

# 심지층 처분시스템 주요시설 기술현황 분석

이종열\*, 이민수, 이연명, 이재완, 최희주

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*njylee@kaeri.re.kr

## 1. 서론

최근 사용후핵연료 공론화위원회는 원자력발전소에서 발생된 사용후핵연료의 관리를 위한 권고안을 발표하였다. 이 권고안에서는 2051년부터 CANDU 사용후핵연료의 영구처분을 착수하도록 권고하였으며, 이에 따라 본격적인 정책결정 및 사업이 시작될 것으로 전망된다.

일반적으로 사용후핵연료 직접 처분을 위한 심지층 처분시스템의 특성은 고준위폐기물의 높은 방사선과 붕괴열 등에 의해 관련 설비 및 장치들이 거대하며, 처분 환경에서의 부식, 핵종 이동 등의 현상들이 느리게 진행되어 안전성을 실증하는 데에 긴 시간이 소요된다는 것이다. 이와 같은 특성은 막대한 비용과 시간을 요구하는 것으로서 심지층 처분사업을 위해서는 철저한 준비가 필요하다.

본 연구에서는 특히 고준위폐기물 처분장 건설 인허가를 위해서는 다양한 실증 시험이 수행될 주요 시설들이 구축되어야 하며, 이를 위하여 스웨덴 SKB사가 인허가를 위해 준비하였던 주요 시설에 대한 기술현황을 분석하고자 하였다. 본 분석에서 관심을 두었던 4개의 주요 시설은 Encapsulation plant, Aspo HRL, Canister laboratory, Bentonite laboratory (Clay technology)로서 본 분석에서 기술현황에 대한 핵심을 요약하였다.

## 2. 심지층처분시스템 주요시설

### 2.1 포장시설(Encapsulation Plant)

포장시설은 처분을 위하여 고준위폐기물을 처분 용기에 적재하여 봉입하는 시설로서, 사용후핵연료 심지층 처분장 건설을 위한 인허가를 신청한 스웨덴의 경우 포장시설에 대한 설계는 1993년부터 착수하였다. 이후 포장시설에 대하여 지속적인 개발 및 수정이 이루어졌으며, 오스카삼에 있는 사용후핵연료 증양집중식 중간저장시설인 CLAB 인근에 포장시설을 건설하는 것이 동력이나 용수공급, 항만시설 및 MBA 를 공용으로 활용할 수 있다는 장점이 있어 기준 안으로서 결정되었다.

사용후핵연료 포장시설에 대한 SKB 자체 요건은 용량 200 처분용기/년, 60 년 운영, 기술시스템 및

물리적방호는 CLAB과 공동사용, 처분용기 당 열량 1700 W 및 3000-4000 방문객 수용 등이다.

원자력시설로서 인허가가 필요하지는 않지만 포장시설과 관련된 Canister factory는 외부에서 들여온 부품을 조립/용접하고 가공하여 처분용기를 제작한 후 포장을 위하여 포장시설로 이송한다.

### 2.2 지하처분연구시설(URL)

고준위폐기물은 처분을 위한 기술과 안전성에 대한 입증이 완료되기 전까지는 최종 처분(final disposal)로 이행될 수 없다. 스웨덴은 1977년 처분시스템 KBS-1개념 연구 이래로 1992년 처분계획에서는 최종 처분을 위해서는 관련된 기술을 입증하여야 함을 밝히고 있으며, 이에따라 Aspo HRL을 준비한 것이다. 1986년 가을, 건설에 대한 결정 후 Aspo와 주변 섬 지역(Simpevarp)에 대한 지구과학 조사 착수한 이후 Act on the Management of Natural Resource, Planning and Building Act, Water Law 등 관련법에 따라 검토하였다. 1990년 가을, 연구시설(지하 460미터 깊이)의 건설 착수하여 1995년에 지하심도 460 미터, 총 길이 3,600 미터의 터널 등 연구시설(Aspo Research Village)을 완료하였다(Fig. 1). 굴착방식은 대부분은 기존의 발파방법으로 하였고 마지막 400 미터는 TBM 이용하였다.

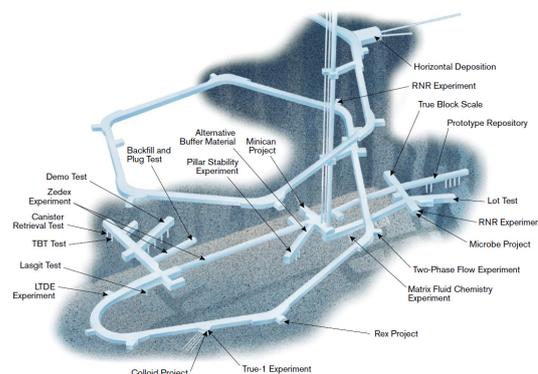


Fig. 1. Aspo underground laboratory.

Aspo 연구시설은 총건설비 약 1,500억원, 연간 관리비 약 34억원이 소요되고 연구자는 SKB 직원, 협력업체 직원 등 125명이 상주하며 지구과학, 천

연방 및 공학방역 분야에 대한 처분기술 입증  
을 수행하고 있다.

### 2.3 처분용기 시험시설 : Canister Laboratory

Canister Laboratory는 95년도 SKB RD&D 프  
로그램에서 사용후핵연료 밀봉(encapsulation) 기  
술 개발을 위한 연구소 설립계획이 제시되었으며,  
96년에 착공되어 98년 가을에 그 운영이 시작되었  
다. 설립 목적은 Encapsulation 기술을 개발하는  
것과 운영요원 훈련센터이다. Canister laboratory  
에서는 주로 encapsulation plant에서 수행하는  
공정을 시연할 수 있는 설비들이 갖추어져 있다.  
시설 내부설비로는 핵연료 취급 설비, 마찰교반용  
접기, 전자빔 용접기, 방사선 조사기, 용접부 초음  
파 조사기, 용기 부품 초음파 조사기 및 공압식 완  
충 이송기 등이 있다. 이들 설비를 이용하여 주로  
처분용기 제작법, 처분용기 용접법 및 용접부 품질  
검사법 개발을 수행하였다(Fig. 2).



Fig. 2. Canister Machining in the canister lab.

Canister laboratory에서는 전자빔 용접 (EBW)  
과 마찰교반용접(FSW)으로 처분용기를 밀봉방법을  
연구하였으며, 생산 조건에 더 적합하면서 용접 품  
질이 높은 것으로 판단하여 마찰교반용접을 기준방  
법으로 선택하였다. 용접부 품질 검사를 위해서는  
주로 초음파와 방사선 조사 시험 2가지 비파괴 검  
사법을 연구하고 있다.

### 2.4 완충재 시험시설 : Bentonite Laboratory

스웨덴과 핀란드는 현재 처분장의 건설 및 인허  
가를 진행 중에 있는 국가로서, 벤토나이트 연구를  
위한 시설과 인프라도 잘 구축되어 있다.

#### 2.4.1 Clay Technology AB

스웨덴의 토질 및 암반공학 자문회사로, 1988년  
에 설립 되었다. 열-수리-역학적 및 화학적 모델링  
분야에서 많은 전문기술과 경험을 보유하여 주로  
지하처분장의 공학적방역 거동 및 설계와 관련한  
연구개발업무를 수행하고 있으며, SKB에 기술가이드  
및 자문 역할을 하고 있다.

약 380 m<sup>2</sup>의 실험시설을 갖추고 있으며, 처분  
장의 완충재, 뒷채움재 및 암반공학 분야의 소수  
정예요원 16명으로 구성되어 있다.

#### 2.4.2. SKB The Bentonite Laboratory

Bentonite Laboratory는 2007년에 설립되었으  
며, Aspo Hard Rock Laboratory와 연결되어 고  
준위폐기물처분장 벤토나이트 완충재 및 뒷채움재  
의 제조, 취급, 설치에 필요한 방법 및 관련 장치  
를 개발하고 테스트 하는 시설이다. 이 시설의 지  
상면적은 450 m<sup>2</sup> 이며 2개의 holes-in-floor 모형  
이 설치되어 있다.

#### 2.4.3 B+Tech OY

스웨덴의 Clay Technology AB와 핀란드의  
Saanio & Riekkola OY가 공동으로 설립한, 벤토  
나이트 관련 연구를 하며 2007년에 설립하였다.  
12명의 직원으로 구성되어 있으며, EBS, 특히 처  
분장 완충재 물질로서 벤토나이트 연구에 전문성을  
가지고 있는 회사로 2008년에 벤토나이트 연구를  
전문으로 하는 실험실을 오픈하였다.

## 3. 결론

사용후핵연료를 포함하는 고준위폐기물은 높은 방  
사선과 붕괴열로 인하여 심지층 처분을 위한 설비  
및 장치들이 거대하며, 관련기술 및 안전성을 실증하  
는 데에 긴 시간이 소요된다. 이와 같은 특성은 막대  
한 비용과 시간을 요구하는 것으로서 심지층 처분사  
업을 위해서는 초기부터 철저한 준비가 필요하다.

본 분석에서는 가까운 미래에 국내에서 수행될  
고준위폐기물 처분사업의 기반조성 및 인프라 구축  
에 필요한 자료를 제공하고자 하였다. 또한, 분석  
결과는 사업을 위한 로드맵 등 정책 수립의 입력자  
료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 원자력기술개발사업  
의 일환으로 지원받아 수행하였습니다.

## 5. 참고문헌

- [1] SKB Laboratory brochure.
- [2] KAERI, 처분개념 분석을 통한 지하처분연구시설  
개념 설정 최종보고서, 한국방사성폐기물관리공  
단, (2011).
- [3] SKB Technical Report, Costs from and including  
2015 for the radioactive residual products from  
nuclear power - Basis for fees and guarantees  
for the period 2015-2017, SKB TR-14-16.