



일본의 고준위 방사성 폐기물(HLW) 처분 추진 현황

마나부 우라가미

NUMO 기술부 기술기획그룹 부장

특 정 방사성폐기물 최종 처분에 관한 법률(이하 '방폐법'이라 함)이 입법화 된 후 일본 원자력발전환경기구(NUMO)가 고준위 방사성 폐기물(HLW) 처분 시행 기구로서 2000년 10월 발족되었다.

NUMO의 담당 업무는 방사성 폐기물 처분지 선정, 관련 인가 신청 준비, 처분지 건설, 운영 및 폐쇄 등이다.

2002년 12월 19일 NUMO는 부지 선정의 첫 번째 이정표로서 전국의 자치 단체에 대해 사전 조사 지역 후보지 공모를 발표하고 관련 정보 패키지의 일환으로 4가지 자료도 함께 출간했다.

동 정보 패키지는 처분지 계획의 수락 여부, 동 계획의 일본 내 모든 자치 단체(3천 2백개 이상)에 통보되었는지의 여부 등 등의 문제에 관한 논의를 활성화할 수 있도록 기본

자료를 제공하는 데 있다.

본고에서는 일본의 고준위 방사성 폐기물(HLW) 처분 추진 현황을 살펴보고자 한다.

개요

방폐법은 부지 선정 과정이 <그림 1>에서 살펴 볼 수 있는 바와 같이 다음과 같은 단계를 거치도록 규정하고 있다.

○ 1단계에서는 지질학적 환경의 장기적 안정성을 중점적으로 다루는 각 지역별 문헌 조사에 기초하여 처분장 부지 가능성이 있는 후보지가 사전 조사 지역(PIAs)으로 지명된다.

○ 2단계에서는 지질학적 환경의 특성을 평가하기 위해 뚫은 시추공 등 표면 관련 조사 등을 통해 사전 조사 지역에서 상세 조사 지역 후보지를 선정한다.

○ 3단계에서는 지하 실험 시설 등 상세한 부지 특성화를 통해 방사성 핵폐기물 처분지 건설 부지를 선정하게 된다.

일본의 경제통산성(METI)은 NUMO가 수행하는 전 과정을 감독하는 역할을 한다.

모든 단계에서 NUMO는 지역 주민의 의견을 수렴하며, 경제통산성은 주지사와 시장의 의견을 수렴하여 방폐법에서 요구되는 방식으로 동 의견들을 존중한다.

현재 일정에 따르면 처분장 가동은 2030년대 중반에 시작될 예정이다.

방폐법에는 시행에 필요한 전반적인 체계를 규정하고 있으며, 경제통산성과 NUMO, 자금 관리 기관인 원자력환경정비촉진·자금관리센터(RWMC) 및 원자력 발전 회사 등 관련 기관의 역할과 의무에 대해 정의하고 있다.

동 법에 따라 METI는 기본 정책 및 최종처분 10개년 계획을 수립하여 5년마다 이 계획을 검토할 의무가 있다.

HLW 생산자인 원자력 발전 회사들은 처분장 개발 프로그램의 비용 부담의 의무가 있어 원자력에 의해 발전된 전력량에 비례하여 처분 기금을 납부해야 한다.

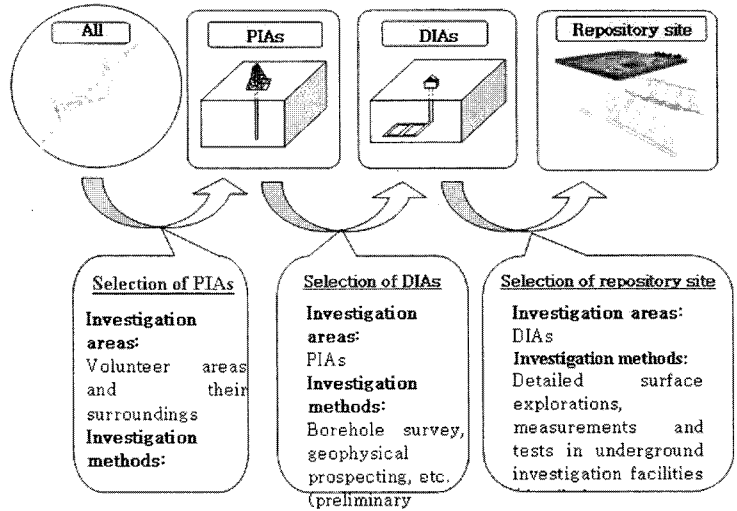
NUMO는 납부된 기금 관리를 RWMC에 위탁했으며, NUMO의 프로그램 수행을 위한 예산은 동 기금에서 배분되며 METI가 이를 승인한다.

RWMC의 기금 관리 업무도 역시 METI가 감독한다. 총처분 비용은 현재 유리화된 HLW 4만 트럼이 저장될 수 있는 처분장 한 개당 약 3조엔이 소요될 것으로 추정되고 있다.

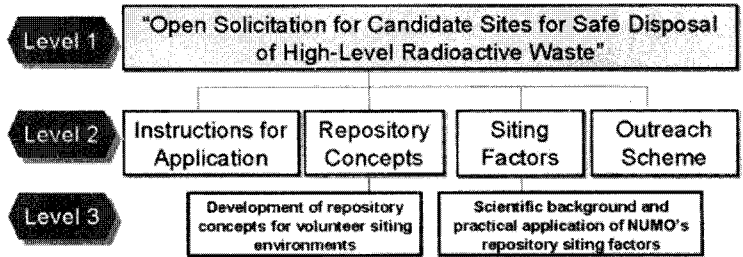
이는 현재 환율을 적용할 경우 미화 270억 달러에 해당된다.

기금 조성은 0.20yen/kWh의 전력에 대한 할증료의 형태로 이루어진다(현세대는 0.13yen/kWh, 전세대는 0.07yen/kWh가 향후 15년 이내에 회수된다.)

일본 원자력안전위원회(NSC)는 안전 규정에 대한 지침을 제공할 의무가 있는 기관으로 2000년 11월 「HLW 처분 안전 기준에 대한 제 1차 보고서」[1]를 발표했으며, 2002년 9월 30일에는 PIA 선정시 반영하여야 하는 「HLW 처분 PIAs 선



〈그림 1〉 Three stages of the selection process



〈그림 2〉 Structure of documents on siting activities

정을 위한 지질 환경 요건」이라는 보고서를 발표했다.

NUMO의 부지 선정 활동

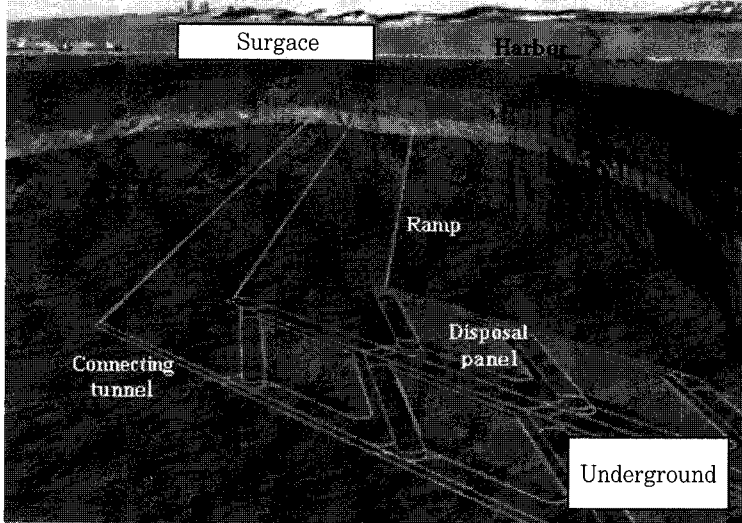
방폐법에 따라 NUMO가 수행하는 부지 선정 절차는 METI가 감독한다.

이 법에 명시된 바와 같이 NUMO는 각 단계가 완료될 무렵 다음 단

계로 이행하기 전에 조사 결과를 기술하는 보고서를 제출해야 한다.

이 보고서는 발간되어 지역 주민들에게 통보되며 보고서에 대한 의견을 말할 수 있도록 개방된다.

METI는 부지 선정 과정에서 최종 결정을 내리기 전에 해당 지역의 주지사들과 시장들로부터 의견을 수렴해야 하며, 이 의견들은 최종 처분 계획에 명시된 의사 결정 차원



(그림 3) One of the repository concepts(costal.sedimentary rock)

에서 존중되어야 한다.

NUMO는 부지 선정 절차의 의사 결정에 있어 국민의 참여를 권장하고 있는데, 그 기본 원칙으로는 '단계적 접근 방식 채택,' '지방자치단체의 자발적 지원제,' '투명성 확보' 등이다.

이같은 기초 위에서 NUMO는 공공성이 강하며, 백 년이 넘게 걸리는 이같은 장기 프로젝트의 성공을 위해서는 지역 사회의 지원이 필수적이라는 믿음을 바탕으로 후보지 선정을 위한 '공개 유치' 접근 방식을 선택했다.

따라서 NUMO는 HLW 최종 처분장 건설의 실행 가능성을 타진하기 위하여 전국의 지방자치단체가 자발적으로 후보지 지원 신청을 고

려할 것을 독려했다.

부지 선정 활동 관련 문헌

부지 선정 활동에 관한 관련 문헌의 구성은(그림 2)에 나타나 있다. 정보 패키지는 「고준위 방사성 폐기물의 안전한 처분을 위한 후보지 선정을 위한 공개 유치」라는 제목의 공개 유치에 관한 일반 정보를 담고 있는 소책자와 「응모 요강」[3], 「처분장 개요」[4], 「PIAs 선정을 위한 부지 선정 기준」[5], 「지역 지원 사업」[6] 등의 4가지 자료로 구성되어 있다.

NUMO는 이 유치 프로그램을 공표함과 동시에 전국의 3,239개의 모든 지방자치단체에 동 정보 패

키지를 보냈다.

응모 요강

응모 요강에는 신청서, 신청 지역의 대략적인 범위와 지질 조건의 사전 확인, 신청 접수 이후의 대응 방식 등 신청자를 위한 일반 정보 등이 포함되어 있다. 응모 요강에는 PIAs 선정을 위한 절차를 다음과 같이 정하고 있다.

○ 자치 단체의 자발적인 신청을 접수한 후 NUMO는 해당 자치 단체가 위치해 있는 지역에 대한 지진, 화산 활동, 용기, 침식 작용 등 지질 구조 변천 기록에 대한 지역 문헌 조사를 실시한다. 각 지역에 대한 평가는 NUMO의 부지 선정 기준(siting factors)[5]에 의거하여 수행된다.

○ 문헌 조사에 기초하여 조사한 평가 결과는 보고서로 문서화되고 해당 지역 주지사, 시장 등 자치 단체장에 제출된다. NUMO는 해당 지역 주민들의 의견을 수렴하기 위하여 동 보고서를 공표한다.

○ NUMO는 보고서에 대한 모든 의견을 존중, 검토하고 수렴된 모든 의견을 열거하고 이에 대한 NUMO의 대책을 포함하는 자료를 준비하여 지자체장들에게 제출한다.

○ 방폐법에 따라 NUMO는 지역 문헌 조사에서 다루어진 지역 중 PIAs를 선정하고 METI에 승인 신

청을 제출한다.

○ 동 법에 따라 METI는 해당 지자체장으로부터 의견을 수렴해야 하며, PIAs 선정 승인시 그들의 의견을 존중하고 고려해야 한다. METI는 최종 처분 계획[7]을 수정하여 PIAs를 승인하게 된다.

처분장 개요

동 자료는 처분장 계획과 부지 선정 기준을 고려하여 선정된 후보 지역 부지 환경의 개발 방식 등에 대한 정보 제공을 목적으로 하고 있다. 또한 다른 형태의 처분장 개념에 대한 개요도 포함되어 있다.

여러 가지 처분장의 개념 중 한 예가 (그림 3)에 나타나 있다.

처분장 개요에는 다음과 같은 내용이 수록되어 있다.

1. 일본 전역에 걸친 적절한 처분장 부지 탐색

NUMO는 약 1km² 상당의 지상 시설과 약 10km² 이하의 지하 시설로 구성되는 처분장에 적어도 4만 드럼의 유리화된 폐기물을 처분할 계획이다.

일본에는 일련의 처분장 건설 가능 환경이 있는데, 내륙/해안 지역(지리적 측면), 산악/구릉/평원 지대(지형적 측면), 결정암/퇴적암 지대(지질학적 측면) 등 서로 다른 특성을 지니고 있다.

2. HLW의 안전한 봉인

지하 시설은 지표에서 적어도 지하 300m에 위치한 안정된 암반에 건설될 것이다. 암반 그 자체가 폐기물과 인간을 장기간 차단하는 자연적인 방벽의 역할을 하게 될 것이다.

폐기물은 유리화되어 압밀점으로 둘러싸여 있는 강철로 구조된 용기인 오버팩(overpack)에 밀봉된 후 처분장 터널에 설치된다.

수거물 유리 고화체, 오버팩, 점토완충재(clay buffer) 등은 「인공 방벽 시스템(engineered barrier system)」이라고 불리운다.

장기적 안전성을 꾀하기 위해 안정적 지질 환경을 가진 적당한 부지 선정에 위한 엄격한 단계적 절차를 실시하고 있다.

3. 기존 기술을 이용한 처분장 건설

지하 심층에 대규모 시설을 건설하는 일이 매우 어려운 과제로 간주될 수 있으나 일본은 광업과 지하 수백미터 이상의 부지에 수력 발전 소나 터널을 건설하는 분야에 있어 폭넓은 경험을 보유하고 있다.

처분장은 유럽의 해저 채널 터널(Channel Tunnel)을 굴착하는 데 사용된 터널 굴삭기(TBM: Tunnel Boring Machines) 등 기존의 기술을 이용하여 건설될 것이므로 완전히 새로운 기술을 필요로 하지 않는다.

PIAs 선정 기준

PIAs 선정 기준에는 PIAs 선정을 위한 해당 지역별 조사를 위한 지침을 제공하고 있다.

즉, 심각한 지층 변동 기록 여부, 단단하지 않은 퇴적 지층인지의 증거 여부, 광물 자원 부존 여부 등 방폐법, NSC 제1차 보고서 및 NSC 환경 기준 요건에 명시된 사항들을 기록하고 있다.

PIAs 선정 기준의 내용은 다음과 같다.

1. PIAs 선정

NUMO는 신청 지역에 대한 기존의 정보를 수집, 평가하는 문헌 조사를 실시하여 PIAs를 선정한다.

PIAs를 선정하기 전에 처분장 건설에 부적합한 장소를 확인하기 위해 문헌 조사를 통해 수집한 신청 지역에 대한 정보를 활용하며, 부적절하다고 판단되는 지역은 선정 과정에서 제외된다.

부지의 적절성에 대한 최종적 판단이 어려울 경우 추가적 확인을 위해 나중 단계에서 후속 조사를 실시한다.

2. 선정 기준

신청 지역을 선별하고 PIAs 후보지를 선정하기 위한 두 가지 측면의 선정 기준이 있다.

첫 번째는 방폐법에서 요구하는



바를 충족시키는 기준이며, 두번째는 더 나은 부지임을 입증해 주는 기준이다.

방폐법에는 문헌 조사에서 정의된 특정 특성을 가진 지역은 PIAs 선정 고려 대상에서 제외될 것을 명시하고 있다.

이같은 법률적 요건 이외에도 안전성 확인, 특성화 및 분석 간소화, 프로젝트 비용 감축, 프로젝트 시행의 용이성 등을 만족시키는 보다 선호되는 요소들이 있다.

이에는 지하수 및 모반의 특성, 토지의 유무, 교통 효율성 등이 포함된다.

이같은 요소들은 적당한 후보 지역을 비교하는 데 활용될 것이다. 선정 기준은 <표 1>에 요약되어 있다.

지역 지원 사업

지역 지원 사업에는 자발적으로 지원 신청한 지자체에 재정적 지원뿐만 아니라 각종 사회적 지원 혜택 제공에 대한 개요가 설명되어 있다.

NUMO는 지역 조건에 적합한 지원 조치에 대해 지역 주민들과 협의의 한 후 이같은 조치를 실행하기 위해 부단한 노력을 다 할 것이다.

지역 지원 사업의 내용은 다음과 같다.

1. 지역 지원 정책

NUMO와 최종 처분장 건설 프

<표 1> 부지 선정 기준

| 자격 요건 평가 요소 (PIAs 제외 지역) | |
|---|---------|
| - 분명히 확인된 활동층 - 4기 확산 중심의 반경 15km 이내 - 지난 십만년 동안 300m 이상의 융기 현상이 있었던 지역 - 단단하지 않은 4기 퇴적층 - 경제적 가치가 있는 광물 자원 | |
| 선호 요소 | |
| - 지층 형성 | - 자연 재해 |
| - 수질적 특성 | - 토지 조달 |
| - 지질 환경 | - 교통 |

로젝트를 수용한 지자체 간의 관계가 시간이 흐름에 따라 더욱 공고화되고 발전되는 것이 중요하다.

NUMO의 지역 지원 사업은 지역 사회가 필요에 맞게 NUMO의 활동을 통합하고 모든 이해 당사자와 의사 소통하며, 지역 사회의 신뢰를 획득하는 등 지역 사회와의 관계를 발전시키는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 지역 지원 사업 계획의 접근 방법

NUMO는 지역 사회의 희망 사항에 최우선 순위를 두고 장기 프로젝트 기간 동안 지자체를 포함한 현 전체에 최대의 경제적 효과를 가져올 수 있도록 지역 주민과 NUMO가 최종 처분 프로젝트를 추진할 수 있는 포럼을 마련할 수 있는 체제를 수립할 것이다.

3. 지차제를 위한 지역 지원 사업 지향

NUMO는 공동 활동을 용이하게 하고 다양한 조건을 조정하며, 필요한 예산을 확보하고 일본 중앙 정부와 전력 회사와 함께 상호 작용할 수 있는 협력적 업무 관계 및 체제를 구축할 것이다.

기술 문헌 (Technical documents)

「처분장 구상(Repository Concepts)」을 뒷받침하는 「자발적 부지 선정 환경을 위한 처분장 구상의 개발」[8] 및 「PIAs 선정 기준」을 뒷받침하는 「NUMO의 처분장 부지 선정 기준에 대한 과학적 배경과 실질적인 적용」[9] 등 기술 문헌이 발간된 바 있다.

이같은 기술 문헌은 정보 패키지 내용의 과학적·기술적·경제적 근거를 이해하고자 하는 보다 전문적

지식과 관심을 가지고 있는 이해 당사자들을 대상으로 하고 있다.

기술 문헌에는 NUMO가 지금까지 국제 회의, 워크숍, 학술지 등을 통해 발표한 기술적 성과 등이 포함되어 있다.

기술 문헌의 영문판도 역시 편찬되어 있다. [10,11]

기술 문헌의 기본 구상은 다음과 같다.

- 정보 패키지의 메시지를 뒷받침할 수 있는 과학적·기술적 근거 제공

- 전문가에게 설득력 있는 논거 제공

- 선정 기준에 관한 모든 세부 사항 기술

- 각 잠재 처분장 부지에 대한 맞춤형 처분장 구상 개발을 위한 향후 방향의 설정

1. 자발적 부지 선정 환경을 위한 처분장 구상 개발

동 기술 문헌은 적합한 신청자가 나서서 직접 설계 요소의 개념을 소개한다는 가정하에 처분장 구상 개발과 관련된 기본 원리를 소개하고 있다.

또한 특정 신청 지역에서 발견된 환경에 적합한 처분장 구상을 하는 과정, 특히 관련 이해 당사자들을 어떻게 참여시킬 것인가에 대한 방법도 중점적으로 다루고 있다.

안전성이라는 중요한 분야도 논

하고 있으며, 특히 처분장 유치를 신청한 지역 사회가 가장 우려하는 부분에 대한 시간 척도별 설명을 집중적으로 다루고 있다.

또한 지금까지 제공된 근거를 바탕으로 동 기술 문헌에서는 R&D 프로그램 지원 계획에 대한 개괄적으로 설명하고 있다.

마지막으로 학술 및 현장 연구를 통해 신청자들의 특성이 매우 상세하게 파악되고 있으며, 각 장소에 맞는 구상이 특정 해당 환경에서 반복적으로 최적화됨에 따라 처분장 프로그램이 향후 예상되는 개발 방향에 대해서 기술하고 있다.

2. HLW 처분장 부지 적합성 평가: NUMO의 부지 선정 기준의 과학적 근거와 실질적 적용

동 기술 문헌은 NUMO가 PIAs 선정을 위해 사용하는 선정 기준을 소개하고 있다.

또한 일본의 지질 구조적 배경에 대한 지식과 부지 선정 프로그램 초기 단계의 중요 관건이며 PIAs 선정 단계에서 고려되어야 하는 지질 안정성이라는 핵심 이슈를 어떻게 다룰 것인가 하는 방법에 대해서도 설명하고 있다.

그리고 부지 선정 기준 사용이 실질적으로 합의하는 바에 대해서도 다루고 있으며, 부지별로 실제적인 지리, 지질적 제약에도 불구하고 처분장 유치 신청을 하는 신청 지역들

을 어떻게 다룰 것인가 하는 방법에 대해서도 나와 있다.

대국민 홍보 및 참여 활동

국민들의 이해도를 높이기 위해서 NUMO는 다양한 홍보 활동을 수행했다.

NUMO는 PIAs에 대한 제1차 자발적 신청을 이 프로세스의 첫 번째 중요한 이정표로 간주한다.

응모를 권장하기 위해 HLW의 이슈, 특히 HLW의 특징과 처분 방식에 대한 충분한 이해를 위한 전국적인 논의를 활성화하고 전개하는 것이 중요하다.

이 논의가 제대로 되면 그 다음의 논의는 보다 원만하고 건설적으로 진행될 수 있다.

기술적 자료를 더욱 홍보하기 위한 공개 포럼이 499명이 참가한 가운데 2004년 6월 도쿄에서 개최되었다.

이 포럼은 기술적 자료를 보다 광범위한 기술적 관점에서 이해하여 향후 발전을 도모하기 위해 마련되었다.

지난 2003년 6월 이후 NUMO와 지방 신문사들은 공동으로 적어도 20명 이상의 각 지역 여론 선도자들과의 원탁 토론회를 개최하여 지금까지 총 20개의 도시를 순회했다.

이 원탁 토론의 목적은 HLW 이



〈그림 4〉 Newspaper advertisement (Talk between NUMO President Fushimi and Prof. Kitano)

수에 대해 알리고 대중과의 대화를 지속하기 위한 것이다.

지방 신문사들은 이같은 NUMO의 활동 결과를 특집 기사로 보도했다.

국민 이해를 촉진하기 위해 NUMO는 주요 일간지·TV·잡지 등에 홍보 캠페인을 벌였다.

TV 홍보는 2002년 10월 이후 시작되었으며, NUMO의 프로그램은

잡지, 40여 개의 지방지를 비롯한 주요 일간지에 게재되었는데, 이는 일본 전체 신문 구독자의 80% 이상에 해당된다.

신문을 통한 홍보의 실례가 〈그림 4〉에 나타나 있다.

또한 NUMO는 국민과의 대화를 위해 대화식 웹사이트를 개발중에 있다.

정보 패키지, 기술 문헌, 소책자, 비디오, 팸플릿 등은 NUMO 웹사이트에서 이용할 수 있다. (<http://www.numo.or.jp>)

국제 협력

NUMO는 Posiva (2001년 5월), Nagra (2001년 6월), SKB (2001년 9월), ANDRA (2001년 12월), 미국의 DOE (2002년 6월) 및 Nirex (2004년 6월) 등 각종 국내외 기관들과 일반 협력 협정을 체결하였다.

이 협약들에 따른 협력 분야는 다음과 같다.

- 부지 선정 접근 방법
- 지질 형성 특성화, 처분장 설계 및 수행 평가 방법론과 기법
- 품질 보증
- 국민적 수용 및 신뢰 구축

NUMO는 2001년 5월 방사능 물질의 환경 안전적 처분에 관한 국제 협회(EDRAM: International Association for Environ-

mentally Safe Disposal of Radioactive Materials)의 회원이 되었다.

또한 NUMO는 국제기술자문위원회(ITAC: International Technical Advisory Committee) 등 관련 주제 분야의 특정 지식 및 전문성을 갖춘 국제 전문가들과 동기관의 프로젝트 활동에 대한 자문을 구한다.

이같은 협력을 통한 성과는 해당 지역의 장단점을 파악하고 건전한 기술적 기반을 구축함으로써 NUMO의 처분장 프로그램 개선에 매우 귀중한 역할을 한다.

또한 처분장 개발 프로그램은 장기간에 걸쳐 진행되기 때문에 HLW 지층 처분의 시행을 위한 자신감 배양에도 도움이 될 것이다.

이같은 사실을 염두에 두고 한 국가의 프로그램 성공은 다른 국가에도 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 점을 인식하면서 NUMO는 국제 협력을 더욱 촉진하여 최종 목표 달성을 위해 다른 프로그램과의 경험을 공유하고자 한다.

결론

NUMO는 활성 지질 구조 환경에도 불구하고 일본에서 처분장을 유치할 수 있는 부지가 많이 존재할 것으로 기대하고 있다.

부지 선정에 있어 NUMO의 자

발적 신청 접근 방식은 처분장 개념 개발 프로그램에 특히 도전 과제를 부여하고 있다.

따라서 NUMO는 처분장 개념 개발 방법 및 적용과 부지 평가 기법에 대해 정기적으로 최근 동향을 제공할 계획이다.

의사 결정 과정의 투명성을 제고하기 위하여 NUMO는 관련 자료, 인터넷 웹사이트 등을 통해 부지 선정 활동과 관련한 다양한 정보를 이용 가능하게 할 것이며, PIAs 주변에 거주하는 주민들이 의견을 표명할 수 있는 기회를 제공할 것이다.

이같은 의사 소통을 촉진하기 위해 NUMO는 다양한 대국민 홍보 활동을 수행해 오고 있다.

〈참고 문헌〉

1. NSC, The Basis for Safety Standards for HLW Disposal, First Report (in Japanese) (2002)
2. NSC, Special Advisory Board on High-Level Radioactive Waste Disposal Safety, Requirements on the Geological Environment for Selecting Preliminary Investigation Areas (PIAs) for High-Level Radioactive Waste (HLW) Disposal (in Japanese) (2002)
3. NUMO, Instructions for Application (2002)

4. NUMO, Repository Concepts (2002)

5. NUMO, Siting Factors for the Selection of Preliminary Investigation Areas (2002)

6. NUMO, Outreach Scheme (2002)

7. MITI (now METI), Final Disposal Plan for Specified Radioactive Waste, MITI Notification No. 592 (in Japanese) (2000)

8. NUMO, Development of repository concepts for volunteer siting environments, NUMO-TR-04-01 (in Japanese) (2004)

9. NUMO, Scientific background and practical application of NUMO's repository siting factors, NUMO-TR-04-02 (in Japanese) (2004)

10. NUMO, Development of Repository Concepts for Volunteer Siting Environment, NUMO-TR-04-03 (2004)

11. NUMO, Evaluating Site Suitability for a HLW Repository, NUMO-TR-04-04 (2004)