

物理探査研究グループの紹介 -2006 年度- Exploration Geophysics Research Group, FY2006 Update

物理探査研究グループ長： 内田利弘
Leader, Exploration Geophysics Research Group: Toshihiro Uchida
Phone: 029-861-3840, e-mail: uchida-toshihiro@aist.go.jp
<http://unit.aist.go.jp/georesenv/explogeol/>

1. グループの研究目的

放射性廃棄物地層処分、土壌・地下水汚染、CO₂ 地中貯留、土木分野等の地圏環境分野における地盤・岩盤の評価やモニタリング、及び、地熱等の資源分野における地質構造調査に不可欠な物理探査技術の高精度化を目指し、各種探査手法の技術開発と適用研究を行う。平成 18 年度においては、放射性廃棄物地層処分場の岩盤評価・モニタリング、土壌汚染・地下水環境等の浅部地質環境評価、地中貯留された CO₂ の挙動把握、地盤の液状化ポテンシャル評価の4項目を中心に研究を行うとともに、技術シーズ開拓のための基盤的研究を進める。

2. グループの概要

1) グループ員

内田利弘(リーダー)
神宮司元治
中島善人
西澤 修
光畑裕司
横田俊之
松島 潤(産学官制度、東京大学)

2) 平成 18 年度の研究テーマ

原子力特研「地層処分場岩盤特性評価のための高分解能物理探査イメージング技術の研究」
環境省委託費「鉱物油等に起因する複合的な土壌汚染の環境リスク評価手法に関する研究」
産総研ハイテックものづくり PJ「地盤災害予防のための土木建造物メンテナンス用核磁気共鳴物理探査装置の開発」
産総研ハイテックものづくり PJ「マルチウエーブ高速 3 次元比抵抗トモグラフィ技術の開発」
ほか

3) 研究の概要

a) 地層処分場の岩盤評価・モニタリング

人工信号源電磁探査(CSEM)測定システムの改良と 3 次元野外データ取得実験、3 次元順解析プログラムの改良を実施する。反射地震探査データより弾性波減衰特性と亀裂卓越部を抽出するためのデータ解析

手法を検討する。NMR データから地層の水理特性を定量的に解析するため、粘土中の水の拡散に関する包括的なモデル構築を行う。光ファイバー熱伝導率計測によって廃棄体周囲の温度・含水率の変化をモニタリングする手法について詳細な検討を行う。

b) 浅部地質環境評価

土壌汚染、地下水環境、土木分野等における浅部地質環境評価のため、土木構造物メンテナンス用 NMR 計測装置の適用実験、マルチ送信比抵抗探査装置試作機の製作、油汚染土壌における地中レーダ、電磁探査、IP 法等の適用試験、電磁プロファイリング法データ解析ソフトウェアの開発と配布、河川堤防・泥火山地域等における地下水環境評価のための地中レーダ・電磁探査調査法の開発等を行う。

c) CO₂ 地中貯留における地層物性評価

地中貯留された CO₂ の挙動を地震波を用いてモニタリングするため、CO₂ 置換による弾性波減衰データの解析とそのメカニズムの解明を行う。

d) 地盤液状化ポテンシャル評価

ER-VPT(比抵抗貫入振動試験)による屋外および室内実験を継続し、液状化特性についての詳細な検討を行う。また、土壌汚染用 NMR ペネトレータ・プロトタイプ の性能試験を行う。

e) 物理探査技術の基盤的研究

地圏における資源開発及び地質環境評価のため、物理探査による地下構造の高精度イメージングのための技術開発を行う。今年度は、韓国地質資源研究院との地熱資源調査等に係る電磁探査法のデータ解析法について共同研究、ランダム不均質構造に起因する地震波の乱れ、パーカッションドリリング SWD データを用いた地震波干渉法による地下イメージング法の FS 等を行う。

3. 平成 18 年度の主な進捗状況

1) 地層処分場の岩盤評価・モニタリング

a) 岩盤評価のための物理探査法開発

深度約 2km までの地下比抵抗の 3 次元分布を高精度にイメージングするために、人工信号源を利用した電磁探査法の研究開発を実施している。その中で、周波数領域と時間領域の両方の測定が可能なハイブリッド領

域電磁探査測定システムを開発し、平成 16 年度は時間領域測定、17 年度は周波数領域測定の野外実験を茨城県東茨城台地の実証フィールドで実施した。両者の測定結果を周波数領域で比較して(図 1)、整合性のある結果が得られた。

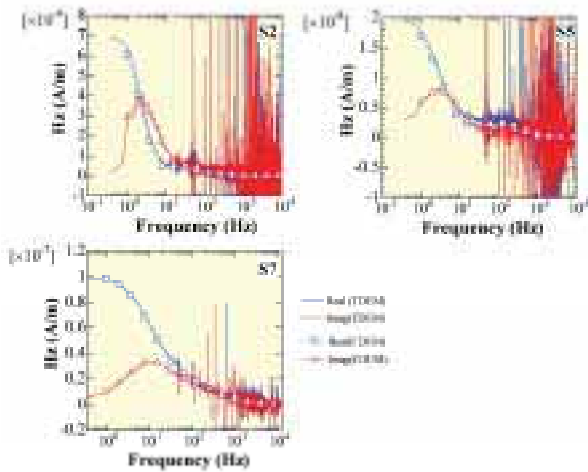


図 1: 周波数領域 (FDEM) と時間領域 (TDEM) 測定から得られた鉛直磁場 Hz の周波数スペクトルの比較。測点 S2, S5, S7 は送信源からそれぞれ約 2.2, 1.3, 0.7km 離れている。

地震波データ解析法の開発について、反射法地震探査データより抽出される速度情報と減衰情報を組み合わせた地層評価法を確立するため、反射法データから弾性波減衰情報を高精度に抽出するためのデータ前処理法について検討した。発震点ならびに受振点に起因する弾性波応答の差が減衰特性解析に及ぼす影響を考慮するため、サーフェスコンシステント振幅処理とサーフェスコンシステントスペクトル処理を施し、個々の波形の乱れを平滑化する前処理を検討した(図 2、図 3)。

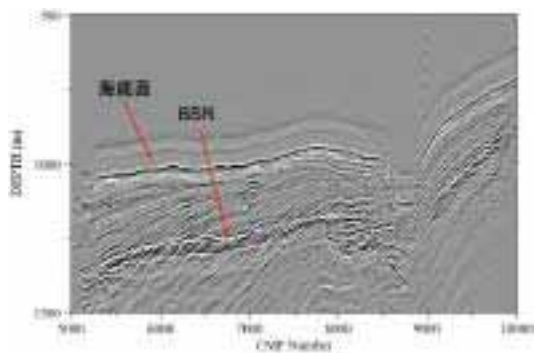


図 2: 東海沖海上地震探査データに対し、CMP 重合ならびに重合後マイグレーションを施した地震断面。

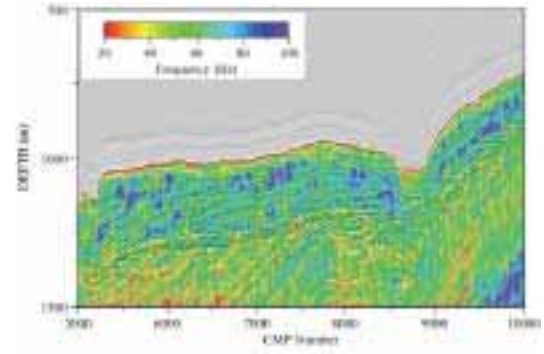


図 3: 図 2 に対して瞬間周波数を求め、図 2 に示した地震断面図に重ね合わせた。

b) 塩淡水境界把握調査のための電磁探査法の適用
沿岸域帯水層への塩水浸入域調査を目的に、様々な電磁探査法の適用実験を、九十九里浜平野に位置する蓮沼実験地域において実施している。平成 17 年度は、浅部の高塩分地下水に起因する低比抵抗領域の広がりを3次的に把握するために、面的に時間領域電磁探査(TEM)法調査を実施した(図 4)。結果として、深度5mぐらいから調査エリアの南東側で低比抵抗領域が現れ、深くなるにつれて北西方向に広がっている様子が把握できた(図 5)。

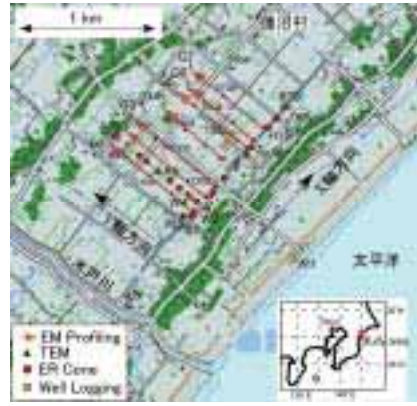


図 4: 蓮沼実験地域における TEM 法測点配置図。国土地理院 5 万分の 1 地形図を使用。

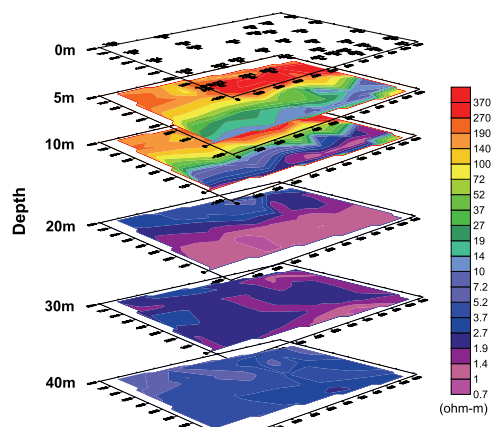


図 5: 各測点の TEM 法 1 次元逆解析結果より作成した比抵抗分布平面図。

2) 浅部地質環境評価

a) 土木構造物メンテナンス

老朽化した土木建造物のメンテナンスのため、トンネル・ダムなどのコンクリート構造物中の水を含む亀裂などの欠陥を非破壊で原位置計測できるプロトン NMR (核磁気共鳴) 計測装置を開発中である(図 6)。NMR は、他の物理探査手法と異なり、水分子から直接シグナルを得るので、コンクリート中の水で満たされた亀裂の幅を定量的に検出できるという特長がある。これまでの進捗状況は、探査深度 5cm の磁気回路を完成させ、探査深度 1cm のテストコイルを用いて、室内での模擬亀裂の開口幅の定量計測実験に成功したところである(図 7)。現在、コイルの探査深度を目標値の 5cm にすべく、テストコイルを改良中である。



図 6: 開発中の NMR 計測システムによる模擬亀裂試料の計測実験。磁気回路表面から 5cm 上方の感度領域に水で満たされた模擬亀裂試料があり、その直下 1cm にテストコイルが配置されている。

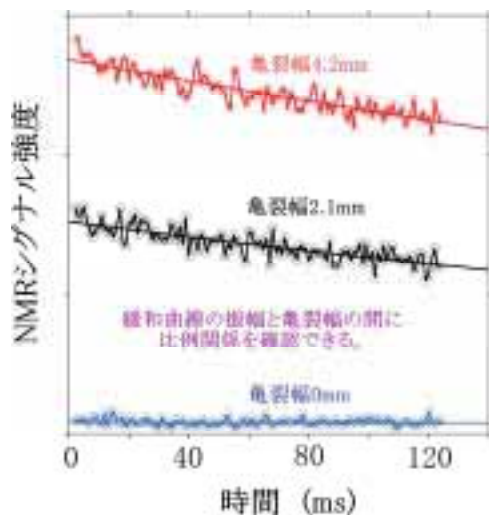


図 7: 図 6 の状態で計測した NMR 横緩和時系列データ。計測所要時間は 20 秒。亀裂幅にシグナルの振幅が比例していることに注意。このことは、適切なキャリブレーションを行えば、亀裂幅の定量が可能であることを示している。

b) マルチ送信比抵抗探査システムの開発

大規模な 3 次元比抵抗探査の実用化やリアルタイム比抵抗モニタリングを目指した電気探査装置の開発を実施している。単一周波数の電流を用いて送信電極と

受信電極を順次切り替えながら測定する従来の方式とは異なり、送信電極を切り替えることなく複数の異なる周波数の電流をそれと同数の電極から同時に送信し、複数の受信電極で同期検波により送信信号の周波数を分離しながら受信する方式を採用することによって、飛躍的に高速なデータ取得を行うことができる。これまでに試作装置を製作し、マルチ周波数送信の有効性を確認した(図 8、図 9)。



図 8: マルチ送信比抵抗探査システムの試作装置。

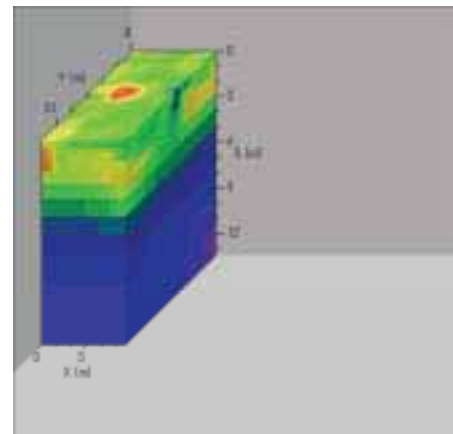


図 9: 試作機を用いた 3 次元探査実験の解析例。

c) 泥火山地域における地下水環境評価

泥火山とは、粘土が地下水や温泉水とともに地表に噴出して、火山に類似した堆積地形や陥没地形を生じたものであり、その流体噴出は、地下の異常間隙水圧により発生すると考えられている。泥火山の存在は、地下建造物の破壊や建造時のトラブルの発生などを引き起こす可能性があり、その周辺の地下構造の把握は、防災の観点から重要である。本研究では、石油やガスの存在に起因する泥火山が現在でも活動している、新潟県十日町市松代地区において、地中レーダ探査を実施し、浅部地下構造を明らかにした。実験を行った現場は、自動車練習場として使用されている場所で、その舗装道路上で 3 次元的地中レーダ探査を実施した。なお、実験には 200MHz の地中レーダアンテナを用いた(図 10、図 11)。



図 10：松代地区地中レーダ 3 次元探索測線図

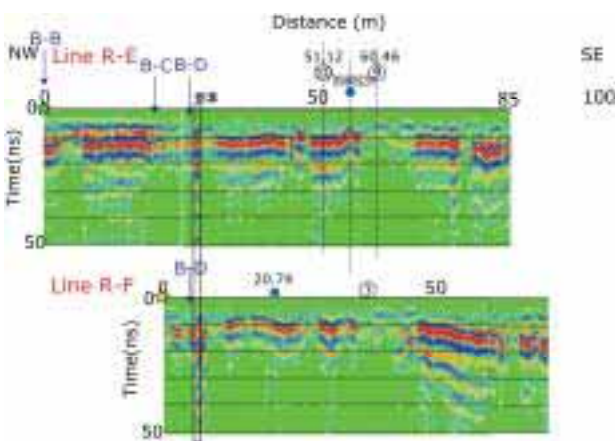


図 11：北西—南東方向測線での地中レーダ・プロフィール結果。同じ道路の両側に設置された測線でありながら、両者の差異は大きい。この地域の噴出泥水が、1000~1500 mS/m (= 0.67~1Ωm) という高い導電率を持っていることを考慮すると、地中レーダ・プロフィール測線 R-E の 60m 地点および測線 R-F の 40m 地点にみられる電磁波反射波の減衰は、測線 R-E の 55m 地点北東 10m にみられるガス・地下水・石油に伴う泥水の定常的な噴出を反映したものだと考えられる。

3) CO₂ 地中貯留における地層物性評価

地球環境技術研究機構が行った CO₂ 地下注入実験の際の坑井間地震トモグラフィ・データの再解析を行った。従来用いられてきた地震波線の線形インバージョンに代わり、有限波長理論を用いた非線形インバージョンを行い、CO₂ 貯留層の性状を正確に把握する。有限波長理論は波線の広がりを考慮するので、波線理論に比べ細かい変化をより詳しく検出できる。図 12 は有限波長理論における地震波の広がりを示している。地震波の広がりの影響を考慮すれば、波線理論で地震波が通過しないとされた領域の影響が受信点に現れることになり、イメージがより鮮明になることが期待される(図 13)。

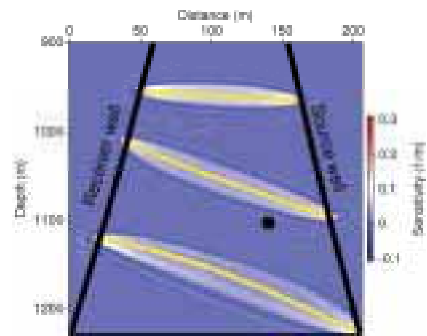


図 12：有限波長理論における地震波の影響領域。

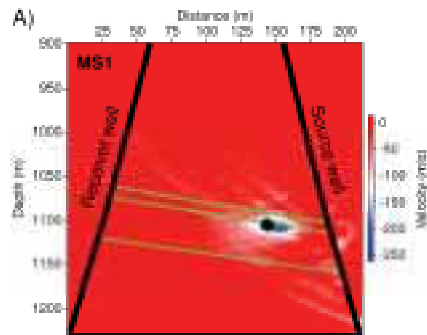


図 13：有限波長理論を用いた坑井間走時トモグラフィ解析結果。

4) 物理探査技術の基盤的研究

a) 地熱地域における電磁探査データ解析

韓国地質資源研究院 (KIGAM) との共同研究として、済州島において火山・地下水構造を解明することを目的に、MT 法・AMT 法調査を実施している。人工ノイズの除去のため、国土地理院の江刺観測所における MT 法モニタリングデータを使用するリファレンス処理を行い、比較的良質のデータが得られることを確認した。また、国内の地熱地域における AMT 法調査データについて 3次元解析を試みた(図 14)。

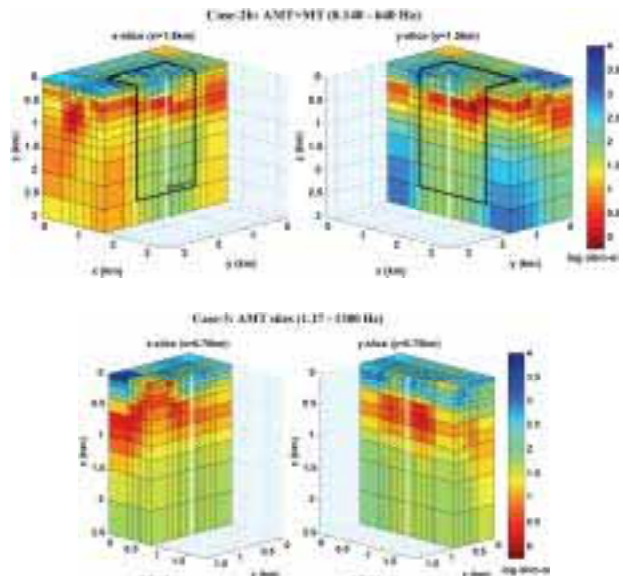


図 14：大霧地域 AMT 法データの 3 次元解析結果。3 次元モデルを x 軸、y 軸の鉛直面で切って表示。(上) AMT 法と MT 法データを使用、(下) AMT 法データのみを使用。上図の黒い太線枠は下図の表示領域を表す。x 軸は 150 度の方向。