

使用後核燃料의 貯藏趨勢

Current Trends in Spent Fuel Storage

B. Wolfe, B. F. Judson, J. E. Van Hoomissen (General Electric Company)

使用後核燃料에 대한 저장기간의 증가와 저장량의 증가로 인해 使用後核燃料의 貯藏問題가 核燃料週期の 주요분야로 부상하고 있다. 15년전 발주된 原子爐는 使用後核燃料를 발전소부지에 1~3년의 최소기간동안 저장한후 재처리시설로 옮기도록 계획되어 있었으나, 오늘날은 10~30년간 발전소부지에 저장하였다가 처분할때까지 부지의 시설에 50년간 저장하도록 계획되고 있다.

이러한 저장기간의 증가와 稼動原子爐數의 증가는 서구경제권 국가에서만 年間 약4,500톤 규모의 使用後核燃料를 발생시켜, 그 중에서 80%가량 저장되고 있다. 현재의 使用後核燃料貯藏技術은 첫째로 습식방법보다 건식저장법으로, 둘째는 대단위시설보다는 단위시설저장법으로, 셋째는 어떤 후속사업과 저장법을 합성시키는 경향이 있다.

1. 乾式貯藏

貯藏期間의 증가로 使用後核燃料의 많은 부분을 건식저장법으로 저장할 수 있게 되었다. 輕水爐의 使用後核燃料는 부지내에서 혹은 재처리 선행기간동안에는 붕괴열제거와 방사능차폐가 용이한 습식저장법으로 저장되고 있는데,

貯藏所要量이 급증된 현재에는 개량된 내진구조해석법을 적용한 고밀도 랙(rack)을 설치하여 저장조의 저장능력을 높이고 있다.

새로운 저장시설이 필요하거나, 장기저장을 계획할 경우 3~5년 이상 습식저장을 겪은 核燃料는 다음단계에서는 건식법을 이용한다. 건식저장법은 대기중 혹은 불활성기체내에서의 최대허용온도가 문제이나, 이는 실험적으로 해결하고 있다. 임계나 차폐 및 열수력학적 문제는 정교한 해석법이 개발되어 있어 별 문제가 없다.

건식저장법으로 英國에서는 대형볼트를 사용하고 있으며, 日本과 美國에서는 소규모의 乾井과 볼트시설을 건조한 바 있다. 카나다는 1990년대 초까지의 실용화를 목적으로 콘크리트容器와 기체냉각볼트를 연구개발중이다. 西獨은 부지외설비의 임시저장이나, 새로 계획되고 있는 재처리의 선행저장기간중에는 금속용기를 이용한 건식법을 채택하고 있다. 프랑스는 유리화된 고준위폐기물에 건식법을 적용하고 있으며, 高速爐의 使用後核燃料도 건식법으로 저장할 계획이다. 미국에서는 10년분이상의 저장능력을 갖도록 기존저장조를 확장하고, 핵연료 집적법을 사용하여 저장능력을 높이고 있다. 또한 부지내 확장수단, 지층내 처분시설 혹은 장

기 감시·회수가 가능한 저장시설의 선행저장법으로 건식법이 활발히 開發되고 있다.

2. 單位貯藏

單位貯藏法은 저장시설의 저장능력이 다하였으나 개수가 불가능하거나, 비경제적인 경우의 기존시설에 적용이 쉽다. 단위저장법은 선행투자비가 낮고, 필요할 때 저장능력을 추가시킬 수 있어 대단위시설보다 유리하며, 후속작업을 통한 核燃料의 이송과 처분이 불확정적일 경우에 적합하다. 반면 저장용량이 확실하고 1,000톤이상의 규모에서는 대단위시설이 경제적이다.

단위저장법은 건식저장법의 개념에서 부터 發展되어 1970년대부터 연구되어 왔는데 미국의 콘크리트용기와 乾井, 캐나다의 콘크리트격납고, 스위스의 콘크리트볼트, 서독의 금속용기 저장법 등이 있다. 미국에서는 저장조용량이 다하였으나, 연방정부의 최종처분이 결정되기 전의 임시저장법으로 건식단위저장법이 급속히 개발되고 있다.

3. 體系合成

최종처분을 위한 부지의로의 수송과 같은 어떤 후속사업과 저장법을 합성시키는 것이 현 추세이다. 原子爐에서 방출된후 5~7년이 경과된 核燃料은 방출후 5개월만에 재처리하도록 계획하였던 초기에 비해 核分裂生成物の 除染條件이 完化되고 있다. 유럽에서 계획되고 있는 방출후 40~50년이 경과된 核燃料나 고준위폐기물의 지표저장법은 미국이 현재 10년 냉각후 지층에 처분하려는 경우에 비하여 熱負荷가 경감되고 있다.

使用後核燃料의 수송과 저장의 합성은 이중 목적의 수송·저장용기 제작이다. 독일의 고르벤의 저장시설은 총 1,500톤의 使用後核燃料을 429개의 금속용기에 받아 저장하도록 서독정부로부터 인가를 받았으며, 재처리를 목적으로

일본에서 부터 유럽지역으로 수송하기 위한 장기 왕복수송에는 수송용기 단위저장법이 이용되고 있다. 미국에서도 수송·저장을 위한 금속용기개발의 실증프로그램이 계획되고 있다.

4. 核燃料棒의 集積

이 방법은 核燃料集全體를 해체하여 강철통내에 核燃料棒을 집적시키고, 벗겨진 하드웨어는 저장 또는 처분하기 위하여 격리용기에 밀집장전한다. 미국의 제너럴일렉트릭(GE)회사는 核燃料의 집적개발에 오랫동안 참여하여 왔으며, 주요설계조건은 4각배열을 3각배열로 재구성시킬 때 길고 휘기가 쉬운 核燃料棒의 철저한 조절이다. 저장용조내에 저장할 경우에는 核燃料棒을 집적한 강철통의 크기가 고밀도 랙의 공간에 맞아야 하나, 요즈음은 강철통의 크기가 약간 달라도 저장할 수 있는 방법이 계획되고 있다.

核燃料棒의 집적은 기존 원자력저장용조의 저장용조 확장시 임시저장법으로 사용되고 있으며, 이 방법은 수송 및 다른 후속작업에 유리하다. 단점으로는 집적시키는데 시간이 많이 걸리며, 개인피폭선량을 증가시킬 우려가 있는 것이다. 시설이나 폐기물의 파편 및 저장조건에 따라 추가저장량에 드는 비용은 특히 콘크리트 Unit같이 추가되는 단위저장방식의 비용과 비슷해지게 된다. 따라서 후속운전이 이것의 가장 주된 이익이 된다.

5. 核燃料週期에로의 適用

저장기술의 적용은 使用後核燃料를 발생시키는 原子爐所有主와 최종처분을 결정할 정부 또는 법인체사이에 책임을 어떻게 나눠갔느냐에 따라 다르다. 저장의 일차적인 책임은 原子爐所有主에 있다. 재처리, 중앙저장시설 또는 지층처분시설 등의 신뢰성이 있는 방법이 제시된 경우 소유주는 기간이 최소가 되는 저장법을 택

할 것이며, 처분저장의 추가분에 의존하여 저장하겠지만 그렇지 못할 경우 저장용량의 확장 계획을 수립해야 한다.

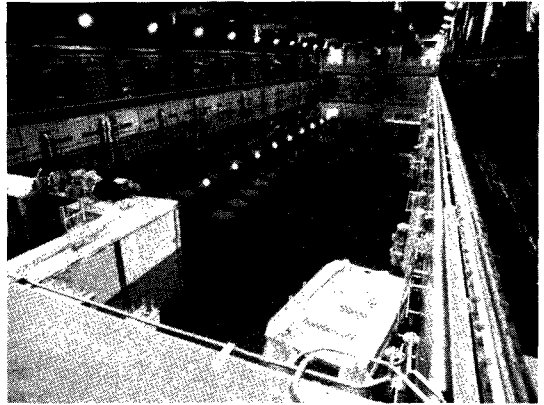
原子力發電量の 증가추세의 둔화, 풍부한 우라늄원광의 발견, 농축비용의 저렴화에 힘입어 재처리하는 경제성이 적어졌으며, 미국 등지에서는 경제성이 있을 때까지 使用後核燃料을 지층 시설에 처분하여 재처리를 무기한 연기시키고 있다. 재처리 핵주기에서 부터 once-through 핵주기로 전환되어 많은 발전소에서는 使用後核燃料의 저장법을 개발하고 있으며, 부지내에 10년이상분의 使用後核燃料을 저장할 수 있도록 개조시킬 필요가 생겼다.

美議會는 연방정부가 1998년에 처분 시설에 使用後核燃料을 옮길 때까지 소유주가 저장 책임을 지도록 하고 있다. 스웨덴에서는 지층 처분하기전에 40년간 저장할 수 있는 중앙습식 시설이, 西獨에서는 건식저장법이, 英國과 프랑스에서는 1990년대 중반 再處理工場의 가동시까지 이용될 습식저장시설이 건조되고 있다. 日本에서는 중앙저장시설과 재처리시설이 병행되고 부지내의 저장조의 저장능력을 확장시켰으며, 건식단위저장법을 보조방법으로 채택하고 있다. 韓國의 경우는 이들 선택을 주의깊게 검토하고 있다.

6. 處分方法의 選擇

새로 計劃하거나 原子力發電體系를 개발중인 국가에서는 국내에서 사용후핵연료를 장기처분하는 경우와 국제적 설비에 상업적으로 처분하는 방법 등 두가지가 있다.

국내처분의 경우, 소규모의 재처리나 지층에의 처분은 비용이 많이 들어 투자가치가 보장될 정도의 양이 누적될때까지 저장이 요구된다. 국제적처분의 경우도 상업적 이유로 복잡하며 제한성이 커서 후속사업이 분명할때까지 저장하는 것이 필요하다.



간단한 처분법으로 회수물질이나 폐기물을 더 이상 책임지지 않기로 하고 다른나라에 처분토록 양도하는 방법이 있는데, 동구경제권 국가에서 제안되고 있다. 그러나 동구경제권 밖의 국가들은 상용재처리시설에 국내처분을 위한 조건으로 회수된 생성물과 폐기물의 회수를 포함시키고 있다. 현재로서는 재처리하는 경제적이 못되며, 재처리된 경우에는 플루토늄의 저장비용 때문에 장래 高速爐를 위한 저장방법보다는 輕水爐에 재사용하는 것이 유리하다. 開發途上國에서는 原子力事業이 성숙될때까지 再處理를 포함하는 核燃料週期の 하부구조를 확장시키는 것을 연기하는 것이 좋다.

使用後核燃料과 고준위폐기물에 대한 지층 처분기술은 미국, 캐나다, 유럽 등에서 평가되었으며, 美國은 議會로 부터 부지선정과 안전성 검토절차에 따라 이 시설을 건설토록 위임받았으나, 1998년까지 처분목표를 이루기는 힘들 것 같다. 또한 안전하고 신뢰성있는 방법으로 감시·회수가능한 저장시설을 선정하여 지층매장법의 보조단계로서 또는 지층매장법의 건설시 협운영으로 이용될 것이다.

開發途上國에서는 기술이 확립될때까지, 그리고 미국이나 유럽지역의 상업적배려가 정착될때까지 지층처분시설의 건설을 연기하는 것이 최선책이며, 임시적인 저장법이 재처리방법보다 경제적으로 유리하다.