

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.

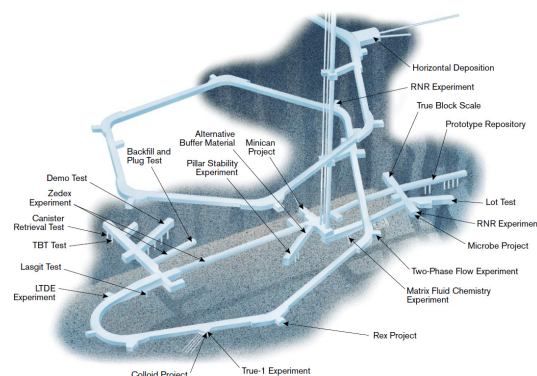


Fig. 1. Aspo underground laboratory.

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 m²의 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 m² 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.