

使用後核燃料의 中間貯藏 技術

— 그 特徵과 長·短點 —

原子力發電所에서 燃燒된 使用後核燃料를 여러 外國에서는 再處理 또는 處分으로 하고 있다. 그러나 그 이전에 中間貯藏을 고려하고 있으며 이를 위해 여러가지 方式이 開發, 實用化되고 있다.

다음은 이들 여려나라의 動向 및 開發, 實用化된 主된 方式的 特徵과 장·단점의 概略이다.

1. 諸外國의 動向과 開發現況

여러 외국에서의 主된 사용후핵연료 중간저장 기술개발현황을 表 1에 나타내었다.

西獨에서는 再處理政策을 취하고 있기는 하나, 현재 國內에서의 재처리능력이 불충분하여 英國, 프랑스 등에 再處理委託을 하고 있다. 1993年에는 处理能力 350ton/年인 再處理工場이 操業을 시작할 예정이므로 그동안은 외국에 재처리 위탁을 하는 한편 캐스크저장을 행할 계획이다.

이미 必要한 技術開發, 認許可取得, 建設을 거의 끝냈으며 금년 중반에는 原子爐 사이트外(AFR)에 저장용량 1,500ton의 캐스크저장시설이 運転을 시작한다.

英國에서는 가스冷却爐用 천연우라늄을 재처리하는 处理能力 2,000tonU/year의 工場이 1964年부터 運転되고 있다. 그러나 한편으로는 사용후핵연료의 저장능력을 보유하기 위해 1979年부터 일부의 原子爐사이트内(AR)에 저장용량

350ton의 강제공냉식 Vault저장시설을 2基稼動하고 있다.

스웨덴에서는 현재 건설중인 것 이외에는 원자력발전소를 건설하지 않으며 2010년경에 12基의 原電을 廢止키로 하고 있어서 사용후핵연료 대책을 비교적 고려하기 쉬운 國家로 생각되고 있다. 최근 英國, 프랑스에로의 종전의 재처리 위탁을 중지하고 將來永久處分을 하는 방향에서 그때까지의 사용후핵연료를 저장하기 위하여 저장용량 3,000tonU의 AFR 地下式水槽저장시설(CLAB)을 이미 建設하고 있다.

카나다는 CANDU爐에서의 사용후핵연료를 영구처분할 政策인데, 處分技術이 開發 確立될 때 까지는 저장할 계획이다. 현재 사일로저장의 실증시험(Hot)을 하고 있다.

美國에서는 현재 몇곳의 재처리공장 운전을 단념하여 再處理가 행하여질 전망이 없으며 또 1982年에 성립된 核廢棄物政策法에 의하면 1998年부터 政府가 사용후핵연료를 인수해서 處分하거나 監視付回收可能貯藏(MRS)施設에 저장할 예정이다.

1998年까지는 電力會社에 의한 일시 저장이 장려되고 있으며 AR캐스크 저장방식이나 Rod Consolidation(사용후핵연료봉의 稠密化)에 의한 原子爐付屬의 水槽內稠密貯藏이 계획되고 있다.

또한 전력회사에 의한 저장이 불가능하게 될 경우에는 1,900tonU를 限度로 정부가 일시적으

<表 1> 諸外國에서의 使用後核燃料 中間貯藏技術의 主된 開發狀況

No.	國名	機關·會社等	貯藏方式	研究開發	設計	試驗		許認可申請	製作建設	運轉	備考
						축소·부분	실제				
1	西獨	GNS	캐스크 (CASTOR)	○	○	○	○	○	○	△	(西獨)LWR 11基, (1982) 再處理政策 再處理工場 (35t/年) 操業中(酸化物) (350t/年×2基) 計劃中(酸化物)
2	西獨	TNH	캐스크 (TN-1300)	○	○	○	○	○	△	△	(仏)LWR 32基, (1982) 再處理政策 再處理工場 (1200t/年)操業中 (天然우라늄金屬, 酸化物) (800t/年)計劃中(酸化物)
	美	TNY	캐스크 (TN-2400)	○	○		△	△			(美)LWR 80基, (1982) 非再處理政策 電力會社에 의한 一時貯藏을 獎勵 1998年부터 정부가 處分
3	美	REA	캐스크 (REA-2023)	○	○		○	○	△		(英) 가스爐30基, (1982) 再處理政策 再處理工場 (2000t/年)操業中 (天然우라늄金屬), (1200t/年) 計劃中(酸化物)
		DOE	드라이엘	○	○	○	○				(스위스)LWR 4基, (1982) 海外再處理委託
4	英	CEGB	Vault	○	○		○	○	○	○	(스웨덴)LWR 10基, (1982) 海外再處理委託 그후 貯藏處分 (캐나다) CANDU爐10基 (1982) 使用後核燃料는 永久處分政策
5	스위스	EW	Vault (MODREX)	○	○	△					(캐나다) CANDU爐10基 (1982) 使用後核燃料는 永久處分政策
6	스웨덴	SKBF	AFR 풀	○	○			○	○	○	△
7	英	BNFL	再處理工場 付屬풀	○	○			○	○	○	△
8	캐나다	AECL	地上chasm (사일로)	○	○	○	○				

○印 : 實績있음 △印 : 具體的計劃·豫定있음 無印 : 具體的計劃·豫定 없음

로 인수하여 저장하는 것(FIS)도 고려되고 있다. 그리고 MRS의 개념으로는 橫型사일로方式과 地表드라이엘方式이 후보로 대두되고 있다.

2. 各種貯藏方式의 概念

(1) 캐스크貯藏方式

서독에서 실시되고 있는 AFR 캐스크 저장방식의 개념도를 그림 1에 나타내었다. 사용후핵연료는 原子力發電所에서 乾式의 수송/저장겸용 캐스크에 裝荷되어 트레일러 또는 철도에 의해 철근콘크리트의 캐스크저장건물에 반입된 후 세워서 저장된다.

核燃料의 봉괴열은 건물측면에서 들어와서 천장을 통해 바깥으로 나가는 공기의 自然對流에 의해 캐스크表面에서부터 放熱된다. 수송/저장겸용 캐스크에는 鑄鐵製의 CASTOR型 또는 TN型 캐스크가 사용된다.

한편, 美國에서 고려되고 있는 캐스크 저장방식은 AR의 屋外에 캐스크를 세워서 배열하여 自然放置하는 일시저장방식이다. 사용되는 캐스크로는 앞의例外에 스텐레스스틸製의 REA型, 鍛鋼製의 TN型캐스크 등이 후보로 선택되고 있다.

(2) Vault貯藏方式

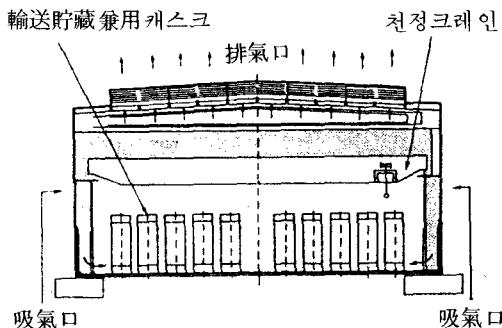
英國에서 현재稼動되고 있는 閉싸이클 Va-

Ult 저장방식의 개념도를 그림 2에 나타내었다. 가스냉각로의 사용후핵연료는 原子爐建物内의 탄산가스분위기 건식보관설비에서 初期 冷却된 후 인접하고 있는 Vault저장시설로 移送되어 裝荷슈트를 통해서 所定의 저장셀内에 투입된다. 核燃料의 봉괴열 제거는 시설내 전체의 공기를 순환시켜 热交換器로 원자로 보조냉각 계통에 放熱시킴으로서 행하여진다.

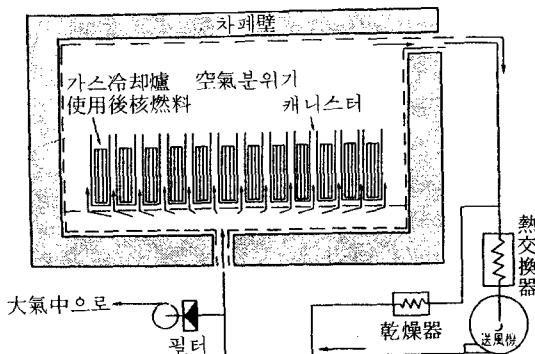
또한 그림 3에서와 같은 輕水爐의 사용후핵연료용 자연냉각 Vault저장방식도 개발되고 있다. 그림 4에는 스위스에서 開發되고 있는 閉싸이를 MODREX Vault저장방식의 개념도를 나타내었다.

사용후 핵연료는 原子力發電所에서 수송캐스크内에 미리 설치된 캐니스터内에 封入 되어 AR 또는 AFR Vault저장시설로 수송된다. 核燃料를 封入한 캐니스터는 캐스크에서부터 콘크

〈그림 1〉 캐스크貯藏方式의 概念圖(西獨)



〈그림 2〉 閉싸이를 Vault貯藏方式의 概念圖(英)



리트사일로의 모듈內로 移送・裝荷되어 저장된다.

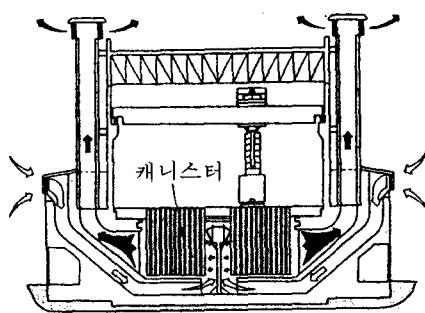
核燃料의 봉괴열은 모듈內를 자연대류하는 공기분위기에서 캐니스터벽을 통해서 放熱되며, 모듈內의 熱은 히트파이프를 통해 大氣中에 放熱된다.

(3) 사일로貯藏方式

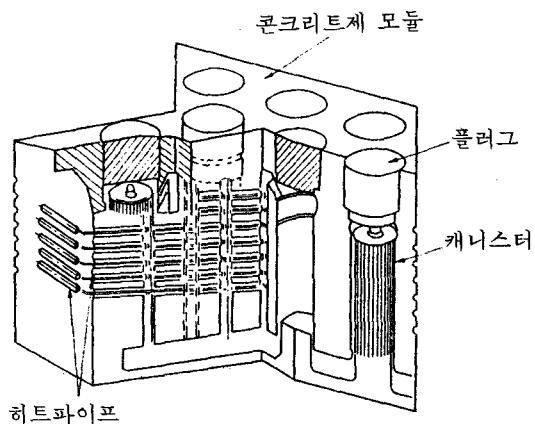
카나다에서 현재 實證試驗中인 사일로 저장방식의 개념도를 그림 5에 나타내었다. CAN-DU爐의 사용후핵연료를 헬륨분위기의 캐니스터内에 封入한 후 AR 또는 AFR의 콘크리트 사일로内에 저장한다. 콘크리트사일로는 屋外의 地上에 있으며 核燃料의 봉괴열은 캐니스터 및 콘크리트벽을 통해서 大氣中에 放熱된다.

(4) 水槽貯藏方式

〈그림 3〉 閉싸이를 Vault貯藏
方式의 概念圖(英)



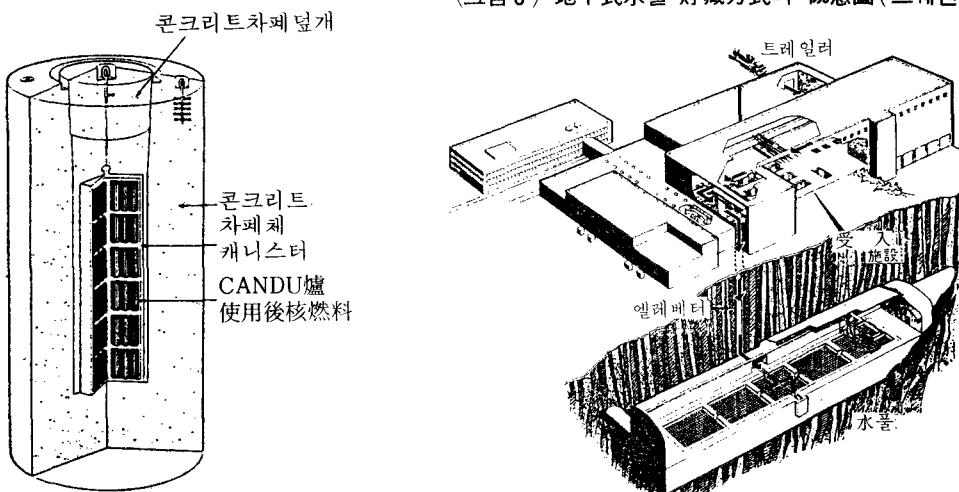
〈그림 4〉 閉싸이를 MODREX Vault貯藏
方式의 概念圖(ス위스)



<表2> 使用後核燃料貯藏方式의 比較

貯藏方式	特徵 및 장점	短點	共通
캐스크貯藏	共通	1. 使用하는 캐스크가輸送 및 貯藏兼用可 2. 貯藏施設建設이簡易 3. 貯藏量의需要에 應하여 貯藏容量의增加可能 4. 貯藏施設에서發生하는 二次廢棄物量이少 5. 貯藏終了後의 貯藏施設의 디코미ショニング이容易 6. 自然冷却可能	1. 大容量貯藏時, 貯藏單價, 高 2. 貯藏施設建物의設計基準設定
	REA(美)	1. 스테인레스와 난에 의한 多層構造 2. 水에 의한 中性子 차폐	1. 屋外自然放置方式 2. 스테인레스製이므로 코스트가 약간高
	GNS(西独)	1. 球狀黑鉛鑄鐵製로納期가짧고, 鑄造캐스크에 比해 코스트가 싸다	1. 西獨以外鑄鐵캐스크 實績없음 2. 鑄鐵의品質保障
	TN(西独, 美, 仏)	1. TN1300의 경우, 同上 1. TN2400의 경우, 鍛鋼製로 許認可性 良	1. 同 上(1, 2.) 1. 鍛鋼製이므로 大量生產에의한 코스 트低減에리트小
Vault貯藏	共通	1. 貯藏이高密度로 貯藏單價싸다 2. 貯藏環境의監視, 貯藏燃料의 檢查가可能 3. 自然冷却可能	1. 한꺼번에 大型의 設備投資가必要 2. 콘테이너 채우기가必要(二次廢棄物發生)
	EW(ス위스)	1. 모듈화를 基本으로하고 있으며 貯藏需要에 일맞는 設計가可能	1. 概念設計段階
	GEC(英)	1. 가스爐使用後核燃料의 貯藏實績있음	1. 輕水爐使用後核燃料의 Vault貯藏施 設은 概念設計段階
貯로사 藏 일	AECL(캐나다)	1. 外氣의 自然對流에 의해冷卻 2. 콘크리트사일로의製作은容易, 싸다	1. 貯藏이低密度로 스페이스가必要
풀貯藏	共通	1. 輕水爐施設內의 貯藏實績있음	1. 水冷이라서, 循環水의 管理가必要 (二次廢棄物發生)
	SKBF(스웨덴)	1. 世界初의 AFR地下貯藏施設 實績있음	1. 安定된 岩盤이 広範囲必要
	BNFL	1. 開放式建物	1. 뚜껑이없는構造

<그림 6> 地下式水槽貯藏方式의 概念圖(스웨덴)



<그림 5> 사일로貯藏方式의 概念圖(캐나다)

스웨덴에서 실시되고 있는 地下式 水槽저장 방식의 개념을 그림 6에 나타내었다. 사용후 핵연료는 通常의 수송캐스크에 의해 AFR의 地下사이트로 수송된 후 水槽内에 저장되어 강제냉각된다.

3. 各種貯藏方式의 特徵 및 長·短點

앞에서의 각종 저장방식은 각국의 個別事情에 적합한 것으로서 이들 방식을 그대로 우리나라에 適用할 수 있는 것은 아니다. 그것은 각 나라 특유의 사정이 있으므로 특별한 배려가必要하기 때문이다.

技術的인 입장에서 각종 방식의 특징과 長·短點을 검토·정리한 결과를 表2에 나타내었다.