

RI 폐기물 내 ^{147}Pm 의 화학분리

이창현, 박규남*, 김민재*, 손세철, 지광용

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150 번지

*(주) 액트, 대전광역시 유성구 신일동 벤처타운 장영실관 407호

nchlee1@kaeri.re.kr

1. 서론

국내에서 발생하는 방사성 동위원소 폐기물의 효율적 처분을 위하여 토양, 시멘트 및 금속 조각과 같은 무기 폐기물과 천, 솜, 종이, 수지 및 목재와 같은 유기 폐기물에 함유되어 있는 방사성 동위원소들의 함량과 분포에 대한 정확한 자료가 요구된다. 산업, 의학 및 연구 목적을 위하여 사용된 다양한 동위원소 중에서 ^{147}Pm 은 베타 방출체로서 정밀하고 정확한 분석을 하기 위해서는 시료를 구성하고 있는 매질원소뿐만 아니라 공존하는 방사성 동위원소들로부터의 선택적 분리와 회수가 요구된다. α -HIBA(α -hydroxyisobutyrate)를 용리제로 사용하여 란타넘 원소들을 개별 분리할 수 있는 양이온교환수지법[1~3]과 HDEHP(di-2-ethylhexyl) phosphoric acid에 의한 유기용매출법[4] 그리고 Ca-oxalate로 공침시켜 매질 성분원소들로부터 ^{147}Pm 을 분리한 후 메탄올/ HNO_3 매질의 음이온교환수지법으로 정제한 다음 α -HIBA를 용리액으로 사용하는 고성능액체 크로마토그래피로 개별 분리하는 방법이 알려져 있다[5, 6]. 본 연구에서는 Fe, Ca, Al 및 Ti 등이 과량 함유되어 있는 토양, 내화벽돌, 회분, 금속조각, 시멘트 및 토양과 같은 무기 폐기물에 함유되어 있는 ^{147}Pm 을 Ca oxalate로 공침시켜 Fe, Al 및 Ti 등으로부터 분리해 내고 다시 pH 10에서 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 로 공침시켜 Ca, Mg, Ba 및 Sr을 제거한 다음 최종적으로 Nd-oxalate로 공침시켜 Ti으로부터 ^{147}Pm 만 선택적으로 분리, 회수할 수 있는 조건을 최적화하였으며 화학 운반자로 사용한 Nd의 회수율과 상대표준편차로 분리기술의 신뢰도를 평가하였다.

2. 실험 및 토의

2.1. 분리거동 조사

토양, 내화벽돌, 회분, 금속조각, 시멘트 및 토양과 같은 무기 폐기물 시료는 Ca, Mg, Ba, Sr, Na, K, Li, Fe, Si, Ti, Al, Mn, Ni, Co 및 Cr 등이 과량 함유되어 있다. 시료에 이미 함유되어 있는 Fe과 Ca을 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 공침과 Ca-oxalate 침전과정에서 화학운반자로 사용할 수 있으나 Fe과 Ca이 함유되어 있지 않은 유기 폐기물 시료를 분석할 경우를 대비하여 일정량의 Fe과 Ca이 함유되어 있는 모의 방사성 동위원소 폐기물 용해용액을 사용하였으며 최종 기체비례계수법에 의한 베타선 계측에 적합한 radionuclide source를 만들기 위해서 ^{147}Pm 과 화학특성이 같은 Nd를 화학운반자로 첨가하여 공존원소들과 침전거동을 비교하였다.

(가) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 공침에 의한 분리거동

Fe, Al, Ti, Ca, Mg, Ba, Sr, Mn, Zn, Co, Cr, Ni, Sm 및 Nd이 각각 10 mg씩 함유되어 있는 모의 방사성 동위원소 폐기물 용해용액을 사용하여 pH 10에서 침전거동을 조사한 결과 침전된 원소들의 회수율은 Fe: 98.3%, Nd: 98.5%, Sm: 101.2 %, Ti 및 Al: 100%로서 시료의 매질인 Ca, Ba, Sr, Mn, Zn, Co, Cr 및 Ni 등으로부터 Nd의 선택적 분리가 가능하였다.

(나) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 공침 및 Nd-oxalate 침전에 의한 분리거동

Fe, Al, Mn, Nd, Ca, Mg, Ba, Sr, Co, Cr, Ni 및 Zn이 각각 10 mg씩 함유되어 있는 모의 방사성 동위원소 폐기물 용해용액을 사용하여 그림 1의 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 공침 및 Nd-oxalate 침전절차에 따라 분리거동을 조사한 결과 대부분의 공존원소들은 거의 바탕값 정도의 수준으로 검출된 반면 Nd의 회수율은 $97.5 \pm 1.3\%$ ($n=3$)로서 Nd를 정량적으로 회수할 수 있었다. 그러나 Ti을 함유하고 있는 산용액을 대상으로 일련의 기초실험을 수행한 결과 시료에 Ti이

과량 함유되어 있을 경우에는 Nd의 회수율이 감소할 뿐만 아니라 Ca과 Sr 등과 같은 알칼리토금속 원소들이 함께 침전되어 Nd의 선택적인 분리가 불가능하였다. 따라서 Ti의 간섭을 제거하기 위하여 Fe(OH)₃ 공침 및 Nd-oxalate 침전 전에 Ca-oxalate 침전과정에서 Ti을 미리 분리하여 제거하였다. 20 mg의 Nd을 대상으로 Ca-oxalate/Fe(OH)₃/Nd-oxalate 침전절차에 따라 Nd을 침전시켜 분리하고 회수율을 3번 측정한 결과 회수율은 93.9±0.65%로서 정량적인 Nd의 분리 및 회수가 가능하였다.

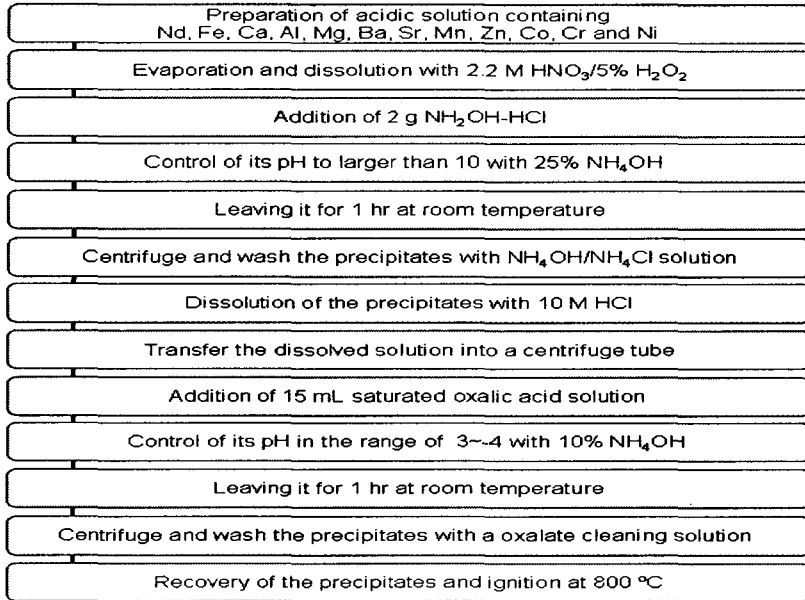


Fig. 1. Separation procedure of Nd by Fe(OH)₃/Nd-oxalate precipitation.

3. 결론

Ca, Mg, Ba, Sr, Na, K, Li, Fe, Si, Ti, Al, Mn, Co, Ni 및 Cr 등이 매질인 방사성 동위원소 폐기물에 함유되어 있는 ¹⁴⁷Pm을 선택적으로 분리, 회수할 수 있는 침전법을 개발하였다. 화학운반자로 사용한 Nd의 회수율은 93.9±0.65%로서 정량적인 회수가 가능하였으므로 실제 ¹⁴⁷Pm이 함유되어 있는 방사성 동위원소 폐기물 시료의 분석에 적용할 예정이다.

참고문헌

- [1] LI Maoliang, LI Yongxiang and Feng Jingyi, J. Radioanal. Nucl. Chem., 123, 614 (1988).
- [2] H. Deelstra and F. Verbeek, J. Chromtogr. 17, 558 (1965).
- [3] K. Wolfsberg, Anal. Chem., 34, 518 (1962).
- [4] N.E.Biber, D.P.Diprete and J.R.Harbour, BNFL, WSRC-TR-2002-00255, 2002.
- [5] Shuichi. Sumiya, Naomi Hayashi, Hiromi Katagiri and Osamu Narita, The Science of the Total Environment, 130/131, 305-315 (1993).
- [6] M. Yosida, Sh. Sumiya, H. Watanabe and K. Tobita, J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, 197, 219 (1995).