

OC1) 기능성 카본계 막의 개발과 수처리 응용에의 검토에 관한 연구

배상대

신라대학교 환경공학과

1. 서 론

수십 년 전부터 막은 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 정수처리를 비롯하여 폐수처리, 재이용 등에서 그 역할이 커지고 있다. 막분리는 다성분 혼합물로부터 효율 높게 목적물질을 분리, 정제 가능한 기술이며, 정수처리 공정의 간편화 등 다방면 활용되고 있다(Ahn 등 2000). 하지만, fouling에 의한 막 투과flux의 저하는 그 실용화를 방해하는 가장 큰 요인이다. 지금까지 용존물질의 흡착 기능과 막 분리 기능을 합친 활성탄막 (Activated Carbon Membrane, (ACM)), 또한 fouling 방지 대책으로써, 막 표면에 돌기상의 Carbon Whisker (리 등 2001)를 성장시켜, 미립자 부착 억제 기능을 부가시킨 새로운 활성탄 막 (Activated Carbon Membrane with Carbon Whiskers, (W-ACM))(배 등 2003)을 개발하였다. 본 연구에서는 Carbon whisker를 가진 새로운 활성탄막의 실수처리에의 적용을 명확하게 하는 것을 최종 목표로 하고, Carbon whisker의 유무가 fouling에 의한 막 투과유속의 저하에 어떤 영향을 미치는가를, 수중 현탁물질과 용존유기물의 여과실험으로 명확히 하는 것을 목적으로 했다.

2. 실험방법

2.1. 제막

활성탄막의 제법은, 세라믹 튜브 위에 폴리머 라텍스 (Polyvinylidene chrolide, (PVdC)와 Polyvinyl chloride, (PVC))를 침적, 건조시킨 후, 전기로에 넣어 승온속도 10 °C/min로 30 0°C까지 올린다음, 300°C에서 30분간 안정시킨 후, 110 0°C까지 온도를 올린다음 48분간 탄화시켰다. Carbon whisker를 가진 활성탄막은, 상기의 폴리머 라텍스의 침적, 건조 후, 농도 0.5M의 Ferric sulfate ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$) 수용액에 침적, 건조시킨 후, 같은 승온속도로 1100°C까지 올린 다음, 30분간 안정시킨 후, 20% 메탄 함유 질소가스를 탄소원으로 하고, CVD법으로 증착온도 1100°C, 증착시간 18분으로 제작했다. 제작한 막은 Scanning electron microscope (SEM, Topcom, SM-300)으로 막표면을 관찰하였다.

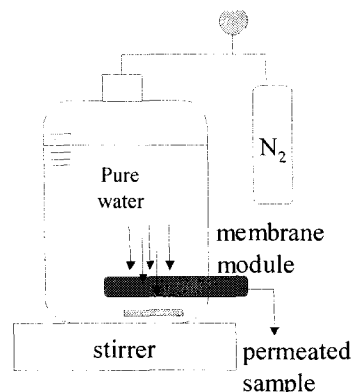


Fig. 1. Batch filtration apparatus.

2.2. 여과실험

각막의 현탁물질 여과실험을 모델입자로서 직경 $0.8\mu\text{m}$ 의 PMMA (polymethyl methacrylate))를 사용하여, 농도 $10\sim 1000\text{ mg/l}$, 조작 압력 $0.1\sim 0.5\text{ kgf/cm}^2$, 조작 온도 20°C 으로 회분실험 장치 (Fig. 1)를 사용했다. 또한, 실제의 현탁물질과 용존유기물을 함유한 오래된 수도관으로부터 얻어진 적수를 사용하여 조작 압력 $0.5\sim 0.6\text{ kgf/cm}^2$, 조작 온도 20°C 에서 같은 실험조건을 유지하기 위하여, 2계열 cross-flow 장치 (Fig. 2)를 사용하여 3회(Run 1-3) 측정하였다. 사용한 적수수질의 분자량 분획을 Fig. 3에 정리하였다.

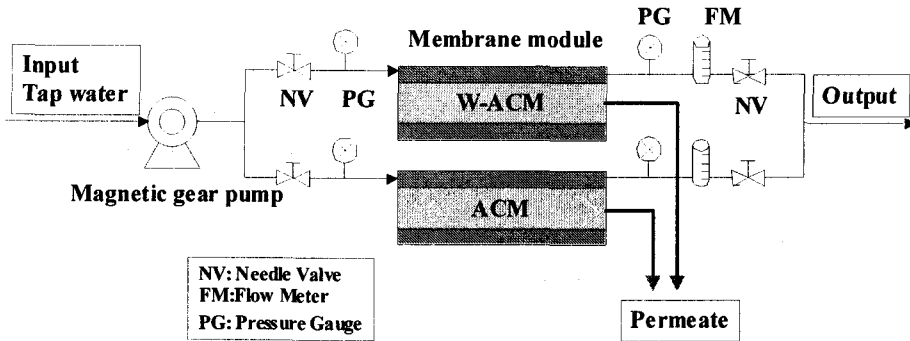


Fig. 2. Cross-flow filtration apparatus.

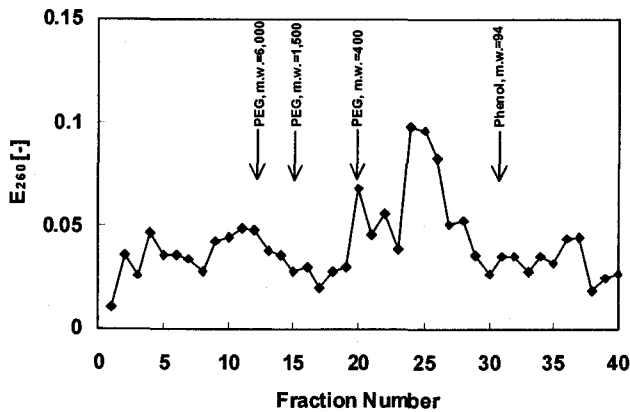


Fig. 3. Molecular weight distribution of the NOM dissolved in the red-water used in this study.

3. 결 론

제막후의 막표면을 SEM 관측한 결과를 Fig.4에 나타냈다. 활성탄막은 막표면에 약 $5\mu\text{m}$ 정도의 포켓형의 세공이 존재하였으며, Carbon whisker를 가진 활성탄막은 막표면에 약 $0.8\sim 1.0\mu\text{m}$ 정도의 whisker가 존재하였다(배 등 2005).

Fig.5의 현탁물질 투과실험 결과를 보면, PMMA 수용액의 농도에는 상관없이 Carbon whisker를 가진 활성탄막이 Carbon whisker를 가지지 않은 활성탄막 보다 높은 flux를 유

지하였다(Matsumoto 등 1992). 이것은 Carbon Whisker를 가진 활성탄막이 막표면에 케이크 층의 형성을 억제시켜, flux의 감소를 줄임으로써, 높은 flux를 유지하는 것으로 생각된다(Zhang 등 2003). 또한, 수돗물의 적수 실험 결과에서도 Carbon whisker를 가진 막의 막수명이 4배에서 10배정도 긴 결과가 나왔다. Fig. 6을 보면, Carbon whisker를 가지지 않은 막의 경우에는 막 초기 투과유속이 급격하게 떨어졌으나, Carbon whisker를 가진 막의 경우에는 2단계의 투과유속의 변화가 일어났다.

이상의 결과로부터, Carbon whisker를 가진 새로운 활성탄막은, 다른 막이 가지지 않은 용존 유기물 흡착기능과 더불어, Carbon whisker의 유무가 fouling에 의한 막의 flux 저하를 억제하는 기능을 가졌다는 것이 명확하게 밝혀졌다.

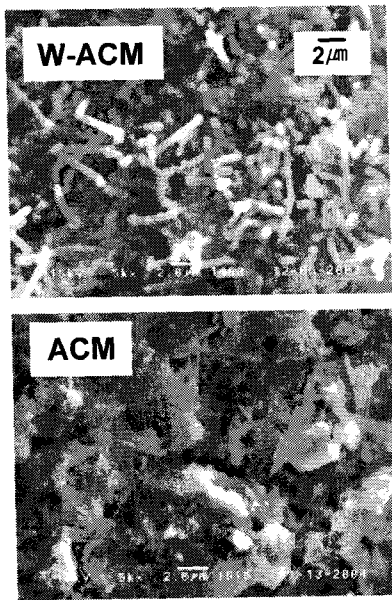


Fig. 4. SEM pictures of the external surfaces of ACM and W-ACM.

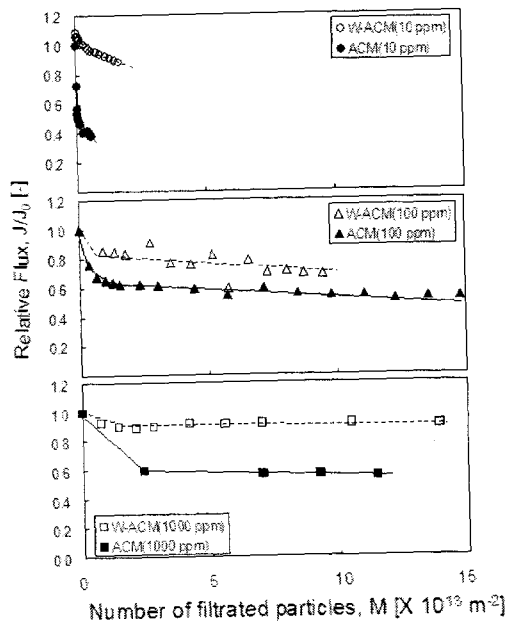


Fig. 5. Change in relative flux across the membranes as a function of the number of particles accumulated on the membranes.

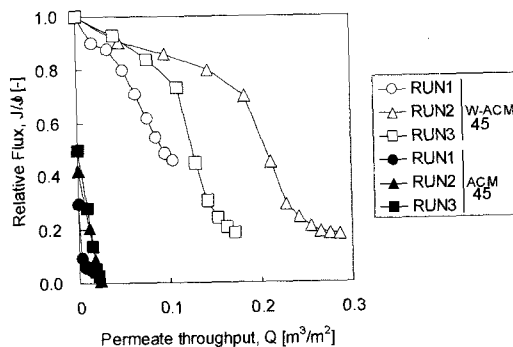


Fig. 6. Flux reduction in the "red water" treatments.

4. 요약

폴리머 라텍스의 탄화과 메탄-질소 혼합가스의 CVD법으로 Carbon whisker를 가진 활성탄막을 개발하였다. 이 막의 PMMA 현탁물질 여과실험과 실제의 현탁물질과 용존유기물을 함유한 오래된 수도관으로부터 얻어진 적수여과실험 결과, Carbon whisker의 유무가 fouling에 의한 막의 flux를 억제하는 것으로 밝혀져, 실제의 정수공정에서의 응용 가능성을 보였다.

참고 문헌

- Ahn, K. H. and Song, K. G., 2000, Application of Microfiltration with a Novel Fouling Control Method for Reuse of Wastewater from a Large-Scale Resort Complex, *Desalination*, 129, 207-216.
- Li, Y. Y., Bae, S. D., Sakoda, A. and Suzuki, M., 2001, Formation of Vapor Grown Carbon Fibers with Sulfuric Catalyst Precursors and Nitrogen as Carrier Gas, *Carbon*, 39, 91-100.
- Bae, S. D., Sagehashi, M. and Sakoda, A., 2003, Activated Carbon Membrane with Filamentous Carbon for Water Treatments, *Carbon*, 41, 2973-2979.
- Bae, S. D., Sagehashi, M. and Sakoda, A., 2005, Prevention of Microparticle Blocking in Activated Carbon Membrane Filtration with Carbon Whisker, *Journal of Membrane*, 252, 155-163.
- Matsumoto, K. Hirata, S. and Ohya, H., 1992, Microfiltration Model Considering Incomplete Pore Blocking and Incomplete Capture of Particles by Cake, *Kagaku Kougaku Ronbunshu*, 18(4), 455-462.
- Zhang, M., Li, C., Benjamin, M. M. and Chang, Y., 2003, Fouling and Natural Organic Matter Removal in Adsorbent/Membrane systems for drinking water treatment, *Environ. Sci. Tech.*, 37, 1663-1669.