

연구소 방사성 폐기물 관리시스템 설계

Design of Radioactive Wastes Management Integration System (RAWMIS) in KAERI

조한석, 손종식, 김태국, 강일식, 이영희

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

폐기물 발생량의 추세와 한정된 저장고 및 처리시설의 현 상황과 처분에 있어서의 폐기물 이력 관리의 중요성이 대두되고 폐기물의 효율적 관리를 위한 체계적인 이력관리와 문서관리 및 각종 통계자료를 도출할 수 있는 데이터베이스 시스템의 구축이 필요하다. IAEA에서 제시하고 있는 ‘폐기물 정보기록관리시스템(WIRKS) 기술지침¹⁾’의 분석과 국내·외 국가에서 구축되고 활용되고 있는 유사 시스템의 사례를 수집·분석하여 RAWMIS 시스템의 구성을 설정하고 세부 관리 항목을 조사하였다. 또한 연구소의 폐기물 관리업무 절차를 분석하여 조사된 세부 관리 항목을 추가 혹은 현 업무의 실정에 맞도록 수정하여 시스템의 기본설계를 완료하였다.

본 연구를 통하여 구축될 시스템은 단위 발생기관의 방사성폐기물에 대한 통합 관리하는 업무의 효율을 증가시키고 서류와 인적, 물적 자원의 절약을 도모하고 방사성폐기물에 대한 추적관리 및 처리의 효율성을 향상시키며 폐기물의 관리의 대책과 정책 수립에 대한 정확하고 신속한 정보를 제공 할 수 있다. 이러한 활동은 국가적인 방사성 폐기물의 통합 안전관리 체계와 연계되어 방사성폐기물관리에 대한 투명성을 제고 할 수 있다. 또한 방사성폐기물에 대한 관리상의 데이터를 확보하여 폐기물관리분야의 연구의 토대를 마련할 수 있다.

Abstract

An Radioactive Wastes Management Integrations System(RAWMIS) for the safe management of radioactive waste and spent fuel in KAERI is developed to collect basic information, provide the framework for national regulation, and efficiency in the management of radioactive waste and spent fuel. This system can also provide end-users access to information such as a statistical documents and integrated data from various waste generators to meet increased researchers needs and interests. We use result to find out entities of the number of 18 cases similar system study in the inside and outside of the country and analyze works in the radioactive waste treatment facility. We design database schema, entity-relationship diagram and prototyping input/output item. This system will be support to the study for radioactive material valance and inventory.

1) Waste inventory record keeping systems (WIRKS) for the management and disposal of radioactive waste

1. 서 론

연구소의 발생·저장 중인 방사성폐기물의 관리는 여러 종류의 양식에 의한 수작업으로 관리되어 왔다. 연구소 발생 폐기물의 특성은 연구, 개발의 목적에 따라 발생 폐기물의 종류 및 형태, 핵종 등이 다양하고 반면에 폐기물 각각에 대한 발생량은 소량이라는 특징을 지닌다. 최근에는 핵주기 관련 시설과 연구개발 과제의 증가로 폐기물의 종류와 발생량이 증가하고 수작업에 의한 폐기물의 효율적 관리가 한계에 도달하고 있다. 연구소 폐기물의 다양한 형태, 다양한 핵종, 각각에 대한 소량의 발생량, 발생시기의 불규칙성 등은 폐기물처리에 어려움을 야기한다. 폐기물의 효율적인 처리를 위한 체계적인 이력관리와 효율적인 통계의 필요성이 꾸준히 대두되어 왔다. 국가적인 방사성폐기물의 통합관리 및 폐기물관리에 대한 투명성이라는 시대적 요구는 단위 발생기관의 발생·저장 중인 폐기물의 정확한 통계, 신속한 정보체계가 먼저 수립되어야 가능하다. 단위 발생기관의 신속하고 정확한 통계는 단위 발생기관의 폐기물처리 대책 수립의 기초자료가 될 뿐만 아니라 국가차원의 방사성폐기물 정책 수립의 자료를 제공한다. 연구개발의 중요성을 요약하면, 발생폐기물의 수집, 이송, 저장, 처리, 적재 등 폐기물의 이력관리는 여러 종류의 양식을 통한 수작업에 의해 처리를 전산화하여 방사성폐기물량 증가에 따른 방대하고 분산된 자료를 체계적, 효율적으로 관리한다. 시스템에 의한 통합 관리는 발생 부서에 대한 서류의 간소화, 인적 물적 자원의 절약이 이루어지며 효율적 통합관리가 가능하여 단위 발생기관의 방사성폐기물 통합관리업무의 효율성을 제고한다. 또한 폐기물 이력의 관리로 폐기물을 같은 형태, 핵종의 반감기를 고려한 분류 및 처리를 통해 저장드럼의 내용물, 드럼의 일련 번호, 드럼의 저장위치 등이 체계적으로 추적되어 효율적인 폐기물 처리가 가능하다. 폐기물의 발생 및 저장량이 증가함에 따라 체계적인 추적관리의 필요성이 질실히 요구된다. 또한, 발생된 방사성폐기물은 수집부터 처리 및 처분까지 추적 관리될 수 있는 프로그램은 단위 발생기관의 폐기물에 대한 정확하고 신속한 통계를 제공하여 작게는 발생기관 경영자의 폐기물 처리대책 수립의 자료가 되며, 크게는 국가차원의 방사성폐기물 정책 수립의 기초자료를 제공한다. 국가적인 방사성폐기물의 통합 안전관리 체계와 연계와 방사성폐기물관리에 대한 투명성 제고에 이바지 할 수 있다.

2. IAEA WIRKS 지침 및 국내·외 유사 시스템 사례 분석

2.1. IAEA WIRKS 기술지침 내용 분석

전 회원국가를 대상으로 한 전반적인 방사성폐기물관리용 데이터베이스의 구성요건을 제시하는데 그 내용은 기록관리체계, 폐기물패키지의 개념, 그리고 데이터베이스 구성 등의 내용으로 이루어져 있다.

2.1.1 기록관리체계

방사성폐기물을 천층 또는 심층 처분장에 처분하여 장기간 관리하기 위해서는 방사성폐기물 처분시 생성되는 여러 종류의 기록들을 수집, 관리 및 유지하여야 할 필요를 언급했다. 처분폐기물에 대한 장기간 기록 유지를 위해, 계층적 기록 관리체계의 필요성을 제시하고 3단계 정보개념(상위단계 정보(HLI), 중간단계 정보(ILI), 초기단계 정보(PLI))을 언급하고 있다. 3단계 정보관리단계 중 초기정보단계(PLI)에는 폐기물 재고기록과 시설 인허가신청 자료(처분장 성능평가(PA) 및 환경평가(EA)를 포함)와 같은 문서들을 포함하고 있다. 폐기물정보기록관리시스템인 WIRKS는 PLI의 주요 부분으로 폐기물재고기록을 유지하는 기능을 담당한다.

2.1.2 폐기물패키지 개념

WIRKS는 방사성폐기물 데이터베이스를 구성함에 있어 폐기물패키지 개념을 적용하고 있으며, 발생부터 처분까지의 방사성폐기물에 대한 처리과정에서 다수의 폐기물이 단일 폐기물 형태(예, 단일 처분폐기물에 다수의 발생, 또는 처리된 폐기물을 포장)로 통합되는 폐기물패키지 개념으로 데이터베이스를 구성하고 있다. 폐기물패키지 구성형태는 다중 구성 폐기물패키지(Generator A 및 B)와 단일 구성 폐기물패키지(Generator C)의 두 가지로 고려할 것을 제시하였다. 다중 구성 폐기물패키지는 발생단계의 여러 폐기물패키지는 처리과정을 거쳐 신규 폐기물패키지에 저장되며, 처리된 다수의 폐기물패키지가 단일 처분폐기물패키지로 통합 구성되는 것을 고려할 수 있다. 즉, 폐기물패키지는 각 단계별로 새로운 폐기물패키지로 구성되는 개념이다. 단일 구성 폐기물패키지는 발생단계의 여러 폐기물패키지가 별도의 처리과정 없이 직접 처분시설로 이송되어 처분되는 것을 고려할 수 있다. 이 경우, 처분된 폐기물패키지는 다수의 발생 폐기물패키지를 포함하는 형태로 단일 단계로 구성되는 개념이다.

2.1.3 데이터베이스 구성

WIRKS의 데이터베이스는 폐기물패키지, 핵종자료 및 특정위험물 자료로 구성되며, 폐기물패키지와 관련된 보조 및 참고자료와 연결하고 있다. 폐기물패키지 데이터 모델은 2가지 형태로 고려하고 있으며, 구성정보간에는 유사한 특징을 지닌다. 첫 번째 데이터 모델은, 다중 단계의 폐기물 처리흐름의 폐기물패키지에 대한 데이터관리가 가능하도록 구성되며, 각 단계별 폐기물패키지에 대한 데이터형태는 동일한 구조를 가진다. 주요 특징은, 1)모든 폐기물패키지에 대한 레코드는 동일한 구조를 갖고, 2)패키지 구성 단계에 대한 제한이 없으며(모든 폐기물패키지는 동일 자료구조로 구성되므로 여러 단계의 패키지를 포함 가능), 3)구성되는 폐기물패키지에 대한 추적관리가 가능하여야 한다는 것이다. 두 번째 데이터 모델은 단일 폐기물 처리흐름에 적합하도록 구성된 데이터모델로 한 개의 주 폐기물패키지와 다수의 구성 폐기물패키지(주 폐기물패키지에 포함되는 폐기물)로 구분된다. 주요 특징은, 1)구성된 폐기물 추적을 고려하는 경우, 두 개의 폐기물패키지 구조로 하부단계 폐기물패키지를 구성하는 주 패키지 자료와 하부단계 패키지로 구성되며, 2)구성된 폐기물에 대한 추적을 고려하지 않는 경우, 단일 폐기물패키지 자료구조로 구성될 수 있고, 3)단일 구성단계를 가지는 폐기물패키지 자료구조에 최적이며 4) 초기에 구성된 폐기물에 대한 추적이 불필요한 것으로 고려하여 단일 자료구조로 관리된 후, 구성된 폐기물에 대한 추적기능을 보완하고자 할 경우에는 데이터베이스 구조를 이중 자료구조로 재 설계하여야 한다는 것이다. 보조자료(Supporting Document)는 방사성핵종과 같은 WIRKS 자료를 결정하는 데 사용되는 인자 및 가정들을 나타낸다. WIRKS 자료 내 폐기물패키지를 기록하고 관리하는 것에 추가하여, 처분장의 성능, 안전성 및 환경영향을 현재의 조직 및 미래의 조직에서 평가 또는 재평가하는 데 필요한 기준들을 제공하기 위해서는 기록 및 관리되는 정보를 획득한 방법에 대한 자료를 기록 및 유지하여야 한다. 보조 자료에는 특정 폐기물유형에 대한 평균 특성 결정방법 또는 1개 또는 그 이상의 폐기물패키지에 대한 특성 결정방법을 제시한다. 폐기물에 대한 원시 자료 및 가공자료는 발생자 및 폐기물 수납기관에 의해 수집 및 유도될 수 있으며, WIRKS 자료에 대한 증명방법의 예는 1)운반, 선적 자료, 자료명세, 또는 처분 자료/양식에 관한 정보, 2)원시자료 수집 방법 기술, 3)품질보증/품질관리방법 기술, 4)원시자료에 대한 처리 및 가공방법 기술 등이다. 정규 발생폐기물과 비정규 발생폐기물간에 관리되는 보조자료간에 차이가 있다. 정규폐기물의 경우에는 평균적인 폐기물의 특성을 유도하는 것이 가능할 수도 있다. 특정형태의 폐기물은 수납기관에 의해 사 전승인이 가능하며 보완자료는 승인과정의 결과로부터 생성될 수 있으므로, 폐기물에 대한 대표적인 자료로 적용할 수 있다. 비정규적인 폐기물(수납기관의 일반 규격을 만족하지 않는 제염폐기물 등)은 경우에 따라 발생폐기물에 대한 특성과 결정기준 등의 자료를 생성하여 수납기관에게 제공하여야 하며, 폐기물별 개별 보완자료가 존재할 수 있다.

2.2. 국내·외 유사 시스템 사례분석

각 국가와 IAEA에서 선행 구축되고 운영되는 시스템의 구조와 기능, 유지보수에 대한 사항과 관리되는 데이터의 유형과 관리항목 등을 알아보고 RAWMIS 설계 시 시스템의 세부적인 구성과 DBMS(DataBase Management System)선정과 관리항목 설정에 활용하고자 조사하여 특성을 분석하였으며, 조사과정에서 총 8개 국가와 IAEA에서 구축·운영 중인 18개 시스템에 대한 조사와 특성 분석을 실시하였고 각 국가 혹은 기관에서 폐기물을 관리하는 관행에 대한 정보도 획득할 수 있었다. 특성 분석은 시스템 구축목적 및 기능, 관리 데이터 범위, 시스템 구성, 참고사항 등의 항목으로 분류하여 실시하였다.

2.2.1. 시스템 구축 목적 및 기능

대부분의 시스템은 국가 및 각 기관의 폐기물 재고량 관리, 폐기물 이력관리, 폐기물추적, 보고서 출력 등의 처분을 위한 폐기물 정보에 대한 정보제공의 목적으로 구축 활용되고 있었다. 18개 시스템 중 3개의 시스템에서 중저준위 폐기물의 관리에 있어서 폐기물 드럼에 대한 정보를 바코드 시스템을 도입하여 작업자가 무선휴대장치를 사용하여 현장에서 폐기물 이력에 대한 정보를 서버에 접속하여 실시간으로 입·출력하는 사례가 조사되었는데, 이는 국내의 방사성폐기물 단위 발생 기관 중의 하나인 연구소의 경우 발생 규모 면에서 다른 단위 발생기관 보다 소규모인 점을 감안하면 RAWMIS에 설계를 고려하고 도입/운영을 선행한다면 타 단위 발생기관의 중저준위 폐기물관리 현업의 바코드 시스템 적용에 시사하는 영향이 크다고 하겠다.

2.2.2. 관리 데이터 범위

일반적으로 조사된 시스템들의 데이터와 관리 항목은 고체폐기물의 경우 폐기물패키지 단위별 발생, 임시저장, 처리, 감용, 처분, 처분 후에 이르기까지의 이력에 대한 정보 항목과 운반 및 이송에 대한 정보 내용, 폐기물의 부피와 무게 등의 물리적 정보 내용, 핵종 및 충전재 등의 화학적 정보 내용, 방사능 및 방사선량률 등의 방사선학적 정보내용, 시설정보에 대한 내용 등의 분류로 구성되었다. 액·기체 폐기물의 경우 배출 및 방출에 대한 관리 항목으로 구성 되어 있었다. 두 개의 시스템에서 폐기물 처리 공정에 대한 공정별 측정자료 정보를 관리항목에 포함 시켜 운영하고 있었는데, 폐기물처리시의 물질수지 연구에 도움을 줄 수 있는 내용이라 하겠다.

2.2.3 시스템 구성

조사된 시스템들은 클라이언트-서버 구조의 구성으로 사용자의 데이터 입·출력은 응용프로그램을 통해 서버에 접근하여 이루어지는 형태로 나타났다. 서버 DBMS의 경우 전체 18개 시스템 중 9개의 시스템에서 ORACLE을 사용하고 있었고, dBASE, FoxPro, Microsoft Access, Microsoft SQL sever 등이 각각 1개의 시스템에서 사용되고 있었다. 조사과정에서 DBMS를 알 수 없었던 시스템이 4개 있었다는 것을 감안하면 전체적으로 버전의 차이는 있으나 ORACLE DBMS를 사용하는 것이 일반적인 사항이었다. 서버의 운영체제 또한 대부분 Windows NT server 혹은 Windows 2000 server 환경을 사용하거나 재개발하는 것이 일반적이었다.

2.2.4 참고사항

조사·분석·평가된 사항에 대해 RAWMIS 설계시의 참고사항은 관리항목 설정, 시스템 구성, 유지보수, DBMS 선정의 분류로 정리하였다. 관리항목 설정에 있어서 조사된 시스템의 관리항목은 공통적인 요소들을 참조하여 폐기물 이력정보 항목, 물리·화학적 정보 항목, 방사선학적 정보 항목, 운반·이송 정보 항목, 시설정보 항목 등의 대분류 항목을 선정하였으며 처리공정에 대한 항목도 고려하기로 하였다. 시스템의 구성은 대부분의 시스템에서 조사된 결과와 현재 다양한 분

야에서 사용하고 있는 통합정보시스템의 구성의 공통 사항인 클라이언트-서버 구조의 구성을 선정하였다. 유지보수 부분은 미국의 한 시스템의 경우에서 유지보수에 대한 중요성을 파악할 수 있었는데 30여년간 시스템을 운영하며 별도의 task-force를 두어 문제 발생 시와 재개발 시에 개설된 시스템이 향상성과 안정성을 유지하도록 운영하는 사례를 파악할 수 있었다. 조사된 시스템의 과반수가 DBMS를 ORACLE로 채택 사용하는 이유가 나온 사례를 보면, 강력한 데이터관리 기능, 보안기능, 다양한 기능적 응용프로그램 연동 가능성, 시장점유율, 다수의 전문가 존재, 미래 요구사항에 대한 시스템 확장성 등을 제시하며 유지보수의 비용절감 효과를 기대하였다고 조사되었다.

3. 연구소 폐기물관리 업무영역 및 데이터 분석

연구소의 방사성폐기물 데이터베이스를 구축하기 위해 폐기물 처리 및 관리 업무 분석하여 설계에 반영하고 시스템 개발환경을 정의, 사용자 즉, 원자력연구소 폐기물 처리담당 실무자들의 요구사항을 분야별 공통 요구사항, 고체/액체/기체 폐기물과 사용후핵연료 관리, 안전관리 영역별로 요구사항을 조사/분석하였다. 데이터베이스 기능요건 및 구조, 데이터항목 및 입출력 양식에서 검토된 내용을 토대로 데이터베이스 요구사항을 결정하며, 본 과제 수행을 위해 관련기관과의 회의에서 제시된 내용을 포함하였다.

3.1 방사성 폐기물 관리 및 처리업무 분석

폐기물 업무 영역 분석에서 도출된 기본 프로세스를 구현하기 위한 프로시저를 결정하고, 시스템 구조도를 작성하였으며 오프라인-온라인 환경에서 업무시스템내의 프로시저들을 이용하는 흐름을 파악하여 업무영역과 시스템 프로세스간의 업무흐름도 및 대화흐름도를 작성하였다. 폐기물 업무 영역의 분야는 고체/액체/기체 폐기물과 사용후핵연료 관리로 분류하여 조사·분석 되었다. 기본적인 폐기물 관리 업무의 내용은 발생, 저장, 처리, 감용, 처분의 단계를 설정하였고, 발생시설은 연구용 원자로인 하나로(HANARO), 동위원소 생산시설(RIPF; Radioactive Isotope Production Facility), 조사재 시험시설(IMEF; Irradiated Material Examination Facility), 조사후 시험시설(PIEF; Post Irradiation Examination Facility), 각 연구실(R&D Lab.) 등이다. 여기서 발생된 방사성폐기물은 절차에 따라 방사성폐기물 처리시설(RWTF; Radioactive Waste Treatment Facility)에 인계되어 저장, 처리, 감용 절차를 따른다.

3.1.1 고체폐기물 관리 및 처리 영역 업무 분석

폐기물의 발생, 수집, 임시저장, 처리 등의 일련 흐름도를 작성하였으며 폐기물드림을 기본단위로 설정하고 연구소 내규상의 각 단계별 첨부 서류와 폐기물의 소포장, 내용물, 부피, 무게, 표면선량률, 방사능농도, 포장방법, 형태구분, 핵종정보, 용기정보, 시설정보, 저장위치 등에 대한 데이터 항목을 설정하였다. 고체폐기물의 처리단계 정보 즉, 절단, 압축, 재포장, 제염 등에 관한 이력도 단위 드림 혹은 소포장별 이력 데이터로 관리하도록 하였다. 업무분석과정에서 폐기물의 내용물에 대한 과거 15년간의 문서를 데이터화하여 빈도분석(Frequency Analysis)을 한 결과 동일 내용물에 대한 입력오류 및 표기오류의 문제점이 발생되어 내용물의 표기기준안을 마련하였으며 과거 발생한 폐기물 내용물에 대한 빈도수를 고려하여 빈도의 내림차순 정렬을 통해 내용물표기를 코드화 하였다. 내용물 코드에 대한 내규상의 분류(가연성, 비가연성 등)를 지원하기 위해 분류체제의 기준을 작성하였다. 또한 바코드 시스템 도입을 검토하여 업무에 활용시 예상되는 절차도 고려 하였다.

3.1.2 액체폐기물 관리 및 처리 영역 업무 분석

액체폐기물의 발생, 수집, 저장, 처리 등의 일련 흐름도를 작성하였으며 발생단계의 정보는 고체 폐기물의 정보와 유사하다. 각 단계별 연구소 내규상의 첨부서류와 발생시설별 폐기물의 부피, 성분, 핵종정보, 방사능농도 등의 데이터항목을 설정하였으며 수집시 단위수집과 라인수집의 두가지 수집방법을 별도의 개념으로 분석하였다. 연구소의 무방출 원칙에 따라 액체 폐기물은 탱크에 저장되고 증발농축, 아스팔트고화, 자연증발의 처리 과정을 거치게 되며 각 처리공정별 공정흐름도를 작성하였고 공정별 측정 데이터 항목도 관리 항목에 추가하였다. 각 처리공정의 흐름을 살펴보면, 방사성 액체폐기물은 증발농축 처리하고 농축액은 폐 이온교환수지와 함께 혼합하여 아스팔트 고화한 후 고화체는 폐기물 저장고에 저장하고 증발농축 후 생성된 증기는 응축시켜 이온교환처리로 잔류방사능을 제거시킨 다음, 자연증발시설로 수송하여 최종 증발 처리한다.

3.1.3 기체폐기물 관리 및 처리 영역 업무 분석

기체폐기물은 각 시설별로 발생, 배출허가, 배출 등의 일련 흐름도를 작성하였으며 각 stack 별로 설치된 감시측정장비의 측정정보, 즉 단위시간당 발생량, 배출량, 주요핵종별 방사능량 등을 관리항목으로 설정하였고 월간 배출자료 등의 내부분서와 보고서 등의 내용도 관리항목에 추가하였다.

3.1.4 사용후핵연료 관리 영역 업무 분석

사용후핵연료는 발생, 저장, 운반, 중간저장 등의 일련 흐름도를 작성하였으며 발생량, 저장위치, 운반, 중간저장, 캐니스터, 운반용기 등의 관리항목을 설정하였다.

3.1.5 안전관리 영역 업무 분석

안전관리 영역은 소외주민선량평가 정보, 환경감시 측정정보, RWTF 시설내 출입자 피폭수치 정보, RWTF 시설 작업장 선량 측정정보 등을 관리항목으로 설정하였고 보고서 등의 문서도 관리항목에 추가 하였다.

4. Database 및 Prototype 설계

4.1 폐기물 이력 추적 방법론

폐기물의 이력추적을 위한 방법론은 폐기물의 특정상태에 따른 시작일과 종료일을 부여하여 데이터를 삭제하지 않고 수정, 추가하면서 종료일이 가장 큰 데이터가 현재 상태의 데이터가 되도록 관리하고 그 이외의 데이터는 이력으로 관리하는 일련의 데이터 상태변경에 따른 추적이 가능하도록 유지하는 선분이력관리 방법을 선택하였다.

4.2 개발환경

개발환경은 사례분석의 내용과 전문가 의견을 토대로 안정성과 보안성을 고려하여 결정되었다. 서버의 운영체제(OS; Operating System)은 Microsoft Windows 2000 Server, 데이터베이스 관리 체계(DBMS; Database Management System)으로 ORACLE9i Enterprise Edition, 클라이언트-서버 환경 소프트웨어 개발도구로는 MS Visual Basic 6.0, 데이터베이스의 데이터 관리도구로는 ORACLE Discoverer를 선택하였다. 시스템에서는 서버 로그인, 데이터베이스 로그인, 클라이언트 프로그램 디렉토리 설정, 업무 시스템 분류 등의 시스템 개발 환경을 정의하였다.

4.3 데이터베이스 및 응용프로그램 설계

사례조사, 업무영역 및 데이터 분석을 토대로 설정된 관리항목을 개체(Entry)로 설정하고 객체간의 논리적, 물리적인 관계를 도출하여 데이터의 입·출력 사항을 업무담당자와 결정하는 프로토타입을 설계하였으며 정보 입·출력 응용프로그램을 구현하여 폐기물 업무 담당자와 검토를 마쳤다. 추후 현업의 폐기물 관리 업무나 폐기물 처리시설 확충 등의 사항이 발생 할 수 있으므로 폐기물관리 시스템이 확장 가능하도록 유연한 구조로 설계·구현하였다. 응용프로그램은 사용자 권한 및 코드를 관장하는 시스템관리 모듈, 고체/액체/기체폐기물 및사용후핵연료 관리를 관장하는 폐기물관리 모듈, 액체폐기물의 증발농축, 아스팔트고화, 자연증발의 처리공정을 관장하는 폐기물 처리공정관리 모듈, 소외주민평가관리 및 작업장 안전관리를 관장하는 안전관리 모듈, 내부문서 및 등급(일반출력, 즉시출력, 사용자정의출력)별 보고서출력 등을 관장하는 문서관리 모듈로 구성되었다. 현업에서의 업무분장에 따른 응용프로그램의 등급을 설정하여 각 업무담당자별로 해당 업무에 대한 화면만을 제공하게 된다.

4.4 국가적 방사성 폐기물의 통합 안전관리 체계와 연계 방안 및 통계분석 절차

폐기물 관리 시스템의 구축을 내부(Intranet, Client/Server 환경)와 외부(Internet, Web 환경)로 크게 두 부분으로 구성하여 통계자료의 변화와 자료의 훼손을 방지에 대하여 고려하였다. 내부 체계는 연구소 내 폐기물의 발생부터 각 폐기물 처리공정의 정보를 포함한 저장에 이르는 모든 과정을 관리하여 전사적인 폐기물의 추적관리 체계를 구축하도록 설계하였다. 웹 환경에서 개발되는 외부 시스템은 내부에서 관리되는 자료를 바탕으로 유용한 통계자료를 생성하여 원자력 법령에서 고시하는 보고 항목을 원자력안전기술원과 과학기술부에 보고하며 협의를 거친 항목을 인터넷을 통해 공개하여 일반인도 정보에 접근할 수 있도록 구축하도록 설계하였다 또한 원자력안전기술원에서 개발/구축하고 있는 WACID (Waste Comprehensive Information Database; 방사성 폐기물 안전관리 통합정보시스템)와의 연계, 데이터 전송 등의 부분은 웹서버에서 데이터베이스 서버에서 데이터를 내려받아 전송하는 형식으로 구성되도록 설계하였으며 이때 사용하는 도구는 ORACLE9i에 내장된 SQL*PLUS와 PL/SQL를 사용할 수 있으며 Discoverer를 통해 drill-down, drill-up등의 다차원 데이터 분석과 다양한 포맷의 데이터로 내려 받을 수 있다. 또한 기본적인 통계분석은 응용프로그램상에 PL/SQL을 사용하여 적재하도록 하였고 처리공정상의 물질수지 (Material Balance)의 세부 분석은 별도의 통계패키지인 SAS 혹은 SPSS를 데이터베이스에 연동하여 분석이 가능하며 각 업무분장의 업무영역에 대해 data warehous 개념의 layer를 사용하였다. 이는 데이터 인프라를 구축하고자 하는 목적에서 고려되었다.

4. 결론

방사성폐기물 관리 시스템 및 데이터베이스 설계에 대한 연구결과의 활용에 있어서 과학 기술적 기대 효과로는 연구소에서 발생되는 모든 방사성폐기물의 재고량(inventory) 규명에 이바지 하는 점이며 안전관리에 필수적인 관련 정보를 체계적이고 종합적으로 관리할 데이터베이스 구축의 전 단계인 시스템 분석과 설계를 마무리함으로써 추후 구현될 시스템인 RAWMIS가 방사성폐기물 안전관리를 실질적으로 뒷받침할 기초자료를 확보할 수 있는 초석을 다지는 계기가 되었다. 특히 현재 국가적으로 추진하고 있는 방사성 폐기물 처분장에 직접적으로 제공이 예상될 자료를 확보할 수 있게 되었다는 점과 함께 그간 관리 체계 미비로 처리공정 및 공정연구에 관련된 자료 수집/정리를 수작업으로 하여 다소 부실했던 방사성폐기물 이력관리 데이터)과 관련된 정보관리를 수행할 시스템을 확보할 수 있는 근간이 되어 추후 연구소 폐기물처리시설에서의 다각적인 폐기물처리에 대한 물질수지연구와 공정연구에 근간이 되는 신뢰성 있는 데이터를 제공하고 데이터를 통계적으로 분석, 평가할 수 있는 기반을 마련할 수 있게 되었다. 경제 산업적 기대 효과로는 그

동안 자료 수집 및 유용한 자료 생산에 할애되던 연구소의 고급인력과 그에 따른 비용을 절감할 수 있고 구축될 데이터베이스를 통한 정확한 통계값의 확보는 궁극적으로 경제성을 제고시킬 수 있다.

참고 문헌

1. 김정길 외, “방사성 폐기물 처리시설 운영”, KAERI/MR-387/2002, 한국원자력연구소
2. 이건행, “방사선안전정보체계구축”, 제8회 원자력안전기술정보회의, 한수원(주), 2003
3. 이춘식, “데이터베이스 설계와 구축”, 한빛미디어
4. “방사성폐기물 및 사용후핵연료 안전관리 통합정보시스템 최적체계개발(1단계)”, KINS/HR-477, 한국원자력안전기술원, 2002
5. “방사성폐기물 및 사용후핵연료 안전관리 통합정보시스템 최적체계개발(2단계)”, KINS/HR-477, 한국원자력안전기술원, 2002
6. Kevin Loney, “ORACLE 9i DBA Handbook”, 정보문화사
7. Scott Jesse, “Oracle 9i for Wondows 2000”, 영진닷컴
8. Lick Greenwald, “Oracle Essentials: Oracle 9i, Oracle 8i & Oracl”, e 8, O'REILLY
9. Kerry Watson, “WIPP Waste Information System User’s Guide”, DOE/CBFO 97-2273, Rev.4, Office of National TRU Program, 2002
10. “Waste inventory record keeping system(WIRKS) for the management and disposal of radioactive waste”, IAEA-TECDOC-1222, IAEA, 2001
11. “SWITS data entry and submitted instruction for Hanford Site user”, Hanford Site
12. “Waste Profile Sheets”, Hanford Site
13. “DOE NEWS : Low-level Waste Information Available”, DOE Idaho Operation Office, 1996
14. “Manifest Information Management System(MIMS)”, INEEL
15. “Low-track software-1996”, INEEL
16. R.S.Anderson, “Wiress Handheld Scanners Intergrated with Waste Tracking”, INEEL/CON-2000-00480, INEEL, 2000
17. M.A.ter Huurne, “WIP-III: The Waste Operations Data Management System at AECL’s Chalk River Laboratory”, WM97-36-27, 1997
18. “Presentation to IAEA Consultants Meeting at IAEA Vienna”, Nirex, 1999
19. A.G.Davies, “British Radwaste Information Management System(BRIMS)”, Nirex
20. “Erfassung und Verfolgung radioaktiver Reststoffe und Abfälle”, Institut für Sicherheitstechnologie(ISTec) GmbH, Germany
21. Williams & Wilkins, “A Computerized Radioactive Material Inventory System Using a Commercially Avavilable Database Program”, Jonal of Health Physics Society, 1997.

Table. 1 국내·외 유사시스템 사례분석 결과

System Name	국가	기능	데이터범위	H/W, OS	DBMS	Appli-cation	특징
NMMSS	미 국	- Inventory 관리 - 물질수지관리 - 물질흐름추적 - 데이터트랜잭션 - 보고서출력(web)	- 이력정보 - 이송/운반정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보	미지	ORACLE 8i	SAMS, XML	1963년부터 현재까지 유지보수 및 재개발하여 사용 중
WWIS	미 국	- Inventory 관리 - 폐기물정보입출력 - 데이터전송 기능 - 보고서출력 - 폐기물등급부여	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	SUN , Windows 2000 server	ORACLE	ORACLE Designer	TRU폐기물에 대한 전반적인 데이터를 관리
SWITS	미 국	- Inventory 관리 - 폐기물정보입출력 - 데이터전송 기능 - 보고서출력 - 폐기물등급부여	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	HP , UNIX	ORACLE	미지	방사성고체폐기물 및 유해폐기물의 처분에 대한 이력정보 제공
MIMS,	미 국	- 처분폐기물정보 검색 - 처분장별 처분 이력 검색 - 보고서출력(web)	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	미지	ORACLE 8i	Web기반	저 준 위 폐 기 물 처분장의 처분된 폐기물에 대한 정보를 제공
Low-track	미 국	- 폐기물정보 입출력 - Inventory 관리 - 보고서 출력 - 2D bar-code	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	미지	FoxPro	미지	저준위폐기물의 관리에 있어서 2차원 bar-code 시스템을 활용
IWTS	미 국	- 실시간 폐기물 정보 입/출력 - Inventory 관리 - bar-code	- 폐기물이력정보 - 포장정보 - 용기정보 - 물리/화학정보 - 방사선학적정보	PPT4640	-	ASP	중저준위폐기물 저장 및 처분시설에서 바코드 관독기가 장착된 무선 휴대하는 정보 입/출력하는 장치임
CID	미 국	- DOE의 DB들의 정보 통합 - web기반 서비스 - 보고서출력	- DOE산하 핵물질 정보 및 기획, 예산, 프로젝트관리 등의 모든 활동에 대한 정보제공	DELL, Windows NT server	ORACLE 8i	미지	DOE산하 모든 DB를 하부모듈로 구성하며 데이터를 전송받음. WACID와 유사
NIEHS DB	미 국	- 의약품핵물질 정보 입출력 - Inventory 관리 - 보고서 출력 - 반감기계산기능	- 핵물질이력정보 - 방사성물질사용자 이력정보	미지	dBASE5.0	미지	의 료 용 핵 물 질 에 대한 inventory 정보관리

System Name	국가	기능	데이터범위	H/W, OS	DBMS	Appli-cation	특징
WIP-III	캐나다	- Inventory 관리 - 폐기물추적기능 - 처리공정별정보 관리 - 보고서출력(web)	- 폐기물이력정보 - 이송/운반정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 시설정보	VAX, UNIX	ORACLE 7i	PowerBuilder	폐기물 처리공정별 데이터를 측정/입력/관리
BRIMS	영국	- Inventory 관리 - 폐기물정보입출력 - 데이터전송 기능 - 보고서출력 - 폐기물등급부여	- 폐기물이력정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	Windows NT server	ORACLE	PowerBuilder	HLW, ILW, LLW, TRU 등 모든등급의 폐기물에 대한 전반적인 데이터를 관리
ReVK	독일	- 해체 폐기물 정보 입/출력 - Inventory 관리 - bar-code	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 시설정보	Windows NT server	ORACLE 8	Discoverer	해체 폐기물의 발생/처리/처분에 대한 이력정보 및 bar-code를 통한 정보 제공
NIRAS/ONDRAF DB	벨기에	- 폐기물정보 입출력 - Inventory 관리 - 보고서 출력	- 폐기물이력정보 - 핵종정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	미지	미지	미지	HLW, ILW, LLW, TRU 등 모든등급의 폐기물에 대한 전반적인 데이터를 관리
HAEA WIRKS	헝가리	- 폐기물정보 입출력 - Inventory 관리 - 보고서 출력	- 폐기물이력정보 - 포장정보 - 용기정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보	Windows NT server	Microsoft Access'97		중저준위폐기물 저장 및 처분시 까지의 정보 입/출력하는 장치임
COSMARD	일본	- 해체 폐기물 정보 입/출력 - Inventory 관리	- 폐기물이력정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 시설정보	미지	미지	미지	해체 폐기물의 발생/처리/처분에 대한 이력정보
DES	일본	- 처분시폐기물 이력정보제공 - bar-code	- 폐기물이력정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 시설정보	미지	미지	미지	폐기물관리 작업 단위로 바코드시스템 사용
DREAMS-RAM, RWM	한국	- Inventory 관리 - 폐기물추적기능 - 안전관리 - 보고서출력	- 폐기물이력정보 - 용기정보 - 핵종정보 - 이송/운반정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 시설정보	IBM, UNIX	ORACLE8i Enterprise Edition	SAP	폐기물 처리공정별 데이터를 측정/입력/관리
NEWMDB	IAEA	- Inventory 관리 - 폐기물정보입출력 - 데이터전송 기능 - 보고서출력 - 폐기물등급부여	- 폐기물이력정보 - 물리/화학적정보 - 방사선학적정보 - 용기정보 - 시설정보	Windows NT server	ORACLE8i	Web기반	WIRKS지침에 근거한 회원국의 폐기물관리를 통합적으로 관리하기 위한 시스템
DIRATA	IAEA	- 회원국유출물 관리 - 보고서출력 - 제한치 관리 - 회귀분석 기능	- 액기체 유출물 주요핵종별 방사선량률정보 - 제한치정보 - 지리정보	Windows '95	Microsoft Access	Microsoft Access Application	회원국의 액/기체 방사성폐기물의 배출량을 통합적으로 관리

Fig. 1. 연구소 방사성 폐기물 처리 계통도

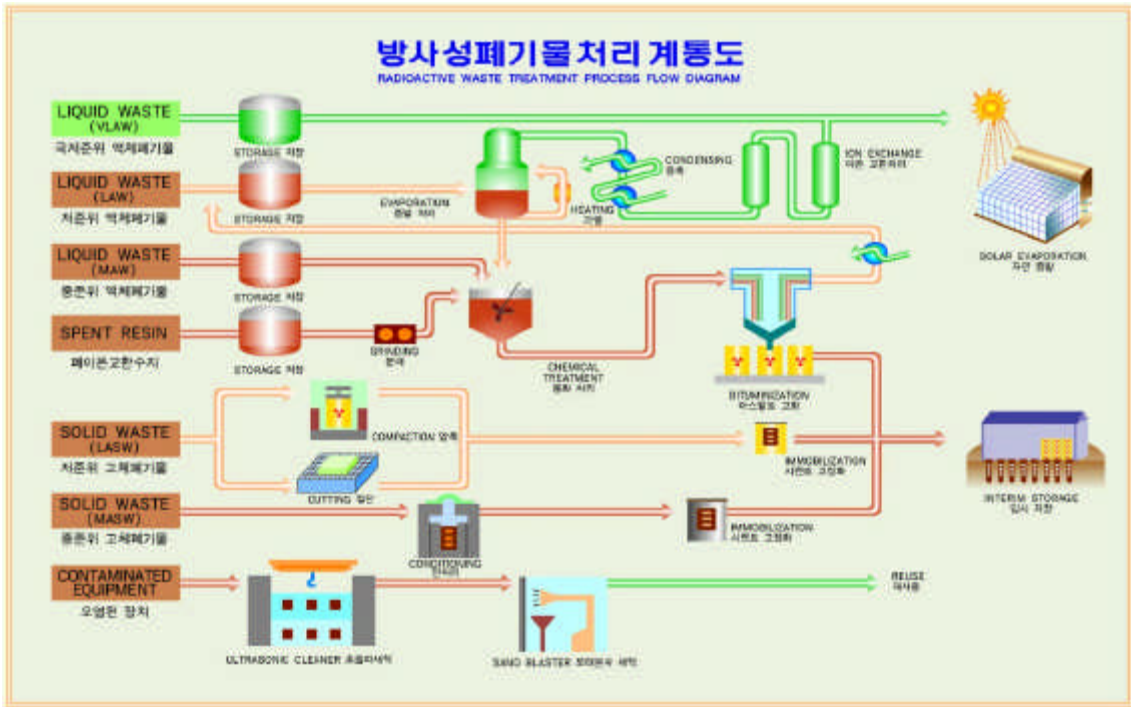


Fig. 2 연구소 방사성 폐기물 처리 흐름도

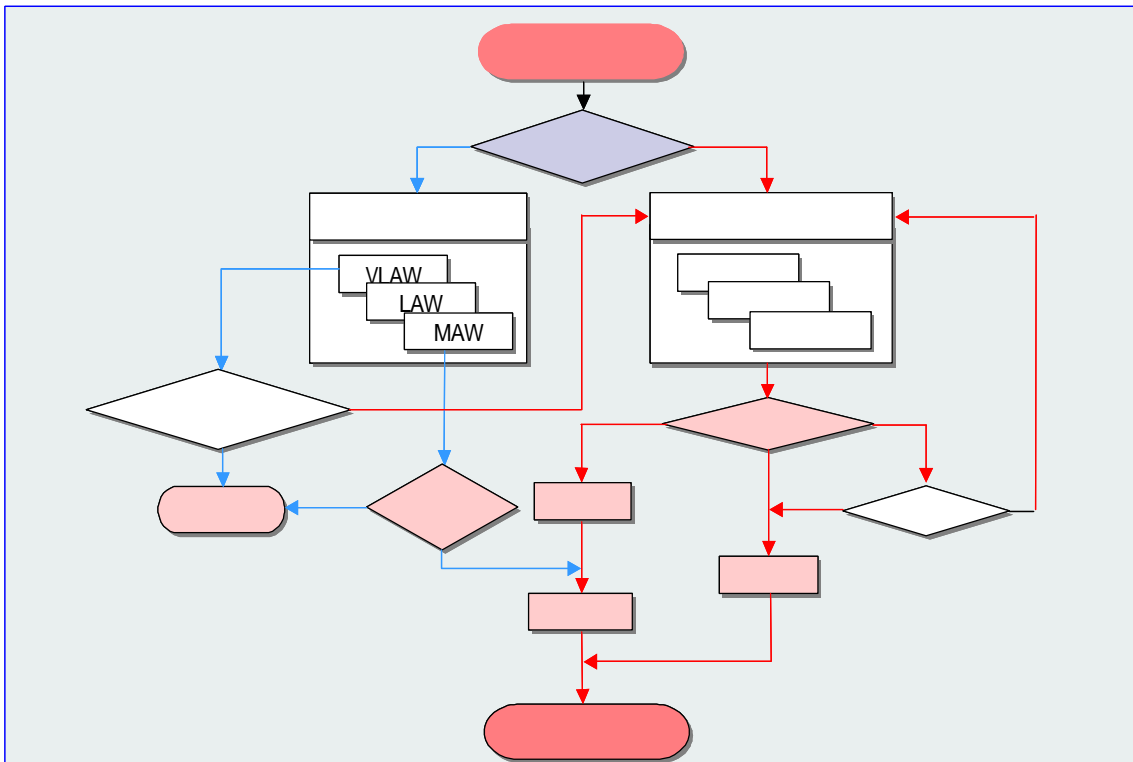


Fig. 3 증발농축 처리 공정 순서도

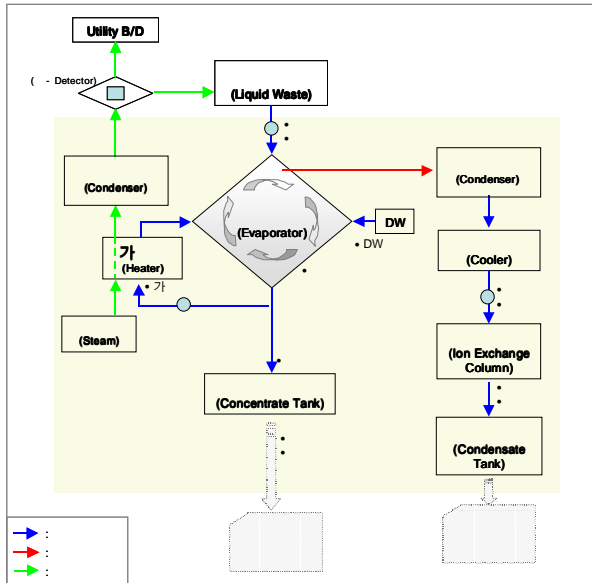


Fig. 4 아스팔트고화 공정 순서도

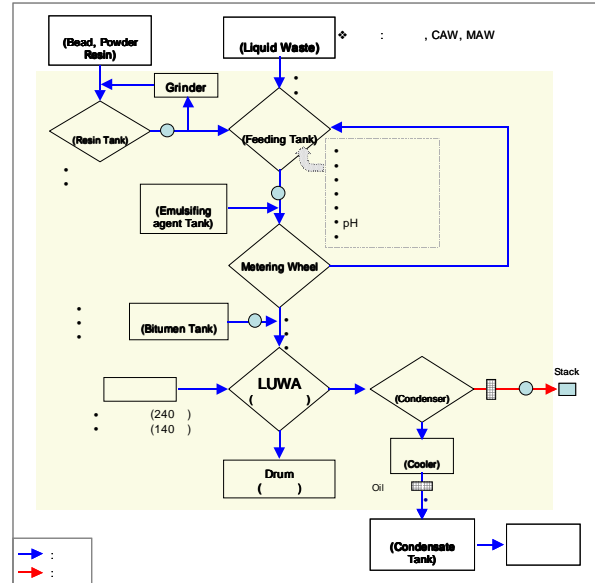


Fig. 4 자연증발 공정 순서도

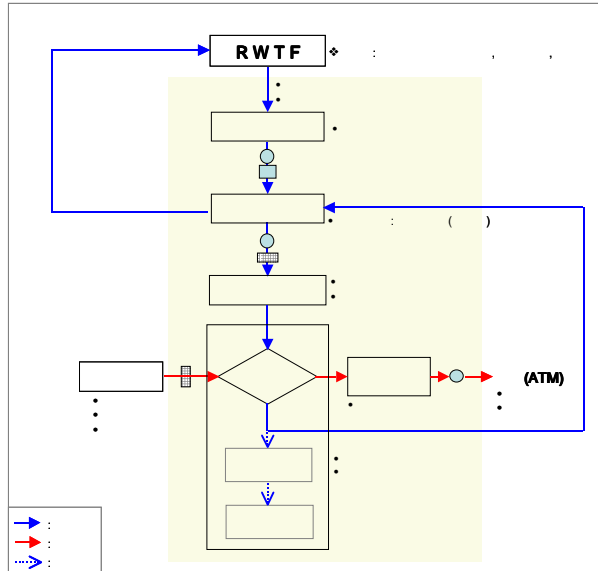


Fig. 5 RAWMIS 구성도

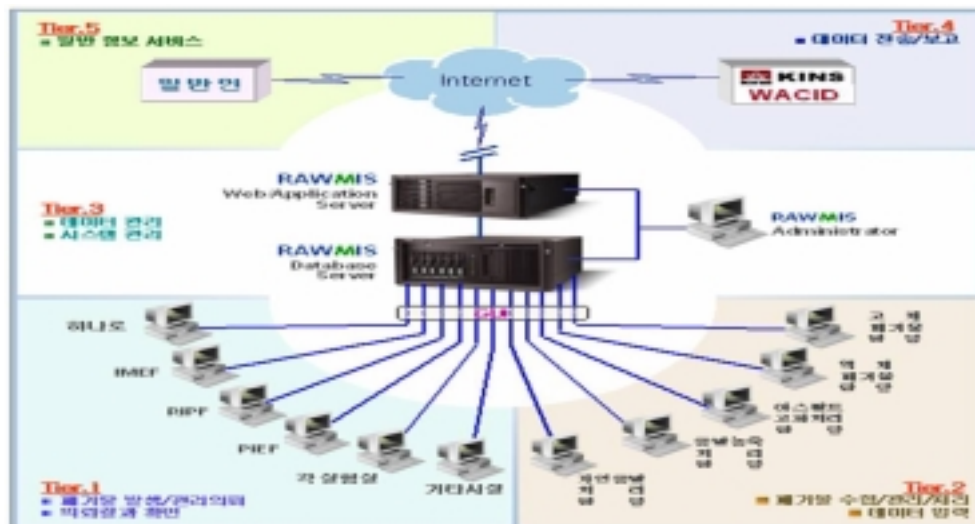


Fig. 6 개체-관계도(E-R Diagram)

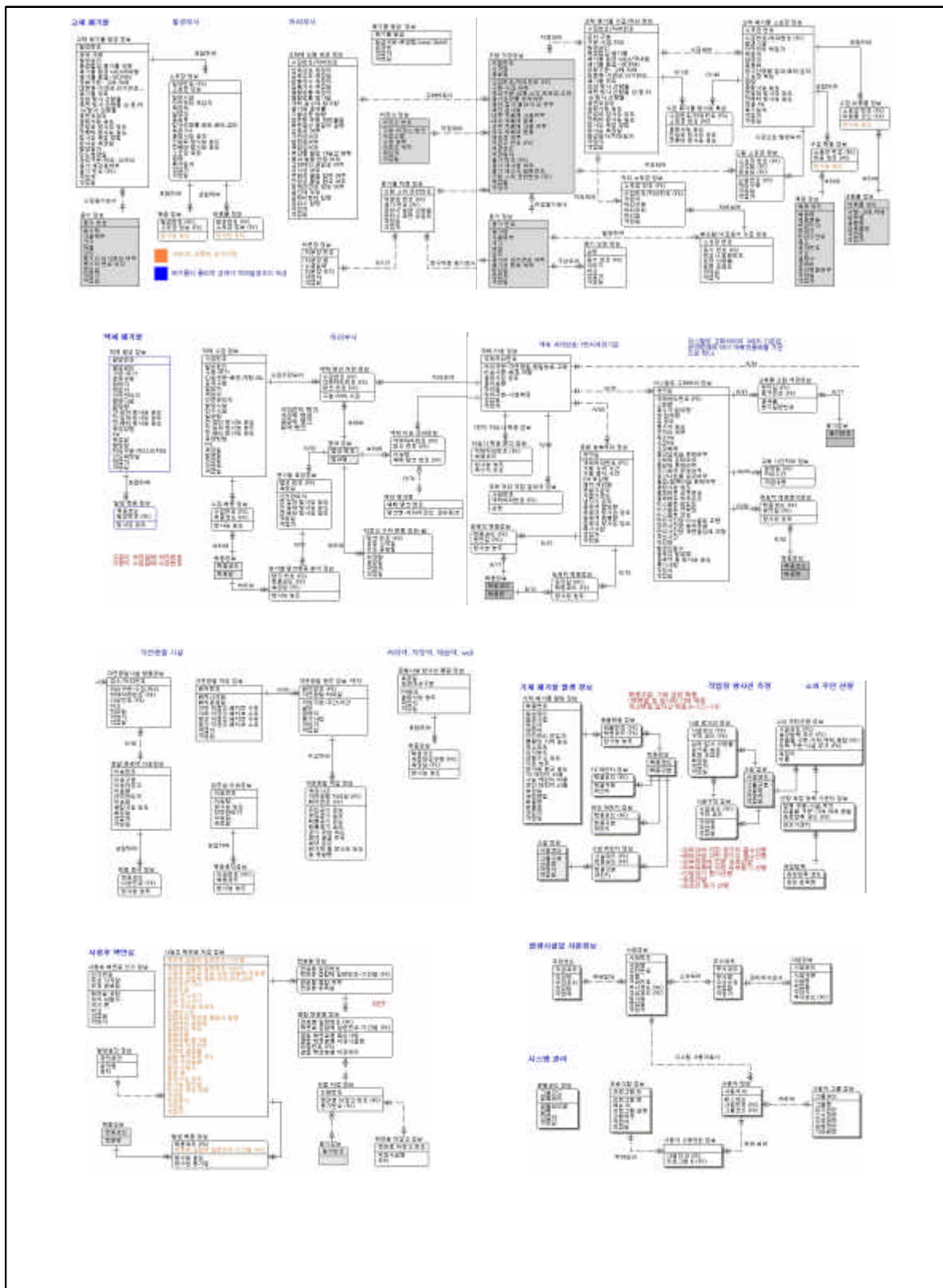


Fig. 7 Prototype(화면설계)

