

海と地球の情報誌

# Blue Earth

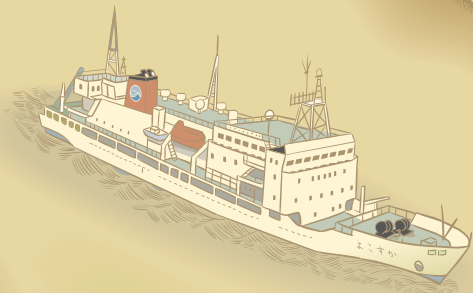
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2009 5-6

ダーウィン生誕200年

海洋調査と

地球科学の発展



北極温暖化の監視に  
活躍する氷上ブイ

ノーベル賞で一躍有名に オワンクラゲ

巨大地震のつめあとが残る日本海溝

フロンで探る海の動き

- 1 **Close Up**  
北極温暖化の監視に活躍する氷上バイ
- 2 **特集**  
ダーウィン生誕200年  
**海洋調査と地球科学の発展**
- 4 『種の起源』を生んだ「ビーグル号」地球大航海
- 6 海洋調査技術の進化
- 8 広がり続ける興味と海洋研究へのチャレンジ
- 10 世界の海洋調査船
- 12 MODE'94
- 13 MODE'98
- 14 BEAGLE2003
- 16 NIRAI KANAI
- 17 SORA2009
- 18 **Aquarium Gallery**  
名古屋港水族館  
ノーベル賞で一躍有名に——オワンクラゲ
- 20 **私が海を目指す理由**  
かんらん岩には地球の歴史が記録されている  
阿部なつ江 地球内部ダイナミクス領域 海洋底ダイナミクス研究チーム 研究員
- 24 **もっと知りたい船の知識**  
海洋調査船「なつしま」
- 26 **深海底を世界一周 第1回**  
深海底から見る地球の姿  
巨大地震のつめあとが残る日本海溝  
藤原換太郎 事業推進部 特任上席研究員
- 28 **Marine Science Seiminar**  
フロンで探る海の動き  
海洋地球研究船「みらい」の成果から  
佐々木建一 むつ研究所 研究グループ 技術研究主任
- 32 **BE Room**  
編集後記  
「Blue Earth」定期購読のご案内  
JAMSTECメールマガジンのご案内

表紙イラスト：丹治美佐子

# Glose Up

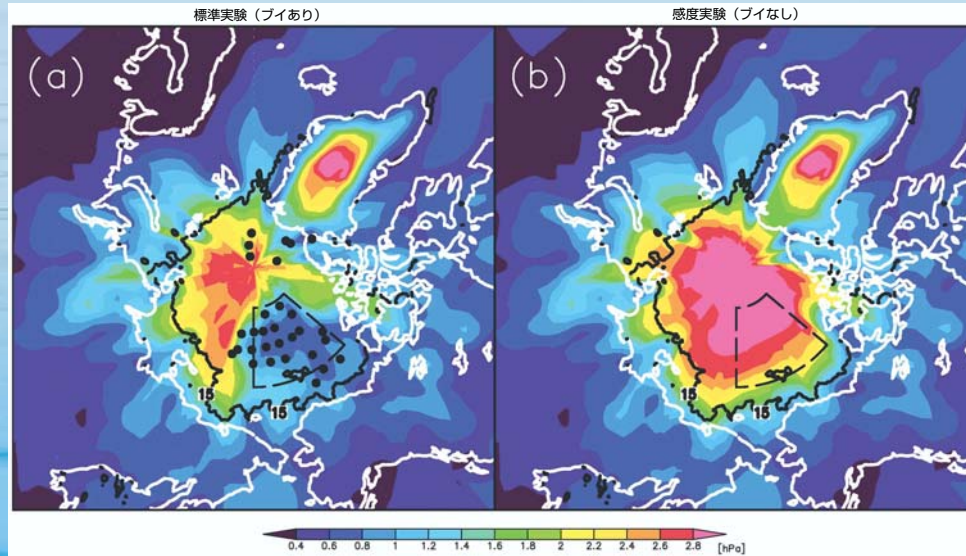
## 北極温暖化の監視に活躍する氷上バイ

北極海は、地球温暖化の影響が最も顕著に表れる場所といわれる。そのため観測やモデル研究によって、北極域の気候システムを明らかにし、変動を予測することは、地球温暖化の監視や予測の検証にとって非常に重要だ。また最近の研究で、北極域の気候は、日本を含む中緯度域の気候にも関連することが分かっており、その意味からも北極域の気候の詳しい理解が求められている。

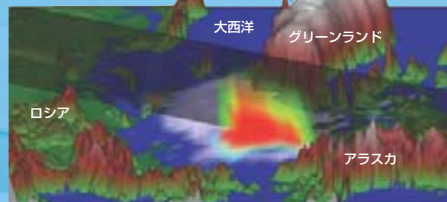
しかし、北極域はそのほとんどが海であるため、陸地のように固定された場所で気象観測を行うことができない。そこで、日本をはじめ欧米諸国の研究機関などは、北極海で形成される海氷にGPS付きの氷上バイを設置し、気圧や気温、海中の水温や塩分などを計測し、衛星通信を通して観測データを集めている（ただし、海氷の移動による流出や氷の融解などにより、長期的な観測は難しい）。こうしたバイが2000年以降は20基以上、近年はIPY（国際極年）によって極域が目ざされたことあって、40～60基ほど展開され、国際北極バイ計画（IABP）によって観測ネットワークが構築されている。そして、バイによって得られた観測データは、数値天気予報や気候研究に不可欠なものとなっている。

そこで、気象庁、海洋研究開発機構（JAMSTEC）、同志社大学からなる研究チームは、氷上バイによる観測データの果たす役割を調べることにした。研究チームは、「地球シミュレータ」の優れた計算能力を生かした「地球シミュレータ用大気循環モデル（AFES）」と、気象庁が開発したデータ同化手法「局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）」を組み合わせ「AFES-LETKF同化システム」を用いて、独自の「大気再解析データセット（ALERA）」を作成した。ALERAは、観測値とモデル予測値とを融合した解析値だけでなく、これまでのデータセットでは提供されなかった解析値に含まれる誤差に関する定量的な情報、つまり解析精度を求められることができるという大きな特長を持つ。これを活用して、氷上バイによって得られた観測データが解析精度に与える影響についての評価を行った。その結果が、右上の図だ。

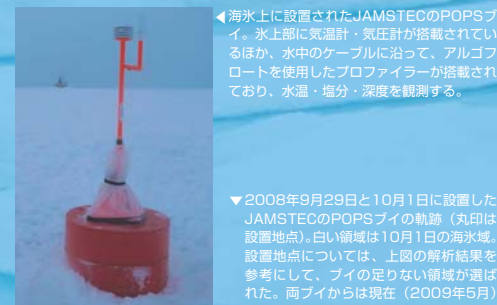
北極海の氷上バイのデータが反映された場合（左）、バイが多い太平洋側北極海側は精度が高く、バイの少ないロシア沿岸域を中心とした東部北極海は精度が低いことが分かる。さらに、氷上バイのデータを除いて解析を行う



▲ALERAを活用して算出した2006年8月の平均海面気圧の解析精度。値が大きくなる（暖色系になる）ほど精度が低いことを示している。左図は北緯70度以北の氷上バイデータを入れた計算（標準実験）、右図はバイデータを除いた計算（感度実験）、黒点は氷上バイの位置。バイがある領域は精度が高く、バイデータを除くと、北極海全体で精度が低くなること分かる。陸域は、気象観測が充実しているため、基本的に精度は高い。

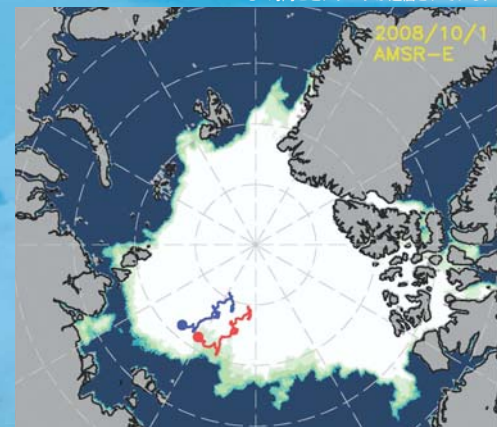


▲2006年8月の高度場における解析精度差の三次元分布。暖色系ほど解析データがないことによる精度の低さを示す（白い領域は海氷域）。バイの有無によって生じる海面気圧の精度差は、上空の高度場や気温の精度にも影響を及ぼす。



▲海氷上に設置されたJAMSTECのPOPSバイ。氷上部に気温計・気圧計が搭載されているほか、水中のケーブルに沿って、アルゴフロートを使用したプロファイラーが搭載されており、水温・塩分・深度を観測する。

▼2008年9月29日と10月1日に設置したJAMSTECのPOPSバイの軌跡（丸印は設置地点）。白い領域は10月1日の海氷域。設置地点については、上図の解析結果を参考にして、バイの定まらない領域が選ばれた。両バイからは現在（2009年5月）も1時間ごとにデータが送信されている。



（取材協力：猪上 淳 地球環境変動領域 北半球寒冷圏研究プログラム 主任研究員／榎本 剛 地球シミュレータセンター 地球流体シミュレーション研究グループ 研究員）

# ダーウィン生誕200年 海洋調査と地球科学の発展



チャールズ・ロバート・ダーウィン  
(1809~82)

英国の博物学者。著書『種の起源』で自然淘汰による進化論を提唱し、生物進化の研究に大きな影響を与えた。そのきっかけとなったとされるのが、世界一周航海を行った「ビーグル号」への乗船だったといわれている。



人類は紀元前の昔から海に関心を抱き、船で海へと漕ぎ出した。やがて迎えた「大航海時代」には、風や潮流の活用、地磁気を利用した磁気コンパス(羅針盤)など、海と地球についてのさまざまな知識を用いて航海術を発展させてきた。こうした海と地球への知的好奇心が、19世紀以降の海洋調査へとつながっていく。「ビーグル号」の航海は、まさに近代的な海洋調査の先駆けでもあった。『種の起源』で知られるダーウィンは、「ビーグル号」の世界一周調査航海の際に、生物のみならず地質にも高い関心を示し、サンゴ礁の構造など地球科学に関係する記録も詳しく書き留めている。今号の特集では、ダーウィン生誕200年を機に、地球科学の発展に貢献する海洋調査について紹介する。



**「ビーグル号」**  
英国海軍の測量船。全長28m、大きさは約300トン。1831年12月27日に英国プリマス港を出港し、1836年10月5日に帰港するまで、約5年をかけて世界一周の調査航海をなし遂げ、南半球各地の生物・地質調査を行った。



**支援母船「よこすか」**  
有人潜水調査船「しんかい6500」の支援母船。海底地形や海底地質構造などの調査機能を有し、深海域の総合的な調査を行う海洋調査船として活躍。MODE'94、MODE'98、NIRAI KANAIを成功させるなど、BEAGLE2003、SORA2009を行った海洋地球研究船「みらい」とともに、世界規模の海洋調査に実績を持つ。

# 『種の起源』を生んだ「ビーグル号」地球大航海

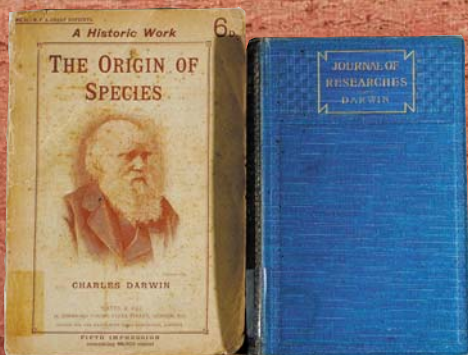


図1. 『種の起源』(左)と『ビーグル号航海記』  
写真提供: 国立科学博物館

## 人々の常識を覆した『種の起源』

いまから150年前の1859年11月24日、1冊の本が出版された。タイトルは『自然選択による種の起源、または生存競争における恵まれた品種の保存(種の起源)』だ。著者はチャールズ・ダーウィン。この本は、初版が即日完売し、当時の一大ベストセラーとなった。

なぜ、この本が多くの人の注目を浴びたのかといえば、当時の常識を大きく覆すものだったからである。この地球上に生物が誕生して以来、それぞれの環境に適した生物が、生き残るといって選択されてきている。生き残った生物は、子孫を残し、その環境で生きるための形質を次の世代に引き継いでいく。しかし、環境が変化したり、その環境により適した生物が現れると、新たな生物が生き残っていくというものである。そして、生物が生き残り、親から子へと形質を伝えていく過程で、少しずつ生物の形態が変化していく。これが『種の起源』のなかでダーウィンが説いたことである。

生物の種が変化する。現在の私たちからすれば、この考え方は当たり前のように思えるかもしれない。しかし、この本が出版された19世紀のヨーロッパでは、人々に大きな波紋を投げかけた。なぜなら、このころのヨーロッパでは、キリスト教の世界観が絶対視されており、ヒトを含めた生物は神がつくったと信じられていたからである。つまり、ヒト、ネコ、イヌなどといった生物種は、地球上に誕生したときから、ヒトはヒト、ネコはネコ、イヌはイヌとして生まれてきており、大昔から現在まで変わることなく存在していると信じられていたのだ。

特に、多くの人が問題としたのが、種としてのヒトの地位であった。キリスト教の考え方によれば、ヒトは神を模してつくられたものである。ダーウィンのいうように、種が変化しながらヒトが生まれたのであれば、キリスト教の教えと食い違う。その上、ヒトも他の生物も、同じように長い年月をかけて変化してきたというのであれば、ヒトは他の生物と同じ存在になり、ヒトの特別性が失われてしまう。そのような心配をした人たちは、ダーウィンの説を否定した。

## 『種の起源』のきっかけとなったビーグル号の航海

しかし、その後の科学の発展によって、生物の種は自然選択によって変化してきたとするダーウィンの説は正しいと考えられるようになり、世界の常識を一変させてしまった。ダーウィンの『種の起源』は1年や2年で書けるものではなかった。彼はこの本を世に送り出すまで20年以上の歳月を費やしている。そして、この本の源流には、1隻の船があった。それがビーグル号だ。

ビーグル号は、もともとイギリス海軍の軍艦としてつくられた船であった。当時、南アメリカ、太平洋の島々など、まだ多く残っていた未知の領域を調査するために、イギリス政府はビーグル号を調査船へ改造した、いわば、近代的な海洋研究の先駆けとなった船である。ビーグル号は3回の調査航海に出ているが、ダーウィンが乗船したのは1831年12月27日に出発した2度目の航海のとき、この航海は南半球の各地を巡り、世界を一周するというもので、5年もかかる大航海だった。

そのころ、ダーウィンは大学を出たばかりで、どのような道に進もうかと迷っていた時期だった。ダーウィンは、自分を医者か牧師にしたかった父の反対を押し切り、ビーグル号に乗り込んだ。イギリスのプリマス港を出発したビーグル号は大西洋を渡り南アメリカ大陸へ。出航したばかりのころは船酔いに苦しんだダーウィンも、ブラジルに着くころにはすっかり船の生活に慣れていった。



図2. ビーグル号

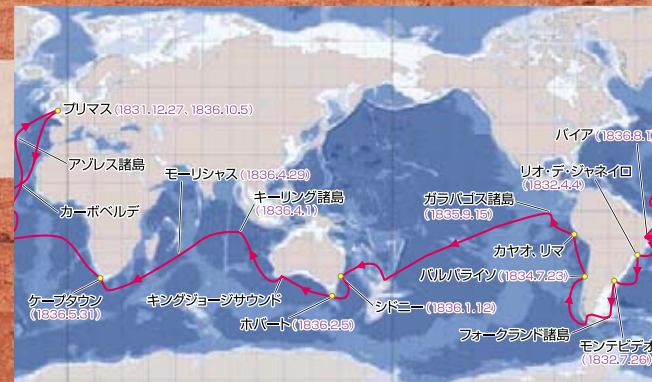


図3. ビーグル号の航路図

## ダーウィンを驚かせた旅先の動植物たち

ビーグル号というガラパゴス諸島が連想されるが、ビーグル号がガラパゴスに滞在したのは5年の航海のうち、たった1か月ほどだった。全日程の半分以上にあたる3年半ほどは、リオ・デ・ジャネイロ、モンテビデオ、バルパライソなどといった南アメリカ大陸の各地を回っていた。

南アメリカ大陸に生息する動植物は、故郷イギリスのものとはまったく違っていた。1mを超える巨大なネズミのなかまのカピバラ、ダチョウのように地上を走る鳥レアなど、見たこともない動物がいたのだ。ダーウィンは動植物や化石をたくさん集め、標本にしていた。なかには、体長が3mもあり、地上を歩いていたオオナマケモノのなかまミロドンの化石、トクソドンやマクラウケニアなどの絶滅巨大哺乳類の化石も含まれていた。南アメリカの動植物やそこに住む人々を調査しているうちに、ダーウィンの頭のなかには生物が環境に「適応」して変化するのではないかとアイデアが生まれてきたのではないかと考えられている。

ビーグル号がガラパゴス諸島に到着したのは1835年9月15日。ガラパゴス諸島に暮らす動植物はほとんどが固有種なので、ダーウィンにとってはまさに宝の山だったであろう。ここでたくさんの動植物を採取した。

ガラパゴス諸島を離れる数日前、ダーウィンは副知事だ



図4. ガラパゴスゾウガメ

たロースン氏からとても面白い話を聞いた。ガラパゴスのゾウガメは甲羅の形が島によって少しずつ違っているという。確認してみると確かにそうになっている。島と島の距離が近いガラパゴス諸島でも、外界から離れた世界ではその島の環境に合わせて、生物の形態が変わっていくというよい例だった。後に鳥類学者のグールドに援助してもらい、フィンチの標本を確認したところ、くちばしの構造が違うことが分かった。ガラパゴスでの生活は短いながらも、生物種は環境に合わせて変化するという理論の証明となる大きな発見をした場所でもあったのだ。

ガラパゴス諸島を離れたビーグル号は、タヒチ、ニュージーランド、オーストラリア、アフリカのケープタウンなどに寄り、1836年10月2日にイギリスのファルマス港に入った。ファルマスは旅の最終地ではなく、ビーグル号はプリマス港に戻る必要があったが、ダーウィンはファルマスで早々と船を下りてしまったのだ。

もし、ビーグル号に乗っていなかったらダーウィンの人生はまったく別のものになっていただろう。海洋調査を通じて、『種の起源』という名著とともに、進化論という革命的な理論が誕生した。進化論の考え方は、分子生物学や生態学といった、今日の生物学分野全般の礎となっている。

BE



図5. フィンチ

写真提供: 日本ガラパゴスの会 (図4、5共)

# 海洋調査技術の進化

## 冒険や交通の場としての海

人々は昔から海とともに生活をしてきた。海に囲まれた島々や沿岸地域では、有史以前から、海に出て魚を捕ったり、近隣との交流をしたりと、海洋は冒険の舞台として存在していた。漢の時代に武帝の命で行なわれた西域探索や日本の遣隋使・遣唐使の派遣、北海のバイキング、地中海を渡った十字軍の遠征など、洋の東西を問わず枚挙にいとまがない。地球上のそれぞれの地域で、活動範囲を広げ、陸地や海洋についての知識を積み重ねてきた。

15世紀に西洋社会では海洋技術が向上し、いわゆる大航海時代に入った。1492年にコロンブスが大西洋の横断に成功し、1498年にはバスコ・ダ・ガマがインド航路を発見、西洋の世界と東洋の世界がより深く結びついていった。また、1522年にマゼランが世界一周航海に成功したことで、地球が丸いことが実証されるという、地球科学上の画期的な発見がなされた。その後も、西洋社会の人々が太平洋の島々を次々に訪れ、同時に、航路や海流、気候などの情報も蓄積してきた。ただ、この時代までの海洋は、交通手段としての意味合いが強く、科学的な調査はされてこなかった。

## 海洋調査の始まり

近代的な海洋科学研究が始まったのは19世紀に入ってからだ。ダーウィンが乗ったビーグル号の航海は、世界でも例を見ない大型調査航海だった。ダーウィンの仕事は厳密に言えば、海洋ではなく陸上の調査だったが、そのなかでも、1842年に書いた『サンゴ礁の構造と分布』は重要な海洋研究の成果であった。

それから30年後の1872年、ついに世界初の本格的な海

洋研究がスタートすることになる。1872年12月21日に出発したチャレンジャーVI号の航海だ。この航海ではおよそ3年5カ月をかけて北半球も含め362の地点で、水深、海水温などの測定、海底堆積物、岩石、生物、海水などの採取をし、知られざる海洋の素顔を理解しようとした。

チャレンジャーVI号では、錘をつけた長いロープをウインチで海中に下ろして水深を測り、バケツのようなものをワイヤーに取りつけたドレッジという道具を使って、堆積物や生物などを採取した。この航海によって、海洋中で一番深い場所は、太平洋で測定された約8,190mであるとされた。ただ、この方法は、ロープを上げ下げするのにとても長い時間がかかり、錘が海底についたかどうかを判定するのがとても難しい。その上、風や海流の影響でロープが垂直に下りずに曲がってしまうという欠点があった。いままでも分からなかった海の深さを数値化することができたという点では画期的だったが、正確性には欠けていた。

## 音響測定法の登場

ロープ測定の欠点を克服し、より精密な測定を可能にしたのが音波を使った音響測定法である。第一次、第二次と2回の世界大戦を経験するなかで、人類は音波を使った海中探査装置（ソナー）を手に入れた。ソナーは、海中に発射した短い音波がものに当たって跳ね返ってきた反射波をキャッチし、海底までの距離を測ったり、敵の潜水艦を発見するものだ。

たとえば、海上から海底に向けて音波を発射し、反射波が返ってくる時間を測定すれば、海底までの距離を計算することができる。最初は、音波を1回ずつ発射し、反射波が



図3. エアガン  
圧搾空気によって人工的に地震波を発生させる。



図4. 四国冲南海トラフの深部構造図  
沈み込んだ海山の存在が、深部構造探査によって初めて確認された。

聞こえる時間を計り、距離を計算してと、まだまだ手間がかかっていたが、第二次世界大戦中には音波を一定時間ごとに発射し、返ってきた反射波の情報をグラフに記録する精密音響測深機が開発され、海底の水深の情報を手間を省くことに連続的に入手できるようになった。第二次世界大戦後は、この精密音響測深機が大活躍し、海洋調査にはなくてはならない存在となっている。

音響測深装置は、コンピュータ技術の発達によって、現在は「マルチナロービーム音響測深機」「サイドスキャンソナー」などが主力となっている。この2つの装置によって、海底の地形の様子がより細かく視覚化できるようになった。「マルチナロービーム音響測深機」は扇形の音波ビームを出す送受波器2台が垂直に交わるように構成された測定器で、縦横に出されるたくさんの扇形ビームを合成して、いくつもの細いビームをつくりだす。1回の計測で250のポイントを一気に測定し、その情報をもとに海底の等深図を作成することができる。ただ、この測定器では、海底地形は分かっても、海底面が岩なのかたいものなのか、泥などのやわらかいものでできているのかまでは分からない。そこで登場するのが「サイドスキャンソナー」だ。装置自体は「マルチナロービーム音響測深機」に使われている扇形のビームを出すソナーと同じだが、扇形の1辺を海底にぶつかるようにに向けて音波を出すことで、海底面から戻ってくる音波の強さで底質までも分かるのだ。さらに今日では、比較的低い周波数帯の短いパルスの音波を使って、底質だけでなく海底下の浅い範囲の地層構造まで調べることができる「サブボトムプロファイラー」も、海底の調査に欠かせない音響探査機器として活躍している。

## 開発される新しい機器

海は広くて深い。私たちが明らかにしてきた知識は、広大な海のほんの一部分にすぎない。この広い海の世界の本当の姿を知るために、音響探査システム以外にもさまざまな観測・測定機器が開発され、調査船に搭載されている。

たとえば、海底の深部構造探査では、人工地震波を発生させる大容量エアガンが使われた。海上の調査船からエアガンで空気を打ち込み、人工的に地震を起こす。震動波が海底の深部をどのように伝播したかを、事前に設置してい

た海底地震計で計測することで、海底深部の構造を詳しく知ることができる。この装置により、2000年7月に高知県室戸岬沖東方の海底下に富士山級の巨大な海山が沈み込んでいることが明らかになった。

また、海底の堆積物や生物などの採取には、無人探査機が使われるようになった。この分野では、1995年から2003年まで活躍した無人探査機「かいこう」が、1万m以上の深さの海底から堆積物や生物を採取し、熱水噴出孔やその付近に生息する生物を発見するといっためざましい成果を挙げている。現在、その技術力を引き継いだ無人探査機「かいこう7000 II」がさらなる探査を進めている。さらに、海水採取も、1本12リットルの採水器を一度に36本も搭載できる大型CTD採水システムが開発されている。しかもこのシステムには、塩分(C)、水温(T)、深度(D)の計測器が付いていて、海中から浮上する間に、塩分や水温などを測定しながら、垂直に36層のポイントの海水を採取することができる。海の水は常に動いているので、成分を正確に把握するために、莫大な労力がかかっていたが、このシステムによって、海水成分の変化などがより細かく、しかも短時間に調べることができるようになった。

海洋調査技術は常に進歩している。海底の表面から深部構造、そこにすむ生物、海水そのものの精密な情報など、技術が進めば進むほど、海洋の新しい姿が見えてくるのである。

BE

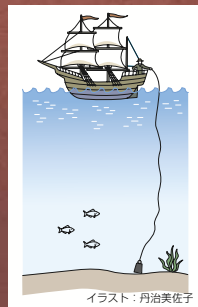


図1. ロープを使った測定法

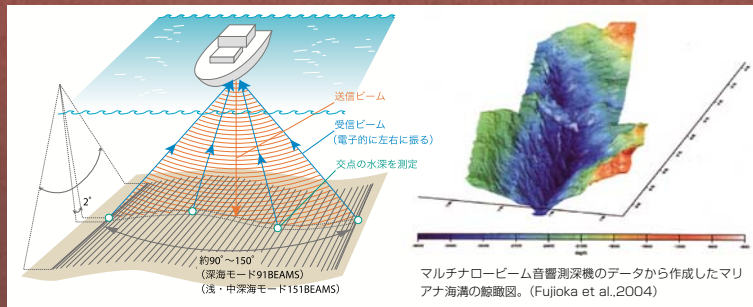


図2. マルチナロービーム音響測深機の原理



図5. 「かいこう7000 II」

図6. 大型CTD採水システム

# 広がり続ける興味と海洋研究へのチャレンジ

## 初の海洋調査から誕生した海洋研究のバイブル

ひとくちに海洋といっても、浜辺近くの海も、太平洋の真ん中も、深海底も、すべて海洋である。地球の表面積の実に70%も占めている海洋は、地球上で類を見ないほど大きな研究対象だ。この巨大な海洋を、何とか理解しようと、人類は知恵をしばり海洋調査を続けてきた。海洋調査の歴史は海洋への人類の挑戦の歴史ともいえる。その歴史を振り返ってみよう。

本格的な海洋調査が始まった19世紀、人々の興味は海の深部に向いていた。海はどのくらい深いのか、海の生き物はどの深さにまでいるのだろうか。こうした疑問を解決するために、1872年から1876年にかけてチャレンジャーVI号が調査航海に乗り出した。これが、科学的な海洋調査の第一歩だった。

チャレンジャーVI号は、ビーグル号と同じイギリス海軍の軍艦を調査船に改造したものだ。海洋調査という考え方がほとんどなかった時代に、チャレンジャーVI号が登場した意味はとても大きい。チャレンジャーVI号は、大西洋から、インド洋、南極海を抜け、太平洋を渡り、大西洋に戻ってくるというコースをたどり、362の場所で海底堆積物、岩石、生物、海水などの採取、水深測定、海水温測定などを行った。

チャレンジャーVI号の調査結果は、同乗した博物学者ジョン・マレーの手により18年もの歳月をかけて「チャレンジャーレポート」として世に送りだされた。このレポートは本文3万ページ、全50巻という膨大なもので、海洋研究のバイブルとして現在も読み継がれている。

チャレンジャーVI号の航海に前後して、イギリス以外の国でも海軍に水路部などを設けて、海洋調査に乗り出す国が



1872~76年  
調査航海に乗り出したチャレンジャーVI号  
(堀田宏著「深海底からみた地球」(有聲社)より引用)

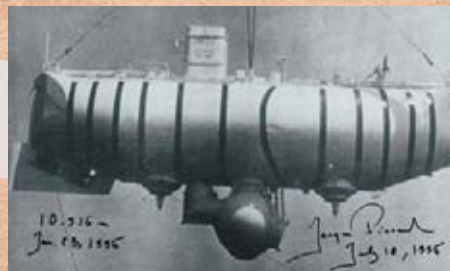
たくさん出てきた。日本では1871年に兵部省海軍部水路局が設置され、翌年1872年に初の国産海図「陸中國釜石港之図」を発行した。

## 音響測深の隆盛

科学や技術は、往々にして戦争によって急激に発達する。海洋調査も例外ではない。第一次世界大戦において、ドイツが新兵器として潜水艦を開発すると、イギリスやフランスは軍艦だけでなく商船も攻撃され、大きな被害を被った。そこで、潜水艦に対抗するために、音波探知システム(ソナー)の開発がスタートすることになる。このシステムを応用したものが音響測深機だ。さらに、第二次世界大戦では海的重要性が一段と増して、競って制海権の確保に乗り出していく。この過程で、各地で水深の測定や海図の作成が熱心に行われるようになった。1945年に第二次世界大戦が終結すると、戦いに勝利した連合国各国は、互いに持っていた水深のデータを一堂に集めて、海洋研究者に公開した。そのデータを検討していくと、いままで独立した海嶺だと思われていた大西洋中央部の山々が、南の方まで連なっている大山脈であることが分かった。この海底山脈は「大西洋中央海嶺」と名付け



1934年  
潜水球「バチスフェア」深度923mに到達。「バチスフェア」は生物学者ウィリアム・ビービ(左)と技術者オーティス・パートン(右)が製作した。  
©Ralph White/CORBIS/amanaimages



1960年  
バチスカーフ「トリエステ」チャレンジャー海淵にて10,916m潜航成功



1968~69年  
掘削船グローマー・チャレンジャー号海洋底拡大説を証明  
©2003-2009 IODP-USIO

られ、海底地形図は一気に書き換えられた。

この発見とちょうど同じ時代の1950年、イギリスのチャレンジャーVIII号は、北大西洋マリアナ海溝の1地点の測深を試みた。そこは、約80年前にチャレンジャーVIII号の測深で約8,190mと、最深と記録した地点であった。チャレンジャーVIII号の測深により、この地点の水深は、もっと深い約10,860mであることがわかり、この場所はチャレンジャー海淵と名付けられた。

## 海中の世界をこの目で見る

海洋研究は船上からだけでなく、海中にもその舞台を移していく。古代の伝承では、アレキサンダー大王が樽に乗って海に潜ったという話もあるが、確実な記録のなかで一番古いのは1930年の潜水球「バチスフェア」による探検だ。この探検に挑んだのは、アメリカの生物学者ウィリアム・ビービと技術者のオーティス・パートンの2人。ワイヤーでつながれた直径1.5mほどの鋼鉄の玉に乗り込み、それを船から下ろすという、とても単純なものだったが、見事に成功。1934年には、深度923mにまで達したのである。

バチスフェアの記録は、その後数十年抜かれることはなかったが、第二次世界大戦後、スイスの物理学者オーギュスト・ピカルが深海潜水船(バチスカーフ)の開発に乗り出したことで、新たな時代に入った。ピカルは、ガソリンで浮力を得る方式を考案し、1954年にバチスカーフ「FNRS-III」が4,176mまで潜ったことを皮切りに、潜航深度の記録を次々に塗り替えていった。そして、彼がアメリカと共に開発したバチスカーフ「トリエステ」は、1960年にチャレンジャー海淵で10,916mまで潜航することに成功した。

## 海底下の活動を解明

海洋研究は、海のなかだけでなくとどまらず、さらに研究の枠を広げてきた。それが海底下深部である。ソナーによる音響測深法に加えて、エアガンで地震波を起こす地震波探査という手法を手に入れたことにより、海底下深部の地質構造に対する興味広がった。

20世紀半ば、海底下深部を明らかにするための新たな方法として注目されたのが、深海掘削だった。実際に深海底から地球内部を掘り抜き、堆積物や地層を採取しようというのだ。言葉でいうのは簡単だが、実際にはとても困難なことである。この困難に挑み、確かな成果を挙げたのが、掘削船

グローマー・チャレンジャー号だった。この船による掘削調査で得られた大きな成果の一つといわれるのが、「大西洋の海底は大西洋中央海嶺で誕生し、両側に広がっているのではないか」という海洋底拡大説の証明だった。1968年から1969年にかけて行われた55日間の調査航海で、大西洋中央海嶺を横断するように掘削し、海底のすぐ上にある堆積物の年代を調べたところ、海洋底の拡大を裏付ける結果が得られた。この掘削調査が、現在、地殻形成の有力な理論として考えられているプレートテクトニクスの誕生のきっかけの一つとなったのだ。

もう一つ、地球内部活動にも関連する深海底での大きな発見として忘れてはならないのが、1977年、深海調査船「アルビン」によるガラバゴス沖での熱水噴出孔発見だ。こうした熱水噴出孔がある場所は、その後世界各地で発見され、地球内部活動が活発な場所として注目されている。また、その周りには化学合成生物と呼ばれる特殊な生物群の存在が確認されており、さらに熱水噴出孔周辺は生命の起源にも関連する研究スポットとして高い関心が寄せられている。

海洋調査は、いまや地球内部活動や深海底からさらに下に及ぶ極限環境生物にまで興味広がっている。だが、人類が明らかにしてきたことは、広い海洋のほんの一部にすぎない。広い海の底には、まだまだ地球や生命の歴史をひもとく重大な手がかりが眠っている。その手がかりを少しでもつかもうと、日本をはじめ、世界の国々でさまざまな海洋調査が進められている。



1977年 深海調査船「アルビン」ガラバゴス沖にて熱水噴出孔発見  
©Mark Spear/WHOI



1872年 初の国産海図「陸中國釜石港之図」 画像提供:海上保安庁海洋情報部



## 海洋調査と地球科学の発展

# 世界の海洋調査船

### 地球環境の理解に欠かせない海洋調査船

地球表面の約7割を占める海洋についての理解を深めていくため、多くの国々が海洋調査船を建造され、世界の海で活躍している。

海洋調査といっても、その調査内容は多岐にわたる。そのため、たとえば海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の海洋地球研究船「みらい」には、大型CTD採水システムをはじめ、海洋に関する物理学的・化学的・生物学的な観測に資するさまざまな設備や分析機器が搭載されているほか、海底地形を測るマルチナロービーム音響測深装置や海底堆積物を採取する採泥システムといった海底を調査するための調査機器、降水や風など大気についての観測を行うドップラーレーダーをはじめとする気象観測機器など、幅広い研究に対応するための設備が搭載されている (図1~3)。こうした総合的な海洋研究のための調査船のほかに、海図を作成するための測量を行う水路調査船、水産資源に関する調査を行う漁業調査船、海洋気象に関する調査を専門とする海洋気象観測船など、目的を絞り込んで設備や機器を搭載する海洋調査船も数多い。

さらに、深海調査のための有人潜水調査船や無人探査機の母船としての役割を主目的とした調査船、深海底を掘削



図1 トライトンの展開



図2 ドップラーレーダードーム



図3 ピストンコアラーによる採泥

する設備を備えた科学掘削船、砕氷設備を備えた極地調査船など、世界にはいろいろな海洋調査船がある。また、世界の海を航行可能な大きな船から、主に沿岸域での調査を行う小さな船まで、大きさもさまざまだ。

地球をより深く理解し、人類が地球とともに暮らしていく道を探るためには、海洋について、もっとよく知ることが必要といわれている。海洋調査船が果たすべき役割は、ますます重要になっている。

## フランス国立海洋研究所

1984年に設立されたフランス唯一の海洋専門機関。パリに本部を置く。研究界と産業界の橋渡し的役割を持つ公的機関。社会活動を科学研究のテーマに置き換え、研究成果の技術移転、知識の普及・総括、技術予測を行っている。また、海洋生物資源の評価、海洋に関する機器の研究開発もしている。(研究所ホームページより <http://www.ifremer.fr/francais/index.php>)

### ● [Pourquoi pas ?]

2005年に竣工した多目的型海洋調査船。同研究所の調査船のなかで最も大きい。後部作業デッキを広く取った船型で、さまざまな調査に対応するほか、有人潜水調査船「Nautilie」、無人探査機「Victor 6000」の支援母船としても活躍する。「なぜダメなのか？」というユニークな船名は、仏探検家J・B・シャルコーの船の名称に由来する。

全長：107.6m 幅：20.0m 喫水：6.9m 総トン数：約6,600トン  
最大速度：約14.5ノット 定員：75名



## 海洋大気庁太平洋海洋環境研究所

米国海洋大気庁 (NOAA) 傘下の海洋研究機関として、1973年にワシントン州シアトルに設立された。海洋観測研究、観測ブイの開発・運用、津波研究などを行う。

(研究所ホームページより <http://www.moc.noaa.gov/>)

### ● [Ronald H. Brown]

NOAAが運用する調査船のなかで最も大型の調査船。1997年に就航。海洋及び気象に関する最新の観測機器を搭載し、世界の海で調査・観測を行っている。

全長：83.5m 幅：16.0m 喫水：5.2m 総トン数：約3,250トン  
最大速度：約15ノット 定員：58名



<http://www.moc.noaa.gov/rb/visitor/las2/photos.htm>

## アルフレッドウェゲナー極地海洋研究所

1980年、ブレーメルハーフェンに公共財団法人として設立。研究対象は、海洋及び北極・南極域における地球システムと環境科学。砕氷船も保有する。大気・海水・海洋相互作用、極域動植物などを中心に、地球変動に照準を合わせた研究を行う。

(研究所ホームページより <http://www.awi.de/de/startseite/>)

### ● [Polarstern]

1982年に建造されてから今日までに、南極域・北極域で30回を超える調査航海を行っている砕氷船を備える海洋調査船。音響測深機器など多くの調査機器と9つの研究室を備え、さまざまな分野の科学調査・観測に対応できる。



<http://www.awi.de/en/infrastructure/ships/polarstern/>

全長：117.9m 幅：25.0m  
喫水：11.2m  
総トン数：約11,820トン  
最大速度：約16ノット  
定員：94名

### ● [Sonne]

ドイツで最も大型で能力の優れた海洋調査船の一つ。人工的な地震波を発振するエアガンなど海底下深部の構造探査のシステムを備えるほか、海洋学、気象学、生物学など多様な地球科学・海洋科学の調査に活躍する。もともとは漁船として建造され、1977年に調査船に転用された。



[http://www.rf-bremen.com/html/fs\\_sonne.html](http://www.rf-bremen.com/html/fs_sonne.html)

全長：97.9m 幅：14.2m  
喫水：6.8m  
総トン数：約4,734トン  
巡航速度：約12.5ノット  
定員：55名

## サウザンプトン海洋研究所

サウザンプトン大学と英国自然環境会議 (NERC) との共同利用施設として1996年に設立。海洋学、地球科学および海洋工学に関する世界的レベルの研究センターとして、学際的調査研究、大学院・学部の教育活動を行う。

(研究所ホームページより <http://www.noc.soton.ac.uk/>)

### ● [RRS James Cook]

老朽化した「RRS Charles Darwin」に代わって、2007年に就航した最新鋭の海洋調査船。熱帯域から極域の水縁海域までの長期の海洋調査に対応する優れた航行性能と、船位保持システムや最先端の技術装備でさまざまな科学調査・観測に対応する能力を持つ。



[http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/sea\\_sys\\_index.php?page=jcoock](http://www.noc.soton.ac.uk/nmf/sea_sys_index.php?page=jcoock)

全長：89.5m 幅：18.6m  
喫水：5.5~5.7m  
総トン数：約5,800トン  
最大速度：約16ノット  
定員：54名

### ● [RRS Discovery]

ロバート・F・スコットが隊長を務めて南極ロス海で科学調査 (1901~04年) を行った「Discovery」に続く「Discovery II」の後継調査船として1962年に建造された。1992年に大改修を行い、近代的な設備が備わった。多様な海洋調査に対応できるよう、後部に広い作業デッキを持つ。



<http://www.nerc.ac.uk/research/sites/facilities/marine/discovery.asp>

全長：90.3m 幅：14.2m  
喫水：5.3m  
総トン数：約3,008トン  
最大速度：約13ノット  
定員：50名

※ [RRS] は「Royal Research Ship (英国調査船)」の略。

## カリフォルニア大学サンディエゴ校 スクリップス海洋研究所

大学所属の海洋研究所。1903年に設立され、研究活動に加えて大学院教育も行う。大気海洋相互作用、海洋物理学、長期気候変動、海洋食物連鎖、気候予測、地震予知、海岸の浸食、海洋生物の生理学、海洋化学、地質学、海洋工学などの研究を行う。

(研究所ホームページより <http://shipped.ucsd.edu/>)

### ● [Roger Revelle]

温室効果ガスとしての大気中の二酸化炭素に関する研究でも知られる。かつてのスクリップス海洋研究所長、ロジャー・レベール博士 (1909~91) の名前を冠する海洋調査船。1996年に建造された。360度回転する2基の推進装置で船の位置を一定に保ち、船位保持システムを備える。



[http://shipped.ucsd.edu/Ships/Roger\\_Revelle/](http://shipped.ucsd.edu/Ships/Roger_Revelle/)

全長：84.5m 幅：16.0m  
喫水：5.2m  
総トン数：約3,350トン  
最大速度：約15ノット  
定員：59名

### ● [Melville]

1969年に建造された米国の現役の海洋調査船のなかでは最も古い船の一つだが、1992年に大改修がなされ、近代的な調査機器と広い研究室を備える新たな調査船として生まれ変わった。



<http://shipped.ucsd.edu/Ships/Melville/photos.php>

全長：85.1m 幅：14.0m  
喫水：5.1m  
総トン数：約2,516トン  
最大速度：約14ノット  
定員：61名

## ウッズホール海洋研究所

1930年に設立された公益法人組織の研究機関であり、ボストン近郊ウッズホールにある。研究分野は、海洋物理学、海洋化学、地質学を中心としている。また、地球システム全体における海の役割についての理解を深めることを目指し、気候変動における海洋の役割、沿岸海洋工学および深海探査などにも力を入れる。

(研究所ホームページより <http://www.whoi.edu/>)

### ● [Atlantis]

1997年に建造され、有人潜水調査船「Alvin」の支援母船として米国の深海研究をけん引するとともに、一般的な海洋調査も行う。1931~66年に活躍した同名の海洋調査船の名称を受け継ぐ。



<http://www.whoi.edu/page.do?pid=8143>

全長：83.6m 幅：16.0m  
喫水：5.9m  
総トン数：約3,200トン  
最大速度：約15ノット  
定員：60名

### ● [Knorr]

沈没した「タイタニック」を発見した1985年の調査で、その名は一躍有名になった。1969年に建造された古い調査船だが、1992年に大改修が行われいまま活躍する。耐水性を備え、極地の水縁域でも調査を行う。



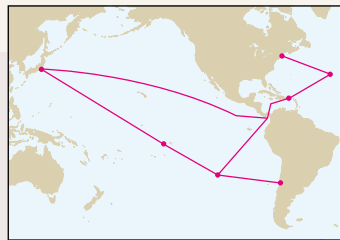
<http://www.whoi.edu/page.do?pid=8157>

全長：85.1m 幅：14.0m  
喫水：5.0m  
総トン数：約2,518トン  
最大速度：約14ノット  
定員：56名

## 海洋調査と地球科学の発展

MODE'94 (Mid Oceanic ridge Diving Expedition)

# 日本で初めて 大西洋中央海嶺の深海調査に挑む



航路図

## 大西洋航海とTAG熱水マウンドでの成果

地球最大規模の活発な火山活動によって新たな海底（海洋プレート）が誕生する場所、それが大洋中央海嶺だ。太平洋の海底をつくり出しているのが東太平洋海嶺、大西洋の海底をつくり出しているのが大西洋中央海嶺で、どちらも地球全体をめぐる全長約8万kmに及ぶ大洋中央海嶺の一部となっている。

この東太平洋海嶺と大西洋中央海嶺で詳しい潜航調査を実施しようと計画されたのが、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」による、「MODE'94」だ。

1994年5月30日、「しんかい6500」を搭載した「よこすか」はJAMSTECの岸壁を出発、太平洋を横断してパナマ運河を抜け、「しんかい6500」にとって初めての大西洋での深海調査が行われた。

最初の潜航海域は、大西洋中央海嶺が大きくずれるケイン断列帯と呼ばれる場所の近くに位置する「WMARK」海域。この海域は、地殻の下にある上部マントルが露出している可能性もあるとされ、「地球内部を覗く窓」として研究者が期待していた海域だった。「しんかい6500」は、6,042mという大西洋の最深潜航深度を含む一連の潜航を行い、下部地殻とマントル最上部を構成すると思われる岩石の採取に成功。搭載カメラによって、海底の亀裂や断層の崖の映像なども多数記録された。さらに「よこすか」による広範囲な海底地形・重力・地磁気などの調査も行われた。

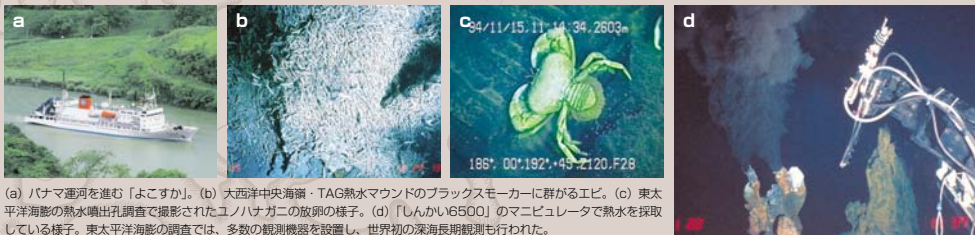
「よこすか」は、続いて「TAG熱水マウンド」と名付けられた海域での潜航調査に向かった。米国の調査で、ここに直径約250m、水深約3,670mの海底から50mほど盛り上がったドーム型の熱水マウンドがあることが分かっていた。その中心からやや西に、350℃を超える黒い熱水を噴き出す

ブラックスモーカーがあり、さらに260~300℃の透明な熱水を噴き出すホワイトスモーカーや、20℃程度の温水湧出域があることも知られていた。「しんかい6500」は、マウンド全体とブラックスモーカー周辺の詳細なマッピングを行うとともに、さまざまな観測を行い、長期観測を行う機器も設置された。こうした計測の結果、海底からの熱量は従来の予想の数十倍に達することなどが分かった。

## 東太平洋海嶺の活発な熱水域を調査

9月中旬、再びパナマ運河を経て太平洋に入り、「よこすか」は東太平洋海嶺へ向かった。ここでは4カ所を選んで「しんかい6500」が潜航。その結果、2カ所で高温の熱水を噴出するブラックスモーカーが、さらに、広い範囲にわたって低温の熱水が噴き出している場所が1カ所発見された。この低温の熱水は硫黄に富み、周辺ではたくさんのチューブワームやエビ、カニ、シシトビバカリガイなどの生物群集が見られた。調査から、鉄の放出量は東太平洋海嶺の北部より南部が10倍以上大きく、二酸化炭素やメタンについても放出量が多いことが明らかになった。一方では、374℃という最高温の鉄に富む熱水を噴き出すブラックスモーカーも発見され、この海域が地球上で最も活発な熱水噴出域であり、海洋の熱と物質の循環に大きな役割を果たしていることが確認された。

予定されていた、総計60回に及ぶ潜航をすべて行ってMODE'94は終了し、1994年12月16日、「よこすか」と「しんかい6500」は数多くの成果とともに長い航海から無事帰還した。

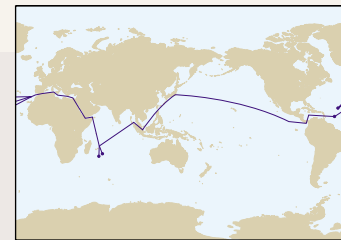


(a) パナマ運河を進む「よこすか」。 (b) 大西洋中央海嶺・TAG熱水マウンドのブラックスモーカーに群がるエビ。 (c) 東太平洋海嶺の熱水噴出孔調査で撮影されたユノバナガニの放卵の様子。 (d) 「しんかい6500」のマニピュレータで熱水を採取している様子。東太平洋海嶺の調査では、多数の観測機器を設置し、世界初の深海長期観測も行われた。

## 海洋調査と地球科学の発展

MODE'98 (Mid Oceanic ridge Diving Expedition)

# 「よこすか」による初の 世界周航深海調査航海



航路図

## 大西洋とインド洋の中央海嶺で潜航調査

1994年に実施されたMODE'94の後も、米国の潜水調査船「アルビン」による大西洋中央海嶺の熱水噴出孔の潜航調査や、英国による大西洋やインド洋の中央海嶺の地形調査など、米英仏を中心としたさまざまな調査研究航海が行われた。そして、98年には、再度「しんかい6500」と「よこすか」による大規模な調査航海「MODE'98」が実施された。

ターゲットは、マグマの活動が緩やかで拡大速度が遅い大西洋中央海嶺と南西インド洋海嶺。どちらも中央海嶺のトランスフォーム断層と熱水域で、地球物理学・地質学・地球化学・生物学にわたる総合研究を行い、海洋プレートの形成と海底拡大の過程について明らかにすることを目的とした。

「しんかい6500」と「よこすか」は、1998年5月21日に横須賀を出港。パナマ運河を通過して大西洋中央海嶺で調査を行い、スエズ運河を経てインド洋を南下。南西インド洋海嶺を調査して12月に帰国するという東回りの世界一周ルートがとられた。

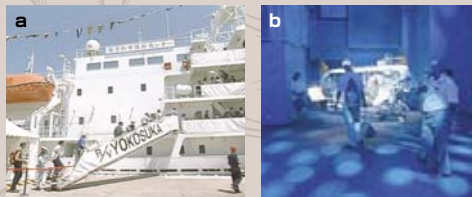
最初の潜航調査は、大西洋中央海嶺がトランスフォーム断層であるケープヴェルデ断列帯によって深く切り裂かれている地点で行われた。ここでは形成されたばかりの海洋地殻の切断面が露出しており、下部地殻・上部マントルを構成する岩石を観察するのに絶好のポイントだ。また、本来地中深くにあるマントル起源のかんらん岩も直接海底に露出しているため、マグマの活動を調べるにも絶好の場所であった。

続いて同じく大西洋中央海嶺沿いの熱水域の形態と活動を調査するために、2カ所で潜航調査が行われた。そのうちの一つは、MODE'94で調査されたTAG熱水マウンド。

前回は行われた調査や長期観測の結果と、今回の結果を比較し、熱水活動の時間変化や分布の変化、熱水噴出に伴う物質や熱量の変化などをとらえることが目的だった。調査の結果、94年に最も活発であったブラックスモーカーの勢いが衰え、熱水噴出の盛んな場所が東へと移動している様子が確認された。

## インド洋初の熱水域発見への大きな布石に

8月下旬に大西洋での調査を終えた「よこすか」は、地中海・紅海を航行し、インド洋へ移動した。そして、インド洋の中央海嶺を構成する中央インド洋海嶺・南西インド洋海嶺・南東インド洋海嶺が交わる「ロドリゲス三重会合点」付近で潜航調査を行った。「しんかい6500」の潜航調査は、インド洋における初の有人潜水船による潜航となった。インド洋では、当時まだ熱水活動の現場は発見されていなかったが、その存在を示唆する報告が出ており、新たな熱水域の発見が期待されていた。残念ながらMODE'98では発見には至らなかったが、南西インド洋海嶺の水深2,692mの地点で熱水噴出活動の兆候を確認するなど、2年後に深海調査研究船「かいらい」、無人探査機「かいこう」による調査で、日本の研究チームが世界で初めてインド洋中央海嶺の熱水噴出活動を発見するという快挙に大きく貢献した。



(a, b) 航海の途中にポルトガル・リスボンで開催されたEXPO'98で一般公開を行った。(c) 南西インド洋海嶺で「しんかい6500」がとらえた海底の様子。

BEAGLE2003 (Blue Earth Global Expedition 2003)

# 世界初の三大洋横断で 高精度海洋観測航海に成功



オーストラリア・プリズベン港から観測航海に出発する「みらい」。

## 気候変動の解明と変動予測実現を目指す

ダーウィンが乗船し、世界一周航海を成し遂げた「ビーグル号」にちなんで名付けられた南半球周航観測航海「BEAGLE2003」は、海洋研究開発機構（当時は海洋科学技術センター）の創立30周年記念事業の一環として、2003～04年に海洋地球研究船「みらい」によって実施された。

この海洋観測航海には2つの大きな目的があった。一つは、海洋観測データが十分でない南半球で高精度観測を行い、気候変動の解明と将来の気候変動予測のために必要なデータを収集することだ。BEAGLE2003で設定された太平洋（南緯32度）、大西洋（南緯30度）、インド洋（南緯20度）の大陸間横断観測の航路は、それぞれ1990年代に世界海洋循環実験（WOCE）プロジェクトで実施されたWOCE測線観測計画（WHP）の観測ラインWHP-P6（太平洋）、WHP-A10（大西洋）、WHP-I3・I4（インド洋）に対応している。WOCEとは、海洋を詳しく理解するために、世界の海洋を一概に観測し詳細なデータを集めようという国際プロジェクト。これを進めていくために、WHPによって世界中の海洋に数多くの基準となる観測線が設定されたのだ。BEAGLE2003は、その測線で再観測を行い、WOCE期間中（1990年代）に得られた高精度観測データとの比較解析を行うことで、熱輸送や物質輸送の約10年間の変化を明らかにすることを目指した。

もう一つの目的は、南極オーバーターン・システムの解明だ。南極周辺の海域で沈み込む海水は、世界の深層海水の半分以上を占めるといわれる。その量は、毎秒3000万トンにも及ぶ。この大規模な海水の沈み込みと、それによる海水の変性が南極オーバーターンだ。南極オーバーターンは、大気への熱の放出、大気中のガス成分の深層貯蔵、海

洋の成層構造の維持などを通して、気候変動に深く関係している。BEAGLE2003では、南半球の中緯度域で南極を取り巻くように高精度・高密度の観測を行うことによって、南極オーバーターンによる南半球の海水のさまざまな変化を検出しようとした。

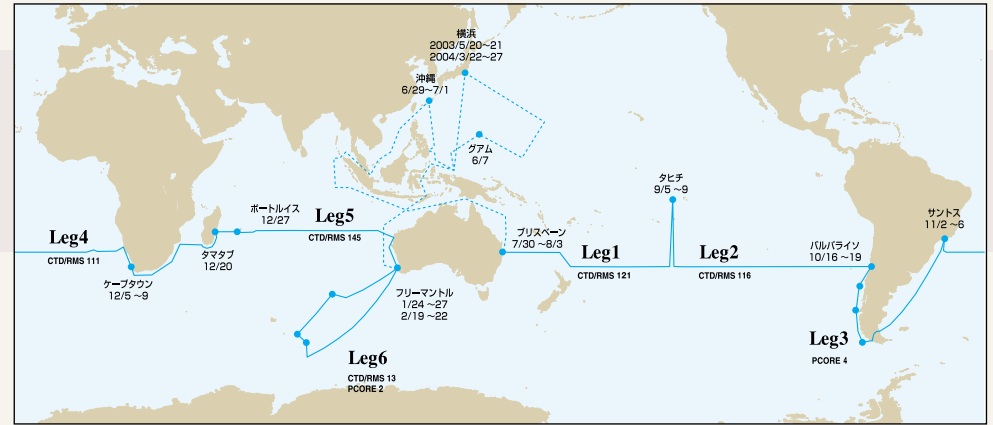
## 海底堆積物採取などのミッションも実施

こうしたねらいのもとで南半球の三大洋横断高精度観測を行うことに加え、BEAGLE2003では、マゼラン海峡を經由して太平洋から大西洋へ抜ける間に、南米チリ沖で地球環境変動の歴史を探るために海底堆積物を採取したり、周航観測航海の後に南インド洋（南大洋）・ケルゲレン海台で採水観測や海底堆積物採取を行うといったミッションも行われた。また、航行中には、60基のアルゴフロート（世界の海洋の状況をリアルタイムで監視する国際プロジェクト「アルゴ計画」に用いられる自動観測フロート）も投入された。

さらにもう一つ、BEAGLE2003には果たすべき使命があった。南米・アフリカ・西アジアなど15カ国からの若手研究者・研修生の受け入れだ。これまでの海洋観測研究は、圧倒的に北半球に偏っていた。海洋観測に力を入れることができる国が、先進国が多い北半球に集まっているためだ。そこで、各国の主要海洋研究機関や大学で構成される全球海洋観測パートナーシップ（POGO）の支持と協力のもと、BEAGLE2003では南半球の国々の海洋研究者の育成強化を目的に、延べ30名に及ぶ海外の若手研究者らが高精度海洋観測に参加した。また、このほかにもさまざまな国際共同プログラムのもと、海外の多くの研究者や技術者が「みらい」に乗船した。



(a)「みらい」船上での採水作業。大型CTD採水器を海中に下降させる様子。(b) 36層から海水を採取できる大型CTD採水器からサンプルを分ける作業。(c) 採取された海水はただちに船内に分析される。写真は全炭酸の分析の様子。



航路図

## 海洋観測史に残る大航海

2003年8月3日、「みらい」はオーストラリアのプリズベンを出発し、BEAGLE2003がスタートした。およそ200日をかけて単独の調査船で一気に三大洋を横断し、約500点に及ぶ高密度・高精度の観測を実施するという世界でも例のないハードな観測航海だ。

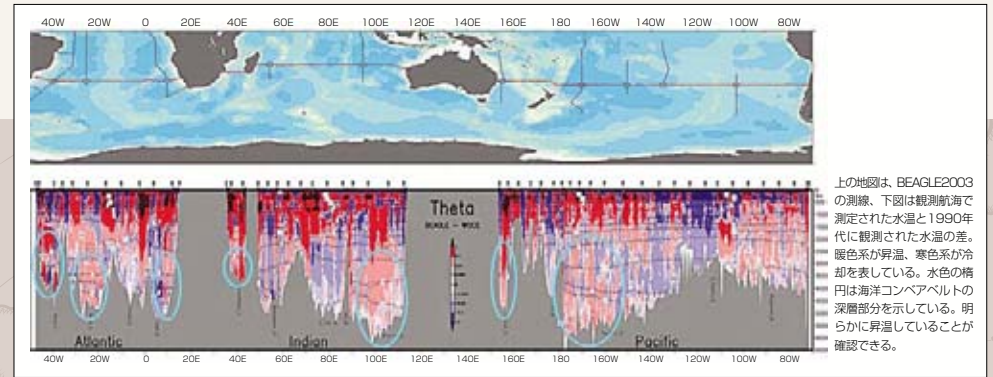
各観測点では、海面から海底直上までの水温と塩分を高精度で測定、さらに鉛直36層の海水を採水して、溶存酸素・二酸化炭素・栄養塩類など十数項目の測定・分析が行われた。これを、昼夜を問わず、1日に4～6点ずつこなしていかなければならない。天候や海況の悪化、観測機器のトラブルなど、長期間にわたる大規模な海洋観測には予測できない多くの困難が待ち受けている。だが、それらを乗り越え、予定していたすべての観測点で高精度な観測を実施するという、海洋観測の歴史に残る驚異的な成果を挙げ、BEAGLE2003の観測航海は、無事に達成された。

さらに、観測によって得られたデータは品質管理を行い、迅速に世界の研究者たちに公開された。また、南極オーバ

ターンによって三大洋に流入する深層水や低層水の主要ルートにおける海水の昇温をはじめ、三大洋全体でのオーバーターンの弱化（太平洋・大西洋で弱化、インド洋では強化）など、観測結果に基づいた興味深い研究成果も次々に発表されている。

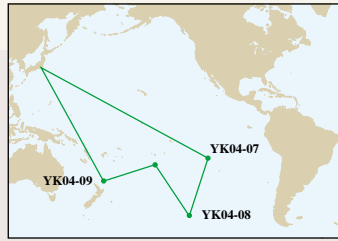


BEAGLE2003達成記念の寄せ書き。



上の地図は、BEAGLE2003の測線、下図は観測航海で測定された水温と1990年代に観測された水温の差。暖色系が昇温、寒色系が冷却を表している。水色の楕円は海洋コンベアベルトの深層部分を示している。明らかに昇温していることが確認できる。

# 太平洋中央海嶺の活動を解明する大航海



航路図

## 東太平洋海膨を詳細に調査

2004年6月から約半年間にわたり、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」によって南太平洋を横断する深海調査が行われた。

深海底では、大洋中央海嶺で海洋プレートが形成され、ゆっくりと移動したプレートがやがて海溝部で地球内部へと沈み込んでいる。その原因となっているマンツルのブルーム運動（マンツル内を上昇する熱い流れ、または下降する冷たい流れの総称）を実際の観察を通じて検証し、その実態を解明するのが、この調査航海の一つの大きな目的だった。

また、地球内部からメタンや硫化物を豊富に含む熱水がわき出ている熱水噴出域では、地上の生態系とは異なり、メタンや硫化物をエネルギー源とする特殊な化学合成生態系が形づくられており、そこでは私たちの常識を超えた代謝系を持つ未知の生物が生息していると考えられている。その「熱水生態系」の解明がもう一つの目的となっていた。

「NIRAI KANAI」は、3つの研究航海から構成されていた。YK04-07の調査海域は、東太平洋海膨の南部、南緯8~19度の地点。ここで「しんかい6500」によるオフリッジ（海嶺軸からやや離れた外側部分）巨大岩石流の調査が行われた。

YK04-08では、南東太平洋における古磁気変動および海洋表層環境変動の研究を目的に、南部東太平洋海膨の未調査海域での試料採取と地球物理探査による地球磁気永年変動などの調査が行われた。続いて「よこすか」は、フレンチポリネシア海域へと移動。ここでは地震計の回収と設置、試料採取を行った。マンツルブルーム運動とホットスポットを解明することがテーマであり、いずれも「よこすか」単独の調査だった。

YK04-09は、さらにラウ海盆とケルマディック海盆へと

場所を移し、南西太平洋熱水生態系全般の解明に向けて、ラウ海盆熱水活動の再発見と微生物生態系の調査を目的とし、「しんかい6500」によって微生物学、生物学、地球化学的側面からの潜航調査が行われた。

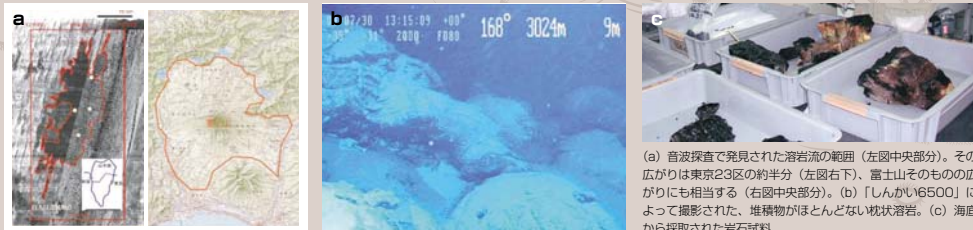
## 世界最大の溶岩流発見

特に注目されたのが、YK04-07航海の成果だった。東太平洋海膨の南緯14度、西経112度の海域で、これまで知られている限りでは海洋底で最大となる面積340km<sup>2</sup>の巨大な溶岩流を発見したのだ。

「よこすか」による地形の音波探査で、音波を強く反射する平坦な地形が見つかり、新しい溶岩流であることが推定された。実際に「しんかい6500」での潜航調査で詳細な観察と試料採取に成功し、その平坦な地形が確かに溶岩流であり、周囲に比べて堆積物が少ない、新しい地形であることを確認することができた。

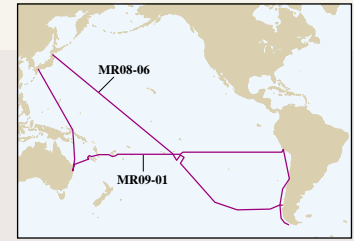
目視による溶岩流の厚さをもとに体積を推定すると20km<sup>3</sup>近くにも及び、その広がりも、東京23区部の半分、あるいは富士山そのものの広がりにも相当する。また、この発見は海底溶岩流としての記録を塗り替えただけでなく、地球上で最も盛んにプレートを生成している東太平洋海膨での火成活動が、古典的なプレートテクトニクスでは記述できない広がりを持っていることを示したともいえる。

これまでの南緯14度海域の調査は海嶺軸の近くに限られていたため、平坦地形の存在は知られていたものの、この調査潜航によって初めてそれが明らかにされ、とすれば海嶺軸付近に限られがちな世界の大洋中央海嶺研究に一石を投じる成果ともなった。



(a) 音波探査で発見された溶岩流の範囲（左図中央部分）。その広がり東京23区部の約半分（左図右下）、富士山そのものの広がりにも相当する（右図中央部分）。(b) 「しんかい6500」によって撮影された、堆積物がほとんどない状状溶岩。(c) 海底から採取された岩石試料。

# 環境変動解明に挑む「みらい」、南太平洋を巡る観測航海へ



航路図

## 南半球で半年にわたる観測を実施

海洋地球研究船「みらい」は、2009年1月15日に母港の関根浜港（青森県むつ市）を出港し、およそ半年かけてポリネシア周辺海域、南米・チリ沖での観測や海底堆積物採取、さらには南米大陸からオーストラリアまでの大陸間横断観測などを実施する観測航海「SORA2009」を行った。

SORA2009には2つの研究課題が設定されていた。前半(MR08-06)の航海では、まずフレンチポリネシア周辺海域で、スーパーブルームという大規模なマンツル上昇流の実態やマンツルから地殻を突き破るようにマグマが噴き出すホットスポットと呼ばれる火山活動を探るため、地震波を計測する海底地震計や地下の磁場の変化を測定する海底電位差磁力計が設置された。地球内部を通過して観測された地震波や、磁場の測定から見積もられたマンツルの電気伝導度を解析し、マンツルの構造や流動性、温度や物質の違いなどを明らかにして、この海域の下に広がる南太平洋スーパーブルームについて理解を深めることがねらいだ。続いて、東太平洋海膨では、海底堆積物の採取など地質学的・地球物理学的観測が行われた。マンツル上昇流からどのように海洋地殻が形成されプレートとして進化していくのかを探り、南太平洋海域の沈み込み帯で、大陸地殻の形成と進化のメカニズムを解明することが目的だ。

一旦チリ・バルパライソ港に寄港した後、「みらい」はチリ沿岸を南下し、チリ周辺海域から今回のミッションで最南端となるドレイク海峡（南米大陸最南端のホーン岬と南極半島の間にある海峡）の海域で、古海洋環境変動復元研究のための試料採取や海底地形調査などの観測を行った。

4月中旬から開始された後半の航海(MR09-01)では、南太平洋の南緯17度線に沿った観測ラインを航行しながら、

260点で水温・塩分・栄養塩・海水中の酸素濃度などの項目を高精度に測定する大陸間横断観測を実施した。観測によって得られたデータを、同じ測線で1990年代のWOCE期間中に実施された高精度観測の結果と比較解析することで、海洋の貯熱量や塩分の変化をはじめ、人為起源の二酸化炭素量などを把握し、10年スケールの海洋循環の変動を明らかにするのが目的だ。



南太平洋での最初の観測(MR08-06 Leg1)が終了した際の記念寄せ書き。



フェグイノス水道のフィヨルド内を航行する際に見えた氷河（フランス氷河）。

## 名古屋港水族館

# ノーベル賞で一躍有名に ——オワンクラゲ

取材協力：中嶋清徳・飼育展示第1課海洋生物第2係長

2008年秋、下村 脩さん(米国・ウッズホール海洋生物学研究所特別上席研究員)のノーベル化学賞受賞によって、突如としてスポットライトを浴びたオワンクラゲ。ヒドロ虫類のクラゲのなかでは最も大きい(傘の直径が約25cmのもの)が、日本沿岸で数多く見られ、特に珍しいクラゲというわけではない。また、姿はミズクラゲにも似ていて、形や色が個性的というわけでもない。近年、クラゲを展示する水族館は増えているが、オワンクラゲはそれほど注目される存在ではなかった。それが、ノーベル化学賞の発表とともに、一躍有名になった。しかし、時期がよくなかった。日本の沿岸では、オワンクラゲ(成体)は冬から春に発生し、夏にはほとんど姿を消す。水族館での展示も、多くが夏まで。注目された秋にオワンクラゲを展示していた水族館は、全国でも数館にすぎなかった。

名古屋港水族館では、年が明けて採取したオワンクラゲを、2009年1月下旬から展示し始めた。「愛知県周辺(伊勢湾、三河湾)では、今年はとても多かったです。お正月明けころには、もう直径20cmくらいの個体もありましたし、水族館のすぐ前の港でも見かけました」と飼育展示第一課の中嶋清徳さん。数多く採取した個体の一部は、複数の水族館にも送ったという。3月に下村さんが名古屋大学で講演を行った際にも、名古屋港水族館のオワンクラゲが展示された。

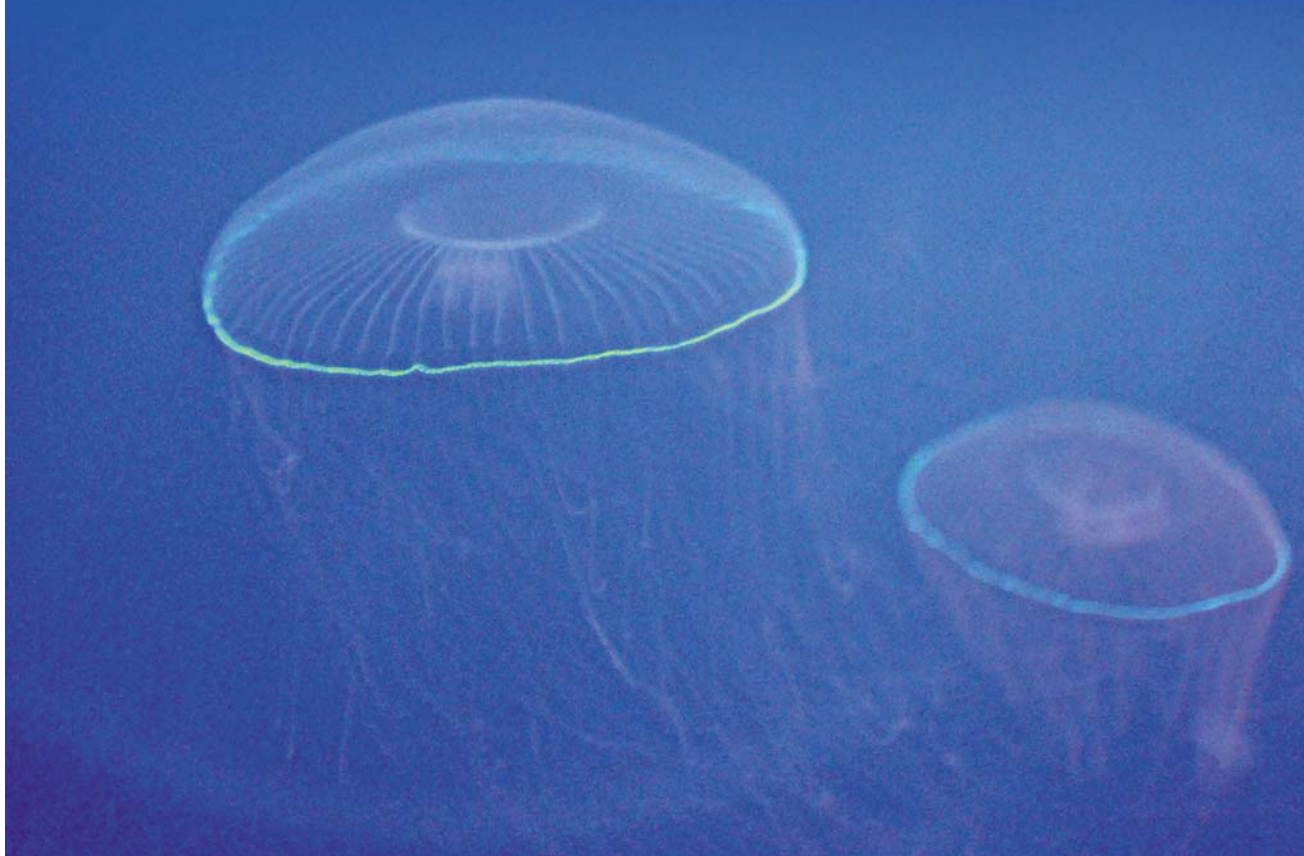
2月からは、オワンクラゲに紫外線を当てて、緑色蛍光タンパク質(GFP)が蛍光発光する様子を見られる展示も行っている(夏前に終了する可能性があるため、見学の際は、事前に確認を)。蛍光発光は、本来の発光とは違う。光を受けて初めて光るのが蛍光発光だ。オワンクラゲは発光する生物として知られるが、GFPそのものが自力で光るのではなく、カルシウムイオンと結合すると青白く光る発光物質イクオリンが発光し、その光のエネルギーを受けてGFPが緑色の蛍光を出すという複雑な発光システムを持っている。この発光の仕組みを明らかにし、オワンクラゲからイクオリンとGFPを取り出したのが、下村さんだった。

発光の仕組みは解明されたものの、発光する理由についてはまだ謎だ。中嶋さんは、夜間に魚類を採取する際に、一緒に網にかかったオワンクラゲが発光する姿を何度も見ているという。「外からの刺激を受けて光ることはあるようですが、確かな理由は分かりません」と中嶋さん。逆に、採取したオワンクラゲのなかには蛍光発光しない個体もいるそうだ。

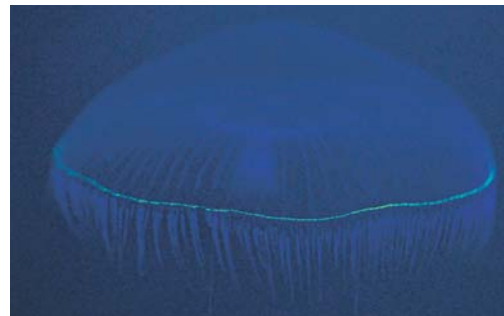
名古屋港水族館では、いま、オワンクラゲをポリプ(岩などに固着して生活し、増殖する無性世代)から繁殖させることに取り組んでいる。オワンクラゲの繁殖はすでにほかの水族館で成功しているが、まだ分からないことも多く、常に成功するわけではない。その一方で、「下村さんのノーベル化学賞受賞によって知名度が上がったことで、今後は、オワンクラゲはクラゲ展示の定番になる」と話す水族館関係者は多い。「多くの来館者に、年間を通していつでも見てもらうことができるようにしたいですね」と中嶋さんは話す。

■ Information ■ 名古屋港水族館  
〒455-0033 愛知県名古屋港区港町1-3  
TEL 052-654-7080  
URL <http://www.nagoyaaqua.jp/aqua/index.html>

水槽のなかで紫外線を受けて蛍光発光するオワンクラゲ。



オワンクラゲ(刺胞動物門ヒドロ虫綱クラゲ目)。やや扁平な傘から100本ほどの触手が伸びる。傘の内側中央部に口があり、小さなクラゲなどをそのまま丸呑みする。



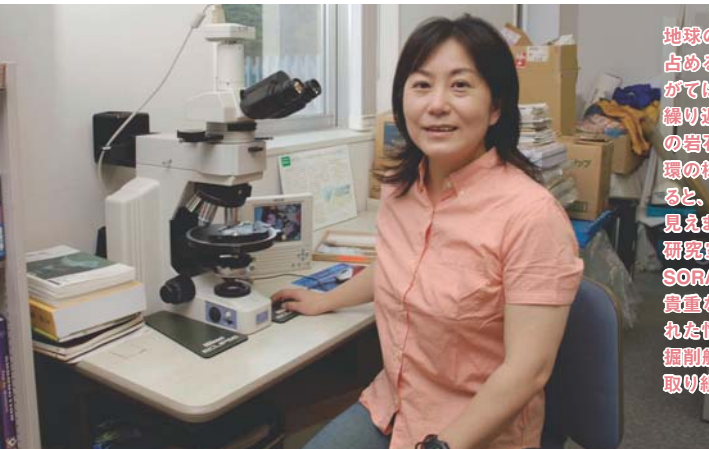
傘の縁辺部分が発光する。1本の線のように見えるが、拡大すると、傘の縁に小さな発光部がいくつも並んでいることが分かる。



着底もないオワンクラゲのポリプ。大きさは1mm程度。ふ化したプラナラ幼生が岩などに付着して固着生活期を過ごす状態がポリプ。植物の根のようなヒドロ根をのびしながら、その上にポリプを増やしていき、群体をつくる。やがて水温変化などをきっかけにして、クラゲ芽をつくり、直径1mmほどの子クラゲを放出する。

# かんらん岩には地球の歴史が記録されている

阿部なつ江 地球内部ダイナミクス領域 海洋底ダイナミクス研究チーム 研究員



地球の長い歴史のなかでは、その体積の8割を占めるマントルから海洋プレートが作られ、やがては地球深部へと戻っていくという大循環が繰り返されている。地球表面に現れたマントルの岩石、かんらん岩の変化を調べると、その循環の様子を垣間見ることができる。「顕微鏡で見ると、ステンドグラスのようなきれいなモザイクが見えます」と語る阿部なつ江研究員は、大学の研究室でかんらん岩の美しさに魅せられた。SORA2009航海も含め、めったに手に入らない貴重なかんらん岩を採取し分析。そこに記録された情報の解読を行っている。また、地球深部掘削船「ちきゅう」のマントル掘削実現に向けて取り組んでいる。

撮影：長倉徳生

## Profile

あべ・なつえ  
1967年、神奈川県生まれ。理学博士。金沢大学理学部地学科卒業。金沢大学大学院自然科学研究科地球環境科学専攻修了。山梨大学非常勤講師、東京工業大学文部技官、マツコーリー大学（オーストラリア）ポスドク研究員などを経て、2003年より現職。専門は、マントル岩石学・海洋底科学

**地球の物質循環の要、マントル**  
——まず海洋底ダイナミクスという分野と、ご自身の研究テーマについて教えてください。

阿部：海洋底のことを私たちは海洋プレートと呼んでいます。海洋プレートは中央海嶺で地球内部のマントルがわき上がって作られます。マントルは地球内部の80%以上を占める、地球で一番多い物質です。マントルは固体の岩石で、それが少量、20%程溶けてできたのが玄武岩マグマです。中央海嶺では海底にマグマが噴出して左右に広がっていて、そのマグマと溶け残った一部のマントルがセットになっているのが海洋プレートです。それが移動して日本列島のような島弧や大陸の下に沈み込み、地震を起こしたり火山をつくったりします。

海洋プレートが作られ、沈み込んで

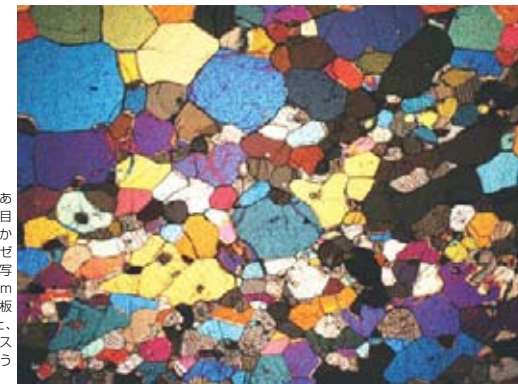
またマントルのなかに戻るという循環を経ることで、地球内部から、そして内部へと熱や物質や水を運びます。海洋底ダイナミクスは、その大循環のなかでも、特に船で調査できる海底という一番上の部分の調査を通して、地球内部の循環すべてをひもとくデータを採取しようというのが、われわれチームの研究です。

私が学生時代から研究しているのは、そのマントルの石、かんらん岩です。マントルからつくられたマグマが海水と反応したり、沈み込んでいくときに固まったマグマが溶けたりすることによって、日本列島や大陸ができました。マントルは、生物の体をつくっている元素も含めて、われわれが普段目にする地球表面の物質の起源になっていると考えられています。マントルは地球表面に出てくる過程、あるいは海洋プレートとして広がる間に変わるので、その変化の過



研究対象であるマントルかんらん岩。圧力から解放されてぼろぼろ崩れやすくなっているので、地上での採取にはアルミホイルと瞬間接着剤が必須だという。

撮影：長倉徳生



秋田県男鹿半島にある目黒火山（二の目黒）から産出した、かんらん岩捕獲岩（ゼノリス）の顕微鏡写真。横幅は、約7mm（倍率25倍）。偏光板を入れて観察すると、岩の組織が美しいステンドグラスのように見える。

程を研究しています。

## かんらん岩に一目惚れ

——最初から岩石学に興味があったのですか？

阿部：いいえ、大学受験を考えるころに興味を持っていたのは天文学で、星を見たり、太陽系の惑星はどうなっているのかと考えたりしていました。テレビ番組の影響もあります。「コスモス」や「パノラマ太陽系」、「地球大紀行」という番組が好きでよく見ていました。

天文学は、数学や物理学の非常に難しい理論を使って、宇宙の謎を解く学問です。受験するころに気づいて「何か違う」と思い始めたのです。科学雑誌が好きで「Newton」や「日経サイエンス」を読むうちに、「実際に石や土に手を触れてできる研究の方が私は好きだ。天文学よりも惑星科学や地球科学、地学の方が向いているのではないか」と思うようになりました。

大学受験は、天文学の研究ができる

東北大学物理学科と、もう一つ金沢大学地学科を受験し、金沢大学に合格しました。大学に入ってから、岩石が溶けたり固まったりしていく過程や、熱や圧力が加わって変化していく過程を研究する岩石学という学問があることを知り、「ああ、これは面白いな。岩石学をやろう」と思いました。

——なぜ海洋プレートの岩石の研究を？

阿部：地球科学をやっていると、世界中のあちこちに現地調査に行けます。私は南極に行きたかったのですが、めったに行けるところではありません。日本の南極観測隊は隕石の研究で有名でしたから、隕石の研究をしたなら南極に行けるかもしれないと思ったのです。

そこで研究室を選ぶときに、マントルの石を研究していらっしゃる金沢大学の荒井章司先生のドアを、こともあろうに「隕石の研究がしたいんです」といつて叩いたのです。先生もちょっと困った様子で、「隕石も面白いよ。ただ、隕石がその辺に落ちていても、地球の石か

隕石か分からないと困るので、まず地球の石で練習してみなさい」と渡されたのが、マントルの石、かんらん岩だったのです。薄緑色のとても美しい石でした。薄片を顕微鏡で覗くとステンドグラスのようで非常にきれいです。きれいなところに魅せられて研究を始め、もう10年以上になります。

——かんらん岩の研究から、何が分かるのですか？

阿部：地表の石は、海洋底は玄武岩、大陸は花崗岩、日本列島は安山岩が主流です。陸上で普段目にする石は色も様子も違いますが、地殻の下のマントルは、世界中ほとんど同じです。化学組成も同じ、温度や圧力状況がだいたい同じなので組織もほとんど変わらないのです。でも中央海嶺の下、日本列島の下、大陸の下では、少しずつ化学組成の違いや鉱物の組み合わせの違いがあり、それを比較することで、地球内部で起こっていることが分かります。

たとえば中央海嶺の下では、海洋プ



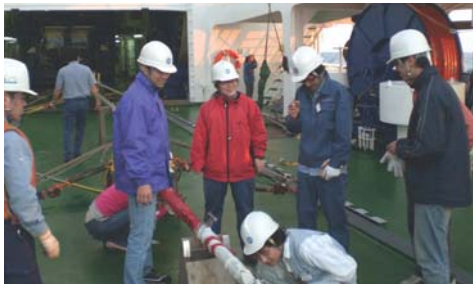
2003年5〜7月の掘削航海（ODP Leg209）中のショット。「ジョイデスレソリューション号」にて、世界中から集まった研究者と夕日を眺める。



船内のラボで海底から採取した岩石試料を検討。



航海中に誕生日を迎え、パーティーケーキを焼いてもらった。



深海調査研究船「かいらい」船上にて、地殻熱流量観測の準備。



採取された岩石を調べる阿部研究員。



海洋地球研究船「みらい」によるSORA2009の航海。南太平洋の強い日差しの下、甲板にて、採取された岩石を見て、次の日の戦略を考えているところ。



SORAの大航海を共にした仲間たち。タヒチから研究者26人、観測技術員が15人、40人の大きなパーティで調査を行った。(前列中央)

プレートが両方に引き裂かれることによって深いところから少しずつマントルかんらん岩が上昇し、圧力から解放されて石が溶け、10~20%くらいがマグマとなり中央海嶺の玄武岩になります。そのときに残ったマントルの石は、マグマが溶けた残りかすです。日本列島の下では、沈み込んでいく海洋プレートから水や岩石が溶けたものがマントルに加わり、マグマの化学組成が変わりますし、日本列島下のマントルウェッジ(くさび形のマントル)も変わってきます。大陸の下になると、もっと深いところからホットスポットと呼ばれるマントルの上昇流やブルームと呼ばれるわき上がりがあり、そこから出たマグマが大陸の下のマントルに混ざります。かんらん岩の化学組成を調べれば、その違いが明らかになります。

また前号に登場した鈴木勝彦さんたちがかんらん岩の微量元素を調べると、その変化のもととなる出来事が起きた年代が分かるので、どれくらい昔に地球内部でどんな現象が起きたのか調べることができます。マントルかんらん

岩を研究すると、地球の歴史をひもとくことができます。

### 採取ポイントを求めて

——どこで採れるのですか？

阿部：日本列島では地下30kmより深いところ、海底では海底面から5~6kmより深いところにあります。地下深くにあるので、めったに手に入らないのが難点です。直接手に入れるには、地下深くまで掘削できる地球深部探査船「ちきゅう」などを用いて掘る以外に手段はありません。しかし、それ以外にもいくつか手に入れる手段があります。

まず、火山のマグマが上昇してくるときに周りの壁を引っかけてマントルかんらん岩を一掃して持ち上げてくることがあります。これをマントル捕獲岩(ゼノリス)と呼んでいます。日本列島や大陸、海洋島といわれるハワイやタヒチ、ポリネシアにあります。

最近われわれが発見したのが、ブチスポット、つまりマントルからマグマができて非常に少量海底に噴出した小さな規模の火山です。最初に発見したの

は東北沖の太平洋上で、その火山で採取したなかにマントル捕獲岩がありました。

また、中央海嶺の近くにある断裂帯の壁のところに、マントルからのかんらん岩が上昇してきているときがあります。鉄の網を船から降ろして引っかかり、掘削船で掘削して採取します。

もう一つ、プレート同士がぶつかるところでプレート深部の物質が露出し、高い山をつくることがあります。オフィオライトといって、海洋プレートの断片と考えられています。有名なのはアラビア半島のオマーンオフィオライトで、日本では北海道の日高山脈にあります。私もJAMSTECに採用される前は、主に陸上調査に行っていました。

めったに手に入らないので、手に入るところなら、どこへでも調査に行きます。特に海に乗り出すときには、陸上の調査より広い視野を持って、どこへ行けばかんらん岩が採れるのか、なぜそこにかんらん岩が出ているのかということを考えながら航海計画を立てます。

### マクロな調査とミクロな分析

——今回の調査航海「SORA2009」はいかがでしたか。

阿部：日本を出発して、チリに到達するまで乗船しました。私が主に担当したのは、チリ沖で海底の中央海嶺が大陸の下に直接沈み込む場所の調査です。活発に活動する中央海嶺が沈み込む現場を調査できるのは、このチリ沖だけです。

実は日本列島、特に西日本の方は、太古の昔に何度か中央海嶺が沈み込むことによって陸地ができたであろうと考えられています。中央海嶺はマグマがわ

き上がっている場所なので、熱を帯びています。その熱を帯びているところが大陸の下に沈み込み、その上の岩石を溶かすので、花崗岩がどんどんできます。西日本に花崗岩が多いのはそれが原因だからではないかと考えている研究者がいます。このチリ沖でもやはり花崗岩ができていところがあり、かつて日本列島をつつたプロセスを見たいというのが一番の目的でした。

また大陸をつくる原因と、海洋プレートをつくる現場の両方がここで見られる非常にまれな場所ですし、大陸とぶつかっているので陸上の方にはオフィオライトがのし上がっています。私は海の方へ続いていると思われるオフィオライト、中央海嶺、中央海嶺の断裂帯のところでかんらん岩が採りたかったのですが、今回、かんらん岩は一個も採れませんでした。

そのほかに、チリのバルパライソという港のすぐ沖に小さな山があるので岩石を採取しました。これがブチスポットかどうかはこれから分析します。乗船していた間の地形もまとめてすぐに報告したいと思っています。

——採取した岩石はどのように分析するのですか？

阿部：電子プローブアナライザーや約20ミクロンのレーザービームを鉱物に当てて、化学組成を測るのが、私の得意としている研究手法です。これによって岩石の組織と化学組成を対応させることができます。

### 新しい知見から新たな謎が

——そこから新しく分かることは？

阿部：私が主に研究しているのは、中

央海嶺のそばで採れた非常に浅い部分の、マグマが溶け出た後のかんらん岩です。そのようなかんらん岩は年代を調べても、マグマを噴き出したときより古い年代はリセットされて出てこないだろうと思われていました。古くても100万年くらいです。

ところが年代測定をしてみると、非常に古い年代が出てきました。最近、マントルは浅い場所でマグマを噴き出しても、古い昔の情報を保持しているのだろうといわれています。それは最近の分析機器の発達によるところが大きいのです。10年くらい前から徐々にレーザーを使う方法が発達し、岩石の組織が光学顕微鏡では一つの鉱物に見えても、実は複数の結晶体であること、そこに年代の異なるいろいろな情報が何度も上書きされていることが分かってきました。

世界中のかんらん岩を調べてみると26億年、17億年など、4つくらい同じような年代がたくさん出てきたのです。最初は、なぜそんな古い年代がどんどん出てくるか分からず、レーザープローブが発達したことで、一時期はますます謎が深まりました。たくさんデータを集めてみると、どうもそのときに、地球のなかで何かのイベントがあったようなのです。

私が実際に扱っているマントルの岩石は本当に小さいものですが、多くのデータを蓄積することで、大きな絵が見えます。それは非常に楽しいです。

また総合調査航海では、地震学者、岩石学者、テクトニクス(海底表層の地形などを調査する)、地磁気、電磁気の研究者、地球化学、鉱物学、結晶の微細構造を研究する人たちと、いろいろな

分野の研究者が集まって一つの目的に向かって調査をします。まさにパズルのピースを合わせるように、個々の研究が組み合わされて一つの大きな絵になることを目指しています。

——岩石の研究者になりたい場合、どうすればいいでしょう？

阿部：私たちの研究は、地球や自然を相手にしていますので、普段目にするものや現象に何でも興味を持ってほしいです。たとえば電車の窓から見える山の形は、地質に大きく影響されます。かたい岩石なら山は険しくなるし、やわらかければなだらかになります。興味があれば原因を調べたくなり、おのずとこういった知識や学問を身につければいいのとも分かってきます。そうしたらまず、地学を中心に、化学でも物理でもよいので専門の基礎をしっかり勉強しましょう。基礎が分かってくると、ますます興味がわいてくると思います。

「あちこちに行きたい」というのが、私が岩石学を選んだ動機の一つですが、それだけならお金を出して旅行に行けばいいという考え方もあります。でも私は、さらに何か新しいことを自分で知りたかったのです。フィールドに行けば、何か新しい発見が必ずあります。それがこの研究の面白さです。

実は、私は英語がとても苦手でした。高校の英語の成績はいつも悪かったし、大学でも英語の単位を落としたことがあります。でも、世界中に研究仲間ができて、必要に迫られて英語が使えるようになりました。興味のあることを追求するうちに、必要な知識は後から身につきます。あきらめずにがんばってほしいと思います。



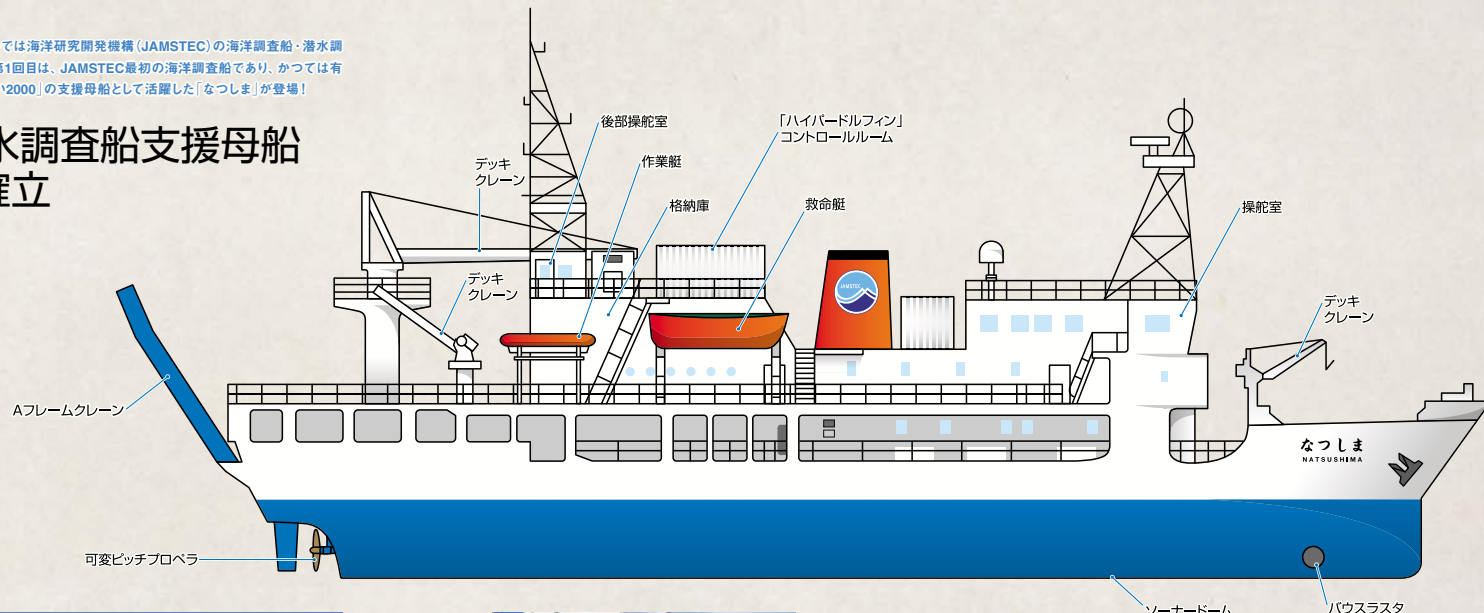
2007年5月、ブチスポット調査航海での集合写真。(前列中央)



# JAMSTECで最初に建造された潜水調査船支援母船 日本の本格的な海洋調査の原点を確立

## 海洋調査船 「なつしま」

Research Vessel NATSUSHIMA



### 「しんかい2000」の支援母船として建造

1981年、海洋科学技術センター（現在の海洋研究開発機構）が創立10周年を迎えたこの年に、「なつしま」は日本初の本格的な大深度有人潜水調査船「しんかい2000」の母船としてデビューした。

空中重量約24トンもある「しんかい2000」を、荒れた海上で動揺する船舶上からでも安全に着水・揚収するため、船尾には特殊なAフレームクレーンが設置され、その際に船体をより安定させるため、船体の重心を低くするなど、「なつしま」

には、母船搭載式潜水調査船のスムーズな運用を支援するための最大限の配慮と工夫が凝らされた。さらに、水中では電波が使用できないため、潜水調査船との交信や画像伝送、位置計測などには音波が使われる。そうした水中音響機器の妨げにならないように、船体の内側に防音材を施したり、エンジン全体をゴム製防振材で船体から浮かせる構造にするなど、船体からの雑音を極力出ないようにするための静音化技術の向上も図られている。こうしたさまざまな工夫や技術は、次に

続く「しんかい6500」の支援母船「よこすか」などに生かされるにとどまらず、当時、世界の海洋調査船のモデルになったといわれている。

### 幅広い海洋調査に活躍

「しんかい2000」さらには同船とともに潜水調査を行ってきた無人探査機「ドルフィン・3K」の運用は、2002年に休止となった。しかし、「なつしま」には新たな改良が施され、無人探査機「ハイバードルフィン」、深海生物追跡調査ロボッ

トシステム「PICASSO（ピカソ）」の潜航支援をはじめ、海底地形調査、海底堆積物の採取、さらには海洋観測、海底地震計や係留系の設置・回収など、さまざまなミッションをこなす総合的な海洋調査船として、さらなる活躍の場が広がった。

近年は、伊豆・小笠原海域を含む日本周辺での運用が多いが、2005年には、わずか2カ月前に発生し、甚大な被害をもたらしたインドネシア・スマトラ島沖大地震の震源海域の緊急調査に赴き、その機動力を駆使して、およそ1カ月に及び調

査を実施。海底に残された大規模な亀裂を発見するなど、巨大地震・津波の発生メカニズムを解明するための貴重なデータ収集に貢献した。

日本の本格的な海洋調査・研究の基礎を確立するために大きな功績を果たした「なつしま」には、まだまだ大きな期待が寄せられている。

■ 船体データ	
全長	67.4m
幅	13.0m
深さ	6.3m
喫水	3.6m
国際総トン数	1,739トン
最大速度	約12ノット
航海距離	約10,800マイル
定員	55名（乗組員29名、無人探査機運航要員8名、研究者等18名）
主推進機関	ディーゼル機関（625kW×2基）
主推進方式	可変ピッチプロペラ×2輪

■ 主な研究設備  
「ハイバードルフィン」「PICASSO」等無人探査機の潜航支援システム、曳航式深海調査システム「ディープ・トウ」の潜航支援システム、シングルチャンネル音波探査装置、ピストンコアやドレッジなどの深海調査機器などを搭載。



有人潜水調査船「しんかい2000」



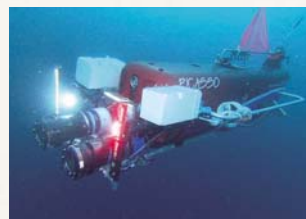
曳航式深海調査システム「ディープ・トウ」



「ハイバードルフィン」のコントロールルーム



無人探査機「ハイバードルフィン」



深海生物追跡調査ロボットシステム「PICASSO」



「ハイバードルフィン」がとらえた大地震によって破壊された海底

# 深海底から見る地球の姿

## 巨大地震の つめあとが残る日本海溝

藤岡換太郎 事業推進部 特任上席研究員

日本列島から東へ行くと、太平洋、大西洋、インド洋の三大洋を経て地球を一周し、再び日本へと戻ってきます。これまでに世界を一周する航海は多々ありましたが、まだ深海底を世界一周した人はいません。そこでこの連載企画で、深海底を世界一周する旅を皆さんと一緒に楽しんでみようと思っています。

まずは、日本の東北地方・三陸海岸あたりから旅を始めることにしましょう。東北沖の海底には、日本海溝と呼ばれる南北に伸びた深く狭い溝状の地形があります。ここには、はるか彼方の南米沖にある東太平洋海溝で誕生し、1億年ほど旅をしてきた太平洋プレートが、年間9cmほどの速度で沈み込んでいます。水深はおよそ7,400mあります。

日本海溝に最初に潜ったのは、1958年、フランスのパチスカーフ「FNRS-Ⅲ」です。続いて1962年に、フランスの「アルキメデス」が潜航を行っています。さらに1985年には、フランスの6,000m級潜

水調査船「ノチール」が潜っています。フランスは、どういわけか新しい潜水船をつくると、いつも本格的な深淵である日本海溝にやってくる。これに対して、米国の潜水船はこれまで一度も潜航していません。ちなみに1985年の潜航では、私も「ノチール」に乗船し、日立沖の日本海溝第一鹿島海山の陸側斜面（水深5,640m）で、ナギナタシロウリガイの群集を発見しました。これは日本海溝で初めての化学合成生物群集の発見でした。1990年代に入ってから、わが国の有人潜水調査船「しんかい6500」が日本海溝で潜航調査を開始します。

では、皆さんと一緒に三陸沖から日本海溝に潜ってみましょう。陸側斜面から海溝底を越えて海側斜面の太平洋プレートまで、深海底の旅の始まりです。ここでは、多くの地球科学現象を観察することができます。そして、ここで見られる現象は、すべて太平洋プレートが日本

海溝の下へ潜り込んでいることに由来します。

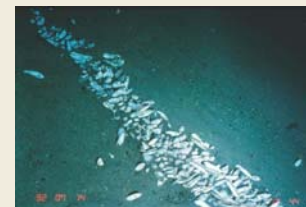
陸側斜面の水深5,500~6,500mあたりには急崖があります。これは何段かの急斜面と平坦な斜面が組み合わさって、全体として一つの崖になっています。この斜面には、陸側が上がり、海側が下がる逆断層（圧縮応力がかかって一方がの上昇するようにずれた断層）が多数発達しています。地震により海底が動いた結果です。この急崖の水深6,300mの海域で、多数のナギナタシロウリガイの群集（コロニー）が見つかりました。シロウリガイは、ナマコやイソギンチャクなどを交えた、線状に並ぶコロニーをつくって分布します。個体数300を超える大きなシロウリガイのコロニーも、多数見つかりました。シロウリガイは化学合成生物群集のうちの一つで、地下からわき上がってくるメタンや硫化水素をエネルギー源とするバクテリアと共生しながら生活しています。化学合成



1991年、亀裂の一つに発見したマネキンの首（日本海溝 宮古東方 [東部] 水深6,270m）。



亀裂の底に見えるビニール袋などのごみ（日本海溝 宮古東方 [東部] 水深6,270m）



ナギナタシロウリガイの群集（日本海溝 宮古東方 陸側斜面 水深 6,374m）

生物群集が生息するには、メタンや硫化水素が発生し、それらを通す逆断層が存在し、それらを逃がさない堆積物に覆われていることが条件となります。日本海溝には、その条件がそろっているのです。

陸側斜面には、1896年の明治三陸地震津波の震源があります。水深6,500m以浅の海底で、その際にできたとみられる斜面崩壊の跡が見つかりました。地形図には大きな馬蹄形の部分がはっきり現れており、非常に大きな斜面崩壊が発生したと思われます。このとき、陸上では巨大津波によって2万人の人が亡くなっています。

陸側斜面の急崖をさらに1,000mほど下降すると、海溝底に着きます。宮古沖の日本海溝底は水深7,400mで、「しんかい6500」では到達できません。かつて1万m級無人探査機「かいこう」が海溝底に潜航した際、ナラクハナシガイという化学合成生物群集の一種でシジミのような貝が見つかりました。現在までに発見されている世界で最も深い場所に生息する化学合成生物群集です。

日本海溝の海溝底は水深7,000~9,000mと非常に深いのですが、なかには海溝底が浅くなっているところも存在します。実は1985年の「ノチール」での潜航の折、私は第一鹿島海山で海溝を横断しています。平坦な堆積物の上で、センジュナマコがのんびりと横たわっている姿が見られました。

さて、海溝底から太平洋に向かって

た地形が繰り返して出てきます。これは正断層（引っ張り応力がかかって片方が滑り落ちるようにずれた断層）によってできた地塁・地溝構造と呼ばれる地形です。沈み込むプレートが地球の内部へ向かうためにたわみ、表面に多数の亀裂が発達します。亀裂ができたときには、大きな地震が起きたと考えられます。実際、この場所は1933年の昭和三陸地震津波の震源に相当します。海底の表面が長さ200mほど裂けて広がっており、亀裂の幅は最大5m、深さも最大5mほどです。こうした亀裂が、少しずつずれながら何本も連なっています。

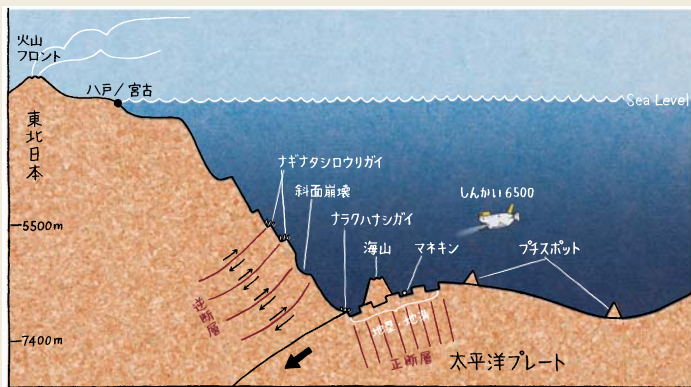
1991年、「しんかい6500」の調査で、亀裂の一つ（水深6,270m）から奇妙なものが見つかりました。「人間の首だ」と発見者は思ったそうです。実はマネキンの首でした。「なぜこんなものが」と思うかもしれませんが、悲しいことに、深海底にも人間が捨てたごみが散乱しているのです。この溝ではマネキンの首だけでなく、たくさんのビニール袋やカップ焼きソバの箱なども見つかりました。

しかし、発見されたマネキンの首は、興味深い事実を私たちに教えてくれました。翌年、同じ場所に潜航すると、その首は3cmほど泥に埋まっていたのです。深海で、このように泥が早くたまるのは驚きでした。このままでは、あと2年もたてば埋まってしまうのではないかと思います。果たして1995年に同じ場所に潜ったときには、もはやマネキンの首はどこにも見当たりませんでした。日本海溝の海側の斜面には強い流れがあって、砂泥やごみが運ばれたり、散乱した

り、埋もれたりしていたのです。その後の長期観測によって、日本海溝の海側では南から北へ、陸側では北から南へと、逆向きの流れがあることが明らかになりました。

日本海溝からさらに東の海底を見渡すと、太平洋プレート上に多数の海山があります。いまから約1億年前の白亜紀にできた火山島です。現在は海中に沈んで、水深5,000m以深にそびえ立っています。これらの海山はプレートの移動に伴って海溝まで運ばれ、やがて沈み込んでいきます。海山がまさに日本海溝に沈み込もうとしているのが第一鹿島海山です。また、沈み込んだ直後のものが千島海溝の襟裳岬沖にあるカデ海山です。このような海山が日本海溝にはたくさんあります。

海溝付近には熱源がないため、海山はどれも非常に古いものばかりです。ところが、近年、沈み込むプレート上から新しい海丘が見つかりました。海丘は約600万年に噴火してできたものと分かります。太平洋プレートを600万年分（年間10cmとして600km）戻すと、そこはちょうどプレートが地球内部側にたわむ場所に相当していました。ここで火山活動が起きたようです。水深が5,000mを超えているにもかかわらず、マグマを噴き上げ、海丘をつくったと考えられています。いまだ誰も知らなかった、まったく新しい火山活動が発見されたのです。この海丘はプチスポットと呼ばれています。この海丘を越えてさらに東へ進むと、やがてハワイへたどり着きます。



今回旅をした日本海溝の地形断面模式図。日本列島の太平洋側には、水深6,000mを超える海溝と呼ばれる溝が南北に続いている。東北日本（島弧）の東方に存在するのが日本海溝で、太平洋プレートが日本列島の下へ沈み込む境界をなす。沈み込み帯と呼ばれる海溝周辺では、亀裂や地滑り跡など、変形や破壊による変化に富んだ地形が観察できるとともに、地下深部から供給される化学合成を栄養源とする化学合成生物群集が見ついている。  
イラスト：阿部伸二

# フロンで探る海の動き 海洋地球研究船「みらい」の成果から

(2009年2月21日 第92回地球情報館公開セミナーより)



むつ研究所 研究グループ  
技術研究主任

## 佐々木建一

ささき けんいち。1971年、北海道生まれ。博士（地球環境科学）。北海道大学大学院地球環境科学研究科博士課程修了。名古屋大学大気水圏科学研究所、東京農工大学農学部講師を経て2002年に海洋研究開発機構に入所。むつ研究所にて化学トレーサーにかかわる研究に従事。専門は地球化学・化学海洋学。

大気と接する海の表面では、温室効果ガスである二酸化炭素を大気から吸収します。表面の部分だけではあまり吸収できませんが、表層水が極域で深く沈み込む現象（内部の循環）によって、海は二酸化炭素の巨大な吸収源として機能します。もし海の循環がなければ、地球温暖化はもっと加速しているでしょう。海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海洋地球研究船「みらい」は、海の内部や海底の状態を調べるさまざまな観測を行っています。そのなかで、海水中に含まれるフロンを追跡して海の内部の循環を解明する研究についてお話しします。

### 海の内部の循環と地球温暖化

私が所属する「むつ研究所」は、青森県の下北半島北部のむつ市にあります。世界最大級の観測船である海洋地球研究船「みらい」の母港としての活動、北太平洋を中心に環境の経年変化を読み解く「北太平洋時系列観測研究」、その研究に利用する化学センサー類の開発を行っています。

私の参加している研究チームでは「みらい」を使って海水の塩分や温度、化学物質の分布を詳細に観測し、さまざまなデータから海の深層部の水がどのように動き、混合されているのかを明らかにしています。

まず、私たちがなぜ海の循環を調べる仕事をしているかをお話ししましょう。炭素という元素は、動植物などのなかに有機物として固定された状態や二酸化炭素など、状態を変えながら地球システムのなかを循環しています。産業革命以後、化石燃料の燃焼や森林伐採・焼畑などで、地球表層に有機物として固定されていた炭素を利用し、植林などによる再固定分を相殺しても、これまでに正味279Pg（ベタグラム：10<sup>15</sup>g）が二酸化炭素として大気や海へ放出されています。この炭素の量は体重60kgの大人4兆6500億人（世界人口68億人の684倍）分、あるいは4トントラック697億5000万台分に

あたります。この膨大な大気圏に放出された二酸化炭素は、地球温暖化の一因と考えられています。

放出された二酸化炭素は大気圏に移った後、気体交換によって海にも溶けます。気体交換は海面でしか起こりませんので、海洋表層だけではあまり貯蓄できません。ところが、その表層水が海洋の循環に乗って中層・深層に移動すると、また表層部は新たに吸収できるようになります。この循環がなかったら、大気中の二酸化炭素はなかなか吸収されず、地球温暖化はもっと深刻になっているでしょう。その意味で、海の内部の循環がどうなっているのかきちんと調べることは、炭素がどのように循環するか、つまり、地球温暖化がどのように進んでいくかを予測する上で重要なのです。

### ほとんど未解明な細部の流れ

海の流れというと、地理の教科書に載っている「海流」を思い浮かべる人も多いでしょう。これは海の表層部の流れのことを指します。表層部の海水は、大まかにいうと熱帯域から極域（南極・北極）方向に向かって流れ、極域まで運ばれると冷やされて重くなり、深層に沈み込みます。この深層に沈み込む流れが、大気から表層水に溶け込んだ二酸化炭素を海洋内部へと運ぶのです。深層に沈み込んだ

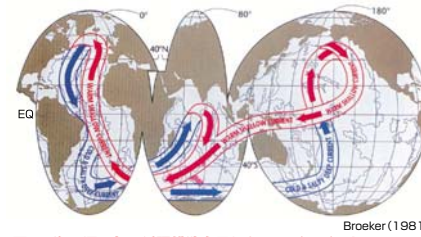


図1 海の深層部の循環構造を示したコンベアベルト

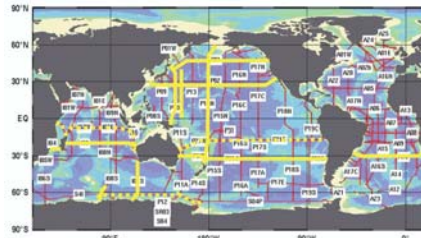


図2 WOCE（世界海洋循環実験）

国際的な枠組みで行われている海洋観測を示した図。黄色の実線は2003年以降にJAMSTECが行った観測。黄色の点線は、来年度以降に観測が計画されているところ。

後、熱帯域方向に流れ、温められて軽くなり、また表層部に戻ると考えられています。この深層部の流れについては、詳細な構造が分かっている表層部に比べてほとんど未解明の状態、世界中の研究者がさまざまな手法で取り組んでいます。

ブロッカー（Broecker）は1970～80年代に放射性炭素量を測定し、海の深層部の構造と循環をコンベアベルトにたとえて大まかに示しました（図1）。海洋学の研究者なら誰もが知っている図です。温かい水が北大西洋で冷やされて深層部に沈み込み、それが南極に向かって海底をゆっくり移動し、インド洋と太平洋に分かれてそれぞれ湧昇し、表層を通って大西洋に戻るように表されています。この海洋大循環すなわち地球全体を一巡するのは2000年かかると推定されています。

こうして大まかな循環は分かっていますが、炭素の循環といった物質の移動の問題を研究するには、より細部の流れを調べる必要があります。海も川と同様、局所的に流れる方向や速さが異なります。たとえば極域で冷やされた海水が深層部まで沈み込むか、中層水になるかは、その冷やされ方などによって変わります。こうした細部の流れ方はほとんど解明されていないのが現状です。

### 世界規模で取り組む深層循環観測

海の内部の構造や深層部の流れを調べるためには、膨大な観測が必要です。しかも、一度観測すれば済むものではなく、時間をおいて同じ場所を調べることで変化を見い出さなければなりません。そのため、先端的な観測技術を持った世界中の研究機関が手分けして、世界中の海を網の目状に観測し、データを共有しています。塩分、温度、主要な化学分析等、基本的な観測対象については世界統一のマニュアルと標準物質が定められ、世界中の研究者がこの枠組みに従って観測しています。

現在、1990年代のプロジェクトWOCE（World Ocean Circulation Experiment：世界海洋循環実験）（図2）と同じ場所をなぞるように観測して、2000年代から2000年代の10年間で海の内部がどう変化したかを調べるCLIVAR（Climate Variability and Predictability Project）というプロジェクトが動いており、JAMSTECもこれに参画しています。

### 海の流れを調べるトレーサー

海の流れを追跡するためには、海水中に含まれる特徴的な物質をトレーサー（追跡子）として使います。トレーサーの動きを調

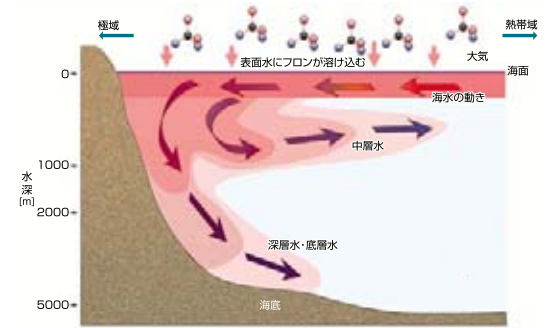


図3 海の内部の循環とトレーサーの役割を果たすフロン

海の表層部は熱帯域から極域に向かって流れ、極域で沈み込み、中深層をゆっくりと熱帯域方面に戻っていく。海水に溶けたフロンは、この流れに乗って移動するので、フロンを追跡すると海の循環が分かる。

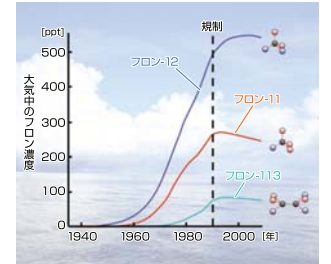


図4 フロン大気中濃度の経年変化

フロンは、冷媒・噴射剤・洗浄剤・発泡剤など工業的に幅広く使用、使用済み製品の廃棄などを通して大気へ多く放出されたため大気中の濃度が上昇した。1990年代にオゾン層破壊の原因物質として規制が始まり、徐々に大気中の濃度が下がり始めた。

べることによって、海水の経路や速度が分かり、海の内部の循環が分かるのです。

トレーサーとして使えるものには、天然の放射性炭素、核実験起源の放射性炭素、ヘリウムなど、いろいろあります。その一つが、私が調べているフロン（クロロフルオロカーボン類：CFCs）です。トレーサーにはそれぞれ長所・短所があるので、海の流れを解明するためには、いろいろなトレーサーの観測結果を組み合わせるのが有効です。

フロンは1930年代に人工的に作り出された化合物で、自然界には存在しません。そのため、海には表面以外から侵入することがないため、深層部で検出されると、大気中のフロンが起源である、といえます（図3）。また、現在に至るまでの大気中濃度の経年変化（図4）は分かっており、しかも連続的であるため、核実験起源の放射性炭素などの突発的なトレーサーと異なり、幅広い海水の年令の推定に役立ちます。



**図5 CTD採水観測**  
 採水器や各種センサーをセット 採水器を吊り上げ、海に投入 周りに36本の採水器が取り付けられている。海底まで下ろし、海水を採取して回収 回収した採水器から分析用の試料を採取 船上の分析室でフロン濃度を測定

**フロンを使った追跡**

フロンは揮発性が高く、空気とよく混ざります。対流圏では場所の違いによる濃度の差がほとんどなく、しかも、いつもほぼ均一の濃度で存在しています。

どんなに水に溶けにくい気体でも、海の表層水と大気圏の間の気体交換を通して溶けます(図3)。フロンも例外ではなく海水にわずかに溶けます。その表層水に溶け込むフロンの量は、大気中のフロン濃度に比例しています。

表層を流れてきた海水が極域で沈み込むと、大気との間で続けていた気体交換ができなくなります。すなわち、沈み込む直前に接していた大気との気体交換の状態を記録したまま、中・深層を循環することになります。中・深層水のフロン濃度を調べると、その水がいつ沈み込んだかが分かるわけです。

沈み込むと、大気との気体交換はなくなります。拡散による希釈は避けられませんが、この影響を補正するために、3

種類のフロン(CFC-12、CFC-11、CFC-113)について、個別の濃度を調べただけではなく、その組成比にも着目します。この3種の大気中濃度は、経年変化の傾向が異なるので(図4)、その組成比が各年代の特徴を示すのです。また、「地球シミュレータ」によるモデル計算結果と実際の観測値との比較検証も行います。

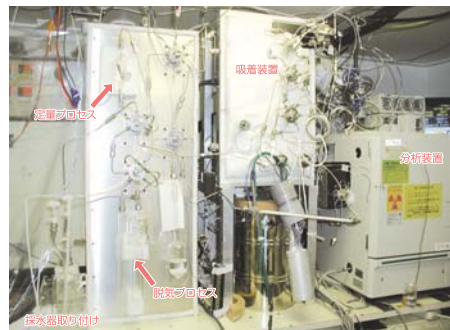
**「みらい」を使った海洋観測**

「みらい」ではさまざまな観測が可能ですが、私たちの研究グループが行っているのはCTD採水観測です(図5)。塩分(Conductivity)、温度(Temperature)、水深(Depth)を測りながら海水試料を採水します。1台に36本取り付けられた採水器の蓋を開けて着水させ、海底に向かって下ろした後、引き上げながら任意の位置で任意の本数だけ閉めます。最大36層に分けての採水が可能です。採水器の下にはセンサーがあり、下ろしていく間、塩分や温度を測ります。採水器から

小分けされた試料は、測定項目ごとに各研究室に持ち帰り、フロン、酸素、二酸化炭素、栄養分など、さまざまな測定をします。採水も分析も24時間態勢で、研究員が交代で行っています。

私が担当しているフロンの測定には、脱気装置・吸着装置・分析装置からなる分析システムを使います。最大で3台のシステムを「みらい」に搭載して、1台のワークステーションで同時に制御しながら分析を進めます。分析システムは手づくりです(図6)。この分野の研究者は世界で10名にも満たないと思いますが、みな手づくりの分析システムを使っています。なぜなら、海水中のフロンは極微量しかなく、市販の分析装置では検出・定量することができないからです。どのくらい微量かという、日本の米の収穫量10年分(8700万トン)に含まれる5000兆個の米粒のなかから、たった一粒の米を探し出すのに匹敵します。

では、フロン分析の流れをご紹介します



**図6 「みらい」のフロン分析システム**

自前でつくった分析システム。この写真は前面カバーをはずして撮影している(整備中の状態)。採水器を左下に取り付け、脱気、脱気、吸着、分析という流れで定量分析が行われる。

しょう。まず、海水試料をフロン分析用につくった専用の容器に入れて装置に取り付けます。次に、温度変化によるガラスや海水の膨張等も考慮した専用の容器で、正確に一定量の海水を測り取ります。そして、脱気装置に送り、窒素ガスを通してフロンを海水から遊離させ、吸着装置に送り、マイナス70℃でフロンを吸着させます。最後に、フロンが吸着している部分を150℃程度に急加熱し、脱着したフロンをガスクロマトグラフという分析装置に送り、フロンの量を種類ごとに測定します。一つ一つの試料について、この一連の地道な作業を行っています。

**フロンで分かった局所的な流れ**

JAMSTECのプロジェクトBEAGLE2003では、「みらい」がオーストラリアを始点に地球を一周しました。図7はブラジルから南アフリカへ向かう観測線を1カ

月かけて測定した結果からの抜粋です。

1993年にドイツの研究グループが同じ観測線を得た結果と比べると、まず目につくのは表層部Aの変化です。1993年に2pmol/kg程度(緑色)だった濃度が、2003年には3pmol/kg程度(橙色)へと1.5倍になっています。この水は、南極海付近で沈み込んだ水が約10年かけて流れてきていると考えられています。つまり1993年の観測値は1990年代の大気の状態を、それぞれ記録しています。この結果をご単純化して考えると、1990年代の大気中フロン濃度が1980年代と比べて1.5倍以上したことを反映している、といえます。

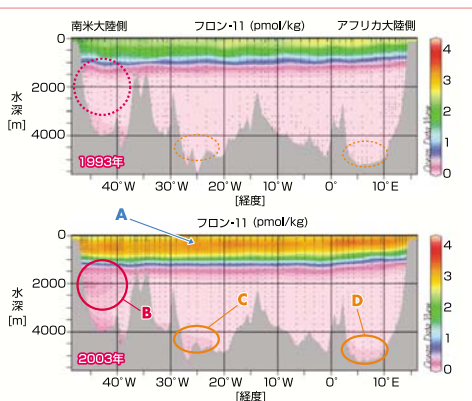
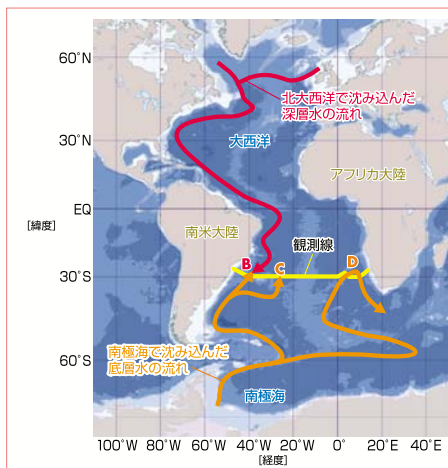
しかし、私が注目しているのは、むしろ深層部B~Dにおけるわずかな濃度上昇です。フロン以外のトレーサの結果やほかの場所での観測結果等も含め総合的に考察すると、Bは北大西洋で深く沈み

込んだ水がはるばるここまで南下してきたものと思われます。また、C・Dの濃度上昇は、南極海で沈み込んだ底層水の流れと考えられます。フロンの濃度変化からここまでたどり着くのに要した時間が推定できますので、流れの速さも分かります。

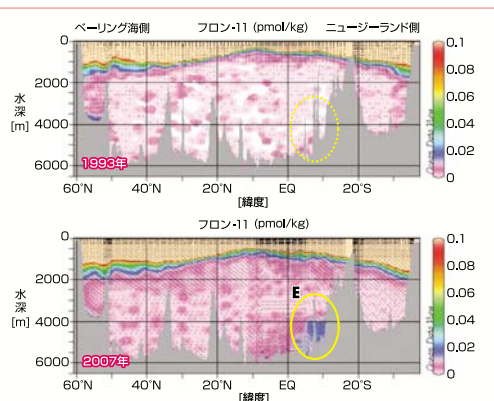
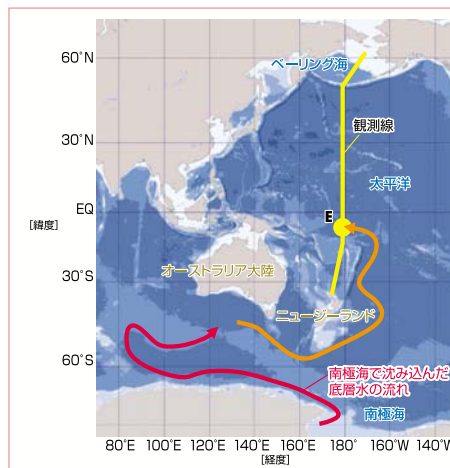
図8は2007年のデータで、ベーリング海から太平洋を縦断する長い航海でした。1993年にアメリカの研究グループが観測したときには検出されなかったEに、はっきりとフロンが検出されています。極域で記録された特徴は薄まってしまうため、観測結果の判断が難しくなりますが、Eは南極海で沈み込んでから40~50年かけて流れてきたものと私は考えています。

このように、フロンが検出されると、その場所の流れ方を考えるための有力な材料が得られるのです。

JAMSTECはこれまでに、南大西洋、南極海、南北太平洋、インド洋でフロンの観測を行い、データセットを公開してきました。今後も南太平洋、南極海での観測を予定しています。2009年4~7月にかけては、CLIVARプロジェクトの一環としてSORA2009(South Pacific Ocean Research Activity 2009)という観測航海を行います。これらの観測を通して、10年スケールの海洋循環の変動を解明していきたいと考えています。



**図7 観測結果の例1 (フロンの一つであるフロン-11の断面分布)**  
 大気中のフロンの増加によってA部のフロン濃度は、過去10年間に1.5倍に増加。B、C、Dの中深層でもフロンの増加が検出されている。



**図8 観測結果の例2**  
 「みらい」による2007年の観測で、1993年には検出されなかったフロンが検出された(E)。

## 編集後記

今月号の特集で各国の海洋研究所の海洋調査船を紹介しました(10~11ページ)が、私もこのなかのいくつかの研究所を訪問したことがあります。やはり、一番印象深かったのは、30数年前に最初に訪問したウッズホール海洋研究所(WHOI)です。当時のWHOIは、有人潜水船の「ALVIN」などを有し、世界のトップランナーとして海洋工学の分野だけではなく、さまざまな分野で先進的な研究を進めており、いうなればJAMSTECのお手本でした。1985年にはWHOIのバード博士が、大西洋に沈んだ豪華客船「[TITANIC]」をその優れた探査技術で70年ぶりに発見しています。

ウッズホールへは、わが国初の音響トランスポンド航法システムの導入のため、WHOIの近くの会社に研修に行ったのでした(われわれは新しい技術を習得するんだと勢い込んで出かけたのですが、米国では既にこの開発はほぼ終了し、カタログ品となっていました)。近年、JAMSTECもそれなりに知名度が上がり、関連分野ではまず知らない人はいないでしょうが、1970年代後半の米国では、誰もわれわれのことを知らない、というよりも、米国以外がそんな研究をするなどとは想像すらしていない様子でした。また、日本の経済力もまだまだで、1米ドルは200円以上で1泊25ドルぐらいのモーター代もすいぶん高く感じた記憶があります。

われわれは時間を見つけては、WHOIを訪ね、海洋工学技術全般について研究者に根拠り業掘り聞きました。まあ、先方にしてみれば、英会話さえままならない日本人を相手にさぞや迷惑だったでしょう。しかし、実際の船舶での運用を含めて技術的に詳細なことまでも、とてもオープンに親切に教えてくれました。われわれが滞在したのは、真冬の寒い時期で、氷点下10℃以下にもなるほどでしたが、彼らの懐の深さと温かい対応に寒ささえ忘れるほどでした。

なぜ、そんなに親切に教えてくれるのかと尋ねたところ、「同じ海洋技術を研究しようという研究者が世界中に少しでも増えるのはとてもいいことだろう」というとても単純な答えでした。今日のJAMSTECでは、海洋工学技術の発展期にある国々の研究者や技術者に対し、当時のWHOIと同様に、オープンに何でも教えてあげるというような大人の対応が果たしてできているだろうか。そのことが少し気になっています。(T.T)

## 海と地球の情報誌「Blue Earth」 第21巻 第3号 (通巻101号) 2009年6月発行

発行人 他谷康 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部  
 編集人 田代省二 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部 広報課  
 Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 株式会社ミュール  
 ディレクション 前田和則  
 取材・執筆・編集 滝田よしひろ / 荒船良孝 / 萩谷美也子 / 池上紅実 / 柏原羽美  
 デザイン 山田浩之 / 木元優介

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/> Eメールアドレス [info@jamstec.go.jp](mailto:info@jamstec.go.jp)  
 \*本誌掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます

## 「Blue Earth」定期購読のご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>

1年度あたり6号発行の「Blue Earth」を定期的にお届けします。

■申し込み方法  
 EメールかFAX、はがきに①~⑤を明記の上、下記まで申し込みください。  
 ①郵便番号・住所 ②氏名 ③所属機関名(学生の方は学年)  
 ④TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤Blue Earthの定期購読申し込み  
 \*購読には、1冊300円+送料が必要となります。

■支払い方法  
 お申し込み後、振込案内をお送り致しますので、案内に従って当機構指定の銀行口座に振り込みをお願いします(振込手数料をご負担いただきます)。ご入金を確認次第、商品をお送り致します。  
 平日10時~17時に限り、横浜研究所地球情報館受付にて、直接お支払いいただくこともできます。なお、年末年始などの休館日には受け付けておりません。詳細は下記まで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 事業推進部 広報課  
 TEL.045-778-5406 FAX.045-778-5498  
 Eメール [info@jamstec.go.jp](mailto:info@jamstec.go.jp)  
 ホームページにも定期購読のご案内があります。上記URLをご覧ください。



\*定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号(3-4月号)までとさせていただきます。  
 バックナンバーの購読をご希望の方も上記までお問い合わせください。  
 バックナンバーのご紹介  
 URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>

\*お預かりした個人情報、「Blue Earth」の発送や確認のご連絡などに利用し、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。

## JAMSTECメールマガジンのご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/mailmagazine/>

JAMSTECでは、ご登録いただいた方を対象に「JAMSTECメールマガジン」を配信しております。イベント情報や最新情報などを毎月10日と25日(休日の場合はその次の平日)にお届けします。登録は無料です。登録方法など詳細については上記URLをご覧ください。

## 賛助会(寄付)会員名簿 平成21年6月30日現在

独立行政法人海洋研究開発機構の研究機関につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付を頂き、支援していただいております。(アイウエオ順)

株式会社HI	神戸ペイント株式会社	株式会社鶴見精機	深田サルベージ建設株式会社
株式会社アイ・イチ・アイマリノナイツド	広和株式会社	株式会社テザック	株式会社フジクラ
株式会社アイケイエス	国際気象海洋株式会社	崎崎電気産業株式会社	富士ゼロックス株式会社
アイワ印刷株式会社	国際警備株式会社	電気事業連合会	株式会社フジタ
株式会社アクト	国際石油開発帝石株式会社	東亜建設工業株式会社	富士通株式会社
株式会社アサツー ディ・ケイ	国際ビルサービス株式会社	東海交通株式会社	富士電機システムズ株式会社
朝日航洋株式会社	五洋建設株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	物産不動産株式会社
アジア海洋株式会社	相模運輸倉庫株式会社	東京海上日動火災保険株式会社	古河総合設備株式会社
株式会社アルファワークコンサルタンツ	佐世佐重工業株式会社	東京製鋼繊維ロープ株式会社	古河電気工業株式会社
泉産業株式会社	三建設工業株式会社	東北環境科学サービス株式会社	古野電気株式会社
株式会社伊藤高麗瓦斯容器製造所	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジー	東洋建設株式会社	松本徹幸株式会社
株式会社エス・イー・エイ	JFEアレック株式会社	株式会社東陽テクニカ	マリメックス・ジャパン株式会社
エヌケーケージシステムス鋼管株式会社	財団法人塩事業センター	東洋熱工業株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社NTTデータ	有限会社システム技研	有限会社長澤工務店	株式会社丸川建築設計事務所
株式会社NTTデータCCS	シナノン株式会社	株式会社中村鉄工所	株式会社マルタン
株式会社NTTファシリティーズ	清水建設株式会社	西芝電機株式会社	株式会社マルトール
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	シユルンベルジェ株式会社	西松建設株式会社	三鈴マシナリー株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	株式会社商船三井	日油技研工業株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
有限会社エルシャンテ追浜	社団法人信託協会	株式会社日産クリエイティブサービス	三井石油開発株式会社
株式会社OCC	新日鉄エンジニアリング株式会社	ニッセイマリン工業株式会社	三井造船株式会社
沖電気工業株式会社	新日本海事株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社	三菱重工業株式会社
株式会社海洋総合研究所	須賀工業株式会社	日本SGI株式会社	株式会社三菱総合研究所
海洋電子株式会社	鈴鹿建設株式会社	日本海洋株式会社	株式会社森京介建築事務所
株式会社化学分析コンサルタント	スプリングイトサービス株式会社	日本海洋掘削株式会社	八洲電機株式会社
鹿島建設株式会社	住友電気工業株式会社	日本海洋計画株式会社	郵船商事株式会社
株式会社川崎造船	清進建設株式会社	日本海洋事業株式会社	郵船ナブテック株式会社
株式会社環境総合テクノス	石油資源開発株式会社	社団法人日本ガス協会	ユニバーサル造船株式会社
株式会社関電工	セナーアンドバーンス株式会社	日本興亜損害保険株式会社	レコードマネジメントテクノロジー株式会社
株式会社キュービック・アイ	株式会社損害保険ジャパン	日本サルヴェージ株式会社	
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	第一設備工業株式会社	社団法人日本産業機械工業会	
共立管財株式会社	大成建設株式会社	日本水産株式会社	
極東貿易株式会社	大日本土木株式会社	日本電気株式会社	
株式会社きんでん	ダイハツディーゼル株式会社	日本ヒューレット・パッカード株式会社	
株式会社熊谷組	大陽日酸株式会社	日本無線株式会社	
クローバテック株式会社	有限会社田浦中央食品	日本郵船株式会社	
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	高砂熱学工業株式会社	株式会社間組	
京浜急行電鉄株式会社	株式会社竹中工務店	濱中製鋼工業株式会社	
KDDI株式会社	株式会社竹中土木	東日本タグボート株式会社	
株式会社ケンウッド	株式会社地球科学総合研究所	株式会社日立製作所	
株式会社構造計画研究所	中国塗料株式会社	株式会社日立プラントテクノロジー	

## 独立行政法人 海洋研究開発機構の研究機関

横須賀本部 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15  
 TEL.046-866-3811(代表)  
 横浜研究所 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番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丁目2番9号 日比谷セントラルビル6階  
 TEL.03-5157-3900(代表)  
 国際海洋環境情報センター 〒905-2172 沖縄県名護市宇豊原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

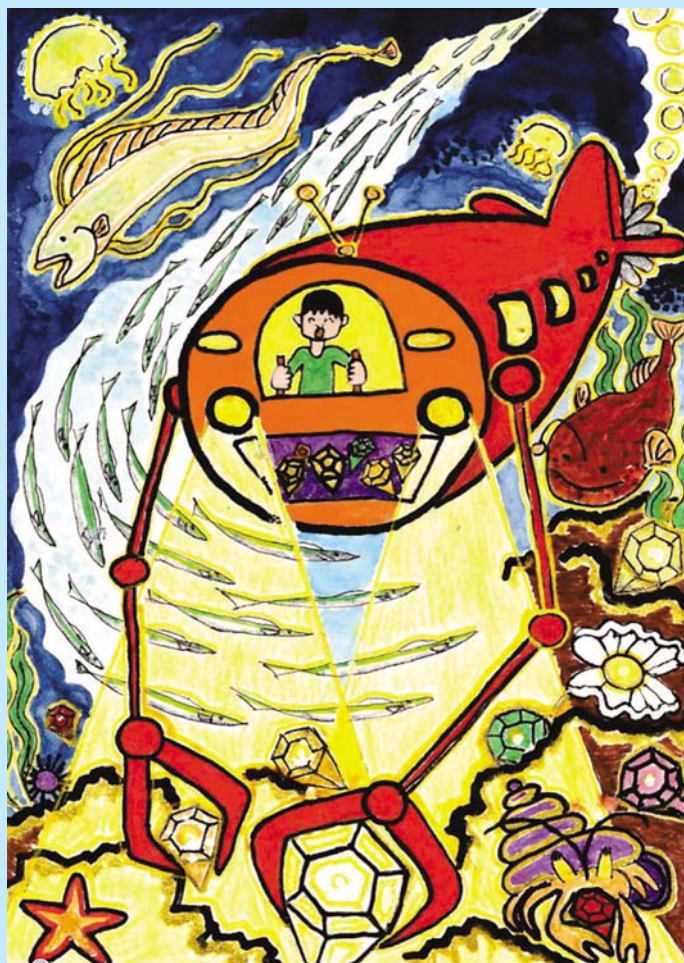
## 第11回全国児童

「ハガキにかこう  
海洋の夢絵画コンテスト」

海洋への関心が高まる今日、未来を担う子どもたちの海洋への夢や憧れ、興味をさらに高めるため、海洋研究開発機構(JAMSTEC)では毎年、全国の児童を対象にした絵画コンテストを、文部科学省などの後援により開催しています(作品募集は、毎年11月下旬~1月末ころ)。

今回の第11回コンテストには、全国から2万4280点の応募があり、70点が入賞作品に選ばれました。その入賞作品のなかから、子どもたちの夢あふれる優れた作品を部門別に紹介します。

## ●絵画部門●



文部科学大臣賞

## 海底に眠る宝石を探せ!

青森県八戸市立美保野小学校5年  
佐藤 元重

## ●CG部門●



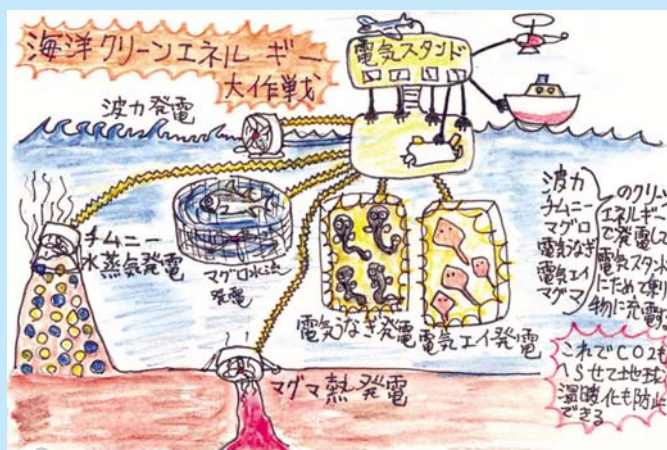
横須賀市長賞

## もずくガニのしょうぎ

東京都八王子市立清水小学校5年  
来生 宙冬

## ●アイデア部門●

第11回コンテストから、「アイデア部門」が新設されました。ハガキにアイデアと簡単な絵を書いて応募するというこの部門では、70作品中、13作品が受賞しました。



海洋研究開発機構理事長賞

## 海洋クリーンエネルギー大作戦

兵庫県姫路市立網干西小学校4年  
三枝 万佑子

## ここがアイデア!

波力、チムニー、マグロ、電気うなぎ、電気エイ、マグマのクリーンエネルギーで発電して、電気スタンドにためて乗り物に充電する。これでCO<sub>2</sub>もへらせて地球温暖化も防止できる。

コンテストに関する詳しい情報やその他の入賞作品などは、JAMSTECホームページをご覧ください。

<http://www.jamstec.go.jp/j/kids/hagaki/index.html>