

고레벨廢棄物 處分費用

— 사이트選定과 施設設計 —

1. 序 言

미국에서는 商業用原子力發電所에서 排出되는 使用係核燃料은 재처리하지 않고 중간저장 후 로드 컨소리데이션을 실시하여 직접 처분하기로 되어 있다. 또한 군사용 원자로의 使用後核燃料은 재처리하며 이에 수반해서 발생하는 高레벨廢液은 그라스固化한후 처분하며, 1970년대에 가동하기 시작한 상업용재처리공장의 高레벨廢液도 이 군사용폐기물과 같이 그라스固化후 처분하기로 되어있다.

따라서 高레벨廢棄物이라해도 미국의 경우 그 대상폐기물은 로드 컨소리데이션을 행한 使用後核燃料과 再處理高레벨廢液의 그라스固化體(대부분 군사용폐기물)의 2 종류가 있다. 또 민간폐기물의 使用後核燃料은 처분장에서 직접 처분하기 전에 MRS(Monitored Retrieval Storage)라고 불리는 管理貯藏施設에서 장기간 중간저장을 한다.

다음은 이들 高레벨廢棄物의 처분비용에 관해 1985년 9월 24~26일, 美國의 워싱턴州 PASCO에서 美國原子力學會(ANS)가 主催하여 열린 「International Topical Meeting on High Level Nuclear Waste Disposal」의 會議에서 발표된 論文을 중심으로 한 高레벨廢棄物 處分費用에 관한 소개이다.

2. 處分場의 Site選定과 施設設計

1982年 核廢棄物政策法이 규정하는 미션플랜에서는 地下空洞에 의한 地層處分시스템을 위한

설계요건이 일반적인 형태로 기재되어 있다. 현재 이들의 설계요건은 처분장의 立地로서 생각하고 있는 다음의 세지점에 대한 구체적인 형태의 검토가 행해지고 있다.

- 한포오드(워싱턴州).....玄武岩層
- 유카마운틴(네바다州).....凝灰岩層
- 데프스미스(텍사스州).....岩塩層

이들 3개지점은 1983년이후의 지질조사, 環境影響評價에 의해서 9개지점에서 줄인 것으로 이들 지점중에서 1994년에 착공예정인 제 1 처분장사이트가 선정되고 5~7년후 늦게 착공예정인 제 2 처분장도 나머지 두 지점에서 선정된다.

이 세지점중 한포오드는 BWIP(玄武岩層에서의 廢棄物隔離프로젝트)라 불리우고 있는데, 설계상 ① 지하의 시설이어야 할 것과 ② 廢棄物이 완전히 밀폐될 것 등이 강조되고 있다.

또 한포오드지점에서는 폐기물의 취급조작을 행하기 위한 施設로 地表面 및 地下部로 나누어 연간 3,000톤(MTHM)을 받아들여, 處理, 패키징화 및 設置를 23년간 행할 수 있도록 되어 있다. 연간 3,000톤의 폐기물취급 조작량을 日當 환산하면 10톤(1주일을 6일로 한다)으로 使用後核燃料의 집합체수에서는 PWR일때는 26體, BWR이 46體이다.

처분장의 폐기물취급조작시설의 地表面에서는 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

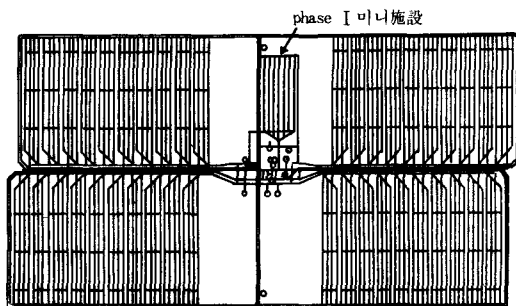
- 폐기물수송캐스크의 접수 및 검사
- 수송캐스크의 폐기물콘테이너 운반 및 검사

또한 이 시설의 地下部에서는 다음과 같은 기능이 주어지고 있다.

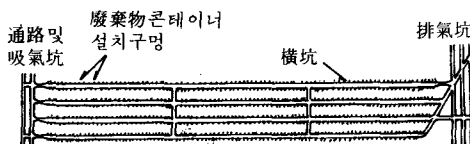
- 폐기물콘테이너의 샤프트内 운송
 - 폐기물콘테이너의 横坑内的 운반설비에 의한 운송
 - 폐기물콘테이너의 설치구멍으로의 설치
- 이와 같은 기능을 가진 폐기물취급조작시설의 설계목적은 안전성확보와 생산성향상의 2가지이다. 前者의 안전성확보라는 설계목적은 위해서 ① 최소한의 방사선피폭, ② 조작성은 루프의 외부에서(Man out of the Loop Approach)라는 발상에서 自動化 및 遠隔保守가 추진되며 또 後者の 생산성향상이라는 설계목적은 위해서는 自動化, 로봇화 등이 고려되고 있다.

한포오드처분장은 1998년 運開하기 위해 한정된 량의 폐기물을 소량, 조기에 처분하기 위한 페이스 I 施設과 5년후에 풀스케일로 본격적으로 처분할 수 있는 페이스 II 施設로 나누어져 설계되어 있다. 페이스 I 施設의 경우 폐기물콘테이너를 使用後核燃料를 집합체그대로 수납하나 페이스 II 에서는 집합체를 해체해서 로드 컨소리데이션을 실시후 콘테이너에 수납한다. 따라서 로드 컨소리데이션을 행하면 하나의 콘테

〈그림 1〉 페이스 II 施設(full scale)의 概念圖



〈그림 2〉 廢棄物處分판넬 概念圖



이너속에 PWR燃料일때는 4體, BWR燃料에서는 9體 수납할 수 있다. 또 페이스 I 施設로의 폐기물수송은 트럭수송에 한정되며, 페이스 II 施設로의 수송일때는 철도수송도 행해진다. 트럭수송의 경우에는 1주일에 50~60대, 철도수송의 경우에는 8~14輛의 수송량이다.

이와같이 페이스 I 이라는 미니시설을 만드는 이유는 지하처분장의 건설기법개발 가속화와 함께 이 미니시설 자체가 본격적인 페이스 II 施設의 1섹션으로서 이용될 수 있기 때문이다. 이와같은 2개의 페이스로 되는 시설의 설계는 그림 1 및 그림 2와 같다.

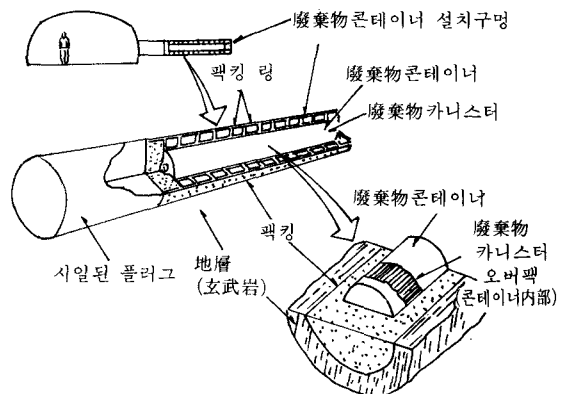
(1) 세로坑은 모두 7개로 페이스 I 施設을 위해 2개, 페이스 II 施設을 위해 5개가 있다.

(2) 페이스 II 施設은 4개의 隔室로 나누어져 있으며, 하나의 隔室에는 10개의 판넬이 있고 이 판넬에는 각각 4개의 横坑이 있다. 1개의 판넬에 수납할 수 있는 폐기물콘테이너의 수량은 9,460基로서 이들의 설치상황을 그림 3에 나타

〈表 1〉 MRS 施設의 시스템코스트

建設準備(Pre-construction)	275百萬\$
建設(Construction)	700~750百萬\$
運轉(Operation)	1,850~2,000百萬\$
閉鎖(Decommission)	75百萬\$
사이클코스트合計	2,900~3,100百萬\$

〈그림 3〉 廢棄物컨테이너 設置狀況



낸다.

페이스II施設이 본격적으로 운전단계에 들어가면 연간 1,666기의 폐기물콘테이너를 설치해야 할 구멍이 필요하며 이를위해 년평균 1.8개의 판넬이 조성되게 된다.

3. MRS施設의 시스템코스트

MRS施設이란 原子爐로부터 배출되는 使用後核燃料를 장기간 모니터링하면서 管理貯藏하는 시설로서 이 MRS施設에서 중간저장된 核燃料는 장차 高레벨廢棄物로서 직접 처분하기 위해 이 MRS施設에서 꺼낼 수 있도록 되어있다.

약70,000톤(MTU)의 使用後核燃料를 저장하기 위해서는 적어도 5군데의 MRS施設이 설계되고 立地될 필요가 있으며, 이를 위한 저장은 시일된 콘크리트캐스크에 의해 저장되는 방식이 제1안으로 생각되고 있다. 이 콘크리트캐스크의 높이는 .22피트, 직경은 12피트, 무게 200톤(빈 캐스크의 경우)이다. 또 이 캐스크저장방식의 대체안으로 드라이웰에 저장하는 방식이 고려되고 있다. 이 설계에는 4년정도가 소

〈表 2〉 MRS를 추가할 경우의 增加分

處分場	~1,300~1,500百萬\$
MRS-施設	~2,900~3,100百萬\$
輸送(原子爐-MRS)	100百萬\$
輸送(MRS-處分場)	100百萬\$
시스템코스트合計	1,500~4,900百萬\$

요될 예정이다.

MRS를 위해 전기사업주가 지불하는 요금은 1mill/kWh이며 MRS施設의 코스트는 表1에서와 같다. 또 使用後核燃料를 직접 처분하기 전에 MRS에 중간저장하는 경우의 코스트증가분은 表2와 같다.

4. 處分場的 시스템코스트

MRS에 의해서 중간저장하는 것이 처분창의 認許可나 스케줄에 어떠한 영향을 주는가를 평가하기 위해 MRS를 포함하는 경우와 포함하지 않은 경우에 高레벨廢棄物의 수송, 저장 및 처분의 시스템코스트의 비교하였다. 이 경우 민간폐기물로서 使用後核燃料 및 군사용 高레벨그라스固化體를 대상폐기물로 하고 있으며, MRS施設과 處分場과의 기능을 이등분하여 表3과 같은 시나리오로 구성하고 있다.

1982年 核廢棄物政策法에서 정해진 廢棄物基金制度에서 DOE(美에너지省)은 전기사업에서 1kWh當 1mill의 요금을 징수하게 되어있는데 이 금액의 타당성여부를 확인하기 위해 4개의 케이스, 즉 ① 기준케이스, ② 폐기물발생량이 낮은 경우를 상정한 感度分析케이스, ③ 수송캐스크의 기술개량케이스, ④ 처분이 늦어지는 케이스에 대해 각각 적절한 코스트폭 계산을 실시하고 있는 것이다. 이 결과는 1986년에 공표될 예정이다.

〈表 3〉 MRS施設과 處分場과의 廢棄物管理 分擔시나리오

	시나리오A	시나리오B	시나리오C	시나리오D	시나리오E
處分場	<ul style="list-style-type: none"> • 軍사용廢棄物 • over pack • 西部의 燃料 • Canister • Consolidation 	<ul style="list-style-type: none"> • 軍사용廢棄物 • over pack • 西部의 燃料 • Canister 	<ul style="list-style-type: none"> • 軍사용廢棄物 • over pack • 西部의 燃料 	<ul style="list-style-type: none"> • 軍사용廢棄物 • over pack 	<ul style="list-style-type: none"> • 軍사용廢棄物 • over pack
MRS 施設	없음	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidation 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidation • Canister 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidation • Canister • 西部의 燃料 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidation • canister • 西部의 燃料 • over pack