

알파분광피크의 구분성과 우라늄 시료양 및 농축도의 관계 분석

송지연*, 윤종호, 안길훈

한국원자력통제기술원, 대전광역시 유성구 유성대로 1418

*minizzang333@kinac.re.kr

1. 서론

알파분광분석기를 이용한 우라늄 농축도를 분석함에 있어 시료의 양은 스펙트럼 분석에 중요한 영향을 미치며 우라늄 동위원소(^{238}U , ^{235}U , ^{234}U)간 주요 에너지 스펙트럼 간격이 넓지 않으므로 농축도를 보고자 하는 핵물질시료 분석에서 주 에너지들에서의 스펙트럼 분리는 무엇보다 중요하다[1,2].

본 연구에서는 우라늄 파우더를 이용한 분석 시, 알파분광피크의 구분성과 우라늄 농도 및 농축도의 관계 연구, 그리고 최적농도를 탐색하기 위하여 ^{235}U 농축도 : 3.42wt%(s-24), 0.756wt% (s-27)의 두 가지 시료를 선정하고 약 10-200 μg 까지 시료의 양을 변화시켜 그 관계성을 찾아보고자 하였다.

2. 본론

2.1 시료 제작

우라늄 파우더는 한전 원자력연료(KEPCO_NF)로부터 제공받았으며, 파우더 시료를 사용하였다. 우라늄 파우더 약 1 mg을 분취하여 8M 질산용액 8 ml에 넣은 후 마이크로파 용해장치(START D, Milestone, Inc.)를 이용하여 400 W 110°C 조건에서 2 시간 동안 용해시켰다. 시료의 분취양에 따른 스펙트럼의 모양을 확인하기 위하여 시료의 양을 10-200 μg 까지 달리한 10개의 시료를 해당 시료양에 따른 용액량(약 0.1-1.4 ml)을 비커에 분취하여 증발건고 하였다. 전기전착이 가장 잘 이루어지는 pH 값은 1.7 이다[3]. (1:9) 황산용액과 티몰블루, 암모니아를 이용하여 pH를 조절한 후 1A에서 2 시간 동안 SUS 디스크에 전기전착 하였다. 전착이 끝난 디스크에는 열을 가하여 시료를 고착시켰다[2].

2.2 측정장비

알파분광분석기(분석프로그램:GENIE-2000)를 이용하여 디스크를 계측기로부터 1 cm 거리에 두었으며, 계측시간은 8만 초로 하였다.

2.3 측정결과

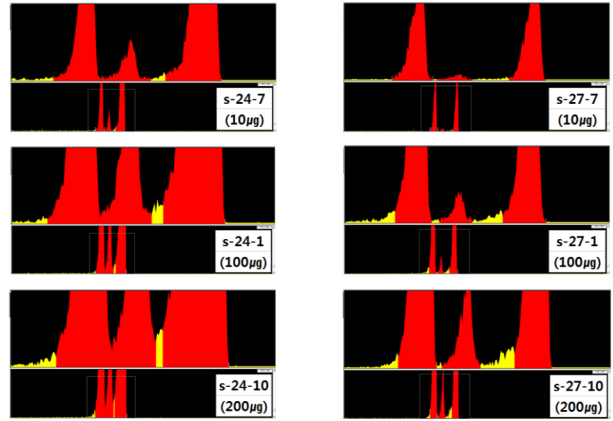


Fig. 1. Alpha spectrums of several sample volume(10, 100, 200 μg) about two samples(s-24, s-27).

시료양에 따른 스펙트럼은 두 시료의 분취양 10 μg , 100 μg , 200 μg 에 대하여 Fig. 1에 나타내었다. 농축도가 상대적으로 높은 s-24의 경우는 분취양 10 μg 이 가장 보기 좋은 스펙트럼을 나타내는 반면, 농축도가 낮은 s-27의 경우에는 80 μg 이 가장 보기 좋은 스펙트럼을 나타내었다. 농축도에 따라 최적의 스펙트럼을 얻는 농도는 상이하다.

Table 1. Enrichment and counts of uranium isotope about S-24 sample volumes

Sample Volume [μg]	U-238 Count	U-235 Count	U-234 Count	Enrichment [U-235wt%]
208	38904	7433	220353	2.89
153	23788	4621	132524	2.93
121	22305	4329	125302	2.93
99.9	19622	3853	111181	2.96
80.5	15450	3168	87932	3.09
59.6	11884	2195	66668	2.79
49.9	9246	2004	52361	3.26
40.2	7921	1472	45127	2.81
27.7	5544	1092	30850	2.97
13.9	3031	585	16903	2.91

Table 2. Enrichment and counts of uranium isotope about S-27 sample volumes

Sample Volume [μg]	U-238 Count	U-235 Count	U-234 Count	Enrichment [U-235wt%]
212	34224	1391	35780	0.636
151	24921	1018	26190	0.639
121	18186	821	19627	0.706
100	9997	439	10735	0.678
80.3	9164	366	9690	0.617
60.6	6250	235	6739	0.581
50.0	4862	202	5062	0.650
39.4	6907	265	7456	0.601
30.3	4286	174	4397	0.635
15.1	1881	79	2009	0.657

스펙트럼 분석 결과, U-238, U-235, U-234의 함량 및 농축도는 Table 1, 2에 나타내었으며, 시료의 분취양이 감소할수록 우라늄 동위원소들의 카운트수가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

중간에 다시 증가하는 값을 나타내는 부분과 감소하는 수가 분취양과 정확히 비례하지는 않는데, 이는 각 챔버의 성능차이 및 회수율차이 등에 기인한 것으로 보인다. 농축도는 분취양에 상관없이 비슷한 값을 보였으나 참값과 측정 농축도는 평균 15% 저평가되는 것을 확인할 수 있었다. 농축도 분석은 분취양 만큼이나 스펙트럼을 분석하는 분석자의 판단능력에 따라 차이를 발생시킨다.

사용 시료양이 많을수록 전착두께가 두꺼워지므로 그에 따라 테일링효과도 커지는 것을 볼 수 있었다 [4]. 반면에 너무 적은 양을 사용할 경우는 전착이 고르게 이루어지지 않고 카운트 수가 적어 스펙트럼이 지저분하고 U-235에 해당하는 피크가 나타나지 않을 수 있다.

3. 결론

알파분광피크는 우라늄의 농도가 적을수록 명확히 구분되지만, 3% 내외의 농축도일 경우 시료양 10-200 μg 수준에서는 피크를 구분하는 기법에 상관없이 모두 비슷한 농축도를 보였다.

그러나 천연우라늄과 유사한 농축도를 갖는 시료의 경우, 시료양 약 10 μg 정도에서는 ^{235}U 가 존재하지 않는 것으로 오판할 수 있으므로 적어도 20 μg 이상을 사용하는 것이 이를 예방해 줄 것으로 기대된다. 또한 사용 시료양이 많을수록 테일링효과 및 카

운트 수의 증가로 인하여 피크의 겹치는 부분이 증가하므로, 약 200 μg 이상을 사용하는 경우에는 피크의 구분성이 떨어져 농축도 평가에도 영향을 미칠 것으로 예상되지만, 향후 이를 확인하기 위한 추가 연구를 통하여 분석 최적농도를 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

4. 참고문헌

- [1] H. KUNZENDORF, "Determination of the isotopic composition of natural and slightly enriched uranium by alpha spectrometry", Nuclear instruments and methods, 63, 152-156 (1968).
- [2] Jong-Ho Yoon etc., "The Capability of isotopic uranium analysis in nuclear material at KINAC", Transaction of the Korean Nuclear Society Spring Meeting Jeju, Korea, May 7-8, (2015).
- [3] Myung Ho Lee etc., "Electrodeposition of Alpha-Emitting Nuclides from Ammonium Oxalate-Ammonium Sulfate Electrolyte", Bulletin of the Korean Chemical Society, 21, 2, 175-179 (2000).
- [4] Nora Vajda, Paul Martin, Chang Kyu Kim, "Handbook of Radioactivity Analysis", Elsevier Inc., Chapter6 (2012).