

음이온 교환수지와 추출 크로마토그래피를 이용한 토양시료 내 우라늄(U), 플루토늄(Pu) 및 아메리시움(Am) 방사성동위원소의 연속 분석법개발

허동혜¹ · 이상한¹ · 이선아^{1,2} · 박태순¹ · 오피제¹ · 이종만¹ · 이경범¹ · 이민기¹

1. 한국표준과학연구원 방사선표준센터

2. 경북대학교 물리학과

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

중심어 (keyword) : 연속분리(sequential separation), 음이온 교환수지(anion-exchange resin), 추출 크로마토그래피(extraction chromatography)

서론

화석연료의 고갈, 이산화탄소 배출로 인한 지구온난화문제로 인하여 원자력은 차세대 에너지원으로 새로운 도약의 시기를 맞고 있다. 그러나 최근 원자력산업의 성장과 함께 “삶의 질” 향상에 대한 국민적 관심과 안전 관리 분야에 대한 요구가 점차 다양화 되어 가면서 환경 중 방사능에 대한 관심도 점차 높아지고 있다. 현재 환경방사능 감시에는 해수, 지하수, 해저퇴적물, 토양 등 우리 생활 주변의 다양한 시료들을 이용하고 있는데 대부분 시료의 경우 시료 채취가 어렵고 그 채취비용 또한 매우 비싼 편이다. 뿐만 아니라 우리가 현재 분석하고 있는 알파핵종의 경우 화학적 전처리 시간이 오래 걸리며 화학 폐기물 또한 많이 발생한다는 단점이 있어 최근에는 단일 시료에서 여러 종류의 방사능 핵종을 단계별로 분리 실험하는 방법이 많이 활용되고 있다[1].

이미 기존에 토양이나 해저퇴적물을 이용한 알파핵종의 단일 시료에서의 단계적 분리에 대한 연구는 많이 이루어져왔으나 ²⁴¹Am을 포함한 분석방법은 복잡하고 까다로워 국내외적으로 드물다[2,3]. 본 연구에서는 현재 사용하고 있는 단계적 분리 방법을 토양 시료에 적용하여 분석법을 재정립하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 시료는 IAEA proficiency test material인 moss-soil로 연구에 필요한 인공 및 자연 핵종인 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²³⁸U, ²⁴¹Am이 모두 포함되어 있다. 토양의 특성은 선대식물에 속하는 이끼류가 많이 포함되어 있으며 이들의 주 서식처가 흔히 습기 있고 그늘

진 곳이며, 삼림과 숲의 바닥에 깔려 자라기 때문에 유기물의 함량이 높다. 또한 본 분석방법의 신뢰성 확인을 위하여 한국표준과학연구원에서 제작된 토양 표준물질 2개와 한국원자력안전기술원에서 제작된 국내 교차분석용 토양 시료 2개를 동일한 절차로 분석, 비교 평가하였다.

1. 시료의 회화 및 추적자 첨가

먼저 각각의 시료를 약 4g씩 도가니에 담아 550 °C로 예열된 회화로에서 11시간동안 회화시켜서 유기물을 제거해 주었으며 화학적 추적자인 ²³²U, ²⁴²Pu, ²⁴³Am을 첨가하였다.

2. 시료의 용해

회화가 끝난 각각의 시료는 용해를 위해서 PTFE 비커에 옮겨 담은 뒤, 약 150–170 °C에서 진한 HF 30 ml를 첨가하여 3시간동안 가열 후 완전 건고시켰으며 (2회 반복), 진한 HCl 30 ml를 첨가하여 3시간동안 가열 후 완전 건고시켰다. 다시 HCl 20 ml에 0.5 g의 boric acid를 첨가하여 3시간동안 가열 후 건고 시켰다.

3. Fe-carrier 첨가

분석에 필요한 방사능 핵종을 제외한 방해 핵종을 분리해 주기 위해서 철 공침 과정을 수행해 주었다. 용해가 끝난 시료에 50 mg·ml⁻¹의 Fe-carrier를 1 ml씩 첨가 한 후 증류수를 150 ml 첨가한 후 2M NaOH로 pH를 맞춰준 후 다시 암모니아로 pH를 8–10정도로 조절하여 철 공침을 시켜주고 3000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 공침시킨 각각의 시료들은 진한 HCl 50 ml를 첨가하여 가열 후 건고 시키며 건고된 시료는 진한 HNO₃ 10 ml를 첨가하여 매질을 바꿔준다.

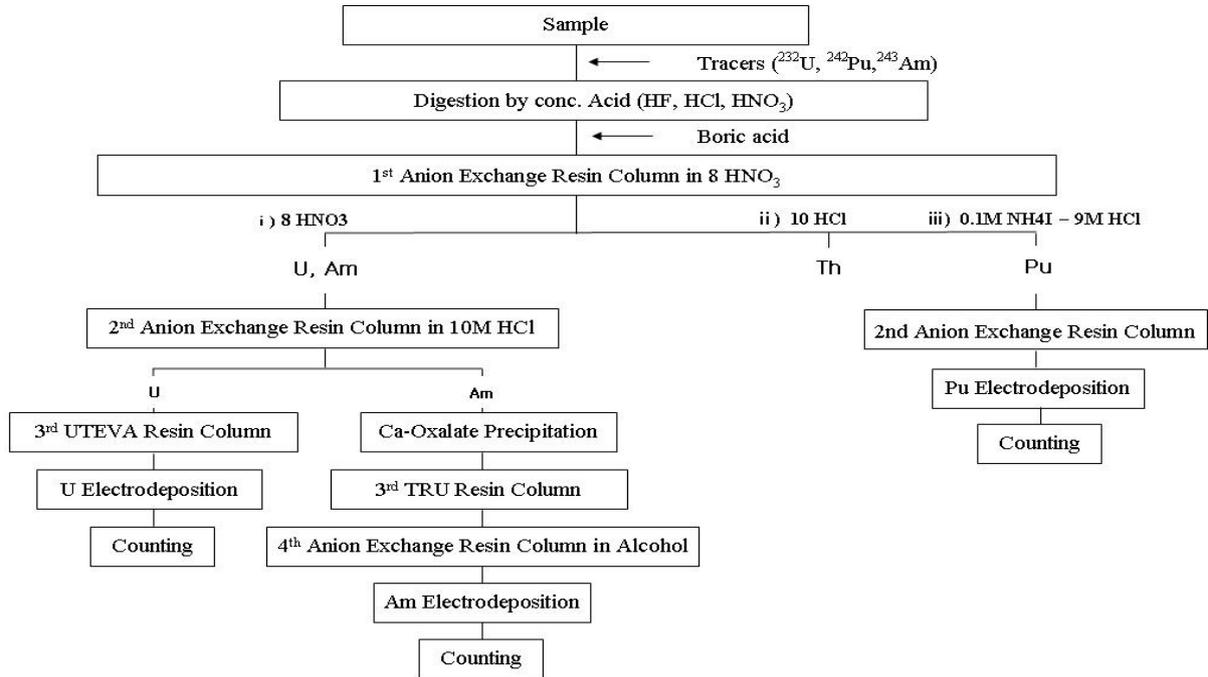


Fig. 1 Synoptic scheme for the sequential separation of U, Am and Pu.

4. 이온교환수지와 추출크로마토그래피를 이용한 Pu, ²⁴¹Am 과 U 동위원소의 연속분리/정제법

각 분석 핵종에 따른 분석 절차는 Fig. 1과 같다.

5. 전기 전착

분리 정제된 각 핵종의 시료는 pH를 2에 맞추어 1.0 A에서 70분간 stainless steel disc에 전착하여 선원을 제작하였다. 선원은 알파분광분석기를 이용하여 500,000초 정도 측정하여 각각의 방사능농도를 분석하였다.

결과 및 고찰

IAEA proficiency test material을 이용하여 알파방출핵종의 연속분리법을 수행한 결과, moss soil의 화학적 전처리 과정의 회수율은 U이 90%이상 ~, Am 30~50%, Pu은 30~60%였으며 사용된 알파분광분석기 검출기의 계측효율은 약 20~25%로 산정하였다.

결론

본 연구에서는 음이온 교환 수지와 추출 크로마토그래피를 이용한 인공 및 자연 방사능핵종의 연속 분석법을 토양시료에 적용하였으며 실험에 사용된 시료는

IAEA proficiency test material인 moss-soil이며 한국표준과학연구원에서 제작된 토양 표준물질 2개와 한국원자력안전기술원에서 제작된 국내 교차분석용 토양 시료 2개를 동일한 절차로 분석한 결과, 분석방법의 신뢰성을 확인하였다.

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.
3. S.-A. Lee, S.-H. Lee. K.-B. Lee. and J.-M. Lee. Vertical Distribution of ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am and ²³⁹⁺²⁴⁰Pu Concentrations in the soils from Korea. The Association of Korean Woman Scientists and Engineers. 2009.