

## 연구용 원자로 2호기의 로심 집합체 제염·해체 경험

### Experience for The Decontamination & Decommissioning of The Core Assembly of KRR-2 Research Reactor

정경환, 정기정, 박진호  
한국원자력연구소

#### 요 약

1972년 TRIGA Mark - III(KRR-2) 연구용 원자로가 건설 운영되어 왔다. 대전 하나로의 가동으로 1999년 방사성 동위원소 생산을 중단한 후 모든 시설은 안전 저장 형태로 유지되어 왔으나, 해체 프로그램에 따라 2003년 로심 집합체를 제염·해체하게 되었다. 로심 집합체와 회전시료 조사대의 표면 방사능 선량은 300mSv/h - 700mSv/h으로 측정되었다. 이 보고서는 로심 집합체의 제염·해체, 방사선 안전관리, 그리고 폐기물 관리 등의 과정을 서술하였다.

#### Abstract

The research reactor (TRIGA Mark - III(KRR-2)) was constructed and had been operated in 1972. In 1999 the radioisotope process units had stopped its operation due to normal operation of HANARO. In 2003 the core assembly was decommissioned by D&D program. The contact exposure rate on the core assembly and the rotary specimen rack are from 300mSv/h to 700mSv/h. This report describes the decontaminating procedures, the health physics programs, and the waste management.

#### 1. 서 론

서울의 구 한국원자력연구소 연구용 원자로 1, 2호기(TRIGA Mark-II&III)는 원자력 과학기술 발전뿐만 아니라 원자력산업 기술발전에 크게 기여한 바 있다. 그러나 운전기간이 길어져 설비가 점점 노후화되고, 시설 주변지역이 인구 밀집지역으로 전환됨에 따라 폐로의 필요성이 점점되었다. 또한 1995년 30MW급 다목적 연구로인 하나로가 대전에서 준공·가동으로 그 효용성이 저감됨에 따라 1996년 해체가 결정되었고, 1997년부터 연구로와 관련 부대시설 및 부지 등에 대한 특성을 파악하고 제염·해체 설계를 하였다.

2001년 하반기부터 착수한 제염·해체 공사는 동위원소 생산을 위한 실험실을 비롯하여 납핫셀의 해체를 완료하였고, 콘크리트 핫셀의 제염을 완료하였다. 그리고 연구로 2호기(KRR-2)의 로심의 주변 시설물의 제염·해체를 완료하였고, 연구로 2호기 내의 동위원소 생산용 조사 파이프, 로

심 집합체 그리고 각종 부대시설을 해체하고 있다.

연구용 원자로에서 로심 집합체는 방사능 준위가 가장 높을 뿐만 아니라, 핵연료의 지지와 동위 원소 시편의 조사를 위하여 복잡한 구조로 설치되어 있다. 따라서 높은 방사능 준위를 갖고 있어 작업자의 피폭 저감을 위해 모든 작업을 수중에서 하였다. 수중공구로는 압축공기 추진형 소켓 렌치와 드라이버, 유압식 가위, 그리고 프라즈마 컷터 등이 사용되었다.

로심 집합체의 해체는 일차적으로 로심과 회전시료 조사대의 분리작업을 수행하였다. 분리된 회전시료 조사대는 Loading Tube 하단부와 Drive Assy. 하단부를 각각 절단 해체하였으며, 추후 회전시료 조사대의 해체를 위하여 연구로 1호기로 이송되었다. 로심은 로심지지 채널, Top & Bottom Grid Plat 등을 해체하고, 2개의 실린더형의 알루미늄 Shroud로 분리한 후 폐기물 저장을 위하여 세절하였다.

## 2. 시설 설명

로심 집합체(core assembly, Fig. 1)의 구성은 로심과 로심 내부에 상하부 격자 판(grid plates) 그리고 로심 외부에 회전시료 조사대가 설치되어 있다. 로심은 실린더형의 알루미늄 Shroud 2개가 나사못으로 일체형을 이루며 연결되어 있다. 또한 2개의 알루미늄 채널로 원자로 상부의 이동형 다리에 연결되어 있으며 원자로 바닥에서 94cm 떨어져 있다. 로심 내부에는 핵연료 봉, 중성자 소스, 제어 봉, Central Thimble 및 Fission Chamber 등을 장착하게 하기 위한 상부 및 하부 격자 판이 설치되어 있다.

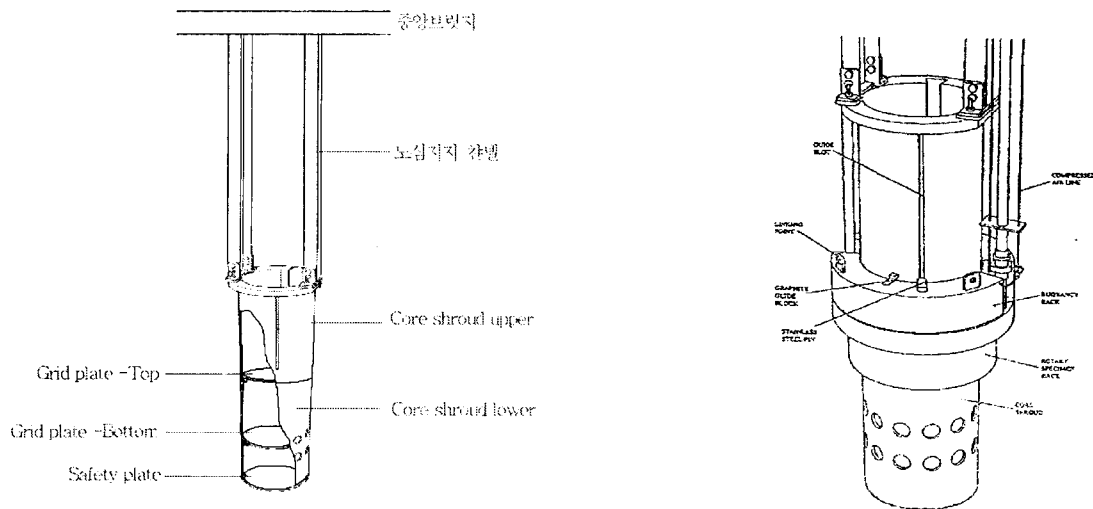


Fig. 1. Core Assembly

## 3. 시설의 내역 및 현재의 조건

연구로 2호기는 1972년부터 운전을 시작하여 방사성 동위원소 생산 및 방사화분석을 위한 시료 조사를 위하여 주로 사용되었다. 1995년 12월 운전 정지 시까지 총 운전시간은 55,226 시간이며, 총 출력량은 68,740MWh, 그리고 U-235 총 연소량은 3,555g 이다.

회전시료 조사대는 대부분 알루미늄으로 제작되어 있으나 스프로킷 및 체인 등 일부는 스테인레스 스틸로 제작되어 있고 원자로의 운전 중 노심 주위에 위치하고 있었으므로 상당히 방사화되어 있다. 회전시료 조사대의 스테인레스 스틸 체인 주위의 표면선량은 300 - 600 mSv/h로 측정되었고, 스테인레스 스틸 연결 막대(connection rod) 주위는 최대 1,000 mSv/h까지 측정되었다. 로심은 상단에 0.3 mSv/h에서 하단에 22 mSv/h까지 측정되었다.

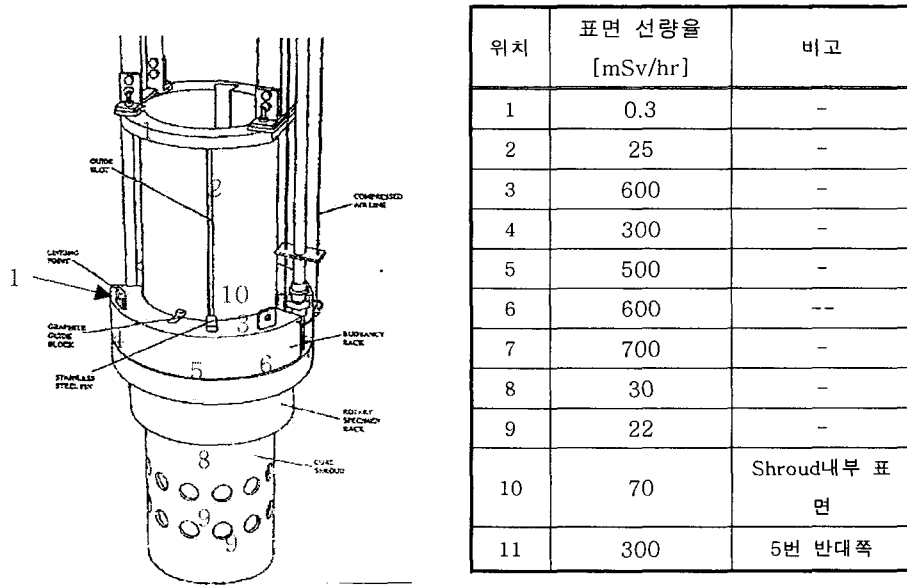


Fig. 2. Exposure Rate of Core Assembly

#### 4. 안 전

모든 제염 & 해체 활동은 현지 작업 요원과 일반 대중을 안전하게 보호하도록 계획되고 수행된다. 여기에 고려된 사항은 방사능 안전, 산업 안전 그리고 현장보안등이다.

#### 5. 계획과 관리

KRR-2의 제염·해체를 수행하기 위하여 계획단계에서 각종 작업지침과 절차서를 수립하였으며, 여기에 작업 수행에 따른 필요사항들이 서류화되었다.

로심 집합체의 제염·해체 작업은 현장사무소장이 관리한다. 현장사무소장은 일일 작업과 단계별 작업을 총괄하며 진행 여부 등 작업 관리를 조정하며 업무를 수행한다.

- ※ 모든 작업자를 위한 상세한 작업 절차와 명령 등을 제공한다.
- ※ 필요시 작업자에 대한 적당한 훈련을 실시한다.
- ※ 과제 단계마다 목적과 기준을 정하고 문서화한다.
- ※ 제염·해체 작업이 방사선 보호, 산업안전, 폐기물 관리 기준에 따라 수행되는 지 확인한다.
- ※ 방사선/능 측정 및 공기 채취자료, 폐기물 발생자료, 그리고 인체 피폭량의 기록유지.
- ※ 각 단계마다 설정된 기준과 수행된 값과의 비교 검토와 문서화.

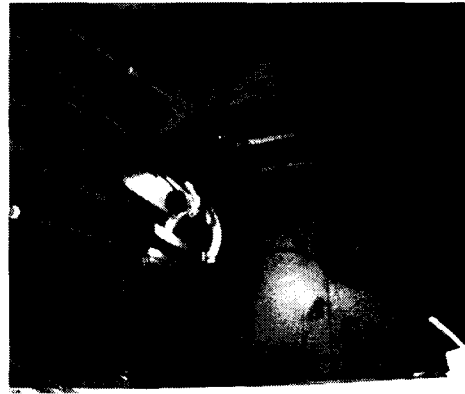
## 6. 작업 내용

### 가) 준비작업

모든 작업이 수조 위에서 이루어지기 때문에 이동작업대를 설치하고 이를 난간에 고정시켜 안정적인 작업을 할 수 있도록 하였다. 작업대 주변의 방사선 선량은 B.G. 수준이다.

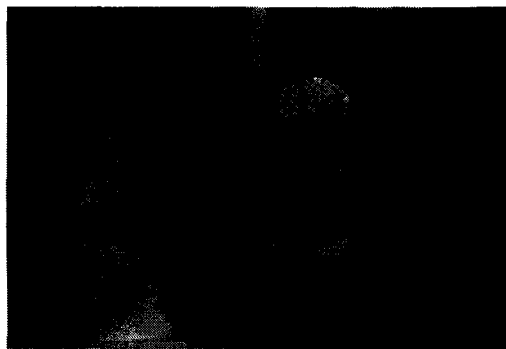
### 나) 회전시료 조사대 분리작업

회전시료 조사대에는 동위원소 조사용 시편의 삽입과 제거를 위한 Loading Tube가 한쪽에 설치되어 있고, 반대쪽에 조사공의 위치를 조작하기 위한 Drive Assy.가 상단의 이동형 브릿지에 체결되어 있다. 이들은 브릿지 상부에서 일차적으로 해체되었다. 노심과 회전시료 조사대는 양쪽 측면에 안내 핀으로 체결되어 있는 데 압축공기 추진식 볼트 해체 공구를 이용하여 제거 분리하였다. Loading Tube 하단부 해체는 유압 절단 가위를 이용하여 절단하였고, Drive Assy. 하단부의 스테인레스 스틸 rod는 프라즈마 절단기로 절단하였다.



### 다) 로심 분리 및 해체작업

로심 내부에는 Top & Bottom Grid Plat가 설치되어 있어 핵연료를 지지하게 되어있고 상부 브릿지에 알루미늄 채널로 연결되어 있다. Top & Bottom Grid Plat를 3m길이의 3/8inch 소켓 렌치로 해체하였으며, 채널 또한 해체되었다. 로심은 2개의 실린더형의 알루미늄 Shroud로 분리한 후 폐기물로 포장을 위하여 휠 컷타와 유압식 가위로 세절되었다.



## 7. 폐기물 관리

해체 폐기물 관리는 폐기물 관리 지침과 관리 절차에 따라 방사선 준위(농도)별 그리고 재질 별로 분류하여 수집 및 저장된다. 발생된 방사화 폐기물은 방사능 준위가 1 - 50 mSv/h에 해당하는 폐기물은 직경 0.95m x 높이 0.6m 용기에 넣어 RSR 운반 캐스크에 저장하고, 50 mSv/h 이상의 폐기물은 직경 33 cm x 높이 85 cm 용기에 넣어 핵연료 운반 캐스크에 저장 한다.

## 8. 결과 및 고찰

로심 집합체의 해체는 연구로 제염 해체 작업에서 해체 대상물의 표면 방사선량률이 최대 1,000 mSv/h까지 측정되어 물 속에서 모든 작업이 이루어지기 때문에 여러 가지의 어려운 점이 노출되었으며, 개인에 대한 방사선 안전관리와 고소 작업으로 인한 산업안전이 더욱 더 중요시되는 작업이었다.

수중공구로는 압축공기 추진형 소켓 렌치, 유압식 가위, 그리고 플라즈마 컷터가 사용되었으나, 시야의 확보를 위하여 실질적으로 좀더 많은 해체 공구가 전기를 이용한 공구로 개발해야 하겠다. 플라즈마 컷터의 이용은 작업의 진행이나 용이성은 확보할 수 있었으나, 스테인레스 스틸의 용해 시 오염물도 같이 물에 용해되었다. 따라서 이의 처리가 별도로 필요하게 되었다.

로심의 절단에 휠 컷터와 유압식 가위를 이용하였는데 휠 컷터의 사용에서는 작업의 편의성은 있으나 톱밥 형태의 알루미늄 찌꺼기가 발생되어 별도의 처리가 필요하게 되었다.

## 참 고 문 헌

1. IAEA, CLEANUP AND DECOMMISSIONING OF A NUCLEAR REACTOR AFTER A SEVERE ACCIDENT, Technical reports Series No. 346, IAEA, Vienna (1992)
2. IAEA, DECOMMISSIONING OF FACILITIES FOR MINING AND MILLING OF RADIOACTIVE ORES AND CLOSEOUT OF RESIDUES, Technical reports Series No. 362, IAEA, Vienna (1994)
3. IAEA, DECOMMISSIONING TECHNIQUES FOR RESEARCH REACTORS, Technical reports Series No. 373IAEA, Vienna (1994)
4. IAEA, PLANNING AND MANAGEMENT FOR THE DECOMMISSIONING OF RESEARCH REACTORS AND OTHER SMALL NUCLEAR FACILITIES, Technical reports Series No. 351, IAEA, Vienna (1993)
5. M.W. McMoy, R.P. Allen, H.W.Arrowsmith, SURFACE DECONTAMINATION OF SOLID WASTE, U.S. Department of Energy under Contract de-ac06-76RLO, (1830)
6. Jonny R. Harper Raymond Garde, Decommissioning the Los Alamos Molten Plutonium Reactor Experiment(LAMPRE I), Los Alamos, New Mexico 87545, (1981)
7. Adolf F. Vigt, Head Reactor Decommissioning, Principal author, Decommissioning of Ames Laboratory Research Reactor, United States Department of energy under Contract W-7405-ENG-82 (1981)