

동시세정방식 및 금속막에 의한 정밀여과기술



최 이 송

유네코개발(주) 물환경기술연구소 소장
 경희대학교 환경연구센터 선임연구원
 isongchoi67@hotmail.com



김 성 윤

유네코개발(주) 대표이사
 yuneco@chol.com

1. 서론

막여과(Membrane Filtration)란 미세한 공극을 가진 분리막을 여재로 사용하여 입자성 고형물을 포함한 물을 통과시켜서 물과 고형물을 분리·제거하여 깨끗한 여과수를 얻는 수질정화방법 중 하나이다. 이와 같이 고·액 분리기능을 이용한 막여과공법은 결국 물리적 체거름 현상을 이용한 것으로, 처리하고자 하는 원수에 포함된 입자성 물질의 농도 및 입자의 입경크기, 제거한 후 여과수에 남아있는 고형물의 허용농도 등에 의하여 선택적으로 사용할 필요가 있으며, 이에 맞추어 다양한 공극 크기를 가진 분리막이 개발되어 제조되고 있다. 현재 막은 공경크기에 따라 정밀여과막(MF: Micro Filtration), 한외여과막(UF: Ultra Filtration),

나노여과막(NF: Nano Filtration), 역삼투여과막(RO: Reverse Osmosis) 등으로 구분되고 있으며, 특히 나노여과 및 역삼투여과는 한계 공극이 대단히 작아 용해성 물질까지 제거가 가능하다. 최근에는 분리막 제조기술의 비약적인 발전과 함께 과거 용수 또는 상수에 국한되어 사용되던 막여과 공정이 하수처리공정(신항식 등, 2001; 정용준 등, 2004)에까지 적용이 확대되면서 수처리시설 전반에 걸쳐 다양한 영역에 확대되어 이용되고 있다.

막여과의 장점은 막을 이용한 공법이 기존의 처리공법에 비하여 처리용량 대비 규모를 작게 할 수 있고, 주변 환경인자의 영향을 덜 받으면서 안정적이고 확실한 처리효과를 얻을 수 있으며, 설비 또한 간단하다는 이점 때문이다(정종태 등, 2004; 심주현 등, 2005). 즉 막의 특성에 따라 원수중의 부유성 고형물질, 세균류 등 일정한 크기 이상의 불순물을 안정적으로 제거할 수 있고, 자동운전이 가능하여 운전 및 유지관리가 용이하기 때문이다. 이와 같은 막분리공법의 많은 장점에도 불구하고 막분리공법이 현장적용에 어려움을 겪는 것은 시간의 경과에 따라 지속적으로 유입되는 오염물질로 인하여 발생하는 막투과 유속 저하 및 막 수명 저하 때문이다. 즉 막에 작용하는 여과저항으로 인하여 투과유속이 저하되는 fouling 현상은 막분리 기술의 보급에 한계 장애요인으로 작용하고 있으며, 막 재질 자체의 사용연한으로 인한 주기적인 여과막 교체는 유지관

리비용을 상승시키게 된다. 따라서 앞으로 막여과기술을 보다 확대 보급하기 위해서는 반드시 이러한 측면을 고려한 기술개발 및 개선이 필요하다.

본문에서는 fouling 발생으로 인한 막간 차압의 증가를 억제하면서 여과지속시간을 획기적으로 연장하여 대유량 처리가 가능하도록 개발한 동시세정 기술과 물리적 성질 및 내약품성이 뛰어난 금속막을 이용한 정밀여과기술을 소개하고자 한다.

2. 금속막

2.1 물리적 특성

막에 일반적으로 적용되고 있는 재료로는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 에폭시, 얇은 피막으로 된 합성재료(TFC), 세라믹 등으로 매우 다양하다. 최근에는 앞에서 언급된 기존의 막 재질이 가지고 있는 열과 화학약품에 대한 취약성을 보완하기 위하여 내열 및 내화학성이 뛰어난 스테인레스 강을 재질로 하는 금속막을 이용하기도 한다(정종태 등, 2004; 민석홍 등, 2007). 본 연구에서 사용한 막은 평판형의 금속막으로, 재질은 STS316L이며, 일반적인 물리

적 특성 값을 생산업체인 I사로부터 입수하여 표 1에 정리하여 나타내었다. 또한 금속여과막의 표면을 SEM으로 촬영한 모습을 그림 1에 나타내었다.

Mesh는 종횡의 철실이 1 inch에 들어가는 가닥수를 나타내는 것으로 mesh 값이 높을수록 촘촘하게 짜여진 것을 의미하며, 그만큼 공극도 작아지게 된다. 또한 직경(Dia)값은 종횡의 철실 두께를 나타내는 것으로 Nominal 공극 값이 작을수록 직경 역시 작아지게 된다. 본 금속막에서 가장 중요한 것은 공극으로, 제조사에서 제시한 절대공극(Absolute Filter Rating)은 20 μm 가 35~38 μm , 15 μm 가 27~29 μm , 10 μm 가 16~18 μm , 8 μm 가 12~14 μm , 5 μm 가 8~9 μm 인 것으로 조사되어 Nominal 값보다 높은 것으로 조사되었다. Tensile Strength는 인장강도로 공극이 작을수록 커지는 경향을 보였고, 연신율(Elongation) 역시 공극이 작을수록 커지는 경향을 보였다. 마지막으로 단위면적당 무게는 철실의 두께가 두꺼운 공극이 큰 막이 공극이 작은 막

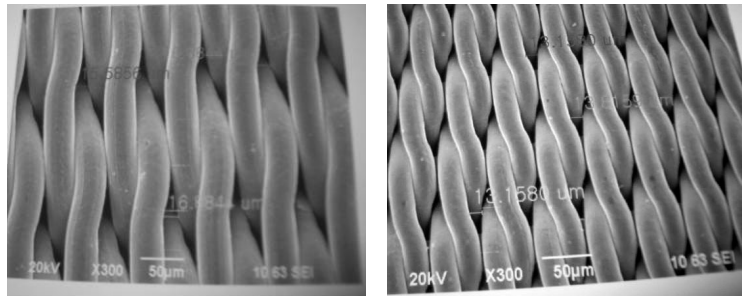


그림 1. 10 μm 및 5 μm 여과막 표면의 SEM 사진

표 1. 금속여과막의 일반적인 물리적 특성

구 분	20 μm	15 μm	10 μm	8 μm	5 μm
Mesh (종/횡)	80/700T	120/1000T	165/1400T	200/1400T	325/2300T
Dia (mm)	0.1/0.08	0.08/0.053	0.07/0.04	0.071/0.041	0.035/0.025
Absolute Filter Rating (microns)	35~38	27~29	16~18	12~14	8~9
Tensile Strength (kg/mm ²)	87.9/87.5	90.2/91.7	90.3/91.7	90.3/91.7	104.6/104.1
Elongation (%)	28.6/25.9	23.5/28.9	23.8/28.9	23.8/28.9	28.0/28.0
Weight (kg/m ²)	1.098	0.693	0.552	0.552	0.355

보다 무거운 것으로 나타났다.

2.2 내약품성 평가

금속여과막의 내약품성 평가는 본 여과막의 유지 관리상 화학세척에 대한 약품사용 가능 여부 및 사용에 따른 내구성을 판단하는데 있어서 중요하다. 따라서 내약품성을 측정하기 위하여, 화학세척에 주로 이용되는 차아염소산 나트륨 수용액과 강산성인 염산, 질산, 황산 수용액을 대상으로 일주일간 침지시킨 후 외형상 변화 및 전·후 무게차로 물리적 성장변화를 파악하여 보았다.

실험에 이용된 각 수용액 농도는 10%로 실제 세정에 이용되는 일반적 범위를 초과하는 농도에서 실험하였다. 아래의 표 2는 각 금속여과막을 각 수용액에 일주일간 침지시킨 후 금속여과막 전·후의 무게를 측정하고 그에 따른 변위량을 계산하여 나타낸 것으로, 침지 후 큰 무게변화가 없었음을 알 수 있다. 이는 결과적으로 금속여과막의 내약품성이 뛰어나다는 것을 의미하는 것으로 실제 외관상으로도 큰 변화는 없었다.

2.3 여과한계입경

여과막의 공극은 여과성능을 좌우하는 중요한 요

인 중의 하나이지만 직접적으로 여과특성을 나타내지는 않는다. 그 이유는 여과막에 가해지는 압력에 따라 여과특성이 영향을 받기 때문이다. 본 문에서는 금속막의 공극에 따른 여과특성을 알아보기 위하여 경기도 수원시 소재의 K 대학 하수처리장의 폭기조 내 원수를 대상으로 원수와 각 공극별 금속막(10 μm , 8 μm , 5 μm 대상)으로 여과 처리한 여과수의 입경분포를 입도분석기(Beckman Coulter MS II)로 조사하고 무게와 누적무게비로 평가한 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서, 원수의 입경분포는 0~1000 μm 까지 비교적 고르게 분포한 것으로 나타난 반면, 10 μm 금속막에 의해 여과된 여과수 중에는 23.68 μm 이상의 입자가 없는 것으로 나타나 여과한계입경이 23.68 μm 인 것으로 판단되었다. 또한 각 금속막 공극별 여과한계입경은 8 μm 가 18.32 μm , 5 μm 가 13.24 μm 인 것으로 조사되었다. 여기서 여과한계입경이 앞에서 제시한 Absolute Filter Rating 값보다 크게 나타난 것은 본 실험시 원활한 여과를 위하여 가압을 하였기 때문에 공극보다 큰 입자도 일부 통과하였기 때문으로 판단된다. 하지만 전체적으로 여과한계입경 값은 Absolute Filter Rating 값과 잘 대비되는 것으로 나타났다.

표 2. 각 용액에 침지 후 무게변화를 통한 내약품성 평가결과

구 분		차아염소산 나트륨 (10%)	질산 (10%)	염산 (10%)	황산 (10%)
10 μm	초기무게 (g)	0.062	0.102	0.094	0.101
	나중무게 (g)	0.062	0.101	0.094	0.100
	변 위 량 (g)	0.000	0.001	0.000	0.001
8 μm	초기무게 (g)	0.061	0.076	0.084	0.088
	나중무게 (g)	0.060	0.075	0.084	0.087
	변 위 량 (g)	0.001	0.001	0.000	0.001
5 μm	초기무게 (g)	0.042	0.084	0.063	0.073
	나중무게 (g)	0.041	0.084	0.062	0.072
	변 위 량 (g)	0.001	0.000	0.001	0.001

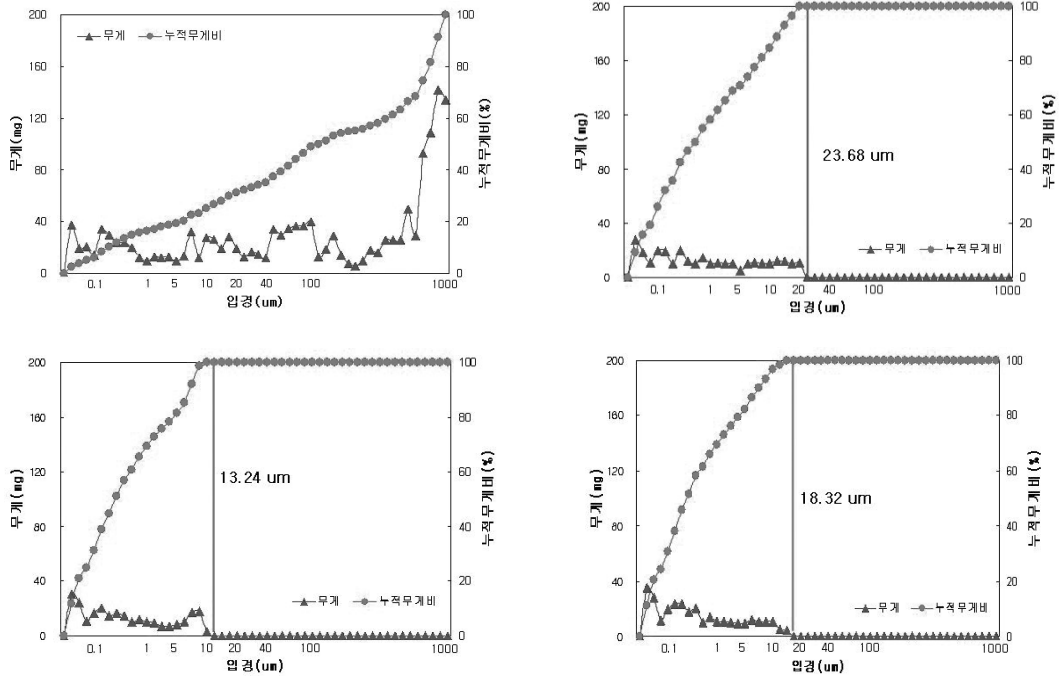


그림 2. 원수와 여과수의 입자 입경별 무게 및 누적무게비 (위쪽 왼쪽부터 시계방향으로 원수 및 10 μ m, 8 μ m, 5 μ m임)

3. 동시세정기술

3.1 동시세정기술의 개요

막에서의 fouling 현상은 유입수질의 특성 및 표면에서의 오염물질 작용 메커니즘 등에 의해 매우 복잡하게 발생된다. 따라서 막 여과공법에서의 핵심적 기술은 막의 fouling 현상을 억제하고 여과지속시간을 길게 가져가는 것이며, 이는 경제성 및 효율성 측면에서 매우 중요한 요소로 작용한다. 일반적으로 막의 fouling 현상을 억제하기 위한 방법은 공정을 운전하면서 막에 걸리는 압력을 최소화시키는 방법과 세정 및 물리적 방법을 이용하여 계면에서의 입자성 오염물질을 떨어뜨려 제어하는 방법으로 구분할 수 있다. 이 중 현재 가장 많이 사용하고 있는 방법은 세정방식의 역세척(backwashing)을 들 수 있다. 현재 대부분의 정밀여과기술들은 여

과와 역세척이 분리된 기작으로 작동하며, 역세척을 실시하기 위해서는 시설의 운전 및 여과가 중단되어야 한다. 이와 같은 역세척 방식은 처리용량이나 유지관리 측면에서 커다란 단점이 된다. 그 이유는 여과기작 시 지속적 유입부하는 짧은 시간내에 여과막에 걸리는 압력을 상승시키고 이로 인해 역세가 자주 발생할 수밖에 없다는 점과 역세 발생횟수가 많아질수록 여과처리도 중지되므로 처리용량에 손실이 발생한다는 점이다. 즉 여과지속시간이 짧기 때문에 처리용량도 그 만큼 적어질 수밖에 없고 시설용량이 상대적으로 커져야 한다는 것이다. 또한 역세척수는 고농도의 오염물질을 포함하고 있으므로 바로 방류될 수가 없다. 따라서 재처리가 필요하게 되는데 역세척 횟수가 많아지면 역세척수 발생량이 많아지기 때문에 유지관리에 소요되는 비용이 상승하고 여과수의 회수율도 자연히 낮아질 수밖에 없다.

본 문에서 소개하고자하는 동시세정기술 역시 넓은 의미에서는 역세척의 방식이지만, 기존의 운전 을 중단하고 역세척하는 방식과 달리 운전중에 지속적으로 여과와 동시에 막여과방향의 반대쪽에서 막표면을 세정하는 방식이라는 측면에서 차이가 있다. 즉 여과와 세정이 동시에 이루어지는 방식으로, 세정수를 분사하는 세정바가 기어드 모터에 의하여 막표면 주위를 회전하면서 지속적으로 세정하는 방식이다. 다음의 그림 3은 동시세정방식의 세정바의 모습과 세정원리를 나타낸 것이다. 세정바의 각 세정수가 분사되는 hole 직경은 1 mm이며, 두 개의 회전바에 각 hole이 지그재그 형태로 구성되어 있어 막 표면에 골고루 분사되도록 되어있다. 설계된 세정바의 회전속도는 0.5 m/s(약 3초에 한번씩 같은 지점을 세정)이며, 분사압력은 4.0~5.4 kg_f/cm² 범위이다. 회전하는 세정바로부터 분사된 고압 세정수는 여과막 내부 표면을 향해 연속적으로 분출되고 세정(세정수가 여과막의 외부까지 뚫고 나가며 밀집된 오염물질을 씻어주는 현상) 및 드림(안쪽에서 두드러춤으로써 진동에 의하여 외부계면에 밀집된 오염물질이 떨어져 나가는 현상)작용에 의해 막 외부계면의 밀집된 오염물질을 분산시키고 이때 여과수가 통과되도록 하는 원리에 의하여 막의 fouling 현상을 억제하고 지속적인 여과를 가능하게 한다.



3.2 세정압력 평가

본 정밀여과기술에서 동시세정방식은 여과막의 fouling 현상을 억제하고 지속적인 운전을 가능하게 해주는 핵심기술이며, 세정압력은 매우 중요한 운전인자이다. 그 이유는 세정압력이 너무 높을 경우 사용동력의 증가로 인하여 효율적인 설계 및 안전운전에 장애 요인이 될 수 있고, 너무 낮을 경우에는 막표면의 세정이 제대로 되지 않아 배수주기가 잦아짐으로써 배출수 소모가 많아지는 결과를 초래하기 때문이다. 따라서 적절한 세정압력을 설정하기 위하여 4.0~5.4 kg_f/cm²의 범위에서 0.5 kg_f/cm² 단위로 세정압력에 변화를 주면서 이에 따른 여과차압의 변화를 관측하였고, 그 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3에서 볼 수 있는 바와 같이 세정압력에 변화를 주어가며 차압의 변화를 관측한 결과, 여과막의 차압 변화폭은 큰 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 4.5 kg_f/cm² 이상의 세정압에서 5 μm 및 8 μm

표 3. 공극별 세정압력 변화에 따른 여과막 내부 및 외부의 압력차

구 분	4.0 (kg _f /cm ²)	4.5 (kg _f /cm ²)	5.0 (kg _f /cm ²)	5.4 (kg _f /cm ²)	유량 (LPM)
10 μm	0.01	0.01	0.01	0.01	140
8 μm	0.02	0.01	0.01	0.01	100
5 μm	0.02	0.01	0.01	0.01	80

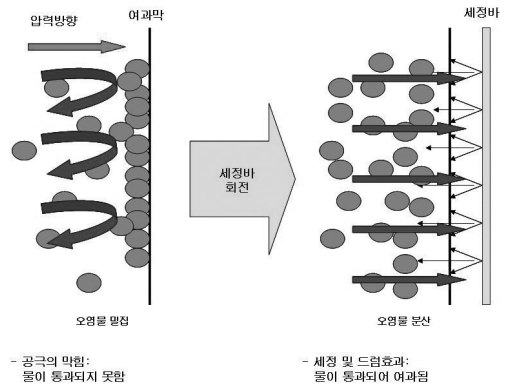


그림 3. 세정바의 모습 및 세정원리

공극의 금속막에 대한 차압이 0.01 kg_f/cm²인 것으로 나타났으며, 10 μm 금속막은 4.0 kg_f/cm²에서도 차압값이 0.01 kg_f/cm²인 것으로 조사되었다. 따라서 운전의 효율성 및 효과를 고려할 때 10 μm 여과막에서는 4.0 kg_f/cm² 이하, 2 μm, 5 μm 여과막에서는 4.5 kg_f/cm² 정도의 세정압력을 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

4. 실험에 의한 여과기술 평가

4.1 실험방법

본 동시세정방식 및 금속막을 이용한 정밀여과기술의 여과성능 및 여과지속시간에 대한 평가를 위하여 경기도 수원시에 위치한 S 대학 내 하수처리장에 pilot 규모의 실험을 실시하였다. 실험에 이용된 동시세정방식 및 금속막을 이용한 정밀여과시설의 설계도면 및 실제 설치된 사진은 그림 4에 나타내었다. 유입수는 저류지에 오수 및 방류수를 적정하게 섞어 저농도(SS 기준 11.5~19.6 mg/L) 및 고농도(SS 기준 100~207 mg/L)로 조절하여 이용하였다. 수질정화효과를 평가하기 위한 실험은 각 공극별로 5분에서 10분 간격으로 각 6개의 유입수 및

유출수 시료를 채취하여 평가하였다.

여과지속시간에 대한 평가는 위에서 언급된 같은 시설에서 실시되었고, 10 μm, 8 μm, 5 μm의 여과막에 대하여 각 6~9일 동안 운전하면서 운전기록을 통한 데이터 분석을 통하여 나타내었다. 이때 유입수는 저류지에 오수와 방류수를 섞어 SS 농도기준으로 8~12 mg/L가 되도록 조절하여 실험을 실시하였다.

4.2 수질정화성능

본 동시세정방식을 이용한 금속막 정밀여과시스템은 물리적 처리기법을 주 처리기작으로 하고 있으며, 목표가 되는 주 오염물질은 입자성 고형물이다. 따라서 본 시스템의 가장 중요한 오염물질 제거 항목은 SS라 볼 수 있다. 다음의 표 4는 각 농도별, 공극별 유입 및 유출수의 SS 농도 및 제거효율을 나타낸 것이다. 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 여과막의 공극이 작을수록 높은 처리효율을 보였고, 8 μm 이하의 공극에서는 60% 이상의 제거효율을 나타냈다. 특히 2 μm에서는 저농도, 고농도 모두 80% 이상의 높은 처리효율을 보였다. 본 연구에서는 정밀여과 단일공정에 의한 처리효율이므로 별도의 단위공정이 추가되어 연계 처리될 경우 보다 높

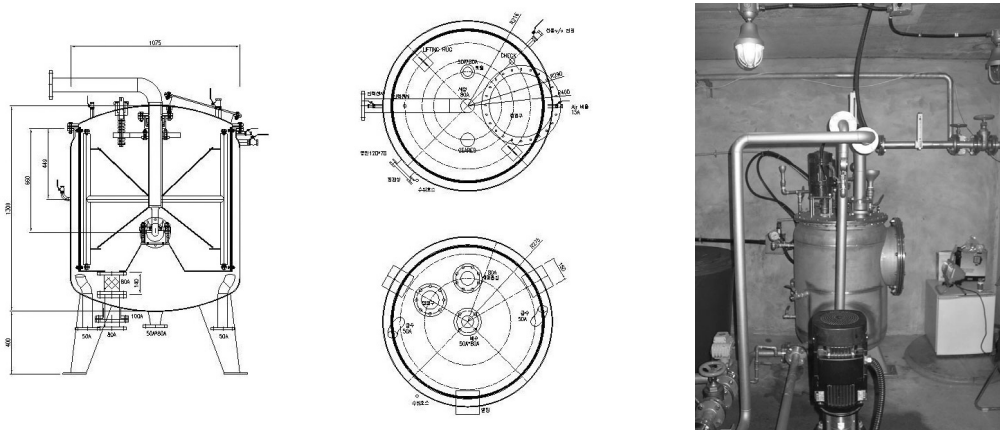


그림 4. 정밀여과시설 설계도 및 실제 설치된 모습

학술/기술기사

은 처리효율을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

일반적으로 여타의 처리기술에서는 유입 오염농도가 높으면 처리효율은 증가하게 되나, 본 실험의 결과를 보면 유입농도에 관계없이 비슷한 처리효율을 보이는 것으로 나타났다. 이와 같이 예상되는 성능과 다른 결과를 보인 것은 본 공정이 물리적인 표면여과처리공정이기 때문에 오염물질의 입경크기에 따른 영향만을 받기 때문으로 판단된다. 즉, 유입원수의 입경 구성비에 변화를 주지 않고 농도만 조절된 유입수 조건이었으므로 처리효율도 영향을 받지 않은 것으로 사료된다. 일부 유입농도가 낮은 경우가 높은 경우보다 오히려 처리효율이 높게 나타난 것은 여과막 외부에 고농도로 농축된 SS성 오염물질이 여과압력을 상승시키고 이로 인해 일시적으로 보다 큰 입경의 입자성 물질 일부도 통과되었기 때문으로 판단된다. 결과적으로 고농도에서 여과된 오염 총량은 많았지만, 처리효율은 비슷하거나 오히려 감소한 경우도 나타났다.

BOD, COD, T-N, T-P의 처리효율에 대한 실험

결과를 표 5에 나타내었다. SS성 물질 외에 다른 오염항목을 측정된 결과에서도 공극이 작을수록 높은 처리효율을 보였다. BOD 및 COD의 제거효율의 경우, BOD는 41.2~67.3%의 범위로 나타났고, COD는 33.6~61.0%의 범위로 나타나 기대했던 것보다 높은 처리효율을 보였다. 이는 이들 오염물질 중 상당량이 입자성의 형태로 존재하였기 때문에 SS가 제거되면서 동반 제거되었다고 판단된다. 이와는 대조적으로 T-N과 T-P는 각각 10.6~21.9%와 11.3~27.4%의 범위를 보여 상대적으로 낮은 제거효율을 보였다.

4.3 여과지속시간 평가

시스템의 안전하고 원활한 운영을 위해 여과막 내부와 외부의 압력차를 설정하고 기준 값 이상으로 커지게 되면 자동으로 배수가 일어나도록 운전 특성을 고정하여 실험을 실시하였다. 본 실험에서 배수는 초기차압에서 10 cm의 차압증가가 발생하

표 4. 각 농도별, 막 공극별 SS 제거효과에 대한 실험 결과

구 분	저농도 (L)			고농도 (H)		
	유입 최소~최대 평균 (mg/L)	유출 최소~최대 평균 (mg/L)	제거효율 최소~최대 평균 (%)	유입 최소~최대 평균 (mg/L)	유출 최소~최대 평균 (mg/L)	제거효율 최소~최대 평균 (%)
10 μm	17.8~18.6	8.2~8.9	50.6~55.2	100~101	46.3~46.9	53.3~54.1
	18.3	8.6	53.0	100.6	46.7	53.6
8 μm	19.2~19.6	7.2~7.4	62.1~63.3	205~207	72.5~78.6	62.0~64.7
	19.4	7.3	62.5	205.6	75.2	63.4
5 μm	18.0~18.5	5.2~5.8	67.8~71.7	104~106	32.3~36.2	65.3~69.5
	18.3	5.4	70.5	105.1	34.7	67.0
2 μm	11.5~12.2	2.0~2.6	79.4~81.2	120~132	18.2~32.2	80.2~81.8
	11.8	2.3	80.9	129.6	24.4	81.1

표 5. 각 농도별, 막 공극별 오염물질 평균 제거효율에 대한 실험 결과

구 분	10 μm		8 μm		5 μm		2 μm	
	저농도	고농도	저농도	고농도	저농도	고농도	저농도	고농도
BOD (%)	41.2	44.8	46.7	45.7	50.3	54.4	67.3	67.3
COD (%)	33.6	42.5	43.4	50.2	50.3	54.3	60.9	61.0
T-N (%)	11.3	10.6	15.3	13.1	19.2	18.4	21.8	21.9
T-P (%)	15.1	11.3	15.2	18.8	19.8	20.1	27.2	27.4


면 일어나도록 설정하였다. 각 여과막의 공극별 여과압력차 값의 변동을 운전기간동안 실시간으로 기록지에 기록하여 그 결과를 아래의 그림 5~7까지에 나타내었다. 본 실험에서는 시설상의 안전성, 현장에서의 적용조건 등을 감안하여 일일 가동시간(8시간)이 끝나는 시점에서 강제배수를 실시하면서 운전하였다.

10 μm 및 8 μm 의 운전결과에서 볼 수 있듯이 운전 중 차압의 증가폭은 크지 않았고 배수 또한 일어나지 않았다. 이는 동시세정방식이 여과막의 압력 증가를 억제하여 여과지속시간을 길게 유지할 수 있도록 해주었기 때문으로 판단된다. 일반적인 모래여과방식에서 비슷한 유입수 조건에서 1일 4회 이상/약 30분간의 역세가 필요하고, 다른 정밀여과막을 이용한 기술의 경우에도 1일 10회 이상의 역세가 필요하다는 점을 고려한다면 매우 효과적으로 fouling을 억제하고 있는 것으로 판단된다. 본 기술은 동시세정방식이므로 배수가 타 기술의 역세척과 같은 기능을 한다고 볼 때, 상대적으로 여과지속

시간이 월등히 길고 배수량이 전체의 1% 미만이므로 매우 효과적인 여과기술로 평가된다. 다만, 5 μm 운전에서는 가동시간 종료시점에서 강제배수를 시켜도 실험기간 중 1일에 2~3회의 자동배수가 일어나 막의 공극크기가 작은 만큼 여과수두의 증가가 커 동일 세정압력 하에서라면 배수횟수가 증가하고 여과지속시간이 짧아진다는 사실을 보여주었다.

5. 결론

본 문에서 동시세정방식과 금속막을 이용한 정밀 여과기술에 대하여 소개하였다. 현재까지의 실험결과로 볼 때, 금속막은 재질이 STS316L이므로 물리적, 화학적 성질이 우수하여 물리적인 파손이 일어나지 않는 한 반영구적 사용이 가능하고, 막의 지속적 사용에 따른 폐색현상을 제어하기 위하여 실시하는 화학세척에도 매우 유리한 특성 등을 가지고 있어 유용한 막재료로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 현재 금속막은 국내에서 2 μm 까지만 제작이 가능한 것으로 나타났지만, 해외의 경우 0.5 μm 까지 제작이 가능한 것으로 조사되어 앞으로 금속막을 이용한 정밀여과기술의 처리성능을 보다 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 최초로 개발된 동시세정방식은 미세한 공극을 가진 막을 통해 고·액 분리하는 과정에서도 막힘현상 없이 여과지속시간을 길게 유지할 수 있는 것으로 나타나 앞으로 막여과의 fouling 억제기술에 폭넓은 응용이 가능할 것으로 판단된다. 특히 세정수는 자체 여과수를 내부 순환하여 이용하므로 여과수량 손실이 극히 적고(여과수 회수율 99% 이상), 여과지속시간이 길어 배수량이 1% 미만이므로 외부로 배출되는 물이 적기 때문에 배출수의 재처리에 있어서도 유리할 것으로 판단된다. 

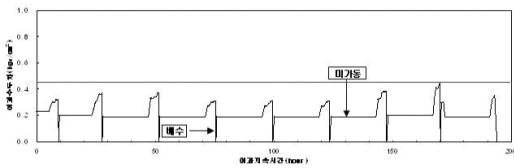


그림 5. 10 μm 금속막에서의 여과지속시간 평가

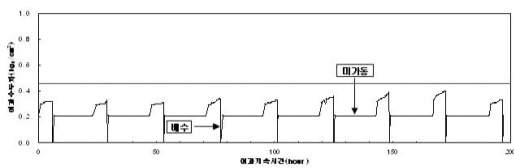


그림 6. 8 μm 금속막에서의 여과지속시간 평가

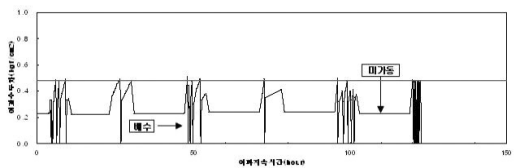


그림 7. 5 μm 금속막에서의 여과지속시간 평가

● **참고문헌**

1. 신항식, 강석태, 남세용, 이원태, 채소용 (2001), 막을 결합한 단일반응조에서 유기물과 영양염류 동시 제거, 대한환경공학회지, 23권 6호, p.971-978
2. 정용준, 木會祥秋, 민경석 (2004), 메쉬 침지여과막을 이용한 활성슬러지의 고액분리, 대한환경공학회지, 26권 3호, p.299-304
3. 정종태, 김종오, 김학균, 김석구, 이용재 (2004), 합성하수를 이용한 금속 막의 정밀여과 특성 및 막오염 제어, Journal of Environmental Research, Vol.4, No.1, p.33-38
4. 심주현, 김대환, 서형준, 정상원 (2005), 응집-정밀여과에 의한 도시하수의 처리, 대한환경공학회지, 27권 6호, p.581-589
5. 민석홍, 김종오, 정종태 (2007), 압연공정을 이용한 금속 정밀여과막의 제조 및 여과특성, Membrane Journal, Vol.17, No.3, p.174-183