

Blue Earth

1.2月号
2005

特集 地磁気から読み解く 地球システム

特別企画：

スマトラ島沖大地震

インド洋沿岸諸国を襲った
大規模な地震・津波の発生メカニズムに迫る



JAMSTEC Report **インド洋ダイポールモード現象の終息原因を解明**
Blue Earth Museum **歩けない甲殻類 深海に棲むフジツボの脚線美?!**

Memorable Scene

1999年1月~2月

ニューギニア島北岸沖地震・津波の原因解明を 目視観察によって海底の地割れ、崩落を確認し、大規模な めざして調査を実施 津波発生プロセスに迫る

1998年7月17日17時49分（日本時間）、ニューギニア島（パプアニューギニア）北岸アイタベの沖で、マグニチュード7.1の地震がおき、その直後に大規模な津波が発生した。最大波高15mに及び津波はニューギニア島北部沿岸を襲い、被災者数2,000人を超える甚大な被害をもたらした。海洋研究開発機構（当時の海洋科学技術センター）は、南太平洋応用地学委員会（SOPAC）からの要請を受けて、地震・津波の発生に到る過程を明らかにすることを目的に、半年後の1999年1月から震源周辺の海域で集中観測を実施した。

1月にまず深海調査研究船「かいれい」によって、精密な海底地形調査やピストンコアラによる堆積物採取などが行われた。その結果をもとに、海底地すべりによると思われる新しい崩落箇所、さらに断層運動により生じたと思われる断層崖から、最も勾配が急で、新しい滑り面が露出している場所（シッサノ・ラグーン沖20~40km付近）を割り出し、2月の第二次調査では、無人探査機「ドル

フィン-3K」および支援母船「なつしま」による海底調査が行われた。第二次調査の目的は、海底地質調査、海底変動の状況確認や海底の試料採取により、地震・津波発生時の断層運動や海底地すべりが実際にどこでおきたかなど、海底変動の具体的な地点を特定することだった。「ドルフィン-3K」による潜航調査は、6日間に渡って行われた。その結果、このときの地震に伴うものと推定される大規模な地割れや斜面崩落の痕跡、さらには、日本の地震多発海域にも多く見られ、海底下の活断層の存在を反映すると考えられる冷湧水性の化学合成系の生物群集も発見された。

その後、調査結果をもとに津波伝播シミュレーション等の解析研究が行われ、大規模な被害をもたらした津波は、本震による断層運動がもたせた可能性は低く、調査によって発見された小規模な断層や海底地すべり、あるいは、それらが複合して発生したものと推定された。また、海底谷が津波の増幅効果を生んだ可能性が高いことなども分かった。



冷湧水性の化学合成系の生物群集も発見された

水深1,530~1,500mの斜面上で、大規模な地割れが延々と続く様子が確認された



地割れの淵は鋭く、まだ新しいことが分かる

Blue Earth

1・2月号/2005

CONTENTS

- 2 特集 地磁気から読み解く地球システム
地球は巨大な磁石
地球磁場の不思議を探る
- 6 地球磁場の起源と逆転現象の謎に挑む
- 10 海底堆積物に記録された地球磁場
- 13 海洋底の磁気異常から探る地球内部変動
- 16 特別企画 スマトラ島沖大地震
インド洋沿岸諸国を襲った
大規模な地震・津波の発生メカニズムに迫る
- 24 Interview 研究者・技術者に聞く
太平洋熱帯域の暖水プールにおける海洋変動を
データ解析の手法から研究中
植木 巖 研究員
- 28 Blue Earth Museum
歩けない甲殻類
深海に棲むフジツボの脚線美?!
- 30 JAMSTEC Report
インド洋ダイボールモード現象の終息原因を解明
- 34 Marine Science Seminar
「深海底総合観測ステーション」
~海底ケーブルを用いたリアルタイム観測~
- 38 BE Room
「しんかい6500」・「よこすか」太平洋大航海
5か月に及び長期航海を達成
「NIRAI KANAI」帰港式
- 39 深海研究・海洋研究の最新成果を紹介
「Blue Earth '04」を開催
- 40 Present/ 編集後記
- 41 賛助会員名簿

表紙：海上運輸を行う地球深部探査船「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。

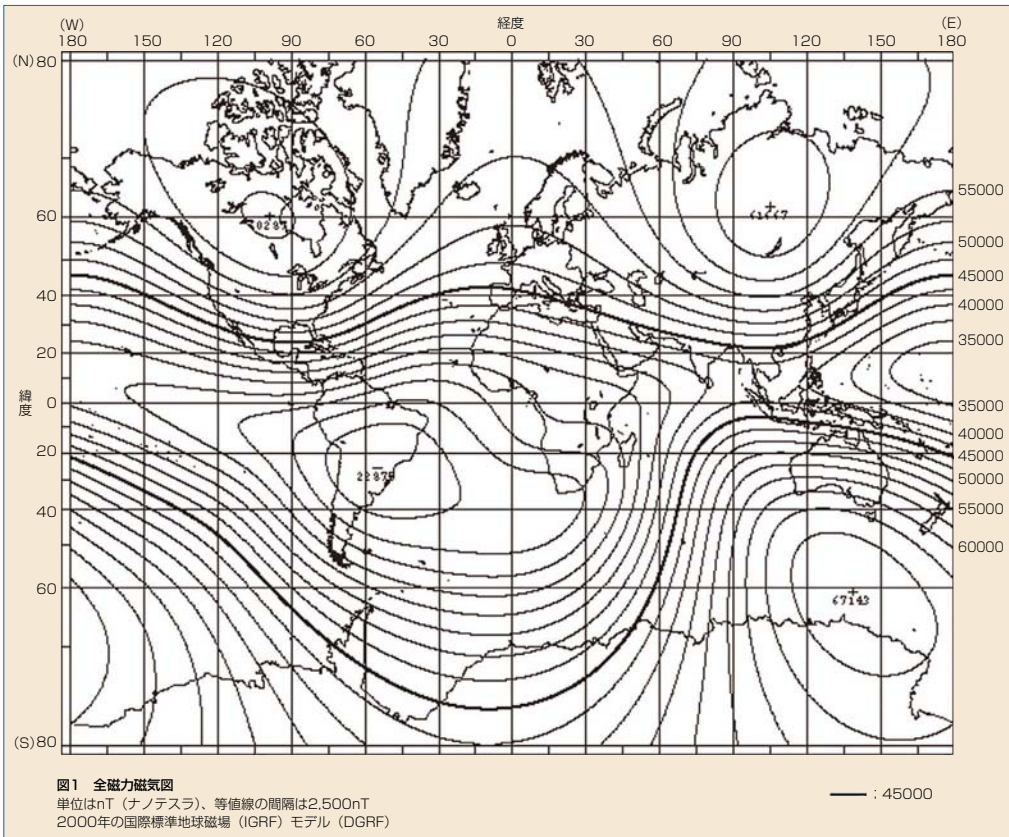
地球は巨大な磁石 地球磁場の不思議を探る

私たちのまわりには、目に見えない様々な力が存在している。たとえば、重力もそのひとつ。地球の引力と地球の自転による遠心力との合力として説明される重力は、直接目には見ることができない。だが、体重計で測る体重のように重量として、その存在を知ることができる。重力と同じように、見たり、感じたりすることはできないが、地球に暮らす私たちのまわりに確かに存在し、物理学的な作用を及ぼしているのが地磁気だ。棒磁石の周囲に砂鉄をまいて棒磁石がつくる磁場を見る実験があるが、地球全体にも独自の磁場が存在し、その地球磁場（地磁気）のなかで、私たちは暮らしている。目に見えない地球磁場の存在を実感できるのが、方位を知るために用いられる磁気コンパス（方位磁石）だ。磁石の指北性は古くから知られており、11～12世紀ころには、中国で磁気コンパスが実用されていたことが記録に残っている。だが、磁気コンパスが北を指す理由の解明については、16世紀末まで待たなければならなかった。大航海時代、磁気コンパスの磁針は、南北を指すだけでなく、水平面に対してある角度を保ち、その角度が場所（緯度）によつて異なることが知られていた。英国の科学者（医師）ウィリアム・ギルバートは、こうした地磁気の特徴が、球形の磁石の磁場に見られる磁力線とよく似ていることを発見。このことから、「地球は巨大な磁石である」と結論づけた。

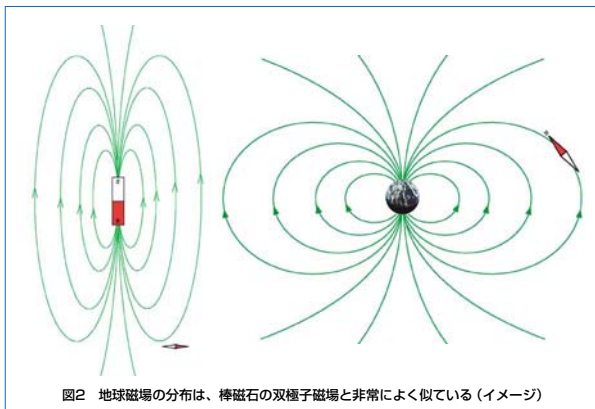
その後、今日までの調査・研究によって、地磁気に関する詳細なデータが得られ、また、地球磁場がどのようにして生まれるのかといったことについても、徐々に明らかにされようとしている。さらに、岩石や海底堆積物などに残された磁気を詳しく解析することにより、過去の様々な地球変動を解明しようとする研究も進められている。

今回は、こうした地磁気に関する研究の最前線を紹介する。

コンピュータ・シミュレーションによる地球磁場モデル。地球の外側に広がる磁力線の形状から、棒磁石と同様の双極子磁場が形成されていることがわかる（Kageyama and Sato）

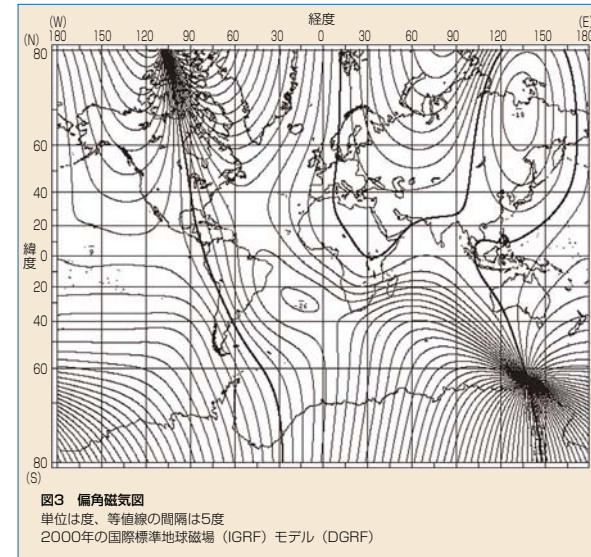


地磁気とはどのようなものなのか



地球は、地磁気と呼ばれる磁場を持つ巨大な磁石であり、それは北をS極、南をN極に向けた棒磁石 (磁気双極子) がつくり出す磁場分布と非常によく似ている (図2)。そのため、一般に地球磁場は、NとSのふたつの極を持つ双極子磁場として表される。そして、最もよく近似するいわば「仮想的地球棒磁石」の双極子の軸は、現在、地球の自転軸からおよそ11度傾いている。この双極子の軸と地表が交わる南北2点は地磁気極と呼ばれる。

なぜ地球に磁場が存在するのだろうか。地球を構成する物質が磁化している、つまり、地球内部に永久磁石があるとい

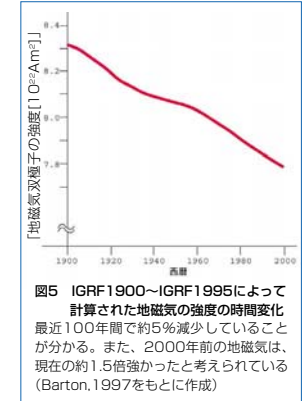
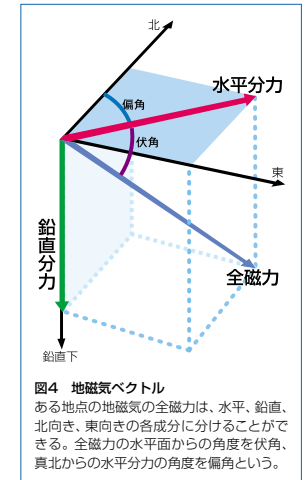


う考えは、最もシンプルな仮説だ。だが、物質 (磁性体) の磁気は高温になると減少し、やがて消失してしまう。たとえば、よく知られる造岩鉱物のひとつマグネタイト (鉄の酸化物である磁鉄鉱) は、600℃付近で磁気を失う。こうしたことから、中心部で6,000℃といわれる高温の地球内部に永久磁石があるとは考えにくい。現在、可能性が高いとされているのは、地球内部に電磁石と同様の仕組みが存在するという考え方だ。ダイナモ理論と呼ばれるこの考え方については、次の記事で詳しく紹介する。

実際の地球磁場は、厳密には図1、3の磁気図 (地球磁場の分布を地図上に描いたもの) に見られるように、単純な双極子磁場ではなく、複雑な磁場が含まれている。また、その分布も不変ではなく、地磁気の方向や強さは常に変化している。ごくわずかな変動は、地球の自転や太陽活動の影響などによってもたらされるが、さらに、10~1000年といった長い時間スケールのゆっくりとした変化も存在する (永年変化)。これは地球内部で

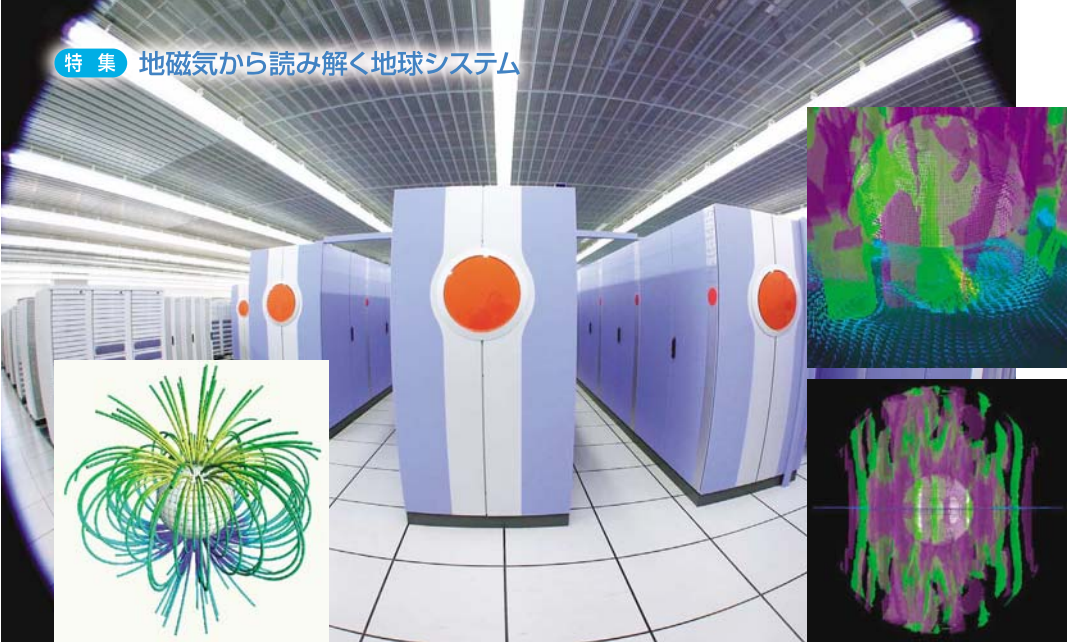
おきている磁場生成のメカニズムと大きく関連している。そして、数十万年、数百万年というスケールで見ると、極性の逆転、つまりN極とS極が入れ替わってしまうといった現象もおきていることが分かっている。

地球磁場の分布や変化を理解するためにつくられているのが磁気図だ。ある場所での地磁気は、強さとその方向を指定する立体空間のベクトル (軸は地理上の南北方向、東西方向、そして鉛直重力方向) で表される (図4)。そのため、磁気図も各要素 (成分) ごとにつくられている。図3は、地磁気の水平成分の真北からの角度を示す偏角の磁気図。この図を見ると、等しい偏角を持つ点を結んだ等偏角線が、北半球、南半球で、それぞれひとつの点に集まっている。ここでは、全磁力が水平面となす角度である伏角が90度で、水平成分がゼロになっている。この点が磁極 (伏角が+90度になる点が磁北極、-90度が磁南極) だ。磁極は、先に紹介した仮想的な地磁気極とも、物理的な極とも一致していない。つまり、



地球上には3種類の極があるわけだ。

図1の全磁力磁気図を見ると、東京付近の磁場の強さ (結束密度) はおよそ45,000ナノテスラを示す (ナノは10のマイナス9乗。テスラは結束密度を表す単位で、1ミリテスラ=10ガウス) ことが読み取れる。私たちの身のまわりにある磁石、たとえば、肩こりをほくす磁気治療器 (貼付ケタイプ) に使われている永久磁石の強さは、8,000ナノテスラ以上であり、私たちのまわりに存在する地磁気がいかに微小であるかが分かる。



地球磁場の起源と逆転現象の謎に挑む 「地球シミュレータ」によって地磁気のしくみの解明をめざす

地球に磁場が存在し、それが双極子磁場であることは、400年も前から知られていた。だが、いったいなぜ地球に磁場があるのか、なぜ複雑な構造ではなく、自然界に存在する最もシンプルな磁場構造である双極子磁場が生み出されるのかは、長い間、地球物理の大きな謎だった。さらに、溶岩や海底地殻に残された過去の地磁気の観測によって、南北の磁極が突然ひっくり返る地球磁場の逆転が、長い地球の歴史のなかで、何度も繰り返されてきたことが分かっている。どうしてこのようなことがおこるのかということも、地球磁場の大きな謎のひとつだった。これらの謎は、現在も完全には解明されていない。だが、計算機シミュレーションの発展により、直接の観測や実験が困難なこうした地球内部でおきる複雑な現象が、少しずつ明らかにされようとしている。

独立行政法人海洋研究開発機構の地球シミュレータセンター・固体地球シミュレーション研究グループでは、「地球シミュレータ」を駆使した大規模な計算機シミュレーションによって、こうした地球磁場のメカニズム解明をめざした研究が進められている。「地球シミュレータ」によって明らかにされようとしている地球磁場の不思議について紹介する。

地球になぜ双極子磁場が存在するのか

地球に磁場が存在する理由については、これまで様々な考え方が提唱されてきたが、今日では、発電機の原理によるダイナモ理論と呼ばれる考え方によって説明されている。これは、「電気を通す物体が、磁場のなかで運動すると起電力（電圧）が生じ、

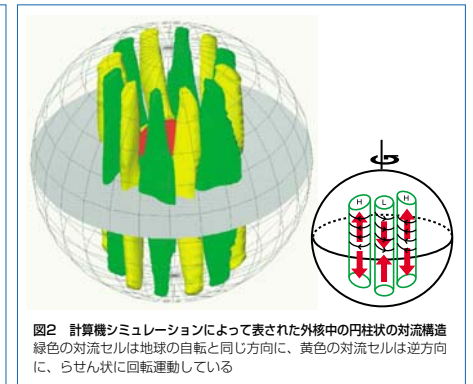
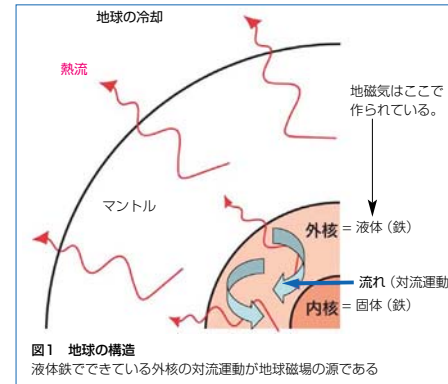
電流が流れる」という発電機（ダイナモ）の原理（ファラデーの電磁誘導の法則）に基づく考え方だ。

地球の中心部には鉄でできたコア（核）と呼ばれる領域がある。コアの半径は、約3,500km（地球の半径は約6,400km）で、その中心には固体の鉄球である内核があり、外側（外核）は溶けた液体の鉄で構成さ



取材協力：
陰山 聡 グループリーダー
地球シミュレータセンター
計算地球科学研究所
固体地球シミュレーション研究グループ

れている。外核は地球が冷えていく途中であり、液体の鉄は熱を外側のマントル層に伝えながら、活発な対流運動をしていると考えられている（図1）。磁場が存在するなかで、電気を通す液体鉄が対流運動を行うと、起電力が生じて電流が流れる。電流が流れると、その周囲に磁場がつけられる。この磁場が、もとの磁場と同じかたちで



れば、磁場は強められ、そのなかを流れる液体鉄に起電力が生じて、電流が流れる。その電流が再び磁場を生む。こうしたサイクルによって磁場が維持されていくというのが、ダイナモ理論の考え方。そして、このように対流の運動エネルギーが磁場のエネルギーに変換されるメカニズムは、磁気流体ダイナモ機構と呼ばれる。もちろん、最初に磁場が存在しなければ、液体鉄が対流していても電流は流れない。だが、何らかの影響で、ごく小さな磁場ができれば電流は流れはじめ、その後は対流のエネルギーが磁場を成長させていくと考えられる。

地球の磁場を詳細に見ていくと、複雑な磁場成分もわずかに存在するが、その強さから見ると、ほぼ双極子磁場といってよい。双極子磁場は、自然界で磁場がとり得る最も単純な構造であり、磁気流体ダイナモ機構によって、なぜこうした磁場構造が生成され、維持され続けているのかは、長い間、大きな謎とされてきた。だが、スーパーコンピュータによる計算機シミュレーションの進展により、その仕組みが説明されようとしている。もちろん、地球の奥深くおきている実際の姿を観測することは不可能であり、本当に正しいかどうかは明らかでないが、ダイナモ機構を物理学的に説明する磁気流体学（MHD）方程式を数値的に解くことによって、双極子磁場が生成される過程をある程度までコンピュータ上に再

現することが可能になり、様々なことが分かかってきた。地球磁場の生成に関わる要素として、磁気流体ダイナモ機構とともに重要なものがある。それは地球の自転だ。地球は24時間で1回転という速いスピードで回転している。この回転が、外核の液体鉄の対流に影響している。外核の熱対流運動に自転の効果が加わると、図2に示すように、南北方向にまっすぐ伸びた円柱状の対流セル（胞）が何本も並ぶ対流構造が現れる。

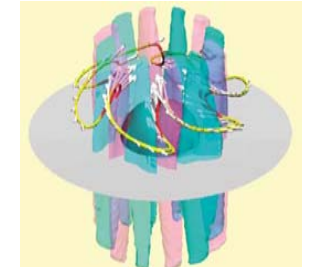
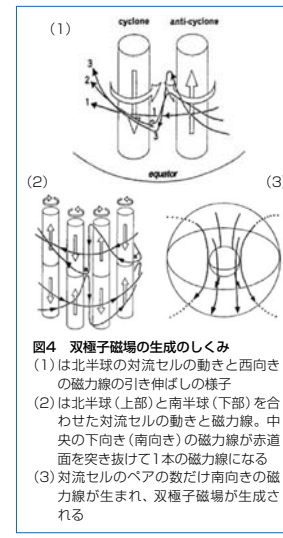


図3 磁力線の引き伸ばし
2つの対流セルが内側に絞り込むような場所
で、磁力線が引き込まれ、引っ張られてい
る様子。このとき、対流のエネルギーが磁
場のエネルギーに変換される

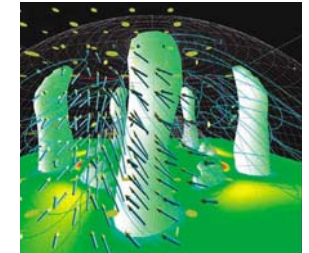
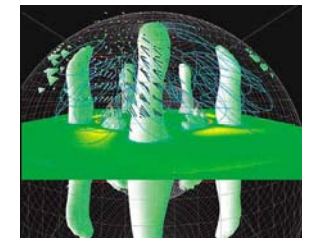


図5・6 シミュレーションによって可視化され
たコアの対流運動の様子。矢印は流れの場を示す

隣り合ったセルは、お互いに反対方向にらせんを描きながら上下方向に対流運動を行っている。磁力線は液体金属の対流の流れに乗って曲がったり変形したりする性質があるため、このとき磁力線は、図3のように、2つのセルが内側に絞込みむように対流するところで、内側に引き込まれながら、ゴムひもを引っ張るように引き伸ばされる。このとき、対流のエネルギーが磁場のエネルギーに変換される。また、磁力線は中心方向に引き伸ばされると同時に、縦方向にも変形を受ける。たとえば、図4の(1)に示されるように、はじめに北半球は西向き、南半球は東向きの磁力線があったとすると、両半球の北から南への同じ縦方向の流れに沿った磁力線が結びつき、赤道面を貫いて北から南へと向かう1本の磁力線が生成される[図4(2)]。こうしたことが、「地球シミュレータ」によって計算され、可視化されたシミュレーション結果の解析によって明らかになった。絞込みむよう動く1対の対流セルが数多く存在することで、北から南への磁力線が数多く生成され、これによって強い双極子磁場がつけられるので

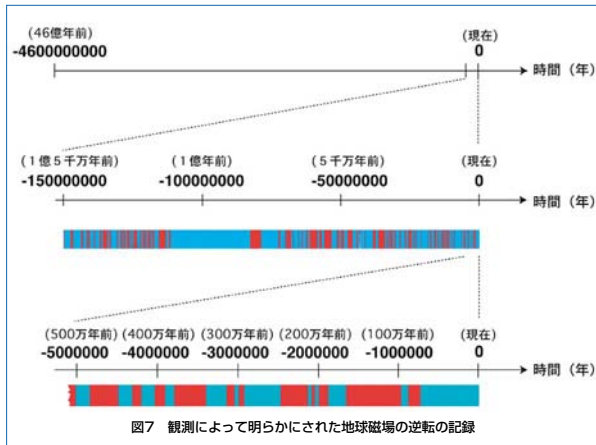


図7 観測によって明らかにされた地球磁場の逆転の記録

はないが、地球シミュレータ・固体地球シミュレーション研究グループは、このように説明する。

地球磁場逆転の謎はまだ未解決

地球内部で双極子磁場が生成されるメカニズムについては、計算機シミュレーショ

ンの解析結果から、ある程度の説明がつくようになった。しかし、地球磁場には、もうひとつ大きな謎がある。それは、地球磁場の逆転だ。地球は長い歴史のなかで、これまで何度も磁極のNとSが入れ替わる磁場の逆転を繰り返してきた。そのことは、溶岩や海底地殻に記録された古い時代の地磁気の観測によって明らかにされている

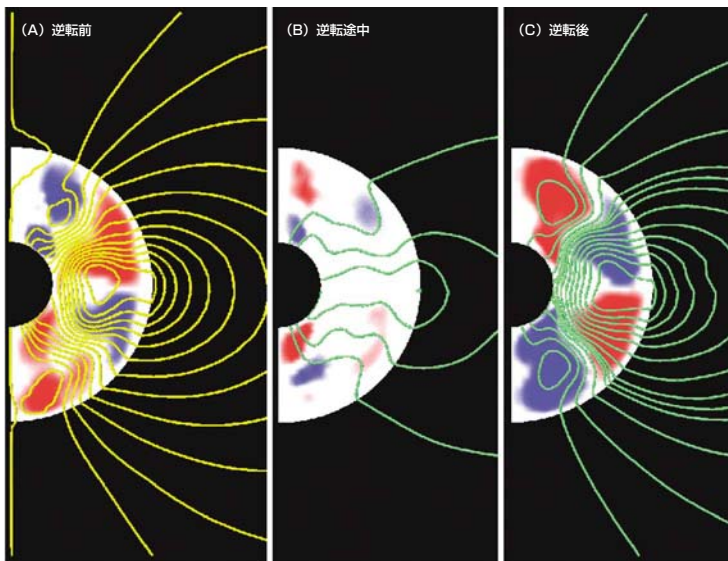


図8 シミュレーションによる地球磁場逆転時の地磁気の変動の様子(子午線断面図)

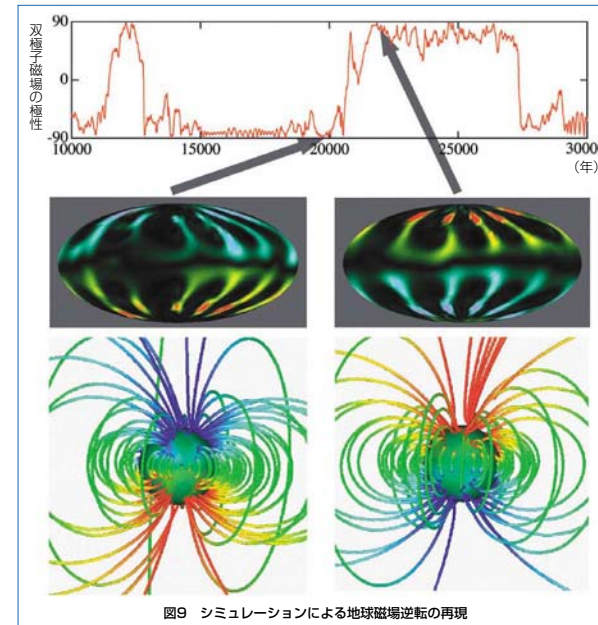


図9 シミュレーションによる地球磁場逆転の再現

る(図7)。たとえば、いちばん最近の地球磁場の逆転は、約78万年前におきている。地球の磁場が一定不変ではなく、強さや向きは常に変化し、磁極も少しずつ移動していることはよく知られているが、この逆転は、ゆっくりと磁極が移動して入れ替わるのではなく、数千程度という、地球スケールでは非常に短い時間で入れ替わるといふ。また、入れ替わる期間は地磁気が弱まるともいわれている。周期は一定しておらず、数万年で再び逆転することもある。最近2000万年前の平均周期は、約20万年という。

こうした地球磁場の逆転は、どうしておきるのだろうか。固体地球シミュレーション研究グループの「地球シミュレータ」による研究をはじめ、これまでいくつかのコンピュータ・シミュレーションによって、地球磁場の逆転は、確かに再現されている(図9)。だが、逆転を説明するには不確定な要素が多く、詳しい仕組みは未だ明

らかにされていない。ただし、逆転の前後には、双極子磁場の生成に重要な役割を果たす円柱状の対流セルのペアの数や分布が不均等になるといった変動が現れたり(図10)、逆転の途中で地磁気が全体的に弱くなる(図8)といった様子がある。数値シミュレーションにも現れているという。

この分野の研究で世界の最先端を行く固体地球シミュレーション研究グループは、「逆転のメカニズムを正しく理解するには、コアのみを扱うミニマムモデルでなく、今後は、マントル対流など、異なる空間・時間スケールを持つ領域や現象を組み込んで計算していく必要があるのではないか」と考えている。だが、その実現には、計算プログラムの高速・高効率化の推進やまったく新しい計算アプローチの開拓、そして、膨大な計算を処理するより高性能なコンピュータの開発など、乗り越えるべき多くの課題が立ちだかっている。

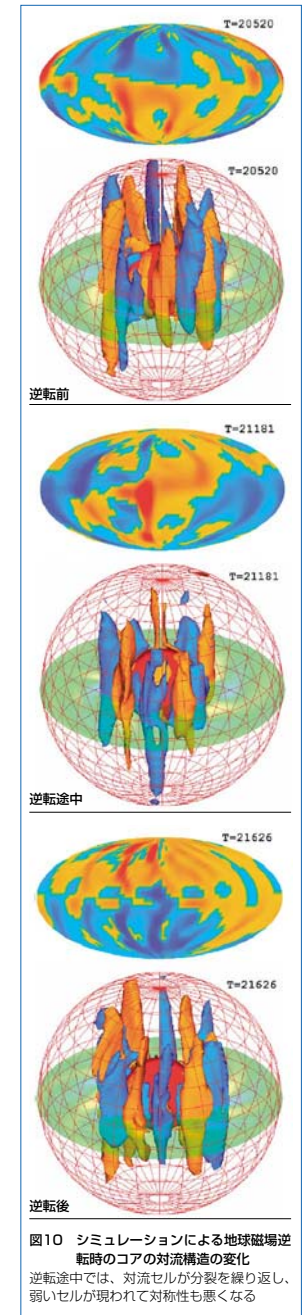


図10 シミュレーションによる地球磁場逆転時のコアの対流構造の変化



海底堆積物に記録された地球磁場 磁場の変遷とともに見えてくるかつての地球環境変動

この数十年ほどの間に、海底堆積物を用いてかつての地球磁場の変遷を理解しようとする古地磁気研究は飛躍的に発展した。その大きな原動力となったのは、1985年に深海掘削計画 (DSDP) を引き継いで実施された国際深海掘削計画 (ODP) だった。これは、国際協力のもとで海洋底の掘削を行い、堆積物や海洋地殻の岩石コアを採取し、様々な分野の科学研究に活用しようという科学プロジェクト。2003年からは、新たに統合国際深海掘削計画 (IODP) としてスタートし、現在、建造が進められている地球深部探査船「ちきゅう」は、主要掘削船として計画推進の中心的な役割を果たすことが期待されている。こうした歴史のなかで、深海掘削技術は大きく進歩し、より状態のよいコア試料が数多く採取できるようになり、さらに堆積物コアに残された磁気を効率的かつ正確に測定する機器も開発されてきた。その結果、海底堆積物の磁気に関するデータは大量に蓄積され、1990年代後半以降、海底堆積物による古地磁気学的な研究はめざましい進歩を遂げている。



取材協力：
金松 敏也 研究員
地球内部変動研究センター
海洋底ダイナミクス研究プログラム

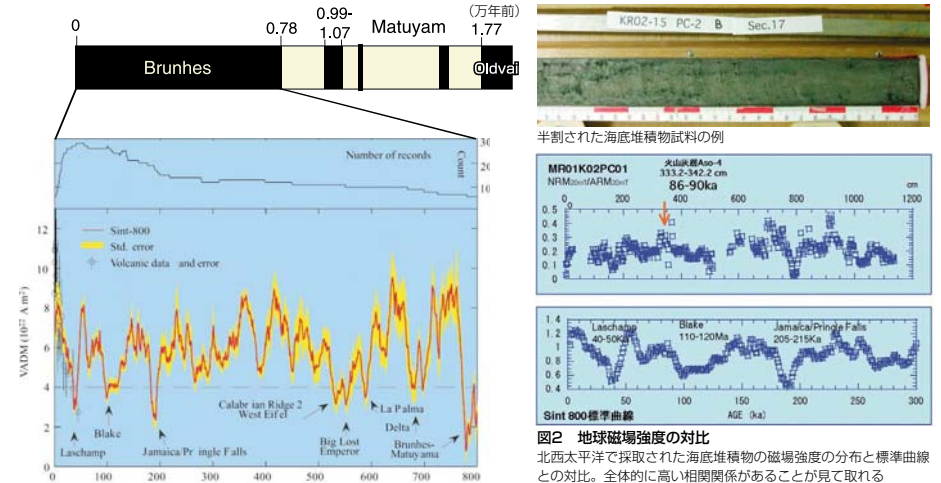


図1 地球磁場強度変動の標準曲線
地球磁場強度の研究において1990年代前半より連続性の良い堆積物にも目が向けられはじめ、80万年前までの標準曲線が出来上がった (Sint-800 : Guyodo&Valet, Nature, 399, 249-252, 1999)。

海底堆積物に記録された地球の歴史

地球の様々な環境変動を、海底堆積物から読み取ろうとする研究が進められている。海洋表層で形成されたプランクトンの殻や有機物、陸域から飛来した細かい塵などが海底に沈んで形成される海底堆積物は、各時代の地球環境の重要な情報を連続的に残している。また、陸域に比べて海底は比較的安全定しているため、信頼性が高いのも海底堆積物の特徴だ。

この海底堆積物を使い、過去の地球磁場の変動を理解しようとする研究も、近年急速に進展している。海底堆積物のなかには、磁気を持つ磁性鉱物を含んだ岩石の細かい粒子が含まれている。これらが海底に降り積もり、堆積していく過程で地球磁場の影響を受け、その方向に揃い、磁気を保ちながら固まっていく。こうした過程を堆積残留磁化 (磁化は、物質が磁気を帯び、方向と強さをもつことをいう) という。

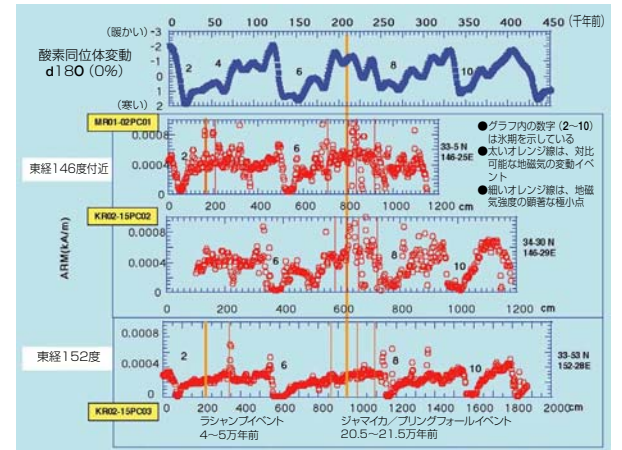
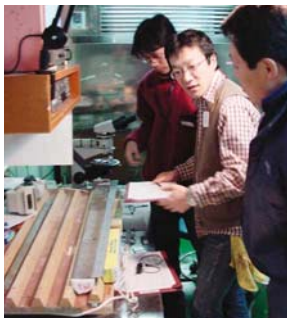


図3 北西太平洋で得られた海底堆積物の磁性鉱物量比と酸素同位体変動の対比
海底堆積物に含まれる磁性鉱物量比 (下の3点) は、酸素同位体の変動 (最上段) と非常によく一致し、氷期に少なく、間氷期に多い。また、大陸に近い東経146度付近のサイトで得られた試料には、東経152度の試料より大きな割合で磁性鉱物が含まれていた (ARMは磁性鉱物の量を示す磁気パラメータ。横軸は堆積物試料の海底からの深さ)

しかし、海底堆積物は、含まれる磁性鉱物の量や粒度、種類も異なり、環境の変化による二次的な影響もあり、残留磁化を獲得する過程で複雑な要素が絡み合うため、長い間、過去の地磁気強度を正しく理解するのは難しいと考えられてきた。だが、海底堆積物の研究が進み、高度な観測機器が開発されるようになり、堆積物に残された地磁気の記録を詳細に読み取るための環境が整うとともに、海底堆積物による古地磁気学は大きく前進した。その最大の成果といえるのが、海底堆積物による古地磁気強度変動の標準曲線の確立だ (図1、2)。海底堆積物を深いところまで連続的に採取し、その残留磁化のデータを解析することによ



円柱状の海底堆積物コアを半分を割り、そこから磁気測定のためのサンプルを採取

て、地球磁場強度の変動やその逆転の歴史を復元しようとする研究は、1990年ころから盛んに行われた。そして、世界の様々な海域で、多くの研究者らによって得られた成果から、標準曲線がつけられてきた。現在では、これまでの地球の歴史で最後に磁場の逆転がおきたとされる78万年前までの詳しい地磁気強度の

変動が明らかになるとともに、さらに古い時代の変動を探ろうとする調査・解析が行われている。

環境変動の歴史を読み解く年代ツールとしても重要

古地磁気強度変動の標準曲線が確立されたことにより、新しい年代ツールとして、海底堆積物のコア試料の年代を、磁気データから推定することが可能になった。特に、海洋ではある深度より深くなると炭酸カルシウムがすべて海水に溶けてしまう（炭酸カルシウム補償深度、太平洋では水深2,500m程度以深）ため、大水深の海底堆積物では、有孔虫などの微化石による年代決定が困難であり、古地磁気学的手法は非常に有効と考えられている。しかし、前述のように、海底堆積物が磁化を持つ過程には様々な要素が影響しているため、まだ明らかにしなければならぬ部分も多い。また、有機

物が分解する際に磁性鉱物を変性させてしまい、磁気データに影響を与えるなどといった問題もある。堆積物を使って連続的な地球磁場強度を復元するための調査では、こうした問題を避けるため、あえて生物生産性が低く、環境変動の影響を受けにくい海域を探して堆積物コアを採取しようとしている。

その一方で、一般に地球磁場の変動を連続的に見ていくには適さない生物生産性が比較的高い海域で、気候変動をはじめ地球の環境変動をあわせて見ていこうとする調査も行われている。海底堆積物には、古環境を理解するための様々な情報が含まれているため、一緒に詳しい磁気データが取得できれば、様々なメリットが生まれる。こうした調査では、無機的につくられる磁性鉱物ではなく、堆積物に含まれる細菌などの体内で生成された生物起源の磁性鉱物（磁石化石）の存在も注目されている。

海底堆積物や岩石の磁気情報を測定するスペシャリスト



取材協力：
土田和枝 観測技術員
マリン・ワーク・ジャパン
海洋科学部 海洋調査室 海洋地質課

土田さんは、地磁気を遮断する磁気シールドルームが設置された古地磁気・岩石磁気実験室で、研究者が持ち帰った海底堆積物・岩石サンプルの磁気測定やデータ処理を担当している。様々な測定装置がある磁気シールドルーム内の中央におかれている

のが、超伝導磁力計。磁気センサーに超伝導素子が使われ、冷媒に液体ヘリウムを用いる大掛かりな装置だが、海底堆積物のように微弱な磁化サンプルでも、高感度かつ短時間で測定できるという優れた装置



高性能・高効率の超伝導磁力計は、古地磁気学研究的の進展に大きく貢献した

だ。こうした測定装置を使用して信頼性の高いデータを出すためには、常に装置やそれを取り巻く環境にも気を配りながら維持・管理することが求められる。「不調なデータが出た場合にも、迅速に対応できるよう、自ら装置のトラブルシューティング（不具合を修正・修理すること）を行わなければならない。そのためにも、分析機器の

原理をはじめ、電気系統、磁場、超低温などに関する知識や豊富な経験が必要で、日々悪戦苦闘しています」と土田さん。「磁気は目に見えません。気づかないうちに外部磁場の影響を受けたりしないよう、十分に注意することが重要です。そうした影響を防ぐひとつの手段として、磁気シールドルームがつけられています」と話す。

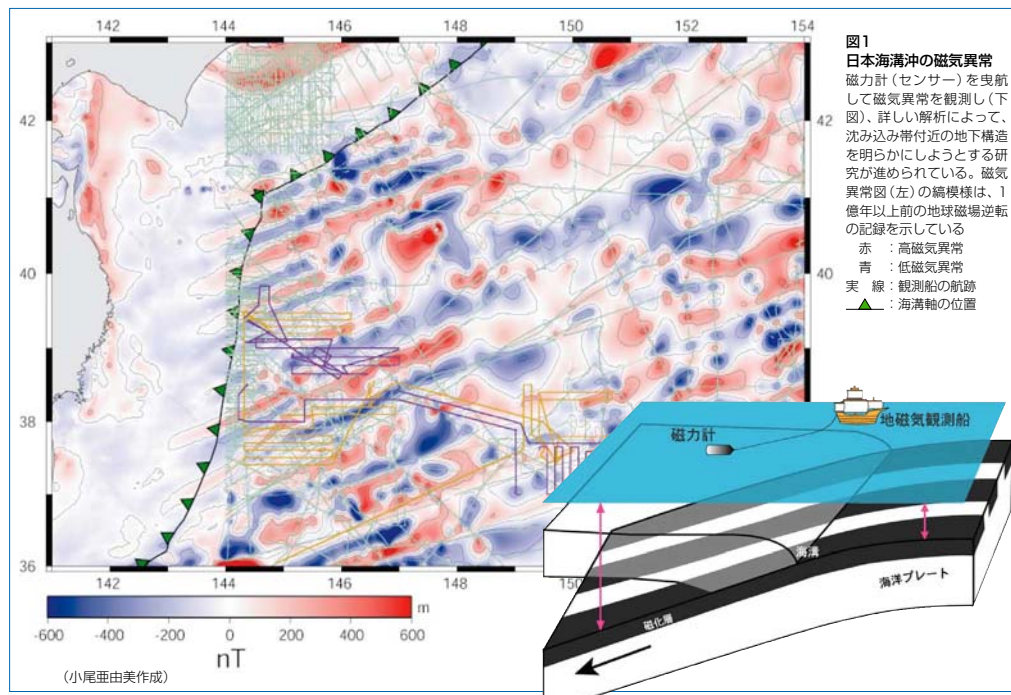


図1
日本海沖の磁気異常
磁力計（センサー）を曳航して磁気異常を観測し（下図）、詳しい解析によって、沈み込み帯付近の地下構造を明らかにしようとする研究が進められている。磁気異常図（左）の縞模様は、1億年以上前の地球磁場逆転の記録を示している
赤：高磁気異常
青：低磁気異常
実線：観測船の航跡
▲：海溝軸の位置

海洋底の磁気異常から探る地球内部変動 地球のダイナミックな活動を明らかにした磁気異常



取材協力：
富士原 敏也 研究員
地球内部変動研究センター
海洋底ダイナミクス研究プログラム

地球磁場はどのようにして生まれるのか、また、なぜ逆転するのかといった地球の磁場そのものに関する研究が進められる一方で、岩石などに残された地球磁場の痕跡から、地球の様々な変動の歴史や地球内部活動を明らかにしようとする研究が進められている。すでに、陸上における岩石等の詳しい調査から、地球磁場の歴史的な変遷など、様々なことが明らかにされてきたが、さらに海洋底に残された地磁気の記録や磁気異常から、地球環境の歴史や地球内部変動を理解する新たな研究が進められている。先の記事では、海底堆積物から地球の歴史をひも解く研究について記したが、ここでは、海底地殻に残された磁気から、壮大な地球内部活動を探る研究について紹介する。

海洋地殻に残された地球磁場逆転の歴史

海上からの地球磁場観測が盛んに行われるようになった1960年代、いくつもの大水深の海域で、海嶺軸に平行して縞模様状に強弱を繰り返して分布する磁気異常が確認された。イギリス

のF.J.バイン、D.H.マシューズ、カナダのL.W.モーリーらは、これが海嶺から供給される火山岩に残された地球磁場逆転の記録であり、海洋底拡大によって海洋地殻に残されているのではないかと推察した（図2）。その後、様々な方面で検証が行われ、バイン・マシ

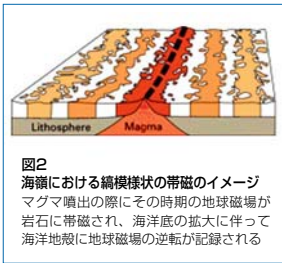


図2 海嶺における縞模様状の帯磁のイメージ
マグマ噴出の際にその時期の地球磁場が岩石に帯磁され、海洋底の拡大に伴って海洋地殻に地球磁場の逆転が記録される

ユーズ（・モーリー）説は海洋底拡大説の証明として認知されるとともに、20世紀最大級の科学成果のひとつとされるプレートテクトニクス理論の基礎となった。

海底の地殻は、どのような仕組みで磁化を獲得するのだろうか。火山岩には磁性鉱物が含まれ、多かれ少なかれ磁石になる性質を持っているが、高温の状態では高い熱エネルギーのために磁石の性質を示さない。だが、ある一定の温度（キュリー点）まで冷却されると、地球磁場の向きと平行に磁気を帯びる。中央海嶺で生まれる海底火山岩は、高温の溶岩として海底で噴出する際に急激に冷却され、このときの地磁気を記録する。こうして磁化する仕組みを熱残留磁化という。その結果、つねにほぼ一定の速さで拡大を続けている海底の岩石には、これまで繰り返されてきた地球磁場の逆転の歴史が、まさにテープレコーダーのように記録されていくのだ。そして、海上で磁気を観測すると、正磁極期（現在と同じ向きの磁極を有する期間）に生まれた海底では磁場が強く、反対に逆磁極期の海底では磁場が弱くなるという縞模様様の磁気異常が現われる。さらに、こうした海底の磁気異常の調査結果を、これまでに理解されている地球磁場逆転の歴史パターンと比較すれば、海底が生まれた年代や、海洋地殻が拡大していくスピード・向きなどを明らかにすることができる。

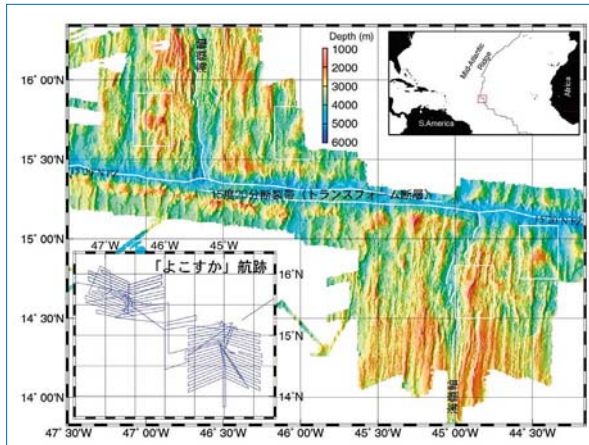


図3 大西洋中央海嶺15度20分断裂帯付近の海底地形
支援母船「よこすか」の調査によって得られた大西洋中央海嶺（15度20分付近）の地形図。中央に断層（トランスフォーム断層）が走り、海嶺軸が断裂している。左下に示すように観測線を設け（約5マイル間隔）、地形、地磁気そして重力データも取得した

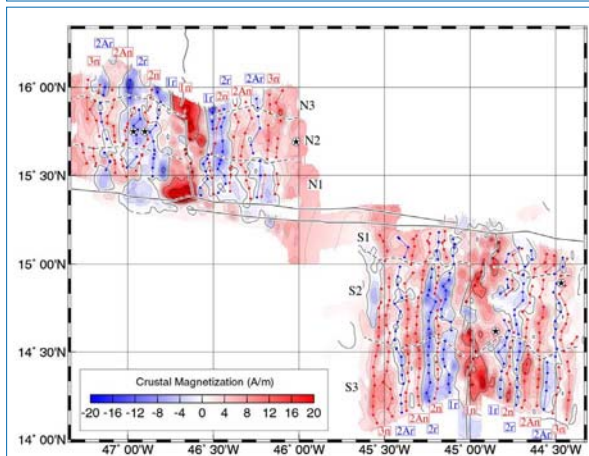


図4 磁気異常から計算された磁化強度分布と海洋底年代の定定
磁化強度の分布から、同じ磁極期に相当すると推定される海底を線で結んだ。縞状構造が乱れている場所は、地下構造の不均質性や断層などの存在を示す

磁気異常から地下構造を探る

こうした海底の地殻が帯磁する現象を利用して、これまでプレートテクトニクスの検証など、地球のダイナミックな活動を理解する研究が進められてきた。さらに、今日では海洋地殻の磁

気異常を調べることで、海底の地下構造を推定するといった、磁気異常から地球内部変動を解明する取り組みも積極的に行われている（図3・4・5）。
海洋研究開発機構の地球内部変動研究センター・海洋底ダイナミクス研究プログラムでは、現在、日本海溝沖



深海調査研究船「いかい」に搭載された磁力計（センサー部）



船体磁化の影響を避けるため、磁力計は船体から数百m離して曳航



1994年の大西洋調査のときに「しんかい6500」に搭載された深海磁力計（矢印）。海洋地殻に近い海中で観測することにより、高精度な地磁気データを得ることができる

（三陸沖）周辺で、詳しい海底の地磁気調査を実施し、調査によって得られた磁気異常から、沈み込み帯における海底下の構造を解析する研究を進めている（図1）。人工的に地震波を振発するエアガンや大量の海底地震計などを使用する海底下構造探査は、海底下の地殻構造を理解するための効果的な手法だが、非常に大規模な調査だ。一方、地磁気調査は、センサーを船上に設置したり、曳航したりしながら、海上を航行してデータを収集し、それを計算するだけで、面的に広い範囲の地殻構造が推定できる。もちろん、詳しい構造を理解するためには、地震波による構造探査などと組み合わせることが必

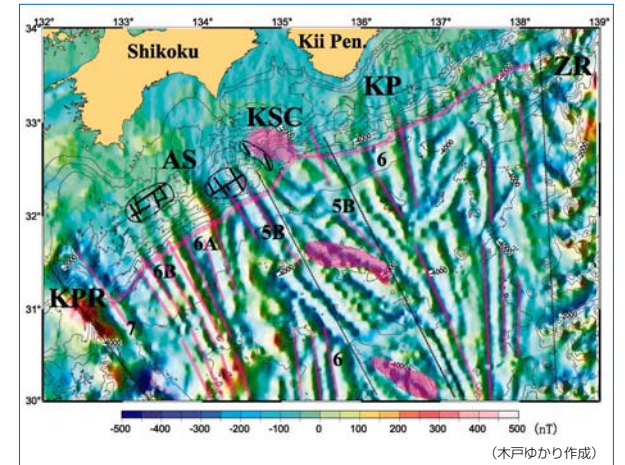


図5 四国海盆の磁気異常図
KSCと書かれた紀南海山列を結ぶ線が昔の拡大軸。磁気異常の解析から、四国海盆は約2000万年前から1000万年の間、拡大していたことがわかる

要だが、詳しい調査を行う海域を絞り込むための予備調査として地磁気調査を行うといった方法も有効と考えられている。

磁気異常は、海洋地殻（海底）の近くで測定するほど高精度のデータが得られる。そのため、将来的には、観測船でセンサーを海面曳航するのではなく、深海を曳航したり、また潜水調査船やROV（無人探査機）を活用して、地磁気データを収集することなども考えられている。現在、海洋研究開発機構で開発が進められている深海巡航探査機「うらしま」のようなAUV（自律型無人潜水機）を活用できれば、より効率的に地磁気データを収集することができるかもしれない。高精度で高分解能の情報をもたらす海底近くでの観測は、磁気異常を得ること、すなわち、詳細な地殻構造を得ることができるだけでなく、多くの海域から得られた記録からグローバルな変動成分を取り出すことにより、地磁気の強度変動の情報を引き出すことを可能にする。さらに、磁化プロセスが異なる堆積物の磁化変

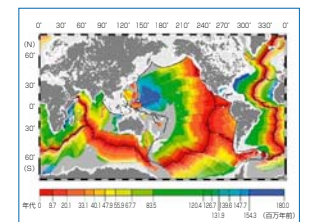


図6 世界の海底の年代図
主に磁気異常によって求められた世界の海底の年代図。日本の東方沖に、およそ1億8千万年前に生まれた古い海底が残っていることが示されている。赤色系が若い海底、青色系が古い海底を表す（Muller et al., 1997）

化などから得られる情報と比較することも重要である。海洋地殻は過去2億年の地球磁場の唯一の連続記録媒体であり（図6）、それを読み解くことによって、地球磁場の詳細な極性反転の振る舞い、期間の短い逆転、あるいは磁場強度変化の歴史や時間変動を解明することが可能である。これは地球磁場生成の仕組みを明らかにするためのシミュレーション研究などにとっても重要なデータとなる。

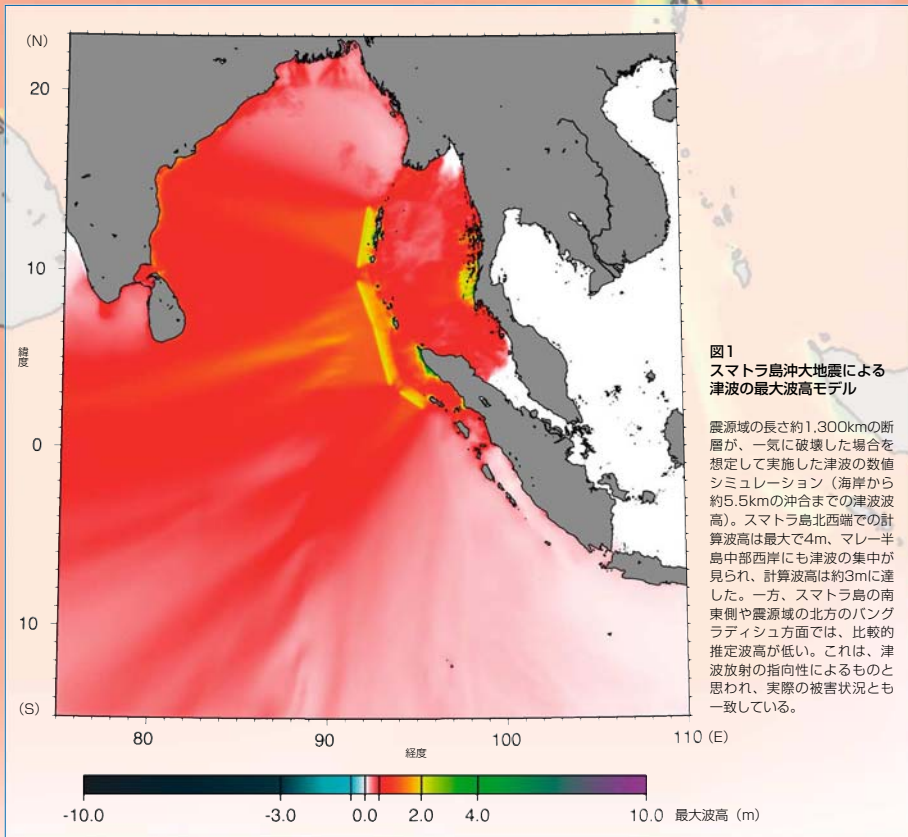


図1 スマトラ島沖大地震による津波の最大波高モデル

震源域の長さ約1,300kmの断層が、一気に破壊した場合を想定して実施した津波の数値シミュレーション（海岸から約5.5kmの沖合までの津波波高）。スマトラ島北西端での計算波高は最大で4m、マレー半島中部西岸にも津波の集中が見られ、計算波高は約3mに達した。一方、スマトラ島の南東側や震源域の北方のバングラディッシュ方面では、比較的推定波高が低い。これは、津波放射の指向性によるものと思われ、実際の被害状況とも一致している。

インド洋沿岸諸国を襲った大規模な地震・津波の発生メカニズムに迫る

スマトラ島沖大地震・インド洋大津波の全容を探る

取材協力：地球内部変動研究センター

2004年12月26日、午前10時ごろ（日本時間）、インドネシア・スマトラ島沖で強い地震が発生。これに伴う大規模な津波は、インドネシア、タイ、マレーシア、スリランカ、インド、さらにはアフリカ東岸のソマリア、ケニアなど、広い範囲のインド洋沿岸諸国に甚大な被害をもたらした。報道によれば、この地震・津波による犠牲者は30万人に迫るとされ、20世紀以降で最大規模の被害ともいわれている。今回の地震・津波は、どのようにして発生したのか、また、地震がおきた震源域の海底はどのようにになっているのだろうか。これまでに得られている科学的な知見や、過去に独立行政法人海洋研究開発機構（当時海洋科学技術センター）が同海域で行った調査等をもとに、大規模な地震・津波の発生メカニズムを探るとともに、津波や地震波伝播に関する最新のシミュレーション解析の成果を紹介する。海洋研究開発機構では、本年2～3月に、震源域の海域において海洋調査船「なつしま」、無人探査機「ハイパーダルフイン」等による緊急調査を実施。この調査により、地震発生の詳しいメカニズムや、今後の破壊可能性等の確かな把握が期待されている。

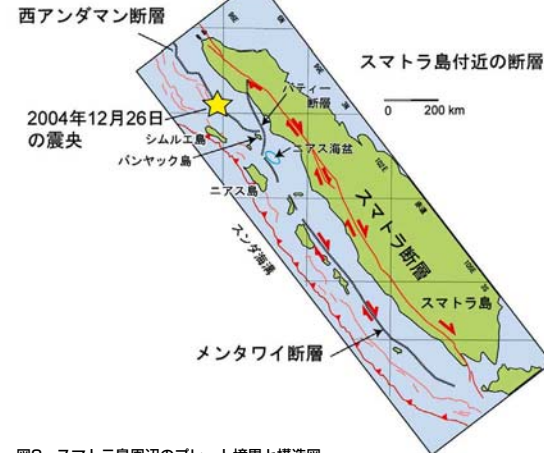
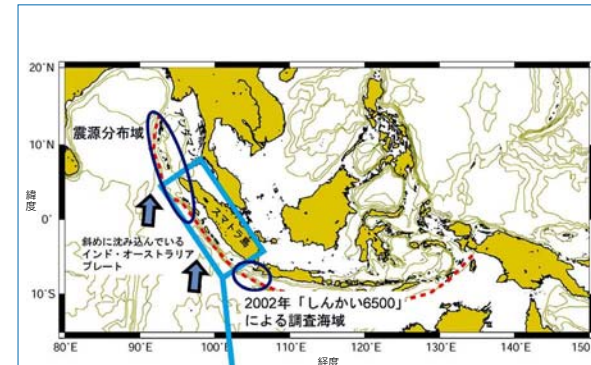
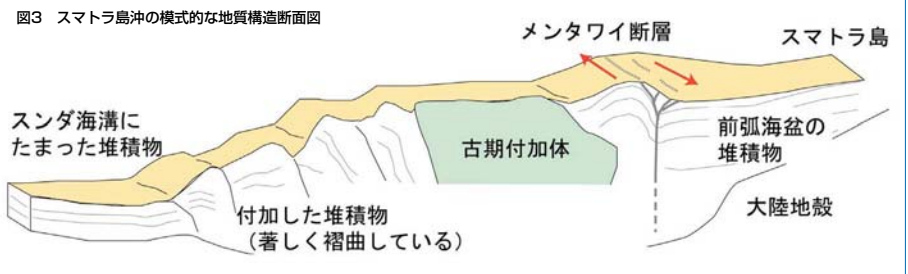


図2 スマトラ島周辺のプレート境界と構造図
Natawidjaja and Sieh (2001) の構造図を簡略化したもの



巨大な海溝型地震がもたらした津波被害

地震は、主に地殻の破壊が生じることによって引き起こされる。そして、今回のスマトラ島沖大地震は、海底にある複数の活断層（地震をおこす可能性の高い断層）が交差するスンダ海溝の周辺で発生した海溝型地震だった（図2）。

海溝では、海洋プレートが陸側の大陸プレートの下に潜り込んでおり、海溝の地下深部では、潜り込む海洋プレートに引きずられて上盤の大陸プレートの端は大きく曲げられる。この曲げが強度の限界まで進むと、大陸プレートは反発し、プレートの境界面に沿って跳ね上がるようにずれながら地殻破壊をおこす。このときに発生する大きな地震が海溝型地震だ。海溝型地震の震源域は一般に海域にあるため、海底地形が大きく変化することにより、しばしば津波を引き起こす。今回のスマトラ島沖大地震で発生したインド洋大津波も、このような海溝型地震に伴う津波だった。

津波は、地震に伴って必ず発生するわけではない。海域に震源があり、マグニチュードがおおよそ7以上、さらに、震源域が比較的浅いなどの条件が重なった場合に発生する可能性が高い。また、地震断層が横方向よりも上下方向にずれる場合に、より発生しやすいと考えられる。津波は、台風などによって発生する高波のように、海洋の表層が運動するものとは異なり、海底の急激な上下変動等

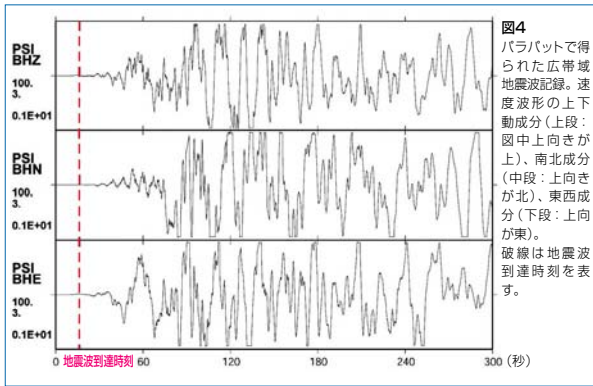


図4
パラバットで得られた広帯域地震波記録。速度波形の上下動成分(上段: 図中上向きが上)、南北成分(中段: 上向きが北)、東西成分(下段: 上向きが東)。破線は地震波到達時刻を表す。

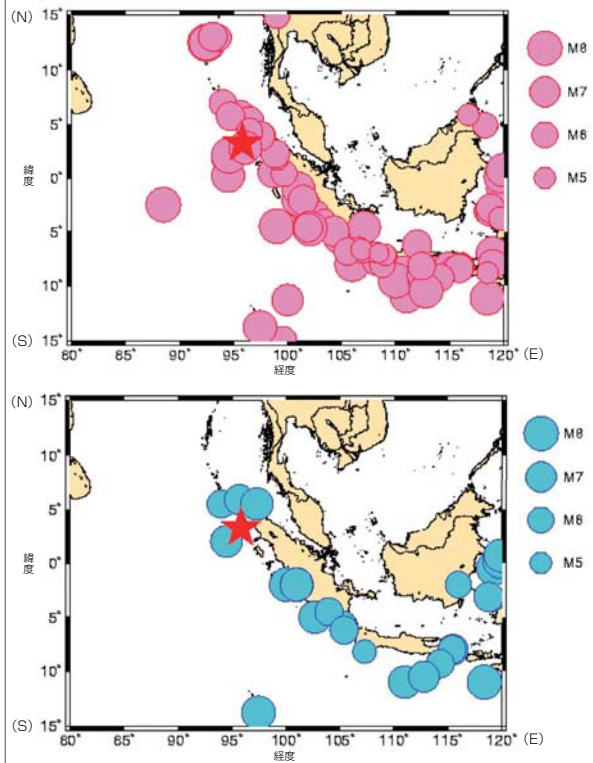


図5 過去にインドネシア周辺で発生した地震の分布

米国海洋大気局 (NOAA) のデータベース (<http://www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html>) から抽出したインドネシア周辺で発生した過去の地震分布。1820年から2003年までのおよそ180年間に92の地震が登録されており(上)、このうち31が津波をともなう地震である(下)。どちらも「★」印は今回の地震の震央。地震の震央を地図上に記すとプレート境界に沿って大きな地震が発生していることがわかる。今回のスマトラ島沖大地震の震源近くでも、津波を伴う地震はいつか発生しているが、これまで、甚大な被害をもたらすような津波は発生していない。

によって、海底から海面までの海水全体が揺らされ、大きな波となって押し寄せてくる。津波の波長は地震の規模などによって異なるが、およそ数十kmにも及び(高波の波長は、数mから10m程度)、津波の持っているエネルギーは、高波などとは比較にならないほど大きい。そのため、今回のインド洋大津波のように、震源域から遠く離れた海岸にも甚大な被害をもたらす可能性が高い。

地震発生域の地下構造

今回のスマトラ島沖大地震で最初の破壊がおきたのは、インドネシア・スマトラ島の北端部、ナングル・アチェ・ダルサラム州の南東沖に位置する、シムル工島の北東数十kmの海底とされる(米国地質調査所発表)。その後、地震をおこした地殻の破壊は、北側のニコバル諸島やアンダマン諸島へと伝搬し、最終的には、全長1,000kmにも及ぶ大きな破壊をもたらしたと考えられる。

このような地震を引きおこした場所の地下は、どうなっているのだろうか。

地震が起こったスマトラ島周辺は、北西～南東方向に伸びるスダグ海溝に平行してスマトラ島の海岸線が続き、スマトラ島の内陸には、やはり平行して火山フロントが直線状に分布している。また、スマトラ島のインド洋側沖には、ニアス島をはじめとするメンタワイ諸島が、これも海溝軸と平行して分布している。

スダグ海溝では、「インド・オーストラリアプレート」(海洋プレート)が年間約75～80mmの速度で、スマトラ島が位置する「ユーラシアプレート」(大陸プレート)の下に沈み込んでいる。「インド・オーストラリアプレート」の移動方向は北北東方向で、上に述べた北西に伸びるスダグ海溝軸と斜交しており、スマトラ島周辺では、沈み込む海洋プレートは斜めに沈み込むことになる。このような幾何学的特徴によって、沈み込まれる側のスマトラ島の地殻(プレート上盤側の

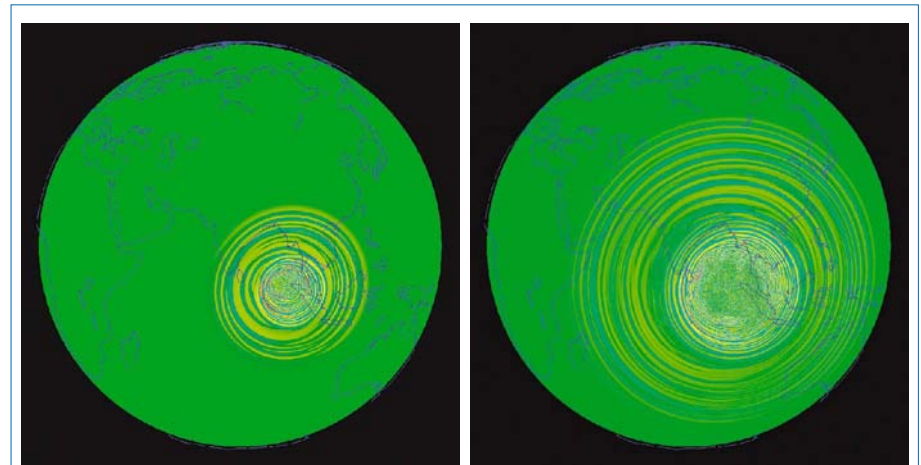


図6 「地球シミュレータ」による今回のスマトラ島沖大地震の地震波伝播シミュレーション

地球内部変動研究センターが「地球シミュレータ」を用いて、スマトラ島沖大地震で発生した地震波が伝播する様子をシミュレーションした。シミュレーション画像には、地震波が震源からほぼ同心円状に広がっていく様子があらわされており、詳しく見ると、複雑な震源過程を反映して波面がゆがめられている様子も見られた。上の画像は、動画の一部を紹介したもので(動画は、海洋研究開発機構のホームページの「2004年12月26日に発生したインドネシア(スマトラ島沖)の地震・津波について」で見ることができる)。
<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-i/sumatra/>

地殻)には、沈み込むプレートによって斜め方向の力がかかる。この力により、上盤側の地殻では、海溝と平行な方向や海溝と直行する方向に変形が集中する傾向がみられる。海溝と平行な方向の変形としては、スマトラ断層や海溝側に位置するメンタワイ断層が相当する。

これらはすべて右横ずれ断層であり、海溝軸と並走して発達する。一方、海溝と直交する方向の変形は、海溝に直交する力で押されて潰れ、褶曲(横方向の圧力を受けて波状、さらには重なるように曲がりくねった状態)した地層の変形構造に現れている。以上をまとめると、スマトラ断層とその海側に位置するメンタワイ断層のふたつの断層と、メンタワイ断層よりさらに海側に位置する、付加体と呼ばれる褶曲帯から成り立っているというのがスマトラ島沖の基本的な構造だ。

だが、ニアス島周辺では、この基本構造が崩れている。それは、スマトラ断層から斜めに分枝する断層(バティエ断層)

が海側へ張り出しており、その影響によって沖合のメンタワイ断層までもが変動させられている。このような枝分かれ断層の変動の影響によって、ニアス島やその北側に位置するバンヤック島で地殻の圧縮が生じ、ニアス島の北東側では、地殻の引っばりによってニアス海盆と呼ばれる凹地ができています。

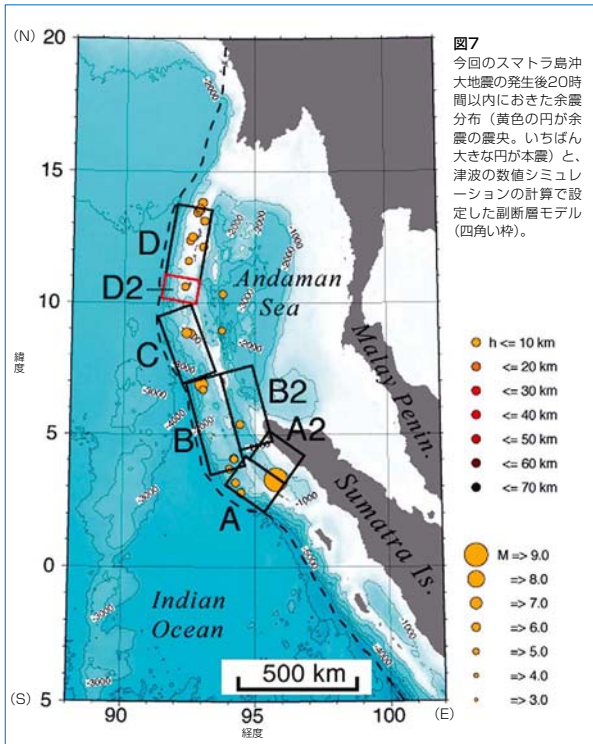
今回の震源域は、このニアス島よりさらに北に位置するシムル工島の北東数十kmのところに位置する。ここでは、西アンダマン断層が海溝軸にほぼ平行して走っている。この西アンダマン断層は、ニコバル諸島の東縁に沿って北側へと連続するが、その変動の速度等は、未だわかっていない。いずれにせよ、西アンダマン断層は右横ずれ断層であって、その北縁はビルマ沖のアンダマン諸島の北に位置する火山島周辺で消滅する。

一方、陸上にはスマトラ島の中央部を海溝軸と平行してスマトラ断層が走っている。スマトラ断層の変動の速度(変位速度)は、南から北に向かって年間6

mmから23mmと増大する傾向がみられ、アンダマン海にいたる北限では、年間40～60mmの速度で変動している。

このような構造の特徴から、右横ずれの西アンダマン断層(海底部)とスマトラ断層(陸上部)に挟まれた部位の地下で破壊された地殻が、今回の大地震の震源域になっていると考えられる。そして、その延長にあたるアンダマン海中央部では、海洋底の拡大が引きおこされている。

東京大学地震研究所海半球観測研究センターと共同で設置・運営している、インドネシア・スマトラ島北部の地震観測点パラバット(震央からの距離は約350km)において取得された今回のスマトラ島沖大地震(マグニチュード9.0)の記録によれば、約300秒に渡って、大きな振幅の地震波が継続しており、今回の地震の大きさを物語っている(図4)。地震波初動の到達後の約60秒間は、振幅が小さく、それ以降は振幅が大きくなっている。この特徴は、おそらく本震断層の破壊運動に対応していると思われる



る。すなわち、初めの60秒間でやや小さな地震破壊(「小さい」といっても、マグニチュード8程度の巨大地震クラス)が発生し、その後大きな地震破壊が進行したのと考えられる。

各地の津波の波高から震源域の破壊の様子を探る

今回のスマトラ島沖大地震では、地震に伴って発生したインド洋大津波が、各地に大きな被害をもたらした。津波の様子を記録した映像がマスコミによって報じられ、また、各国の調査チームが現地調査を進めており、津波の全容は次第に明らかになるようになっている。こうした調査に先立って、地球内部変動研究センターでは、信頼のける震源情報、地震学的情報、海底地形、および複数の文献に基づき、今回のスマトラ島沖大地震の震源域に関して、いくつかの副断層から成る地震断層モデルを考え、地震によって発生する津波の数値シミュレーションを行った。そして、インド洋全体で海岸の最大津波波高を計算し、1月上旬までにマスメディア等の報道を通じて

得られた現地の津波波高(ここでは便宜的に「報道波高」と記す)と比較した(図7、8)。

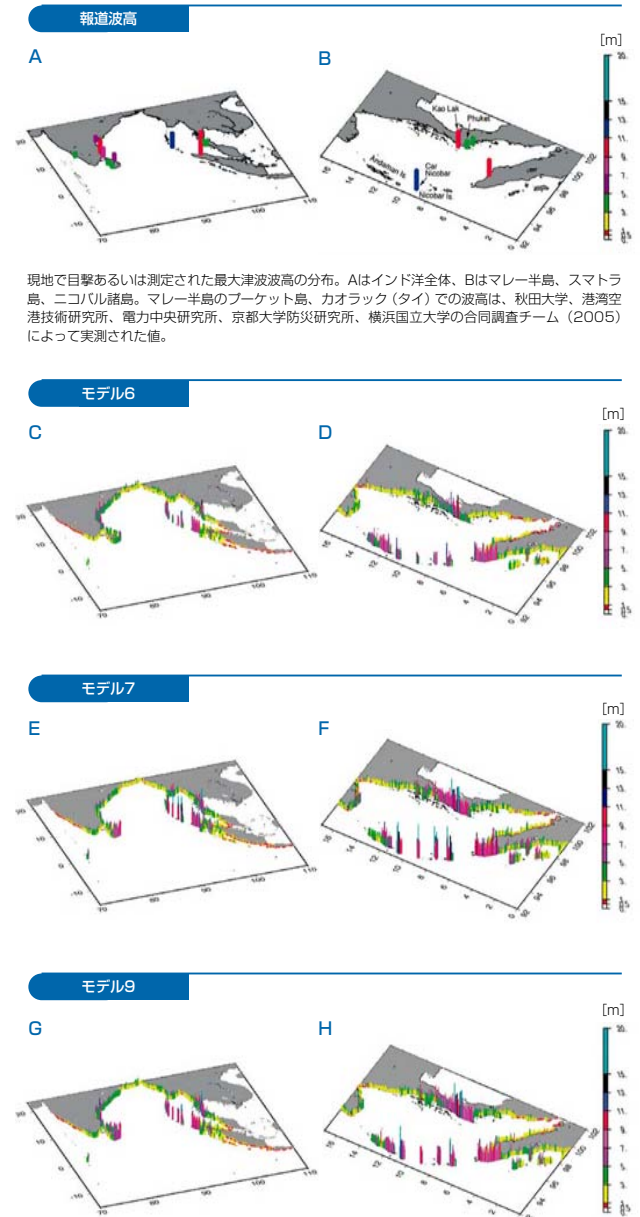
この数値シミュレーションでは、図7に示すように地震発生後20時間以内におきた余震分布から7つの副断層モデルが設定され、想定される副断層の破壊構造の違いから、10個の地震断層モデルがつくられた。そして、それぞれのモデルについて、地震発生後12時間までに発生する津波の数値シミュレーションを行い、海岸線での最大津波波高を決定した。さらに、この計算波高を報道波高と比較しながら、震源域でどのような破壊がおき、どのような地震断層が生じ、どのように津波が発生したのかを探ろうとした。

シミュレーションの結果は、表2のとおりだ。報道波高をうまく説明していると思われるのは、モデル6、7、9だった。なかでも、モデル6はマレー半島の波高を比較よく再現している。一方、インド東岸で大きな計算波高を出現させるためには、モデル9が有効と考えられる。だが、今回の数値シミュレーションでは、どれかひとつを選び出すのは難しく、現状では、どのような地震断層が生じ、どのように津波が発生したのかを断定することはできない。

現地での緊急調査の実施を決定

海溝型地震および津波の発生メカニズムを解明するためには、海底下の詳しい構造を調査することが必要だが、今回のスマトラ島沖大地震の震源周辺の海域は、海賊が頻繁に現れる治安の極めて悪い海域であり、これまで、詳しい調査はほとんど行われていない。海洋研究開発機構(当時の海洋科学技術センター)では、2002年10月に、今回の震源から南東に約1,000km離れた、同じスンダ海溝沿いのメンタワイ断層の南端、スンダ海峡沖において調査を行っている。この調査航海では、インドネシアやドイ

図8 報道波高(A、B)と主な地震断層モデルの最大津波波高分布(C~H)



現地で目撃あるいは測定された最大津波波高の分布。Aはインド洋全体、Bはマレー半島、スマトラ島、ニコバル諸島。マレー半島のブーケット島、カオラック(タイ)での波高は、秋田大学、港湾空港技術研究所、電力中央研究所、京都大学防災研究所、横浜国立大学の合同調査チーム(2005)によって実測された値。

表1 数値シミュレーションで用いた地震断層モデル

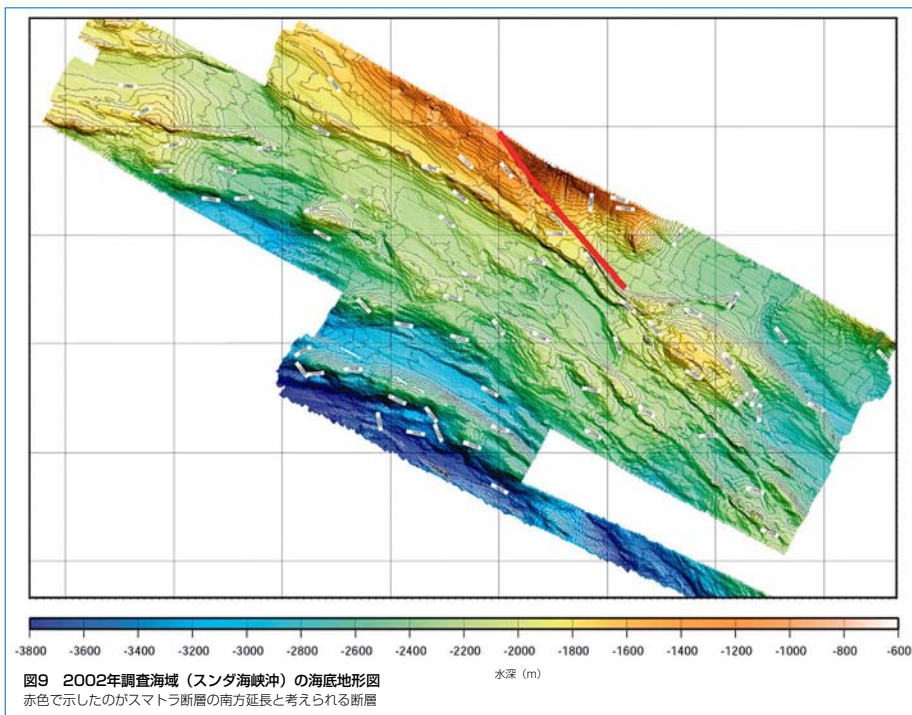
モデル	Mw	副断層-A		副断層-B		副断層-C		副断層-D		副断層-A2		副断層-B2		副断層-D2		備考
		滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	滑り量	滑り方向	
MODEL1	8.8	5.6m	(1)	5.6m	(1)											南側半分のみ破壊
MODEL2	9.0	12.7m	(1)	12.7m	(1)											南側半分のみ破壊
MODEL3	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)					4.2m	(1)	4.2m	(1)			南側半分のみ、深部まで破壊
MODEL4	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)	6.1m	(1)	6.1m	(1)							全体破壊、副断層C、Dはやや斜め滑り
MODEL5	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)	6.1m	(2)	6.1m	(2)							全体破壊、副断層C、Dは大きな斜め滑り
MODEL6	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)	6.1m	(3)	6.1m	(3)							全体破壊、副断層C、Dは海溝に垂直な滑り
MODEL7	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)	14.2m	(3)									900km(副断層A、B、C)が破壊
MODEL8	9.0	6.7m	(1)	9.5m	(1)	8.2m	(3)									900km(副断層A、B、C)が破壊
MODEL9	9.0	5.6m	(1)	5.6m	(1)	10.7m	(3)					10.7m	(3)			1,000km(副断層A、B、C、D2)が破壊
MODEL10	9.0	6.3m	(1)	9.0m	(1)	7.8m	(3)					4.5m	(3)			1,000km(副断層A、B、C、D2)が破壊

(1)副断層C、Dに対してやや斜め滑り。(2)副断層C、Dに対してかなりの斜め沈み込み。(3)海溝軸に対して垂直方向の滑り。

表2 報道された津波波高と計算波高の比較

	報道波高	MODEL1	MODEL2	MODEL3	MODEL4	MODEL5	MODEL6	MODEL7	MODEL8	MODEL9	MODEL10
インド東岸(ボンディシェー等)	7~10m	1~2m	2~6m	1~2m	2~4m	2m	4~8m	2~6m	2~4m	4~10m	2~4m
スリランカ北東岸(ムター)	6m	1~2m	2~4m	1~2m	2~4m	2~4m	2~6m	4~6m	2~4m	4~8m	2~6m
スリランカ南西岸(ヒッドダツラ等)	4m	1~2m	2~4m	1~2m	2~4m	1~4m	2~4m	2~6m	2~4m	2~6m	2~4m
カールニコバル島	10数m	2m	4~6m	4m	4~6m	4~6m	4~6m	8~15m以上	6~10m	6~10m	6~8m
スマトラ北端ビルン県	10m	2m	4~6m	1~2m	2~4m	2~4m	2~4m	2~6m	2~6m	2~6m	2~6m
マレー半島(カオラック)	10m前後	2~4m	4~8m	2~4m	4~12m	2~8m	4~12m	6~15m以上	4~15m以上	8~15m以上	5~15m以上
マレー半島(ブーケット島)	3~6m	1~2m	4m	1~2m	2~6m	2~4m	4~6m	4~8m	4~6m	6~10m	4~8m

は報道波高と計算波高がほぼ一致しているもの。



ツとの共同研究の一環として、有人潜水調査船「しんかい6500」による十数回の潜航調査が行われた。調査海域は、今回のニース島周辺と同じように、スマトラ断層の南端がメンタワイ断層とぶつかる特徴的な場所だった。2001年に行われた詳細な海底地形調査によって、スマトラ断層の南端延長と考えられる特異な地形のリニアメント（地形図上でみられる直線的地形）が発見されていた（後にこれが断層線であることが確認された）（図9）。このリニアメントに沿って潜水調査船等を使った調査が行われた。その結果、水深2,000m以上の深海底で、80cmを越えるような断層に伴う直線的な地形段差が発見された。「しんかい6500」を使って詳細に観測を行った結果、その段差地形は崩壊が進んでおらず、同時に堆積物に覆われてい

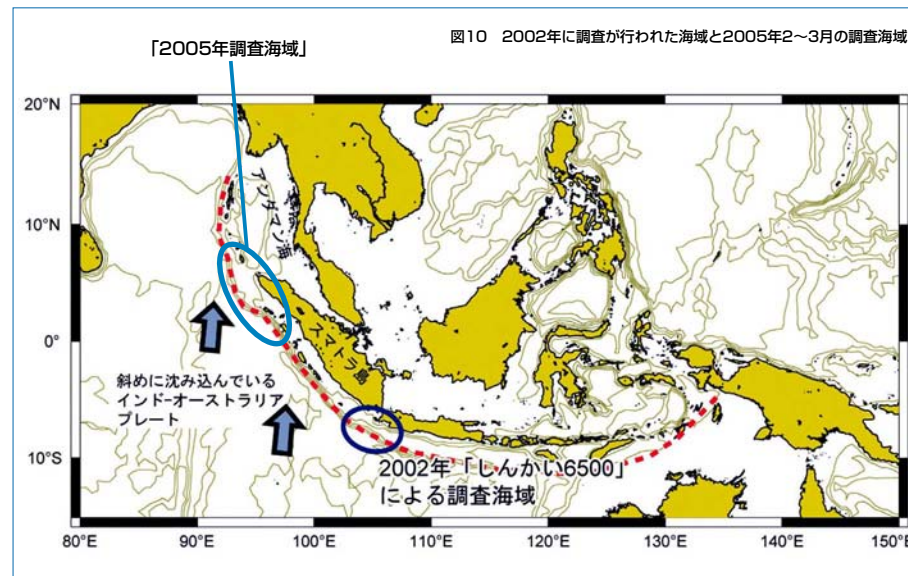
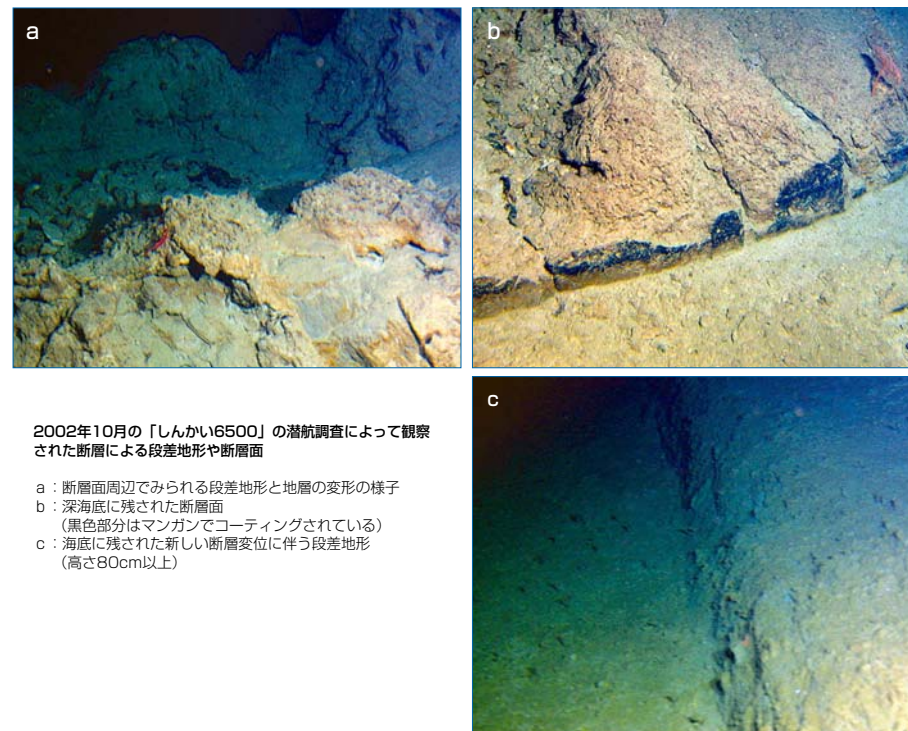
ないことから、段差形成がまだ新しいことがわかった。また、その延長では、上からマリンスノー等の堆積物が絶えず降ってくる場所にもかかわらず、海底に露出する断層面を発見することができた。人工地震波を使って得られた地下断面のイメージ記録では、リニアメントの直下で、断層によって地層が幾重にもずれている様子や、断層線に沿った高まりが観察された。さらに広域に観察を続けると、陸上のそれと同じように、地形的な変動がはっきり現れる場所が長く続き、一部で不明瞭になる場所が存在し、そこを挟んで高まりが断層の反対側に移っている様子なども明らかになった。

今回のスマトラ島沖大地震においても、地震によって破壊された断層に沿って海底が大きく変動し、海底に直線的な

段差地形をつくったことが予想される。このような段差は、地震に伴う破壊によって一瞬にして形成され、その変動は海面まで伝播して津波を引き起こす原因となったことが予想される。

海洋研究開発機構では、今回のスマトラ島沖大地震発生に伴い、本年2～3月に震源域の海域における海洋調査船「なつしま」、無人探査機「ハイパードルフィン」等による緊急調査を実施。震央海域周辺の海底地形図作成や、海底の直接観測による海底地形変動探査、さらには海底地震計を用いた余震分布観測などが行われる。この調査により、地震発生の詳しいメカニズムや、今後の破壊可能性等の的確な把握が期待されている。

（記事は、2005年1月14日まで得られた情報及び調査・解析データをもとに作成しています）





エルニーニョを理解し将来の予測につなげるために 太平洋熱帯域の暖水プールにおける海洋変動を データ解析の手法から研究中

植木 巖 研究員

地球環境観測研究センター
気候変動観測研究プログラム
熱帯海洋気候グループ

最初はペルー沖の海面水温が普段より暖かいという地域的な異変から発見されたエルニーニョ現象だが、じつは太平洋熱帯域での海水温の変動が世界規模での異常気象を引き起こしていることが広く知られるようになった。そのエルニーニョ現象を理解するために重要なのは、太平洋熱帯域の西側にある「暖水プール」の存在である。独立行政法人海洋研究開発機構では大気・海洋観測用のトライトンブイをこの暖水プールの海域に重点的に配置。地球環境観測研究センター・気候変動観測研究プログラムの植木巖研究員は、トライトンブイのデータを活用し塩分という切り口から暖水プールの研究を進めている。



海洋地球研究船「みらい」船上のトライトンブイ

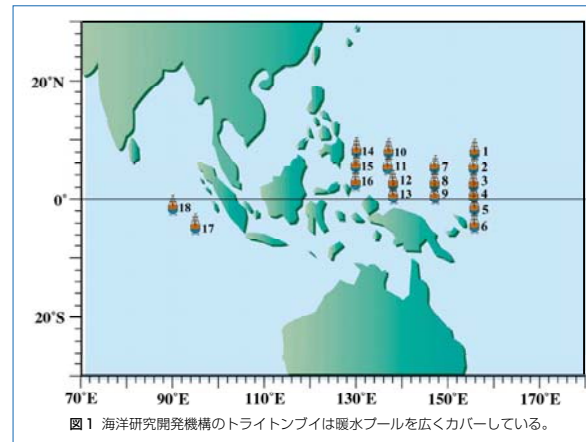


図1 海洋研究開発機構のトライトンブイは暖水プールを広くカバーしている。

Blue Earth編集部(以下TBE) トライ
ンブイ(大気・海洋観測ブイ)を使って赤道
付近の暖水プールについての研究をな
さっているそうですね。

植木 はい。でもその説明の前に、まず
暖水プールとは何か、それがどのような
意味を持っているのかから説明しまし
ょう。太平洋の西側の赤道付近は世界で
一番海面水温が高くなる海域です。日射が
強く、また大きな風の流れや海の循環に
よって海の表層にある暖かい水がここに
溜まります。その暖かい水のかたまりを
暖水プールと呼んでいます。暖水プール
では蒸発が盛んで、積乱雲がたくさん発
生して上昇気流が起こり、少し離れたと
ころに下降気流ができて大気の循環があ
ちこちに伝わっていきます。いわば大気
循環の駆動源といえるものなのです。
BE 暖水プールはエルニーニョにも大き
く関連しているとか。

植木 ええ、エルニーニョのときには、
普段は太平洋の西の端にある暖水プール
が東に移動します。すると大気の循環が
ずれ、その循環のずれがだんだんと伝わ
ることによって熱帯以外の地域でもいつ
もと違う気候になってしまいます。異常
気象のスタートが暖水プールの位置のず
れにあるわけです。最初エルニーニョは

ローカルな現象だと思われていたのだ
ですが、世界規模で繋がっている現象だ
とわかってきました。それには米国海洋大
気庁太平洋環境研究所のタオブイと海洋
研究開発機構のトライトンブイが貢献し
ています。米国は80年代半ばより、アメ
リカ西海岸から少しずつブイを増やして
いき、1991~1993年のエルニーニョの
発達の様子を捉えました。その頃には西
側の大きな暖水プールが鍵になりそうだ
とわかり、1998年から日本がトライト
ンブイを設置して観測網を西に拡張した
のです(図1)。

BE ブイによる観測網では、どういった
観測がされているのでしょうか。

植木 まず海面より上では気圧・日射・温
度・湿度・風・雨量などの気象要素を、海
面より下では温度を測るところからスタ
ートしました。水中センサーは海面付近
から500mあるいは750mの深さまで
に取り付けられています。海面水温だけ
なら衛星で全球的に観測できるのですが、
ブイ観測は水中センサーにより海洋の内
部でどんなことが起こっているのかわ
かるという大きな利点を持っています。
エルニーニョの研究には、暖水が薄く広
がっているか、深いところまで厚みを持
って溜まっているのかが重要で、それ
を知るには深さ方向の観測データが必要
です。以前のブイには温度センサーしか取
り付けられていなかったのですが、トラ
イトンブイには温度に加えて塩分観測のた
めのセンサーも標準装備されています(図
2)。

塩分の観測データから わかってきたこと

BE 塩分からはどのようなことがわか
るのですか。

植木 西太平洋の暖水プールでは蒸発が
盛んで積乱雲が発生し、雨がたくさん降
り、雨水が海水の上に溜まっています。
海水は塩分が低いほど、あるいは温度が

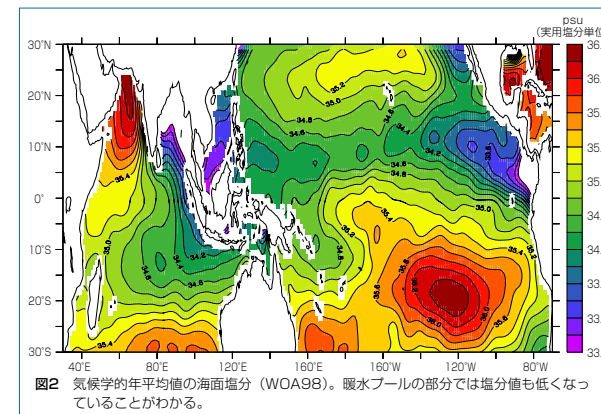


図2 気候学的年平均値の海面塩分(WOA98)。暖水プールの部分では塩分値も低くなっていることがわかる。

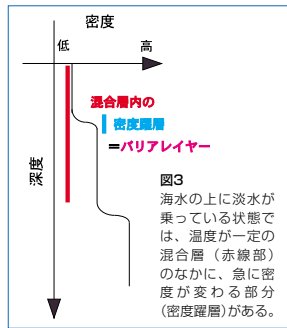


図3 海水の上に淡水が乗っている状態では、温度が一定の混合層（赤線部）のなかに、急に密度が変わる部分（密度躍層）がある。

高いほど密度が低く軽くなります。したがって温度で見ると一様でも、表層が低層であれば同じ温度の層内で密度が違う層に分かれていることになります。その境界を密度的な「躍層」と呼びます。密度的に一様ならば風が海面を叩いて流れが起こったときに、ある程度深いところまで運動エネルギーが伝わりません。しかし、密度的な躍層ができるとそれがバリアのように動き、運動エネルギーは表層だけにトラップされてそこだけに強い流れが起こるだろうし、また日射で熱が入ってくると上層だけ温度が高くなっていくはずだと考えられます。それを「バリアレイヤーの仮説」といいます(図3)。この仮説は一例ですが、大気と海洋の間で、今まで温度のみで考えられていた以外のやりとり

が起こっているかもしれないのです。

BE その塩分データの解析によって暖水プールの状態を研究しているんですね。

植木 ええ、特に最も古株である一番東側のトライトンブイのデータを解析しています。観測された塩分変動の例をいくつか示しますと、まず北緯8~5度付近には積乱雲がたくさん発生する場所があり、塩分の低い海水がたまっていて、北半球の秋から冬にかけて卓越した北にシフトしていきます。また、赤道付近には湧昇（深部から海水がわき上がっている現象）があって1ヶ月くらいのスケールで下から塩分の高い海水が上がってくる様子も捉えられました(図4)。この様

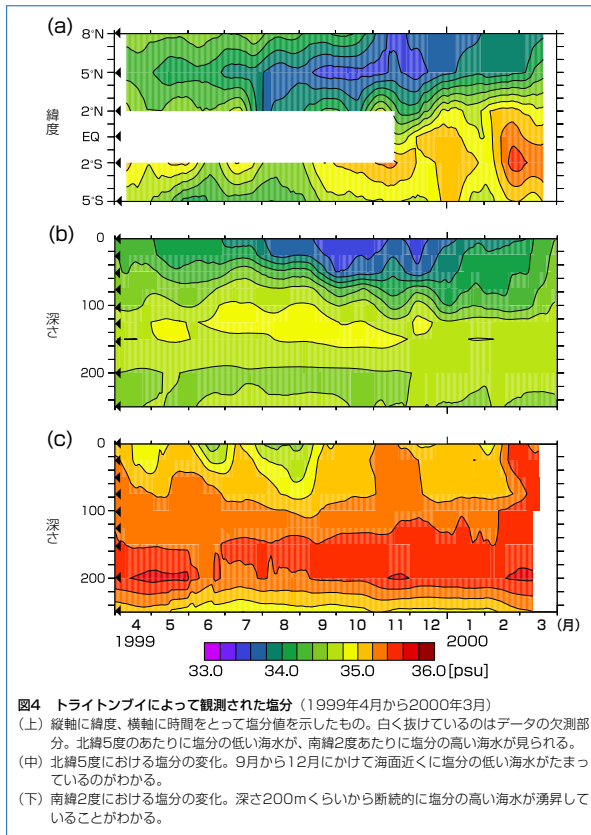


図4 トライトンブイによって観測された塩分 (1999年4月から2000年3月)
(上) 縦軸に緯度、横軸に時間をとって塩分値を示したものの、白く抜けているのはデータの欠測部分。北緯5度のあたりに塩分の低い海水が、南緯2度あたりに塩分の高い海水が見られる。
(中) 北緯5度における塩分の変化。9月から12月にかけて海面近くに塩分の低い海水がたまっているのがわかる。
(下) 南緯2度における塩分の変化。深さ200mくらいから断続的に塩分の高い海水が湧昇していることがわかる。

に塩分にも季節的な変動が見えるのです。さらに長期間のデータがあると、エルニーニョ時とエルニーニョでない時の違いがわかり、そこからいろいろなメカニズムが見えてくるわけです。

データの精度を上げることの大切さ

BE そのようなことはトライトンブイの登場で初めてわかってきたわけですね。

植木 それまではある仮定のもとに塩分値を推定していました。具体的にはまず船舶観測による過去の水温・塩分データを集めてきて、温度と塩分の関係の導き出します。その関係が海域によって一定で

あると仮定し、ブイで測った温度にその関係を当てはめて塩分値を推定していたんです。その手法では当然誤差が含まれますから、それをトライトンブイによる実測塩分から評価してみました。すると誤差が最大で0.8psu (psu=実用塩分単位) もあることがわかりました。塩分は海面の高さとも関係するので、イメージしやすくするために海面高度に換算すると8cmほどの違いになります。これだけ海面高度に誤差があると、結果的に海流の位置が変わってしまうほどになるのです(図5)。

BE なるほど、実測の重要性が実感できます。さらにブイで計測した塩分データの精度を上げる工夫もされているそうですが。



(左) トライトンの水中センサー。特に浅い部分では表面に海洋生物が付着し、1年ほどで大きな誤差が生じるようになる。
(右) 海洋研究開発機構むつ研究所の検定バス(外観)。この中に回収したセンサーを入れて特性を検定する。

植木 トライトンブイは海洋工学センター研究支援部研究調整グループの運用のもと、主に海洋地球研究船「みらい」で年に一度入れ替えを行って、そのときにセンサーに記録されたデータも回収します。これを回収データといいます。むつ研究所のブイ整備場でマリン・ワーク・ジャパンの観測技術員の方々が中心になって整備とデータ品質管理をしているのですが、センサー回りのことはデータに直結するので私も協力しています。ブイ回収後には検定バスという装置に回収したセンサーを入れて、設置前に対してどれだけされているかという検査をします。現在ではその検定データを使用したデータ補正法を確立したので、観測データのずれを補正することでより高精度のデータを取得できるようになりました。トライトンブイはひとつのセンサーが10分に1回ずつデータを記録しますが、ブイ1台につき12センサーですから、1年分のデータはとんでもない量になります。それを効率良く補正して精度の高いデータにするシステムもほぼ出来上がりました。現在トライトンブイのウェブページでは衛星経由で送られてくるデータを日々公開していますが、来年度早々にも、補正を加えた回収データも同様に見ることが可能

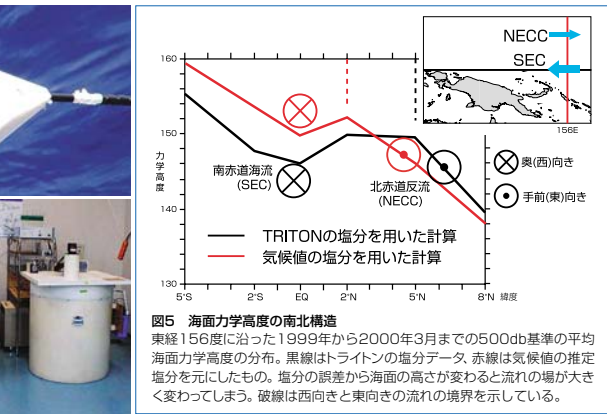


図5 海面高度の南北構造
東経156度に沿った1999年から2000年3月までの500db基準の平均海面高度の分布。黒線はトライトンの塩分データ、赤線は気候値の推定塩分を元にしたもの。塩分の誤差から海面の高さが変わると流れの場が大きく変わってしまう。破線は西向きと東向きの流れの境界を示している。

予定です (<http://www.jamstec.go.jp/jamstec/TRITON/index.html>)。 **BE** それは楽しみです。今後、どのような方向で研究を進められていくのですか。 **植木** 新しい切り口として「水塊」をキーワードにしようと考えています。海水は温度と塩分の関係からどこを起源とするものがある程度わかります。その関係のうち、同じ特徴を持つグループに属する水のかたまりを水塊というのですが、暖水プールのある赤道付近の亜表層では、北半球起源の水塊と南半球起源の水塊がせめぎあっています(図6)。どち

らの勢力が優勢になるかで湧昇する海水も変化し、海面の高さや流れの場が変わってくるかもしれません。季節によって南北起源の水塊の勢力はどう変わるか、エルニーニョの前の年は、エルニーニョの時はどうかといったことに注目して研究を進めていく予定です。現在のエルニーニョの予測は長くても半年程度先までという状況なので、今後さらに細かなプロセスや複雑なメカニズムを解明することで、エルニーニョ予測の向上あるいは実際の生活に役に立つ情報が発信できればよいと考えています。

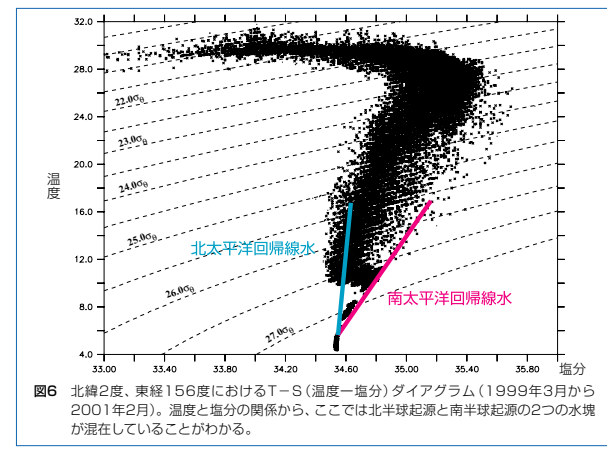


図6 北緯2度、東経156度におけるT-S(温度-塩分)ダイアグラム(1999年3月から2001年2月)。温度と塩分の関係から、ここでは北半球起源と南半球起源の2つの水塊が混在していることがわかる。

研究用水槽の仲間たち

歩けない甲殻類

深海に棲むフジツボの脚線美?!

取材協力：渡部 裕美

東京大学海洋研究所

土田 真二 研究員

極限環境生物圏研究センター

海洋生態・環境研究プログラム 海洋生態系変動研究グループ



学名は *Neoverruca* sp. 甲殻亜門 蔓脚亜綱 完胸超目 ハナカゴ亜目。200m以深に多い。2003~2004年、小笠原諸島明神海丘 水深1200~1300mにて採取した。右の写真は、やはり研究室で飼育している深海性のフジツボの仲間ミョウガガイ。



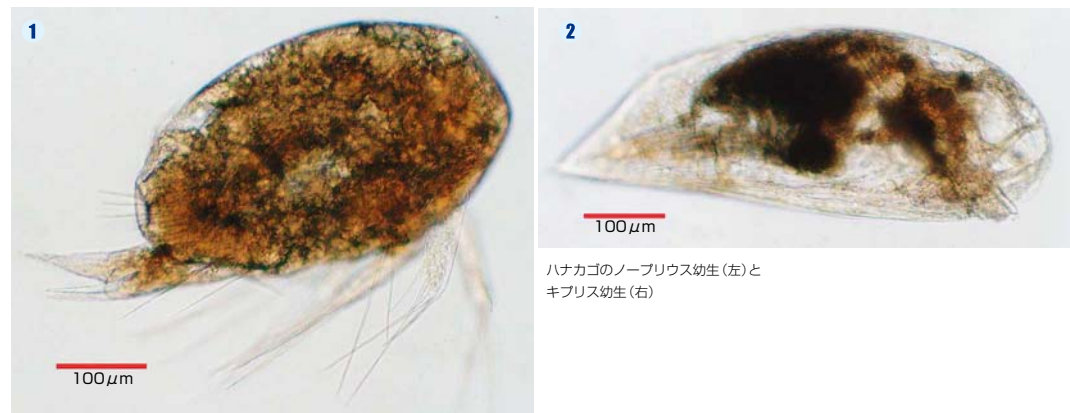
陸奥湾特産のミネフジツボはカニのような濃厚な味で、知る人ぞ知る珍味だという。それもそのはず、実はフジツボはエビやカニと同じ甲殻類の仲間。甲殻類の蔓脚亜綱に属する。火山型の殻の中から白く繊細な蔓のように伸びているのが、蔓脚と呼ばれる脚の部分。固着生活に適応したフジツボたちは、この蔓脚を歩く脚ではなく美しい捕食肢として進化させた。

海洋研究開発機構の研究室では、深海に棲むフジツボの仲間、ハナカゴを

り飼育している。この種は深海でも、特に熱水噴出域でしか確認されていないもので、写真では熱水域の噴出物を被って黒っぽく見えるが、本来の殻の色は白い。ハナカゴはほかの甲殻類と同じで、卵から孵るとノープリウス幼生というプランクトンになる。その後、変態してキブリス幼生となり、海底近くで付着する場所を見つけるとセメント物質を分泌して固着し成体となる。採取したハナカゴは抱卵期にあつたため、水温5℃の環境で幼生を孵化させ水槽内でキブリス幼生期までの飼育に成

功した。

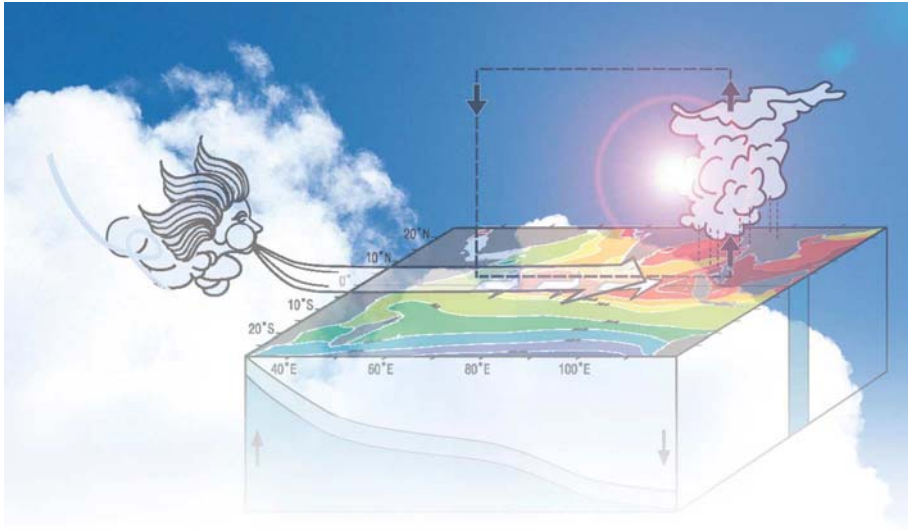
熱水域には様々な生物が生息しているが、固着生活を送るハナカゴは、生物群集の分散の研究に一役買っている。自ら移動できないため、どういった分散が起こっているかが非常に調べやすいからだ。さらに、生態やDNAを詳しく調べることで、近隣する生物群集との関連性も明らかにできるだろう。磯では岩と混同され、注目されないフジツボたちだが、海の歴史を紐解く鍵をじっと隠し持っているのだ。



ハナカゴのノープリウス幼生(左)とキブリス幼生(右)



ハナカゴの成体標本。火山型の殻の中に蔓脚を上にして潜り込んでいる。蔓脚は左右6対、全部で24本。殻の上には4枚の蓋板があり、それを開閉して蔓脚を出し入れする。その際、4枚の蓋板を開閉するのがフジツボ亜目、半分の2枚だけを開閉するのがハナカゴ亜目。水中の微生物などを蔓脚で濾して餌としているらしい



インド洋ダイポールモード現象の終息原因を解明

周辺地域の異常気象予測へ向け、さらなる一歩を進めた

インド洋のダイポールモード (IOD) 現象は1994年に起こった日本を含む東アジアの記録的猛暑をきっかけに、山形俊男プログラムディレクターらによって発見されたインド洋熱帯域における大気海洋結合系の変動である。エルニーニョ現象と同様に世界各地に異常気象をもたらす原因として国際的に注目されている。通常IOD現象は初夏から冬にかけて6ヶ月程度続くが、何らかの理由で早期に終息することがある。今回、山形俊男プログラムディレクター並びにアングルリ・スルヤチャンドラ・ラオ研究員は、1958年から現在までの大気海洋データを用いて、IOD現象が突然終息する原因を調べた。その結果、強いエルニーニョ現象が見られない年に発生するIOD現象は、強い西風を伴う季節内擾乱によって終息することが明らかになった。



取材協力：
山形俊男プログラムディレクター
地球環境フロンティア研究センター
気候変動予測研究プログラム

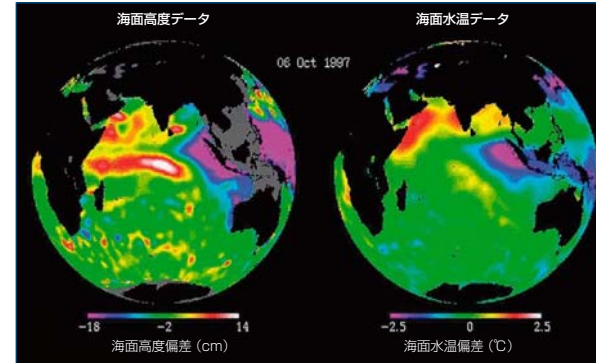


図1 インド洋のダイポールモード
1996年1月1日から1999年10月31日までの動画からIOD現象が発生している1997年10月8日の画像を転載した。左の図が海面高度偏差、右図が海面水温偏差を表す。
データ提供：NASA (米国航空宇宙局)、NOAA (米国海洋大気局)、PO.DAAC (物理海洋学・分散データ保存センター)、RSMAS (マイアミ大学)

IOD現象の終息にかかわる季節内擾乱とはなにか

通常、インド洋熱帯域では東部の海水温が高く西部の海水温が低い。しかし赤道上で東から西に吹く風が海の表面の暖かい水を西に運ぶと、逆に西側に温度の高い海水のかたまり「暖水プール」ができ、東側は海底からわき上がってくる冷たい深層水のために海水温が低くなるというダイポール (二極構造) が生じる (図1)。

このIOD現象が発達していくと、大気海洋相互作用によりインド洋周辺および東アジア、ヨーロッパ、さらには南半球の気候にまで影響を与えることになる (図2)。

IOD現象そのものは10・11月にピーク (極値) を迎えるが、IOD現象がアジアに与える影響は梅雨時から夏に最も大きくなる。これは基本的な夏のモンスーン (季節風) の流れに、ダイポールによって引き起こされる大気の流れが重なるからである。夏のモンスーンはインド洋を南から北へ向かって吹き、ケニア付近を通過してアラビア海から東アジアに水蒸気を運んでいる。IOD現象が起これるとインド洋東部の海域が冷え、そこで大気の下降流が生まれる。下降流は北に向かい、インド北部やインドシナ半島あたりで上

昇して雨を降らせる。ところが冬になると、モンスーンの流れは逆転して北から南に向かう。そのためIOD現象の起こす南から北への大気の動きによる影響は打ち消されてしまう。つまりIOD現象はモンスーンの季節的な変化にロックされて終息するのだらうと考えられていた。しかし、今回の調査の結果、IOD現象終息の原因は「季節」という大きなく

りよりも、さらに時間スケールの小さい現象に依存していることがわかったのである。

インド洋では5月と9月が季節の変わり目で、この期間は南北方向のモンスーンが止み、強い西風が吹きやすくなる。この強い西風を「西風のバースト (突風)」とも呼ぶ。この西風のバーストは季節内擾乱 (季節内振動) に伴うものである。なぜなら、ちょうどその時間スケールが30日~50日程度であり、季節 (時間スケールは90日) のなかの微細構造として捉えられるからである。ちなみにこの現象は、発見者二人の名前から「マディーン・ジュリアン振動」と呼ばれることもある。IOD現象が終息するおよそ1ヶ月前になるとこの西風のバーストを伴う季節内擾乱が発生する。

強い西風は赤道付近で東向き運動量を海に与えて海流 (赤道海洋波動) を作る。その海洋波動は波長が非常に長く「赤道ケルビン波*」あるいは理論及び現象の発見者の名前から「吉田-ウィルトウキ・ジェット」と呼ばれている。赤道ケルビン波は東向きに伝播し、それに伴ってインド洋の西側に溜まっていた暖水を赤道に

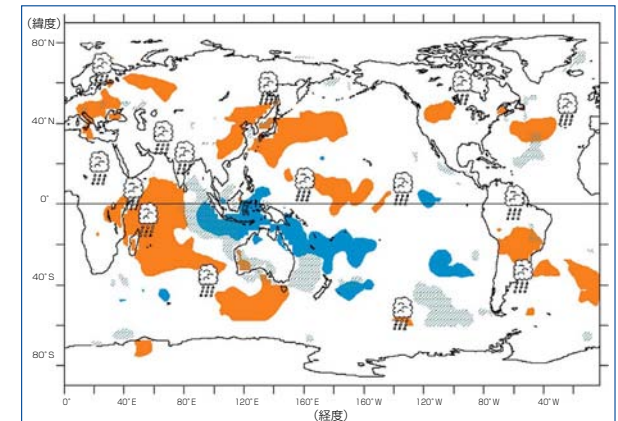
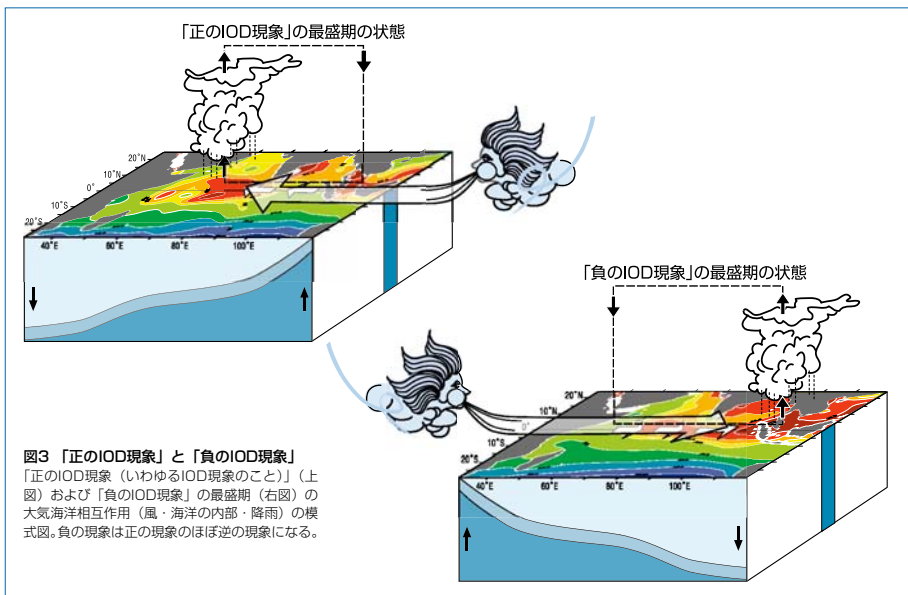


図2 ダイポールモード現象が気象に与える影響
ダイポールモード現象が起きた場合の世界各地の夏の状況 (橙色は高温偏差、水色は低温偏差を示す。斜線域は乾燥化、雲マークは湿潤化する地域を示す)

*ケルビン波：ケルビン波は長周期波動の一種。海洋の場合は風の応力が発生原因となることが多い



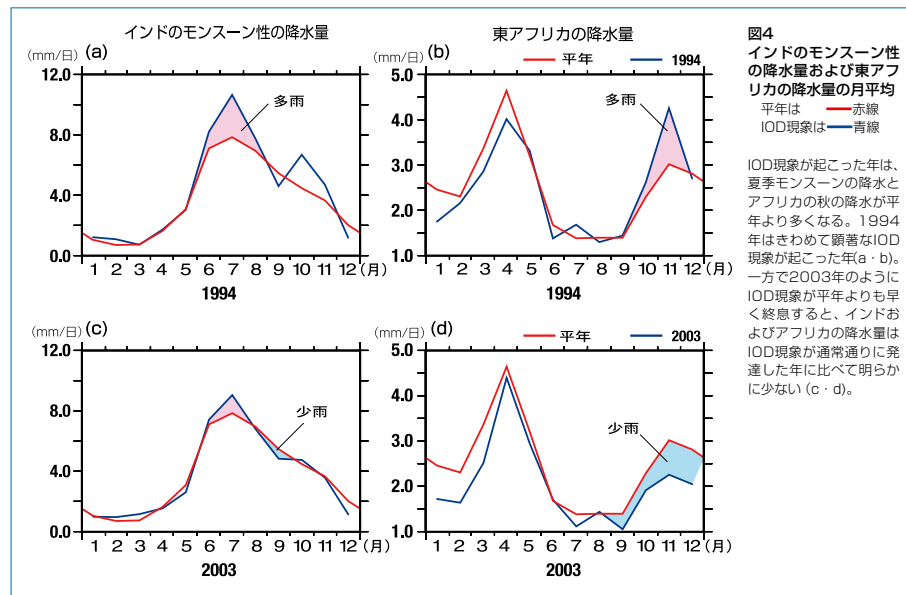
沿って1ヶ月程度で東に移動させ、海水温が低かったスマトラ沖の海域を暖めてしまう。そのためIOD現象は急激に終息に向かうのである。いわば「正のIOD現象」の状態から「負のIOD現象」の状態に急激に遷移するようなものである（図3）。

IODが早期に終息した2003年の状況

2003年のIOD現象は通常よりも早く、発達途中で終息した。8月上旬くらいまでは、IOD現象はどんどんと成長し、ベンガル湾からインドシナ半島にかけて大雨を降らせ、そこで水蒸気を失って乾燥した空気が地中海付近で下降し、ヨーロッパは死者が多数出る記録的な猛暑となった。ところが8月中旬にIOD現象は突然終息したのである。これはやはり、季節内擾乱によって暖水のかたまりがスマトラ沖に移動し、この海域を暖めたことに起因する。通常の年に暖水が東に移動するのはモンスーン休止期の始まる9月くらいからなので、2003年には大量の暖水

がおよそ1ヶ月以上早くスマトラ沖に移動したとも考えられる。あるいはまったく別の理由による西風のバーストが東向きの流れを励起したのかもしれない。この急激な終息によって、ヨーロッパは急に涼しくなった。これはIOD現象とヨーロッパの気候との関連についても示唆的な出来事であった。またIOD現象終息以降のインドや東アフリカの降水量は、IOD現象が通常通りに発達した年に比べて明らかに少なかった（図4）。2003年のIOD現象の急激な終息は、海洋研究開発機構のトライトンブイ（海洋観測ブイ）のデータによって確認されている。トライトンブイは海中の温度・水圧・塩分、海上の温度、湿度、風向、風速などを測定し、人工衛星経由で送信している。インド洋のスマトラ沖とダイポールの東の極の2ヶ所に置かれたブイ（図5）はこの現象を非常によく捉えていた。更に、トライトンブイの観測によって明らかになったのは、西風による赤道ケルビン波の励起は5月と9月だけに限っ

たことではなく、より頻繁に起こっているということである。これがIOD現象の早期終息の鍵となっていたのである。海流の調査は船のドリフトデータ（船がどのように海流によって流されるかを記録したデータ）を長期にわたって調べ、月平均気候値を求める方法で行われてきた。この方法はモンスーンが止む、カレンダーの決まった時期に励起される赤道ケルビン波は捉えるものの、それ以外の時期にランダムに励起される、正あるいは負の赤道ケルビン波は、平均操作で消えてしまう。トライトンブイをインド洋に設置したことにより、大気・海洋の両方において、季節の移り変わりの内部構造ともいえるべき、より時間スケールの小さな現象が見えてきた。これが今回の研究の最大の成果である。より時間スケールの小さい現象が詳細にわかることで、IOD現象の発生と終息の時期を予測する精度を上げることができるからである。時間スケールの大きさが異なるもの同士の関



係（スケール・インタラクション）を明らかにすることが、予測の精度を上げるためには非常に重要なのである。

インド洋における観測網の充実と異常気象予報の実現を目指す

現在東インド洋には、トライトンブイ2基のほかに、アメリカとインドが共同で設置した海洋観測ブイ4基が置かれている。今後はブイの設置数を20基程度に増やしてインド洋にも観測網を充実させ、海洋性の気候変動予測につなげていくのが目標である。観測ブイはそれ自体が高価であり、機材のメンテナンスを行うために船を定期的に運航しなければならない。地球規模の環境観測網の維持管理には地域住民の理解が欠かせないが、貧困や紛争のさなかにある人々には直接の利益が見えにくいのが現状である。しかしIOD現象による洪水やそれに伴うマラリアの流行、

干ばつによる食料不足などに悩まされるのもやはりこの地域なのである。信頼できる長期予測があれば、IOD現象の影響を受ける各国で作物の植え付けや災害予防などに役立てることができ、発展途上国の多くの人たちの生活と命を守ることが可能になる。

現在、大気海洋結合モデルに観測デ

ータを初期値として入力し、インド洋については4ヶ月先を予測するモデル実験に成功している。これは多くの初期値を用いた「アンサンブル予報」の結果である。2005年からはインド、中国南部、日本はもちろん世界各地の気候がどうなるかを実際に予測する実験を本格化する予定である。

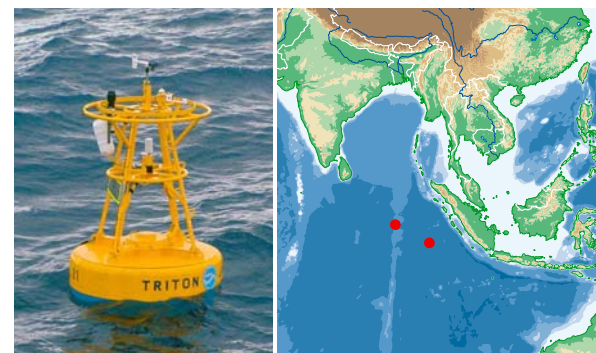


図5 トライトンブイの写真とインド洋での設置位置
 ブイはロープに結ばれた4トンの重りを海底に沈め、海中では海面から深さ750mまでの海水温度、塩分を、海上では風の強さ、風向き、気温、湿度、気圧などを計測している。

「深海底総合観測ステーション」 ～海底ケーブルを用いたリアルタイム観測～

(2004年6月12日 海洋研究開発機構横浜研究所 第21回地球情報館公開セミナーより)

現在では、携帯電話やインターネットで世界中が即座につながります。しかし、深海底の現象をリアルタイムで見ることが、それほど手軽ではありません。海洋研究開発機構では、深海底の様々な観測データを生中継する手段として、日本周辺の4つの海域で海底ケーブルを用いた観測システムの開発に携わってきました。今回は、最初の設置から10年を迎えた相模湾初島沖観測ステーションを中心に、これらの観測システムについて紹介します。

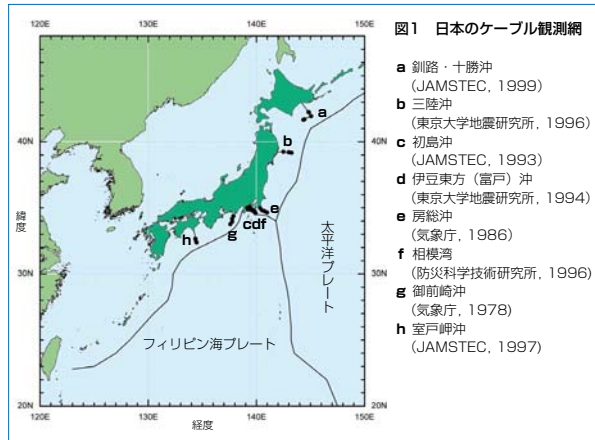


岩瀬 良一 サブリーダー
情報業務部情報業務課

1964年生まれ。東京大学大学院理学系研究科修士課程地球物理学専攻。大学院での専門は微小地震観測。修了後は通信機器メーカーに5年ほど在籍し、大容量基幹伝送装置のシステム開発に従事。その後海洋科学技術センター（当時）に入りケーブル型海底観測システムの開発とそれを用いた観測を行っている。

リアルタイム長期観測とは

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 横浜研究所では、常にリアルタイムで深海底の画像を見たり音を聞いたりすることができます。相模湾の初島南東沖、水深1,175mの深海底から、まさにリアルタイムでデータが届くのです。今日は、そのしくみについてご説明します。深海底は陸上とは違って高い水圧がかかり、光は届かず、しかも電波が通りませんから、電波を利用したデータのやりとりは行えません。深海調査研究船や無人探査機などを使ってリアルタイムで海底を見ることができ、それらは行ったときだけの単発的な観測です。また長期観測という点から考えると、保留バイなどを使った自己記録式の観測機器があります。船から観測機器を海底に落下させ、観測終了後、船で回収します。重りを切り離すとバイによって機器が浮上して回収できます。この方法で長期観測は可能ですが、リアルタイム観測はできません。センサーやハードディスクなどのデータ収録装置を耐圧容器に格納して沈めるため機器の耐圧に制限があり、浮上させて回収するために重さにも限度があります。また、オフラインで動作するため長期連続といってもバッテリー電源が保つ限られた期間



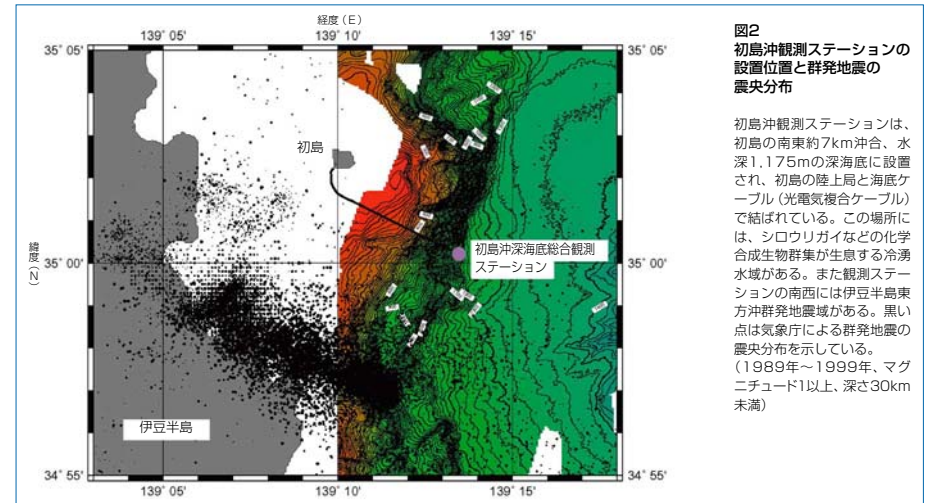
での話です。

そこで海底ケーブルを利用した観測が登場します。これならば、電源もケーブルで供給されるので、機器が故障しない限り観測は継続できます。観測データは陸上で受信して記録しますが、ハードディスクの重さや大きさに悩むこともありません。いわゆる「ブロードバンド」環境を海底で実現できる非常に有効なシステムなのです。ただし、ケーブルシステムにも欠点はあります。敷設工事は非常に大がかりに

なりコストもかかりますし、一度、敷設してしまったら移動は難しく、機動性に劣るという弱点もあります。

日本のケーブル観測システム

日本はご存じの通り地震多発国ですが、大きな地震の大半は海溝から沈み込むプレートの境目、つまり日本周辺の海域で起きています。こうした震源のすぐそばで観測ができないということから、ケーブルによるリアルタイム長期観測システムの開発が始まりました。



現在稼働中のシステムのうち、最も早く設置されたのは御前崎沖のものです。東海地震をターゲットに、気象庁によって1978年に設置されました。次に設置されたのが房総沖です（気象庁1986年）。駿河トラフと相模トラフを挟み込むように海底ケーブルが入れられています。御前崎沖と房総沖のシステムは、いずれも同軸ケーブル式です。

光ファイバケーブルによる最初の観測システムは、当機構によって1993年に設置された相模湾初島沖深海底総合観測ステーションです。これ以降のシステムは、すべて光ファイバ方式で、相模湾伊豆半島東方沖（東京大学地震研究所1994年）、相模湾平塚沖～伊豆大島近海（防災科学技術研究所1996年）、三陸沖（東京大学地震研究所1996年）があります。その後、当機構により兵庫県南部地震を契機に南海トラフをターゲットに室戸岬沖の海底地震総合観測システム、続いて1999年には釧路・十勝沖にシステムが設置されました。

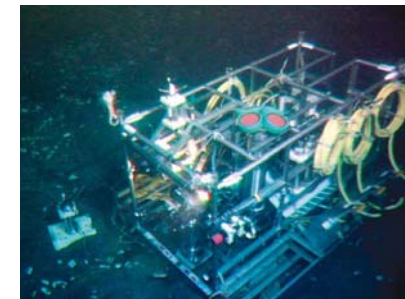
初島沖深海底総合観測ステーション

初島沖深海底総合観測ステーション（以下、初島沖観測ステーション）は、伊東沖の群発地震が発生している海域のすぐ北東側、水深1,175mにあります（図2）。関東大地震の震源もこの海域（相模湾）の東側にありました。この設置地点の最大の特徴は冷水域にあるということです。熱水域ほど高温ではありませんが、周囲よりも暖かい水が湧出しており、化学合成生物のコロニーがあります。海底からの熱流量も通常の海底に比べて非常に高く、最も温度の高いところには赤褐色の変色域（バクテリアマット）が形成されています。

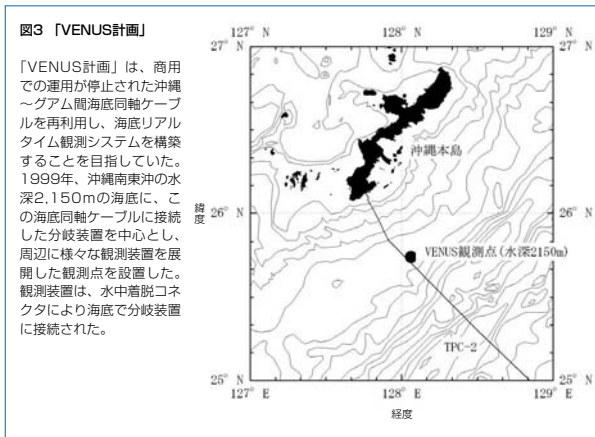
システムには海水の塩分と水温、深度を計るCTD、流向流速計、ビデオカメラ、地中温度計、地震計、そしてハイドロフォンなどが搭載されています。光電複合ケーブル経由で初島から給電し、観測データは海底から光ファイバケーブルで送信します。

この初島沖観測ステーションは、その後1999年に電源系統の老朽化により観測を中断しますが、2000年には新しいシステムを再設置しました。新システム

の目玉は水中着脱光コネクタおよび電気コネクタの搭載です。これは「VENUS計画」という共同プロジェクトで開発した技術で、LANのハブに接続するように、海中でも絶縁が保たれたまま機器を接続することが可能で、システムに拡張性を持たせることができます。また、海底から数百m上までの海水の流れを何層かに分けて計測できる音響層別流速計、ガンマ線センサ、透過度計や超高度ビデオカメラも搭載し、機器の容器やフレームの素材にはチタンを採用して腐食しにくくしました。ハイドロフォンで捉えた海底の音は、初島の陸上局でIP電



現在の初島沖観測ステーション



話と同じ原理でパッケージ化され、NTTの専用線を介して横浜研究所まで届きます。

沖縄～グアム間海底通信ケーブルを利用した「VENUS計画」

「VENUS計画」とは、1994年に運用停止となった沖縄～グアム間の商用の海底同軸通信ケーブル、TPC-2 (Trans-Pacific Cable No.2) を再利用した当時の科学技術庁の研究プロジェクトです。当機構のほか、9つの研究機関が参加しました。水中着脱コネクタを搭載した分岐装置をTPC-2ケーブルに取り付け、海中接続技術や潜水船・無人探査機による観測装置設置技術の開発などを行うのが主な目的でした。システムは、1999年8月から9月にかけて沖縄本島の南東約75km沖、水深2,150mの海底に設置されました(図3)。接続された観測装置には音響測距計、広帯域地震計、地磁気電位差計などがあります。残念ながら、設置から約2カ月後に分岐装置の故障があり観測は中断しましたが、いくつかの成果が得られました。そのひとつが、先ほどの水中着脱コネクタです。そのほか、当機構は、CTD、流向流速計、地中温度計そしてデジタルスチルカメラを搭載したマルチセンサを設置・接続し、

観測を行いました。地中温度計は地中からどれだけ熱が放出されているかを調べるため、海底下の深さ方向の温度勾配を計測するセンサです(図4)。海底の地中温度勾配は水温変化の影響を受けるので、潜水船などで計測する場合正確な数値が得にくいのですが、長期連続観測で

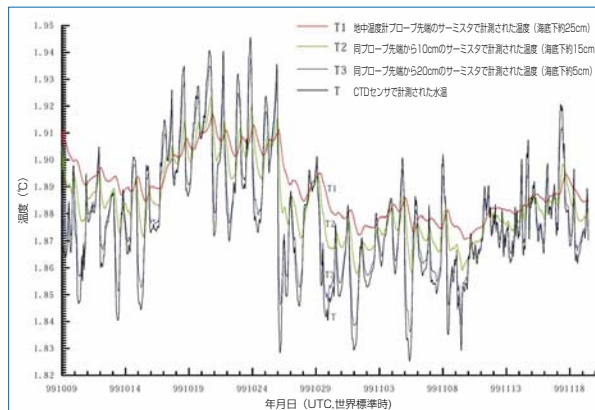
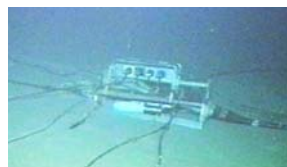


図4 「VENUS計画」のマルチセンサによる地中温度及び水温データ
 地中温度計は、温度を検出するサーミスタが10cm間隔で取り付けられた筒型のプローブを海底に刺して計測する。左の写真は、「マルチセンサ」搭載のデジタルスチルカメラで撮影したプローブの様子。海底面上に見えるのはプローブの柄の部分、プローブ本体は海底に刺さっている。上のグラフを見ればわかるように、地中温度は水温変化の影響を受けている。



ROVによる初島沖観測ステーションの水中着脱光コネクタの着脱



水中着脱電気コネクタが搭載された「VENUS計画」の分岐装置

データを蓄積し水温変化の影響を除去することで正確な数値が得られたのです。

多面的観測と目視観測の成果

初島沖観測ステーションによる一番大きな研究成果としては、1997年と1998年に起きた群発地震観測がありま

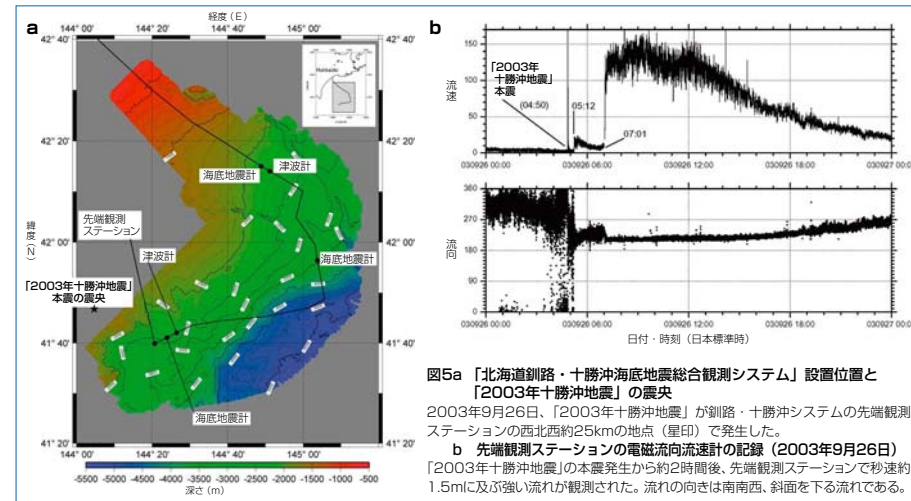


図5a 「北海道釧路・十勝沖海底地震総合観測システム」設置位置と「2003年十勝沖地震」の震央
 2003年9月26日、「2003年十勝沖地震」が釧路・十勝沖システムの先端観測ステーションの西北西約25kmの地点(星印)で発生した。
b 先端観測ステーションの電磁流向流速計の記録(2003年9月26日)
 「2003年十勝沖地震」の本震発生から約2時間後、先端観測ステーションで秒速約1.5mに及ぶ強い流れが観測された。流れの向きは南南西、斜面を下る流れである。

す。ステーション西側の斜面で地滑りが起き、静止画像と動画によって泥流が観察されました。流速計には最大で秒速約30cmの流れが記録されています。

また、春先に深海の懸濁物が増える現象も観測しています。1996年の春には泥流を引き起こすような群発地震はなかったのですが、5月下旬に海底が懸濁物で埋まってしまいました。これは春先に海面付近で大発生したプランクトンが海底まで沈降して下ることが主な原因ですが、ビデオでみると通常のセジメントラップによる沈降粒子の計測ではわからない海底での沈降粒子の横方向の移動が観察され、その後の研究で東京湾から流入する物質の影響なども考えられています。また、春先には地中温度のピークがあるのですが、これは懸濁物の増加およびその堆積と相関があると考えられています。このような結果は、まさに目視観測を含む多面的な観測の成果です。

生物学的な成果としてはシロウリガイの放精・抱卵と水温間の相関の発見があります。観測当初からシロウリガイが何かを吐き出す放精現象らしい様子が何度かビデオで観察されていましたが、吐き

出しているものを採取しないことには、どういう現象が生物学的には分かりません。当時、深海研究部の藤原研究員(現所属:極限環境生物圏研究センター)は、この現象が起きるときの水温変化に着目し、有人潜水調査船「しんかい2000」で実際に現場へ行き、水中ライトでシロウリガイを暖めてみたところ、現象を再現できました。同時にサンプルも採集することが確かめられました。

地震観測から技術開発まで、ステーションに期待される役割

室戸岬沖海底地震総合観測システムは先端観測ステーションと地震計、津波計で構成されています。先端観測ステーションはマルチセンサ型で、海底を多面的に観測します。釧路・十勝沖システムも構成はほぼ同じですが、ここでは、2003年9月に起きた十勝沖地震を直近で観測することができました(図5)。流向流速計で計測された流速のピークは秒速1.5mですが、その前に小さなピークが見られました。このことから斜面の地滑りは2カ所

で起こったと思われます。水温の上昇も観測され、暖かい上層の水が流れに巻き込まれて深層へ移動したと考えられます。このほかに津波計やCTDの水圧計によって、海底の隆起も捉えられました。

地震大国であるわが国において、海域の地震観測は重要課題です。近年は、リアルタイム地震学といって、地震発生をリアルタイムに捉え、その振動が都市部に到達するまでに対策を講じるという研究も盛んです。そうした研究にもケーブル観測システムの大きな貢献が期待されています。さらに、地震以外の様々な科学的研究や、新たな観測技術や手法の開発も重要です。初島沖観測ステーションの水中着脱コネクタを利用した実験なども計画されています。

なお初島沖観測ステーションで得られた静止画はJAMSTECのホームページでも公開していますので、ぜひ一度ご覧下さい。深海について興味を持っていただければと思っています。

初島沖深海観測ステーション画像ライブラリHP
<http://www.jamstec.go.jp/REMOTE/hatsushima/>

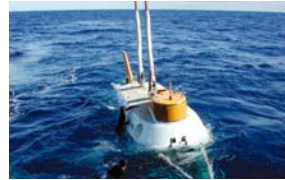


「しんかい6500」・「よこすか」太平洋大航海 5カ月に及ぶ長期航海を達成 「NIRAI KANAI」帰港式

2004年6月に南太平洋をめざして出航した有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」が、5カ月間にわたる長い調査航海を無事に成し遂げて、12月14日に帰港した。「しんかい6500」・「よこすか」太平洋大航海（「NIRAI KANAI」）は、太平洋の海洋地殻がつくられる東太平洋海影での火山学・岩石学的研究の潜水調査をはじめ、ラウ海盆・ケルマテック島弧での熱水生態系解明に向けた生物学的深海調査など、南太平洋において様々な海洋調査を行うことを目的とした。これまでも「しんかい6500」と「よこすか」は、1994年に大西洋・東太平洋で約6カ月間（MODE'94）、1998年に大西洋・インド洋で約7カ月間（MODE'98）の長期航海を行い、大きな成果をあげてきたが、「NIRAI KANAI」もこれらに匹敵する大規模な航海だった。

12月15日、海洋研究開発機構・横須賀本部において、今回の「NIRAI KANAI」

航海の達成を祝して帰港式が行われた。帰港式には、石田貞夫「よこすか」船長ほか乗組員、今井義司「しんかい6500」司令ほか運航チームのメンバーをはじめ、航海に参加した研究者らが集まった。「NIRAI KANAI」という航海ニックネーム（一般公募）命名者の松岡正子さんご家族から、石田船長・今井司令に花束が手渡された。挨拶に立った加藤康宏理事長は、航海達成の喜びを述べるとともに、乗船者らにねぎらいの言葉を贈った。また、乗船者からは、荒れた海況での苦労など、航海のエピソードも披露された。大きな成果を得て航海を無事に終えて、会場は終始和やかな雰囲気の中に包まれていた。（協力/海洋工学センター研究支援部）



南太平洋で潜水調査を行う「しんかい6500」



和やかな雰囲気の中で行われた帰港式



石田「よこすか」船長（左）、今井「しんかい6500」司令（右）

深海研究・海洋研究の最新成果を紹介 「Blue Earth '04」を開催

1月13日（木）、14日（金）にパシフィコ横浜会議センターで、「Blue Earth '04」（第21回しんかいシンポジウム、第8回みらいシンポジウム）が開催され、2日間にわたって延べ1,200名をこえる参加者があった。

「しんかいシンポジウム」は、有人潜水調査船「しんかい6500」などで得られた深海域での調査・研究に関する最新成果を発表するもので、「相模湾・駿河湾」「南西諸島・鹿児島湾」など、海域別に7つのセッションに分かれて25テーマの成果発表が行われたほか、「NIRAI KANAI」航海の調査速報（5テーマ）も報告された。「みらいシンポジ

ウム」は、海洋地球研究船「みらい」による海洋調査・研究に関する最新成果を発表するもので、5つのセッションに分かれて23テーマの発表が行われた。なかでも、今回は2003年度に実施された「BEAGLE 2003」南半球周航観測航海に関連する発表が半分を占め、航海の概要をはじめ、得られた研究成果が報告された。

13日には、「BEAGLE 2003」の代表研究者、むつ研究所・深澤理郎所長が、特別研究発表「BEAGLE 2003が生み出した」を行い、航海実現までの経緯やこの研究航海が持つ意味、成果、今後期待される

成果や研究の方向性などについて語った。また、今年度より海洋研究開発機構が学術研究船「白鳳丸」「淡青丸」の運航を担うことになったことに関連して、東京大学海洋研究所・小池勲夫所長が「学術研究船の使命とその運営体制」について特別講演を行った。（協力/海洋工学センター研究支援部）



みらいシンポジウムの会場



しんかいシンポジウムの会場



特別研究発表を行う深澤所長



ポスターセッションでも活発な意見交換が交わされた



『気候変動の文明史』

安田喜憲／著 NTT出版／刊
1,680円（税込み）

文明や歴史を自然環境との関係に注目しながら研究する「環境考古学」を、わが国でいち早く提唱した著者による気候変動論。急速な文明の発達によって自然を破壊し滅亡したイースター島の文明。氷河期後の地球温暖化とモンスーンアジア地域の農耕文化との関係。私たちを取り巻く自然環境や気候変動が、その文明に大きな影響を与えてきたことを、古代遺跡や地層の花粉を分析し、当時の植生や気候環境を明らかにすることによって解明していく。

気候変動というキーワードから、いわゆる

地球物理学的な内容だけを期待して読むと、少々戸惑うかもしれない。本書は蓄積された科学的事実から、想像しうる歴史的物語を紡ぎ出す。森の資源を活用する稲作漁労民文化を持つ日本は、畑作牧畜民である西洋とは異なる文化を持つ。同様に、現在の気候変動に対する考察にも、わが国独自の視点を持つことが大切だと著者はいう。日本人としての歴史観、文明史観を踏まえた科学者の視点には、今まで見過ごされてきた多くのヒントや示唆が含まれている。気候変動を風土の視点から考察した一冊だ。



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

『Blue Earth』定期購読のご案内

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

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

支払方法

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

お問い合わせ・申込先

〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構
横浜研究所 情報業務部 情報業務課
「Blue Earth」編集室
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下さい。バックナンバー参照URL：
<http://www.jamstec.go.jp/pdf/index.html>
※1年度あたり6回発行

Present

プレゼント



「高圧実験水槽」特製 小さなカップ麺容器

有人潜水調査船「しんかい6500」の最大潜航深度である深度6,500mの水压は651気圧以上。発泡スチロール製のカップ麺容器にこの圧力をかけると、発泡スチロールの空気の層がつぶれ、左の写真のように小さくなります。海洋研究開発機構には、深海用機器・材料の開発時に耐圧試験を行うため、深度15,600m相当の圧力環境を再現できる「高圧実験水槽」があります。今回は、この装置でつくった小さなカップ麺容器を、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、下記までご応募ください。応募締め切りは、2005年3月22日（火）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

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1月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリノユナイテッド	株式会社商船三井	ニッセイ・エンジニアリング株式会社
アイ印刷株式会社	株式会社湘南	ニッセイ 同和損害保険株式会社
株式会社 アクト	昭和ベトリウム株式会社	日本SGI株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	株式会社白石	株式会社日本海洋科学
株式会社浅沼組	社団法人信託協会	日本海洋掘削株式会社
アジア海洋株式会社	新日本海事株式会社	日本海洋計画株式会社
石川島播磨重工業株式会社	新日本製鐵株式会社	日本海洋事業株式会社
泉産業株式会社	新菱冷熱工業株式会社	社団法人日本ガス協会
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	須賀工業株式会社	日本興亜損害保険株式会社
栄光電設株式会社	鈴鹿建設株式会社	日本サルヴェージ株式会社
株式会社エヌ・イー・エイ	スプリングエイトサービス株式会社	社団法人日本産業機械工業会
株式会社NTTデータ	住友電気工業株式会社	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	清進電設株式会社	日本電気株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	セナー株式会社	日本飛行機株式会社
株式会社OCC	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社	日本ヒューレット・パカード株式会社
オートマックス株式会社	株式会社総合企画アンド建築設計	日本無線株式会社
沖電気工業株式会社	株式会社損害保険ジャパン	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	第一設備工業株式会社	株式会社間組
海洋電子株式会社	株式会社大気社	株式会社ハナサン
株式会社化学分析コンサルタント	大成建設株式会社	満中製鋼工業株式会社
鹿島建設株式会社	大日本土木株式会社	東日本タグポート株式会社
カナタ株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	株式会社日立製作所
カヤバシステム マシナリー株式会社	大陽日酸株式会社	日立プラント建設株式会社
川崎設備工業株式会社	有限会社田浦中央食品	深田サルベージ建設株式会社
株式会社川崎造船	高砂熱学工業株式会社	株式会社フジクラ
株式会社環境総合テクノス	株式会社竹中工務店	藤沢薬品工業株式会社
株式会社開電工	株式会社竹中土木	富士ゼロックス株式会社
株式会社キュービック・アイ	株式会社地球科学総合研究所	株式会社フジタ
共立管財株式会社	中国塗料株式会社	富士通株式会社
極東貿易株式会社	株式会社鶴見精機	富士電機システムズ株式会社
株式会社きんてん	株式会社テザック	物産不動産株式会社
株式会社熊谷組	寺崎電気産業株式会社	古河総合設備株式会社
株式会社クロスワークス	電気事業連合会	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	東亜建設工業株式会社	古野電気株式会社
ケイシーケイ株式会社	東海交通株式会社	松本徹事株式会社
京浜急行電鉄株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	株式会社マリノ・ワーク・ジャパン
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	株式会社丸川建築設計事務所
KDDI株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	株式会社マルタン
神戸ペイント株式会社	東北環境科学サービス株式会社	株式会社マルトロー
国際気象海洋株式会社	東北ニュークリア株式会社	三鈴マシナリー株式会社
国際警備株式会社	東洋建設株式会社	株式会社みずほ銀行
国際石油開発株式会社	東洋通信機株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
国際ビルサービス株式会社	株式会社東陽テクニカ	株式会社三井住友銀行
小倉興産株式会社	東洋熱工業株式会社	三井造船株式会社
五洋建設株式会社	戸田建設株式会社	三菱重工業株式会社
相模運輸倉庫株式会社	飛鳥建設株式会社	株式会社三菱総合研究所
三建設工業株式会社	有限会社長澤工務店	株式会社明電舎
株式会社三晃空調	株式会社中村鉄工所	株式会社森京建築事務所
三洋テクノマリン株式会社	奈良建設株式会社	有限会社やすだ
株式会社ジーエス・ユアテックノロジー	西芝電機株式会社	株式会社コアテック
財団法人塩業センター	西松建設株式会社	郵船商事株式会社
ジオテクノス株式会社	日南石油株式会社	郵船ナフテック株式会社
有限会社システム技研	日油技研工業株式会社	ユニバーサル造船株式会社
シナネ株式会社	株式会社日産クリエイティブサービス	株式会社緑星社
清水建設株式会社	日新火災海上保険株式会社	若葉建設株式会社

編集後記

「災害は忘れた頃にやってくる」ということわざどおりの事態が、本当におこってしまいました。皆様ご存じのように、2004年12月26日に発生したスマトラ島沖大地震（M9.0）に伴う大規模な津波は、インド洋沿岸諸国で未曾有の被害をもたらした。死者は30万人に迫ろうという勢いです。今回は、地球内部変動センターの協力により、この大津波の発生メカニズムについて緊急特集として取り上げました。

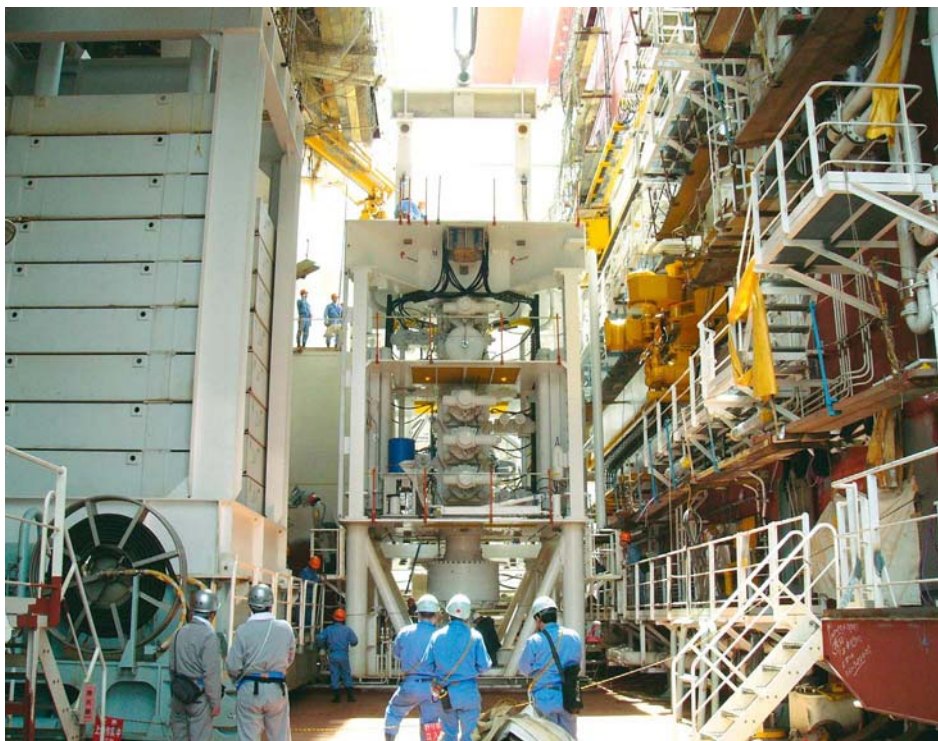
今回の津波による被害がここまで大きくなった原因の一つとして、インド洋沿岸に、津波の早期警戒システムがなかったことがあげられています。太平洋には、太平洋津波警報組織国際調整グループ（ICG/ITSU）という国際組織があり、迅速に津波警報が伝達されます。このシステムの構築においては、40年以上前のチリ地震津波により、太平洋諸国に大きな被害がもたらされたことが契機になっています。1960年5月23日（日本時間）、チリ沿岸を震源とする巨大地震（M8.5）により発生した大規模な津波は約15時間後にハワイ諸島を襲い、地震から約22.5時間後の24日の早朝に北海道東部沿岸に到着し、次々と各地を襲っていきました。日本における死者・行方不明者は142名、家屋の倒壊や流出・浸水、橋梁破壊、道路決壊、田畑の冠潮、船舶の流失などの多大な被害をもたらしました。私は、そ

のころ小学校低学年でしたが、教師から三陸沿岸の被害状況を聞かされ、「津波がきたら、とにかく高いところに登りなさい」と何度も教えられたことが記憶に残っています。ゆとり教育によって、地球科学に関する事柄は、小学校では教えられていないと聞いています。ぜひ、地震や津波など災害から身を守る手段くらいは、小さい時から教育していただきたいものだと思います。さて、2月上旬には、当機構の船舶がスマトラ島沖震源域の本格的な調査のため海底地震計や無人探査機などの機材を携えて出発しました。どのような調査結果が得られるか、本誌でも注目していきたいと思っています。最後になりますが、この大災害により亡くなられた多数の方々に対し、編集者一同、心からお悔やみを申し上げます。（合掌）

(T.T)

海と地球の情報誌「Blue Earth」第17巻第1号（通巻第75号）2005年2月 発行
編集人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜業務部 情報業務課 小柳津昌久
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 土屋建雄
本部〒237-0061 神奈川県横浜須賀町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間根690番地 TEL.0175-25-3811（代表）
国際海洋環境情報センター〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111（代表）
Washington Office1133 21st Street, NW, Suite 400 Washington, D.C. 20036, USA TEL.+1-202-872-0000（代表） FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office810 Third Avenue Suite 632 Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543（代表） FAX.+1-206-957-0546
東京事務所〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900（代表）
ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/> Eメールアドレス info@jamstec.go.jp
制作 株式会社 ミュール

※本書掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます



地球深部探査船「ちきゅう」

The Deep Sea Drilling Vessel CHIKYU

地球深部探査船「ちきゅう」の完成が、いよいよ目前に迫っている。

三井造船玉野事業所（岡山県）で船体部分が建造された「ちきゅう」は、2003年7月から三菱重工長崎造船所香焼工場（長崎県）に移され、掘削デリック（やぐら）をはじめ、デッキクレーン、パイプラッカーなどの掘削機器の搭載を進めてきた。そして、2004年12月には、船舶全体の性能を確認するとともに、自動船位保持装置（DPS：風や潮流等に流されることなく船の位置を一定に保つシステム）の特性試験を目的に、長崎西方海上（水深300m以上の海域）において、海上運転が実施された（表紙写真）。上の写真は、船上に搭載された噴出防止装置（BOP）。海底下の掘削を行う際、多数の安全弁を持つこの装置は海底に設置され、地下の石油やガス等の突発的な噴出を防ぐなど、非常に重要な役割を果たす。

独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>