

# 歐洲의 高레벨廢棄物 對策 現況

## — 深地層實驗施設과 深海洋底下處分 —

2,000년을 努力目標로 하고 있는 地層處分技術實證의 開發段階中 특히 緊急하고 重要한 深地層實驗施設(underground research laboratory)의 歐洲 3箇 施設과 아직은 그 feasibility를 모색하고 있는 단계이나 여러가지 意味에서 관심을 끌고 있는 深海洋底下로의 處分을 위한 研究의 現況을 소개한다.

### 1. 深地層實驗施設

世界の 原子力先進國에서는 HLW固化體의 處分은 深地層으로의 처분을 기본으로 하고 있으며, 그 實現을 위해서 서로 協力하면서 공동으로 技術開發을 서두르고 있다. 商業用 再處理工場은 세계적으로 보아 容量이 부족하며, 현재까지는 아직 HLW固化體가 많이 축적되어 있는 상태는 아니나 앞으로 大量으로 固化하여 냉각을 거쳐서 처분하게 될 시기는 2020년~2040년 경이 될 것 같은데, 各國은 다같이 그때를 대비해서 대체로 2000年代初에 HLW의 처분기술을 확립하고자 노력하고 있다. 表1에 해외 여러 나라에서의 HLW處分에 대한 사고방식과 現況의 概要를 나타냈다.

#### 深地層實驗施設의 必要性

HLW處分을 위한 광범위한 技術 및 安全評價의 研究·開發이 各國마다 또는 공동으로 수행되어 大量的의 데이터가 축적되어 가고 있으나, 중요한 것은 各國 各各의 處分候補地層의 특징, 특성을 파악하고 종합적인 안전평가를 행하여 그 立地에서의 安全性을 실증해야 하는 점이다.

이를 위해 各國은 自國內의 適當한 地層, 岩體를 선택하여 深地層中에 연구시설을 설치하여 深地層의 原位置에서의 地球物理, 地球化學, 岩

石力學, 水理水文, 岩石, 鑛物의 特性, 熱的, 化學的 舉動 등을 조사, 연구하며 또한 HLW固化體, 캐니스터, 포장의 地層環境中에서의 舉動이나 地層岩體 및 지하수와 의 상호관계, 미생물 의 영향 등을 연구, 실험하여 최종적으로 처분장에서의 核種의 舉動을 파악하여 安全性을 실험 및 모델에 의해 실증하려 하고 있다.

깊은 지층을 실제로 掘削하는 것은 과거 鑛産資源의 채취나 터널개통을 목적으로 한 掘削의 實例가 몇개 있으며 그 기술은 이미 충분히 확립되어 實用化되어 있는데, 地層處分의 경우 資源으로는 거의 대상이 되지 않았던 火성암, 현무암, 그 외에 火성암이나 凝灰岩, 堆積岩 등에 1,000미터 또는 그 이상 掘削하는 것으로서 문제파악을 위해 실제로 파서 地下에 空洞을 설치해 볼 필요가 있다.

또 깊은 原位置에서의 自荷重壓이나 岩壓, 熱에 의한 物性, 化學的性質의 영향, 균열발생 또는 閉塞狀況과 地下水流, 2次鑛物의 상황파악 등 실제로 파보지 않으면 알 수 없는 점이 많아서 地層處分의 技術開發에서는 우선 適地에서의 深地層實驗施設이 없어서는 안된다. 表2에 世界主要國에서의 深地層實驗施設의 開設 또는 計劃에 대한 現況을 나타내었다.

〈表 1〉 各國의 HLW處分對策

	아르헨티나	英國	西 獨	스 위 스	스 웨 덴	프 랑 스	벨 기 에	美 國
使用後燃料處理	再處理	再處理	再處理(直接處分)	再處理,直接處分(條件法)	再處理,直接處分(條件法)	再處理	再處理	再處理直接處分
固 化	硼硅酸글래스	硼硅酸글래스	硼硅酸글래스 PAMELA	硼硅酸글래스 人造岩石	硼硅酸글래스	硼硅酸글래스	硼硅酸글래스	硼硅酸글래스 Synroc 연구中
캐니스터 포 장	SUS, Pb (10cm)金屬 케이스커버	SUS 鑄鉄鑄鋼 (30cm 두께)	SUS	SUS, Pb, Ti, Cu, Ni 合金 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 등 1000年以上期待	Cr-Ni 鋼 Pb, Ti, Cu	SUS, 세라믹 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> 등)	SUS	SUS Ti, Ti 合金
貯 藏		50年間冷却 地上施設에 貯藏	空冷中間貯藏計劃完了	50年間冷却	40年間冷却		濕粘土中에 耐久性있는 支持材 (可鍛鐵)를 使用해서 貯藏	
深地層 實驗施設			⑥ Asse 岩塩廢坑	⑥ Grimsel Rock Lab.	⑥ Stripa 鉄廢坑	準備中 1992년부터 開始	⑥ Mol, 粘土層	⑥ 岩塩, 花崗岩 支武器, 廢灰岩
地層處分	花崗岩 (Si-elade Medio) 600m 보링調查 透水率 < 10 <sup>-9</sup> m/s	地下深部花崗岩 보링調查, 將來海洋底堆積層中도 考慮	固化體, 使用後 燃料模擬體로 試驗中, Gorleben 處分場은 2000年以後 運開豫定	2020년부터 스웨덴 북부의 花崗岩 片麻岩 (1000-1500m 길이)을 豫定하여 보링調查中, 2000年頃 技術確立豫定	今世紀末에 부지를 選定, 500m 깊이의 結晶質岩 2020年 開始	地下實驗室에서 處分概念 確認, 2000年에 技術確立豫定	유럽에 널리 퍼져 있는 Boom Clay를 豫定	廢棄物政策法 (83年/1月)에 의해 1998년부터 開始, 海洋 底下도 考慮
P.A. 對策		貯藏量, 모니터링 調查, 環境放出 等의 데이터 公表, 政策의 普及	政府와 企業의 責任 明確化		충분한 情報을 提供	基準設定과 公表 現地調查에 住民의 意見 반영		公衆의 意見 聽取
資 金			發生者 負擔原則에 의한 前納 條例를 ?에 制定	再處理費를 포함 全發電 코스트의 約 5%로 電力이 每年 準備	發生者 負擔 2.2 밀/kWh			發生者 負擔 1 밀/kWh

西獨

固化廢棄物 岩塩層 處分

Asse-II 岩塩坑 實驗施設

西獨에서는 모든 형태의 固化放射性廢棄物은 地層, 특히 岩塩層中에 처분하기로 하고 있다. 그 이유로는

(1) 西獨에는 岩塩들이 약 200이나 있으며, 그 成因으로 물의 침입 우려가 전혀 없고 또 만일의 경우에도 生物사이클에는 개입치 않는다,

(2) 10,000m<sup>3</sup>나 되는 큰 空洞을 경제적인 코스트로 掘削할 수 있고 또한 長期에 걸쳐서 안정하며 固化體를 安全하게 유지시킬 수 있다,

(3) 崩壞熱을 발생하는 HLW處分の 경우 특히 문제가 되는 熱傳導性이 상당히 좋다 등을 들

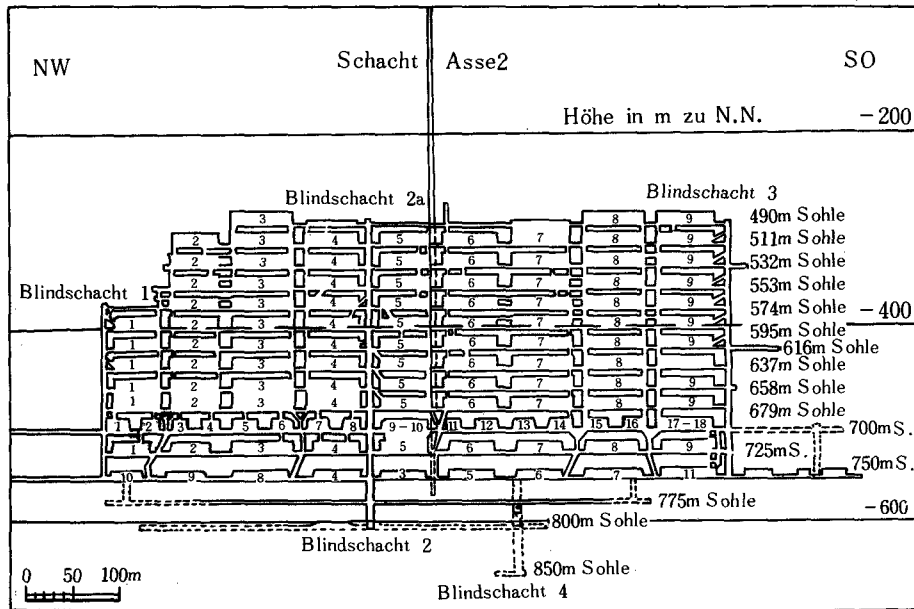
수 있다.

Asse의 岩塩은 1916년부터 1964년까지 資源으로 채굴되어, 그동안 490~800m의 깊이 사이에 13段에 걸쳐서 약100의 空洞이 만들어진 것으로서(그림 1 參照) 그 全容量은 350만m<sup>3</sup>이며, 이것을 각종 방사성폐기물의 처분장으로 이용하려고 1965년에 연방정부가 매입한 것이다.

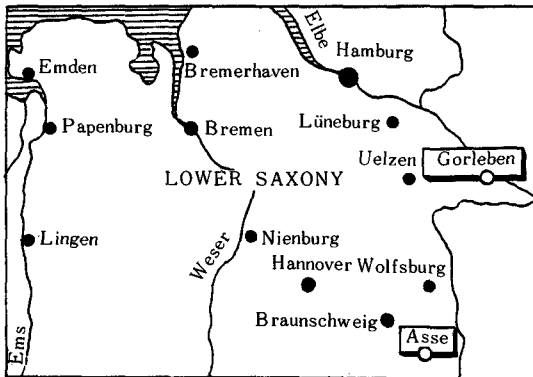
네덜란드는 현재 深地層實驗施設을 보유하고 있지 않으나 西獨과 공동으로 Asse에서 研究·開發中이다.

Asse 岩塩坑은 西베르린에서 약2시간, Braunschweig(그림 2 參照)에서 약40km 떨어진 곳에 있다. 岩塩層의 구조는 그림 3에서와 같이 Na塩 위에 K塩이 겹쳐 있는데 Na塩層에 處分을 예정하고 있다. 또한 中레벨廢棄物收納드럼의 試驗

〈그림1〉 Asse-II의 掘削圖



〈그림2〉 Asse와 Gorleben

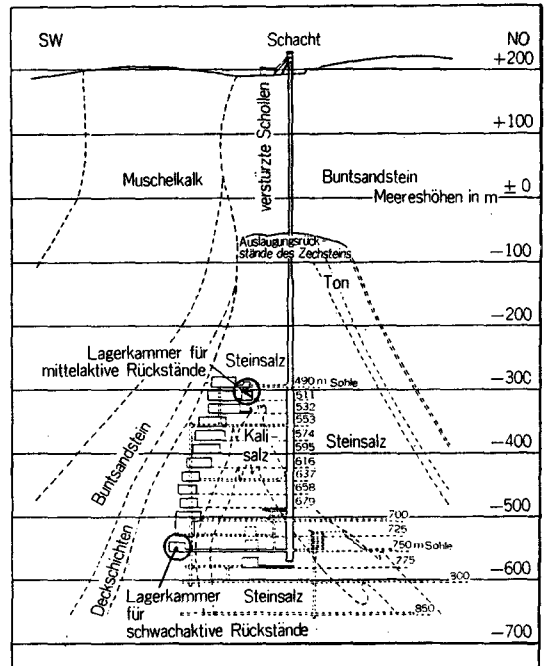


處分場所도 있다.

西獨은 Asse岩塩坑內에 1978년까지 低·中레벨廢棄物 약12만드럼을 시험처분했는데, HLW 固化體는 여기에다가 처분시험만을 고려하고 있으며 實處分은 Gorleben岩塩돔을 대상으로 하고 장차에는 사용후핵연료의 처분도 행할지 모르겠으나, 현재는 이를 위한 研究·開發이 계획대로 進行되고 있다고 한다.

西獨에서의 立地選定 思考方式은 다음과 같다. 즉, HLW固化體의 處分에 완전히 理想的인 立地를 찾아낸다는 것은 無理로서 Gorleben

〈그림3〉 Asse-II 岩塩돔의 縱坑 11의 斷面圖



이라 할지라도 이점에는 변함이 없으나, 지금까지의 각종 시험·연구로는 이들 岩塩돔의 適合性에 관해서는 전혀 의심할 여지가 없으며 따라서 이 이외의 岩塩돔이나 地層을 研究對象으로

〈表 2〉 歐美諸國의 深地層實驗施設

國	地層·岩體	建設年	狀 況	摘 要
스웨덴	花 崗 岩	1977	運 轉 中	廢鐵鑛山地下 400m를 利用. Stripa Project로 스웨덴, 미국, 스위스, 핀란드, 캐나다, 日本, 프랑스가 參加. 1)보링孔에 의한 水理, 地質調査 2)花崗岩의 갈라진 곳에서 核種移行 3)buffer mass로서 工學베리어에 使用하는 bentonite 舉動을 現在試驗中.
西獨	岩 塩	1978	運 轉 中	Asse-II 岩塩廢坑을 利用하여 加熱에 의한 空洞의 變形, 歪測定, 熱傳導度 等 物性測定. Gorleben의 岩塩 덩을 調査中.
스위스	結 晶 質 岩	1983	整備中, 一部運轉中	水力發電用地下터널을 利用하여 그 근방에 Grimsel Rock Lab을 만들고 一部實驗開始. 直徑 3.5m의 坑道總延長은 現在 約1,000m. 掘削技術, 熱的應力, 갈라짐과 水流를 測定. Stripa, 기타와 協力하면서 行함.
벨기에	粘 土 層 (Boom Clay)	1983	運轉中, 一部坑道擴張中	3500萬年前 地下160-270m에 있는 Boom Clay層中에 徑3.5m, 길이 25m의 坑道를 만들어 變形試驗, 熱的試驗, 腐蝕試驗 等을 行하고 있다. 坑道를 延長한다.
프랑스	粘土層, 花崗岩, 岩塩層中에서 1987년에 1個所 選定	1987 1992	計 劃 中	1984年 6月에 現場調査가 許可되었으므로 粘土層4個所, 花崗岩層 4個所, 岩塩層 4個所中에서 87년까지 選定, 1992年 實驗開始豫定.
캐나다	花 崗 岩 (Pluton)	1983	準 備 中	1980년부터 準備中. 基礎研究用으로서 實際의 處分은 여기서 行하지 않는다. 1985年 完成豫定.
美國	玄 武 岩 花 崗 岩 凝 灰 岩 岩 塩 層, 岩 塩  덩	1977 1980 1983~85 1984		Hanford地區의 洞穴에 熱的, 水理的試驗中. Nevada原爆實驗場內의 地下 450m 花崗岩體中에 模擬 使用後燃料를 이용 熱的, 應力的試驗中. Nevada原爆實驗場에서 熔結凝灰岩을 掘削. Uta, Texas 等에 널리 퍼져있는 岩塩層에서 1個所를 選定.

하는 것은 고려하고 있지 않다.

현재의 예정으로는 1980年代 末期에 處分에 관한 모든 評價가 行해질 것인데, 그 결과에 따라 Gorleben處分場의 運轉開始는 1990년대 끝날 무렵에나 가능할 것으로 생각되고 있다(참고로 西獨의 2000年 時點 HLW固化體의 量은 대체로 4,600體로 예상되고 있다).

스위스

處分은 發生者 責任

Grimsel Rock Lab.

스위스에서는 放射性廢棄物의 發生者가 그 안전한 처분을 責任진다고 정해져 있다. 電力會社

는 Federal Office of Public Health와 함께 Nagra를 1972년에 조직하여 필요한 研究開發을 행하고 있는데, 그 자금은 電力側에서 나오고 있어서 終局的으로는 電力使用者가 부담하고 있다.

스위스는 현재 200萬KWe의 原子力發電設備 容量을 가지고 있으며 年間 약 2 톤의 放射性廢棄物이 발생되고 있는데, 處分計劃으로는 600萬KWe 상당분이 대상으로 되어 있다. 爐가 40년동안 稼動한다면 HLW의 양은 약1,000m<sup>3</sup>로 예견되고 있다(참고로 중레벨폐기물은 약7만m<sup>3</sup>, 低레벨폐기물은 10만m<sup>3</sup>정도로 고려하고 있다).

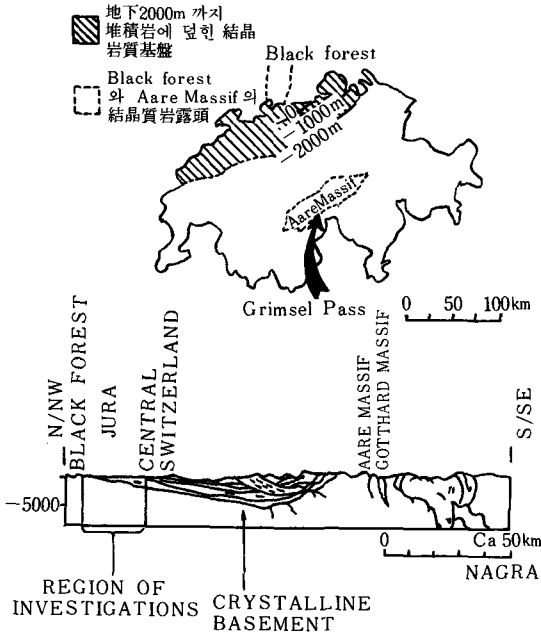
Nagra는 모든 종류의 放射性廢棄物을 그 업무의 대상으로 하고 있는데, HLW處分을 위한

地球物理的, 水理學的原位置研究에 가장 힘을 기울이고 있다. 地層處分の 立地를 그림4에 나타내었다.

스위스 북방의 수백미터의 堆積層으로 덮힌 花崗岩質結晶岩基盤岩을 선정하여 광범한 野外研究와 함께 1,000m이상의 깊은 보링을 현재까지 12개소에서 행하고 있으며, 1992년경에는 부지를 선정해서 상세한 研究·調査를 2000년경까지 행하고 그동안 處分技術의 확립을 도모하며 2000년경부터 處分場의 설계, 건설을 시작해서 2020년 이후 實處分을 시작할 예정으로 있다.

이와 같은 목적을 위해 현재 Luzerne남쪽 약 50km의 Alps山脈 Grimsel근방에 있는 花崗岩體中에 만들어진 水力發電所를 위한 地下坑道를 이용하여 그림 5에서와 같이 深地層實驗施設(Rock Lab.)을 위한 坑道를 이미 合計 1,000m정도 掘削하였으며 앞으로 더욱 확장을 예정하고 있는데, 아직은 전부가 완성되지 않았으나 1984년 4월부터 熱傳導, 通氣, 掘削 등의 시험을 일부

〈그림4〉 스위스北方의 地層處分候補立地와 Grimsel Rock Lab.의 位置 및 地層斷面圖



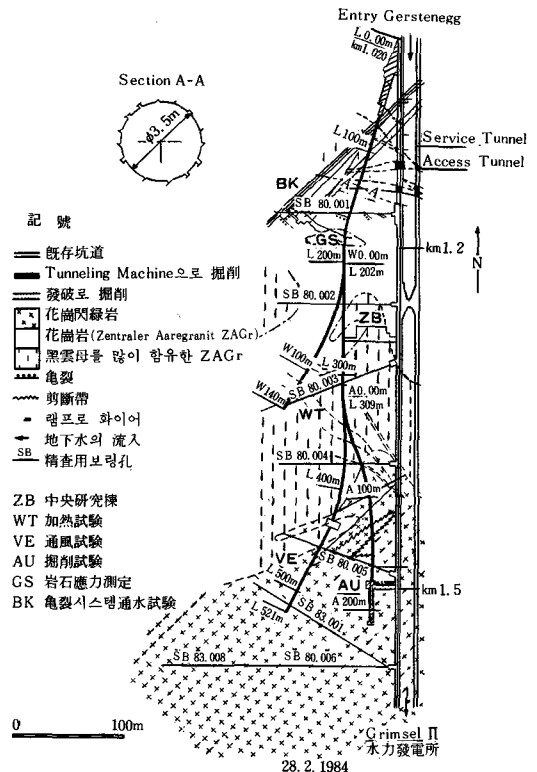
시작하였으며 또 岩壓測定이나 均열시스템, 水理研究 等도 행하고 있다. 앞으로도 개발은 계속될 예정이며 여기서 RI를 사용한 시험을 할 것인가 여부는 未定이나 實處分은 하지 않기로 정해져 있다.

坑道の 掘削은 일부 發破에 의존했으나, 대부분은 full face tunneling machine(能力은 公稱70m/w, 實績 35m/w)을 사용해서 직경 3.5m의 坑道를 만들었다.

이 두 방법중 어느 쪽이 地層處分 施設建設에 적합한가는 주변의 岩體에 주는 영향 등에서 비교 검토를 행하고 있다.

그림 5의 主坑의 중간정도에 보이는 ZB는 中央研究棟으로 13×30×9m<sup>3</sup>程度の 2층 건물로서 6~8의 研究室과 會議室, rocker room, 分析室 및 計算機室 等を 가지고 있다. Rock Lab.의 施設全體는 Nagra가 전 책임을 가지며 예산도 총

〈그림5〉 Grimsel Rock Laboratory



당하고 있다.

이 시설은 西獨과 공동으로 이용하고 있으며, 試驗은 거의 반반씩 맡고 試驗經費는 각각의 담당국이 그 담당분을 부담하는 형식을 취하고 있다. 또 스웨덴의 Stripa Project와 같은 종류의 岩體이므로 깊은 協力關係가 있으며 人員交流, 情報交換이 긴밀하게 행해지고 있다. 현재는 1992년까지의 시험을 聯邦政府에서 부터 허가를 받고 있으나, 10년후에는 그 성과를 평가하여 期間延長이 인가될 예정이다.

벨기에

安全性을 檢討

Boom Clay內實驗施設

벨기에에서는 粘土層이 HLW와 TRU廢棄物의 處分地層으로 가장 적합하다고 판단된다는 特別調査委員會의 결론이 1975년에 보고되어, 이에 따라서 地上 및 地下의 시험시설에서 研究·開發이 행해지고 있다. 현재는 處分場을 閉鎖한 후의 安全性을 검토하고 있는데, 운전중의 안전성에 대해서는 後日 평가하기로 되어 있다. 또, 安全評價에 대해서는 CEC도 獨自의 方法論을 展開하고 있으므로 긴밀한 協力下에서 행하고 있다.

벨기에의 Boom Clay (表3 참조)는 -190 ~ -300m의 層에 존재하며 곳에 따라 두께가 다른데 네덜란드, 독일 등 유럽에 널리 퍼져 존재하고 있다. 벨기에 북동부 原子力安全센터의 입지인 모을에서는 地下 $\approx$ 160~270m 사이에 있고 북동방향으로 1%의 경사를 가지며 주로 中新世의 含鉄海綠石砂岩으로 덮혀 있다.

粘土에 대해서는 이 지방의 處分媒體로서의 site specific한 性質을 알기 위한 시험이 행해지고 있는데, 粘土는 일반적으로 地層處分の 다시 메우는 재료로 고려되는 점에서 스웨덴의 Stripa Project와 깊은 관계가 있으므로 항상 對照換을 하고 있다.

〈表 3〉 Boom Clay의 特性

- Chemical composition of dry material (%)	: ~64 SiO <sub>2</sub> , ~14 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ~5.9 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ~2.2 K <sub>2</sub> O, ~1.4 Na <sub>2</sub> O, ~0.6 CaO, ~0.5 TiO <sub>2</sub> , ~0.7 MgO
	weight loss at 1000°C : ~10
- Natural water content (weight %)	: ~26
- Mineralogical composition of the fraction < 2 μ (parts per ten)	: ~illite (2-3), smectite(2), vermiculite like(3), illite mont morillonite interstratified (1-2), chlorite+chlorite vermiculite like interstratified(1)
- Organic matter(%, 14 samples)	: 2.3-5.5
- Granulometric composition (%)	: d < 2 μ : 49 2 μ < d < 60 μ : 47 60 μ < d < 200 μ : 3.5 d > 200 μ : 0.5
- Bulk density	: ~1.93
- Dry density	: ~1.53
- Hydraulic conductivity (cm/s <sup>-1</sup> )	: between 1.4 × 10 <sup>-8</sup> and 4.7 × 10 <sup>-10</sup>
- Porosity (%)	: between 34.6 and 44
- Saturation degree (%)	: between 88.4 and 100
- Plasticity limit (%), (average 50 sample, geot. core drilling)	: ~27
- Liquidity limit (%), (ibidem)	: ~76
- Index of plasticity (%), (ibidem)	: ~49
- Thermal conductivity (Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	: 0.9-1.3 (from 20 to 90 °C), 0.3-0.5 at 100°C and 0.6-0.8 at 500°C
- Natural radioactivity (Bq kg <sup>-1</sup> dry sample)	: <sup>40</sup> K ~ 7.4 · 10 <sup>4</sup> <sup>226</sup> Ra ~ 7.4 · 10 <sup>1</sup> <sup>232</sup> Th ~ 4.4 · 10 <sup>1</sup>
- Cation exchange capacity (meq. per 100g dry clay)	: 20-40, depending on sample and technique used

벨기에에서는 이 地層에 1,000萬KWe 原子力

〈表 4〉 벨기에에서의 地層處分對象廢棄物과 量

Waste type	Symb-ol	m <sup>3</sup>	tons	no. ca-nisters
High-level waste	VHLW	900	2,520	9,000
Alpha-waste	CAW	5,400	13,500	27,000

〈表 5〉 Mol에서의 near field關係의 實驗計劃

Near-field phenomena due to	Labo-ratory	In situ near-surface	In situ at de-pth
1. Excavation and mining			
- geomechanical	⊕	*	⊕
- chemical	⊕	*	+
- biological	+	*	-
2. Waste disposal			
- thermal	⊕	⊕	+
- radiological	⊕	*	+
3. Interactions waste-repository immediate host rock			
- corrosion	⊕	⊕	⊕
- leaching	⊕	⊕	⊕
- migration	⊕	*	+

⊕ = performed or running  
 + = planned  
 - = not planned immediately  
 \* = not foreseen

發電施設の 30年分, 즉 3億KW年の 容量에서 발생되는 HLW固化體와 TRU廢棄物을 處分對象으로 생각하고 있어서 處分に 필요한 면적은 대체로 1.5km<sup>2</sup>, 깊이는 지하 200m를 목표로 하고 있다.

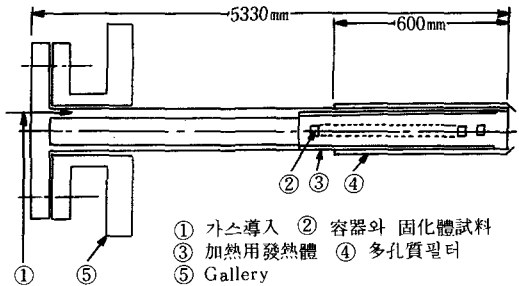
固化體는 崩壞熱에 의한 發熱이 粘土層에 주는 영향을 고려하여 収納前에 50년동안 저장해서 냉각한다. TRU 및 中레벨폐기물은 콘크리트 固化나 아스팔트 固化를 하여 200l의 炭素鋼製 드럼에 넣어서 처분할 예정이다.

여기서는 地上施設 및 地下實驗施設에서 system analysis의 입장으로 near field에서의 固化體와 周邊粘土層의 상호작용, 특히 점토의 특성 및 고화체 처분에 의한 性狀變化의 評價에 주력하여(表5 참조) Kd 值測定, 地質力學的試驗,

〈表 6〉 Boom Clay 中에 포함된 濕分의 組成 (ppm)

acid (salt)	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HF	NaCl
	4.9	15	0.40	8
	CaF <sub>2</sub>	CaF <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	
	0.21	0.21	0.1	

〈그림 6〉 Boom Clay에서 發生하는 氣體中에서의 原位置 腐蝕試驗을 위한 實驗루프



地層의 核種包藏性과 그 파손에 관한 연구가 행해지고 있다.

粘土의 特性測定時 특히 중요한 것은 실험중 분위기의 산소와의 반응에 의한 영향이 크다는 것인데, 대단히 낮은 酸素分壓下에서 試驗을 하기 위해 세심한 주의를 하고 있다. 캐니스터 및 포장의 재료는 直接粘土, 間隙水 또는 蒸氣(表 6)에 접촉하는데 700~1000年동안 健全한 것이 바람직하므로 각종 재료에 대해 原位置 腐蝕試驗이 행해지며(그림 6 參照) Ti合金, Hastelloy C, Inconel 625, UHB 904 L 등이 우수하다는 것이 판명되고 있다.

表 7, 表 8에 여러 가지 조건하에서의 Boom clay의 Kd測定値의 예를 나타내었다.

그림 7에 Boom clay內的 地下實驗坑斷面圖를 나타내었다. 粘土는 塑性變形을 일으키기가 쉬우므로 縱坑掘削에 있어서는 주변 지층을 凍結해서 행했다. 또 坑道가 변형되는 것을 막기 위해서 掘削直後에 鑄鐵製형틀 또는 콘크리트틀로 보강할 필요가 있으며, 이 점이 岩塩坑이나 化崗岩坑의 경우와 다르다.

현재 gallery라고 하는 坑道에서 土壓, 熱傳導

〈表 7〉 Boom Clay의 K<sub>d</sub>와 温度的 關係 (pH=6~8)

Nuclide initial concentr. 0.1 mg · l <sup>-1</sup>	T℃	K <sub>d</sub> cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>
Sr	100	527
	300	208
	500	101
Cs	100	4,900
	300	1,229
	500	2,414
Eu	100	3,667
	300	2,418
	500	229

〈表 8〉 腐蝕生成物의 有無에 의한 Boom Clay의 變化

Solution type	K <sub>d</sub> -Cs	K <sub>d</sub> -Eu
A	254	7,827
B	115	545
C	15	2

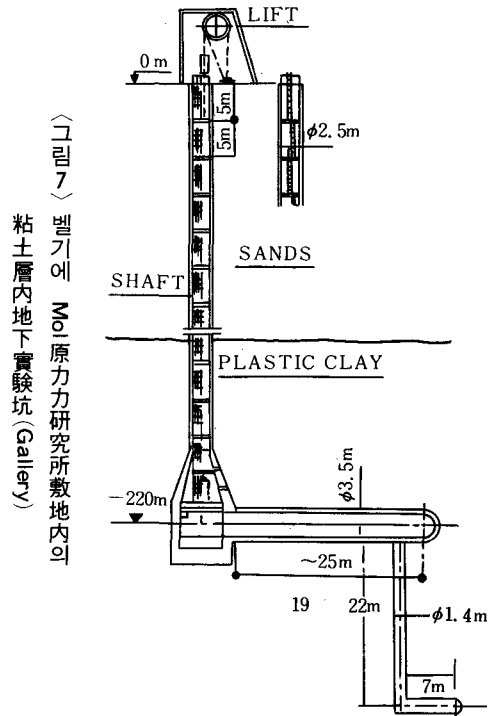
A : Groundwater Cs : 5mg · l<sup>-1</sup> Eu : 20mg · l<sup>-1</sup>  
 B : Groundwater<sup>+</sup> Fe : 100 Cr : 26 Ni : 14  
 in mg · l<sup>-1</sup> Mn : 1.5 Sr : 13.3 Zr : 30  
 Mo : 20 Cs : 5.8 Eu : 30.6  
 C : Groundwater<sup>+</sup> concentr. sol. B × 10

度, 透水率 (1.4 × 10<sup>-8</sup> ~ 4.7 × 10<sup>-10</sup> cm s<sup>-1</sup>)의 측정과 함께 腐蝕試驗이 행해지고 있는데 보강을 위한 틀 때문에 약간 비좁은 감을 면할 수 없다.

## 2. HLW의 深海洋底下處分

현재 高레벨 및 TRU廢棄物의 처분에 대해서는 글래스固化를 하여 냉각한 후 적당한 地層中에 설치한 處分施設中에 收納하여 隔離하는 방식을 세계 모든 나라들이 채택하려 하고 있다.

이때 處分適地로 요구되는 지층의 要件, 즉 地表面(人間生活圈)에서 멀리 떨어진 곳에 있으며 건전하고 되도록 均質하며 균열이나 破碎帶가 적은, 어느정도 연속된 岩體, 地層이고 또 핵종의 吸着性能이 높고 透水率이 낮을 것 등 여러



조건은 大洋의 深海底堆積層에서도 충족된다.

海洋底는 또 人間環境에서 매우 멀고 충분하게 격리된 곳에 있으며 廢棄物中의 有害核種과 人間과의 접촉이 생기기 가 극히 어려운데다가 海洋底下에 처분한 廢棄物固化體에서 부터 有害核種이 누설되는 상태가 생기더라도 海洋底面까지의 核種擴散과 海水中으로의 大量分散에는 대단히 장시간을 요하며 또한 稀釋되어 그동안에 有害核種은 붕괴하여 충분히 低減된다는 특징이 있다. 물론 그 立地는 대륙에서 멀며 지진이나 火山활동과 관련이 없고 광물자원이나 서식생물도 적은 장소를 선택해야만 한다.

이와 같은 사고방식에서 深海洋底下處分計劃 (SDP-Subseabed Disposal Program)은 地層處分の 하나의 代替案으로 기능을 할 수 있는 것으로서 그 가능성을 추구해 나간다는 것은 地層處分技術開發의 일환으로도 중요하다.

### 2.1 深海洋底下處分の 可能性

HLW의 處分立地로 깊은 바다의 바닥 堆積層



은 다음과 같은 適性を 가지고 있다고 생각된다.

(1) HLW를 처분하기 위한 지층은 安定해야 되는데 지구상에서 가장 安定된 지층은 深海底에도 존재한다.

(2) 深海洋底의 지층인 粘土堆積層은 거의 모든 核種을 강하게 화학적으로 吸着할 수 있다.

(3) 深海洋底의 지층은 인간의 활동영역에서 멀리 떨어져 있고 유용광물 및 기타 자원이 비교적 적은 곳이 있다.

(4) 深海洋底近傍의 해수는 일반적으로 온도가 낮고( $\sim 2^{\circ}\text{C}$ ), 거의 변화가 없으며 또 均質이다.

(5) 大量的의 海水는 유해물질을 분산시켜 稀釋하는 능력이 있으며 또 放射線遮蔽能力도 크다.

(6) 海洋底下處分の 대상으로 생각하고 있는 區域은 公海이며 만약 그 처분이 가능하다면 國際處分場으로서 기능을 할 수 있다.

## 2.2 深海洋底下處分の 思考方式

健全성이 높은 容器에 封入한 HLW 固化體를 深海底下 수십미터의 安定된 堆積層中에 埋設하는 것이 고려되고 있다. 이 思考方式은 방사성 핵종을 격리하기 위해 廢棄物固化體, 캐니스터, 粘土質堆積層 및 海水 등 多重의 배리어를 구성하게 되어 放射性核種이 固化體에서 누설되었을 경우 그것들의 인간생활권으로의 移行은 핵종이 영향이 없는 레벨까지 붕괴하는데 충분하게 지연시킬 수가 있다는 것이다.

이 방법은 현재 문제가 되고 있는 低·中레벨 廢棄物의 海洋處分과 비슷한 것 같이 생각되나 그 概念은 전혀 다른 것임을 인식할 필요가 있다. 海洋底下處分の 경우 深海底下 環境中에서 耐蝕성이 우수한 容器에 밀봉된 HLW 固化體는 核種吸着성이 높은 深海洋底의 粘土質堆積層에 적어도 30m 이상 깊이에 埋設되는 것이므로 安定한 非酸化性이며 또한 低温( $2^{\circ}\text{C}$ )의 상황하에서 容器材料 및 固化물래스의 長期耐久性을 기대할 수 있는데다가 이들의 人工배리어가 파손되어 核種이 堆積層中에 누출되었을 경우에도

粘土質堆積層의 높은 核種吸着성과 대단히 낮은 擴散성에 의해서 30m의 깊이에서 핵종이 海洋底面까지 移行하려면  $10^6$ 년 이상의 기간을 요한다고 평가되고 있다.

이 동안에 HLW 固化體中の 放射性有害核種은 거의 대부분이 붕괴되어 소멸해버리는데 또 海底面의 위에는 인간환경까지 수천미터의 大量的의 海水가 존재하여 그 두께와 分散能力에 의해서 모든 放射性核種은 전혀 영향을 줄 수 없을 정도까지 감소될 것으로 기대되고 있다.

## 2.3 深海洋底下處分으로의 접근치

이와 같은 深海洋底下의 HLW 處分地로의 適應性を 검토하기 위한 연구는 미국에서 1974년에 시작되었으나 國際規模로 행하기 위해 1975년에 OECD/NEA에 Seabed Working Group (SWG)이 설치되었다. 현재 正規會員國은 캐나다, 서독, 프랑스, 일본, 네덜란드, 스위스, 영국 및 미국과 CEC이며 그외에 벨기에, 이탈리아가 옵서버로 참가하고 있다.

SWG는 매우 광범한 科學的, 工學的 및 法制的 領域에 걸쳐 그 feasibility를 검토할 필요가 있기 때문에 다음 8개의 sub groups로 나뉘어져서 각각의 입장에서 검토를 행하는 한편 共同, 協力해서 연구를 추진하고 있다.

Radiological assessment task group (RATG)

Site selection task group (SSTG)

Biology task group (BOTG)

Physical oceanography task group (POTG)

Sediment barrier task group (SBTG)

Near field task group (NFTG)

Engineering studies task group (ESTG)

Legal and Institutional task group (LITG)

현재는 第2次 5個年計劃의 途中인데 늦어도 1989년에는 5년간의 성과를 정리하여 결론을 내리고 이 時點까지의 검토에서 전망이 없다는 결론이 나오면 중지하게 되나, 전망이 있다고 하면 계속해서 追求할 방침이다.