

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2003.9.NO.66

目次

- センターの活動状況..... ①
ANDRA（フランス放射性廃棄物管理機関）における放射性廃棄物研究の状況について..... ③

センターの活動状況

I 賛助会員サービスの実施状況

本年度から賛助会員サービスを本格的に開始しました。これまでに実施した主要な賛助会員サービスは次の通りです。

平成14年度成果報告会及び懇親会を開催

平成15年8月7日（木）午後、東海大学校友会館において、当センターの業務に日頃ご協力いただいている賛助会員及びご支援機関を対象とした報告会を開催いたしました。同報告会は本年度から開催することが決定されたもので、当日は「事業環境整備研究プロジェクト」「基準・安全研究プロジェクト」及び「情報技術プロジェクト」の3プロジェクトの平成14年度の成果について報告を行った後、ご要望をお聞きするため懇親会を開催いたしました。



報告会



懇親会

最新地下水学講演会を実施

平成15年6月3日（火）に「最新地下水学講演会」を京都大学で、アリゾナ州立大学のノイマン名誉教授、京都大学の西大教授を迎えて開催しました。ノイマン教授には「揚水試験からの統計学的地盤不均質性の推定」と題して、西大教授には「最近の地下水解析の話題」に関して講演をしていただきました。関西方面での当センター主催の講演会は初めてでしたが、当日は、賛助会員、一般企業、地下水ネットワーク、京都大学の教職員、学生の皆様、合わせて約50名が参加されました。



スイスにおける放射性廃棄物管理講演会の開催

平成15年7月22日（火）に原環センターで、スイスの放射性廃棄物管理共同組合（NAGRA）国際支援・協力本部部長イアン・マッキンレー博士及び同共同組合言語・文書サービスコーディネーターリンダ・マッキンレー氏から「スイスにおける放射性廃棄物管理の概要」と題し、賛助会員及びご支援機関などの方々を対象とした講演会を開催いたしました。

II センターの運営状況

第59回通常理事会開催

平成15年6月12日（木）開催の第59回通常理事会において、「平成14年度一般会計に関する事業報告」、「平成14年度一般会計に関する決算」、「平成14年度資金管理業務に関する事業報告」、「平成14年度資金管理業務に関する決算」及び「評議員の選出」について付議し、それぞれ原案のとおり承認されるとともに、ITC最終処分国際研修センターへの参加について報告を行いました。

評議員人事については、東邦夫氏（原子力安全委員会委員）の後任として、朽山修氏（東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授）に、平成15年6月21日から評議員を委嘱しました。

第14回評議員会開催

平成15年6月20日（金）開催の第14回評議員会において、平成14年度一般会計に関する事業報告及び同決算並びに平成14年度資金管理業務に関する事業報告及び同決算並びにITC最終処分国際研修センターへの参加について報告を行いました。

第6回積立金運用委員会の開催

平成15年7月2日（水）に第6回積立金運用委員会（委員長は東京大学大学院教授 若杉敬明氏）を開催しました。今回は、平成14年度積立金運用実績の報告を行うとともに、「格付引下げ時の対応について」をご審議いただきました。

平成14年度の運用実績は、平成13年度積立金受入額をベースに672億円の債券運用となり（内訳は国債331億円（49%）、政府保証債102億円（15%）、地方債99億円（15%）、社債140億円（21%）、購入債券の平均利回りは1.39%と、ほぼ計画通りの運用となりました。

また、当センターの保有可能な有価証券の範囲は、安全確実性を重視して、運用規程である「資金管理業務実施細目」で、国債、政府保証債を除き「AA格以上の格付を付与されたもの」と定めておりますが、格付引下げによりAA格未満となった場合、売却を行うか保有するか総合的に判断することとなっております。

つきましては、事前に、具体的な対応手順等を整備しておくべきという意見をふまえ検討し、(1)AA格以上の状態での保有債券格付管理、(2)全ての格付機関の格付けがAA格未満となった時の対応、(3)全ての格付機関の格付けがA格未満となった時の対応に分けて、情報収集、分析評価方法、格下げとなった場合の方針案の策定、売却する場合の手順、関係先への報告体制等についてご審議いただきました。

平成15年度調査研究契約状況

平成15年6月1日以降、平成15年8月末までの間で、次の受託契約が行われました。

委託者	調査研究課題	契約年月日
経済産業省	・性能評価技術高度化	15. 6. 25
	・高レベル放射性廃棄物処分に関する諸外国の状況についてのパンフレットの作成等	15. 8. 27

ANDRA（フランス放射性廃棄物管理機関）における放射性廃棄物研究の状況について

三浦一彦

1. はじめに

ANDRA(フランス放射性廃棄物管理機関)は、1991年12月30日に成立した放射性廃棄物管理研究法により、フランス領土内で発生する放射性廃棄物の長期にわたる管理を行うため、原子力庁(CEA)から独立した組織として設立された公的機関である。

ANDRAは、Industrial Mission、Research Mission、Information Missionの3つのミッションを担っている。Industrial Missionは、処分場の設計・建設・運営を行うもので、現在運営中の2つの低レベル放射性廃棄物処分場と建設中の極低レベル放射性廃棄物処分場の3つのサイトを管轄している(図1)。Research Missionは、放射性廃棄物管理研究法によって新たに規定されたもので、長寿命中レベル及び高レベル放射性廃棄物の地層処分の成立性に関する研究を行うものである。Information Missionは、放射性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手段を用い一般に提供するものであり、ANDRAが他

の2つのミッションとともに力を入れているものである。中でも、フランス領土内で発生する全ての放射性廃棄物のカタログを毎年出版していることは、放射性廃棄物に関する情報の公開、透明性の向上の面で特筆に値する。

当センターは、海外の放射性廃棄物処分関係機関から随時情報を収集し、我が国の放射性廃棄物処分手業に貢献してきたが、ANDRAとの関係においても、1999年11月、包括協定を結ぶに至っており、この協定において相互に関心を持つ情報やスタッフの交換、放射性廃棄物処分技術に関する調査研究における協力が可能とされている。これをベースに、2001年6月、技術者派遣に関する個別協定が結ばれ、2001年10月よりANDRA本部に筆者が派遣された。2年弱の派遣期間が終了しこのほど帰国したので、筆者のANDRAにおける経験を踏まえ、ANDRAの3つのミッションのうち2番目の放射性廃棄物研究の状況について報告する。



図1 ANDRAのサイト位置図 (ANDRAパンフレットより)

2. ANDRAにおける放射性廃棄物研究の対象

表1に、フランスにおける放射性廃棄物の区分を示す。このうち、長寿命中レベル放射性廃棄物および高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体および使用済燃料）については、1991年の法律により分離・変換処理、長期地表貯蔵、地層処分の3つのオプションを15年間にわたって研究することと取り決められたが、これら3つのオプションのうちANDRAは地層処分の研究を担当している（他の2つは、原子力庁、(CEA)の担当）。この法律を受けANDRAは、地層処分の成立性に関するレポートを2005年末までに国に提出するための研究を行うべく、軟岩サイトとしてフランス東部のビュールにMeuse/Haute-Marne（ムーズ/オート＝マルヌ）地下研究所の建設を行っているところである。花崗岩サイトについては、軟岩同様にサイト選定作業を行ってきたが、残念ながら地下研究所の建設を認められるまでには至っておらず、国内の既往の知見やスウェーデン、スイス、カナダなどの地下研究所で得られた知見をベースにした検討が進められている。

3. 研究の体制

ANDRAの実務部門は、プロジェクト部、研究部、産業部、安全・品質・環境部の4つの部で構成されている。このうちプロジェクト部にMeuse/Haute-Marne地下研究所と処分概念や処分技術の検討を行うグループが所属しており、研究部に地質・岩盤、材料、核種移行の個別現象の検討を行うグループや、現象解析（APSS）、安全評価解析を行うグループが所属している。これらのグループが相互に連絡を取

り合い、2005年末に向けた検討が進められている。しかし、全ての検討をANDRA内部で実施することは不可能であり、また研究の品質の観点からも好ましいことではないため、ANDRAはいくつかの方策を実施している。その第一は、研究者のネットワークの整備と研究グループの設置である。例えば、岩盤力学の分野では、ロレーヌ工科大学、リル大学、グルノーブル工科大学、エコール・ポリテクニクの各研究室とグループを組織し、岩盤に関する各種の試験や構成方程式の開発、熱-水-応力連成モデルの開発などを行っている。また、博士課程及びポストドクターの学生に対して、奨学金を支給することで地層処分に関する研究の推進、研究者の育成を行っており、毎年6月にANDRAから奨学金を受給した学生による研究発表会が公開で行われている。国際的な関係においても、スイスのMont-Terriでの試験への参画、EU（欧州連合）、OECD/NEA、IAEA等の国際機関が主催する研究開発プロジェクト等への積極的な参加により、国際的な枠組みの中でANDRAの目的に合致した研究を進めている。

4. 研究の状況

前述のようにANDRAは、2006年に行われる国会での議論に供するため、2005年末までに地層処分の成立性に関する報告書を提出することになっており、そのための検討が活況を呈しているところである。これまでのANDRAの進捗状況をまとめると表2のようになる。ANDRAは、2005年末までに確実に必要な成果をあげるため、毎年、マイルストーンを設定し、段階的にその検討内容を充実させるといった方策をとっているのが大きな特徴である。2001年には、ビ

表1 フランスにおける放射性廃棄物区分（ANDRAパンフレットより）

放射性廃棄物区分	半減期<30年	半減期>30年
極低レベル	極低レベル放射性廃棄物処分場（建設中）	
低レベル	オープン低レベル放射性廃棄物	検討中
中レベル	処分場（操業中）	
高レベル	1991年の法律により研究中	

表2 ANDRAにおける研究開発の歩み

1994年	地質調査開始
1999年	地下研究所建設許可取得
2000年	地下研究所建設開始
2001年	2001泥質岩報告書（DOSSIER 2001 ARGILE）
2002年	死亡事故により立坑掘削工事中断 2001泥質岩報告書をOECD/NEAにてピアレビュー開始 ランス国際会議開催 2002花崗岩報告書（DOSSER 2002 GRANITE）
2003年	立坑掘削工事再開、追加ボーリング実施



写真1 Meuse/Haute-Marne地下研究所（提供：ANDRA）

ジュールにおいてそれまでに行ってきた地質調査等を踏まえた泥質岩報告書を、2002年には花崗岩報告書を作成しており、これらに続いて2003年にはAPSS、2004年には安全評価解析などが報告書としてまとめられる予定である。これまでのところで、最も大きなマイルストーンは、2001泥質岩報告書（DOSSIER 2001 ARGILE）であるので、これについては次節に詳述する。こうした検討は、主にANDRA本部で行われているが、Meuse/Haute-Marne地下研究所での試験データが取得され次第、得られたデータを使ってより詳細な検討が行われる予定である。

残念ながら、2002年5月の立坑工事中に発生した事故により主立坑が約230メートル掘削された時点で地下研究所の工事が中断となり、再開までには1年弱待つこととなってしまったが、対策として追加ボーリングによる新規データの取得、試験計画の変更、Mont-Terriでの試験の追加などにより、2005年までに必要なデータは得られるものと考えられている。

5. 2001泥質岩報告書（DOSSIER 2001 ARGILE）の概要

DOSSIER 2001は、2005年末までに作成する報告書の検討方法が適切かどうかの評価を受けることを目的として作成され、ANDRAの要請によりOECD/NEAの査読チーム（主査：アラン・フーパー（NIREX））によりピア・レビューが行われた（レビューに使われた報告書はANDRAのウェブサイトから仏語版、英語版ともにダウンロードできる）。本レビューにおいて、ANDRAが用いているアプローチ手法が適当であり、Meuse/Haute-Marne地下研究所において必要

なデータが取得されるものと想定されること、2005年末までの研究の優先順位が十分に考慮されているなど、良好な評価がなされている。

本報告書は、以下のような構成になっている。

- ・レファレンスドキュメント（地質、材料、廃棄体、生物圏）
- ・検討対象とした処分概念
- ・処分場の長期にわたる現象解析（APSS）
- ・安全評価解析

レファレンスドキュメントは、地質、材料、廃棄体、生物圏のそれぞれについて、調査や試験の結果を中心にまとめたもので、全ての検討のもとになるドキュメントである。

処分概念は、B廃棄物（長寿命中レベル廃棄物）、C廃棄物（高レベル廃棄物ガラス固化体）、使用済燃料のそれぞれについて複数のオプションが検討されているが、経済性の観点から横置き方式が中心となっている。人工バリアの構成に関しては、B廃棄物については、コンクリートを人工バリアとして用いるコンセプトが検討されており、C廃棄物については、緩衝材なしと粘土系材料による緩衝材ありのコンセプトが検討されている（図2）。

現象解析（APSS）では、処分場の長期にわたる現象について、処分場の構成要素毎に時間区分を行い記述するものであり、我が国ではFEP（Feature Event Process）を用いたシナリオ解析に相当する。

安全評価解析では、基本シナリオと変質シナリオが設定され、廃棄体、処分ピット、処分パネル、地質媒体、生物圏などのスケール毎に複数の移行経路

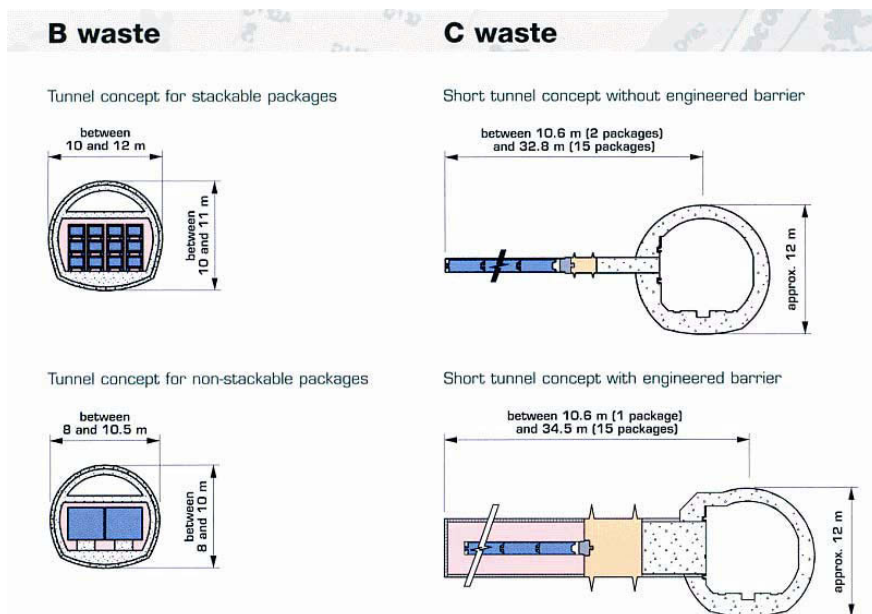


図2 処分概念の例（文献5）

左列：B廃棄物 多段タイプ（上）と一段タイプ（下）
 右列：C廃棄物 緩衝材なし（上）と緩衝材あり（下）

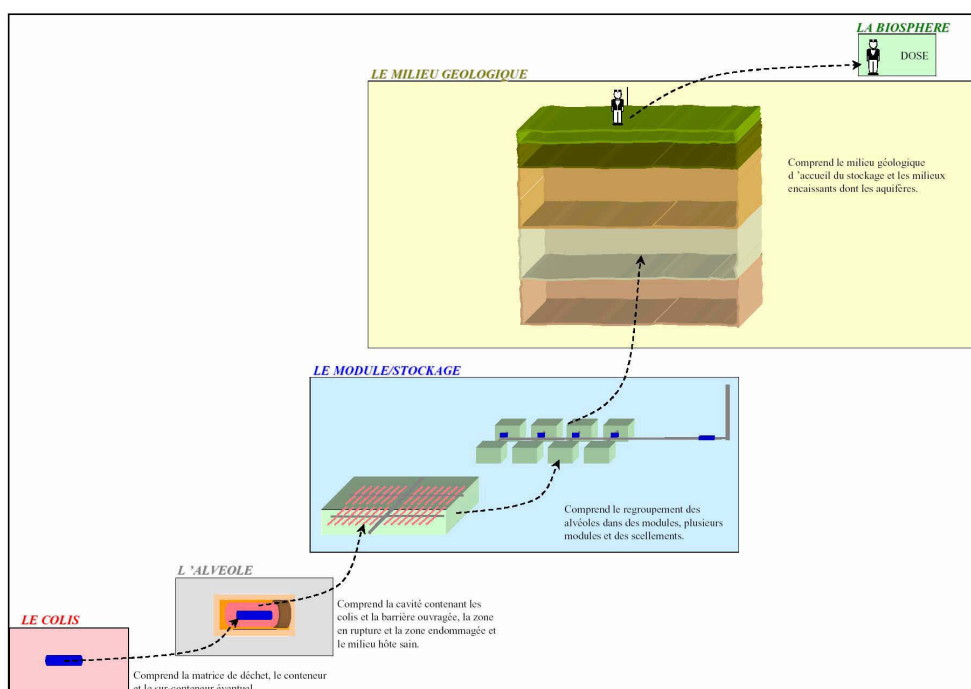


図3 安全評価解析の流れ：左から廃棄体、処分孔、処分パネル、地質媒体、生物圏と順に解析範囲を広げ、それに応じた解析を行っている（文献4）

を想定した解析が実施されている（図3）。また、建設中、操業中のリスク解析も実施されている。

6. MODEX-REPプロジェクト

筆者は、ANDRAの研究部のうち地質・岩盤グループに在籍したが、ここで主にEU（欧州連合）の予算により実施されたMODEX-REPというプロジェクト

に参加する機会を得た。EUでは、原子力に関する研究をEuratom Research and Training Programと称して推進している。MODEX-REPは、この第5次研究プログラムの一つとして、ANDRAが幹事となり実施したものであり、フランス国内の大学やコンサルタントの他、スイス、スペイン、ドイツ、ベルギーの研究機関も参加した。このプログラムでは、Meuse/Haute-Marne地下研究所における立坑掘削時の力学

的・水理的応答を解析する手法について、各研究機関が開発した解析コードによる検討結果を比較検討し、実際の掘削時の計測データと比較するものであった。このうち、筆者はANDRAに駐在しながらANDRAの考案したCallovo-oxfordien層における短期・長期の構成方程式を用いた有限要素法解析を実施した。用いた構成方程式の特徴としては、応力-歪関係のピーク強度点以前に弾性係数が低下する歪硬化とピーク強度点以降に応力が低下する歪軟化を模擬した弾塑性モデルをHoek&Brownの破壊基準(式1)を応用したものを短期モデルとして用い、長期モデルとして、応力-歪状態に応じてクリープ歪速度が変化するクリープモデル(式2)を用いた。図4にCallovo-oxfordien層の岩盤挙動の特徴を示す試験結果の一例を、図5に開発した弾塑性モデルでシミュレーションを行った応力-歪関係を示す。図6に実際の立坑掘削を模擬した3次元掘削解析を実施した際に用いたメッシュ図を示す。掘削過程を全部で6ステ

ップに分割し解析を行い、掘削に伴い掘削面が下方に移動し、上方にはコンクリート支保が設置されるようになっている。本解析の結果は、実際の掘削時に計測される予定の応力や変位と比較が行われる予定であったが2002年5月の事故で掘削が中断したことにより、実際の計測結果との比較までは至らなかったのが残念であった。しかし、各研究グループの解析結果は比較され、今後のモデルの開発に生かされることになる。

$$-\sigma_1 = -\sigma_3 + \left(-\sigma_3 \cdot \sigma_c \cdot m + S \cdot \sigma_c^2 \right)^{1/2} \quad \text{式1}$$

$$\varepsilon^{vp} = A(T) \left(\frac{Q}{\sigma_0} \right)^n (\varepsilon_{cq}^{vp})^m \frac{\partial Q}{\partial \sigma} \quad \text{式2}$$

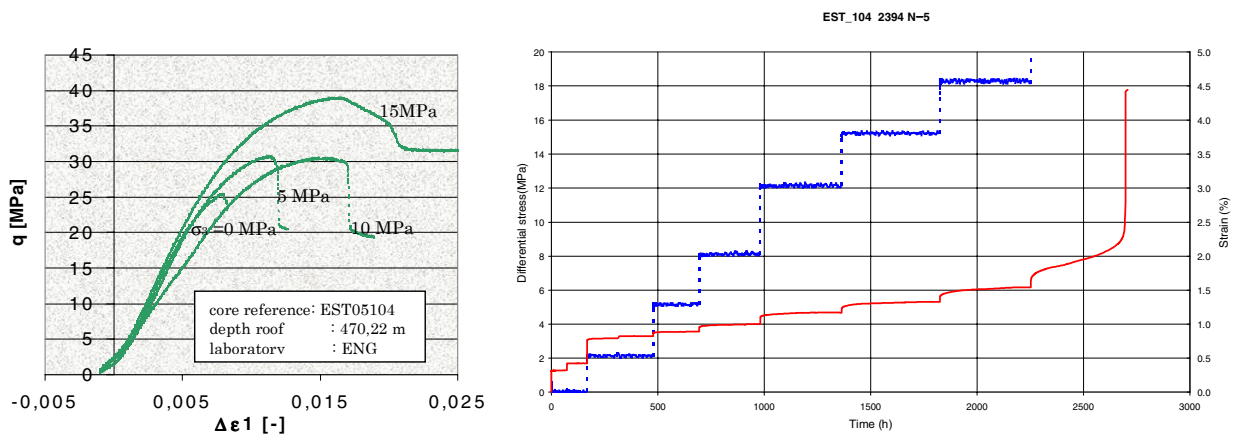


図4 Callovo-oxfordien層の応力-歪関係の例とクリープ試験結果の例 (ANDRA提供)

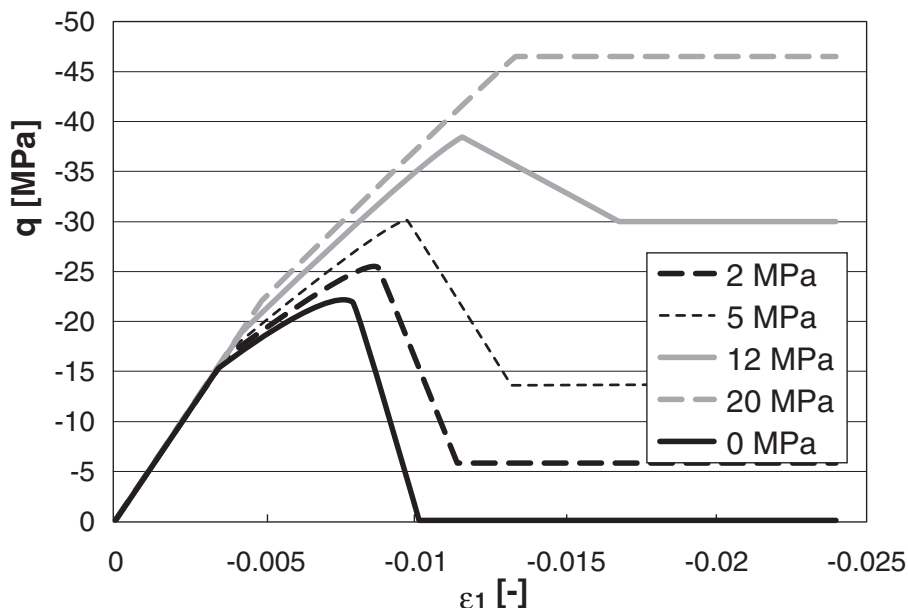


図5 開発した弾塑性モデルを用いてシミュレーションした応力-歪関係

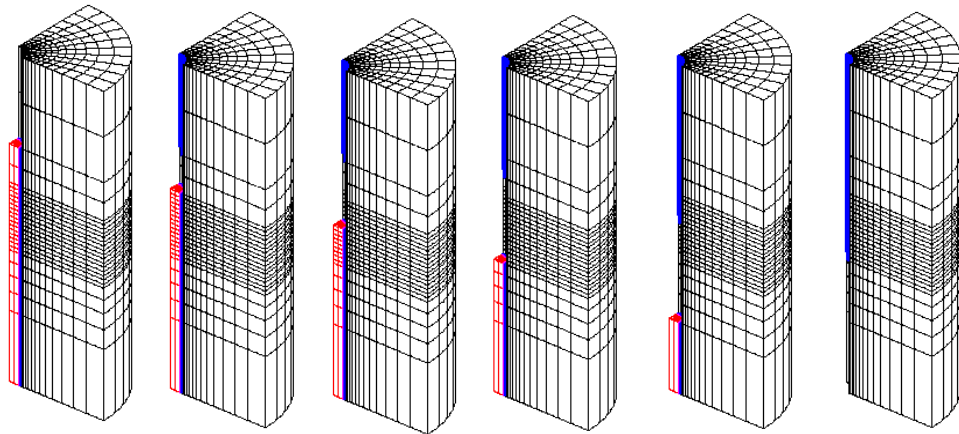


図6 立坑の3次元掘削解析用メッシュ（中央部のメッシュ間隔の狭い部分がREPゾーンと呼ばれる計測を重点的に行う範囲）

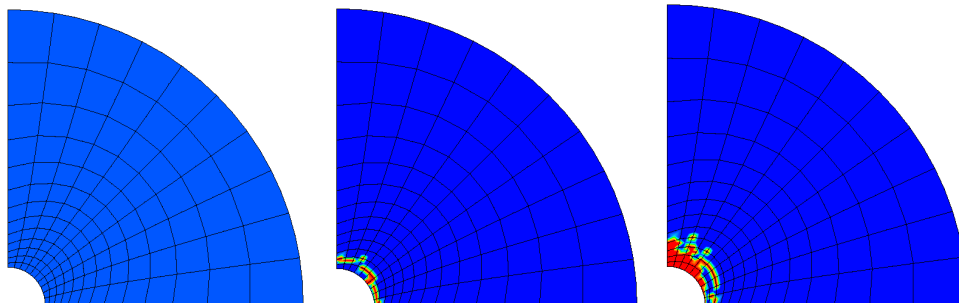


図7 掘削影響領域の変化の様子（左からステップ2、ステップ3、ステップ4）

7. 雑感

ANDRA本部への駐在を開始するに至るまでは、原環センターだけでなくANDRAにとっても初めての経験であるため困難も多かった。しかし、駐在が始まってからはANDRA側の受け入れ部署を始め役員その他の方々からも、外国人としてではなく同僚として迎えていただき、とても思い出に残る2年間の任期を過ごすことができたことにまず感謝したい。ANDRA駐在を通して、ANDRAにおける仕事の進め方について私が感じたことの一つは、2005年末までという短期間に必要な成果をあげるための方策がととてもよく考えられているということである。その一つは、前述したように毎年ステップ・バイ・ステップに成果を積み上げて行くやり方である。また、より効率的に検討を進めるために2002年4月には、組織の改編も行われた。研究テーマ毎の研究グループの組織や国際プロジェクトへの参画、学生の活用を見ても然りである。我が国は、フランスにおける個別の処分技術だけでなく、こうした組織の構成方法や目標を達成するための方策などについても見習う点

は多いのではないかと感じられた。今後も、日仏の関係機関および関係者の交流がますます進むことを願う次第である。

最後に、このような機会を下さった川人前理事長、板倉理事長を始めとする原環センターの役員の皆様、ANDRAとの交渉を担当して下さった田辺プロジェクトマネージャーを始め、いろいろとバックアップして下さった原環センター職員の皆様に感謝します。

参考文献

1. ANDRA年報2002
2. ANDRAウェブサイト、<http://www.andra.fr>
3. 特集 国内外における高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の進捗状況、原子力学会誌 2003 vol.45
4. DOSSIER 2001 ARGILE Synthesis report, ANDRA
5. Understanding deep geological disposal, ANDRA
6. フランスにおける地下研究所のサイト選定経緯とその後の状況、原環センタートピックス 2001.3 No.56

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
〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 第15森ビル
TEL 03-3504-1081（代表） FAX 03-3504-1297
ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>