

平成 29 年度廣川研究助成事業報告 (3)

Near Surface Geoscience Conference & Exhibition

2017 参加報告

小森省吾¹⁾

1. はじめに

私達は、国内外の様々な種類の地圏資源環境を利用・管理することでその恩恵を受けている。我が国では、石油・鉱物資源の多くを海外から輸入しており、海外での資源調査・開発・採掘がそれらの供給を支えている。近年では、資源の安定的な確保・供給の観点から、領海・排他的経済水域内における海底熱水鉱床・メタンハイドレート等にも注目が集まっている。また、日本国内での再生可能エネルギーの利用促進に絡み、火山・地熱地域における地熱ポテンシャルの評価が求められている。さらに、地下水資源の分布は、土壌汚染域のモニタリング・地層処分サイト周辺の岩盤の安定性把握に重要な鍵を握る。

こうした各種資源の分布把握を目的とした物理探査データ及び地下構造解析の重要性が増している中、人工ソースを用いた電磁探査手法、特に空中電磁探査は、その適用が世界的に拡大しつつある技術の1つである。また、IP（誘導分極）法電気探査も、金属鉱物資源探査や地下水流動域・汚染域の把握のために利用されている。これらの探査手法やデータ解析技術の開発は、特に欧米の大学・研究機関を中心に精力的になされており、SkyTEM（デンマーク）、VTEM（カナダ）といった空中電磁探査装置、Syscal Pro（フランス）、ABEM TERRAMETER（スウェーデン）といったIP探査装置、Aarhus Workbench（デンマーク）、pyGIMLi（ドイツ）といった解析ソフトウェアが、最新技術を取り入れながら、お互い競い合うようにリリースされている。日本においても、こうした欧米における探査・解析技術の最新動向を常に把握し、理解することは、国内における物理探査ニーズに十分応えることのできる調査技術の向上や、日本発の物理探査技術の創出につなげてゆくための手がかりとして非常に重要であると考えられる。

こうした背景を踏まえ、著者は Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2017 に参加し、最新技術の動向を調査するとともに、自身の研究について発表を行ったのでここに報告する。

2. Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2017 参加報告

本学会はヨーロッパ物理探査学会（European Association of Geoscientist and Engineers, EAGE）主催の国際学会で、2017年9月3日～7日の日程でスウェーデン・マルメにて開催された（写真1, 2）。開催地の近隣にはLund大学、橋を渡れば国境を越え隣国デンマークのAarhus大学



写真1 学会会場周辺。北欧らしい落ち着いた佇まいの中にある。

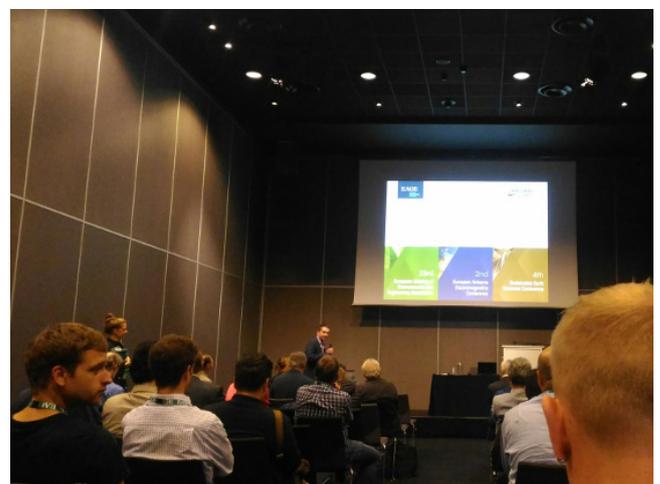


写真2 学会会場内。500名近い出席者が一堂に会した。

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、電気・電磁探査、Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2017

があり、いずれも欧州の電磁・電気探査技術開発を牽引している。本学会は、3つの学会を同時開催するのが特徴で、今回は地圏資源環境の利用・保全のための研究開発を取り扱う“Environmental and Engineering Geophysics”，空中電磁探査技術を取り扱う“Airborne Electromagnetics Conference”，持続可能なエネルギー利用についてのトピックを取り扱う“Sustainable Earth Sciences Conference”が開催された。全部で228件の発表が行われたが、そのうち、電気・電磁探査に関する研究は86件にも上り、いかに電気・電磁気研究が欧州で活発に行われているかがうかがえる。

本研究分野における技術開発が盛んな背景には、石油・金属鉱物資源開発のための物理探査という側面はもちろんあるが、その他に欧州特有の事情がある。欧州では、地下水を生活用水に利用することが多く、現在ほど環境規制の強くなかった時代に地中に埋設された産業および生活廃棄物や天然の地層(例えば black shale)，工場から漏洩・拡散する重金属やヒ素といった有害物質からいかに都市の水資源を守るかが特に重要なタスクとして位置づけられている。また、日本と同様に、地層処分に伴う岩盤安定性の評価も水資源の保全に直結する問題として重要視されている。

講演では、IP法電気探査・空中電磁探査技術ともに、データ解析技術の開発・フィールド調査に関する研究発表が中心であった。IP法電気探査に関しては、より複雑な地形・構造を考慮するため、非構造格子を利用した地下構造のモデリングが現在のトレンドとなっているようである。また、近年研究者の間で普及が進んでいるフリーの

プログラミング言語“Python”を利用した逆解析システムの構築に関する研究発表も見られた。

IP法電気探査のフィールド適用に関しては、廃棄物の埋め立て処分場において、時間領域IP法とスペクトルIP法のそれぞれでデータを取得し、解析した結果の比較が紹介されていた。スペクトルIP法は複数の周波数帯域の交流電流を送信することで、地層中のIP異常の大小を電位波形と電流波形の位相差の周波数依存性として詳細に把握することができる反面、EMカップリングやケーブル間のカップリングがノイズとなり、高周波帯域のデータを解析に利用することが困難であること、低周波域のデータ取得に非常に時間がかかることが問題である。一方、時間領域IP法は直流電流を用い、一定時間通電後に電流を遮断することで、計測する電位差の時間減衰の緩急から、地層中のIP異常の大小を把握する手法で、短時間で計測が可能な上に電氣的ノイズを受けにくい。IP異常の周波数依存性は直接的に分からず、解像度に欠けるのが問題であった。しかしながら、近年の解析技術の進展に伴い、時間領域IP法のデータを用いて地下のIP異常の周波数依存性を推定するための逆解析手法が開発され(Fiandaca *et al.*, 2016)，本手法を用いることでスペクトルIP法と同等レベルの調査・構造解析が時間領域IP法によっても実現可能であることが明瞭に示された。

ちなみに著者は、本学会において、沖縄県沖合での海底熱水鉱床掘削(戦略的イノベーション創造プログラム「次世代海洋資源調査技術」)で実施した、鉱床を構成する堆積層のIP特性計測についての研究成果発表(Komori *et al.*, 2017)を行った(写真3)。本研究では、掘削試料の比抵

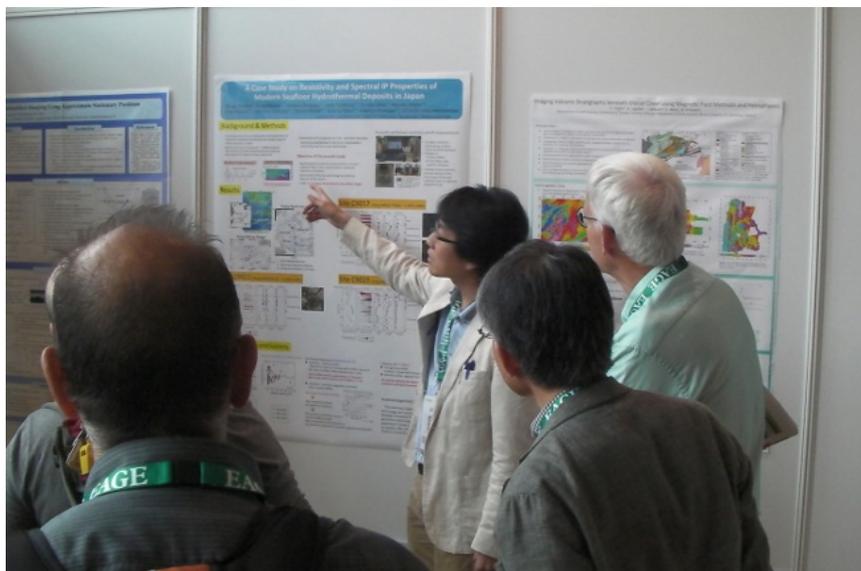


写真3 著者のポスター発表時の様子。

抗・IP特性やその他の物理的特性について、詳細な深さ方向のプロファイルを取得している。高温の熱水により今まさに形成されつつある硫化鉱床の物性を明らかにした点で貴重なデータセットであるとのコメントの他、データ取得の詳細や解析結果の妥当性についての質問を受け、今後の研究の見通し・方針について、改めて整理することができた。

空中電磁探査のデータ解析技術開発に関しては大学が中心となって取り組んでおり、莫大なデータ量を取り扱わねばならない中、構造の推定精度を保ちつつもいかに計算コストを減らすかが重要な研究対象となっている。一方で、探査機器を扱う企業は探査能力向上のための機器開発に野心的に取り組んでおり、より軽量・小型で高出力な（発生する磁気ダイポールモーメントが大きい）空中電磁探査装置の紹介がなされていた。空中電磁探査は、短時間で圧倒的に大量のデータを広範囲に取得できる反面、地上での小規模調査と比較して調査に係る手続きが大変な上にトータルコストもかかる。そのため、大規模なフィールド調査は各国の地質調査所が中心となって実施しているケースが多く、本学会でも、スウェーデン・ノルウェー・フランス・ドイツ・アイルランド・デンマークの各地質調査所による調査およびデータ整備の事例が発表されていた。

また、本学会では多くの探査機器・ソフトウェア開発企業および調査機関のブースが出展しており、IRIS Instruments, ABEM, Aarhus GeoSoftware, Geological Survey of Sweden, Norwegian Geotechnical Institute, BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) 等のブースを訪問した(写真4)。開催地の地元である

Geological Survey of Sweden はスウェーデンの地質図の展示と共に、空中電磁・重力探査による比抵抗・重力分布の成果を展示していた。また、デンマークの Aarhus GeoSoftware 社は Aarhus 大学の Hydrogeology Group が開発したデータ解析ソフトウェアの販売元で、ソフトウェアパッケージ“Aarhus workbench”をリリースしている。これは、モジュール化されたIP法電気探査・地上での電磁探査・空中電磁探査に関するデータプロセス・逆解析コードを運用するための統合プラットフォームで、データや逆解析結果を本プラットフォームに実装されたGIS上に表示することも可能である。さらに、SkyTEMに限るものの空中電磁探査の生データを研究者自身で詳細に取り扱うことが可能なモジュールも販売しており、非常に魅力的かつ実用的なソフトウェアであると理解したと同時に、彼らの技術力の高さを感じた。

3. おわりに

本学会の参加を通じ、欧州では、EUという共通の枠組みの下、各大学・研究機関・企業の得意とする研究分野・コア技術が互いの切磋琢磨の上うまく発揮され、それらが有機的に連携することでレベルの高い研究開発が継続的になされている印象を受けた。また、国や大学-企業の垣根を越えた研究人材の交流も豊富で、共同研究に結びつきやすい素地があるのも、研究レベルの高さ・開発スピードの速さにつながっているのではないかと考えられる。今後は、本学会で得られた技術的な知見を活かした新しい電気・電磁探査技術の研究開発を目指すと共に、日本におけ



写真4 企業展示の様子。全部で35の企業展示が盛況に行われた。

る物理探査技術開発の拠点として、産総研がどのように機能し、企業・大学と連携していけるかといった点についても、中長期的な視点から検討していきたい。

謝辞: 今回の技術動向調査は平成 29 年度廣川研究助成のもと、大変有意義に実施することができました。本助成事業の関係の皆様には感謝申し上げます。

文 献

Fiandaca, G., Madsen, L. M., Christiansen, A. V. and Auken, E. (2016) An analysis of spectral content of time-domain induced polarization data using Markov chain Monte Carlo. *American Geophysical Union 2016 fall meeting abstract*, H31D-1414.

Komori, S., Masaki, Y., Tanikawa, W., Torimoto, J., Ohta, Y., Makio, M., Maeda, L., Ishibashi, J., Nozaki, T., Tadai, O. and Kumagai, H. (2017) A Case Study on Resistivity and Spectral IP properties of modern seafloor hydrothermal deposits in Japan, *23rd European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics abstract*, We 23P1 06.

KOMORI Shogo (2018) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2017 fiscal year: trend survey of electromagnetic investigation techniques at Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2017.

(受付: 2018 年 7 月 11 日)