

# 物理探査 ニュース



社団法人物理探査学会

The Society of Exploration Geophysicists of Japan

## 目次

巻頭言	1
学術講演会(春季)開催報告	2
物理探査セミナー開催報告	3
DISC2009の参加報告	4
分かり易い物理探査(電磁法1)	5
研究の裏話:OBEM	8
企業紹介:シュルンベルジェ	10
書評	12
お知らせ	14

Geophysical Exploration News August 2009 No.3



トルコにおける海底電位磁力計による探査(写真左上:2009年の観測で使用した大成建設の作業船サルーラ、写真右上:007で有名なクズ塔、写真左下:サルーラ船上での作業風景、写真右下:投入直前のOBEM、本文p.8-9参照、写真提供:JAMSTEC 笠谷真史氏)



地球の内部はどうなっているのだろうか?これを解き明かす地球物理学というものに興味を持つようになったのは40数年も前のことで、父の古い蔵書の中の寺田寅彦編著「地球物理学」(昔の岩波全書、昭和8年発刊、

その後、昭和24年以降降井忠二編著による全面改訂版発刊)を読んだことがきっかけでした。

母方の祖父が小宮豊隆というドイツ文学者・評論家で夏目漱石の門下生の一人であり、同じく漱石の高弟で地球物理学者・随筆家の寺田寅彦とはことのほか親交が厚かった関係で、私も早くから「寺田寅彦」の名前は聞いており、漱石の小説の中にしばしば登場する科学者・実験物理学者(「我輩は猫である」の水島寒月先生や「三四郎」の野々宮宗八等)のモデルであることや、学者としての名声のみならず、祖父がその編纂に携わった「寺田寅彦全集」のまとめられている様々な随筆から明らかな様に、自然現象のみならず社会現象や人情の機微、それらの歴史等、あらゆる分野についての幅広い興味、知識それを求める感性の持ち主である事に、子供ながらに感心し憧れていた頃でした。

地震の波には伝わる速度の違うP波、S波2種類の波があり、その到達時間の差から震源までのおよその距離が判ること、さらに地球の内部を通り裏側まで波が到達するほどの大きな地震の波の伝播の様子から、地殻、マントル、コア等の地球の内部構造について推定できるという事が驚きでした。

中学生の頃の思いを持ち続け、大学では地球物理学を専攻、ちょうどその頃米国のアポロ計画で人類初の月面着陸の実況中継を駒場の生協前の大画面テレビで見っていた事を思い出します。地球の外側に向かっては、月、太陽系、銀河系、更には宇宙の果てについてまでの観測・議論が既に行われていましたが、肝心の我が地球の内部については実際にボーリングで確かめられるのは地表からせいぜい十数km程度で、半径約6400kmのうちのほんの薄皮でしかないことにギャップを感じるとともに、改めて地球内部構造の研究の必要性を感じた次第です。

石油開発会社に入社して、初めて反射法地震探査に触れ、自然地震の地震波の解析(屈折法)に比べ対象深度は数千mと浅いものの、資源探査の技術の精度に感激すると同時に、反射法で得られた現代の地下地質構造断面図から、長い地質年代にわたる石油生成のメカニズム(根源岩の分布、熟成、移動、集積、トラップ)を構築して試掘に結びつける地質専門家のアイデアにも新鮮な驚きを覚えました。

それ以来、30年以上ににわたり物理探査の技術開発に従事していますが、古くはアブダビ海域の海上地震探査の再処理・再解析をウェーブレット処理やインピーダンス処理のソフトウェアを作成しながら実施し、それらの解析結果と多数の坑井検層データとを厳密な対比を通して解釈を行い、地質専門家と協力しながら主貯留層である礁石灰岩(リーフ)の構造発達史を構築した仕事が、印象深く思い出されます。地震探査データが地質構造解析等の探鉱段階だけでなく、貯留層の物性分布把握等の開発段階にも十分適用可能なほどの相対精度がある事を実感しました。もう25年以上も前の話ですが…。

その後の技術の進歩はめざましいものがあります。特にこの10年ほどは、計算機の高性能化や低価格化の恩恵により、3次元調査の計測技術、処理技術、解析技術が格段に高度化、細分化し、3次元可視化技術と組み合わせ、地下構造がまるで見てきたかの様に表現されるようになりました。しかしながら、高度に専門化した技術は、ハードソフトを問わず至るところでそのBlack Box化を生み、結果として最終成果の信頼度、精度を客観的に評価する事が難しくなっている気がします。原データに含まれているであろう「ゆらぎ」や「ノイズ」が最早最終成果ではきれいにスクリーニングされている事が多く、どこまで信じて良いのか判断に迷う場合が多々見受けられます。

これからの技術者には、自ら技術を創造する事と共に、次々と出現する新技術を正しく評価する事が求められます。そのためには、各自の技術の依って立つ基盤を築く事はまず重要ですが、自分の専門以外についての幅広い知識を身に付ける事が最も大切であると思っています。物理探査学会には各分野の権威者が数多くおられますので、春、秋の学術講演会やセミナー、研究会等の交流の機会を活用して欲しいと思います。

# 社団法人 物理探査学会 第120回(平成21年度春季)学術講演会開催報告

物理探査学会第120回(平成21年度春季)学術講演会が、平成21年5月25日(月)から27日(水)の3日間、東京都新宿区の早稲田大学国際会議場で開催されました。初日(5月25日)は一般講演16件が3つのセッション(資源探査1、2、3)に分けて行われ、ポスターセッションでは7件の発表が行われました。

2日目(5月26日)は午前中2つのセッション(電気、防災1)で9件の発表が行われ、午後は通常総会と特別講演が行われ、その後交流会が開催されました。通常総会では平成20年度の事業報告と決算報告、および平成21年度の事業計画と収支予算がそれぞれ承認され、名誉会員に小川克郎会員と毎熊輝記会員が推薦され、承認されました。また、表彰では平成20年度の学会論文賞として中塚正会員と大熊茂雄会員、学会奨励賞として武川順一会員と白石和也会員、永年在籍会員として信本亮一会員、前田憲一会員、福富幹男会員、古市周二会員、中日本航空株式会社(30年)、(独)日本原子力研究開発機構(50年)、第118回春季学術講演会優秀発表賞優秀講演賞として、窪田健二会員、川村陽介会員、山崎鐘史会員、第119回秋季学術講演会優秀発表賞優秀ポスター賞として、越智公昭会員、下野祐典会員、上田匠会員、坂田玄輝会員が表彰されました。特別講演では内田利弘副会長が座長を務め、「陸域観測衛星『だいち』と地球観測」というタイトルで宇宙航空研究開発機構の島田政信上席研究員と、「わが国の延長大陸棚について」というタイトルで内閣官房総合海洋政策本部事務局の谷伸内閣参事官に講演を頂きました。

3日目(5月27日)は、3つのセッション(防災2、3、4)で16件の発表が行われました。

(文責：ニュース委員 海江田秀志)



論文賞を受賞された中塚会員と大熊会員



特別講演を頂いたJAXAの島田上席研究員



特別講演を頂いた谷内閣参事官



学術講演会の様子



本年度名誉会員となられた小川会員による交流会の乾杯のご挨拶

## セミナー

### 平成21年度「物理探査セミナー」開催報告

物理探査法の理論や実務、関連知識を習得していただくために、毎年、初級・中級の実務者を対象に、物理探査セミナーを開催しています。また、物理探査法のご自分の分野への応用を考えておられる方、広く物理探査の世界に興味のある方、新入社員教育の一環としてご利用になりたい方、さらに物理探査技術の現状をお知りになりたい方々も対象としています。

今年は、平成21(2009)年6月23日(火)、24日(水)、25日(木)に独立行政法人産業技術総合研究所臨海副都心センター別館において開催致しました。



産業技術総合研究所臨海副都心センター別館

毎回、資源探査及び土地地質調査に用いる物理探査について、11人の専門の講師により、物理探査ハンドブックをテキストとして行われており、1日単位で興味のある講義を選択して受講できるのが特徴です。

参加者は、企業、学生及び研究機関より、6月23日：54名、6月24日：62名、6月25日：52名の方が参加しました。講義内容は以下の通りです。

#### 6月23日

位置測量：金田智久(㈱地球科学総合研究所)

09:30～10:30

電気探査・比抵抗トモグラフィ：井上誠(地球情報・技術研究所)

10:40～12:40

物理検層(土木編)：赤津正敏(中央開発㈱)

13:40～15:10

物理検層(石油編)：日下浩二(シュルンベルジェ㈱)

15:20～17:20

#### 6月24日

屈折法地震探査・弾性波トモグラフィ：斎藤秀樹(応用地質㈱)

09:30～11:30

反射法地震探査：阿部進(㈱地球科学総合研究所)

(11:40～12:40、13:40～15:10)

重力探査・磁気探査：大熊茂雄(産業技術総合研究所)

15:20～17:20

#### 6月25日

地中レーダ：佐藤源之(東北大学)

09:30～11:00

電磁探査：光畑裕司(産業技術総合研究所)

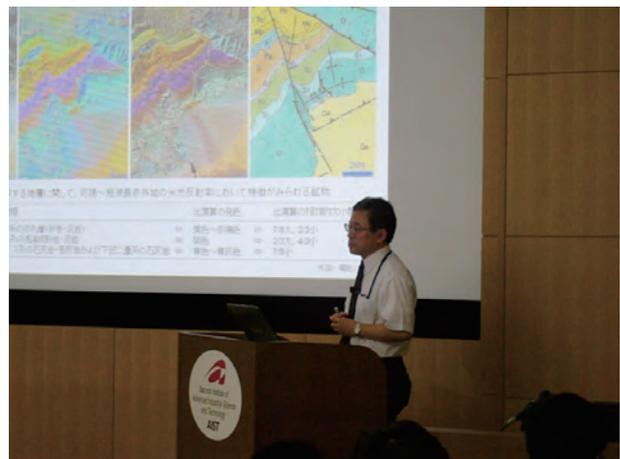
11:10～12:40

微動探査：凌甦群(ジオアナリシス研究所)

13:40～15:10

リモートセンシング：岡田欣也(㈱地球科学総合研究所)

15:20～17:20



講義風景；上下とも、リモートセンシング(岡田欣也講師)



講義風景；上下とも、リモートセンシング(岡田欣也講師)

新入社員研修の一環として利用していただいている例も多く、また近年の物理探査に対する注目度upを反映してか、今年の受講者は非物理探査学会会員の方が全体の70%以上と多数を占めていました。受講後の参加者へのアンケートでは、最新の解析事例やトピックスの内容を加え、丁寧な講義に努めてくださる各講師の方々のお陰で、関心の高い講義については、講義時間の延長を希望する意見もあり、「役に立った」、「分かりやすかった」との感想をたくさん頂戴いたしました。

(文責：ニュース委員 相澤隆生)

## DISC2009 の参加報告

SEG/EAGE Distinguished Instructor Short Course (DISC2009)が、平成21年6月19日に(独)産業技術総合研究所臨海副都心センターにおいて開催されました。DISCはSEG(Society of Exploration Geophysicists：米国物理探査学会)ならびにEAGE(European Association of Geoscientists & Engineers：欧州地球科学エンジニア協会)が年に1度のペースで世界主要都市で開催している物理探査技術に関する教育講座です。技術が急速に変化する中、世界中の物理探査技術者は専門的かつ最先端の知識を効率的に獲得する大変良い機会が提供されています。SEGとEAGEは地球科学や地球物理学の分野における教育を最優先事項の一つとして捉え、世界各国の物理探査学会と共同して教育講座を開催しています。今年度のテーマは「Petroleum Geoengineering：Integration of Static and Dynamic Models」でした。講師は、スコットランドのHeriot-Watt大学のPatrick W.M.Corbett教授で、石油地質学・物理探査学・岩石物理学・貯留層工学等、石油開発に関わる多岐の分野に渡って豊富な実務研究経験を有する学際色の強い研究者です。

イントロダクションでは、全世界の石油生産量がピークを迎えるというオイルピーク論の説明があり、石油開発における原油回収率の向上が技術的に重要な課題になっているとの指摘がありました。このような課題に挑戦していく新しい体系が「Petroleum Geoengineering」であり、石油

地質学・物理探査学・岩石物理学・貯留層工学等の関連技術群を如何に統合化するか、その具体的な方法論が理路整然と講義されました。これまで統合化は叫ばれてきましたが、真の統合化はされていないとCorbett教授は指摘します。油田から石油を生産する際、発見された油田から原油の全て回収されるわけではなく、多くの場合2~4割程度しか回収されません。油層に熱的あるいは化学的な刺激を与えて回収率を向上するための研究が行われており、これをEOR(Enhanced Oil Recovery)技術と呼びます。石油の生産量は、技術革新的要因と地質的要因との相互作用により大局的に決定されますが、この問題を包括的にアプローチする体系は確立されていない状況であり、このことが、将来のエネルギー供給予測をする際に、技術革新への極端な楽観論あるいは悲観論につながっていると考えられます。今回の講座で紹介された方法論はこのような状況を打開すべく、重要な位置にあると言えます。

昨今のエネルギー問題において、石油生産の減耗率や石油回収率向上を監視するための科学合理性を有する系統的方法論はその重要性を増すばかりです。

(文責：ニュース委員 松島 潤)



Patrick W.M.Corbett教授



会場風景

物理探査ニュースでは、よく利用されている物理探査の手法について、会員はじめ一般の方にもご理解頂けるよう、分かり易く解説を行うコーナーを設けました。今回は、電磁探査法について、国内のこの分野の第一人者である早稲田大学の斎藤章教授に解説をお願いしました。

## 電磁探査入門講座



早稲田大学教授  
斎藤 章

### 1. はじめに

人間生活に必要な資源のほとんどは、地下に存在しています。裏庭に埋まっている先祖の小判を探そうとする人、地下水を必要としている人、温泉や鉱山を見つけて一攫千金を狙う人など、地下の情報を知りたいと考えている人は多く、調査会社や大学などによく相談が持ち込まれます。国の機関や企業などは、日本の将来を考えた上で石油・金属資源などを世界中で調査しており、また衛生状態が悪くて乳幼児の死亡率の高い発展途上国に対しては、きれいな地下水を探す援助がJICAやNGO・NPOなどで続けられています。地すべりなどの地盤災害、地震の被害などを最小にするためにも、地下の情報は極めて重要になります。トンネル工事では、事前に地盤・岩盤の状態を調査して、出水・落盤などの事故を未然に防がなければなりません。有害物質による土壌汚染が発生した場合には、その現状と、これからの汚染の拡散の可能性などを調べる必要があります。こうした地下のことを知る技術の一つとして、物理探査があり、本学会はその技術に関与する人たちが構成されています。地下を調べるには、ボーリングや

坑道を掘るなどして、直接地下を見る技術がありますが、費用や時間がかかり、また深い場合や地質が複雑であったりすると、その工事自体が困難になり、事前に物理探査が実施されるということもよくあります。物理探査とは一言で言えば、地下をその物理的な性質に基づいて間接的に、非破壊で調べる技術ということができると思います。たとえば、地下に密度の高い鉱脈などがあれば、そこでは重力が大きくなるために、重力探査が使われます。また、鉱脈は、一般に電気を流しやすいので、大地に電流を流してその流れ方から鉱脈の調査が可能になります。本講座では、これらの技術のうちでも、電磁探査と呼ばれる技術について、なるべく分かりやすく解説するつもりです。対象は高校生以上という事務局からの要請があるものの、電磁探査の基本は電磁気学と地球物理学や地質学などであり、厳密な解説は大学院レベルとなってしまいます。しかしながら基本となるクーロンやファラデーの法則などは、高校までの物理で履修済みのはずです。電磁探査にはなじみがなくても、例えば医学分野ではMRI(Magnetic Resonance Imaging)という人体内部の構造をイメージ化する技術が普及して広く知られていますが、これはまさしく電磁探査の技術ですので、どういう技術かの想像もつくと思います。人体と地球とで、対象の規模や構造、複雑さなどは全く異なりますが(物理探査の人たちはみな地球のほうが人体より複雑だと信じています)、同じ原理にもとづく技術が医学にも電磁探査にも存在しています。

まず、前述の物理探査が使われる分野を大きく分けて整理しておきます。

- ①石油・天然ガス・鉱物資源・地下水などの、エネルギー資源・地下資源調査
- ②土木・建設・防災
- ③環境調査

最初は何かが有用なものを探す技術、2番目は地下の状態をそのまま調べる技術、最後は汚染物質の分布などを調べる技術です。これは調査対象によって分類していますが、電気・磁気・重力などを使う、地震波の伝わり方を調べるなどの使う基本となる技術による分類も広くなされています。

電磁探査法の技術は、これら3つの分野の全てに利用されています。まず、電磁探査法は、電磁誘導現象を利用する電気探査法と定義することができ、電気探査技術の

一部ということになりますが、通常はウェンナー法、シュランベルジャー法などの直流比抵抗法や、IP法・SP法などの分極現象を使う技術を電気探査法と呼んでいて、電磁探査とは区別しています (Fig.1.1参照)。

電磁探査法は、歴史的には1910年代から始まっており、直流比抵抗法などと比べても決して新しい技術ではありませんが、日本では送電線・鉄道・人家・地形・複雑な地質構造その他の困難な要因によって適用が困難とされ、広く利用されるようになったのは、エレクトロニクスや数値処理技術の発展に伴って、比較的最近になってからになります。

電磁探査法は、直流比抵抗法に比べて次のような特徴があります。

- ①地下の比抵抗の変化に対して感度が高い。
- ②探査深度のコントロールが、周波数や時間を変えることで可能(パラメトリック探査)であり、直流比抵抗法のように電極間隔を必ずしも変える必要がなく、測定が簡便になります。
- ③必ずしも大地に電極を打ち込む必要がなく、岩盤の発達したところや砂漠などの電極設置が困難なところでも調査が可能です。したがって、航空機からの空中電磁探査も広く利用されています。

当然のことながら、欠点もあります。例えば①は裏を返せばノイズに弱いということになります。探査対象以外の構造にも敏感であるため、測定点を密にしたり、3次元解

析などのより高度な解析技術も必要になります。また、対象以外にはなるべく誘導電流を流さないように、送受信器を共になるべく探査対象に接近させる技術なども重要になります。②については、例えば海の水や空が青く見えるのは、波長の短い(周波数の高い)青い光が散乱されやすいからで、夕焼けのように遠くから来る光は青の成分が少なくなって赤くなります。電磁探査でも深いところを調べようとする、低い周波数の電磁場を使います。しかしながら、CSAMT法などの周波数領域の電磁探査法を考えると、周波数を下げればいくらでも探査深度が大きくなるということはありません。直流比抵抗法は、周波数がゼロの電磁探査と考えることもできますが、その探査深度は電流電極-電位電極の間隔で規定されてしまいます。例えば電極間隔 $AB/2$ が100mのシュランベルジャー法では、いくら送信電流を増やしてS/N比を良くしても、決して1000mの深度の情報を得ることができません。CSAMT法も、送信源と受信機との距離を十分に大きくして且つ周波数を下げるという2つのことをクリアしないと深部の調査はできません。送受信機間隔が狭い場合の問題はニアフィールド現象などと呼ばれています。これらの技術や問題点については、各手法の説明のところで改めて詳しく解説します。③は電磁探査法の優位な点ですが、インダクタンスの大きな送信コイルに電流を流すことの困難さや、測定器が複雑になるという問題もあります。現在はマイクロプロセッサやIC技術、数値処理技術の進歩のおかげもあって、電磁探査法が広く普及しています。

本講座は、こうした電磁探査技術を、これから勉強しようとする方々、調査に実際に利用してみようと考えておられる方々を主な対象にして、厳密さよりもどう技術かを分かりやすく説明することを主な目的としています。本講座ではその点をご理解しておいていただきたいと思います。また、電磁探査の基本技術のかかなりの部分が直流比抵抗法と同じ

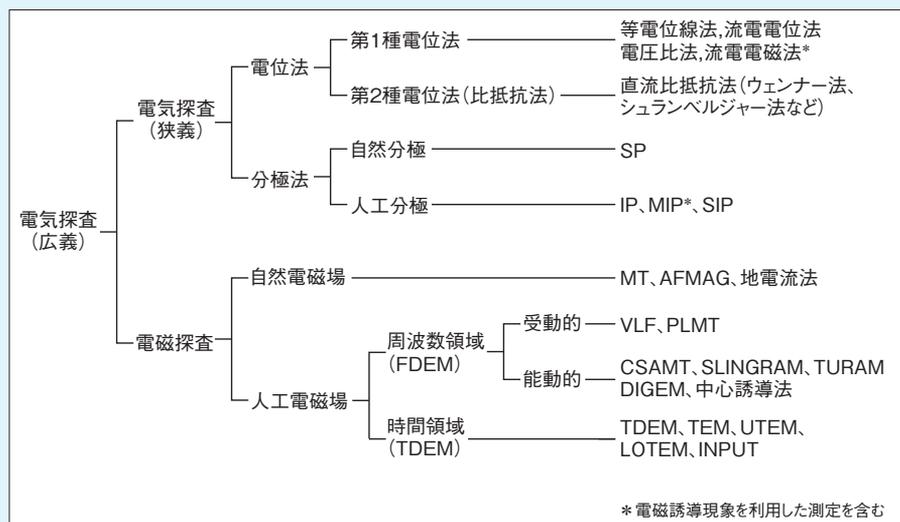


Fig.1.1 電気・電磁探査の分類(物理探査ハンドブック)

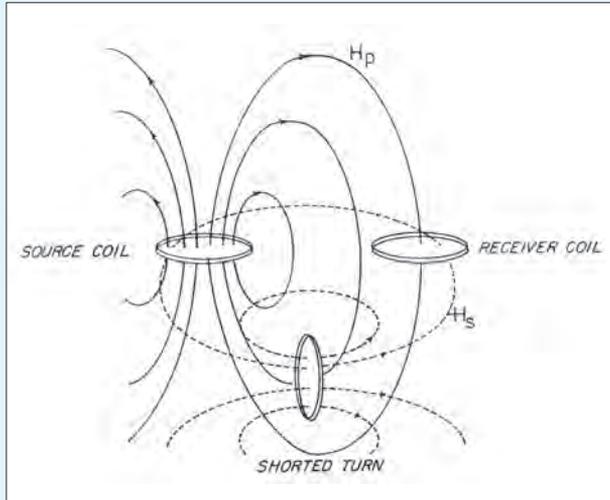


Fig.1.2 電磁探査の原理

になるため、ここでは基礎として直流法も含めて解説することにします。誤りや分かりにくい点などをご遠慮なくご指摘いただいて、それをこの講座の中で反映させていきたいと考えています。

基礎となるいろいろな電磁気学の法則などの説明の前に、まず電磁探査とはどのような物理現象に基づいているか、簡単な例で説明することになります。**Fig.1.2**に示すように、水平に置かれた送信コイルと受信コイルを考えます。さらに、ショートしたコイルを地下構造の代わりとして考えます。送信コイルに交流電流を流すと、ビオ・サバールの法則に従ってその周囲には交流磁場ができますが、この磁場と送信電流とは位相のずれなどはありません。

式で書くと、送信電流  $I$  は、

$$I = I_0 \sin \omega t$$

となり、ここで  $I_0$  は送信電流の振幅、 $\omega (= 2\pi f)$  は角周波数、 $f$  は周波数、 $t$  は時間です。同様にこの送信コイルに流れる電流が作る磁場(プライマリー場)は、

$$H_p = H_0 \sin \omega t$$

と表せます。位相のずれがないとは、送信電流と同じ  $\sin \omega t$  で振動しているということです。このプライマリー磁場の一部は受信コイルを横切り、ファラデーの法則によりコイルに電圧(起電力)を発生させます。コイルは銅線でできていて、この電圧によって電流が流れますが、それは磁場の変化を妨げるように流れます。これがファラデーの法則です。これは鉄心のないトランスと考

えていただくと分かりやすいと思います。トランスの場合には、1次コイルと2次コイルは鉄心で連結され、1次コイルで発生した磁束は全て2次コイルの中を通るように設計されていますが、電磁探査の送受信コイルは、磁束の一部しか受信コイルを通りません。

**Fig.1.2**のように、送信コイルの作る磁場の一部は地下構造のモデルであるショートしたコイルを横切ります。このショートコイルには受信コイルのときと同様に起電力が発生し、コイルの中には磁場の変化を妨げようとする方向に電流が流れます。この電流は図で  $H_s$  と示した2次磁場を作りますが、それを数式で示すと

$$H_s \propto \frac{\omega \mu_0 I \cos \omega t}{R + i\omega L}$$

$R$  と  $L$  は、それぞれショートコイルの抵抗とインダクタンスです。ここで今度は  $\cos \omega t$  になっているのは、より厳密にいうと磁場の変化に比例した逆向きの起電力を発生させるということで、これは磁場の微分( $\sin \omega t$  の微分は  $\omega \cos \omega t$  になります)ということです。周波数が低いときは( $\omega \rightarrow 0$ )、上の式の分母は  $R$  だけが残ります。高周波数では、逆に  $R$  が無視できるようになり、かつ分子分母で共通の  $\omega$  が消えますから、 $H_s$  の大きさは周波数にはよらず、位相も  $\cos \omega t$  を  $i$  で割った  $-\sin \omega t$  となります。つまり、高周波数では送信コイルの電流と同相で反対向きの磁場がショートコイルにできます。これはプライマリーの磁場を打ち消そうとする磁場で、高い周波数の電磁場は、導体(ここではショートコイル)の中に入ろうとすると、同相で反対向きの磁場ができて打ち消すという交流の磁気シールドを示しています。

本講座では、なるべく電磁探査の基本となる法則から分かりやすく紹介することを目的としています。次回からはベクトルの演算なども少し出てきます。最近では電磁気学などを分かりやすく解説した本なども多く出版されていますので、そうした本も見ただけなら理解がしやすくなると思います。本講座に対するご意見などをお寄せいただいて、次回以降の講座に反映させていきたいと考えています。

# 新技術 紹介

## 海底電位磁力計(OBEM)

近年、マントル構造探査や巨大地震発生域における構造探査((参考文献の(1)と(2)を参照下さい)と言ったサイエンスの側面だけではなく資源探査からも海洋電磁探査が注目されてきています。現在は石油資源の賦存量を調べる目的で、地震波探査とあわせて実施する探査法の一つとして考えられるようになりました。参考文献の(6)や(7)に詳しいレビューがあります。陸上の電磁探査と同様に海洋電磁探査にも多くの探査法や探査装置がありますが、本稿では海洋研究開発機構(JAMSTEC)で開発・運用している海底電位磁力計(OBEM)の紹介をしたいと思います。

日本のサイエンスコミュニティでは1970年代後半から海底磁力計(OBM)の開発が始まり、ほどなく電位差計(OBE)の開発も始まりました。当時はOBMとOBEを別々に投入する形が取られていました。1990年代になると電磁場を同時に取得するOBEMが観測に使用されるようになり、東京大学、千葉大学、神戸大学においていくつかの方式の観測機器が製作されてきました。

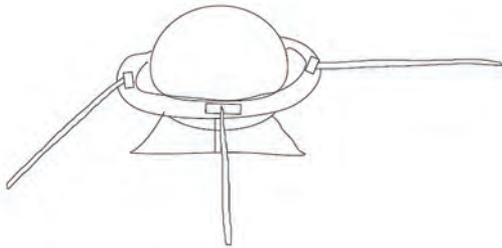


図1 開発当時の外装のスケッチ

海洋研究開発機構(当時は海洋科学技術センター)では2000年から観測機材をレンタルしての観測が始まり、時を同じくして独自に観測機材の開発もスタートしまし



(独)海洋研究開発機構  
地球ダイナミクス研究領域  
笠谷貴史

た。ちょうどその頃JAMSTECにポスドク研究員として着任した私も、これらの解析や開発の一翼を担うこととなりました。陸から海へとフィールドを変えたばかりで色々戸惑ったことを覚えています。我々のOBEM、OBEは南海トラフに代表される巨大地震発生域の流体分布を明らかにすることを主なターゲットとして開発を行っていました。

海底観測機器はセンサーの性能もさることながら、海底への設置と安全な回収が可能であるということも非常に重要な機能要件の一つです。これは陸上の観測機器と大きく異なるところでしょう。

我々の観測装置はこれまでの機器とは異なり、一つの耐圧ガラス球で運用することを目標にしたのが特徴です。一つの耐圧ガラス球で運用することは小型でハンドリングしやすくなる反面、電子回路や電池、設置・回収に必要な音響機器を収納できるスペースが限られる事につながります。また、電位差観測に使用する電極測定アームが機器の回収時に邪魔になることも多かったので、回収時にこのアームを折りたたんで浮上する方式を採用することも決定しました。そのため、開発の初期段階では、折りたたみ機構をつけるためのいろいろなアイデアを出してはボツにする事を繰り返していたように思います。

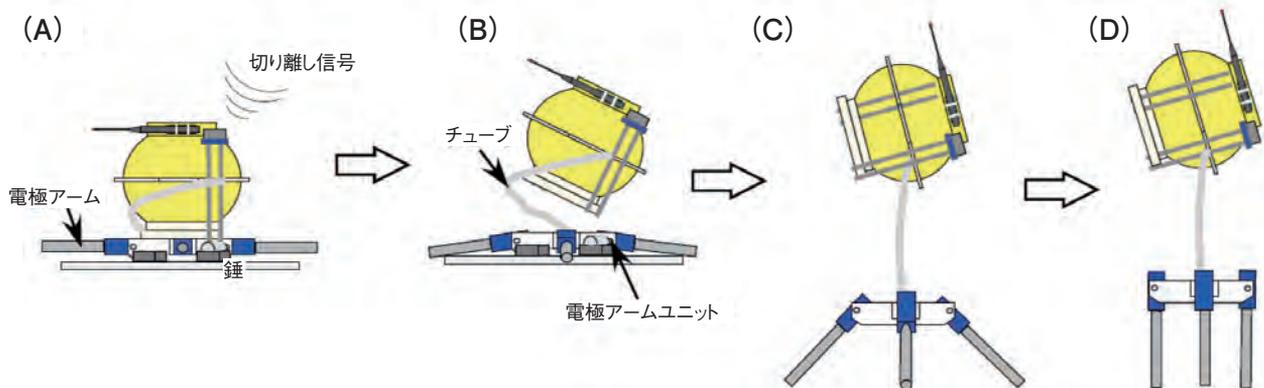


図2 開発したOBEMの電極アーム折りたたみ機構の概念図

図1はその当時の記憶をたどって描いてみたスケッチです。発想は赤ちゃんの歩行器からですが、これを「ちゃぶ台1号」などと命名しておもしろがっていたことを思い出しました。いろいろな試行錯誤の結果、回収時には図2のように機器本体と電極アーム部を離れる方式としました。こうすることによって、回収時に電極アーム部が必ず海面下であり海底地震計(OBS)とほぼ同様にハンドリングできるようになりました。実際、表紙で紹介させていただいたトルコでの観測では小さい漁船での回収も行っています(図3)。浮上して漂っている姿が「くらげ」の様に感じたので、「Jellyfish」という愛称にしました。機器の詳細については参考文献の(3)と(5)を参照いただければ幸いです。

このようにして開発されたOBEMとOBEは2005年に試験観測を実施して以来、日本海、東海沖、トルコ・マルマラ海などで本格的な観測が行われています。トルコの観測では、トルコ海軍の調査船、大成建設の作業船や民間の漁船を協力により15点での観測を行い、2009年6月に全ての調査を終了しました。トルコでの観測を終えた機材は間髪おかず、熊野灘、三陸沖、鹿児島湾と年内は休み無しに転戦する予定です。1年に同じOBEMが5回も設置回収されることはこれまでに無いことです。



図3 トルコでの漁船による回収の様子

この記事が掲載される頃には熊野灘の海底に設置され、観測をしているでしょう。この観測により、以前の観測データを用いた構造の高精度化が期待されています。この調査航海ではJAMSTECで開発した海底電気探査装置(参考文献の(3)と(4)に詳細があります)も用いた観測が行われます。次の機会には海底電気探査装置の紹介もできればと思います。

#### 参考文献

##### 熊野灘での構造探査に関する文献

- (1) Kasaya, T et al, Earth Planets Space 57, 209-213, 2005.
- (2) 木村ほか,物理探査, 58, 251-262, 2005.

##### 観測機材に関する文献

- (3) 笠谷ほか, 物理探査, 59, 585-594 2006.
- (4) Goto, T. et al., Exploration Geophysics, 39, 52-59; Butsuri-Tansa, 61, 52-59; Mulli-Tamsa, 11, 52-59, 2008.
- (5) Kasaya, T., and Goto, T., Exploration Geophysics 40, 41-48; Butsuri-Tansa, 62, 41-48; Mulli-Tamsa, 12, 41-48., 2009.

##### 資源探査に関する文献

- (6) 山根一修, 石油・天然ガスレビュー, 42, 55-73, 2008.
- (7) 後藤忠徳・三ヶ田均, 地学雑誌, 117, 997-1010, 2008. 山根一修(2008): 油ガス田探鉱における海洋電磁法の適用可能性. 石油・天然ガスレビュー、42、55-73.

会員

企業

紹介

シュルンベルジェ株式会社(SKK)

# Schlumberger

シュルンベルジェは、世界中の石油・天然ガス開発企業や政府機関に対し、最先端の技術と高度なサービスを組み合わせたハイブリッドなソリューションを提供する、世界有数の多国籍企業です。現在140以上の国籍からなる約8万人の社員が、80を超える国と地域で連携を図りながらビジネスを展開しています。

日本で初めて検層が行われたのは1936年で、それ以来シュルンベルジェは日本国内の石油・ガスの探査に貢献してきました。その後、日本法人であるシュルンベルジェ株式会社(SKK)が1982年に設立され(当時名称:日本シュルンベルジェ株)、ワイヤーライン検層機器の開発に本格的に着手しました。3年後の1985年には、研究開発の分野を拡大し、アジア初の技術開発センターとして、神奈川県相模原市に社屋を移しました。シュルンベルジェ株は、この相模原市のインテグレーションセンター、新潟県長岡市の長岡事業所、東京都中央区の東京事業所から成り、現在約450人の社員が勤務しています。

長岡事業所では、日本、韓国、台湾の石油関連企業および政府研究機関に対し、掘削・生産現場で坑井掘削・掘削時検層、ワイヤーライン検層、セメンティング・坑井刺激、試油・試ガス、データ解析といったさまざまな油田サービスを提供しています。長岡事業所では実際の油田開発現場で作業をするフィールドエンジニアたちが、石油や天然ガスの掘削現場における責任者として、石油会社などから依頼された油層の計測や調査などの現場作業全体を指揮する仕事をしています。

東京事業所は、オイルフィールドサービスの中のシュルンベルジェインフォメーションソリューション(SIS)部門に属し、ソフトウェア、情報管理サービス、情報技術、および多様なエキスパートサービスなど、総合ビジネスソリューションを提供しています。ソフトウェア製品としては、地質解析ソフトウェア、油層開発ソフトウェア、情報管理ソフトウェアなどがあり、顧客である日本、韓国、台湾の石油・天然ガス開発会社および学術機関に製品及びサービスを提供しています。

アジア地区における開発・製造の重要拠点としてSKKが誕生した背景には、生産技術立国としての日本の高い技術力と勤勉な国民性があるのは言うまでもありません。淵野辺のインテグレーションセンターでは、音響計測装置、光・センサ、流体分析、およびテレメトリー技術を専門分野とし、世界に誇る日本の製造技術を活用し、油田サービスの中核とも言える、ワイヤーライン検層や掘削同時検層(Logging While Drilling)に必要な製品の開発の一翼をになっています。

SKKで開発された検層機から得られた大量のデータから多くの情報を引き出せるよう、解析ソフトウェアの重要性も高まっています。このニーズに応えるため、データを効率よく解析するためのソフトウェアを開発する部門があります。音波検層解析においては、音響物理に基づいて音波の波形データに信号処理を行い、P波及びS波の速度、油層内の亀裂、浸透率を評価します。解析されたデータは顧客にとって重要な意思決定材料となるわけですから、より最適化したソフトを開発する必要があります。



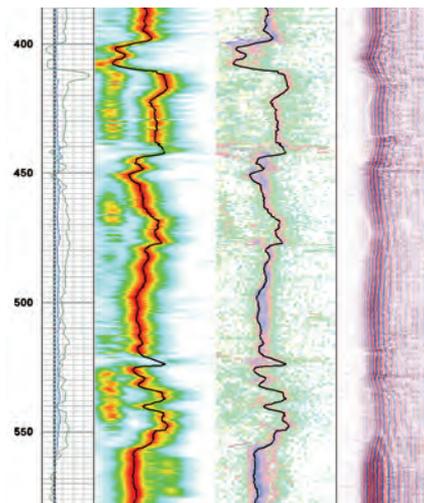
(シュルンベルジェ相模原市淵野辺の社屋)



VSI\* (Versatile Seismic Imager)



(Sonic Scanner\*)



(音波検層データの解析結果例)

## 会員企業紹介

シュルンベルジェ株式会社(SSK)

SKKでは、さまざまな日本の技術メーカーや学術機関との共同研究開発も行っており、不可能とまで言われた地層間隙流体光分析装置や、イメージング検層の印刷を可能にしたカラープリンター、坑井内だけでなく地上や海底での地震探査装置に搭載される加速度型ジオフォンセンサなど、先端機器も数多く産み出してきました。

私たちの開発した製品は、シュルンベルジェの標準仕様である1700気圧、175℃という過酷な環境下で確実に動作することが求められます。開発された機器は地球上のあらゆる地域で使用されますが、地下構造は場所によって極端に異なります。あらゆるものが制限を受ける「地中」という特殊環境下で、地上同等の動作性能の実現が求められるのです。そこで私たちは、地域や用途なども考慮しながら、日本の製造技術を駆使して装置の製造・開発を行っています。しかし、どんなに高度な技術を持っていても製品の品質が低くても意味がありません。そこでSKKでは、極限の信頼性を追及する厳しい品質保証体制を敷いています。設計段階における環境試験、試作品の現地でのテスト、生産段階での部品の品質テスト、そして出荷直前、石油採掘現場と似た環境のもとで実施されるCAT (Customer Acceptance Testing) と呼ばれる最終製品テストなど、設計から出荷にいたる全てのプロセスでテストが繰り返されています。また、世界の採掘現場に出荷された製品の性能を監視することも、信頼性の高い製品を供給していくためには欠かせません。SKKでは技術開発と製造のプロセス改善のために全力をあげて取り組んでおり、全従業員に対しても、品質教育を徹底し、また品質改善提案を募り、有益な意見に耳を傾け、よりレベルの高い生産体制の確立および品質向上に努めています。あらゆる試験をクリアした開発製品は、シュルンベルジェとしての信頼に耐えうる製品として、世界各地のシュルンベルジェグループの拠点に出荷され、得られた質の高いデータが顧客である石油・ガス開発会社へ提供されています。しかしシュルンベルジェの技術者たちは、現状に満足することなく、世界中の顧客からのニーズに対応すべく、常により高度な技術、そして品質の追求を続けているのです。

技術開発に際しては、電気、電子、通信、情報、機械、物理、応用物理といった専門分野別のネットワークを築いており、世界中のシュルンベルジェグループ間で知識や情報を共有しています。また、グループ内の研究・技術センターとの人事交流や情報交換はもちろんのこと、内外の研究機関、学術機関、あるいは企業との交流も積極的に進めています。その代表的な例である物理探査学会との関わりは古く、SKKは1984年から賛助会員としてさまざまなイベント、講演会、技術キャラバンなどに参加してきました。現在SKKの会員は30名。昨年行われた60周年記念事業では、学生イベントを企画提案し、アイデアの革新性、技術レベル、実現性とプレゼンテーションの総合評価に携わり、優秀な作品に「シュルンベルジェ賞」という特別賞を設けさせていただきました。SKKではこれからも積極的に学会活動に参画し、常に知識と情報の共有、吸収、発展に努めていきたいと考えています。

(文責：伊豆原渉、小林志津)

\*シュルンベルジェの登録商標



検層データ品質についての活発なディスカッション



(最終製品テストの行われるCAT: Customer Acceptance Testing)



(Sonic ScannerのCATにおける試験)



(掘削同時検層機の耐高温高圧試験)



三瀬朋子著

## 「医学と利益相反—アメリカから学ぶ」

(2007年弘文堂発行; 全347ページ; 価格2,625円; ISBN 9784-335-35411-3)

三ヶ田 均

本書は、三瀬朋子氏による、米国の生命科学研究の進化に伴う利益相反 (Conflict of Interest、或はColと略称される) の具体例の紹介、および米国に20年ほど遅れた我が国の利益相反への鈍感さに対する警鐘、そして我が国の生命科学研究の発展に米国を見習う必要性などを訴える好書である。生命科学という分野は物理探査の研究者や技術者に縁遠い気がするかもしれないが、実は生命科学分野を例としたこの利益相反の問題は非常に我々に身近な存在なのである。例えば、深海掘削計画 (ODP) や統合深海掘削計画 (IODP) に参加したことがある地球科学系の研究者・技術者は利益相反という言葉に敏感であるに違いない。これは、高額な資金を必要とする研究の推進に当たり、研究提案、研究予算措置、研究内容評価、研究内容実施がそれぞれ独立した組織によってなされる必要があることを示す言葉に他ならない。例えばODPでは、研究予算は米国科学基金 (NSF或いはNational Science Foundation; 日本の文部科学省に相当する) を中心とする国際的な予算措置に依存するものの、研究提案は一般の研究者・技術者、研究内容評価は科学評価組織 (SAS或いはScience Advisory Structure)、そして研究の実施に当たる掘削船の運航は海洋研究所連合 (JOI或いはJoint Oceanographic Institutions) と、それぞれ情報を共有しながら独立性の極めて高い分権状態が確立されていることが分かる (図1)。上述全ての組織の運営には全て全米科学基金による予算措置がなされているが、それぞれの組織の独立性が尊重されており、利益相反の問題を非常に重視していることが見受けられる。本書を手にすることで、生命科学の発展は勿論のこと、我が国の研究者・技術者の疎いこの利益相反について、分野に関わらず学ぶことが可能

である。研究者・技術者に対するインセンティブには知的財産権や金銭的な利益のみならず、新規性の高い成果を得ようとする研究上の活動・競争も含まれると考えられており、経済活動において目にする事の多いこの利益相反が、実は科学の世界でも容易に生じる問題であり、我々の身近な問題であることに気付かされる。

米国では、1980年に制定されたバイ・ドール法により大学で行なわれている研究が積極的に産業へ移転されるようになった。このバイ・ドール法制定後約30年で、現在では学生数の多い国立大学一校の年間運営費交付金に匹敵する約1200億円のロイヤリティ収入が技術移転の結果もたらされ、全米の大学に還元されるようになっている。こうした米国の動きに遅れること20年にして、我が国でも、1999年に大学等技術移転促進法 (いわゆる TLO<sup>(註1)</sup>法)、そして産業活力再生特別措置法 (いわゆる日本型バイ・ドール法) が制定され、産学連携が推奨され始め、ほぼ10年が経過している。産学連携で先行した米国の生命科学分野の研究では、ロイヤリティ収入という魅力的な面が強調される一方、実は「タスキギー梅毒事件」、「ウィロブロック肝炎事件」、米軍兵士へのLSD摂取実験など数限りない非人道的人体実験がなされ、1999年には被験者の遺伝子をウイルスに組み替えさせようとした結果、被験者が死亡する (「ゲルシンガー事件」と呼ばれている) という利益相反の問題が発生していることを本書は訴えている。新規性の高

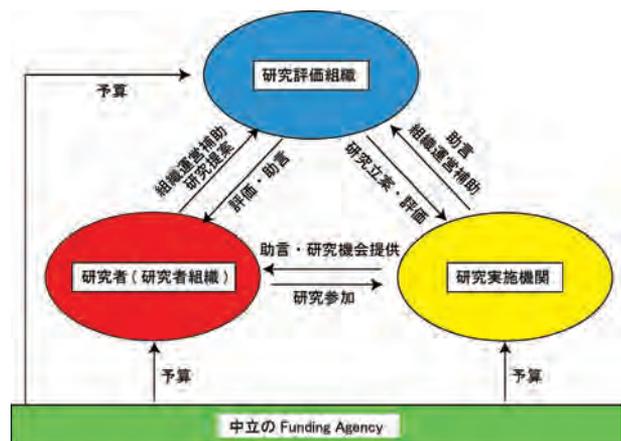


図1 国際深海掘削計画における研究推進体制を例とする模式図。利益相反の問題が生じないよう、研究提案者 (研究提案組織)、研究評価組織、研究実施組織の間の独立性が尊重され、互いに力の「均衡」と「抑制」が図られることを目指している。

い成果を生み出す研究者・技術者に対するインセンティブには知的財産権や金銭的な利益のみならず、研究上の活動・競争も含まれ、産業の発展に必要であることは明らかではあるものの、このインセンティブが利益相反につながりやすいことを本書は明確に示している。研究の遂行や技術開発の進行は、実は研究者・技術者の利益であり、科学的客観性を重視し、研究・技術開発の成果に対する社会的価値を保持するためには、利益相反を生じさせない実施体制や方法を考えることが重要なのである。

科学や技術開発の分野で生じる利益相反に対し、例えば欧米の信託法が採用したような法律による規制強化では科学の発展が妨げられる可能性もある。経済活動においては、古来より利益相反の問題が多数発生し、法律的な規制という形でその活動が制約され監視される。これに対し、大学等の研究機関の科学技術を積極的に産業に活かそうとする比較的新しい技術移転の分野では、その活動を促進するために、法的規制を最低限にとどめ、法律で縛らない部分を研究機関や研究者組織の規制に任せるソフト・ローの仕組みが基本になっていることを忘れてはならない。従っ

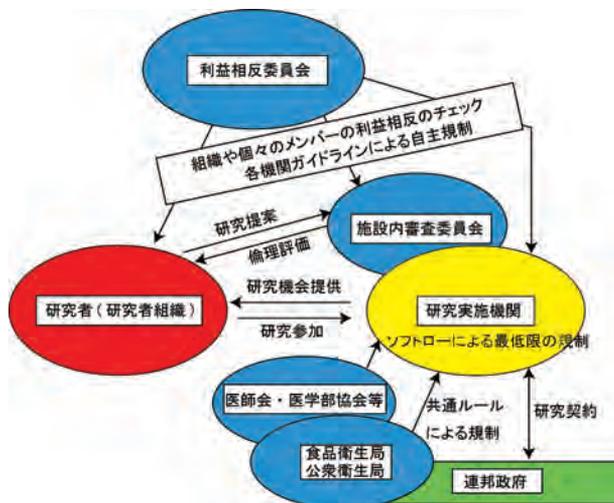


図2 本書に記載された米国における生命科学推進のために提唱された組織図を明示したもの。このような組織形態は、互いに独立性の高い複数の研究実施機関の存在を反映していると考えられる。過去に発生した利益相反の問題発生経験から、審査委員会とは独立した利益相反委員会(委員も互いに兼任しない)が、常に利益相反の有無を確認する構造に帰着したと考えられる。被験者の存在する場合、更にインフォームド・コンセントについても確認される。また、利益相反委員会と施設内審査委員会は、綿密な情報の共有を行なう体制になっていることが窺える。更に利益相反を規制するために、「三権分立」的な構造が大きく歪められ、「抑制」するための構造に変化していることが理解される。

て、何か問題が生じた際に「法律上問題が無い」とすることは、研究者や研究組織の倫理観の欠如を示す言い訳になってしまうこともあり得る。本書には、この研究や技術開発の成果に対する科学的客観性、成果の恩恵を受ける人々を利益相反から生じる問題から保護するために米国の採用した方法が詳しく述べられている。但し、10年前の「ゲルシンガー事件」のように、我が国より20年も先行した米国でも、まだ利益相反によって引き起こされる問題が生じることは、科学技術移転における利益相反の問題を根絶するための継続した努力が必要であることを物語っている。米国では、この「ゲルシンガー事件」を受け、同様な利益相反を生じさせないための議論が続けられ、全米科学基金のような研究資金供与機関の保護の下、研究者評価組織、研究者、研究実施母体という分立した組織が互いに情報を共有し関わる体制構築が提唱された(図2)。利益相反を生じさせないためには、モンテスキューの提唱した司法・立法・行政の三権分立にも似た体制が研究の遂行にも必要なのである。IODPにおける科学計画実施体制のように、地球科学・地球工学の分野の研究の遂行にも「三権分立」した組織が必要であることも理解できる。更に利益相反問題のために、三権分立的な体制から、「抑制」を担う規制を中心とした体制に変化してしまう状況も理解される。本書のように、日本より20年も早く技術移転を促進し始めた米国で、地球科学・地球工学より技術移転の著しい生命科学の分野に生じた利益相反の問題を、どのように扱って来たか、またどのような対応策が採択されて来たかを知ることは、今後の物理探査の分野での利益相反の問題解決あるいは予防へのフィードバックという点で、非常に重要である。残念ながら、本書には、研究の遂行に関わる組織体系等の図面が少ないが、著者の筆力による十分な記載がなされており、必ずしも生命科学分野に明るくない筆者にも理解可能な内容でまとめられている。研究の遂行とその実施上生じる可能性のある利益相反問題に興味のある読者には是非お勧めしたい一冊である。

註1:TLOとはTechnology Licensing Office或はTechnology Licensing Organizationの略で、大学等の特許や技術を産業に移転することを推進する活動を行なう組織のこと。



# 講演会・セミナー開催のお知らせ

## 第121回(平成21年度秋季) 学術講演会のお知らせ

1. 会期：平成21年11月23日(月)～11月25日(水)
2. 会場：名古屋大学 野依記念学術交流館(愛知県名古屋市千種区不老町名古屋大学東山団地構内)
3. 一般講演(口頭およびポスター)の申し込みは平成21年8月21日(金)までに、学会ホームページ(<http://www.segi.org/>)から行って下さい。
4. 講演会参加費  
一般：4,000円(事前登録)、5,000円(会場登録)、  
学生：2,000円(事前登録)、3,000円(会場登録)
5. 講演会参加事前登録  
締切：平成21年11月13日(金)
6. 交流会参加事前登録  
締切：平成21年11月13日(金)  
一般：4,000円(事前登録)、5,000円(会場登録)  
学生：2,000円(事前登録)、3,000円(会場登録)
7. 見学会参加事前登録  
締切：平成21年11月13日(金)  
見学場所：東濃地科学センター瑞浪超深地層研究所  
(地下坑道内見学も予定しております)  
<http://www.jaea.go.jp/O4/tono/index.htm>  
日時：平成21年11月25日(水)  
午前中のセッション終了後に出発し、夕方名古屋駅で解散  
※参加費(交通費、昼食代)は、一般：3,000円、学生：無料です。
8. 展示企業募集  
展示企業を募集いたします。展示を希望される場合、下記にお問い合わせ下さい。
9. 問い合わせ先  
〒101-0031  
東京都千代田区東神田1-5-6 MK第5ビル 2F  
社団法人物理探査学会 学術講演委員会  
電話・FAX：03-6804-7500  
E-mail：office@segi.org  
ホームページ：http://www.segi.org/
10. 技術士の継続教育(CPD)時間認証について  
本学術講演会参加者には、会員・非会員に拘わらず、毎日の参加時間に応じて物理探査学会の参加認定証を交付致します。さらに、口頭およびポスター発表者には、1編当たり10時間のCPD時間を認定し、別途認定証を交付致します。

## 第9回物理探査学会 国際シンポジウム開催のお知らせ

- 会期：平成21年10月12日(月)～14日(水)  
テクニカルツアー：平成21年10月15日(木)  
会場：北海道大学学術交流会館  
テーマ: Imaging and Interpretation- Science and Technology for Sustainable Development -  
セッション：  
Sensors and Acquisition Technologies  
Seismic/Geodetic Imaging Technologies  
DC/EM Imaging Technologies  
GPR Imaging Technologies  
Data Processing/Signal Processing  
Laboratory/Scaled Geophysics  
Marine Technologies  
Airborne Studies  
Multi-scale Imaging/Interpretation Methodologies  
Spatial/Time-Lapse Data Management  
Reservoir Characterization  
Energy and Resource Explorations  
Shallow/Near-Surface Applications  
Environmental and Engineering Applications  
Geological Disposal and Storage  
Disaster Mitigation Applications  
Long Term Monitoring

発表申し込みは終了しました。  
事前登録は現在受け付中で、締め切りは8月15日です。  
詳しくは、<http://www.segi.org/is/9th/>をご覧ください。

## 「ぶったん川柳」募集のお知らせ



物理探査ニュースでは、「ぶったん川柳」コーナーの設置を検討しています。川柳という窓を通して、物理探査の世界と魅力をアピールしたいと考えています。少ない言葉にこそ、想いが凝縮されることがあります。日頃の物理探査業務での一コマを、五・七・五の句にのせて表現してみませんか。

- ・ 投句資格：原則として会員の方に限らせていただきます。
- ・ 投句方法：以下のサイトにて随時投稿を受け付けています。  
<http://www.segi.org/committee/news/senryu/index.html>
- ・ 投句例：(作品)調べてね 穴蔵住まい どんなかな  
(ペンネーム)もぐら君  
(文責：ニュース委員 松島 潤)

## 編集後記

「物理探査ニュース」の第3号をお届けします。いかがでしょうか？ また今までの1,2号はいかがだったでしょうか？

委員会では、原稿集め、編集の仕事のほかに、親しみやすいニュースにするにはどうするか、また会員以外の読者も想定して分かりやすくするにはどうするか、会誌との関係は、などなど、老若男女の委員が集って、海江田委員長のもと、議論しています。議論は場所を変えて夜まで続くこともしょっちゅうです(このときは老が元気になります)。

今号から連載予定の「わかりやすい物理探査、

電磁探査入門講座」はいかがでしょう？ 早稲田大学斎藤先生の力作です。わかりやすく書くことは非常に難しいことと思いますが、私は大変すばらしいものになっていると思います。

ニュースではこれからもさまざまな記事を載せていく予定です。

まだ、発展途上にあるニュースですので、皆様の率直なご意見をお待ちしています。

同時にニュースでは皆様の原稿もお待ちしています。

(ニュース委員会委員：東 宏幸)

### ニュースの配布について

本ニュースの内容は物理探査学会のWeb siteでもご覧になれます。また、広く一般の方にも見て頂けるよう配布をご希望の方は下記学会事務局までご連絡下さい。無料でお届けいたします。

なお、配信をご希望なされない方は、ご面倒でも学会事務局へご連絡頂きたくお願いいたします。

### ニュース原稿の投稿等について

本ニュースには会員のほか一般の方からも投稿や表紙の写真を受け付けます。また、物理探査学会および物理探査の技術に関するお問い合わせは、学会事務局に所属機関、住所、氏名など連絡先を記入の上、E-mailもしくは文書で連絡下さい。

### 著作権について

本ニュースの著作権は、原則として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製したい方は、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3号 2009年(平成21年)8月発行

編集・発行 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/FAX : 03-6804-7500

E-mail : office@segi.org

ホームページ <http://www.segi.org>