

海と地球の
情報誌

2006年
3-4月号

BlueEarth

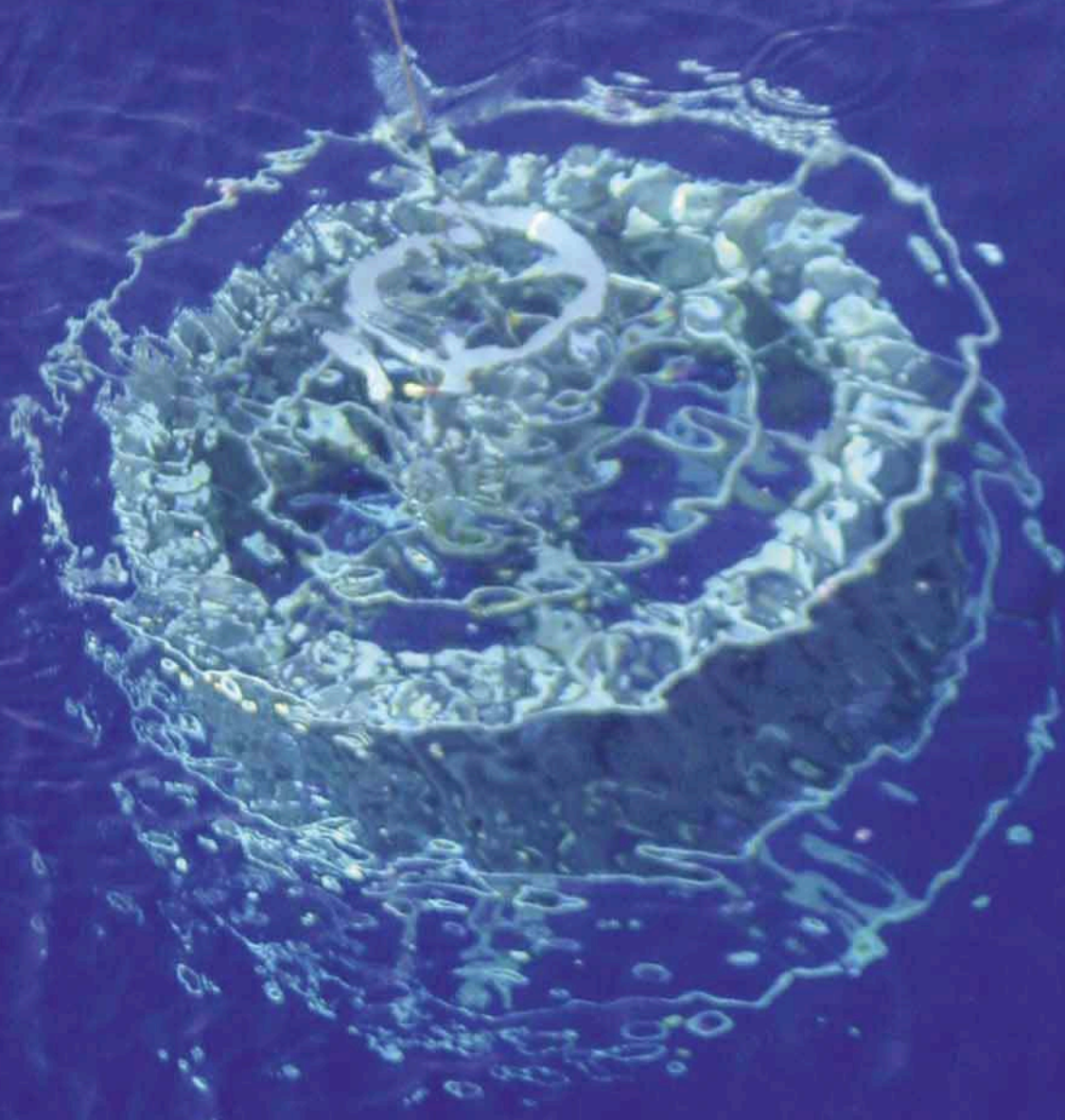
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

特集

海洋観測の世界

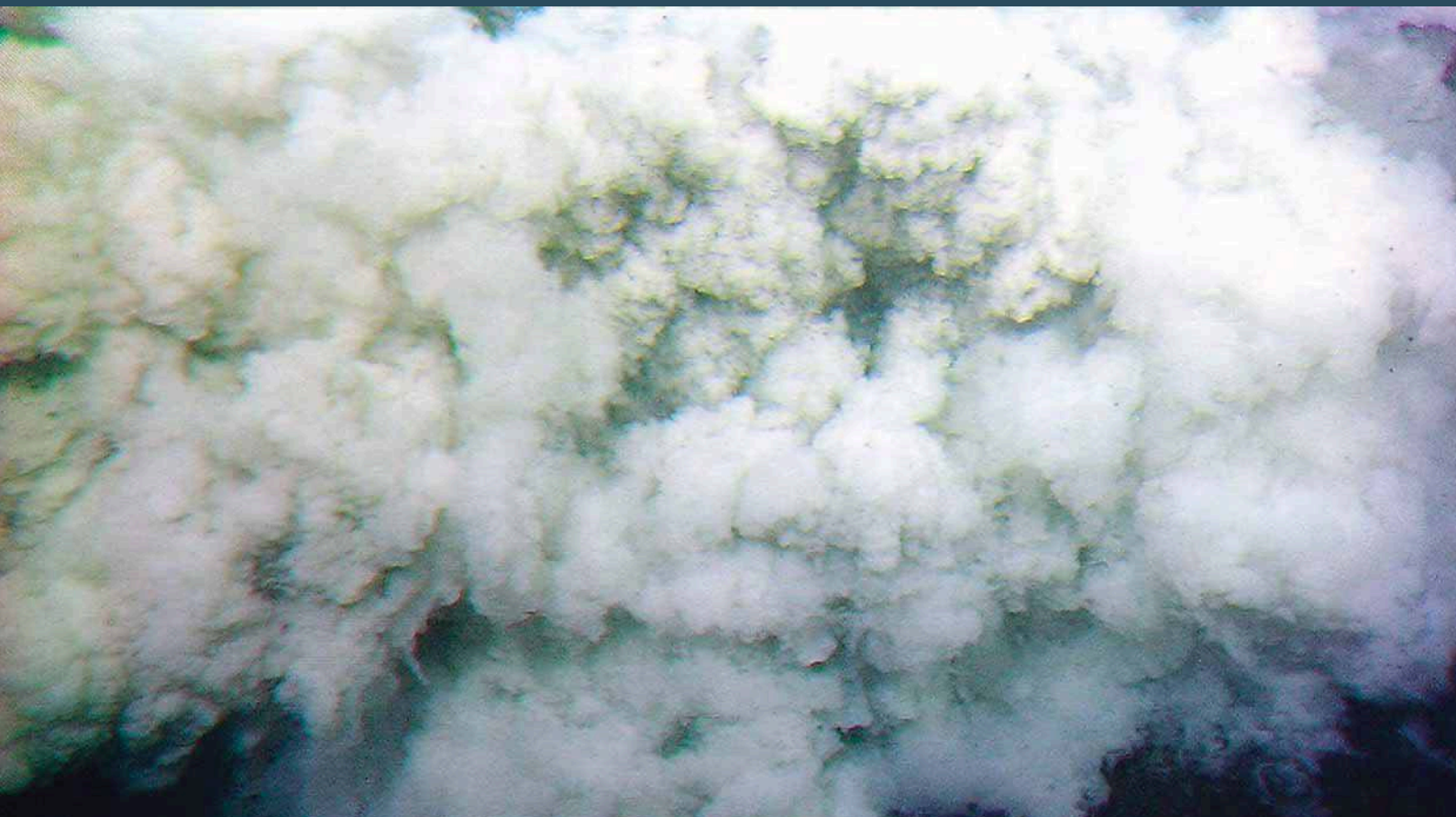
地球環境変動解明の鍵を握る海洋観測

座談会 海洋観測の現状と未来



JAMSTEC Report 地球深部探査船「ちきゅう」
初のコアサンプル採取に成功

Aquarium Gallery 天然海水を取り入れ沖縄のサンゴ礁を再現



海底火山の噴火に遭遇 南部マリアナ海域（水深約530m）

取材協力：
田村 芳彦 グループリーダー
地球内部変動研究センター
地球内部物質循環研究プログラム
沈み込み帯物質循環研究グループ

サイパン島の南西約130km。無人探査機「ハイパードルフィン」を搭載した海洋調査船「なつしま」は、2005年10月8～20日に、マリアナ島弧の南部海底火山列の「NWロタ1」と呼ばれる海底火山周辺で、地質調査および熱水活動域の調査を行う予定だった。

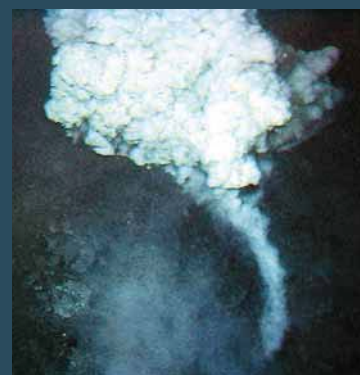
10月9日、海面はごく静かで、変色域も見当たらず、異変を知らせる兆候はまったく見当たらなかった。「なつしま」は、目的の海域で当初の予定通り「ハイパードルフィン」による潜航調査を開始した。すると間もなく、「ハイパードルフィン」のテレビカメラが、海底から湧き上

がる噴煙を映し出した。海底火山の噴火だった。

「なつしま」に緊張が走った。船上では、直ちに潜航を中止して、退避すべきかどうかの検討がなされた。その結果、噴火の状況を見ながら、安全に配慮した上で、潜航は継続されることになった。そして、「ハイパードルフィン」は、世界的にも貴重な海底火山噴火の姿をとらえることに成功した。海底火山の火口付近からは、噴煙とともに大小の岩石が噴出し、混濁するなかで赤熱したマグマも確認された。今後、噴火の規模をはじめ、その全容を明らかにする調査が行われる予定だ。



視界が悪いなか、海底火山の火口近くの岩石を採取する「ハイパードルフィン」



安全に注意しつつ、上方から噴火の様子を観察



海底火山の火口から、海中に噴煙が吹き上がる様子をとらえた「ハイパードルフィン」の貴重な映像

BlueEarth

3-4月号/2006

CONTENTS

- 2 **特集** 海洋観測の世界
地球環境変動解明の鍵を握る海洋観測
海洋を測ることが地球の理解と未来予測につながる
- 4 **座談会** 海洋観測の現状と未来
海洋観測の重要性と地球環境変動の予測に向けて果たすべき役割
- 10 高精度観測によって海洋の構造と変動をとらえる
- 13 海洋観測の現場から
- 16 **Key Person**
高知大学 海洋コア総合研究センター 渡邊 巖 センター長
- 20 **特別企画** 海洋研究と研究船
世界の海で活躍する日本の海洋研究船
- 24 **Aquarium Gallery**
天然海水を取り入れ沖縄のサンゴ礁を再現
- 26 **JAMSTEC Report**
相模湾の深海生物を多数捕獲
長期飼育を目指す
- 30 **JAMSTEC Report**
地球深部探査船「ちきゅう」
初のコアサンプル採取に成功
- 34 **Marine Science Seminar**
「海流予測の展開」
～黒潮の予測に挑む～
- 38 **BE ROOM**
沖縄美ら海水族館で深海の写真パネルを常設展示
Q&A/BOOK
- 39 **研究の現場から**
『Blue Earth』定期購読のご案内
- 40 **プレゼント／編集後記**

賛助会会員名簿

表紙：海面近くまで浮上した大型CTD採水システム
(表紙・裏表紙／写真提供：株式会社マリン・ワーク・ジャパン)

地球環境変動解明の鍵を握る 海洋観測

海洋を測ることが地球の理解と未来予測につながる



地球温暖化、エル・ニーニョなどの気候変動は、世界各地に異常気象をもたらすなど、地球環境や人類の生活環境を大きく変化させてしまう可能性もあり、世界的な関心を集めている。将来、人類がこの地球で生活していく上で、地球環境がどのように変化していくかは、科学だけではなく、多くの人々にとって、そして社会全体にとっても重要なテーマだ。

こうした地球環境変動を解明する上で極めて重要なのが、海洋の理解だ。地球表面のおよそ7割を占める海洋は、地球の熱循環や物質循環に大きな役割を果たしている。つまり、地球環境変動を明らかにし未来を予測する上で大切な鍵を握っている。

海洋を正しく詳しく理解するためには、海洋そのものを高精度で測ることが欠かせない。そして、これが地球環境変動の予測を行う上においても、最も重要なことだ。

しかしながら、海洋観測とは何か、また実際に現場でどのように海洋観測が行われているのかについて、理解している人は非常に少ない。今回は、その海洋観測そのものに光をあて、海洋観測がどのようなものなのか、その一端を紹介する。





【座談会】

海洋観測の現状と未来

海洋観測の重要性と地球環境変動の予測に向けて果たすべき役割

深澤 理郎 所長

むつ研究所
地球環境観測研究センター
海洋大循環観測研究プログラム
プログラムディレクター

水野 恵介 プログラムディレクター

地球環境観測研究センター
気候変動観測研究プログラム

渡邊 修一 グループリーダー

地球環境観測研究センター
海洋大循環観測研究プログラム
化学トレーサグループ
むつ研究所 研究グループ

地球が「水の惑星」であることは誰もが知っている。しかし、海洋が、地球の環境にどれほど大きな影響を及ぼしているかについては、あまり知られていない。そして、広大な海洋の動きを理解するために、海洋観測がどのように行われているのかについても知る人は少ない。地球環境変動に関心が高まりつつあるなか、地球をより深く理解し、将来の地球の姿を予測するために、海洋観測が果たすべき役割はますます重要になっている。そこで、今回、海洋観測の最先端で活動し、海洋観測の進展に大きく貢献している3名の研究者にお集まりいただき、現在、どのような取り組みが行われているのか、何をめざしているのかなど、海洋観測の世界の現状と未来についてお話しいただいた。

海のなかは私たちの知らないことばかり

柴田（司会） 海洋観測が何を目的として、どのように行われているのか、またどんな苦労があるのかということは、一般の人たちにはなかなか分かりにくいと思います。そこで、海洋観測の世界について、より多くの人々に興味と関心を持っていただこうと、今回の座談会を企画しました。本日お集まりいただいたみなさんは、これまで長く海洋観測に携わってこられたわけですが、まず最初に、海洋観測のどこに魅力を感じて、また何をめざして今日まで取り組んでこられたのかについて、お聞かせください。

深澤 もともと海というよりも地球や宇宙に関心があり、大学では地球電磁気学に興味を持ち、大学院もそちらに進もうと思っていました。ところが、大学院の面接の日の朝、電車でたまたま隣におられた方が海洋物理の教授でした。それで海洋学に進むことになってしまった（笑）。スタートラインはそれくらい脆弱なものでした。

海洋物理学を始めて、流体力学などが分かってくる、それからなぜ海洋観測の道に進んだのかというと、やっていくうちに、気づいたのです。たとえば、地球というものを論理的に理解する——ひとつの大原則で理解するということは大事なことです。仮に大原則を持ち出さなくても、自然科学の世界には、確かな答えが目の前にあるわけです。だったら、まずは測ってみるしかない。測った上で、大原則が立てられるかどうか、そういう問題ではないかと思いました。また、海洋学、特に海洋物理の世界にもいろいろとイノベーション（革新的な進展）がありますが、私が海洋物理に進んだころというのは、海のなかの個別の力学がほぼ片付いて、それ以前の非常に概略的な海洋大循環論などを、もう一度細かい渦のスケールで見直そうとするなど、要するに、それまでの自然現象についての知識、現象的な知識が、ほとんど使い尽くされた時代でした。何か新しいものを考えなくてはいけない。「それならば、測ることから始めてみようか」という、それが海洋観測を

始めるきっかけだったかもしれません。

そのころの東京大学の海洋物理の研究室には、理論、数値実験（数値モデル）、観測と3つの課題に取り組む学生がいましたけれど、おそらく観測でドクターになったのは私が初めてだっただろうと思います。しかし、モデルにのめり込んでいた時代もありました。予測しなければ自然科学ではない、目の前にある現象を理解するためにはどんな考え方をすればいいのだろうか。実をいうと、今もモデルに非常に興味を持っていますし、魅力を感じています。もちろん、観測も魅力的ですよ。ただ、現象をシンプルに表すというか、その現象に迫る理論的な世界というものに、当然今でもとても魅力を感じるのです。

柴田 それでも、やはり観測を続けてこれたのはなぜでしょうか。

深澤 その当時、世界ではすでに海洋観測に基づくいろいろなデータセットがあり、オープンになっていました。それを使って、今何がおきているのかを見ていこうとすると、

データの空白を理論で詰めていくわけですが、詰め方がいろいろありすぎて、シナリオがいくつも書いてしまう。私は、それが気に入らなかった。つまり、海のなかで何がおきているのかについて、私たちの知らないことがあまりに多すぎるわけです。シナリオを絞り込んでいくためには何が必要なのかを考えていたときに、世界中の海洋を観測する国際的な観測計画（WOCCE）が始まりました。「これはいい。これをうまくやっていけば、地球科学のひとつの方向性が示せるのではないか」と強く思いました。

そのころ、将来的に観測とモデルは結びつくだろうといわれてはいましたが、漠然としていて、その結びつき方はしっかりと提示されていませんでした。それは、たとえば、データ同化を積極的に取り入れるということであったわけです。データ同化とは、観測データを物理的な理論や数理科学の手法を用いて数値モデルに組み入れ、いろいろな手法で得られた個々のデータセットに力学的な整合性を与えること。つまり、観測データをたくさん取っておいて、それをデータ同化することによって現状を再現し、そこに将来を予測するための時間軸も取り入れたり、特定の用途に応え得る新たなデータセットをつくり出したりするというやり方です。こうした手法が少しずつ入ってきたときに、ちょっと方向が見えてきたかなと思いました。

なぜ観測をやっているのかというと、モチベーションは、それこそ、今から20年前と同じです。つまり、どうすれば自分たちの将来予測ができるか、環境予測ができるかとい



うこと。そのためには自然界を計測することが必要です。また、逆に観測の効率性や有効性を高めるためには、どうしてもモデルが必要なのです。

一方、サイエンス・コミュニティ全体がめざしている海洋に関するデータ取得のシステムにもいろいろあります。船による現場観測もあれば、衛星観測もあります。船で観測すれば、非常に精密なデータが得られますが、同時性がありません。また、パイを使うと連続性のあるデータが取得できますが、1点でしかない。アルゴ（ARGO）フロートのように世界の海洋に何千機も展開すれば、広い面で同時にデータが取れますが、それでも測点間隔が粗いし、各フロートで得られた観測データのキャリブレーション（補正）も必要です。衛星観測なら同時性には優れていますが、海洋の表面しか分かりませんし、得られたデータが適正であるかの観測値を用いた検討（シートウールス）も必要です。それぞれ、特性がすべて異なります。これらを全部集めて予測に役立てていこうとしているわけです。では、こうしたシステムのなかで、世界的に見ていちばん不足しているのはどれか。私は船を用いた現場観測だと思っています。ですから、私は船による海洋観測をやっています。

広大な大洋の全体を測るパイ網に魅力を感じた

水野 私の場合は、水産庁に入ったものから、かつては業務として、否応なしに海に出て観測をやっていました。東北地方の三陸沖は、黒潮と親潮がぶつかり、変化が激しい。そうしたなか、今どのあたりで魚が獲れるかという予測を出すためには、とにかく水温を測ってこいということで、140トンくらいの小さな船で、毎月2週間くらいずつ三陸沖あたりを走り回っていました。そして、帰ってくると、集めたデータで等温線を引いて、「今こうなっていますよ」とやっていました。ただ、実際に黒潮や親潮の渦を測って図を描いたりすると、水塊はけっこうそれなりに系統的に分布していて、特性がしっかり現れており、流れ方を見ても流体運動の理論になった流れ（地衡流）が精度よく成り立っています。非常にランダムに見えて、実は理屈に合った動きをしているのです。ぐちゃぐちゃしたなかに、そうした規則性が見えてくるのは、とても感動的でした。

そのころは、小さな船でしたから、せいぜい日本の沖合500マイルから先は、私にとってもはや未知の世界です（笑）。ただ、いろいろとデータを解析してみると、沖の方からの影響が相当あると感じていて、海というのは広い視野で見ないと、ローカルなことでもよく分からないのではないかと思っていました。そんなことから、もう少し広いところをやりたいと思っていたときに、同じ水産庁の遠洋水産研究所に移ることになりました。もう20年くらい前のことですが、太平洋を横断して観測を行ったり、インド洋にも行ったり、大きなスケールでの海洋の研究というのは、非常に魅力的だったし、とても面白かった。その後、JAMSTECでトライトンパイを



ます。二酸化炭素についても、1,000分の1、2,000分の1の精度まで分解能が高まり、初めて変化が追えるようになります。二酸化炭素の場合、10年で100分の2とか3しか変化していませんから精度よく測ってやっとものが見えるという状況です。BEAGLE 2003のときには、ずいぶんたくさん試料を測らせてもらいましたが、分析に時間がかかるため、CTDの観測点の半分くらいしか測れていません。それでも高精度でたくさん試料を測ることができて、ようやく、私が目標にしている物質がどこからどこへ移動しているのかという話につながられるようになってきました。将来、より感度、精度の高いセンサーが開発されて、それをアルゴフロートなどに搭載して、世界中で同時にデータが取れるという状況になれば、さらにもっと違った世界が見えてくるのですかね(笑)。

もうひとつ、化学では海洋のなかで物質がどういう状態にあるのかということも大きな課題です。物質が、人間に害を及ぼすのかどうか、また、海洋生物をどのようにコントロールしているのかということにも関わっています。これを理解するには、海から持ってきた試料をさらに研究していかなければなりません。しかし、これは今日の観測の話とは少し方向が違うかもしれませんね。

柴田 海洋化学の世界では、ようやく高精度の分析手法が確立して、これから始まるという部分もあるということです。

渡邊 地球温暖化に関連して、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)などで二酸化炭素の収支の推定が行われていますが、この問題を扱うひとつの方法では、海洋から出る酸素量がどれくらいあるかということで、見積もりが大きく変わってしまいます。また、海洋生物は、物質を様々な形に変化させています。実際のところ、生物がつくるメタンなどのような温暖化に関わる気体がどの程度海洋中で生産されているかは、ほとんど分かっていません。このあたりにも注目する必要があります。つまり、環境問

題を考えるとき、海洋側がどのような働きをしているかが、とても重要になるのです。海洋観測で物質を測って確かな収支の推定ができるかどうかについては厳しい面もありますが、今後はそのあたりにも、関わっていかなければいけないと考えています。

投入後も苦勞が多い アルゴフロート

柴田 みなさんは実際に海洋観測の最前線で仕事をされているわけですが、そのなかで困難やご苦勞も多いと思いますが、そのあたりのお話を聞かせてください。

水野 アルゴフロートを用いての観測は、一般の人から見ると、海に放り込めばあとは自動的にデータが送られてきて、手軽なものだと思われるかもしれませんが、ところが、実際は手軽ではないんですよ(笑)。もちろん、24時間体制で採水と分析を行う船の観測のような苦勞とは違いますが。

柴田 アルゴフロートは、一度海に投入したら、もうどうしようもないわけですよね。センサーの交換や手直しもできない。

水野 まさに、そうした状況のもとで、いかにして高精度のデータを取得するかという難しさがあるのです。これまで私たちのところで三百数十機を投入しましたが、それらをひとつひとつ、1回ごとに送られてくるデータのすべてについて、どれくらい実際の値とズレが生じているのかを含めてモニターしています。補正の方法はいろいろと手の込んだやり方があるのですが、いちばん助けになるのは、ごく近くで取られた非常に高精度なCTDのデータです。そこで、あらゆる機会を利用して、1機1機、1回1回のセンサーの精度をできるだけ高めようと努力しています。つまり、ケアがものすごく大変なのです。それに、投入される数もどんどん増えていきますからね。

柴田 海中で藻が付着したりしてデータが取れなくなるということはありませんか。

水野 私たちも、最初はそれをいちばん心配していました。しかし、実際にやってみると、その点は大丈夫でした。今のところ、非常に



「みらい」船上での化学分析の様子

大雑把に言って、塩分で100分の1くらいの精度は保っていると思います。さらに、アルゴ計画は国際プロジェクトですから、こうした精度を高めるための努力も、国際的に進めていかなければ意味がありません。これまで、国際的なレベルでデータ・マネジメントやスタンダード化のための会合を頻繁に行っており、ようやく国際的な組織化が進んできたところです。やはり、けっこう手間がかかるのです。

柴田 船による観測の場合、観測機器などの突然のトラブルが大きな問題だと思いますが、どのように対応されるのですか。

深澤 船の場合は、事前の段取りがすべてといてもいいくらいですね。とにかく大原則として、観測は継続しなければなりませんから、トラブルの対処についての実際的方法は2つ。まずは、想定されるありとあらゆるトラブルに対するバックアップを持っていくこと。もうひとつは、考えられるすべてのトラブルについて、現場で対応できるだけの知識と技術を身につけておくということです。とにかく、すべて船の上で対処しなければなりませんから。機器類については、どんなものでも、ブラックボックスは持って行きません。自分たちで、すべてばらばらにできるものでないとだめ。それから、バックアップといっても壊れたときに備えて何から何まで3台以上持っていくというのは不可能です。最大2台にして、壊れた機器を修理している間にもう1台を使うというやり方です。また、トラブルへの対処ということで、私が航海の最中によくやるのが、船上演習です。「ある日、



全世界の海洋に3,000機が投入される予定のアルゴフロート

突然、CTDでおかしな信号が出てきました、さあ、どうする？」とやるわけです。どういう順番で、何をチェックして、誰がどのように直すのかを実際にやってみる。本当に直せない、話になりませんからね。

渡邊 BEAGLE 2003の前、観測機器を開発した技術者と意見交換をしたときに、やはりいちばん大事だったのは、自分で機器をばらせるかどうかでした。構造がどうなっているか、どこで何をしているのかがしっくり分かっていることが大切。また、機器のことが完璧に分かるようになると、直せるだけでなく、新しい機器の開発につながるようなアイデアが出たり、観測の精度が高まるといった効果も出てきます。

変動予測の基盤を 海洋観測が支える

柴田 これからも、海洋観測を支える若い研究者がどんどん増えてほしいのですが、実際には、観測の現場に出ない人たちが増えつつあるように感じていますが、いかがですか。深澤 “観測屋”というのは何かというと、要するに測線を引くことができる人、観測システムを組み上げることができる人という気がします。その意味からすると、海へ出る人というよりも、“観測屋”と呼べる人がはるかに少なくなっています。いいかえれば、次の世代が出てこない、世代交代が進んでいないのです。これは、日本だけでなく、世界的にも同じだと思います。

水野 アルゴフロートのデータは、ユーザーにとってみればパソコン画面からグローバル

なデータが手に入るという感じですね。しかも、クオリティ・コントロールもこちらで苦勞してやっているわけで、それで論文が書ければ、何も苦勞して海に出る必要はないということでしょうか。つまり、私たちも手を貸しているのかな(笑)。でも、それでは解決できない問題意識というものがあって、仮説検証的な航海、あるいはプロジェクトを組むということとは必要になっていくと思います。

深澤 おっしゃるとおりですが、仮説検証的な航海そのものは、必ずしも減っていません。それよりも、私たちがやっているように、それをインターナショナルな場でやろうとしている人がいないのでしょう。国際的なサイエンス・コミュニティで支持されるということはとても重要で、そのために私たちは行動しているわけですが、その分、サイエンティストとして論文を書く上での生産性は多少落ちます。それでも、国際的なコラボレーションのなかで、日本の立場として成果やデータを出していくことの重要性があるわけで、そこをサポートするという認識が伴わないと、私たちのような観測をやる研究者は育ちませんね。また、“観測屋”というのは、観測を見ながらモデルの結果も見て、なおかつ理論的な論文も頭のなかに入れなければいけません。ある意味で、すごくハードな職業です。わりが悪いといえば、確かにそうかもしれません。

水野 そういう研究者を育てるには、非常に時間もかかりますね。

深澤 大学のカリキュラムの問題もあるかもしれませんが。自然科学の特徴は、やはり自然と向き合う、現場に出て自然を測るところにあると思いますが、大学での経験からすると、それが教育にうまく組み込まれていない面が確かにあります。ただし、制度の問題にしてしまうと、話はそこで終わりますけどね。

渡邊 プロセスの話ですが、たとえば、大気海洋間のガス交換の話でも、やはり船に乗って現場に行ったら海の様子を目にすることによっていろいろと気づくことがあります。ガス交換が激しいときにはどんな状況



でなければいけないのかということが、海を見ることで何となく分かってきます。机上でガス交換について考えていると、単純に計算式の上でガス交換係数をどう決めるかというだけの話になってしまいます。

水野 確かに、現場で実感することって多いですからね。

渡邊 現場を見ていないと、もう一歩先へ進めないということがあります。

柴田 あとは、観測という仕事にどれだけ歓びを見出せるかということもありますね。

深澤 私の考え方は、少し遠回りになりますが、確かにモデルは今たくさんありますが、モデルがどこまで正しいのか、モデルを動かすには何が必要なのか、そうした科学的な意思決定が十分に宣伝できていない状況にあると思います。環境変動予測、気候変動予測をやっていくためには、実際にものを測って、それを活かしてモデルを動かしていかなければならない。そして、それを測るためにはしっかりとサイエンティストが必要だということを世の中に伝えていかなければいけないと思います。

水野 海洋観測は、まさに環境変動予測、気候変動予測の基盤になる部分です。私たちサイエンティストが、こうした予測の基盤を、リアル・オーシャンを観測することによって支えているということをもっと主張していかなければいけないのかもしれないですね。

柴田 まさにその点を、この座談会記事を読んだ若い人たちに理解していただき、海洋観測の世界に参加してくれるきっかけになってほしいですね。今日は楽しいお話をありがとうございました。

高精度観測によって 海洋の構造と変動をとらえる

海洋観測において、精度0.001はなぜ必要なのか



取材協力：
河野 健 サブリーダー
地球環境観測研究センター
海洋大循環観測研究プログラム
大循環力学グループ

独立行政法人海洋研究開発機構が2003～4年にかけて実施したBEAGLE 2003は、単一の研究船で南半球中緯度を周航し、太平洋・大西洋・インド洋を一気に観測するなど、様々な点でこれまでの海洋観測史上例のない画期的なプロジェクトであった。なかでも特筆すべきは、水温・塩分をはじめ、溶存酸素、全炭酸などすべての観測項目に関して、可能な限り手を尽くし、最高精度を追求し、それを実現させた点だった。たとえば、水温の精度は0.001℃、塩分でも0.001まで精度を高めることを可能にした。ところで、海洋観測では、なぜここまで高精度で測らなければいけないのだろうか。今回は塩分を中心に、高精度観測の必要性和、それを実現させるための研究者らの苦勞について紹介する。

高精度海洋観測が 求められる理由

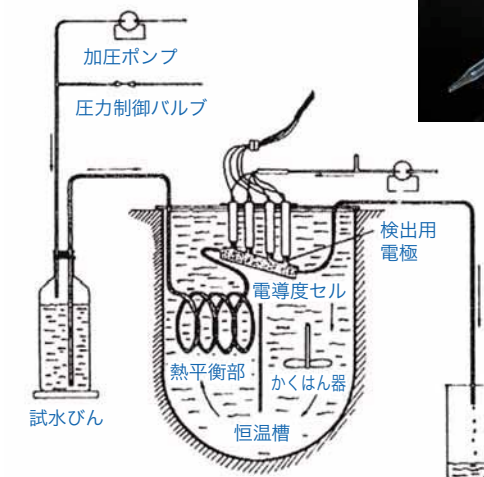
海洋観測の世界で、高精度観測が求められる最大の理由は、何よりも海水の持つ熱的な効果の大きさに関係して

いる。海水は、大気とともに熱や物質を移動させる媒体として、気候や環境を決定する重要な役割を担っている。だが、両者の熱的な効果は大きく異なる。大気の比熱が1.0J/gKなのに対し

て、海水の比熱は3.9J/gK。さらに、全海水の質量が全大気の約300倍あることから、全海洋の海水が持つ熱的な効果は、全大気のおよそ1,000倍にも及ぶ。つまり、全海洋の1,000分の1℃



塩分を測定するサリノメータの代表的な機器「オートサル」



(気象庁、海洋観測指針、1999より)



塩分の測定に欠かせない標準海水。塩化カリウム標準液に対して計測された電気伝導度比が記載されている

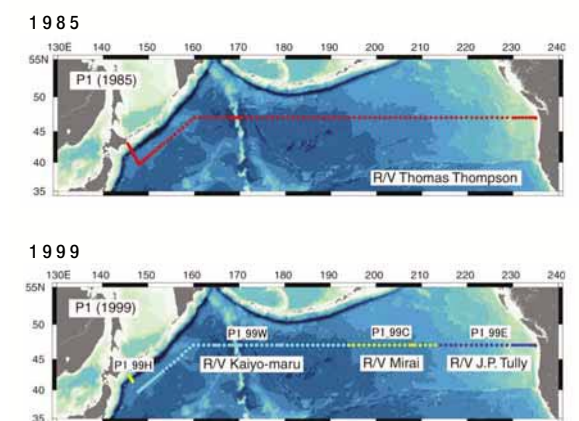
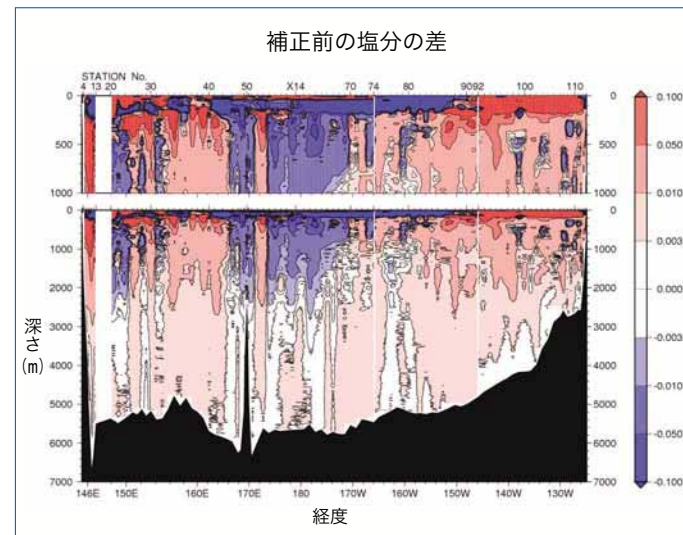
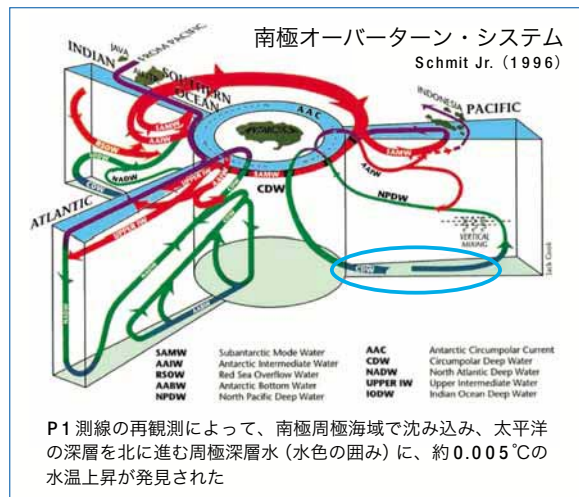
「オートサル」の構造。内部には大きな水槽があり、採取した試料海水は温度を安定させるための熱交換器を通り、電気伝導度を測るセンサーに送られる

基準となる標準海水の 補正も必要

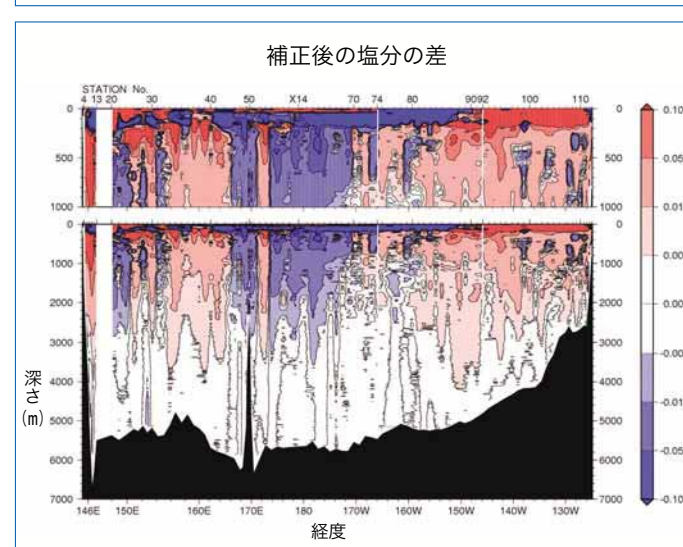
塩分の高精度観測について紹介する前に、塩分そのものに関して記しておく。塩分とは、「海水1kg中に含まれる塩類の重量（いわゆる「食塩」だけではない）」である。これは絶対塩分と呼ばれ、千分率で表される。しかし、これは事実上測定不能で、この定義に従って初期に行われていた測定手法では高い繰り返し精度を得ることは困難なことなどから、さまざまな変遷を経たのち、現在では、塩分が増加すれば電気伝導度が大きくなる関係を利用した新しい定義が適用されている(実用塩分)。定義によれば、塩分は15℃、1気圧における塩化カリウム標準液(1kg中に32.4356gの塩化カリウムを含む水溶液)と試料海水との電気伝導度比から計算される。この塩分の値は無次元で、通常は数値だけで表示される(pss: practical salinity scaleと表記される場合もあるが、単位ではない)。実際の観測では、この塩化カリウム標準液と電気伝導度がほぼ同じ海水(標準海水)が計測用標準として使われている。

塩分を測定する装置は、サリノメータと呼ばれる。現在、「オートサル」(Guildline社)という機器が広く利用されている。このサリノメータの分解能は非常に高く、塩分を0.0002まで測ることができる。しかし、実際の測定では、これまで様々な条件からここまで精度を上げることは難しかった。そこで、先のBEAGLE 2003では、精度を機器の限界に近づけるため、様々な工夫が行われ技術向上が図られた。たとえば、機器が検出した測定値を的確にパソコンに取り込むことができるように独自のシステムを開発し、誰が測定しても同じ結果が出るようにしたり、実験室の気温と機器内の水槽の水温を記録するシステムを設置するなどして、誤差をなくす努力がなされた。その結果、塩分0.0002という機器の分解能とほぼ等しい繰り返し精度が得られるようになった。

しかし、0.001の精度を実現するためには、もうひとつ見直すべきものがあった。それは、標準海水そのものだった。どれだけ高い精度で観測が行われても、基準となる標準海水が正しく



1985年と1999年に、北緯47度線に沿って海洋観測が行われ(左の2つの図)、その結果を塩分について比較したところ、右上図のように深層でわずかな塩分の上昇が表れた。しかし、2回の観測に使用された標準海水の差を補正したところ、塩分はほぼ変化がなかったことが分かった



なければ、塩分の値が全体的にずれてしまう。そこで異なる時期に調製された標準海水を比較実験してみると、確かにわずかながらばつきがあることが明らかになった。そこで、最近では、製品番号ごとにどれだけの差があるのかを確認し、データを比較する際には、標準海水そのものの差を補正するという作業が行われるようになっている。

いくら高精度で測定が行えるようになって、標準海水そのものに0.0005、さらには0.001といった差があったとしたら、同一測線の再観測を行って、その差を見ようとしても正しい比較ができなくなってしまう。そのひとつの例が上の図だ。標準海水の差を補正しない場合、北太平洋において1985年と

1999年に観測が行われたP1測線の塩分の差を見ると、深層全域で0.003以上塩分が上昇していることが見て取れる。しかも、1999年には異なる船舶によって異なる標準海水を用いて観測が実施されたことから、その境界(特に西経154度付近)が不自然に見える。塩分がこれほど高くなるといことは、南にある高塩分の海水が大きく影響していることを示唆している。ところが、同じ測線の水温の差を見ると、深層の水温はおおよそ0.005℃昇温していることが明らかになった。深層の水温が上昇しているということは、逆に南の冷たい海水の影響が小さい可能性があることを意味するのだ。そこで、1985年と1999年で観測に

用いられた標準海水の差を補正したところ、深層の塩分差は誤差の範囲内(有意ではない)となった。これならば、冷たい部分の海水が減りその分を上にある暖かい海水(塩分差は検出限界以下)が補うことで昇温の説明ができる。もちろん、白くなった部分については、現在の検出限界以下まで、つまり、もう1桁下まで測らないと本当のことは見えてこない。

海洋の様々な変動を深層まで正しく理解するためには、海洋観測をいかに高精度で行うかが重要なポイントだ。めざす精度は、観測結果の比較の上での0.001以下の精度を持つ塩分だ。そのための研究者の努力は、まだまだ続けられていく。



海洋観測の現場から 観測技術員たちに聞いた海洋観測の苦労と喜び



取材協力:

株式会社 マリン・ワーク・ジャパン

小澤 知史 海洋観測課
小林 不二夫 海洋観測課
鷺島 克啓 海洋化学課

大山 憲太郎 データ管理課
大濱 妙子 海洋化学課
鎌田 稔 海洋化学課

広大な海域を航行する海洋研究船で、迅速かつ精度の高い海洋観測を推進していくためには、様々な分析機器を使いこなし、研究者と力を合わせて高精度な観測データを取得する、観測のスペシャリストたちの存在が欠かせない。そうした、重要な役割を担っているのが観測技術員だ。観測機器のオペレーションや観測点で採取された海水試料を、船上で様々な機器を駆使しながら黙々と分析を行っていく観測技術員の地道な努力の積み重ねがあってこそ、海洋の構造やその変動が明らかになるのだ。CTD観測・採水分析において海洋観測を支える観測技術員たちに、仕事と船上での生活について聞いた。

いちばん困るのは 機器のトラブル

観測技術員たちにとって、観測航海での船上の生活は、まさに観測に明け暮れる日々だ。観測点で採水が次々に行われ、観測技術員たちは実験室で分析機器と向き合いながら、海水試料の分析に追われる。航海によってスタッフの数や体制は異なるが、24時間体制の採水観測では、2班が12時間交代で作業をすることも多い。長い航海では、こうした生活が1ヵ月以上毎日続く。陸上の勤務と違い、決まった休日がないため、長期間の航海では、次第に曜日が分からなくなるという。15時から深夜3時までが仕事というローテーションでは、ほとんど太陽を見ずに仕事をすることもある。また、12時間ずっと集中して分析機器に向かうことは難しいため、同じ分析項目を担当するメンバーと4時間ごとにデータ整理など他の仕事と交代するなどして、気分転換を図るといった工夫も必要なのだそうだ。

船上では、職場と生活の場が直結し、また、特殊な閉鎖空間であるため、仕事から離れた時間にいかに頭を切り替えてリラックスするかも重要だ。いつも仕事のことを考えていては、ストレスがたまって、逆に仕事に支障をきたしてしまう。そのため、本を読んだり、船内のジムで体を動かしたり、好きな音楽を聴くなど、自分なりの楽しみを準備しておくという。「酒も気持ちを切り替えるものとして大事」という人も少なくない。陸上ではほとんど酒を飲まないが、船上では毎日のように飲むという人も。こうして気をつけていても、「航海が終わると一気に疲れが出て、航海中に緊張状態が続いていたことに気づく」と話す観測技術員もいる。

一般の人たちにとって気になるのは、船上での船酔いだろう。揺れる外洋で分析機器に向かう作業は大変だろうと



フロン類前処理装置に、採取した海水試料を導入する様子



分析装置で試料を分析する前に、容器内部に異常がないかどうかを確認

思われるが、多くの観測技術員たちは、「はじめのうちは船酔いすることもあったが、だんだん慣れてくると酔わなくなる」と話す。観測技術員にとって船酔いよりも苦痛なのは、荒天などによって採水がストップすることだ。それによって緊張感がふっと途切れたり、休息していても、次にいつ再開されるかが気になって気が休まらないという。

最も、観測技術員を悩ませるのは、観測および分析機器のトラブルだ。故障などに備えて予備の機器やパーツはしっかりと用意されているが、できるだけ観測に支障を与えないように対処しなければならず、トラブルは分析の遅れにもつながってしまう。ある観測

技術員は、「ウィンチのワイヤーが切れて、目の前で採水器が落ちてしまったことがありました。足は震えるし、頭のなかは真っ白になって、どうしていいかわからず、呆然としてしまいました」と話す。予備は用意していたものの、その後も航海はトラブル続きだったそうだ。修理の業者も呼ぶことができず、インターネットで容易に情報を得ることもできない船の観測で、やはりいちばん困るのは、こうしたトラブルのようだ。

BEAGLE 2003が 大きな転機

海洋地球研究船「みらい」によって



分析を行いながら、その合間に分析装置の前で測定したデータを処理



栄養塩分析に使用する標準溶液を調整しているところ

実施されたBEAGLE 2003は、観測技術員の存在が大きく注目された観測航海でもあった。同時に、観測技術員たちにとっても、この航海は大きな転機になった。

BEAGLE 2003では、高精度海洋観測を徹底的に追及し、そのため、乗船する研究者と観測技術員らは、1年以上前から、分析手法の見直しや装置の開発・改良などを行ってきた。たとえば、アルカリ度やpH（ペーハー）を測定する装置では自動化が実現した。分析結果が出るまでの作業時間そのものはそれほど変わらないが、それまでは装置につきっきりで作業に追われていたが、自動化によってデータをチェ

ックしたり、メンテナンスに気を配るなどの余裕が生まれ、結果的に高品質なデータが取れるようになった。また、溶存酸素の測定でも、新たな装置が開発された。それまでは技術的な熟練が必要だったものが、自動化によって失敗がなくなり、短時間で高精度の測定が可能になった。

こうしたハード面での改良とともに、観測技術員の技術的な向上も進んだ。作業手順の見直しが行われ、どのように進めていくかをきちんとマニュアル化し、複数の担当者の誰が測定しても同じ高精度を保つことができることをめざした。採水作業も同様で、観測点の測定項目に応じて、事前にしっかり

と分析のための容器を分けてカゴに入れておくなど、それまでの観測に比べて、非常にシステマチックでスムーズな採水が行えるように工夫された。何よりも、こうした作業の見直しによって、観測技術員の仕事に対する気持ちに変化が生まれた。「より精度の高いデータを取るにはどうしたらよいかを真剣に考えるなかで、みんなのデータに対する意識が変わっていきました」とある観測技術員はいう。また「研究者とともに、見直しや研修を行っているうちに、ただデータを取るだけでなく、どのようにアプローチすればよいのか、研究者の視点が理解できるようになった」といった声も聞かれた。

万全の準備で臨んだBEAGLE 2003は、周航観測で予定していた493点をすべて予定通り観測し、大きな成果をあげて無事に達成された。そして、BEAGLE 2003の成功は、参加した観測技術員たちにとっても大きな喜びだった。「長期間の周航観測を無事に乗り切ったことに加えて、世界の様々な研究で私たちが測定したデータが認められて、使われているということがとても嬉しい。仕事のやりがいえますます感じています」、「測定したデータをそのまま研究者に渡すだけでなく、研究者と一緒に補正するところまでできるようになりました。データを取ることに加えて、使う側に立ってデータを見直す機会が持てたことによって、得るものがありました」と話す観測技術員たちの表情は、自信に満ち溢れていた。

一方で、こんな声も聞かれた。「今ではBEAGLE 2003がスタンダードですから、あれができて当たり前ということで、今後は、より高いレベルを達成していかなければいけない状況になりました（笑）」。さらなる向上をめざして、観測技術員たちの努力の日々は、この先も限りなく続く。



高知大学 海洋コア総合研究センター 渡邊 巖 センター長 に聞く コア解析機器の使用実績を重ね IODPに向けた準備が着実に進行中



同じ建物で二つの研究組織が連携して活動

地球深部探査船「ちきゅう」の試用運用が進む中、統合国際深海掘削計画（IODP）の掘削コアを保存し解析研究を進める日本の研究拠点として、最新の機器を備える高知大学海洋コア総合研究センター側の受け入れ準備も進んでいる。2005年10月に高知大学と連携して研究を進める独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の高知コア研究所の設立と時を同じくして高知大学海洋コア総合研究センターの教授兼センター長になられた渡邊巖センター長にお話を伺った。

Profile

1944年、東京都出身。1970年東京大学大学院工学系研究科船舶工学専攻修士課程修了。1971年船舶技術研究所（現・海上技術安全研究所）の研究職に。専門分野は船体運動力学および船舶流体力学。1988年工学博士取得。1996年船舶技術研究所特別研究官、1998年船舶技術研究所運動性能部長に。2001年独立行政法人海上技術安全研究所理事。2005年10月より国立大学法人高知大学海洋コア総合研究センター教授とセンター長を兼任。

古地磁気・岩石磁気実験室で、古地磁気が専門の小玉一人副センター長と。ここでは超伝導磁力計でコアに残る磁気を測定する



研究と教育のバランスを取りつつ、コア解析の拠点としての役割を果たす。高知コア総合研究センターに課されたミッションは重層的です。

Blue Earth 編集部（以下BE） 現在、高知大学の海洋コア総合研究センターとJAMSTECの高知コア研究所が同じ施設を共同で運営しながら協力関係にあるわけですが、まず高知大学にとってのセンターの位置づけから伺いたいと思います。

渡邊 センター長（以下敬称略） 私が赴任したのは2005年の10月ですが、高知大学の海洋コア総合研究センターは2003年4月に全国共同利用施設として発足しています。発足にあたっては、高知大学が中心となって研究を担当し、JAMSTECには掘削コアの管理と施設の運営に関して協力いただき、力を合わせてやっていこうということだったと聞いています。その後の活動の中で、ここには非常によい施設・設備が整っていますが、数に限りがある高知大学の研究者だけで全部を活用するには無理があるということで、JAMSTECからもコアの研究者が来られて、昨年10月以降はお互いにそれぞれの得意とする分野で力を入れ、相乗的な効果を上げようという体制になりました。

高知大学にとって海洋コア総合研究センター、あるいは海洋と海洋コアの研究というのは非常に大きな目玉であり、今後中心としていかなければいけないという思いは大学全体で共有されているものです。また同時に大学としては、この施設

を高知大の教育研究だけに用いるのではなく、全国的な研究施設として機能させるということが重要な点であると認識しています。全国的という意味はふたつの側面からいえると思います。まず、全国共同利用施設という位置づけです。日本全国の大学の海洋コアに関係する研究者にここを使って研究していただく必要があります。もうひとつの側面はそれと一部重なりますが、「ちきゅう」を含めたIODP掘削船が持ち帰る掘削コアの研究をサポートすることです。これらの業務を行うためにはJAMSTECの協力が不可欠と考えておりますし、今後のさらなる円滑な共同運営に向けて努力していきたいと思います。

BE センターの研究スタッフの構成はどのようになっていますか。

渡邊 現在、私以外に、教授2名、助教授1名、助手1名、任期付研究員が2名です。教授は地磁気と古生物の専門が一人ずつです。本年4月からはさらに研究スタッフを充実させる予定です。

センターの教員は理学部の教育も担当しておりますので、センターは学部学生や大学院生の講義の際の実習に使われたり、大学院生の研究指導に活用されたりと、教育活動にも盛んに活用されています。

BE コア研究についての認知度アップにも取り組まれているそうですね。

渡邊 学部学生の教育以外に、コアに関心を持っている学生の教育にも力を入れています。昨年冬、高校生に最先端の研究に触れてもらうサイエンスキャンプを実施しましたが、そこに参加した神奈川県の高校生の「高知大学の海洋コア総合研究センターのキャンプで新しい体験ができて非常に面白かった」という投書が新聞に載るなど、手応えを感じます。それとは別にコア研究の基礎知識のある学部学生・院生向けのコア解析スクールも実施します。私自身もここに来るまでコア解析についてはよく知りませんでした。実際にコアをセンターの測定機器にかけてそこから地球の過去について様々な情報が出てくるのを間近に見ると、目から鱗というか、頭脳が刺激される気がします。

船舶の専門家から見た「ちきゅう」の特徴

BE ご専門は船舶工学でしたね。

渡邊 その中でも流体力学に近い分野です。国土交通省の海上技術安全研究所にずっとおりました。最後の4年間は理事として研究活動のマネジメント担当でしたが、その前は船舶・海洋構造物と波浪の流体力学的な相互干渉を中心に、設計に役に立つ計算法などの研究開発をしていました。この研究所はJAMSTEC

海に縁の深い高知大学が地方の国立大学として高い専門性、独自性を持つためにも、海洋研究、海洋コアの研究には力を入れていきます。



と関係が深く、私も「うらしま」ができる
ときに評価委員会に参加したり、深海調
査のあり方についての検討会に参加した
経験があります。

BE「ちきゅう」を船として見るといかが
ですか。

波邊 この間の一般公開のときに高知新港で見てビックリしました。すごいですね。私の今まで知っていた船とは大分違います。船には運航の目的がありますから、それにとって一番よい形を考えて造ります。だからタンカーとコンテナ船は全然設計が違う。それと同じ意味で、掘削というミッションとそれに伴う作業を考えていくと、やっぱりああいう形になるのでしょう。「ちきゅう」は掘削という機能に非常に特化した、よく考えられた船だと思います。

普通の船はせいぜい後ろに2個か3個スラスターがあるだけなので動く方向はある程度決まっていますが、「ちきゅう」はスラスターの向きによって横にも動くし、方向はどうにでもなる。不思議な船です。

BE 動力は全部発電機による電気で、かなりの電力を使うと聞きました。

渡邊 ええ、そのほうが制御しやすいの
です。負荷を変えるには電気がいいんで

すよ。南極観測船「しらせ」もやはり電気推進です。掘削に伴う細かい動きをさせるためにはエンジンの運転条件を微妙に調整しなければなりません。ディーゼルだといちいち止めたりするのも大変ですから。それに掘削のときには走らないけれど、位置決めが大変でそこにエネルギーがかかる。やっぱり制御するにはすごい力がいるのです。

BE 操船の技術というのは船によって変わるものなのですか。

渡邊 特に「ちきゅう」の場合はかなり違うと思います。波、風や潮流のある中で掘削地点へ正確に位置保持をする必要がありますが、そのためにはスラスターの制御が操船のキーになると思います。一方、通常の船のように長い距離を航海する場合は、あの船型は不得手ではないかと思います。特に進路安定性に問題が出やすいでしょう。パイプを降ろしたまま動く場合もあるらしいですけれども、パイプの周りには渦ができるからパイプが折れる危険性もある。操船には神経を使うと思います。

BE センター長と教授を兼任されていますが、ご自身はこれからこういった研

究・教育活動を予定されていますか。

渡邊 高知は黒潮が近くを流れていることもあり、海洋に関心が高いところです。私の専門は船舶・海洋構造物と波の干渉ですので、この経験が生かせる海洋工学的な問題についてやっていきたいと考えています。ただ高知大学には工学部がないので、どのような形にすればよいか先生方と相談しつつ考えているところです。

私はずっと研究所にいましたので、特別講義の経験はありますけども、大学の教育に関わるのは初めてです。そういう意味でもチャレンジだと思っています。

IODP 掘削コアの
受け入れ準備が進行中

BE 今後IODPが本格稼働するまでの期間はセンターにとってどのような時期ですか。

渡邊 研究用の機器をほとんど全部動かせるようになってきました。これから本格的に掘削コアが来てそれが全面展開される、その一歩手前かなと思います。IODPに先立って、「ちきゅう」以外の掘削コアが持ち込まれて分析されており、それが様々な計器の習熟にもつながってい



横浜、名古屋、八戸、高知など、各地で地球深部探査船「ちきゅう」の一般公開が行われ、多くの人々が見学に訪れた（写真は横浜・大黒ふ頭）



施設と研究機器は学生の教育にも活用される



コア高次解析ゾーンではコアから採取した試料を分析する

高知大学海洋コア総合研究センター・海洋研究開発機構高知コア研究所 館内図



ます。私がここに来たのも、今後マネジメント面でもIODPに向けてさらなる活性化を図ることが期待されているのだと思います。

BE 研究機器もすばらしいものが揃っていますね。

渡邊 IODPの研究設備でこれだけのものは世界でも珍しいものです。ただIODPの枠組みではコアを保管するのと研究するのは別とされていて、研究のプロポーザルが認められないと、コアがそこにあるのに指をくわえて見ているだけ

になってしまいます。なんとかよいプロポーザルを出していきたいと思い、JAMSTEC側の研究者とも話をしているところですが、高知大学としても大きな課題です。

BE 高知大学とJAMSTEC、ふたつの組織が連携して運営することに、どのような効果を期待しますか。またJAMSTECへの要望はありますか。

渡邊 一番大きいのは、ここに集まった
様々な分野の研究者がお互いに刺激しあ
うことへの期待ですね。ここにはコアに

関する研究機器が揃っていて、それを共同で使いながら、情報交換やディスカッションが頻繁に行われると思います。高知大学のスタッフが少人数でやっているときよりも研究活動がより活発になると期待しています。JAMSTECは予算も大きい分、研究成果をすぐに問われる部分もあるでしょう。一方大学は教育に携わりながら一步一步積み上げる研究スタイルを持っています。その部分に配慮していただきながら、よい協力関係を築いていければと思います。



世界の海で活躍する日本の海洋研究船

海洋管轄省庁が運用する海洋研究船を紹介

取材協力：海上保安庁・海洋情報部
(五十音順) 気象庁・広報室
水産庁・船舶管理室

海洋の調査、研究に船は決して欠くことのできないものだ。独立行政法人海洋研究開発機構は海洋地球研究船「みらい」をはじめとする8隻の船舶を擁し、観測や研究に取り組んできた。四方が海に囲まれた日本にとって、海洋について知ることは、国の発展に大きく関係する重要事項である。そのため、産学官のどの組織でも、さまざまな海洋研究船を持ち、それぞれの分野から海洋調査・研究を進めている。今回は、海洋に関係の深い3つの省庁の海洋研究船について紹介しよう。



大陸棚調査の様子（海上保安庁）

気象庁 気象から地球環境問題にまで迫る海洋気象観測船



凌風丸
所属：気象庁本庁
総トン数：1,380t
全長：82m
速力：14ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、多筒採水器、航行用水温塩分計、表層海流計、植物色素測定装置、自動化学分析装置、酸素自動滴定装置、二酸化炭素観測装置、メタン観測装置、全炭酸測定装置、一酸化二窒素観測装置、海水メタン・フロン観測装置、総合海上気象観測装置、船舶用自動高層気象観測装置、波浪計



啓風丸
所属：神戸海洋気象台
総トン数：1,483t
全長：81m
速力：14ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、多筒採水器、曳航式水温水深塩分計、表層海流計、精密音響測深儀、自動化学分析装置、航走用二酸化炭素観測装置、資料解析装置、総合海上気象観測装置、船舶用波浪計



高風丸
所属：函館海洋気象台
総トン数：487t
全長：56m
速力：11.5ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、多筒採水器、表層海流計、自動化学分析装置、総合海上気象観測装置、船舶用自動高層気象観測装置、船舶用波浪計、気象情報通報装置



清風丸
所属：舞鶴海洋気象台
総トン数：484t
全長：56m
速力：11.5ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、多筒採水器、表層海流計、自動化学分析装置、総合海上気象観測装置、船舶用自動高層気象観測装置、船舶用波浪計、気象情報通報装置



長風丸
所属：長崎海洋気象台
総トン数：480t
全長：56m
速力：11.5ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、多筒採水器、表層海流計、自動化学分析装置、総合海上気象観測装置、船舶用自動高層気象観測装置、船舶用波浪計、気象情報通報装置

気象庁といえば天気予報をイメージするが、それは気象庁の仕事のほんの一部にすぎない。気象をはじめ、地震、津波、火山活動などの自然情報を収集し、発表している気象庁は、全国に気象台を設置している。その中で4カ所、海洋と海上気象の観測を受けもつ海洋気象台があり、気象庁本庁を含め1隻ずつ、海洋気象観測船を配置している。

海洋気象観測船の第一の使命は、もちろん海洋気象観測。観測データは即時に気象庁へ送られ、日々の天気図などに活用される。海面と海上の様子をはじめ、海面から下の海中部分の観測も海洋気象観測船の重要な仕事となっている。近年、クローズアップされている地球環境問題の実態を調べるため、海洋気象観測船では、気候変動に関連した海流変化の観測、CO₂、フロン、メタン

といった温室効果ガスの計測、海洋汚染の調査なども行っており、5隻の海洋気象観測船で、日本周辺を含む北西太平洋一帯をカバーしている。

しかし、なぜ、船を走らせて観測をするのか。気象衛星があるから、それで充分なのではないか。その疑問に対して、気象庁 地球環境・海洋部の林和彦氏は「衛星では、海の表面の様子しかわかりません。海の中の水温や塩分などの微弱な変化や化学成分を測定するための採水は、実際に海に出るしか方法はないので、船が必要となるのです」と言う。

天気予報でも、台風や大雨、大雪の発生を予測するのに、海面水温の分布がとても重要になってくる。その海面水温を調べるためには、海の中がどのように変化しているのかを調べる必要がある。

また、地球の表面積の7割を海が占めていることから、海洋観測することによって、地球環境の変化の一端を知ることができる。気象庁では、東経137度線に沿った観測を1967年から季節ごとを実施し続けている。その結果を見ると、海水の温度や海水中の二酸化炭素濃度が徐々に上がってきていることがわかり、地球温暖化の傾向と一致する。海洋気象観測船を使った観測は、同じ場所を10年以上続けているものがほとんどだ。長い時間をかけてデータを積み重ねることで、長いスパンで海洋にどのような変化が起きているのかを知ることができる。日々のお天気から100年単位での地球温暖化まで、地球が今後どうなっていくのかを知るための情報を海洋気象観測船は集めている。

海上保安庁 船の安全を影から支える測量船



昭洋

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：3,000t
全長：98m
速力：17ノット

搭載機器：複合測位装置、マルチビーム測深機、深海用音波探査装置、表層探査装置、海上重力計、海上磁力計、船舶用波浪計、塩分水温深度自動測定器（CTD）、炭酸ガス計、投下式中層流測定装置、超音波流速計



拓洋

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：2,600t
全長：96m
速力：17ノット

搭載機器：複合測位装置、マルチビーム測深機、深海用音波探査装置、曳航式塩分水温深度測定装置（CTD）、海上重力計、海上磁力計、船舶用波浪計、投下式中層流測定装置、超音波流速計



明洋

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：550t
全長：60m
速力：15ノット

搭載機器：複合測位装置、マルチビーム測深機、深海用音波探査装置、表層探査装置、海上重力計、海上磁力計、船舶用波浪計、超音波流速計、投下式中層流測定装置



天洋

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：430t
全長：56m
速力：13ノット

搭載機器：マルチビーム測深機、スパーカー、水深測量自動収録装置、超音波流速計、投下式中層流測定装置



海洋

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：550t
全長：60m
速力：15ノット

搭載機器：複合測位装置、マルチビーム測深機、スパーカー、水深測量自動収録装置、多層音波流速計、投下式中層流測定装置

海上保安庁は、日本の海の治安の維持、海上交通の安全確保、海難救助、海上防災・海洋環境保全など幅広い範囲の業務をもつ。なかでも海洋観測と関係が深いのが海の調査と情報の提供を行っている海洋情報部である。海上保安庁海洋情報部は、海上交通の安全確保のため、前身の組織であった水路部の時代から130年以上も海図を作ってきた。海図とは書いて字のごとく海の地図であり、船舶が航海するときになくはならないものだ。一口に海図といっても、航海用のもののほかに、海底地形図、海底地質図、海流図、潮流図など、いろいろな用途に対応した地図が作られている。このような地図を作るために、測量船が海洋観測を行っている。海上保安庁は、日本の海域を11の管区分けて業務を行っている。

海図作成に必要な測量や観測は、管区の日常的な業務となっている場合が多いので、本庁所属の測量船以外に、管区所属の測量船もある。現在、本庁に所属する測量船は6隻、管区に所属する測量船は7隻ある。

最近、重要度を増している仕事として、大陸棚調査がある。大陸棚というと、大陸の周辺にある浅い海底をイメージすることも多いが、実は、地形的な定義と法的な定義は異なる。海は国を越えてひとつにつながっているが、どの国が海のどこまでを管理するかは、それぞれの国にとっても、また、国際的にも重要な問題である。そこで、「海洋法に関する国際連合条約（国連海洋法条約）」により、各国の領海や排他的経済水域とともに、その国が管理できる海域として大陸棚を定めることがで

きるようになった。

大陸棚は基本的に沿岸から200海里的海域となっているが、国連海洋法条約によって、一定の条件を満たせば200海里を越えて大陸棚を延長することができるようになっている。ただ、大陸棚を延長するには、大陸棚の地形や地質などに関するデータを集め、3年後の2009年5月までに国連の「大陸棚の限界に関する委員会」に提出しなければならない。提出したデータをもとに国連が審査をし、勧告を出すことによって、大陸棚の延長が可能となる。海洋情報部も、大陸棚調査にとっても力を入れており、2隻の大型測量船、「昭洋」と「拓洋」がこの調査に専従している。

また、自然災害対策も、海上保安庁の重要な仕事のひとつである。日本の



じんべい

所属：海上保安庁海洋情報部
総トン数：5t
全長：10m
速力：9ノット

搭載機器：マルチビーム測深器、水温塩分測定装置、データ伝送システム、衛星伝送システム、光学監視装置、電波監視装置、自動操縦装置



いせしお

所属：第四管区海上保安本部
総トン数：30t
全長：21m
速力：15ノット

搭載機器：浅海用マルチビーム測深器、DGPS受信機、多層音波流速計、サイドスキャンソナー



くるしま

所属：第六管区海上保安本部
総トン数：27t
全長：21m
速力：15ノット

搭載機器：浅海用マルチビーム測深器、DGPS受信機、多層音波流速計、サイドスキャンソナー

周辺には、南方諸島や南西諸島海域のように、多くの海底火山がある。そのような海底火山の活動監視や精密な海底地形を把握するために無人測量船「じんべい」などを用いて調査を行っている。また、地震発生の要因を探るた

めに、GPSと海中での音響測距技術を組み合わせた海底地殻変動観測システムを開発し、海底の地殻がどのように動いているのかを観測している。この観測の結果、宮城県沖の地殻が1年間で約8cm動いていることが明らかに

なった。そのほか、美しい海を守るために、東京湾、大阪湾といった閉鎖性の高い主要湾域及び日本周辺海域の汚染状況の調査や、西太平洋海域国際共同調査などにも取り組んでいる。

水産庁 日本の漁業の発展のために調査研究をする漁業調査船



開洋丸

所属：水産庁
総トン数：2,630t
全長：93m
速力：17ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、XCP、XBT、超音波多層流速計、深海CTDオクトパス、動物プランクトン計量システム、計量魚深、魚体長測定システム、魚獲物重量計測システム



照洋丸

所属：水産庁
総トン数：2,214t
全長：87.6m
速力：16ノット

搭載機器：電気伝導度水温水深計（CTD）、XBT/XCTDシステム、高性能魚群探知機、無人水中観測システム、曳航式計量魚深、パイオテレメトリーシステム

水産庁は、水産物の確保や安定供給、漁業などの水産業の健全な発展を促すために仕事をしており、海にすむ生物にスポットをあてている。所属している海洋研究のための船舶は、漁業調査船と呼ばれている。漁業調査船は「開洋丸」と「照洋丸」の2隻があり、魚介類などの卵や稚仔の分布、魚群の密

度、プランクトンの生息状況などを調べることにより、漁況を把握したり、沿岸や沖合の漁業の再開発につなげたりしている。そのほかにも、公害が水産資源に与える影響について調べたり、漁場開発や水産資源管理の試験研究のための調査も行っている。

この2隻はともに長期の遠洋航海も

可能で、国際資源となる水産物に関する調査にも出かけている。遠洋漁業については、マグロ、カツオ、サケ・マス類といった回遊魚の分布や生態調査、未利用の水産資源の開発などが行われている。「開洋丸」は昨年8月にアルゼンチンと共同で、アルゼンチン沖に生息する若齢マツイカの調査に参加した。

よみがえれ、“美ら海”のサンゴたち
**天然海水を取り入れ
 沖縄のサンゴ礁を再現**



魚類課の野中正法さん。前身の
国営沖縄記念公園水族館時代からサンゴの展示・飼育に関わる

取材協力：沖縄美ら海水族館



水槽を泳ぐ魚たちは、サンゴの育成を妨げる海藻や
イソギンチャクを駆除してくれる大切な仲間



館ではサンゴの分布調査や移植実験などのフィールドワークも行う



実験水槽で飼育されるトゲスギミドリイシ。ミドリイシ類はサンゴの中でも比較的成長が速く、年に10cm程度成長する

● 沖縄美ら海水族館（沖縄県国頭郡本部町） ホームページ：<http://www.kaiyuhaku.com/> 連絡先：0980-48-3748



屋根がなく、水槽には自然光がまんべんなく
当たるよう設計されている

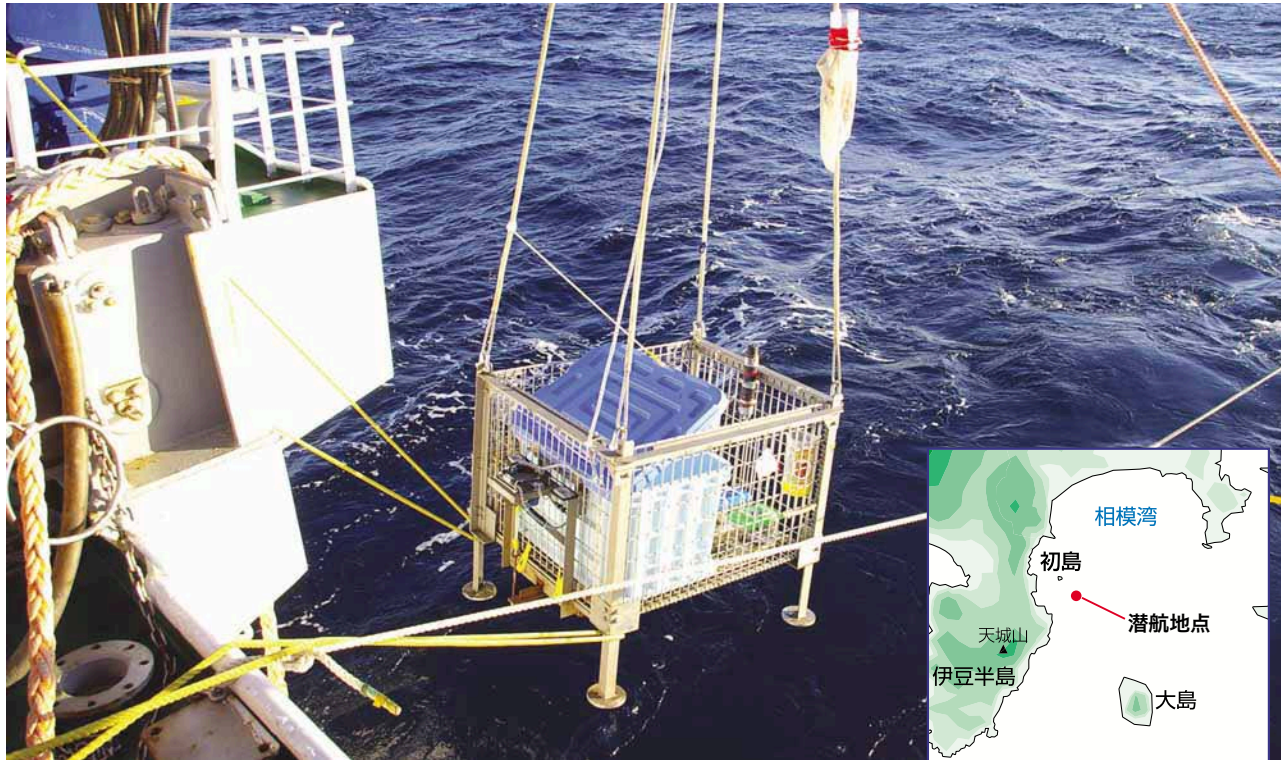


水槽内のトゲスギミドリイシ。
左ページの長さ15cmほどの枝が、約4年で直径約1m以上に成長した



天然のトゲスギミドリイシ

ハイマツミドリイシのクローズアップ。
ポリプがきれいに並んでいる様子が分かる



生物を捕獲する罠など、サンプリング用の道具を装着したシャトルエレベーター



今回サンプリングを行った地点

研究に寄与する種（モデル生物）をターゲットに 相模湾の深海生物を多数捕獲 長期飼育を目指す

2005年12月の深海生物サンプリングは、「しんかい6500」を使って相模湾初島南東沖と北東沖で行われた。初島沖はプレートの沈み込み地点にあたり海底から火山性の硫化水素やメタンを含む冷水が湧き出しており、それらをエネルギー源とする化学合成系生物のシロウリガイ、チューブワーム（ハオリムシ）などの深海生物研究が進められている。今回はこの2種に魚類のゲングを加え、深海のモデル生物候補としてまとまった数を生存捕獲した。これらを長期に保管することは未踏であるが、将来的には深海生物研究用の生物資源としてライブストックできるようにするのが目的である。捕獲された生物は2つの水族館で展示もされている。



取材協力:

三輪 哲也 グループリーダー

極限環境生物圏研究センター
極限環境生物展開研究プログラム
深海生物研究グループ

今回のサンプリングの特徴

相模湾はフィリピン海プレートが北米プレートにもぐりこんでおり、ふつうは浅いはずの「内湾」でありながら深海を持ち、駿河湾、富山湾と並んで世界的にも珍しい海である。また明治の初期に大森貝塚を発見した海洋動物学者E.S.モース以来、海洋生物研究の

長い歴史を誇り、日本で最も研究の蓄積がある海域としてスタンダードな存在になっている。

しかしこれまで多くの深海からの生物は、捕獲され船上にあがったときには大半が死んでしまい、なんとか生きて捕獲した生物も長く生かしておくことができなかった。そこで三輪グルー

プリーダーらは2000年から深海環境を保持したまま深海生物を海上の母船まで持ち上げるディーブ・アクアリウムという小型の深海生物運搬水槽を開発してきた。ところが、大きさに限界があり1回につき1～2匹ずつしか捕獲することができないジレンマがあった。1回で大量にとれる微生物と異なり、



有人潜水調査船「しんかい6500」のマニピュレータを用いて、チューブワームにひそむ魚類を吸い取る



スパゲッティが絡んでいるかのような姿をしたチューブワーム、アレイシア

大型の生物は目立つ割には効率が悪いためである。

深海生物のメカニズムやレスポンスを研究するためには、ある程度の数の生物をまとめて捕獲する必要がある。その最大の理由は、とにかく深海生物の生態に未知の部分が多く飼育方法が確立されていないことにつける。飼育の過程で訳も分からず死んでしまうのである。また生物のメカニズムやレスポンスを研究するには組織培養技術を転用した細胞単位の実験が有効である。この方法だと凍結保存もできる。細胞株を作り出すためにも、ある程度の個体数が必要だ。最近の動物実験では捕獲した生物は使われておらず、家畜動物やラットのようなモデル生物を飼育

して遺伝子操作などを行うのが主流である。深海生物の場合、その都度捕獲してくるのは、自然環境保全という意味でも、コストという観点でも、実験のしやすさからいっても非常に問題が多い。そこで深海生物も他の動物実験と同じくモデル生物はこの生物にするとはっきり決めておく必要がある。今後、深海生物に特徴的なメカニズムを解明すべく細胞単位での実験を行うためには深海に特化した細胞を取り出し培養しなければならないが、その第一段階として、ある程度まとまった量の生物を捕獲し飼育につなげることが重要なのだ。

今回のサンプリングでは一回の潜航で、効率よく多くの生物を捕獲するた

めに、かつて物資運搬用に設計されたシャトルエレベーターを復活させ、捕獲した生物を陸上へ運ぶシステムを考案した。シャトルエレベーターに罠をいくつか設置し、ある程度まとまった数の生物を捕獲することに成功した。

モデル生物候補の特徴

今回の捕獲のターゲットは、今後深海のモデル生物としたい3種、チューブワーム（ハオリムシ）、シロウリガイ、ゲングであった。

チューブワームは硫化水素をエネルギー源とする化学合成系生物として有名である。体内共生する硫化水素還元菌が、硫化水素をもらって二酸化炭素やメタンを取り込み、糖などの有機物



魚類やエビの仲間を捕獲する罠を海底に設置



捕獲されたヘビゲング。ゲングの仲間は比較的小型で捕獲しやすい



右手にシロウリガイ、中央にヒバリガイのコロニー、左手にはチューブワームが見られる



シロウリガイの殻を開いて中身を露出したところ。血液中にヘモグロビンを持っているので赤色をしている

エネルギーを作る。チューブワームはその糖などをつかって代謝を行う。体内の還元菌のために硫化水素を取り込むが、チューブワーム自体は酸素呼吸をしている。それができるのは、ふつうのヘモグロビンと構造が違う「ジャイアント・ヘモグロビン」を持つかららしい。またチューブワームはエビやカニなど甲殻動物に共通するキチンの殻を持っている。キチンは糖の仲間で α 結合と β 結合の2種類がある。多くは α キチンの殻を持つが、チューブワームの殻は珍しい β キチンである。

シロウリガイはチューブワームと異なり、えらに化学合成微生物が共生している。組織構造もより複雑で、海底火山のメタンや硫化水素が発生している場所ならたいていのところに生息し

ており、熱水・冷湧水のモデル生物に適しているといえるだろう。

だがチューブワームとシロウリガイはどちらも無脊椎動物で、研究用に組織細胞を取り出すのが難しい。組織培養技術はもともと医学研究目的にヒトの細胞を取り出すために確立された技術なので、使われる酵素も脊椎動物向けのものがほとんどである。そこで脊椎系生物である深海性魚類が重要になってくる。底生の深海性魚類は元来浅い海で発達し、地球規模の大陸移動に伴って様々な時期に徐々に深海に適応していったのではないかとされている。脊椎系生物はみな酸素呼吸をしており、血液中には酸素を吸着するタンパク質・ヘモグロビンがある。硫化物は酸素以上にヘモグロビンとくっつき

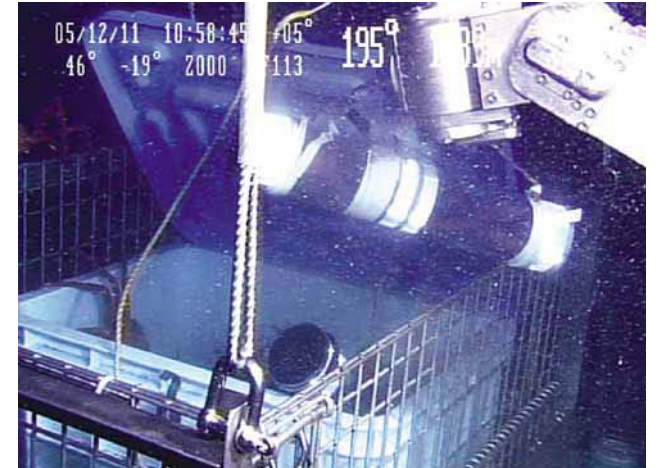
やすくかつ離れにくい硫化水素のある環境では呼吸しにくいはずなのだが、ゲンゲは両方の環境で生きていけるらしい。毒性試験などにも非常に面白い実験対象である。ゲンゲの仲間はまだあまり分類も進んでいないが、あらゆる深海底に広く見られ、深海魚の中では40cmくらいと比較的小さく捕獲しやすいためモデル生物に向いている。

捕獲した生物と水族館での公開飼育

2005年12月の潜航では、ゲンゲ、エビの仲間、シロウリガイとチューブワームを捕獲した。想定外だったのは深海のカニである。カニは縄張りを主張する習性があるので、カニが罠に入



シャトルエレベーターに仕掛けられた罠に群がる厄介なエソイバラガニ



筒状の罠をマニピュレータで箱にしまい、船上への回収に備える

ると他の生物が入れなくなるため、今後対策が必要と思われる。ムラサキヌタウナギという目のないウナギも捕獲されたが、大量のぬるぬるした物質を出すため面白いのであるが飼育はためられない。すでに実験に供した生物以外は、神奈川県の新江ノ島水族館と京急油壺マリンパークの2つの水族館で共同研究や委託として飼育されている。水族館も深海生物の飼育に関心を高めていたためである。研究者の立場からは、自前で飼育するにはコストや手間が非常にかかる深海生物は、厄介である。生物を飼育することを本業とする水族館で深海生物の飼育ノウハウを蓄積してもらうことが、やがては実験生

物のライブストックにつながる。理想はモデル生物を広く分散飼育し、100%水族館で繁殖させ交換しあって常時実験に用いることができることだ。そうすれば研究したいときにサイコロをはじめから振る必要はない。

新江ノ島水族館は2年前のリニューアルに深海生物専用水槽を用意し「深海コーナー」を設けた。海洋研究開発機構の調査航海にも同行し、これまでもゴエモンコシオリエビ、コクラゲ、シンカイヒバリガイ、シンカイエビ、シロウリガイ、ハオリムシ等を飼育。今回のサンプリングからは、エソイバラガニ、ゲンゲ、チューブワーム(ハオリムシ)を飼育チャレンジしている。もちろん飼育の様子は展示として見ることもできる。多くの人に見られることは深海生物研究を理解してもらう上で重要である。飼育担当者は水槽の温度管

理とどんなえさをどれだけ与えればよいのかに心を砕く。たとえばチューブワームの場合は最適な硫化水素濃度がないと衰弱するため、その割り出しに苦労しながら飼育ノウハウを模索中である。

京急油壺マリンパークは相模湾の海洋深層水の汲み上げを行っているため、それを活用し「海洋深層水館」で深海生物を飼育している。これまでも独自にスポットテッド・ラットフィッシュを皮切りに、ピクニン、アカタチ、キアンコウ、トリノアシ、オウムガイ、オキナエビスガイを展示。今回のサンプリングからはエソイバラガニを飼育しながら展示も試み、3月以降ユノハナガニ、チューブワームの一種サツマハオリムシが加わる。暗い深海に生息する生物をわずかながらも光のある展示水槽に慣れさせることと、深海の環境は水質が安定していると考えられているので、特にカニなどの無脊椎動物について一定の水質が保たれるよう水質管理に気をつかうという。

今までは写真や映像でしか見るのでできなかった深海生物だが、この2館では生息環境を模した水槽で生きた姿を見ることができるので、訪れる人々に深海底という環境への理解も深めてもらえることが期待される。



罠で捕獲されたエビの仲間とゲンゲの仲間



今回のサンプリングではムラサキヌタウナギも捕獲された



新江ノ島水族館・深海コーナーの水槽



展示中のチューブワーム



地球深部探査船「ちきゅう」 初のコアサンプル採取に成功

2005年度に予定された
システム総合性能試験が無事に終了
掘削船として優れた性能を確認



取材協力：
佐賀 肇 室長
地球深部探査センター
運用管理室

統合国際深海掘削計画(IODP)の主力掘削船として活躍が期待されている地球深部探査船「ちきゅう」は、2007年からの本格運用に向けて、現在、試験運用が進められている。2005年度の試験運用では、本格的な掘削試験前の船体システムおよび掘削機器などの基本的な機能を確認するとともに、各システムを安全かつスムーズに運用するために必要な機器の調整や操作ノウハウに関する知見の蓄積が大きな目的とされていた。数ヵ月に亘って行われた様々な試験・訓練は順調に進み、11月下旬には、下北半島東方沖海域、水深約1,200mの海底から、「ちきゅう」による初めてのコアサンプル採取にも成功した。



ドリルフロアで行われるドリルパイプの接続作業の様子。作業はすべて自動化されており、ラフネックと呼ばれる作業員は、機器の動作確認などサポート的な業務を行う

本格的に開始された 「ちきゅう」の試験運用

2005年7月末に完成した地球深部探査船「ちきゅう」の本格的な試験運用が、同年10月中旬に始まった。すでに、8月以降、長崎沖、駿河湾、房総沖において操船訓練やDPS(自動船位保持システム)などの機器の試験・訓練が行われていたが、掘削機器をはじめとする船上搭載機器を総合的なシステムとして海上で操作する試験・訓練は、今回が初めてだった。

10月16日に青森県・八戸港から出航した「ちきゅう」は、下北半島東方沖約60kmの海域において様々な試験・訓練を行った。なかでも、今回の試験運用の大きな目的とされていたのは、システム総合性能試験の実施だった。「ちきゅう」に搭載された個々の機器については、建造時のコミッショニングにおいて、すでに性能や安全性の検証が行われている。システム性能試験では、これらの機器を実際の運用者

が総合的なシステムとして実際に洋上で運用するなかで、不具合や安全面において問題がないかどうかを確認し、作業マニュアルや保守管理マニュアルなどの検証を行うことが主なねらいだ。システム性能試験は、①操船(DPSを含む)、②パイプハンドリングを中心とした掘削機器システム、③泥水システム、④噴出防止装置(BOP)ハンドリング、⑤廃泥水処理システムの5項目に関して行われた。

「ちきゅう」の操船は、水平方向に360度回転する推進装置(アジマススラスト)6基と船首のサイドスラストによって行われる。つまり、「ちきゅう」には舵がないのだ。また、船底の形状がほぼ平らであるなど、一般的な船とは構造も操船の方法も大きく異なっている。これは、「ちきゅう」が掘削作業中1点に正確に留まり続けることを主要な目的としているためだ。試験運用では、定点を保持するDPS試験とともに、一部のスラスタを格納しての航



パイプハンドリングの作業機器は、すべてドリルハウスのなかから遠隔操作される



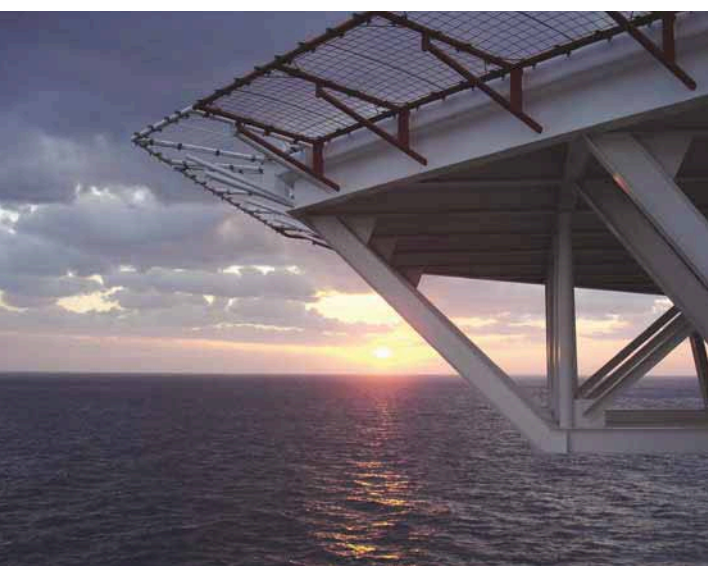
ドリルパイプ4本を連結し、デリック内のラック(フィンガーボード)に収納



船体の中央に開けられたムーンプールからドリルパイプを海中に降下する

海操船や掘削パイプを吊り下げた状態で航走するなど、様々な状況に応じた操船の試験・訓練が行われた。そして、今回の試験運用において、風速30m/s、波高4mという状況下でも確かな能力を発揮できることが確認された。

掘削機器システムに関しては、船上でのドリルパイプの組み立て作業をはじめ、ドリルパイプを海中に降下させるなどの試験・訓練が行われた。「ちき



「ちきゅう」のブリッジ付近からの眺め。右上はヘリコプターデッキ



コア採取試験でコアビット、コアバレルなどを接続したパイプを海中に降下させる様子



ドリルパイプを水深1,200mの海底まで降下し、コア採取が行われた



ピストン式コアバレルによって採取され、船上に回収されたコア試料

ゅう」には10,000m分のドリルパイプが搭載されており、1本9.5mのドリルパイプをパイプラックからドリルフロアに運び、吊り上げたパイプを4本連結して38m（1スタンド）のドリルパイプを組み立て、これをデリック内部のラックに立てかけていく作業が連日行われた。こうしたパイプハンドリングの作業は、すべてが自動化されている。パイプを輸送するトランスファーシステム、パイプを吊り上げるエレベーター、パイプの結合を行うアイアンラフネック、組み立てたパイプを移送するパイプラッカーなど、多くの機器が連携して掘削作業が行われる。これらの機器をひとつの総合システムとして安全かつ効率的に作動させることが、今回の試験運用の重要なポイントだった。

泥水システムに関しては、ライザー掘削に欠かせない特殊な泥水をつくるための調泥材（バライト、ベントナイト等）280トン陸上（岸壁）のバルクステーションから船内に移送し、実際に船内で泥水をつくり、船上の泥水管理機器に循環させるなどの試験・訓練が行われた。

BOP降下ハンドリングについては、

下北半島東方沖の海況悪化が予想されたため、同海域での試験運用が終了した後に、駿河湾沖で実施された。ライザーパイプにBOPを結合し、海中の深度約100mまで降下させる試験・訓練が行われた。

廃泥水処理システムは、ライザー掘

削で掘削屑とともに船上に戻ってきた泥水中の不要物を、濃縮・乾燥させて廃棄物にするためのシステムだ。船内には、そのための巨大なプラントが設置されており、生活排水などもこのプラントで処理される。取り出された不要物は、このシステムによって、固形



今回の試験運用において「ちきゅう」で初めて採取された海底表層のコア試料（半裁）



採取されたコア試料は、ドリルフロアから研究区画（右）に移送される



コア切断エリアで1.5mに切断され、運ばれるコア試料

物・油・水の3つに分けられる。そして、水は船内で再利用され、他は陸上に移送されて最終処分が行われる。試験運用では、実際に作泥された泥水等を使用して処理システムを稼働させる試験・訓練が行われた。

今回の試験運用は、掘削船としての第三者機関の検証を受ける機会でもあった。その結果、「ちきゅう」は掘削船として高い評価を受け、世界でもトップレベルの性能を持つ掘削船であることが実証された。

「ちきゅう」による初のコア採取に成功

試験運用の一環として、11月22～28日には、ハイドロリックピストンコアラを用いたコア採取試験が行われた。これは、パイプ内に高圧をかけてインナーコアバレルを地層に突き刺し、内部に取り込まれた試料と一緒にインナーコアバレルを引き抜く方法。堆積層などの比較的柔らかい地層でのコア採取に適している。



半裁したコア試料を詳しく観察する様子

先端にコアビット、ドリルカラーなどを接続したドリルパイプを連結し、「ちきゅう」から水深約1,200mの海底まで降下させ、初めてのコア採取が実施された。コア採取試験は2ヵ所で行われ、長さ約50mと約70mのピストンコアの採取に成功した。

船上に回収されたコア（1本9m）は、直ちにコア切断エリアに移送され、長さ1.5mに切り分けられて、研究区画に運び込まれた。そして、X線CTスキャナーによる非破壊撮影をはじめ、様々な物性測定が行われ、コア解析とともに船上研究・分析機能の試験が行われた。解析の結果、コア採取を行った表層地層（海底下50mおよび70m）は、主にオリーブ色をした珪藻質泥岩で、そのなかに火山灰層を含んでいることが確認された。そして、河川が運んだ粘土・砂、海洋プランクトン、火山の噴出物などが堆積した地層であることが分かった。こうした地層は陸地の縁辺部に広く見られ、このコア試料の詳しい解析によって、現在から20～



コア採取試験に立ちあったCDEX・平センター長（左）と船上代表者（OSI）・山本清孝調査役



X線CTスキャナーで採取されたコア試料の内部構造を調べる



採取されたコアは様々な機器で詳しい測定が行われた

30万年間までの東北地方の気候変動記録が解読できる可能性があると考えられる。さらに、今回コア採取試験を実施した海域の地層が、2006年度に予定されているライザー掘削を行う際のBOP設置に関して十分な支持強度を持っていることも確認された。

「ちきゅう」は2005年度に予定されていた試験運用を終え、長崎の造船所に入り、各機器類の点検などを行うとともに、2006年度に予定されているライザー掘削を行うために必要なセメンティングユニットの搭載、無人潜水機搭載のためのサポート設備の建造が進められている。

「海流予測の展開」 ～黒潮の予測に挑む～

(2005年8月20日 海洋研究開発機構 横浜研究所 第36回地球情報館公開セミナーより)

独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターでは、日本近海の海流をリアルタイムで予測・解析しています。大気変動のリアルタイムな予測は天気予報ですが、私たちが行っているのは、いわば海流の天気予報です。天気予報と同様に人工衛星や船などから得た観測データを海洋の物理法則を記述した海洋大循環モデルというプログラムに入れて計算し、仮想的な海流を作り出してその振る舞いを予測します。今日は私たちが予測している海洋大循環モデルと、その研究対象である黒潮のしくみについてお話します。



宮澤 泰正 研究員
地球環境フロンティア研究センター
気候変動予測研究プログラム
気候変動モデルグループ

1967年長野県生まれ。京都大学大学院修了後、2004年4月に独立行政法人海洋研究開発機構へ入所し、現在は地球環境フロンティア研究センター研究員。専門は環境流体の数値シミュレーション、特に海洋に関する数値シミュレーション。現在は黒潮変動の力学、数値海況予報が主なテーマ。

海洋大循環モデルと黒潮予測

世界の海流の概念図を(図1)に示したように、黒潮は北太平洋の南半分を時計回りに大きく回る亜熱帯循環の西側の一部です。

2004年、日本南岸の黒潮が10年ぶりの大蛇行を起こして話題となりました(図2)。その年の春には直進していた流れが夏には大きく南に蛇行し、しばらく安定した状態が続きました。黒潮はかなり以前からこうした蛇行を繰り返していたものと思われますが、

初めての科学的な観測記録は今から150年前、ペリーが黒船と共に来航したときです(図3)。100年前からは大蛇行・非大蛇行の遷移が明確に確認でき、それによると大蛇行が生じやすい時期と生じにくい時期が約20年の周期で移り変わっているようです。黒潮大蛇行は、同様な変動周期を持つ北太平洋全体の気候変動と関係しているのかもしれない。2004年の大蛇行は現在、消滅していますが、数十年スケールで見ると大蛇行が生じやすい時期

に突入しているのかもしれません。これは今後の研究で分かると思います。近年では1975年にも十数年ぶりの大蛇行があり5年ほど続きましたが、これを機に日本の黒潮大蛇行の研究は著しく発展しました。

では、海洋大循環モデルによる2004年の黒潮の予測を、実際の観測データと比較してみましょう。2004年6月末のモデルによる海面水温分布では、矢印の部分に蛇行の種が表現できています(図4)。その12日後の分布予測では、観測データの図に比べモデルの方が蛇行の成長が少し早いようです。さらに22日後、モデルの黒潮はかなり大きな蛇行を予測していましたが、観測データではまだ成長の段階です。そして53日後、モデルの蛇行が大きく成長しています。観測データでもかなり蛇行が成長しており、大蛇行になっていることがわかります。私たちは現在も週に1度、予測を更新し、観測データをもとに修正しながら黒潮の予測を続けています。しかし、こうした予測にも限界はあります。黒潮でいえば、2カ月くらい先まではほぼ予測できると考えています。

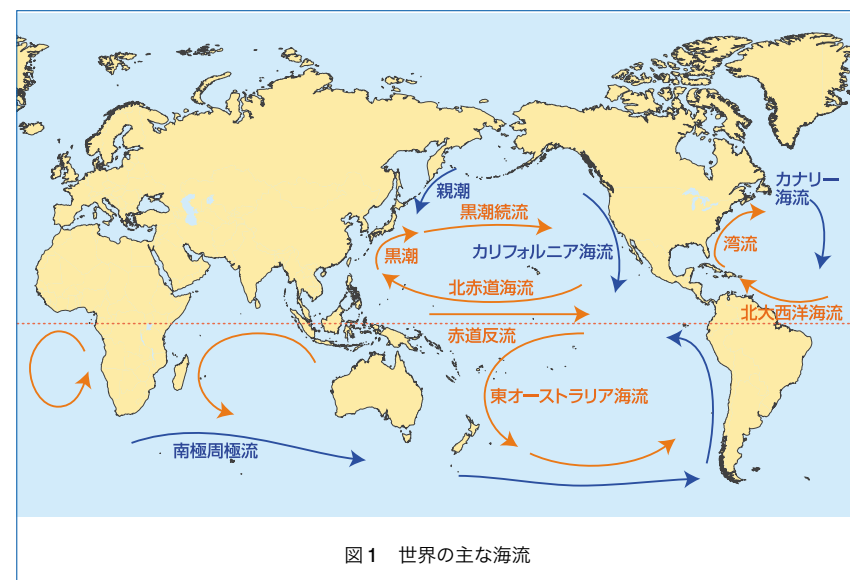


図1 世界の主な海流

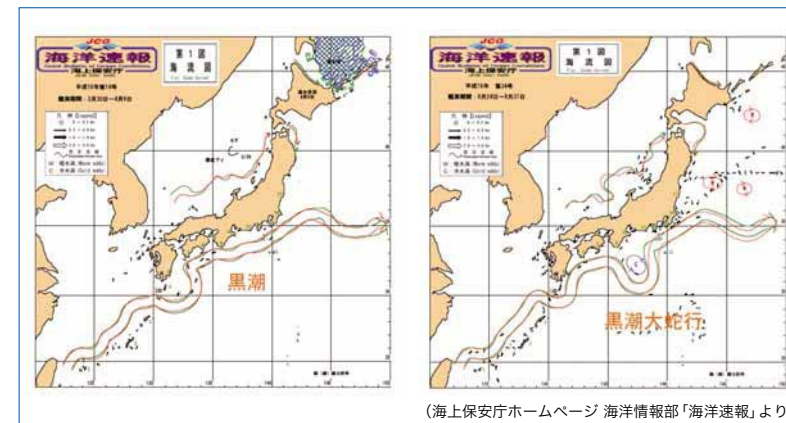
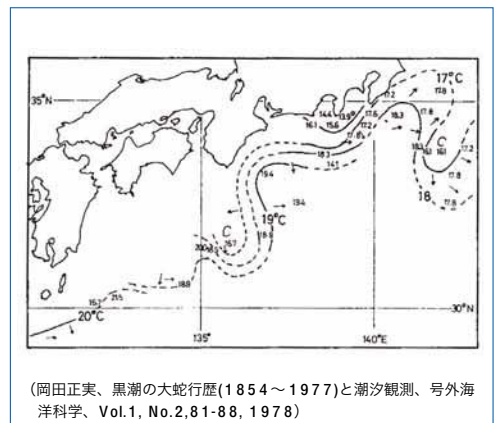


図2 2004年に発生した黒潮の大蛇行
左は2004年3月下旬頃の状態。約5カ月後には右のように紀伊半島沖に大きな蛇行が確認できる



(岡田正実、黒潮の大蛇行歴(1854～1977)と潮汐観測、号外海洋科学、Vol.1, No.2, 81-88, 1978)

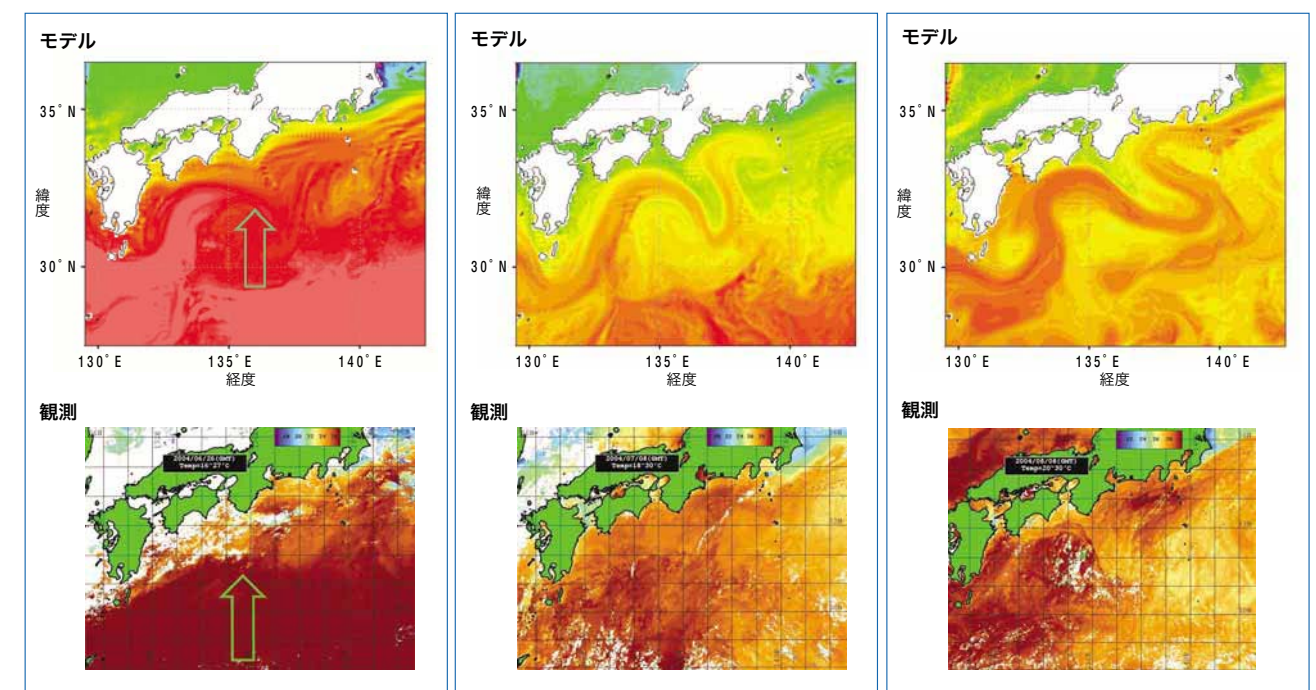
図3 黒船の観測した大蛇行
今から150年前、黒船艦隊が観測した大蛇行。西側が異常に離岸しているのがよく分かる

海流のしくみ ～コリオリの力～

それでは、黒潮のような海流はなぜ起きるのでしょうか？ 北太平洋を例にとると、偏西風と貿易風という強い風の効果により、海面は北太平洋の中央で盛り上がります。盛り上がった水は外側へ流れてしまうように思えますが、地球の自転の力「コリオリの力」が働いて、盛り上がった水の圧力と釣り合うような流れが生ずることによって平衡に近い状態となり、大きな時計回りの渦が生まれます。これが亜熱帯循環で、黒潮もその西側の一部です(図5)。海流のような地球規模の流体はこのような渦の運動で考えます。コリオリの力(転向力)は、座標系が回転しているときに現れる「見かけ上の力」で、物質の運動方向に対して直角に働き、その大きさは速度に比例します。

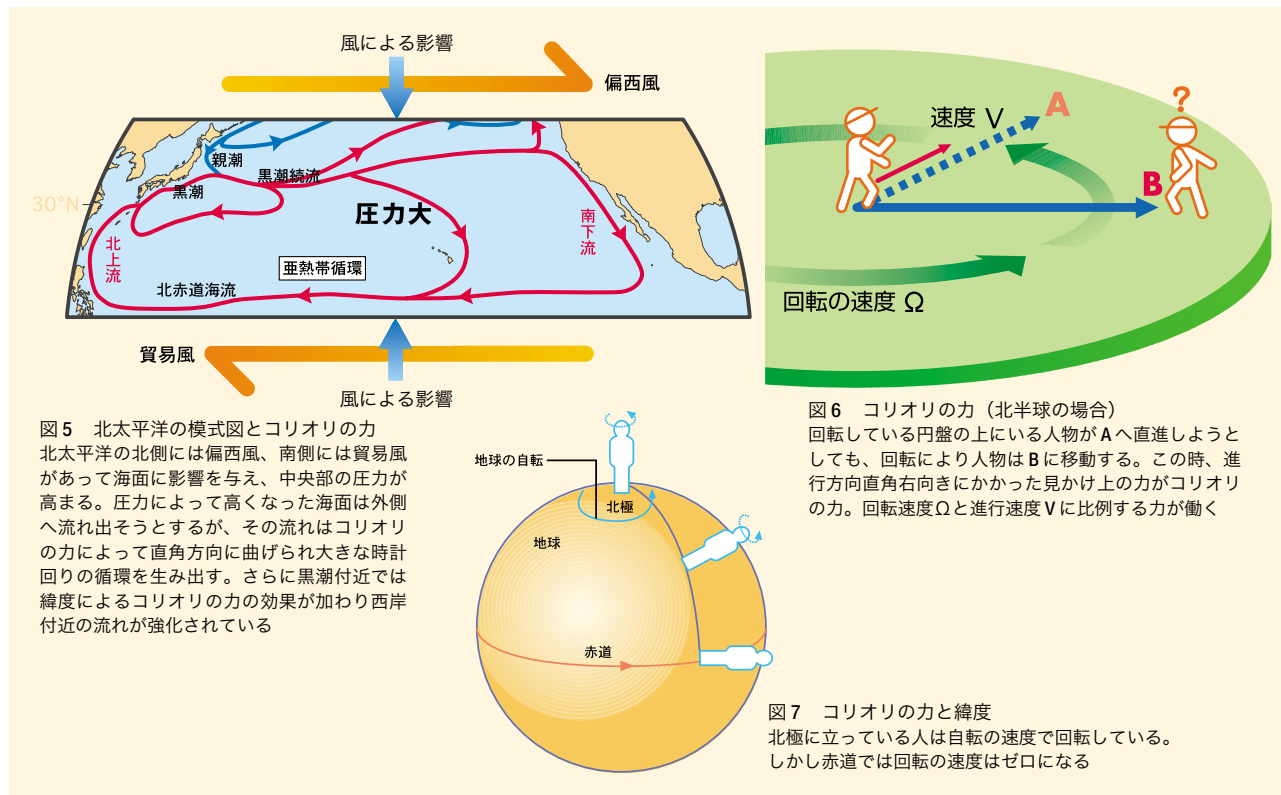
り合うような流れが生ずることによって平衡に近い状態となり、大きな時計回りの渦が生まれます。これが亜熱帯循環で、黒潮もその西側の一部です(図5)。海流のような地球規模の流体はこのような渦の運動で考えます。コリオリの力(転向力)は、座標系が回転しているときに現れる「見かけ上の力」で、物質の運動方向に対して直角に働き、その大きさは速度に比例します。

地球は北極から見ると反時計回りに自転しています。仮にある人が反時計回りに回転する円盤の上に立ち、直進したとします。すると、その人自身は回転を感じなくても、外から見れば円盤の回転によって進路は右にずれます。このとき、この人にかかった直角右向きの力、これがコリオリの力です(図6)。地球が1回転する時間(24時間=86,400秒)を、現象の生じる時間で



(下段：三重県科学技術振興センター水産研究部ホームページ 人工衛星海況情報より)

図4 2004年の大蛇行 モデル予測と観測データによる海面水温の比較
左から予測を開始した2004年6月27日、その12日後、53日後の様子。上段がモデル予測、下段は観測データ共に矢印の部分に蛇行の種が表現されている

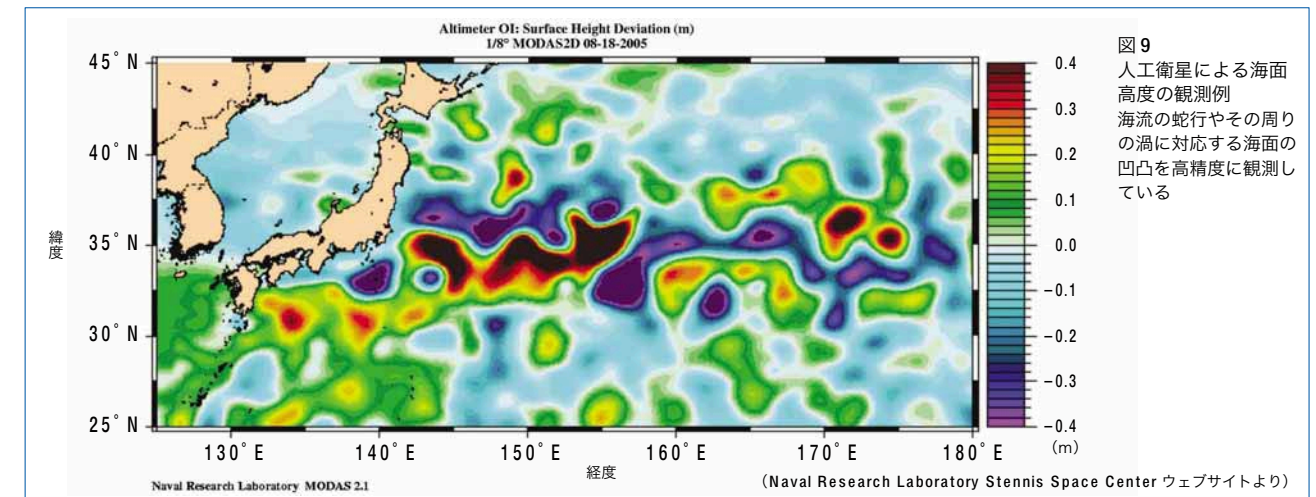
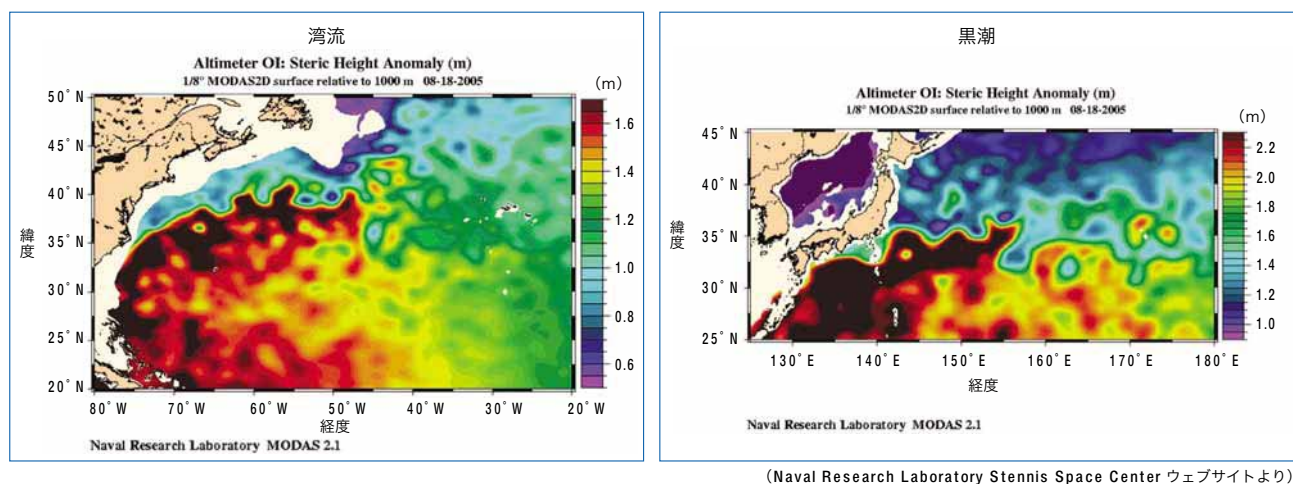


割った値が1より小さくなると、この力による回転の効果が効いてくると考えることができます。黒潮は50～100kmの大きな幅を持つ流速約2m/sに達する速い海流ですが、地球から見ると非常にゆっくりとした動きです。このように、非常にゆっくりと長い時間をかける現象にはコリオリの力が大きく影響を与えるのです。

黒潮のできるわけ

さらに、地球は回転する球面です。ある人が北極に垂直に立てば自転の速度でコマのように回ります。ところがそのまま南下して赤道に行くと、その人は地球の円周に沿って移動はしますが、地面に対するコマのような回転運動はゼロになります(図7)。地球が球面であるために、緯度によって回転の効果が異なるのです。ここで再び、先

ほどの北太平洋の図で考えてみます。北太平洋には大きな時計回りの流れがあり、その西側で流れは赤道から北極に向けて北上します。ここで先ほどの緯度の効果が働きます。北太平洋の東側では南下する流れが伴う反時計回りの回転と風による時計回りの回転が釣り合いますが、西側では海流が赤道から北極に向けて北上する際に時計回りの回転を伴います。これが、風による



時計回りの流れをさらに強め、非常に強い流れの黒潮を生じさせるのです。このように、大きな循環の西岸で生じる強い流れを西岸境界流といい、大西洋にも湾流(メキシコ湾流)という有名な西岸境界流があります。これを黒潮と比較してみます(図8)。似ていますが、大蛇行に関しては様子が違います。湾流では蛇行は生じやすいのですが非常に変動が激しく、蛇行の寿命は20～30日ほどです。一方、黒潮の大蛇行は発生すると数カ月から1年以上は安定した状態を保ちます。これは2つの流れに物理的な条件の違いがあるからです。湾流は陸地の影響を受けない自由な流れで、近海に顕著な海嶺も存在しません。湾流に対応するのはむしろ黒潮の離岸後の流れ(黒潮続流)であるといえます。ところが黒潮は陸地にへばりつくように流れ、しかも伊豆海嶺という浅い地形があります。恐らく黒潮の安定した蛇行には伊豆海嶺が影響を与えていると思われます。

海流予測と観測データ

海流予測の研究は、ごく最近始まったばかりで、天気予報に50年近く遅れをとっています。それにはいくつかの理由があります。まず、コンピュータの能力の問題です。数千km規模の

現象である偏西風などに比べ、海流は数百km規模の現象です。予測モデルは地球を格子状に分割してそれぞれに物理計算を当てはめて予測を行います。小さい現象の計算にはそれだけ細かい格子をたくさん作る必要があります。これまでコンピュータの能力が足りませんでした。それから、大気と比べ海洋の観測は難しく、観測データがまったく不足していました。さらに、天気予報などの身近な予測に比べ、海流予測などに対する一般の関心もそれほど高くありませんでした。

しかし現在は、人工衛星から日々海の観測データが送られ、膨大な計算もスーパーコンピュータで処理できるようになりました。そして、地球温暖化問題が注目されたことで、気候変動にとって極めて重要な海洋循環といった現象にも社会の関心が向き始めています。10年ほど前からはNASAの人工衛星が常に海面高度を観測し、毎日データを地上に送ってくるようになっていいます。現在では海面の高さを数cm単位で観測することができ、これによって海洋大循環モデルによる数値海況予測も可能となりました。海面は海面下の水温や塩分の様子にしたがって、隆起したり沈降したりしています。つまり、海面の高さを測ることで海面下の水温や塩分の様子を知ることができ

るのです(図9)。もちろん、観測ブイや船舶などを使った海面水温や塩分濃度などのデータも重要です。このような観測データは、黒潮やその周りの渦などの現在の位置を知り、海洋大循環モデルによる予測の出発点となる初期状態を与えることに非常に役に立ちます。予測の結果は初期状態に大きく影響されるので、観測データが入るたびに初期状態を少しずつ更新して誤差をその都度減らしながら予測を続けていきます。

海流予測の展開

私たちの海流予測は、ウェブサイトですぐに最新の情報を提供し、数値データそのものも大学などの研究機関に利用していただいています。そして、このような海流の予測は社会生活にとって有益な情報提供となる可能性があります。海流と海洋生物の関係に着目すれば漁業での応用も期待できますし、海流を航路選定に利用して燃料を節約できれば海運業に役立つかもしれません。数百m、数十mという小さな規模での予測が可能になれば、湾内の潮位などを予測してレジャー情報に使えるかもしれません。今後は海流予測の精度をさらに高めていくとともに、その成果を人々の暮らしに役立てる可能性を探っていきたいと考えています。

TOPICS

沖縄美ら海水族館で
深海の写真パネルを常設展示

今月の「Aquarium Gallery」でもご紹介した「沖縄美ら海水族館」は、世界最大級の水槽を使ったジンベエザメ・マンタの複数飼育などで知られるが、実は深海の展示にも力を入れている。琉球列島は大陸棚が狭く、周辺を非常に深い海に囲まれているからだ。そこで1階を沖縄周辺の深海を再現するフロアとし、常設展示として、貴重な宝石サンゴやドウケツエビ、飼育成功例のないナガチカマスや発光エビ類などの深海性生物約70種を展示する「深層の海」、十数枚の写真パネルや映像で深海を学ぶ「深海探検の部屋」などのコーナーを展開している。この「深海探検の部屋」の解説パネルの制作には、海洋研究開発機構が全面的に協力している。無人探査機などによって撮影した貴重な深海生物の生態写真のほか、有人潜水調査船「しんかい6500」による深海調査や熱水鉱床の様子なども写真と共に紹介されている。沖縄に行く機会があったら、ぜひ足を運んで欲しい。



●沖縄美ら海水族館
TEL:0980-48-3748
(財団法人 海洋博覧会記念公園管理財団 海洋博公園事業センター)
ホームページ: <http://www.kaiyohaku.com/>

海と地球のQ&A



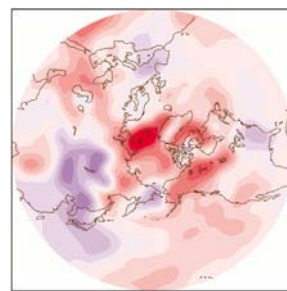
2006年1・2月号の特集(12～13ページ)で気候変動について紹介されていましたが、地球は温暖化しているといわれるのに、今年の冬がとて寒かったのはなぜですか。
(千葉県 O.Mさん 高校生)



気象庁は、日本の年平均気温は100年あたり1.06℃の割合で上昇していると発表しています。温暖化というのは、こうした長期的な傾向です。それに対して、短期的・局地的な気候は複雑に変動し、寒くなる年もあれば、暖くなる年もあります。実際に日本では1980年代以降、それ以前の1950～70年代に比べて、寒さ暑さの変動の幅が大きくなっているといわれます。

ここ10年ほど、日本は暖冬傾向にありました。ところが、今年の冬(12～2月)、なかでも12月は、全国的に記録的な低温で、月平均気温平年偏差は東日本で-2.7℃、西日本で-2.8℃と、1946年の地域平均の統計が始まって以来の低さでした(1月中旬以降は寒暖の変動が大きくなり、暖かい時期もあったことから、冬全体の平均気温は平年よりやや寒い程度でした)。12月から1月中旬の厳しい寒さの原因は、前号の記事で紹介した北極振動の影響ではないかといわれていますが、もちろんそれだけですべてを説明することはできません。気象庁は、北極振動に加えて、熱帯域(西部太平洋赤道域)の上昇流が活発になり、その大気の流れの影響で偏西風の蛇行が強化され、寒気の流入が強まったことを挙げています。さらに長い目で見れば、それ以外の原因もみつかるかもしれません。つまり、局地的な気候は、様々な要因が複雑に相互作用した結果なのです。気候変動を理解するためには、こうした相互作用をひとつひとつ紐解きながら、その要因を見つけていかなければなりません。

(取材協力: 地球環境フロンティア研究センター 本田 明治 研究員)



2005年12月の月平均地上気温の平年値(1971～2000年)からの偏差(℃)

BOOK

『海の休日 出会いを楽しむ 海中ミュージアム』

楚山 いさむ/写真・文
山と溪谷社/刊
1,680円(税込)

ページを開いて、まず圧倒されるのが写真の多さだ。しかも、写真はすべて著者撮影による生態写真。収録されているのはイカやタコ、カニやエビ、ウミウシ、貝、サンゴなど海の無脊椎動物ばかり。天然色で再現されたたくさんの生き物たちが、ページからはみ出さんばかりの迫力でうごめいている。両手に挟んだイソギンチャクを懸命に振るキンチャクガニ、貝殻から飛び出

したマガキガイのお茶目な目…。彼らの動きやチャームポイントには、連続写真やズームアップでぐいぐい迫っている。

誌面は、砂地、岩礁地、サンゴ礁のフィールド別に構成され、さらに生物の種類ごとにページをまとめている。巻末には学名を添えた索引もつき、写真に添えられた実物大と比較した倍率表記も親切だ。海に行かずとも、磯の香りを満喫できる1冊。



研究の現場から

船上の万能ツール、ロープの世界

船の速度をあらわす単位「ノット」、これは本来「結び目(Knot)」という意味だ。昔、船の速度は等間隔に結び目を作ったロープを海に流し、一定時間に繰り出す結び目の数で測った、その名残だ。船とロープは昔から切っても切れない縁がある。

ロープとは繊維をより合わせたものだが、その素材や形状は多種多様だ。現在は耐久性のある化学繊維ロープが主流だが、船を誘導する水先人が使うパイロットラダーには、すべりにくく水に浮くマニラ麻ロープが使われる。船の係留は強度のあるナイロン製ホーサーロープを使う。今回取材した「かいよう」も3,385トンの巨体を8本のホーサーで岸壁に繋がれていた。この「かいよう」は、アンカーもワイヤロープで打つ。この船は当初、海底居住実験のために開発されたため、被験者の安全のために確実な定点保持が求められた。そのため、浅瀬など自動制御の難しい海域でも、

船首、船尾の両舷、計4カ所からアンカーを打ち、定点保持を行う必要があったが、鎖は重くて場所をとる。そこで、収納性の高いワイヤロープが選ばれ、それが今でも使われているのだという。

ロープの結び目も数え切れないほどあるが、中でもキング・オブ・ノットと呼ばれるもやい結びは、結び目が締まらなくてほじけない。船の係留や体の確保など、あらゆる場面で使う船乗り必須の結びだ。さらに万全を期す場合は、アイ・スプライスといって、ロープをほぐして編み直し、結び目のない輪を作ることでもできる。

船には不可欠のロープだが、時には凶器にもなる。何トンもの張力がかかったロープが切れると、人間の体を切断できるほど強い力で跳ね返る。船上でのロープを使った作業は、ロープが切れたらどちらに飛ぶか、常に考えて行動しなければならない。

操作性がよく柔軟で、結びさえ覚えればどんな場面にも臨機応変に対応できるロープは、これからは船上のキング・オブ・ツールとして君臨することだろう。



(写真A) 様々なロープ。右から3番目がアイ・スプライス
(写真B) この程度のナイロンロープなら新品で約200トンの力に耐える。「しんかい6500」もロープを使えば船体を痛めずに吊り上げられる
(写真C) 山下ふ頭にて停泊中の「かいよう」。この巨体を繋ぎとめているのは前後8本のロープだけだ
(写真D) 「キング・オブ・ノット」、もやい結び。結び目がほどけず、右の輪も締まらないのが特徴

『Blue Earth』定期購読のご案内

定期購読のご案内 URL:
<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/regular/index.html>

定期的にお手元に届く“定期購読”をご利用ください。お申し込みは、以下の内容を明記のうえEメールかFAX、もしくはハガキにてお願い致します。購読するためには、
定価(1冊300円)+送料(実費)が必要となります。
(当機構指定口座への振込の場合は、その手数料もご負担いただきます)

郵便番号・住所・氏名・所属機関名(学生の方は学年)・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

最初にお届けする号に同封する請求書に基づき、その号から年度最終号の3・4月号までを一括で当機構指定の口座にお振り込みください。
(請求書発行日の翌月末までの平日に限り、横浜図書館でも請求書持参のうえでお支払いいただけます。その際は手数料は必要ありません。なお、年末年始などの休日は受け付けておりません。詳細はお問い合わせください)

●お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 情報業務課 『Blue Earth』編集室
TEL: 045-778-5350 FAX: 045-778-5424
E-mail: info@jamstec.go.jp

※定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号の3・4月号までとさせていただきます。申込日以前に発行されたバックナンバーの購読をご希望の方はあらかじめお問い合わせください。バックナンバー参照URL: <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/publication/index.html>
※1年度あたり6回発行
※お預かりした個人情報、は『Blue Earth』の発送や確認のご連絡等に利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。



プレゼント Present



前（胸元にプリント）



後（背に大きなプリント）

JAMSTECオリジナル 有人潜水調査船「しんかい2000」 Tシャツ

日本で初めての本格的な潜水調査船であり、長年にわたって日本の深海研究の発展を支えた、有人潜水調査船「しんかい2000」のJAMSTECオリジナルTシャツです。今回はこの「しんかい2000」Tシャツを6名様にプレゼントいたします。Tシャツには「しんかい2000」のキャラクターがプリントされており、サイズはXLです。なおこのTシャツは現在、販売されておられません。

●メールでもご応募いただけます。

応募方法

ハガキ、メールどちらも、1. プレゼントの品名、2. 氏名、3. 住所（郵便番号も含む）、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・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、**2006年4月28日（金）**です（ハガキの場合は当日消印有効）。なお、当選者発表は、発送をもってかえさせていただきます。

応募先

〈ハガキ〉
〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 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
〈メール〉
info@jamstec.go.jp
『Blue Earth』編集室プレゼント係

※お預かりした個人情報は、プレゼントの発送または確認のご連絡のために利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。

編集後記

今月号の特集「海洋観測の世界」はいかがだったでしょうか？ 海洋観測といえば、その観測機器の進歩には目を見張るものがあります。XBT（投棄式水温計）が一般的になって既に25年以上が過ぎ、近年ではXCTD（投棄式水温塩分計）やADCP（超音波流向流速計）のような便利で精度の高い観測機器も普通に利用されるようになり、ARGOフロートなどの高度な自動計測機器も実用化されました。

しかし、XBTが出回るころより前は、海中の水温を測る道具としては、せいぜいが、水銀式の転倒型温度計やメカニカルBTなどでした。また、流向・流速の計測には、船からセンサーのついたケーブルを曳航するGEK（電磁海流計）

やプロベラ型のものが主流でした。当然、今のようデータがデジタル化されているわけではなく、精度の高い計測のためには、数値の読み取りや補正などに多くの経験の積み重ねが必要とされていました。

今から三十数年前、編集子が学生の頃の話です。実習で、某海洋気象台の観測船が実施した日本海の観測航海に乗船させてもらったことがありました。観測を担当するワッチの時間帯には、一晩中2～4時間毎に停船して、計測機器や採水器をワイヤに取りつけウィンチで降ろし、揚収した後、アナログの記録を目視で全て読み取りました。温度は補正值を使って換算し、塩分は海水の電気伝導度を測って計算し、溶存酸素は海水に試薬を入れ化学的に測るという単調な作業が続くのです。当時観測を担当していた気象庁の技官の方々にとって、常に船酔いの状態にある編集子のような学生は、きっと足手まといになっていたことでしょう。にもかかわらず、いやな顔一つせず、知識のない学生にも海

洋観測の基本や精度向上のコツを懇切丁寧に教えていただきました。また、観測以外にも大時化の恐ろしさ、夕日の美しさ、船酔いをなおす方法やイカ釣りのコツまでも教えていただくことができたのは大きな収穫でした。このような経験は、後にJAMSTECにおいて様々な場面で大いに役だったと今になって思い出されます。

現在、JAMSTECの船舶には、多くの海洋観測のスペシャリストである観測技術員が乗船し、常に精度の高い観測データを入手することができ体制となっています。さらに、遠い将来には、観測機器の自動化がどんどん進み、観測センサーを搭載した無人機が取得したデータを、だれでも陸上に居ながらにして自由にダウンロードできるようになるかもしれません。しかし、そのような時代がきたときに、研究者にとってそれらのデータは単に水温や塩分を示す数字の羅列にしか見えず、背景にある海洋の厳しさ、楽しさ、美しさが忘れ去られてしまうことを危惧しています。（T.T）

賛助会（寄付）会員名簿

独立行政法人海洋研究開発機構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18年3月現在

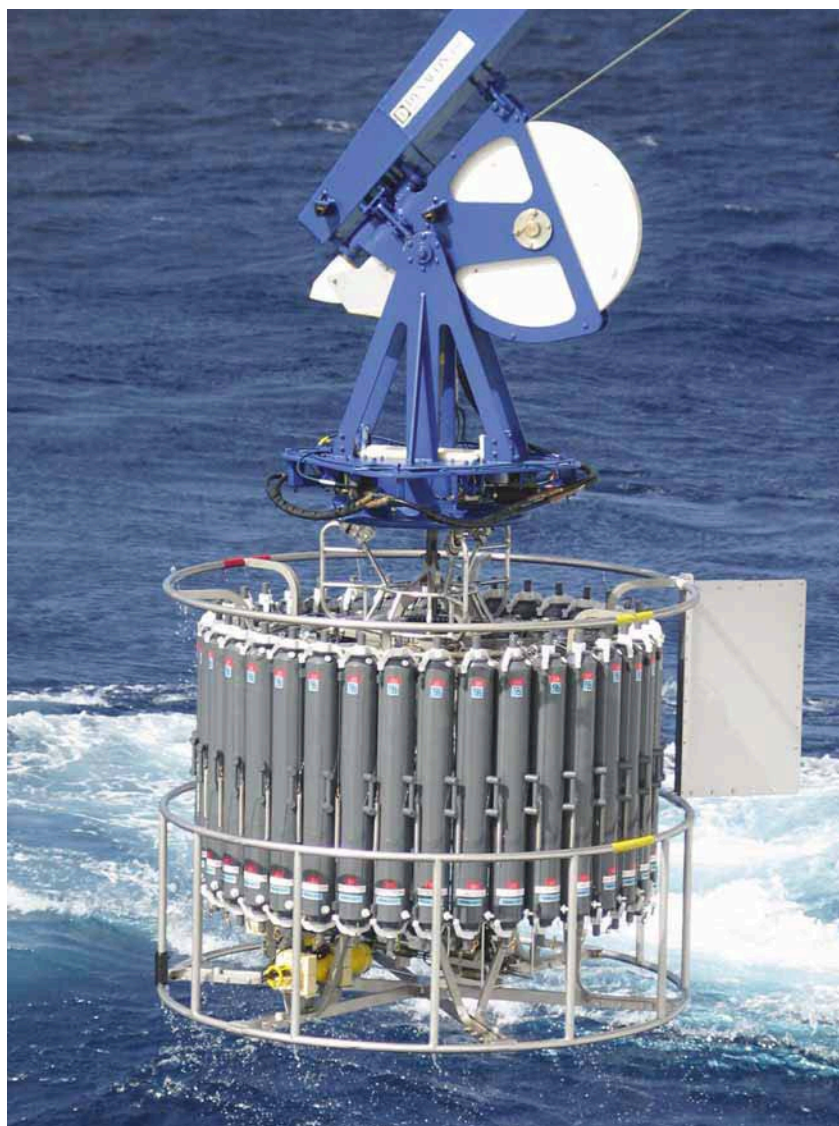
株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	有限会社システム技研	ニッセイ・エンジニアリング株式会社
アイワ印刷株式会社	シナネン株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社
株式会社アクト	清水建設株式会社	日本SGI株式会社
株式会社アサソーディ・ケイ	株式会社商船三井	株式会社日本海洋科学
株式会社浅沼組	株式会社湘南	日本海洋掘削株式会社
アジア海洋株式会社	昭和ベトロリウム株式会社	日本海洋計画株式会社
石川島播磨重工業株式会社	社団法人信託協会	日本海洋事業株式会社
泉産業株式会社	新日本海事株式会社	社団法人日本ガス協会
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	新日本製鐵株式会社	日本興亜損害保険株式会社
栄光電設株式会社	新菱冷熱工業株式会社	日本サルヴェージ株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	須賀工業株式会社	社団法人日本産業機械工業会
株式会社NTTデータ	鈴鹿建設株式会社	日本水産株式会社
株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ	スプリングエイトサービス株式会社	日本電気株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	住友電気工業株式会社	日本飛行機株式会社
株式会社OCC	清進電設株式会社	日本ヒューレット・パッカード株式会社
オートマックス株式会社	セナーアンドバーンズ株式会社	日本無線株式会社
沖電気工業株式会社	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社	日本郵船株式会社
株式会社オーケービリアルティシステム	株式会社総合企画アンド建築設計	株式会社間組
株式会社海洋総合研究所	株式会社損害保険ジャパン	株式会社ハナサン
海洋電子株式会社	第一設備工業株式会社	濱中製鎖工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	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	大日本土木株式会社	株式会社日立製作所
カナダ株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	日立プラント建設株式会社
カヤバ システム マシナリー株式会社	太陽日酸株式会社	深田サルベージ建設株式会社
川崎設備工業株式会社	有限会社田浦中央食品	株式会社フジクラ
株式会社川崎造船	高砂熱学工業株式会社	富士ゼロックス株式会社
株式会社環境総合テクノス	株式会社竹中工務店	株式会社フジタ
株式会社関電工	株式会社竹中土木	富士通株式会社
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	富士電機システムズ株式会社
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	中国塗料株式会社	物産不動産株式会社
共立官財株式会社	株式会社鶴見精機	古河総合設備株式会社
極東貿易株式会社	株式会社テザック	古河電気工業株式会社
株式会社きんでん	寺崎電気産業株式会社	古野電気株式会社
株式会社熊谷組	電気事業連合会	松本徽章株式会社
株式会社クロスワークス	東亜建設工業株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	東海交通株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
ケイジーケイ株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	株式会社マルタン
京浜急行電鉄株式会社	東京海上日動火災保険株式会社	株式会社マルトー
ケー・エンジニアリング株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	三鈴マシナリー株式会社
KDDI株式会社	東北環境科学サービス株式会社	株式会社みずほ銀行
株式会社ケンウッド	東北ニュークリア株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
神戸ペイント株式会社	東洋建設株式会社	三井造船株式会社
国際気象海洋株式会社	株式会社東陽テクニカ	三菱重工業株式会社
国際警備株式会社	東洋熱工業株式会社	株式会社三菱総合研究所
国際石油開発株式会社	戸田建設株式会社	株式会社明電舎
国際ビルサービス株式会社	飛鳥建設株式会社	株式会社森京介建築事務所
小倉興産株式会社	有限会社長澤工務店	株式会社やすだ
五洋建設株式会社	株式会社中村鉄工所	郵船商事株式会社
相模運輸倉庫株式会社	西芝電機株式会社	郵船ナブテック株式会社
三建設工業株式会社	西松建設株式会社	ユニバーサル造船株式会社
株式会社三晃空調	日南石油株式会社	株式会社緑星社
株式会社ジーエス・ユアサ テクノロジー	日油技研工業株式会社	レコードマネジメントテクノロジー株式会社
財団法人塩事業センター	株式会社日産クリエイティブサービス	若築建設株式会社

海と地球の情報誌『Blue Earth』 第18巻第2号（通巻第82号）2006年3月 発行
編集人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 情報業務課 柴田 桂
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 土屋 利雄

本部 ……〒237-0061 神奈川県横浜須賀町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）
高知コア研究所 ……〒783-8502 高知県南国市物部乙200 TEL.088-864-6705（代表）
東京事務所 ……〒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）
国際海洋環境情報センター ……〒905-2172 沖縄県名護市字豊原224番地3 TEL.0980-50-0111（代表）
Washington D.C. Office ……1120 20th street, NW, Suite 700, Washington, D.C. 20036, USA TEL.+1-202-872-0000 FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office ……810 Third Avenue Suite 632 Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543 FAX.+1-206-957-0546

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 株式会社 ミュール

※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



大型CTD採水システム Water Sampling System with CTD

海洋地球研究船「みらい」に搭載された大型CTD採水システム。表紙は、海面に浮上するところをとらえた写真。1本あたり12リットルの採水を行うニスキン採水器36本と、CTD（塩分・水温・深度計）が装備されている。ウィンチで海中に降ろされ、CTDで塩分・水温等を鉛直方向に連続的に測定しながら、浮上する間に鉛直36層の海水を採取する。採水器はパイプ状のボトルで、所定の深度で上下のフタを閉じるにより、海水を封入する仕組みだ。水面近くから海底直上まで、様々な層で直接採水された海水は、塩分をはじめ、溶存酸素・全炭酸・栄養塩などのより高精度な測定に使われる。

独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>