

연구로 2호기 부속시설 해체활동 고찰

Study on the Dismantling Activities on the KRR-2 Auxiliary Facilities

박승국, 정운수, 정기정
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

연구로 1,2호기 제염·해체 활동이 본격적으로 착수하게 됨에 따라 2001년 8월 부터 연구로 2호기 부속시설의 제염·해체활동을 시작하였다. 연구로 2호기 부속 시설은 동위원소 생산용 콘크리트 핫셀, 납 핫셀 및 실험실로 구성되어있다. 제염·해체의 대상물은 흡후드, 실험대, 썩크 및 오염된 내부 시설물이다. 안전한 해체 활동을 위해서 각종 지킴서 및 절차서가 수립되었다. 해체 활동을 위해 총 736.5M/M의 인력이 소요되었고, 드릴링 머신 등 여러 장비가 투입되었다. 실험실에서 최대 오염도는 유리성 오염도가 $\beta : 9.24 \text{ Bq/Cm}^2$ 이었고, 고착성 오염도는 350,000 cpm이었다. 현재 실험실의 해체활동은 완료되었으며 납 핫셀의 해체활동이 진행 중이다.

Abstract

In accordance with the KRR-1 & 2 decommissioning plan, the decontamination and dismantling activities started on the KRR-2 auxiliary facilities from Aug., 2001. The auxiliary facilities were composed of concrete hot-cell, lead hot-cells and several laboratories for the production of radio-isotope. The dismantling objects are hume hoods, experimental desks, sinks, and contaminated inner facilities. For the purpose of the safe activity, the method statements and working procedures were set up. The man power of total 736.5 Man-month was required and several dismantling equipments were also. The maximum surface contamination is $\beta : 9.24 \text{ Bq/cm}^2$ in removable contamination and 350,000 cpm in fixed contamination. The dismantling on the lead hot-cells are on going now.

1. 서 론

연구로 2호기 부속시설은 12개의 실험실과 2기의 대형 콘크리트 핫셀, 1기의 소형 콘크리트 핫셀 및 10기의 납 핫셀로 구성되어있다. 그밖에 복도 및 폐기물 반출입을 위한 출입구와 기존의 샤워시설을 개조한 샤워실이 있다. 이 중 제염활동을 거쳐서 3개의 실험실은 작업자의 탈의 및 개의실로 개조하였고 1개의 실험실은 제염을 한 후 해체활동에 필요한 각종 장비를 보관, 관리하는 용도로 사용하고 있다. 복도에는 작업자의 입·출입관리를 위한 분리시설을 설치하였다. 8개의 실험실에는 15기의 철재 및 목재 흡후드가 있고, 25개의 실험대와 이에 부착된 씽크가 있다.

해체계획서에 따라 실험실에 있는 모든 시설물들은 제염을 거친 후 해체 철거되어 오염검사에 따라 폐기물로 구분되어 실험실 #132호에 임시 보관 중에 있다. 이는 해체폐기물의 제염을 위한 제염시설이 완료되면 제염활동을 거친 후 창고로 반출될 것이다. 모든 실험실의 바닥, 천장 및 벽은 해체 철거가 완료되면 제염을 하여 비방사선관리 구역으로 선정 될 것이다.

해체 활동을 위해 방사선안전관리 프로그램의 일환으로 방사선작업 지침서 및 방사선관리 절차서가 도출되었다. 방사선 관리구역으로 선정된 각각의 해체장소까지의 입·출입을 위한 출입관리 절차도 선정되었다. 이를 기준으로 작업활동을 수행하기 위한 작업절차서도 작성되었으며 이는 복도 및 출구 작업절차서, 실험실 작업절차서 및 납 핫셀 작업절차서로 구분되어 작성되었다. 다음 작업인 콘크리트 핫셀의 제염·해체활동에 대해 작성될 것이다. 해체활동에서 발생하는 각종의 방사성 및 규제면제 폐기물의 처리에 관한 폐기물관리 절차서도 작성되었다. 이는 기체, 고체 및 액체폐기물로 구분되어져 작성되었다.

해체 대상물 및 주변 환경에 대해 상세한 방사선 오염 측정업무가 수행되었고, 이를 토대로 대상물에 대한 해체 및 절단 공법이 선정되었다. 해체 대상물이 대부분 간단한 구조의 조립물이기 때문에 가벼운 연장 등을 이용하여 수작업으로 해체가 이루어 졌다. 납 핫셀의 경우에는 드릴링 머신을 이용하여 콘크리트 벽체 및 슬라브를 제거하였다. 제거된 해체 폐기물은 반출구에서 최종 오염 검사를 거친 후 반출되는데 현재 2차 제염을 위한 설비가 준비될 때까지 실험실 #132호에 임시 보관하고 있다.

작업자의 방사선안전관리를 위해 방사선교육을 수행하였으며 산업안전관리를 위해 매일 작업자 투입 전에 교육을 실시하였다. 주변환경으로의 오염 확산을 방지하기 위해 방사선관리 구역으로의 출입에 대한 절차를 수립하였고 기존의 샤워실을 개조하여 Hot 샤워실로 만들었다. 그림 1에서 연구로 2호기 부속시설에 대한 당초의 시설을 확인할 수 있다.

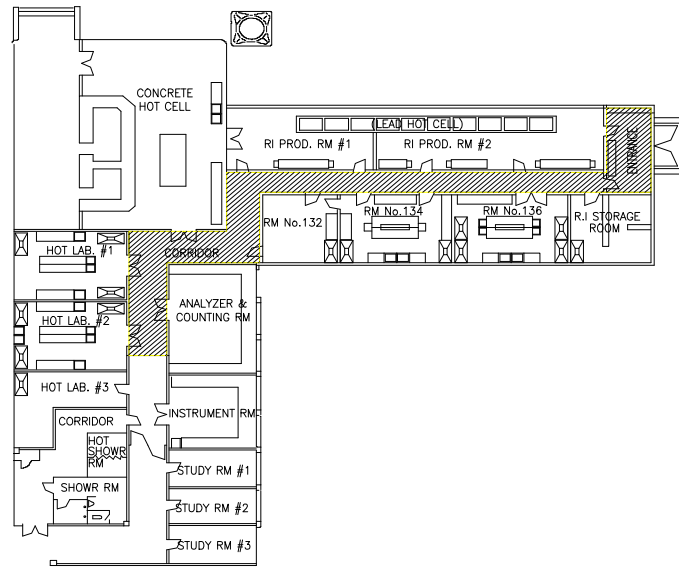


그림 1 연구로 2호기 부속시설 현황도

2. 본 론

2.1 해체활동의 기본 원칙

방사선관리 구역에서의 해체활동을 수행하기 위해서 몇가지 기본 원칙을 선정하여 작업 지침서 및 작업절차서에 반영하였다. 해체 작업은 해당되는 작업절차서(방사선안전관리절차서, 작업절차서, 폐기물관리절차서) 및 작업지침서에 따라 작업을 수행하여야 한다. 모든 작업종사자는 방사선안전요원의 통제에 필히 따라야 하며 방사선방호복과 개인 피폭보호장구를 착용한 후 작업구역에 투입된다. 당초에 신고된 작업장소 이외로의 무단이탈을 절대 금지하며, 허락 받은 작업시간을 준수하여야 한다. 기존의 유틸리티 시설(환기설비 및 전기, 용수설비)의 가동여부를 확인하여야 하며 지참한 작업공구 및 장비를 관리하고 필히 회수하여야 한다.

방사성폐기물 저장용 용기(200L 드럼 및 4m³ 저준위콘테이너)의 취급에 있어 용기까지의 폐기물 이송 장비의 확인 및 이송경로를 파악하고 이를 준수하여야 한다. 잔존 실험기구에 및 시약류 병에 남아 있는 액체폐기물을 확인 한 후 필히 별도의 수집통에 종류별로 수집 후 처리해야 한다. 모든 해체 폐기물은 특성별, 준위별로 1차 분류하여 저장하고 2차 제염이 필요한 것들은 별도 보관하여 관리한다. 가용성폐기물은 비닐팩으로 포장 후 저장하고 방사성폐기물은 200L 드럼과 4M³ 저준위콘테이너에 저장한다. 규제면제폐기물은 일반콘테이너에 저장할 수 있도록 별도 포장한다. 방사성폐기물 및 규제면제폐기물의 반출입을 위한 별도의 장소를 지정하여 운영한다. 제염·해체작업 전에 모든 대상물들에 대한 1차적인 세부 방사선/능 조사는 필수이다.

2.2 연구로 2호기 방사선 관리구역 출입

일반적으로 방사선 관리 구역의 출입 관리는 출입자의 방사선 피폭 관리뿐만 아니라 오염물질의 확산을 미연에 방지하여 주변 환경을 보존하는데 그 목적이 있다. 제염·해체 작업에서 작업자는 방사선 오염물질을 취급함으로써 작업 중 피복 및 신체에 오염될 가능성이 있으며, 해체작업을 위한 수많은 장비의 출입으로 장비에도 오염될 수 있어 인원 및 장비가 관리 구역 내로 출입할 때 절차에 따른 철저한 관리가 요구된다. 또한 구역 내에서 발생하는 각종 폐기물의 반출에 따른 반출구역의 설정과 반출절차의 수립도 오염 확산 방지에 중요하다.

2.2.1 방사선 관리구역 출입구 설치

연구로 2호기 출입구는 관리구역을 출입하는 모든 인원을 통제할 수 있도록 1층 안전관리실 옆 통로에 설치하였다. 일반 청정구역에는 출입자가 착용하는 TLD, AID(Auto Individual Dosimeter 개인피폭선량계)보관함이 설치되어 있고, ADR(Auto Dosimeter Reading)이 설치되어 출입자 각 개인의 출입일자, 시간, 방사선 피폭 기록 등이 자동으로 컴퓨터에 입력되도록 하였다. 그리고 나오는 사람의 최종 오염 여부를 검사하기 위하여 손발 오염검사기가 설치되어 있다.

청정구역과 완충구역 사이에는 1차 및 2차 분리대를 설치하여 일반 신발을 완충구역용 신발로 갈아 신게 하였고 이를 위하여 각각의 신발장을 두었다. 완충 구역에는 일반옷 및 작업복 탈의실과 화장실을 설치하여 작업자는 작업용도에 필요한 작업복 및 작업용구를 착용하도록 하였다.

완충구역에서 방사선 관리구역으로 들어가는 출입구는 원자로 제염·해체 작업 시 출입구와 동위원소 생산실(Hot cell포함) 제염·해체 작업 시 출입구(그림 2)를 각각 두었다. 완충구역과 방사선 관리구역 사이에도 분리대를 설치하여 완충구역용 신발을 작업용 신발로 갈아 신게 하였고, 역시 각각의 신발장을 설치하였다.

작업자가 제염 해체 작업 후 오염 여부를 검사하기 위하여 관리구역 출구에 오염 검사기를 각각 설치하였고, 폐기물 수집통을 두었다. 오염이 확인된 출입자는 작업복을 폐기물 수집통에 넣고 제염실 내 샤워실에서 제염을 한 후, 제염실 내에 오염 검사기를 오염 여부를 확인한 후 일반 화장실을 통하여 완충구역으로 나온다. 제염실에는 샤워실, 세탁실, 오염검사기능이 설비되어있다.

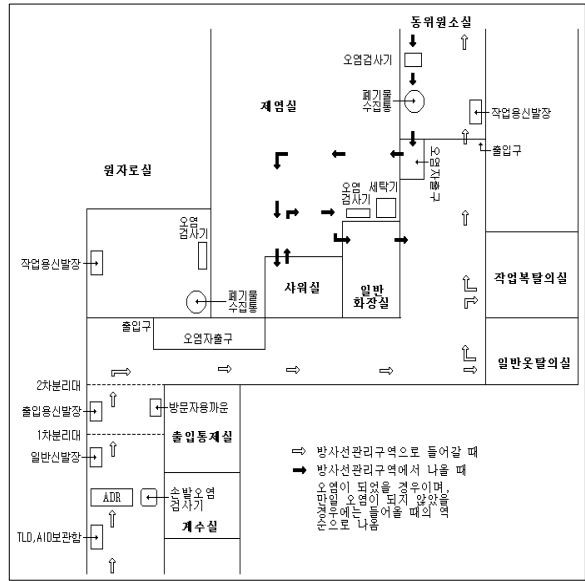
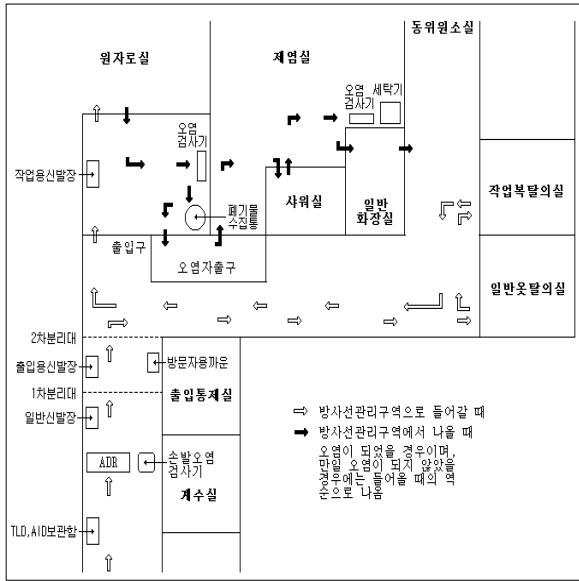


그림 2. 연구로 2호기 방사선관리구역 출입절차도

2.2.2 폐기물 반출구 설치

제염·해체 작업 시 기기 및 자재가 관리구역 내로의 출입이 빈번하고, 해체 작업으로 인한 폐기물의 반출이 자주 일어난다. 각종 기자재의 출입은 물론이고, 각종 폐기물의 반출은 제염·해체 작업에 따른 주요 작업에 하나이다. 따라서 반출구의 설치와 반출입에 따른 그 절차를 수립하였다. 반출구는 차량 출입이 가능한 연구로 2호기 뒷문과 동위원소 반출을 위한 출입문에 각각 설치하였다. 반출구에는 각종 물품 및 폐기물의 오염을 검사할 수 있는 검사대와 오염 검사기를 설치하였다.

2.3 통로 및 반출구 제염

방사성 동위원소 생산실 (납 핫셀룸)과 준비실 및 실험실 등을 연결하는 연결 복도가 설치되어 있다(그림 1). 이 복도는 동위원소 생산과 각종 실험을 하기 위하여 종사자의 출입은 물론 실험 기자재가 출입하던 장소이다. 따라서 방사성 동위원소 생산실과 부속 시설의 제염·해체시 작업자의 출입 통로와 각종 기자재 및 폐기물의 반출을 위한 통로를 확보하기 위하여 제염작업을 수행하였다. 제염 전 통로의 오염상태는 유리성 오염도 β : 0.0799 Bq/cm^2 (최대), 고착성 오염도 500 cpm 까지 오염된 상태였고, 반출구의 오염 상태는 유리성 오염도가 β : 1.36 Bq/cm^2 (최대), 고착성 오염도 1000 cpm 오염되어 있었다.

제염은 바닥에 물을 적당량 뿌린 후 제염 휴지로 문질러 닦아 내는 방법을 사용하였다. 일차 제염에서 통로는 대부분 검출 하한치 이하까지 제염되었으나 일부

유리성 오염도가 β : 0.0102 Bq/cm²까지 검출되었다. 반출구 바닥은 많은 부위가 제염이 안되어서($\sim 239\text{kg/m}^2$) 2차 제염을 실시한 결과 유리성 오염도 β : 0.0141 Bq/cm²까지 제염이 완료되었다.

2.4 동위원소 생산 실험실 제염·해체활동 (실험실 #132호, #134호, #136호)

연구로 2호기 동위원소 생산을 위한 준비 및 실험실로 사용하던 방이다. 각 방에는 후드, 실험용 탁자, 수도 및 싱크대가 설치되어 있다. 후드는 천장 덕트로 연결되어 있어 후드를 통한 공기는 HEPA 필터를 거쳐 외부로 배기 되도록 설치되었다. 싱크대는 일반 하수로 나가는 관과 극저준위 방사성 폐액 저장조로 연결된 관으로 분리되어 있다. 실험실 내에는 동위원소 생산을 위하여 사용되었던 각종 실험 초자, 시약병, 전선류와 각종 잡품이 있었다.

제염·해체 작업 이전에 방사선량을 측정한 결과 실험실 #132호에는 캐비닛과 청소기 등에 300 cpm정도 오염이 되어 있었고 실험실 #134호에는 실험대와 걸레 등에 250~35,000 cpm정도 오염이 되어 있었다. 실험실 #136호에는 후드에 1,000 cpm 그리고 받침대에 180,000 cpm 정도 오염된 상태였다. 초자류 및 각종 잡품에 대한 smear test는 각 품목 단위별로 그리고 개략적인 면적을 나눠서 각각 측정하였고, 선량 측정은 모든 면을 대상으로 측정하였다. 폐기물은 방사성 농도와 재질(유리류, 철재류, 종이류, 플라스틱류, 나무류, 고무류 등)로 분류하여 소형은 마대자루에 수집하였고, 큰 것은 bulk로 수집하였다.

작업 현장에서 즉시 제염할 수 없는 고착성 오염물은 제염시설이 완비될 때까지 실험실 #132호에 임시 저장한다. 실험실 #132호, #134호, #136호에서 분류된 오염·폐기물은 동위원소 생산용 납 핫셀에서 사용되었던 전선류, 초자류, 철재류 그리고 집게 등 이었으며, 최대 오염도는 유리성 오염도가 β : 9.24 Bq/cm²이었고, 고착성 오염도는 350,000 cpm이었다.

실험실 #134호와 #136호에 대형 실험 탁자가 설치되어 있고 탁자 양옆에는 싱크대가 있다. 이 싱크대는 극저준위 방사성 폐액 저장 탱크로 연결되어 있다. 실험탁자 상판에는 sus판이 씌워져 있다. 상판 밑에는 실험용 도구를 넣을 수 있는 서랍들이 달려있다. 벽 쪽으로 side tube이 설치되어 있고, 창문 쪽으로는 일반 싱크대가 설치되어 있다. 일부 싱크대가 유리성 오염도 β : 0.0436~0.372 Bq/cm² 정도 오염된 상태였다. 그 이외 것은 대부분 제염 가능하였고 방사능 검출기로 검출 및 측정된 결과 검출 하한치 이하로 나왔다.

실험용 후드는 실험실 #132호에 1개(철재), 실험실 #134호와 #136호에 각각 2개(철재3, 목재1)로 총 5개가 설치되어 있었다. 대부분의 후드 내부에는 미세 먼지가 끼어 있어 오염된 상태로서 유리성 오염도 β : 0.01~0.077 Bq/cm²정도 나타나 현장에서 간단히 제염할 수 있었다. 실험실 #136호 철재 흡후드 하단이 일부 오염

되어 제염하였는데 그 측정값은 유리성 오염도 β : 0.0888 Bq/cm², 고착성 오염도 : 2,300 cpm 으로 나타났다.

실험용 후드의 해체는 외부 상판부터 철거하면서 진공 청소기로 누적된 먼지를 제거하는 방식으로 수행하였다. 각 부분을 제염 휴지로 닦아 낸 후 방사선/능을 검출하였으며 이에 대한 기록을 별도로 정리하여 보관하고 있다.



그림 3. 동위원소 실험실 해체 전·후

2.5 동위원소 생산시설 제염·해체활동 (생산실 #133호, #135호, #137호)

동위원소생산시설은 2개의 생산실로 구분되는데 생산실 #133호에 3기의 납 핫셀이 있고, 생산실 #135호와 #137호에 7기의 납 핫셀이 설치되어 있다. 생산실 #135호와 #137호는 당초 각각의 생산실이었으나 나중에 하나의 생산실로 개조하였다. 납 핫셀은 액체 폐기물 수집통을 넣을 수 있는 700mm높이의 콘크리트 구조물 위에 전면 납벽돌을 쌓고, 뒷면은 출입문 역할을 하는 6mm 두께의 철판으로 가공된 2개의 차폐문이 설치되어 있으며, 납 핫셀과 납 핫셀의 사이 벽은 콘크리트 구조물로 되어있고, 천장은 3mm두께의 철판으로 되어 있다. 10개의 각 납 핫셀에는 1개의 차폐창과 2개의 원격집게(Tongs), 배기필터 및 조명장치를 갖추고 있다.

납 핫셀의 바닥은 1mm두께의 스테인레스 스틸 tray가 설치되어 있고, 전면의 납벽돌 내부는 테이프로 붙인 후 에폭시 페인트로 마감되어 있다. 그 외의 양쪽 사이 벽과 후면의 차폐문에는 모두 에폭시 페인트로 마감되어 있다. 납 핫셀내의 바닥배수 및 액체폐기물 수집은 납 핫셀의 하부 콘크리트 구조물 속에 배수라인이 설치되어 있어 수집통에 수집된다.

납 핫셀은 중성자 선원을 취급하지 않았으므로 납 핫셀 내 구조물 및 시설이 방사화 되지는 않았을 것으로 예상된다. 납 핫셀의 방사선/능 현황을 살펴보면 방사선/능 조사 당시는 단수명 동위원소 생산을 위해 납 핫셀을 사용 중에 있었으므로 높은 방사선 및 오염도를 나타냈었으나, 납 핫셀의 해체 공사 시에는 납 핫셀 사용이 중지 된지 오래되어 단수명 핵종 등의 붕괴로 인해 오염도는 현저하게

떨어진 것으로 나타났다.

납 핫셀의 번호는 생산실 #133호에서부터 No.1으로 설정하여 생산실 #137호의 마지막 납 핫셀을 No.10으로 하였다. 제염·해체 활동 전에 유리성 및 고착성 오염도와 표면 선량율을 측정하였다. 납 핫셀 No.5에는 동위원소 생산을 위한 실험 초자류에서 유리성 오염도 β : 0.45 Bq/cm² 그리고 바닥에서 유리성 오염도 β : 2.6 Bq/cm²으로 오염이 비교적 높게 나타났다. 납 핫셀 No.7에서도 실험 초자류에서 유리성 오염도 β : 0.277 Bq/cm², 그리고 안쪽 우측 벽에 유리성 오염도 β : 0.688 Bq/cm²으로 측정되었다. 납 핫셀 No.8에 있던 집게에서 β : 1 Bq/cm² 그리고 No.9의 좌측 벽에서 β : 2.24 Bq/cm²등으로 비교적 높은 오염도를 나타내었다. 대부분의 납 핫셀 여러 부위도 수백에서 수천의 유리성 오염도를 나타내는 것으로 측정되었다.

생산실, #133호와 #135호, #137호에 대한 주변 물품의 정리도 동위원소 생산 준비실에서 수행하였던 방법과 동일하게 수행하였다. 오염된 폐기물로는 비이커류 (20,000 cpm), 납유리(β : 0.392 Bq/cm²), 납용기(β : 2.34 Bq/cm²), 납관(β : 3.12 Bq/cm², 고착성 오염도 : 1,800 cpm)등이며 모두 실험실 #132호에 보관중이다. 납 핫셀의 해체는 외부 수도 및 가스 공급 배관, 뒷문 철거, 납유리 및 집게 (Tungs)와 납벽돌 철거, 필터 housing 철거, 천장 및 형광등 철거 그리고 셀 콘크리트 철거 순서로 수행하였다. 외부 수도 및 가스 공급 배관은 1차로 제염한 후 철거하였다. 철거된 배관의 오염도는 대부분이 검출 하한치 이하였으나 일부 0.01~0.096 Bq/cm²정도의 유리성 오염이 측정되었으나 2차 제염 후 완전 제거되었다. 납 핫셀 내부에 일부 동위원소 생산 및 분배용 실험 초자가 남아 있었고 내부 바닥에 스테인레스 판이 설치되어 있었다. 오염된 폐기물류는 납유리(β : 0.932 Bq/cm²), 유리(β : 0.522 Bq/cm²), 집게(β : 0.482 Bq/cm²) 그리고 스테인레스 판 (β : 0.01~1.21 Bq/cm²)등 이었으며, 이들은 정리 후 실험실 #132호에 보관하고 있다.

납 핫셀 뒷문의 해체는 무게가 약 340kg정도로 무겁고 작업공간이 작기 때문에 Scissor Lift를 이용하였다. 우선 철거 대상 문짝을 반정도 연 다음 Scissor Lift를 문짝 밑으로 이동시켜 상판을 문짝에 접하도록 올린다. 문틀에 고정된 나사를 제거하여 문짝을 Lift 고정대에 고정시킨다. Lift를 반출구에 있는 인양 보조 기기로 옮긴 다음 무게를 측정하고 반출 절차를 밟아 반출시킨다. 문짝은 총 20개로 오염도는 검출 하한치 이하였다.

납유리와 Tungs의 철거는 외부 볼트를 푼 다음 내부에서 해머로 두드려 분리하였다. 납유리와 Tungs를 철거한 다음 납벽돌을 한 개씩 해체하는 방법으로 납 핫셀의 앞부분을 모두 해체하였다. Tungs 조인트에 일부 오염(β : 0.009~0.1 Bq/cm²)되어 있어 실험실 #132호에 보관중이며 납벽돌은 모두 오염되지 않았다.

납 핫셀에는 각각 filter housing이 설치되어 있는데 해체하여 오염도를 검사한

결과 유리성 오염도가 β : 0.019~2.02 Bq/cm² 정도로 검출되어 실험실 #132호에 보관중이다.



그림 4. 납 핫셀 해체 전·후

2.6 방사성폐기물 발생현황 및 관리

2.6.1 방사성 고체 폐기물

방사성 고체폐기물은 일반적으로 방사선 준위(농도)별 그리고 폐기물의 재질 별로 수집 및 저장 처리하도록 되어 있다. 금년도 연구로 2호기 부속시설의 제염 해체는 동위원소 생산을 위한 실험실 #132호, #134호 및 #136호와 납 핫셀이 있는 동위원소 생산실 #133호 및 #135호와 #137호로서 일부 품목에서만 오염된 폐기물이 발생되었다. 제염 해체에서 발생된 폐기물의 품목과 오염도 측정결과에 대한 상세 내역은 별도로 기록 보관하고 있다.

표 1에 규제해제 폐기물의 발생 내역을 정리하였다. 이 폐기물은 규제해제 폐기물 중에서도 유리성 오염도가 검출 하한치 이하이고, 고착성 오염도가 BKG(표면 선량률 : 14 ~ 17 μ R/hr, 고착성 오염도 : 60 ~ 100 cpm) 이하인 폐기물이다. 종이류가 4포대(36,3 Kg), 유리류가 3포대(51 Kg), 아크릴류가 2포대(54 Kg), 스테트가 1포대(49.7 Kg), 전선 및 잡품(PVC)류가 7포대(146.8 Kg), 핫셀 문(철문 내부에 납차폐)이 20개(6,760 Kg), 납이 1포대(38.5 Kg), 납 벽돌이 9,492 Kg, 철재류가 10포대(389.3 Kg)과 철재 bulk가 1,250 Kg, 목재류(bulk)가 1,490 Kg, 그리고 납유리가 9개 등이 발생되었다. 모든 폐기물은 창고에 저장중이며, 규제해제 폐기물로서 처리 될 것이다.

제염 해체에서 발생된 오염폐기물은 실험실 #132호에 보관하고 있다. 차후 제염설비의 가동과 함께 제염하여 방사능 준위에 따라 분류하여 각각의 특성에 따라 보관 관리할 것이다.

표1. 규제해제 폐기물의 발생 내역

	Room No.	Remark		(kg)		
	132, 134, 136	1		21		
	132, 134, 136	2		32		
	132, 134, 136	3	,Al	18		
	132, 134, 136	4		10.7		
	132, 134, 136	5		31		
	132, 134, 136	6		10		
	132, 134, 136	7		12		
	132, 134, 136	8		9.3		
	132, 134, 136	9	,	8.35		
	132, 134, 136	10		5.15		
	132, 134, 136	11		95.75		
	132, 134, 136	12		7.6		
	132, 134, 136	13		22		
	132, 134, 136	14	P.V.C	12		
	132, 134, 136	15	,	16		
	132, 134, 136	16		38.5		
	132, 134, 136	17		21		
	132, 134, 136	18		20		
	132, 134, 136	19		14		
	132, 134, 136	20		14		
	132, 134, 136	23		62.5		
	132, 134, 136	24		45		
	132, 134, 136	25		49.65		
	132, 134, 136	26		40		
	132, 134, 136	29		35		
	132-137	Bulk		1,250		
	132-138	Bulk		1,490		
	133, 135, 137	Bulk	Hot cell	6,760		
	133, 135, 137	22		45		
	133, 135, 137	31		25		
	133, 135, 137	32	P.V.C	20		
	133, 135, 137	33		24		
	133, 135, 137	Bulk		9,492		

2.6.2 방사성 액체 폐기물

금년도에 제염 해체로 인한 액체 폐기물의 발생은 없으나, 현재 저장 보관중인 극저준위 액체폐기물은 연차적으로 자연증발 시킨다는 계획에 따라 액체폐기물 처리시설 및 자연증발 시설을 운영하고 있다. 따라서 폐액 저장조, 원자로 1차 냉각수, 그리고 연구로 2호기의 핵연료 저장조 등에서 폐액을 수집하였고 이에 대한 상세 내역은 표 2에 있다. 수집된 폐액의 총량은 53.6 m³이었고, 폐액의 농도는 6.8×10⁴ ~ 7.6×10⁴ Bq/m³이었다.

자연증발 장치는 2001년 4월부터 9월까지 가동하여 극저준위 폐액을 총 55.21 m³를 처리하였다. 이에 대한 월별 자연증발내역이 표 3에 있다.

표 2. 액체폐기물 수집 및 저장

일 자	수 집 처	수집량 (m ³)	방사능농도 (Bq/m ³)	저 장	처 리
2001.4	극저준위조	18.9	7.597E+03	T-10,20	자연증발
2001.5	극저준위조	2.7		T-10	
	단수명 저준위조	5.0	7.796E+03	T-10	
2001.6	2호기 1차냉각수	13.5	6.056E+03	T-10	
2001.7	1호기사용후 핵연료저장고	8.1	6.847E+04	T-10	
2001.8	1호기사용후 핵연료저장고	2.7		T-10	
2001.12	단수명 저준위조	2.7		T-10	
계		53.6			

표 3. 월별 자연증발 내역

날 자	공 급 폐 액		농축폐액	비 고
	공급량(m ³)	방사능 농도 (Bq/m ³)	방사능 농도 (Bq/m ³)	
2001.4.	9.98	7.579E+03		
2001.5.	14.00	7.796E+03		
2001.6.	10.08	6.056E+03		
2001.7.	7.28	6.847E+04	8.886E+04	
2001.8.	9.52	2.012E+03	4.655E+04	
2001.9.	4.35	1.973E+03	5.075E+04	
계	55.21			

3. 결 론

연구로 1,2호기 해체사업의 실제적인 제염·활동을 시작한 2001년도에는 작업 공정 상 여러 번의 시행 착오도 있었지만 전문가 조언 및 해외 사례의 경험을 분석함으로써 대체적으로 성공리에 사업을 수행할 수 있었다. 당초 계획보다 작업 공정이 다소 늦어지긴 했지만 국내에서는 처음으로 시도되는 해체사업인 만큼 충분한 검토와 시간을 가지고 사업을 수행하여야 할 것이다.

방사성물질로부터 방사선작업종사자와 주변 주민을 보호하고 환경의 방사선안전성을 확보하기 위해 시설내의 방사선/능 준위를 정기적으로 측정하여 시설의 건전성이 유지되고 있음을 확인함과 동시에 방사성물질이 시설 외부로의 누설을 미연에 방지하기 위한 방사선관리 업무를 수행하였다. 그 결과 해체설계 당시의 방사선 기초조사를 바탕으로 당초에 예상했던 만큼의 오염이 심각하지 않은 것으로 나타났다.

방사선 관리 구역내의 출입을 위해 일상 방사선작업허가서(ERWP)를 분기별로 제출하고, 작업별 방사선작업허가서(RRWP)를 그때마다 제출하도록 하였다. 방사선 작업허가서 제출 시 자동피폭이력 판독기에 필요한 작업번호를 부여하고 개인 피폭선량계(ADR)로 출입절차에 따라 출입하도록 하였다. 작업기간동안에 ADR에 기록된 피폭선량은 없었다.

공간방사선량률을 측정하기 위해 연구로 2호기 부속시설에 20개 지점을 선정하여 주기적으로 측정하였으며 그 결과로 월 평균 공간방사선량률 분포는 2.36~11.49 $\mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다.

시설 및 해체 폐기물의 오염도를 측정한 결과, α 방출체는 대부분 최소 검출하한치 이하이며 β 방출체는 0.0382~0.1357 Bq/cm^2 의 분포로 측정되었다. 이는 해체공사 시의 제염 목표인 α 방출체는 0.04 Bq/cm^2 , β 방출체는 0.4 Bq/cm^2 와 비교하면 대부분 제염목표치 이하인 것으로 나타났으며, 일부 국부적인 몇 개 지점에서만 이를 상회하고 있는 것으로 나타났다.

월 평균 공기 오염도는 대부분 계측기의 최소검출방사능(MDA) 이하인 것으로 측정되었으나, 연구로 2호기 부속시설에서 오염도가 측정된 것은 해체작업이 수행됨으로서 부유물질이 발생되었고 11월에 0.0000124 Bq/cm^2 으로 가장 높게 나타났다. 또한 계속적인 작업의 수행에 따라 배기되는 공기의 방사성농도를 연속 감시하기 위해 연속 공기 중 방사성 오염감시기를 설치하여 24시간 운영하고 있으나 검출치는 MDA이하인 것으로 나타났다.

동위원소 생산 실험실에서의 해체는 실험실 #132호에서는 35개 부분으로, 실험실 #134호에서는 실험대에서는 89개 부분으로, 목재 및 철재 후드에서 각각 55개 및 36개의 부분으로 해체되었다. 실험실 #136호에서는 실험대를 186개 부분으로, 철재후드 두곳에서는 71개의 부분으로 해체되었고, 목재후드에서는 67개의 부분으

로 해체되었다.

납 핫셀 10기의 해체활동에서 발생된 해체물은 납 핫셀 내부로 연결되는 전기, 수도, 배기시스템의 설비물과 원격조작기구 등 총 237개 품목과 913개의 납 벽돌이다. 10번 납 핫셀부터 시작된 콘크리트의 해체에서는 벽체 4개, 앵글 2개, 문틀 5개와 기타 부산물로 18개점으로 해체되었고, 9번 납 핫셀에서는 6개 부분으로 해체 중에 있다.

해체활동에서 발생된 폐기물은 방사성고체폐기물과 규제면제폐기물로 구분하고 방사성고체폐기물은 2차적인 제염을 위해 제염설비가 운영될 때까지 실험실 #132호에 임시 보관하고 있으며, 총 발생량 19.757 Ton의 규제면제폐기물은 창고에 보관하고 있다.

이러한 해체활동에서 발생하는 모든 정보, 방사선학적 정보, 해체작업 정보, 방사성폐기물 관리 정보를 체계적으로 처리할 수 있는 전산 시스템이 절실히 필요하다는 것이 해체활동을 수행하면서 가장 절실히 요구되어지고 있다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행한 것입니다.

참고문헌

- [1] 정기정 외, 연구용 원자로 폐로사업, KAERI/RR-2182/2001, 한국원자력연구소, 2001
- [2] 연구로 1,2호기 폐로를 위한 방사선관리지침, 한국원자력연구소, 2000
- [3] 정기정 외, 연구로 1호기 및 2호기 폐로사업 해체계획서, KAERI/TR-1654/2000, 한국원자력연구소, 2000
- [4] 박승국 외, 연구로 1,2호기(TRIGA Mark-II & III)의 해체 방사성 고체폐기물 처리방안, KAERI/TR-1341/99, 한국원자력연구소, 1999
- [5] 이봉재 외, "TRIGA Mark-II, III 연구로시설의 폐로를 위한 시설내 잔류 방사선/능 평가", 제24권 제2호, 대한방사선학회지, 1999
- [6] 박승국 외, TRIGA 연구로 폐로를 위한 시설현황 및 방사선/능 조사보고서, KAERI/TR-1153/98, 한국원자력연구소, 1998
- [7] 박승국 외, 연구로 2호기(TRIGA Mark-III) 해체계획, KAERI/TR-1331/99, 한국원자력연구소, 1999
- [8] K.J.Jung, "Radioactive waste management plan during the TRIGA Mark-II and Mark-III decommissioning" International Symposium on Technologies for the Management of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and Back End Nuclear Fuel Cycle Activities, Taejon (1999)