

# 원전 발생 1차측 폐수지 시료 전처리

황재식<sup>1</sup>, 오심온<sup>1</sup>, 양지은<sup>1</sup>, 최광순<sup>1</sup>, 박종민<sup>2</sup>, 안흥주<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

<sup>2</sup>한국수력원자력(주), 경상북도 경주시 양북면 불국로 1655

jaesikhwang@kaeri.re.kr

## 1. 서론

원자력발전산업에서 이온교환수지는 원전 가동 중 방사성오염물 제거 및 화학적 조절 등 계통수질 관리 목적으로 사용되고 있으며, 운전 종료 후 1차 계통수 및 사용후핵연료 수조수의 세정, 방사성폐수처리 등에도 화학적 처리를 위해 사용되고 있다. 또한 증기발생기 취출수 계통의 탈염탑에서 취출수 재사용과 오염확산방지 목적으로 사용되고 있다[1]. 이온교환수지는 사용목적에 따라 크기, 형태가 달라지며, 제거 대상물질에 따라 음이온, 양이온교환수지, 혼상교환수지 등이 사용되고 있다. 이렇게 원자력발전에서 사용된 페이온교환수지는 표면에 다양한 방사성핵종을 흡착하고 있어 중저준위 방사능을 띠고 있다.

페이온교환수지와 같은 중저준위 폐기물을 처분하기 위해서는 원자력 안전위원회 고시(제2015-4호) 규정에 따라 핵종 규명이 이뤄진 후에 처리될 수 있다. 핵종규명을 위한 분석절차는 페이온교환수지에 흡착된 핵종을 용액화 하여 감마분광기로 바로 측정하는 후, 분리 절차를 거쳐 알파, 베타 핵종 측정으로 진행되고 있다.

페이온교환수지 시료를 용액화 하기 위한 전처리 방법으로 염산, 질산 등 산을 이용한 침출 방법과 회분 후 밀폐형 극초단파 산분해법이 사용되고 있다[2]. 산을 이용한 침출방법은 산의 농도와 흡착된 핵종과의 상관관계에 따라 탈착여부가 결정될 수 있다. 회분 후 밀폐형 극초단파 산분해법은 회화시 일부 핵종의 휘발가능성이 존재한다. 회화를 진행하지 않고 밀폐형 극초단파 산분해법을 사용하게 되면 유기물 분해에 발생하는 CO<sub>2</sub> gas에 의해 내부압력 상승에 따른 압력용기의 폭발 및 넘침 현상에 의한 시료의 유실이 발생할 수 있다[3].

본 연구에서는 발전소에서 발생한 페이온교환수지의 산침출법에 의한 산처리 특성과 회분 전후의 밀폐형 극초단파 산분해법에 대한 전처리 방법에 대하여 검토하였다.

## 2. 본론

### 2.1 페이온교환수지 산 침출법

국내 U발전소에서 발생한 페이온교환수지(표면선량 : 19.7 uS/hr) 3 g을 분취하여 120°C에서 6 시간 동안 건조시킨 후 약 0.6 g을 syringe 형태의 플라ستيك칼럼(직경: 13 mm, 시료높이: 20 mm)에 주입 후 용액 유실을 방지할 목적으로 필터를 양쪽에 장착 한 후, 4 M HCl과, 10 M HNO<sub>3</sub> 각각 50 mL를 분당 1~1.5 mL의 속도로 통과시킨 후 혼합산(4M HCl + 10M HNO<sub>3</sub> + 0.2M HF) 50 mL를 같은 속도로 통과시켰다. 칼럼내의 잔류용액을 제거하기 위해 증류수 10 mL를 가한 후 용출된 용액을 핫플레이트를 이용하여 저온에서 부피를 20 mL까지 감소시킨 후 감마분광기로 방사성 핵종을 측정하였다. 침출하고 남은 페이온교환수지를 동일한 방법을 이용하여 침출한 후 방사성 핵종을 측정하는 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Gamma results of resins in acid elution method

Nuclides	Number of times			
	1st		2nd	
	Activity (Bg/g)	RSD (%)	Activity (Bg/g)	RSD (%)
<sup>57</sup> Co	1.5.E+02	17.6	9.6.E+00	30.5
<sup>60</sup> Co	8.7.E+04	1.3	2.9.E+03	4.6
<sup>137</sup> Cs	7.7.E+03	6.5	1.2.E+01	51.9
<sup>54</sup> Mn	6.2.E+02	7.4	2.9.E+02	132

### 2.2 전처리방법에 따른 용해 차이 비교

회분후 밀폐형 산분해법과 산침출법에 따른 차이를 비교하였다. 시료 120°C에서 6 시간 동안 건조한 후 시료 약 5 g을 전기로에서 200°C부터 450°C까지 50°C간격으로 가열하여 회분하였다. 회분 후 시료를 microwave vessel에 옮겨 진한 질산(65%) 10 mL, 진한 염산(37%) 4 mL, 불산(48%)

0.25 mL를 넣고 가열판에서 15 분간 핵종을 용해한 후 마이크로파용해장치에 옮겨 출력(250 ~ 450 W)에서 용해하였다.

Table 2는 산침출법과 밀폐형 극초단파 산분해법 비교를 위해 동일한 시료를 산침출법으로 용해한 후 감마분광기로 측정된 결과를 나타내고 있다.

Table 2. Gamma results of Comparison between elution method and closed vessel microwave digestion in gamma results

Nuclides	Elution		Closed vessel microwave digestion	
	Activity	RSD	Activity	RSD
	(Bg/g)	(%)	(Bg/g)	(%)
<sup>60</sup> Co	3.03.E+01	5.3	3.98.E+01	7.8

### 3. 결론

방사성 폐이온교환수지를 전처리 하기 위하여 산침출법과 회분 후 밀폐형 극초단파 산분해법을 사용하였다. 산침출법을 통한 폐이온교환수지의 전처리도 매우 효율적인 것을 알 수 있었으며, 회분 후 밀폐형 극초단파 산분해법은 산침출법에 비해 높은 용해도를 나타내었다. 하지만, 전처리 시간의 증가와 높은 방사능 세기로 인한 주변 오염 가능성이 내포되어 있다. 향후 회분 여부에 따른 밀폐형 극초단파 산분해 결과를 검토할 예정이다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 원자력융합원천기술개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] N. Hamodi, K. Papadopoulou, T. Lowe, 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, 이창헌, 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.