

조사 핵연료 및 캡슐의 반입에 따른 조사제시험시설 수조의 방사능오염 현황고찰

송웅섭, 김도식, 주용선, 안상복, 류우석
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
nussong@kaeri.re.kr

1. 서 론

조사제시험시설에는 수송용기(Cask)로 운반된 조사시료를 핫셀 내로 반출입하기 위한 중형의 수조가 설치되어 있다. 수조의 주요 사양은 수조벽 두께 1.6 m, 가로 3 m, 세로 6 m, 깊이 10 m 이며, 주변에는 수조물을 정화하기 위한 정화장치를 별도로 설치하여 운영하고 있다. 수조 주변에서 시료의 반출입 작업동안에 작업자들의 방사선 피폭을 방지하기 위하여 수조 내에 잔존하는 방사성물질에 의한 주변의 방사능 준위는 원자력법령에서 요구하는 규정치 이하로 유지되도록 관리하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 조사제시험시설의 수조물의 방사능 준위를 규정치 이하로 유지하기 위하여, 시료의 반출입 작업 후에 수조물 정화장치의 운전에 따른 수조물의 방사능오염도의 변화 및 수질변화 현황을 고찰하였다.

2. 수조수 정화장치의 개요

수조수 정화장치는 수조 상단의 측면벽을 관통하여 설치한 구경 4인치의 흡입파이프를 통하여 수조물을 흡입하여 정화장치를 통과하면서 물을 정화하고, 배출파이프를 통하여 수조로 돌려보내지는 계통으로 구성되어 있다. 정화장치의 주요 개요 및 운전방법은 다음과 같다.

가. 수조수 정화장치 개요

- 1) 정화필터: 수조수 내에 부유하는 이물질을 제거하기 위하여 필터하우징속에 5 μm 여과능력을 갖는 4중의 필터 엘리먼트를 1차로 통과한후에 정화능력 1 μm 의 2차필터를 통과토록 구성되어 있다.
- 2) 이온교환기 및 레진카트리지: 순수 속에 이온상태로 녹아있는 방사성 물질을 제거하기 위한 장비로 내부에 레진이 장착되어 있다.

나. 정화장치 운전방법

- 1) 이온교환장치를 우회한 1, 2차 정화필터 통과 운전
정상상태에서 수조수를 정화하는 방법으로 레진 카트리지를 우회하여 단순히 1, 2차 필터만을 통과시켜 부유물만을 제거하는 정화방법이다.
- 2) 이온교환장치 통과운전
수조수에 방사성물질이 검출되고 오염되어 있다고 판단 되었을때는 우회통과 대신에, 레진을 통과하는 운전을 실시한다. 레진을 통과하는 동안에 수조수속에 잔존하는 이온화된 방사성물질을 정화한다. 현재 운전 중인 레진은 혼합이온교환형(mixed ion exchange)으로 알카리(pH 7-14, 염기(-))와 산(pH 1-7, 산기(+))을 모두 포함하는 레진으로 이온화 되어있는 모든 물질을 함께 정화할 수 있는 특징이 있다.

3. 수조수 분석방법

시험방법은 감마선분광계측기를 이용하여 국제적인 시험기준인 ISO-10703 (1997), ISO-9696(1992), ISO-9697 (1992), ASTM D-1293 (2005), ASTM D-1125 (2005)에 의거하여 실시하였다.

4. 분석결과 고찰

2007년 1월부터 2008년 8월까지 20개월 동안에 수조 내에서 실시한 방사성물질의 반출입 현황은 표 1에 나타낸 바와 같이 총 5회 실시하였다. 이 기간 동안에 수조수의 방사선량 및 수질특성의 변화 양상은 그림 1, 2와 같이 나타났다. 그림 1에서 Co-60 및 Cs-137의 분포도를 보면 2007년 1월 및 6월에 최대치가 나타났다. 그러나 당시에 방사성물질의 반출입 작업이 이루어 지지 않은 점을 고려할

때 최대치를 나타내는 원인은 불분명한 상황이며, 수질특성치인 탁도는 방사성물질의 반출입 시기와 관련없이 비교적 일정한 값을 유지하였다. 전기전도도는 2007년 4월과 10월에 최대값을 나타냈으며 pH값의 변화를 고찰해보면 수조수는 점차 산성화되는 현상이 나타났다. 전체적으로 수질오염원은 Particle이라기 보다는 iodine의 영향으로 보인다.

표 1. 조사제 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황

반입일자	반입시료 종류	오염도(Bq/mL)		방사선량률 (Bq/mL±2σ)		탁도 (NTU)	전도도 (μg/cm)	pH
		α-Corrected	β-Corrected	Co-60	Cs-134			
'07. 7. 9	하나로 Lead bundle 반입							
7. 11	Hite 핵연료 반입	4.0E-2	6.0E-2	5.3E-4	1.22E-3	<0.5	4.9	6.3
9. 11	COMO-3 핵연료 반입	4.0E-2	6.00E-2	2.18E-3	1.71E-3	<0.5	12.9	6.3
'08. 5.23	07M-21K 재료캡슐 반입	4.0E-2	6.0E-2	1.22E-3	6.17E-4	<0.5	1.6	6.6
6. 16	07M-13N 재료캡슐 반입	4.0E-2	6.0E-2	1.22E-3	6.65E-4	<0.5	7	6.9

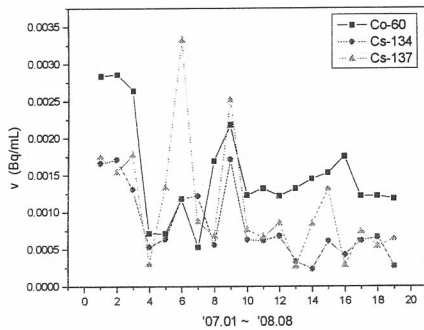


그림 1. 방출체 오염도 현황

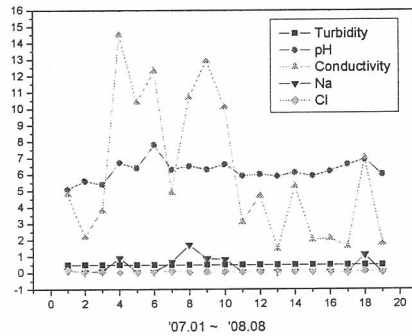


그림 2. 풀물 수질의 오염도 현황

5. 결 론

20개월에 걸친 조사제시험시설 수조수의 방사능 오염도 및 수질의 측정결과 허용치 이상의 오염은 발생하지 않았으며, 자연방사선 수준으로 수질의 상태는 매우 양호한 수준으로 나타났다. 가끔 이상 피크를 나타난 경우도 있지만 대체적으로 필터를 교체하고 레진통과 운전을 실시함에 따라 방사능, 전도도 및 pH의 수치는 양호한 상태로 회복되었다. 한편 탁도는 필터만을 통과하는 운전 만으로도 양호한 수준을 얻을 수 있었다. 경미한 방사능물질의 오염이 발생 시에는 약 1주일 정도의 레진통과 운전을 거친후 1차 필터 및 2차 필터만을 통과하는 운전 만으로도 오염원의 제거가 가능하였다. 따라서 필터를 자주 교체하고(약 4kg/cm² 가 되면) 하루 최소 8시간 이상의 운전을 지속적으로 실시하면 양호한 수조수 상태의 유지가 가능하다.

6. Reference

1. "PWPS(수조수 정화장치)" EMR.
2. "하나로 안전성 분석 보고서" 조사제시험시설 부분(SAR)
3. "방사능계측분석 절차서 RWA-16(2)-감마선분광계측기 계측"
4. "조사제시험시설 운전절차서" 한국원자력연구소, 1997.