

원전 폐수지내 방사성 핵종 분석을 위한 시료전처리 방법 비교 평가

오심온^{1*}, 황재식¹, 최광순¹, 구난영², 안홍주¹, 지광용¹

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²한국수력원자력(주), 경상북도 경주시 양북면 불국로 1655

*simon@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 폐수지는 원전 가동 중 방사성 오염물 제거, 계통수질 화학적 조절 등의 목적으로 사용되고 있으며, 여러 계통에서 발생한 폐수지는 발전소 혼합물 저장탱크에 보관된다[1]. 2014년 국내 원자력 발전소에서 생성된 가연성 중저준위 방사성 폐기물은 총 2,070드럼(200 L기준)으로 그 중 방사성폐수지는 296드럼으로 전체 14.3%를 차지한다.

원전 폐수지 내 방사성 핵종 분석을 위해 적절한 방법을 통해 시료를 용액화 해야 한다. 시료 용액화를 위한 방법으로는 일반적으로 혼합산을 이용한 칼럼 용출법, 극초단파 산분해법 등이 사용된다. 혼합산을 이용한 칼럼용출법은 일정 시료를 분취하여 칼럼에 옮긴 후 혼합산을 초당 1 mL 내외의 낮은 속도로 흘려주어 방사성 핵종을 용출한다. 극초단파를 이용한 산분해법은 일정량의 시료와 용해제를 위한 산을 주입 후 극초단파를 조사하여 분해하는 방법이다.

칼럼을 이용한 용출법은 이온 분배계수 특성차이를 이용하여 방사성 핵종을 용출하며, 많은 양의 혼합산이 사용되어 감마핵종 분석을 위해 용출된 시료를 농축하는 과정이 필요하다. 또한 용출속도가 높은 경우 방사성 핵종이 용출되지 않고 잔류할 우려가 높다. 극초단파를 이용한 산분해법은 고온/고압조건에서 신속히 시료를 분해하는 방법으로 시약 소모가 적고, 미량의 시료로 분석이 가능한 장점이 있는 반면, 분해시 발생하는 가스로 인해 폭발 위험 및 분해 도중 관찰이 불가능한 단점이 있다 [2-3].

본 연구에서는 원전에서 발생하는 폐수지 시료용액화 방법에 관한 검토를 위해 칼럼을 이용한 용출법과 극초단파를 이용한 산분해법이 사용되었으며, 극초단파 산분해법은 시료 회분 유무에 따른 효율성 비교를 추가하였다.

2. 본론

2.1 실험

칼럼을 이용한 용출법은 Fig. 1과 같이 직경 8 mm의 주사기 형태의 분리관에 공극 60 Å 크기를 가지는 분리막을 삽입 후 건조된 시료 약 1 g을 충전 후 시료 유실을 방지하기 위한 분리막을 넣어 시료를 고정하였다. 준비된 칼럼에 일정량의 증류수를 주입하여 기포를 제거한 다음 150 mL의 혼합산(4 M 염산 : 50 mL, 10 M 질산 : 50 mL, 5 M 질산 + 0.2 M 불산 : 50 mL)을 순차적으로 주입하여 약 1 mL/min의 속도로 용리하였다.

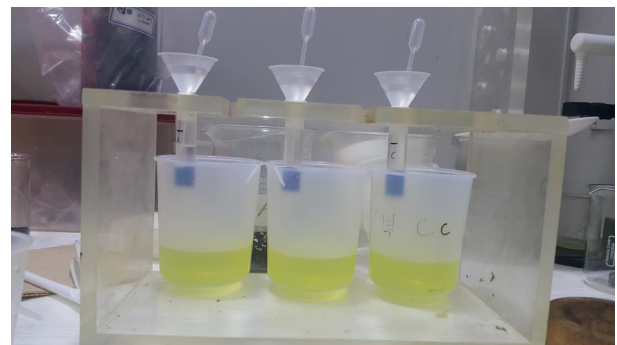


Fig. 1. Elution method of spent resins.

극초단파를 이용한 산분해법은 건조한 시료 약 0.5 g을 용기에 넣고 진한질산 10 mL, 진한염산 4 mL 및 불산 0.25 mL를 주입한 후, Fig. 2와 같이 밀폐형 극초단파시스템에서 출력수치를 290 W - 400 W - 300 W - 250 W의 순서로 조절하면서 시료를 용해하였다.

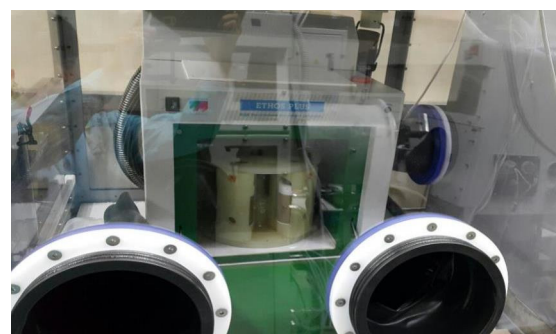


Fig. 2. Closed Vessel Microwave digestion system.

2.2 결과

Fig. 3은 칼럼을 이용한 용출법과 극초단파 산분해법을 통해 용해된 시료의 양을 나타내고 있다. 칼럼을 이용한 용출과 극초단파 산분해법을 전처리 결과 평균 용해량은 각각 8.9%, 27.02%로 나타났다. 이는 극초단파 산분해법은 고온/고압조건에서 극초단파의 큰 에너지를 활용하여 시료 내부에 존재하는 물질 또한 파괴 및 용해되어 용해량이 높게 나타난 것으로 판단된다.

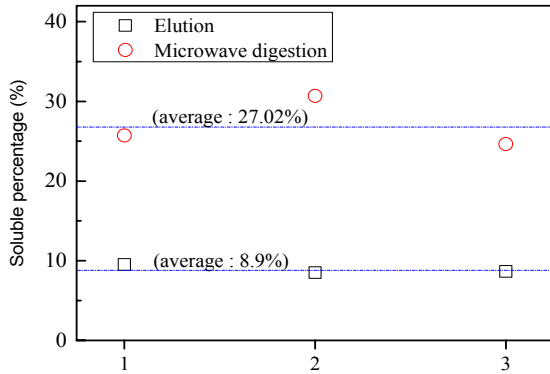


Fig. 3. Comparison of soluble percentage between the elution and the microwave digestion.

칼럼을 이용한 용출법과 극초단파 산분해법을 통해 용액화 한 후 감마분광기로 Co-60과 Cs-137 핵종을 측정된 결과를 통해 비교한 결과, 두 방법으로부터 계측된 값 차이는 크지 않은 것으로 나타났다(Fig. 4 참조).

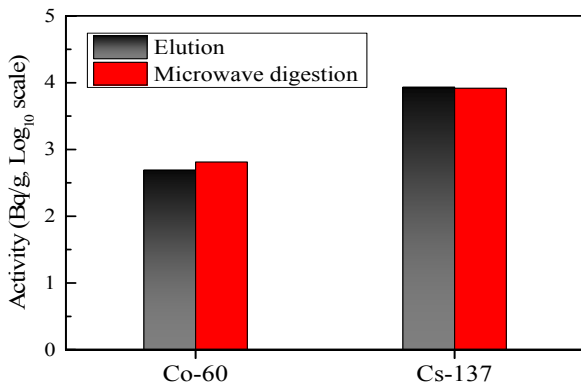


Fig. 4. Comparison gamma analytical results between elution and microwave digestion.

3. 결론

원전에서 발생하는 방사성 폐수지 전처리 방법 검토를 위해 칼럼을 이용한 용출법과 극초단파 산분해법을 통해 용액화한 시료를 감마분광기로 측정된

결과를 비교하였다. 극초단파 산분해법을 통해 용액화한 시료가 칼럼을 이용한 용출법보다 용해율은 높게 나타났으나, 용해된 방사성 핵종을 통한 검출 결과는 큰 차이를 나타내지 않았다. 하지만, 극초단파 산분해법은 칼럼을 이용한 용출법에 비해 전처리 시간을 크게 단축할 수 있는 장점을 가지고 있기에 향후 분리를 통해 알파 및 베타 핵종 검출을 통한 비교검증이 필요할 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국원자력연구원의 주요사업의 일환으로 수행하였습니다.

5. 참고문헌

- [1] N. Hamodi, K. Papadopoulou, T. Lowe, and T. Abram, "Thermal Analysis and Immobilisation of Spent Ion Exchange Resin in Borosilicate Glass", *New Journal of Glass and Ceramics*, 2, 111-120, (2012).
- [2] 최광순, 이창현, 김영복, 안홍주, 박용준, 송규석 "방사성핵종 원소 측정을 위한 폐수지 전처리", *한국방사성폐기물학회 2013 추계학술발표회 논문요약집*, 11(2), 385-386 10.17~18, 2013, 제주.
- [3] 손세철, 표형열, 최광순, 김영복, 박용준, 송규석 "방사성 핵종분석을 위한 폐이온교환수지 전처리", *한국방사성폐기물학회 2012 추계학술발표회 논문요약집*, 10(2), 385-386 10.11~12, 2012, 부산.