

KAERI/TR-2526/03

조사재시험시설 풀물의
방사성오염에 대한 고찰

Investigation to Radioactive
Contamination of Pool Water in IMEF

KAERI

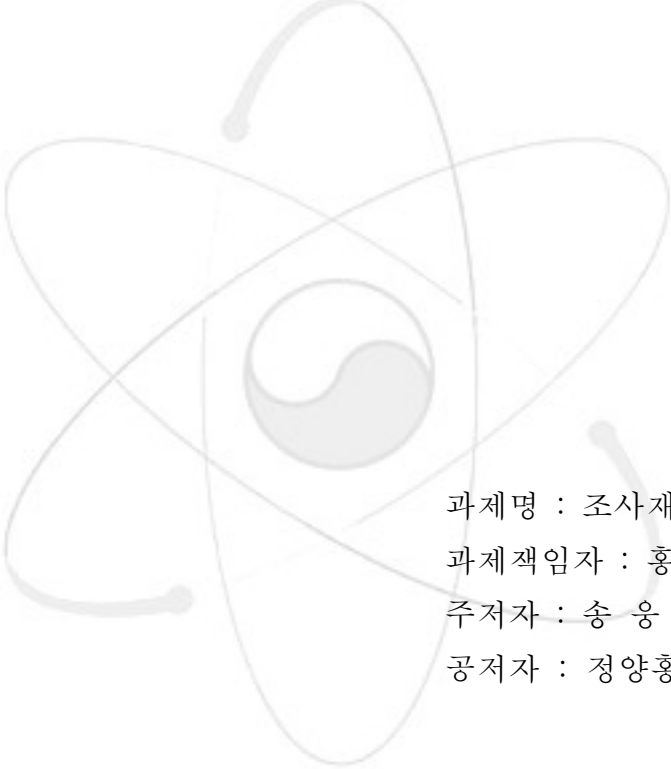
한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2003년도 “조사재시험시설 운영” 과제의 조사재시험시설
물질의 방사능 오염에 대한 고찰 기술보고서로 제출합니다.

2003년 6 월



과제명 : 조사재시험시설 운영
과제책임자 : 홍 권 표
주저자 : 송 응 섭
공저자 : 정양홍,이종현,이흥기

요 약 문

I. 제목

조사재시험시설 풀물의 방사능 오염에 대한 고찰

II. 연구의 목적 및 중요성

조사재시험시설에 설치되어 있는 풀 (3x6x10M)은 조사재 수송용기(Cask)를 풀에 하역하여 풀물 속에서 조사재(시료)를 꺼내어 핫셀 내로 반입/반출 시키는 목적으로 사용된다. 수송용기를 풀에 하역하여 조사재를 취출시 또는 버켓 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 풀물을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하여야 한다. 한편 방사성 오염관리 측면에서는 물에 잔존해 있는 방사성물질을 원자력법령에서 정하는 규정치 이하로 관리하여야 한다.

따라서 기기의 숙련 및 운용기술을 익힘으로서 운전이 완벽을 기하고 풀물의 오염 및 방사성물질의 확산을 방지함에 큰 영향을 줄 수 있다.

III. 연구의 내용 및 범위

본 보고서에서는 조사재시험시설에 설치되어 운용되고 있는 풀물정화장치 운전의 의한 풀물의 방사능오염 및 수질에 대한 거동 및 반출입된 시료별 오염확산 분포거동에 대하여 기술하였다. 본 보고서에서 언급한 주요 내용은 다음과 같다.

- 풀물 정화장치 정상운전시 방사능오염 및 수질에 대한 거동
- 반출입된 시료에 의한 방사능오염 및 수질에 대한 거동
- 비상운전 방법

SUMMARY

I. Project Title

Investigation to Radioactive Contamination of Pool Water in IMEF.

II. Objective and Importance of The Project

The pool (3x6x10) in Irradiated Materials Examination Facility is usually 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 remained substances in the water must be controled so that the amount of substances to be lower than the standard amount prescribed by RCA Korea Activity in a part of radioactive contamination control. In consequence, an expertness of status and a practical use of skill make possible the prevention of radioactive material's diffusion or the radioactive contamination of pool water and safety work.

III. Scopes and Contents of The Project

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.

The main contents of this paper are as follows.

- Behavior of the quality of water and radioactive contamination during working the pool water purging system.
- Behavior of the quality of water and radioactive contamination for specimens carried in/out.
- Emergency Measures.

CONTENTS

Summary	3
Chapter 1. Introduction	9
1. Pool	
2. Pool facility	
가. Pool Liner	
나. Shielding	
다. Pool Water Purification System	
3. Pool Water Purification System	10
Chapter 2. Technology Development Status at Home & Abroad	11
Section 1. Pool	
1. Demineralized Water Supply Sys. Design Standard	
가. System & Equipments	
나. Test & Inspection	
Section 2. Pool Equipments	12
1. Pool Relation Equipments	
가. 30Ton Fixed Hoist	
나. 30Ton Transfer Cart	
다. Cask Decontamination Room	13
라. 1Ton Bucket Elevator	14
마. Cask	15
Section 3. Pool Water Purification System	
1. Pool Water Purification System	
가. Pre. filter housing & Filter	16
나. Filter housing & Filter	
다. Ion exchanger & Resin cartridge	17
라. Conductivity cell & Indicator	
마. DPS & DPA	18
바. Control panel	
사. Shielding wall	19

아. Pump & motor	
자. Basket strainer	
차. Piping system, Valves & Gauges	20
타. Filter & Ion-changer cartridge	
Removal Equipment	21
2. Organization & Responsibility	22
가. Dose Rate Standard	
1) Bomb standard	
Chapter 3. Research Development Performance Contents & Result	24
Section 1. Operation Method of Pool Water Purification Sys.	
1. By-pass Operation Passing 1st, 2nd Filter	
2. 1, 2nd Filtering	
3. Resin pass Operation	
Section 2. Analysis of Pool Water Status.	
Chapter 4. Research Development Goal Achievement & Contribution Proposal	26
Chapter 5. Application Plan of Research Development Results	27
Chapter 6. Bibliography	28

목 차

요약문	2
Summry	3
제 1 장 서 론	9
1. 풀	
2. 풀 설비	
가. 풀 라이너	
나. 차폐	
다. 풀물 정화설비	
3. 풀물정화장치	10
제 2 장 국내외 기술 개발현황	11
제 1 절 풀	
1. 순수공급계통 설계기준	
가. 계통 및 기기	
나. 시험 및 검사	
제 2 절 풀 설비	12
1. 풀 관련설비	
가. 30톤 고정 호이스트	
나. 30톤 이송카트	
다. 수송용기 외부제염실	13
라. 1톤 버켓 엘리베이터	14
마. 조사재운반 수송용기	16
제 3 절 풀물정화장치	
1. 풀물정화장치	
가. Pre. filter housing 및 Filter	16
나. Filter housing 및 Filter	
다. Ion exchanger 및 Resin cartridge	17
라. Conductivity cell 및 Indicator	
마. DPS & DPA	18
바. Control panel	
사. Shielding wall	19

아. Pump & motor	
자. Basket strainer	
차. Piping system, Valves & 게이지류	20
카. Filter 및 Ion-changer cartridge 교체장비	21
2. 조직과 책임	22
가. 방사선방출기준	
1) 소내작업자의 피폭	
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	24
제 1 절 정화장치 운전방법	
1. 1,2차 휠터를 거친 by-pass 운전	
2. 1, 2차 Filtering	
3. Resin 통과운전	
제 4 장 연구개발 목표달 및 대외 기여도	26
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	27
제 6 장 참고문헌	28

그 립 목 차

그림 1.1	α -Corrected	33
그림 1.2	β -Corrected	34
그림 1.3	Co-60 측정값	35
그림 1.4	Cs-134 측정값	36
그림 1.5	탁 도 측정값	37
그림 1.6	전도도 측정값	38
그림 1.7	pH 측정값	39



표 1.1	주간 수중 오염도 측정 기록부(1/3)	29
표 1.2	주간 수중 오염도 측정 기록부(2/3)	30
표 1.3	주간 수중 오염도 측정 기록부(3/3)	31
표 2	조사채 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황	32

제 1 장 서 론

1. 풀

조사재시험시설은 1개의 풀(pool)과 7개의 중량콘크리트 핫셀, 2개의 납핫셀 및 부대시설로 구성되어 있다. 크기는 핫셀 구역과 서비스 구역으로 구분되어 있는데, 조사재 및 각종 기기의 운반을 위하여 30/5톤 천정크레인이 서비스 구역에 설치되었으며 풀 설비는 서비스 구역에 설치되어 있다. M1 핫셀 뒷면에 위치한 풀은 조사시료를 수송용기로부터 M1 핫셀내로 반입 및 반출하는데 사용된다. 서비스구역에는 제염실이 있는데, 여기에서는 원격조종기 및 핫셀 오염기기의 제염작업이 이루어진다.

풀의 설계기준은 내진범주 1급 구조물로 구조물을 비롯하여, 각종 계통 및 부품은 안전정지 지진(SSE) 혹은 설계기준 지진(DBE), 부지설계 지진(SDE) 및 기타 적용부하 에서도 그 주어진 기능이 손상됨이 없이 견딜 수 있도록 설계되었다.[1]

2. 풀 설비

풀은 서비스구역에 위치하며 크기는 길이 6 m, 폭 3 m, 깊이 10 m로서 조사재를 M1 핫셀로 반입 또는 M1 핫셀에서 반출하며, 풀의 내부는 스테인레스강 304L로 라이닝 되어있다.

가. 풀 라이너 (Pool Liner)

풀 라이너의 사이즈는 풀 내부의 크기와 대응되며, 두께는 바닥이 6 mm, 벽면이 4 mm 이다. 풀 라이너는 배관 및 계측 계통을 위한 개구(Opening)를 가지고 있으며 물에 대해 기밀이 유지된다. 또한 풀 라이너는 누수되는 물을 수집할 수 있고 안전정지 지진의 발생시에도 그 구조가 유지될 수 있도록 설계되어있다.[2]

나. 차폐

풀벽의 차폐는 벽에 대해서는 일반콘크리트 160 cm로 되어 있으며, 물에 의한 최소차폐 깊이는 3.5 m 이다.

이 풀에 1 MeV 감마선의 106 Ci에 해당하는 핵연료가 놓여 있을 때 지하층 풀외벽에서의 방사선량율은 9.0×10^{-6} Sv/hr이다.

다. 풀물 정화설비

이 설비는 200 m³ 의 수조수를 72 시간에 1 회씩 순환시켜 정화시키는 설비로 풀물 순환 펌프의 유량은 16 m³/hr로 하였으며, 필터와 이온교환수지를 설치하여 풀물의 방사능이 10-4 μ Ci/cc 이하로 정화되도록 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. 그리고 설비조작을 편리하게 하기 위해 local control panel도 설치하였다. 풀물 정화설비의 계통도가 그림 1에 있다. 본 장치는 크게 두개의 부분으로 나누어져 있다. 시설의 Intervention Area에 설치된 풀과 Skimmer, 수중등, 1톤 버킷엘리베이터 그리고 지하의 풀사이드에 설치된 풀물정화장치이다. 조사재시험시설에 설치되어 있는 풀 (3x6x10M)은 조사재 수송용기(Cask)의 핫셀 내로의 반입/반출 통로로 사용된다. 조사재를 풀에서 하역 및 취출시 또는 버킷 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 풀물의 부유입자는 6 μ m Absolute까지 여과하여 물의 투명도(Turbidity)를 적어도 1 NTU 이하로 유지하여 수질을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하고 전도도를 3 μ S/cm, pH를 6<pH>8 정도로 유지하여 수질을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하고 물에 잔존해 있는 방사성물질을 원자력법령에서 정하는 규정치 이하로 관리하고 풀주변의 방사선량률은 15mR/hr 이하로 유지, 관리되어야 한다. 수조의 수위는 8.30m이상이 유지되어야 한다.[1]

3. 풀물정화장치

풀물정화장치는 지하의 풀사이드에 설치되어 있으며 풀의 상부 사이드벽을 관통하는 4" 파이프의 흡입라인으로 풀물을 흡입하여 필터링 및 정화한후 4" 파이프의 리턴라인으로 풀로 들어가게 되어 있다.

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

제 1 절 풀

조사재시험시설 cask receiving area를 지나 intervention area에 있는 풀은 규격이 가로 3m 세로 6m 깊이 10m로 조사재수송용기(Cask)를 풀에 하역한후 조사재를 꺼내어 1톤 용량의 버킷 엘리베이터를 이용하여 M1 핫셀내의 반입 및 반출 통로로 사용된다.

1. 순수공급계통 설계 기준

1) 풀에 공급되는 물은 요구조건을 만족하는 순수 이어야 하며 순수공급 계통은 원자력연구소내 순수 생산시설로부터 순수를 공급받으며 조사재 시험시설 건물내에 별도의 순수 공급용 기기는 설치하지 않았다.

2) 순수 수질은 다음 조건을 만족하여야 한다.

- 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.

가. 계통 및 기기

조사재시험시설내의 순수공급을 위하여 두개 라인의 주배관이 설치된다. 하나는 원자로건물내에 설치되어 있는 보충수 헤드탱크로부터 동위원소건물을 거쳐 주로 핫셀소요처로 공급하며, 다른 라인은 원자력 연구소내 순수 생산시설로부터 연결되어 있는 야아드로부터 직접 분배되어 동위원소생산시설 건물을 거쳐 주로 핫셀을 제외한 소요처 등에 공급된다. 계통내에 별도의 기기는 없으며 주배관과 각 소요처들로 공급되는 지관으로 구성되어 있다.

각 배관들의 재원은 다음과 같다.

- 재질 : 스테인레스강 (SUS 304)
- 등급 : Class 150
- 적용규격 : ANSI B31.1 .

나. 시험 및 검사

원자력연구소의 기존 순수생산 시설로부터 공급되는 순수는 상기 1-2)의 수질을 만족하여야 하며, 주기적인 수질분석을 통해 이를 확인하여야 한다. 계통내의 배관들은 설치후 정격압력의 1.5배로 수압시험을 실시하였다.

제 2 절 폴 설비

1. 폴관련 설비

폴과 관련되어 있는 보조 설비로서는 cask receiving area에 있는 2개의 overhead shutter와 1개의 roll up shutter, 수송용기를 들어올리는 30톤 고정 호이스트, 30톤 이송카트, 수송용기 제염실, 조사재를 핫셀로 이송하는 1톤 버킷 엘리베이터 등이 있다.

가. 30톤 고정 호이스트

조사재 인수구역과 연하여 건물외부에 설치되어 있으며 고정용으로 조사재를 실은 트레일러의 후미부분이 호이스트 하부로 접안되면 와이어로프를 사용하여 수송용기를 들게된다. 이때 트레일러는 빠지고 30톤 이송카트가 수송용기 하부로 이동되면 카트 상부에 수송용기를 하역한후 카트를 이용하여 건물 안으로 이송하게 된다.

나. 30톤 이송카트

30톤 고정 호이스트로 들어진 수송용기를 건물 안으로 이송하기 위하여 사용되는 카트로 시설 외부의 30톤 고정 호이스트 구역으로 부터 제염실 사이에서 수행되는 전작업을 커버한다. 30톤 트랜스퍼 카트의 원활한 작동과 안전을 위하여 운전전에 점검할 사항은 다음과 같다.[6]

- 전원 및 전압확인
- 카트의 레일 상면에 간섭되는 물건이 없는가 확인
- 안전장치 확인 및 작동확인
- 그리스 충전 상태 확인 및 누유부 점검
- 콘트롤러의 정상작동상태 확인
- 카트의 전진시 소음, 진동, 속도확인
- 카트의 후진시 소음, 진동, 속도확인
- 전원 케이블 피복상태 확인

운전중 점검할 사항은 다음과 같다.

- 운전 담당자는 본 절차서를 충분히 숙지한 후 운전을 하여야 한다.
- 이송중 카트의 진동이나 정상 작동 여부를 세심히 관찰한다.
- 이송중인 조사재의 흔들림이나 카트 중앙부에 안전하게 안착되어 있는지 방향을 바꾸어 확인한다.
- 카트의 진행과 후진을 위해 푸시보턴의 조작을 빠르게 반복적으로 행해서는 안된다.
- 수송용기 취급시 모든 안전조치를 취하여 작업을 수행하며, 작업자 단독으로 작업을 수행하지 않도록 하고, 반드시 복수의 인원으로 작업을 수행한다.
- 조사재 취급전에 카트의 작동점검을 반드시 실시한다.

30톤 이송카트의 제원은 다음과 같다.

Capacity	Traveling	Speed	Driving motor 2EA	Cart size	감속기(rpm)
30 TON	30.3 M	4 M/min	3 Hp 440V/5A 4P	2x2xH0.6 m	1740 x 1/90= 19.33 rpm

다. 수송용기 외부제염실

조사재 수송용기의 표면은 방사성물질에 의한 환경오염이나 인체피폭을 방지하기 위해 원자력시설 밖으로 방출되기 전에 법적 규정치인 10^{-4} μCi (과기처 고시 제85-5호 제3조기준)이하의 낮은 방사선량으로 유지 시켜야 한다. 수송용기의 외부 제염방법으로서 제염실로 수송용기를 운반한후 탈염수 및 압축공기를 사용하여 외부제염을 수행하여 오염물질을 제거하도록 되어있다. 조사재 수송용기의 외부제염작업 전에 수행해야할 점검 및 준비사항은 다음과 같다.

- 메인 파워의 공급 및 적정 전류 및 전압의 확인

- 30톤 이송카트 작동상태 확인
- 제염실 전동트랩도어 작동상태 확인
- 공기조화설비 운전담당자는 시설내의 공기조화설비를 가동하여야 한다.
- 방사선작업종사자의 작업지시 및 오염상태 확인
- 탈염수 라인의 가압상태 확인
- 탈염수 건의 작동상태 확인
- 압축공기 라인의 가압상태 확인
- 압축공기 건의 작동상태 확인
- R1PF BLDG.의 저준위 액체폐기물 수집탱크의 수집가능 여부확인
- 제염용 사다리의 제염실내에 비치

라. 1톤 버켓 엘리베이터

플과 핫셀간에 설치되어 있는 1톤 용량의 버켓 엘리베이터는 조사재의 시설내 반입후 원자로에서 인출하였을 때와 동일한 조건으로 조사재를 핫셀로 안전하게 이송하는데 목적이 있다.

허용하중은 1톤이며 버켓의 사이즈는 25×25×150cm 이다. 버켓은 체인구동 시스템으로 약 63°의 경사도를 갖고 움직이며 체인은 사각 튜브의 내측면에 고정되어 있는 가이드 레일을 타고 로울러 슬라이딩 방식으로 움직이며 핫셀의 working table 하부에 설치되어 있는 스프로킷 휠에 감기어 구동되도록 되어 있다. 스프로킷 휠은 M1 핫셀 외부 좌측면에 설치되어 있는 기어감속모타에 의해 축으로 구동된다.

구동조작은 M1 핫셀 전면 조작반에서 조작 버튼을 누름으로서 구동된다. 조사재를 M1 핫셀로 올리기전에 1톤 버켓 엘리베이터에 장입하는 장면은 [사진 7.]에 있다.

1톤 버켓 엘리베이터를 운전하기전에 점검할 운전조건, 점검 및 준비사항은 다음과 같다.[6]

- 1) 유틸리티 정상가동
 - 전원공급
 - 공기조화설비 가동
- 2) M1 핫셀
 - 핫셀 작업구역의 라이팅 점등
 - 셀 라이팅의 점등
 - 원격조종기 정상작동여부 확인
 - 버켓 엘리베이터 작동전 핫셀내부의 버켓카바를 원격조종기를 이용하여 제거
 - M1 핫셀 내부 작업테이블상의 버켓이 올라오는 부위에 간섭되는 물건이 없는가 확인
 - M1 핫셀 rear & roof door 닫힘상태 확인
- 3) 버켓 엘리베이터의 상승 및 하강 점검
 - 메인 파워 on
 - M1 핫셀 전면조작반에 있는 콘트롤 박스의 메인스위치 “on”
 - 램프 테스트 버튼을 눌러 램프들의 정상 점등 여부 확인
 - 버켓의 “Up run” 버튼을 눌러 버켓이 상승하는지 확인
 - 버켓의 상승시 구동부의 소음 및 진동, 속도, 그리고 “Up-run” 램프가 점등 되는지 확인
 - 버켓의 상승이 완료되면 자동스톱 되면서 “Bucket up-position” 램프가 점등되는지 확인하고 “Up-run” 램프가 소등 되는지 확인
 - 버켓의 상승을 육안으로 확인하고 상부 리미트 스위치가 적절히 조절 되었는지 확인
 - 버켓의 “Down run” 버튼을 눌러 버켓이 하강하는지 확인
 - 버켓 하강시 구동부의 소음 및 진동, 속도 그리고 “Down-run” 램프가 점등되는지 확인
 - 버켓의 하강이 완료되면 자동스톱 되면서 “Bucket down position” 램프가 점등되는지 확인하고 “Down-run” 램프가 소등 되는지 확인
 - 버켓이 풀 바닥으로 하강이 완료되면 버켓의 안치 위치에

정확히 안치되는지 확인하고 하강 리미트 스위치가 적절히 조절 되었는지 확인

마. 조사재운반 수송용기

조사재운반용 수송용기는 내부에 설계기준 최대 방사선원이 존재할 때, 표면으로부터 1 m 떨어진 지점에서의 선량율이 1.0×10^{-4} Sv/hr 이하 또는 표면에서의 선량율이 2.0×10^{-3} Sv/hr 이하가 되도록 설계되었다. 그러나 실제의 운전시에는 이보다 훨씬 적은 피폭이 달성되도록 운전된다. 수송용기의 외형 사진은 사진 1.에, 수송용기의 운송도중 안전을 위하여 부착되었던 attachment를 분리하는 작업은 [사진 3. 및 4]에 있다.

조사재수송용기를 풀에 하역하고, 수송용기의 lid을 물속에서 원격으로 여는 장면은 [사진 5 및 6]에 있다. [사진 8]은 조사재수송용기 취급 tool을 나타내고 있다.

제 3 절 폴물정화장치

1. 폴물정화장치

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

가. Pre. Filter Housing 및 Filter

순수 속에 이물질을 1차로 제거해 주는 장비로 filter housing속에 $40\mu\text{m}$ 의 filter element가 장착되어 있다. Pre filter housing 및 Pre filter의 제원은 다음과 같다.

Pre. filter housing

P/NO.	Connection	Material	Design rating	Cartridge height
PC04-2L-G33H	ANSI2"150# R.F.S.O	304SST	215psig@300°F	20 inches

Pre filter

P/NO.	Removal rating	Material	Size	Cartridge height
PFY2UY400J	Abs. 40 μ m	All polypropylene	2½"O.Dx20"L ength	20 inches

나. Filter Housing 및 Filter (F-001)

순수 속에 이물질을 제거해 주는 가장 핵심적인 장비로 filter housing속에 6 μ m 의 filter element가 장착되어 있다. 이의 내부구조는 [그림 2]에 나타내었고 제원은 다음과 같다.

Filter housing

Shell	Flange	Pipe	Elbow	Lead ball
A182 F304 A240 TP304	A182 F304	A312 TP304	A403 WP304	B29 Gr.C

Filter

P/NO.	Removal efficiency 6 μ m이상	Material	Size	O-ring material
5ESC-10770-3U6-40ZJ-022	100%	Grass fiber	6"O.Dx30" Length	EP Rubber

다. Ion exchanger 및 Resin cartridge (E-001)

순수 속에 이온상태로 녹아있는 방사성 불순물을 제거하기 위한 장비로 resin cartridge속에 Resin이 들어 있다. 이의 내부구조는 [그림 3]에 있다.

Mixed bed housing

Shell & Head	Flange	Pipe	Elbow	Lead ball
A240 TP304	A182 F304	A312 TP304	A403 WP304	B29 Gr.C

Ion exchange resin

Article	P/NO.	Lot no.	Maker	Capacity
Mixed resins	MR 3 (E) NG	JE 131815 R1	ITALY	50 L

라. Conductivity cell 및 Indicator

1) 전기전도도

전기 전도도는 전기 전도율, 전도율 또는 간단히 전도도 라고도 한다. 전기의 통하기 쉬운 정도를 표시하는 것으로 전기 저항의 역수를 가리키는 때도 있지만 보통은 도체중의 정상전류의 밀도를 i , 전기장을 E 로 할 때 간단히 ohm의 법칙 $i = \sigma E$ 에 나타나는 상수 σ 를 말한다. σ 는 비저항 ρ 의 역수 즉 비전도능 이나 보통은 이것을 전기 전도도라 한다.

2) 용액의 전도능

대부분의 용액은 전기를 전달하는 능력을 가지며 전기를 전달하는 용액을 전해질 이라 한다. 전해질은 산, 염기 또는 염의 수용액이며 전기를 전달하는 능력은 전해질의 능력에 따라 다양하다. 용액에 존재하는 이온은 용액을 통해 전기를 운반하며 이온의 종류, 농도에 따라 전기 전도능이 다르다.

따라서 풀 용수의 수질은 전기를 운반하는 이온이 거의 없는 매우 순수한 용액 이어야 한다. 그러므로 이온이 거의 존재하지 않는 용액에서는 그용액의 전기 저항을 측정하므로써 간접적으로 구할수 있는데 전기 전도능은 전기의 전달능력을 가리키며 전기의 전달을 방해하는 능력이므로 이들의 상호 관계를 다음 식으로 나타낼수 있다.

$$\text{전기 전도능}(\text{°C}) = \frac{1}{\text{전기저항}(R)}$$

Pool water의 conductivity를 측정하기 위해 ion exchanger 전단 및 basket strainer후단에 conductivity cell이 부착되어 있고 측정되는 값을 읽기 위하여 conductivity indicator 1쌍이 panel에 부착되어 있다. conductivity cell의 제원은 다음과 같다.

마. DPS & DPA

DPS는 Filter 및 이온교환수지의 교체시기를 인지하기 위한 장치로서 0.7kg/cm² 이 되면 panel에서 alarm이 작동하도록 되어있고 filter housing, ion-exchanger, basket strainer의 전, 후단을 연결하여 각각 1개씩 설치되어 있고, DPA는 control panel에 부착되어 있다. 차압게이지의 최소눈금표

① Conductivity Cell (CI 10-1-2-F-1)

C e l l Constant	Temperature Compensation	P r o c e s s Connection	S i g n a l Connection	Description	Maker
1				K=0.01	K O N I C S CO., LTD.
	2			Pure Water5-55℃ 10kΩ at 25℃	
		F		Flange type	
			1	Cable Connection (Length 2m)	

시는 0.01kg/cm²으로 되어있다.

바. Control Panel

플물정화장치 shielding wall 외부에 설치되어 있다. 시스템 전체의 작동상태를 확인 및 control 할 수 있는 장치로 되어 있다. [그림 4. 참조.]

control panel 에는 다음과 같은 계기들이 부착되어 있다.

- Volt/ampere meter
- Main power switch & breakers
- Interlock sys.
- DPA : alarm이 작동된후 일정시간이 지나면 펌프가 자동스톱 되는 제어계통을 구성한다.
- 시스템의 작동상태를 알수있는 램프류(DPS1,2,3, wire winch power, hoist line on,off, Winch line on,off, 부저등)
- conductivity indicator
- auto/manual knob

사. Shielding Wall

차폐체로 인하여 작업에 지장을 주어서는 않되며 시스템 전체를 카바할 수

있는 “□”자 형태로 운전도중 작업자가 피폭되지 않도록 30mm두께의 sus plate 틀안에 납볼을 충전하여 크기 3,150 x 1,550 x 1,600의 케이스로 필터하우징, 이온교환기, 펌프등 시스템 전체를 카바한다.[1]

아. Pump & Motor

Pumo는 stainless 재질로써 출구쪽에 압력게이지가 부착되어 있고 필터 및 이온교환기의 성능이 설정치에 도달하면 자동으로 stop되며, panel에서 control할 수 있다. 제원은 다음과 같다.

Pump

Pump		Motor	
Capacity	0.25 m ³ /min	Voltage	480V
Head	35 m	Pole	2 P
Revolution	3550 rpm	Frequency	60 Hz
Power	3.7Kw	Maker	Chung woo
Model	ISB 50 x 32 - 160 H		

자. Basket strainer

Pre-filter 기능과 resin의 유출을 방지하도록 되어 있다. 제원은 다음과 같다.

Housing

P/NO.	Material	Connection
PCS-8S-G33H	304 SST	Inlet/Outlet ANSI 2" 150# R.F.S.O

Basket

P/NO.	Material	Mesh size
PSR140-15-25H	304 SST	140 Mesh

차. Piping system, Valves & 게이지류

System에 물의 순환 및 제어를 하기 위해 pipe line과 valves 및 압력계 등으로 구성되어 있다.

- 압력계 : 압력용기의 내부압력을 확인 및 측정할 수 있는 계기로 reading range가 0~10kg/cm²으로 되어있다.
- 차압계 : 압력용기의 내부압력이 기준치 이상이 되면 차압이 걸리며 reading range가 0~0.7kg/cm² 이고 최소 눈금 표시는 0.01kg/cm²이고 눈금판의 크기는 φ 150mm이다.

카. Filter 및 Ion-exchanger cartridge 교체 장비

방사능으로 오염된 필터 및 이온교환기 카트리지를 인출, 이동, 하역을 원격조정 할수있는 2톤용 chain hoist 와 travelling rail 및 filter 취급용 cask로 구성 되고 원격 조작 가능한 전동 구동 방식으로 되어 있다. filter 취급용 cask의 상부에는 소형의 geared 모터 및 제어기 그리고 lifting jaw assembly를 올리고 내리고 jaw를 열고 닫는 push button 컨트롤러가 장착되어 있어 원격리에서 작업이 가능하도록 되어 있다.

Filter removal cask

Shell	Lead ball
A 240 TP 304	B 29 Hr.C

Chain hoist

Model	Working load	S.T.D Lift(m)	Speed(m/min)		Motor(kw)		Net weight
			Hoist	T/s	Hoist	T/s	
NBM-2W (NBMC-2W)	2 ton	3	4.1/1.3	16	1.5/0.5	0.4	144 kg

Geared motor

AC Magnatic braker Motor	5RK90GU-CMF	90W 220V 50/60Hz 1.1 / 1.3A 1250 1500rpm
AC Magnatic braker	220V 50/60Hz 0.04A	
1 차 감속기	5GU10XK	
2차 감속기	5GU12OK	
Maker	Oriental motor japan	

2. 조직과 책임

설계, 건설 및 운전 전기간에 걸쳐 ALARA 기준이 적용된다. 공기조화계통, 방사선 감시계통, 차폐의 설계는 ALARA 기준을 만족하기 위하여 보건물리적 측면을 충분히 고려하여 기술 용역회사의 유자격자에 의해 수행되고 검토되며 또한 설계 및 건설기간중에 보완 또는 수정이 이루어진다.

사업자는 작업종사자의 피폭을 저감시킬 수 있도록 ALARA 기준에 입각하여 조사재시험시설을 운영할 책임이 있다. 운전 및 보수, 조사재의 반입/반출등 예상되는 모든 작업은 ALARA 기준에 입각하여 사전에 작성된 절차에 따라 수행된다. 특히 조사재의 반입/반출 작업은 반드시 한정된 장소 및 방법에 의해서만 이루어져야 한다. 또한 방사선피폭선량 기록 및 유지, 출입통제, 방호장비 및 방사선 측정기기의 사용 및 보수, 종사자훈련 등도 ALARA 기준에 준하여 작성된 보건물리계획에 따라 실시된다. 이러한 절차 및 계획은 사업자의 책임하에 실행되며, 주기적으로 검토, 보완 수정된다.[7]

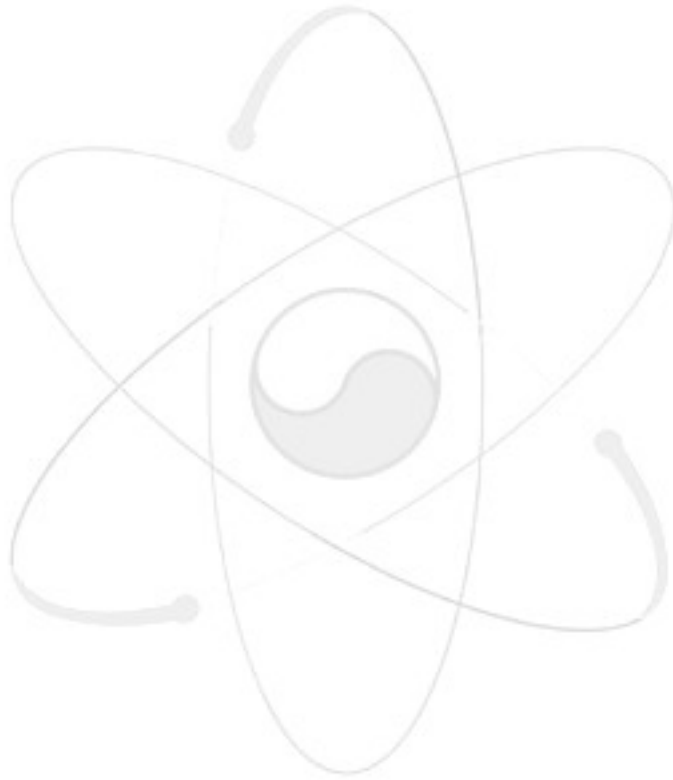
가. 방사선 방출기준

1) 소내 작업자의 피폭

조사재시험시설 건물의 차폐설계 및 작업자의 피폭기준은 원자력법에서 규정하는 선량한계치이하로 유지하는 것이다. 이를 위해, 조사재시험시설 건물의 각 구역에서의 선량제한치는 다음과 같이 설정되었다.

- . 구역 6,000 (비방사능지역) : 0.625×10^{-1} mrem/hr 이하
- . 구역 7,000 (핫셀 운전지역) : 2.5 mrem/hr 이하
- . 구역 8,000 (핫셀 작업지역) : 50 mrem/hr 이하
- . 구역 9,000 (방사능 물질 작업지역) : 50 mrem/hr 이상.

핫셀의 설계기준치는 운전영역(구역 7,000)에서 선량율이 1.0 mrem/hr 이며, 작업영역(구역 8,000)에서 15 mrem/hr 이다. 구역 9,000은 방사성물질이 있는 핫셀내부로서 출입이 통제된다. 단, 9101구역 및 9104구역은 구역내에서 방사성물질을 취급하기 전에는 각각 8000 및 7000구역에 준하여 관리한다.



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 정화장치 운전방법

1. 1, 2차 휠터를 거친 by-pass운전

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

2. 1, 2차 filtering

① 1차 filtering

1차로 펌핑된 물은 40 μ m의 pre. filter를 거치게 된다. pre. filter의 제원은 위에서 언급한 바와 같고 filter housing속에는 4개의 element가 들어가 있다.

② 2차 filtering

1차 filtering을 거친 물은 바로 1 μ m의 2차 휠터를 거치게 된다.

3. Resin 통과운전

① 풀물에 방사성물질이 검출되고 오염되어 있다고 판단되었을때는 by-pass 라인을 잠그고 레진을 통하는 운전을 하게 된다. 이대 얻어진 data는 ...와 같다.

② 레진을 통과하는 목적은 풀물속에 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 것으로 \pm 이온화 되어있는 물질을 함께 잡을수 있는 특징이 있다.

제 2 절 수질분석

'02년도부터 측정된 풀물의 방사선량 및 수질의 특성은 표1.1~3에

조사제 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황은 표 2에

α , β , γ 의 오염도 현황은 그림 1.1~1.4에

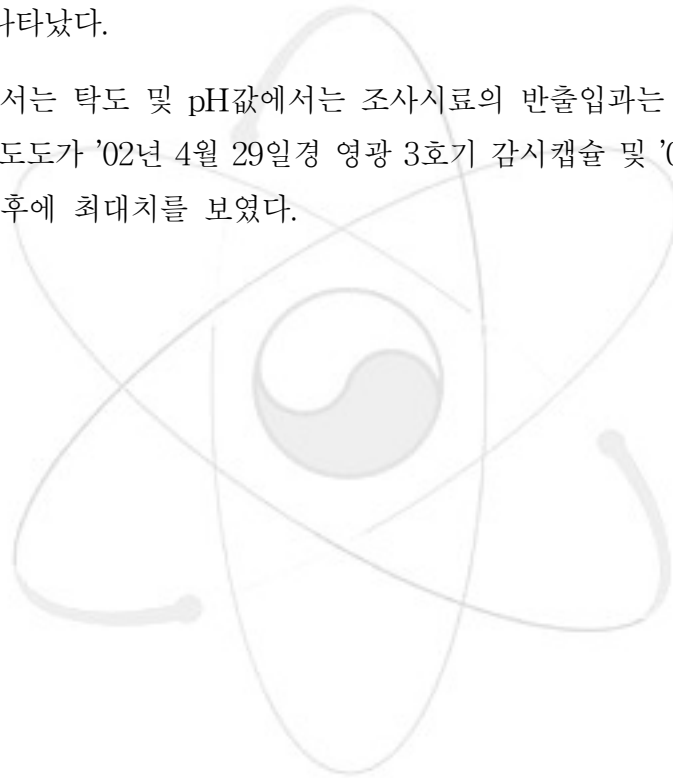
수질의 상황은 그림 1.5~1.7에 있다.

먼저 α 오염의 분포도를 보면 '02년 3월 13일경 으로 Dupic 하나로 연료가 반입된 후 약 33일이 경과된 후 및 '02년 12월 20일경 으로 11월에 약 3회에 걸쳐 감시캡슐의 반입이 이루어진 후 약 한 달이 지난 시점으로 시료가 반입된 후 약 한 달이 지난 후에 최대치를 보였으며

β 오염의 분포를 보면 '02년 12월 20일경 으로 α 오염과 동일한 양상을 보여주고 있다.

γ 방출체인 Co-60의 경우에는 '03년 1월 9일로 울진 2-4차 감시캡슐이 반입된 직후로 나타났으며 Cs-134는 '02년 10월 8일경 Dupic 핵연료 리그의 반입이 있던 직후에 나타났다.

수질의 특성에서는 탁도 및 pH값에서는 조사시료의 반출입과는 별 지장이 없었으며 전기전도도가 '02년 4월 29일경 영광 3호기 감시캡슐 및 '03년 3월중 계장캡슐의 반입 후에 최대치를 보였다.



제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

조사재시험시설에 설치되어 있는 풀은 조사재 수송용기(Cask)를 풀에 하역하고 조사재를 핫셀 내로 반입/반출 하는 통로로 사용됨에 따라 조사재를 풀에서 하역 및 취출시 또는 버켓 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 풀물의 부유입자는 $1\mu\text{m}$ Absolute까지 여과하여 물의 투명도 (Turbidity)를 적어도 3 NTU 이하로 유지하고 전도도를 $5\mu\text{S}/\text{cm}$, 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 $15\text{mR}/\text{hr}$ 이하로 유지, 관리하여야 한다. 따라서 풀물정화장치의 운전은 핫셀시험을 하기전에 매우 중요한 실험 보조수단이라 할수 있다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

2년여에 걸친 조사재시험시설 폴물의 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 운전은 계속함에 따라 방사능, 전도도 및 pH의 수치는 양호한 수치로 떨어짐을 알수 있었고, 탁도는 filter만의 운전으로 양호한 수준을 얻을수 있었다.

약 1주일의 레진통과 운전을 거치고 나면 레진통과 운전을 중지시키고 pre-filter 및 메인 filter만을 거치는 운전 만으로도 기대한 효과를 얻을수 있었다. 따라서 filter를 자주 교체하고 하루 최소 8시간 이상의 운전이 필요하다는 결론을 얻을수 있었으며, pH의 조절 및 전기전도도를 낮추는 일이 중요하다 하겠다.

제 6 장 참고문헌

1. “Pool Water Purification System” EMR
2. 노성기 외 “조사재시험시설 건설”, KAERI/RR-880/89, 과학기술처, 1989.
3. 노성기 외 “조사재시험시설 건설”, KAERI II/PR-3/90, 과학기술처, 1990.
4. 조사재시험시설 공기조화계통 정기점검 절차서 “IMEF-RC-1”, 1997.
5. PALL KOREA(주) Filter & housing Catalogue, 1998.
6. 송응섭외 “조사재시험시설 운전절차서”, 한국원자력연구소, 1997.
7. 하나로 안전성 분석 보고서, 조사재시험시설 부분(SAR)
8. 송응섭 “조사재시험시설 풀 및 풀물 정화장치 운전 및 유지보수 기술”,KAERI/TR-1247/1999.

표1.1 주간 수중 오염도 측정기록부 (1/3)

시료 포집 위치		조사재 시험시설 수조수				
측정일시		측정기기	Counting time	M D A		
2002. 1. 10~ 2003. 5. 30.		LB5100 Tennelec	30 min	UNITS = Bq/m ³		
α Corrected	β Corrected	Co-60	Cs-134	탁도 (NTU)	pH (24.6℃)	전기전도도 (μ S/cm)
1666	2593					
42.14	206.06					
203.06	267.71					
298.85	254.20					
42.14	86.53					
2.00E-02	0.04±0.02	5.80E-03	4.55E-03	0.5	6.89	3.5
-	123.06					
95.78	166.32					
34.48	165.65					
314.17	320.03					
13238.77	15016.83					
17021.27	17306.39					
2.00E-03	4.00E-02	5.32E-03	5.25E-03	0.5	6.03	4.0
1607.56	16616.16					
992.90	14444.44					
47.28	24545.45					
1229.31	23922.55					
945.62	16430.97					
1796.69	17121.21					
0	16616.16					
1418.43	19006.73					

표1.2 주간 수중 오염도 측정기록부 (2/3)

시료 포집 위치		조사채 시험시설 수조수				
측정일시		측정기기	Counting time	M D A		
2002. 1. 10~ 2003. 5. 30.		LB5100 Tennelec	30 min	UNITS = Bq/m ³		
α Corrected	β Corrected	Co-60	Cs-134	탁도 (NTU)	pH (24.6℃)	전기전도도 (μ s/cm)
6855.79	228888.89					
756.50	18956.22					
1465.72	30319.86					
2647.75	65673.39					
1938.53	61161.61					
803.78	61077.44					
1276.59	59612.79					
472.81	15673.40					
-	21531.98					
567.37	15723.90					
378.25	17053.87					
3.00E-02	4.00E-02	1.01E-02	4.85E-03	0.5	7.44	5.40
1560.28	20732.32					
1040.18	15942.76					
472.81	18737.37					
5531.91	255235.69					
378.25	18838.38					
		1.03E-02 \pm 0.003	9.22E-02 \pm 0.009	0.5	5.95	3.72
1229.31	18047.13					
378.25064	16077.441					
1223.87	23754.20					

표1.3주간 수중 오염도 측정기록부 (3/3)

시료 포집 위치		조사재 시험시설 수조수				
측정일시		측정기기	Counting time	M D A		
2002. 1. 10~ 2003. 5. 30.		LB5100 Tennelec	30 min	UNITS = Bq/m ³		
α Corrected	β Corrected	Co-60	Cs-134	탁도 (NTU)	pH (24.6℃)	전기전도도 (μ s/cm)
1938.53	31414.14					
5768.3214	92289.561					
2033.0969	34713.805					
1276.5957	23804.714					
1276.5957	26801.347					
141.84397	19646.465					
711.11	22020.2					
7186.7611	317828.28					
141.84397	61279.46					
472.81319	11649.832					
898.34511	73535.354					
15413.712	558350.15					
15460.993	488367.01					
15744.681	488686.87					
7.62E-03± 36.6%	3.57E-01± 4.8%	1.51E-02	3.90E-03	0.5	5.47	3.70
1.2E-02	50.E-01	5.01E-02 ±8.45%	6.62E-03	0.5	5.68	3.99
3.0E-02	5.0E-02	6.20E-03	3.24E-03	0.5	5.84	5.31

표 2 조사재 및 연료의 반출입 시료별 오염도 현황

반입일자	반입시료의 종류	오염도(Bq/m ³)		방사선량률 (Bq/mL±2σ)		탁도 (NTU)	전도도 (μg/cm)	pH
		α- Corrected	β- Corrected	Co-60	Cs-134			
'02. 2. 5	DUPIC 하나로 연료	-	123.06					
'02. 3.26	영광3-1 감시 캡슐	47.28	24545.45					
'02. 4.29	영광3호기감시 캡슐	6855.79	228888.89					
'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)	1938.54	61161.61					
'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	5768.3214	92289.561					
'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	7186.7611	317828.28					
'02.11.19	하나로인허가용 핵연료	141.84397	61279.46					
'02.11.22	영광4-1 감시캡슐	898.34511	73535.354					
'03. 1.8	울진2-4 감시캡슐							
'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)							
'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							

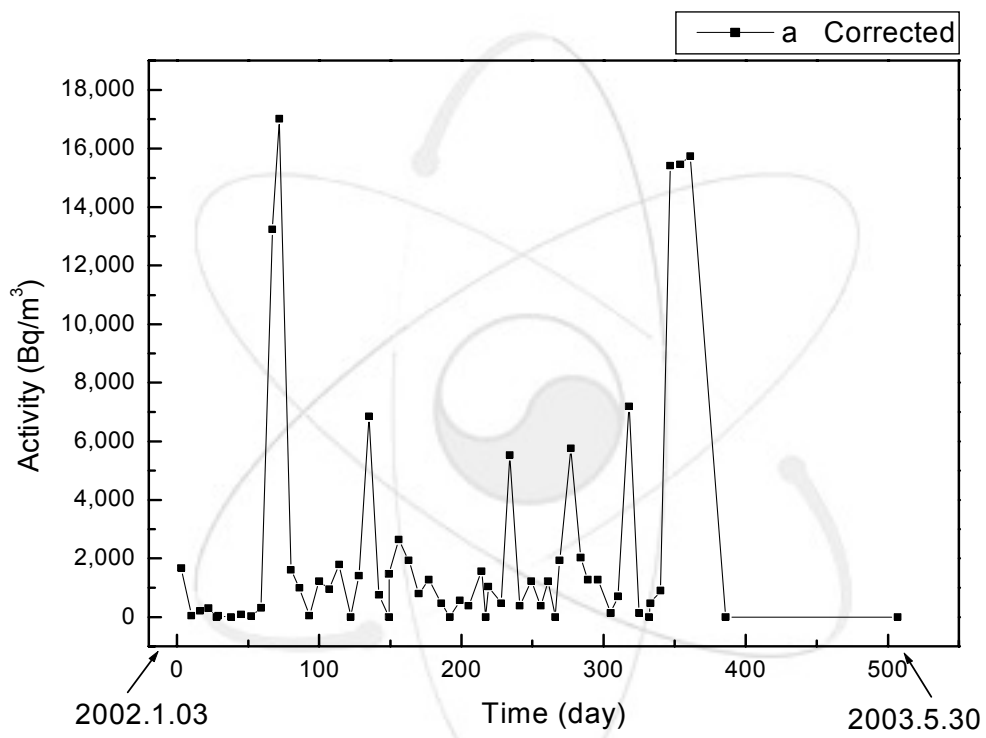


그림 1.1 α -Corrected

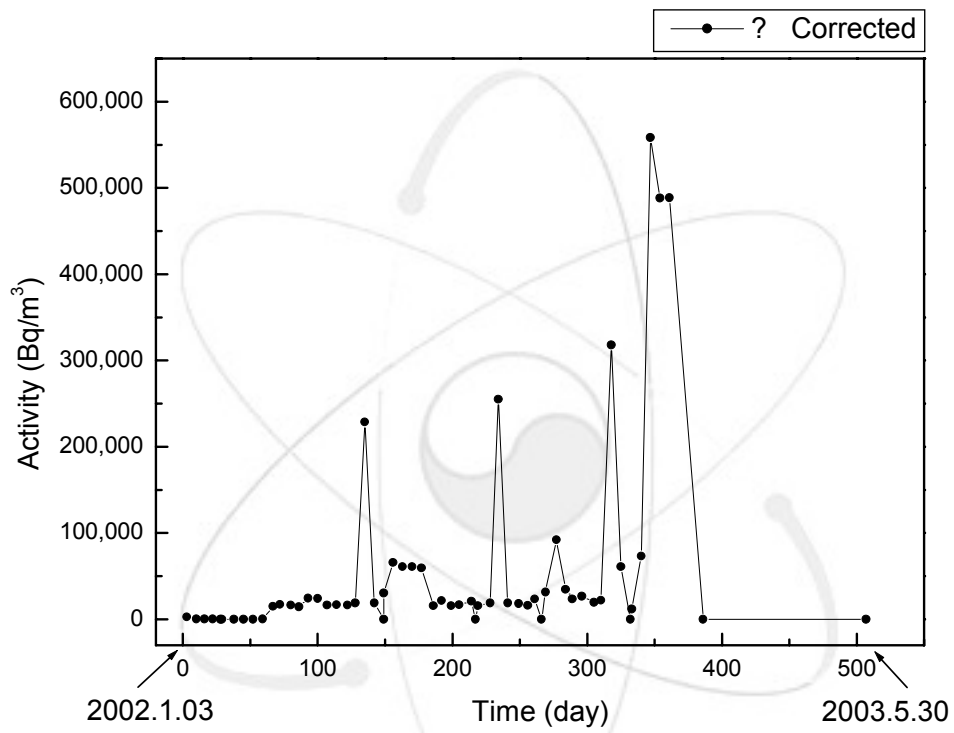


그림 1.2 β -Corrected

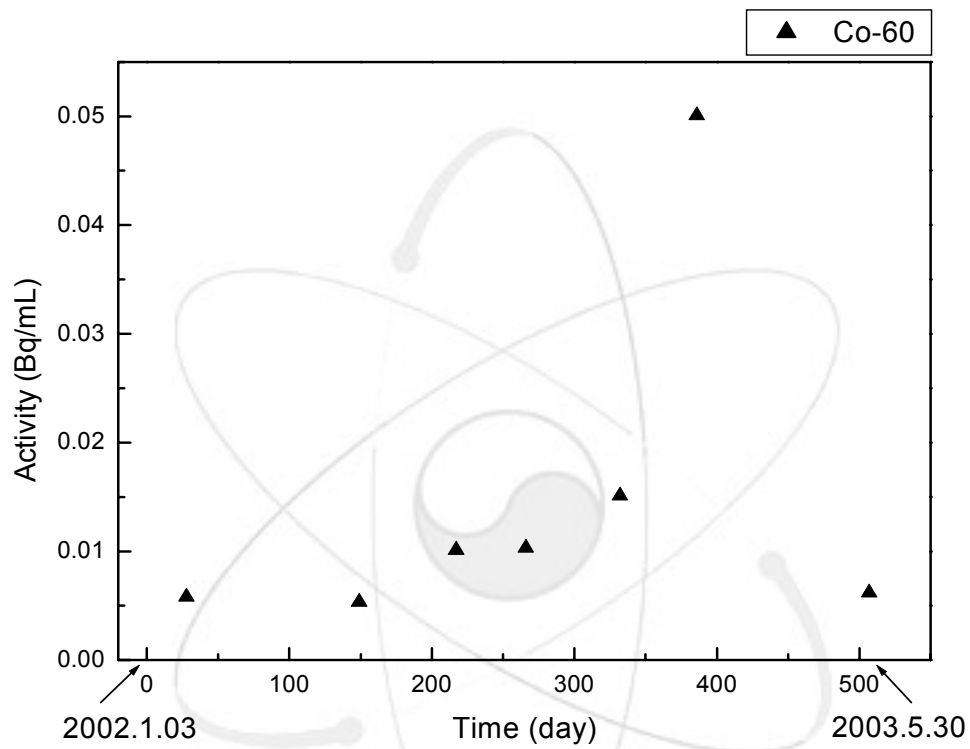


그림 1.3 Co-60

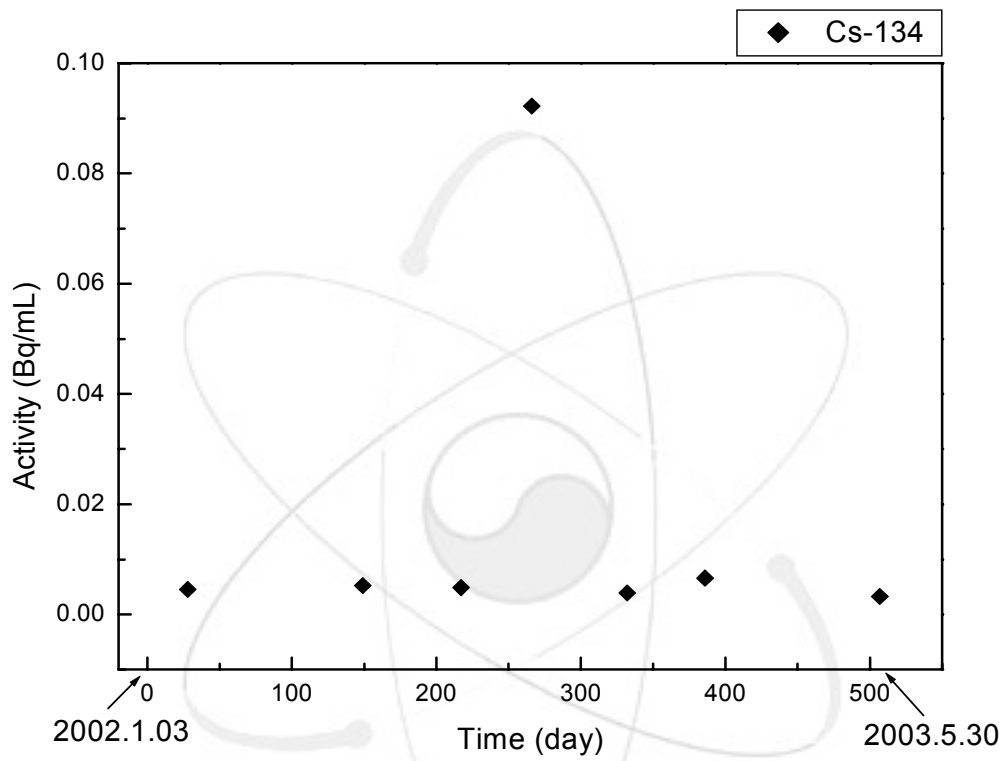


그림 1.4 Cs-134

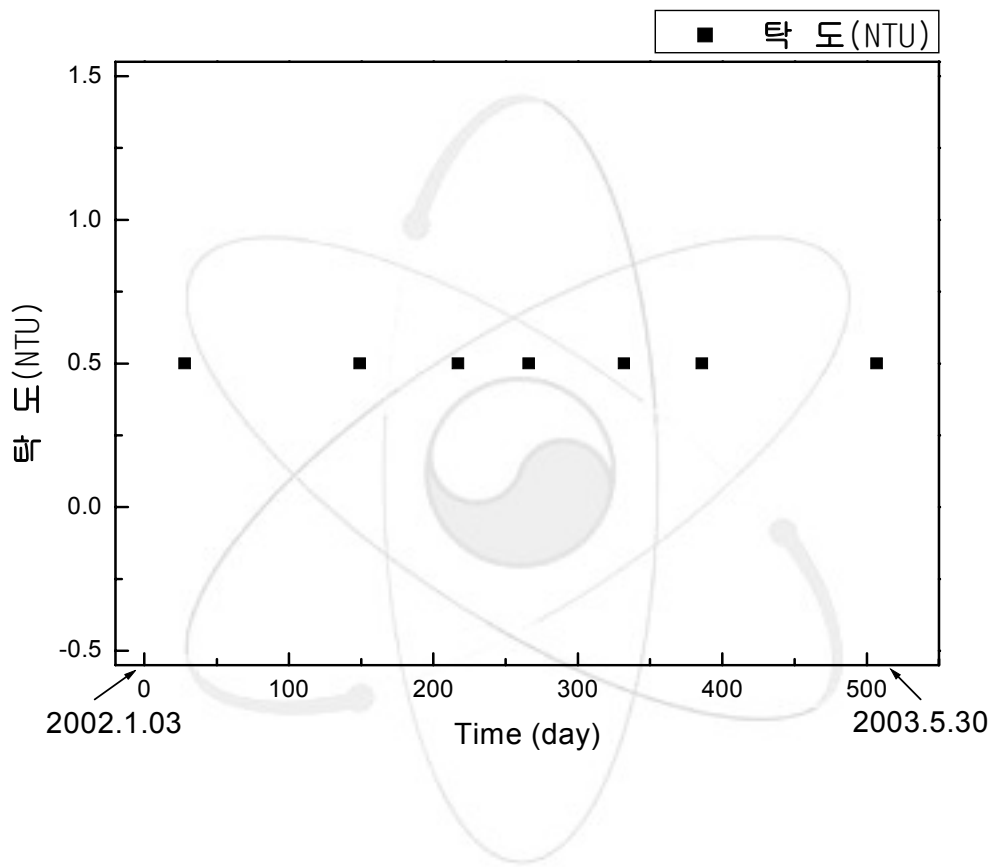


그림 1.5 탁도

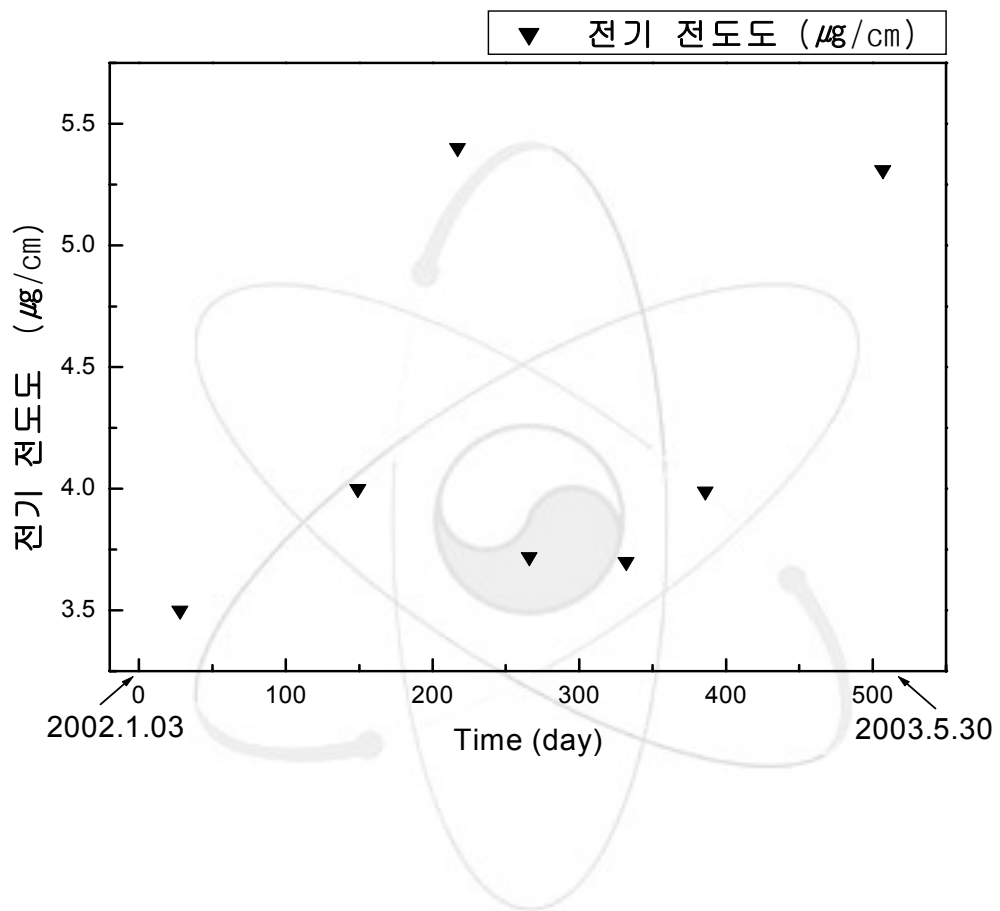


그림 1.6 전기전도도

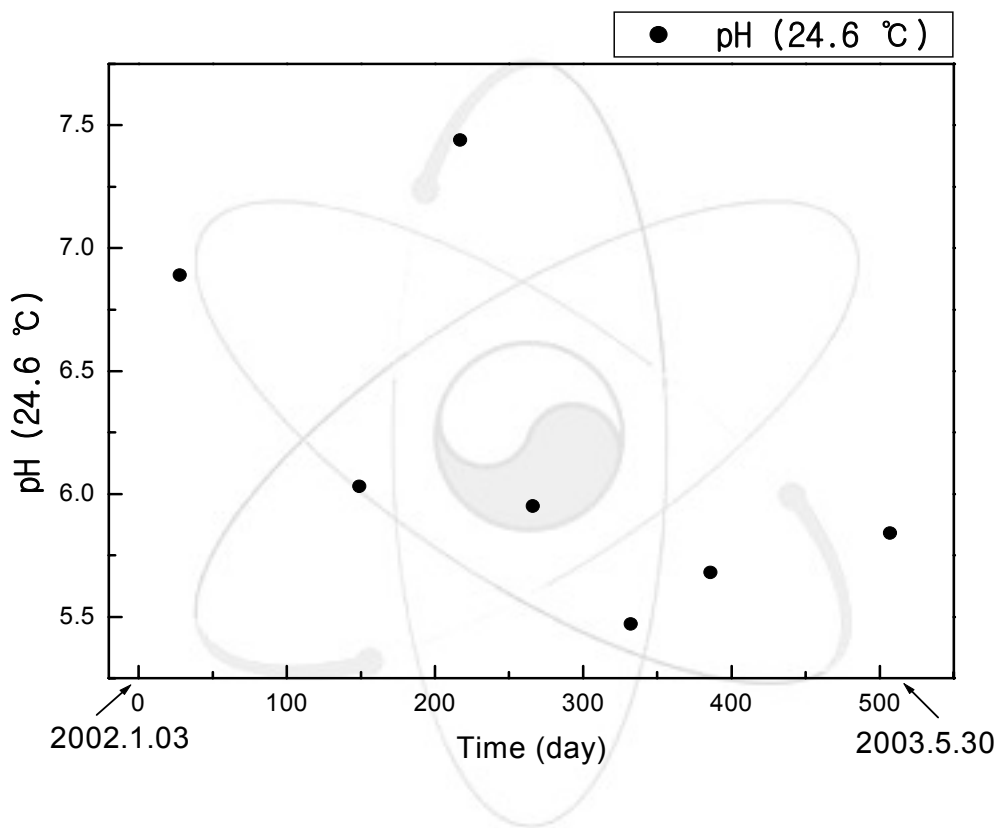


그림 1.7 pH

서 지 정 보 양 식					
수행기관 보고서번호	위탁기관 보고서번호	표준 보고서번호		INIS 주제코드	
KAERI/TR-2526/03					
제목/부제	조사재시험시설 폴물의 방사능 오염에 대한 고찰				
연구책임자 및 부서명 (AR,TR 주저자)	송 용 섭 (조사재시험시설운영)				
연구자 및 부서명					
오연우(조사재시험시설운영)					
발 행 지	대 전	발행 기관	한국원자력연구소	발행년	1999. 3.
페 이 지	53 P.	도표	유(○), 무()	크 기	21 x 29.7Cm
참고사항					
비밀여부	공개(○), 대외비(), ___급 비밀		보고서 종류	기술 보고서	
연구위탁기관			계약번호		
초 록 (300단어 내외)	<p>조사재시험시설에 설치되어 있는 폴 (3x6x10M)은 조사재 수송용기(Cask)를 폴에 하역하여 폴물 속에서 조사재를 꺼내어 핫셀 내로 반입/반출 하는 목적으로 사용된다. 수송용기를 폴에 하역하여 조사재를 취출시 또는 버킷 엘리베이터에 장착시 모든 작업은 육안으로 행하여지기 때문에 항상 폴물을 양호한 수준으로 관리하여 수중취급 작업을 용이하게 하여야 한다. 한편 방사성 오염관리 측면에서는 물에 잔존해 있는 방사성물질들을 원자력법령에서 정하는 규정치 이하로 관리하고 폴주변의 방사선량률은 15mR/hr 이하로 유지, 관리되어야 한다. 따라서 기기의 숙련 및 운용기술을 익힘으로서 운전에 완벽을 기하고 폴물의 오염 및 방사성물질의 확산을 방지함에 큰 영향을 줄 수 있다.</p>				
주제명 (10단어 내외)					
<p>폴, 폴관련설비, 폴물정화장치, 오염도, α-corrected, β-corrected, Co-60, Cs-134, 탁도, pH, 전도도.</p>					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject No.		
KAERI/TR-2526/03					
Title/Subtitle	Investgationt Radioactive Contamination of Pool Water in IMEF				
Project Manager and Dept.(main author)	Ung Sup. Song (IMEF Dept.)				
Researcher and Dept	Yon Woo. Oh (IMEF Dept.)				
Pub. Place	Taejeon	P u b . Org.	KAERI	P u b . Date	3. 1999
Page	53 P.	Fig. and Tab	Yes(○), No()	Size	21 x 29.7 cm
Note					
Classified	Open(○), Outside(), __Class	Report Type	Technical Report		
Sponsoring Org.	Contract No.				
Abstract (About 300 words)					
<p>The pool (3x6x10) in Irradiated Materials Examination Facility is usually 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 remained substances in the water must be controled so that the amount of substances to be lower than the standard amount prescribed by RCA Korea Activity in a part of radioactive contamination control. In consequence, an expertness of status and a practical use of skill make possible the prevention of radioactive material's diffusion or the radioactive contamination of pool water and safety work.</p>					
Subject Key Words About (10 Words)					
Pool, Pool Equipment, Pool Water Purification Sys, Pool, Pool Equipment, Purification sys., Contamination, α -corrected, β -corrected, Co-60, Cs-134, Tubidity, pH, Conductibity.					