

## PC21) ID-MC-ICP-MS를 이용한 대기 시료 중 극미량 Pu 동위원소 및 $^{237}\text{Np}$ 동시 분석에 관한 연구

임성아·권은희<sup>1)</sup>·배유정·윤주용<sup>2)</sup>·정규환

한국원자력안전기술원 방사선안전연구실, <sup>1)</sup>과학기술연합대학원대학교 측정과학과,

<sup>2)</sup>한국원자력안전기술원 방사능분석센터

### 1. 서론

환경 중의 미량 원소 및 동위원소에 관한 연구는 다양한 목적으로 오랜 기간 동안 이루어져왔다. Pu 동위원소 및  $^{237}\text{Np}$ ( $T_{1/2} = 2.14 \times 10^6\text{y}$ )은 장반감기 핵종으로서 과거 강대국의 대기권 핵실험에 의한 낙진의 영향으로 전국토 및 해양 환경에서도 검출되고 있다. 환경에서 검출되는 양은 극미량으로 검출한계가 낮은 정밀 분석법으로 정량이 가능하며, 특히 대기부유진을 비롯한 대기시료의 경우 시료 채집량에 한계가 있어 정량 분석이 쉽지 않은 현황이다. 따라서 우리나라의 경우 먼지 포집량이 증가하는 봄철이나 겨울철 건조한 황사기에 극미량으로 일부 검출이 가능하다. 특히  $^{237}\text{Np}$ 은 다른 장반감기 악티나이드 핵종에 비하여 농도가 매우 낮고 화학분리에 어려움이 있어 방사선계측기를 이용한 방법으로는 신뢰성 있는 자료를 얻는 데에 한계가 있다. 본 연구에서는 극미량의 장반감기 동위원소 분석에 적합한 다중검출기유도결합플라즈마질량분석기(MC-ICP-MS)를 이용하여 대기환경 시료 중 극미량 Pu 동위원소 및  $^{237}\text{Np}$  분석을 위한 동시 분석법을 최적화하고 대기시료와 유사한 매질의 표준물질을 이용하여 이를 검증하였다.

### 2. 재료 및 방법

본 연구에서는 대기부유진, 강수 및 낙진 시료를 대상 시료로 하였다. 전처리과정에서의 회수율 보정 및 검출 정밀도를 향상시키기 위하여  $^{242}\text{Pu}$ 를 추적자(tracer)로 적용하였다. 채취된 시료는 시료 타입별로 회화 혹은 증발건조를 시킨 후 유기물을 제거하기 위하여 2차에 걸쳐 회화하였다. Pu 동위원소 및  $^{237}\text{Np}$ 은 1:1 질산을 이용하여 환경시료로부터 추출하였으며, TEVA-Spec<sup>TM</sup> 수지를 이용한 추출크로마토그래피법으로 2차에 걸쳐 복잡한 환경 매트릭스 및 Pb, U 등의 방해효과를 제거하였다. 1차에서 적용하는 수지의 부피는 대기시료 중에 과량으로 함유되어 있는 양이온의 방해를 최소화하고 분리 효율을 높이기 위하여 일반 토양 분석에 이용되는 양보다 조금 증가시켜 적용하였다. MC-ICP-MS (Multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry, NEPTUNE, ThermoScientific Ltd., Germany)의 다중검출시스템 중 극미량 동위원소의 검출이 가능한 고감도 MIC(multiple ion counter)을 이용하여 계측하고, 동위원소희석법을 이용하여 정량함에 따라 동위원소비의 정밀도도 향상시켰다. 본 분석방법은 대기환경 시료와 매질이 비슷한 표준물질(NIST-4357 및 Soil-6)을 이용하여 검증하였다.

### 3. 결과 및 고찰

$^{237}\text{Np}$ 은 전처리 전과정에 걸쳐 Pu 동위원소와 유사한 거동을 보였으며, 추출 곡선을 얻어 분리조건을 최적화하였다. TEVA-Spec<sup>TM</sup> 수지를 이용하여 2차에 걸쳐 최종 염산 매질로 회수하는 단계에서 Pu 및  $^{237}\text{Np}$ 의 용출속도에서 약간의 차이가 보였으나, 0.5N HCl 1.5 mL 용리액을 흘려주었을 경우, 98%~99% 이상의 좋은 회수율을 보여주었다. 또한 2차에 걸친 분리과정에서 이루어진 Pb 및 U 등의 제거와 탈용매화장치(desolvator)를 이용한 시료의 주입과정을 통해 polyatomic interference의 영향은 보이지 않았다. 동일한 방법을 표준물질에 적용하여 정량 분석한 결과, 회수율은 79% ~ 95% 범위의 수준으로 양호하였으며,  $^{239+240}\text{Pu}$  및  $^{237}\text{Np}$  방사능농도는 각각 표준물질의 인증농도/참고농도와 비교하여 신뢰 구간내에서 잘 일치하였다.

### 4. 참고문헌

Yim et al., Journal of Radiation Protection, 35(3), 117-123.