

# 物理探査 ニュース



公益社団法人 物理探査学会  
The Society of Exploration Geophysicists of Japan

Geophysical Exploration News January 2017 No.33

## 目次

ホント? SFの中の探査 12	1
現場レポート 英国での浅海底下CO <sub>2</sub> 放出実験 (QICS) における電気探査の裏話	2
秋季講演会報告	6
秋季講演会学生レポート	7
脱線物探英語 14	8
「Quest for Oil」に挑戦	10
賛助会員リスト	11
お知らせ・編集後記	12



## ドラえもんで物理探査 ～宝さがし機で財宝さがし～

海洋研究開発機構 笠谷 貴史



ドラえもん、知らない人は居ないでしょう。どら焼きが大好きな設定のネコ型ロボットのアシです。自分が生まれる前から連載されているので、自分がアニメや漫画を見ていた時点で、すでに連載されてから10年が経っていたことに、改めて調べてみて気がつきました。最近、娘がドラえもんを見たいと言うので、久々にテレビで見ってみました。アニメは声優さんが変わっているのでちょっと違和感ありますが、今もまだ自分の子供がアニメとコミックを見ているのに、ちょっとした感動を覚えます。

さて、本題。ドラえもんと言えば、のび太が困ると出てくる、物によってはちょっと微妙な「ひみつ道具」の数々ですね。皆さんも「こんなん、ホンマにあつたらよいのになぁ。」と思った道具があったのでないでしょうか。自分もタケコプターや暗記パン、どこでもドアなんてあつたらよいのにと考えていたことを懐かしく思います。ネット時代の昨今、ひみつ道具をデータベース化したサイトを複数見つけることが出来ました。

何かネタになるひみつ道具は無いかと、データベースのサイトをちまちまと眺めていてふと目にとまったのは「宝さがし機」でした。「確かに見たことあるなぁ」と懐かしく思いつつ、これは物探ネタでしょう、と言うことで今回は「宝さがし機」です。図1に宝さがし機を描き起こしてみました。どうでしょう、記憶に有りますでしょうか。この宝さがし機が掲載されているのはてんとう虫コミックス第15巻の「珍伽羅峠の宝物」です。このひみつ道具、100m以内にある宝物を見つけてくれますが、1000円以下のものには反応しないという代物。物質ではなく、金額で「仕様」が決まっているところは、物理探査屋さんとしては何となく微妙な道具です。ただ宝物を検出するやいなや、アナログメーターで知らせると共に、アンテナが宝物を指し、場所までナビゲートしてくれるのは素敵な仕様です(図1)。

このお話では、この宝さがし機を持って埋蔵金に関する本を読んだドラえもんと のび太が珍伽羅峠に2000万両と言われる財宝を探しに行きます。ただ、この道具、100m以内に近づかないと検出できません。水平も深さ方向にも100mが探知距離と思われるので、相当効率的な探査計画がないと見つけるのは難しそうです。ドラえもんと のび太は、珍伽羅峠という情報だけで財宝探しを始めていて、やみくもに探しているだけの2人に

はなかなか見つけることが出来ません。探査計画としては大変残念なやり方と言わざるを得ませんね(笑)。

そのうち、とある農家の庭に反応があり、勝手に穴を掘って埋められていた壺を見つけます。地権者の許可を取らずに探査と掘削をしているので、セオリーとしては残念な限りです。壺の中には預金通帳が入っていて、農家のおじいさんの金庫代わりだったことが分かりますが、預金通帳に書かれた金額も探知できる道具だと言うことが分かります。これはすごい。

その後も探査を続ける2人。次に見つけたのは地上げ屋とおぼしき人の札束入りのリュックでした。この地上げ屋は先ほどの農家のおじいさんの山を買いに来た人のようですが、おじいさんに追い返されます。その後、雨が降ってきてけんかを始める2人ですが、また大きな反応があります。アンテナに従って行くと崖崩れの現場から反応があるようです。そこを掘ると1万円札の束が。実は地上げ屋が崖崩れに巻き込まれていて、土砂に埋まったそれを見つけたようです。結局人助けをするのですが、崖崩れが起きたばかりの現場に入っていくのは二次災害の観点からはアウトでしょうか。

ちなみに、宝さがし機の掲載されたコミックス第15巻を見るために、娘の遊びもかねてわざわざ藤子・F・不二雄ミュージアムまで行きました。しかし、灯台もと暗し。娘を通わせている学童にあるのを先日見つけて、ガッカリしたのは娘には秘密です。

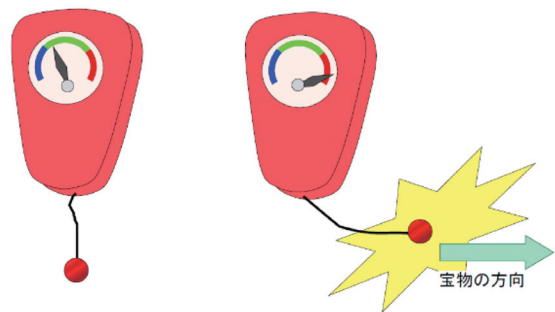


図1 宝さがし機のイメージ

### <参考文献>

藤子・F・不二雄, ドラえもん第15巻(てんとう虫コミックス), 小学館。



# 英国での浅海底下CO<sub>2</sub>放出実験(QICS)における電気探査の裏話

一般財団法人 電力中央研究所 海江田 秀志

## 1. はじめに

地球温暖化対策として二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の大気中への排出量削減が世界的に重要な課題となっています。この方策の一つとして、大規模な排出源でCO<sub>2</sub>を回収して地中などへ貯留するCO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS, Carbon-dioxide Capture and Storage)が有効と考えられていますが、CCSの実施にはその費用を誰が負担するのか、貯留したCO<sub>2</sub>が漏れ出すことは無いのか、万一漏れ出した場合周辺の環境にどのような影響があるのか、またその責任を誰が負うのかなど、解決しなければならない課題が多いのが現状です。

英国では、海底下の地中に貯留したCO<sub>2</sub>が万一漏洩した場合の検出方法や、環境への影響について調べるため、QICSと名付けた小規模な現場実証実験を実施しました。この実験には日本の大学や研究機関なども参加し、電力中央研究所(以下、電中研)もCO<sub>2</sub>が漏洩した場合の検出方法の一つとして、電気探査によるモニタリングを提案して参加しました。

この電気探査の計測結果については昨年の物理探査学会学術講演会で発表していますので、講演論文集をご参照下さい(海江田他、2016)。ここではQICS実験の概要をはじめ、実験実施のため英国でどのような調整がなされたのか、また電気探査における現場作業の苦労や失敗などについて紹介します。

## 2. 浅海底下CO<sub>2</sub>放出実験(QICS)の概要

### 2.1 実験の背景

英国や日本では陸域の地下はCO<sub>2</sub>を貯留する場所の確保が難しく、海域の地下に貯留する可能性が高いと考えられます。そこで、英国ではCCSIに関係する研究者が集まり、安全で安心なCCSの実施のためには、海域の地下に貯留したCO<sub>2</sub>が万一海中に漏れ出した場合、漏れ出したことをどのようにして検出するのか、また周辺の環境にどのような影響が生じるのか、について検討しました。CO<sub>2</sub>による生物などへの影響については、これまでも実験室などで行われていますが、これらの実験では現象を単純化しているため、実際の影響については不明な部分が多いと考えられます。そこで、実際の海域で図1に示すようにCO<sub>2</sub>を海底から放出する実験を実施することにしました。

この実験は、英国プリマス海洋研究所のBlackford博士がプロジェクトリーダーとなり、英国研究委員会(Research Councils UK)、英国自然環境調査局(Natural Environment Research Council)、スコットランド政府お

よび日本の複数の機関が資金を出し合って参加し、QICS(Quantifying and Monitoring Potential Ecosystem Impacts of Geological Carbon Storage)と名付けられました(QICS Web site: <http://www.bgs.ac.uk/qics/home.html>)を参照)。

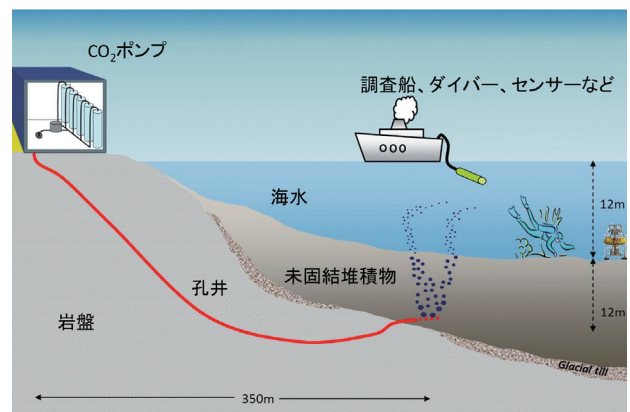


図1 QICS実験の概念

(<http://www.southampton.ac.uk/oes/research/projects/qics.page> に加筆)

### 2.2 実験実施のための地元調整

英国におけるCCSIは北海の海底下をCO<sub>2</sub>の貯留場所として実施する可能性が高いことから、北海の海底に類似した地質であること、地元の理解が得られること、地元を協力してくれる研究機関あるいは企業があること、ダイバーなどによる現場作業や現象の確認を容易にするため、水深10m程度以浅であることなどの条件で、図2に示す英国スコットランド西岸の町Obanの北約6kmにあるArdmucknish 湾が選ばれました。

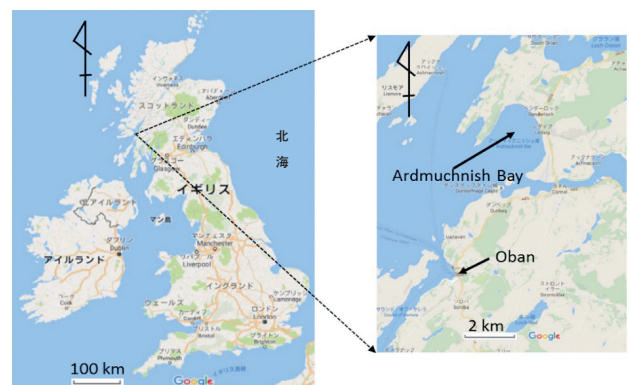


図2 QICS実験現場(Ardmucknish Bay)の位置

Obanは人口8千人程度の漁港で、周辺の島を結ぶ大型のフェリーが入りし、春から夏季の旅行シーズンには多くの観光客が訪れます。ウイスキーの蒸留所(Oban distillery)

があり、1880年代に鉄道が開通して地域の産業も活性化され、観光業も発展して栄えたとされています。町の標識には英語とゲール語が併記されているのもあり、Obanはゲール語で「小さな湾」という意味だそうです。

CO<sub>2</sub>放出実験実施のための許可などの手続きは、それまで海底からのCO<sub>2</sub>放出に関する規制や基準がなかったため、規制当局の担当者との協議では苦労したようですが、協議を繰り返すことにより信頼関係が築けたとのこと。また、地元では産業界の代表者、法規制者、政府、プランナー、海洋使用者、一般市民、非政府組織などで構成される利害関係者諮問会を設立して、このメンバーと不定期開催のワークショップ、電話会議、個人的な連絡のやり取り、あるいはEメールを介してコミュニケーションが図られました。さらに、住民へは印刷物の配布、ラジオやテレビのインタビュー、学校での説明、実験サイトの見学なども実施しました。CO<sub>2</sub>の放出実験中は24時間体制で人員を配置し、見学や問い合わせに対応すると共に、Facebookなどを通して毎日の活動(CO<sub>2</sub>放出量など)と調査結果について情報を提供しました。特に、地元への説明はQICSの参加機関であるSAMS(Scottish Association for Marine Science)のスコットランド人の学生Tayler氏やスウェーデン人のStahl教授らが行いました。これをイングランドから来たBlackford博士らが行うと、まず地元の理解は貰えなかったらうとのこと。また、日本の研究者も参加しており、国際的にも関心の高い実験であるとの説明も効果的だったようです。地元の住民からの質問の多くは、「なぜこの場所で実験する必要があるのか」ということで、これについては「英国では大規模なCO<sub>2</sub>の貯留場所として北海の海底を考えており、Ardmacknish湾は地質的に北海の海底に似ており、しかも浅い海底であることが実験には重要で、この場所が最適である」と説明して了解を得たようです。

### 2.3 現場実験状況

QICSの現場実験の実施においては英国と日本の研究者が専門分野毎に作業チーム(WP:Work Package)を作り、事前にEメールなどで研究内容や現場での計測方法などの調整を行いました。2011年10月24、25日に英国と日本の関係者がSAMSに集まり、現場を視察したり(写真1)、それぞれの研究の目的、現場作業計画、計測機器の配置などについて、WP内や全体で検討しました。

実験では図1に示すように海岸から約350m沖の水深10~12mの海底下11mの地点まで孔井を掘削して、孔井内に設置したケーシングパイプの先端に取り付けた長さ5mのディフューザーからCO<sub>2</sub>を放出させました。2012年5月17日から6月22日までの37日間連続で、流量を1日に10kgから最大210kgに増加させてCO<sub>2</sub>を放出し、総量は4.2tonでした。事前の数値シミュレーションでは、地下の物性に関するデータがほとんどなく、かなり大雑把な予測で、CO<sub>2</sub>放出開始から2、3日で海底からCO<sub>2</sub>が漏れ出る

だろうと見込んでいました。ところが、実際は1日も経たない内にCO<sub>2</sub>の気泡が海底から出ていることがダイバーにより確認され、サンプリング作業の関係者は大慌てでした。CO<sub>2</sub>の放出量の増加に伴い海底から湧出するCO<sub>2</sub>気泡の量が多くなり(写真2)、湧出範囲も広がっていることが確認されました(Blackford et al., 2014)。



写真1 実験現場の海岸に集まったQICS関係者 (QICS Fact Sheet 12より)

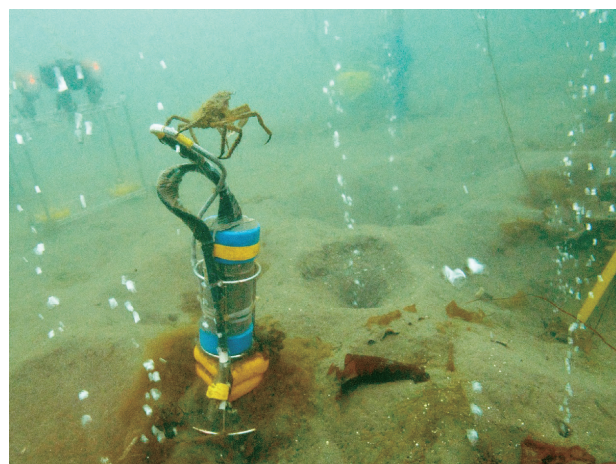


写真2 海底下から放出したCO<sub>2</sub>の海中への漏出状況 (QICS Fact Sheet 4より)

## 3. 電気探査の作業

### 3.1 電気探査の概要

海底下の地中に貯留されたCO<sub>2</sub>が海中に漏出する場合、浅い海底下ではCO<sub>2</sub>は気泡となって地中を上昇すると考えられます。CO<sub>2</sub>の気泡は電氣的には地層水に比べ高比抵抗であり、CO<sub>2</sub>気泡の流動域や分布域は高比抵抗異常として捉えられる可能性があります。また、地下で流体が動くとその周辺で電位差が生じ、周辺の電位の変化(自然電位の変化)を調べると、流体の動きを推定できる可能性があります。そこで、電中研では、①CO<sub>2</sub>放出前の海底の比抵抗構造とCO<sub>2</sub>放出中および放出直後の比抵抗構造の変化を調べる、②CO<sub>2</sub>放出前後および放出中のCO<sub>2</sub>放出箇所周辺の自然電位の変化からCO<sub>2</sub>の流動状況を調べる、の二つのテーマを提案しました。地下の地質や物性値が等方均

質ならば、CO<sub>2</sub>は海底では放出箇所の直上を中心に同心円状に拡がると推定されます。そこで、電気探査用の電極は図3に示すように、CO<sub>2</sub>放出箇所を中心としてそこを取り囲むように放射状に配置しました(海江田他, 2016)。

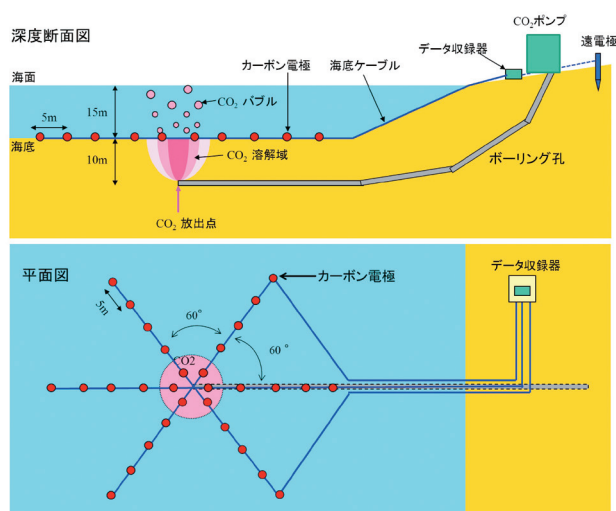


図3 電気探査の電極配置(上：深度断面図、下：平面図)

### 3.2 電気探査実施の苦勞

電気探査により地下の比抵抗構造を評価するには、海底下に電気を流す必要があります。しかし、海底に電気を流すと、実験地点の環境や実験条件に影響があるのではないかと他の研究者から懸念され、CO<sub>2</sub>の放出前や放出中も電気を流すことはできませんでした。実施できたのは生物や化学的調査のためのサンプリングや計測が終わり、海底に設置した機材もすべて撤去されてからとなり、CO<sub>2</sub>の放出が終わって約3ヶ月も経ってからでした。CO<sub>2</sub>放出中の海底からのCO<sub>2</sub>気泡サンプリング結果などによれば、海底下から放出されたCO<sub>2</sub>のほとんど(85%程度)は地中に留まっている可能性が高い(Blackford et al., 2014)とのことなので、放出されたCO<sub>2</sub>の多くはしばらく地下に残っているものと考えられました。

なお、バックグラウンドの計測は後述するようにCO<sub>2</sub>放出実験の後、約4年経過した2016年5月まで待つことになりました。

#### 3.2.1 2012年の計測

電気探査計測用のケーブルは、先端から5mおきにカーボン製の電極が10個ずつ付いた10芯で長さ400mの防水ケーブルで、日本で製作して船便で現地まで輸送しました。現地では写真3に示すようにSAMSのダイバーにより海岸から沖合にケーブルを出して海底に這わせました。陸上ではとても重いと感じましたが、海底では軽くて浮き上がりそうだとダイバーからの指摘で、慌てて海底に固定するためのピンを用意し、適当な間隔でピンで海底に固定しながら設置して貰いました。ケーブルの長さは引き回しの余裕を50mとしましたが、3本のケーブルの内1本が海岸

までぎりぎり届いたという状況で、海岸の岩場に収録装置を設置せざるを得ませんでした。そこで、風雨対策のためのコンテナボックスや防水シートなどObanの町中を探し回り、何とか防水対策を施しました。ところが、ケーブルの設置が終わった翌日に、1本のケーブルの一部が断線していることが判りました。実験海域は観光地でもあるので、レジャーボートやヨットなどが遊覧しており、夜間に碇などで引っかけられたのではないかとのことでした。やむを得ず傷ついたケーブルを回収して断線箇所を修理し、再度設置し直そうとしたところ、ちょうどその日から天候が悪くなり嵐となりました。海も波が高くダイバーも作業ができないとのことで、修復したケーブルが設置できたのは4日後のCO<sub>2</sub>放出開始予定日の前々日でした。



写真3 海底へのケーブル設置作業

自然電位計測のための基準電極は当初データ収録地点から30m程度沖に、長さ60cm程度の棒状のカーボン電極を砂の中に打ち込み、重石を載せるなどして海中に設けました。この基準電極と断線していないケーブルの電極20点で数日間自然電位を計測しましたが、前述の嵐で実験現場の海岸にも大波が打ち寄せたらしく、嵐が治まって現場に行くと、基準電極が付いたケーブルと海草(Kelp)が絡まり、無残にも基準点のカーボン電極が海岸近くの海中で波に揺られていました。そこで、また新たに基準電極の設置が必要となりましたが、計測は数ヶ月間続き、その間ほとんど無人でデータを収録しなければならないことや、海岸付近の海中に設置しても、また嵐が来た場合基準電極が同様のダメージを受ける可能性があることから、最終的には海底に設置した30点の内の最南端の電極を基準として、他の電極との電位差を計測することにしました。

CO<sub>2</sub>の放出は孔井掘削やCO<sub>2</sub>放出の流量調整の作業の遅れのため、筆者らが現地に滞在中には始まらず、データ収録器を自動にして現地を引き上げました(写真4)。CO<sub>2</sub>の放出は筆者らが帰国した翌日から開始したとのことでした。

その後、6月に現地を訪問した時はCO<sub>2</sub>の放出が続いており、自然電位のデータ収録システムのデータ量もそれなりに増えていました。ところが、収録器設置時のパソコンと回収用のパソコンが異なったためか、同じOSであるにもか

かわらず、収録器とパソコンの接続がうまく行かず、他の研究者のパソコンでもダメで、データが回収できませんでした。今回用いた収録器は計測を中断すると、新たなデータは古いデータに重ね書きになるため、断腸の思いでバッテリー交換のため収録を中断して収録を再開しました。これで収録開始からのデータが消えてしまいました。残念無念。その後、9月に訪れた時は、収録器を設置した時と同じパソコンで処理したため何の問題もなくデータが回収できました。データ解析の結果、6月17日に行われたCO<sub>2</sub>の放出流量の増加に伴って、自然電位が大きく変化していることが確認されました(海江田他, 2016)。

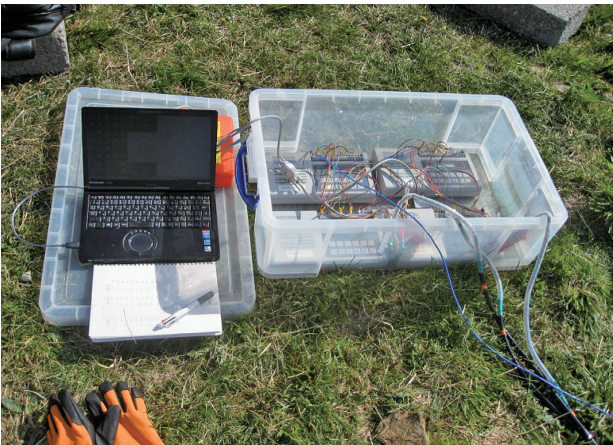


写真4 自然電位データ収録システム

CO<sub>2</sub>の放出は6月22日に終了しましたが、その後生物や化学分析のためのサンプリングや計測が続けられました。9月20日にすべての作業が終わり、海底に設置した機材も撤去され、ようやく電気を流しても良いとの連絡があり、電気を流しての計測を9月21日に実施しました。計測は2極法により行い、データ収録地点から北西に約300m離れた地点の海底に設けた電流遠電極と各電極との間に、16秒周期の交替直流を約0.8A流しました(海江田他, 2016)。後日ケーブルの回収を行ったダイバーから、海底の電極付近では何の異常も見られなかったとのことで、海底での電気探査は1A程度の電流であれば環境上問題ないと思われます。

### 3.2.2 2016年の計測

2016年の計測は英国の関係者は予算が確保できなかったため、日本の関係者のみでの計測となりました。電中研では、2012年はバックグラウンドの計測ができなかったため、改めて計測することにしました。4年も経てば海底から放出されたCO<sub>2</sub>のほとんどは地中から抜けているだろうと想定しました。2012年の計測と同様にカーボン電極が付いたケーブルを新たに製作して、SAMSに事前に送付し、2012年の計測と同じように設置してくれるように依頼しました。SAMSのダイバーによればGPSなどを用いて、2012年の計測とほぼ同じ位置(数十cmの精度)で電極を設置できたとのことでした。

筆者らは5月24日に現地に到着し、ケーブルの状態など

を確認して観測機器を設置しました。前回同様電気を流す計測は他の計測が終わってからとなり、とりあえず自然電位の計測を行いました。5月28日までに他の計測が終わり、ようやく電気を流すことができるようになりましたが、皮肉にもそれまで良かった天気その日に限って朝から雨になりました。翌日には帰国しなければならず、どうしてもその日の内に計測を終えなければなりませんでした。写真5に示すように雨合羽を着て、計測機器が濡れないようにブルーシートで簡易の屋根を掛けての計測となりました。さらに、計測データに高周波のノイズが混入しており、その原因究明と対策のため、冷たい雨の中ケーブルのチェックや計測機器の配線確認など慌ただしい作業となりました。試行錯誤の結果、流した電流とそれによる電位変化が計測でき、夕方暗くなり始める頃までに何とか計測を終えることができました。そして、この結果と2012年の計測結果との比較から、海底下のCO<sub>2</sub>気泡の流動によると思われる比抵抗の変化が捉えられました(海江田他, 2016)。



写真5 雨中の比抵抗探査計測作業(左：(有)ネオサイエンスの城森 明氏、右：電中研の鈴木浩一氏)

## 4. おわりに

CCSの安全で安心な実施には、地下に貯留したCO<sub>2</sub>が想定通り留まっているかの確認や、万一漏れたら環境にどのような影響があるかの把握が必要です。QICSの現場実験ではこのような現象の理解に重要なデータが得られました。

筆者にとってはQICSの現場実験において海底での電気探査が実施でき、CO<sub>2</sub>気泡の流動によると思われる比抵抗や自然電位の変化が捉えられ、CO<sub>2</sub>のモニタリングの可能性が示せたことは大きな成果で、今後さらに発展させたいと思っています。

### 参考文献

- 海江田他, 2016, 英国浅海底CO<sub>2</sub>放出実験(QICS)サイトにおける電気探査, 物理探査学会第135回学術講演会論文集, pp.174-177.  
Blackford et al., 2014, Detection and impacts of leakage from sub-seafloor deep geological carbon dioxide storage. Nature Climate Change 4, pp.1011-1016, Doi: 10.1038/nclimate2381.

# 第135回(平成28年度秋季)学術講演会 —開催報告—

学術講演委員会

第135回(平成28年度秋季)学術講演会が平成28年10月26日から28日の3日間、北海道室蘭市の室蘭工業大学で開催されました。内容は一般講演、特別セッション、特別講演、交流会、見学会、企業展示で、参加人数・件数は、講演会116名(うち学生14名)、交流会74名(同4名)、見学会33名(同6名)、一般講演64件(口頭54件、ポスター10件)、特別セッション5件、特別講演2件、企業展示2件でした。

特別セッションは講演会の活性化を目的として新たに設けられました。今回は北海道に関係が深く近年脚光を浴びている地熱をテーマとし、第一線でご活躍の皆様に講演をお願いしました。一般講演と特別講演の間くらい的位置付けとなります。今後、講演会開催地のご当地もの、その時々注目されている技術や調査、過去の受賞者の講演等をテーマとして随時行います。

また、会誌編集委員会の松島潤氏から会誌の電子出版への完全移行について説明がありました。

特別講演1件目は上滝尚史氏(出光興産)の「我が国における地熱開発」と題する講演です。地熱発電はクリーン、国産、再生可能、安定的という特長を持ちます。現在、国内18箇所まで52万kw、日本の発電量の0.24%を地熱発電が占めます。発電量は1990年代まで増加していましたが、それ以降は減少傾向にあります。日本は世界第3位の地熱資源を持ち、政府は2030年までに発電量150万kw、現状の3倍増を目標としています。地熱調査は地下数kmの貯留層とキャップロックを対象とする物理探査、地化学探査、地表踏査から始まり、掘削調査を経て貯留層評価へと続きます。出光の地熱への取り組みは九電と共同で大分の滝上発電所で1996年に発電を開始し、現在27,500kwで発電しています。同所ではバイナリー発電施設を建設中です。地熱開発に際しては環境への配慮や地域との協調が必須です。出光は阿女鱒岳地域と子安地域は3社共同で、磐梯地域はオールジャパンの11社で開発しています。演者のお名前と発電所名は順序は違いますが同じ漢字2文字です。演者と地熱とのご縁を感じました。

特別講演2件目は藤本和徳氏(北海道自然エネルギー研究会)の「鳥瞰図に見る胆振を代表する温泉—草創期から発展期の登別温泉と洞爺湖温泉のすがた—」と題する講演です。登別温泉は江戸後期の最上徳内の蝦夷草紙や北海道の名付け親である松浦武四郎の蝦夷日誌に書かれ、その存在は知られていました。明治期に温泉地への道路が整備され、その後、馬車鉄道、蒸気機関車、電車が開通し、温泉への足が確保されるようになります。滝本金蔵らにより温泉宿も建てられ温泉地として発展します。当時の鳥瞰図を拡大すると馬車鉄道の車両が描かれていることがわかります。建物に名前が書かれている鳥瞰図には現在まで

続いている店舗も見られます。洞爺湖温泉は1910年の有珠山噴火をきっかけに誕生し、1917年に三松正夫らが源泉を発見しました。温泉街は1944年、1977年、2000年の噴火で被害を受けています。温泉街草創期の鳥瞰図に洞爺湖温泉ホテル、第一ホテルなどの位置や形状が忠実に描かれています。

交流会は、山中浩明会長の挨拶、本荘静光氏による乾杯のご発声と続き、河内邦夫氏(室蘭工業大学)からご挨拶がありました。河内氏ご自身が製造に関与されたニセコ産ワインのご提供や地元出身の和太鼓ZINKAの演奏により交流会は盛り上がりました。

見学会は3日目午後河内氏の案内で洞爺湖有珠山ジオパーク周辺を巡りました。室蘭工大を出て室蘭港の周囲の工場群や新旧室蘭駅舎近くを通り、湾口に架かる白鳥大橋を渡り山中へ入ると、緩やかな斜面に多数並ぶ風力発電のプロペラが見えます。有珠山に近付き木々の間に見え隠れする昭和新山を車窓から眺めた後、洞爺湖ビジターセンターに立ち寄りました。ここでは、2000年の噴火で熱泥流に直撃された団地や町営公衆浴場、100mも流されてきた橋等の災害遺構や防砂ダムを見学しました。美笛峠を越えて支笏湖畔を経て、16時半に新千歳空港で解散となりました。

室蘭工大キャンパスは紅葉、黄葉、イチイの赤い実が見頃でした。今回の学術講演会の開催にあたり、河内邦夫氏を始めとする室蘭工業大学の皆様にひとかたならぬお世話にあずかりました。特別講演・特別セッションの講演をお願いした皆様からもご快諾をいただきました。ご協力いただきました皆様に厚くお礼申し上げます。

(学術講演委員 山口和雄)



特別講演の上滝尚史氏(左)と藤本和徳氏(右)



見学会 災害遺構と砂防ダム

# 第135回(平成28年度秋季)学術講演会見学会 一報告レポート

## 「防災分野において物理探査がすべきこと」



早稲田大学大学院 創造理工学研究科  
清野 雄太郎

今回の物理探査学会見学会では、洞爺湖有珠山ジオパーク内にある2000年有珠山噴火跡を巡る金比羅山コースを見学した。洞爺湖ビジターセンター山側、旧桜ヶ丘団地では、熱泥流が流れ込んだ公営アパートや公営浴場、流れ込んだ橋が保存されており、当時の噴火による被害の大きさ、そして自然災害の恐ろしさを感じることができる。発生した泥流は5階建アパートの1階を完全に埋め、2階にも流れ込んだ。公営浴場では、泥流に半分以上埋められた自動販売機を見ることができる。かつて浴場であったと想像される場所もわずかに面影はあるが、無残な姿であった。

2000年噴火では、全町民は避難しており奇跡的に人的被害はなかった。この背景には、迅速な情報の共有、ハザードマップ作成や住民が災害への意識を持っていたことが挙げられる。この経験からもわかる通り、噴火を阻止することはできないが、被害を抑制することはできる。これに対し物理探査ができること、それは火山の内部構造・物性を把握し、挙動をモニタリングすることにより災害のポテンシャルを理解することである。そして、物理探査で得た情報は、住民に対してわかりやすく開示し理解してもらうことが物理探査技術者のすべきことだろう。これは火山噴火だけでなく、地震や水災害等すべての自然災害においても同様である。

自然災害は、人々の目で見ることができない場所で発生している。この“目に見えない自然現象”を解明し、人々が理解できるように伝えていくためにも、物理探査の技術は必要であり、今後ますます発展していかなければならないと考える。



## 「“正しい”防災と物理探査の関係」



京都大学大学院工学研究科  
佐藤 真也

2016年10月28日に、有珠山ジオパークを見学した。ジオパーク内には噴火口も見られた(図1)。ジオパーク内には、かつて利用されていた公共浴場や人々が住んでいた団地のアパートが存在し、土砂が内部に侵入した様子が見て取れ生々しさを感じた。幸いにも浴場や団地には噴火の際、人はおらず避難が完了していた。そこで、有珠山での噴火時の避難行動を踏まえ、物理探査と防災(地下に関係する噴火や地震など)について、論じたい。

### ～物理探査と防災～

最近テレビや新聞などで災害に対するニュースをよく見るが、避難が適切に出来ている人や地域は当然ながら被害が少ない。被災した際に、次に出る行動が重要だといえる。しかしながら、人は未知(例えば地震などの災害)のものに遭遇した際、冷静に対処することができなくなる。世には災害予測や避難行動の情報が多く出回っており、何が正しいのか分からず、冷静な対処が困難となる原因だと思う。物理探査により防災技術が発展したが、いまだ不明瞭な部分も多い。物理探査が今すぐに行えることは、その技術で何が可能で正しい情報なのかを人々に知ってもらうことが必要であると思う。信頼できる情報が常に頭の中にあるれば、不明瞭な情報を持っている場合よりも避難行動も速やかに行えると考えられる。



図1 有珠山のエメラルド色の噴火口

## 「ああ無情！」



Terra Australis Geophysica Pty Ltd  
須藤公也

かなり前の話だが、日本の友人の高校生の娘さんを世話したことがあった。ある夜、映画に連れて行ったら、映画館の壁面に近日上映のポスターがいくつかあって、そのひとつにCount of Monte Christoがあった。「これをなんと訳す？」と訊いたら、彼女はちょっと首をひねって「キリスト山の計算？」と訊き返した。「なんだそれは。相撲取りの星勘定か。」このごろは大相撲も日本人ばかりではなくなったから、キリスト山関がいてもよさそうだが。「これは、『岩窟王』と訳すのだ」と教えてあげたら、彼女は「ガンクツオウ？」と怪訝そうにしていた。正確に言えば「岩窟王」はデュマの名作を黒岩涙香が翻訳したときの題だからそう訳すのはいけないかもしれない。そういう反省からかこのごろの翻訳書には「モンテ・クリスト伯」という題がついている。同様にLes Miserablesは「レ・ミゼラブル」となり、「ああ無情」という本は見当たらなくなった。これを訳して「気の毒な人びと」としてはいけないのだろうか。そういえばドストエフスキーには「貧しい人びと」という作品もあるのだが。

岡田先生の「微動探査法」(The Microtremor Survey Method・SEG刊)の翻訳をした時、「分散」という語を“Variance”と訳してしまったことがあった。その頃は統計処理を考えることが多かったので統計学でいう「分散」(これもVarianceという)に拘わってしまったのだ。Varianceは統計学では平均値からの差の2乗和だが、会計の方では偏差そのもののことを言うようだ。それならDifferenceとかDeviationと言ってくればよさそうなものだが、慣用はそうでない。表面波の「分散」はDispersionと訳さなければならなかった。この「分散」にしてもDispersion

にしても、もともと「周波数によって速度が異なる性質」なんていう意味がなかった語に、無理やりそういう定義を押しつけて使っているような気がする。

Stochastic processとなると「定常確率過程」という訳語があるが、この日本語を英語に訳せといわれた時にはStochasticという語を知っていなければとても訳せない。苦し紛れにStable probability processなどと訳して恥をかいたこともあった。そのころ私はStochasticという言葉も意味も知っていたのだが、それが日本語でいう「定常確率過程」のことだということを知らなかった。

「逆解析」もInversionと知っていなければ訳せない。この手の語彙はたくさんあって、翻訳家でも専門の知識がなければ難しいと思う。Inversionで困るのは、低速度層が高速度層の下にあるときVelocity inversionということがあって紛らわしいことだ。これはVelocity reversalといえれば混乱を避けられる。

前回まで3回にわたって「物理探査」という語の多義性について論じたが、われわれが現場でする「測定」を考えてみよう。「手引き」の翻訳でも日本から来た翻訳草稿はずいぶん手こずっていたように見えた。まず考え付くのはMeasurementだが、これは物差しをあてて直接「計る」ようなときにのみ有効だ。「巻き尺で距離を計る」、「ストップウォッチで時間を計る」、「Sonic logでInterval transit timeを測る」、「スピード違反を取り締まるレーダーで速度を測る」など。電流と電位を測るのはMeasureでも、そこから比抵抗を求める時には一つのプロセスを経ているからMeasure resistivityとはいえない。地震探査のデータを集めるのはMeasurementとはいわない。こういう時にはRecordingとかData acquisitionなどと訳すのがいい。

測線を設置するときには方向を定めるが、この「方向」も多義的である。Direction、Orientation、Bearingが「方向」にあたる語だが、運動の方向や何かの方向を指しているのがDirectionで、静止物の軸方向ならOrientation、Bearingは見回して方向を探るような語感がある。「測定は西から東に向かって行った」のならDirectionだが、「地震計を東西方向と南北方向に設置した」というならOrientationである。Bearingはどっちにも使えそうだが、やや口語的で論文には薦められない。さらに、絶対的な「方位」ならAzimuthという。「測線の方向は南北



に敷設した」The azimuth of the survey line was N-S. これらはそれほど厳密でなく、The survey line was laid in the N-S direction.といっても不自然でない。しかしThe survey line was laid in the N-S azimuth.と言われると違和感がある。これはおそらくlaidという動作が方向性をもっているのとBe動詞の静的性質との齟齬からくるようだ。

「広い地域」「広域」を日本人が訳すとWide areaとなることが多い。Wideを英和辞書で引くと「広い」とあり「広い」を和英辞書で引くとWideが出てくる。ところが、Wide areaには違和感がある。WideはWide road, Wide corridorやWide riverのように線型のものの幅が広いのであって面的に広いときには使えない。Large areaと言ったほうが適切である。

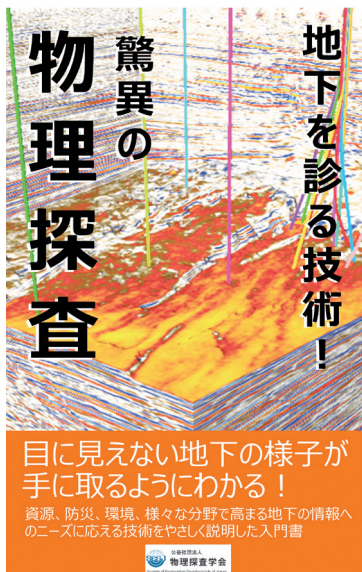
われわれは一生懸命英語を勉強して、なんとか英語で論文を書いたりするのだが、多義語の間の語感の違いというもので勉強するのはとても難しい。そのことについてはいつかまた書く機会があると思う。こうして苦労しているのに、英語国民でそれを気の毒だと思ってくれる人

は多くない。違和感のある英語を書いて笑われたりする。ああ無情。われわれこそLes Miserablesではないかと思うこともある。



## 関 連 書 籍 紹 介

### PCでも読める! 地下を診る技術! 『驚異の物理探査』



### 地下を診る技術! 「驚異の物理探査」 [Kindle版]

#### ◎内容と特色

物理探査学会では創立60周年を機に、一般の方に物理探査を知っていただくと考え、上記の啓蒙書を2014年度に発刊いたしました。

当初はKindle版だけでしたが、Windows、Macintoshにおいてもアプリをインストールすれば読めるようになりました。Googleなどの検索サイトで、「Kindle for PC」または「Kindle for Mac」と打ち込んでいただければダウンロード可能です。電子書籍の購入は、「驚異の物理探査 Amazon」と入力すれば購入ページにたどり着くことができます。

物理探査がどのように社会に役立っているのかという視点を重視して、物理探査技術を紹介しています。一般の方だけでなく、物理探査学会会員の皆様や、社内研修などの教材としてもお使い頂けるものと思います。お求めやすい価格(250円)になっていますので、是非お買い求めくださるようお願いいたします。また、興味のある方にご紹介頂けると幸いです(事業委員会)。



# Quest for Oil に挑戦!

石油資源開発(株) 河村 知徳

物理探査の発展は石油業界の発展と強く結びついてきました。これからも二人三脚的な発展を遂げていきたいと思います。地球を相手にする挑戦的なビジネスを理解するためのゲームアプリ「Quest for Oil」について、今回、紹介させていただきます。

アプリを提供しているMaersk(マースク)という会社名に心当たりはありませんでしょうか。そうです。港湾周辺でMaerskというコンテナをよく見かけるといいます。大体、どんな読み方をするのかもよくわからない会社ですが、ロゴは見たことあるという方はいらっしゃるのではないのでしょうか。



図1 Maerskのコンテナ (Wikipediaより)

ただ、我々が知っているMaerskは元々デンマークに本拠を置く海運会社ですが、実は、北海を中心に石油ビジネスの上流(探査・開発)にも参入しています。そこがこんなに面白いゲームを提供してくれているのです。懐の深い会社です。

ゲームのプロセスは実際の石油の探査(油田を探す)、開発・生産をかなり忠実に模していますが、やはりゲームなので難しい(ドロドロした?)ところは省略して、石油開発ビジネスの白か黒かで分けられるところだけを体験できるようになっています。

以下ではゲームの説明とともに虚実取り混ぜた石油業界の内情もご説明させていただきます。

## ① 鉱区権の取得

有望地域かどうかに関しては、その鉱区のポテンシャルが低い(埋蔵量が小さい)か高いかを教えてください。当然、有望地域は鉱区権(油田の有望地域の調査・掘削の権利)の入札価格は高く、そうでないところは安く設定されています。初期資金はそれほど多くないので、まずは Low や Mediumのポテンシャル鉱区から始めます。

## ② 有望構造の抽出、埋蔵量推定

物理探査の結果として得られる様々な地下断面と、地層の孔隙率、浸透率の情報をもとに、石油が地下に溜まっているであろう部分を推定します(ここで物理探査が用いられる)。実は石油会社の仕事で難しいのはこの部分です。有望かどうかはきちんと調査してみないとわかりませんし、地下の情報をモデル化するのは非常に大変です。仮にこれらのプロセスが自動化できるのであれば我々の大半は失業です。ゲームと言いつつ、ここは難しいので、埋蔵量のある場所を見つけるまでヒントが与えられます。ただし、有料です(回数を重ねると資金がどんどん減少する)。このあたりは石油会社のコンサルタントへの依頼と似ています。ノウハウが蓄積されて来れば、コンサルタント費用の出費を抑えることができるのです。

## ③ 有望地点への掘削、可採埋蔵量の評価

掘削ドリルをうまく誘導して、目標となる油層へ掘り進めます。途中、緑色の掘削トラブル部分に遭遇してしまうと追加費用

が発生してしまいますので、ぐねっと曲げて避けましょう(実際はそんなに簡単に曲がりません)。またドリルの回転数(RPM)は回転させすぎるとドリルビット(先端の刃)が急激に摩耗して追加費用がかかってしまうこともありますので注意です(実際の作業ではドリルビットは回転数×時間で定期的に交換しています)。当然のことながら、目標の油層にきちんと当たらないと、埋蔵量も小さくなってしまいます。

## ④ 生産施設の建設、生産と販売

タンカーで断続的に生産・販売するか、初期投資がかかるもののパイプラインで連続的に生産・販売するかという2択を迫られます。どちらにするかで初期投資も異なりますし、資金が収入として戻ってくるタイミングも異なるので注意が必要です。その他、地下からの油の取り残しが少なくなるように、少量であっても長期間に渡って生産する方法と、反対に短期間で大量生産し資金の回収を早める方法など、選択肢はいくつかあります。

## ⑤ 保安

徐々に保安レベルが下がっていきますので、一定レベルを維持するために追加資金を投入する必要があります。複数の生産鉱区を抱えている場合のときに保安レベルの下がる、嵐が発生すると大変です。

## ⑥ 競合他社の状況把握

このゲームではコンピュータが競争相手になります。先に相手にゲームクリアされてしまうとその場でゲームオーバーです。ゲームが終了すると、スコアが表示されます。勝ち方によってスコアが異なるので、これまた工夫が必要です。

## ⑦ 世界を相手に研鑽可能

スコアは全世界へ向けて発信することもできます。しかし、上には上がいきますので、くれぐれもハマり過ぎないように注意が必要です。

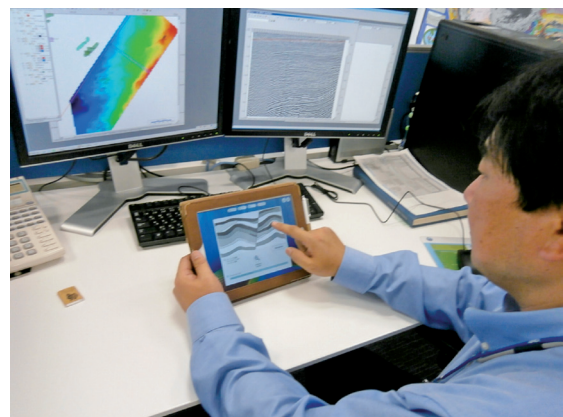


図2 実際のデータを前に、現実逃避中!?!の筆者

iPadやスマートフォンなどの携帯端末だけでなく、Windows、Mac といったPC版もございますので、興味のある方は是非とも挑戦して、この業界の奥の深さを体感していただければと思います。

Quest for OilのWebサイト

<http://www.maersk.com/en/hardware/quest-for-oil>



# 賛助会員リスト



賛助会員の皆様：物理探査ニュースでは会員企業紹介を随時掲載しておりますので、掲載ご希望の会員企業の担当者の方は、学会事務局までご連絡下さい。

アジア航測(株)  
 三菱マテリアルテクノ(株)  
 応用地質(株)  
 鹿島建設(株)技術研究所  
 川崎地質(株)  
 関東天然瓦斯開発(株)  
 基礎地盤コンサルタンツ(株)  
 極東貿易(株)  
 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
 興亜開発(株)  
 国土防災技術(株)  
 サンコーコンサルタント(株)  
 住鉱資源開発(株)  
 住友金属鉱山(株)  
 石油資源開発(株)  
 伊藤忠テクノソリューションズ(株)  
 総合地質調査(株)  
 (株)ダイヤコンサルタント  
 (株)竹中工務店技術研究所  
 中央開発(株)  
 地質計測(株)  
 国際石油開発帝石(株)  
 電源開発(株)  
 (一財)電力中央研究所 我孫子研究所  
 DOWAメタルマイン(株)  
 JX金属探開(株)  
 日鉄鉱業(株)  
 日鉄鉱コンサルタント(株)  
 日本海上工事(株)  
 JX石油開発(株)  
 日本物理探査(株)  
 復建調査設計(株)  
 三井金属鉱業(株)  
 三井石油開発(株)  
 (株)阪神コンサルタンツ  
 ドリコ(株)

三菱商事石油開発(株)  
 ニタコンサルタント(株)  
 三井金属資源開発(株)  
 (株)興和  
 ジオテクノス(株)  
 ペトロサミット石油開発(株)  
 (株)物理計測コンサルタント  
 (株)日本地下探査  
 中日本航空(株)  
 (株)エイト日本技術開発  
 地熱技術開発(株)  
 大和探査技術(株)  
 (株)ジオシス  
 中部電力(株)  
 北海道電力(株)  
 九州電力(株)  
 関西電力(株)  
 (株)建設基礎コンサルタント  
 (一財)宇宙システム開発利用推進機構  
 (株)ドリリング計測  
 西日本技術開発(株)  
 (株)地球科学総合研究所  
 (一財)地域地盤環境研究所  
 第一実業(株)  
 シュルンベルジェ(株)  
 (株)日さく 東日本支社  
 (株)NTTデータCCS  
 モニー物探(株)  
 (株)大林組技術研究所  
 北光ジオリサーチ(株)  
 中央復建コンサルタンツ(株)  
 九州日商興業(株)  
 (株)ジオテック  
 大日本コンサルタント(株)  
 JX金属(株)  
 (有)アスクシステム

(一社)全国地質調査業協会連合会  
 (株)日本メジャーサーヴェイ  
 東邦地水(株)  
 (株)長内水源工業  
 応用地震計測(株)  
 (株)四国総合研究所  
 北陸電力(株)  
 (株)萩原ボーリング  
 (公財)地震予知総合研究振興会  
 太平洋セメント(株)  
 (株)ジオファイブ  
 (株)テラ  
 (株)環境総合テクノス  
 スリーエス・オーシャンネットワーク(有)  
 (有)地圏探査技術研究所  
 (株)ジオフィール  
 (株)尾花組  
 洞海マリンシステムズ(株)  
 海洋電子(株)  
 協和設計(株)  
 (株)ジオプローブ  
 白山工業(株)  
 曙ブレーキ工業(株)  
 日本地下可視化技術協会  
 日本信号(株)  
 (株)地盤探査  
 サン地質(株)  
 日本工営(株)  
 (株)地圏総合コンサルタント  
 越前屋試錐工業(株)  
 (株)昌新  
 (株)クリムゾン インタラクティブ ジャパン  
 (株)トムロ・テクノプロ  
 (株)フグロジャパン  
 深田サルベージ建設(株)

(2017年1月)

物理探査ニュースでは、賛助会員の皆様からのカラー広告を募集しています。本号と同様に最終ページ下段に掲載の予定です。お問い合わせは学会事務局までお願い致します。



## お知らせ

## 第136回(平成29年度春季)学術講演会

1. 会期	平成29年6月5日(月) 一般講演 平成29年6月6日(火) 一般講演、総会、特別講演、交流会 平成29年6月7日(水) 一般講演
2. 会場	早稲田大学 国際会議場
3. 講演申込	講演申込締切 平成29年3月24日(金) 論文集原稿締切 平成29年4月24日(月) 講演要旨締切 平成29年4月24日(月)
4. 参加登録	事前登録締切 平成29年5月22日(月)
5. 参加費用(税込)	事前登録 一般 7,560円 学生 3,780円 会場登録 一般 8,640円 学生 4,320円
6. 交流会	早稲田大学 大隈記念タワー15階 森の風 (早稲田キャンパス26号館) 事前登録 一般 5,400円 学生 3,240円 会場登録 一般 6,480円 学生 3,240円

## 会誌「物理探査」の電子出版への完全移行について

1948年より継続してまいりました会誌「物理探査」の冊子体出版が廃止され、2017年1月よりJ-stage上での電子出版へ完全移行しますのでお知らせします。

## 「物理探査ニュース2016ハイライト」発行のお知らせ

ニュース委員会では、新たな試みとして2016年1年間の記事の中から代表的な記事を選んで16ページのハイライトを作成しました。ユーザー企業・機関や学生さん向けのPR誌的な位置づけです。記事が重複しているため会員の皆様には配布いたしません。事務局や講演会の受付等に適宜置きたいと思っております。関連学会のブース等に置いていただける場合には是非ご利用ください。なお、内容については<http://www.segj.org/letter/>に掲載しましたので御覧ください。

## 会誌「物理探査」への投稿募集中

既にお知らせしておりますが、物理探査学会賞に新たに事例研究賞が創設されました。

会誌に掲載された「技術報告」と「ケーススタディ」が対象となりますので、奮ってご投稿下さい。

(会誌編集委員会)

## 編集後記

いつも物理探査ニュースレターをお手に取っていただきありがとうございます。小生が初代委員長の海江田秀志氏からバトンを受けて早いもので5年弱が経過しました。この間にニュース委員会では「SFの中の物理探査」「現場レポート」などを立ち上げてきましたが、今回は前者を笠谷貴史氏に、後者を海江田氏に執筆頂いています。

さて、ここ1年はニュース委員会にとっても激動の時期でした。先ず昨年1月にはニュースレターの表紙にも記事を入れるようにして、16ページから12ページに紙面をコンパクトにしました。そして外向けには1年間の代表的な記事を再録した総集編ハイライ

トの年1回出版を企画しました。記事の重複になりますので会員の皆さんへの郵送は致しませんが、学術講演会の受付などに置きたいと考えておりますのでご覧いただければと思います。

また、ご案内のように本年より学会誌「物理探査」が電子化されました。これに伴って会員の皆様に定期的にお送りする唯一の印刷物が本ニュースレターということになります。会員の皆様との接点としての機能も果たしていきたいと考えております。

親しみやすく役に立つニュースレターを目指してまいりますので、今後ともよろしくご厚意申し上げます。

(ニュース委員長 高橋 明久)

## 著作権について

本ニュースの著作権は、原則として公益社団法人物理探査学会にあります。本ニュースに掲載された記事を複写したい方は、学会事務局にお問い合わせ下さい。なお、記事の著者が転載する場合は、事前に学会事務局に通知頂ければ自由にご利用頂けます。

## 物理探査ニュース 第33号 2017年(平成29年)1月発行

編集・発行 公益社団法人物理探査学会 〒101-0031

東京都千代田区東神田1-5-6 東神田MK第5ビル2F  
TEL : 03-6804-7500 FAX : 03-5829-8050  
E-mail : office@segj.org  
ホームページ : <http://www.segj.org>

## 物理探査ハンドブック増補改訂版出版のお知らせ



1998年以来18年の長きにわたってご好評をいただいております物理探査ハンドブックですが、この度物理探査技術の発展がめざましい分野については手を加え、改訂版を出版しました。章立ては以下に示すとおり現行版と同様ですが、反射法地震探査やリモートセンシング、位置測量、あるいはこれまでなかった表面波探査を新たに追加するなど、手法によっては大幅な改定がなされています。第Ⅱ編のケーススタディを割愛し、各章中に入れることといたしました。

冊子版にはCDはついておりません。電子版からCopy & Pasteはできません。

## 販売価格(税込)

冊子版¥32,400 電子版¥21,600

- 第一分冊  
第1章 反射法地震探査  
第2章 屈折法地震探査  
第3章 微小地震・AE  
第4章 微動・振動・表面波探査  
第5章 電気探査  
第6章 電磁探査
- 第二分冊  
第7章 地中レーダ  
第8章 重力探査  
第9章 磁気探査  
第10章 リモートセンシング  
第11章 熱・温度探査  
第12章 放射能探査
- 第三分冊  
第13章 物理検層  
第14章 VSP  
第15章 ジオトモグラフィ  
第16章 シミュレーション  
第17章 モデル実験  
第18章 位置測量

別途送料がかかります  
事務局へお問い合わせください