에 의하면 약  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  근방이 효율적인 것으로 판단되었다.

셋째, 세차배수를 분획분자량이 YM100과 PES30의 거의 중간인 50,000 dalton 증공사형 분리막에 연속적으로 투과시킨 결과, 이상의 dead-end 형의 운전결과보다 훨씬 높은 투과유속을 지속적으로 유지할 수 있었으며 투과수질 역시 다소 우세하였다.

#### 감 사

이 논문은 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의하여 연구되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. “우리도 10년내 물부족”, 중앙일보, 11면, 1998년 3월 20일.
2. 임연택, “합병정화조 기술현황 및 전망”, 한국막학회 하계 Workshop (1998).
3. 김종표, 전명석, 김재진, 정건용, 전성덕, 멤브레인, 8(2), 94 (1998).
4. 에바다 덕성, “패키지타입 폐기물과 폐수 처리 및 폐수 재생처리시스템”, 카다로그.
5. J. Mallevalle, P. E. Odendaal and M. R. Wiesner, “Water Treatment Membrane Processes”, McGraw-Hill, NY (1996).
6. C. Visvanathan and R. Ben Aim, Sep. Sci. Technology, 24, 383 (1989).
7. M. H. Al-Malack and G. K. Anderson, J. of Membrane Sci., 112, 287 (1996).
8. “Standard. Methods”, 18th ed. American Public Health Association, Washington D.C. (1992).