

## 동적막을 활용한 액체 방사성 폐기물 제거 효율에 관한 연구

강혜련, 신진성, 박현균

케이앤디티앤아이(주), 서울시 구도구 구로동 170-5번지

[schio306@nate.com](mailto:schio306@nate.com)

### 1. 서 론

원자력시설 가동 또는 해체 시 코발트, 세슘, 스트론튬, 우라늄 등의 방사성핵종이 발생된다. 이런 방사성 핵종 등은 환경 및 인체에 치명적인 영향을 미치기 때문에 이들을 취급하는 데에는 큰 주의가 요구된다. 또한 원자로 정지 시 냉각계통 내 정화능력의 부족으로 인해 오랫동안 방사능의 준위가 감소하지 않고 지속되면 그만큼 작업공기도 지연되게 된다. 그러므로 원자로 정지 초기에 피폭기여도가 큰 방사성 핵종 등을 효과적으로 제어하는 방법이 요구되고 있다. 문제가 되고 있는 방사성 핵종 중 Co, Cs은 노심 부분에 침적된 부식생성물들의 방사화 반응으로 생성되는 것으로 알려져 있다. 따라서 방사성 핵종의 준위를 감소시키기 위해서는 궁극적으로 계통 내 존재하는 부식생성물들의 제거가 필수적이다. 방사성 핵종을 제거하는 공정으로는 응집 및 침전을 이용한 화학처리법, 건조법, 이온교환법, 역삼투압법, 증발농축법, 건조법, 결정화법 등 다양한 방법이 있다. 본 연구에서는 분리막 공정을 사용하며 기존 분리막 공정보다 효율적으로 제거하는 동적막을 사용하여 연구하였다.

### 2. 동적막 여과기술

동적막은 공급 원수에 함유되어 있는 유기, 무기물질 입자가 상대적으로 기공이 큰 지지막에 의해 여과되어 지지막 위에 코팅되어 형성된 일시적인 막이다. 기존의 고분자 막이나 세라믹 소재의 막은 막 자체의 세공을 통해 여과하는 메커니즘으로 막 표면에 형성된 오염층은 여과현상을 방해하여 처리되는 유량이 줄어들어 막의 수명이 쉽게 감소하는 경향을 보여주고 있다. 동적막은 그림 1과 같이 표면여과와 지지막 세공보다 작은 입자는 초기에 지지막의 공극 사이로 빠져나가고 점차적으로 표면 여과에 의해서 지지막 표면 위에 형성된 코팅층의 미세세공에 배제되거나 흡착되어 정밀 여과범위의 미세입자(0.1~10 $\mu$ m)까지 제거되는 심층여과의 메커니즘을 이용하여 설계되었다.

공급 원수의 입자가 지지막에 부착되려는 속도와 전단력에 의해 이탈되려는 속도가 평형을 유지할 때 적절한 두께의 동적막이 형성된다. 동적막의 형성은 공급 원수의 현탁고형분의 농도에 따라 달라지는데 공급액의 농도가 낮으면 동적막의 형성이 잘 안되어 처리 수질이 나빠지게 되므로 이때에는 동적막을 형성시키는 물질(활성탄, 석회석, 점토 등)을 공급 원수에 주입해 주어야 한다. 그리고, 동적막 형성 정도에 따라 처리성능이 달라지게 되는데, 동적막의 형성이 불균일하고 동적막의 두께가 얇게 형성되면 지지막의 세공보다 작은 입자가 지지막의 세공으로 빠져나가는 비율이 높아 처리 수질이 나빠지며, 동적막의 형성이 잘 되었으나 동적막의 두께가 너무 두꺼우면 처리 유량이 감소하게 되므로 동적막의 두께를 정상 수준의 처리 유량 및 처리 수질 범위에서 적절히 형성해 주어야 한다.

### 3. 동적막의 Co, Cs 제거 특성

본 연구에서는 동적막을 형성시키는 물질로 제올라이트를 사용하였으며, 공정상의 제올라이트 양을 결정하기 위해 Jar-tester를 사용하였다. Co, Cs의 농도를 10ppm으로 고정한 후 제올라이트 양을 1g~30g으로 변화하여 실험하였다. Co와 Cs 용액의 양은 500ml이며, 반응시간은 60분으로 하였다. 실험결과 제올라이트 투입량을 3 g으로 하였을 때 약 80%의 Co, 약 99%의 Cs이 제거되는 것을 알 수 있었다.

동적막 시스템은 그림 3과 같으며, 동적막 모듈, 펌프 및 흡착제 투입 탱크로 구성되어 있다. Jar-tester에서 실험한 결과를 바탕으로 제올라이트 양을 결정하여 실험하였으며, 그림 4는 Co와

Cs 제거율 결과를 보여주고 있다. 실험조건으로는 주입유량은 500 ml/min, 폐액의 양은 5 l, 모듈내의 압력은 1.5 bar로 고정하였으며, 제올라이트 양을 50 g 으로 실험한 Co의 제거율은 최고 90%, Cs의 제거율은 최고 99%가 제거되는 것을 알 수 있었다.

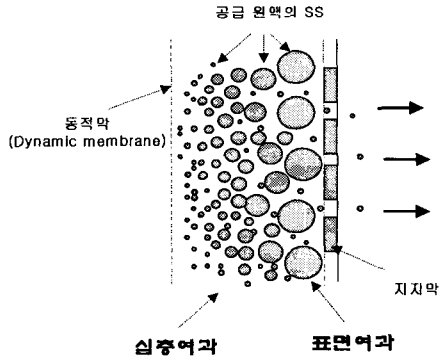


그림 1. 여과 메커니즘

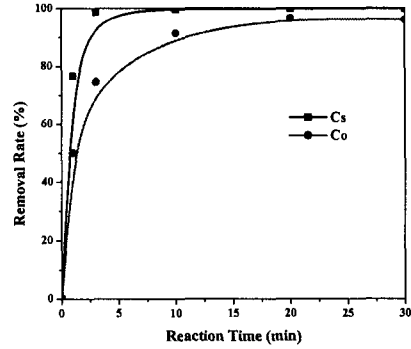


그림 2. Jar-tester에 의한 Co와 Cs 제거율

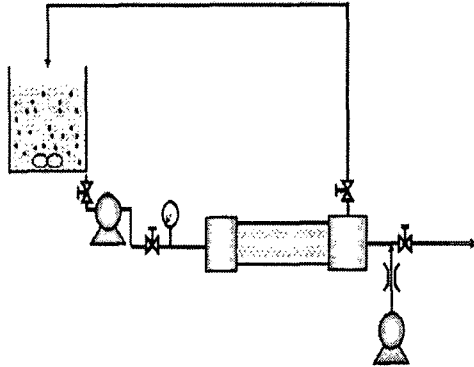


그림 3. 동적막 시스템 구성

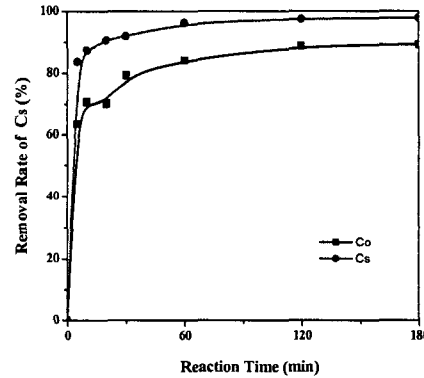


그림 4. 동적막을 사용한 Co와 Cs 제거실험

#### 4. 결론 및 향후계획

본 연구에서 방사성 동위원소를 제거하기 위한 흡착제로 제올라이트를 선택 하였으며, 대표적인 방사성 동위원소인 Co와 Cs에 적용하여 실험하였다. Co와 Cs의 농도조건이 10 ppm일 때 Co는 최고 90%, Cs는 최고 99%까지 제거되었다. 본 결과를 살펴보면 2가 원자인 Co에 비해 1가 원자인 Cs이 쉽게 흡착되는 것을 알 수 있었다. 동적막을 시스템의 사용한 Co의 감용율이 90%, Cs은 감용율이 99%로서 매우 높은 감용율을 보여주고 있다. 또한 기존의 NF 분리막 처리유량은 유입유량의 10% 정도만 정수되었지만 동적막은 처리유량이 242 ml/min으로 처리유량이 유입유량의 약 50%로 5배 정도 증가하였다. 동적막 시스템은 방사성 동위원소를 제거하는 상용막의 종류 중 에 하나인 NF 분리막과 비교하여 불 때 제거율(90%이상)은 비슷하며 처리유량은 5배 이상 향상시킨 시스템이다. 이와 같이 동적막은 방사성 동위원소를 제거하는데 효과적이며 전처리 시스템이 간단하여 합성막에 비해 장치비가 저렴하다. 또한 역세정을 이용하여 내과올링성을 높여 모듈 수명도 증가하는 것을 확인하였으며 복잡하고 비효율적인 기존 공정을 대체할 수 있어 산업분야에도 파급효과가 클 것으로 예상된다.