

## 축차분리를 이용한 토양 및 해저퇴적물 시료 중의 알파핵종 분석법

한은미, 곽지연, 임성아, 채정석, 윤주용  
한국원자력안전기술원

E-mail: eunmia125@naver.com

중심어 (keyword) : 축차분리, 알파스펙트로미터, TEVA, UTEVA, TRU

### 서론

방사성핵종의 분석은 핵종별 화학적 특성 및 거동에 따라 다양한 방법으로 이루어진다. 그 예로 U, Th, Pu 및 Am 은 환경에 존재하는 대표적인 알파핵종으로서 복잡한 환경 매트릭스로부터 화학전처리 과정을 통하여 순수 분리된 후, 방사능계측을 통하여 정량이 이루어진다. 토양시료의 경우, 환경에 존재하는 방사능 농도 준위에 따라 핵종별 수~수십 g의 시료량 및 수일 이상의 오랜 전처리 시간이 요구되어 진다.

이에 대하여 축차분리법은 제한된 시료량을 이용하여 여러 핵종의 분석이 가능한 전처리방법으로서 분석소요시간을 단축할 뿐만 아니라, 다양한 환경시료에 적용할 수 있다는 점에서 매우 효율적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 아직도 많은 축차분리법이 복잡한 전처리 과정을 거치는 동안 회수율이 낮아 질 수 있다는 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 대표적인 환경시료인 토양 및 해저퇴적물 중의 U, Th, Pu 및 Am 동위원소에 대한 축차분리법을 간소화하여 더욱 효과적인 분리절차를 마련하고자 하였으며, 본 연구에 사용된 분리 과정에 대한 검증은 위하여 표준물질을 분석하여 기준값과 비교 평가하였다.

### 재료 및 방법

본 연구의 대상 시료는 토양 및 해저퇴적물로서 연구에 사용된 분리 방법은 각각 IAEA-375 및 NIST-4357 표준물질을 이용하여 검증하였다. 분석 대상 핵종은 Pu 동위원소(<sup>239+240</sup>Pu), Th 동위원소(<sup>232</sup>Th, <sup>230</sup>Th, <sup>228</sup>Th), U 동위원소(<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U), Am 동위원소(<sup>241</sup>Am)이며 각종 동위원소의 분석에 사용한 tracer에는 각각 <sup>242</sup>Pu, <sup>229</sup>Th, <sup>232</sup>U, <sup>243</sup>Am 이다.

표준물질을 약 1 g을 정확히 칭량하여 회화한 후, 테플론용기를 이용하여 혼합산용액 (HF + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>) 으로 완전 분해하고, 분해된 시료는 건고 후, 5 M HNO<sub>3</sub> 매질로 바꾸어 TEVA 수지를 통과시킨다. 이 과정에서 U 및 Am 과 Th 이 각각 수지를 통과하고, Pu 이 최종 분리된다. Pu 은 핵종자동분리장치를 통해 재분리 하고 MC-ICP-MS로 검출한다. TEVA 수지를 통과한 U 및 Am 과 Th 중에서 Th 은 건고 시켜 전기 전착 후 알파스펙트로미터로 계측하고 U 및 Am 은 3 M HNO<sub>3</sub> 으로 매질을 바꾸어 UTEVA 수지 사용하여 통과시켜 분리한다. 이 과정에서 Am 이 수지를 통과하고 U 이 최종 분리된다. U 은 건고 시켜 전기 전착 한 후 알파스펙트로미터로 계측하고 UTEVA 수지를 통과한 Am 은 칼슘 옥살산 침전과정을 거친다. 그 후 2M HNO<sub>3</sub>-Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 매질로 바꾸어 TRU 수지를 통과시켜 최종 Am 을 분리 한다. Am 도 건고 후 전기 전착하여 알파스펙트로미터로 검출한다.

Table 1. The radioactivity analysis results of reference materials using sequential separation method  
(unit : Bq/kg)

		$^{238}\text{U}$	$^{234}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}$	$^{228}\text{Th}$	$^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$ **
분석 결과	IAEA 375	24.1 ± 1.2 *	24.2 ± 0.9	21.9 ± 1.8	22.5 ± 3.3	23.0 ± 3.2	0.275 ± 0.02	0.167 ± 0.1
	NIST 4357	12.6 ± 0.3	12.5 ± 0.2	12.6 ± 1.9	12.1 ± 1.3	14.3 ± 3.8	9.63 ± 0.4	11.1 ± 2.0
기준 값	IAEA 375	24.4	25	20.5	-	21	0.3	0.13
	NIST 4357	12	12	13.0 ± 0.3	12.0 ± 0.5	12.1 ± 0.3	10.4 ± 0.2	10

\* : n개의 시료에 대한 방사능 농도 편차

\*\*  $\sigma$  : 계측편차

## 결과 및 고찰

모든 분석 결과는 표준물질의 신뢰구간 범위 내에서 기준값을 만족시켰다. TEVA 수지를 사용하여 각각 분리한 핵종 Th 과 Pu 은 기준 값에 인접한 결과 값으로 수지에 대한 핵종의 분리가 효율적인 것으로 나타났다. U 및 Am의 분리를 위해 사용한 UTEVA 수지에서도 기준값에 인접한 결과에 따라 분리 효율을 확인 할 수 있었다.

마지막 과정으로 TRU resin을 사용하여 분리한 Am의 경우에는 IAEA-375 시료의 경우 기준 Am 방사능 농도가 낮아서 적은 양의 시료에서 검출하기에는 어려움이 있었다. 분석법 확립을 위해 다른 표준물질로 추가적인 실험이 필요하다고 생각된다.

## 결론

이상의 연구를 통해 적은 양의 표준물질에서 축차 분리를 통해 각각의 Pu, Th, U, Am 동위원소를 측정하였다. TEVA, UTEVA, TRU 수지를 사용하여 각 수지 별 특성에 따라 방사성 핵종을 분리하였다. 분석 대상 핵종은 선택적으로 핵종을 분리시키는 수지를 사용하여 높은 효율을 보였다. 그리고 MC-ICP-MS와 알파스펙트로미터로 깨끗한 피크를 얻을 수 있었다.

환경방사능 감시에 이용되는 시료는 전국의 공기 부유진, 낙진, 강수 등이 있다. 환경 중 방사능 오염의 경로 상에 주요한 영향을 미치는 대표적 시료인 공기 부유진이나 낙진의 경우 시료의 양이 매우 적기 때문에 감마분석만 하고 있는 실정이다. 이들을 알파핵종 분석에 적용하기 위해서는 소량의 시료로 여러 핵종을 분석 할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 기존의 방사능 핵종을 축차분리하여 실험하는 방법을 도입, 재정립하였으며 향후 공기부유진 및 낙진 시료에 적용할 것이다.

## 참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원 전국환경방사능조사 보고서;KINS/ER-028,Vol.40.2008.
2. Soil and sediment sample analysis for the sequential determination of natural and anthropogenic radionuclides. Talanta 74 (2008) 1527-1533
3. The development of sequential separation methods for the analysis of actinides in sediments and biological materials using anion-exchange resins and extraction chromatography. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 263. No.2 (2005) 419-425