

## 다목적 심부환경 현장 조사 시스템 국내의 현황

김건영, 박경우, 고용권, 김병우, 정해룡\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

\*한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

[kimgv@kaeri.re.kr](mailto:kimgv@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

인간생활권으로부터 사용후핵연료를 영구 격리하는 방법으로써 심지층 처분은 세계적으로 가장 안전한 것으로 받아들여지고 있다. 선진 외국에서는 장기적 계획에 따라 사전 연구·기술개발을 통해서 자국 고유 지질환경에 적합한 처분시스템을 개발하고 검증·실증과정을 수행하고 있다. 그러나 이러한 고준위폐기물 처분의 장기적 안전성은 선진외국으로 부터 보장 받을 수 없음을 물론, 심지층 처분 관련 기술은 한국의 심지층 환경의 특수성을 고려하여야 하기 때문에 국내지질환경에 적합한 기술개발이 우선되어야 한다.

처분심도의 심지층 조사를 위해서는 지질, 수리지질, 지구화학, 구조지질 등의 조사기술확보 뿐 아니라 다양한 지질학적 조사기술들을 현장에서 신속하게 정확하게 활용할 수 있는 운영기술의 확보가 필수적이다. 또한 현장에서의 부지특성조사시 수리지적 혹은 지화학적 측정과 분석 방법은 신뢰성이 확보된 지하수 특성 평가를 위해서 매우 중요한 요소다. 특히 지하수의 지화학 및 수리 특성 평가는 이러한 현장 분석기술의 확보만으로도 뚜렷이 향상될 수 있다. 이를 위하여 선진 각국에서는 자국의 지질특성 및 처분시스템 개념에 적합한 이동식 심부환경 현장 조사 시스템(모바일랩)을 개발하여 실제 처분부지 혹은 연구부지의 부지특성조사에 활용하고 있으며 시스템의 성능을 지속적으로 향상시키고 있다. 여기에서는 다목적 심부환경 현장조사 시스템(모바일랩)에 대한 해외의 사례로서 스웨덴과 미국의 사례 및 기술개발 동향을 소개하고 아울러 현재 한국원자력연구원에서 개발중인 내용을 함께 소개하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 스웨덴의 사례

스웨덴은 심지층 처분기술 개발의 과정 중에 1980년대 후반부터 현장조사용 모바일 랩을 개발

하여 사용하고 있다[1]. 특히 에스포 지하암반연구 프로젝트(Aspo HRL Project)에서 수리지정도값이  $10^{-8} \sim 10^{-6}$  m/s 범위인 대부분의 구간에 대해 이 장비를 활용해서 부지특성 조사가 수행되었다[2]. 초기 스웨덴의 현장 조사용 모바일 랩은 두 개의 트레일러로 구성되었다. 하나는 수리지질 조사용 모바일 랩으로서 펌프작업과 프로브를 내릴 수 있는 시스템 등으로 구성되어 있다. 다른 하나는 지화학 조사용으로서 시추공으로 내리는 프로브와 교신하고 화학데이터를 기록하기 위한 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있었다. 이후 스웨덴 SKB사는 모바일랩의 기능 및 부속장치들을 지속적으로 향상시켜왔으며 현재는 심부시추공의 현장조사시 일반적으로 심부시추공 조사용 모바일 랩, 실험분석용 모바일 랩, 데이터 수집 및 편의시설용 모바일 랩 등의 3개의 모바일랩이 한 조가 되어 업무를 수행한다(Fig. 1). 현장조사 시스템은 지속적으로 개발되어 스웨덴의 최종 고준위폐기물 처분장 선정까지 오스카삼과 포스마크의 최종 두개의 후보부지에 위치한 심부시추공의 조사에서 핵심적인 역할을 수행하여 수리지질 및 수리화학 자료를 생산하여 왔다[3].

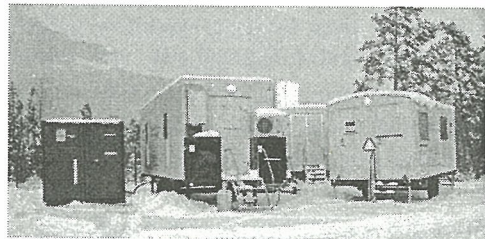


Fig. 1. Mobile lab. of SKB, Sweden [3].

#### 2.2 미국의 사례

미국의 심지층 처분 연구는 Sandia National Lab. (SNL)에서 주로 수행하고 있으며 SNL 역시 부지특성조사를 위해 심부환경 조사용 모바일랩을 개발하여 운영하고 있다. SNL에서 운영하고 있는 모바일 랩은 미국 HydroResolutions LLC

사에서 개발한 MIATA (Mobile Integrated Aquifer Testing & Analysis)라는 모바일 랩으로 주로 야외 수리시험을 위해 만들어졌다(Fig. 2).

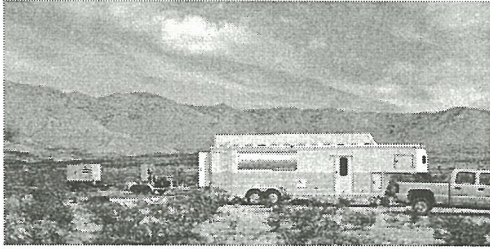


Fig. 2. Mobile lab. (MIATA) of SNL made by HydroResolutions LLC.

MIATA로 적용가능한 수리지질시스템은 매우 다양하여 지하 방사성폐기물처분장이 건설될 수 있는, 투수성이 매우 낮은 부지부터 카르스트 시스템이 있는 매우 높은 투수도의 부지까지 수리시험이 가능하다. MIATA의 구체적인 기능으로써는 0.25~2,000 gpm 범위 내 유량 모니터링, 15마력 이상의 모터와 230볼트와 460볼트의 전력을 이용하는 양수펌프에 대해 전류량 변화를 통한 유량 조절, 오염 제거 유체 저장 및 순환 장치, DAS (Data Acquisition System), 시간 제약없는 전력 공급 장치, 전자식 수질 모니터링, 수압 조절 및 모니터링, 기압 및 기온 모니터링, 공기 가압 장치, 저투수성 부지에서의 수리시험을 위한 straddle-packer hydraulic testing tool (HTT), 패커와 연결선 내 온도에 의한 압력 요동 현상을 최소화하기 위한 압력 유지 시스템 장치 등이 있다. 이 MIATA는 캐나다 온타리오주에 건설되고 있는 Canadian Deep Geologic Repository (DGR) 부지의 특성화 사업에 이용되었으며, 미국 WIPP 부지와 Yucca Mountains 부지의 특성화 사업에도 이용되었다. 그 외 프랑스, 스위스, 일본, 대만, 독일, 영국의 부지 특성화 사업에도 적용되었다.

### 2.3 한국원자력연구원(KAERI) 기술개발 현황

현재 한국원자력연구원에서 개발중인 다목적 심부환경 현장조사 시스템(모바일랩)은 심지층 처분을 위한 한반도 지질환경 평가 기술 개발을 위한 핵심기술의 하나로서, 신뢰성을 확보한 심부환경 현장조사 및 분석을 가능하게 함이 주 목적이 다.

KAERI의 심부환경조사용 모바일랩은 실험실과 이동장치가 일체로 되어있는 수리지질 조사용 모

바일랩과 실험실과 이동장치가 분리되어 운영할 수 있는 수리화학 조사용 모바일랩 등 2개로 제작하였다. 수리지질조사용 모바일랩은 조사 지역에 수리지질조사를 목적으로 굴착한 조사용 관정에서 수행할 수 있는 다양한 현장 수리시험을 수행하고, 결과적으로 도출되는 각종 자료를 현장에서 저장/처리하기 위해 설계되었다. 수리지질조사용 모바일랩은 크게 유량 측정 부분, 순수 순환장치 부분, 시추공검층 부분, 자료처리장치 부분으로 구성된다. 수리화학 조사용 모바일랩은 처분부지의 지하수의 화학특성 평가와 주변 모암, 광물, 방사성폐기물과의 화학적 상호반응 및 지하수의 유동특성과 처분부지의 전반적인 수리적 특성을 이해하는데 매우 유용한 도구로 사용될 목적으로 제작되었다. 주요 장비로는 지하수 현장 시료채취 및 전처리 장치, 원위치 지화학 파라미터 모니터링 시스템, 급수 및 배수장치, 시료보관용 냉장장치 및 기타 분석기기 및 수리시험기기의 작동을 위한 전기배선 및 이를 컨트롤할 수 있는 전기시스템으로 이루어져 있다. 제작된 심부환경조사용 모바일랩은 향후 실제 현장에 적용하여 성능평가가 이루어질 예정이다.

### 3. 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 201017102002D).

### 4. 참고문헌

- [1] SKB TR-86-16, 1986, Site investigation Equipment for geological, geophysical, Hydrogeological and hydrochemical characterization, SKB, 140p.
- [2] SKB TR-91-21, 1991, Äspö Hard Rock Laboratory. Field Investigation methodology and instruments used in the preinvestigation phase, 1986-1990, SKB, 140p.
- [3] SKB P-07-149, 2007, Oskarshamn site investigation Complete chemical characterisation in KLX13A Results from two investigated borehole sections: 432.0 - 439.2 m, 499.5 - 506.7 m. SKB, 43p.