

방사성 오염 금속폐기물의 특성 및 제염

안섭진, 강일식, 배상민, 손종식, 홍권표
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
 nsjahn@kaeri.re.kr

한국원자력연구소에서는 다양한 종류의 방사성고체폐기물이 발생되고 있으며 오염핵종 및 오염 형태도 다양하다. 이들 폐기물의 특성을 분석하고 그 특성에 따라 적절하게 처리를 함으로서 최종 처분을 위한 효과적인 부피감용을 할 수가 있다.

이를 위하여 한국원자력연구소에서 발생된 비가연성고체폐기물에 대한 특성을 분석하고, 방사성오염 금속폐기물에 대한 질산, 황산, 인산 등의 제염효과에 대한 실험을 하였다. 2005년 12월 31일 현재까지 한국원자력연구소에서 발생된 비가연성 방사성고체폐기물중 제염 가능한 금속폐기물은 425드럼이며 이들은 주로 스테레스강, 탄소강, 알루미늄, 합석 및 특수합금 등의 성분으로 되어 있다. 스테레스강과 탄소강 금속에 대하여 산을 이용한 제염실험결과 효과적으로 제염이 되었으며 이들 산을 이용한 저장중인 금속폐기물의 제염이 가능할 것으로 보인다.

- 방사성금속폐기물 현황 및 제염방법

한국원자력연구소에 저장 되어 있는 고체폐기물의 처리방안 수립을 위하여 2005년 까지 수집 저장된 비가연성고체폐기물에 대한 현황을 조사하였다. 서울이전 토양폐기물을 제외한 비가연성고체폐기물은 2005년 말 현재 1982드럼이며 이중에서 720드럼이 금속을 포함하는 폐기물이고 이중에서도 또 295드럼은 압축드럼, 용융염 및 감손우라늄 등 제염이 불가능한 폐기물로 폐기의 대상이다. 제염이 가능할 것으로 고려될 수 있는 금속폐기물은 425드럼으로 우라늄으로 오염된 폐기물이 62%이고 Cs-137, Co-60등 핵분열 또는 부식생성물로 오염된 폐기물이 나머지 38%를 차지하고 있다. 금속폐기물의 내용은 금속용기, 펌프, 실험장치, 파이프 등과 철판, 앵글, 철근 등의 고철들이다. 이들은 매우 저준위의 표면오염 형태로 오염이 되어있는 금속들이 대부분이며 거의 오염이 되어있지 않은 폐기물도 많은 양이 함께 포장되어있는 것으로 추정된다.

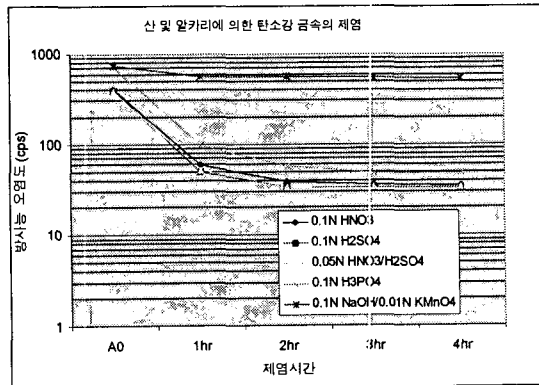
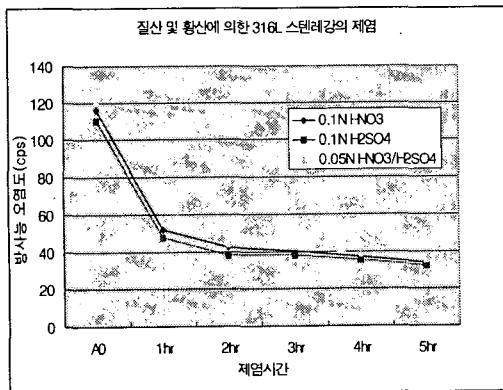
방사성 금속폐기물은 그 종류와 방사성 핵종 및 오염의 형태가 다양하여 여러 가지 제염 방법들이 국내외에서 많이 연구되어 왔다. 방사성오염금속폐기물의 제염은 솔이나 제염포로 문지르거나, 연마제 분사, 고압수 분사, 초음파 등을 이용하는 물리적 제염과, 산/알카리, 산화/환원제 등을 이용하는 화학적 제염 및 전기분해를 이용하는 전기화학적 제염방법이 있다. 이들 제염방법은 오염된 금속의 종류 및 모양의 복잡성 등 장치의 상태, 표면층 오염과 표면내부 오염, 제거성 오염과 비제거성 오염 등 오염의 형태, 오염핵종의 종류 등에 따라서 한 가지 또는 여러 가지 방법으로 조합하여 이용된다. 화학제염제로는 H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , HCl , HF 등의 무기산 및 그의 염화합물, $NaOH$, KOH 등의 알카리 용액, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, H_2O_2 , $Ce(IV)$ 등의 산화제, Oxalic Acid, Citric Acid 등 유기산, EDTA, HEDTA 등의 킬레이트제 등의 제염제가 단독으로 또는 혼합되어 사용된다.

방사성폐기물처리시설에 설치되어있는 제염장치로는 Fume Hood, Glove Box, 연마제분사 제염장치, 침액제염장치, 초음파 세척 및 제염장치, 페인트 도색장치 등이 있다. 금속폐기물의 제염순서는 1) 금속의 종류 및 오염핵종별 분류 및 해체, 2) 제염 전 세척, 필요시 구리스 등의 기름과 페인트 제거, 3) 오염형태에 따른 제염방법 선정, 4) 오염도 측정 5) 제염, 6)제염 후 세척, 7) 오염도 측정, 8) 페인트 도색의 순서로 제염을 한다.

- 산을 이용한 방사성오염금속의 제염

저장되어있는 금속폐기물은 대부분 저준위 방사성물질로 오염된 표면오염형태의 폐기물로 추정 되기 때문에, 오염의 상태에 따라서 세척 등의 방법으로 표면에 부착되어있는 제거성 오염물질을 제거한 다음 일반 무기산 등을 이용하여 제염을 하면 대부분 제염이 될 것으로 예상된다. 유기산 등 유기 제염제는 유기성 2차 폐기물을 발생시켜서 2차폐기물의 처리를 어렵게 할 수가 있다. 따라서 유기 제염제를 제외한 무기산에 의한 제염특성을 알아보았다. 면적 $5 \times 5 \text{ cm}^2$, 두께 1.5mm의 STS 316L과 탄소강 시편을 제작하고 이들 시편을 방사능 농도 $6.2 \times 10^3 \text{ Bq/ml}$ 의 방사성 농축폐액에 약 1.5개월 동안 오염시킨 다음 황산, 질산, 인산 등으로 제염을 하였다. 제염제로는 질산, 황산, 인산으로 하고 산의 농도는 0.1N로 하였으며, 혼합산의 제염효과를 평가하기 위하여 각 황산과 질산의 농도 0.05N의 용액을 혼합하여 혼합산의 산 농도를 0.1N 농도로 하였다. 이들 제염액의 양은 제염시료 표면적의 6배가 되는 300ml로 일정하게 하였으며 50ml의 유리병에서 상온 하에서 침액제염을 하였다. 표면오염도는 측정시간이 빠른 Thermo Electron Corporation사의 Type 6-90 Portable Counter로 측정하였다. 이 counter의 back ground 측정치는 약 35cps이다.

모의시편의 제염결과 모두 1시간 제염 후 오염도가 급격히 감소하는 것은 대부분이 금속표면에서 오염이 된 것을 의미한다. 질산, 황산, 인산 및 혼합산등 산의 농도가 0.1N인 이들 모든 산의 제염효과는 거의 비슷하였다. STS 316L 금속의 경우 오염도가 Back Ground까지 제염되는 시간이 5시간이었으며, 탄소강 금속의 경우는 시료의 오염도가 높음에도 불구하고 약 2시간이면 거의 모두 Back Ground에 도달하였다. 이는 산에 의한 탄소강의 빠른 부식속도 때문이다. 0.1N NaOH와 0.01N KMnO4 혼합물의 제염효율은 매우 낮았다.



- 결론 및 향후 계획

2005년 12월 현재까지 한국원자력연구소에 수집 저장된 비가연성 고체폐기물 1982드럼 중 제염이 가능한 금속폐기물은 425드럼이며 이중에서 62%가 우라늄 핵종으로 38%가 핵분열 및 부식생성물로 오염된 폐기물이다.

이들은 수집 시에 측정된 표면선량율과 발생경로로 보아 저준위의 표면오염 형태로 오염이 된 것으로 보이며 대부분 산, 알칼리, 산화제 등 기초 시약으로 제염이 될 것으로 추정된다.

오염시편의 제염실험 결과 질산, 황산, 인산 등의 산은 표면오염의 형태로 오염된 스테인레스강 및 탄소강의 제염에 효과적인 것으로 나타났으며 이들 산을 이용하여 충분히 제염이 될 것으로 보인다.