

海と地球の
情報誌

2005年
7-8月号

Blue Earth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

特集 地球深部探査船「ちきゅう」発進!

JAMSTEC Report 無人探査機「かいこう7000」いよいよ運用開始

Aquarium Gallery ふるさとの水で快適水槽ライフ!? 海洋深層水で育つ深海性生物たち





人工構造物のようにも見える溶岩流が生み出したアート

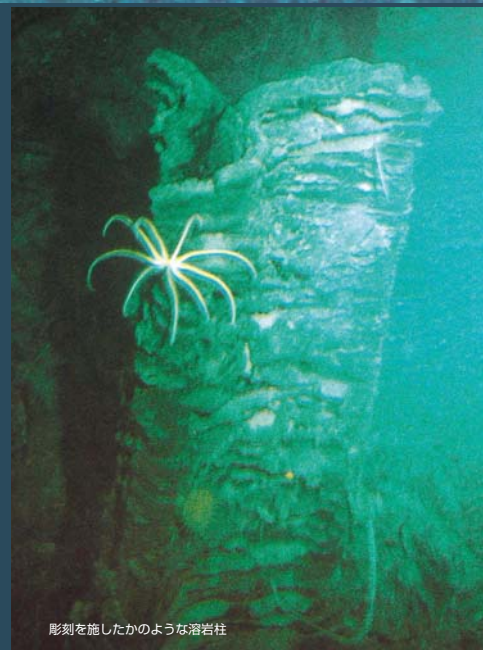
深海底に眠る自然の造形美 北フィジー海盆(水深約2,730m)

まさに、彫刻を施した石柱とその上に載った梁。有人潜水調査船「しんかい6500」のライトが暗闇の深海底で照らし出したのは、まるで人工の構造物のような光景だった。

これらをつくり出したのは、海底から噴出した溶岩流だ。かつて、大量に流れ出した溶岩はこの一帯に溶岩湖を形成した。海水に接した表面は冷えて固まったが、その下の溶岩は流れ去り、空洞ができた。また、溶岩に覆われたとき、下に海水が残ると、それが気化して溶岩を貫くように上方に噴き出し、その部分が海水と接し、冷やされて溶岩が固化し、柱のような溶岩柱(ラバーピラー)ができるのだという。上の画像は、空洞の天井部分が崩壊したものの、溶岩柱に支えられた部分だけは梁のように残っている。右の画像では、まだ天井がしっかり残っているのが分かる。まさに、偶然が生んだ自然の芸術だ。



天井を支える柱のようにも見える!?



彫刻を施したかのような溶岩柱

BlueEarth

7-8月号/2005

CONTENTS

- 2 特集 地球深部探査船「ちきゅう」発進!
完成した世界最大の科学掘削船「ちきゅう」
深海掘削のフロンティアを開拓し、
新しい地球・生命科学の創生をめざす
- 4 21世紀の深海掘削科学を開拓する
「ちきゅう」は最新科学技術の結晶
- 10 海底下7,000mのコア採取に挑む
- 12 「ちきゅう」完成までの道のり
- 16 Key Person
日本科学未来館 毛利 衛 館長
- 20 特別企画 日本科学未来館を訪ねる
科学技術研究の最前線を体感
- 24 Aquarium Gallery
ふるさとの水で快適水槽ライフ!?
海洋深層水で育つ深海性生物たち
- 26 JAMSTEC Report
無人探査機「かいこう7000」いよいよ運用開始
- 30 JAMSTEC Report
3.5kmメッシュの全球雲解像大気モデルを開発
- 34 Marine Science Seminar
「100年後の地球を予測する」
～地球温暖化実験 これまでとこれから～
- 38 BE ROOM
もっと知りたい! 地球深部探査船「ちきゅう」
海と地球のQ&A/BOOK
- 39 研究の現場から
「Blue Earth」定期購読のご案内
- 40 プレゼント/編集後記

賛助会会員名簿

表紙: 地球深部探査船「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。

完成した世界最大の 科学掘削船「ちきゅう」 深海掘削のフロンティアを開拓し、 新しい地球・生命科学の創生をめざす

地球深部探査船「ちきゅう」が完成し、独立行政法人海洋研究開発機構に引き渡された。そして、2007年には統合国際深海掘削計画 (IODP) の主力掘削船として、本格的な運用が開始されることが決まっている。「グローマーチャレンジャー」による科学掘削が始まったのは、いまから40年ほど前のことだった。続いて「ジョイデスレゾリューション」が深海掘削科学を切り開いてきた。世界の海洋底で、これまでに2,000を超える掘削孔が掘られ、海洋底拡大説の証明、過去の地球環境変動の理解、地下生物圏の発見など、深海掘削は、たくさんの科学的な成果を達成してきた。地球システムを理解していく上で、深海掘削が果たす役割に大きな期待が寄せられるようになった。その一方で、従来の科学掘削船では技術的に限界があることも指摘されていた。海底下2,000mの掘削では、マントル到達はもちろん、海溝型の巨大地震発生帯へのアプローチも難しい。そこで、こうした限界を超えて、深海掘削の新しい時代を開拓するために建造されたのが「ちきゅう」だった。水深2,500m (将来的には4,000m) の海底から、海底下7,000mの掘削を実現するために、レーザー掘削という科学掘削船としては初めての掘削システムを搭載し、最新の科学技術を投入して、「ちきゅう」は開発・建造された。開発段階から科学掘削を目的として建造された掘削船は、世界でも初めてであり、その掘削能力とともに深海掘削によって得られる高い研究成果も期待されている。

今回は、完成した「ちきゅう」がどのような掘削システムを搭載しているのか、船内を詳しく紹介するとともに、どのようにして海底下から貴重な試料を採取するのか、その技術を見ていくことにしよう。



科学掘削船としては初めてのレーザー掘削システムを搭載した「ちきゅう」は、安全に大深度掘削が実施できるとともに、確実な試料の採取を可能にした





ヘリコプターデッキ

掘削作業が始まると、「ちきゅう」は数ヶ月間に渡って掘削地点の海上に留まるため、乗船者の交代にはヘリコプターが用いられる。ヘリコプターデッキは、30人乗りの大型ヘリコプターの離着陸が可能であり、燃料補給設備も設置されている



デリック

「ちきゅう」の中央部に高くそびえ立つ掘削やぐら、海面からの高さは121m。掘削を行うためには、船上でパイプを巻き足しながら海底に送り出していかなければならない。より深く効率的に掘削するためには、長いパイプを立てかけ、垂直に吊り下げるやぐらが必要なのだ。頂上部の滑車には、波によって孔内に降ろしたパイプが上下動しないように動きを吸収する装置も付けられている。また、デリック内部には、1,250トンまでの荷重が可能な昇降装置、長さ38mのドリルパイプ（9.5mのパイプを4本連結したものを）を立てかけておくラック（フィンガーボード）などがある



噴出防止装置：BOP

掘削孔内の突発的な圧力上昇を制御するために、掘削を行う海底に設置される装置。多数の安全弁によって構成される。上昇してくる泥水をモニターし、圧力上昇を検知したときには、それらの安全弁を閉じて、掘り抜いてしまった石油やガスなどが地底から噴出することを防ぐという重要な役割を持つ。高さ14.5m、長さ5.9m、幅5.2mで、重さは380トンに及び



地球深部探査船「ちきゅう」グラフィック・ガイド 21世紀の深海掘削科学を開拓する 「ちきゅう」は最新科学技術の結晶



科学目的のために開発・建造された深海掘削船「ちきゅう」は、深海底下を掘削し、コア試料を採取・研究するための船であり、これまでの海洋調査船とは構造がまったく異なる。全長210m、幅38m、総トン数約57,100トンと大きさも破格だ。また、石油会社が保有する海洋石油掘削船にはない充実した研究スペースを持っている。さらに、厳しい気象・海象条件のもとでも掘削が実施できるように配慮されるなど、科学目的の深海掘削を行うための優れた機能を保有している。「ちきゅう」はまさに、高度な科学技術を集積した最新システムの集合体だ。この夏完成したばかりの「ちきゅう」が、深海掘削を行うためにどのようなシステムを搭載しているのか、その船内を紹介しよう。



ライザーテンショナー

海中に延びるライザーパイプを船上で支えるための装置。ドリルフロアの下面に設置され、ライザーパイプの自重による変形等を防ぐために、船の上下動を吸収しながら、ライザーパイプを一定張力で引き上げる役割を果たす

ムーンプール

海底掘削を行うために、船体中央に開けられた開口部。掘削時には、この穴からドリルパイプ、ライザーパイプを海中に降ろしていく。大きさは、長さ22m、幅12m





ドリルフロア



デリック上部から下方(ドリルフロア)の眺め。右手の黄色い枠はドリルパイプを立てかけるフィンガーボード

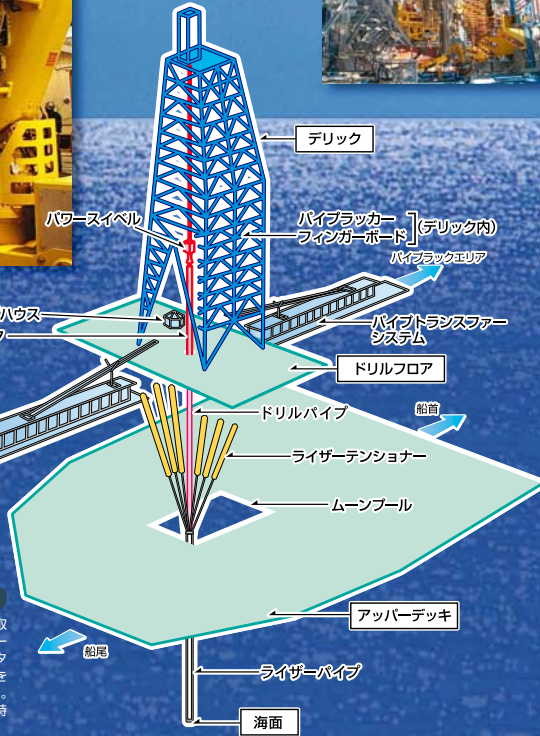


ドリルフロア



パワースイベル

デリック内、昇降装置の動滑車の下に取り付けられている機器で、ロータリー掘削を行うために回転を与えるモーター。長さ10,000mのドリルパイプを吊り下げて回転させることができる。写真で左手に伸びているのは、掘削時に泥水を送り込むホースと送電ライン



パイプラッカー

デリック内の支柱に装備された3本のマニピュレータ(腕)によって、ドリルパイプやケーシングパイプを移送する装置。主にラック(フィンガーボード)に立てかけたスタッドパイプ(4本連結したドリルパイプ)を掘削孔に降ろすために昇降装置まで運んだり、逆に揚ってきたパイプをラックに運ぶ役割を担う



ドリラーズハウス

パイプラッカー、パワースイベル、アイアンラフネック、ウィンチ、パイプトランスファーシステムなど、掘削に関連する機器を遠隔操作するための様々な制御装置や監視画面が並ぶ部屋。ドリルフロアでの作業が見渡せるように、天井までガラスでできたハウスは全面金網に覆われており、ドックハウスとも呼ばれる。操作にはジョイスティックなどが使われ、安全性が高く効率的で高度な操作性を実現する工夫が凝らされている

アイアンラフネック

ドリルフロアでは、海底に送り出すためのたくさんのパイプを次々に繋ぐ作業が繰り返される。ハイドリリックラフネックは、ドリルパイプやケーシングパイプなどの縦ぎ手管のネジを締め付けたり、緩めたりするための装置



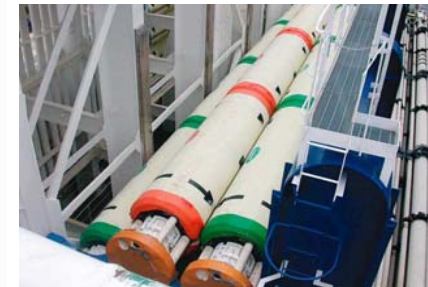
パイプトランスファーシステム

船首パイプラックエリア(パイプを格納しておく場所)から、クレーンで運ばれてきたドリルパイプを、ドリルフロアのパイプラッカー前まで運搬するシステム。船尾側にもライザーパイプを搬送する同様のシステムがある



ライザーパイプ

船と海底面に設置される噴出防止装置を繋ぐパイプ。内径は約0.5mで、外側には噴出防止装置を制御するライン、油圧管などが装備されている。使用場所などによって形状が異なるが、最も一般的なタイプは、長さ27m、外径1.2m(浮力体を含む径)、1本の重さは約27トン



泥水循環システム

ドリルパイプに泥水と呼ばれる特殊な液体を注入し、掘削の際の削り屑と一緒にライザーパイプを縫道して船上に回収、削り屑をふるいにかけ、精製された泥水を再びドリルパイプに送る。ライザー掘削で重要な役割を果たすのが、この泥水循環システムだ。泥水は削り屑を搬送・排除するだけでなく、地層に応じて粘度や比重、化学組成を調整し、孔壁を崩壊しにくくする働きも持つ。写真上は泥水に圧力を加えてドリルパイプに送るためのマッドポンプ。下は掘削孔の状況に適した泥水をつくるための船内施設



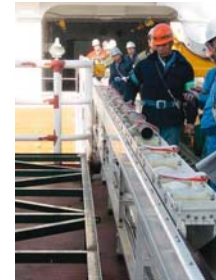
不要になった泥水や掘削屑等を濃縮・乾燥して廃棄物とするための泥水処理システム



操舵室から見た前方の眺め

操舵室

操舵室には操舵、機関監視、パラスタック調整弁操作、船位保持操作などを行うためのパネルや装置類が装備されている。また、気象・海象予報受信のための通信機器などもある



コアトランスファーベンチ

海底の地層から採取された長さ9.5mのコア試料を、直ちにドリルフロアから船首側にあるコア試料切断場所まで移送するための装置



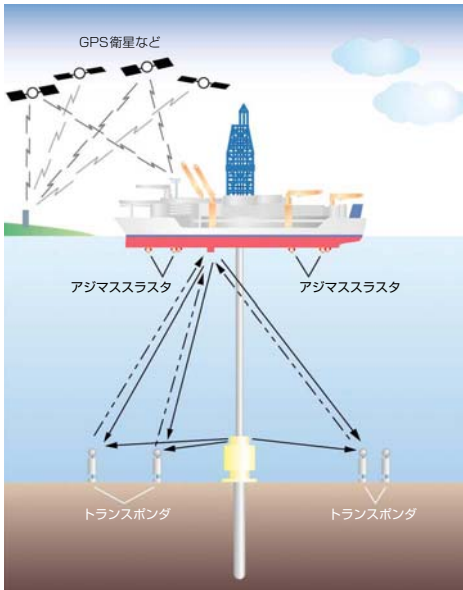
コア試料切断場所

コアトランスファーベンチによって運ばれてきたコア試料を、長さ1.5mに切断するための場所。地下の高い圧力が閉じ込められている可能性を考慮し、コア固定装置、強制換気装置、ガス検知器、洗浄装置など、安全に作業を行うための設備が設置されている



船位保持システム

海上で、風や波、流れによって移動することを防ぎ、「ちきゅう」を一定の範囲内に保持するためのシステム。人工衛星によるGPS（全地球測位システム）測位、海底に設置したトランスポンダによる音響測位を併用して位置を確認し、水平方向に360度回転する推進装置（アジマススラスト）6基とサイドスラストを駆動させて、つねに「ちきゅう」を所定の位置・方位に自動的に保持することができる



音響測位のため海底に設置するトランスポンダ



船首のサイドスラスト

アジマススラスト

研究区画

研究区画の総床面積は約2,300㎡に及び、充実した研究設備が整う。4層の最上フロアは、コア試料切断場所や8,000m分の半割コアが収納できる冷蔵保管コンテナなどがあるラボーフデッキ。その下はコア試料を分析用と保存用に半蔵するコア半蔵ラームや微生物研究室、古地磁気研究室などが並びコアプロセッシングデッキ。ここに

は、コアを壊さずに内部構造を調べるCTスキャナ(1)、嫌気状態でサンプリング等が行える嫌気クローブボックス(2)、-80℃、-150℃で試料を冷凍保存する超低温庫(3)、古地磁気測定装置(4)などの機器がある。その下は地球化学研究室、古生物研究室などがあるラボストリートデッキ。ここには、コアに含まれる気体や液

体の組成を分析するガスクロマトグラフ(5)、鉱物組成を顕微鏡観察するためのスライドをつくる岩石薄片製作装置(6)など多くの機器がある。最も下層のラボマネジメントデッキには、コアから得られた各種分析結果や画像情報の高次解析処理を行うための総合データ処理室やコンピュータユーザー室、図書室などがある



居室

居住区画には、150名(乗組員100名、研究者50名)が生活するための居室、食堂、娯楽室などのパブリックスペースが用意されている。居室はそのほとんどが個室だ

食堂



ADD型エンジンによる発電機間

エンジン

7,170馬力のADD型エンジン(ディーゼルエンジン)等により発電(5,000kw×6基、2,500kw×2基)を行い、その電力でモーターを駆動して推進力を得るディーゼル電気推進方式を採用している



高圧配電室



「ちきゅう」完成までの道のり

世界最大の科学掘削船はこうして誕生した



海洋科学技術センター(現 海洋研究開発機構)が地球深部探査船の技術開発に着手したのは、1990年のことだった。日本は地球内部活動が最も活発な場所に位置しており、地球内部で何がおきているのかを明らかにし、地球について深く理解することは、社会的にも大きな意義があるとの信念に基づき、開発への取り組みが動き出した。1994年には「21世紀における深海掘削計画(OD21)」が提案された。それから10年以上の歳月を経て、日本の深海掘削科学を担う地球深部探査船「ちきゅう」が完成した。今日までの道のりを振り返ってみたい。

深海掘削の歴史

海の底を掘り、手に入れた試料から地球の過去の気候変動や地球内部活動を明らかにするという深海掘削は、1950年代末、科学者たちの壮大な夢、常識に捉われないユニークな着想から誕生した。

深海掘削が始まった経緯については、奈須紀幸氏がその著書「海に魅せられて半世紀」に詳しく記している。その記述によれば、発端は1957年4月、カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所の地球物理学者、ウォルター・H・ムンク教授の自宅で開かれた、科学者仲間が集まる朝食会だったという。この席でムンク教授は、海底4,000mほどに地殻とマントルの境であるモホ面がある場所を探して、ボーリング船で掘削を行い、モホ面を貫いてマントル物質を得ることができれば、地球に関する新たな事実を手に入れることができるのではないかと提案した。大陸部では地殻の厚さが20~60kmであるのに対して、海洋底下の地殻の厚さは比較的薄く、場所によって4~10kmほどであることが、そのころの海底下の地震波構造探査によって明らかにされていた。このムンク教授のアイデアを、スクリプス海洋研究所長、コロンビア大学ラモント地質学研究所長

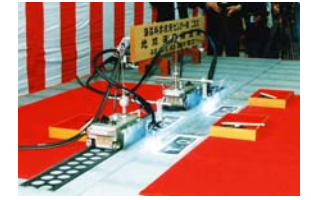
が取り上げ、実現に向けて動き出した。これがモホール計画と呼ばれる世界初の深海掘削計画だ。

1961年3月、深海掘削船に改造された「カス1号」によって、世界初の深海掘削が東太平洋・水深約3,500mの海底で実施された。その結果、海底下177mまで掘り進み、地質試料を得ることに成功した。海底下約170mまでは比較的柔らかい堆積物(堆積岩)層であったが、その下の玄武岩層は固くて掘り進むことが難しく、6.1m掘ったところで先端のドリルビットが磨耗し、掘削は終了となった。だが、この掘削によって深海掘削が技術的に可能であることが実証され、掘削科学の明るい展望が開けた。その後、米国で新たな深海掘削船建造の動きがあったが、建造は半ばで頓挫し、モホール計画も立ち消えとなった。しかし、1964年、新たにJOIDES(深海底サンプリング海洋学研究所共同研究機構)が組織され、1965年にはチャーター掘削船「カルドリル1号」による試験的な掘削が行われた。そして、1968年からは石油掘削船を改造した「グローマー・チャレンジャー」による本格的な深海掘削が始まった。

米国によって実施された深海掘削計



2001年4月、地球深部探査船の起工式



起工式の溶接行事。いよいよ建造が開始された



船体を構成する部材鉄板の加工の様子



レーザー切断機による鉄板の切断



二重底部を船台に設置し、上部を組み上げていく



船首部が設置され、船底部が全て船台に乗った



造船所で建造が進む全長210m、幅38mの「ちきゅう」。中央にムーンプール(開口部)が見える

画(DSDP:1968~1975年)は、やがて国際化され(IPOD:1975~1983年)、日本も参加した。これにより、日本人研究者も深海掘削に加わることとなった。1985年からは、老朽化した「グローマー・チャレンジャー」の後継として、より大型の掘削船「ジョイデス・レゾリューション」が用いられ、国際深海掘削計画(ODP:1985~2003年)が開始された。

地球科学への貢献をめざす 日本の新たなチャレンジ

1980年代後半、科学技術庁(現 文部科学省)は、21世紀の地球科学関連研究の飛躍的な発展をめざして、その最も効果的な施策は何かという検討を行った。そのなかで、ODPが地球科学の発展に大きく貢献したことが認識された。しかし、「ジョイデス・レゾリューション」にはライザーレス掘削という技術的な限界があり、これを解決すれば地球科学

へのさらに大きな成果が期待できるとし、報告書において、日本が新しい技術を導入した掘削船を開発し、国際協力のもとで研究を実施することの必要性が特記された(1989年)。これを受けて海洋科学技術センター(現 海洋研究開発機構)は、1990年より新たな深海掘削システムの研究および技術開発に着手した。そして、1994年までに、これまでの技術的制限を克服するライザーシステム導入を基本とした技術計画案が作成され、新しい深海掘削船の建造へ向けての第一歩が踏み出された。

一方で、2003年で終了するODPのその後についての国際的な検討が進められ、従来のライザーレス掘削船と日本が計画するライザー掘削船による新たな体制で統合国際深海掘削計画(IODP)を推進するという構想が確立されようとしていた。

1995年には、それまでの要素研究から掘削船の全体システムに関する研究が始まった。こうした長年に渡る研究成果を踏まえて、1999年からは基本設計が始まり、2000年春、日本が計画する世界初の科学目的ライザー掘削船の全容が示された。そして、2001年度の政府予算原案の国会承認に伴い、地球深部探査船(掘削船)の建造は正式に承認された。

2001年4月25日、岡山県・三井造船玉野事業所において起工式が行われ、いよいよ建造が開始された。そして、この年の6月28日には、一般公募によって寄せられた約2万件(約9,000種)のなかから、地球深部探査船の船名が「ちきゅう」に決定した。

船体部の建造は順調に進み、翌2002年1月18日には、紀宮殿下をはじめ、関係者、一般



2001年12月、研究区画のブロックを搭載



工事が進み次第に船舶らしくなっていく



2002年1月18日、「ちきゅう」進水式



操舵室に航海機器や自動船位保持装置等を配置



発電機の調整運転作業の様子



瀬戸内海、紀伊水道、太平洋四国沖で海上確認運転を行った「ちきゅう」



海上確認運転の後、長崎の造船所へ移された

参加者およそ3,000名が見守るなかで進水式が行われた。その後の建造の経過は写真に示すとおりだ。船舶として産声を上げた「ちきゅう」は、2003年春に航海機器・装置の設置工事を完了し、海上確認運転を経て長崎県・三菱重工業長崎造船所香焼工場に移された。ここで、掘削関連の機器が取り付けられ、2003年9月には掘削デリックも無事に搭載された。さらに、電気関係の工事や確認作業などが進められ、2004年の12月には全体の性能を確認する海上運転が実施された。そして、2005年7月末、全ての建造工事が完了し、地球深部探査船「ちきゅう」は、海洋研究開発機構に引き渡された。

米国で史上初の深海掘削が行われてからおよそ半世紀。いま、「ちきゅう」の完成によって、深海掘削は飛躍的な発展の時代を迎えようとしている。



2004年4月、完成が間近に迫った「ちきゅう」



搭載を待つデッキクレーン(手前)とデリック



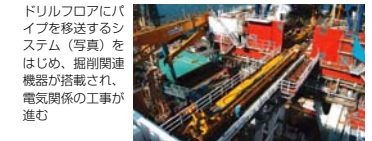
「ちきゅう」に搭載されるデッキクレーン



掘削作業の中心となるドリルフロアを搭載



高さ約92mのデリックが、日本最大級のクレーン船を使って搭載された



ドリルフロアにパイプを移送するシステム(写真)をはじめ、掘削関連機器が搭載され、電気関係の工事が進む



2004年4月、噴出防止装置を船上に搭載



1992年には科学者宇宙飛行士(ペイロードスペシャリスト)として、2000年にはNASA宇宙飛行士(ミッションスペシャリスト)として米スペースシャトルに搭乗した毛利宇宙飛行士 (提供NASA・JAXA)

スペースシャトルのフライトデッキにいる毛利宇宙飛行士 (提供NASA・JAXA)

日本科学未来館 毛利 衛 館長 に聞く 太陽系から地球内部までを含めた 新しい地球環境の認識が生まれようとしています

取材協力: 日本科学未来館

1992年、日本人初の科学宇宙飛行士として米国NASAのスペースシャトル「エンデバー号」に搭乗し、2000年にはミッション・スペシャリスト(NASA宇宙飛行士)として再び「エンデバー号」に乗った毛利 衛氏は、私たちに宇宙と地球の素晴らしさ、そして科学への夢を伝えてくれた。そして、2003年には、有人潜水調査船「しんかい6500」で沖縄・南西諸島海溝の水深6,500mへの潜航を果たし、様々な興味深い実験を行った。現在、東京・日本科学未来館の館長として、科学技術の新しい価値観の創造をめざして積極的な活動を続けている毛利氏に、宇宙、地球、そして海についてお話をうかがった。

Profile

1948年、北海道生まれ。72年、北海道大学院理学系化学専攻修士課程修了。75年、フリンダース大(オーストラリア)大学院博士課程修了。専門は真空表面科学、核融合炉壁材料。92年と2000年の2度、米スペースシャトルに搭乗。2000年10月、日本科学未来館・館長に就任。「宇宙からの贈りもの」(岩波新書)、「果てしない宇宙のなかで思う未来のこと」(数研出版)など著書多数。



自律的に行動する知能化技術を搭載したヒューマノイドロボットのASIMOと毛利館長。ASIMOは日本科学未来館のインタープリターでもある

米国が宇宙に新天地を求めるのは、フロンティアをめざす文化的な背景が大きく関わっています

Blue Earth編集部(以下BE) 宇宙と海洋のふたつのフロンティアを体験された毛利館長に、まずは地球について、お話をうかがわせていただきたいと思います。毛利館長(以下敬称略) 2003年8月に、火星がおよそ6万年ぶりに地球に大接近しました。これを機に、米国・日本・欧州が、火星に探査機を送りました。日本は残念ながら失敗し、欧州もランディングしているかもしれませんが、信号が途絶えています。しかし、米国NASAの2台の探査機、「スピリット」と「オポチュニティ」は、2004年1月に2台ともランディングに成功し、素晴らしい成果をあげ、なんともまだ動いています。

最初にお話をするのは、地球のことは、地球を見ているだけでは分からないということをお願いからです。なぜ、私たちは地球以外の天体に興味を示すのでしょうか。それは、地球のこともっと知りたいからです。地球のことは、地球と比べるものがある初めて分かるのです。その比べるもののひとつである火星について、この1~2年間ですごくよく分かってきました。何よりも大きな驚きは、火星に水が存在していたことの証拠を、NASAの火星探査機が発見し

たことでした。これは非常に大きな発見です。予想はされてはいたけれど、水のあるところで生成される硫酸塩や、水が流れたとみられる痕跡が見つかったことなどから、これはもう科学的に証明されたといつてよいと思います。つまり、火星にも地球と同じように海があった可能性があるのです。

火星との比較で はっきり見えてくる地球

BE 火星と比較して、地球のどのようなことが見えてくるのでしょうか。

毛利 これまで、いつも私たちは地球を見て、青く輝く地球は特別な存在なのだと思っていました。ところが、実はそうではなかった。そこから、地球というものをもう一度見直さなくてははいけません。現在、火星にも生命が存在するかもしれないと探査が続けられています。なぜ存在の可能性があるのかといえば、海があったと思われるからです。もっとも、存在したとしても原始的生命体しかないでしょう

ね。一方、地球にはバクテリアももちろんいますが、人間を含めて高度に発達した生物が数多く存在しています。それは長い間、地球に海が存在し続けたからとも考えられます。しかし、46億年という長いスケールで考えたとき、地球もいつか火星のように日が来るかもしれないということを、いま、私たちはきちんと把握しなければいけないのだと思います。私が宇宙から見た地球は、真っ暗闇のなかで青々と輝いていました。それは、ガガーリンが人類として初めて地球を見たときの思いを確かめることでもありましたが、そのとき、私は地球の美しさ



2回目の搭乗前にターミナル・カウントダウン・デモンストラーション・テストに臨む (提供NASA・JAXA)



潜航中の「しんかい6500」耐圧殻内での様子

2003年3月13日、有人潜水調査船「しんかい6500」で、水深6,500mへの潜航を果たした毛利氏

いうものを強く感じました。でも、その美しさの本当の意味を、私は去年、初めて心から理解することができました。それは、比べるものがあったからです。火星を見て、地球の特異さ、さらには海の重要性をあらためて認識することができたのです。

BE 地球にとっての海の重要性は、どのような点にあるとお考えですか。

毛利 地球の長い歴史をひも解いていくと、冷えて海が地球全体を覆って以来、海は絶えず存在してきました。海のなかではイオンや有機物など様々なものが溶け込めるといふ特徴があります。海は、まさに生命を生み出すための材料のスーブです。こうしたなかから生命が生まれ、生きてきたのだと思います。つまり、海はすべての生命の源であるということです。同時に、海は大気とともに地球の生命環境をコントロールしてきました。量的に考えれば、大気よりも圧倒的に海の方がコントロールしてきたといえるでしょう。地球の生命圏は、海に大きく依存してきたわけです。

日本は海洋科学技術で世界のリーダーシップを

毛利 私は、日本における科学技術の中心を、これからは海にするべきだと思っています。宇宙は米国、海は日本がリーダーシップをとるべきではないか。こういう表現は、やや刺激的過ぎるかもしれ

ませんが(笑)。

BE そのお考えになる理由をお聞かせください。

毛利 なぜかという、その理由は文化的な背景の違いにあります。米国の文化の背景には、つねにフロンティアがあります。NASAで彼らと一緒に仕事をしていますが、彼らにとって宇宙は、つねに新しい大陸の発見なのです。月に行ったのもそうです。人類が新天地に広がっていく、その旗印になっているのが米国です。人間や自然の及ばないところへどんどん行こうとする、仲間の死を乗り越えてでも行く。それは、ある意味で米国的な価値観をもっていないとできないことです。ヨーロッパから新大陸に渡り、大陸の東部から西部へと、苦難を乗り越え

てフロンティアを開拓してきた、そういう国民性を持っているからこそ、チャレンジャー号やコロンビア号で死者が出て、それを乗り越えて前に進んで行くことができるのです。日本が宇宙を舞台に同じことをやろうとしても、おそらく難しいでしょう。ですから、国際宇宙ステーションのように、米国を中心にして欧州もロシアも日本も仲間の一人として協力しながら加わっていくというのが自然のように思います。もちろん、これは有人の場合で、人工衛星などの無人探査は別の話ですが。

BE 日本が海の科学技術でリーダーシップをとるべきとおっしゃるのは……。

毛利 周囲を海に囲まれた日本では、海は文化の基本になっています。交易に



毛利氏とともに乗船した「しんかい6500」の船長と船長補佐 (JAMSTEC「しんかい6500」運航チーム)

ても、食生活にしても、海は重要な場所であり、米国がフロンティアをめざすのと同じような思いを、日本と海との関係に見ることができると思うのです。海を中心とした文化的な背景があるからこそ、日本の海に対する研究も進んでいます。文化の延長線上に科学技術もあるのです。ですから、日本は海洋科学技術というものをしっかりと国の力にしていくことを考えないといけないのではないかと思います。いろいろな国があってよいのです。その国が持っている文化や特色を生かして、人類の未来に貢献していくということを考えたとき、科学技術の分野で、日本がよりよい研究ができる、そうした方向に進むには海が分野が適しているということです。別に海に肩入れしているわけではありません(笑)。自然を、地球全体を考えたときに、そうではないかということなのです。

地球環境の認識が大きく広がりつつある

BE 今日、海洋科学も様々な方向に向かって研究が進められていますが、毛利館長が高い関心を持っておられる研究テ

マはどのようなものですか。

毛利 研究という意味では、地球環境の変動、たとえば地球温暖化と海の関わりに関心があります。大気と海の関わりも興味深い。さらに、海を地球の外、つまり宇宙から人工衛星で見るといふことも進めていかなければいけないと思います。また、まだあまり研究されていませんが、海と太陽との関係も重要だと思います。大気と太陽の関係はいろいろ行われていますが、宇宙との関係のなかで海を見ていくということも必要です。

地球環境の認識は、地表から大気、海へと広がっていますが、いまはまだそこで止まっています。しかし、20年後、地球環境は違う意味を持つことになるだろうと考えています。いま、太陽から地球までの宇宙空間のデータがどんどん集まりつつあります。太陽の研究、惑星の研究、オーロラの研究、月の研究、そうした研究をしていた人々が一緒になろうとしています。太陽系の様々なデータがひとつに集まろうとしているのです。それが進めば、やがて、地球環境という言葉は太陽系そのものを含めた環境を指し示すものになるわけです。そればかりではありません。海洋研究開発機構が運用する



地球深部探査船「ちきゅう」も、地球環境の認識を大きく変えることに貢献するでしょう。つまり、科学掘削としては初めての海底下7,000mの深海掘削が行われることによって、地球内部も地球環境に含まれる日を迎えようとしているのです。太陽系から地球内部までを含めた、新しい地球環境の認識が生まれようとしているいま、科学者にとっての興味深い研究テーマがどんどん広がりとつあります。こうした新しい舞台で、若い人たちにもっと活躍してもらいたいですね。



日本科学未来館のイベントで同館を訪れた星出彰彦宇宙飛行士と話す毛利館長



1階から6階までの吹き抜け空間に浮かぶ「Geo-Cosmos (ジオ・コスモス)」は、日本科学未来館のシンボル

科学技術研究の最前線を体感 日本科学未来館

地球と科学技術の未来が詰まったサイエンス・ミュージアム



日本を代表するサイエンス・ミュージアム、日本科学未来館の全景

● 日本科学未来館 (東京・江東区)
ホームページ: <http://www.miraikan.jst.go.jp>
連絡先 03-3570-9151

科学技術の最新情報を紹介するだけでなく、科学者や技術者らとの連携によって科学技術の新しい価値観を創造していくことをめざす日本科学未来館は、これまでの科学の成果を展示する「箱」ではなく、進化する「運動体」なのだという。参加体験型の展示や実験工房、セミナーなどを通して、研究者や科学に関心を持つ人々が交流し、新たな出会いを生み、そうした人々の相互作用によって、日本科学未来館そのものが成長していくと考えている。ヒューマノイドロボット ASIMO の実演、スーパーカミオカンデの実物展示 (一部)、ゲノム解析を実体験する展示など、まさに発展する最先端科学技術を紹介する展示は、その先に広がる科学の未来さえも映し出している。

日本科学未来館の常設展示のひとつ、「地球環境とフロンティア」には、海洋・地球科学に関連する展示物も数多い。今回は、海と地球に関連する展示を含めて日本科学未来館を紹介する。



スロープや各階のテラスからも眺められる「Geo-Cosmos」

移動可能な特製ソファに横になり、好きな場所から地球を眺めることも

日本科学未来館のシンボル 「Geo-Cosmos」

エントランスから1階の展示スペースに入ると、ガラス張りの巨大な吹き抜けが広がっている。1階から6階までを貫くこの空間は、日本科学未来館のシンボルゾーン。上方には直径6.5mの球体ディスプレイ「Geo-Cosmos (ジオ・コスモス)」が設置されている。およそ100万個の発光ダイオードが張り込まれた「Geo-Cosmos」には、様々な地球の姿が映し出されている (1時間ごとにデータ更新)。地球の姿だけでなく、火星や月など太陽系の惑星・衛星を映すこともできる。また、地球の海面温度や地表面温度、一酸化炭素濃度、地球温暖化シミュレーションをはじめ、地球の化



学天気予報モデルで計算された二酸化炭素・窒素酸化物・オゾンなどの大気汚染物質の分布 (数日先までの予報も可能)、さらには「地球シミュレータ」で計算された海面温度分布シミュレーション、降水量分布シミュレーションを映し出すなど、数多くのコンテンツが用意されている。映像はシンボルゾーンに置



展示場の端末から映し出す映像を操作することができる

かれた操作端末で選択することができ、トラックボールで自由に地球を回転させることも可能だ (実演の際には来場者も一部操作が可能)。

1階のシンボルゾーンには、横になっている「Geo-Cosmos」を見上げることができる特製のソファも用意されている。また、この「Geo-Cosmos」は見上げるだけでなく、各展示フロアのテラスや、「Geo-Cosmos」を廻るようにつくられたスロープからも眺めることができる。上の方から見ると、ガラス越しの木々の



水槽内のミニサンゴ礁で二酸化炭素循環を観察



地球環境の変動の展示では「地球シミュレータ」による研究も紹介



実物大の有人潜水調査船「しんかい6500」。耐圧殻（コックピット）内に乗り込み、乗船気分を体験することもできる



深海で採取されたユノハナガエの飼育も行われている



化学合成生態系をはじめ深海生物について解説するコーナー

緑が背景となるなど、眺める場所によって雰囲気も変わる。

人と一緒に成長する科学ミュージアム

館内の常設展示は、より豊かで夢のある21世紀にしていけるために、私たちはどんな方向に進んでいけばよいのか、それを考えるために宇宙・地球・人間という大きな視野で科学技術を捉え、「地球環境とフロンティア」、「生命の科学と人



対話を通じて先端科学技術を分かりやすく伝えるインタープリターの島田 拓さん

間」、「技術革新と未来」、「情報科学技術と社会」という4つのテーマで構成されている。それぞれのテーマごとに、その分野で活躍する第一線の科学者・技術者らが監修者として協力し、最先端の高度な内容を分かりやすく、楽しみながら理解してもらえ展示するために工夫を凝らしている。

工夫は展示物だけに留まらない。社会・思想・文化的なテーマを科学的な角度で捉え直し、科学技術と他分野とを結びつけることから新たな創造性を生み出すという企画展をはじめ、優れた科学者・技術者を招き、一般市民との交流の場をつくるために行うセミナーやシンポジウム、実験プログラムを通して多くの人々に最先端科学技術を体験してもら



来館者とのコミュニケーション推進役として活動するボランティアの宇野重久さん

う実験工房など、「科学を文化に」、「物よりに人を見せる」、「出会いを発見してもらおう」、「心からの共鳴を分かち合う」といった日本科学未来館ならではのコンセプトに基づいた多彩な活動が行われている。

館内に入ると、フロアにたくさんのスタッフがいることに驚く。館内の案内業務を担当するアテンダント、展示物の解説などを通じて最先端科学技術を分か



5階の「フロンティアラボ」で行われる実演「深海にふれてみる」の様子



深海の環境をインタープリターが分かりやすく解説



毛利館長が「しんかい6500」に乗船したときにに行った実験の成果を紹介。手前は深海の高い水圧で変形した発泡スチロールカップやバルサ材など。実際に触れることもできる

りやすく伝えるインタープリター、さらにこうしたスタッフをサポートするボランティアと、何人ものスタッフが来館者を迎え、対話する姿を見ることができる。こうした、人を通して科学技術を伝えることも、日本科学未来館のユニークな取り組みのひとつだ。

インタープリターの島田 拓さん(26歳)はいう。

「ここへ来て、私たちと話をし、科学の新しい世界を発見する楽しさを感じてもらいたい。そんな“楽しさ探し”の手助けができればと考えています。難しいのは、年齢やその人の知識に合わせて話し方や言葉を選び、いかに科学技術の世界を分かりやすい言葉に翻訳して伝えるかということ。それがインタープリターに求められるいちばんの仕事だと思います」

島田さんのようなインタープリターは、現在60人以上いる。さらに、イベントや展示フロアで彼らスタッフを支援するボランティア登録者の数は800名を超えるという。

かつてコンピュータの設計・製造の仕事に従事していた宇野重久さん(60歳)

は、リタイアした後も「社会の役に立ち、なおかつ自分にとっても勉強になることがやりたい」とボランティアに登録した。「ここで活動するようになってから、次々に知りたいこと、やりたいことが広がってきました。自分自身も楽しみながら学び、そして伝えていきたいと思えます。そして、私がお話したことで、少しでも科学に関心を持ってもらえれば、本当に嬉しいです」

海洋・地球科学の最前線に出会う

日本科学未来館の常設展示「地球環境とフロンティア」は1階と5階にある。1階では環境との共生をめざす科学技術が紹介され、5階では、宇宙・深海・地球深部(地底)といった未知の世界を探



宇宙科学実験棟の内部



地球深部探査船「ちきゅう」や深海掘削の展示

求することへのチャレンジと、それを支える最先端科学技術を展示・解説している。

1階には、地球環境変動の予測をめざす世界有数の計算能力を持つ「地球シミュレータ」とそのシミュレーション研究が展示されている。また、5階では極限環境への挑戦として、有人潜水調査船として世界で最深の潜水能力を持つ「しんかい6500」の実物大模型が展示されるとともに、潜水調査によって明らかにされた深海の生物活動や地殻変動なども解説されている。さらに、今年7月に完成した地球深部探査船「ちきゅう」と深海掘削に関する展示コーナーもつくれるなど、海洋・地球科学の最前線を開拓する海洋研究開発機構の取り組みも様々なかたちで紹介されている。

これらの展示物を通して、新しい科学技術文化の創造をめざす日本科学未来館は、海洋・地球科学の現在そして未来を垣間見せてくれている。



生命の躍動と挑戦を表現したアートの画面からメッセージを伝える毛利館長

ふるさとの水で快適水槽ライフ!? 海洋深層水で育つ 深海性生物たち



飼育部主任・小石川茂生さん。深海性生物の展示室の手前、海洋深層水展示コーナーで

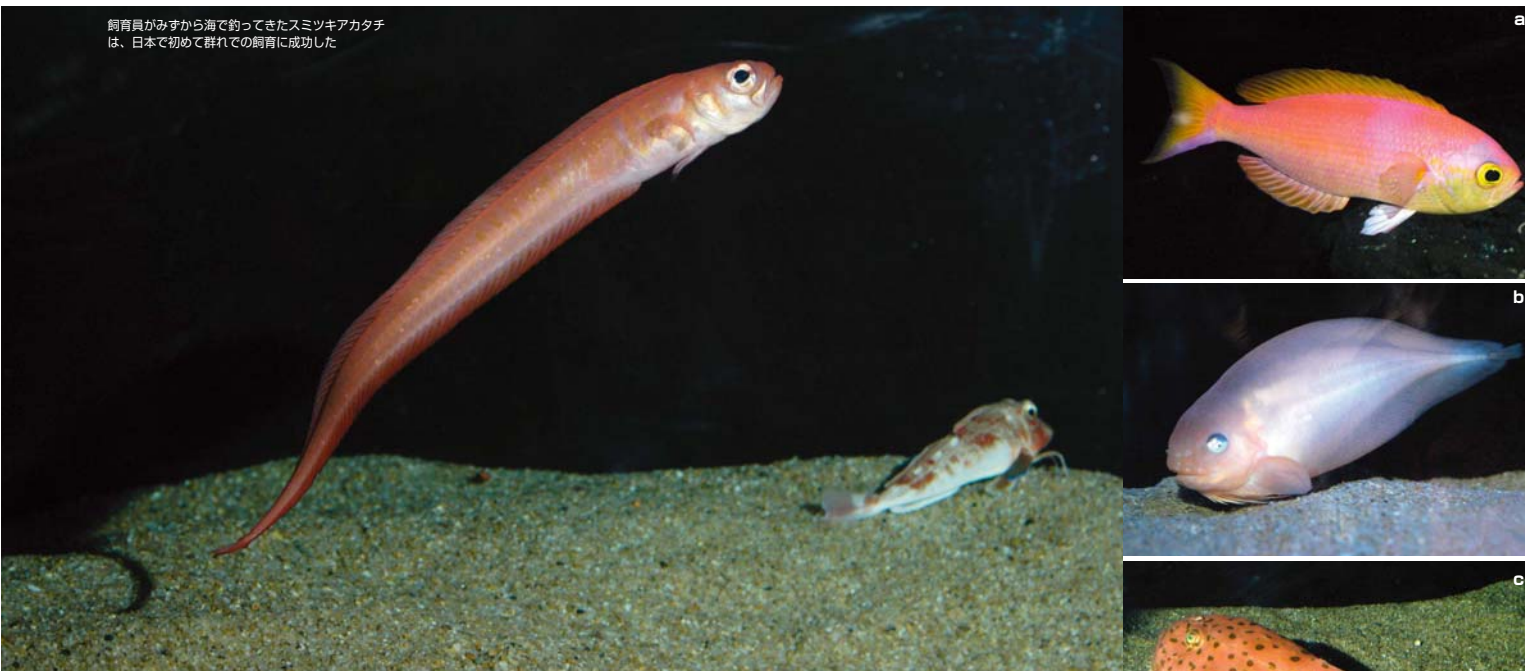
取材協力: 京急油壺マリンパーク

近年、注目を集める海の天然資源のひとつに海洋深層水がある。光が届かない深度200m以深にあるため、表層水に比べ微生物や化学物質による汚染が少なく、栄養塩を豊富に含むことから食品や化粧品などに利用したり、年間を通して低温で清浄な特性を活かして養殖などにも使われている。京急油壺マリンパークでは、神奈川県相模湾三浦沖約5km、深度約330mから取水

した海洋深層水を使い、世界初の海洋深層水を使ったアクアリウム「海洋深層水館 D.S.Wonder」を公開している。展示照度や水温など飼育環境にも工夫をこらし、常時30~40種類の深海性生物を展示する。水族館で展示される深海性生物は、漁であがった個体を譲り受けたり、飼育員みずから海で採集してくることが多いが、「海洋深層水館D.S.Wonder」では深海性生物を

卵から育てて供給する試みも始めている。海洋深層水は清浄で水質も安定しているためか、スポットテッド・ラットフィッシュやアイビクニンといった深海性生物たちの産卵にも成功し、ホシガレイなどはすでにアクアリウム育ちの個体も展示している。今後はさらに多くの種類の成体を採集し、飼育が困難であった種類にもチャレンジしていきたいそうだ。

飼育員がみずから海で釣ってきたスミツキアカカチは、日本で初めて群れての飼育に成功した



スポットテッド・ラットフィッシュ。腹部には黄褐色の卵殻が見える



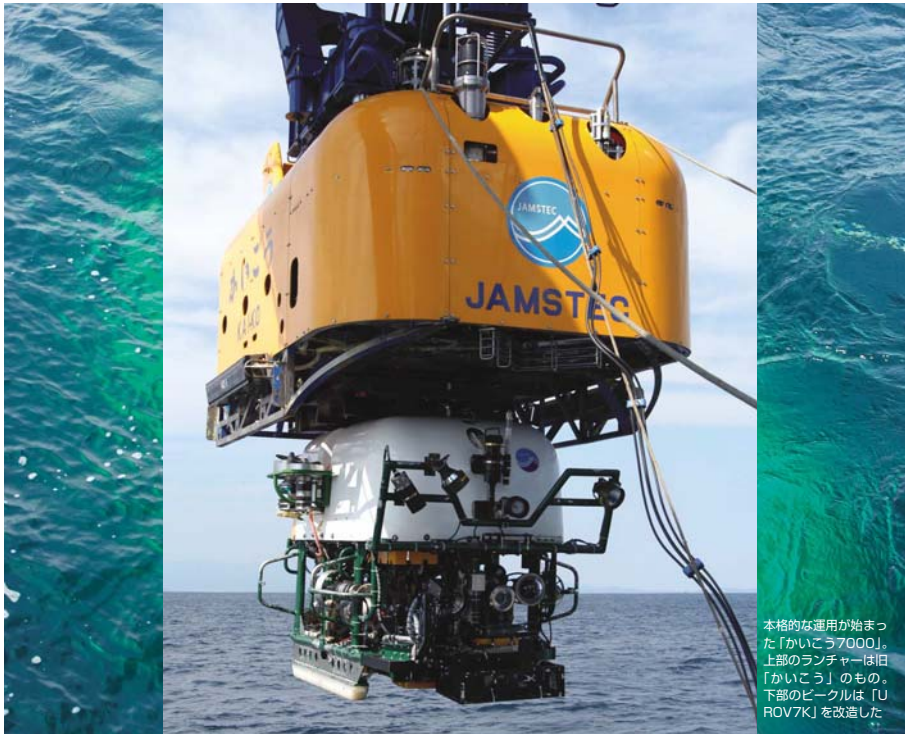
飼育室ではスポットテッド・ラットフィッシュの卵(左)やアイビクニンの稚魚(右)も育てている



- a: シキシマハナダイ。鮮やかな赤も深海では黒っぽく見え保護色に
- b: サケビクニン。体にはウロコがなく寒天質でぷよぷよしている
- c: ミドリフサアンコウ。深海の海底に棲む。驚くと水を吸い込んで体を膨らませる
- d: アマダコ。200m以深に棲み、大きいものは体重が十数キロにもなる
- e: カガミダイは非常に神経質な魚。現在は飼育室で育てているが、環境に慣れたら展示したいとのこと



● 京急油壺マリンパーク (神奈川県 三浦市) ホームページ: <http://www.aburatsubo.co.jp> 連絡先: 046-881-6281



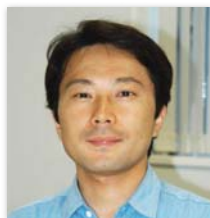
本格的な運用が始まった「かいこう7000」。上部のランチャーは旧「かいこう」のもの、下部のビークルは「UROV7K」を改造した

無人探査機「かいこう7000」 いよいよ運用開始

深海調査や観測装置の設置・回収に活躍



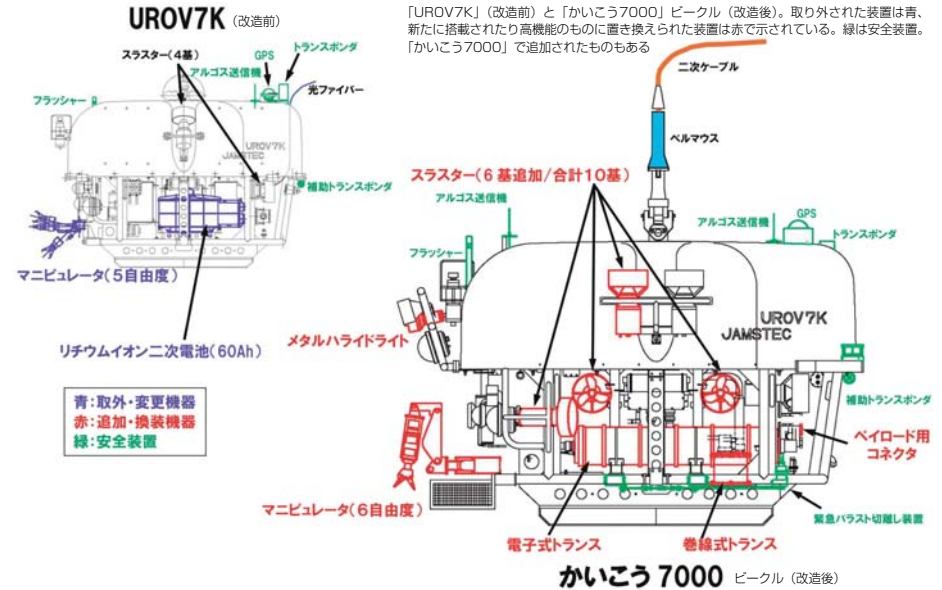
取材協力:
村島 崇 サブリーダー
海洋工学センター 研究支援部
海洋技術グループ



取材協力:
中條 秀彦 チーフ
海洋工学センター 研究支援部
海洋技術グループ 観測技術チーム

2003年5月、無人探査機「かいこう」ビークルは二次ケーブルの破断事故により漂流し行方不明となったため、「かいこう」による深海調査は一時中断を余儀なくされた。そこで後継機建造までの間、7,000m級細径光ファイバ式無人探査機「UROV7K」を改造し、従来の「かいこう」ランチャーと一体化し、「かいこう7000」として運用する計画が進められてきた。事故の教訓を生かし「かいこう7000」には機器と運用面の両方から安全対策がほどこされた。さらに5次の海域試験を経て改良が加えられ、今年の5月から本格的な運用がスタートしたのである。

*無人探査機「かいこう7000」誕生の経緯については本誌2004年9・10月号に掲載されています。



「かいこう7000」ではランチャー単体で電源を入れることが可能になり、ビークルの電源が落ちてランチャーのTVカメラで分離・結合の監視が可能になった



ビークルにスラスターを追加し推進力を強化



二次ケーブル引留部のカバー（ベルマウス）は取り外して内部が目視できるように改良され、潮航ごとに点検が行われる

「UROV7K」改造のポイントと新たに追加された安全対策

深さ7,000mまでの深海で活動を行う能力をもつ無人探査機「UROV7K」は高性能バッテリー（リチウムイオン二次電池）を搭載し、TVカメラの映像や計測データを細径光ファイバで母船に送るシステムだった。これを大幅に改良し、ビークルとして従来の「かいこう」ランチャーと合体させたのが「かいこう7000」である。

ビークルの動力源は、高性能バッテリーから二次ケーブル（光電気複合ケーブル）を介して船上より給電する方式とな

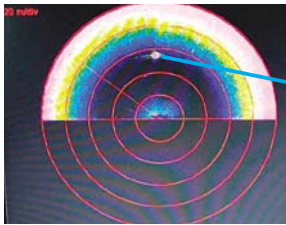
り、電源使用容量に限界がなくなった。電力を送るためケーブルは太くなり動きに関してはやや制約があるものの、搭載機器の電力消費面による制限の心配はなく、作業時間を長くすることができた。また、ビークルには推進力と操作性を向上させるため、新たに6基のスラスター（推進器）を増設して、合計10基とし、マニピュレータをリーチが長く、自由度が高いものに変更した。さらにペイロード機器（研究者持ち込みの機器）を搭載できるよう電源供給ラインと信号ラインを増設した。ランチャーにはすでに、海底の地形を測るサイドスキャンソナー、

海底下の構造を探るサブボトム・プロファイラー等の観測機能が装備されており、ビークルを外してランチャー単独とすれば、1万mまで調査できる能力を持っている。安全面についても「かいこう」ビークル漂流事故調査委員会の指摘事項を盛り込むため、「かいこう7000」にはさまざまな改良が加えられている。

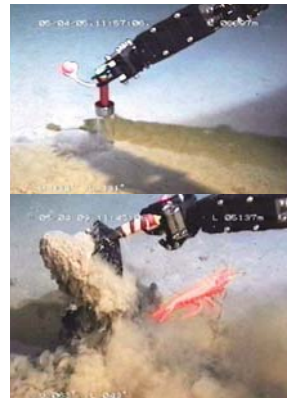
破断した二次ケーブルについては、新ケーブルの開発に時間を要するため、「かいこう7000」では従来と同じ構造のものを使用することが認められ、新たに2本製作し使用している。ただし、この二



最大深度潜航試験
7,053mの海底で
撮影された魚の映
像（画面右上の数
字はランチャーの
深度を表す）



前方障害物探査ソナーで捉えた機器の位置（左図中央上の点）とその機器の映像（右）



マニピュレータの訓練：4月5日、南西諸島海溝水深7,035mの海底で柱状採泥器により泥を採取（上）。4月9日、水深5,276mで熊手サンプルの訓練をする様子（下）。画面右上の数字はランチャーの深度を表す



係留系回収訓練：係留系投入地点を基準にランチャーの前方障害物探査ソナーで係留系のトップフイ部分を探して当てた後、分離したピークルがアンカーを探して係留系に近づき、カッターでロープ部分を切断した

次ケーブルの弱点であるランチャー&ピークル引留部については、引留部を保護しているカバー（ベルマウス）を船上で簡単を外して目視できる分割構造とし、毎潜航ごと、点検することとした。失われた「かいこう」ピークルは「かいこう7000」ピークルよりも大型であったため、船上の台車搭載時にランチャー&ピークルの間隔が狭く、そこに人が入るのが難しかった。またベルマウスが分割できない構造のため、船上で点検することができなかった。「かいこう7000」ではピークルが小型になった分ランチャー&ピークルの間隔に余裕があり、さらにベルマウスを分割構造とし船上で台車に搭載した状態で点検作業ができるようにしたのである。さらに定期的（およそ15潜航ごと）に二次ケーブルの端末を切り、「残存強度確認試験」でケーブルの強度を測定し、劣化をいち早く捉えるよう、作業の手順に安全対策を組み込んでいる。

また、ケーブルが破断したときのために、ピークルには、海面における浮力を十分に確保するための緊急バラスト切り離し装置や水中の位置確認を行うトランスポンダ、浮上後、海面での位置確認の

ためのアルゴス送信機（2基のうち1基はGPSデータを送信）、夜間の視認性を確保するフラッシャー（点滅灯）を追加装備するなど、ほとんど全ての安全装置を二重化することで、万一ひとつが機能しなくても、ほかの装置で安全確保ができるようになっている。さらに「かいこう」はランチャー&ピークルシステムとしての電力供給のみであったが、「かいこう7000」ではランチャー単体で電源を入れることができるようになり、万一ピークルに異常が発生したときには、ランチャーのTVカメラでピークルを観察できるようになった。

運用開始までの道のり

2004年3月までに「かいこう7000」の開発および改造は終了した。同年4月からは運用に向け海域試験を重ね、改善すべき点を洗い出して解決していった。第1次海域試験（4月）と第2次海域試験（5月）は相模湾初島沖で、ランチャー&ピークル結合状態で作動確認を行った。第3次海域試験（7月）ではピークルをランチャーから分離させ、相模湾初島沖でマニピュレータを用いたシロウリガイの

採取を行い、三陸沖日本海溝で7,031mの最大深度潜航試験を行った。さらに四国海盆での第4次海域試験（11〜12月）を経て2005年3〜4月の最終確認試験（第5次海域試験）に臨んだ。

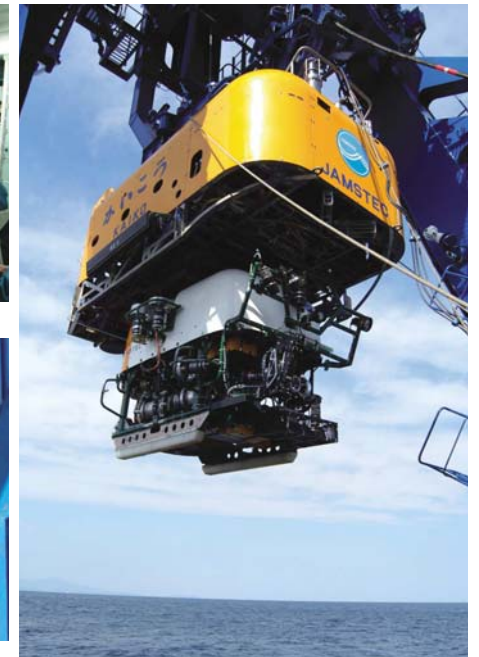
この間、海域試験の結果をもとに各機器の調整や、スラスター、前方障害物探査ソナー、ランチャー&ピークル結合部の改善等を行ったが、一番大きな問題は電氣的なノイズであった。「かいこう7000」は作業時間を長くするため二次ケーブルからの給電法を採用し、従来のトランスよりも重量が軽い電子式のトランスを新たに開発して搭載したが、電氣的ノイズが若干大きく、その対策が必要となった。2004年4月以降対策を行っ



「かいこう」船上で「かいこう7000」の訓練潜航の様子を見守る



訓練潜航に入念な整備を行う「かいこう7000」チームのメンバーら



てきたが、第4次海域試験でも、まだ完全ではなかった。この後さらに対策を行い、2005年1月には岸壁試験（岸壁からピークルをクレーンで海中におろしての試験）を行い、ノイズ対策が確実にできていることを確認した。

2005年3月18日から4月11日までおよそ1ヶ月近く行われた最終確認試験および訓練潜航では、相模湾初島沖（水深約1,000m）で試験潜航を実施してから、水深2,000m〜7,000mの沖縄本島南方沖・南西諸島海溝へ移動した。この最終確認の期間に水深約7,000mの試験潜航を2回行い、3月26日の最大深度潜航試験では、水深7,053mの海底での作動確認を滞りなく終えた。

またこの間に、海底に設置してある機器を前方障害物探査ソナーで捉える試験やマニピュレータによる採泥、TVカメラの試験、海底のアンカーにつながれた流速計の係留系を探し出して回収する係

留系回収訓練などを実施し、十分な作業能力があることを確認した。

その結果を受けて、5月から本格的な運用を開始した。初めての調査航海は5月中旬に南大東島東方海域（水深約3,300m）で実施され、観測装置の回収を行った。また、7月初旬には、日本海溝（水深約3,300m）で、観測装置の設置も行った。2005年度はほかにも、観測装置の設置・回収作業や、熱水噴出口の調査が予定されている。

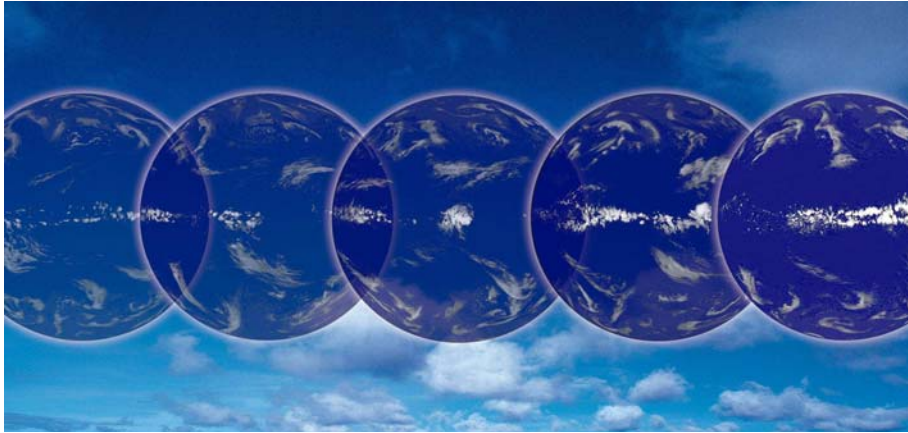
暫定運用のための工夫と次世代機へ向けた取り組み

「かいこう7000」の運用は暫定的なものであるため、性能面でいくつかの限界はある。「かいこう」ピークルは水中での重さ（水中重量）が100kgまでと、かなり重い機器を運ぶことができたが、「かいこう7000」ピークルで運ぶことができるのは水中重量30kgが限界であり、

重い機器は搭載できない。あらかじめ搭載機器のまわりにパイを付け水中重量を30kgまでに抑えるなどの工夫が必要である。マニピュレータも2本から1本になり、使い方を工夫しながら作業を進めていかなければならない。

それでも「かいこう7000」は諸外国の深海調査用無人探査機に比べ、トップクラスである深さ7,000mの潜航能力を備え、海洋調査に大きな貢献をすることが期待される。今後は「かいこう7000」の運用によって、さらにノウハウを蓄積し、次の探査機に反映させていく予定である。現段階では「かいこう」と同じ構造である二次ケーブルに関しても、次世代機に向けてケーブルの構造そのものを改良し、弱点を克服すべく現在も研究を重ねている。

この研究の成果を生かした次世代の1万m級無人探査機の開発が待たれる。



雲のふるまいを直接計算し再現 3.5km メッシュの全球雲解像大気モデルを開発

大気モデルは天気予報や長期の気候変動予測に活用される気象・気候モデルのひとつである。だが従来の大気モデルは解像度が粗く、方程式にも不十分な面があったため雲の生成・変動を直接計算することができず、過去の経験値から間接的に表現するしかなかった。そのためそれをを用いた予測等にもあいまいな部分を残していた。2000年以降、次世代大気モデルの開発に取り組んできた佐藤正樹サブリーダー、富田浩文研究員らは、世界で初めて3.5kmメッシュで雲のふるまいを直接計算する全球の雲解像大気モデルのシミュレーションに成功。特に今まで最も困難とされていた熱帯域の雲集団・クラウドクラスターの動きを直接計算によって再現したことで、その影響を大きく受ける日本の夏の気象予報、これまで予測が困難であった台風の発生そのものの予測、さらに長期的には地球温暖化の予測の精度が向上すると期待されている。



取材協力：
佐藤 正樹 サブリーダー
地球環境フロンティア研究センター
地球環境モデリング研究プログラム
次世代モデル開発グループ



取材協力：
富田 浩文 研究員
地球環境フロンティア研究センター
地球環境モデリング研究プログラム
次世代モデル開発グループ

なぜ高解像度が求められるのか

次世代モデル開発グループの研究目的は、「地球シミュレータ」を最大限に活用した大気大循環モデルを構築し、そのモデルを用いて、短いものは数ヶ月、数年から100年スケールの気候変動予測に活用することである。

最初に大気モデルを含む気象・気候モデルの仕組みを簡単に説明しよう。まず地球上の大気・海洋・陸域を、大気層の厚

みを含めた3次元の格子(直方体)に切る。この格子上で、風の速度、圧力、温度、水蒸気など気象・気象に関連する各種の物理量を定義する。このようなやり方を「離散化」という。さらに格子間でのどのような物理的つながりをもっているか、流体、太陽からの放射、乱流(大気をかき混ぜる効果)、雲の生成などについて記述する方程式を用いる。気象・気候モデルはこれらの方程式をそれぞれ

の格子上にうつしかえて解くことによって求められる。

従来、大気モデルの解像度は標準的に水平方向100km、鉛直方向1kmのものが用いられ、雲の表現は過去の統計を利用した経験値による間接的なものであった。100km格子モデルでは10kmスケールの積雲は解像できないが、これら「解像できないが存在する積雲」が100km格子の場に及ぼす影響を考慮しなければ

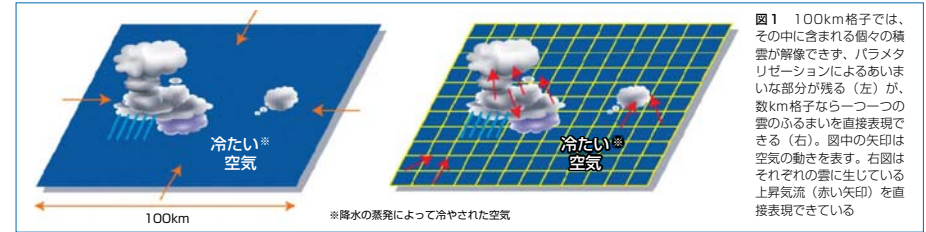


図1 100km格子では、その中に含まれる個々の積雲が解像できず、パラメタリゼーションによるあいまいな部分が残る(左)が、数km格子なら一つ一つの雲のふるまいを直接表現できる(右)。図中の矢印は空気の動きを表す。右図はそれぞれの雲に生じている上昇気流(赤い矢印)を直接表現できている

ならない。そこで積雲の効果を統計的に扱い100km以上のスケールに及ぼす影響として間接的に計算する「積雲パラメタリゼーション」という手法を取ってきた。しかし、積雲パラメタリゼーションはあくまでも経験的な仮定に基づいたものであり、それがモデルにとって不確実な要素として残っていたのである。

そこで、次世代大気モデルでは雲を直接的に表現するため、全球で水平方向5km以下、鉛直方向に100mの高解像度を目指した。数km格子で解像すれば一つ一つの雲を直接計算し表現できるため積雲パラメタリゼーションに頼る必要がなくなり、あいまいさをモデルから排除できる(図1)。

それを可能にしたのが「地球シミュレータ」である。今回の雲解像モデルでは、水平方向、鉛直方向の解像度がすべて一桁高くなり、3次元の格子の数が1,000

倍となる。またモデルの中の時間の進み具合(時間刻み幅)は格子の大きさに比例するので10倍細かくなる。現行モデルと比較して1万倍のコンピュータの処理能力が必要となるため、「地球シミュレータ」が不可欠であった。

格子の分割方法も変える必要があった。従来の格子分割手法は緯度と経度で格子を切っていく「緯度経度格子点法」であった。しかしこれをそのまま高解像度

化すると、北極と南極では経線が集中し、

格子を細かくしていくほど赤道周辺と極周辺の格子間隔が異なってしまう(図2)。赤道が10km間隔のときに極では15m間隔ということがおきる。また、モデルの時間の進み方は、最も小さい格子間隔に規定されるため、極の10m格子によって決定される、非常に効率が悪い。そこで球面上で一様な格子が得られるよう、「正二十面体格子」を用いることにした(図3)。

さらに、暖かい空気があると雲の上昇が加速されるが、従来のモデルには上昇

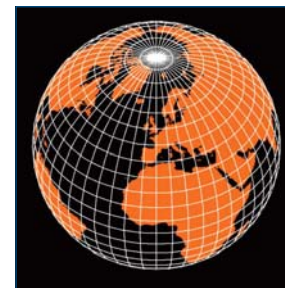


図2 「緯度経度格子点法」は、直感的でわかりやすい上、緯度と経度が直角に交わるため計算が比較的容易で、整然と並んでいるので後の解析が行いやすいという利点があるが、高解像度になると、格子間隔が極端に不均一になってしまい問題が生じる

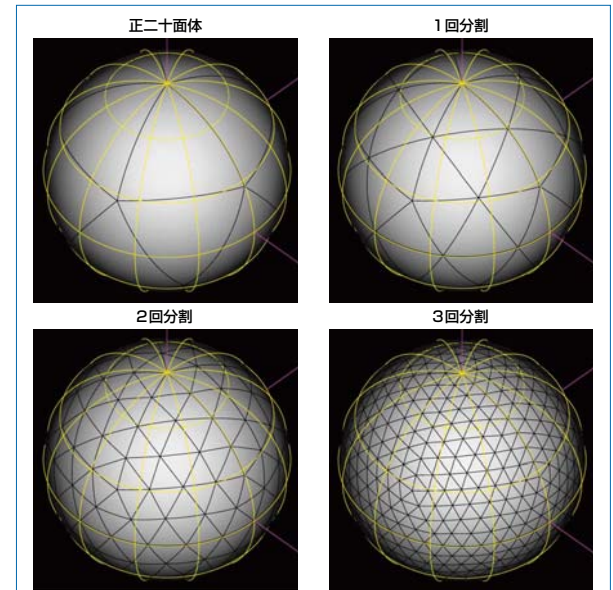


図3 正二十面体格子は、球に内接する正二十面体の各辺を球面上に投影することから格子分割を始め、それぞれの三角形の中心を結んで、ひとつの格子から4つの三角形を作る。11回分割を繰り返せば全球を3.5kmメッシュで覆うことができる。いくら細かくしてもほぼ一様な格子が得られるため現象の物理的な表現が正確になる

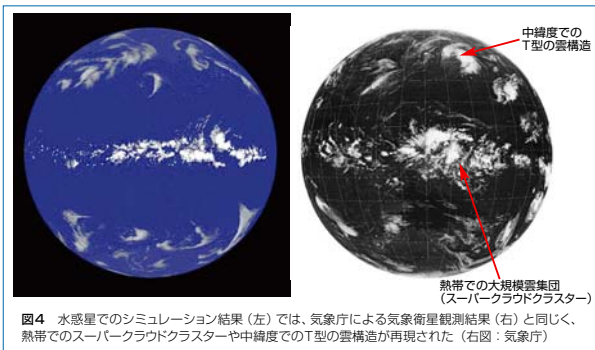


図4 水惑星でのシミュレーション結果(左)では、気象庁による気象衛星観測結果(右)と同じく、熱帯でのスーパークラウドクラスターや中緯度でのT型の雲構造が再現された(右図:気象庁)

気流プロセスの方程式が入っておらず、雲を正確に表現できなかった。そのため従来の大気モデルをそのまま高解像度化しても意味がない。そこで二十面体格子の研究と並行して、雲を正確に表現できるよう、近似を用いない方程式を用いた計算方法の開発を行った。これによって上昇流がきちんと表現でき、今後も解像度を上げていくための前提条件が整ったのである。

世界初の全球雲解像シミュレーションに成功

2000年から開発を開始し、2004年に世界で初めて全球で雲を解像する実験を行った。ただし、全球といっても水惑星(全球を海と仮定した理想的な条件)での実験である。水惑星は雲のふるまいを見るのに適した設定であり、雲解像の最初の実験として適切なものであった。気象学の世界では、ある限られた領域で雲を解像するシミュレーションはすでに行われており、気象庁の天気予報にも使われているが、全球ではこれが初めてである。実際に3.5km計算で雲のイメージを表現したシミュレーションでは、赤道近くで1万km規模の大きな雲集団システム(スーパークラウドクラスター)が東に移動している様子がわかる。スーパークラウドクラスターの中には、一回り小さな雲の集団である「クラウドクラスター」

がある。クラウドクラスターは100~500km規模の雲集団で、100km格子あたりに換算すると数十個から100個程度の積雲が計算されている。衛星写真で見た現実の雲のイメージと比較すると、観測データとモデルはたいへん似通っている(図4)。

さらに、シミュレーション結果と気象衛星ひまわりによる観測結果を細かく比較してみると、モデルによる計算でも観測結果と同じように、スーパークラウドクラスターが時間の経過とともに東に進んでいる様子が捉えられている(図5)。スーパークラウドクラスターの中には、数百kmスケールのクラウドクラスターがいくつも点在するが、スーパークラウドクラスターが東に進むのに対し、個々のクラウドクラスターは西に進むことも観測結果と一致した(図6)。スーパークラウドクラスターは暖かく大きな雲集団なので、地球の自転の影響を受けたケルビン波のメカニズムに従って赤道を東に進み、より小さなクラウドクラスターは、赤道付近に吹いている東風の影響で西に進むという説がある。従来のモデルでは、このようにクラウドクラスターとスーパークラウドクラスターが異なった移動をする部分がうまく表現できなかった。今回の結果を見ると、スーパークラウドクラスターの東の端に次々と新しいクラウドクラスターが生まれ、それが成

長して全体のスーパークラウドクラスターが東に進んでいる様子がみてとれる。クラウドクラスターの中にも、さらに10km程度の「メソスケール雲システム」と呼ばれる小規模な雲集団が点在していることも、この雲解像モデルではきちんと表現することができた。このように、小規模の雲からケルビン波という地球スケールの現象まで雲の階層構造をしっかりと捉えることができるのが、この全球雲解析モデルの大きな利点である。

日本の夏に大きな影響を与える熱帯域の雲

3.5kmメッシュという高解像度での雲解像モデルの第一の目的は、熱帯域の雲のふるまいを正確に解像し予測することである。赤道付近の雲に伴う大気の循環は熱帯から緯度30度くらいまでの地球のほぼ半分の領域に及び、日本周辺の気候にも大きな影響を与えている。熱帯域で生まれた雲集団がインドネシアやフィリピン沖まで達し梅雨前線をもたらすなど、特に夏の気候は熱帯の雲のふるまいによって多大な影響を受けている。今後、この全球雲解像モデルによって雲集団のふるまいを予測できれば、日本付近の季節予報がより正確になることが期待できる。

今後の重要なターゲットの一つは、台風雲の発生プロセスを再現し発生を予測することである。従来の解像度でも、一度発生した台風の進路についてはかなり正確に予測できるが、一週間以内に台風が発生するかどうかを予測するのは難しい。またこのモデルでは雲の生成と移動を数km規模で計算できるため、たとえば山のどちら側に豪雨がおきるかを予測し、防災にも応用できる可能性が高い。

また、次世代モデル開発グループの研究目的である、温暖化などの気候変動予測への貢献にも大きな期待が寄せられている。今後は全球に陸地形を入れることで、より現実に即した雲解像を進めて行く予定である。

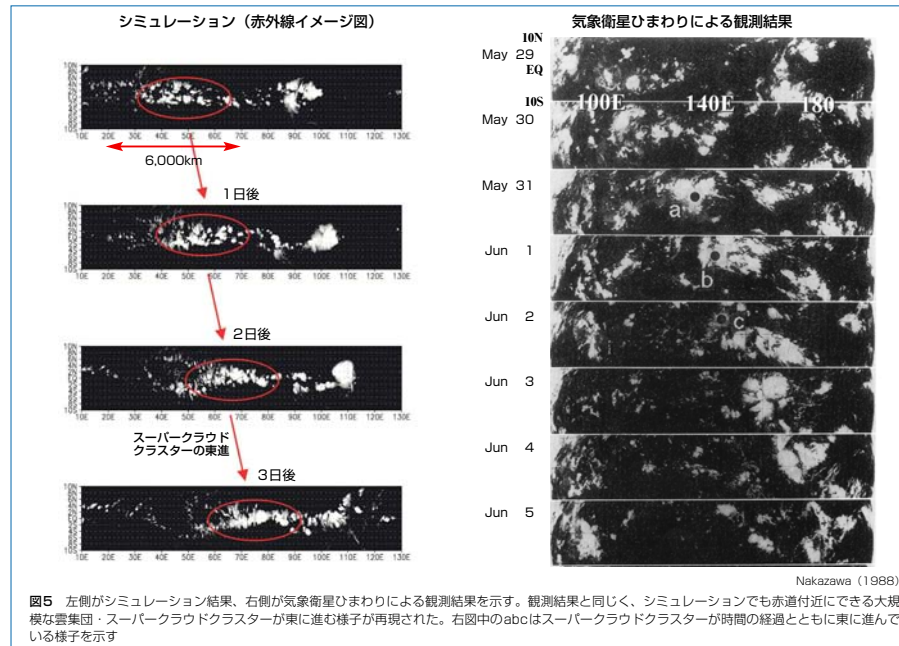


図5 左側がシミュレーション結果、右側が気象衛星ひまわりによる観測結果を示す。観測結果と同じく、シミュレーションでも赤道付近にできる大規模な雲集団・スーパークラウドクラスターが東に進む様子が再現された。右図中のabcはスーパークラウドクラスターが時間の経過とともに東に進んでいる様子を示す

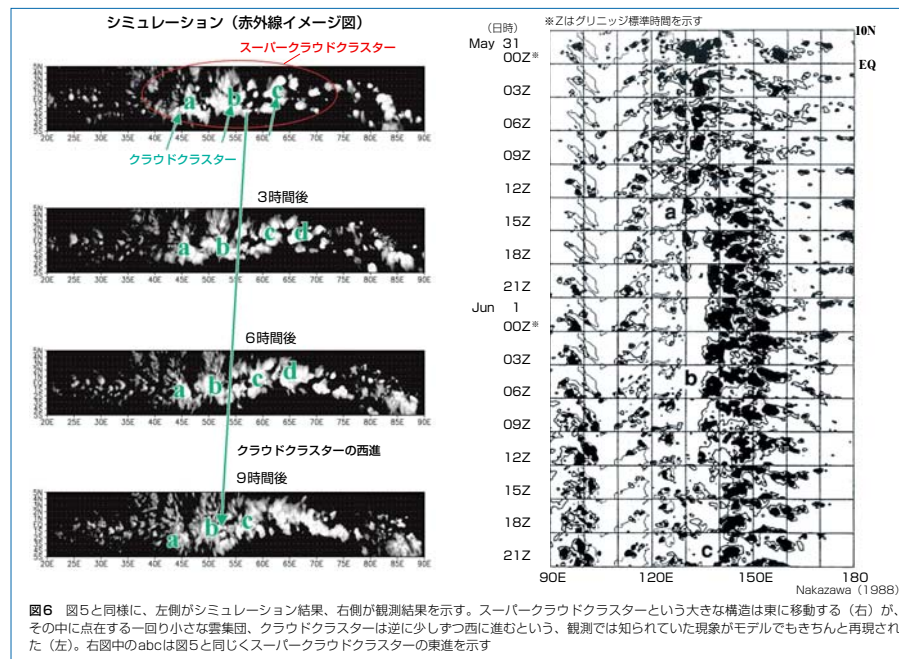


図6 図5と同様に、左側がシミュレーション結果、右側が観測結果を示す。スーパークラウドクラスターという大きな構造は東に移動する(右)が、その中に点在する一回り小さな雲集団、クラウドクラスターは逆に少しずつ西に進むという、観測では知られていない現象がモデルでもきちんと再現された(左)。右図中のabcは図5と同じくスーパークラウドクラスターの東進を示す

「100年後の地球を予測する」 ～地球温暖化実験 これまでとこれから～

(2005年2月19日 海洋研究開発機構横浜研究所 第28回地球情報館公開セミナーより)

2005年2月16日、京都議定書がようやく発効しました。京都議定書は気候変動に関する国際連合枠組条約(1992年)を実施するための具体的な方策を取り決めたもので、これに伴って、日本を含めた批准国は排出基準をクリアするために動き出すこととなります。現時点で100年先を考えると、地球の気温は一定程度の上昇が予測されます。そうした予測はどのようにして導かれてきたのか、お話ししたいと思います。



時間 達志 センター長
地球環境フロンティア研究センター
1945年生まれ。東京大学理学系研究科を経て気象庁に入庁。気候変動対策室長、気象大学校長などを歴任し、IPCCにも関与。2003年より海洋科学技術センター地球フロンティア研究システム地球温暖化予測研究領域領域長(現 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター(FRCGC))地球温暖化予測研究プログラムディレクターに就任。2005年よりFRCGCセンター長、地球温暖化予測研究、地球環境モデリング研究のプログラムディレクターを兼任。

地球温暖化と研究の歴史

地球温暖化の研究は、1827年にフランスの数学者フーリエが温室効果現象を指摘したあたりから始まります。19世紀の半ばにはイギリスのチンダラーが「大気中のガス濃度が変わると気候も変化する」と発表しました。さらに1896年にはスウェーデンの化学者アレニウスが、二酸化炭素(CO₂)が増増すると気温が5～6℃上昇するということを実証。その後、1967年には真鍋淑郎氏がCO₂が増増したときに気温の鉛直分布がどう変

わるのかを計算しました。真鍋氏は私の前任者で、地球温暖化予測研究プログラムディレクターとして活躍された地球温暖化研究のバイオニアです。

ここで温室効果について簡単にご説明します。大気中にはいろいろな分子が含まれていますが、これが仮に窒素と酸素だけだとすると、太陽が地表を温めるエネルギーと地表から宇宙へ放出される赤外線エネルギーとがバランスして、地上の平均気温はマイナス18℃くらいになります。ところが、現実には大気中の温

室効果気体などが宇宙に放出される赤外線の一部を吸収し再放射します。こうして地表面に余分の赤外放射が加わり、これが温室効果気体による放射強制力で、温室効果といえます(図1)。この働きのおかげで地上の平均気温は15℃くらいに保たれます。しかし、人間活動によって大気中のCO₂やメタンなど赤外線を吸収しやすい気体が増加して、温室効果が強まり、地球温暖化問題となっているのです。放射強制力にはさまざまな要因がありますが、温室効果気体、

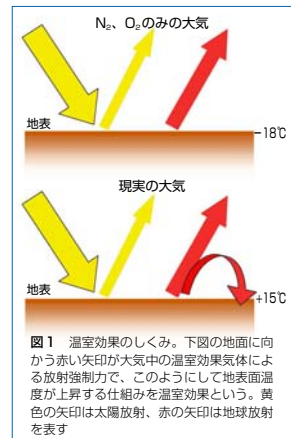


図1 温室効果のしくみ。下図の地面に向かう赤い矢印が大気中の温室効果気体による放射強制力で、このようにして地面温度が上昇する仕組みを温室効果という。黄色の矢印は太陽放射、赤の矢印は地球放射を表す

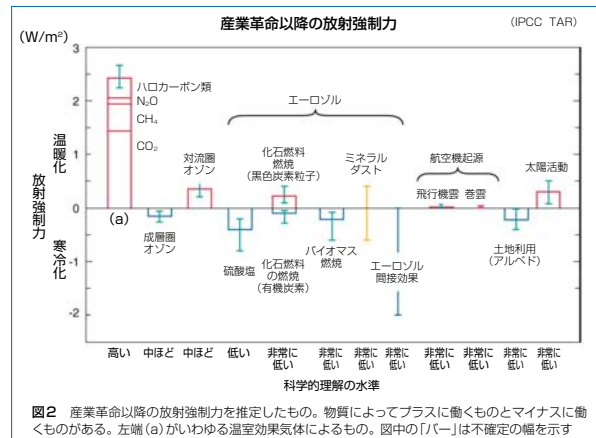


図2 産業革命以降の放射強制力を推定したもの。物質によってプラスに働くものとマイナスに働くものがある。左端(a)がいわゆる温室効果気体によるもの。図中の「バー」は不確定の幅を示す

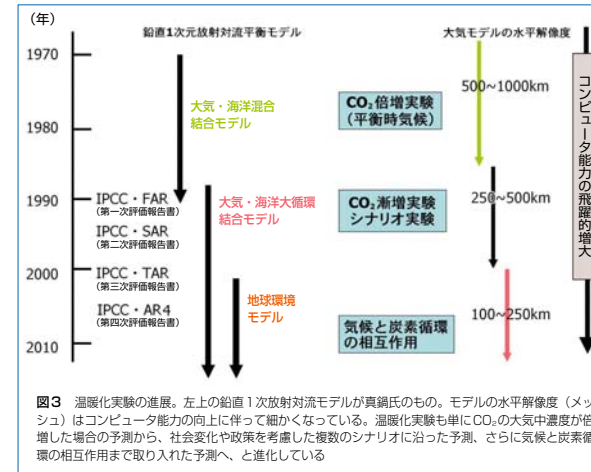


図3 温暖化実験の進展。左上の鉛直1次元放射対流モデルが真鍋氏のもの。モデルの水平解像度(メッシュ)はコンピュータ能力の向上に伴って細かくなっている。温暖化実験も単にCO₂の大気中濃度が倍増した場合の予測から、社会変化や政策を考慮した複数のシナリオに沿った予測、さらに気候と炭素循環の相互作用まで取り入れた予測へ、と進化している

中でもCO₂の放射強制力は非常に強いことが分かります(図2)。化石燃料の燃焼などによって生じるエアロゾルは、地上を冷やすマイナスの放射強制力がありますが、これはさらに雲の発生などに影響を与える間接効果も持っています。

コンピュータによる温暖化予測

このような放射強制力が気候にどのような影響を与えるのかを知るには気候モデルを使ってコンピュータで計算します。1967年の真鍋氏の研究をスタート地点として、気候モデルもすいぶん進化しました(図3)。大気の鉛直方向の温度変化のみを扱っていたモデルは、徐々に三次元の広がりを持ち、現在では海流の変動まで計算できる結合モデルによって温暖化の過程で現れる気候の変遷も再現できるようになっています。さらに新しい流れとして、気候変動が炭素循環や生態系へ与える影響を想定できるモデルも開発されつつあります。

私たちは世界でもトップクラスの計算スピードを持つスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使い、3つの大がかりなシミュレーションを行っています。第一は地球環境フロンティア研究セン

モデルによる温暖化実験

「高解像度大気・海洋大循環結合モデル」は、大気は100km、海洋は25kmのメッシュを使った世界最高解像度の全球モデルです。複雑な日本の6月の気候も観測値とかなり近い状態に再現することができます。このモデルで私たちは1950年から2100年までの地上気温の変化を再現しました。そして、地球全体の気温が一律には上昇しないこと、北極海付近の気温上昇が非常に大きく、海上より陸上の気温上昇が大きいといった予測結果を得ました(図4)。また、温暖化に伴う70年後の日本の夏を予測すると、梅雨は西日本の方で強く夏日が増加し、豪雨の頻度も増えるという結果が出ています。ただし温暖化とは関係なく自然起因で生じる年ごとの気候変動もあるため、すべての異常気象を温暖化に直接結びつけることはできません。

もうひとつ、私たちはこのモデルで20世紀の気候も再現しました。放射強制力として考え得る自然起源、人為起源のあらゆる要素をモデルに算入し実際の観測による変動と比較すると、かなり似ています(図5)。ちなみに、放射強制力の影響をすべて取り去った仮想実験では実測値のような気候変動はまったく再現できません。このような仮想実験を行うことで、気候変動と放射強制力の相関性も見

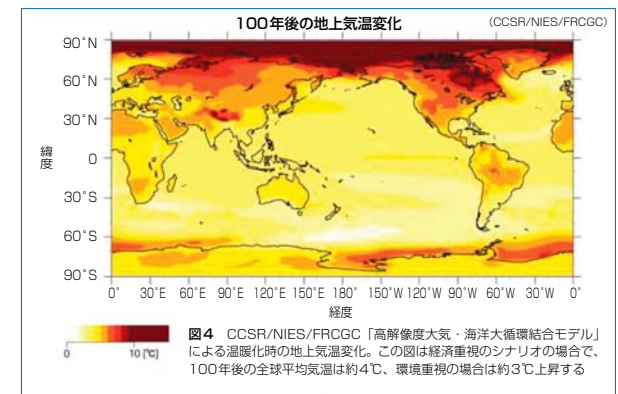


図4 CCSR/NIES/FRCGC「高解像度大気・海洋大循環結合モデル」による温暖化時の地上気温変化。この図は経済重視のシナリオの場合で、100年後の全球平均気温は約4℃、環境重視の場合は約3℃上昇する

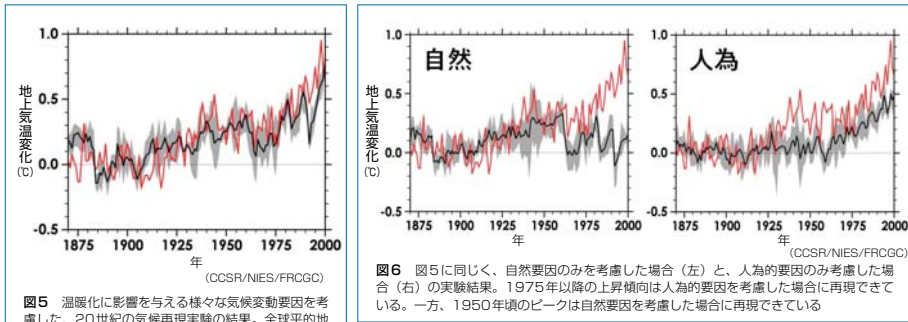


図5 温暖化に影響を与える様々な気候変動要因を考慮した、20世紀の気候再現実験の結果。全球平均的地上気温の変動を示す。赤い線が実測値。予測値は初期条件によりグレーの幅でばらつきがあるが、その平均値が黒い線。ほぼ実測値の傾向が再現されている

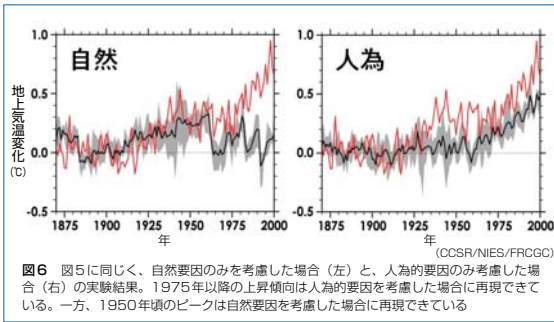


図6 図5に同じく、自然要因のみを考慮した場合(左)と、人為的要因のみ考慮した場合(右)の実験結果。1975年以降の上昇傾向は人為的要因を考慮した場合に再現できている。一方、1950年頃のピークは自然要因を考慮した場合に再現できている

ることができず(図6)。20世紀の地上気温の変化の地理分布もうまく再現できませんでした(図7)。観測にみられる1975年以降の気温の上昇は、この実験からは人為起源の強制を考慮しないと再現できないということになりました。

「超高解像度大気モデル」では、日本の気候変動を詳細に再現しています。年間で日最高気温が25℃以上の日数の分布をアメダスの観測データに基づいた解析結果と比較してみると、驚くほどよく合っています。また、21世紀末と現在とを比較すると最高気温25℃以上の日

数は年間で40日以上も増加しています(図8)。同様に台風の発生や経路についての実験も行い、温暖化によって最大風速の弱い台風の数は減少傾向にあり、強い台風は増加するという結果も出ています。モデルによる気候の再現はこのようなレベルにまで達しています。

観測データで見る地球温暖化

もちろん、実際の観測データからも地球温暖化のさまざまなことが分かります。1860年から2000年の間の地球の地上気温変化を見てみると、平均気温は0.6℃ほど上がっています。日本のデー

タでも1900年から2000年の100年間で0.6℃上昇しています。一方日本の地上50km地点の観測データでは、30年間で気温が5℃から6℃下がっています。大気中の温室効果気体が増えると対流圏の気温は上がりますが、成層圏より上の気温は下がります。現実にはオゾン層の破壊による気温引き下げの影響もあるためCO₂の増加だけの結果ではありませんが、少なくとも温室効果気体の増加ともオゾン層の破壊とも矛盾しない結果であると言えます。

過去100年間の東京の年気温の変化を見ると気温は2.9℃上昇しています。世界平均の0.6℃の5倍近い値です。しかも、夏よりも冬、日最高気温よりも日最低気温の上昇傾向が非常に大きい。これは東京に都市化の影響があるためです。ちなみに、日本の都市の気温変化の傾向を都市化の指標とも言える地表面の人工被覆率、つまりコンクリートなどの人工物に覆われた割合との相関で見ると、人工被覆率0%でも約0.7℃の気温の上昇がみられます。この部分が本来の温暖化による上昇で、残りが都市化によるものではないかと考えられます。

温暖化が社会に与える影響

温暖化は社会にも影響を与えます。水位の上昇による高潮の被害や塩害、国土面積の減少や消滅。農作物や自然生態系、気象災害、水資源などに与える影響。最

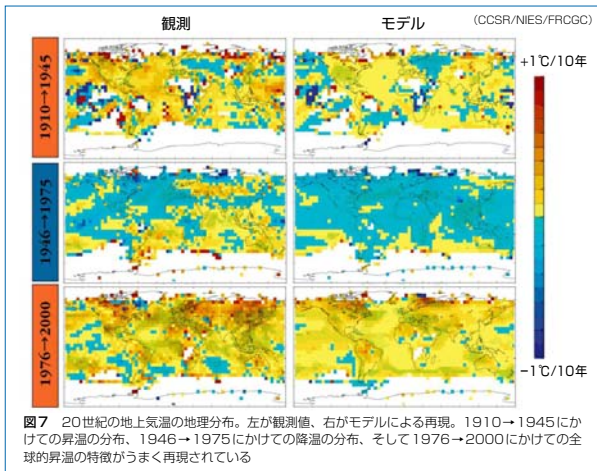


図7 20世紀の地上気温の地理分布。左が観測値、右がモデルによる再現。1910→1945にかけての昇温の分布、1946→1975にかけての降温の分布、そして1976→2000にかけての全球昇温の特徴がうまく再現されている

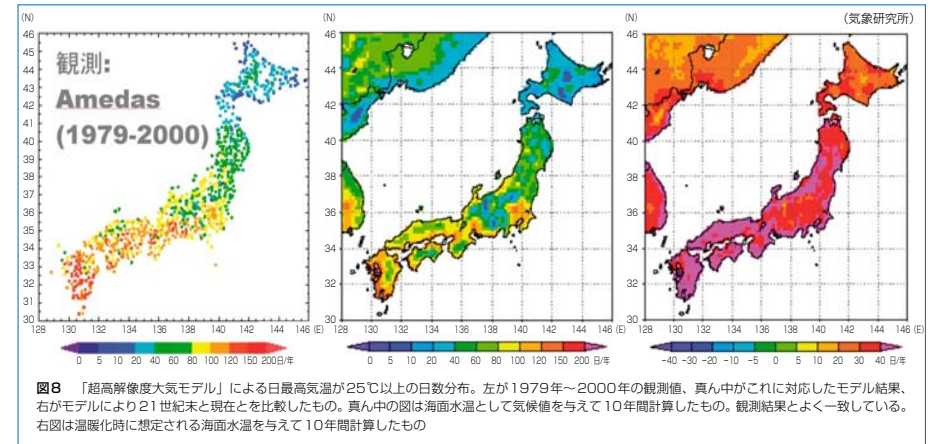


図8 「超高解像度大気モデル」による日最高気温が25℃以上の日数分布。左が1979年～2000年の観測値、真ん中がこれに対応したモデル結果、右がモデルにより21世紀末と現在とを比較したもの。真ん中の図は海面水温として気候値を与えて10年間計算したもの。観測結果とよく一致している。右図は温暖化時に想定される海面水温を与えて10年間計算したもの

終的には経済システムや地球に住む人間としてのモラルも考え直さなくてはいけないでしょう。

なかでも水位の上昇は特殊な問題を抱えています。温暖化による海面水位の上昇の大きな要因は今後100年程度を考えた場合、海洋の昇温による海水の膨張です。この他に氷河や氷床が溶けて海に流れ込んだり、海流の変化や気象による気圧の変化、人為的な水の汲み上げなども考えられます。ここで大気中のCO₂濃度を200年後に安定化させたという仮定による大気中の気温と水位変化の模式図を見て下さい(図9)。大気中のCO₂濃度は安定化後も200年程は上昇しますが、その後ほぼ一定になります。ところが水位に関しては、1000年を越えても上昇し続けるだろうと予測されています。これはかなり厄介な問題です。グリーンランドや南極などの氷床が温暖化によっていつどのような影響を及ぼすのかも非常に大きな問題で、今後はこれらの影響の正確な予測も私たちの大きな課題となってきます。

さらに正確な予測を目指して

南極の氷床からとったデータからは40万年前までさかのぼって地上気温や大気組成変動を推測することができま

す。こうした非常に長いスケールの自然変動をモデルで再現するために、私たちは三次元氷床力学モデルの開発も進めています。従来のモデルに地球の軌道要素の変動、氷床の厚さや地殻の沈み込み、氷床の温度や流動なども算入し、過去40万年の氷床の変動を計算しています。先ほどもお話ししたとおり、温暖化によるグリーンランドや南極大陸の氷床の変化を予測する事は重要な課題のひとつで、このあたりは現在進行中の研究です。大気中のCO₂濃度の変化などは気候変動を招き、それが生態系に影響を与え

球の炭素循環にも影響を与えます。そこで、こうした要素のフィードバックを組み込んだ「地球環境統合モデル」も開発中です。これは海や陸の生態系の変化や、それに結びついた炭素循環などの大気・海洋の物質の変化も対象とし、それらが互いに影響し合う変動まで再現します。このようにコンピュータの進歩とさまざまな研究分野の統合によって、地球の気候現象もより正確に再現することが可能となってきました。地球温暖化問題の解明に向けて、私たちにさらなる成果が期待されています。

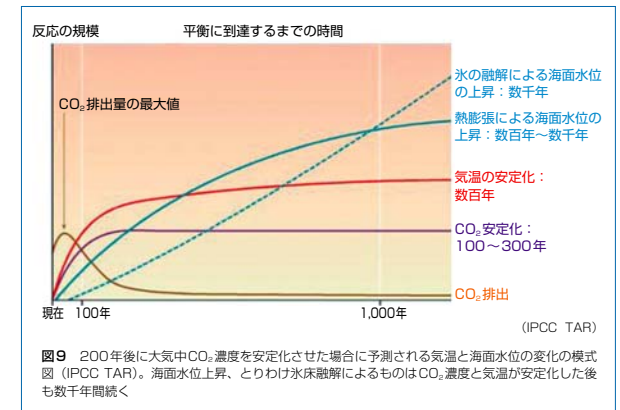


図9 200年後に大気中CO₂濃度を安定化させた場合に予測される気温と海面水位の変化の模式図(IPCC TAR)。海面水位上昇、とりわけ氷床融解によるものはCO₂濃度と気温が安定化した後も数千年間続く

TOPICS

もっと知りたい!
地球深部探査船「ちきゅう」

建造が進められていた地球深部探査船「ちきゅう」が、ついに今年7月に完成。深海掘削によって地球科学の発展に貢献する新たな探査船「ちきゅう」の初めての一般公開が、9月11(日)～12(月)に神奈川県横浜新港で行われる予定だ(詳細は機構のホームページに掲載)。また、8月16(火)～21(日)には、東京・上野の国立科学博物館「2005夏休みサイエンススクエア」で「ちきゅう」に関する展示イベントも行われる(新館地下2階)。

さらに、多くの人々に「ちきゅう」を理解してもらうことをめざす「CHIKYU HAKKEN」というホームページも、6月から開設されている。地球深部探査センター・平朝彦センター長が「ちきゅう」について動画で解説する「CHIKYU VOICE」をはじめ、美しい画像を集めた「CHIKYU IMAGES」など、「ちきゅう」に関する興味深いコンテンツが用意されている。



http://www.jamstec.go.jp/chikyuu/jp/index.html



7月に完成した地球深部探査船「ちきゅう」

海と地球のQ&A



5・6月号でクラゲの記事(Aquarium Gallery)を見て、クラゲにとっても興味を持ちました。クラゲのことをもっと知りたいのですが。

(神奈川県 S・Mさん 大学生)



深海で撮影されたカッパクラゲ



クラゲは、体がゼラチン質で水中を漂いながら生きる浮遊生物(プランクトン)の仲間です。多細胞動物のなかでも非常に原始的といわれています。クラゲの体は90～98%が水分で占められ、体を形成する有機物はごくわずかです。大きさは、傘径が数mmの小さなものから、多くの個体がひとつになって活動する群体を形成するクラゲのように数十mに達するものもあります。分類上は、刺胞動物門・ヒドロ虫綱・鉢虫綱、箱虫綱の浮遊生活世代、有刺動物門の総称とされます。

日本近海ではおよそ200種類のクラゲが確認されていますが、海洋の中・深層には名前もなく、生態も分かっていないクラゲが数多く存在します。潜水調査船による中・深層の調査で最も頻繁に出会う生物はクラゲであり、中・深層の生態系においてクラゲが重要な役割を果たしているのではないかと考えられています。中・深層が全海洋の9割以上を占めていることを考えると、地球上には、私たちの想像を超える大量のクラゲが存在しているかもしれません。

クラゲについて書かれた一般的な本には、江ノ島水族館が監修している「クラゲ その魅力と飼育」(誠文堂新光社)、同水族館館長の堀由紀子氏が監修している「クラゲの水族館」(研成社)、さらに、「クラゲガイドブック」(TBSブリタニカ)などがあります。

*このコーナーでは、「Blue Earth」の記事について、分からないこと、もっと詳しく知りたいことにお答えします。「Blue Earth」BE ROOM Q&Aコーナー係まで質問をお寄せください。Eメールアドレス info@jamstec.go.jp

研究の現場から

スマトラ沖緊急調査航海と海賊対策

前号(5・6月号)の特集記事で、スマトラ島沖大地震・津波に関する緊急調査航海の成果を紹介した。この調査は、地震発生からわずか2ヶ月後、まだ大規模な余震が続くなかで震源近傍の海底調査を行ったという点で、非常に大きなチャレンジだった。だが、そのことに加えて関係者を緊張させたのは、スマトラ島沖で頻繁に出没している海賊の脅威だった。特に、拠点であるシンガポールから調査海域への航路となるマラッカ海峡は、昨年だけでも30件を超える襲撃被害が報告される最も危険な海域だ。

本年1月、緊急調査航海の実施が決定すると、海洋研究開発機構および海洋調査船「なつしま」の運航管理を担当する日本海洋事業株式会社では、急ぎ現地の情報を収集するとともに海賊対策を施すことになった。現地の政府機関、日本の関係機関との連絡を強化し、同乗するインドネシアのセキュリティオフィサーには

軍関係者を配置した。

「なつしま」の船体には、海賊の接近や乗り込みを防ぐための工夫が施された。また、警備体制を強化し、見張り員を増強して船内への出入口を限定した。特に、夜間は見張り員を厳重にして巡回も増やした。さらに、通常の通信設備に加えて衛星電話等も追加装備し緊急連絡体制を強化した。「なつしま」を陸上で支援する研究支援部と日本海洋事業では当直を組んで24時間のサポートを行った。

調査航海が後半に入った、3月14日にマラッカ海峡ペナン島沖で日本船が海賊に襲われ、船長らが拉致される事件が発生した。「なつしま」は安全を期して、調査作業を2日短縮、帰路マラッカ海峡を通る予定を急遽変更して、スマトラ島・ジャワ島の南側を回り、バリ島を経由して日本に戻るコースを選択した。大地震と津波という脅威を見つめ海賊という恐怖にも晒された緊急調査航海は無事に完遂されたが、これは海陸の関係者が一致協力して安全対策を実践した成果でもある。



船体の周囲をネットで覆った



航海中の「なつしま」操舵室の様子

BOOK

『海のトリビア』

シップ・アンド・オーシャン財団、海洋政策研究所、日本海洋学会/著
日本教育新聞社/刊
980円(税別)

「トリビア=trivia」とは「雑学・些末な」という意味。人気TV番組にあやかった書名通り、海に関する様々な雑学を集めた1冊だ。もちろん、某番組とは一切無関係。編集・執筆は日本海洋学会をはじめとする海の関係団体で、集められた雑学はまさに「素晴らしい海のムダ知識」。「しんかい6500は小型船舶操縦士免許で運転できる」「鳥のウチでできた国がある」「おぼれる魚がいる」

など、常識人の虚をつくらうロコの雑学が全部で50。コラムには学術的な解説もつく。さらにユニークなのは巻末に単元配列表。小学校の教科書の内容と各「トリビア」との関連づけが一目でわかる優れたものだ。授業のネタにお困りの先生方にはうってつけ。ふだんは寝ぼけ眼の生徒たちも、不思議な海のトリビアに思わず「へ～」とつぶやいてくれるはず。



『Blue Earth』定期購読のご案内

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

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

●支払方法

最初にお届けする号に同封する請求書に基づき、その号から年度最終号の3・4月号までを一括で当機構指定の口座にお振り込みください。(請求書発行日の翌月末までの平日に限り、横浜図書館でも請求書持参のうえでお支払いいただけます。その際は手数料は必要ありません。詳細は請求書とあわせてお送りする案内をご覧ください)

●お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 情報業務課「Blue Earth」編集部
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かじめお問い合わせください。バックナンバー参照URL: http://www.jamstec.go.jp/pdf/index.html

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」)

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



プレゼント Present



日本科学未来館の Miraikanメモブックと オリジナルボールペン

今号のインタビューページ (Key Person) にご登場いただいた毛利 衛氏が館長を務め、特別企画の記事でも紹介した日本科学未来館のMiraikanメモブックとオリジナルボールペン。メモ用紙(12.5×9.5cm)が納められた特製ボックスの表には、同館のロゴマークが箔押しされています。今回は、この日本科学未来館オリジナルグッズをセットにして、抽選で10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、下記まで応募ください。応募締め切りは、2005年9月16日(金)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
情報業務部 情報業務課
「Blue Earth」編集室プレゼント係

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

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17年7月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリノユニイテッド	有限会社システム技研	株式会社日産クリエイティブサービス
アイ印刷株式会社	シナネン株式会社	ニッスイ・エンジニアリング株式会社
株式会社アクト	清水建設株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社
株式会社アサツティ・ケイ	株式会社商船三井	日本SGI株式会社
株式会社浅沼組	株式会社湘南	株式会社日本海洋科学
アジア海洋株式会社	昭和ベトリウム株式会社	日本海洋船舶株式会社
石川島播磨重工業株式会社	株式会社白石	日本海洋計画株式会社
泉産業株式会社	社団法人信託協会	日本海洋事業株式会社
株式会社伊藤高屋瓦斯容器製造所	新日本海事株式会社	社団法人日本ガス協会
栄光電設株式会社	新日本製鐵株式会社	日本興亜損害保険株式会社
株式会社エス・イー・エイ	新菱冷熱工業株式会社	日本サルヴェージ株式会社
株式会社江ノ島マリノコーポレーション	須賀工業株式会社	社団法人日本産業機械工業会
株式会社NTTデータ	鈴鹿建設株式会社	日本水産株式会社
株式会社エヌ・ティ・ティ・ファシリティーズ	スプリングエイトサービス株式会社	日本電気株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	住友電気工業株式会社	日本飛行機株式会社
株式会社OCC	清進電設株式会社	日本ヒューレット・パッカード株式会社
オートマックス株式会社	セナートバーンズ株式会社	日本無線株式会社
沖電気工業株式会社	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社	日本郵船株式会社
株式会社オーケービリアルティシステム	株式会社総合企画アンド建築設計	株式会社間組
株式会社海洋総合研究所	株式会社損害保険ジャパン	株式会社ハナサン
海洋電子株式会社	第一設備工業株式会社	海中製鋼工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	株式会社大気社	東日本タグボート株式会社
鹿島建設株式会社	大成建設株式会社	株式会社日立製作所
カナダ株式会社	大日本土木株式会社	日立プラント建設株式会社
カヤビシステム マシナリー株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	深田サルベージ建設株式会社
川崎設備工業株式会社	大陽日酸株式会社	株式会社フジクラ
株式会社川崎造船	有限会社田浦中央食品	富士ゼロックス株式会社
株式会社環境総合テクノス	高砂熟工業株式会社	株式会社フジタ
株式会社関電工	株式会社竹中工務店	富士通株式会社
株式会社キュービック・アイ	株式会社竹中土木	富士電機システムズ株式会社
共立インシリアランス・フローカース株式会社	株式会社地球科学総合研究所	物産不動産株式会社
共立管財株式会社	中国塗料株式会社	古河総合設備株式会社
極東貿易株式会社	株式会社鶴見精機	古河電気工業株式会社
株式会社きんでん	株式会社テザック	古野電気株式会社
株式会社熊谷組	寺崎電気産業株式会社	松本電機株式会社
株式会社クロスワークス	電気事業連合会	株式会社マリノ・ワーク・ジャパン
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	東亜建設工業株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
ケイジーケイ株式会社	東海交通株式会社	株式会社マルタン
京浜急行電鉄株式会社	海陽マリンシステムズ株式会社	株式会社マルト
ケー・エンジニアリング株式会社	東京海上自動火災保険株式会社	三鈴マナリー株式会社
KDDI株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	株式会社みずほ銀行
株式会社ケンウッド	東北環境科学サービス株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
神戸ペーパー株式会社	東北ニユークリア株式会社	株式会社三井住友銀行
国際気象海洋株式会社	東洋建設株式会社	三井造船株式会社
国際警備株式会社	株式会社東陽テクニカ	三菱重工業株式会社
国際石油開発株式会社	東洋熱工業株式会社	株式会社三菱総合研究所
国際ビルサービス株式会社	戸田建設株式会社	株式会社明電舎
小倉興産株式会社	飛島建設株式会社	株式会社森京建築事務所
五洋建設株式会社	五洋建設株式会社	有限会社やすだ
相模運輸倉庫株式会社	株式会社中村鉄工所	郵船商事株式会社
三建設工業株式会社	奈良建設株式会社	ユニバーテック株式会社
株式会社三晃空調	西芝電機株式会社	船橋ナフコ造船株式会社
三洋テクノマリノ株式会社	西松建設株式会社	株式会社緑星社
株式会社ジーエス・ユアサ テクノロジー	日南石油株式会社	レコードマネジメントテクノロジー株式会社
財団法人塩事業センター	日油技研工業株式会社	若葉建設株式会社

編集後記

無人探査機「かいこう7000」の本格的な運用が開始されました。「かいこう」の事故から「かいこう7000」への改造については2004年9・10月号でも取り上げましたが、今号では運用までの経緯を紹介しています。

無人探査機といえば、先日、NHK教育TVのドキュメンタリー映画「バラードのタイタニック再会」を見ました。話の内容は、ニューファンドランド沖の水深4,000mの海底に沈没した豪華客船「タイタニック」を1985年に発見したバラード博士(当時ウッズホール海洋研究所)が、無人探査機を使って20年ぶりに海底の「タイタニック」

を再調査するというものです。実は、「タイタニック」が発見されて以後、大勢の人たちがそこを訪れていたのです。単に潜水船で見るだけではなく、遺物を勝手に引き上げたり、船体の一部を持ち去る者まで出る始末です。特に、1997年に封切られた映画「タイタニック」の大ヒットによってブームが加熱し、なかには、高額な料金を支払って潜水船をチャーターし、船体の上で結婚式を挙げるカップルまでいたということです。さらに、1987年に遺物を引き上げる権利を得た財団が、世界中でイベントを開いていますが、金儲けのためと非難を浴びています。

2004年にバラード博士は、最新の無人探査機で再び「タイタニック」に戻ってきました。彼は、発見当時から「沈没現場は、歴史的遺産としてそのままに保たれるべきです。そこは、乗客の墓だからです」と主張していました。しかし、無人探査機から送られてきた映像には、無惨に傷ついた「タイタニック」が海底に横たわる姿が映し出さ

れていました。手すりは曲がり、甲板はへこみ、船の備品がたくさん持ち去られていました。バラード博士は、高解像度のデジタル画像を作成し、いかに船体が傷つけられているかを世界に訴えました。これが功を奏し、米国は、「タイタニック」を保護する国際条約に調印したということです。

バラード博士は、沈没現場まで海底ケーブルを引いて、船体を傷つけずにTVカメラによって多くの人たちに「タイタニック」を見てもらいたいという提案をしています。JAMSTECでも、海底ケーブルシステムにより長期観測を行っています。技術的には、沈没船を観察するシステムをつくることは可能かもしれません。しかし、もし、わが国周辺で有名な沈没船が発見されたとしたら、「タイタニック」のような議論が起こるでしょうか? おそらく、根本的な日本人と欧米人の死生観(宗教観)の違いから、御霊を弔うために慰霊祭を行い、船体をそのままそとしておくのが最良であるという結論になるような気がします。(T.T)

海と地球の情報誌「Blue Earth」第17巻第4号(通巻第78号)2005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 柴田 桂
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務課 土屋 利雄

本部〒237-0061 神奈川県横浜市中区磯子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.03-55157-3900(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



地球深部探査船「ちきゅう」

The Deep Sea Drilling Vessel **CHIKYU**

海洋研究開発機構が建造を進めていた地球深部探査船「ちきゅう」が、今年7月に完成した。2001年4月に三井造船玉野事業所（岡山県）で起工式が行われて船体の建造が始まり、2003年夏からは三菱重工長崎造船所香焼工場（長崎県）で掘削機器の搭載が進められてきた。技術開発が始まってからおよそ15年、日本が世界最大級の科学掘削船を保有し、深海掘削科学で世界のリーダーシップをとるという夢が、ようやく実現しようとしている。今後は、海上確認運転や搭載機器のテスト、乗員のトレーニング、掘削試験航海などが行われ、2007年度の本格的な運用に向けての準備が進められる。

独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamtec.go.jp/>