

海と地球の
情報誌

2005年
5-6月号

BlueEarth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

特集

スマトラ島沖大地震 緊急調査報告

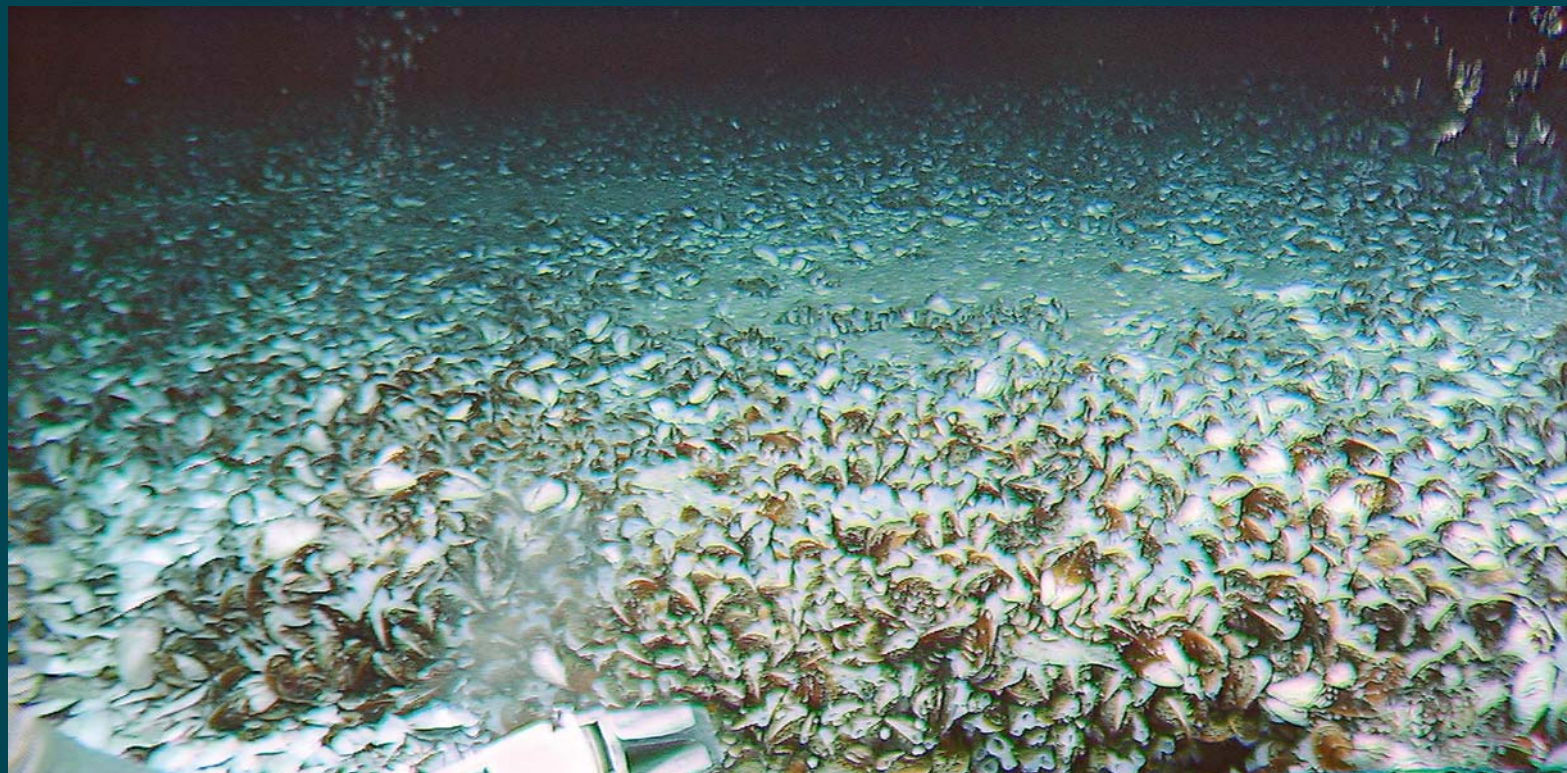
JAMSTEC Report

相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」で
新観測機器接続実験に成功

Aquarium Gallery

シンプル・イズ・ビューティフル!? クラゲたちの優雅な舞姿





写真のやや奥、左と右に2つのガス噴出が確認できる

シンカイヒバリガイ類の楽園 沖縄・黒島海丘(水深640m)

海底から水中に湧き上がる気泡。金魚鉢や熱帯魚の水槽なら、エアポンプの気泡はごく当たり前の眺めだ。しかし、ここは沖縄・八重山諸島の石垣島南方沖約26kmに位置する黒島海丘の海の底。その海底から、絶え間なく気泡がブクブクと噴出している。ガスの正体はメタンで、海底下数百mにあるガスだまりから岩石の亀裂を辿って少しずつ湧き出しているという。そして、周囲には膨大な数のシン

ンカイヒバリガイ類が、折り重なるように集まっている。コロニーの規模は、日本周辺の冷水域において最大級ともいわれる。シンカイヒバリガイ類は、エラにメタン酸化細菌を共生させており、細菌がメタンを利用してつくり出す有機物を栄養源として頂戴している。海底から湧き出すメタンガスは、この膨大な数のシンカイヒバリガイ類の生命を支えているのだ。



取材協力:
山本 啓之 グループリーダー
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム

町山 栄章 研究員
地球内部変動研究センター
掘削試料研究プログラム
掘削試料物質研究グループ

メタンの気泡が潜水船の照明に輝くように写っている



BlueEarth

5-6月号/2005

CONTENTS

- 2 特集 **スマトラ島沖大地震 緊急調査報告**
2004年12月26日、スマトラ島沖の海底で何がおきたのか？
海溝型巨大地震のメカニズム解明をめざして実施された緊急調査航海
- 4 緊急調査が明らかにした震源域近傍の海底変動
- 8 人工衛星データをもとにスマトラ島沖大地震の津波を解析
- 12 スマトラ島沖での調査の成果を
今後の地震研究と防災に活かす
- 16 特別企画 **「しんかい6500」乗船体験記**
水深1,200mの深海底は
驚きに満ちた生き物たちのオアシス
瀧澤 美奈子
- 24 Aquarium Gallery
シンプル・イズ・ビューティフル！
クラゲたちの優雅な舞姿
- 26 JAMSTEC Report
相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」で
新観測機器接続実験に成功
- 30 JAMSTEC Report
観測機器の盗難や損壊に悩まされるトライトンブイ
- 34 Marine Science Seminar
「地球環境のコンピュータシミュレーション」
～天気予報から温暖化予測へ～
- 38 BE ROOM
先端の海洋・地球科学に触れる
横須賀本部、横浜研究所の施設を一般公開
BOOK
- 39 海と地球のQ&A／研究の現場から
『Blue Earth』定期購読のご案内
- 40 プレゼント／編集後記
- 41 賛助会会員名簿

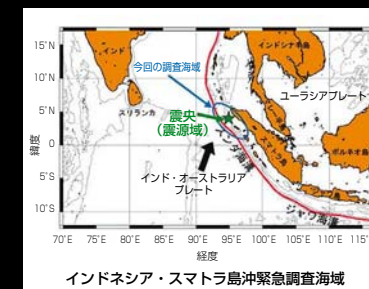
表紙：「ハイパードルフィン」とらえた大地震によって破壊された海底
(JAMSTEC/BPPT)
※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

2004年12月26日、 スマトラ島沖の海底で何がおきたのか？ 海溝型巨大地震のメカニズム解明をめざして 実施された緊急調査航海

「ハイバードルフィン」が、スマトラ島の沖合い約200km、水深約2,300mで発見した海底の巨大な亀裂。こうした亀裂の下に、地震をおこした断層が存在するのではないかと推測されている。(JAMSTEC/BPPT)

2004年12月26日、インドネシア・スマトラ島沖の海底でマグニチュード9クラスの巨大地震が発生。この地震に伴う大規模な津波は、インドネシアをはじめ、インド洋沿岸諸国を襲い、20～30万人といわれる膨大な数の尊い人命を奪うなど、各地に甚大な被害をもたらした。この歴史的な大災害となった巨大地震に対し、独立行政法人海洋研究開発機構では、まだ余震が続く2005年1月に震源海域における緊急調査を実施することを決定。直ちに国内各機関との調整を行うとともに、インドネシア技術評価応用庁をはじめとする国際パートナーの協力を得て、2月より「震源海域近傍における緊急調査航海」を行った。

2月2日に日本を出航した海洋調査船「なつしま」には、海底の直接観察を行うため無人探査機「ハイバードルフィン」が搭載された。現地での調査航海は、2月18日～3月5日、3月10日～19日の合計26日間に渡って実施され、詳細な海底地形図の作成、海底地震計を用いた余震分布観測、そして、「ハイバードルフィン」による海底地形変動の直接観察が行われた。現在、調査結果の詳しい解析が進められており、大地震・大津波を引き起こした断層の活動、地震発生のメカニズム解明をめざしている。今回の調査は、地震後に初めて海底の直接観察を行い、大規模な亀裂や崩壊跡を発見するとともに、震源海域の海底について初めて詳細な地形図を得るなど、大きな収穫をもたらした。研究の成果は、今回の地震だけでなく、日本における海溝型巨大地震の理解や予測にも大きく貢献するものと期待されている。





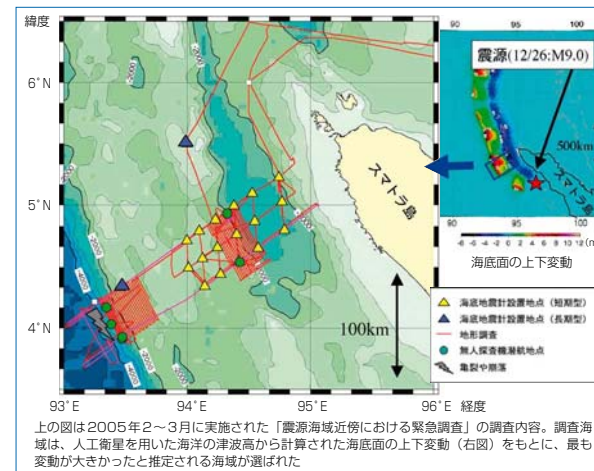
緊急調査が明らかにした 震源域近傍の海底変動

スマトラ島沖大地震によって深海底はどうなったのか？

スマトラ島沖大地震発生から約2ヶ月、まだ頻りに余震が続くなかで、海洋調査船「なつしま」による「震源域近傍における緊急調査航海」が実施された。これまで本格的な調査がほとんど行われておらず、海底地形や地殻構造もよく分かっていないスマトラ島沖の海域で、調査は2005年2月18日～3月5日、3月10日～19日の合計26日間に渡って行われた。その結果、無人探査機「ハイパードルフィン」のハイビジョンカメラで、崖の崩落、地すべりの跡、大規模な亀裂等、今回の地震による海底の変動の様子を世界で初めて発見するなど、調査は大きな成果を挙げた。さらに、調査後直ちに海底地形図、余震データ、画像データの分析が進められ、今回の地震がどのような地震だったのか、大規模な津波はどのようにして発生したのかなど、未曾有の被害をもたらしたマグニチュード9クラスの巨大地震と大津波発生メカニズム解明をめざして研究が続けられている。緊急調査が持つ意義と内容、そして、現在までにどのようなことが明らかになったのか、その成果を紹介する。



取材協力：
東 垣 プログラムディレクター
地球内部変動研究センター
掘削試料研究プログラム



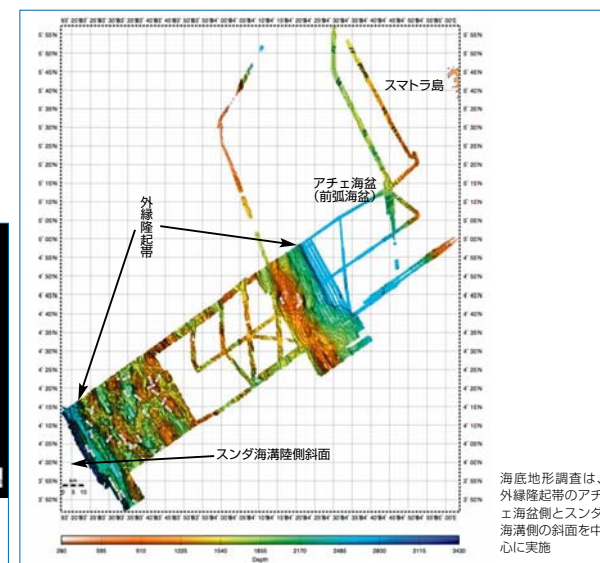
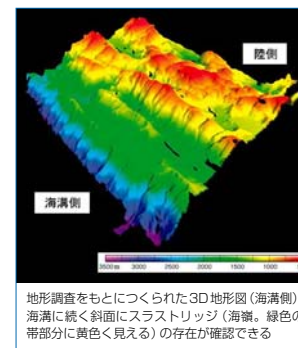
緊急調査はなぜ行われたのか

スマトラ島沖大地震発生後、独立行政法人海洋研究開発機構は直ちに海洋調査船「なつしま」を用いた震源域における緊急調査を実施することを決定した。調査の目的には、地震によって海底に現われた地形変動をいち早くとらえ、断層の位置の特定や地震の挙動の特性を明らかにするとともに、海底地震計を設置して余震観測を行うことなどがあげられた。そして、1月中に各方面の調整を済ませ、地震から1ヶ月あまりしか経過していない2月2日に「なつしま」を出航させるという迅速な対応を取った。

なぜ、これほどまでに急いで調査が行われたのだろうか。もともと、今回の調査海域は海賊の出没が懸念され、安全上の理由から、調査研究を行うことも難しいとされていた場所であった。事実、海底地形などを含め、必要となる事前調査がほとんど行われていない海域であった。この

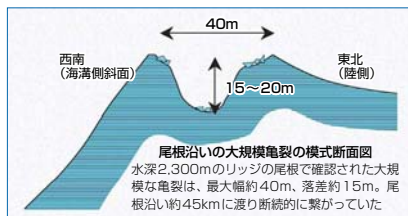
ような場合、通常なら、安全上の問題も含め、入念な事前準備が必要となる。とりわけ、本来、他国の排他的経済水域で調査を行うためには、海域での調査の許可、燃料の補給、安全面での検討等、実施までに検討し決定すべき多くの事柄が山積している。にもかかわらず、地震発生から2ヶ月という短期間のうちに現地の海底調査を実現するため、関係者らは地震直後から精力的に活動を開始したのだった。

調査を急いだ大きな理由として、まず、今回の地震・津波によって、被災したり現在も再来するのではないかと心配する人たちへ、今回の地震や津波がどのようなものかを正しく説明するとともに、今後の地震や津波のメカニズムを考えるうえで、地震が発生した直後の海底の様子を見ておきたいという研究者らの強い要望があった。一方、海底に残された貴重な情報は、時間の経過とともに、底層の強い海流や生物活動などによって簡単に消えてしまう。また、余震活動は時間とともに減少していくため、時間が経過してから海底に地震計を設置したので





斜面の崩壊跡。角がシャープであることから、壊れて間もないことが推測される



海底面に発達した地割れ。堆積物で埋まっておらず、新しい地割れ跡とわかる

は、地震発生メカニズムを理解するための重要な情報を含む余震観測が難しくなってしまう。こうしたことから、日本政府をはじめとして、インドネシア政府の理解とサポートを受け、また、インドネシア・ドイツ・米国の研究者にも乗船してもらうなど国際的な共同研究の枠組みのなかで、緊急調査は実現へ向けて動き出した。

緊急調査の内容と調査海域の選定

今回のスマトラ島沖での緊急調査を実施するにあたって、最大のポイントは調査海域をどこに絞り込むかということだった。12月26日に発生した地震の破壊域は、その地震記録から、長さ（ほぼ南北方向）約1,200km、幅約200kmに達する広大なものであり、破壊継続時間は400秒以上に及ぶのではないかと推定されている。一般に理解されている通常の地震では、震源が最も大きく破壊した場所であり、そこに大きな変動が生じている可能性が高いと考えられる。ところが、今回の地震では、震源での最初の破壊に続いて規模の異なる破壊が、まるでドミノ崩しのように連続して続く地震があったことが推測されている。その意味では地殻の破壊は単純なものではなく、必

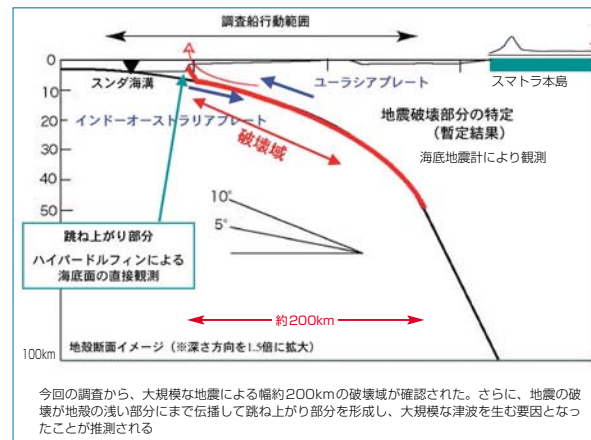
ずしも、震源の海底が最も大きく破壊し地殻がずれるというものではなかった。緊急調査の初期のプランでは、地震を引きおこした震源域を調べる予定だった。しかし、研究者らは今回の広大な破壊域を持つ複雑な地震で、最も大きく変動した海域を調査するべきであると考えた。そして、その場所を決めるために注目したのが、人工衛星データを用いた津波解析の結果だった（12～15ページに詳しく紹介）。地球内部変動研究センター・平田賢治研究員は、人工衛星がとらえた津波のデータ（津波高）から、津波の挙動を最もうまく説明する波源域の地殻変動をモデル計算によって割り出した。その結果、海底面が最も大きく変動したと考えられる場所は、震源域ではなく、その北方、スマトラ島北端部の沖合であった可能性が高いことが分かった。この解析結果を重視し、調査海域も震源から数百km北方の海域に変更された。

この海域には、スマトラ島の西約100kmにアチェ海盆が広がり、その西には外縁隆起帯と呼ばれる盛り上がった地形が南北方向に走り、さらに、その先（西）は水深4,500mに及ぶスンダ海溝の深みへと続いている。調査は、この外

縁隆起帯のアチェ海盆側とスンダ海溝側の斜面を中心に実施された。

緊急調査航海を行った「なつしま」には、無人探査機「ハイパードルフィン」が搭載された。ハイビジョンカメラを装備した「ハイパードルフィン」で、海底の変動の様子を直接観察するため。合計26日間の調査のなかで、10回の潜航を行った「ハイパードルフィン」は、海底で崖の崩落や地すべり、亀裂など、今回の地震によるものと考えられる広範囲に及び変動の姿を、世界で初めて撮影することに成功した。

「なつしま」には、高精度音響測深機（マルチナロービーム）が装備されている。今回の調査では、これを用いて調査海域の海底地形を詳細に調べることでも大きな一歩となっていた。実際に、地震によって海底面が大きく変動したと推測される海域において、マルチナロービームを用いた観測が行われ、約4,000kmに及び広大な海域の海底地形図を作成することができた。さらに、シングルチャンネル地震波探査と呼ばれる、音波の反射波を活用して地殻内構造を調べる方法により、海底下の構造についても延べ測線長900kmにわたる調査



が行われた。

もうひとつ、今回の重要な調査項目である余震観測を行うため、「なつしま」には19台の海底地震計が積み込まれた。短期観測用（約2週間）の海底地震計17台は、2月18、19日にスマトラ島沖のアチェ海盆周辺海域に投入され、観測を行った後に全ての回収に成功。およそ3,000回に及び余震活動を観測した。長期観測用（約4ヶ月）の海底地震計は、現在も余震観測を続けており、7月に回収される予定だ。

調査から見てきた海底の大規模な変動

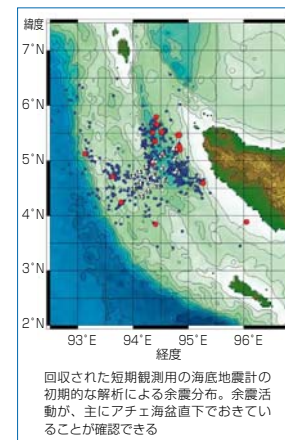
今回の調査で、地球内部変動研究センター・東 垣プログラムディレクターをはじめとする研究者らが高い関心を持ったのは、外縁隆起帯の海溝側斜面で確認された3つのスラストリッジ（海嶺）だった。これは、海溝型巨大地震に伴って海底に形成される逆断層（地面が押し合う力によって、上盤が下盤に対してすり上がったできた断層。断層面の傾斜が緩やかなものをスラスト断層と呼ぶ）によって、上盤が盛り上がったために生じた比較的鋭角なリッジだ。このリッジは、その下部に存在するスラスト断層のずれが

最も強く伝わる不安定な地形（強振動帯）であり、スラスト断層のずれによる崩壊がおこりやすいことが分かっている。

そこで、「ハイパードルフィン」を用いた潜航調査では、海底の地形をみて、3つのスラストリッジのなかで最も水深のアチェ海盆周辺海域に投入され、観測を行った後に全ての回収に成功。その結果、リッジの尾根沿い（水深約2,300m）で、海底面の激しい崩壊の様子が確認された。そのほかの斜面でも潜航調査は行われ、より不安定で壊れやすい地形と思われる場所も観察されたが、そうした場所では崩壊が確認されなかった。

こうした直接観察によって発見されたスラストリッジの崩壊の映像分析から、今回の地震でこの海底面が破壊されていること（時期の特定）、この場所で特に強い揺れがあったこと（場所の特定）、そして、揺れの大きさは非常に強いものであったこと（強さの特定）が明らかになった。さらに、東側のスラストリッジでこのような強い揺れをおこした要因として、直下に潜伏したスラスト断層が存在し、これが動いたこと、およびスラストリッジの地形効果が推測された。

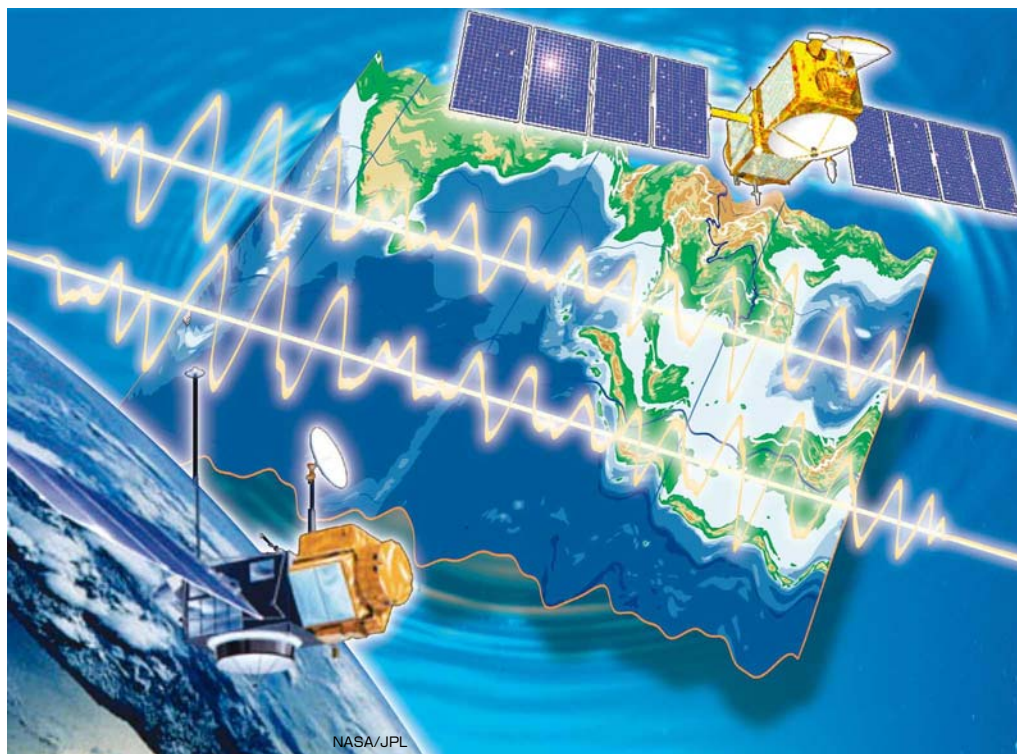
一方で、短期観測用の海底地震計データの解析によって、余震活動が主にアチ



エ海盆の直下でおきていることが明らかになった。これは今回の地震で滑ったプレート境界の下限域を示唆していると考えられている。

これらの成果を総合して考えると、今回の調査海域を中心に、地震によって幅200km弱という非常に広範囲で滑りが発生し、海水を持ち上げる巨大な力が生まれたこと、そして、海底面に近い地殻の浅い部分にまで地震の破壊が伝播して、これが跳ね上がり部分を形成し、大規模な津波を発生させる要因になったことが推測できる。現地での調査に基づくこうした解析結果は、今回の大規模地震の発生メカニズムをとらえた世界で初めての成果だ。

今後は、5ページ左上図の青い三角で示した長期観測用（3～7月まで連続観測）の海底地震計と、2～3月の約20日間の間に測定を行った短期観測用の海底地震計データと合わせてさらに詳細な解析を続けるとともに、シミュレーション等を行うことにより、詳しい地震発生メカニズムの理解を進めていく予定。そして、研究の成果を、発生が予想されている南海トラフにおける巨大地震の研究等に結びつけ、地震予測研究や地震被害の軽減に役立てていきたい考えだ。



人工衛星データをもとに スマトラ島沖大地震の津波を解析

解析結果は緊急調査の海域選定に貢献

昨年12月26日に起きたスマトラ島沖大地震では、インド洋沿岸部に記録的な高さの津波が押し寄せ、約30万の人命を奪った。特にスマトラ島北西端では津波の高さは最大35mにも及んだ。その震源周辺ではこれまでも津波を伴う地震がいくつか発生していたが、これほどまでに規模の甚大な被害をもたらしたものはなかった。なぜ、今回の地震がこのような大きな津波を引き起こしたのだろうか。平田賢治研究員は、地震発生後に津波の伝播する海域を偶然通過しながら観測していた2つの人工衛星のデータを用い、新たな視点から津波の解析に取り組んだ。



取材協力：
平田 賢治 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ

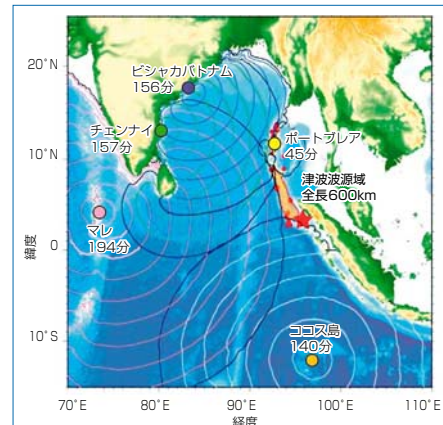


図1 沿岸にある検潮所に津波の第一波が到達した時刻に基づいて、検潮所から津波を仮想的に逆伝播させて求めた津波波源域は全長600kmだった。逆伝播の同心円波は20分間隔。濃い青線は検潮所から地震発生時間まで遡ったときの仮想的な津波伝播波面を示す。★は本震、●は24時間以内に発生した余震を表す（作図：佐竹健治）

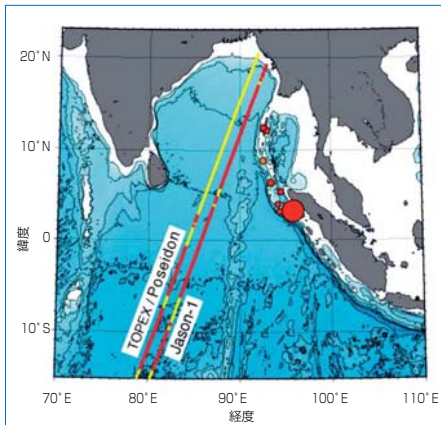


図2 地震が発生した2004年12月26日午前3時（世界標準時）ごろのインド洋上空の衛星軌道。ちょうど地震発生後2時間の津波の様子をとらえた。大きな丸は本震、小さな丸は2時間以内に発生した余震を表す（黄色と赤は人工衛星の軌道。地震前後の海面高度差を定義できた地点を赤で、定義できなかった地点を黄色で表している）

津波の生まれる「波源域」と 地震の破壊の範囲「余震域」との関係

スマトラ島沖大地震と津波の解析が進むにつれ、大きく2つの疑問点が浮上した。ひとつは、これまでのやり方で津波の波源域を求めると、地震の余震域と津波の波源域が大きく異なること。もうひとつはなぜ巨大な津波が発生したのかということだ。

まず最初に、米国地質調査所の解析により、本震発生後1日以内の余震域が海溝沿い約1,300kmにわたることが明らかになった。しかし、地震発生後3日目にいた地震波の解析結果では、震源の南側400kmくらいの断層のずれの様子しかわからず、北側については不明のままだった。地震発生後100～300秒間は普通の破壊による地震波が検出されていたが、その後は今まで観測されたことのない長周期の地震波が出ていたからだ。この長周期地震波には解析ツールが対応しておらず、各国の地震研究者とも解析できない状況に置かれた。

一方、津波の波源域については、沿岸の検潮所に津波の第一波が到着した時

刻をもとに、地震が起きた時刻まで津波を仮想的に逆伝播させていくことで津波の波源境界を求める方法がとられている。その方法で算出すると、津波の波源は、余震分布の南半分に過ぎない約600kmの長さになる（図1）。

しかし、地震研究の常識ではそれは非常におかしなことなのである。マグニチュード8クラスの地震では、本震で破壊した部分とその周辺に余震がおこるのであるから、基本的に余震分布は本震の破壊の領域を示す。津波の波源域は地震で破壊された領域と同じでなくてはならないはずであるのに、なぜ余震域と津波波源域が異なるのだろうか。

地震波を逆伝播させて波源域を求める際には「地震がおきたときには津波波源域はすべて形成されている」と仮定して図1のような図を描く。マグニチュード8クラスの地震では、余震域＝津波波

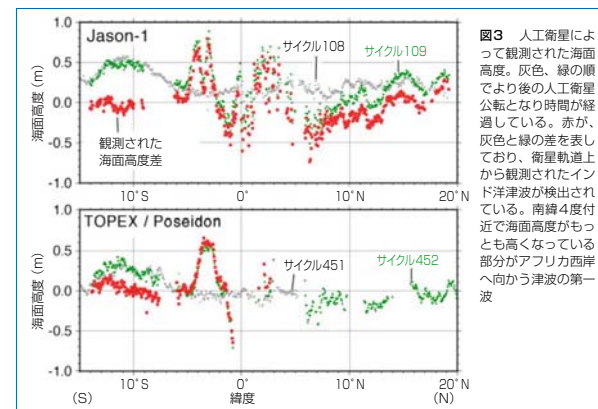


図3 人工衛星によって観測された海面高度。灰色、緑の順でより後の人工衛星公転となり時間が経過している。赤が、灰色と緑の差を表しており、衛星軌道から観測されたインド洋津波が検出されている。南緯4度付近で海面高度がもっとも高くなっている部分がアフリカ西岸へ向かう津波の第一波

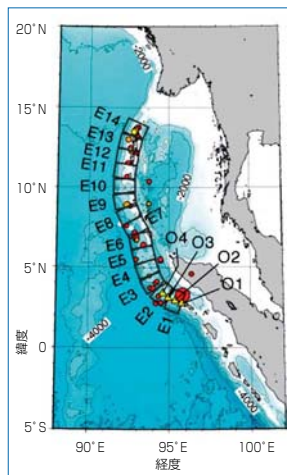


図4 余震域を海溝に平行な幅100km、奥行きが150kmの14枚の小断層に分割し、人工衛星データを最もよく説明する平均的破壊伝播速度と小断層上の滑り量を求めた。
(図中のO1～O4は、モデル計算時に仮定した、仮想的な震源[破壊の開始点]。O1を破壊開始点と仮定した場合に、衛星データを最もよく説明するモデルが得られた)

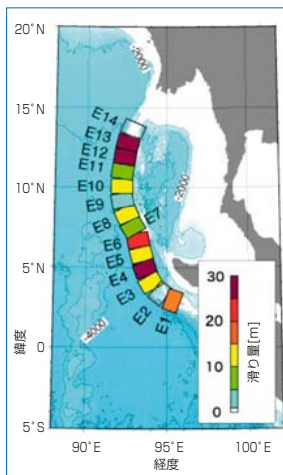


図5 E4、E12、E13の部分で大きな滑りが見られる。それぞれの小断層から津波を計算した結果、全長1,300kmの余震域で津波が発生し、平均的破壊伝播速度は異様に遅いことがわかった

源域の大きさが100～150km程度。海溝沿いの地震断層面を割る速度は秒速2.5～3.5kmであるため、1分程度ですべての破壊が終わる。津波の周期(30分以上)に比べてケタ違いに高速なので、一瞬に津波波源域が形成されたと仮定しても影響は少なかった。しかし今回のようにマグニチュード9以上で、津波波源域の長さが、図1で考えても600km、あるいは余震域とイコールと考えると、1,300kmもある。それが一瞬に形成されたと考えするには、断層が無限の速度で割れる必要があるが、それは物理的に不可能なので、当初の仮定そのものに無理がある。

震源でおきた破壊はある程度時間をかけて、余震が広がっている北側に伝わったのではないかと。そういうイメージで捉えると、北側の検潮所で津波の仮想的な伝播の波面を戻しすぎたと考えられる。地震の北側では本震の10分後くらいにようやくすべての津波波源域が形成されたとすれば、津波逆伝播

も検潮所側にずれ、津波の波源域はその分、北に広がることになる。

貴重な偶然のたまものである 2つの人工衛星の津波データを解析

地震発生のおぼ2時間後、NASAとフランス宇宙庁の共同ミッションのために打ち上げられたTOPEX/Poseidonと

Jason-1という2つの人工衛星がインド洋を通過していた(図2)。それは、インド洋津波がまさに外洋を伝播している最中で、絶妙のタイミングであった。インド洋上空をJason-1がTOPEX/Poseidonの少し先を飛んでいて、ちょうど緯度が4度から3度くらいのところ津波の第一波の上空にあった。これらの人工衛星の観測ミッションには海洋大循環、地球の温暖化等が含まれており、その一環として海面高度を観測していたために、史上初めて人工衛星によって津波が外洋で伝播する様子が捉えられたのである(図3)。

そこで人工衛星が観測した海面高度データをうまく説明するようなモデルを求めた(図4)。14枚の小断層の滑りの大きさに海底の上下変位が比例する。滑り量の大きさ、すなわち海底の上下変位量を変えて津波を計算し一番海面高度の再現性の高いモデルを求めた。結果として最初の予想通り、一番南側の本震から海溝沿いに測ると、全長約1,300kmの余震域で津波が発生している(図5)。また、破壊が通常よりもゆっくり北側に伝わったと考えられる。このモデルで計算すると、地震の規模は従来いわれていたマグニチュード9よりも大きく9.3と算出された。

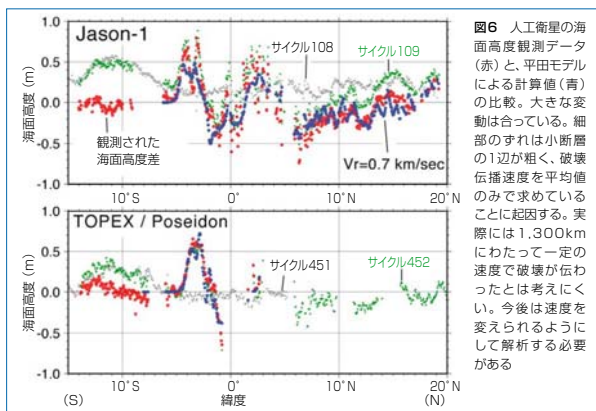


図6 人工衛星の海面高度観測データ(赤)と、平田モデルによる計算値(青)の比較。大きな変動は合っている。細部のずれは小断層の1辺が粗く、破壊伝播速度を平均値のみで求めていることに起因する。実際には1,300kmにわたって一定の速度で破壊が伝わったとは考えにくい。今後は速度を変えられるようにして解析する必要がある

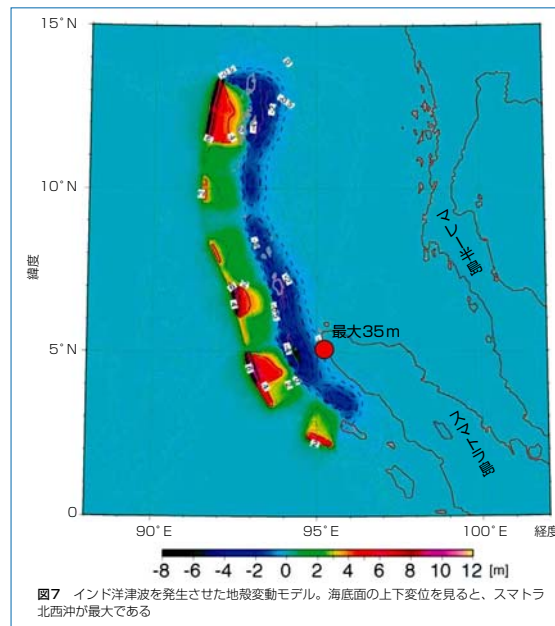


図7 インド洋津波を発生させた地殻変動モデル。海底面の上下変位を見ると、スマトラ北西沖が最大である

大雑把な全体像をつかむため、破壊の伝播速度を変えて同じような解析を繰り返し行った結果、秒速1km以下の遅い伝播速度でないと人工衛星のデータを説明できないことがわかった。前述したように、海溝沿いで起きる地震の破壊速度は普通は秒速2.5～3.5kmの高速だが、それに比べて明らかに遅い。実はこれは「津波地震」に特徴的な伝播速度である(普通の地震は地震波の大きさから津波の大きさが予測できるが、地震波から予測される津波の高さよりもはるかに大きな津波を出す地震を「津波地震」と呼び、1992年のニカラグア地震などがこれに当たる)。

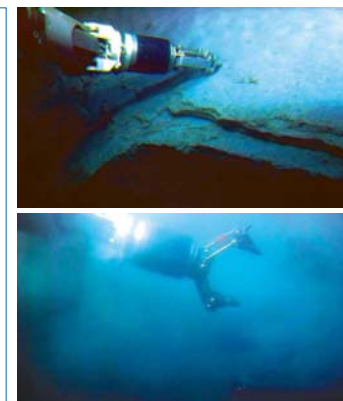
今回の解析から見えてきた スマトラ島沖大地震の特異点

観測データとモデルの計算値を比較する(図6)と、計測値(青)が衛星による観測値(赤)にほぼ合っており、全体像は今回の地震によって海底が隆起し

たというモデルで説明できる。モデルのE4にあたるスマトラ北西沖で、最大の滑り(最大30m)が見られ、これはスマトラ北西端の最大35mの津波に関係していると思われる(図7)。

さらに一見ばらついているように見える赤道から北緯8度～9度付近までの衛星データを拡大してみると短波長でギザギザになっている。この短波長は地震の際におきた地滑りを示すのではないかと考えられる。E4エリアに「ハイパードルフィン」で潜航したところ、最近起きた地滑り跡が見られた。スマトラ島沖大地震のときにおきた地滑りと考えられる。海溝側の前縁部が崖状になって地滑りがいくつかおきたのではないかと。それについては今後、解析を行うことになるだろう。

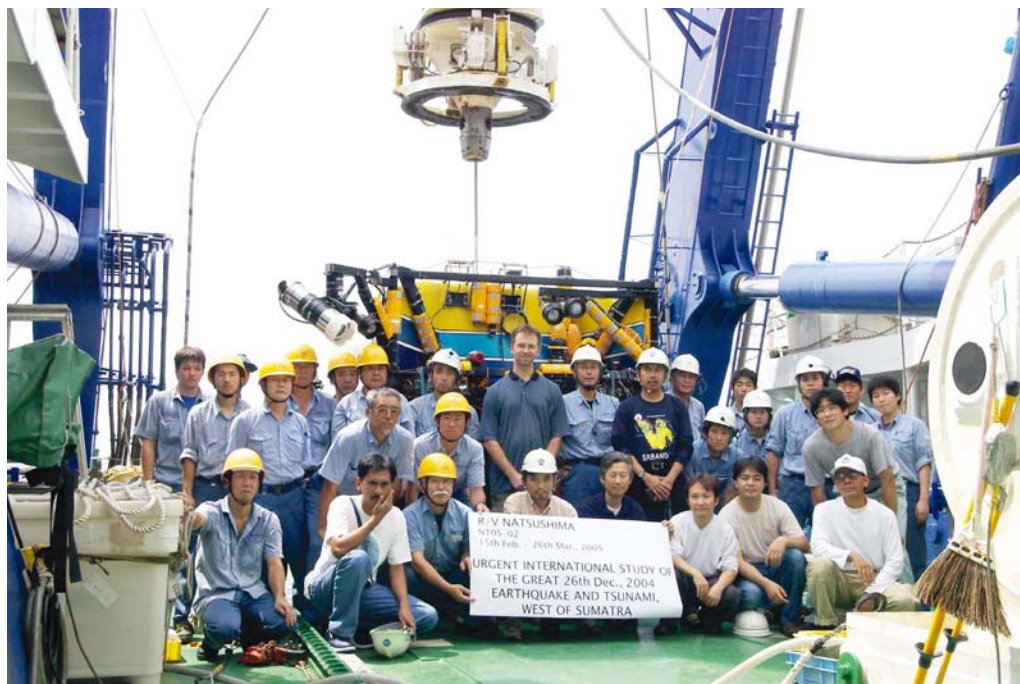
今回の解析では異様に長い継続時間がかかって津波を発生させるという結果になり、これまでの地震波解析の結果からは南側の400kmくらいは普通の破



緊急調査における無人探査機「ハイパードルフィン」による潜航調査で、海底谷の上部では崩落地形(上)が、下部では海水の懸濁(下)が確認された。海底で激しい変動があったことが推測される。(JAMSTEC/BPPT)

壊で、そこから今まで知られていないような長いゆっくりとした波を出したという結果になっている。津波の解析は海底面上下の変動を見ており、地震波解析はその地震の断層面の破壊の様子を見ているので、その間をつなぐ総合的なモデルが必要になる。ゆっくりした変動をおこした原因を探るには海底下の物質が影響していると考えられる。スマトラ島沖大地震は津波地震だった可能性があり、被害が大きかったのかもしれないが、津波地震は現象こそ捉えられているもののその原因はまだはっきりわかっていない。今までにないゆっくりした変動の原因を探ることは、津波地震の解明にもつながる。

今回は衛星データのみでの解析なので、ニコバル、アンダマンなど北側の領域にわたって、余震観測や海底及び海底下の調査を行い地殻変動データも取り入れる必要があるだろう。ただ、海賊の出没や近くに軍事基地があるなどの政治的な理由から、この海域の調査データはほとんどなく、大地震の全貌となぜこのような津波被害がおきたかを明らかにするには時間がかかるものと思われる。



2005年2～3月に実施された緊急調査航海（13ページの写真も調査航海の様子）

スマトラ島沖での調査の成果を 今後の地震研究と防災に活かす

高度な地震観測技術がとらえた初めてのマグニチュード9地震

スマトラ島沖大地震は、1964年にアラスカでマグニチュード9.2が観測されて以降、40年を経て記録されたマグニチュード9を超える巨大地震だった。と同時に今回の地震は、科学の目で詳しく客観的にとらえられた初めてのマグニチュード9クラスの地震でもあった。各地で観測された地震波のデータや地震・津波被害の実態は直ちに世界中に報じられ、数日後には衛星が写した地殻変動による地形変化の様子までもがウェブ上で公開された。こうした高度な地震観測技術と発達した情報通信技術によってもたらされた貴重なデータを用いて、多くの研究者が解析を行い、今回の地震がどのような地震だったのか、なぜ巨大な津波が引き起こされたのかといった地震・津波のメカニズムの理解も急速に進展しつつある。しかし、今回地震が発生したスマトラ島近海は、たびたび地震をおこすプレート境界域でありながら、海底地形調査や地下構造探査などの地震探査がほとんど行われていなかった。こうした海域で、国際協力のもとで地震直後に緊急調査が行われたことは、今回の地震・津波の解明に大きく貢献するだけでなく、今後のインド洋での国際警報システムの構築や、日本近海で発生が予想されている巨大地震の理解にもつながるものといえる。



取材協力：
深尾 良夫 センター長
地球内部変動研究センター



スマトラ島沖で調査を行った「なつしま」のブリッジ



航海中は連日夜遅くまでミーティングが続いた



船上で海底地震計の設置前の整備を行う



「ハイバードフィン」を探検する様子



シングルチャンネル地震波探査のデータを見守る



取得した海底地形図をもとに調査が進められた

重要な役割を担った スマトラ島沖での緊急調査

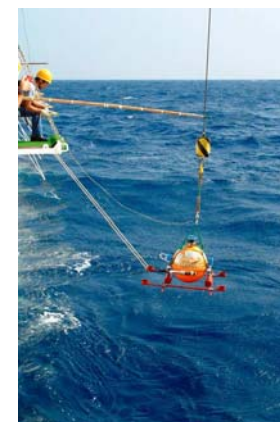
独立行政法人海洋研究開発機構が、スマトラ島沖大地震発生後、直ちに緊急調査の実施を決定した理由は、何よりも、未曾有の大災害をもたらした巨大地震・津波の発生メカニズム解明という点で、海洋研究開発機構にしかできない独自の貢献が可能であるという確信があったことがあげられる。

もうひとつの理由は、今回の地震がマグニチュード9クラスという、地震の規模としても最大級のものであったことだ。1923年に日本で発生した関東大地震は、死者・行方不明者が14万人以上という日本史上最大の地震災害を招いたが、地震のエネルギーで比較すると、今回のスマトラ島沖大地震は関東大地震のおよそ200倍の規模であり、まさに想像を絶する大きさであった。大きな活動であるほど、地球の内部変動プロセスを理解する上で重要なことが顕著に現われる。その意味で、

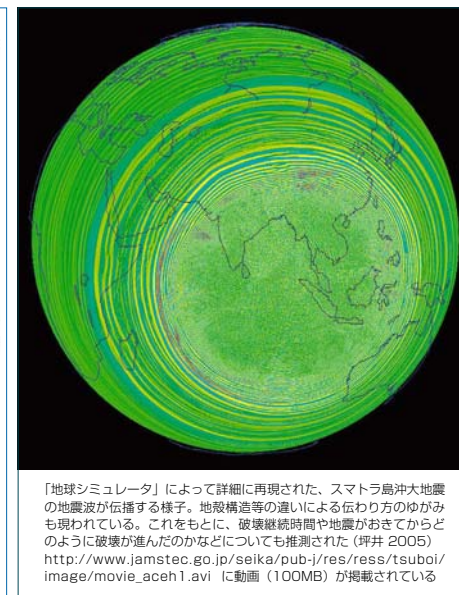
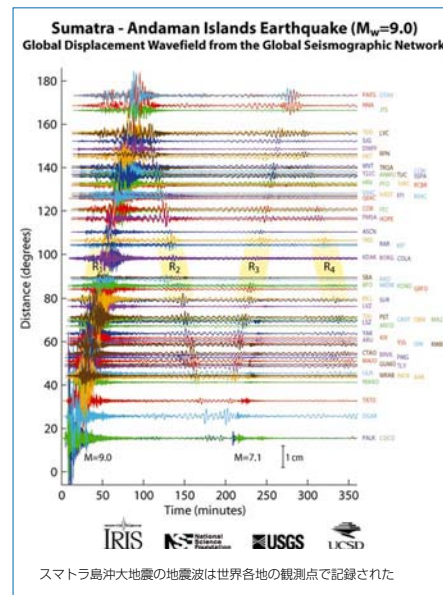
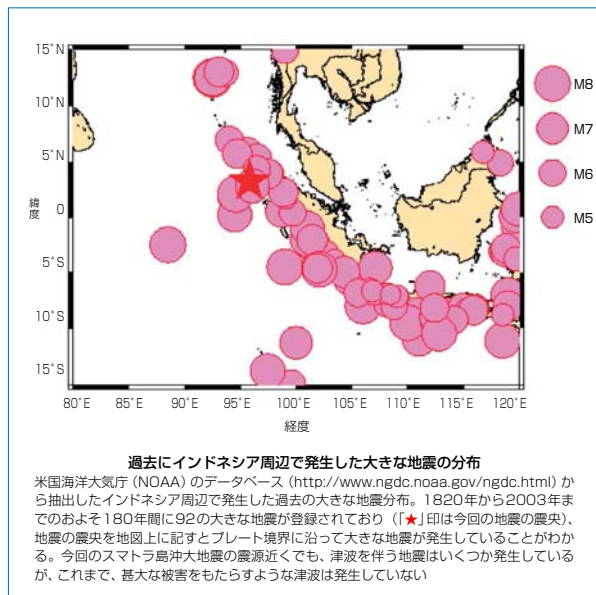
今回の地震を詳しく調べることは、例えば、1万回の小さな地震を調べるよりも、より大きなスケールで、地球の活動を理解することに結びつくと考えられる。さらに、陸上の調査では、地震直後に震源地周辺で破壊の状況を調査することはよく行われるが、海底で発生した地震で、その直後の状態がどうなっているかについては、これまでほとんど調べられていない。大規模な津波を発生させたマグニチュード9クラスという巨大地震によって、海底がどれほど変動し、どのような痕跡が残されているのかは、研究者でなくとも知りたいと思うに違いない。また、今回の地震は、世界の地震観測網でその大きさがとらえられたが、やはり、実際に近くでなければ見えてこない情報がある。その情報を手に入れるには、なるべく早いうちに現地へ行き、直接調べる必要がある。

こうしたことから、今回の緊急調査が実現した。調査は、海洋研究開発機構

をはじめ、海上保安庁、東京大学、産業技術総合研究所の協力体制のもとで実施された。また、現地へ向かった海洋調査船「なつしま」には、インドネシア、ドイツ、米国の研究者も乗船するなど、インドネシア技術評価応用庁、ドイツ連邦地質調査所、米コロンビア大学とい



余震観測のために投入された海底地震計



った国際パートナーを得て行われた。

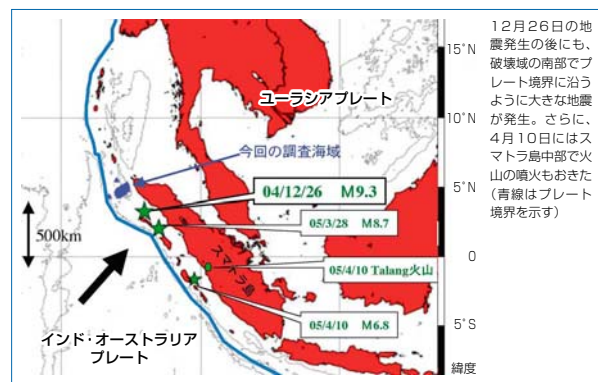
合計26日間に渡る調査航海は、海底地震計の設置・回収、詳しい海底地形図の作成、海底下の地殻構造を調べるシングルチャンネル地震波探査、無人探査機「ハイパードルフィン」による直接観測など、多岐に渡った。限られた日程のなかで果たさなければならぬ調査内容は多く、ときに調査が夜間に及ぶこともあった。連日の調査および解析作業等で、研究員、乗組員、観測技術員、そして「ハイパードルフィン」運航チームのメンバーは多忙を極めた。さらに、今回の調査航海では、海賊襲撃に備え、夜間の見張り員増強、30分ごとの巡視、出入り口の施錠など、様々な安全上の対策が取られるなかで行われるという異例の調査でもあった。

科学の目がとらえた 初めてのマグニチュード9地震

1950年代から60年代にかけて、

マグニチュード9クラスの地震が4回観測されている。だが、そのころは、地震観測の設備もまだ十分に整っておらず、地震を詳しく理解するための手立ではほとんど揃っていなかった。そのころに比べれば、観測体制は格段に進歩している。各地で観測された地震波のデータは、リアルタイムで世界中に配信された。また、人工衛星を活用し

て、地震による地殻変動の様子を詳細に観測し、地面がどこでどのくらい移動したのか、沈降したり隆起したりした場所がどのように分布しているのかといったことも、直ちに情報として伝えられた。さらに、こうしたデータを用いて様々な解析が行われ、この地震による破壊が長さ約1,200km、幅約200kmに及ぶことや、破壊継続時間が400秒



以上に渡ったことなどが推定されている。海洋研究開発機構・地球内部変動研究センターでは、「地球シミュレータ」を使用して、今回の地震による地震波の伝播の様子についての詳しいシミュレーションが行われ、地震がどのようなものであったかを推測する研究も行われた。

このように、進歩した科学技術によって、地震がどのようなものであったかを明らかにするための様々な研究が進められている。スマトラ島沖大地震は、歴史的な巨大地震であったとともに、科学の目で詳しく調査された初めてのマグニチュード9クラス地震であった。今後の研究により、巨大地震や大津波の発生プロセスについての理解が、大きく進展することが期待される。そして、地震直後に実施された今回の海底調査は高い成果をあげ、研究の推進に大きく貢献するものであったことは間違いない。

調査の成果を 今後の地震研究に活かす

巨大地震が発生したスマトラ島沖では、プレートの沈み込み帯に沿うように、これまでに大きな地震が数多く発生している。しかし、これまでの記録を見る限りでは、今回のように広い範囲で破壊が続いたことはなかった。どうしてこのような破壊がおきたのかは、大きな謎だ。しかし、これを日本の南海トラフに置き換えてみると、けっして同様の事態がおこり得ないとはいえないことが分かる。南海トラフでも、あるときは南海、あるときは東南海というように、これまで繰り返された地震がおきている。そして、1707年の宝永地震では、四国沖から静岡沖まで、南海トラフの広い範囲で破壊が生じたと推測されている。この地震によって発生した津波は、九州から房総半島まで太平洋岸の広い範囲を襲い、または間違いない。

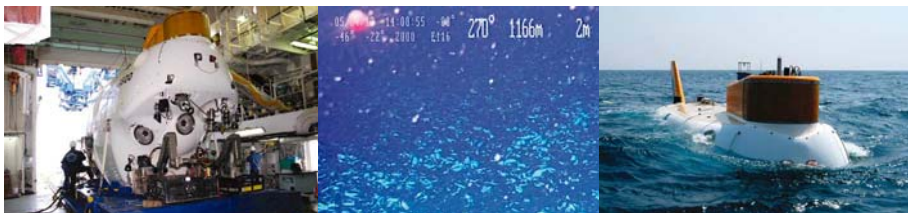
後には富士山の大噴火もおきている。今回のスマトラ島沖大地震でも、まさに同じように大きな余震活動や火山の噴火がおきている。

今回のスマトラ島沖大地震のメカニズムを明らかにすることは、日本にとって、今後、発生することが懸念されている南海トラフでの巨大地震に備える意味からも、極めて重要といえる。地震研究が進んでいる日本では、南海トラフの地下構造等は、ある程度まで理解されている。今後、スマトラ島沖の地殻構造や地震発生メカニズムの詳しい理解が進めば、両者の比較研究によって、南海トラフでの地震予測をはじめ、地震・津波による被害の軽減などに、より大きな成果をもたらすものと考えられる。そのためには、これからも国際的な枠組みで研究を進め、世界的な地震観測ネットワークを構築するなど、積極的な取り組みが求められる。



有人潜水調査船「しんかい6500」に乗船した 科学ジャーナリストが深海世界をレポート 水深1,200mの深海底は 驚きに満ちた生き物たちのオアシス

2005年4月17日、好天に恵まれた相模湾・初島沖。科学ジャーナリスト・瀧澤美奈子さんを乗せた有人潜水調査船「しんかい6500」が、支援母船「よこすか」から海面に降ろされ、静かに潜航を開始した。このあたりは、冷水湧出帯にシロウリガイなどの化学合成系生物群集が存在することで知られ、海洋生物研究者にとっても関心の高い海域だ。「しんかい6500」で体験した水深1,200mの深海底の旅を、瀧澤さんにレポートしていただいた。



取材：
瀧澤 美奈子

科学ジャーナリスト。お茶の水女子大学大学院理学研究科卒業。著書に「科学のニュースが面白いほどわかる本」【この理料わかる?】(ともに中経出版)



深海はクラゲの楽園なのかもしれない。さまざまなクラゲが泳いでいた

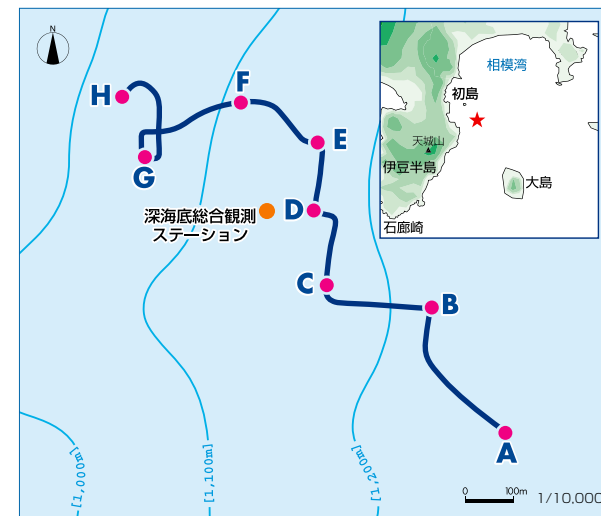


赤色の生物をよく見かけた。水中では赤色がほかの波長に比べて先に減衰する（逆に速くまで届くのは青色）。だから発光生物の微弱な光が存在しない深海で、赤は黒と同じように敵から見つかりにくい保護色なのだ

上の画像のように、「しんかい6500」搭載のテレビカメラで撮影された画像には、詳しい撮影情報が記される。「しんかい6500」の縦横斜角、方位（北が0度、時計回り）

日付	時間	縦横斜角	方位	深度	海底からの高度
05/04/17	10:38:30	+00°	130°	1176m	51m
05/04/17	11:05:11	+00°	265°	1226m	2m

「しんかい6500」に対するカメラ方位、カメラ傾斜角、[Z]はズーム倍率、[F]は焦点距離に関する情報



上図は、瀧澤さんを乗せた「しんかい6500」の航跡マップ。潜航はおよそ6時間に及んだ。

A：着底ポイント（水深1,228m） B：海底の岩場でエゾイバラガニの群れを確認
C：シロウリガイ等の生物コロニー、シロウリガイやエゾイバラガニを採取
D：深海底総合観測ステーションを確認 E：生物コロニー、海底堆積物（泥）を採取
F：岩石を採取 G：チューブワームを確認 H：離底ポイント（水深1,021m）

「しんかい6500」に乗り込み、相模湾を1,175mまで潜ると、 窓の向こうには想像以上の世界が広がっていた

見てはいけないうものを見てしまったような気がして、息をのんだ。

午前10時半すぎに潜水船が深海に到達し、ライトを点灯して間もなくのことだ。分厚いアクリルでできた「しんかい6500」の丸窓に顔を付けて外を眺めていた私の目の前に、とつぜん握りこぶし大の透明なクラゲが現れ、丸窓まで10cmぐらいのところまで近づいてきている。そして、そのクラゲの内部から、発光ダイオードのような赤と緑の鋭い光が光ったのだ。まるでこちらになにか信号を送るように。私が言葉を発する間もなく、クラゲは丸窓の視界の外に去っていった。

あの光はなんだったのか。潜水船のライトをただ反射していただけなのかもしれない。しかし、これまで映像で見て、想像していた深海とは明らかに違う一撃と

ともに、深海観察が始まった。

この日、私は独立行政法人海洋研究開発機構の有人潜水調査船「しんかい6500」の873番目の乗船者になった。場所は伊豆半島伊東沖に浮かぶ初島から、南東にたった6kmほどしか離れていない相模湾の西の端で、深さが約1,200mの深海底だ。

このあたりは陸地に近いこともあり、生物の死骸や糞、プランクトンなどの有機物が大量に海の表層から深海に、ゆっくりと沈降している。いわゆるマリンスノーと呼ばれる白い浮遊物である。潮の流れはほとんどない。そのため「しんかい6500」の強力な7つのライトで闇を照らし出しても視界は3mほどしかなく、ほんの目の前の目的地でさえ見失いそうになるほどだ。実際、

「よこすか、しんかい。位置知らせ」と支援母船「よこすか」の管制官に問いかけて、位置を覚えてもらう場面が何回もあった。

水圧120気圧、水温3℃の漆黒の闇。だが、ひとたび「しんかい6500」がライトを点灯すると、数も種類も、私の予想をはるかに超えた豊かな生物世界が眼前に照らし出された。

透明のクラゲや赤黒いクラゲが勢いよく泳ぎ回り、針金のような細い足を広げたウミグモが漂い、真っ赤なエビが小さな脚をせわしなく回転させて立ち泳ぎをしていた。頭だけが大きくて体から尾ビレにむかって極端に細い、巨大なおたまじくのような奇妙な魚（バケダラだろうが）、遠くを泳いでいく。よく切れそうな刃金色の太刀魚が、本当に立ったまま泳いでいるのには驚いた。そして、海底を這うようにアナゴやウナギが近づいてきては、また遠ざかっていった。こんな光景が潜水船から一望できた。いや、



(上)うねうねしながら、ものすごい勢いでカメラの前を横切っていった。イカの仲間か？(下)シロウリガイのコロニーの近くで。コンゴウアナゴ



潜航チーム特製の採集機材、通称“チリトリ”でシロウリガイを採取した。右奥ではエゾイバラガニがサンブルバスケットによじ登っている

こちらが「見ている」というより、むしろ「見られている」という感覚さえあった。

なぜか。ここに生きているものは水族館の仕切りで保護された水槽とは違い、それぞれの役割を得て生きている。どんなに奇妙な姿形をしていても、彼らには多かれ少なかれそれなりの理由があり、勢力があり、または力のつりあいがあり、地上とはまったく違う、閉じた深海社会システムになっている。我々はそこにたまたま訪れた珍客である。

深海生物については、種類や数、捕食関係などわかっていないことが実に多い。例えば、水中を泳ぐ生物がどのように分布しているのかということも謎の一つだ。いくら彼らが自由に泳ぎ回れるといっても、海のなかでまんべんなく分布しているというわけではなさそうだ。

実際、我々が移動すると、生物がほとんどいない場所もあった。周りよりも生物が多い場所があれば、それを食べる生物がさらに寄り集まってくるだろうから、生物の多い場所と少ない場所の偏りはより増大するのかもしれない。

活断層が養う シロウリガイコロニーに到着

「コロニーが見えてきましたね」

深海観察が始まって約1時間半後の正午過ぎ。コ・パイロットの松本さんがそう言うと、間もなく、潜水船の前方にシロウリガイのコロニー（集団）が見え始めた。私はドキドキした。今回の潜航海域が相模湾の予定だと聞いたとき、まっ先に頭に浮かんだのがこのシロウリガイのコロニーのことだった。

シロウリガイは、エラにメタンや硫化水素から有機物を作る化学合成細菌を共生させている。この共生細菌のおかげで食物の代わりにメタンさえあれば生きることができる特殊な貝だ。メタンの供給源は活断層なので、端的に言えば「活断層に養われている貝」ということになる。ほとんどすべての地上の生物が、太陽光を利用した光合成に端を発する食物連鎖の輪の中にいるのに対して、シロウリガイはその輪の外にいる。そういう意味で、我々の生命観の枠を広げる存在として注目されてきた。だから灰色の海底に白いコップバカンがばら撒かれているように見えたとき、ついにここに来たのだと心が

はずんだ。

しかし近づいてみると、すでに貝は死んで貝殻だけになって散乱している。深海の捕食者に食べられたのか寿命なのかはわからないが、とにかく死んだ貝殻が静寂の深海底に無数に散乱している光景は戦場跡のような痛々しさを漂わせていた。それでもよく目を凝らしてみると、体の半分以上を泥のなかに埋めて体を立てて、生きている貝もいるようだ。

「それじゃ、ここで探っていきましょうか」

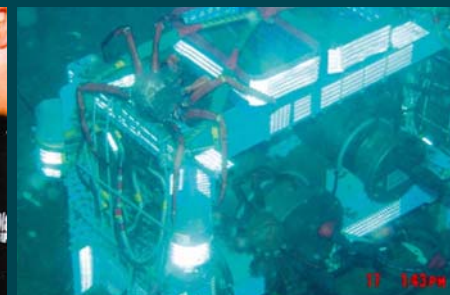
パイロットの櫻井さんはそう言ってマニピュレータを操作し、サンブルバスケットに積んできた潜航チーム手作りの採集器具、通称“チリトリ”を使って、器用にシロウリガイを泥ごとすくい上げた。

とたんに海底表面の灰色の泥とは違う、真っ黒の墨のような土煙がもうもうと立ち上がった。メタン湧出域に特有の黒土だ。

何度かすくい上げて、そのたびにサンブルバスケット上の蓋つきの金属箱に貝を入れていった。櫻井さんが操るマニピュレータは、一切無駄のないなめらかな動きで、まるでロボットアームがあらか



「しんかい6500」を操縦するコ・パイロットの松本さん（左）とパイロットの櫻井さん（右）、写真中央下に見えるのがのぞき窓の一つ



初島沖の観測ステーションにも陣取るエゾイバラガニ

前日の潜航で置いておいた餌に群がる

じめ組み込まれたプログラムに沿って動いているようだった。そんなことを考えながら採集の様子を眺めていたのだが、シロウリガイに混じって「驚くもの」を偶然に採っていたとは、もちろんこの時は気づきもしなかった。

岩登り好きの エゾイバラガニを観察する

「海の中で見た生物で一番多かったのは何か」と聞かれたら、泳ぐ生物ではクラゲで、海底に棲む生物では前述のシロウリガイだ。そして海底生物でシロウリガイの次によく見かけたのがエゾイバラガニだった。横歩きではなく前方向に歩いているのにはびっくりした。

甲羅の幅が12cmぐらいの割には細い足が長く、もしこれを食用にするとしたら、食べるところが少ないのではないかと心配になるようなスリムなカニだ。食べるとミルクのような独特の味がするらしく、「ミルクガニ」として売られることもあるそうだ。「十脚目ヤドカリ類タラバガニ科」ということで、タラバガニと同様、じつはヤドカリの仲間だ。

面白いことに、エゾイバラガニは何もないならかな泥の海底には、ポツンポツンとほとんど単体でいるだけだが、岩があるところには必ずといっていいほど、びっしりと群れになって、ひしめき合い、へばりついていた。10匹以上重なるように身を寄せ合っている。ヤドカリの仲間だけに、貝殻に体を潜めたり性質があり、それが「岩に身を寄せたい」という行動の本質だという説もあるようだが、とにかく「何かに登りたい」という彼らの欲求はものすごい。

初島沖の観測ステーション（くわしくは今号のJAMSTEC Report 26～29ページをご覧ください）の機材にも、何匹かのカニがわがもの顔で陣取っていて、パイロットの櫻井さんが、「電位差磁力計はカニのすみかとなっている」と海上にいる管制官にわざわざ報告したほどである。

また、私たちが潜水船を着底させ、一匹のエゾイバラガニをマニピュレータで捕獲した時には、別の一匹が即座に、サンブルバスケットのところによじ登ってきた（このカニが、ただ潜水船に登りただけなのか、仲間を奪還しよう

したのか、真相はわからない）。エゾイバラガニにどの程度の知能があるのだろうか、こんなこともあった。

潜水船に横んでいった餌（今井司令が清水港で調達したカツオの頭だ）を、マニピュレータを使って彼らにプレゼントしようと水中でビニール袋からとり出したところ、それまでゆっくりと我々から逃げようとしていたエゾイバラガニの一団が一斉にこちらを向き、じっと餌がおろされるのを待っているではないか。彼らの黒い小さな目から、痛いほど熱い視線を感じ、思わず笑ってしまった。その後、餌が海底におろされるや否や、一目散にたて歩きをして餌に寄り集まってきたのは、予想通り、食べ物が少ない深海ならでばだと思った。

潜水船の中では集中力が 低下していた

午後2時を過ぎるころになると、だいぶ集中力が落ちていたようだ。ノートに時々刻々起きたことを書き続けていたのだが、いま見直すと誤字や意味の通らない文章がある。ハッチが閉まってから約4時間半、酸素は酸素ボンベから供給さ



この日パイロットを務めた櫻井副司令(右)と筆者(左)



揚収時、潜水船と母船をつなぐロープをとりつけるためにダイバーが活躍する。このときは波が荒かった



母船「よこすか」の石田貞夫船長。姿勢を正して一日中ブリッジに立つ

れ、二酸化炭素は吸着剤で自動的に吸い取られ管理されているのだが、3人ともじっとしていたので空気が滞留していたのだろうか、それともずっと狭い空間にいる心理的ストレスなのか、はたまたトイレを我慢していたからなのか、原因は判然としない(一度、乗船中の人の医療データをとってみたいら面白いと思う)。

船内の気温は頭上の温度計で26℃、湿度は28%。コックピットの下についている丸窓の辺りではもっと温度が低かったと思うが、いずれにしても寒さはあまり感じなかった。そうはいっても潜水船外の水温が3℃なので、チタン合金の壁やアクリル窓は冷えて結露してしまう。吐く息で窓が曇ってしまうこともあって、時々タオルでアクリル窓をぬぐいながら、観察をつづけた。

潜水船内では皆あまりしゃべらなかった。本当はパイロットの櫻井さんやコパイロットの松本さんにいろいろ体験談を伺ったかったのだが、お二人とも操船やマニピュレータの操作で忙しかったし、私も正直にいうと窓の外の観察に夢中になっていた。

沈黙のなかでソーナーの規則的なギュッ、ギュッという音が船内に響き、船が旋回するときの水平スラスターのグリュリュリューン!という音が、SFの宇宙船の音に似ていて、とても気に入った。

光のしぶきに圧倒される

午後3時半すぎにパイロットたちが気になり始めたのは潜水船の放電量だ。バッテリーに充電してある電力は主にライトが消費するが、放電量が320A・hになつたら離底しなくてはならないという。

「よこすか、しんかい。離底予定時刻をヒトクワフタマル(16:20)としたいが、よろしいか、どうぞ」

「しんかい、よこすか。離底予定ヒトクワフタマル、了解。以上」

「航走を停止する。離底準備完了後、離底する」

このようなやりとりのあと、約6時間の海底観察を終えた。残りのバラストを捨て、ライトを消して離底した。名残惜しかった。

私は何mまでが暗闇なのかを見たかったため、借りていた潜航服を脱いで頭からかぶり、潜水船内の光が入らないようにして、窓に顔を近づけた。

すると、今までただの暗闇だと思っていた水中に、無数の発光物が流星のように飛んでいるのに気づいた。光に色はなく、潜水船が上昇しているので、ほとんどの光はどんどん落ちていくように見える。まさに流れ星である。正体はプランクトンかクラゲだというのが、なんと幻想的なことか。なかには発光しながら、くねくねと四方八方に泳ぎ去っていくもの、潜水船のサンプルバスケットにぶつ

かり、光のしぶきとなって濁つぽのように跳ね返り、流れ落ちていくものもあった。深海の宇宙、などというのはありきたりかもしれないが、しかしほかに例えようがない神秘的な美しさだった。

船はどんどん上昇し、深度300mあたりからかすかな光を感じるようになり、170mで灰色、135mでブルーへと変化した。丸窓から差し込む光が気持ちよく晴れやかになった。

浮上すると潜水船は初めて大きく揺れだした。私は気分が悪くなり、パイロットの櫻井さんの指示に従ってコックピットの後方に頭を置いて仰向けになってひたすら耐えた。15分ぐらいはその状態だっただろうか、やがて天井のほうでガチャガチャという音がし、母船「よこすか」にロープでつながれ、揚収された。

ハッチが開いて、母船上の整備士が船内に梯子を下ろしてくれたので、それを登って外に出た。海がうねっていただけあって強い風が吹いていたが、その風が運んできた空気は新鮮で、思っきり吸いこむと、それまでの船酔いが一気に吹き飛んだ。あの空気のおいしさは今でも忘れられない。開放感と無事に地上に戻ってきた安堵感で、なおさらそう感じた

のだろう。傾きかけた太陽の日差しを浴びながら、私は地上の住人で良かったと思った。

「よこすか」と「しんかい6500」を動かす二人のリーダー

海の現場は、常に冷静に適切な判断ができるだけの胆力が必要だ。死と隣り合わせの緊張が突然舞い降りてくることもありうるからだ。

母船「よこすか」の石田貞夫船長は、姿勢を正したまま一日中ブリッジに立って、その澄んだ優しい眼差しを、船員と私たちと海に向けていた。15歳で船乗りになってから44年になるという。

「私の自慢はこれまでに事故を一回も起こしたことがないことです。ニュースで船の事故を聞いたことがあると思いますが、よく聞いてみると、どこかに小さな判断ミスがあることに気づきます。事故を起こした船長も、頭のすみを「危険かもしれない」という考えがよぎったに違いないのに、安全を最優先する勇気がなかったんだと。私は、人にどんなに臆病と言われても、安全を選択することになっています。私が船上の人々全員の命を預かっているのですから」

それから石田船長は、「よこすか」で太平洋を航海していた時にヨットマンを助けた話や、航海中に研究者から聞いた深海科学の謎に心躍ったことなどをゆっくりと語ってくれた。科学調査船は商船よりもやりがいがある、とも話してくれた。海は陸よりも人を大きく育ててくれるのかもしれない。大洋のように大きくて威厳のある人だった。

科学調査船の現場ではまた、いったん陸から離れば、船上に限られた資源をやりくりして難局を切り抜ける知恵がなければならぬ。

「しんかい6500」の運航を指揮する今井義司司令は、まさにそれを体現した人物だ。これまでにさまざまな創意工夫によって運搬・採集・計測のための道具を



作り出し、潜水調査船による深海研究に貢献してきた。

とくに1989年に日本で初めてブラックモーラーが発見されたときには、棒の先に鉛やハンダをつけたものを急きょ作って熱水噴出孔にかざし、おおよその温度(鉛が残ってハンダが溶けた)を知ることができたという逸話がある。後輩から「パイロードの神様」と呼ばれるゆえんである。

現在は司令として、「乗船者の安全を確保すること、研究者に喜んでもらうこと」を心がけていると教えてくれた。安全と発見を影で支えるこの人は、若く

血気盛んな潜航チームのメンバーを束ねる親父的存在であり、人なつこい笑顔の奥で、眼光が鋭く光っていたのが印象的だった。

実験準備に潜航チームの素晴らしさをみた

今回、私はさまざまな実験を試みたが、その準備の際に今井司令の創意工夫の精神が潜航チームに深く浸透していることを実感した。

120気圧の水圧で、さまざまな物がどう変化するかを見るために、カップラーメン、生きたアサリ、ドライアイス、マ



今井義司司令(右端)、櫻井利明副司令(右から2番目)ら潜航チームの人々が、潜航2日前に船上で開かれた潜航会議で、熱心に実験計画に耳を傾けてくれた



栓抜きを実験用に細工



実際に船内から見た水圧実験の様子



慣れたチームワークでサンプルバスケットに実験セットを設置。すべて手作りだ



a: 陸に上がると全個体が元気だったアサリ b: つぶれたカステラは時間がたつと少し回復した c: 水圧をかけた豆の発芽率は大豆10%、小豆0% d: 水圧をかけてもふくらんだ生イーストで焼いたパン

シュマロ、カステラ、かっぱえびせん、生卵、ゆで卵、ふやかした大豆・小豆、イースト菌、木片などを持ち込んだ。そのほかにミニビュレータによるワインの栓抜き実演なども計画した。

潜航チームの人々は、これらの“試料”を、一晩で最適な形にセッティングした。初めての作業なのに熟練した職人のような実に鮮やかな手さばきで、上の写真のような装置を作ってくれた。ふだん研究者の難題に臨機応変に対応している様子が容易に想像できた。

とくに感心させられたのはワインの栓抜き実演に向けた準備で、栓抜きはミニビュレータが強く握って壊さないように、ステンレス管を加工して溶接し改造されていた。またワインボトルには木切れのつかい棒を入れてガラスが簡単に

は割れないようにし、外は透明のテープでぐるぐる巻きにして、万一握りつぶしても影響が最小限になるように配慮されていた。

今井司令も準備の様子を見守りながら楽しんでいる様子で、茶目気たっぷり。に食べ残した水羊羹を袋に入れていつのまにかサンプルバスケットの隅に“設置”していた。

潜航の際、ミニビュレータを操作して、ワインの栓抜きに挑戦することになっていた櫻井さんも、期待の眼差しで作業を見守っていた（しかし、残念なことにこの実験は皆の期待に反して、肝心のコルク栓が水圧で縮み、海底に着くまでにボトルの口から抜けて無くなっていた、という大失敗に終わった）。

実験の結果、アサリは水圧変化に強いことがわかった

主な実験結果を簡単に紹介しておこう。カップラーメン、マシュマロ、カステラは予想通り小さくなったり薄く潰れたりしていた。かっぱえびせんは粉々になった。生卵、ゆで卵には変化がなかった。

ドライアイスはハイドレートにはならず深さ413mで昇華がとまり、次第に液化した。

意外だったのはアサリだ。海底ではほとんど殻を閉じて動かなくなったものの、1気圧に戻ると全個体が勢よく水管を伸ばして元気に戻った。貝は水圧変化に強いのだ。

また、大豆・小豆は組織が圧力で壊れたのだろう、発芽はほぼ全滅だった。イースト菌は帰ってからパンを焼くと影ら



海底でサンプリングした岩、貝、カニと水圧実験の品々



シロウリガイ



偶然にも、生体を初めて採集したオウナガイ

んだが、海水を含んでいてかなり塩辛いパンになった。

偶然にも、採集した試料に研究者がずっと探していた貴重な貝がまっていた

旅から戻った翌日、私は採集したシロウリガイ、海底泥、エゾイバラガニなどを海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センターの生物学者・佐藤孝子さんのところに持ち込んだ。彼女は深海の共生細菌の研究をしている“バクテリア屋”さんだ。シロウリガイのエラから取り出した組織のDNAを染色して光学顕微鏡で覗くと、小さな丸い粒々が見え、これが共生している化学合成細菌だと教えてくれた。海底で採取した泥や堆積岩、イースト菌、麹菌も顕微鏡で観察させてもらった。

シロウリガイはひどい硫黄臭がした。体内にイオウ酸化細菌を共生させるため

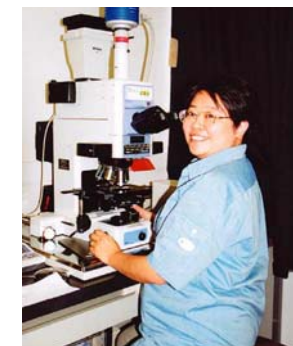
に硫化水素を取り込んでいるからである。しかし貝というからには試食してみたいのが人情だ。しかも、このシロウリガイの貝柱が、生物学者の間ではけっこういけるという噂だった。一度冷凍したため、直径1センチぐらいの貝柱が血に染まってピンク色になっていて悪い予感がしたのだが、案の定、貝柱の端をちぎりに口含んでみると、血の味がして、とてもまずかった。

余った試料は、有効利用してもらうために研究者に提供することにした。

私が帰り支度を始めたとき、彼女がシロウリガイの採集袋の中に見慣れない貝が一つまじっていることに気づいた。急いでその分野の研究者、藤倉克則さんにたずねた。

彼はその貝を見るなり、即座にこう叫んだ。

「えー!? なんてことをしてくれたん



深海のバクテリアを研究する佐藤孝子さんに協力していただいた

だ。これ、オウナガイだよ、すごい！」
ナラクハナシガイという貝の仲間で、2種類の化学合成細菌がいるのではないかと注目を浴びている「オウナガイ」だということだった。15年前から何回も初島沖を潜航して探し求めていたのにどうしても貝殻だけしか見つからず生体が手に入らなかったため、研究が止まっていたのだという。

研究室にはわかに興奮に包まれた。なんとという幸運だろうか。私は何かのめぐり合わせで科学の進展に立ち会えたことが何よりも嬉しかった。そして、深海には生命観をくつがえす重要な生物がもつといて、我々の発見を待っているに違いないと感じた。

科学の発展は、謎を解明することだけでは足りない。先駆者には冒険を繰り返し、謎を謎として発見することが要求される。深海という極限環境は地球の辺境であり、まだまだ知識の空白域である。しかし、そこは生命の本当のゆりかごである広い宇宙から見た場合、辺境であるどころか、私にはむしろ中心地であるような気がしてならないのだ。

熱意に燃える研究者と、発見を影で支える大勢の人々の真摯な表情にふれ、これからも研究が力強く駆動され、大きな成果をあげていくだろうことが思い浮かんだ。

シンプル・イズ・ビューティフル!? クラゲたちの 優雅な舞姿



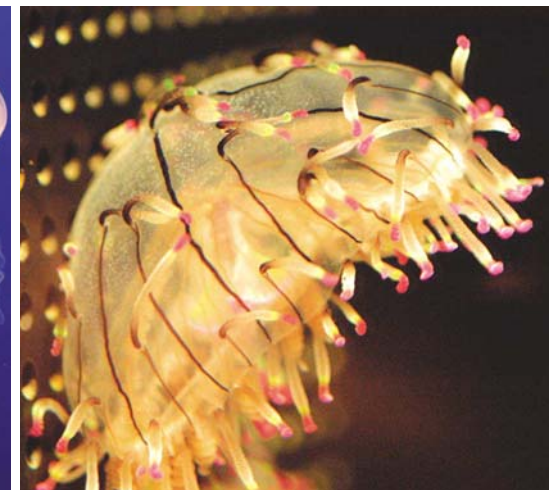
水族館のクラゲ飼育室でポリプを観察する展示・飼育部学芸員・足立 文さん

取材協力: 新江ノ島水族館

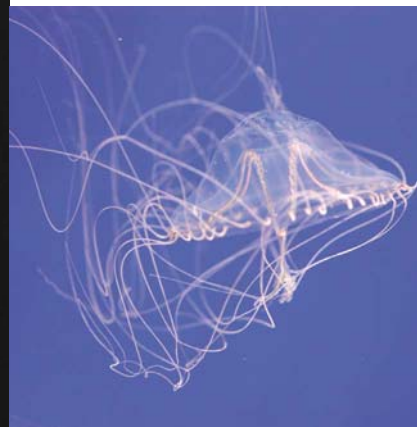
パシフィックシーネットル。北アメリカ大陸の太平洋岸に生息する大型のクラゲ



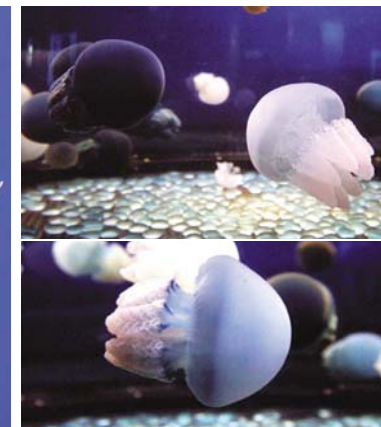
ミスクラゲのポリプ(左上)とストロビラ(左下)。やがてストロビラの1枚1枚はがれて水中に漂い、クラゲに成長する。ミスクラゲの成体(右)。名前どおり体の95%以上が水分



ハナガサクラゲはカラフルで美しいが、毒性は強い



ギヤマンクラゲ。名前のとおり透き通ったガラス細工のようなクラゲ。成体の傘は直径10cmほど



ブルージェリーフィッシュ。青や紫などの体色は、体内に共生させている藻類の色



アカクラゲは外洋の沿岸や湾口に生息。毒性が強い

● 新江ノ島水族館(神奈川県・藤沢市) ホームページ: <http://www.enosui.com> 連絡先: 0466-29-9960



遠隔操作される無人探査機「ハイパードルフィン」の海中作業をモニター画像により確認する

相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」で 新観測機器接続実験に成功

地殻変動に伴う諸現象のリアルタイム観測が可能に

1993年海洋科学技術センター（現・独立行政法人海洋研究開発機構）が設置した初の光ファイバーと電線の複合ケーブルによるリアルタイム長期観測システムが、相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」である。水深1,175mに設置された同観測ステーションには、海底地震計、地中温度計、海水の塩分・水温・圧力を計るCTD、水中の音をとらえるハイドロフォン（水中マイク）などが搭載され、リアルタイムの観測データを継続的に陸上に送ってきた。2005年1月、さらに海洋研究開発機構・京都大学・東海大学・東北大学の共同研究により新しく開発された3つの観測機器を初島沖の「深海底総合観測ステーション」に水中接続することに成功。海底地殻変動や津波による現象を観測する能力が大幅に拡充された。今後はここで培われた技術と観測データをリアルタイムの防災システム構築に役立てていく予定である。



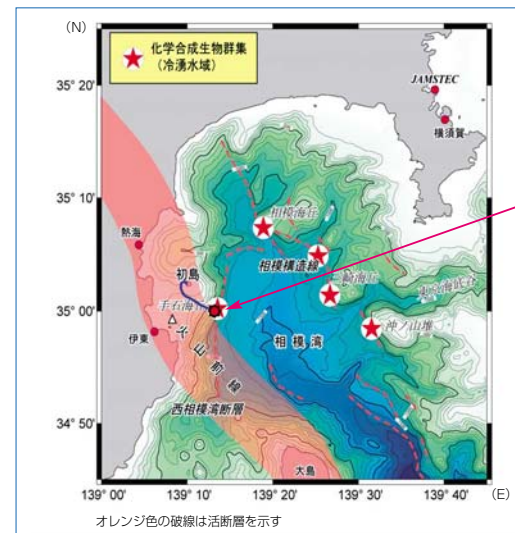
取材協力：
高澤 巨彦 サブリーダー
海洋工学センター
海洋技術研究開発プログラム
海底観測ネットワーク技術研究グループ



取材協力：
後藤 忠徳 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ



取材協力：
荒木 英一郎 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ



初島沖「深海底総合観測ステーション」の位置
ステーションは初島南東沖約7km、水深1,175mの海底に設置されており、近くにはシロウリガイなど化学合成生物のコロニーがある。2000年の更新時に、海中でも絶縁が保たれ、無人探査機により着脱可能なコネクタが搭載された

さらに充実したリアルタイム観測 機能とネットワークの拡張性

相模湾初島沖の「深海底総合観測ステーション」は海底のメタンや硫化物を利用して生きる大型の二枚貝、シロウリガイ群生地に設置されている。シロウリガイの生息条件は相模湾西部の群発地震や火山活動を引き起こすプレートの沈み込みと密接な関係があり、ここを長期間にわたって観測すれば地震や海底噴火など自然現象の解明や将来の災害発生予測につながると期待されている。

今回新たに水中接続された観測装置は、海底電位差磁力計、海底重力計、海底微圧

計・LINUX BOXの3つである。このように複数の観測機器を海底ケーブルに設置し、リアルタイム観測の能力を拡充するのは世界でも例をみない。

海底微圧計・LINUX BOXのうち、LINUX BOXはLINUXオペレーティングシステムを搭載したもので、今後の深海底観測ネットワーク拡充の要となる装置である。近い将来さらに多種多様な観測機器を接続するために、海底でもインターネットで通常使用されている通信方式（インターネットプロトコル：IP）をセンサ間の通信に使用できるようにするのが今回の重要な

目的のひとつであった。LINUX BOXはそのため試験的に導入されたもので、海底にIPアドレスを構築し、そこに接続されている海底微圧計のデータはLINUX BOXを経由して陸上に送られる。陸上のコンピュータネットワークを海底で作るようなものであるが、これまでに海底でのIPアドレス構築例はなかった。今回は単にIPアドレスの情報をやり取りするだけでなく、それを介して海底微圧計のデータを取得することに成功しており、将来の深海底観測ネットワークに不可欠な技術が実地で検証されたことになる。

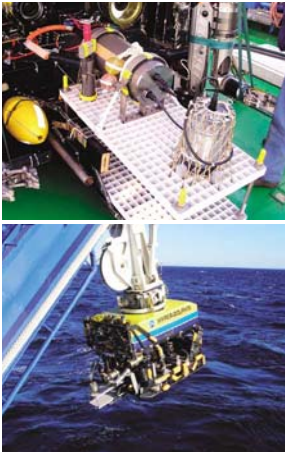
海底微圧計は海底圧力の変動を細かく捉える計測器である。津波や潮汐により海面の高さが変化する。この海面の高さの変化は、海底では圧力変化として現れる。このことを利用し、津波や潮汐の変動を検知する。また海底の隆起や沈降によっても海底の圧力が変わるため、海底の地殻変動も把握可能だ。



水中コネクタの接続
「ハイパードルフィン」のマニピュレータは操作性が高いものの、人間の手のように細かい作業は不可能なため、あらかじめコネクタ部分をマニピュレータでの接続が容易な構造にしている



船上での海底電位差磁力計の設置準備作業
天候の変化をうかがいながら慎重に作業を進める



海底微圧計・LINUX BOX (上)
マニピュレータで海底微圧計・LINUX BOXを抱え込み、着水待つ「ハイパードルフィン」(下)

海底重力は海底面の高低により変化するが、海洋研究開発機構が開発した海底重力計は数mm程度の海底変動を感知する。また海底重力は地下の密度によって変わってくるため、海底下のマグマなど短時間に起きる流体の移動を捉え地球内部の変化をモニターすることにつながる。海底電位差磁力計は海底の地電位を測る装置で、東海大学と海洋研究開発機構によって開発された。海底下で地下水やマグマが移動すると電位差や磁力が変わるため、海底下の変動を探知することができる。

初島沖周辺は伊豆半島沖群発地震など地殻変動が活発な場所であり、相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」に新たに設置された3つの装置によって、総合地殻変動観測システムとしての機能が拡張されたことはたいへん意義深い。

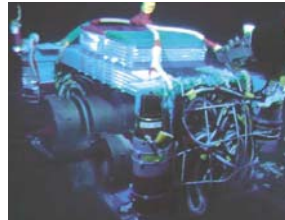
実際の水中接続作業はどのように行われたか

これらの観測機器の接続工事と動作試験等の作業は2005年1月5日～22日、海洋調査船「なつしま」の相模湾航海と無人探査機「ハイパードルフィン」潜航調査の際に行われた（実際にはこの航海はほかに2つの



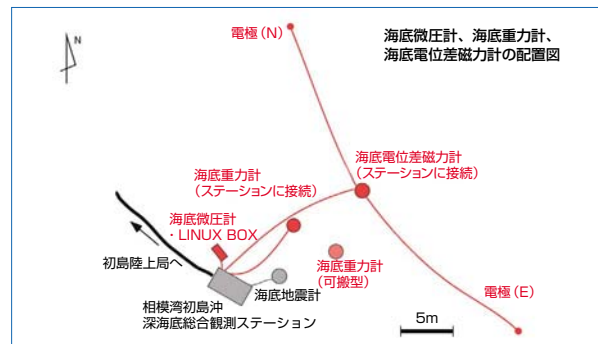
海底重力計

海底重力計は、今回「ハイパードルフィン」で運搬した装置の中でも最も重い（空中重量約180kg、水中重量約30kg）。コネクタに接続するためのケーブルは海底できれいに展長できるような形にまとめられている。



海底電位差磁力計

海底電位差磁力計はコネクタに接続後も、さらに2本の電極（各20m）をのぼすための潜航が必要だった。



研究課題があり、船上作業および潜航についてタイムシェアがなされた。「なつしま」乗船研究者だけでなく初島陸上局にも研究者が待機し、接続にあわせて装置にアクセスし、センサの制御を行った。

3つの装置の海底への設置は「ハイパードルフィン」を用い、船上からの遠隔操作で行われた。ただし、海底重力計の土台となるコンクリート板は重すぎてそのままでは「ハイパードルフィン」で移動できないため、浮力体をつけた係留系として船上より投入し、「ハイパードルフィン」により海底で所定の場所に移動し、浮力体を切り離して海底に設置するという作業を行った。

まず1月7日の潜航で、観測機器設置のためにステーション周辺の海底状況確認（あらかじめ想定されていた場所の目視確認）を実施。実際に「ハイパードルフィン」による装置接続作業が行われたのは1月9日～14日（2日間の荒天待機を含む）であ

った。可搬型の重力計のみ同月に回収したが、ステーションに接続された海底重力計、海底微圧計、海底電位差磁力計などの機器は海底にて観測を続けている。

今回の接続実験では、作業上もいくつかの難所や注意点をクリアしていった。相模湾内とはいえ冬場は海の状況が急変するため、何度か作業の中断を余儀なくされた。また海底に十数cm程度の堆積物があり、「ハイパードルフィン」が着底した衝撃で巻き上がった濁りが晴れるまで作業を中断せざるを得ないなど、忍耐強い「待ち」の姿勢が要求されるミッションであった。

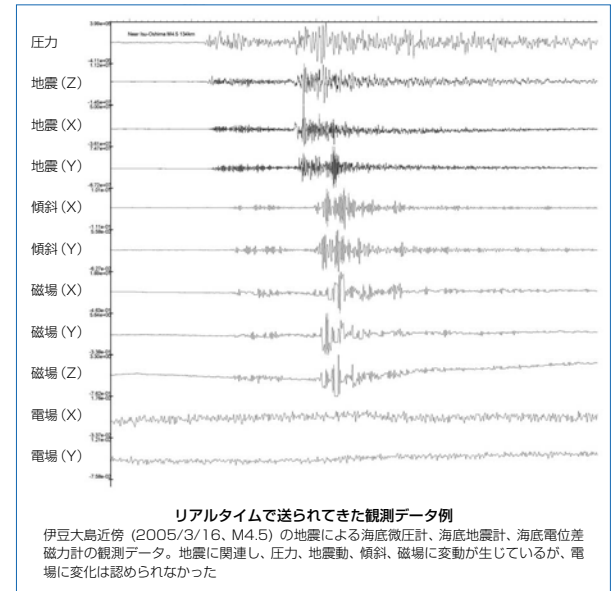
また、機器の設置場所は8度から10度の斜面になっており、海底重力計のように傾斜の許容度が狭い装置の場合、土台を水平に置くのは神経を使う作業であったという。さらに、ステーションの周囲にすでに設置済みの海底地震計やハイドロフォン、地中温度計等が展開されているのでそれら

を避けることはもちろん、新たに設置する場所と順番も次の機器の設置の邪魔にならないよう、それぞれが干渉し合わないよう配慮しつつ接続とケーブルの展長を行う必要があった。

今後の計画と期待される成果

初島沖「深海底総合観測ステーション」が置かれている場所は、シロウリガイのコーニーなど深海底の生態系と地殻変動の両方が観測でき、研究フィールドとして興味深く貴重な場所である。今後は観測ネットワークを拡張し、物質循環に関する研究、固体地球物理学、深海生物学、海洋学など多目的研究の展開に役立つことが期待されている。また今回のような工学的技術のテストを行うにも便利な場所で、ケーブルネットワークシステムの試験、新しいセンサや観測装置、将来の自律型無人潜水機(AUV)と海底ケーブルのドッキングシステム等のテスト・フィールドとしても活用されることがだろう。さらにこのステーションを基点としてケーブルを展長し、相模トラフまでシステムを拡張するという計画もある。

アメリカ・カナダでは、共同プロジェクトとして、北米西海岸沖のファン・デ・フ

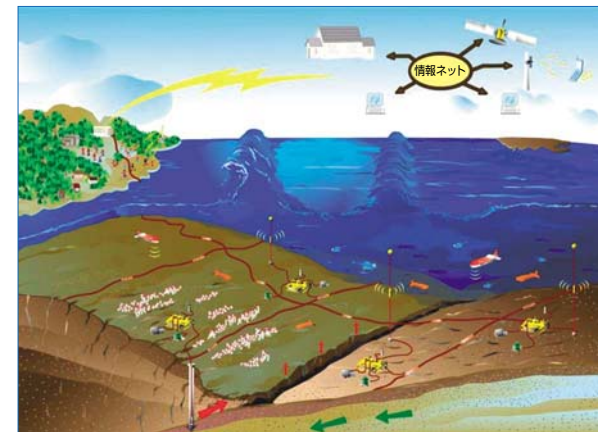


カプレート全域をカバーする総延長3,000km以上の海底ケーブルの敷設により海底ネットワークを構築する「ネプチューン計画」が進行中であり、実際の敷設は2007年以降の予定である。初島沖「深海

底総合観測ステーション」では着々と実績を積み上げており、これらの実績が日本周辺海域における海底観測ネットワークの構築のみならず、国際的な海底観測ネットワークの構築に役立つものと期待される。

深海底からのデータは順調に上がっており、近い将来インターネットで観測データを公開する予定だ。現在研究者向けの試験的なサイトを運用し、ユーザーサイドで使いやすい形でデータを提供すべく試行錯誤中である。それと並行して、データを管理保存する陸上側ネットワークの整備も進めている。新しく接続した機器から得られる地殻変動データを地震や津波の警報などの防災に役立てていくためには、すでに構築されている防災ネットワークとうまくリンクさせていくことが必要であり、他の研究機関とのデータ共有も考えながら効率的なシステムを作っていく必要がある。

このように、今回の接続実験は規模こそ小さいものであるが、その成功がもたらした将来的な意義と可能性は非常に大きいと考えられる。



将来の海底ケーブルネットワークシステム

海底ケーブルを網目状に展開し、自立型無人探査機(AUV)や係留系、掘削孔を利用して、多角的な観測を行い、地震や津波の早期警報など防災や科学的利用に役立てていく



観測機器の盗難や損壊に悩まされる トライトンブイ

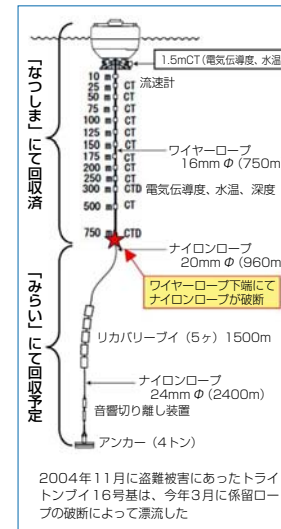
人為的な行為で係留ロープが破断し、漂流するブイも

2002年の夏、フィリピン東方海域（東経130度、北緯8度）に18基目のブイが設置され、トライトンブイ計画で決められた西部熱帯太平洋16基、東部インド洋2基の全18基のトライトンブイによる海洋観測網が完成した。トライトンブイは、深度750mまでの水温・塩分データをはじめ、海洋表層（深度10m）の流速や海面での気象観測データなどを計測・送信する海洋観測ブイであり、エルニーニョやダイポールモード現象のプロセス解明、さらにはアジアモンスーン、10年規模の海洋変動などの解明に大きく貢献している。しかし、一方で、1998年に初めてトライトンブイを設置して以来、大きな問題としてつねに関係者を悩ませてきたのが、ブイに対する人為的な損壊行為や、ブイに搭載された観測機器・通信機器の盗難、いわゆるバンダリズムによる被害だ。これまで、多くのブイが被害に遭遇している。なかには、係留ロープが破断して流されてしまったものもある。トライトンブイがこれまでに受けた被害とその対策について紹介する。

取材協力：
黒田 芳史 グループリーダー
海洋工学センター
研究支援部 観測ブイ運用グループ



黒田GL（中央）と観測ブイ運用グループのメンバー（後列右から、山口、石原、松本、関野 各氏）



盗難、係留ロープ破断で漂流した16号基

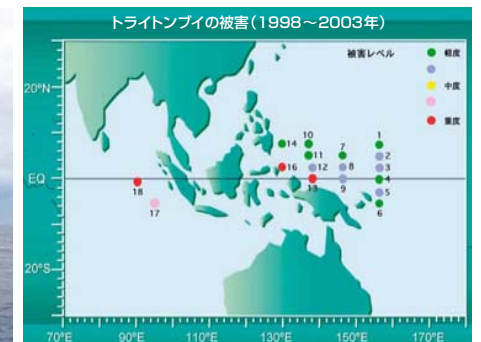
トライトンブイ16号基は、ニューギニア島の北西、北緯2度、東経130度に設置されていた。2004年11月19日、それまで正常に海洋観測データを衛星通信によって送信していた16号基で、突然メイン通信機からの通信が途絶えた。非常事態に備えて搭載されていた非常用送信機により、その位置は確認できたため、独立行政法人海洋研究開発機

構では、直ちに協力関係にあるインドネシア技術評価応用庁に点検を依頼した。すると、12月7日、インドネシア技術評価応用庁から16号基が盗難の被害にあっているという報告を受けた。この16号基は、これまでも繰り返し盗難被害にあっていたため、通常ならばブイの浮力体上部に設置される風向・風速計、雨量計、温湿度計、気圧計などの気象観測センサーをすべて取り外し、浮力体内部に格納した海洋観測データの

信号処理装置、衛星通信装置、バッテリーなどを盗難から守るために、盗難防止用力カバーが取り付けられていた。ところが、確認された16号基は、このカバーが何者かによって壊され、その内側に設置された平板アンテナが取り外されていた。さらに、外蓋をこじ開けようとした形跡が残っていたが、盗難に備えて外蓋は溶接されていたため、開けることを諦めた様子で、最悪の事態は免れた。通信用の平板アンテナは被害にあっ



海上に設置されるトライトンブイ。ブイは1年ごとに回収し、整備されたものと交換される



トライトンブイ 盗難・損壊の事例



船舶の係留によって倒壊したタワー部



折られてしまったホイップアンテナ



海洋観測センサーに絡みついた延縄



改良した平板アンテナも盗難に



支持部が壊され温度計が盗られた跡



衛星通信装置や電池などが抜き取られた

たものの、データの記録装置は無事であったため、海洋研究開発機構では、非常用送信機によって1日おきに送られてくる位置報告を監視しながら、海中の観測を継続することにした。ところが、被害はこれだけに留まらなかった。2005年3月下旬、非常用送信機のデータから、16号基が設置点から速度0.4km/hほどで西西北西に移動していることが確認

された。ブイとアンカーを結ぶ係留ロープが破断し、ブイが海上を漂流しているものと思われた。1992年に開発が始まり、度重なる試験を経て1998年から西部熱帯太平洋およびインド洋に展開されたトライトンブイ(1年ごとに回収・交換される)の信頼性は高く、係留ロープが自然の力で破断した可能性は非常に低かった。船舶によって曳航されるなど、人為的な行為によるものではないかと推定された。

海洋研究開発機構は、16号基での観測をあきらめ、早急に漂流するブイを回収することを決めた。ちょうどそのころ、スマトラ島沖大地震に関する緊急調査航海を行っていた海洋調査船「なつしま」が調査を終え、インドネシア・バリ島を経由して日本に向かおうとしていた。そこで、「なつしま」は帰路の途中に16号基が漂流する海域へ向かい、4月2日、ブイ設置点から西方約100kmで16号基を回収した。回収されたブイは、観測センサーを取り付けたワイヤーロープ(750m)に続く太さ20mmの係留ロー

プから破断していた。さらに、ブイの下部(水中)に設置されていた塩分・水温センサー1台とパラストウエイトが盗まれていた。

海洋研究開発機構では、7月に海洋地球研究船「みらい」によって、設置点に残されていると思われる破断した係留ロープより下部の水中部機材を回収するとともに、新たに16号基を設置する計画だ。

繰り返される盗難や人為的損壊

16号基が通信途絶となる半年ほど前、東部インド洋の南緯1.5度、東経90度(度)に設置されたトライトンブイ18号基でもトラブルが発生していた。6月9日以降、気象センサー等の通信異常が確認されたのだった。1ヵ月後に「みらい」によって回収し、調べたところ、気象センサーをはじめとするタワー装備の機器類、ならびに浮力体に格納されていた電圧容器類(信号処理装置、衛星通信装置、バッテリーなど)が盗難被害にあったことが判明した。

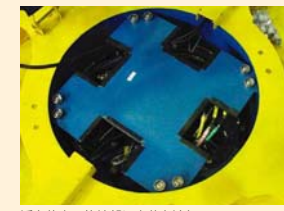
ハード面で改良された部位の事例



特殊な形状のボルト・ナットを使用



盗難が続く16号基では、気象観測をあきらめ、カバーを追加して格納部を守ろうとした



浮力体内の格納部に内蓋を追加



16号基の格納部外蓋は溶接された

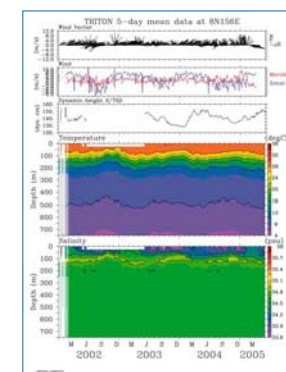
トライトンブイへの人為的な損壊行為や盗難行為はあとを絶たない。2004年7月までの統計では、全18基のうち、何らかの盗難被害にあったブイは10基を数える(延べ展開基数71台に対しては19回、約27%)。このほか、船舶がブイに係留したためにおきたと思われるタワーの損傷(変形)や倒壊も発生している。また、ブイの浮力体に船体が衝突した凹みなども見られる。さらに、ブイから伸びるロープには、エボシガイや海藻などが付着・生育し、大海のオアシスとなって魚を引き寄せる。この魚を

狙って漁船が集まるものと考えられる。

こうした被害を防ごうと、タワー部の強度を高めるために材質をアルミからステンレスに変更したり、アンテナを板状のものに変更したり、特殊なボルト・ナットを使用したり、非常用の発信器を取り付けるなど、様々な改良と対策が施されてきた。16号基では、気象観測をあきらめ、ブイの上部に盗難を防止するためのカバーを設置するまでに到了(それでも前述のように盗難にあっている)。

ハード面での対策に加えて、漁業関係者への啓蒙など海外政府機関等への協力要請をはじめ、ブイに数力国語でトライトンブイの有用性を訴える看板を取り付けたり、海外11カ国で冊子やステッカーを配布するなど、ソフト面でも様々な努力が続けている。また、アジア・西太平洋海洋研究ネットワーク事業で各国から招いた若手研究者らに、研修の一環としてトライトンブイのデータの有用性を理解してもらい、自国での啓蒙活動に協力してもらっている。

これらの対策の効果もあり、最近では、無闇に船舶をタワーに係留したり、好奇心から観測センサーを取り外す行為は減少している。しかし、窃盗目的の悪意ある行為は続い

観測データを公開する機構HPのデータサイト
<http://www.jamstec.go.jp/jamstec/TRITON/>

リアルタイムで送られてくるトライトンブイの観測データは、エルニーニョなど気候変動の理解に重要な役割を果たしている

ている。今後、インド洋へのブイ網の拡張計画があり、そのために、よりメンテナンスしやすい小型・低コストのブイの開発を進めている。ブイの保安には、漁船への啓蒙や取締り、また、将来的にはブイのメンテナンスを含めて沿岸諸国の協力が不可欠であり、これに向けた努力が必要と考えられている。



ブイ整備の様子を見学するアジア・太平洋赤道諸国からの研修生ら

「地球環境のコンピュータシミュレーション」 ～天気予報から温暖化予測へ～

(2005年1月15日 海洋研究開発機構横浜研究所 第27回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(現・地球環境フロンティア研究センター)が設立されたのは1997年。当時のスローガンは「地球変動予測の実現に向けて」というものでした。地球温暖化のような人間活動による環境変化、異常気象をもたらすエルニーニョ現象のような自然の気候変動、そうした「地球変動」の予測はコンピュータ・モデルを使った数値実験で行います。今回は、そうした数値実験の歴史から最先端までをご案内します。



松野 太郎 特任研究員
地球環境フロンティア研究センター

1934年生まれ。1957年、東京大学理学部卒業後、東京大学教授を経て、東京大学気候システム研究センター長などを歴任。1998年に北海道大学教授を退職後、海洋科学技術センター(現・海洋研究開発機構)へ。地球環境フロンティア研究センター長兼地球環境モデリング研究プログラムディレクター。その後、昨年度末に地球環境フロンティア研究センター長を退任し、現在は地球環境フロンティア研究センター特任研究員。

数値実験とは何か

モデルと聞いて、皆さんがまず思い浮かべるのはプラモデルでしょう。プラモデルは外観が似ていることが重要です。一方、同じモデルでも風洞実験などのエンジニアリングで使うものもあります。これは、実物と構造が同じ模型を作り実験でメカニズムを解明するためのものです。しかし、実物に近い模型を作るのは大変です。模型は力学的に誤差が出ます。空気の粘りけと速さの関係は対象の大きさによって変化するため、縮尺模型では正しい数値が出ないのです。それに比べて数値実験、すなわちコンピュータによるシミュレーションなら、形の変更も物理的条件を整えることも格段に容易です。

私たちが開発している地球のモデルは、さまざまな物理方程式を使って数値実験を行います。地球全体を緯度経度で四角い格子(メッシュ)に細かく切り、その各々のメッシュで風速、温度、圧力、水蒸気などを計算で求めて気象をシミュレーションするのです。天気予報の場合、ある決まった時刻の世界中の観測データをもとに各メッシュでの風速、温度などを与えると時間的な変化傾向を物理法則によって計算できるので、少し先、たと

えば15分後の気象状態が求められ、それを繰り返して将来の気象を予測していきます。

地球科学は、物理や化学と違って実験ができません。実際にヒマラヤを削ることは不可能です。しかし計算機の中ではそれができます。温暖化予測も、計算機の中で二酸化炭素(CO₂)を増やしたり減らしたりして実験をしているのです。

数値天気予報の歴史

数値計算で最初に天気予報を試みたのはイギリスの気象学者、リチャードソンです。1922年、彼はヨーロッパを300kmのメッシュに切り、当時の手回し計

算機で8時間後の予報に6週間という大変な労力を費やしました(図1)。彼は64,000人の人を集め各メッシュに振り分けた計算を処理すれば「予報」が出来るはずと推定しました。しかし、実験は失敗でした。以来、この実験を実現させることは「リチャードソンの夢」といわれるようになりました。そして1950年、電子計算機を使ってJ.G.チャーニー、R.フョルト、J.フォン・ノイマンがその夢を実現します。ノイマン型計算機より一世代前の計算機を使い、24時間後の予測に24時間かかりました。これが、数値天気予報の始まりです。その後、ノイマン型計算機も完成し、1953年には

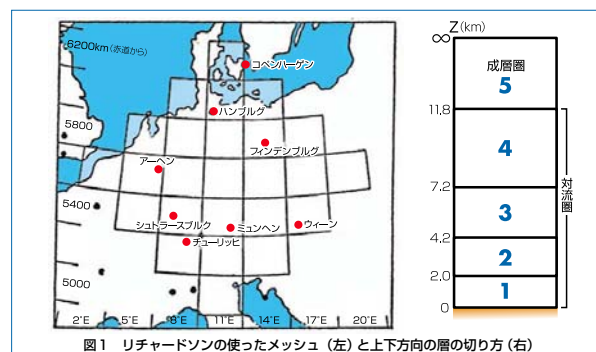
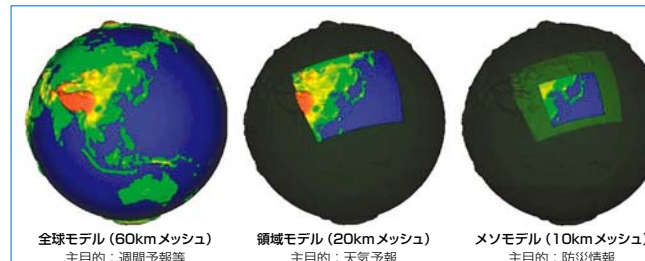


図1 リチャードソンの使ったメッシュ(左)と上下方向の層の切り方(右)



資料提供：気象庁

図2
現在の数値天気予報モデルの対象範囲
数値天気予報の精度を上げるには、できるだけ細かいメッシュを用いて気圧や風の構造を表現することが望まれるが、計算機の能力には限界がある。そこで、世界中の大気の影響を取り入れなければならない1週間の予報には60kmメッシュのモデルを用い、2～3日の予報には日本の周辺だけを20kmメッシュで詳しく計算をする。さらに集中豪雨が予想される時にはより狭い範囲を10kmメッシュで6時間程度まで計算する

低気圧の立体構造まで表現した本格的な天気予報が行えるようになりました。ノイマンが計算機の応用課題のひとつとして天気予報を選んだことからわかるように、計算機と数値天気予報はともに手を携えて発展してきたのです。その後、1954年にはスウェーデン、1955年にはアメリカ、次いで1959年には日本の気象庁も数値天気予報を開始します。当時、計算機のメモリーはわずか8,192語(1語は36ビット)、モデルのメッシュは380kmでした。現在、気象庁では、地球全球の週間予報は60km、日本付近の予報なら20km、そして、集中豪雨などの防災目的の予報には10kmのメッシュを使っています(図2)。当然メッシュが細かいほど小さな構造まで表すことができ、この事を「解像度が高い」と言います。

モデルの開発と同時に、より精度の高い観測データも重要です。1960年、アメリカが世界初の気象衛星を打ち上げました。各国の科学者たちは衛星で常時、気象を観測しながら計算機で予測する未来の気象予報の姿に向けて協力を進め、1977、78年に相次いで5つの静止衛星を打ち上げました。気象庁の「ひまわり」もその時に打ち上げられました。

数値天気予報から気候モデルへ

このように急速に発展した数値天気予報ですが、天気予報としての精度は10日先程度が限界です。現状では計算の出

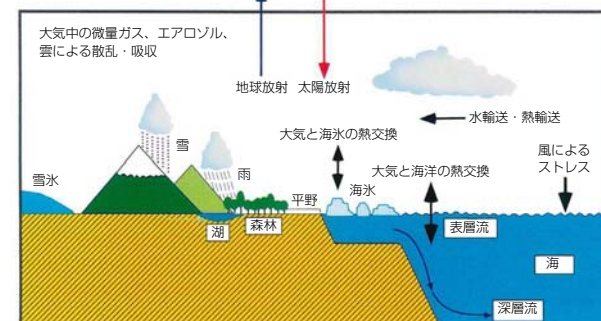
発点となる初期値が不完全なので、その僅かな誤差を含んだ天気図では、モデル上で低気圧が発達するように、誤差も拡大されてしまうのです。しかし、たとえ予報として役に立たなくても一般的な気候の特色は再現できます。それを気候モデルと呼びます。太陽が地球の赤道上を真上から照らして暖かい上昇気流を生み、緯度30度付近で下降気流となる。熱帯域では北東貿易風が吹き、中緯度には偏西風があり、上空にはジェットストリームが流れる。こうした大気の動きを大気大循環といい、19世紀以来、そのしくみは気象学の古典的な難問でした。しかし、1956年、アメリカの科学者N.A.フィリップスは数値天気予報のモデルを30日間走らせる数値実験を行い、この問題を解明しました。熱帯域を加熱

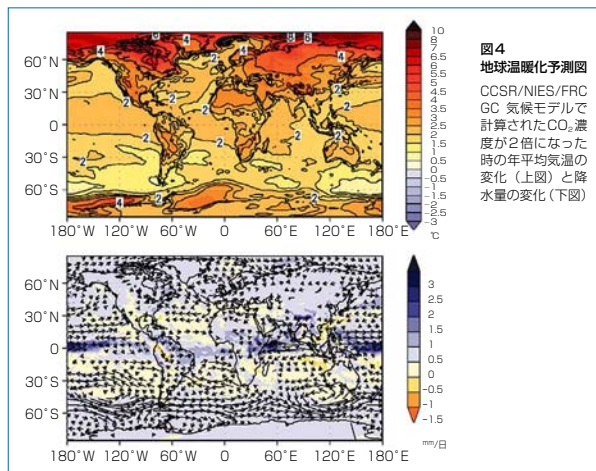
し極域を冷却すると、その間で温帯低気圧が次々と発達し、偏西風やジェットストリーム、貿易風なども気候モデルで再現したのです。

気候モデルでは地球をメッシュに切って気温や風の分布を計算します。ここで、このメッシュより小さな規模で起こる変化は計算できないという大きな問題も生じます。そこで、メッシュ内の現象は、より大規模な領域での状態をもとに経験や理論を当てはめて予測します。これをパラメタリゼーションといいます。対流や雲・降水などの小規模な現象の発生やその効果を、100km四方平均での温度や湿度といった、より大規模な状態から経験や理論に従って推定するのです。そこには不確定性や任意性が生じますが、気候の大筋は再現できます。

図3 気候システム概念イラスト

「気候」は気温、降水量、風などの長年の平均値で表される大気の状態であるが、各地の気候は、海洋・陸面が大気と結びつき影響を与え合うことによって決まる。この全体を気候システムと呼ぶ





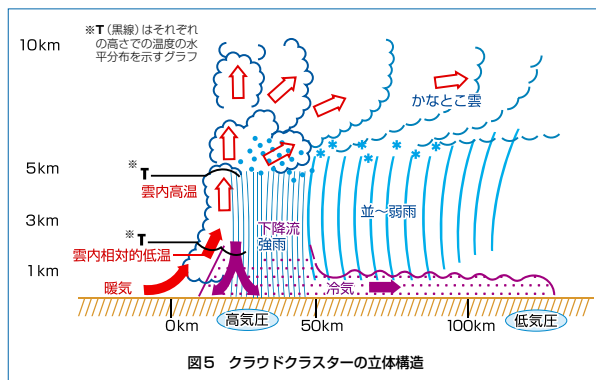
初期の気候モデルでは、海水温の分布を与えて「気候」を計算していましたが、これでは気候の説明としてはやはり問題です。たとえば、日本の夏は湿潤で雨がたくさん降る。その理由を「海水温が高いから」としても間違いではありませんが、では、「なぜ海水温が上昇するのか」という問いの答えにはなりません。実際には、大気と海洋と陸域が相互作用し、太陽の光、風、雲…、こういったさまざまなプロセスが組み込まれ、初めて全体の気候システムができていくからです。そこで、海や陸を含めたたくさんの過程を取

り入れてモデル化していくことが現在の研究の中心です(図3)。

「地球シミュレータ」時代の地球環境モデル

このような課題を解決するために、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター(FRCGC)では理論値で40テラフロップスの速さを誇る世界最先端のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使って、さまざまなモデル開発を行っています。

「高解像度大気・海洋結合モデルによる



地球温暖化予測

国立大学法人東京大学気候システム研究センター(CCSR)、独立行政法人国立環境研究所(NIES)、そしてFRCGCの共同研究で「地球シミュレータ」を使って2100年までの地球温暖化の見通しを計算しました。大気を約100km、海洋を約20kmのメッシュ間隔という世界最高レベルの解像度で計算することに成功し、エルニーニョ現象なども見事に再現されました。現在、この計算結果はIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第四次報告書に向けてまとめているところです(図4)。

「超高解像度大気モデル・海洋モデル」

超高解像度大気モデルの目的は、5km以下のメッシュで対流雲(積乱雲)を直接計算する事によりパラメタリゼーションを克服することです。日本の夏の天候に大きな影響を与える熱帯の対流雲集団はクラウドクラスターと呼ばれ、寿命が1～2日の入道雲の塊です。これを衛星で上から見ると100～500kmの広がりを持っていますが、その核心部分は幅10～15kmの強い上昇気流です。その後ろに下降流があり、下には高気圧といった具合に小さいながらも構造的な構造があります。これをきちんと表現する必要があります(図5)。そのために、従来の緯度経度方向に切ったメッシュでは効率が悪いため、ほぼ同じ大きさの三角

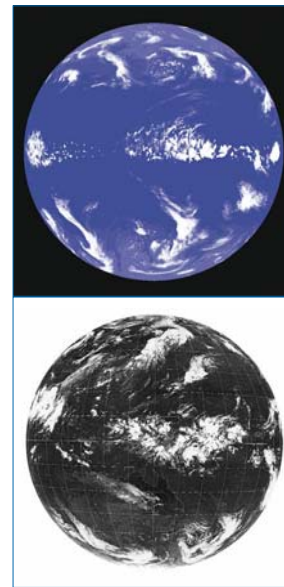
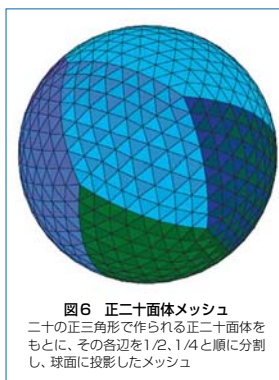
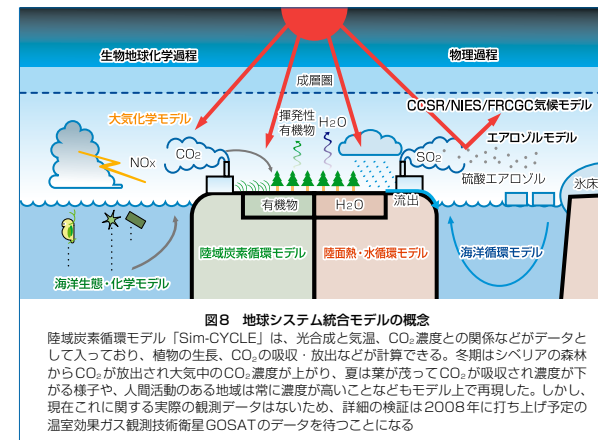


図7 全球雲解像モデルとひまわり衛星画像
上：次世代大気モデルの計算結果から作成した全球の雲画像
下：熱帯域の対流雲群を捉えたひまわり画像(1993年6月13日) 資料提供：気象庁

形のメッシュで全体を一樣に覆ったモデルを開発しました(図6)。モデルの性能をよく知るために全球が海で覆われた地球を想定して行う「水惑星実験」を行い、大気の動きを見ました。14km、7km、3.5kmメッシュの各モデルに、海面の水温分布の観測値を組み込んで計算を行い、クラウドクラスターの性質などもうまく再現できました(図7)。これは世界初の全球雲解像モデルです。同様に、高解像度の海洋モデルで海洋の対流や渦の再現も行っています。

「地球環境変化予測のための地球システム統合モデルの開発」

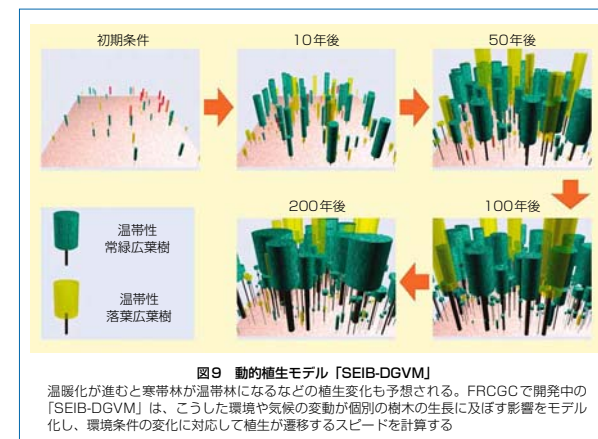
温室効果ガスの代表であるCO₂は人間が石炭や石油を燃やすことによって放出され、その約半分は植物の光合成で吸収されたり海水に溶け込み、残りが大気中に残って濃度が増加していきます。これに関して、これまでは簡略炭素循環モデ



ルによる予測結果を気候モデルに導入して計算をしていました。しかし、実際には、気候の変化と植生変化は相互関係にあります。暖かく湿潤なら植物は茂りCO₂を多く吸収し、寒く乾燥すれば吸収も減ります。つまり温暖化予測は、大気と海洋に加え、植生などの役割を統合したモデルで行うことが望ましいのです(図8)。

幸い、私たちFRCGCは陸域炭素循環モデル「Sim-CYCLE」、大気中の化学組成反応を計算できるモデル「CHASER」、

海洋の炭素循環モデルや陸面のモデルなどを持っています。また、気候変動に伴う植生変動予測を行う小地域の植生動態モデルを全球に広げる「SEIB-DGVM」(図9)の開発も進めています。そして現在、文部科学省を中心に各大学、研究機関の知識とデータを集約した共生プロジェクト課題2において、これらを結合し高精度の温暖化予測を目指した「地球システム統合モデル」の開発を推進しています。これは新たな「リチャードソンの夢」と言えるのではないかと思います。



TOPICS

先端の海洋・地球科学に触れる
横須賀本部、横浜研究所の施設を一般公開

スクリーンの美しい映像に見入る見学者（横浜研究所）



ロボットアームの操作体験（横浜研究所）

海洋研究開発機構では、海洋・地球科学を普及し、機構における研究を広く知っていただくため、毎年、施設の一般公開を行っている。先端科学に触れ研究者から直に話を聞けるまたとない機会に、今年

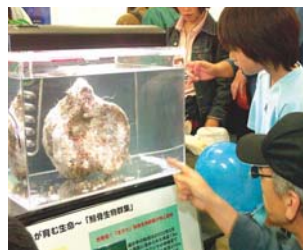
も昨年を上回る見学者でにぎわった。横浜研究所の公開日は4月16日（土）。世界最先端のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」が公開され、現在建造中の地球深部探査船「ちきゅう」の船体模型や

海底から掘削された地層試料なども注目を集めた。日本科学未来館によるロボットアームや自転車での人力発電装置体験などの科学実験教室、深海生物などのペーパークラフト教室、TV会議システムによる沖縄・GODACとの交流クイズ、研究者によるスマトラ島沖大地震緊急調査に関する講演会も盛況だった。

横須賀本部の公開日は5月14日（土）。海洋調査船「かいよう」が横須賀湾内を体験クルージング。深海巡航探査機「うらしま」、世界で初めて飼育された鯨骨生物群集と深海生物などが公開された。また、有人潜水調査船「しんかい2000」の船内見学会、極限環境やゲノム関連ラボツアーも開催され、来ていただいた皆さんに満足していただけたようだ。



世界初の燃料電池を用いた深海巡航探査機「うらしま」も公開された（横須賀本部）



鯨骨生物群集の飼育は世界初（横須賀本部）

BOOK

子ども科学技術白書Ⅵ 『神秘の海を解き明かせ』

子ども科学技術白書編集委員会／編集

文部科学省 科学技術・学術政策局 調査調整課／監修 独立行政法人国立印刷局／刊

500円（税別）

子どもたちの「理科離れ」が言われて久しい。そんな中、科学技術を通して未来に夢を持ってもらおうと平成12年より毎年発行されているのがこの『子ども科学技術白書』シリーズ。親しみやすいマンガを全面に打ち出し、宇宙、ロボット工学、ライフサイエンス、ナノテクといった先端技術を紹介してきた。その第6弾、最新号のテーマは「海」。マンガだけでなく、貴重な深海の

写真などもふんだんに盛り込んだ構成となっている。対象読者は小学校高学年だが、地球深部探査船「ちきゅう」や「地球シミュレータ」などの先端技術もしっかり紹介し、地球温暖化などの環境問題と海との関係もきちんと説明されている。巻末のQ&Aに加え付録のCD-ROMも充実しており、パソコンを使った授業や総合学習の副読本などにも大いに利用できそうだ。



海と地球のQ&A



前号（3・4月号）の記事に出ていたメタンハイドレートは、どのようにしてできるのですか？
（東京都 Y・Kさん 高校生）



海底から採取されたメタンハイドレート



天然ガスの主成分としても知られるメタン（CH₄）は、自然界における酸素のない環境下で、メタン生成菌により比較的容易に生成されます。また地下深部の高温高压条件下でも有機物の熱分解に伴って生成されます。メタン生成菌は、沼の底、大陸周辺の海底など、有機物が大量にたまっていて、微生物によって酸素が消費しつくされてしまった環境に生息しています。特に海底下では、メタン生成菌により大量のメタンが生成されているといわれています。この際、海底で低温・高压の条件が揃ったときにできるのがメタンハイドレートです。

水分子は、液体の状態でも分子同士が結びつきやすく、カゴ（籠）のような構造を作ることが知られています。さらに、水温が低下したり圧力が高まると、この構造は安定し、そこにメタンや二酸化炭素などのガス分子があるとこれを取り込み、シャーベット状の固体（結晶構造）がつけられます。これが、ガスハイドレートと呼ばれるものです。深海の海底は、海水温が0℃近くまで下がり、数十から数百気圧という高い圧力がかかります。こうした環境下でメタンが生成されることにより、メタンハイドレートが生まれるのです。

メタンハイドレートは、陸域からの有機物供給が豊富な大陸縁辺部で、比較的大水深の海底面に大量に存在するといわれていますが、海底だけでなく、永久凍土の地層下にも存在しています。

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

研究の現場から

海の上の修理工場

海洋調査船には、洋上で実施される調査や観測に応じて、様々な調査機器や分析装置などが積み込まれる。陸上と異なり、海の上では万一それらの機器に故障やトラブルが生じた場合も、すぐに港に引き返すことは難しい。特に、外洋での長期航海なら、次の寄港地までどうすることもできない。そうした場合に備えて、同じ分析機器類を複数用意したり、出航前には入念な調整を行い、交換部品などもしっかり準備しておくのが、海の調査・観測の鉄則だ。しかし、大型の調査機器のように、いくつも持っていけないもの



深海調査研究船「かいれい」の工作室

のもある。これらにトラブルが生じたとき、しばしばお世話になるのが、船内にある工作室だ。ここには、工具類はもちろん、様々な資材をはじめ、旋盤、ボール盤、電気溶接の機器、グラインダーなど、まさにちょっとした工場並みの機器が揃っている。もちろん、本来は船舶のトラブルに対処するためのものだ。だが、航海中に工作室と機関長や機関部の方々のお世話になり、せっかくの研究航海を無駄にせずに済んだ研究者も少なくない。

『Blue Earth』定期購読のご案内

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

定期的にお手元に届く「定期購読」をご利用ください。お申し込みは、以下の内容を明記のうえEメールかFAX、もしくはハガキにてお願い致します。購読するためには、
定価（1冊300円）＋送料
＋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』）

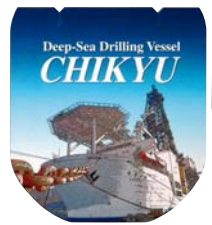
●支払方法
最初にお届けする号に同封する請求書に基づき、その号から年度最終号の3・4月号までを一括で当機構指定の口座にお振り込みください。

●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 情報業務課 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。申込日より前に発行されたバックナンバーの購読をご希望の方はあらかじめお問い合わせください。バックナンバー参照URL：http://www.jamstec.go.jp/pdf/index.html
※1年度あたり6回発行
※お預かりした個人情報、Blue Earthの発送または確認のご連絡のために利用し、安全かつ適正に取り扱います。



プレゼント



「ちきゅう」オリジナルメモパッド

7月に完成が予定されている地球深部探査船「ちきゅう」(次号に詳しい特集記事を掲載する予定)を描いた、地球深部探査センターのオリジナルメモパッド。メモ用紙(幅6.5cm)はふせんとして貼ることもできます。表のカバーを立てれば、デスクのちょっとした飾りにもなります。今回は、この「ちきゅう」オリジナルメモパッドを、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(郵便番号を含む)、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7月29日(金)当日消印有効です。なお、当選者発表は、発送をもってかえさせていただきます。

応募先

〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所
情報業務部 情報業務課
「Blue Earth」編集室プレゼント係

※お預かりした個人情報、はプレゼントの発送または確認のご連絡のために利用し、安全かつ適正に取り扱います。

編集後記

昨年、新聞等で報道された次のような話題をご記憶の方もいらっしゃると思います。その記事は、「『天動説』の小学生4割、月の満ち欠けと月食も混同～国立天文台調査～」(時事通信)といったタイトルで、その内容は、国立天文台の縣秀彦助教や小学校教諭らが全国の公立小学校4～6年生を対象に調査したところ、「太陽は地球の周りを回っている」と思う子供が4割、月の満ち欠けがおきるのは「月が地球の影に入るから」と、月食と混同している子供も4割いたというショッキングな結果を紹介したものでした。「縣助教は、岩手大で開かれる日本天文学

会で、「理科の授業で、地球が丸いことや自転、公転していることさえ扱わないのが原因」として、学習指導要領を改善するよう訴える」と記されていました。

この記事を読んで、編集子がまず驚いたのは、小学校で地球が自転・公転していることなどを教えていないという事実です。小学校では生活に直結した基本的な事項を学習するはずですが、地球が太陽の周りを回るのはとても基本的な事項ではないのでしょうか？

JAMSTECのWEBサイトにある「ハイパー海洋百科事典」の質問コーナーに寄せられる小・中学生たち(ときには大学生)の質問で多いのは、「潮の満ち引きはどうしておこるのですか？」というものです。これは、地球と太陽と月の関係を学習していなければ理解できるはずがありません。

近年、子供たちの「理科離れ」が話題になっていますが、実際は「理科離れ」ではなく、「地学

離れ」ではないのでしょうか？ 地学という科目はとても奥深い豊かな内容を持った科目だと思いますが、高校ではマイナーな存在です。全国5,500校余りのうち約4割しか教育を行っていないという報道もありました。世界有数の地震・火山国で、台風など気象災害も多い日本。地学教育の重要性は高いはずなのですが、受験対策上は物理と化学を選ぶのが無難で、地学教員の採用もほとんどなく、授業を行わない高校が増えているといえます。

JAMSTECとしては、より多くの子供たちや学生らに、将来、地球科学分野の研究者をめざしてもらうためにも、地学離れを防ぎ、地球科学の普及を促進する努力を続けていかなければなりません。そのために、この「Blue Earth」誌が少しでも役に立てるよう、編集者一同、気を引き締めてがんばりたいと思います。(T.T) (今年度より、「BE-ROOM」(39ページ)に、記事に関する「Q&A」コーナーを設けました。分からないことや詳しく知りたいことなどをお寄せください)

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6月現在

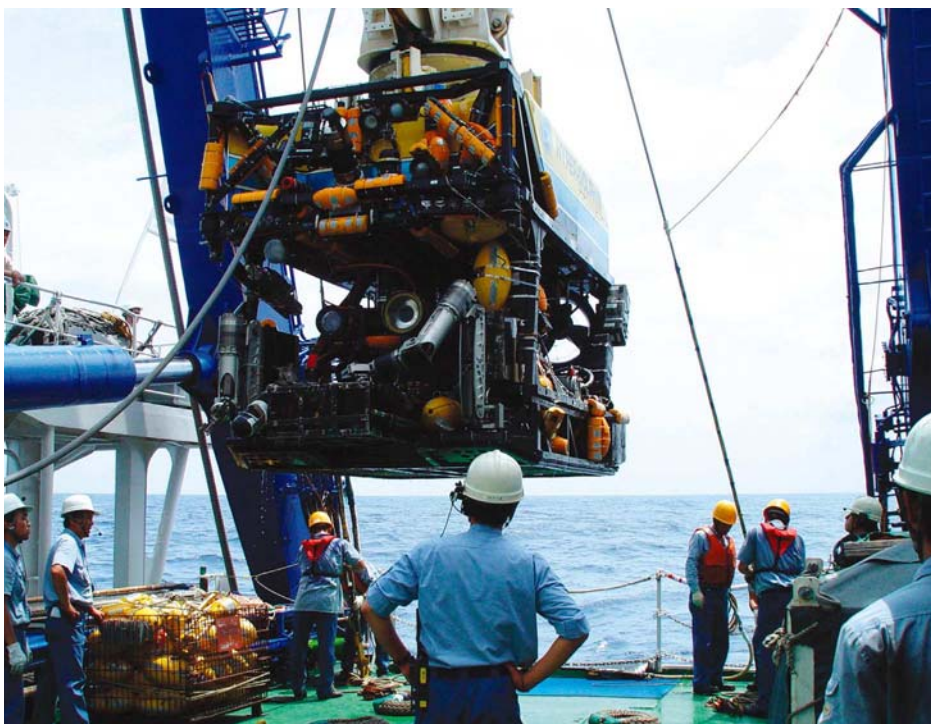
株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	シナネン株式会社	ニッセイ・エンジニアリング株式会社
アイワ印刷株式会社	清水建設株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社
株式会社アクト	株式会社商船三井	日本SGI株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	株式会社湘南	株式会社日本海洋科学
株式会社浅沼組	昭和ベトロリウム株式会社	日本海洋掘削株式会社
アジア海洋株式会社	株式会社白石	日本海洋計画株式会社
石川島播磨重工業株式会社	社団法人信託協会	日本海洋事業株式会社
泉産業株式会社	新日本海事株式会社	社団法人日本ガス協会
株式会社伊藤高屋瓦斯容器製造所	新日本製鐵株式会社	日本興亜損害保険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

海と地球の情報誌「Blue Earth」第17巻第3号(通巻第77号)2005年6月 発行
編集人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務課 柴田 桂
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務課 土屋 利雄

本部 ・・・〒237-0061 神奈川県横浜須賀町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 青森県むつ市大間根字北間根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 Office ・・・1133 21st Street, NW, Suite 400 Washington, D.C. 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
東京事務所 ・・・〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-55157-3900(代表)

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/> Eメールアドレス info@jamstec.go.jp
制作 株式会社 ミュール

※本書掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます



スマトラ島沖大地震 震源近傍における緊急調査航海

2004年12月26日におきたスマトラ島沖大地震の地震発生や破壊伝播のメカニズム等を明らかにするため、独立行政法人海洋研究開発機構は、インドネシア技術評価応用庁と共同で、海洋調査船「なつしま」による緊急調査を実施した。調査は2月18日～3月5日、3月10日～19日の計26日間に渡って、震源近傍で海底が最も大きく変動したと推定される海域で行われた。「なつしま」には、変動した海底の様子を直接観察するため、ハイビジョンカメラを装備した無人探査機「ハイパードルフィン」が搭載された(写真上)。余震が続くなかで10回に及ぶ潜航調査が行われ、「ハイパードルフィン」は海底に残された地震による破壊の痕跡を数多く発見し、調査に大きく貢献した。表紙も、「ハイパードルフィン」がとらえた大規模な海底破壊の映像だ。

(緊急調査航海については、今号の2～15ページに特集記事を掲載)

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/>