

## 물 재이용을 위한 회전원통형 역삼투 분리막 시스템 개발

이상호, 리차드 M. 립토\*  
한국건설기술연구원, 노스웨스턴 대학\*

### Development of Rotating Reverse Osmosis System for Water Reuse

Sangho Lee, Richard M. Lueptow\*  
Korea Institute of Construction Technology, Northwestern University\*

#### 1. 서론

화성탐사와 같은 장거리 우주비행을 실현시키기 위한 핵심기술의 한 가지는 우주선 내에서 음용수 및 생활용수를 효율적으로 공급할 수 있는 물 재이용 시스템을 개발하는 것이다. 최근들어 분리막 공정이 이러한 우주선 내 물 재이용을 위한 기술로서 주목받기 시작했다. 특히 역삼투 분리막은 폐수 내에 존재하는 유·무기 오염물들을 높은 효율로써 제거할 수 있고 경량, 소형의 장치를 만들 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 각종 농도분극(Concentration polarization)과 막오염(Membrane fouling)은 역삼투 분리막 기술이 적용되는 것을 가로막고 있는 중대한 문제점으로 제기되고 있다.

본 연구는 막오염에 의한 문제를 해결하기 위한 새로운 기법인 회전원통형역삼투 시스템을 이용한 우주선내 물 재이용 기술의 개발을 목표로 수행되었다. 먼저 회전역삼투막에 대한 이론적인 모델을 개발하였으며 이를 바탕으로 실제 실험장치를 설계하여 막투과 유속과 오염물 제거율을 최대화할수 있는 설계 및 운전인자를 찾고자 하였다.

#### 2. 이론

원통형 회전역삼투막은 테일러-쿠에트 (Taylor-Couette) 흐름을 발생시

켜 막 표면에서의 물질전달율을 높게 유지시키므로 기존의 분리막 모듈에 비해 높은 막오염 저항력을 가지고 있다. 이러한 회전역삼투막의 효율을 예측하기 위하여 용해-확산 모델(Solution-Diffusion)에 기반한 모델을 개발하였으며 물질전달계수는 실험을 통하여 측정하였다. 모델에 대한 자세한 설명은 참고문헌[1]에 기술되어 있다.

### 3. 실험

실험실 규모의 소형 회전역삼투막 장치가 제작되었으며 이를 이용하여 실험을 수행하였다. 이 막모듈은 우주공간 내에서 승무원 1인이 필요한 물의 양의 1/3을 생산할 수 있도록 설계되었다. 실험장치에 관련된 자세한 설명은 참고문헌[2]에 기술되어 있다.

### 4. 결과 및 토론

실험결과 회전역삼투막 모듈은 교차흐름식 막모듈에 비하여 높은 투과 유속과 오염물 제거율을 나타냈다. (그림 1). 이는 회전역삼투막에서의 농도분극계수가 교차흐름식에 비하여 낮기 때문으로 생각되었다.

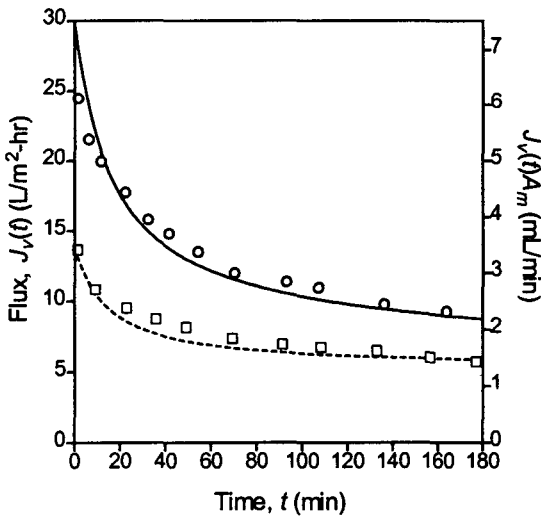


Figure 1. Comparison of flux in rotating reverse osmosis with in non-rotating reverse osmosis.

또한 이론적으로 예측한 값은 실험으로부터 구한 값과 잘 일치하였으며 이 모델을 이용하여 다양한 조건에서의 회전역삼투막 모듈 성능을 평가하였다. 회전역삼투막 모듈에서 막의 회전에 필요한 에너지는 막 투과압력을 유지하기 위한 에너지에 비하여 무시할수 있을 만큼 작았으며 따라서 회전역삼투막이 에너지 효율 면에서도 교차흐름식에 비하여 우수한 것으로 평가되었다. 이러한 회전원통형 역삼투 기술은 막오염에 대한 저항성이 강하기 때문에 본 응용사례 뿐만 아니라 막오염의 성향이 높은 폐수나 침출수의 처리와 해수 담수화 등에도 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

## 5. 참고문헌

1. S. Lee, and R.M. Lueptow, **Rotating Reverse Osmosis Filtration: Dynamic Model for Flux and Rejection**, *Journal of Membrane Science*, Vol. 192/1-2, 129-143, 2001
2. S. Lee, and R.M. Lueptow, **Experimental Verification of a Model for Rotating Reverse Osmosis**, *Desalination*, Vol.146, 353-359, 2002