

海と地球の情報誌

BlueEarth

Japan Marine Science and Technology Center

1・2 ²⁰⁰³月号

特集

地球システムの 変動を探る

JAMSTEC Report

火山帯を形成するマントルの“熱い指”

Museum

深海底に立つナガヅエエソ

Interview

電磁波を利用して地球内部の構造を探る



パラオ海溝の 深海にそびえ立つ 白亜の壁の不思議



パラオ海溝
(水深約 6,500 m)

取材協力：北里 洋 領域長
(固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域)

パラオ海溝は、フィリピン東方、火山島と隆起珊瑚礁の島々からなるパラオ諸島の近くにある。この一帯の海底を形成するフィリピン海プレートの東縁に位置する海溝で、マリアナ海溝、ヤップ海溝よりさらに南だ。1993年、このパラオ海溝の陸側斜面に潜航した有人潜水調査船「しんかい6500」は、水深6,486mの暗闇のなかで白亜の壁に遭遇した。ライトに照らし出されて白く輝いていたのは、海溝斜面に露出した石灰岩の崖だった。1995年に再びこの白亜の壁の調査が行われた。そして、水深約5,500mから6,500mまでの斜面が広範囲にわたって石灰岩で覆われており、部分的に崩落した崖に白く石灰岩が露出していることが確認された。

なぜ水深6,500mという深海に石灰岩の岩体が存在するのか、研究者たちは首をひねった。

水深4,000～5,000m(赤道太平洋の炭酸カルシウム補償深度)以下の海底では、石灰分は海水にすべて溶けてしまうからだ。浅い海底のように、サンゴやプランクトンの殻が堆積して石灰質の地層がつくられることは考えられない。実際に、露出した石灰岩では、ゆらゆらと立ち昇る陽炎のように、少しずつ表面が融け出している様子も見られた。

採取した石灰岩を分析した結果、それは確かに浅い海で形成された石灰岩であった。最近の研究では、石灰岩はかつてパラオ諸島の浅い海に堆積したものであり、それが何かのきっかけで崩れ、深海まで運ばれてきた可能性が高いと推測されている。広大な岩体を構成する、膨大な量の石灰岩を深海まで運んだ原因は、巨大地震だったのだろうか。それとも、私たちの知らない別の力が働いたのだろうか。

石灰岩の間の黒いベルトは深海でできた泥岩層



Blue Earth

1・2月号／2003

Contents

2 Special Message

海洋科学技術センター 武井俊文 会長

4 特集

地球システムの変動を探る

6 無酸素環境から見る地球と生命の歴史

10 IFREE 地球システム変動領域の取り組み

12 白亜紀の地球システムを“黒い地層”から読み解く

15 新生代第四紀の地球システムを海底堆積物から読み解く

18 Interview 研究者に聞く

後藤忠徳研究員
深海研究部

22 Blue Earth Museum

ナガツエエソ

24 JAMSTEC Report

火山帯を形成するマンツルの“熱い指”

28 JAMSTEC Report

「テクノオーシャン2002」開催

30 JAMSTEC Report 【Interview】

地球深部探査センター / 平朝彦センター長に聞く
地球深部探査センター発足

32 Marine Science Seminar

潜水調査船で活用される水中音響技術

35 BE Room

36 Present / 編集後記

賛助会会員名簿

表紙：トライトンブイ

(撮影黒田芳史研究副主幹／海洋観測研究部)

※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

※ Our Ships、Face は休載いたします

本誌は、隔月年6回の発行です。

SPECIAL MESSAGE

海洋研究によって、 地球を知り、 人類と地球の 豊かな未来に貢献する

海洋科学技術センター 武井 俊文 会長



世界最高速のスーパーコンピュータ
「地球シミュレータ」



2005年に完成予定の
地球深部探査船「ちきゅう」



地球システムの解明をめざして

21世紀を迎え、地球環境問題や地球規模の環境変動は、世界の人々にとってますます大きな関心事となり、地球を総合的に理解することの重要性が、広く認識されるようになりました。そして、地球システムを解明し、気候変動や地殻変動を予測するためにも、海洋科学の果たすべき役割は非常に大きいと実感しています。

日本における海洋科学技術の総合的な研究開発機関である海洋科学技術センターでは、これまで、海洋地球研究船「みらい」をはじめとする5隻の研究船、有人潜水調査船「しんかい6500」、「かいこう」、「ハイパードルフィン」などの無人探査機を駆使して、海洋変動や気候変動、地震プロセスや深海底ダイナミクス、海洋生態系、地球システム等を解明するための観測・研究を推進するとともに、新たな海洋技術の開発研究を行ってきました。また、国内外の研究機関とのネットワークや人材交流で優れた研究員を集めるという柔軟な研究体制によって最先端地球科学の研究を行う、フロンティア研究システムの推進にも力を入れています。

さらに、昨年春には、宇宙開発事業団、日本原子力研究所と共同で開発を進めてきたスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」が本格稼働しました。1秒間に36兆回の演算機能達成した世界最高速のコンピュータです。すでに気象変動や地殻変動のシミュレーション研究等に利用されており、昨年11月には、「地球シミュレータ」を用いた研究成果3件が、「2002年ゴードン・ベル賞」を受賞しました。「ゴードン・ベル賞」は、並列計算機による実用的な科学技術計算において、性能を含めて最も優れた成果を出した者に与えられる、その分野では最も権威ある賞です。やがて、「地球シミュレータ」の気象予測が農作物の生産調整やダム等の水資源管理に有益な情報を提供したり、災害を未然に防ぐために役立てられる日が来ることでしょう。

地球深部へのチャレンジ

センターが進めている最新のビッグ・プロジェクトが、地球深部探査船「ちきゅう」による「深海地球ドリリング計画(OD21)」です。2005年の完成をめざして現在建造が進められている「ちきゅう」は、世界で初めて科学目的のためにつくられる海洋掘削船です。大水深用に開発されたライザー掘削技術によって、深度2,500m(最終目的は深度4,000m)の海底を、海底下7,000mまで掘削する能力を持っています。掘削によって得られる堆積物や岩石を研究することによって、地球の歴史や構造が解明されるとともに、新しいエネルギー資源の発見や、地殻内生物圏の存在なども明らかにされると期待されています。「ちきゅう」の完成に先立ち、昨年10月には「ちきゅう」の運用を担う「地球深部探査センター」が発足、今年10月には、日米主導の国際共同研究計画「統合国際深海掘削計画(IODP)」がスタートする予定です。

海洋に関する情報発信

昨年9月、海洋科学技術センターは、創立30周年を記念して、世界の主要な13の海洋研究機関から所長らを招き、「21世紀の海洋科学」をテーマに、国際シンポジウムと国際海洋研究機関長会議(ラウンドテーブル)を開催しました。討議された成果は「横須賀宣言」にまとめられ、地球システムの理解と予測のための探求、全球的な調査観測システムの充実、全球観測ネットワークやデータ・情報ネットワークの構築、一般社会等への海洋の重要性に関する認識の強化、新たな世代の海洋研究者の育

成といった、海洋科学推進のための重要な方針が示されました。

これらのなかで、センターが今後より力を入れていかなければいけないと感じるのが、社会への情報発信と人材育成です。環境、資源など様々な面で海洋は今後の世界を支える柱になるに違いありません。そのために、私たちは最先端の研究を推進するとともに、海洋についてのいろいろな情報を積極的に伝える努力を続け、海洋への関心と理解を高め、海洋を研究する若い人々を育てていく必要があります。

海洋は、地球最後のフロンティアといわれています。そして、海洋には私たちが未だ知り得ないたくさんの不思議が残されています。海洋科学技術センターは、海洋研究を通して地球と人類の豊かな未来を築いていくために、これからも活動を続けていきます。



海洋科学技術センター創立30周年を記念して開催された国際シンポジウム

特集 地球システムの変動を探る

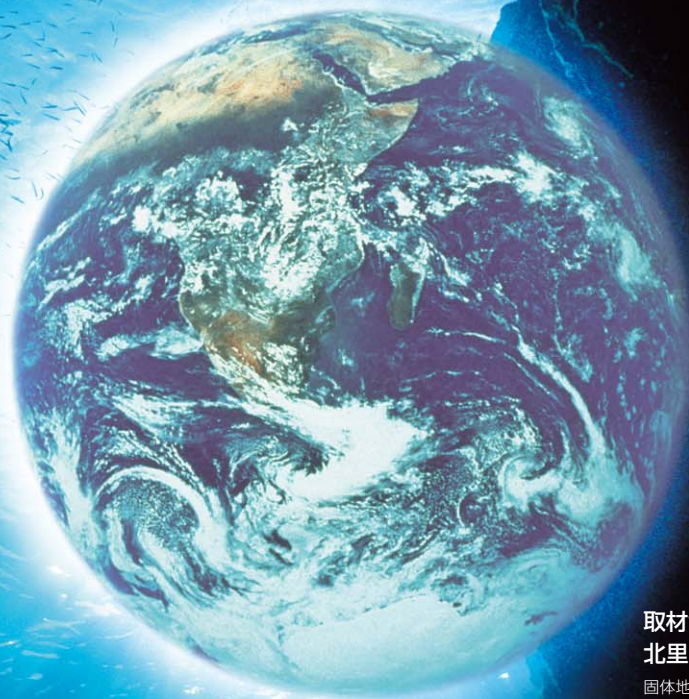
壮大な地球の歴史を読み解き、 地球環境変動の謎に迫る

地球環境の成り立ちを明らかにして
地球システムの理解と環境変動の
未来予測に貢献する

取材協力
固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域

地球誕生からおよそ46億年。マグマの海に覆われた原始地球から、地球は長い時間をかけて、壮大な変化を遂げながら、今日の“水と生命の星”を創り上げた。この地球の歴史を振り返るとき、地球表面の環境変動が、地殻やマントル等の地球内部の活動や、太陽との位置関係や隕石の衝突といった地球外部からの影響など、多様な因子によって引き起こされたことが分かってきた。地球環境システムは、大気・海洋をはじめ、地球構造、天体活動、そして生物圏と密接に結びついていたのだ。この地球環境システムを明らかにするためには、広範囲に及ぶ様々な要素を統合的に理解していかなければならない。

固体地球統合フロンティア研究システム・地球システム変動研究領域は、まさにこうしたグローバルな視点に基づいて、地球の古環境の解析を行い、地球システムと環境変動の解明に取り組んでいる。



取材協力
北里 洋 領域長
固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域

無酸素環境から見る 地球と生命の歴史

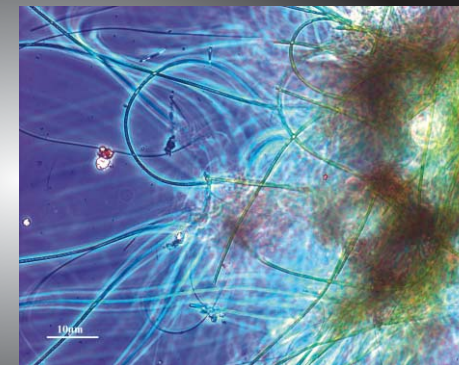
生物が生み出した酸素によって 大きく変わった地球環境

地球に生命が誕生したころ、大気中に酸素はほとんどなかったと考えられている。現在の大気には約20%の酸素が含まれているが、この大量の酸素は生物が行ってきた光合成によってもたらされたものだ。地球環境は固体地球の変動に大きく左右されるというイメージが強いが、実は生物活動も地球環境に大きな働きかけをしていることが分かる。現在、陸上や水中の多くの生物は、酸素を利用して生体を維持している。だがその一方で、酸素のない原始の地球に生まれた生物がいまもたたかに生き続けている。変動する地球環境のなかで、生物はどのように生き、どのように変化していったのだろうか。



↑ 無酸素環境にある鹿児島・上甕島の貝池における研究で採取された堆積物。バクテリアが絡み合いマットを形成している

→ 貝池で採取されたシアノバクテリア



増加した酸素が 生物の生き方を変えた

地球に酸素がなかった時代、海のなかには、酸素を必要としないバクテリアであふれていた。太陽光を用いて水と二酸化炭素から有機物をつくり出し、廃棄物として酸素を出すシアノバクテリアが爆発的に増加し始めたのは、およそ27億年前とされる。それ以前にも酸素を発生させないタイプの光合成を行うバク

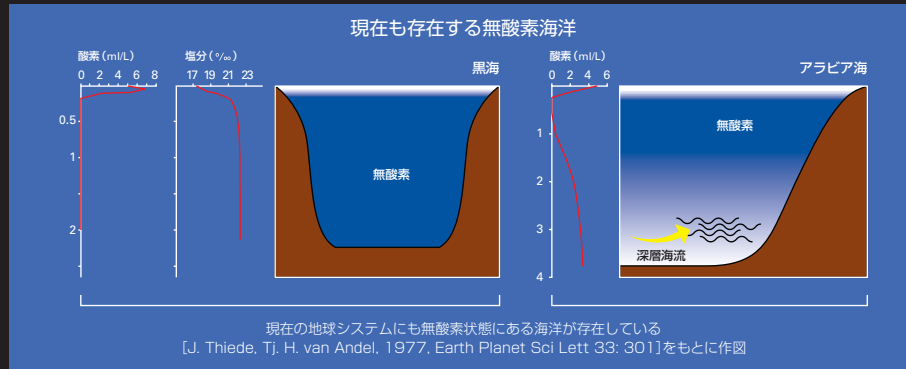
テリアがいたが、シアノバクテリアの登場によって、酸素が海洋の表層や大気に供給されるようになった。このころ、地球に強い磁場が出現し、これが生物にとって有害な太陽の高エネルギー粒子を遮り、シアノバクテリアが浅い海へ進出することを可能にしたともいわれる。

それからおよそ10億年の間に、地球環境は、地球史を二分するほどの劇的な変化を遂げる。海中に増加した酸素は、

海底の激しい火山活動によって海水中に放出された大量の硫黄や鉄を酸化させた(このころ海底に沈殿した鉄が今日の私たちの文明社会を支えている)。同様に、酸素はその酸化作用によって、それまで海中で生きてきた多くの生体(バクテリア)にとって有害な物質となり、それらを死滅させた。だが、すべての生物が死滅したわけではなかった。あるものは熱水鉱床やバクテリアの死骸が降り積も



白亜紀に海洋の無酸素事件があったことを示す“黒い地層” (米国・カリフォルニア)



った海底など、酸素が届かない場所で生き、またあるものは、酸素から身を守る術を身につけ、さらに酸素を利用する生き方を獲得した(好気性バクテリア)。

海洋中に酸素が増えていく過程で起きた、生物にとって最も劇的な進化は、真核細胞の誕生だ。それまでの原核生物は、はっきりとした核を持たず、DNAを漂わせているが細胞内物質もしっかりしたものではなかった。やがて酸素が増えるなかで、好気性バクテリアと共生することによって生き延びようとする嫌気性バクテリアが現れる。そして、好気性バクテリアを内部に取り込み(ミトコンドリア)、自らのDNAを核膜で覆い、小胞体、ゴルジ体などの細胞内器官を備えた真核生物へと進化していった。また、こうした生物の進化は、おそらく

海洋中の酸化的な環境と還元的な環境の境目にある微好気環境でおきたのではないかと考えられている。

酸素を効果的に利用することができるように、やがて多細胞生物が誕生し、生物は多彩な進化を遂げる。さらに、大気中に放出された酸素によって、有害な紫外線を吸収するオゾン層が生まれ、生物は陸上に進出し始めた(およそ4億5000万年前)。

海洋の無酸素事件

生物が多様な進化を遂げるなか、地球はけっして安定した環境を保っていたわけではない。地球内部活動による大陸プレートの移動や激しい火山活動、寒冷化、そして海洋の無酸素化、さらには隕石の衝突など、様々な環境変動が生

物の生存を脅かしてきた。顕生代(およそ5億4000万年間)だけでも、オルドビス紀(約4億4000万年前)、ペルム紀(約2億5000万年前)、三畳紀(約2億年前)、白亜紀(約6500万年前)に全生物種の4割以上が死滅する大量絶滅がおきている。特にペルム紀末の大量絶滅では、海洋生物の約96%(海と陸を合わせると約68%)の種が死滅したとされる。このほかにも10%を超える生物種の絶滅が何度もおきている。

こうした大量絶滅の原因として、海洋では、無酸素事件が注目されている。ペルム紀末の大量絶滅では、この無酸素事件が当時の超海洋パンサラサ全域で約2000万年続いたと考えられている。また、白亜紀前期にも無酸素事件が何度か起きていることが分かっている。そして、このとき、酸素を必要とする生物が死滅するなかで、酸素のない環境で生き延びてきた嫌気性のバクテリアは、再び勢力を拡大していた。

海洋の無酸素事件は、他と明らかに異なる黒色の地層としてその痕跡を残す。海洋に酸素が供給されないと、有機物を多く含む堆積物が海底にたまるためだ。こうした地層の解析によって、酸素が欠乏する海洋で何が起きていたのか、次第に明らかにされようとしている。

なぜ、海洋の無酸素事件が起きるのだろうか。原因については様々な説があるが、実は、こうした海洋の無酸素状態は、現在の地球システムにおいても

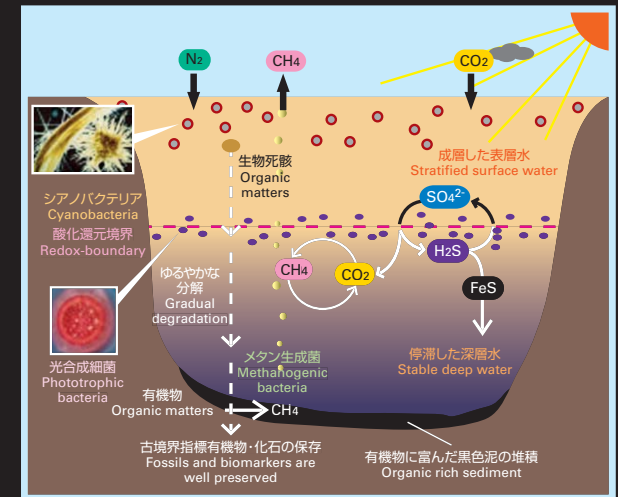
いくつか発生している。これらのメカニズムから、かつての無酸素事件の原因を推察することができる。

現在の酸欠海洋のひとつは黒海だ。深海部分が閉鎖されており、停滞しているところに河川から淡水が大量に流れ込んでいるため、表層が淡水に近く、重たい海水と混ざりにくい。この成層構造によって、酸素が海水中に届かないのだ。黒海はおよそ5〜6000年ほど前から酸欠状態にある。もうひとつが、アラビア海の北部。ここでは、表層部の生物生産性が非常に高いために、マリンスノーが大量に降る。これに含まれる有機物が分解する際に海水中の酸素を使ってしまうため、中層が酸欠状態になっている(深海では深層海流が流入するため酸素がある)。また、紅海では、海底の熱水活動が盛んであり、金属を含む重たい水が海底のくぼみに停滞して成層してしまい、深部が酸欠状態になっている。

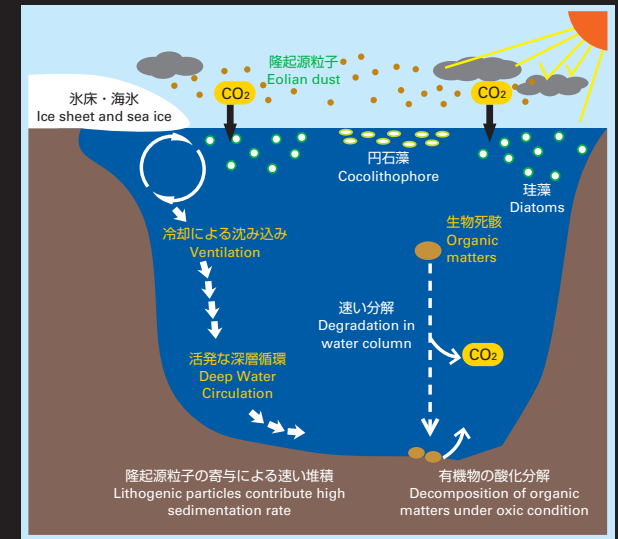
こうした事例から、白亜紀の無酸素事件については、次のように考えられる。ひとつは、この時期に激しい火山活動があり、大気中の二酸化炭素濃度が高まり、地球全体が温暖化していたことから、全海洋の温度差は小さかった。また極地に氷も発達していなかったため、海水の深層循環がおきにくかった。一方、海面上昇で浅海の範囲が広がり、海洋の生物生産性は高まった。酸素は海洋表層で生産された有機物を分解するために使われてしまい、深海まで酸素が届かず、深海は酸素が欠乏した。また、海底の火山活動も盛んであったため、金属イオンなどを含む重い水が停滞を促進させたことも考えられる。そのほか、いくつもの現象が複合的に働き、酸欠状態が生まれたようだ。

地球史のなかで見ると、現在の環境は寒冷期にあたる。比較的海洋は安定し、全体に海洋の物質循環もスムーズに行われ、酸欠状態がおきにくい環境条件にあるといわれている。しかし、地球温暖化が問題になっている今日、地球環境が今後どのように変動していくのか、注視していかなければならない。

白亜紀のモデルオーシャン Model Field for Cretaceous Anoxic Ocean



氷期海洋のモデルオーシャン Model Field for Ice Age Ocean



白亜紀の一時期、海洋の中・深層が無酸素状態になったときのモデル(上図)。地球史前期の海洋の様子を現していると考えられる。下は寒冷期にある今日の海洋の様子



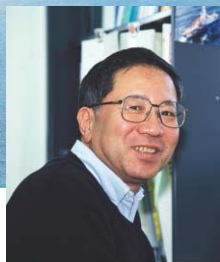
海底の熱水噴出口の周りには現在も化学合成細菌を共生させて栄養を得る生物が生きている

地球環境の成り立ちを探り、環境変動予測への道を拓く

固体地球統合フロンティア研究システム・地球システム変動領域の取り組み



温暖地球の無酸素海洋の理解に向けて研究が行われている鹿児島・上飯島の汽水湖・貝池(中央)

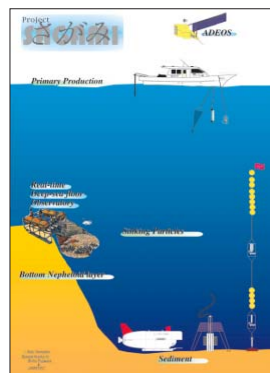


取材協力: 北里 洋 領域長
固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域

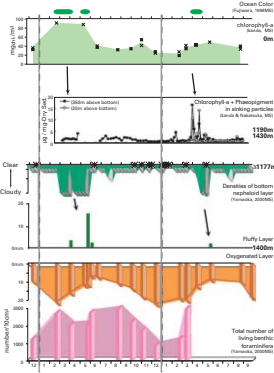
環境変動を読み解く研究への取り組み

固体地球統合フロンティア研究システムは、地球全体のシステムを、地殻・マントル・核といった地球内部

と、大気・海洋、さらに生物圏など地球表層とがつながり合って形成されるシステムであると捉え、地球表層と地球内部の相互作用によって生じる全地球的な変動のダイナミズムと



相模湾で行っている観測計画図。人工衛星から水色変化、海洋表層のクロロフィル濃度の変化、セディメントトラップで沈降粒子を捕足する、海底直上のネフロイド層の発達状況、海底表層部に堆積した新鮮な有機物の層の存在、堆積物の酸化層の厚さの変化、メイオセントスの群集サイズの経年変化など、宇宙から海底まで通じて日本の観測技術を最大限利用して観測している



1997~1998年に行った連続観測の結果、海洋表層で生産された有機物が沈降して海底に到達し、その新鮮な有機物に底生生物が反応して群集サイズが増す状態が観測できた。つまり、陸からの碎屑物が多い大陸縁辺海でも、海洋表層と底層間で同期して現象がおきるという関係が成り立っていることが明らかになった

その原因を解明し、環境変動の将来予測へと結びつけることをめざしている。地球内部構造研究領域、地球内部物質循環研究領域、プレート挙動解析研究領域、地球システム変動研究領域の4領域によって構成されている。全地球的な変動を解明するために、地質学、鉱物学、地球物理学、地球化学、古生物学といった地球科学における従来の研究分野の壁を取り払い、様々な分野の研究者による統合的な研究を進めている。

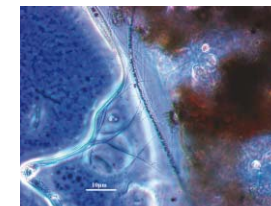
地球システム変動領域は、主に地球の表層部の環境変動について、それがどのような成り立ちで動いているのかを解明するとともに、それが地球内部の変動や地球外部からの影響とどのように関わりあっているのかを理解することを目的としている。

具体的な取り組みは、大きく3つに分かれる。1つ目は、「温暖地球・寒冷地球における地球システム変動の解明」だ。過去の記録が連続的に得られるいまからおよそ2億年までに重点を置いたとき、温暖地球を代表するのが白亜紀(約1億4600万年前~6500万年前)であり、それ以降の地球は全体的に寒冷化しながら、そのなかでも非常に寒冷な環境と比較的温和な環境とが繰り返し現れている。そこで、白亜紀を温暖地球、新生代(約6500万年前~)・第四紀更新世(約164万年前~1万年前)の氷河時代を寒冷地球と考え、これら2つのケースに着目しながら、地球システム変動を理解していこうとしている。さらに、白亜紀には海水の中の酸素がなくなってしまうという海洋の無酸素事件が大規模におきており、それは酸素がなかった地球の歴史の前半を代表する環境であるともいえる。つまり、温暖地球を地球史の前半、寒冷地球を地球史後半の典型的な環境としてみていくことで、地球史の全体像を理解することにもつながる。

2つ目の取り組みは、「モデル海洋における生物地球化学的物質循環の解明」。これは、地球史に見られる様々な特徴的な環境条件を持つ場所をモデル海洋として取り上げ、いまそこで何がおきているのかを理解しようというもの。そして、そこで得られた知識を、海底に堆積した地層から過去の記録を読み解く際に活かしていこうとしている。これまで、温暖地球の無酸素海洋を理解するために、現在も無酸素の水界が発達している貝池(鹿児島)、中海(島根)、網走湖(北海道)において、また、寒冷地球の特徴を知るために、海水中に酸素が十分に含まれ、堆積速度の大きい酸化的海洋の例として相模湾において



無酸素環境にある貝池湖心部の堆積物表面。糸状のバクテリアがマットを形成している



貝池でみつかった硫酸酸化細菌。主に酸化還元境界で活動

調査・研究が行われている。さらに、将来的には無酸素水界が典型的に発達している黒海、紅海、アラビア海北部などでの調査を行いたい考えだ。

3つ目の取り組みは、「地球内部要因・外部要因と地球環境システムのモデリング」。温暖地球・寒冷地球という特徴的な姿から地球環境変動を捉え、さらにその原因を探り、地球環境システムのモデリングへ結びつけようとしている。地球の歴史を振り返ったとき、地球表層の環境変動が、大気・海洋の変動だけでなく、様々な要因によって引き起こされてきたことが分かる。地殻やマントルの大規模な変動によって、地下から供給された熱やガス、噴出物が地球表層の環境に大きな影響を及ぼすこともある(地球内部要因)。また、表層の大気・海洋循環に大きな影響力を及ぼしているのは太陽エネルギーであり、太陽と地球の位置関係の変動等は、気候変動の直接的な原因となる。さらに、白亜紀末に生物の大絶滅を引き起こした原因として有力な隕石の衝突なども地球環境を大きく変動させる可能性を持っている(外部要因)。地球システム変動領域では、地球環境変動を地球内部要因・外部要因などを含めた様々な現象との関連性を検討し、グローバルイベントのモデリングを行っていこうとしている。

新しい研究手法の開発でモデリングをめざす

地球システム変動領域では、上記の3つの取り組みを具体的に推進していくために、「新しい環境復元指標の開発」、「地層記録の高分解能精密解析手法の開発」、「地球システム変動データベースの構築」にも力を注いでいる。3つの取り組みを「研究戦略」とするなら、こちらは「研究戦術」だ。

実際には、過去の環境は地層のなかに残されており、地層から過去の環境記録を読み取ることによって復元されていく。その記録を読み取るための新しい道具として、有機分子レベルの水素同位体分析、酸化・還元環境のトレーサーとしての鉄同位体分析、炭素同位体分析などが用いられている。また、地層を解析するとき、どれだけ細かい時間分解能で解析できるかが非常に重要になってくる。そのため、採取した地層から数十年、数百年といった単位で環境の揺らぎが読み取れるような、より高い分解能を持つ解析手法の開発も進めている。

こうした新しい手法によって、地層から過去の環境やその変動を明らかにし、それをデータベース化して、最終的には地球環境変動のモデリングを可能にしていきたいとしている。

取材協力
大河内直彦研究員固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域

白亜紀の地球システムを “黒い地層”から読み解く

温暖期地球の環境変動解明をめざして

過去2億年で最も温暖であった白亜紀の地球環境とその変動を理解することは、今後の温暖地球期にどのような環境変動がおこり得るのかを予測する上での基礎になる。こうした考えのもとで、白亜紀の環境システムを解明する調査・研究が進められている。この白亜紀の環境変動で特徴的なのは、海洋無酸素事件(OAE Oceanic Anoxic Event)と呼ばれる出来事。広大な海洋が酸素欠乏状態に陥ったとされる。その痕跡は黒色頁岩に残されている。この黒い地層の解析を行っている大河内直彦研究員にお話をうかがった。

白亜紀の黒い地層

Blue Earth編集部(以下BE) 白亜紀というのはどのくらい温暖だったのですか。
大河内 現在は南極やグリーンランドに大きな氷床がありますが、白亜紀にはありませんでした。極域の海洋の表層水温が15°Cくらいあったといわれています。赤道域の表層水温は、現在およそ30°Cですが、35、36°Cはあったようです。これは、浮遊性有孔虫という炭酸カルシウムの殻をつくる生物の化石の酸素同位体比から調べられています。現在の地球と比べると、非常に温暖な時代でした。

BE この時代の地層というのは、どのような特色を持っているのですか。

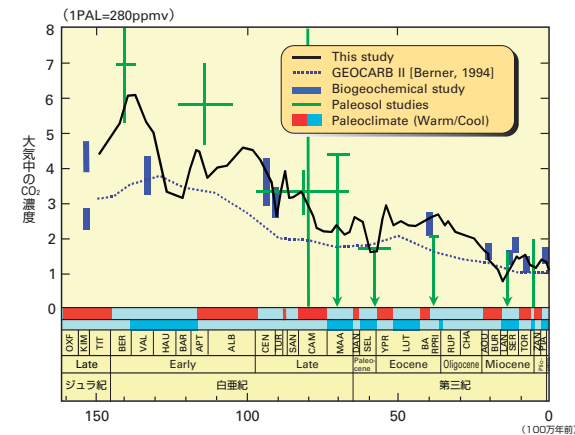
大河内 白亜紀の名前のとおり、この時代の地層は基本的には真っ白です。英仏海峡に面した「ドーバーの白い壁」が有名ですが、白亜紀は、円石藻類が爆発的に増加して、その石灰質の殻が海底に堆積してこのような地層ができました。このころは、大気中の二酸化炭素が現在の4、5倍あったとされています。余談ですが、白亜紀は英語で「クリティシャス(Cretaceous)」といいます。これはギリシャのクレタ島からきているそうです。

BE その白い地層のなかに、研究されている黒い地層は含まれているんですね。

大河内 ええ。白亜紀は年代でいいますと、だいたい1億4500万年前から6500万年前です。隕石が衝突して恐竜が減ったといわれているのが6500万年前です。この白亜紀の地層を追いかけると、地球のほぼ全域、様々な場所で黒い地層がみついています。これは黒色頁岩(ブラックシェール)と呼ばれていますが、私たちは、いったいなぜ、どのようにしてこんな地層ができたのか、このとき地球に何がおきたのかを理解するために研究を続けています。

BE この黒い地層は年代的にはいつごろのものですか。

大河内 年代的には、9300万年前と1億1000万年前～1億2000万年前ごろ(後者は地域によって出現の仕方が変



過去1億6千万年間にわたる大気中の二酸化炭素濃度の変動(Tajika, 1998)

化している)、主にその2枚です。

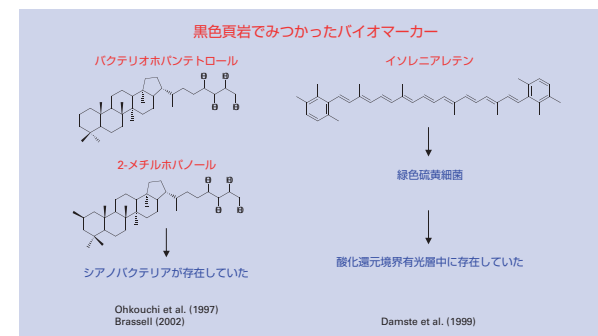
BE どのような特色を持っているのですか。

大河内 最も基礎的なこととしていえるのは、非常に有機物に富んでいるということです。たとえば、私たちのグループが研究しているイタリアのセクションだと、この黒色頁岩とその上下それぞれ10mくらいから岩石サンプルを採ってきて、そこに含まれる有機炭素量を測ると、周辺は平均で0.1～0.2%ですが、黒色頁岩ではそのおよそ100倍もの有機炭素が含まれていることが分かります。つまり、このとき、地球の海洋全体で何らかの理由で、真っ黒なヘドロ堆積物、要するに有機物が大量にたまっているわけです。ところで、あまり知られていないと思いますが、黒色頁岩は、石油の源岩です。

これが熱と圧力を受けることによって原油になります。今日、私たちが利用している石油は、その多くが白亜紀のもんです。したがって、黒色頁岩は私たちの現代文明を陰で支えているといえます。

BE なぜ、白亜紀に限られた一時期だけ海底に大量の有機物が堆積したのでしょうか。

大河内 黒色頁岩が本格的に研究され始めたのは1970年くらいからですが、多くの研究者が、「Oceanic Anoxic Event」を挙げています。つまり、このころ海洋が無酸素状態になったのではないかといいわけですね。海中に酸素がないと、有機物は分解しにくくなります。したがって、有機物が分解されないまま海底に堆積したのだと考えられています。





イタリア中部・グッピオ付近でみつかった白亜紀の黒い地層。左上は9300万年前のもの。右下は1億1000～1億2000万年前ころのもの

再び勢力を拡大した シアノバクテリア

BE 大量に含まれる有機物の起源は分かっているのですか。

大河内 私の研究のねらいは、まさにそこにありました。海洋の表層で何らかの生物が光合成によって有機化合物をつくり、それがたまっているわけです。現在でしたら、渦鞭毛藻、珪藻などが海洋の主な植物プランクトンですが、当時はいったい何があったのかをバイオマーカー（ある特定の生物しかつくり出し化合物）を用いて調べました。黒色頁岩からたくさん出てきたのが、ホパノイドの一種、ホパン酸、2-メチルホパノールという化合物でした。まさにこれらは原核生物のバイオマーカーです。したがって、原核生物、たとえば一般のバクテリア、シアノバクテリア、光合成細菌などがありますが、これらが非常に多かったのではないかと考えます。一方の真核生物、たとえば藻類の存在を示すコレステロール系の化合物は、非常に少なかったのです。もうひとつ、黒色頁岩に含まれる窒素の同位体比を調べました。説明すると難しいのですが、要するに、有機物をつくった生物が窒素をどのようなプロセスを通して体に取り込んだのかを調べたのです。すると、大気

の窒素ガスを直接取り込み窒素固定を行っていたことが分かりました。原核生物で窒素固定する生物は、一部のシアノバクテリアと光合成細菌です。シアノバクテリアは水と二酸化炭素から有機物をつくりますが、光合成細菌は水ではなく硫化水素と二酸化炭素を使うという性質を持ち、酸素のない環境に生

息します。また、オランダのグループが、やはり黒色頁岩でこの光合成細菌独自のバイオマーカーを調べているのですが、光合成細菌は量的には少なかったという結果を発表しています。こうしたことを考えると、黒色頁岩が堆積したころ、海洋の表層には大量のシアノバクテリアが繁殖し、何らかの原因で海洋の中深層は酸素欠乏状態にあり、その境界域に光合成細菌が生息していた、というモデルが考えられます。

BE 何か劇的な変動があって、急にこういう環境になってしまったのでしょうか。

大河内 何が引き金になったのかは明らかではありませんが、あるとき突然こういう状態になったようです。海洋が急激に無酸素状態になり、それまでの炭酸カルシウムの殻をつくる円石藻類が主流だった海洋表層に、突然、シアノバクテリアがあふれたわけです。

BE 無酸素状態は、どのくらいの期間続いたのでしょうか。

大河内 9300万年前におきたときは、およそ40～80万年続いたといわれています。その前におきたときは、1000万年くらいの間、断続的に続いたようです。

BE なぜ海洋の無酸素事件がおきたのかは、明らかでないのですか。

大河内 これは私の専門ではありませんが、火山活動が関係しているのではないかと、つまり、スーパーブルーームといわれるような地球内部活動が究極的な引き金になったと考えられています。あとは、たとえば火山活動の熱などで、深層水の循環が変わってしまったことが考えられます。今でも深層水の循環を止めれば、おそらく数十年から数百年



黒い地層から化学処理で有機物（生物の痕跡）を取り出したときにみつかった仮導管と呼ばれる植物の一部（栗田 他 未公表データ）



黒い地層でみつかった魚の歯の一部と思われる化石（黒田 他 未公表データ）

の間に海洋の中深層の酸素は欠乏状態に陥ると思います。

BE シアノバクテリアは、30億年前あるいはそれ以前に登場し、地球上に酸素をもたらしたことで知られますが……。

大河内 そうですね。地球史的に見れば、これは、一種の先祖がえりともいえるわけです。地球史をどんどんさかのぼっていくと、20億年前ぐらいより以前は、シアノバクテリアが海洋にあふれていました。そのころの堆積岩の半分以上は黒色頁岩です。ですから、逆にいうと、白亜紀におきた無酸素事件の環境を調べることは、地球史前半の環境について知ることにもなるのです。



取材協力
坂本竜彦研究員

固体地球統合フロンティア研究システム
地球システム変動研究領域



新生代第四紀の 地球システムを 海底堆積物から読み解く 寒冷地球の環境変動解明をめざして

私たち人類は、地球史における寒冷な環境のなかで進化・発展してきた。ここ100万年の間だけでも10回ほどの氷河時代があったといわれる。こうした過去の環境変動がいつどのようにしておきたのかを詳しく理解することは、未来の環境予測に欠かすことができない。オホーツク海

新生代の寒冷化の原因は
地球内部活動にある？

Blue Earth編集部（以下BE） 地球史のなかで見ると、白亜紀以降、地球は寒冷な時代を迎えているといつてよいのでしょうか。

坂本 そうですね。温暖な白亜紀から現在に向かって、地球は徐々に寒冷化しています。これまで2億年間のなかで、過去

80万年間は最も寒冷で氷河時代と呼ばれています。基本的に私たちの暮らしている第四紀というのは、現在のような間氷期の時代と氷期との繰り返しで10万年ほどのサイクルでおきています。また、そのなかにもさらに数千年・数万年のスケールで氷期がありました。地質時代の気候を知る有力な手法として、海底堆積物の酸素同位体比の測定があります。

氷床の量や海水温に影響されて、有孔虫という動物プランクトンの殻の酸素の同位体比は軽くなり重くなりしたりします。これを見ていくと相対的な寒暖が分かるのです。たとえば、酸素同位体比を調べると、およそ1万8000年前が最も寒かったことが分かります。また、約10万年のサイクルで氷期がやってきているのですが、さらにもっと細かく見ていくと

■特集 地球システムの変動を探る

4万年、2万年といったサイクルで変動があることが分かります。また、グリーンランドの氷床コアや海底堆積物コアなどからは、さらに細かい酸素同位体比の変化が発見されています。1500年から5000年くらいのサイクルで変動しており、これは、発見者の名前を取って「ダンスガード・エシュガー・サイクル」と呼ばれています。ひとつの変動の幅が50年から100年という非常に細かい時間でシフトする気候変動があることもつぎとめられています。問題は、この変動のメカニズムです。たとえば、10万年くらいのスケールでの変動は、公転軌道や離心率、地軸の傾きなどによる日射量の変化が関係しています。1500年くらいのスケールは、深層水の循環が関係しているなど、いろいろといわれていますが、なぜこのような変動がおきているのか、実際のところ、まだはっきり分かっていません。おそらく時間スケールによって、温暖・寒冷のメカニズムは違っていると思います。

BE 白亜紀以降、地球は寒冷化しているといわれていますが、それはなぜなのでしょう。

坂本 白亜紀から現代までという長い時間スケールで寒冷化の原因として考えられるのは地球内部からの熱や物質の供給の変動です。白亜紀には、マントルブルームのようなものすごい熱源が地下深部

から地表近くにもたらされ、熱はもちろん、大気中に温暖化ガスももたらされ、温暖化したと考えられています。逆に、ブルームの活動が弱まれば熱などの供給は減り、寒冷化へ向かい新生代の寒冷化はこのような地球内部でのシステムの変化の可能性があります。まだ、証明されたわけではありません。海水は大量の熱を運び働きを持っていますから、深層水など、つまり、水の循環も大きな影響を持つと思います。また、大気変動については、これまで短い時間スケールの変動でしか議論されていませんが、これも重要な働きをしているかもしれません。

高い成果をあげた
オホーツク海での研究

BE 地球環境システムの変動がなぜ、どのように起きるのか、それを理解することが、研究の大きな目的ですね。

坂本 気候変動を含めた地球環境システムを解明するためには、大きく分けてふたつの方法があると思います。ひとつは「地球シミュレータ」などによるモデリング研究、もうひとつは、現在残っている記録から過去の環境を復元して、そのなかに見られる変動を実証的に調べていく方法です。私が取り組んでいるのは、後者です。海底の堆積物コアや、もともと海底だったものが地殻変動の影響で陸

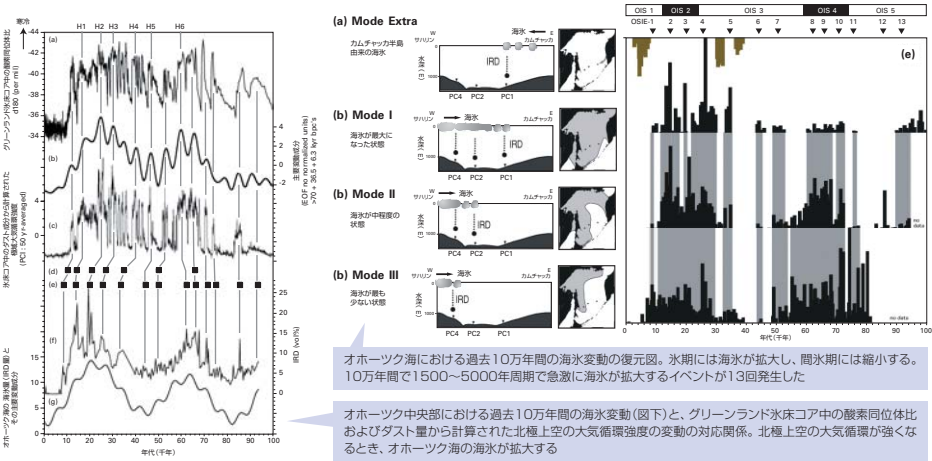
上に露出した地層、こうした記録から規則性・不規則性を見つけ出し、それを理解することで地球システムの変動を定量的に解明したいと考えています。そのためには、やはり連続性に優れたよい試料を採取してきて、より正確な年代を入れて、堆積物からより確実な痕跡を解析していきたいというのが、私の立場です。

BE 現在はどういうテーマで研究をされているのですか。

坂本 これまで、私たちは氷期の地球の気候安定性に関する研究、オホーツク海を対象にした調査・研究を行っています。オホーツク海に注目した理由はふたつあります。ひとつは、オホーツク海では、気候の変化に対して、非常に敏感に海水が影響を受けているからです。北半球の最も低緯度で海水が発達し、平均するとおよそ70%の海域を海水が覆い、それが夏にはすべて融けてしまいます。様々な時間スケールでこの海水の変化を見ていくことで、気候の変動をより鮮明に捉えることができるのではないかと考えたわけです。もうひとつは、現在、オホーツク海の中層には、非常に重くて冷たくて塩分濃度の高い水があります。海水ができるときに淡水が凝集するされるため、相対的に塩分の濃い氷が生まれ、これが沈み込むわけです。そのオホーツク中層水には氷期の時代に北部太平洋にいた、ある種の放散虫がいまもいることが分かっています。つまり、氷期に北太平洋に広く分布していたと考えられる水が、いまもオホーツク海にあるわけで、この海域を研究することは、氷期の海の環境を研究することにつながります。

BE 具体的に、どんな研究内容ですか。

坂本 注目したのは、海底堆積物に含まれる漂流岩屑（IRD: Ice Rafted Debris）という1cmくらいの小石や粗い砂粒です。張り出した海水には、陸上起源の砂粒が取り込まれており、春になり、氷が融けるときに海底に落ちます。このIRDの量や分布を調べることで、海水がどの程度張り出していたかが分かるのではないかと考えたわけです。



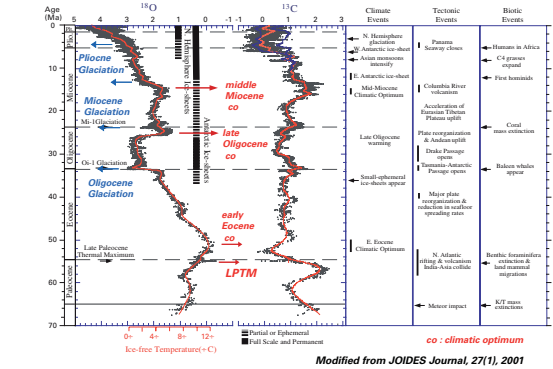
こうした環境復元のための指標になるものをみつけることは、古環境の研究にとって非常に重要です。新たな環境復元指標の開発は、私たちの重要な研究テーマでもあります。IRDがこの指標として利用できるかどうか、私たちはセディメントトラップで沈降粒子の成分の季節変化を調べてきました。その結果、春の氷が融ける季節に、粗い砂粒が落ちることが実際に確認され、海底堆積物に含まれるIRDを調べることによって、長い時間の海水の変化が捉えられることが実証されたわけです。そして、実際にオホーツク海の過去10万年間の海底堆積物コア

を調べたところ、海水が拡大したと思われる時期が約1500年の周期で13回ありました。この結果をグローバルなほかのデータと比較してみましたが、北半球で大気循環が強くなるときに海水が拡大することが確認できました。

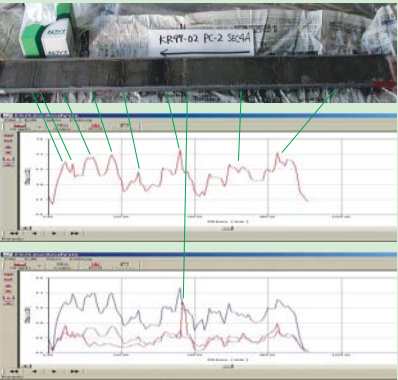
BE 寒冷地球の環境変動の研究とともに、地層記録の解析装置の開発にも力を入れておられると聞きましたが。

坂本 今後は、人類に関連のある時間スケール、つまり数年から数百年の規模の時間スケールで、堆積物のコア解析を行いたいわけです。海底の堆積物は、厚さ1cmでおよそ100年～1000年に相当

します。ですから、コアをスライスして分析する方法では、細かい時間スケールのデータを取ることが難しい。できれば、コアを壊さず連続的に解析したい。また、化学組成なども、できるだけいろいろなデータを迅速・精密に採りたい。こうした考えで、2つの装置を開発してきました。ひとつは微小領域を精密に測ることのできる装置、もうひとつは長い掘削コアを切らずにそのまま迅速に測ることができる装置です。こうした地層記録を高分解能で精密に解析する手法を開発すること、地球システムを理解していく私たちの研究には欠かすことができません。



海底堆積物中の底生有孔虫殻の酸素同位体比(δ¹⁸O)、炭素同位体比(δ¹³C)から見る白亜紀以降、今日までの気候変動。白亜紀(1億4000万年前～6500万年前)は、約5000万年前の始新世(Eocene)よりもさらに温暖であった。新生代(約6500万年前～現在)は酸素同位体比(図左)が徐々に重くなり、地球全体が少しずつ寒冷化したことが示されている



↑「タツトスキャンF2」による解析例。動流堆積層がアルミニウムの変動(図上)として、火山灰層がケイ素のピーク(図下)として検出されている。線分析、面分析ができる

→コア状板状試料を非破壊のまま、微小領域(ミクロンオーダー)の元素分布を精密に解析することができる「タツトスキャンF1」

↓長さ150cmまでの半割コア等を迅速に解析することができる「タツトスキャンF2」。堆積物、岩石コアを半割後、非破壊で多元素を同時に測定し、岩相リズムやイベント層を迅速に検出することができる。地球深部探査船「ちきゅう」にも搭載される



Interview

研究者に聞く

電磁気による地下構造の 解析技術を確立し

地球内部の仕組みを 明らかにしていきたい

ごとう ただのり
後藤忠徳 研究員
深海研究部

地球の内部構造を解明するために、様々な手法が研究されている。なかでも地震波による構造探査はよく知られるが、いま新たな手法として研究が進められているのが、電磁気を活用した地下構造解析だ。これは電磁波が地球内部を伝わる際の伝わり方、つまり電気伝導度の違いによって、その構造を理解しようというもの。海洋科学技術センターで後藤忠徳研究員が取り組んでいるのが、こうした地球電磁気学の研究だ。海中に設置した海底電位差磁力計によって、地球の地磁気の変化によって生まれる微細な電位差（電場）を観測し、これを解析することによってプレート沈み込み帯などの地下構造を明らかにする研究を行っている後藤研究員にお話をうかがった。



投入前に船上で海底電位差磁力計の調整を行う

Blue Earth編集部（以下BE） まず、電磁波によって地球の内部構造を明らかにするという手法について、分かりやすく説明していただきたいのですが。

後藤 確かに、電磁波といわれてもイメージしにくい、分かりづらいですね。地震波の観測では、地震の波が地中を伝わる時に、各地層で反射したり屈折したりする、その波を地震計でとらえるわけですね。実は電気の波にも同じような性質があります。もちろん、跳ね返るパターンや、その伝わり方は地震波とだいぶ違うのですが。たとえば、地面の内部を伝わる時に、特に電気の伝わりやすい層があります。

その層がどれくらいの深さのどの位置にあるかをとらえることができます。地下の浅いところであれば、電気を通しやすいのは水を含んでいるもの、たとえば堆積物、これは電気を伝えやすいものの代表です。また、深いところであれば温度の高いもの、たとえばマグマや岩石の一部が溶けたものです。ほかに、電気を通しやすい鉱物などにも敏感です。ですから、浅い場所を調査する場合は水に着目することになり、深さ100kmを超えるような深いところでは、水よりもむしろ温度に注目することになります。もちろん、最終的には電気の伝わりやすさ

だけでなく、地震波を使った調査や熱の調査、重力の調査などと比較して、電気を伝わりやすくしている原因が何かを導き出すわけです。重要なのは、地下の情報を比較的高い精度（分解能）で調査したいというときに使えるのは、地震波と電磁波の2つしかないということです。

BE この電気の伝わりやすさというのは、どのようにして調べるのですか。

後藤 海洋では、海底電位差磁力計（OBEM）というものを使います。特徴的なのは、十字の腕です。この腕の先に電極がついています。一般に電圧や電流を測るときに、テスターという機器を使いますよね。その赤と黒の棒と同じものが腕の両端についていると考えてください。これでどの方向からどのくらいの電気が流れているかを測ることができます。もし地球の地磁気が一定であれば何もおきませんが、実際はいろいろと変化しています。ときには地磁気嵐というものもあって、地磁気

が急激に強くなることもあります。こうした変化によって海中や地面のなかに電流が発生するわけです。海底電位差磁力計は、この地球を流れている微弱な電流の電位差（電場）を測ることができます。さらに、どれくらい地磁気のエネルギーが入ってきているのかを知るために、磁力計も含まれています。電位差計と磁力計がセットされている、ですから電位差磁力計と呼んでいます。

BE 深さはどの程度まで測れるのですか。
後藤 現在、私たちは、調べたい深さに応じて装置を使い分けていて、浅いところ用は深さ15kmくらいまで、深いところ用は数十kmから500kmくらいまでですね。長期間かけてできるだけゆっくりとした変化を追えば、より深いところまでわかります。

BE これまで、どんな海域で、このOBEMを使った調査を行ったのですか。

後藤 日本周辺のいろいろな海域で行ってきましたが、私自身が取り組んでいる代表的な海域は3つほどあります。ひとつは太平洋プレートが沈み込んでいる三陸沖、もうひとつはフィリピン海プレートが沈み込んでいる南海トラフ。そしてもうひとつは、やはりプレートの沈み込み帯であるマリアナ海域です。三陸沖と南海トラフは、ともに日本近海ですが、プレートの沈み込みの角度やプレートの年代なども異なり、地震のおき方も違います。地下構造もまったく違うといわれています。一方のマリアナ海域

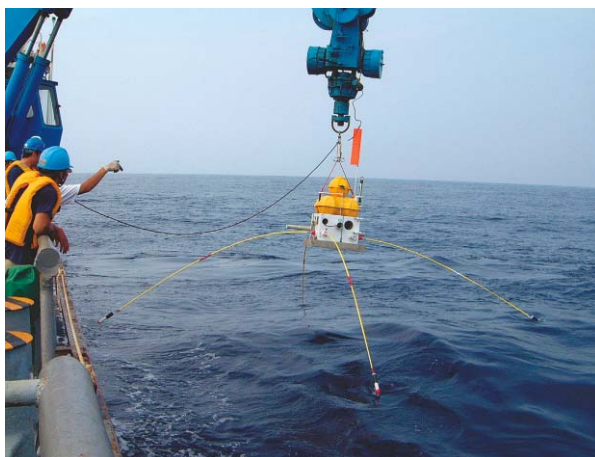


海底電位差磁力計（OBEM）の構成



船上で機器の調整を行う後藤研究員

の沈みこみ帯も大きく違っていていますので、これらを比較検討していきたいと考えています。プレートの沈み込み帯は、様々なものが生まれ、大きく変化する場所です。地震がおきたり、火山が生まれ、あるいは日本海のように海までもが生まれます。しかし、プレートはどんな沈み込んでいってしまいますから、直接物質を採取することは難しい。こういった場所の構造をどのように調べるかは大きな問題です。物質が取れないわけですから、それ以外の方法で探っていくかなければなりません。そこで、私の場合は、地中を通していくことができる電磁気を利用して、これで得られる情報やイメージによって、その構造を明らかにしていこうとしているわけです。確かに、実際に物質を手に入れることができれば顕微鏡スケールで解析できますが、電磁気では頑張っても100mくらいのスケールです。それでも、この電磁気によって得られる情報やイメージは非常に貴重であると考えています。



海底電位差磁力計を海洋に投入

一般的になってきました。しかし、残念ながら電磁気を使った調査や研究は、これからという状況で、OBEMの数もまだまだ少ないですね。現在、私たちが行っているように海洋で10台以上のOBEMを使った調査が行われるようになったのも、わずか10年ほど前からです。

調査そのものは、陸上でも海洋でも、古くから行われていました。それをもとに簡単な解析も行われてきましたが、かつては「大陸のような構造のシンプルな場所なら使えるが、日本列島のような構造が複雑な場所では難しい」といわれていました。しかし、観測装置の開発と、コンピュータの進歩によって複雑な計算もできるようになり、1980年代には地震学者等も大きな関心を寄せ始めました。さらに、ここ10～15年の技術的な進歩は非常に目覚ましいものがあります。特に陸上では解析技術が進み、海洋でも優れた観測装置が開発されています。現在は、陸上で開発された解析技術を、海洋分野に応用しようとしている状況です。

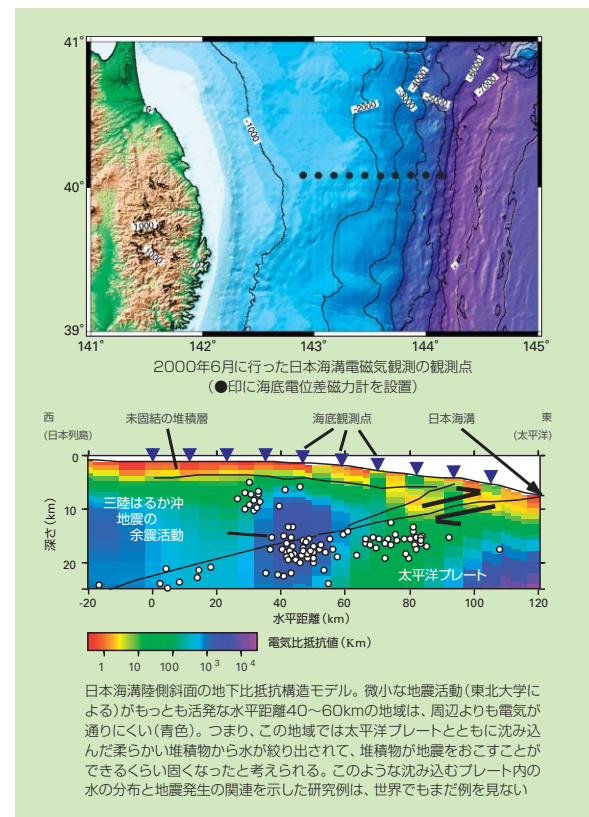
今後の成果が期待される電磁気を活用した調査

BE 電磁気による地下構造の解析や探査の研究は、どのくらい進んでいるのですか。

後藤 地震波による構造探査は、以前から行われていて研究も進み、観測機器も普及し、現在では人工地震による調査も

BE 今後、この電磁気を利用する手法は、どのように活用されていくとお考えですか。

後藤 たとえば、マントルを調査するとき、地震波のスピードを左右するものは何かというと、温度と水です。水といっ



ても、マントルの高温高压の世界では液体の水がそのまま存在しているわけではありませんが、ここでは一応、水といっておきましょう。一方の電気の流れも熱と水に左右されるのです。お互いに、熱と水に関する何らかの情報を持っているわけです。これから研究が進んでいけば、片方だけでは温度と水のどちらが原因で変化が出たのか分からない場合も、地震波と電磁気を両方結びつけることによって、「温度がこれくらいで、こうした変化が出た」ということが分かるようになるのではないかと考えています。マントルの流動には温度と水の存在が大きく関わっていますので、そのどちらがどの程度ずつ影響しているかを理解することは非常に重要なことです。

BE 地震波だけでは見えなかったものが、電磁気によって見えるようになる可能性があるということですね。

後藤 これまでの地震波による調査によって、おそらくここは熱であろうと推察されていたところに、電磁気という異なった角度から光を当てることによって、これまで見えなかった水の存在が見えてくるかもしれません。もちろん、実際に穴を掘って確認すれば確かなことが分かるのですが、そう簡単にどこでも掘削できるわけではありませんから、電磁気による探査も非常に重要な役割を果たすと考えています。

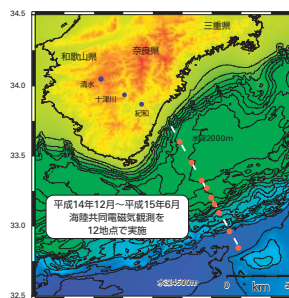
BE 電磁気を使った調査は、学生時代から取り組んでこられたのですか。

後藤 ええ。学生のころはずっと陸上の調査をやってきました。私自身が海洋で行うようになったのはここ5年ほどです。

陸上では、人の生活圏には人工の電気が流れていますので、山の奥へ入っていかなければなりません。電車や電線、それに電話線もだめです。ですから、そのころは山歩きばかりしていました(笑)。また、観測装置はだいがコンパクトになっていますが、調査を行うには30m四方ほどの平地が必要です。山奥で平坦な土地というのはなかなかないんです。調査に適した場所を探すだけでも一苦労。またそこへ行くのも一苦労でした。海ではそうした大変さはありませんが、やはり、海には海の難しさがあります(笑)。

BE これからさらに研究を進めていただけるなかで、最も関心を持ってられるのはどのようなことですか。

後藤 電磁気か地震波かといった手法へのこだわりを超えて、この地球の内部で何がおきているのかを知りたいというのが私の気持ちです。どのようにして地震がおきるのか、どうしてプレート沈み込み帯で火山が噴火し、山ができたり、海ができたりするのか、プレートは沈み込んだ後にどうなっていくのか。まだまだ分かっていないことがたくさんあります。データはまだ非常に少なく、どこまで正しいのかさえ確かではありません。それを明らかにしていきたいと思います。どうしても、研究者は自分の研究分野を中心に仕事をしますし、私自身もそのスタイルは変わらないと思いますが、ただ、それだけに終始するのではなく、その先にあるものを見越しながら、いまの研究を進めていきたいと考えています。



2002年12月南海トラフ電磁気観測の観測点

立っているほうが泳ぐより楽!?

3つの長いヒレで 深海底に立つ ナガツエエン

取材協力 藤原義弘 研究員 海洋生態・環境研究部

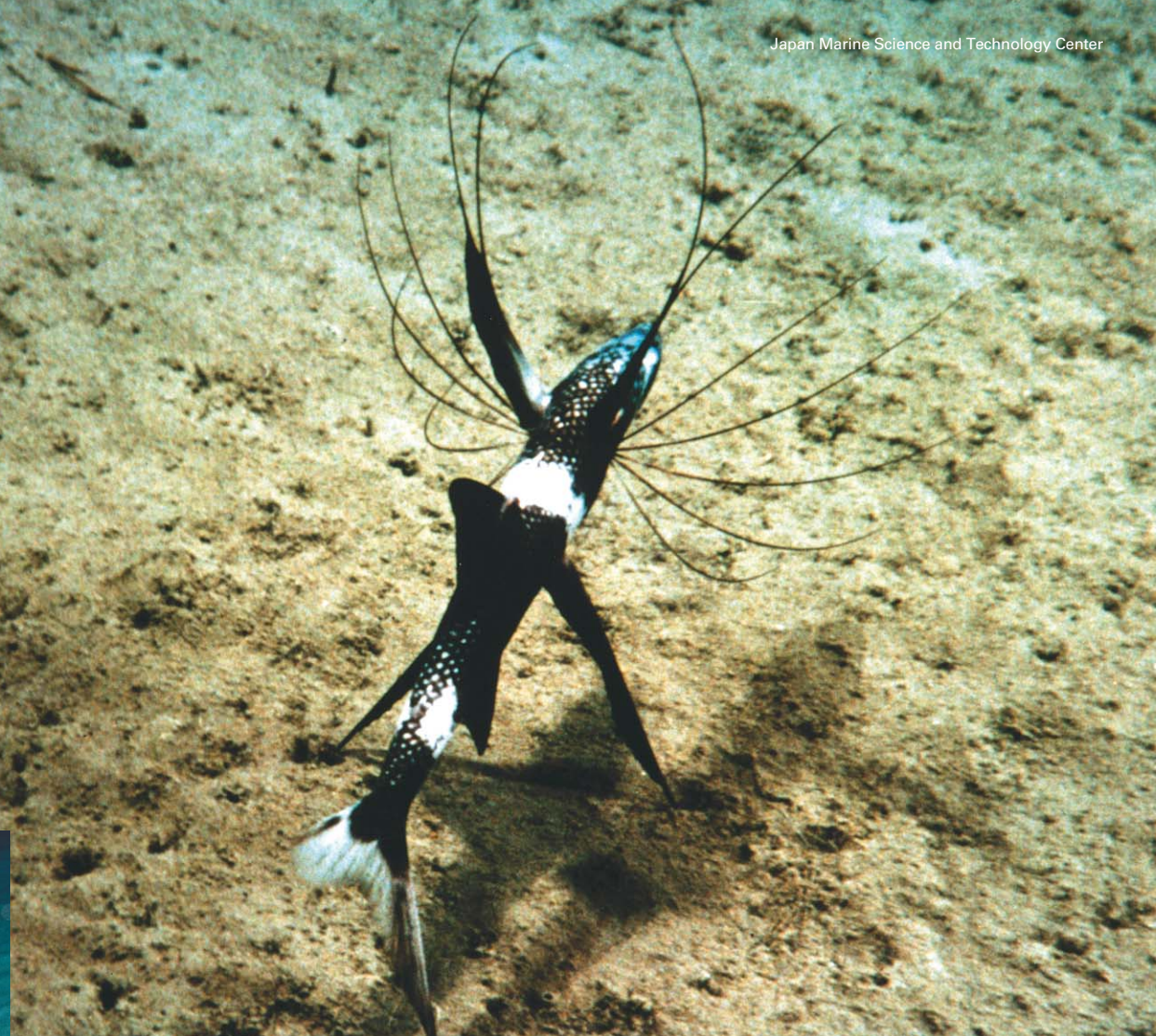
イトヒキイワシ科のナガツエエンは、名前の通り左右の腹ビレと尾ビレが杖のように長くのび、この3点を支えにして深海底に立っている不思議な魚だ。その姿から、別名「三脚魚」とも呼ばれている。

あまり泳ぎ回ることとはせず、深海底でこうしてじっと立っていることが多いといわれる。その生態についてはまだよく分かっていないが、おそらくこの姿勢で、海中に漂うプランクトンなどのエサが、流れて運ばれてくるのを待っていると考えられている。また、ナガツエエンは目が退化しているため、放射状に広げた胸ビレは、周囲の様子を察知するためのアンテナの役割を果たしていると考えられる。

その姿を見ればまさしく魚だが、ナガツエエンはどこか魚らしくない生き方を選択しているようにも見える。深海という厳しい環境のなかで生き延びるための、生き物たちの戦略は実に多様であり、興味は尽きない。



「しんかい6500」の訓練潜航中に観察されたナガツエエン
(南西諸島・水深2,863m)



↑ 紀伊水道、水深825mで観察されたナガツエエン。腹ビレと尾ビレの3点で海底に立つ



調査船に隣りて逃げるナガツエエン
(南西諸島・水深2,915m)



1983年、日本で初めて生体が観察された
(紀伊水道・水深825m)

JAMSTEC

Report

火山帯を形成する
マンツルの“熱い指”東北日本の火山集中域と空白域から
指状に広がる地下の高温領域を発見

取材協力

田村芳彦 グループリーダー

固体地球統合フロンティア研究システム

地球内部物質循環研究領域

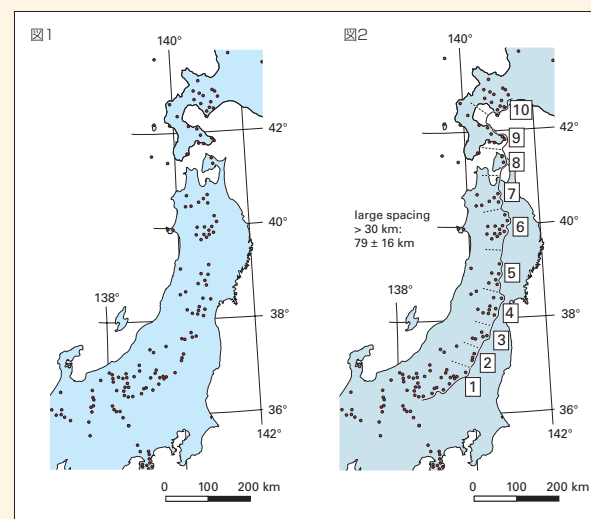
海洋科学技術センターの研究プロジェクト、固体地球統合フロンティア研究システム・地球内部物質循環研究領域の田村芳彦グループリーダーらは、北海道南部から東北地方の火山分布や地形と地下の地震波構造を結びつけることによって、地下深部にあるマンツル内の高温領域が、より深部から地表に向かって、まるで手のひらを置いたように指状(クシの歯状)に延びており、それがプレート沈み込み帯における火山及び火山帯形成の原因になっていることを見出した。地表に向かって延びる高温のマンツルは、熱源となってマグマを発生させ、地表に火山を生む。これまで、こうした高温領域は均質に延びていると考えられてきたが、実際は不連続な指状になっていることが明らかとなり、今後はマンツル対流の計算モデルにおいても、2次元から3次元モデルへと改良を迫られることになる。

東北日本の火山分布に着目

田村芳彦グループリーダーが最初に注目したのは、日本の北海道南部から東北地方にかけて広がる第四紀火山の分布だった(図1)。これらは、太平洋プレートが沈み込んだところに形成された火山群だ。一見、ばらばらだが、よく見ていくと火山が集中している地域が、南北方向にいくつか並んでいる。つまり、火山の集中域と空白域とが交互に続いているように見える。最も顕著なのは、北緯40度付近に集まる火山群と、その南北の空白域だ。

沈み込み帯に火山が形成されることはよく知られているが、もし沈み込み帯にマンツルの高温部分が均質に広がっているとすれば、火山も均質に現れてよいことになる。だが、実際には火山が集中している地域と、そうでない地域があるようだ。

そこで、今度は最もプレート境界に近い火山フロントで、ひとつの火山から隣の火山までの距離を測ってみることにした(図2)。すると、地図上に2つの火山の距離が30km以上離れている空白域が9ヶ所、火山の集中域が10ヶ所浮かび上がった。



続いて地形断面を調べてみると、もっと面白いことが分かった(図3)。東北日本を南北に走る那須火山帯(東側)、鳥海火山帯(西側)に沿った2列の地形断面図を調べると、どの火山も、基盤となっている古い地層の標高の高いところに現れていた。つまり、火山の下にある昔の地層も、火山の下で盛り上がるように高くなっていることが分かったのだ。

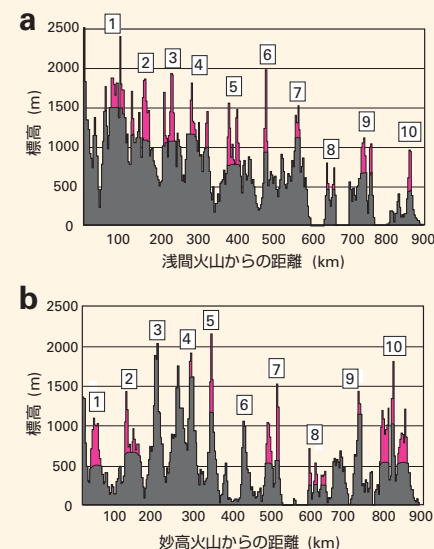


図3 那須火山帯、鳥海火山帯に沿った地形断面図。火山の基盤は黒、火山は赤色で示されている。火山は地形的高所に積み重なっており、火山の空白域は地形的にも低い。また、那須火山帯と鳥海火山帯で同じような10回の地形的なうねりが見られる。

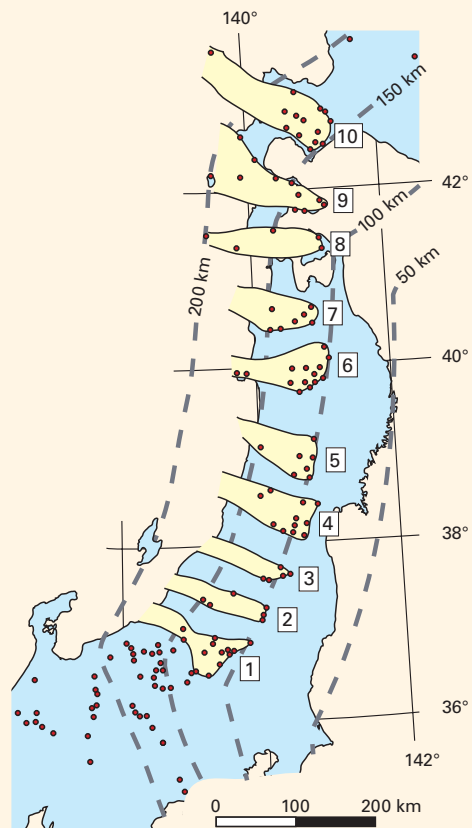


図4 東北日本の第四紀火山の分布。点線で示しているのは沈み込んでいる太平洋プレート表面の等深線。火山の集中域と空白域が交互に出現する。

一方の火山空白域では、地形的にも低くなっていた。まるで地下のマグマが標高の高い基盤だけを狙って、噴火しているようにさえ見える。

2つの地形断面図に見られる地形的なうねりを数えてみると、どちらも同じように10個であり、火山だけでなく、その基盤も同様の波型を示していた。これらによって、東北日本には、火山の集中域と空白域とが交互に、まるで縞模様を描くように南北に分布していることが明らかになった(図4)。

火山空白域の地下構造から新しいモデルを提示

これまで、日本のようなプレート沈み込み帯には、深さ50～150kmにマンツルの高温領域があり、火山の下にも熱いマンツルが存在していることは、地震波のマンツルトモグラフィーによって推察されていた。マンツルトモグラフィーは、地球内部を地震波が伝わる時に、温度などの違いによって伝播速度が異なり(温度が高いと地震波の伝播速度は遅くなり、低いと速くなる)、屈折して伝わる性質を利用するもので、地震波データをコンピュータ解析することによって、地球深部の温度

分布等の構造を3次的にイメージすることができる。地表の火山分布を検討し、火山の集中域と空白域に注目した田村グループリーダーは、愛媛大の趙教授の協力により、このマンツルトモグラフィーで、それまで着目されていなかった火山空白域の地下の温度分布を調べた(図5)。

南北に切った熱分布ではあまり明確ではないが、集中域と空白域のそれぞれの熱の分布を比較すると、火山集中域には熱いマンツルが存在していたが、空白域の下にあるマンツルは熱くなっていないことがはっきりと確認された。さらに、重力データから、集中域と空白域とで、地殻の厚さ(モホ

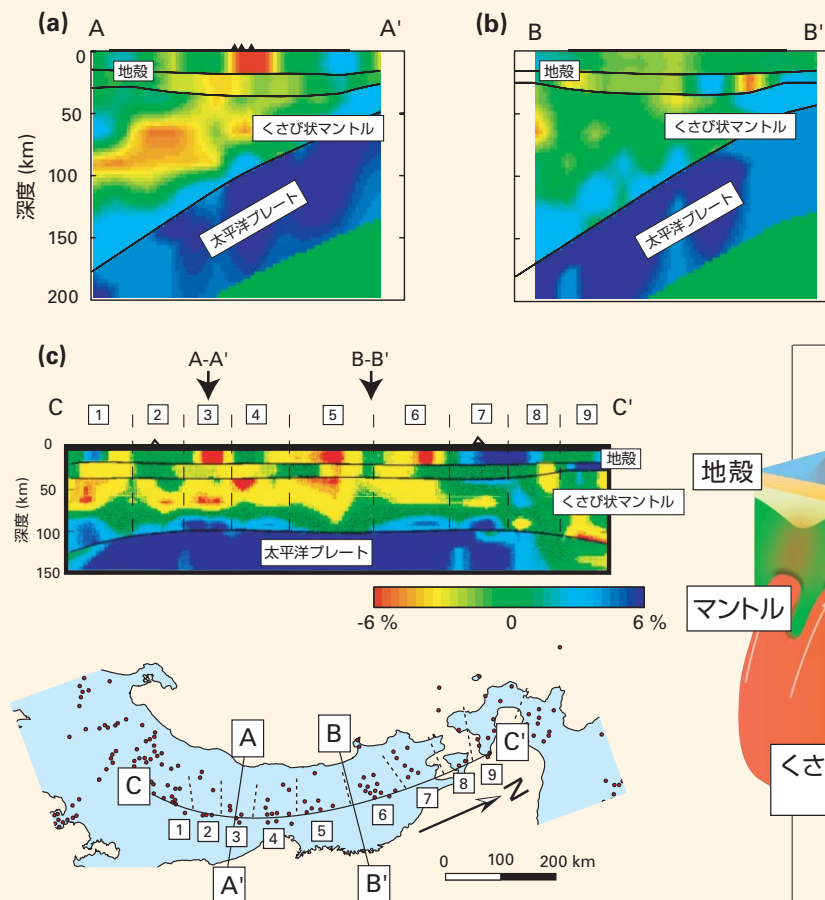


図5 地震波のP波速度の異常を示すマンツルトモグラフィー。火山の集中域の下(50～150 km)には熱いマンツルがあるが、火山空白域の下のマンツルには熱異常がみられない。

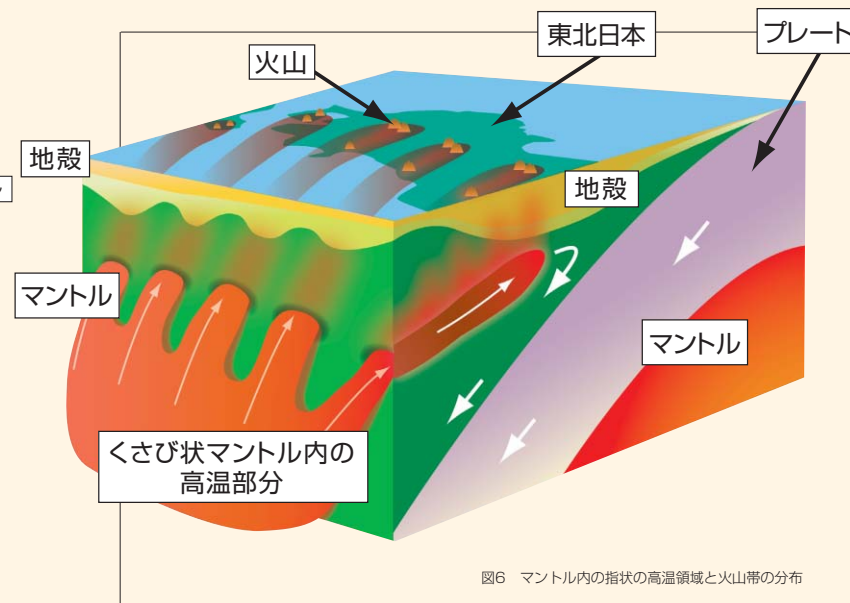


図6 マンツル内の指状の高温領域と火山帯の分布

面の深さ)にも違いがあることが分かった。火山集中域の地殻は厚く、マンツルの高温部分からより多くのマグマが付着して厚みを増していることが推察された。

こうしたことから、プレート境界面に沿って存在するマンツル高温領域は、深部から地表に向かって指状(クシの歯状)に侵入していることが明らかになった(図6)。熱いマンツルは、ちょうど火山から噴出した溶岩が流れ下るにつれて指状に分かれていくのと同じように、日本海中部の地下深くから、プレートに沿って手のひらを広げたように指状に分離して上昇し、これがマグマをつくる熱源になり、マグ

マが噴出して地表に火山が形成されると考えられる。さらに、この熱い指の先端は、やがて冷えるとプレートの沈み込みに引き込まれるようにして沈んでいき、深部から再びマンツルが供給されるという循環が生じているものと思われる。

沈み込み帯において火山の集中域と空白域が交互に分布しているのは、東北日本に限らないことから、マンツルが指状に広がるという考え方は、ほかの地域にも当てはまると考えられている。たとえば、アメリカ西海岸のカスケード山脈でも、およそ70km間隔で火山が出現している。田村グループリーダーらが現在注

目しているのは、伊豆・小笠原海域で、ここにもおよそ70km間隔で、同じような火山と空白域の関係が見られるという。

これまで平面状に均質に広がって侵入していると考えられてきた高温部分が、不連続な指状になっていることが明らかになったことで、今後はマンツル対流の計算モデルも2次元から3次元モデルへと改良が迫られることになる。また、今回のマンツル対流の新たなモデル提唱は、今後、統合国際深海掘削計画(IODP)においてプレート沈み込み帯の掘削を行う場合も、掘削点の選定に大きく関わってくる可能性がある。

JAMSTEC

Report

海洋科学技術に関する
総合的な国際コンベンション

「テクノオーシャン2002」開催

「テクノオーシャン」は、日本で唯一、定期的(隔年)に開催されている科学技術を中心とした海洋に関する総合的な国際コンベンション。海洋科学技術に関わる研究機関、大学、企業等が一堂に会し、研究・開発の成果を発表すると同時に、情報交換や新しいネットワーク、ビジネス・パートナーシップの構築をめざして1986年から行われ、今回で9回目を迎えた。

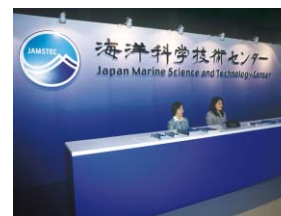
今回は、海洋関連産業等の出展による「国際エキジビション」、大学、研究機関による「学術研究団体展」、海洋科学・工学・技術に関わる論文発表の場である「国際シンポジウム」のほか、記念講演会やセミナー、次世代を担う若者を対象にした「テクノオーシャンユース」なども行われた。海洋科学技術センターも会場で特別出展を行い、また、多くの研究者が「国際シンポジウム」で発表。加えて、神戸港では有人潜水調査船「しんかい2000」、支援母船「なつしま」の一般公開なども行われた。



開会式で行われたテープカット



あいさつに立つJAMSTEC・武井会長



2002年11月20(水)～22日(金)の3日間、兵庫県・神戸国際展示場で「テクノオーシャン2002」が開催された。今回のテーマは「A Vision of Ocean Networks」。これは、21世紀の海洋活動には様々な形でのネットワークによるグローバルな対応が欠かせないという認識が高まっていることを反映したもの。また、最近の海洋科学技術の驚異的な進歩がそうしたネットワークを実現可能にする条件を満たし始めているという状況への期待、さらには、「テクノオーシャン」を国内外の海洋関係者・関係組織のネットワークづくりを活用してほしいという願いも込められていたようだ。

20日の開会式では、テクノオーシャンネットワーク会長・大庭 浩氏(前海洋科学技術センター会長)をはじめ、神戸市長・矢田立郎氏、海洋科学技術センター・武井俊文会長らが挨拶に立ち、テープカットとともに、今回で9回目となる「テクノオーシャン2002」が開幕した。開会式に続いて行われた記念講演会では、(財)地球科学技術総合推進機構理事長であり東海大学教授の坂田俊文氏が「氷河期に移動した人々 ～宇宙から見た地球の環境～」と題して講演を行っ



記念講演会の坂田俊文氏



矢田神戸市長らにセンターの展示について説明するJAMSTEC・平野理事長

た。坂田氏は、宇宙から見た地球の画像等を紹介しながら、環境変動に伴う人類の移動や、そこに海洋がどのような影響を与えたのかなどについて、わかりやすく解説した。

展示会場では、海洋産業に関わる35社が出展した「国際エキジビション」、



「アルゴフロート」など多くの観測機器を展示

36団体が出展した「学術研究団体展」が行われた。また、この会場では海洋科学技術センターも特別出展を行い、高さ約4.5mある「トライトンパイ」の実機をはじめ、曳航式深海底探査システム「ディープトゥ」、自動浮沈型中層漂流フロート「アルゴフロート」、海底地震計(いずれも実機)や、地球深部探査船「ちきゅう」の模型などを展示したほか、世界最速の計算速度を達成した地球シミュレータが描き出した、地球の海面温度や降水量分布などのシミュレーション画像も紹介された。さらに映像展示では、有人潜水調査船「しんかい6500」の深海探査の様

子を3D映像で楽しめる「バーチャル潜水」、無人探査機「ハイバードルフィン」がハイビジョンカメラで撮影した深海映像を紹介した「神秘的深海世界」なども用意され、多くの人々の関心を集めていた。

これらと同時に開催された「国際シンポジウム」では、不破 健氏(海上技術安全研究所)、G.クーレンバーク氏(国際海洋研究所)の基調講演をはじめ、11のスペシャルセッション、16のテクニカルセッションが行われ、「海底からの海洋モニタリングネットワーク」「海洋環境の数値モデル」「海の天気予報」「海洋観測技術の展望」(スペシャルセッション)、「AUV(自律型無人潜水機)」「海洋



「国際シンポジウム」会場の様子

エネルギー・資源関連技術」「海洋科学」(テクニカルセッション)などの幅広いテーマに沿って、論文発表や討議が行われた。シンポジウムには海洋科学技術センターの研究者らも数多く参加し、研究成果を発表した。

JAMSTEC

Report

【Interview】平 朝彦 センター長に聞く

地球深部探査センター発足

地球深部探査船「ちきゅう」は
科学と技術のチャレンジであると同時に
運用というソフト面のチャレンジでもある



平 朝彦 センター長

地球深部探査センター

Blue Earth編集部（以下BE）
地球深部探査センター設置の目的、
その役割はどのようなものですか。

平 地球深部探査センターは、「ちきゅう」の運用を行う実行組織であり、IODPにおける日本の推進運用部隊ということになります。その目的は、「地球深部探査船「ちきゅう」の安全かつ効率的な運用

2002年10月、海洋科学技術センターに、現在建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」の運用を担う組織、地球深部探査センターが発足した。「ちきゅう」は、世界で初めて科学目的のために建造される海洋掘削船であり、日米主導で推進される統合国際深海掘削計画（IODP）の主要掘削船として活躍が期待されている。人類未踏の地球深部への科学掘削を実現するために、「ちきゅう」には数多くの最新のテクノロジーが導入されており、科学技術においても新たな挑戦となる。こうしたことから、「ちきゅう」を安全で効率的に活用していくために、運用を担当する地球深部探査センターが組織されたのだ。そして、同センター長として、海洋地質学、地球進化論の第一人者、平 朝彦氏が就任した。

平 朝彦センター長に、地球深部探査センターが果たすべき役割などについて語っていただいた。

を通じた統合国際深海掘削計画（IODP）の科学目的の達成、「運航・掘削・科学サービスに関するマネジメント能力の拡大」、「運用技術に係わるノウハウの蓄積及び関連技術の開発」です。これまでは海洋科学技術センターの深海地球ドリリング計画推進室が計画の推進を行ってきましたが、地球深部探査センターの発足によって、国際的にもは

っきり顔が見える運用母体としての組織ができたということです。運用に関する業務としては、船上指揮をはじめ、運航計画・掘削計画・科学サービス計画の策定などたくさんありますが、実際には「ちきゅう」の様々な作業は、委託会社等に手伝わってもらうことになります。そうした委託会社等への指揮・管理も業務のひとつです。

BE これまでの国際深海掘削計画（ODP）、では、掘削研究船「ジョイデス・レゾリューション」が運用されてきましたが、「ちきゅう」は、この船よりはるかにスケールが大きく、また最新の機能を備えていますね。それだけに運用も難しいのではないですか。

平 そのとおりです。「ちきゅう」は、排水量約57,000トン（「ジョイデス・レゾリューション」は約18,600トン）、やぐらの高さが107m（同62m）もある非常に大型の海洋掘削船です。大きさだけでなく、船を自動的に所定の位置・方向に維持する自動定点保持システム、超深度の掘削を可能にするライザー掘削システムといった最新技術を備えています。これによって、「ちきゅう」は海底下7,000mの掘削をめざしています（これまでの科学掘削記録は海底下2,111m）。あらゆる面において新しいテクノロジー分野を開拓していこうとするわけですから、それに沿った新たな運用というソフトウェアも必要になってきます。最高の効率で、なおかつ安全性、経済性を保持しながら、高い成果を上げていくための管理を行っていかねばなりません。

「ちきゅう」は科学や技術のチャレンジであるとともに、運用のチャレンジでもあるのです。これまで科学技術の世界で誰もやっていないことから、当然、難しさはありますが、それ以上に、ぜひとも成功させたいという思いがあります。使命感と熱意で、この先にある困難を乗り越えていきたいですね。

BE 運用面で、これまでの調査船、研究船と大きく違うところはどこでしょうか。

平 何よりも深海掘削という特殊な作業を行うところが大きな違いです。この船には、船長以下操船を担当する人たち、それから、科学研究を行う研究者やテクニカルスタッフ、そして、掘削を行うドリリングチーム、大きく分けると3

つのグループが乗船します。この3つのグループをいかに上手に束ねて効率よく作業や研究を進めていくかが非常に重要です。それを行うのがオペレーション主任です。オペレーション主任は、私を中心とした陸上の部隊と連絡を取り合いながら、全体がスムーズに進むよう3つの要素を調整し、「ちきゅう」を運用していかなければなりません。また、これは国際的なプロジェクトです。乗船研究者もおおよそ3分の2は日本人以外の人々になります。ですから、基本的に船上での公用語は英語です。

BE 「ちきゅう」は来年度完成する予定ですね。

平 2005年中には、慣熟訓練を行い、2006年10月には国際運用が開始される予定です。その間に、船の様々な機器



われわれの役割だと考えています。「もっとやれますよ」というくらいの熱意と意気込みを示してこそ、研究者は次なる未知の領域への科学提案を出すことができます。科学への好奇心、技術への好奇心を、何よりもこの組織が失ってはいけないと思っています。

BE その点では、これまで研究の最前線におられたセンター長がトップに立たれたことは大きな意味を持つと思います。

平 日本は、これまで科学に対する見方がとても狭かったと思います。科学をやる人間は実験室やフィールドでデータをとって論文を書かなくてはならない、そんな考え方がありました。しかし、研究者になって論文を書くだけでは科学の唯一の道ではありません。科学

の活動というのはもっと幅広いのです。科学研究を推進していくことも、科学の活動です。われわれの活動を見ていただいて、科学の裾野の広さと、そこに携わることの重要性を、身をもって示していきたい。それも、私にとっては運用のチャレンジのひとつであるわけです。

BE 「ちきゅう」が推進する
深海底掘削は、まさに未踏領

域を開拓していくという意味で、私たちに大きな夢を感じさせてくれます。

平 たとえば、マントルに微生物がいるということが発見されたら、これはノーベル賞級の発見です。また、地震発生帯の内部に直接観測機器を設置することができれば、社会に大きく貢献することになるでしょう。私は運用という立場ですが、ある意味ではこのプロジェクト全体の先端に立っているという意識を持っています。忠実なマネージャーであると同時に、フロントランナーという意識で、運用面から積極的に発言していきたい。マントル掘削というような科学の夢を実現し、科学の新しい仕組みを次世代に残すことが、私の使命だと思っています。

の操作に慣れ、掘削技術を取得する。また、様々な状況下での対応、危機管理などについての基本的なマニュアルをつくるなど、膨大な作業があります。そこがひとつの大きなハードルで、その準備をいま大車輪で進めている状況です。

BE 運用というたいへんな仕事に取り組んでいけるわけですが、その分、「ちきゅう」が科学の新しい領域を開拓してくれることへの期待は大きいのではないですか。

平 ええ。もちろん、われわれは運用サイドですから、科学者の提案を引き継いで、どのようにこの船を使っていくかを考えるわけですが、一方でこちらのノウハウを研究者に提供しながら、研究者に夢を与えていくこともわ

海のなかは音の世界 IV

潜水調査船で活用される水中音響技術

音波は、ソーナーとして海の深さを測ったり、海中の対象物をみつけるために利用されているだけでなく、海中での通信や測位システムなどにも活用されています。そして、海中で観測や調査を行う潜水調査船や無人探査機には、こうした水中音響技術の利用が欠かせません。音波が、実際の海洋観測や調査でどのように使われているのかを紹介していきます。

音波のスピードは電波の20万分の1

前にもお話ししましたが、海のなかでは、陸上や海上で電波を使って当たり前にできることを、すべて音波におきかえなければなりません。そこで問題となるのは、音波の性質が電波とは大きく違っている点です。最も問題となるのは、伝わるスピードが遅いことです。海中での音のスピードは、およそ1秒間に1.5kmですから、電波のスピード(1秒間に30万km)と比べると、なんと20万分の1という遅さです。

また、使う周波数が高くなる(波長が短くなる)と、急激に信号が弱くなってしまうのも海中音波の特徴です。私たち研究者が通常海中で使っている周波数範囲は、電波におきかえれば、わずかAMのラジオ放送帯くらいの周波数範囲(約1,000kHz)しかないのです。さらに、陸上では電波の雑音を出す生物

はいませんが、海中にはクジラや魚、エビなど、音波雑音を発生する生物がたくさん存在しています。これも大きな違いとしてあげられます。

こうしたデメリットを持っても、音波は潜水調査船システムに欠かすことのできないものです。この音波をいかにして効果的に活用していくか、長年に渡る研究開発が続けられてきました。そして、今日では最新の音響技術によって多くの問題が解決し、通信をはじめ様々な場面で、陸上や海上で電波を使ったシステムと何ら変わらないような状況を実現しています。

図1は、有人潜水調査船「しんかい6500」の主な音響機器の取り付け場所を示しています。音波を使った機器がいかに活躍しているか、ご理解いただけると思います。

音波を使って現在位置を割り出す技術

陸上や海上で自分がどこにいるかを調べる方法として、現在ではGPSが最も普及しています。これは、地球の周りを回るたくさんの人工衛星(どこを飛んでいるかわかっています)から送信される(送信した時間も知らせます)電波の伝わる時間を正確に計り、それに電波の速度をかけて4個の衛星までの距離($d_1 \sim d_4$)を出し、それをもとに地球上(球面上)での位置をわずか数メートルの誤差で計算します。

海中で現在位置を割り出す場合も、原理的にはほとんど同じですが、潜水船(ここでは「しんかい6500」を例にします)では、人工衛星のかわりに数km離して設置した3台以上の音響ピンガを使います。音響ピンガには、潜水船や母船の時計とシンクロしているとて

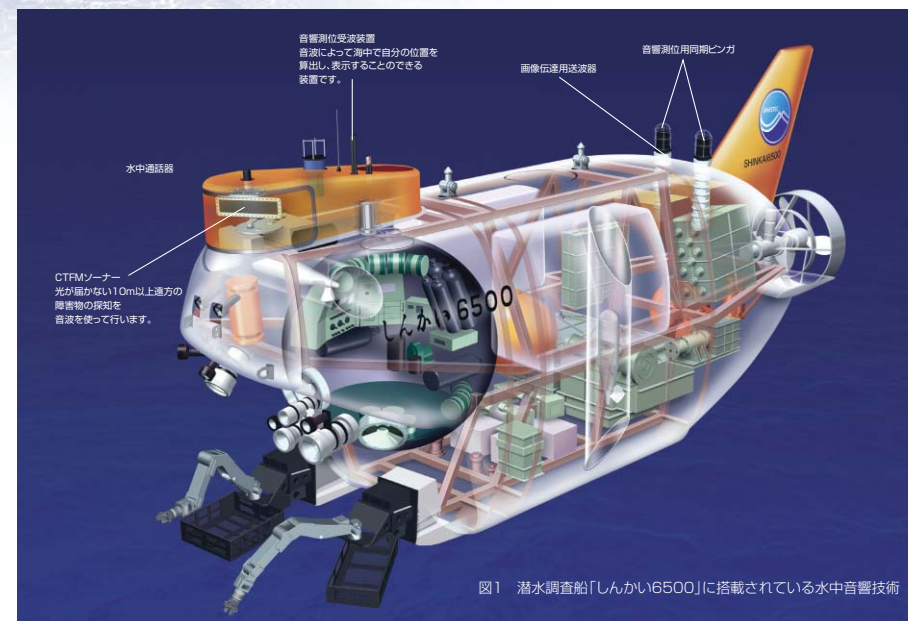


図1 潜水調査船「しんかい6500」に搭載されている水中音響技術

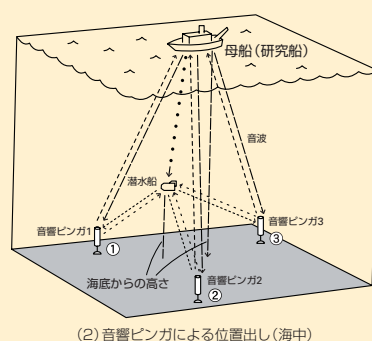
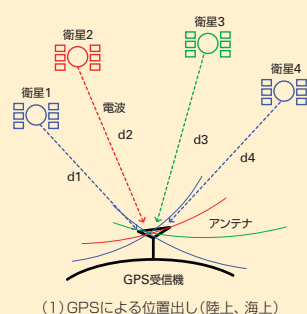
も正確な時計が組み込まれており、正確に一定の間隔で音波を発射することができます。潜水調査船や母船では、海中を伝わってくる音波を受けて、手持ちの時計と比較すると信号の遅れ時間がわかります。この時間に正確な音速(『Blue Earth』2002年9・10月号を参照)をかけると、3台のトランスポンダと潜水船(潜水船では母船)までの距離を正確に導くことができます。この距離から三角測量の原理で位置を出す

ことができるわけです。この方法は、LBL(ロング・ベースライン)航法と呼ばれ、1mくらいの誤差で位置の割り出しができるため、潜水船や母船の乗組員はディスプレイを見ながら正確に操縦することができます。また、位置出しの誤差が少し大きくなりますが、たった1台のトランスポンダから位置を出す方法SSBL(スーパー・ショート・ベースライン)航法も採用されています(参考資料を参照してください)。

声だけでなく音波を使ってカラー画像を送ることも可能

潜水調査船と支援母船との通信は、潜水調査船での調査状況や安全を確認するためにとても大切なものです。陸上・海上では、携帯電話を使って簡単に音声や画像を送・受信できます。しかし、海中の音波では、簡単ではありません。まず、図3を見てください。海中の音の速度が遅く、深さ6000mの潜水船と通信するには、往復8秒もの時間がかか

図2 陸・海上と海中での位置出しの比較





そのため、電話のように「もしもし」、「はい、はい。な～に？」などという受け答えができません。そこで、海中では、どちらかというと、工事現場で使うトランシーバに近い水中通話機という装置が使われます。この装置で通信するには、まず、一方的に必要なことを送信し、その後、戻ってくる相手の話を聞き、また一方的に返事を返すというまるでこしいことをしなければなりません。

一般の携帯電話では、通常800MHz (80万kHz)以上というとても高いキャリア周波数が使われており、デジタル信号として数百kHzの幅の電波が使われます。これは、電波では周波数が高くて信号があまり弱くならないためです。でも、水中通話機では、キャリア周波数は8kHz (海中では直接聞こえます)ととても低く、使える周波数幅もたった2.5kHzしかありません。そこで、短波通信のように昔ながらのアナログ方式を使っています。

そのため、海溝のような複雑な地形では、音がいろいろな所から反射してくるので、すごいエコーをかけたカラオケのような感じの音になることがあります。

「しんかい6500」が運航をはじめて

からすぐに、電話のような音声通信方式だけでは海底の潜水船の作業状態を伝えるのは困難であることがわかりました。そこで、画像情報を送ることができる画期的な装置がJAMSTECによって開発されました。この装置は、最新の画像処理技術や信号処理技術が応用され、情報伝送方法としては、携帯電話と同じように、すべて1と0のデジタル信号に変換されています。しかし、周波数範囲は16kHz～24kHzのわずか8kHzで、いいかえるとスピーカーとマイクを使って画像を送っているようなものです。やがて画像を高速で伝送する技術の研究が進み、「しんかい6500」に積まれている装置では、船外TVカメラでとられた家庭用のビデオくらいのカラー画像(図4)を、8秒に1枚ずつ連続して母船に送ることができるようになり、船上の研究者とスムーズに連携して調査ができるようになりました。

その他、潜水船には前方の障害物を探知するCTFMソーナーや、図1には載っていませんが、海底や海面までの高さや深さを調べるソーナーなどが積まれています。どの装置も、潜水船が安全



図4 「しんかい6500」から伝送された画像 (深海底でみつけたマネキンの首)

に深海底を動きまわるために重要なものばかりです。

さて、これで4回にわたり連載した水中音響の話が終わります。とりとめのない話におつきあいいただきありがとうございます。

執筆：土屋利雄 (地球科学技術総合推進機構 研究推進部長 工学博士)

参考資料

深海での音響技術の応用のわかりやすい解説、堀田 宏著 ポピュラーサイエンス「深海に挑む」、(装華房)に詳しく書かれていますので興味のある方は是非お読み下さい。なお、著者の堀田 宏 博士(元 JAMSTEC理事)におかれましては、2002年12月に急逝されました。謹んで博士のご冥福をお祈りいたします。

Blue Earth BERoom



地球情報館2階図書館に 一般・児童向けコーナーを新設

海洋科学技術センター・横浜研究所に設置された地球情報館は、海洋や地球科学に関する様々な情報を提供する情報発信拠点として、開館以来多くの人々に利用されている。

この地球情報館の2、3階にある図書館も一般に開放されているが、横浜研究所

の研究者が利用する図書館でもあるため、専門図書や洋書も多く、小中学生や一般の利用者には本が探しにくい面があった。そこで、2003年2月より、これまでDVD、ビデオなどの視聴覚資料や雑誌を揃えていた図書館2階に、一般・児童向けのコーナーが新設されることになった。海洋・地

球・環境等に関する一般図書や、読みやすい解説書、児童書、図鑑などが、100冊以上集められている。さらに、今後も少しずつ内容を充実させていく予定だ。

● 開館は平日、10:00～17:00

● 海洋科学技術センター横浜図書館 TEL:045-778-5478

Book

『世界を変えた21の科学理論 知の歴史』「nature」特別編集 徳間書店 刊 4,600円(本体価格)



『ネイチャー』は、革新的かつ刺激的な科学研究の発表の場として、世界的に注目されている科学雑誌。この本は、これまで『ネイチャー』に掲載された膨大な論文の中から、20世紀の科学界に大きな影響を与えた21本の論文を選んで紹介するとともに、その論文が科学分野において、また社会に対してどのようなインパクトを与えたのかを、それぞれの分野の著名な科学者たちが解説している。編者は、21本の論文は「そのまま、20世紀の偉大な科学的発

見のトップ21」ではないが、「おそろくトップ50」には入るだろう」と書いている。南極オゾンホールが発見のようにそれまで誰も知らなかった現象を報告した論文、海洋底の地磁気縞模様のような不思議な現象に理論的な枠組みを与えて解明した論文、レーザーのような新技術を世界にもたらした論文、クローン羊・ドリーの誕生報告のように世界中に議論を巻き起こした論文など、まさに20世紀を代表する研究とその論文が紹介されており、非常に興味深い。

『Blue Earth』 定期購読のご案内



発行日にお手元に届く便利な年間定期購読をご利用ください。定期購読を申し込まれる方は、以下の内容をハガキかEメールにてお送りください。購読するためには、定価+送料+振込手数料がかかります。

郵便番号・住所・氏名・機関名・所属(学年)・TEL・FAX・E-mailアドレス・定期購読を希望する刊行物名(海と地球の情報誌「Blue Earth」)

支払方法

・1年間一括(1年分6冊の代金を一括でお振り込みいただけます)
・1誌毎(毎号送付する際に請求書を同封いたします。その都度振込手数料がかかります)

申し込み先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋科学技術センター 横浜研究所 情報業務課 情報業務課
「Blue Earth」編集部

E-mailによる申し込み先

info@jamstec.go.jp

お問い合わせ

海洋科学技術センター 横浜研究所 情報業務課 情報業務課
TEL:045-778-5350 FAX:045-778-5424
E-mail: info@jamstec.go.jp

海洋科学技術センターが調査・研究のために保有する調査研究船や支援船をはじめ、有人潜水調査船「しんかい6500」、「しんかい2000」、さらに「地球シミュレータ」や深海の珍しい生き物などを題材にした地球情報館の特製絵はがき(6枚セット)です。それぞれに詳しい解説も添えられています。この絵はがきセットを抽選で10名様にプレゼントします。

応募方法
官製ハガキに、1.プレゼント名、2.氏名、3.住所、4.年齢、5.職業(学生の方は学年)、6.電話番号、7.いちばん興味を持った記事、8.「Blue Earth」へのご意見・ご希望、以上を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、3月28日(金)当日消印有効です。

応募先
〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋科学技術センター 横浜研究所
情報業務部 情報業務課
「Blue Earth」編集室プレゼント係

第61号 当選者発表

第61号「地球フロンティア研究システム
オリジナル・ペーパー・ウエイト」当選者
東京都豊島区 斉藤 満様
埼玉県さいたま市 北田修一様
(ほか3名様の方が当選いたしました。)

編集後記

昨年の秋、小柴博士、田中フェローのノーベル賞ダブル受賞が明るい話題として人々の関心を集めました。何かと暗いニュースが多い昨今、久々に日本人を力づけてくれるできごとです。特にお二人のキャラクターの親しみやすさが人気を集めており、これを機に青少年の方々が科学技術に関心を寄せて頂き、将来に夢を持っていただけるようになればと期待しております。

今月号は固体地球統合フロンティアで、地球古環境の解析等を行う地球シ

ステム変動研究領域を特集しました。固体地球には、ほかにマントル・コアダイナミクス、地球内部物質循環、プレートダイナミクスに関する研究を行う3つの領域があります。ここでは、従来の地質学、地球物理学、古生物学といった枠組みにとらわれず、地球科学の各分野の壁を取り払うことが、全地球変動の解明には欠かせないという考え方に基いて統合的な研究・調査が行われています。

今回の2つのノーベル賞、小柴博士の「ニュートリノ天文学」の創始、田中フェローのタンパク質分析手法技術の研究は、いずれも、日本で生まれた高度な技術に裏付けられた科学研究成果がその偉業となりました。

我々の固体地球の研究も潜水調査船などによる海底調査、音波探査技術による海底下の構造の解析に加え今回ご

紹介した海底電位差磁力計による調査、さらには地球深部掘削船「ちきゅう」による調査など最先端の技術を駆使して行われています。さらに、西播磨にある「スプリング8」と呼ばれる大型放射光施設を用い、地球の内核の温度、圧力を実験室で再現しその組成を調べる研究も始まろうとしています。

このように、21世紀の科学の発展は高度な技術に支えられ、これまで以上に未知の世界への挑戦、新たな発見、わくわくするような成果への期待があります。

20世紀における多くの科学技術の知見や発明は戦争のために開発され、実際に使用されたという悲しい歴史を持っています。昨今、世界の現状は大変きな臭くなってきております。21世紀の科学が真に人類の平和、幸せに貢献することを願ってやみません。

(M.K)

賛助会(寄付) 会員名簿

海洋科学技術センターの研究開発につきましては次の賛助会員の皆さまから会費、寄付をいただき、支援していただいております。(アイウエオ順)

平成15年2月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	新日本海事株式会社	日本海洋掘削株式会社
あいおい損害保険株式会社	新日本製鐵株式会社	日本海洋事業株式会社
アイワ印刷株式会社	新菱冷熱工業株式会社	社団法人日本ガス協会
株式会社アクト	株式会社日本環境調査研究所	株式会社日本環境調査研究所
株式会社アサツディ・ケイ	須賀工業株式会社	日本興亜損害保険株式会社
株式会社浅沼組	鈴鹿建設株式会社	日本鋼管株式会社
アジア海洋株式会社	スプリングエイトサービス株式会社	日本サルヴェージ株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	住友金属鉱山株式会社	社団法人日本産業機械工業会
石川島播磨重工業株式会社	住友重機械工業株式会社	日本酸素株式会社
泉産業株式会社	住友電気工業株式会社	日本水産株式会社
株式会社伊藤高屋瓦斯容器製造所	清瀬建設株式会社	日本電気株式会社
栄光建設株式会社	西武造園株式会社	日本電子計算機株式会社
株式会社エス・イー・エイ	セナー株式会社	日本電池株式会社
株式会社NTTデータ	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社	日本飛行機株式会社
株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ	株式会社総合企画アンド建築設計	日本無線株式会社
株式会社エムテーエス雪氷研究所	株式会社損害保険ジャパン	日本郵船株式会社
株式会社OCC	第一設備工業株式会社	株式会社間組
オートマックス株式会社	第一電子工業株式会社	株式会社ハナサン
沖電気工業株式会社	株式会社大氣社	演中製鋼工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタンツ	大成建設株式会社	東日本タグボート株式会社
鹿島建設株式会社	大成設備株式会社	氷川商事株式会社
神奈川合同企業株式会社	大成電機株式会社	株式会社日立製作所
カヤバ工業株式会社	大日本土木株式会社	日立造船株式会社
川崎重工業株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	日立電線株式会社
川崎設備工業株式会社	有限会社田浦中央食品	日立プラント建設株式会社
川本工業株式会社	高砂熱学工業株式会社	日比谷総合設備株式会社
株式会社関西総合環境センター	株式会社竹中工務店	深田サルベージ建設株式会社
株式会社開電工	株式会社竹中土木	株式会社フジクラ
株式会社キュービック・アイ	株式会社地球科学総合研究所	藤沢薬品工業株式会社
共栄冷機工業株式会社	中国塗料株式会社	株式会社フジタ
共立管財株式会社	株式会社鶴見精機	富士通株式会社
株式会社きんでん	株式会社テザック	富士電機株式会社
株式会社熊谷組	寺崎電気産業株式会社	不動産建設株式会社
株式会社グローバル・オーシャン・ディベロップメント	電気事業連合会	古河総合設備株式会社
京浜急行電鉄株式会社	東亜建設工業株式会社	古河電気工業株式会社
ケー・エンジニアリング株式会社	東京海上火災保険株式会社	古野電気株式会社
KDDI株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	株式会社松田平田設計
神戸ベイント株式会社	東京美化株式会社	松本徹章株式会社
国際気象海洋株式会社	東光電気工事株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
国際石油開発株式会社	東北ニュークリア株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
国際ビルサービス株式会社	東洋建設株式会社	株式会社マルタン
国光施設工業株式会社	東洋通信機株式会社	株式会社みずほ銀行
五洋建設株式会社	株式会社東陽テクニカ	三井住友海上火災保険株式会社
コンパックコンピュータ株式会社	株式会社東陽テクニカ	三井建設株式会社
佐藤工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社三井住友銀行
三機工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	三井造船株式会社
三建設備工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	三菱重工業株式会社
株式会社三晃空調	株式会社東陽テクニカ	株式会社三菱総合研究所
三幸建設工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社明電舎
三洋テクノマリン株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社森京介建築事務所
サンライズ・エンジニアリング株式会社	株式会社東陽テクニカ	有限会社やすだ
財団法人塩事業センター	株式会社東陽テクニカ	山岸建設株式会社
有限会社システム技研	株式会社東陽テクニカ	株式会社ユアサコーポレーション
シナネン株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社コアテック
シバタ工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	郵船ナブテック株式会社
清水建設株式会社	株式会社東陽テクニカ	ユニバーサル造船株式会社
株式会社商船三井	株式会社東陽テクニカ	横浜ゴム株式会社
株式会社湘南	株式会社東陽テクニカ	株式会社リプロ
昭和高分子株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社緑星社
昭和ベトロリウム株式会社	株式会社東陽テクニカ	ワールドウェイ株式会社
株式会社白石	株式会社東陽テクニカ	若葉建設株式会社
社団法人信託協会	株式会社東陽テクニカ	

Blue Earth 第15巻第1号(通巻第63号)2003年2月 発行
編集人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 情報業務課 才主門
発行人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 加藤美志郎
本部〒237-0061 神奈川県横浜市中区夏島町2番地15 TEL.046-866-3811(代表)
横浜研究所〒236-0001 神奈川県横浜市中区金沢区昭和町3173-25 TEL.045-778-3811(代表)
むつ研究所〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL.0175-25-3811(代表)
国際海洋環境情報センター〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111(代表)
Washington Office1132 21st Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036 USA TEL.+1-202-872-0000(代表) FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office810 Third Avenue, Suite 632, Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543(代表) FAX.+1-206-957-0546
東京連絡所〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900(代表)

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/> Eメールアドレス info@jamstec.go.jp
制作 横浜研究所情報業務部 情報業務課

※本書掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます

【表紙解説】

トライトンブイ TRITON Buoy

撮影：海洋観測研究所
黒田芳史 研究副主任



トライトンブイは昨年8月に全18基の展開が完了し、エル・ニーニョに関わる海洋変動のモニタリングをはじめ、西部熱帯太平洋(16基)、東部熱帯インド洋(2基)の海洋観測研究に大きな成果をあげている。ブイは、基本的に1年間係留された後に別のトライトンブイと交換され、むつ研究所で整備されて再び係留される。そのため、現在、海洋科学技術センターは、交換・予備のブイを含め全28基のトライトンブイを保有している。表紙の写真は、むつ研究所から海洋地球研究船「みらい」によって運ばれるトライトンブイだ。「みらい」が投入地点へと向かう間、ワイヤーロープにセンサーが取り付けられ、ブイは最後の作動チェックを受ける。甲板上の日中の気温は30度以上、湿度も80%を超えるため、甲板上での調整作業は、熱帯の強烈な陽射しを避け、陽が傾きはじめるころに行われる。そして翌朝、準備を終えたトライトンブイは甲板上で静かに投入の時を待つ。

海洋科学技術センター

Japan Marine Science and Technology Center

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価300円(税込)