

테크네슘 회수율 결정에서의 문제 해결 방안 모색

서경원, 이창헌, 이해주, 오심온, 안홍주*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*kyungwon0707@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 원소인 테크네슘은 자연적으로 우라늄 광물의 자발적 붕괴 또는 몰리브덴 광물의 중성자 포획에 의해 생성된다. 또한 원자력 발전에 따른 방사성폐기물 및 체르노빌 또는 후쿠시마와 같은 원자력 사고, 진단의학에서의 ^{99m}Tc 사용과 같은 인위적인 원자력 활동에 의해 발생된다.¹ 이러한 인위적인 원자력 활동에 의해 발생하는 방사성 물질 내 포함된 테크네슘의 방사능 농도를 정확하게 평가하는 것은 반드시 필요하다. 그 이유로는 2.11×10^5 년의 긴 반감기와 높은 이동성으로 인한 인간 생활권으로 유입 가능성이 있기 때문이다.

테크네슘의 방사능 농도를 확인하기 위해 공존 핵종 및 다양한 매질 원소로부터 방사화학 분리를 먼저 수행하여야 한다. 대표적인 방사화학 분리법으로는 침전법과 용매추출법, 이온교환법 및 추출 크로마토그래피 등이 있다. 방사화학 분리 후, 베타 계측기인 액체섬광계수기 (LSC, Liquid Scintillation Counter) 또는 기체비례계수기 (GPC, Gas Proportional Counter)를 통해 테크네슘의 방사능 농도를 측정한다. 이와 같은 일련의 과정에서 테크네슘의 방사능 농도를 결정하기 전, 방사화학 분리 단계에서 테크네슘 회수율은 첨가한 Re 및 TPAC (tetraphenylarsonium chloride)에 의해 생성된 $\text{ReO}_4(\text{TPA})$ 의 무게 측정을 통해 결정된다. 이와 같은 중량법에 의한 회수율 결정함에 있어, 100%를 초과하는 회수율을 보이는 현상에 대한 해결 방안에 대해 알아보하고자 한다.

2. 본론

2.1 시약 및 실험 장비

테크네슘의 회수율을 결정하기 위해서 Re 표준물과 침전제인 TPAC를 사용하였고, 침전물 용기로는 구리 재질의 프란첷을 사용하였다. 침전물 세척 과정에서 발생하는 Re의 손실을 확인하기 위해 유도결합 플라즈마 원자방출분광기 (ICP-AES, Spectro Acros, Germany)를 사용하였다.

2.2 시료 준비

0.3 mL의 Re 표준물 (10 mg/mL)이 들어있는 용기에 TPAC를 첨가하여 $\text{ReO}_4(\text{TPA})$ 으로 침전시킨다. 0.1 M HNO_3 및 증류수로 침전물을 세척 후, 구리 프란첷으로 옮겨 침전물을 건조하고 침전물 무게 측정을 통해 회수율을 결정한다.

2.3 문제 해결 방안

침전물 세척 후 구리 프란첷으로 침전물을 옮겨 건조 과정에서 남아있을 수 있는 용매 또는 침전 반응 후 남아있을 수 있는 TPAC가 회수율이 100% 초과에 기여를 한다고 볼 수 있다. 그래서 건조 방법 및 세척 방법을 변경하여 그에 따른 회수율 변화를 확인하였다.

2.3.1 건조 온도 및 시간에 따른 회수율 비교

건조 과정에서 남아있을 수 있는 용매의 영향을 확인하기 위하여 회수율 100% 초과하는 시료를 이용하여 70°C 및 80°C, 100°C에서 최장 4시간 동안 건조를 다시 하였다. 회수율 변화 추이를 확인해 보니, 건조 온도 및 시간에 따른 회수율 변화는 없었다.

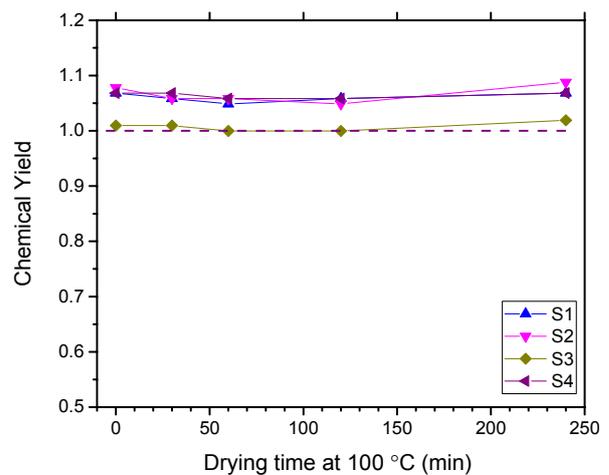


Fig. 1. Recovery of Re at 100°C.

2.3.2 세척 방법에 따른 회수율 비교

침전 반응에 사용되는 TPAC는 증류수에서 용해

가 잘 되기 때문에, 증류수 세척을 통해 침전 반응 후 남아있을 수 있는 TPAC 제거하고자 하였다. Table 1에서와 같이 증류수의 양을 늘려 세척 (Method B)하였을 때 100%보다 높은 회수율을 보였던 시료들이 100%보다 낮은 회수율을 나타내었다. 이러한 변화가 침전물 세척과정에서의 손실에 따른 영향인지 확인하기 위해, ICP-AES로 세척액 내 존재하는 Re 정량 분석을 하였다. 그 결과 (Re loss), 회수율의 변화는 추가적인 증류수 세척으로 인하여 침전물이 씻겨나감에서 비롯됨을 확인하였다.

Table 1. Comparison of recovery in washing

Recovery	S1	S2	S3	S4
Method A	1.06	1.04	1.02	1.06
Method B	0.76	0.81	0.91	0.91
Difference	0.30	0.23	0.11	0.15
Re loss	0.14	0.16	0.11	0.10

Method A: 0.1 M HNO₃(10 mL) + DI water(10 mL)
 Method B: 0.1 M HNO₃(10 mL) + DI water(60 mL)

3. 결론

중량법을 통한 회수율 결정에서 회수율이 100%를 초과하는 문제를 건조 온도 및 시간과 세척 방법을 조정하여 해결하고자 하였다. 비록 두 가지 해결 방안이 명쾌한 해결책을 제시하지 못하였지만, 회수율이 100% 초과하는 현상에 대한 원인 규명을 확인할 수 있었으며 보다 정확한 회수율 결정을 위한 방법 개선의 필요성을 확인할 수 있었다.

4. 참고문헌

[1] K. Shi, X. Hou, P. Roos, and W. Wu, "Determination of technetium-99 in environmental sample: A review", *Anal. Chim. Acta*, 709, 1-20 (2012).