

해체 데이터베이스 개념 데이터 모델링

Conceptual Data Modeling on the Decommissioning Database

박희성*, 박승국, 정기정

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

연구로 1호기와 2호기의 해체 DB 구축을 위한 정보전략계획(ISP: Information Strategy Planning)연구가 수행되었다. 원자력 관련 국가들의 해체 관련 DB 구축 사례를 검토하였다. 해체 DB 구축 범위를 설정하기 위해 사용자 요구사항과 정보 자료 중요도를 분석하였고, 해체 DB 개념을 정립하였다. 외국의 사례를 검토한 결과 해체 공정에 대한 DB 기술 확보의 중요성을 인식하였으며, DB 개발 시 기존 프로그램 및 유사 기관들과의 연계성 등이 고려되어야 할 것으로 본다. 해체와 관련한 20여종의 자료 수집과 연구로 1, 2호기 시설방문을 통한 시설조사 및 현황, 그리고 연구로 해체 설계자와 방사성폐기물 관리 전문가, 방사선안전관리 전문가와의 면담을 통하여 해체 시설정보, 작업자 정보, 폐기물 정보, 그리고 방사선학적 정보를 도출하였다. 연구과정을 통하여 얻어진 해체 데이터 모델링 결과와 정보들은 해체 업무 영역 분석과 해체 DB Prototype 설계를 위한 기초자료로 활용될 것이다.

Abstract

ISP (Information Strategy Planning), which is the first step of the whole database development, has been studied to manage effectively information and data related to the decommissioning activities of the Korea Research Reactor 1&2(KRR-1&2). A record management system (RMS) of large nuclear facilities of national experience such as in the U.S.A, Japan, Belgium, and Russian were reviewed. In order to establish the scope of the decommissioning DB, user requirement and the importance of the information were analyzed and set up the conceptual design of the decommissioning DB. The results have been reviewed an national experience were recognized to acquire the technology of the decommissioning DB for the whole decommissioning process. It has been extracted the principle information such as working information, facilities information, radioactive waste treatment, and radiological surveying and analysis during the interviewing with an experts. These information and data will be used as the basic data to design the prototyping.

1. 서 론

서울 공릉동에 위치한 연구로 1호기(TRIGA Mark-II)는 1955년 제네마 국제회의에서 미국이 우방국에 연구용 원자로 건설을 제의함에 따라, 1958년 12월 General Atomic사와 도입 계약을 체결, 1959년 7월에 착공하여 1962년 3월 19일 첫 임계에 도달한 국내 최초의 연구용 원자로이다. 본 연구로 1호기는 1969년 초기의 100KW에서 250KW로 용량이 증가하였으나 용량이 더 큰 원자로의 필요성이 대두되어 1972년에 2MW급 연구로 2호기(TRIGA Mark-III)를 준공 후 가동하였다. 연구로 1,2호기는 1995년 그 수명이 다하여 정지 시까지 각종 원자력 연구개발 및 교육, 훈련 등 국내 원자력 분야에 지대하게 이용되었다. 이후 관리의 어려움, 시설의 노후화 및 30MW 급 다목적 연구용 원자로인 하나로의 가동에 따라 과학기술부는 연구로 1, 2호기를 폐로하기로 결정하였다. 이에 따라 한국원자력연구소는 1996년 하반기에 연구로 1, 2호기의 폐로를 위한 사업계획서를 작성하여 과학기술부에 제출하고, 1997년 1월 연구로 1, 2호기 폐로 사업을 착수하였다. 그간 Engineering 업무 수행 및 해체계획서를 작성하고 인허가를 신청하여 2000년 11월에 정부로부터 승인을 얻어 지난 6월부터 해체 활동을 시작하여 현재 진행 중에 있다[1]. 수년 또는 수십년 이상 소요되는 원자력시설의 해체 작업은 체계적으로 관리하여야 할 다량의 방사성폐기물, 해체 작업자료, 작업자 안전관리 및 피폭관리, 해체 소요비용, 해체 기술, 방사선학적 자료 등 수 많은 정보가 필연적으로 발생한다. 따라서 이러한 방대한 양의 정보들을 체계적으로 보존 관리할 수 있는 DB 시스템을 개발하는 것은 필수적인 사항이다. 해체 경험이 있는 선진국들은 나름대로 DB 시스템을 개발하여 활용하고 있으며 첨단 컴퓨터 시스템으로 데이터들을 관리하고 있다. 연구로 1, 2호기 해체 DB structure 구축의 개념 설계 단계로서 해체 정보전략계획이 수립되었다. IAEA 및 OECD/NEA 등 원자력 국제기구에서 발행한 자료와 미국, 캐나다, 일본, 벨기에, 러시아 등 해외 DB 구축 사례를 살펴보고, 연구로 1, 2호기 해체 구축 범위를 설정하기 위해 사용자 요구사항을 분석하였으며, 구축하고자 하는 DB 개념을 정립하였다.

2. 해외 해체 DB 사례

가. 미국

미국의 경우는 중점적으로 해체 규제와 인허가 사항에 많은 비중을 두고 연구가 진행되고 있다[2]. 환경부 산하에 많은 원자력 관련 기관들은 시설 해체에서 완료까지 발생하는 모든 기록과정들을 Project Data Package(PDP)로 관리하고 있다[3]. PDP 프로그램은 해체 과제 Sponsor와 제도적인 기록에 대한 최종 보고서를 준비하는데 사용되고 있으며, 현장자료는 운영자가 보유하며 복사 본을 미 환경부에 제출하게 되어있다. PDP에는 프로젝트 제목, Identification 및 Authorization, 물리적, 방사선학적 및 위해 물질 특성 및 분석 보고서, 프로젝트 관리 계획, 환경 영향 평가 보고서, 해체 기술 계획, 설계 심사 및 안전성 평가, 폐기물 관리 데이터, 상세 업무 공정 보고서, 준비 심사 및 평가, 방사선학적 검사 기록, 자산 정리 기록, 폐기물 및 방사선 방출 요건, 부대 기록, 제염 및 해체 비용 및 계획 상황 보고서, 방사선학적 및 화학적 검사 최종보고서, 독립적인 확인 검사 보고서, 방사선 방출 제한 조건, 프로젝트 최종보고서, 완결 기록, 지원되는 공학 서류 및 공지 사항 등이 포함되어있다.

나. 캐나다

캐나다 원자력 공사(AECL: Atomic Energy of CANADA)는 다년간 Ontario에 위치한

Nuclear Power Demonstration(NDP) 원자로, Chalk River Laboratory에 있는 National Research Experimental(NRX) 원자로, Quebec 에 있는 Gentili 1, Ottawa에 위치한 Tunney's Pasture Radioisotope 시설 및 Ontario에 있는 Douglas point Nuclear Generating Station 시설들에 대하여 해체가 수행하였다. 현재는 CANDU원자로와 관련된 과학적 연구와 개발을 목적으로 1960년 설립된 Whiteshell Laboratories 해체 과제가 진행 중에 있다. AECL은 Whiteshell Reactor(WR-1) 가동을 2001년 12월까지 정지하기로 결정함에 따라 부지내 원자력 시설은 해체 예정이다. 현재 첫 번째 해체단계 동안 WR-1 폐로에 대한 기록 보존이 수행중에 있으며, 과거 및 현재의 감시/조사 기록들을 취합하기 위한 총체적 시스템이 개발 중에 있다. 또한 해체기록시스템과 해체기록시리즈에 대한 배경 정보를 조합하여 시스템에 저장될 정보 및 기록의 근간을 이루는 High-level working 모델이 개발되고 있다. 기록 및 정보관리 현황을 살펴보면 도면, 설계정보, 보고서, 논문, 운영기록, 폐기물 명단, 방사선적 방호정보/조사기록, 내부보고서 및 사진 등이 있는데 이는 부지의 방사선학적, 지리적 및 환경 영향 평가의 기초자료로 활용된다. 규제목적에 필요한 문서를 지원하도록 Data가 수집 및 저장되고 있으며, 역사적 지원정보 및 데이터는 AECL의 Basic Subject Index System (BSI)를 사용하여 수집 및 분류되고 있다. 해체 기록 입수 및 관리 방식은 기존 정보의 경우 BSI를 통하여 전달되고 WDRS(Whiteshell Decommissioning Records System)로 이동되거나 직접 시스템에 전달되며, 출판된 보고서는 AECL의 공식 시스템을 통하여 입수된다[4].

다. 벨기에

벨기에는 ISO9002에 따라 QA시스템을 구현하기 위해 BR-3 원자력 시설 해체 과제에 대한 관리 기법을 선정하였다. 원자력 시설의 해체과정을 일련의 원자력 재료의 생성과정으로 보고 있으며 폐기물을 최소화하고 가능한 원자력 재료들을 재활용하는데 목적을 두고 있다. 원자력 재료의 재활용과정에서 국민 건강 보건의 필요성에 따라 안전성 평가 기관인 National Organism for Radioactive Waste and Fissile Material(NIRAS/ONDRAF)과 원자력 시설 관련자는 서로 다른 상이한 사항을 요구하고 있다[5]. 이들의 요구사항들은 모든 기록들의 문서화, 해체물들의 최종 처리되는 과정, 해체 폐기물들이 방출 허용치 내에서 공정이 이루어져야 한다는 것과 해체 폐기물들의 분류 및 상세화 등이 있다.

라. 일본

일본은 해체 작업 공정, 피폭선량, 해체 폐기물량 그리고 해체 비용을 최소화 시키기 위해 해체 공학 지원 시스템을 개발하고 있다. 원자력 관련 시설들은 방대한 양의 구조에서 수없이 많은 자료들이 만들어 지기 때문에 현실적으로 이들 시설물들을 해체하기 전에 효율적이고 정교하게 평가되어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 일본은 DB 시스템, 3D CAD 시스템, V.R(Virtual Reality), 그리고 Visualization 기술을 개발하고 있다. 3D CAD는 1998년 시스템 설계 단계부터 현재 까지 계속 진행되고 있다. 해체 기획과 관리 기술을 최적화시키기 위해 일본 원자력 연구소는 JPDR(Japan power Demonstration Reactor)를 해체한 경험을 바탕으로 COSMARD(Code System for Management of Reactor Decommissioning)[6]를 개발하여 사용하고 있다. 또한 이들 시스템들을 효과적이고 교육적으로 활용하기 위해 VR(Virtual Reality) 기술과 3D CAD 자료를 이용하여 해체 전산 모사 시스템을 구현시키고 있다.

3. 해체 DB 구축 범위 설정 및 조정

가) 사용자 요구사항 분석

시스템을 개발하기 위한 첫 번째 작업은 컴퓨터를 이용하고자 하는 목적에 따라 요구하는 사항을 분석하고 정의하는 일이다. 분석이란 어떤 상황을 개별적으로 연구하거나 어떤 문제를 해결하기 위하여 보다 작은 요소로 분해하는 일련의 과정이라고 할 수 있다. 다시 말하자면 어떤 행동을 취하기 전에 문제를 연구하여 문제의 속성, 기능, 관련성을 파악하여 비구조적인 문제로부터 구조적인 모형을 추출, 명세화하는 행위이다. 요구 분석의 주요 활동은 먼저 현재의 운영방법을 분석하여, 사용자가 시스템에 대해 원하는 요구가 무엇인지를 추출하고, 소프트웨어가 이러한 요구를 어떻게 해결할 것인가를 기술하는 것이다. 따라서 요구정의는 제기된 문제를 해결하기 위한 수단을 찾아내기 위해, 사용자 요구사항을 파악하여 실현가능한지를 검토한 후, 새로운 시스템이 필요로 하는 명세서를 작성하는 것이다. 이 작업결과가 시스템의 성패를 좌우한다고 볼 수 있으며, 장기적인 관점에서 데이터 베이스에 적용시키고자 하는 모든 전체의 요구사항을 적용할 수 있도록 신중히 검토해야 한다. 시스템 조사방법으로 일반적으로 자료 수집법, 현장 관찰법 그리고 면담법을 사용한다.

나) DB 구축 개념 설정

1) 하드웨어 구성

컴퓨터 하드웨어의 발전은 메인프레임의 중앙집중형 컴퓨팅 환경에서 분산 클라이언트/서버 환경으로 넘어가고 있고 현재는 Web(Intranet) 환경으로 그 변화의 흐름이 이어지고 있다. 이 장에서는 해체 DB 구축 시 어떠한 하드웨어를 구성해야하는지 결정하기 위해 변화의 축인 2개의 시스템이 지니고 있는 특징들과 장.단점을 검토하였다.

가) Client/ Server 시스템

o 2 계층 Client/Server 구조

컴퓨팅 환경에서 아키텍처는 특정 제품에 국한되지 않고, 주로 응용 시스템 구축을 위해 사용된다. 이는 응용, DB, 네트워크의 3가지 로직으로 구성되며 프로세싱 수행을 위한 일련의 집합이라 할 수 있다. 아키텍처는 이들 로직의 결합으로 구현되며, 따라서 성공적인 아키텍처는 하드웨어 플랫폼이 아니라 로직 구성에 달려있다고 할 수 있다. 클라이언트/서버 아키텍처의 1, 2세대를 이끌어온 2계층 아키텍처는 클라이언트 집중형과 서버 집중형 2가지로 구분된다.

o 3 계층 Client/Server 구조

기업 환경의 변화에 따라 업무처리 내용이 다양해지고, 클라이언트/서버 아키텍처가 부분적인 솔루션이 아닌 정보시스템 기반 구조의 주요 시스템 아키텍처로 부각되면서 각각의

서버는 고유의 업무를 처리하는 방향으로 분산되었다. 이러한 상황에서 2계층 아키텍처의 단점인 서버 과부하와 다중 서버의 등장으로 인한 트랜잭션 관리의 문제점을 극복하고 플러그-앤-플레이(Plug-and-Play) 지원 아키텍처로서 제3세대 클라이언트/서버 구조인 3계층(3-tier) 아키텍처가 나오게 되었다. 3계층 아키텍처는 응용의 3개 논리적 구성요소 유형을 하나 혹은 여러 개의 응용 시스템이 공유할 수 있도록 구성한다. 응용 구성요소는 하나 또는 그 이상의 물리적 시스템에 걸쳐 배치될 수 있다. 또한 응용 구성요소들은 해당 구성요소가 실행하는 기본기능을 감추고 추상적인 인터페이스를 통해 서로 통신한다.

나) Web(Intranet)시스템과 Client/Server 환경

Web(Intranet)은 Tier-less 아키텍처 개념으로 출발하여 대용량의 트랜잭션을 유연하게 분산처리할 수 있는 또 하나의 견고한 Multi-Tier 아키텍처로서 한 영역을 차지하고 있다. 현재 구축되어 있는 2-tier, 3-tier 형태의 분산 컴퓨팅 아키텍처는 정보의 증가에 따라 수직적인 정보공유 형태로 나타나고 있는데, 수평적인 정보공유를 위해서는 미들웨어 또는 복제를 통한 작업으로 처리하거나 각각 다른 클라이언트를 구동시켜 서로 다른 시스템에서 정보를 취득해야 하는 문제점을 가지고 있다. 이것은 각각의 시스템이 독자적인 클라이언트/서버 모델로 이루어져 있기 때문이다. 반면 표준 클라이언트/서버 모델을 도입하고 있는 Web(Intranet)은 표준화된 클라이언트가 서로 다른 시스템의 정보를 자연스럽게 통합하여 업무를 처리할 수 있게 하여 수평적인 정보공유가 가능한 정보시스템을 구현하고 있다.

2) 소프트웨어 구성

가) 관계형 데이터베이스 시스템(Relational DBMS)

관계형 데이터베이스의 기본적인 구성 요소는 이차원 테이블(또는 릴레이션)이다. 하나의 테이블은 데이터 행(튜플이라고 함)들의 집합으로 구성되는데, 각 튜플은 다시 여러 데이터 원소(속성이라고 함)들로 구성된다. 이 때, 각 속성은 STRING, NUMBER, DATE 등과 같은 기본적인 데이터 타입을 갖도록 고정된다. 이러한 테이블 구조를 바탕으로 관계형 데이터 모델은 다음과 같은 대표적인 관계 연산들을 정의한다.

- o project : 어떤 속성들이 결과 집합에 포함될 것인지 명시함.
- o restrict : 어떤 튜플들이 결과 집합에 포함될 것인지를 명시함.
- o join : 둘 이상의 테이블들을 하나의 테이블로 합칠 것을 명시함.

테이블에 저장되어 있는 데이터를 조작하기 위해서 이러한 관계 연산들을 이용하는데, 사용자가 보다 쉽게 사용할 수 있도록 SQL(Structured Query Language)이란 표준 질의어를 제공한다. SQL에서 project 연산은 select절에서, 그리고 restrict와 join 연산은 where 절에서 표현되며, 연산에 사용될 테이블들은 from 절에 나열한다. SQL은 데이터 검색 뿐만 아니라 새로운 데이터의 삽입을 위한 Insert문, 데이터의 변경을 위한 Update문, 그리고 데이터의 삭제를 위한 Delete문 등 여러가지 데이터 조작 연산들을 함께 제공한다.

나) 객체 지향 데이터베이스 시스템(Object Oriented DBMS)

객체 지향 모델은 데이터와 관련 코드를 결합한 구조의 객체에 기반하는 것으로서, 객체에 대한 정의는 클래스에 포함되며 각 객체는 해당 클래스의 인스턴스(instance)로 생성된다. 이와 같은 객체 지향 모델에 기반을 둔 OODBMS는 기본적으로 캡슐화(encapsulation), 상속(inheritance), 다형성(polymorphism), 객체 식별자와 같은 특징들을 가지고 있다.

다) 객체 관계형 데이터베이스 시스템(Object Relational DBMS)

ORDBMS는 RDBMS가 갖고 있는 제약점들을 해결하기 위해서 RDBMS의 개념을 기반으로 OODBMS의 개념을 통합한 것으로 볼 수 있다. ORDBMS에서 객체 지향 개념을 어떤 방향으로 지원하는지 차이점을 살펴보면 중요한 차이점 중의 하나가 데이터의 저장 및 접근 방법에 관한 것이다. OODBMS 측은 유일한 식별자를 사용할 것을 주장하는데 비해 ORDBMS 측은 기존의 RDBMS에서 처럼 실제 데이터 값을 이용한 접근을 원칙으로 하고 그것이 없을 때에만 유일한 식별자를 사용하도록 주장한다.

다음 차이점으로 대부분의 객체 지향 데이터베이스는 C++, Smalltalk, 그리고 오늘날의 Java와 같은 OOP에 대한 지속성 프로그래밍 방식을 지원한다. 이는 데이터베이스 언어를 따로 두지 않고 완전한 기존의 프로그래밍 언어에 지속성을 부여하여 사용하는 개념이다. 또한 OODBMS에서는 객체를 접근하거나 다른 객체로 옮겨갈 때 OOP에서 제공하는 포인터 또는 다른 참조 기법을 이용하기 때문에 객체 지향 데이터베이스에서는 객체 간의 포함 관계를 갖는 복합 객체를 효율적으로 저장할 수 있다. 그에 비해서 ORDBMS는 값을 이용한 접근을 기본으로 사용하기 때문에 원하는 데이터를 접근할 때 직접 찾을 필요없이 SQL과 같은 선언적 언어로 조건을 기술하면 된다. 하지만 기존의 RDBMS에 값을 이용하여 복합 객체를 검색하는 기능이 없기 때문에, ORDBMS에서는 복합 객체를 검색하기 위해서 SQL을 확장하여 값을 이용하여 접근하는 기능과 일종의 포인터 접근 기능을 지원한다.

4. 결과 및 검토

가. 사용자 요구사항

해체 DB 구축 범위를 설정하기 위해 수행된 사용자 요구 분석은 해체 사업 보고서 및 계획서, 해체 설계서, 연구로 1, 2호기 운영 보고서 등 20여종의 자료를 수집하여 분석하였고, 연구로 1, 2호기 현장을 방문하여 시설 현황 조사 및 데이터 생산 과정을 면밀히 관찰하였으며, 해체 사업 종사자, 방사성폐기물 관리 전문가, 방사선안전관리 전문가와 면담을 통하여 해체 DB에서 다루게 될 주요 데이터들에 대한 정보들을 분석하였다. 사용자 요구분석 결과를 표 1에 나타내었다.

나. DB 구축 개념 설정

표 1. 사용자 요구사항

분석 항목	사용자 요구사항
시설 정보	<ul style="list-style-type: none"> o 연구로 2호기 원자로실 o 연구로 2호기 부속시설(동위원소 생산실, 실험실) o 연구로 1호기 원자로실 및 부속시설 o 연구로 주변시설-임시 투입시설
작업 정보	<ul style="list-style-type: none"> o 작업 종사자의 조직별, 직종별 구분 o 작업 장소 및 작업 시간 o 소요 비용 평가 o 작업에 투입되는 장비, 장치류 관리
폐기물 정보	<ul style="list-style-type: none"> o 해체 폐기물의 종합적인 관리 자료 확보 o 폐기물을 물성별, 형상별, 준위별 구분 o 일반 폐기물, 규제 해체 폐기물, 방사성폐기물 분류 o 2차 제염과정에서 발생하는 자료
방사선학적 정보	<ul style="list-style-type: none"> o 시설, 작업자, 폐기물에 대한 방사선학적 자료 관리 o 주변 환경으로의 방출 감시 o 작업자 피폭 관리 및 평가 o 해체 대상물의 방사화 분포 및 방사화 핵종 자료

1) 하드웨어 구성

Client/Server 시스템과 Web(Intranet) 시스템을 비교 분석한 결과 Client/Server 아키텍처가 가지는 특징 중 자료의 보안성이 우수함으로써 연구로 해체 DB 구축에는 Client/Server 시스템을 선택하였다. 클라이언트/서버 환경과 Web(Intranet) 환경의 차이를 표 2에 나타내었다.

2) 소프트웨어 구성

표 2. C/S와 Web(Intranet) 환경의 차이점

구분		클라이언트/서버	Web(Intranet)
경제성		낮음	높음
사용자	환경	다양한 응용프로그램	웹브라우저
	사용자 지원	복잡/고비용	단순/저비용
	사용자 인터페이스	응용프로그램별로 다름	웹브라우저로 통일
시스템	표준 기술	업체별 고유의 솔루션	인터넷 표준기술 사용
	안전성	보통	낮음
	응답시간	보통	낮음
정보 공유도		보통	낮음

연구로 1, 2 호기 해체 데이터베이스를 개발 할 때 다양한 개념 및 기술을 갖는 많은 DBMS 제품들 중 현재 및 미래의 데이터 관리 방법을 선택하는데 있어서 RDBMS, OODBMS, 그리고 ORDBMS를 비교 분석한 결과, 현재 DBMS 시장을 주도하고 있으며, 구조화된 대용량의 데이터를 관리하는데 뛰어난 성능을 발휘하고 있는 관계형 DB(RDBMS)를 선정하였다.

5. 결론

연구로 1, 2호기 해체 DB 시스템 구축 전 과정 중 개념적 모델 설계 단계인 해체 정보 전력 계획을 수립하였다. 해외 해체 DB 구축 사례를 조사 분석한 결과 각 국은 오래 전부터 자국의 실정에 맞도록 해체 DB 시스템을 개발하여 활용하고 있었으며, 컴퓨터 기술의 발달로 현재는 새로운 형태의 DB 시스템을 개발하여 운영하고 있었다. 해체 DB 구축에 필요한 사용자 요구 사항을 분석한 결과 시설정보, 작업 정보, 폐기물 정보, 방사선학적 정보 등 각각의 정보에 대한 요구사항을 조정 수용하였다. 연구로 1, 2호기 해체 DB 시스템 구축에 사용될 하드웨어 시스템으로는 자료의 보안성이 우수한 Client/Server 시스템이 선정되었으며, 소프트웨어로는 대용량의 데이터를 관리하는데 뛰어난 성능을 가지면서 가장 보편화 되어 있는 관계형DB(RDBMS)가 선정되었다. 사용자 요구사항으로부터 도출된 주요 자료들은 각 정보들간의 특징과 속성들을 관계도(ERD: Entity Relationship Diagram)로 생성되어 해체 DB의 prototyping 모델에 사용될 것이다.

감사

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

1. 정기정 외., "연구로 1호기 및 2호기 폐로사업 해체 계획서" , KAERI/TR-1654/2000
2. "Records Important for Decommissioning of Nuclear Reactors", USNRC Draft Regulatory Guide, September 1989, Task DG-1006
3. "Decontamination and Decommissioning Program Management Plan", Revision B-0, ANL Internal Document, December 1998
4. ANNEX 1 Record Keeping for Decommissioning of Large Nuclear Facilities-Examples of National Experience
5. The Implementation of a QA system in the BR3 PWR dismantling project; Demeulemeester Y., Massaut V., Moers S., Lefebvre A; WM99, Febuary 8-March 4
6. S. Yanagihara, " COSMARD: Code System for Management of JPDR Decommissioning" J. Nucl. Sci. Technol., 30(9), 890(1993)