

Blue Earth

海と地球の情報誌 Japan Marine Science and Technology Center

特集

OD21 地球深部へのチャレンジ

3・4月号
2001



最新レポート

日本の研究チームが達成した
世界初の快挙！



JAMSTECは今年
創立30周年を迎えます

2001年 第13巻 第2号 (通巻第52号)

Blue Earth

海と地球の情報誌／Japan Marine Science and Technology Center

2001年 第13巻 第2号 (通巻第52号)



2000年8月、インド洋中央海嶺で日本チームが世界に先駆けて発見した熱水噴出孔生物群集。チムニーに群がっているのはツノナシオハラエビの仲間。1m²あたり数千匹を越す程の高密度でびっしりと生息している。周辺にはイソギンチャクやカニ、貝も見える。深さ2,400mを越す深海とは思えない、生命のエネルギーに圧倒される。

裏表紙は深海から採集され分析を待つ生物サンプルたち。

特集 OD21 地球深部へのチャレンジ

地球深部探査船は“海に浮かぶ地球科学研究所” —— 2

地球と生命の歴史を解き明かし —— 10

未来を切り開く鍵が深海底に眠っている

知られざる —— 13

海底地下生物圏に挑む

より深く地球を理解するために —— 14

“未踏のフロンティア” 地球内部を探る

REPORT

日本の研究チームが達成した世界初の快挙！ —— 18

MEMORABLE SHOT

暗黒の深海で人知れず揺れる生命の道標 —— 22

INTERVIEW

24 —— 深澤 理郎 研究主幹 (海洋観測研究部)

FACE

28 —— 田中 武男さん (深海地球ドリリング計画推進室 企画調整課課長)

JAMSTEC JAM

30 —— [NEWS] JAMSTECがアジア・西太平洋の若手研究者の研修と交流を支援

[NEWS] 海洋科学技術センター 創立30周年記念「ブルーアースシンポジウム」開催

[NEWS] 極限環境生物の遺伝子から探る「極限環境微生物ゲノム国際シンポジウム」

[INFORMATION] OD21「地球深部探査船」船名を募集

[GOODS] 30周年記念ネックピースとパスホルダー

[BOOK] 『海 知られざる世界』(NHK「海」プロジェクト 編)

地球深部探査船は “海に浮かぶ 地球科学研究所”

取材協力者
高川真一 研究主幹
(深海地球ドリリング計画推進室)

最新の科学技術と掘削システムを搭載した地球深部探査船の建造が進められている。海底地殻を掘り進むことにより地球環境や生命の歴史を解き明かし、巨大地震発生帯をはじめ地球内部の構造を探り、さらには地球最後の未踏地といわれるマントル到達の夢を実現するという壮大な目的を持つ「深海地球ドリリング計画（OD21）」。その推進役として、大きな期待が寄せられている地球深部探査船とはいったいどのような船なのだろうか。

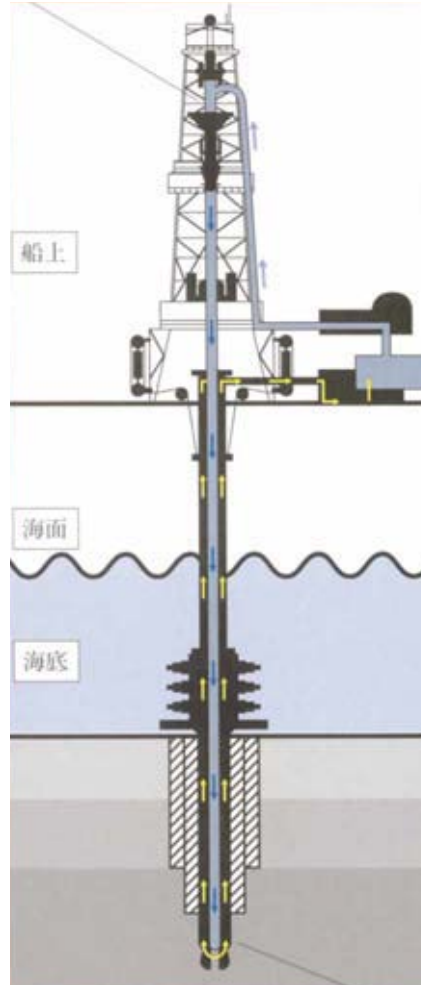
未踏の地球内部に科学の光をあてるライザー掘削システム搭載の最新鋭掘削船

地球深部探査船は、長さ210m、幅38m、総トン数約6万トンという巨大な掘削船。船上には高さ115mのやぐらが立ち、そこから最大水深2,500m（将来は4,000m）の深海底にパイプを延ばし、さらに海底下7,000mの掘削を行うことができる。また、この船には掘削のための装置・機材だけでなく、採取した地質試料（コア）をその場で分析するなどの研究施設も完備しており、海に浮かぶ地球科学研究所としての機能を果たす

海底7,000mの掘削を可能にする ライザー掘削システム

これまで科学目的の深海底掘削に使用されてきた船は、ドリルパイプだけで海底を掘り進み、削った岩などの削りくずは、パイプに注入した海水によって、掘削孔内（孔とパイプの隙間）を通して海底に排出する掘削方法をとっていた。こうした掘り方だと、海底扇状地のような崩れやすい地層では、掘ってもすぐに孔が崩れてパイプが埋まってしまう可能性があり、掘削は難しかった。また、順調に掘り進めても、途中で孔壁の崩壊に妨げられやすく、現在までの科学掘削記録は海底2,111mにとどまっている。また、一度掘った孔もそのままでは崩壊しやすく、掘削孔内に観測装置を残して長期的に計測することは困難だった。何より、掘削を行いたい海底の地層に、石油やガスの層があると、掘削そのものを諦めなければならないという問題もある。そのまま掘り進んで石油・ガス層に突き当たった場合、海底に噴出して海洋汚染を引きおこす恐れがあるからだ。

こうした問題を解決するため、新たに建造が進められている地球深部探査船は、海洋石油掘削の分野で使われているライザー掘削技術を採用した。ライザー掘削は、船と海底をライザーパイプと呼ばれるパイプでつなぎ、そのなかにドリルパイプを通す方法だ。削りくずは、ドリルパイプから注入される泥水という特殊な液体と一緒に、孔とドリルパイプの間を通り、ライザーパイプを経由して掘削船上に送られる。つまり、泥水と削りくずの



ライザー掘削は、二重のパイプ構造で泥水と呼ばれる特殊な流体を循環させることによって安定した掘削を実現させる技術



先端のドリルビットが回転し地層を削る



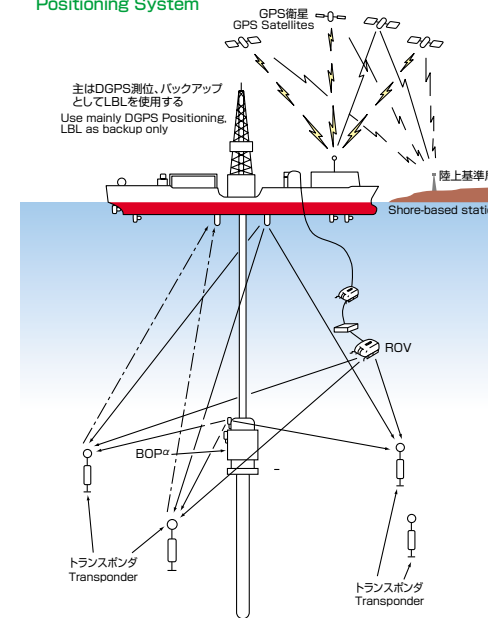
ドリルパイプの先端に取り付けられるドリルビット

上り流路となるのがライザーパイプであり、ライザー (Riser) の名前もこの働きに由来する。そして、回収された泥水は、ふるいにかけられて精製され、再びドリルパイプに送り込まれる。泥水循環というこの手法は、削りくずを効果的に掘削孔から搬送・排除するとともに、泥水に含まれた特殊な物質によって孔壁に被膜を形成し、孔壁の崩壊を抑えている（泥水は、地層に応じて粘性、比重、化学的組成を調整し、孔壁をより崩れにくくしている）。

削りくずを全て船上まで搬送するのは、一見、無駄のように思えるが、実は削りくずも重要なデータの一部なのだ。泥水の循環速度から、それらがどの深さの地層から削り取られたものかが分かる。削りくずを分析すれば、ただちにその地層の成分や状況が把握できるわけだ。また、地層の状態が悪くてコアが採取できなかった場合なども、コアの空白を埋める貴重な試料となり得る。

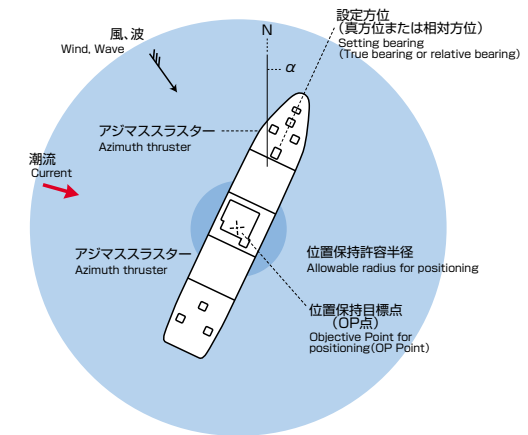
海底の掘削孔口には、掘削孔とライザーパイプをつ

測位システム Positioning System



深海底掘削では、衛星測位システム、音響測位システムなどを活用して、船の位置を正確に把握することが必要

自動定点保持システム Dynamic Positioning System



位置・方位情報や風向風速データなどをもとに、船は自動的に推進装置を制御し、所定の位置に維持される

なく噴出防止装置が設置される。重さ300トンもの巨大なこの装置は、孔口を塞ぎ、掘削孔内の圧力を制御して、石油・ガス層を掘り抜いても海中に噴き出ないようにするなど、安全弁としての重要な働きを担っている。さらに、掘削孔には、ケーシングパイプという掘削孔を保護するためのパイプも設置される。最上部のケーシングパイプの直径は約75cmとかなり太い。掘削深度に合わせて段階的に挿入され、パイプと地層はセメントで固定される。このパイプは、孔壁が崩壊するのを防ぐだけでなく、噴出防止装置を確実に海底に固定する役割も果たす。

掘削船を自動的に正確な位置に 保持するためのシステムを搭載

掘削船が海の上で掘削作業を行うには、船は所定の狭い範囲内に、確実に位置を保持する必要がある。水深が浅ければイカリで係留することもできるが、深海底掘削では無理だ。位置を保持するには、掘削船の正確な位置を知り、風や波、潮流で船が流されないように、推進装置を駆動してその位置を保たなければならない。地球深部探査船が海上で位置を知る方法として用いるのは、衛

【地球深部探査船】



地球深部探査船

ひとつの掘削は4～6ヶ月に及ぶため、約150名の乗員・技術員・研究者が長期滞在できるように生活設備や研究設備も充実している。食料・燃料などは、補給船によって最も近い港から運ばれ、乗員の輸送にはヘリコプターも利用される

星測位システムだ。その基本は、私たちの身近にあるカーナビゲーションシステムと同様で、衛星からの信号を受けて現在位置を割り出す（GPS）。さらに、陸上基準局からのデータを用いて補正し、精度を高める。こうすることによって、誤差1～5mの範囲で測位することができる。また、衛星測位システムのバックアップとして、音響測位システムも用意している。これは、トランスポンダという音波の灯台を事前に海底に設置しておき、その音響信号によって位置を測るものだ。その他に新しく開発された方法も設けている。潮流等を受けてライザーパイプは海中で弓のようになり、海底と海面で不連続に屈曲するが、この中をドリルパイプが通るために、この屈曲はできる限り小さくしなければならない。この新方式は屈曲角度の計測値から、屈曲が最も小さくなる掘削船の位置を示すとともに、屈曲角度から現在の位置も推定して示す。こうして割り出した位置情報をもとに、所定の位置を保つために用いられるのが自動定点保持システムだ。地球深部探査船は、360度自由に向きを変えられる6台の推進装置（アジマススラスタ）と、船首を左右方向に調整するトンネルスラスタ1台を持っている。測位装置からの位置・方位情報などをもとに、これらの推進装置を制御することによって、自動的に船を正しい位置・方位にとどまらせることができるのだ。

さらに海上の作業で、忘れてはならないのが波による船体の上下動だ。これまで深海底で良質のコアを採取することが難しかった原因の一つも、この上下動をスムーズに吸収できなかったからだ。ドリルパイプに伝わる上下動を抑えるには、圧縮空気を用いた空気バネと高性能の制御技術が組み合わされて、船の上下動と逆の上下動を能動的にドリルパイプに与えることにより達成される。

ライザーパイプは数日で深海底に結合可能

地球深部探査船は、実際にはどのように掘削作業を行うのだろうか。

掘削ポイントに到着した船は、まずライザーレス、つまりドリルパイプだけを使って試し掘りを行う。パイロットホールと呼ばれるこの掘削は、コアバーレルを用いてコアを採取しながら可能な限り深くまで行われ、地震波測定などと合わせて地層の状況を把握するためのデータとなる。ケーシングをどのように入れていくかといった掘削プログラムが、これによって決められるのだ。

コア採取では、海底表層の柔らかい堆積層の場合は、コアバーレルのパイプを圧力で海底に突き刺して採取する。硬くなってくると、今度はコアバーレルの刃のつい

たパイプをまわして削りながら採取する。もっと硬くなると、ドリルパイプに取り付けた刃で削りながら、コアバーレルの中にコアを採取する。

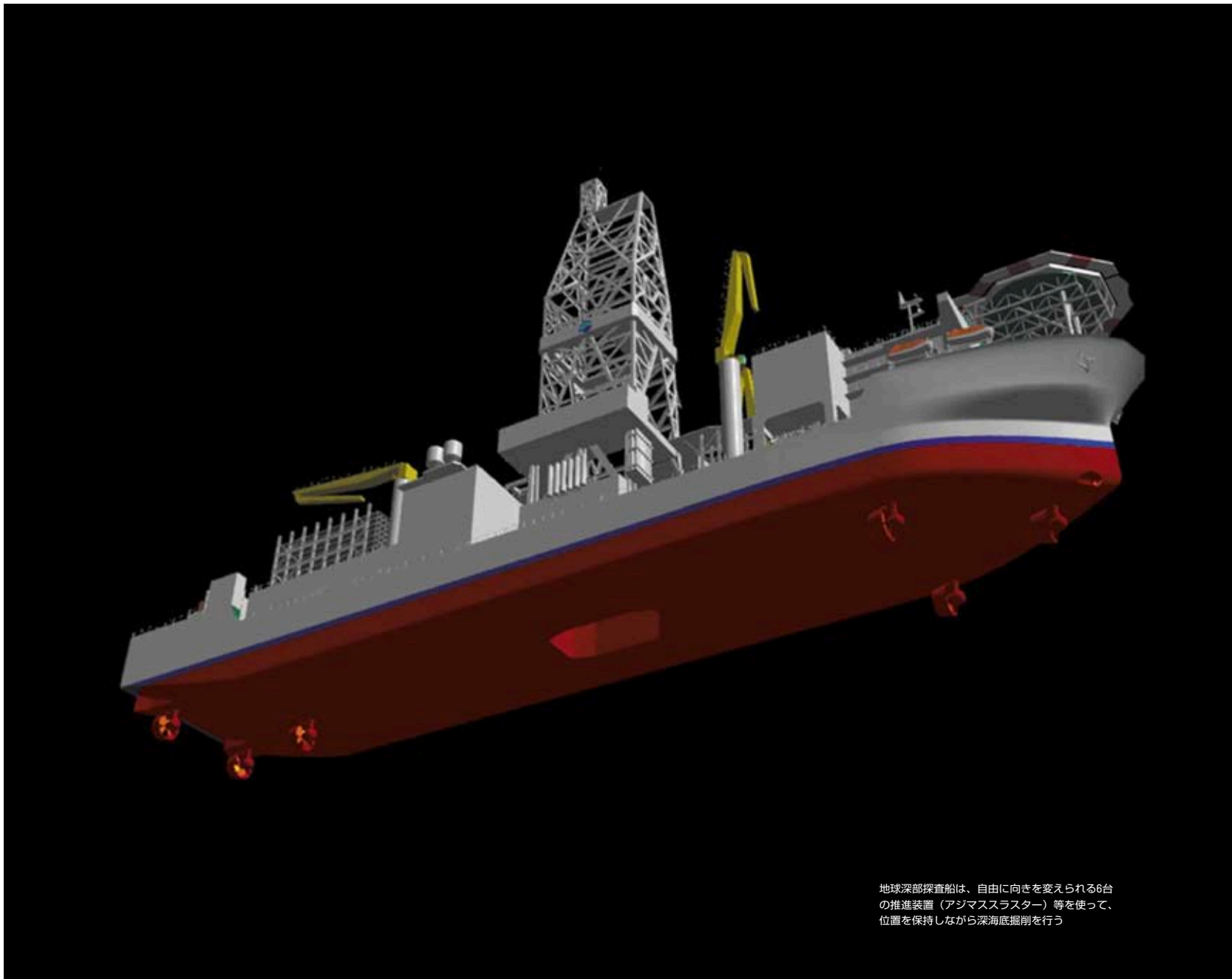
コアバーレルは長さが約10mあり、長さ約9m分のコアが採取できる。そこで、この長さ分掘削してはコアバーレルをワイヤーで回収し、新しいコアバーレルをドリルパイプの中を通して先端まで送り込み、再度コア採取を繰り返す。

そして、いよいよライザーパイプを使ったメインホールの掘削が始まる。まずはパイロットホールの深さまで、コアを採取せずにひたすら掘り込んだ上で、ケーシングを挿入して外側をセメントで固める。次いで噴出防止装置をライザーパイプで吊ってこの孔にセットする。ライザーパイプの長さは1本約27m。これを船上で継ぎ足しながら海中へ送り込んでいく。水深にもよるが、3日ほどでライザーパイプそのものが船と海底とを結ぶ。こうした作業は、すべて船上でコントロールされるが、海中の遠隔操作ロボットから作業映像を送るなど、トラブルがおきた場合もすぐに対処できる体制が取られている。

あとはドリルパイプを送り込んで掘削を続けながら、連続的にコアを採取するためのコアバーレルシステムを孔底に送り込んでいく。また、コアの採取だけでなく、孔内に特殊な観測機器をワイヤラインで降ろして、地層の様子や鉱物組成を調べたり、地層内の流体を採取するといったことも行われる。さらに、目的の深さまで到達すると、この孔の中に様々な目的の長期間使用できる計測器を設置し、孔の入口でデータ収集ができるようにして、この掘削が終了する。そして、この孔は今後地球の内部を覗く貴重な窓として活用される。

地球深部探査船には、約50名の研究者が乗船可能で、その生活施設に加えて充実した研究設備が整えられている。1ヶ所にとどまりながら、掘削は4～6ヶ月にわたって行われるため、採取したコアを速やかに処理・分析するための研究設備が用意されているのだ。屋上（ラポールデッキ）には孔内計測研究室やコンテナラボ、コア切断区画、最上層（コアプロセスデッキ）には微生物研究室や古磁気研究室、第2層（ラボストリートデッキ）にはX線研究室や化学研究室、古生物研究室というように、幅広い分野の研究に対応する数多くの研究室が設置されている。また、データ管理センター、コンピュータ室も充実し、研究・分析データはデータベースに蓄積されるだけでなく、衛星通信を利用して、リアルタイムで世界各地の研究施設に送信することもできる。

地球深部探査船は、高性能の科学掘削船であるとともに、海上に浮かぶ地球科学研究所でもあるのだ。



地球深部探査船は、自由に向きを変えられる6台の推進装置（アジマススラスター）等を使って、位置を保持しながら深海底掘削を行う

地球と生命の歴史を解き明かし 未来を切り開く鍵が 深海底に眠っている

取材協力者
木下 肇 海洋科学技術センター理事



深海底科学掘削の新たなステージとなる「深海地球ドリリング計画（OD21）」地球深部探査船の建造が進み、「統合国際深海掘削計画（IODP）」発進へ向けて4年間をかけて検討と議論を行ってきた初期科学計画も今年の春にまとまるなど、計画は着々と歩みを続けている。計画推進に当初から参画し中心的な役割を果たしてきた海洋科学技術センターの木下 肇理事に、あらためてこの巨大プロジェクトが果たす役割、期待される成果などについて聞いた。

（聞き手：Blue Earth編集部）

科学者たちの壮大な夢から 始まった深海底掘削

Blue Earth 編集部（以下BE） 深海底を掘削する試みは、いつ頃から始まったのですか。

木下 深海底の科学掘削計画については、1950年代にすでにアメリカで議論されていました。アメリカには「何でも考えてみよう」という著名な科学者らが集まる学会連合があります。1957年のある日、アメリカ・スクリプス海洋研究所のウォルター・ムンク教授の家で開かれた学会の朝食会で、「海底を掘って、マン틀物質を採取で

きないだろうか」という話題が出て、「やってみようじゃないか」となったわけです。61年に石油業界から掘削船を借りて、最初の深海底掘削が行われました。やってみると、なかなか難しいことが分かったのですが、方法論としては非常に面白いということで、よりシステマチックに、国家的なプロジェクトとして続けていくことになった。それが「深海掘削計画（DSDP）」で、68年から「グローマー・チャレンジャー号」という船を使って行われました。そのころの日本は、まだ深海底に目を向ける余裕もなかったのですが、「若い研究者は、そういうところ

で勉強してこなければダメだ」という人もいて、最初に送り込まれたのが私たちの世代です。年に1、2回渡米するチャンスをもらって、私も一緒に船に乗ったり、話を聞いたりしましたが、何しろ新しい研究分野でしたから、「ドリリングって何？」ということから始まって、最初のうちは、まるで火星人と話しているようで、何を言っているのかほとんど分からない（笑）。初めて乗船したときも、巨大な船から太いパイプを下ろして深い海の底を掘る作業に、腰を抜かすほど驚きました。その船は1万トンを超えくらいの船でしたが、その後1985年に引き継がれる「ジョイデス・レゾリューション号」の半分ほどの大きさで、今にしてみれば小さな船だったんですね。

BE そして1985年から始まったのが「国際深海掘削計画（ODP）」ですね。

木下 このころには日本の海洋科学研究も進み、この計画にはヨーロッパ諸国とともに参加することになりました。ところが、90年ごろだったと思いますが、アメリカの大統領が「もう、深海底掘削は終わりにしたい」と発表したんです。ただ、国際協約なので、アメリカもすぐ止めるわけにはいかない。それで、2003年まで続けることになったのです。ちょうど同じころ、日本では、「われわれも掘削船をつくってやってみよう」という話が出て、具体化に向けて研究に着手することになりました。これを知って、アメリカも続行を決め、「2003年から、深海底掘削の新しい時代が始まる」ということで、日米主導の「統合国際深海掘削計画（IODP）」がスタートすることになったわけです。

海底はマン틀への最短ルート

BE なぜ、陸地ではなく海を掘るのですか。

木下 陸地の地殻はその厚さが数十kmもあるのに対して、海洋地殻は5～7kmと比較的薄く、マン틀に到達するための最短距離にあるということがまず挙げられます。また、これは科学掘削の研究テーマにも関わってきますが、海底地殻の上に積もっている堆積層は地球の歴史を知る大きな手がかりとなります。海底の堆積層は、陸上と異なり浸食作用の影響をほとんど受けませんから、より正確に知ることができるのです。他にも、海溝型地震の発生帯の地殻変動を直接観測できるなどの理由が挙げられます。

BE 2003年から動き出すIODPでは、何をめざすのですか。

木下 簡単にいうと、アメリカのこれまでの掘削船と、新たに日本が建造する地球深部探査船の2つの船を使って、これまでわれわれが追い続けてきた夢を、さらに展

開していこうということです。その最大の夢は、ムンク教授たちが最初に考えた、マン틀をのぞいてみたいというもの。マン틀と聞くと、非常に高温で、とても近づけないと思っている人もいられるかもしれませんが、ところが、上の方はそれほどでもなく、およそ250～300度といわれています。でも、マン틀対流という言葉があるように、どうやらマン틀はわれわれの足元でぐるぐる動いているらしい。なぜマン틀物質は対流するのか、どんな色をしているのか、どんな化学組成を持っているのか、希少金属（レアメタル）や有用な鉱物をたくさん持っているのではないかと、ダイヤモンドがごろごろしているかもしれない、もしかしたら、そこに生物がいるのではないかと……。いろいろと想像できるのですが、とにかく見てみたいことには話にならないわけです。

BE しかし、マン틀に到達するには、海洋部分で厚さ約5～7kmといわれる地殻を掘り抜かなければならぬわけですね。

木下 まさに宇宙旅行へ行くのと同じくらいのお金と時間をかけなければ到達できない。おそらく、われわれがこれから追い求めていく計画の最後にはならないと達成できないかもしれません。しかし、それまでにやっとなければいけない未解決の仕事もたくさん残っています。これまでの「ジョイデス・レゾリューション号」では、最高でも海底下2,000mくらいまでしか掘れていません。その下のことは、まだ何ひとつ分かっていないのです。

地球のことをより深く理解するための研究を推進

木下 これまでの掘削による調査・研究によって、海底地殻が古いもので2億年くらいの年齢であることが分かっています。中央海嶺で生まれた海底地殻は、ゆっく



り移動しながら、やがて再びマントルのなかに戻って行くわけです。移動する間に、海底には様々な物質が積もっていきます。その堆積物を調べると、地球がかつてどんな気候であったかが分かります。これまでの研究では、

現在より40度も気温が高い時代や逆に同じくらい低い時代があり、それが何度も繰り返し起きてきたことが見えてきました。また、堆積物の下の海底地殻は硬い岩ですが、地球内部から浮かんできたときは溶岩です。それが冷やされて固まるとき、岩のなかの細かい鉄の粒にそのときの地磁気が固定される。それを調べてみると、ある時はどれも北を向いているのに、しばらくすると南を向いているということが、2億年の間に何百回も起きていました。地球の内部では、地磁気がひっくり返るようなとんでもないことが起きているのです。こうしたことも、これから掘削するコアの調査で、より詳しく分かっていくと思います。

非常に興味深いのは、地下生物圏についてです。これまで海底を掘削して手に入れたサンプルを調べると、どう考えても海底下の深いところに棲んでいたのではないかと思います。微生物がたくさん見つかっています。海底下2,000mくらい掘ってもまだいる。どうやら5,000mくらいまではいるのではないかと考えられています。こうした微生物の研究は、まだ始まったばかりですが、生命の誕生や進化を考える上で重要であり、また、石油を分解する微生物も見つかっているなど、われわれの暮らしに有用な微生物の発見も期待されています。

もうひとつ、われわれの暮らしに大きく関係しているのが、掘削によって地震発生帯に迫ろうというテーマです。地震には内陸型と海溝型がありますが、大きな被害をもたらすことが多いのが海溝型の地震です。1961年に起きたチリ地震は、観測史上最大の海溝型地震で、この地震のせいで地球は1ヶ月

近く揺れ続けたといわれるほどでした。これほど大きな破壊力を持つ地震の巣に迫り、地震発生帯の構造を知り、防災に役立てることも、これから行われる深海底掘削の大きな役目なのです。

予想できない危険が待ち受けている可能性も

BE マントルを含め、深海底にはまだ私たちが知らないことがたくさんあると思いますが、深海底の掘削に危険はないのでしょうか。

木下 1960年代、アメリカ・コロラド州でこんなことがありました。地盤沈下を防ぐために、地面に深い穴を掘って、そこに大量の水を流し込んだのです。ところが、それを行ってから、周辺で大きな地震がたくさん起きました。流し込んだ水が地盤の割れを促進させてしまったのです。このように未知の世界に入り込んでいこうとすると、予測できないとんでもないことが起きる可能性があります。こうしたことには、十分な配慮をしていかなければなりません。また、これまでのライザー掘削船では、石油・ガス層にあたるとそれらが噴出して、環境に大きな影響を与えてしまうため、掘削ができませんでした。われわれが建造するライザー掘削船では、噴出防止装置などによって、そうしたトラブルを回避することができますが、たとえば、マントルに入ったとき、掘削の際に注入される高圧の水が、動こうとしているマントルの動きを早めてしまい、それが引き金になって地震を起こしてしまう可能性もあるわけです。また、その割れ目からメタンなどが爆発的に噴出することも考えられます。こうしたトラブルが起きないように、掘削の前に入念な調査と専門家による危険分析を確実に

行うことはもちろん、組織のなかには、最大の権限を持つ安全委員会を設置しています。何よりも安全を確保しながら掘り進めることが必要だと考えています。



ライザー掘削システムでさらに深部への掘削が可能となる

知られざる海底地下生物圏に挑む

取材協力者 辻井 薫 チームリーダー（深海環境フロンティア）

深海底掘削で得られた試料の分析から、海洋地殻内にも生物圏が存在することは、ほぼ間違いないといわれる。海底下の地殻内に、地球上の微生物の約6割が存在すると推定する研究者もいる。深海底の地殻の中という極限環境で、微生物はどうやって生きているのだろう。いまはまだ、分からないことばかりだ。それを解明するため、IODPの科学計画では、地下生物圏の探査を重要な研究テーマとして位置づけている。

深海底から2,000株を超える微生物を採取するなど、極限環境の微生物研究では世界の最先端をいく海洋科学技術センターの「深海環境フロンティア」も、今年中に「極限環境生物フロンティア研究システム」として改組され、地下生物圏研究の拠点として活動を進める。すでに、地殻コア試料の微生物汚染防止技術（試料が、異なる環境の微生物に汚染されることを防ぐ）や、コア及び岩石試料中の微生物分布の解析法、微生物の分離法、培養法についての研究が始まっている。

地下生物圏研究の意義は2つある。その生態系を明らかにするなどの科学的成果と、環境保全や新資源として微生物を活用する産業上の成果だ。特に科学的成果として期待されるのは、地下生物圏から生命の起源に迫る研究。海底の熱水噴出孔からは90度以上で増殖する超好熱菌が見つかっている。これが創生期の熱い地球に適応した微生物であるなら、生命の起源に結びつく可能性がある。また、地殻内は海流等でかき回されておらず、初期の微生物がそのまま生き残っていることも考えられる。さらに海洋地殻の極限環境で生きる生物がいるなら、火星などにも生物がいる可能性があり、将来、両者を比較できれば、生命誕生に必要なエッセンスが何かを理解することも可能だ。

産業上の成果では、すでに発見されている石油分解菌のような、有用微生物が存在することに期待が集まっている。また、新たなエネルギー源として注目されているメタンハイドレートも、地下圏の微生物がつくるメタンによってできたものと考えられている。

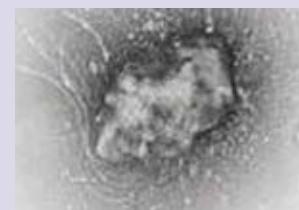
深海底掘削による地下生物圏研究は、私たちが知らない驚くべき地球の姿を見せてくれるかもしれない。



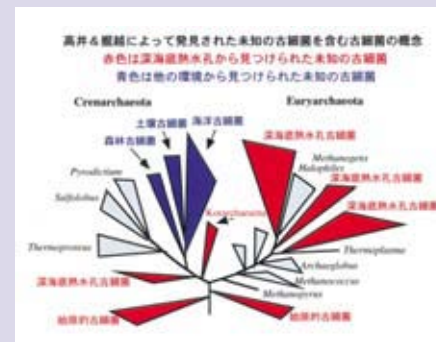
世界最深度マリアナ海溝から分離された新属新種の好熱性真正細菌



駿河湾深度1,945mの海底泥から分離された石油分解細菌



水温350度の深海底熱水孔チムニーから分離された新属新種の超好熱性古細菌



より深く地球を理解するために “未踏のフロンティア” 地球内部を探る

取材協力者
末広 潔 部長
(深海研究部)

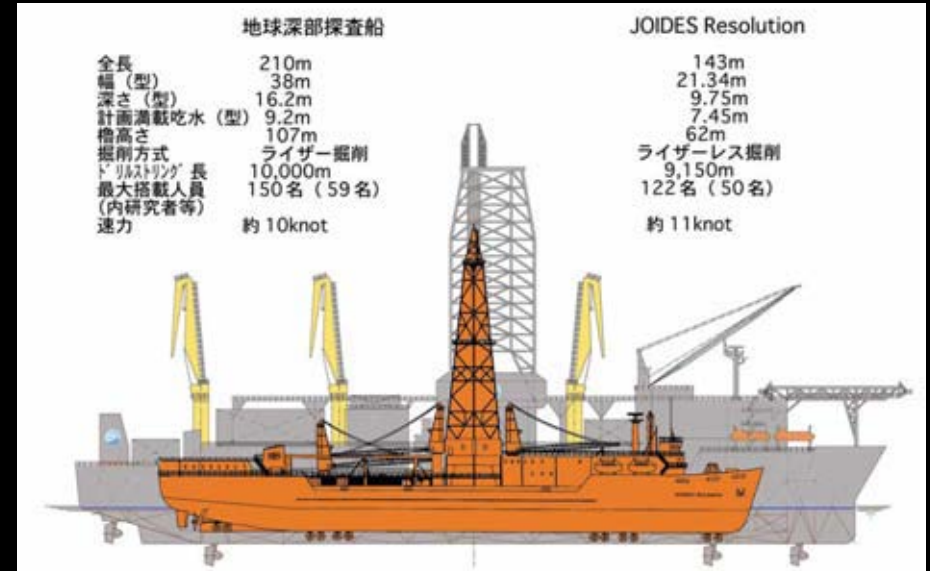


長期的・国際的な取り組みで 運営される深海掘削の科学計画

コアの成分解析から、過去の気候変動をたどる

©ODP

これまで行われてきた深海掘削は、海洋科学、地球科学の分野で様々な成果をもたらしたが、一方でさらに大きな課題を研究者たちに残してきた。2003年からスタートする「統合国際深海掘削計画（IODP）」では、こうした課題に取り組みながら、「新しい地球観の創成」をめざして、より総合的な研究が進められることになっている。具体的にどのような研究が行われるのかを紹介していくことにしよう。



長期間かけて、より深く掘る地球深部探査船、短い期間でより多くの掘削を行う「ジョイデス・レゾリューション号」、それぞれの特性を活かして深海底の掘削が行われる

幅広い分野の研究者が集まり 包括的に地球を研究する機会を提供

97年7月に東京で開かれたCONCORD (Conference on Cooperative Ocean Riser Drilling) 会議、さらに、99年5月にバンクーバーで開催されたCOMPLEX (Conference on Multiple Platform Exploration) 会議の議論や提言をもとに、IODPの科学計画が作成された。2003年以降は、これまでの国際深海掘削計画（ODP）の資産を継承しつつ、日米のリーダーシップのもと、新しい計画に基づき、「地球システムを包括的に理解し、新しい地球観を創成する」ことをめざして、様々な分野の研究が展開される。

大きく変わるのは、従来のライザーレス掘削船に加えて、日本が建造するライザーを搭載した地球深部探査船が利用される点だ。これまでの掘削船「ジョイデス・レゾリューション号」では、ひとつの掘削が2ヶ月ほどだったが、地球深部探査船ではより深く掘るため、1ヶ所に半年近く留まらなければならない。研究テーマによっては、これまでの掘削で十分なものもあるので、これからは2隻の船のそれぞれの特性を活かしながら活用し、効果的に研究を進めていくことができる。

IODPの科学目標（P.16イラスト）を見れば分かるように、深海掘削を用いて行われる科学研究の範囲は実に

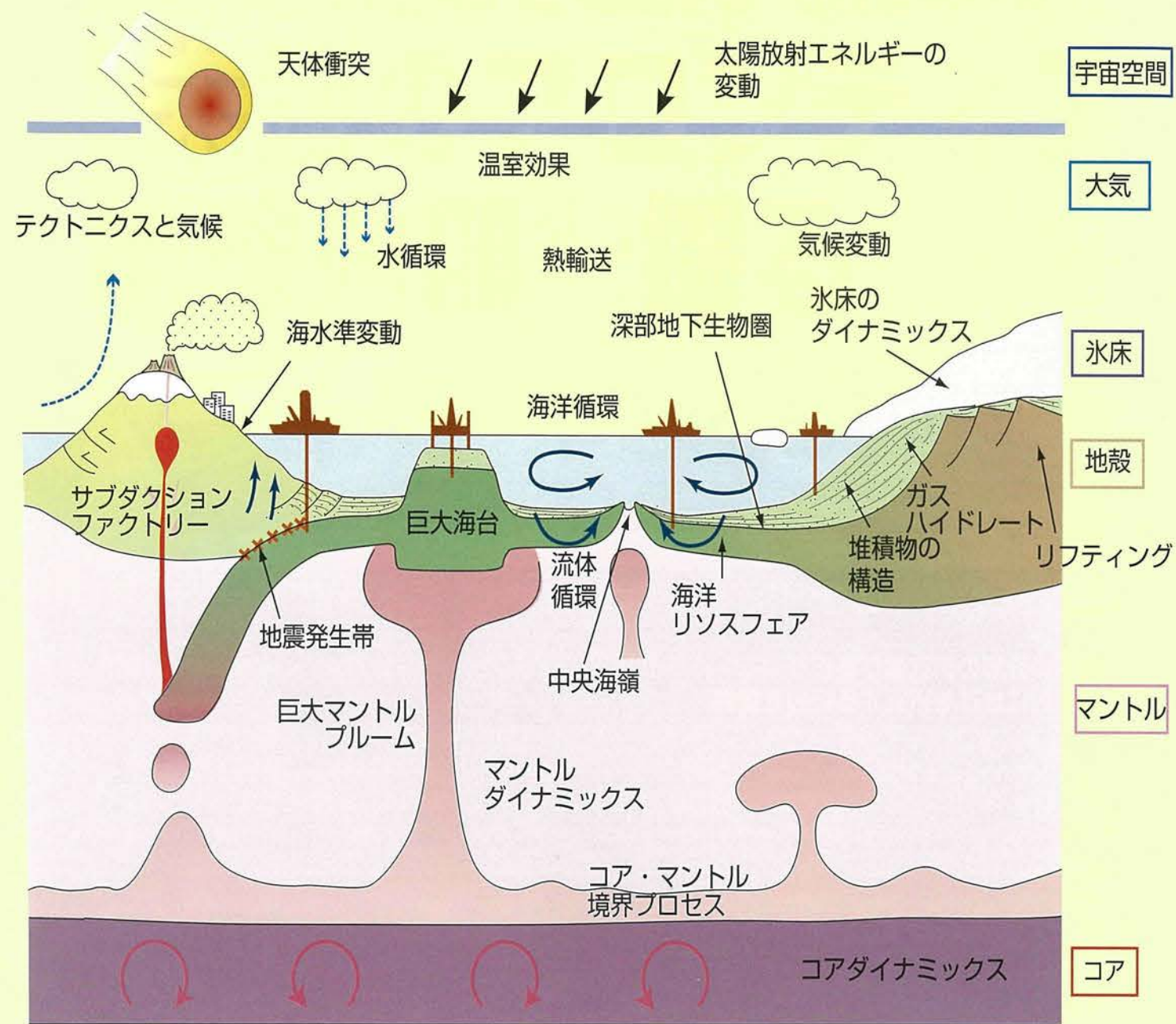
幅広い。地質学者は過去に地球で何が起きたかを考え、地球物理学者はいま地球内部でどんな対流が起きているのかに関心があり、地球化学者は地球の中で物質がどう動き回り何が生成されているかに興味を持ち、生物学者は地殻の中にどのような生物圏があるのかを知りたい……というように、いろいろな分野の研究者が、様々な研究テーマを持って集まる。それこそが深海掘削の大きな特徴であり、おもしろさでもある。深海掘削は、決して他のファシリティでは得られない試料・データをもたらしてくれる。そして、得られたコアサンプルを軸に、専門分野の異なる多彩な研究者たちが、地球というひとつの対象に向かって、力を合わせて研究する機会を与えてくれるのだ。今日、学際的な研究への取り組みが重要視されているが、深海掘削はまさに地球をテーマにそうした研究を活性化させる素晴らしい機会でもある。

地下生物圏研究など新たな課題にも挑戦

IODPで取り組んでいく研究内容として国際的に認知されているテーマは、大きく3つに分けられる。

1. 地下生物圏と海底下に広がる「海」
2. 地球環境変動とその生命圏への影響
3. 固体地球における物質循環とそのダイナミクス

【IODPの科学目標】



深海掘削を用いて地球システムを包括的に理解し、新しい地球観の創成をめざす

ODPからIODPに引き継がれて、新たに加わったのが、地下生物圏と海底下に広がる「海」だ。地下生物圏については、ほとんど未知数で、どんな世界が見えてくるか、非常に楽しみなテーマといえる。とりわけ、極限環境に生息する微生物の研究は、原始地球における生命の誕生や進化を考える上でも重要といわれる。また、医薬品等に利用できる有用種の発見も期待されている。

海底下に広がる「海」とは、陸上の地下水にあたるものをイメージすればよい。陸と同じように、海の下にも

流体が存在する。たとえば、プレートの沈み込み帯などでは、地下100～200kmまで水が入っていくと考えられており、含水鉱物が地下300～400kmという深いところまで存在できそうなことも分かっている。新たな資源といわれるメタンハイドレートも、地殻内の高圧力でメタンガスが氷になった水分子に取り囲まれるようにして形成されたものだ。こうした海の下に隠れている水は、プレートテクトニクスにも影響を及ぼすと考えられ、また、地下生物圏にも作用していると思われる。

地球環境変動については、「地球環境のデータバンク」といわれる海底の堆積物や岩石の変化を様々な方法で分析することによって、過去の地球環境を復元し、気候や地磁気などの変動やその原因・影響を解明することをめざす。それらは未来予測の大きな手がかりにもなるはずだ。

月面到達に匹敵する壮大なプロジェクトが実現

3つ目の固体地球における物質循環とそのダイナミクスについては、さらに以下のテーマに分けることができる。「巨大海台、海洋地殻、大陸縁の形成と進化の解明」、「地球内部物質循環と大陸地殻・マントルの進化の解明」、「地震発生帯の包括的理解」だ。巨大海台（巨大火成岩石区）とは、マントル深部から立ち昇ったまわりより温かい（軽い）物質が、マグマとなって海底に噴出して形成された大きな溶岩台地。中央海嶺を形成するプレートテクトニクスから外れた、ブルームテクトニクスのひとつの結果と考えられる。現在、ブルームがどのようなものかについては、モデル上の理解しか得られていない。そこで実際に巨大海台を掘削して、実物を取り出そうというわけだ。同様に海洋地殻や大陸の移動、大陸縁で起

きている火山活動、地球内部物質循環などについても、地球内部を直接調べることで、これまでのリモートセンシングによる予測を実証していくことが期待されている。

最後の「地震発生帯の包括的理解」は、プレートの沈み込み帯に位置し、海溝型の巨大地震によってたびたび大きな被害を受けている日本にとって、防災にも直接結びつく重要なテーマだ。海溝型巨大地震のダイナミクスについては、地震波分析などの地殻構造探査を用いたモデルによる研究は進んでいる。だが、地震がどうして起き、その後どう回復していくかといった地震過程の全体像を詳しく理解するには、地震発生帯でどのような物質が互いに接しているのかをできる限り正しく知る必要がある。その最もよい方法は、実際にその岩石を手に入れることだ。将来、ライザー技術を搭載した地球深部探査船がそれを可能にしてくれるはずだ。さらに、掘削孔内に観測装置を設置することによって、地殻変動を、その現場で長期的に観測することも可能になるだろう。

かつて、アメリカのアポロ11号が月の石を持ち帰り、それによって月に関する様々なことが解明された。いま、IODPは、同じことを地球内部でやろうとしている。深海掘削は、まさに人類にとって「夢の地球探査」なのだ。



コアの成分解析から、過去の気候変動をたどる

©ODP

日本の研究チームが達成した 世界初の快挙！

インド洋中央海嶺で 熱水噴出孔生物群集を発見

取材協力者
橋本 惇 研究主幹
(海洋生態・環境研究部)

「Kairei Field」のブルックスモーカー。360度にも達する熱水は、成分の重金属の酸化により真っ黒になって噴出する

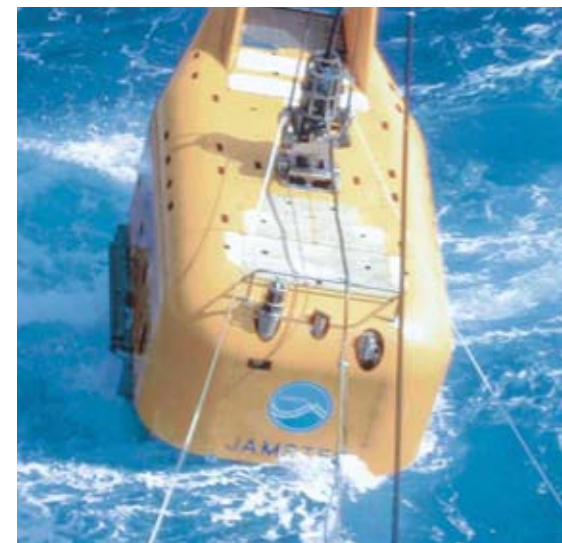
2000年8月25日、日本の研究チームが、インド洋の熱水噴出孔生物群集を世界に先駆けて発見した。地球内部から上昇するマグマによって、海底を生み出す中央海嶺。そこでは熱水活動とそれに伴う独特の一大生態系が見られることがある。1977年にガラパゴス近海で初めて発見され、以来、進められてきた熱水噴出孔生物群集の研究だが、その研究には大きな空白域があった。大きな中央海嶺が枝分かれする重要な海域、インド洋だ。この海域では、熱水活動を示唆する様々な報告こそあったが、その活動自体はこれまで確認されていなかった。熱水噴出孔生物はどのような経路で、どのように分布を広げていったのか。この発見によって、深遠な地球の謎のひとつに迫る新たな扉が開かれた。

調査を成功に導いた入念な予備調査

2000年8月25日、深海調査研究船「かいれい」船上。海洋科学技術センター海洋生態・環境研究部の橋本研究主幹は、確信に満ちたまなざしでモニターを見つめていた。「この海丘のどこかに、必ず熱水活動はあるはずだ。そして生物群集も…」。

インド洋中央海嶺、南東インド洋海嶺、南西インド洋海嶺という大きな海嶺の枝分かれ地点であるロドリゲス三重会合点。この周辺で1980年代にドイツの調査チームによって、海水の温度異常や海水中のメタン・マンガン濃度異常といった熱水活動の徴候が計測されて以来、熱水活動そのものを発見しようと、いい意味での国際競争が展開されていた。日本も1993年には東京大学海洋研究所の「白鳳丸」、1998年には「しんかい6500」による調査をロドリゲス三重会合点の北側約22kmの海域で行い、熱水活動の徴候をつかんでいた。

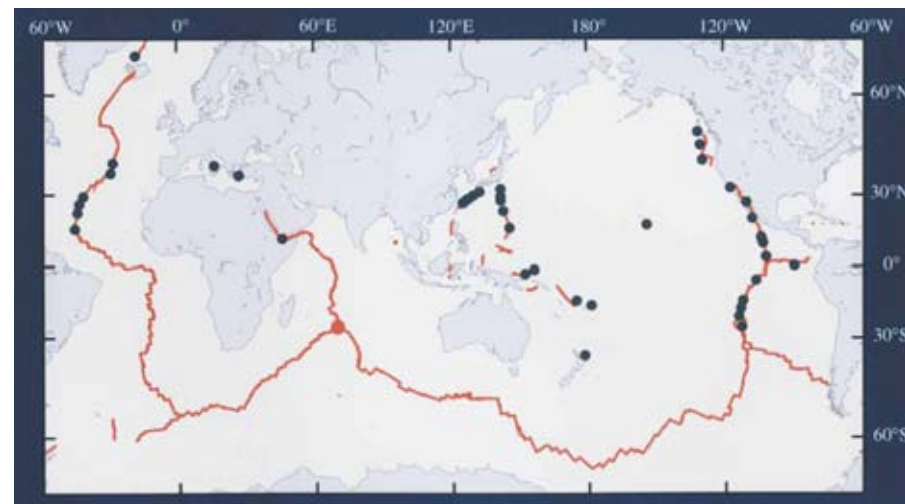
しかし、各国の度重なる調査にもかかわらず、インド洋では熱水活動も熱水噴出孔生物群集も発見されてはいなかった。広い海洋からすれば、ひとつの点にしかすぎない深海の熱水噴出孔を見つけることは容易ではない。その上、インド洋が欧米や日本から遠いため頻繁な調査が行えないこともその原因のひとつであった。8月10日から開始された調査(KR00-05レグ1)は、「白鳳丸」や「しんかい6500」が熱水活動の徴候をつかんだ海域の中の一つの海丘に的を絞り、海洋科学技術センターや東京大学海洋研究所、北海道大学、岡山大学、千葉大学、大阪市立大学、



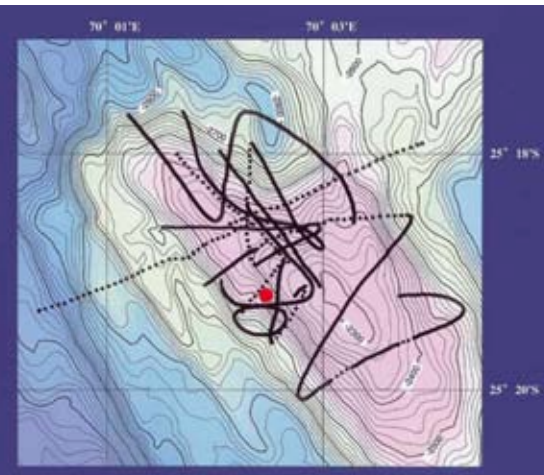
入念な予備調査の後、10,000m級無人探査機「かいこう」が潜航調査に送り込まれた

筑波大学の、生物学、地球化学、地球物理学研究者からなるチームによって実施された。そのわずか1ヶ月前にもフランスのチームが少し北側の海域で調査を行っているが、結局、熱水活動を確認できないまま調査を終えている。

発見の確率を少しでも高くしようと考えた日本チーム



世界の海嶺と熱水噴出孔生物群集の分布。●は今回発見された「Kaurei Field」



調査海域とTwo-yo調査が行われた航跡。●は熱水噴出孔生物群集が発見された地点（破線はTwo-Yo、実線はディーブ・トウの航跡）

は、入念な予備調査を行った。シービームによる海底地形調査や、船をゆっくりと進めながらCTD・透過度計・採水器を上げ下げしながら探査していくTwo-yo調査、曳航式深海カラーTVシステム（ディーブ・トウ）による海底観察。現在、保有している全ての技術と機材を使って調査地点を絞り込み、満を持してから10,000m級無人探査機「かいこう」を潜航調査に送り込んだ。

海水の光透過度や溶存メタン濃度異常などから、海丘のどこかに活動的な熱水噴出孔があることが推定され、ディーブ・トウによる海底観察を繰り返した。それにもかかわらず、めざす熱水噴出孔は発見できない。「かいれい」の船上に漂う焦燥感も日増しに高まりつつあった。調査開始から2週間が経過し、調査期間も余すところ1週間。じりじりと時間は経過して行く。おまけに海況が良くない。そして8月25日、ようやく第1回目の「かいこう」潜航調査が実施された。潜航地点としては、ディーブ・トウ観察により海底の変色と多数のイソギンチャクが確認された海丘の南西側斜面を選んだ。「かいこう」が着底し、海底の観察を始めてから4時間が経過し、船上は否定的な雰囲気支配されつつあった。その時、「かいこう」から送



世界の海洋研究に新たな1ページを刻む新発見に成功したKROO-05レグ1のスタッフ

られてくる映像に小さな白いものがチラチラと飛び込んできた。イソギンチャクだ。船内の期待と緊張が一気に高まった。そして、午後2時。ついに、「かいこう」のカメラが海底にそそり立つ白い塔のようなものを映し出した。無数のツノナシオハラエビで覆われた、高さ10mを超える大型チムニーだ。チムニーからは重金属を含んだ墨汁のような真っ黒い熱水が勢い良く噴出している。ブラックスモーカーだ。周辺にも、同様の活発なチムニーが7ヶ所ほど確認され、その分布範囲はおおよそ40×80mにもわたっていた。

驚きと興奮のどよめきが船上に溢れた。南緯25度19分10秒、東経70度2分24秒、水深2,420m。日本チームが世界に先駆けて、インド洋の深海底における熱水噴出孔生物群集を発見した瞬間だった。

大西洋、太平洋を結ぶ インド洋の熱水噴出孔生物分布の謎

新発見の興奮に包まれながら、8月29日までの残された調査期間はサンプルの採集に主眼が置かれた。その結果、生物については20種が採集され、6種が映像として記録された。その多くは新種と考えられている。これらのサンプルについては、現在、形態分類学的研究や遺伝学的研究が進められているが、そこから、すでにひとつの成果が生まれている。

それは、インド洋の熱水噴出孔生物群集において、これまで大西洋でしか知られていないツノナシオハラエビの仲間に加えて、太平洋でしか報告されていないアルビンガイやユノハナガニ、シンカイミョウガガイなどの仲間も生息していたという発見だ。

熱水噴出孔生物群集に関しては、1996年にカナダ、ビクトリア大学のベリナ・トゥニクリフ教授によって、ひとつの仮説が提唱されていた。それは、「大西洋の熱水噴出孔生物群集は、インド洋を経由して太平洋から伝播してきた」というものだ。この仮説は、プレート運動の地史的データや、熱水噴出孔生物群集に生息する生物の類縁性などに基づき提唱されたもの。インド洋において、大西洋にしか見られない生物と太平洋にしか見られない生物が混在しているという今回の発見は、この仮説を裏付けるひとつのデータとなる。しかし、一方で新たな疑問も生まれている。まだ充分なデータ解析はなされていないが、インド洋の熱水噴出孔生物群集が太平洋と大西洋の双方に広がっていったという考えを否定することもできないのだ。熱水噴出孔生物群集のルーツを探るためには、今回採集された生物の研究はもちろんのこと、まだ採集されていない生物についても採集し研究することが不可



海洋生態・環境研究部の橋本研究主幹。今回採集された新種生物の研究や、熱水噴出孔生物群集のルーツを探る研究を進めている

欠だ。今回の発見は、地球規模での熱水噴出孔生物群集の研究に大きなインパクトを与えたのである。

生命と海洋、その誕生の解明にむけて

「かいこう」の母船である「かいれい」にちなみ「Kairei Field」と名付けられたこの海域の熱水活動域は、当初予測されていた規模をはるかに上回るものだった。そのため、世界中の研究者から注目されている。熱水活動の研究は、地球そのものを知るための重要な研究課題だからだ。

熱水噴出孔生物群集は多くの謎に満ちている。熱水に含まれる硫化水素を酸化し、そのエネルギーを利用して有機物を生み出すバクテリアと共生したり、それを捕食することによって、彼らは生命活動を維持している。また、こういった地球内部のエネルギーによって支えられる生態系を研究することは、生命誕生の謎に迫るものとしても期待されているのだ。

そのため、2001年3月にはアメリカが調査チームを派遣する予定で、すでに新たな国際競争が始まっている。日本でも2001年度中には、潜水調査船「しんかい6500」を使った、新たなチームによる総合的調査が予定されている。「人類最後のフロンティア」といわれる深海研究の進展に、新たな契機をもたらした今回の発見。今後の調査が生物学や地球化学、地質学、地球物理学といった様々な分野に寄与していくことを期待したい。

暗黒の深海で 人知れず揺れる生命の道標

チムニーに取りついた 巨大イソギンチャク

取材協力者
橋本 惇 研究主幹
(海洋生態・環境研究部)

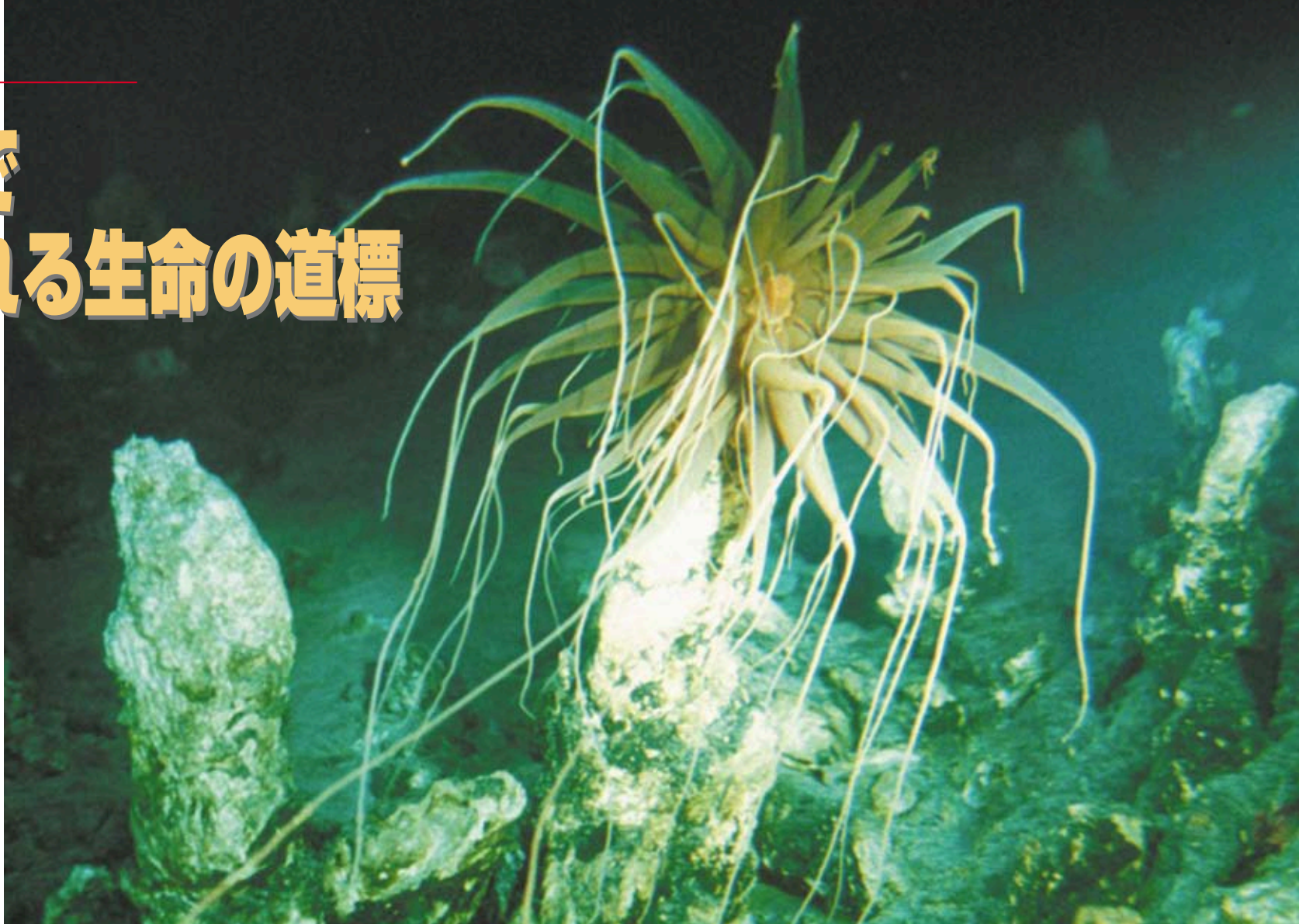
太平洋西部の中部マリアナトラフ、コニカル海山で、潜水調査船「しんかい6500」は、水深3,275mまで潜航した後、海山の斜面沿いに上りながら、散在するチムニー群の調査をしていた。

チムニーとは、海底から金属元素が溶け込んだ熱水が噴出するときに、噴出孔の周辺にできる煙突状の堆積物で、硫化物を含んだ熱水（ブラックスモーカー）を噴出しているような活発に活動するチムニー群などには、おびただしい生物が見られる。

しかし、^{【1】}礫質の泥の中に林立するこのチムニー群は、すでに活動を停止している、いわば“死んだ”チムニー群だ。そのためか、あたりには生物の姿はほとんど見受けられない。水温1.5度。流れも穏やかで、視界は12m。周囲の深海は静寂に満たされていた。

ところが、泥のサンプルを採集しながら進む「しんかい6500」の目の前に、大きな花のようなものが姿を現した。触手の長いところは1mにも及び、径は50～60cmにも達する巨大なイソギンチャクだ。決して豊かとはいえない環境にあって、この巨大イソギンチャクはいったい何を食べているのだろうか。また、なぜこのように大きくなるのだろうか。

人間社会から遥か遠い深海に息づく生物たちの生態は、いまだに厚いヴェールに覆われている。そんな生命の謎にいざなう道標であるかのように、コニカル海山の巨大イソギンチャクは、漆黒の闇の中で、静かに白い触手を揺らしていた。



潜水船：しんかい6500 潜航番号：[0179] 調査日：1993.10.01
北緯19度34分00秒、東経146度38分70秒、水深3,141m

深海画像データベース

潜水調査船「しんかい6500」「しんかい2000」、無人探査機「ドルフィン-3K」「かいこう」などで撮影した、膨大な深海の映像資料をデータベース化したものが「深海画像データベース」です。

その登録画像数は、約20万枚（平成12年9月現在）に及び、このうち取得後2年を経過した画像がインターネットによって自由に検索でき、広く世界に向けて公開されています。

アクセス方法

JAMSTECのホームページ（<http://www.jamstec.go.jp/>）から、「日本語ページ→情報検索サービス→深海画像データベース」の順に選択してください。

■**海域地図からの検索**：トップページで、見たい海域をマウスで選択します。

■**海域一覧からの検索**：トップページで「海域一覧から検索」をクリックし、検索したい海域を指定してください。

■**検索条件の指定**：潜水調査機器、検索年月などを指定し、「検索実行」をクリックします。画面下側に検索結果（航海名、潜水船、潜航番号、アルバム名）が表示されるので、希望のアルバムをクリックしてください（該当するデータがない場合は、検索条件、検索海域を変更して、再度検索してください）。

■**一覧表示画面**：見たい画像をクリックすると、詳細画面が表示されます。あらかじめ検索したい航海名、または潜航番号がわかっている場合は、これらを直接指定して検索することもできます。



地球全体の気候が決定される メカニズムのなかで、 海が果たす役割を解明する

ふかさわ まさお
深澤 理郎 研究主幹
(海洋観測研究部)

温暖化をはじめとする地球の気候変動に世界中の関心がますます高まるなかで、海洋研究にかかる期待も大きさを増している。しかし、わたしたちの前には、依然として地球に対する基本的な謎が数多く残されている。そもそも地球の気候は、どのようなシステムで決定されているのか。そして、そのプロセスに海がどのように関わっているのか。その答えを探ることは、表面の約70%を海に覆われた“水の惑星”地球のメカニズムを解明するうえで避けて通ることができない。数々の国際共同研究の一員として長期に及ぶ過酷な海洋観測を行い、膨大なデータを積み重ね、綿密な検証を繰り返すことで、海洋観測研究部・深澤理郎研究主幹は壮大な謎の解明に挑んでいる。

(聞き手: Blue Earth 編集部)

限られた海域ごとではなく、 海洋全体のきちんとした数 値を求め、太平洋を横断する 観測が始まっている

Blue Earth 編集部(以下BE) まず、深澤さんが行っている研究について教えてください。

深澤 わたしはずっと海洋物理という分野に携わっています。簡単に言うと、海をひとつのシステムとして考えたときに、それが地球においてどんな役割を果たしているのか、ということの研究をしています。気温とか湿度といった地球の気候を決めるのに、海がどのように関係しているのかということですね。例えば、暑かったり寒かったりというのは、大気も含めた地球の熱の問題ですね。この地球の熱が、もともとどこから来るかといえば、地球自体が発している熱もありますが、99%は太陽からの熱です。太陽の熱は赤道を中心に地球を温めます。でも、不思議なことに、温められ続けても赤道は6000度にはならないですし、逆に冷え続けている北極や南極もマイナス273度にはなりません。これは、受け取った熱を、何かが赤道から地球全体にばらまいているからなのです。つまり、地球はエアコンのような機能を持っているということです。そのエアコンとして、何がいちばん効率よく働いているかという、大気と海水の大規模な動きです。まず、赤道あたりで暖められた大気は対流を起こして上

昇し、熱を中緯度に運びます。どれくらい運びかといいますと、太平洋全体で平均3ペタワットほどになります。ペタとは10の15乗。日本全体が使う電力の平均値が100ギガ(ギガは10の9乗)ワット単位ですから、その1万倍の規模です。ところが、北の方に行けば行くほど大気は動かなくなって、大気と海が運ぶ熱量は、北緯30度くらいでほぼ同じになります。それより極側では海が働くようになります。海の方は太平洋全体で1ペタワット弱の熱を赤道から極地へ運んでいます。ですから、地球全体の気候について研究していくためには、海だけををとっても、どこにある流れが、どれくらいの量の熱を、どうやって運んでいるのか、つまり海のエアコンのパイプそのものを調べなければいけないのです。

BE そういった海のパイプの位置や規模は、実際にはどうやって調べているのですか？

深澤 例えば、1999年にはSAGE (Sub Arctic Gyre Experiment)の一環として、北緯47度線のハイドログラフィー観測を行いました(図1)。SAGEとは、カナダ、アメリカ、ロシアも参加している、「北太平洋亜寒帯における循環と気候変動に関する国際共同研究」で、ハイドログラフィーとは、観測船を使って海洋を水温、塩分、酸素量など多くの成分を通して計測することです。こういった観測は、1980年代の前半から、海洋全体の正確な構造を知るために始まりました。それまでの古いデータは陸のまわりのものが多いうえに、限られた地域ごとの現象記録などはあっても、水温や塩分の値の精度が低かったので、全世界の海を縦横断する測線をいくつか決めて観測をしようということになったんです。この観測をやっていくうちに、海のパイプの位置が次第にわかってきました。海のパイプでいちばん大きいものは、深いと

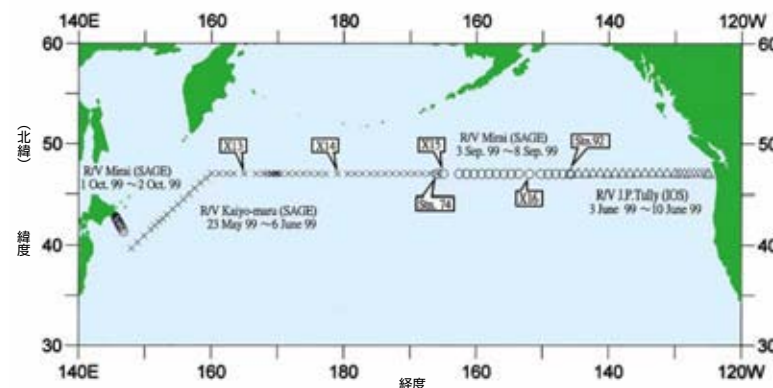


図1: 1999年、SAGEによって実施された北緯47度線の調査航跡

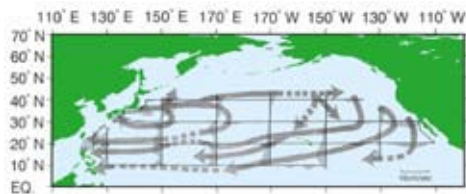


図2: 北太平洋中層水の流れ。2002年の7月には、東太平洋の折り返し点周辺を調査するために、西経135度に沿った測線観測が予定されている。この観測は、これまでの観測が複数の船とチームによって海域を分担して行われていたのに対して、全ての測線観測が「みらい」1隻で行われる

ころと浅いところで起こっている世界の海をめぐる対流のような循環です。極地で冷やされ比重が重くなった海水が沈み込み、それに引き込まれるかたちで南から暖かく比重の軽い海水が浅いところを移動することによって、赤道付近の熱が極地の方に運ばれるわけです。それが良く観測できるのは4,000mよりも深いところですが、それよりもさらに浅い表層部では対流の循環が閉じている海域もあります。例えば北太平洋には、800mくらいのところに塩分の非常に薄い海水の層があるんです。北太平洋中層水というのですが、オホーツク海あたりからスタートした流れが東に向かい、少しずつ南に移動します(図2)。この流れは、まさに北太平洋におけるエアコンのパイプそのものです。こういった流れは長い時間の経過にともなって変化しているのか、変化しているとしたらどう変化しているのかといったことを調べるのも、SAGEの重要な研究課題なのです。

“4,000mの深度で海水の温度が0.005度上昇”というデータの意味

BE 1999年に行われた調査では、何らかの変化が発見されたのですか？

深澤 今回、この測線を調査したのは、1985年にアメリカのWOCE (World Ocean Circulation Experiment＝世界海洋循環実験)が調査したデータがあるからです。今回のデータを、当時のデータと比較してみると、5,000mよりも深いいたところで水温が平均0.005度上がっていました(図3)。1000分の5度なんて、大したことないじゃないかと思われるでしょうが、これに必要な熱量は大変な量です。深々度の海水は、この北緯47度に達するまでにより上層の海水と激しく混合され、最終的に残ったものです。太平洋にやって来た深々度の海水は北緯47度の深海に到達するまでに、熱量にしたら100分の1くらいになってしまいます。つまり、今回の上昇した温度差を海

の表面に置き換えて考えてみれば、北太平洋の50m層の部分全体で0.1度上げると同じくらいの熱量となるのです。1年間でこれだけ上げようとする、少なくとも黒潮1本分、やはりペタワットの単位の熱は必要です。しかも、この深さの水は、グリーンランドで沈み込んで大西洋、南太平洋を経由して来た、いわゆる深層循環の本体にあたるものです。それが北太平洋海域で15年間に0.005度も上がっているというのは、大きな変化と言えるでしょう。これが地球温暖化にダイレクトに関係するかどうかはまだ仮説の域にあるのですが、もっと長いスケール、例えば100年とか、1000年という視点で見れば、地球の気候と密接に関係しているのは間違いないでしょうね。ただ、こういった結果は、それ単独ではひとつの事実に通じません。トピックスとしては面白い結果でも、それを単に事実の羅列で終わらせてしまってはどうにもなりません。事実を何かでストーリーづけなければならないんです。それを行うのがモデリングです。

BE モデリングとは、コンピュータによるシミュレーションということですか？

深澤 現状ではそうです。でも、ただシミュレータに数値を入れればいい、というものでもないのです。例えば、日本の気象庁の予報ですが、実はすごく当たるんですよ。元来、海洋の西の端というのは気象が変わりやすいのですが、同じような条件にある世界の他の地域と比べても、ケタ外れに精度が高いと思います。でも、そのくらい正確になったのは、ここ10数年くらいのことです。では、何が、気象の予報システムの向上に役立ったかということ、気象庁のモデルの良さ以外に、非常に細かなデータを世界中で共有できるようになったことがあります。本来、予測というのは、どんなに優れた計算式を用いたとして

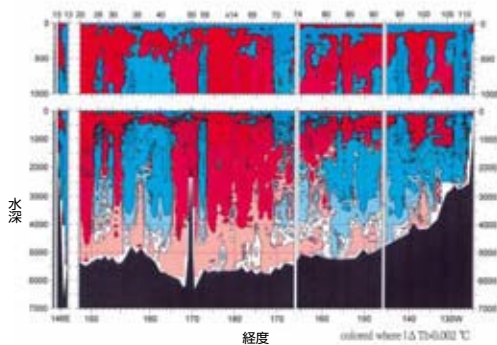


図3: 北緯47度線における海水の温度変化。暖色に彩色されている部分は、1999年に測定した水温が、1985年に測定した水温よりも高くなったことを示している

も、予測期間が長くなれば、そのぶんズレが大きくなっていきます。天気にしても、1日後、2日後くらいはいいのですが、そのまま2年も3年も放っておくと、季節さえ怪しくなるほどズレが生じます。ところが、今は、刻々と入ってくるデータをそのつど初期値にして計算をやり直し、予測を更新しています。このように、一方で予測をしながら、もう一方でデータを使って修正を続けていく方式をア・シミレーションといいます。日本語でいうと、データ同化ですね。実は、海洋研究においても同化モデルが導入されつつあります。例えば、2,000mより浅いところで、10日ごとにARGO (10日ごとに自動で浮沈を繰り返し、水温、塩分を計測通報するフロート)のデータを使い、地球シミュレータで同化モデルを動かして、気象予報を出すのと同じようにやれば、3ヵ月後、4ヵ月後といった予測が最終的には可能になってくるかもしれません。地球シミュレータが負っている使命のひとつには、こういうこともあると思います。ただ、気象の場合にはデータが1時間ごとに集まりますが、海の場合にはこうはいきません。魚や資源などと関連した、経済専管水域の問題も生じてきます。しかし、海洋研究が気候変動の予測に際して欠かせないという認識は世界的にも広がってきましたし、ARGO計画などの国際協力も進みつつありますから、今後、状況が改善されていくことは十分期待できます。

海がどうなっているのかという問題は、地球の気候全体を考えるとときには基本的な問題になる

BE スケールの大きい深澤さんの研究ですが、どんなところに苦労されていますか？

深澤 1999年のSAGEの測線観測(P25/図1)を行ったときには、ひとつの点を観測して、次の観測点に移動するまでには、たったの3時間しかありませんでした。つまり、採水をして、分析をしていると、その最中に次の観測点に着いてしまうんです。やっと基本的な分析が終わったか終わらないかのうちに、次の採水を終えて、さらにその次の観測点に向かわなければなりません。それを何十日も繰り返すんです。当然、ひとりではできないですから、交代制でやるわけです。それでも、分析項目が多くなれば、そのぶん、たくさんのスタッフが必要になります。ところが、これまでの海洋観測船には、そんなに多くのスタッフを乗せられる大きさの船がなかったので、ときには観測後に過労で倒れてしまう人すらいました。でも、「みらい」ができて、その問題は解決しそうですね。「みらい」は耐候力にも優れていますが、人がたくさん乗れ



観測船上で採水する深澤さん。「物理屋」もデータの質を落とさない限り、採水、分析を行います。それほど人手が不足してしまう

ますから。ただ、どういう人に乗ってもらって、どういう観測機器で、どのように観測を行うかといったコーディネートの大変さは、これから変わらないでしょうね。

BE では、最後に、これから自分ではこういうことをやっていきたいということについて教えてください。

深澤 南極から北極まで、いちばん大きな海のパイプを追いかけて太平洋縦断観測をやりたいです。これは120日くらいかかるでしょうから、60日ずつ2回に分けて、南極を夏にスタートし、途中でいったん中断して、北極に夏に着くような計画で…。これは考えただけでも楽しいですね。それと、太平洋の北緯24度線の測線観測をやりたい。これはもう、絶対やりたいです。というのは、地球のエアコンの働きをしている数々のパイプの中でも、南北に動く海のパイプは大きな働きを占めているため、それを輪切りにして太平洋を横断していく観測が、地球の気候全体を見るためには、どうしても必要になってくるからです。海中における物質の動きもわかります。北緯24度線にも1985年にWOCEが観測したデータがあります。そこに新しいデータを積み重ねてこそ、より大きな意味を持つんです。使えるデータにするには、狭い海域なら長期間観測を続ける、地球全体の広さなら短期間で観測する、というような視点が必要です。また、そのときには、持てる限りの精度で計っておくことも重要になります。先ほど海が運ぶ熱の話しましたが、2ペタワットが2.1ペタワットになっただけでも、地球の気候に影響が出るはずです。その程度の細かなところまでわからないという意味がないですね。海がどうなっているのかという問題は、地球の気候全体を考えるとときには基本的な問題になるのですから。

一流の“海洋研究所”とはどうあるべきか 研究者の立場から考えてみたかった



研究計画の企画推進で、科学者の要望を具体化する

田中 武男さん（深海地球ドリリング計画推進室 企画調整課課長）

「OD21計画」は、深海のさらに下部、マントルまでを掘削し、2億年にわたる地球の歴史の記録を解きあかそうという国際プロジェクト。その運営や調整を担っているのが、深海地球ドリリング計画推進室だ。田中さんはその企画調整課長として、各国の関連組織との調整や各種会議の開催、研究計画の検討など、プロジェクト全体の運営に関わっている。

20世紀の飛躍的な科学の発展は、様々な知識と技術を人類にもたらすと同時に、予期しなかった問題や課題も私たちに突きつけている。“地球を知る”ことは、21世紀の科学においても引き続き大きなテーマであり、そのひとつのカギを握っているのが深海底だ。1985年、アメリカ

の掘削船ジョイデス・レゾリューション号を用いて発足した国際深海掘削計画(ODP=Ocean Drilling Program)には、現在22を超える国が参加。日本も東大海洋研究所が代表機関として参加している。「OD21計画」はODP計画の次世代の国際計画として、海洋科学技術センターが

世界初の研究用ライザー掘削船の開発と運用を担い、その役割を期待されている。

「私がセンターに入所したのは1984年。深海研究部の発足とともに初めての研究者として入りました。技術系の人たちはいましたけれど、理学系の研究者は初めてだったんです。私の専門は海洋地質ですから、研究運用が始まったばかりの『しんかい2000』を利用した海洋研究、とりわけ地質研究の応用をテーマに、潜水船に乗ったり事前調査で海に出たり、最初の5、6年はほとんどフィールドワークでした」

その後、1990年にウッズホール海洋研究所へ派遣研究員として1年ほど駐在する機会を得る。海洋科学技術センターも、海洋技術の開発から研究の方に力を入れ始め、海洋研究所としてどうあるべきかを模索していた時期だ。

「ウッズホールで本場の研究所というものを、目の当たりにしたんです。同時に、専門の海洋研究ばかりでなく、“海洋研究所”とは一体なんなのか、というようなことも見る機会になりました。海洋科学技術センターは、今後どうすれば海洋研究所として一流になっていけるのかと考え始めたんです。そこで、一人の研究者として研究を一生懸命やってくことも大切なことだけれど、研究者の立場から研究の計画立案などに参加するのにも意義ではないかと思い、研究から少し離れて企画部門で勉強をしたりしていました」

海洋科学技術センターが、本格的に深海掘削計画に取り組み始めたのは1990年。当初は技術的な可能性を探る要素研究の検討が中心だった。田中さんがこの事業に本格的に関わるのは1996年に開かれた「湘南国際会議」からだ。当時、深海研究部部長であった木下肇理事とともに、日本の新掘削船に対する所内・国内および各国の研究者などからの要望をとりまとめ、1997年のコンコルド会議（ライザー掘削国際会議）へとつなげていく。コンコルド会議では、世界17カ国、2機関から約150名におよぶ科学者、技術者、地球科学政策担当者が参加し、ライザー掘削計画の国際的な科学目標を定めた。その後、2000年に深海地球ドリリング計画推進室が発足。国際的な広がりをもつOD21計画において、研究者による国際委員会や、ODPを実施する関連機関、計画管理機関、船を運航する関係者などとの検討・調整を行うこととなる。

「この仕事で一番重要なのは、技術と運用と科学、この3つをうまく連携させ、調整していくことです。研究者や技術者が、些細なところで時間を費さないように、大きな枠や検討の場を私たちがつくり、全体を見ていかなくてはと思っています。国際共同計画では、各国の研究者のいうことも尊重しなければいけませんし、ある種オ



コンコルド会議は、OD21計画が日本のライザー掘削船を使った国際的な計画として認知された、エポックメイキングな会議だった

ープンですが日本人にはとまどうようなところもあります。計画検討も急速に進み、なかなか起伏の激しい日々です」

OD21計画は、現行のODP計画が2003年で終了した後、日米主導のIODP(Integrate Ocean Drilling Program)として、アメリカのライザーレス掘削船と、日本のライザー掘削船の二つを主に使った国際計画として推進していく予定だ。すでに、科学・技術関連の検討を行う国際グループIPSC(ODP Planning Sub-Committee)との協議を重ねながら、具体的な研究計画の検討が始まった。今年の6月には暫定国際科学委員会も設立。その事務局は海洋科学技術センターで取り仕切る。

「全体で100人規模の国際的な委員会となります。既に、IODPの初期10年の科学計画についてIPSCで検討が済み、この5月には科学計画書を公表し、掘削研究の提案も募集します。それを受けて国際委員会が提言した計画は、センターが責任を持って運用し、各国の研究者と連携して研究が進められていきます」

こうした国際計画に際して、センターが掘削船を持つということは、日本の地球科学を発展させる上でも非常に意味深い。掘削研究の現場に日本の研究者が積極的に参加する機会も増え、大学院生などにも各国の研究者と共に研究する機会が与えられるだろう。「当然、飛躍的な研究成果も期待していますが、その積み重ねで日本の地球科学が世界のトップとなれば…。それが最大の希望かもしれません」。計画推進の立場から、田中さんは日本の研究者にエールを送り続けている。

「アジア・西太平洋海洋研究ネットワーク」

JAMSTECがアジア・西太平洋の 若手研究者の研修と交流を支援



各国から集まった研修生。長期の滞在でお互いの交流も深まった

2001年1月15～3月9日の7週間にわたって、アジア・西太平洋地域の若手研究者・技術者の海洋科学技術の研修と交流を目的とした「アジア・西太平洋海洋研究ネットワーク」事業が実施された。

これは日本財団の補助金を受け、今年度から始まった新しい事業。海洋科学技術センターでは、船舶、トライトンブイ、中層フロートなどを用いて、アジア・西太平洋およびインド洋海域の観測を実施し、そのデータもひろく公開している。しかし、地球規模の変動現象を解明していくためには、これまで以上に広域かつ高密度な観測が必要とされている。そのためには、それらの観測地域にあたる多くの国々に、これまで以上に海洋観測に理解を持ってもらい、その研究に対する連携を深めていくことが重要だ。

今回、初めて行われた「アジア・西太平洋海洋研究ネットワーク」事業は、こうした地域の国々の若手研究者や技術者を日本に招聘し、最先端の海洋科学技術に関する研修と交流の場を提供することが目的。各国の研究機関や大学、団体、大使館などを通じた募集に対して、バプアニューギニア、インドネシア、ミクロネシア、フィリピン、キリバス、フィジーの各国より1名ずつ研修生が選ばれ、来日した。

研修生は、いずれも気象や海洋科学の行政機関、研究機関に所属の研究者・技術者たち。すでに、日本を含む海外での研究活動の経験を持つ人もおり、参加意識も高い。特に、エル・ニーニョやラ・ニーニャ、サイクローンといった現象に対し当事者意識を持った国が多く、自国周辺の



機関見学として「船の科学館」へ



国も立場も違う6人。意見交換も貴重な研修だ

気候変動や海洋気候、関連技術や研究方法などの習得に熱心に取り組んでいた。海洋観測技術やデータ処理の講義から観測機器の見学、関係機関の視察に加え、期間中には2週間のむつ研究所での研修や「みらい」への乗船も体験。終盤には自国データの分析・評価と報告書も作成し発表するなど、盛りだくさんのプログラムをこなしていった。慣れない生活と連日の講義にもかかわらず、夕方の講義も延長がしばしばで、担当講師もその真摯さには脱帽したとのことだ。スケジュールの合間には、近辺の観光も楽しんだ。職員の自宅でのホームステイでは、節分の豆まきなども経験し、楽しい文化交流もできたようだ。しかも、ちょうどこの冬は例年にない寒波が日本を直撃。大雪体験のおまけもつき、初めての雪に「Cool



最新のデータを使い、データ分析のスキルもみがく



休日には鎌倉などへも足を運んだ

とColdの違いがやっとわかった！」と、慌ててセーターを買いに行くといった一幕もあった。

全日程を終え、研修生たちは再び自国へ戻っていったが、長期の滞在を通して、海洋科学技術の研修はもちろん、もうひとつの目的であった交流の場としても期待以上の成果をあげることができた。この事業は、今後2年は継続して実施する予定で、参加者の人数も増やしていく意向だ。「アジア・西太平洋海洋研究ネットワーク」を通して、各国の研究者のポテンシャルが上がり、ネットワークを広げていくことは、各国の海洋科学技術に貢献できると同時に、将来のアジア・西太平洋の観測研究において、各国と連携した研究活動を円滑に推進していく基盤づくりにもなると期待されている。

海洋科学技術センター創立30周年記念 「ブルーアースシンポジウム」開催



シンポジウムは若い学生たちにも「わかりやすかった」と好評を得た

2001年1月18～19日の2日間、東京都・品川コクヨホールにおいて「ブルーアースシンポジウム」が開催された。これは、従来個別に行われていた「しんかいシンポジウム」「みらいシンポジウム」を、センター創立30周年の記念事業として同時に行ったもの。一般参加者約600名を含むのべ763人が会場に集まり、講演やパネルディスカッション、ポスターセッション、懇親会などに参加した。

大庭 浩海洋科学技術センター会長は、センターの最近の活動報告に加え、その急速な国際化と研究体制の推進をとりあげ、社会的期待に応

えたいと述べ、本シンポジウムが地球規模変動現象の解明・予測のための一助となることを祈念し開会の挨拶とした。その後、木下肇理事の挨拶に続き、中井俊介氏（元東京大学海洋研究所講師）による特別講演「21世紀に向けた海洋観測のあり方」が行われた後、「しんかい」「みらい」各シンポジウムに会場を分け、セッションに移った。

「しんかいシンポジウム」では、末廣 潔深海研究部長からの12年度の調査研究報告をうけ、各海域の調査ごとに全9つのセッションを設け、発表が行われた。特に、「三宅島・神津島沖地震に伴う微細海底地殻変動」「極限環境微生物の特質と応用」「1999年南海トラフ地震発生帯海陸統合地震調査で発見された紀南海山列の沈み込みとその地質学的意味」については、12年度のトピックスとして初日の午前中を割いて場が設けられた。「みらいシンポジウム」では、加藤美志彦研究業務部長より「みらい」の利用状況が報告された後、初日は「熱帯域における海洋・

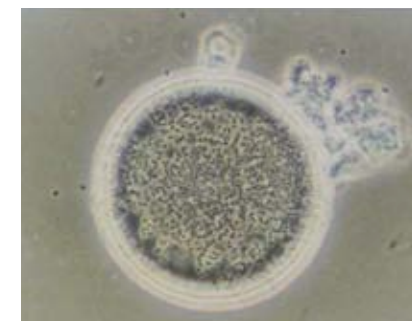
大気変動」をテーマに13の発表、翌日は「極域・ベーリング海」「北太平洋」「中緯度域」における海洋変動や物質循環について、3セッション17の発表が行われた。



ポスターセッションにも60近いテーマの参加があった

ポスターセッション会場も、人の絶えない盛況ぶり、パネルを前に熱心に意見交換が行われていた。懇親会も240余名の参加をいただき、「しんかい」と「みらい」の両シンポジウムの参加者の交流の目的も果たされたようだ。

生命の謎から、有用物質の応用まで 極限環境生物の遺伝子から探る 極限環境微生物ゲノム国際シンポジウム



「ゲノム」の研究は、現在世界中でのぎをけすって進められている重要テーマのひとつで、海洋研究においてもそれは同様だ。2001年1月23～24日の2日間にわたり東京都・品川コクヨホールにおいて開催された「極限環境微生物ゲノム国際シンポジウム」は、海洋科学技術センターの深海環境フロンティアが中心となった日本財団の補助事業。世界各国の研究者、関係者、学生なども含め、最新の情報を集めて、最新の情報を交換し交流をはかった。

開会の挨拶では、海洋科学技術センター平野拓也理事長が、この4月に開設となる「深海バイオベンチャーセンター」や、現在進められているOD21計画などにも触れ、この研究分野の重要性とセンターの意欲を

述べた。ついで、掘越弘毅深海環境フロンティア長による深海環境フロンティアの極限微生物研究とゲノム生物学の重要性が述べられた後、各研究発表に入った。テーマは好熱性、放射線耐性の微生物や好圧菌といった極限環境微生物研究の動向をはじめ、微生物ゲノム解析の現状など、アメリカ、フランス、ニュージーランド、イギリスの研究者の発表も含め、最新の情報が報告された。

現在、微生物のゲノム解析は、世界中で約32種類が完了し、さらに200種類近い微生物のゲノム解析が進行している。深海底の極限環境に適応した生物についても、高圧に耐え、超高・低温で活性化したり、石油や分解性芳香族化合物を分解するなど、その特異な生態により、

ゲノム解析の成果が待たれている。これらの解明は、様々な分野での応用に新たな可能性を秘めているのだ。こうした背景から、日本でも昨年10月に極限環境微生物学会が発足、それを国際学会として設立する動きもある。

シンポジウム1日目の夜には、レセプションの場も設けられ、なかなか交流が行われた。各関係者が協力し、今後の研究の可能性を探索していく基盤づくりとしても絶好の機会となったようだ。

OD21「地球深部探査船」船名を募集

今号の巻頭でも特集した「地球深部探査船」は、2004年の完成を目指して本年4月より建造を開始する。そこで、センターではこの船の名前を募集す



る。最新鋭の科学掘削船の開発意義や、その研究の重要性をより広くみなさんに知ってもらうために、小学生から一般まで、幅広い層に呼びかけていく。応募作品は外部有識者を含む船名選考委員会によって選考し、センター理事会によって最終決定する。募集の詳細は以下の通り。

募集期間: 平成13年3月1日(木)～平成13年5月15日(火)(当日消印有効)

募集対象: 全国の小学生、中学生、高校生ならびに一般

選考方法: 有識者で構成する船名選考委員会において、選考

基準に基づく審査により選定する。

選考基準: ①水深4,000mの深海底から7,000m掘り進み、そこからコアを取り出し分析や調査ができる世界最大級の研究船のイメージにあったもの。 ②船名は和名(ひらがな表記)とし、覚えやすく、発音がよいものとする。 ③なるべく今ある船との同名はさける。

賞の内容: ①命名賞: 決定した船名を応募した方の中から抽選で1名、進水・命名式へのご招待。副賞として、記念品の贈呈。 ②同名賞: 決定した船名と同名の応募者全員に、記念品の贈呈。

応募方法: ハガキに「船名」ひとつと、郵便番号・住所・氏名(ふりがな)・年齢・性別・学校名・学年または職業・電話番号・メールアドレス(未記入可)を明記の上、海洋科学技術センター普及・広報課「船名募集」係まで。また、センターのホームページ上からも応募可能。

『海 知られざる世界 1～4巻』



『海 知られざる世界 1～4巻』
NHK「海」プロジェクト 編
日本放送出版協会 刊
各3,200円(本体価格)

美しい写真と共に海のシステムを探る

この本は、NHKスペシャル『海 知られざる世界』(全8回放映)をまとめたものだ。「海のなかには、まだ誰も見たことのない世界が広がっている…テレビが挑戦する最後の秘境ではないか」。ライトに照らされた10メートル四方の調査画像の世界、それをもっと広げてみたい。そんな思いから番組の制作は始まった。世界中の研究の第一線への取材、最高の機材と技術、CG画像。それらは紙面にも余すことなく反映され、その豊富で美しい写真を見るだけでも圧倒される。しかも内容に妥協はない。巻末の監修・取材者のリストがその裏付だ。読者用に追加されたコラムとのバランスが、読みやすいテンポをつく

っている。各巻のテーマを見ると、「海」という膨大な世界をできる限り多角的に捉えようという意図が伝わってくる。

第1巻 魔の海からの旅立ち／最後の秘境・海底大山脈

◆伝説の中の魔海の怪物から、現代人が直面する環境問題まで、古代から抗うことのできない「海」と人類との歴史。◆ローブだけが頼りだった水深測量時代から、ソナー(音響)探査を駆使して次々と海底の姿を明らかにする。現代までの海洋科学技術のあゆみ。

第2巻 めぐる生命の輪／深層海流二千年の大航海

◆海の生命を支える小さなプランクトンから魚、鳥、グアノ(鳥の糞)そし

海洋科学技術センター30周年記念ネックピースとパスホルダー

30周年記念ネックピースとパスホルダーを『Blue Earth』読者のなかから抽選で30名様にプレゼント!!



「30th Anniversary JAMSTEC」と印刷されたネックピースと、記念ロゴ入りのしっかりしたビニールパスホルダーは、海洋科学技術センターが制作した30周年記念のオリジナル。JAMSTECの職員が身分証明書を入れているものと同じ形。頻繁に出し入れする定期などを入れるのにも便利だ。非売品だが、今回は特別に読者の方にプレゼント。

【応募方法】

官製はがきに「ネックピースとパスホルダー希望」と記入し、郵便番号、住所、氏名(ふりがな)、年齢、職業(学年)、電話番号、いちばん興味を持った記事、『Blue Earth』へのご意見・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、2001年4月27日(金)当日消印有効。当選者の発表は、商品の発送を持って代えさせていただきます。

【応募先】

〒237-0061 神奈川県横浜須賀町2-15
海洋科学技術センター 情報管理室 プレゼント係

【50号「ピンバッジ」当選者】

小杉 匠様 近藤詩織様 塚原京子様

て士へ。海をめぐる生き物とその循環。

◆海流がもたらす恵み、地球規模の気候変動と海のベルトコンベア。海の壮大なシステムと、奇跡のバランスを探る。

第3巻 クジラだけが知っている／波・驚異のパワー

◆クジラは5000万の昔から広大な海を縦横に行き交い、海中のサウンドチャンネルを利用してコミュニケーションをはかっている。海の巨人から見た海中。◆底知れぬ波のパワー。もたらす被害と恩恵。波、津波、潮汐の持つさまざまな力の解明。

第4巻 眠る巨大資源／

奇跡のバランスが崩れるとき
◆海に眠る膨大な資源。マリンバイオ

テクノロジーや波力発電への挑戦など、その可能性と未来を考える。◆巨大な地球のラジエータシステム。大気、海氷、海洋からなるメカニズム。地球の未来を海のシステムから予測する。

かなり欲張った内容ではある。しかし、美しいイラスト図解、先端の研究現場風景、CGや顕微鏡写真といったものを多用し、ダヴィンチやタイタニック、癌やエイズの治療薬、といった身近なトピックスを取り上げて、読者を引き込んでいく。海、そして地球を理解するための物理や化学といった形ににくい理論は、その概要を理解するだけでも門外漢にはひと苦労だ。それを興味深く楽しみなが

ら読み進めることができる。海洋学の入門編として、そして今の先端の海洋学の道案内としても使いやすい。

21世紀の人類にとって重要な課題は、いずれも海洋と深い関わりを持っている。もはや「母なる海」といった叙情だけではすまされない。第4巻の中で、本庄 丕氏(現海洋科学技術センター理事)が述べるとおり、21世紀の海洋学の究極目的は、「(地球の)奇跡のバランス」を理解することであり、この壮大な課題に進進する海洋学は、間違いなく21世紀の最も輝く科学の分野である。番組の放映は1998年だが、今こそもう一度この本を読み直し、輝く科学の一端に触れて欲しい。

編集後記

ホノルル沖で宇和島水産高校の練習船「えひめ丸」が米海軍の原潜に衝突され、いまだに9人の人たちの消息が不明とのニュースが連日のように報じられています。海の仕事に携わるものとしてとてもきわめて残念な事件であり、行方不明者の早期発見を強く望みたいものです。編集子をはじめ、JAMSTECの研究者の多くは、長期間にわたる観測航海などの経験を持っています。JAMSTECの船舶では、船員のみなさんの努力と海上衝突予防レーダーなどの機器によって、研究者は船の上で陸上と同じような生活を送ることができます。しかし、今回の「えひめ丸」の事件において、やはり船舶は家とは違い、いつも危険と隣り合わせであるということを感じ知らされました。海上船舶の暴走ならおそらく回避できたのですが、まさか、海中から物体（潜水艦）が飛び出してくるなど誰が予想し得たでしょうか？ 事件の一日も早い解決を心から祈っています。

さて、今回の『Blue Earth』では、今21世紀のビッグプロジェクトのひとつとして期待されている「地球深部探査船」に関連した特集を組みましたが、読者の皆様のご理解の一助となれば幸いです。また、世界に先駆けインド洋の初の熱水噴出孔を発見したという快挙については、研究チームの皆様に拍手を送るとともに、今後の研究のさらなる進展に期待したいと思います。

(情報管理室 土屋)

『Blue Earth』誌に関するご意見、ご要望は、メールアドレスinfo@jamstec.go.jpまでお願い致します。

Blue Earth 第13巻 第2号 (通巻第52号)

2001年3月 発行

編 集 人	海洋科学技術センター 情報管理室 吉村 悟
発 行 人	海洋科学技術センター 情報管理室 土屋 利雄
本 部	〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15 TEL (0468) 66-3811 (代表) FAX (0468) 66-6169 (情報管理室)
むつ研究所 番地	〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690 TEL (0175) 25-3811 (代表)
Washington, D.C. Office	1133 21st. Street NW, Suite 400 Washington, D.C.20036 U.S.A. TEL (202) 872-0000 (代表) FAX (202) 872-8300
東京連絡所	〒105-6791 東京都港区芝浦1丁目2番1号 シーバンスN館7階 TEL (03) 5765-7101 (代表) ホームページ http://www.jamstec.go.jp/
制 作	株式会社 ニュートンプレス

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。

賛助会員名簿

海洋科学技術センターの研究開発につきましては、次の賛助会員の皆様から会費、
ご寄付をいただき支援していただいております。(50音順)

アイワ印刷株式会社
株式会社浅沼組
アジア海洋株式会社
石川島播磨重工業株式会社
株式会社石本建築事務所
泉産業株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所
インドネシア石油株式会社
栄光電設株式会社
株式会社エス・イー・エイ
株式会社N T T データ
株式会社N T T ファシリティーズ
N T T ワールドエンジニアリングマリン株式会社
株式会社O C C
オートマックス株式会社
株式会社大林組
沖電気工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタント
鹿島建設株式会社
カヤバ工業株式会社
川崎重工業株式会社
川崎設備工業株式会社
川本工業株式会社
株式会社関西総合環境センター
株式会社関電工
キャノン販売株式会社
株式会社キュービック・アイ
共栄冷機工業株式会社
共立管財株式会社
株式会社共和電業
株式会社きんでん
株式会社熊谷組
株式会社久米設計
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
京浜急行電鉄株式会社
ケー・エンジニアリング株式会社
K D D 株式会社
神戸ペイント株式会社
国際気象海洋株式会社
国光施設工業株式会社
五洋建設株式会社
コンパックコンピュータ株式会社
株式会社さくら銀行
佐藤工業株式会社
三機工業株式会社
三建設備工業株式会社
株式会社三晃空調
三幸建設工業株式会社
三洋装備株式会社
三洋テクノマリン株式会社
財団法人塩事業センター
有限会社システム技研
シバタ工業株式会社
清水建設株式会社
株式会社商船三井
株式会社湘南
昭和高分子株式会社
株式会社白石
社団法人信託協会
新日本海事株式会社
新日本製鐵株式会社
新菱冷熱工業株式会社

須賀工業株式会社
鈴鹿建設株式会社
スプリングエイトサービス株式会社
住友海上火災保険株式会社
住友金属鉱山株式会社
住友重機械工業株式会社
住友電気工業株式会社
住友林業緑化株式会社
清進電設株式会社
セナー株式会社
株式会社総合企画アンド建築設計
株式会社第一勧業銀行
第一設備工業株式会社
第一電子工業株式会社
株式会社大氣社
大成建設株式会社
大成設備株式会社
大成電機株式会社
大東京火災海上保険株式会社
大日本土木株式会社
ダイハツディーゼル株式会社
太陽火災海上保険株式会社
株式会社大和銀行
有限会社田浦中央食品
高砂熱学工業株式会社
株式会社竹中工務店
株式会社竹中土木
株式会社地球科学総合研究所
中国塗料株式会社
千代田火災海上保険株式会社
株式会社鶴見精機
株式会社テザック
電気事業連合会
東亜建設工業株式会社
東京海上火災保険株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社
東京美化株式会社
東光電気工事株式会社
株式会社東芝
東芝プラント建設株式会社
東宝物産株式会社
東北ニュークリア株式会社
東洋建設株式会社
東洋通信機株式会社
株式会社東陽テクニカ
東洋熱工業株式会社
同和火災海上保険株式会社
凸版印刷株式会社
飛鳥建設株式会社
株式会社中村鉄工所
奈良建設株式会社
西芝電機株式会社
西松建設株式会社
日動火災海上保険株式会社
日南石油株式会社
日油技研工業株式会社
日鉱金属株式会社
日産火災海上保険株式会社
日新火災海上保険株式会社
ニッスイ・エンジニアリング株式会社
日本海洋株式会社
株式会社日本海洋科学

日本海洋掘削株式会社
日本海洋計画株式会社
日本海洋事業株式会社
日本火災海上保険株式会社
社団法人日本ガス協会
株式会社日本環境調査研究所
日本鋼管株式会社
日本サルヴェージ株式会社
社団法人日本産業機械工業会
日本酸素株式会社
日本水産株式会社
株式会社日本製鋼所
社団法人日本損害保険協会
日本電気株式会社
日本電子計算機株式会社
日本電池株式会社
日本飛行機株式会社
日本無線株式会社
日本郵船株式会社
パイオニアL D C 株式会社
株式会社間組
株式会社ハナサン
濱中製鎖工業株式会社
東日本タグボート株式会社
氷川商事株式会社
株式会社日立製作所
日立造船株式会社
日立電線株式会社
日立プラント建設株式会社
日比谷総合設備株式会社
深田サルベージ建設株式会社
株式会社フグロジャパン
株式会社富士銀行
株式会社フジクラ
株式会社フジタ
富士通株式会社
富士電機株式会社
古河総合設備株式会社
古河電気工業株式会社
古野電気株式会社
株式会社細山太七商店
株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社丸川建築設計事務所
株式会社マルタン
三井海上火災保険株式会社
三井建設株式会社
三井造船株式会社
三井リース事業株式会社
三菱重工業株式会社
株式会社三菱総合研究所
株式会社明電舎
株式会社森京介建築事務所
安田火災海上保険株式会社
山岸建設株式会社
ヤンマーディーゼル株式会社
株式会社ユアサコーポレーション
株式会社ユアテック
郵船ナブテック株式会社
横浜ゴム株式会社
株式会社緑星社
ワールドウェイ株式会社
若築建設株式会社



海洋科学技術センター

Japan Marine Science and Technology Center

<http://www.jamstec.go.jp/>