

우라늄 분리·추출에서 컬럼의 유속에 관한 연구(Ⅱ)

박옥량, 박승훈, 이애리, 정희준, 곽성우*

한국원자력통제기술원, 대전광역시 유성구 유성대로 1534

*ukss@kinac.re.kr

1. 서론

환경시료의 채취 및 분석기술은 핵 활동의 감시 및 추적에 매우 유용한 수단으로 국가 및 IAEA 사찰에 활용되고 있다. 또한 신고 된 핵 활동 하에 있는 핵물질의 전용뿐만 아니라 미신고 핵물질 및 활동 여부도 검증하고 있다. 특히 여러 가지 환경 시료 중에서 공기 내에 포함된 우라늄의 측정은 원자력시설의 현장에서 승인된 핵물질의 사용여부 검증 및 환경 감시에 있어서 중요한 인자이다. 이를 바탕으로 한국원자력통제기술원에서는 공기 내 포함된 우라늄을 현장에서 분석하기 위하여 다양한 기술 및 장치를 개발 중에 있다. 공기 내 포함된 우라늄을 분석하기 위해서는 시료의 전처리, 우라늄 분리추출, 측정 및 분석 과정을 거쳐야한다. 하지만 전처리부터 측정까지 전 과정을 마치기 위해서는 대략 5 ~ 7일 정도의 긴 시간이 필요하다. 따라서 현장에서 공기 내 포함된 우라늄을 측정하기 위해서는 측정과정까지 소모되는 시간을 단축시킬 필요가 있다.

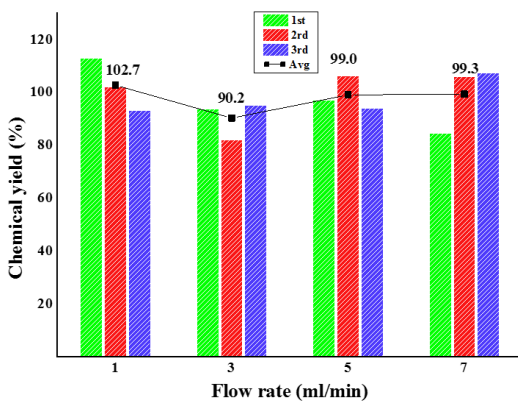


Fig. 1. The uranium recovery rate by the flow rate(1~7ml/min) of the column.

이에 본 연구에서는 공기 내 우라늄 분석의 여러 과정 중 우라늄 분리추출과정에서 컬럼의 유속제어를 통해 전체 처리과정에 소모되는 시간을 단축하고자 하였다. 사전 연구 결과 Fig. 1 과 같이 컬럼의 유속을 7 ml/min 까지 증가시켰으나 우라늄 회수율에는

큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

따라서 본 연구에서는 기존의 실험결과를 바탕으로 유속의 범위를 넓혀 우라늄 회수율을 측정하고, 최적유속을 선정하여 방사화학처리에 소요되는 시간을 단축함으로써, 현장에서 공기 내 포함된 우라늄 측정이 효율적으로 이뤄질 수 있는 방법을 제안하고자 하였다.

2. 본론

2.1 실험 재료

우라늄 분리에 사용되는 이온교환 수지는 UTEVA resin(ecirhom)이며, 우라늄 회수율을 구하기 위해 U-232 Tracer(Isotope Products Lab, USA)를 사용하였다. 분석용 특급시약(Merck)과 분리·추출용 컬럼(5ml, ecirhrom)을 사용하여 순수우라늄을 분리하였다. Column의 유속변화는 튜브의 크기에 따라 0.005 ~ 75 ml/min의 정밀·정량 유속제어가 가능한 LEAD2-Flowrate peristaltic tubing pump (Longerpump)를 사용하였다. 우라늄선원 제작과 분석에는 전기전착장비와 알파분광분석장비를 사용하였다.

2.2 실험 방법

기존의 실험방법과 마찬가지로 Fig. 2와 같이 우라늄 분리·추출을 위한 실험장치를 셋팅하였다.

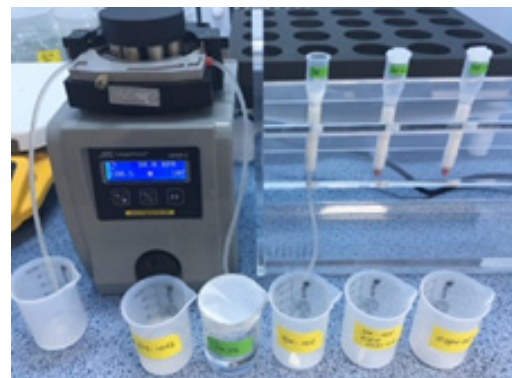


Fig. 2. LEAD2-Flow rate peristaltic tubing pump.

컬럼의 유속제어는 테프론튜브(1.6 mmID × 1.6

mmWT)를 컬럼의 끝에 직접 연결하고, 이 튜브를 LEAD2- Floerate peristaltic tubing pump에 통과 시켜 유속을 조절하였다. 우라늄 분리·추출을 위한 시료 및 시약의 주입과정은 기존의 방법을 적용하여 수행하였다. 단, 컬럼 내에 시료주입과 우라늄 추출의 유속은 1 ml/min으로 고정하였고, 나머지 시약을 주입할 때 유속의 변화를 주어 실험을 수행하였다. 유속의 조건은 기존 실험결과에 추가로 9, 11, 13, 15 ml/min으로 설정하였으며, 실험 오차를 줄이기 위해 각 유속 당 3 개의 시료를 적용하여 그 평균값으로 우라늄 회수율을 검토하였다.

2.3 결과 및 논의

본 실험을 수행하기 전, 준비된 장치로부터 실험 조건인 유속 9, 11, 13, 15 ml/min의 재현성 평가를 수행하였다. 그 결과 장치의 회전속도를 18, 23, 28, 34 RPM으로 설정하였을 때 컬럼의 유속이 9, 11, 13, 15 ml/min인 것으로 확인되었으며, 실제 실험 수행 시 각각의 RPM을 적용하였다.

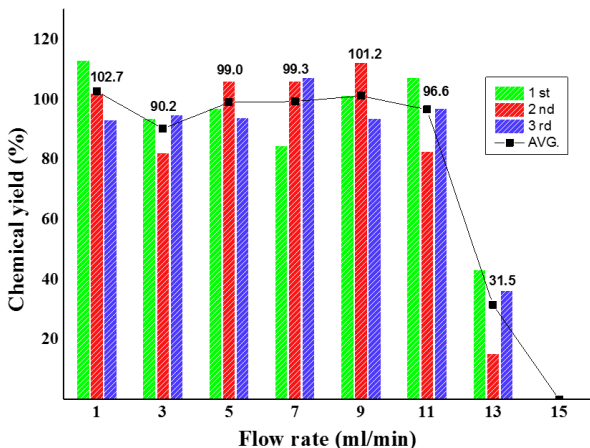


Fig. 3 The uranium recovery rate by the flow rate(add. 9~15ml/min) of the column.

유속에 따른 우라늄의 분리가 끝난 시료는 전착과 알파분석분광장치로 우라늄을 측정하여 평균회수율을 계산하였다. 그 결과 Fig. 3와 같이, 9 ml/min : 101.2 ± 4.1 %, 11 ml/min : 96.6 ± 4.2 %, 13 ml/min : 31.1 ± 10 %, 15 ml/min : 0 %인 것으로 확인되었다. 이와 같이 유속의 범위를 넓혀 우라늄 회수율을 비교한 결과 유속 11 ml/min까지는 비교적 유사한 회수율을 보였으나, 유속 13 ml/min부터 회수율은 현격히 떨어졌으며 15 ml/min의 유속에서는 우라늄의 회수가 전혀 이뤄지지 않았다. 이는 컬럼 내에서 UTEVA resin에 강력하게 흡착되어 존재하는 우라늄이 일정유속 즉

11 ml/min 이하까지는 물리적 흐름에도 충분히 흡착되어 있는 것으로 판단되었다.

3. 결론

기존 컬럼의 유속평가 실험을 바탕으로 추가로 유속의 범위를 넓혀 컬럼에 유속변화에 따른 우라늄의 회수율을 평가하였다. 그 결과 시료주입과 마지막 순수 우라늄 추출 단계의 유속을 1 ml/min으로 유지하는 조건하에, 1 ml/min부터 11 ml/min의 유속까지는 유사한 우라늄 회수율을 보임에 따라 공기포집 시료의 방사화학 처리에서 우라늄의 분리·추출 시 최적 유속은 11 ml/min인 것으로 확인되었다. 이에 실험 최적 유속인 11 ml/min 유속으로 분리·추출 하였을 경우, 우라늄 분리·추출과정에서의 처리시간이 약 68 min이 소요되며, 유속 1 ml/min로 처리하였을 때 보다 약 62% 처리시간을 단축시키는 것으로 확인되었다.

향후 추가실험으로 시료의 대상을 혼합 우라늄 시료로 설정하여 본 실험결과를 적용한 우라늄 회수율을 비교 분석하여 최적유속에 대한 재현성을 확인하는 실험을 수행하여야 할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] 박옥량, 박승훈, 정희준, 이애리, 곽성우, "우라늄 분리·추출에서 컬럼의 유속에 관한 연구", 한국원자력학회 2016 춘계학술발표회 논문요약집, 1, 6D.18, 5.12~13, 2016, 제주.
- [2] H. Kang, H. Chung, S. Park, J. Shin, and S. KWAK, "A Comparative Study on Radiochemical Pre-treatment Methods for Airborne Uranium-Isotopic Analysis", Journal of Radiation Protection and Research, 40(2), 101-109 (2015).
- [3] E. P. Horwitz, M. L. Dietz, R. Chiarizia and H. Diamond, "Separation and preconcentration of uranium from acidic media by extraction chromatography", Analytica Chimica Acta, 266, 25-37 (1992).