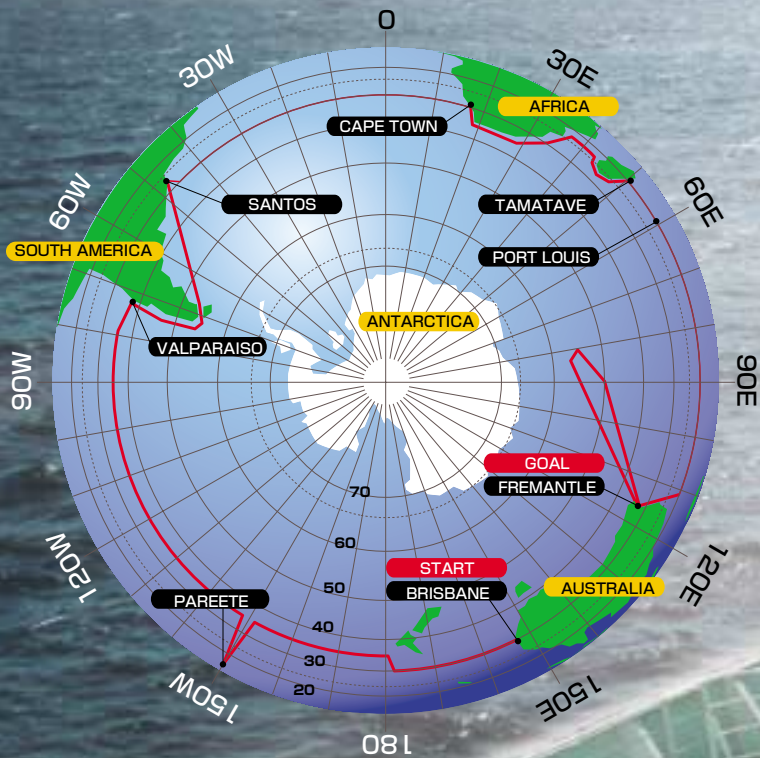


特集 BEAGLE 2003 「みらい」南半球周航観測研究

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

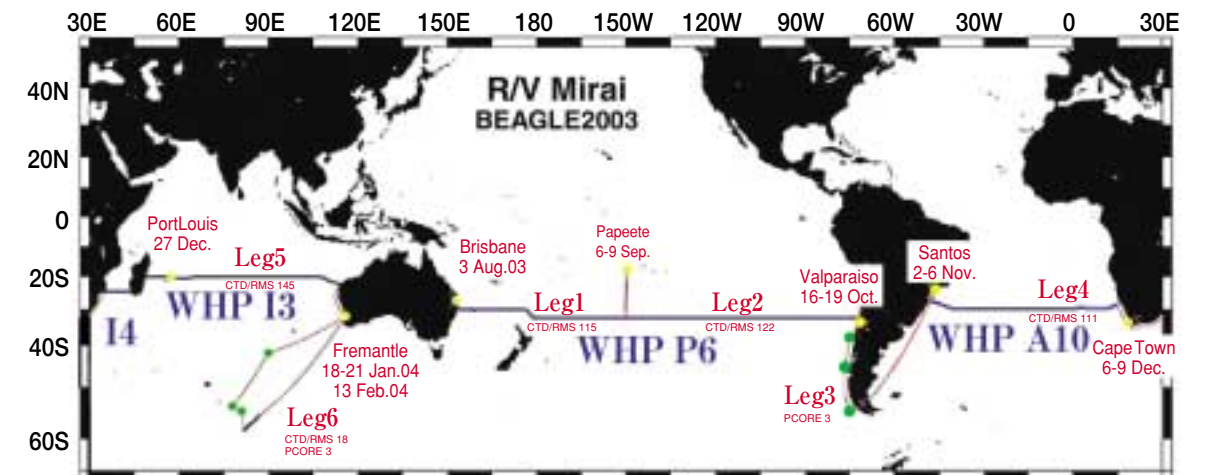
取材協力：
深澤 理郎 研究主幹
海洋観測研究部



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。

Southern Hemispheric Navigation 'BEAGLE 2003' by R/V Mirai



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。

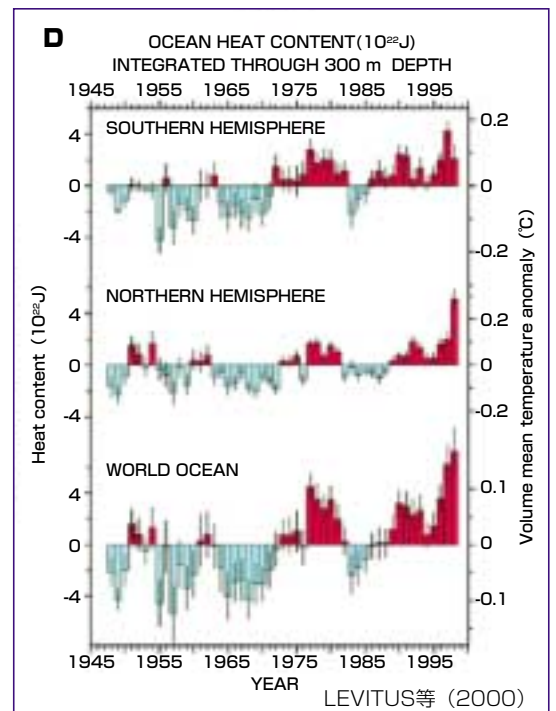
WOCEは、海洋を詳しく理解するために、船舶・ブイ・人工衛星などを活

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。

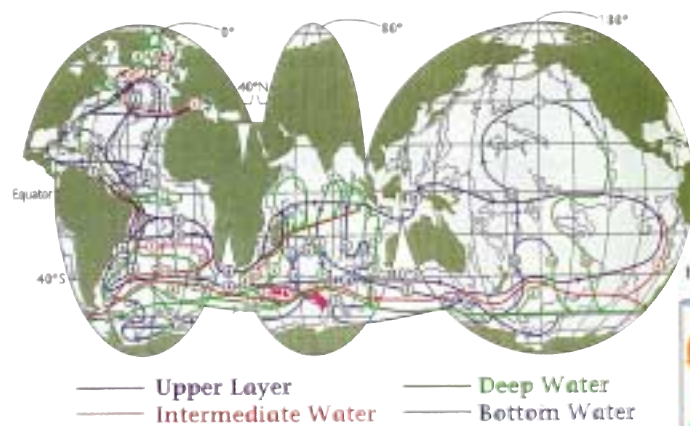
気候変動に影響を及ぼす 南極オーバーターン

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、



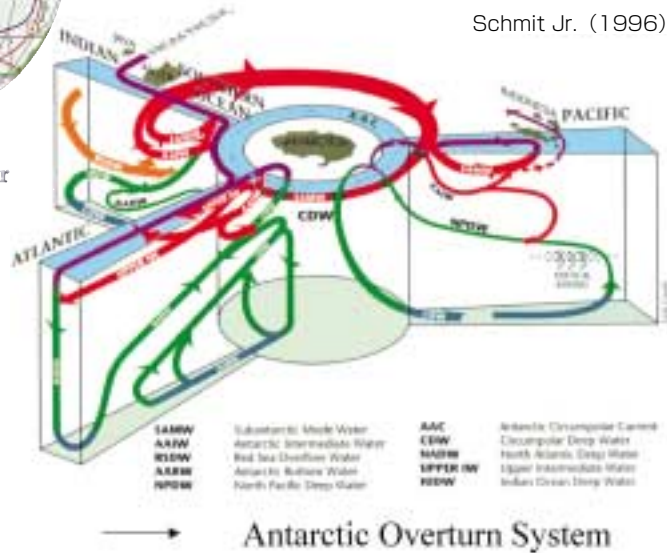
数多くの観測から、過去半世紀の間に、地球の海洋表面300mの水温はおよそ0.2℃上昇していることが分かった



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

Schmit Jr. (1995)

南極オーバーターン・システム



Schmit Jr. (1996)

Antarctic Overturn System

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ーベルト」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、全般的な気温の上昇、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

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ガー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。

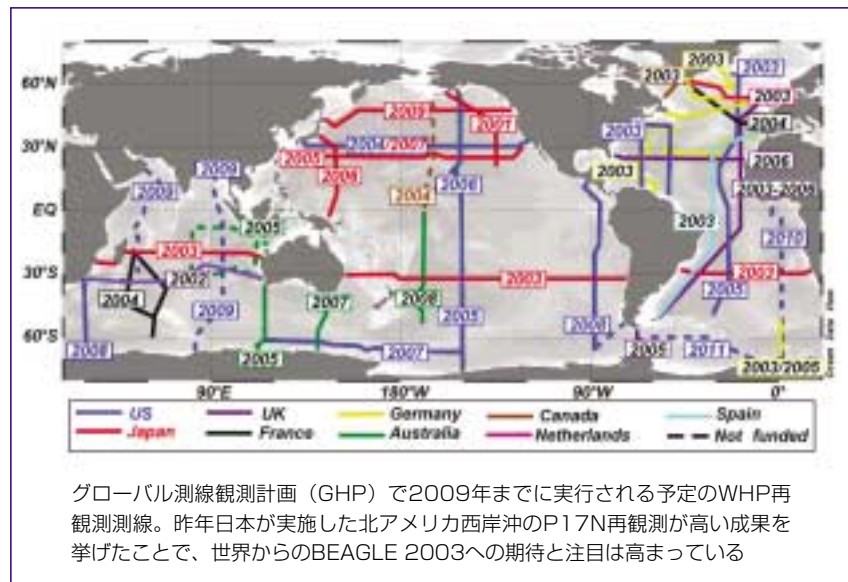


Japan Marine Science and Technology Center

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。観測チームを2～3チーム用意し、限られた時間を有効に活用し、スムーズな観測を行うことにしている。

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。



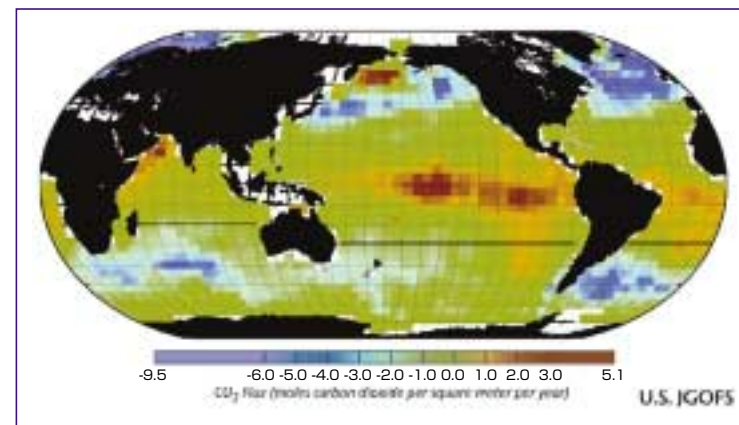
グローバル測線観測計画（GHP）で2009年までに実行される予定のWHP再観測測線。昨年日本が実施した北アメリカ西岸沖のP17N再観測が高い成果を挙げたことで、世界からのBEAGLE 2003への期待と注目は高まっている

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動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。

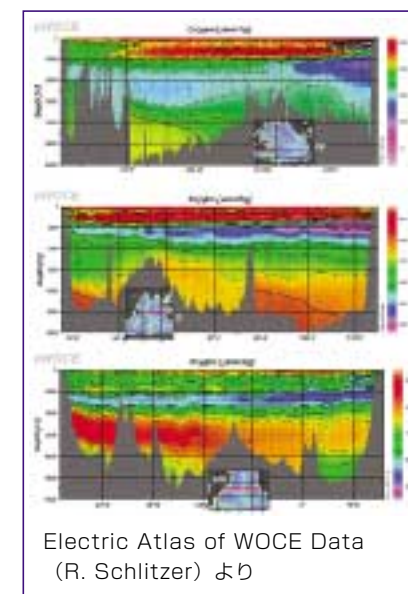
こうした難しさがあるにもかかわらず、なぜ今回のような周航観測が求められるのだろうか。それは、海洋を理解するためには、ひとつの面で切り取ることが非常に重要だからだ。海洋を点で観測した場合、得られた情報が本当にその海洋の姿を示しているのか、あるいは、海洋の様々な揺らぎによって、見かけ上そうなっているだけなのか、判断することは難しい。だが、ひとつの大洋を面で、しかも陸から大洋を越えてもう一方の陸まで切り取って見ることができれば、面全体の変化量を正しく理解することができる。その意味で、今回のように南半球の中緯度帯を一気に横断し、短期間の間に太平洋、大西洋、インド洋を面で切り取る観測は、まさに画期的な試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

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

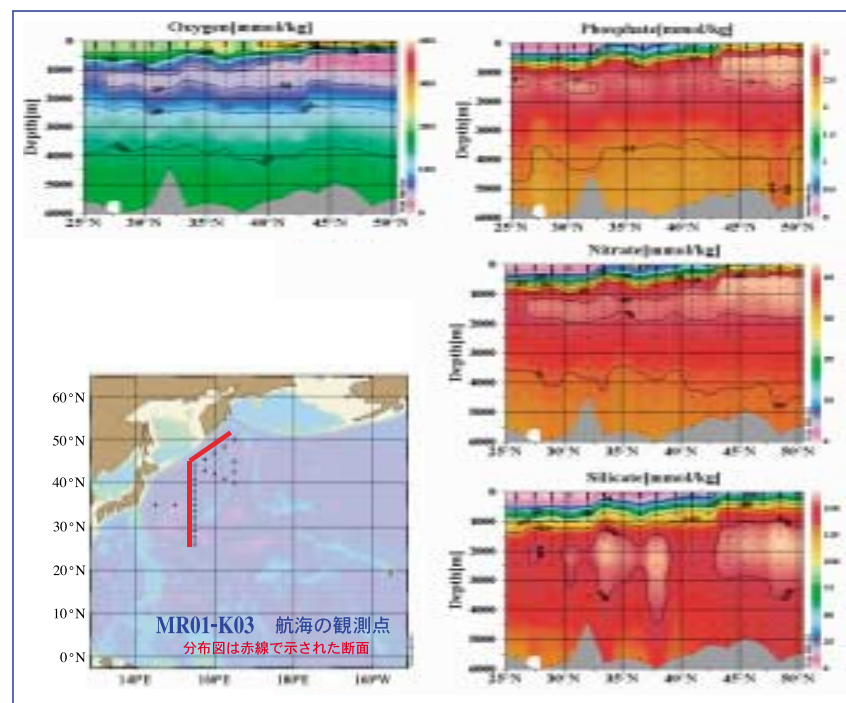
西洋と南極海でしか形成されない。そして、深層海流は、やがて太平洋にも流れ込んでくる。深層海流が太平洋にどのような影響を及ぼしているのかをしっかりと評価するためには、南半球から運ばれてくる海水について、そこに積み込まれている物質を含めて理解しておく必要がある。

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度を中心に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



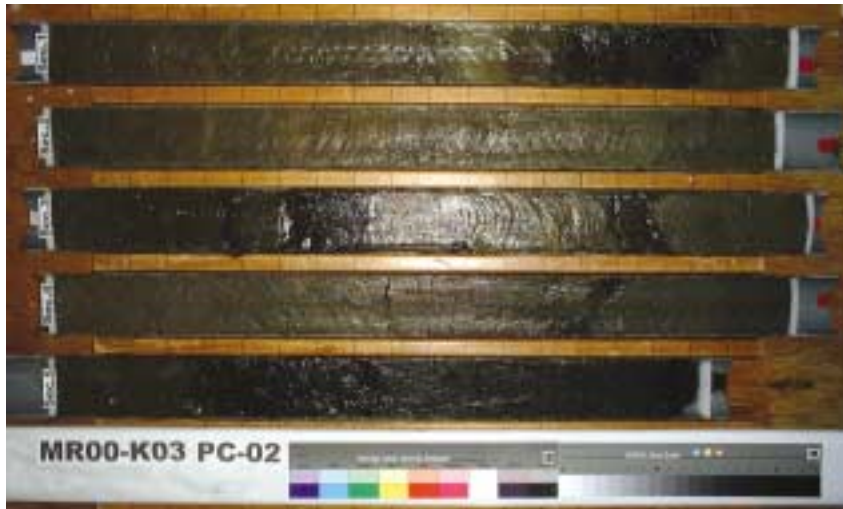
海底堆積物を採取し 地球環境変動の歴史を復元 海洋地球研究船「みらい」が 南半球で実施するもうひとつのミッション



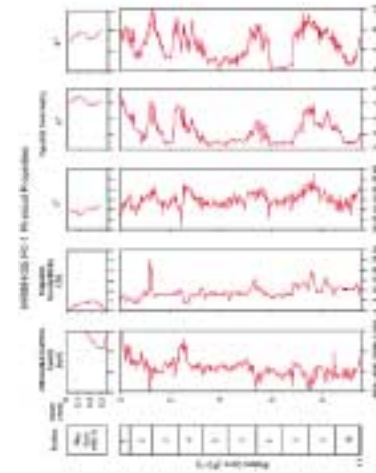
南半球周航観測研究（BEAGLE 2003）で中心となるミッションは、すでに紹介したWOCE測線観測計画（WHP）の再観測だ。だが、今回の観測航海では、このほかにもうひとつ大きな観測研究が実施される。南米チリ沖と南インド洋・ケルゲレン諸島付近で行われる海底堆積物の採取だ。海洋科学技術センター（むつ研究所）では、北西太平洋・オホーツク海を中心に海底堆積物の詳細な分析を行い、環境変動の歴史を復元する研究を続けている。さらに、こうした研究を全球的に拡大することによって、より充実した成果をあげることができるとの考えから、南半球において海底堆積物の採取を行う観測航海が実施されることになった。特にケルゲレ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



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



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



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

「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

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

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



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ヶ所しか行われないが、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

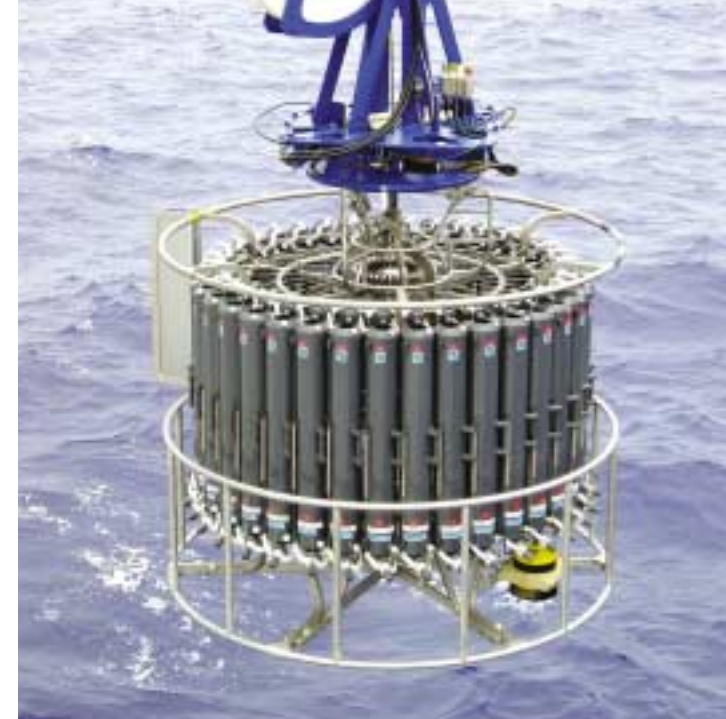
と大気の熱的な効果を比べると、海水の温度を1000分の1上昇させる熱量は、大気を1℃上昇させる分に等しい。海水は熱を運び媒体としての役割があり、それが、どのように流れているのかを調べることは、地球温暖化などの気候問題を理解する上でとても重要だ。南半球は、世界中の海洋をつないで循環する熱塩循環が集まっている地域でもある。南極周辺海域の熱塩循環システムの実態を知る上でも、今回の観測の意味は大きい。

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日間は正確な測定ができる状態が保てることがわかった。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、現実起き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官が、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をし、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分も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きてください」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・ブリス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