

海と地球の情報誌

BlueEarth

Japan Marine Science and Technology Center

特集

地球シミュレータ

5・6 2002
月号

JAMSTEC Report

世界の化学天気予報モデルシステムが完成

Our Ships

有人潜水調査船「しんかい6500」

Museum

日本で初めて生きたまま捕獲されたコウモリダコ

世界初の快挙! インド洋で熱水活動と周辺に生息する 生物群集を発見



インド洋マダガスカル島東方沖・かいいいフィールド

197年以降、多くの場所で熱水活動と熱水噴出孔生物群集が見つかったが、長い間熱水活動が発見されず、大きな空白域として世界から注目されていたのがインド洋だった。1980年代にはドイツの調査チームが、インド洋中央海嶺、南西インド洋海嶺、南東インド洋海嶺の3つが交わるロドリゲス三重会合点付近で熱水活動の徴候を確認。その後も各国がこの周辺で度重なる調査を実施したが、熱水活動を発見することはできなかった。

2000年8月、日本チームは、シービームやディープトウを用いた2週間に及ぶ入念な予備調査を行い、調査地点を絞り込んでから無人探査機「かいこう」による潜航調査を開始した。潜航地点は、ロドリゲス三重会合点の北側約22kmにある海丘の南西斜面に決まった。8月25日、潜航から約4時間、「かいこう」から送られてくる映像に白い塔のようなものが現れた。無数のエビに覆われた高さ10mを超える大型チムニーだった。その近くには真っ黒い熱水（温度は約360度）を勢いよく噴出するチムニーもみつけた。周囲には熱水活動域特有のイソギンチャク、カニ、二枚貝、巻貝などが生息していた。南緯25度19分10秒、東経70度2分24秒、水深2,420m、世界で初めて、インド洋における熱水活動と熱水噴出孔生物群集が発見されたのだ。

Blue Earth

5・6月号／2002

Contents

2 特集

地球の未来を映し出すスーパーコンピュータ
「地球シミュレータ」

4 21世紀の新しい科学を創造する「地球シミュレータ」

8 世界最高性能を実現した「地球シミュレータ」

14 地球環境シミュレーションが地球の明日を予測する

18 Interview 研究者に聞く

大淵 清 研究員

地球シミュレータセンター 計算地球科学研究領域
大気海洋シミュレーショングループ

22 Blue Earth Museum

日本で初めて生きたまま捕獲されたコウモリダコ

24 JAMSTEC Report

世界の化学天気予報モデルシステムが完成

28 JAMSTEC Report

日本科学未来館で開かれた「海洋科学教室」

30 OUR Ships

有人潜水調査船「しんかい6500」

34 Face スタッフの横顔

情報業務部 情報業務課 係長 亀井雅彦さん

36 Marine Science Seminar

海洋には驚きと不思議がいっぱい

38 BE Room

40 Present／編集後記

賛助会会員名簿

表紙：浮遊性有孔虫

(撮影：むつ研究所 第1研究グループ 木元克典研究員)

※浮遊性有孔虫についての詳しい説明は裏表紙をご覧ください。

本誌は、隔月年6回の発行です。

特集★地球の未来を映し出すスーパーコンピュータ 「地球シミュレータ」

世界最高の性能を誇るスーパーコンピュータ 「地球シミュレータ」いよいよ稼働！

未来の地球の姿を予測し、「仮想地球」を創り出す
「地球シミュレータ計画」が動き出した

地球温暖化、エルニーニョ現象、巨大地震……、地球規模の気候変動や異常気象、地殻変動は、私たちの生活に大きな影響を与えている。さらに、大気汚染などのように、人類の活動が地球環境の変動現象を加速させている疑いも指摘される。地球と人類のよりよい関係を構築していくために、地球規模でおきる環境変動現象の解明と予測は、ますます重要になっている。

1997年、こうした考えに基づき、「地球シミュレータ計画」が科学技術庁（現在の文部科学省）によって開始された。スーパーコンピュータを用いて、複雑に絡み合っている地球の諸現象を、シミュレーション研究によって解明し、将来の予測を行おうというものだ。そして、宇宙開発事業団、日本原子力研究所、海洋科学技術センターの共同チームによって地球シミュレータ研究開発センターが設立され、計画を推進するために重要な役割を担う超高速並列計算機システム「地球シミュレータ」の開発がスタートした。

2002年2月末、世界最高の演算性能を持つスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」がついに完成。これに伴い、海洋科学技術センター内に、「地球シミュレータ計画」を推進するための拠点となる地球シミュレータセンターが設置された。今後は、「地球シミュレータ」を運用して、地球規模でおきる様々な現象の解明、精度の高い予測を可能にするためのソフトウェアの開発が進められる。地球の未来の姿を的確に映し出し、地球と人類の豊かな関係を構築していくための新たな研究活動が、いま、始まろうとしている。

SPECIAL INTERVIEW

21世紀の新しい科学を創造する 「地球シミュレータ」

**地球の未来を、正しく、的確に、迅速に予測し
人類と地球の豊かな共生関係を築く**

地球シミュレータセンター
佐藤哲也 センター長



複雑に絡み合うプロセスを
現実に近いかたちで再現

これまでの科学、正確には17世紀のデカルトやニュートンに始まると思いますが、以来300年以上に渡って行われてきた20世紀までの科学は、自然を理解するために、できるだけ基本的なプロセス、原理、法則を求めていくという方向で行われてきました。いわゆる、要素還元論的な研究手法です。宇宙を構成するいちばんの根源は何か、それをみつけるために、物事の要素をどんどん分解し、その要素の基本的な性質を調べてきました。

その最たるものが素粒子論です。素粒子が宇宙の基本、構成要素であり、いくつかの素粒子が組み合わさって原子が、原子から分子が、分子から物質ができていくという考え方です。これまで、物質をどんどん分解して、その基本法則をみつけ出そうとしてきました。また、何か現象がおけると、なぜおきるのかは基本原理に基づいて説明され

てきました。それが、科学のひとつの方向でした。そして、それに基づいて新しい物質であるとか機械であるとか、非常に優れたものがつくられ、私たちの役に立ってきました。しかし一方で、自然を理解しようとするとき、より現実的に総合的に自然そのものを説明しようとする方法論は欠けていたと思います。

人間というものは、あまり賢くないわけですが、複雑なものをパッと理解することができません。それを理解するためには、できるだけいろいろなものを取り外して、根幹にあるものだけを見ていこうとします。その根幹がわかれば、

そこからより上の部分ができるだろうという考え方です。ところが、現実はその簡単ではありません。一度切り離してしまうと、切り離されたことで、ある種の潤滑油のような役割を持っていた情報は失われます。そして、その情報を無視したまま組み上げていこうとすると、すべてのパーツを揃えて上手に組み上げたとしても、現実のように動き出しません。切り離したことによって消えてしまった情報が実は大切なのです。つまり、現実の事象というものは、パーツの寄せ集めではなかなか説明できないのです。

その典型的な例が自然現象です。た

えば、雲がどのようにしてできるのかというように。雲だけについて見るなら、いままでの科学の方法論で説明がつけます。しかし、天気予報となると、雲だけではだめで、風がどう吹くか、海からどのように水が蒸発していくかなど、様々な現象が同時に、またお互いに作用しながら実際の気象現象がおきているわけです。個々のパーツについての理解だけでは、なかなか説明がつけません。

ところが、コンピュータというものは、こうした複雑なものを同時に解き明かしていく上では、人間よりも優れた能力を発揮します。そして、その優れた能力



ひとつのキャビネット内に2計算ノードが収まり、広い計算機室には、これらの計算ノードキャビネットが320個、結合ネットワークキャビネットが65個並んでいる。

をうまく活用すれば、いままでパーツ、つまりプロセスとして解明されてきたものを切り離さずに、潤滑油となる情報も含めて、より現実に近い状態でコンピュータに載せることができます。全体のなかで、どのように動いていくかをより正確に理解することができるのです。20世紀までの科学の方法論によってわかった多くの基礎的な要素を、それらがお互いに絡み合った大きな現象としてとらえていく、その能力を持っているのがコンピュータであり、より大きなスーパーコンピュータであるわけです。「地球シミュレータ」のような大規模なスーパーコンピュータの開発が、なぜ必要なのか、そのひとつの答えがここにあります。高速で大量の情報を取り扱うことのできるコンピュータがあれば、多様なプロセスが複雑に絡み合った様々な問題を、より現実に近い状態で解決していくことができます。それが、大規模なスーパーコンピュータを開発する意義であると思います。「地球シミュレータ」を用いて自然現象を見ていくとき、雲の生まれる過程

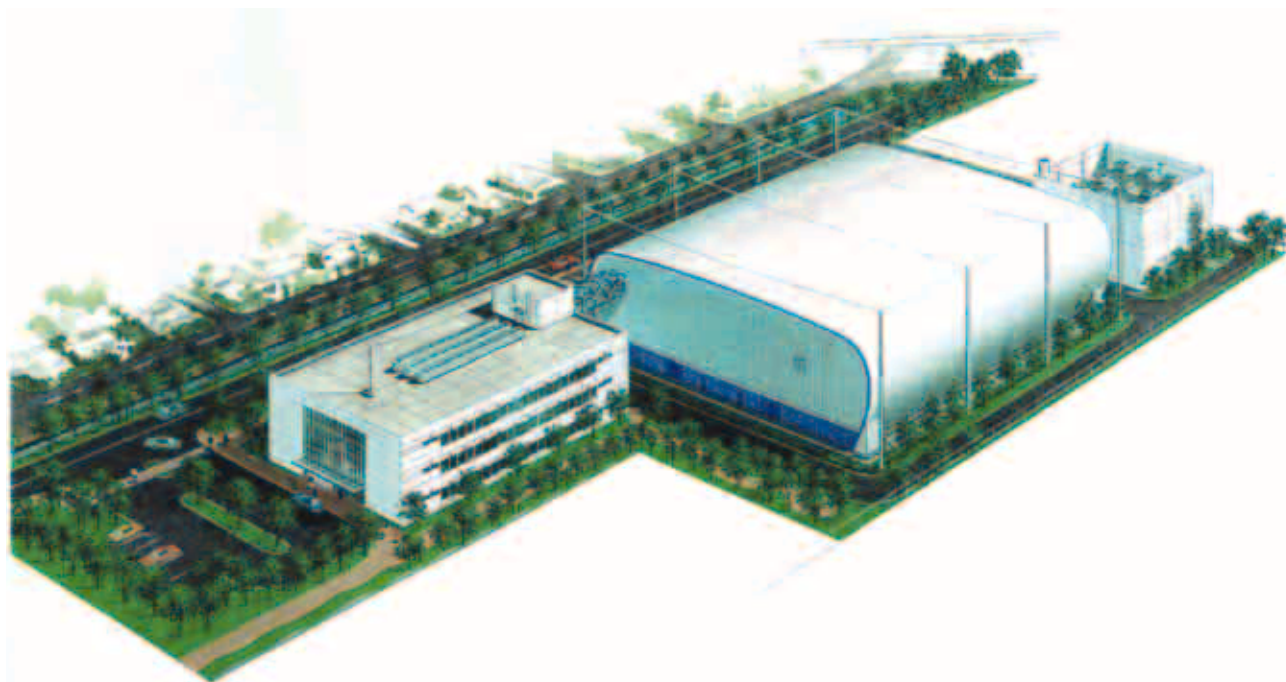
というようなミクロなプロセスから、大気の大循環といった大きなプロセスまで含めて、それらを同時に絡み合わせることによって、地球の姿を総合的に理解し、再現することができます。もちろん現実そのものではありませんが、非常に現実に近い状態で地球のふるまいを再現し、予測することが可能になるのです。

「地球シミュレータ」が人類の パラダイムを変える

私は「地球シミュレータ」が、人間の生き方・暮らし方のパラダイム、つまり考え方の枠組みさえも変えていく可能性を持っているのではないかと考えています。

20世紀までの科学、そして科学技術は、人間の生活を便利で快適なものにしてくれる様々なものを生み出してきました。自動車、飛行機、電気器具、ケミカル製品など、数多くのものが私たちの身近にあります。しかし、これらが地球環境にどのような影響を与えるのかについては、あまり考えられてき

ませんでした。確かに一人ひとりが与える影響は小さなものです。しかし、それらが大量に、大規模に生産され、消費され、廃棄されることにより、地球環境に大きな影響を及ぼしています。地球温暖化問題は、その典型的な例といえるでしょう。ところが、いままでの科学は、こうしたことがおこるかもしれないということには気づいても、どう対処すればよいかを決断することができませんでした。地球環境が今後どのように変化していくかを、正確に予測する術を持っていなかったからです。「地球シミュレータ」は、そうした予測を可能にします。そして、このまま大量生産、大量消費、大量廃棄を続けていくと、その結果どうなるのかを予測し、その情報をフィードバックすることによって、人々の考え方を換え、この先地球環境に与えるであろう影響を防止することもできるのです。現在は便利で快適であっても、その生活を続けることで、将来の地球環境に大きな影響を与えてしまうことが正確に予測できれば、人々は現在の暮らし方について真剣に考え



海洋科学技術センター横浜研究所に設置された、地球シミュレータ施設の全景。中央がシミュレータ棟、左の建物は研究棟。

るようになるからです。個人の豊かさだけでなく、人類全体、地球全体の豊かさを考えながら生きていくことにもつながるはずです。さらに、そこから、本当の意味での“人類と地球との豊かでやさしい共生関係”が生まれるのではないのでしょうか。

人間の生き方・暮らし方のパラダイムを変えていく、その意味でも、「地球シミュレータ」は社会に対する重要な役割を担っていると思います。

研究者の力を結集し 早期に成果を上げたい

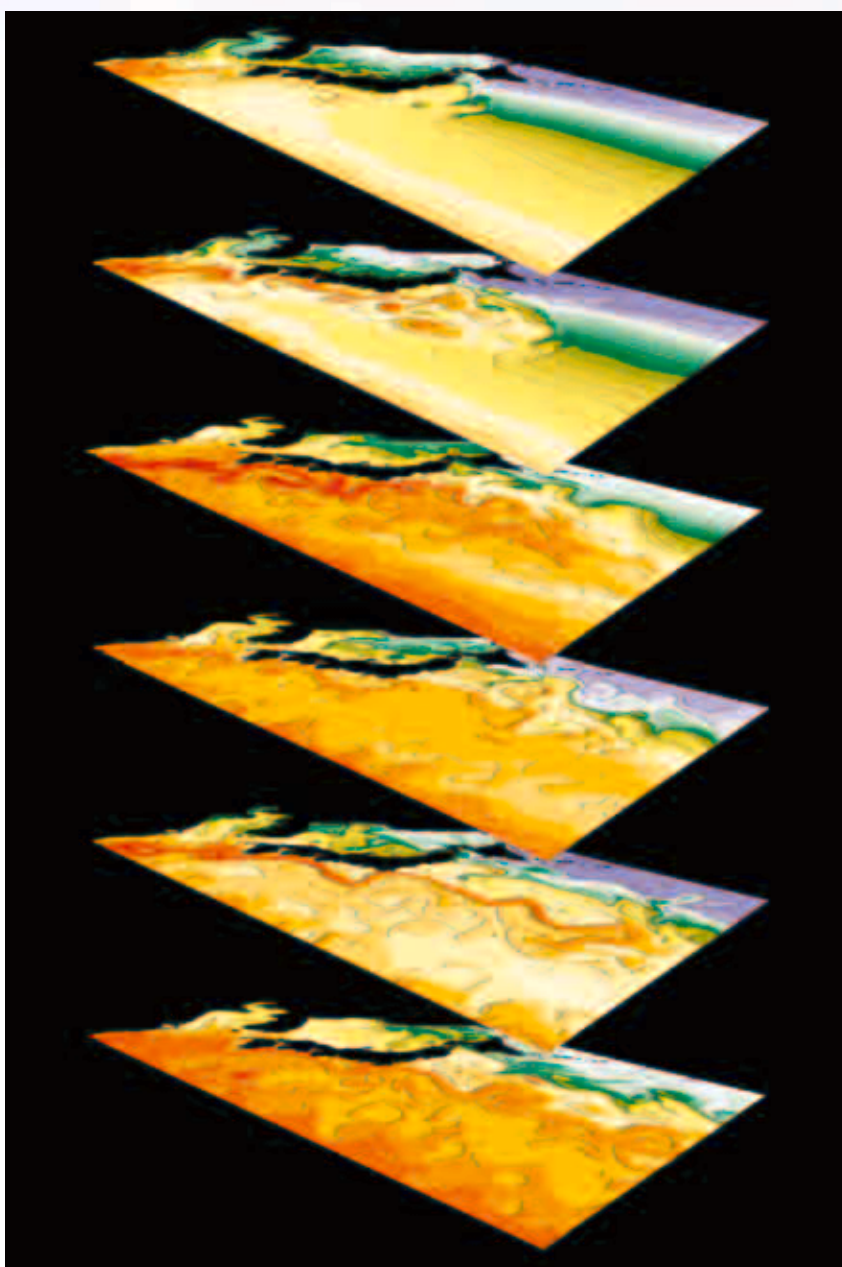
科学は客観的なものであると一般的には思われています。真理を追求するわけですから、目的さえしっかり決めておけば、誰がやっても同じ成果をあげていくことができるだろうと。しかし、地球シミュレータ計画のように、新しい考え方を創造するような科学、これまでにない大きなプロジェクトにおいては、そこに携わる人間の考え方や人間関係がものすごく重要になると、私は考えています。「地球シミュ



佐藤哲也センター長

レータ」を用いる研究には、複雑に絡み合うミクロの物理から、化学的な組成、さらには計算機科学など、様々なプロセスが含まれます。いろいろな研究グループが一緒になって、ひとつの研究を進めていかなければなりません。それこそ、複雑な人間関係のなかで上手に調和を保ちながら、個々の研究成果を「地球シミュレータ」というクールなスーパーコンピュータと結合させていくことが必要なのです。マシンを活用していく大きな集団が、うまく調和しながらひとつのベクトルに向かって進んで行けるかどうか、これは「地球シミュレータ」そのものを動かすよりも難しい課題かもしれません。

しかしながら、「地球シミュレータ」が持つ可能性は限りなく大きく、非常に魅力的な世界が広がっています。優れた能力を持つ研究者たちの力を結集し、その可能性と魅力に向けて研究組織がひとつに調和していけば、早い段階でその成果を生み出せるのではないかと思います。いや、そうしなければいけません。それが、地球シミュレータセンター長である、私に課せられた使命でもあるのですから。



日本近海の海表面温度を現すシミュレーション画像（テストシミュレーションより）。「地球シミュレータ」は黒潮の細かい渦まで解像可能。

いくつもの困難を乗り越えて完成したスーパーマシン 世界最高性能を実現した「地球シミュレータ」

新たなスーパーコンピュータに求められた能力は、主記憶容量・計算速度ともに当時使われていたものの1,000倍以上。いまだかつてつくられたことのない世界一のスーパーコンピュータだった。その驚異的な性能を実現するため、1997年に「地球シミュレータ」研究開発の長い道のりが始まった。そして5年、ピーク性能40テラフロップスという超高速並列計算機がついに完成した。

地球シミュレータ計画に不可欠な超高速コンピュータ

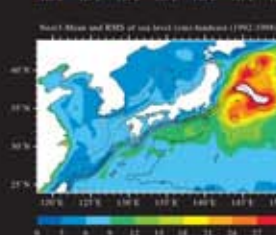
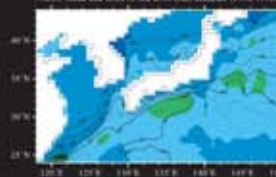
1995年、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」は第二次報告書において、「人類の活動による地球温暖化がすでに始まっている」と確認。「このまま放置すれば、地球の平均気温が約2℃（1.5～3.5℃）、海面は約50cm上昇する（2000年3月に上昇温度を1.8～3.8℃に上方修正）」という衝撃的な予測を発表した。1992年の地球サミット以降、地球環境問題は人類の持続可能な発展にとって重大な問題であることが広く認識されたが、このIPCCの報告書は、地球環境の変動が人類にとって差し迫った問題であることを再認識させた。そして1997年12月には、世界160ヶ国の代表が集まり、京都において国連気候変動枠組み条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）が開かれた。会議では、先進諸国の温室効果ガスの排出削減を設定するなどの大きな成果をあげ、地球温暖化防止に関する歴史的な会議といわれた。

地球シミュレータ計画が動き出したのは、その同じ年、1997年4月のことだった。

地球シミュレータ計画は、地球規模でおきる環境変動、異常気象、地殻変動など、時間的にも空間的にもスケールが大きく、多様なプロセスの連鎖が複雑に絡み合う様々な現象を解明するために、計算機シミュレーションという研究手法を取り入れ、実験等によって再現することが極めて困難な問題の解明に取り組んでいこうというものだ。そして、高精度なシミュレーション研究を実施するためのインフラ整備として、超高速並列計算機と応用ソフトウェアの研究開発プロジェクトがスタートした。

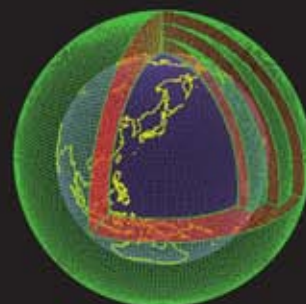
計画推進のために、宇宙開発事業団、日本原子力研究所及び海洋科学技術センターの3法人により地球シミュレータ研究開発センターが設立され、「地球シミュレータ」の開発が行われることになった。まず議論されたのは、「地球シミュレータ」に求められる性能についてだった。従来、大気や海洋のグローバルモデルでは数百kmの空間メッシュで全球を分割して気候シミュレーションが行われていた。予測の高精度化のためには分解能をより高めることが必要だったが、これまでのスーパーコンピュータでは限界があり、分解能を落としてシミュレーションしなければならなかった。気候シミュレーション研究者を交えて話し合った結果、これまでのメッシュサイズの10分の1程度まで高分解能化することが求められた。緯度・経度方向に1桁以上、これに合

North Mean and RMS of sea level from Hadam3 (1992-1999)



高精度の予測を行うためには、モデルの高精度化が必要であることを示す例。1/2度の格子（60km、上図）では現実の海面高度変動の約30%しか表現できないが、1/18度の格子（5km、下図）ならば約90%を表現することができる。（地球フロンティア研究システム 郭 新宇）

せて鉛直方向にもさらに数倍、それぞれ分解能を向上させると、メッシュ数は数百倍、さらにモデルの高度化によってメッシュ上で扱う変数も増えることから、必要な主記憶（メモリ）量は1,000倍を超える。また、これに伴って計算時間も1,000倍以上必要となる。当時使用されていたスーパーコンピュータの実効性能は4～6ギガフロップス（「ギガ」は10の9乗を表す単位、「1ギガフロップス」は1秒間に10億回の浮動小数点演算を行う能力を表す）であることから、研究者のニーズに応えようとすると、「地球シミュレータ」には5テラフロップス（「テラ」は10の12乗を表す単位、「1テラフロップス」は1秒間に1兆回の浮動小数点演算を行う能力を表す）以上の実効性能が要求されることになる。



計算機シミュレーションの格子イメージ。（気象庁より）



取材協力
大塚 清 グループリーダー
地球シミュレータセンター
研究交流・教育グループ

ギリギリまで難航した プロセッサの1チップ化

スーパーコンピュータの数を増やすだけでは、とても対応することはできない。これまでにない、まったく新しい高性能なスーパーコンピュータを研究開発する必要があった。そして検討の末、新たに開発される「地球シミュレータ」には、ベクトル型並列計算機が採用されることになった。高度な半導体技術を用いても、現用計算機の1,000倍の能力を持つ計算機を単一のプロセッサで構成することは難しい。そこで、多くのスーパーコンピュータ(要素計算機)を高速のネットワークでつなぎ、ひとつの巨大なシステムとして機能する並列計算機が採用されることになったわけだ。並列計算機は、汎用のマイクロプロセッサを多数用いるスカラ処理方式とパイプラインと呼ばれるベクトルレジスタを多数用意し、多数の繰り返し演算をハードウェア的に一度に処理するベクトル

方式のふたつに大別される。このふたつの違いは、スカラ処理が少人数用エレベータで何度も分けて人間を2階に運ぶのに対して、ベクトル処理はエスカレータによって連続的に運ぶことにたえられる。大気海洋大循環シミュレーションのような流体モデルにおいては、ベクトル処理方式が優位であるといわれている。

「地球シミュレータ」のハードウェアについては、実効性能5テラフロップス以上を実現するため、システム全体のピーク性能は40テラフロップス、主記憶容量は10テラバイトとした。ひとつの計算ノードは、8台のベクトルプロセッサ、16ギガバイトの共有メモリ、リモート転送制御機構、出入力プロセッサから構成されており、計算ノードの数は640台。ひとつのベクトルプロセッサのピーク性能は8ギガフロップスで、合計5,120台のプロセッサによって、ピーク性能40テラフロップスを実現させる計画だ。

「地球シミュレータ」開発の大きな課題は、高性能化に加えて、省スペース、省エネルギー、省コストを実現することであった。そのため、まずはプロセッサの1チップ化、高密度パッケージ実装技術、冷却技術、結合ネットワークの高速化技術などの要素技術の設計・試作が行われ、2000年に入ってから製作が開始された。

要素技術の開発で、最も難航したのはプロセッサの1チップ化だった。従来のように、1枚のボードに数十ものLSIが載る大きなものでは省スペース化は難しい。小さくするために、また小電力化を図るためにも、ひとつのチップにすべての機能を搭載させることが必要だった。しかし、それを実現させるためには、たとえば配線も0.15ミクロンという細さが求められた。これは、東京ドームのグラウンドに幅1mmの線を無数に引くことに匹敵する。試行錯誤を繰り返し、予定を3ヶ月近くオーバーして、ようやく納得ゆくものができあがった。



「地球シミュレータ」が設置されている地球シミュレータ棟ができるまで。その建家のサイズはおよそ50m×65mと巨大だ。



計算機室の床下、高さ1.5mのアクセススペースに施設されたネットワークケーブル。総本数は約83,000本、総延長2,890kmにも及ぶ。



「地球シミュレータ」のプロセッサボード。大きさは115×139mm。中心部にある2×2cmの黒いものが1チップ・ベクトルプロセッサ。これ1枚で8ギガバイトの演算処理性能を持つ。



主記憶ボード。大きさは125×147mm。メモリのタイプはFPLRAMといって、アクセススピードが非常に速いのが特徴。1枚の記憶容量は512メガバイト。

磁気ディスク

カートリッジテープライブラリシステム

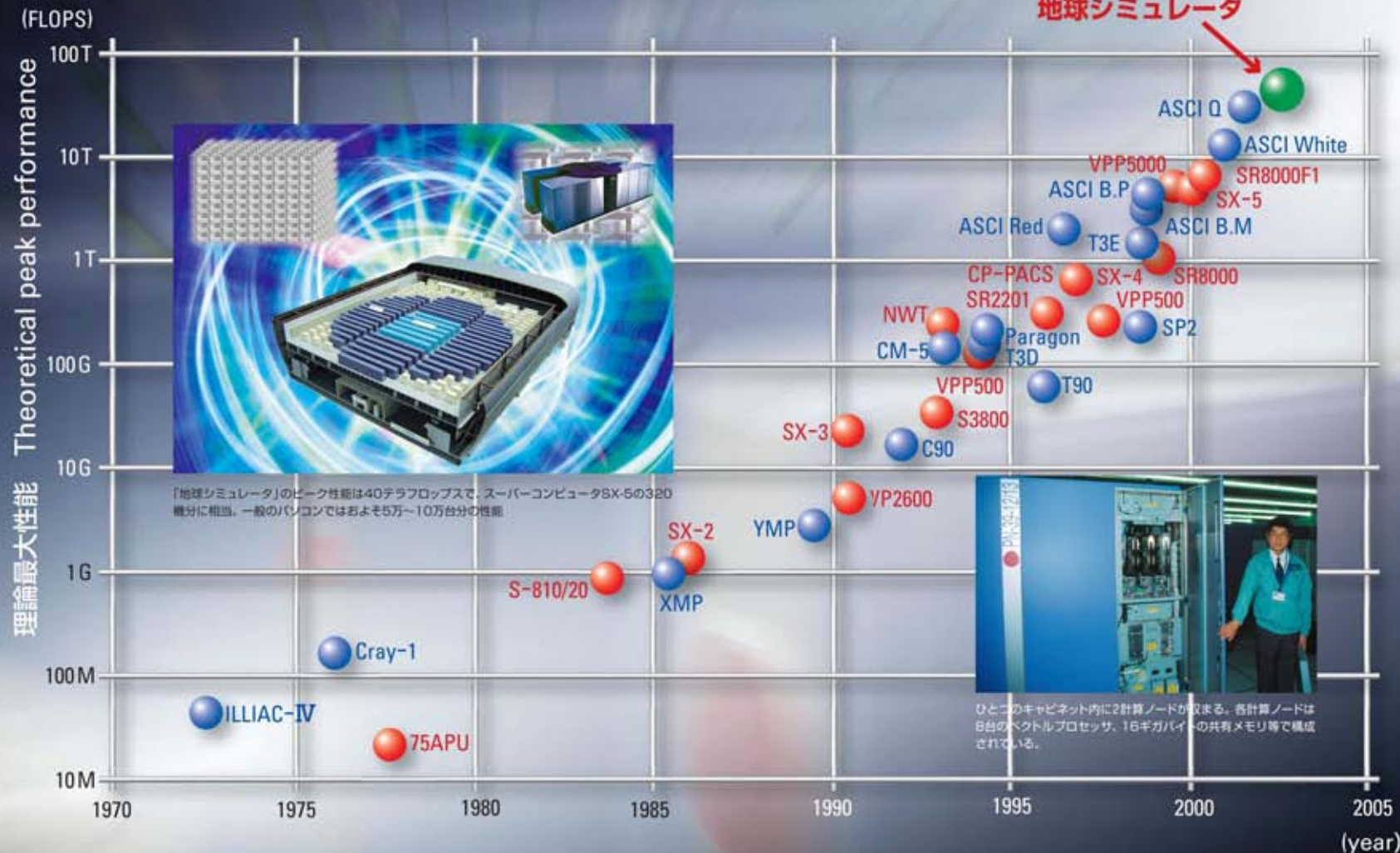
計算ノード(320筐体)

結合ネットワーク(65筐体)

空調機械室

電気室

ケーブル配線用フリーアクセス



2002年3月15日に行われた「地球シミュレータ」完成披露式。

目標値を大きく上回る実効性能を達成した「地球シミュレータ」

他にも新開発された要素技術は無数にあった。様々な問題をクリアしてようやく製作にこぎつけたのだ。これと並行して、1999年には海洋科学技術センター横浜研究所に「地球シミュレータ」を設置するためのシミュレータ棟建設が始まった。

50m×65mの巨大な建物だ。大型の空調システムを備え、照明も蛍光灯ではノイズの影響が心配されるため、計算機室の外にハロゲンランプを設置し、その光を特殊な反射フィルムを張ったダクト内におくるシステムが採用されている。

2001年2月からは、4ヶ月かけて各プロセッサ間を結合するための約

83,000本のネットワークケーブルの敷設が行われた。総ケーブル長は約2,890km、北海道から沖縄まで、ほぼ日本の南北端を結ぶ長さだ。また、ケーブルだけでもその重量は217トンに及ぶ。8台のベクトルプロセッサと共有メモリ等からなる計算ノードを2つずつ収納したキャビネット320台と、結合ネットワー

ク機器が収納されたキャビネット65台は、夏以降に搬入搬出付けが行われた。

2001年後半から2002年にかけて最終調整、テスト運用も順調に進み、当初の目的であった5テラフロップスを大幅に超える実効性能を記録し、世界最大級のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」は、2002年初頭に完成した。

完成披露式から1ヶ月が過ぎた2002年4月18日、地球シミュレータセンターに嬉しい報告がもたらされた。スーパーコンピュータ等の計算性能を測定するベンチマークのなかでも、最も世界中で広く用いられている「Linpackベンチマークテスト」において、「地球シミュレータ」が35.61テラフロップスという世界最高

の演算性能を達成したことが承認され、正式に登録されたのだ。これまで、世界のスーパーコンピュータで最高の性能を誇っていた米国のASCI Whiteシステムは7,226テラフロップス(ピーク性能は12,288テラフロップス)であり、「地球シミュレータ」はこれに比べて計算速度で約5倍の性能を発揮したことになる。

地球環境シミュレーションが地球の明日を予測する

“仮想地球”を創り出す研究がよいよスタート!

超高速スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」の完成は、いってみれば計画の第一歩。地球環境変動の解明をはじめ、世界最高性能のスーパーコンピュータを駆使した高度な数値シミュレーション研究がこれから始まる。そのために、新たに地球シミュレータセンターが設置され、地球科学分野、情報科学技術分野のエキスパートたちが英知を結集させて、未知の研究領域に挑もうとしている。



取材協力
佐久間弘文グループリーダー
地球シミュレータセンター
計算地球科学研究領域 大気・海洋シミュレーショングループ

地球環境の変動を解明するためには、モデル研究(プロセス研究)、観測システムの充実、さらに高精度なシミュレーション研究を加えた一体的な研究開発の推進が求められている。

地球シミュレータ計画の研究ターゲット

1996年7月、科学技術庁(現・文部科学省)の航空・電子等技術審議会において、地球温暖化をはじめ、地球環境変動の予測を可能にするため、「プロセス(基礎科学)研究」、「観測研究」、「シミュレーション研究」という三位一体の研究展開が重要であることが報告された。これを受けて、1997年に宇宙開発事業団と海洋科学技術センターとの共同プロジェクトとして、気候モデル等のプロセス研究を行う地球フロンティア研究システムが発足。また、1999年には海洋科学技術センターの単独プロジェクトとして、観測研究を実施する地球

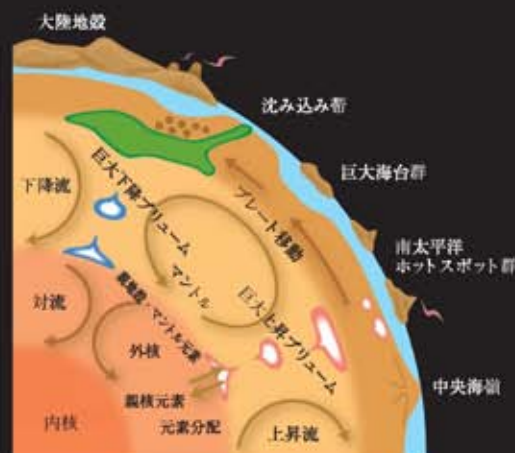
観測フロンティア研究システムが設置された。そしてもうひとつ、シミュレーション研究のためのプロジェクトとして、宇宙開発事業団、日本原子力研究所、海洋科学技術センターの共同チームによる地球シミュレータ研究開発センターが設置され、地球シミュレータ計画が動き出した。

地球シミュレータ計画は、シミュレーション研究に欠かせない世界最大級のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」とその応用ソフトウェアを整備するプロジェクトとしてスタートした。そして、約5年の年月をかけて「地球シミュレータ」は無事に完成。これに伴って、地球シミュレータ研究開発センターは

その役目を終え、2002年3月からは、海洋科学技術センターが推進する地球シミュレータセンターがこれを運用し、シミュレーション研究を進めていくこととなった。

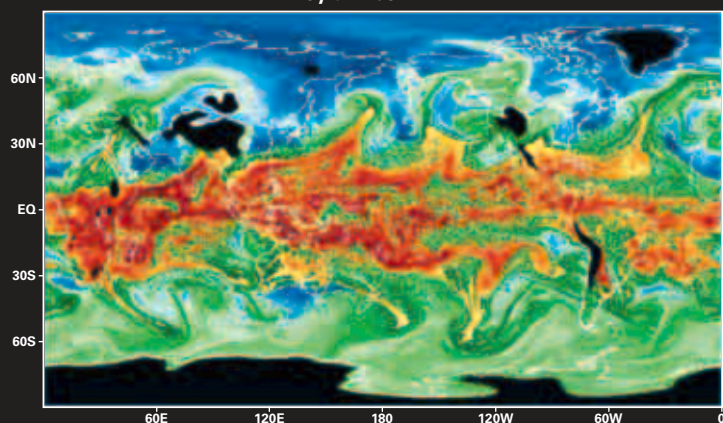
これから始まるシミュレーション研究の具体的な研究ターゲットは、どのようなものになるのだろうか。地球科学分野においては、まず大気・海洋科学への応用、さらに地球内部の現象を研究する固体地球科学への応用があげられる。大気・海洋科学では、「地球シミュレータ」を活用することにより、これまでになかったモデルの高分解能化が可能になる。それによって、次のような気象・気候変動予測に関する格段の進歩が期待されている。

(1) 気象災害予測の高信頼化: 台風の進路予測、集中豪雨予測、空港周辺でのダウンバースト(積乱雲等)の下で生じる下降気流が地表付近まで降下して突風を引き起こす現象) 予測、石油タンカーの事故による流出重油の拡散予測などの情報の信頼性の向上。これらは、市民の生命・財産の保全に不可欠な情報といえる。
(2) 中・短期気候変動予測の高信頼化: エル・ニーニョ現象をはじめ、冷夏・暖冬の予測など、中・短期の気候変動予測の精度の向上。これらは農林漁業分野だけでなく、電力分野(消費電力量予測)、製造業分野(エアコン、電器器具、ビールなどの生産量調整)、観光・レジャー分野など、様々な経済活動と密接な関わりを持っている。



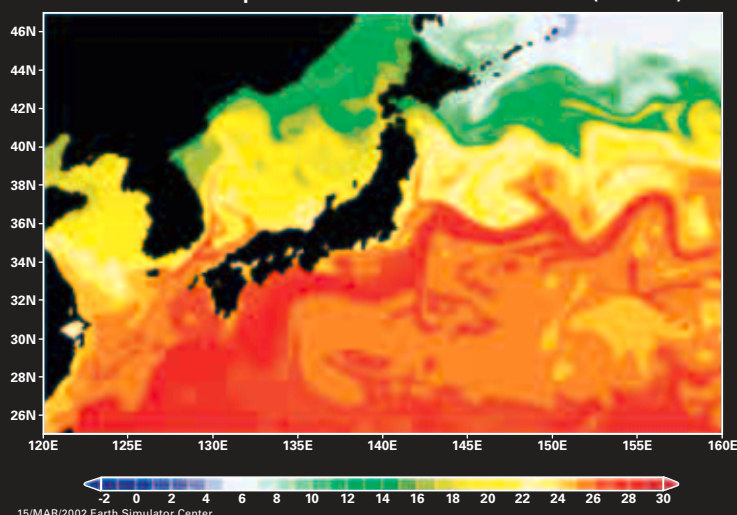
地震発生過程の解明をはじめ、コア、マントル、地殻の挙動解明など、固体地球科学分野においてもその成果が期待されている。

AFES(Kua) T1279L96(10km) Snapshot
Specific Humidity (g/kg) at 850hPa(~1.5km altitude)
5y JAN06 12Z



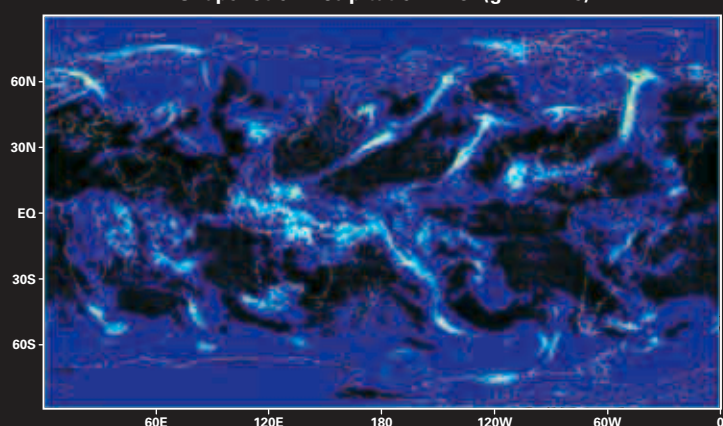
水平解像度(赤道上格子点間隔)約10kmのシミュレーションで再現した高度約1,500mの大気中の水蒸気量(比湿)分布。(テストシミュレーション、以下も同様)

MOM3 Test Run
Sea Surface Temperature : Time counter = 84 weeks (12/AUG)



日本付近の海面温度のシミュレーション。黒潮の蛇行や渦の存在、三陸沖で黒潮系の暖水と親潮系の冷水が混合する様子まではっきりと表されている。

AFES(Kua) T1279L96 5y JAN/08 18Z
Snapshot of Precipitation PRCP(g/m**2/s)



水平解像度約10kmで再現した各メッシュ点上の降水量。シミュレーションの高い解像度によって、細かい大気現象の構造までも表現されている。

(3) きめ細かな長期気候変動予測の取り組み: 長期・超長期に渡る地球温暖化予測の改善。高分解能グローバルモデルによる温室効果ガスの循環過程の解明や、人間活動による温室効果ガス濃度の定量的評価等により地球温暖化を高精度で予測することは、地球レベルの問題の解明と問題解決に大きな役割を果たす。

一方、固体地球科学においても、「地球シミュレータ」が次のような研究において、大きな成果をあげることが期待されている。

(1) 地震発生過程の解明: 南海トラフ・駿河トラフ等の挙動の解明、南海地震再現ソフトウェア開発、高分解能地震波伝搬トモグラフィー。

(2) 日本付近の地殻・マントル挙動の解明

(3) 固体地球全体の挙動の解明: コア・マントル・地殻全体の挙動の解明。

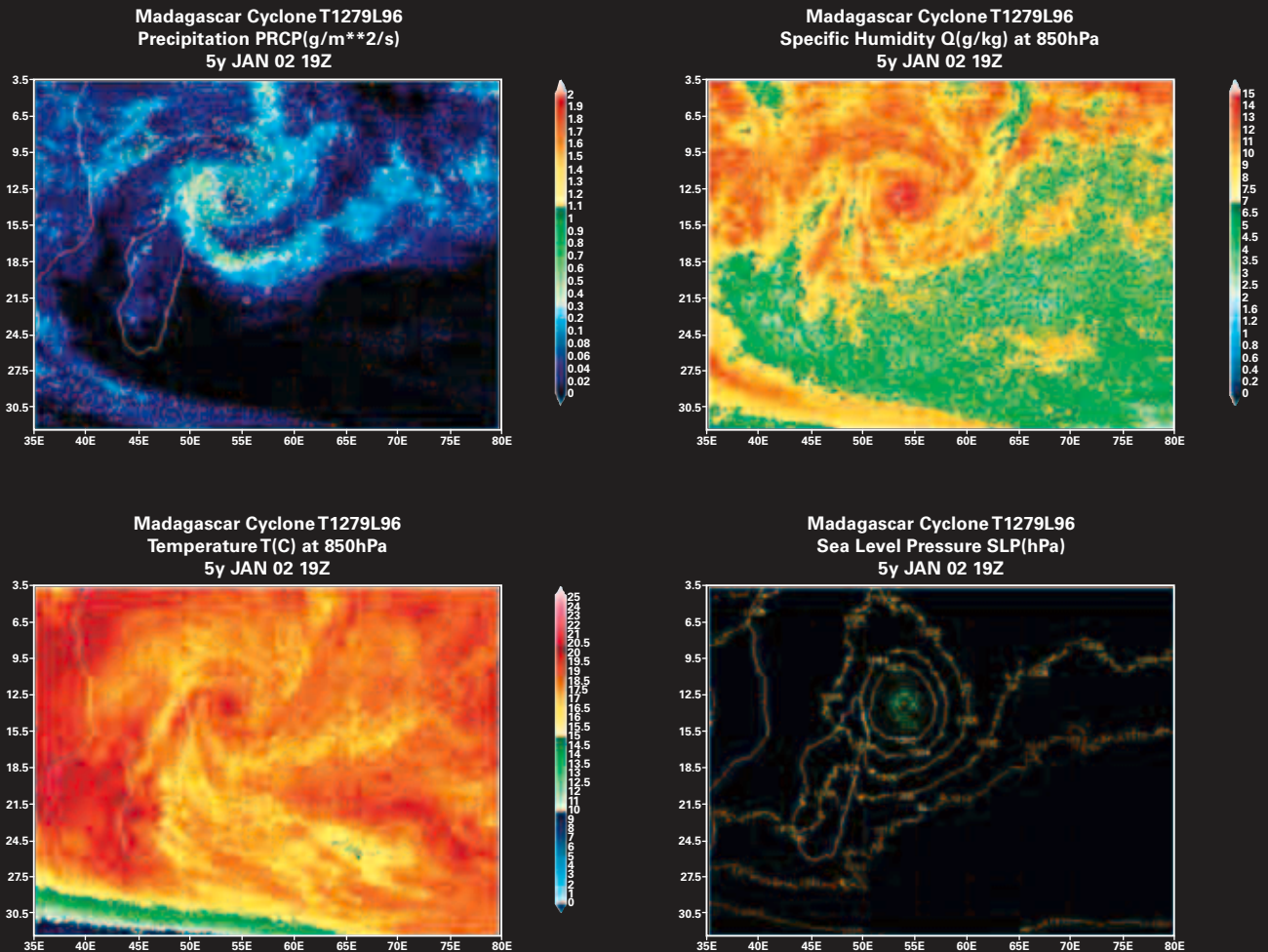
こうした地球科学以外にも、航空・宇宙関連、エネルギー科学技術、計算宇宙物理学、バイオ関連、ナノテク関連など、幅広い分野における貢献が期待されている。

「地球シミュレータ」を有効に活用するための新しい研究手法が必要

様々な研究ターゲットがあるなか、すでに活動を開始しているのが、大気・海洋科学分野の研究だ。現在、地球シミュレータセンターには大気と海洋のグループがあり、個々の研究グループが、様々な角度からアプローチを始めようとしている。そして、将来的には大気モデルと海洋モデルを結合させ、実際の気候変動に関する研究を行っていく予定だ。

これまでモデル研究を進めてきた地球フロンティア研究システムとも連携を図っていくことになっているが、計算地球科学というスタンスで、独自の研究手法を開拓しながら、世界最大のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を有効に活用していくことをめざしている。

これまでのプロセス研究では、ひとり



アフリカ東方、マダガスカル周辺の拡大シミュレーション。熱帯低気圧（サイクロン）の渦巻きが、降水量、気温などの図にはっきりと再現されている。

の研究者の発想や個人の優れた能力によって成果が生み出されてきた。しかし、「地球シミュレータ」のように、グローバルな地球環境を高分解能で解明しようとすると、そうした研究手法ではとても対応できない。膨大なデータを扱わなければならないからだ。確かに、計算そのものはスーパーコンピュータが処理してくれるが、それを解釈し、加工するのは研究者だ。計算機資源を効果的に活用しながら、いかにうまくデータのハンドリングを行うか、それが研究を進めていく上で重要なポイントになる。こうした問題を解決するためには、研究者グループと計算機科学の専門家がチームを組んで、うまく連携をはかりながら研究を進めていかなければならない。これから始まろうとしている「地球シミュレータ」を駆使する計算地球科学は、あ

る意味で、研究者たちにこれまでにない大きな質的な変化を求めているといえそうだ。

また、地球環境システムは非常に複雑だ。個々のプロセス研究を単につなぎ合わせただけでは全体像をよく表現することはできない場合が多い。これまでの大気・海洋のプロセス研究では、主に物理的アプローチで解明できる個別の現象が研究テーマであった。しかし、地球環境では、化学が関わり、生物が関わり、人間活動も関わってくる。すべてが結びついている。ひとつが変わると、その影響が複雑に、しかも様々な部分に広がっていく。まさに「風が吹くと、桶屋が儲かる」的な、非線形性の世界といえる。そのため、部分的に優れたモデルができて、それがトータルな地球環境でうまく動くかどうかは別

問題であり、新たな検証が必要になる。そこがいちばん難しいところだ。高分解能であれば、ひとつを検証するためにも膨大なデータと格闘しなければならない。シミュレーション研究の最大の目的は、地球環境システムがどのように動くかを予測することだが、そのためにはたくさんの課題をひとつひとつ検証していかなければならない。チームを組んでそれを効率的にこなしていくには、研究者の協力と全体をうまくまとめるコーディネーション能力も必要とされる。「どんなに優れたスーパーコンピュータでも、それ自体は道具です。生かすも殺すも研究に関わる人間次第だと思います」

決意を込めて話す研究者の言葉が印象的だった。

Interview

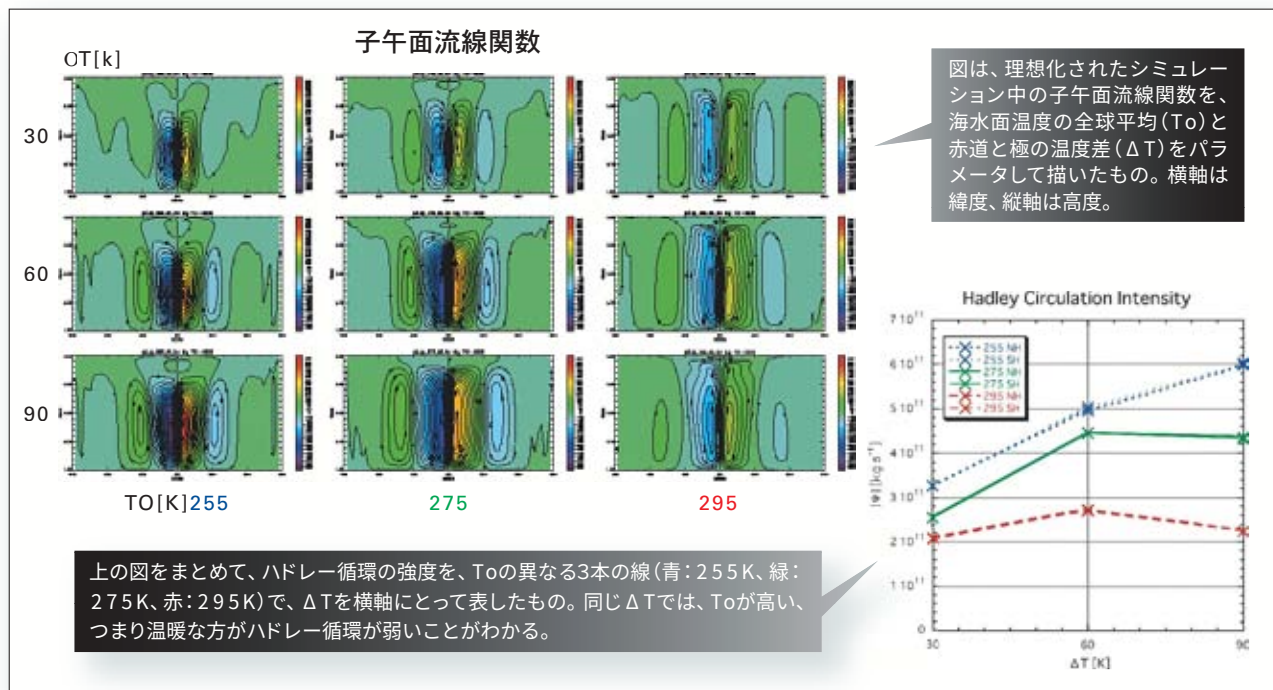
研究者に聞く

大淵 済 研究員

地球シミュレータセンター 計算地球科学研究領域
大気・海洋シミュレーショングループ

「地球シミュレータ」の性能を 最大限に活用して 気象学と気候学の境界領域の 研究にチャレンジしたい

「地球シミュレータ」の稼働により、地球の大気・海洋でおきているいろいろな現象を、全球規模としてはこれまでにない高解像度でシミュレーション（再現）することが可能になった。地球シミュレーションセンターでは、今後、「地球シミュレータ」を使用して、異常気象や気候変動等に関わる様々な大気・海洋現象のメカニズム解明や予測のための研究が進められていく。これまでにない高度な計算地球科学のフロンティアを開拓する研究者の一人、大淵済研究員にお話をうかがった。



プログラム開発の研究者と チームを組んで研究に取り組む

Blue Earth 編集部 (以下BE) 現在は、どのような研究に取り組んでいるのですか。

大淵 大気・海洋シミュレーショングループは、その名前の通り大気と海洋を研究しているのですが、私は大気に関する研究をやっています。主に、大気大循環モデルという、天気予報などにも使われているような、大気のいろいろな動きをコンピュータ上でシミュレートするモデルを使い、気候の変動を詳しく見ていく研究をしています。

実際にモデルを走らせると、観測で見られるような大気の流れは、ほぼシミュレートすることができます。さらに、観測ではなかなか見えにくい、たとえば、鉛直方向の風の動きや雲のなかに含まれる水の量なども、モデルではきちんと計算され、数値として表すことができます。もちろん、それが実際の姿をどれだけ正確に表現しているかについては、さらに細かく見ていく必要がありますが、モデルによってかなり現実的な姿がシミュレートできるようになりつつあります。そこで、こうしたシミュレーションの結果を詳しく解析することによって、現実

の気候変動についての理解を深めていくという手法で研究を行っています。

地球シミュレータセンターには、「地球シミュレータ」の運用に向けてプログラム開発の研究を行うグループもあり、そうした研究者とチームをつくって業務を進めています。といいますのも、「地球シミュレータ」のような高性能なスーパーコンピュータでは、プログラミングひとつにしても非常に高度な技術が必要で、ひとりの研究者ではどうにもならないことが多いのです。

BE これまでは、地球フロンティア研究システムのモデル統合化領域にいられたそうですが、ずっと大気に関する研究を行ってきたのですか。

大淵 ええ、そうですね。取り組んできたテーマはいくつかありますが、これまで最も意欲的に進めてきたのは、地球温暖化などによる気候変動によって、ハドレー循環の強さがどのように変化するかということについての研究です。ハドレー循環は、大気大循環という全球規模でおきている大規模な大気運動の要素のひとつです。簡単に説明すると、たとえば、北半球では、赤道付近の高温な空気が上昇して、上空で北上し、北緯30度付近で冷えた空気が下降、地表を南進して赤道付近に戻る、これがハドレー循環です。ハドレー循環は、低・中緯度における大気のエネルギーや運動量の分布構造、熱帯域での降雨強度など



「地球シミュレータ」が地球科学の新たな研究領域を開拓する。

を決定する重要な大気大循環の要素です。これが、気候変動でどのように変化するかを、大気大循環モデルを使い、やや理想化された条件のもとで実験を行って調べてきました。モデル研究の利点は、容易に温暖化した環境をつくり出すことができることです。現実の観測データでは、温暖化した状態なのか、それともしていないのか、その差がなかなかはっきりしません。また、実際には海や陸が存在し、様々な要素が複雑に絡み合っていますが、モデル研究では、たとえば全球がすべて海であるというような条件下で実験を行い、その変化を見ていくことができます。

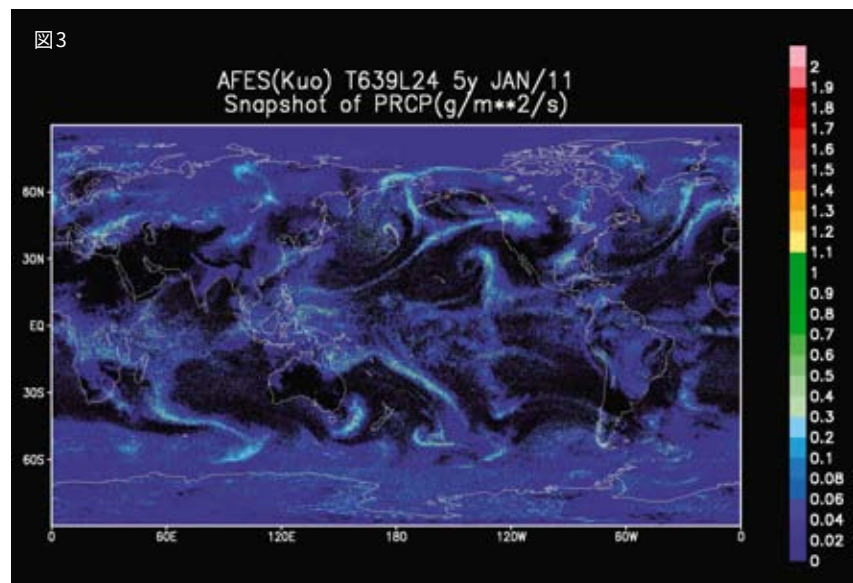
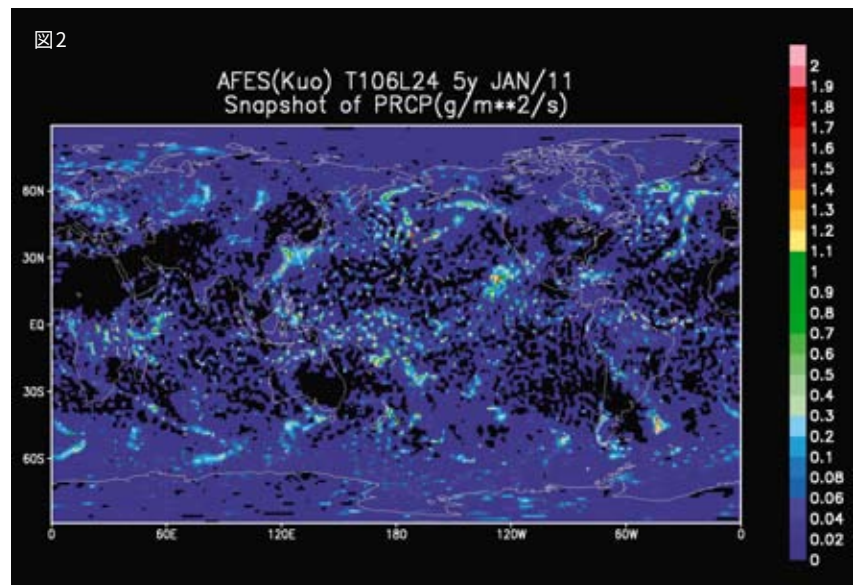
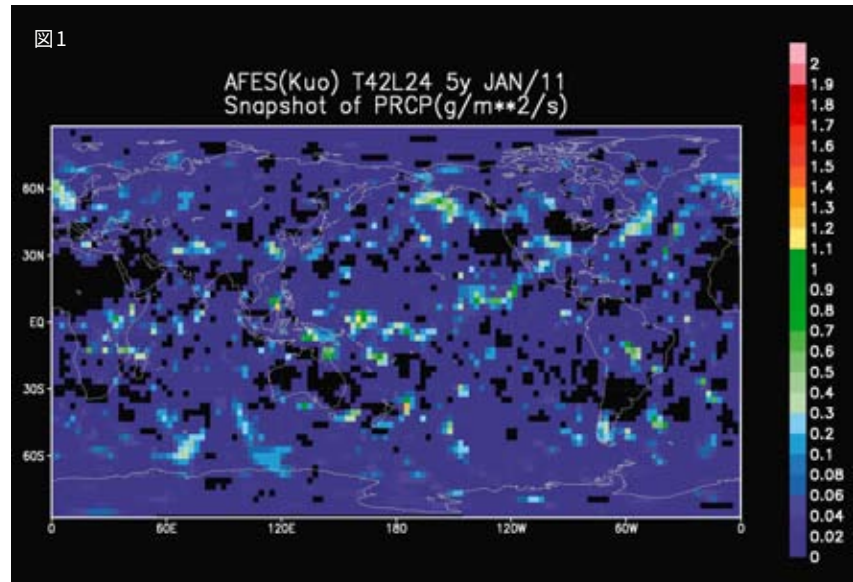
BE 温暖化することで、循環の強さはどのように変化するのですか。

大淵 プロセス研究におけるモデルシミュレーションが、どれだけ現実的であるかということは常に問題となるところですが、これまでに私が行ったシミュレーションでは、温暖化が進むとハドレー循環は弱くなるという結果を得ることができました。いま、論文にまとめているところです。

ハドレー循環の強さを決定する上で、大気が下降する領域、いわゆる亜熱帯域の大気の成層状態(大気の鉛直方向の構造)が、とても大きな要因になっていることが、研究を進めていくなかでわかりました。温暖化がおきると、この亜熱帯域の大気が非常に安定した状態になり、そのために下降する速度が落ちてしまうと考えられます。

BE 温暖化が進み、ハドレー循環が弱くなることによって、実際にはどのような影響が出るのでしょうか。

大淵 それは、なかなか難しい質問ですね(笑)。はっきりとはいいいくいのですが、可能性としては、亜熱帯域の乾燥の度合いに影響がでると思われます。ただし、そのあたりはかなり慎重に検証する必要があります。現時点では、理想化された状況のなかでのシミュレーションですから、可能性があるという表現しかできませんね。



図はT106(約130km)の水平分解能で5年間大気大循環モデルを走らせたあと、分解能を変更し、10日間テスト数値積分をしたときの降水のスナップショットである。図1は一般に気候研究に使用されるT42(約300km)、図2はこれまで高分解能と言われてきたT106(約120km)、図3は地球シミュレータ上で気候研究に使われる予定のT639(約20km)の水平分解能。T639は局地的な気象現象をもよく表していることが分かる。(地球シミュレータセンター提供)



研究成果を社会に還元することも重要なテーマ

BE これからは、地球シミュレータセンターで、新たな研究に取り組まれていくわけですね。

大淵 そうですね。テーマは、すでにいくつか持っています。とはいえ、すべてこれから始まるという状況です。実は、地球フロンティア研究システムにいたときに「地球シミュレータ」の計画を知ったのですが、そのときは、確かに大きな可能性は広がっていると感じていましたが、特に自分が「地球シミュレータ」を使った研究をやりたいとは思っていませんでした。しかし、時間が経つにつれて、最新・最速のスーパーコンピュータをどんどん活用していくような研究ができればいいという方向に気持ちが動いていきました。将来の変動を予測するという確かな成果を生みだしていかなければいけないという面では、非常にチャレンジングだと思いますが、いまは、新たな可能性に挑戦していきたいと思っています。

これまで、前線の動きや局地的な降

雨、台風のような細かい大気の構造は、狭い範囲、短い時間スケールでしか研究することができませんでした。しかし、「地球シミュレータ」を活用することによって、それらを全球的、気候学的にシミュレーション手法を使って研究していくことができるようになりました。ある意味で、これまでできなかった気象学と気候学の境界領域のような研究ができるのではないかとこの可能性を感じています。たとえば、前線活動と地球温暖化との関係が見えてくるかもしれません。もちろん、難しいことはたくさんあります。シミュレーションの規模も大きくなりますから、出てくるデータも膨大です。それをどのように解析していくか。たいへんな作業になると思います。

BE 具体的な研究テーマをお話しいただけますか。

大淵 私のオリジナルなアイデアではありませんが、チームのなかで、地球温暖化が進むと低気圧の発達にどのような影響が出るかを、ストームトラックと呼ばれる低気圧の発達が激しい地域に注目し

て、高分解能の大気大循環モデルを使ってシミュレーションしてみようかと話合っています。研究計画としては、まずいくつかシミュレーションをやって、研究に使いながら、モデルの妥当性についても評価していこうと考えています。

BE 難しい研究のなかに、どのような魅力を感じることができそうですか。

大淵 研究によって解明される現象が、比較的私たちの生活に身近であるということは、やはり魅力のひとつだと思います。また、地球シミュレータセンターでは、研究成果をどうやって社会に還元していくかということも重要なテーマになっています。

研究から得られた成果は、わかりやすいかたちで多くの人々に伝えていきたいと考えています。とはいえ、社会に還元する、貢献するといってもいろいろな方法があります。個人的には、サイエンスのおもしろさを追求することも忘れたくありません。サイエンスとしての成果が一步一步進んでいくことも、ある意味では社会への貢献であると思います。

イカ、タコの共通の祖先といわれる
“生きた化石”

日本で初めて 生きたまま捕獲された コウモリダコ

2002年3月9日、小笠原諸島海域・須美寿島近くで調査を行っていた海洋調査船「かいよう」・無人探査機「ハイバードルフィン」は、日本で初めて生きたコウモリダコの採取に成功した。海の中層から深層に生息するコウモリダコは、かつて「体色は黒で、目が赤い」と考えられていたためか、「地獄の吸血鬼」という恐ろしい学名を持つ。だが、今回採取されたものを見る限り、赤褐色で青みがかった目をしている。

コウモリダコは、オウムガイなどと同様に「生きた化石」といわれ、イカとタコの共通の祖先と考えられている(白亜紀の首長竜の化石から捕獲されたコウモリダコの顎骨が見つかった)。コウモリダコの足は8本、加えて2本のフィラメント(触糸、エサを探すために使われると考えられている)を持つ。さらにヒレがあるのも大きな特徴だ。また、今回の採取で、体に3対の発光器があることもわかった。このうちの1対は、非常に強い青色の光を発する。だが、これらが何のために用いられるのかは、まだよくわかっていない。

取材協力
ドゥーグル・リンズィー博士
海洋生態・環境研究部

「コウモリダコ自体もおもしろいけれど、もっと興味深いのはこの海域そのものです。コウモリダコは、水深約800mで見つかりましたが、その50mほど下方の海底には、やはり「生きた化石」といわれるウミユリが、これまで見たこともないほどたくさん広がり、原始的なフジツボも見つかりました。もしかししたら、この一帯に大昔の海の生態系が残されている可能性もあります」今回の調査に参加したドゥーグル・リンズィー博士はいう。今後の調査によって、新たな発見がもたらされることを楽しみに待ちたい。



「ハイバードルフィン」に捕獲されるコウモリダコ。



腕のついた足を開き、自分の体を包み込むコウモリダコ。「パイナップル」と呼ばれるこの姿勢は、防御のために行うものと考えられている。

大気汚染物質の移動を 地球規模で予測することが 可能に！

世界の化学天気予報モデルシステムが完成

取材協力

秋元肇領域長

滝川雅之研究員

地球フロンティア研究システム・大気組成変動予測研究領域



秋元 肇 領域長

大気中に排出された汚染物質が、地球全体を移動していく様子を化学天気図として描き出したり、今後どのように移動していくかを推定する(化学天気予報)ためのシステム開発に、世界の関心が集まっている。大気汚染が地域的な問題としてだけでなく、地球的規模で環境に大きな影響を及ぼす問題として認識され始めているからだ。地球フロンティア研究システムの大気組成変動予測研究領域では、化学天気図、化学天気予報の重要性を早くから認識し、このテーマに取り組んできた。そして、今回、世界でもトップレベルと自負する地球規模の化学天気図、化学天気予報モデルシステムを完成させた。

大気汚染物質の長距離移動を 全球三次元モデルで表現

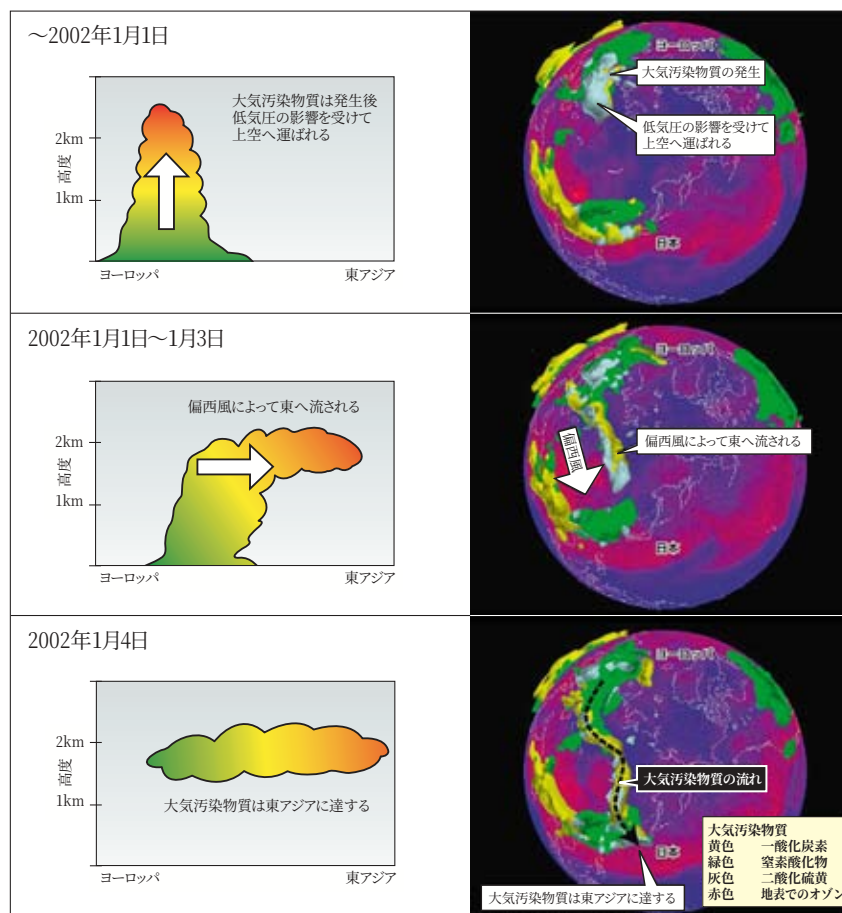
窒素酸化物やオゾンなどの大気汚染物質が、化学反応をおこしながら地球全体をどのように移動していくかを推定することができる「世界の化学天気予報モデルシステム」が完成した。このモデルシステムを開発したのは、地球フロンティア研究システムの大気組成変動予測研究領域に所属する秋元肇領域長、高橋正明グループリーダー（東京大学気候システム研究センター教授兼任）、滝川雅之研究員らのグループ。

「世界の化学天気予報モデルシステム」は、世界各地における大気汚染物質の排出実績データや、米国環境予測センター（NCEP）が公開する世界の気象データを取り入れてモデル計算を行うもので、4日先までの大気汚染物質の分布が全球的に予報できる化学天気予報図、さらに、およそ6時間前の大気汚染物質の分布状態を表す化学天気図を作成することができる。これによって、たとえば一酸化炭素、二酸化硫黄、窒素酸化物、オゾンなどの大気汚染物質が、ヨーロッパから東アジア、東アジアから北米、北米からヨーロッパへと、国境・大陸を越えて輸送されていく様子を、ほぼリアルタイムに近いかたちで、しかも三次元モデルとして見る事が可能となった。

「世界の化学天気予報モデルシステム」が開発された背景には、大気汚染の問題が、地球規模の広がりを持った問題としてとらえられるようになったことがあげられる。

歴史的に見ると、わずか半世紀ほど前まで、大気汚染は局所的・地域的な問題としてとらえられていた。しかし、その後大規模な工業化とともに様々な化学物質が利用され、石油系燃料も大量に消費されるようになり、一方では航空機や自動車が急速に普及するなど、社会環境は大きく変化し、汚染物質も大量かつ継続的に大気中に放出されるようになった。

そこで注目されるようになったのが、



ヨーロッパから東アジアへの大気汚染物質の長距離輸送

国境を越えて広がる大気汚染、つまり汚染物質の長距離輸送という問題だった。この問題は、まず酸性雨がヨーロッパ中央部から北欧へと拡大したことから認識された。さらに米国とカナダ間で、また東アジアでも長距離越境汚染の問題が懸念されるようになった。さらに、最近では1,000kmオーダーの長距離輸送だけでなく、大陸を越えて影響を及ぼす数千km、1万kmといった越境汚染についても議論されはじめている。たとえば、ヨーロッパでは北米やアジアの工業起源による汚染が、ヨーロッパの大気汚染に強い影響を与えていることが大きな問題になっている。また、米国では東アジアからのオゾンの長距離輸送が、国内のオゾンの環境基準の達成に影響を与える可能性について、盛んに議論がなされている。ヨーロッパから東アジアへの汚染の影響については、まだほとんど研究が行われていないが、今後、中国大陆から日本への汚染の影響を考えていく上で、ヨーロッ

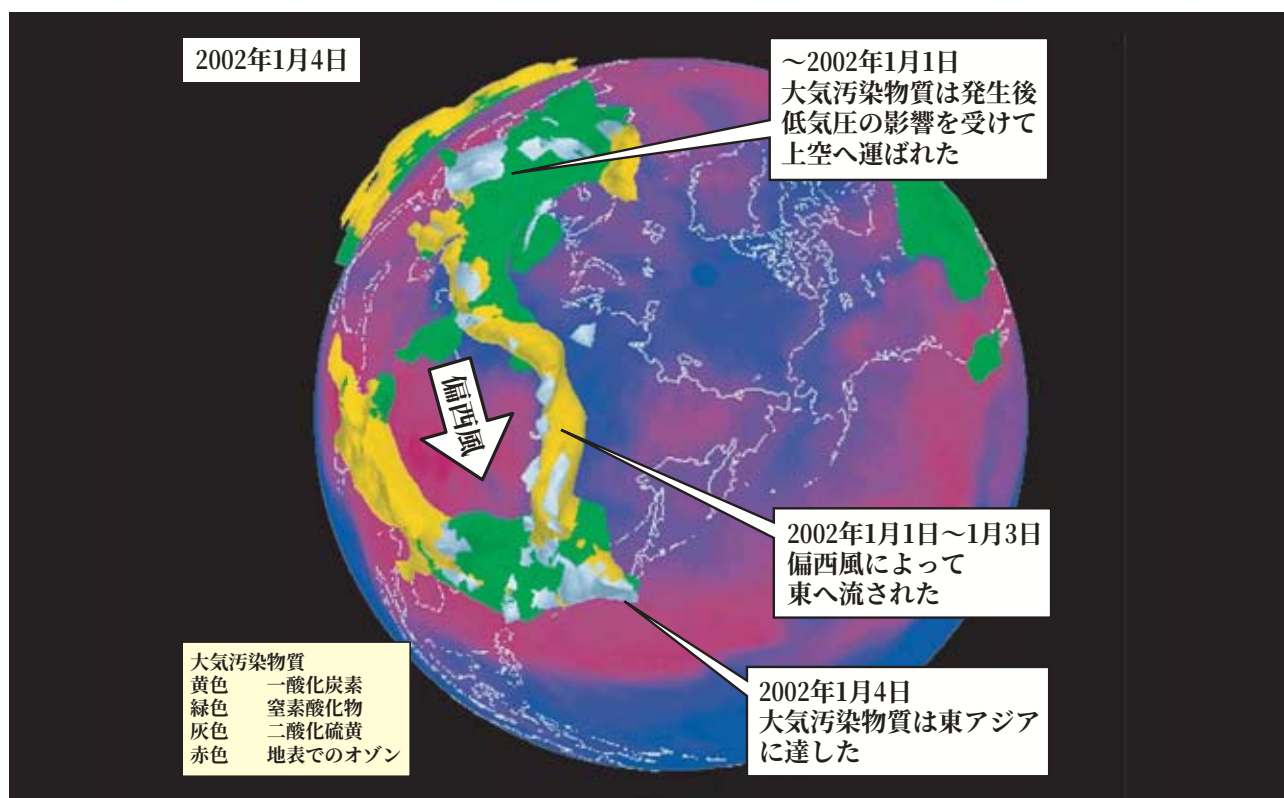
パからの影響を同時に考慮することが重要であるといわれている。

このような状況のなかで、地球規模の化学天気図、さらには化学天気予報システムの開発について、世界的に関心が高まっている。地球フロンティア研究システムの大気組成変動予測研究領域では、いち早くこのテーマの重要性を認識、すでに東アジア地域規模の化学天気図、化学天気予報については九州大学と共同開発を終えている。

そして、今回はこれを大陸間の輸送まで見る事ができるように、地球規模に発展させてモデルシステムを完成させた。



滝川 雅之 研究員



今回のモデルシステムで計算された世界の化学天気図

より解像度の高い化学天気図の 開発をめざす

今回発表された全球化学天気図で表示された大気汚染物質は、不完全燃焼などによって生まれる一酸化炭素、酸性雨などの原因となる窒素酸化物や二酸化硫黄、地表で濃度が高まると呼吸器に障害を与えるオゾン。このほかにも多くの大気汚染物質があり、もちろんそれらも化学天気図、化学天気予報で示すことが可能だ。

「どのくらいの地域をカバーするかによって、示す価値の高い汚染物質とそうでないものが出てきます。ポイントになるのは、汚染物質の大気中での寿命です。短いものは大気中での化学反応によって数時間で他の物質に変わり、また、雨で流れてしまうものもあります。狭い地域で見える場合、それらは重要ですが、全球的なスケールで見える場合は、一酸化炭素やオゾン、エアロゾルなどのように、環境に与える影響度が高く、比較的ライフタイムが長い物質が重要な意味を持ちます。あまり短いと移動する姿が現れてこないからです。数日から1ヶ月

ほどの寿命を持つ物質がよいと思います。逆に、寿命が長すぎるものも向きません。たとえば、地球温暖化で重要な二酸化炭素です。二酸化炭素はひじょうに寿命が長く、多かれ少なかれ全球を一樣に覆ってしまいます。もちろん火力発電所の近くではたくさん排出され、森林地帯では多少濃度は低いでしょうが、それは化学天気図で表しても、あまり重要な意味を持たないと思います」と秋元肇領域長は説明する。

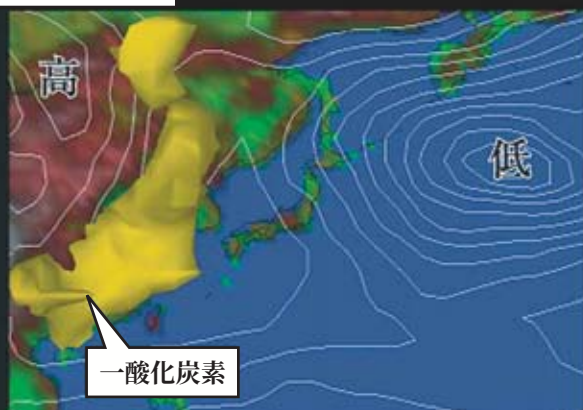
発表された全球化学天気図を見ると、確かにヨーロッパで排出された一酸化炭素などの大気汚染物質が、偏西風によって大陸間輸送され、数日のうちに東アジアへ運ばれる様子がはっきりと表れている。研究上の大きな成果はもちろんだが、今回完成された化学天気図は、日常生活で目に見えない大気汚染物質の動きを、地球全体のリアルな三次元モデルで示すことによって、あらためて私たちに大気汚染の現状を教え、環境に目を向けることの大切さを伝えてくれるような気がする。モデルシステムの開発にあたった滝川雅之研究員はいう。

「大気汚染物質の排出データや気象データを組み上げることによってモデルシステムを開発しました。それぞれのパーツはすでに確立されていたものでしたから、あとは、全体のバランスをとるところに多少苦労しました。これからは様々な観測データなどによってモデルの検証を行い、精度を高めていきたいと考えています。また、今後はさらに長期的な予報を行うことにも取り組んでいくつもりです」

さらに、現在は緯度・経度各2.8度メッシュで表示されているが、将来的にはより解像度を高めて、光化学スモッグがどこでどのように発生するか、どこに酸性雨が降るかといったことまでピンポイントで予報することができる、より詳細なモデル開発に取り組んでいくことも考えているという。

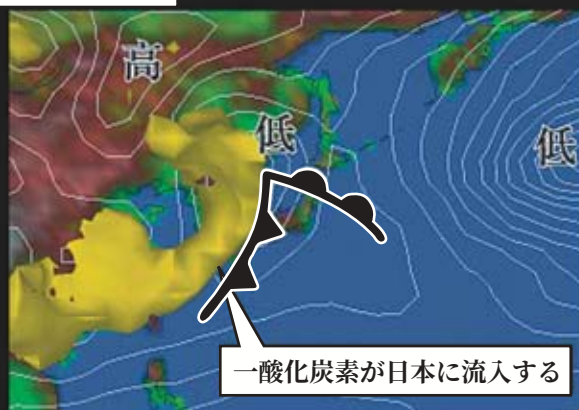
「化学天気図をご覧ください。3日前にヨーロッパで発生した大気汚染物質が日本上空に流れ込むため、各地で酸性雨が降る可能性があります……」といった化学天気予報の実現する日が、やがてやってくるかもしれない。

2002年1月6日



今回のモデルシステムで計算された1月6日の化学天気図

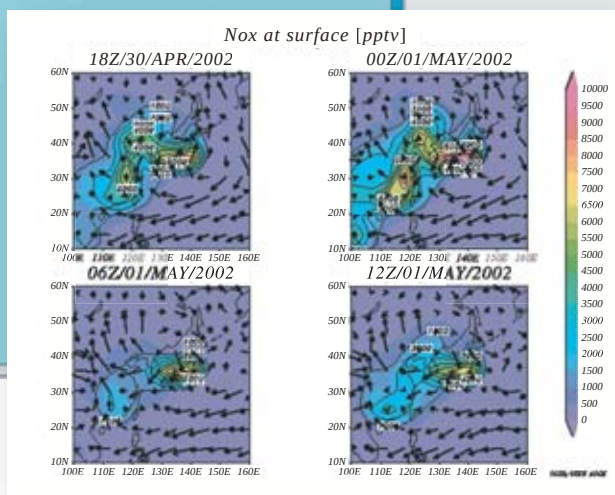
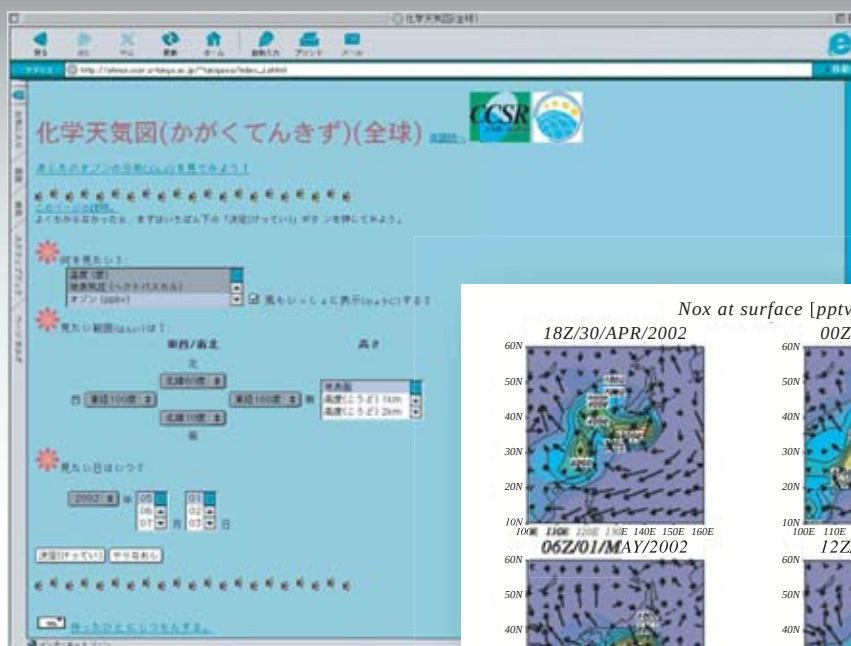
2002年1月7日



今回のモデルシステムで計算された1月7日の化学天気図

寒冷前線通過にともなう大気汚染物質の流入(2002年1月6、7日)

ホームページで化学天気図を公開!

HPアドレス: http://atmos.ccsr.u-tokyo.ac.jp/~takigawa/index_j.shtml

完成した「世界の化学天気予報モデルシステム」を活用した全球化学天気図、化学天気予報が、ホームページ上で公開されている。解像度は5度メッシュに落とされているが、オゾン、一酸化炭素、硝酸、窒素化合物、PAN（ペルオキシアセチル硝酸、光化学オキシダントの一種）などの大気汚染物質の濃度や、6時間おきに大気中を移動する様子を確認することができる。

JAMSTEC

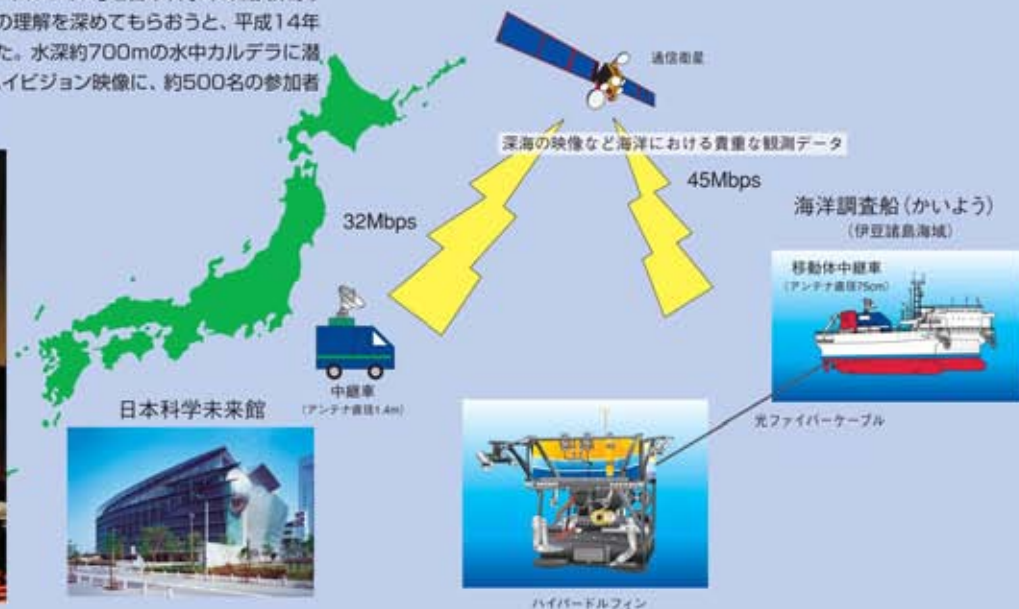
Report

通信衛星を使って深海映像を生中継 日本科学未来館で開かれた「海洋科学教室」

伊豆諸島海域で調査中の海洋調査船「かいよう」、無人探査機「ハイパードルフィン」と日本科学未来館（東京）とを通信衛星で結び、深海の映像を楽しんでもらいながら海洋科学への理解を深めてもらおうと、平成14年3月10日、同館「みらいCANホール」等で「海洋科学教室」が実施された。水深約700mの水中カルデラに潜航した「ハイパードルフィン」から、リアルタイムで送信される鮮明なハイビジョン映像に、約500名の参加者たちは驚きの声をあげ、深海からの映像に見入っていた。



深海の生物に関する会場からの質問に、リアルタイムで答える船上の研究者たち（画面）。



伊豆諸島海域の海洋調査船「かいよう」から状況を説明するスタッフ



無人探査機「ハイパードルフィン」から送られてくる映像を「かいよう」でチェックし、日本科学未来館の会場へ。



深海の生物を見もらうために、海底にトラップを設置。

「海洋科学教室」の会場となった日本科学未来館には、小・中学生や家族連れなど幅広い参加者が集まり、開場前から行列ができるほどの人気だった。また、会場と通信衛星で結ばれた伊豆諸島海域も海況に恵まれ、予定通り無人探査機「ハイパードルフィン」を潜航させることができた。中継のクラゲをはじめ深海の化学合成生物群集など、普段目にするのできない珍しい生き物たちの姿をとらえた映像は、リアルタイムで会場の大きなスクリーンに映し出され、「ハイパードルフィン」に搭載

された生物採取装置を使ってクラゲを捕獲する様子なども紹介された。また、会場と海洋調査船「かいよう」を結んで、子どもたちから乗船研究者らに質問する時間も設けられ、クラゲの種類やその生態についてなど、たくさんの質問が寄せられた。

海洋科学技術センター、宇宙開発事業団が、科学技術振興事業団の協力のもとで実現した「海洋科学教室」は、海洋科学の普及を目的に開催されたが、同時に公開実験としての大きなねらいもあった。

宇宙開発事業団は、超高速インターネット社会実現に向けた宇宙インフラの研究開発を進めており、数年後には超高速インターネット衛星を打ち上げる予定だ。そして、通信衛星を地方の学校の遠隔教育に活用するなど、利用実験にも力を入れている。

一方、海洋科学技術センターでは、研究環境の整備の一環として、調査船と陸上基地との間の双方向大容量リアルタイム通信の技術を開発するための研究を進めている。調査船に乗り込んだ研究者と陸上の共同研究者が調査デー

タをリアルタイムで送受信し、情報を共有することによって、より効率的な研究環境を整えようというわけだ。特に、先頃船体が完成した地球深部探査船「ちきゅう」では、運用が開始されると、海上での調査作業は数ヶ月に及ぶため、「ちきゅう」と陸上の研究室を結ぶ大容量通信技術を開発しておくことには大きな意義がある。

こうしたことから、宇宙開発事業団と海洋科学技術センターによる共同研究が、昨年より着手され、今回の「海洋科学教室」も、要素技術の開発を目的とした

公開実験であったのだ。既存の商用通信衛星と送受信装置を用い、海上で船が航行する船上から大量のデータを問題なく送信することができるか、船上の他の電波との干渉が生じるか、ハイビジョン映像を送受信した場合に画像が劣化するかどうかなど、様々な試験が行われた。そして今回の結果から、今後の要素技術の開発、より小型で効率のよい通信機器を用いて大容量の通信を可能にするための貴重な情報が得られた。

今回の「海洋科学教室」は、天候などの条件にも恵まれ、ほぼ理想的な条件

下で実施された。参加者へのアンケートでも、映像の鮮明さに満足する声が圧倒的だった。

海洋科学技術センターでは、より多くのデータを送受信できるシステムの完成をめざすとともに、深海のリアルな映像を科学館や学校の教室に配信することで、より多くの人々に海洋科学のおもしろさを理解してもらいたいと考えている。

取材協力 研究業務部・計画調整課

Our Ships

船長によるJAMSTEC船の紹介

世界に誇る潜航能力で
日本の深海研究に貢献

有人潜水調査船 「しんかい6500」

取材協力
今井義司 司令

研究業務部 しんかい6500運航チーム

「しんかい6500」は、現在、世界で最も深くまで潜航できる有人潜水調査船だ。日本海溝で太平洋プレートの曲がりによる亀裂を発見したり、世界の様々な海域で熱水活動や生物群集を確認するなど、これまでに数多くの新発見をなし遂げ、日本の深海研究推進の原動力として大きな役割を果たしてきた。初潜航から12年を経た今日も、高い安全性と優れた潜航能力によって、深海探査の第一線で活躍し続けている。

最大潜航深度6,000mから
6,500mに変更された理由

1999年8月19日、ハワイ諸島周辺海域において、「しんかい6500」は通算500回潜航を達成した。通算潜航時間は3,241時間4分に達していた。6,000m級の有人調査船としてはまさ

に驚異的な記録だ。この年の春に、3代目の司令となった今井義司さんにとっても、この日の記念すべき潜航は忘れられない思い出。

今井さんが、それまでの「しんかい2000」から、整備長兼副司令として「しんかい6500」の業務に携わるようになった

のは、1994年のことだった。「しんかい6500」の竣工から4年が過ぎていた。

「しんかい2000」が建造される以前から、水深6,000mまで潜航可能な潜水調査船の開発は検討されていた。しかし、一気に6,000m級を開発するのは、技術的に困難であるとの意見から、

技術的に可能で、科学的成果が得られる最大潜航深度が検討され、その結果誕生したのが「しんかい2000」だった。そして、その成果をもとに、1984年から6,000m級有人潜水調査船建造の準備が始まった。

当時、米国、フランス、ソ連（現在のロシア）でも、やはり最大潜航深度6,000mの潜水調査船の開発が進められていた。各国が水深6,000mをターゲットにしたのは、水深6,000mまで潜航できれば、海溝域を除く世界の海洋面積のほぼ全域（97%）をカバーできるという考えからだ。しかし、日本の深海調査では、地震発生に大きく関係する、海溝域でプレートが折れ曲がる部分（水深約6,200～6,300m）を調べるのが重要であるとの考えから、1986年に基本設計が始まった潜水調査船の最大潜航深度は、6,500mに設定されることとなった。こうして建造されたのが「しんかい6500」だった。

「根本的な原理は「しんかい2000」も「しんかい6500」も一緒ですが、やはり大深度ということで、様々な改良が加えられています。たとえば、浮力材です。比重は「しんかい2000」の浮力材と同じ0.54ですが、耐圧力は最大潜航深度の約2倍に相当する130MPa（メガパスカル）と非常に優れています。また、人が乗り込む耐圧殻には、重さが鉄の約60%で強度は約2倍、しかも錆び



今井 義司 司令

にくいチタン合金が使用されています。

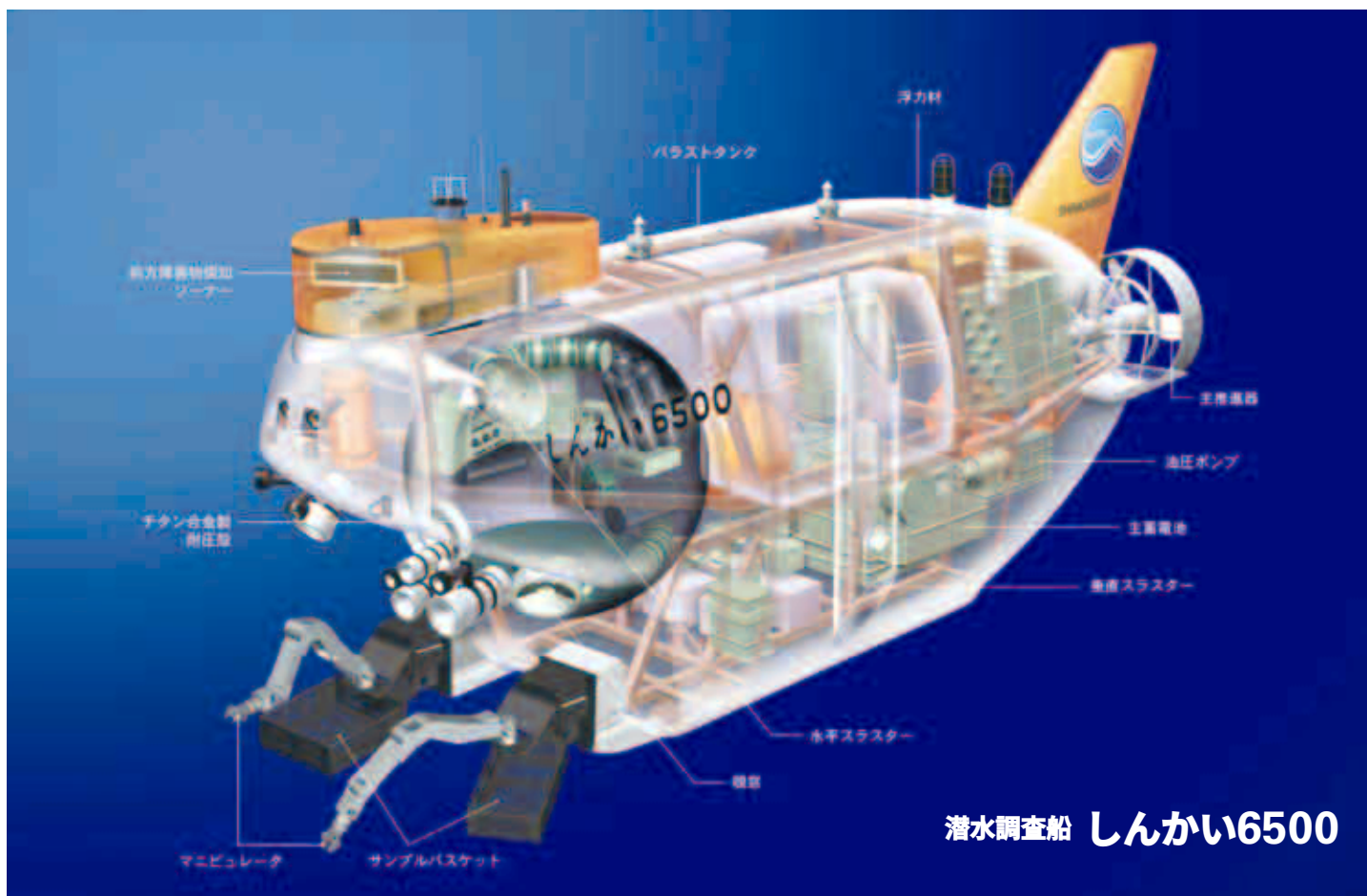
「しんかい2000」と大きく異なるのは、ケーブルに油漬け電線が使われている点です。「しんかい2000」では、ゴムで被覆されたケーブルやコネクタが使われていますが、初期のころは、海中で使用していると接着面が劣化し、そこから海水が浸入するトラブルが発生することがありました。そこで、油漬け均圧方式の電線、コネクタが採用されたのです。「しんかい6500」は、「しんかい2000」の様々な経緯をもとに建造されましたから、非常に完成度の高い潜水調査船でした。それでも、当初から整備に携わってきた人たちは、いろいろな苦労があったと聞かれています。しかし、私が移ったときには、すでに比較的安定した状態でした」と当時を思い出しながら今井さんはいう。

有人潜水調査船「しんかい6500」

三菱重工業（株）神戸造船所で建造され、1994年11月に竣工。1年間の試験を経て1995年5月より調査潜航を開始する。

- 全長 9.5m
- 幅 2.7m
- 高さ 3.3m
- 自重 25.8トン
- 最大潜航深度 6,500m
- 乗員数 3名（パイロット2名、研究員1名）
- 船内圧 1気圧（2.0m）
- 最高潜航速度（海床開始から浮上まで）14km/h
- 浮上速度 約10m/分
- 浮上時間 約10分（20m時）（5分）
- パイロット 200kg（水中重量）
- 最大浮力 200kg（水中重量）
- 観測装置等 CCDカラーTVカメラ（2台）、CTD（塩分、水温、密度、電導度測定）、スチールカメラ（1台）、音響測深機（1台）
- 自律航行システム（7自由度、正誤り、可動式サンプリング）（1台）





潜水調査船 しんかい6500



サンプルバスケットは、車のバンパーとしての役割も果たす。ときには、こんな状態になることも。

いちばんの心配は天候の悪化

「しんかい6500」の運航チームに移って、それまでと変わったことが他にもあった。

『しんかい2000』の場合は、比較的日本の近海での調査が多かったのですが、『しんかい6500』になると、陸から遠く離れた、着くまでに何日もかかる海域での調査が増えました。乗船される方々も、それまではほとんどが生物関係の研究者でしたが、地質関係の研究者も来られるなど、非常に幅広いですね。当初、長期の航海が増えたこ

とで心配だったのは、万一のトラブルです。潜水調査船に故障がおきても、近海なら港に戻って対応できますが、太平洋の真ん中ではそうもいかない。もちろん、そんなことがないように、常に入念な整備を行っていますし、幸いにも外航中に調査を中止するようなトラブルは、これまでおきていません」

一方乗船してくる研究者のなかには、まれに、調査期間中、船酔いでほとんど食事をとることができなかった人もいたそう。

「しんかい6500」の状況や乗船した研究者の健康も気になるが、航海中に今井さんが最も心配するのは、やはり天候だ。『しんかい6500』がベストの状態でも、天候が悪

いとうしようもないですからね。これまで、予定していた潜航ができなかった原因で最も多いのは、やはり悪天候です。研究者の方々は1年前からプロポーザルを提出し、採択されてやっと乗船できるわけです。長期出張をとって来られる大学の先生もおられる。海況が回復せずに潜航できない日が続くと、こちらまで申し訳ないような気持ちになります」



耐圧殻内には各種の計器類、操作スイッチが効率よく収められている。

逆に、今井さんにとっていちばん嬉しいのは、潜航調査によって十分な研究成果が得られ、研究者たちが喜んでくれることだという。

昨年12月末から今年の3月に渡って行われた南西インド洋の調査航海も、そんな嬉しい成果が得られた。

「1998年、世界で初めて有人潜水調査船によりインド洋の海底を調査したのが『しんかい6500』でした。そして、2000年には無人探査機『かいこう』が、南西インド洋で初めて熱水噴出孔と生物群集を発見しています。今回はこの海域で、地質関係の調査と、一昨年発見した熱水噴出孔での調査の2つが行われました。インド洋はいつも海況がよくないんです。しかも、今回はサイクロンのシーズンでしたからね。予想していた通り、最初の10日ほどは天候が悪くてずっと潜れませんでした。しかし、その後は天気が安定し、地質関係の調査では



インド洋で行われた調査航海の記念写真。笑顔で調査を終えることができるのが何よりの成果。

何とか成果を上げることができました。また、もうひとつの熱水噴出孔での調査でも、無事に微生物や熱水等の採取を行うことができました」

現在、水深6,000mまで潜航できる有人潜水調査船は、「しんかい6500」のほかには世界に3隻しかない。そして、

水深6,500mまで潜れるのは「しんかい6500」のみだ。深海調査では無人探査機も活躍しているが、人間が実際に潜って調査することの重要性は決して失われてはいない。「しんかい6500」の活躍の場は、これからもまだまだ広がっていくに違いない。



整備場に置かれた「しんかい6500」。航海の前には入念な整備が行われる。

Face

Staffの横顔



海洋科学技術センターの情報基盤環境を
充実させながら研究活動を支援する

かめい まさひこ
亀井 雅彦 さん

情報業務部 情報業務課 係長

計算機環境の整備を手伝いながら 研究プロジェクトに立ち会い、 いろいろと勉強できることが楽しい

情報業務課は、国内外の文献収集やその管理、研究成果の積極的な提供などを行う情報業務、観測データや映像資料の管理・提供、データベースの管理・公開などを行うデータ管理業務、スーパーコンピュータや構内ネットワークなど計算機環境の管理・運用、コンピュータ利用技術面におけるユーザーサポートなどを行う数理解析業務といった、海洋科学技術センターの研究支援部門、情報技術に関する管理部門としての役割を果たしている。亀井さんは、事務職として情報業務課全体をとりまとめながら、コンピュータ環境の整備、ネットワーク構築、データベースの高品質化など、様々な仕事に取り組んでいる。

「昔、祖母がよくいっていました、『読み、書き、ソロバンが上達するように』って。でも、いまは書くこともソロバンもパソコンを使います。読むことだって、コンピュータでできますよね。事務作業のほとんどをコンピュータで処理し効率化を図るのがあたり前なのですから、競争の激しい研究開発の世界でも、コンピュータと情報を扱うことなしでは、他に遅れをとってしまいます。モデル研究やシミュレーション研究はもちろん、観測研究だって集めたデータをハンドリングするのにコンピュータが必要ですからね」

亀井さんたちの仕事は、研究開発になくはならないコンピュータ環境やネットワークを整備し、それらを管理・運用していくことだ。亀井さんのもとには、研究部門や事務部門から様々な課題が持ち込まれる。集めたデータを公開したいがどのような方法があるのか、他の研究機関からデータをもらったがセンターのコンピュータに入れるのはどうしたらよいか、海外でつくられた優れたプログラムがあるがセンターのコンピュータで使えるだろうか……。こうした課題に応じていくために、必要な支援を行っているのも情報業務課の重要な仕事なのだ。

「ときには、ネットワークをつくるために床をはがしてケーブルを引くこともやります。コマゴマした仕事かけこう好きなんです(笑)。また情報業務課には、計算機システム利用技術、海洋情報データベースシステム、そして観測データの解析・可視化処理の研究開発を行う研究者がおり、コンピュータに関する研

究活動を行っています。コンピュータ環境の利用支援を行うとともに、こうした研究者たちを交えて、各研究部の意見や要望を聞きながら、今後、どのようにネットワークを構築していけばよいか、どんなコンピュータが必要なのか、次に導入するコンピュータはどのようなものにするかといったことを、ときには委員会等を開いて具体化していく、そうした仕事もやっています。そして、業者との打ち合わせなど、導入までの様々な事務的な業務を行っています」

「性格は、どちらかというといく帳面なほう」という亀井さん、たとえば、ホームページをつくる仕事でも、気になる部分が少しでも出てくると、直さずにはいられないのだそうだ。そうこうしているうちに、つつい帰宅が遅くなると苦笑する。「覚えなければならないことがたくさんありますが、いまの仕事はとても楽しいですよ。コンピュータのことが勉強できることはもちろんですが、いろいろな研究プロジェクトに、ある程度長い期間、密接に関われるので、コンピュータ以外のことも学ぶことができます。研究者としてやろうと思ったら、相当に勉強しないといけない先端の研究に関わることができるのですから、本当に勉強になります」

研究成果を多くの人たちに提供できる環境をつくりたい

亀井さんは、「地球シミュレータ」にも事務的な分野で開発期間から関わってきた。運用が始まったいま、あらためて感想を聞くと、「開発が遅れることなく進んで、予定通り運用が始まって良かったです」という答えが返ってきた。

「私が地球シミュレータ研究開発センターで仕事をするようになったときには、すでに設計図はでき上がっていましたから、これを整備するための事務的な仕事をやってきました。まずは、『地球シミュレータ』がどんなものなのかという勉強から始めて、センターがしなければいけないのは何かということを、日本原子力研究所と宇宙開発事業団の方々



職員への技術指導も重要な仕事のひとつ。

と調整しながら進めました。ただ、ちょうどそのころ幾つかの業務が重なり、それぞれを並行してやらなければいけなかったんです。何度も締め切りギリギリの作業もありましたが、予定通り『地球シミュレータ』の開発が終了しました」

開発が終わり、ホッと胸をなで下ろしているかという、そんな余裕はないようだ。

「『地球シミュレータ』をしっかり稼働させていくために、地球シミュレータ運用推進課という部署が設置されていますが、私はその仕事も兼務しています。やはりこれまでの情報業務課と同じように、『地球シミュレータ』を利用する研究者に対する支援業務を地球シミュレータセンターとともにやっていく必要があると思います。開発も大変ですが、運用の方も大変です。今度は、センターの研究者だけでなく、国内外のいろいろなユーザーに対応しなければならないでしょうから」

今後も忙しい日々が続きそうだが、そんな亀井さんには、他にもやっていきたい仕事があるという。

「センターには、たくさんの研究者がいて、様々な素晴らしい研究成果が次々に生み出されています。その研究成果を、中・高校生をはじめ、もっと多くの人たちに知ってもらうために、幅広く情報を提供できる環境をつくっていききたい。現在もホームページをつくったりしていますが、これもさらに見やすく、わかりやすいものにしていきたいですね」

プライベートでは、学生時代に楽しんでいたサーフィンをもう一度やってみたいと考えている亀井さんだが、その時間をつくるのは、なかなか難しいようだ。



スーパーコンピュータに向かう亀井係長。

Marine Science Seminar

マリンサイエンスへの招待

海洋には驚きと不思議がいっぱい

地球は“水の惑星”と呼ばれています。太陽系の惑星のなかで海があるのは地球だけです。

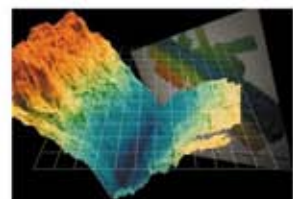
そして、海があるおかげで、地球には他の惑星にはない穏やかで豊かな自然環境が保たれています。地球のことをもっと理解するために、海と私たちの暮らしとの深いつながりに目を向けてみてください。

海洋という世界

海という言葉から、みなさんは何を思い浮かべるでしょう。白砂青松の浜辺の風景。サンゴ礁が鮮やかな南の海、大海原を航行する大型船、ヨットが停泊するマリーナ、豊漁に賑わう漁港……。様々な風景が思い浮かびます。しかし、私たちが目にしている海の姿は、海洋のほんの一部に過ぎません。



地球の表面積の約70%が海によって占められています。地球を初めて宇宙空間から眺めた宇宙飛行士ガガーリン



海底の地形も陸上と同じように複雑に入り組んでいる。

は、「地球は青かった」といいました。それはまさに海の色だったわけです。また、地球上にある水の量は、全部でおよそ14億km³といわれていますが、そのうちの約97%を占めているのが海水で、陸地の湖や河川、地下水などの水は合わせても3%弱にすぎません。

海の面積を約3億6,000万km²とすると、そこに13億5,000km²以上の海水が存在するためには、深さも相当であることが容易に想像できます。海洋の平均水深は3,700m以上あることになります。つまり、富士山を逆さまにしたくらいの深さです。

ふだん私たちが目にする海は、海岸線から続く「大陸棚」と呼ばれる比較的浅い(水深約200m程度)ところがほとんどですが、一般にはさらに数十km先で「大陸斜面」と呼ばれる深みが現れ、もうひとつの平坦面「深海平坦面」へと続きます。この「深海平坦面」の平均水深は約4,000mもあります。そこは、太



無人探査機「かいこう」は、海底最深处といわれるマリアナ海溝チャレンジャー海淵の10,911mに到達した。

陽の光もとどかない暗闇の世界です。平坦面といっても、すべてが一樣ではありません。海底も陸上の地形と同じように山あり谷ありで、その谷に相当する、さらに深くなったところが海溝です。なかでも、最も深いのが太平洋にあるマリアナ海溝で、その水深は約11,000mあります。陸地で最も高い山であるエベレストが8,848mですから、いかに深いかがわかります。大西洋ではプエルトリコ海溝の約8,400m、インド洋ではジャワ海溝の約7,000mが最も深いところとされています。平坦面より高い(浅い)ところには、「中央海嶺」と呼ばれる海底山脈があります。マントルからのマグマ活動による海底火山群で、この活動によって新たな海底が生まれています。この他にも、海底にはたくさんの火山があります。たとえば、太平洋のハワイ諸島の島々は、そうした激しい火山活動によってつくられた海底火山が、海面を越えて誕生した島なのです。



海上気象から水温、塩分濃度など海中のデータまで観測するトライトンAUV。

海洋と私たちの暮らし

海洋と私たちの暮らしは、どのようにつながっているのでしょうか。現在、海は海上交通路として、またレクリエーションの場として利用されています。また、海で獲れる魚介類は、私たちの大切な食糧源として欠かせません。このように、私たちは海から多くの恩恵を受けています。さらに、もっと大きな目で海洋を見ると、それ以上に、海洋は私たちと密接につながっていることがわかります。海洋は、約43億年前に誕生したと考えられています。約46億年前に生まれた地球は、マグマの海によって覆われていました。そのころ、水は水蒸気として窒素や二酸化炭素とともに地球をとり巻く原始大気に含まれており、やがて地球の温度が低下するとともに、雨となって地上に降り注ぎました。1年間に雨量10mという豪雨が、地球全体で約1,000年続いたといわれます。こうして原始の海が誕生しました。海中には様々な物質が溶け込み、また、海底からは高温の熱水が噴出していました。そこで様々な化学反応がおき、生命の源となるタンパク質等もそこから誕生したのではないかと考えられています。人体を構成する主な元素の組成を海水の組成と比較するとよく似ており、特に母親のお腹のなかで胎児を包んでいる羊水は海水の組成と非常に類似する点が多いといわれます。このことも生命が海で誕生したことの有力な証拠ではない



最新鋭の観測機器を備え、大気と海洋の様々な観測を行う海洋地球研究船「みらい」

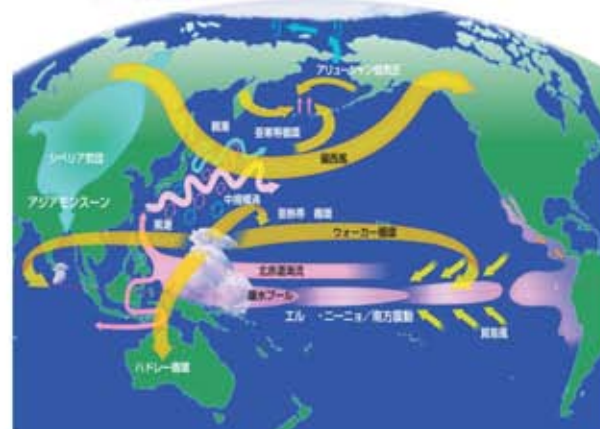
かとされています。つまり、海は、私たち人類を含む“地球の生命の母”である可能性が高いのです。

さらに、海洋は地球の自然環境に大きく関わっています。たとえば、水は熱容量が非常に大きい物質です。つまり、海洋は、熱をたくさん蓄えることができるのです(大気の約3,000倍)。海洋が持つ、この「温まりにくく、冷めにくい」性質は、地球表面の温度環境を安定させるために大きな役割を果たしています。また、地球に降り注ぐ太陽エネルギーの量は、緯度によって大きく異なりますが、海洋は循環によって赤道から極地へとエネルギーを輸送し、比

較的湿度差の少ない状態に保つ働きなども持っています。つまり、海洋は、大気とともに地球の気候に重要な影響力を持っているわけです。さらに、最近、地球温暖化が注目されていますが、その主原因とされる温暖化ガスのひとつ二酸化炭素について見ると、海洋には、大気の約60倍もの二酸化炭素が溶け込んでいるといわれています。ここでも、海洋は重要なファクターとして注目されているのです。

地球を理解するために、私たちは海洋についてその表面から海底まで、もっともっと多くのことを知らなければならぬといえるでしょう。

大気-海洋-海水相互作用



大気と海洋はお互いに影響し合いながら地球の様々な気候現象を引き起こす



見学会に参加した高校生たち。「しんかい6500」の前で記念撮影。

Report & Information

「春休み 高校生JAMSTEC見学会」を実施



有人潜水調査船「しんかい6500」に使われている
分厚いメタクリル製の観察窓を手にとってみる。

若い人々に海洋科学への理解と関心を深めてもらい、また海洋科学技術センターの活動について知ってもらおうと、春休み期間の平成14年4月1日に、高校生を対象とした「JAMSTEC見学会」が実施された。

この日集まったのは11名。神奈川県内をはじめ、東京都や千葉県から訪れた人もいた。また、このなかには昨年夏の「サイエンス・キャンプ」にも参加したという熱心な高校生も含まれていた。

「今日は、センターのスタッフになったつもりで、楽しい1日を過ごしてください」職員から説明を受け、センターの紹介ビデオを観たあと、早速みんなでセンターの内部を見て回った。

最初は、ハオリムシ(チューブワーム)やユノハナガニなど、深海底の熱水噴出孔周辺に生きる生き物たちを見学。実際に深海で捕獲され、センターで飼育されているものだ。続いて、深海を無人で、しかもケーブルなしで自由に動き回ることができる深海巡航探査機「うらしま」について、実物を前に説明を受けた。さらに、深海の高い水圧を再現できる高圧実験水槽、潜水模擬実験装置「潜水シミュレータ」などを見て回った。ヘリウムと酸素の混合ガスを吸い、そのまましゃべると声が高くなる愉快的な現象、「ヘリウムボイス」も実際に体験した。そして、高性能のハイビジョンカメラを搭載する無人探査機「ハイパードルフィン」がとらえた美しく幻想的な深海生物の画像を堪能し、最後は有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」を見学した。

こうして、午後4時にプログラムは終了した。男子の参加者には「よこすか」の操舵室や「しんかい6500」が印象深かったようだ。また、女子からは「ヘリウムボイスがおもしろかった」という声が多かった。



深海巡航探査機「うらしま」についての説明を聞く参加者たち。

センターで、毎年夏休み期間中に実施している「マリンサイエンス・スクール」(高等学校・高等専門学校生徒及び教諭が対象)が、今年も行われる。

実施期間 高校生:7月24日(水)~26日(金)
教諭:8月7日(水)~9日(金)

詳細についてはセンターのホームページもしくは、下記へ問い合わせを。

海洋科学技術センター 総務部 普及・広報課
TEL 0468-67-9056、9059(直通)



ヘリウム・ボイスにチャレンジ!

Book

『海に魅せられて半世紀』 奈須紀幸 著 海洋科学技術センター刊 2,500円(本体価格)

『Blue Earth』の前身であった季刊誌『JAMSTEC』に、12年間という長期間に渡って掲載された好評連載「海に魅せられて半世紀」が加筆されて1冊の書籍にまとめられた。著者の奈須紀幸氏は、日本における海洋科学研究の黎明期から常に指導的立場にあり、深海掘削計画をはじめ多くの大型プロジェクトの推進、研究基盤の整備等に活躍。また、海洋研究者の育成にも力を尽くすなど、日本の海洋科学研究を国際的に推進するための活動においても、中心的な役割を果たしてきた。

本書では、奈須氏が取り組んできた様々な研究成果について詳しく語られるだけでなく、国際会議の舞台裏なども紹介されている。本書について、「私の体験談が、後から来る若人の予備知識として少しでもお役立つことがあれば本望」「常識的には秘すべき多くの事柄を、事実であるが故に、歴史の一齣一齣としての記録として残すために、敢えて書かせて頂いた」と奈須氏は記している。まさに海洋研究の歴史的な背景を知ることができる貴重な一冊といえる。



JAMSTEC関連の Homepage

<http://www.es.jamstec.go.jp/esc/jp/>

地球シミュレータセンターは、世界最高の演算性能を達成したスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を活用して、地球変動の解明と予測を目指す研究開発を推進している。ホームページでは、センター設立の経緯をはじめ、「地球シミュレータ」の概要や地球シミュレータ棟内部の画像なども紹介されている。



『Blue Earth』 定期購読のご案内



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

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

支払方法

- ・1年間一括(4月から翌年3月までの1年分を一括でお振り込みいただけます)
- ・1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)

送り先

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

送信先

info@jamstec.go.jp

お問い合わせ

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



2001年11月に完成した、世界の海洋環境・地球環境情報の拠点である国際海洋環境情報センター（沖縄県名護市）のオリジナルマグネットシートのセットを、抽選で5名様にプレゼントいたします。メモや伝言を冷蔵庫やスチール家具にとめておくときなどに便利に使えます。



横浜研究所において「地球シミュレータ」が完成いたしました。詳細は本文中にあるとおりですが、さる2月28日完成、引き渡しを受けました。その後の運用において、世界的に広く用いられている「Linpackベンチマークテスト」で35.61テラ・フロップスつまり、「1秒間に35.61兆回の計算を実際に行った」ことが承認され、登録されました。これはピーク性能の90パーセント近い驚異的な数字です。アメリカの「ニューヨーク

タイムス」では、1950年代の宇宙開発競争でソ連（当時）のスパウトニク人工衛星に先を越されたことになぞらえ「コンピュータニク」と報道されました。

アメリカと違って、わが国の「地球シミュレータ」は、軍事技術開発の目的でなく科学技術研究のために作られ、運営されることは世界に誇れることとおもいます。

アメリカでの報道ぶりはわが国の一部の新聞に載ったほか、NHKの「クローズアップ現代」でも取り上げられ、アメリカ、韓国に遅れをとっている日本の半導体技術再興の起爆剤になることも期待されています。

この、「ニューヨークタイムス」の記事を読んだ方から「かつて電機メーカー技術駐在員として米国にいた時代日米パソコン摩擦で悔しいおもいをしたが、今回アメリカを大きく抜いたことで溜飲を

応募方法

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

応募先

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

第57号 当選者発表

第57号「オリジナルカレンダー」当選者

神奈川県横浜市 松下誉久様
高知県高知市 木伏克実様

ほか8名様の方が当選いたしました。

下げた。今後の成果に期待する」との励ましの投書もありました。

勿論このような大規模なシステムを使いこなし、成果を出すことは重要かつ大変な仕事です。17頁の佐久間グループリーダーの言葉にもありますように「どんなに優れたスーパーコンピュータでも、それ自体は道具です。活かすも殺すも研究に関わる人間次第」です。今後、関係者が一丸となって世界をリードできる研究成果を挙げることが使命です。

「地球シミュレータ」「しんかい6500」「みらい」さらには現在建造を進めている地球深部探査船「ちきゅう」など海洋・地球科学研究のための世界一のハードが揃いつつあります。これらを駆使して明日の地球のため、多大の研究成果をあげることが我々に課せられた責務です。

（M.K）

Blue Earth 第14巻第3号（通巻第59号）2002年6月 発行

編集人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 情報業務課 才善主門

発行人 海洋科学技術センター 横浜研究所情報業務部 加藤美志彦

本部……………〒237-0061 神奈川県横浜須賀野市夏島町2番地15 TEL.0468-66-3811（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.045-778-5316（代表）

むつ研究所……………〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL.0175-25-3811（代表）

国際海洋環境情報センター……………〒905-2172 沖縄県名護市豊原224番地3 TEL.0980-50-0111（代表）

Washington Office……………1132 21st Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036 USA TEL.+1-202-872-0000（代表） FAX.+1-202-872-8300

Seattle Office……………810 Third Avenue, Suite 632, Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543（代表） FAX.+1-206-957-0546

東京連絡所……………〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900（代表）

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

制作 横浜研究所情報業務部 情報業務課

※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

賛助会（寄付）会員名簿

海洋科学技術センターの研究開発につきましては次の賛助会員の皆さまから会費、寄付をいただき、支援していただいております。（アイウエオ順）（※寄付会員）
平成14年5月現在

あいおい損害保険株式会社
アイワ印刷株式会社
株式会社浅沼組
アジア海洋株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ
石川島播磨重工業株式会社
泉産業株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所
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
株式会社エムテーエス雪氷研究所
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
株式会社化学分析コンサルタント
鹿島建設株式会社
神奈川合同企業株式会社
カヤバ工業株式会社
川崎重工業株式会社
川崎設備工業株式会社
川本工業株式会社
株式会社関西総合環境センター
株式会社関電工
株式会社キュービック・アイ
共栄冷機工業株式会社
共立管財株式会社
株式会社きんでん
株式会社熊谷組
株式会社グローバル・オーシャン・ディベロップメント
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
神戸ペイント株式会社
国際気象海洋株式会社
国際石油開発株式会社
国際ビルサービス株式会社
国光施設工業株式会社
五洋建設株式会社
コンパックコンピュータ株式会社
佐藤工業株式会社
三機工業株式会社
三建設備工業株式会社
株式会社三晃空調
三幸建設工業株式会社
三洋テクノマリン株式会社
財団法人塩事業センター
有限会社システム技研
シナネン株式会社
シバタ工業株式会社
清水建設株式会社
株式会社商船三井
株式会社湘南
昭和高分子株式会社
株式会社白石
社団法人信託協会
新日本海事株式会社

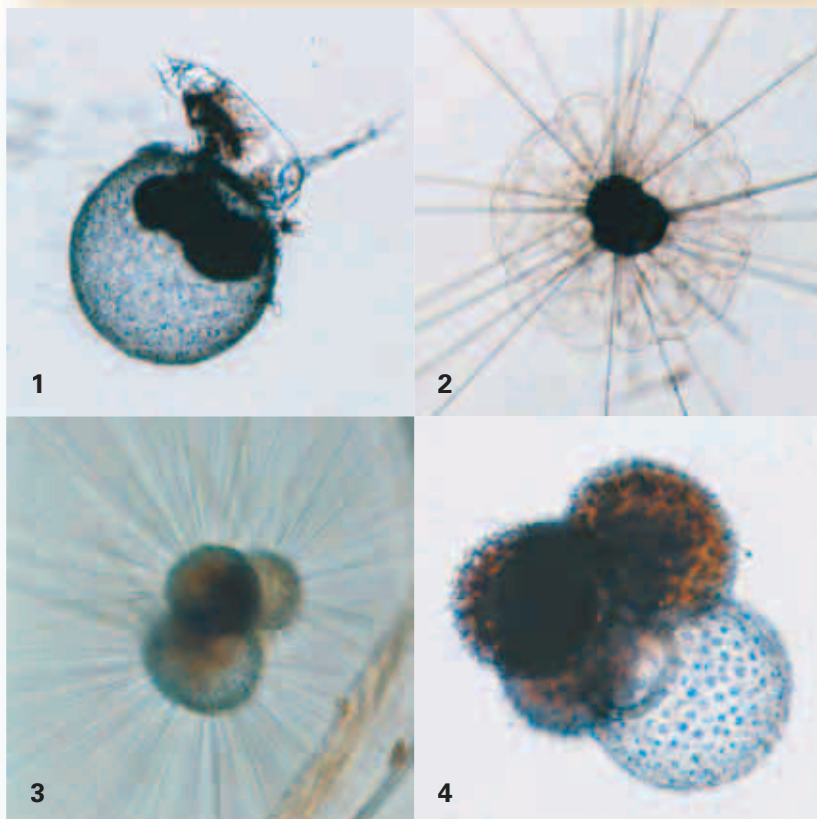
新日本製鐵株式会社
新菱冷熱工業株式会社
須賀工業株式会社
鈴鹿建設株式会社
スプリングエイトサービス株式会社
住友金属鉱山株式会社
住友重機械工業株式会社
住友電気工業株式会社
清進電設株式会社
セナー株式会社
セントラル・コンピュータ・サービス株式会社
株式会社総合企画アンド建築設計
第一設備工業株式会社
第一電子工業株式会社
株式会社大氣社
大成建設株式会社
大成設備株式会社
大成電機株式会社
大日本土木株式会社
ダイハツディーゼル株式会社
有限会社田浦中央食品
高砂熱学工業株式会社
株式会社竹中工務店
株式会社竹中土木
株式会社地球科学総合研究所
中国塗料株式会社
株式会社鶴見精機
株式会社テザック
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
東京海上火災保険株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社
東京美化株式会社
東光電気工事株式会社
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
東洋熱工業株式会社
同和工営株式会社
戸田建設株式会社
凸版印刷株式会社
飛鳥建設株式会社
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
日動火災海上保険株式会社
日南石油株式会社
日油技研工業株式会社
日鉱金属株式会社
日産火災海上保険株式会社
日新火災海上保険株式会社
ニッスイ・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
日本海洋株式会社
株式会社日本海洋科学

日本海洋掘削株式会社
日本海洋事業株式会社
社団法人日本ガス協会
株式会社日本環境調査研究所
日本興亜損害保険株式会社
日本鋼管株式会社
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
日本酸素株式会社
日本水産株式会社
日本電気株式会社
日本電子計算機株式会社
日本電池株式会社
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
濱中製鎖工業株式会社
東日本タグボート株式会社
氷川商事株式会社
株式会社日立製作所
日立造船株式会社
日立電線株式会社
日立プラント建設株式会社
日比谷総合設備株式会社
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
株式会社フジタ
富士通株式会社
富士電機株式会社
不動建設株式会社
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
株式会社松田平田
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
株式会社みずほ銀行
三井住友海上火災保険株式会社
三井建設株式会社
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
株式会社森京介建築事務所
安田火災海上保険株式会社
山岸建設株式会社
株式会社ユアサコーポレーション
株式会社ユアテック
郵船ナフテック株式会社
横浜ゴム株式会社
株式会社緑星社
ワールドウェイ株式会社
若築建設株式会社

浮遊性有孔虫

Planktonic Foraminifera

取材協力
むつ研究所 第1研究グループ
本元典典研究室
藤田尚美研究室



海底の堆積物に含まれる石灰質有孔虫などの微化石から、海洋環境の歴史的な変遷を探る研究が進められている。有孔虫は、生息する海域の水温や栄養塩濃度の変化を、マグネシウムなどの微量元素の取り込み量の変化として、形成する殻のなかに記録すると考えられている。そこで、この殻を分析することで、過去の海洋環境を解明しようというわけだ。研究の一環として、むつ研究所では、浮遊性有孔虫を採取・飼育し、環境と殻に記録される微量元素等の関係を明らかにしようとしている。

今回紹介した写真は、むつ研究所で飼育されている浮遊性有孔虫だ。表紙のオープリナ・ユニバーサは、殻を形成する最終段階で体全体を球形の殻で覆ってしまう唯一の種として知られる。放射状に広がる石灰質のトゲ（スパイン）に付着しているツブ状のものは共生藻類（渦鞭毛藻）。裏表紙の写真1は、オープリナ・ユニバーサがプランクトンを捕食したところ。写真2は、本体周囲に泡膜を形成して浮遊するハスティゲリナ・ペラジカ、写真3、4は、熱帯から寒帯まで広く生息するグロビゲリナ・プロイデス。

海洋科学技術センター

Japan Marine Science and Technology Center

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価300円(税込)