

일본 고준위 방사성폐기물 지층처분 연구의 최근 동향

최옥곤*

일본 (주) 지권환경테크놀로지

A Review of the High-Level radioactive waste geological disposal in Japan

Ok-Gon Choi*

Geosphere Environmental Technology Corp., JAPAN

서 론

원자력발전 후에 생성되는 방사성폐기물의 처리와 지층처분을 두고 관련 각국들은 큰 전환기를 맞고 있다. 한국도 방사성폐기물(중저준위)의 보관장소를 정하는 문제로 나라 전체가 큰 혼란을 경험하고 있으며, 에너지공급의 약 40%를 원자력에 의존하고 있는 현실을 감안할 때 원자력발전에서 필연적으로 생성되는 방사성폐기물의 처분문제는 앞으로도 국가적 큰 관심사임에는 틀림이 없다. 이웃나라 일본도 우리와 같이 원자력발전이 차지하는 비중이 약 35%정도이며 방사성폐기물의 처분 또한 주요 정책사업으로 지층처분연구와 최종처분장 선정 프로젝트가 진행 중에 있다.

본 논문에서는 현재 일본이 추진 중인 방사성폐기물의 지층처분 관련 연구개발의 내용과 최종처분장 선정에 관한 전체상을 소개함으로써 국내의 방사성폐기물 관련 연구개발과 저장시설 선정 문제 등에 참고가 되기를 바란다. 특히 방사성폐기물은 지층을 그 처분대상지로 하고 있기 때문에 이와 관련한 지질학, 지질공학, 토목공학 등 관련학문의 공헌과 발전이 무엇보다 중요하며, 또한 심지층연구소를 이용한 심부지질환경의 특성평가와 지층과학적인 조사기법과 기술개발 등이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

핵연료사이클정책과 방사성폐기물

핵연료의 리사이클

일본은 한국이나 기타 여러나라와 달리 사용후핵연료를 재처리해서 다시 사용한다는 점에서 큰 차이가 있다. 천연우라늄에는 원자력발전의 연료가 되는 우라늄 235가 0.7%밖에 없으며 나머지 99.3%는 핵분열하지 않는 우라늄238이다. 그러나 우라늄 238은 중성자를 흡수하면 핵분열하는 플루토늄239로 변하게 된다. 따라서 사용후 핵연료 중에는 플루토늄 239가 새로 생성되어 있으며, 이 사용후핵연료를 화학적으로 재처리하여 플루토늄 239와 타다 남은 우라늄235를 회수하면 다시 연료로 사용할 수가 있다. 이처럼 사용후 핵연료를 재처리해서 사용하면 우라늄자원을 수십배 활용할 수가 있으며 이것이 핵연료의 리사이클 정책이다. 에너지자원 빈국인 일본으로서는 핵연료 사이클의 확립이 원자력이용의 기본노선이다.

방사성폐기물의 발생

방사성폐기물이란 원자로시설과 핵연료 사이클 시설 등에서 발생하는 방사성물질에 포함된 폐기물을 일반적으로 말하며 방사성의 정도에 따라 저준위와

* Corresponding author : choi@getc.co.jp

고준위 등으로 대별된다. 일본에서는 사용후핵연료를 재처리하여 우라늄과 새로 생성된 플루토늄을 추출하고 남은 액체상의 고준위방사성폐기물을 유리원료와 함께 고온으로 녹여 금속의 스텐레스 용기(canister)에 넣고 굳힌 것을 유리고화체라 하며 제조 직후의 고화체는 높은 방사능과 발열량 때문에 적어도 약 50년간은 저장시설에서 냉각한 후 처분장에 옮겨져 처분경도에 매설 최종처분하게 된다. 이 유리고화체는 직경 약 43cm, 높이 약 134cm이며 무게는 약 500kg이나 된다. 원자력발전후의 방사성폐기물의 생성에서 최종처분까지의 개략적인 흐름을 나타내면 Fig. 1과 같다.

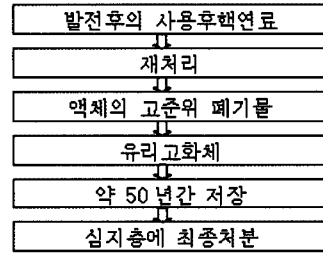


Fig. 1. 방사성 폐기물 처분의 흐름

지층처분의 연구개발

지층처분의 기본개념

방사성폐기물의 지층처분은 일본고유의 지질환경 등을 고려해서 기본적으로 다중방벽 시스템으로 구성되며 그 기본 개념은 Fig.2와 같다. 즉 지층처분은 인간의 생활환경으로부터 완전히 격리된 견고하고 안정된 지층에 유리고화체, 오버팩, 완충제 등의 인공적인 방호장벽(인공방벽) 과 천연의 지질환경(천연방벽)을 이용해서 고준위의 방사성폐기물을 철저히 격리하고자 하는 다중방벽시스템에 기초하고 있다.

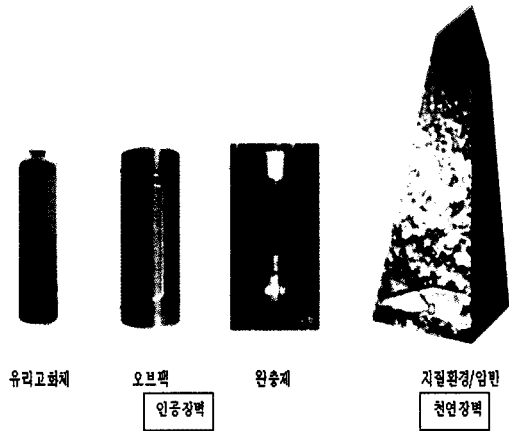


Fig. 2. 지층처분의 다중방벽시스템

연구개발의 경위와 전개

지층처분에 관한 연구와 기술개발은 일본핵연료사이클개발기구(JNC)가 주체가 되어 1976년부터 본격 시작되어 올해로 28년째를 맞고 있다. JNC는 지층처분연구를 포함한 핵연료사이클 전반에 관한 연구와 고속중식로 사이클 등의 연구개발을 담당하고 있으며, 일본원자력연구소(JAERI)와 함께 일본원자력 연구의 양대 조직이다. 특히 JNC는 지층처분에 관한 그동안의 연구개발 성과를 지층처분의 기술적 가능성(1992.9)과 지층처분의 기술적 신뢰성(1999.11)등으로 발표하고 기술축적을 이루어 왔다. 그리고 앞으로는 심지층연구소를 이용한 지층처분 기술의 신뢰성 향상과 안전평가 수법의 고도화를 목표로 한 사업화 단계로의 전진을 통해서 최종처분 사업에 공헌하는 것을 목표로 하고 있으며, 또한 단계적으로 연구성과를 집약해서 공표(2005년, 2010년, 2020년경)할 예정으로 있다. 현재 통합이 추진중인 JAERI와 JNC가 2005년

경에 독립행정법인인 일본원자력연구개발기구로 개편되어 세계 최대규모의 원자력관련 연구기관이 탄생될 예정이다.

연구개발관련 주요과제

JNC를 중심으로 최근 진행 중인 지층처분관련 연구개발의 주요 과제들을 열거하면 아래와 같다.

1) 지층처분연구개발

① 처분기술의 신뢰성 향상

완충제의 연성거동, 완충제의 장기역학적 거동, 완충제의 화학적 상호작용에 의한 변화, 오버팩재료의 부식평가, 내추럴 아날로그 등에 관한 연구

② 안전평가 수법의 고도화

수리물질이행, 불확실성평가, 생물권평가, 기술정보 통합시스템, 성능평가, 핵종거동 등에 관한 연구

2) 심지층의 지층과학적 연구

- ① 지질환경의 장기 안정성에 관한 연구
 - 용기/침강/침식, 기후/해수준변동, 화산활동, 지진/단층활동 등에 관한 연구
- ② 지질환경특성 연구
 - 암반의 장기거동, 터널경도 주변의 장기지질특성, 광역지하수유동등에 관한 연구
- ③ 심지층연구소 계획
 - 미즈나미, 호로노베 심지층연구소를 이용한 각종 조사기술의 개발
 - 지질환경 조사기술개발, 지질환경 모니터링기술 개발, 심지층의 공학적 기술개발 등

지질환경특성과 지층처분

일본은 세계유수의 화산국이자 지진국이다. 이에 따라 최종처분장이 건설될 예정인 심부지질환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 자연현상은 다음과 같으며 지금까지 이들에 대한 충분한 검토와 연구가 이루어져 왔다.

- ① 지진/단층활동과 화산/화성활동
- ② 용기와 침강 및 침식
- ③ 기후와 해수준 변동

일본열도는 플레이트의 경계부에 위치하고 있는 관계로 화산활동과 지진활동이 활발하며 활성단층 등 복잡한 지질구조를 가지고 있다. 내륙지역에서 발생하는 규모가 큰 지진은 대부분 단층활동에 의해 일어난다. 지금까지의 지진관측과 활성단층 조사 등으로 거대지진을 발생시키는 주요한 활성단층의 분포와 성질에 대해서는 충분히 파악하고 있다. 그러나 이런 복잡하고도ダイナ미한 지질과 특히 변동대에 위치하는 일본에서 지층처분은 과연 가능한가라는 의문이 제기되고 있는것도 사실이다. 하지만 지금까지의 연구성과에 의하면 일본과 같은 지질환경에서도 지층처분은 가능하다고 결론짓고 있다.

① 단층이나 화산활동은 과거 수십만년에 걸쳐서 그 활동지역이 한정되어 있으며, 단층활동에 의해 암반이 파괴되는 등의 영향권은 수 m ~ 수백 m 정도이다. 화산주변에는 지온의 상승이나 지하수의 수질변화 등이 확인되지만 그 범위는 대략 화산의 중심에서 수 km에서 약 20km 정도로 파악되고 있다.

② 용기와 침강은 과거 수십만년에 걸친 자료에 의하면 일정한 경향을 가지고 계속 및 누적되어 일어나고 있으며, 용기속도는 산악지방 등을 제외한 대부분의 지역에서는 십만년에 수십에서 수백m 미만 정도로

알려져 있다.

③ 기후와 해수준 변동은 과거 수십만년에 걸쳐서 빙기와 간빙기가 약 십만년의 주기로 반복되고 있으며, 평균 기온차도 약 10℃정도이며, 해면은 현재와 비교해 약 +수m에서 -120m의 범위내에서 변동하고 있음이 알려져 있다.

따라서 처분장 선정시의 단층이나 화산활동에 대해서는 지금까지의 활동의 경향이나 규칙성에 기초하여 지층처분에 악영향을 미치지 않는 장소를 선정할 수 있으며, 용기와 침강 그리고 기후 및 해수준 변동에 대해서는 변동이 활발한 지역을 피하고 또한 처분장 지역의 변동규모 등을 고려해서 적절한 심도에 처분장을 설치하는 등의 대응책으로 충분히 지층처분에 악영향을 미치지 않게 할 수 있다는 것이다. 앞으로는 다음에 소개하는 심지층연구소를 이용한 심부지질환경 특성 평가가 실시될 예정이다.

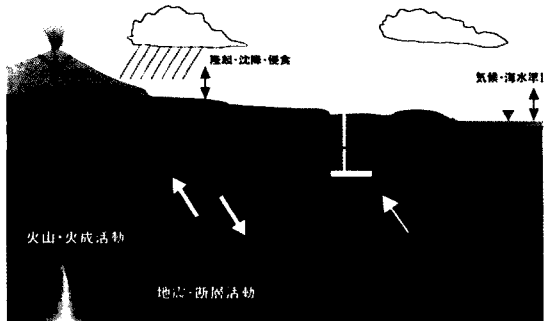


Fig. 3. 지질환경 안정성에 중요한 자연현상



Fig. 4. 일본열도 주변의 플레이트

심지층연구소(URL) 프로젝트

일본이 현재 추진중인 심지층연구소 건설의 목적은 지층처분 기술을 실제의 지질환경에 적용해서 확인하고자 하는데 있으며, 단계적 조사연구를 통한 조사 및 평가 기술의 체계화 그리고 인공방벽이나 지하시설에 대한 공학적 기술의 확인 등이 그것이다. 특히 무엇보다도 일본의 지질환경과 분포특성을 파악하고 심지층을 체험하고 이해하는 장소로 활용할 계획이다. 이에 따라 일본의 지질특성 등을 고려하여 경암계인 화강암지역(미즈나미)과 연암계인 퇴적암지역(호로노베)을 대상으로 한 2개의 심지층 연구소가 건설 중에 있다.

URL을 이용한 조사연구에서는 지상의 조사연구단계, 지하시설 건설시의 조사연구 단계와 건설후의 지하시설을 이용한 조사연구단계 등 크게 3단계로 나뉘어 실시될 예정이다. 지상의 조사연구단계에서는 다양한 물리탐사와 시추조사 등을 이용한 광역조사를 실시하고 수집된 자료들을 바탕으로 지하심부의 지하수 거동이나 암반 등을 예측할 계획이다. 지하시설 건설시의 조사연구단계에서는 지하경도를 건설하면서 조사수법이나 해석평가수법의 타당성을 검토하고 갱도굴삭에 의한 영향과 범위 등도 조사할 계획이다. 마지막 3단계에서는 지하시설에서의 정밀한 물리탐사와 시추조사를 실시하고 갱도주변의 지층과 지하수의 성질, 그리고 지진의 영향 등을 장기적으로 조사하며, 또한 지층처분시스템의 설계와 건설에 관한 기술과 처분실시후의 갱도밀폐에 관한 기술개발 등도 실시할 계획으로 있다.

두 심지층연구소의 개요에 대해서는 Table 1에 나타내었다. 이와 같이 실제 지하공간을 이용해 지층처

분시스템의 설계나 시공 등의 가능성을 확인하고 공학적 기술은 물론이고 연구성과 등을 모델에 반영하고 안정성을 평가하는 기술의 신뢰성을 높이는 연구도 수행할 계획이다. 또한 국민의 지층처분에 대한 폭넓은 이해증진은 물론이고 개방된 국제적인 공동연구의 장소로 활용할 계획으로 있다. 현재 지층처분을 위해 2개의 URL계획을 추진 중인 나라는 일본뿐이다.

미즈나미 URL은 2003년 7월부터 시설의 건설공사가 본격 시작되어 현재는 主立坑(직경6.5m)과 換氣立坑(직경4.5m)의 2개의 갱도 굴삭공사가 진행되고 있다. 올해는 심도 약50m정도까지만 굴삭을 진행할 계획이다.

호로노베 URL은 현재 지상 및 지하시설 건설용지 조성공사와 함께 연구소 설치지구와 그 주변지역을 대상으로 한 대심도 보링조사 (500m규모 2개孔과 1000m규모 1개孔), 컨트롤 보링의 현지적용시험, 표층수리조사, 지하수조사 등의 지질조사와 환경조사, 물리탐사 등이 진행 중에 있다.

최종처분장의 선정과 건설

일본의 방사성폐기물 최종처분 주체는 원자력발전 환경정비기구(NUMO)이다. NUMO는 2000년10월에 설립되어 현재는 개요조사지구 선정 등의 최종처분장 선정관련 프로젝트를 수행 중에 있다. 특히 2002년12월부터는 최종처분시설 건설지 선정을 전제로 한 고준위방사성폐기물의 최종처분시설의 설치 가능성을 조사할 지역의 공모작업이 일본 전국의 지방자치단체를 대상으로 시작 되었다. 고준위방사성폐기물의 최종처분시설 건설지는 최종처분법에 의해 다음의 3단계 과정을 거쳐서 선정하게 된다. 개요조사지구의 선

Table 1. 심지층연구소 현황

	Mizunami URL	Horonobe URL
위 치	기후현 미즈나미시	홋카이도 호로노베
계획심도등	약 1000m, 수직갱	약 500m, 수직갱
암 중	결정질암(화강암)	퇴적암(이암)
연구 기간	약 20년간 실시	약 20년
지하수해석	담수계 지하수 유동해석	염수계 지하수 유동해석



Fig.5. Mizunami와 Horonobe URL 설계도

정, 정밀조사지구의 선정, 최종처분시설 건설지의 선정 등이다.

NUMO의 계획에 의하면 2010년경까지 정밀조사지구를 선정하고, 2025년경에 최종처분시설 건설지 선정, 2035년경에 매설, 그리고 2100년경에 처분장폐쇄 등으로 추진될 전망이다. 처분사업은 최종처분장 건설지 선정을 위한 조사에 약 25년, 처분장의 건설에 약 10년, 폐기물의 매설과 시설폐쇄까지 약 60년 등, 시설폐쇄후의 장기적인 모니터링과 유지관리 등을 감안하면 적어도 100년 이상이 소요되는 초거대 프로젝트라 할 수 있다.

처분장 선정과정

① 개요조사지구

개요조사지구 선정에는 전국으로부터의 응모구역과 그 주변지역을 우선 대상으로 실시하고 조사방법으로는 문헌조사 등을 기본으로 한다. 조사목적으로는 지진 등의 자연현상에 의해 지층의 현저한 변동기록이 없고 미래에도 일어날 가능성이 없는 것 등을 확인한다.

② 정밀조사지구

정밀조사지구 선정에는 개요조사지구를 대상으로 보링조사, 지표답사, 물리탐사 등을 실시하고 조사목적으로는 최종처분대상 지층과 그 주변지역의 지층이 안정하고 갱도굴삭에 지장이 없고 지하수 등이 지하시설에 악영향을 미치지 않을 것 등을 확인한다.

③ 최종처분장 건설지의 선정

최종처분장 건설지의 선정에는 정밀조사지구를 대

상으로 하여 지표조사와 지하조사 시설을 이용한 각종 측정과 시험 등의 정밀조사를 실시하고 이러한 조사들이 최종처분을 실시하는 지층의 물리적, 화학적 성질이 최종처분시설의 설치에 적합한지 등을 확인한다.

조사지구 선정시의 고려사항

최종처분장의 안정성을 확보하기 위해 개요조사지구 선정 시에는 아래와 같은 자연현상 발생지역과 유용광물 부존지역은 제외하며 지하수특성이나 토지확보 및 운반등도 고려하여 개요조사지구로서의 특성을 종합적으로 평가할 계획이다.

- ① 지진과 단층활동 지역
- ② 화산 및 화성활동지역
- ③ 용기/침강/침식 지역
- ④ 제4기 미고결퇴적물 분포지역
- ⑤ 유용광물자원 부존지역

또한 개요조사지구 중에서 보링조사 등의 결과를 토대로 정밀조사지구를 선정하고 정밀조사지구중에서 지하시설 등에서의 조사결과를 바탕으로 최종처분장 건설지를 선정한다. 그 후 국가에 의한 안전심사를 거쳐 최종처분장이 건설된다.

최종처분장의 개념도

최종처분장은 Fig.6 과 같이 지형적으로는 산지, 구릉, 평야 등이, 지질학적으로는 결정질암과 퇴적암이 고려되고 있다. 최종처분장은 지상시설과 지하시설(인공방벽과 천연방벽)로 구성된다. 지상시설은 유리

고화체의 반입검사 등과 지하시설에 반입을 위한 준비시설 그리고 유리고화체의 매설을 비롯한 각종 작업을 지원할 부대시설 등으로 부지면적은 약 1km² 정도로 예상된다. 지하시설은 유리고화체를 매설할 처분갱도를 비롯해 연락갱도와 지상시설과 갱도를 연결하는 진입갱도 등으로 구성되며 시설의 면적은 약 4만개의 유리고화체를 매설할 수 있는 약 6 km² 정도로 예상되며 갱도의 총연장은 약 270km, 총굴삭량은 약 690만 m³ 등으로 예상하고 있다. 갱도굴삭에는 안정성과 공기단축 등을 고려해서 TBM(Tunnel Boring Machine)을 이용할 계획이며, TBM기술은 영불해협을 연결하는 유로터널 건설에도 사용되었던 일본이 자랑하는 기술이다. 또한 굴삭에 의해 발생하는 돌과 토사들은 지상으로 운반되어 최종처분후의 갱도폐쇄용으로 사용된다.

처분장이 건설될 암반특성의 조건으로는 일본을 대표하는 경암계 지층과 연암계 지층이 검토되고 있으며 심도조건은 인간환경과 격리, 지질환경의 환원성, 현재의 토목기술의 시공능력, 공동의 역학적 안정성 확보 등을 고려해서 경암계 암반일 경우는 약 1,000m, 연암계 암반일 경우는 약 500m 정도로 설정하고 있다.

처분비용

원자력발전에 의해 발생하는 고준위방사성폐기물은 2020년경에는 유리고화체로 환산하면 약 4만개 정도로 이들의 처분비용은 대략 3조엔 정도로 예상된다. 처분관련 비용의 개략적인 내용은 Table 2와 같다. 또한 일본은 「특정 방사성폐기물의 최종처분에 관한 법률」에 의해 처분관련 비용은 최종처분실시 주체인 원자력발전환경정비기구(NUMO)가 각 전력회사로부터 징수하고, 자금관리와 운용은 일본 경제산업성 산하의 재단법인 원자력환경정비축진자금관리센터(RWMC)가 담당하도록 되어 있다.

관련시설

일본 본토의 최북단 아오모리현 록가쇼무라에는 방사성폐기물관련 시설들이 다수 위치하고 있으며 특히 재처리 관련시설, 고준위방사성폐기물 저장관리센터, 저준위 방사성폐기물 매설센터, 우라늄 농축공장 등이 조업 중이거나 막바지 공사 중에 있다.

고준위방사성폐기물은 지하심부의 최종처분시설

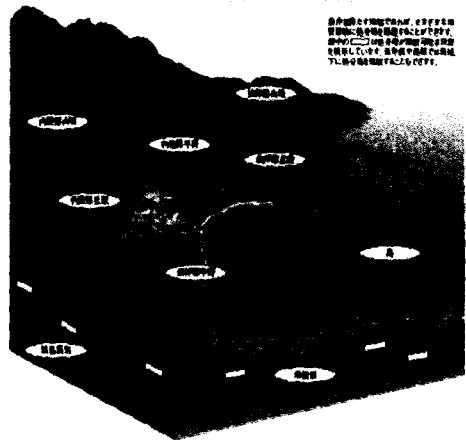


Fig. 6. 처분장건설에 적합한 지질환경

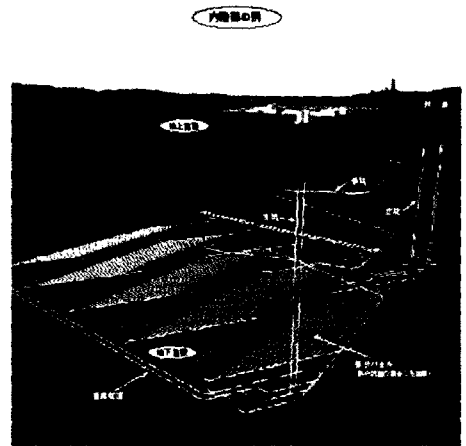


Fig. 7. 최종처분장 개념도

에 매설되기까지 이곳 태평양 연안가에 위치한 록가쇼무라의 저장관리센터에서 약 50년간 냉각후 처분에 안전한 발열량, 방사능레벨까지 조정하게 된다.

그리고 원자력발전소나 핵연료사이클시설에서는 시설의 운전이나 점검 해체 등에서 저준위방사성폐기물이 발생하며 이렇게 발생한 저준위방사성폐기물은 시멘트나 플라스틱 등과 함께 섞어 드럼통에 넣어져 밀봉해서 굳혀진다. 그리고 타는 것은 소각하고 급속등은 압축해서 200리터 드럼통에 넣어져 발전소부지 내의 저장장소에 일시 보관 후 이곳으로 옮겨와 저준위방사성폐기물 매설센터에 최종 매설처분된다.

각국의 사례

지층처분에 관한 각국의 현황을 Table 4에 정리해서 나타내었다. 현재 최종처분지가 결정된 나라는 핀란드와 미국정도이다. 처분 대상폐기물은 각국의 원자력정책에 따라서 사용후핵연료와 유리고화체 등이며 구분되고 처분대상 암반 또한 각국의 지질환경과

특성 등을 고려하여 다양하다. 처분심도는 대략 500m에서 1000m정도가 대부분이다. 일본의 방사성 폐기물 관련 정부 및 연구기관에 대해서는 Table 5에 자세히 나타내었다.

Table 2. 지층처분 관련비용

			단위: 억엔
	연암계(퇴적암)	경암계(화강암)	평균
기술개발비	1,084	1,084	1,084
조사비및 용지취득비	2,141	2,392	2,266
설계및 건설비	10,296	8,575	9,435
조업비	6,742	7,652	7,197
해체및 폐쇄비	798	877	838
모니터링비	1,216	1,216	1,216
프로젝트관리비	6,053	5,354	5,704
소비세	1,090	1,069	1,079
합계	29,420	28,219	28,819

(2002년 일본 경제산업성 자원에너지청 자료)

Table 3. 록가쇼무라의 방사성폐기물 관련시설

	재처리공장	고준위방사성폐기물 저장관리센터	저준위방사성폐기물 매설센터	우라늄농축공장
위 치	아오모리현 록가쇼무라			
시설규모	최대처리능력 800톤/우라늄/년 사용후핵연료저장용량 3000톤	글라스고화체 1440개 장래적으로는 2880개 의 저장능력	150톤/년 조업개시 최종적으로는 1500톤/년	200리터드럼 약100만개 최종적으로는 약 300만개
공 기	공사개시 1993년 조업개시 2006년	공사개시 1992년 조업개시 1995년	공사개시 1988년 조업개시 1992년	공사개시 1990년 매설개시 1992년
건 설 비	약 2조1400억엔	약 800억엔	약 2500억엔	약 1600억엔

Table 4. 방사성폐기물의 지층처분에 관한 각국의 현황

국명	처분실시주체	처분예정지	후보암종	처분심도	대상 폐기물	연구소 소재지
미국	DOE	야카마운틴 네바다주	응회암	200m~ 500m	사용후핵연료 고준위고화체	야카마운틴 응회암
캐나다	NWMO 2002년 설립	미정	미정	500m~ 1000m	사용후핵연료	호와이트셀 화강암
스위스	NAGRA	미정	결정질암 접토	650m~ 1000m	사용후핵연료 고준위고화체	그림젤 화강암
스웨덴	SKB 1984년 설립	미정	결정질암	400m~ 700m	사용후핵연료	에스포섬 화강암
독일	BfS	재검토중	암염동	840m~ 1200m	사용후핵연료 고준위고화체	고아레벤 암염
핀란드	Posiva 1995년 설립	오르킬오토	결정질암	500m	사용후핵연료	오르킬오토 화강암
프랑스	ANDRA 1979년 설립	미정	미정	미정	고준위고화체	화강암사이트선정중
일본	NUMO 2000년 설립	미정	미정	300m 이심	고준위고화체	미즈나미(화강암) 호로노베(퇴적암)

DOE: 연방에너지성, NWMO: 핵연료폐기물관리기관, NAGRA: 방사성폐기물관리공동조합,
SKB: 핵연료폐기물관리회사, BfS: 연방방사선방호청, ANDRA: 방사성폐기물 관리기구,
NUMO: 원자력발전환경정비기구

Table 5. 일본의 원자력 관련 정부 및 연구기관

구분	기관명	홈페이지	기타
정부조직	문부과학성원자력관련 HP	http://www.nucnext.jp/	
	경제산업성자원에너지청	http://www.atom.meti.go.jp/	
	경제산업성원자력안전보안원	http://www.nisa.meti.go.jp/	
	원자력위원회	http://aec.jst.go.jp/	
	원자력안전위원회	http://www.nsc.go.jp/	
연구기관	일본원자력연구소(JAERI)	http://www.jaeri.go.jp/	
	핵연료사이클개발기구(JNC) 미즈나미지하연구소(Mizunami URL)	http://www.jnc.go.jp/ http://www.jnc.go.jp/ztounou/miu_e/toppage.htm	연구개발주체
	호로노베지하연구소(Horonobe URL)	http://www.jnc.go.jp/zhoronobe/english/index.html	
	전력중앙연구소(CRIEPI)	http://criepi.denken.or.jp/	
	AIST심부지질환경연구센터	http://unit.aist.go.jp/deepgeo/	
처분관련 기관	원자력발전환경정비기구(NUMO)	http://www.numo.or.jp/	처분주체
	원자력환경정비촉진자금관리센터 (RWMC)	http://www.rwmc.or.jp/	자금관리주체
	일본原燃(JNFL)	http://www.jnfl.co.jp/	재처리,보관

결 론

대심도 보링조사나 광산개발 등의 경험은 있지만 아직도 지하심부는 인간에게 미지의 세계이다. 지층 처분 또한 미경험의 세계이며 우리와 더불어 우리 후손들 세대에 까지 이어질 빅 프로젝트다. 세계 각국이 지층처분을 방사성폐기물의 처분방식으로 정하고 있는 만큼 심부지질환경에 대한 연구는 기본이다. 오랜 기간동안 지하심부에는 생물이 존재하지 않는 것으로 알려져 있었다. 그러나 최근 스웨덴 등의 연구결과에 의하면 빛이 도달하지 않는 지하심부의 암흑 천지속에서도 지하수를 매개로 한 수소, 철, 망간, 메탄 등의 무기물을 먹고사는 다종 다양한 미생물의 존재가 밝혀지고 있으며 이들 지하심부의 주인들이 지층처분에 적합한 환원환경을 만들어 지하환경의 안정성에 공헌하고 있다고 한다.

방사성폐기물의 지층처분은 인류에게 남겨진 얼마 남지 않은 미지의 세계인 심부지질환경에 대한 이해와 연구에 좋은 기회를 제공해줄 것으로 기대된다.

참고문헌

- 일본 경제산업성 자원에너지청, 2003, 고준위방사성폐기물 처분의 안정성에 관하여.
 일본토목학회, 2004, 고준위방사성폐기물 지층처분 기술의 현상과 신뢰성 향상을 위해.

- 최옥곤, 2001, 방사성폐기물의 지층처분에 관한 일본의 연구현황과 수리물질 이동에 관한 연구, 폐기물의 지하처분을 위한 암반공학, 한국 암반공학회 및 원자력학회 워크샵 논문집, pp.141~153. JNC, 2003, 지층처분기술에 관한 연구개발 보고회 자료. JNC, 2003, JNC Technical Review, No.18. JNC, 2003, JNC Technical Review, No.20. JNC, 2003, JNC Technical Review, No.21. JNC, 2004, JNC Technical Review, No.22. NUMO, 2004, 고준위방사성폐기물 지층처분의 기술과 안정성. NUMO, 2004, 개요조사지구 선정상의 고려사항의 배경과 기술적 근거.

투 고 일 2004년 8월 8일
 심 사 일 2004년 8월 13일
 심사완료일 2004년 9월 5일

최옥곤
 (주) 지권환경테크놀로지
 1-20-8 Nihonbashi, Nihonbashi Heiwa buil. 3F
 Chuouku, Tokyo 103-0027, Japan
 Tel:+81-3-6202-9738
 E-mail: choi@getc.co.jp