

## 연구로 해체정보 관리를 위한 데이터베이스 시스템 개발

### Development of the Database System for Managing Decommissioning Information from Research Reactor

정관성, 이동규, 박희성, 이근우, 오원진  
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

#### 요 약

연구용원자로를 해체하는 과정에서 발생하는 각종 자료들은 여러 장소에서 상호 호환성 없는 형태로 발생하므로 관리와 활용이 용이하지 않다. 연구로 1, 2호기를 해체하면서 발생하는 자료를 해체시설, 해체작업, 방사선학적 그리고 해체폐기물 정보영역별로 분류하여 자료를 관리하고 보다 객관적이고 정확한 정보 분석이 가능하도록 데이터베이스 시스템을 개발하였다. 연구용 원자로 해체활동 자료에 대한 체계가 구축됨으로써 해체사업을 보다 더 효율적으로 수행하는 데 도구로 활용할 수 있을 것이다. 해체 현장 자료 입력, 분석 및 평가를 통하여 연구로 1, 2호기 해체활동 자료에 대하여 보다 객관적이고 정확한 평가가 가능하게 되었고, 이를 바탕으로 연구로 1, 2호기 해체프로젝트를 보다 효율적으로 수행할 수 있게 될 것이다.

**중심단어** : 연구용 원자로, 해체 활동, 해체 데이터베이스 시스템

#### Abstract

Korea Research Reactor (KRR) 1 & 2 has shut down and through preparatory activities, its decommissioning activities are underway. As its decommissioning activities have been done over several years, its relevant data have been spreaded with various type and media all over the discrete place and inadvertently managed. As a result, managing and assessing data of KRR 1 & 2 has been difficult and complex and its data cannot be evaluated. By developing the decommissioning database system of KRR 1 & 2, the data of decommissioning activities can be correctly evaluated, being systematically managed and objectively assessed. Finally, the decommissioning project of KRR 1 & 2 have come to more effectively accomplished. As the data of decommissioning activities can be at last systematically analyzed and objectively assessed, the decommissioning project of KRR 1 & 2 would be more effectively accomplished.

**Key Words** : Research reactor, Decommissioning activities, Decommissioning database system

## 1. 서 론

연구로 해체작업은 장기간에 걸쳐 서로 다른 여러 가지 작업들이 수행되기 때문에 발생하는 자료의 형태가 다양하여 서로 호환이 용이하지 않고 그 양이 방대함으로 자료관리가 어렵다. 연구로 해체 활동에 있어서 작업 인원과 장비가 어느 정도 투입이 되었고, 또 작업자의 피폭은 어느 정도가 되는가 하는 계획, 분석 및 평가에 관한 문제는 과거 경험에 기초하여 결정되는 요소가 크기 때문에 실제로 행해진 연구로 해체에 관한 자료와 경험은 귀중하며, 이 축적된 자료를 장래의 해체활동에 어떻게 활용하는가를 충분히 검토해 둘 필요가 있다[1]. 방대한 해체 자료를 분석하기 위해서는 해체 자료가 동일한 형태와 동일한 곳에서 분류와 활용이 용이하고, 해체 대상 시설에 대한 방사선/능 자료 그리고 해체 사업관리를 위한 자료 분석이 가능하도록 여러 가지 특징을 갖는 해체 데이터베이스 시스템을 개발하여야 한다.

연구로 해체작업을 통해서 얻을 수 있는 지식이나, 경험을 데이터베이스화하여 보존하고 그것을 사용해서 데이터를 계산하고 실제 결과와 비교하여 검증함으로써 계산 코드 프로그램이나 데이터베이스를 개량하는 것이 우리나라 최초의 원자력시설 해체 작업 중의 아주 중요한 일중의 하나인 것이다[2]. 또한, 원자력 시설 해체는 재사용 물질 또는 폐기처분될 방사성물질이 다량으로 발생하는 복잡한 과정이므로, 해체과정에 대한 기록 및 정보유지에 대한 결여는 궁극적으로 원자력시설 해체 시 자원과 시간의 낭비, 나아가서는 원자력 안전 문제에 대한 부담을 초래할 수 있다.[3]

본 연구에서는 연구로 1, 2 호기 해체활동을 수행하면서 발생하는 자료를 분류, 분석 및 평가할 수 있는 연구로 해체 데이터베이스 설계 및 시스템 개발 내용을 기술한다.

## 2. 연구로 해체활동 자료 분석

해체 데이터베이스 작업 특징에 대한 상세한 평가가 가능하도록 연구로 해체활동에 대한 자료를 분석하였다. 연구로 해체활동은 해체 대상을 분석, 해체작업, 방사선학적 검사 등을 통하여 해체 작업이 이루어지고 핵종분석을 통하여 최종 폐기물 처리까지의 다양한 작업과정으로 이루어져 있다. 연구로 해체활동에서 발생하는 자료는 Fig.1과 같이 크게 해체 시설 자료, 해체작업 자료, 방사선학적 자료, 그리고 해체 폐기물에 관한 자료로 분류할 수 있다.

연구로 해체 활동 중에 발생하는 해체 시설에 대한 자료는 연구로 시설물을 구성하고 있는 형태, 특성 및 크기나 무게와 같은 재원에 대한 자료가 발생하고, 위치와 관련하여 시설에 대한 도면과 형상에 대한 사진 등에 대한 자료가 발생한다. 해체 시설 자료는 해체활동 자료의 기준과 대상이 되는 자료이기 때문에 시설에 대한 정확한 자료가 파악이 되면, 해체활동에서 발생하는 작업 분석 및 각종 폐기물과 연계하여 분석이 용이하게 된다.

연구로 해체활동 중에 발생하는 해체작업과 관련된 자료는 언제, 어떤 작업을 어느 정도의 인원구성으로 실시했는가 하는 자료가 발생하는데, 해체작업 내용을 기술한 것, 작업원의 작업시간, 작업자 수 등에 대한 자료가 그 내용을 이루고 있다. 매일의 해체 작업 내용에 대해서는 현장감독이 보고서를 작성해서 자료를 보관하고 있다. 해체작업에 관한 자료는 작업이 시작되기 전에는 그 작업에 대해서 작업번호가 부여되고 있으며, 모든 자료는 이 작업번호에 따라 정리되고 있다.

연구로 해체활동 중에 발생하는 방사선학적 자료는 작업자의 피폭선량, 작업환경의 집단선량, 기기나 바닥 등의 해체작업 전/후 오염 검사, 그리고 환경모니터링 측정 등에 관한 자료가 발생한다. 해체작업자에 대한 출입자 피폭 자료는 자동 피폭이력관리시스템을 이용하여 관리되고 있다. 작업자 피폭 자료는 작업번호와 작업일시가 반드시 기록되어 있기 때문에 해체작업에 관한 데이터와 연계하여 그 내용을 분석할 수 있다.

연구로 해체활동 중에 발생하는 폐기물 자료는 폐기물 발생원부터 저장까지의 폐기물의 발생량, 내역(방사능준위, 재질 등), 폐기물의 발생 시기, 용기의 수, 용기의 보관 장소 등에 대한 자료가 발생한다. 또한, 해체 작업 중에 폐기물수납용기를 필요에 따라서 수배하거나, 폐기물 수납용기를 시설 내 적당한 임시 보관 장소에 보관하거나, 다른 장소로 이동하는 자료가 발생한다.

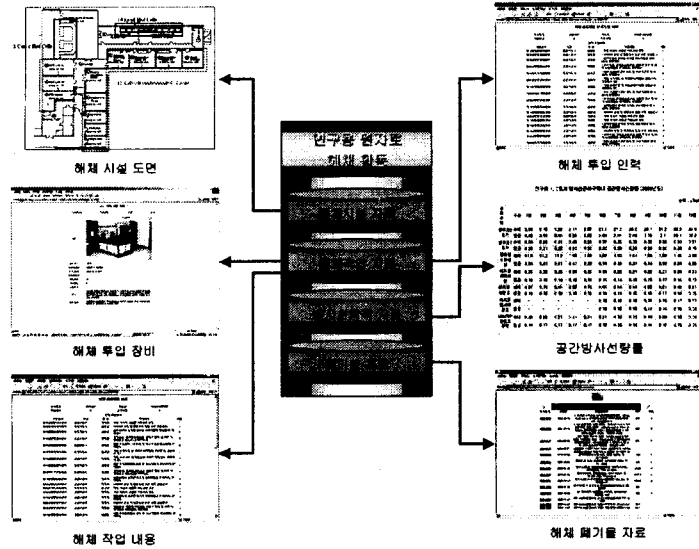


Fig. 1. 연구로 해체활동 발생자료 분류

### 3. 연구로 해체 자료 분류 체계 및 최적화

연구로 해체활동 자료를 상호 연계하여 해체 작업관리나 분석에 효율적으로 이용하기 위해서 여러 가지 해체 코드 관련 자료를 추가로 생성하였다. 해체 자료 코드로는 단위코드, 시설코드, 장비코드, 작업코드 그리고 WBS(Work Break-down Structure) 코드 이다. 단위코드는 각종 계수와 측정을 할 때 공통된 단위를 사용하여 단위당 작업 계수, 작업 요건 등을 분석 및 평가를 할 수가 있도록 해준다. 시설코드는 해체활동이 이루어지는 기기 및 대상으로 설정하여 각종 해체작업과 폐기물 관리를 위한 기준이 되는 역할을 한다. 장비코드는 해체작업의 특징과 기술을 관리하고 주요 작업에 어떤 주요 장비가 필요하고 투입되는지를 분석할 수 있도록 해주는 역할을 한다. 작업코드는 해체작업을 상세히 분류하여 분석할 수 있도록 하였다. WBS코드는 연구로 구성 기기와 해체작업 절차를 혼합하여 상호관계를 유지하면서 계층적으로 표현하여 해체공정 및 계획을 분석할 수 있도록 구성 하였다.

연구로 해체 데이터베이스 프로그램을 개발하기 위해 연구로 해체활동에서 발생하는 자료와 추가로 생성한 코드자료를 바탕으로 상호 유기적이면서도 중복되지 않도록 해체활동 자료 구조를 세분화하여 체계화 하였다. 해체활동 자료를 바탕으로 해체 자료의 발생부터 종료까지 과정을 Fig. 2와 같이 해체 자료흐름도를 사용하여 각 자료의 하부구조간의 관계를 설정하였다. 또한 Fig. 3과 같이 해체 자료 개체관계도를 이용하여 자료간의 연계성과 자료의 중복을 제거하여 자료 처리의 정확도를 한층 높였다. 체계화된 자료구조를 바탕으로 각 정보영역별로 데이터베이스 파일에 저장되도록 자료형식을 설정하고 상호 연관관계를 설정하여 테이블을 구성하였다.[4]

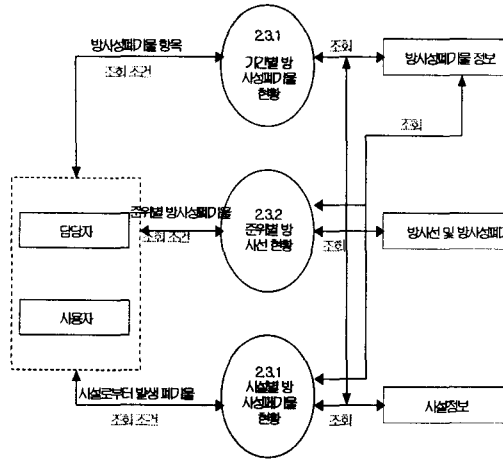


Fig. 2. 연구로 해체 자료 흐름도

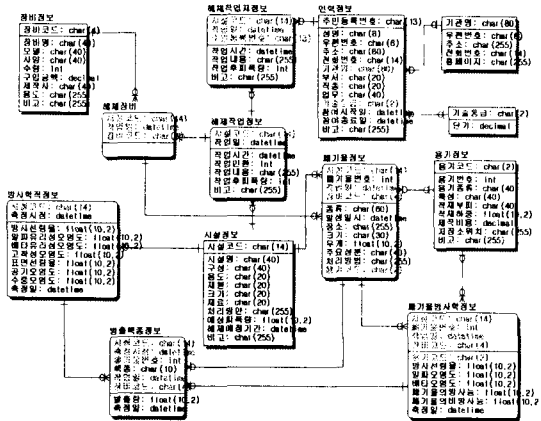


Fig. 3. 연구로 해체 자료 개체관계도

## 4. 연구로 해체 데이터베이스 구성

### 4.1 데이터베이스 시스템 구조

연구로 해체 데이터베이스 시스템 구성은 해체자료에 대한 보안성, 호환성, 그리고 확장성 측면을 고려하여 시스템을 Table 1과 같이 구성하였다.

Table 1. 연구로 해체 데이터베이스 시스템 구성

시스템	O. S.	Windows 계열
	Hardware	Compaq Compatible Server
개발도구	Software	ASP(SQL), Dreamweaver
	RDBMS	MS SQL-Server 2000
	Web Server	MS IIS Server

운영체제로는 Windows 환경을 설정하였고, 하드웨어 장비로는 대용량 자료처리를 원활하게 처리 할 수 있고 안정성 있는 Server 급 장비로 구성하였으며, 자료 처리는 승인된 사용자가 접속하여 자료 저장소 간 이동 없이 어디서나 자료를 조회할 수 있고 데이터베이스 관리시스템에 접근하여 사용할 수 있도록 ODBC(Open DataBase Connectivity)를 이용하고 Web 기반의 SQL(Structures) 스크립트를 이용하여 프로그램을 개발 하였다. 데이터베이스 관리시스템 소프트웨어는 백업과 유지보수가 용이한 SQL-Server 2000로 구성하였red Query Language) 언어를 내포하여 다양한 함수를 사용할 수 있는 ASP(Active Server Page)다. SQL-Server 2000에는 저장된 자료의 활용이 용이하고 분석된 자료에 대한 민감도 분석을 할 수 있도록 텍스트 파일로도 "내려받기" 기능이 있는 SQL Query Analyzer 도구가 내포되어 있다.

해체 데이터베이스 시스템 운영은 자료 관리의 한 곳에서 자료를 관리 및 처리하고, 네트워크이 구성되어 있는 곳이면 어디서든지 인증절차를 거쳐 접속하여 자료를 활용할 수 있도록 구성하였다. 또한 분산된 자료 관리로 인한 집계의 어려움을 제거함으로써 자료 관리에 대한 일원화가 되고 자료에 대하여 이용이 곧바로 이루어질 수 있도록 시스템 운영 구조를 설정하였다.

자료에 대한 시스템 운영구조는 Fig. 4와 같다. 연구로 해체 작업이 진행되면서 투입된 인력과

장비 및 특수 작업환경에서 이루어진 해체활동, 작업관리 구역 내의 환경모니터링 검사의 방사선학적 자료와 폐기물 처리 과정에 대한 자료가 문서로 발생되는데 이것을 자료 분류를 통하여 데이터베이스 시스템에 저장을 하여 다른 자료와 연계하여 통합 하였다. 또, 해체활동 중에 작업자 피폭 자료는 작업이 이루어지는 현장에서 직접 자동 피폭이력관리 시스템으로 관리되는 데 이 자료를 해체 데이터베이스 시스템으로 통합 하였다. 통합된 자료 구조를 바탕으로 자료 간 상호 관계를 통해 해체활동에 대한 다양한 분석이 가능하도록 하였다.

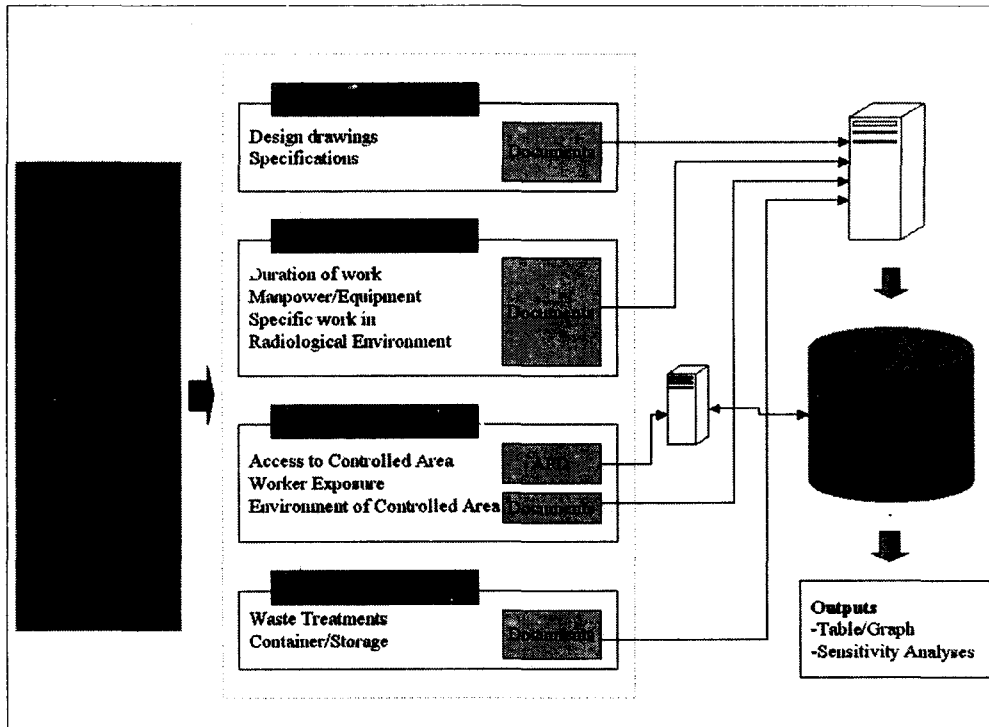


Fig. 4. 연구로 해체 데이터베이스 시스템 자료 운영 구조도

#### 4.2 입력 모듈

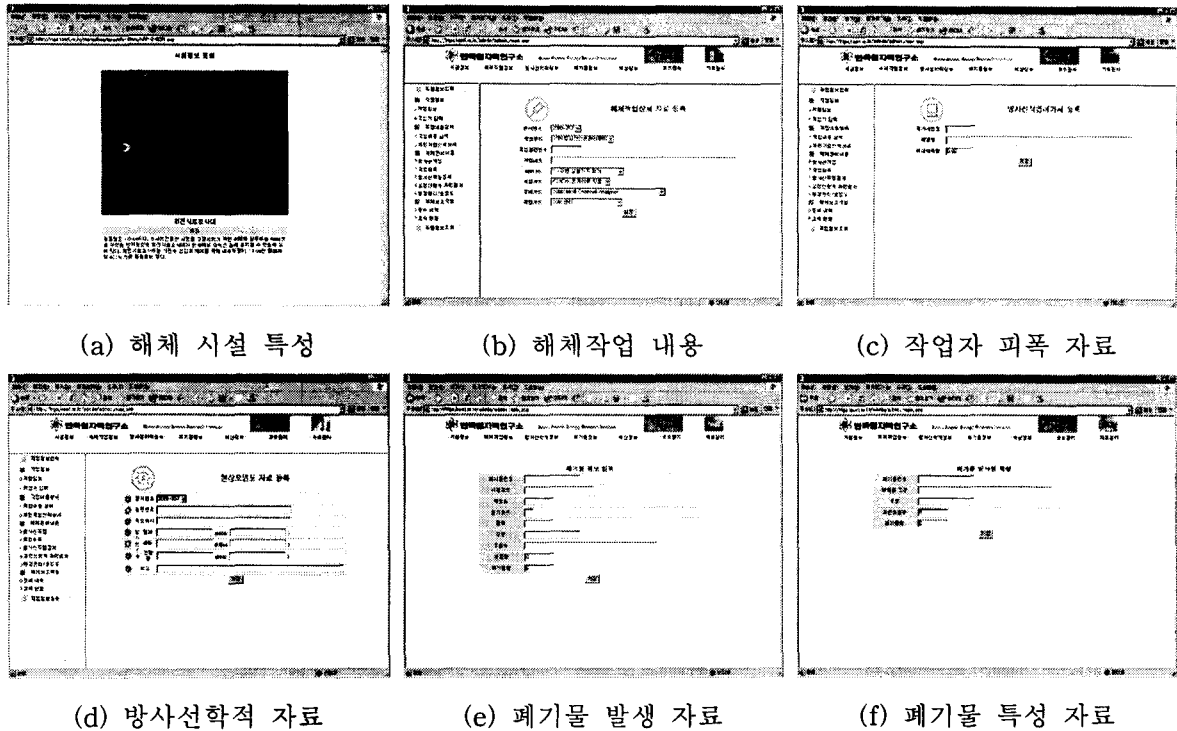
연구로 해체 자료를 입력하여 효율적으로 관리하기 위하여 연구로 해체 정보영역별로 분류하여 데이터베이스 입력 프로그램을 Fig.5와 같이 개발하였다. 연구로 해체정보 영역별로 자료를 처리할 수 있도록 입력 모듈을 통해 입력 자료 확인이 용이하고 중복되지 않게 함으로써 자료처리 정확성과 입력 시간을 단축할 수 있도록 개발하였다.

해체시설 정보에 대해서는 시설물을 부속물에 따라 대·중·소별로 관리할 수 있도록 구성하였다. 해체 시설에 대한 기본적인 자료를 입력한 후 갱신 및 삭제할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

해체작업 정보에 대해서는 해체시설(대상)에 대한 해체 작업내용별, 작업분류별로 자료를 관리할 수 있도록 하였으며, 해체작업 투입인력은 분야별, 직종별로 관리할 수 있도록 하였으며, 투입 장비에 대해서는 투입장비 상세내역을 관리하고 특수한 목적으로 투입된 장비에 대한 자료를 관리할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

방사선학적 정보에 대해서는 방사선 관리 구역 시설내의 공간 방사선량률, 공기오염도, 표면오염도 및 수중오염도를 감시한 결과에 대한 자료를 관리할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

해체 폐기물 정보에 대해서는 폐기물 발생원인 해체 시설 자료를 이용하여 폐기물 자료를 관리할 수 있도록 개발하였다.



(a) 해체 시설 특성                      (b) 해체작업 내용                      (c) 작업자 피폭 자료

(d) 방사선학적 자료                      (e) 폐기물 발생 자료                      (f) 폐기물 특성 자료

Fig. 5. 해체 데이터베이스 입력 프로그램

#### 4.3 조회 및 출력 모듈

연구로 해체 정보 영역별로 입력된 자료를 바탕으로 해체 자료 집계와 정보 분석이 용이하도록 Fig.6과 같이 조회 및 출력에 관한 프로그램을 개발 하였다.

해체시설정보 영역에서는 시설물 특성에 대한 자료, 시설물 사진 또는 도면을 조회할 수 있도록 프로그램을 구성하였고, 시설물이 위치하는 소속별로 시설을 그룹핑하여 확인할 수 있게 프로그램을 개발하였다.

해체작업 정보 영역에서는 해체작업내용을 일별, 월별, 년도 별로 조회할 수 있도록 개발하였으며, 해체작업 분야별, 직종별로 투입 현황을 조회할 수 있도록 하였다. 해체 투입 주요 장비에 대해서는 장비별 투입 수에 대한 집계가 가능하고 주요 장비 특성에 대한 자료를 조회할 수 있도록 구성하였다. 작업자 피폭에 자료는 작업 허가 문서별로 예상피폭선량과 실제 피폭선량을 비교 검토할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

방사선학적 정보 영역에서는 방사선 관리 구역 내에 존재하고 있는 방사성물질로부터 시설의 건전성을 확인하고 동시에 방사성물질이 시설 외부로 누출 여부를 확인할 수 있도록 환경모니터링 자료를 관리구역별, 핵종별, 월별 측정결과를 도표로 확인할 수 있도록 하였다.

해체 폐기물 정보 영역에서는 해체시설물 자료와 연계하여 폐기물 처리 이력에 대한 자료를 확인할 수 있도록 구성하였다.



Fig. 6. 해체 데이터베이스 조회 및 출력 프로그램

#### 4.4 평가 모듈

연구로 해체활동을 통해 발생하는 자료를 입력 표준안에 맞게 분류한 후 매일 또는 주기적으로 해체 데이터베이스 시스템에 입력하고 입력된 결과를 작업관리나 데이터 분석에 필요한 자료를 자료 특성에 맞게 표와 그래프로 이용하여 평가할 수 있도록 개발하였다. 또한 엑셀 프로그램과 같은 Spreadsheet를 이용하여 민감도 분석을 하여 평가할 수 있도록 텍스트 파일 형태로 자료를 내려 받을 수 있는 기능을 부여 했다.

해체 데이터베이스 시스템의 코드 자료를 해체작업과 연계하여 내용을 분석 및 평가할 수 있도록 개발하였고 해체 대상물과 방사선 관리 환경에서의 작업자의 해체활동 능력을 시설별로 구분하여 해체 시설별 작업의 난이도를 평가할 수 있도록 투입량에 대한 분포를 확인할 수 있도록 구성하였다.

#### 5. 연구로 해체현장 자료를 이용한 데이터베이스 시스템 시험 및 평가

현재까지 연구로 2호기 해체활동은 주로 실험실 내부의 실험기기 해체 및 철거작업, 납 hot cell

해체 및 철거 그리고 콘크리트 hot cell 해체작업으로 이루어져 있다. 연구로 2호기 해체활동에서 발생된 현장자료를 개발된 해체 데이터베이스 시스템에 직접 입력하여 해체작업 내용, 투입 인력, 투입 장비, 방사선학적 자료에 대하여 분석 및 평가를 하였다.

### 5.1 해체작업 내용 현장 자료 적용 및 평가

연구로 2호기 해체 활동 중에 수행된 해체작업은 총 77.1 (Man/Month, 이하 M/M, 1Month=200 hour/1 Man)으로 나타났다. 해체작업 중에 배관 철거 및 피폭검사와 같은 해체 활동작업이 22.5 (M/M), 제염작업이 21.2 (M/M), 방사선 측정 및 분석 작업이 18 (M/M)으로 가장 많은 비중을 차지한 것으로 분석이 되었다. 연도별로 분석을 해보면, 2002년도에는 제염활동작업이 16 (M/M), 방사선측정 작업이 13.8 (M/M), 해체 활동작업이 11.4 (M/M), 준비작업이 9.5 (M/M), 폐기물관리 작업이 0.9 (M/M) 그리고 작업안전관리에 관한 해체작업이 0.3 (M/M) 으로 해체작업이 이루어졌음을 알 수가 있다. 2003년도에는 해체활동작업이 11.1 (M/M), 제염활동작업이 5.1 (M/M), 준비작업이 4.3 (M/M), 방사선측정작업이 4.2 (M/M), 폐기물관리작업이 0.7 (M/M)으로 해체작업이 이루어진 것으로 나타났다.

Table 2. 해체작업 내용 연도별 활동 현황

작업분류	2002년도	2003년도	합계
해체활동	11.4	11.1	22.5
제염작업	16	5.1	21.2
방사선 측정 및 분석	13.8	4.2	18
준비작업	9.5	4.3	13.8
폐기물 작업	0.9	0.7	1.6
작업 안전관리	0.3	-	0.3
합계	51.9	25.4	77.3

\* 단위 : M/M ( 200 hour per 1 man)

### 5.2 해체활동 투입인력 현장 자료 적용 및 평가

연구로 2호기 해체활동이 수행 되면서 현장에 투입된 인력에 대한 자료를 직접 입력하여 분석 및 평가를 하였다. 주요 해체 시설에 투입된 인력에 대하여 집계를 해 보았으며, 해체작업분야, 직종, 연도별 투입인력에 대한 자료에 대하여 평가를 하였다.

연구로 2호기 해체 현장 자료를 직접 입력 및 분석한 결과, 전체 해체활동에 투입한 인력은 방사선작업분야 102.1 (M/M)과 방사선안전분야 71.6 (M/M)으로 두 분야에 해체작업에 대한 인력 투입이 대부분 수행된 것으로 나타났다. 연도별로 보면, 2001년에는 방사선작업분야는 19.3 (M/M), 방사선안전분야에서 13.8 (M/M)으로 나타났고, 2002년에는 방사선작업분야 38.9 (M/M), 방사선안전분야 29.5 (M/M), 전문가분야 0.1 (M/M), 폐기물분야 2.4 (M/M), 품질관리분야 2.3 (M/M)으로 나타났으며, 2003년에는 방사선작업분야는 43.9 (M/M), 방사선안전분야는 28.3 (M/M), 품질관리분야는 9.9 (M/M), 폐기물분야는 9.8 (M/M)으로 나타났다.

또한 직종에 대해서는 총 198 (M/M)으로 조사 되었다. 이 중에서 중급기술자가 46.9 (M/M), 특별인부가 43.9 (M/M)으로 큰 비중을 차지한 것으로 나타났다. 연도별로 보면, 2001년에는 중급기술자 13.8 (M/M), 특별인부 10.1 (M/M), 절단공 5.6 (M/M), 작업반장 1.8 (M/M), 콘크리트공 1.7 (M/M) 그리고 현장관리 0.1 (M/M)이고, 2002년에는 중급기술자 23.4 (M/M), 특별인부 13.7 (M/M),



**Table 3. 해체작업분야 연도별 투입 인력현황**

분야	2001년도	2002년도	2003년도	계
방사선안전관리 분야	13.8	29.5	28.3	71.6
방사선작업 분야	19.3	38.9	43.9	102.1
전문가 분야	-	0.1	-	0.1
폐기물 관리 분야	-	2.4	9.8	12.2
품질관리 분야	-	2.3	9.9	12.2
계	33.1	73.2	91.9	198.2

\* 단위 : M/M ( 200 hour per 1 man)

절단공 9.3 (M/M), 작업반장 8 (M/M), 콘크리트공 7.7 (M/M), 초급기술자 3.7 (M/M), 중급기능사 2.4 (M/M), 폐기물관리사 2.4 (M/M), 원자력품질관리사 2.3 (M/M) 그리고 조력공 0.2 (M/M) 로 분석되었으며, 2003년에는 특별인부 20.1 (M/M), 원자력품질관리사 10 (M/M), 중급기능사 10 (M/M), 콘크리트공 10 (M/M), 중급기술자 9.7 (M/M), 폐기물관리사 9.7 (M/M), 작업반장 9.2 (M/M), 절단공 4.6 (M/M) 으로 인력이 투입된 것으로 파악이 되었다.

**Table 4. 해체활동 투입인력 직종 연도별 현황**

직 종	2001년	2002년	2003년	계
고급기술자	-	-	-	-
원자력품질관리사	-	2.3	10	12.3
작업반장	1.8	8	9.2	19
절단공	5.6	9.3	4.6	19.5
조력공	-	0.2	-	0.2
중급기능사	-	2.4	10	12.4
중급기술자	13.8	23.4	9.7	46.9
초급기술자	-	3.7	8.5	12.2
콘크리트공	1.7	7.7	10	19.4
특별인부	10.1	13.7	20.1	43.9
폐기물관리사	-	2.4	9.7	12.1
현장관리	0.1	-	-	0.1
계	33.1	73.1	91.8	198

\* 단위 : M/M ( 200 hour per 1 man)

### 5.3 해체작업 투입장비 현장 자료 적용 및 평가

연구로 2호기 해체활동을 수행하면서 투입된 장비에 대한 현장 자료를 직접 입력하여 분석 및 평가를 하였다. 제염 및 해체를 위한 특수한 목적으로 투입된 장비에 대해서도 평가가 가능하다. 입력된 자료를 분석한 결과, 총 투입된 장비의 종류 수는 71가지 장비로 나타났다.

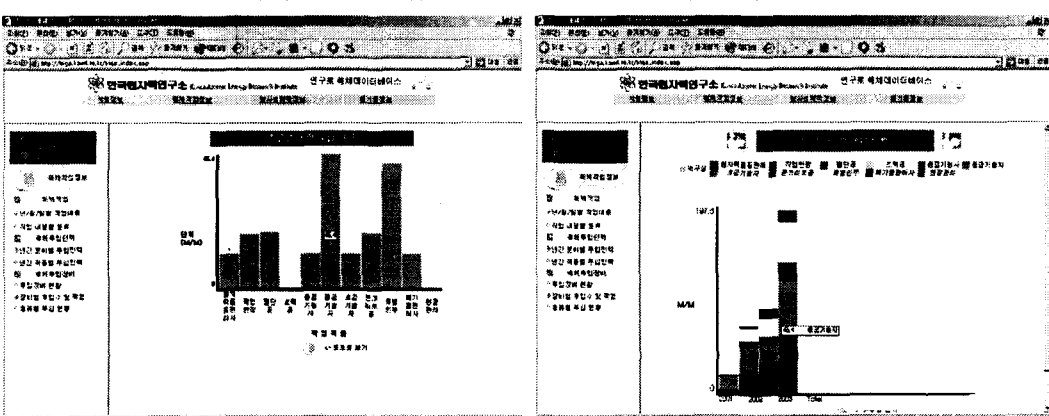
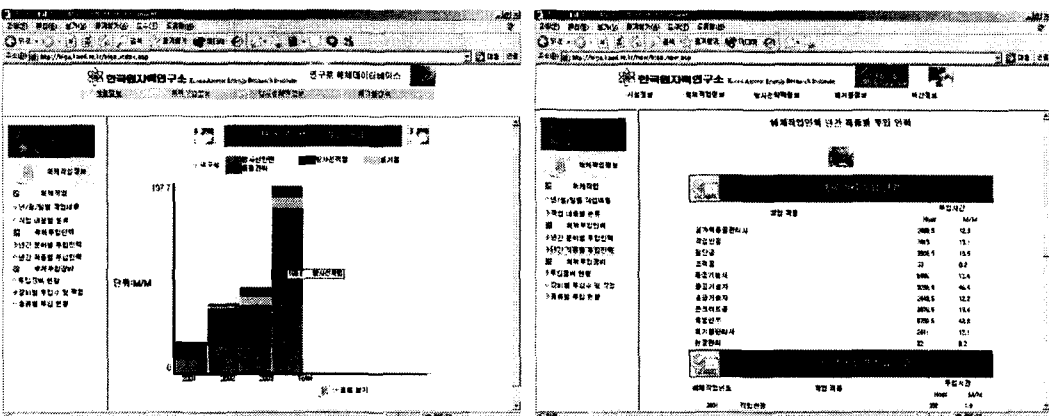
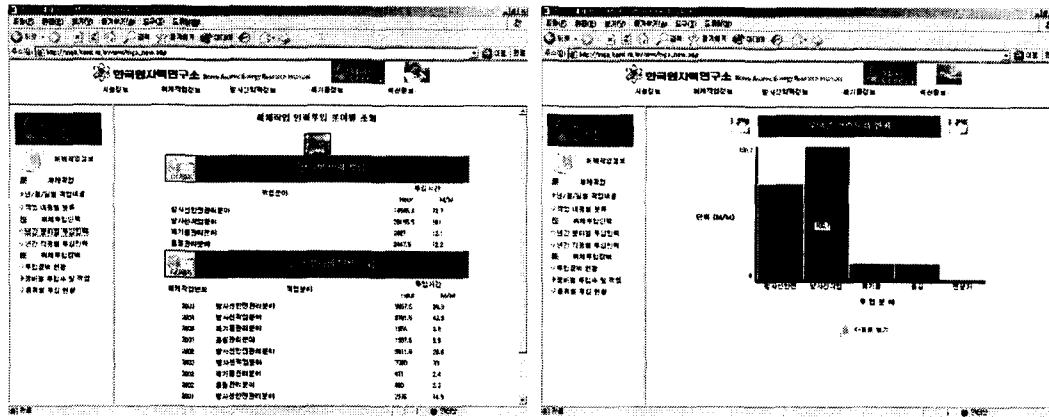


Fig. 7. 해체활동 투입 인력 분포 현황

장비별로 보면, 방사선 측정에 대한 장비가 3,212 일로 가장 많이 투입된 것으로 나타났고, 기타 해체관련 장비가 2635일 투입이 것으로 분석이 되었다. 연도별로 파악을 해보면, 2001년에는 방사선측정기 종류가 670 일 투입, 기타장비가 646 일 투입 그리고 일반작업 관련 장비가 25일 투입이 되었고, 2002년에는 기타 장비류가 1290 일 투입, 방사선측정기류가 1290 일 투입, 공기구류가 177 일 투입, 제염 및 폐기물 처리 관련 장비가 122 일 투입, 그리고 일반작업 관련 장비가 100 일 투입된 것으로 분석이 되었으며, 2003년에는 제염 및 폐기물 처리 관련 장비가 1,285 일 투입, 방사선측정기류가 1,252 일 투입, 기타 장비류가 699 일 투입, 그리고 작업용 공기류가 648 일 투입된

것으로 분석이 되었다. 주로 투입된 개별 장비는 Teletector 649 일 투입, 저준위 방사능측정기 649 일 투입, Multi-channel Analyzer 633 일 투입, Gamma Survey meter 632 일 투입, 이동식 평삭기 500 일 투입이 된 것으로 나타났다.

**일일 해체 장비 투입 내역**

장비명	투입일	투입량	투입처
Teletector	649	1	일일
저준위 방사능측정기	649	1	일일
Multi-channel Analyzer	633	1	일일
Gamma Survey meter	632	1	일일
이동식 평삭기	500	1	일일

(a) 일일 해체 장비 투입 내역

**해체 장비 종류별 집계 현황**

장비명	투입량
Teletector	649
저준위 방사능측정기	649
Multi-channel Analyzer	633
Gamma Survey meter	632
이동식 평삭기	500

(b) 해체 장비 종류별 집계 현황

**주요 해체 장비 특성**

**장비명:** Teletector

**투입량:** 649

**투입처:** 일일

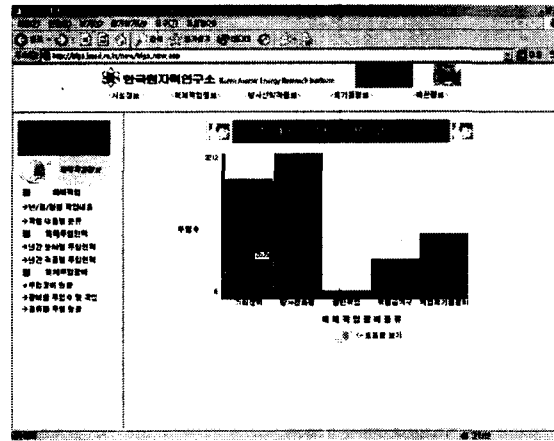
**특성:** 이 장치는 방사능 측정용 계측기로, 고에너지 방사선을 측정할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 또한, 다양한 방사능 측정 모드와 데이터 저장 기능을 제공한다.

(c) 주요 해체 장비 특성

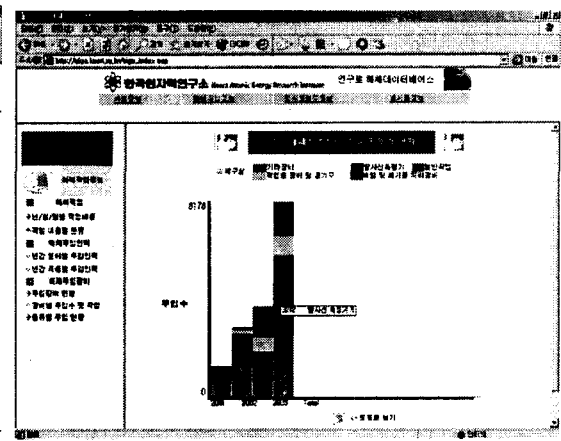
**해체 장비별 투입 일 현황**

투입일	투입량
2008-01-01	1
2008-01-02	1
2008-01-03	1
2008-01-04	1
2008-01-05	1
2008-01-06	1
2008-01-07	1
2008-01-08	1
2008-01-09	1
2008-01-10	1
2008-01-11	1
2008-01-12	1
2008-01-13	1
2008-01-14	1
2008-01-15	1
2008-01-16	1
2008-01-17	1
2008-01-18	1
2008-01-19	1
2008-01-20	1
2008-01-21	1
2008-01-22	1
2008-01-23	1
2008-01-24	1
2008-01-25	1
2008-01-26	1
2008-01-27	1
2008-01-28	1
2008-01-29	1
2008-01-30	1
2008-01-31	1

(d) 해체 장비별 투입 일 현황



(e) 해체 장비 종류별 총 투입 현황



(f) 연도별 해체 장비 투입 현황

Fig. 8. 해체작업 투입장비 현장 자료 입력 및 평가

5.4 해체 방사선학적 현장 자료 적용 및 평가

연구로 2호기 해체활동을 수행하면서 조사한 해체 방사선학적 현장 자료를 직접 입력하여 분석

하였다. 방사선학적 현장 자료로는 해체작업을 착수하기 전, 작업 중 그리고 작업완료 시점에 측정된 방사선/능 측정 자료인 작업 전/후 오염검사 자료와 연구용 원자로 2호기 시설, 부속시설과 부대시설의 방사선 관리 구역 내에서 정기적 또는 수시로 측정된 공간 방사선량률, 공기오염도, 표면오염도 및 수중오염도 자료를 대상으로 하였다.

공간 방사선량률 측정에 대한 자료는 방사성물질의 누설가능성이 있는 지역과 출입자의 방사선 피폭의 가능성이 높은 지역에 대한 현장 자료를 직접 입력하여 분석을 하였으며, 시설 내에서 측정된 공간 방사선량률 분포를 통해서 시설의 건전성이 유지되고 있음을 확인할 수 있었다.

공기오염도 측정에 대한 현장 자료는 해체작업이 진행 중에 있는 동위원소 생산시설과 관련된 측정 자료를 입력하여 분석한 결과, 시설 내의 월평균 공기오염도는 대부분 최소검출방사능 (Medium Detectable Activity : MDA)이하인 것을 확인할 수 있었다.

수중방사능농도 측정에 대해서는 수중 방사성물질로 인한 시설내의 오염의 정도 및 범위를 확인하기 위한 현장 자료를 직접 입력하여 분석을 한 결과, 수조수의  $\alpha$ ,  $\beta$  방사능 측정결과를 명확하게 확인할 수가 있었다.

표면오염도 측정에 대해서는 스미어 방법에 의한 간접법으로 채취된 시료를 계수기를 이용하여 측정된 현장 자료를 직접 입력하여 방사성물질의 누설 여부 판정과 시설의 건전성을 확인하였다.

해체작업 전/후 측정에 대해서는 해체작업을 착수 전/후에 방사선/능을 조사한 현장 자료를 직접 입력하여 해체 처리공정의 오염도 정도를 명확하게 확인을 하였다.

## 5.5 연구로 해체 데이터베이스 시스템 평가 및 고찰

연구로 해체 데이터베이스 시스템에 각 정보영역별로 자료를 입력하여 검색과 집계에 대한 프로그램 기능의 처리가 정확하게 처리가 되었다. 해체시설 자료 처리는 해체작업과 폐기물자료와 연계가 정확하게 처리가 되었다. 해체작업에 대한 자료는 작업번호에 따라 작업내용, 작업자, 장비에 대한 자료처리가 상호 연관되어 처리가 되어 분류가 이루어짐을 확인하였고, 방사선학적 자료는 환경 모니터링 자료가 시설코드와 연계가 되어 처리됨을 확인하였다. 해체폐기물 자료는 폐기물 처리과정이 순서대로 자료가 처리가 되었음을 확인하였다.

입력된 해체활동 자료를 바탕으로 코드와 상호 연관 자료를 바탕으로 각 정보영역별로 Fig. 9와 같이 다양한 정보 분석이 가능하게 되었다. 연구로 해체 데이터베이스의 주요 분석 기능 중의 하나는 해체 데이터베이스 시스템의 WBS 코드, 작업코드와 해체시설자료를 연계하여 해체활동을 분석 및 평가할 수 있게 되었다는 점이다. 연구로 해체작업을 분석해보면, 작업 내용이 방사선 관련 작업(안전관리, 오염검사), 해체관련 일반작업(해체, 유지보수), 폐기물 관련 작업(고체폐기물, 액체폐기물), 품질관리와 같은 작업이 규칙성을 이룸을 알 수가 있다. 이 규칙에 의해서 모아진 작업마다 관리데이터의 계산이 또한 가능하게 되었다. 즉, 기기 하나하나를 해체할 경우에도 그 기기가 갖는 특징에 맞추어 일정한 규칙적인 절차에 따라서 해체작업이 진행되고, 어느 작업에 어느 정도의 작업 장비 및 인원이 필요 하는지 알 수 있게 되었다. 또한, 해체작업 내용을 준비작업, 해체작업, 포장작업, 수송 작업, 뒤처리작업에 해당하는 작업군 등의 그룹으로 나누어 이 각 항목의 계층 정도를 세분화하여 그룹의 세분화된 항목에 대하여, 작업에 필요한 인공수, 작업자의 피폭선량, 폐기물 발생량 등을 평가하여 작업 항목마다에 필요한 양을 구할 수 있게 되었다. 해체 대상물과 방사선 관리 환경에서의 작업자의 해체활동 능력을 시설별로 구분하여 분류함으로써 해체 대상물별 작업의 난이도를 평가할 수 있으며, 예상했던 작업자 투입량과 실 투입량을 비교 평가할 수 있게 되었다.

현재 연구로 해체 데이터베이스 시스템에는 해체활동 평가 기능이 부족하다. 앞으로 연구로 해체 데이터베이스 시스템을 이용하여 해체계획이나 관리에 필요한 작업자 수, 비용, 작업자의 피폭

선량 등 관리데이터를 이용하여 연구로 해체활동에 대한 평가 방법론을 다양하게 개발하고 이것을 연구로 해체 데이터베이스 시스템에 적용함으로써 해체활동 및 기술에 대한 보다 체계적인 평가를 할 수 있도록 기능을 보완 및 확장할 계획이다.

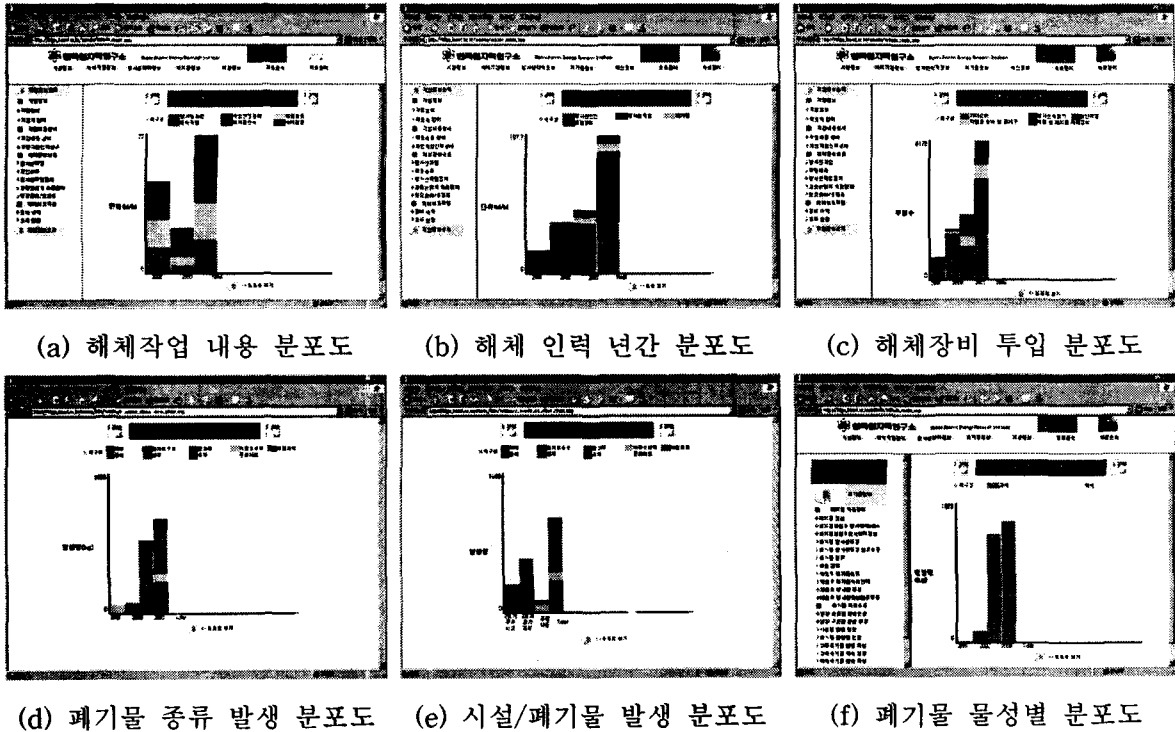


Fig. 9. 연구로 해체자료 분석 및 평가 프로그램

## 6. 결 론

연구로 해체는 국내에서 처음으로 시도되는 원자력시설 해체작업이므로, 수집 가능한 많은 상세한 자료를 보관하고, 이 자료를 바탕으로 다양한 분석이 가능하도록 해체 데이터베이스를 설계 및 개발 하였다.

연구로 해체활동 중에 발생한 자료를 데이터베이스를 이용하여 처리함으로써, 해체활동을 통해 발생하는 여러 형태의 자료와 분산된 보관 방법을 호환성 있고 동일한 자료 체계로 관리 및 분석이 가능하게 되었다.

궁극적으로, 본 연구에서 개발된 연구로 해체 데이터베이스 시스템을 이용하여 우리나라 최초의 원자력 관련 시설 해체인 연구로 1, 2호기 해체활동에 대한 체계적인 자료 관리 및 분석이 가능하게 되었고, 해체활동에 대한 보다 객관적이고 정확한 정보 분석 및 평가가 가능하게 되어 연구로 해체활동을 보다 효율적으로 수행할 수 있게 되었다. 나아가, 향후 원자력관련 시설 해체 시 해체 대상에 맞게 입지조건, 운전조건, 시설의 특성 등을 충분히 고려해서 최적의 해체 계획을 세우는 데 중요한 도구로 활용할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부에서 주관하는 원자력중장기 연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

## 참고문헌

1. 이시카와 미치오, "안전한 퇴역을 위한 원자로 해체", 한국원자력문화재단, 1997
2. IAEA, "Record Keeping for the decommissioning of nuclear facilities : Guidelines and Experience", Technical Report Series No.411, 2002
3. IAEA, "A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations", Interim Technical Documents, 1999
4. 박희성 외, "Conceptual Data Modeling on the KRR-1 & 2 Decommissioning Database", KNS, 2002