

# 原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2010.9.No.95

## 目次

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| センターの活動状況                         | ① |
| 欧州モニタリング共同研究MoDeRnにおける原環センターの取り組み | ③ |

## センターの活動状況

### I ニュース

#### 韓国21世紀エネルギー研究所との交流

8月17日に、韓甲洙（Han Kap-Soo）韓国工業研究所会長を団長として来日した韓国21世紀エネルギー研究所（21CERI）との交流会を原子力発電環境整備機構（NUMO）と共同で開催しました。

21CERIは、2005年に設立された「中低レベル放射性廃棄物処分場サイト選定委員会」のメンバーを中心として、2006年8月に法人登録された非営利団体です。活動の目的は、知識共有のための情報交換の活性化、エネルギー、放射性廃棄物、特に使用済燃料の安全な管理に関する共同研究の強化です。構成メンバーは、大学教授、報道関係、非政府組織（NGO）、韓国放射性廃棄物管理公団（KRMCM）理事長、法曹界などの約20名のオピニオンリーダーです。

交流会では、当センターから我が国の放射性廃棄物処理処分の現状を、NUMOから高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物の地層処分プロジェクトの現状を紹介し、活発な意見交換を行いました。



Han Kap-Soo団長の開会挨拶



当センターからの報告

### 国際原子力機関（IAEA）P.J.Degnan博士との意見交換

9月17日に、IAEAの原子力局核燃料サイクル・廃棄物技術部の廃棄物技術課のP.J.Degnan博士を迎え、当センターの調査研究活動、IAEAの地下研究所ネットワーク（URF Net Work）の活動状況などについて、意見交換を行いました。



Degnan博士との意見交換

## Ⅱ 成果等普及活動の実施状況

### 平成22年度 原環センター研究発表会の開催予定

平成22年度の原環センター研究発表会を下記のとおり開催することといたしました。詳細が決まりましたら、開催を案内させていただきますので、多数、ご来駕いただきますようお願いいたします。

開催日時 平成22年12月6日（月） 13:30～17:00

会場 日本科学未来館 みらいCANホール

東京都江東区青海2-3-6 新交通ゆりかもめ「テレコムセンター駅」下車、徒歩約4分

# 欧州モニタリング共同研究MoDeRnにおける 原環センターの取り組み

## 1. まえがき

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設は、操業安全性と閉鎖後安全性の両方を確保するように設計される必要があり、閉鎖後安全性は施設が閉鎖された後に、モニタリングまたは制度的管理に依存することなく、人工バリアおよび天然バリアによって提供されることとなる。しかしながら、モニタリングには、閉鎖後の安全性に関連し、閉鎖に至る過程での段階的な意思決定や安全確認の方法等としての役割も期待されている。そのため、各国においてはモニタリングの目的や位置付けに関する検討が継続して行われている。

MoDeRn (Monitoring Developments for safe Repository operation and staged closure) は、地層処分事業の各段階(サイト調査から始まり、建設、操業、閉鎖及び閉鎖後の制度的管理)において、ステークホルダの関与を踏まえたモニタリングに関する検討及びモニタリングの実施に向け参照すべきフレームワークの提供を目指し、2009年5月から開始された国際共同研究である。研究期間は4年間である(2009年5月～2013年4月)。

MoDeRnはEuratom (the European Atomic Energy Community、欧州原子力共同体)の7th Framework Programmeの一つとして実施されている。現在、MoDeRnには12の国々から、18の研究機関(EU、米国、日本(原環センター)及びスイスの機関・大学)が参画しており、幹事会社はフランスのANDRA(高レベル放射性廃棄物処分を含む放射性廃棄物を管理するフランスの放射性廃棄物管理機関)である。MoDeRnではプロジェクトの開始に当たり、**図-1**に示すロゴマークを作成した上で、内部及び外部用(**図-2**参照)のホームページ<sup>(1)</sup>を製作し情報公開にも努めている。

原環センターでは平成12年度より国の基盤研究として、高レベル放射性廃棄物地層処分を対象としたモニタリング技術の開発に関する研究を進めており、平成16年度には最初の取りまとめとして原環センター報告書「地層処分にかかわるモニタリング研究—位置付け及び技術的可能性—<sup>(2)</sup>、Monitoring of Geological Disposal - Current Status and Technical Possibilities -<sup>(3)</sup>」を整備し、そして、平成17年度には、その一環として英国Nirex(現在:原子力廃止措置機関(NDA))と共同で国際モニタリングワークショップ(ジュネーブモニタリングワークショップ<sup>(4)</sup>)を開催した。

さらに、平成20年度からは、国の基盤研究の一環としてモニタリングに関わる最新の海外動向を把握し、我が国の地層処分モニタリングの目的や考え方の討議に活用するために、MoDeRnに参画している。

本稿では、MoDeRnの概要と、MoDeRnにおける原環センターの取り組み状況を報告する。



図-1 MoDeRnのロゴマーク



図-2 MoDeRnのホームページ(外部用)

## 2. MoDeRnの概要

### 2.1 目的及び実施方法

欧州における地層処分関連のモニタリングに関する検討としては、2001年に発行された技術文書IAEA-TECDOC-1208 (Monitoring of geological repositories for high level radioactive waste)<sup>(5)</sup>、EU共同プロジェクト内で2001年から2年間、英国Nirexを中心に実施されたThematic network on the role of monitoring in a phased approach to disposal<sup>(6)</sup>などが実施されており、地層処分に関連するモニタリングを広く捉えた目的や方策についての検討が行われてきた。

一方、前述のThematic networkの次のフェーズとしてANDRAを中心として、より具体的なモニタリング方策や技術要件の明確化、あるいは計測技術の限界

並びに課題抽出等を行うために、Euratomの7th Framework ProgrammeとしてMoDeRnが開始されることになった。

MoDeRnの目的は次の5項目である。

- ① 広範に受け入れられる最新のモニタリングの目的を設定すること。
- ② 処分の段階的なアプローチ期間内において、より具体性のあるモニタリングイメージを開発すること。
- ③ 開発するモニタリングが、専門家や非専門家のステークホルダの要望に沿っているかどうかを確認すること。
- ④ モニタリング活動によって得られる知見並びに処分環境で利用可能な技術について提示すること。
- ⑤ 将来のステークホルダとの関わり方についての提言を行うこと。

これらの目的を達成するために、MoDeRnは以下に示す6つの技術的ワークパッケージを構成し、それぞれにリーダーとメンバーを設定した上で、検討を実施している。

**WP1: Monitoring Objectives and Strategies (目的と戦略)**

技術的及び社会科学的観点からモニタリングの主要な目的を分析し、有益なモニタリング戦略を提示する。

**WP2: State-of-the-art and RTD of relevant monitoring technologies (先端技術・技術開発)**

モニタリングの最先端技術を整理し、処分システムの要求に応じた技術開発を行う。

**WP3: In-situ demonstration of innovative monitoring techniques (原位置試験)**

最先端技術を用いたモニタリング技術の実証を原位置で実施する(対象サイト：フランス地下研究所ビュール、ベルギー地下研究所モル、スイスグリムゼル試験サイト)。

**WP4: Case study of monitoring at all stages of the disposal process (ケーススタディ)**

処分事業の各段階においてモニタリングのケーススタディを実施する。このケーススタディにおいては予想外の結果が得られた場合などにモニタリング結果をどのように取り扱うかに関するガイダンスの提供に向けた特別なシナリオも考慮する。

**WP5: Knowledge Dissemination (結果の普及)**

規制機関等ステークホルダとの討議、EU主催の国際学会等も含め、検討結果の普及を行う。

**WP6: Reference framework for repository monitoring (リファレンスフレームワークへの反映)**

上記全てのWPを統合し、地層処分モニタリングのための参照すべきフレームワークの提供を行う。こ

のフレームワークにおいては、実施可能なモニタリングの記述、ステークホルダとの取り決め等に関する提案、意思決定におけるモニタリング結果の適用方法などを含んでいる。

各WPの関係を図-3に示す。原環センターはWP3原位置試験以外(同図のオレンジ色に着色した箇所)のWPに参画している。

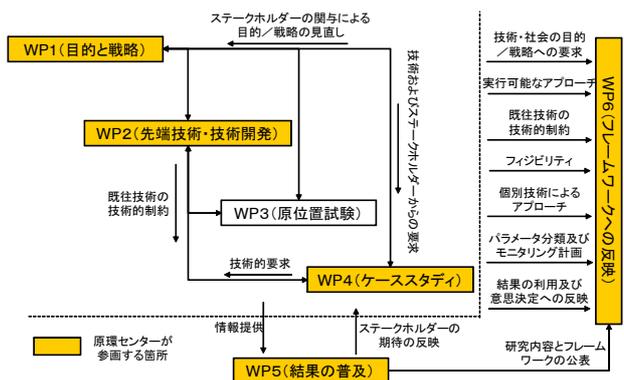


図-3 各WPの関係

MoDeRnでは、メール・電話及び内部用のホームページを基本に、年2回の会合、臨時会合等と、公開ワークショップを活用し業務を遂行している。これまでに、下記の会合とワークショップが開催されている。

「MoDeRn会合実績」

- 第1回会合：フランス・パリ (2009年6月)
- 第2回会合：スペイン・マドリッド (2009年11月)
- 第3回会合：フランス・ビュール (2010年5月)

「公開ワークショップ実績」

- モニタリング技術ワークショップ (フランス・トロワ、2010年5月、図-4, 5参照)



図-4 モニタリング技術ワークショップ集合写真

**Workshop on Monitoring Technologies**

Announcement and call for abstracts

EC MoDeRn Project: Monitoring Developments for Safe Repository Operation and Staged Closure

Potential application to monitoring of geological repositories for radioactive waste

7-8 June 2010 Université de technologie de Troyes, France

9 June 2010 Optional tour of Andra's Underground Research Laboratory at Bure, to view research activities associated with the geological disposal of radioactive waste

www.modern-fp7.eu

The MoDeRn project aims to provide a reference framework for monitoring activities in geological repositories for radioactive waste. As in other, related fields, the development and use of state-of-the-art technologies is key to a successful implementation of monitoring.

The MoDeRn Monitoring technology workshop aims to bring together monitoring specialists sharing similar technical requirements, e.g. from the civil, mining, oil and gas, nuclear engineering, carbon capture and storage, gas storage, and radioactive waste management fields. The main goals of the workshop are to:

- Review recent developments in monitoring technologies
- Facilitate knowledge transfer between these related fields
- Consider application of monitoring technologies to repository monitoring

Discussions on these topics will be structured around oral presentations, poster sessions and informal exchanges. In particular, a brief introduction to geological repositories and the option of a field trip to Andra's URL will provide participants with an insight into monitoring requirements related to radioactive waste disposal.

Workshop scope:

- Sensor technologies
- Data transmission (fibre optics and wireless transmission)
- Geophysical techniques (seismic, gravity and magnetic)
- Seismic tomography
- Acoustic emission monitoring
- Long term borehole monitoring sampling
- Air-based techniques (e.g. satellite radar interferometry)
- Mine safety monitoring
- Radioactive store monitoring
- Carbon capture and storage
- Structural health monitoring

Abstracts should be submitted to Alastair Clark by 24<sup>th</sup> April 2010

The workshop is limited to 50 participants. Workshop proceedings including accepted abstracts, posters/presentations and a record of discussions will be available 2 months after the event.

Further details: Dr Alastair Clark  
Radioactive Waste Management Directorate  
Nuclear Decommissioning Authority  
Curtis Avenue  
Harwell Science and Innovation Campus  
Oxfordshire  
OX11 0RH  
e: alastair.clark@nra.gov.uk  
t: +44 (0)1235 80 2314  
f: +44 (0)1235 80 2338  
l: www.nra.gov.uk

Registration and attendance details to be announced in due course

MODERN  
EURATOM  
NDA  
ANDRA  
utt

Bient co-financed by Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) and Université de technologie de Troyes (UTT)  
Technical programme co-ordinated by the Nuclear Decommissioning Authority (NDA)  
The MoDeRn project is co-financed by the European Atomic Energy Community's Seventh Framework Programme under grant agreement 225258

図-5 モニタリング技術ワークショップ開催案内

## 2.2 参加機関

MoDeRnの参加機関を下記に示す。2010年5月からスウェーデンSKBが参画し、現在12カ国、18機関で運営されている（図-6参照）。

- ① Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), France
- ② Asociación para la Investigación y el Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales (AITEMIN), Spain
- ③ DBE Technology GmbH (DBETEC), Germany
- ④ Empresa Nacional de Residuos Radioactivos S.A. (ENRESA), Spain
- ⑤ ESV EURIDICE (EURIDICE), Belgium
- ⑥ Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA), Switzerland
- ⑦ Nuclear Decommissioning Authority (NDA), United Kingdom
- ⑧ Nuclear Research and Consultancy Group v.o.f. (NRG), Netherlands
- ⑨ Posiva Oy (POSIVA), Finland
- ⑩ Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA), Czech Republic
- ⑪ 原子力環境整備促進・資金管理センター (Radioactive Waste Management Funding and Research Center, RWMC), Japan
- ⑫ Sandia National Laboratories (SNL), USA

- ⑬ Universiteit Antwerpen (UA), Belgium
- ⑭ University of East Anglia (UEA), United Kingdom
- ⑮ University of Gothenburg (UGOT), Sweden
- ⑯ Galson Sciences Limited (GSL), United Kingdom
- ⑰ Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH ZURICH), Switzerland
- ⑱ Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), Sweden



図-6 MoDeRn参加国

## 3. 実施内容

### 3.1 WP1：目的と戦略

WP1では、様々なモニタリングの要件に関する知識情報を整備する。すなわち、WP1では、モニタリング活動に係わる物理的・社会的な「境界条件」を整理して、様々なモニタリング要件を分類することを提案している。

また、Thematic Network報告書<sup>(5)</sup>や関連する過去2回の国際モニタリングワークショップ(ジュネーブ<sup>(4)</sup>／オックスフォード)の従来の成果を引用して、モニタリングの主な目的に焦点を置いた原則的な議論を行い、処分場開発のすべてのフェーズを対象に、異なる国々の計画における実際の準備状況に相応したレベルでガイダンスを準備する。

さらに、提示された全ての国の状況での地層処分の種々のフェーズを対象として、可能性のあるモニタリングのアプローチと方策の共通性と相違について議論する。

最後に、安全及び規制当局といった専門家のステークホルダや地域市民グループといった非専門家のステークホルダと接触し、現在の最先端技術のモニタリングへのアプローチ方法について対話する。そして、彼らへ地層処分の一層の推進のため、モニタリングの目的、及び方策を説明する。すなわち、下記を達成するために、モニタリングの可能性につい

て議論する。

- ① 段階的な処分プロセスでの意思決定手続きに寄与するため。
- ② 処分場の安全性を実証するため。
- ③ 安全性及び全体的な廃棄物管理のアプローチの正当性に対するステークホルダーへの信頼を増強するため。

### 3.2 WP2 : 先端技術・技術開発

WP2では、先端技術を含めたモニタリング技術に関する情報収集を行うとともに、その結果に基づく、実施可能なモニタリング活動の適用性評価、処分場環境での使用を目的としたモニタリング機器のRTD (Research and Technical Development) 要素の選定、及びモニタリングの目的に応じた技術課題並びに将来のRTD要素の抽出を行う。

WP2では情報収集の一環で、モニタリング技術ワークショップを実施している (図-4,5参照)。

### 3.3 WP3 : 原位置試験

WP3では、以下に示した実証を行うため、フランス地下研究所ビュール、ベルギー地下研究所モル、スイスグリムゼル試験サイトでの原位置試験が計画されている。

- ① 利用可能なモニタリング方策が長期安全性に有害でないことの実証
- ② 様々な母岩における非破壊的モニタリング技術 (センサ、伝送技術) の適用性評価
- ③ シールされた、もしくはアクセスできない処分エリア内でのモニタリングの適用性の実証 (粘土プラグの膨潤過程も考慮)
- ④ 横置き処分坑道におけるモニタリング能力の実証
- ⑤ 複数のモニタリング技術を併用することによる冗長性が、計測結果の判断を助成できることの実証

### 3.4 WP4 : ケーススタディ

WP4では、モニタリングのシステム設計の実現可能性の評価を行うために、処分概念及びサイトを仮定してケーススタディを行う。本ケーススタディでは、様々なモニタリング概念を踏まえ、システム設計を通して関連があるモニタリングすべき事象を全て取り込む予定である。そして、本ケーススタディ結果を様々な母岩や人工バリア設計に適合させる。

本設計では、下記に示す地層処分の全過程を考慮する。

- ① 地上からの調査段階
- ② 地下施設による調査段階
- ③ 処分場の建設段階
- ④ 操業段階

### ⑤ 閉鎖段階

### ⑥ 制度的管理下での閉鎖後段階

本ケーススタディでは、フランスの処分概念である可逆性を有する地層処分 (Deep reversible disposal facility、図-7,8) も対象となっている。

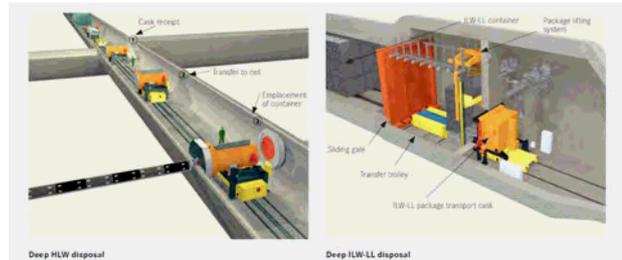


図-7 フランスの可逆性地層処分概念の

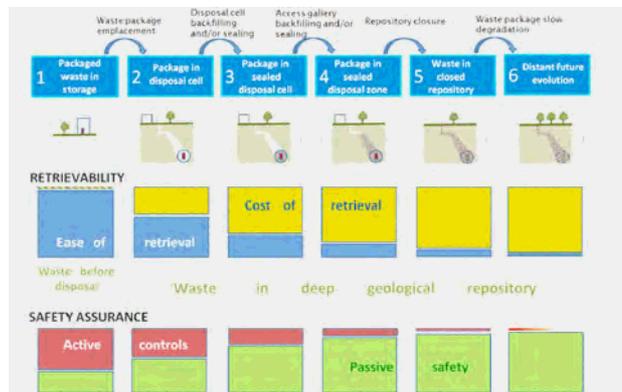


図-8 地層処分における回収可能性と安全保障の関係に関する検討例<sup>(8)</sup>

### 3.5 WP5 : 結果の普及

WP5では、規制機関等ステークホルダーとの討議、EU主催の国際学会等も含め、検討結果の普及を行う。WP2で実施したモニタリング技術ワークショップも、結果の普及に活用している。

### 3.6 WP6 : リファレンスフレームワークへの反映

WP6では、本プロジェクトの主目的を勘案しつつ、WP1からWP5で得られた結果を取りまとめる。

- ◆ 操業や段階的な閉鎖の安全性に寄与する様々な事業段階でのモニタリング方法について国際的な見解を提示する。ただし、選定されたモニタリング活動は、物理的かつ社会的な境界条件に応じて制限されることを念頭におく必要がある。
- ◆ モニタリングが、ステークホルダーの信頼や処分に対する受容の向上に寄与する方法、あるいはその度合いについて特定するためのアプローチ方法を提言する。
- ◆ 段階的な処分事業期間内のモニタリング活動のための代表的な枠組みを策定する。ここで

は、下記の内容を提示する。

- ▶ 処分場環境で実施可能なモニタリング活動についての理解（合意）、及び適用可能な技術
- ▶ モニタリングに対してステークホルダがまず何を期待するかについての理解、並びに更なるステークホルダ・エンゲージメント活動（訳注：ステークホルダとの対話を通じて得られた意見や要望を可能な限り事業に取り入れること）のための勧告
- ▶ 主要なモニタリング目的を、段階的な処分事業におけるモニタリングに関する技術の目標へブレイクダウンする方法
- ▶ モニタリング結果により得られる情報を意思決定プロセスに有効に活用させる手法

#### 4. 原環センターの取り組み

原環センターでは、前述したWP1、2、4～6のメンバーとして、我が国の現状を整理し報告する共に、会合に参加した上で、各WPに関する検討を共同で行っている。

現在、原環センターではモニタリングの技術開発として、地中無線送信技術に注力して技術開発を実施している。地中無線送信技術は、**図-9**に示すようにケーブルが不要であるため、潜在的な水みちの形成の心配がなく、かつ、作業性及び経済性が優れているため、放射性廃棄物地層処分において将来性が評価されている技術である。

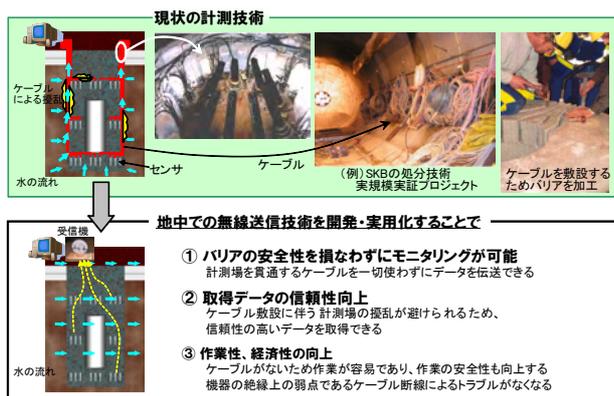


図-9 地中無線送信技術のメリット

そのため、WP2ではこれまでに蓄積した地中無線送信技術の開発<sup>9)</sup><sup>10)</sup>に関する検討成果を報告しており、その結果、MoDeRnにおける原環センターの役割も次第に大きくなってきている。**図-10**は高レベル放射性廃棄物地層処分での地中無線送信技術の適用イメージであり、**図-11**は最近の技術開発の成果である小型化送信装置である。

また、WP1においては、処分事業において重要と考えられる閉鎖時の意思決定の観点から、現在原環センターが検討を進めている“閉鎖時の意思決定における地層処分モニタリングのあり方<sup>(11)</sup>”に関しても報告し、モニタリングの目的や戦略の取りまとめに貢献している。

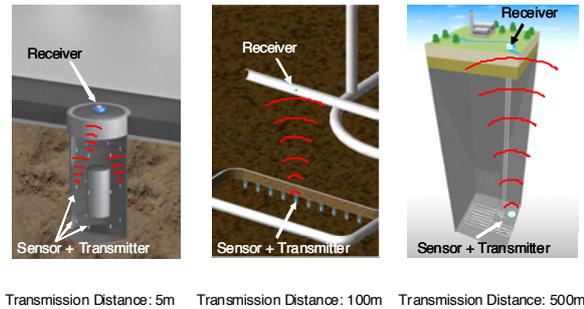


図-10 高レベル放射性廃棄物地層処分での地中無線送信技術の適用イメージ



図-11 最近の技術開発の成果である小型化送信装置

#### 5. 終わりに

現在のMoDeRnの検討状況として、例えば、モニタリングの目的については、“規制への対応”や“地質環境と建設による擾乱の把握”、“処分場の可逆性の管理”など、国によって異なる中で、広範に受け入れられる参照すべきフレームワークの構築を目指している。

また、MoDeRnの特徴としては、当初の研究計画には「社会科学の観点での検討」が含まれていなかったが、モニタリングの社会科学に対する重要性が高く、最終的にはEUからの要望で加わっている点である。これらの成果は、我が国における地層処分モニタリングの考え方に反映できるものである。そのため、引き続き情報収集を行うとともに、その成果を、我が国の地層処分モニタリングの目的や考え方の討議に活用していく予定である。

更に、地中無線送信技術については、MoDeRnにおいて注目されると共に、フランスANDRAからもその有望性が個別に認められ、平成22年度から地中無

線送信技術に係る個別協定を締結し、フランス地下研究所ピュールを活用し共同研究を実施している。これらの成果も併せて、効率的に国の基盤研究を遂行していく予定である。

なお、MoDeRnでは、来年4月に公開ワークショップとして、The Expert Stakeholders' Workshopの開催を計画しており、国内の関係機関の積極的な参加を期待したい。

本稿は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等委託費 高レベル放射性廃棄物処分関連：処分システム工学要素技術高度化開発」の成果の一部に基づいて作成した。

#### 参考資料

- (1) MoDeRn HP: <http://www.MoDeRn-fp7.eu/home/>.
- (2) 竹ヶ原竜大、虎田真一郎、朝野英一、大内仁、坪谷隆夫、地層処分にかかわるモニタリング研究—位置付け及び技術的可能性—、原環センター技術報告書RWMC-TRJ-04003、(2004)
- (3) H.Asano,J.Ohuchi,T.Tsuboya et al,Monitoring of Geological Disposal - Current Status and Technical Possibilities -, RWMC-TRJ-04004,(2005)
- (4) 原環センター、平成18年度地層処分技術調査等モニタリング機器技術高度化調査報告書（その1）地層処分モニタリングシステムの調査、(2007)

- (5) International Atomic Energy Agency, Monitoring of geological repositories for high level radioactive waste, IAEA-TECDOC-1208, (2001)
- (6) European Commission, Final Report, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Contract No. FIKW-CT-2001-20130, European Commission, (2003)
- (7) ANDRA,National Inventory of Radioactive Materials and Waste 2009: Synthesis report, (2009)
- (8) NEA,INTERNATIONAL UNDERSTANDING OF REVERSIBILITY OF DECISIONS AND RETRIEVABILITY OF WASTE IN GEOLOGICAL DISPOSAL, <http://www.nea.fr/rwm/rr/>
- (9) Y. Suyama, et al., Wireless transmission monitoring in a geological disposal repository, (I) Concepts and Advantages, MRS'09 Symposium, The 33rd International Symposium "Scientific Basis for Nuclear Waste Management", (2009)
- (10) H. Takamura, et al., Wireless transmission monitoring in a geological disposal repository, (II) Research and Development, MRS'09 Symposium, The 33rd International Symposium "Scientific Basis for Nuclear Waste Management", (2009)
- (11) Y. Suyama, et al., Monitoring strategy to support decision-making for geological repository closure, The 3rd EAFORM (East Asia Forum on Radwaste Management), Gyeongju, KOREA, (2010)(in press)

(事業環境調査研究プロジェクト 須山 泰宏)

#### 編集発行

公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター

〒104-0052 東京都中央区月島1丁目15番7号（バシフィックマークス月島8階）

TEL 03-3534-4511（代表） FAX 03-3534-4567

ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>