

# 使用後核燃料中間貯藏技術

## - 鍛鋼製 캐스크貯藏方式 (REA, TN) -

美國에서는 1977년에 再處理工場建設의 無期延期가 결정되었다가, 1981년에 凍結이 해제되기는 하였으나 再處理事業은 停止된 상태로 있다. 美國의 原子力發電所中에는 使用後核燃料(SF)의 貯藏풀이 다 차가는 곳도 있어서 暫定貯藏方式으로 캐스크저장, 사일로저장 및 현재의 풀에 燃料棒을 稠密化해서 저장하는 consolidated저장 등이 검토되고 있다.

다음은 美國에서의 SF 中間貯藏에 대한 개요이다.

### 1. 美國에서의 SF 中間貯藏

#### 1.1 經緯

1977年 카터大統領이 미국에서 사용후핵연료 처리의 休止를 선언했을 때, 당초 原子爐사이트에 있는 使用後核燃料 一時保管用으로 設計된 燃料풀은 1980년대에 商業爐에서 나오는 多量の 사용후핵연료를 수납할 수 없음이 명백해졌다.

1982년에 성립된 廢棄物政策法에 의해 1998년부터 정부가 사용후핵연료를 인수해서 처분하거나 監視附回收可能貯藏(MRS)施設에 저장할 예정이다. 1998년까지는 電力會社 自體에 의한 一時貯藏이 권고되고 있으며 AR캐스크貯藏方式이나 rod consolidation(使用後核燃料棒의 稠密化)에 의한 原子爐사이트에 있는 풀에 稠密貯藏이 이미 계획되고 있다. 또 電力會社 自體

가 貯藏을 할 수 없을 때는 1,900톤을 한정해서 政府가 일시적으로 인수하여 貯藏하는 것(FIS)도 고려하고 있다.

美國에너지省(DOE) 및 原子力產業界는 이 문제를 해결하기 위해 크게 세가지 방법을 검토하기 시작했다. 그 하나는 캐스크에 의한 貯藏, 다음에는 사일로저장, 마지막으로 consolidated 貯藏이다.

#### (1) REA

Ridihalgh, Eggers and Associates(REA)는 캐스크에 의한 乾式貯藏方式을 開發, REA2023型 캐스크를 設計하여 1982년에 DOE와 實證試驗用 原型 캐스크의 계약을 780,466달러로 체결했다. 캐스크는 1983년 5월에 南Carolina州 Barnwell에 있는 Allied General Nuclear Services(AGNS)의 再處理工場에서 DOE로 인도되어 8월까지 試驗(cold)이 행해졌다. 또한 같은 해 4월에 REA는 Woolley의 傘下에 들어갔다.

AGNS에서의 試驗後 1984년 6월에 Morris에 있는 General Electric(GE)의 再處理工場에서 사용후핵연료를 사용한 短期試驗과 1985년에 Tennessee Vally Authority(TVA)의 Browns Ferry 發電所에서 나오는 사용후핵연료를 사용하여 2년 이상의 長期貯藏試驗이 계획되고 있다.

Virginia Electric Power Co. (VEPCO)의 Surry發電所는 1985년에 Full Core Reserve(FCR)를 상실한다고 한다. 그로 인해 사용후핵연료

를 North Anna發電所로 수송하는 방법이 검토되고 있는데, 사용후핵연료의 수송에 대해 지역주민 등이 반대할 가능성이 있으며 이 경우 VEPCO는 REA2023型 캐스크에 의한 AR(At Reactor) 貯藏을 할 수 밖에 없다고 한다.

(2) TN

1982년에 성립된 核廢棄物政策法에 의해 核燃料 사이클 백엔드의 해결이 시급한데,美國은 使用後核燃料中間貯藏方式의 하나로 캐스크貯藏 방식에 착안하여 그 적용성에 대해 시험, 연구를 실시하고 있다. 이에 따라서 Transnuclear Inc. (TN)는 大型貯藏캐스크, TN2400을 개발해서 N-RC에 그 Topical Report를 제출하고 있다. TN 2400은 球狀黑鉛鑄鐵製 및 鍛造炭素鋼製 두가지 종류가 있다.

1.2 開發狀況

(1) REA

REA는 중간貯藏문제에 대해 乾式캐스크貯藏에 의한 해결법의 개발을 시작했다. 캐스크 使用時期를 고려하여 냉각기간이 5년 이상으로 충분히 냉각된 燃料를 가장 적합하게 수납할 수 있는 설계가 행해졌다. REA2023型 캐스크(그림1)는 Independent Spent Fuel Storage Installa-

tion(ISFSI)으로 만들어진 原子爐의 사이트에 저장하도록 설계되고 있다.

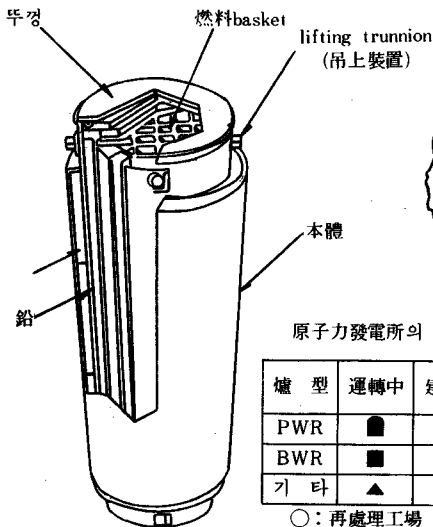
이 캐스크는 美國의 사용후핵연료貯藏에 관한 법규인 10 CFR Part 72를 적용해서 설계되어 있으며, 또 최종적인 貯藏장소로의 輸送의 필요성도 고려해서 수송에 관한 법규인 10 CFR Part 71도 적용해서 설계되고 있다.

캐스크 本體의 製作은 EL Manufacturing이 담당하고 배스킷의 제작은 Brooks and Parkins가 담당했다. 表 1에 REA2023型의 主仕樣을 표시했다.

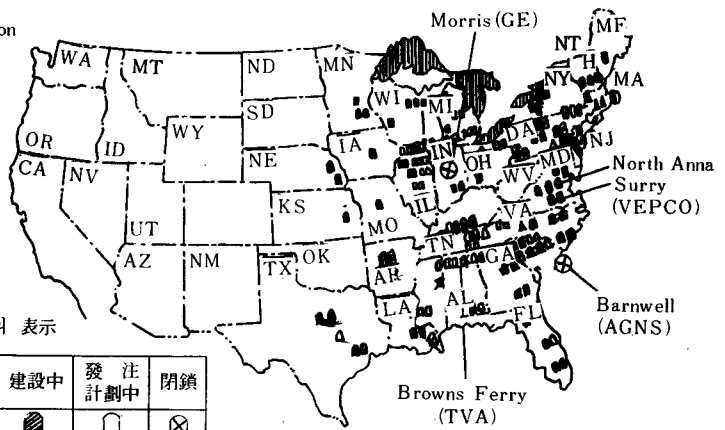
〈表 1〉 REA2023型, TN2400型 캐스크의 主仕樣

爐 型	REA2023		TN2400	
	PWR	BWR	PWR	BWR
收納体数(体)	24	52	24	52
燃焼度(MWD/MTU)	33,000	不 明	33,000	33,000
冷却期間(年)	5	5	5	5
사 이 즈 外徑×길이(m)	2.4×4.7	2.2×4.9	不 明	2.4×5.0
貯藏時重量(t)	90.7	104.4	87.4	87.4
主材質	本 体		鍛 鋼	
	中 性 子 遮 蔽 材		boron入 ethylene glycol水	
			resin	

〈그림 1〉 REA-2023型 캐스크 概念圖



〈그림 2〉 REA-2023型 關係地圖

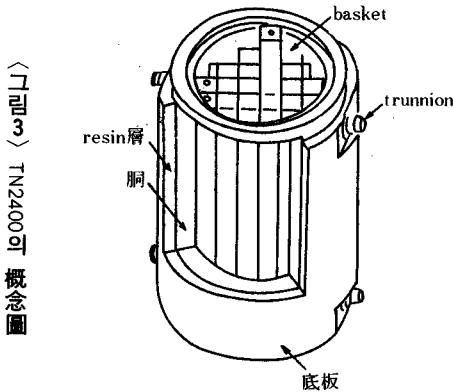


爐 型	運轉中	建設中	發 注 計 劃 中	閉鎖
PWR	■	▨	□	⊠
BWR	■	▨	□	⊠
기 타	▲	▲	△	△

○ : 再處理工場

認可取得狀況은 다음과 같다. 먼저, 저장 규칙인 10 CFR Part72의認可取得을 위해서 1983年 3月 PWR과 BWR用 REA2023型 캐스크의 Typical Report가 각각 REA에 의해 NRC에 제출되었다. NRC는 Typical Report의 심사를 끝마치고 1983年 11月 質問을 書面으로 Woolley에 제출했으며, Woolley는 질문에 대한 回答의 준비와 追加解析을 行할 예정이다.

또 Woolley는 輸送規則 10 CFR Part71을 적용



〈그림 3〉 TN2400의 概念圖

한 安全解析書(SAR)를 현재 작성하여 NRC에 제출하였다. 그림 2에 REA2023型 캐스크 關係地圖을 나타내었다.

(2) TN

TN2400型 캐스크(그림 3)에는 PWR型燃料集合體의 경우 24體, BWR型燃料集合體의 경우 52體를 수납할 수 있다. 또 consolidate된 연료의 수납도 고려한 설계로 되어 있으며, 이 경우 收納體數는 PWR型燃料의 경우 48體, BWR型燃料의 경우 104體가 된다. 表 1에 TN2400型 캐스크의 主仕樣을 나타내었다.

10 CFR Part 72에 準據한 TN2400의 Topical Report는 현재 준비중이며 곧 NRC에 제출될 예정이다. 또, DOE가 주체가 되는 實使用後核燃料에 의한 캐스크貯藏實證試驗이 여러가지로 계획되고 있는데 WEST VALLEY, E-MAD 등의 시설에서 예정되고 있는 實證試驗에서는 TN1300, TN2400의 각 캐스크의 사용이 예정되고 있다. 그리고, 이들 캐스크저장의 適用性評價는 2~3년에 끝날 것으로 생각된다.

〈表 2〉 REA2023型캐스크貯藏에 관한 作業設備

作 業	必要施設·必要設備
1. 搬入	cask, 架台, traler
2. 建物内作業	cask, 主 crain (200, 000/ lb = 90. 7ton 以上) 補助 crain 또는 chain hoist (4ton 以上) cask内部乾燥裝置 helium gas供給裝置 溶接裝置
3. 構内輸送	cask, 架台, traler
4. ISFSI設置	ISFSI (Concrete台等) cask, 架台, crain (212, 300lb = 96. 3ton以上) 内部壓力計裝 内部溫度計裝 (原型實證試驗用 cask 뿐) 表面溫도와 線量率 monitor (隨時)

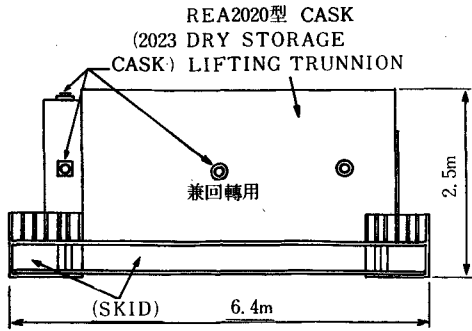
2. 鍛鋼製캐스크貯藏方式

2.1 REA-2023型 캐스크

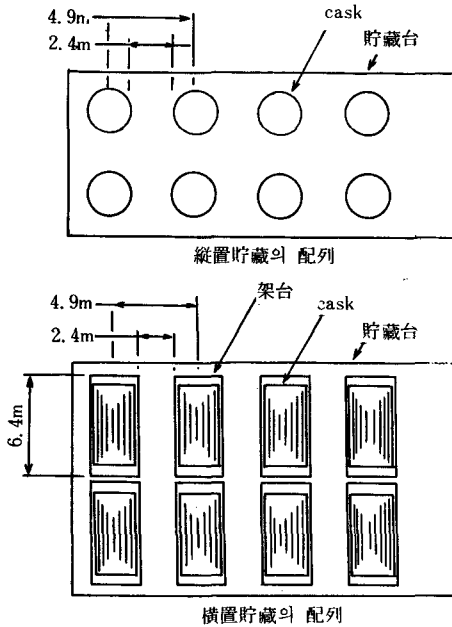
REA2023型 캐스크는 철도 등으로 原子爐사이트로 빈(空)캐스크의 상태로 반입되어 燃料裝荷後 ISFSI로 構内移送되어 橫置 또는 縱置로 저장된다(表2). REA2023型的 취급에 특별한 시설, 작업은 필요로 하지 않으며 캐스크 自體가貯藏用施設임이 특징이다. ISFSI로는 콘크리트만의 간단한 것으로도 무방하며 屋外貯藏이 가능하다고 한다.

REA2023型캐스크의 熱除去는 自然冷却에 의해서 행해지며 저장중에 保守와 監視에 대한 요구가 최대로 적어진다. 즉, 캐스크의 밀봉성이 완전히 유지되고 있는 것을 증명하기 위해 REA는 캐스크内壓의 遠隔監視를 요구하고 있을 뿐이다. REA2023型캐스크의 燃料裝荷와 꺼내는

〈그림 4〉 横置姿勢, 架台上的 REA2023型캐스크



〈그림 5〉 縦置, 横置貯藏의 推薦配列

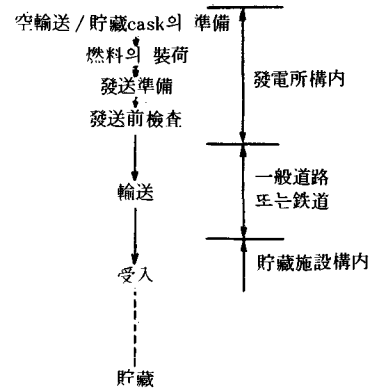


순서는 既存캐스크와 취급이 같다.

REA2023型캐스크는 横置, 縦置 어느 방법으로도 사용할 수 있도록 설계되어 있다. 縦置로 사용할 경우 캐스크는 콘크리트대에 캐스크底部가 실리도록 설치한다. 이때 캐스크의 바닥과 콘크리트대 사이에 腐蝕防止板을 설치한다. REA2023型캐스크를 横置로 사용할 경우 캐스크는 그림 4 와 같이 輸送貯藏兼用架台에 支持된다.

캐스크의 배열은 縦置貯藏에서는 그림 5 에서와 같이 인접하는 캐스크 사이의 거리는 2.4m

〈그림 6〉 輸送/貯藏캐스크의 輸送흐름



이상이 요구되고 있다. 이것은 中心間의 거리로서 다시 말하면 4.9m가 된다. 横置貯藏에서는 平行으로 인접하는 캐스크 사이의 거리는 2.4m 이상을 요구하고 있다. REA2023型캐스크의 cavity는 연료를 裝荷한 후에 7.5psig의 헬륨으로 채워진다. 캐스크內의 분위기를 헬륨으로 함으로서 2次蓋의 용접시일부를 포함해서 모든 貫通部の 漏洩檢査를 최종 밀봉한 후에 행할 수 있으며 헬륨을 正壓으로 함으로서 캐스크內部の 압력을 확인할 수 있다.

### 2.2 TN2400型 캐스크

TN2400型캐스크 취급의 흐름은 그림6과 같다. 輸送貯藏兼用캐스크에서는 수송중에 캐스크의 성능이 劣化되지 않음을 확인하기 위해, 貯藏施設에서 캐스크受入時에 '外觀檢査, 氣密漏洩檢査, 表面汚染檢査, 遮蔽檢査, 熱檢査'의 전부 또는 일부가 실시된다. TN2400型캐스크는 뚜껑과 저장커버 사이의 가스압력을 항상 모니터링할 수 있는 구조로 되어 있다.

육상수송된 輸送貯藏兼用캐스크를 사이트內에 받아들인후 앞에서의 檢査를 실시하며 必要한 경우에는 간단한 除染을 실시한다. 저장시설內에 반입된 캐스크는 받아들임 에리어에 仮置되고, 저장준비작업이 완료된 캐스크는 저장에리어의 소정의 위치에 設置된다. 여기서는 모니터링을 계속 행함으로써 캐스크蓋部の 密封性を 확인하게 된다.