

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2007.3.NO.81

目次

センターの活動状況	①
北海道幌延町で実施した高精度物理探査技術の信頼性確認試験	③

センターの活動状況

I 賛助会員サービス等の実施状況

第6回講演会開催

平成18年12月15日(金)、原環センターにおいて、スイス NAGRA (放射性廃棄物管理共同組合) の国際支援・協力本部本部長 Stratis VOMVORIS (ストラティス フォンフォリス) 氏をお招きし、「地層処分場の開発における地下研究所の役割」(The role of underground laboratories in the development of geological repositories)と題し、賛助会員及びご支援機関の方々を対象とした講演会を開催しました。

講演では、地下研究所(URL)の定義、一般的URLと特定サイトのURLとの違い、鉱山施設を利用したURLから特別に建設されたURLまでの歴史から始まり、過去のURL、操業中のURL及び建設中のURLの研究などの紹介があり、その後活発な質疑応答が行われました。



第7回講演会開催

平成19年2月19日(月)、原環センターにおいて、(財)北海道科学技術総合振興センター 幌延地圏環境研究所より、所長 北海道大学名誉教授 石島洋二氏をお招きし、「堆積岩から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分」と題し、賛助会員及びご支援機関の方々を対象とした講演会を開催しました。

ご講演は、以下の項目について説明されました。

1. 空洞の寿命---花崗岩と堆積岩の比較(カナダURLでの経験と炭鉱の経験)
2. 炭鉱における採掘空間と高レベル放射性廃棄物処分場の類似性(深度や拡がりの類似性)
3. 堆積岩の性能回復現象---釧路コールマインでの経験(岩石破壊後の透水性や剛性の回復)

今回は多数の聴講者を迎え、盛況の内に進められ、有意義な講演会となりました。



Ⅱ センターの運営状況

第3回再処理等積立金運用委員会の開催

平成19年2月1日（木）に第3回再処理等積立金運用委員会（委員長は東京経済大学教授 若杉敬明氏）を開催しました。今回は、‘平成17年度実績及び平成18年12月末現在見込の再処理等積立金運用実績’‘再処理等資金管理業務の内部統制の状況’の2件について報告を行うとともに、‘平成19年度再処理等積立金運用方針に関する検討’についてご審議いただきました（運用年度は7月～翌年6月まで）。

平成17運用年度は、平成17年度積立金受入分から特定実用発電用原子炉設置者への取戻額を差し引いた7,578億円の運用額について、超長期国債1,960億円（26%）、長期国債5,184億円（69%）、中短期国債366億円（5%）と、ほぼ計画通りの運用となりました。なお、購入債券の平均利回りは1.76%でした。平成18運用年度は、約4,180億円の運用額について、ほぼ計画通りの運用を行っております。

委員会では、以下の意見が寄せられました。①金融環境の変化等を勘案し、より期間リスクの大きい超長期債の購入比率を引き下げたポートフォリオとすることは妥当なのではないか。②信用リスク、期間リスク共にかなり小さなポートフォリオとなっており、計画として妥当なものになっているのではないか。③政府保証債については、全体の10%程度の組み入れであれば銘柄集中のリスクは特に問題にはならないのではないか。

第13回最終処分積立金運用委員会の開催

平成19年2月7日（水）に第13回最終処分積立金運用委員会（委員長は東京経済大学教授 若杉敬明氏）を開催しました。今回は、‘平成18年度最終処分積立金運用実績（1月末現在）’について報告を行うとともに、‘平成19年度最終処分積立金運用方針及び計画’についてご審議いただきました。

平成18年度は、平成17年度積立金受入分から原環機構への取戻額を差し引いた額に当期の利息収入を加えた約672億円の運用額について、国債、政府保証債、地方債、事業債とも、ほぼ計画通りの運用を達成できる見通しです。平成19年度においても、平成18年度運用方針及び計画を踏襲し、安全確実な運用に努めることとしております。

委員会では以下の意見が寄せられました。①既購入債券の満期償還金の再運用を考慮すると、債券購入時期を変更して満期償還の時期を分散させることも考えられるのではないか。②過去のデータからは、金利の変動に季節性は見られず、また金利の予測も困難であるため、満期償還の時期を分散させることは必ずしも良い結果に結びつくとは限らないのではないか。③確実に機会費用の発生を抑え、積立金を従来通りなるべく早期に運用すべきではないか。

北海道幌延町で実施した高精度物理探査技術の信頼性確認試験

1. はじめに

(財)原子力環境整備促進・資金管理センター（以下、「原環センター」という）は、平成12年度から、経済産業省からの受託事業として、高精度物理探査技術の高度化開発と高度化技術の信頼性確認試験を実施している¹⁾。本受託事業の中で、原環センターは高レベル放射性廃棄物の最終処分場建設地の地点選定段階において、地上から実施する物理探査技術のうち、地球上に存在する地磁気や人工的に発生させた電磁場を用いて、地下の断層を含む地質構造探査や地下水の分布形状に関連する情報を立体的に取得する「3次元電磁法探査技術」と、地上から掘削したボーリング孔を利用して、ボーリング孔間の詳細な地質構造や透水性の空間分布に関連する情報を取得する「弾性波トモグラフィ技術」を開発してきた。

これらの高度化技術は、従来技術の課題であった地形などの地理的要因への補完、探査精度の向上と水理地質情報の取得を目指して開発されてきており、既存の地質環境調査技術と合理的に組み合わせることで、地層処分事業の概要調査以降で実施されるフィールド調査の信頼性を向上させることが期待されている。

平成16年度からは、これら技術の信頼性確認試験を国内外の試験フィールドで実施しつつ、技術的な課題の抽出や技術の適用性評価を行ってきた。なお、

国内でのフィールド試験は、北海道幌延町において原環センターと(独)日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）による、地質環境調査技術の適用検討に関する共同研究の一部として実施している。ここでは、幌延町内で実施した高精度物理探査技術の信頼性確認試験の成果について紹介する。

2. 高精度物理探査技術の概要

(1) 3次元電磁法探査技術

電磁法は、太陽活動などによって引き起こされた地球上の地磁気の変化や専用の送信アンテナから人工的に発生させた電磁場を利用して、地下構造を立体的に探査する物理探査技術である。図-1に電磁法の計測概念を示す。

本技術は地層の間隙に含まれる地下水や断層粘土の存在によって地下の電流の伝わり方が異なる性質を利用して、地質の違いや地下水、断層の分布状況を地上から推定する手法として開発されたものである。本技術を3次元化することで、地層処分事業の地点選定段階において、地質の長期安定性や地下水流動に影響する断層の形状、複雑な地下構造の解明に対し調査の信頼性を向上させることが期待できるほか、受託事業で同時に開発した浅海域の電磁法計測技術²⁾を適宜組み合わせることで、沿岸部の地質環境調査の技術的課題を解決

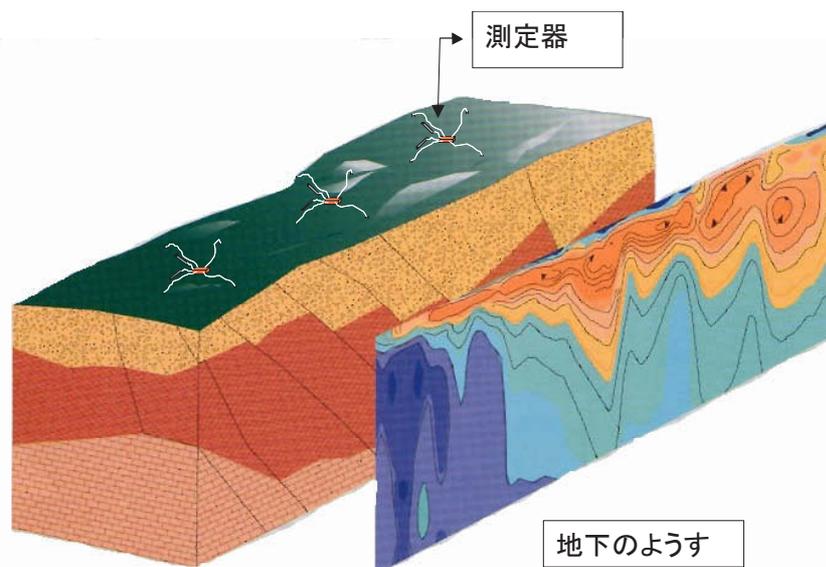


図-1 電磁法の計測概念図

するものと期待される。

(2) 弾性波トモグラフィ技術

弾性波トモグラフィ技術は、複数のボーリング孔を利用して調査範囲を取り囲み、人工地震波(弾性波)を伝播させて断層を含む地質構造を推定する技術である。計測方法を図-2に示す。本技術では異なる地質特性に起因する弾性波の伝達時間の違いを利用して、地質構造の違いを弾性波速度分布で表示するほか、地層中を伝播する弾性波の周波数の違いにより伝達時間が変化する性質を利用して、地層中の透水係数分布を推定する手法とし

て開発されたものである。本技術の導入により、地質構造はもとより水理地質に関する情報を取得できるため、最終処分場周辺の地下水流動評価への貢献が期待できる。本技術の一部として比較的長距離でのトモグラフィ計測を実現するために、孔内震源装置を開発しており、幌延でのフィールド試験では弾性波トモグラフィで使用する弾性波の伝播能力に関する特性を確認することとした。

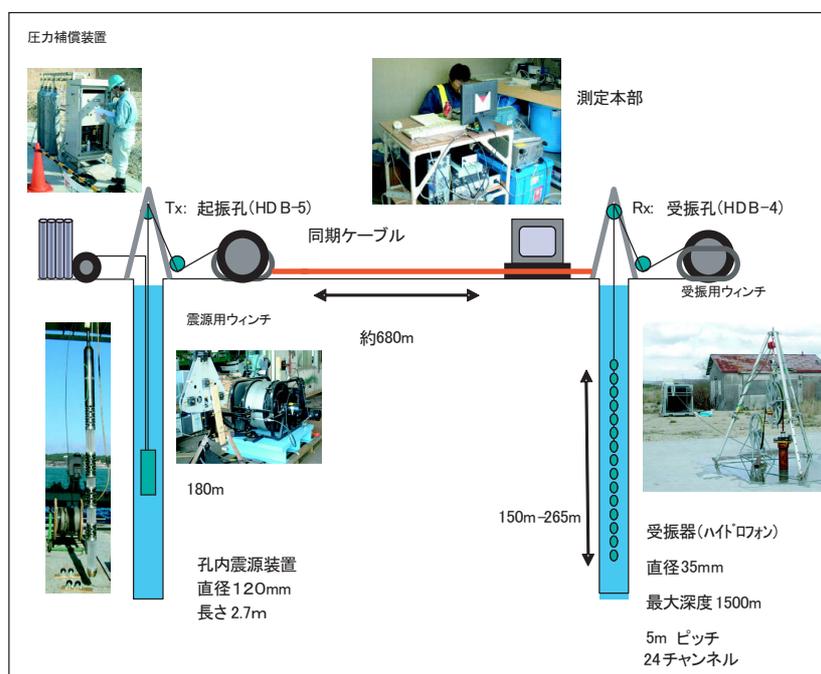


図-2 弾性波トモグラフィ計測方法の概要

3. 実施概要

高度化開発してきた3次元電磁法解析技術と既往調査結果との比較検討を目的とする確証試験として、平成16年度には、幌延町内で原子力機構(当時は核燃料サイクル開発機構)が取得した2次元解析用の電磁法調査データを用い、原環センターが高度化開発の一環として開発した3次元電磁法解析コードによる再解析を実施し、従来の調査結果との比較による解析技術の妥当性評価を実施した。また、原環センターが開発した弾性波トモグラフィ用の孔内震源装置の伝播性能及び特性の確認を目的として、既存のボーリング孔を利用した性能試験を実施した。

平成17年度は、前年度に3次元電磁法解析コードの性能を確認したことを踏まえて、計測点をこれまでよりも狭め、約2km×4kmの長方形のエリアで3次元AMT法^①によるデータ取得を実施した。この試験で

は、新第三紀の堆積岩を対象にして、大曲断層を含む地質構造に対する性能と3次元解析ソフトウェアの妥当性を検証することとした。

平成18年度には、高度化した電磁法3次元解析コードを用いて地形の影響や異なる地質環境下での本技術の適用を想定して、幌延地域の深部地質構造を把握するために3次元MT法^②計測を実施している。また、物理検層等の既存データを整理して計測結果と対比するとともに、適用地質環境による計測結果の変化を追跡する予定である。以下に、平成16、17年度で得られた成果および平成18年度の実施内容を示す。

- ①AMT法：地球磁場を利用した電磁法探査技術でAudio-Frequency MT法(下記MT法の説明を参照)のこと。MT法よりも浅部構造探査に適する。
- ②MT法：自然の電磁場のうちAMT法よりも低い周波数帯を利用する電磁法探査技術でMagnetotelluric法の略。

4. 成果

(1) 平成16年度

a. 3次元電磁法解析コードの性能試験

幌延町内で原子力機構が平成13年度に取得した2次元解析用の電磁法調査データを用い、原環センターが3次元解析コードによる再解析を実施し、従来の調査結果との比較による解析技術の妥当性を評価した。

図-3にMT法3次元解析結果により得られた比抵抗構造を示す。解析エリアは約16km×13kmで、既存の地質情報からエリア中央を大曲断層が横断すると考えられている。なお、測点間隔は2km～4kmと粗いため、全体的に滑らかな成層構造として解析され、比抵抗構造から褶曲構造等の詳細な地質構造を読み取ることは困難であるが、以下のことが検証できた。

- ・解析結果から得られた1～5Ω・m^③程度の低比抵抗値を示す領域は、試験地のボーリング孔の岩芯や比抵抗検層から得られた比抵抗値と概ね一致している。また、これらの低比抵抗値を示す領域は新第三紀の堆積岩の分布深度と符合している。
- ・深部（基盤）では、15Ω・m程度の比較的高い比抵抗値を示す。先新第三系基盤に相当する比抵抗基盤の出現深度は、調査地域の西側で深く、東側で浅くなる傾向を示し、既存の重力構造、2次元電磁法調査ならびに地質構造との対比資料と符合する。
- ・断層構造や褶曲構造を今回の解析結果で得られた比抵抗構造のみから直接読み取ることは難しいが、数値モデルによる構造検出能力の検討を行った結果、適切な測点間隔による調査を行うことで検知精度を向上させることが可能であることが判明した。

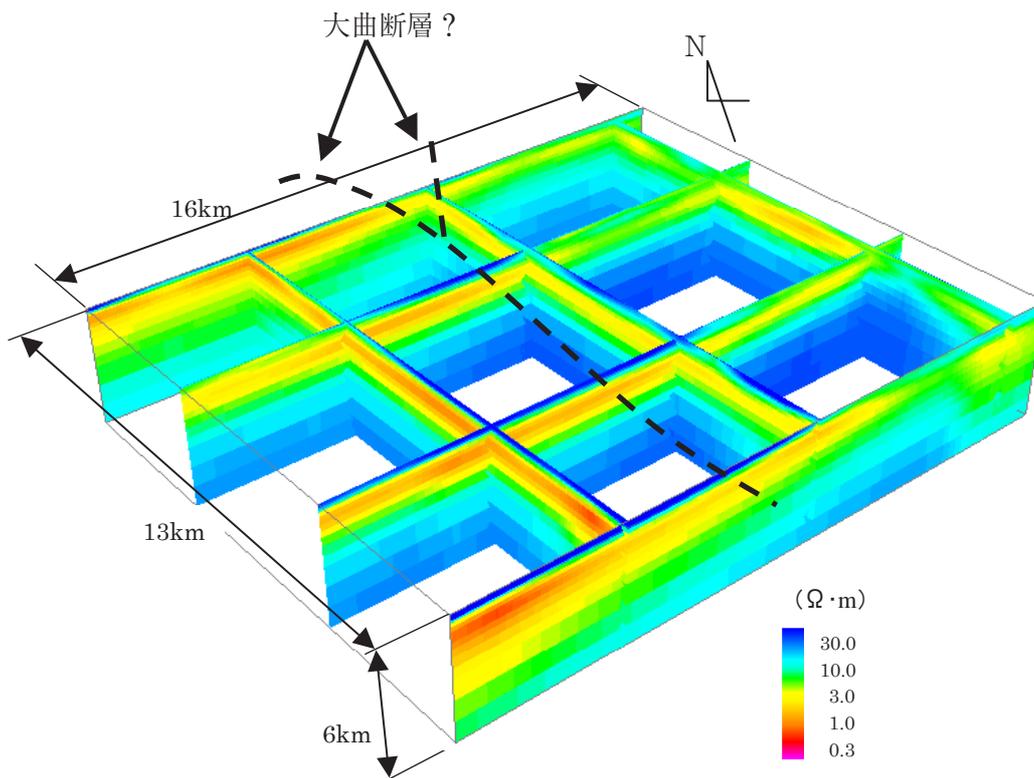


図-3 幌延地域MT法3次元解析結果（南側から望む比抵抗構造）
寒色系は高比抵抗領域、暖色系は低比抵抗領域を示す

③Ω・m：オームメートルといい、地層の比抵抗値（電気抵抗率）を表す単位で、地層の電気の通りにくさを示す指標となる。

b. 弾性波トモグラフィ孔内震源の性能試験

原子力機構が地質調査目的で掘削したボーリング孔を利用して、弾性波トモグラフィ用の孔内震源装置の伝播性能及び発振特性の確認を目的とした波動伝播試験を実施した(写真-1)。可変周波数に対応した孔内震源には、圧電素子(ピエゾ素子)などを用いた震源が知られているが、振動部の弾性変位が小さいため波動出力が小さかった。原環センターは高出力が得られる孔内震源として、従来の振動素子よりも大きな弾性変位を有する超磁歪材(テルビウム(Tb)、ジスプロシウム(Dy)、鉄(Fe)の合金)を用いた装置を製作した。

試験では、ボーリング孔内水の水圧と孔内震源の振動部の空気圧を平衡させるために圧力補償装置を付加した孔内震源装置の機能動作確認と、既

存震源としてマイアミ大学のピエゾ式震源を併用した弾性波出力特性の比較試験を実施した。

図-2に示すように、原子力機構の既設ボーリング孔HDB-5を起振孔、HDB-4を受振孔として、試験対象層には岩盤中の亀裂が少ない稚内層を選択し、孔間距離682m区間で試験を実施した。試験の結果、動作試験では孔内震源装置と圧力補償装置が正常に作動することを確認した。一方、波動の伝播試験では、発振周波数を500Hzにセットして、連続35分間作動させたが受信側での波動伝播を確認できなかった。ピエゾ震源も同様であった。対象地域の地質(新第三紀の堆積岩)の減衰特性や対象孔のケーシング(鋼製)による減衰特性が大きいことなどに起因すると考えられる。



写真-1 ボーリング孔を利用した孔内震源装置試験

(2) 平成17年度

a. 3次元AMT電磁法試験

平成17年度には、前年度の3次元解析結果を踏まえて、粗すぎた2次元探査の測線間隔を、300m～800m程度の間隔に狭めて測点配置した3次元AMT法による電磁法試験を実施した。試験エリアは約2km×4kmの長方形とし、エリア中央を大曲断層が通過する形に設定し、一部原子力機構が実施したAMT法のデータを利用した。AMT法調査ではMT

法よりも探査深度が浅いため、大曲断層を含む比較的浅い3次元地質構造の理解を課題とした。その結果、図-4に示すように、断層などの地質構造の違いに起因する解析結果が得られたが、深部地質構造については不明瞭であった。

幌延地域のように新第三紀の堆積岩が広く分布するところは一般に比抵抗値が低いことが多い。このような場合、電磁波の伝播特性により、深部に関する情報は得にくくなるため、深部構造が不

明瞭であったと考えられる。また、AMT法の解析周波数や測線間隔も探査深度に関連することから、AMT法のみでは調査深度が難点となる。AMT法よ

りも使用する周波数帯が低いMT法の併用で深部構造の課題に対処できることが考えられる。

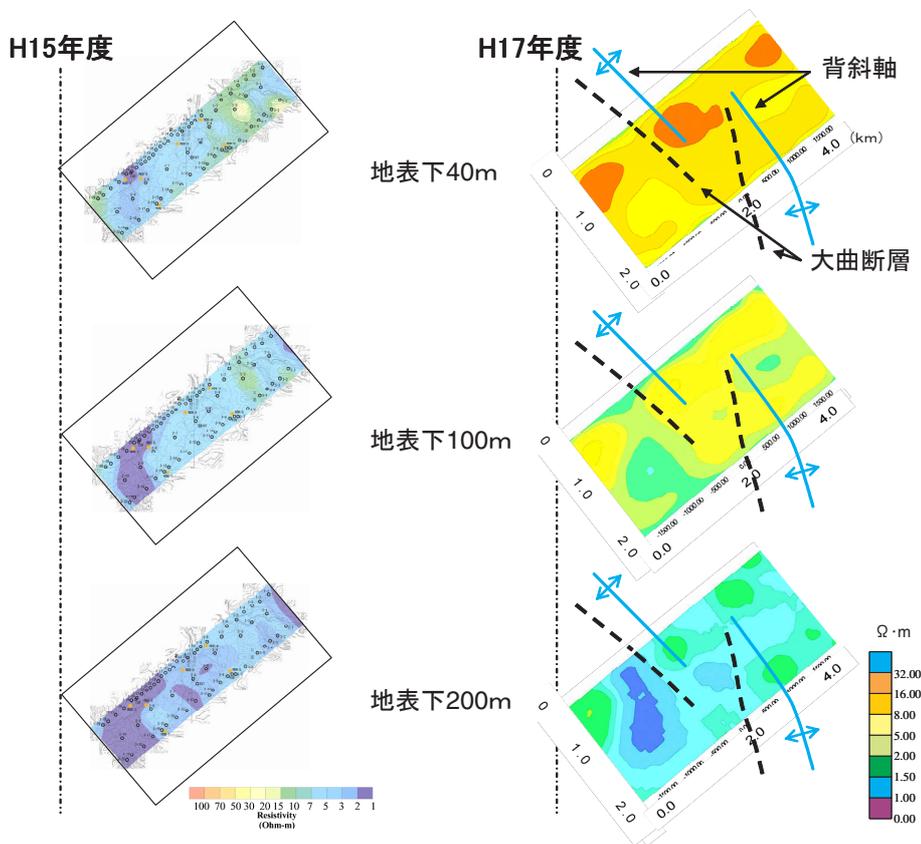


図-4 比抵抗平面図 (左段:平成15年度解析結果：原子力機構による³⁾、右段:平成17年度解析結果) 地下浅部ではNW-SE系の比抵抗不連続性などから地質構造が示唆されるが、地下深部に向かうにつれ不明瞭になる。

さらに、高塩濃度地下水（地下水比抵抗値が、 $1.0 \Omega \cdot m$ 以下）が存在すると、比抵抗分布から地質構造の可視化は困難となることがある。これは高塩濃度地下水の電気伝導度が淡水系の地下水の電気伝導度よりも大きいため、地質構造よりも地下水の分布形状に影響を受けるからである。今回の試験結果から、ボーリング孔内の地下水調査により、特に高塩濃度の地下水が分布する地域では、電磁法の解析結果から推定した地下水比抵抗値と、ボーリング孔の地下水調査による実測値との相関が高いことが分かった（図-5の丸で囲った範囲）。このことは、地層の孔隙率分布を的確に把握できる調査手法と合理的に組み合わせることにより、電磁法が地下塩濃度分布の調査技術となり得る可能性があることを示唆している²⁾。そのためには、

ケーススタディを増やし、基礎理論の適用範囲と限界を明確化する必要がある。同時に、岩石物性に対する理解を深める必要があり、例えば鉱物の表面容積比抵抗などを適切に評価して、水質への適用範囲を拡大することも今後の検討課題であると考えられる。

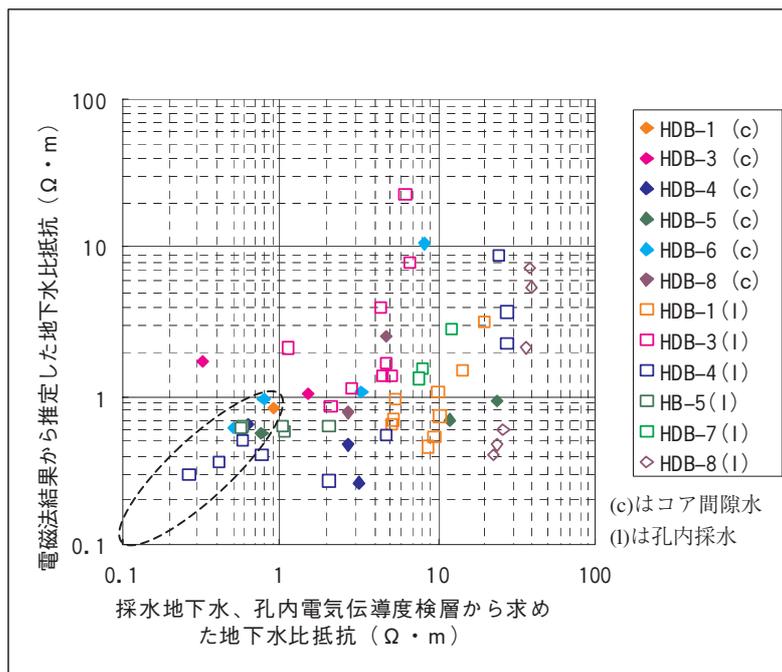


図-5 3次元電磁法解析結果に基づく地下水比抵抗値（推定値）と実測地下水比抵抗値との対比²⁾（HDB-1、2…は原子力機構で実施したボーリングの名称）

(3) 平成18年度

本年度はこれまでに得られた成果と課題を整理して、深部地質構造の把握、既存の断層検出、地下水水質分布への適用を目的として幌延町内で3次元MT法電磁法試験を実施中である。試験は幌延深地層研究センターを含む東西約10km、南北約6kmの範囲で、測点間隔は約1kmである。

5. まとめ

これまでに実施してきた試験により、地質構造の3次元的地質環境の理解が促進されたものと考えられる。今後、これらの高度化物理探査技術は、既存の地質環境調査技術との合理的な組み合わせにより、幌延をはじめとする深地層研究所を活用したフィールド試験を積み重ね、最終処分地選定における技術的信頼性の向上に寄与していく所存である。

参考文献

- 1) (財)原子力環境整備促進・資金管理センター(2006)：平成17年度 地層処分技術調査等 高精度物理探査技術高度化調査 物理探査技術信頼性確証試験報告書
- 2) 吉村公孝、大久保秀一、山根一修(2006)：海底電磁法探査による伏在断層や地下水理情報の取得可能性について、地学雑誌 Vol.115、 No.3 pp400-415
- 3) 核燃料サイクル開発機構(2004)：幌延深地層研究計画 平成15年度調査研究成果報告 (吉村 公孝)

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/>