

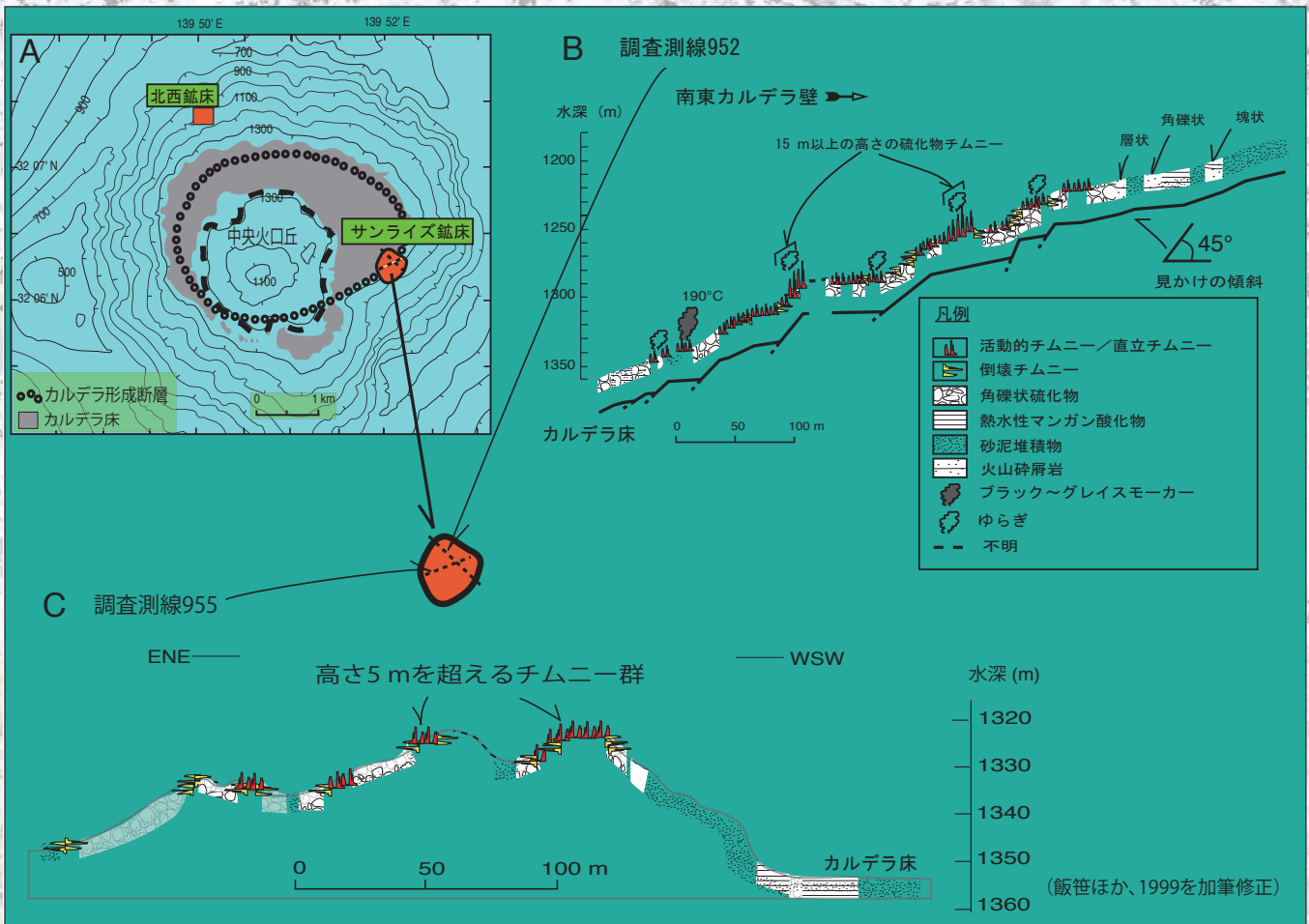
物理探査 ニュース

SEGJ 社団法人物理探査学会
The Society of Exploration Geophysicists of Japan

目次

新技術紹介 海底熱水鉱床と物理探査	1
分かり易い物理探査(電磁法)	5
豪州物理探査学会参加報告	9
継続研鑽「ジオスクリーニングネット」について	11
新英文誌発行について	13
お知らせ	14

Geophysical Exploration News October 2010 No.8



伊豆・小笠原弧明神海丘カルデラ内に分布するサンライズ鉱床と北西鉱床(A)。サンライズ鉱床は南東カルデラ壁直下の斜面上に位置する。一方、北西鉱床は、北西カルデラ壁の中腹のステップ状の断層群のテラスに分布している。サンライズ鉱床内のチムニーや地形の調査測線を波線で示している。調査測線 952(B)及び 955(C)の表層地質・地形の特徴を示す。前者はカルデラ壁を上る測線を示し、鉱床内に多くの急崖や大小のチムニーが林立している。後者はカルデラ壁に沿う測線の表層地質を示し、大小のマウンドが重なり一つの大きなマウンドとなり、その比高は 30mに達する。

詳細は本号の東京大学大学院新領域創成科学研究科飯笹幸吉教授による新技術紹介「物理探査への大いなる期待—海底熱水鉱床の本格的な資源量評価に向けて—」をご覧ください。

新技術 紹介

物理探査への大いなる期待

—海底熱水鉱床の本格的な資源量評価に向けて—



東京大学大学院新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻
教授 飯笹幸吉

銅・鉛・亜鉛・金・銀などに富んだ熱水鉱床が、中央海嶺に限らず日本周辺の海底に分布していることは多くの人が知るところである。この資源をめぐって、ノーチラスというカナダのベンチャー企業を始め、中国や韓国の政府が日本よりも先に開発に向けた基盤作りを精力的に行っていることも周知の事実である。ノーチラス社や韓国政府は、西太平洋に広く分布している背弧海盆及び海洋性島弧の海底火山や海底カルデラの熱水鉱床をターゲットにしている。一方、中国は今春、公海上にある南西インド洋中央海嶺の熱水鉱床に鉱区を設定するべく、国際海底機構に申請を行った。

海底熱水鉱床の商業開発を目指す上で誰もかもっとも知りたいことは、その鉱物資源量が「どのくらい存在しているのか」だろう。或いは、海底熱水鉱床の開発に伴う環境や生物多様性への影響を指摘する人もいるかもしれない。また、人によって採鉱や揚鉱技術に関心を持つかもしれない。しかし、商業生産の可能性を評価する上でもっとも肝心なのは、何より確かな鉱物資源量の把握であると思う。本稿では、まず日本周辺海域の海底熱水鉱床について、特に鉱床域の分

布の特徴に焦点を当てながら紹介する。その上で、現状の熱水鉱床の探査と資源量評価の手法を概観し、鉱床の資源量評価の精度を高めるためには、例えば磁力及び重力を用いた物理探査手法が不可欠であることを述べる。

海底熱水鉱床の分布の特徴

一般に、西太平洋の海底熱水鉱床は中央海嶺に比べて水深が浅い1000m～2000m前後に分布している。そして、日本周辺の排他的経済水域内の海底熱水鉱床は、東京南方の伊豆・小笠原弧の火山フロントや背弧リフト内の海底カルデラや火口、また南西諸島の西側に位置する沖縄トラフの火山構造的凹地、海底火山の斜面や火口などの水深1600m以浅に分布している(図1)。

日本の海底熱水鉱床の形成場の特徴について、伊豆・小笠原弧明神海丘周辺の海底カルデラを例に、さらに詳しくみることにしよう。明神海丘周辺の半径30km以内には、海底熱水鉱床を伴う海底カルデラが明神海丘の他に二つ(明神礁カルデラとベヨネース海丘)発見されている。今後の探査によって、さらに増えることがほぼ確実視されている。

さて、三つのうち明神海丘と明神礁カルデラの地質構造的な特徴として、両者とも第四紀火山フロントを伴う七等・硫黄島海嶺と雁行配列をする西七島海嶺の北東延長部が交差するところに位置している(図2)。明神海丘カルデラ内には現在のところ二つ(サンライズ鉱床及び北西鉱床)の海底熱水鉱床が確認されており、そのうちのひとつ、サンライズ鉱床は、カルデラ形成断層が伏在するカルデラ壁直下の水深1300m前後の傾斜地(平均斜度20～30度ほど)にある(図3)。一方、北西鉱床はカルデラ壁中腹の水深1200m付近のカルデラ形成断層がステップ状に落ち込んだテラスに形成されている。このような形成場の特徴は、鉱床形成をもたらす熱水循環が断層、割れ目などを通じて行われていることを考えるならば、当然予想されることである。では、鉱床は断層が発達した場所だけに見つかるのだろうか。海底面上

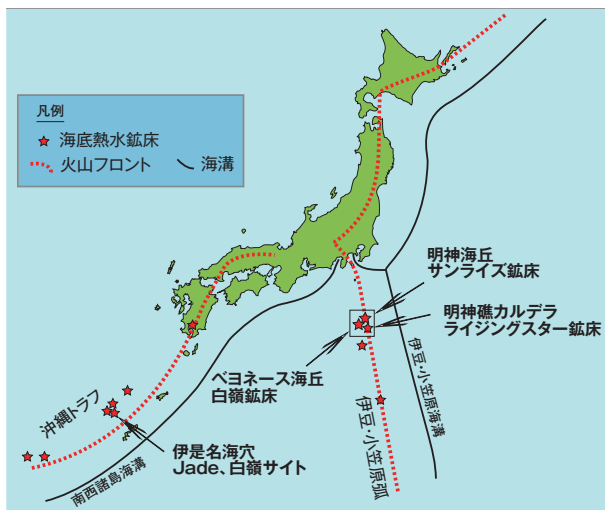


図1 日本の排他的経済水域内における海底熱水鉱床の分布。図中の伊豆・小笠原弧上の矩形は図2に示す。

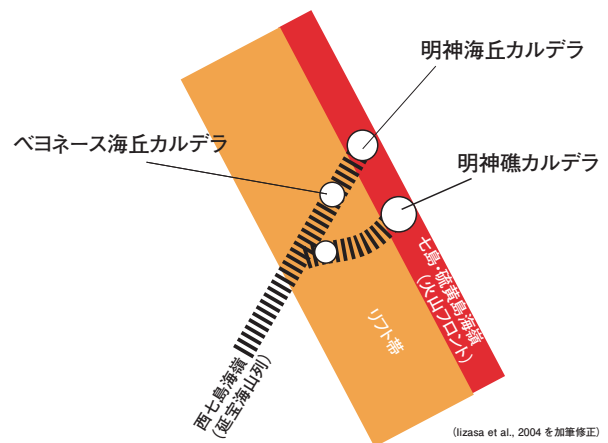


図2 伊豆・小笠原弧明神海丘周辺の海底カルデラの分布の特徴。第四紀火山フロントの背弧域には活動的なリフトが分布している。雁行配列の西七島海嶺の北東延長部がリフト及び火山フロントに交差している。

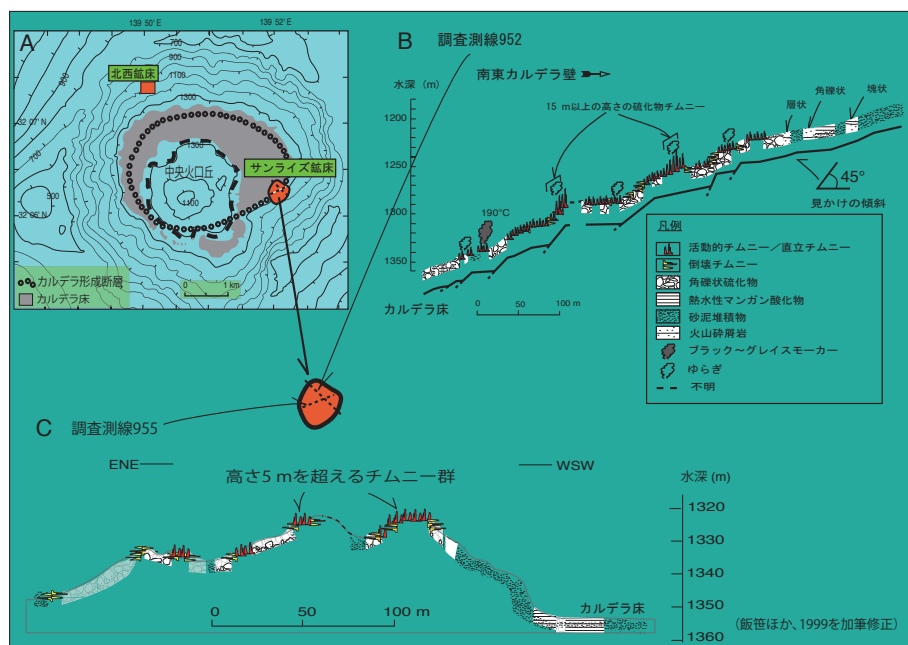


図3 明神海丘カルデラ内に分布するサンライズ鉱床と北西鉱床(A)。サンライズ鉱床は南東カルデラ壁直下の斜面上に位置する。一方、北西鉱床は、北西カルデラ壁の中腹のステップ状の断層群のテラスに分布している。サンライズ鉱床内のチムニーや地形の調査測線を波線で示している。調査測線952(B)及び955(C)の表層地質・地形の特徴を示す。前者はカルデラ壁を上る測線を示し、鉱床内に多くの急崖や大小のチムニーが林立している。後者はカルデラ壁に沿う測線の表層地質を示し、大小のマウンドが重なり一つの大きなマウンドとなり、その比高は30 mに達する。

にこれという特徴のない場所には現れないのであろうか。必ずしも、そうではないようである。平坦部のカルデラ床に、もう一つ熱水鉱床が存在する可能性がかなり高いことが分かってきた。

明神礁カルデラでは、2007年に中央火口丘の西斜面中腹において、高さ10m前後の硫化物チムニーや熱水生物を伴う熱水活動域(ライジングスター鉱床)が発見されている(lizasa, 2007)。この硫化物チムニーを伴う熱水活動域は、水深900m程の中央火口丘斜面上に400m×100mの範囲に分布していることが確認されているものの、調査は中途であるためその活動域の広がりがどの程度あるのか、詳細は未だに明らかになっていない。しかし、この熱水活動域は、明神海丘の既知熱水活動域に比して、カルデラ床の中央部にあることから周囲が開けているため、AUVなどの移動体による調査は比較的容易であろう。また、カルデラ西壁の急斜面には、鉱脈型鉱床が存在する可能性も推定されていることも付け加えておこう。

ベヨネース海丘カルデラの地質構造的特徴は先の二つの鉱床とは異なっている。この海底カルデラは第四紀背弧リフト内にあり、カルデラ自体もリフトの南北の走行方向にやや伸長した地形的特徴を示している。また、リフト形成断層の一部が海丘内を伏在しながら走っていることが推定されている(lizasa et al., 2004)。この伏在断層とカルデラ形成断層が交差する水深800m～700m程のところに熱水活動域が分布している。そこに伴う鉱床(白嶺鉱床)の分布位置は、明神海丘カルデラのサンライズ鉱床と同様である。しかし、高

さ10m前後の硫化物チムニーを伴う鉱床内の地形はサンライズ鉱床ほど大きな起伏を示していない。

ここで挙げた三つの鉱床は、カルデラ内のカルデラ壁直下・中腹、中央火口丘の斜面、そしておそらくカルデラ床の平坦部にあり、その険しさに順番をつければ、サンライズ鉱床、ライジングスター鉱床、北西鉱床、白嶺鉱床そして平坦部の鉱床の順になるであろう。

沖縄トラフの海底熱水鉱床は、上記の鉱床の分布特徴に加えて海丘斜面に分布するものもある。鉱床胚胎場は断層、割れ目、伏在断層等の交差部に伴うという特徴も伊豆・小笠原弧と同様である。ここでは、調査密度の高い伊豆名海穴を例に挙げよう。この海穴は、火山構造性断層による矩形の陥没地形をしており、窪地のやや開けた北東斜面に熱水活動域

を伴う鉱床(Jade)、そして凹地の平坦部に大小のマウンドを伴う硫化物鉱床(白嶺サイト)が分布している。これら二つの鉱床域の地形的特徴から判断すると、伊豆・小笠原弧明神海丘に比べ、物理探査を行うのはより容易であるように思われる。

海底熱水鉱床の探査

海底熱水鉱床の探査には、これまで様々なセンサー技術や調査手法が導入され、また改良されてきた。中央海嶺における熱水活動域の探査に限らず、日本周辺海域の海底熱水鉱床探査でも、海底面上の活動的な熱水域が主に発見されている。

活動的な海底熱水鉱床の発見には、化学センサーとしてマンガン濃度・pH・ORP・硫化水素等、そして温度・濁度等の物理センサーのいくつかをひとまとめに搭載して、海中をトローヨー(センサー群を海底近傍から中層まで上下させて種々のデータを取得する調査方法)することで異常域を検知しつつ、熱水活動域を絞っていく。その後、ディーブトウ、ROV、AUVなどによって、異常域周辺の海底を確認していくという調査手法が一般的である。このほかに地質学的手法として、堆積物中に取り込まれている熱水起源の重鉱物を中心に潜在的な熱水活動域を絞り込んでいく方法があり、これはすでに活動を停止した熱水域の特定にも威力を発揮している。

従来行われている熱水活動域の探査手法だけでは、生物多様性の保全の課題もあり資源量の確保は困難であることは明らかである。そのためには、活動的な熱水鉱床をさらに多

く見つけることが必要であることは言を俟たない。しかし、それだけでは十分でなく、活動を停止した熱水域に伴う鉱床、いわゆる化石鉱床や、また埋没した潜頭鉱床の発見・確保が不可欠である。その探査方法の一つが、先に述べた堆積物中の熱水起源の重鉱物を捉える探査手法であり、さらに期待される手法が物理探査なのである。もっとも、前項で述べたような起伏に富んだ鉱床域において、センサーを搭載した移動体による連続測定を行うことは、容易ではなく移動体の高度な展開が要求されるであろう。

移動体の展開方法の課題はあるにしても、どのようなセンサーが探査に適当なのだろうか。参考として、中央海嶺において行われた磁力計による調査を紹介しよう。以下は、拙著「日本近海に大鉱床が眠る(2010)」の抜粋である。

今から10年ほど前に中央海嶺の海底熱水活動域において、海外の研究者によって潜水艇や探査機に搭載した三軸磁力計の精密な調査が行われた。この磁化調査は陸上の鉱床調査ではよく利用されているが、中央海嶺で行った理由は別の所にあった。

中央海嶺の海底熱水鉱床は、キプロス型の塊状硫化物鉱床と考えられている。このようなキプロス型鉱床の成り立ちをRichards et al.(1989)が調べてみたところ、鉱床の下部に直径が100m程のパイプ状変質帯があり、それは網目状の硫化物などの脈を伴っていた。ただ、この鉱床は形成されてから構造運動、変質作用、変成作用などの様々な地質作用を受けていたことから、鉱床の形成過程を理解するには限界があった。

そこで、現世の海底熱水鉱床は地質時代のものに比べ様々な地質作用を被っていないことから、キプロス型鉱床と類似の現世の中央海嶺の海底熱水鉱床を調べることで、鉱床の形成過程について新たな知見が得られるかもしれない、という期待が生まれた。海底熱水鉱床には、まだわからないことが多い。特に熱水系に関して、その流体の浸透・貯蔵・放出やその範囲・流路などを含めた熱水循環が、海洋地殻の中でどのように生じているのかが、大きな疑問であった。その全容を知るために、北部Juan de Fuca海嶺の熱水活動域において三軸磁力計という装置を使った調査を行ったのである(Tivey and Johnson, 2002)。

彼らの成果は素晴らしいものであった。2000年と2001年に無人探査機Jasonによる海底直上の三成分高分解能磁気調査を行い、取得したデータに特殊な解析処理をした。その結果は一カ所だけ例外があったものの、すでにわかっている硫化物チムニー群の分布と得られた低磁気異常帯がそれぞれ見事に一致したのである。低磁気異常帯は平面的には円形を示し、その中心部が最も低い値であった。さらに、熱水活動によって沈殿したわずかな磁性を持つ硫化物や酸化物の影響が全く見られなかった。この低磁気異常帯が円形を示すと言うことは、100mほどの磁性の少ない地帯がほぼ鉛直のパイプ状であることを示唆しており、その深さはおよそ数百mと推定された。これは、海底下から上昇してきた熱水溶液の範囲の広がりを示すものである。このように、海底熱水活動域における磁気調査が、海底熱水鉱床の探査のみならず、

その分布の把握にも有効であることがわかったことは、大きな収穫であった。

日本でも最近AUV搭載の三成分磁力計を使用した調査が、ベヨネース海丘白嶺鉱床で行われた(本荘ほか、2010)。その結果は、低磁化域と鉱床域の分布が必ずしも一致しなかった。その理由としてカルデラが磁化強度の弱い酸性岩で構成されていることが、影響しているのではと推察されている。先に述べた中央海嶺の成功例は、構成岩石が玄武岩であり、磁化強度が酸性岩と異なることを考慮する必要がある。日本周辺海域で磁気調査から海底熱水鉱床探査を行うには、事前の地質調査が重要となってくる。

ところで、ノーチラス社はパプアニューギニアの経済水域内において、ROVによる電磁気探査を行い良好な成果を収めたと言うことである。この時のデータは鉱床の深部分布の把握に効果を発揮した。

鉱物資源量の評価

海底熱水鉱床の資源量評価は現在、石油天然ガス・金属鉱物資源機構や深海資源開発株式会社海底着座式掘削機(BMS)によって実施されている。しかし、鉱床内が起伏に富んでいるため容易ではない。中央海嶺で行った海底熱水鉱床の鉱量把握には、船上からボーリングコアを連結して行った。しかし、いずれの場合においても掘削試料の回収率は、試料の性状の違いが大きいため、概して極端に低く、50%に達しない場合が多々あるのが実態である。

回収率の意義を考えてみよう。地質が一様であれば回収率はほぼ100%であろう。例えば、海底に噴出した溶岩を掘削した時には10mを超える岩石がすべて溶岩であったため、100%回収できた。緻密な塊状硫化物であればほとんど回収できる。このような例から類推すると、回収率が極端に悪い海底熱水鉱床の海底下は、硫化物だけでなく熱水変質物、例えば粘土などの物性が異なる地質体であることがわかる。先述したように、熱水活動域にはいわゆる鉱床と称する硫化物濃集帯がその規模の大小を問わず数多く分布しており、大規模になればその硫化物濃集帯は重なり合い、文字通り熱水活動域全域をカバーするほどの大規模海底熱水鉱床となる。このようにして形成された鉱床は、多様な物質、例えば周辺の火山砕屑物、生物の遺骸、或いはこれらが熱水溶液の影響を受けて形成された変質物などから構成されることになる。

掘削は海底熱水鉱床内の至る所で実施できるわけではなく、容易に掘削できる場所になりがちであることから、その鉱床の資源量の総合的な評価にはおぼつかない。このような状況を打開するのに頼りになるのが、磁力の他にもある。

中央海嶺の海底熱水鉱床では、これまででも有人潜水艇、ROVや曳航体に搭載した重力計を使って、三次元的な構造を把握するための測定が行われている。なぜ海中で重力を測定するのだろうか。海中で測定すれば、重力源と重力計を近づけることで高分解能のデータを数多く得ることが可能となる。しかし、移動体に搭載した状態で測定すると、どうしても重力計に余計な力が加わってしまい、データの解析が困

難になるという欠点がある。その点、AUVの動揺特性は、その他の移動体に比べて格段に良好な結果がでているという(Kinsey et al., 2008)。今後、AUVに搭載した重力計によって広域を調査すれば、埋没した鉱床の探査に大いに役立つようになるかもしれない。熱水鉱床の三次元的データを得ることができれば、モデル計算を通じて鉱床の資源量を評価することが可能となる。BMSでは掘削できない海底熱水鉱床の深部データを手に入れて、鉱物資源量を別の視点から評価できるのである。

海底熱水鉱床の鉱物資源量をできるだけ精度を上げて評価するには、対象物に接近してデータ収集を行った方がよりよい結果が得られる。海底熱水鉱床の重力測定をする時に、測定高度の違いによる測定値の変動をシミュレートした例(石原丈実:独立行政法人産業技術総合研究所)を示そう。石原によれば、海底面上或いは海底下に三次元的広がりを持つ物体の厚さの程度を1mまで検知するには、0.1mgalの測定精度の重力計をAUV等で海底面上50m以下で航走することが望ましいという(私信)。当然のことながら、AUVの振動が測定器に伝わらず、しかも移動体の位置を陸上並みに把握することが前提である。位置精度のひとつ、水深一つだけ考えた場合でも、メートル以下のどこまで正確に測定できるかが鍵である。

ROVを利用した海底設置型の重力計による資源量調査としては、すでに北海のガス田においてガス量の変化をとらえる試みがなされている。その海底は平らであるため、重力計を設置することができるが、平らでない海底熱水鉱床では、まだ試みられたことがない。海底熱水鉱床内の地形は花を生ける時に使う剣山のように硫化物チムニーが林立しており、また傾斜変化も激しく、重力計を設置することが容易ではないからである。

ところで、重力計を海底熱水鉱床の起伏や傾斜の激しいところに設置するのが難しいのならば、ROVを使用してネックレスよろしく重力計をチムニーにかけることにしたらどうだろう。チムニーの太さ、形などの基本的なデータを基に、重力計につけるフレームを考案すればいい。この方が、滑りやすい傾斜地や起伏の激しい場所に設置するより簡単な気がする。これは素人のアイデア倒れだろうか。

探査機器類の展開法

現在、文科省の「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」の中で、海底熱水鉱床の直上において測定するための精密重力計、電磁気センサーの機器開発が進められている。さらに、深海における音波探査機器も開発中である。これらは、AUVやROV、或いは曳航体搭載の機器類である。海底熱水鉱床の探査を行ってきた経験から、これらの機器をどのように展開するのが気になるところである。

先に述べたように、日本周辺海域の海底熱水鉱床は、海底カルデラの平坦なカルデラ底だけに分布するのではなく、移動体の動きが制限されやすいカルデラ壁や狭い範囲の急斜面に位置している。例えばサンライズ鉱床の熱水活動域はカルデラ形成断層付近の水深1400m~1100mに分布し、

そこには20m程の断層崖が顕著に発達している。全体の比高は300mを超え、そこには比高30mを超える硫化物マウンドが分布している。さらにその頂部周辺には大小様々な高さ20~30mを超える硫化物チムニーがそびえていることもある。そびえ立つチムニーは活動的であり、噴出する熱水溶液は周辺環境の温度分布に影響を与えている。つまり、熱水ブルームを形成している。活動的であればあるほど、熱水活動域の海底にリップルマークを残すような海水の流れが生じている。このような海水の動きが物理探査センサーを搭載した移動体の位置精度に与える影響はどの程度だろうか。

重力センサーや電磁気センサーをAUVに搭載すれば海底熱水鉱床の資源量のデータ収集が、容易にできるわけでもなさそうである。センサーを載せるプラットフォーム自体のさらなる高度化に加えて、海底熱水鉱床域のそれぞれの地形的な特徴を把握した上で、測線を設定することが肝要となってくる。

鉱床胚胎場の地形が鉱床ごとに個性があることから、既知熱水鉱床の資源量評価には地形情報を正確に収集することが重要である。陸域並みの物理探査を行うためには、海外の調査研究機関だけでなく東京大学生産技術研究所が実施しているインターフェロメトリーソナーによる精密な微細地形の作成が求められる。精度の高い海底地形図を基に実施して得られたデータこそ、正確な資源量評価に結びつけることができる。

物理探査技術による海底熱水鉱床の三次元的情報の把握は、今ではかなり現実味を帯びてきている。さらに、物理探査によって鉱床内の分帯ができれば資源量評価が飛躍的に進展するだろう。今後を期待したい。

参考文献

Honsho, C. et al., (2010): Deep-sea Magnetic Survey using Autonomous Underwater Vehicle r2D4 on Bayonnaise Knoll Caldera (in preparation).

飯笹幸吉『日本近海に大鉱床が眠る—海底熱水鉱床をめぐる資源争奪戦—』技術評論社、2010。

Iizasa, K. (2007), 37th Underwater Mining Institute Marine Minerals of the Pacific: Science, Economic, and the Environment. Iizasa1-2.

飯笹幸吉ほか(1999):明神海丘のアクティブ熱水フィールドとブラックスモーカー、海洋科学技術センターJAMSTEC深海研究、14, 223-236.

Iizasa, K., et al., (2004), OCEANS '04. MTTs/IEEE TECHNO-OCEAN '04. Volume: 2, 991- 996.

Kinsey, James C., et al., (2008), Oceans '08-MTS/IEE Quebec City.

Richards, H.G., et al., (1989), Economic Geology, 84, 91-115.

Tivey, M. A. and H. P. Johnson(2002), Geology, 30 (11), 979-982.

電磁探査入門講座

今回は電磁探査についての最終回です



早稲田大学教授
斎藤 章

3.6 スリングラム法

電磁探査黎明期の1930年代から広く使われている技術で、「スリングラム」とはスウェーデン語でフレームに取り付けたという意味です。スウェーデンで始まり、1950年代から北米で広く使われてきました。スウェーデンのABEM社やカナダのMcPhar社などが多くの装置を市販し、1970年代には日本にも導入されています。送信コイルと受信コイルの間隔や角度などを一定に保ちながら移動して測定を行う電磁探査法(水平探査)で、フレームを使わない方法も含めて小型の送受信ループを使う方法一般の呼び名になっています。現在は陸上だけでなく飛行機やヘリコプターによる空中電磁探査法としても広く使われています。また、歴史的にはいくつかの周波数を使って深度情報も得るという点で、周波数領域の手法でしたが、現在では次節で説明する時間領域の電磁探査法の配置としても使われ、土木・建設や防災、環境、鉱山や地下水などの広い分野で利用されています。空中電磁探査法の機器の例として、Fig.3.8にAEROTEMという装置の写真を示します。中央の白い球の中に3成分の受信コイルがあり、その外側にドーナツ状の直径5mの送信コイルが取り付けられています。ヘリコプターから40mくらいのワイ



Fig.3.8 空中電磁探査装置の例

アで吊り下げ、数千アンペアの電流を送信コイルに流して、深さ250mくらいまでの探査が可能とされています。

Fig.3.9に送信コイルと受信コイルの間に導体板がある場合を示します。送信コイルに交流電流($\sin \omega t$)を流すと、(b)で示すように同じ位相(\sin)の1次磁場ができます。この磁場が導体板を横切ると、板にはこの1次磁場の変化を妨げるように誘導電流が流れます。この誘導電流は1次磁場と位相が90度ずれた $\cos \omega t$ になり、この誘導電流が作る磁場も同じ位相($\cos \omega t$)になります。これを(b)の2次場として示します。受信コイルにはこれら1次場と2次場の両方の和が検出されます。次にこの測定で、送信コイルに流れる電流の周波数を変化させたらどうなるかを考えます。実はこの説明は電磁法1)*¹で説明しているのですが、分かりにくいところもあったので再度解説します。まず同相、離相の説明をします。受信される磁場は、送信電流($\sin \omega t$)と振幅も位相も違うので、一般に次のように表すことができます。

$$H = H_0 \sin(\omega t + \phi)$$

この式を展開すると

$$H = H_0 \cos \phi \sin \omega t + H_0 \sin \phi \cos \omega t \\ = a \sin \omega t + b \cos \omega t$$

この $a = H_0 \cos \phi$ は、送信電流と同じ位相なので同相成分、 $b = H_0 \sin \phi$ は離相成分と呼ばれます。つまり力学で、あるベクトルをお互いに直交する2つの成分の和で表すのと同じに、振動する場を互いに直交する $\sin \omega t$ と $\cos \omega t$ という2つの成分に分けているわけです。よく使われる振幅 H_0 と位相 ϕ は次の式で示されます。

$$H_0 = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \tan \phi = \frac{b}{a}$$

Fig.3.9に示した導体に誘導される渦電流は、周波数が低いほど弱くなります。これは磁場の変化に比例した起電力が生じるというファラデーの法則に従っている現象で、変化の遅い低い周波数では渦電流が弱くなり、さらにその渦電流が作る2次磁場も弱くなります。反対に周波数が高くなると、導体に流れる誘導電流とそれが作る磁場はともに強くなり、1次場を弱める方向に働きます。Fig.3.10に導体に流れる渦電流が作る2次場の同相成分と離相成分を示します。横軸はここでは詳しい説明を省略しますが、標準化した周波数です。同相・離相成分とも周波数が低くなると前述のように小さくなり

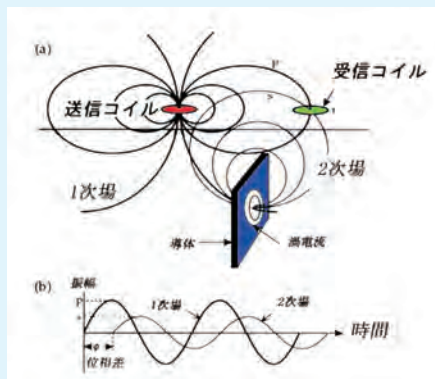


Fig.3.9 1次場と2次場

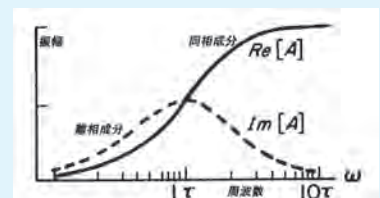


Fig.3.10 導体に誘導される電流の同相・離相成分

*1 物理探査ニュース August 2009 No.3 をご参照ください。

まず、周波数が高くなると離相成分はゼロに近づき、同相成分は大きくなり、一定値に近づきます。この一定値は実はこの導体を切っている1次場の値で、周波数が高い場合には、導体内に誘導された渦電流が1次場と同じ大きさで反対向き(同相)になって、1次場がキャンセルされることを意味しています。プリアンプなどの微小な電圧を扱う回路をアルミなどの金属の箱に入れるのは、内部の電界をゼロにすることに加えて、この原理を使って交流の磁場が箱内に入らないようにしている交流磁気シールドの働きがあります。プリント基板などでアースのパターンが閉じた回路を作っていると、それは受信コイルと同じなので、そこを切る磁場が変化すると、パターンに誘導電流が流れ、回路に対して重大なノイズ源になることがあるので、交流磁気シールドは大切です。直流磁場に対しては銅やアルミなどの非磁性体ではシールドはできないので、ミュンタルなどの透磁率の高い合金を使います。

スリングラムの測定では、送信源から来るプライマリー場が既知となります。基本的には送受信コイルの配置や距離、送信電流などで決まります。普通は送受信コイルをフレームに取り付けたり、お互いを決まった長さのワイアで結んで一定の間隔になるようにして測定を行います。送信電流と受信電圧の位相差の測定のために、両者をケーブル(リファレンスケーブルと呼ばれます)で繋ぎます。測定値としては振幅と位相であったり、同相と離相成分であったりしますが、直接見掛け導電率をメーターで読み取る装置も普及しています。周波数が十分に低くて、スキンドープス(Fig.3.1)^{*2}が送受信機間隔より十分大きい場合(LIN: low induction numberと呼ばれます)には、見掛け導電率 σ_a は以下の式で示されます。

$$\sigma_a = \frac{4}{\mu \omega r^2} \left(\frac{H_o}{H_p} \right) \quad (3.4)$$

ここで H_p は受信コイルの位置での1次磁場、 H_o は測定される磁場の離相成分、 r は送受信器間隔、 ω は角周波数であり、 H_o 以外は既知ですので、あらかじめこれらを測定器に入れておけば、測定値からすぐに見掛け導電率を得ることができます。こうした測定器の例をFig.3.11に、測定例をFig.3.12に示します。表土層の下に礫層があり、そこから地下水を得ようとした調査例で、EM34-40というFig.3.11の装置で、ループ面を地表と平行にして送受信器間隔を40mにした測定では、低導電率の礫層をうまく捉えています。送受信器間隔の小さいEM31では10mの表土層の下の情報が得られていません。

スリングラム法は、ここで紹介したのはごく一部で、いろいろなループ配置を使い、また同時に多周波を送信して測定値の比をとる事で1次場の影響を消す技術、時間領域で測

定する技術など多数あり、浅い部分の調査のみならず、広く応用されています。

3.7 TEM法

これまでは主に周波数領域の手法について説明してきました。電磁法2)で説明した直流の電気探査法では、電極間隔を大きくして地下深部の情報を得ました(ジオメトリカルサウンディング)が、周波数領域の電磁探査法では周波数を下げ、深部の情報を得ます(パラメトリックサウンディング)。それに対して時間領域の手法は、送信ループの電流を急激に遮断した後の過渡現象を測定します。TEM法(transient EM)あるいはTDEM法(time domain EM)と略称されています。この時間領域の電磁探査法の原理の説明に良く使われる図をFig.3.13に示します。まず地上に送信コイルを設置します。大きさは、数m角から1000m角以上までいろいろな大きさのコイルが使われます。探査深度が数100mの地下水や鉱山の調査であれば一辺が100m程度がよく使われます。このコイルに直流電流を流します。やはり探査深度が数100m程度であれば、1~20A程度の電流をよく使います。するとこのコイルは電磁石となり、周囲には磁場ができています。この送信電流をあるとき急に遮断します。すると磁場も急激にゼロになろうとしますが、この磁場の急激な変動を妨げるように大地の表面には誘導電流が流れ、元と同じ磁場を維持しようとする。この様子を示した図画Fig.3.13(a)です。この地表付近に誘導された電流は、電流経路の抵抗に応じて時間と共に熱になって減衰します。抵抗が低いほど熱になりやすく、電流はゆっくりと減衰します。こうした誘導電流の減衰は、同時に磁場の減衰も生じさせ、この減衰を妨げるように新しい誘導電流が地下に発生します。この電流がまた熱になって減衰するというプロセスを順次繰り返して、誘導電流は地下深部へと入ってゆきます。こうした誘導電流が作る磁場の減衰の状態を、地上のコイルや磁力計で観測して、地下の比抵抗を知る事ができます。送信電流遮断後、時間がたつほど誘導電流は地下深部に浸入していますので、地下のより深いところの情報が得られます。これがTEM法の基本的な原理です。ご承知のように、周波数領域と時間領域はフーリエ変換の対ですから、お互いは等価です。つまり、周波数を細かく変えながら測定した結果と、このように送信電流遮断後に時間の関数として測定した結果とは同じ情報が含まれるはず。しかし実際には大きな差があります。その最大の差は、TEM法では、送信電流を遮断して、1次場がない状態で測定をしているということです。Fig.3.9に示すように、周波数領域では1次場と2次場を同時に測定しま



Fig.3.11 スリングラム測定の実例

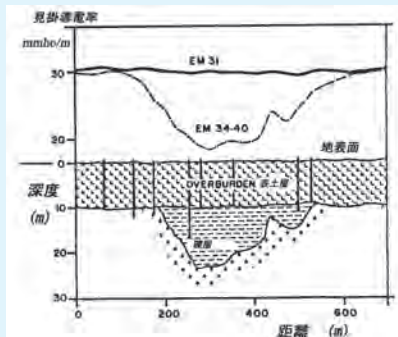


Fig.3.12 スリングラム法の測定例

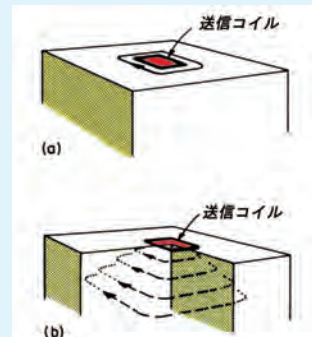


Fig.3.13 誘導電流の地下への拡散

※2 物理探査ニュース April 2010 No.6 をご参照ください。

す。1次場は送信コイルから直接来る磁場で、欲しい地下の情報を全く含まず、測定に際しては大きなノイズとなります。S/Nを改善しようとして送信電流を増加させても、2次場と1次場の比は変わりません。CSAMT法のところで説明したニアフィールド現象も、受信器が送信源に近づきすぎたことによって1次場が大きくなってしまふことが原因でした。TEM法では1次場がない状態での測定ですから、送信機と受信器を接近させても問題はありません。一番最初に旧ソ連で実用化された時間領域の電磁探査装置は、コインシデントループ配置といって、送信電流を遮断した後に、その送信コイルを受信コイルとして使用する装置でした。この場合は送受信器の間隔はゼロということです。これらのTEM法の主な特徴を箇条書きにまとめると、以下のようになります。

- 探査深度は、送信電流遮断後にどれだけ遅くまで測定できるかで決まる。
- 送受信器間隔は自由に取れる。
- 地下の比抵抗の変化に対して、直流電気探査や周波数領域の電磁探査よりも敏感である。

この2番目の項は、特に送受信器間隔を小さくして深部の測定ができるということで、理論的にもこの方が地下の比抵抗構造の変化に対して敏感であり、周波数領域では実現できない長所です。最後の項は重要です。地下に薄い低比抵抗の層がある場合、遠くからその層を見ると、その層が作る磁場はトータルの電流で決まるため、厚さと比抵抗のそれぞれではなく、それらの比 $S = h/\rho$ で決まります。この比をその地層のコンダクタンスと呼びますが、直流電気探査法やMT法、CSAMT法などでは測定値は S に比例しますが、TEM法では S^2 に比例します。例えば S が10%変化すれば S^2 は33%変化することになり、TEM法は比抵抗の変化に3倍くらい敏感ということになります。

測定器は、カナダ・オーストラリア・アメリカなどで市販さ



Fig.3.14 TEM法による地下水調査

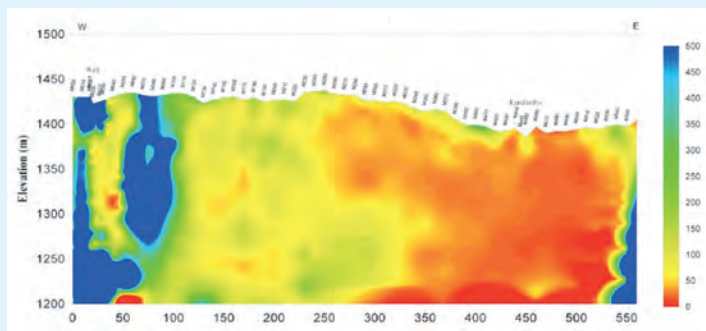


Fig.3.15 TEM法による凍土層調査結果

れています。日本ではCSAMT法が先に導入されており、いろいろな理由で普及は進んではいませんが、大学や産総研などの研究機関、鉱山や土木・地下水などの調査会社が利用しています。世界的には、特に鉱山調査や地下水調査の技術としては真っ先に使用される基本的な技術になっています。

Fig.3.14にTEM法による地下水調査の例を示します。手前の白いコイルが受信コイルで、100m角の正方形の送信コイルの中心に設置されています。奥のオレンジ色の箱が受信機で、受信コイルからの過渡電圧波形をデジタル化してメモリに記録します。過渡電圧波形にはランダムな外部ノイズが含まれるので、多数の過渡現象を記録して平均処理(スタッキングと呼ばれています)を行い、S/Nを改善します。**Fig.3.15**には、TEM法によるモンゴルでの凍土層の調査例を示します。図の左端の青の部分(高比抵抗)が凍土層に対応します。水は凍結すると殆ど絶縁体になるため、電磁探査で強い高比抵抗異常として捉えられます。日本には殆ど凍土層は発達していませんが、世界的には全陸地の15%を占めています。温暖化による融解によってその上に立つパイプラインや住宅などの建造物の倒壊などの問題を起こしており、凍土層の広がりや深さなどの分布状態を調べる技術は今後ますます重要になります。

これまで説明してきた時間領域の技術は、比較的浅い部分を対象にしていますが、地熱や石油調査、地質構造調査などの深部探査としても利用されています。例えばNEDOの地熱調査や、メキシコでの石油調査に使われた実績があります。いずれも探査深度が数千mとなるため、数百アンペアという大電流を地面に電極を接地して流し、探査を行います。従って接地抵抗を下げるための工事や、太い電線を使用するなどの準備が必要となります。旧ソ連は、こうした大規模な時間領域の探査を積極的に実施してきた国で、海域で半島の周囲の海を使って送信ループとしたり、分解能の高い送受信器間隔の狭い探査法(ショートオフセットと呼ばれます)を積極的に利用してきました。現在こうした大規模の調査はアメリカ、ロシア、日本、ドイツ、イギリスなどで実施されています。

3.8 海の電磁探査

近年では、特に海底石油の調査を目的として、海底電磁探査が使われ始めています。ノルウェーのEMGS社が最初に1980年代に実用化したといわれています。現在は数社がそれぞれ特徴のある技術を開発して展開していますが基本的な測定方式を**Fig.3.16**に示します。水深数千メートルの海域で、さらに海底下数千メートルの深さにある石油の貯留層を探査するもので、基本的には高比抵抗の石油・ガス層を低

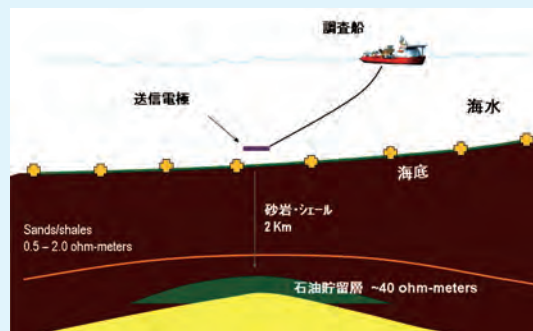


Fig.3.16 海底石油の電磁探査

い周波数の電磁場や、時間領域の過渡現象を使って探査するもので、極めてスケールの大きな探査になります。海域での電磁探査では、まず膨大な低抵抗の海水の影響をいかに除去するかが問題になりますが、電磁場は比抵抗の低い海水(0.3Ωm程度)の中を伝わる方が、海底(1Ωm以上)を伝わるよりも減衰が大きくなるため、ある程度送受信機間隔を大きくすることで海水の影響を軽減できます。時間領域では、海水中を伝わる電磁場は、拡散の速度が海底下を伝わるより遅く減衰も大きくなるということが利用されます。ちょうど地震探査の屈折法のように、遠くに離れると地下深部の弾性波速度の速い地層からの波が先に到達するのに似ています。

通常は船の大きな発電機を使って、海に2500~5000Aという大電流を流します。Fig.3.16に示す通常の周波数領域の測定の場合には、海底にあらかじめ電場・磁場の受信器(OBEM, Ocean Bottom Electro-Magnetometerと呼ばれます)を投入しておいて、送信電線を曳航しながら0.1Hz程度の低周波の電流を連続的に流します。いろいろな送信機の位置での信号を受信した後は、母船からの特別な信号でOBEMは重りが切り離されて浮上回収されます。受信器が固定で送信機がいろいろ移動するのは、理論的に送信機が固定で受信器が移動するのと等価で、この事をレシプロンティーと読んで実際の測定や数値シミュレーションのときに測定点数や解析数を減らすのに有効によく利用されます。周波数領域のモデル計算例がFig.3.17の左側のグラフです。横軸が送受信器間隔、縦軸が見掛け比抵抗です。深さ1000mの海のさらに海底下1500mに石油の層があるとない場合を比較しています。この例では石油の層によって10%程度の見掛け比抵抗の差がでています。右側のグラフは時間領域の測定結果の例で、同じ構造モデルですが、送信源、受信電極をとともに垂直にした時間領域の例です。横軸が時間で縦軸が見掛け比抵抗になります。周波数領域の場合よりもはるかに大きな石油層の異常が認められます。時間領域では、測定している間には送信源が作る1次場がないので測定は有利になりますが、ここに紹介したのは垂直方向に電流電極・電位電極を配置した特別な例で、大きな異常が出ています。周波数領域でも送受信機間隔や配置をうまく設定すればさらに大きな異常が得られ、いずれにしても計画段階のシミュレーションが重要になります。

最近では海底熱水鉱床の電磁探査の研究が進められています。日本は排他的経済水域が極めて広く、そこに分布する海

底熱水鉱床をうまく調査・開発できれば、金属資源をほとんど海外に依存している日本にとって極めて有益です。熱水鉱床は、海底から深度100mくらいが対象となり、海底石油と比較すると、海底付近にあること、比抵抗が低いと考えられることなどの違いがあります。いくつかの大学や研究機関で研究の取り組みが始まったばかりですが、水槽を使ったモデル実験の例をご紹介します。濃い塩水を入れた水槽に30cmほどの厚さに砂を敷き、その中にステンレスやグラファイトのブロックを入れて、砂層面(海底)でコイルを移動させて時間領域で測定した結果です。1Aの電流を直径20cm10回巻きのコイルに流し、電流を遮断した後の過渡現象をその送信コイルを受信コイルとして利用(コインシデントループ配置)して測定しています。きわめて制約の多い海底で、送信ループ、受信ループを自由に展開するのは困難と考え、1つのコイルで送受信を行う方式を検討しています。

Fig.3.18に示すように、送受信コイルがステンレスブロックの真上にある場合が青、グラファイトブロックの真上の場合が赤、砂だけの場合を緑で示し、横軸が電流遮断後の時間、縦軸が測定電圧です。明瞭に砂層の中のステンレスやグラファイトを検出しています。実際の海域での実用化にはまだいろいろな問題がありますが、こうした電磁探査技術に対する研究開発が今後も進められて、新しい海底電磁探査技術が実用化されると期待しています。

4. おわりに

電磁探査技術の入門として、4回にわたって基礎的な事項の解説を試みてきました。実際の電磁探査法は、電磁気学の延長でもあり、高度の電磁気計測技術も必要とされる、かなり難しい分野だと思います。ここでは分かり易いという事を主眼に説明をしてきましたが、不正確な点、誤解を生じる部分などもあり、多くの読者の方にいろいろなご指摘をいただきました。この後はぜひ「物理探査ハンドブック」やアメリカSEGの「Electromagnetic Methods in Applied Geophysics」などのより専門的な本に進んでいただけたらと思います。本稿がそのための予備知識として少しでもお役に立てたことを願っています。最後に多くの激励をいただいた読者の皆様と、原稿の遅れなどで多大なご迷惑もおかけした海江田委員長、竹内委員を始めニュース委員会の皆様に心からお礼を申し上げます。

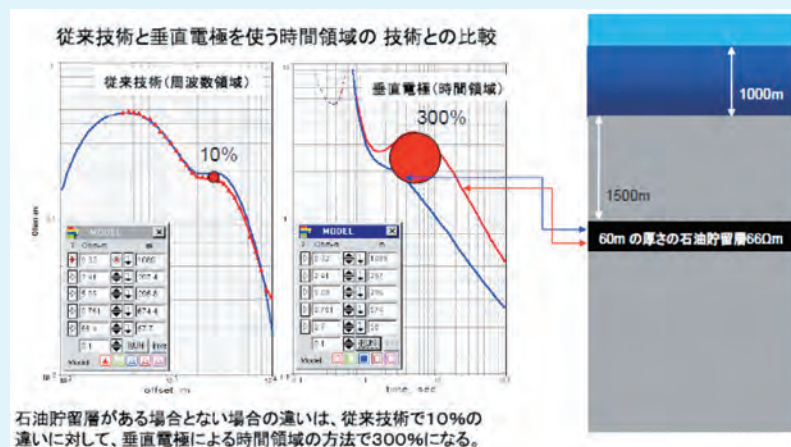


Fig.3.17 海底石油の電磁探査法のモデル計算例

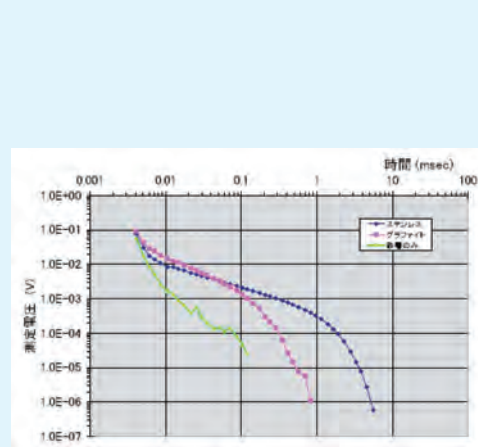


Fig.3.18 海底熱水鉱床の電磁探査法の水槽実験結果

オーストラリア物理探査学会参加報告

オーストラリア物理探査学会(ASEG)の第21回講演会(21st International Conference and Exhibition)が、2010年8月22日から26日まで、シドニーのコンベンションセンターで開催されました。ASEGは1年半毎に講演会を開催しています。今大会のテーマは、“Future discoveries are in our hands”でした。ASEGは、最近、オーストラリア石油探査学会(PESA)と合同で講演会を開催しています。配布されたプログラムによると、口頭発表は177件、ポスター発表は70件でした。口頭発表は4つのパラレルセッションで行われ、1件あたり30分が割り当てられました。展示会場の出展者は84社・機関であり、そのうち、当学会やSEG、EAGEなどには無料でブースが提供されました。事務局の報告によると、参加者数は880名余だったそうです。

開会式では、会長等の開会挨拶のあと、表彰式が行われました(写真1)。表彰は、ASEG Service Certificate、Honorary Membership(名誉会員)、Lindsay Ingall賞(アウトリーチ活動)、Graham Sands賞(技術イノベーション)、および、Gold Medal(総合的な研究業績)の5件(5名)でした。その中で、当学会の会員でもある須藤公也さんが名誉会員の表彰を受けられました(写真2)。物理探査技術者としての長年の活躍、ASEGの委員会や理事会における貢献、そして、日本、韓国との共同号出版を含めた国際協力におけるASEG代表としての活躍が高く評価されたようです。当学会の国際活動においても須藤さんはいつもキーパーソンであり、多大な貢献をされています。須藤さんは受賞挨拶で、「私の仕事(弾

性波探査)は時間をミリ秒単位で扱っている。そのような時間や努力の30年以上の積み重ねが評価され、賞をいただけてうれしい。私がASEGに貢献したというなら、ASEGの皆さんには私の家内に感謝してほしい。彼女がいなかったら、私は30年前にオーストラリア留学を終えて日本へ帰っただろうから。」というユーモアを交えて話されました。会場からは大きな拍手が寄せられました。

セッションにおける発表の特徴としては、オーストラリアでも石油・天然ガスは主要産業なので、石油探査や地震探査・解析法に関する講演が多数あり、パラレルセッションの1つをずっと占めていました。しかし、もう一つの特徴として、従来からオーストラリアでは鉱物資源開発が産業の柱であり、地下水資源調査などと合わせて、物理探査の適用が大変活発です。他の多くのセッションはそのような発表に当てられました。それらの調査においては、空中電磁、空中重力、空中磁気为中心的な探査法となります。技術的な点では、空中重力計や重力傾度計の開発、空中電磁探査データの処理・解析法の開発について、多くの発表が行われました。また、マッピングという点からは、国や州の地質調査所が、空中探査データの処理手順の標準化を行い、ヘリコプターなどによる低高度飛行の磁気、電磁、放射能探査データの2010年版全国シームレスマップを完成させています。また、地上電磁探査(特にTEM法)について、地下水層への塩水侵入の把握などのために、新しい装置の開発や事例研究も目を引きました。さらに、今回の講演会では、オーストラリアの電磁探査研究の先駆者である



写真1 開会式の壇上の様子



写真2 名誉会員証を授与された須藤公也氏と奥様Tinekaさん

Keeva Vozoff教授の功績に敬意を表し、彼の名前を冠したEM and MTセッションが1日設定されました。Vozoff教授はその日だけの参加でしたが、久しぶりに彼の元気な顔を見ることができました。

世界的な資源ナショナリズムの高まりの中、オーストラリア政府は改めて資源エネルギーセキュリティプログラムを推進しています。陸域や海域の石油・天然ガス資源開発はその重要項目です。また、陸域の金属鉱物、ウランウム、地熱などの資源探査のために、新しいトレンドとして、2005年頃から、反射法地震探査とMT法の併用による長大測線の深部地殻構造調査を各州政府が実施しています。筆者もあるプロジェクトに関与していますが、今回改めて、その背景を実感することができました。

ASEGのHarman会長およびCooke次期会長は、8月24日に、連携する海外の学会の代表者を招いてビジネスランチを催しました(写真3)。海外からは、米国、欧州、南アフリカ、インドネシア、タイ、ベトナム、中国、韓国、日本の物理探査学会と米国EEGSが参加しました(当学会からは六川前会長と筆者が参加)。初めにASEGの国際的な活動状況について説明がありました。その中では、日豪韓3学会が計画している共同誌出版も触れられました。その後、各学会が今後の行事予定等について説明しました。当学会からは2011年度に開催予定の国際シンポジウムについて協力を要請しました。

閉会式は、セッションの終了後、20分ほどの休憩を挟んで行われました。休憩の間に各発表の審査の集計が行われ、閉会式で表彰が行われました。賞は多彩であり、

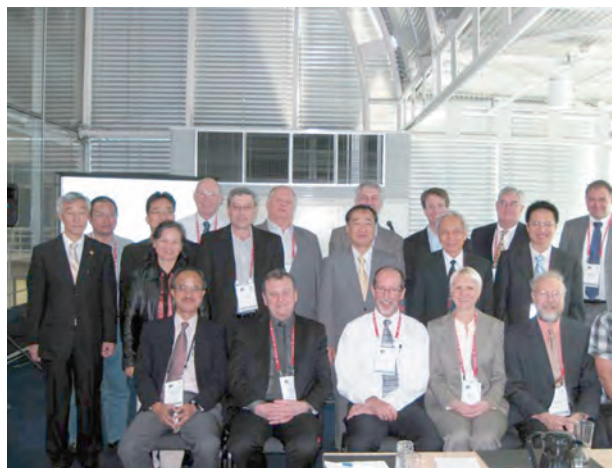


写真3 ASEG会長・次期会長主催による海外連携学会のビジネスランチ(David Denham氏撮影)

ポスター発表の最優秀賞、展示の大規模展示優秀賞、最優秀賞、学生の最優秀口頭発表、石油関係の最優秀口頭発表、石油以外の最優秀口頭発表、そして、総合最優秀発表(Laric Hawkins賞)などの表彰が行われました。Laric Hawkins賞は空中重力探査のデータ解析法について発表した米国の研究者に贈られました。

ASEGの次回講演会は2012年2月にブリスベンで開催されます。テーマは、“Unearthing new layers”です。閉会式では、組織委員長がブリスベン大会のプロモーションビデオを上映し、参加・協力を呼びかけました。観光的に魅力のあるシーンがふんだんにあり、是非参加してみたい気分になりました。

ASEGの会員数は約1200名だそうです。それに比べると講演会の規模は大変大きく、展示会場も含めて盛況であったと思います(写真4)。しかし、日本人の参加はオーストラリア駐在の方を含めて6~7名であり、発表はありませんでした。当学会のブースでは、前回の国際シンポジウム(2009年、札幌)に参加した方も何名か訪れてくれ、次回シンポジウムの開催案内を是非送ってほしいとの要請を受けました。今後とも、さらに交流・協力を進める必要があると感じました。

(文責：物理探査学会 会長 内田利弘)



写真4 展示会場の様子

継続研鑽(CPD)

技術者のCPDを助けるツール『ジオスクーリングネット』

物理探査学会事業委員会 CPD部会 荘司泰敬

皆さん、ご自身の技術力をどのように磨いて(研鑽を図って)いらっしゃるでしょうか。ほとんどの方は、現在所属している大学、研究機関、企業において、日々実践している研究や実務の遂行を通して自己の技術力の研鑽を図っていると言われるでしょう。もちろん、漫然と仕事をしている人はいないはずで、常に直面する問題の解決のために悩みながら、いろいろ調べ物をしたり、先輩や専門家に教えを受けたり、セミナーなどに参加したりして、技術力の向上を継続的に図っていることと思います。

継続的に技術研鑽をすることをCPD(Continuing Professional Development)と言います。CPDは、他人から強制されるのではなく、技術者が自律して行うものです。この実践なくしては、厳しい競争社会で食っていくことができないことは、すでに皆さんは実感されていることです。それでは、ご自身のCPDを証明してくださいと第三者から云われたらどうしますか? 「他人から強制されるべきでないCPDを証明してくださいと云われても困る。技術者をもっと信じてよ!」という声が聞こえてきそうです。しかし発注者から、「CPDをきちんとやっている技術者でないと安心して仕事を出せないから、今後はCPDを確実にやっていることを証明できる人、あるいは企業に仕事を願うようにします」と云われたらどうしますか。

私たち技術者は、この発注者の要請に応えていかなければなりません。そして事実、国や自治体が発注する業務においては、技術者のCPDが確実に問われていく方向性にあります。

幸いにも多くの技術者は、専門とする分野に関係する学協会に参加しています。この物理探査ニュースをご覧になっている皆さんは、もちろん物理探査学会員でありますし、それ以外の地盤工学系、地質系、土木系などの学協会にも複数参加しておられる方も多いことでしょう。

ほとんどの学協会は、所属会員のニーズに応えるために、技術者のCPDを支援していただくことを会員サービスの一環として実施しています。具体的には、多くの技術セミナー等の開催を行い、CPDのための教育プログラムを充実させることと、これらの教育プログラムを受講した人には、「△△時間のCPDを受講した」ということを教育履歴として記録・保存し、さらに発注者等に提出するための証明書発行までの一連のサービスを提供しています。

たとえば、本学会の「第123回(平成22年度秋季)学術講演会のお知らせ(ウェブに掲載している開催要綱)」を見ると、「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8時間のCPD時間を設定し、別途、認定書を交付致します」と書いてあります。

では、どのくらいのCPDを行えば良いのでしょうか。日本技術士会では、技術士に求められるものとして、年平均50時間(3年間で150時間)のCPDを行うことをガイドラインで定めています。また、APECエンジニア資格者に対しては、5年間250時間のCPDが義務として求められ、さらに、社団法人建設コンサルタンツ協会が実施しているRCCM資格の

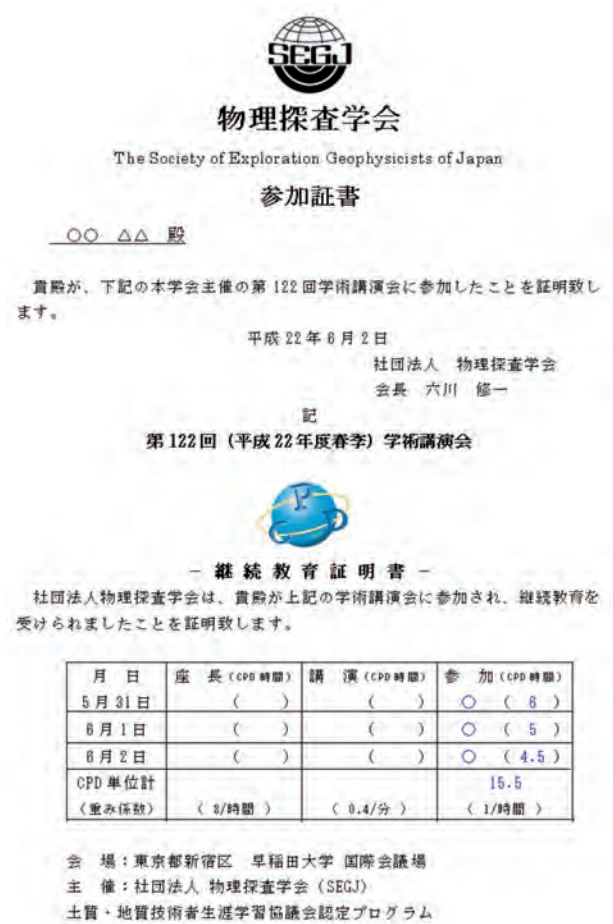


図1 学会が発行している受講証明書例

更新においては、直近の4年間で100時間のCPDを行うことが必須とされています。いずれにしても、年間50時間のCPDを最低でも実施し、それを確実に継続的に行っていけばよさそうです。

CPDの趣旨として、自己の目標、専門領域・立場に応じて、特定のCPDプログラムに偏らないようにバランスのとれたものになるように心がける必要があります。そのためには、いろいろな機関が主催している教育プログラムを自分で検索して、それらに申し込んで受講することが必要となります。なかなか面倒くさいなと思っている人も多いことでしょう。このような人にお勧めなのが、ジオスクーリングネット(土質・地質技術者生涯学習協議会が運営しているシステム)の活用です。現在、ジオスクーリングネットには、下記に示す学協会や機関が加盟しています。

- ① 日本応用地質学会
- ② 日本地質学会
- ③ 日本地下水学会
- ④ 物理探査学会
- ⑤ 日本地すべり学会
- ⑥ 日本情報地質学会
- ⑦ (独)産業技術総合研究所
- ⑧ (社)全国地質調査業協会連合会

表1 CPD計算ガイドライン

教育形態	番号	プログラム内容	CPD時(時間単位) 数) X 単位	CPD時間計算例	
				定価時	CPD時間(注)
I. 講習会・研修会	i1	講習会、研修会等への参加	1×時間	2時間出席	7
	i2	講演会、シンポジウム等への参加			
	i3	各種委員会への参加			
	i4	地学研修、環境見学会等への参加(報告書提出のあるもの)			
II. 論文等の発表	ii1	口頭発表(協議会が認める学協会等での発表)	0.4×分	15分発表	6
	ii2	口頭発表(前記以外での発表)	0.2×分	15分発表	3
	ii3	論文発表(学術雑誌等への査読付き論文発表)	40×編	1編執筆	40
	ii4	論文発表(学術雑誌等への査読付き論文発表(共同))	20×編	1編執筆	20
	ii5	論文発表(一般論文、解説等)	10×編	1編執筆	10
	ii6	論文発表(一般論文、解説等)(共同)	5×編	1編執筆	5
	ii7	地質技術者に役立つ技術報告等(経年報告)の執筆	1×頁	6頁執筆	6
III. 企業内研修及びOJT	iii1	企業内研修およびOJT	1×時間	3時間出席	3
	iii2	大学、研究機関(企業を含む)における研究開発・技術革新への参加			
IV. 技術指導	iv1	講習会等の講師	3×時間	2時間出席	6
	iv2	社内研修会等の講師	2×時間	2時間出席	4
	iv3	論文等の査読(学協会等から依頼のあるもの)	20×編	3編査読	60
V. 業務経歴	v1	学協会や発注者の表彰を受けた業務等	20×件	1件表彰	20
	v2	所長長が優れた成果と認められたもの	10×件	1件認定	10
	v3	特許取得(発明者に限る)	40×件	1件認許	40
	v4	現場管理経験(主任技術者、現場管理人、副班長、物理探査班長等)	5×件	2件認許	10
	v5	職歴経歴(一般調査員)	2×件	4件認許	10
VI. その他	vi1	技術委員会等への出席(議長・委員の場合)	2×時間	2時間出席	4
	vi2	技術委員会等への出席(委員・幹事の場合)	1×時間	2時間出席	2
	vi3	自己学習(学会誌購読等)	0.5×時間	2時間出席	1
	vi4	技術資格の取得	20×取得数	1種類取得	20
	vi5	調査調査、研究調査等への参加	30×箇所	1カ所参加	20
	vi6	国際機関への技術協力(議長・委員)	20×会議	1会議出席	20
	vi7	国際機関への技術協力(委員・幹事の場合)	10×会議	1会議出席	10
	vi8	地域活動への参加	20×箇所	1カ所参加	20
	vi9	エクスカー、ジョツアーへの参加(報告書提出のないもの)	5×日	2日間出席	10
	vi10	上記以外で協議会がCPDと認めるもの	他に照らして適宜判断する		

(注)土質・地質技術者の生涯学習ネットワーク「ジオスクールネット」(http://www.geo-schooling.jp/)より引用。ジオスクールネットでは「CPD時間」を「CPD単位」と記しているが、ここでは本文中の表記に合わせて「CPD時間」と記す。CPD時間=CPD時(時間単位)×単位として計算する。

- ⑨ (協)関西地盤環境研究センター
- ⑩ NPO日本地質汚染審査機構

このように、物理探査学会も加盟団体のひとつです。

ジオスクールネットのホームページ(<https://www.geo-schooling.jp/>)では、加盟している10学協会と機関が認定している教育プログラムをすべて一覧することができます。ウェブページ上から参加申し込みもできますので、いろいろな技術分野の教育プログラムを受講するのに便利です。

このシステムを使って申し込んだ教育プログラムは、主催者の受講受付が終了すると自動的にCPDの記録としてジオスクールネットのシステム上に登録されます。

なお、シンポジウムや学術講演会の受講以外の企業内研修、技術指導、自己学習などでもCPDを実践することができます。ジオスクールネットでは、CPDの計算ガイドラインを表1のように定めていますので、これらを参考にして、自分に合った教育プログラムを組んで実践してください。ジオスクールネットでは、自己学習などの教育履歴もシステム上から入力して教育履歴として記録することもできます。これらの記録は、CPDの実績として「CPD記録証明書」として土質・地質技術者生涯学習協議会名で無料にて発行し

てもらうことができます。これらは、全てウェブページ上にて行うことができます。

もうひとつのメリットとして、土質・地質技術者生涯学習協議会は、「建設系CPD協議会」にも加盟していることです。土質・地質技術者生涯学習協議会で認定した教育プログラムを受講した場合、そのCPD時間は「建設系CPD協議会」認定のプログラムとして扱われ、そのCPD実績がそのまま認められます。

これは、ちょっと複雑ですからもう少し詳しく説明しましょう。たとえば、建設コンサルタンツ協会のRCCM資格を更新手続きするケースを考えてみましょう。このとき、建設系CPD協議会が認定していない教育プログラムを1時間受講した場合、それをCPD実績として申請をしても、半分の0.5時間しか認められないということなのです。

ジオスクールネット上に掲載された物理探査学会主催の教育プログラムは、土質・地質技術者生涯学習協議会認定の教育プログラムとして扱われますので、上述のような問題はなくなります。

このようにいろいろなメリットがありますので、まだ、ジオスクールネットを活用したCPD活動をしていない皆さんにおかれては、是非、ジオスクールネットの活用をお勧めします。

なお、ジオスクールネットを利用するには会員登録が必要ですので、<https://www.geo-schooling.jp/>からウェブページに入り、会員登録をしてシステムの活用を始めてみてください。

しかし、自律的にCPDを実践するのは、皆さんの強い意思がないと駄目ですので、その点はお忘れなく。



図2 ジオスクールネットへの入り方(物探学会の「社会貢献事業」→「技師の継続教育 GEO Schooling net」から入ると図3の画面に飛ぶ)



図3 もちろん「https://www.geo-schooling.jp/」からも直接入ることができる。初めてお使いの方は「利用者登録」メニューより会員登録をしてから始めてみてください。



新英文誌発行に伴う学会誌群の発行体制の改革について

物理探査学会

物理探査学会では、学会誌“物理探査”を1年に6号発行してきましたが、2004年からは1号をオーストラリア物理探査学会(ASEG)、韓国物理探査学会(KSEG)との共同出版による英文誌とし、他の5号を和文誌としてきました。この3学会共同出版による英文誌の発行は、たとえば、表面波探査、CO₂地下貯留層探査等、日本で生まれた技術を広く世界に紹介することに大きな役割を果たしてきました。最近ASEGから、新しい英文誌を3学会共同編集として発行しようという提案がありました。

図1に示すビジョンのように、わが国で発展した物理探査技術をアジア諸国および世界に展開し、ビジネス機会の拡大をもたらすためには、技術情報の国際的な発信はコミュニティの発展にとって非常に重要なことです。また、独自の英文誌をもてば日本語段階での査読も可能となり、英文での出版が円滑に行えるメリットもあります(図2)。このような理由から、3学会共同編集による新英文誌を発行する方向で理事会において検討を進めてきました。

新英文誌は、年4号を電子出版する予定にしています。学会誌に投稿されている論文の一部は新英文誌に移ると予想されますので、和文誌は新しい内容を含めて充実させた上で、発行回数を4回にすることを考えています。また、英文論文投稿者の受益者負担や英文校正料も考慮して、英文誌の論文には、投稿料を徴取することも検討しております。

以上のように、新英文誌、和文誌および物理探査ニュースからなる学会誌群に発行体制を改革した場合、図3のようにそれぞれの位置づけを整理し、総合的にそ

の役割を考えていく必要があります。特に和文誌は、和文論文だけでなく、国内の調査事例、解説、講座、外国の重要文献の翻訳等を充実させることにより、現場技術者のニーズにこたえる紙面づくりをめざします。このような改革は、学会誌の発行体制を大きく変えるものであり、会員諸氏のご意見を伺った上で進めたいと考えております。学会のWEBに“新英文誌新設に関するアンケート”を掲載しておりますので、回答をお願いいたします。

(文責：新英文誌発行WG委員長 茂木透)

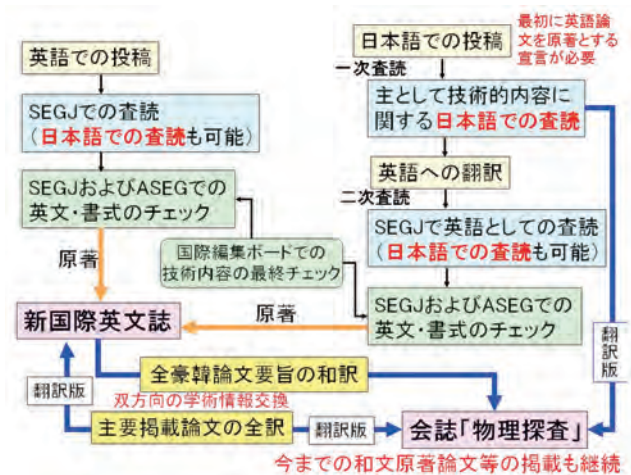


図2 編集の流れ

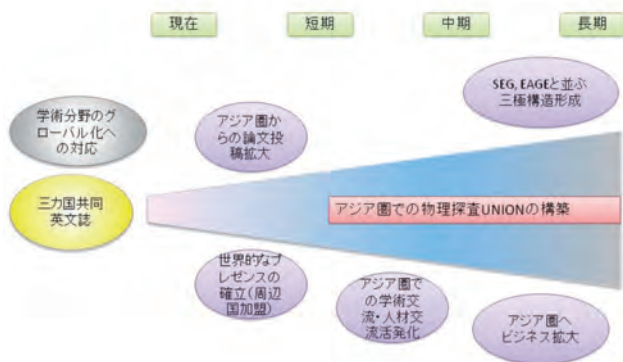


図1 新英文誌発行のビジョン

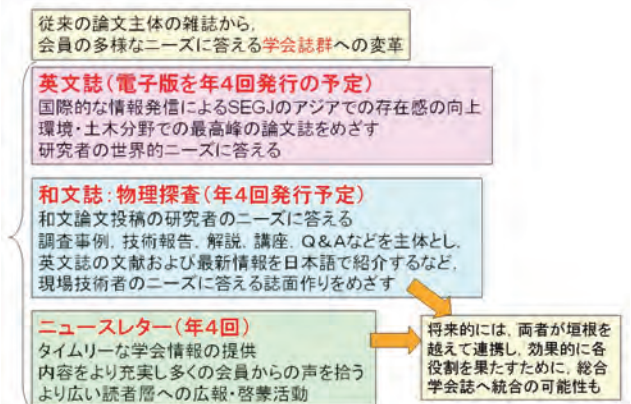


図3 学会誌の今後



講演会・セミナー開催のお知らせ

第124回(平成23年度春季)学術講演会のお知らせ

1. 会期：平成23年5月10日(火)～5月12日(木)
2. 会場：早稲田大学国際会議場

ワンデーセミナー開催のお知らせ

「ワンデーセミナー」を下記により開催します。

今回は、近年ますます重要性を増してきた岩石物性評価技術に焦点を当て、「物理探査と岩石物性」の基礎から応用までを広く網羅したセミナーを計画しています。第一部の基調講演では、物理探査データと岩石物性との関係についての理論的背景を解説した後、主に石油開発分野における物性解析および解釈の有用性を示して行きます。第二部のケーススタディー編では、岩石物理学の実践的な応用として、土木分野/CO2地中貯留分野/メタンハイドレート探査分野における適用例を詳しく紹介します。

会員各位はもとより、広く物理探査法の基礎的内容および最新知識に関心をお持ちの方のご参加をお待ちしております。また、ご参加される方には、継続教育(CPD)時間の認定証を発行します。

セミナーの内容や申込方法などは、<http://www.segi.org/committee/jigyo/index.html>でもご案内していますので、御覧ください。

1. 開催日：平成23年2月4日(金) 10:00～17:00
2. 場所：(独)産業技術総合研究所
臨海副都心センター 別館11F会議室

3. テーマ：『物理探査と岩石物性』

【第一部】 基調講演

講師：高橋 功(国際石油開発帝石(株))
演題：「物理探査における岩石物理の役割」

【第二部】 ケーススタディー

- (1) 講師：高橋 亨((財)深田地質研究所)
演題：「土木分野における物理探査データの解釈への岩石物理学の応用」
- (2) 講師：薛 自求((財)地球環境産業技術研究機構)
演題：「CCSプロジェクトにおける岩石物性」
- (3) 講師：稲盛 隆穂((株)地球科学総合研究所)
演題：「メタンハイドレート探査における岩石物性」

アンケート調査へのご協力のお礼

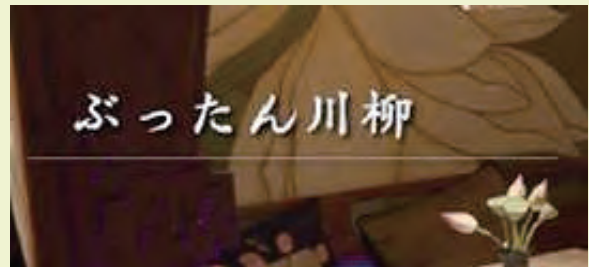
ニュース委員会では、学術講演会委員会の協力を得て、第122回物理探査学会学術講演会(平成22年5月31日から6月2日)と第123回物理探査学会学術講演会(平成22年9月29日から10月1日)において「物理探査ニュース」についてのアンケート調査を実施しました。回収されたアンケート用紙はそれぞれ11枚と31枚で、現在分析を行っており、結果は次回のニュースなどでご紹介する予定です。

なお、引き続き下記Web siteでもアンケート調査実施しておりますので、皆様のご意見などよろしくお願いたします。
http://www.segi.org/committee/news/ques/news_ques.html

IGARSS2011 仙台(2011年8月)論文募集

1. 会期：平成23年8月1日～5日
2. 場所：仙台国際センター
3. アブストラクト投稿締め切り：2011年1月7日
4. テーマなど：IGARSS(アイガース)はIEEE Geoscience and Remote Sensing Society(GRSS:地球科学およびリモートセンシング部会)が1年に1回開催する国際会議です。会議の主たるテーマは地球環境に関する技術、応用であり、宇宙から地球を観測するリモートセンシング技術、地球内部を計測する技術、また地球環境情報を統合する情報処理ならびに地理情報システム(GIS)の開発や応用などが対象です。今回はBeyond the Frontiers: Expanding our Knowledge of the World(フロンティアを超えて:もっと広い世界を知ろう)をテーマとして開催いたします。日本でのIGARSS開催は1993年東京大会以来です。この機会に是非論文発表、ご参加をご検討ください。詳しくは<http://igarss11.org/>をご覧ください。

「ぶったん川柳」募集のお知らせ



「ぶったん川柳」コーナーでは、引き続き投句を募集しています。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。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
(担当：松島 潤)

編集後記

年4回の発刊を目標に産声をあげた「物理探査ニュース」も気がつけば2年が経過し、目標の8号を発刊することができました。

本誌「物理探査ニュース」は一見何の変哲もない誌名と思われるかもしれませんが、長い議論の末、まず多くの方に「物理探査」という言葉を知ってもらおう! という願いもこめて命名されました。

いよいよ電磁法編が最終回を迎える「分かり易い物理探査」は大学の講義を紙上で体験できます。理数系に縁のない方には難解ですが、数式などは読み飛ばして物理探査の雰囲気を感じていただけたと思います。

また、「新技術紹介」では毎回物理探査の新しい可能性について紹介されています。今回は1,000m以上の海底に眠る資源を探るという興味深いテーマが取り上げられています。

本誌は学会員の方を中心に配布されておりますが、ご家族、職場仲間、お知り合いにもご紹介いただき、「物理探査」を多くの方に知っていただくきっかけになれば幸いです。

(ニュース委員会委員：坂下尚樹)

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。「若手直撃インタビュー」の記事では自称若手の方のコメントを募集しています。「新技術紹介」「研究の最前線」「会員企業紹介」及び「会員の広場」についても記事を募集しています。記事の投稿または、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。

アンケート調査について.....

ニュース発行の参考にさせて頂くために、下記Web siteにてアンケート調査を実施することにしました。この調査結果は毎年2回程度の頻度でニュース委員会が集計して、適宜物理探査ニュースで紹介します。ご協力をお願いいたします。

http://www.segi.org/committee/news/ques/news_ques.html

物理探査ニュース 第8号 2010年(平成22年)10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>