

# 原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2007.12.NO.84

## 目次

|  |   |
|--|---|
| センターの活動状況                                | ① |
| 仏国Andra（放射性廃棄物管理機関）における放射性廃棄物処分研究の状況について | ④ |

## センターの活動状況

### I ニュース

#### 平成19年度原環センター研究発表会を開催しました

当センターは昭和51年10月に発足以来、放射性廃棄物の安全かつ合理的な処理処分の実現に求められる様々な試験、研究、開発、調査等を推進し、その成果の普及に努めてきました。こうした活動の一環として、毎年、原環センターが手がけてきた成果を「原環センター研究発表会」として発表しております。

本年度は、放射性廃棄物処分の地層処分における知識マネジメントの課題、地下深部の探査技術の開発について発表し、併せて、東北大学大学院工学研究科 小菅一弘教授を招き、「ロボット研究者から見た地層処分事業」と題した特別講演を実施しました。

今回、約160名もの多くの方々が出席され、熱心に聴講いただくと同時に、活発な質疑が行われ、私どもの今後の活動に対し、大きな励みとなりました。

開催日：平成19年11月16日

会場：石垣記念ホール（三会堂ビル9階）

プログラム：

- (1) 挨拶：理事長 井上 毅
- (2) 「高レベル放射性廃棄物/TRU廃棄物の地層処分における知識マネジメントの課題」：技術総括室 室長 田辺博三



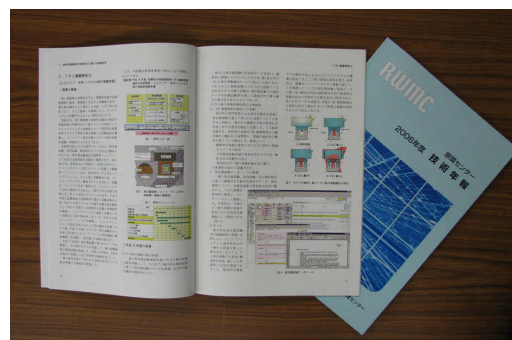
- (3) 「地下深部を探る技術の開発ー物理探査技術高度化の成果概要ー」：事業環境調査研究プロジェクト  
プロジェクトマネジャー 吉村公孝
- (4) 特別講演「ロボット研究者から見た地層処分事業」：東北大学大学院工学研究科 教授 小菅一弘

## 2006年度技術年報を発行しました

原環センターでは、毎年度、その前年度に実施した調査・研究の主要な成果をコンパクトにまとめた「技術年報」を発行しております。

この「技術年報」は、当センターが実施した最新の成果を掲載することにより、技術資料としてご利用いただけるだけでなく、調査・研究の成果を、更に詳細に知るためのきっかけとしてご利用いただけるよう作成しております。

今般、昨年度の調査・研究の成果を「原環センター 2006年度 技術年報」として発行し、皆様にご利用いただけるよう関係者に広く配布しております。また、原環センターのホームページからもダウンロードできます。是非ご利用ください。



## 「フランスの放射性廃棄物管理の現状」講演会を開催しました

経済産業省の委託調査「放射性廃棄物海外総合情報調査」の一環として、フランス放射性廃棄物管理機関（ANDRA）から講師をお招きし、「フランスの放射性廃棄物管理の現状」と題する講演会を開催しました。

講演会にはANDRAのマリー・クロード デュピュイ理事長らにより、フランスにおける放射性廃棄物管理の制度化の状況、最新の処分技術の開発状況など、フランスにおける最新情報等が幅広く述べられました。

当日、国や研究機関など各方面の方々が出席され、フランスにおける最新の情報が幅広く得られたとの感想をいただきました。



開催日：平成19年10月25日

会場：日本科学未来館内みらいCANホール

演題・講演者：

第一部「フランスにおける放射性廃棄物管理の制度」ジャン・ルイ ティゾン氏 国際協力部部長

第二部「フランスにおける放射性廃棄物処分開発の最新動向」マリー・クロード デュピュイ氏 理事長

第三部「地層処分のためのビュール地下研究所での技術成果」ジェラルド ウズニアン氏 国際協力部部長

## Ⅱ 賛助会員活動等の実施状況

### 第7回講演会「ANDRAの技術開発の現状と計画ーANDRA派遣体験を通じてー」

原環センターでは、賛助会員制度を設け、会員の皆様からの支援をいただくとともに、放射性廃棄物の処理処分に関する情報提供や調査研究の普及、人材養成等、会員の皆様に各種サービスを実施しており、そのサービスのひとつに、人材養成を目的とした「海外機関への研究者・技術者派遣」があります。

原環センターは海外との協力協定を基に、賛助会員の賛同を得て、これまで海外機関への研究者・技術者の派遣を実施してきました。

このたび、平成17年9月から2年間、フランス放射性廃棄物管理機関（ANDRA）に技術者として派遣していた職員が派遣期間満了に伴い帰国しましたので、この間、技術開発に携わった経験を通じて得られたANDRAにおける技術開発の現状と今後の計画などについて実体験を交えて紹介しました。

フランスにおける放射性廃棄物処分を推進する現場からの貴重な最新情報を提供できました。

開催日：平成19年9月20日

会場：原環センター

演題：ANDRAの技術開発の現状と計画－ANDRA派遣体験を通じて－

講師：原環センター 企画部 新保 弘



## 第8回講演会「スウェーデンにおけるサイト選定とパブリック・コミュニケーション」

このたびスウェーデンSKB社の国際関係部長であるモニカ・ハマーストローム氏、フォルスマルクサイト調査事務所長であるカイ・アールボム氏らが来訪した機会を捉え、「スウェーデンにおけるサイト選定とパブリック・コミュニケーション」を中心とした同社の活動についての講演会を開催しました。

実務トップクラスの方から直接お話しを伺う絶好の機会が得られ、サイト選定の経緯や地域住民等への理解活動に対する貴重な経験等が紹介され、多数の参加者から活発な質疑が行われました。

開催日：平成19年11月8日

会場：原環センター

演題・講演者：

- (1) 「スウェーデンの放射性廃棄物管理プログラムの概要」モニカ・ハマーストローム氏 国際関係部長
- (2) 「フォルスマルク地区における地層処分場のサイト調査」カイ・アールボム氏 フォルスマルクサイト調査事務所長
- (3) 「SFRの近況と今後の拡張計画」ヤン・カールソン氏 SKB主席専門官



## Ⅲ センターの運営状況

### 寄附行為変更の認可

第25回評議員会（平成19年6月15日開催）及び第71回臨時理事会（同年同月29日開催）において承認を得た事務所移転に伴う寄附行為の一部変更について、同年8月3日付けにて経済産業大臣に変更の認可申請を行い、同年9月3日付けをもって認可を受けました。

# 仏国Andra（放射性廃棄物管理機関）における 放射性廃棄物処分研究の状況について

## 1. まえがき

原環センターは、2000年にフランスの放射性廃棄物管理機関Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) と交わした包括協定に基づき、情報交換・人事交流等を積極的に行っている。筆者は、その人事交流の一環として、2005年9月から2007年8月までの2年間、原環センターからの派遣技術者としてAndraに勤務する機会を得た。派遣期間を通じてプロジェクト部・技術グループに所属し、技術グループでの技術検討業務を実施するとともに、Andraと原環センターとの共同研究プロジェクト、技術交流等の支援を行った。本稿ではこの経験を通じて得られた、仏国における放射性廃棄物処分に関する知見について報告する。

## 2. 仏国の放射性廃棄物処分の概要

1991年12月30日、放射性廃棄物管理研究法が制定され、フランスにおける高レベル放射性廃棄物の管理は、3種類の方法について15年間検討を行い、その結果を2006年に政府が議会に提出し総括評価を行うこととなった（図-1）。

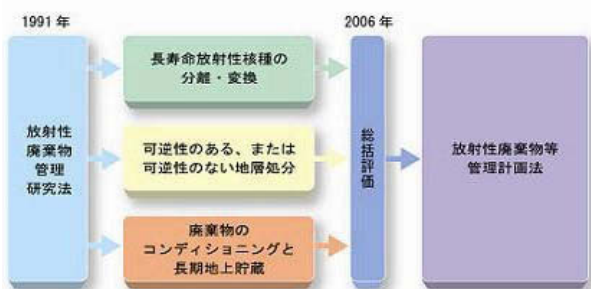


図-1 フランスにおける高レベル処分の枠組み

3種類の管理方法のうち分離・変換及び長期貯蔵についてはフランス原子力エネルギー庁（CEA）が、地層処分についてはAndraがそれぞれ研究を行い、2005年6月に研究成果報告書が政府に提出された。その後、2005年9月から2006年1月にかけて、フランス各地で高レベル及び長寿命中レベル放射性廃棄物管理に関する公開討論会が開催され、国民の意見聴取が行われた。

政府は2006年1月に公表された国家評価委員会（CNE）による総括評価報告書を受けて、2006年3月に放射性廃棄物管理に関する法案を作成、議会における審議・修正を経て、2006年6月28日、今後のフ

ランスにおける処分事業の大方針となる、「放射性物質と廃棄物の永続的管理に関する法律」（計画法）が成立した。計画法の要点を以下に示す。

- ・2015年に地層処分場の設置認可申請
  - ・2025年に地層処分場の操業を開始
  - ・長期貯蔵をCEAから移管してAndraが検討
  - ・2013年に黒鉛廃棄物処分を開始
  - ・Andra自身による研究資金の管理（基金の創設）
- また計画法には「地層処分場の設置許可申請は地下研で研究の対象となった地層でなければならない」と記されており、事実上、花崗岩サイトを断念し、今後フランスはビュール地下研を含む約250km<sup>2</sup>の領域から処分場建設サイトを選定することとなった。

## 3. Andraの概要

Andraは現在、フランス国内で発生する全ての放射性廃棄物の管理に責任を持つ機関である。Andraは1979年、CEA内の部局として設置された。その後、1991年の放射性廃棄物管理研究法に基づいてCEAから独立した機関となった。

Andraの組織は会長・社長以下、人事部、総務部、国際・広報部の事務系3部署と技術系の5部署からなる（図-2）。技術系部署は処分技術に関するエンジニアリング全般を担当するプロジェクト部、処分場の長期シミュレーションを担当する科学部、処分施設の品質管理や記録保存、またシミュレーションの環境影響評価を担当する品質安全環境部、処分場の運営を担当する産業部、ビュール地下研究所で構成される。



図-2 Andraディレクター陣（2007.7現在）

Andraには全部でおよそ400名の職員が在籍し、約2/3が本部、1/3が処分サイトや地下研究所に配置されている。私が籍を置かせていただいたプロジェクト部の技術グループには23名が所属しており、技術部は高レベルならびに中レベル長寿命廃棄物処分の処分コンセプトから実際のシステムの技術検討、またこれらを内外に説明するためのCGや図面作成を行うチームも所属している。さらに、Andraが中心となってヨーロッパ各国の処分機関が参画して行われているEU共同研究プロジェクト“ESDRED”のメンバーもここに含まれている。

Andra本部はパリから南に15kmの緑豊かな郊外、Châtenay-Malabry市にある(図-3)。本部前には敷地面積が12km<sup>2</sup>以上もあるソー公園がありオフィス周辺の自然環境はすばらしい(写真-1)。近隣にはCEAの一大研究拠点とそれに関連する企業群があり、パリやその周辺の企業に勤める人のベッドタウンにもなっている。ヨーロッパ圏内への便が発着するオルリー空港まで車で10分ほどと近く、また遠距離便があるシャルル・ド・ゴール空港へも最寄り駅から直通電車があり、交通面でも非常に恵まれた立地にある。

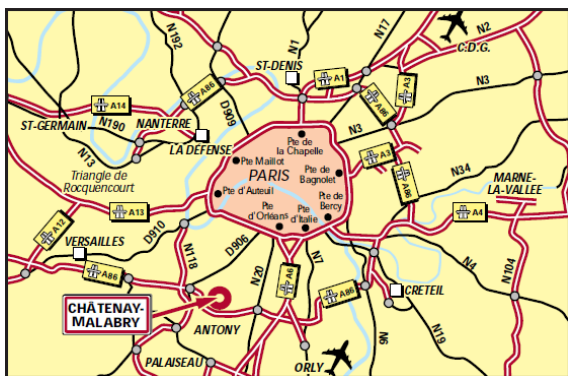


図-3 Andraの位置



写真-1 Andra本部

Andraは1987年に地層処分サイトの選定を目的として岩塩、粘土、頁岩及び花崗岩の4種類のサイトで地層調査を開始した。しかし、これが事業の透明性を欠いたものであったため、地元の猛烈な反対運動に会い、現地調査活動を停止した。この事態を打開するため、政府はバタイユ議員(社会党)に反対運動が生じた理由に関する包括的な調査を依頼した。その後、バタイユ議員が議会に提出した報告書をもとに放射性廃棄物研究法(バタイユ法)が立案され1991年に成立した。バタイユ法は地層処分事業推進に伴う徹底的な透明性の確保、及び地元・国民の意思決定を尊重する「リヴァーシビリティ(可逆性)の原則」を特徴としたものである。

バタイユ法に基づき、Andraは日本の公団・公社に相当するといえる商工業的行政法人(EPIC)としてCEAから独立した。Andraは1994年から2年間にわたり予備的な地質評価作業を実施し、ムーズ・オートマルヌ(ビュール)、ガール及びビエンヌの2箇所のサイトを候補地として提案した。1998年、政府はAndraの提案を審査し、ビュールの粘土質岩における地下研究所建設の許可を与えた。政府は同時に、花崗岩サイトの選定も要求したため、Andraは15箇所のサイトにおいて地元との対話を試みた。しかし、再び全国的な反対を受け、2000年5月に対話を中断した。

#### 4. Andraの使命

1991年のバタイユ法の制定時から、Andraには3つのミッションと呼ばれる使命が与えられている。これは事業ミッション、研究ミッション及び情報ミッションと呼ばれている。

##### 1) 事業ミッション

フランスの放射性廃棄物の区分を表-1に示す。フランスでは廃棄物をその半減期と放射能レベルで分類している。表中、水色の部分はすでに処分が開始されているもの、桃色の部分は現在処分方法が検討されているものである。事業ミッションとは、これらすべての放射性廃棄物について、その処分場の設計・建設・操業・閉鎖後管理を含めた運営を行うものである。

表-1 フランスの放射性廃棄物区分と処分状況

| 寿命                                   | 短寿命<br>(半減期<30年)                        | 長寿命<br>(半減期≥30年)           |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| 放射性レベル                               |   |                            |
| 極低レベル(TFA)<br>1-100 Bq/g             | TFA廃棄物処分場(2004~操業中)                     |                            |
| 低レベル(FA)<br>100-10 <sup>5</sup> Bq/g | ロープ処分場<br>(1992~操業中)                    | 黒鉛・ラジウム廃棄物<br>(2013操業開始予定) |
| 中レベル(MA)<br>100-10 <sup>9</sup> Bq/g |   | B廃棄物(TRU相当)                |
| 高レベル(HA)<br>>10 <sup>9</sup> Bq/g    | C(ガラス固化体)、CU(使用済み燃料)廃棄物<br>(2025操業開始予定) |                            |

a. ロープ中低レベル短寿命放射性廃棄物処分場

ロープ処分場はコンクリートピット方式で、1992年から60年で100万 $m^3$ の定置を予定している。2007年4月には予定量の1/5にあたる20万 $m^3$ の定置を完了した。金属ドラム、コンクリート容器、鋼製ボックスなどに収められた廃棄体はピットごとに分別して定置される。個々の廃棄体はバーコードで識別され、コンピュータ制御で定置と位置の記録が行われる。処分場閉鎖後は300年間のモニタリングを予定している(写真-2)。



写真-2 ロープ処分場における廃棄体定置状況

b. ラ・マンシュ処分場

ラ・マンシュ処分場はAndra設立以前の1967年から操業を開始しており、53万 $m^3$ を定置後、1997年に閉鎖を完了した。2003年から正式にモニタリングフェーズに入っており、地下水の成分、盛土の変形などを継続的に観測・記録している。

c. TFA（極低レベル）放射性廃棄物処分場

フランスではいわゆるクリアランスレベルを設定せず、極低レベル廃棄物はトレンチ処分としている。TFA処分場(写真-3)はロープ処分場の近傍で2004年に操業から開始し、30年間で65万 $m^3$ を定置し、閉鎖後30年間のモニタリングを予定している。定置状況は写真により随時記録されている。



写真-3 TFA処分場の定置状況

2) 研究ミッション

研究ミッションとは、放射性廃棄物管理計画に基づいて、主に高レベル及び長寿命中レベル廃棄物の地層処分に関する技術開発と新たに長期貯蔵の検討を行うものである。研究ミッションの中心となるのはAndra本部の科学部、プロジェクト部ならびにビュール地下研究所(写真-4)である。ビュール地下研究所は1999年に建設を開始し、2005年に2本の縦坑と地下490mの水平坑道群を完成させた。本設昇降装置も設置され、引き続き坑道の延長と地層研究、並びに建設関係の技術実証等が予定されている。



写真-4 ビュール地下研究所の状況 (2007.1)

3) 情報ミッション

情報ミッションは、国内に存在する放射性物質と廃棄物及びその処分に関する様々な情報を、出版やセミナーなどの様々な手段を用いて一般に提供するものである。設立初期のサイト選定頓挫の反省に立ち、Andraは放射性廃棄物処分に関する透明性を確保することを非常に重要視している。そこでAndraは自身の活動、Andraが管理しなければならないフランス国内で発生した放射性廃棄物の性質等について、明確な情報を確認可能な形で提供している。

5. Andraでの技術検討

操業コンセプトの検討

プロジェクト部では、Andraでの事業全般に関する設計・エンジニアリング業務を行っている。私はこの中で、B廃棄体(日本のTRU相当)の操業オプションの検討とこれに伴うコンクリート容器の力学的検討等を行った。

Dossier 2005で提示された標準コンセプトによるB廃棄体の定置方法は、フォークリフトにより箱型のコンクリート廃棄体を一個一個運搬し、坑道の奥から順々に積み重ねる方式である(図-4)。この場合、定置時の事故による高所(約6m)からの落下が容器設計上クリティカルになると考えられたため、実物大容器の落下試験(写真-5)等を行い、容器の強度確認と構造の改良を行った。

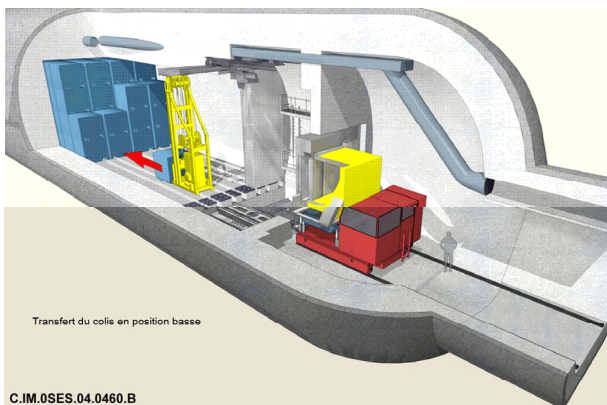


図-4 B廃棄体標準定置コンセプト



写真-5 実物大廃棄体容器の落下試験

現在はこの定置方式に対して、より安全で経済性の高いオプションとして、坑道入り口で廃棄体を天井まで積み上げた後、そのまま坑道奥まで搬送・定置するというオプションの可能性を検討している。

#### ESDREDプロジェクト

ESDREDは実証技術のEU共同プロジェクトである。ESDREDはAndraが幹事となって、欧州7ヶ国の処分関連機関などが参加し、処分関連技術の実証試験を行っている。ESDREDは、次の4つの技術実証モジュールと、教育・広報などに関する2つのモジュールからなっている。ANDRAはリーダーとしてすべてのモジュールを取り仕切っているが、自らも機器類の製作・実証試験を伴う大規模なエンジニアリング検討を実施している（写真-6）。



写真-6 ガラス固化体用定置ロボットの外観

#### 原環センターとAndraの共同研究

原環センターは2000年にAndraと交わした包括協定に基づき、情報交換・人事交流等を行っているが、さらに2006年にはコンクリート廃棄体容器開発及び地中無線モニタリングに関する共同研究協定を交わした。

##### a. コンクリート廃棄体容器に関する共同研究

原環センターとAndraの廃棄体容器に関する研究スタンスは、両者で大きく異なっている。すなわち、フランスではサイト環境が理想的な条件でほぼ確定しつつあることにより、人工バリアへの性能的な要求が少なく、今後の処分工程を勧案し、現在は具体的な処分コンセプトの決定とその合理化に注力している。したがって、処分コンセプト全体の安全性、合理性や説明性を高めるには作業面や建設面での安全性、確実性が重要となる。また経済的な合理性の観点からは特別な材料、特殊な施工技術や複雑な管理を求めない方法を追求している。一方、日本はサイト条件が確定せず、しかもそれが多様な可能性に満ちているため、どのようなサイトが選定されても処分場が成立するよう、ポテンシャルが高く、柔軟な対応が可能な要素技術開発を進める必要がある。

このような背景から、Andraでは通常の建設材料として普及している高強度コンクリートを素材とした容器の開発を行っているのに対し、原環センターでは、より閉じ込め性能の高い超高強度コンクリートを対象として研究を行っている。この共同研究では、各々の材料を対象として熱応力解析、非破壊検査技術の適用性検討などの共通の課題についてクロスチェックや技術協力を行っている。

両機関の技術開発の方向性は異なっているが、Andraは日本ではなかなか実施できない、実物大の製作試験の情報などを提供し、一方日本は非破壊検査技術（写真-7）など高度な要素技術などについての情報を提供するなど、相互補完という意味で非常に価値のあるコラボレーションとなっている。



写真-7 コンクリートへの非破壊検査技術の適用

## b. 地中無線モニタリングに関する共同研究

地中無線モニタリングは、処分場の閉じ込め性能を低下させることなく実施可能なモニタリング技術の一つとして、原環センターで放射性廃棄物処分への適用性検討を進めているものである。原環センターは2005年にAndraからの受託で予備的な試験検討を実施した後、2006年からは共同研究として研究を実施している。

Andraでは地層処分における処分場の閉鎖の判断は、その時点での世代の判断に委ねる方針をとっている。閉鎖段階の前進を判断するには、その時点における処分場や廃棄物の状態に関する何らかの情報が望ましいと考えられるが、従来の有線方式のモニタリングでは処分場がもつ本来のバリア性能に悪影響を与える可能性がある。そこで、バリアを物理的に貫通することのない無線方式によるモニタリングの適用性を検討している。

共同研究プログラムでは、ビュール地下研究所での適用性試験、プロトタイプシステムの製作、地下坑道での長期モニタリング試験、最終的には実際に処分場で使用可能なモニタリング機器の設計・製作までを対象としている。

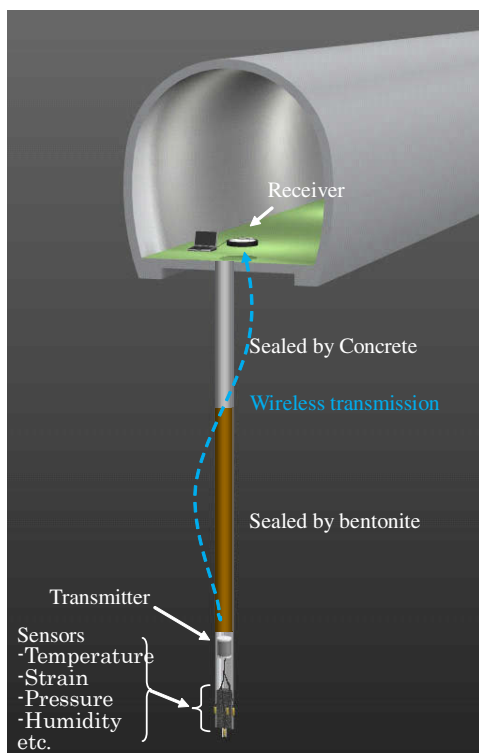


図-5 ビュール地下での長期通信試験イメージ

2006年10月には共同研究の一環として、ビュール地下研究所での予備的な地中無線通信試験を行い、地下坑道周辺の電磁気的な環境は通信に大きな影響を与えないことを確認した。

今後は、このプロトタイプ機器を図-5に示すような形でビュール坑道内に埋設し、長期通信デモンストレーション試験を実施する。この試験システムはSAGDと呼ばれるAndraのデータ管理システムに接続され、インターネット経由で原環センターオフィスからも直接モニタリング状況の監視とデモンストレーション機器の遠隔操作が可能となる予定である。

## 6. フランスの高レベル処分の今後の工程

現在AndraはDossier2005で検討した処分コンセプトに対して、より合理的で安全性の高い代替案を求めて技術検討を実施している。Andraは2008年までに代替案の検討を終え、2011年には最終的なコンセプトに基づく基本設計報告書を提出する予定である。この検討結果は一般にもわかりやすい形で取りまとめられ、これをもとに2013年に開かれる公開討論に臨む。一方、サイト選定については、Andraは今後250km<sup>2</sup>の領域内での地質調査を進め、2009年には複数の候補サイトの提示を行う。これらの過程を経て、Andraが提示する複数の候補地の中から、最終的には政府が処分サイトを決定する予定である。

## 7. 終わりに

今回の2年間にわたるAndraでの勤務を通じて、フランスの技術を学び、文化に触れ、また多くの知己を得ることができた。今後はここで得た知識、経験と人脈を生かし、日本の放射性廃棄物処分事業の推進に微力ながらも貢献して行きたいと思う。また、若手技術者には、機会があれば、著者が経験したように異文化とそこでの技術に接触し、自らを研鑽することを勧めたい。

(企画部 新保 弘)

【現在の所属は鹿島建設(株)】

## 参考文献

- (1) AndraHP : <http://www.andra.fr/>
- (2) 原環センターHP : <http://www.rwmc.or.jp/>
- (3) Dossier 2005 Argile - Architecture et gestion du stockage géologique, Andra 2005

編集発行

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 (パシフィックスクエア月島8階)

TEL 03-3534-4511 (代表) FAX 03-3534-4567

ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>