

산화철 흡착/막분리 통합시스템에서 전염소처리에 따른 막여과 성능의 영향

하태욱 · 추광호* · 최상준**
대구과학대학 환경과, *대구대학교 건설환경공학부,
**경북대학교 환경공학과

Effects of Prechlorination on Membrane Performances in an Integrated Iron Oxide Adsorption/Membrane Separation System

Tae-Wook Ha · Kwang-Ho Choo* · Sang-June Choi**
Department of Environmental Engineering, Taegu Science College,
*Department of Architectural, Civil, and Environmental Engineering,
Daegu University, **Department of Environmental Engineering,
Kyungpook National University

1. 서 론

수자원 오염이 날로 심각해지면서 먹는 물에 대한 불신이 가중되고 있으며 안전하고 양질의 음용수 생산을 위한 새로운 고도 처리기술의 개발에 대한 요구가 증대되고 있다. 국내에 현재 적용되고 있는 일반적인 정수처리 는 응집-침전-여과-살균공정을 수행하여 수요자에게 공급하는 표준식 처리 방법이 주로 사용되고 있다. 이러한 처리방법은 부유 물질이나 탁도를 제거 하는 데는 효과적이거나 살균 과정에서 발암성물질로 밝혀진 THM과 같은 유기염소화합물을 생성하는 자연산 유기물을 제거하는 데는 효과가 극히 미미하다. 미국 EPA에서는 발암성을 갖는 살균부산물의 전구체로 알려진 자연산 유기물을 원수의 물리화학적 특성에 따라 적정 비율이상 살균 전에 제거하도록 법제화하는 등 국제적으로 점점 규제가 강화되고 있다. 이러한 강화될 규정에 만족되는 처리기술이 요구됨에 따라 고도응집처리, 막분리 공정 등의 새로운 고도정수처리기술이 개발되고 있다. 이들 중 대상오염물 질들을 분리막의 세공 크기에 따라 용이하게 배제하여 제거할 수 있는 막

분리 공정이 소규모 정수장의 경우 적합한 공정으로 인식되며 많은 관심들이 모아지고 있다. 최근 운전비용은 줄이면서 원수중의 자연산 유기물의 효율적 제거를 위해 응집, 활성탄, 그리고 산화철 등을 이용한 한외여과 혼성공정에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 응집을 이용한 혼성공정의 경우 화학약품의 투여로 인한 화학 슬러지 발생에 따른 2차적인 문제가 발생되며, 활성탄 흡착을 조합한 혼성공정의 경우는 자연산 유기물의 제거 효율은 높으나 활성탄의 재생이 어렵기 때문에 여전히 슬러지 발생의 문제점을 안고있다. 최근 소개된 신공정인 산화철 흡착과 한외여과 혼성공정은 살균부산물의 전구물질인 자연산 유기물을 대부분 제거할 수 있고, 산화철의 재생이 용이하며 막오염을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 조류나 미생물의 대사에 의해 발생하는 냄새와 맛, 그리고 철, 망간 등과 암모니아성 질소와 같은 용존성 물질들은 산화철에 비흡착성 물질이기 때문에 전염소 처리와 같은 전처리를 시행하여 제거하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 전염소 처리시 산화철 흡착/한외여과 통합시스템에 미치는 영향에 대해 파악하고자 하였는데, 염소 주입농도, 주입위치, 콜로이드 입자의 존재여부 등 다양한 조건에서 막분리 특성을 고찰하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구에 사용된 산화철(iron oxide particles, IOP)는 ferrihydrite로서 단일입자의 크기는 4-6 nm이고 형태는 비결성이다. 산화철은 염화철($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)를 5 N의 NaOH로 중화하여 제조하였다. 본 실험에 사용되어진 막은 교반 셀 장치에 사용할 수 있도록 지름 63.5 mm의 평판형 막이다. 막의 재질은 폴리에테르술폰(polyethersulfone)이고, 분획분자량(molecular weight cut-off, MWCO)는 100,000이다. 막 투과도의 안정성을 검토하기 위해 실험 전후로 초순수를 이용한 투과도(flux)를 비교하였고, 실험 전 초순수의 투과도 값을 초기 투과도 값으로 정하였다. 실험장치는 교반셀 장치(Amicon 8200, USA)를 이용해 회분식(batch mode)로 수행하였다. 이 장치의 용량은 980mL(교반셀 180 mL + 저장조 800 mL)이고, 운전압력은 질소 가스를 이용해 0.5 atm를 유지하였다. 교반속도는 자석 교반기를 이용해 160 rpm을 유지하였다. 분리막 투과도를 측정하기 위해 저울과 데이터인지시스템을 이용해 투과수의 무게를 연속적으로 기록하였다. 전 염소처리는 염소에 의한 영향을 크게 하기 위해 과량($\text{Cl}_2/\text{DOC} = 4$)을 주입하였다. 본 실험에서 사용되어진 원수는 대구 낙동강 물을 사용하였다. 원수와 투과수의 DOC는 총유기탄소분석기(Phoenix 8000, USA)를 이용해 분석하였고, UV 흡광도는 0.45

μm 여과지(Millipore, USA)로 여과 후 분광광도계(HP 8452A, USA)를 사용해 254 nm에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

산화철 흡착/막분리 시스템에 있어 염소처리에 대한 막분리 시스템의 영향을 알아보기 위해 서로 다른 염소처리 조건에서 실험을 수행하였다.(Fig. 1.) 각각의 경우를 살펴보면 한외여과막을 단독으로 사용하였을 때 막 투과도는 초기투과도의 약 30%까지 감소하였고, 염소처리를 수행하였을 경우 막투과도는 약 26%까지 감소되었다. 막투과도의 급격한 감소는 원수에 있는 자연산 유기물질들이 막 표면에 흡착되어 막 오염을 초래하기 때문으로

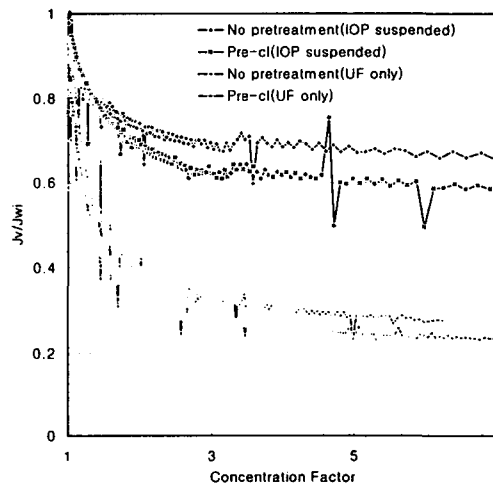


Fig. 1. Effects of prechlorination on membrane fluxes in IOP-UF and UF alone.

사료되며, 염소처리 시 막투과도가 악화되는 것은 원수중의 입자성 물질이 일부 용존성 물질로 전환되기 때문으로 사료된다. 한외여과막과 산화철의 혼성공정에서는 염소 전처리를 하지 않은 경우 농축인자 5에서 막투과도는 초기투과도의 약 67%를 유지하였고, 염소 전처리를 했을 경우 막투과도는 약 60%를 유지하였다. 한외여과 단독 공정에 비해 막투과도가 높아진 이유는 막 오염을 유발하는 용존성 물질들이 산화철흡착에 의해 상당부분 제거되어지기 때문으로 사료된다. 염소 전처리 시 막투과도의 감소는 염소

산화에 의해 앞서 기술한 것처럼 입자성 물질이 일부 용존성 물질로 전환되고, 막 오염 유발 물질들이 산화되면서 산화철에 비흡착성 물질로 전환되기 때문에 사료된다. 이러한 결과는 Fig. 2.에서도 확인할 수 있는데, 한외여과 단독공정의 경우 원수와 전 염소 처리된 원수 처리에서 UV₂₅₄결과는 전자는 약 15%, 후자는 약 10% 미만의 제거효율을 가진다. 혼성공정의 경우에는 원수와 전 염소 처리된 원수의 경우 전자는 약 60%, 후자는 약 50%의 제거효율을 보인다. 이는 염소 전처리에 의해 용존성 유기물질 중 산화철에 흡착성이 높은 소수성 휴믹산의 일부가 친수성 물질로 변환됨에 따라 산화철에 비흡착성 물질로 전환되었기 때문으로 사료된다.

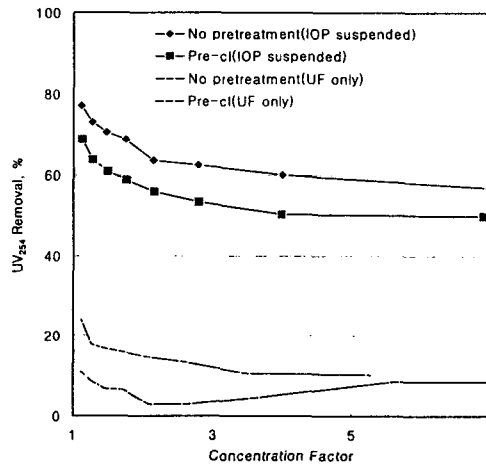


Fig. 2. Effects of prechlorination on UV₂₅₄ removal in IOP-UF and UF alone.

4. 참고문헌

- 1) Y. Chang, K. H. Choo, M. M. Benjamin, and S. Reiber, "Combined adsorption-UF process increases TOC removal." *J. Am. Water Works Assoc.* **90**(5) (1998)
- 2) C. F. Lin, T. Y. Lin, and O. J. Hao, "Effects of humic substance characteristics on UF performance." *Water Res.* **34** (2000)
- 3) G. V. Korshin, M. M. Benjamin, and R. S. Sletten, "Adsorption of NOM in iron oxide: effects on NOM composition and formation of organo-halide compounds during chlorination." *Water Res.* **31** (1997)