

海と地球の情報誌

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

BlueEarth

11・12月号
2004

特集 地球温暖化と気候変動予測



JAMSTEC Report 世界最大の海底溶岩流を発見

Blue Earth Museum JAMSTECのご長寿アイドル水槽生活10年の“ボテちゃん”

JAMSTECにおける最初の海洋物質循環研究

地球温暖化の解明をめざして、東シナ海で研究航海を実施

取材協力：
本多牧生サブリダー
むつ研究所研究グループ



20リットルニスキン採水器24本が装着されたCTDロゼット採水器。下部にCTD、光透過度計、光度計を搭載。この研究のために新たに準備された



「かいよう」船上でCTDロゼット採水器の調整を行う様子



JAMSTEC初の24時間体制で、夜間も観測が行われた



セジメントトラップ（海中に係留し、沈降粒子を捕集する装置）の設置作業

1992年、科学技術庁（現・文部科学省）による「縁辺海における物質循環機構の解明に関する国際共同研究（MASFLEX）」がスタートした。大気中の二酸化炭素の変動や地球規模の気候変動を予測するためには、炭素をはじめとする物質の海洋内循環や大気との相互作用などを総合的に研究することが重要であるとの考えから、東シナ海を対象海域としてその物質循環を明らかにすることを目的としたプロジェクトだった。このプロジェクトは、主にJAMSTECが保有する海洋調査船「かいよう」を使用し、14の大学や研究機関が参加して5年間に渡って実施された。JAMSTECでは、このプロジェクトに参加するとともに、これと並行して東シナ海に隣接する沖縄トラフ海域における物質循環過程を明らかにするため、独自にプロジェクト研究「深海における物質循環研究」に着手し、セジメントトラップ実験等を行った。この研究は、海洋が大気中の二酸化炭素を吸収するメカニズムのひとつである「生物ポンプ」の働きを評価するため、炭素を中心とした化学成分がどのように海洋内部に輸送されるか、海水・粒状物・堆積物を調べて移動過程を解明しようというものであった。そしてこれが、JAMSTECにおける本格的な海洋物質循環研究の始まりでもあった。

研究のための最初の航海は、1993年1月から実施された。それまでJAMSTECは海洋開発や深海研究を中心に活動を行ってきたため、海洋観測のための機器類は揃っていなかった。そのため、観測に使われるCTDロゼット採水器やセジメントトラップなどは、この航海に向けて新たに準備しなければならなかった。また、それまで海中作業実験船として主に飽和潜水技術の研究開発等に用いられていた「かいよう」には、試料分析等に必要な実験設備も十分に整っていなかったため、新たな改良も施された。

もうひとつ、JAMSTECにとって初めての試みが、同じ年の9月より行われた第2次調査航海から行われることになった。それは、24時間体制の観測実施だった。潜水調査船などを用いる深海調査では、活動は日中に行われ、陽が暮れてからは船上でのメンテナンスや翌日に向けての準備のみが行われるが、海洋観測を効率よく実施するためには、昼夜を問わず観測点に着いたら直ちに観測を行う体制が望ましい。そのため、この航海から24時間観測体制がとられることになったのだ。乗船したある研究者のレポートには、次のように記されている。「採水が終わったからといって安心はできない。採取したサンプルの分析が待っているのである」、「これらを分析する研究者は、今晚眠れるのだろうか？」、「自分の観測がなければ、研究者はそれぞれ自由に時間を使うことができるが、時間があけば、寝て体力を温存している人が多かったように思う」（『JAMSTEC』1994年通巻第22号より）

Blue Earth

11・12月号／2004

Contents

- 2 特集 地球温暖化と気候変動予測
温暖化する地球の未来を探る
- 4 地球温暖化と予測研究の最前線
- 8 地球温暖化で「台風」はどう変わるか
- 12 二酸化炭素を吸収する海洋の仕組み
- 16 地球温暖化の科学的解明をめざすIPCCの取り組み
- 20 Interview 研究者・技術者に聞く
プランクトンの群集構造から中・深層の生態系の謎に迫る
喜多村 稔 特別研究員
- 24 Blue Earth Museum
JAMSTECのご長寿アイドル
水槽生活10年の「ポテちゃん」
- 26 JAMSTEC Report
世界最大の海底溶岩流を発見
- 30 JAMSTEC Report
日本の梅雨の周期を解明
- 34 Marine Science Seminar
「高温で生きる微生物」
～そのタンパク質の折り畳み機構～
- 38 BE Room
機構が取り組む研究・開発などの活動成果を紹介する
イベントを実施
地球シミュレーションセンター・シンポジウム
深海バイオフィオーラム
- 40 Present／編集後記
- 41 賛助会会員名簿

表紙：「NIRAI KANA」で活躍した有人潜水調査船「しんかい6500」
※表紙についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

地球規模の気候変動メカニズムを 解明し、予測の実現をめざして 温暖化する地球の未来を 探る

人間活動による二酸化炭素などの温室効果ガス排出増加に伴い、地球の温暖化が急速に進行している。

地球の地上の平均気温は20世紀の間に約0.6℃上昇し、海面水位は0.1～0.2m上昇、雪氷面積も減少している——地球温暖化の実態を把握し、気候変動の将来予測や影響評価などを行うことを目的に、1988年に設立されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、2001年にまとめた報告書において地球温暖化の進行を明らかにするとともに、今後も温暖化が進み、洪水や干ばつなどの異常気象が増大する可能性が高いことを指摘した。これを受けて、このままでは、やがて過去1万年間にみられなかった急激な気候変動がもたらされ、人類の生存基盤さえ脅かしかねない深刻な事態をまねくのではないかとさえいわれている。こうした事態に対して、世界の国々は温室効果ガスの排出削減に向けて動き出そうとしているが、思うように成果は上がっていない。一方で、多くの研究者たちが、地球温暖化のメカニズム解明や気候変動の予測に取り組んでいる。そして、地球

温暖化が単に化石燃料の燃焼による二酸化炭素の増加によるものでなく、様々な物理・化学的過程が複雑に絡み合う総合的な現象であることを明らかにするなど、地球環境への適切な対応を進める上で欠かせない重要な科学的知見をみつけ出してきた。さらに、高度な観測システムの構築、モデル研究の進展、高精度なシミュレーションなどによって、より確実性の高い予測研究も行われている。

この秋には、IPCCの第四次評価報告書（2007年採択予定）に向けて、独立行政法人海洋研究開発機構の「地球シミュレータ」を利用した高精度な温暖化の予測研究成果も次々に発表され、世界の注目を集めている。さらに、海洋研究開発機構の地球環境フロンティア研究センターなどでは、温暖化の予測だけでなく、台風の発生数や強度の変化、集中豪雨の増減など、私たちの生活に深い関わりのある現象が、将来どのように変動するのかを予測する研究にも取り組んでいる。地球温暖化という人類と地球の未来に関わる重大な問題に対して、科学はどのように貢献しているのか。その取り組みと成果を紹介する。



時岡 達志 プログラムディレクター
地球環境フロンティア研究センター
地球温暖化予測研究プログラム

地球温暖化予測研究に取り組む 時岡達志プログラムディレクターに聞く 地球温暖化と予測研究の最前線

国立大学法人東京大学気候システム研究センター（CCSR）、独立行政法人国立環境研究所（NIES）、独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター（FRCGC）の合同研究チームは、海洋研究開発機構の「地球シミュレータ」を用いて、2100年までの地球温暖化の見通し計算を実施し、その成果を今年9月に発表した。この計算は、地球全体の気候・海洋を計算するものとしては現時点で世界最高の解像度を持ち、IPCC第四次評価報告書に大きく貢献するものとされ、世界からも注目を集めている。さらに、今回の研究では、2100年までの日本の夏の気候予測についても、詳細な解析が行われている。

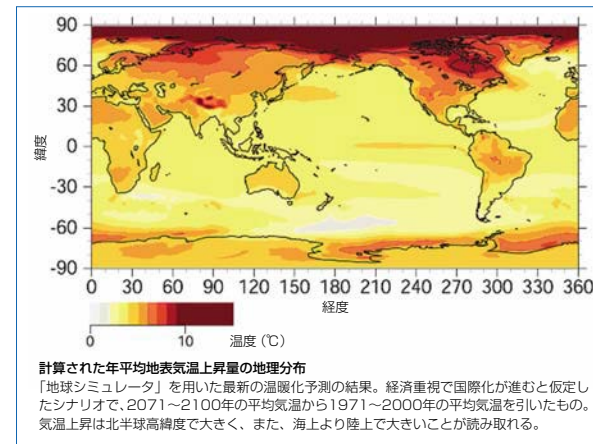
ここでは、長年に渡って気候変動研究に携り、現在、地球環境フロンティア研究センター・地球温暖化予測研究プログラムのプログラムディレクターとして今回の研究に取り組んできた時岡達志氏にご登場いただき、地球温暖化とその予測研究の成果、さらには今後の研究の課題などについて、お話をうかがった。

地球温暖化問題は 私たちひとり一人の問題

Blue Earth編集部（以下BE）地球温暖化という問題について、いま私たちはどのようにとらえたらよいのでしょうか。

時岡 ご承知のように、地球温暖化とは、主に人間活動の拡大に伴って二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量が増大し、これらが大气中に蓄積することによって温室効果が強められ、自然の変動を上回って気温が上昇。その影響で、将来の地球の気候を変える恐れがあるという、簡潔に言えばそのような問題ですね。産業革命以後、人間が化石燃料をたくさん使い出し、その結果、二酸化炭素の濃度で、毎年1.5ppm（百万分率 1ppmは10のマイナス6乗）というようなごくわずかな増加ですが、それでも100年続けば、気候の変化という点では無視できない影響を与えそうだということが明らかになりました。実際の観測結果からも20世紀の100年間で、地球の平均気温は約0.6度上昇していることがわかっています。人間ひとりが使うエネルギー消費量が増えてきたことと、世界の人口が増加していることで、両方の掛算でエネルギー消費量は増大しています。こうした問題を突きつけられて、1992年には気候変動に関する国際連合枠組条約が採択されており、その具体化のための方策を取り決めた京都議定書が、来年の2月にはいよいよ発効しそうな段階にあります。この取り決めで日本は1990年レベルの6%排出削減を約束しているわけですが、すでにプラス7%に達しており、合わせて約13%の排出削減が必要という状況にあります。これからは、私たちひとり一人がこの問題を見つめ直す必要があります。地球温暖化は、自分と無関係な問題ではないということを、まず認識していただきたいと思います。

BE 地球温暖化と聞くと、気温の上昇だけを思い浮かべる人もいますが、実は、これに伴う気候変動や異常気



象などが、私たちにとって大きな問題ですね。

時岡 そうです。温室効果によって気温が上昇するといわれますが、それは世界全体が一樣に高くなるわけではなく、早く上昇するところとそうでないところがあります。また、気温の上昇は、降水量や風など他の要素にも大きな影響を与えますから、いろいろな気象現象に変化をもたらす可能性があると考えられています。災害の発生の仕方なども変わってくるだろうといわれます。直接的に気候が変わって影響を受ける部分もありますし、海面の水位が上昇するというのも大きな

今回、「地球シミュレータ」という世界に誇る高性能なコンピュータを用いたことによって、これまでできなかった、より解像度の高い気候モデルを使用して将来の気候予測を行うことができました。これが非常に大きな特徴です。将来の気候変動を予測するための計算では、大気・海洋を格子に分割し、その上で物理法則を解き、気候変動を近似的に表現していきます。格子間隔を小さくして解像度を高くするほど、モデルのなかで表現されるいろいろなプロセスの精度は上がりますが、反面、大規模なコンピュータが必要になるわけです。今回、CCSR、NIES、FRCGCによって開発された「高解像度大気海洋結合大循環モデル」を使用し、大気を約100km、海洋を約20kmという世界最高レベルの解像度で計算を行うことに成功し、より詳細な気候変動の検討が可能になりました。

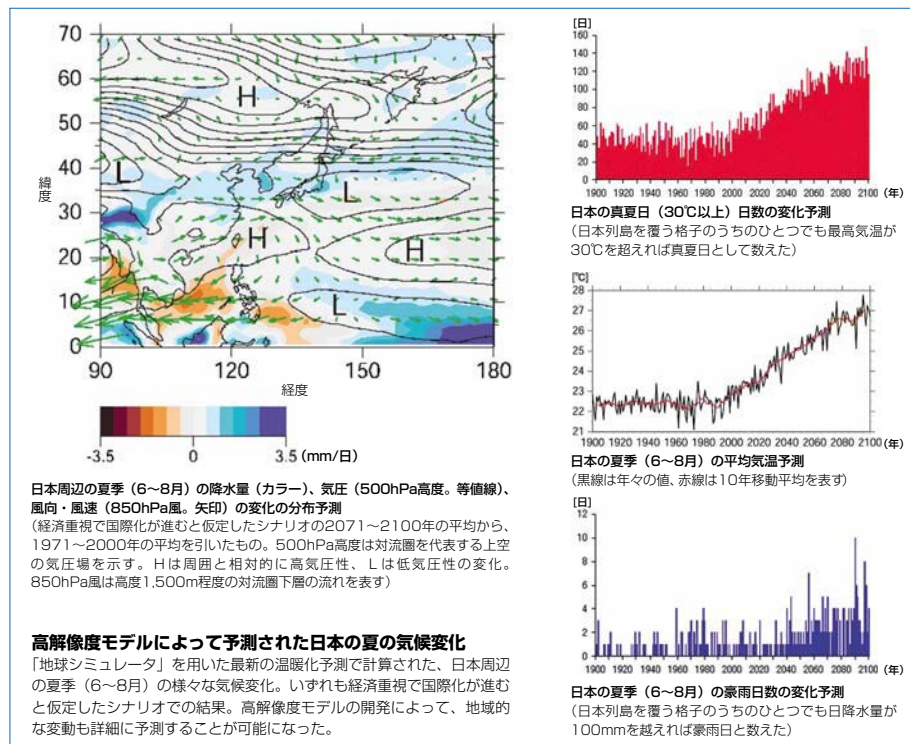
高解像度モデルで 温暖化予測を実施

BE この秋に、「地球シミュレータ」を活用した地球温暖化予測研究の成果を発表されましたが、その特徴についてお話しいただけますか。

時岡 こうした研究を大きくコントロールするのは、コンピュータの性能です。

BE 研究の過程でいちばん苦労されたのはどのような点ですか。

時岡 やはり解像度を上げるためのモデルの開発でしょう。単に解像度を上げるだけで、すぐによい結果が生まれると思われがちですが、実際には、解像度を上げて現実に近い気候を再現するためには、細かいところまできちんと検討



し直していかなければなりません。それを確実にやってきたからこそ、よい結果が出せるモデルができたのだと思います。

BE 地球規模の計算は、1900～2000年については温室効果ガス濃度等の観測値の変化を与えて計算し、2001～2100年は、IPCCによって作成された将来のシナリオから、将来の世界が経済重視で国際化が進むと仮定したシナリオ（2100年の二酸化炭素濃度が720ppm）と、環境重視で国際化が進むと仮定したシナリオ（同、550ppm）の2つについて計算されたそうですね。どのような計算の結果が出たのですか。

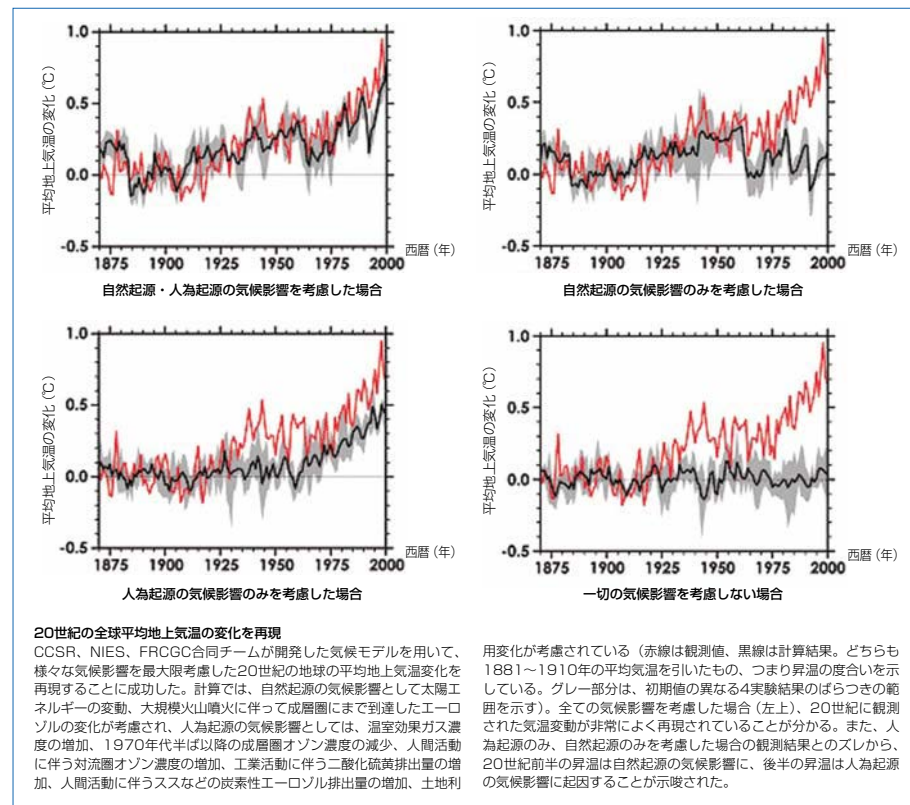
時間 気温上昇の地理分布は、北半球高緯度で大きく、海上に比べて陸上で大きいなど、地球規模の結果については、従来から得られている見通しとほぼ同様で

した。2071～2100年で平均した全球平均の気温は、1971～2000年の平均と比較して、経済重視シナリオで4.0℃上昇、環境重視シナリオでは3.0℃の上昇という予測結果でした。今回の高解像度モデルによる最大の成果は、空間的に細かいデータが計算結果のなかに含まれているということです。より地域的な気候変化についての再現性が高まっているわけです。ですから、日本付近でどのような変動が見られるのかということについても、手がかりになるようなデータが得られたことは大きな成果ではないかと考えています（上図参照）。

予測の不確実性を減らし高精度なモデル開発をめざす
BE これまでのIPCCの評価報告書で

は、温暖化予測についての不確実性というところが大きな問題とされています。この点についてはいかがですか。

時間 今回の研究成果で、不確実性を減らすことができたかといえば、残念ながらまだできていません。ただし、不確実性がどうしておきるのかということについては、今回このモデル開発を行ったプロセスのなかではっきりしてきました。これは、将来に向けて非常に重要なことだと思います。その不確実性の大きな要素となっているものとは何かというと、雲の微物理の取り扱いです。大気中で水蒸気が水や氷の粒になり、それが成長して雲ができ、雨が降ります。この雲の形成という非常に小さなスケールの現象が、気温変化の大きさを決める非常に重要な役割を果たしていることがわかった

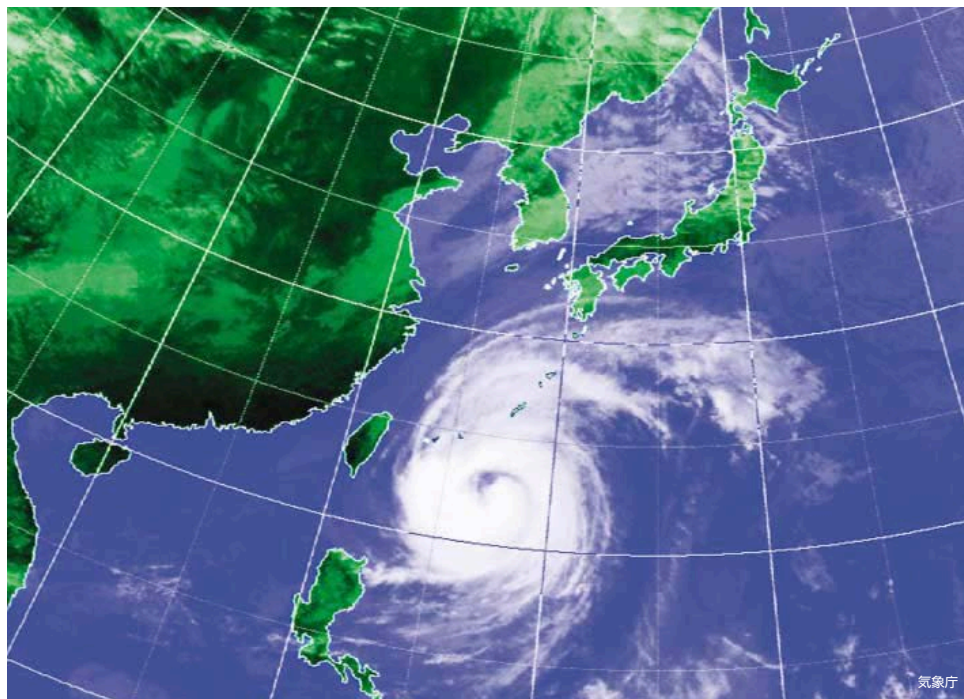


のです。雲をどのようにモデルのなかで扱うか、また雲が太陽の光を遮ったり、赤外線を吸収するなどのプロセスをどのように扱うかはこれからの大きな課題です。これらの扱い方を少し変えることで、全体の気温変化の大きさに大きく影響してしまうからです。今回の計算には間に合いませんでしたが、よりモデルの精度を高め、モデルの不確実性を減らしていくための手がかりに関する具体的な理解は得られました。もちろん、これは短期間で解決できる問題ではありません。観測にも力を入れなければなりませんし、うまく解決できるかどうかはわかりません。ただ、どのように組み組めばよいかという方向性は見えてきました。

BE 地球温暖化予測研究プログラムは、今後どのような取り組みを進めていくのでしょうか。

時間 「地球シミュレータ」を用いた予測計算は完了しましたが、今後もIPCCの第四次評価報告書に貢献していくため、これまで出た計算結果をもとに、現在、さらに詳しいデータの解析を行っており、IPCCに新しい成果を出していくと考えています。その後も、おそらく第五次評価報告書の取りまとめがあるでしょうから、それに向けて取り組んでいきたいと思っています。特に、今回の研究のプロセスのなかで、先ほどお話ししたように、モデルの気温変化幅に対しての理解が一步前進したわけですから、これを深めていき、現

実の気候システムに近づける努力をしていきたいですね。また、今後、いまよりもモデルの解像度を上げていくことは難しいかもしれませんが、より情報価値の高いモデルになるよう改良を行い、地域的な気候変動についても、いま以上に信頼性の高いものにしていくことをめざしていきたいですね。さらに、サイエンスとしての観点とは別に、地球温暖化は、社会と密接に関係する課題ですから、われわれとしてはその点をよく認識して、社会が求める情報、できるだけ精度のよい情報を出していくことも、しっかりとやっていくべきだと思っています。



気象庁

全球気候モデルに見る熱帯低気圧 地球温暖化で「台風」はどう変わるか



取材協力：
長谷川 聡 ポスdok研究員
地球環境フロンティア研究センター
地球温暖化予測研究プログラム
地球温暖化研究グループ

温暖化に伴って 台風の発生数は減少傾向に

日本に主に夏から秋にかけてやってくる台風は、西部北太平洋で発生した熱帯低気圧が一定の強さ以上に発達したものである。台風発生数については、

2004年夏は複数の台風が日本列島を直撃する形になり、たくさんの被害が出た。また同時期に北米カリブ海沿岸も大型ハリケーンによる被害が相次いだ。台風やハリケーンといった熱帯低気圧は、熱帯の洋上で発生し、発達しながら移動して激しい雨と風をもたらす。従来、熱帯低気圧の通り道に当たる地域では、災害への備えがなされてきたが、今後その発生数や規模が変化すると、従来の備えでは対応できなくなる可能性がある。地球温暖化は熱帯低気圧にどのような影響を与えているのか、地球温暖化領域では「地球シミュレータ」を使ったモデル研究が行われている。

年によるばらつきが大きく観測からは顕著なトレンドは見られない。2004年は台風の被害が多く、発生数も多かったように感じられるが、実は11月30日現在で27号となっており、例年約27個発生していることを考えると、特に発生数が増えているわけではない。だが例年に比べ台風のルートが変わり日本への上陸数が増えたため、大きな被害をもたらすこととなった(図1、2、3)。

現在、地球温暖化領域では全球気候

モデル(一定地域ではなく地球全体をまとめてシミュレートするモデル: GCM)を使って、地球温暖化が進行したときの熱帯低気圧の変化について研究を行っている。今回使用したのは大気のみGCMで、時間や空間のスケールなどの兼ね合いから、全球を100kmメッシュの網目で覆うものであった。海洋については温暖化時に海洋の海面水温がどの程度変化するかの設定値を予め入力しておく。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)に向けて各国の研究機関では、大気-海洋結合モデルを使って将来予想される温室効果ガスのシナリオを元にしたシナリオ実験を行っており、二酸化炭素(CO₂)が現在量のときとCO₂が倍増したときの海面水温分布の差がさまざまなケースで算出されている。そこでその海面水温分布を使って、CO₂が現在の倍量になったとき熱帯低気圧の発生はどうかを見ていくことにした。

それによるとCO₂が倍増すると海面水温は上昇し、現在の現象でいえばエルニーニョ現象発生時と似たパターンが多く出現する。さらにモデル実験の結果では、CO₂が倍増しても熱帯低気圧の発生数は増加せず、むしろ減少傾向が見られる。地球温暖化予測研究プログラムでは、主に西部北太平洋で発生する熱帯低気圧に着目しているが、CO₂を現在の量に設定してシミュレーションを行ったものと、CO₂が倍増したときのものを比較すると、熱帯低気圧の発生数にはおよそ10%程度の減少が見られる。気象庁気象研究所のモデル研究でも同様の結果が出ているということである。

なぜ温暖化が進むと台風の発生数が減少するのだろうか。これまでの研究によると、海面水温が上昇すると大気中に水蒸気が増え、その結果大気が安定し熱帯低気圧の発生が抑制されるからではないかと考えられている。つま

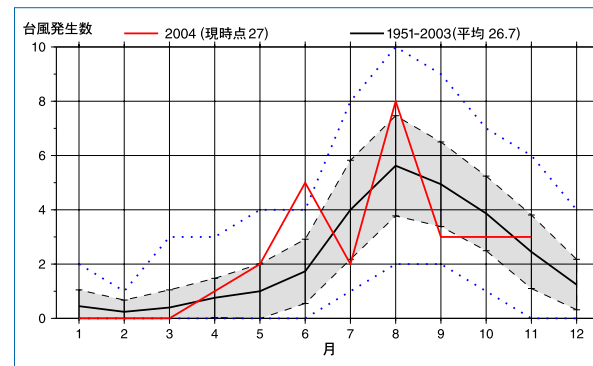


図1 2004年の台風の発生数

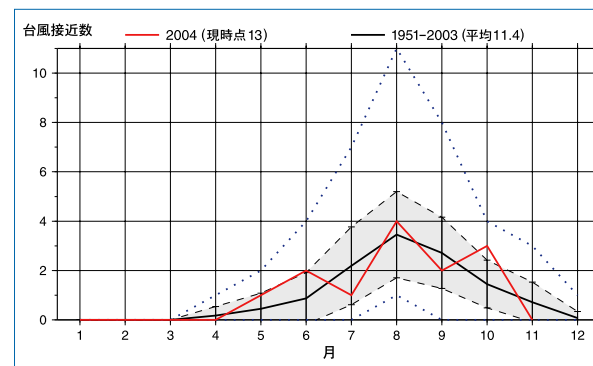


図2 2004年の台風の日本接近数

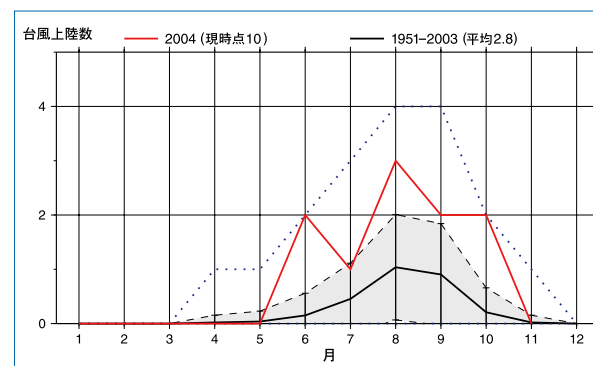
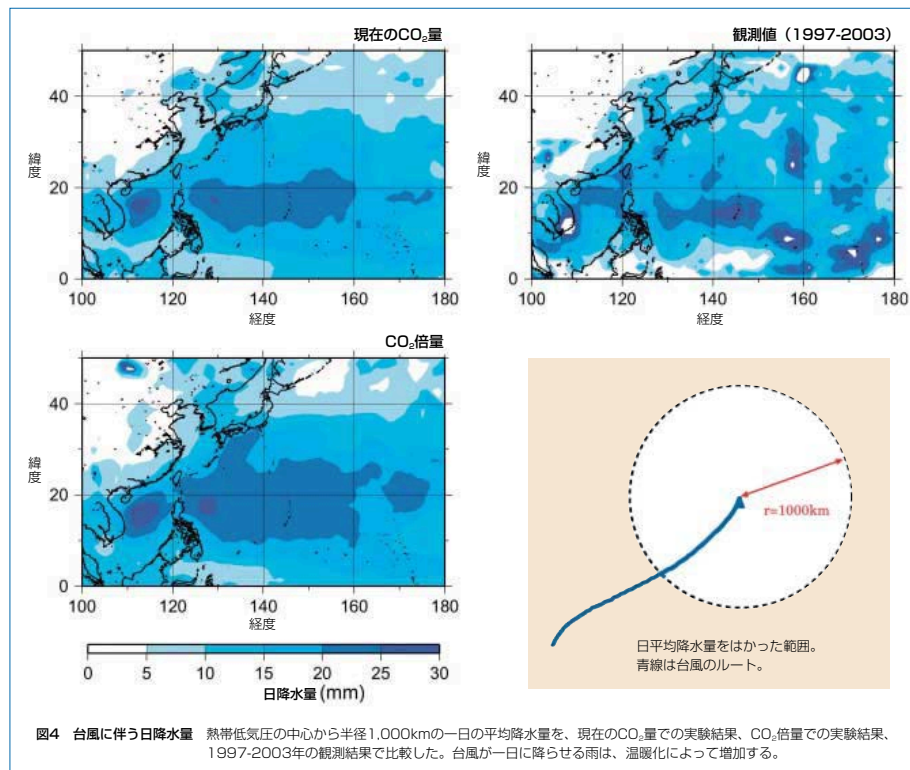


図3 2004年の台風の日本への上陸数

いずれのグラフも赤線が2004年の台風、黒い太線が過去の平均、灰色の部分過去の年々変動の標準偏差、青点線が過去の最大・最小の値を示す。
台風の発生数自体も日本への接近数も、過去の平均と比べて突出しているわけではないが、日本への上陸数は平均を大きく上回っている。
(2004年11月30日現在)



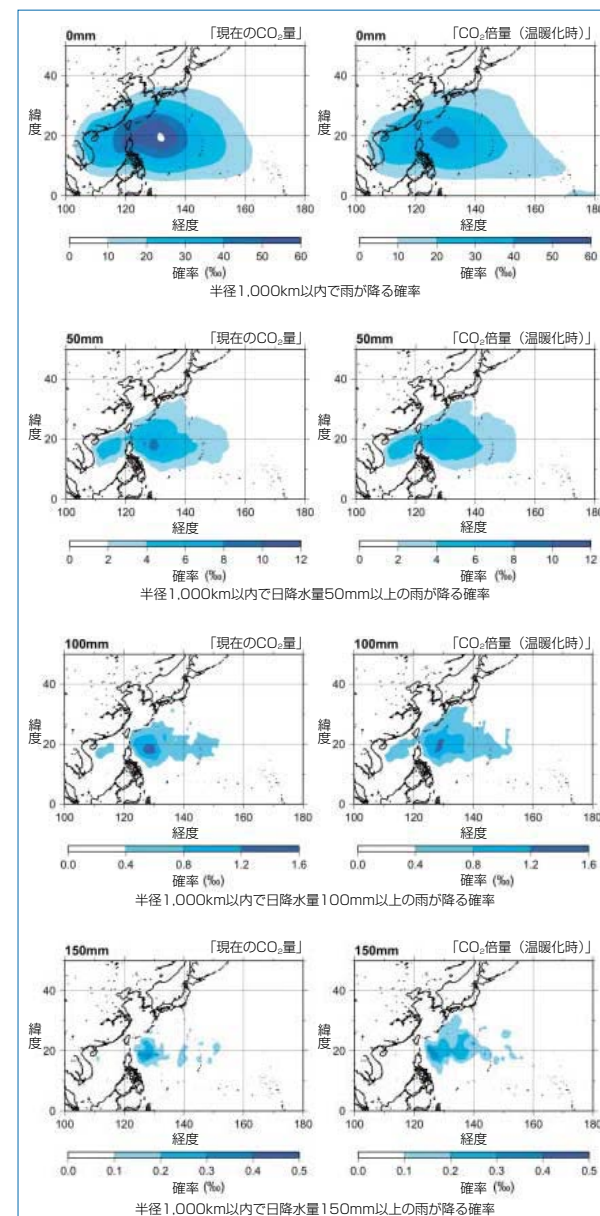
り熱帯低気圧の「卵」が発生しても、十分に成長する前に減退してしまうため、台風にまで成長する熱帯低気圧の数は限られてくるのではないだろうか。全球で見ても発生数は減っているが、増えているエリアもある。例えば北大西洋では発生数の増加傾向が見られる。また2004年には現在の気候を再現する大気モデルの結果を裏付けるように、今まで発生例がなかった南米の東側にハリケーンが発生した。今後も南米の東側には注目していく必要がある。

台風は狭い範囲で急激な変化を起こすため、100kmメッシュのGCMでは解像度が粗く、台風の姿を観測時のように捉えられるわけではない。観測上は最大風速が17m/s (34ノット) 以

上になった熱帯低気圧を台風とするが、モデルの場合は通常、中心気圧や風の強さ、10分間平均で風速15m/s以上の強風域の半径や同じく25m/s以上の暴風域の半径で台風かどうかを評価する。今回のGCMにおいて台風は、中心気圧、強い上昇気流によって潜熱（凝結熱など）が放出されることで生じる上空の温暖核（温帯低気圧と熱帯低気圧を区別するポイント）、渦の強さや風の強さをもとに検出された。中心気圧で見ると気圧の低い（＝強い）台風の総数は減っているものの、極端に気圧の低い台風だけは増える傾向が見られる。

台風による降水量は増え、極端に強い雨が降る

むしろ今回の研究は、温暖化時に台風による降水量がどのように変化するかを捉えたところに最大の特徴がある。移動する熱帯低気圧を日々で追いかけていき、台風の中心と決めたところから半径1,000kmで降っている雨を全て台風が関係する雨として計算した。すると温暖化したときのほうが台風のもたらす降水量が多くなる（図4）。熱帯低気圧がもたらす雨はたいいて強く降るが、温暖化時のシミュレーションでは極端に強い雨のエリアや回数が増えているのだ。つまりモデル計算からは、温暖化時には熱帯低気圧の発生数は減るが、少ない台風が現在より激し



い雨をもたらしようになるという傾向が見られるのである（図5）。その理由としては、温暖化によって大気中の水蒸気が増えるため、前述のとおり大気安定し熱帯低気圧の発生数は限られてくるが、発生した熱帯低気圧に集まる水蒸気は増え、そこで発達した台風は強い雨を降らせるものとなるのではないかと考えられる。GCMモデルでは1979年から約20年分の降水量の積分を行なった。1997年以降は気象衛星で日降水量を観測しているため、現在モデル計算と観測データ5年分の比較を行っているところだが、現在のCO₂量でのシミュレーションによる台風の日降水量平均と、観測から求めた台風による日降水量平均の分布は比較的良好一致している。またモデルは台風による日降水量をよく再現しており、CO₂倍量実験と現在のCO₂量での実験を比較すると、台風が一日に降らせる雨の量は温暖化によって増加する。

最初に触れたように2004年には日本への台風上陸数が多かった。温暖化によって日本付近に来る台風が増えるかどうかについては、まだよくわかっておらず、今後の研究がまたれるところである。今後は大気-海洋結合モデルでのシミュレーションを進める予定であり、雲の発達や日射の変化によって海面水温も変わり、より現実的な再現が可能となるだろう。また現在のモデルでは赤道付近で発達する積乱雲など雲の振舞いがうまく計算できないが、これについても雲を物理現象に則して計算する試みがなされている。全球で長い時間を走らせるには「地球シミュレータ」でも100kmメッシュが限界だが、モデルに取り込むスキームを改善することでより精度の高い実験結果が得られると期待される。



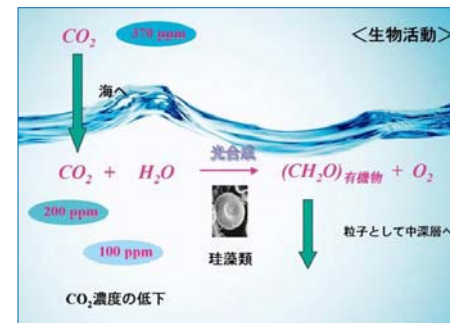
二酸化炭素を吸収する海洋の仕組み

地球温暖化で注目される海洋の果たす役割

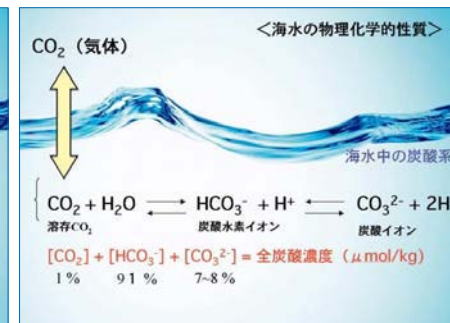


取材協力：
村田 昌彦 研究員
地球環境観測研究センター
海洋大循環観測研究プログラム
化学トレーサグループ

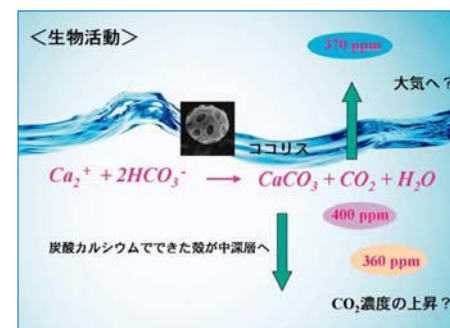
地球温暖化に大きな影響を及ぼすとされる温室効果ガス。そのなかでも最も大きく関与していると考えられているのが二酸化炭素だ。IPCCの報告によれば、産業革命前の1750年に約280ppmだった大気中の二酸化炭素濃度は、その後増え続け、1999年には約367ppmにまで達した。特に20世紀の増加率は、過去2万年間で前例のないほど高いといわれている。だが、石油等の化石燃料の消費など、人間活動によって大気中に放出された大量の二酸化炭素は、全てがそのまま大気中に蓄積されるわけではない。陸域で森林等の光合成の働きによって二酸化炭素が吸収されることはよく知られている。さらに、より重要な吸収源と考えられているのが海洋だ。IPCC第三次評価報告書によれば、1年間に大気中に排出される量は炭素換算で約5.4ギガトン（1ギガトン＝10億トン、1980～1989年のデータによる）であり、そのうち森林など陸域で吸収される量が約0.2ギガトンであるのに対し、海洋では約1.9ギガトンが吸収されると見積もられている。こうした二酸化炭素の収支については、まだ分からないことも多いが、海洋が二酸化炭素の吸収源として非常に大きな役割を果たしていることは間違いないといわれている。海洋は、どのようにして大量の二酸化炭素を吸収しているのだろうか。ここでは、その仕組みを紹介するとともに、今後温暖化が進んだとき、その働きがどのように変化するかを考えてみたい。



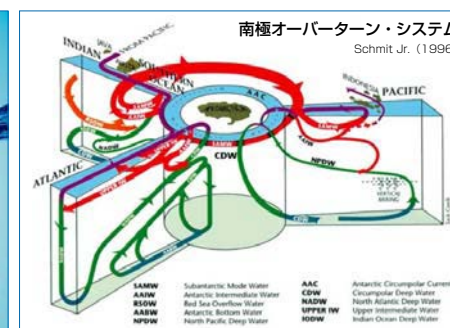
生物活動によるCO₂吸収の仕組み（生物ポンプ）



海水の物理化学的性質によるCO₂吸収の仕組み（溶解ポンプ）



円石藻（ココリス）等、CO₂吸収にあまり貢献しない植物プランクトンも



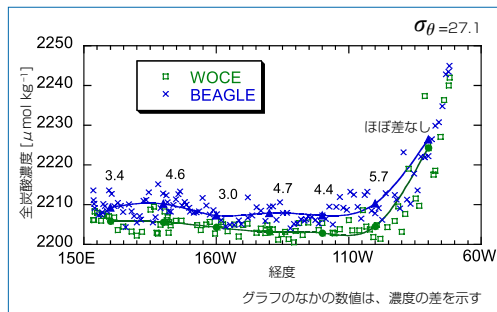
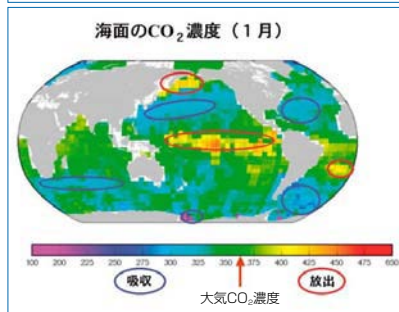
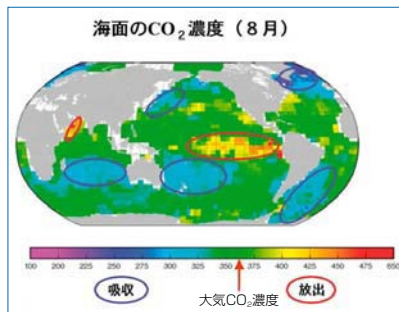
海洋大循環は海水をかき混ぜる働きによりCO₂吸収・排出に影響を及ぼすとされる

二酸化炭素を吸収する3つの仕組み

大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度が増加している今日、その吸収源としての海洋の果たす役割が大きな注目を集めている。海中に存在するCO₂の量は、大気中のおよそ60倍に及ぶ。そして、人間活動によって大気中に放出されたCO₂の30%以上を、海洋が吸収していると考えられている。今年発表された報告のなかには、約48%を海洋が引き受けているとするものもある。地球の表面積の約70%を占め、13億立方キロメートル以上の体積を持つ海洋は、大きなCO₂吸収のキャパシティを持ち、吸収源として大きな働きをしていると考えられている。では、海洋はどのような仕組みでCO₂を吸収しているのだろうか。

海洋がCO₂を吸収する主な仕組みとして、次の3つをあげることができる。「海水の物理化学的性質」、「生物活動」、「海洋大循環」だ。海水の物理化学的性質による吸収は、「溶解ポンプ」とも呼ばれる。これは、大気中のCO₂が海面で海水に溶け込む過程をさす。CO₂は、もともと酸素や窒素などの気体に比べて水に溶けやすい性質を持っており、大気と海洋は、常にCO₂（気体）のやり取りを行っている。大気と接している海面で、海水のCO₂濃度が大気の大気濃度より低ければ、CO₂は海水に吸収され、高ければ逆に海水から大気中に放出される。つまり、濃度差をなくそうとする物理化学的な性質が駆動力となって、吸収・排出が行われるのだ。海面の状態も吸収・排出に大きく関

係している。静かな海面よりも、強い風の影響等で海が荒れているほうがCO₂は混ざりやすく、そのやり取りも大きくなる。さらに、水温が低いほど、CO₂の溶解度は高くなり、吸収は促進される。そのため、一般に水温の低い高緯度海域ではよく吸収され、赤道周辺のように海水温の高い低緯度海域では放出されやすくなる。このように、海洋は大気中のCO₂を一方的に吸収するわけではなく、海面の状態によって、吸収したり、排出したりしている。したがって、海面で吸収されたCO₂が下層に運ばれたり消費されて濃度が下がれば、海洋はより多くのCO₂を吸収することができるわけだ。また、こうして海洋に溶け込んだCO₂は、そのまま溶存CO₂（約1%）としてだけでなく、炭酸イオン（約8%）、炭酸水素イオン



太平洋における海中のCO₂濃度の変動
1990年代半ばにWOCE（世界海洋循環実験）で観測されたCO₂濃度と2003年のBEAGLE 2003で観測された同じ観測線でのCO₂濃度を同じ密度面で比較したもの。大気中のCO₂濃度の増加と同様に、海中でもほぼ同様の濃度の増加が確認された。

海洋のCO₂吸収の働きは一概ではなく、海域や季節などによって大きく異なる。また、全ての海域で吸収されているわけではなく、CO₂を大気中に放出している海域もある。（Takahashi et al., 2002）

（約91%）として安定したかたちで海中に存在している。

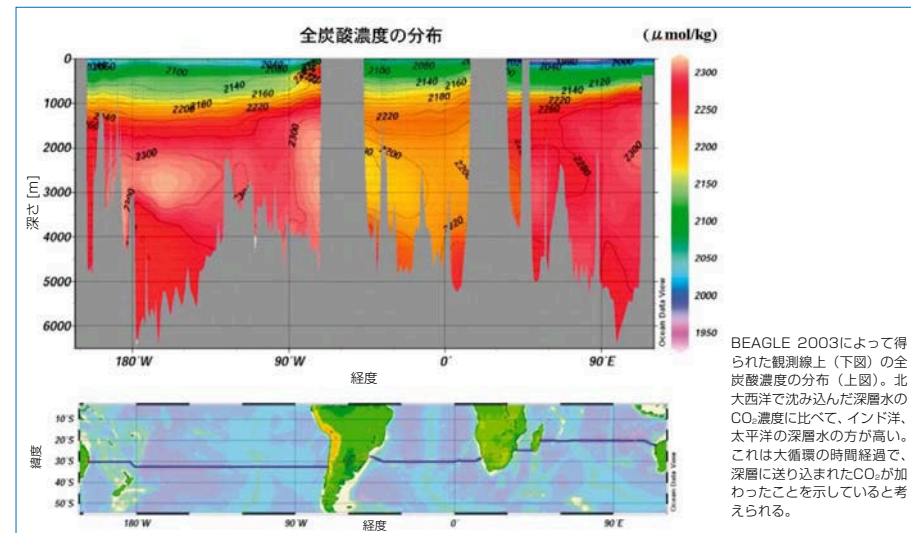
生物活動は、「生物ポンプ」とも呼ばれる。陸域において森林等が光合成によってCO₂を吸収するのと同様に、海中でも植物プランクトンが海水に含まれる窒素やリンなどの栄養塩を使って光合成を行い、有機物をつくり出している。そして、その過程でCO₂が利用される。海洋表層で植物プランクトンが活発に活動すれば、海中のCO₂濃度は低下し、その分だけ大気から溶け込みやすくなる。また、植物プランクトンは、海中の生物の食物となり、やがてはマリンスノーのように有機物の粒子として中深層へと運ばれていく。こうしたCO₂吸収の過程が生物ポンプだ。もちろん、こうして深海へと運ばれたCO₂（炭素）は、その全てが海底に堆積するわけではない。有機物が分解される過程で生まれる深海のCO₂が、湧昇流などによって再び表層に押し上げ

られ、大気中に放出される場合もある。つまり、CO₂は循環しているのだ。

植物プランクトンのなかで、CO₂を効率よく吸収するものとして知られるのがケイ藻類だ。北海道沖では、春先から初夏にかけてブルームといわれるケイ藻の大増殖が見られ、CO₂の大きな吸収源となっている。一方、同じ植物プランクトンでも、円石藻類（ココリス）のようにCO₂吸収にあまり貢献しないものもある。円石藻は、海中のカルシウムイオンと炭酸水素イオン（あるいは炭酸イオン）から炭酸カルシウムの殻をつくる。その過程でCO₂が発生するため、条件にもよるが、円石藻が増えると海洋表層のCO₂濃度が増加してしまうこともある。円石藻類は、栄養塩の比較的小さい海域でも繁殖することができるため、海洋表層の水温が比較的高く中深層の海水と混ざりにくい（成層構造が強く、上下の混合が少なくなるため、深層から栄養塩の多

い海水が上がってこない）中低緯度の海域や、ケイ藻類のブルームが終わった後に栄養塩が減少してから増殖する現象も見られる。

もうひとつの海洋大循環は、いわば海洋中の大きな流れであり、表層の海水を深層に運び動きによって、海洋のCO₂吸収を条件づけている。そして、上記の2つよりも、もっと長い時間の流れを考えたときに重要な動きを行う仕組みだ。「海洋コンベアベルト」の名前でよく知られるこの海洋の大きな循環は、北大西洋（グリーンランド付近）で沈み込んだ重い（密度が高い）海水（北大西洋深層水）が、深層海流として大西洋を南下し、南極周辺で変質を受け、さらにインド洋・太平洋を北上しながら上層の海水と混ざり合い、浮上して、やがて再び北大西洋へ戻っていくというもの。風によって駆動される海流とは異なり、水温や塩分の違いによって駆動される循環だ。海洋は、海



BEAGLE 2003によって得られた観測線（下図）の全炭酸濃度の分布（上図）。北大西洋で沈み込んだ深層水のCO₂濃度に比べて、インド洋、太平洋の深層水の方が高い。これは大循環の時間経過で、深層に送り込まれたCO₂が加わったことを示していると考えられる。

水の密度によって成層化しやすく、そのままでは上下方向に混ざりにくい性質を持っている。海洋大循環は、まさにベルトコンベアとしてこれを混ぜる役割（鉛直混合）を果たし、表層で吸収されたCO₂を深層へと運んでいく。

温暖化が進むとCO₂は吸収されにくくなる!?

海洋は大気中のCO₂を吸収する大きな役割を担っているが、さらに大気中のCO₂が増加しても、同じように機能してくれるのだろうか。一般に、海洋のキャパシティは大きく、まだ今後も海洋は増加するCO₂を吸収してくれると推察されている。しかし、現在進行している温暖化が今後も続いたとしたら、状況は変わるのではないかと考えられている。

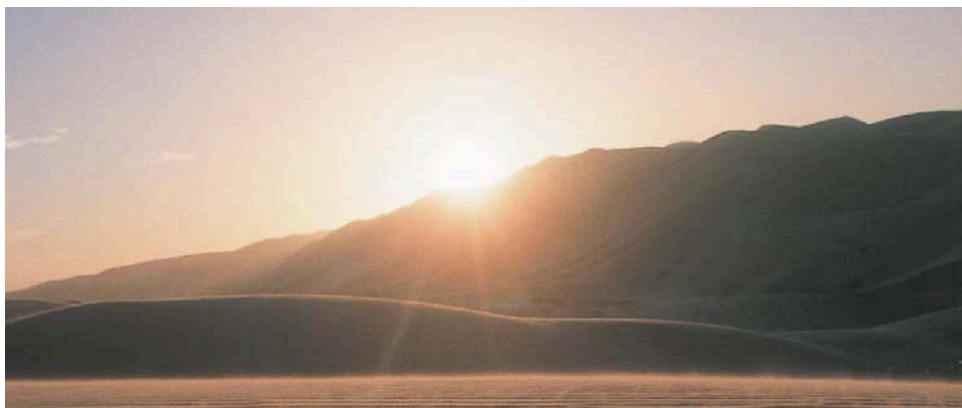
物理化学的な性質を考えた場合、温暖化によって海洋全体の表層の水温が上昇すれば、溶解度は低下してしまい、CO₂は吸収されにくくなる。生物活動については、温暖化によって生物の活動がどのように変化するのは、まだ

明らかになっていない点が多い。だが、海洋表層の水温が上昇することによって成層化が進み、より下層の海水と混ざりにくくなった場合、中深層からの役割（鉛直混合）を果たし、表層で吸収されたCO₂を深層へと運んでいく。このとき、CO₂吸収に大きく貢献するケイ藻類に代わって、貧栄養環境に強い円石藻類が増殖すれば、CO₂は吸収されにくくなることが予想される。海洋大循環についても、温暖化によって北大西洋で冷たく重い海水が生じにくくなった場合、沈み込みが弱まる可能性が指摘されている。これによって海洋の鉛直混合が弱まり、成層化が進行すれば、海洋のCO₂の吸収能力に影響を与えることが考えられる。これらはまだ推測の域を出ず、不確定要素も多く存在するが、総合的にとらえると、温暖化の進行は、海洋のCO₂吸収の仕組みを変えたとともに、その能力を低下させる可能性があるといえるだろう。こうした海洋による大気中のCO₂吸収の働きを明らかにするために、高精度な海洋観測の果たす役割は大きい。現在、国際的な協力のもとで、大洋を

横断・縦断する大規模で高精度な海洋観測が進められている。すでに本誌でも何度か紹介している、昨年から今年にかけて海洋研究開発機構が実施した南半球周航観測航海（BEAGLE 2003）もそのひとつだ。BEAGLE 2003では、CO₂（全炭酸濃度）についても詳細で高精度の観測が行われており、現在、地球環境観測研究センターにおいて、観測航海で得られた膨大な観測データの解析が進められている。そして、海洋のCO₂吸収メカニズム解明、地球温暖化予測に大きく貢献する研究成果に大きな期待が寄せられている。



海洋地球研究船「みらい」に設置された全炭酸の分析機器（写真/マリン・ワーク・ジャパン）



気候変動予測に関する世界の研究成果を集約 地球温暖化の科学的解明をめざす IPCCの取り組み



取材協力：
近藤 洋輝 特任研究員
地球環境フロンティア研究センター

気候変動への科学的アプローチとIPCC発足の経緯

現在、短期の天気予報は、大気の流れを流体力学と熱力学の方程式によって予測して行われる。これは1950～60年代にその基盤が発展した数値予報モデル研究の成果によるものである。1970年代になると、大気全体のバランスや、平均的な大気はどのような流れを起こしているかという、大気循環に関するモデル(「大気大循環モデル」)が開発された。それは後に、海洋が大気とどうかかわり合っているかも

「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)は1988年の発足以来、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの増加とそれに伴う気候の変化について世界各地の研究機関などによる最新の研究成果をまとめ、重要な判断材料として政策決定者に提供している。これら世界中の研究者による最先端の研究成果は第一次～第三次評価報告書として公表されてきた。来る2007年に発表が予定されている第四次評価報告書では、海洋研究開発機構の「地球シミュレータ」を使用した日本の研究グループによるモデル研究が大きな役割を果たすと予想され、国内外から高い期待が寄せられている。

考慮した、長期的な地球全体の気候を表すモデル(「大気・海洋結合モデル」)に発展した。

一方、観測の分野においては、1957、1958年の「地球観測年」に地球全体を観測するプロジェクトが行われ、そのひとつとして南極やハワイ島マウナロアで二酸化炭素(CO₂)の観測が始まった。気象の観測は19世紀後半から世界規模で組織的・継続的に行われていた。その観測データからは必ずしも明確でなかったが、南極やマウナロアでの観測によって、CO₂は季

節変動を含みながらも年率約0.5%増加していたことが明らかになった(図1、2、3)。温室効果ガスによる温暖化のおよそ半分はCO₂が原因と考えられており、その他の温室効果ガスを合わせると、CO₂に換算して年率約1%で温室効果ガスが増加していることになる。複利で年率1%増加すると、約70年で倍増する計算になる。

大気中のCO₂濃度が増大すると温暖化が生じることは、以前から論じられていたが、米国の地球流体力学研究所(GFPL)の真鍋博士*らのグループが、

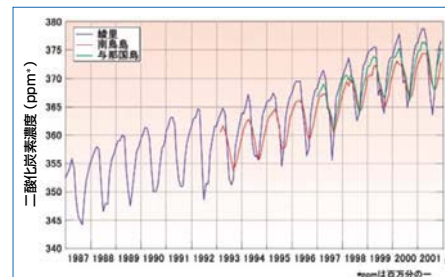


図1 気象庁の観測点での大気中の二酸化炭素濃度の経年変化(気象庁資料より)
日本国内でも、近年、岩手県の綾里や、南鳥島、与那国島においてCO₂濃度が継続的に観測されており、いずれも増加傾向を示している。

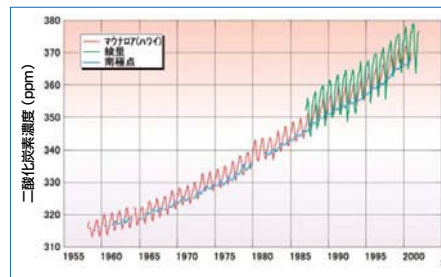


図2 大気中の二酸化炭素濃度の経年変化(気象庁資料より)
南極点(1957年より)、マウナロア(1958年より)、綾里(1987年より)で観測されたCO₂濃度の変動。夏には植物が活発に光合成を行ってCO₂を吸収するため季節変動がある。季節変動は植生の多い地点ほど顕著に見られる。

1975年には簡易化した大気と海洋のモデルで、CO₂が倍増すると気候はどうなるかという倍増実験を行い、1980年には、初期の大気・海洋結合モデルで同様のCO₂増加実験を行った。その結果、CO₂が増加すると温暖化(全球地上気温の上昇)が起き、高緯度では特に顕著であることが示された。

当時は、第2次世界大戦以来全球の気温は下がり続け、地球は寒冷化するという説も出ていた。しかし、モデル実験の方では地球が温暖化するという結果が出されたわけである。

80年代になると実際に気温が上昇し始め、80年代後半には北米を干ばつ・熱波が襲った。科学者たちはさまざまな会議で政策決定者に対し対策をとるようにとのメッセージを送るようになり、当時の国連開発計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)が協力して1988年にIPCCが発足したのである。

IPCCの役割はその当時の最先端の世界中の研究成果をまとめ政策決定者に提供し政策判断の基礎にしてもらうことである。IPCCは科学的知見、影響評価、対策の3部会にわかれている。科学的知見を担当する第一作業部会の結果が全体の基礎となる。

確実性が増す温暖化予測

温暖化予測はIPCCの評価報告書が第一次、第二次、第三次と回を重ねるにつれ、確実性がより確かめられるようになってきた。第一次評価報告書ではモデルの数も排出シナリオも限られ、その確実性を確かめる手段も少なかった。第二次評価報告書ではモデルも増え、排出シナリオもやや進んだ。また、モデルも精密なものになってきた。

特に2001年の第三次評価報告書では、イギリスのハドレーセンター(サッチャー政権時に設立された気候研究所)

が20世紀の気候の再現実験を行い、モデルの再現能力を示し温暖化予測の確実性を高めた。すでにデータのある過去の状況を忠実に再現することができれば、そのモデルの未来予測の信頼性が証明されることになるからである。

地球に温暖化をもたらしている変動要素は2つある。ひとつは火山噴火によるエアロゾルの増加や太陽活動の変動など自然起源の変動。もう一つが人為起源の要素で、温室効果ガスの放出、特に化石燃料の燃焼によるCO₂の放出、森林の伐採や焼き畑農業、植林など植生へ

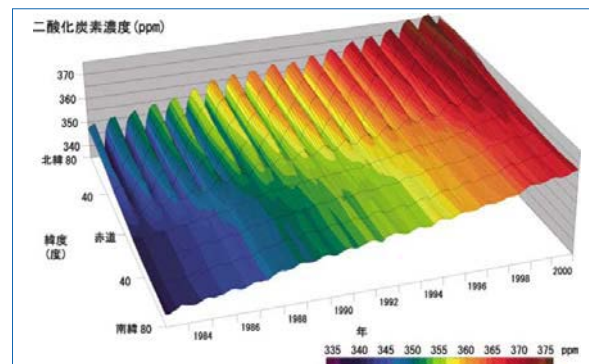


図3 緯度帯ごとに平均した大気中の二酸化炭素濃度の変動(気象庁/WDCGGより)
このグラフからは年を追うごとにCO₂濃度が高くなっていることがわかる。北半球は南半球に比べて陸地が多いため、人為起源のCO₂排出が大きく濃度が高くなっている。また同じ年の中でも北半球のほうがCO₂濃度にムラ(季節変動)があるが、それは陸地が多い分植生も多く、夏に活発に光合成をしてCO₂を消費するためである。

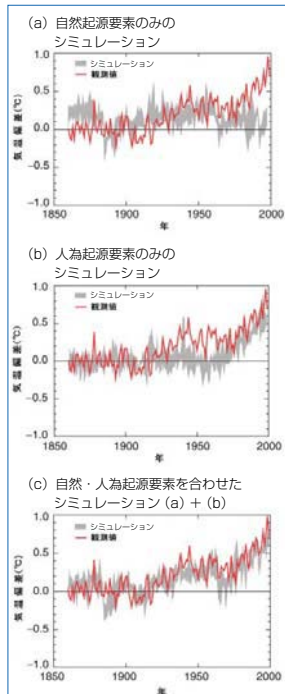


図4 気候再現実験の結果

(IPCC第三次評価報告書/気象庁資料を改変)
自然起源要素のみのシミュレーションでは、1940～70年代にかけての温室効果の減少状況は再現されても、その後の増加傾向は再現できない(a)。人為起源要素のみのシミュレーションでは、80年代以降の増加傾向は再現できるが、70年代以前の減少傾向が再現されない(b)。2つの効果を合わせた結果、20世紀の現実の気候変動をかなり忠実に再現できた(c)。

の介入による土地利用の変化である。20世紀の変化についてはその両方の要素が数値的にかなりわかっている。ハドレーセンターの実験では、自然起源と人為起源の2つの効果を合わせることによって、20世紀の現実の気温変動をかなり忠実に再現することができた(図4)。この再現実験により、ハドレーセンターで使用されているモデルが基本的な変動メカニズムを取り入れており、それに基づいた将来予測が可能だということが明らかにされた。そこで第三次報告書

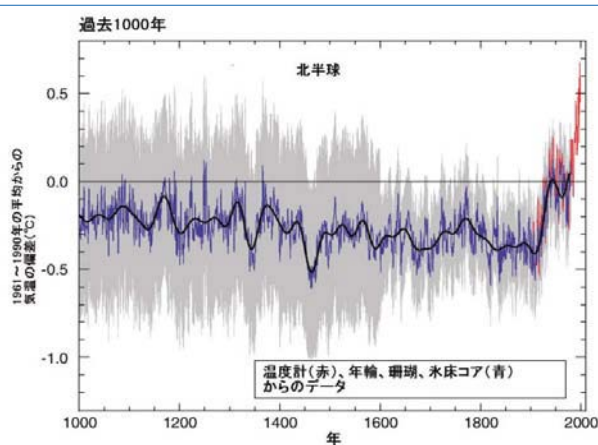


図5 北半球での過去1000年間の地上気温変化 (IPCC第三次評価報告書/気象庁資料より)
観測が行われる以前のデータに関してはサンゴや樹木の年輪を利用したり、南極やグリーンランドで掘削した氷床コアに含まれる空気同位体比率を調べて当時の気温を推定する(青い線)。ただしデータの信頼度が低く誤差範囲が大きく出る(グレーのゾーン)ため、平滑化の処理を行ったもの(黒い線)がだいたい過去の変動だと考えられる。

では、過去の再現実験の結果から、特に過去50年については人為起源による温暖化が進んでいることを「確信をもって」結論づけている。とくに過去1000年の北半球の気温変化を見ると、その異常さは際立っている(図5)。

また第三次評価報告書では、温室効果ガスの排出シナリオ(環境重視が経済重視か、地域重視がグローバル化重視か、という指標で複数のシナリオがある)もより多様になり、またCO₂以外の温室効果ガス(メタン、一酸化二窒素など)やエアロゾルの効果も取り入れられて、より進化した予測が行われた。一方、一つのシナリオに対する予測結果は、モデルによって差が発生し、不確実性がぬぐい去れないという問題が残った(図6 d・e)。

第四次評価報告書に向けての日本の取り組み

第一次、第二次評価報告書では、予測に関して日本からは気象庁気象研究所(MRI)のみの寄与だったが、第三次

評価報告書には、MRIと東京大学気候システム研究センター(CCSR)、国立環境研究所(NIES)が実験結果を出した。2007年に予定されている第四次評価報告書への日本の寄与はさらに大きくなると思われる。まずMRIなどのグループは、排出シナリオでの全球気候のほか非常に高い解像度のモデルで地域気候や異常気象についての予測を、CCSR・NIES・海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター(FRGC)のグループは高解像度のモデルによる全球気候の排出シナリオでの予測を実施。さらにFRGCでは、炭素循環など、陸域・海洋の生態系や大気化学を取り入れた統合モデルに基づいた研究成果を出す予定になっている。また電力中央研究所(CRIEPI)などのグループは、米国の大気科学研究所(NCAR、大学連合の共同利用研究所)が公開しているモデルに基づき長期安定化に関する予測を出す予定だ。

以上、日本から参加するグループは4者とも、文部科学省が推進中の「人・地

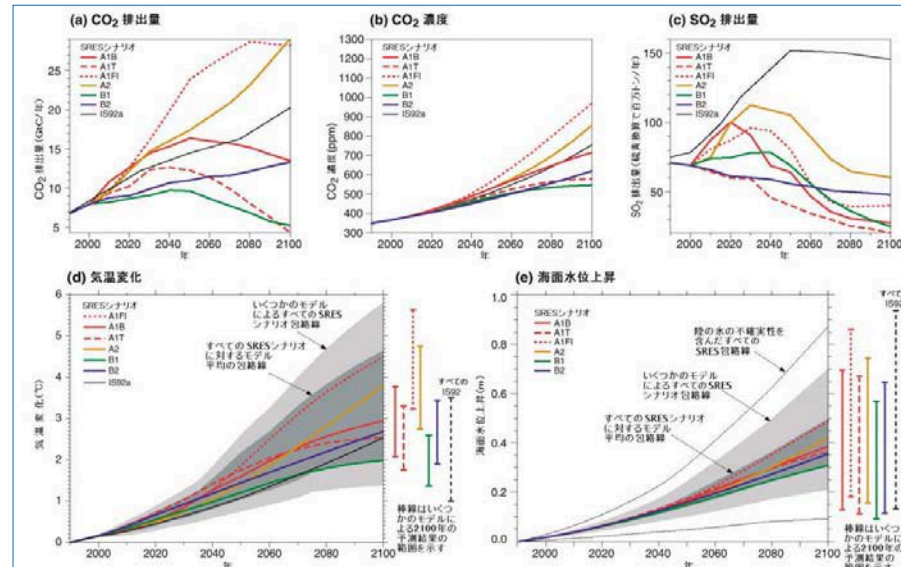


図6 21世紀末までの全地球平均地上気温の変化予測 (IPCC第三次評価報告書/気象庁資料を改変)

排出シナリオごとの結果が異なるのは当然であるが、同一シナリオでもモデルによって結果がばらついた。第四次評価報告書では、このような不確実性を軽減するためにどのグループも再現実験を行うことになっている。

球・自然・共生プロジェクト」の下で、第三次評価報告書発表より後の2002年3月に完成した「地球シミュレータ」を主に活用している。FRGCなどのグループでは独自に、温暖化のフィードバック効果の研究を行っている。CO₂が増加すると温暖化が進展し、海洋や陸域でのCO₂の吸収・放出に関係する植生などの生態系が影響を受け、CO₂などの大気成分が現在とは異なってくる。その変動を取り入れないと将来的に正確な予測を出すことはできないため、全地球システムの環境を取り入れた次世代モデルの開発に取り組んでいるのだ。

第三次評価報告書の時点では日本の研究機関でもモデルの感度が高すぎたり低すぎたりして、結果にばらつきが出ていたが、第三次で不十分だった部分を精査し、モデルの改善を進めている。また今回は各研究機関とも再現実験を行ったモデルで結果を出すことになって

おり、確実性が高まると考えられる。特に「地球シミュレータ」のおかげで、MRIやCCSR・NIES・FRGCのモデルは飛躍的に精度を高めている。第四次評価報告書では「地球シミュレータ」を用いた日本の研究機関の成果が、ちょうど前回におけるハドレーセンターのような画期的な役割を果たす可能性があり、大きな期待を集めている。

なぜ「地球シミュレータ」が重要かというと、気候モデルは膨大な計算を伴うからである。「地球シミュレータ」を使うことで、今までは不可能だった計算ができるようになった。計算速度では米国に「地球シミュレータ」を越える計算機が登場したものの、地球科学に使用できるコンピュータとしてはまだ「地球シミュレータ」が世界最大のものである。例えば、温暖化した状態でのような異常気象が起きるのかを捉えるために、排出シナリオに基づく実験では100年規

模で地球全体を約100km四方の網(メッシュ)で覆う解像度の再現実験が行われている。10～20年程度のシミュレーションなら20kmメッシュの細かさで地球全体を覆うことができ、台風など局地的な現象を見てゆくことが可能になった。

今までのIPCCでは全球のおよび大陸規模の気候変化のみが取り扱われてきたが、第四次評価報告書では「地球シミュレータ」の活用による地域気候や異常気象の変化予測が日本から発信されることになると思われる。また「地球シミュレータ」を用いて、温暖化対策の成果が上がり、ある一定レベルでCO₂の量が安定した場合に気象はどうなるかという実験もできるようになった。来る第四次評価報告書をはじめとする今後の温暖化予測の進展に、日本のモデル研究が大きく貢献することになるのは確かである。



海中の自然サイクルのカギを握る

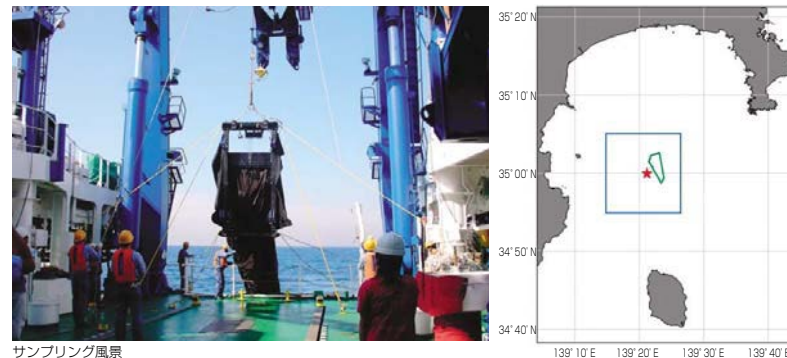
プランクトンの群集構造から 中・深層の生態系の謎に迫る

代表的な肉食性動物プランクトンであるクラゲ類は、美しい姿で私たちを魅了してきたが、その生態はまだ謎に包まれている。これまで、独立行政法人海洋研究開発機構では、有人潜水調査船や無人探査機による調査を行い、中・深層におけるクラゲ類の生態を明らかにしてきた。そこで今、より小型の動物プランクトンの生物群集構造を明らかにすることが重要だと言われている。これまでにやってきた潜水船などの調査にネット調査を併せることで、中・深層における食物連鎖や物質循環などの解明が期待されるからだ。極限環境生物圏研究センター海洋生態・環境研究プログラムの喜多村総特別研究員は、2004年より約1年間にわたるプランクトンネットによる調査を実施し、中・深層の生態調査を進めている。

喜多村 稔 特別研究員
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム



ネットサンプルの数々



サンプリング風景

2004年6月の調査海域図
(四角：多段開閉式ネットサンプリング海域、五角形：DeepTow-netを用いた近底層サンプリング海域、星印：ハイパードルフィンを用いた大型クラゲ類調査海域)

Blue Earth編集部(以下BE) 2004年の春から、多段開閉式プランクトンネットを導入した研究を進めていると聞きました。

喜多村 現在、私の研究テーマは二つあります。ひとつはクラゲの分類で、もうひとつが相模湾における中・深層の生態系の把握、特に動物プランクトンに関する群集構造の変動に関する研究です。これには当然クラゲも含まれます。多段開閉式プランクトンネットによるサンプリング、CTD(塩分、水温、深度が計測できる多目的な水質計測機器)による環境の把握、採水による餌環境の把握、この3つを柱にした調査に加え、ネットで採取できない大型のクラゲなどは、従来通り無人探査機や有人潜水調査船による観察も続けています。

BE 中・深層の食物連鎖や物質循環の研究において、クラゲやプランクトンが注目されるのはなぜですか？

喜多村 ひとつには、大気中の二酸化炭素が表層の植物プランクトンの光合成により海洋に取り込まれた後、動物プランクトンを中心とする生物群集の働きで中・深層に輸送・ストックされると考えられます。また、中・深層の生物群は多様性が高く、さらに海産哺乳類などの大型生物が結構な頻度で中層まで潜って餌を探しており、これらの生物の生命をプランクトンが支えていることなどがわか

って来たからです。加えてクラゲに関しては、海洋学研究に有人潜水調査船や無人探査機が導入されて以来、その現存量の大きさや多様性の高さが明らかになってきたにもかかわらず、その生態学的役割に関しては、まだまだ十分な答えを導くにいたりません。そこで、もっと一生態系研究をしようということです。

BE プランクトンネットでは何を調査しているのですか？

喜多村 ネットシステムを用いたサンプリングから、動物プランクトンの群集構造を調査しています。

実際には、相模湾の中央部(水深1,500m)で、1,400mから0mまでを深度別に16層に分け、深さごとにどのような分類群がどれだけの割合を占めているかを調べています。サンプリングは昼夜はもちろん、季節を通しても行っています。こうした調査から、動物プランクトン各種の日周行動、あるいは年間のライフサイクルを明らかにし、その結果深度毎に群集構造がどのように変化していくのかを解明したいと思っています。調査には様々な研究者が参加し、対象となる動物プランクトンはクラゲだけではなく、カイアシ類やエビ類、端脚類など主要なものはすべて網羅しています。

個人的には、生態系におけるクラゲの役割、物質循環や食物連鎖の中でのクラゲの位置づけといったテーマに興味があ

るのですが、そのためには捕食・被食・競合などの関係にあるほかの分類群についても調べなくてはなりません。また、クラゲを抜きに考えてみても、このような群集構造調査は生態学研究の基礎を担うものとして大切ですし、色々なプランクトンを実際に手に取って眺めてみるのも楽しいものです。単にプランクトンと言っても様々な生物がいますから、ひとつの調査方法ですべてを把握することはできません。プランクトンネット、有人潜水調査船、無人探査機など様々な調査手法を組み合わせることで、そこに生息する生物群集の全体像に近づくことができるのです。

BE 2004年6月から定期的に調査をしているそうですね。相模湾をフィールドに選んだ理由はあるのですか？

喜多村 相模湾は、私たち以外の研究機関の調査も集中して行われているからです。それこそ生物だけではなく化学や物理の分野も含めて、各方面からアプローチしています。海洋生態を知るためには様々なデータが必要ですから、そういう意味で相模湾は海洋生態を研究する最上のフィールドだと言えます。私たちがプランクトンネットを曳いているすぐ近くで、セジメントトラップによる海中の沈降粒子調査が行われていたりするわけです。そこに、私たちの動物プランクトンの情報を与えることは、日本の海洋学に



船のフレームから海上に振り出されるネットシステム。「振り出し、Slow!」 得られたプランクトンやマイクロネクトンのサンプル

おいても重要だと思います。いずれそうした様々な知見が集まり、相模湾が海洋研究のひとつのモデル海域として注目されるのではないかと考えています。

BE プランクトンネットは長さ3m、幅1.7mもあるそうですね。作業手順を教えてください。

喜多村 私たちのネットシステムには7枚のネットが装備され、船上からの指令により自由に開閉させることができます。航走しながらネットシステムを所定の深さまで沈め、そこからサンプリングの開始です。最初のネットで1,400~1,300m、次のネットで1,300~1,200m...といった具合に、ワイヤーを巻き上げながら順番にネットを開閉させて各層をサンプリングしていくわけです。ネットシステムの耐圧は深度4,000mです。

フレームにはCTDも付いていますが、深度や水温、塩分も同時に記録できます。航海中は、基本的に1日4回曳網します。午前と午後1回ずつ、そして20時頃から1回、深夜25時頃から1回

ですね。1回あたりの所要時間は2時間半から3時間程度ですから、航海中は昼夜交代で作業にあたります。

BE かなりの量のサンプルが採れるのですか？

喜多村 ネットの先に4リットルの徳用ペットボトルより少し大きいサンプル・ホルダーが付いており、表層近くの曳網ではこれがいっぱいになります。ネットに設置した濾水計（ネットが濾過した水の体積を計測する器機）で1回に濾過した水量がわかるので、サンプリングで採取できた生物量と合わせればその層の生物密度がわかります。1層の曳網で約1,000立方メートル程度を濾過しています。

また、共同研究者にお願いして、動物プランクトンの餌となるクロロフィルや微小動物プランクトンの分布もモニタリングしています。クロロフィルは採水器を使い細かいフィルターで海水を濾過して採集します。微小動物プランクトンについては採取した水に薬品を加え、固定

して保存します。

BE 採集後のサンプルはどうするのですか？

喜多村 採集したプランクトンは、まず全体の現存量を把握するために、一部分割して炭素量を測るサンプルとして冷凍します。これを、下船してからCHNコーダーで燃焼させ炭素量を計測します。CHNコーダーとは、C（炭素）、H（水素）、N（窒素）の組成を計る専用器機です。生物の場合、個体数で現存量をあらわす場合もありますが、炭素量という物差し



DeepTow-netで得られたサンプルの回収作業



図1 得られた生物は、まずは図に示した15分類群に分けて組成・現存量を解析する。その後、全ての分類群について種レベルで細かく解析。

を使うことで海洋の物質循環などに関わる化学データなどとも比較ができるわけです。次に個々の分類群の炭素量を見積もります。今回の調査では動物プランクトンを15分類に分け（図1）、それぞれの現存量と組成を調べています。その後、各分類群は共同研究者がより細かい種レベルの研究を行います。クラゲ類についてはもちろん私がやります。

BE 6月、9月、11月と3回の調査航海を終え、既に明らかになったことなどはありますか？

喜多村 一部のエビやクロロフィルに関しては共同研究者から組成データが出てきましたし、昼と夜のデータからはプランクトン群集の現存量の違いもわかってきました（図2）。しかし、まだシリーズの途中なので、具体的な結果にはいたりません。サンプルの分析にはかなりの時間がかかります。

2005年4月のサンプリングが終わったら、まず2005年度中にこれまでの調査で得られたデータから分類群ごとの組成と現存量をすべて出したいところです。種レベルの解析はその後ですね。年間を通したデータから主要種のライフサ

イクルも明らかにしたいと思っているのですが、それもすべてのサンプリングが終わってからになります。

BE 様々な計測機器も含めて、オペレーションは研究者が行うそうですね。

喜多村 ネットシステムの保守管理などは研究者の仕事ですし、フレームにネットをセットしたり、船上でネットを操作するのも研究者です。現在、使用している多段開閉式ネットを海洋研究開発機構の調査用に開発・改良する作業にも関わってきました。

船上での操作は後部操舵室でコンピュータ画面を見ながら行います。ネットシステムは通信ケーブルの入ったワイヤーで船とつながれているので、画面でリアルタイムに状況を見ながらネットの開閉などのオペレーションを行います。CTDや濾水計データも同様にリアルタイムモニタリングします。研究者はデスクワークだけではなく、こうした作業もこなさなくてははいけません。私は、結構こうした作業は好きですね。

ネットシステムは深海曳網システム「ディーブ・トウ」のウィンチで曳網するので、「ディーブ・トウ」運用スタッフに

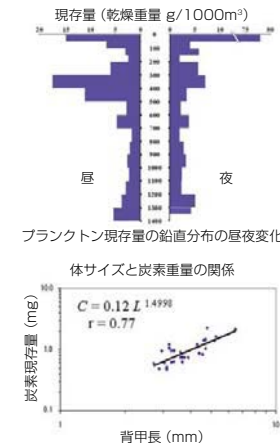


図2 動物プランクトン総現存量の鉛直分布（上）およびオキアミ類の体サイズと炭素重量の関係（下）

滑車やワイヤーのモニタリングをお願いします。船の乗組員は操船・ウィンチ操作などを行います。調査はこうしたチームで分担して行われるのです。

BE 来春以降の成果が楽しみです。今後の目標は何ですか？

喜多村 有人潜水調査船や無人探査機を使って調査を行うことができる研究所は世界でも少ないですから、そちらも有効利用しながら結果につなげていきたいですね。有人潜水調査船や無人探査機での調査は頻繁に行うことは難しいのですが、徐々に充実させていければと思っています。

そして、今後は音響を利用した調査なども同時に行って、より広範囲な生物調査も実現してみたいですね。

分類においても、2002年11月に新種と思われるクラゲのサンプリングができたので、現在、論文を投稿中です。有人潜水調査船「しんかい2000」の相模湾初島沖における最後の調査航海で発見したので、学名にはshinkaiという言葉も入れたのですが、まだ受理されていないので詳しくお話しできないのが残念です。

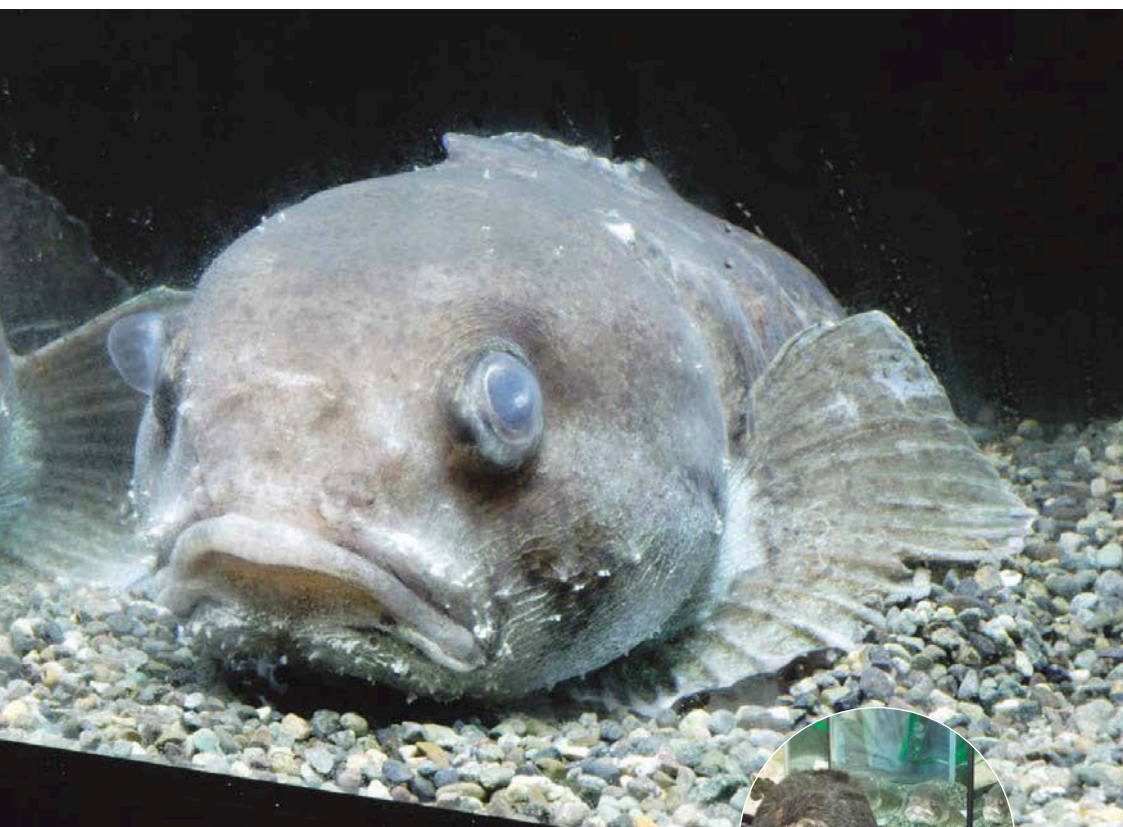
研究用水槽の仲間たち

JAMSTECのご長寿アイドル
水槽生活10年の“ボテちゃん”

取材協力：

土田 真二 研究員

極限環境生物圏研究センター 海洋生態・環境研究プログラム



ふだんは低温に管理された研究室の水槽の中で静かにしている。見学者がのぞいていても、騒ぐこともなくじっとしている。

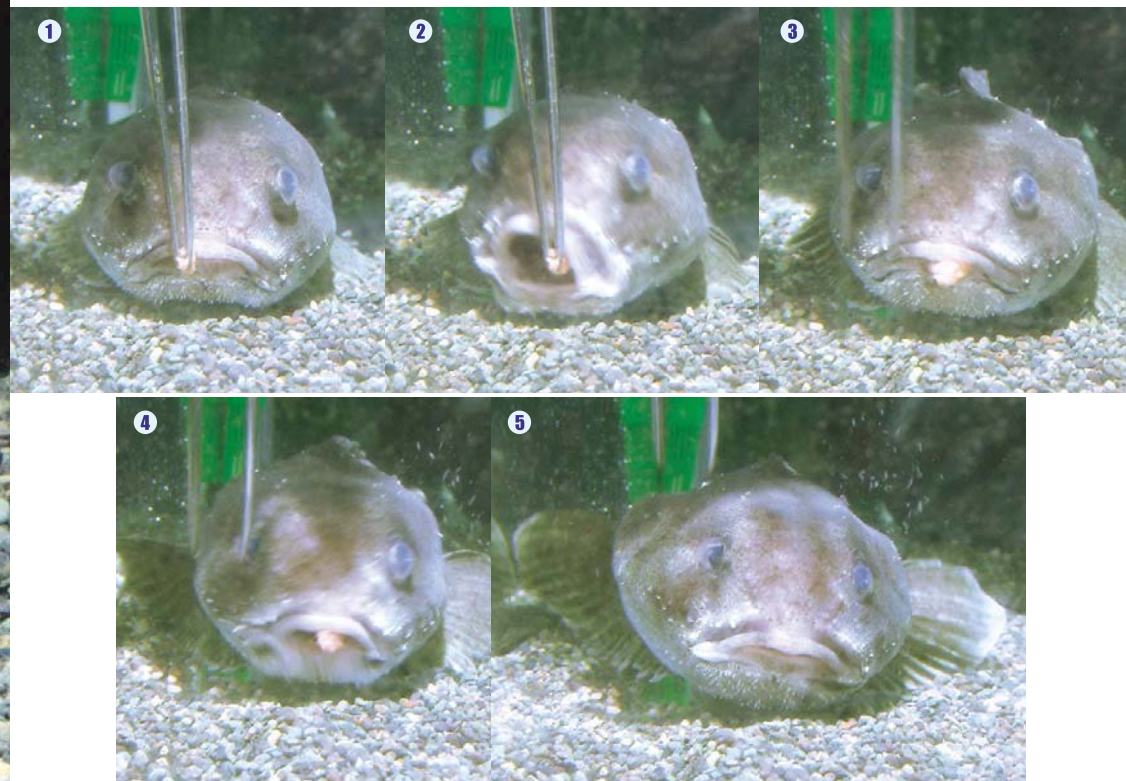
“ボテちゃん”は1995年、「しんかい2000」による相模湾初島沖潜航の際、深度1,200mあたりで採集された深海魚。それ以来ずっと海洋研究開発機構（JAMSTEC）の研究室で暮らしている。オタマジャクシのような体型で鱗はなく、ぶよぶよした皮膚が特徴だ。深度300m以上の深海に生息するアカドンコ属の一種と思われるが、雌雄の別や細かい分類は、まだ調べていない。生殖器や歯を見れば分かるのだが、ストレスをかけず長生きをさせてやろうという考えからだ。その甲斐あってか、水圧調整なしの常時4℃に保

たれた水槽の中ですくすくと成長し、体も今では10倍以上に成長した。通常、深海魚は捕獲しても地上にあげるとすぐに弱ってしまうため、飼育10年というのはかなりのご長寿だ。

愛嬌たっぷりのぼてりした唇とドングリ眼が、マリンサイエンス・スクールなどの参加者に人気となり、その体型から“ボテちゃん”という愛称までもらった。しかし、この一見ぼーとした様子、実は深海魚の特徴をよく示している。深海は酸素濃度が低いため、マグロのように酸素をたくさん消費して早く泳ぐ魚はいないのだ。ボテ

ちゃんのようにじっとしているか、ゆらゆらとゆっくり泳ぐ魚がほとんどである。また、餌となる生物も少ないため、一度見つけた獲物は逃さないように大きな口を持つものも多い。そして、餌を捕らえるその瞬間には信じられないような素早い動きをする。ふだんの様子からはとても想像できないが、これがボテちゃんが深海で繁栄できる理由なのだ。

そんな特技も持つ深海からの訪問者、ボテちゃんだが、水槽からじっと見られているのは実は我々かもしれない。



ボテちゃんが餌を食べる一瞬。昔は生きたゴカイをやっていたが、最近は乾燥オキアミが主食。ピンセットで餌をつまんで口先にぶら下げると、身をひかえして大きな口を開け、餌に襲いかかる。その間、約1秒。2週間で5～6回という小食家でも、お腹がすけば水面まで浮いてきておねだりもするが、満腹時に目の前に餌をちらつかせても見向きもしない頑固者だそう。



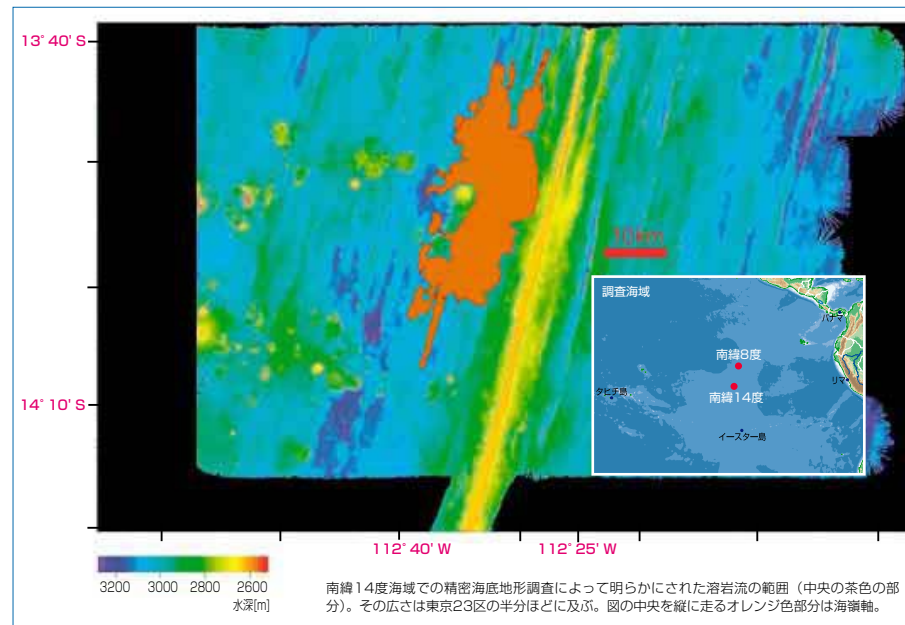
世界最大の海底溶岩流を発見

海嶺軸から離れた場所でおきた大規模な溶岩噴出の謎に迫る

有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」が、5ヶ月間かけて南半球で太平洋を横断しながら様々な地球科学的調査や生物学的深海調査を行った「NIRAI KANAI（「しんかい6500」・「よこすか」太平洋大航海）」において、火口と流域が確認されたものとしては世界最大級の海底溶岩流が発見された。これは、静岡大学理学部・海野 進教授を首席研究者（研究主提案者）とするグループが、東太平洋海嶺（太平洋の海洋地殻が生み出される中央海嶺）の南部で実施した「オフリッジ巨大溶岩流の火山学・岩石学的研究における調査」で明らかにされたもの。オフリッジとは、海嶺軸からやや離れた外側部分をさす。これまで行われていた地形調査や船上からの岩石採取などによって、東太平洋海嶺の南緯8度付近、南緯14度付近のオフリッジに広大な平坦地形が確認されており、巨大な溶岩流であろうと推定されていた。今回の調査では、「よこすか」による精密海底地形調査と「しんかい6500」による潜航調査とを組み合わせ、この平坦な海底地形の正体の解明をめざした。調査の結果、この海域において世界最大の海底溶岩流が確認されたことにより、東太平洋海嶺の火成活動が古典的なプレートテクトニクス理論では説明されていない海洋地殻形成の新たな知見となる可能性も出てきた。



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



世界最大規模の海底溶岩流を発見

東太平洋海嶺での海域調査は、「NIRAI KANAI」航海の最初の行動として実施された。平成16年7月7日にタヒチ・パペーテ港を出国し、調査は7月13日から8月2日までの21日間行われた。調査の対象海域は、南緯8度付近と南緯

14度付近の2ヶ所。これらの海域では、これまで日米などでの調査が行われており、南緯8度付近では、地形調査や船上からの岩石採取等で、面積220平方キロ以上に及び平坦な地形が確認され、溶岩流であろうと推定されていた。また、調査範囲が海嶺軸付近に限られていたものの、やはり南緯14度付近でも

平坦な地形が確認されていた。今回の調査は、日米でデータを持ち寄り合同で行われた。

7月13日、調査は東太平洋海嶺南緯14度海域（南緯13～16度、西経112度）で始まった。まずは海嶺軸の西側海域において、「よこすか」による海底地形等の探査が行われた。具体的には、船からビーム状の音波を扇状に多数発振して海底からの反射波を受け、その反射時間から深度や地形を、そして反射強度から海底面の特性を調べた。その結果、海底が平坦な範囲は、およそ342平方キロにも及ぶことがわかった（東京23区の約半分、富士山の山体そのものの広がり）に相当）。さらに、音波を強く反射することから、比較的新しい溶岩から構成されることが推定された。

14日からは、「しんかい6500」で実際に潜航して、海底の目視観察と試料（岩石）採取が行われた。4日間に渡って行われた「しんかい6500」の潜



海底から採取された岩石試料を撮影する調査航海の首席研究者、静岡大学・海野 進教授



平坦地形を構成するシート状溶岩。堆積物に薄く覆われている



溶岩柱（右）を残した陥没地形



シート状溶岩の崩落部



古い海底との境界付近にある枕状溶岩



シート状溶岩を断ち切る割れ目



シート状溶岩を断ち切る割れ目

航調査によって、精密測深で確認された平坦な地形が、大規模な海底噴火による溶岩流からなることがわかった。また、周囲に比べて格段に被覆する堆積物が少ないことから、新しい地形であることも確認された（「しんかい6500」に

産業技術総合研究所開発の音波探査機を搭載して、堆積物の厚さを詳しく計測した結果、およそ2、3万年前、周囲はおよそ10万年前と推定される）。さらに、地形及び目視観察による溶岩流の厚さから、その体積はおよそ19立方キロ

と推定された。また、溶岩流の規模や形態からみて、10年ほどの短期間に全てが噴出した可能性もある。

記録をみると、陸上での溶岩噴出で同程度かそれ以上のものがアイスランドに存在するが、海底では短期間にこれだけ大量の溶岩が噴出した例は確認されていない。まさに、世界最大規模の海底溶岩流だ。19立方キロという溶岩の体積は、東京ドームの10万倍に相当する。東京・山手線の内側を300mの厚さで埋め尽くすほどの量だ。かつての九州・雲仙の平成噴火で噴出した溶岩が0.2立方キロであったことを考えると、この溶岩噴出がどれほど大規模であったかがわかる。また、この噴出がわずか10年ほどの間におきたという推定が正しいとすると、その際に海洋中に放出された熱量や海水に溶け込んだ火山ガスも膨大であり、環境に大きな影響があったことが想像される。



潜航前の「しんかい6500」

中央海嶺の研究に 一石を投じる発見

当初、調査は順調に進んでいたが、7月18日から海況は悪化し、高いうねりのため潜航は中止になった。その後も荒天が予想されたため、予定を変更して、「よこすか」は調査が予定されたもうひとつの場所である南緯8度海域へ向かった。気象データから、そちらの方が潜航できる可能性が高いと判断したためだった。ところが、こちらも海況はよくなかった。そのまま一週間粘ったが、風向が変わらないため海況はいっこうに好転しなかった。この海域は南東貿易風帯に位置し、風向はほとんど変わらず常に風速毎秒13～16mの風が吹き、暴風圏から来るうねりを伴うため、波高も大きいものは5mを超え、波沫が甲板に飛び散るほどだった。この間、「よこすか」の精密測深によって海底地形が詳しく調査され、これまで明

らかにされていなかった溶岩流の流れの方向等について理解が進むなど、ある程度の収穫はあった。だが、荒天で潜航できない日々が続いた。その後、ようやく南西海域から波浪がおさまるという予報がもたらされた。限られた航海期間を有効に活用するため、「よこすか」は南緯8度海域での潜航調査を断念し、再び南緯14度海域へ戻ることを決めた。

海況不良と調査海域への移動で、結局10日間潜航できなかった。そして、11日目の7月28日から、再び「しんかい6500」による潜航調査が開始された。7月30日まで3日間、南緯14度海域で、海底の観察と岩石の採取を中心に潜航が行われた。

計画では、この研究航海で全15潜航が予定されていたが、実施できたのは半分の7潜航と、残念な結果に終わった。南緯8度海域での潜航調査は実施できなかった。しかしながら、南緯14度海域での調査は、世界最大の海底溶岩流の発見という大きな成果が得られた。また、規模の大きさだけでなく、この発見は今後の中央海嶺に関する研究に新たな一石を投じる、注目すべき成果をもたらすことになりそうだ。

現在のプレートテクトニクスの考え方によれば、中央海嶺は地球最大の火山活

動帯であり、地表面を構成する地殻とその下にあるマントルの一部とで構成されるプレートの生成場とされる。そしてこれまで、プレート生成は中央海嶺の海嶺軸に集中しておきるものとされてきた。1990年以降の地殻構造探査技術の進展によって、海嶺軸から離れた場所でも地殻厚の増大がおきていることが指摘されてきたが、その実態は明らかにされていない。今回の調査で、海嶺軸からやや離れたオフリッジにおいて、周囲の地形とは異なる特徴を持つ海底溶岩流が確認されたことによって、東太平洋海膨における火成活動が、確かに古典的なプレートテクトニクスでは説明できない広がりを持っていることが明らかにされようとしている。

調査の首席研究者である静岡大学・海野 進教授らは、現在、「しんかい6500」によって撮影されたビデオなどに基づいた溶岩流の産状解析や採取された大量の岩石試料の化学分析を進めている。今後、新たに発見された溶岩流の岩石と海嶺軸付近から採取された岩石の成分の違いなどを明らかにすることにより、海嶺軸からやや離れたオフリッジ火成活動のマグマ供給のメカニズムをはじめ、その活動の全貌が解明されるかもしれない。



今回の研究航海に参加した研究者と「しんかい6500」運航チーム「よこすか」乗組員ら

日本の梅雨の周期を解明

梅雨前線の年々変動に及ぼす西太平洋の大気海洋相互作用のメカニズム

2004年夏、日本では例年にない豪雨による災害が多発した。従来、梅雨と台風は日本の夏の水資源の大きな源であり、一方では洪水や土砂崩れなど甚大な自然災害を引き起こしてきた。しかし、梅雨も台風も毎年同じだけの雨をもたらすわけではなく、年によって降水量にはかなりの差が生じている。富田研究員は東アジア全体の気候変動を見てゆくひとつの切り口として、日本の梅雨に着目。安成哲三プログラムディレクター、吉兼隆生研究員^{*1}とともに梅雨の年々変動はどのようなメカニズムで起こっているかの研究を行った。さらに将来的には全球的な気候変動のなかで、日本の梅雨はどうなっていくのかも研究ターゲットにしている。



取材協力：
富田 智彦 研究員
地球環境フロンティア研究センター
水循環変動予測研究プログラム

日本の梅雨は2つの周期変動の影響下にある

まず研究の端緒として、信頼のおける過去の観測データから日本の梅雨の年々変動を分析した。使用したデータはアメリカ合衆国大気海洋庁（NOAA）提供の6～7月の全球降水量データ（1979～2000年）である。九州から関東付近（東経130度から140度）の降水量を経度方向に加重したのち平均し、時間軸で並べると図1のような図になる。日本付近の緯度（北緯30度から35度）では、ほぼ2年くらいの周期で降水量の強弱が、さらにやや南の部分（北緯20度から30度）には4～5年周期の降水の強弱がありそうな事がわかった。そこで日本の梅雨の降水量変動はこの2つの周期の重ね合わせで説明できるのではないかという仮説を立て、検証を行ったのである。

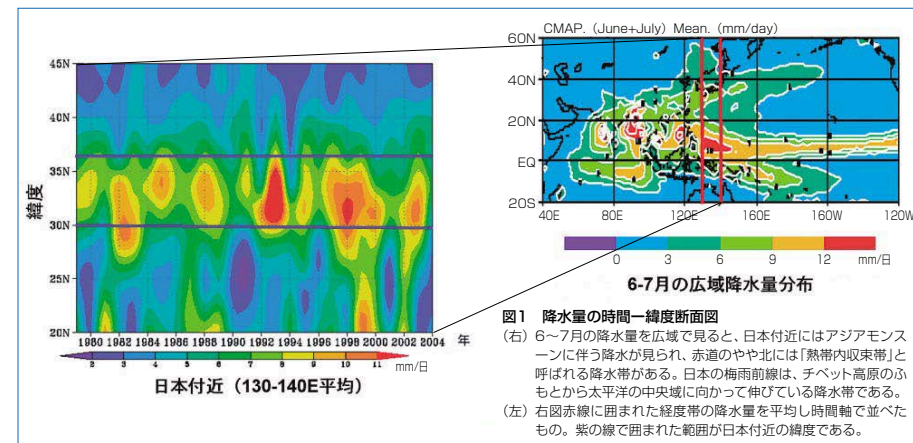
より詳細に検証するため図1のデータにEOF（経験的直行関数による展開）解析を行ない、2つの波に分けることができた（図2）。5～6年周期の変動・EOF1を長周期モード（LFモード）、2～3年周期の変動・EOF2を2年周期モード（BOモード）と呼ぶことにする。解析の結果、この2つのモードで図1の変動の約70%を説明できることもわかった。さらにLFモードとBOモードのデータに、どのような波が最も顕著に現われるかを見るための手法・スペクトル解析を行った。その結果、LFモードは確かに5～6年周期に波のピークが、BOモードは2～3年周期にピークが現われ、EOF解析結果を裏付けることができた。

以上の結果から、図2に見られるようにLFモードは5～6年周期で、北緯28度（沖縄付近）に降水量が多いまたは少ないと

いうモノポール変動^{*2}の中心があること、一方BOモードは2～3年周期で、北緯35度付近と北緯28度よりさらに南でシーズン変動を起こしており、ちょうど変動の中心が北緯35度（西日本付近）にあることがわかった。

あわせて過去の事例検証も行った（図3）。例えば93年は梅雨時に多雨で翌94年は小雨の典型例であった。二つのモードで多雨の状態をプラス、小雨の状態をマイナスと表現することにする。年ごとの降水量変動を見ていくと、93年にはLF・BOモードの双方がプラス（多雨）で、翌94年には双方がマイナス（小雨）だったのである。このように2つのモードが重なることによって過去の記録的な多雨と小雨の年が説明できる。

解析をかける前の降水量観測データとつきあわせてみて（図4）、沖縄付近（北



緯28度)には長い周期の変動が見られ、西日本付近（北緯35度）には短い周期の変動が見られる。

周期のもととなる大気循環と海面水温偏差

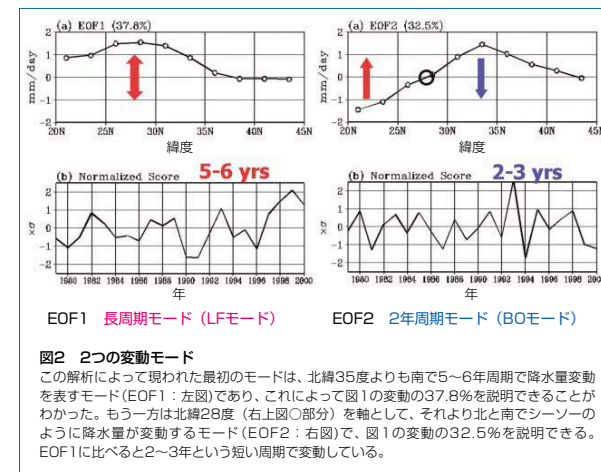
さらに広域降水分布を調べてみると（図5）、例年に比べLFモードがプラスのときには、沖縄あたりで雨が多いが、東南アジアから南アジア付近では例年よりも雨が少なくなることがわかった。これはアジアモンスーン、特に東南アジアモンスーンが弱いことによる。一方、BOモードがプラスの時には西日本付近を中心に雨が、その南のフィリピン沖から西太平洋にかけて、特に北緯20度のラインに沿って例年よりも雨が少なくなる傾向にある。これは熱帯西太平洋モンスーンが弱いためである。このようにLFモードは東南アジアモンスーンの強弱に、BOモードは熱帯西太平洋モンスーンの強弱にリンクしていると考えられる。

この2つのモードでは南北方向の大気循環も異なる。南緯20度から北緯60度までの南北軸で鉛直方向の上昇気流が例年より強い弱いかわを見ると、LFプラスでは北緯20度から35度の広い領域で上昇気流が例年に比べて強く、その南に下

降流が起る。BOプラスでは上昇域が北にシフトし、北緯20度付近で下降気流が例年より強まる。BOモードがプラスの時は、下降流が熱帯西太平洋モンスーンを弱め、その北で上昇流が強くなる。LFモードの場合には東南アジアモンスーンの強弱に下降流が関連していると思われる。さらにその原因を探るために海面水温偏差（例年に比べて高いか低い）を調べた（図6）。LFプラスのときは、例年より海面水温が高い（正の偏差）部分が東部熱

帯太平洋に広がり、その西にこれを取り囲むような馬蹄形で例年より海面水温が低い（負の偏差）部分があり、さらにその西に正の偏差部分が広がっている。上昇気流は海面水温が正の偏差部分に対応している。

BOプラスの場合もLFプラスの場合と似ているが、海面水温偏差の広がり方が異なる。負の偏差部分がフィリピン東岸沖に広がっている。この負の偏差部分は下降気流に対応しており、海面水温偏差



^{*1} 両氏ともに、地球環境フロンティア研究センター水循環変動予測研究プログラム
^{*2} モノポール変動=その場所のみで起る「多い」または「少ない」といった変動のこと。

年	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
LF	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
BO	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-

年	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
LF	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+
BO	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-

(+は、日本付近で梅雨降水多)

図3 過去の事例検証

LF・BOの2つのモードのプラスが重なった年に多雨に、マイナスが重なった年に小雨となるが、97年以降双方ともに周期が乱れがちになっている。赤い囲みは多雨と小雨の典型例。

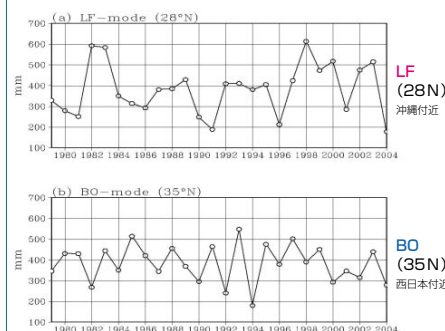


図4 梅雨降水の時間変化

実際に北緯28度と北緯35度の観測データを用いて降水量を年ごとに並べてみると、やはり周期性に違いが見られる。

にともなう小さな循環が起っている。つまり大規模な海面水温偏差にリンクして大気循環が起ることによって、LFモードとBOモードという周期的な梅雨の降水量の変動を説明できるのである。

ここまでの研究をまとめると図7のようになる。LFモードは5～6年周期で、比較的広域的だ。東部太平洋からインド洋全体に有意なシグナルが出ており、東南アジアモンスーンとリンクしていること

がわかる。BOモードは2～3年周期で中部太平洋から西熱帯太平洋に偏差が集中した形になっている。

特にLFモードの海面水温偏差のパターンはエルニーニョのパターンに似ており、エルニーニョの起った年にはLFモードはプラス傾向を示す。冬に起るエルニーニョにリンクして梅雨時のLFプラスモードが起っている可能性が高い。エルニーニョの年は海面水温が高く日本付近の

北風が弱いため暖冬になるが、そのパターンが持続してLFモードに関連しているのではないかと考えられる。一方BOモードには東部太平洋にエルニーニョが起こるときのような偏差パターンがない。むしろ中部太平洋から西太平洋にかけて海面水温偏差のシグナルがあり、2年周期固有のパターンが西太平洋を中心に起っている可能性がある。アジアモンスーンにも2年周期のパターンがあることが知られており、現在BOモードとの関連を研究中である。エルニーニョとは異なるBOモードの物理的なメカニズムの解明も今後の研究のターゲットの一つである。

気候変動で日本の梅雨はどうなっていくのか

2003年と2004年の梅雨の比較も行った。2004年の梅雨は典型的なBOマイナスパターンで、6月に太平洋高気圧が北側にシフトをする傾向があった(図8)。例年の6月は太平洋高気圧は西に張り出し、その北西部分に梅雨前線が発達する。台風の上北は太平洋高気圧がブロックするために日本を直撃せず西にそっていく。盛夏時になると太平洋高気圧が北東にシフトし、そこにできた間隙を縫って台風が日本に上陸する。秋雨時には太平洋高気圧が再び南下し、前線が南に戻るとい

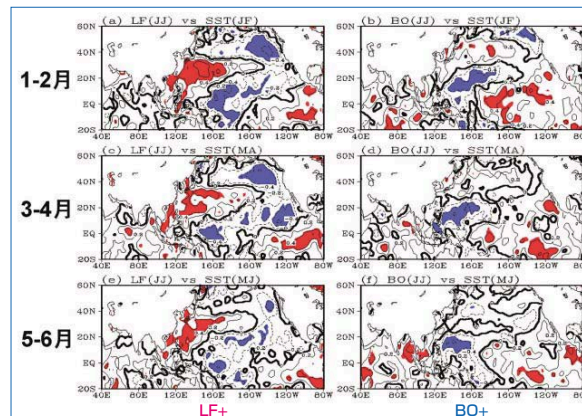


図6 海面水温偏差の時間変化

LFプラスの場合とBOプラスの場合とでは海面水温偏差の広がりや顕著な違いが見られ、それぞれのパターンが1～2月から5～6月まで持続している。赤が海面水温の高い(正の偏差)部分、青が低い(負の偏差)部分を示す。

うのが典型的な夏の季節進行である。ところが2004年の6月はほぼ盛夏期に近いパターンだったため、梅雨の降水量は少なく、一方で台風が日本に上陸しやすい形となったと考えられる。太平洋高気圧の変動は熱帯の変動が大きく影響する。大気の上昇域が熱帯にあり、その変動が太平洋高気圧の西への張り出しなどをコントロールしている可能性は十分に考えられる。

97年以降LFモード、BOモードともに乱れが見られるのも気になるところである。地球温暖化の影響なのかもしれないし、あるいは10年程度とスケールの長い変動に関連している可能性もある。2001年以降のデータでさらに解析を進めてゆく予定である。今後温暖化によって梅雨はどう変化するのだろうか。1979年から2000年ま

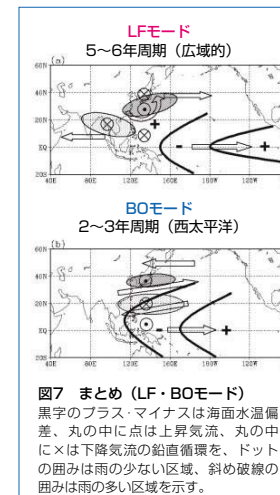


図7 まとめ (LF・BOモード)

黒字のプラス・マイナスは海面水温偏差、丸の中に点は上昇気流、丸の中に×は下降気流の鉛直循環を、ドットの囲みは雨の少ない区域、斜め破線の囲みは雨の多い区域を示す。

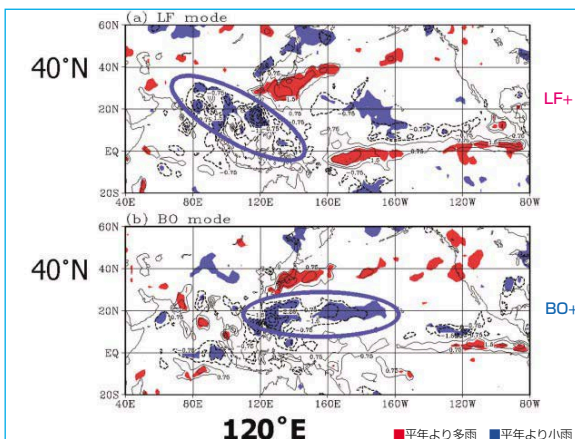


図5 広域降水分布 (年平均偏差)

LFモードプラスとBOモードプラスを比較すると、降水量が平年に比べて少ない区域(○部分)が顕著に異なる。また南北循環を調べてみると、降水量が平年より多い(正の偏差)のところには上昇流が、降水量が少ない(負の偏差)のところは下降流が生じている。

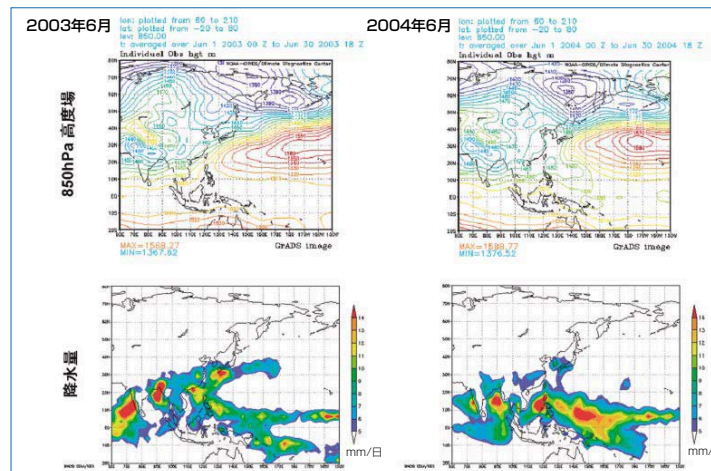


図8 2003年6月と2004年6月の梅雨時にみられた850hPa(対流圏下層)の等圧面高度(上図)と降水量(下図)の比較

2003年と2004年には典型的なBOモードパターンが見られた。2004年はBOマイナスで、太平洋高気圧の張り出しが弱く梅雨の降水は少なかった一方で、高気圧に沿って北上した台風が日本を縦断しやすい形であった。(上図)等値線間隔: 10m
暖色: 高気圧
寒色: 低気圧
(下図)単位: mm/日換算

「高温で生きる微生物」 ～そのタンパク質の折り畳み機構～

(2004年2月7日海洋研究開発機構[当時:海洋科学技術センター]第16回地球情報館公開セミナーより)

現在、海洋研究開発機構を中心に、海底を7,000mも掘削する深海底掘削プロジェクトが進行中です。そうした研究は、昔は地学の領域で生物学者には関係ありませんでしたが、現在では地底深い高温の環境下にも生物が見つかる可能性が大きくなっています。本日は、そうした厳しい環境で生きる生物とその可能性についてお話しします。



丸山 正 プログラムディレクター
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム

東京生まれ。東京理科大学理学部生物学科博士課程修了。海洋バイオテクノロジー研究所を経て2003年1月に海洋科学技術センター海洋生態・環境研究部(当時)部長に就任。現在の研究テーマは海洋生物の共生機構と進化。

生物は何度まで生きられる？

皆さんは、生物が生存可能な最高温度とはどの程度だと思いますか。生物にはそれぞれ生きるのに一番適した温度(至適生育温度)があります。人間の体内にいる大腸菌なら37℃が至適で、45℃では死んでしまいます。ほ乳瓶を煮沸滅菌したり、牛乳を60℃くらいで低温殺菌するのは、日常的には60℃以上で生きる生物はほとんどいないからです。

しかし、温泉のような高温環境にも好熱菌と呼ばれる微生物がいます。日本では、1969年に伊豆の峰温泉で76℃が至適生育温度の高度好熱菌が発見され、

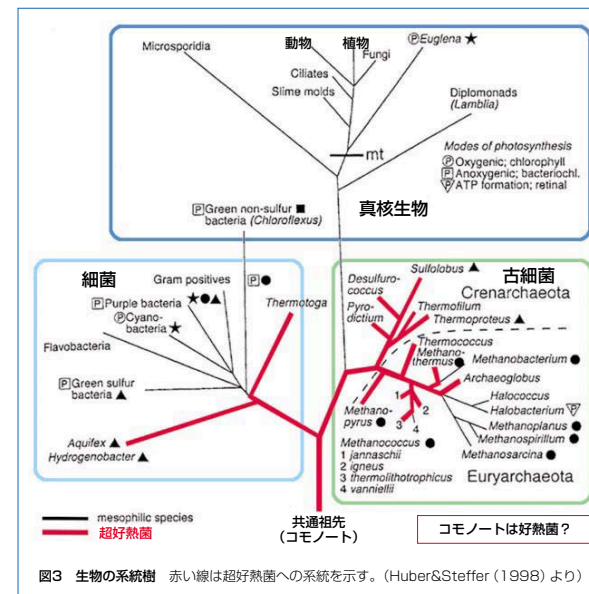
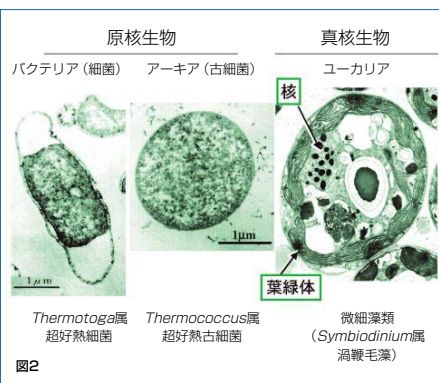
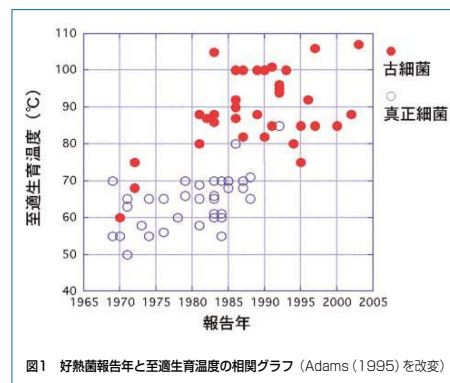
しばらくはこれが生物生育温度の最高記録でした。しかし、1970年代末ごろ、深海底に350℃もの熱水が吹き出す熱水鉱床が発見され、その周辺にたくさんの生物が発見されました。1980年代になり、各地の温泉や熱水鉱床からさらに高い温度で生育する超好熱性の微生物が多数単離されるようになりました。そして、2003年に米国の研究者が報告した菌は至適生育温度が106～107℃、121℃で増殖したと報告され、これが現在の最高記録となります(図1)。

好熱菌という呼び方は、微生物を便宜上、生育温度で分類したものです。至

適生育温度が15℃以下のものは好冷菌と言います。冷蔵庫の中や極地などに生育し、20℃以上では生育できません。中温菌は20～45℃くらいが至適生育温度の一般的な菌です。好熱菌は45～80℃。そして、現在では80℃以上で生育できるものを超好熱菌、さらに120℃以上の環境にも耐えるものはスーパー超好熱菌などと呼ぶ方もいます。この分類は研究者によって多少違う場合があります。

微生物の進化の道筋

超好熱菌の多くは古細菌と呼ばれるグループに属します。超好熱菌以外の古



菌には、無酸素状態でメタンを作るメタン生成菌、塩分濃度の高いところに生育する好塩菌、高温でしかも強酸の環境下に生育する好熱好酸菌などがあり、これらはその生育環境から極限環境微生物とも呼ばれます。

長らく生物の分類は、細胞の核膜の有無により真核生物と原核生物に分けられていました。しかし、その後、原核生物が普通の細菌と先に述べた古細菌に分けられることが明らかとなり、ウイルスを除くすべての生物を細菌、古細菌、真核生物の3つに分類するようになりました(図2)。すべての生物の起源は、共通祖先(コモノート)と呼ばれますが、コモノートは細菌と古細菌に分かれ、さらに古細菌から真核生物へと進化したと考えられています。現生の細菌と古細菌で系統的に近い微生物(コモノートである根元に近いところから分岐した現生の微生物)には超好熱菌が多いことから、コモノートは超好熱菌ではないかという考え方もあります。真核生物は、古細菌に好

気性細菌が住み着いてミトコンドリアになったものが動物細胞、そこにさらに酸素発生型の光合成細菌が入り込んで植物細胞へと、進化したのではないかと考えられています(図3)。

高温下で生育できる秘密

では、好熱菌はなぜ高温の環境で生育できるのでしょうか。これにはタンパク質が大きく関係します。卵を加熱すると卵白は白くなります。この現象をタンパク質の変性と言いますが、好熱菌のタンパク質は高温に強く変性しません。しかし、好熱菌と普通の菌のタンパク質の立体構造を比較すると大差はなく、特別なアミノ酸もありません。ただ、アミノ酸配列が少し異なり、これが好熱菌のタンパク質に耐熱性を与えていると考えられます。

タンパク質は数十個以上のアミノ酸がつながった鎖です。DNAの塩基配列に基づいて作られたメッセンジャーRNA(mRNA)の設計図に沿って、細胞内の

リボソームでアミノ酸がつながれタンパク質が合成されます。基本となる20種類のアミノ酸の配列によって様々なタンパク質ができるのです。しかし、長い鎖のままではタンパク質としての機能を発揮できません。鎖が特定の立体構造をとって初めて機能を発揮します。

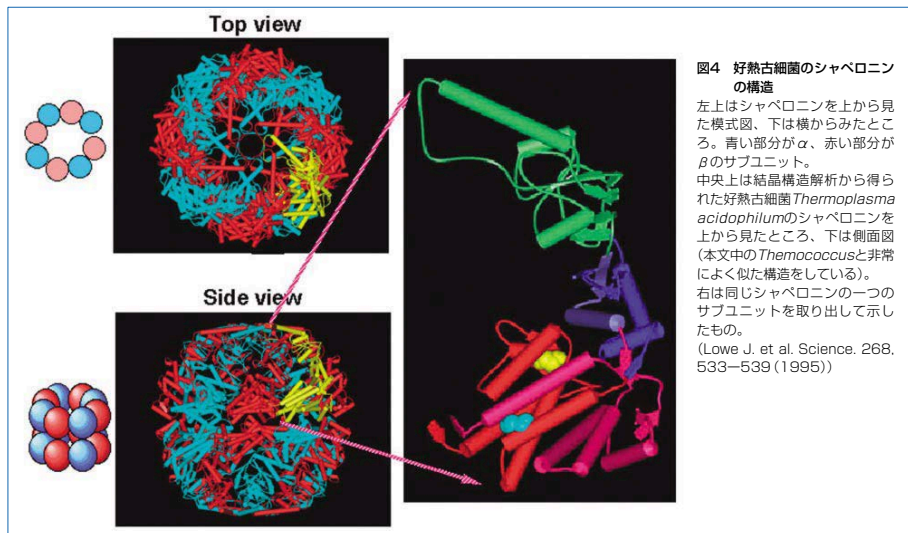
一般的な水溶性タンパク質では、タンパク質の外側は親水性、内側は疎水性になっていて水の中で安定しています。これを加熱すると、上手く納まっていた長い鎖がほどけて、水を避けるように疎水性の部分が引きつけ合っ

て絡まります。この状態が変性です。細胞内でタンパク質が変性すると、細胞はタンパク質をもう一度折り畳むか、分解するかという選択を迫られます。そのため、細胞はタンパク質の鎖を折り畳む過程を速める酵素や、鎖が絡まるのを防ぐ分子シャペロンというタンパク質を持っています。「シャペロン」とは社交界デビューする娘を助ける「介添役」という意味です。

1960年代にアメリカの化学者、アンフィンゼンは、変性したタンパク質は薄い濃度であれば自分自身で正しい立体構造に戻ることができると報告しています。ところが細胞の中は、様々なタンパク質で非常に混み合った満員電車のような状態です。この中でタンパク質が変性すると、タンパク質分子で混雑しているために絡まって戻れなくなってしまいます。最近、このような細胞内でのタンパク質の変性がアルツハイマー病やBSE(牛海綿状脳症)などの病気の原因になることがわかってきました。

シャペロンの働き

タンパク質の分子シャペロンには、たくさんの種類があります。大腸菌で60種くらいと言われ、当然、高温環境に生育する菌ならさらに多くの種類の分子シャペロンを持つと考えられました。しかし、ゲノム解析された超好熱古細菌には、折



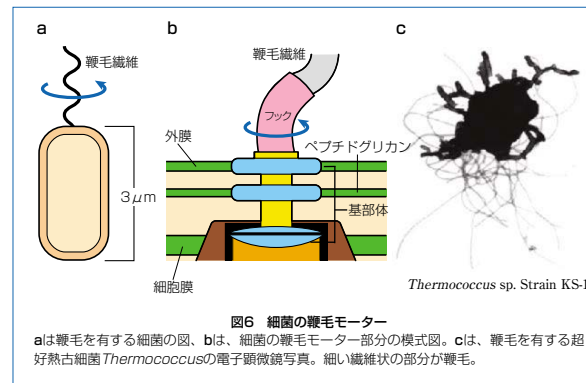
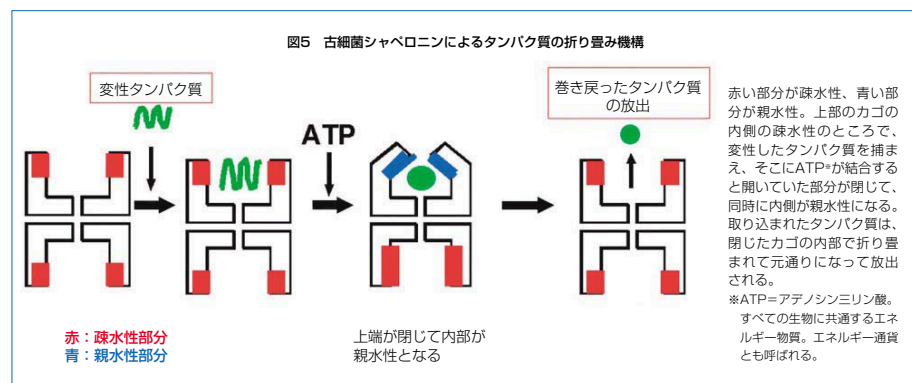
り畳みに関する因子が4つしか認められず、通常の細菌よりずっと少ないと分かりました。

代表的な分子シャペロンのひとつ、シャペロニンは、8本の柱が丸く円状に並んだサブユニットが上下に2つ組み合わさったような構造で、その上下は開いたカゴのようになっています(図4)。そのカゴに変性したタンパク質を捉えてカゴの中で修復し、正常なタンパク質として再び放出します(図5)。

Thermococcus (サーモコッカス) という超好熱菌にはシャペロニンのサブユニットが2種類ありました。それぞれ α と β と呼びます。この菌をいろいろな温度で培養し、 α と β の変化を調べると、低温では α が多く、高温では β が多いという結果が出ました。さらに調べると、 α は低温で働く低温用の、 β は高温で働く高温用のサブユニットであることがわかりました。この菌は生育温度によってシャペロニンのサブユニットをうまく使

い分けているのです。さらに、*Thermococcus*と非常に近縁の*Pyrococcus* (パイロコッカス) は、サブユニットが β だけです。*Thermococcus*の至適生育温度は85℃、*Pyrococcus*は95℃で、*Pyrococcus*は高温に適応する過程で低温用の α サブユニットを失ったと考えられます。

タンパク質の折り畳み速度を速める酵素にはPPase*があります。普通のPPaseは折り畳みの速度を速めるだけ



ですが、超好熱古細菌のものはシャペロン分子と同じ働きもします。大腸菌のタンパク質を集めた液を80℃で45分温め放置すると凝集しますが、超好熱菌のPPaseを入れておけば凝集しません。変性したタンパク質の疎水性部分にPPaseが付着して結まるのを防ぎ、鎖の絡まりが戻ってきたらPPaseは再び離れてタンパク質は元に戻ります。

超好熱菌利用の可能性

では、超好熱菌由来のシャペロニンやPPaseの機能は実社会でどのように役立つのでしょうか。

以前、ウイルスなどの増殖を抑えるイ

ンターフェロンが大腸菌を使って作ることができると話題になりました。同様に、インシュリンや成長ホルモン、そして免疫で重要な抗体なども、その遺伝子を取り出して大腸菌に組み込んで作らせることが可能です。しかし、大腸菌を用いて異種生物のタンパク質を作らせる時に、作られたタンパク質が凝集して問題になる場合があります。そこで、そのような時に分子シャペロンやシャペロン活性を有する超好熱菌のPPaseを同時に大腸菌に作らせて凝集を防ぐことができないかという研究が進められています。

また、高温で安定してよく動く酵素はDNA鑑定などの際に利用されるDNA増

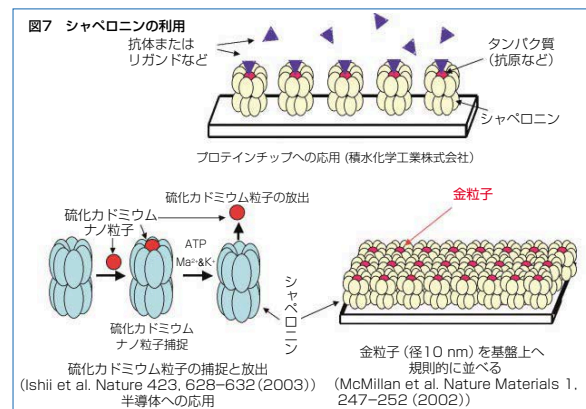
幅反応などで用いられています。DNAにDNAポリメラーゼと呼ばれる合成酵素を加え、90℃→40℃→70℃と異なる温度で加熱する作業を30回くらい繰り返すとDNAが何万倍にも増幅されるのですが、熱に弱い普通の酵素は使えません。そこで、好熱菌や超好熱菌のDNAポリメラーゼが使われています。

さらに、バイオセンサー用の酵素にも安定性の高い超好熱菌の酵素は最適です。熱に強いのでバイオセンサーを高温滅菌することも可能と思われます。近年注目されている、ナノマシンへの応用も考えられます。たとえば細菌や古細菌の運動器官である鞭毛の回転機能を、ナノサイズのモーター部品として利用しようという発想です。鞭毛は超好熱菌にもありますので、生物材料としては安定したナノマシンの開発ができるかもしれません(図6)。

ただ、(超)好熱菌の酵素の欠点として、私たち人間にとっての常温が好熱菌にとっては低温となり活性が低くなってしまうことがあります。低温でも活性が高くなるように改良できれば、さらに利用価値は高まるでしょう。

このように応用の範囲が広がると、異分野の方たちとの共同研究が重要になります。例えば、シャペロニンがタンパク質を捕まえるしくみを用いてナノレベルのタンパク質を保護する容器が作れないかとか、ナノサイズの粒子を規則正しく並べるのに使おう(図7)などと考えますと、物理学、化学や工学など、異分野の方々の協力が必要です。

なお、今日お話ししたことは、多くの研究者の方々との協力の賜物です。ここで記して感謝します。



※PPase=Peptidyl-prolyl cis/trans isomeraseの略。「ペプチド中のプロリン(アミノ酸の一種)のcis/transを変換する酵素」という意味で、1984年に発見された。



機構が取り組む研究・開発などの活動成果を紹介するイベントを実施 第三回地球シミュレータセンター・シンポジウム

平成16年10月13日(水)、東京・イイノホールにおいて、「人と地球のやさしい関係～西暦20XX年、地球はこう変わっている」をテーマに「第三回地球シミュレータセンター・シンポジウム」が開催された。前日からの雨が残るあいにくの天気だったが、会場には300名を超える参加者が集まり、最新の成果発表やシミュレーション科学をめぐる議論に熱心に耳を傾けた。

前半は、地球シミュレータを用いて研究が進められている大気・海洋、固体地球、先進・創出のそれぞれの分野を代表して4件のプロジェクトから発表が行われた。地球温暖化予測、地球磁場の逆転、超伝導やバイオ技術の開発といった私たちの生活に関わりの深いテーマに関して、地球シミュレータを活用した研究の最新成果とともに、研究や技術開発がもたらす未来につい

て語った講演は、いずれも興味深い内容だった。後半のパネルディスカッションでは、科学技術分野に造詣の深いSF作家の小松左京氏、ジャーナリストの立花隆氏を迎え、進行役の佐藤哲也センター長とともに「シミュレーション文化が拓く人類と地球の未来」について議論が交わされた。



地球シミュレータセンター・シンポジウムでの研究者の発表の様子



小松左京氏(上左)、立花隆氏(上右)を迎えてパネルディスカッションが行われた。進行役は佐藤哲也センター長(左)



『科学の最前線で研究者は何を見ているのか』

瀬名秀明／著 日本経済新聞社／刊

1,680円(税込み)

薬学博士であり『パラサイト・イブ』などのSF小説でも知られる著者による『日経サイエンス』での対談集。2002年から約2年におよぶ連載で、科学界の一線で活躍する18人の日本の研究者たちが登場する。遺伝子工学、ナノテク、量子力学、理論物理学など、難解なテーマも多いが、インタビュ形式の読みやすい文体で、一般の読者も十分サイエンスの面白さを堪能できる。

“机上の極小化学ブランド”や細菌の器官を利用した“ナノマシン”、数式でひもとく宇宙空間の暗黒物質、化石から探る太

古の世界、コンピュータで予測する地球環境と、空間も時間も自在に飛び回る研究者たちの発想は、現実離れた夢のようにも見える。しかし、それを“夢”とせず、時には研究の道具まで自ら創り、地道に謎を解き明かしていく努力と才知が、新しい世界を切り拓く。世界の地質学の常識を、四十万帯の地層研究から覆した平朝彦氏、スーパーコンピュータによる新しい文化、シミュレーション・サイエンスの先端を担う佐藤哲也氏など、海洋研究開発機構でもおなじみの研究者の対談も収録されている。



第4回深海バイオフィォラム

平成16年10月22日(金)、東京・笹川記念会館において、「第4回深海バイオフィォラム」が開催された。同フォーラムは、極限環境生物圏研究センターで得られた研究成果を、講演会形式で化学・バイオ関連をはじめとする多くの企業関係者らに紹介し、共同研究の可能性を探ることを目的に毎年開催されている。今回は、極限環境に生息する微生物や多細胞生物等の研究および地球深部探査計画との連携などに関して

5件の発表があったほか、海洋バイオテクノロジー研究所・宮地重遠特別顧問を迎え、極限環境下に生育する微細藻類についての特別講演も行われた。会場には民間企業を中心に、昨年を上回る73団体、約170名の参加があり、フォーラム後の懇親会では企業側から共同研究に関する問い合わせを受けるなど、センターによる「深海バイオ事業化推進計画」活動に高い期待が寄せられた。



今年も最先端の研究成果が数多く発表された深海バイオフィォラム

平成16年度 海洋研究開発機構研究報告会 JAMSTEC 2005開催のお知らせ

平成17年2月17日(木)、東京・経団連会館(14階)経団連ホールにおいて、平成16年度海洋研究開発機構研究報告会(JAMSTEC 2005)が開催されます。当機構の今年度の活動状況を紹介するとともに、特集テーマ「JAMSTECが拓く海洋・地球のフロンティア」についての講演、さらに、東京工業大学・相澤益男学長による特別講演など、充実した内容が予定されています(参加費無料)。ぜひご来場ください。

※詳しい内容は、決まり次第、ホームページのイベント情報に掲載されます。



懇親会で挨拶する掘越弘毅センター長



研究内容について質問する参加者



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

『Blue Earth』定期購読のご案内

定期的にお手元に届く便利な定期購読をご利用ください。定期購読を申し込まれる方は、以下の内容を明記のうえEメールかFAX、もしくははハガキにてお申し込みください。

購読するためには、
定価(1冊300円)＋送料
＋振込手数料
が必要となります。

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

支払方法

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

お問い合わせ・申込先

〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構
横浜研究所 情報業務課 情報業務課
『Blue Earth』編集室
TEL: 045-778-5350
FAX: 045-778-5424
E-mail: info@jamstec.go.jp

※定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号の3・4月号までとさせていただきます。申込日以前に発行されたバックナンバーの購読をご希望の方はあらかじめお問い合わせ下さい。バックナンバー参照URL:
<http://www.jamstec.go.jp/pdf/index.html>
※1年度あたり6回発行

Present プレゼント



2005 海洋の夢カレンダー

第6回全国児童「ハガキにかこう海洋の夢絵画コンテスト」の上位入賞作品を掲載した海洋研究開発機構特製の卓上カレンダー「2005 海洋の夢カレンダー」が作成されました。全国の小学生から送られてきたたくさんの作品のなかから選ばれた、夢あふれる素晴らしい絵画が毎月のカレンダーに添えられています。

今回は、この2005年の卓上カレンダーを、抽選で10名様にプレゼントいたします。

応募方法

官製ハガキに、1.プレゼントの品名、2.氏名、3.住所（郵便番号も含む）、4.年齢、5.職業（学生の方は学年）、6.電話番号、7.いちばん興味を持った記事、8.[Blue Earth]へのご意見・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、2005年1月20日（木）当日消印有効です。なお、当選者発表は発送をもってかえさせていただきます。

応募先

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

賛助会（寄付）会員名簿

独立行政法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付をいただき、支援していただいております。（アイウエオ順）

平成16年12月現在

株式会社 アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド
アイ印刷株式会社
株式会社アクト
株式会社アサソーディ・ケイ
株式会社浅沼組
アジア海洋株式会社
石川島播磨重工業株式会社
泉産業株式会社
株式会社伊藤高麗瓦瓦葺器製造所
栄光電設株式会社
株式会社エス・イー・エイ
株式会社NTTデータ
株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ
株式会社MTS雪氷研究所
株式会社OCC
オートマックス株式会社
沖電気工業株式会社
株式会社オーケービリアルティシステム
海洋電子株式会社
株式会社化学分析コンサルタント
鹿島建設株式会社
カナダ株式会社
カヤバシステム マシナリー株式会社
川崎設備工業株式会社
株式会社川崎造船
株式会社環境総合テクノス
株式会社開電工
株式会社キュービック・アイ
共立管財株式会社
極東貿易株式会社
株式会社きんてん
株式会社熊谷組
株式会社クロスワークス
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
ケイジーケイ株式会社
京浜急行電鉄株式会社
ケー・エンジニアリング株式会社
KDDI株式会社
神戸戸ビル株式会社
国際気象海洋株式会社
国際警備株式会社
国際石油開発株式会社
国際ビルサービス株式会社
小倉興産株式会社
五洋建設株式会社
相模運輸倉庫株式会社
三建設工業株式会社
株式会社三晃空調
三洋テクノマリン株式会社
株式会社ジーエス・ユアサ テクノロジ
財団法人塩事業センター
ジオテクノス株式会社
有限会社ジーエス・ユアサ テクノロジ
シナネン株式会社
清水建設株式会社
株式会社商船三井

株式会社湘南
昭和ベトロリウム株式会社
株式会社白石
社団法人信託協会
新日本海事株式会社
新日本製鐵株式会社
新菱冷熱工業株式会社
須賀工業株式会社
鈴鹿建設株式会社
スプリングエイトサービス株式会社
住友電気工業株式会社
清進電設株式会社
西武造園株式会社
セナー株式会社
セントラル・コンピュータ・サービス株式会社
株式会社総合企画アンド建築設計
株式会社損害保険ジャパン
第一設備工業株式会社
株式会社大気社
大成建設株式会社
大日本土木株式会社
ダイハツディーゼル株式会社
大陽日酸株式会社
有限会社田浦中央食品
高砂熟学工業株式会社
株式会社竹中工務店
株式会社竹中土木
株式会社地球科学総合研究所
中国塗料株式会社
株式会社鶴見精機
株式会社テザック
寺崎電気産業株式会社
電気事業連合会
東亜建設工業株式会社
東海交通株式会社
洞海マリンシステムズ株式会社
東京海上日動火災保険株式会社
東京製綱織維ロープ株式会社
東北環境科学サービス株式会社
東北ニュークリア株式会社
東洋建設株式会社
東洋通信機株式会社
株式会社東陽テクニカ
東洋熟工業株式会社
戸田建設株式会社
飛島建設株式会社
有限会社長渾工務店
株式会社中村鉄工所
奈良建設株式会社
西芝電機株式会社
西松建設株式会社
日南石油株式会社
日油技研工業株式会社
株式会社日産セキュリティ・サービス
日新火災海上保険株式会社
ニッセイ・エンジニアリング株式会社

ニッセイ同和損害保険株式会社
日本SGI株式会社
株式会社日本海洋科学
日本海洋掘削株式会社
日本海洋計画株式会社
日本海洋事業株式会社
社団法人日本ガス協会
日本興亜損害保険株式会社
日本サルヴェージ株式会社
社団法人日本産業機械工業会
日本水産株式会社
日本電気株式会社
日本飛行機株式会社
日本ビュレット・バックカード株式会社
日本無線株式会社
日本郵船株式会社
株式会社間組
株式会社ハナサン
清中製鋼工業株式会社
東日本タグポート株式会社
株式会社日立製作所
日立プラント建設株式会社
深田サルベージ建設株式会社
株式会社フジクラ
藤沢薬品工業株式会社
富士ゼロックス株式会社
株式会社フジタ
富士通株式会社
富士電機システムズ株式会社
物産不動産株式会社
古河総合設備株式会社
古河電気工業株式会社
古野電気株式会社
松本微導株式会社
株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社丸川建築設計事務所
株式会社マルタン
株式会社マルト
三鈴マシナリー株式会社
株式会社みずほ銀行
三井住友海上火災保険株式会社
株式会社三井住友銀行
三井造船株式会社
三菱重工業株式会社
株式会社三菱総合研究所
株式会社明電舎
株式会社森京建築事務所
有限会社やすだ
株式会社ユアテック
郵船商事株式会社
郵船ナブテック株式会社
ユニバーサル造船株式会社
株式会社緑星社
若葉建設株式会社

編集 後記

今回は地球温暖化と気候予測研究という特集を組んでみました。いかがだったでしょうか？ 地球温暖化の実態を把握し、気候変動の将来予測や影響評価などを行うことを目的に、1988年に設立されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第四次評価報告書（2007年採択予定）に向けて、我々機構も「地球シミュレータ」を利用した高精度な温暖化の予測研究成果も次々に発表して、世界の注目を集めています。

先般ロシアが二酸化炭素の排出目標を決めた1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）で採択された「京都議定書」を正式に批准し、いよいよ発効する運びとなりました。しかし、米国はブッシュ政権が誕生するや否や「京都議定書」から離脱したり、近年経済発展の著しい中国やインド等は削減義務を負わなくてよくなったり、国と国の排出権取引が認められるなど、「京都議定書」は多くの問題を抱えたままでの船出となりました。

先日ラジオ番組を聞いていましたら、「横浜人形の家」館長の兼高かおる氏（昭和34年から平成2年までテレビで放映された「兼高かおる世界の旅」で有名）がインタビューに答えていました。インタビューの「旅行番組で世界各地に旅行した時代と現在の世界とを比べて何が違

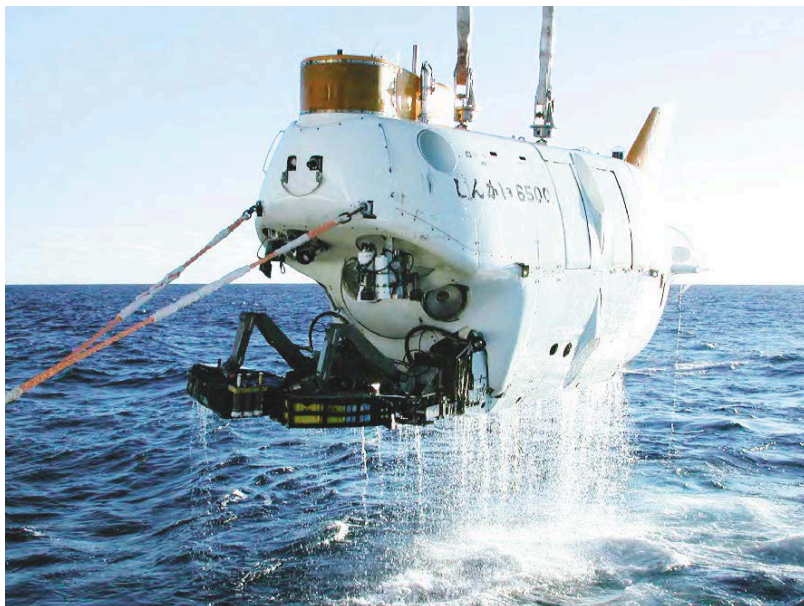
っていますか？」という質問に対して、彼女は「世界中の子供達の笑顔が減っていますね」と答えていました。私は、これを聞いて「京都議定書」のことを連想してしまいました。地球温暖化をはじめテロや貧困など、今の世界の様々な負の遺産を背負い込むのは、言うまでもなく子供達の世代であり、温暖化によって生じる様々な社会問題も彼らが大人になるころに顕在化してくると思われます。

「京都議定書」の第2約束期間（2013年以降）に関する国際交渉は、2005年末までに開始される予定と聞いています。子供達の笑顔を取り戻すためにも、米国や途上国の参加を確保して、真に実効性のある取り決めへと発展させる必要があります。そのために、我々に何ができるか真剣に考えてみたいと思っています。（T.T）

海と地球の情報誌「Blue Earth」 第16巻第6号（通巻第74号）2004年12月 発行
編集人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 情報業務課 小柳洋昌久
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 情報業務部 土屋利雄
本部〒237-0061 神奈川県横浜市長岡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 Office1133 21st Street, NW, Suite 400 Washington, D.C. 20036, USA TEL.+1-202-872-0000（代表） FAX.+1-202-872-8300
Seattle Office810 Third Avenue Suite 632 Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543（代表） FAX.+1-206-957-0546
東京事務所〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900（代表）

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

※本書掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます



有人潜水調査船「しんかい6500」

Manned Research Submersible **SHINKAI 6500**

有人潜水調査船「しんかい6500」とその支援母船「よこすか」が、南太平洋を横断しながら様々な深海調査を行う長期航海「NIRAI KANA」が、予定していた調査研究活動を無事に達成し、5ヶ月に及ぶ航海を完了した。表紙及び裏表紙の写真は、この航海中に撮影された「しんかい6500」の姿だ。「しんかい6500」は、太平洋の海洋地殻が生み出される東太平洋海膨に潜航し、海底の観察調査と試料採取を行ったほか、ラウ海盆、ケルマデック島孤では、熱水生態系の詳細解明に向けた生物学的深海調査を実施。さらに、「よこすか」による古地磁気変動や海洋表層の環境変動に関する調査、ホットスポットの成因解明のための調査なども行われた。すでに7月の潜航で世界最大の海底溶岩流を発見（本誌26～29ページを参照）するなど、その成果の一部が発表されているが、今後、調査の詳しい解析が進められることによって、さらに数多くの新たな科学的知見がもたらされることが期待されている。

独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価 **300** 円(税込)