

수조고온층의 사용 후 이온교환수지 처리 시 작업자의 피폭 방사선량 최소화를 위한 연구

강태진, 임인철, 김명섭, 최호영, 이의규

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

하나로(HANARO) 수조고온층 정화 계통은 수조고온층에 유입되는 원자로 수조수의 방사성 이온을 거르는 장치이다. 주기적인 수조고온층 계통의 이온교환수지 교체 및 폐기물 처리 작업은 원자로실에서 행하는 작업 중 방사선 피폭이 큰 작업 중의 하나이다. 지금까지 교환되어 일정기간 붕괴된 수조고온층 이온교환수지의 시료를 채취하고 HPGe MCA를 이용하여 수지에 흡착된 방사성 핵종의 종류 및 농도를 측정하고 이를 토대로 붕괴 추세선을 작성하였다. 본 논문에서는 이 추세선을 이용하여 향후 폐수지의 방사선량을 예측함으로써 방사선 작업 계획을 사전에 수립할 수 있으며 작업자의 피폭을 최소화할 수 있음을 보였다.

하나로 운전 중 일차 냉각수에서 발견되는 주요 핵종은 Na-24, Ar-41, Mn-56, W-187 등이다. 일차 냉각수의 방사성 핵종 중 반감기가 3시간 이하인 Ar-41, Mn-56은 수조 표면에서 거의 사라지고 반감기가 15.02시간인 Na-24와 23.09 시간인 W-187이 어느 정도 검출된다. 냉각수 방사능의 약 60 % 정도를 차지하는 Na-24는 일차 냉각수가 정화 계통의 이온교환수지를 지나면서 대부분은 흡착되어 없어지며 반감기가 짧으므로 레진 교환 시에는 거의 없어진다. 그러나 핵분열 생성물로 생기는 핵종인 Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ag-110m, I-131, Ba-140, Ce-141 등은 이온 교환 수지에 흡착되어 있기 때문에 이온 교환 수지 교체 시 높은 선량을 나타낸다.

수조고온층 정화계통 수지 교체는 2001년 6월(시료-1)과 2004년 2월(시료-2) 두 번 있었으며 수지 사용기간은 각각 4년 5월과 2년 6월이었다. 수지교체 시 시료-1 및 시료-2의 선량은 각각 $900\mu\text{Sv/h}$, $800\mu\text{Sv/h}$ 였다. 임시 저장조에 보관 중인 시료-1과 시료-2의 수지를 2004년 2월 26일 채취하여 HPGe MCA로 핵종을 확인하고 감마선분광분석법으로 각 핵종의 농도를 계산하여 조사선량으로 환산하였다. 그림 1과 그림 2는 시료-1과 시료-2의 환산된 조사선량을 누적한 후 일자별 선량 변화추이를 나타낸 그림이다. 시료-1에 대한 예측 선량이 시료-2보다 높은 이유는 이 기간 동안 원자로 운전 중 핵연료 다발에서 우라늄 오염으로 핵분열 생성물들이 증가하여 이로 인한 핵분열 생성물이 이온교환수지에 많이 흡착되었기 때문이다. MCA 핵종 분석결과에서도 시료-1의 Cs-137 계수가 약 10배 이상 높았음을 알 수 있었다. 시료-2에서는 수조표면 방사능준위의 대부분을 차지하는 Na-24가 충분히 붕괴한 뒤에 측정되는 방사성 핵종인 Cr-51, Sb-125, Cs-137, Co-58 등이 발견되었다. 또한 구조재의 방사화로 생기는 물질은 노심을 구성하고 있는 재질에 따라 다르지만 Cr-51은 스테인레스 스틸에 함유되어 있는 크롬의 방사화로 생긴다. Co-58은 코발트 또는 니켈의 방사화로 생기는데 스테인레스 스틸에 니켈이 들어있다.

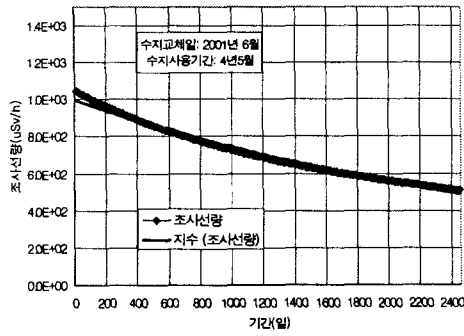


그림 1. 시료-1의 붕괴 추세선

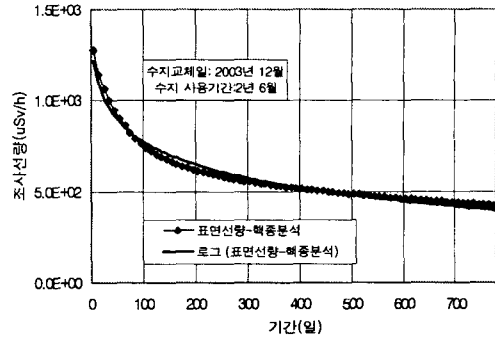


그림 2. 시료-2의 붕괴 추세선

그림 3 및 그림 4는 시료-1과 시료-2의 핵종 분포도이다. 시료-1의 핵종은 Cs-137 68%, Cs-134 14%, Co-60 11% 순으로 약 8종의 핵종이, 시료-2는 Nb-95 21%, Ru-103 18%, Co-60 17%, Zn-65 및 Cs-137 9% 순으로 약 16종이 검출되었다.

작업자가 임시저장조에 보관 중인 이온교환수지를 하나로의 폐기물 저장조로 이송하기 위해서는 근접한 거리에서 사용후 수지를 드럼 통에 담아야 하기 때문에 작업자의 피폭이 우려된다. 이 붕괴 추세선에서 향후 폐수지의 방사선량을 예측함으로써 방사선 작업 계획을 사전에 수립할 수 있다. 작업자의 피폭을 최소화하기 위해서는 그림 1 및 2의 추세선량 곡선에서 400μSv/h가 되는 2006년 1월(시료-1) 및 2005년 6월(시료-2)에 작업을 하면 작업자의 피폭을 최소화할 수 있을 것을 알 수 있다.

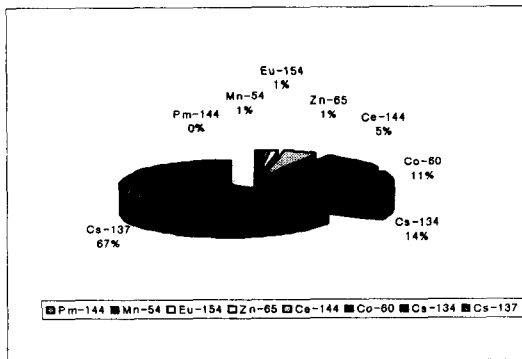


그림 3. 시료-1의 핵종 분포도

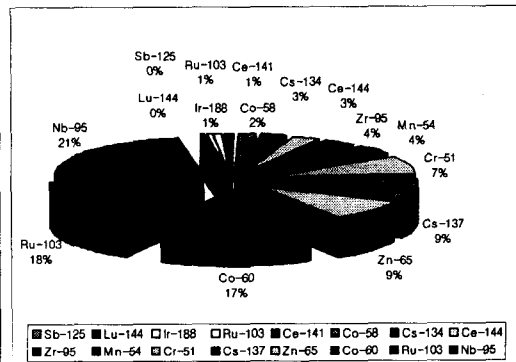


그림 4. 시료-2의 핵종 분포도