



海と地球の情報誌

BlueEarth

Japan Marine Science and Technology Center

7・8 2003
月号

特集

海洋底から見えてくる

地球のしくみ



JAMSTEC Report

第2回 地球シミュレータセンター・シンポジウム

BlueEarth Museum

ヒドロ虫から巻き貝まで生き物を養う“海の森”ヤギ類

Interview

貴重な深海映像を電子化 正確で使い勝手のよい情報発信システムを模索中

Memorable Shot 1998年9月～11月

「しんかい6500」 人類初のインド洋深海底到達！

有人潜水船として世界で初めて
南西インド洋海嶺で調査潜航を実施



南西インド洋海嶺北東部・水深約2,951m

1998年5月から12月、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」は、およそ7ヶ月間かけて東回りぞ世界を一周し、大西洋中央海嶺および南西インド洋海嶺の潜航調査を行った。これは、「MODE' 98」(大洋中央海嶺域での潜航調査航海)と名づけられた調査研究航海で、海洋地殻(海洋プレート)が形成される大洋中央海嶺において地球物理学・地質学・地球化学・生物学的な総合研究を行い、その形成と海洋底拡大の過程を解明することを目的としていた。1994年には「MODE' 94」が行われ、大西洋中央海嶺・東太平洋海嶺の潜航調査が実施されており、その成果を踏まえて「MODE' 98」では、大西洋中央海嶺・南西インド洋海嶺について、海底観察、底質試料の採取、重力・地磁気等の物理計測などの精密調査が行われた。

南西インド洋海嶺での潜航調査は9月20日～11月18日に実施され、この間に「しんかい6500」は合計25回の調査潜航を行った。それまでインド洋ではODP(国際深海掘削計画)の掘削調査など、すでに様々な研究・調査が行われていたが、有人潜水船による深海底への潜航は行われておらず、9月23日に行われた「しんかい6500」による潜航調査(潜航深度2,803m)が初めての有人潜水船による調査となった。

「MODE' 98」の潜航調査では、中央海嶺を構成する海洋地殻の構造や形成過程を理解するための様々な画像や試料を得るとともに、海山の頂上付近では、かつての熱水活動を示すチムニーも見つかった。そして、この調査の成果は、2年後に無人探査機「かいこう」がなし遂げた、世界初のインド洋深海底における熱水活動発見へと結びついた。



南西インド洋海嶺北東部で撮影された深海底の様子(水深約2,900～4,500m)

Blue Earth

7・8月号／2003

Contents

2 特集

隠された地表、海洋底の不思議を探る

4 深海底に観測機器を設置して海底や地殻の変動を探る

8 地球最後のフロンティア地殻内に存在する微生物たち

12 深海底に降り積もった堆積物から
地球の環境変動を解明し将来を予測する

16 2005年春の完成をめざす地球深部探査船「ちきゅう」

18 Interview 研究者・技術者に聞く

仲村 亮 主任

株式会社 マリン・ワーク・ジャパン

22 Blue Earth Museum

ヒドロ虫から巻き貝まで生き物を養う“海の森”ヤギ類

24 JAMSTEC Report

第2回地球シミュレータセンター・シンポジウム

28 JAMSTEC Report

宇宙飛行士・毛利衛氏 深海6,500mからのメッセージ

30 JAMSTEC Report

1994年に日本で観測された記録的な猛暑の原因を解明

34 Face Staffの横顔

海洋科学技術センター経理部財務課 内山正康さん

36 Marine Science Seminar

「中・深層に舞う美」

39 BE Room

40 Present／編集後記

賛助会会員名簿

表紙：「ちきゅう」

※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。
本誌は、隔月年6回の発行です。

特集 海洋底から見えてくる地球のしくみ

隠された地表、海洋底の 不思議を探る

地球システムをより深く理解するために ますます高まる海洋底研究の重要性

地球の表面積のおよそ7割を占める海洋。そこには13億5,000km³以上という膨大な量の海水が存在している。そして、その下にある広大な海洋底は、長い間、海水によって隠された未知の世界であった。だが、多くの研究者らによって調査・研究が行われ、海底の地形や構造、その成り立ちが少しずつ明らかにされてきた。海洋底の認識を大きく変えたのは、1960年代に提唱された「海洋底拡大説」だった。海洋底が海嶺で生まれ、やがて海溝からマントルへ沈み込んでいくというものだ。この考え方はやがてプレートテクトニクスへと発展し、教科書的事実として認知されているに到った。さらに、今日では固体地球内部（コア・マントル・地殻などの固体圏）と地球表層（大気・海洋圏、生物圏）が密接な相互作用を持ちながら地球システムをつくり上げていることが知られ、地球内部と表層の接点となっている海洋底の役割がクローズアップされている。地球システム変動を解明する上で、海洋底の研究が非常に重要であることが分かってきたのだ。地球科学の推進をめざして、新たに国際協力の下で海底下深部掘削計画（統合国際深海掘削計画：IODP）が始動しようとしている。今、海洋底の謎に迫る様々な研究にスポットを当ててみたい。

2000年に設置された相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」

深海底に観測機器を設置して 海底や地殻の変動を探る

海底の環境変動を迅速かつ正確に伝える 海底設置型観測システム



取材協力：
三ヶ田 均 研究主幹
深海研究部

日本列島は、ユーラシアプレート・太平洋プレート・北米プレート・フィリピン海プレートという4つのプレートの境目に位置し、海底の地形は非常に複雑だ。そして、これらのプレートの境目には、千島海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、南海トラフ、南西諸島海溝などの海溝があり、そこから海洋性プレートがマントルへ沈み込んでいる（日本海側でも北東部で新たなプレートの沈み込みがおきているといわれる）。日本の火山活動や巨大地震の発生は、このプレートの沈み込みに起因しており、沈み込み帯の構造や巨大地震・津波の発生の仕組みを解明し、海底および海底下の変動を的確に把握することが求められている。そのために、地震波探査をはじめ様々な調査・研究が行われているが、なかでも、今後の活躍に大きな期待が寄せられているのが、ケーブル式海底設置型の観測システムだ。これは、海底で高い精度で地震や津波の観測を行い、さらに海底環境の変動を長期間にわたって観測することができるというもの。海洋底から地球の変動を探る新たな観測システムとはどのようなものなのだろうか。

釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」の観測機器



●先端観測ステーション

深海底での科学観測の切り札 ケーブル式観測システム

深海底における設置型の観測機器は、大きく3種類に分けられる。係留式、自己浮上式（錘をつけて海底に投下し、音波信号によって錘を切り離して浮上させる）、そしてケーブル式だ。海底に設置する観測機器では、自己浮上式の海底地震計（OBS）や海底磁力計などがよく知られるが、これらは機器を稼働させるための電源やデータを記録する容量などの制限から、データのサンプリング間隔を長くしたり、設置期間も1年程度の観測に限られるなどの制限が多い。その点、ケーブル式は海底の観測機器に陸上から電力を供給することができると同時に、観測結果をリアルタイムで伝送することができるため、海底の地殻変動などのように、同一地点で数年間に及ぶ長期のデータが必要とされる観測や、地震のように突発現象を継続的かつ短いサンプリング間隔でデータ計測する必要がある観測で、より効果的に活用することができる。ただし、ケーブル式は、長距離に及ぶケーブルや観測機器の海底への敷設、陸上局の設置などが必要となるため、入念な準備と計画的な運用が求められる。

日本で最初の本格的なケーブル式の海

底設置型観測システムは、1978年、気象庁によって静岡・御前崎沖に設置された海底地震観測システムだった。1988年には、千葉・房総沖にも同様のシステムが設置された。これらは海底同軸ケーブルが使用され、観測装置として地震計と津波計がつながれていた。

海洋科学技術センターでも、1990年からケーブル式の海底設置型観測システムの開発が始まった。そして、1993年9月、「深海底総合観測ステーション」1号機が、静岡・相模湾初島沖（水深1,175m）に設置された。伊豆半島では、1974年以降地震活動が活発化し、1989年には伊東沖・手石海丘で海底噴火があった。さらに、この海丘の約8km東方の初島沖では、1984年に潜水調査船「しんかい



●インライン型地震計



●インライン型津波計

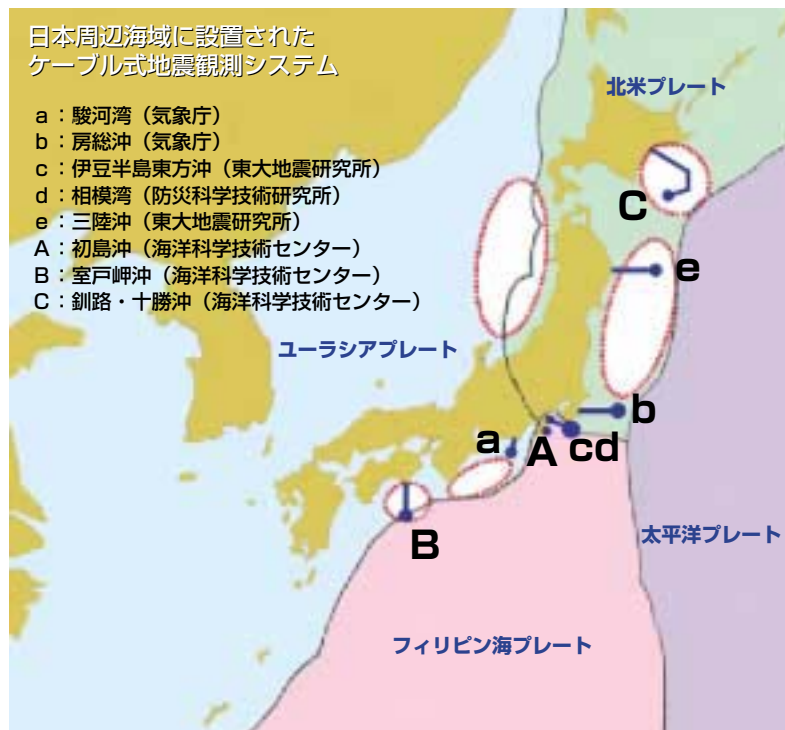
2000」がシロウリガイのコロニーを発見し、後に冷湧水や化学合成生物群集の存在が明らかになるなど、初島沖は、活発な地殻変動が予想される海域だった。そこで、深海底の生物活動や地震等に伴う深海環境変動現象を、多角的かつ長期的にリアルタイムで観測することをめざして、ケーブル式の観測ステーションが設置されることになったのだ。

この「深海底総合観測ステーション」は、地震計をはじめ、CTDセンサー（水温・塩分・水圧）、流向・流速計、地中温度計、ビデオカメラ、ハイドロフォンなどの観測機器によって構成され、観測されたデータは、約8kmの光電気複合ケーブルでつながれた初島の陸上局へ、光伝送装置によって送られる。当時、ビデオカメラまで搭載した、このような複合的な深海底の観測システムは、世界でも例のない画期的なものだった。初めて海底に投入された観測ステーションは、5年以上に及ぶ連続観測を行った後に回収され、現在は2号機が運用されている（観測ステーションで得られた画像の一部は、毎週1回、海洋科学技術センターのホームページにも掲載されている）。



室戸岬沖（左）、釧路・十勝沖（右）観測システムの観測装置配置図

特集 海洋底から見えてくる地球のしくみ



初島沖ステーションの技術を活かした新たな観測システム

初島沖に設置された観測ステーションの技術開発や運用の経験を活かして構築されたのが、1997年3月に高知・室戸岬沖、1999年7月に北海道・釧路十勝沖に設置された、ケーブル式海底設置型の「海底地震総合観測システム」だ。

東海から四国・九州の沖合には、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに沈み込む南海トラフが広がっている。ここでは、およそ100～200年の周期でマグニチュード8クラスの海溝型巨大地震がおきており、海底下の地殻変動が活発な海域として知られている。そこで、海洋科学技術センターでは、室戸岬沖に「海底地震総合観測システム」を設置し、海底下の地震活動や海底環境変動現象を長期間にわたって連続観測することにした。このシステムでは、室戸岬の陸上局と沖合約110km、水深約3,500mに設置された先端観測ステーションとが、ほぼ直線状にケーブルで結ばれ、そのケーブルの途中に挟み込むように（インライン型）地震計と津波計が2基ずつ設置されている（沖合約70km・水深約1,400mと沖合約100km・水深約2,200mの2ヶ所）。そして、先端観測ス

テーションには、海底を複合的に観測するために、CTDセンサー、流向・流速計、層別流速プロファイラー（ADCP）、地中温度計、ビデオカメラが搭載されている。

北海道東方沖では、千島海溝で北米プレートの下に太平洋プレートが年間約8cmの速度で沈み込んでいる。この沈み込みに伴う活発な地殻活動によって、北海道太平洋側沖合では、1952年の十勝沖地震などのような海溝型巨大地震が、やはり100年に1回程度おきている。そのため、この海域でも地震活動、海底環境変動現象を長期間観測するために、釧路・十勝沖に「海底地震総合観測システム」を設置した。このシステムでは、ケーブルがほぼL字型に敷設されており、地上局側の沖合約100km、水深約2,100mにインライン型の地震計と津波計、沖合約140km、水深約3,600mに地震計、さらに沖合約140km、水深約2,400mのケーブル先端には、地震計・津波計とともに先端観測ステーションが設置されている。こちらの先端観測ステーションでは、室戸岬のステーションに搭載された観測機器のほかに、ハイドロフォンが取り付けられ、地震や海底火山噴火等によって発生した音波も観測することができる。また、釧路・十勝沖シス

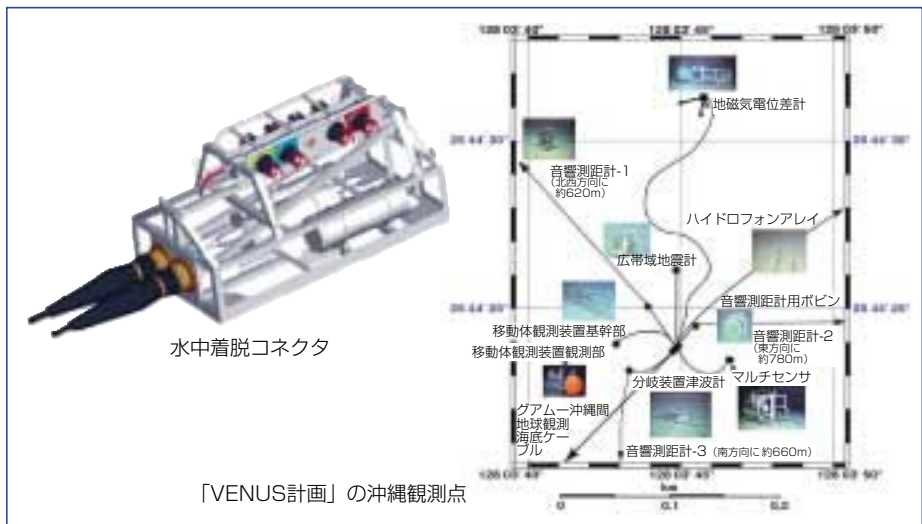
テムでは、ケーブルの2ヶ所に分岐装置が取り付けられている。これは、いってみれば深海底のコンセントであり、水中着脱コネクタによって新たな観測機器を接続するなど、観測ネットワークの拡張を可能にするシステムだ。

室戸沖、釧路・十勝沖の観測システム設置の後、2000年3月には、前述の相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」の2号機への更新が行われた。2号機では、それまでのセンサーに加えて透過度計、層別流速プロファイラー、ガンマ線センサーが追加されて、観測の多角化を図るとともに、耐圧容器やフレームにチタン材（1号機はアルミやステンレス材を使用）を用いたり、2台のビデオカメラのひとつを超高感度カメラにするなど、性能をより向上させる改良も施された。また、2号機のケーブルにも釧路・十勝沖システムと同様に観測機器のネットワーク化を可能にする水中着脱コネクタが搭載されている。

ケーブル式観測システムが拓く次世代の海底観測技術

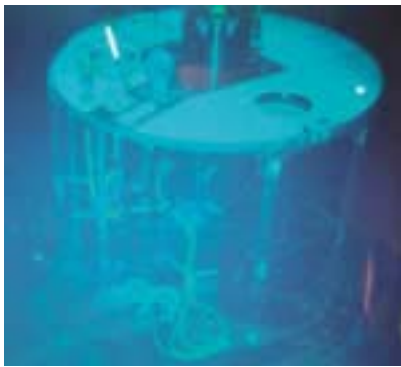
海溝型の巨大地震は、ある期間において周期的に発生するといわれているが、その間に何もなくて突然に発生するものではない。巨大地震そのものは突然に発生するが、地震を理解するためには、地震が発生するまでの間に、地震に至る準備段階としてどのようなことがおきているのかを把握する必要がある。ケーブル式の観測システムは、深海底において、そうした様々な変動現象を長期間にわたって観測し続けることができる。こうした観測システムは、地殻活動が活発な深海底を詳しく観測することによって、海溝型巨大地震の発生メカニズムを解明する大きな力となるに違いない。

現在、日本の周辺海域には、海洋科学技術センターが設置した3基のほかに、5基のケーブル式観測システムが運用されている。気象庁の御前崎沖と房総沖、防災科学技術研究所の相模湾、東大地震研究所の伊豆半島東方沖と三陸沖の5基



だ。これら8基の観測システムは、各機関での個別運用だけでなく、現在、防災科学技術研究所が運営している高感度地震観測網「Hi-net」にデータを送っており、全国の研究機関では、陸上に設置された観測点約700ヶ所（将来的には日本全国に約20kmメッシュで1,000ヶ所の観測点が配置される予定）のデータとともに、海底8ヶ所のデータもリアルタイムで入手することができる。また、震源地をより正確に把握する上でも、深海底の観測システムが有効に機能しているという研究成果も発表されている。海底において長期間連続して観測できることとともに、貴重な観測データが迅速に手に入ることも、ケーブル式観測システムの大きなメリットになっている。

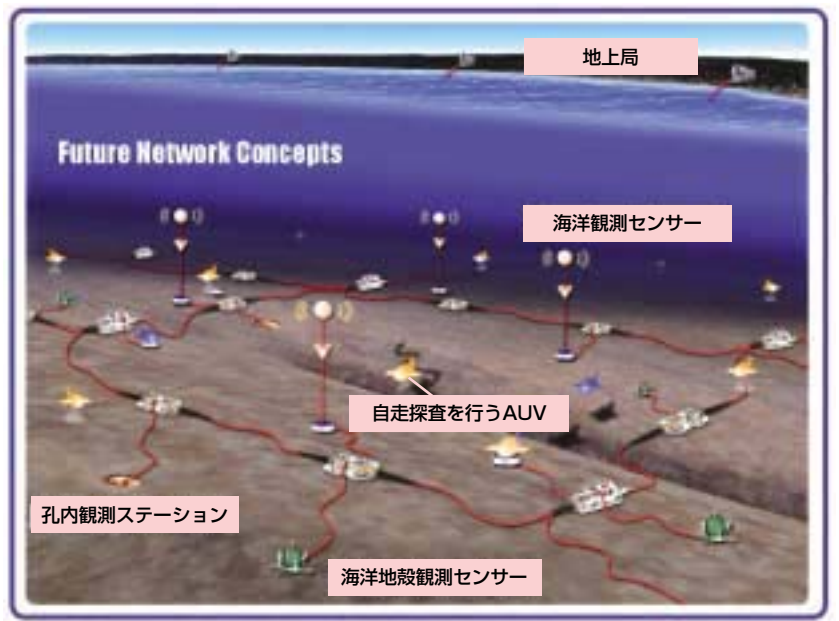
さらに、ケーブル式の海底設置型観測システムには、地震活動の観測だけでなく、様々な可能性が拓けている。深海底の生物活動や海洋変動の観測にも、ケーブル式の観測システムを有効に活かすことができるのではないかと、こうしたねらいから、90年代に実験が行われたのが「VENUS計画」だった。この計画では、運用を停止した沖縄～グアム間の第二太平洋横断海底ケーブルを再利用して、ケーブル式の多目的地球観測システムを構築することをめざし、水中着脱コネクタに数多くのセンサーをつなげるための海中接続技術、海中作業技術などの開発が行われた。そして、海洋科学技術センターの釧路・十勝沖システム、初島沖ステ



孔内観測ステーション

しつつある。北米ではバンクーバー沖に約3,000kmの海底ケーブル・ネットワークシステムを構築しようという「ネプチューン・プロジェクト」が既に推進されており、ヨーロッパでも、スカンジナビア半島の北部からイペリア半島を回り込んでジブラルタル海峡から地中海のギリシャまで、個別のケーブルプロジェクトを集合した「ESOネット」構想（総延長は約1万kmに及ぶ）が進展しようとしている。

深海底は陸上と異なり、人間が容易に入り込める場所ではない。そのため、深海底での科学観測は、これまで大きく制限されてきた。反面、海溝型巨大地震の観測や地球環境変動の解明に関わる観測など、深海底をベースにした科学観測の重要性は高まりつつある。今後の海底ケーブルを活用した深海底における観測技術の開発は、地球科学の進歩に大きく貢献するものといえるだろう。



将来のケーブル式深海底観測ネットワーク想像図

地球最後のフロンティア 地殻内に存在する微生物たち

生命起源の解明や新しい微生物資源の提供など 大きな期待がかかる地殻内微生物圏研究



取材協力：
高井 研 グループリーダー
極限環境生物フロンティア研究システム
地殻内微生物研究領域

今日までの陸上および深海掘削の成果から、かつて無生物の世界と考えられてきた陸域や海底下の地殻内にも、微生物が存在することが明らかになってきた。さらに、こうした地殻内微生物圏が地球全体の生物存在量の半分以上を占める巨大な生物圏であるともいわれている。また、高温・高圧など地殻内の極限環境に存在する未知の生物圏には、私たちの想像をはるかに超える多様な微生物がいる可能性が高いと考えられている。21世紀の新しい研究領域として注目される地殻内微生物圏とはいったいどのような世界なのか、そして、光や酸素、栄養分、水分などが極端に少ないことも予想される地殻内で、微生物たちはどのように存在しているのだろうか。OD21計画（深海掘削）の推進に伴って、生命の起源の解明や新たな微生物資源の発見も期待されている地殻内微生物圏について紹介する。

地殻内は 地球最大の生物圏!?

歴史的に見ると、地殻内微生物の研究は比較的早く始まっている。1926年、米国の油田の深部(150~600m)で採取された地下水から培養された硫酸還元菌についての報告、これが地殻内微生物に関する最初の研究といわれている。数年後には、ロシア人研究者が炭化水素を多く含む岩石のなかから培養した微生物について報告している。

こうした研究によって、地下の奥深くにも微生物が存在する可能性があることが示された。しかし、当時の研究環境では、それらが地表からもたらされた可能性も否定できず、本当のところはよく分からなかったようだ。それからおよそ半世紀後、大量消費時代を迎えた米国で地下水の水質汚染が問題となるなか、地下水に存在する微生物に関する研究が進められた。地下の微生物が、汚染された地下水の浄化に、何らかの関わりがあるのではないかと考えた研究だった。このころになると、サンプリングの技術も進み、表層の微生物の影響も抑えられ、多様な微生物が地下環境に生育していることが明らかになった。さらに時代

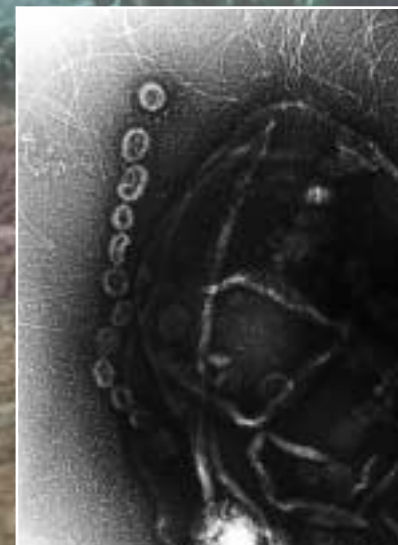
が進むと、ODP(国際深海掘削計画)に微生物学者が参加するなど、海底地殻内微生物研究への本格的な取り組みも行われるようになった。

こうした研究成果をもとに、1998年、米国の研究者らによって、地球全体に地殻内微生物圏があるとしたら、どのくらいの量の微生物が存在しているのかが試算された。

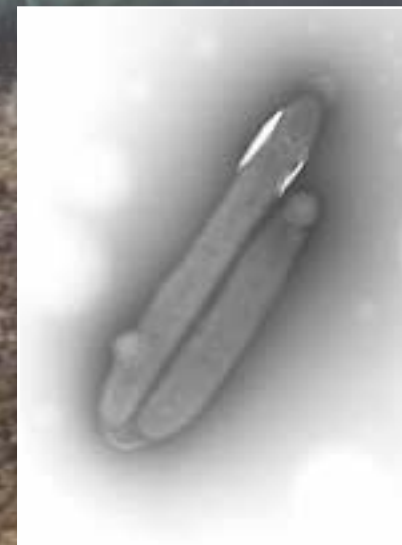
その数字は、驚くべきものだった。全地球の潜在微生物量の90%以上が、陸域および海底下の地殻内微生物圏に存在し、陸域や海域などよりもはるかに大きな生物圏が地殻内にあるというのだ。ただし、この試算は存在する炭素量によって算出されているため、地殻内で活動している微生物だけでなく、活動をとめていたり、すでに死んでいる微生物や分子化石も含まれており、すべてがアクティブな生物圏であるとはいえないことが分かっている。つまり、生物量(潜在量)としては地球最大の生物圏と考えられるが、活動量(生物生産量)はかなり低いのではないかと推測されている。こうした地下の微生物圏は、いったいどれくらいの深さまで存在しているのだろうか。陸域の研究では、南アフリカの金鉱で地

下3,200mの先カンブリア紀の地層から微生物が分離されている。現在のところ、これが実際に見つかった最も深い場所だが、さらに深いところにも存在するだろうといわれている。海底下では、深さ1,000mほどまでしか微生物は見つかっていない。だが、それはまだその程度までしか調査が行われていないということで、現在、海洋科学技術センターによって建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」で深海底掘削が行われるようになれば、最深の記録が更新されるのは間違いないと考えられている。

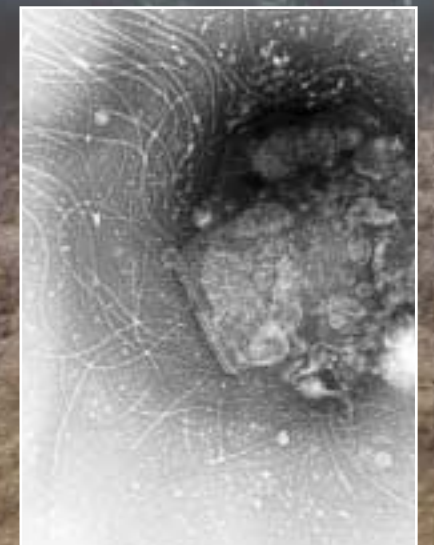
ところで、地殻内微生物圏は巨大ではあっても、やはり活動量の低い“死の世界”なのだろうか。もちろん、長期間安定した条件のもとで形成される海底堆積物のように、活性の低い場所もある。だが、逆に非常に活動的な地殻内微生物群集が存在する場所も見つかっている。それは、活動的な地殻内環境といわれる場所、たとえば、海底では海洋プレートが生まれる中央海嶺や、プレートがマントルへと沈んでいく沈み込み帯などのプレート境界域、火山活動を繰り返すホットスポット、そして、石油やメタンハイドレート、重金属などが不均一に分布するような場所



インド洋の熱水活動域の地下に存在すると考えられるハイバースライムを支える超好熱メタン菌メタノトリスフォルミシカム(命名者 高井研)



沖縄トラフ伊平屋北部の熱水活動域から分離された好熱性発酵菌サーモシホジャポニカス(命名者 高井研)



伊豆小笠原弧明神海丘の熱水活動域から分離された原始的代謝を行う菌パラエオユッカッスフェロフィラス(命名者 高井研)

特集 海洋底から見てくる地球のしくみ

だ。こうした場所は、ダイナミックな地球内部活動が見られ、その動きに伴って物質循環が盛んにおきている。そして、活動的な地殻内微生物もそこに存在しているとされる。

現在、海洋科学技術センターの極限環境生物フロンティア研究システム・地殻内微生物研究領域が注目しているのは、深海底の熱水噴出孔の下だ。熱水噴出孔は、海底の断層や岩石の割れ目からしみ込んだ海水が、地下で地球内部エネルギーによって熱せられ、それが海底から噴出するもので、湧き出した熱水には硫黄やメタンをはじめ重金属類なども含まれている。熱水孔に関しては、1980年代後半から熱水孔下微生物圏の存在が指摘されていた。そして、「熱水噴出孔環境の下に活動的な微生物生態系が存在する」という概念が提唱されたのは1993年だった。これは、熱水孔環境の有機物の分布から、その多くがすでに噴出する熱水に含まれていたことを示し、熱水孔の下に広がっている微生物群集が生成した有機物が、熱水によって運ばれてきたのではないかと推察している。また、一方では海底火山の噴火に伴って海水中に超好熱菌が大量に放出されることについ

て、その多くが熱水活動の地下に存在する微生物圏に由来する可能性が高いとする報告もある。こうしたことから、熱水域の海底下には大規模な超好熱菌ストックが存在していると考えられている。また、同研究領域では、プレート沈み込み断層



高井研グループリーダー

帯にも注目している。ここも、堆積物の高温高圧変性や間隙水の遊離に伴って、水・物質・エネルギーが激しい変動を示す、極めて活動的な場所だからだ。

地殻内微生物研究から地球の歴史を探る

もう一方の地殻内微生物の活性が低い場所は、確かに生きた微生物やその多

様性を発見する上では魅力的とはいえないかもしれない。だが、別の意味で、海底堆積物などの活性の低い海底下は非常に興味深い研究ターゲットになっている。

海底下の地殻内は、46億年の地球の歴史を様々な形で記録している場所だ。だが、ここで微生物が盛んに活動を行ってしまうと、記録は乱されてしまう。逆に、そこが微生物の死の世界であれば、約40億年間の生命の歴史が保存されている可能性がある。たとえ微生物が死んでも、そこには分子、DNAレベルの記録が残る。それらを分析することによって、かつてどんな微生物が、どのような環境に適応しながら生きていたのかが分かる。これまで行われてきた地質学的なアプローチだけでなく、微生物学的に地球の歴史を解明するためのアプローチが可能なのだ。

地球の歴史を解明する上で、もうひとつ注目すべき点は、地殻内微生物圏が地球上に酸素のなかった時代、つまり約27億年以前の環境に非常に近いということだ。地殻内微生物圏は、光合成によって酸素が生み出される前の地球でおきたであろう生命の進化を、そのままの形でアクティブに残している環境ということが

できる。特に、熱水孔の下に存在する地殻内微生物圏は、生命の発生と進化を理解する上で、非常に興味深い領域といわれている。なぜなら、そこには地球内部エネルギーのみに依存した「地球を食べる微生物」の生態系が存在する可能性が高いからだ。

熱水噴出孔周辺の海底では、すでに化学合成バクテリアや光合成生態系と異なる化学合成生態系が知られており、ここに初期生命の姿が残されているとする説もある。だが、厳密に言えば、これは正しくない。熱水孔周辺には十分な酸素が存在しているからだ。酸化還元が行われる熱水噴出孔周辺は、非常にエネルギーを採りやすい環境であり、非常にダイナミックな生物活動が行われている。だが、それは酸素のない太古の地球の環境とは違う世界だ。では、その熱水孔の下はどうだろう。海底地殻内に地球内部エネルギーが供給され、なおかつ酸素が入り込めない環境があるのではないか。こうしたことから熱水孔下地殻内微生物圏には高い関心が寄せられてきた。

陸域における「地球を食べる微生物」の生態系については、1995年、米国の研究者らによってその存在が報告され

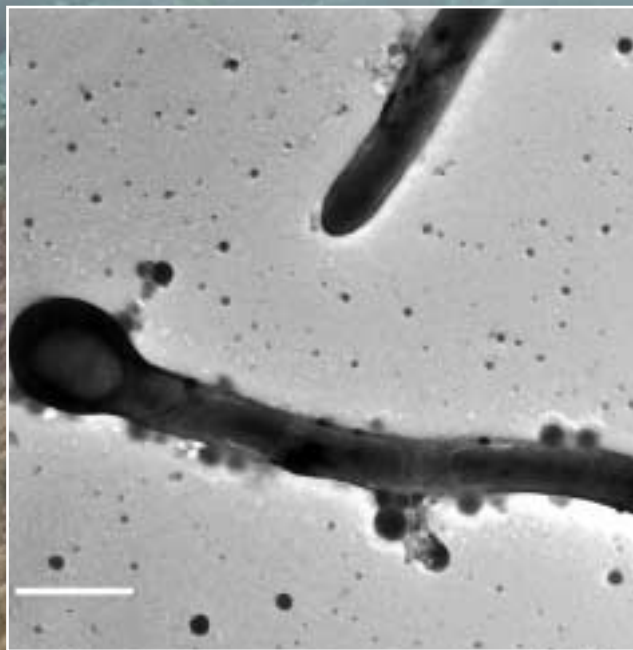
ている。彼らは、コロンビア川玄武岩帯深部地下水に光合成に由来する有機炭素が非常に少ないにもかかわらず、多くの微生物が存在し、その優先種は水素と二酸化炭素のみをエネルギー源および炭素源とするメタン菌と酢酸菌であることを発見した。そして、これらの微生物群集が光合成にまったく依存しないスライム(SLiME: 地殻内化学合成独立栄養性微生物生態系)を形成していると提唱したのだ。

そしていま、深海底下にも同じように「地球を食べる微生物」の生態系が存在することが、海洋科学技術センターの極限環境生物フロンティア研究システム・地殻内微生物研究領域の研究者らによって明らかにされようとしている。現在、論文投稿中のため、詳しい内容は紹介できないが、インド洋中央海嶺で発見された熱水活動域の微生物群集構造の解析を行ったところ、海底下環境から熱水によって超好熱メタン菌と超好熱発酵菌が生きた状態で運ばれていたことが明らかになった。さらに、熱水成分の解析から、海底下でメタン菌によるメタン生成が行われていることを示す成果も得られたのだ。これにより、熱水孔下環

境に、地球内部エネルギー（化学物質としては水素・メタン・硫化水素・一酸化炭素・二酸化炭素）のみに依存する「地球を食べる微生物」を一次生産者とする超好熱性地殻内化学合成独立栄養性微生物生態系(Haipas-SLiME)が存在する可能性が高いと考えられている。

このハイパススライム説では、超好熱性のメタン菌が水素と二酸化炭素からメタンをつくり、そのときに生まれるエネルギーで有機物をつくる。一方でその有機物を利用して、超好熱性の発酵菌がそれを再び水素と二酸化炭素に還元する。こうして循環の輪がつくられ、持続性のあるコミュニティが成立すると考える。こうしたエコシステムの存在が証明されれば、原始地球の生命進化の過程を理解する大きな手がかりが得られるはずだ。

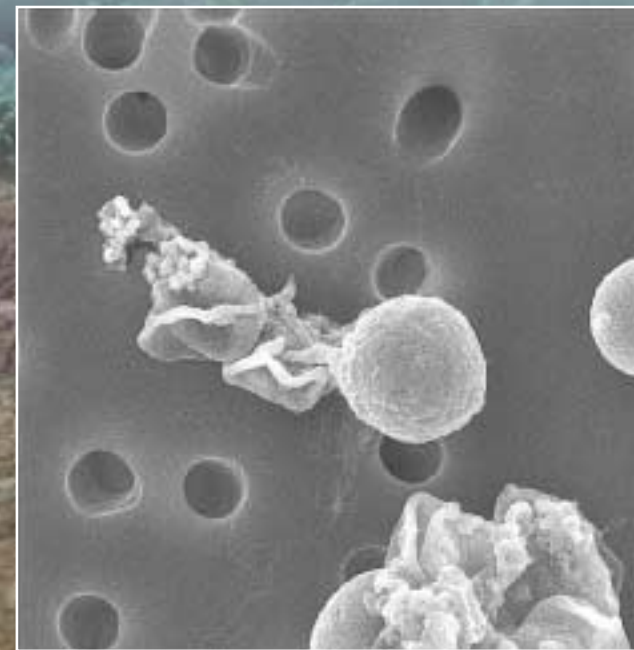
地殻内生物圏は、現在の活動的な微生物群集が存在する場所であるとともに、40億年におよぶ地球と生命の共進化の過程を克明に保存する場所でもある。地殻内微生物圏の研究は、地球とその進化を明らかにするための重要なカギを握っているのだ。



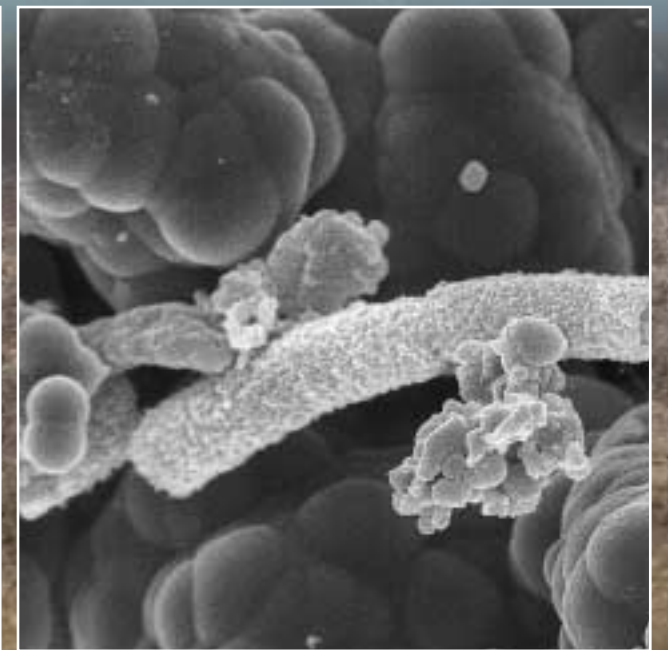
南アフリカ金鉱の地下3,200mの深さから分離されたアルカリフィラストランスポーレンシス。地球で最も強アルカリ性で生きられる。そして、最も深いところから分離された地殻内微生物



ハイパススライムを支える超好熱水素酸化硫黄還元菌バルネアリウムリソトロファム



ハイパススライムを支える超好熱メタン菌メタノカルドクカス。360℃以上の高温でも生存していた



同じくハイパススライムを支える超好熱メタン菌メタノバイラス

深海底に降り積もった堆積物から地球の環境変動を解明し 将来を予測する

海底堆積物に記録された地球からのメッセージを読み解く



取材協力：
あ は ごん なおかず
阿波根 直一 研究員
むつ研究所 第一研究グループ

地球はその46億年の歴史のなかでダイナミックな環境変動を繰り返してきた。そして、変動の痕跡は様々なかたちで地球上に残されている。そうした地球環境変動の記録は、海底にも残されている。海底堆積物だ。海洋の表層で形成されたプランクトンの化石や有機物は、やがて海底に沈み、その時代の海洋環境の重要な情報を保ちながら層をなして堆積していく。陸域では削剥のために連続した記録を得ることが難しいが、海底は比較的安定しているため、より信頼度の高い情報を得ることができるのだ。この海底堆積物を採取して、過去の地球の姿を読み解こうとする研究が盛んに行われている。特に、地球温暖化が注目されるなか、地球の気候変動を解明するために、過去約200万年の間に何度も繰り返されてきた氷期・間氷期の環境変動を明らかにしようとする研究に大きな関心が集まっている。過去の気候変動がどのようなプロセスで進行したのかを知り、将来予想に役立てようというのだ。海洋科学技術センターの研究拠点のひとつである青森県・むつ研究所でも、そうした研究が進められている。深海底のミクロの痕跡は、いかにして壮大な地球の歴史を語ってくれるのだろうか。



顕微鏡で有孔虫の微化石を観察する
阿波根研究員



海洋堆積物から抽出した微化石は種類ごとに細かく分類・保存される



津軽海峡で採取した浮遊性有孔虫
むつ研究所では、過去の海洋環境復元の精度向上を目指して、古海洋指標として用いられる有孔虫の生態や炭酸塩殻の形成過程について飼育実験を行いながら研究を進めている。写真は津軽海峡にて採取した浮遊性有孔虫の一種 *G. quinqueloba* であり、この種は一般に沿岸域や亜寒帯域に多産する。

海底堆積物は深海底に眠る地球環境変動の歴史記録

海洋科学技術センターむつ研究所が取り組んでいる主な研究テーマは2つある。ひとつは、北太平洋を中心とした物質循環の研究、もうひとつが、今回紹介する海洋環境変遷に関する研究だ。

海洋環境変遷の研究とは、一言でいえば過去の海洋の様子を明らかにすることだが、それは同時に気候変動の歴史を理解することでもある。それほどに、海洋は地球の気候変動に深く関わっている。そして、過去の海洋の様子や気候変動を理解することは、これから先、地球の環境がどのように変動していくのか、そのなかで海洋はどのような役割を果たすのかを知るための重要な情報になる。というのも、地球には今日までのおよそ200万年の間、自然の変動幅において、何度も氷河期と呼ばれる非常に寒冷な時代と間氷期と呼ばれる温暖な時代が交互に訪れているからだ。たとえば、かつて温暖化が進行した時代に、海洋の生態系はどのように変化していったか、気候の変動にどのようなプロセスが関わっていた

かが明らかになれば、地球温暖化が進行しているといわれる今日において、これから先の気候変動を予測していくために重要な、多くの情報を得ることができる。

いまでは、数多くの観測機器によって気温や水温など様々なデータが観測されているが、過去の気象や海象について実際に観測機器を使って調べた記録は、わずかに1～2世紀分が残っているに過ぎない。また、過去に遡るほど、観測された場所も非常に限られている。そこで、過去の地球の気候変動や海洋環境変動を知るためには、自然のなかで過去の気候変動を記録しているものを見つけ出す必要がある。たとえば、身近なものでは、樹木の年輪やサンゴ骨格の年輪にも多くの情報が含まれている。また、夏でも溶けることのない極域の氷を用いて、気候変動の様子を高い精度で解析する取り組みも進められている。だが、より確かな地球気候変動を理解するためには、長期にわたって、しかもより多くの場所で全球的に変動の記録を整理し、積み上げていくことが求められる。そこで注目されるのが海底堆積物だ。地球の表面積の

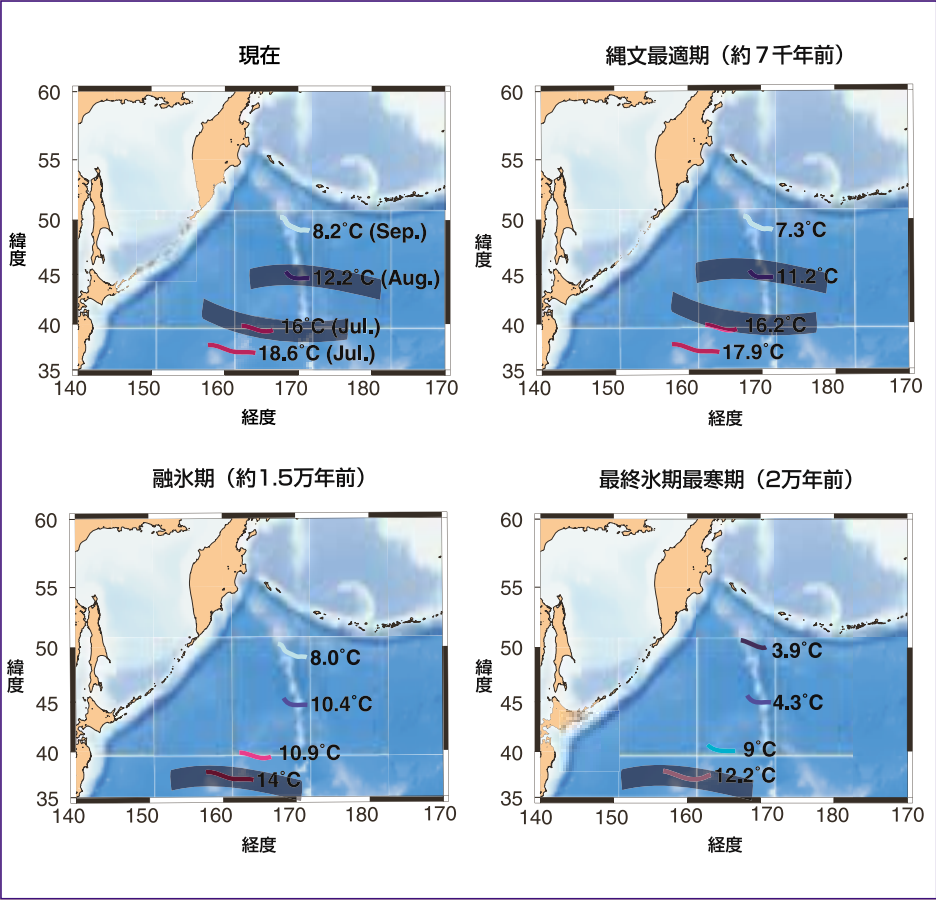
約7割は海洋であり、海底堆積物は広範囲にわたって、それぞれの海域の過去の変動を記録している。また、海洋底は陸域の地層に比べて比較的安定しており、状態のよい連続した記録を手に入れやすい。

堆積物というと、私たちは泥や砂をイメージするが、陸から離れた深海底の堆積物には、粘土や岩屑などとともに、プランクトンの小さな化石や様々な有機物など、生物を起源とするものが非常に多く含まれている。海洋生物の痕跡は、質的にも量的にも、その生物が生きていた時代の海洋環境を色濃く反映しており、こうした生物に由来する堆積物を詳しく調べることによって、地球環境の変動の歴史を解き明かしていくことができるのだ。

小さな生物の化石が語る海洋環境の移り変わり

海洋地球研究船「みらい」には、最大20mの深さの海底堆積物を、層をほとんど乱すことなく採取できるピストンコアラー（採泥器）が搭載されている。パイプの内部にピストンがついたこの道具を海底に突き刺し、堆積物を

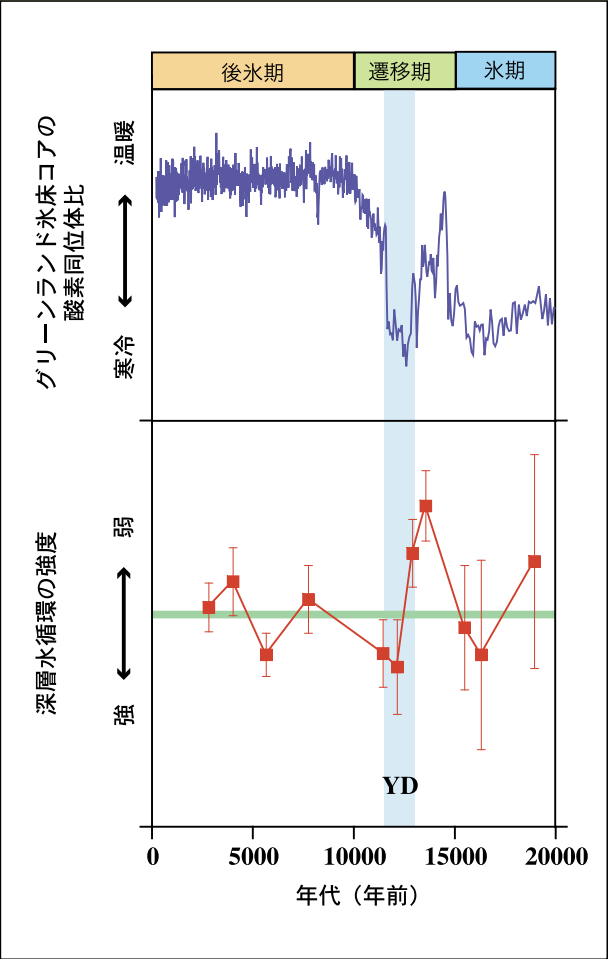
特集 海洋底から見てくる地球のしくみ



アルケノバイオマーカーから復元された北西部北太平洋の亜寒帯域における表層水温変動
過去2万年の中から、代表的な4つの時代を切り出して比較を行った。現在の海流系としては、最も北の点から、亜寒帯ジャイア、亜寒帯前線域、亜寒帯境界、黒潮分岐前線に相当し、南北方向に水温や塩分勾配が大きな海域である。表層水温の温度勾配がもっとも大きいのは現在も縄文の温暖期も北緯40～45度付近であるが、それより以前の融氷期や最盛期ではより低緯度側にシフトしていた。このことから亜寒帯フロントが現在よりも低緯度側に移動していた事がわかる。また、表層水温は過去2万年以降、徐々に上昇していくが緯度によって昇温の速度が異なり、高緯度ほど早い段階で現在の水温に近い値となり、低緯度ほど昇温のタイミングが遅かった。高緯度域ほど温暖化に対して敏感に反応していることが古海洋記録からも伺える。



有孔虫の微化石を同位体分析装置にかけている様子



過去2万年間の北西太平洋中緯度における深層水循環の強度変化
「みらい」で採取した北西太平洋の堆積物から、浮遊性および底生有孔虫化石を抽出し、その同位体情報から過去2万年間の深層水循環の強度を復元した。現在の強度（図中の緑線）との相対的な変化を示す。グリーンランド氷床コアの記録と比較すると、地球が氷期から後氷期へと向かう遷移期、特にヤンガードリアス期（YD）付近で深層水循環に著しい変化があったことが明らかとなってきた。



写真①



写真②

海底堆積物に残された気候変動の記録
写真は北太平洋の天皇海山列において海洋地球研究船「みらい」で採取した堆積物の顕微鏡写真である。温暖期（間氷期）には、有孔虫などのプランクトン化石が主に堆積しているが（写真①）、寒冷期（氷期）には海水によって沿岸から運ばれてきた陸源粒子の量が著しく増加している（写真②）。

採取する。円柱状の堆積物試料はコアと呼ばれる。

海底の堆積物は、海域や深度によってその構成成分や性質は大きく異なっている。海域によって堆積速度が異なるため、ピストンコアラで得られたコアにどのくらいの年代の記録が含まれるかは一概にはいえない（一般に陸域に近いと堆積が速く、離れると遅くなる）。また、海底の傾斜が大きいと堆積しにくくなるなど、地形にも影響される。さらに、北太平洋では、海底が3,000mを超えるような深海では浮遊性有孔虫などの炭酸カルシウムでできた化石は溶けてしまう（炭酸塩溶解。深層水の性質によって補償深度は異なる。北太平洋の深層水は大西洋の深層

水と比較して炭酸カルシウムを溶解させやすい）。こうしたことから、コアを採取するには、どれくらいの時代まで遡って解析するのか、どれくらいの時間分解能を必要とするか、何を分析するのかなど、研究目的に応じて採取する海域や深度を選択する必要がある。そのため、「みらい」ではコアを採取する前に、シービームやサブボトムプロファイラーなどによって、海底地形の確認が行われている。

では、実際に海底から採取された堆積物のなかで、過去の海洋環境を知るために、研究者らはどのような物質に注目するのだろうか。非常に有効な研究材料となっているのが、有孔虫に代表されるような、原生生物などで硬い

殻を持つ生物の微化石だ。これらの殻は、主に石灰質（炭酸カルシウム、有孔虫や円石藻）とケイ酸塩質（ケイ藻や放射虫）に分けられるが、当時の海洋環境に応じて卓越する微化石の群集組成は様々であり、これらの化石に含まれる微量元素や同位体を合わせて調べることによって、水温や塩分の分布、海流など、その生物が生きていた時代の海洋についての様々な環境が浮かび上がってくる。たとえば、有孔虫には浮遊性のものと底生のものがある。カドミウムは水中の栄養素のひとつであるリンとよく似た挙動をとることが分かっているので、底生有孔虫の化石に含まれるカドミウムを測定すると、その時代の海水の栄養素の量を推定する

ことができる。また、特定の地層から両方の有孔虫の化石を取り出し、炭素14で年代の見かけの差を調べれば、その時代の深層水の速さを推察することもできる。

コアに含まれる有機物の元素や組成も、微化石と同様に有力な情報源となる。たとえば、有機化合物のなかには、特定の生物しか生産しないものが存在する。こうした化合物を抽出することができれば、その起源を特定することができる。こうした化合物群はバイオマーカーと呼ばれる。たとえば、特定の石灰質ナノプランクトン（ハプト藻類）が形成するとされるアルケノンという有機化合物を活用すると、この植物プランクトンが生息した過去の表層

水温を復元することができる。一方、有機物や微化石を構成している炭素や酸素、窒素などの元素は、それぞれ複数の安定同位体を持っている。これらの安定同位体は、物理的なプロセスや生物地球化学的なプロセスを経てその比が変化する。したがって、安定同位体比の解析は環境情報の復元に大きな力となる。

こうして見ていくと、海底堆積物がいかに多くの情報を秘めているかがよく分かる。そして、今日、古海洋学分野では、堆積物が内包している過去の情報をより多く引き出すための新しい手法が次々と開発されつつある。むつ研究所でも、非常に微量の有機化合物から、そこに含まれる炭素14を測り、

年代測定を行うための技術開発に、積極的に取り組んでいるという。また一方では、現在生息する浮遊性有孔虫の飼育実験にも取り組んでいる。浮遊性有孔虫は、現在の海洋では約40種ほどがいるといわれ、それぞれの種が様々な海洋環境に適応して生息しているという。これらをコントロールされた環境で飼育し、微化石に取り込まれる環境情報をより正確に把握し、堆積物内に含まれる微化石の解析に役立てようとしている。

海洋底に保存された地球環境の歴史記録ともいえる海底堆積物は、今後、まだまだ私たちの知らない多くの事柄を語りかけてくれるに違いない。



2005年春の完成をめざす 地球深部探査船「ちきゅう」

海上での確認運転を済ませ 掘削機器の搭載始まる

写真協力：
三井造船株式会社 三菱重工株式会社

進水式から約1年半、海洋科学技術センターが建造を進めている地球深部探査船「ちきゅう」は、今年4～6月に海上確認運転を行い、船舶としての性能を確認し、現在は掘削機器の搭載作業が順調に進められている。海底下深部掘削によって、地球科学や生命科学の飛躍的な発展の機会を提供することが期待される「ちきゅう」のこれまでの建造経過を紹介していこう。



海上確認試験を無事に終えた「ちきゅう」は、7月に長崎の造船所に移り、掘削機器などの搭載作業が進められる

2001年4月に起工式が行われ、建造が始まった地球深部探査船「ちきゅう」は、翌年1月18日に進水式を迎え、船舶として産声をあげた。その後も様々な装置や設備を施す艤装工事が進められ、2003年春からは、3回にわたり延べ32日間に及ぶ海上確認運転（海上公試）が実施された。これは、船体部の装備やシステムの調整・作動確認や船舶としての性能を確認するために行われるものだ。

海上から海底下の掘削を行うために

は、掘削船が常に同じ位置にとどまっていなければならない。そのため「ちきゅう」には、衛星測位システムや音響測位システム等で正確な位置を把握し、6基の推進装置（アジマススラスター）によって自由自在に船の位置や向きを調整できるシステムが搭載されている（自動船位保持システム：DPS）。瀬戸内海、紀伊水道、太平洋四国沖で実施された海上確認運転では、船舶としての機能を確認するだけでなく、こうした特別なシステムの

確認も行われた。

確認運転を終えた「ちきゅう」は、岡山県玉野市の造船所（三井造船）から長崎の造船所（三菱重工）に移され、掘削装置やデリックと呼ばれる巨大な櫓（水面からデリック端までの高さは約112m）の据付、さらにパイプラック、ドリルフロアー、クレーンなどの設置が行われることになっている。



深海地球ドリリング計画や 地球深部探査船「ちきゅう」を 紹介する親子向けホームページ

海洋科学技術センターのホームページに、深海地球ドリリング計画（OD21）の内容や地球深部探査船「ちきゅう」の詳しい仕組みについて、分かりやすく紹介するページが掲載されている。地球内部の構造や海洋プレートの沈み込みによっておきる地震の仕組みなどの解説もあり、これから「ちきゅう」が行う海底掘削の重要性が理解できる。

「冒険！ ぼくらの地球深部探査船」
<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/odinfo/od21-oyako/oyako.html>



地球深部探査船「ちきゅう」の建造過程



Interview

研究者・技術者に聞く

なかむら まこと
仲村 亮 主任

株式会社 マリン・ワーク・ジャパン
海洋科学部 海洋企画室 名護情報課

貴重な深海映像を電子化 正確で使い勝手のよい情報発信システムを模索中



海洋科学技術センターの運営する沖縄・名護市の国際海洋環境情報センター（GODAC）は、海洋・地球環境に関するデータを収集し、閲覧に適した形に加工して提供する情報発信基地である。地元小中学校の総合学習等の授業に施設を公開し、海洋等についての知見に親しむ場としても利用されている。ここでの業務のひとつが、潜水調査船や無人探査機の記録した深海映像をアーカイブ化し、インターネットを通じて一般に公開することである。適切な情報にすばやくアクセスできるシステムを構築すれば、研究データは幅広く活用されて新たな価値を生み出すことだろう。しかしそのためには地味で根気のいる作業が欠かせない。今回は深海映像のデジタル化とインターネットで公開するシステムを統括しているエンジニア・仲村亮主任にお話をうかがった。



**Blue Earth編集部（以下BE） GODAC
でどういう仕事をなさっているのですか。**

仲村 主な業務は潜水調査船「しんかい6500」の撮影映像など、海洋科学技術センターが今までに蓄積した深海映像を電子化し、インターネットで公開することです。その中でもシステム管理が私の仕事になります。

インターネットでの公開は、研究者と一般の方々の両方を対象にしています。単純に映像だけをインターネットで流すのではなく、検索しやすいようキーワードを入れています。研究者と一般の閲覧者の両方が検索しやすいシステム作りが私たちの目標です。

BE たとえば「しんかい6500」はどのような形で撮影映像を送ってくるのですか。

仲村 潜水調査船が撮影したテープは横浜研究所の情報業務課を経由して私たちのところに持ち込まれます。しかしそのままではインターネットで情報を流すことができませんから、テープの映像をGODACで電子化します。現在、映像はMPEG1、MPEG2、リアルストリームという3つの方式で電子化しています。

BE 深海調査一回あたり、どのくらいの映像データがあるのでしょうか。

仲村 母船から離れて潜航調査し、ま

た海上に上がってくるまで、長いもので約8時間です。海底への往路と復路では録画していませんから、録画時間はだいたい6時間ですね。潜航調査と一口に言っても、乗り込んでいる研究者の専門分野によって映す映像が異なります。生物が専門なら深海生物を追いかけるし、地質が専門の場合は、岩や海底の地形を丹念に映しています。

BE 映像の電子化が開始されたのはいつごろからですか。

仲村 GODACは平成13年11月に開所し、平成14年4月から電子化を含む本格運用を開始しました。ですからまだやっと2年目です。電子化データの蓄積量も多くはなく、公開するための手法についても、これから試行錯誤してよいものを作っていこうという状況です。

現在のシステムでは、地元沖縄で採用されたオペレータが映像におおまかなインデックス（画像説明）をつけたものを「一次公開」とし、研究者がインデックス用キーワードの名称確認など、最終的な「補正」（チェック）を行

った後のものを「二次公開」としています。その際にできるだけ、潜航して撮影した研究者にチェックしていただきたいのです。でも研究者は多忙ですから、なかなか補正作業が進みません。実際に研究者がインデックスを補正した完全版の映像は、まだ全体から見れば少ないです。

手の空いたときに気軽にチェックできるインターフェースになっていないのも補正が進みにくい一因といえるでしょう。この部分をもっと使いやすくすることが最大の懸案です。インターネット環境があるところならば、研究者がどこからでも映像をチェックしてインデックスをいれることができるようにするのが理想です。しかし、現状では研究者が沖縄に来た時や、私たちが横浜に出て行った時にチェックしていただいています。

「しんかい2000」も含めると映像の蓄積はかなりのもので、映像テープは合計して約1万5千本と膨大な数です。映像テープの電子化は単純積算して5年から10年かかるといわれています。ですから、まずは電子化をどんどん進めることが大事です。インデックスの付与については、これからシステムがよくなればずっと早く進むと思います。

BE 電子化は難しい作業ですか。

仲村 いえ、普通のビデオデッキの再生と同じです。テープを入れアプリケーションボタンを押して、潜水船名、日付、潜航場所やダイブナンバー（潜航番号）を入れれば、後はコンピュー





映像から名前を特定して、検索用のキーワードをつける。



デジタルアーカイブゾーンにあるストリーミングサーバ。ストリーミング映像を保存している。

タがやってくれます。問題は時間がかかることです。ビデオ再生やダビングをイメージしていただければわかり易いと思いますが、2時間のテープの電子化には、やはり2時間かかるのです。

BE 仲村さんの専門分野は、海洋科学ではなくコンピュータなのですね。

仲村 前職では、地理情報（GIS）に携わっていました。カーナビの電子地図を思い浮かべてください。あのデータ等をつくっていました。分野は違ってデータ精度や品質については現在の仕事と似たところがあります。ただ、地図の場合はいざとなったら現物を確かめに行くことができますが、深海底はそうはいかないところが大きな違いです。

深海映像も無人探査機「ハイパードルフィン」のものやハイビジョンのカメラで撮影したテープはとても鮮明に映っています。ですからこれから撮影する分はよいのですが、古い映像で不鮮明なものについては、きちんとした

きますよ。

映像よりも文書のデータベース化のほうが簡単だと思います。インターネット上でも文書のデータベースは珍しくないですね。それだけシステムが確立されているのです。でも映像はキーワードをきちんとつけないと検索できません。特に一般のかたが上手に検索できるキーワードをつけていくのはたいへんです。

私たちより専門の研究者のほうが、講演をしたり著書を書かれたりして、どのように噛み砕いた表現を使えば一般の人たちにわかりやすいかよくご存知です。ですから今はただ研究者に「一次公開」の内容を見てもらい、研究者向けはもちろん一般向けのキーワードについても「こういうキーワードの方がいいんじゃないか」というコメントをいただいて、それを蓄積している段階です。沖縄に調査に来たときにはこちらにも寄ってコメントいただけるようお願いしています。

BE 将来的にはその作業もインターネット上で行うことを目指しているのですね。

仲村 はい。システム的にはほぼ出来上がっていますが、やはりネックになっているのがインターフェースです。現段階では階層を追っていかないと目的の画像にたどり着けず、途中でいやになってしまうんですね。しかもインターネットのブラウザで動きますから通信環境によってはレスポンスが遅い。JAMSTECとGODACはジャパン



正確な情報の付与は最低限の基準。神経を使う作業だ。



一次公開中のHP画面。アクセスにはユーザー登録が必要。ポータルは <http://www.godac.jp>

ギガビットネットワークという高速回線でつながれているので通信速度を意識することなく作業ができますが、回線が細いと使いにくいです。研究者はただでさえ忙しいのに、面倒なインターフェースでは作業してもらえません。まだまだ改善の余地があります。

BE これまで電子化されたものは一般の人も見ることができるのですか。

仲村 現在テープにして1,700本の電子化を行い、100本程度を公開しています。他の研究機関の海洋に関する公開データも、収集・蓄積して公開しています。（<http://www.godac.jp>）

公開している内容としては、初期のU-matic（ユーマチック）録画のものは後回しにし、VHS録画されているものを以降から先に電子化しているため、「しんかい2000」の撮影映像のなかでも比較的現在に近い画像から現在に向けて時系列順に公開しています。また、プレス向けに出された映像等は前倒してタイムリーに公開するようにしています。

BE 今後は映像と文書をデータベース化して、海洋・地球環境のポータルサイトとして活用していただくのが目標というところでしょうか。

仲村 その際に問題なのが著作権です。映像の著作権はすべてJAMSTECにあるので問題ないのですが、著書や論文は研究者個人に著作権があります。論文やクルーズレポート（調査航海の報告書）も電子化は行っていますが、現在のところインターネットで公開しているのは、ほぼJAMSTECの刊行物だけです。



インデキシング・スタッフはマンネリ化を避けるため、映像・文書・ポータルに分かれてローテーションを組む。

著作権の問題がクリアできて、映像にインデックスを付与するだけでなく、各映像に対応する論文にリンクを張ってすぐに参照できる形にできれば、とても便利になると思います。

電子化とインターネットでの情報発信は仕組みができてからも日が浅く、蓄積を始めたという段階ですから、JAMSTEC内部でもまだまだ認知度が低いです。まずは認知度を上げることが大事かと思っています。

インターネットでデータベース検索を利用する際にユーザー登録をしてもらうのですが（ゲストでも閲覧は可能）、できるだけ多く登録してもらって、たくさんの人に見てもらいたい。研究者にも一般の方たちにも、とにかく大勢の目で見ってもらって「ここがよくない」「使いにくい」と注文をもらいたいのです。そうすれば、それをもとにどんどんよいものにしていきます。認知度を上げることが良質の情報発信につながるのです。

ですからもっと認知度を上げるのが今年の目標ですね。電子化データの蓄積だけでなく、発信までが私たちの仕事なのですから。



処理したデータは館内で公開中の教育用コンテンツにも利用される。

中・深層いちばんの“お人好し”!? ヒドロ虫から巻き貝まで 生き物を養う“海の森”ヤギ類

取材協力

松本 亜沙子 研究員

海洋生態・環境研究部 第一研究グループ

サンゴと言えばまず思い浮かぶのがサンゴ礁。そんなスポットライトを避けるようにひっそり生息するサンゴの間にヤギ類がいる。どちらも刺胞動物・花虫綱に属するが、サンゴ礁を形成するイシサンゴは藻類と共生し光合成を行うため、浅い海域にしか生息できない。一方、宝石サンゴの仲間を含むヤギ類は共生藻を持たず、自らプランクトンなどを捕食し、光の届かない中・深層にも広く分布する。

共生藻は持たないヤギ類だが、実はさまざまな生き物に住処を提供している。ツグチガイの仲間はヤギ類に住み着き、ヤギを食糧とする。ハナヤギのポリプの隙間にはびっしりとヒドロ虫が付く。ヤギに擬態するエビやカニ、ヤギのポリプを摘み取り自分の背中を飾るウミウシも知られている。プランクトンが多く得られる流れの速い海域に棲息し、堅い骨片で被われ忌避物質を分泌するヤギ類を食べる生物は少ない。そのため、ヤギは共生者にとって餌も豊富で、敵も少ない快適な住処となる。しかし、ヤギ自身が共生で得るメリットは今のところわかっていない。

ダイバーにはおなじみのヤギだが、スキューバで潜る限界深度と、潜水船調査の中心300m以深との間の海域を中心とした彼らの生態研究は意外に難しい。しかし、サンゴ礁が「海の森」と言われるように、固着生物の少ない中・深層ではヤギ類が同じ役割を担っていると考えられる。多くの住人の拠り所、ヤギ類の研究はまだ始まったばかりだ。

白い部分がハナヤギウミヒドラ。ヒドロ虫が死んでもハナヤギが死ぬことはない。



イソバナの先につく巻き貝、ツグチガイ。白い部分が貝殻。この貝の仲間の多くはヤギと共生する。



白い膜のように見えるのはツグチガイの卵。ハナヤギを被うように産み付けられる。

イソバナもハナヤギもセンターの水槽で観察した。長期の飼育はまだ難しい。



JAMSTEC

Report



——開会の辞を述べる平野拓也理事長——

第2回地球シミュレータセンター・シンポジウム

人と地球のやさしい関係 もう1つの地球からのメッセージ 「地球シミュレータ」の1年間の成果を語る

「地球シミュレータ」の運用が開始されて1年が経った。この間、世界のスーパーコンピュータTOP500で1位にランキングされたのをはじめ、並列計算機の技術開発に貢献する画期的な成果を表彰するゴードン・ベル賞受賞、世界最大の週刊ニュース誌であるアメリカのTIME誌による「2002年度の最も価値ある発明」の1つに選ばれるなど、その性能や価値が世界的に評価された。この1年間、「地球シミュレータ」でどのような研究がなされてきたのか、地球シミュレータセンターの活動状況と昨年度の成果、今後の研究の計画をより広く一般にPRするため、6月19日に第2回地球シミュレータセンター・シンポジウムが開かれた。

世界に類を見ない性能

朝10時30分から1日がかりのシンポジウムにもかかわらず、会場となった日本科学未来館 みらいCANホールには人があふれ、予備の中継会場も満席となった。

まずは、地球シミュレータセンター・佐藤哲也センター長の基調講演で、昨年の3月1日からスタートした地球シミュレータセンターの活動について、1年あまりを総括する報告を行った。

「地球シミュレータ」は640台の計算ノードを持つ巨大なスーパーコンピュータである。はじめの約2〜3ヶ月間はシステムの調整期間として、安定した運転ができるのか、実際にどれくらいの性能が出せるのかなどを確認した。その結果、35.86テラフロップスという世界最高性能を達成し、実効値が理論値の10%出れば優れていると考えられているスーパーコンピュータの世界で、約90%という驚異的な実効性能を記録した。

一般公募から採択されたプロジェクトの研究課題がスタートしたのは7月16日。追加公募も含めて初年度は計40件のプロジェクトが「地球シミュレータ」を利用した。

「今年度の採択プロジェクトは34件。数の上では昨年度より少なくなっているが、その分、洗練され、プロジェクトの規模も大きくなっている。また、現在、『地球シミュレータ』で得られた計算結果はすぐにインターネットを介して外部に搬出できるシステムを構築中で、秋までには稼働させる方針である」とセンター長は、今後の計画について紹介した。

「地球研究」以外の 先端科学にも貢献

「地球シミュレータ」は、その名の通り、地球変動予測を実現させるために開発された経緯がある。しかし、世界のスーパーコンピュータの用途は気候や地球環境変動の研究に限らない。

大規模なシミュレーションが必要な分野で、「地球シミュレータ」を利用する意義のある研究であれば、どのような分野の研究であれ使うことができる。今年度採択されている34件のプロジェクトのうち、11件が先進・創出分野として、新素材開発やたんばく質などに関するシミュレーション研究を行っている。午前中は、そのうちの2件の研究発表が行われた。1つ目は、(財)高度情報科学技術研究機構の中村寿氏によるカーボンナノチューブ開発に関する研究。そしてもう1つは東京大学生産技術研究所の佐藤文俊氏が所属する「バイオシミュレーション研究者の会」が行ったタンパク質分子科学計算についてであった。

カーボンナノチューブもタンパク質も国が研究重点化を掲げるナノテクノロジー・材料とライフサイエンスの分野を支える大切な研究テーマである。両方とも原子や分子の挙動が対象となる。何万個もの原子が並んだカーボンナノチューブ特性を把握したり、加工方法を見つけていくとなると膨大な量の計算が必要になる。実際、普通のパソコンで3年かかる計算も「地球シミュレータ」を使うとわずか1.4時間で終わってしまう。タンパク質でも同様に、いくつものアミノ酸が結合してできるタンパク質の立体的な形やその変化を計算で求めるにはやはり大きな計算パワーが必要である。最終的には、BSE（狂牛病）やアルツハイマーなどのタンパク質の形が原因となって引き起こされる病気の原因究明に役立つのではないかと期待されている。

「地球シミュレータ」で見えてきた 精密な地球像

昼休みを挟んで、午後は地球環境に関する研究成果の報告が行われた。一口に地球環境と言っても、その方向性から2つの分野に分かれている。1つは地球表面の流動層にスポットを当てた大気・海洋分野。そして、もう1つが



(財)高度情報科学技術研究機構 中村寿氏

地球内部の様子を調べる固体地球分野である。

大気・海洋分野のメインテーマは気候変動である。今までコンピュータを利用したシミュレーションが行われてきた分野であるが、従来のものと「地球シミュレータ」との一番の違いは精度である。大気や海洋のシミュレーションでは、地球を小さなメッシュ（格子）に分割し、そのメッシュごとに計算をする。今までの全球シミュレーションでのメッシュは、せいぜい100数十kmだった。これで日本周辺を見ると、モザイク処理されたような映像になり、細かい輪郭ははっきりしない。当然、シミュレーションも大雑把なものになる。しかし、「地球シミュレータ」の場合、分割するメッシュを10kmにまで狭めることができる。これにより、細かい解析が可能となり、台風や梅雨といった、日本を含む東アジア地域特有の気候の仕組みも解明が期待されている。また、温暖化した未来の地球がどのような気候となるのかという、体験することのできない未来も、「地球シミュレータ」を使えば予測することができる。まさに、「地球シミュレータ」は、未来を探る研究手段なのだ。

地球シミュレータセンターの高橋桂子氏の発表では、新しい大気・海洋結合モデル「CFES (Coupled Model For the Earth Simulator)」が紹介された。このモデルは、「地球シミュレータ」で活用することを前提に開発された大気大循環モデルと海流大循環モデ



東京大学生産技術研究所 佐藤文俊氏
(バイオシミュレーション研究者の会)



地球シミュレータセンター 高橋柱子氏



東京大学地震研究所 古村孝志氏



ジャーナリスト 立花隆氏

ルを結合させたものである。

現在、世界には約40種類の結合モデルが存在するが、従来の結合モデルは、大気から海へ、海から大気へと交互にデータ交換を行っていた。これは、大気と海を同時に処理できるだけのパワーのあるスーパーコンピュータがなかったためだ。「CFES」では「地球シミュレータ」のパワーを活かし、大気、海洋、それぞれのモデルの計算性能を損なうことなく、データ交換を同時並

行的に、一気に行うことができるため、より現実に近いシミュレーションを行うことができる。

高橋氏は、「数年後には、温暖化による気温上昇や降水量の変化を予想できるように」と話す。また、今後は、さらに1~2kmの解像度と全球を同時に扱える結合モデルの開発を行っていくという。雲のでき方や降雨、台風などの地域的な現象が、気候変動にどのような影響を与えるかを扱えるような

結合モデルの構築をめざしている。

固体地球分野は、基本的には地球内部という、人が自分の目で見ることのできない世界である。そのような世界を理解するには、シミュレーションは欠かせない。地球内部の現象も、地震のように数十秒程度で終わり、影響があるのも一部の地域のみというものから、マントルやコアの活動といった数億年規模のスケールで、地球全体に影響を与えるものまで様々な活動がある。

「地球シミュレータ」では、現在、9件のプロジェクトが固体地球分野の研究として動いている。そのうちの3件について発表があった。固体地球統合フロンティア研究システムの浜野洋三氏は、地球のコアの活動により生じる地球磁場のシミュレーションについて、その目的と意義について話をした。

また、日本は世界有数の地震国であることから、地震研究が盛んである。そのような風土を反映して、残りの2つは地震に関する話であった。東京大学の松浦充宏氏の発表は、日本周辺で起こる地震のモデル計算の話題であった。「地球シミュレータ」の群を抜いた計算能力により、詳細な計算が可能となり、大地震の予測も夢ではなくなってきたという。そして、東京大学地震研究所の古村孝志氏は大地震が起きたときの地震波の伝わり方をシミュレートした。これによると同じエネルギー

ーの地震でも、地盤の弱い平野部では被害が大きくなる傾向があるという。地震波がどのように伝わるのかを知ることが効果的な防災対策にもつながる。

プログラムを締めくくったのは、評論家・ジャーナリストとして活躍する立花隆さんの招待講演。日本では、「地球シミュレータ」が世界ランキング1位となった事実はあまり大きく報道されていないが、アメリカでは、旧ソ連がアメリカに先駆けて人工衛星スプートニクを打ち上げて以来の衝撃的な出来事であったことを紹介し、日米の注目度の違いを指摘した。そして、「シミュレーションという手法が、科学のあらゆる分野で注目されており、その先端に行く『地球シミュレータ』に大きな期待を寄せている」と話した。

会場となった日本科学未来館には、地球型のディスプレイ「ジオ・コスモス」が展示されているが、昼休みに、「地球シミュレータ」で計算した大気や海洋のシミュレーションを「ジオ・コスモス」に投影するデモンストレーションが行われた。シミュレーション結果を球体の「ジオ・コスモス」に投影することで、地球の大気や海洋がどのように変化していくのかがよくわかり好評だった。



「ジオ・コスモス」によるデモンストレーションの様子。天井から吊された直径6.5mの球体のディスプレイに、「地球シミュレータ」による台風発生や海面温度の変化のシミュレーションなどが映し出された。

高度な性能を持つ「地球シミュレータ」は、単に研究者を満足させるためのものではない。優れた研究成果をいかに社会に還元していくかが地球シミュレータセンターに課せられた大きなテーマだ。1年間の様々な研究成果の

なかから、社会の関心が高く、一般に分かりやすい内容を選んで行われた今回のシンポジウムには、地球シミュレータセンターの社会への熱いメッセージが感じられた。



定員300人の会場は満員の状態。みなさん熱心に講演者の話に耳を傾けた。

宇宙飛行士・毛利 衛氏 深海6,500mからのメッセージ

南西諸島海溝の水深6,500mへ潜航した 毛利 衛氏に聞く

取材協力：日本科学未来館

今年の3月13日、宇宙飛行士であり日本科学未来館の館長を務める毛利 衛氏が、海洋科学技術センターの有人潜水調査船「しんかい6500」に乗船し、沖縄・南西諸島海溝の水深6,500mへ潜航した。主な研究目的は、有人潜水調査船内の海洋閉鎖環境と宇宙船内の宇宙閉鎖環境とで有人活動環境を比較することにあつたが、これに加えて、今回の潜航では深海という極限環境を知るための様々な観察や実験が行われた。「より多くの人たちに水深6,500mの深海の環境を伝えるために、60項目に及ぶ実験を行いました。これまで数多くの研究者が『しんかい6500』に乗船していますが、こうした目的を持って潜ったのは初めてではないでしょうか。この点にも大きな意義があると私は考えています」と毛利氏はいう。

興味深い実験の内容をはじめ、今回の潜航の感想などについて、毛利氏にお話をうかがった。

スペースシャトルに2回搭乗している毛利氏は、宇宙同様に生命維持装置が必要な深海において、有人潜水調査船内の環境が宇宙船内とどのように異なるかを比較研究することに関心を持っていた。こうしたことから、今回の潜航が実現したが、さらに毛利氏は別の面からも深海に大きな関心を持っていたという。

「海のなかは、宇宙から見えない世界です。前回の宇宙でのミッションのひとつは、レーダーを使って地球の三次元地図をつくることでした。しかし、海のなかはレーダー

が使えませんから、陸地だけです。地球の表面の3分の2は海に覆われています。その広大な海は、表面だけしか見ることができません。地球をもっと深く理解するためにも、海の内部を自分の目で見てみたいと思っていました」と話す。

3月13日、沖縄・那覇の東約150kmに位置する南西諸島海溝で、毛利氏を乗せた有人潜水調査船「しんかい6500」の潜航が実施された。天候は曇り、海面は多少うねりがあつたが、潜航には問題ない状況だった。午前9時10分に潜航を開始し、「しんかい6500」

は午後0時35分に水深6,500mの目標地点に到達した。海底では生物の観察や調査などを行い、午後1時52分に深海底を離れ、午後4時18分に海面に浮上。約8時間に及ぶ潜航は無事に完了し、毛利氏は支援母船「よこすか」に帰還した。

潜航の印象について、毛利氏は次のように話す。

「スペースシャトルは約90分で地球を1周します。宇宙から見ると、地球はとても小さく感じます。ところが、潜水調査船は6,500m潜るのに2時間半かかります。実



毛利氏とともに「しんかい6500」に乗船した飯嶋船長（左）と柳谷船長補佐

際に潜ってみて、海の深さと広さ、地球の大きさをあらためて感じました。また、陸上の生物圏はほとんどが地表に限られています。しかし、海では、表面から水深10,000mまで三次元的に生物が存在しています。ものすごい広さです。こうした海の包容力を踏まえて、もう一度宇宙に行ったら、おそらくこれまでと違ったメッセージを送ることができるのではないかと思います」

日本科学未来館の館長でもある毛利氏は、世界に誇る日本の海洋科学技術を広く紹介するために、さらに深海での体験を理科教育に役立てるために、今回の潜航で60項目に及ぶ興味深い実験を行った。

「宇宙は、地球環境を客観的に見せてくれる場所ですが、海はその地球環境を担っている場所であり、なぞの多いところでもあります。日本は海洋観測に関して世界に誇る優れた技術を持っています。こうした世界最先端の技術が、地球と人類の未来に大きく貢献していることを、若い人たちに伝えたい」と実験を行った理由について毛利氏はいう。

毛利氏や日本科学未来館のスタッフが着目したのは、私たちの暮らす環境と大きく異なる深海の「水圧」と「光」だった。水深6,500mでは650気圧という圧力がかかり、常識では考えられないようなことがおこる。



水深6,500mの水圧を受けて変形したカップ麺

そこで、「水圧」については、身の回りにあるものが水深6,500mでどのように変化するか、その物理的な変化をデモンストレーション実験した。たとえば、発泡スチロール製のカップ麺の容器が水圧によって小さくなることはよく知られるが、中身が入ったままのカップ麺ではどうなるのか、また、綿菓子や木材が水圧でどのように変化するかなどについて実際に実験を行った。さらに、船外に取り付けたバスケットに植物の種や宇宙で生まれたメダカの卵を入れ、種の発芽や卵の孵化に水圧がどのような影響を与えるかについても実験している。その成果については、「一部日本科学未来館の展示やデモで紹介されている」が、お許しをいただき、その実験結果の一例を紹介すると、水圧を受けた綿菓子は、原料のザラメ状になるという面白い結果が出た。木材(1辺が10cmの立方体)では、バルサ材は横方向に半分ほどつぶれ、屋久杉はサイズは同じだったが水がしみ込んで重量が増え、合板は水がしみ込んで全体が膨らんでいた。木材の種類や木目によって、異なる結果が出たのだ。そして、カップ麺は写真のとおりだ。

もうひとつの「光」については、「しんかい6500」が浮上する際にライトをすべて消し、毛利氏自身の目でどのくらいの水深から光を検知できるかという実験を行った。

「一般的には、水深200～300mで太陽の光は届かなくなるといわれています。私はこれまで宇宙の暗さを見てきました。宇宙はもともと光がない(あっても素通りしているので見えない)世界です。その宇宙の暗闇を体験しているので、深海の暗さにとても興味があ



潜航に先立って記者会見し、研究目的や実験について説明する毛利氏



潜航の様子は「しんかい6500」の船内に持ち込んだビデオでも記録された

りました。実際に潜ってみると、深海は確かに真っ暗で、時々発光する生物の光が流れ星のように見えました。真っ暗で見えないのは宇宙と同じでしたが、暗さは宇宙と違うように実感しました。その違いを説明するのはとても難しいのですが、暗闇の質が違うように感じました」と毛利氏。

その暗闇から浮上するなかで、毛利氏は「しんかい6500」の前方に搭載されたマニピュレータ(試料の採集などを行う金属の腕)が、どのくらいの水深で見え始めるかを調べた。その結果、水深1,300mを過ぎるころから微かにマニピュレータのエッジが見えるようになったという。そして、水深1,000mを過ぎるとハッキリと見えるまでになった。

「色が認識できるような光ではありません。しかし、人間の目でも水深1,200～1,300mまで光を感じることが自分で実感できました。おそらく、もっと感度のよい目を持った生物なら、より深いところでも見えるのではないかと思います。つまり、水深200～300mで光がなくなるわけではないということが、今回の実験で分かりました」

毛利氏は、今回の潜航調査の後、「宇宙空間も深海も、極限の科学技術による挑戦領域であり、こうした科学技術が21世紀の地球環境問題解決のカギになるのではないと思う」と話した。そして、今回、毛利氏が主たる研究項目とともに実施した様々な実験は、次世代の科学技術を育てていくために、未知の世界への好奇心や豊かな感性を育てていくことがいかに重要であるかということ、あらためて私たちに教えてくれた。

JAMSTEC

Report

1994年に日本で観測された記録的な猛暑の原因を解明

インド洋ダイポールモード現象が東アジアに異常気象をもたらした

取材協力

山形 俊男 領域長
地球フロンティア研究システム
気象変動予測研究領域



1994年夏、日本をはじめとする東アジア諸国は、記録的な猛暑と乾燥にみまわれた。山形俊男領域長らは観測データや再解析データ等を用い、インド洋熱帯域で起こった大気海洋結合系の変動「インド洋ダイポールモード現象（IOD）」が、同年夏に東アジアを襲った異常気象の原因のひとつであることをつきとめた。この猛暑は、直接には日本と韓国、中国東北部周辺の東アジア上空に例年になく強い高気圧性循環が居座ったためであるが、その高気圧性循環はインド洋ダイポール現象に起因していた。東アジアの気候システムは、インドからヨーロッパ（地中海からサハラ砂漠地域）経由と、インド洋から中国南部を経由して波及する二種類の気候変動の影響を受けている。インド洋ダイポール現象はその両方の起点となる、たいへん重要な気象現象であることが分かったのだ。

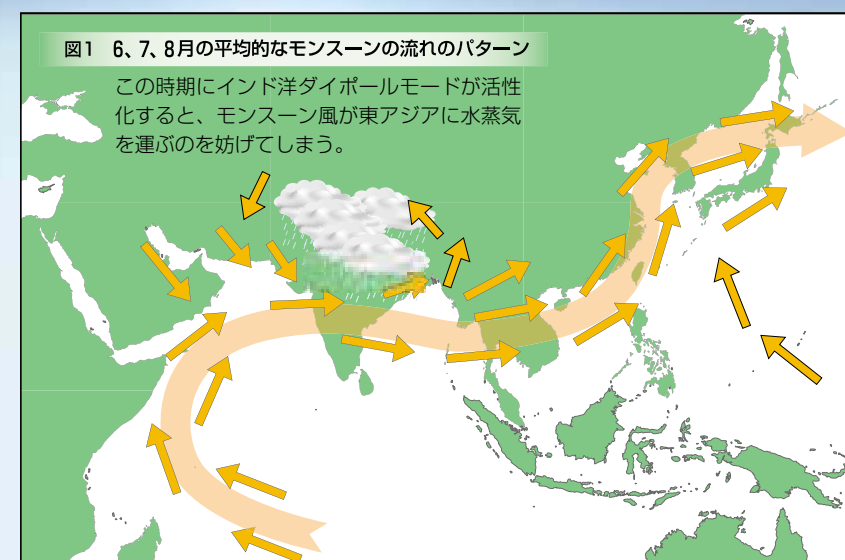
日本の猛暑のスターターはインド洋熱帯域にあった

夏のモンスーン循環に大きな変動が起ると、日本をはじめとした東アジアは極端な猛暑（と乾燥）か、あるいは冷夏（と多雨）となる。その変動の大もとはどこで生じるのだろうか。

山形領域長たちは、1994年の日本の異常気象の原因を解明するために、再解析データ（さまざまな観測データを使った天気予報の結果を保存して解析に使用する）等を詳しく検証し、同年の東アジアの異常な猛暑と乾燥は、インド洋熱帯域における大気海洋結合系の変動、インド洋ダイポールモード現象にも起因することを証明した。

インド洋ダイポールモードは、山形領域長やサジ・ハミード研究員によって世界で初めて紹介された現象である。1994年の異常気象の研究に海洋学の分野から参加した山形領域長らは、インド洋熱帯域の降水量分布を調べていたときに、たいへん興味深い現象に気づいた。インド洋の東部は非常に雨が少なく乾燥しており、反対に西部では雨が多い。ちょうど東西に並んだ降水量のダイポール構造（二極構造）になっていたのである。さらに調べてみると、この降水量分布のダイポール・パターンは、西で海水温度が高く、東で低いという海面水温偏差のダイポール・パターンに基づくものだった。

インド洋ダイポールモード現象の特徴は次のようなものだ。何らかの原因で熱



帯域の東部インド洋で南東貿易風が強化されると、熱帯域インド洋西部（東経50度から70度、南緯10度から北緯10度）では、海面水温のきわめて強い正の偏差が現われる。これは赤道上で東から西に吹く風が生じて西向きの海流をおこし、暖水を西インド洋に運ぶのでこの海域に暖水の厚い層ができるためである。この高温域では降雨量が増える。

それに対し、インド洋南東部（東経90度から110度、南緯10度から赤道）では、海面からの蒸発の活性化と深層冷水の湧昇によって負の海面水温偏差が現れる。二つの海域の温度差が大きいくほど、強いダイポールモードが発生していることになる。

ダイポールモード現象は4月過ぎに始まり、大気と海洋の間の相互作用でどんどん発達していくが、10月にはピークを迎え、12月ごろから急激に減衰する。季節

節限定の現象なのである。

1994年のインド洋ダイポールモード現象は3月ごろから10月まで8ヶ月以上続いた。その間、太平洋熱帯域では、世界規模の異常気象をもたらすといわれているエルニーニョ現象の発生は見られなかった。

インドの夏季モンスーン・システムはインド洋熱帯域と相互に作用している。また、東アジアの夏季モンスーンはインドの夏季モンスーンと、対流層上層の北緯40度付近で、チベット上空の西風ジェット（対流層ジェット）を通じて相互に影響しあっている。南アジア上空の循環に変異があれば、東アジア上空の夏季モンスーン循環にも異変が起こることが予想される（図1）。このことから、東アジアの異常気象は、このインド洋ダイポールモード現象のテレコネクション（遠隔影響）異常な気候が遠く離れた場所に影響を与えること

(a) JJA T2m & V850(NCEP) 1994

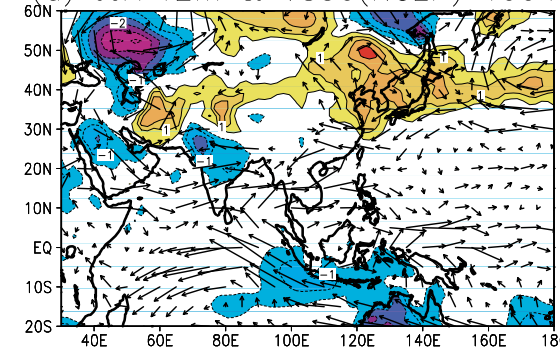


図2a 地表面から2メートルの気温の異常（等高線の間隔は0.5℃）の6.7.8月平均。→は1994年の間に吹いた850ヘクトパスカルの風

(b) JJA R(CMAP) VxQ(NCEP) 1994

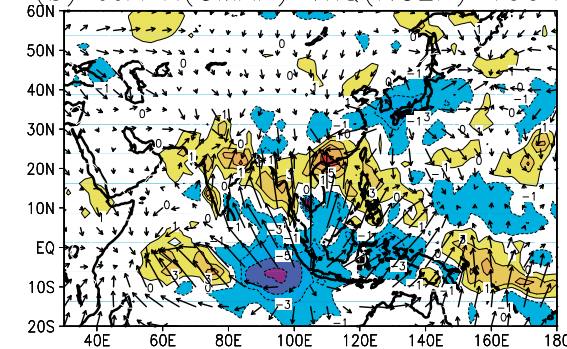


図2b 地表面から300ヘクトパスカルまでの鉛直統合による降水量の異常の6.7.8月平均（等高線の間隔は1mm・d⁻¹）と水蒸気の異常流束（kg・m⁻¹・s⁻¹）

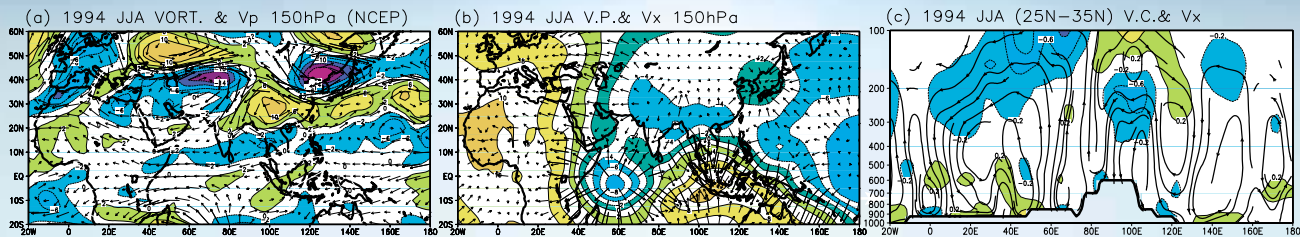


図3a 1994年150ヘクトパスカルで渦状の風 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)を伴う異常な渦度の $6.7.8$ 月平均 ($1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$)

図3b 1994年の150ヘクトパスカルでの発散風に伴う速度ポテンシャルの $6.7.8$ 月平均。等圧線の間隔は $4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

図3c 北緯25度から35度の平均的な帯状一鉛直の循環。等圧線(間隔 $0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)は発散風の帯状成分を示す。

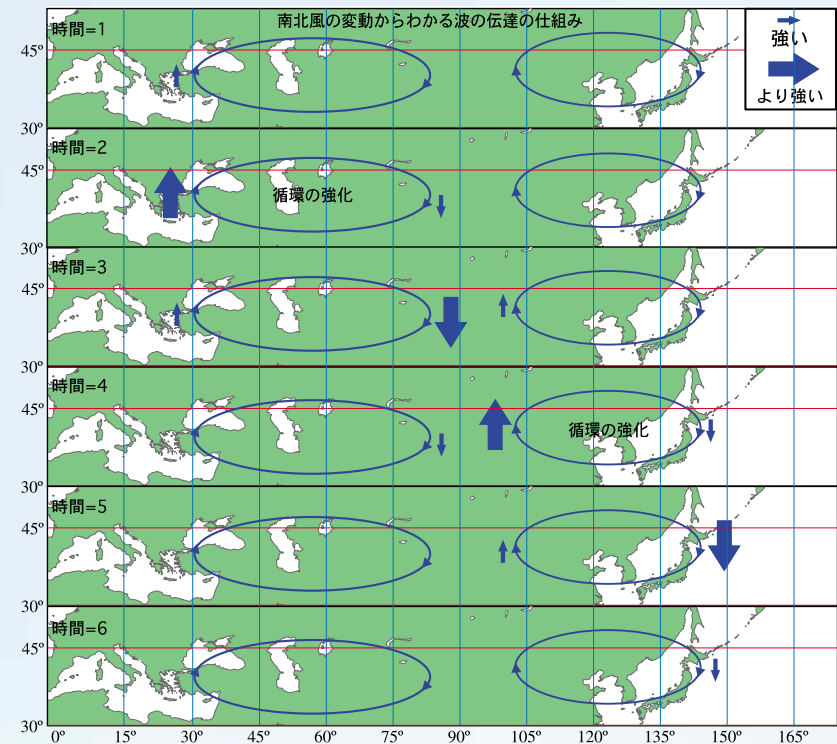


図4 南北風の変動からわかる波の伝達の仕組み

なのではないかと考えた山形領域長たちは、NCEP(米国気象予報センター)やNCAR(高高度観測所)の再解析データを用いて、そのメカニズムの解明に取り組んだ。

1994年夏に東アジア上空に現れた大気循環の異変

1994年夏には、中国の北東および東部、韓国、日本で気温が高く(正の気温偏差)なり(図2a)、太平洋北西部の黒潮続流域の海水温も高温(正の海面水温偏差)になった。また異常乾燥(負の降水量偏差)が起こって、深刻な干ばつをもたらした。

地表からほぼ11キロメートルまでの気層で、低気圧・前線・台風が発生し降水が起こる層を対流圏と呼ぶが、アジアの

北東域の上空では、1994年夏の間じゅう対流圏下層に高気圧性循環が居座り、対流圏上層でも温帯低気圧が発生しにくい「等価順圧構造」を示す異常な循環が見られた(図3a)。

一方で、西太平洋熱帯域から中国南部にかけては、細く西に伸びる低気圧性循環が発生していた(図2a)。この低気圧性循環は西太平洋熱帯域と中国南部に過剰な雨を降らし(図2b)、その反面、例年ならベンガル湾や南シナ海から中国東部、韓国、日本に向けて吹くはずの湿潤なモンスーン性南風を弱めてしまった。このように、本来なら熱帯域からもたらされるはずの東アジアへの水蒸気供給が途絶えたうえ、東アジア上空もきわめて雨の降りにくい大気の状態になっていたのである。

インド洋熱帯域周辺部ではどのような気候変動が起きたのか

インドの夏のモンスーンは、インド洋ダイポール現象に多大な影響を受ける。インドでは1994年6、7、8月の降水量が月に265mmに上り、例年の平均よりも19%も多雨だったのである。山形領域長らはAGCM(全球三次元大気大循環モデル)を用い、この過剰降水は、インド洋ダイポール現象の正の海水面温度偏差に誘発されることを確かめた。

インド洋熱帯域におけるダイポールモード現象の構造は、降水量偏差(図2b)や速度ポテンシャルフィールド(図3b)で示される。水蒸気はインド洋西部に収束して多雨をもたらし、インド洋南東部で発散するため、降水量の二重構造が生まれるのだ(図2b)。さらにインド洋ダイポール現象にともなって南北循環が強化され、インド洋南東部での大気の下降と北緯20度付近での上昇流に結びつく。より正確に言えば、インド洋ダイポールモードの東の極から低層風が発生して北西に向かい、インド亜大陸に達すると東に向きを変える(図2a)。ダイポールモードの東の極(インドネシア西岸沖)が低温となるので、そこで下降した空気が対流圏下層を広がっていくからである。その一部はインドやベンガル湾に達して上昇流を強め、降水量を増大させる。一方、対流圏上層では逆方向の風が発生し(図3a、3b)、熱帯の風域には傾圧構造がみられる。

インド洋ダイポールモードを起点としたテレコネクションのメカニズム

インド洋で起こっている以上のような現象は、地理的にはずいぶん離れた東ア

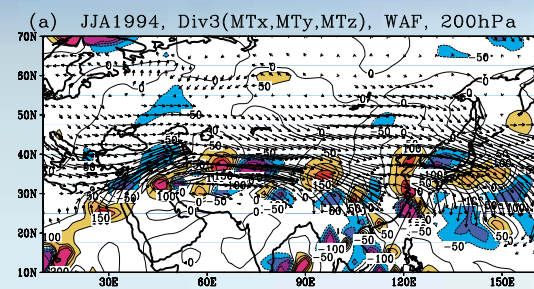


図5a 200ヘクトパスカルでの三次元発散波活動量フラックス

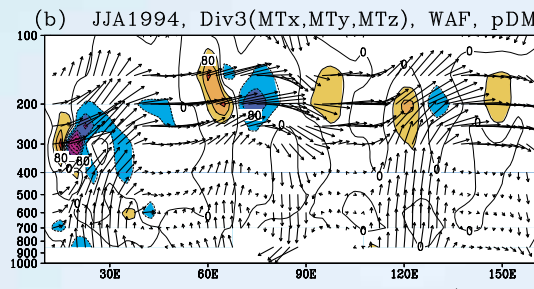


図5b 帯状一鉛直部での三次元発散波活動量フラックス。鉛直成分は作図前に任意で拡大してある。時間軸で頻度が高い成分は5日連続。赤は正の値、青は負の値を示す

ジアの気候にどのような形で影響を及ぼしているのだろうか。

そのひとつはヨーロッパを経由し、いわば「シルクロード・プロセス」ともいえる遠回りのルートで波及する。

インドではインド洋ダイポール現象の間じゅう、平年に比べて降水量が異常に多くなる。そして、海水温度が低いインド洋ダイポールの東の極から、北へ向かう南北循環風が強まる。これによって、チベット高原上空やインド北部に強い上昇流が生まれ、大気の大気圏上層は、空気が周囲に広がっていく「発散域」となる(図3)。

インド洋ダイポール現象が誘発したインド付近の対流圏上層の発散風はさらに西へと進み、北緯25度から北緯35度の間にある地中海からサハラ砂漠地域上空に到達する(図3b)。インド付近から西に進んだ発散風は、地中海からサハラ砂漠上空で収束して強い下降風をもたらす。それによって、インドと地中海およびサハラ砂漠を結ぶ東西鉛直方向の循環風が生まれる。さらに、発散風の影響によって、対流圏上層で高気圧性の水平循環も活発となり、アジアおよび北アフリカ地域の上空を高気圧が覆うようになる。

インド洋ダイポール現象が発達していく

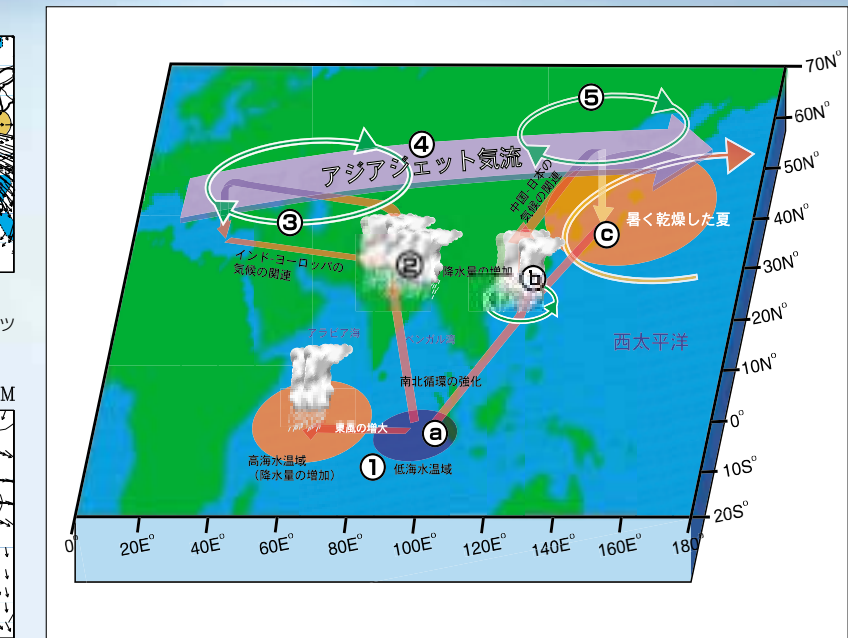


図6 インド洋ダイポールモード現象と東アジアの気候システムの「三角関係」を示す。①のインド洋ダイポールモードによってインドの降水量②が増える。③は地中海・サハラ砂漠上空で活発化した高気圧性の水平循環。これがロスビー波を励起し、波動のエネルギーがジェット気流④によって東アジアに伝わり、高気圧性循環⑤を強化する。

と、それにしたがって鉛直循環風と水平循環風も強まっていき、中緯度西方を徐々にかき乱す。そして次第に偏西風の位置や強さに影響を及ぼしていく。偏西風はロスビー波(地球の中緯度を取り巻く偏西風帯に現れる波長の長い波動)のエネルギーを高める(励起する)一方、対流圏上層の西風ジェット気流が導波管の役割を果たし、波のエネルギーは西方から東の東アジアに向かって伝播する。そして最終的には東アジアの異常な高気圧循環を強めることになる(図3a、4、5a、5b)。

加えて、中国南部から東アジアへと、より直接に影響が波及するルートがある。インド洋ダイポールの東側の極である低海水温域からは、低層風によって水蒸気が中国南部へ運ばれ、多量の降水をもたらす。これにともなって対流圏の下層で低気圧性循環が励起される。前述したように、この低気圧性循環が強まると、例年にはベンガル湾や南シナ海付近から東アジアに湿った空気を運ぶモンスーン風が弱められる。さらに中国南部の対流圏上層で発散した空気が日本海上空で収束して下降風を強め、猛暑と乾燥の原因となる。

以上のように、インド洋ダイポール現象

は1994年夏の東アジアの循環の変動を少なくとも二つの方法で誘発したことがわかった。ひとつにはインド、ベンガル湾、中国南部上空に発散風をおこし、対流圏上層で励起されたロスビー波列が中国南部から北へと伝播し、東アジアの循環変動を引きおこしたことが上げられる。

もう一つはインドとベンガル湾周辺で多雨と非断熱加熱(太陽放射や水蒸気の凝結による<潜熱>などに伴う加熱)を誘発し、その西側にロスビー波パターンを励起したことである。こうして、インド洋ダイポールモードは地中海・サハラ地域の循環の変動につながり、さらに西風ジェットが波の案内役を果たして地中海周辺の循環変動を東アジアの異常な循環変動につなげるという「三角関係」が生じた(図6)。

今年もまたインド洋では1994年と同様にインド洋ダイポールモード現象が発達中である。今年のモンスーンはきわめて強力で、インドとバングラディッシュの一部ではすでにこの季節にしては過剰な降水が見られた。つまり、今年もインド洋ダイポールモード現象の発達にともなって、日本はこの梅雨が明けたとたんに、記録的猛暑に見舞われる可能性が高いのである。

Face

Staffの横顔

うちやま まさやす
内山 正康 さん
海洋科学技術センター
経理部財務課 物品係長



事務用品から観測船まで センターの資産を数字で管理 研究者の成果を陰で支える

独立行政法人化へ向けて会計システムも改修 資産内容も整理して、新たな船出の準備を進める

横須賀本部をはじめ国内にいくつもの施設を持つ海洋科学技術センター。昨年オープンした地球シミュレータ関連施設がある横浜研究所、青森県むつ研究所などの研究施設はすべてセンターの固定資産だ。さらに、観測用船舶、潜水船等研究機器、研究によって得た知的財産なども含め、センターには有形無形のさまざまな資産がある。それらを管理するのが経理部財務課の仕事だ。来年の独立行政法人化によって、研究業務もさらに厳しい評価を受けることになる。研究の学術的な評価を、法人の決算書上の評価に置き換える財務課は独立行政法人化によって企業会計的な性格となり、さらに重要性を増す。会計検査と独立行政法人化に向けた準備でまさに業務のピークを迎えている経理部財務課に、この4月より配属された内山正康さんを訪ねた。

現場の経験を買われて経理部へ

「出身は横浜なので海洋科学技術センターは小さな時から知っていました。大学では水産学を学び、船上での観測も経験しました。今ここで働いているのも、やはり海洋に関する興味があるからこそです」という内山さん。仕事を通してセンターと関わることになるのは、今から7年前にさかのぼる。1996年、センターの船舶運航に係わる仕事だった。

「当時の仕事は船の運航管理です。各地の港や自治体との調整などをしていました。船の一般公開などでは現場に行つての業務も多く、大学での海洋観測実習も役に立ちましたよ」

その後、1998年には総務部総務課へ配属。細かい業務を通して各部署とのつながりも深まり、徐々にセンター全体の仕事も把握。そして3年後の2001年、異動した先が経理部だった。経理部というすぐに思い浮かべるのは簿記や会計の仕事だ。しかし、実際に数字を整えるまでに行われる業務は多岐にわたる。センターでは約35名の職員がそれを分担するが、内山さんの担当は監査係。会計検査などの調整や受付、物品購入の伝票審査などが主な仕事だ。こういう物品は必要か、旅費は適正かといった金銭の使途のチェック、会計検査における調整窓口として各部署に書類を手配するなど、言わば、経理の中の総務的な役割を受け持つ。

「実はその時点でいわゆる経理の知識は全くなかったんです(笑)。ただ、総務時代に様々な現場に足を運んでいましたから、各部署の担当者も知っているし、研究の概要や機材についても多少の知識はある。



総務部時代、一般公開された「みらい」での1コマ

結局、仕事がわからなければ、お金や物の管理はできません。場合によっては研究者の方々との調整も必要です。そういう意味で、総務課での経験が大いに役立ちました。少しは現場の立場になって考えることもできたかな、と思っています」

研究成果を裏で支える決算書

そして、この4月、異動となった財務課での内山さんの担当は、センターの財産管理が主な仕事。支払伝票の仕分け、資産登録、固定資産税の申告、決算書類の作成まで、すべてが守備範囲だ。設備などは使用目的に応じ耐用年数を出し、固定資産税を算定し、必要に応じて保険もかける。

「例えば、地球シミュレータの減価償却は4年。基本的に研究開発が目的の備品類は耐用年数4年です。船舶などはまた異なる耐用年数で15年となります。建造中の『ちきゅう』も17年の竣工が楽しみです。今までにない大きな財産になります。プレッシャーもありますが、その分やり甲斐もあります」

「ちきゅう」のような船舶は、船体から機械装置類のひとつまで仕分けをし、決算時に備え建造中の段階から準備を始める。そしてそれらを全て数字としてまとめたものが、決算書だ。財務課の9人でまとめていく。

「異動していきなり決算ですから、これは大変でした。参考書を片手に電卓をたたいて四苦八苦の毎日でした。仲間に助けてもらいながらなんとか終えましたが、こんなに勉強したのは受験の時以来ですよ」

加えてセンターは、来年度より独立行政法人となる。それに伴い、新しい会計基準に合わせた会計システムの改修も始まっている。財産管理の面でも、資産の内容まで監査法人のチェックが入るため整理が必要だ。そうした準備も内山さんの仕事だ。

「最初に決算を経験したお陰で会計システムも把握することができました。固定資産管理システムの改修は早期に解決しなくてはならない課題です」

独立行政法人は、中期計画の5年間でどのような研究をしてどんな結果を出すのか、

あらかじめ提出が求められ、その結果が評価される。長期的な研究でも、今後は中期計画に沿った成果や論文が必要となる。研究内容に関しては外部の委員会が評価を行うが、最終的にそれを費用対効果を踏まえて数字で把握するのは決算書、つまり財務課だ。

「経理はあまり表に出ない仕事ですが、最終的に世間が見るのは数字です。研究の評価が高くて、会計面できちんとしておかないと台無しにしてしまいますから」

資産管理を通じてセンターの歴史に触れる

財務課へ来てからは、それが自分に向いているのか不安に思ったこともあったそう。しかし「決算書を作り終えた後の達成感が何とも言えないんです」と内山さんは嬉しそう。また、様々な資産を調べるなかで、“センターの財産の歴史”に触れられることも、予想外の面白い作業だという。

「この建物は何のために作られたのか、現在はどういう目的で使われているのか、そういう由来は財産管理をする上で重要です。過去の経緯を知らないと正しい判断はできません」

特にセンターでは技術開発も研究の重要な使命のため、開発されたモノ自体が成果として残されることが多い。

「独立行政法人化に向けて資産の精査を年内に行わなければなりません。継承資産は評価の対象となります。センターの30年の歴史の中で開発された物はすべて貴重な財産ですが、永続的に保管する必要があるか厳しく判断することも求められます。展示物などに転用し歴史として残していく場合もあります」

「海の仕事や研究に携われることが自分の夢だった」と語る内山さん、現在の仕事には満足しているそう。職場の仲間とコミュニケーションを取りながら、センターが世界一の研究機関になれるよう、経理の仕事も愛情を持って取り組みたいという。独立行政法人化へ向け、引き続きハードな1年となりそう。

Marine Science Seminar

マリンサイエンスへの招待

～クラゲたちの 不思議な生きざま～ 「中・深層に舞う美」



地球の表面の70%は海、その容積の95%以上を占める中・深層域は、地球上で最も大きな生物の生息地です。深海調査や撮影技術の発達により、未知の世界の住人たちが、美しいクラゲや珍しい生き物の生態もようやく明らかになりつつあります。

深海には二つの生態系があります。ひとつは太陽に直接、間接的に依存する生態系。もうひとつは、太陽の光ではなく地球内から湧き出てくる硫化水素などを使い、化学合成で有機物を作り出す生態系です。光合成を行うことができるのは表層0～200mくらいの深さですが、中・深層というのは深度200mから海底より50mほど上の間の領域のことを言います。私は、その海域の生物の研究を行っています。今回は、そんな生き物たちの生態を、貴重な映像も交えてご紹介しましょう。

●美しい映像が新種記載の鍵に

現在、私たちは深海の生物もハイビジョン映像で見ることができます。NHKと共同開発した高解像度のカメラは弱い光でも美しい映像を撮ることができます。「ハイパードルフィン」とい



写真A ハイビジョンで捉えたコウモリダコ

う無人探査機に搭載されています。ひと昔前の映像では、画像が粗く学名や種類までは判別できませんでした。しかし、このカメラのおかげで、今は映像から生物の種類まで判別できるようになってきたのです。

2002年3月9日、伊豆諸島の八丈島の南、水深約800mの海域で、日本近海で初めて生きたコウモリダコが捕獲された時の映像です(写真A)。体長は10cm、イカとタコがまだ分かれる前の生物、魚だったらシーラカンスにあたる生きた化石です。水中掃除機のような装置で吸い取ったコウモリダコは、特殊な水槽で観察もしました。危険を感じると足の間にある膜で体を包み、防御のポーズをとります。フィラメントという長いオレンジ色の糸のようなもので、餌を感じて捕まえます。

写真Bは1997年、「しんかい6500」で撮った新種のゴカイです。前のものと全然画質が違いますね。当時は採集もできなかったのも、新種の生物を発見しても種類や特徴などは詳しくわかりませんでした。写真Cは1998年、インド洋で見つかった深海の巨大イカです。体長は7mもあります。100年以上前から深海でネットを曳いたりしているのに、こんな巨大な生物が一匹も捕れてなかったんですね。インド洋の別の潜航では、体長2mのチョウダコの仲間も撮影されました。このタコ

は耳のようなヒレを使って泳ぐのが特徴です。普通のタコは目玉の間に突き出たロートから水を吐き出して泳ぎますが、深海は餌が少ないのでエネルギーを使わない泳ぎ方をするんですね。腕と腕の間の膜をネットのように使って小さい生物を捉え、餌が少ない環境にも適応していました。

映像技術の進歩は、特にクラゲの研究にとっては朗報です。クラゲは体の95%以上が水。カニや貝は死んでも殻が残るし、ゴカイや魚もホルマリンに漬ければ標本になります。しかし、数多くのクラゲ、特にクシクラゲの仲間はホルマリンに入れたら崩れてしまっても何も残らないので標本も作れません。



写真B '97年に記録された新種のゴカイ



写真C '98年に見つかった巨大イカ。脚の長さを入れると7mもある

そのため、新種記載は普通は標本をもとにしますが、深海のクラゲ研究では画像も非常に重要です。現場で詳細な行動を撮り、水槽であらゆる映像を記録して基礎データとします。

●知識の幅を広げる “探検的研究”

一般的に研究ではプロジェクト型研究といって「5年後にこういう結果を出します」といった研究でないとなかなか予算がつきません。しかし、結果が見えないある種“探検的”な研究も実は大事です。知識を深めるためにプロジェクト型研究は重要ですが、私たちが知らない知識もまだまだたくさんある。そのためには知識の幅を増やす必要があります。

こういうことがありました。北海道の深海でクラゲの大群が見つかったんです。キタミズクラゲというミズクラゲの仲間で、今までは表層にいる種類だと思われていました。それが深海に群をなし、しかも、海底のヒトデや魚の餌にもなっていました。鹿児島湾の深海底では、化学合成を行うハオリムシのコロニーでミズクラゲのポリプが発見されました。ひとつのポリプからクラゲの子供が10数匹も生まれます。それがハオリムシの管にびっしりと入っていました。初めから深海でミズクラゲのポリプを探すという提案をした

ら笑われたでしょうが、これも潜ってみてわかったことです。クラゲの大発生は、漁の妨げになったり、発電所の採水口を詰まらせたりします。そのため、発電所などでもクラゲの調査は行っていました。深海の調査はしていませんでした。まさか、ミズクラゲが深海で増えることもあるとは思わなかったからです。そういう予想もしなかった事実が徐々にわかりつつあります。中・深層域の研究は知らないことばかりで、まだまだ知識の幅を広くしていく研究が大切です。

●中・深層はクラゲの海

深海の調査は100年以上前から行われています。プランクトンネットなどを使っていました。でも、この方法では生き物がどのくらいの深さで採れたのかわからない。そこで、50年くらい前に複数の層をサンプリングできる開閉式のネットが開発され、生物を採取した大体の深度が特定できるようになりました。その後、有人潜水船を使って、人間が直接深海に行って調査を行うこともできるようになり、無人探査機で映像記録を撮れるようにもなりました。ここに面白いデータがあります。網目2mmのプランクトンネットの調査で中・深層にどういう生物がいたかというデータです。5割くらいは魚、4割はエビ。クラゲはほとんどいません。



D.J.Lindsay
(ドゥーグル・J・リンズイー)
1971年生まれ。オーストラリア出身。クィーンズランド大学分子生物学科卒業。1991年に来日し、慶応大学で日本文学を学ぶ。1995年に東京大学海洋研究所修士課程修了後、1998年に博士号取得(1997年より海洋科学技術センターの特別研究員)。1997年より潜水船を使った中深層水域の生物研究を始める。2001年に海洋科学技術センターへ入所。現在、海洋生態・環境研究部 研究員。日本の文化を愛し俳句もたしなむ。

これを見ると誰もが中・深層域はエビと魚の世界だと思ってしまう。でも、実際に「しんかい2000」で潜ってみたら、クラゲしか目につかないんですね。実は、プランクトンネットではゼラチン質のクラゲは崩れてうまく捕れないんです。「これはイカン、クラゲを研究しなくちゃ」と思いました。初めてクラゲの重要性に気づいたんです。

しかし、潜水船で潜っても、目に入るクラゲは新種ばかりでよくわからない。このままでは研究が進まないで、採集器を開発しました。コウモリダコを吸い採ったスラップガンです。ヘビのように長いクダクラゲも、スラップガンならうどんを食べるみたいに、す



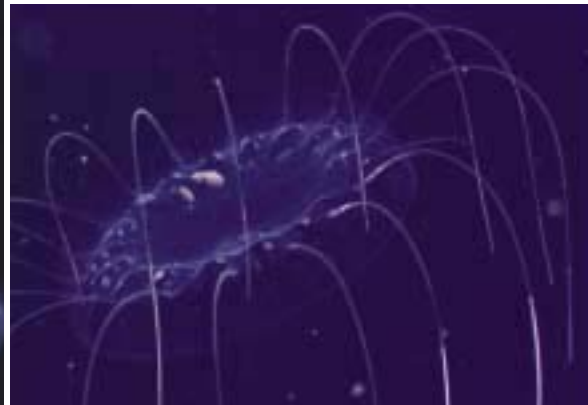
水中掃除機のようなスラップガン(右)とゲートサンプラー(左)



旧採集器。ケースにフタをつけただけの簡単なもの



ヨコエビを乗せたオワンクラゲ



笠の部分にクラゲノミをつけたカップクラゲ

るっと吸って体全体を採集できます。さらに大型でぜい弱なクラゲが採集できるゲートサンプラーも開発しました。水を破流させてクラゲが壁にぶつからないようにした特別な水槽で、少しずつ深海のクラゲが飼育できるようになりました。深海の生物は非常に弱くて、深海では水圧も高くてカビや細菌もあり増えないんですが、表層に持ってくるとバクテリアが増えてすぐ死んでしまいます。センターでは水圧をかけた状態で飼育できる装置も開発中です。標本なしで研究を進めるための方法論も開発しました。種類が特定できないなら属のレベルで、それも無理なら科のレベルでとにかくデータベースに入れる。それを蓄積していくことで、少しずつ深海生物の生態に迫ることができました。だいたい分布がわかったら、水温や深さといった海域の環境と関連づけて、種類によって好む環境もわかるようになりました。この手法の開発は話題となってプランクトン学会で賞まで取りました。

●海の熱帯雨林、中・深層域

ここで、なぜ中・深層の研究が大切なのか、お話ししておきます。まず、冒頭でも申し上げた、地球上最大の生物の生息域であるということ。それから、マリンスノーなどの表層起源の物質を直接食べる深海生物が、地球の温室効果過程の解明に関わっているということです。植物プランクトンは温室効果の原因となる二酸化炭素を吸収し、それがマリンスノーとして、あるいは深海生物の餌となっ

て、深海にどんどん運ばれます。また、夜の海の表層には深海からたくさんのイカがあがってきますが、中・深層の生物にはこのように夜と昼とで表層と深層を行き来する鉛直移動を行うものもいます。しかし、中・深層の生物の5割以上を占めるクラゲが、昼夜の鉛直移動をやっているかどうかは、誰も調べていません。そこで、センターでは夜間潜航での観察も始めています。じっとして餌が来るのを待っていると思われていたユウレイイカが、夜に活発に餌を探していたり、表層を泳ぐサルバを海底近くでクラゲが食べているのも観察できました。温室効果の物質循環には、こうした中・深層の捕食関係も大きく関わってくるのです。

それからもうひとつ、例えばどこかヶ所を調査すると中・深層は生物の多様性が非常に高い。これは熱帯雨林なみです。熱帯雨林では、一種類の木に葉っぱを食べる虫、樹液を食べる虫、根っこにつく虫、というように何種類もの虫がついていて、そこでも多様性が生まれます。実は、深海ではクラゲが熱帯雨林の木の役割をしているのではないかと考えています。カップクラゲは笠の表面にクラゲノミというエビをつけています。卵をクラゲに産み付けて、クラゲを食べながら大きくなります。リングクラゲでは触手のような口腕の中にクラゲノミがいます。クダクラゲの仲間のヒノマルクラゲの50%にはウミグモがつ

いていることもわかっています。ウミグモは変な生物で、足の中に胃袋を持っています。深海という不思議な環境には、それに適応した珍しい生き物が多いのも特徴です。

これまでの研究から、昼間の深度300～500mの海底付近は、中・深層の中でも、特に複雑で、多様性の高いエリアだと予想されています。中層の生物と海底の生物、近底層の生物が混在しているからです。500mの海底で表層のサルバをクラゲが食べ、それを海底に住むクモヒトデが狙っている。そういう状態がすでに観察されています。夜間、表層に餌を食べに来ている中・深層の生物は昼になるとまた中・深層に戻るんですが、海底が浅いと海底にぶつかって、海底のヒトデやカニに食べられてしまうようです。こういったことは、物質循環の観点だけでなく、生物の多様性という点でも非常に面白いことです。まだまだ調査していない部分も多いので、今後も引き続き研究を進めていきたいと思っています。



海底に沈んだクラゲに魚やクモヒトデが群がっている

Blue Earth BE Room

授賞式でトロフィーを受ける
佐藤哲也地球シミュレータセンター長

「地球シミュレータセンター」が 「21世紀の偉業賞」を受賞

6月2日、ワシントンD.C.において「コンピュータワールド表彰プログラム」主催の「21世紀の偉業賞」授賞式が開催された。地球シミュレータセンターは、「環境・エネルギーおよび農業」部門において「21世紀の偉業賞」を受賞した。

「コンピュータワールド表彰プログラム」は、ITによって社会的に大きく貢献した組織の業績を表彰することを目的に設立され、ビル・ゲイツ氏をはじめとする有力IT企業の経営者ら100人によって選定委員会が構成されている。「21世紀の偉

業賞」は、地球シミュレータセンターが受賞した「環境・エネルギーおよび農業」部門をはじめ、ビジネス・教育・医療など10部門で構成され、部門ごとに5機関がノミネート、そのなかで最も評価の高いものが各部門の「21世紀の偉業賞」に輝く。

Book

『エビ・カニガイドブック2～沖縄・久米島の海から～』 川本剛志・奥野淳児／共著 阪急コミュニケーションズ(※旧 TBSブリタニカ) 刊 2,400円(本体価格)
『海辺の生きもののガイドブック』 倉沢栄一／写真・文 阪急コミュニケーションズ(※旧 TBSブリタニカ) 刊 2,400円(本体価格)

今回は海の生き物のガイドブックをご紹介します。イソギンチャク、ウミウシなど生き物別のガイドをすでに14冊も出しているネイチャーガイドブックシリーズだ。クラゲやヒトデ編では潜水船で捉えた深海の写真も紹介している。最新刊は沖縄・久米島のエビ・カニを約240種収録したもの。分類や学名なども押さえつつ、美しい生態写真と雑学としても楽しいコラムが満載。8月末にはナマコのガイドも出る予定だ。

『海辺の生きもののガイドブック』はこれの中では珍しく子ども向けの一冊。切り抜き写真を多用し、身近な海の生き物の造形や色で子どもの好奇心を誘う。ヤドカリの“家”、親子で姿が変わる魚などのユニークなコラムや、素朴な疑問に答える「Q&A」はお父さんも必見だ。

夏は海と仲良くできる季節。ガイドブックを手に海に繰り出すもよし、潜れない人もせめてページをめくって海の世界を味わって欲しい。



『Blue Earth』 定期購読のご案内



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

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

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

支払方法

- ・年度一括：4月から翌年3月までの1年分(5・6月号～翌年3・4月号)を一括でお振り込みいただけます。
- ・1誌毎：毎号送付する際に請求書を同封いたします。その都度振込手数料がかかります。

送り先

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

送信先

info@jamstec.go.jp

お問い合わせ

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



『深海底の科学～日本列島を潜ってみれば～』
藤岡換太郎著

特集記事で紹介した海洋底、なかでもプレートテクトニクスなど、地質学的な側面から見た地球の姿についてより深く知りたいという方にお勧めしたい一冊。著者は海洋科学技術センターで長く深海研究に携わってきた研究者。

今回は『深海底の科学』著者サイン本を、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.プレゼント名、2.氏名、3.住所、4.年齢、5.職業(学生の方は学年)、6.電話番号、7.いちばん興味を持った記事、8.『Blue Earth』へのご意見・ご希望、以上を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、11月17日(金)当日消印有効です。	海洋科学技術センター 横浜研究所 情報業務部 情報業務課 『Blue Earth』編集室プレゼント係
応募先 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25	第64号 当選者発表 第64号「高圧力をかけたカップ麺容器」当選者 東京都八王子市 高橋美紀子様 大阪府箕面市 関川寛子様 (ほか8名様の方々が当選いたしました。)

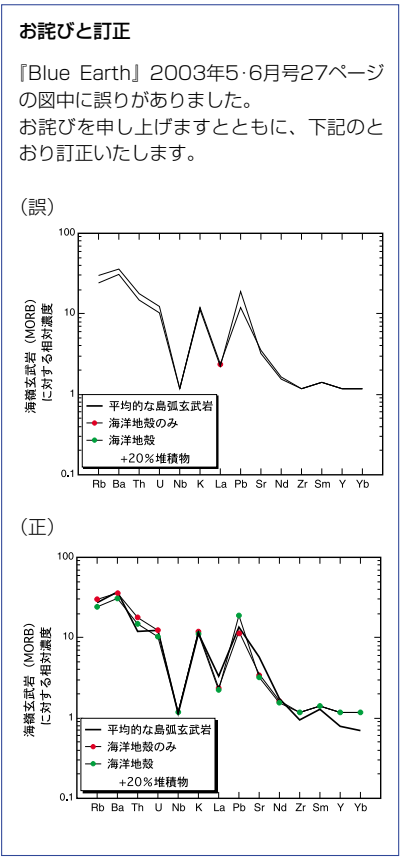
編集
後記

地球深部探査船「ちきゅう」の建造が進んでいます。船体がほぼできあがり、今年の4月から3回にわけて性能を確認するための海上確認運転が造船所によって行われ、船としての基本的な性能を有していることが確認されました。今後はこの船の特徴である100mを越える高さの掘削槽を始めとする掘削機器、各種分析装置などの搭

載、調整工事が行われ、平成17年度の初めには完成、引き渡しを受ける予定です。

これまでも海洋底の科学的調査研究のため、我々は「深海曳航カメラ」「有人潜水調査船」「無人探査機」などを駆使してきました。これらはいずれも海底面をある限られた時間に観測や調査を行ったり、試料の採取を可能とするものでした。今回とりあげた海底設置型観測システムは海底の同一地点で長期間観測・計測し、海底下の地殻の変動などを観測します。

現在建造を進めている「ちきゅう」はその海底面からさらに地球の内部深く試料を採取しようとするものです。海底下の地殻内の試料には地質学的な情報が得られることは勿論、原始地球に近い環境で生存して



いる微生物圏の存在も期待されており、まさに40億年を越える地球の履歴書があるといえましょう。これによって、地球のメカニズムや生命の起源の謎を解き明かすことができるかも知れません。「ちきゅう」の完成と活躍が期待されます。

今年の3月に「しんかい6500」に乗船し、琉球海溝の水深6,500mの海底に潜航し調査をされた宇宙飛行士の毛利衛さんにお話を伺いました。もともと光のない宇宙空間と深海を比較し、水深1,200～1,300mでも光を感じたとのこと話しに、われわれのように300m以深は暗黒と決めつけていた者からみると、毛利さんが自然を探求する科学者としての豊かな感性の持ち主であることを実感しました。

賛助会（寄付）会員名簿

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

平成15年7月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	昭和高分子株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社
あいおい損害保険株式会社	昭和ペトロリウム株式会社	株式会社日本海洋科学
アイワ印刷株式会社	株式会社白石	日本海洋掘削株式会社
株式会社アクト	社団法人信託協会	日本海洋計画株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	新日本海事株式会社	日本海洋事業株式会社
株式会社浅沼組	新日本製鐵株式会社	社団法人日本ガス協会
アジア海洋株式会社	新菱冷熱工業株式会社	日本興亜損害保険株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	須賀工業株式会社	日本サルヴェージ株式会社
石川島播磨重工業株式会社	鈴鹿建設株式会社	社団法人日本産業機械工業会
泉産業株式会社	スプリングエイトサービス株式会社	日本酸素株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	住友重機械工業株式会社	日本水産株式会社
栄光電設株式会社	住友電気工業株式会社	日本SGI株式会社
株式会社エス・イー・エイ	清進電設株式会社	日本電気株式会社
株式会社NTTデータ	西武造園株式会社	日本電池株式会社
株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ	セナー株式会社	日本飛行機株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社	日本ヒューレットパッカード株式会社
株式会社OCC	株式会社総合企画アンド建築設計	日本無線株式会社
オートマックス株式会社	株式会社損害保険ジャパン	日本郵船株式会社
沖電気工業株式会社	第一設備工業株式会社	株式会社間組
株式会社化学分析コンサルタント	株式会社大氣社	株式会社ハナサン
鹿島建設株式会社	大成建設株式会社	濱中製鎖工業株式会社
カネダ株式会社	大日本土木株式会社	東日本タグボート株式会社
カヤバ工業株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	氷川商事株式会社
川崎設備工業株式会社	有限会社田浦中央食品	株式会社日立製作所
株式会社川崎造船	高砂熟学工業株式会社	日立電線株式会社
川本工業株式会社	株式会社竹中工務店	日立プラント建設株式会社
株式会社関西総合環境センター	株式会社竹中土木	深田サルベージ建設株式会社
株式会社関電工	株式会社地球科学総合研究所	株式会社フジクラ
株式会社キュービック・アイ	中国塗料株式会社	藤沢薬品工業株式会社
共立管財株式会社	株式会社鶴見精機	株式会社フジタ
株式会社きんでん	株式会社テザック	富士通株式会社
株式会社熊谷組	寺崎電気産業株式会社	富士電機株式会社
株式会社グローバル・オーシャン・ディベロップメント	電気事業連合会	古河総合設備株式会社
ケイジーケイ株式会社	東亜建設工業株式会社	古河電気工業株式会社
京浜急行電鉄株式会社	東海交通株式会社	古野電気株式会社
ケー・エンジニアリング株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	松本徽章株式会社
KDDI株式会社	東京海上火災保険株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
神戸ペイント株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
国際気象海洋株式会社	東北ニュークリア株式会社	株式会社マルタン
国際石油開発株式会社	東洋建設株式会社	株式会社みずほ銀行
国際ビルサービス株式会社	東洋通信機株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
国光施設工業株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社三井住友銀行
五洋建設株式会社	東洋熟工業株式会社	三井造船株式会社
小倉興産株式会社	戸田建設株式会社	三菱重工業株式会社
三機工業株式会社	飛鳥建設株式会社	株式会社三菱総合研究所
三建設備工業株式会社	有限会社長澤工務店	株式会社明電舎
株式会社三晃空調	株式会社中村鉄工所	株式会社森京介建築事務所
三洋テクノマリン株式会社	奈良建設株式会社	有限会社やすだ
財団法人塩事業センター	西芝電機株式会社	山岸建設株式会社
ジオテクノス株式会社	日動火災海上保険株式会社	株式会社ユアサコーポレーション
有限会社システム技研	日南石油株式会社	株式会社ユアテック
シナネン株式会社	日油技研工業株式会社	郵船ナブテック株式会社
シバタ工業株式会社	日鉱金属株式会社	ユニバーサル造船株式会社
清水建設株式会社	株式会社日産セキュリティ・サービス	株式会社リプロ
株式会社商船三井	日新火災海上保険株式会社	株式会社緑星社
株式会社湘南	ニッスイ・エンジニアリング株式会社	若築建設株式会社

Blue Earth 第15巻第4号(通巻第66号)2003年8月 発行 編集人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 情報業務課 榎木暢雄 発行人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 加藤美志彦	Blue Earth 第15巻第4号(通巻第66号)2003年8月 発行 編集人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 情報業務課 榎木暢雄 発行人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 加藤美志彦
本部 〒237-0061 神奈川県横浜須賀野夏島町2番地15 TEL.046-866-3811(代表)	本部 〒237-0061 神奈川県横浜須賀野夏島町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3173-25 TEL.045-778-3811(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)	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)	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 Office..... 1132 21st Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036 USA TEL.+1-202-872-0000(代表) FAX.+1-202-872-8300	Washington Office..... 1132 21st Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036 USA TEL.+1-202-872-0000(代表) FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office 810 Third Avenue, Suite 632, Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543(代表) FAX.+1-206-957-0546	Seattle Office 810 Third Avenue, Suite 632, Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543(代表) FAX.+1-206-957-0546
東京連絡所 〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900(代表)	東京連絡所 〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900(代表)
ホームページ http://www.jamstec.go.jp/ Eメールアドレス info@jamstec.go.jp	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	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

【表紙解説】

地球深部探査船「ちきゅう」
The Deep Sea Drilling Vessel CHIKYU

現在、建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」は、水深2,500m（最終目標4,000m）の深海域で、海底下7,000mを掘り抜く能力を備える最新鋭の科学掘削船。泥水循環方式によって孔内の環境をコントロールしながら掘削する「ライザー掘削システム」を搭載することにより、従来の方法では難しかった、より深く、安定した掘削を行うことができる。

2002年1月に進水式が行われ、その後、艀装や各種試験を経て、2003年4月から3回に及ぶ海上確認運転を無事に済ませ、現在はデリック（檣部分）の搭載をはじめとする掘削装置を取り付ける作業が進められている。完成は2005年春の予定だ。

海洋科学技術センター
Japan Marine Science and Technology Center

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価300円(税込)