低Level放射性廢棄物 處分(Ⅲ)

—유럽의 實狀—

유럽, 특히 西歐에서는 국토가 비교적 좁고 또 産業化가 앞서 있으며 인구 밀도도 높아 低레벨放射性廢棄物의 처분으로 海洋投棄를 채용하는 나라가 많았으나, 최근에는 陸地處分을 의도하게 되었다.

현재까지는 地表 부근의 처분으로서 영국과 프랑스, 地下岩鹽도옴속의 처분으로서 독일연방공화국(서독)에서 행해진 것이 주되는 육지처분의 실적이다. 한편, 스웨덴, 핀란드, 스위스 등에서는 육지처분에 의한 처분용량의 확보가 급박한 실정이므로 각종 검토가 행해져 세계적인 계획하에 規制의 整備가 진행되고 있으며, 미실시의 상태이기는 하나 그 先進性에 각국의 관심이 모여지고 있다.

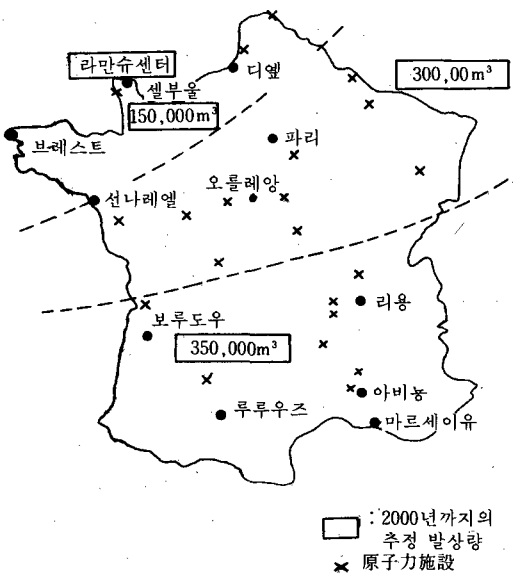
지금까지 실시한 경험이 있는 나라에서도 주로 사회적인 영향에 의해서 안전성에 관한 規制强化를 꾀함과 더불어 처분용량의 확보나 확대에 고심하고 있다고 하겠다.

1. 프 랑 스

노르만디 항구로 유명하며 셀부우르가 있는 코런탄 반도의 서북단 라아그 곶 가까이 있는 再處理工場 부근에 라만슈 저장 센터(CSM)가 설치되어 있다(圖1). 저장 센터라 불러지는 까닭은 低레벨固體廢棄物의 壓縮處理設備나 압축물 외에 核燃料物質들도 대상으로한 中間貯藏施設이 설치되어 있음도 하나의 요인이겠지만, 기본적으로는 300년간은 저장을 계속하겠다는 이념에 의한 것이며, 기술적으로는 처분이라고 말해도 상관없는 것으로 생각되므로 해서 처분센터로 취급되어지고 있다.

1969년 6월에 설치된 CSM은 명의적으로는 프랑스原子力廳(CEA)이 조업 책임자이나, 실제로는 CEA내에 1979년에 신설된 放射性廢棄物國家管理廳(ANDRA)이 조업회사를 통해 운영하고 있는 것이다. 그 처분 용량은 體積으로

圖 1 라만슈센터와 低레벨廢棄物 推定發主



약 $4\times10^5m^3$로 예상되고 있으나, 이미 반 이상이 반입되어 있으므로 이대로는, 1990년경에 잔존 용량이 없어질 것으로 예상되고 있다.

한편, 2000년까지의 폐기물 발생 예상량은 圖1에서와 같이 CSM이 있는 북프랑스에서 $1.5\times10^5m^3$, 중부 프랑스에서 $3\times10^5m^3$, 남부 프랑스에서 $3.5\times10^5m^3$에 달할 것으로 추정되므로 1990년경에 操業開始를 목표로 새로운 처분 센터 2개소의 조사 선정을 서두르고 있다.

1.1 安全基本規則

이와같이 기존CSM의 殘存容量을 효과적으로 사용하고 또 新規處分 센터의 立地操業의 低中레벨방사성폐기물의 長期地表貯藏 센터에 대해 安全基本規則을 설치하고 그 규제를 명확히 했다. 이 규칙은 1984년에 개정되었다.

이 규칙을 對象, 定義, 基本目標, 安全性에 관련하는 개념의 基礎, 申請, 解說로 구성되어 있다. 또 일반적으로 적용되는 규칙이기 때문에 대체로 定性的인 요건의 기술이 많은데, 定量的인 항목은 2개가 포함되어 있다. 하나는 監視期間이 300년 이내, 또 하나는 수납한 폐기물의 모든 집합에 대해서 알파 방사능의 평균치가 감시 기간이 끝나는 싯점에서 0.01Ci/t 이하로 하는 것이다.

定性的인 면에서는 폐기물은 固化媒質로 不溶性시켜 용기에 空隙을 남기지 않게 해서 充塡하는 것이 원칙이며 예외로서 레벨이 낮을 경우에는 固化媒體속의 不溶性化를 생략, 용기에 채우기만 해도 좋다고 하고 있다. 또 시간의 경과에 의한 관리의 단계를 操業, 監視, 無管理의 3가지로 구분하고 있다.

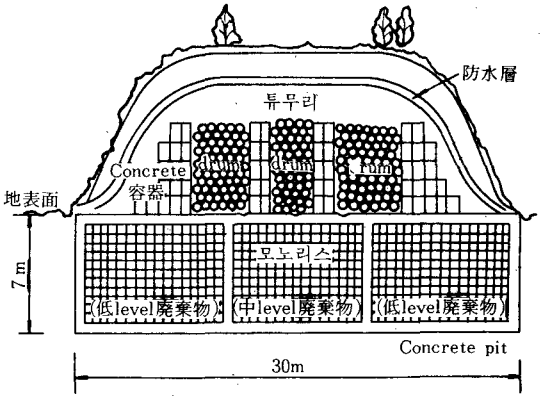
閉込시스템은 폐기물의 物理化學形과 容器로서 되는 廢棄體, 폐기체를 수납하는 構築物, 거기에 폐기체가 定置되는 장소의 土壤이나 岩體의 3가지로 구성된다고 하고 있다. 특히 중요하다고 생각되는 것은 물이나 공기에 의한 방사성물질의 環境移行을 解析하여 처분 가능한 放射性種의 성질과 양을 규정하는 것을, 감시나 유지, 사람의 침입 방지, 물의 침입 위험 방지, 耐震과 安定性 등의 요건과 함께 구하고 있는 점이다. 그리고 신청에 있어서는 豫備, 暫定, 最終의 세가지 安全報告書를 순차로 제출하기로 하고 있다.

1.2 CSM 의 技術規準

그런데, 이상의 安全基本規則에 따라서 개개의 처분 센터에 대한 技術規準이 규정되게 되는데, 현재로서는 이 안전기본규칙의 시행후에 처분 센터는 신설되어있지 않으므로, 操業開始 후 십수년이 경과한 CSM에 대해 85년 2월에 규정된 것밖에 보기가 없다. 과거에 받아들여진것에 제약되는 면이 있으므로, 앞의 安全基本規則이 의도하고 있는 것이 모두 반영되어질지 어떨지에 대해서는 보증할 수는 없으나 아래에 그 요점을 제시하기로 한다.

CSM의 처분 방식은, 圖2에서와 같이 비교적 방사능레벨이 높은 폐기체를 地表下에 설치된 concrete pit내에 쌓은 후 cement grout로 空隙을 充塡한 다음 다시 콘크리트 뚜껑을 한 monolith라고 칭하는 부분과 地表面上의 위치 즉 모노리스 위에 비교적 레벨이 낮은 것을 쌓아올린 후 覆土, 防水工, 覆土, 植生을 실시한 튜무리 하고 하는 부분으로 구성되고 있다. 技術規準에 의하면, CSM은 基本原子力施設 제

圖 2 라만슈센터



66호로 지정되어 있으며, CSM의 安全報告書에 합치되도록 유지될 것과 또 기본원자력시설의 操業一般規則에 합치되도록 조업되어야 한다고 하여 일면 保安規程的인 면도 가지고 있다. 그러나 전반적으로 原子力施設安全本部나 그 本部長에 대한 특별 승인의 신청 등에 조치를 요구하는 항목이 많고, 試行的 혹은 旣受入廢棄物이 많이 존재하고 있는 점에 제약되고 있는 성격을 볼 수가 있다.

廢棄體에 대해서는 Sr-90이나 Cs-137 등을 포함하기 때문에 半減期 30년 정도 이하의 beta,gamma 放射性核種이 주대상이며, 알파방사성핵종이나 30년 정도를 넘는 長半減期 베타·감마핵종의 함량이 極微인 것만을 받아들인다고 하고 있다. 알파핵종 또는 알파放射體의 딸핵종을 가지는 베타·감마핵종의 농도가 300년 후에 0.1Ci/t 이하의 것이 원칙적으로 받아들이는 대상이다. 다만, 이값을 넘는다하더라도 0.5Ci/t 미만의 것은 특별검토를 한 다음에 받아들이는 것이 가능한데, 대상량이 20톤을 넘을 경우에는 사전 동의가 필요하다고 하고 있다.

CSM에서 말하는 固化廢棄物은 고체이며 均質하고 非分散性인 물질이 되도록 媒質中에 混化固化되어 있으며 또 용기속에 가능한 한 틈을 남기지 않도록 완전하게 채운 것을 뜻한다. 非固化廢棄物이란 不均質한 폐기물의 고체로서 非分散性으로 해서 또 용기내의 공간을 가능한 한 充塡하는 바인더로서 고정한 것이라고 하고 있으며 부분적인 固化나 補足的인 용기를 이용해도 좋다고 하고 있다. 더우기 용기에 넣지 않아도 되는 것의 규정이 있다.

폐기체의 閉込能力은 그 年間放射能侵出分率이 CSM의 안전 보고서에서 사용한 값을 넘지 않을 것을 요구하고 있다. 이 기술 규준에서 가장 주목되는 것은 폐기체속의 比放射能의 최고치와 처분 센터에 허용되는 방사성핵종의 총량에 관한 숫치이다.

먼저 比放射能이다. 原文에서는 MBq/kg 라 Ci/t 가 併記되어 있는데 여기서는 편의상 Ci/t를 사용한다. 반감기 30년 정도 이하의 베타·감마핵종에 있어서는 핵종마다 비방사능이 表1에서 나타내는 최고치보다 낮거나 같은 것이 원칙이다.

이 표에 표시되어 있지 않은 핵종에 대해서는 添付資料에 따라서 최고치를 계산하게 된다. 다음에 11이상의 핵종을 포함하는 폐기물에 대해서는 각 핵종마다 최고치를 넘고 있지 않으면 문제는 없으나 개개 핵종의 비방사능과 최고치와의 비의 합이 10까지 허용되게 되어 있다. 이것은 아마 池圈移行에 있어서는 chromatographic한 거동이 되어 핵종의 peak가 겹치는 것은 소수의 핵종의 경우에는 있을 수 없는 것을 배려했기 때문이라고 생각된다.

반감기가 30년 정도를 넘는 베타·감마핵종의 경우는, 이것은 아마 原子爐解體 등에서 발생할 것으로 생각되는데, 操業者가 특별검토하여 SCSIN의 長의 동의를 얻어야만 한다고 되어 있다.

알파핵종에 대해서는 300년 경과시점에서의 계산치가 표1에서 가르키는 최고치를 하회하는

〈表 1〉 라만슈에서의 許容最高値

Ⅰ.2 半減期 30년정도이하의 $\beta\cdot\gamma$核種

(處分時點에서의 값) (Ci/t)

放射性核種	非固化廢棄体 (300年經過後)	固化廢棄体 (300年經過後)
^{3}H	0.2 (9.5×10^{-9})	2 (9.5×10^{-8})
^{60}Co	0.1 (7.4×10^{-19})	1,300 (9.6×10^{-15})
^{90}Sr	0.1 (7.3×10^{-5})	20 (1.5×10^{-3})
^{137}Cs	0.1 (1.0×10^{-4})	130 (1.3×10^{-1})
放射性核種合計	1	

Ⅰ.2 α核種(300년 경과후의 값) (Ci/t)

^{226}Ra	0.001	0.1
^{232}Th	0.001	0.03
放射性核種合計	0.05	0.1

〈表 2〉라만슈에서의 最大量

放射性核種	非固化廢棄体 (300年経過後)		固化廢棄体 (300年経過後)	
^{3}H	2.0×10^{3}	(9.5×10^{-5})	2.0×10^{5}	(9.5×10^{-3})
^{14}C	1.5×10^{3}	(1.5×10^{1})	6.0×10^{3}	(5.8×10^{2})
^{59}Ni	5.5×10^{1}	(5.5×10^{1})	2.2×10^{4}	(2.2×10^{4})
^{60}Co	1.0×10^{3}	(7.4×10^{-15})	3.5×10^{7}	(2.6×10^{-10})
^{63}Ni	7.2×10^{2}	(9.0×10^{1})	2.9×10^{5}	(3.6×10^{4})
^{90}Sr	1.0×10^{2}	(7.3×10^{-2})	1×10^{6}	(7.3×10^{2})
^{93}Zr	7.0×10^{2}	(7.0×10^{2})	2.8×10^{5}	(2.8×10^{4})
^{93}Mo	1.0	(9.3×10^{-1})	4.5×10^{2}	(4.2×10^{2})
^{94}Nb	1.9×10^{-1}	(1.9×10^{-1})	7.7×10^{1}	(7.6×10^{1})
^{99}Tc	1.2×10^{1}	(1.2×10^{1})	5.0×10^{3}	(5.0×10^{3})
^{107}Pd	1.6×10^{1}	(1.6×10^{1})	6.3×10^{4}	(6.3×10^{4})
^{129}I	2.5×10^{-2}	(2.5×10^{-2})	1.0×10^{1}	(1.0×10^{1})
^{135}Cs	7.5	(7.5)	3.0×10^{3}	(3.0×10^{3})
^{137}Cs	2.5×10^{2}	(2.5×10^{-1})	3.5×10^{6}	(3.6×10^{3})
^{151}Sm	2.3×10^{5}	(2.3×10^{4})	9.1×10^{7}	(9.0×10^{6})
^{226}Ra	5.0	(4.4)	1.0×10^{3}	(8.8×10^{2})

값이 구해져 있다.

한편, 처분 센터에 허용되는 총량은 表2에 표시하는 값을 넘어서는 안된다고 되어있다. 比放射能의 경우와 마찬가지로 表4에 표시되어 있지 않는 핵종에 대해서는 첨부자료에 의해서 최대치를 계산해서 구하기로 하고 있다. 특히 알파放射能에 대해서는 300년 후의 싯점에서 평균치가 0.01Ci/t를 넘지않는 것을 확보하도록 조업자의 감시를 강하게 요구하고 있다.

그리고 表4에 처분에 돌릴 싯점의 숫치이므로 원문에는 없는 300년의 감시 기간 후의 값을 減衰計算에 의해서 구하여 병기했다.

構築物은 前記한 바와 같이 모노리스와 튜무리로 이루어지는데, 우선 地下水面의 위에 설치할 것을 규정지우고 있다. 그리고 모노리스에 넣을 수 있는 대상은 劣化性外被(예컨데 드럼통이나 금속성 용기)에 채워진 固化廢棄物로서 그 비방사능이 表4의 非固化廢棄物에 대한 최고치를 넘는 것으로 되어 있다.

모노리스의 특색으로서는 그 기초가 되는 콘크리트 슬라브를 먼저 설치하고, 이 슬라브에 배수구를 둘러 완성 후 만일의 浸透水가 있을 때에는 重力에 의해서 水密槽에 회수되도록 되어 있는 것이다. 이 물은 방사능 체크가 되며, 放射性廢棄液으로 취급해야 할 때는 인접하는 라아그 再處理工場에 보내서 처리된다. 또 기록이나 보관에 대해서도 그 수속을 포함해서 규정되고 있다.

사이트 및 環境影響의 감시에 대해서는 안전보고서에 규정된 계획에 따라 실시할 것, 감시는 방사성물질의 모든 分散, 특히 물속에 그것이 존재하지 않다는 것을 檢證할 수 있는 것일 것, 또 분산의 기원이 어느 부분인가를 特定할 수 있는 것일 것 등이 요구되고 있다. 그리고, 처분 센터에서 방출되는 방사성핵종의 양이 평가할 수 있는 관리시스템이 요구되고 또 이상이 있을 경우에는 폐기물을 다시 끄집어내는 것을 포함해서 필요한 조치가 취해질 것이 요구되고 있다.

이상은 1985년의 CSM의 技術規準의 요점을 기술했는데, 이 기술규준은 安全基本規則에의한 操業段階를 대상으로 한 것임이 그 표제에서도 명확히 드러나고 있다. 監視段階에 들어가면 또 다른 기술규준이 재정되는 것으로 이해해도 좋다고 생각된다. 이 싯점에서 基本原子力施設에서 벗어날지 어떨지는 명확치 않다.

1.3 新設處分

신설처분 센터에 대해서는 여러곳을 조사해서 그중 2곳을 선정할 방침으로 있는데, 그 安全評價方式의 보기가 제시되고 있다. 이 보기는廢坑을 대상으로 하고 있으며 프랑스가 CSM 방식만을 고집하고 있지 않음을 推察할 수 있다. 規模나 處分放射能總量을 表3에 표시한다.

2. 西　獨

니이더 작센주 하노버의 東南쪽, 東獨과의

〈表 3〉想定處分場의 例

廢棄体量	2×10^6 m³
〃	4×10^6 ton
面積	2×10^5 m²
放射能核種	量
^{90}Sr	1.6×10^5 (ci)
^{137}Cs	8.0×10^6
^{238}Pu	1.2×10^3
^{239}Pu	4.5×10^3
^{240}Pu	3.3×10^3
^{241}Pu	2.0×10^5
^{241}Am	3.2×10^4
全 α 放射能	4.0×10^4

국경 부근에 있는 岩鹽坑 앗세II는 1965년 연방정부가 구입, 放射性環境硏究所(GFS)가 高레벨폐기물을 포함한 방사선폐기물처분을 위한 연구개발 장소로 이용하고, 中低레벨폐기물에 대해서는 有料로 처분을 하여왔다. 1976년 10월의 原子力法 개정에 의해 연방정부가 방사성폐기물의 장기 저장과 처분 시설을 설치하는 의무를 지고, 그 名義人으로서 聯邦物理工學硏究所(PTB)가 지정되었으며 또 허가 권한은 주정부가 가지게 되었다. 그러나 개정 원자력법에 의한 許認可의 세부 수속이나 PTB의 역할 정비가 늦어졌기 때문에 앗세II는 旧法에 의한 조업허가를 갱신할 수가 없어 1978년에 조업중지가 되었다. 현재는 GFS에 의한 연구·개발만이 행해지고 있다.

처분장으로서는 앗세의 南西쪽에 있는 콘라드 銑鑛山과 앗세의 北方 약 100km의 고어레벤의 地下岩鹽塊가 후보로 되어 있다. 따라서 현재로서는 서독의 처분용량은 제로인 셈이다. 현재는 콘라드가 앞서 있어 1985년 신청, 1989년 조업개시 예정이며, 고어레벤은 1990년대중반에 신청, 2000년경에 조업 개시 예정으로 조사가 진행되고 있다. 이상의 장소를 圖3에 나타내었다.

콘라드 철광산은 경제적 이유로 1976년에 閉山한 것인데, 여기에는 서독에서의 처분대상량의 체적으로해서 약 95%, 약 4×10^5m³를 처

圖 3 독일連邦共和國의 處分開連場所

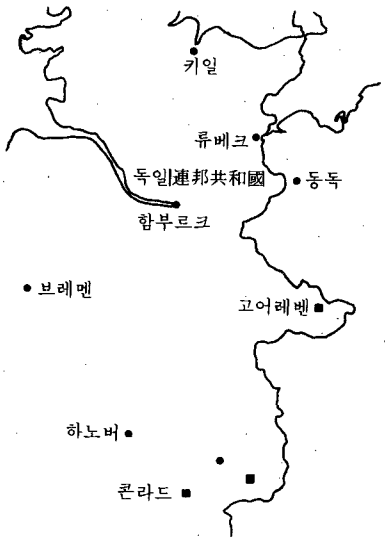
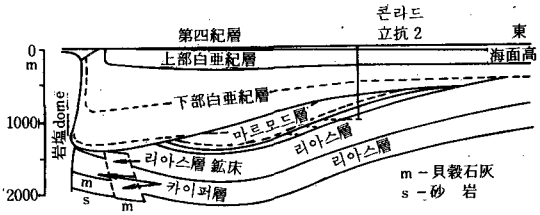


圖 4 콘하드 鑛山付近 地質斷面圖



리할 계획이라고 전해지고 있다. 대상은 比發熱性의 폐기물로 固體, 金屬固體, 시멘트 또는 콘크리트 廢棄物, 壓縮廢棄物, 濃縮物, bitumen또는 plastic固化體 등으로 약 10^6Ci, 側壁의 온도 상승이 3°K 정도로 계획하고 있다.

處分空間은 圖4에서 표시한 不透水性의 粘土質性積層 아래 약 1,000미터 깊이의 水平坑道(斷面積약 40m²)로 상정하고 있다. 철광석을 캐면서 폐기물을 수납해나가는 방식이 圖5에서와 같이 생각되고 있다.

한편, 고아레벤은 長徑14km, 短徑 의 楕圓形岩鹽 도옴내에 空洞을 掘削하여 처분공간으로 하는 것이다. 여기서는 高레벨폐기물을 위시해서 모든 종류의 처분이 생각되고 있으므로 圖6에서와 같은 각종 방식의 채용이 예정되고있다.

圖 5 콘라드에서의 處分方式

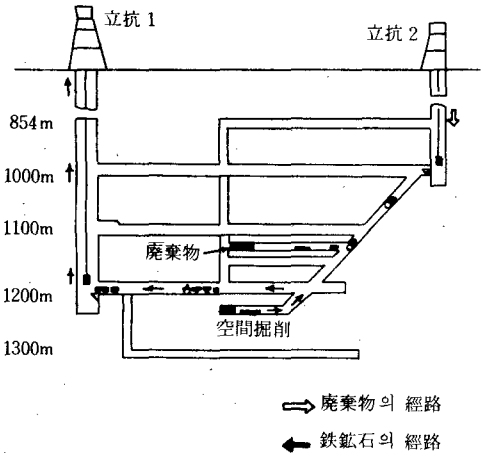
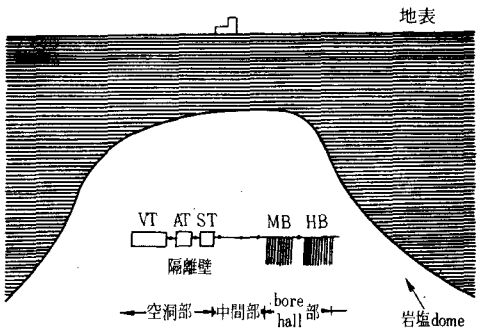


圖 6 고어레벤에서의 處分



AT 天井吊込法空洞 : Kammem für Absenktechnik
ST 遠隔積上法空洞 : Kammem für Stapeltechnik
VT 突落法空洞 : Kammem für Versturztechnik
HB 高level 廃棄物用 : Bohrlocher für hochaktive Abfalle
MB 中level 廃棄物用 : Bohrlocher mittelaktive Abfalle

安全解析은 아직 예비적인 단계를 벗어나고 있지 않으나 조업중의 氣體放射性核種의 방출로서 H-3나 廢棄體損傷時의 Rn, I, Ru, 등이 대상이 되고 있으며, 事故解析으로 機體放出, 洪水의 立坑 으로부터의 침입, 나아가 폐쇄 후의 현상으로서 岩鹽 도옴의 降起 등이 의논되고 있다.

3. 스 웨 덴

스웨덴은 1980년에 정부가 원자력 개발에 대한 국민투표의 결과를 고려해서 제안하고 의회가 결의한 장래의 原子力政策에 따라 原子爐運轉 및 核燃料사이클로부터의 폐기물에 덧붙여 원자력 시설의 閉鎖解體로부터의 폐기물을 포함한 양이 거의 확정되어 있는 특별한 나라이다. 處分計劃을 세우고 그것을 실시하는 곳은 스웨덴核燃料·廢棄物管理會社(SKB)이며, 이는 原子力發電事業者 4개 회사의 출자에 의한 것으로 법령상에도 특수한 위치를 점하고 있다.

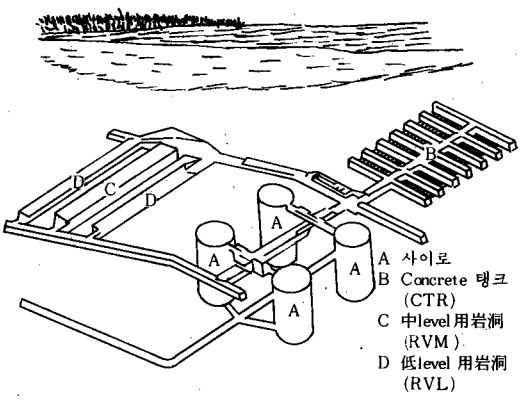
SKB의 처분 계획에 의하면, 短壽命廢棄物은 SFR이라 불려지는 처분 시설에, 長壽命의 것은 SFL이라는 처분 시설에 각각 수납하는 것이 원칙이다. 이들 처분 시설은 모두 地下岩盤내에 새로 굴삭된 空洞을 사용하기로 되어 있다. SKB의 前身인 스웨덴 核燃料供給會社(SKBF)가 1982년에 스웨덴原子力檢査廳(SKi)에 신청한 SFR-1는 Forsmark원자력발전소에서 멀리 떨어진 바다 수심 약 5미터 해저의 硬岩層에서 약 50미터보다 아래에 설치되는 것인데, 이 신청은 1983년에 허가되어 곧바로 착공, 현재 공사중에 있으며 1988년경 조업개시가 예정되고 있다.

SFR는 原子爐運轉廢棄物用의 SFR-1, 爐心構成材用의 SFR-2, 解體廢棄物用의 SFR-3으로되어 있다. SFR-2와 SFR-3는 아직 신청되어 있지 않으므로 이하 SFR-1를 SFR이라 칭하기로 한다. SFR의 신청서에 의하면, SFR 收納豫定廢棄物은 약 $9\times10^4m^3$이며 이것은 300爐年 혹은 250GWe年에 대응하는 양이다. 그리고 수납되는 방사성핵종의 총량은 대체로 表4에서와 같이 추정되고 있다.

SFR는 沿海立地의 각 원자력발전소로부터 해상수송에 의해 후올마아크 원자력발전소의 연안에 도착한다. 폐기물은 斜坑을 통하여 地下空洞에 수송된다. 지하 공동은 圖7에서와 같이 4종류가 있다. 사일로는 直立圓筒形의 空

洞으로 내측 돔이 51m, 內徑 26m이고 콘크리트벽의 두께는 0.9미터, 그 외측에는 약 1.3미터의 粘土層이 벽으로 둘러싸여진다. 內部空間은 正方格子꼴의 여러개 구획으로 나누어지며, 이 구획에 遠隔操作으로 폐기물을 定置한 후 cement grout로서 틈을 채우는 것을 되풀이해 가며 위쪽으로 쌓아 올라간다. 사일로에는 處分放射能總量의 95%가 처분될 계획으로 되어 있는 것에서도 알 수 있는 것처럼 閉込 能力은 가장 훌륭하다. 이 외에 低레벨用岩洞(RVL), 中레벨용用岩洞(RVM), 콘크리트 탱크(CTR)가 있는데, 이들의 각각에 수납 예정인 방사성

圖 7 SFR－1 地下空洞



핵종의 양도 表 4에 표시하고 있다. 다만, 총량과 각 지하 공동에 대한 총합이 일치되지 않는 부분이 있다.

이와같이 陸地處分이 중시되는 경향에 있는데 같은 육지처분에서도 近指者와 深層의 양쪽이 대상이 되고 있다. 물론 땅 속 깊은 층에 처분하는 쪽은 비용은 드나 안전면, 특히 장래 사람이 처분 폐기물에 접근할 가능성, 즉 人間侵入 시나리오에 관한 유리함을 중시했기 때문이라고 생각된다. 국토의 狹隘, 高人口密度, 장래의 開發可能性 등 西歐의 지리적특성을 반영한 것으로 받아들여진다.

또 위에 소개한 바와 같은 原子爐操業廢棄物을 대상으로 한 처분장에 있어서도 超우라늄元素 등의 長壽命核種의 존재를 전제로 해서 安全解析評價를 하고 있으며, 이것이 심층 처분을 지향하고 있는 一因이라고도 생각된다.

프랑스의 신규 처분장, 서독의 콘라드, 스웨덴의 SFR-1 등은 모두 1990년경에 조업을 개시할 전망이며 그 활동이나 성격이 어떻게 될 것인지 原電을 가진 세계 모든 나라들의 관심을 끌고 있다 할 것이다.

表 4 SFR－1에 收納하는 放射性核種의 量과 地下空間의 分布

核種	半減期(年)	總量 (Ci)	사이로(Ci)	CTR (Ci)	RVM (Ci)	RVL (Ci)
^{3}H	1.23×10^{1}	2.6×10^{2}	2.6×10^{2}			
^{90}Sr	2.88×10^{1}	4.1×10^{3}	4.1×10^{3}	3.0×10	4.9×10	1.4
^{94}Nb	2×10^{4}	1.4×10^{-1}	1.2×10^{-1}	1.5×10^{-3}	1.4×10^{-2}	4.1×10^{-4}
^{99}Tc	2.1×10^{5}	5.4				
^{106}Ru	1.0	1.3×10^{2}				
^{129}I	1.6×10^{7}	2.7×10^{-2}	3.2×10^{-2}	2.4×10^{-4}	4.1×10^{-4}	1.1×10^{-5}
^{134}Cs	2.3	1.6×10^{4}				
^{135}Cs	3.0×10^{6}	3.2×10^{-1}	3.2×10^{-1}	2.4×10^{-3}	4.1×10^{-3}	1.1×10^{-4}
^{137}Cs	3.02×10	8.4×10^{4}	8.1×10^{4}	5.9×10^{2}	1×10^{3}	2.7×10
^{14}C	5.7×10^{4}	1.2×10^{2}	1.2×10^{2}	1.5	1.5	4.3×10^{-2}
^{55}Fe	2.7	1.7×10^{4}				
^{59}Ni	7.5×10^{4}	1.4×10^{2}	1.2×10^{2}	1.5	1.4×10	4.1×10^{-1}
^{60}Co	5.2	4.3×10^{4}	3.8×10^{4}	4.6×10^{2}	4.2×10^{3}	1.2×10^{2}
^{63}Ni	1×10^{2}	1.2×10^{4}	1.1×10^{2}	1.4×10^{2}	1.2×10^{3}	3.2×10^{-3}
^{238}Pu	8.77×10	2.5×10				
^{239}Pu	2.44×10^{4}	7.6	7.3	7.3×10^{-2}	1.2×10^{-1}	3.2×10^{-3}
^{240}Pu	6.6×10^{3}	1.5×10	1.5×10	1.1×10^{-1}	1.8×10^{-1}	5.1×10^{-3}
^{241}Pu	1.44×10	8.4×10^{2}				
^{241}Am	4.33×10^{2}	2.0×10	2×10	1.4×10^{-1}	2.4×10^{-1}	6.8×10^{-3}