

연구용 원자로 해체활동 데이터 분석 시스템 개발

The development of data analyzing system on decommissioning activities for Research Reactor

정관성*, 김성균, 서범경, 이동규, 박희성, 이근우
한국원자력연구소, ksjeong1@kaeri.re.kr

Abstract

In decommissioning activities of nuclear facilities, the analyses and evaluations of data(man power, radiation exposure, waste outputs, equipments, etc) is very important to accomplish effective decommissioning and dismantling. To handle the data from decommissioning activities of research reactor, we developed its database system. By using database system, we come to filter and analyze the date of decommissioning activities and we can evaluate the extraordinary decommissioning features of research reactor. It is likely to lay out and estimate the optimal plan of decommissioning. We expect that the database system of effective decommissioning activities build up the foundation of commercial reactor decommissioning.

1. 서론

연구용 원자로 1,2호기 해체는 국내에서는 최초로 수행하는 원자력 시설 해체이다. 해체 활동에서 발생하는 정보 및 자료가 무수히 많기 때문에 이를 체계적으로 관리하여야 할 해체활동 데이터 분석 시스템 개발이 필요하다. 또한, 해체활동 데이터 분석 시스템에는 해체 시설 및 해체 대상물에 대한 방사선학적 정보를 분석하는 것뿐만 아니라, 해체 사업관리를 위한 여러 가지 복합적인 요소가 필요하다.[1]

해체작업을 통해서 얻을 수 있는 기술이나 경험에 대하여 보존할 수 있는 데이터 분석 시스템을 구축하여, 관리에 필요한 작업자 수, 비용, 폐기물 발생량 등 관리 데이터 평가방법을 검토하여 평가방법의 표준화를 도모해두면 해체작업에 대한 객관적인 평가가 가능해질 것이다.

2. 본론

2001년 하반기부터 착수한 연구용 원자로 부속 시설 해체 공사는 2002년 말까지 순조롭게 진행되어 해체작업이 완료되었다.

이 기간동안 해체작업활동을 통해 발생하는 데이터에 대한 체계적인 자료 관리를 하기 위해서 해체활동 데이터 분석 시스템의 구성을 해체 시설정보, 작업활동정보, 폐기물 관리정보 그리고 방사선학적정보로 구성하여 해체활동에 대한 자료와 기술을 보존할 수 있도록 하였고, 중요한 평가자료로 활용할 수 있도록 하였다.

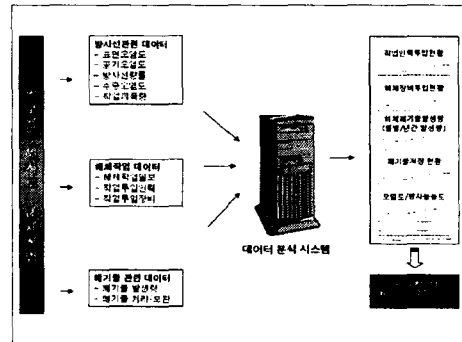
제1절 해체활동 분석시스템 자료관리 대상

연구용 원자로 해체작업 활동에서 발생하여 수집되는 데이터를 크게 방사선학적 데이터, 해체작업에 관한 데이터, 폐기물에 관한 데이터로 분류하여 자료를 관리할 수 있도록 구성하였다.

방사선에 관한 데이터로는 해체 작업전, 작업 후 오염검사 결과와 해체 지역 주변의 정기적인 환경 검사 결과가 대표적인 것이다.

해체작업에 관한 데이터로는 언제, 어느 해체 대상물에, 어떤 작업을, 어느 정도의 인원과 장비로 실시했는가 하는 데이터로서, 해체작업 나용을 기술한 것, 작업원의 작업시간, 작업자 수 등이다.

폐기물에 관한 데이터 관리로서, 폐기물의 발생량, 그 내역, 폐기물의 발생시기, 용기의 수, 용기의 보관장소 등이다.



해체 데이터 분석시스템 운영도

제2절 연구용 원자로 해체 활동

연구용 원자로의 실질적인 해체, 철거 작업이 2001년 하반기부터 2002년 말까지 이루어져 원자로 2호기 부속시설인 실험실 8개소 내부의 실험기기 해체 및 철거작업 완료, 납 핫셀 10기의 해체 및 철거 그리고 콘크리트 핫셀 해체 작업 등 연구로 2호기 부속시설에 대해서 해체작업을 완료되었다.

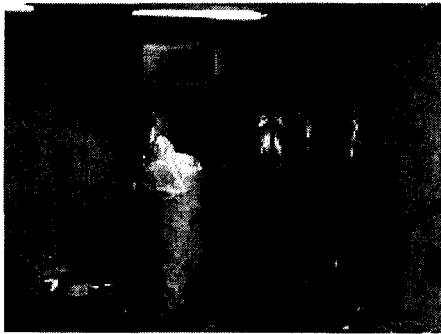
연구로 2호기 부속시설인 동위원소생산 설비와 동위원소 생산을 위한 시료준비실, 실험실 등을 정리한 결과 방사성폐기물이 대부분이며, 일부 규제해제 수준의 금속성 폐기물과 목재들이 발생하였다.[2]

1) 실험실 해체활동

연구로 2호기 부속시설인 동위원소생산실과 실험실은 실험실에 사용되던 흡 후드, 실험대, 시약장 등 집기류가 대부분으로 되어 있었으며, 이들은 대부분 목재로 구성되어 있으나 싱크 및 일부 흡 후드는 철재로 구성되어 있으며 이들의 해체는 대부분 가벼운 연장 등을 이용한 수작업으로 수행되었다.

해체공사 중 특이한 사항으로서 시설 바닥에 깔아둔 비닐 장판 아래에 내부 바닥 마감재로 사용한 격자형의 아스타일이 코타르로 부착되어 있었다. 이 아스타일을 제거하고 코타르와 바닥 콘크리트를 시료로 채취하여 분석한 결과 미량의 코발트 핵종이 검출되어 전 바닥 표면을 이동식 표면 평삭기로 모두 제거 하였다.

또한 화학분석실인 128호와 130호에서는 흡후드 내부에 설치되어 있던 액체폐기물 이송배관이 휴드 하부를 관통하여 동위원소 생산건물 지하 공동구를 통해 건물 외부의 액체폐기물 수집저장조로 연결되어 있었다.



실험실 해체 작업

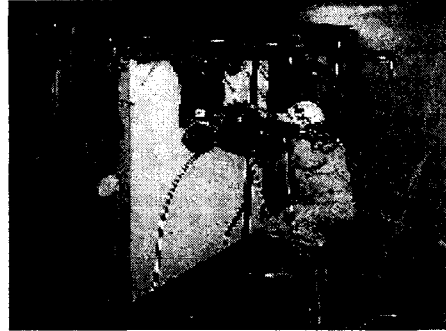
해체 활동을 통해 절단 및 해체된 대상물들은 검사를 통해 폐기물의 분류기준에 따라 분리되어 Bulk 또는 마대형태로 포장하여 비방사성폐기물 또는 규제해체 폐기물로 분류하여 저장하였다. 해체된 대상물은 목재 및 철재 흡 후드 15개, 핫싱크와 일반 싱크 모두 18개, 실험테이블 20개이다. 이외 잔존했던 일부 실험 기구 및 실험에 취급되었던 소형 장치류 등도 제거하였다.

2) 납핫셀룸 및 납핫셀 10기 해체활동

10기의 납 차폐 핫셀은 under frame과 셀간 벽은 콘크리트 구조물로 되어 있으며 이를 포함하는 모든 것을 철거하기로 결정하였다.

내부 물품의 정리, 제염 및 철거의 순으로 해체 작업이 진행되었으며 콘크리트의 구조물의 절단을 위하여 보링기를 사용하였다. 이를 사용함으로써 해체기간은 증가하였으나 철거되는 콘크리트의 조각이 비교적 커서 방사성 오염도 측정의 빈도가 적어 분석을 위한 시간이 절약되었으며 취급도 용이하였다. 또 이를 사용함으로써 물의 사용을 배제할 수 있어 오염의 확산을 방지할 수 있었다.

납 핫셀의 해체는 외부 수도 및 가스 공급 배관, 뒷문 철거, 납유리 및 집게(Tongs)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.



납핫셀 해체 작업

3) 콘크리트 핫셀 해체활동

연구로 2호기 부속시설에는 중형의 콘크리트 핫셀 2기가 설치되어 있다. 이 핫셀은 연구로2호기 가동 중에 Co-60과 Ir-192 생산에 활용되어 왔으며, 이외에도 연구로에 직접 조사된 각종 금속 시편에 대한 실험에 사용되어 왔다.

콘크리트 핫셀은 콘크리트 구조물 및 원격조작 장치, 차폐창 등 기자재는 그대로 두어 원자로실 건물의 구조적 안전성을 유지하고 향후 수행될 원자로심 해체 과정에서 예상되는 고 방사성 물질의 취급에 대비하고자 하였다. 핫셀 내부에는 과거 연구 개발을 위하여 사용되던 조사 시편, 조사대 등 주변 장치 및 선원이 그대로 남아 있었으며 이들에 관한 기록이 전혀 남아 있지 않아 이들을 대전의 동위원소 생산 시설로 운반하여 정확한 핵종별 방사능을 측정하여 재사용 또는 폐기를 위한 이력을 만들기 로 결정하였다.

콘크리트 핫셀은 당초 계획으로는 핫셀에 부착된 모든 기자재를 철거하고 구조물은 표면 제염만 할 계획이었으나, 향후 방사화된 물질의 취급 또는 실험이 예상되어 사용 가능한 상태로 유지하는 것이 유리하다고 판단하여 핫셀 내부의 방사성물질만 제거하고 부착된 기자재는 그대로 두기로 하였다.

제거한 주요 방사성물질로는 그동안 핫셀에서 생산하여 폐기하였던 이리튬 선원들과 선원 시료 조사대, 기타 조사시험 시편 등으로 동위원소 생산이력이 없는 방사성동위원소들로서 재활용 또는 영구 처분을 위해서는 핵종에 대한 정확한 방사능을 측정후 이에 대한 이력을 만들어야만 된다. 1번 핫셀의 경우 핫셀 전면 에 설치된 납유리로 제작된 차폐창 내부의 일이 모두 소실되어 핫셀 내부를 관찰할 수가 없었다.

이에 대비하여 원격카메라를 이용하여 내부의 방사성물질을 원격조작기(Manipulator)로 취급할 수가 있었다. 또한 내부의 방사성물질에 대한 방사선량을 측정하기 위해 감마카메라를 이용하여 사전에 방사선량을 측정할 수 있어 작업자의 방사선으로부터의 피폭을 최소화 할 수가 있었다.

4) 폐기물 관련 자료

연구로 1, 2호기 해체시 고체 및 액체 상태로 다량의 방사성폐기물이 발생하였다.

연구로 2호기 부속시설인 동위원소 생산을 위한 실험 준비실, 실험준비실의 후드용 배기 덕트, 납 핫셀 일부, 그리고 실험준비실과 연계되어 있는 지하 핏트의 폐기물 수송용 배관을 해체하였다.

이러한 해체과정에서 발생된 폐기물은 대부분 고체폐기물로 이를 종류별(철재류, 목재류, 콘크리트, 기타 잡품)로 분류·수집하고, 오염도 및 핵종분석을 수행하여 오염준위에 따라 방사성폐기물과 규제해제폐기물(비방사성폐기물)로 분류하여 저장·관리하였다.

5) 해체 장비 및 인력 투입 내용

해체활동에 사용된 주요장비로는 회전식 전동 Pipe Cutter, 먼지 집진기, 이동식 에어 샤워기, 소형 콘크리트 표면오염 제염기, 유압식 절단기 등이 있다.

회전식 전동 Pipe Cutter는 지하 Pit에 있는 각종 액체폐기물의 이송용 배관의 절단을 위해 투입하였다 이 장비는 특히 스테인레스 스틸류의 배관 절단에 더욱 효력을 발생한다. 먼지 집진기는 포집된 먼지를 Air Pulse를 통해 일순간에 여과포로부터 탈진할 수 있는 장비이다. 이동식 Air Shower 장비는 HEPA Filter를 사용함으로써 미세한 먼지도 Filtering이 가능한 장비이다. 표면 오염 제염기는 납핫셀과 실험실에 있는 콘크리트 핫셀의 수직면 표면 오염 제거에 이용하였다. 유압 절단기는 원격조작기를 부착, 원자로 수조내 배관 및 형강을 절단하는데 투입을 하였다.

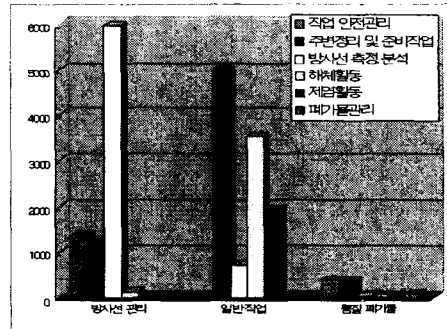
그리고, 해체활동의 작업 인력에 대해서는 해체 작업내용을 기준으로 분류하여 작업분야, 직종별 활동결과를 해체 대상별로 작업인력이 투입되었다.

제3절 연구로 부속시설 해체활동 자료 분석

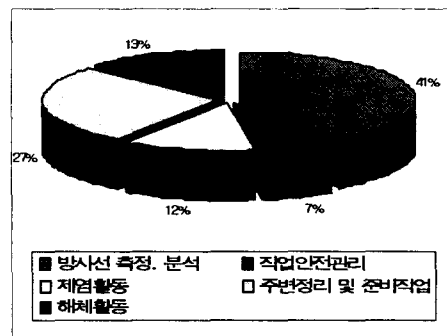
2001년부터 2002년 말까지 연구용 원자로 부속 시설의 실질적인 해체 작업에 대한 작업자 수, 폐기물 발생량 등 해체활동의 데이터에 대한 표준화를 도모함으로써 해체작업에 대한 객관적인 평가가 가능하도록 해체활동 자료를 데이터베이스화하였다.

데이터베이스화된 자료는 필요에 따라 여러 종류의 데이터로 조회할 수 있고, 작업관리는 물론 주요 공정의 작업 특징을 명확하게 하기 위한 분석에도 사용할 수 있게 하였다.

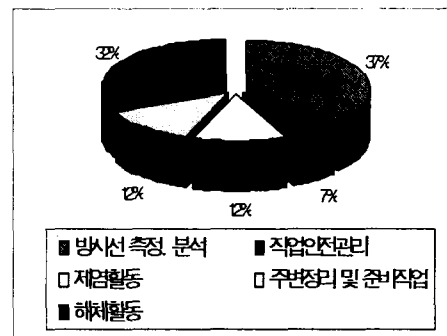
해체활동 데이터 분석시스템을 이용하여 연구용 원자로 부속시설 해체활동 자료 중에서 해체작업에 관한 데이터와 폐기물 발생량에 대한 데이터를 이용하여 자료를 평가하였다. 실험실별 작업과 작업분야별 투입시간, 폐기물 발생량에 대한 자료에 객관적인 평가가 가능해졌다는 것을 알 수 있었다.[그림]



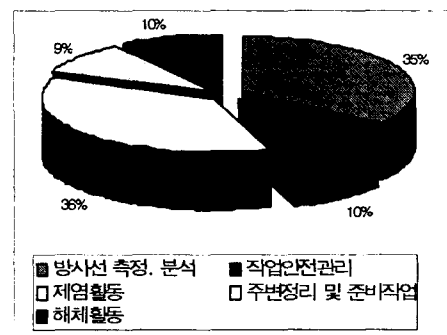
직종별 작업내용



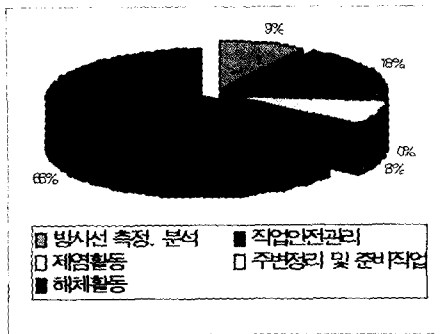
실험실 작업내용



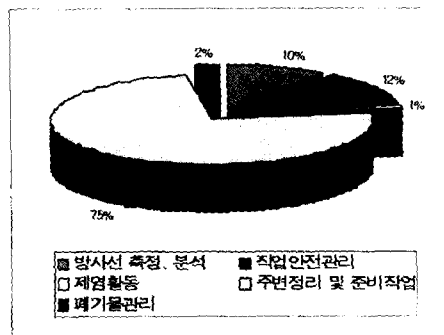
납핫셀 작업내용



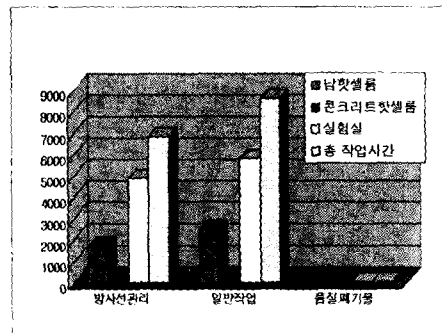
콘크리트 핫셀 작업내용



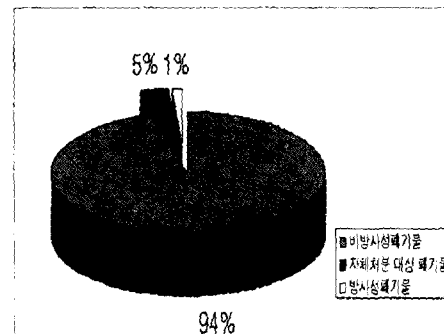
지하 PIT 작업내용



기타시설 작업내용



실험실 작업 분야별 투입시간



폐기물 발생량

3. 결론

연구용 원자로의 실질적인 해체 작업이 이루어져 원자로 2호기 부속시설인 실험실, 납차폐셀 및 콘크리트 차폐실 등이 해체가 완료되었다.

해체활동 데이터 분석시스템을 활용하여 연구용 원자로 부속시설 해체작업 활동에서 얻어진 기술이나 경험에 대하여 자료를 평가함으로써 자료 활용 측면에서 효과적인 향상을 가져왔다.

이 해체활동 데이터 분석시스템을 바탕으로 향후 수명을 다하는 원자력 시설 해체에 대비한 기술개발과 경험을 축적할 수 있는 좋은 기회로 활용될 수 있을 것이고, 나아가 중국을 비롯한 동남아 국가들이 연구로 해체에 진출할 수 있는 자격과 여건이 충분히 갖출 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

이 논문은 대한민국 과학기술부에서 시행하는 중장기연구개발 사업의 지원으로 수행하였습니다.

5. 참고 문헌

- [1] 안전한 퇴역을 위한 원자로 해체, 한국원자력문화재단, 1997
- [2] Decontamination and Decommissioning Project for the Nuclear Facilities, KAERI/RR-2304/2002