

## 액체 방사성폐기물에서 Co와 Cs 제거가 가능한 여과 필터의 처리 및 활용에 관한 연구

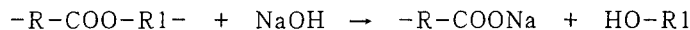
나경원, 주광태, 이대수  
고려공업검사(주), 서울시 용산구 서계동 224-21  
[indoor@hanafos.com](mailto:indoor@hanafos.com)

액체 방사성폐기물의 처리과정은 먼저 여과 장치에서는 여과 필터의 사용을 통해 부유 입자를 제거하고 처리 장치에는 용해성, 핵종 특성을 고려하여 복합적인 농축 방법으로 방사성 폐액의 부피를 줄이거나 방사능을 최소화한다. 농축 방법에는 크게 증발, 이온 교환, 응집침전으로 나눌 수 있으며, 증발 방법은 주로 붕산이나 불용성 방사성 물질을 처리하는 데 효과적이고, 이온 교환 방법은 이온 교환 수지를 사용하여 용존된 방사성 물질을 농축하며, 침전 방법은 응집제를 가하여 방사성 물질을 슬러지로써 침전시킨다. 그러나 증발 방법에서는 농축되지 않은 방사성 물질을 재 처리해야 하며, 이온 교환 방법은 방사성 물질의 방사선에 의한 수지의 파손과 부식을 가져오고, 침전 방법은 처리하고자하는 방사성 물질의 양과 처리 침전된 폐 슬러지 양이 비례하기 때문에 슬러지의 처리 문제가 발생하게 된다. 이런 처리 공정의 문제점을 보완하기 위하여 여과 장치에서 부유 물질을 제거하는 동시에, 방사성 물질을 선택하여 처리하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

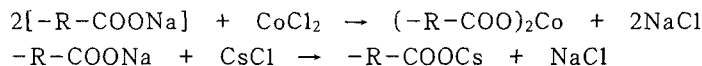
본 연구에서는 보통 부직포(Polyester Matrix)라 불리는 저급 섬유 필터인 여과필터를 화학 처리 하여, 경제적이면서도 탈착에 의한 2차 오염 없이, 여과제의 역할과 Co와 Cs의 제거가 가능한 양이온 교환 여과필터를 적용 하였으며, Co, Cs의 제거율을 바탕으로, 여과필터의 적합한 처리 인자들을 실험을 통해 평가하였다.

### 1. 여과필터의 화학적 처리 및 제거 원리

이온 교환이 가능한 여과필터로 처리하는 기본적인 기술적 공정은 NaOH와 Hydrazine염을 혼합하여 Polyester로 이루어진 필터에 적절한 온도와 시간으로 활성화 시켜 화학 처리하는 것이다. 이때의 화학반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



화학처리된 여과필터는 양이온 교환능을 가지게 되며  $-R-COONa$  그룹에서 Na 이온과 폐액 내의 Co, Cs이 양이온 교환 반응을 하게 되고, 그 화학 반응식은 다음과 같다.



액체방사성폐기물 내에서  $CoCl_2$  형태를 지니고 있는 Co 이온은 2개의  $-R-COONa$  그룹에서 Na 이온과 자리바꿈을 하게 되고, 빠져 나온 Na 이온은  $CoCl_2$ 에서 Cl 이온과 결합하여, 2개의 NaCl을 형성하게 된다. CsCl 형태에서 Cs은  $-R-COONa$  그룹의 Na와 일대일 교환을 하게 되어  $-R-COOCs$  형태로 존재하게 되고, Na 이온은 CsCl의 Cl과 결합하여 NaCl을 취하게 된다. Co와 Cs이 이온 교환 되면서, 형성되는 NaCl은 별도의 처리 과정을 거치지 않고 방출할 수 있으므로 2차 오염이 없게 된다.

### 2. 여과필터의 화학적 처리과정

자체적으로 고안한 양이온 교환 여과필터 장치를 이용하여 Polyester 여과필터를 화학처리 하였다. 먼저 Polyester 여과필터를 필터 고정 장치에 일정 크기로 잘라서 고정시키고, 필터 고

정장치를 혼합용액과 반응할 수 있는 용기에 넣었다. NaOH-Hydrazine염 혼합액 20ℓ 를 순환 펌프를 이용하여 Polyester 섬유 필터가 담겨져 있는 곳으로 이동시켰다. Polyester 여과필터와 NaOH-Hydrazine염 용액이 골고루 반응이 일어나게 하기 위하여 Polyester 여과필터의 중심에서 주변으로 흐르도록 하였다. 흘러나온 NaOH-Hydrazine 혼합용액은 열 교환기에서 일정한 온도를 유지되었으며, 설정 시간 동안 순환 공정을 하게 되었다. 이 순환 공정이 끝나면 화학 처리된 Polyester 여과필터를 꺼내어 증류수로 세척을 반복하여 불순물을 제거하였고, 이를 오븐에서 50℃로 4시간 동안 건조시켜 제작하였다.

### 3. 여과필터의 제거율 실험 및 평가

Co와 Cs의 농도를 원자력 발전에 의해 발생하는 유사 농도 Co 1ppm과 Cs 2ppm, 농축을 고려한 Co 100ppm, Cs 200ppm으로 모의 액체 방사성폐기물을 제작하였다. Cobalt Chloride Hexahydrate (CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O) 순도 95%와 Cesium Chloride (CsCl) 순도 99.999% 시약을 취해, 1000ml Volumetric Flask에 넣고 5차 증류수로 녹여 Co 100ppm, Cs 200ppm으로 모의 액체 방사성폐기물을 제작하였고, 이를 희석시켜 Co 1ppm과 Cs 2ppm이 되게 하였다.

Polyester 여과필터, Hydrazine을 첨가하지 않고, 설정된 NaOH의 농도와 열 교환기의 온도, 처리 시간으로 화학 처리한 Polyester 여과필터, 적절한 NaOH-Hydrazine 농도와 열 교환기의 온도, 처리 시간으로 공정한 Polyester 여과필터를 각각 Co 1ppm, 100ppm, Cs 2ppm, 200ppm 150ml로 여과 시켜 그 처리율을 알아보았고, 각각의 필터에 대한 Co와 Cs의 제거율을 통해 화학처리된 Polyester 섬유 필터가 양이온 교환 여과필터로의 기능을 평가하였다.

### 4. 실험 결과 및 결론

실험 결과를 통해 설정한 5% NaOH-Hydrazine 농도와, 70℃ 2시간 처리한 양이온 교환 섬유 필터와 화학 처리하지 않은 Polyester 필터, 5% NaOH 용액으로 70℃ 2시간 처리한 Polyester 필터에 Co, Cs를 여과 시켜 제거율을 실험한 결과, Co 1ppm, 100ppm의 제거율은 99.7%, 96%이었고, Cs 2ppm, 200ppm의 제거율은 53.7%, 35.1%이었다. 화학 처리하지 않은 Polyester 필터에서도 1~9% 정도의 제거율이 나타났는데, 이것은 단순한 여과나 필터의 수분 흡수에 의한 제거로 여겨진다. 5% NaOH로 처리하였을 경우에 양이온 교환 여과필터의 절반 정도의 제거율을 보였는데, 이는 NaOH 처리만으로도 Polyester 필터에 교환이 가능한 Na 이온을 포함할 수 있는 것을 의미한다. 그리고 Co와 Cs의 제거율이 크게 차이가 나타난 것은 이온 교환 과정에 영향을 미치는 전기 음성도차이 때문이다.

표 1. Co와 Cs의 제거율

여과필터 조건	Co 1ppm 제거율 (%)	Co 100ppm 제거율 (%)	Cs 2ppm 제거율 (%)	Cs 200ppm 제거율 (%)
필터 없음	-	-	-	-
Polyester 여과필터	3.7	3.1	9.7	1.2
5% NaOH	50.0	13.4	16.0	6.0
5% NaOH · Hydrazine	99.7	96.0	53.7	35.1

실험 결과를 바탕으로 여과필터인 Polyester Matrix는 화학 처리 공정을 거쳐, 경제적이면서도 2차 오염물 생성 없이, 액체 방사성폐기물 처리의 주요 핵종인 Co와 Cs 이온을 여과 장치에서 미리 제거 할 수 있기 때문에 이온교환수지능의 수명 연장 등 액체 방사성폐기물 처리공정의 단점을 보완할 수 있을 것이다.