

# 희토류 원소(Nd)를 이용한 미세공침법을 통한 Plutonium 동위원소 선원제작

허동혜<sup>1</sup> · 이상한<sup>1</sup> · 이선아<sup>1,2</sup> · 박태순<sup>1</sup> · 오피제<sup>1</sup> · 이종만<sup>1</sup> · 이경범<sup>1</sup> · 이민기<sup>1</sup>

1. 한국표준과학연구원 방사선표준센터

2. 경북대학교 물리학과

E-mail: d.heo@kriss.re.kr

중심어 (keyword) : 알파방출핵종, 미세공침법(micro-coprecipitation)

## 서론

과거 핵실험을 통하여 환경 중에 유입된 Pu 동위원소( $^{238}\text{Pu}$  :  $T_{1/2}$  - 8,774y,  $^{239}\text{Pu}$  :  $T_{1/2}$  - 24,000y,  $^{240}\text{Pu}$  :  $T_{1/2}$  - 6,561y)는 지구환경변화의 해석 및 대기, 해양, 지각에서의 특정원소의 거동 특성 평가를 위한 추적자와 원자력 이용시설에 대한 환경감시, 비정상적인 핵 활동의 감지 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. Pu은 환경 물질 중에 매우 소량으로 존재하기 때문에 상당히 많은 양의 시료처리와 방사화화적인 순수분리 과정이 반드시 필요하기 때문에 분석과 측정에 있어 많은 시간과 노력이 요구되게 된다.

분리 정제된 Pu의 선원제작은 스테인레스틸 디스크(stainless steel disc)전착이나 증착에 의해 얇게 균일한 고체 시료를 제작하여 계수관 창에 의한 흡수를 막기 위하여 직접 알파분광분석기 검출기 내부에 넣어 측정하며, 일반적으로 전기 전착법(Electrodeposition)을 주로 사용하고 있다. 이 방법은 방사성 핵종이 표면에 균일하게 장착되어 선명한 스펙트럼을 보여주며 방사성 동위원소 절대 측정을 할 때 주로 이용된다. 하지만 전기장착시설과 백금선이 필요하기 때문에 제작비용이 비쌌던터라 시간도 1-2 정도 소요되고 선원 제조 시 pH 조절이 부정확하거나 전기 전착 시 전류의 불안정 등 여러 요인들에 의하여 회수율이 민감하게 영향을 받는다.

반면, 본 연구에서 개발한 희토류 원소(Nd)를 이용한 미세 공침법은 전기 전착 방법에 비해서 안정적인 결과를 보이며 전처리 과정의 손실을 제외한 화학적 회수율이 90 %이상인 결과를 보여주고 있다. 또한 실험 방법이 간단하기 때문에 숙련자의 경우 1시간미만

의 시간으로도 여러 개의 선원을 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 전기전착법이 아닌 희토류 원소를 이용한 미세공침법을 기존의 분석방법에 적용하여 방법의 신뢰성을 검토해보았다.

## 재료 및 방법

화학적 전처리가 끝난 알파핵종시료 6개를 NdF 침전을 시켜 준 후 진공 하에서 직경 25 mm, 0.1  $\mu\text{m}$  필터지(Metricel<sup>®</sup>: polypropylene)에 여과시켜주었다. 필터에 이용한 필터링 세트는 Gelman사의 Life Sciences Filter Funnel (25 mm, 50 ml polysulfone)을 사용하였다.

### 1. NdF 침전

방사화학 전처리가 끝난 방사성동위원소가 포함된 시료를 건조시킨 후 1M HNO<sub>3</sub> 20 ml를 이용하여 유리비커에서 플라스틱 원심분리관으로 시료를 옮겨 담은 다음 Nd 50mg를 첨가한 후 잘 혼합되도록 흔든다.

그 다음 Fe(II)(Mohr's salt : [NH<sub>4</sub>]<sub>2</sub>[Fe][SO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O) 100 mg을 넣고 시료와 잘 혼합해준다. 이때 높은 산화가를 가진 Pu\* 이 Pu(III)로 환원되고 다시 25% NaNO<sub>2</sub> 0.5 ml를 첨가하여 Pu(IV)로 산화시킨다. 진한 HF 5ml을 첨가하여 잘 혼합한 후 15분 간 방치하면 NdF(Pu)의 공침이 발생하며 이때 우라늄, 철(III)등은 상등액 내 존재한다(Fig. 1).

### 2. 여과

시료 용액을 진공 하에서 필터링해서 필터위에 알파핵종을 여과한다(Fig. 1). 이때 여과지는 소수성

(Hydrophobic)을 가지므로 여과지를 필터에 장착한 후 에탄올 수 ml 를 이용하여 씻어준 후 시료를 여과한다. 여과가 끝나면 여과지를 평편하게 유지하기 위한 받침대(본 실험에서는 stainless steel disc 사용)에 부착하여 상온에서 30분 이상 건조시킨 후, 알파분광분석기를 이용하여 500,000초 정도 측정하여 Pu의 방사능농도를 분석하였다.

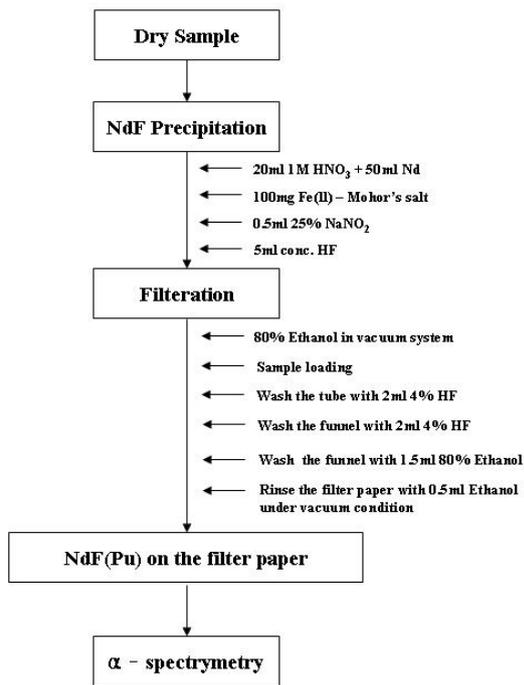


Fig. 1 Synoptic scheme for the micro-coprecipitation.



Fig. 2 Preparing for filtering sets.

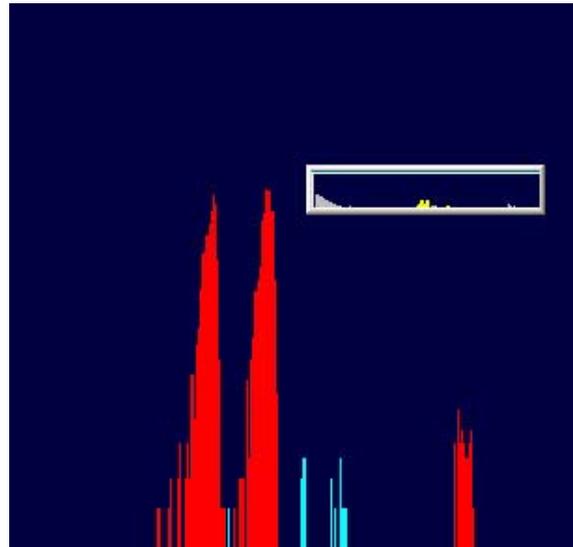


Fig. 3 Alpha spectra of Pu(log. scale)

## 결과 및 고찰

화학적 전처리가 완료된 시료를 미세공침법을 이용하여 고체선원을 제조하여 알파분광분석기로 계측하였다. 사용된 알파분광분석기의 계측효율은 20-25%이며, Pu를 분석한 결과 기존의 전기전착법과 유사한 Pu peak shape를 보여주고 있다(Fig. 3).

## 결론

본 연구에서는 알파방출핵종의 고체시료 제작 시 희토류원소를 이용한 미세공침법을 이용하여 실험하였다. 결과적으로 기존의 전기전착법보다 간편하고 안정된 화학적회수율을 얻었다.

## 참고 문헌

1. S.-H. Lee, J. La Rosa, J. Gastaud, P. P. Povinec. The development of sequential separation methods for analysis of actinides in sediment and biological materials using anion exchange resins and extraction chromatography. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Vol. 263, No.2, 419-425. 2005.
2. Serge Ballestra, Terry Hamilton. Basic Procedures Manual ; Radiochemistry. IAEA-Marine Environment Laboratory. 1994.