

부식질 존재하에서 PAC-UF 시스템을 이용한 미량유기물의 제거

이승진, 이정학

서울대학교 공업화학과

1. 서론

원수 중의 오염물의 양과 종류가 급격히 증가함에 따라 기존의 정수방법은 점차 그 한계를 노출하고 있다. 이러한 문제점의 대안으로 최근 막분리기술을 도입한 고도정수처리공정이 주목되고 있다. 역삼투(reverse osmosis)와 나노여과(nanofiltration) 등의 분리막을 이용한 정수처리 공정에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나, 경제성이 보다 큰 한외여과(ultrafiltration, UF)와 분말활성탄(powdered activated carbon, PAC)의 결합 시스템의 도입이 연구되고 있다. 이 시스템의 특징은 한외여과막으로 제거할 수 없는 저분자량의 미량유기물을 분말활성탄이 흡착하고 이 분말활성탄을 한외여과막으로 제거하는 것이다. 뿐만아니라 미생물이 부가적으로 제거되며 분말활성탄의 완전한 제거가 가능하고, 살균소독제의 양도 줄일 수 있다. 그러나 미량유기물은 분말활성탄뿐만 아니라 한외여과막에도 흡착될 수 있기 때문에 실제로 이 둘 사이에 경쟁적으로 흡착이 진행된다. 더구나 원수의 미량유기물의 농도가 변하게 되면 활성탄과 분리막에서 이 미량유기물의 흡착 및 탈착이 동시에 진행되므로 처리수의 수질에 예상치 못한 변화를 줄 수 있고, 실제 원수에 포함되어 있는 부식질(humic substances)은 이 공정에 상당한 영향을 미치는 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 PAC-UF 시스템의 유입수에 배경물질(background organic matters, BOM)을 포함한 이성분계에서 미량유기물의 경쟁적 흡착 거동을 고찰하였다.

2. 실험

본 실험에는 o-dichlorobenzene(DCB)을 대상물질(target material)로 하고 부식질을 배경물질로 하여 PAC-UF 시스템에서 분리막과 활성탄에 의한 흡착 성능을 고찰하였다. DCB와 부식질에 대해 분말활성탄만을 고려한 등온흡착 및 흡착속도 실험을 수행하여 모델식에 필요한 계수를 구하였고, HSDM(Homogeneous Surface Diffusion Model)을 이용한 PAC-UF 연속공정의 모사에 사용하였다. 수력학적 체류시간이 일정하고 활성탄의 교체가 없는 상태에서, 각각 다른 활성탄 농도와 특성이 다른 분리막에 대하여 처리수 및 반응기 내에서의 농도변화를 시간의 경과에 따라 관찰하였다. 분리막 재질의 영향을 평가하기 위하여 cellulose acetate 재질의 친수성 분리막과 polysulfone 재질의 소수성 분리막을 사용하여 여과 특성과 제거율을 비교하였다.

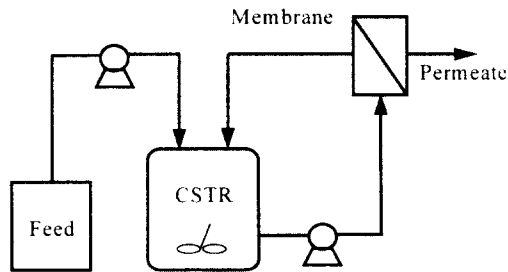


Figure 1. Schematic Diagram of the PAC-UF System

3. 결과 및 고찰

배경물질로 존재하는 부식질 농도의 증가에 따라 flux가 감소되었다. DCB만 존재하는 경우 PAC 첨가량의 증가에 따른 flux의 변화는 없었으나, 부식질이 추가된 이성분계에서는 PAC의 첨가에 따라 추가적인 flux의 감소를 나타냈다. 연속 공정에서 배경물질이 없을 때 대상 유기물이 분리막에 흡착되지 않고 분말활성탄에만 흡착한다고 가정할 경우의 예상치와 처리수 및 반응기 내의 실측 농도는 차이를 보였는데 반응기 내의 농도를 증가시킬 때 대상 유기물이 활성탄뿐만 아니라 분리막에도 흡착되는 효과와 반응기 내의 농도를 낮출 때 활성탄뿐만 아니라 분리막에 흡착되었던 유기물이 탈착하는 효과를 나타냈다. 분리막에 의한 흡·탈착에 대한 예상치와 실측치의 차이로부터 분리막에 흡착된 유기물의 양을 정량화할 수 있었다. 유입수에 부식질이 존재하지 않고

DCB만 존재하는 경우에는 PAC의 첨가량의 증가에 따라 수질의 향상을 가져왔으나 분리막의 투과도에는 큰 영향이 없었다. 그러나 배경물질로 부식질이 첨가된 이성분계의 경우에는 PAC의 첨가량을 증가시키면서도 불구하고 오히려 flux의 감소를 초래했는데 이것은 PAC와 부식질의 상호작용에 의한 막오염에 있어서의 상승효과(synergistic effect)로 추정되었다. 동일한 재질의 분리막에 대해서 부식질이 배경물질로 존재할 경우에도 DCB의 제거율은 크게 영향을 받지 않았으나 분리막의 재질에 따른 차이는 나타났다. 부식질의 제거율도 분리막의 재질에 따라 차이를 보였다. 부식질 존재하에서 flux의 감소는 소수성인 polysulfone 재질의 분리막의 경우에 더 컸고, 부식질의 제거율도 더 컸는데 이는 유기물에 대한 강한 흡착력 때문인 것으로 사료되었다. Polysulfone 재질 분리막의 경우에 부식질의 제거율이 더 크게 나타났음에도, 연속 공정에서 반응기 내의 부식질 농도는 cellulose acetate 재질 분리막의 경우보다 더 낮았는데, 이는 부식질이 polysulfone 분리막에 더 많이 흡착된 것에 기인했다. 미량유기물은 분말활성탄에 의한 흡착에 의해 주로 제거되었고 부식질은 분리막에 의해 주로 제거됨을 알 수 있었다. 막의 재질 면에서 소수성인 polysulfone 분리막은 친수성인 cellulose acetate 분리막보다 DCB와 부식질 모두에 보다 높은 흡착특성을 보였다.

4. 참고문헌

Samer S. Adham, Vernon L. Snoeyink, Mark M. Clark, and Christophe Anselme, "Predicting and Verifying TOC Removal by PAC in Pilot-Scale UF Systems", *Jour. AWWA*, Vol. 85, No. 12, 58-68 (1993)

Jean-Michel Laine, James P. Hagstrom, Mark M. Clark, and Joel Mallevialle, "Effect of Ultrafiltration Membrane Composition", *Jour. AWWA*, Vol. 81, No. 11, 61-67 (1989)