

海と地球の情報誌

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

BlueEarth

7.8月号
2004

特集1 海洋観測の最前線で活躍する観測技術員
特集2 深海探査と技術開発

JAMSTEC Report

超高温高温環境を再現する技術を開発し
マントル最深部に残されたミステリーを解明

Blue Earth Museum

ノミも積もればご馳走になる!?
クラゲに付着するクラゲノミの仲間

2004年7月1日

独立行政法人海洋研究開発機構

研究推進のために7つのセンターと経営企画室を設置

新たな組織編成によって研究開発を推進し
世界の海洋地球科学技術の中核的研究拠点をめざす

独立行政法人海洋研究開発機構は、世界の海洋地球科学技術の中核的研究拠点をめざすとともに、研究開発および施設運用などの業務を効果的・効率的に遂行していくため、これまでの内部組織を改め、右図の通り、新たな組織編成を実施しました。

今回の組織編成では、法人経営の企画、研究資源等の配分などを掌握する「経営企画室」を設置し、また、海洋研究開発機構全体の研究の企画等を担当する「研究企画統括」を置き、戦略的な法人運営を推進するための体制を強化しました。さらに、文部科学大臣が定めた「中期目標」にある4つの「重点研究領域」の研究を主体的・一体的に遂行していくため、従来の研究部とフロンティア研究部を研究領域ごとに統合し、新たな研究組織「地球環境観測研究センター」、「地球内部変動研究センター」、「地球深部探査センター」、「地球シミュレーションセンター」を設置しました。各研究センターには、海洋研究開発機構が「中期計画」に掲げた研究課題を責任を持って進める体制として、課題ごとに「研究プログラム」を置き、さらに、研究を支援する事務組織「研究推進室」も設置しました。

また、観測研究船・地球深部探査船、地球シミュレータなどの大型研究施設の運用と、これらに関する研究開発の連携を強化した。「海洋工学センター」、「地球深部探査センター」、「地球シミュレーションセンター」の3つの組織を設置しました。それぞれのセンターには、業務を主体的に遂行していくため、内部に事務組織も設置しました。

海洋研究開発機構の新組織



Blue Earth

7・8月号／2004

Contents

2 特集1 海洋観測の最前線で活躍する観測技術員

研究者とともに海洋観測研究の推進に取り組む
観測技術員とその仕事

4 BEAGLE 2003で実証された観測技術員の高い能力

6 高精度のデータを収集し観測研究を推進

10 特集2 深海探査と技術開発

【座談会】

有人潜水調査船「しんかい2000」の思い出

16 海洋技術開発の新たなチャレンジ

「しんかい2000」の時代から続く海洋探査に関する技術開発とその未来

20 Interview 研究者・技術者に聞く

浮遊性有孔虫を飼育し、その生態をDVDにまとめる

木元 克典 研究員

24 Blue Earth Museum

ノミも糞もればご馳走になる!?

クラゲに付着するクラゲノミの仲間

26 JAMSTEC Report

超高温高圧環境を再現する技術を開発し

マントル最深部に残されたミステリーを解明

30 JAMSTEC Report

ローコストで持続的な海の浄化システムを実験中

34 Marine Science Seminar

～地球深部探査船「ちきゅう」の挑戦～
「地球を掘る」

38 BE Room

「しんかい6500」・「よこすか」太平洋大航海
NIRAI KANA!航海の様子を紹介するホームページを開設

39 日本科学未来館のボランティアによる「実験教室」開催!

40 Present / 編集後記

41 賛助会会員名簿

表紙: 「しんかい2000」写真提供: 日本海洋事業株式会社

※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。



高精度海洋観測に欠かせない観測 研究者とともに海洋観測 観測技術員とその仕事

のスペシャリスト 研究の推進に取り組む

【BEAGLE 2003・海洋観測編】

取材協力：
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

1000分の1℃という気の遠くなりそうな精度で、広大な海洋の表層から海底までの水温を測る仕事に挑み、それを確実にこなしていく海洋観測のスペシャリストがいる。水温だけではない。CTD採水観測では、塩分、溶存酸素、全炭酸、栄養塩など、地球環境変動に対する海洋の役割を明らかにするために求められる様々な項目について、高精度の観測に取り組んでいる。彼らは観測技術員と呼ばれる。

海洋は地球環境に与える影響が非常に大きいとされている。地球表面の約7割を占め、大気の約1,000倍もの熱容量をもち、50倍以上の二酸化炭素を溶解させる事からも、その影響の大きさを推察することができる。大気とそれらの交換を行った海水は、それらを保存して海洋を循環する。そして、再び大気と接する時、その交換はどうなるのか？ つまり、海洋のわずかな変動は、将来の地球環境の変化の兆候と言ってもいいくらいではないであろう。すなわち、海洋のわずかな変動から、地球環境の過去を知り、その未来を予測することもできるはずだ。地球環境変動を解明し、異常気象や気候変動を予測するためには、海洋の物理学的・化学的特性を詳しく知ることが重要であり、急務といえる。そして、そのためにはより高精度でより多くの観測データが必要だ。だが、より高精度でより広範囲な海洋観測を迅速に行うためには、研究者だけの力では難しい。研究者の考えや要求を汲み取り、研究者と相互に協力し合いながら、高度な観測機器を用いて研究に必要なデータを取得するために力を尽くす観測のスペシャリストが欠かせない時代になっている。こうした背景により、独立行政法人海洋研究開発機構では、CTD採水観測のみならず様々な分野での観測機器の管理・運用、高精度観測が実施できる優れた観測技術員の育成に、力を注いできた。そして、2003～4年に実施された海洋地球研究船「みらい」による南半球周航観測航海（BEAGLE 2003）は、その成果が十分に発揮され、観測技術員の働きが大きくクローズアップされた一例といえよう。今回はBEAGLE 2003で活躍した観測技術員たちの仕事の一部を紹介しよう。





BEAGLE 2003の観測航海(レグ4)に参加した研究者と観測技術員

BEAGLE 2003で実証された観測技術員の高い能力

BEAGLE 2003で評価された実力

観測技術員の存在が大きく注目されたのは、海洋地球研究船「みらい」によって実施された南半球周航観測航海(BEAGLE 2003)だった。

海洋の地球環境変動に果たす役割を解明し、将来の予測に役立てるため、全球の海洋を高精度で観測しようとする世界的なプロジェクトが1990年代に始まった。欧米先進諸国や日本をはじめとする30カ国以上が参加して行われた、世界海洋循環実験(WOCE)計画だ。全球の海洋に数多くの測線が設定され、陸地から陸地、表面から海底までの水温や塩分、そのほかの海水特性

が詳細に観測されてきた。BEAGLE 2003では、WOCE測線観測計画(WHP)の再観測として、太平洋・大西洋・インド洋で、493点の高精度CTD採水観測が行われた。その内容は、全観測点で海面から海底直上までの鉛直方向のCTD(電気伝導度・水温・深度測定装置。これらから塩分が算出される)観測並びに鉛直36層の採水による塩分・水温・溶存酸素・栄養塩の分析と流速観測、さらに半分以上の観測点で全炭酸(溶存無機炭素)、フロンなどの分析も行われ、炭素同位体比、セシウムなどの放射性物質の分析のための海水採取も実施された。

この膨大な観測を、わずか6ヶ月間と

いう短期間で実施しなければならない。このことは、観測技術員たちにも大きなプレッシャーだった。そして、観測の体制づくりをかためる最初のレグは、最もたいへんだったという。採水観測では、多いときには十数項目の分析が行われる。採水ボトルからの取水の順番やその方法、容器の種類もそれぞれ異なるため、慣れるまでに時間が必要だった。また、大西洋では天候が安定したものの、太平洋・インド洋では悪天候やうねりのなかでの作業が続くこともあった。こうしたなか、昼夜を問わず延々と観測が行われたのだ。だが、終わってみれば、493点のすべての観測点で予定通りの観測を達成すること



「みらい」の分析室に並ぶ全炭酸の分析機器



観測機器の修理も観測技術員の仕事



レーザーマストの気象観測機器のメンテナンス作業



「みらい」の調査指揮室での作業の様子

ができた。観測機器のトラブルや悪天候などで観測できない部分があつて当たり前といわれるなか、これは驚異的な成果だった。観測航海の成功は、乗組員・研究者・観測技術員といったすべてのスタッフの力だが、なかでも24時間体制で1日およそ4点のCTD採水観測をこなした観測技術員の奮闘ぶりとその技術は高く評価された。

ますます高まる観測技術員の重要性

研究者の希望に従って、求められるレベルの観測データを取得するために必要な技術を提供する、これが観測技術員の仕事だ。観測データを得るための機器運用からメンテナンス、取得したデータの品質評価やデータ管理などを、船上での作業だけでなく一貫して行う。また、研究者といっしょに高精度観測機器の開発や改良に参加することもある。また、海洋地球研究船「みらい」などの船には、マルチナロービーム測深装置や音響式流向流速計、さらには気象観測装置等多くの観測機器が船内に搭載(常設)されており、航海中にこれらを運用するのも観測技術員

の仕事だ。観測技術員たちにとって、BEAGLE 2003は航海のおよそ1年前から始まっていた。研究者からは非常に高い分析精度を求められた。それをクリアするために、より精度の高い分析方法を研究者とともに検討し、また、短時間で失敗なくデータを得るためのトレーニングが繰り返し行われた。地球の全海水の持つ熱的な効果は、全大気の約1,000倍といわれている。つまり、全海洋の平均水温が1,000分の1℃変化する際の熱量は、全大気の平均気温1℃の変化に等しい。ごくわずかな海水温の変化が、気候に大きな変動をもた

らす可能性もある。また、海水の動きをトレース(追跡)しようとする場合、海水に含まれるわずかな化学成分の変化、水温・塩分のより正確な変動をとらえることが求められる。そのため、できる限り精度の高い観測が欠かせない。しかも、BEAGLE 2003では観測点の数は膨大だ。いかに効率よく短い時間で高精度の観測をこなしていくか、それが大きな課題だった。

より精度の高いデータを取得するための高精度海洋観測の必要性はますます高まっている。観測のスペシャリストとしての観測技術員の役割は、今後一層重要になっていくに違いない。



観測終了後、
寛いだ表情の
観測技術員ら



採水器にCTDの据付を行う観測技術員

【CTD採水観測】 高精度のデータを収集し観測研究を推進

海洋を理解するために重要な CTD採水観測

海洋環境の変動やそのメカニズムを解明するためには、広大な海域で水温や塩分、流向流速などを調べるとともに、海水に溶け込んでいる様々な物質についての詳しいモニタリングが必要だ。そのため、海洋研究開発機構では海洋地球研究船「みらい」をはじめとする海洋調査船や「トライトンブイ」などの係留ブイ等を活用し、様々な研究プロジェクトに即した海洋観測を行っている。

センサー技術の向上や人工衛星によるリモートセンシング(遠隔探査)技術の発達により、新たな観測手法も次々に開発されているが、現在、海洋観測において重要な位置を占めているのは、やはり現場の海域に船舶で行き、実際の海水を採取してデータを収集する採水観測だ。採水観測では、特定の深度の海水を採取するために採水器が用いられる。一度に多数の深度から効率よく海水を採取するために複数の採水ボトルを取り付けたロゼット採水器には、

通常、CTD(電気伝導度・水温・深度測定装置。これらから塩分が算出される。また、溶存酸素等を測定するセンサーを加えたものもある)が取り付けられ、水温・塩分の連続的な鉛直構造も船上でモニタリングすることができる。また、採水器によって採取された海水からは、塩分・溶存酸素・栄養塩(硝酸・亜硝酸・リン・ケイ素)・全炭酸(溶存無機炭酸塩)・アルカリ度・pH・フロンなど、研究者が求める様々な項目の測定が行われる。



取材協力：
小澤 知史 主任
マリン・ワーク・ジャパン
海洋科学部 海洋調査室 海洋観測課



取材協力：
清家 隆義 観測技術員
マリン・ワーク・ジャパン
海洋科学部 海洋調査室 海洋化学課



BEAGLE2003で海外から参加した研究者らと溶存酸素の測定を行う



採水試料は項目ごとに異なるボトルに入れる



研究室で溶存酸素の測定装置をチェック

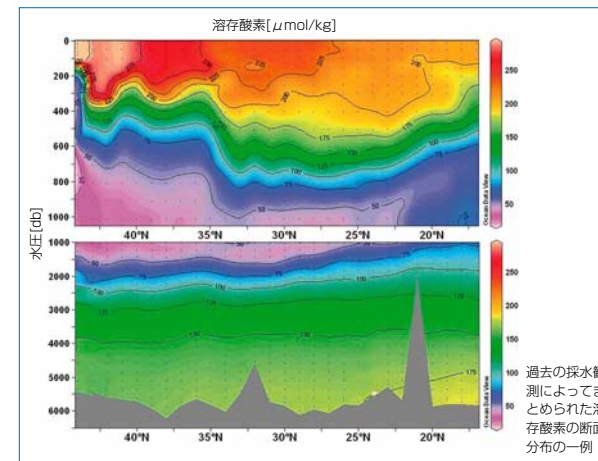
海洋研究の基盤を支える 観測技術員

観測技術員は、このCTD採水観測によって採取された試料の測定を行ったり、必要に応じてCTD観測データを採水試料の分析結果と比較して補正するなどの仕事を行う。採水試料の測定には、各項目の高精度なデータを取得するための専門的な分析装置が用いられる。そして、観測技術員は、測定項目ごとにチームを組み、そのチームごとにひとつの分析装置を担当し、それぞれの装置の専門家として技術を磨いていく。また、ときには測定装置の開発や改良にも加わる。

たとえば、溶存酸素の測定には、溶存酸素測定用滴定装置が使われる。これは採取した海水に試薬を加えて溶存



後部操舵室でCTDからのデータを確認



過去の採水観測によってまとめられた溶存酸素の断面分布の一例

する酸素を固定し、さらに滴定液との反応を利用して光学的な変化から濃度を測定するという装置だ。数年前まで使われていた装置では、滴定液の入れ方に技術的な熟練が必要だった。もしも失敗すると、濃度が測定できない事態もおきたという。BEAGLE 2003を前に、研究者と装置を製作する企業、そして溶存酸素の測定を担当する観測技術員が参加して装置の見直しが行われた。その結果、より自動化を進めて測定の失敗をなくすとともに、より短時間で測定でき、精度の高い測定装置が開発された。観測技術員は、単に測定を担当するだけでなく、観測のスペシャリストとしての高い技術が求められる。

一方、CTD観測では、測定そのものはセンサーが自動的に行う。だが、セ

ンサーから送られてくるデータは、そのままでは使えないという。CTDを担当する観測技術員は、観測中から装置に異常がないかどうかを常にチェックするとともに、ノイズ(データ上の異常値)を取ったり、センサーの校正値をもとにズレを補正するなどの処理を行う。さらに、水温については、所要所の瞬間的なデータ(スナップショット)を取る高精度水温センサーのデータを用い、塩分については、採水観測で測定した塩分データとの比較を行って、CTDが測定したデータの精度をより高める処理を行う。このような様々な作業を行わなければならない。観測技術員による入念な品質管理を経て、CTDが測定した水温や塩分のデータも、ようやく研究者の手に渡るのだ。



採水試料からも塩分を測定する



採水ボトルをセットする観測技術員



マルチナロービームなどのデータ分析を行う「みらい」の調査指揮室

【「みらい」船体固定型観測機器による連続観測】 海底地形、大気・海洋データを24時間測定

調査船に常設された 観測機器も多い

海洋地球研究船「みらい」をはじめ調査船には常設の観測機器も多い。分野別に分ければ、気象観測装置や海洋物理観測装置、固体地球物理観測装置など多岐にわたる。これらを運用・管理するのも観測技術員の仕事だ。特に世界最大級の大きさをほこる「みらい」には、ドップラーレーダーをはじめとする気象観測装置、音響式流向流速計、

マルチナロービーム測深装置など、数多くの船体固定型の観測機器が搭載されている。これらの多くは航海の間、常に連続観測を行っており、担当する観測技術員チームは、乗組員同様に航海中は常に24時間体制でこれらの機器の運用・管理・保守点検を行うとともに、得られたデータの解析も行っている。さらに、船内のネットワークシステムや電波航法装置、衛星データ受信装置などのように、「みらい」の運航に

必要不可欠な機器の管理も、船体固定型の観測機器を担当する観測技術員によって行われている。

今回のBEAGLE 2003では、CTD採水観測などのほかに航走観測と呼ばれる連続観測項目があり、海底地形、潮流（流向流速）、気象について観測が実施された。特にマルチナロービーム測深装置を使った海底地形の測定は、データの取得のみでなく、CTD採水観測や海底堆積物の採取において非常に重要な役割を果たした。

音響測深装置など様々な 観測機器を扱う観測技術員

マルチナロービーム測深装置は、船底から海底に向けて音波を放射し、その海底から反射した音波を多チャンネル受波器で受信することで海底の地形を割り出す装置。受波器は、船の直下から左右の横方向にそれぞれ最大75度（水深および海の荒れ具合によって異なる）で水深データを得ることができる。

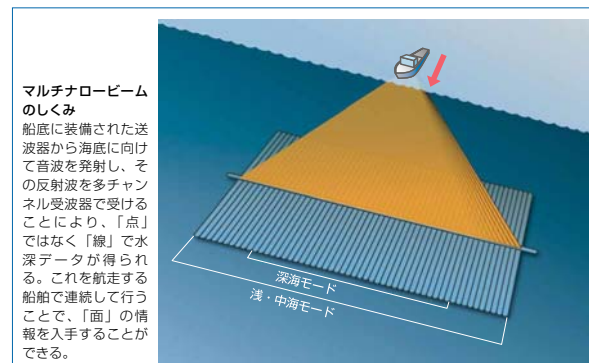
水深データは船の揺れによる誤差を補正した上で収録される。そして、これを船の航走中に連続的に行うことで海底面の地形データを取得し、観測技術員によるデータ処理を経て海底地形図がつくれる。

CTD採水観測では、マルチナロービーム測深装置から得られた直下水深と周囲の海底地形を参考にして、採水器を海底直上まで降下させる深度を決める。採水器にも海底からの高度を計る装置が付けられているが、マルチナロービーム測深装置によるデータが非常に重要となる。そのため、CTD採水観測の間は、マルチナロービーム測深装置を担当する観測技術員にとっても緊張する時間だ。さらに、音速は海水の水温・塩分・圧力によって変化するため、観測技術員は最新のCTD採水観測の水温・塩分データなどによって音速の補正を入念に行い、できる限り正確な水深データを出すことが求められる。

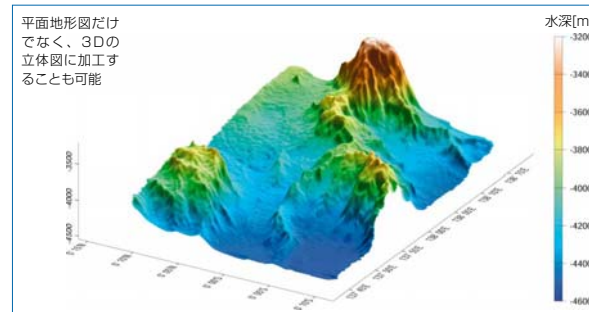
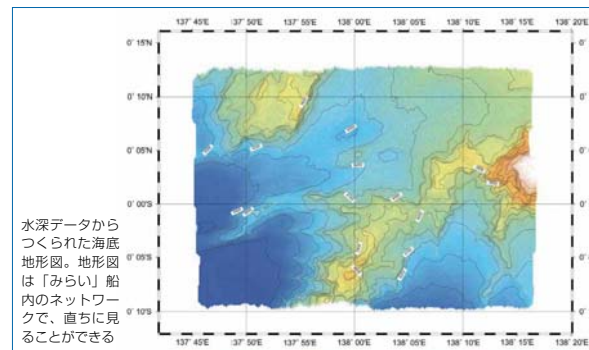
一方、BEAGLE 2003のレグ3（チリ沖）・レグ6（南インド洋[南大洋]ゲルグレン海台）で行われた海底堆積物の採取では、前日に採泥ポイント周辺の探査を入念に行い、直ちに海底地形図を作成しなければならない。採泥ポイントを決めるまでが、観測技術員にとって忙しい時間となる。

この音響測深装置にとって最も困るのは、海が荒れたときだ。航行の際にアワが船底に入り込み、音波に影響を与えてしまい、データがうまく取れなくなってしまうのだ。また、高い波やうねりによって船が傾きすぎて、データの精度が落ちてしまうこともある。通常は、ほかに担当する機器のチェックのため船内を巡回するが、海が荒れると、観測技術員はこの装置から目が離せなくなる。

船体固定型の観測機器を扱う観測技術員は、気象（大気）の観測も担当している。「みらい」には雨雲の分布などを



マルチナロービームのしくみ
船底に装備された送波器から海底に向けて音波を放射し、その反射波を多チャンネル受波器で受けることにより、「点」ではなく「線」で水深データが得られる。これを航走する船舶で連続で行うことで、「面」の情報を入手することができる。



平面地形図だけでなく、3Dの立体図に加工することも可能

観測するドップラーレーダーをはじめ、風向・風速、気圧、雨量、気温、湿度、日射、赤外放射、水温、波高を観測する総合海上気象観測装置などが搭載されている。これらの観測データは、気象観測室に集められて記録されるとともに、船内のネットワークで確認することができる。



測深装置のデータ処理を行う観測技術員



【座談会】有人潜水調査船「しんかい2000」の思い出 日本の潜水調査の基礎を築いたかつての オペレーターたちが語る「しんかい2000」

取材協力：

柴田 桂 室長 田代 省三 グループリーダー 橋本 菊夫 サブリーダー
小倉 訓 サブリーダー 鈴木 晋一 課長代理



(写真提供：日本海洋事業株式会社)

活動休止となっていた有人潜水調査船「しんかい2000」が運航終了となった。1981年に建造され、1983年より研究調査のための運用が開始された「しんかい2000」は、これまでに日本沿岸をはじめマヌス海盆、マリアナ北部などで1,411回の潜航を行ってきた。日本で初めての本格的な潜水調査船である「しんかい2000」は、それまで未知の世界であった深海に光を当て、長年にわたって日本の深海研究の発展を支えてきた。また、開発を通して培われた技術は、その後の深海探査機器の開発にも大きな財産となった。今回は、「しんかい2000」が運航された初期に、パイロット、整備、航法管制など、オペレーションを担当されたみなさんに集まっていただき、当時のエピソードなどを語っていただいた。

初めての潜航は わずか8分で浮上

Blue Earth編集部(以下BE) 本日は、有人潜水調査船「しんかい2000」の運航が始まった当初から、パイロットや整備として、また航法管制(支援母船「なつしま」で「しんかい2000」の位置を確認したり、目的の海底へ誘導する役割)として、「しんかい2000」の運航に携えてこられたみなさんにお集まりいただき、「しんかい2000」についていろいろとお話をうかがっていききたいと思います。

田代 経験豊富な今井義司さん(現在、「しんかい6500」運航チーム・司令)やパイロットだった櫻井利明さんたちにも参加してもらいたかったのですが、現在、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」の長期航海(NIRAI KANAI)で東太平洋に行っています。今井さんからはメールで当時の思い出などをいただいていますので、それも参考にしながらお話をしたいと思います。

BE オペレーションを担当されていたみなさんにとって、思い出深い出来事というと、どんなことがありましたか。

橋本 やはり、何よりも印象に残っているのは、1982年1月26日の記念すべき第1回の潜航でしょう(笑)。あの時は、確か田代さんがコ・パイロットとして乗船

田代 すみません。潜航時間8分、最大深度20mでした(笑)。

柴田 相模湾・初島沖で、確か50mまで

潜る予定だったのが、耐水圧コネクター



「しんかい2000」耐圧殻内部の操縦席



の故障で、すぐに中止になったんですね。

田代 潜航が始まって1、2分後に、警報が鳴り出した。絶縁低下、つまり、ケーブルのどこかに水が入ったことを知らせる警報でした。それまで、いろいろと訓練はしていましたが、いきなり警報が鳴ったものだから、こちらに対応できなくて、すぐにバラスト(おもり)を捨てて浮上しました。周囲には、漁船などをチャーターしてマスコミが取材に来ていました。潜ったと思ったら、すぐに浮かんできたので、みんな驚いたんじゃないかな。

柴田 われわれ航法管制もあせりましたよ。自分たちの責任で位置を出すのは初めてでしたから、気合を入れて、さあ、位置を出そうとスタンバイしていたら、すぐに浮上でしたからね。位置を出す間もなかった。

田代 当時の記録を見ると、それから2ヶ月間は潜航が取りやめになっています。その前の試運転でもコネクターの漏水が大きな問題になり、すべて新しいコネクターに替えて、もう大丈夫と思った矢先でしたから。その後もコネク

たのトラブルは続きましたが、それ以外には、特に大きなトラブルはありませんでした。ただ、警報はしょっちゅう鳴っていました。しかも、海中でしか出ない現象がありましたから、潜航中にどこが怪しいのかをしっかりと絞り込んで上がらないと修理できない。あのころ小倉さんは整備を担当していたんだよね。

小倉 潜航中にこのあたりが怪しいと突き止めてもらって、ぴったり当たればみんな大喜びでした。

田代 逆に、しっかり突き止めてこないで、こちらの責任でしたから、鍛えられました(笑)。

鈴木 潜航中は、操船よりもそっちの方が苦労だったのでは(笑)。

操船技術は自ら学びとるもの

BE 日本で初めての有人潜水調査船でしたから、操船技術についても、パイロットのみなさんが、ゼロからつくり上げてきたわけですね。

田代 初期のころは、海底に設置された漁具の縄を垂直安定フィンに引っ掛けてしまったり、巨大な漁礁の隙間を抜くようとしてつかえそうになったり、いろ



潜航する「しんかい2000」



沖縄トラフで発見されたブラックスモーカー



柴田 桂 室長

極限環境生物圏研究センター
研究推進室
1981年～1989年、「しんかい2000」運航チ
ーム・航法管制士、1989年～1993年、同・航法管
制長

いろいろなことを身を持って経験しました。そうした積み重ねによって、安全確保のノウハウが蓄積されてきたと思います。また、操船の方法についても、いちばん最初のパイロットだった坂倉勝海さんは海上自衛隊の潜水艦の経験者であり、井田正比古さんはダイバー出身。操船方法も、それぞれに個性がありました。コ・パイロットとしておふたりについて経験を積み重ねて、私は自分なりの操縦法を考えてきました。いてみれば、職人の世界みたいなもので、口で教えられるものではなく、現場で自ら経験しながらスキルをあげていくしかない。しかし、逆にいろいろなパイロットと潜航した経験を持つ若いコ・パイロットは複数の先輩達のやり方を知っているから、どんどん進化しているはずですね。



田代 省三 グループリーダー

地球深部探査センター
企画調整室 企画グループ
1981年～1989年、「しんかい2000」運航チ
ーム・潜航士、1989年～1995年、「しんかい
6500」運航チーム・潜航長

鈴木 そういえば、コ・パイロットとして田代さんと潜航していたころは、すいぶん叱られました。でも、「やってみて」といわれてうまくできないと、「違うんじゃない」といわれるだけで、何度か失敗を繰り返しても、それ以上は教えてくれない。「だめ」でoshiimai。

小倉 潜航理論などのマニュアルがあった、一応手順どおりにやるわけですが、実際に潜航するとみんな個性的で、それぞれ潜り方は違います。どれが参考になるというより、とにかく見て、自分だったらどうするかを考えるしかなかったですね。

柴田 航法管制の仕事も同じです。音響の理論などはある程度やっていましたが、それだけでは分からないことばかりで、仕事のなかで勉強したり、お互いに意見を交わし合ったりしながら学んでいくしかなかったですね。

田代 いまは海底地形図も音響測深装置とコンピュータを使って、船を走らせればすぐにできますが、昔は全部手書きだったよね。

柴田 測深データも、それこそ真下しか取れませんでした。それに、縮小コピーもありませんでしたから、A0サイズの地形図にグリッドを入れて、それをA3に手書きで書き写したりもしていました。



橋本 菊夫 サブリーダー

海洋工学センター
研究支援部 海洋技術グループ
1981年～1989年、「しんかい2000」運航チ
ーム・航法管制士、1989年～1999年、「しんかい
6500」運航チーム・航法管制長、1999年～
2000年、同・航法管制長、副司令

鈴木 私も何度か航法管制をやりました。研修ではないけれど、他の仕事も覚えた方がいいということ。

田代 後になると、運航チームのみんながパイロットもやるし、航法管制もやるという形になりましたが、いちばん最初は、とにかく全てが最初だったから、パイロットはパイロット、整備は整備、航法管制は航法管制と職種を完全に分けざるをえませんでした。求人も別々。

小倉 かぶるアポロキャップも、職種によって色分けされていたよね。

柴田 パイロットの採用試験では、確か耐圧試験などもあったんじゃないですか。

田代 あれは、いちばん最初の私のときだけでしょ。おそらく、採用する方も何をやらしたいか、よく分からなかったんでしょうね。受験するときに、何のことが分らず、母校の先生のところへ聞きにいきました。そうしたら、「圧力をかけるに決まってるやろ」といわれた。「お前はうちの学校を代表して受けに行くんやから、鼓膜の1枚や2枚破れても、痛いなどといったらあかん」と(笑)。



小倉 訓 サブリーダー

地球深部探査センター
運用管理室 海務・調達管理グループ
1983年～1989年、「しんかい2000」運航チ
ーム・整備士、1989年～1997年、「しんかい
6500」運航チーム・整備士、潜航士、1997年～
2000年、同・整備長、潜航士

熱水孔の直上通過にヒヤリ
BE 「しんかい2000」は、様々な新発見をなし遂げて、日本の深海研究に大きく貢献してきましたが、みなさんもその現場に立ち会われていたわけですね。そうした潜航のエピソードなどをお話いただきたいのですが。

田代 初期の潜航では、やはり沖縄トラフでの熱水噴出現象の発見が印象に残っていますね。最初の発見は1986年。そのときは私と櫻井さんと琉球大学の先生が乗船していて、熱水マウンドという黄色っぽい丘からユラユラと温水(42℃)が染み出しているのが確認されました。そのときはみんな大喜びしていましたが、いま思えば、それほどすごい風景ではなかったですね。

橋本 見つかったのは、確か離底する直前。離底時間が延びた覚えがあります(笑)。

田代 何か見つかるのは、大抵、最後の最後なんです。その後、伊是名海穴でブラックスモーカーが見つかったのは、1989年だった。炭酸ガスハイドレートの観察もこのとき。

小倉 鈴木さんがチムニーを倒したのもこのころでしょ(笑)。

鈴木 いや、あれは、最初のチムニー群の発見のときだから、1988年。ちょっ



鈴木 晋一 課長代理

総務部 普及・広報課

1984年～1986年、「しんかい2000」運航チ
ーム・整備士、1986年～1994年、同・整備士、潜航
士、1995年～1999年、「しんかい6500」運航チ
ーム・潜航士、1999年～2002年、同・潜航長

と行き過ぎてしまった「しんかい2000」を戻そうとしたら、マニピュレータでチムニーにウエスタンリアットを決めてしまった。チムニーの先端40cmくらいが海底に落ちていくのを見た瞬間、パイロットの田代さんに「バカヤロー！」と怒られ、研究者からは「こうやってどんどん壊されていくんだなあ」といわれて、胸がズキンと痛くなった。

橋本 田代さんの「バカヤロー」はビデオの音声にも入っていて、私も聞きました。このとき、乗船した研究者の方が、チムニーに名前を付けたんですね。

鈴木 「鈴木チムニー」。日本で最初にチムニーに付けられた名前が私の名前なんです(笑)。

橋本 正確には「鈴木が壊したチムニー」でしょ(笑)。

田代 日本で最初のブラックスモーカー発見のときには、廣瀬重之さんの「男は度胸だ」熱水直上越えというのがありまして(笑)。ブラックスモーカーの観察をしようとしてどんどん近づいていって、そのまま熱水が吹き上げている直上を「男は度胸だ！」と通り過ぎてしまったんです。潜水船は大丈夫でしたが、外皮を黒く焦がしたり、熱水警報装置(船底の温度計)が設置されることになるなど、



その後はいろいろとたいへんでした。
鈴木 このときのビデオを見ると、乗船していた研究者が「危ないんじゃないですか」って横でぼそっと話しているんですよ。

田代 普通は、研究者がもっと近づいて」というのに対して、「いや、先生、これ以上は危険です」というのがパイロットでしょ。まったく立場が逆になっています。

鈴木 このブラックスモーカー発見のときに、「すごいな」と感心したのは今井さんです。

田代 温度を測ろうとしたことでしょ。このときは、まさかブラックスモーカーが見つかるとは思っていなかったの、熱水噴出孔に近づける温度計などは用意していませんでした。そこでおおよその温度を測る装置を手づくりしたのでした。

小倉 棒の先に鉛やハンダをつけたものだった。
田代 熱水噴出孔に突っ込んだら、うまいこと鉛は残って、ハンダだけが溶けたんです。これで、だいたいの温度のレンジが分かって、それをすぐに陸上に伝えて、いったん那覇に寄港し測定用の温度計を用意することができました。このとき、たった一日の停泊中、那覇の街を走り回って自転車のチェーンや歯車等のい



ろんな部品を買い集めて、可動式の採水・温度測定装置をつかった今井さんはすごかった。

鈴木 すごくですよ。まさにパイロード（観測等のために搭載する機器や装置）の神様！

すべては「しんかい2000」から始まった

BE 「しんかい2000」は、6000m級潜水調査船を開発するための中間段階として建造されたものだったわけですが、「しんかい2000」が果たした役割につい

て、どのように思われますか。

田代 有人・無人を問わず、海のなかで調査を行うためのすべてのことを、初めてつくり出したのが「しんかい2000」だったと思います。われわれオペレーターにとってもそうですし、日本の研究者に深海探査がどういうものかを教えてきたのも「しんかい2000」でした。日本の研究者は、「しんかい2000」ができるまで、深海に潜ることができませんでしたから、深海でやりたいことがたくさんあるのに、どのようにやったらよいのかさえ分からなかった。それをいろいろと試さ

せてくれたのが「しんかい2000」だったと思います。「しんかい2000」完成のころ、米国に「アルビン」がありました。坂倉さんらは「アルビン」のオペレーションに同行して、向こうのチェックリストを参考に同様のものをつくりましたが、そのとき、「これ以上マネをすることはない。あとは自分たちでつくっていこう」といいました。その言葉どおり、「しんかい2000」のオペレーションは、ほとんどすべてわれわれの手で築き上げてきました。

柴田 「なつしま」は「しんかい2000」の支援母船として建造されましたが、Aフレームクレーンで着揚取して、格納庫も用意されている、こうした専用の支援母船を持つシステムは、欧米にもなかったと思います。こうしたシステムに驚いた米国が、数年後に「アルビン」で同様のシステムを採用しています。また、水中音響機器の使用を考慮して、「なつしま」はいかに雑音を出さないようにするかも考えられていました。そして、潜航のための事前調査をはじめ、支援母船の船上で何をやらなければいけないかということとは、「しんかい2000」の運航とともに手探りで確立されていきました。その後の深海探査の発展を考えると「しんかい2000」の役割は大きかったと思います。

田代 これからどんな潜水調査船や無人探査機が出てくると、「しんかい2000」の果たした役割を超えるものは絶対に出てこないと確信しています。なにしろ、技術者にとっても、研究者にとっても、オペレーターにとっても、深海探査をゼロから開拓してきたのは「しんかい2000」だったわけですからね。そして、「しんかい6500」が完成してからも、「しんかい2000」が日本近海の水深2000mまでをしっかりやってくれたからこそ、「しんかい6500」は自由に海外へ出て行くことができたのだと思います。ですから、「しんかい2000」が運航終了になったのは、「しんかい6500」にとっても痛いことだと思います。潜水調査船は深く潜れ

ればよいというものではありません。各深度に合わせて、最適な船を用意するのが理想でしょうね。

BE 有人船、無人機のどちらが優れているかは、もちろん一概にはいえないと思いますが、「しんかい2000」の時代から深海探査を見てこられたみなさんは、これからの時代の有人機の意味についてどのようなお考えをお持ちですか。

橋本 いろいろな意見があると思いますが、私は深海を調査するときに、いちばん最後はやはり人間の目で見て確認することが必要ではないかと思います

鈴木 実際に有人潜水調査船に乗って、深海を体験している研究者が無人機を使うのと、無人機だけでしか深海を知らない研究者が使うのでは、やはり違いがあると思います。やはり、実際に自分で

潜航を体験することには、それなりの価値があるのではないのでしょうか。

小倉 画面を見ているのではなくて、本当に海底にいることで感じる感動というものがあると思います。

田代 有人船の意味といわれると難しいのですが、最終的には人間の欲望といえますか、行ってみたいという気持ちがあるかどうかということかもしれません。最近、よく講演などで話をしますが、「しんかい2000」で始めたころの調査は、本当に発見を探しに行く、何があるか分からない世界を見に行くという感じですが、この20年ほどの間に海の底の調査はたくさん行われ、だいたいどこに何があるか分かるようになってきました。いまでは、単なる発見ではなくて、高精度の

データを取るというような次のステップに移りつつあるような気がします。確かに高精度なデータをとるだけなら、無人機の方が向いています。でも、それは違うと思うのです。その枠にはめてしまったら、それ以上の発見はできません。海の底には、まだ見つかっていないものがあるように思います。かつて、ブラックスモーカーのすぐ横をたまたま突ついてみたら、炭酸ガスハイドレイトという珍しい現象が見つかりました。こういったことは、その場に人間がいなければできないことだと思います。無人機では、搭載しているセンサーが感知できること以上は分かりません。でも、そこに人間が行けば、それ以上の何かを必ず感じてくれると思うのです。やはり、これからも有人潜水調査船は必要だと思います。

「しんかい2000」による研究と新発見

竣工からおおよそ2年間に渡って試験・訓練潜航を行った有人潜水調査船「しんかい2000」は、1983年7月から、調査研究のための潜航を開始した。最初の潜航(7月22日)は、富山湾における生物の調査だった。以来、「しんかい2000」は日本列島周辺の海域を中心に、これまで1,000回を超える調査潜航を行ってきた。その研究分野を見ると、初期のころ多かったのは漁場環境や魚類に関する水産関係の調査だった。そして、80年代後半からは、地質学・地球物理学関連の調査潜航の割合が急増する。90年代に入ると、生物学関連の調査潜航が増加し、90年代

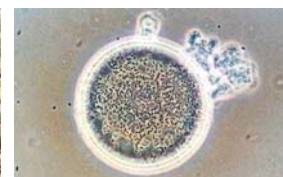
後半以降は最も大きな割合を占めるようになる。これは、有人潜水調査船「しんかい6500」の運用開始に伴い、地質学・地球物理学関連の調査研究の多くがそちらに移行したこと、また、熱水・冷熱水周辺で次々に化学合成生態系が発見されて、この分野の研究が盛んになったことなどによると考えられる。

「しんかい2000」は、これまでに様々な科学的成果をあげ、多くの新発見をもたらしてきた。なかでもよく知られるのは、沖縄トラフにおける日本初の熱水活動の発見(1986年)と、ブラックスモーカーの発見(1989年)だ。このほかにも

「しんかい2000」は日本周辺海域でいくつもの熱水噴出孔や冷水湧出帯を発見し、また、1984年に相模湾・初島沖でシロウリガイ、85年に四国沖でハオリムシ、87年には小笠原父島沖でユノハナガニと、いくつもの化学合成系生物を日本で初めて発見してきた。一方では、1988年には沖縄トラフにおいて世界で初めて液化化した炭酸ガスの泡の噴出を観測し、1991年には伊豆小笠原で海底火山活動に伴う熱水鉱床を発見、さらに1992年には駿河湾の海底で採取した泥のなかから石油分解菌が発見されるなど、ほかに数多くの成果をあげてきた。



冷水湧出帯のシロウリガイ類 (初島沖)



分離・培養された石油分解菌



明神海丘で発見された金属鉱床

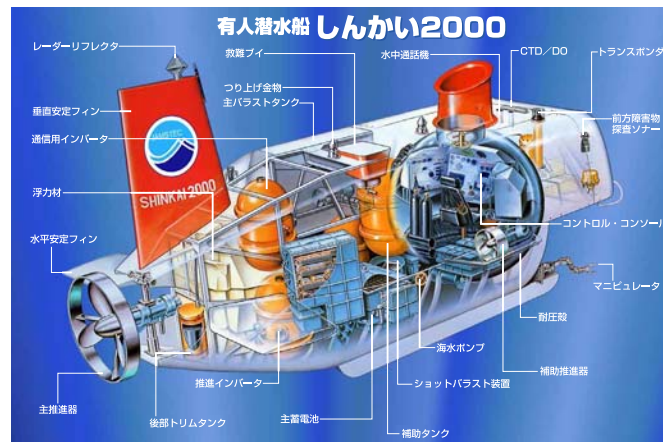
海洋技術開発の新たなチャレンジ

「しんかい2000」の時代から続く
海洋探査に関する
技術開発とその未来



取材協力：
青木 太郎 プログラムディレクター
海洋工学センター
海洋技術研究開発プログラム

1968年、内閣総理大臣の諮問機関・海洋開発審議会は、深度6,000mまで潜航可能な潜水調査船開発の必要性を打ち出した。これを機に、日本における深海潜水調査船の建造に向けた技術開発研究が、急速に進められることとなった。1973年からは、1971年に設立された海洋科学技術センター（現・独立行政法人海洋研究開発機構）が技術開発研究を引き継ぎ、6,000m級潜水調査船のパイロットモデルである2,000m級潜水調査船の開発が始まった。こうして1981年に完成したのが、わが国初の本格的な有人潜水調査船「しんかい2000」だ。さらに1988年には3,000m級無人探査機「ドルフィン-3K」、そして、1990年には6,500m級有人潜水調査船「しんかい6500」、1995年には10,000m級無人探査機「かいこう」が完成した。こうした深海探査機器の開発には、それを支える様々な要素技術の研究開発が必要であり、多くの困難を克服して開発された優れた海洋技術は、今日の海洋研究開発機構の貴重なバックボーンとなっている。そして、今年、二十数年にわたって活動を行ってきた「しんかい2000」の運航が終了。「ドルフィン-3K」も、1年前にその活動を終了した。日本の海洋技術開発の出発点ともいえる深海探査機器の誕生の歴史を振り返るとともに、現在取り組まれている新たな海洋技術について紹介しよう。



日本初の本格的な有人潜水調査船「しんかい2000」。当時の最先端の要素技術が取り入れられている。



「しんかい2000」は20年以上に渡って活躍し、日本の深海研究の進展に貢献した。



「しんかい2000」のフレームには、当時は貴重だった純チタンが使用されている。

海洋技術開発の夜明け

有人潜水調査船「しんかい2000」の開発研究が行われる以前、日本には「しんかい」など、いくつかの潜水調査船がつくられていた。だが、当時、最も深くまで潜ることができた「しんかい」でも、潜航深度は600m程度だった。そうした状況のもと、海洋科学技術センター（現・独立行政法人海洋研究開発機構）において、6,000m級の有人潜水調査船を建造しようという壮大なチャレンジが始まった。とはいえ、一気に10倍の深度まで潜航可能な潜水調査船を開発するのは冒険的過ぎるとの考えから、そのパイロットモデルとして、2,000m級の「しんかい2000」が開発されることとなった。そのころ、すでに米国では1,800mまで潜ることができる初代「アルビン」などが活動しており、そうした欧米の技術を導入して2,000m級の潜水調査船をつくることも可能だった。だが、あくまでも目的は6,000m級であり、それをめざして国内での技術開発がスタートした。加えて、「しんかい2000」の開発には、それまで欧米に遅れをとっていた海洋分野における先端的な科学技術開発を

強力に推進し、欧米に追いつき、追い越したいというねらいもあった。

「しんかい2000」の建造に伴って、これまでにない高度な海洋技術への取り組みが行われた。たとえば、乗員が乗り込む耐圧殻には超高張力鋼が使われたが、耐圧容器や骨組みにはチタンが使用された。チタンは十分な強度を持つ上、軽量で耐蝕性にも優れていたが、そのころは今日のように自由に手に入る素材ではなく、加工も難しかった。だが、技術の進歩はめざましく、「しんかい2000」に続く「しんかい6500」では、耐圧殻そのものもチタン合金でつくられることになる。また、重量調整や船体に浮力を持たせるための浮力材には、ミクロン単位の微小ガラス中空球をエポキシ樹脂で形成したシンタクティックフォームが開発された。同様の浮力材は、すでに米国の「アルビン」にも使われていたが、それ以前の「トリエステ」のようにガソリンによって浮力を得る潜水船に比べて、性能はもちろん、取り扱いも安全性も格段に向上した。「しんかい2000」の浮力材に用いられたガラス中空球は直径約100ミクロンほどだったが、続く

「しんかい6500」では、直径約100ミクロンに加えて約40ミクロンという小さな中空球を混合させて（バイナリー方式）、体積効率と耐圧力をさらに高めることに成功している。

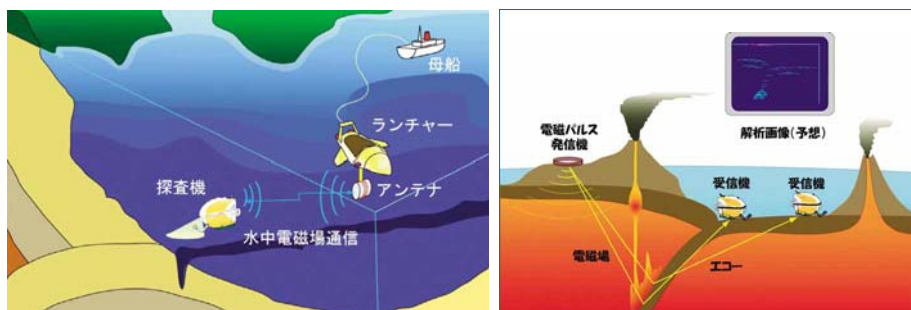
こうした材料分野での開発だけでなく、電波の使えない水中で通信や測位などに利用される音波を使った水中音響技術をはじめ、小型・軽量でエネルギー密度の高い動力源（蓄電池）の開発、さらには各機器の制御技術など、様々な海洋技術が「しんかい2000」、さらにこれに続く深海探査機器の開発・建造に伴って長足の進歩を遂げることができた。現役で世界一の有人潜水調査船「しんかい6500」は1990年に、世界のすべての海洋で探査する



日本初の大深度用無人探査機「ドルフィン-3K」は2003年に運航を終了した。



リチウムイオン電池に換えて「うらしま」に搭載された燃料電池。航続距離も格段に向上。燃料電池の燃料となる酸素を安全かつ効率的に貯蔵するナノ・カーボン材の性能試験。優れた耐水圧容器をつくるための素材開発が進められている。写真は新チタン合金の試料。



磁力線は水中でも通過することから、これをコントロールして水中通信を行う電磁場通信の開発研究を進めている。通信だけでなく、電磁パルスを用いて海底下の地質構造調査を行うための探査システムの開発研究にも大きな期待が寄せられている。

能力を持つ10,000m級無人探査機「かいこう」は1995年に完成した。

“世界一”達成後の技術開発に求められるもの

「しんかい2000」の建造から本格的に始まった日本の深海探査技術の開発は、有人潜水船、有素無人探査機において世界の頂点に立ち、ひとつの目的を達成した。また、1990年代に入ると、技術開発から科学研究へ、海洋科学技術センターの進む道にも変化の兆しが現れ始めた。そうしたなか、海洋技術に求められるものも変わろうとしていた。それは、「ニーズを考えた技術開発」だった。ひたすら大深度や世界一をめざして資金や技術を投入する時代は終わり、「何ができるのか」、「どのような成果が得られるのか」が問われる時代になった。それまで、深海探査機器は誰も見たことのない世界を見る「目」であったが、新しい時代は、「道具」と

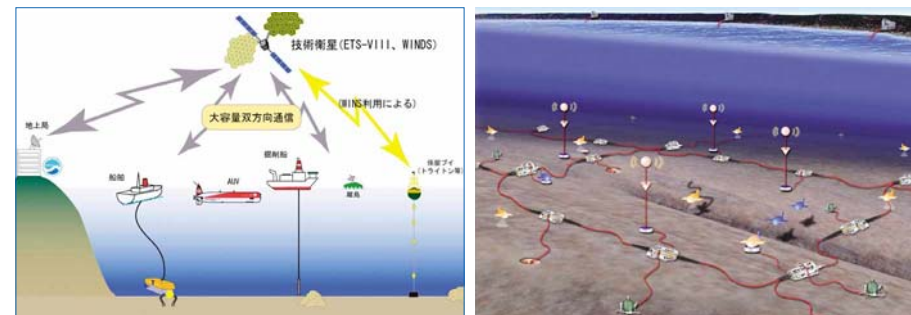
しての機能性を求めた。試料の採取、観測機器の設置や補修、優れた映像の撮影など、道具としてどれほど効果的に活用できるかが、技術開発においても大きなテーマとなった。

そして、もうひとつの新しい流れは、自動化・省力化・無人化だ。人間でなくてもできる作業は機械がやる、これは一般の産業界においてはすでに当然のように行われている。海洋技術においても、安全性やコスト面などを考えれば、自動化は避けて通れない課題だ。もちろん、深海探査などにおいて有人潜水調査船も必要だ。まだまだ人間でなければできないことはたくさんある。だが、人間の手を煩わせる必要のない作業を、機械に任せていくことは、海洋技術の高度化を推進していくためにも重要なことといえる。こうしたことから開発が始まったのが、深海巡航探査機「うらしま」だった。現在、航走試験が続けられている「うらしま」は、

母船からの操作を必要とせず、自力で海中を航行する自律型無人探査機である。事前にプログラムされたとおりに航行し、自動で採水分析や海底探査などの作業を行うことができる。

海洋工学センターが推進する先進海洋技術の取り組み

2004年夏、海洋研究開発機構の組織改編に伴い、これまでの海洋技術研究部は海洋工学センターとして生まれ変わり、次世代に向けて新たな海洋技術開発に取り組むこととなった。今後、海洋工学センターでは、地球環境観測研究、地球内部ダイナミクス研究などを推進するための高機能の海底探査機（新「かいこう」ピークル等）、自律型無人探査機（「うらしま」等）、海底観測システム（総合海底観測ネットワークシステム）などの技術開発が行われる。さらに、先進的な基盤技術の研究開発を通して、海洋科学技術の推進だけで



宇宙航空研究開発機構が計画する技術試験衛星、超高速インターネット衛星が実現すると、海洋調査の通信環境は格段に向上する。そのための通信システム開発も今後の大きな課題。地震研究等への貢献が期待されている深海底観測ケーブルネットワーク構築の実現をめざす研究も進められている。

なく、他の研究開発分野や産業への応用などもめざしていく。

こうした海洋技術の研究開発において、これまで「しんかい2000」の時代から積み上げてきた要素技術の蓄積は大きな財産だ。これまで取り組んで

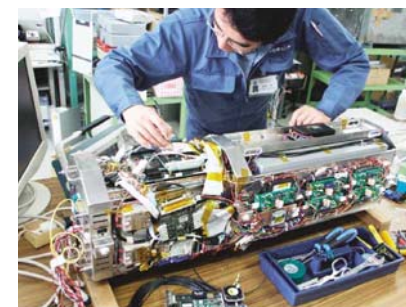
きた新素材、動力源、水中音響技術、電子制御技術などの開発研究に、最先端の研究成果を取り入れることにより、新たな海洋技術を開拓し、実用化が進められている。たとえば、新素材の分野では、ナノテクノロジーを駆使して、

これまでのチタン合金に換わる高強度材の開発や、燃料電池に使用する水素や酸素を貯蔵するガス貯蔵材の開発が進められている。動力源では、より高いエネルギー密度を持つ燃料電池、リチウムイオン電池の開発と実用化を行った。さらに、より高度な水中音響通信技術の開発や、さらに新しい電磁場通信技術の研究など、先進的な海洋技術の開発取り組みは、着々と行われている。

日本の海洋技術躍進の出発点となった「しんかい2000」は、その役割を終えて運航終了となった。だが、その開発・建造によって培われ、発展してきた高度な海洋技術は、未来に向かって着実な歩みを続けている。



次世代の深海探査機器には高度な作業性能が求められる。自律型の作業ロボットが深海で活躍する日も、そう遠くはないはずだ。



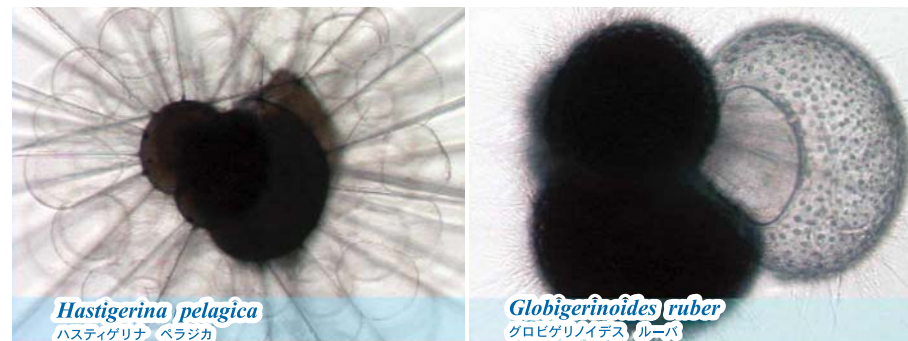
自律型無人探査機や海中作業ロボットの実現には、高精度の電子制御技術の開発が欠かせない。写真は将来「うらしま」等への搭載をめざして開発中のマルチCPUシステム。



古環境解明の重要な手がかりとして注目される 浮遊性有孔虫を飼育し、 その生態をDVDにまとめる

およそ5億7千万年前、先カンブリア時代に誕生したといわれる有孔虫は、アメーバに近い原生動物の一種であり、炭酸カルシウムの殻を持つ。海底の堆積物を顕微鏡で調べると、0.1~0.5mmほどの有孔虫の殻が数多くみつかると、この殻には、有孔虫が生息していた時代の海洋の環境に関する様々な情報が残されており、古環境を解明するための重要な手がかりとして注目されている。独立行政法人海洋研究開発機構・むつ研究所の木元克典研究員は、まだほとんど解明されていない浮遊性有孔虫の生態と海洋環境の関係を明らかにするため、その飼育実験に取り組んできた。そして、この数年間の観察によって明らかになった浮遊性有孔虫の行動に関する貴重な映像を、今年の夏、DVD『浮遊性有孔虫の生態』にまとめた。このDVDは一般にも頒布される。

木元 克典 研究員
むつ研究所 むつ研究グループ



木元研究員が、現在むつ研究所で飼育している浮遊性有孔虫は、寒冷な環境に生息する4種類。スパイン（棘）を形成する種としない種がいる。上の写真はDVDに収められている浮遊性有孔虫のうちの2種

Blue Earth編集部（以下BE） これまでの観察の成果を、DVD『浮遊性有孔虫の生態』にまとめられたそうですね。

木元 むつ研究所で浮遊性有孔虫の飼育実験を始めて3年目になります。その前にも、沖縄へ機材を持ち込んで観察をしていました。顕微鏡で浮遊性有孔虫を観察していると、原形質（体の軟体部）の動きなどがとても興味深い。これを映像として記録していったらおもしろいだろうなと思って、ビデオを撮りためてきました。今年3月に、有孔虫を研究する人たちの集まりで、むつ研究所が行っている浮遊性有孔虫の飼育実験を紹介したときに、その映像を見てくださいました。そうしたら、みなさんとても驚いて、興味を持ってくださいました。また、博物館などから、「生きた有孔虫を提供してもらえないだろうか」といった相談もありましたので、この際、多くの人たちに浮遊性有孔虫の生態を見てもらうためにも、こうした映像をまとめてみようかなと思ったのです。

BE 有孔虫の研究をしている方々にとっても、驚くような映像だったんですね。

木元 有孔虫は底生生活を営むものと浮遊生活を営むものに大別されます。波打ち際などで容易に採取できるよう

な底生の有孔虫の生態については比較的研究が進んでいるのですが、浮遊性有孔虫については、わかっているようで、実はわからないことがまだまだたくさんありますし、飼育実験もほとんど行われていないと思います。また、こんなことを言うと語弊があるかもしれませんが、有孔虫の研究は、どちらかといえば地質学や古環境に関するものを中心で、これまで生きた生物としては、しっかり見られてこなかったように思います。ですから、浮遊性有孔虫の生態についての映像に反応があったのでしょうか。

BE 今回のまとめられたDVDでは、浮遊性有孔虫の種類から、チャンパー（炭酸カルシウムの殻室。原形質が入り出す無数の孔があることから有孔虫の名が付いた）やスパイン（棘）の形成、仮足（移動や捕食などに用いられる原形質が糸状に変化した“足”）の動きなど、様々な行動が紹介されていますね。

木元 DVDをつくるとき、とにかく浮遊性有孔虫の動きのおもしろさを見ていただきたいという思いがありました。そして、多くの人たちに生きた有孔虫にもっと興味を持ってもらいたいです。海底堆積物のなかに残された有孔虫の殻は、古環境を理解するための

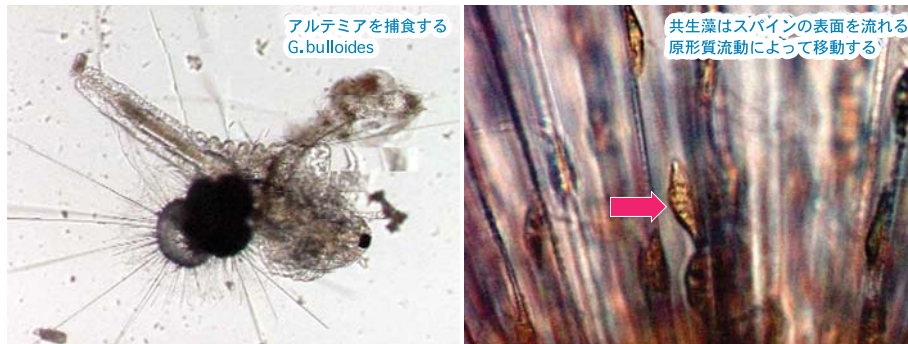
指標として確かに重要です。しかし、本来は有孔虫の生態を理解し、有孔虫がどのような環境の情報をその殻に記録し得るのかがわかってから、古環境の研究に応用するのが手順だと思います。ところが、現在の状況を見ると、有孔虫の生態を知るより先に、解析結果を出すことが優先されているように感じます。まずは、生き物としての有孔虫の生態にもっと関心を持っていただきたいと思うのです。

DVDに紹介された興味深い行動

木元 今回のDVDでは、まずこれまで飼育してきた浮遊性有孔虫の種類を紹介し、それらが見せてくれた様々な行動を、断片的ではありますが項目ごとにまとめ、これによって浮遊性有孔虫



これまで浮遊性有孔虫の様々な生態をビデオカメラで撮影し、データとして記録してきた。



粘性のある仮足で動物プランクトンを捕らえる浮遊性有孔虫（左下）。他にも珪藻を食べる種など、様々な捕食行動が紹介されている。

浮遊性有孔虫のなかには、渦鞭毛藻（写真矢印）などの藻類を殻の内側や細胞内に共生させるものがある。

の一連の生態、生活環のようなものを見ていただきたいと思います。そのなかでも、最もおもしろいのは排泄行動ではないかと思います。体のなかでいらなくなったものを、どのようにして体の外に排出するのか、その様子が収められています。浮遊性有孔虫の殻やスパインの表面にはつねに原形質が流動しています。食べ物を捕まえたときには、それを吸収するために、原形質が本体の方へ引き寄せるように動いていくのですが、あるとき、何かを包み込んだ原形質が、スパインの上を外側へ流れていく様子が見られたのです。これは何だろうと観察を続けると、スパインの先端に達した原形質は、排泄物と思われるものを包み込んだまま、スパインの先へと流れ出て、そのままプツンと途切れてしまいました。排泄物だけを放出するのでなく、原形質も一緒に切り捨ててしまったのです。

BE 自分の体より大きな動物プランクトンなどを捕食する様子や、浮遊性有孔虫と共生する藻類がいることも非常に興味深いですね。

木元 浮遊性有孔虫の種によって動物プランクトンを主食にするものと植物プランクトンを主食にするものがあります。有孔虫の仮足は非常に粘性が強く、



200ccほどの培養管で浮遊性有孔虫を飼育。飼育水槽の水温は常に一定に保たれている。

活発に動く動物プランクトンでも、一度捕らえられたら脱出はほぼ不可能です。しかし、何でも食べるわけではなく、動物プランクトンを主食とする有孔虫に珪藻などをくっつけてやっても、捕らえずに捨ててしまいます。藻類の共生についても、持つ種と持たない種があります。ただ、渦鞭毛藻などの共生藻類と有孔虫とが、どのようなやり取りをしているのかは、まだよくわかっていません。おそらく共生藻類が光合成によってつくり出した栄養分を有孔虫がもらっているのだと思いますが、栄養状態が悪いときには、藻類そのものも食べてしまうかもしれません。また、観察中に、有孔虫が共生藻類を体の外に捨ててしまう様子を見たこともあります。なぜ捨ててしまったのかはわかりません。飼育環境下でのストレ

スかもしれませんし、殻の中で珪藻が増えすぎてしまったからかもしれません。顕微鏡をのぞいていると、本当にいろいろな発見があります。

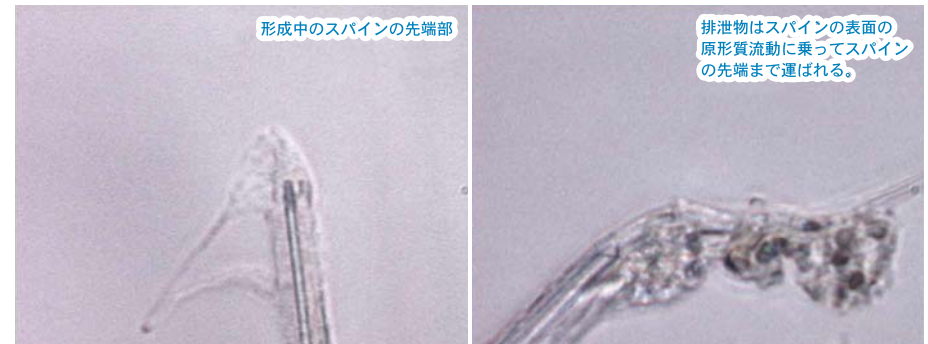
BE 遊走子（配偶子）の放出も紹介されていますね。

木元 はい。遊走子は別の遊走子と合体して次の世代をつくると考えられていますが、まだ確認されていません。次の世代がどのようにして誕生するのか、それがこれからの飼育実験の大きなテーマです。これを明らかにしないと彼らの生活環が閉じませんからね。

古環境解明のための研究も準備中

BE 詳しい生態がほとんどわかっていない浮遊性有孔虫の飼育実験では、飼育水槽の管理など、いろいろとご苦労があると思いますが。

木元 そうですね。水温については、厳密にコントロールすることが可能ですが、光の量などは彼らが生きている自然の環境とは異なっていると思いますし、コントロールしにくい部分ですね。また、現在は200ccほどのガラス製の培養管のなかで培養していますが、そのなかでエサとなる珪藻や動物プランクトンなども入れますから、培養管



炭酸カルシウムで形成されるスパイン（棘）は、体長の数倍の長さに達する。また、一度つくったスパインを自ら折ることもある。

体内から出た排泄物がスパインの表面をゆっくり移動し、その先端から排泄物を包み込んでいた原形質とともに切り捨てられる様子。



次の世代が誕生する過程はまだ確認されていないが、そのカギを握る遊走子が放出される様子はDVDにも収められている。写真中の小さな黒い点のほとんどが有孔虫（右）から放出された遊走子であり、その放出数は数万個にも達する。

のなかの化学的な性質も徐々に変化しています。たとえば、同じ種類の有孔虫を同様の条件で飼育していても、一緒に入れた珪藻の繁殖などが、隣の培養管と大きく異なったりすることがあります。小さな培養管のなかの物質循環をコントロールするというのは極めて難しいですね。少しでも培養管中の環境の変化を小さくしようと、オートクレーブ滅菌（高圧蒸気殺菌）した珪藻を与えるといった実験も試みています。試行錯誤でいろいろとやっていくしか手はありません。

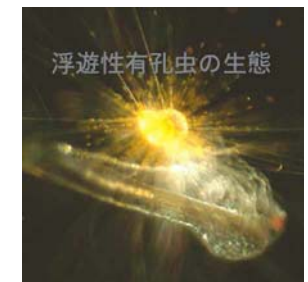
BE 研究では、飼育方法そのものを開発していくことに加え、飼育条件を変えて、浮遊性有孔虫が環境の変化にどのように対応していくかを観察することも求められるのではないかと思います。

木元 おっしゃるとおりです。有孔虫は炭酸カルシウムの殻をつくります。そして、その殻には、水温や塩分などの環境因子に関するたくさんの情報が、化学成分の違いとして間接的に記録されています。殻は有孔虫が死んだ後も海底の堆積物のなかに残るため、それが古環境の指標になるわけです。私は、これまで有孔虫の殻の化学分析を専門に研究してきました。たとえば、殻に含まれるマグネシウムは、水温が高いほど殻に取り込まれやすいといわれています。この相関関係に基づいて、殻のマグネシウム含有量を温度計として利用するための研究が、世界中で進められています。私も、同じ種類の浮遊性有孔虫を異なる温度条件で飼育することによって、殻に含まれるマグネシウム比がどのように変化するか、ま

た、海底堆積物から得られた殻のマグネシウム比と温度の関係は、飼育実験で得られた結果とどう異なるのかといった研究を行っていくための準備を、現在、進めているところです。

BE 飼育実験のさらなる成果をまとめたDVDの第2集にも期待しております。

木元 実は今回のDVDで発表していない、もっとおもしろい浮遊性有孔虫の生態も観察しています。それらをまとめたパート2も、ぜひつくりたいと思っています。



「浮遊性有孔虫の生態」

木元研究員らが手づくりで作成したDVD『浮遊性有孔虫の生態』。販売予定価格は1,760円（税込み）。飼育実験によって明らかにされた浮遊性有孔虫の興味深い行動が数多く収められている（約30分）。購入方法等については海洋研究開発機構のホームページに掲載される予定。ホームページ <http://www.jamstec.go.jp>

海の生物種多様性は共生がカギ？

ノミも積もればご馳走になる!?

クラゲに付着するクラゲノミの仲間

取材協力：

Dhugal J Lindsay (ドゥーグル・J・リンズィー)

極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム
海洋生態系変動研究グループ

このページの写真をとくとご覧あれ。出来そこないのクラゲのようにも見え、樽を伏せたような上半分はサルバというプランクトン。その体をすっかり占領し、下からニョキリとハサミを出している生き物がタルマワシだ。体長約4cm程度の甲殻類、クラゲノミの仲間である。タルマワシはヒカリボヤやサルバの体をくり抜いて自分が入る“樽”を作りその中に卵を産んで子どもを育てる変わり者。くるくる樽を回し浮遊する姿からこの名がついた。時々、サルバから出たハサミをクラゲに引っ掛け、クラゲの体をちぎって子どもの餌にする。右頁上の写真はオオトガリスキンウミノミというクラゲノミ。丸い固まりはクシクラゲの体で、クラゲノミは右下の方に透けて見えるエビのような姿だ。

クラゲノミはクラゲやサルバといったゼリー状のプランクトンに付着して、おこぼれの餌をもらったり、胃の内容物をもらったり、クラゲ自身を食べたりして暮らしていると考えられている。子どもの頃だけクラゲに付着し、成長すると勝手に自由生活を行う者もいるらしい。そしてこの小さな生き物は、海の物質循環にも、生物種多様性の維

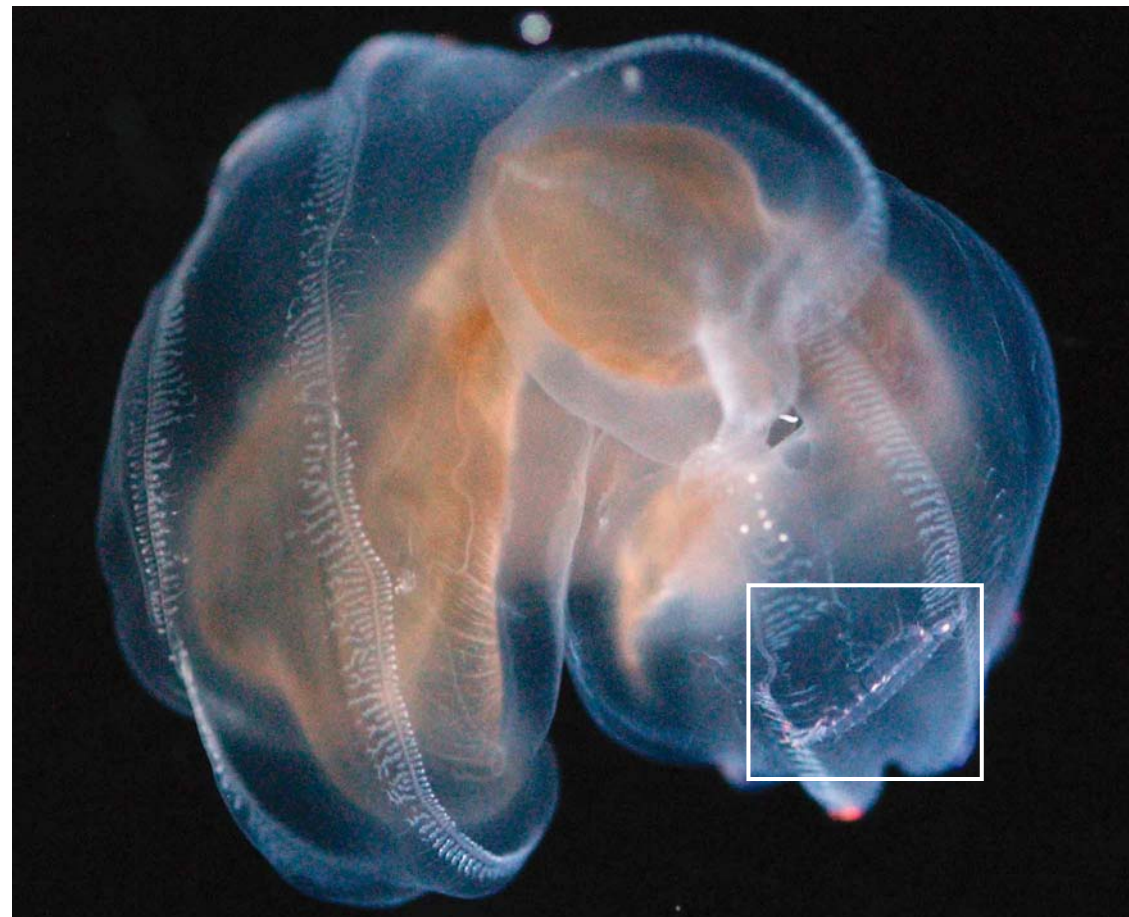
持にも重要な役割を果たしているらしい。個性豊かな姿形は、クラゲとの関係や生態に応じてさまざまに特化しており、熱帯雨林の樹と昆虫の関係と同じように、お互いの多様性を高めあっている可能性が示唆されている。また、

クラゲノミは水っぽいクラゲを食べ、タンパク質たっぷりの魚たちのご馳走に成長する。

クラゲノミはその体の大きさに似合わず、なかなかどうしてあなどれない奴らなのだ。



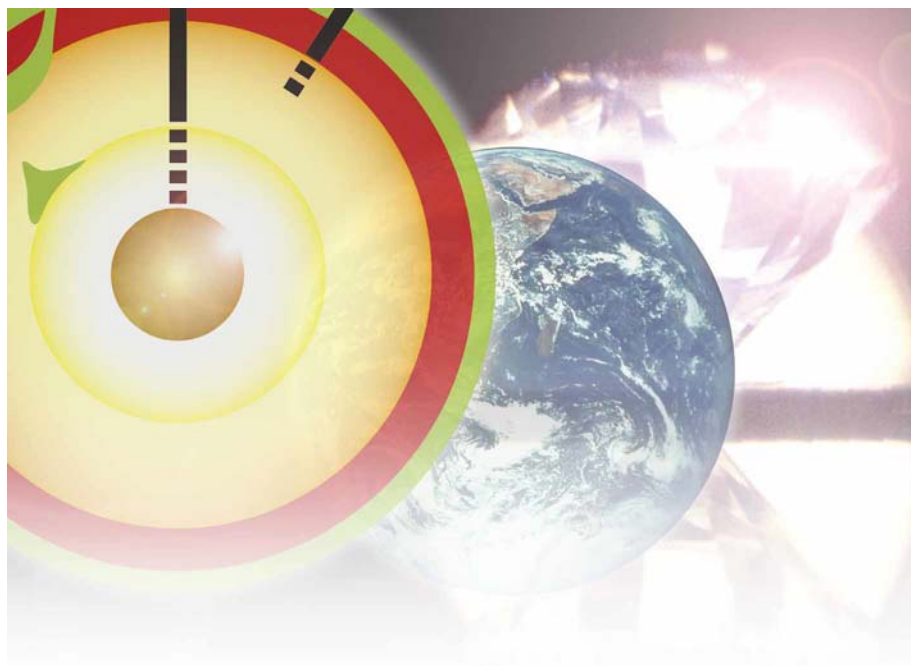
サルバの体を占領したオオタルマワシ *Phronima sedentaria*



チョウクラゲ *Ocyropsis maculata immaculata* (クシクラゲの一種) に付着するオオトガリスキンウミノミ *Oxycephalus clausi*。写真の白い囲みの中にうすらとエビの様な姿が見える。(駿河湾で撮影)



〈左から〉カボチャクレノミ(仮称) *Mimonectes* sp. (undescribed)、タマテング *Platyscelus ovoides*、ノコギリウミノミの一種 *Scina* sp. いずれもクラゲノミ亜門に属するが、その形はかなり違う。

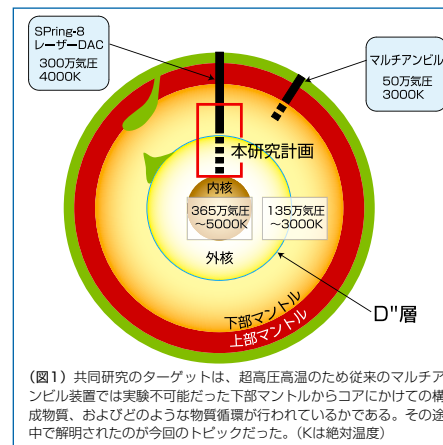


超高温高温環境を再現する技術を開発し マントル最深部に残されたミステリーを解明 地球内部の物質循環解明にまた一歩近づいた

地球内部の物質循環を理解するためには、超高温高温下にある地球深部がどのような物質でできているかを調べなければならない。地球内部物質循環研究プログラムは国立大学法人東京工業大学と財団法人高輝度光科学研究センター (SPring-8) と共同で、下部マントルコア解明プロジェクトを実施している。同プロジェクトではこれまで不可能だった超高温高温状態を人工的に作り出す技術開発を進めており、地球最深部の謎に迫りつつある。今回はマントルの一番下の部分、D'' (ディー・ダブルプライム) 層を構成している主要な鉱物が解明された。



取材協力：
異 好幸 プログラムディレクター
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



マントル最深部・D''層の謎

地球内部がどのような物質でできているかは地震波 (P波: 縦波とS波: 横波) の解析によって知ることができる。地球の体積の8割はマントルと呼ばれる岩石層である。マントルは層構造をなしており、上部マントルと下部マントルにわかれ、さらにマントルの一番下、深さ2700~2900kmにはD'' (ディー・ダブルプライム) 層と呼ばれる層がある。

地震波の速度は、深度とともに圧力が増し、鉱物が同じ構造のまま圧縮される間は規則的かつ連続した変化を示す。上部マントルと下部マントルの境となる660kmの深さには地震波の伝わり方が不規則に変わるところ (不連続面) があり、上部マントル内部にも410kmのところに不連続面がある。マントル層では Mg_2SiO_4 (かんらん石) が主要な鉱物だが、これまでの高圧実験の結果から、410km地点はオリビンというかんらん石がスピネル構造に相転移 (同一組成を保ったまま別の構造に変化) し、660kmではさらにスピネル構造からペロプスカイト構造に変わることが分かっている。マントルを作っている天然のかんらん石も実際にこの2つの深度で相転

移する。かんらん石は660kmでペロプスカイト (MgSiO_3) + マグネシオウスタイト (MgO) となり、下部マントルはほとんどこの鉱物で構成されている。これまでの高圧実験では、ペロプスカイトはそれ以上の構造変化を起こさなかったため、非常に安定した構造だと思われていた。

しかし下部マントルのさらに下、D''層では、P波もS波も不連続な振る舞いをする。その理由を、多くの研究者は「沈み込んだプレートの成分が加わることで化学的組成が違っているからではないか」と考えていた。なぜなら、サブダクション帯 (海洋地殻が大陸地殻とぶつかって地中へと沈み込んでいく場所) で沈み込んだプレート (海洋地殻) はマントル層の下に溜まっている可能性が高いこと、そしてD''層はどこでも観測できるわけではなく、鮮明な箇所とはっきり分からない箇所があり、その違いが沈み込んだプレートに起因する可能性があるためである。

だが、それだけではうまく説明できない点がいくつかあった。D''層ではS波は1.4%速くなるが、P波の速度はほとんど増えない。また伝わる方向によって

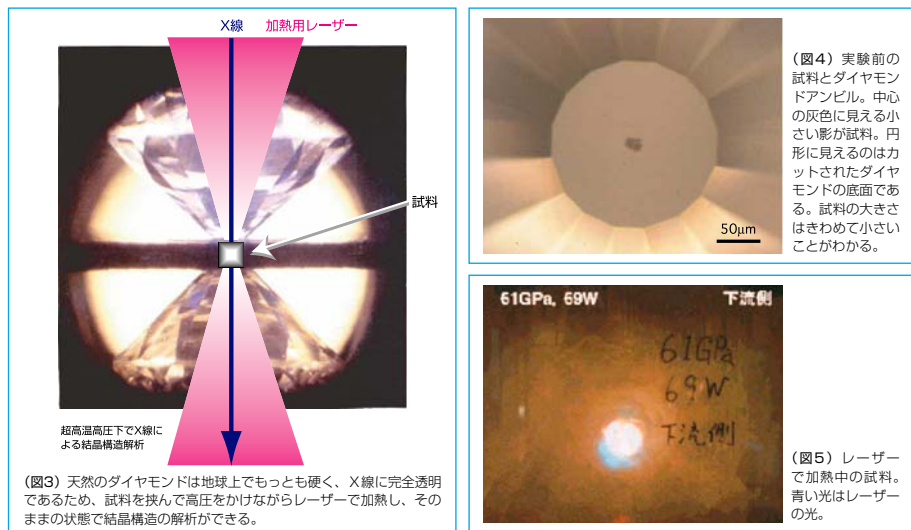


地震波の速さが変わる「異方性」が見られる。垂直方向に比べて水平方向のほうが伝わり方が速いのである。密度も1.4%増えている。果して化学的組成の違いでこのようなことが起きるのだろうか。これがマントル層に残されたミステリーだったのである。

一方、ペロプスカイトもさらに転移するかもしれないという考え方も一部でなされていた。しかしこれまでの技術ではD''層の環境を再現する実験が不可能だった。

天然ダイヤを使った 超高温発生装置を開発

410kmや660kmの不連続面の構成物質は「マルチアンビル装置」という高圧発生装置の実験で解明された。ところ



がD'層の実験になると120万~130万気圧を発生させなければならず、従来のマルチアンビル装置では実験が難しい(P.27図1)。

そこで同プロジェクトでは「レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル高圧発生装置」(レーザーDAC)を開発した(P.27図2)。レーザーDACはブリリアントカットした2つのダイヤモンド(挟む面の直径100 μm)で試料を挟む。試料が動かないように押さえるガスケットの中に試料(30 μm)を入れる。装置自体の大きさは直径10cm程度。平行性を保ちながらねじで締めて圧力をかける。わずかなずれも許されないため、ダイヤモンドの微妙な角度など装置の細部には非公開の細かいノウハウがある。ダイヤモンド部分は高い透明性と正確なカットが必要となるので、天然ダイヤモンドを使っている(図3)。

マルチアンビルなら200 μmくらいの大きさの試料がとれるが、レーザーDACは「試料の大きさ」を犠牲にすることでより高圧を実現した(図4)。試料が小さいと加熱が難しく、クエンチ(急

冷)すると温度も圧力も下がって不安定になってしまうので、取り出して電子顕微鏡で見ることができない。そこで加熱用にはレーザーを使用し、装置に試料をセットしたままX線を使って構造を解析することとした(図5)。

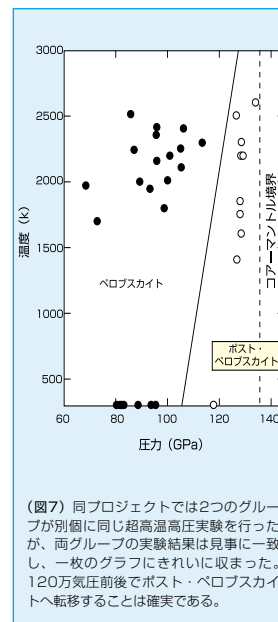
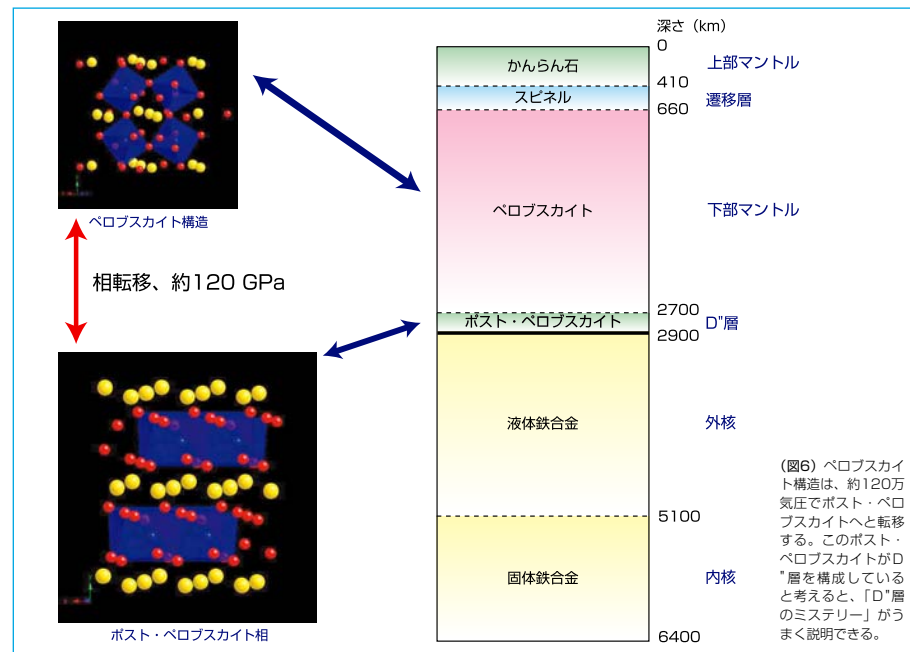
X線回折法とは物質の原子にX線を当て、その反射や干渉波を見ることで原子の間隔を測定し、結晶構造を明らかにする方法である。試料に当てたX線の回折をイメージングプレートで見て結晶構造の解析を行う。

SPring-8は、ほぼ光速まで加速された電子の軌道を電磁石により曲げた際に放射される極めて明るい光(X線を含む)を使って実験を行う施設である。ダイヤモンドはX線に関して完全透明で、SPring-8のX線は世界最高の輝度を持っているため極小の試料に焦点を絞れる。実験では試料にレーザーを当て、D'層の温度と圧力を同時に発生させ、その温度圧力下でどのようなことが起っているかを見るのである。超高温・超高圧は計器では測れないが、試料と一緒に金属を入れ金属の融点をモニターすること

で温度がわかる。圧力測定についても標準物質があるので、それを試料とともに入れてモニターしながら実験する。そのため、この実験では温度も圧力も正確に測定されている。

ペロブスカイトはD'層でさらに構造を変えていた

そこからわかったことは、マンツルの主要構成鉱物である Mg_2SiO_4 は、660kmでペロブスカイト(MgSiO_3)とマグネシオウスタイト(MgO)に転移し、前者は圧力が125~150万気圧のD'層までくると再度構造が変わり「ポスト・ペロブスカイト」に相転移することである。ペロブスカイトは原子が四方に比較的均等につながった「等方的」な構造をしているが、ポスト・ペロブスカイトはそれに比べると分子の水平方向へのつながりが強い層状の構造になる(図6)。これらのことは、共同研究内部でメンバーの異なる2つのグループが別個に検証し、その結果、ポスト・ペロブスカイトに転移する気圧がぴったり重なったことから確実なもの



といえる(図7)。

D'層で地震波の伝わり方が垂直方向と水平方向で異なるのは、岩石の構造が四方にほぼ均等に原子がつながったペロブスカイトから水平方向のつながりが強いポスト・ペロブスカイトに変わるからである。また構造がわかれば理論計算が可能である。その計算の結果、S波のみが1.4%速度が増えP波がほとんど変わらないことも、1.4%の密度増加も理論的に説明できることがわかった。これは共同研究しているグループ同士が独立に計算して検証を行っている。D'層でポスト・ペロブスカイトへの転移が起こっていることは、高圧実験のみではなく理論計算の面でもうまく説明できるのである。

そこでまた新たな疑問が出てきた。「それでは沈み込んだプレートはいったいどこに行ったのだろう」ということである。プレートはマンツル層の最深部に

落ちていくと考えられているし、D'層がどこでも観測できるわけではないのだから、この部分にはやはり化学的組成にも不均一があり、全部がポスト・ペロブスカイト転移では説明できないのではないかと仮説が生まれる。それを解明することが全体の物質循環を理解することにつながる。沈み込んだプレートなどの成分がコア・マンツル境界に溜まっているかもしれない。異プログラムディレクターらは、プレート物質や大陸からのデブリ成分(大陸地殻の安山岩が生まれるときに、相対的に重い成分が剥離して落下するもの)についても、少なくとも現在出力できている135万気圧までは高圧実験を行ない、この仮説を確かめたいと考えている。

レーザーDACは300万気圧の実現を目指している。今後下部マンツルからコアにかけての物質循環のさらなる解明が期待される。



ローコストで持続的な 海の浄化システムを実験中

カキ養殖と酸素供給の組み合わせで
富栄養化物質を取り除く

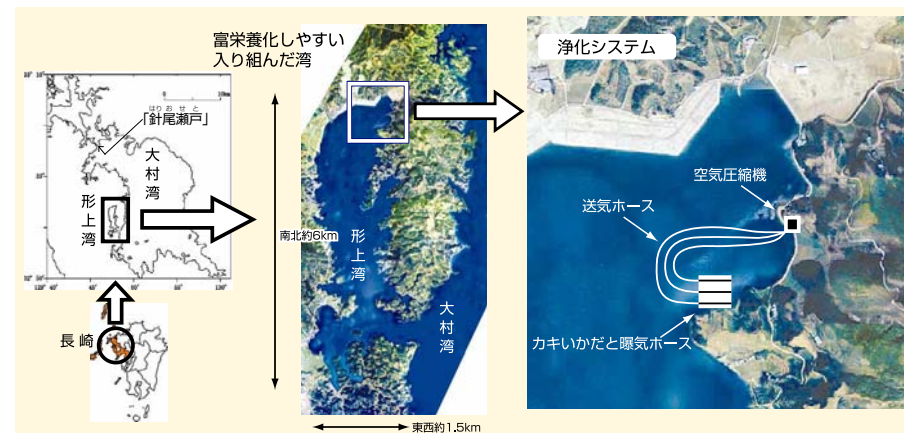
独立行政法人海洋研究開発機構と長崎県衛生公害研究所は「内湾の環境修復と漁業などの持続的利用を両立させる」というテーマで共同研究を行い、実海域での実証実験2年目を迎えている。内湾の環境を水質のみでなく海底から改善するために、地元の漁業関係者が多額の初期投資を必要とせず簡単に始められて継続でき、しかも状況に応じて変更可能なシステムを作り上げることができないか。この視点から考え出されたのが、カキ養殖と海底からの酸素供給という、一見ありふれた従来技術の組み合わせだった。「コロンブスの卵」的なこの発想を実地で試した結果、持続可能な内湾浄化の見通しが得られたのである。



取材協力：

山口 仁士 サプリダー

海洋工学センター 海洋技術研究開発プログラム
海洋観測技術研究グループ



大村湾は琵琶湖や東京湾の3分の1程度の大きさ。外海との水路は幅わずか200mの「針尾瀬戸」だけなので、海水の交換が非常に悪い。形上湾はさらに大村湾に「盲腸」のような形でくっついている支湾であり、より海水の交換が悪い。

内湾の水質汚染が進む理由

実験が行われているのは、長崎県の大村湾からさらに内陸へと入り込んだ形上湾の北に位置する海域である。大村湾は日本各地で水質の悪化が問題となっている「閉鎖性内湾」（外洋に接しておらず、湾の開口部もごく狭い）の典型例とも言える場所だ。

東京湾や駿河湾など外洋に面して開口部が広い湾は、常に一定の割合で湾内の海水が交換されるが、湾の形態が袋状になっている大村湾のような閉鎖性内湾では、海水の交換が一部でしかされないという特徴を持っている。

大村湾周辺の水質を調査してみると、本来は生物の育成に役立つ窒素やリンが増え

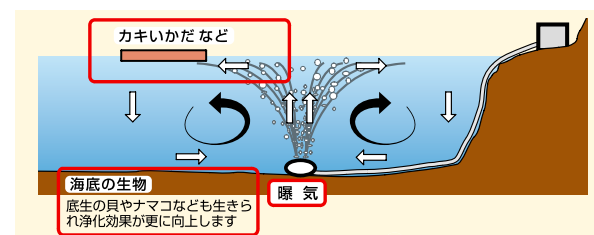
すぎて水質を汚染する「富栄養化」や、海水に溶けた酸素が不足する「貧酸素」の程度も大きいことがわかった。特に夏の3ヶ月間は貧酸素状態がひどくなり、海底付近では生物が生きられない状況まで悪化してしまう。

富栄養化のもととなる窒素やリンは人間や家畜の排泄物に含まれている。排泄物が最終的に内湾に注ぎ込むため、内湾の富栄養化が進む。バクテリアが窒素やリンなどの海の栄養分である有機物を分解するときには酸素が消費されるので、海水の交換が少ない内湾では富栄養化が貧酸素状態を招く。海の栄養分が貝や魚を養い、それを人間が食べて排泄して海に戻し、再び海の栄養分として貝や魚を養うという正常な循環

が妨げられ、余分な有機物が海底に蓄積してしまう。すると海底から貧酸素状態が進み、貝や魚などの生物が死ぬ。いったん貧酸素化が始まるとさらなる富栄養化を招き、それが本来海の持っていた浄化能力を超える瞬間がやってくる。そうすると浄化能力はぐくんと落ち込み、海はどんどん汚れてしまうのである。

水質悪化の悪循環を養殖と浄化が 両立する好循環に変える

そこで山口仁士サプリダーらが考えたのが、カキを養殖しながら曝気^{ばくき}によって海底に酸素を供給して貧酸素を防ぐという方法だった。湾の中に余分になた



海底近くから空気を送り込むと、酸素がたくさん溶けた海水が上昇しゆるやかな対流が起る。貧酸素が解消されて、養殖中のカキはもちろん海底に棲む生物も生き残り、窒素やリンなどの栄養分を消費する。さらにカキなどの二枚貝は流れに乗ってくるプランクトンを捕食するため、ゆるやかな流れがカキの成長を促す。

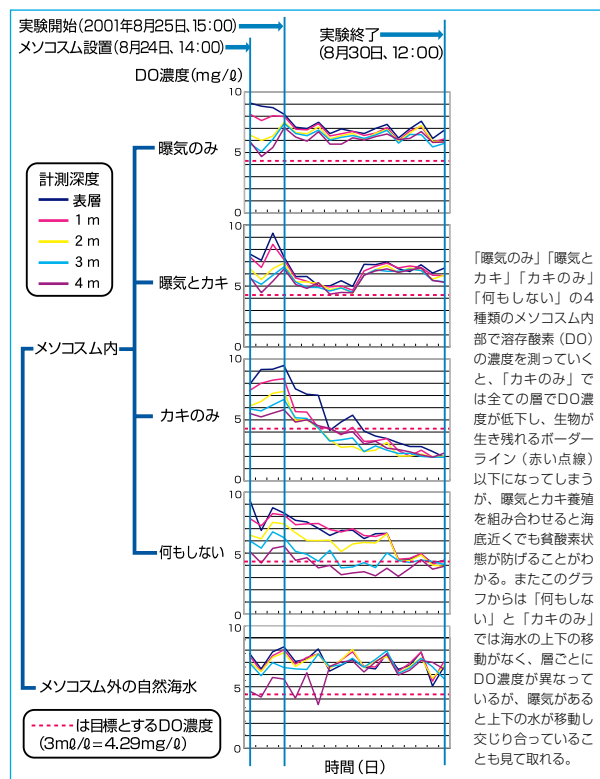
※曝気：空気と水を接触させて酸素を供給すること。水質の浄化を行う微生物に酸素を供給する基本的な方法



カキ養殖実験区で夏場に曝気を行っているところ。海底に敷設されたパイプから空気が送り込まれ、海面に泡が浮かび上がっている。パイプの下にはカキが吊るされている。向こう側は作業用の浮橋。



メソコスム実験。海を直径2m、長さ6mの筒状のバッグで4ヶ所を囲った。メソコスム上部はパイプに支えられ水面から40cm高くなっているので海水の出入りはない。下部はバックに接続された直径2m、高さ15cmの金物が海底の泥に突き刺さっている。



た栄養分をカキに食べさせて除去し、海を浄化しようというのである。カキを1トン養殖する間に6トンの糞(完全に消化されず栄養分が残った排泄物)が海底にたまるため、養殖だけでは富栄養化→貧酸素のサイクルを断ち切ることはできず、浄化にはつながらない。人為的な酸素供給とカキ養殖を組み合わせることで、十分な酸素供給→カキが育って窒素やリンをえさを通じて取り込み除去する→富栄養化が解消され海がきれいになる→さらにカキが育つ、というサイクルに変えることがポイントなのである。

形上湾では従来からカキの養殖が行われ現在でも細々と続いているが、貧酸素によって2、3年に一度カキが死滅し大きな打撃を受けている。もし毎年確実に一定量のカキの水揚げがあり、従来の養殖コストに曝気による酸素供給に必要なポンプ代・電気代を加えたコストを超える収入が確保できれば、その方法で養殖する人は増えるだろう。持続的な海の浄化のためには、経済的な動機づけも必要なのである。特に内湾での養殖は高齢者でもできるため、現役漁師を引退した人が手軽にローコストで始められる事業でもあり、「名産復活」による地元産業の活性化も期待できる。

これまでの実験で実証された効果

以上のような理論的裏づけと、経済性の試算を行った後、実証実験に先立って、先行実験を行った。形上湾の水深4mの実験海域に「曝気のみ」「曝気とカキ養殖」「カキ養殖のみ」「なにもしない」の4つのメソコスム(閉鎖実験生態系)を置いて比較してみたのである。メソコスムは海底から水面上40cmまでを「ちょうちん」のような筒状のバッグで囲い、海水の出入りがない状態にした。予想通り、「曝気とカキ養殖」の組み合わせであれば、海水に溶けた酸素濃度(溶存酸素(DO)濃度)が生物に影響を与えないレベルを保ち、貧酸素状態にならないことが証明された。数値シミュレーションとメソコスム実験の結果からは、曝気



周辺の海底から泥を採取し、海底に棲む生物の状況を調べている。



実験区で育ったカキ(右)と通常の養殖カキ(左)。実験区で育ったカキは大きいだけでなく、身の白い部分(グリコゲン)が多くうま味も増している。

は海底に引かれたパイプ1mあたり1分間に1リットルの空気を送り込めば十分であり、50mlに10個ほどの穴を押しピンであければ大体それに相当することもわかった。

この結果を受けて、2003年(平成15年)から実証実験を開始した。2003年1月から翌2004年2月まで、気象、水質、海底の状態、生物の調査を行った。そして、海水の上下対流がなくなるため、海底付近の水質が最も悪化する夏の3ヶ月間(7、8、9月)にカキ養殖いかだを浮かべた養殖場の海底から空気を送り込んだ。養殖場の海底から50cmの層で7月から10月にかけて溶存酸素濃度を測った結果、ほぼ良好な状態で維持された。

しかも驚くべきことは、成長したカキが通常この海域で取れる大きさの1.2倍、重さで1.5倍と大きく育ち、また、うまみの多い良質のものだったこともあり、地

元の漁師さんは大喜びであった。長崎県公害衛生研究所の衛生検査にも合格した。曝気を行うことで、海底から酸素が供給され、さらに緩やかな流れが生まれることで表層の酸素を多く含む海水が海底に送られる。また二枚貝は流れに乗ってくるプランクトンを捕食するので、えさの供給も増加する。そのためにカキが大きく育ったと考えられる。一方、同じ時期に形上湾の南端で行われていた通常のカキ養殖場では、8割のカキが死滅してしまった。おそらく貧酸素が原因と推定される。

その結果、まだ実証実験2年目にもかかわらず、実験終了まで待てずに自分の養殖場にこのシステムを導入する漁業関係者まで出現している。

試算によれば大村湾の場合、湾の面積の5%程度の面積で、曝気しながらカキ養

殖を行えば河川から流れ込む栄養分がリサイクルできる。曝気のコストも、実験前の計算を下回り、8m×16mの養殖いかだあたり月に2、3万円程度でまかなえ、カキ養殖には十分な利益が見込まれている。また曝気の周辺でも水中生物や、ナマコなど海底に棲む生物の生育環境も改善でき、こちらでも栄養分リサイクルが進むことが期待される。また曝気が、貝や魚に有害なプランクトン(渦鞭毛藻類。赤潮の原因となる)の成長を抑制しているらしいことなど、この実験から派生して新たな知見が得られ、新しい共同研究を始める可能性も出てきた。

実証実験は2005年(平成17年)まで続けられ、浄化効果をさらに定量的に把握したり、生態系のシミュレーションモデルを構築して、将来の実用化に役立てる予定である。



一年後

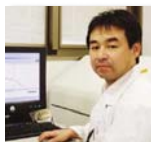


一年後にカキはこれだけ成長した。左側のカキは実験区で曝気を行ったもの、右は曝気のない普通の養殖で育てたもの。

～地球深部探査船「ちきゅう」の挑戦～ 「地球を掘る」

(2004年5月22日 海洋研究開発機構 横浜研究所 第20回地球情報館公開セミナーより)

地球深部探査船「ちきゅう」はわが国が建造する最新鋭の科学掘削船であり、IODP (統合国際深海掘削計画) の主力掘削船として運用されます。この船の持つ優れた能力によって、これまで手に入れることも観察することもできなかった地層の記録や地下で起きている現象が明らかになるはずです。その時、私たちの地球観は全く新しいものに変わっていることでしょう。



青池 寛 研究支援スタッフ
地球深部探査センター 科学計画室
科学支援グループ

1965年生まれ。静岡大学理学部を卒業し、日本物理探査株式会社を経て、横浜国立大学教育学部研究科修士課程、東京大学理学系研究科博士課程修了。東京大学海洋研究所研究員を経て、2003年、海洋科学技術センターに入所。現在は「ちきゅう」の関連設備のさまざまな立ち上げ、深部探査の科学計画の推進などに従事。

未だ果てせない 「マントル」を掘る夢

地球深部探査船「ちきゅう」は、2001年から建造が始まり、現在は長崎で掘削モジュールの艀装に入っています。完成予定は2005年の5月。4フロアもあるラボスペースには多くの実験室、最新の研究機器、コンピュータ室や図書館が配置され、世界最高水準の研究設備を持っています。「ちきゅう」が参加するIODP (統合国際深海掘削計画) は、日本とアメリカが中心となり、ヨーロッパ諸国なども参加して行われる国際プロジェクトですが、これについて説明する前に、深海掘削研究の歴史を簡単にお話ししておきましょう。

深海掘削の歴史は半世紀ほど前に遡ります。その頃、人類の夢を乗せた2つの大きな科学計画がアメリカで発表されました。ひとつは1960年代末までに人類を月に送るというアポロ計画。もうひとつは海洋地殻を掘り抜きマントルまで到達するというモホール計画です。その後、1969年に人類の月面到達が達成され、アポロ計画は成功を収めます。片や、モホール計画では1961年にカリフォルニア沖水深3,500mの海洋基盤を掘削することに人類史上初

めて成功したものの、1966年には資金難から計画打ち切りとなり、一方の夢は消えてしまいます。その後、1968年からアメリカは掘削船グロマーチャレンジャー号を使って世界中の海を掘削し始めます。現在のIODPにつながる一連の深海掘削計画です。1968年、アメリカのDSDP (Deep Sea Drilling Project) が始まり、世界中の海を掘削し、1975年には日本も参加。これを引き継いだODP (国際深海掘削計画) では、さらに大きな掘削船ジョイデスレゾリューション号が導入され、昨年9月まで続けられました。

深海掘削が解明した 地球システムの謎

これまで行われた深海掘削では数多くの科学的成果が挙がりました。まず、中央海嶺周辺を掘削し海洋地殻の年代を調べることで、海底は中央海嶺から両側に広がっていること、すなわち海洋底拡大説が証明されました。これはプレートテクトニクス理論へとつながっていきます。また、海底堆積物の解析から、過去の地球環境が激しい変動を繰り返してきたこと (図1) や小惑星衝突と恐竜や海洋生物の大量絶滅の因

果関係が実証されました。さらに、海底下1,000mの極限環境に生息する生物群集が発見され、海底下にある炭化水素の大貯蔵庫、メタンハイドレート (図2) も初めて確認されました。

こうした成果はそれだけでも意義あるものですが、さらにその相互関係にも注目すべき点があります。

たとえば、メタンハイドレート。これは有望な天然資源であるだけでなく、CO₂の21倍の温室効果能力を持つため、その動向が気候変動にも大きな影響を与えます。低温高圧力の深海底で

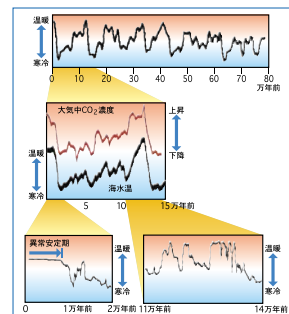


図1 激しかった過去の地球の環境変動
海底堆積物に残されている有孔虫化石の同位体分析などから、過去の地球は様々な周期で寒冷化と温暖化を激しく繰り返していたことが明らかになった。



図2 メタンハイドレート
メタンハイドレートは、低温・高圧状態でメタン分子の周りを水の水分子が囲みシヤベット状になったもの。火をつけるように燃える。(写真提供：独立行政法人産業技術総合研究所)

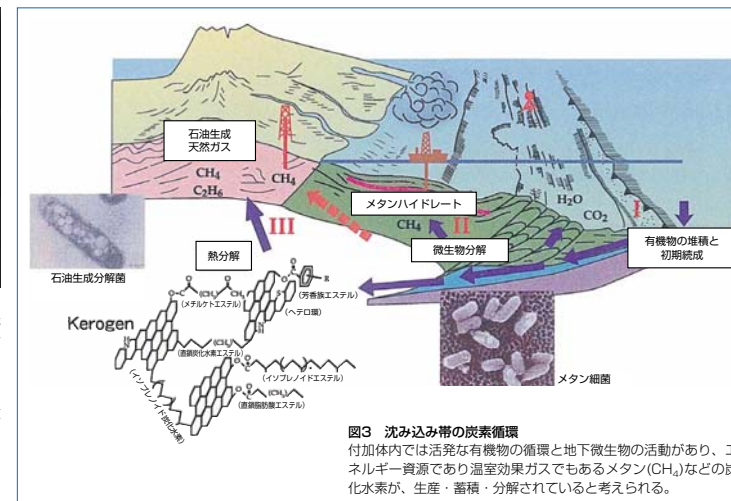


図3 沈み込み帯の炭素循環
付加体内では活発な有機物の循環と地下微生物の活動があり、エネルギー資源であり温室効果ガスでもあるメタン(CH₄)などの炭化水素が、生産・蓄積・分解されていると考えられる。

は安定した状態で凍っていますが、水温や水圧が変われば、メタンが大気中に放出され温室効果が高まったり、逆に安定領域が広がることでメタンを吸収固着して寒冷化に向かうことも起こり得ます。また、地下の微生物を介した炭素循環も担っています。海底下に埋没した有機物が地下の微生物や熱によって分解されるとメタンを発生し、生成されたメタンがまた微生物によって分解されています。さらに、地殻変動ともリンクしています。南海トラフのようなプレートの沈み込み帯は、巨大地震発生帯でもあり、メタンや硫化水素の湧出が多く見られ、化学合成生物群集が生息しています。これらもなんらかの相互関係があるはず (図3)。

このように、地球は大気圏、海洋、固体地球 (地殻、マントル、核)、さらに生物圏などのサブシステムが複雑に作用して成り立っているひとつのシステムなのです。各サブシステムの相互作用を理解し、地球システム変動の基本原則を明らかにすることが21世紀の地球科学の新しいパラダイム (知の枠組

み) の構築であり、IODPの目的もそこにあります (図4)。

最新技術が可能にした深海掘削

地球システム全体を理解する上で、海洋掘削にますます重要な役割が期待されるなか、従来の掘削船はすでに技術的に限界でした。ドリルパイプを海底に直接下ろし、海水を冷却水として掘削する方法では、たとえば地層圧が水圧を超えると孔がつぶれてしまい

す。ODPの掘削深度の最高記録は、2,111mでした。

そこで建造されたのが「ちきゅう」です。全長210m、巾38m、総トン数は約6万トン。船底の特殊なプロペラで、船を360度、自在に動かすことができ、海底下2,500m～7,000mの掘削を実現するためにライザー掘削システムを搭載しています (P.36図5)。このシステムは、船と掘削孔をライザーという太いパイプで繋いで閉鎖系とし、その



図4 地球システム変動の基本原則の解明
IODPは全地球システム変動を解明し、各サブシステム間の相互作用を理解して、その変動の基本原則を明らかにすることを目指す。

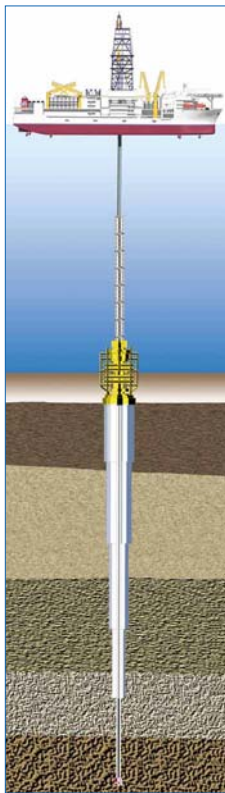


図5 ライザー掘削システム(イメージ)
この方式の採用により大深度掘削が安全に行えるようになり、安定したコア回収が可能になった。大口径の掘削孔では様々な孔内計測も可能となる。

中に特殊な泥水を循環させ、孔内圧力を制御することでさまざまな地層圧に対応した掘削を可能としています。孔壁が安定し大口径で掘れるため、いろいろな孔内計測ツールを下ろすこともできます。閉鎖系なので試料と海水が混じったり、削り屑で海底を汚染することも防げます。また、孔口に設置される防噴装置によりガスや石油などを含む地層も安全に掘削できるのです。こうした最新の技術が、さらなる研究を可能にしました。

IODPは「ちきゅう」だけではなく3

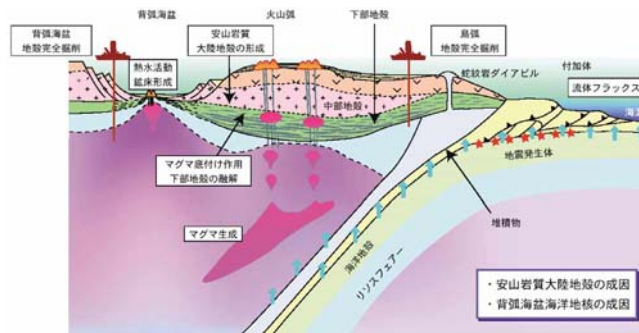


図6 海洋性島弧での大深度掘削

固体地球進化を理解する上で、伊豆-小笠原弧のような初生大陸地殻を伴う海洋性島弧の地殻形成過程の解明は重要な鍵であり、大深度掘削の意義は大きい。

つの掘削プラットフォームで計画が進められます。アメリカが運航する従来のノンライザー掘削船は、その機動力を活かして広範な掘削活動を行います。ヨーロッパが提供する特定目的掘削船は極地などほかの船が行けない場所での掘削が任務です。日本が運航する「ちきゅう」は、ライザー掘削で深部探査を実施します。

IODPの科学目標と「ちきゅう」を用いる掘削提案

では、具体的にIODPではどんな科学計画が実施されるのでしょうか。IODPでは初期10カ年の科学目標として、以下の3つの大テーマと8つの重点項目を挙げています。これに沿って、科学者は具体的な研究の提案書を個々に作成・申請し、評価委員の審査に基づいて実施に移す研究計画が決定されます。

【IODP初期10カ年の科学目標】

- 1 地球環境変動とその過程および影響（過去の極限気候要因の解明、急激な気候変動の解明）
- 2 固体地球物質循環と地球ダイナミクス（大陸分裂と堆積盆の形成・発達、巨大火成岩岩石の成因の解明、地震発生帯の包括的理解、

- 21世紀モホール）
- 3 地下生物圏と海底の海（地下生物圏の探査、ガスハイドレートの分布と性質の解明）

現段階で、「ちきゅう」による大深度掘削で実現性が高い科学提案はいくつかあります。東南海地震の震源域、南海トラフ（図7）の掘削はそのひとつです。巨大地震が発生する沈み込み帯には、南海トラフのように海洋プレート上の堆積物が沈み込む時に剥ぎ取られて陸側に付加体を形成している場所もあります。対照的なコスタリカ沖での掘削も有力で、この2つの場所の掘削によって巨大地震発生帯の包括的な理解が進むと期待されています。

また、インド～ユーラシア大陸衝突域に位置するインダス海底扇状地の掘削も有力です。この非常に厚い海底堆積物は大陸衝突の開始からヒマラヤの隆起、それによって形成されたアジアモンスーンの発達に関する高精度の連続記録を残しています。

このほか、日本周辺では初生大陸地殻が現在形成されている伊豆-小笠原

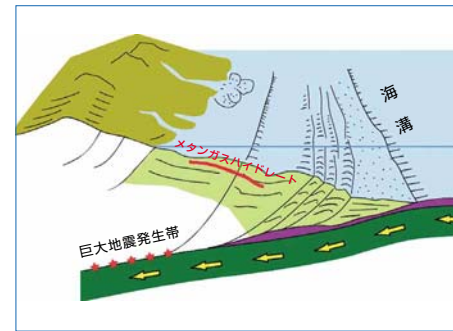


図7 付加体を作る沈み込み帯-南海トラフ

東南海地震の震源域となる南海トラフは、プレート上の堆積物が沈み込む際にはぎ取られ陸側に付着する。つまり、陸を生産している場でもある。

弧での大深度掘削が提案されています（図6）。軽い元素を濃集させる大陸地殻の形成過程の解明は、固体地球の進化を理解する上で欠かすことができない問題です。

IODPの究極の目標を挙げれば、人

類の夢、マントルへの到達ということになるでしょう。海底下6,000～7,000mのマントルまで掘り抜くためには、水深4,000mでのライザー掘削が必要となるため、実施に向けてさらなる技術研究が続けられています。海洋地殻の完全掘削とマントル物質の直

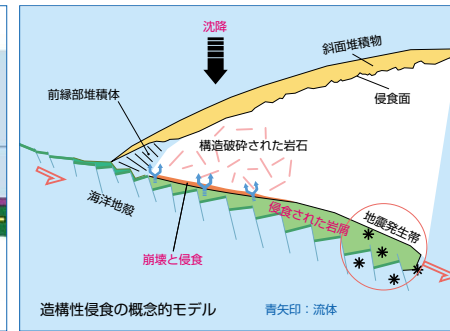


図8 大陸を削る沈み込み帯-コスタリカ沖中央アメリカ海溝

コスタリカ沖の巨大地震は沈み込むプレートが大陸を削っている場で起きており、南海トラフとは対極にある。両者の掘削は沈み込み帯とそこで起きる巨大地震の包括的理解につながる。

接採取は、これまで打ち立てられてきた海洋地殻形成モデルの究極の検証であり、固体地球の進化、地球システムに関する私たちの理解を大きく左右することになります。世界中の研究者が21世紀モホールの実現に期待を寄せているのです。

全国の大学、科学館・博物館で開催！ IODP広報キャンペーン

IODPの活動をより理解していただくために、海洋研究開発機構では全国で広報イベントを実施しています。IODPオリジナルグッズの当たるクイズ大会、大学生や社会人向けには専門的な内容の講義や映像資料の上映などもあります。研究者達の声を聞くまたとないチャンスです。秋以降も開催されますので、ぜひ遊びに来て下さい。

IODP 広報キャンペーン

- (1) 大学等における講義（IODPに関する説明、乗船研究者募集、広報映像上映等）
- (2) 博物館・科学館等におけるイベント（パネル展示、市民講演会、広報映像の上映、ちきゅうクイズ大会等）

主催：JAMSTEC、J-DESC（日本地球掘削科学コンソーシアム）（右図の★は除く）
後援：文部科学省
協力：各大学、科学館・博物館等（予定）

●問い合わせ
海洋研究開発機構
地球深部探査センター（CDEX）
電話046-867-9258
URL：http://www.jamstec.go.jp/

◎ 秋以降の予定 ◎

9月18～20日	★千葉大学地質学会会場
10月16～24日	山形県産業科学館（イベント10/16） （IODP展示10/16～24）
10月17日	山形大学（イベント）
10月30日	大阪府立岸和田高校（イベント）
10月30～11月7日	大阪市立自然史博物館（イベント10/31） （IODP展示10/30～11/7）
11月9～12日	★神戸国際展示場2号館 コンベンションホール（2004オーシャンズ）
12月4日	岡山理科大学（イベント）
12月4～12日	岡山市RSKメディアコム（イベント12/5） （IODP展示12/4～12）
12月4～12日	倉敷自然史博物館（IODP展示）





「しんかい6500」・「よこすか」 太平洋大航海 NIRAI KANAI

航海の様子を紹介するホームページを開設

6月19日、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」は、南太平洋を横断しながら深海調査を行う長期航海に出航した。5ヶ月に及ぶこの航海では、太平洋の海洋地殻が生み出される東太平洋海膨や、古い海洋地殻が地球内部に沈み込むサブダクション帯など、活発な地殻活動が行われている海域で、海底の観察調査や試料採取、ホットブルーム（マントル内を上昇する熱い物質の流れ）探査用の地震計の設置・回収、海底地形の基礎調査、熱水生態系の生物学的調査などが行われる。

航海名（ニックネーム）のNIRAI KANAI (Nippon Ridge Arc and Intra-plate Key processes Apprehension NAVigational Initiative) は、奄美・沖縄地方で海の彼方あるいは海の底・地の底に存在すると信じ

られている楽園を意味する「にらいかない」から名づけられた（一般公募）。

海洋研究開発機構では、航海の実施に伴い、その目的や航海概要、船上の日々の出来事などを紹介するホームページを開設。逐次更新し、特に、現場から送られてくる最新の情報が掲載されるログ・ブックのページでは、船上での活動や調査の様子などが文章と写真で楽しく紹介されている。



支援母船「よこすか」



NIRAI KANAIのホームページ

<http://www.godac.jp/top/nirai/>
JAMSTECトップページにもリンクボタンがあります。

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



有人潜水調査船「しんかい6500」



『おもしろい海・気になる海Q&A』 資源と環境のはなし

日本海学会／編
工業調査会／刊
2,415円（税込み）

海に関する豆知識を集めた本はこれまでも数多く出版されている。しかし、本書の視点はちょっとユニークだ。編者は日本海学会。その前身が日本塩学会であることから分かるのとおり、海の中でもまず「水」と「塩」にフォーカスをあわせた。そこから「海のあるこれ」「海水に溶けている資源と水」「海の生物と海底資源」「海の環境を知る」といった章立てで、ミネラルや鉱物、メタンハイドレートといった海洋資源の話、海水の淡水化技術といった産業と海の関係まで、興味深いキーワードが

並べられていく。

エルニーニョ現象や地球温暖化、赤潮・青潮の発生、海砂採取とセメントの関係など、環境問題にも広がる質問は全部で63項目。いずれの問いにも、専門分野の研究者達がしっかりと回答し、海洋研究開発機構も、深海や海洋深層水、気候変動、海洋大循環といったテーマで協力している。海を持つ膨大な恵みと、それをとことん利用してきた私たちとの関係までもが、この1冊から見えてくる。



大人も子どももドキドキわくわく 日本科学未来館の ボランティアによる 「実験教室」開催！

海洋研究開発機構横浜研究所では併設の地球情報館や図書館などを一般公開し、研究者による公開セミナーなども開催している。

夏休み最初の日曜日となる7月25日（日）、ここで子どもたち向けの科学イベントを開催した。協力は日本科学未来館。理科の得意な社会人や学生、そして現役の教師まで総登録数777人の未来館ボランティアの中から選りすぐりのメンバーが来館し、「環境」「ロボット」「化学」「発電」の4つのブースで実験を披露した。自転車型発電機をこいで「しんかい6500」の模型を水槽に沈める実験には思わずみんなで大声援。リモコンを使いブロック製のマニピュレータを操作するロボットコーナーでは、子どもたちに混じって熱中するお父さんの姿も。そのほか、コップの水で体験する光の反射実験、

マッチの煙で知る二酸化硫黄の性質、紫外線に反応する「カメレオン絵の具」、ヨウ素に金を溶かす実験など簡単でわかりやすい実験に、小さな子どもたちも楽しそうに会場を回っていた。

例年になく猛暑にも関わらず、近隣の方や地球情報館の友の会の方々がとぎれることなく来場し「来年もぜひ開催して」という声も多く聞かれ、楽しく科学と触れ合う1日となったようだ。



金箱はうまく溶けたかな？ みんなで注目



後ろにある水槽の中の「しんかい6500」模型。さあ、何秒で沈められるか！



マニピュレータで発泡スチロールを運んで、パイロットになった気分



左のコップに水を注ぐと…右のように字が早変わり！



『Blue Earth』定期購読のご案内

定期的にお手元に届く便利な定期購読をご利用ください。定期購読を申し込まれる方は、以下の内容を明記のうえEメールかFAX、もしくはハガキにてお申し込みください。
購読するためには、
定価（1冊300円）＋送料
＋振込手数料
が必要となります。

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』）
・希望支払方法

支払方法

- ・年度一括：申込日以降に発行される号から年度最終号の3・4月号までを一括でお振り込みいただけます。
- ・一誌毎：毎号送付する際に請求書をお付いたします。その都度振込手数料がかかります。

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」編集部
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ためてお問い合わせ下さい。バックナンバー参照URL:
<http://www.jamstec.go.jp/pdf/index.html>
※各年度の発行回数は6回（奇数月上旬予定）



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

Present プレゼント



深海巡航探査機「うらしま」 携帯ストラップ

現在、海洋研究開発機構で開発中の深海巡航探査機「うらしま」の精密なフィギュア（立体模型）を付けた携帯ストラップです。サイズは53mm。「うらしま」は今年6月に燃料電池を搭載して220kmという連続長距離航走に成功（自律型無人探査機としては世界2位）。将来は、採水観測、深海調査などを行う海洋ロボットとしてその活躍が期待されています。今回は、この「うらしま」携帯ストラップを、抽選で3名様にプレゼントいたします。

応募方法

官製ハガキに、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、9月30日（木）当日消印有効です。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

〒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
情報業務課 情報業務課
「Blue Earth」編集室プレゼント係

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16年8月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド アイワ印刷株式会社 株式会社アクト 株式会社アサツディ・ケイ 株式会社浅沼組 アジア海洋株式会社 石川島播磨重工業株式会社 泉産業株式会社 株式会社伊藤高麗瓦斯容器製造所 栄光電設株式会社 株式会社エヌ・イー・エイ 株式会社NTTデータ 株式会社エヌ・ディ・ティファシリテーズ 株式会社MTS雪氷研究所 株式会社OCC オートマックス株式会社 沖電気工業株式会社 株式会社オーケーピーリアルティシステム 海洋電子株式会社 株式会社化学分析コンサルタント 鹿島建設株式会社 カナダ株式会社 カヤノ工業株式会社 川崎設備工業株式会社 株式会社川崎造船 株式会社関西総合環境センター 株式会社関電工 株式会社キュービック・アイ 共立管財株式会社 極東貿易株式会社 株式会社きんてん 株式会社熊谷組 株式会社クロスワークス 株式会社グローバルオーシャンディベロップメント ケイジーケイ株式会社 京浜急行電鉄株式会社 ケー・エンジニアリング株式会社 KDDI株式会社 神戸ベント株式会社 国際気象海洋株式会社 国際警備株式会社 国際石油開発株式会社 国際ビルサービス株式会社 小倉興産株式会社 五洋建設株式会社 相模運輸倉庫株式会社 三建設工業株式会社 株式会社三晃空調 三洋テクノマリン株式会社 財団法人塩事業センター ジオテクノス株式会社 有限会社システム技研 シナネン株式会社 清水建設株式会社 株式会社商船三井 株式会社湘南	昭和ベトロリウム株式会社 株式会社白石 社団法人信託協会 新日本海事株式会社 新日本製鐵株式会社 新菱冷熱工業株式会社 須賀工業株式会社 鈴鹿建設株式会社 スプリングエイトサービス株式会社 住友電気工業株式会社 清進電設株式会社 西武造園株式会社 セナー株式会社 セントラル・コンピュータ・サービス株式会社 株式会社総合企画アンド建築設計 株式会社損害保険ジャパン 第一設備工業株式会社 株式会社大気社 大成建設株式会社 大日本土木株式会社 ダイハツディーゼル株式会社 有限会社田浦中央食品 高砂熟学工業株式会社 株式会社竹中工務店 株式会社竹中土木 株式会社地球科学総合研究所 中国塗料株式会社 株式会社鶴見精機 株式会社テグザク 寺崎電気産業株式会社 電気事業連合会 東亜建設工業株式会社 東海交通株式会社 洞海マリンシステムズ株式会社 東京海上火災保険株式会社 東京製綱繊維ロープ株式会社 東北環境科学サービス株式会社 東北ニュークリア株式会社 株式会社マルトロー 東洋通信機株式会社 株式会社東陽テクニカ 東洋熱工業株式会社 戸田建設株式会社 飛鳥建設株式会社 有限会社長澤工務店 株式会社中村鉄工所 奈良建設株式会社 西芝電機株式会社 西松建設株式会社 日動火災海上保険株式会社 日南石油株式会社 日油技研工業株式会社 株式会社日産セキュリティ・サービス 日新火災海上保険株式会社 ニッスイ・エンジニアリング株式会社 ニッセイ同和損害保険株式会社	日本SGI株式会社 株式会社日本海洋科学 日本海洋掘削株式会社 日本海洋計画株式会社 日本海洋事業株式会社 社団法人日本ガス協会 日本興亜損害保険株式会社 日本サルヴェージ株式会社 社団法人日本産業機械工業会 日本酸素株式会社 日本水産株式会社 日本電気株式会社 日本電池株式会社 日本飛行機株式会社 日本ビュレット・バックカード株式会社 日本無線株式会社 日本郵船株式会社 株式会社間組 株式会社ハナサン 瀬中製鋼工業株式会社 東日本タグポート株式会社 株式会社日立製作所 日立プラント建設株式会社 深田サルベージ建設株式会社 株式会社フジクラ 藤沢薬品工業株式会社 富士ゼロックス株式会社 株式会社フジタ 富士通株式会社 富士電機システムズ株式会社 物産不動産株式会社 古河総合設備株式会社 古河電気工業株式会社 古野電気株式会社 松本徹導株式会社 株式会社マリン・ワーク・ジャパン 株式会社丸川建築設計事務所 株式会社マルタン 株式会社マルトロー 三鈴マシナリー株式会社 株式会社みずほ銀行 三井住友海上火災保険株式会社 株式会社三井住友銀行 三井造船株式会社 三菱重工業株式会社 株式会社三菱総合研究所 株式会社明電舎 株式会社森京介建築事務所 有限会社やすだ 株式会社ユアサコーポレーション 株式会社ユアテック 郵船商事株式会社 郵船ナブテック株式会社 ユニバーサル造船株式会社 株式会社緑星社 若葉建設株式会社
--	---	--

編集 後記

本年4月に海洋科学技術センターから独立行政法人海洋研究開発機構に移行して3ヶ月がたち、より効率的な研究推進のために必要な組織改革を行い、7つのセンターが設置され、名実ともに新機構の発足となりました。それぞれのセンターは、各センター長のもと最高の結果を求められるようになります。さて、今回の特集は、夏の特別企画ということで、潜水調査船の歴代のパ

イロットや管制航法士の皆さんにお集まりいただき、深海調査にまつわる話題を話し合っていました。研究発表などでは、うかがい知ることができない本音の話を聞くことができたのでないでしょうか？ 私は、「しんかい2000」に関連した機器の開発に携わり、駿河湾の海底までいったことがあります。その時は、ただただ無我夢中であつという間に潜航時間が過ぎていったのですが、パイロットの方々は、神経をすり減らしながら潜航していたのだと今更ながら頭が下がります。また、今回は、海洋観測の現場で活躍する観測技術員を取り上げました。近年の海洋観測では、取得するデータが大量で観測機器も複雑になり、観測のエキスパートが求められてきました。

「みらい」は、浮かぶ実験室と言えるのですが、多くの制約の中、しかも常に揺れる船上で陸上と同じような分析ができるのは、本当に高いスキルがある証拠であると思います。最後に、また、映画ネタですが、話題の海洋映画「ディープ・ブルー」が封切られました。プロのダイバーや潜水船を使って200カ所以上の世界中の海で7年をかけて撮影された海洋生物たちの営みは、見るものを圧倒します。よくもこんな映像がとれたものだと感じると同時に100年後や1000年後にも同じように我々の海洋が残っているのだろうかとも考えてしまいました。とにかく、海好きの人もそうでない人も必見です。（T.T）

海と地球の情報誌「Blue Earth」第16巻第4号（通巻第72号）2004年8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 情報業務課 情報業務課 小柳津昌久
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務課 土屋利雄

本部〒237-0061 神奈川県横浜市長岡町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）
国際海洋環境情報センター〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111（代表）
Washington Office1133 21st Street, NW, Suite 400 Washington, D.C. 20036, USA TEL.+1-202-872-0000（代表） FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office810 Third Avenue Suite 632 Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543（代表） FAX.+1-206-957-0546
東京事務所〒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）

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



有人潜水調査船「しんかい2000」

Manned Research Submersible **SHINKAI 2000**

わが国初の本格的な有人潜水調査船「しんかい2000」が、運航終了となった。1981年の完成以来長期間にわたり、海洋調査の第一線で運用されてきた「しんかい2000」は、日本周辺を中心に様々な海域に潜航し、相模湾・初島沖で化学合成を行うシロウリガイのコロニーを発見、沖縄トラフでは熱水噴出現象を発見するなど、日本の深海研究の進展に大きく貢献してきた。また、「しんかい2000」の開発・建造によって培われた技術と経験は、「しんかい6500」、「かいこう」など、その後の海洋調査機器の開発に活かされてきた。運用開始から二十余年、その通算潜航回数は1,411回を数える。

(写真提供：日本海洋事業株式会社)

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/>