

# 중공사 정밀여과막을 이용한 상수처리용 일체형 시스템 개발

## Submerged Type Water Purification System using Hollow Fiber Microfiltration Membrane

정 규 영\* / 김 형 수\*\* / 임 종 성\*\*\*

Chung, Kyu Young / Kim, Hyung Soo / Im, Jong Sung

### Abstract

Membrane separation process is considered as an alternative of conventional water purification system using coagulation · sedimentation + sand filtration. In this study, it was examined that the application possibility of Hollowfiber Microfiltration membrane for water purification process. A 20m<sup>3</sup>/day scale pilot plant was used for studying the possibility of long-term operation and the stability of water quality under the optimum conditions, 0.03m/h permeate flux, filtration for 10 minutes, pause for 2 minutes(including air-scrubbing for 30 seconds), obtained by lab-scale experiment. As a result, it was proved stability of pilot plant over one year and filtrate quality(Turbidity, SS etc). Therefore, it was proved that membrane separation process using Hollowfiber Microfiltration membrane can be applied for water purification system

*keywords:* small water membrane separation, optimum operation parameter, hollow fiber microfiltration membrane

### 요 지

기존의 정수처리 공정인 응집·침전·모래여과를 단일 공정인 막분리 공정으로 대체하기 위한 중공사 정밀여과막의 적용 가능성을 검토하였다. 실험은 우선 실험실 규모의 실험에서 여러 가지 운전인자에 대한 수질의 안정성 및 장기 운전 가능성을 검토하였고, 여기에서 최적 운전인자로 얻어진 투과플럭스 0.03m/h, 10분 여과, 2분 정지(30초간 air scrubbling 세정 포함)의 조건으로 20m<sup>3</sup>/일 규모의 Pilot Plant를 1년 이상 운전하여 안정성을 검증하는 방법으로 수행되었다. 탁도, SS등 막 투과수 수질은 전 실험 기간 동안 탁월한 제거 효율을 나타내었다. 따라서 정수처리 공정의 중공사 정밀여과막을 이용한 막분리 공정은 적용 가능하다고 판단된다.

**핵심용어 :** 상수, 막분리, 최적운전인자, 중공사 정밀여과막

\* (주) 제닉스 엔지니어링 연구개발부

Genix Engineering, 362-6 Seogyo-dong Mapo-Gu, Seoul, Korea

\*\* 성균관대학교 토목환경공학부 조교수

Department of Civil, and Environmental Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

\*\*\* 금호건설 기술연구소

Kumho Industrial Company LTD, Construction Business Unit Institute of Technoledge, Seoul 152-055, Korea

## 1. 서 론

환경백서(1997)에 의하면 현재 우리 나라의 수자원은 강수량이 그 근간을 이루고 있는데 그 강수량이 6~9월에 집중되고 있을 뿐만 아니라 유로가 짧고 경사가 급하여 수자원 총량의 37%에 해당하는 물이 유출되고 있다. 또한 지하수의 유효부족량은 연평균 강수량의 12배이며, 가뭄 등에 의해 물 부족량은 더욱 심각화 될 것이다. 또한 신도시의 개발과 대규모 아파트 단지의 조성으로 인한 인구 집중화 현상으로 많은 상수의 공급이 이루어질 것으로 예상된다. 따라서 기존 상수처리 시설의 확충이 필요하리라 예상된다. 그러나 시설의 확충에 따른 부지확보 및 안정된 처리수를 얻기 위해서는 많은 문제점이 있으리라 예상된다. 현재 우리 나라의 상수처리 공정은 응집-침전-여과-살균의 공정으로 처리수를 생산하고 있으나 앞의 3단계는 대부분이 제탁을 목적으로 하고 있다. 이러한 공정을 줄일 수 있다면 시설의 보관에 따른 많은 문제점을 해결 하리라 예상된다.

현재 일본 등 외국에서는 막분리 시스템을 적용하여, 호수·하천수를 이용한 정수처리에 대해 많은 연구·논문이 나왔으며(金桐秀와 藤田賢二, 1995, 中尾眞一, 1995, 伊藤和廣등, 1996, 中東賢司등, 1996, 松原秀吉등, 1996, 黃建元등, 1996, 眞鍋教市등, 1996), 실 플랜트를 적용한 사례가 있다(湯淺晶, 1995, 海外の膜利用型水道, ユーザのための 實用膜分離技, W.S.Winston Ho 와 Kamalesh K. Sirkar) 본 연구에서는 이러한 응집-침전-여과의 공정을 하나의 공정으로 대처 가능한 막분리 시스템을 적용하여 최적의 운전조건과 막의 수명, 제탁성능,

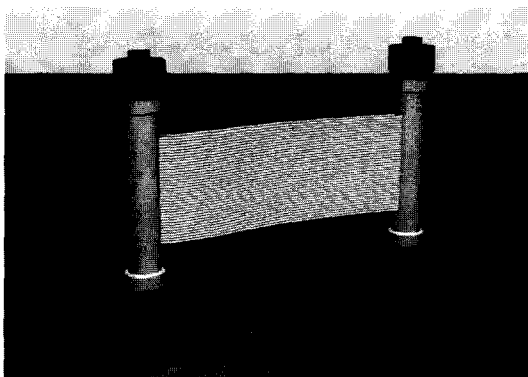


그림 1. 중공사 모듈

fouling 유발물질의 분포 등에 대해서 연구하였으며 선정된 최적의 운전조건으로 pilot 실험을 행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 운전조건

최적의 운전조건과 제탁성능을 평가하기 위한 실험으로 약 7개월간에 걸쳐 실험을 실시하였다.

사용된 막은 단위 부피당 여과 면적이 많은 중공사막을 사용하였으며, 제탁을 목적으로 하였으므로 정밀 여과막을 사용하였다. 실험에 사용된 모듈 및 실험 개요도, 막의 사양은 그림 1, 2, 3과 표 1과 같다.

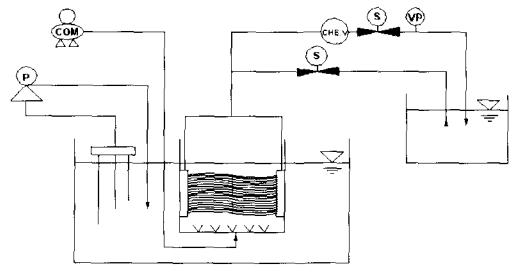


그림 2. Lab test 개요도

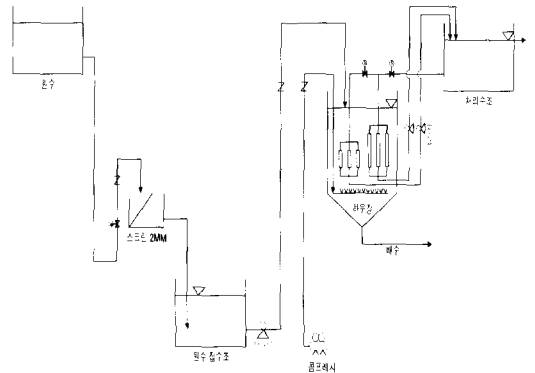


그림 3. PILOT PLANT 개요도

표 1. 실험에 사용된 분리막 사양

	Lab test	Pilot test
막면적(m <sup>2</sup> )	0.5	4
Module	Hollowfiber L type	
막 종류	MF	
막 소재	친수화 코팅 처리된 polyethylene	
Pore size(μm)	0.1	

표 2. 운전조건

	운 전 조 건	정 지 시	비 고
RUN1	0.03m/hr 10분 여과 2분 정지	충수 1분 30초-세정 30초	최적운전인자 비교실험
RUN2	0.03m/hr 20분 여과 2분 정지		
RUN3	0.06m/hr 1분 26초 여과 2분 정지		
RUN4	0.06m/hr 10분 여과 2분 정지		
PILOT TEST	0.03m/hr 10분 여과 2분 정지	충수 30초-세정 30초-충수 1분	1단 연결과 2단 직렬연결 비교

각각의 운전조건을 표 2에 나타냈으며, 투과플럭스를 고정시켜 정량여과가 되도록 하였다. 투과 플럭스의 변화는 처리수의 생산량의 측면을 고려한 것이며 여과 시간의 변경은 여과시간의 변화에 따른 막분리 시스템의 운전가능한 시간과 막의 세정주기를 알아보기 위한 실험이다. 정지시에는 여과과정에서 나타나는 막의 fouling을 제어하기 위한 과정으로 충수를 하는 이유는 여과시 막내부의 진공상태를 대기압 상태로 만들어 막 구조의 물리적 변형을 방지하고 세정시 오염물질의 탈리가 쉽게 이루어지도록 하기 위함이다. 또한, 공기를 이용하지 않은 이유는 먼지 등이 막내부로 유입되어 막오염을 유발시킬 수 있을 것으로 예상되어 처리수를 이용하여 막의 내부로 충수가 이루어지게 하여, air scrubbing을 이용한 물리적 세정을 하였다. 운전은 여과 정지(충수+세정)의 반복 과정으로 행하여졌다. 위 실험을 통하여 선정된 최적의 운전조건을 이용하여 20m<sup>3</sup>/일 규모의 실증실험을 하였다. 실험에 사용된 모듈의 구조 특성상 위아래로 연결이 가능하도록 되어있어, 1단 연결하는 경우와 2단으로 직렬 연결하는 경우로 비교 실험을 하였다. 2단으로 연결하여 실험한 목적은 air scrubbling 효과가 있는지 알아보기 위함이다. 또한, 정지시에 세정위치를 마지막에 이루어진 것이 아니라 충수 30초 경과후 세정을 실시하였는데, 이는 세정을 하는 동안 부유한 현탁입자를 침전할 시간이 필요할 것으로 판단되어 30초간 마지막 1분간 충수를 하였다.

또한 막이 오염되었을 경우 적절한 약품세정을 통하여 막의 기능을 회복시킬 수 있는데, 막으로부터 오염물질의 제거는 막기능의 회복과 막수명의 연장 크기는 막분리 시스템의 장기운전과 관련되어진다. 적절하지 못한 약품세정은 막의 노화를 야기시켜 회복이 불가능한 화학적 성상의 변화가 이루어 질 수 있다.(ユーザーのための 實用膜分離技) 또한 적절한 약품세정 조건의 선정은 실 플랜트에서 약품비와 관련이 있으므로

경제성 측면에서도 매우 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 적절한 약품의 농도 및 접촉시간을 선정하는 실험을 행하였으며 약품세정 후 잔류하는 약품이 처리수의 수질에 어떠한 영향을 주는가를 평가하였다.

물리적 세정인 경우 crossflow 방식은 막면유속에 의해 물리적인 세정이 이루어지며 dead-end 방식의 경우는 간헐적인 포기 등으로 물리적 세정이 이루어진다. 그러나 물리적으로 세정이 불가능한 막면 부착물이나 내부에 부착된 유기물은 이러한 물리적 세정만으로는 제거가 거의 불가능한 것으로 보여진다. 실제로 막의 내부에 fouling이 일어나면 손으로 만지거나 부드러운 천으로 닦아내도 제거되지 않은 현상이 나타났으며 약품세정을 통하여 유기물 및 금속성분을 제거됨을 고행물의 탈리와 막에 묻어있던 색도 물질이 제거되므로 약품세정 효과를 확인 할 수 있었다. 따라서 본 실험은 중공사 정밀여과막을 이용하여 높은 투과플럭스와 잦은 세정이 이루어지도록 임의로 운전하여 케이크나 gel의 오염을 최대한으로 억제 시키고 유기물이나

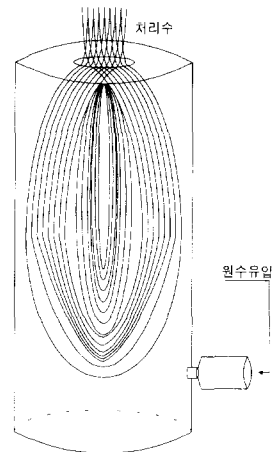


그림 4. 실험에 사용된 분리막 module

금속성분(철, 망간)에 의한 막의 오염이 이루어지도록 하여 차아염소산 0.01%~0.05%로 5단계로 각각 만들어 24시간 세정한 후 다시 0.1N-EDTA로 세정하여 투과플럭스와 탁도, TOC 분석을 하여 비교하였으며 실험시 운전조건은 2kg/cm<sup>2</sup>로 가압하여 측정을 하였다.

실험에 사용된 막은 MF 증공사막을 이용, 모듈을 만들어 실험을 실시하였다 (그림 4).

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 막간 차압(여과 저항)에 대한 검토

막분리 system에 있어서 추진력이 되는 것은 분리막의 유입부와 유출부 사이의 막간 차압(TMP : Transmembrane Pressure 이하 차압이라 함)이다. 투과플럭스가 고정되어 있는 경우에, 차압의 상승은 여과저항의 상승을 의미하며 투과플럭스에 현저한 영향을 미친다. 차압이 -60kPa 정도가 되면 투과플럭스가 현저히 떨어지며 물 속의 용존 가스가 유출되는 현상이 나타나 흡입펌프를 비롯한 system에 악영향을 끼칠 수 있기 때문에 차압이 -60kPa 정도가 되면 분리막의 약품세정이 필요한 것으로 본다. 본 실험에서도 실제 운전 중에는 여과저항 유발물질을 측정할 수 없으므로 차압의 변화로 여과저항을 측정하였다.

Run1의 경우에는 장기간 안정되게 운전되었으나, air bubbling을 이용한 압축 공기 주입 장치의 불안정으로 인해서 갑작스런 여과저항의 상승을 보였으나 교정 후 73일째부터는 안정되었다. 이러한 현상은 압축공기 장치의 교정 후 하루만에 급격하게 차압이 떨어진 것으로 볼 때 공기 주입 장치의 문제점으로 급격하게 차압이 상승한 것임을 알 수 있었다. 그러나 그 후 20여일 만에 급격한 여과저항의 상승이 나타나기 시작했는데 이것은 air bubbling 장치의 불안정으로 인한 영향이 완전히 회복되지 못하였기 때문이라 생각되어진다. 따라서 모든 장치가 안정되게 운전되었다면 더 장기간 운전이 가능하였으리라 생각되어진다 (그림 5).

Run2 운전조건은 고압운전이 막분리시스템으로 적절하지 못한 조건으로 판명되어 저압으로 운전하되 여과 시간을 오래하여 처리수의 생산량을 증가시킬 경우를 검토하였다. 그러나 Run3의 조건보다 낮은 운전 결과를 보였다. 이것은 긴 여과시간으로 인해서 Run3보다 세정빈도가 상대적으로 적어서 나타난 결과로 예상되어진다 (그림 6).

Run3는 Run4의 운전결과가 fouling에 의한 영향

(케이크)으로 급격히 차압상승이 상승한 것으로 고려하여 고압운전으로 하되 세정빈도를 높이고 하루처리수량을 저압운전과 동일하게 하고 실시하였다. Run4의 경우보다 여과저항의 상승이 낮았고 막의 수명이 길었으나 Run1의 경우보다는 짧았다 (그림 7).

Run4는 Run1과 비교하여 실험한 것으로 동일한 여과시간에 대해 고압운전과 저압운전을 비교한 것으로 고압운전의 경우 차압 상승이 급격히 일어나 21일 만에 막의 수명이 다 되어서 중지하였는데 특히 다른 운전조건에 비하여 운전초기에 급격히 차압이 상승하는 경향을 보였다. 이것으로 고압운전 보다는 저압운전이 유리함을 알 수 있었다 (그림 8).

Pilot test에서는 최적의 운전인자로 선택되어진 Run1의 조건으로 운전한 결과 운전시간은 157일로서 실험실규모 실험보다는 운전시간이 약 30일 가량 늘었으며 1단 연결뿐만 아니라 2단 연결도 거의 같은 시간 동안 운전이 되었으므로 2단으로 연결하여 적용하여도

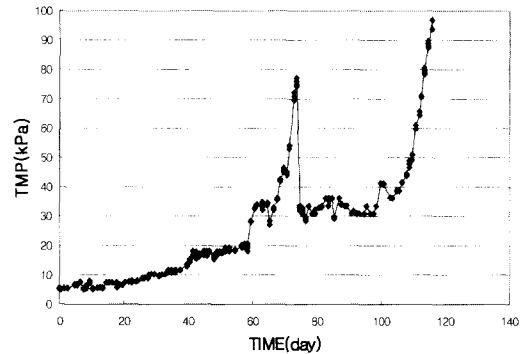


그림 5. Run1 TMP변화

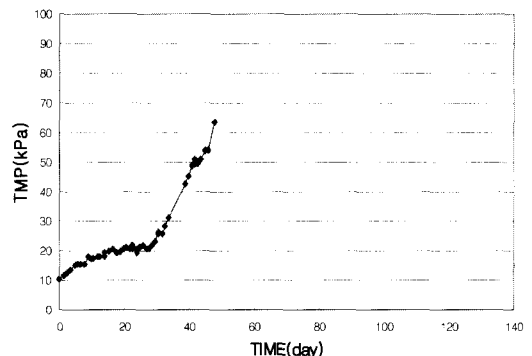


그림 6. Run2 TMP변화

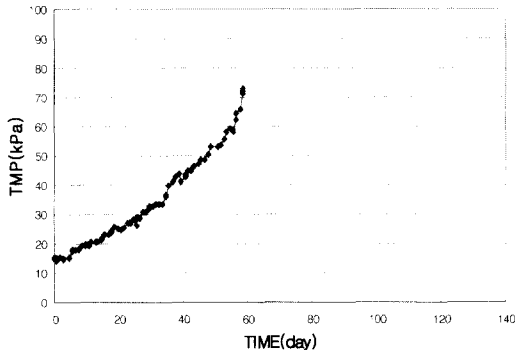


그림 7. Run3 TMP변화

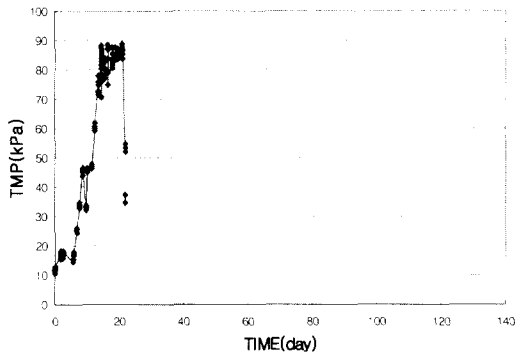


그림 8. Run4 TMP변화

가능함을 알 수 있었다.

특히 운전 후 120여일 까지는 2단 연결이 차압상승이 낮아 그 적용가능성은 더욱 크다고 볼 수 있었다. (그림 9).

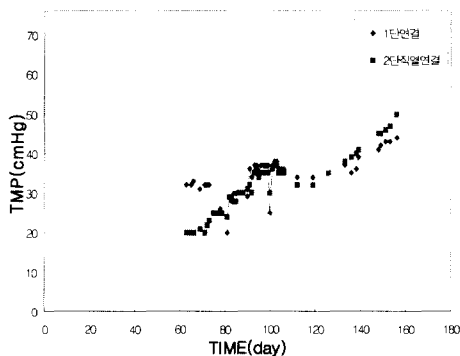


그림 9. PILOT TEST TMP 변화

### 3.2 제탁성능의 검토

본 연구는 기존 정수처리 공정에 대한 제탁용 막분리 system의 검토에 목적을 가지고 있기 때문에 현탁물질에 대한 안정된 제거와 현탁물질의 농도변화에 적절히 대응할 수 있는지를 원수, 농축수, 처리수의 탁도 및 SS의 변화로 검토하여 그 결과를 그림 10, 11에 나타내었다. 대체적으로 탁도와 SS의 변화 경향은 일치하였다. Run1의 경우는 장마가 시작되기 전까지 농축조의 원수 탁도 및 SS가 50NTU, 50mg/l이하를 보였으나 장마시작 후 급격히 올라갔다. 그러나 처리수의 탁도는 0.1~0.2NTU범위 내에서 안정되어 있었으며 100%에 가까운 제거효율을 보였다. Run4의 경우 농축조의 원수 탁도 및 SS는 50NTU, 50mg/l이하를 보였으나, 비의 영향으로 탁도가 급격히 올라감을 볼 수 있다. 처리수의 경우 초기 탁도가 0.2~0.3NTU정도로 높게나왔는데 이것은 새로운 막을 사용하면서 막의 Rinsing 과정에서 문제가 있었던 것으로 하루만에

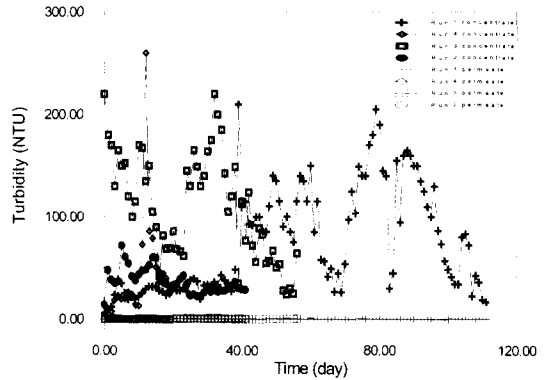


그림 10. 탁도변화

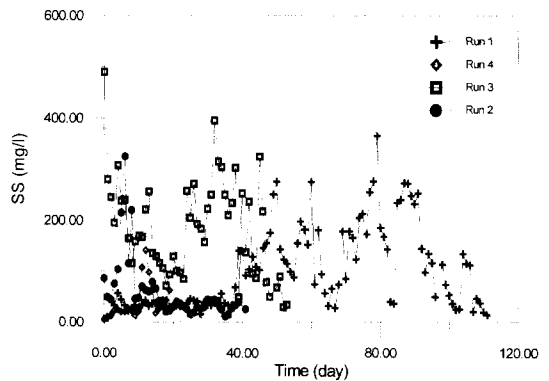


그림 11. SS 변화

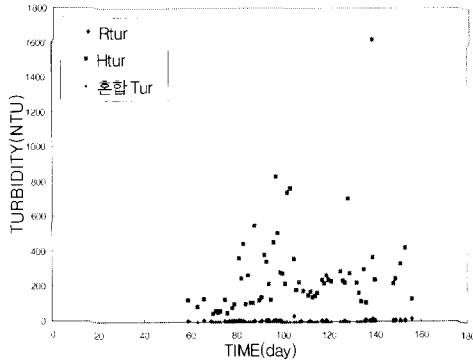


그림 12. PILOT TEST 탁도변화

안정되게 나타났다. Run3의 경우는 Run4의 원수를 그대로 사용한 관계로 초기 탁도가 상당히 높게 유지되었으나 앞의 결과와 달리 처리수의 탁도가 안정되지 않았다. 이것은 집수부의 연결에 문제가 있었던 것으로 원인을 고치고 난 후에는 처리수 탁도가 안정되었다. Run2의 경우는 대체적으로 50NTU, 50mg/l정도도 안정되게 나타났다. 4가지의 운전조건을 비교해보면 대부분의 농축조 탁도는 30~200NTU 범위를 가졌으며 우천에 의한 영향으로 농축조 및 착수정의 농도가 급격히 변함을 알 수 있었으며 이러한 농도의 급격한 변화에도 불구하고 운전조건 모두 안정적인 처리수를 얻을 수 있었다.

제탁성능의 경우 실험실규모의 실험결과와는 달리 약간 높은 결과가 나왔다. 이것은 시스템과 연결된 다른 실험장치로부터 원수가 유입되어 처리수조가 오염되어 탁도가 높았으나 각각의 처리수를 받아 분석한 결과 0.1NTU이하로 매우 낮은 값을 보였다. 또한 하우징내 농축수의 탁도 범위는 150~250NTU였으며 대부분의 농도가 200NTU 내외로 최적운전인자 조건 확립을 위한 lap test 실험조건보다 2배 가량 농도가 높았으며 높을 때는 1600NTU이상의 값을 보였다. 이렇게 높은 탁도 임에도 불구하고 1NTU이하로 안정적인 결과를 보여 제탁을 목적으로 하는 경우 적용 가능성은 충분하다고 사료된다 (그림 12).

### 3.3 막오염 유발물질의 검토

막의 기능이 저하되었을 경우 막의 기능을 저하시키는 원인 물질의 비율을 조사하여 적절한 세정조건과 또한 원수의 특성에 따라 운전인자를 적용시킬 수 있다. 운전이 중지된 후 케이크층, gel층, 유기물, 금속성

분에 의한 여과저항 유발 비율을 물리적 세정 및 약품 세정을 통하여 총 4회에 걸쳐 막의 수명이 다할 때 다 분석을 실시하였다. 그 결과를 그림 13, 14, 15, 16에 나타내었다.

전체적으로 막수명에 결정적인 영향을 주는 여과저항 물질로는 케이크였으며 세정빈도가 많은 경우는 내부폐색에 의한 영향이 매우 커서 실험에 사용한 air scrubbling 방식의 물리적 세정으로는 곤란함을 알 수 있었으며 내부폐색이 막수명에 많은 영향을 주는 사실을 여과저항 유발물질 분포를 통해서 알 수 있었으며 각각의 운전결과를 보면 다음과 같다.

Run1의 경우에는 66%가 케이크층이었으며 gel, 유기물, 금속류의 순서로 나타났으며, Run2의 경우에는 69%가 케이크층이었으며 gel, 유기물, 금속류의 순서로 나타났다. 저압운전조건인 Run1과 Run2에서는 막수명에 많은 영향을 주는 여과저항 유발물질이 케이크층이었음을 알 수 있었다.

Run3의 경우에 유기물이 51%였으며 케이크, gel, 금속류의 순서로 나타났는데 이것은 다른 운전조건에 비해 잦은 세정이 이루어져 상대적으로 케이크가 적고 유기물에 의한 막내부에서 폐색이 이루어진 것으로 보여진다. 실질적으로 Run3 경우는 다른 운전과 달리 외관상으로도 케이크층이 적음을 육안으로도 확인이 가능하였다.

Run4의 경우 케이크층이 58%로 가장 많은 여과저항물질로 나타났다.

대부분의 경우 케이크에 의한 오염이 막의 수명에 영향을 주었으며 잦은 세정의 운전조건하에서는 내부폐색에 의한 오염이 대부분임을 알 수 있었다.

따라서 막의 수명이 다한 후 세정시 저압운전인 Run1과 Run2는 간단한 물리적 세정만으로도 막의 회복율이 70%이상 회복이 가능하며 이것은 세정에 따른 시간의 절약과 화학세정의 빈도를 줄일 수 있을 것으로 생각되어지므로 약품비 절감에 효과가 있을 거라 예상되어진다. 그러나 고압운전인 Run3와 Run4는 내부폐색이 Run1과 Run2에 비해 상당히 높으며 그 비율은 25~60%로 세정시 반드시 화학세정을 하여야 막이 회복 가능함을 알 수 있다.

### 3.4 최적 약품세정의 선정

최적의 약품세정 조건을 알아보기 위하여 약품세정을 통한 막의 회복율과 약품에 의해 나타날 수 있는 막의 노화 및 처리수의 수질성상을 측정하여 측정하

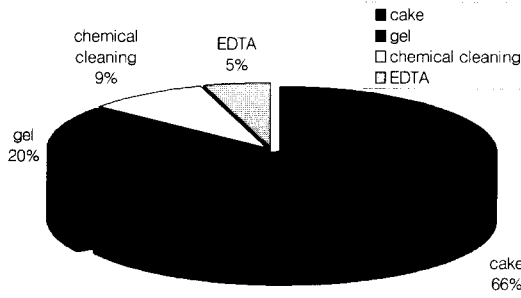


그림 13. RUN1 fouling 유발물질 분포

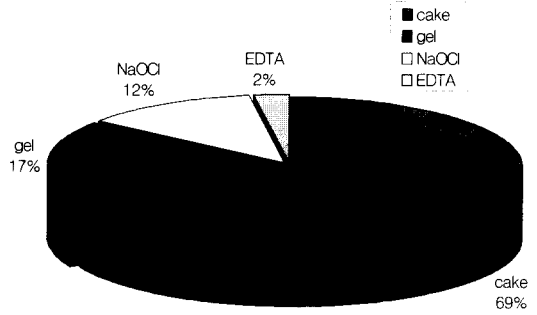


그림 14. RUN2 fouling 유발물질 분포

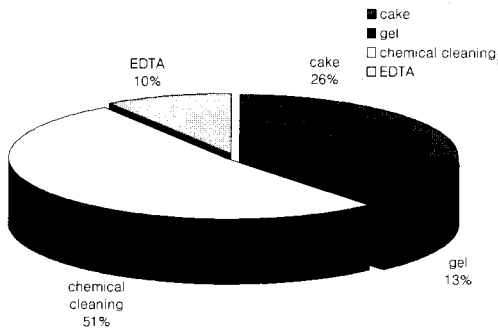


그림 15. RUN3 fouling 유발물질 분포

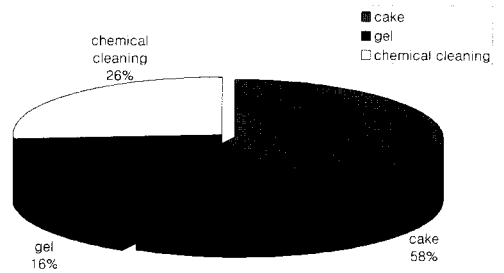


그림 16. RUN4 fouling 유발물질 분포

투과flux, 탁도, TOC 등을 분석하였다 (표 3).

막의 오염을 일으키는 물질중 내부폐색을 일으키는 철과 망간을 분석한 결과 원수의 경우 철과 망간이 거의 측정 가능치 이하로 매우 낮은 농도를 보인 반면에 운전이 종료된 후의 철은 1.08mg/l~2.19mg/l, 망간은 2.26mg/l~4.64mg/l로 수십~수백배 막면에 금속

성분이 농축되어 있음을 알 수 있었다.

따라서 이러한 금속성분의 오염물질을 제거하기 위해서는 확실한 약품제정이 필요함을 알 수 있었으며 필요성을 탁도 및 TOC 분석으로 알 수 있었다.

### 3.4.1. 투과플럭스

임의로 막을 오염시킨 후 적당한 크기로 막을 잘라

표 3. 투과플럭스, 탁도, TOC분석결과

	flux(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·hr)		탁도(NTU)			TOC(ppm)			
	A	B	A	B	C	A	B	C	D
0.01%	2.611	4.555	0.06	2.81	0.14	1.05	3.24	2.96	1.34
0.02%	1.4	4.539	0.06	1.21	0.10	0.392	9.52	0.674	2.36
0.03%	-	-	-	1.71	0.09	1.82	6.55	0.510	1.77
0.04%	3.219	2.467	0.78	0.52	0.20	1.75	2.00	1.78	2.30
0.05%	2.589	4.409	0.08	0.93	0.08	0.496	3.35	0.79	1.31
원수	-	-	4.74	2.05	7.30	1.62	3.42	0.769	1.62

A : 차아염소산 24시간 세정후, B : 차아염소산 24시간+0.1N-EDTA 24시간 세정후

C : 차아염소산 24시간+0.1N-EDTA 24시간 세정+11 증류수 세정후,

D : 차아염소산 24시간+0.1N-EDTA 24시간 세정+11 증류수 세정+1분간 운전후

서 모듈을 만든 후 증류수를 이용하여 2kg/cm<sup>2</sup>로 가압하여 유기물이나 다른 현탁물질을 배제한 상태에서 투과플럭스를 측정하였다. 차아염소산만을 이용한 세정 시에는 안정적인 투과flux 경향이 나타나지 않았으나 EDTA에 의한 세정을 병행할 경우 더 높은 투과플럭스를 기대할 수 있었으며 그 값은 약 4.5m/h 정도로 안정적인 투과플럭스 확보가 가능하였으며 차아염소산만을 이용한 것보다는 약 40%이상 증가하였다. 차아염소산만으로 세정을 할 경우는 세정의 효과과 안정적이지 못함을 알 수 있었다.

### 3.4.2. 탁도

24시간 동안 약품세정이 끝난 후 막을 증류수로 세정을 한 후 팔당호의 원수를 이용하여 막의 제탁성능을 평가하였다. 차아염소산으로 24시간 세정후 처리수의 탁도는 0.06~0.78NTU였으며, 팔당호의 탁도는 4.74NTU로 전반적으로 안정적인 값을 보였으나 일반적인 처리수 탁도보다 높게 나타나, 약품에 의한 영향이 있는 것으로 보여진다. 이에 반해 차아염소산 24시간+0.1N-EDTA 24시간 세정후의 탁도변화는 차아염소산만으로 세정한 결과와는 다른 현상이 나타났는데 원수의 탁도가 2.05NTU인 것에 대하여 처리수의 탁도는 0.52~2.81NTU로 원수보다도 높은 값이 나타났다. 약품에 의한 영향으로 이러한 결과가 나온 것으로 판단이 되어 다시 증류수로 11씩 여과세정을 실시한 후 탁도 변화를 측정된 결과 0.09~0.20NTU으로 안정된 값이 나타났으며 이때 사용된 팔당호의 탁도는 7.30NTU였다. 미비하지만 차아염소산만을 이용한 처리수의 탁도가 낮고 EDTA를 병행하여 세정을 할 경우는 탁도가 높은 것으로 보아 확실한 세정이 이루어져야 함을 알 수 있다. 이것은 제탁을 목적으로 하는 막분리시스템 적용시 약품세정 후 생산되는 처리수를 바로 이용하기에는 문제가 있음을 알 수 있다.

### 3.4.3 유기물분석(TOC)

TOC 분석은 원칙적으로 안정된 탁도의 값을 보일 때 처리수와 원수를 가지고 실험을 실시하였다. 또한 EDTA 세정후 TOC분석은 탁도가 안정적인 경우와 안정적이지 못한 경우에 대하여 각각 분석이 이루어졌으며 약품에 의한 영향을 분석하였다. 차아염소산 24시간 세정후 TOC는 원수가 1.62mg/l, 처리수는 0.932~1.75mg/l로 차아염소산에 의한 영향이 적음을 알 수 있었다. 그러나 차아염소산 24시간+0.1N-EDTA에 의한 약품세정의 결과 원수는 3.42mg/l인

것에 반해 처리수의 농도는 2.00~9.52mg/l로 높게 나타나 약품에 의한 영향이 많음을 알 수 있었다. 그 후 증류수 11씩 여과세정을 실시한 후 측정된 결과 원수 0.796mg/l에 대하여 처리수는 0.510~2.96mg/l로 다소 높기는 했으나 증류수 11로 세정하기 전보다는 낮은 값을 보였다. 위의 실험이 끝난 후 다시 1분간 운전을 한 후 샘플링 하여 측정된 결과 원수는 1.62mg/l, 처리수는 1.31~2.36mg/l로 그다지 큰 변화가 없었다. 따라서 약품에 의한 세정이 끝난 후 막에 묻어 있는 약품을 확실히 제거하여야 하며, 특히 EDTA에 의한 약품세정이 이루어질 경우 세심한 세정이 이루어져야 함을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

팔당 원수를 대상으로 한 dead-end filtration 운전방식의 정밀여과막(MF 막) 흡입여과 특성에 대한 실험결과는 다음과 같이 나타났다.

(1) 탁도가 4~230NTU, SS가 4~360mg/l의 고탁도, 고농도인 원수임에도 불구하고 처리수의 탁도는 0.1~0.2NTU로 안정하게 유지되어 제탁성능이 뛰어난 것으로 판단된다.

(2) 정밀여과막의 투과플럭스를 고압(투과플럭스 0.06m/hr)과 저압(투과플럭스 0.03m/hr)으로 흡입 운전하여 비교한 결과, 저압 운전에서 여과저항의 상승속도가 적었고, 장기간 안정되게 운전 할 수 있었다.

(3) 대부분의 여과저항 물질은 케익층이었으며 잦은 air scrubbling이 진행되는 경우 내부 폐색현상이 높음을 알 수 있다.

(4) 0.03%-차아염소산나트륨 24시간 세정과 0.1N-EDTA 24시간 세정으로 오염된 막은 새 막에 대해 95.4%~약100%까지 회복되었다.

(5) 1단 연결과 2단 직렬연결 모두 운전시간이 거의 비슷하였으며, 제탁성능도 뛰어나 2단 직렬 연결도 가능한 것으로 판단된다.

(6) 1단 연결과 2단 연결시 막간차압이 1단보다 2단이 낮게 유지되고 막의 수명이 1단과 2단 직렬연결 모두 운전시간이 거의 동일한 시간에 종료되었고 제탁성능도 뛰어나 2단 직렬연결 적용도 가능한 것으로 예상된다.

(7) Air scrubbling에 의한 물리적 세정이 막 운전 시간과 밀접한 관계가 있었으며 Pilot test에서 air scrubbling 시간을 조절할 것이 운전시간을 연장하는데 결정적인 역할을 한 것으로 판단된다.



(8) 막의 fouling을 일으키는 대부분의 물질이 현탁 물질임을 고려할 때 최적운전인자 확립을 위한 실험보다 Pilot Test에서 농축수의 탁도가 2배가량 높음에도 불구하고 운전시간이 약 30일간 길었으며 현탁물질의 농도가 최적운전조건 확립을 위한 실험조건인 100NTU내외의 농도를 보였다면 더 오랫동안 운전이 가능하리라 예상된다.

최적 약품세정 조건을 선정하기 위한 실험결과로 다음과 같은 사항을 얻을 수 있었다.

(1) 차아염소산에 의한 약품세정보다는 차아염소산+EDTA를 이용한 약품세정이 약 40%이상 투과플럭스가 증가하였으며 안정적인 투과flux를 확보 할 수 있었다.

(2) 약품에 의한 처리수 탁도 영향은 차아염소산만으로 약품세정을 하는 경우 간단한 세정만으로도 처리수가 안정됨을 알 수 있었으나 EDTA를 첨가한 약품세정은 원수보다 높은 탁도와 농도를 보였으므로 약품세정을 실시한 후 발생하는 처리수의 안정성을 고려해야 한다.

### 참 고 문 헌

환경부 (1997). 환경백서

金炯秀, 藤田賢二 (1995. 6). “오존洗淨에 의한 膜閉塞 抑制에 関한 研究.” 大韓上下水道學會誌, 大韓上下水道学会, 第9卷, 第3号, pp. 78~87.

伊藤和広, 小川明, 浜崎喜健, 蔭山佳秀, 峯岸寅太郎, 土屋博嗣 (1996). “次世代型高品位浄水プロセス実験.” 日本 第47会 全国水道研究発表会講演集, pp. 182~183.

中東賢司, 神保吉次, 鬼塚卓也, 相沢広和, 竹田静雄 (1996). “膜濾過施設長期実験.” 日本 第47

会 全国水道研究発表会講演集, pp. 184~185  
中村陽一, 山本由忠, 喜多理 (1996). “膜濾過装置による河川水の処理.” 日本 第47会 全国水道研究発表会講演集, pp. 188~189

松原秀吉, 野中規正, 菅谷謙三, 湯浅晶 (1996). “湖水のUF膜濾過処理.” 日本 第47会 全国水道研究発表会講演集, pp. 190~191

黄建元, 滝沢智, 藤田賢二, 荒海純一, 安楽辛一 (1996). “塩素添加量の違いによる浸漬型中空糸膜の運転特性.” 日本 第47会 全国水道研究発表会講演集, pp. 200~201

真鍋教市, 野口真人, 関沢一夫, 井上勇 (1996). “ハイブリッド浸漬型平膜濾過方式による高度浄水処理.” 日本 第47会 全国水道研究発表会講演集, pp. 216~217

中尾真一 (1995). “膜分離技術による水処理.” 水環境学会誌, 水環境学会, Vol. 18, No. 2, pp. 2~9

湯浅晶 (1995). “海外における膜濾過型浄水処理の現況.” 水環境学会誌, 水環境学会, Vol. 18, No. 2, pp. 10~14

社団法人 水道浄水プロセス協会 (1995). 海外の膜利用型水道.

化学工学会 膜分離技術ワーキンググループ (1996). ユーザーのための実用膜分離技.

W.S.Winston Ho and Kamalesh K. Sirkar (1992). Membrane Handbook, pp. 408~424, 457~460.

(논문번호:99-003/접수:1999.01.26/심사완료:1999.05.18)