

Ce(IV) 및 DD-100에 의한 방사성 오염시편의 제염

안섭진, 홍대석, 지영용, 김태국, 류우석  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
 nsjahn@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 오염 금속을 제염하기 위해서는 그 오염형태에 따라서 여러 가지 화학적 또는 물리적 방법으로 제염을 하는데 화학적인 방법으로는 일반적으로 산 종류를 많이 사용하고 그 외에 산화제 또는 그의 혼합물을 사용한다. 더 효과적인 제염을 위해서는 전기화학적 방법을 사용하기도 한다. 한국원자력연구원에서 발생하는 방사성오염 금속폐기물은 오염상태에 따라 화학제염, 초음파제염, sand blaster에 의한 제염, 드라이아이스 제염 등 여러 가지 방법을 사용하여 제염을 한다. 방사성물질을 사용하는 대부분의 장비는 스테레스강 재질을 사용하고 있기 때문에 스테레스강재인 STS 316L 시편을 방사성 농축폐액에 오염시켜서 제염시편으로 사용하고, 제염제로는 HNO<sub>3</sub>, Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>와 현재 제염에 사용되고 있는 DD-100(상품명) 등을 사용하여 제염하고 그 효과를 비교 하였다.

2. 실험 및 결과

제염제로 0.03N의 HNO<sub>3</sub>와 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 및 0.05N의 HNO<sub>3</sub>, Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, DD-100 등 두 가지 농도의 시약을 사용하여 용액 300ml씩을 각각 제조하고 오염된 금속시편을 넣어 제염을 하였다. 제염시편은 넓이 50×50mm, 두께 1.2mm, 무게 30g의 STS 316L plate를 사용하였으며 이들 시편을 방사능 농도가 8×10<sup>3</sup> Bq/ml 인 방사성 농축폐액에 1년간 오염시켜서 오염시편을 만들었다. 금속오염시편의 표면에는 시편을 오염시킬 때 사용한 농축폐액에 있는 염성분이 금속 표면에 침적하여 고착되어 있었다. 침적 고착된 이 염은 산에 의해서 쉽게 용해되므로, 0.02N의 질산용액에 9시간동안 용해시켜서 표면의 침적물을 완전히 제거하고 방사능 오염도를 측정하여 초기방사능(A<sub>0</sub>)으로 하여 제염을 하였다. 오염시편의 방사능은 HPGe γ-Spectrometer를 이용하여 Bq/g 단위로 오염도를 측정하였다. 제염 후 오염도 측정은 비교대상 시편에 대하여 제염시간을 같게 하고, 일정시간 제염 후 시편을 꺼내어 증류수로 세척을 하여 방사능을 측정한 후 그 시편을 300ml의 용액에 다시 넣어 제염을 하는 식으로 반복하여 실험을 하였다. 제염용기는 500ml 용량의 뚜껑이 달린 유리병을 사용하였다.

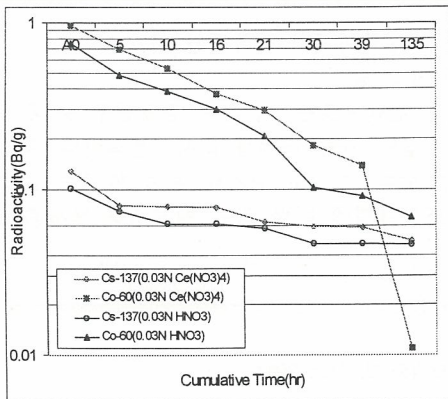


Fig. 1. Decontamination of STS 316L Plate with 0.03N HNO<sub>3</sub> and Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>

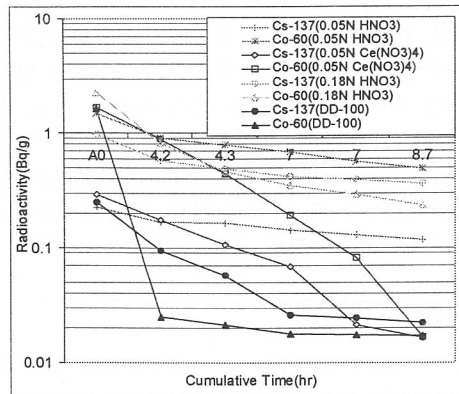


Fig. 2. Decontamination of STS 316L Plate with 0.05N HNO<sub>3</sub>, Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, DD-100

Ceric ion(Ce(IV))은 방사성오염 금속폐기물의 제염에서 효율이 매우 높으며, 금속폐기물의 제염에 가끔 사용되는 제염제이다. 이는 ceric ion의 강력한 산화작용 때문인데 그 산화반응은 다음과 같다.



이와 같이 4가의 ceric ion이 3가의 cerous ion으로 환원되면서 금속을 산화하여 용해시킴으로써 금속폐기물이 쉽게 제염이 될 수가 있다.

그림 1은 0.3N의 HNO<sub>3</sub>와 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>의 제염효과를 비교한 것으로 이 경우 제염제의 농도가 낮아서 제염시간이 많이 소요되었다. 총 제염시간은 135일 약 7일간이며 Cs-137의 경우 비슷한 제염효과를 보이고 있다. Co-60의 경우 제염 39시간까지는 비슷하였으나 그 이후 제염시간이 증가되면서 MCA측정기의 측정하한치까지 방사능이 감소하였다. 그림 2에서는 HNO<sub>3</sub>, Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, DD-100(상품명) 등에 대한 제염효과를 나타낸다. HNO<sub>3</sub>, Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 용액의 농도는 0.05N로 하였으며, DD-100은 원액의 농도를 알 수 없어서 1/20로 희석시켜서 제염용액으로 사용하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>와 DD-100의 제염효과가 우수한 것으로 나타났다. HNO<sub>3</sub> 용액의 경우 31시간의 제염에서 0.1Bq/g 이상이었지만 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>와 DD-100의 경우는 모두 방사능 측정기의 측정하한치(0.03Bq/g) 이하까지 제염이 되었다. 제염제 DD-100용액의 경우 특히 Co-60은 초기부터 방사능이 급격히 떨어져 제염효과가 매우 좋았다. 그림 1의 경우 제염제의 농도가 낮기 때문에 제염시간이 더 오래 걸리는 것으로 보인다.

### 3. 결론

Cs-137과 Co-60으로 오염된 STS 316L 시편의 제염에서 0.05N 농도 제염제의 경우 HNO<sub>3</sub>에 비하여 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>와 DD-100 제염제의 제염효과가 매우 좋았으며 측정하한치 이하까지 제염이 되었다. 이정도면 자체처분에 의하여 일반폐기물로 폐기할 수 있는 정도이다. Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 제염제는 제염효과가 높지만 가격이 고가이고 제염 후 잔류되어있는 ceric ion(CeIV)의 환원 처리가 필요하다.