

## 해외 지하연구시설을 이용한 핵종 및 콜로이드 이동에 대한 국제공동연구 현황 분석

백민훈, 박정균, 이재광  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
 mhbaik@kaeri.re.kr

### 1. 서론

2006년 11월 한국원자력연구원 부지 내에 한국형 고준위폐기물 처분시스템(KRS, Korean Reference System for HLW Disposal)의 현장실증 및 처분 요소기술의 확보를 위한 지하연구시설인 KURT(KAERI Underground Research Tunnel)가 건설되었다. 그러나 KURT는 현 단계에서는 지하 약 100미터 수준이고 방사성 물질을 이용할 수 없는 점 등 몇 가지 단점들을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점들을 극복하고 보완하기 위해서는 해외의 지하연구시설을 적극 활용하는 국제공동연구에 적극적으로 참여하여 필요한 연구를 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 핵종 및 콜로이드 이동과 관련한 해외의 지하연구시설을 활용한 국제공동연구 현황들을 수집, 분석하였다.

### 2. 지하처분연구시설 현황 분석

전 세계의 주요 지하처분연구시설들에 대한 현황을 수집, 분석하여 현재 국내 상황에서 참여 가능한 지하연구시설에서 수행중인 프로젝트에 대한 기술현황을 분석하였다. Table 1에 현재 운영 중이거나 건설 중인 해외의 주요 지하연구시설의 현황을 정리하여 나타내었다.

Table 1. 운영 중이거나 건설 중인 해외 지하연구시설의 현황

| 국가          | 위치         | 시설형태/이름                     | 모암            | 운영기간         | 부지연관성 |
|-------------|------------|-----------------------------|---------------|--------------|-------|
| Belgium     | MOI        | HADES + PRACLAY             | Plastic clay  | since 1980   | Yes   |
| Canada      | Pinawa     | URL                         | Granite       | since 1984   |       |
| Finland     | Olkiluoto  | Research Tunnel             | Granite       | since 1993   |       |
| Germany     | Gorleben   | Exploration galleries       | Salt dome     | since 1997   | Yes   |
|             | Konrad     | Test galleries in iron mine | Shale         | since 1980   | Yes   |
| Japan       | Tono       | Test galleries in U mine    | Sandstone     | since 1986   |       |
|             | Mizunami   | MIU                         | Granite       | constructing |       |
|             | Honorobe   | Honorobe URL                | Sedimentary   | constructing |       |
| Sweden      | Äspö       | HRL(experimental)           | Granite       | since 1990   |       |
| Switzerland | Grimsel    | GES test galleries          | Granite       | since 1984   |       |
|             | Mont Terri | Test galleries              | Shale         | since 1995   |       |
| USA         | Carlsbad   | WIPP                        | Bedded salt   | since 1982   | Yes   |
|             | Yucca Mt.  | ESF                         | Volcanic tuff | since 1993   | Yes   |
|             | Yucca Mt.  | Busted Butte                | Volcanic tuff | since 1997   |       |

해외 지하연구시설들 중에서도 스웨덴의 Äspö HRL(Hard Rock Laboratory)와 스위스의 GTS(Grimsel Test Site) 등이 핵물질을 포함한 방사성핵종들을 사용할 수 있는 시설이며, 화강암을 모암으로 하고 있고 현재 가장 활발하게 연구가 진행되고 있는 시설들이다. 따라서 이들 지하연구시설들이 한국의 지질학적 환경에 가장 잘 부합하고, 핵종 및 콜로이드에 대한 국제공동연구 참여에 가장 적합한 지하연구시설이라고 판단하여 이들 시설들에서 수행중인 프로젝트들에 대해 보다 자세하게 살펴보았다.

스웨덴은 1992년부터는 Oskarshamn섬에 지하 450m, 터널 총 길이 약 3,600m의 지하연구시설인 Äspö HRL을 건설 운영하고 있다. 현재는 2개의 지역을 대상으로 최종 처분시설 부지 선정 작업이 순조롭게 진행 중이다. Äspö HRL은 1995년에 완공한 사용후핵연료 처분을 위한 연구시설로 지하 약 500m 깊이로 동굴을 굴착하여 실제처분과 유사한 조건에서 각종 실험 수행하고 있다. 현재 선진 9개국이 공동연구형태로 다양한 방면에 참여중이며 주요한 연구항목은 다음과 같다.

- 삼차원 추적자 이동실험(Tracer Retention Understanding Experiments, TRUE)
- 장기 암반매질내 확산실험(Long Term Diffusion Experiment, LTDE)
- 핵종이동 미시적 측정실험(Radionuclide Retention Experiments with CHEMLAB)

스위스는 1984년 부터 알프스 산맥의 산악지역에 수력발전을 위한 기존터널을 활용하여 1984년부터 화강암 지하연구시설인 GTS를 운영중이다. 현재 방사성핵종을 사용해서 실험할 수 있는 최상의 URL로서 그동안 처분연구에서 매우 중요하고 다양한 연구들이 수행되어져 왔다. 지난 5단계 연구에서는 다음과 같은 연구들이 주요 수행되었다.

- HPF(Hyper-alkaline Plume in Fractured Rocks): 처분장 시멘트의 알칼리성분이 핵종거동에 미치는 영향에 대한 연구로 자연유사연구와 병행하여 수행
- CRR(Colloid and Radionuclide Retardation): 콜로이드의 핵종이동 영향 규명 실험
- EFP(Effective Field Parameters): 지하수 유동 및 핵종이동 실험

2004년부터 정식으로 시작된 6단계(2004 ~ 2013)에서는 CFM(Colloid Formation and Migration), LTD(Long-Term Diffusion), NF-PRO(Near Field Processes), LCS(Long-Term Cement Studies), PSG(Pore Space Geometry) 등과 같은 연구들이 수행되어져 오고 있다.

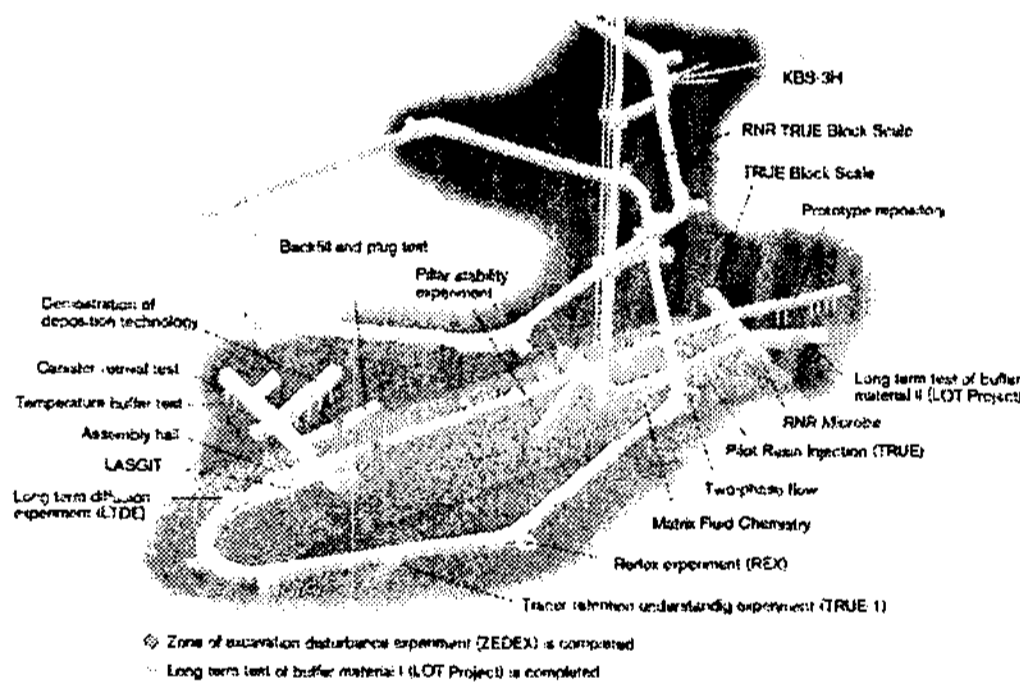


Fig. 1. 스웨덴 ÄSPÖ HRL 주요 시험내용

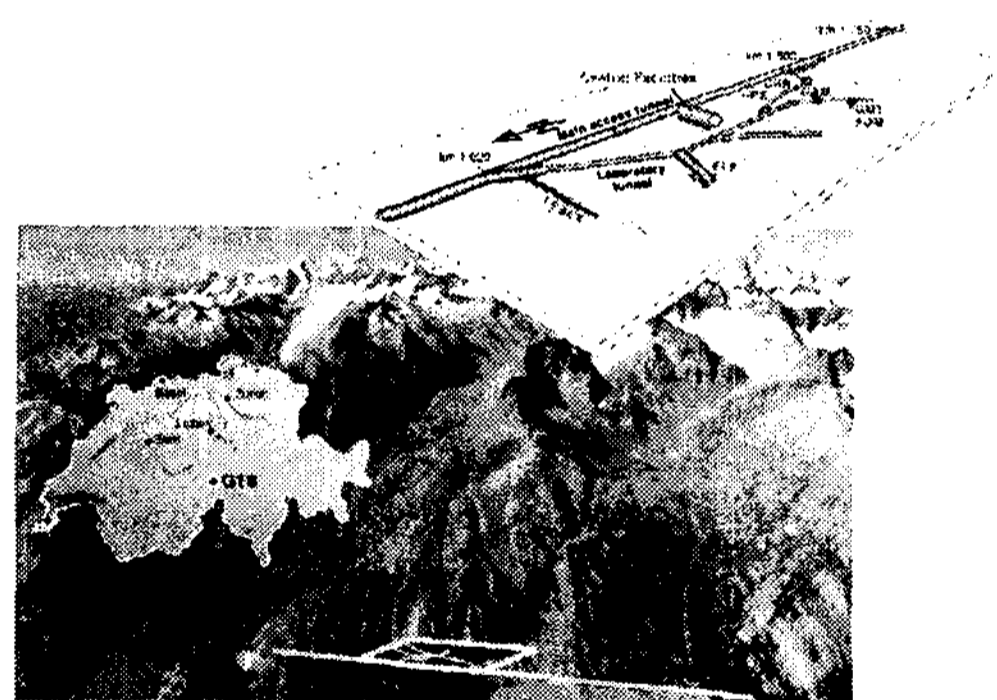


Fig. 2. 스위스 GTS 위치 및 주요 실험내용

### 3. 결론

고준위 방사성폐기물 처분은 한 국가만의 문제가 아닌 국제적인 협력을 통해 해결해 가야할 문제이므로 관련 분야에 대한 긴밀한 국제협력 및 국제공동연구의 참여가 매우 중요하다. 이러한 원자력 국제사회에 대한 기여를 통해 국제사회에서 우리나라의 국가적 위상을 제고하고, 이를 통해 고준위폐기물 처분에 대한 대국민 신뢰 향상에 기여할 수 있다. 따라서 향후 방사성폐기물 처분분야에서 국제협력 뿐만 아니라 지하연구시설에서 국제공동연구 참여를 적극적으로 추진해 나가야 할 것이다. 본 연구의 결과들은 해외 국제공동연구 수행 및 관련 분야의 국제협력에 필요한 지하처분연구시설 및 연구현황에 대한 정보를 제공하고, 향후 해외 지하연구시설의 국제공동연구 참여 및 연구수행에 활용될 수 있을 것이다.

### 사사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.