

## 스위스 Grimsel Test Site(GTS)의 처분연구 현황

권장순, 고용권, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

[iskwon@keari.re.kr](mailto:iskwon@keari.re.kr)

### 1. 서론

스위스 마이링겐 지역에 위치한 Nagra의 Grimsel Test Site(GTS)는 방사성폐기물의 심지층 처분연구를 위한 지하시험 시설로서 1983년 첫 굴착이 시작되어 현재까지 운영 중에 있다. GTS는 전반적으로 균질한 결정질암에 분포하며, 연구에 적합한 단열대 또한 분포하고 있어 처분연구에 있어 매우 적합한 장소로서, 25년 이상의 운영기간 동안 지질, 지구물리, 수리지질, 암반역학, 핵종 이동 등 다양한 분야에서의 연구가 진행되고 있다. 1983년 운영 이래 1990년대 중반까지 GTS의 연구는 초반 탐사 프로그램의 개발 및 운영, 암반 내 수리 및 지화학 운송과정 해석, 세부적인 안전성 분석 및 처분후보부지에의 적용가능성 등에 초점을 맞추었으나, 1996년부터 시작된 Phase IV(1996-2004)에서는 천연방벽의 효율성 평가, 처분개념 및 부지탐사기법의 검증에 집중하여 새로운 연구 모델이 증축되었고, 특히 공학적방벽 시스템 연구를 위하여, FEBEX, GMT, FOM 등의 프로젝트가 제시되었다. 현재 GTS에서는 10개의 국제공동연구가 진행 중에 있으며, Nagra는 매년 전년도 수행실적과 차년 계획에 대한 검토 및 승인을 위하여 국제운영위원회(International Steering Committee Meeting: ISCO meeinng)를 개최하고 있으며, 지난 6월 2012년도 10차 ISCO 회의의 내용을 토대로 스위스 GTS에서 수행중인 처분연구에 대해 간략히 소개하고자 한다. 특히 우리나라는 2009년부터 CFM(콜로이드 형성과 이동) 프로젝트에 공식적으로 참가하고 있고, 금년 9월부터 FEBEXe(실물 크기의 공학적방벽 실험)에도 참여를 시작하였다. ISCO 회의는 GTS의 국제공동연구 주제뿐 아니라 영국, 프랑스, 체코, 스페인, 일본, 핀란드, 스웨덴, 독일, 스위스, 한국 등 참가국에서 수행중인 고준위폐기물처분연구 및 사업현안에 대한 발표와 토의 또한 포함하고 있다.

### 2. 본론

#### 2.1 GAST

: Gas-permeable Seal Test

중저준위 방사성폐기물 처분장 관점에서 가스의 투과성 밀폐시스템을 위한 설계연구로서 공학적인 가스 운반 시스템을 다루며 2011년에는 한국방사성폐기물관리공단(KRMC)이 프로젝트 파트너로 참가하였으며, 현재 QA 프로그램에 준하여 시설설비를 완료하여 실험준비를 마무리하였다.

참여기관: ANDRA, KRMC, NAGRA

#### 2.2 FEBEXe

: Full-scale Engineered Barrier EXperiment extension

원위치(in-situ) 실험규모 공학적방벽시스템(EBS) 실험으로서 1997년부터 heating이 시작되어, 현재 세계적으로도 가장 오래 수행된 EBS 실험이다. 실험종료는 2015년으로 계획하고 있으며 지속적인 THMG 모니터링과 모델링을 수행하고 있다. 우리나라는 금년 9월부터 프로젝트 파트너로 참여하여 연구를 진행하고 있다.

참여기관: CIEMAT, POSIVA, SKB, NAGRA, KAERI

#### 2.3 LCS

: Long-term Cement rock Water Interaction

단열암반내 강알칼리성 물질의 유동 및 영향을 파악하기 위한 프로젝트로서 현장 수리/추적자 실험, 모델링, 자연유사연구를 진행 중이다.

참여기관: JAEA, NDA, POSIVA, SKB, NAGRA

#### 2.4 JGP

: JAEA Grouting Project

시멘트 물질의 개발 및 적용에 해당하는 프로그램의 일환으로 일본의 JAEA가 2009년부터 GTS에서 실험하고 있는 프로젝트로서 현재 그라우팅 3D 침투과정을 모사하고 측정법 제안 및 모델링을 수행 중에 있다.

참여기관: JAEA, NAGRA

## 2.5 CFM

: Colloid Formation and Migration

1984년부터 GTS에서 수행된 방사성핵종 지연 프로그램이 2015년까지 연장된 프로젝트로서 현장 추적자실험 및 모니터링, 고민감도 센서 개발 및 모델링 작업을 수행중이다. 차기단계에는 원위치 장기모니터링 및 이동에 대한 추가 실험을 진행할 예정이다.

참여기관: CRIEPI, BMWi/KIT-INE, JAEA, KAERI, POSIVA, SKB/KTH, NAGRA

## 2.6 LTD

: Long-Term Diffusion

2.5년에 걸쳐 진행 중인 암반내 방사성핵종(H-3, I-131, Na-22, Cs-134) 및 안정동위원소(Na, I)의 원위치 확산 실험으로 매질의 비표면적 영향을 정량화할 수 있는 실내 모형실험을 추진 중이며, Ci-36, Se 동위원소를 추가로 투입할 계획이다.

참여기관: HYRL, JAEA, RAWRA & NRI, NAGRA

## 2.7 C-FRS

: Crieppi-Fractured Rock Studies

용질의 암반이동과 관련한 암반 내 단열의 특성을 규명하는 방법론의 개발에 대한 연구로 단열의 크기 및 배열, 상수도출 및 주입 시험 등을 수행하고 있다. 큰 크기의 시추공을 통하여 단열 내 유체의 유동경향을 가시화함으로써 용질 유동 특성을 평가하기 위한 방법론을 시스템화하고 새로운 단열대 연구 및 검증작업을 수행할 계획이다.

참여기관: CRIEPI, NAGRA

## 2.8 MoDeRn WP 2&3 and TEM

R&D 형태의 무선 네트워크 기술 개발 및 전원 공급에 대한 프로젝트로 제한된 조건에서 운용가능성을 평가하기 위해 실험 및 현장검증을 실시하고 있다. 차기단계에는 실제 벤토나이트 완충체에 개발된 측정기기를 장착하여 현장조건 및 환경에서의 운용적합성을 검토할 예정이다.

참여기관: 18 파트너, 12 국가, 7 국가기관

## 2.9 LASMO

새롭게 시작하는 프로젝트로서 GTS에 새로운 양수발전을 위한 터널 굴착(2013년 계획)과 관련하여 건설전/후의 여러 물리화학적 변화양상을 관

찰하고자 하는 대규모의 모니터링 과제이다.

참여기관: NAGRA, RAWRA, Czech Academy of Sciences

## 2.10 MaCoTe

NAGRA에서 제안된 새로운 프로젝트로서 원위치(in-situ) 환원환경(reduced condition)에서 강철(steel) 및 유리질(glass)의 부식특성을 평가하고자 한다. NAGRA는 GTS의 지하수가 산소의 유입이 없어 환원환경을 충분히 유지할 수 있는 실험환경적 특성을 갖는다는 장점을 부각시키고 있다.

참여기관: NAGRA

## 3. 결론

국내에서 발생하는 파이로 폐기물과 사용후핵연료 및 기타 장반감기 폐기물을 지하 깊은 곳의 안전한 암반 내에 처분하여 인간환경으로부터 격리시키기 위해서는 방사성폐기물이 처분될 지역에 대한 심부 지질환경 특성 및 천연-공학적방벽의 핵종이동의 지연 기능에 대한 정확한 규명을 위하여 고준위폐기물에서 발생하는 열과 지하수 유입에 따른 열-수리 장기 거동 연구뿐 아니라 역학적-화학적 장기 거동 특성을 규명하는 다양한 연구가 수행되어야 한다. 한국원자력연구원(KAERI)에 건설된 지하처분연구시설(KURT)는 국내 유일의 방사성폐기물처분을 위한 연구시설로서 2006년 이후 지질환경특성평가 연구, 공학적방벽에 대한 격리기능 연구, 핵종이동기작에 대한 규명연구 등 다양한 분야의 방사성폐기물 처분을 위한 연구가 진행되고 있다. 특히 KURT는 2012년부터 확장이 기획되어 향후 다양한 처분연구가 수행될 예정으로 선도적인 심지층처분연구를 진행 중인 GTS 및 국외연구의 사례를 파악하여 국내기술수준의 향상을 도모할 수 있을 것으로 판단한다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.