

原子爐의 디커미셔닝과 技術開發

— Shippingport 原電의 廢爐計劃 —

Shippingport 發電所의 廢爐計劃(SSDP)은 대규모 상업용 발전소로서는 최초의 廢爐事業이다. 지금까지 廢爐된 원자력발전소는 操業한 시간이 훨씬 짧았고 규모도 적은 것이었으며, 從來에 廢爐된 설비는 研究用, 試驗用 또는 原型의 反應設備였다.

그러나 이들 설비의 廢爐에서 축적된 경험은 Shippingport의 廢爐計劃 및 앞으로의 廢爐計劃에 대해서 技術과 經濟的 基礎의 확립에 도움이 되었다.

다음은 美國 DOE(에너지省) 廢爐計劃의 시행자인 GE社가 어떻게 이 Shippingport 發電所의 廢爐事業을 계획하고 있으며 대처하려고 하는가이며 또 이 廢爐計劃의 일정과 현시점에서의 見積코스트를 비교하여 廢爐에 소요되는 전체 코스트가 어떤 것인가를 비교한 것이다.

◆ Shippingport 原子力發電所 ◆

Shippingport 發電所의 原子力蒸氣供給시스템(NSS)은 WH社가 設計를 하였고, Stone & Webster社가 建設하였다. 그 외의 플랜트, 즉 터빈, 發電機, 給水, 復水시스템 및 配置設備은 Duquene Light社 소유의 것이다.

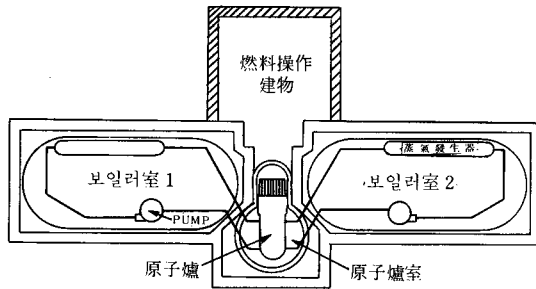
建設開始는 1955年, 플랜트의 臨界操業은 1957年 12月, 1982年 10月에 7,400,000,000kW/h의 發電을 끝내고 영구적으로 操業을 중지하였다. 原子爐는 4루프, 72MWe加壓水型原子爐이다. 그림 1과 그림 2에 原子爐 格納室, 보일러室 및 補助裝置用 챔버를 나타내었다. 原子爐 格納室은 다른 세곳의 원자로격납용기와 大型의 溶接構造鋼裝덕트에 연결되어 있으며, 챔버의 크기는 설계가 원인이 되어 일어나는 事故, 즉 「2重 킬로틴冷却 파이프破斷」時에 생기는 증대된 압력을 收容할 수 있는 크기로 되어 있다.

4개의 Steel製 原子爐格納容器는 지하의 콘크리트製 돔에 收容되어 있으며, 원자로격납실의 콘크리트돔과 燃料補給用通路로 연결되어 있다.

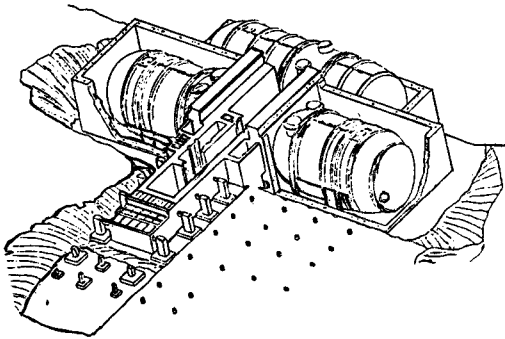
연료처리건물은 反應爐格納室과 燃料補給路로 구성되며, 4개의 주요 시스템 루프는 압력용기 노즐에 인접해 있는 2개의 冷却絶緣밸브, 第2次絶緣밸브, 루프, 체크밸브, 水平蒸氣發生器 및 냉각펌프로 구성되어 있다.

한쪽의 루프를 메인テナンス할 필요가 있을 경우 루프의 방사능레벨을 내리기 위해 콘크리트製 保護壁으로 분리한다.

〈그림 1〉 시스템, 콤포넨트構成(撤去前)



〈그림 2〉 Shippingport地下構造



BOP로 가는, 또는 BOP에서 나오는 蒸氣 및 給水라인은 補助裝置를 통하도록 되어 있다.

◆ GE社의 事業範圍 ◆

Shippingport發電所의 廢爐計劃은 4단계의 사업으로 구성되어 있다.

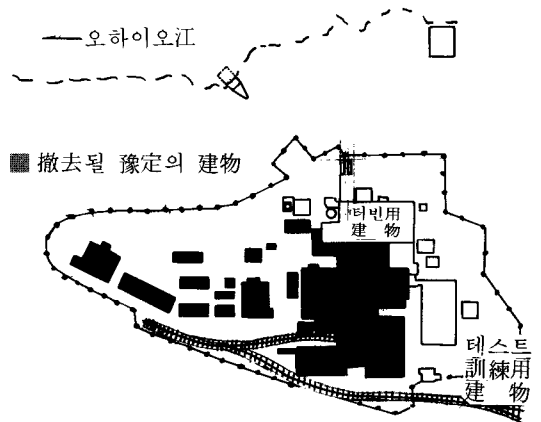
- 엔지니어링 등 廢爐處理自體에 관한 평가
- 廢爐處理를 전제로 한 엔지니어링의 基本線
- 엔지니어링면에서 詳細한 廢爐計劃
- 廢爐의 實施

처음 세단계는 美國 에너지省과 UNC Nuclear社, Burns and Roe産業서비스社(BRISC), Nuclear Energy Services社에 의해서 완성되었다. 제 4 단계, 즉 廢爐作業의 실시는 GE社의 專屬請負者인 Morrison-Knudsen의 지원을 받아 GE社가 실시하게 될 것이다.

廢爐作業의 課題는 다음과 같다.

- Shippingport를 방사능에서 부터 안전한 상태에 둘 것

〈그림 3〉 Shippingport發電所의 사이트計劃



- 大規模 原子力發電所가 안전하고 경제적으로 철거할 수 있음을 보여줄 것
- 장래의 廢爐에 있어서 유익한 데이터를 제공할 것

• GE社에서는 Shippingport가 建設管理計劃의 하나라고 해도 좋을 것이다.

- Shippingport發電所に 관한 책임을 인수할 것
- 發電所内の 운영 · 관리
- 廢爐準備와 안전의 유지 · 관리
- 下請企業의 査定
- 관계인원의 訓練과 教化
- 廢爐作業의 관리, 여기에는 다음의 것이 포함된다.

- 放射能시스템과 콤포넨트의 撤去
- 放射能과 汚染水의 水處理
- 政府所有의 敷地内 構造物과 地方資産의 撤去

- 放射性物質을 정부의 處理場으로 운반할 것
그림 3은 Shippingport의 計劃展開圖인데, 철거되는 건물, 탱크, 도로 및 기타의 구조물이 표시되어 있다. 앞서서와 같이 BOP는 廢爐處理作業의 범위에 들어가 있지 않다.

◆ 프로젝트의 組織 ◆

組織的으로 GE社는 DOE의 Richland Operati-

ons Office(DOE-RL)에 대해 책임을 지며 UNC, Nuclear Industries(UNC-NI)가 DOE에 대해 기술적 및 관리업무의 서비스를 제공하고 있다.

GE社는 DOE 廢爐處理의 계약자에 대한 요구 사항에 완전히 대응되도록 事業組織計劃을 개발했다. 그것은 프로젝트의 진행에 따라 계약자 측으로의 요구가 변경되더라도 그 변화에 對應할 수 있도록 유연한 組織으로 되어 있으며, 계획변경의 要求에 對應해서 組織擴大, 縮小가 가능하게 되어 있다.

組織의 구조와 기능에 대해 2단계에 걸쳐 검토되었다.

제 1 단계는 메인テナンス 및 發電所의 管理(S-MO)時期이다. 이 時期는 1984년 3월부터 1984년 12월까지로서, 이 기간의 모든 업무를 網羅한다.

이 時期에 발생되리라고 예견되었던 두가지 주요업무로는

- 1983년 3월부터 같은 해 9월에 걸친 廢爐處理要員의 동원과 훈련
- 1984년 9월부터 같은 해 12월에 걸친 管理人으로서의 업무 등 이다.

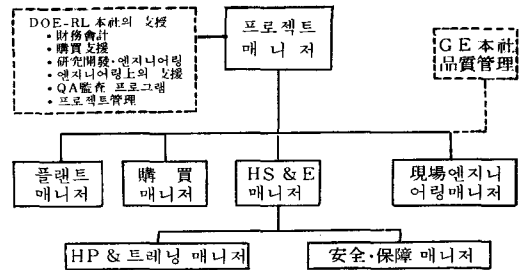
제 2 단계는 廢爐處理作業의 실시기간으로 1985년 1월부터 1988년 8월까지의 사업활동을 網羅한다.

◆ 監視, 메인テナンス 및 發電所의 運營 ◆

GE社는 캘리포니아州의 Pleasanton에 있는 Vallejos原子力센터에서 원자력발전소 3개소의 관리업무를 수행하여 오랜 경험을 얻고 있다. Shippingport計劃의 인원배치, 감시 및 메인テナンス의 수행은 이 경험에 기반을 두고 있다.

廢爐팀은 GE社와 Morrison-Knudsen社의 統合要員으로 구성된다. 그림 4에 SMO期間의 POC의 조직을 나타내었다. 모든 분야의 작업이 어디 책임인가가 조직의 형태로 명백하게 정해져 있으며, 프로젝트 매니저까지의 權限系列은 직

〈그림 4〉 管理 狀態



• M-K社에서의 要員

선적이고 명확하다. 健康, 安全, 保證이라는 본질적인 것부터 廢爐處理業務가 언제 시작되더라도 作業이나 메인テナンス가 最低코스트로 실시될 수 있도록 스태프의 책임이 정해져 있다. 이 조직은 엄격하지만 廢爐處理作業이 시작되면 현재 조직의 여러관계를 아무런 변화없이 쉽게 확장할 수 있도록 구성되어 있으며 그 구성에서의 移行도 명확, 원활히 이루어진다.

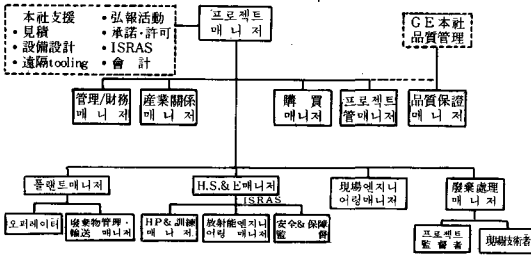
SMO段階의 人員動員·訓練期間中은 플랜트 運轉員의 훈련, 基本計劃, 관리에 필요한 매뉴얼과 지시서의 준비, Shippingport현장과 계획의 안전관리에 最重點을 두고 있다.

第 1회의 준비조사에 이어서 GE/M-K팀은 Shippingport현장의 책임을 인계하게 되는데, 플랜트의 감시와 메인テナンス, 안전·보장, 중요 계열의 관리(防火作業 등) 및 廢爐處理作業의 준비를 확실히 실시하는데 필요한 다른 시스템에 관한 작업 등에 중점을 두고 있으며 그외에 敷地内の 방사능측정이나 재고관리 등이 실시될 것이다.

코스트 및 일정의 관리에 사용될 작업측정시스템이 이 플랜트의 책임을 GE社에 맡기기 전에 완성될 예정이다.

이 프로젝트의 초기단계에서 구입계획을 개발하여 認可를 받아 이행하며 관리할 필요가 있다. 따라서 SMO의 기간중에 Shippingport 프로젝트사무실에 購買매니저가 선임될 것이다. 購買매니저가 DOE의 승인을 얻어 이 프로젝트의

〈그림 5〉 主要 配置



구매계획을 개발하여 이행하게 되며 또한 이 기간중 購買매니저는 다음의 것을 관리한다.

- 當地의 下請業務 (즉, 安全保障, 健康醫療, 環境監視)
- 廢爐處理業務의 入札業者 리스트의 作成
- 小企業과의 下請業務 確立
- 財産管理書類의 文書化
- 倉庫手續과 在庫시스템의 作成

◆ 廢爐處理作業 ◆

廢爐處理作業이 開始되면 詳細計劃과 主要下請契約 入札協定の 준비가 進行됨에 따라 人員動員이 추가된다. 管理人으로서의 업무는 실제로 페로처리작업이 시작될때까지 계속된다. 인원확장이 완료되면 廢爐處理作業組織은 작은 플랜트의 操作能力을 가진 독립된 建設관리그룹이 될 것이다. GE社와 M-K社의 全要員은 Shippingport에 배치된다. 그림 5는 廢爐處理作業期間의 조직이다. 그림 4, 5와 비교하면 이 확장기간에 各部門과의 관계에는 아무런 변경이 없고 移行이 整然히 이루어짐을 알 수 있다. 이 조직구조의 기본은 임시 프로젝트의 계획이나 코스트指令에 應하여 스태프나 기술 레벨에서의 조정이 있더라도 페로처리작업이 끝날때까지 본질적인 변경은 없다.

페로처리작업 초기단계에서의 중요한 업무는 다음과 같다.

- 入札協定の 준비, 下請企業의 査定과 관리
- 實際 廢爐가 개시되기 전에 필요한 현장조

정의 終了

여기에는 다음의 것이 포함된다.

- 비행기가 들어갈 수 있는 구조물의 건설
- 안전용 펜스와 조명의 수정
- 주차장, 트레일러, 저장물, 재료창고용 구역의 설정

정의 終了

- 잠정적 배전센터의 설비

- 공기, 물, 증기 및 잠정적인 위생서비스, 설비의 설치

- 長期에 걸친 업무의 개시 (허가, 설계 등)
- 詳細한 작업계획과 순서의 작성
- 放射線取扱者의 훈련계획 작성

GE社는 페로처리작업의 請負를 가장 중요한 것으로 보고 있다. 실제의 페로처리작업을 개시 하는데 필요한 현장기술자와 구매업무 제1단계의 기술계약 중 DOE의 Burns와 Roe가 준비한 17의 업무사양에서 확인된다. 거의 모든 업무 사양은 하나의 포맷 형태로 되어 있으며, 여러 조건이나 요망사항을 기입하면 指圖書가 된다. 직접 GE와 M-K가 職務를 실행하기 위한 특별한 사양서가 立案되고 있는데, 이것은 指圖書方式으로 되어 있지 않다.

業務仕様에는 무엇을 해야하는가를 명확히 하고 있다. 이것들은 放射線學的 安全性에 관계한다면 일은 어떻게 처리해야 하는가, 혹은 廢品回收物이나 스크랩의 가치가 있을 경우는 어떻게 처리해야 하는가 등에 대해서 설명하고 있다. 업무사양은 일을 이론적으로 그룹화하고 있으며, 방사선관계의 일과 그렇지 않은 것을 분리하고 있다. 같은 종류의 일은 請負業者의 자격과 항공기의 관할을 고려해서 하나의 그룹으로 하고 있다. 세부사양에 관한 수속은 下請業者에 의해서 작성되며, GE社가 이를 승인한다. 중요업무에 관해서는 입찰협정의 일부로 보고 GE社가 세부작업순서까지 관여한다.

특히, 보일러실의 콤포넌트에서 석면을 제거 하는 것의 순서와 같이 중요시되는 일에는 중점

을 두고 있다. 이 일은 순서를 세워서 완성해야만 한다. 이것은 1985년 9월 중순까지 하나의 챔버에 사용되고 있는 배관이나 부품에 관한 外側部分의 汚染除去가 개시되는데, 그 시작을 前題로 해서 순서를 정해서 행해야 할 필요가 있는 것이다.

제 2 차 준비조사는 실제로 폐로처리작업이 개시되기 전인 1985년 여름에 실시될 것이다. 제 1 차 준비조사의 경우와 마찬가지로 GE社와 M-K社의 요원은 그들의 일에 관해 얼마만큼 잘알며 이해하고 있는가 그 능력을 보이며, 폐로처리작업중에 Shippingport현장에서 사용되는 순서나 기술에 대해서 얼마만큼 숙련되어 있는가를 알려줄 준비가 필요하다. 이 준비조사에는 폐로처리단계에서 필요로 하게 되는 일정서류의 適正함이나 완전성에 관한 조사도 포함되어 있다.

Shippingport計劃은 일반 건설사업의 관리조직과 동일하게 人員이 배치되며, 實際面에서도 건설사업과 같은 일의 양이 下請된다. 그러나 SM O와 폐로처리작업의 기간중은 프로젝트가 DOE에 요구한 支援業務와 같은 업무를 GE와 M-K社側에 부탁하게 될 것이다. 이들의 지원업무란 독자의 안전조사, 下請에 맡기지 않는 설비 설계 그리고 remote tooling과 같은 특수설계에 관한 要求의 처리이다.

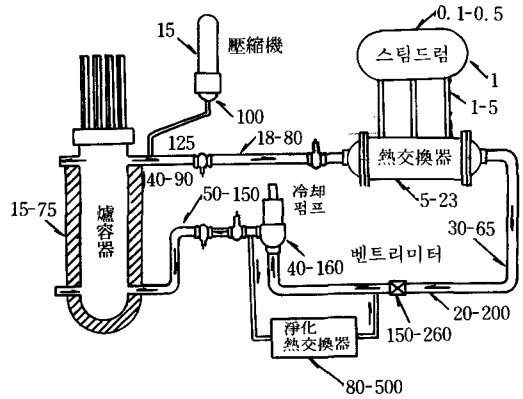
정기적으로 週間情報 / 調整會議가 개최되어 플랜트의 상태를 조사하여 문제분야를 확인하고 이들을 해결하는데 필요한 행동이 취해지며 또한 다음 週의 일에 대한 계획을 수립하게 될 것이다. 作業要員은 플랜트 / 현장의 감시, 폐로처리작업을 지원하는데 필요한 시스템과 장치의 메인テナンス, 폐로처리단계에 관한 전체 계획으로의 參加에 책임을 갖는다. 現物內·外의 방사선측정과 환경감시는 같은 프로젝트의 兩段階를 통해서 실행된다.

폐로처리작업의 일정은 그림 6 과 같다.

〈그림 6〉 廢爐 日程

1984	1985	1986	1987	1988
人員動員-訓練-計劃-매뉴얼작성				
메인テナンス와 監視業務				
現場管理와 運營				
現場修正				
廢棄物管理				
格納容器的 리프트와 輸送의 準備				
配管과 裝置의 除染과 撤去				
第 1次系 시스템·컴포넌트의 撤去				
發電과 制御 시스템의 撤去				
構造物 챔버의 撤去				
收容 챔버의 撤去				
廢爐에 關한 中間報告의 發行				

〈그림 7〉 Shippingport의 主要 시스템 放射能測定 MR/HR



◆ 技術的特徵 ◆

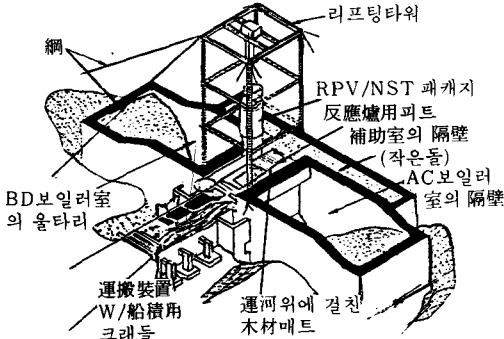
Shippingport發電所 폐로사업의 특징은 다음과 같다.

- 汚染除去處理가 없는 第 1次處理시스템
- 反應爐壓力容器的 一體撤去

그림 7은 Shippingport발전소의 주요 시스템에 관한 최근의 방사능측정 결과이다. 原子爐 收容室은 낮은 방사능레벨이기 때문에 爐시스템 전체의 오염제거는 필요하지 않다. 이 프로젝트 전체에서 예상되는 職業的 被曝은 거의 1,000 man-rem이다. 最盛期에는 250-300명의 人員이 폐로처리작업에 종사할 것으로 예상된다.

Shippingport 廢爐處理 특징의 하나는 원자로 압력용기의 一體撤去이다.

(그림 8) RPVI/NTS 패키지의 리프팅



이와 같이 함으로서 약 700만 달러가 절약되며 또한 要員의 放射能被曝量은 250man-rem에서 140mm-rem으로 감소하고 페로처리의 전체 일정도 容器나 内部를 분해하는데 1년정도 단축할 수 있다. 그림 8은 容器가 차폐되어 철거준비된 후에 그 철거에 사용되는 리프팅타워이다.

◆ 코스트 ◆

Shippingport 발전소의 廢爐處理計劃에 소요되는 전체 비용의 見積額은 7,970만 달러이다. DOE 全體코스트에 占하는 중요성 순서의 코스트 내역은 다음과 같다.

● 엔지니어링 (BRISC)	600万\$
● 作業計劃支援 (UNC-NI)	470万\$
● 發電所操作支援(DLC)	100万\$
● 現場管理와 支援(GE)	2,860万\$
● 廢爐處理業務 (GE)	2,900万\$
小 計	6,930万\$
臨時費	1,040万\$
合 計	7,970万\$

DOE는 이 계획을 “主要事業”으로 SSDD라고 명명했다. 이와 같이 作業測定시스템은 코스트와 일정의 관리와 평가를 위해서 사용된다. GE社는 DOE가 유효하다고 하는 作業관리 시스템을 사용하게 될 것이다.

Shippingport 原子力發電所는 1955년~1957년에 1억 4,100만달러의 비용을 들여서 건설되었다.

基礎数字로 1956년의 것을 사용하면 1986년에 설비를 다른 것으로 변경하였을 때의 코스트는 (1986년은 1984년-1988년까지 廢爐處理期間의 중간에 해당한다) 6억7,000만 달러이다.

그래서 Shippingport의 페로처리 코스트와 대체했을 때의 코스트는 약 12%이다.

$$\% = \frac{\$79.7 \text{ M (廢爐處理코스트)}}{670 \text{ M (代替코스트)}} = 12\%$$

◆ 結 論 ◆

廢爐處理되는 최초의 상업용 원자력발전소에서 Shippingport計劃은 안전, 코스트효과 면에서 原子爐의 廢爐處理技術의 기준이 될 것으로 기대되고 있다. 放射部品の 처리, 수송기술을 확인하는 것으로, 여기서 사용된 計劃과 作業이 앞으로 다른 원자력발전소의 廢爐處理에 관해서 세계적인 原子力産業의 가이드라인이 된다.

이달의 到着資料

- ◇ Nuclear News(ANS) 3月, 4月號
- ◇ ANS News(ANS) 3月, 4月號
- ◇ INFO(AIF) 3月, 4月號
- ◇ Nuclear Engineering Int'l(NEI) 4月號
- ◇ Nuclear Europe(ENS) 3月, 4月號
- ◇ ATOM(UKAEA) 2月, 3月號
- ◇ Bulletin(BNF) 3月號
- ◇ Swedish Nuclear News(Safo) 3月號
- ◇ Atoms in Japan(JAIF) 2月, 3月號
- ◇ 原子力産業新聞(日本原産) 1273號, 1274號, 1275號, 1276號, 1277號, 1278號, 1279號
- ◇ 原子力工業(日本日刊工業新聞社) 4月, 5月號
- ◇ 原子力文化(日本原子力文化振興財團) 3, 4月號
- ◇ 原子力資料(日本原産) 85年 1月, 2月, 3月號
- ◇ 原子力年鑑(日本原産) 1985年版
- ◇ 原子力人名錄(日本原産) 1985年版
- ◇ 原子力포켓북(日本原産) 1985年版
- ◇ 原子力發電所一覽表 1984年 12月 31日 現在