

海と地球の情報誌

BlueEarth

Japan Marine Science and Technology Center

特集

地球システム変動の
解明をめざして

IODP始動!

11・12 2003
月号



JAMSTEC Report

沖縄は2つの海流に挟まれていた

BlueEarth Museum

愛称は“ビッグレッド”糸状の触手を持たない変わり者

Interview

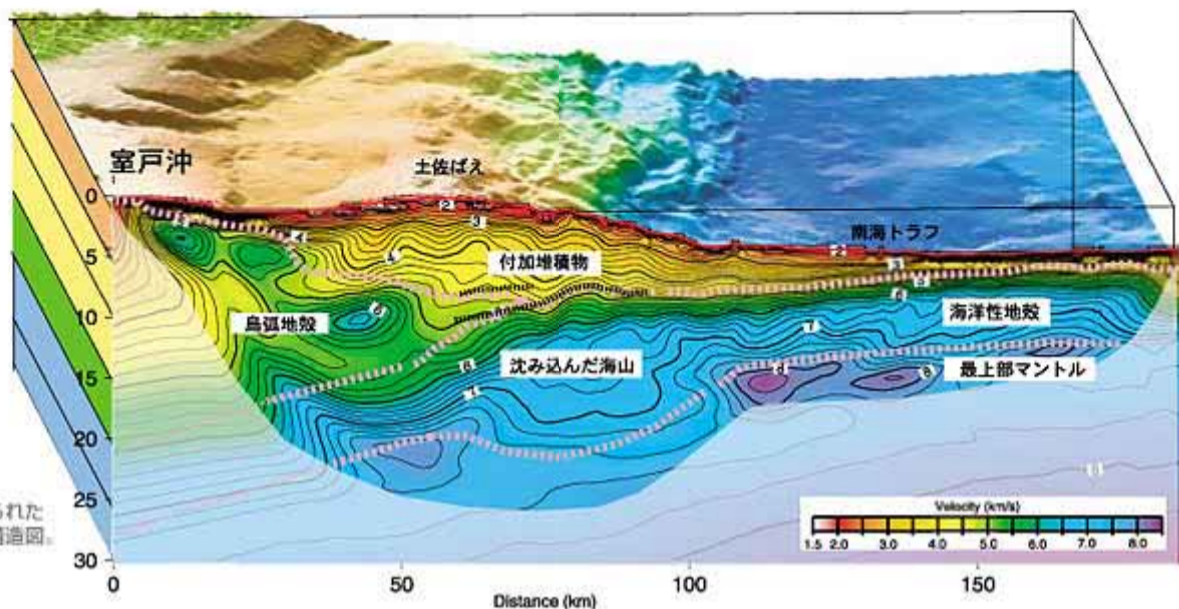
自ら考え作業する水中ロボット開発中「目指すは海洋版・アトム」

Bottom Seis
Marine Science and Tec
cho 2-15

Site 50
Bottom
Japan Marine Science
Natsushima-cho 2-15, Yokohama
TEL: 044-754-2111

四国沖南海トラフで巨大海山の沈み込みを発見！

大規模かつ高密度な深部構造探査が明らかにした沈みゆく海山



深部構造探査によって得られた四国沖南海トラフの深部構造図。

2000年7月、海洋科学技術センターの海底深部構造フロンティア（現在は固体地球総合フロンティア研究システムに改組）が明らかにした南海トラフの深部構造図は、長さ約50km、高さ約3kmという富士山クラスの巨大な海山が、高知県室戸岬沖東方（土佐ばえ）の深度約10km付近に沈み込んでいる様子を、はっきりと示していた。

沈み込む海山の存在については、それまでの地磁気異常や、海底地形からも予想されていたが、確かに存在していることが、深部構造探査によって、初めて確認されたのだ。海山の発見に結びついた四国沖南海トラフの深部構造探査は、およそ1年前の1999年、西部南海トラフにおける海溝型地震発生域の深部構造を詳細に把握することを目的として実施された、世界でも例のない大規模かつ高密度なもので、陸域と海域とで合わせて行われた（相互発信受信）。陸域では、香川県と徳島県でダイナマイト（500kg）の発破を行い、続いて海域で、通常探査の3～4倍のエネルギーを持つ大容量エアガン（容量約200リットル、140気圧）を発振して人工地震波を発生させ、陸域深部や海底下深部を伝播して、地表や海底面に到達する振動を地震計で捉えるというものだ。観測を行うために準備された地震計は、陸域用が70台、そして、海域には、100台に及ぶ海底地震計が用意され、1～2km間隔という高密度で設置された。測線は、陸・海域合わせて350kmにも及んだ。

こうした大規模な探査によって発見された海山は、南海地震の破壊過程においてバリアの役割を果たした可能性が高いとされ、今後の巨大地震の発生にも大きく関わると考えられている。



圧搾空気によって人工的に地震波を発生させるエアガン



海洋調査船「かいよう」の船上に並ぶ海底地震計。1999年の探査には深海調査船「かいらい」も動員された

Blue Earth

11・12月号／2003

Contents

2 特集 地球システム変動の解明をめざしてIODP始動！

深海底掘削によって地球システムの理解を深め
人類と地球の未来を開拓する

4 IODPで展開される深海底掘削が明らかにする地球のメカニズム

8 南海トラフの深海底掘削によって巨大地震のメカニズムを明らかに

12 新しい地球科学の創成をめざして

14 「IODP発足記念シンポジウム」東京で開催

15 IODP掘削コア試料の保管・解析を担う国際研究拠点
高知大学海洋コア総合研究センター

20 Interview 研究者・技術者に聞く

吉田 弘 研究員
海洋技術研究部

24 Blue Earth Museum

愛称は“ビッグレッド”糸状の触手を持たない変わり者

26 JAMSTEC Report

沖縄は2つの海流に挟まれていた

30 JAMSTEC Report

BEAGLE2003 のホームページを開設

32 JAMSTEC Report

UNEP ABC公開シンポジウム

34 Face Staffの横顔

地球フロンティア研究システム 研究推進スタッフ
秋庭 はるみさん

36 Marine Science Seminar

「地球温暖化とその予測」

39 BE Room

40 Present / 編集後記

賛助会会員名簿

表紙：「自己浮上型海底地震計」写真協力：日本海洋事業株式会社
※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

深海底掘削によって地球システムの理解を深め人類と地球の未来を開拓する

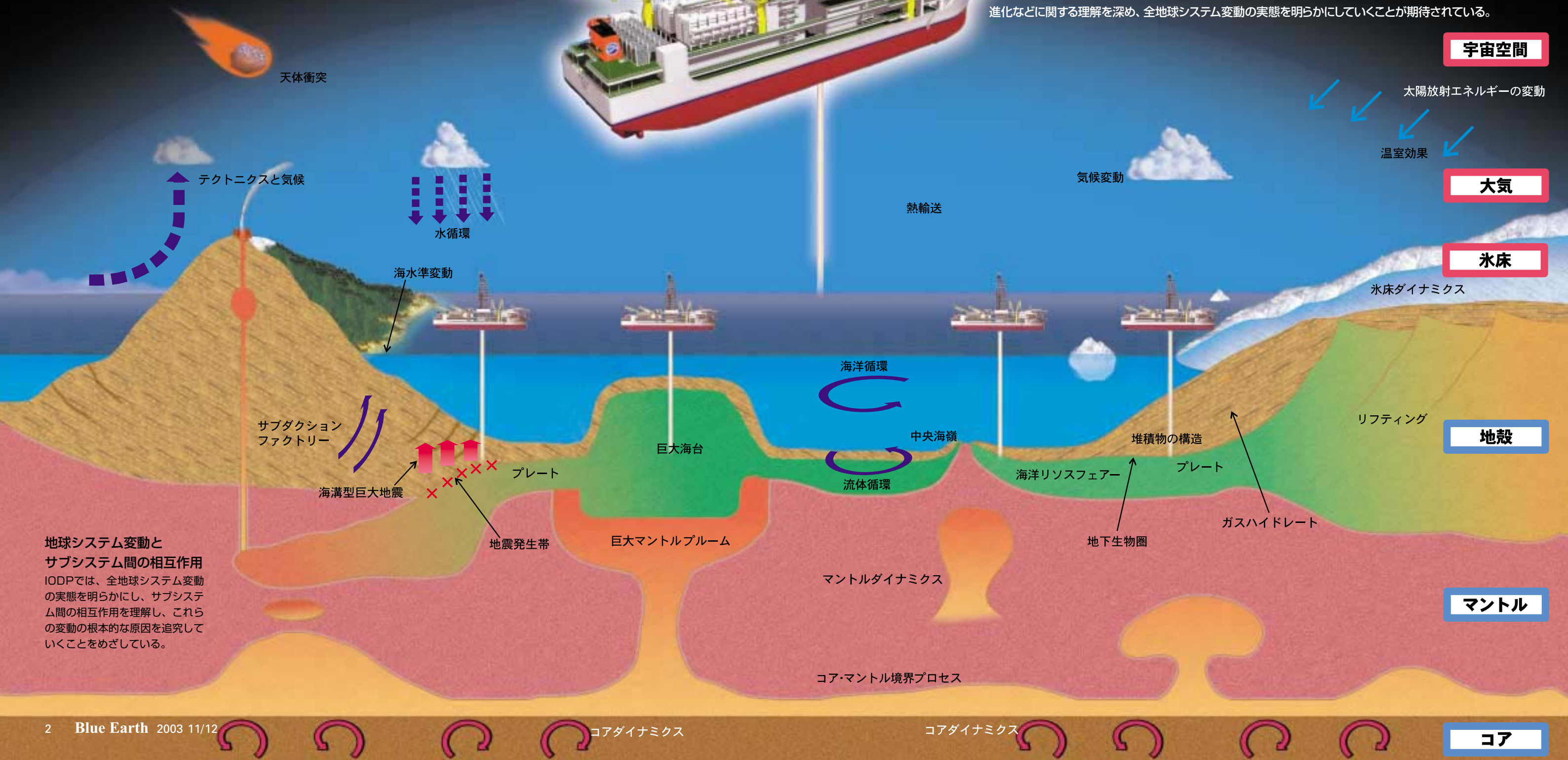
2003年10月、統合国際深海掘削計画 (IODP) 発足

日本と米国を軸に、地球科学の新たなステージを開拓する大規模な科学研究計画が、いよいよ今年10月にスタートした。深海底掘削によって新しい地球観を創造することをめざす、統合国際深海掘削計画 (IODP: Integrated Ocean Drilling Program) の発足だ。

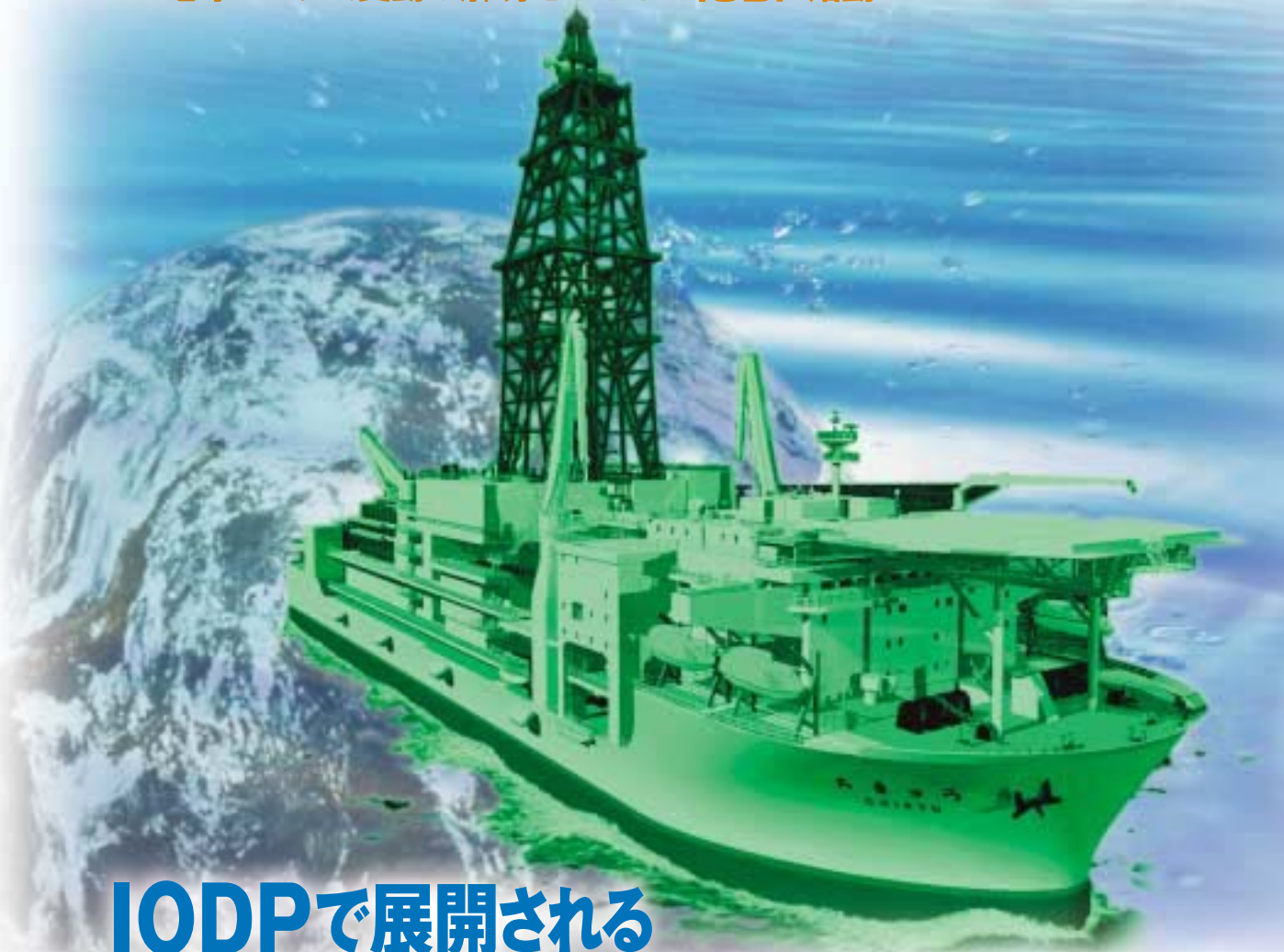
科学目的の深海底掘削は、1960年代に始まった。1968年には米国の研究計画として、グローマーチャレンジャー号による深海掘削計画 (DSDP) が1974年まで実施され、海洋底拡大説を実証するなどの成果をあげた。続いて、1975～1983年には国際共同研究として国際深海掘削計画 (IPOD) が行われ、中央海嶺や海溝の実態、また地球の気候変遷などを明らかにしてきた。さらに、国際深海掘削計画 (ODP、1985～2003年) では、ジョイデスレゾリューション号が就航し、その優れた掘削技術によって、恐竜をはじめ生物の大量絶滅を引き起こしたとされる巨大隕石衝突の証拠を発見

するなど、様々な研究成果を残してきた。このように、深海底掘削は地球システムおよびその変動を解明するために多大な貢献を果たし、いまや新しい地球観の構築になくてはならない存在となっている。

この秋から始まったIODPでは、日本が建造を進めている地球深部探査船「ちきゅう」と米国が提供する掘削船など、複数の掘削船を用いて高度な深海底掘削を展開し、これまでの成果をさらに発展させ、気候変動の解明をはじめ、プレートテクトニクス、火山活動、地震、地下生物圏や生命の進化などに関する理解を深め、全地球システム変動の実態を明らかにしていくことが期待されている。



地球システム変動とサブシステム間の相互作用
IODPでは、全地球システム変動の実態を明らかにし、サブシステム間の相互作用を理解し、これらの変動の根本的な原因を追究していくことをめざしている。

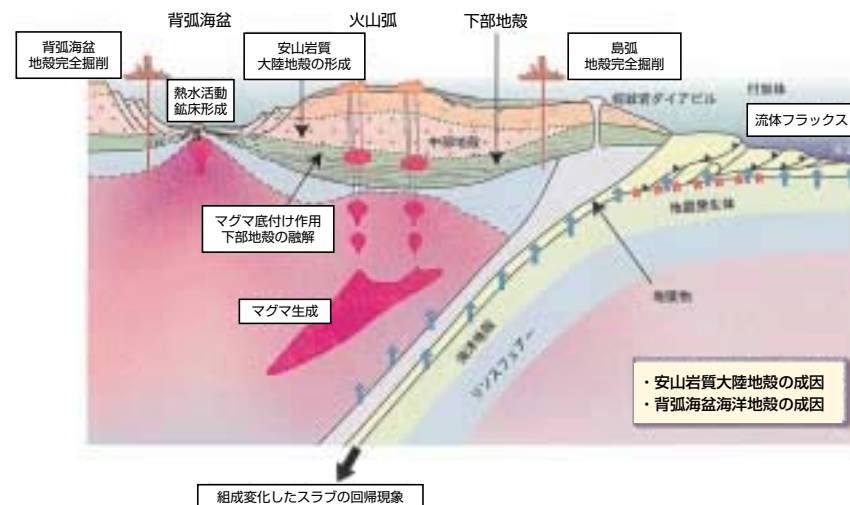


IODPで展開される 深海底掘削が明らかにする地球のメカニズム 高度な掘削技術を用いて進められる地球科学への挑戦



取材協力：
海洋科学技術センター
末廣 潔 理事

IODP発足に先立ち、日本は1994年にライザー方式を採用した地球深部探査船を建造して深海底掘削を行う「深海地球ドリリング計画 (OD21)」を提案した。当時のODPで使用されていた掘削船は、ドリルパイプだけで掘り進む(非ライザー方式)ため、掘削深度が制限され、コア(堆積物や岩石試料)の回収率が低いなどの問題があった。削り屑をパイプを通して船上に回収するライザー方式ならば、より深く、安定した掘削が可能になる。OD21は、先進の技術を活用して新たな深海底掘削にチャレンジしていこうとする21世紀の深海掘削計画だった。この提案を受けて、ライザー掘削によってのみ実現可能な科学目標を選定して技術的な問題を検討する作業が、国際科学界全体で行われた。これが、1997年に東京で開催されたCONCORD会議(Conference on Cooperative Ocean Riser Drilling)だった。そして、1999年には、非ライザー掘削船を用いた科学計画を検討するための国際会議(COMPLEX: Conference on Multiple Platform Exploration)がカナダ・バンクーバーで開催された。これらの会議の検討成果をもとに、OD21とポストODPを一連のプロジェクトとして統合し、さらに発展させるべくIODP初期科学計画がまとめられた。さらに、IODPの推進において米国とともに主導的な役割を果たす日本では、IODPの目的達成のために日本が取り組んでいこうとする研究テーマに関して、独自の科学計画を具体的に提案している。いよいよスタートしたIODPにおいてどのような科学研究が進められようとしているのか、その内容を紹介していこう。



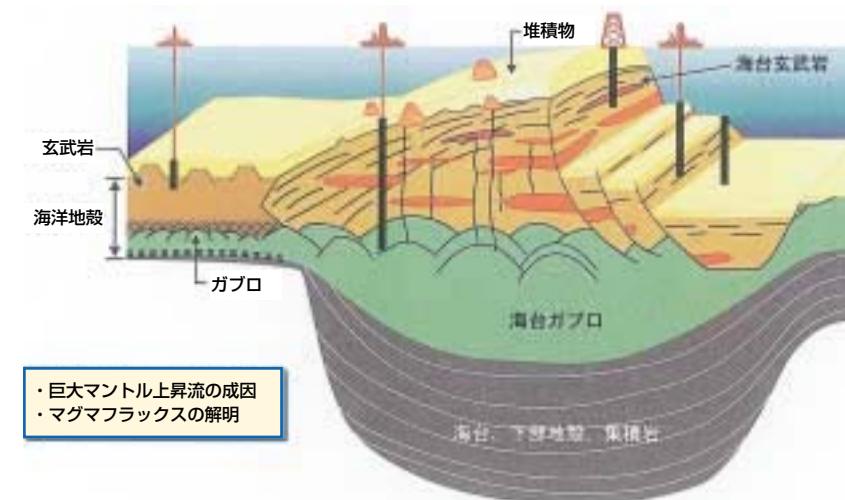
沈み込み帯における深部掘削。海洋島弧地殻の物質科学的特性の解明、背弧海盆地殻の完全掘削による地球表層プレート物質の性質解明が期待されている。

深海底掘削の 新たなステージ

1960年代から、これまで40年以上にわたり科学目的の海洋底の掘削が行われてきた。海洋地殻には、すでに2,000以上の掘削孔が掘られ、採取された堆積物や地球内部物質によって、地球システムの様々な謎が解き明かされてきた。しかし、これまでの科学掘削では、最も深いものでも海底下約2,100mまでしか到達できず、地球表面の約7割を占める広い海洋の底には、未調査のまま残されている広大な海洋地殻が存在し、さらにその下には人類未踏のマン틀がある。そして、そこには掘削以外の方法では得ることができない、地球システムを解明するための重要な手がかりとなる試料や情報が眠っている。

2003年10月にスタートした統合国際深海底掘削計画(IODP)は、これまで進められてきた国際深海底掘削計画(ODP)を継承するだけでなく、最新の技術を投入して深海底下の未踏領域にチャレンジするとともに、より総合的に掘削研究を行い、「新しい地球観の創成」をめざしている。IODPがODPと大きく異なるのは、複数の掘削船を運用して研究が進められる点だ。ODPでは非ライザー方式の掘削船・ジョイデスレゾリューション号によって深海底掘削が行われてきた。だが、IODPで

は、現在日本が建造を進めているライザー方式の地球深部探査船「ちきゅう」と、米国が新たに用意する予定の非ライザー掘削船など、複数の掘削船によって研究が進められることになっている(ヨーロッパ諸国もコンソーシアムを組み、浅海・氷海域の特定任務掘削船を用意する計画がある)。また、ODPでは2ヶ月間でひとつのプログラムが行われてきたが、今後は複数の掘削船を有機的に連携させながら、一連のプログラムをまとめた大きなプロジェクト(複合プログラム: Complex Drilling Program)を展開することも可能になった。地質学、地球物理学、地球化学、生物学など、いろいろな分野の研究者が学際的に集まり、ひとつの海域に長



巨大海台における深部掘削。巨大マン틀上昇流の起源の解明・マグマフラックスの定量的解明が中心課題であり、西部太平洋域で最大規模の海台で今までに掘削実績のあるオントンジャワ海台での掘削が提案されつつある。

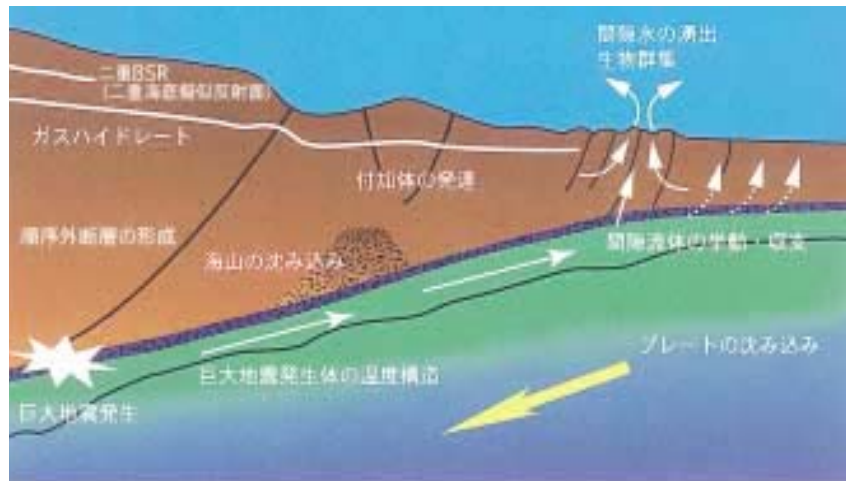
期的・複合的にコミットする計画も実現できるという。

さらに、日本にとってIODPがこれまでと大きく違うのは、日本が米国とともに主導的な立場で深海底掘削を実施していくことだ。これまでの深海底掘削は、基本的に米国主導で進められてきたが、今後は日本も世界をリードしながら掘削研究を展開していく役割を担う。そのためには、日本のやり方を明確に提示し、それを国際的な科学研究として融合させることにより、大きな成果を挙げていくことが求められる。日本の研究者の乗船機会が飛躍的に伸びることを大いに利用していただきたい。

IODPで実施される科学計画

IODPの深海底掘削は、具体的には次のように進められる。まず、国際海洋掘削科学研究者コミュニティが掘削研究の目標となる科学計画を策定し、研究者はこの目標に沿った掘削提案(プロポーザル)を作成して申請する。申請された提案は、国際的な科学アドバイス組織(SAS)の公平な評価審査に基づいて検討され、実施が決められる。

IODPを効率的に推進していくために、発足に先立って、1999年に目標となる科学計画を策定するIODP計画検討小委員会(IPSC)が組織された。委員会は、



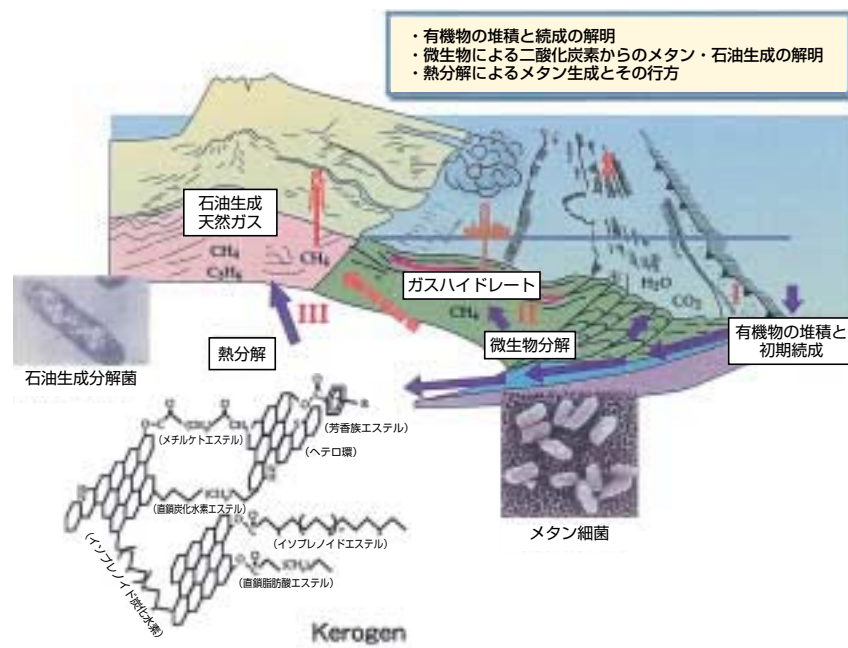
沈み込み帯・地震発生帯における研究。沈み込み帯で進行するプロセスは、地圏-生物圏-表層流体圏の相互作用の産物といえ、付加体における有機物循環と地下生物圏の解明、巨大地震のメカニズム・サイクルとテクトニクス、物質循環の解明、付加体地下環境に生息する極限環境微生物のバイオロジー等の研究が必要である。

1997年のCONCORD、1999年のCOMPLEX両会議の提言などをもとに検討を重ね、IODPの初期10年間(2003~2013年)の科学目標であるIODP初期科学計画(ISP)をまとめた。このISPには、次のような3つの大テーマと8つの重点目標があげられている。

- 地下生物圏と海底下に広がる「海」
 - ・地下生物圏の探査
 - ・ガスハイドレートの分布と性質の解明
- 地球環境変動とその生命圏への影響
 - ・地球環境変動の内的要因の解明
 - ・地球環境変動の外的要因の解明
 - ・地球システム内の相互作用の解明
- 固体地球における物質循環とそのダイナミクス
 - ・巨大海台、海洋地殻、大陸縁の形成と進化の解明
 - ・地球内部物質循環と大陸地殻・マン托ルの進化の解明
 - ・地震発生帯の包括的理解

IODPは国際的な科学研究プログラムであり、研究者が自らの提案を実現させるためには、国際レベルの研究者間の競争に勝たなければならない。つまり、いかにして高い評価の得られる掘削研究を提案するかが重要になる。こうした国際レベルの競争に伍していくためには、ある意味での戦略が必要であり、また、国内の科学研究体制が、

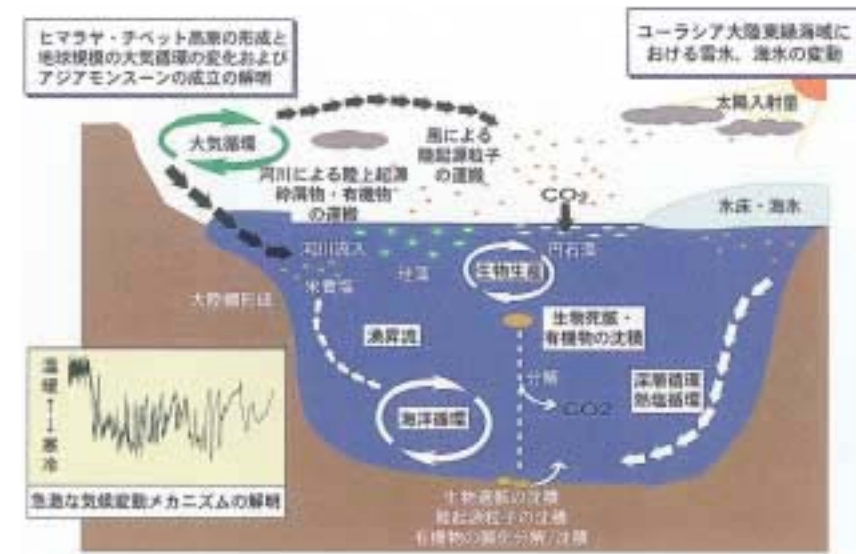
それを可能にするだけの環境を保持していることが求められる。そのため、日本では独自の科学計画を作成している。これは、日本の研究者コミュニティの意思を汲み取りながらまとめた、IODPの原則を踏まえながら日本の研究者がIODPに主体的・積極的に参加していくための青写真ともいえるものだ。いい換えれば、ISPの目標達成のために、日本が何を實現していくべきかを提言し、その根拠となる科学目標を、日本の研究者の成果蓄積が大きい



沈み込み帯の物質循環。付加体において有機物の循環と地下での微生物活動が活発に行われており、エネルギー資源であり地球温暖化物質ともなる炭化水素が生産・蓄積・分解されていることが考えられている。

と思われるテーマから選出したものでもある。その内容を簡潔に紹介すると次の通りだ。

- マントル活動と地球システム変動
 - ・西太平洋巨大海台の深部掘削による白亜紀コアマントル活動の解明
 - ・太平洋域の白亜紀-新生代堆積物の掘削による温室世界における物質循環および温室世界から氷室世界への転換過程の詳細解明
- 地殻活動と地球システム変動
 - ・海洋島弧の深部掘削による大陸地殻形成過程の解明
 - ・背弧海盆拡大系の深部掘削による海洋リソスフェア形成過程の解明
 - ・アジア大陸周囲の縁海および陸棚斜面掘削による大陸-海洋-大気リンケージの解明
- 沈み込み帯ダイナミクス・物質循環と地球システム変動
 - ・付加体における有機物循環と地下生物圏の解明
 - ・巨大地震のメカニズム・サイクルとテクトニクス、物質循環の解明
 - ・付加体地下環境に生息する極限環境微生物のバイオロジー
- 長期孔内計測



アジア大陸周囲の縁海および陸棚斜面掘削による大陸-海洋-大気リンケージの解明。大陸の成長やその集合離散が、海洋・大気の変動に対して果たした役割を解明するためには、東アジアおよびインド亜大陸縁部の縁海や大陸棚斜面に分布する中新世以降の高時間解像度堆積物を連続掘削し、高精度解析を行うことが必要である。

実施に向けて動き出した深海底掘削プロジェクト

2003年9月、IODPの発足を前に、札幌でIODP国際会議が開催された。このなかで、これまでに出されている掘削提案のなかから実施に向けて優先順位を決める科学計画委員会(SPC)も開催され、IODPは実質的なスタートを切った。

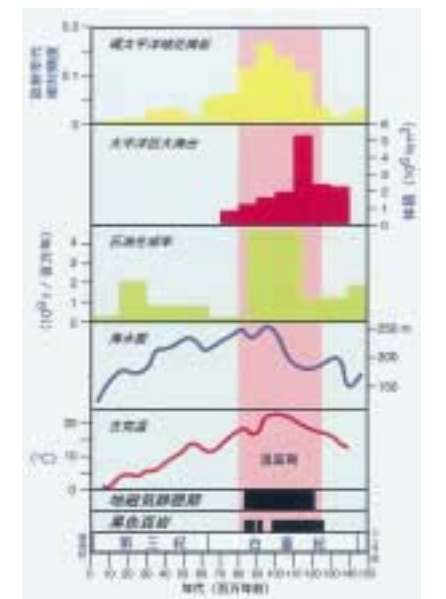
現在、正式にIODPへの参加を決めているのは、日本と米国だけだが、会議にはオブザーバーとして参加を予定しているヨーロッパの代表も加わった。そして、この会議のなかで、IODPとして最初の深海底掘削となるプログラムが決定した。掘削が行われるのは、東太平洋のファン・デ・フカ海嶺と北大西洋(西経24~45度付近)で、具体的には、2004年の夏ごろから始まることになりそうだ。掘削船はこれまでODPで使用されてきたジョイデスレゾリューション号を新たにチャーターしなおして使用されることになった。米国は、IODPに向けて新たな非ライザ一方式の掘削船を用意する計画だったが、初回のプログラムには間に合わず、暫定的にジョイデスレゾリューション号を運用することに決まった。

東太平洋のプログラムは、地殻内流

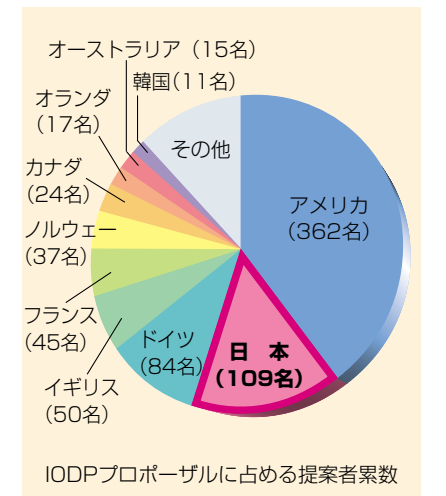
体の動きをテーマに掘削が行われる。ファン・デ・フカ海嶺の海底地殻内で水がどのように行き来し、どのような物質循環が進行しているのかを掘削によって明らかにしようとする計画だ。この海域では、将来的に海底ケーブルを使用した海底観測ネットワークを構築する計画もあり、こうした計画ともリンクさせていく考えだという。北大西洋でのプログラムは、環境変動を主なテーマとした掘削で、海底堆積物から過去の環境変動に関する精密なデータを得ようとしている。そのため、比較的浅い深度の掘削を多数実施することになる。

この2つのプログラムに加えて、ヨーロッパ諸国が正式に参加することが決まれば、3つ目のプロジェクトとして、北極海での掘削プログラムが行われることも決まっている。これは、北極海の中央部にあるロモノソフ海嶺で掘削を実施しようという計画だ。北極海の中央部ではこれまでほとんど掘削は行われておらず、具体化すれば新たな発見が期待される。実施に際しては、ヨーロッパが掘削船と砕氷船を特別にチャーターすることになる。

すでに日本からも多くの提案がなされており、早期の日本提案の実現が望



温室期地球システムの例としての白亜紀中期。巨大マントルブルームと大気中の二酸化炭素濃度・温暖気候の発達との因果関係、地球表層と地球中心核の相互作用、黒色頁岩を堆積させたイベント(Oceanic Anoxic Event: OAE)の様式やメカニズムの解明が期待されている。



まれる。なかでも、日本が特に力を入れて実施に向けて検討しているのが、地震発生帯での掘削だ。特に注目しているのは巨大地震が数多く発生している南海トラフだ。現在建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」による掘削も、まずこの海域で行いたい考えだが、その前にも非ライザ一掘削船でその参考となる予備的な掘削を実施しておきたい。すでに、来年の採用をめざして掘削の提案書(改訂版)の申請を済ませたという。

南海トラフの深海掘削によって 巨大地震のメカニズムを明らかに IODPによる地震発生帯の包括的研究に寄せられる期待



取材協力：
金田 義行 領域長
固体地球統合フロンティア
研究システム
プレート挙動解析研究領域

地震国・日本においては巨大地震発生の仕組みを解明し、予知や防災に役立てる研究への社会的要請度はきわめて高く、IODPの深海掘削によって巨大地震発生のメカニズムを明らかにすることへの期待は非常に大きい。4つのプレートの境界に位置する日本列島では各地で海溝型巨大地震が発生しており、様々な海域で地震研究が進められている。そのなかでもM(マグニチュード)8クラスの地震が繰り返し発生している南海トラフは、最も研究が進んでいる場所のひとつであり、IODPの研究ターゲットとしても注目されている。

固体地球統合フロンティア研究システム・プレート挙動解析研究領域では、地殻構造解析グループ(構造研究)、地震発生メカニズム研究グループ(物質科学的研究)、プレート挙動モデル研究グループ(モデリング研究)の3つを連携させつつ、これまでに南海トラフにおいて多くの構造探査と研究を行ってきた。その蓄積に、今回のIODP(統合国際深海掘削計画)で地震発生帯の断層岩を直に調査して得られる知見を組み合わせることで、地震発生のメカニズム解明が大きく前進すると期待されている。

これまでの構造探査でわかったこと

1944年と1946年にはわずか2年違いで東南海地震(M7.9)と南海地震(M8.0)が起こっており、南海トラフの巨大地震は今後30~40年以内に起こる確率が高いとされている。プレート挙動解析研究領域では、これらの巨大地震を研究のターゲットとして、この南海トラフ周辺において多数の構造探査を行ってきた(図1)。これらの構造探査から海溝型巨大地震の発生メカニズムを規定すると考えられる、

大規模スケールでのいくつかの構造要因が明らかになってきた。

まず、南海地震の震源域を調査した結果、そこに富士山規模の巨大海山が沈み込んでいることが明らかになった(図2)。さらにその巨大海山が沈み込んでいる先に、強い反射面が発見された。また、海山の西側から足摺岬沖にかけても、プレート境界のすぐ上に強い反射面が分布していることがわかった(図3)。これらの反射面には水などの流体が溜まっていて、

その周辺に地震のエネルギーを蓄えるほどの強度がないのではないかと推定される。海山と反射面という2つの構造要因は、以下に示すように地震発生にとってたいへん重要である。

1946年の南海地震は、地震や津波の波形が観測され、データとして記録されているため、それらを現代の手法を用いて解析することで、地震の破壊域(地震によって岩盤にずれが生じた部分)がわかる。プレートは、普段はその上の岩盤と固着

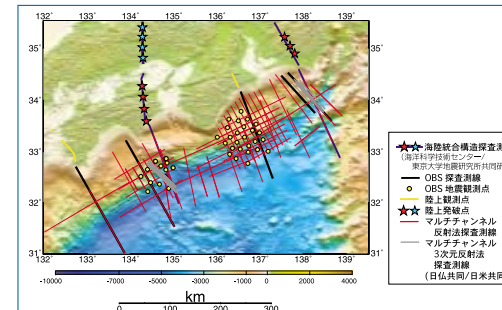


図1 南海トラフ測線図
南海トラフ構造調査の測線図。黒線は海底地震計を使い深部を対象に構造を調べている部分。赤線の部分は反射法によって比較的浅いところをより詳細に調査している。紺色の線は海と陸を合わせて東京大学地震研究所と共同調査を行っている。国際的に見ても日本周辺でも学術目的でこれだけ集中的かつ詳細に調査されているところは他に例を見ない。

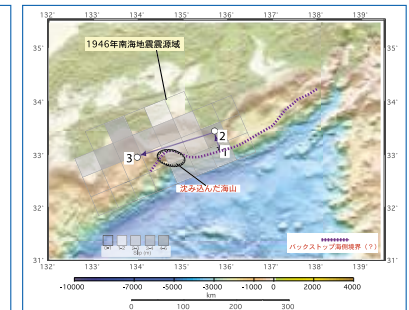


図2 1946年南海地震震源域
津波から求めた南海地震の際の滑り量の分布図。番号は地震波の解析から推定された、破壊の起こった順番を示す。破壊域と沈み込んだ海山を合わせると図のようになり、海山の西部には破壊が進まなかったことがわかる。

と一緒に沈み込んでいる。それがあつ、上の岩盤がプレートとの固着を壊しながら元の状態に戻ろうとする。これが海溝型巨大地震の時の「滑り」であり、その分布は一律ではない。異なったパターンの滑り分布からは、異なった地震波や津波が観測されるので、地震波や津波を解析することで、どこでどの程度滑ったのかを推定することができる。

解析の結果、破壊は海山の東側から海山を取り巻くような形で進み、強い反射面を破壊をブロックするとともに、反射面では破壊が生じるエネルギーを蓄積していかなかったのではないかと考えられる。

1944年に地震のあつた熊野灘沖の東南海エリアでも、反射法をメインとする構造探査を行ってきた。そこで存在が明らかになってきたのが「分岐断層」(図4)である。分岐断層は、大地震の破壊がプレート境界から分岐するもので、地震発生過程を理解する上でたいへん重要である。特に地震発生帯の上限を規定する一因と考えられる(図5)。また、分岐断層によって破壊が急角度で上っていくと、海底の上下動が大きくなるために津波が起こりやすくなると考えられる。したがって分岐断層を評価することで、地震のメカニズム解明に資するとともに、防災に必要な高精度な津波の評価にもつながる。

また東海沖では、深部構造探査の結果によると銭洲海嶺の北に、すでに沈み込んだ古銭洲海嶺があり、さらにその北にその前の古古銭洲海嶺が沈み込んでいることがイメージングされている(図6)。海嶺は海山と違って線状に存在するので、構造としての影響が大きいと考えられる。また古古銭洲海嶺は東海地震想定震源域の中にあり、この地域が次の地震のエネルギーを蓄えている大きな構造的要因ではないかと考えられている。でこぼこした海嶺が沈み込んで、現在「つかえ棒」になっているが、いつかそれが外れる可能性があるというわけだ。

以上見てきたように、沈み込んでいく海底の起伏や地形が東海・東南海・南海

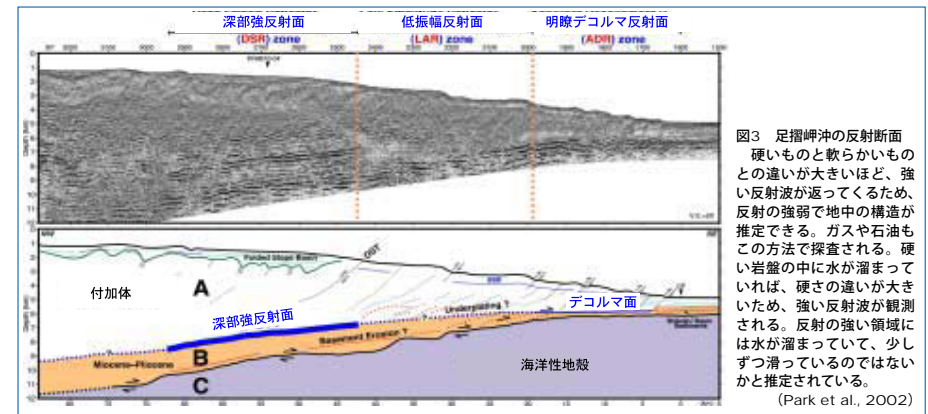


図3 足摺岬沖の反射断面
硬いものと軟らかいものとの違いが大きいほど、強い反射波が返ってくるため、反射の強弱で地中の構造が推定できる。ガスや石油もこの方法で探査される。硬い岩盤の中に水が溜まっていれば、硬さの違いが大きいため、強い反射波が観測される。反射の強い領域には水が溜まっているので、少しずつ滑っているのではないかと推定されている。(Park et al., 2002)

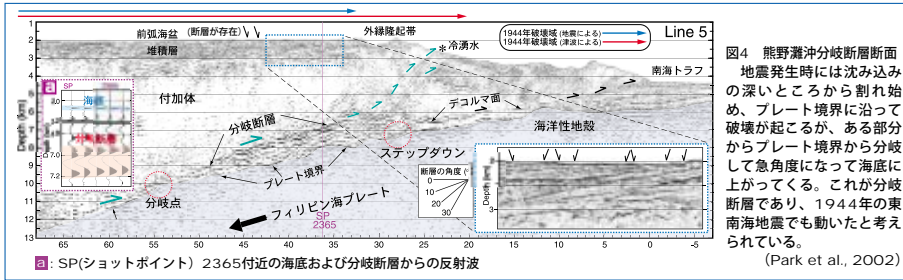


図4 熊野灘沖分岐断層断面
地震発生時には沈み込みの深いところから割れ始め、プレート境界に沿って破壊が起こるが、ある部分からプレート境界から分岐して急角度になって海底に上がってくる。これが分岐断層であり、1944年の東南海地震でも動いたと考えられている。(Park et al., 2002)

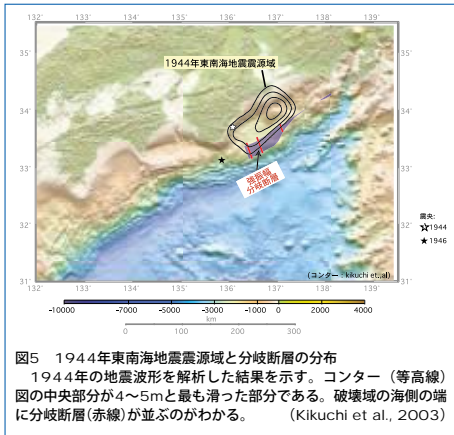


図5 1944年東南海地震震源域と分岐断層の分布
1944年の地震波形を解析した結果を示す。コンター(等高線)図の中央部分が4~5mと最も滑った部分である。破壊域の海側の端に分岐断層(赤線)が並ぶのがわかる。(Kikuchi et al., 2003)

タキライトは断層が高速でずれた時の摩擦熱で岩石が溶けてガラス質になったもので、「地震の化石」と呼ばれている。今回発見されたのは、約5,000万年前の海溝型巨大地震の断層が海溝堆積物による付加作用で次第に地上に押し上げられた「四万十帯」と呼ばれるところにあり、シュードタキライトを含む断層岩は高知県の海岸に露出していた。(図7)

カニズム研究グループは、断層の物質学的特質をサンプリングや岩石実験によって評価している。シュードタキライトからわかるように、岩石が破壊されて滑るのは厚さにすればミリ単位である。あるところが数ミリ幅で滑り始めると、それがトリガーとなって破壊が広がる。そして、わずか数ミリの厚さながら、長さも幅も100km単位の非常に広域なところで、数秒から数分にかけてたくさんの部分が破壊する。つまり破壊を引き起こすのはマイクロの世界での物質の挙動なのである。

そのマイクロな地震発生メカニズムとマクロな構造的メカニズムをいかに整合させるかが今後の課題であるが、両者の間にはまだまだ距離がある。高圧実験で岩石を破壊したり滑らせることができ、大きな構造要因も明らかになってきたが、それらを結びつけることは難しい。その大きな隙間を埋めるためには、まずはこれまで地震の化石からわかってきたマイクロな断層メカニズムにもとづいた断層帯モデルを構築し、さらに掘削によって現在活動している震源域の断層岩を採取・分析することで、さらにその断層帯モデルを高度化する。また、マイクロな断層帯モデルにもとづいて数値シミュレーションを行い、その結果をマクロな視点で解釈することで、マクロレベルでの断層の性質を導く必要がある。それらを合わせることで、初めて地震の全体像がわかってくる。

2006年度に本格的にスタートするIODPには、熊野灘沖の分岐断層を含めた掘削計画が提案されている。地球深部探査船「ちきゅう」が掘削できるのは、水深2,500m以下の海底で、さらに海底下か

地震の起こり方を決める要因の一部になっているのであろう。南海震源域では海山が沈み込んでおり、足摺沖のプレート境界の浅い部分には水の存在を示唆する強い反射面がある。これら海山と水の存在ゆえに、南海地震の西の部分はあまり滑らなかったのではないかと推定できる。東南海地震に関しては、南海との境界を決める要因は不明だが、分岐断層の存在が、海側のどこまで破壊が進むのかを規定している可能性がある。古古銭洲、あるいは古銭洲海嶺は、東海地震を起こす構造的要因であり、古銭洲海嶺の西側の延長部が東南海と東海地震を分けていると考えられる。

掘削がマクロ(巨視的現象)とマイクロ(微視的現象)の研究をつなぐ
もう一つの成果は、世界で初めて過去のプレート沈み込み帯でシュードタキライトが発見されたことである。シュード

タキライトは断層が高速でずれた時の摩擦熱で岩石が溶けてガラス質になったもので、「地震の化石」と呼ばれている。今回発見されたのは、約5,000万年前の海溝型巨大地震の断層が海溝堆積物による付加作用で次第に地上に押し上げられた「四万十帯」と呼ばれるところにあり、シュードタキライトを含む断層岩は高知県の海岸に露出していた。(図7)
シュードタキライトは厚さわずか数ミリだが、そこには断層のメカニズムなど地震に伴う破壊についてのたくさんの情報を含んでおり、これを含む断層岩を調べることによって地震と断層の間に起こる鉱物の挙動についても研究することができる。ただし今回採取されたのは古い時代に起きた地震の化石なので、実際に震源断層が活動していた頃の姿はすぐにはわからない。そこで現在活動中の震源域を掘削して断層岩を採取し、そのデータをつきあわせることで、震源断層のマイクロレベルのメカニズムがさらに解明されると期待されている。
マクロに見れば大きなスケールの構造が沈み込んで破壊域を形成しているが、それだけを研究していても地震のメカニズムは解明できない。そこで地震発生メ

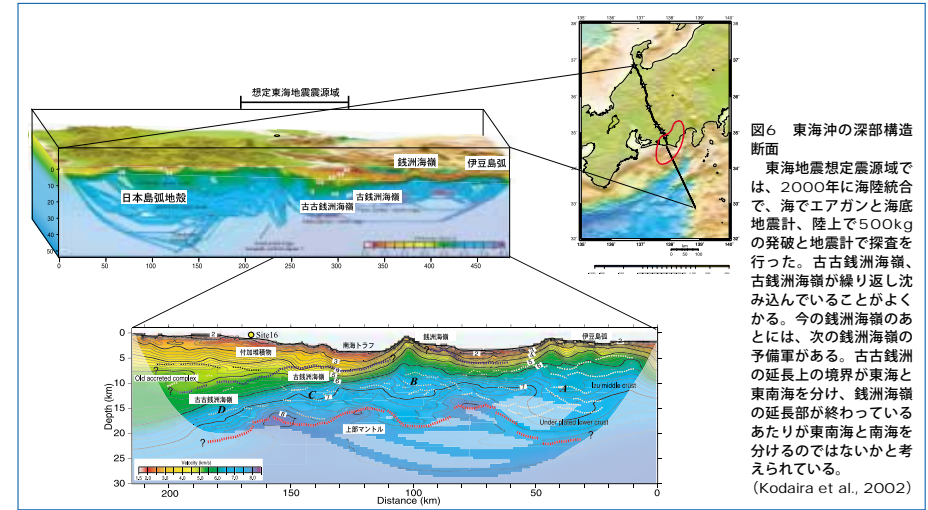


図6 東中国海の深部構造断面
東海地震想定震源域では、2000年に海陸統合で、海でエアガンと海底地震計、陸上で500kgの発破と地震計で探査を行った。古古銭洲海嶺、古銭洲海嶺が繰り返し沈み込んでいることがよくわかる。今の銭洲海嶺のあとには、次の銭洲海嶺の予備軍がある。古古銭洲の延長上の境界が東海と東南海を分け、銭洲海嶺の延長部が終わっているあたりが東南海と南海を分けるのではないかと考えられている。(Kodaira et al., 2002)

ら7,500mまでの範囲に限定されるため、計画されている掘削地点は水深2,000m海底下7,000m程度のところを想定している。本来はプレート境界本体を掘削したいところだが深すぎるため、その延長上にある地震発生帯の分岐断層を掘削することになっている。できれば分岐断層を突き抜けるように掘りたいという。
分岐断層を掘削して岩石試料を採取した後、坑内に地震計・温度計・歪み計などをセットすれば、現在どのような状態で分岐断層やプレート境界が活動しているのか、また地震の前後における水の挙動の変化や温度変化などをモニターできる。たとえば、分岐断層が滑ったあとは水が入り、何年か経つとまた水が抜けて固着してくるのではないかとという仮説の検証が可能となる。また直接断層岩を採取し分析すれば、その物性もわかり、過去にどのような滑りが生じたかも理解できることだろう。それらはあらかじめ予測した仮説を検証していく作業になる。

性やマイクロなプロセスが過去のデータではなく生のデータで評価できる意義が非常に大きい。もしそれが「地震の化石」からわかる過去のデータとほぼ同じプロセスをたどっているのであれば、従来のモデルをさらに高度化していくことができ、逆にまったく違うのであれば、その違ったプロセスを研究することで、マイクロな断層メカニズムを理解する手がかりを得ることになる。
そのためには、どこを掘削するか非常に重要である。分岐断層の中には、ふだんは固着して地震のエネルギーを蓄えて、地震の時に大きく滑る部分(アスペリティ)と、ずるずる滑っている部分があると考えられている。その両方を掘削して比較することが望ましい。そのため、掘削の前には三次元の詳細な探査に基づい

て構造を評価し、掘削地点を決める必要がある。これは科学的に掘削地点を決めるためだけでなく、浅層のガス(浅いところにたまっているガス)が吹き出すと掘削船自体も危険であるため、安全のためにも詳細な構造評価は不可欠である。
今後は、大きな意味での構造要因と詳細な三次元反射構造を調べること、断層帯のマイクロなモデルを構築し、分岐断層と分岐点付近の掘削をしてそのモデルを高度化すること、そしてマイクロな断層帯モデルの力学的特性をマクロな視点で評価して、最終的にマクロなモデルで地震サイクルシミュレーションを行い、それを構造研究や物質研究にフィードバックして、より高度な予測モデルを構築するのが目標である。

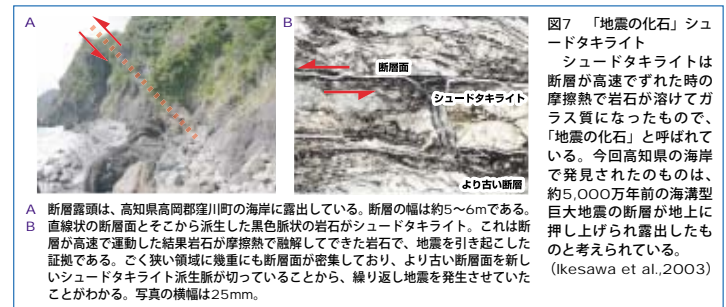


図7 「地震の化石」シュードタキライト
シュードタキライトは断層が高速でずれた時の摩擦熱で岩石が溶けてガラス質になったもので、「地震の化石」と呼ばれている。今回高知県の海岸で発見されたものは、約5,000万年前の海溝型巨大地震の断層が地上に押し上げられ露出したものと考えられている。(Ikesawa et al., 2003)

左：建造が進む地球深部探査船「ちきゅう」
下：10月6日に開催された「IODP発足記念シンポジウム」



新しい地球科学の創成をめざして

着々と準備が整う深海底掘削を支える体制づくり

IODPは、まさに21世紀の地球科学を切り開いていく国際的なビッグプロジェクトであり、我が国はこれを米国とともに牽引していくこととなった。国際的なビッグプロジェクトを主導する経験が必ずしも豊富でない我が国科学界にとって、極めてチャレンジングといえる。IODPのスキーム構築の現状を紹介する。

急ピッチで進む IODP推進のための体制整備

2003年4月、文部科学省(MEXT)と全米科学財団(NSF)との間でIODPの協力に関する覚書署名が行われ、10月よりIODPがスタートすることが正式に確認された。深海地球掘削プロジェクトはこれまで米国主導の下で展開されてきたが、IODPは我が国のライ

ザー掘削船「ちきゅう」及び米国のノンライザー船の運用を中心とする日米主導のプログラムである。欧州は10数ヶ国から成るコンソーシアム(ECORD)として、また、中国は準参加国として参加すべくそれぞれ日米(文部科学省及びNSF)との間で現在協議が進められており、近く署名に至る予定。

IODPの国際体制構築を米国とも

深海地球ドリリング計画推進室 松崎 忠男 室長

に進める一方、国内におけるIODP推進のための運営組織や体制整備も昨年から今年にかけて各方面において着実に進展した。まず、昨年10月に地球深部探査船「ちきゅう」の運用・管理を担う「地球深部探査センター(CDEX)」が海洋科学技術センター内に発足。「ちきゅう」の運用は、いわば未踏の分野を開く科学技術の挑戦であり、その運

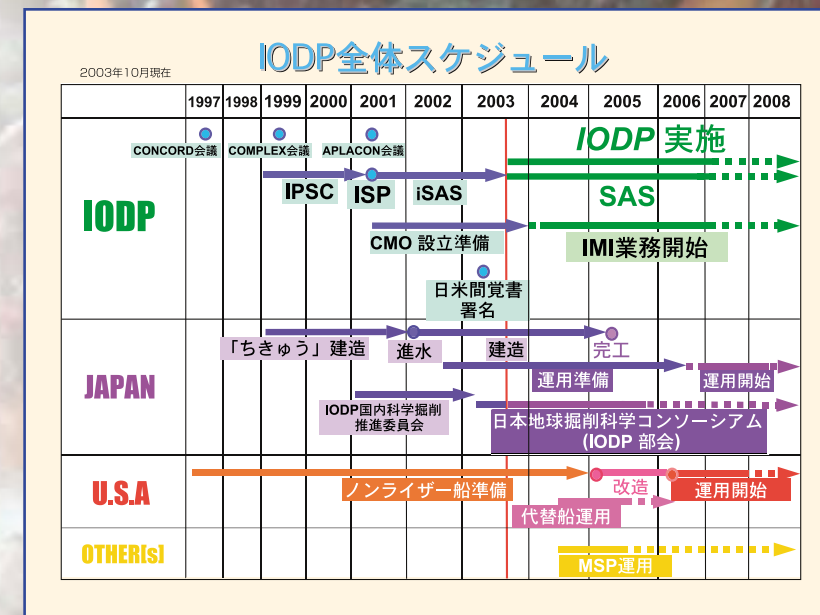
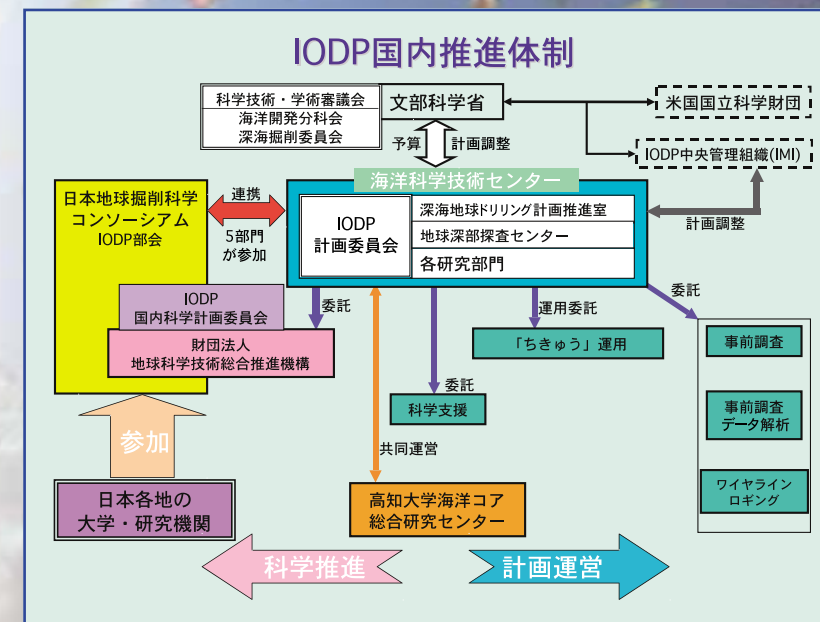
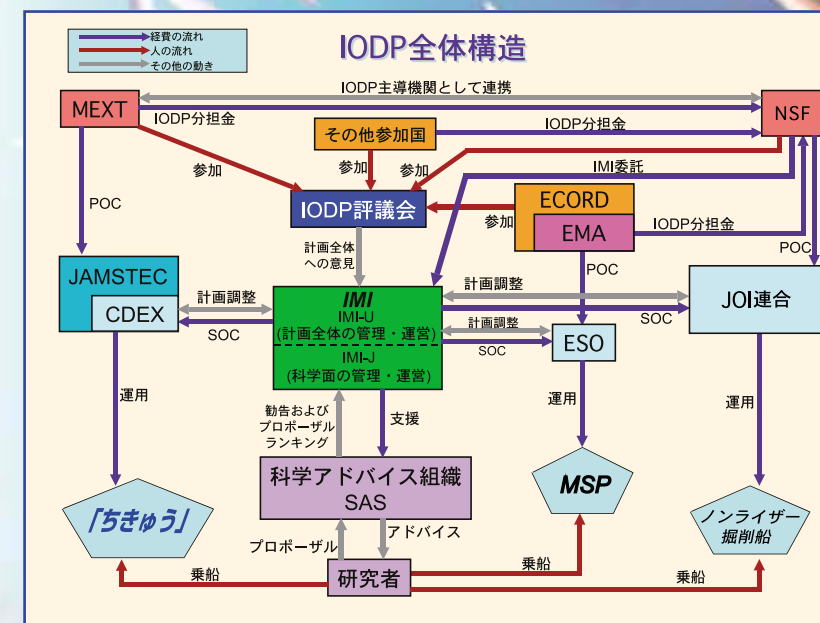
航を担う株式会社グローバル・オーシャン・ディベロップメント等と連携しつつ安全かつ効率的な運用を目指して準備を進めている。

本年2月には、IODPを推進する研究機関連合として「日本地球掘削科学コンソーシアム」が発足。IODPにおいては、我が国の役割はこれまでに比べ飛躍的に増大するなかで、地球掘削科学に関する研究計画の立案、研究コミュニケーションの活性化、研究基盤の検討、関連する政策提言等を目的としており、現在43機関が会員となっている。

また、4月には、コアを保管、分析・解析するための国際研究拠点として高知大学海洋コア総合研究センターが開所。同センターには、コア保管設備とともに多くの計測装置や先端解析機器が導入されており、海洋コアの研究機関としては世界屈指の設備を備えている。

さらに、IODP推進に関して専門家による審議検討体制が関係機関で整備されている。昨年11月、海洋科学技術センターにIODP計画委員会を設置、「ちきゅう」の建造・運用を中心にIODPに係る具体的な実施方策の審議検討を行う体制を構築、また本年5月には文部科学省の科学技術・学術審議会海洋開発分科会の下に深海掘削委員会が設置され、国としてIODPに係る基本施策について検討する体制が確立、さらに、「日本地球掘削科学コンソーシアム」では科学面での検討を行う体制が整備されつつある。

なお、10月に正式に発足したIODPであるが、その要となる中央管理組織(IMI)の体制づくりがやや遅れており、その整備が日米の科学コミュニティ等を中心に鋭意進められており、また、国内ではIMIの科学面の業務を担うべく、財団法人地球科学技術総合推進機構(AESTO)が業務の本格開始に向け準備を進めている。



「IODP発足記念シンポジウム」東京で開催



北海道大学・岡田尚武教授 (IMI理事会議長) による講演

2003年10月6日、東京大学・山上会館において「IODP発足記念シンポジウム」(主催: 海洋科学技術センター、日本地球掘削科学コンソーシアム) が開催された。これは、10月1日の国際統合深海掘削計画 (IODP) 正式発足を記念するとともに、多くの人々に深海掘削に関する関心を高めてもらうことを目的に開かれたもの。シンポジウムでは、日本のほか欧米からも講演者を招き、今後IODPで展開される科学掘削計画やその運営を支える管理体制、日本が運用し、世界最大級の掘削能力を有する地球深部探査船「ちきゅう」の概要など、幅広いテーマで講演が行われた。

はじめに日本地球掘削科学コンソー

シアム・久城育夫会長が開会の挨拶に立ち、IODPで中心的な役割を担う日本の研究機関のネットワークとして設立された同コンソーシアムを紹介した。文部科学省及び全米科学財団からの来賓挨拶に続いて、北海道大学・岡田尚武教授がIODPの管理・運営体制について説明した。中央管理組織がIODPの運営計画や実施計画の策定、予算管理などを行うことのほか、その日本事務所が、(財)地球科学技術総合推進機構により北大に設置されることも紹介した。東京大学海洋研究所・ミラード・F・コフィン教授は、これまでの深海掘削研究の歴史とともに、これから実施されるIODP初期科学計画について話し、9月の科学計画委員会で決

定され、2004年から実施される掘削計画についても紹介した。

さらに、米国のIODP推進・掘削船運用体制についてJOIのステイブン・R・ポーレン代表、欧州のIODP参加とその体制についてキャサリン・メベルEMAディレクター、欧州が推進しようとしている科学計画についてダン・エバンスESO科学マネージャーから、それぞれ発表された。これに続き、日本の科学計画とその推進体制について東京大学海洋研究所・徳山英一教授、地球深部探査船「ちきゅう」とその運用体制について地球深部探査センター・川村善久運営管理グループリーダーが講演した。最後に海洋科学技術センター木下肇理事が開会の挨拶を行った。



キャサリン・メベル
EMAディレクター



ミラード・F・コフィン
東京大学海洋研究所教授
(科学計画委員会委員長)



ステイブン・R・ポーレン
JOI代表



IODP掘削コア試料の 保管・解析を担う国際研究拠点 高知大学 海洋コア総合研究センター

最先端の測定・分析機器を導入し
深海掘削研究を支える世界屈指の研究機関

取材協力：
高知大学海洋コア総合研究センター
安田 尚登 センター長
(高知大学教授)

2006年の国際運用をめざして建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」は、科学目的の掘削船として世界で初めてライザー掘削方式を採用し、海底下7,000mの掘削を可能にするなど、IODPの深海底掘削で大きな役割を果たすことが期待されている。そして、「ちきゅう」の掘削によって採取される海洋コア試料は、地震発生過程、地殻内物質循環、地下生物圏、地球環境変動などを解明するための貴重な情報源となる。2003年4月に誕生した高知大学海洋コア総合研究センターは、この海洋コア試料を保管し、基礎解析から応用研究まで一貫して行う大規模な研究施設だ。海洋科学技術センターと高知大学とが共同で運用する同センターには、約9万本のコア試料を収容できる冷蔵保管庫をはじめ、「ちきゅう」に搭載される予定の一次解析機器と同じ機器をはじめ、さらに詳しく解析・研究を行うための最先端の測定・分析機器が数多く導入されており、今後は「ちきゅう」とともにIODPの両翼をなす国際的な研究拠点として、重要な機能を担うことになる。

高知大学海洋コア総合研究センター館内図



コア保管庫



掘削された海洋コア試料を保管するコア冷蔵保管庫。4室ある冷蔵保管庫は、それぞれ個別に温度管理することができる。

コア一次解析ゾーン



古地磁気・岩石磁気実験室内の磁気シールド室に設置された超伝導磁力計。堆積物や岩石の高精度な残留磁化測定を行う。

サンプリング室。非破壊で物性の測定を行った柱状のコア試料は、保存用と研究用に分けられ、研究用コアはサンプリング室で各研究者の要望に応じて個別の試料に切り分けられる。



コアの物理特性を調べるマルチセンサーコアロガー。5つの物性センサーで連続的・自動的に測定。



X線CTスキャナシステム。医療用と同様のシステムで、コアの内部構造を三次元的に捉える。



XRFコアロガー。X線を使ってコアに含まれる多元素を同時に連続測定し、イベント層等を検出。

世界でも屈指の設備を誇る海洋コア研究機関が誕生

高知大学海洋コア総合研究センターは、高知空港に程近い高知大学・物部キャンパス内（高知県南国市）にある。農学部が入るキャンパスの広々とした田園風景のなかに建つ建物は、幅108m、奥行き45mの2階建て。吹き抜けのエントランスホールの中庭には、ライトコートと呼ばれる中庭があり、周囲を囲む実験室・研究室に柔らかな

光を注いでいる。

2003年4月に開所した同センターは、今後、IODPで運用される地球深部探査船「ちきゅう」の深海底掘削によって採取される膨大な量の海洋コア試料を保管・解析するための中核的な陸上施設として機能し、地球掘削科学の研究拠点として、国際的な利用が進められることになっている。

高知大学海洋コア総合研究センターの前身は、2000年4月に高知大学の学

内共同利用施設として誕生した海洋コア研究センターだ。この施設は、主に海洋堆積物から地球環境の変遷を明らかにする研究や、海底資源探査に関する基礎研究を行う目的で設置され、これまで海洋コアの解析をはじめ海洋地質学の分野において着実に実績をあげてきた。一方、IODP推進に向けて地球深部探査船「ちきゅう」の建造を進めてきた海洋科学技術センターは、「ちきゅう」で掘削したコア試料の保管・解析を

行う陸上の研究拠点を設置したいと考えていた。高知大学はIODPに積極的に貢献するため、これまでの海洋コア研究センターを全国共同利用研究施設へと改組・拡大し、大学が行う教育・研究機関としての機能と、IODPの研究拠点としての機能を一体化させていくこととした。これに伴い、新たに大型施設を建設、名称も海洋コア総合研究センターへと改称し、海洋科学技術センターと共同運用することとなった。新

設された施設は、これまで同様に高知大学の所属だが、運営に関しては海洋科学技術センターと共同で行われている。そのため、施設の設計や導入された観測・分析機器の選定・配置などについても、IODPでの運用を考えた海洋科学技術センター側の提案が広く取り入れられている。研究面においても、海洋科学技術センターの深海研究部、固体地球統合フロンティア研究システム、極限環境生物フロンティア研究システ

ムなどとの連携が進められており、固体地球統合フロンティア研究システムとは、すでに共同研究も始まっている。さらに、IODPの本格的な稼働に伴い、今後は深海底掘削の陸上基地としての重要な役割を担うことになる。海洋コア総合研究センターの大きな特徴は、海洋コアの保管設備を備えるだけでなく、多数の計測・分析機器をはじめ、高レベルの研究に必要な様々な先端機器を導入した、世界屈指の海洋コア研究

コア高次解析ゾーン



無機化学実験室に設置された安定同位体質量分析計。



液体窒素凍結保存システム。タンク内は-200℃で、酸素に触れさせずに微生物試料を長期保管。



自動細胞解析装置（セルソーター）。バイオ実験室には遺伝子抽出やDNA解析を行う機器が充実。



共焦点レーザー顕微鏡。レーザー光源で試料をスキャンし、組織の三次元構造を解析する。



バイオ実験室に置かれた嫌気グローブボックス。酸素のない嫌気条件下で無菌処理を行う機器。



無機化学実験室の表面電離型質量分析計。炭素などの同位体比や微量金属元素の含有量を用いて、物質循環過程の解明や環境復元を行う。



ラボラトリーオートメーションシステム。DNA解析分野等の実験を簡略化・自動化するシステム。



有機地球化学実験室のガスクロマトグラフ燃焼質量分析計。同位体比や放射性炭素年代を測定。



電子線マイクロアナライザー。固体試料表面の微小部位における主成分元素の分析や観察に使用。



微化石画像処理室には、様々な種類の顕微鏡が数多く設置されている。

まれる。ここでは、海洋コアを非破壊（コア状態）のまま計測機器にかけ、密度や内部構造、含まれる物質などといった物理特性を測定し、その後の研究目的に応じてサンプリング（個別試料に加工）を行う。そして、サンプリングされた試料は、その奥に続く高次解析を行う専門的な実験室へと運ばれる。こうした研究動線に沿った実験室の配置も、同センターの大きな特徴だ。コアがコアの形状のまま動く部分をひとつの区画にまとめ、ここでサンプリングされた試料が個別のケースに分けられ、それぞれの研究に応じた実験室へと運ばれるというように、一連の流れを考慮して実験スペースが構成されている。

コア一次解析ゾーンには、コアの様々な物理的特性を連続的に測定するマルチセンサーコアロガー、コア内部を計測するX線CTスキャナシステムなどが設置された部屋をはじめ、コアの古地磁気データを測定するために磁気シールドが施されたスペースがある古地磁気測定室、サンプリング室などが設置されている。

コア高次解析ゾーンでは、個々の試料の詳しい測定を行ったり、試料に含まれる物質を取り出して化学分析を行うなど、より高度な分析や応用研究が進められる。ここでは、無機化学（炭素・酸素などの同位体比や金属元素の含有量などを調べ、海洋での物質循環

過程の解明や環境復元を行う）、有機地球化学（試料中に含まれている有機物には、かつての生物活動の痕跡が記録されており、そうしたバイオマーカーの組成・存在量などから地球環境システムの変動を復元・解析する）、バイオ（海底下深部に存在する微生物の存在量や分布を明らかにし、新たな遺伝子資源の開発などを行う）など、様々な分野の研究が行われる。そのため、実験室には、安定同位体質量分析計、元素分析計をはじめ、クリーンルームのなかで微量金属元素の分析を行うICP質量分析計、レーザー顕微鏡など、特殊な高度測定装置類が多数用意されている。なかでも、これまで海洋コア分野の研究機関ではあまり見られなかった、バイオ関連の解析機器が充実しており、これは同センターの大きな特色といえる。バイオ実験室には、DNA解析装置、培養装置など、様々な特殊装置・設備が並ぶ。IODPでは、地下生物圏の解明が新たな研究テーマとして注目されており、これに対応するために先端機器類が数多く導入されたのだ。

海洋科学技術センターは、高知大学と一体となって海洋コア総合研究センターのより効果的な運用を推進し、IODPにおける地球深部探査船「ちきゅう」の陸上研究拠点として、また、地球掘削科学の先端研究施設として、同センターを活用していく計画だ。

機関であるという点だ。ここには地球深部探査船「ちきゅう」の研究区画に搭載される計測・分析機器と同じものがすべて揃っており、船上でできなかったコア試料の高分解能計測を行ったり、クオリティコントロールがなされた機器で再計測するといったことも可能になる。さらに、振動や塩分に弱いなど

の理由から、船上に搭載できない特殊な分析機器や電子顕微鏡もここに設置されており、海洋コア試料の解析から応用研究まで一貫して行うことができる。

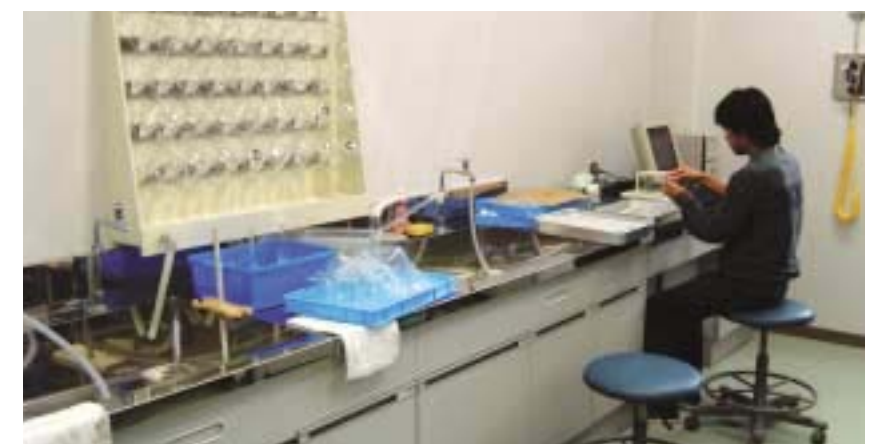
海洋コア試料の保管から
応用研究も行う充実した施設

海洋コア総合研究センターは、コア

保管棟と実験研究棟とで構成されている。実験研究棟の1階には、地球物理学、地球化学、バイオ関連など多彩な分野の専門的な測定・分析機器が置かれた実験室や研究室があり、2階にはデータ解析室、情報処理室、測定試料保管室などに加えて、研究員室、多目的研究スペース、図書室等が配置され

ている。同センター建物の1階のほぼ半分を占めているのがコア保管棟だ。ここには、目的別保管を考慮して、それぞれ異なる温度に調節可能な冷蔵保管庫が4室と、-20℃の冷凍試料保管庫がある。冷蔵保管庫には、長さ1~1.5mのコアを最大約9万本収容することができる。そのほか、極低温資料室には液体窒素による凍結保存システムも整っている。これは-200℃で試料を酸素に触れさせることなく保管する設備で、コア内の有機物や微生物研究などに利用される。海洋コア試料をより良好な状態で保存するために、ここまで配慮した施設は国内にこれまでなく、世界にも類をみない。

保管庫から取り出した海洋コアは、まず一次解析を行う実験室へと運び込



処理室も微化石・酸・無酸に分けられるなど、実験後もクリーンで適正な処理が行われるように配慮されている。

コア解析の流れ

● 非破壊測定 Step 1

コア試料のサンプリングや詳細な分析を行う前に、コア全体の構造や物性を調べるための非破壊測定が行われます。堆積物内部の構造や物性は連続した画像や各種物性データとして得られ、その後の分析や試料採取に役立てられます。

● 試料の採取 Step 2

非破壊測定の後、コアカッターやワイヤーなどによって縦方向に半割され、各研究者の要望に応じた試料が採取されます。半割コアの一方は試料採取用（ワーキングハーフ）に、もう片方は保存用（アーカイブハーフ）として冷蔵保管されます。

● 分析・計測 Step 3

分取された個別試料は、それぞれの研究に応じた分析や計測に用いられます。例えば、微化石の群集解析や岩石磁気学的な測定、詳細な物性測定、同位体比測定、バイオマーカー分析、微生物分析などが行われます。

● 保存 Step 4

分取試料やアーカイブハーフなどは、各研究者の要望に応じて適切な温度管理下で冷蔵および凍結保存されます。特に、海底で採取された堆積物中の微生物や遺伝子などは、温度変化や酸化による分解を避けるために極低温で保存する必要があります。

Interview

研究者・技術者に聞く

吉田 弘 研究員
海洋技術研究部



自ら考え作業する 水中ロボット開発中 「目指すは海洋版・アトム」

地球温暖化などの気候変動の研究や、地震のメカニズムを知り予知につなげるためには、海洋からさまざまなデータを継続的に集めて解析する必要がある。海洋科学技術センターでは、未踏の部分も多い広大な海洋および海底を効率的に探査するために、人間が直接コントロールしなくても自分で作業ができる自律型無人探査機の開発を進めている。研究内容や調査のニーズに合わせて開発されているこれら次世代型の探査機は、センター内に蓄積されている要素技術を駆使し、さらに新たな研究を加えて着実に実用化に向かっている。その開発のようすと課題への取り組みについて、吉田弘研究員にお話をうかがった。

Blue Earth編集部(以下BE) 深海探査機関連のテーマをいくつか並行して手がけられているようですが。

吉田 私の所属するグループは深海巡航探査機「うらしま」、7,000m級有索無人探査機「UROV7K」、海洋ロボット「MR-X1」の3つを担当し、その他に燃料電池、機体構造、海中での位置および姿勢計測など、深海探査機のベースとなる要素技術の開発も行っています。

私は2002年1月に海洋科学技術センターに入り、燃料電池とAUV(自律型無人潜水機)の開発に参加しました。それまではメーカーで高周波回路やアンテナの研究開発をしていましたが、ロジック回路やソフトウェアも作る「何でも屋」だったのが、今とても役に立っています。

「うらしま」は長さ10m、重さ約10トン、高精度航法システムを搭載した自律型の深海探査機です。私はその主動力源となる燃料電池を担当しています。これまでの深海探査は、船からケーブルで探査機を下ろして採取測定をする、いわば「点」での観測が主でしたが、「うらしま」は300kmという長距離を走れるため、広域の海洋データを自動で採取し、地球温暖化や気候変動の研究に関する情報を集めます。また音波の目と光の目で海底の詳細な地形図を作ることが可能で、地震予測な



試運転に臨む海洋ロボット「MR-X1」

どに役立つことが期待されています。

「うらしま」と同じく、人間がコントロールせず自分で考える自律型のロボット「MR-X1」は、私が主担当で開発しています。その他に、教育用のミニROVを開発したり、人工衛星を利用した無人探査機のデータ伝送や、2人くらいで持ち運べる浅い海用の小型無人探査機の開発もしています。

BE 「MR-X1」は「マンボウロボット」の愛称があるそうですね。どういう用途に使われるものなのですか。

吉田 ほんとうは「マリンロボット」なんですけど…。縦長の形が似ているからでしょう(笑)。大きさもマンボウくらい(?)です。自走式水中ロボットはマグロ型やヒラメ型が多いのですが、あえて縦長にしたのは潜航・浮上の際に抵抗が少ないからです。横の流れに弱くなるのが難点ですが。



水中ピークルのシステムデザインを理解してもらえよう、高校生向けのイベント「テクノ・オーシャン・ユース」のために一台約10万円で自作した教育用ROV。カメラ、スラスタが4つ、制御装置を備えTV画面を見ながら無線制御できる。スラスタは模型用の「タミヤ水中モータ」を使用。参加者には実際に組み立てて動かしてもらった

「MR-X1」は狭い範囲でルーチンワークをこなす作業型のAUVです。簡単な作業を水中ロボットが手軽に代行してくれれば、そのぶん人間は他の

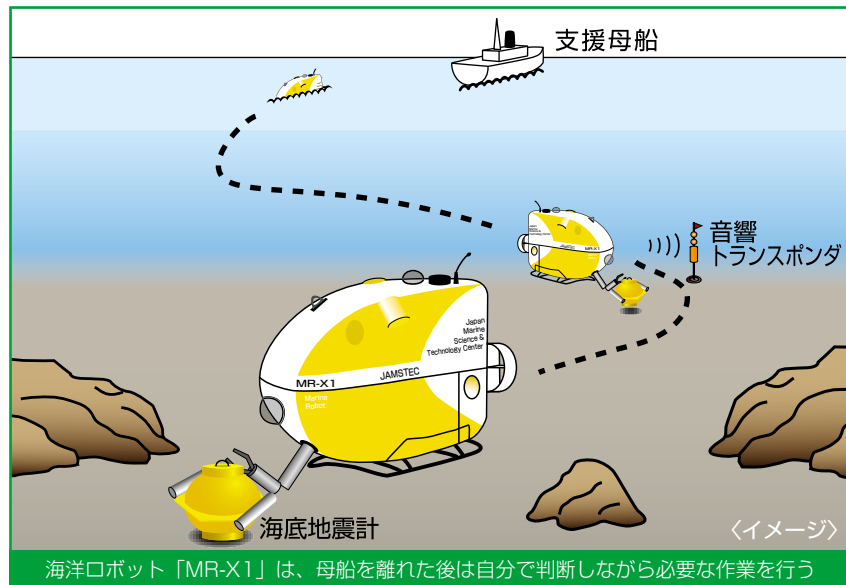
仕事に時間を割けますし、船が近づくには危険な場所にも探査に行けます。長さ2.5m、重さ800kgと小型ながら「うらしま」とほぼ同じ姿勢制御システムを搭載しています。小回りが利くので、アームを伸ばして海洋計測機器を置いてきたり、岩石や生物の採取もできるようになります。私がイメージしているのは「MR-X1」が何台も海の中を自在に動き回り、必要な作業をして帰ってくる近未来の深海探査です。

BE 開発はどの程度まで進んでいるのですか。

吉田 昨年ボディを作り終えて、簡単な「脳みそ」(プログラム)を載せましたが、まだあまり賢くありません(笑)し、アームもついていません。

そのかわり人間の「目」「耳」に相当するセンサは非常によいものを積んでいます。現在はセンサにつながる「神経網」に当たる内部の制御系を整備しています。この「神経網」が最適化されていないと、センサからの情報が瞬時に伝わってこないのです。回路も自分で設計して組み立てて、反射神経に相当する部分を作っています。

次に賢い「脳みそ」を作らなければなりません。まず最低限、運動能力を司る「小脳」に当たる部分が必要です。



きちんと動けるようになったら、いよいよ記憶や思考を行う「脳」です。認知・判断・行動を自分でしなければなりませんから、脳に当たるソフトウェアの出来具合が開発の鍵になります。こちら既存の技術をベースに自分たちで作り込んでいるところです。認知に関しては、すでに画像認識技術がありますから、それにアルゴリズムを適用して、どこまで「もの」の認知ができるかに取り組んでいます。

BE 「脳みそ」部分の開発がとても難しいですね。

吉田 なんとか手探りでやっていますが、小脳部分ひとつとってもたいへんです。水中ビークルの場合、「足」に相当するのはスラスト(プロペラ)ですから、スラストをいかにうまく動かすか。大事なのは、海の中で位置の誤差が生じたときに、きちんと自分の位置を正常に戻す機能ですね。あとは「手＝アーム」の動きです。目の前に障害物があってその裏にあるものを取りに行きたいときに、どう判断して行動するか。それをひとつのシステムとして完成できれば、海洋版「アトム」ができる

考えています。

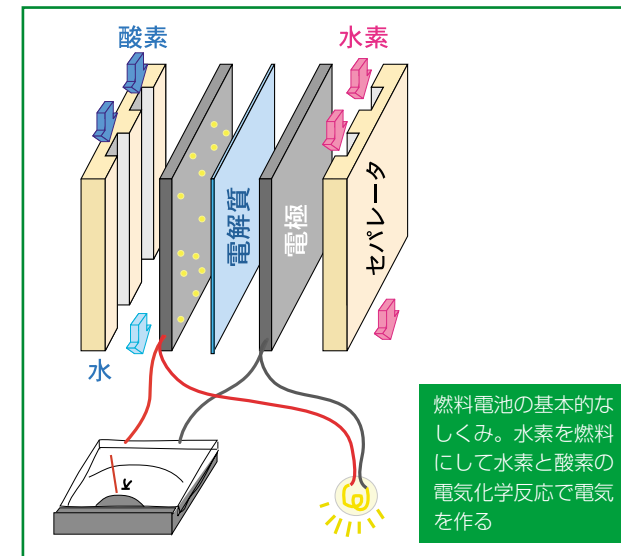
とりあえず5年先には、神経が行き届いてきちんと運動ができるロボットを完成させます。さらに簡単な物体認識もできるようにする予定です。

BE 既知の観測機器を認識できる程度にはなるのでしょうか。

吉田 最初は、外見のプロファイルを見て判断するのではなく、観測機器にマーカーをきちんとつけておいて、そのマーカーに合わせ込むという認知作業になるでしょう。機器を置いた、だいたいの位置は記憶していますから、位置制御をきちんとし、まずマーカーを探して行くようにしようと考えています。

実際には地震計ひとつ置くにしても場所の精度が必要です。ところが海中では電波が使えないのでGPS(汎地球測位システム)で場所を確定することができません。「MR-X1」も「うらしま」も、宇宙ロケット搭載のものをさらに改良した慣性航法装置を載せてますが、長い時間潜航していると位置のずれが大きくなってきます。「MR-X1」にはある程度海底の様子を音波で見、位置を調整する機能を持たせたいと思っています。

BE 5年後には「MR-X1」があちこち



の海で活躍中かもしれませんね。

吉田 ぜひそうしたいですね。「海洋科学技術センターの技、ここにありき」というのを知らしめたいです。特に「MR-X1」はすべて手作りです。ハードもソフトもやらなければならないのがたいへんですが、海洋科学技術センターにノウハウが蓄積されます。面白いですよ。

海底探査を支える電力源 燃料電池の効率アップへ

BE もう一つの大きな開発テーマが、今話題の燃料電池ですね。

吉田 海洋科学技術センターは10数年前から燃料電池を手がけ、プロトタイプをもとに1998年から深海巡航探査機「うらしま」用に作り始めました。オール日本製、効率50%という高効率動力源で、すでに深度1,500mまで潜った実績があります。ですが、燃料電池は各社が競って開発中で、残念なことに要素技術の部分が公表されていないのです。

基本的構造だけ説明しますと、燃料電池には電解質という「魔法の壁」があり、その両側に水素と酸素を通します。電解質がないと反応して水と熱になってしまいます。電解質の両側に水素ガスと酸素ガスを流すと、水素の分子から電子が取れて、水素イオンだけが電解質膜を通り、酸素イオンと反応

して水になります。この取れた電子が移動すると電流となって電気が発生します。また電極はカーボン製で白金の触媒がついています。水素ガスが触媒にふれると電子が取れますから、触媒がよく働くほど水素がどんどんイオン化でき、電気がたくさんできます。

BE 「うらしま」用の燃料電池は自動車の燃料電池とどこが違うんですか。

吉田 自動車は外から空気を入れ、その中の酸素を使って残りを排気しています。しかし深海の探査機は完全に閉鎖した空間で燃料電池を使わなければなりません。水素と酸素を深海の圧力に耐えられる容器にそれぞれ入れて探査機に搭載します。また反応して電気を出すと副産物として水ができますが、外に排出しません。深海の高圧力の中に水を排出するには、エネルギーが必要になりますし、探査機の重さも変わってしまうからです。

BE いま燃料電池の性能向上に取り組んでいらっしゃるのか。

吉田 ええ、燃料電池の単セルをいじって、今よりもっと高効率の燃料電池を作れないかという実験を行っています。理論的には83%まで上げられますが、いきなり理論効率と同じにするのはとても難しいので、これまで達成した効率より少し高い、55%の効率を目指しています。

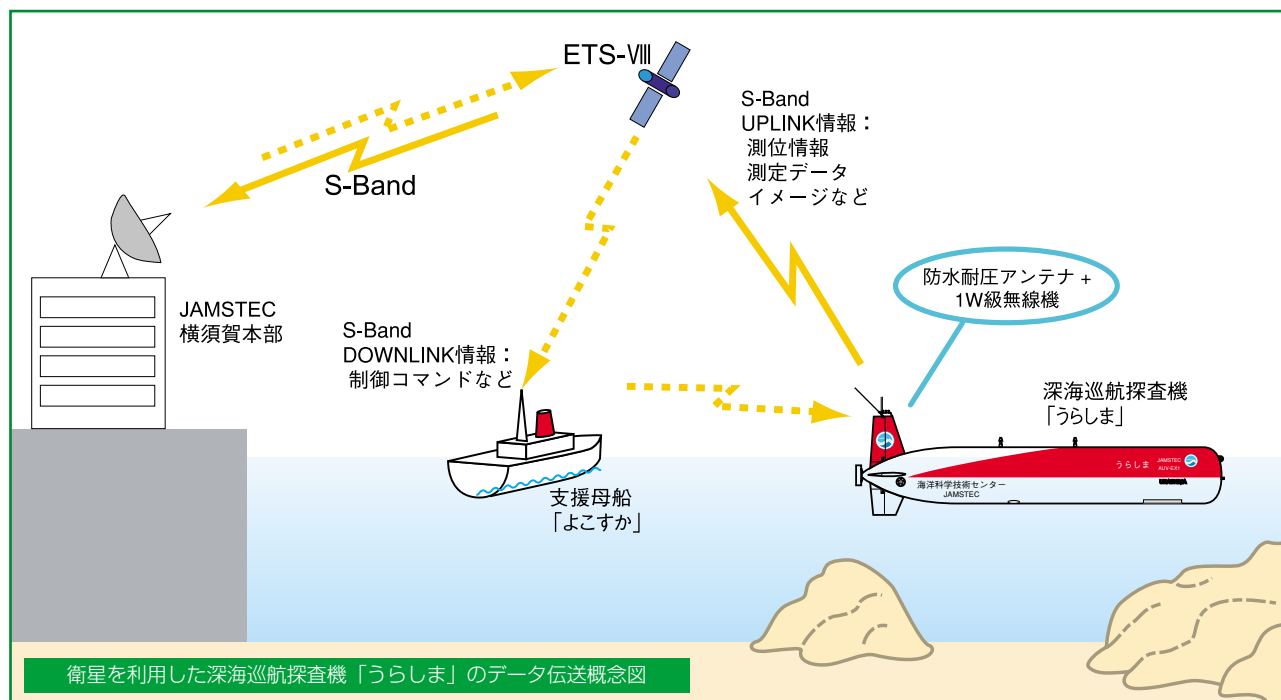
それ以外にも研究対象はたくさんあ

ります。システムの効率アップもありますし、反応の際に出た熱を使って効率アップするというやり方もあります。その他にも、排熱で積極的に発電することも考えています。

BE たくさんのテーマを手がけていらっしゃるようですが、今後研究を進めるうえで最も興味をお持ちのことは何ですか。

吉田 専門が電磁関係なので、電磁波で海底を探査したいです。常識では海の中で電波は使えないことになっています。なぜ使えないかというと電波のエネルギーが海水に取られる「減衰」が非常に大きいからです。減衰を少なくすればよいので、周波数を非常に低くして海中での電波の弱まりを減らしたり、エネルギーを蓄積して一気に放出することで瞬間的に大きなエネルギーを送りだすことを考えました。電磁パルスを使えば周波数は自由に制御できますし、送信エネルギーを溜めて1,000倍以上にできます。

電磁パルスでレーダーのように海面下を見てみたいですね。エネルギーを海底面から下へ放つとエコーが帰ってきます。それを解析すると断層の様子やマグマの存在が見えるでしょう。まだまだデータが未知数なので、計算と装置(受信機と送信機)づくりを並行して進めています。あと1年半で、可能かどうか見極めて、いけそうであれば次期プロジェクトにつなげていきたいと思っています。



日本海溝で発見された新種のクラゲ

愛称は“ビッグレッド”

糸状の触手を持たない変わり者

取材協力

D.J.Lindsay(ドゥーグル・J・リンズィー) 研究員

海洋生態・環境研究部

なんとユーモラスな姿のこの新種のクラゲ、その名も「ユビアシクラゲ」。学名 *Tiburonia granrojo* の granrojo には“大きくて真っ赤な”の意味がある。傘の直径約75cmというクラゲの中ではかなり大きい部類だが、見つかったのはごく最近のこと。日本近海でも1996年頃からその存在が知られてはいたものの、深度1,000m前後の深海に生息するため、なかなか詳細を得ることができなかった。加えて、クラゲの体はゼラチン質からなるため、ネットによる捕獲も完璧な状態では難しい。そこで、海洋科学技術センターとアメリカのモントレー湾水族館研究所が共同で研究を開始。2002年4月に無人探査機「ハイパードルフィン」によって鮮明な映像を撮ることに成功した。

今回の発見は、分類学上は新亜科となる新種の発見で、学問上の価値も高く、英国の『Nature』にも取り上げられた。また、捕獲が難しい生物を鮮明なビデオの記録を基に論文として発表する手法も、今後の中深層域の生物研究に一石を投じたものとなった。

ユビアシクラゲの特徴は、その丸みをおびた傘の下にある立派な太い口腕。これまでの記録から口腕の数は個体によって4〜7本とばらつきがあることがわかっている。また、通常クラゲは口腕とは別に傘の周囲に細い触手を持ち、それを使って獲物を捕まえる。しかし、ユビアシクラゲは触手を持たないため、プランクトンなどを傘の粘液に付着させ、小さなカイアシ類などを補食しているのではないかと推測される。しかし、現時点で獲物を捕らえた個体はまだ確認されておらず、その詳しい生態は依然、謎のまま。



2002年4月、三陸沖の日本海溝・深度約1,000mで確認されたユビアシクラゲ。無人探査機「ハイパードルフィン」によって撮影された。クラゲの水管は傘の骨のように放射状に広がるものが多いが、ユビアシクラゲは編み目のように張り巡らされているのも特徴。全体に赤みを帯びた丸い傘の下の口腕は、まるでダンスのステップを踏んでいるようだ。

JAMSTEC

Report

沖縄は2つの海流に挟まれていた

沖縄南東海域で新しい海流を発見

日本近海の流れ地図が塗り替えられようとしている。これまでの、台湾から、沖縄を含む南西諸島の北側を流れる黒潮のみが、本州南岸へと流れ込んでいるといわれていた。しかし、地球観測フロンティア研究システム 気候変動観測研究領域 日本沿海予測実験グループの市川 洋グループリーダー、朱小華^{ショウカ}研究員らは、本州南岸へ流れ込んでいるもう1つの海流を、沖縄の南東海域で確認。今年1月、米国地球物理学学会発行の『Geophysical Research Letters (地球物理学研究レター)』に掲載された。この発見はどのような影響をもたらすのだろうか。



取材協力

市川 洋 グループリーダー
地球観測フロンティア研究システム
気候変動観測研究領域
日本沿海予測実験グループ



今回観測した新しい流れの模式図

渦が流れをかき消す

沖縄の南東で、新しい海流の存在が確認された。これまで、沖縄などの南西諸島近海では、北側を流れる黒潮しか確認されていなかった。しかし、この黒潮をよく調べてみると、南西諸島の北と四国沖とは、水量が違う。四国沖の方が約2倍も大きいのだ。そのため、沖縄付近、とくに南東側の海域では、黒潮とは別の海流が存在すると言われ続けてきたが、観測できずにいた。

沖縄南東の海流が観測できなかったのは、この海域に渦が多く到来するためである。直径が100~200kmある中規模の渦が東方からたくさんやってくる。渦の向きにより、海流の強さや方向が変化する。渦により流れが打ち消され、表面上の流れが逆向きになることもあった。海流とは、常に一定の方向へ流れが観測されることでその存在が認知されるのであるが、渦にじゃまされてそれができなかった。

長期観測により浮き出た流れ

それでは、どのようにして今回の観測に成功したのだろうか。観測にあ

った市川洋グループリーダーは「渦は100~200日の周期で変化していくので、船の上で数日測るだけでは渦にじゃまされて正確な海流の向きを測ることができませんでした。私たちは、渦の周期よりも長い期間観測し、平均の流速を求めれば、海流が存在することがわかるのではと考えたのです」と説明してくれた。

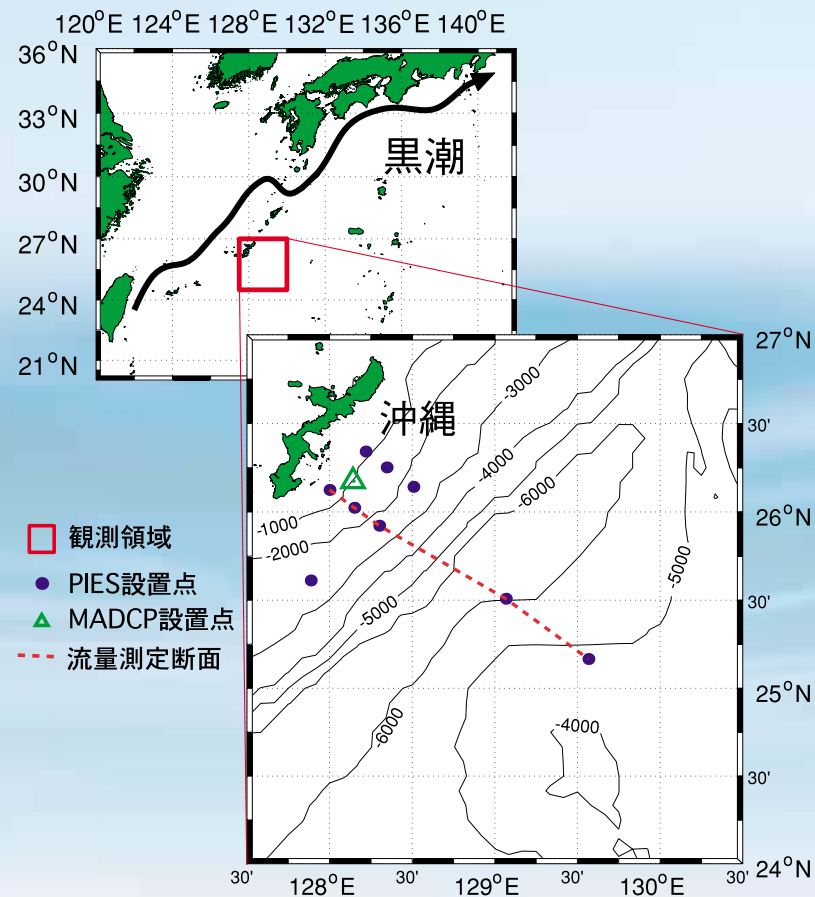
グループでは2000年11月に装置を設置し、2001年8月まで9ヵ月に渡り観測した。使用した機器はPIES(圧力計付き転倒音響測深器)とMADCP(音響ドップラー流向流速鉛直分布計)の2種類の測定器であるが、とくに今回、新しい海流を捉えるのに活躍したのは、PIESである。

PIESは、海底から音波を放射し、海面で反射して戻ってきたものを受け取る仕組みになっており、音波が帰ってくるまでの時間を1,000分の1秒単位で測定する。これにより海底から海面までの鉛直方向での音の伝わる速さや温度がわかる。海中では温度が高いほど音波の速度が上がる。つまり、PIESで捉えた音速が速ければ、それだけ海中の鉛



PIES (圧力計付き転倒音響測深器)

直方向での平均温度が高いといえる。海の水は上層が暖かく、下層は冷たくなる。鉛直方向の平均温度が高いということは、暖かい上層の水が厚くなることを意味する。海流は、その流れの幅の両端で暖かい水の層の厚さに差ができる。黒潮では、岸側と沖側では、沖側の方が200~300mほど暖かい層が厚くなる。この厚みの差がどのくらいあるかによって海流の速度もわかる。



観測領域での、装置の設置状態。島の周辺だけでなく、沖側にも広く観測装置を置くことで、幅の広い海流がしっかりと捉えられる。

複数のPIESを用意し、岸側と沖側とを流れる暖かい層の厚さを調べることで、海流ができていくかいないか、もしできていけばその流れが強いのか弱いのかがわかる。

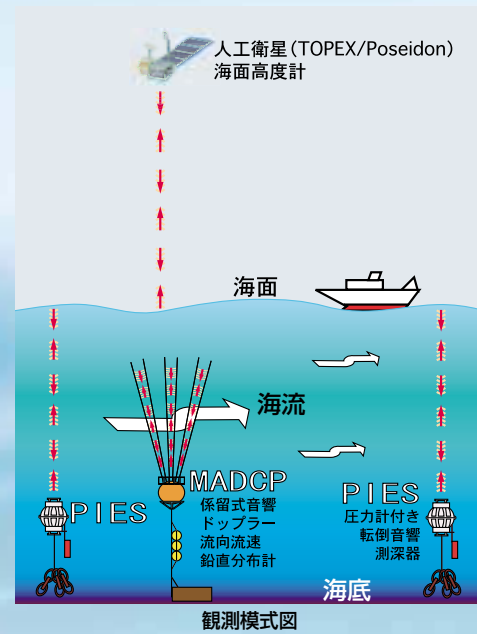
270日もの長期間、海中に沈めて測定したデータをもとに平均の流れを算出した結果、北東向きに毎秒610万m³の流れが存在していることが明らかになった。この流れは、日本一の長さを誇る信濃川の10,000倍に相当する。「渦の影響を除いた平均の流れを求める数学的方法にはいろいろありますが、今回は長期観測の結果を単純に平均しただけです。流れがあるとわかったときは、やはりという感じでした。ただ、予想した通り発見することで一つの謎を解くことができよかったという思いはありました」(市川洋グループリーダー)。

この測定で一番の難関は機器の回収

であったという。市川洋グループリーダーは、「最新の精密電子機器を、長期間海の中に入れておきますから、回収するときが一番たいへんな仕事です。まず、天候に恵まれなくてははいけませんし、海面に浮かび上がった装置を見つけて出す技術も必要です。それに加えて、壊さないように船にあげる技術も要ります。幸い、トラブルもなくあがりましたからよかったです」と詳しい事情を語った。

新海流発見のもたらす効果

南西諸島の南東に新しい海流が確認されたことはどのような意味を持つのだろうか。この海流は、本州南岸へと流れる黒潮に合流する。本州南岸を流れている黒潮は、ときどき大きく流れを変える。黒潮の流れが変わることで、漁場の位置が変わってくる。また、船を運航するときにも黒潮の流れがわか

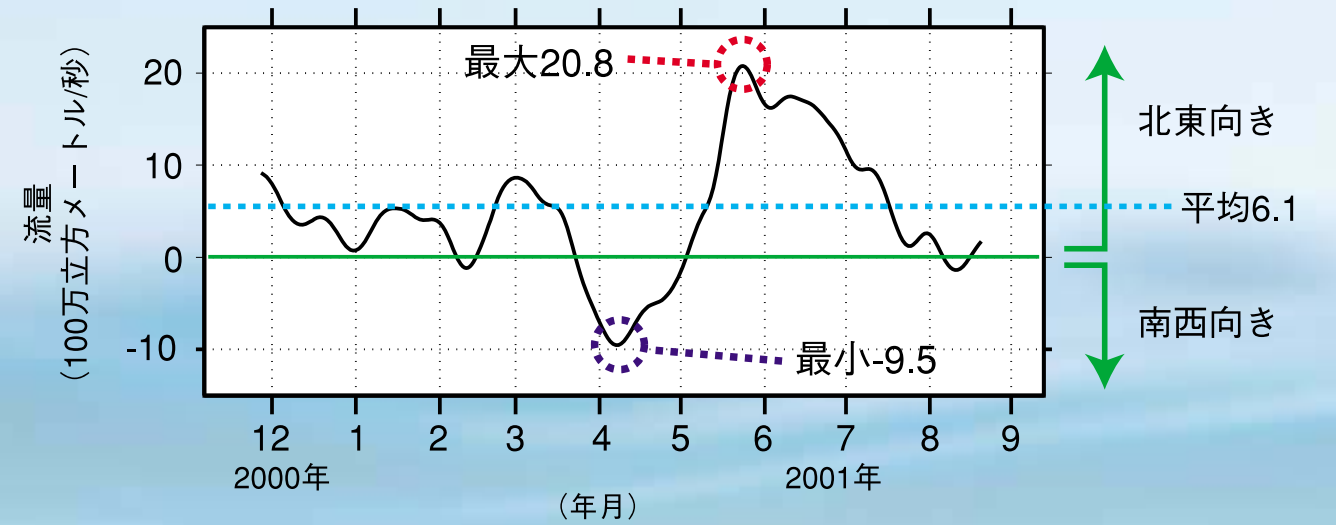


っていることは重要だ。例えば、東京から沖縄へ向かうときは黒潮を避け、逆の航路は黒潮に乗るようにした方が効率がいい。このように、太平洋沿岸で仕事をする場合、黒潮の変動が予想できればそれに対応することができる。黒潮の予測は現在でも取り組まれているが、今まで知られていた南西諸島の黒潮は、本州南岸を流れる黒潮の半分の水量しかないことがわかっている。これでは、正確な予測は難しい。しかし、今回の海流を取り入れたモデルを作れば、今よりも精度の高い予測が可能となる。

沖縄は、黒潮から遠い場所に位置しているため、種子島や屋久島のように海流の存在を意識することはあまりなかった。しかし、今回の発見により、実は2本の海流に挟まれた島であることがはっきりした。ちょうど川の中州のような存在である。沖縄の人にとってみれば、今まで遠い存在のように感じていた海流が身近に感じられるようになるだろう。

観測により自然の姿を知る

観測グループにより、沖縄の南東に新しい流れが確認されたが、観測はこ



PIES (圧力計付き転倒音響測深器) などのデータを解析して得た沖縄南東の流量測定断面の流れ。最大で北東向きに毎秒2,080万m³、最小で南西向きに毎秒950万m³の流れを観測したが、平均すると北東向きに毎秒610万m³の流れがあることがわかる。

れで終わりではない。沖縄の観測ポイントは昨年5月から引き続き観測器を入れている。加えて、もう1点、西側の宮古島沖でも昨年12月から観測を始めている。これにより、今回発見した海流が台湾から流れてくるものであるのか、それとも違うのかを確認しようとしている。

市川洋グループリーダーは、この8月に11日間、沖縄沖を航海し一部の観測計器の入れ替え作業を行なった。沖縄、宮古島とも来年いっぱい観測を続け、この海流の実態をさらに明らかにする計画である。この海域が一段落した後は、下流である本州南岸の黒潮の解明に取り組む。「私たちの最終的な目的は気候変動機構の解明です。地球規模での気候変化に、実は黒潮が大きく関わっています。黒潮は、南の暖かい水を北の寒いところに運び、つまり、熱を運ぶという大きな役割を担っています。黒潮により運ばれた暖かい水は、本州の東に位置している黒潮統流域で空気を暖めることが知られています。最終的には、黒潮統流域で大気が温められていく機構を調べていきますが、そのためには、黒潮がどのくらいの水をどのように運んでいるのかというこ

とを知らなければなりません」(市川洋グループリーダー)。

人工衛星を使ったリモートセンシングやコンピュータでのモデル計算など、海洋研究でも新しい手法により明らかになってきた事実はたくさんある。それでも、実際に海に出て観測しないとわからないことも、まだまだたくさん存在する。観測することにより初めて、

自然は本来の姿を私たちの前に明らかにする。「自然科学をやっている人間は、未来を知りたいという意識があります。私の場合は、海洋について、黒潮や水産資源、そして気候がどのように変動していくのか予測したいと思っています。予測精度を上げるためにも、海洋観測は欠かせない手法なのです」と市川洋グループリーダーは話す。



沖縄本島南東海域での作業風景

JAMSTEC

Report

南半球周航観測研究

BEAGLE 2003のホームページを開設
南半球で観測航海を行う「みらい」からのメッセージ

取材協力：
総務部 普及・広報課

海洋科学技術センター創立30周年記念の一環として、海洋地球研究船「みらい」による南半球周航観測研究が行われている。BEAGLE 2003と名付けられたこの航海は、2003年8月にオーストラリアのプリズベーンから出航し、およそ200日かけて南太平洋、南大西洋、インド洋の三大洋を横断して、2004年2月にオーストラリア・フリーマントルに入港するというもの。その間、およそ500点で海面から海底までの海水を採取し、水温・塩分をはじめ、様々な化学成分の測定・分析が行われる。さらに、航海中の気象観測、チリ沖や南極海ではピストンコアを用いた観測も実施される。

海洋科学技術センターでは、現在、BEAGLE 2003の内容をはじめ、この観測研究航海の様子を紹介するホームページを開設し、遠く南半球を航行する「みらい」から送られてくる最新の写真や乗船者から寄せられる文章などを掲載している。



プリズベーンで行われた「みらい」の一般公開を待つ見学者



船内には「みらい」についての解説パネルも用意された



見学に訪れたクイーンズランド日本語補習校の生徒とその家族



<http://www.jamstec.go.jp/beagle2003/jp/gallery.html>

「こんにちは、皆さん。今回は船内生活における住居『船室』についてご紹介します。(略)それぞれの部屋に、テレビ、空調、冷蔵庫、水道、家具類が備えてあるところは普通の住居と変わりありませんが、船室ならではの独特のつくりをしています。(略)個室も相部屋も舷窓(スカツル)という円形の窓がついています。お盆ぐらいの大きさで普通の窓と比べると小型ですが、海上では日光が海面に反射した光(海面反射光)が舷窓に入ってくるため、窓の大きさに比べてより多くの光が入ってきます。」(航海日誌 Leg1 船の住宅事情より)「第2レグは、9月9日にタヒチ、パペーテを出港し、10月16日チリ、バルパライソ入港までの37日の航海です。タヒチでほとんどの研究者、観測技術者の交代を行い、また、新しくチリからの研究者・技術者、POGO(全世界海洋観測のパートナーシップ)の訓練生(ペルー、コロンビア、トルコ)が加わりました。各研究室等へ散らばっていた研究者たちも食事時には食堂に集合するので、そのときは、英語・スペイン語・日本語が飛び交い、国際色豊かです。」(航海日誌 Leg2より)

現在、海洋科学技術センターのホームページ (<http://www.jamstec.go.jp>)

のなかに、BEAGLE 2003に関するサイトが開設されている。三大洋を一度に、しかも単一の海洋観測船によってこれほど大規模かつ高密度に観測が行われるのは、世界でも例がなく、今回のBEAGLE 2003によって得られる観測データは、地球温暖化をはじめとする気候変動研究や、海洋循環に関する研究に多大な貢献を果たすものと、世界中の研究者らが大きな期待を寄せている。このBEAGLE 2003ホームページは、日本から遠く離れた南半球で観測航海を行っている「みらい」と乗船者たちの研究活動の様子を、多くの人々に理解してもらいたいと開設されたものだ。

観測航海の目的や海洋地球研究船「みらい」に搭載された観測・分析機器なども詳しく紹介されているが、より興味深いのは、南半球で観測を続けながら周航航海を行う「みらい」の乗船スタッフから送られてくる「航海日誌」。はじめに紹介したように、船上での観測の様子や航海中の様々な出来事などが記されている。さらに、「ギャラリー」には、寄港地で行われたイベントや海上での観測風景なども載っている。また、今回の研究航海や観測についての質問にも、このホームページで答えている。



プリズベーンからタヒチ・パペーテまでの第1レグに参加した研究員・観測技術員



プリズベーンから出航する「みらい」



クレーンで採水器を海面に下ろして観測開始



採取された海水はすぐに化学分析が行われる



タヒチ・パペーテでハーバー・マスターと記念盾の交換

JAMSTEC Report



シンポジウムの概要を説明する
地球フロンティア研究システム
大気組成変動予測研究領域 秋元肇領域長

アジアの大気汚染と私たちの暮らし UNEP ABC公開シンポジウム

地球が抱えているさまざまな環境問題は、それぞれ別々の問題として考えられてきた。しかし、大気汚染の原因物質の1つであるエアロゾル(大気中の粒子状物質)が、気候に対して非常に大きな影響を与えることがわかってきた。とくに、温暖化と大気汚染は密接な関係にあるのではないかといわれ始めている。国連環境計画(UNEP)は、温暖化と大気汚染を共に解決していくために、ABCプロジェクトをスタートさせた。そして、2003年9月23日に、東京青山の国連大学ウ・タント国際会議場にて、「アジアの大気汚染と私たちの暮らし—UNEP ABC公開シンポジウム—」が開催され、なぜ、ABCプロジェクトが必要なのか、そして、なにをやろうとしているのかが話し合われた。



UNEPディレクター
S.C.ロナガン博士



カリフォルニア大学教授
V.ラマナサン博士

大気汚染源としてのアジア

このシンポジウムの柱であるABCプロジェクトのABCとは、Atmospheric Brown Clouds (大気汚染の茶色雲)の頭文字を取ったものである。このプロジェクトでは、アジアにおける大気汚染問題と気候変動問題に焦点をあて、研究を進める。温暖化問題では、先進国と途上国の間で対立が起こることが多いが、大気汚染問題は先進国、途上国が同じ視点に立って一緒に取り組むことのできる問題である。ABCプロジェクトは大気汚染を主眼に置いているが、気候影響という視点も絡め、温暖化問題も同時に解決し

ていくことを究極の目標に定めている。

シンポジウムの前半は、国連環境計画ディレクターのS.C.ロナガン博士と、ABCプロジェクトのリーダーである、V.ラマナサン博士、P.J.クルッツェン博士の3者の講演が行われた。

ロナガン博士の講演は、大気汚染問題の現状報告の意味合いの強い内容であり、ABCプロジェクトが、なぜアジアを対象にしているかがわかる。最近、大気汚染物質の長距離輸送が確認されており、専門家の間では、地球規模の環境問題であるという認識が強くなっている。その中でも、とくに著しく汚染されているのが、アジア太平洋地域である。アジアは、焼き畑などに代表されるようにバイオマスの燃焼も多く、中国、インドといった人口もGDP(国内総生産)も拡大傾向にある国も含まれている。GDPとエネルギー消費量は相関関係にあり、先進国は1人あたりのエネルギー消費量は大きい。経済発展と共に化石燃料消費も増加するので、それも大気汚染を悪化させる。問題解決は容易ではないが、多くの人に大気汚染問題の深刻さをわかってもらうように広報活動や教育をしたり、汚染物質の国際的な監視システムを作っていく必要がある。

ABCが引き起こすもの

ラマナサン博士は、“Atmospheric Brown Clouds” (大気汚染の茶色雲)と題し、大気汚染が気候に与える影響について話をした。大気は地球の大きさから考えると、とても薄い層である。その薄い大気に、私たちは二酸化炭素をはじめさまざまなものを排出している。大気汚

Atmospheric Brown Clouds (ABC) :
大気汚染の茶色雲



NHKアナウンサー 道傳愛子氏

染の雲が茶色く見えるのは、エアロゾル(大気中の粒状物質)が太陽光を散乱させ、一部吸収しているために起こる現象だ。都市部だけでなく、いたるところにこの茶色いもやがかかるとなり、北半球全体に広がっている。茶色い雲の影響により、太陽光が15~20%吸収され、地上に届かなくなる。ある程度は温暖化を抑制する効果もあるかも知れないが、降水量にも影響を与える。太陽光の約80%は水の蒸散に使われる。太陽光の15~20%が地上に届かなくなると、それだけ蒸散する水の量も減るので、結果として降水が減る。また、季節風の循環にも影響を与える。

そして、クルッツェン博士からは、大気を構成する物質の変化から見た大気汚染の現状が報告された。大気は窒素78%、酸素21%、アルゴン1%と、この3つの物質でほぼ100%になる。しかし、大気化学者として心配するのは、大気を構成する微量物質の変化である。例えば、二酸化炭素は大気中に360ppmしかないが1年間で0.4%も増えており、メタンは1.7ppmで1年間で0.5%増えている。大気中の微量物質の中でも重要なのは、対流圏オゾン、メタン、窒素酸化物などである。これらの物質は増加傾向にある。なかでも、熱帯から温帯にかけての増加が著しい。熱帯地方には大気浄化作用を持つOHラジカルが発生しやすいので、きれいな地域だと思っていたが、実態はそうではない。その原因は乾季の存在にある。乾季は半年以上雨が降らないので、OHラジカルが生産されないばかりか、バイオマスが燃焼される。乾季になると、COの排



東京大学気候システム研究センター
中島映至教授

出は北半球よりも南半球の方が多くなる。大気汚染にはアジアを中心とした熱帯地域の影響がものすごく大きい。

休憩を挟んで後半は、前半に講演した3人の博士に、東京大学気候システム研究センターの中島映至教授を加え、パネルディスカッションが展開された。コーディネーターはNHKアナウンサーの道傳愛子氏が務めた。パネルディスカッションでは、なぜ、ABC問題に注目する必要があるのか、そして、ABC問題を解決するために何をすべきなのかなどについて話しあわれた。ABCに象徴される大気汚染問題は、人々の健康、地域経済など多岐に渡り影響を与える。その影響は貧しい国ほど深刻なのではと予想される。そして、このようなシンポジウムを日本だけでなく中国やインドでも開き、多くの人にABC問題を知ってもらうとともに、研究を重ね、この問題についてどのような解決法があるのか科学が示す必要があるなどといった意見が出された。



ドイツ・マックスプランク化学研究所
前大気化学部長 P.J.クルッツェン博士

Face

Staffの横顔

あきば
秋庭はるみ さん
地球フロンティア研究システム
研究推進スタッフ



円滑に研究を進める小さな歯車 資料収集からヒアリングまで 第三の視点で研究者をサポート

初めての外部評価も無事終了 2007年のIPCCに向けても準備開始

地球変動の解明は、地球温暖化問題などの解決に不可欠な国際的課題だ。2001年に開設した海洋科学技術センター横浜研究所は、地球変動予測のためのプロセス研究、観測研究、シミュレーションが三位一体となって研究を推進している。地球フロンティア研究システムは、そのプロセス研究活動を担う。1997年に海洋科学技術センターと宇宙開発事業団の共同プロジェクトとして発足し、ダイポールモード現象の発見、世界の化学天気予報システムの開発などの成果をあげ、2003年に運用が開始された「地球シミュレータ」を使ったモデリング研究も、世界から注目を集めている。そうした研究活動を支え、社会とつなぐ役目を果たしたい、という研究推進スタッフ、秋庭はるみさんにお話を聞いた。

背水の陣で出会った“やりたいこと”

秋庭さんが地球フロンティア研究システムに来たのは1999年。当時は浜松町に事務所があった。現在では6つある研究領域も当時はまだ3つ。気候変動予測、水循環予測、地球温暖化予測の各研究領域と、国際太平洋研究センター、国際北極圏研究センターが活動を始め間もない頃だ。秋庭さんは外資系商社に勤めたあと、海外の大学・大学院へ進学し、環境学と持続可能な開発を専攻して帰国したばかり。

「はじめは就職を考えてビジネス専攻だったんです。でも、様々な人との出会いもあって途中で専攻を変更。当時は環境で仕事に就ける保証もなく、まさに背水の陣でした」

帰国後の身の振り方に悩んでいるとき、友人が教えてくれたのが地球フロンティア研究システム。学んだ知識が活かせるかもしれないと、早速コンタクトをとった。

「面接で『科学を社会に役立てるような仕事に興味はありますか?』と聞かれたんです。私は、まさにそういう仕事でしたかったので、印象に残りました。どんなことをしているのか勉強のつもりで入ってみよう、と決心したんです」

当初は研究者の秘書としての採用だったが、入ってみると事務局の仕事も兼務。研究者の関わるシンポジウムや委員会などの調整、地球フロンティア研究システム自体が関わる会議、政府や機関間の協定など、研究者とのパイプ役になってあらゆるマネジメントを手伝うことになる。

「資料などはドンと下さるんですがあとは勉強あるのみ。誰も最初からは教えてくれません。国際会議では日本語でも難しい内容が英語で飛び交う。若手研究者の方たちと夜ホテルで資料をまとめたり、

究極のOJT(オン・ザ・ジョブトレーニング)でした(笑)。最初の1年でずいぶん現場も見て、勉強になりました」。

研究環境まで問われる外部評価

無我夢中のうちに1年間が過ぎ、ようやく研究者たちが行っている研究の意義も少しずつわかってくと、秋庭さんの“初心”がむくむくとよみがえる。

「研究者も予算もまさにトップクラス。これをどう社会に還元していくのか、自分ができることは何だろう、と悩みました」

折しもちょうどその年は、5年ごとに行われる外部評価の準備の年。地球フロンティア研究システムのプロジェクトは20年の長期計画で、5年ごとに外部評価を受けながら進められる。評価委員は海外も含めその分野の一線で活躍する研究者たちだ。評価項目や基準の協議を進める一方、委員に会ってフロンティアの活動や研究成果について説明し、逆に彼らから評価に必要な資料などの要望を聞いてくるのも推進スタッフの仕事。それをもとに資料や対応策の準備をまとめ、できあがった資料は評価委員の方に事前に送付して目を通してもらう。

「評価委員会当日は、まず各研究領域長が研究報告を行い、その後、人材は適切か、研究の方向性はいいか、成果は出ているか、と個々の項目を委員が評価していきます。若手の研究者たちも個別に研究の説明をさせられたり、研究内容に不安や不満はないかなどのインタビューを受けました」

5年に1度の外部評価に加え、研究の進捗状況にあわせた計画書も1年ごとに提出する。こうした評価も研究が社会に認められる大切なプロセスのひとつだ。

研究者でないからこそ できる提案もある

2年前に事務所も横浜に移り、秋庭さんの現在の仕事は地球フロンティア研究システム内の企画・運営や、対外的なネットワークの中での業務など。研究成果や運営に関しての会議は、ともすれば結

果報告に終わりがちだ。そこで、研究者ではない立場から気がついた部分を提案していくことも多いという。

「報告資料に“本研究と社会とのつながり”という項目を入れましょう、と推進スタッフ側から提案したり。研究者にとって、科学的成果を社会的視点で論ずるのは抵抗があるんです。言い切れば責任を問われるし、自分は社会学者ではないから、そこまでの責任は持てない。でも、一般の方が知りたいのは『その研究をしたらどうなるの?』という部分ですよ。こういうことに使える、こんなことに貢献できる、といった内容を少しでも盛り込めればと思うんです。戸惑われた研究者も多かったと思いますが、最近のご理解いただけるようになりました」

そして、現在忙しいのは「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の報告書作成に向けての国内事務局業務だ。IPCCは世界中の研究などをもとに、温暖化のメカニズム、環境や社会経済への影響や対策を整理し、これまでに3つの報告書を作成している。各国の政策にも大きな指針を示すものだ。この第4次報告書を2007年に出すため、現在その準備に向けて世界中の研究機関が動き出している。IPCC報告書への貢献は、地球フロンティア研究システムの大切な使命のひとつ。報告書にとりあげる項目や執筆者などを検討し、ほかの事務局とも連絡を取りながら、文部科学省、外務省経由でIPCC本部と調整を図る。この11月にも年に1回の総会が開催される。

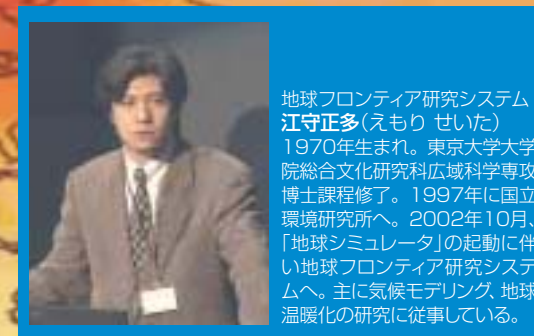
「地球フロンティア研究システムからは私を含めて5人参加します。研究者たちも『地球シミュレータ』を使ってIPCCに貢献できる結果を出していこうと頑張ってます。すばらしいコンピュータを使って、ぜひいいモデルを走らせて欲しいですね」

研究推進スタッフは研究を進める小さな歯車のひとつという秋庭さん。研究者の大きなエンジンがうまく動くように気を配りながら、社会とつなぐ架け橋の役も担いたいと熱心に語ってくれた。



地球温暖化実験 —100年後の未来をどう探るか— 「地球温暖化とその予測」

(2003年2月15日 海洋科学技術センター横浜研究所 地球情報館公開セミナーより)



地球フロンティア研究システム 江守正多(えもり せいだ) 1970年生まれ。東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻博士課程修了。1997年に国立環境研究所へ。2002年10月、「地球シミュレータ」の起動に伴い地球フロンティア研究システムへ。主に気候モデリング、地球温暖化の研究に従事している。

地球温暖化の影響によって、気温や海面の上昇、気候分布の変化、さらには農作物や人間の健康にまで影響が出るといわれています。そうした予測は、いったいどのような根拠に基づいて行われているのでしょうか。「100年後の世界」を予測する、気候変動予測研究の先端技術とはどのようなものなのでしょうか。

本日は前回の講座に引き続き「地球シミュレータ」による気候変動予測についてのお話です。特に私の専門分野、地球温暖化を予測する方法について、またそれがどの程度確かなのか、より確かな予測のためにどのような努力をしているのか、というような話をしたいと思います。

●地球温暖化の仕組みと現状

まず、地球温暖化について簡単にお話しします。「高温の物体ほど、たくさんの赤外線を出して早く冷めようとする」というステファン・ボルツマンの法則に従って、地球の地面は太陽からもらうエネルギーと釣り合うだけのエネルギーを赤外線放出してバランスを保っています。正確には地面から出た赤外線は一部大気に吸収され、大気もその温度に応じて地面と宇宙に赤外線を放出しています。地面は太陽と大気の両方からのエネルギーに釣り合うだけのエネルギーを出す必要がありますから、大気があると余計に温度が上がるのです。これが、大気の温室効果です。温室効果自体は人間が出現する前からあり、地球の表面温度を15℃程度に保ってきました。この温室効果を人間が強めたことで地表の温度がさらに上がる、これが地球温暖化現象です。

温室効果をもたらす代表的な物質には二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素があります。いずれも、大昔から安定していた濃度が産業革命以降、急激に上昇してい

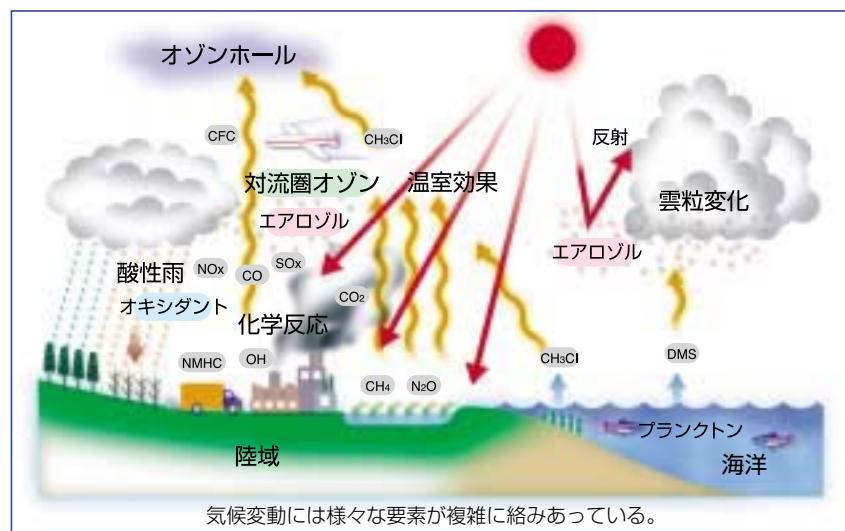
ます。気温は内部的要因でも上下しますが、少なくともこの現象に人間活動の影響があることは間違いありません。

しかも、地球の温度に影響を与える大気中物質はそれだけではありません。やはり地球を温める物質にハロカーボン類があります。代替フロンも含まれます。フロンガスはオゾン層破壊の原因とされ世界中で規制されましたが、人間はオゾン層を破壊しない代替フロンを発明し代用しています。つまり、フロン規制でオゾンホールは回復に向かっても、代替フロンによる温暖化への影響は未解決なのです。また、硫酸塩エアロゾルは、大気中に漂う微粒子の一種で大気を冷やす効果を持ちますが、酸性雨の原因にもなります。硫酸塩エアロゾルを規制して酸性雨問題を解決すると地球は温くなるかもしれない。このように気候は大気中の様々な物質と密接

に関係し、その影響の度合いには解明できない部分も多いのです。

●気候変動予測の手順

そうした諸問題解明のために気候変動予測が行われるわけですが、予測にも様々な段階があります。まず、世の中が向かう方向性を考えなくてはなりません。将来人間が二酸化炭素を出す量は、経済や技術の発展、対策の進み具合など様々なことに関係します。そうした現象は合理的に予測できませんから、ドラマなどと同様にいくつかのシナリオを書いて予測をたてます。気候変動予測については「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」という国際会議が、地球温暖化に関する研究をとりまとめ世界の共通認識となる報告書を出しています。将来予測におけるシナリオも、IPCCが各国の研究を調べて分類し、「経済重視」か



気候変動には様々な要素が複雑に絡みあっている。

「環境重視」か、「国際化」か「地域主義」かというふたつの軸によって世界の発展のパターンを大きく4つに分類し、それに沿って作成しています(図1)。例えば「経済重視」で「国際化」が進めば、高度な技術開発によって途上国も急成長し、環境を制御する方向で発展する」といった具合です。次に、そのシナリオに沿って、人間が二酸化炭素を排出する量と大気に残留する量を計算します。排出された二酸化炭素の約半分は大気に残り、残りの半分は海と陸上の植物が吸収します。

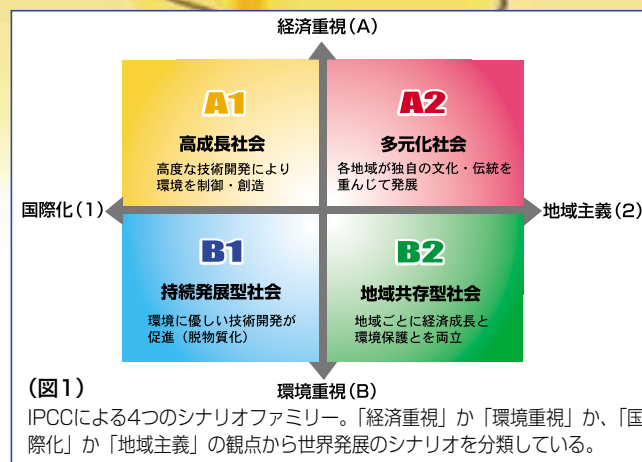
次に、これが私たちの分野ですが、残った大気中の二酸化炭素濃度に応じて気温の上昇や気候の変化を計算します。気候モデルを使って、コンピュータ上の仮想地球上で二酸化炭素や温室効果気体の量を変化させ、環境の変化を調べます。これを気候モデルと呼びます。大気、海洋、陸面のそれぞれのモデルを組み合わせて使います。たとえば大気なら、コンピュータ上で大気を三次元の格子に切り、それぞれの格子に風や気圧、温度などのデータを与え、物理方程式で計算していくのです。しかし、実際には物理法則を使ってもうまく表せない部分が出てきます。そこに関しては、仕方がないので経験的に取り扱う。これをパラメタ化といいます。これは覚えておいてください。気候モデルのしくみは天気予報で使っている物とほぼ同じですが、気候モデルは100年後の何月何日にどこで雨が降っているか、ということは気にしません。つまり、天気予報で1、2週間先の正確な予報をするのは難しくても、100年後の日本は現在よりどのくらい温度が高いか、という傾向は予測できるのです。

こうした予測結果から、気候変化による農作物の収量や洪水など社会への影響や、それに対する具体的な対策、必要経費や技術などの社会的対応も考えます。地球温暖化予測は、このように段階を追って行われているんです。

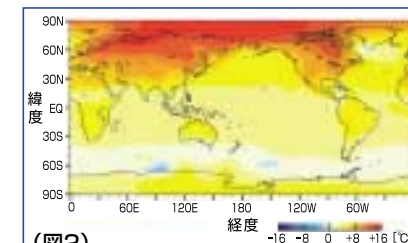
●予測はどのくらい正しいのか

では、この予測はどのくらい正しいのか。まず、かなり確かな部分。先ほどの温度上昇の2100年頃の分布(図2)を見ると、どのシナリオでも海よりは陸で、低緯度より高緯度の地域でより温度が上がる、という傾向が見られます。陸は熱容量が小さいですが、海は深さもあり熱容量が大きいですから、当然、陸の方が温度が上がる。また、北極の氷が温暖化で溶けると、海水は0℃より下がりませんから凍って氷点下だったときに比べ温度が上がる。科学的にも明快です。

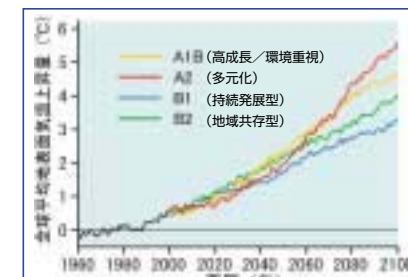
では何度上がるのか、これはシナリオによっても違いますが(図3)、モデルによっても差が出ます(P38 図4)。温暖化予測をやっている研究機関は世界中にあり、各機関ごとにモデルが違います。その結果を、特に地域レベルで比較すると、似ている部分があれば、かなり異なる部分もある。計算が間違っているわけではありません。実は、ここで先ほどのパラメタ化の問題が出てくるんです。例えば、雲ひとつとっても、高さ、面積などあら



(図1) IPCCによる4つのシナリオファミリー。「経済重視」か「環境重視」か、「国際化」か「地域主義」の観点から世界発展のシナリオを分類している。

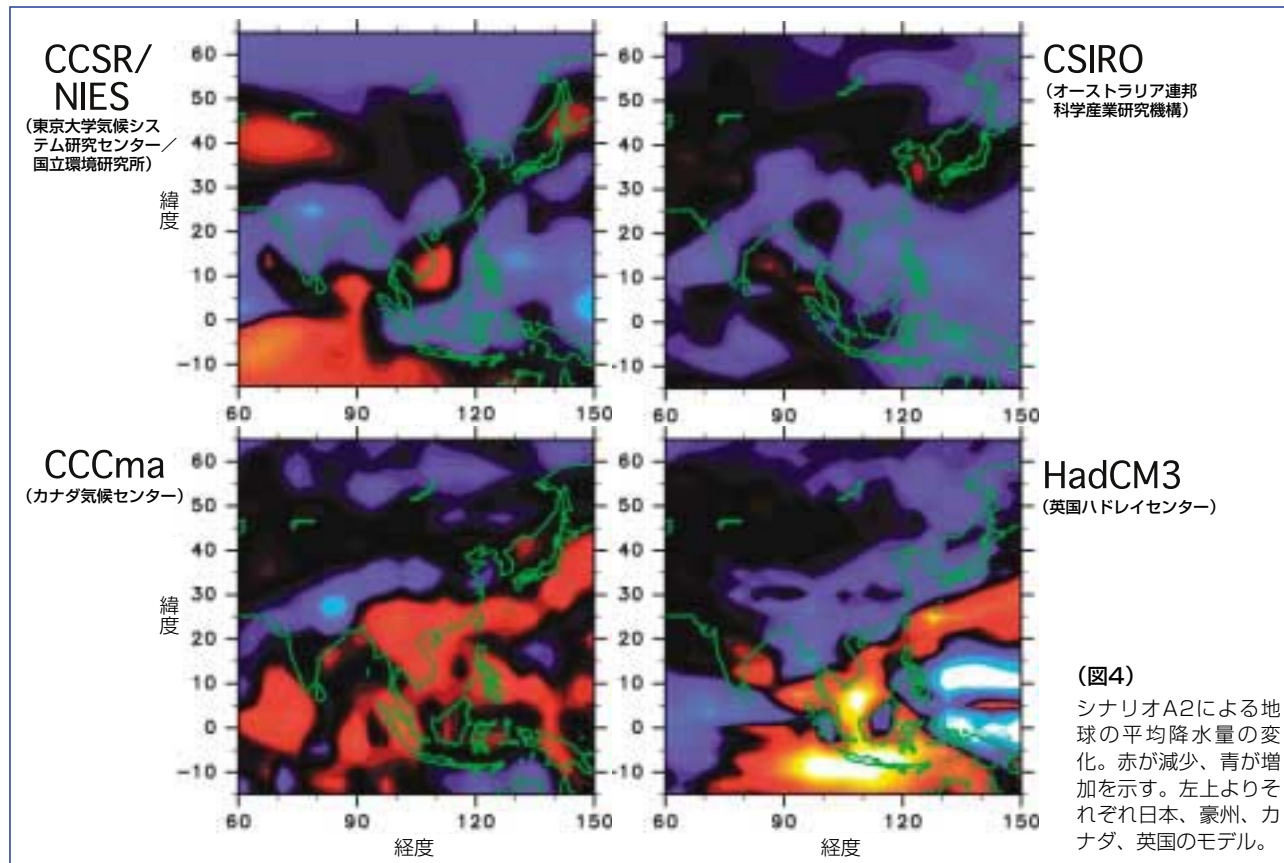


(図2) 東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所が予測した、2100年における気温上昇の分布図。海よりは陸、低緯度よりは高緯度で気温が上がっている。



(図3) 東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所が予測した、シナリオA1~B2の気温上昇グラフ。地球の平均温度は最低3℃、最高で5℃上昇する。

ゆる条件があります。ところが、ある地域、モデルのひとつの格子にあたる数百km四方の中に、数km程度の幅の雲が多数存在します。複雑な要素をこの中で表現するのは至難の業です。いろんな人がいろんな仮定、パラメタ化をして、それ



(図4) シナリオA2による地球の平均降水量の変化。赤が減少、青が増加を示す。左上よりそれぞれ日本、豪州、カナダ、英国のモデル。

ごとに結果が変わる。加えて、気候の動きをさらに複雑にしている物にフィードバックがあります。フィードバックとは、原因があって結果があり、その結果がさらに原因に影響を及ぼす、その繰り返して元の原因が拡大されたり縮小されたりすることです。同じく雲でいうと、温度、湿度、風、どれが変わっても雲は増減します。雲は日中は太陽を遮って地面を冷やし、夜は地面からの赤外線放射を妨げ保温する。こうした作用も雲の高さや厚さによって、どちらが効くかが変わります。

このように、モデルにはパラメータ化という不確実な部分があり、複雑なフィードバックによってさらに不確実になる。ですから、気候予測モデルの結果はなかなかひとつに決まらないんです。もちろん、少しでも現実に近くなるように、観測データと照合してモデルを検証し改良したり、日々努力しています。モデル間の相違の原因解明も私たちの研究なのです。

●高解像度化する予測モデル

幸運にも私たちは世界最速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使

って地球温暖化予測を行うことができます。独占はできませんから、コンピュータ全体の13%くらいを使って将来100年の予測を継続的に行っていきます。現在、それに合わせた実験をデザインしてモデルの準備をしているところです。国立環境研究所、東京大学気候システム研究センター、地球フロンティア研究システムによる共同研究です。大気、陸面、河川、海洋・海氷というモデルを組み合わせると同時に走らせます。大気と陸面と河川は80個、海洋は608個の領域に切ってそれぞれの領域をひとつのCPUが計算します。「地球シミュレータ」のひとつのノード(=8CPU)は従来のスーパーコンピュータ並みの能力がありますから、それを80個ほど並べて計算するのと同じですね。モデルを産業革命前の気候条件にして温暖化以前の気候を表現できるか確かめたり、過去140年の気候変化がちゃんと表現できるかも調べます。その後、将来予測のシナリオをいくつか行う予定です。現在開発中の大気モデルは従来のモデルより約5倍も格子が細かいので、梅雨前線なども従来に比べてうまく表現

できます。海洋はさらに高解像度ですから、海洋中の熱輸送についても非常に正確に表現できると思います。半経験的に取り扱うべき部分も残ってはいますが、あとは私たちの努力次第です。コンピュータ、観測、モデリング、これが三位一体となって、さらに予測の精度は上がっていくといえます。

「100年後の話なら予測が外れても責任をとらずにすむね」などと冷やかされませんが、敢えて100年後を予測するのは、気温の上昇が自然変動なのか温暖化によるものなのかを判断するのに、50年では温暖化が発展段階で区別しにくいという科学的理由からです。そして、100年後の気候を決めるのは私たちを含めてそれまでに生きてきた人たちです。温暖化より経済の方が切迫しているという人もあるでしょうが、地球環境問題はやがて世界の最も深刻な関心事になるはず。自分が死んだあとのことを心配するかどうかは価値観の問題ですが、私の話がこの問題を一人ひとりの問題として考えるきっかけになれば幸いです。



Report

沖縄・名護漁港で「なつしま」一般公開を実施

海洋科学技術センターでは、より多くの方々に海洋科学技術への理解を深めていただくために、所有船舶などの一般公開を各地で実施している。2003年8月23日(土)には沖縄・名護漁港において、支援母船「なつしま」と無人探査機「ハイパードルフィン」の一般公開が行われた。この日の来場者総数は577名。

船舶の公開に加えて、会場では第5回全国児童「ハガキにかこう海洋の夢絵画コンテスト」の上位入賞作品の展示や、小型ROV(TVカメラを搭載した無人探査機)の操縦デモンストレーションも行われた。



Book

『地球温暖化予測がわかる本〜スーパーコンピュータの挑戦〜』近藤洋輝/編 成山堂書店/刊 2,600円(本体価格)

環境問題の筆頭課題ともいえる「地球温暖化」。本書はその温暖化現象の予測がどのようにしてなされてきたかをまとめたもの。世界気象機関(WMO)と国際環境計画(UNEP)の共催による「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)は、温暖化のメカニズム、環境や社会経済への影響や対策などを整理する国際会議。1988年以来、科学的知見から3つの報告書を発表し、そのつど国際社会の進む方

向性に大きな指針を与えてきた。その膨大な報告書の内容やポイントを、日本政府代表としてIPCCに関わってきた著者が整理してまとめている。細かいデータや数式はとりあえず、各章の冒頭1ページに設けられたまとめを読めば、どのようなシナリオをもとにその予測が進められてきたかを掴むことができる。環境問題に興味を持つ学生や、温暖化予測の数値的な裏付けの

詳細を知りたい人にはお薦めの一冊。先端知識と技術を使って、複雑な地球のシステムをどのように把握するのかも知ることができる。



『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。
・一誌毎：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 情報業務課 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 情報業務課 情報業務課
TEL: 045-778-5350
FAX: 045-778-5424
E-mail: info@jamstec.go.jp



「しんかい6500」 携帯ストラップ

日本が世界に誇る有人潜水調査船「しんかい6500」の精密なフィギュア(立体模型)を付けた携帯ストラップです。サイズは本物のおよそ200分の1で、長さは48mm。2基のマニピュレータもしっかり再現されています。今回はこの「しんかい6500」携帯ストラップを、抽選で3名様にプレゼントいたします。

編集 後記

統合国際深海掘削計画(IODP)が10月からいよいよスタートしました。

深海底を掘削し、採取試料から地球の歴史を探る科学的試みは1960年代から始まりました。これまでの深海掘削はすべて米国の掘削船によっておこなわれており、国際共同研究とはいえ、米国主導のプロジェクトでした。

今回はわが国が自ら最新の大型の深海掘削船を建造し、世界をリードしようとする

ものです。地球深部探査船「ちきゅう」は最先端の技術を駆使して建造されておりますが、完成後、それを用いてこの計画を進めることによって、末廣理事の話にもあるように「新しい地球観の創成」をめざしています。

この計画推進には巨額の費用が必要となるため、わが国が主体的に参加することは勿論、国際的な枠組みを作って取り組まなければなりません。このための体制作りは着々と進められてきましたが、今回のIODP正式発足に伴い、より一層加速されることでしょう。さらに掘削によって採取された海洋コア試料の保管、解析、研究などを行う「海洋コア総合研究センター」も高知大学に完成し、当センターと共同で運営することとなりました。文字どおり、全地球システム変動の解明に向かって成果が挙がる

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・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、12月31日(水)当日消印有効です。

応募先

〒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』編集室プレゼント係

第66号 当選者発表

第66号 『「深海底の科学～日本列島を潜ってみれば～」藤岡換太郎著』当選者

群馬県富岡市 村山昭夫 様
神奈川県相模原市 坂田宏之 様
ほか1名様が当選いたしました。

ことが期待されます。

本誌5・6月号でご紹介しましたように海洋地球研究船「みらい」による「BEAGLE 2003」航海が進んでいます。8月3日にオーストラリアのプリズペーンを出航後順調に航海を続け、さる10月26日未明に、今航海の最大の難所である南米大陸最南端のマゼラン海峡を通過し、大西洋に出ました。マゼラン海峡は南緯54度に位置し、北半球ではアリューシャン列島に相当します。本誌が皆さんのお手元に届くころはブラジルのサントスを出航し、大西洋を横断し、ケープタウンに向かっていることでしょう。この航海の様子につきましては本文中で紹介しましたようにBEAGLE2003ホームページを開設しましたので、是非ご覧ください。

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10月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	昭和ペトロリウム株式会社	株式会社日本海洋科学
アイウ印刷株式会社	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
株式会社アルファワークコンサルタンツ	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	日本電気株式会社
株式会社エス・イー・エイ	清進電設株式会社	日本電池株式会社
株式会社NTTデータ	西武造船株式会社	日本飛行機株式会社
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	日本ヒューレットパッカード株式会社
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	日本無線株式会社
株式会社OCC	株式会社総合企画アンド建築設計	日本郵船株式会社
オートマックス株式会社	株式会社損害保険ジャパン	株式会社間組
沖電気工業株式会社	第一設備工業株式会社	株式会社ハナサン
海洋電子株式会社	株式会社大気社	済中製鎖工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	大成建設株式会社	東日本タグボート株式会社
鹿島建設株式会社	大日本土木株式会社	氷川商事株式会社
カナダ株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	株式会社日立製作所
カヤバ工業株式会社	有限会社田浦中央食品	日立電線株式会社
川崎設備工業株式会社	高砂熟学工業株式会社	日立プラント建設株式会社
株式会社川崎造船	株式会社竹中工務店	深田サルベージ建設株式会社
川本工業株式会社	株式会社竹中土木	株式会社フジクラ
株式会社関西総合環境センター	株式会社地球科学総合研究所	藤沢薬品工業株式会社
株式会社関電工	中国塗料株式会社	富士ゼロックス株式会社
株式会社キュービック・アイ	株式会社鶴見精機	株式会社フジタ
共立管財株式会社	株式会社テザック	富士通株式会社
極東貿易株式会社	寺崎電気産業株式会社	富士電機システムズ株式会社
株式会社きんでん	電気事業連合会	古河総合設備株式会社
株式会社熊谷組	東亜建設工業株式会社	古河電気工業株式会社
株式会社グローバル・オーシャン・ディベロップメント	東海交通株式会社	古野電気株式会社
ケイジーケイ株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	松本徹章株式会社
京浜急行電鉄株式会社	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
ケー・エンジニアリング株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
KDDI株式会社	東北ニュークリア株式会社	株式会社マルタン
神戸ペイント株式会社	東洋建設株式会社	三鈴マシナリー株式会社
国際気象海洋株式会社	東洋通信機株式会社	株式会社みずほ銀行
国際石油開発株式会社	株式会社東陽テクニカ	三井住友海上火災保険株式会社
国際ビルサービス株式会社	東洋熟工業株式会社	株式会社三井住友銀行
小倉興産株式会社	戸田建設株式会社	三井造船株式会社
国光施設工業株式会社	飛島建設株式会社	三菱重工業株式会社
五洋建設株式会社	有限会社長澤工務店	株式会社三菱総合研究所
三機工業株式会社	株式会社中村鉄工所	株式会社明電舎
三建設備工業株式会社	奈良建設株式会社	株式会社森介建築事務所
株式会社三晃空調	西芝電機株式会社	有限会社やすだ
三洋テクノマリン株式会社	西松建設株式会社	山岸建設株式会社
財団法人塩事業センター	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
ジオテクノス株式会社	日南石油株式会社	株式会社ユアテック
有限会社システム技研	日油技研工業株式会社	郵船ナブテック株式会社
シナノン株式会社	日鉱金属株式会社	ユニバーサル造船株式会社
シバタ工業株式会社	株式会社日産セキュリティ・サービス	株式会社リプロ
清水建設株式会社	日新火災海上保険株式会社	株式会社緑星社
株式会社商船三井	ニッセイ・エンジニアリング株式会社	若築建設株式会社
株式会社湘南	ニッセイ同和損害保険株式会社	
昭和高分子株式会社	日本SGI株式会社	

Blue Earth 第15巻第6号(通巻第68号)2003年11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 小柳津昌久
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町2番地15 TEL.046-866-3811(代表)
横浜研究所 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25 TEL.045-778-3811(代表)
むつ研究所 〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL.0175-25-3811(代表)
国際海洋環境情報センター 〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111(代表)
Washington 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
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
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】

海底地震計

Ocean Bottom Seismograph



海洋科学技術センターが実施する海底下深部構造探査などで使用されている海底地震計。地震計本体は耐圧容器(ガラス球)内に収納されており、水深約6,000mまで使用可能だ。アンカーなどの外装品をふくめると、その大きさは1.0×1.2×0.6mほどで、重さは98kg。海底地震計は、海面から投下して設置され、エアガンによる人工地震波を記録した後は、船からの音響信号によってアンカーを切り離し、浮上し、回収される。内部で記録される観測データは、連続記録方式で約3週間分。自然地震観測を行う場合は3ヶ月分の電池を積み込んでいる。

2000年6月に起きた三宅島西方海域における海底噴火活動後の海底状況調査で使用した。最近では、十勝沖余震観測を行っている。

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)