

海と地球の情報誌

# BlueEarth

Japan Marine Science and Technology Center

5・6 2003  
月号

特集

## 「みらい」南半球へ!

JAMSTEC Report

### 地球は模範的なゼロエミッション工場

BlueEarth Museum

### 地球最大の生き物 クダクラゲ

Interview

### 空の十字路の中心で雲と雨の変化を観測

# Memorable Shot

1996年8月21日

## 世界最大級の海洋調査船が誕生

### 海洋地球研究船「みらい」の進水式

全長128.6m、総トン数8,687トン、観測船としては世界最大級の大きさを誇る海洋地球研究船「みらい」の前身は、日本初の原子力船「むつ」だ。

1980年代後半以降、海洋研究において、地球規模の大気・海洋変動の解明といった地球科学的な取り組みの重要性が高まり、大型の海洋観測研究船の導入が求められていた。これに対応するため、原子力実験船としての役目を終えた「むつ」が転用されることになった。1995年6月、原子炉とその関連区画が撤去された後に、「むつ」の船体は日本原子力研究所から海洋科学技術センターに譲渡された。



「みらい」の進水式

旧「むつ」は、海洋観測研究船として効果的に活用できるように大規模な改造工事が施され、海洋地球研究船「みらい」として生まれ変わり、1996年8月21日に進水式が行われた。「むつ」としての進水から27年が経過していた。そして、1997年9月に完成、翌10月には皇太子ご夫妻ご臨席のもと、晴れの竣工式が行われた。その後、約1年間の慣熟運転を兼ねた観測航海が行われ、1998年秋より本格的な観測航海が開始された。

「みらい」は、最先端の観測機器を数多く搭載しているだけでなく、荒天海域でも安全で精度の高い観測ができるように横揺れを低減するハイブリッド式減揺装置を装備し、甲板までの高さ（乾舷）が高く設計され、また、夏の北極海など氷縁域（結氷域の周辺）でも航行できる高度な耐氷構造も搭載されている。熱帯域から流氷域まで世界の海で活動できる優れた航行性能を備えた「みらい」は、まさに国境や学問領域を超えて海洋地球研究を総合的に実施するための最先端国際洋上基地として活躍している。

# Blue Earth

5・6月号／2003

## Contents

### 2 特集

海洋地球研究船「みらい」、南半球へ!!  
地球を一周し、海洋・大気の高密度、高精度観測を実施

4 船舶による海洋観測の新たな手法を開拓し  
次世代の海洋研究に活かす大いなる挑戦

8 海面から海底まで約500測点で海洋物理・化学的データを測定

11 海底堆積物を採取し地球環境変動の歴史を復元

14 南半球周航観測研究の高精度観測・分析技術を紹介

16 観測航海の成功を祈り海洋地球研究船「みらい」出航

### 18 Interview 研究者に聞く

森修一研究員  
地球観測フロンティア研究システム

### 22 Blue Earth Museum

地球最大の生き物 クダクラゲ

### 24 JAMSTEC Report

地球は模範的なゼロエミッション工場

### 30 JAMSTEC Report

FRONTIER2003 地球を読む

### 32 JAMSTEC Report

海洋科学技術施設一般公開を開催

### 34 Face スタッフの横顔

ワシントン駐在員事務所所長 中村亘さん

### 36 Marine Science Seminar

「海底3,000mの搜索、深海の挑戦」

### 39 BE Room

### 40 Present / 編集後記

賛助会会員名簿

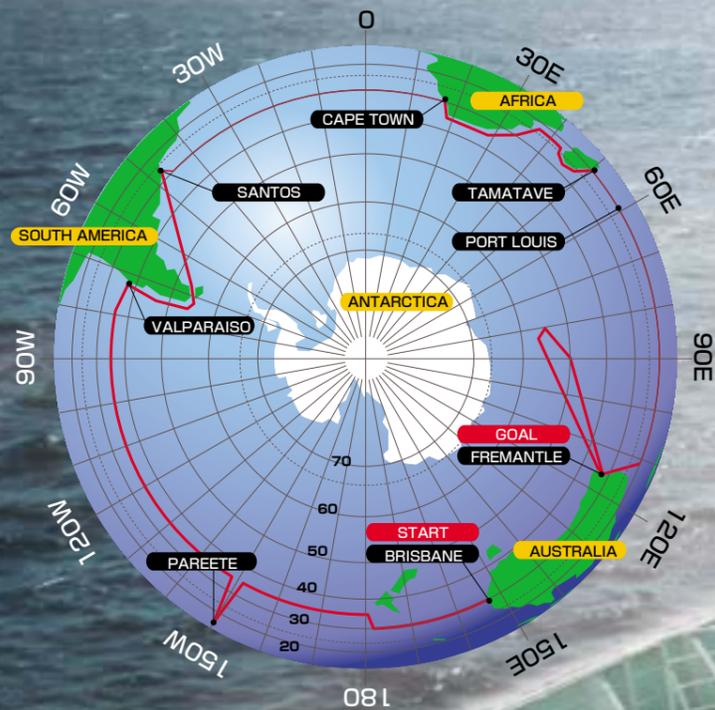
表紙：「みらい」

※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

本誌は、隔月6回の発行です。

特集 BEAGLE 2003 「みらい」南半球周航観測研究

# 海洋地球研究船「みらい」、南半球へ!! 地球を一周し、海洋・大気の高 密度、高精度観測を実施 海洋循環の把握や気候変動研究の進展に 大きく貢献するビッグ・チャレンジ!



## BEAGLE 2003

海洋地球研究船「みらい」が、2003年8月から2004年2月まで、200日以上かけて南半球を周航し、高密度・高精度の観測が実施される。BEAGLE 2003 (Blue Earth Global Expedition 2003) と名づけられた今回の研究航海で、採水分析観測が行われるポイントの数はおよそ500にも及ぶ。採取された海水は、直ちに最新の計測機器を活用して測定・分析が行われ、海面から海底までの水温・塩分・溶存酸素・二酸化炭素量など、様々なデータを取得する。これに加えて気象等の連続観測や、チリ沖・南極海でのピストンコア観測など、多方面にわたる観測研究が行われることになっている。太平洋・大西洋・インド洋のすべてにおいて、それも一度に単一の海洋観測船によってこれほど大規模な観測が行われるのは、世界でも例がない。さらに、取得したデータは細かくチェックされた後、2年以内に全世界の研究者に公開される予定だ。地球温暖化をはじめとする気候変動研究や、海洋循環に関する研究の進展にとって、BEAGLE 2003は多大な貢献を果たすものと、世界中から期待されている。



# 船舶による海洋観測の新たな手法を開拓し 次世代の海洋研究に活かす大いなる挑戦

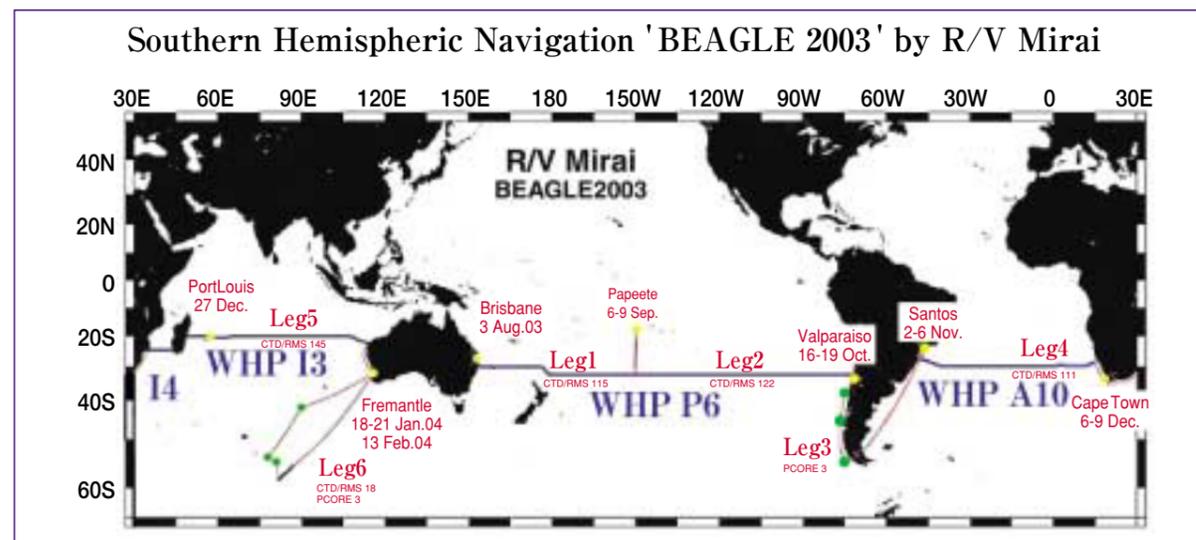
## 海洋地球研究船「みらい」による 南半球周航観測研究の意義

取材協力：  
深澤 理郎 研究主幹  
海洋観測研究部



2003年夏より、海洋科学技術センター所属の海洋地球研究船「みらい」によって、南半球中緯度を横断し、海洋観測を行いながら地球を一周するという南半球周航観測研究・BEAGLE 2003がスタートする。

「みらい」は、8月にオーストラリア東岸のブリスベンを発ち、太平洋、大西洋、インド洋を横断し、来年2月には、すべての観測を終えてオーストラリア西岸のフリーマントルに入港する予定だ。約200日の航海の間に計画されている観測項目は非常に多く、スケジュールはタイトだ。「航海日数、参加人員、採水分析数と、どれをとっても前代未聞です。実施の難しさが予想される観測航海といえるかもしれません。名称はBEAGLEですが、かつてのビーグル号のように、ゆったりとした航海を行う余裕はありません」と深澤理郎研究主幹は話す。だが、一方には最新鋭の観測機器と、充実した研究・技術スタッフによってこれを成し遂げ、次世代の海洋研究、気候研究に役立つ高品質なデータセットを残したいという強い思いがある。北半球に比べて情報量が少ない南半球で行われる今回の研究航海の成果に、世界の研究者たちも大きな期待を寄せている。



BEAGLE 2003 航路と日程

航海は6つのレグにわかれ、観測点は太平洋、大西洋・インド洋を合わせて、総計493点を予定している

### 研究航海の概要

南半球周航観測航海・BEAGLE 2003は、海洋科学技術センター創立30周年記念事業の一環として実施される。その航路と日程は上図のとおりだ。海洋地球研究船「みらい」を利用して、南半球の中緯度を太平洋から大西洋、インド洋と横断し、その間に493のポイントで、海面下から海底直上までの水温・塩分を測定し、鉛直36層で海水を採水して、溶存酸素・二酸化炭素量・栄養塩類など様々な項目の測定・分析が行われる。さらに、南米のチリ沖、インド洋の南の南氷洋では、ピストンコア等を使った採泥や、生物生産に関する調査も実施される。また、関連活動として、約80機のARGOフロート（自動観測フロート）の放流も行われる予定だ。

計画の全体像を知る上で、まず理解しておきたいのは、今回の南半球周航における493点の観測は、1990年代に世界海洋循環実験（WOCE）プロジェクトで実施されたWOCE測線観測計画（WHP）の再観測であるということだ。

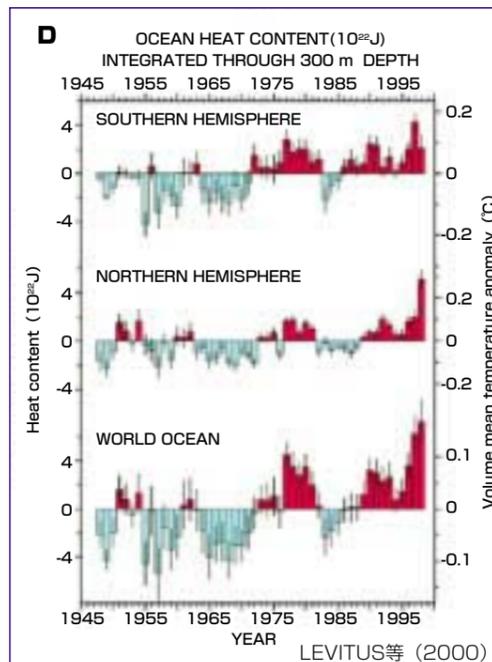
WOCEは、海洋を詳しく理解するために、船舶・ブイ・人工衛星などを活

用して世界の海洋を一気に観測し、詳細なデータを集めようという国際プロジェクトで、1990年から世界30カ国以上が参加して進められてきた（1990～97年が観測期、1998～2002年が解析期）。さらに、WOCEでは、集められたデータを総合的に解析し、気候変動予測に役立つ海洋モデルを開発することを目標としている。WHPは、プロジェクトを進めていくために世界の海洋に約70の基準観測線を設定しており、今回の航路も、WHP-P6（太平洋）、WHP-A10（大西洋）、WHP-I4・I3（インド洋）に対応している。今回の観測によって得られるデータは、それ自体が重要なデータセットであるとともに、過去の観測結果と比較することによって、気候変動による熱輸送の変化や物質輸送の変化を明らかにするための貴重なデータになる。

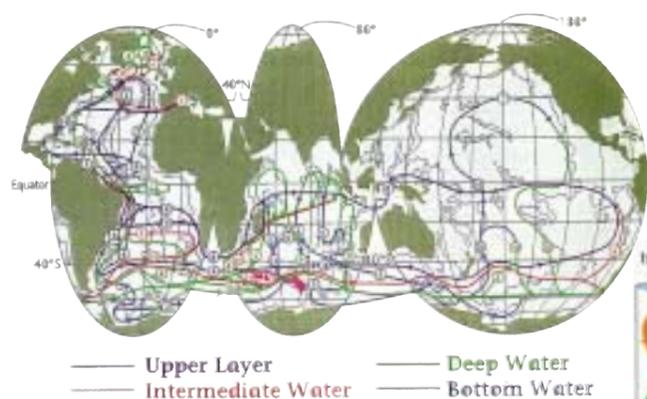
### 気候変動に影響を及ぼす南極オーバーターン

今回の研究航海の最大の特徴は、何よりも単一チームが1隻の観測船で、一気

に南半球中緯度の周航（横断）観測を行うところにある。これほど大規模な観測は、これまで世界でも例がない。今回の観測研究の代表研究者である深澤理郎研究主幹らは、今から20年前にすでにこうした観測研究の構想を抱いていた。しかし、周航観測が可能な大きな観測船が必要なことや、採取された大量の海水の分析を行う人員の確保など、問題が多すぎて、実現は不可能だろうといわれ続けてきた。だが、



数多くの観測から、過去半世紀の間に、地球の海洋表面300mの水温はおよそ0.2℃上昇していることが分かった



Schmit Jr. (1995)

中層以深の熱塩循環は、南極周辺海域で増強・変成され、世界の海洋に再分配される

1997年に世界最大級の海洋地球研究船「みらい」が完成したことで状況は大きく変化し、長年温め続けてきた構想が実現に向けて動き出した。もちろん、それだけで問題が解決したわけではない。たとえば、観測を高精度で迅速に行うために、「みらい」の観測用ウインチを強化し、採水室を充実させるなどの改良が必要だった。また、研究者とともにデータの分析・解析を行う優れた観測技術員の養成も求められた。こうした努力とともに、多くの人々の協力を得て、ようやく今回の観測研究が実現した。

では、具体的に今回の南半球周航観測研究によって、どのようなことが見えてくるのだろうか。そのひとつとして注目されているのが、南極オーバーターンと呼ばれるシステムの解明だ。

地球上の全海洋の海水が持つ熱的な効果は、全大気の約1000倍といわれる。つまり、全海洋の平均水温が1000分の1℃変化するために必要な熱量は、全大気の平均気温を1℃変化させるための熱量に等しい。こうした大気と海水の熱交換の場は、高緯度海域に存在している。そして、大気に熱を放出し、冷却された海水は、海洋中に様々な時空間スケールを持つ対流をつくり出す。この海水の冷却や加熱による密度変化に起因する循環を熱塩循

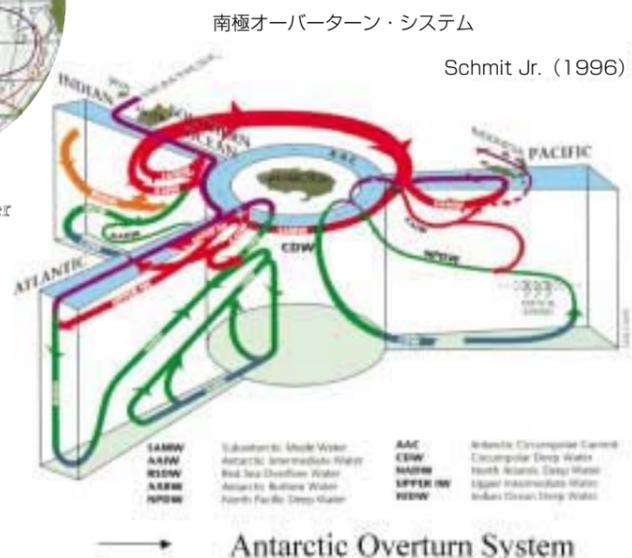
環という。顕著な熱塩循環として、北大西洋・グリーンランド周辺を始点とする北大西洋深層水循環と南極周辺海域を始点とする南極底層水循環が知られている。北大西洋深層水循環は、「ブロッカーの海のコンベアベルト」として注目されているが、熱塩循環の強さや量としては、南極底層水循環の循環系（南極オーバーターン・システム）が最大とされている。ここでは毎秒3,000~5,000万トンの海水が沈み込み、北大西洋深層水の循環を変成さ

せながら、世界の海洋深層を満たしている。その量は全海水の51%を占めている。こうした大規模な海水の沈み込みと変成は、大気への熱の放出、大気中の溶存ガス成分の深層貯蔵、海洋の成層構造の維持などを通して、気候の変化と深く関連している。

近年、地球温暖化現象が高い関心を集め、大きな問題となっている。大気・地表については、歴史的なデータの蓄積から、一般的な気温の上昇、赤



海洋地球研究船「みらい」には、最先端の観測機器が搭載されており、迅速なデータの分析・解析を行うことができる



南極オーバーターン・システム

Schmit Jr. (1996)

Antarctic Overturn System

道成層圏での気温低下などの実態が示されている。一方の海洋でも、WOCEを機に歴史的なデータの掘り起こしや、新たなデータの蓄積が進み、この半世紀の間に全海洋の300m以浅で0.2℃の昇温（大気換算では16℃の昇温に相当する）が確認された。特に南極周辺では、さらに深層（700~1,000m）に及ぶ0.17℃の昇温も分かった。このことは、南極オーバーターン・システムが大気に放出している熱量が、この半世紀の間に変化している可能性を示唆するものといえる。そして、これらが地球温暖化と関連している可能性も非常に高い。最終氷期終了時におきたヤングドライアスイベントが示すように、熱塩循環による大気・海水の熱交換は、わずか数十年の時間スケールで、直接的に気候に大きな影響を与えると同時に、海洋全体の蓄熱作用によって、より長期のゆっくりとした気候の変化をもたらす可能性もある。

南極オーバーターンは、果たして今世紀にいたって強化されたのか、あるいは弱まっているのか。また、現在、大気と海水の熱交換量はどれほどなのか。さらには、南極オーバーターン・システムで、どれほどの二酸化炭素等の大気成分が海洋に取り込まれ、どのように分配されているのか……。これらの疑問は、気候研究において避けて通ることのできない問題であり、その答えをつかむには、南極オーバーターン・システムを取り囲む、南半球の測線群において、海面から海底まで、多項目の化学トレーサー分析を含む高精度な水温・塩分観測を繰り返すことが、直裁的かつ唯一の方法なのだ。

充実した研究成果を挙げ 船舶観測の新たな方向性を提示

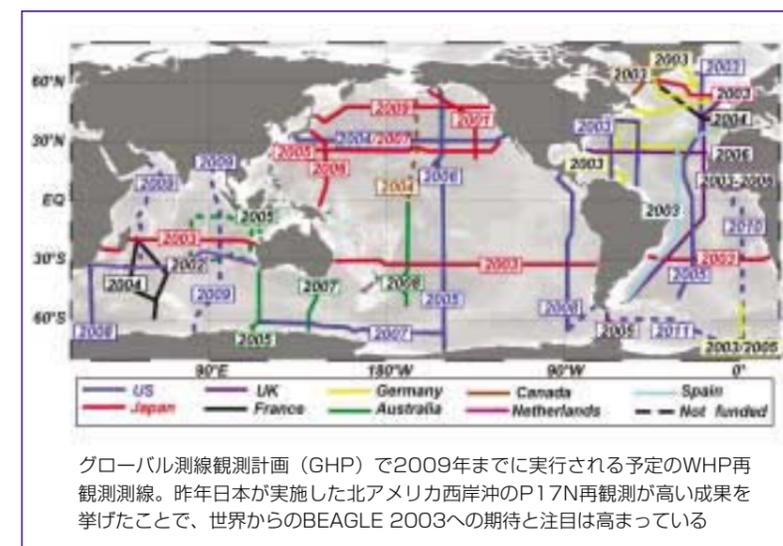
BEAGLE 2003では、規模の大きさだけでなく、これまでにない海洋観測の新たな試みが盛り込まれている。そのひとつが優れた技術者の乗船だ。



これまでも「みらい」では観測やデータ解析を行う観測技術員による研究支援体制を整え、船上で効率的・効果的な研究活動を推進してきた。今回の周航観測研究では、研究者とともにデータの分析・解析にあたる観測技術員を強化し、観測技術員も研究員と同等の立場で観測研究を推進することになった。つまり、研究者を支援するだけでなく、観測技術員もデータに対して研究者と同等の誇りと責任を持つことが求められたわけだ。こうすることによって、より精度の高いデータを確保しようとしている。もうひとつは観測及びデータ解析の迅速化だ。観測チームとデータ解析の迅速化だ。観測チーム

観測に関しては、最新鋭の観測・分析機器を搭載し、これまでにない高い精度のデータを獲得することをめざしている。なかでも、栄養塩に関する観測では、海水中の栄養塩データを使った時空間変動の解析を行うために必須な、トレーサビリティに優れた標準溶液(RMNS)を使用することによって、今後の観測の指針となる新たな手法を提示することが可能になった。こうした新たな手法の開拓によって、高品質のデータを獲得すると同時に、船舶による海洋観測の新しいやり方を提示したいとしている。

BEAGLE 2003によって得られた貴重なデータは、品質管理を行った上で、観測終了後2年以内に全世界の研究者に公開される予定だ。



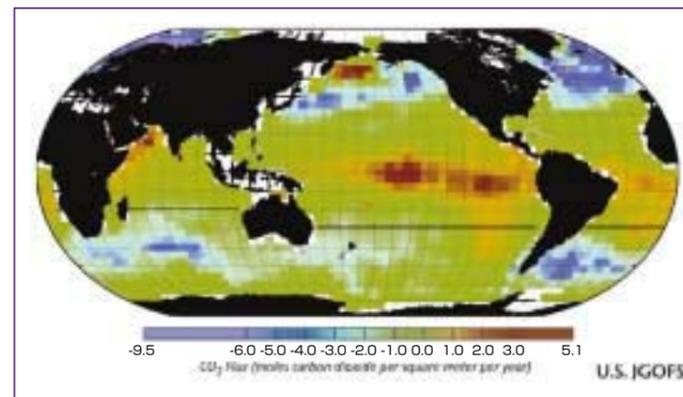
グローバル測線観測計画 (GHP) で2009年までに実行される予定のWHP再観測測線。昨年日本が実施した北アメリカ西岸沖のP17N再観測が高い成果を挙げたことで、世界からのBEAGLE 2003への期待と注目は高まっている

# 海面から海底まで約500測点で 海洋物理・化学的データを測定 海洋地球研究船「みらい」が南半球で実施する 高密度・高精度の海洋観測

取材協力：  
渡邊 修一 研究主幹  
海洋観測研究部



南半球を周航し、短期間のうちに同一観測船、同一チームで観測航海を行うという世界でもはじめての大規模な観測研究が実施されようとしている。大量の測定を迅速に行わなければならないなど、困難も予想されるが、データの品質が均一であることや、特に経年変化の影響を受けない試料が得られることなど、今回の観測研究は、船舶観測の新たな手法を開拓する試みとして、世界の研究者たちから高い関心を集めている。また、今回の観測研究で得られるデータは、1990年代に実施された同海域の観測結果(WOCE)と比較することで、熱的・密度的な海洋変化や二酸化炭素・栄養塩等の物質輸送の変化を明らかにし、地球温暖化をはじめとする気候変動解明の重要な資料となることは間違いない。さらに、地球シミュレータの稼働によってますます高精度化が進んでいる気候変動モデル、海洋モデルの変動再現性を検証するためのデータセットとしても重要な役割を果たすはずだ。



海洋から大気にもたらされる二酸化炭素量(年平均)の見積もり図。海域によって大きな違いがあることが分かる



時間短縮を図り、効率のよい分析を行うために作られた溶存酸素測定装置

## 最高の精度を維持しつつ いかに大量の分析を行うか

南半球周航観測研究は、研究者および観測技術員にとって、ある意味で時間との闘いでもある。太平洋(75日間)、大西洋(31日)、インド洋(47日)を合わせて493測点で、海面下から海底直上までのCTD測定(水温・塩分)と、鉛直36層の採水分析観測が行われるからだ。特に採水観測では、各層から採取した海水を、塩分、溶存酸素、栄養塩(ケイ酸塩、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩)、pH(ペーハー)、アルカリ度、全炭酸、炭素同位体比、全溶存有機炭素、フロン(11、12、113)、ヘリウム同位体比など、項目ごとに取り分けて分析を行わなければならない。1日におよそ3、4測点で観測が実施されるため、毎日100本以上の試料の分析を行う計算になる(品質管理用の分析を含めるとさらに増える)。化学分析には時間がかかるものも少なくない。さらに、今回の観測研究では、非常に高品質なデータが求められるため、分析には十分な時間が必要だ。そのため、すべての測点で全項目の化学分析を行うことは難しく、プライオリティを考えて調整される。

もちろん、取得するデータ量が多いほど、そこから得られる成果も大きい。そのため、できる限り迅速に分析が行えるように、分析機器の複数化(栄養

塩分析では3台を用意)、分析法や装置の変更(溶存酸素分析では酸化還元電位測定から光学測定へ)、分析システムの洗い直しなどを行い、なるべく人手をかけず、セットするだけで後は機器が自動的に適正な分析を行うようにするなどの改良がなされてきた。観測の精度を維持したままで、いかに短時間で数多くの分析を行うか、これが準備段階での大きな課題であった。

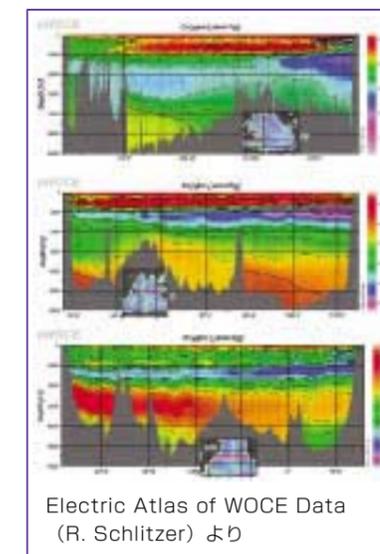
こうした難しさがあるにもかかわらず、なぜ今回のような周航観測が求められるのだろうか。それは、海洋を理解するためには、ひとつの面で切り取ることが非常に重要だからだ。海洋を点で観測した場合、得られた情報が本当にその海洋の姿を示しているのか、あるいは、海洋の様々な揺らぎによって、見かけ上そうなっているだけなのか、判断することは難しい。だが、ひとつの大洋を面で、しかも陸から大洋を越えてもう一方の陸まで切り取って見ることができれば、面全体の変化量を正しく理解することができる。その意味で、今回のように南半球の中緯度帯を一気に横断し、短期間の間に太平洋、大西洋、インド洋を面で切り取る観測は、まさに画期的な試みといえる。

では、南半球で今回の観測を行う意義はどこにあるのだろうか。その鍵を握っているのは深層水だ。深層水は北大

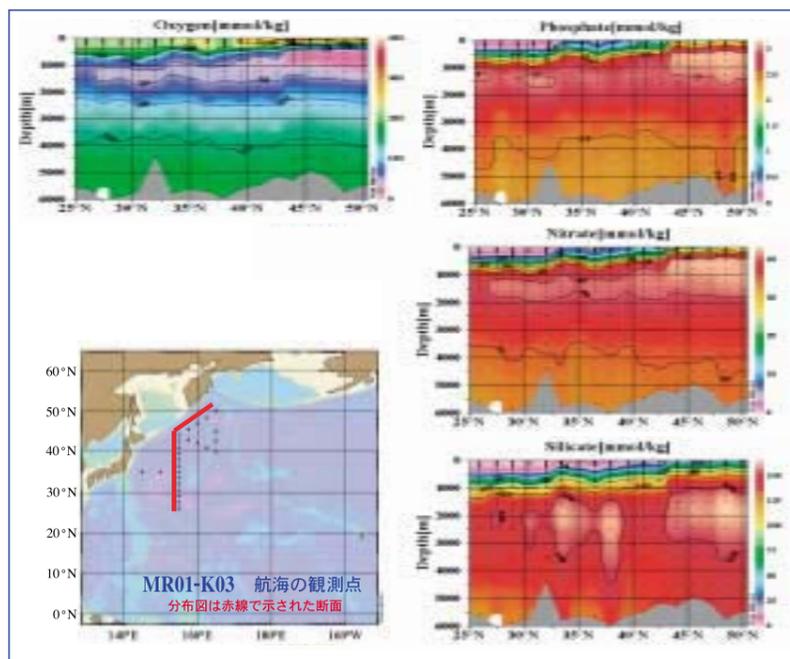
西洋と南極海でしか形成されない。そして、深層海流は、やがて太平洋にも流れ込んでくる。深層海流が太平洋にどのような影響を及ぼしているのかをしっかりと評価するためには、南半球から運ばれてくる海水について、そこに積み込まれている物質を含めて理解しておく必要がある。

## 化学的分析によって 明らかにされる海洋の姿

先に紹介したように、南半球周航観測研究では実に数多くの分析項目が設定されている。とはいえ、これらは決して特殊なものではなく、海洋の姿を正しく理解するための基本的な物質で



WOCE観測による各大洋の溶存酸素分布。今回の観測でどのような変化が現れるだろうか



2001年に「みらい」が行った東経155度・北緯44度～東経155度・北緯26度を中心とした観測から得られた栄養塩の分布

あり、今回の観測航海は、こうした基本的な物質をできる限り正確に測定することが最大の目的になっている。

では、この観測研究によってどのようなことが見えてくるのだろうか。今回の観測は1990年代に世界海洋循環

実験 (WOCE) プロジェクトで実施された、WOCE測線観測計画 (WHP) の再観測である。観測によって得られるデータは、過去の観測結果と比較することにより、気候変動による熱的・密度的な海洋の変化や、二酸化炭素・栄養塩などの物質輸送の変化を明らかに

することができる。得られるデータは貴重な資料になるはずだ。

たとえば、溶存酸素や栄養塩、放射性炭素同位体、フロンなどの分布は、水や物質の動きを理解するための化学トレーサーとしての役割を果たす。今回の観測データをWOCE観測のデータと比較することにより、海水循環のパターンや水塊の形成量変化を把握することができる。また、この変化は気候の変化と密接に関係している。

物質輸送に関しては、何より全炭酸の分布が注目される。全炭酸および関連物質の分布を把握し、WOCE観測の結果と比較することによって、大気中で増加が観測されている人間活動による二酸化炭素がどの程度海洋にもたらされているか、また、どの海域でより吸収が大きいかを理解される。二酸化炭素やフロンといった、人為起源の物質を追うことは、人間活動による環境への働きによって海洋がその働きかけを緩和しているかを明らかにするためにも大切なことといえる。



「みらい」の観測研究設備。採取した海水は、CTD室で分けられ、溶存酸素、全炭酸、栄養塩など様々な分析が行われる



# 海底堆積物を採取し 地球環境変動の歴史を復元

## 海洋地球研究船「みらい」が 南半球で実施するもうひとつのミッション



南半球周航観測研究 (BEAGLE 2003) で中心となるミッションは、すでに紹介したWOCE測線観測計画 (WHP) の再観測だ。だが、今回の観測航海では、このほかにもうひとつ大きな観測研究が実施される。南米チリ沖と南インド洋・ケルゲレン諸島付近で行われる海底堆積物の採取だ。海洋科学技術センター (むつ研究所) では、北西太平洋・オホーツク海を中心に海底堆積物の詳細な分析を行い、環境変動の歴史を復元する研究を続けている。さらに、こうした研究を全球的に拡大することによって、より充実した成果をあげることができるとの考えから、南半球において海底堆積物の採取を行う観測航海が実施されることになった。特にケルゲレン諸島付近は生物生産量も多く、全球的な海水循環に影響を与えている場所と考えられており、興味深い研究成果があげられるものと期待されている。

取材協力：  
原田 尚美 研究員  
むつ研究所 第一研究グループ





「みらい」のピストンコアラで採取した海底堆積物（コア）。細かいサンプルに切断する前に、まず縦方向に半割し、状態の観察、X線撮影、密度や磁力の分析が行われる

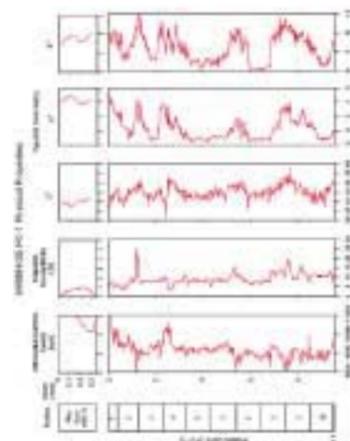
### 「みらい」に搭載された採泥器で海底堆積物を採取

海底堆積物の採取が行われるのは、太平洋を横断した後に、「みらい」が南米大陸南端を通過して大西洋に入る間（第3レグ：10月19日～11月2日）と、インド洋の横断を完了した後に行われる南インド洋（南氷洋）・ケルゲレン諸島付近への観測航海（第6レグ：1月27日～2月19日）の2回。チリ沖では、3ヶ所で採泥器を使った海底堆積物の採取が行われ、ケルゲレン諸島付近では、海底堆積物採取（3ヶ所）に加えて、15ヶ所でCTD・採水観測、動・植物プランクトン観測も実施される予定だ。

海底堆積物（泥）は、海洋表層に生息していた動・植物プランクトンの殻や海洋生物の排泄物、さらに陸地から運ばれてきた物質などによって構成される。たとえば、5億年以上前に誕生したといわれる有孔虫という原生動物は、サンゴや貝と同じように炭酸カルシウムの殻を形成する。そして、堆積物のなかに残っている殻には、有孔虫が生息していた時代の海水に関する温度や塩分、栄養塩など、様々な環境因子の情報が、その形態や化学成分の違いとして記録されている。したがって、殻を顕微鏡で観察したり、化学分析を

行うことによって、有孔虫が生きていた時代の海洋環境を復元することができる。長い年月をかけて降り積もった海底堆積物は、海洋環境の歴史に関する重要な情報をぎっしりと詰め込んだレコーダーなのだ。

海底堆積物を採取するために用いられるのが、ピストンコアラという採泥器だ。これは、約1,250kgの錘の下にジュラルミンのチューブを取り付けたもので、チューブ内部にはピストンが装着されている。これをウィンチで海底近くまで下ろし、海底から数メートルのところまで自由落下させて突き刺す。こうしてチューブ内に堆積物を取り込み、ピストンコアラを引き揚げるわけだ（ピストンは注射器のように採取した堆積物が落ちないようにする役割を果たす）。通常、「みらい」で使用されているピストンコアラは、内径8cm、最大20mの長さの堆積物を、その地層をほぼ乱すことなく採取することができる。だが、今回の南半球での観測研究では、これに加えて、ジャイアントグラビティコアラという採泥器が用意されることに



コアに含まれる様々な元素を解析し、岩層リズムやイベント層を解析する

なった。使い方はピストンコアラとほぼ同様だが、採取できるコア（堆積物）の内径は12cm、長さは最大7m。これを使用することによって、タイムスケールは短くなるが、ひとつの時代の海洋環境はより詳しく見ていくことが可能になる。海域によって堆積速度が異なるため、7mにどれくらいの時代の記録が残されているかは一概にはいえない。だが、今回の観測研究では、最終氷期以降、今日までの環境変動を詳しく解析していきたいとの考えから、対象年代をおよそ2万年としている。



最大20mの堆積物を採取できるピストンコアラ



ケルゲレンでは強風など悪天候が予想され、作業が難行する可能性もある

近過去を解像度を高めて見ていくためにジャイアントグラビティコアラを使用する計画だが、できれば両方の採泥器で堆積物を採取したいとしている。

### 海底堆積物から解明される環境変動

第3レグで行われる海底堆積物の採取は、太平洋南東端の南米・チリ沖で行われる。この一帯にはナスカプレートが南アメリカプレートに沈み込む海溝が存在するが、採泥はより堆積速度が速い（つまり時間分解能の高い解析が可能）と予想される陸側（南アメリカプレート側）で、また、チリ・バルパライソを出航して南下する間、南緯38度から55度の範囲で、ほぼ等間隔に3ヶ所で実施される予定だ。

緯度を変えて採泥するのは、南半球



堆積物中に存在する沿岸由来の碎屑物（IRD）は、かつてその一帯が海水に覆われていたことを示唆し、その時代の海水分布を知る手がかりとなる

において、水温の勾配が急激に変化するフロントと呼ばれる緯度帯が、時代によってどのように南北移動しているかを捉えることが、今回の観測研究の目的のひとつになっているからだ。また、氷期・間氷期に伴って変化してきたであろう生物生産の動きを、異なる緯度帯で追うためでもある。さらに、今回の南半球での観測結果を、「みらい」のホームグラウンドである北西太平洋の結果と比較することによって、気候変動の南北両半球の位相関係が明らかになるのではないかと考えられている。

一方のケルゲレン諸島付近はその地形上、全球的な深層循環に影響を与えている場所と考えられており、特にその東側で生物生産量が非常に多いことが知られている。南半球周航を終えた後に行われる第6レグでは、3ヶ所で海

底堆積物の採取が予定されている。この一帯は、南極周辺で沈み込んだ南極底層水が、ケルゲレン諸島の東側から流れ込み、ケルゲレン諸島にぶつかってその東側を北上し、Uターンするように東向きへ流れるという複雑で非常に特殊な流れを見せている。その深層の流れが、氷期・間氷期を通して、どのように変動してきたかを海底堆積物の解析によって調べることが、ここでの大きなねらいだ。東側は生物生産が高いことから、時間分解能の高い堆積物が採取できると予想されている。

また、第6レグでは、CTD、採水観測、そして動・植物プランクトン観測などの生物化学的な研究も行われることになっている。これは、生物生産活動が多いことによって発生する、生物起源の硫黄化合物で海から大気中に供給される硫化ジメチル（DMS）という化合物（凝結核となって雲をつくり、温暖化を抑制する働きを持つとされる）の温暖化に及ぼす負の影響を解明することが目的だ。

海底堆積物の採取そのものは、全航海のなかで6ヶ所しか行われぬが、採取されたコアはX線撮影などの分析を行った後に、細かくカットされ、陸上実験室に持ち帰り、顕微鏡観察や化学分析などの詳しい分析・解析が行われる。非常に時間のかかる作業であり、研究成果として発表されるのは、1～2年後になるという。

## 海洋理工学会 平成15年度春季大会 特別セッション



# 南半球周航観測研究の 高精度観測・分析技術を紹介

8月から始まる「みらい」の南太平洋周航観測は、海洋・気象研究者の大きな関心を集めている。特に、目玉となる高精度、多項目の観測がどのように実現されるのかは興味深い話題だ。関心の高さを反映してか、海洋理工学会では、周航観測に用いられる高精度観測技術について発表する特別セッションが組まれた。

5月15～16日に海洋理工学会平成15年度春季大会が開催された。今年は海洋理工学会設立10周年にあたり、特別セッションとして、「南半球周航観測（WHP再観測）航海の実現に向けての高精度観測技術」と題する研究発表会が行われた。

当日は、6人の演者が講演をした。まず、セッションの導入として、基調講演「BEAGLE 2003 南半球周航観測の意義」を海洋科学技術センターの深澤理郎研究主幹が行った。

地球上には、赤道付近が熱く、極が冷たいという熱分布がある。この間には、熱の輸送が起こるが、その媒介として働くものは海水と大気しかない。海水

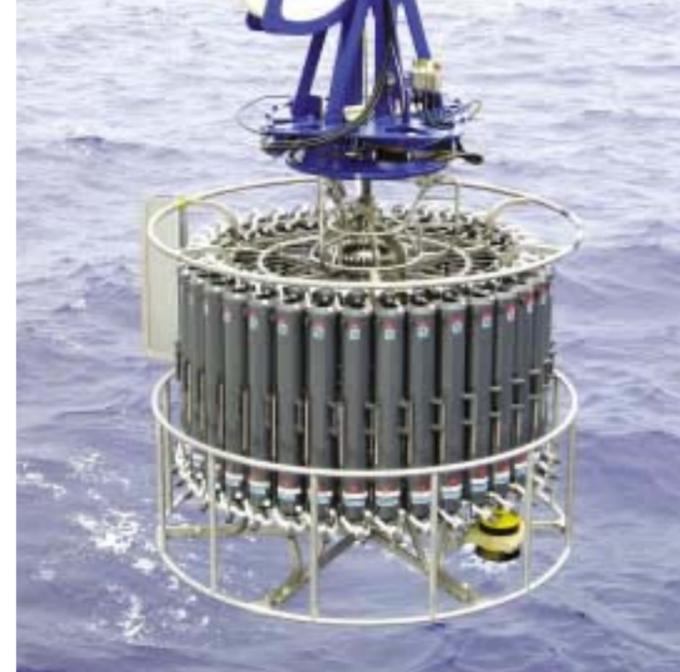
と大気の熱的な効果を比べると、海水の温度を1000分の1上昇させる熱量は、大気を1℃上昇させる分に等しい。海水は熱を運ぶ媒体としての役割があり、それが、どのように流れているのかを調べることは、地球温暖化などの気候問題を理解する上でとても重要だ。南半球は、世界中の海洋をつないで循環する熱塩循環が集まっている地域でもある。南極周辺海域の熱塩循環システムの実態を知る上でも、今回の観測の意味は大きい。

また、今回の観測は、1990年代に実施された、世界海洋循環実験（WOCE）のHydrographic Program（WHP）で精密に測られた足跡をたどる

旅でもある。そのときの精度と項目を下回らない観測をすることで、10年前のデータと比較して、海洋の変化を知ることができるのである。

今回の周航観測は、175日の航海で493地点の観測を実施する。1日あたり3、4回の観測、分析を行う。試料の採水も、12リットルの採水ボトルで1日130本分と、ハードなものである。続く講演では、高精度観測実現のためにどのような準備をしているのか、具体的に語られた。

まず、海洋科学技術センターの内田裕研究員による「CTD観測データの品質管理について」では、CTDに搭載されている圧力、水温、塩分、溶存酸素の各セ



「みらい」に新たに搭載されたCTD採水システム。海面から海底までの水温・塩分・溶存酸素・流速を測定しながら、鉛直36層の海水を採取することができる

ンサについて、測定値をいかに補正し、真の値に近づけるか、各センサの検定結果のまとめが報告された。圧力センサ、水温センサは陸上の検定で、観測に必要な精度が保たれることがわかった。しかし、水温センサは圧力により、測定値に一定のずれが生じるので、観測前にそれぞれのセンサの特徴を把握しておくことが大切であるとの報告であった。塩分センサ、溶存酸素センサについては観測現場での採水データにより補正ができるので、精度の高いデータが得られるであろうとのことであった。

次に、「塩分測定手法とデータ校正法について」と題して、海洋技術センターの河野健研究員が発表した。海水の塩分は、北太平洋全体という広大な範囲でも、100分の1程度しか違いがない。非常に変化のない環境なので、そこでの塩分変化の実態を知るためには、1000分の1程度の精密さが必要となってくる。河野さんは、精度を保った測定をするために、測定テクニック、採水、標準海水の3つの課題をいかにクリアするかという観点から話を展開した。測定テクニックでは、試料海水を外気にさらさず、できるだけ自動化することで、測定機器のほぼ限界に近い精度で測定することに成功した。試料海水はスクリュウキャップ型の採水ビンで保管され、基本的には翌日に

測定されるが、測定機器にトラブルが生じて、採水ビンの中蓋を閉めれば、4日間には正確な測定ができる状態が保てることわかった。また、標準海水も、ロット間でばらつきがあり、特に、10年前のWHP観測で用いられた標準海水と、今回の観測に使う標準海水では、差が大きく、測定結果をそのまま比べると、現実に起きている以上の差があると感じてしまう恐れがあるため、その差を補正し、現実に即した比較ができるような方法を開発した。

続く、「栄養塩測定標準物質とそれを使った世界一周航海」では、気象研究所青山道夫主任研究員が、硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩といった栄養塩の精密測定を行うための標準物質の確立について話し、海洋科学技術センターの渡邊修一研究主幹が発表した「南半球周航観測時の溶存酸素測定」では、今まで採用していた酸化還元電位を測定する方法では、溶存酸素量の測定に時間がかかるので、より簡便に測定するために開発された、光学的な測定法についての説明



CTD計測及び採水に使用される高性能クレーン・ウインチシステム。今回の観測研究で海水試料を迅速に処理できるよう、設置位置が変更された

があった。最後は、海洋科学技術センターの橋本菊夫課長代理による「海洋地球研究船「みらい」観測ウインチについて」。今回の周航観測では、延べ4,600km分のワイヤーを出し入れする。観測するためにはCTDや採水器を適切な深度まで降ろし、引き上げるウインチが不可欠である。発表では、「みらい」に搭載されている8種類のウインチについてそのスペックや役割について説明があった。そして、もっともよく使われる小型CTDウインチについては、採水量の強化、ケーブル長の延長、作業効率化のための設置場所変更など、主な改良点が紹介された。





# 観測航海の成功を祈り 海洋地球研究船「みらい」出航! 南半球周航観測研究航海出航式



出航式で花束を受ける深澤研究主幹と赤嶺船長

5月21日、横浜大棧橋ふ頭・国際客船ターミナルにおいて、渡海紀三朗文部科学副大臣らを迎え、海洋地球研究船「みらい」南半球周航観測研究 (BEAGLE 2003) 出航式が実施された。参加者は、世界最大級の海洋観測船「みらい」の実力を遺憾なく発揮し、これまでに例のない大規模な観測研究が安全に行われ、多大な成果を挙げることが期待しながら、出航する「みらい」を見送った。



操船設備や観測研究設備など、「みらい」の船内を見学する渡海副大臣ら



船内の大会議室で、平野理事長から観測航海の説明を受ける

ゴールデンウィーク以降ずっと曇りがちな天候が続いていたが、出航式が行われたこの日は青空が広がり、横浜大棧橋ふ頭に停泊する「みらい」の純白の船体が、初夏の日差しに輝いていた。全長約130m、総トン数約8,700トンという、海洋観測船としては世界最大級の大きさと、充実した観測研究設備を誇る「みらい」の姿は、この日、より大きく頼もしげに映った。

出航式の前に、渡海文部科学副大臣をはじめ参加者らは船内の見学を行い、船長をはじめ研究者らから、南半球周航観測研究の全体像や船内の観測研究設備等について説明を受けた。

大きく改良されたのは、CTD計測及び採水に使用される高性能クレーン・ウインチシステムだ。採取した海水試料を、船上で迅速に処理できるよう、クレーン・ウインチ機器の設置位置が変更された。これに合わせて、断熱材で覆われた採水室も設置され、試料の品質低下を最小限に抑え、分析精度を世界最高水準にまで高めることが可能になった。

国際客船ターミナルで行われた出航式では、海洋科学技術センター・武井俊文会長がセンターを代表して挨拶に立ち、同・平野拓也理事長が「みらい」南半球周航観測研究の紹介を行った。そして、渡海副大臣からは、「地球温暖化を始め地球環境問題解決のためにも、観測研究の重要性が叫ばれています。特に今回は、

これまでデータの少なかった南半球で海洋の観測研究が行われるということで、国際的にも大きな期待が寄せられています。南半球周航観測研究が成功裏に終わることを祈っています。そして、その成果に期待しています。どうか元気で航海を行っててください」と挨拶があった。

続いて、研究者を代表して深澤理郎研究主幹、乗組員を代表して赤嶺正治船長が壇上に立った。深澤研究主幹は、「これまでにない大規模な観測航海であると同時に、非常にハードな航海になることは間違いありませんが、これを乗り越え、得られた成果が後世への贈り物になるよう、また、BEAGLE 2003を今後の観測研究のグローバルスタンダードにすることができるように力を尽くしたい」と決意を語った。赤嶺船長は「『みらい』は世界一の船ですから不安はありません。逆に挑戦したいという意気込みのほうが大きい。来年3月には研究成果を満載して、無事に帰ってきます」と力強く話した。

出航式の後、参加者がクルーズデッキから見送るなか、「みらい」は静かに離岸した。

「みらい」は、8月から始まるBEAGLE 2003の前に、その準備も兼ねて、北太平洋中央海域、西部熱帯太平洋海域、東部インド洋海域で観測研究を行い、その後南半球周航の出発地であるオーストラリア・プリズベンをめざす予定だ。



出航式で主催者を代表して挨拶を行う海洋科学技術センター・武井会長



「みらい」出航式が行われた横浜大棧橋ふ頭

# Interview

研究者に聞く

## 空の十字路の中心で 雲と雨の変化を観測

インドネシア海洋大陸に特有の現象を解明していきたい

### 森 修一 研究員

地球観測フロンティア研究システム水循環観測研究領域

インドネシアは世界でもっとも雨が降り多い地域のひとつ。ここで水蒸気が雲となり雨として降りそそぐときに大量の熱（潜熱）を放出して上昇気流を生み、ハドレー循環やウォーカー循環といった大気の大循環を形作る。つまり大循環を生み出す源となっているのは、この地域の雨なのだ。広域水循環グループの森修一研究員は、現地気象局などと協力関係を結びながら、熱帯の気象に顕著な日周期変化を中心にインドネシアの雲と雨のふるまいを調べている。観測開始から約3年が経過した今、現地での観測と研究から見えてきたことは何か、エルニーニョ現象など、私たちの生活に影響するより広いエリアの気象との関連も含めて、森研究員にお話をうかがった。



Blue Earth編集部（以下BE） インドネシアのどこを拠点に、どのような観測を行っているのですか。

森 メインベースはインドネシアの西端、スマトラ島のコタバパン観測所です。スマトラ島は本州と同じくらいの大きさで、西側に平均標高約2,000mの山脈があります。コタバパンはもともと現地気象局の観測所で、その中に私達の観測機器を設置し現地気象局の方々と協力して観測を行っています。

ここには境界層（鉛直）レーダーや音波レーダーが設置されており、地上から上空約6kmまでの風や雨の鉛直分布が測れます。気象観測用のGPSでは、衛星からの電波が大気中の水蒸気に障害され時間が遅れる現象を利用して、水蒸気の鉛直積算量（可降水量）がわかります。どんな大きさの雨粒がどれくらい降っているのか調べる雨滴計もあります。これらは全て自動観測なのですが長期間正確に観測するのはなかなか大変で、適切な観測機器の保守管理やデータ回収のためには、現地気象局などとの協力体制は欠かすことができません。

また、特徴的な季節（雨季や乾季など）を狙って年に数回、約1ヶ月の集中観測期間を設定して「高層ゾンデ観測」を行います。これは気温、湿度、気圧、風を測るセンサーを気球に付けて上空に上げるもので、センサーから刻々と電波で地上にデータを送ってきます。このゾンデで地上から高度30kmまでを測ることがで

きます。1回の集中観測で、この毎日4回（あるいは8回）気球を上げる作業を4週間続けます。

BE ここに観測拠点が置かれたのは2000年と、わりと最近のことなのですね。

森 世界有数の多雨地域であるインドネシアは、地球規模の水循環を考える上でたいへん重要な場所です。海水温が高く、太陽からの日射量も多い。海面から供給された大量の水蒸気が上空に持ち上げられ、やがて凝結するときに大きな熱（潜熱）を放出します。これが大気を暖めることによって、さらなる大規模な上昇気流を形作ります。ですから雨がたくさん降る地域は、大気の大循環を駆動する熱エンジンの中心とすることができます。

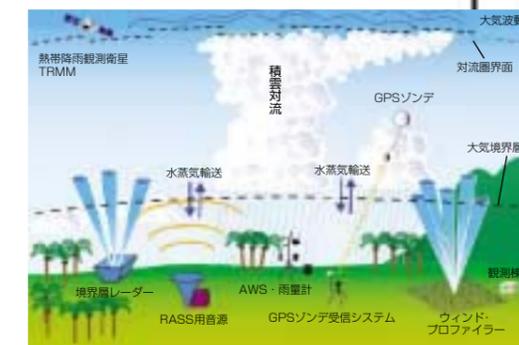
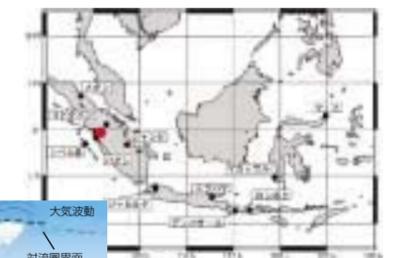
ところがこの地域は観測が手薄なところでもあります。赤道付近はほとんどが海のため高層ゾンデ観測点が少なく、陸地であっても経済的な問題などもあり十分な観測が難しい国も多くあります。日本の高層ゾンデ観測は約20地点で1日に

4回行っていますが、はるかに広いインドネシアでは11地点で2日に1回にすぎません。

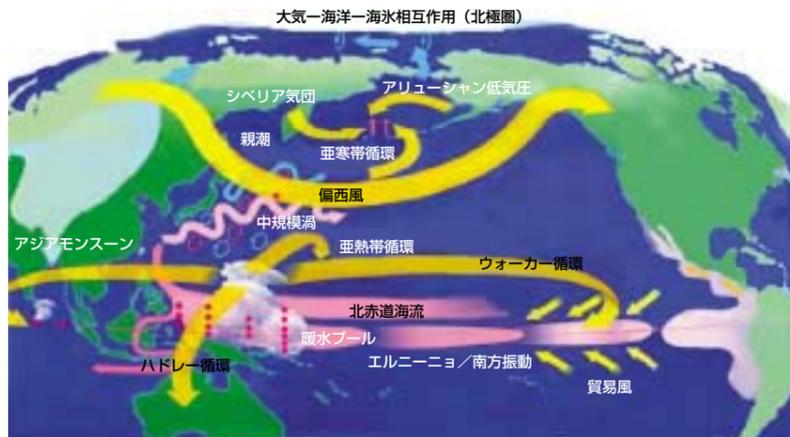
気候変動やエルニーニョ現象を調べるために、大気循環モデルを用いた数値計算による予測を行いますが、計算に必要な初期値はもともと高層ゾンデ観測結果を編集したデータセットから成り立っています。しかし観測の少ない赤道付近の初期値は、過去のデータや両半球にある周辺観測点データから計算で求めたものが用いられています。これでは赤道上空の初期値や、これから求めた計算結果が正しいかどうかの検証も困難です。また、人工衛星による観測データについても地上観測との比較、検証が欠かせません。このように、いま私たちの観測しているデータは私達自身の研究目的だけではなく、気候モデルや衛星観測を用いた研究にも貢献することが期待されています。



集中観測体制以外の時期には、気候変動をターゲットに自動観測機器を使って長期のモニタリングを行っている



インドネシアは経度にして東西50度、約5,000kmのエリアで、赤道全周の約7分の1を占める。その最西端、海拔約1,000mの高地に観測所がある



「熱エンジンが駆動する大循環システム」インドネシアは熱と水を運ぶ十字路の中心にある

一方、海洋科学技術センターによる本格的な陸域気象観測は、私達の観測フロンティアによるものが初めてです。日本国籍である船の中とは異なり外国における観測ですから、事務手続きの違いも多々あり最初は苦労しました。現地では四駆の自動車も登れない山道を徒歩で荷物を背負って登ったり、観測機器を設置する時にはツルハシとシャベルをふるいつつ配線用の溝を掘ったり、なかなか力仕事の部分が多いのですが、現地の気象を肌で感じながら自分でデータを取って研究できるのが大きな魅力ですね。

**BE** この地域の雨の特徴はどのようなものですか。  
**森** もっとも顕著なのは「日変化（日周期）」です。例えばコトタバンでは夕方と同じ時間帯に雲ができ雨が降り、これに伴う潜熱が大気を温めるサイクルを毎日繰り返している。長期にわたって積算されたこの日変化が大気の大循環の源となります。その次に大きいのは「季節内振動」です。およそ40日周期で大規模擾乱（雲システム）がインド洋から入り太平洋側に抜けて行きます。この大規模擾乱が来ると日射が遮られて日周期の対流活動が抑えられ、シャワー性の激しい雨（対流性の雨）が少なくなります。一方、大規模擾乱の中では、梅雨のようなシトシト雨（層状性の雨）が1日中降り続きます。対流性の雨は非常に激しく降りますが長続きせず、年間で見ると長時間継続する層状性の雨が多く雨量を稼いでいます。もちろん雨季と乾

季といった季節変動もあり、赤道上では年2回の雨季（コトタバンでは11月と4月）が現れます。ところが「年々変動」と言っているのは統計的な平均から毎年1〜2ヶ月程度ずれてしまうことも知られています。

**インドネシアの雨から見える水と熱の循環のようす**  
**BE** 現在研究のターゲットとされているのはどのようなことですか。

**森** 水および熱の循環にかかわる雨の性質と降り方の時間的、地理的变化が興味の対象です。特に日変化は熱帯に降る雨の最も基本的かつ顕著な変化でありながら十分に観測されておらず、モデル研究でも正し

く表現されていません。また、この変化が地域によってかなり違うのです。  
 衛星観測のデータを見ると、陸地は夕方から夜の雨が多く、海の方は夜中から朝が多い。しかも海上の雨は海岸線から離れるに従って雨のピーク時間が遅くなります。もっと詳しく調べてみると、海岸線を境にして、雨の一番強い場所が、昼過ぎからは内陸側に進み、夜からは沖合に進んでいくというように、時間によってずれていくのがよく分かります。

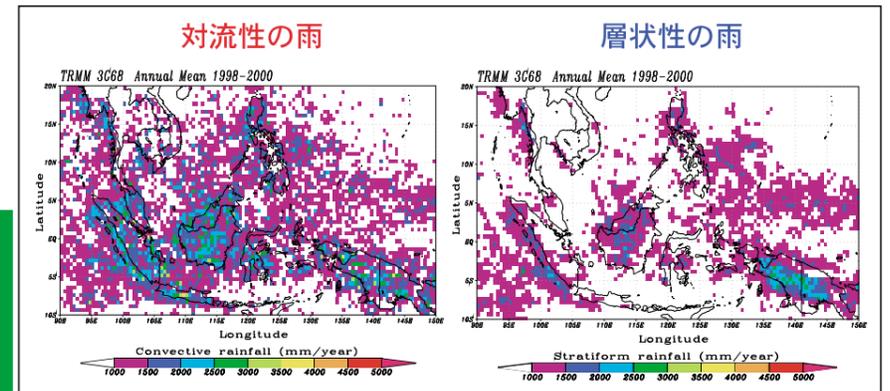
また、陸地では夕立のような対流性の雨が多いのですが、沿岸部から沖では対流性の雨と層状性の雨がほぼ同率で降ります。対流性と層状性の雨では、雨が降るときに大気の中の部分を最も暖めたり冷やしたりするか、つまり雲を鉛直に切ったときに熱源や冷源がどの部分に位置するかが大きく異なり、まわりの大気に与える効果も変わってきます。この雲の中で起こる大気との熱や水のやり取りをより詳しく調べていくことによって、数値モデルに入っている計算手法の高精度化にも繋がると考えられています。このように雨の性質、降り方、場所などが島の周りで1日の間に大きく変わっています。地形や海岸線の存在がとても重要な役割を持っていると考えられますが、これは今後の課題の1つです。

**BE** 今後も日変化の研究を続けられる

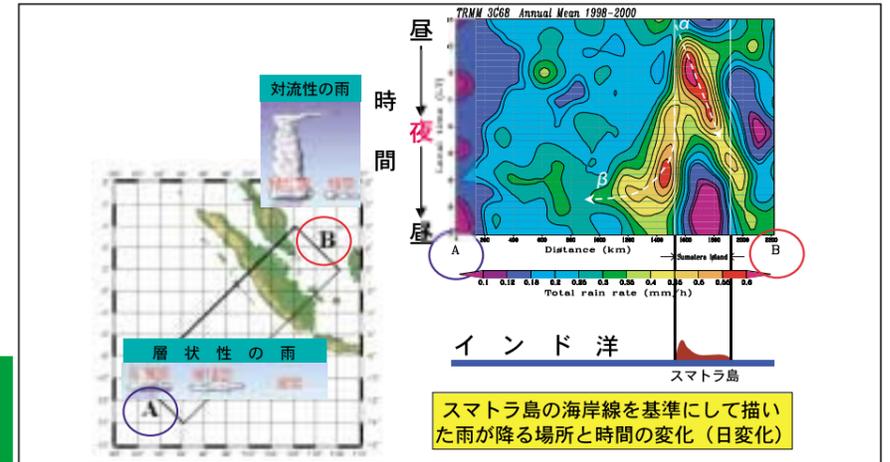


観測に現地のカウンターパートの協力は欠かせない。現地の農業や水力発電、災害予防のために気象データを提供するのも大切な役割だ

「インドネシアに降る雨は 対流性の雨と層状性の雨」  
 熱帯降雨観測衛星（TRMM）から観た、雨の種類（降り方）別に分けた雨の分布図（1998-2000年を平均した年間降雨量で表している



「島と海をめぐる雨の行進」  
 1日のうちでも、場所と時間によって雨の降り方は変化する



のですか。  
**森** そうですね。日変化は非常に単純な変化ですが、より大規模な場と密接に関わりあっている興味深い現象だと思います。いまは多地点の高層ゾンデや地上観測のデータを用い、上空の風や水蒸気分布の構造および変化を立体的に調べることで、降水ピークの日周期海陸間移動のメカニズムを調べています。昨年から海洋地球研究船「みらい」のインド洋観測航海に乗船し、ドップラーレーダーや高層ゾンデによる観測も行いました。乗船観測と同期した陸域観測も行ない、海上—沿岸—内陸の3地点における雨の降り方や大気構造、それらの日変化がどのように異なっているのかを明らかにしたいと考えています。

インドネシアは大小数多くの島々から構成されており、気象学的にも大陸と海洋の性質を合わせ持つことから「海洋大陸」とも呼ばれています。陸と海では熱容量が異なり、陸には大規模な山岳があり、そして長い海岸線が複雑に入り組ん

でいるため、そこには実に多様な局地循環系が生じているはず。これらの相互作用の結果として、単なる海洋でも大陸でも起きないような特徴的な雨の降り方が起こり、世界の気候に影響を与える規模の多雨地域を作っていると考えられます。その意味では単に日周期変化だけではなく、今後も海洋大陸というユニークかつ興味深い地域に軸足を置いたテーマを研究していくつもりです。  
**BE** この地域の気象はエルニーニョ現象とも関連があるといわれているようですが。  
**森** 西太平洋でエルニーニョ現象が発生するトリガーとして、急に西風が強く吹きだす「西風バースト」が重要だという説があり、これをもたらすのが先述の大規模擾乱ではないかと考えられています。また、エルニーニョに類似した現象であるインド洋ダイポールモードの発生との関係についても注目されています。  
 その一方で、この大規模擾乱はインドネシアから西太平洋に抜ける間に一旦見

えなくなるほど弱くなります。この大規模擾乱がインドネシアの地形や日変化の影響でどのような変質を遂げるのかについては、まだほとんど詳しいことが分かっていません。  
 私達のグループではインドネシアの東端にあるピアク島でも大気レーダーによる観測を計画しており、これによって大規模擾乱の通過に伴う大気構造の東西変化を調べられるようになります。また、海洋観測研究部や観測フロンティアの気候変動領域では「みらい」による西太平洋の観測を行っていますので、彼等との協力によって海洋と陸域との共同観測が可能となるでしょう。私達の研究プログラムは20年という長期のものですが、まもなく最初の5年が終わります。これからの5年には、インドネシア東西に渡る観測網を作り上げると共に、海洋観測を中心とした研究コミュニティとの協力体制を育てていくなかで、海と島と大気が織りなす自然の不思議を追いかけていきたいですね。

## 移動も食事も 専門職で分業制!?

# ヘビのように深海を漂う 地球最大の生き物クダクラゲ

### 取材協力

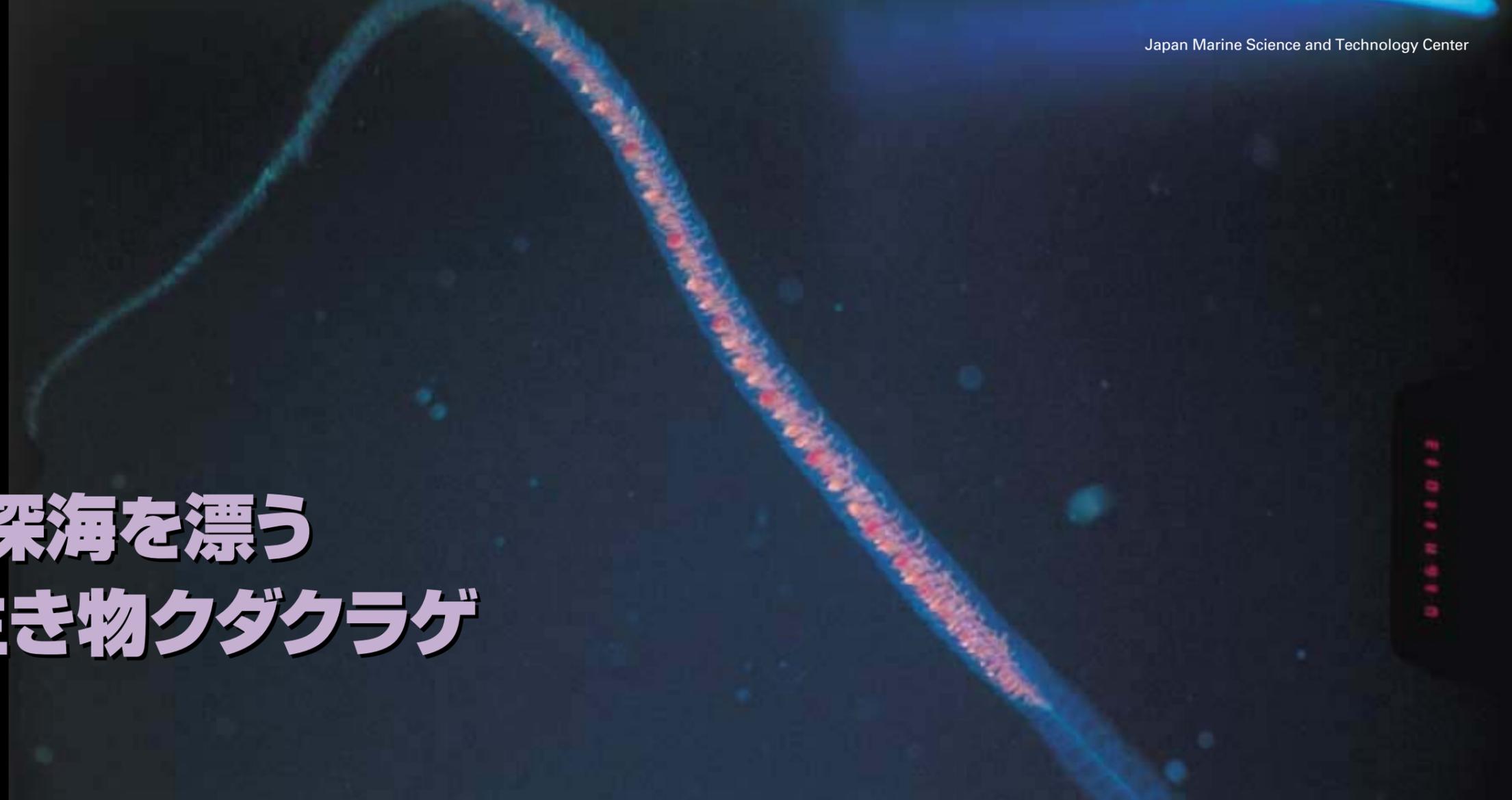
喜多村 稔 特別研究員

海洋生態・環境研究部

近年、シロナガスクジラに代わる新たな“世界最大の生き物”の候補者が浮上している。モンレー湾で確認されたクダクラゲで、全長40m、長さでは世界一だ。日本近海でも写真のような中・深海層のクダクラゲ属の発見が相次いでいる。クラゲはゼラチン質で壊れやすくプランクトンネットでは捕獲が難しかったが、深海調査技術の進歩によって、その存在が明らかになりつつあるのだ。

クダクラゲ属には様々な種がいるが、いずれも小さな個体が集まり群体で生活し、各個体それぞれが生きるための役割を担っている。浮き沈みを調節する気胞体、泳ぐための泳鐘、栄養を吸収する栄養個虫など、形も機能も全く異なる専門職集団だ。また、一般的にクラゲはポリプ世代は無性生殖で増え、岩や海藻などで付着生活を送る。その後、有性生殖を行うクラゲ世代となり浮遊を始めるが、クダクラゲは無性生殖時代も群体で浮遊する変わった生態を持っている。

海の中・深層に棲息する生き物の中で、もっとも多く見られるのがクラゲの仲間だ。彼らの生態を調べることは、この海域の生態系の謎を解明する大きな糸口となるのである。



オレンジ色に見えるのは照明に反射した胃袋。実際は濃い色で、胃袋内の発光性の餌の光を遮断し自分は目立たないための工夫をしているらしい

上の写真とは別のクラゲ。ヘビのように長くつながる栄養個虫に無数の触手が下がる



長い体を持つことは、餌に当たる確率を高くさせている

先端の白く見えるのが気胞体。その下の細長い楕円が泳鐘の集まり



# 地球は模範的な ゼロエミッション工場



## 沈み込み帯で生じる 「廃棄物」から地球内部の 物質循環が明らかに

取材協力  
巽好幸 領域長

固体地球フロンティア研究システム  
地球内部物質循環研究領域



固体地球統合フロンティア研究システム (IFREE) は、沈み込み帯とマンテルブルームの間で、むだのないリサイクルが行われていることを、世界で初めて明らかにした。沈み込み帯 (サブダクション帯) はしばしば巨大工場にたとえられる。海洋プレートや堆積物 (海洋物質) は、プレートの移動によってベルトコンベアに乗っているかのようにサブダクション帯に運び込まれ、火山から立ち上る煙や地震の振動を伴いながら加工される。この「サブダクションファクトリー」は海洋物質とマンテルウェッジを原材料に、マグマや大陸地殻という「製品」を生産し、その過程で廃棄物を生む。しかし廃棄物のゆくえはよくわかっていなかった。IFREEのモデルによって、サブダクションファクトリーで生じた廃棄物がマンテル深部で保管・熟成された後に上昇し、ホットスポットで海洋地殻の原料として余すところなく再利用される物質循環の仕組みを合理的に説明することが可能になった。

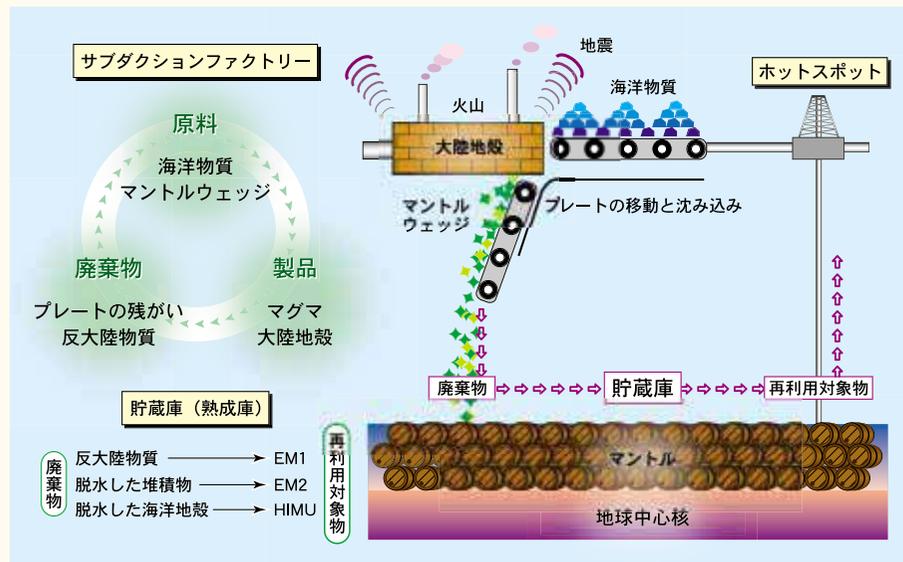


図1 サブダクションファクトリーの概要  
海洋物質とマンテルウェッジ (沈み込むプレートによってくさび状に区切られたマンテル) を材料に、マグマや大陸地殻を作り出す

### ホットスポットと サブダクションファクトリーを つなぐ物質に着目

サブダクションファクトリー (以下サブファクと略す) では、沈み込んだプレート (海洋地殻) が化学変化を起こし、マグマや大陸地殻の製造に必要なものだけが抽出される。その残り滓や反大陸物質 (大陸を作るときに余った物質) などが廃棄物となる。

巽好幸領域長が率いる「地球内部物質循環研究領域」は、廃棄物がマンテル深部で熟成され、最終的にはホットスポットで再利用されること、そしてホットスポットの再利用対象物とサブファクでの廃棄物がきちんと対応していることを明らかにした。

鍵となったのは、海洋域ホットスポットの玄武岩に含まれるEM1、EM2、HIMUという3つの成分だ。ホットスポットの位置はプレートが移動しても動かないため、その源はより深部にあると思われる。ホットスポットは研究者にとって地球の深部を覗くことがで

きる便利なドリルホールなのだ。

海洋域ホットスポットの玄武岩を選んだのは、玄武岩マグマの材料となるマンテルに大陸物質が混ざって化学的情報が乱される危険が少ないからだ。ここから採取した玄武岩の組成を、元

素の同位体比で見ると、非常に多様であることが分かる (図2)。

玄武岩の組成バラエティの端には、突出して特徴的な物質 (EM1、EM2、HIMU、DMM) が見られる。これらをマンテル端成分と呼ぶ。DMMはマン

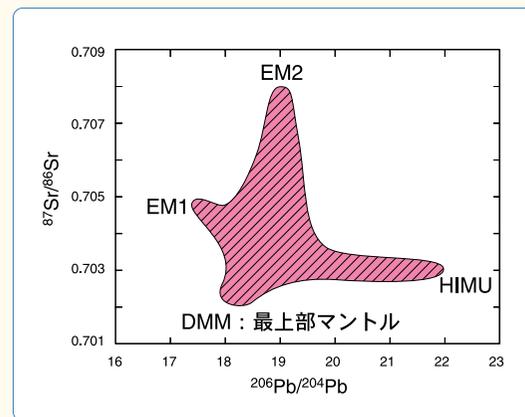


図2 海洋域ホットスポット玄武岩の化学的多様性  
ホットスポットの玄武岩は、EM1、EM2、HIMU、DMMという4つの端成分のブレンドである。DMMはマンテル最上部にたくさんあると推定されるが、EM1、EM2、HIMUはもっと深いところにあるらしい

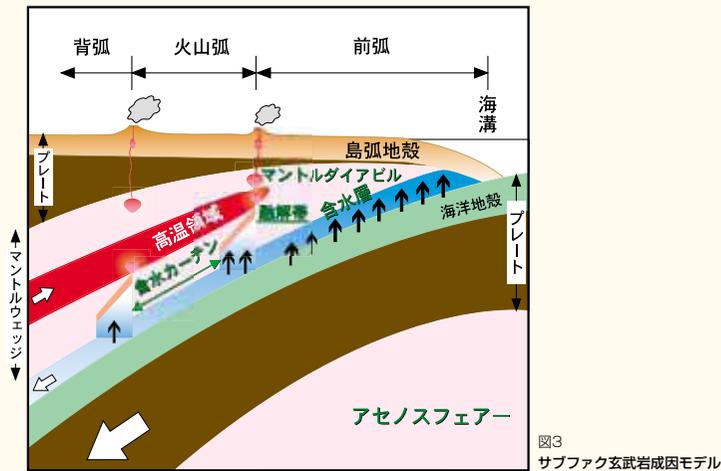


図3 サブファク玄武岩成因モデル

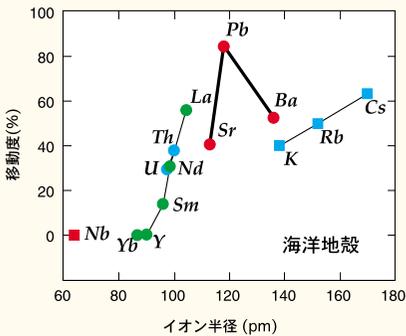
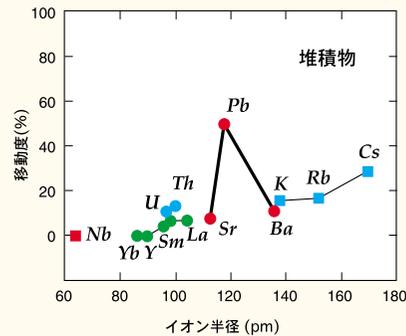


図4 脱水分解反応に伴う元素の移動  
たとえばPb(鉛)は海洋地殻からほぼ90%、堆積物から60%近くが抜け出してしまふ。逆にこの実験結果を使い、抜け出さずに残った元素から海洋地殻の残り滓の化学組成も推定できる



トルのもっとも浅い部分を構成し、海嶺（海洋プレート）を作っている玄武岩の基となる物質だが、玄武岩組成のバラエティを説明するには他の3つの端成分の存在が欠かせない。マントル内の端成分がブレンドされることで玄武岩組成の多様性が生まれるのだ。

固体地球の進化を考えるには、ホットスポットに見られるこれらの端物質が、どのようにしてできたかを考える必要がある。そこでホットスポットとサブファクをつなげて、地球内部の物質循環を見ていくと、ちょうどサブファクの廃棄物がホットスポットでの再利用対象物に当たることが分かった。

**製品その1—沈み込み帯のマグマ**

海洋地殻は海嶺での熱水変質作用で、スポンジのように水をたくさん含む。サブファクでは水を大量に含む海洋地殻がマントルウェッジの下に潜り込んでいく。深く潜るほど高圧がかかり、海洋地殻からはスポンジをぎゅっと押しつぶすようにして水分が放出される。

三陸沖を例にとると、海溝と火山の間くらいで海洋地殻からほとんどの水分が放出されてしまう。放出された水分はマントルウェッジに供給され、含水層(水を含んだ層)ができる。含水層はプレートの沈み込みと共に深部へと引きずり込まれていく。この過程で再

び含水層から水分が押し出され、マントルウェッジ内を上昇しながらマントルを部分融解させてマグマを作る。以上がサブファクがマグマを製造する工程（異モデル）である。

次にこのモデルで、実際の「製品」であるマグマの特性がうまく説明できるかどうかを検証しよう。

海洋地殻やマントルウェッジから放出される水分は純粋な水ではない。高温高圧下では水は常温常圧以上にさまざまな元素を溶け込ませる。これまでの実験から、脱水分解の過程で海洋地殻と堆積物からどのような元素がどの程度溶け出して移動するか分かった(図

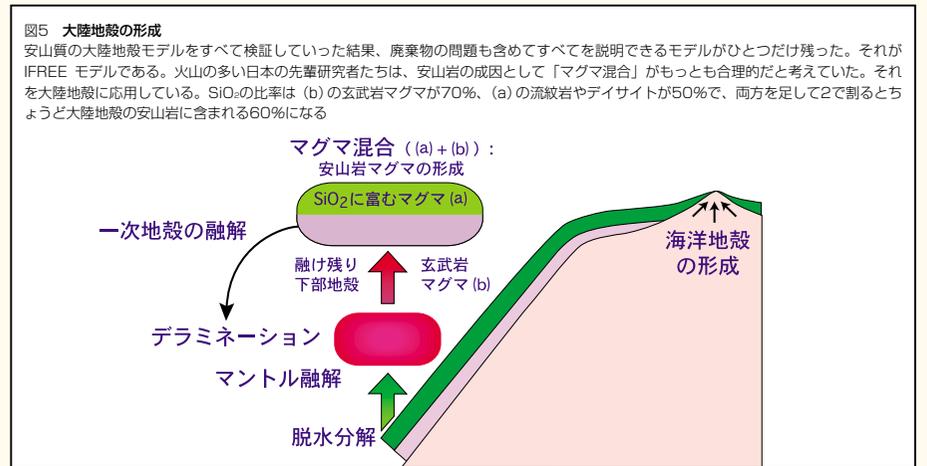


図5 大陸地殻の形成  
安山質の大陸地殻モデルをすべて検証していった結果、廃棄物の問題も含めてすべてを説明できるモデルがひとつだけ残った。それがIFREEモデルである。火山の多い日本の先輩研究者たちは、安山岩の成因として「マグマ混合」がもっとも合理的だと考えていた。それを大陸地殻に応用している。SiO<sub>2</sub>の比率は (b) の玄武岩マグマが70%、(a) の流紋岩やデイサイトが50%で、両方を定めて2で割るとちょうど大陸地殻の安山岩に含まれる60%になる

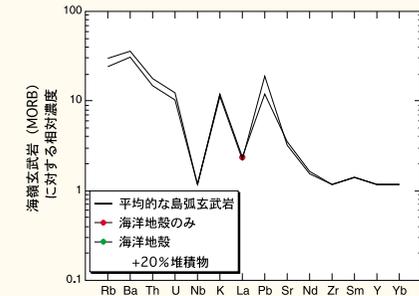


図6 サブファク玄武岩の化学的特徴の成因  
大陸物質の影響を受けない平均的な島弧玄武岩と、海洋地殻だけを原料とする玄武岩、海洋地殻に堆積物を加えたものを原料とする玄武岩の組成を比較すると、ほぼ同一のパターンを描いた

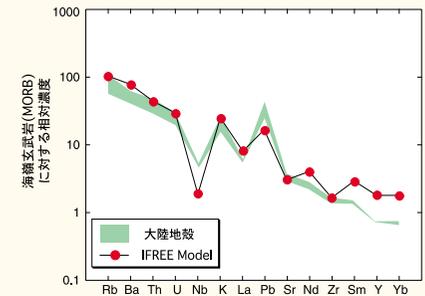


図7 大陸地殻の化学的組成とモデリング

4)。海洋物質から抜け出した元素は水分と共にマントルウェッジに添加され、やがてはマグマに含まれるはずだ。

実験データと異モデルをもとにしたシミュレーションでマグマの組成を追跡したところ、マグマ→玄武岩が実際に以上の工程を経て生まれることを化学的に実証できた（図6）。

**製品その2—大陸地殻**

サブファクのもうひとつの「製品」である大陸地殻は、固体地球の体積の1%にも満たないが、もっとも軽元素（軽い元素）が濃集しているという際立った特徴がある。大陸地殻は軽元素の

中でもSiO<sub>2</sub>（シリカ）が約60%を占め、マントル上に浮く形で安定している。大陸地殻がどのようにできたかは、地球の進化を語る上で欠かせない重要な問題だ。もともと隕石由来の成分で均一だった地球が、どうして現在のようにならなくなったかを解明することにつながるからだ。

海洋地殻が玄武岩であるのに対して、大陸地殻の特徴的な岩石は安山岩だ。これらの安山岩の製造工程はどのようなものだろうか。

20~30億年前、大陸地殻が生成されたころの地球では、まずマグマが玄武岩質の一次地殻を作った。しかし下から

続いて高温の玄武岩マグマが上昇してくるため、一次地殻はマグマに熱されて融解する。一次地殻の玄武岩が溶けると、SiO<sub>2</sub>に富んだ流紋岩やデイサイトといった軽い岩石と、融け残りの滓とに分離する。このようにして生成された流紋岩やデイサイトには、さらに下から上昇してきた玄武岩マグマが混じる。

玄武岩マグマを材料に「マグマ混合」によって安山岩が生まれるには、融け残りの物質がそこから取り去られなければならない。その作用をデラミネーション（剥離作用）と呼ぶ。軽い成分であるSiO<sub>2</sub>が抜けて、相対的に重くなった融け残りの物質は、ある深度を超え

## サブダクションファクトリー：ゼロエミッション工場

- ・大陸地殻の生産
- ・マントル内地球化学的貯蔵庫の形成

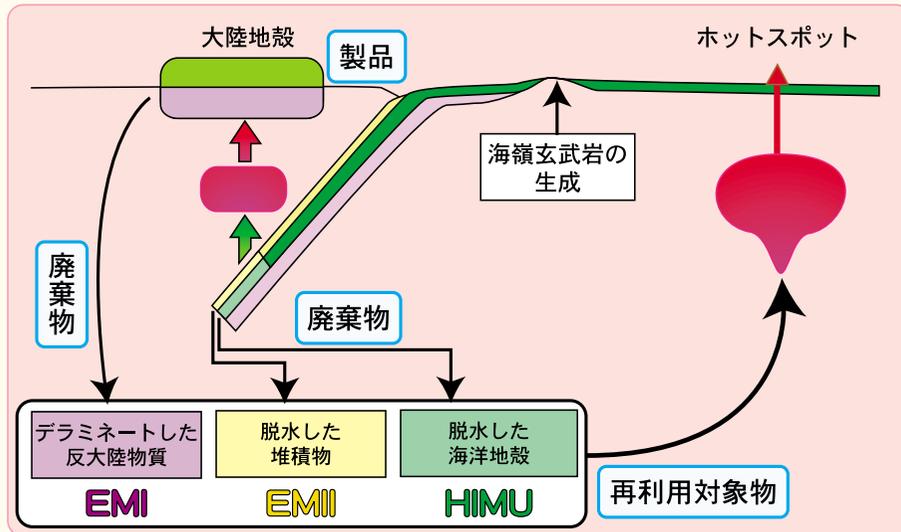


図8 地球進化におけるサブファクスの役割

図9 廃棄物のゆくえ：プレート脱水廃棄物の同位体比進化  
脱水分解した廃棄物に含まれるNd（ネビディウム）とSr（ストロンチウム）の量がわかれば、10億年後、20億年後に同位体比組成がどうなっているかも割り出すことができる。HIMUはHigh- $\mu$ のことで、 $\mu$ は $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ を表す。安定同位体である質量数206のPb(鉛)は質量数238のU(ウラン)が放射崩壊して生じる。HIMUは他の端成分に比べてきわめて高い鉛同位体比を示す

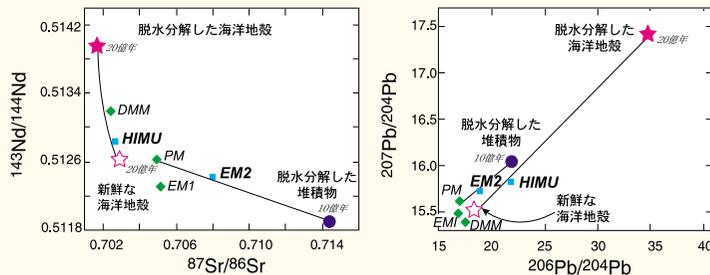
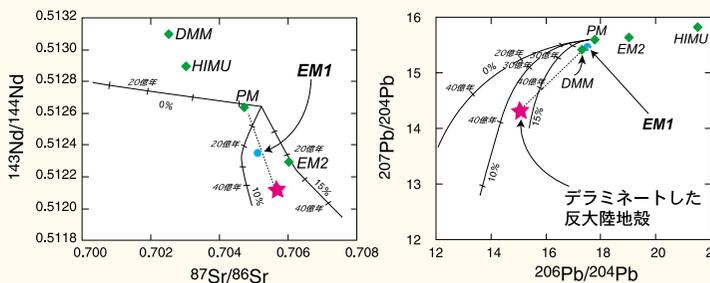


図10 廃棄物のゆくえ：反大陸地殻物質の同位体比進化



るとザクロ石などの鉱物を生じてマントルよりも重くなる。そこでマントル深部へと落下する可能性が高いのだ。

以上の仮説をもとに大陸地殻の組成をモデリングすると、実際の大陸地殻に含まれるSiO<sub>2</sub>および微量元素とIFREE Modelによる計算結果はみごとに一致した(図7)。これでサブファクの製造工程と「製品」については検証できたことになる。

### サブファク廃棄物のゆくえを検証する

廃棄物についても同位体比を指標にし、時間経過による組成の変化と合わせて見ていこう。

今から10億年前に脱水分解した堆積物の現在の同位体比と、始源的マントル(PM)の同位体比を見ると、両者を結ぶ混合線(ブレンドした値を示す)の上に端成分EM2が乗っている(図9)。つまり、堆積物が脱水分解した後10億年間貯えられ熟成し、マントル最上部にある始源的マントルと混ぜたと考えれば、端成分EM2の存在をうまく説明できるのだ。

一方、サブファクで脱水分解された海洋地殻の残り率は、際立って高い鉛同位体比を示す。海洋地殻から脱水分解反応によってほとんどの鉛が取りだされてしまうからだ。また、海洋地殻のすべてが海嶺で水を含むわけではない。水を含まない「新鮮な」海洋地殻も相当量であると推定されている。水を含まない海洋地殻はサブファクでは活用されないが、やはりプレート運動によって地球深部に持ち込まれ熟成されているはずだ。そこで海嶺を掘削して取り出した新鮮な海洋地殻の20億年後と20億年前に脱水分解した海洋地殻を同位体比でみると、その二つをむすぶ混合線上にHIMUが乗っている(図9)。これら同位体組成の異なる2種類の海洋地殻を合わせると、端成分HIMUの化学的特徴と一致するのである。

これを複数の元素の同位体比で確か

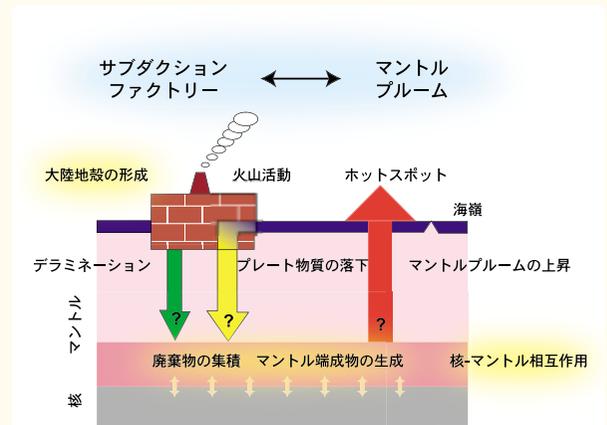


図11 地球内部の物質循環

め、脱水分解した海洋地殻とPMがブレンドしてEM2が、新鮮な海洋地殻と脱水分解した海洋地殻がブレンドしてHIMUができることが検証できた。

次に反大陸物質である。図10の★印は35億年前の反大陸物質が現在持っている組成だ。端成分EM1はこれとPMを結んだ混合線上にある。グラフ内の0%、10%、15%は反大陸物質の中

に抜けきらずに残っている流紋岩質の比率で、同位体比の元素の種類を変えても同じく10数%のところに★印がくる。そこで、10%前後の流紋岩質成分を残し30~40億年前に大陸地殻からはがれ落ちた反大陸物質がEM1の原料となっていないと考えられる。

このようにIFREEモデルを用いると、サブファクの製品と廃棄物の両方について矛盾のない説明ができるのだ。

成という役割を果たす。貯蔵された化学物質は10億年という時間を経てホットスポットで再利用される。人間には気の遠くなるような長いサイクルで見ると、サブファクの廃棄物はホットスポットというリサイクル工場で活用され、地球全体がゼロエミッション工場として物質を循環させているのだ。

これまでの研究成果から地球内部の物質循環がかなり分かってきた。残る大きな問題は、マントル内部に落下した廃棄物はどこに貯蔵され、マントル端成分となるのかということだ。廃棄物のすべてが同じところに貯えられているとは限らない。だが、少なくともその一部は中心核の上、深さ3,000kmくらいのところにあるのではないかと考えられている。

隕石を分析した結果から、中心核には地殻には乏しい貴金属がたくさん含まれていると思われる。もし中心核の上に廃棄物が貯蔵されて熟成されるとすれば、その中には貴金属が混ざり込んでいるはずだ。

現在IFREEでは、中心核との相互作用をターゲットに分析・研究を進めている。やがては廃棄物が再利用まで貯蔵されている場所などについても明らかにされることだろう。



# FRONTIER2003

## 地球を読む

### 温暖化と異常気象

#### 観測、モデリング、シミュレーションから 地球の今と未来の姿を映し出す

3月19～20日の2日間、地球フロンティア研究システム・地球観測フロンティア研究システムの合同研究成果シンポジウムFRONTIER2003が東京都品川区のコクヨホールで開かれた。今年は、温暖化と異常気象という私たちにも身近なテーマが選ばれた。日々の生活やニュースで触れていることでも、断片的にしかわかっていないことは多い。そのような問題に対して、最新の研究成果が報告された。

地球フロンティア研究システム  
松野 太郎 システム長



#### 温暖化や台風に 最新科学が迫った2日間

地球が現在、どのような状況に置かれており、これから先、どうなってしまうのかということは、多くの人に関心を持っていることである。2日間に渡るこのシンポジウムでは、地球の現状、そして未来について様々な角度からの発表が相次いだ。

1日目のテーマは温暖化予測。近藤洋輝特任研究員の「なぜ今温暖化予測研究が必要なのか」をイントロダクションにして、3つのトピックスに分けて講演が行われた。1つ目のトピックスは「温暖化によって気候変動が起こったときそれはどのような形で私たちの目に見えるのか？—水循環と寒冷圏—」。温暖化による地球の変化を、気温や水蒸気量の上昇、凍土の氷解など、私たちが一番身近に感じ取れる話題が取り上げられた。中でも、田中教幸プログラムディレクター代理の「北極の変化は地球温暖化のサイン？」では、最近話題の北極海の氷の厚みや面積の減少が温暖化による影響なのか疑問を持ち、世界中の北極圏での観測データを分析した研究結果が発表された。それによると、北極の平均気温の変動が、北半球全体の気温変動と結びついてい



田中教幸プログラムディレクター代理

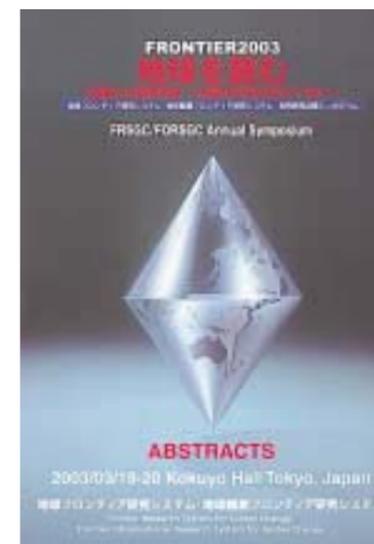
ないこと、北極圏では10年ほどの周期で寒冷化と温暖化が繰り返し起こっていることなどが明らかになってきており、地球温暖化が進行すれば、必ず北極海の氷が減少すると単純に言えないという。

2つ目のトピックスは「温暖化予測実験とはどういうものなのか？」と題し、コンピュータを使った予測実験に関する報告が2本発表された。100年後の未来がどうなるのか、私たちは見ることができない。しかし、江守正多研究員の発表のように、いくつかのシナリオを用意し、シミュレーションすることで、100年後の気候の変化を予測することができる。また、秋元肇領域長の発表では、二酸化炭素だけでなく、大気汚染を引き起こす硫酸塩、硝酸塩、ススなども、温暖化に大きな影響を持つ可能性があることがわかっており、大気汚染と温暖化の関わりを明らかにしていくためのコンピュータ・シミュレーションの展開方法が語られた。

3番目のトピックスとして挙げたのが、「森林と海はどのくらいCO<sub>2</sub>を吸収するのか？」。二酸化炭素除去装置としての森林や海洋がどのくらいの力を持っているのか、さらには、二酸化炭



地球フロンティア研究システム 大気組成変動予測研究領域・秋元肇領域長



FRONTIER2003シンポジウムの冊子

素が本当に温暖化を引き起こすのかという疑問に対し、人工衛星、国際的な広域観測ネットワーク、コンピュータ・シミュレーションなど様々な手法を駆使した研究成果が報告された。

2日目は「異常気象—アジア・西大西洋の気候変動—」をテーマに、2つのトピックスを軸にした7つの研究発表があった。1つ目のトピックスは「太平洋・インド洋の気候変動」。海洋は赤道付近で多くの熱を吸収し、極方面へ運ぶ役割をしており、気温や風などの気候に影響を与える。エルニーニョの例でもわかるように、海面の水温が原因で異常気象となる場合もある。海洋が、気候にどのように影響しているのか、赤道太平洋、ハワイ諸島、インド洋などの事例が説明された。

そして、2つ目のトピック「アジアモンスーン・西太平洋の雨と雲」では、梅雨や台風といった、アジアに住む私たちに馴染み深いテーマの発表があった。特に興味深かったのが、佐藤正樹研究員の「世界の数値予報革命をめざす」という発表。今までよりも高精度な予報を実現するために開発された、雲の運動を正確な物理法則を用いて計算したり、地球全体を三角形のメッシュで区切る方法などについて語り、数値予報の新しい方向性を示した。

JAMSTEC

## Report

実物に感動、体験で納得  
海洋科学技術と触れあう一日

# 海洋科学技術施設 一般公開を開催

横浜研究所で初公開されたスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」(横浜)

毎年恒例の「海洋科学技術施設一般公開」が今年も開催された。今年は、横須賀本部の施設公開に加え、昨年秋にオープンした横浜研究所も初の一般公開を行い、世界最高速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を公開。横須賀本部では、昨年進水式を終えた地球深部探査船「ちきゅう」に関する講演や展示などが注目を集めた。

当日は天候にも恵まれ、横浜研究所には1,030人、横須賀本部には3,672人もの人が訪れた。海洋科学技術の普及・啓蒙は、研究・調査といった通常のセンターの業務に加えもうひとつの大きな責務だ。海や科学と疎遠な方々にもその面白さを知っていただくと同時に、未来を担う若者たちが地球科学に関心を持つ機会を創出し、センターの活動を広く報告する場として、このイベントは重要な役割を担っている。研究員も最新の技術や研究を、やさしく楽しく理解してもらえよう、実験や装置、展示パネルなどに様々な趣向を凝らして説明にあたった。



インターネットブースで、子どもたちもデータベースにアクセス!(横浜)



地球シミュレータのCPU数にちなんで、昨年の開所以来5,120人目の来場者に記念品が贈られた(横浜)

熱気にあふれるくぬぎやま 桐山氏のセミナー(横浜)



海洋調査船「かいよう」の体験クルーズも行われた(横須賀)

記念写真はその場でカレンダーにして、プレゼント(横須賀)



横浜研究所の公開日は4月19日(土)。「横浜のもう一つの地球を見てみよう!」をテーマに様々な催しが行われた。初公開の「地球シミュレータ」では、体育館ほどの巨大なスペースに320の計算機キャビネットと65のネットワークキャビネットがずらりと並ぶ光景に、見学者たちも思わず驚きの声をあげていた。三好記念講堂では地球シミュレータセンターのくぬぎやまのりこ 桐山典子氏のセミナー「人と地球のやさしい関係」も開催。地球シミュレータが自然との共生関係を取り戻すために果たす役割などをわかりやすく紹介した。家族連れに好評だったのは有人潜水調査船「しんかい6500」の3D映像などが見られる映像展示室。半球スクリーンやマルチスクリーンに次々と浮かぶダイナミックな地球の姿は、理屈抜きで子どもたちを未知の世界へと案内してくれたようだ。図書室の資料やDVDなども公開され、インターネットブースでは沖縄県名護市のGODAC(国際海洋環境情報センター)のホームページなども紹介。子どもたちも手慣れたキーボード操作で、データベ



海の男の「技」も伝授(横須賀)



プレートの動きを目の前で再現(横須賀)

ースを次々に再生しては楽しんでた。

一方、横須賀本部の公開は5月10日(土)に行われた。「ものしり体験! 海と地球」というテーマに合わせ、日頃見られない研究機器の「見学ツアー」や「高圧環境実験」をはじめ、多くの体験型プログラムが実施された。

埠頭には海洋調査船「かいよう」と支援母船「なつしま」が停泊。船内見学はもちろん、ロープワーク教室も開かれ、制服姿の船員の指導で子どもたちも大奮闘。予約者を対象に「かいよう」の体験クルーズも行われ、船の前の賑わいは終日続いた。

生き物の展示や実験コーナーも好評だった。八景島シーパラダイスの協力による「体感ミニ水族館」をはじめ、生きたチューブワームや水深1,200mの深海から捕獲した深海魚「アカドン

コ」、100気圧の環境を再現するディーブ・アクアリウムで飼育されているゲンゲなど、センターでしか見られない深海生物には、子どもも大人も興味津々。ペットボトルで波浪発電の原理を体験する実験や、バネとおもり錘を使い活断層で地震が起きる原理を再現する装置などには「物理は難しいけど、目で見ると納得できますね」と年配の見学者も満足そうだった。

また、セミナー室では、地球深部探査船「ちきゅう」や燃料電池探査機など4つのテーマで講演会が開催された。「ちきゅう」については、海洋科学技術館に解説パネルや、ドリルビットの作動模型も展示され、注目を集めた。

「触ったり、参加できるコーナーが増えて子どもたちも喜んでます。スタンプラリーやクイズは、楽しく展示をまわっていいですね」と語ってくれたのは、毎年子どもたちと見学に来るといふボーイスカウトの引率者。子どもたちも「ROVの操作が楽しかった」「恐竜クイズは正解したよ」などと元気に答えてくれた。小さな子どもからご年輩まで、今年も多くの人に海洋科学、地球科学の面白さに触れていただけるいい機会となったようだ。

# Face

Staffの横顔

なかむら とおる  
**中村 亘 さん**  
 海洋科学技術センター  
 ワシントン駐在員事務所 所長



## 研究者の視点を活かした マネジメントで 現場の研究をサポートしたい

ドリリング計画から気候変動まで、  
 日米の研究機関の調整を図り、  
 センターのネットワークをさらに広げる窓口となる

海洋科学技術センターには現在ふたつの海外事務所がある。2000年10月に開設されたワシントン駐在員事務所と、2001年4月に開設されたシアトル駐在員事務所だ。ワシントンはセンター初の海外駐在事務所として、開設以来、現在進行中のプロジェクト「深海地球ドリリング計画（OD21）」や地球気候変動研究など各種海洋科学研究の推進のため、NSF（米国科学財団）やNOAA（海洋大気庁）といったアメリカ東海岸に集まる政府機関や研究機関・研究者との連絡調整などを行ってきた。そのほかにも、さまざまな国際会議に関するアテンド、訪米する研究員たちのサポートなどその業務は多岐にわたる。今回は、そのワシントン駐在員事務所の2代目所長としてこの4月に就任したばかりの中村亘所長に、国際電話でインタビューを行った。

### 北極海の研究から マネジメントの世界へ

「まだ、赴任して1ヶ月半なので、ワシントン事務所のお話はどこまでできるか（笑）」と申し訳なさそうに話し始めた中村さんだが、センターでのキャリアは既に13年。1991年に研究員として入所して以来、さまざまな仕事に携わってきた。専門の気象・雪氷分野の知識を活かし、当初は海洋観測研究部に所属。ウッズホールとの共同研究で北極海にブイを設置するプロジェクトなどにに関わり、北極では1週間に渡る氷上キャンプ生活など貴重な体験も重ねながら、アラスカと日本を往復し研究の日々を送った。約7年の研究生活の後、地球科学技術推進機構（現在は地球科学技術総合推進機構）に出向し、IARC（国際北極圏研究センター）の設立支援に従事することとなる。

「1998年から2年間の出向です。日米共同研究プロジェクトの国際拠点としてIARCが設置されることになり、日本からはセンターとNASDAが参加することになりました。地球科学技術推進機構の業務のひとつにセンター業務の支援があり、その一環としてIARCの設立準備のサポートも行いました」

東京・浜松町にあった地球科学技術推進機構の事務所を拠点に、NASDA、アラスカ大学、そしてセンターの三者の間に立ち、合同委員会の開催や国際会議のアテンドなど日本側の窓口として調整役にまわった。

無事IARCも設立し、次に配属されたのが横須賀本部の研究業務部計画調整課。海洋観測研究部で得た知識と、出向中に培ったマネジメント業務の経験を活かし、トライトンブイの運用担当となる。トライトンブイはセンターが西部熱帯太平洋に設置している海洋・気象観測ブイだ。NOAA/PMEL（太平洋海洋環境研究所）との連携により太平洋赤道域の海洋・気象データを集め研究者たちに提供している。その設置から回収、整備までの計画管理や、必要な物品の調達、さらには洋上で壊されたり盗られたりしたブイの対

処までを取りまとめてきた。研究プロジェクトの運用は、単に日程・人・コストを管理するだけでは務まらない。何のためにどんな成果が必要なのか、そのためにはどんな方法がとれるのか。現場の声を聞きながら最良の方法を選択することが肝要だ。

「トライトンブイひとつとっても、センターのプロジェクトチームはもちろん、個々の研究者、マリンワークジャパンといった外注先の技術者の方たちなど多くの人が関わっています。その間に立って、研究のサポートをするわけですね。それには私の専門分野の知識も役に立ちました。例えばブイのメンテナンスを頼むにしても、気象研究など実際にデータを使う現場がわからないと的確な指示ができません」

### 経験を活かし研究の元を 支えたい

2003年6月2日（米国時間）、ワシントンD.C.において「コンピュータワールド表彰プログラム」主催の「21世紀の偉業賞」授賞式が行われた。「地球シミュレータ」が環境エネルギー・農業部門賞に選定され、センターからは佐藤哲也・地球シミュレータセンター長と佐久間弘文グループリーダーが招かれた。「21世紀の偉業賞」はITを用いることで社会的に多大な貢献を行った組織に対して与えられる賞で、マイクロソフト、デル・コンピュータ、IBMなどの有力IT企業経営者100人が選定委員を務める。出席者のアテンドは中村さんが担当した。

「赴任早々、嬉しく思っています。大使館の方からも、非常に栄誉な受賞だと喜んでいただきました」

こうした国際的イベントや会議などの調整もワシントン駐在員事務所の業務のひとつだが、一方で開設当初より重要な業務として位置付けられているOD21のプロジェクトは今秋より新たなステージを迎える。OD21が一方の核となり準備を

進めてきたIODP（統合国際深海掘削計画）が10月1日から正式にスタートする。IODPは日本が中心となって進める地球生命科学の新しい国際プロジェクトであり、ヨーロッパ・中国等の参加も予定されている。本プロジェクトが正式にスタートすればサポート役としての事務所の果たす役割はこれまで以上に大きくなる。

「これまではNSFの調整が中心でしたが、今後はNOAA関係との調整業務も増えてきます。また、掘削プロジェクト以外の面でも政府機関や東海岸の研究機関との連携をさらに深めたい。先日事務所でもNSFやNOAAの方たちと会合を開いたんですが、できるだけ多くの方々と情報交換をしていきたいですね」

当面は様々な会合に顔を出し、ネットワークを広げることが所長としての第一の仕事、と中村さんは言う。

「研究者としてやりたいことはありますが、なかなか時間が作れません。でもマネジメントの仕事も面白いんです。マネジメントを通して改めて研究が見えてくることもあります。私たちの仕事は研究の元を支える仕事です。いい成果を研究者の方に出していただいて『ワシントン事務所があって助かった』と言われるように、スタッフ一同頑張っていきたいと思っています」

研究もマネジメントも一通りこなした中村さんだが、実は海外赴任は初めて。ワシントンでも、公私ともに新たな経験を培いながらセンターのサポートに奔走している。



NOAA訪問での1コマ

小笠原海沖に沈んだ  
HIIロケットを探せ!

## 「海底3,000mの捜索、深海の挑戦」

2002年11月9日

(海洋科学技術センター横浜研究所 地球情報館公開セミナー)



門馬 大和 (もんま ひろやす) (前列右)  
1946年生まれ。慶応義塾大学工学部電気工学科卒業。同大学院電気工学研究科修士課程修了。1972年に海洋科学技術センターへ入所し、以後ディーブ・トウの開発をはじめ深海調査の一線で活躍。現場での豊富な経験も持つ。2000年に日本海洋事業(株)に海洋科学部長として出向後、現在海洋科学技術センター研究業務部長。

宇宙から地球を見ると非常によく見えます。しかし海の中は見えません。ご存じの通り地球の表面の7割は海です。海の平均水深は3,800m。マリアナ海溝は約11,000mもの深さがあります。では、こうした海の中はどうか見ることができのでしょうか。

1999年11月15日、種子島から打ち上げられたHIIロケット8号機が小笠原海域に落下しました。私たちはNASDA(宇宙開発事業団)からの要請を受け「ロケットの発見」に成功しました。これはひとつの快挙です。しかし、本当に重要なのは「ロケットを探す技術を持ったこと」です。本日は、そのあたりを含めてお話しをしたいと思います。

## ●深海挑戦の歴史

「海洋科学技術センター」は知らなくても「しんかい6500」という潜水船はご存じでしょう。世界で最も深く潜れる有人潜水船です。これ以外にもセンターには「ドルフィン-3K」「かいこう」「ハイパードルフィン」というROV(無人探査機)や、「ディーブ・トウ」という曳航式の探査システムなどがあります。現在開発中の深海巡航無人探査機「うらしま」は、燃料電池で最大300kmの距離を走ることができます。さらに、5隻の調査船が北極から赤道まで世界中で観測を行っています。これらを使って深海の探査は行いますが、そこで深海とは何か、という話になります。よく言われるのは、高圧、暗黒、低温の世界だということですね。それを克服していくことが深海調査の歴史でした。

最初の有人潜水船は1900年頃に作られた軍用潜水艦です。調査用潜水球は1930年代に作られました。直径

1.2mの鉄球に人間が入り、ワイヤーで深海まで降ろす危険なものでした。そこで、スイスの物理学者、A・ピカールが「バチスカーフ(ラテン語で深海の船)」を作りました。1950年代です。これを改良したアメリカのトリエステ号は、1960年、マリアナ海溝チャレンジャー海淵に潜航し、人類で初めて11,000mの世界に到達しました。この記録は未だに破られていません。バチスカーフは巨大なガソリンの浮力材を使って潜航するため海底で動き回ることが困難でした。1964年に新しい発想で作られた「アルビン」は、浮力材に中空ガラスを使うなど小型軽量化を図り、最大潜航深度は1,800m、現在は4,500mまで潜れるようになっています。「しんかい6500」もこれと似た構造です。耐圧容器が直径2m、定員は3名。マニピュレータという機械の腕もあります。現在、フランスやロシアにも6,000m級の潜水船があり、アメリカ海軍は唯一の原子力潜水調査船も持っていますが、詳細は明かされていません。

## ●深海探索技術の発展させた大事件

1963年、アメリカ海軍の原子力潜水艦が沈没しました。当時は冷戦の最中で、原因究明のため捜索が始まりました。沈没地点は水深2,500m。最終

通信地点を頼りに、潜水船やカメラで10マイル四方を調べました。ところが、残骸の写真は撮れてもその位置がわからない。カメラは何kmもあるケーブルで船から曳航されるため位置が確定できないのです。そこで、プラスチック製のマーカーに番号をつけて網目状に沈めました。再度写真を撮り、残骸近くのマーカーめがけて潜水船が潜ったのです。これが深海探査技術の開発が始まるきっかけです。その後、マーカーと音を使って海底での位置を出せるようになり、現在は海底に3つのトランスポンダ(音響測位装置)を入れて、三角測量の原理で自分の位置を出せるようになりました。さらに、横方向に音を出して海底の突起物の陰をとらえるサイドスキャンソナーで、その形を写真のように見る方法も確立しました。

## ●日本における深海調査技術

海洋科学技術センターでは、1973年頃から深海調査技術の開発が始まりました。当時、日本で低レベル放射線廃棄物を海洋投棄する計画があり、そのために水深6,000mの海底に投棄した固化体を視覚的にモニタリングする研究を国から委託されました。ドラム缶を吊るした高さ3m、長さ3m、幅2mのフレームをケーブルで降ろし、カメラで観察しました。当時、日本にはカメラシステムさえなく、ウィンチ以外は全

て輸入品でした。テレビも白黒の粗い画質でしたが、1977年、6,200m海域で実験に成功しました。

次に、アメリカの「ディーブ・トウ」をモデルに、より高度な曳航ソナーの開発を進めました。水中の位置を正確に出すため音響測位装置も輸入しましたが、使いこなすまでかなり苦労しました。船の雑音が測位装置の信号を妨げるので音響技術も必要でした。機器を海底に降ろすクレーンや作業船も開発し、1983年に約5,700m海域でドラム缶をソナーで探し撮影する実験を行いました。これが後のロケット探査に非常に役立ちます。1981年に「しんかい2000」が完成し、独自のJAMSTEC「ディーブ・トウ」で潜水船の事前調査を始め、企業や海外と協力して調査する体制も整えました。学術的な深海調査の一方で、災害や事故

に際した海底の「もの探し」の依頼も受けました。1997年、日本海で沈没したロシアのタンカー「ナホトカ号」なども探索しています。

## ●HIIロケットの探索

ようやくロケットの話です。HIIロケット8号機は発射から4分後にエンジンが停止し、小笠原海域に落下しました。HIIは90年代の日本の主力ロケットで、6号機まで打ち上げましたが7、8号と失敗が続き、その原因解明が急務でした。私たちはNASDAからの依頼で4回の調査を行いました。

第一次調査には1万m級のROV「かいこう」を使いました。これはランチャー(親機)とビークル(子機)の合体構造で、ビークルは海底から150mくらいで切り離します。ランチャーはサイドスキャンソナーで広域の探査を行い、

ビークルは海底でカメラによる探査を行います。ソナーが一度に探査できる幅は2km。NASDAが出した探査範囲は幅が3.3kmで全てはカバーできません。日程を考え、とりあえず中心を通る測線を調査しました。海底の地形図は「かいいい」の最新式測深機を使って作りました。幸い探索範囲はほぼ平らで、これならば何とかすると少し安心しました。

HIIロケットは二段式で、一段ロケットにエンジン部分がついています。エンジンセクションとエンジン本体を合わせて直径4m、長さ5mほどの大きさです。これを3,000mの深海で探すわけです。出港から七日目、ソナーに怪しい線が記録されました。昔ドラム缶探しをした時の記録に似ていたんです。カメラを降ろしてみたところ、エンジンセクションでした。ほとんど変形もな



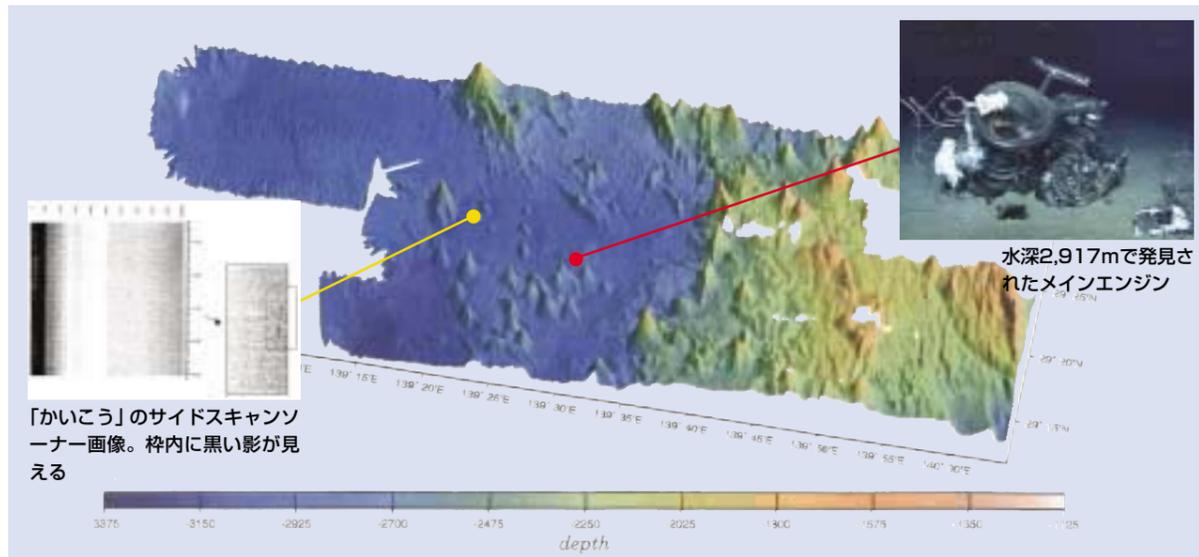
「かいこう」  
最高11,000mまで潜航可能。ランチャーにはサイドスキャンソナー、ビークルにはTVカメラとマニピュレータを搭載



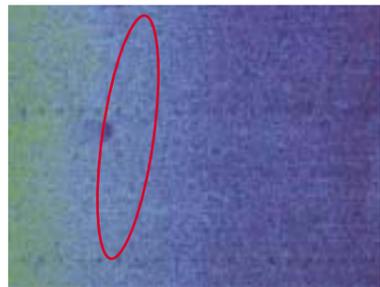
「ディーブ・トウ」  
母船からケーブルで曳かれた曳航体。水深4,000~6,000mまで潜航可能。カメラで海底をリアルタイム観測する



「ドルフィン-3K」  
母船から光・電気複合ケーブルで電力と通信を供給し、推進器とマニピュレータも持つ。最高3,300mまで潜航可能で、TVカメラを搭載



「かいいい」の測深器で作成したデータを元に作った海底の3D画像（上）



HIIロケットを発見した海域の見落としソナーの「黄色いかな線」

く海底に立っていましたが、エンジン本体は発見できませんでした。

第二次調査は「ディーブ・トウ」で広範囲を連続的に調査しました。一次で使った「かいこう」は1万mまで潜れますが、複雑で人手がかかります。「ディーブ・トウ」なら24時間の海底調査も可能です。NASDAに落下地点を再計算してもらい、前回より少し北に測線を決めました。2日目の朝、ソナーに筋状の線が現れました。エンジンセクション落下地点の東にあり、NASDAが怪しいとらんだ2つの地点のちょうど中間です。さっそくカメラを降ろすと金属の配管が見つかり、エンジンも付近にあるはずだと集中検索を行いました。そして12月24日、クリスマスイブ。この日くらいは早めに切り上げよう、といていた矢先にエンジンが発見されたんです。暗い映像でしたが、船内は非常に明るくなりました。第二次調査はいつ終わるかわからないぞと、みんな

悲壮な決意でしたが、なんとか年内に帰ることができたのです。

明けて1月5日。これまでの調査で状況も把握できたので「ドルフィン-3K」で絞り込んだ検索をしました。ノズルスカートが非常にきれいな状態で見つかり、合計15点の小部品を回収しました。次の調査に備えエンジンも詳細に観察しました。結局、エンジン本体とエンジンセクションは、距離にして15kmも離れて見つかりました。私たちの予想に反し、かなり上空で分解して落下したことを示しています。

最終調査はサルベージ会社の作業船とアメリカのROV「レモラ6000」を使い、エンジンやノズルスカートなどを回収しました。1月23日、ロケット墜落から約2ヶ月後のことです。回収部品の一部に疲労破壊が確認され墜落の直接原因と判明しました。後の設計では改善されHII-Aの成功につながりました。

ここでひとつ打ち明け話があります。実は第一次調査の際に私たちはエンジンの上を通過していたんです。しかし、見落とし。エンジンがあったのは地形が起伏に富んだ斜面の向こう側でした。ソナーの南側からの測線ではエンジンは地形に隠れて見えなかった。しかし、北側からの測線では黄色い線がかすかに出ていました。記録を見直

してわかったことです。ソナーの記録は、少し場所が変わるだけで見え方もまったく変わることを肝に銘じよ、という良い教訓となりました。

今後の私たちの課題は、中距離・高分解能ソナーの実用化と、より広範囲な光学的探査です。現在の技術では起伏の激しい海底のソナー探査は難しい。高分解能の高周波ソナーは鮮明な画像が得られますが、探査の幅は非常に狭くなります。そこで、合成開口ソナーというものを試作開発中です。より鮮明で広範囲な探査が可能となります。

20世紀の科学のひとつの成果は地球の形が明らかになったこと、すなわちグローバルマッピングです。これにより地球科学は非常に進歩しました。21世紀には地球人口が100億になるともいわれ、食糧資源が大きな問題となります。その解決には海の持続的な開発が必要です。そこで、地球の内部を明らかにすること、グローバルイメージが鍵となります。これが21世紀の課題です。海や地球の中を宇宙から見た地球のように見ることができれば、資源や地殻の活動も解明できます。海の研究にもより広域・リアルタイムな観測が必要となり、たゆみない技術開発が求められるのです。

## Blue Earth BE Room

Information

### 夏休みに、最先端の海洋科学技術を学ぶチャンス!



マリンサイエンス・スクール（生徒：7月23～25日、教諭8月6～8日）  
サイエンスキャンプ（8月4-6日）  
海洋科学技術学校（9月2-5日）



学校や教科書では学ぶことができない海洋・地球科学の最先端研究や技術開発の魅力を体験し、関心を高めてもらいたいという願いから、海洋科学技術センターでは、毎年夏休み期間を利用して、高校・高等専門学校生、同教諭及び中学校教諭、大学・大学院生を対象としたプログラムを実施しています。

マリンサイエンス・スクール（生徒）、サイエンスキャンプは高校・高等専門学校生を、マリンサイエンス・スクール（教諭）は同教諭及び中学校教諭を、そして海洋科学技術学校は大学・大学院生を対象に実施されます。世界最高の潜水調査能力を持つ有人潜水調査船「しんかい6500」、世界最速の計算能力を

誇るスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」などに出会い、研究者や技術者の多彩な講義・実習を通して、ほかでは体験できない有意義な夏を過ごしてください。

●詳細については、海洋科学技術センターのホームページを見るか、下記へお問い合わせください。  
海洋科学技術センター 総務部 普及・広報課  
TEL：046-867-9059、9061（直通）

## Book

### 『地球学入門～惑星地球と大気・海洋のシステム』酒井 治孝 著

東海大学出版会 刊 2,800円(本体価格)

学生の理科離れ、特に物理や地学離れが著しい。小学校で児童が苦手なテーマの筆頭は「地球と宇宙」、高校の「地学」履修率は1%にも満たないという。地質学を専門とする著者が、大学の一般教養講義で地球科学を教えた際に「高校を卒業した人に向けた地球科学のまとまった参考書があれば」と思って書き上げられたのが本書だ。地球物理学、地質学、気象学、海洋学などを横断的に捉え、地球を理解するための

大学生＝社会人レベルの一般教養書として必要最低限の専門知識をきちんと押さえている。元素周期表や地質年表などの基礎知識もコンパクトにまとめ、索引や参考文献リストも充実しているため、まさに高校以来、理科にご無沙汰している人にとってはありがたい一冊になるはずだ。

生態系といった側面からの環境教育は始まっているが、地球科学はその「理科の壁」の高さから未だ敬遠されている部分が

あることは否めない。その突破口のひとつとして、広く読まれて欲しい1冊である。



### 『Blue Earth』 定期購読のご案内



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

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

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

#### 支払方法

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

#### 送り先

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

#### 送信先

info@jamstec.go.jp

#### お問い合わせ

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



地球シミュレーションセンター  
オリジナル・メモパッド

世界最速の計算能力を誇るスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」が完成して1年がたちました。すでに、気候研究をはじめ様々な研究分野で成果を挙げ、世界的にもその優れた性能に注目が集まっています。今回はこの「地球シミュレータ」を描いたユニークなカタチのメモパッドを、抽選で5名様にプレゼントいたします。

編集  
後記

海洋地球研究船「みらい」は完成以来6年、最新の装備をもつ観測船として従来の船では為し得なかった調査などを行ってきました。今、その集大成として「BEAGLE 2003」南半球周航航海に旅立とうとしています。言うまでもなく、「BEAGLE」はチャールズ・ダーウィンが1831年から5年に及ぶ世界周航航海を行った「ビーグル号」にちなんでおります。ダーウィンは『ビーグル号航海記』の冒頭で、「…チリーやペルーの海岸、その他太平洋中の諸国を測量し、世界を一周してク

ロノメータの測定の連鎖を行う…」と記しています。当時、世界の大洋を経度方向に航海する時、自らの位置を正しく知るためには揺れる船の上でも正確な時刻を刻み続ける時計＝クロノメータが必須でした。原理的には現在でも同じことですが、今ではカーナビでおなじみの人工衛星を利用したGPSシステムがこれに代わっています。今回の「みらい」の航海でも172年前の「ビーグル号」の航海と同様に南半球の海洋の調査観測を任務としております。また、今回はクロノメータの精度に代わり、深澤研究主幹の言葉にもありますように観測の精度を水温では1,000分の1℃まで高めた極めて精密な観測を行うこととなっております。ダーウィンは航海を終えて23年後に『種の起源』を出版しています。これは、上記の目的からみればむしろ「副産物」ともいえる

応募方法  
官製ハガキに、1.プレゼント名、2.氏名、3.住所、4.年齢、5.職業（学生の方は学年）、6.電話番号、7.いちばん興味を持った記事、8.「Blue Earth」へのご意見・ご希望、以上を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、9月17日(火)当日消印有効です。

応募先  
〒236-0001  
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25  
海洋科学技術センター 横浜研究所  
情報業務部 情報業務課  
『Blue Earth』編集室プレゼント係

第63号 当選者発表  
第63号 「地球情報館 特製絵はがき」当選者

兵庫県神戸市 立山 徹様  
神奈川県横浜市 塚原亮子様  
ほか8名様の方々が当選いたしました。

成果でした。われわれの「BEAGLE 2003」では航海終了後1～2年の内に成果を世に問うこととしております。航海の無事と成功を祈っております。今国会で、「独立行政法人海洋研究開発機構法」が成立し、6月18日公布されました。来年4月1日をもちまして認可法人「海洋科学技術センター」は独立行政法人「海洋研究開発機構」に生まれ変わります。従来から行ってきました海洋・地球に関する研究開発をより一層推進するうえで、これまで以上に学界との密接な協力体制を築くことが求められています。また、当然のことながら経済性、効率性をさらに厳しく評価されることとなります。われわれ役職員一同、さらに気を引き締めて業務の推進にあたる所存です。今後とも読者の皆様方のご指導、ご支援をよろしく申し上げます。

賛助会（寄付）会員名簿

海洋科学技術センターの研究開発につきましては次の賛助会員の皆さまから会費、寄付をいただき、支援していただいております。(アイウエオ順)  
平成15年6月現在

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

Blue Earth 第15巻第3号(通巻第65号)2003年6月 発行  
編集人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 情報業務課 才善主門  
発行人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 加藤美志彦

本部 ..... 〒237-0061 神奈川県横浜須賀野夏島町2番地15 TEL.046-866-3811(代表)  
横浜研究所 ..... 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25 TEL.045-778-3811(代表)  
むつ研究所 ..... 〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL.0175-25-3811(代表)  
国際海洋環境情報センター ..... 〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111(代表)  
Washington Office ..... 1132 21st Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036 USA TEL.+1-202-872-0000(代表) FAX.+1-202-872-8300  
Seattle Office ..... 810 Third Avenue, Suite 632, Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543(代表) FAX.+1-206-957-0546  
東京連絡所 ..... 〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900(代表)

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

※本書掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます

【表紙解説】

## 海洋地球研究船「みらい」

Oceanographic Research Vessel MIRAI



海洋地球研究船「みらい」は、海洋の熱輸送、物質循環等の解明、海洋生態系の解明、海洋底ダイナミクスの解明など、海洋地球研究を総合的に実施するためにつくられた世界最大級の海洋観測研究船。高精度・広域・長時間にわたる海洋観測研究・気象観測研究を、より安全に、効率的に実施することができる。

2003年8月から2004年2月にかけて、「みらい」による南半球周航観測研究（BEAGLE2003）が実施される。これまでにない大規模な観測であり、得られたデータは、地球温暖化などの気候変動研究をはじめ、海洋地球研究の進展に大きく貢献するものと期待されている。

海洋科学技術センター

Japan Marine Science and Technology Center

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価300円(税込)