

Blue Earth

海と地球の情報誌

Japan Marine Science and Technology Center

特集

海から見えてくる地球環境

7・8月号

2000



最新レポート

地球最後の未踏地に
挑む地球深部探査船



Blue Earth

海と地球の情報誌 / Japan Marine Science and Technology Center

2000年 第12巻 第4号 (通巻第48号)



深海巡航探査機「うらしま」の実海域試験が、いよいよ始まった。6月30日には支援母船「よこすか」から海上に降ろすなど、様々なテストが行われた。しばらくは光ファイバー・ケーブルで結ばれての航行だが、実用化されれば自律航行によって北極圏や海底火山など、過酷な自然環境下の調査に力を発揮する。

[表紙 ・ 裏表紙]

特集 海から見えてくる地球環境

- 地球環境変動のカギを握る海洋 — 2
- エル・ニーニョの謎に迫る — 8
- 未知の海域・オホーツクへ — 14

REPORT

- 地球最後の未踏地に挑む地球深部探査船 — 18

MEMORIAL SHOT

- 海底の煙突は資源と生命の源 — 22

INTERVIEW

- 加藤 聡 研究員 (海洋生態・環境研究部) — 24

FACE

- 28 — 田代省三さん (企画部国際課)

30 — JAMSTEC JAM

- [NEWS] 北極点に我が国初の氷海観測用小型漂流ブイを設置
- [NEWS] エル・ニーニョ発生条件である暖水の蓄積が過去10年で最大
- [NEWS] 南海トラフに巨大な海山の沈み込みを発見
- [INFORMATION] 船舶一般公開スケジュール
- [GOODS] オリジナルキャップ
- [BOOK] 「海洋の科学～深海底から探る」(蒲生俊敬著)

[編集後記]

本誌は、隔月年6回の発行です。
(本誌は、旧「JAMSTEC」誌の内容を一新して発行する海と地球の情報誌です。)

地球環境変動の カギを握る海洋

地球温暖化で注目される 海洋の炭素循環

世界気象機関（WMO）の統計によれば、世界の平均気温は明らかに上昇を続けている。1995年に発表された「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」の第二次報告書は、人為的な影響による地球温暖化が進行していることを、はっきりと指摘した。地球温暖化の主な原因とされるのが、化石燃料の消費や森林伐採などによって増加する二酸化炭素だ。産業革命前には、およそ280ppmだった大気中の二酸化炭素濃度は、その後の産業の発展とともに増加を続け、現在ではおよそ365ppmにまで達している。この50年ほどの増加は特に激しい。温室効果ガスのひとつである二酸化炭素が大気中に増えたことによって温室効果が強化され、そのために温暖化が進行しているものと考えられている。そうしたなか、今後地球温暖化がどのように進んでいくかを予測することの重要性が高まっている。しかし、現在のところ、地球上で二酸化炭素がどのような過程で、どのように分配されるのか、その循環過程ははっきり分かっていない。なかでも不明な点が多いのが、地球の表面積の7割を占め、大気圏の約50倍の炭素量を内包しているといわれる海洋の働きだ。海洋が大気中の二酸化炭素の変動に対してどのように対応しているのかを解明することが、いま求められている。

温室効果のメカニズム

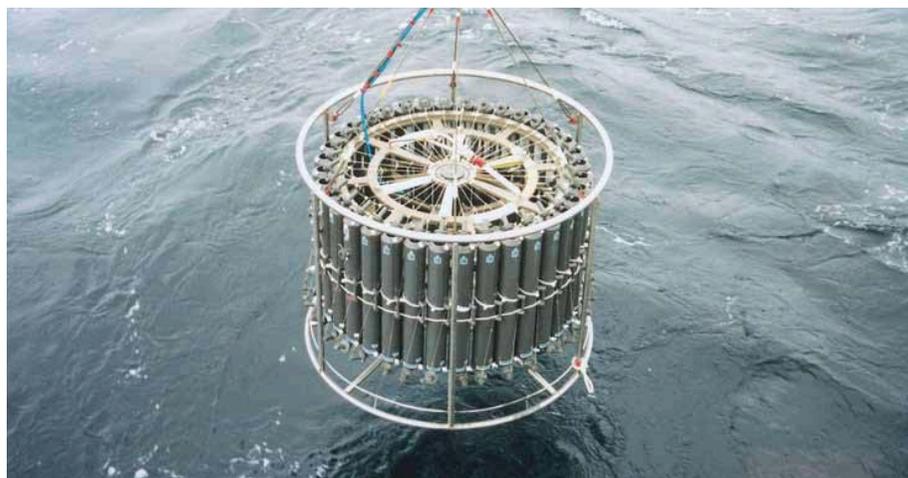
地球に降りそぐ太陽放射の約30%は、雲・積雪・砂漠によって反射されるが、70%は地表面（海洋を含む）に吸収される。吸収された太陽放射は、熱となって地表面を暖め、今度は地表面から赤外放射として、熱が宇宙へ向けて放出される。その赤外放射の一部が二酸化炭素などの温室効果ガスに吸収され、再び放射される。そのなかで下方に向かって放射されたものが再度地表面を暖める。

海洋は二酸化炭素の貯蔵庫

IPCC第二次報告書（1995年）の炭素収支によると、石油・石炭など化石燃料の消費や、森林破壊などの人間活動によって大気中に放出される二酸化炭素は、炭素換算で年間に約7.1ギガトン。このうちの約2ギガトンを海洋が吸収し、約0.5ギガトンを森林が吸収、その他の地球規模の吸収が約1.3ギガトンあるとしている。そして、残りの3.3ギガトンが大気中に残留すると見積もっている。

こうした炭素の収支については、これまでも数多く発表されているが、研究者によってその数値は異なり、明確な定量化はまだ行われていない。IPCCの見積もりでも、約1.3ギガトンの吸収源については不確定な部分が多い。ただ、こうした収支からはっきりといえるのは、海洋が大気中の二酸化炭素の重要な吸収源になっているということだ。

海洋は、つねに大量の二酸化炭素を吸収し、また放出している。その年間のやり取りの量（循環する量）は、

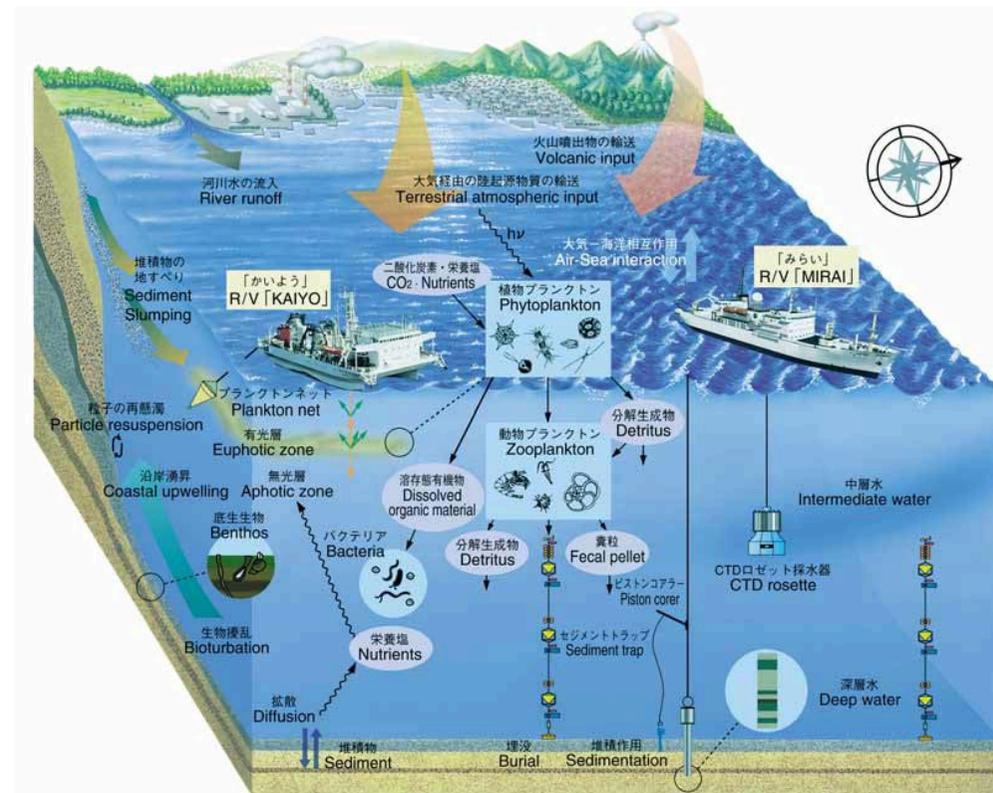


20リットルの採水器が36本設置されたロゼット採水器



セジメントラップで採集された試料

時系列式セジメントラップ。海中に1年間保留し、沈降粒子を採集する



海洋における炭素循環

大気中の二酸化炭素は海水に溶け込んだり、海洋の生物活動を通して海洋に進入する。海洋内では溶解態として、または粒子態として移動する。その一部は再び大気へ戻り、一部は海底堆積物へ取り込まれる。海洋における炭素循環過程を調査するためには船上からの採水による海水中の化学成分の分析、セジメントラップ実験による沈降粒子の捕集、ピストンコアラーによる採泥等の海洋観察を行う。

炭素換算で年間に100ギガトンに及ぶともいわれている。

では、二酸化炭素はどのようにして海洋に吸収されていくのだろうか。

吸収の過程には、「溶解ポンプ」「生物ポンプ」などがある（ほかに「アルカリ・ポンプ」がある）。「溶解ポンプ」は、大気中の二酸化炭素が、海面の表層へ物理的・化学的にとけ込む過程だ。酸素や窒素など他の気体に比べると、もともと二酸化炭素は格段に水に解けやすい性質を持っている。また、1気圧下で0℃の海水に1,460 ml/l、24℃の海水に720 ml/lというように、海水温度が低いほど（また、圧力が高いほど）よく溶ける。一般に高緯度海域で二酸化炭素がよく吸収され、赤道周辺で放出されるといわれるのは、このためだ。さらに、海面の物理的な状態も大きく影響する。海が荒れたり、強風で白波が立つなどの状態も、二酸化炭素をとけ込みやす

くする要因のひとつになっている。

「生物ポンプ」は、陸上でいえば森林が二酸化炭素を吸収する過程に似ている。海中で森林の動きをするのは、植物プランクトンだ。植物プランクトンは、海中の窒素・リンといった栄養塩を取り込み、二酸化炭素及び太陽の光エネルギーを使って光合成を行い、有機物をつくる。植物プランクトンが活発に活動すれば、その分海中の二酸化炭素の分圧（濃度）は低くなるため、その分、大気から溶解しやすくなる。

植物プランクトンは、あるものは動物プランクトンや魚などのエサとなり、その糞として、またあるものはやがて死骸となって深海へ沈んでいく。こうして二酸化炭素（炭素）もいっしょに深海へと運ばれていく。このシステムが「生物ポンプ」だ。もちろん、そのすべてが深海に堆積するわけではない。深海の海水に無機物、有



機物などの形で溶け込んだまま存在し、やがて湧昇流として、また深層の大循環などによって、長い年月の後に再び表層へ押し上げられ、大気中に放出されるものも多い。「生物ポンプ」は、海洋が大気中の二酸化炭素を吸収する上で大きな働きを担っているが、これが温暖化が進行した今後も、同じように働き続けるかという点、それは定かでない。たとえば、気温の上昇とともに海洋の表層の水温が上がってしまうと、軽くて温かい水が表層をフタのように覆い、栄養塩に富む冷たい水の上昇が妨げられ成層化してしまうことが考えられる。そうなると、表層部の栄養塩は不足し、植物プランクトンの量も減ってしまい、「生物ポンプ」の機能が衰えてしまうからだ。

プランクトンによって吸収能力が異なる

二酸化炭素を吸収し、深海へ運ぶ働きを担う植物プランクトンだが、どれも同じように機能しているわけではないことが知られている。問題は植物プランクトンの殻

だ。珪藻種は、海水中のケイ素（シリカ）を使ってガラス質の殻をつくる。これに対して、炭酸カルシウムによってその殻をつくるのが円石藻種だ。円石藻が炭酸カルシウムを生成する段階で、いっしょに二酸化炭素をつくり出し、海水の二酸化炭素分圧を高めてしまうのだ（サンゴが石灰質の骨格をつくる過程もこれと同様）。つまり、海水表層に大量の円石藻が繁殖している海域では、二酸化炭素の吸収は効果的に行われなくなることになる。ただし、これは短期的に見ればの話で、もっと長いサイクルで見ると、炭酸カルシウムは炭酸塩補償深度（深度2、3km以下）といわれる深海に運ばれると溶解し、その海水のアルカリ度を高め、酸である二酸化炭素を中和させる働きを持つ。そして、長い年月の後、その深層の水が表層に湧昇したとき、たくさんの二酸化炭素を吸収する（この働きを「アルカリ・ポンプ」という）。

また、栄養豊富な海域に繁殖する珪藻は、円石藻などに比べて数倍大きく、一般に有機物を生産する量も多い。

したがって、珪藻が繁殖する海は食物連鎖も効率よく進み、その結果、マリンスノーとして深海に運ばれる二酸化炭素の量も多くなる。湧昇流の盛んな高緯度海域で、春になると爆発的にプランクトンが繁殖する様子を「スプリング・ブルーム」と呼ぶが、このとき大量に増えるのが珪藻であり、そうした海域では二酸化炭素の吸収も促進されると考えられている。一方、表層の水温が比較的高く成層化傾向にある中低緯度の海域は、栄養分も乏しいが、そんな厳しい環境のなかでも繁殖できるのが円石藻だ。だが、こうした海域では、二酸化炭素の吸収はあまり期待できない。

今後、地球温暖化が進行すると、円石藻の繁殖に適した海域が増加し、海洋の二酸化炭素吸収力が低下してしまい、さらに温暖化傾向が促進されるとシミュレーションする研究者もいる。

急がれる海洋の炭素循環メカニズムの解明

大気中二酸化炭素の循環経路に関する定量的な把握は、将来の地球環境を予測するためにも重要な課題といえる。なかでも、最大の吸収源である海洋の炭素循環のメカニズムの解明は急務とされている。現在、各国が様々な海域で物質循環研究を実施し、各海域におけるプロセス研究を行っている。そうしたなか、研究がまだまだ遅れているのが、北西部北太平洋と南極海だ。これらの高緯度海域は、海水温度が低く、荒天が多いため、特に冬季において大気中の二酸化炭素が活発に吸収されていると考えられ、炭素循環の「溶解ポンプ」の働きを理解する上で重要だ。また、栄養塩の蓄積された深層水湧昇に関連して、高い基礎生産力を持つ珪藻種植物プランクトンによる「生物ポンプ」の働きも注目される。だが、従来の海

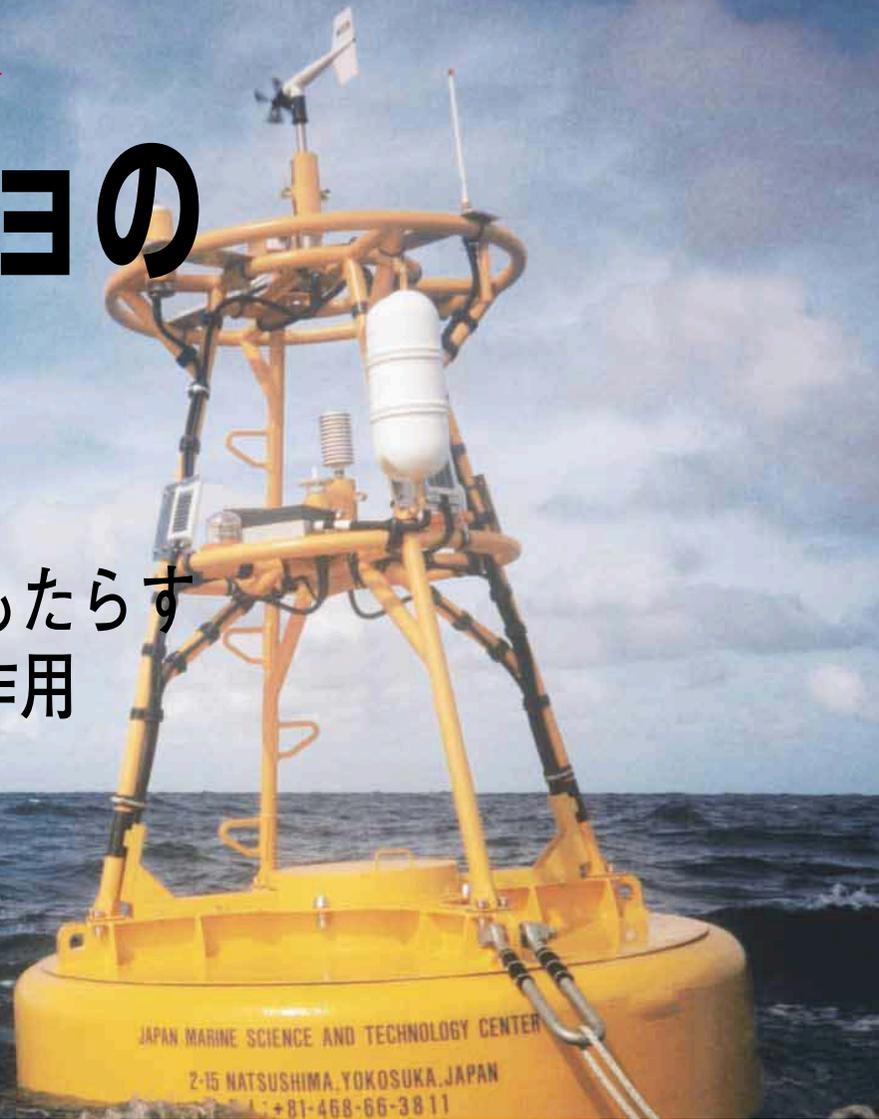
洋観測船では、厳しい環境のなかでの観測は難しかった。そこで期待されるのが、荒天下でも安定した観測が行える海洋地球研究船「みらい」の活躍だ。現在、「みらい」は北西部北太平洋において、高緯度海域における物質循環研究を実施し、多くの研究者とともに、海洋の炭素循環をコントロールする生物地球化学的因子に関する研究を継続している。これに続いて太平洋南極海域でも調査を予定している。これらの研究は、全海洋の持つ地球環境に対する制御機能を明らかにするための、大きな鍵を握っている。



「みらい」は船内に観測研究設備も備えた最新の観測船

エル・ニーニョの謎に迫る

世界各地に異常気象をもたらす
壮大な大気・海洋相互作用



エル・ニーニョは、スペイン語で「神の子」を意味する。97～98年のエル・ニーニョ現象は観測史上最大規模といわれ、インドネシアの干ばつによる森林火災、アフリカのソマリアでの大雨など、世界各地に大きな被害をもたらした。いったいなぜこのような現象が生じるのか、その仕組みにせまる。

エル・ニーニョ現象とは何か

クリスマスのころから海水温が高くなり雨が多くなる現象が、数年ごとにやって来ることは、南米ペルーの沿岸部に暮らす人々の間では古くから知られていた。そうした年は、海でカタクチイワシなどの小魚にかわって、回遊型のカジキマグロが獲れたり、砂漠地帯一面に花が咲くといった“神の恵み”があった。そこで彼らは、この現象を「エル・ニーニョ（神の子）」と呼んだ。しかし、後にイワシ漁などの漁業が盛んになり、小魚をエサにする海鳥たちの糞が肥料として使われるようになると、「神の子」というほどありがたい現象ではなくなった。

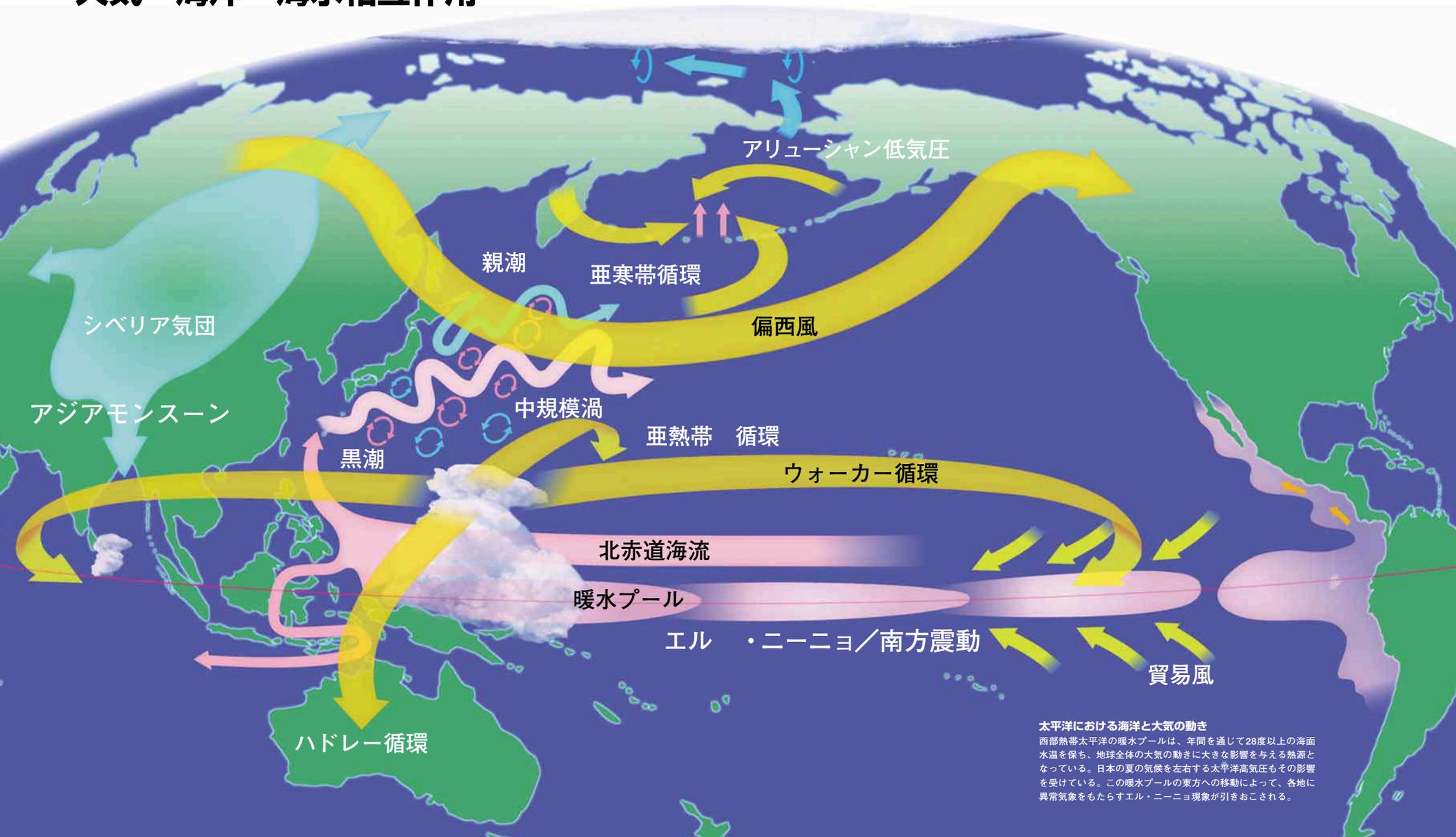
通常、東太平洋熱帯域のペルー沿岸部では、北西へと吹く貿易風が表層の暖かい海水を西へ運び、そこに深層から豊富な栄養塩を含む冷たい海水が湧き上がっている（沿岸湧昇）。こうした海域ではプランクトンが繁殖し、それをエサとする魚も豊かだ。ところが、エル・ニーニョがおきると、表層の暖水層がとどまったまま湧昇流にフタをする形となり、魚やそれをエサとする海鳥たちも減少してしまう。また、陸地では、大雨によって洪水などの自然災害がおきることもあった。

この気候の変動が、どうやらペルーだけのことではなく、中南米をはじめ、東南アジア、オーストラリア、さらにはインド、アフリカの干ばつなどとも関連していることに研究者たちが気づき、やがて、エル・ニーニョは、地域的な気候変動だけでなく、世界的に影響を及ぼす壮大な気候変動を表す言葉になった。

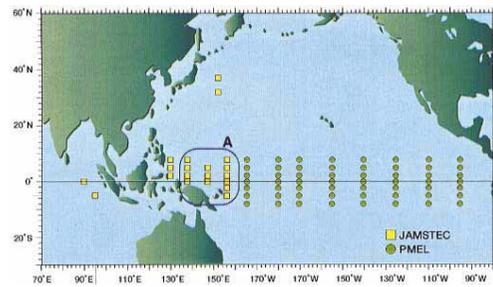
一方、エル・ニーニョが研究者たちに注目される半世紀ほど前、インドの気象庁長官を務めたウォーカー卿（イギリス）は、南半球太平洋海域のいくつかの地点の気圧変化を観察するなかで、太平洋を挟んだ東西に、一方の気圧が高くなるともう一方が低くなるというシーズンのような相関関係を見つけた。彼はその現象を「南方振動」と名づけた。そして、その東部と西部の格差が大きくなったとき、世界の各地で気候変動がおきていることが分かった。

エル・ニーニョの研究が盛んに行われるようになった、いまから20年ほど前、ある研究者が、海洋で生じるエル・ニーニョと大気の変化である南方振動とが対応していることに気づいた。エル・ニーニョが発達した年には、南方振動の偏差も非常に大きかったのだ。後に、エル・ニーニョ現象と南方振動は、ひとつの現象の異なる側面であることが分かった。そして、海洋の現象と大気の現象が、密接に関係し合っていることが理解されるようになっていった。

大気－海洋－海氷相互作用



太平洋における海洋と大気の動き
西部熱帯太平洋の暖水プールは、年間を通じて28度以上の海面水温を保ち、地球全体の大気の動きに大きな影響を与える熱源となっている。日本の夏の気候を左右する太平洋高気圧もその影響を受けている。この暖水プールの東方への移動によって、各地に異常気象をもたらすエル・ニーニョ現象が引き起こされる。



西太平洋熱帯域に、トライトンブイを設置

エル・ニーニョ現象の解明に力を発揮するトライトンブイ

エル・ニーニョ現象は どのようにしておきるのか

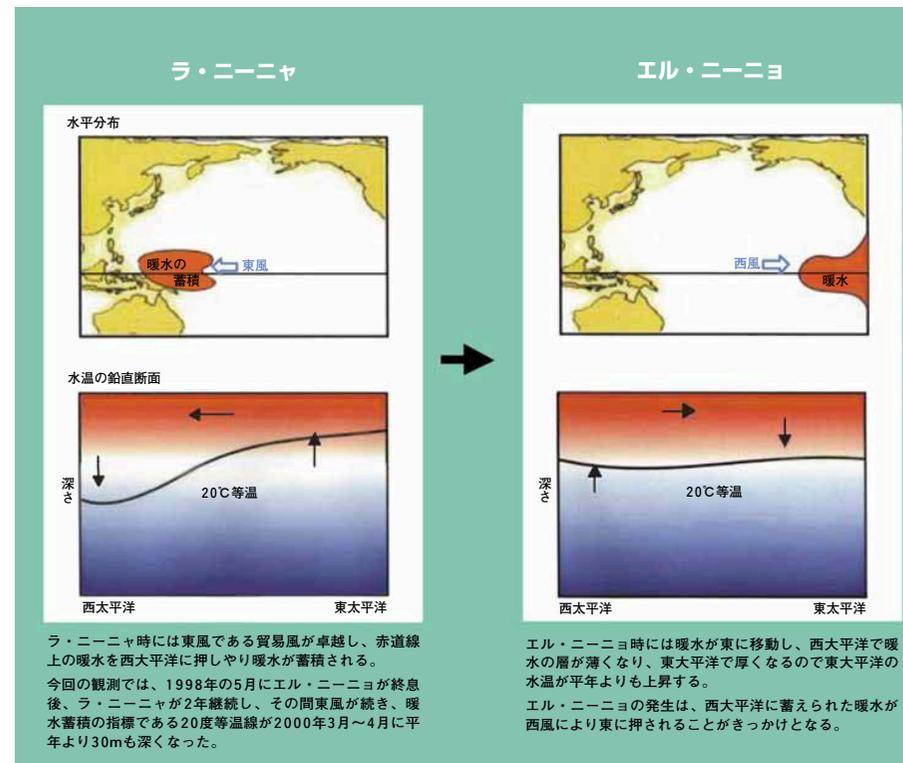
太平洋赤道域では、通常、東から西へ吹く貿易風によって、暖かい海水が太平洋の西部に集められる。そして、インドネシア周辺に上昇気流がおき、雲が立って雨を降らせる。軽くなってさらに上昇した大気は、やがて水平方向に移動し下降する。そのなかで東方に移動した気流は、再び貿易風として東に吹き、暖かい海水を西太平洋に送り込む。

ところが、エル・ニーニョのときには、貿易風が弱くなり西風の突風が吹くなどの影響で、西部に集められた暖かい海水の塊が東へ広がっていく。上昇気流の中心も東へ移り、循環した大気がさらに西風を強める。逆に東からの貿易風は弱まり、暖かい海水はどんどん東へと移動していく。こうして太平洋赤道域の中部から東部に暖水が集められる。そして、雲が多く発生し雨を降らせ、逆に西部では雨が減少して、インドネシアなどでは干ば

つがおこる。

エル・ニーニョの発達を考えるとときに重要なのは、大気と海洋が結合したときに、「正のフィードバック」が促進されるということだ（バリュクネスのメカニズム）。強い西風が吹き込めば、上昇気流は強くなり、対流も激しくなり、吹き込む西風はさらに強まる。それによって暖かい海水もさらに集まるようになる。

また、エル・ニーニョが特に注目されるようになったのは、その影響力の大きさによる。熱帯域だけでなく、中高緯度地域の気候にも様々な異変が現れている。これを説明するのが、大気のテレコネクション（遠隔影響）といわれるものだ。これは「ある程度距離をおいた地点での気候変動同士の関係」と説明される。太平洋という巨大な海域を舞台に展開される大気・海洋相互作用、エル・ニーニョは、次々に連鎖を引きおこし、地球の様々な地域にその影響を及ぼすと考えられている。日本でも、



ラ・ニーニャ時には東風である貿易風が卓越し、赤道線上の暖水を西太平洋に押しやり暖水が蓄積される。今回の観測では、1998年の5月にエル・ニーニョが終息後、ラ・ニーニャが2年継続し、その間東風が続き、暖水蓄積の指標である20度等温線が2000年3月～4月に平年より30mも深くなった。

エル・ニーニョ時には暖水が東に移動し、西太平洋で暖水の層が薄くなり、東太平洋で厚くなるので東太平洋の水温が平年よりも上昇する。エル・ニーニョの発生は、西太平洋に蓄えられた暖水が西風により東に押されることがきっかけとなる。

夏の天候不順や、日本を通過する台風が少なくなるなどの影響が出るといわれている。

大気現象に大きな 影響を与える海洋変動

1980年代以降、気候システムを構成する地球大気の動きが、海洋の変動に大きく依存していることが徐々に明らかになりつつある。エル・ニーニョ現象は、その良い例といえる。だが、陸上と異なり、海洋では継続的な気象及び海象観測は難しい。

そうしたなか、大きな効果を発揮したのが、米国海洋大気庁の太平洋海洋環境研究所が日本、フランスなどの国々と協力して太平洋熱帯海域に配置してきたTAOブイだった。これまでに約70基が配置され、水温や海流などに関する貴重なデータを送り続けている。さらにセンターでは、海洋観測機能を充実させたトライトン・ブイ

を西太平洋に配置し、観測システムの充実を図っている。

これらにより、熱帯海域で発生するエル・ニーニョの研究は大きく進展した。今日では、上記のようにエル・ニーニョの仕組みはかなり分かってきた。だが、西太平洋でのエル・ニーニョの発生機構にはまだ諸説があり、その発生に重要な役割を演ずるであろう西太平洋の暖水プールの維持機構の解明など、その物理過程についてはまだ完全に理解されていない。また、アジア・モンスーンとの相互作用の解明、大気・海洋結合モデルを用いた発生予測、さらには、エル・ニーニョが発生する熱帯海域に隣接する中高緯度海域でおきている10年規模の海洋変動との関連性の解明などもこれからの課題になっている。インド洋にもエル・ニーニョとよく似た機構を持つ大気・海洋相互作用が確認された今日、太平洋とインド洋を結ぶインドネシア通過流における熱の交換過程の解明なども今後の研究が待たれるところだ。

未知の海域・オホーツクへ

海洋地球研究船「みらい」 初めて千島列島沖で 33日間の研究航海を実施

千島列島沖及びオホーツク海を含む北西部北太平洋海域は、非常に高い生物生産と太平洋中層水形成の場として、全地球規模の炭素循環を解明する上で極めて重要な海域のひとつと考えられている。しかしながら、同海域ではこれまで系統だった総合的な観測は行われていなかった。だが、昨年からの許可申請を行ってきたロシア排他的経済水域内における海洋観測が認められ、ようやく今年の5～6月に、「みらい」によるこの海域での研究航海が実現した。33日間の研究航海は、どのように行われたのだろうか。

日本の観測船による初めての 総合的な物質循環研究が実現

現在、大気中の二酸化炭素は増加を続け、地球温暖化を促進しているといわれる。海洋は、その大気中の二酸化炭素濃度をコントロールする重要な役割を担っている。だが、実際に海洋がどの程度の二酸化炭素を吸収しているのか、また、どのようなメカニズムでそれが行われているのかは、まだよく分かっていない。それを解明するために、いま世界中の化学関係の海洋研究者たちが研究を続けている。

全地球的な規模で海洋の物質循環過程の長期変動を観測する国際プロジェクト・JGOFS（世界海洋フラックス研究）の一環として、これまで各国の研究者たちが赤道域から南氷洋を含む世界のいろいろな海域で、物質循環に関する観測を行ってきた。そして最後に残ったのが、北西部北太平洋海域だった。日本の研究機関は、協力しながら今後この海域を重点的に観測していくことを決めている。そして、その観測調査の中心になっているのが、海洋地球研究船「みらい」だ。

1998年から、「みらい」は毎年1、2回ずつ北西部北



太平洋で観測を行っているが、この海域でどうしても避けて通れなかったのが千島列島沖だった。

東カムチャッカ海流は、千島列島に沿うように南下し、その一部がクレゼンシュターナ海峡からオホーツク海に入り、また、ブッソル海峡から出てきたオホーツク海の水が、南下してきた東カムチャッカ海流と合流して、親潮となって北海道沖を南下している。太平洋中層水の生成機構はまだはっきりとは分かっていないが、親潮がその生成の主な役割を担っているといわれている。この中層水が二酸化炭素をどのくらい運んでいるのか又は蓄

積しているかを明らかにすることは、この海域の物質循環研究の必須の課題のひとつである。さらにもうひとつ、この海域では春季にプランクトンが大発生（春季ブルーム）する。その発生メカニズムとそれに伴う物質循環過程を定量的に把握することも、極めて重要なテーマになっていた。

オホーツク海及び千島列島周辺における調査には、ロシアの協力が不可欠だ。しかし、ロシア側はこれまでこの海域での日本の船による観測を許可していなかった。唯一の例外として、日露漁業協定に基づいて水産庁の船

がこの海域で調査を行っている。だが、あとはロシア船の備船に頼らざるを得ない状態だった。

ところが、ここ数年の間に事態は好転した。ひとつは、ロシアの国内法が改正され、外国の船を受け入れることが認められるようになったこと。もうひとつは、1999年6月に開かれた日露科学技術協力委員会において、「北西部北太平洋及び隣接海域における二酸化炭素の挙動」が研究協力課題として取り上げられることに決まったのだ。

これを受けてセンターは、ロシア排他的経済水域内における海洋観測の許可申請を行い、今年の春に許可を取得することができた。これまで、まず不可能と考えられてきた「みらい」による千島列島周辺海域の調査は、こうして実現した。

順調に進んだ観測 今後の調査への道を拓く

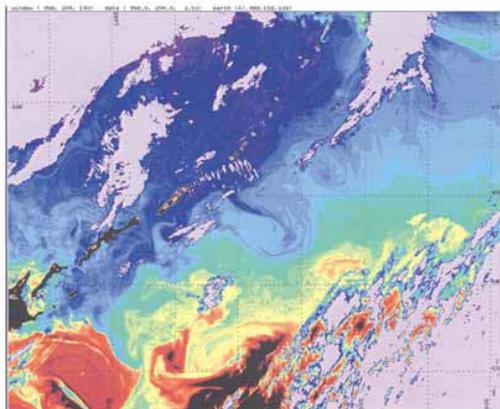
5月9日から6月10日にかけて、センター所有の海洋地球研究船「みらい」は、ロシア排他的経済水域を含む北西部北太平洋及びオホーツク海において、「高緯度海域における物質循環研究」を行った。この航海には、センター及び国内8研究機関をはじめ、アメリカからも参加があり、20名を超える研究者が乗船した。大部分が物質循環をテーマとする研究者だったが、その調査・実験の内容は多岐に渡り、化学分析のための採水、沈降粒子の採取、採泥、プランクトン観測、大気観測など多数の観測が行われた。

さらにロシアの「太平洋海洋研究所」からも研究者2名が招かれた。彼らは物理関係の研究者で、海域の水温、塩分などのデータを収集した。また、研究者の他にロシアからはオブザーバー2名が航海に同行し、航路や観測点の変更は彼らと協議の上で決めた。計画にない地点でも観測が許されるなど、その対応は非常に友好的だった。

天候はほとんど曇りで、太陽が出たのは数日だけだったが、海はそれほどシケることもなく、観測は順調に進行了。

膨大なデータの分析はまだこれからで、今回の観測についてのレポートが集まるにはまだ時間が必要だ。

今回の調査で非常に興味深かったことのひとつは、千島列島周辺で見られた渦だった。教科書的には、東カムチャッカ海流は列島に沿って直線的に流れているように表されるが、実際には列島周辺で、時計回りの渦を巻いていることが、温度分布を表した衛星写真からも分かる(図1参照)。ここで太平洋とオホーツク海の海水が混ざり合っていることが分かるが、なぜこのような渦が生ま



(図1：温度分布を表した衛星写真)
青は低温、赤が高温をあらわす。白い色は雲。
千島列島沖に渦ができていのがわかる

れるのかはよく分かっていない。この渦は表層だけでなく、深度4000mという深いところまで達している。この渦が生物の生産性や物質循環にどのように影響を与えているかは、とても興味深い。今回の航海でもこの渦をとらえながら徹底的な観測が行われた。これからデータを解析していくなかで、おもしろい結果が導き出されるかもしれない。

今回は海や天候が荒れることがほとんどなかったため、調査は計画以上にはかどったが、唯一の誤算は、予定していた北海道東部海域での観測が行えなかったことだ。この海域で日本の漁船が操業中だったためだ。数週間後に漁期が終わるとのことだったが、結局、観測は合わせることにした。

この海域での観測は来年も実施される予定だ。今回の観測航海で調査主任・代表研究者を務めた海洋観測研究部の日下部正志主幹はいう。

「初めてのことで、馴れない分たいへんなこともありましたが、来年はもっとスムーズに行えるはずですよ。今回のロシア排他的経済水域内での調査によって、この海域での観測・調査の可能性が大きく開かれたと思います。今後は、北西部北太平洋及びオホーツク海における日本の研究がさらに促進されるものと考えています」。

写真/森岡直人
(グローバルオーシャンデベロップメント GODI)



北太平洋に沈む夕日



海洋観測研究部 日下部正志主幹



ロシア「太平洋海洋研究所」の研究者



日米露の研究者の交流の場ともなった



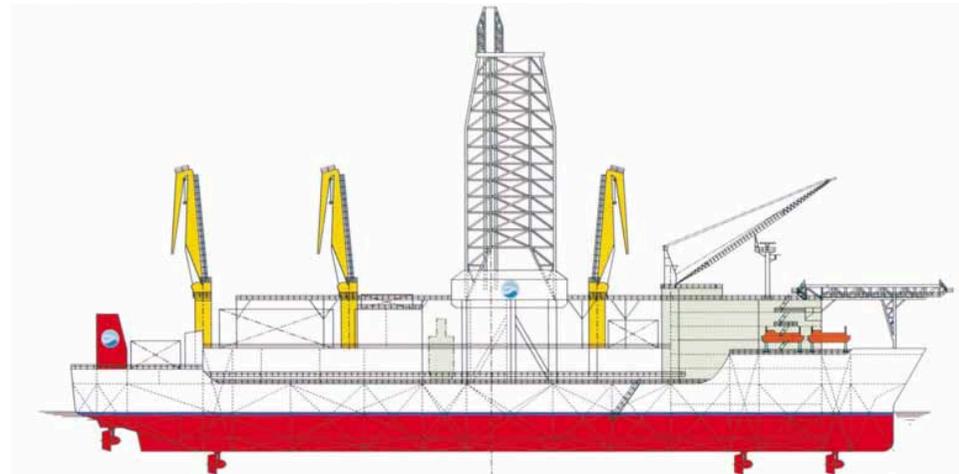
ピストンコアサンブラーを海中に下ろす

地球最後の未踏地に挑む 地球深部探査船

建造が進む世界初の 科学目的ライザー掘削船

地中内部に記憶された地球と生命の歴史をひもとき、巨大地震発生帯の内部に直接メスを入れる。いままで誰も見たことがない地球内部をめざして深海掘削を行う「深海地球ドリリング計画」は、この地球をさらに深く理解する上での限りない可能性を秘めている。そして、このプロジェクトを推進するために重要な働きをする、最新技術を搭載したライザー掘削船の建造が、現在進められている。水深2,500mの海底から、地中7,000mまで掘り進むことができるという掘削船が私たちに見せてくれるのは、いったいどんな世界なのだろうか。

©ODP



現在日本で建造が進められている「ライザー掘削船」

40年前に始まった深海掘削

「海底下の地層を掘り進み、地殻の下にあるマントルを採取できないだろうか」

そんな研究者たちのアイデアが初めて試みられたのは、1961年のことだった。以来アメリカを中心に科学目的の深海掘削が進められてきた。70年代半ばには国際的なプロジェクトとして行われるようになり、1985年には、石油掘削船を改造したジョイデス・レゾリューション号を用いた国際深海掘削計画（オーシャン・ドリリング・プログラム：ODP）に引き継がれている。

現在までの掘削記録は次のとおりだ。孔を掘りはじめた海底が最も深かったのは、グァム島南東沖の802Aと呼ばれる孔で、水深5,969m。このときに掘削された孔の長さは560mだった。また、これまでに掘られた最も長い孔は、南米コスタリカ沖の504Bと呼ばれる孔で、孔の長

さは2,111m、掘りはじめた海底の深さは3,475mだった。

地殻とマントルの境界線（モホロビッチ不連続面）は、水深約4,000mの深海域では海底下4~6kmほどの深さにあると推定されており、残念ながら、マントルまではまだ遠い。深く掘り進めない大きな理由は、この船の掘削方法にある。先端に刃のついたドリルパイプを回転させ、そこへ海水を注入して掘削くずを押し出すという利点はあるが、どうしても孔の周囲の壁が崩壊しやすい。深く掘ると、崩れた土砂でパイプが埋まってしまい、ドリルパイプを回すことも引き抜くこともできなくなってしまうのだ。また、掘削の途中で石油やガスを含む層に遭遇した場合、孔のなかの圧力を制御する機能がないことから、それらが湧き上がると掘削船の安全や環境の保全に問題が生じてしまう。そのため、事前調査で石油・ガスの存在が予想されるときには掘削できないという欠点がある。

だが、ODP計画は、技術的な制限を受けながらも、堆積層で採取された試料から過去の地球の環境変動を理解する手がかりが得られるなど、大きな成果を上げてきた。これを受けて、日本でも新しい技術を導入した深海掘削船の開発と国際協力の下で深海掘削研究を推進していくことの必要性が訴えられるようになった。こうして動き出したのが「深海地球ドリリング計画（OD21）」だ。そして、この計画の主役を担う地球深部探査船の建造がスタートした。



最新鋭の科学目的ライザー掘削船

現在、OD21計画に基づいて日本で建造が進められている掘削船の最大の特徴は、ライザー掘削と呼ばれる掘削技術を採用していることだ。

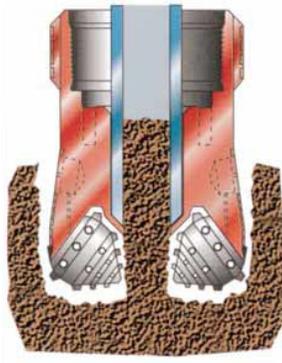
ライザー掘削とは、ドリルパイプの外側に、掘削船と掘削した孔の間をつなぐライザー管というパイプを設け、掘削くずを押し出すためにドリルパイプから送り込んだ泥水と呼ばれる特殊な液体を、掘削くずとともにこのライザー管を通して再び船上に戻す掘削法だ。これによって、掘削くずを効率的に孔のなかから排除するとともに、孔の内壁を安定化させながら、より深くまで掘り進むことを可能にする。船上に戻った泥水は、精製されて再び利用される。また、泥水に含まれる粘土質成分は、ドリルが削った孔の内壁に薄膜状に付着し、崩れにくくする働きも持っている。掘った孔は、より安定化させるためにケーシング・パイプを打ち込んでいく。また、孔を掘り進む海底面には、噴出防止装置が設置される。これによって孔は塞がれ、万一、石油・ガスを含む地層を掘り抜いても、海洋環境を汚染することなく、安全で確実に海底面下を掘り進むことができる。

こうして孔を掘りながら、柱状の地質試料（コア）をドリルパイプ内のコアバレルに採取していく。コアを採取した後は、コアバレルだけを回収し、ドリルパイプ本体を昇降させる必要はない。また、地質状況に応じて、試料を攪乱させずにスムーズに採取できるよう様々なコアバレルが用意されている。さらには、孔の中の状態を把握するための特殊な観測機器も降ろすことができる。

このライザー掘削技術を用いたシステムは、水深2,500m（最終目的4,000m）の深海底で稼働し、海底下7,000mまで掘り抜く能力を持っている。



ライザー掘削システムでさらに深部への掘削が可能となる



先端のドリルビットが回転し地層を削る



採取したコアは直径65mm程度の柱状 ©ODP



分担しながら分析作業を進める ©ODP

ライザー掘削システムを搭載する地球深部探査船は、長さ210m、幅38m、総トン数5万トンという巨大な船だ。船上に立つ檣の高さも115mに達する。掘削時は、GPS測位システムと360度回転する6台の推進装置によって、つねに所定の位置・方向が維持できる仕組みになっている。ひとつの孔を掘る期間は、およそ4～6ヶ月。その間ずっと同じ海上にとどまることになる。船の形状は、石油掘削船と特に変わらないが、船内には採取されたコアを速やかに処理・分析できるよう、各分野の分析作業を考慮した研究施設が配置されている。また、コアから得られた分析データは、ただちにデータベースに記録され、そのデータは衛星通信を利用してリアルタイムで世界各地の研究施設に送信することが可能だ。

地球深部探査船は、今年の2月に基本設計を終え、現在、建造の第一段階である詳細設計が始まっている。予定では、2004年から海上試験がはじまり、実際の運用は2006年からという。

深海掘削がめざすもの

40年前、マントルへの到達を夢見て始まった海底掘削だが、今回の「深海地球ドリリング計画」では、地球科学・生命科学など様々な分野でより多くの成果が期待されている。

そのひとつは、巨大地震発生帯の地殻構造の解明だ。現在、ハイテク機器を使った様々な方法で、その構造が求められているが、それらはイメージであって、本当の姿ではない。だが、深海掘削を行うことによって、沈み込むプレート境界の全貌が明らかになる。さらに、掘削した孔にセンサーを置けば、地殻変動の様子をダイレクトにとらえることができ、地震観測能力は飛躍的に高まる。

地球環境の変動が大きな問題になっているが、未来を予測するためのヒントも、海底の堆積物のなかに詰まっている。地上では、しばしば風雨の浸食などによって地層の記録が残されず、断片的になることが多い。だが、深海底では貯まっていく一方なのでその心配がない。また、堆積物の年代を求めやすいのも海底の堆積物の特徴だ。過去の地球環境のデータを集める場合、一点から得られたデータだけでは全地球的な把握が難しい。その点、海洋は地球表面の3分の2を占めており、広い範囲でデータを集めることができる。深海底の堆積物はまさに地球環境のデータバンクといえる。

このほか、地球システムそのものの解明、ガス・ハイドロートなど新しい資源の探求、地下圏微生物の存在などについても新たな発見が期待されている。

深海掘削によって、私たちは残された未知の領域への第一歩を踏み出すことになる。



コアの成分解析から、過去の気候変動をたどる ©ODP

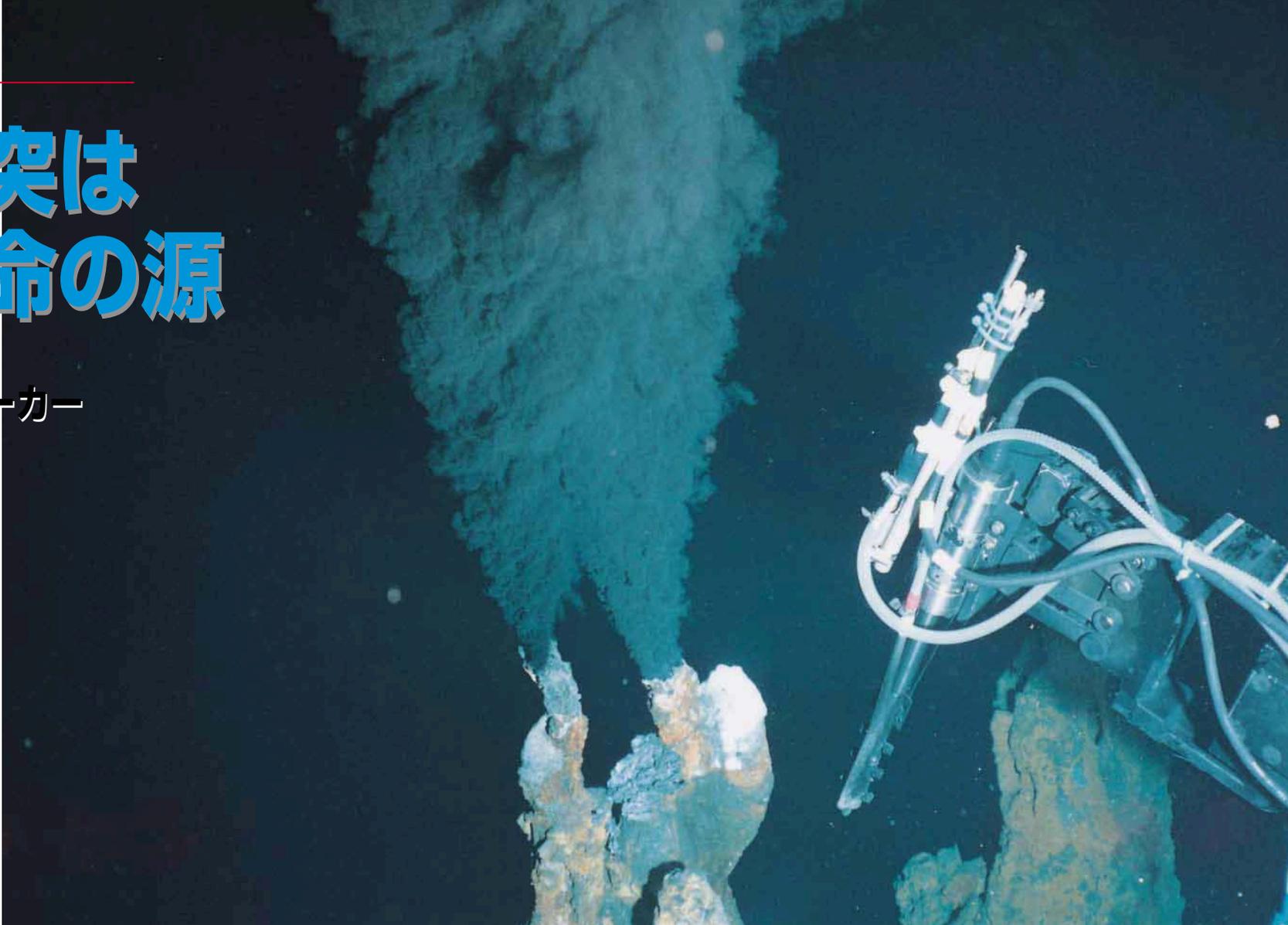
海底の煙突は 資源と生命の源

噴出するブラックスモーカー

ここは南米ペルー西方、東太平洋の水深2600mもの深海底。冷たく静寂に包まれた闇の世界は、一方で驚くほどエネルギー豊かな一面も持っている。海底からしみ込んだ海水は、マグマに熱せられ、海底の裂け目を見つけるとそこから再び吹き出してくる。いわば、海底温泉だ。熱水と呼ばれるこの水は、260気圧もの環境のため、300度近い高温でも沸騰することがない。海水に触れ急激に冷やされると、溶け込んでいた様々な金属や硫化物が粒子となって煙のようになり、写真のような姿を現わすのだ。黒煙は大きなものになると噴出口から1000mを超える高さとなる。ブラックスモーカーの姿が確認されたのは今からわずか20年ほど前。沖縄や小笠原といった太平洋側の日本近海の海底にもその存在が確認されている。

右手に見えるのは潜水調査船「しんかい6500」が、試料採取のために突き出したマニピュレーター。船内からマジックハンドのように操作して、熱水や周辺の堆積物を採取する。

ブラックスモーカーの周辺は厳しい環境に思えるが、酸素の代わりに硫化物を餌とする生物やバクテリアがたくさん繁殖し、まるでオアシスのようだという。このような高温、高圧のなかで生存するバクテリア、彼等こそ、はるか46億年前、マグマオーシャンから最初に現れた生命の起源ではないか？ 真相が解明されるにはまだ少し時間がかかりそうだ。



しんかい6500 潜航番号0259 調査日1994.11.22

深海画像データベース

潜水調査船「しんかい6500」「しんかい2000」、無人探査機「ドルフィン-3K」「かいこう」などで撮影した、膨大な深海底の映像資料をデータベース化したものが「深海画像データベース」です。

その登録画像数は、約16万枚(平成11年8月現在)に及び、このうちの約14万枚がインターネットによって自由に検索でき、広く世界に向けて公開されています(一般に公開している画像は、取得後2年を経過したものに限られています)。

アクセス方法

JAMSTECのホームページ (<http://www.jamstec.go.jp/>) から、「日本語ページ→情報検索サービス→深海画像データベース」の順に選択してください。

■海域地図からの検索：トップページで、見たい海域をマウスで選択します。

■海域一覧からの検索：トップページで「海域一覧から検索」をクリックし、検索したい海域を指定してください。

■検索条件の指定：潜水調査機器、検索年月などを指定し、「検索実行」をクリックします。画面下側に検索結果(航海名、潜水船、潜航番号、アルバム名)が表示されるので、希望のアルバム名をクリックしてください(該当するデータがない場合は、検索条件、検索海域を変更して、再度検索してください)。

■一覧表示画面：見たい画像をクリックすると、詳細画面が表示されます。あらかじめ検索したい航海名、または潜航番号がわかっている場合は、これらを直接指定して検索することもできます。



プランクトン調査によって 高い生産性と生物多様性を持つ サンゴ礁の生態系構造を探る

加藤 聡^{かとう さとし} 研究員
(海洋生態・環境研究部)

サンゴ礁研究の重要性が世界的に認知されるようになったのは、1992年、リオデジャネイロ（ブラジル）で開催された「地球サミット」においてだったといわれる。採択された「アジェンダ21」では、サンゴ礁が「地球上でも最も多様で、総合的かつ生産的な生態系に数えられる」とし、そのサンゴ礁が「人為と自然の双方の多様な原因によって脅かされている」現状が明記されている。また、近年ではサンゴ及びサンゴ礁が気候変動や海洋環境変動に敏感に反応することから、これを生物指標ととらえる研究も進められている。センターでも、日本最大のサンゴ礁海域である沖縄・石西礁湖において、定期的・継続的なサンゴ礁生態系調査を実施。加藤研究員はその一員として、サンゴ礁におけるプランクトンの調査を行っている。

(聞き手：Blue Earth 編集部)

日本最大のサンゴ礁で 生態系調査を実施

Blue Earth 編集部（以下BE） 加藤研究員の所属するグループでは、どのような研究を行っているのですか。

加藤 現在は、石垣島と西表島の間に広がる石西礁湖において、ここに分布するサンゴやプランクトンなど、主要な生き物の定量的な把握を行っています。さらに、そうした生き物に影響を及ぼすと思われる物理的及び化学的環境要因と生き物との関連を解明するための計測も行っています。サンゴ礁海域の生態系については、不明な部分が多く、私たちもここでデータを取り始めてまだ2年ほどでして、これからもさらに調査を続けていく予定です。研究の目的のひとつは、サンゴ礁の生態系構造を解明することですが、もうひとつ、サンゴ礁の生態系を一種のセンサーとしてとらえ、環境が今後どうなっていくのかを予測することも目的にしています。これは、生物指標と呼ばれるものです。サンゴ礁の生態系は、環境の変化に対して非常に敏感に反応します。たとえば、平均水温が0.5℃とか1℃上昇しただけでも、最近問題になっている「白化」が起きてしまったりするんです。また、こうした調査はインドネシア、オーストラリアなど、大規模なサンゴ礁がある国々でも行われており、国際的



海底に分布するプランクトンを採集するトラップネット

な情報交換によって、日本近海だけでなく地球規模でそうした予測を行っていくことを計画しています。

BE 調査は、具体的にはどのように行われているんですか。

加藤 まず、サンゴがどれくらいあるのかということ調べなければなりません。水中カメラで写真を撮って、サンゴの被覆度分布を調べました。サンゴ礁海域というところ、一面サンゴに覆われていると考えがちですが、実際には、50%以上の高い割合でサンゴが覆われているところというのは、ごくわずかです。ほとんどないところの方が圧倒的に多いんです。この被覆度分布を調べ、

石西礁湖全域調査に使用する、プランクトン及び環境データ計測装置





現在はサンゴ礁生態系の生き物と、それを取り巻く環境要因が季節的にどのように変化しているのかについて調査を行っています。

BE そのなかで、加藤研究員自身はどんな研究をしているのですか。

加藤 私はプランクトンが専門で、石西礁湖のプランクトンについて調べています。測線上（下地図参照）を船で走りながら、計測装置を使って、水温、塩分、植物プランクトン量、動物プランクトン量などを計測しています。植物プランクトンは、その体内に持つクロロフィル（この色素と太陽エネルギーによって光合成を行う）を自動的に計測する装置を使い、動物プランクトンについ

ても、可視光を用いて動物プランクトンの影をとらえ、自動的に計測する光学式計測装置を導入しています。これを使うと動物プランクトンの個体数と体積が、すぐに計測できます。種類までは分からないので、それを見るために部分的な採集も行っています。

この動物プランクトンについては、いまもプランクトンネットで採集し、研究室に持ち帰ってから分割、計量、計数、同定を行うのが一般的な方法ですが、これでは、物理的なデータはすべて船上で揃い、動物プランクトン等の生物データだけが遅れてしまいます。足並みが揃わないと、プロジェクトとして問題が出てしまうので、自動的に計測可能な装置を使用し、個体数または体積が急激に変化したときなどは、ネットで採集するという方法で調査を進めています。

BE 石西礁湖全域を調べているわけですね。

加藤 もうひとつ、私たちが「パッチリーフ」と呼んでいるサンゴが密集するポイントがあるのですが、ここで時間的な変化を調べる定点調査も行っています。

海底にへばりつくサンゴ礁のプランクトン

BE サンゴ礁にいるプランクトンに、何か特徴的なことはありますか。

加藤 学生のころからプランクトンの研究をしてきましたが、そのころは外洋域での調査を中心に行っていました。サンゴ礁海域を調査して、最初に感じたのは、「表層にいる動物プランクトンの数がずいぶん少ないな」ということでした。サンゴ礁海域は、生産性や生物多様性が高いといわれますが、こんなに少ないのでは、生態系

そのものが成り立たないはずだと不思議に思ったのです。一般に、プランクトンは「浮かび漂うもの」と定義されます。しかし、サンゴ礁海域に入り込んだ動物プランクトンは、それまで浮かび漂う性質しか持っていなかったのに、日中はサンゴ礁海域の海底にへばりついてしまうらしいのです。それは他の研究者も言っていることだし、私の調査結果にも表れています。昼間は海底にくっついていて、夜になると海中に上がってくる、そうした分布形態が、サンゴ礁海域の動物プランクトンの特徴なんです。

BE なぜ、そうした分布を見せるのでしょうか。

加藤 捕食者から身を守るため、つまり、昼間カブカブ浮いていると、魚などに食べられやすい、そういうことが関係していると考えられます。ただ、もともと浮く性質しか持っていないと思われていたものが、サンゴ礁に入った途端、急に海底にへばりつくというのは、とても不思議ですね。そうした動物プランクトンの生態は、個人的には非常に興味のあるところですよ。

サンゴ礁生態系の豊かさを支えるプランクトン

BE 海洋生態系において、プランクトンはどれほど重要なのでしょうか。

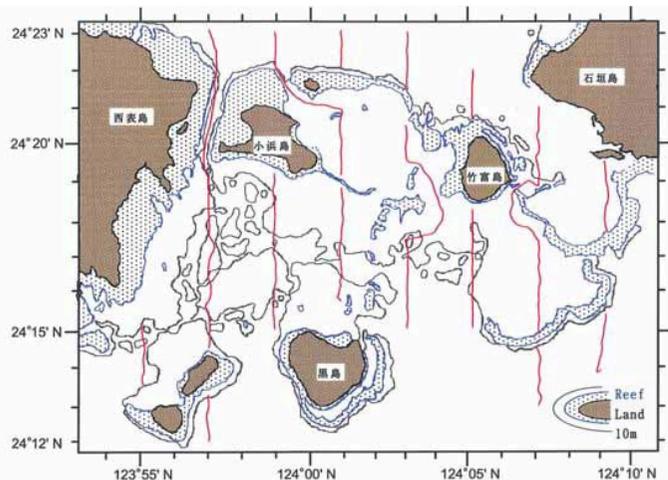
加藤 目に見えないため、一般的にはあまり重要視されていないかも知れませんが、プランクトンのおかげで物質循環がスムーズに行われているのです。プランクトンがいなかったら、海洋では物質がスムーズに循環しませんし、海洋の生産性は大きく落ち込んでしまいます。世界中の海洋に大量のプランクトンがいることで、クジラやイルカなど高次の生物が生きている生態系が成り立っているのです。

BE サンゴ礁においても、やはり重要な働きをしているのですか。

加藤 プランクトンは、サンゴのエサでもあるんです。サンゴはサンゴ虫がその本体にあり、褐虫藻という植物プランクトンが共生しています。この褐虫藻が光合成を行い、有機物や酸素を供給しているのですが、それだけではサンゴは生きていけません。動物プランクトンを食べて栄養を補っているのです。ただ、どれくらい食べているのかについては、まだ分かっていません。もうひとつ、サンゴ礁生態系は、生物の多様性が高い、生物の種類が多いといわれます。それも、外洋域から水が流れ込んで、その時にいろいろな種類の動物プランクトンなどが入ってきて、それを魚などが食べることによって多様性が保たれているのです。そして、その多様性が保たれることで、健康なサンゴ礁生態系が成り立っています。このふたつ、つまり、サンゴのエサになる点と、サンゴ礁海域の生物多様性を保っているという点で、プランクトンはサンゴ礁海域にとって重要であるといえます。

BE プランクトンは、サンゴ礁海域の豊かさを支えているわけですね。

加藤 基本的に、低緯度海域、つまり赤道に近づくほど、生物の多様性は高いけれども個体数は少なく、高緯度海域は種類は少ないけれども個体数は多いといわれます。しかし、低緯度海域でもサンゴ礁海域は別格で、生物の種類も多いいし数も多いという特異な生態系なのです。そうした生態系を維持していくためには、やはりプランクトンのようなエサがいなくて成り立ちませんから、非常に重要な役割を果たしているだろうと思います。



調査海域の石西礁湖。赤線は全域調査において計測を行った測線

船上で表層に分布する動物プランクトンを採集する



研究者のやりやすい環境づくり それがわれわれの役目です



潜水船のパイロットから一転、センター国際事業の操縦桿をにぎる 田代省三さん（企画部国際課）

田代さんが国際課へ移動したのは、この4月。入所以来15年近くは「しんかい2000」「しんかい6500」のパイロットとして深海底研究を支えてきた。深海底に潜る研究者の信頼できるパートナーとして活躍されたパイロット時代のお話とともに、国際課の役割や現在のお仕事についてうかがった。

海外との共同開発や研究事業の調整は、センターの重要な業務のひとつである。田代さんは、現在、8月に行われるアメリカ・シアトル、カナダ・ビクトリアでの「みらい」一般公開と、日加環境パネルという気候変動に関するオタワでの共同研究プロジェクトの調整の真っ最中だ。

「仕事のメインは、海外との共同事業における覚え書

き(MOU. Memorandum of understanding)や共同研究計画の締結ですね。オタワを例にすると、カナダは研究にふさわしいフィールドを持っている、設備は日本で受け持っていて、最適な研究所はカナダから紹介してもらおう、といった形で一緒に研究計画を作っています。その上で、経費や研究成果の共有に関する契約などの、様々な調整を行います。要は当事者間のトラブル

を防ぎ、研究者がやりやすい環境をつくるのがわれわれの役目です」

「みらい」の一般公開は夏の北極海観測に向かう途中の停泊期間に行われる。日本から観測を行いながら来た研究者たちと、これから北極海に向かう研究者たちがシアトルで合流し、最新のデータや北極で行う調査について、機材などの展示もまじえて一般の人々や研究者に直接解説する機会を設ける。ビクトリアでは、前述のオタワとのMOUの締結にともない、カナダの調査船とともに日加共同で2隻の船を並べた一般公開を予定している。

現在はスーツ姿で忙しい毎日を送る田代さんだが、1980年にセンターに入所して以来15年近くは、潜水船のパイロットだった。「しんかい2000」を最初に潜航させたのも田代さんだ。以来、世界各地の海底を潜航してきた。そんな田代さんに、パイロットの腕の見せ所はどこにあるのか、と質問してみた。

「まず試料採取が上手にできるかですね。動きが制限されるマニピュレータで、人間の手でつかむように試料をとるのは結構難しいんです。それから、水のごりや潮の流れに敏感に感じられるか、そういうセンスを持っているかどうかも大事です。潜水船の直径12センチの小さな窓から人間の目で見通せるのは、ライトで照らしてもせいぜい10～15m。あとは勘です。どうしてもポイントが見つからなくて、よく見るとひとつの亀裂だけにインゲンチャクがいる。おかしいなと思って入って行ったら、その先に熱水鉱床が広がっていた、ということもありました」

通常、パイロットは窓の外を見ながら操船、コパイロットが母船との交信や船内機器の確認、船の位置出しなどに専念するが、熱水鉱床などではコパイロットが操縦を任せ、パイロットが試料採取のためのマニピュレーションなどを主に行う。

パイロットとはいえ、操船以外の仕事が母船の上でも待っている。潜航当日は朝6時半には準備を始め、9時から夕方5時半まで潜航。下船後は潜水船の調整やメンテナンス、採取した試料やビデオテープの整理などを行い、さらに翌日の準備。これでもう夜8時半くらいになってしまう。時間に余裕があるのは荒天で潜航ができない日ぐらいだ。

「でも、何日も荒天が続くとやっぱり嫌ですよ。研究者が船酔いを我慢して潜航日を待っていたら、早く潜らせてあげたいです。まして、一緒に船に乗って1ヶ月も共同生活しているとね、同じ釜の飯を喰う仲間ですから」

田代さんは、「パイロットはある意味でお客様商売



でもあるんですよ。もちろん実力は踏まえた上での話ですが」とも言う。

「大西洋中央海嶺のTAGマウンドでは、チムニーの直径が20m、高さも同じくらいの巨大なブラックスモーカーに会いました。真っ黒な熱水が吹き上がって、おまけに対流が強く、近づいたら「しんかい6500」が一気に何メートルも吹き上げられた。窓の外が真っ暗になって、その黒い霧が晴れたらもう全然違う場所にいたんですよ」

そんな時は、船内の雰囲気づくりもパイロットの大切な仕事だ。

「私が慌てちゃだめなんです。『ああ、飛んだ飛んだあ、あはは』なんて笑ってれば、同乗した方も、なんだ大丈夫なんだ、って思うじゃないですか。同乗していただいた方には今日はいい潜航だったな、と思ってもらいたいですから」

世界各地の海で場数を踏んだベテランだからこその余裕でもある。

フランスのIFREMER（仏国立海洋開発研究所）の総裁とセンターの理事長との会議のアレンジ、各国大使館の科学技術担当書記官を招いての施設公開。そして、冒頭でも触れたシアトルでの「みらい」の一般公開に先立ち、急遽サイエンスセミナーの開催も決定した。陸に上がった後も仕事は忙しい。

「米NOAA/PMELとワシントン大学の三者合同のサイエンスセミナーです。NOAA/PMELとはアメリカ～アジア間のTRITON/TAOブイネットワークで共同研究のおつきあいがありますし、ワシントン大学とも北極海を中心に共同研究が多いんです。さらに、当センターのシアトル事務所が今年度中に開設する予定なので、それをアピールするにも良い機会なんです」

深海底から、国や人を相手とする職場に移った田代さん、今後はセンターの国際事業の名パイロットとして、舵を操っていくこととなる。

北極点に我が国初の氷海観測用小型漂流ブイ（J-CAD）を設置

海洋科学技術センター 北極海研究グループホームページ <http://w3.jamstec.go.jp/8338/>



氷上に三脚をたて、J-CADの水中ケーブルに水温・電気伝導度計を取り付ける

去る平成12年4月25日、海洋科学技術センターがワシントン大学応用物理学研究所極域科学センター(UW/PSC)および米海洋大気庁太平洋環境研究所(NOAA/PMEL)と共同で北極点に設置した、我が国初の氷海観測用小型漂流ブイ(J-CAD)の観測が開始された。この観測は国際共同北極海長期観測計画(LTO)の一環で、北極海における気候変動について明らかにすることを目的としており、センターでは、J-CADを用いて海洋成層構造と海流の観測を行う。

J-CADは、本体の下にウエイト付きのワイヤーケーブルを吊り下げた漂流ブイで、風向・風速、気温、気圧といった気象データと、水深250mまでの水温、塩分濃度、海流の流向・流速といった海洋データを取得するためのセンサーが取り付けられている。過去にも米ウッズホール海洋研究所と協力し、北極海に観測ブイの設置を行ってきたが、これまでのブイは北極海の化学的・物理的情

報を入手するための総合的な観測を目的としており、その装置も大掛かりなものとなっていた。だが、J-CADはその設計コンセプトが大きく異なっている。観測目的を表層海洋の構造解明に絞り込むことで、各種センサーを軽減し、コンパクトで作業性の高いものとした。

北極点へは、海洋観測研究部 畠山清氏と、UW/PSCから2名およびNOAA/PMELから1名、計4名の研究者が向かった。仕事は北極点になるべく近い設置ポイントを探ることから始まった。その海水は飛行機の離着陸ができることはもちろん、設置後数年に渡る漂流に耐え得るだけの強度を備えていることが必要不可欠の条件となる。観測途中で海水が凍壊してしまった場合、ブイが自力で浮遊することは可能だが、北極海では海水との接触を避けることは不可能に近い。しかも、常に海水と共に移動しているため海洋上の定点観測ブイのように、船を横付けして回収・メンテナンスを行うことが難しいの



キャンプ参加者で記念撮影



ブイの事前動作チェックは、アラートの基地で行われた



北極点の海水上までは、カナダの民間小型飛行機で移動した

だ。氷上が平坦で厚さ2m、半径500mくらいの規模を持つ海水を、飛行機のパイロットが長年の勤を頼りに上空から捜索し、設置ポイントを決定した。若い海水(薄い)はわずかに灰色味を帯び、多年氷(厚い)は真っ白く見えるという。

7日間の滞在中は研究者のみを氷上に残し、アラートから北極点まで片道約800kmを飛行機が往復し、その活動をサポートした。アラートは本来はカナダ軍の基地だが、一方で北極海域へやってくる研究者たちの支援基地としての役割も果たしている。

設置点は北緯89度41分、西経130度20分の氷上。マイナス30度近い極寒のなかで三脚をたて、氷に穴をあける海水ドリルなどの機材を揃えた後、設置作業を開始した。いったんドリルで氷に穴を開けはじめると、厚さ2.6mの氷は30分ほどで貫通。そこへウエイトから順に水中ケーブルに付けて降ろし、ブイがすっかり立ち上がるまでに約1時

間半かかった。滞り期間中は比較的天候もよく、順調なキャンプとなったが、撤収日に氷上に小さなクラック(亀裂)が発見され、一瞬ヒヤリとさせられる場面もあった。

ブイに搭載されたリチウム電池は最低2年間は無効で、ブイはシベリア沖から北極点を通り北大西洋へと抜ける極横断流に乗り、今後、海水と共に移動しながら観測を続けることとなる。既にJ-CADからのデータは当センターへ順調に送られてきており、ホームページでも公開されている。また現在、より改良されたJ-CAD第2号機も準備が進められている。ブイ本体のフロートをアルミ外装から発泡樹脂に変更したほか、音響式流向流速計を1台から2台へ、水温・電気伝導度計も4台から6台へ増設し、今年10月には同じく北極海の代表的な流氷の流れ“ポーフォート循環”の観測を目指し、カナダの北沖に設置予定だ。今後の北極海の海洋構造や気候変動の解明へ向けて、J-CADの大きな貢献が期待されている。

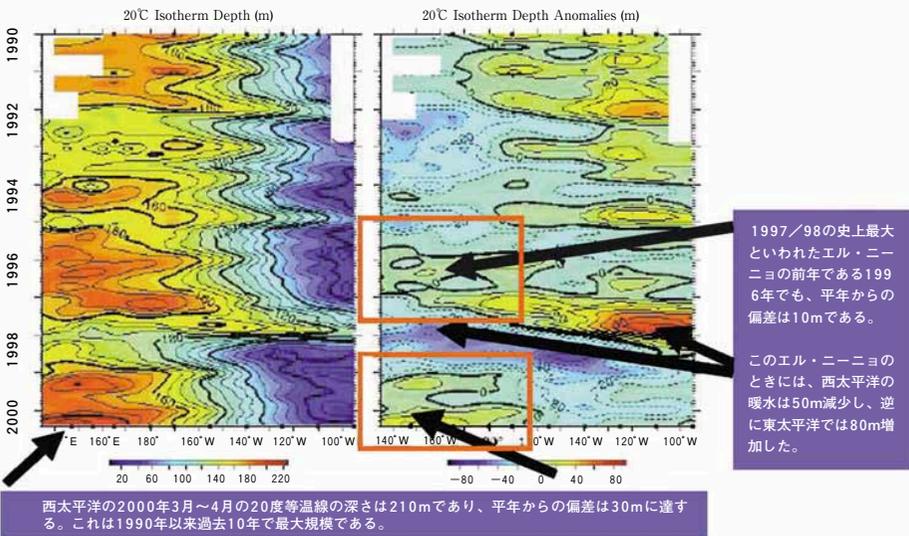


設置完了後のブイと、畠山研究員

エル・ニーニョ発生の条件である暖水の蓄積が過去10年で最大

トライトンホームページ <http://www.jamstec.go.jp/jamstec/TRITON/>

赤道に沿う月平均の20度等温線の深さ、平年からの偏差の時間変化



海洋科学センターでは、トライトン計画を推進し、米国海洋大気庁太平洋海洋環境研究所 (PMEL) と連携しながら、熱帯太平洋全域においてエル・ニーニョ現象発生メカニズム解明のためのモニター調査を行っている。海洋の水温や塩分濃度の分布、及び海面での気温、降水量の時間変化を観測することによって、エル・ニーニョ現象の要因のひとつと考えられている西部熱帯太平洋の暖水プールの形成・移動過程を明らかにしようというものだ。

1999年2月以降、東経156度以西のTAOブイをトライトンブイに置き換えてきたその観測データから、本年3月以降、過去10年間で最大規模の暖水が、西太平洋赤道域に蓄積されていることが分かった。

海洋表層の20度等温線は、その深さが深いほど温かい海水が表層に集

められていることを示し、熱がどれだけ蓄積されているかを表すひとつの指標となっている。センターでは、TAO、トライトンブイから得られる赤道沿いの20度等温線深度と、その平均値からの偏差に関する時系列データを取り出し、暖水蓄積の様子を調べた。その結果、今年の3月から4月に、西太平洋でこの20度等温線深度が、赤道上で210mと非常に深くなっていることが分かった。97/98年のエル・ニーニョ現象の前年、96年3月から4月の20度等温線の深さは、平年の約180mよりも10m深い、約190mだった。今年はそれよりもさらに20m深いことになる。また、赤道をはさんだ南北でも、96年観測データよりさらに広い海域に暖水が蓄積されていることが観測された。つまり、西太平洋には十分に熱が蓄えられ、次のエル・ニーニョ発

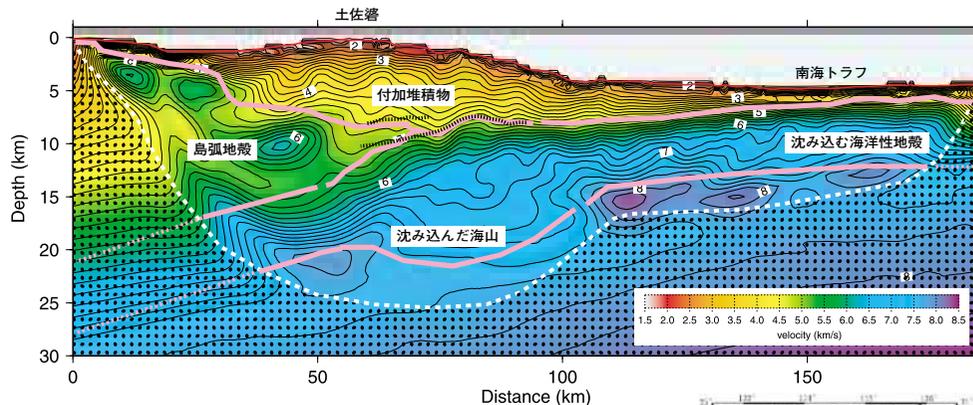
生のためのひとつの条件が整えられた状態にあることが明らかになったのだ。

エル・ニーニョ発生のもうひとつの条件は、西太平洋に蓄えられた暖水を東に押し出す西風が、この暖水プール域で強く吹くことだ。通常、この西風は冬季のモンスーンに伴って強まる。そのため、今年の冬から来年の春にかけて、西太平洋赤道上で西風が強く吹いた場合、2001年の春以降にエル・ニーニョが発生する可能性がある。

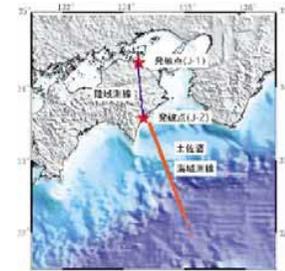
センターでは、トライトンブイから送られてくる今後の西太平洋での風、水温のデータに注目しながら観測を継続していく。

なお、トライトンブイで得られたデータは、PMELのブイデータと統合後、センター及びPMELよりインターネットを通じて公開されている。

南海トラフに巨大な海山の沈み込みを発見



海陸境界域深部構造探査で得られた海山の沈み込み構造図
土佐ばえ側に大規模に沈み込む海山が存在している。1946年の南海地震の破壊を止めるバリアの役割をした可能性がいわれている。



海洋科学技術センターの地震研究プロジェクト、海底深部構造フロンティアの金田義行プログラムディレクター、小平秀一サブリーダーらは、室戸沖（土佐ばえ周辺）から四国陸域（徳島県から香川県）において1999年5月から7月にかけて行われた深部構造探査と海域自然地震観測によって、四国沖南海トラフに巨大な海山の沈み込み構造が確認されたことを、2000年7月、初めて明らかにした。この海山の発見は、同7月7日（米国：日本時間8日）発行の、米『サイエンス』誌にも掲載されている。

フィリピン海プレートの沈み込み帯である南海トラフ周辺域では、これまでおよそ100年から200年といった間隔でマグニチュード8を越える巨大地震が繰り返し発生しており、海底下の地殻変動が活発な海域

として知られている。最近では1944年の東南海地震 (M8.0)、1946年の南海地震 (M8.0) が起こっており、それ以前には1854年に東南海地震、南海地震が発生している。また、1707年の地震 (M8.4) では、四国沖から東海沖に至る広い地域が破壊したと考えられている。

1999年に行われた深部構造探査は、陸域と海域にわたる世界的にも極めて大規模なもので、プレートの沈み込み構造の把握や地震活動の評価を行う上で大きな成果が期待されていた。

今回発見された海山は、地磁気異常からすでにその存在が示唆されていたが、長さ約50km、高さ約3kmの規模があり、高知県室戸岬沖東方（土佐ばえ）、深度約10km付近に沈み込んでいることが初めて確認された。また、この巨大海山は、

1946年の南海地震の余震域の境界域に存在していることもあわせて明らかになった。このことは、同フロンティアの Phil Cummins チームリーダーらが実施した1946年の南海地震データの波形解析結果でも、海山の東方で大きな地震波を伴う高速破壊が生じると、海山西方では主として津波を伴うゆっくりとした破壊が生じる、という断層モデルが得られている。海山は、1946年の南海地震の破壊過程に対して、バリアー・フィルター的な役割を果たしたと推定される。

今後も、同フロンティアでは、この海山の役割と南海地震との関係について、さらに研究を進めていく予定だ。

平成12年度 海洋科学技術センター 船舶一般公開スケジュール

この夏、本物の観測船に会いに行こう

いよいよ、夏本番。海洋科学技術センターでは、海洋科学技術の理解と普及を促すために、観測船、潜水調査船の一般公開を積極的に行っている。今年の夏休み期間中も、海の行事などにちなんで、各地で観測船などの公開が予定されている。船内見学や先端技術の紹介などを楽しみながら、潮風のなかで海洋科学の世界を満喫してほしい。



開催日	イベント名	公開船舶	会場	主催・問い合わせ先
7月20日(木)	第15回「海の祭典」しずわか	「よこすか」「しんかい6500」 「なつしま」「しんかい2000」	静岡県清水港 静岡県田子の浦港	清水市経済部港振興課 0543-54-2147 富士市農工商農林部商工政策課 0545-51-0123
7月21日(金)~ 8月6日(日)	「21世紀夢の技術展」	「しんかい6500」実物大模型展示	東京都東京ビックサイト	「21世紀夢の技術展」運営事務局 0120-5-30286
7月24日(月)	海洋科学技術研究所海洋調査船「かいよう」一般公開	「かいよう」	北海道紋別港	(株)オホーツク流水科学研究所 01582-3-1100
8月19日(土)	有人潜水調査船「しんかい6500」一般公開	「よこすか」「しんかい6500」	佐賀県唐津港	唐津市建設都市計画課港湾振興係 0955-72-9135
8月19日(土)、 20日(日)	JSAジュニアサイエンスアカデミー	「なつしま」「しんかい2000」	新潟県柏崎港	JSAジュニアサイエンスアカデミー事務局 025-283-8007
8月23日(水)	海外一般公開 / アメリカ	「みらい」	シアトル港	海洋科学技術センター総務部普及広報課 0468-67-3700
8月26日(土)	海外一般公開 / カナダ	「みらい」	ビクトリア港	海洋科学技術センター総務部普及広報課 0468-67-3700

※海外一般公開は、現地時間です。

海洋科学技術センターオリジナルキャップ



海洋科学技術センター・グッズの売り上げナンバーワンがこのオリジナルキャップ。落ち着いたネイビーブルーにJAMSTECの文字とシンボルマークが刺繍されている。サイズはM、L（海洋科学技術センター受付にて販売）。
価格 1,600円

●オリジナルグッズに関するお問い合わせ

日本海洋事業株式会社 センターグッズ係
〒238-0004 神奈川県横須賀市小川町14-1
TEL: 0468-24-4611
FAX: 0468-24-6577

オリジナルキャップを「Blue Earth」読者のなかから抽選で5名様にプレゼント!!

【応募方法】

官製はがきに「オリジナルキャップ希望」と記入し、郵便番号、住所、氏名（ふりがな）、年齢、職業（学年）、電話番号、希望サイズ、いちばん興味を持った記事、「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、2000年8月31日（木）当日消印有効。当選者の発表は、50号で行います。

【応募先】

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15
海洋科学技術センター 情報管理室 プレゼント係

NHKブックス 『海洋の科学～深海底から探る』



浦生俊敬 著
日本放送出版協会刊
870円（本体価格）

地球システムの秘密を握る海洋大循環や熱水活動 潜水船から見た海洋科学のフロンティア

本書は、「海洋において、化学元素がどのように循環しているか、なぜ現在の化学組成を持つに至ったのか？」という根本的なテーマを踏まえ、特に「海水循環のメカニズム」と「深海底の熱水活動」にスポットをあてながら、壮大な海洋システムについて書かれている。

熱水とは、深海底から湧き出る、300度を超す高温の水であり、これが、海水の温度や成分に大きな変化を与えている。大気と海洋（海流）の大きな循環が、私たちの

地球環境に多大な影響を与えていることはよく知られている。それと同様のシステムが、実は深海底と地殻活動の間でも働いているのだ。

この20数年の間に海洋科学は目を見はるような躍進をとげた。アメリカの潜水船アルビン号が、ガラパゴス地溝帯に世界初の熱水活動を観測したのが1977年。それ以後の潜水調査技術の発達により、これまで謎に包まれていた深海底の活動のバールが次々にはがされていく。数百メートルの黒煙を吹き上げるブラックスモーカーやチ

ューブワームの群れ、静かに舞い降りてくるマリンスノー、海底から湧いてくるガスハイドレート。潜水調査船の厚さ14センチものメタクリル製耐圧窓の外に広がる深海底の世界を、著者は深海のオアシスと呼ぶ。

そのオアシスで何が起きているのか。熱水や深海水の組成を調べ、化学式に当てはめていく過程でその謎が明らかになっていく。河川や大気を通して海洋と循環している物質や熱エネルギー循環の机上データでつじつまが合わなかった部分が、熱水活動のような深海水と地殻との間で行われている循環を考慮すると、きれいに解決

していくのだ。

海水は海底に浸透し、プレートが拡大しつつある地帯ではマグマに熱せられ、鉱物を溶かし込み熱水として吹き出す。また、プレートが沈み込む海溝部分では冷水水として静かに湧き出してくる。これらが、海水の温度や成分組成に大きな影響を与えていたのだ。そしてこの海底での営みが、大気や海表面層海流の流れにも働きかけ、海水は様々な物質やエネルギーをのせたベルトコンベアーのように、全海洋を1000年を超える時間をかけて一巡しているのだ。

また、本書には著者が体験した調査航海のレポートも豊富に盛り

込まれている。著者自身が大学院で化学者として海洋研究を本格的に始めたのが、ちょうど1970年代。そのため、本書は近年の深海底研究のあゆみのダイジェストとしても読むことができるだろう。深海底の謎を解くために国境を越えて集まった科学者や技術者達。世界初の熱水採取の際、あまりの高温に水温計が溶けてしまったり、海底試料採取のために海上母船から数千mものパイプをおろして繰り返されるボーリング作業など、想像を絶する世界に感嘆し敬意を払いつつも、地球という大きな存在に立ち向かっていく人間の姿を、興味深く読ませてくれる。

編集後記

『Blue Earth』誌2000年7・8月号をお届けします。読者の皆様には、『Blue Earth』第1号に対し、概ね好意的なご意見をいただきました。紙面を借りまして御礼を申し上げます。

さて、最近、雑誌の売れ行きが思わしくないという話を聞きます。原因としてインターネットをはじめとするメディアの多様化によるものが大きいと考えられます。しかし、雑誌等の活字メディアとWebのようなインターネットによる情報伝達は、それぞれの特徴を生かして補完しあうことにより、更に大きな情報伝達手段になり得ると信じております。その意味で、『Blue Earth』の読者の皆様には、是非JAMSTECホームページ (<http://www.jamstec.go.jp/>) をあわせてご覧いただき、最新の活動状況をチェックしていただければ幸いです。

さて、今号では、最新の話題として「掘削船」、「北極」及び「エル・ニーニョ」を取り上げました。それぞれ、地球規模の変動を研究する手法として注目されており、今後さらに当センターが研究を進めていかなければならない重要な課題にあげられています。また、FACEのコーナーでは、国際課のスタッフを取り上げました。今後も、研究活動を支えている様々な部署のスタッフにも興味を持っていただけるよう企画したいと思っています。(情報管理室 土屋)

『Blue Earth』誌に関するご意見、ご要望は、メールアドレスinfo@jamstec.go.jpまでお願い致します。

Blue Earth (旧JAMSTEC) 第12巻 第4号 (通巻第48号)

2000年7月 発行

編集人 海洋科学技術センター 情報管理室 吉村 悟
発行人 海洋科学技術センター 情報管理室 土屋 利雄
本 部 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15
TEL (0468) 66-3811 (代表)
FAX (0468) 66-6169 (情報管理室)
むつ事務所 〒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)
東京連絡所 〒105-6791 東京都港区芝浦1丁目2番1号
シーバンスN館7階
TEL (03) 5765-7101 (代表)
ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>
制 作 株式会社 ニュートンプレス

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。

