

중공사형 한외여과 막분리 공정에 의한 하천수 처리

구정현, 원진아, 박진용

한림대학교 환경학과

Lake Water Treatment Using a Ultrafiltration Membrane Process of Hollow Fiber Type

1. 서론

수처리 공정의 목적은 원수 중에 포함된 콜로이드, 미립자 등의 현탁물질, 이온과 유기물 등의 용해성 물질의 제거로, 이러한 목적을 위해서 수처리공정에 막분리 기술을 이용하는데 관심이 높아지고 있고, 이미 일부에서는 실용화되었다. 분리막에는 분리막의 기공의 크기에 따라 역삼투막, 한외여과막, 정밀여과막이 있으며, 대상 폐수 및 처리수의 재활용 여부에 따라 선정하여 사용한다.

본 연구에서는 폴리설폰 재질의 중공사형 한외여과막을 사용하여 하천수를 처리하여 투과수와 원수의 수질을 비교함으로써, 분리막 기술에 의한 하천수처리의 타당성 및 처리 효율을 고찰해 보고자 하였다. 대상 원수로 최근 생활하수의 유입으로 수질이 악화되고 있는 소양강의 한 지류인 공지천의 물을 사용하였다.

2. 실험

2-1. 한외여과 막소재 및 모듈 선정: 하천수 처리를 위한 막소재를 조사한 결과, 한외여과 분리막 중에서 polysulfone계 분리막이 내화학성이 우수하고, 단위 부피당 막면적이 다른 형태의 모듈보다 크기 때문에 여과 효율이 우수한 중공사형 분리막이 하천수 처리에 적합한 것으로 나타났다. 이러한 조사 결과를 토대로 중공사형 polysulfone 한외여과막을 선정하여 구입하였다.

2-2. 하천수처리용 한외여과막의 기초성능 조사: 본 연구에서 선정된 한외여과막에 대한 기초 성능 조사는 성능 실험 장치를 사용하여 모듈의 분획분자량을 확인하였다. 성능 실험 장치는 공급 탱크 및 peristaltic pump, 모듈 연결부로 되어 있으며, 공급 유량 및 농축액의 유량을 측정하기 위하여 모듈의 공급액 유입부 및 농축액 유출부에 각각 유량계를 설치하였다. 또한, 중공사형 모듈의 일반적인 방식인 상향류식으로 공급액을 모듈의 하부로 공급하였다. 제조 회사에서 제시한 분획분자량이 5,000 및 10,000인 polysulfone 중공사형 한외여과 모듈에 대한 분획분자량 확인 실험은 상온 25 °C에서 다른 분자량을 갖는 5종의 dextran과 5종의 polyethylene glycol 2,000 ppm 수용액에 대하여 각각 조사하였다. 공급 수용액 및 투과액의 RI (refraction index) 값을 differential refractometer을 사용하여 측정하여 농도를 구하였다. 또한, 온도 변화에 따른 순수한 물에 대한 한외여과막의 회수율의 변화를 조사하기 위하여, 공급액인 순수한 물 (3차 처리수)의 온도를 변화시켜 가면서 투과수의 유량을 측정하였다.

2-3. 원수의 선정: 최근 춘천시의 발전과 함께 생활하수 등 각종 오수의 유입으로 수질이 악화되고 있는 공지천의 물을 원수로 선정하였다. 공지천은 춘천시 소양강의 한 지류로, 수도권 상수원 보호 및 감시 차원에서 보건환경연구원이 매일 수질검사를 하는 곳이기도 하다.

2-4. 증공사형 한외여과에 의한 하천수 처리: 본 연구에서 사용된 증공사형 한외여과 장치의 공정은 전처리 여과막으로 Stainless steel로 제작된 정밀여과막 (기공의 평균크기: $5\mu\text{m}$)이 설치되어 있다. 또한, feed tank안의 온도와 수위를 조절하고 감지하기 위하여 thermocouple과 level switch가 장착되어 냉각장치 및 가열장치로 시료의 온도를 일정하게 유지하는 것이 가능하다. 공지천 물을 대상으로 한외여과 실험을 수행함에 있어, 공급액의 압력은 2 kg/cm^2 으로 투과액의 압력은 1.5 kg/cm^2 을 유지하였다. 또한, 시료의 온도는 $28\text{ }^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하면서, 투과액과 농축액을 다시 공급탱크로 재순환시키면서 여과실험을 행하였다. 이렇게 5시간 정도 여과하면서, 공급액 및 투과액의 총고형물 및 탁도, 생물학적 산소요구량, pH, 유량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 하천수 처리용 한외여과막의 기초성능 조사 결과: 제조 회사에서 제시한 분획분자량이 5,000인 Polysulfone 증공사형 한외여과 모듈 (SKUS-206-0805)에 대한 분획분자량 확인 실험 결과, 실제로 확인한 분획분자량은 Dextran의 경우 100,000 부근이고, Polyethylene glycol의 경우 10,000으로 제조회사에서 제시한 값보다 다소 크게 나타났다. 분획분자량 10,000인 모듈 (SKUS-206-0810)에 대한 분획분자량 확인 실험 결과, 이 모듈의 실제 분획분자량은 Dextran의 경우 1000,000 부근으로 큰 값을 보였으나, Polyethylene glycol의 경우 10,000으로 제조회사에서 제시한 값과 일치하였다. 한편, 순수한 물 (3차 처리수)을 대상으로 온도에 따른 회수율 (= 투과량/공급량)의 변화를 살펴 본 결과, 온도가 증가함에 따라 회수율은 증가하는 경향을 보여 주고 있다. 그 이유는 온도가 증가하면 물의 점도가 감소하므로, 투과량이 증가하여 회수율이 증가하게 되는 것으로 설명할 수 있다.

3-2. 증공사형 한외여과 공정의 특성: 공지천 물을 채수하여 분획분자량이 5,000인 Polysulfone 증공사형 한외여과 모듈에 대한 실험 결과, 하천수 중에 함유된 총고형물의 제거율이 50 % 이상을 유지하는 것을 알 수 있었고 시간에 따른 변화가 거의 없었다. 탁도는 시간이 경과함에 따라 다소 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 공급액 및 투과액의 연속적으로 재순환하는 과정에서 하천수 중의 미세한 입자들이 한외여과막에 침착되어 다소 감소한 것으로 추정된다. 탁도의 제거율은 시간에 따라 다소 변화하였으나, 평균적으로 59.7 % 정도를 보여 주고 있다. 한편, 생물학적 산소요구량 및 그 제거율의 시간적 변화는, 조업시간이 경과함에 따라 공급액 및 투과액의 생물학적 산소요구량이 다소 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 약 5시간 실험하는 동안, 하천수를 재순환하였기 때문에 하천수 중 미생물이 증식하여 생물학적 산소요구량이 다소 증가한 것으로 추측된다. 한외여과 실험 동안 생물학적 산소요구량의 제거율은 평균적으로 41.7 %를 유지하였다. 분획분자량 10,000인 모듈의 경우, 총고형물의 평균 제거율은 74.5 %이고, 탁도의 평균 제거율은 73.2 %로, 분획분자량이 5,000인 모듈의 경우보다 오히려 증가한 값을 보여 주고 있다. 반면에 생물학적 산소요구량의 평균 제거율은 20.9 %로 분획분자량 5,000인 모듈의 경우보다 상당히 작은 값을 나타내고 있다. 이러한 결과는 두 실험의 경우 같은 장소에서 채수하였음에도 불구하고, 두 실험에서 사용한 하천수의 탁도가 각각 1.49 NTU와 0.69 NTU로 상당히 다른 수질을 갖기 때문에 발생한 것으로 추정된다.

이러한 결과들을 종합하여 보면, Polysulfone 재질의 증공사형 한외여과막을 사용하여 공지천의 물을 대상으로 여과실험을 수행하여 총고형물 및 탁도, 생물학적 산소요구량을 상당히

제거할 수 있었다. 따라서, 본 연구를 통하여 중공사형 한외여과막을 사용한 하천수 처리의 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. G.H. Filteu, and K.A. Klinko, Membrane Separation Experience in Municipa Wastewater Reuse, AWWA Annual Conf. Orlando, Florida, June (1988).
2. K.M. Abdullaev, I.A. Malakhov, L.N. Poletaev, and A.S. Sobol, "Urban Waste Waters treatments for use in steam and power generation", Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, England (1992).
3. Metcalf & Eddy, Inc., "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill, Inc., 3rd Ed., NY, NY (1991).
4. M. Cheryan, "Ultrafiltration Handbook", Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, Pennsylvania (1986).