

Resin Bead를 이용한 우라늄 흡착특성 및 동위원소 비 측정

전영신, 표형열, 조기수, 박용준

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150 번지

ysjeon@kaeri.re.kr

핵 비확산 규제조치와 관련하여 비 선연 핵물질 사용여부를 알아내고 이를 통제하기 위하여 핵 관련 시설은 물론이고 주변 환경으로부터 얻어진 시료에 대한 우라늄 및 플루토늄 동위원소 비를 정확히 측정하는 것은 매우 중요하다. 본 실험은 시설 및 시설주변으로부터 얻어진 극미량 우라늄 시료(swipe sample)에서 우라늄입자를 감지해 내고 이를 선택적으로 이온교환수지 알갱이에 흡착시킨 후 직접 질량분석을 통하여 동위원소 비를 측정하는 실험을 하였다.

- 이온교환수지 알갱이를 이용한 우라늄 흡착

이온교환 수지 알갱이에 우라늄을 선택적으로 흡착시키고 이를 직접 질량분석을 위한 필라멘트에 적용하기 위해서 고려되어야 할 조건들이 있다. 즉 이온교환수지 종류의 선택과 수지 알갱이 사이즈 그리고 흡착실험 등의 실험환경으로부터 우라늄 오염을 차단해야 한다. 특히 극미량 우라늄시료 취급은 사용하는 산 용액이나 실험용기 자체에 함유된 우라늄 량을 무시할 수 없다. 이온교환수지는 Dowex anion 50-100 mesh를 이용하였다. 알갱이 입자가 클수록 우라늄 흡착량은 많았지만 질량분석에서 사용되는 필라멘트에 올리고 가열 건조시키는 과정에서 수지알갱이가 떨어지는 등 부적합함을 보였다. 또한 너무 작은 알갱이를 이용할 경우 취급하는데 어려움이 컸다. 우라늄을 흡착시키는데 적당한 산 용액 농도는 9M HCL에서 제일 많이 흡착되는 것으로 나타났다. 50-100 mesh Dowex 음이온교환수지에 흡착된 우라늄 량은 1ug-U/10uL 부피에서 평균 60 ng-U/bead이 흡착되는 것을 알 수 있었다.

- 질량분석 바탕 값 영향

질량분석에서 사용되는 레늄필라멘트를 진공 중에서 전류를 흘려 약 1700° C에서 30분간 가열한 후 사용한 필라멘트에 대한 우라늄 질량영역을 mass scan한 결과 U-238을 제외한 mass 위치에 서 작은 쪽으로 약간 치우쳐진 유령 피크들을 볼 수 있었으며 이를 그림 1에 보였다.

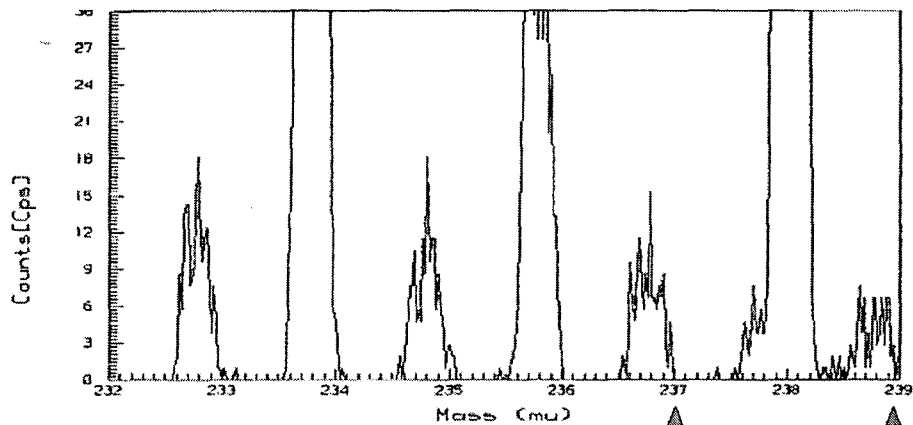


그림 1. 레늄 blank filament에 대한 우라늄 동위원소들에 대한 스캐닝 결과

시료취급과정에서 우라늄이 오염될 수 있는 정도를 알아보고, 또한 사용되는 필라멘트로부터 나타나는 불순물 우라늄을 스파이크로 ^{233}U 을 사용하여 IDMS 방법으로 정량하여 바탄 값 영향을 검토하였으며 이들 결과를 표 1에 나타내었다. 또한 mass scan을 통해 알고 있는 U-233량의 피크 크기를 U-238 피크크기와 비교하여 0.03 ng-U이 들어 있음을 알 수 있었다.

표 1. IDMS에 의한 레늄 블랭크 필라멘트가 함유하고 있는 우라늄 정량결과

	None baked filament	Baked filament	Baked & Nitric acid
	U(ng)	U(ng)	U(ng)
1	0.15	0.02	0.07
2	0.02	0.08	0.06
3	0.82	0.07	
4	0.55	0.04	
5	0.02	0.05	
Ave.	0.31	0.05	0.07

- 우라늄 흡착 이온교환수지 알갱이를 직접 질량분석에 이용

우라늄이 흡착된 이온교환수지알갱이를 직접 질량분석을 하는데 따른 장점으로 가열에 의한 이온교환수지 자체가 카본이 되고 환원제 역할을 하기 때문에 UO , UO_2 등의 생성을 억제시키는 장점이 있다. 극미량시료를 빠르고 쉽게 준비 할 수 있으며, 작은 시료를 좁은 영역에 올려놓음으로 (pin point) 효율적 질량분석이 가능하다. NIST U-005 동위원소 표준물은 U-235 0.5% 농축도를 갖으며 이를 이용하여 이온교환수지에 흡착 질량 분석한 결과 좋은 값을 얻을 수 있었다. 천연우라늄 U-235는 0.72% 이고, 이런 우라늄이 혼입되었다면 검정 값보다 높은 값을 보일 수 있지만 본 실험결과 검정 값보다 높게 나타나지 않았다. 따라서 주변 환경오염으로부터 영향을 받지 않았음을 알 수 있었다. 우라늄 약 60 ng 정도가 흡착된 수지 알갱이를 이용한 질량분석 결과를 표 2에 나타내었으며 검정 값과 약 0.3 % 범위에서 일치함을 보였다.

표 2. 이온교환수지 알갱이를 이용한 NIST U005 동위원소 표준물에 대한 질량분석 결과

	U-235/U-238
certified value(NIST, U005)	0.004 9194
1	0.004 8767
2	0.004 9121
3	0.004 9201
4	0.004 9113
Average	0.004 9051 ± 0.000 0193

끝