

방사성 물질 반출입에 의한 조사재시험시설 풀물의 방사성오염에 대한 고찰

Investigation to Radioactive Contamination of Water Pool According to Take in/out Radioactive substance in IMEF

송용섭, 이종현, 이흥기, 주용선, 홍권표

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동150

요 약

조사재시험시설에 설치되어 있는 풀 (3m×6m×10m)은 조사재운반용 수송용기 (Cask)를 풀에 하역하여 풀물 속에서 조사재(시료)를 꺼내어 핫셀 내로 반입/반출 하는 목적으로 사용한다. 수송용기를 풀에 하역하여 시료를 취출시 또는 버켓 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 풀물을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하여야 하며, 방사성 오염관리 측면에서는 물에 잔존해 있는 방사성물질을 원자력법령에서 정하는 규정치 이하로 관리하여야 한다. 본 논문에서는 조사재시험시설에 설치하여 운용하고 있는 풀물정화장치 운전에 의한 방사능오염 및 수질에 대한 거동을 반출입된 시료별로 오염분포를 기술하였다.

Abstract

The pool (3m×6m×10m) in Irradiated Materials Examination Facility is generally used for the purpose of taking the specimen out of cask loaded into the pool, and carrying in/out the specimen to/from the hot cell. Always, it must be cared for the water into the pool to be fine condition because all operation are worked with the naked eye during taking an irradiated materials out of the cask and plunging

them in the bucket-elevator. In the aspects of the radioactive contamination control, remained substances in the water must be controlled so that the amount of substances are to be lower than the standard amount prescribed by RCA Korea Activity in a part of radioactive contamination control. This paper describes a behavior of the quality of water and the radioactive contamination of pool water for working of pool water purging system and contamination diffusion distribution behavior of each specimens carried in/out.

I. 서 론

1. 풀

조사재시험시설에서 풀은 써비스구역에 위치하며 cask를 하역하여 내부의 시료를 핫셀로 반입 또는 반출하는 통로로 사용되며, 풀의 내부는 스테인레스강 304L로 라이닝 되어있으며, 구조물의 두께는 1 MeV 감마선의 10^6 Ci에 해당하는 핵연료가 놓여 있을 때 지하층 풀외벽에서의 방사선량은 9.0×10^{-6} Sv/hr이하로 설계되었다. 풀물 정화설비는 200 m^3 의 수조수를 72 시간에 1회씩 순환시켜 정화시키는 설비로 풀물 순환 펌프의 유량은 $16 \text{ m}^3/\text{hr}$ 로 하였으며, 필터와 이온교환수지를 설치하여 풀물의 방사능이 $10^{-4} \mu \text{ Ci/cc}$ 이하로 정화하도록 설계하였다. 이 설비는 오염된 필터 및 이온교환수지의 장착/탈착 작업을 편리하게 할 수 있도록 인출장치를 설치하였으며, 오염된 필터 및 이온교환수지로부터 나오는 방사선을 차폐하기 위한 차폐보강 구조를 갖추고 있다. 조사재를 풀에서 하역 및 취출시 또는 버켓 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 풀물의 부유입자는 $6 \mu \text{m Absolute}$ 까지 여과하여 물의 투명도(turbidity)를 적어도 3 NTU 이하로, 전도도를 $5 \mu \text{S/cm}$, pH를 $5 < \text{pH} < 8$ 정도로 유지하여 수질을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하고 물에 잔존해 있는 방사성물질을 원자력법령에서 정하는 규정치 이하로 관리하고 풀주변의 방사선량률은 15 mR/hr 이하로 유지, 관리하여야 한다. 수조의 수위는 8.30 m 이상이 되도록 유지하여야 한다.

II. 본 론

1. 풀물정화장치

풀물정화장치는 지하의 풀사이드에 설치되어 있으며 풀의 상부 사이드벽을 관

통하는 4" 파이프의 흡입라인으로 물을 흡입하여 필터링 한후 4" 파이프 리턴 라인으로 풀로 들어가게 되어 있다.

가. 공급되는 순수 수질은 다음 조건을 만족하고 있다.

- pH : 5.5 ~ 6.5
- Cl-, F- : 합계 < 0.2 ppm
- 전도도 : < 5 μ mhos/cm
- Fe : < 0.5 ppm
- Cu : < 0.1 ppm
- SO₄- : < 0.2 ppm
- 탁도 : < 1 NTU

나. 물정화장치 개요

풀에서 4" 파이프 또는 스키머를 통하여 직접 물을 흡입하여 정화하는 장치로 이의 계통도는 그림 1과 같으며, 이 장치는 풀사이드와 연하여 지하실에 설치되어 있고, 관련된 부속장비는 다음과 같다.

1) Pre-Filter Housing 및 Filter

물 속에 이물질을 1차로 제거해 주는 장비로 filter housing속에 40 μ m의 filter element가 장착되어 있다.

2) Filter Housing 및 Filter (F-001)

물 속의 이물질을 제거해 주는 가장 핵심적인 장비로 filter housing속에 6 μ m의 filter element가 장착되어 있다.

3) Ion exchanger 및 Resin cartridge (E-001)

순수 속에 이온상태로 녹아있는 방사성 불순물을 제거하기 위한 장비로 resin cartridge속에 resin이 들어 있다.

- 4) Conductivity cell 및 Indicator
- 5) DPS & DPA
- 6) Control Panel
- 7) Shielding Wall
- 8) Pump & Motor
- 9) Basket strainer
- 10) Piping system, Valves & 게이지류

11) Filter 및 Ion-exchanger cartridge 교체 장비

2. 정화장치 운전방법

가. 1, 2차 필터만을 통과하는 by-pass운전

1) 통상 플물의 정상운전이라 함은 1, 2차 필터를 거친, 레진 카트리지를 통과하지 않는 운전을 말하며 하기의 data는 정상운전으로 얻어진 값이다.

2) 1차 filtering

1차로 펌핑된 물은 40 μm 의 pre-filter를 거치게 된다. pre-filter의 제한은 위에서 언급한 바와 같고, filter housing속에는 4개의 element가 들어가 있다.

3) 2차 filtering

1차 filtering을 거친 물은 바로 6 μm 의 2차 필터를 거치게 된다.

나. Resin 통과운전

1) 플물에 방사성물질이 검출되고 오염되어 있다고 판단되었을때는 by-pass라인을 잠그고, 레진을 통하는 운전을 하게 된다.

2) 레진을 통과하는 목적은 플물속에 잔존해 있는 이온화 되어 있는 방사성물질을 잡기위한 것으로 당실에서 사용하고 있는 레진은 mixed ion exchange resin으로 알카리(pH7-14, 염기(-))와 산(pH1-7, 산기(+))을 모두 포함하는 레진으로 \pm 이온화 되어있는 물질을 함께 잡을 수 있는 특징이 있다.

3. 결 과

'02년 1월부터 '04년 2월까지 측정된 플물의 방사선량 및 수질의 특성은 그림 2~그림 7에, 조사제 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황은 표 1에 있다. 먼저 α 오염의 분포도를 보면 거의 변화가 없으며, β 오염의 경우 올린 2-4차 감시캡슐이 반입된후 약 한달동안 최대치를 보였으며, 이때 CO-60의 수치도 최대가 되었다. Cs-137은 '02년 10월 8일경 Dupic 핵연료 리그의 반입이 있는 직후에 나타났다. 수질의 특성에서는 탁도는 조사시료의 반출입과는 별 지장이 없었으며, 전기전도도가 '02년 4월 29일경 영광 3호기 감시캡슐 및 '03년 3월중 계장캡슐의 반입후에 최대치를 보였으며, 물은 점차 산성화 되어감을 알 수 있었다.

III. 결 론

2년여에 걸친 조사재시험시설 플물의 방사능 오염도 측정결과 허용치 이상의 오염은 발생하지 않았으며, 자연방사선 수준으로 수질의 상태는 매우 양호한 수준으로 나타났다. 가끔 이상 피크를 나타낸 것도 있지만 filter를 교체하고 레진통과 운전を 계속함에 따라 방사능, 전도도 및 pH의 수치는 양호한 수치로 떨어짐을 알 수 있었고, 탁도는 filter 만의 운전으로 양호한 수준을 얻을 수 있었다. 경미한 방사능오염이 되면 약 1주일의 레진통과 운전을 거친후 pre-filter 및 메인 filter만을 통과하는 운전 만으로도 기대한 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 filter를 자주 교체하고(약 4kg/cm² 가 되면) 하루 최소 8시간 이상의 운전이 필요하다는 결론을 얻었으며, pH의 조절 및 전기전도도를 낮추는 일이 중요하다.

표 1. 조사재 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황

반입일자	반입시료의 종류	오염도(Bq/mL)		방사선량률 (Bq/mL±2σ)		탁도 (NTU)	전도도 (μg/cm)	pH
		□-	■-	Co-60	Cs-134			
		Corrected	Corrected					
'02. 2. 5	DUPIC 하나로 연료	-	1.2E-04					
'02. 3.26	영광3-1 감시 캡슐	4.7E-05	2.4E-02					
'02. 4.29	영광3호기감시 캡슐	6.8E-03	2.2E-01					
'02. 5. 9	폴물화학분석의뢰	<2.00E-02	<4.00E-02	<5.32E-03	<5.25E-03	<0.5	4.0	6.03
'02. 6.12	조사후시험시편 반출(2회)	1.9E-03	6.1E-02					
'02. 9. 5	폴물화학분석의뢰	1.03E-02±0.003	9.22E-02±0.009	<9.39E-03	<5.82E-03	<0.5	3.72	5.95
'02. 10.8	DUPIC 핵연료 리그 반입	5.7E-03	9.2E-02					
'02. 11.8	폴물화학분석의뢰	7.62E-03±36.6%	3.57E-01±4.8%	<1.51E-02	<3.90E-03	<0.5	3.7	5.47
'02.11.14	영광증기발생관 및 감시캡슐	7.1E-03	3.2E-01					
'02.11.19	하나로인허가용 핵연료	1.4E-04	1.2E-03					
'02.11.22	영광4-1 감시캡슐	8.9E-04	7.3E-03					
'03. 1.8	울진2-4 감시캡슐	8.1E-03	5.8E-01					
'03. 1.9	폴물화학분석의뢰	<1.2E-02	<5.0E-01	5.01E-02±8.5%	<6.62E-03	<0.5	3.99	5.68
'03. 3.11	계장캡슐(01M-05U)	1.9E-04	1.3E-03					
'03. 4.30	폴물화학분석의뢰	<3.0E-02	<5.0E-02	<6.20E-03	<3.24E-03	<0.5	5.31	5.84
'03. 5.20	고리4-5감시캡슐	1.1E-03	2.1E-02					
'03. 6.10	폴물화학분석의뢰	<3.0E-02	<5.0E-02	<1.25E-02	<5.43E-03	<0.5	1.66	5.85
'03. 7.29	폴물화학분석의뢰	<3.0E-02	<5.0E-02	<5.09E-03	<5.70E-03	<0.5	1.03	5.58
'03. 8.12	계장캡슐(02M-05U)	<6.14E-04	<8.2E-03					
'03. 9.3	폴물화학분석의뢰	<3.0E-02	<5.2E-02	<6.19E-03	<5.11E-03	<0.5	1.38	5.88
'03.10.22	폴물화학분석의뢰	<3.0E-02	<5.0E-02	<2.88E-03	<4.35E-03	<0.5	1.12	5.57
'03.11.6'	하나로조시시편(01S-01K,02F-11K)	<2.06E-04	<3.12E-03					
'03.12.5	폴물화학분석의뢰	<4.00E-02	<6.00E-02	<3.64E-03	<4.36E-03	<0.5	1.94	5.89
'04. 1.26	DUPIC연료 반출	<1.06E-03	<1.81E-03					
'04. 2.10	고리3-5감시캡슐반입	<1.06E-03	<1.81E-03					
'04. 2.24	뉴몰리하나로연료반입	<1.06E-03	<1.81E-03					

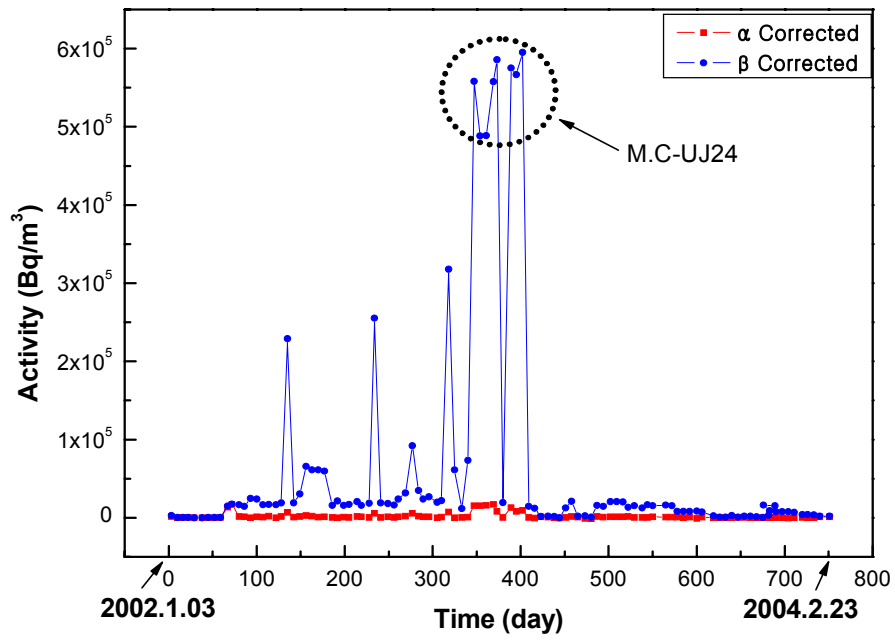


그림2. α -Corrected and β -Corrected.

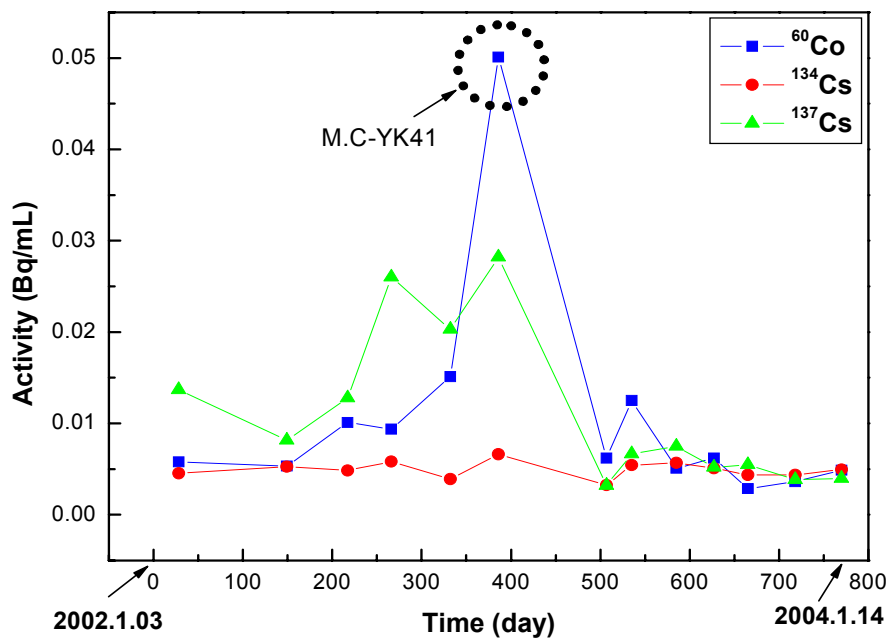


그림3. Co-60, Cs-134, Cs-137의 방사능.

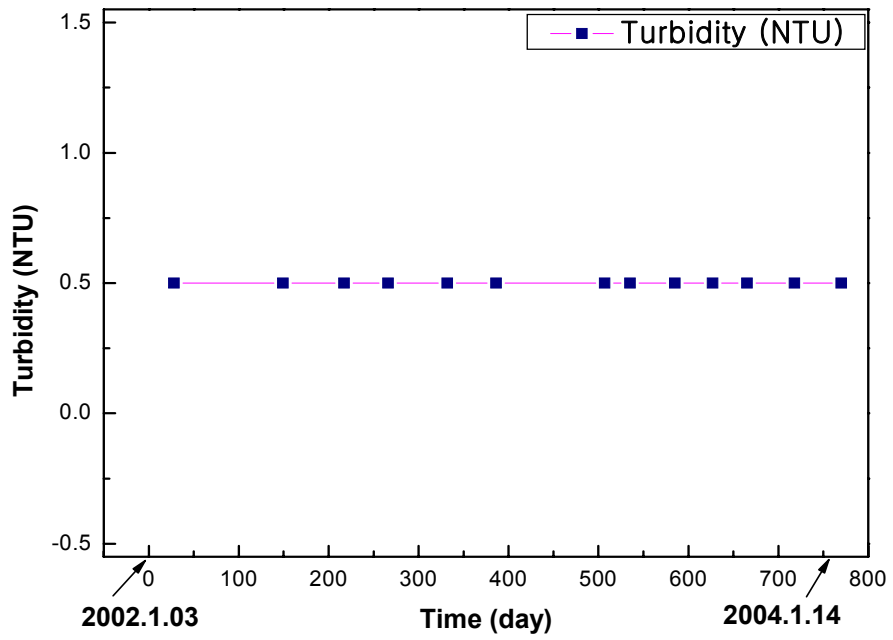


그림4. 탁도 (NTU).

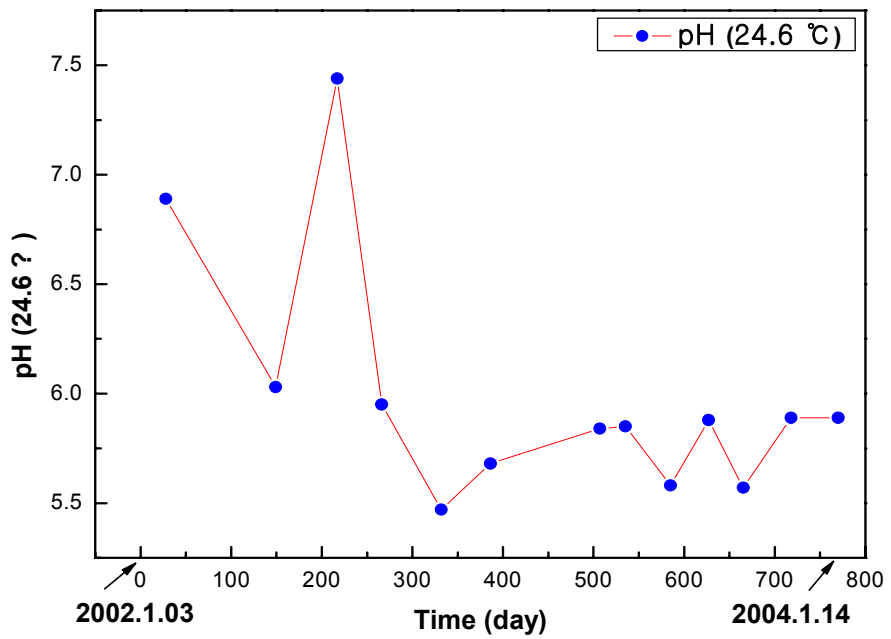


그림5. pH (24.6 °C).

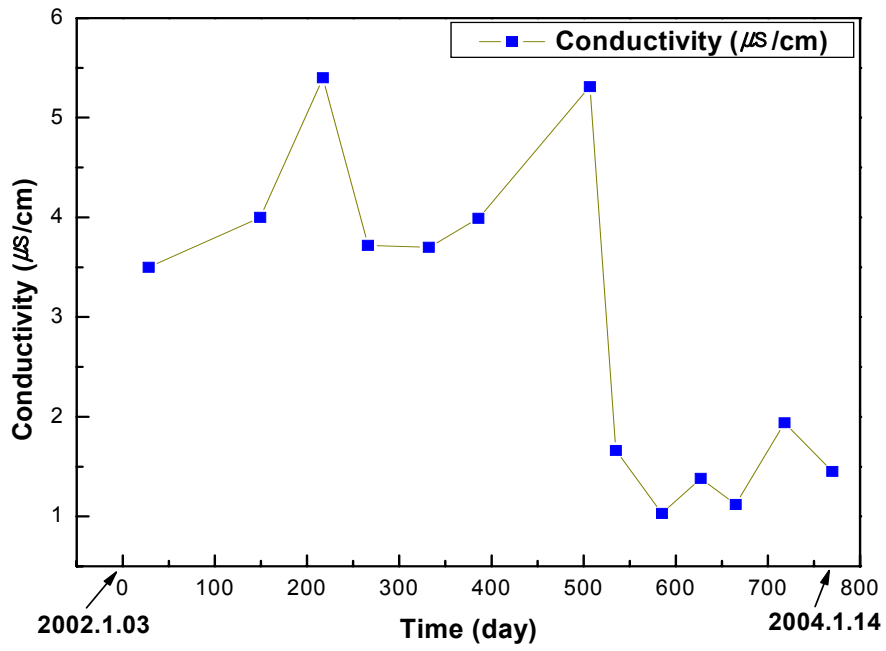


그림6. 전기전도도 ($\mu\text{S/cm}$).

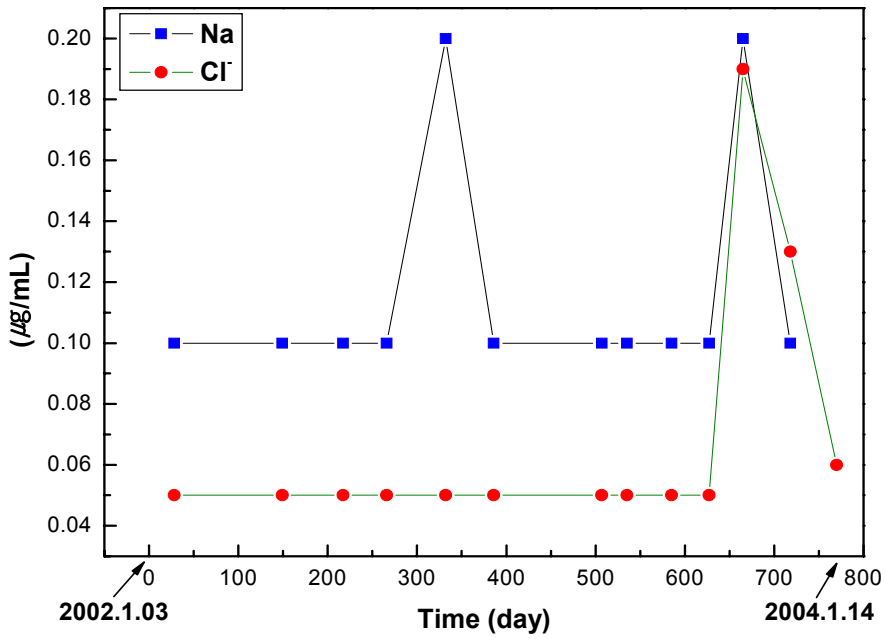


그림7. Na, Cl^- ($\mu\text{g/mL}$).