

海と地球の情報誌

Blue Earth

124

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ISSN 1346-0811

2013年5月発行

隔月年6回発行

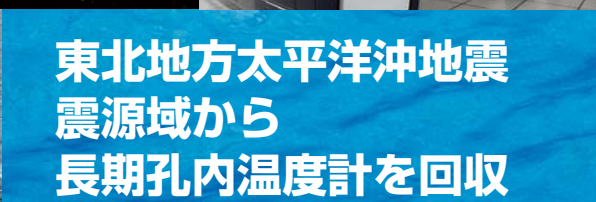
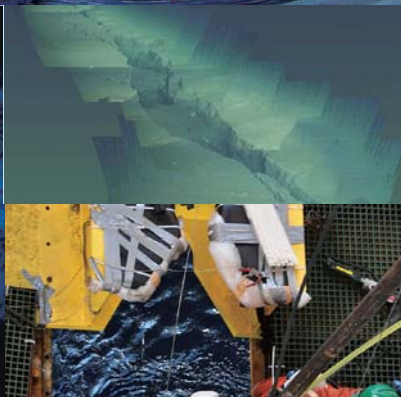
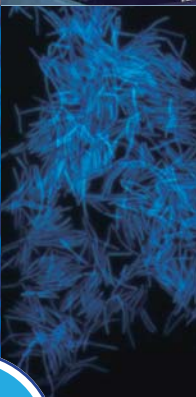
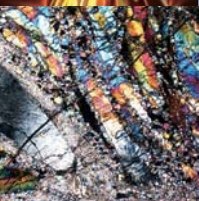
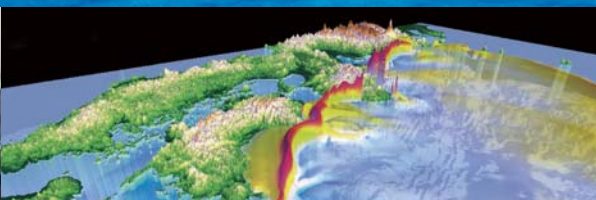
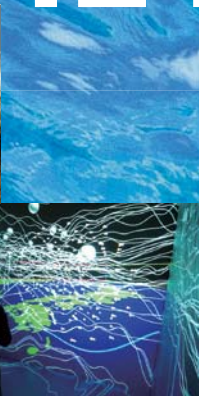
第25巻 第2号

(通巻124号)

JAMSTECの 研究者

未来を語る

PART 2



東北地方太平洋沖地震
震源域から
長期孔内温度計を回収

環境微生物の
秘めたる能力を探る

東北地方太平洋沖地震 震源域に設置した 長期孔内温度計を回収

2013年4月26日、海洋研究開発機構（JAMSTEC）の無人探査機「かいこう7000-II」が、水深6,897.5m（「ちきゅう」ドリルパイプによる計測値）の日本海溝の海底から長期孔内温度計の回収に成功した。

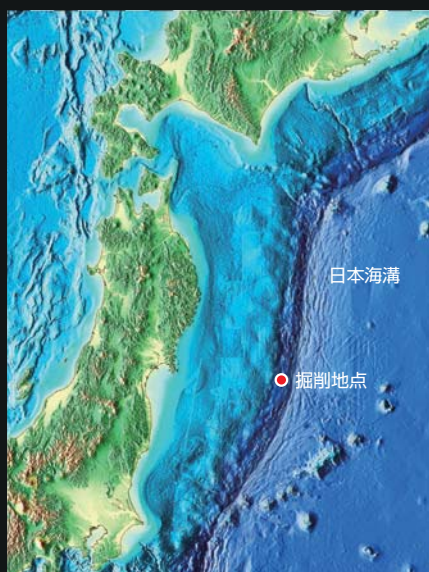
この長期孔内温度計は、地球深部探査船「ちきゅう」が掘削した孔に、2012年7月から設置されていたものである。設置場所は宮城県牡鹿半島の沖合約220km、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で海底地形が最も変動した海溝軸付近である。

長期孔内温度計は全長約820mで、55点の高精度温度計から成る。東北地方太平洋沖地震では、大陸プレートとその下に沈み込んでいる海洋プレートの境界断層がすべり、海溝軸付近まで及んでいる。長期孔内温度計は、プレート境界断層とその付近の地層の温度変化を直接、長期間にわたって記録することができ、今回のように地震発生後早期にプレート境界断層の温度計測を行ったのは、世界で初めてである。

回収した長期孔内温度計からデータを取り出したところ、断層付近を含む地層の温度が計測されていることが確認された。今後、記録されたデータの検証・解析を行い、巨大地震発生時にプレート境界断層がすべることで生じた摩擦熱の推定を行う。その結果を、「ちきゅう」での掘削によって得られている地層の物性データや岩石試料などと併せて分析し、巨大地震発生時にプレート境界断層がどのようにすべり、巨大津波を発生させたのか、そのメカニズム解明に取り組んでいく。

取材協力：菊田宏之 地球深部探査センター企画調整室 次長

長期孔内温度計は、宮城県牡鹿半島沖合約220kmの日本海溝海溝軸付近の海域に、2012年7月に設置された。「ちきゅう」による掘削、長期孔内温度計の設置は、「東北地方太平洋沖地震調査掘削-II」として行われた



無人探査機「かいこう7000-II」による回収作業の様子。掘削孔から伸びる棒状の物が長期孔内温度計の上端部である

- 1 **Close Up**
東北地方太平洋沖地震震源域に設置した
長期孔内温度計を回収

- 2 **特集**
**JAMSTECの研究者
未来を語る PART 2**

将来につながる展望を持ち、
1オーダー上の地球変動観測を

深澤理郎
地球環境変動領域 領域長

地球はなぜ“生命の星”になったのか
北里 洋

海洋・極限環境生物圏領域 領域長

シミュレーションの世界を広げ
明日の社会に役立つ情報を発信する

渡邊國彦
地球シミュレータセンター センター長

根源的な問いに挑み、海から未来を開く
平 朝彦

海洋研究開発機構 理事長

- 28 **Marine Science Seminar**
環境微生物の秘めたる能力を探る
メタゲノム研究の最前線

高見英人
海洋・極限環境生物圏領域 深海地殻内生物圏研究プログラム
環境メタゲノム解析研究チーム チームリーダー

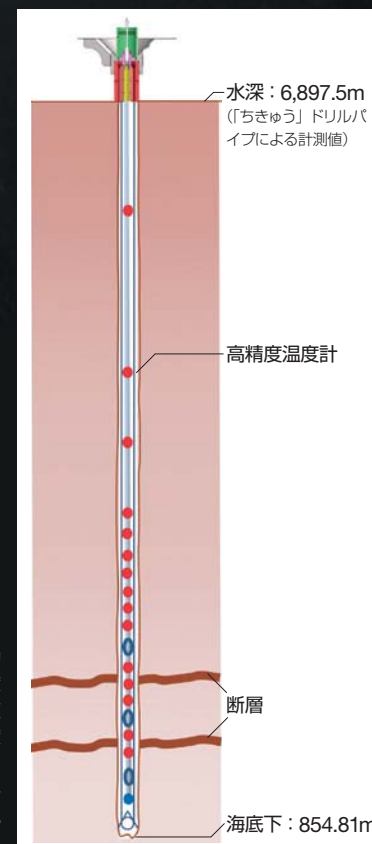
- 32 **BE Room**
編集後記
『Blue Earth』定期購読のご案内
JAMSTECメールマガジンのご案内

裏表紙 **Blue Earthをめぐる**

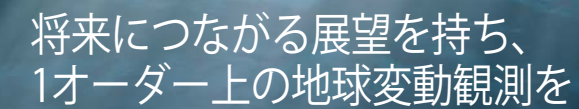
超深海は微生物の活動が活発
マリアナ海溝チャレンジャー海淵

深海調査研究船「かいれい」
船上に回収された長期孔内温
度計

長期孔内温度計は全長約
820mで、55点の高精度温度
計で構成されている。2種類
の温度計を使用し、測定精度
は±0.002℃と±0.1℃であ
る。温度計は、プレート境界
断層とその付近に集中して配
置されている

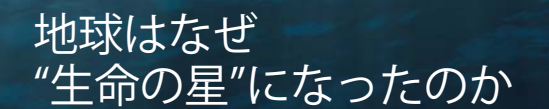


2013年2月、海洋研究開発機構（JAMSTEC）は新たな「長期ビジョン～海洋・地球・生命の統合的理解への挑戦」を発表した（<http://www.jamstec.go.jp/j/about/vision/index.html>）。海洋科学技術に基礎を置いた海洋立国日本の新たな姿とはどのようなものか、15年後のイメージを描いたものである。前号に引き続き、JAMSTECの各領域・センターを率いる研究者に、その研究分野の課題や魅力、今後の夢を聞いた。そして最後に、海洋立国の実現に向けたJAMSTECの取り組みについて平 朝彦 理事長に語っていただいた。



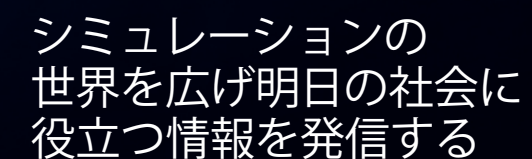
深澤理郎 地球環境變動領域 領域長

RIGC



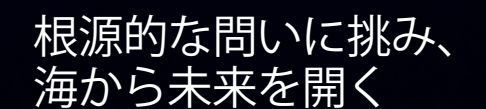
北里洋 海洋・極限環境生物圏領域 領域長

BioGeos

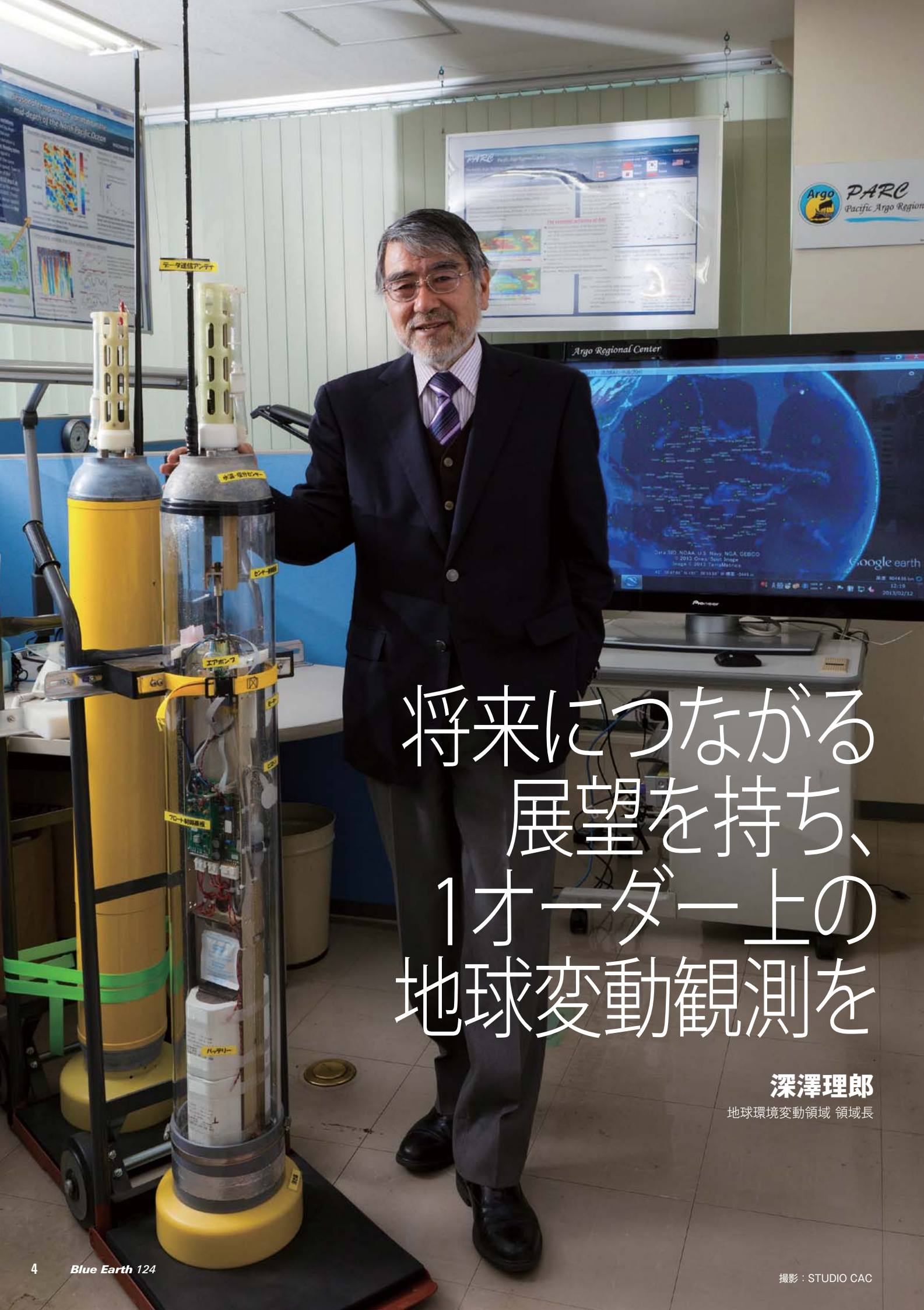


渡邊國彦 地球シミュレーターセンター センター長

ESC



平 朝彦 海洋研究開発機構 理事長



将来につながる 展望を持ち、 1オーダー上の 地球変動観測を

深澤理郎

地球環境変動領域 領域長

ふかさわ・まさお。1950年、東京都生まれ。東京大学理学部卒業。東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程博士課程単位取得の上退学。1979年東京大学理学博士、理化学研究所、東京大学海洋研究所助手、東海大学海洋学部教授を経て、2002年海洋科学技術センター（現・JAMSTEC）海洋観測研究部研究主幹。むつ研究所所長、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プログラムディレクター、地球環境観測研究センター長を経て、2009年より現職。専門は海洋物理学

観測回数を桁違いに増やしたアルゴフロート

——気候変動研究の現状をお教えてください。

深澤：私たちは、大気や海洋、陸域などで観測を行って気候がどのように変化しているかを捉え、その観測データから気候変動の仕組みを理解し、季節から数十年、数百年先までの地球の気候を予測しようとしています。そのためには、予測手法の開発と同時に、現在を知り気候変動のメカニズムを解明明かす観測が何よりも重要です。私は、船舶を使って海の観測を行ってきました。しかし、船舶では、広い海をあまねく観測することはできません。そこで、船舶での観測より計測項目を少なくすることで観測機器の製作費を抑え、その分たくさん観測点で世界中の海を覆い尽くそう、という発想で生まれたのが、アルゴフロートです。

アルゴフロートは、ほぼ10日ごとに深さ2,000mから海面までの水温や塩分を計測し、人工衛星を通じてデータを陸上に送信します。2000年から国際プロジェクトとしてスタートし、現在では約3,500台のアルゴフロートが世界中の海を観測しています。アルゴフロートの登場によって、海洋の観測回数は1桁、1オーダー以上増えたのです。さらに、データはすべて直ちに公開されています。そのおかげで、誰もが世界の



アルゴフロートの投入の様子

アルゴフロートは、直径20cm、長さ2m、重さ25kgほどの大きさと、船舶から投入する。2013年4月現在、世界の海で3,567台が稼働中である。そのうちJAMSTECなど日本の機関が投入したアルゴフロートは231台
写真提供：地球環境変動領域 柏野祐二

地球環境変動領域（RIGC）

多様な手法で大気・海洋・陸域・生態系の観測研究を行い、それらの変化の実態を捉え、それをもとに変化のメカニズムを理解する。さらに、それらのさまざまな知識を統合した予測モデルを開発し、将来の環境変化のより確かな予測の実現を目指す

海の様子をほぼリアルタイムで知ることができるようになりました。

——アルゴフロートの登場は、海洋観測を大きく変えたのですね。

深澤：私は、まだ不十分だと思っています。アルゴ計画が議論され始めたころ、「シーサット」という海洋観測衛星があり、その分解能が300kmでした。衛星の観測データを校正し十分に利用するためには、海洋でも300kmごとに観測することが必要です。そこで、全海洋に3,000台のアルゴフロートを、という目標が立てられたのです。しかし、それから10年以上たち、人工衛星の機能も多様化し、気候変動予測モデルの空間解像度も10倍以上細かくなっています。もはや300kmに1点の観測では不十分で、空間密度をもっと上げる必要があります。それは、そのまま変動する海への新たな視点につながるはずだと。

アルゴフロート1台の製作費は、およそ150万円です。機能を落としてもよいから15万円にはしたいですね。そして沿岸でも使うことを考え、数を増やしたい。一方で、相反しますが、外洋では観測精度も上げたいし観測項目も増やしたい。現在は深さ2,000mまでしか測ることができませんが、海底まで測りたい。アルゴフロートの高機能化です。今後、アルゴフロートはこの2つの方向に分化し、全体として1つのシステムとなっていくのだと思います。

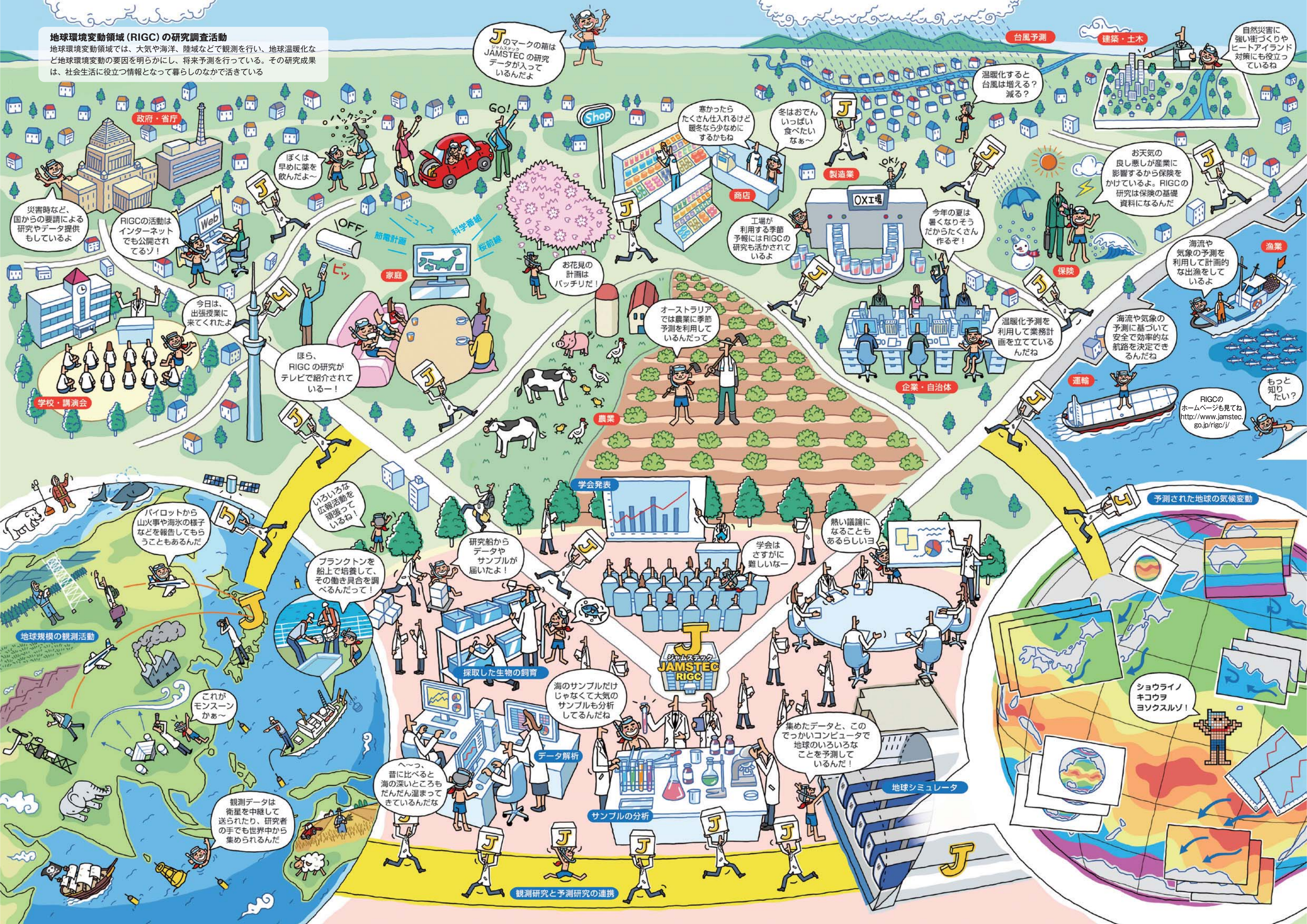
トライトンブイの将来は？

——JAMSTECでは、ロープと重りで海底から係留され、海上気象と海中の水温、塩分、流速などを観測できるトライトンブイも展開しています。

深澤：トライトンブイは、代表的な気候変動の1つであるエルニーニョ現象の発生メカニズムを解明し、その発生を予測するために、西部太平洋熱帯域に設置されました。アメリカのTAOブイと合わせて全太平洋熱帯係留観測システムを構成しています。このシステムによる詳細な連続観測によって、発生メカニズムの理解も進み、いまではエルニーニョ現象の発生は何か月も前から予測できるようになっています。そうい

地球環境変動領域 (RIGC) の研究調査活動

地球環境変動領域では、大気や海洋、陸域などで観測を行い、地球温暖化など地球環境変動の要因を明らかにし、将来予測を行っている。その研究成果は、社会生活に役立つ情報となって暮らしのなかで活かしている





海洋地球研究船「みらい」での海洋観測の様子

2010年に行った「みらい北極航海」のときに、後部操舵室屋上で撮影した写真。CTD採水システムの観測が終了し、水切りをしている。CTD採水システムでは、海水の塩分、水温、圧力（深度）を計測するとともに、さまざまな深さの海水を採取することができる。デッキ中央ではピストンコアラで海底から採取した試料を処理している。海底の堆積物を調べることで、地球環境の歴史を知ることができる

撮影：地球環境変動領域 猪上 淳

う状況から考えて、全太平洋熱帯係留観測システムの在り方は再考が必要な時期にきています。たとえば、トライトンブイを海上気象専用の比較的安価で小型のブイに置き換え、海中の観測はアルゴフロートに任せることは、有力な選択肢の1つでしょう。

海洋に限らず、観測は継続していくことが重要です。しかしJAMSTECは独立行政法人の研究機関ですから、継続してデータを出すことが目的の観測はできません。なぜその観測が必要なのか、科学的にどういう意味があるのかというperspective、将来につながる展望が不可欠です。

——トライトンブイは今後、どのように利用したらよいとお考えですか。

深澤：熱帯気候変動研究に限れば、いまよりもさらに軽量化された次世代型トライトンブイをインド洋に投入することは考慮されるべきでしょう。インド洋熱帯域にはダイポールモード現象という気候変動現象があります。その発生メカニズムは、エルニーニョ現象に比べると理解が進んでいません。頭脳を含め資源は限られています。そのなかで、いま何をすべきか。その見極めにも、将来を見据えた展望が不可欠です。

非線形現象をスマートに取り扱う 数学的手法が欲しい

——予測については、どのような問題点がありますか。

深澤：変動には、線形現象と非線形現象があります。複数の原因があってもそれぞれの間に影響はなく、原因の単純な足し合わせで結果を導き出すことができる現象が線形で、見通しのよい数式の取り扱いが可能で。一方、原因同士が影響し合い、原因の単純な足し合わせでは結果を導き出すことができないものを非線形現象といいます。気候変動には非線形現象が本質的に含まれています。非線形現象を表す数式の取り扱いはとても複雑なため、単純化して線形現象と見なして予測計算を行う場合もあります。しかし、あえていえば、それで出た結果が自然界の未来を表しているという保証はありません。変動のより進歩した予測を行うには、非線形現象をスマートに取り扱えるような新たな数学的手法が必要でしょう。

——そのような手法ができれば、より精度の高い気候変動予測を実現できるのでしょうか。

深澤：精度の高い予測という言い方は、日本に特有なようです。世界一般ではprediction with smaller ambiguity、不確実性の低い予測といいます。予測には不確実性を生じさせる多数の要素があります。それらを減らしたものが、不確実性の低い予測につながります。不確実性を生じさせる要素の1つが非線形現象の取り扱い手法です。非線形の問題を解決することは、予測にとって次元の異なる新たな未来を切り開くだろうと思います。

全球とローカルの予測をつなごう

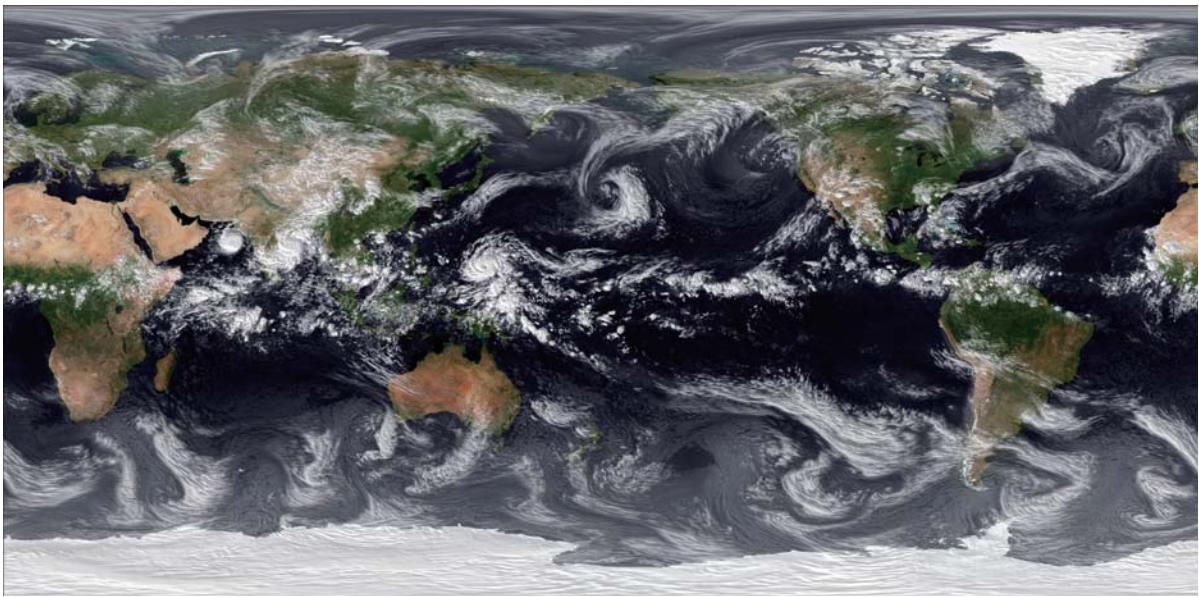
——地球温暖化によって100年後には地球の平均気温が1.8～4.0℃上昇するという予測を耳にします。地球全体ではなく、自分が住んでいる地域の将来の気温も気になります。

深澤：全球の気候変動モデルの開発はずいぶん進んできました。一方で、より即物的に社会に役立てるという意味では、もっと狭い範囲のローカルな予測も必要です。ところがこれまでの、全球の予測とローカルな予測は、現象の取り扱い方やモデルに対する考え方が大きく異なっていました。そのため、気候変動予測は全球とローカルという2つの道に分化して発達してきているように思えます。

しかし、できることならば、全球の予測もローカルな予測も、さらには半年先も100年先の予測も同じ考え方と同じモデルのもとでシームレスに、継ぎ目なく扱えた方がよいはずです。それを実現する新しい発想が切望されています。JAMSTECで開発されたNICAM^{ニッカム}という雲解像手法は、そのよい例です。さまざまな時空間スケールをいかにつなぐか。その点にも非線形の問題が絡んできますし、そのための高性能なスーパーコンピュータを保持することが必要です。

JAMSTECがやるべき気候変動研究とは

——地球温暖化についての科学的な研究の収集・整理を行っている政府間機構IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告書が今年の秋に出ます。深澤領域長もその



全球雲解像モデルNICAM NICAMによって再現した2004年6月11日の雲の流れのシミュレーション画像
計算・画像処理：地球環境変動領域 大内和良、地球シミュレータセンター 松岡大祐

作成に携わっています。

深澤：2007年に出た第4次評価報告書の作成において、JAMSTECは観測やモデルなどで大きな貢献をしました。まだ詳しくお話しすることはできませんが、第5次評価報告書では、前回以上、まさに桁違いの貢献をしています。

しかし私は、次の第6次報告書に対してJAMSTECがこれまでのような貢献ができるかどうか、とても危惧しています。現在の地球環境変動領域（RIGC）は2009年、地球環境観測研究センターと地球フロンティア研究センターが改組されて誕生しました。第5次評価報告書に貢献できたのは、前センターの遺産といえる部分が大きいのと思います。RIGCでの研究は、以前と比べてプロジェクト色が薄れているのです。研究者がやりたい研究を提案してチームをつくり、似た研究内容のチームが集まってプログラムになっているのが、現研究体制です。自分たちの興味のみが研究の推進力となるのは、科学の非常に大事な側面です。しかし、JAMSTECへの社会からの期待を考えれば、たとえそれがJAMSTEC独自のものであっても、主要な課題とするべきではありません。JAMSTECの気候変動研究では何をすべきか、どのように社会への貢献を目指すのかを、全世界の状況を背景に研究者間で明確に議論する必要があると思っています。

——JAMSTECでやるべき気候変動研究とは？

深澤：気候変動を認識する、つまり観測をして、それを予測につなげる。これは、自然科学の基本です。JAMSTECが世界から期待されているのは、自然科学の研究者集団として、観測、予測の両面で世界的なリーダーシップを発揮することです。そのためには、観測と予測を連携させたシームレスな気候変動予測体系を実現させること、特に観測面では、予測との連携も含めて何のために何を測ればよいのかという科学的な展望を持って世界に問い掛けることが重要です。やや具体的な話になりますが、たとえば観測では、その回数や項目、

精度を現在より1オーダー上げることを強く意識すべきです。

——どのようにすれば、1オーダー上げることができるのでしょうか。

深澤：アルゴフロートのシステムの拡充とともに、広範囲を繰り返し観測できる衛星との連携が重要です。それは以前からいわれ続けていることですが、観測の側からまとまったかたちとして衛星計画に要望を出すことができず、うまく連携できていないように思います。

その第一歩として私は、海洋スーパーステーションの設置を提唱しています。スーパーステーションでは、従来の海洋観測で行ってきた物理的な観測項目に加え、生態系に関わる観測項目も入れます。たとえば、栄養塩やpH、プランクトンの量やサイズ、海の色などです。現在は全海洋で数カ所しかありません。その観測点を倍にするだけでも、海域ごとの違いが見えてくるはずです。その観測データをもとに、衛星に対する観測項目や観測手法などの要望を出していけば、気候変動による生態系への影響、さらには生態系の変化が気候変動を引き起こすフィードバックなども捉えられ、環境変動の予測にもつなげることができると期待しています。

——気候変動研究の面白さとは？

深澤：気候変動研究は派手なものではなく、階段を一步一步着実に上るような面白さがあります。なかでも海洋観測の世界は現在でも発見の連続です。その上近年は、複眼的に地球を見ることができる時代になってきました。海、陸、空それぞれの観測データを眺めていると、手のひらに載せた地球のなかの様子が鮮明に見えるような気がすることがあります。気候変動に関係する観測データは公開されているので、世界中の研究者が同じデータを見えています。でも、この地球の姿を見ているのは私だけかもしれない。その姿をみんなに示し、「なるほど、そういう構造になっているのか」といつてもらえたときは、うれしさでいっぱいになりますね。

地球はなぜ “生命の星”になったのか

北里 洋

海洋・極限環境生物圏領域
領域長

きたざと・ひろし。1948年、東京都生まれ。東北大学大学院理学研究科博士課程修了。日本学術振興会奨励研究員、静岡大学理学部助手・講師・助教授・教授を経て、2002年より海洋科学技術センター（現・JAMSTEC）地球内部変動研究センタープログラムディレクター。2009年より現職。専門は地球生命科学、深海生物学、海洋微生物学

海洋・極限環境生物圏領域（BioGeos）

地球が創成して以来の生命史を、惑星地球の動的な活動と生命進化との関連という視点で解き明かすことを目指す。多様な海洋・地殻内生物に潜在する資源としての有用性を掘り起こし、産業への応用も図る

BioGeos——生物学と地球科学の融合

——海洋・極限環境生物圏領域では、どのような研究活動がされているのでしょうか。

北里：私たちは、熱水噴出域や湧水域、嫌気環境、またはとても深い超深海など、海のなかでも極端な環境に注目し、そこにどのような生物がすみ、何をしているかを調べています。生命はどこで、どのように生まれ、どのように進化してきたのか。そして、なぜ地球は生命に満ちあふれた星になり得たのか。私たちは、それを知りたいのです。

——海洋・極限環境生物圏領域の英語名はInstitute of Biogeosciences、略称はBioGeosです。

北里：生物と地球は無関係ではなく、密接に関係しながら進化しています。その視点を強調するために、生物学（Bioscience）と地球科学（Geoscience）を融合した生物地球科学（Biogeosciences）としました。「生物がどのように誕生し進化してきたか」だけでなく、その背景にある地球の進化も含めて理解することを目指しています。

JAMSTECには、地球環境変動領域（RIGC）や地球内部ダイナミクス領域（IFREE）があります。地球について異なったアプローチをしているグループが同じ研究機関にあることは、大きな強みです。そうした利点を活かし、異分野の研究者たちとも絡み合いながら研究を進めています。

地球の活動と生物の変動の関連を捉えた

——最近、特に注目している研究テーマは何ですか。

40億年前の地球環境と生命の誕生

地球が誕生して間もないころは、マントルが海底付近まで上昇し、マグマが海底に噴出していた。また、海底のあちこちでは、地球内部のエネルギーで暖められ、水素などさまざまな物質を溶かし込んだ高温の海水が噴き出していた。生命はこのような場で誕生したと考えられている
イラスト：本多冬人

北里：巨大地震による海洋生態系の変動と回復過程です。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波によって、周辺の水は大きくかき乱されました。その影響は、深海の生態系にも影響を与えたはずですが、実際、有人潜水調査船「しんかい6500」は2011年夏に震源域である日本海溝の調査を行い、過去の調査では何も見られなかった場所に、バクテリアが大量に繁殖したバクテリアマットが線状に伸びたり広範囲に広がったりしている様子を発見しています。

線状のバクテリアマットは、地震によって海底に亀裂ができてメタンを含む海水が湧出し、そのメタンをエネルギー源とするバクテリアが増殖したものでしょう。広がったものは、流されてきた生物の死骸の上にバクテリアが増殖したのだと思われます。地震という地球の活動と生物の変動が密接に関係していることを、はっきり捉えることができました。

——現在はどのようなになっているのでしょうか。

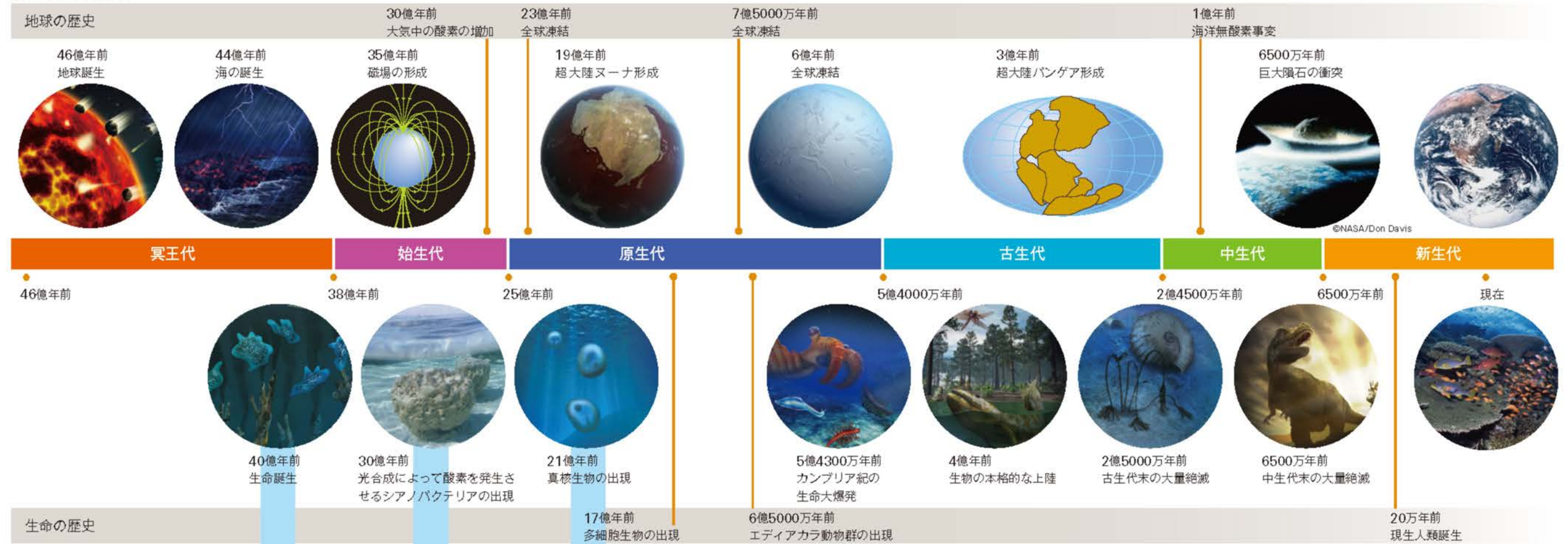
北里：2012年8月、「しんかい6500」によって調べたところ、線状のバクテリアマットは、ほとんど変わっていませんでした。いまま海底からメタンが供給されているのでしょう。一方、広がったバクテリアマットは、なくなっていました。1年で栄養を食べ尽くしてしまったのです。深海では生物の代謝活性は低いといわれていましたが、予想以上に活性が高く、大量の有機物を消費していることが分かりました。

海洋生態系の回復過程を追う

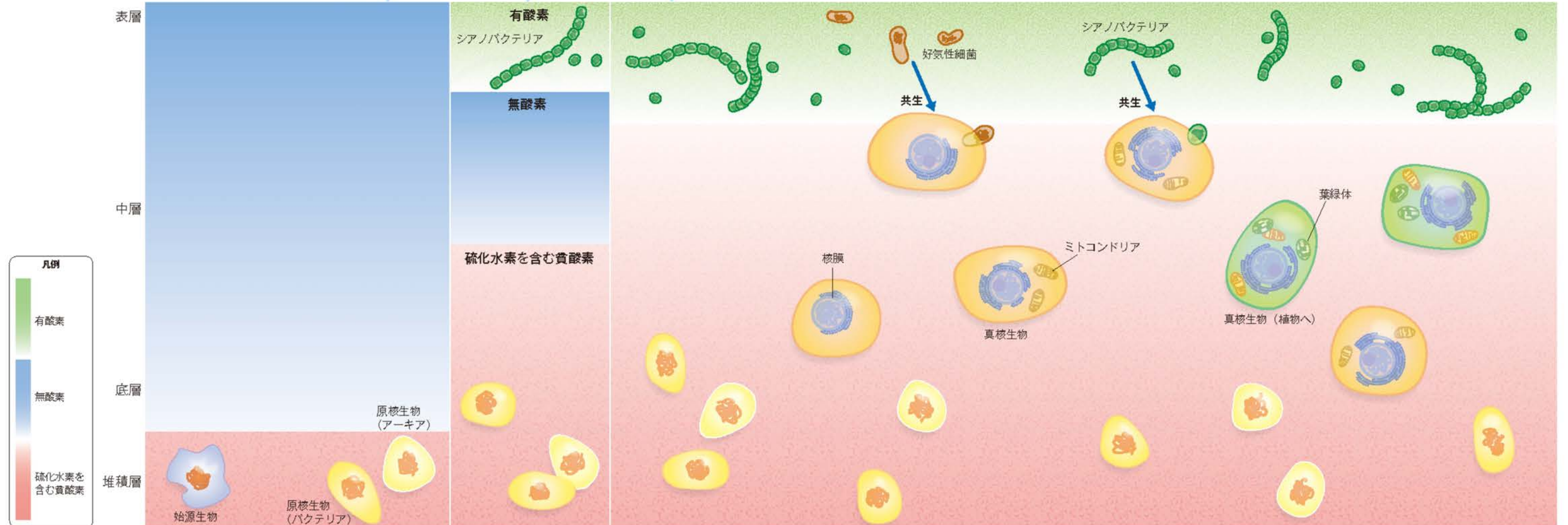
——巨大地震による生物への影響やその後の回復過程を調べ



地球と生物の共進化



生命誕生と原核生物から真核生物への進化



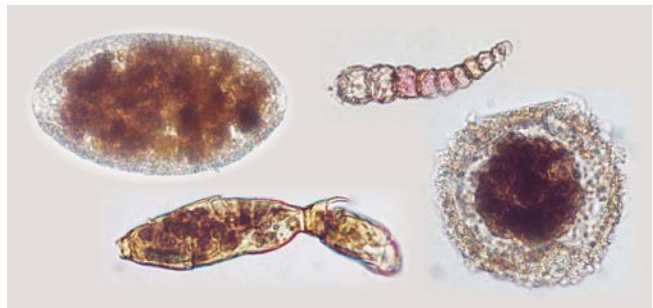


東北地方太平洋沖地震後の深海底
「しんかい6500」が2011年7～8月に震源域である日本海溝の水深約5,300mで撮影。海底の白い変色があちこちで見られ、この写真ではバクテリアマットが長さ2mほどの線状に伸びている。海底に亀裂があり、メタンを含む海水が湧き出ていると考えられる。1年後の調査でも変化がなかった

た例は、過去にあるのでしょうか。

北里：ありません。日本には、深海を調べることができる有人調査潜水船や無人探査機、観測機器があり、研究者がいます。今回、そういう日本のすぐ近くで巨大地震が発生したことで、初めて詳細な調査が可能になったのです。しかし、1～2回ではなく、継続して調べる必要があります。

そのために、文部科学省の東北マリンサイエンス拠点形成事業「海洋生態系の調査研究」が始まっています。東北大学、東京大学大気海洋研究所、JAMSTECが中心となって、日本全国の研究機関の研究者と共に地震や津波が海洋生態系に与えた影響と回復過程を科学的に明らかにし、漁業などの復興



マリアナ海溝チャレンジャー海淵で採取された有孔虫類
2002年、無人探査機「かいこう」によって採取。水深1万897mという超深海にもかかわらず、多数の有孔虫が生息していた。それらの有孔虫は、遺伝子の解析から11億～7億年前に分岐したとても古いグループに属することが分かった

に貢献することを目指しています。

——科学的な解明だけでなく、復興への貢献が目標に掲げられているんですね。

北里：予測を超えた巨大地震や津波、そして原発事故の発生に関連して、科学者に対する社会の目がとても厳しくなり、私たちは科学者の在り方を問い直すことが迫られました。科学者は、これまで研究の世界だけで暮らしていました。しかし、それではいけなかった。科学者も社会と関わることが不可欠なのです。地震・津波による海洋生態系への影響や回復過程の調査研究は、純粋な科学です。しかし、その成果を論文として発表して終わりにするのではなく、その地域に暮らす人々に対して明らかになった情報をきちんとした説明と共に提供する責任が、私たちにはあるのです。

生物の分布から機能の解明へ

——これからの海洋生物学では、どのような研究が重要になるのでしょうか。

北里：2000年から10年間、国際プロジェクト「海洋生物のセンサス」が行われ、世界中の海について、どこに、どの生物が、どのくらい生息しているかが調べられました。そうした生物の分布を調べることは今後も続けていきますが、次の段階として私たちがやらなければいけないのは、生物がどのようにくらしているか、その機能を調べることです。——研究手法も変えていく必要があるのでしょうか。

北里：これまで生物学ではあまり使われていなかった地球科学的な分析手法が必要になってきます。たとえば、元素の同位体を使って物質の移動を追い掛ける手法もその1つでしょう。RIGCやIFREEには、そうした分析が得意な研究者がたくさんいます。その研究者たちと組むことで、いままでの生物学とは異なったユニークな研究ができるでしょう。私は地学の出身で、JAMSTECで最初に所属したのはIFREEの前身である地球内部変動研究センターです。そういう自分のバックグラウンドも活かしたいと思っています。

先端的な生命科学の手法の導入も必要です。さまざまな手法を用いて海洋生物の系統、進化、代謝、機能などを明らかに

マリアナ海溝チャレンジャー海淵調査航海中の北里領域長（中央）
台の上に並んでいるのは採取したカイコウオオソコエビ。カイコウオオソコエビからセルロースを分解する新しい酵素が発見され、バイオ燃料の製造などの応用利用が期待されている



にし、また生物資源としての可能性を探ることが大切です。

南極の石に触って

——この分野に進んだきっかけは？

北里：私が小学1年生のとき、第1次南極観測越冬隊に参加した地質学者の立見辰雄先生が学校に来て、南極の話をしてくれました。立見先生は、私の小学校の先輩でした。そのとき、南極の石に触らせてもらいました。とても興奮しましたね。それ以来、石が好きになったのです。大学では化石を研究しようと思い、東北大学に進みました。

——どのような化石を研究していたのですか。

北里：有孔虫という単細胞生物の化石です。有孔虫の化石を調べると、過去の海洋環境を知ることができます。私が学生だった当時、有孔虫は、どこに生息していて何を食べているかという、生きた生物としての研究はほとんどされていませんでした。それを知りたくて、大学院修了後は、生きている有孔虫の研究も始めました。

——地質学のバックグラウンドを持っている利点は？

北里：地学と生物学という二足のわらじを履いているからこそ、生物を理解するには、その背景にある地球の進化を理解しないといけないと思うようになったのでしょう。異なる方向から物事や現象を見ることができるのは、大きな強みです。私は、高校生までは物理、化学、生物、地学という理科の教科をすべて履修すべきだと考えています。それによって考え方も広がります。本当は、音楽や芸術など科学以外の分野についても知るべきですね。リベラルアーツ教育が大切です。

原核生物から真核生物への進化の現場を捉える

——今後、どのような研究を進めたいとお考えですか。

北里：知りたいのは、なぜ地球が生命に満ちた惑星になったのか、その理由です。2013年1月から約1年をかけて「しんかい6500」とその支援母船「よこすか」が、世界一周航海「QUELLE 2013」を行っています。熱水噴出域や冷水湧水域、超深海などを調査し、生命の起源と初期進化を探ることを目指しています。そこでの主役は、バクテリアなど核を持

たない原核生物です。一方、ヒトは核を持つ真核生物です。「QUELLE 2013」の次は、いつ、どのように原核生物が真核生物へ進化したのかを明らかにしたいと思っています。——原核生物から真核生物への進化は、どのように起きたと考えられているのですか。

北里：約30億年前にシアノバクテリアが出現し、光合成によって酸素を大量に放出した結果、大気中にも海中にも酸素が増えていきました。それまでの生物の多くは硫化水素やメタンなどをエネルギー源としており、酸素は生物にとって毒でした。しかし、海水中の酸素が増えるに従って、酸素を利用できる原核生物が誕生しました。従来型の原核生物は、酸素を利用できる原核生物を細胞のなかに取り込むことで、酸素に富む環境に適応していきました。そうした原核生物同士の共生によって真核生物が誕生したと考えられています。——真核生物への進化を探るには、どのような場所を調査すべきなのでしょう。

北里：硫化水素に富む海水と、酸素に富む海水が接している場所です。黒海や紅海、メキシコ沖などいくつかが知られています。そうした場所を次々と調査していく世界一周航海「QUELLE 2018」を提案しています。海水が硫化水素に富んでいるので、有人ではなく、無人探査機を使うことになるでしょう。しかし、ドイツが黒海で無人探査機による調査を行っています。1回の潜航が終わると硫化水素によって機体が真っ黒になってしまいます。JAMSTECの無人探査機は硫化水素対策をしていません。原核生物から真核生物への進化の現場を調査するには、技術開発が必要になります。

深海から宇宙へ

——20～30年後、海洋生物学の研究はどのように進んでいると思われますか。

北里：深海や海底下など極限環境における生命の研究は、宇宙における生命の研究へとつながっていくことでしょう。それをやるのは、私ではなく、若い研究者たちです。すでにさまざまな研究提案が出されています。深海の研究が宇宙へつながる。私も、とても楽しみでワクワクしています。

渡邊國彦

地球シミュレータセンター
センター長

シミュレーションの 世界を広げ 明日の社会に役立つ 情報を発信する

撮影：藤牧徹也

わたなべ・くにひこ。1952年、大阪府生まれ。名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了。名古屋大学プラズマ研究所研究員、カリフォルニア大学地球物理惑星物理研究所助手、広島大学核融合理論研究センター助教授、核融合科学研究所教授などを経て、JAMSTEC地球シミュレータセンタープログラムディレクター。2009年より現職

3.11の教訓——社会に役立つ情報発信

——東日本大震災（以下、3.11）の後、文部科学省から緊急要請があったそうですね。

渡邊：事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所から放射性物質がどのように海洋へ拡散していくか、シミュレーションで予測することが求められました。JAMSTECでは、特に沿岸部の拡散予測に重要な、海底地形の詳細なデータを入れて計算を行いました。また、文部科学省の要請を受けて事故後の3月下旬から福島沖に研究調査船を派遣し、海洋中の放射性物質の観測を行いました。その観測データによりシミュレーション結果を検証しながら予測精度を向上させました。

——地球シミュレータセンター（ESC）には、そのような緊急要請に対応する体制があったのですか。

渡邊：なかったことが問題でした。海洋拡散のシミュレーションは、海流の計算などを行っているグループが急きょ対応しました。今後は、さまざまな要請に対応し、情報の出し方を統括する組織を設けて、社会に役立つ情報を発信できる組織にしていける必要があります。そのための検討部会を立ち上げ、報告書をまとめたところで。

——どのような課題がありますか。

渡邊：情報発信の表現方法について大いに反省しました。私たちの行っているシミュレーションのほとんどが、その研究分野でしか解釈できない表現形式になっていました。シミュレーション結果は学会や論文として発表していますが、ほかの分野の研究者たちが活用して社会に役立つ形式になっていなかったのです。

たとえば、海水温やプランクトン分布のシミュレーションを、水産関係の研究者に利用してもらい、漁業などに役立てるといった意識が不十分だったのです。利用する側がすぐに解釈できるように説明を付けた上で、分かりやすい形式で表現する必要があります。

また、シミュレーションの予測には、不確実性が伴います。そのような予測をどのように発表していくのか、とても難しい課題です。

地球シミュレータセンター（ESC）

スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を駆使して、より信頼のおける、より実用になった未来予測が可能なシミュレーション技術を世界に先駆けて開発し、安全・安心な社会の実現と、人類の持続的な豊かさに貢献することを目指す

明日の社会に役立つシミュレーション

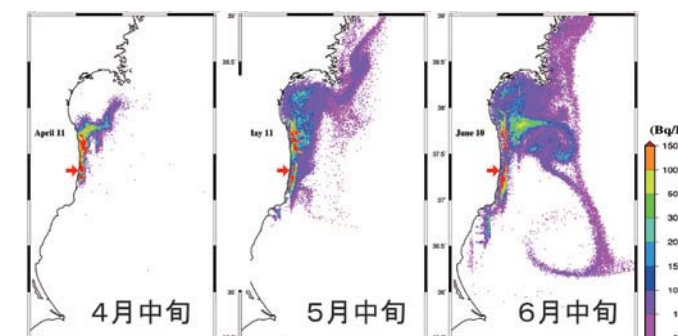
——特に、防災に役立つシミュレーションが求められていますね。

渡邊：たとえば、2011年8月に発生した台風12号が紀伊半島にとどまって集中豪雨をもたらし、深層崩壊と呼ばれる大規模な土砂崩れを引き起こして大きな被害を与えました。大型台風の進路予測が難しいのは、「非線形」現象だからです。台風の進路は周囲の気圧配置で決まります。ただし台風そのものが低気圧なので、大型台風は周囲の気圧配置を変えながら移動します。小型台風は周囲に影響をほとんど与えない「線形」現象なので予測しやすいのですが、防災にとって重要なのは非線形の動きを見せる大型台風です。そのような非線形現象を予測できる唯一の手段が、シミュレーションです。

私たちは台風12号がなぜ紀伊半島にとどまったのか分析するためにシミュレーションを行いました。紀伊半島にとどまり多量の雨を降らせる様子は再現できましたが、実際よりも、とどまっていた期間が短くなりました。

——その原因は何ですか。

渡邊：私たちは気象庁関連の業務センターが発表する100km四方ごとの観測データに基づきシミュレーションを行いました。そのデータ精度が粗かったことが原因だと考えられます。シミュレーションを行うとき、空間をメッシュに区切って計算を行います。以前はそのサイズがとても大きかったのですが、最近では計算機の高速化により、観測の精度を追い越してい

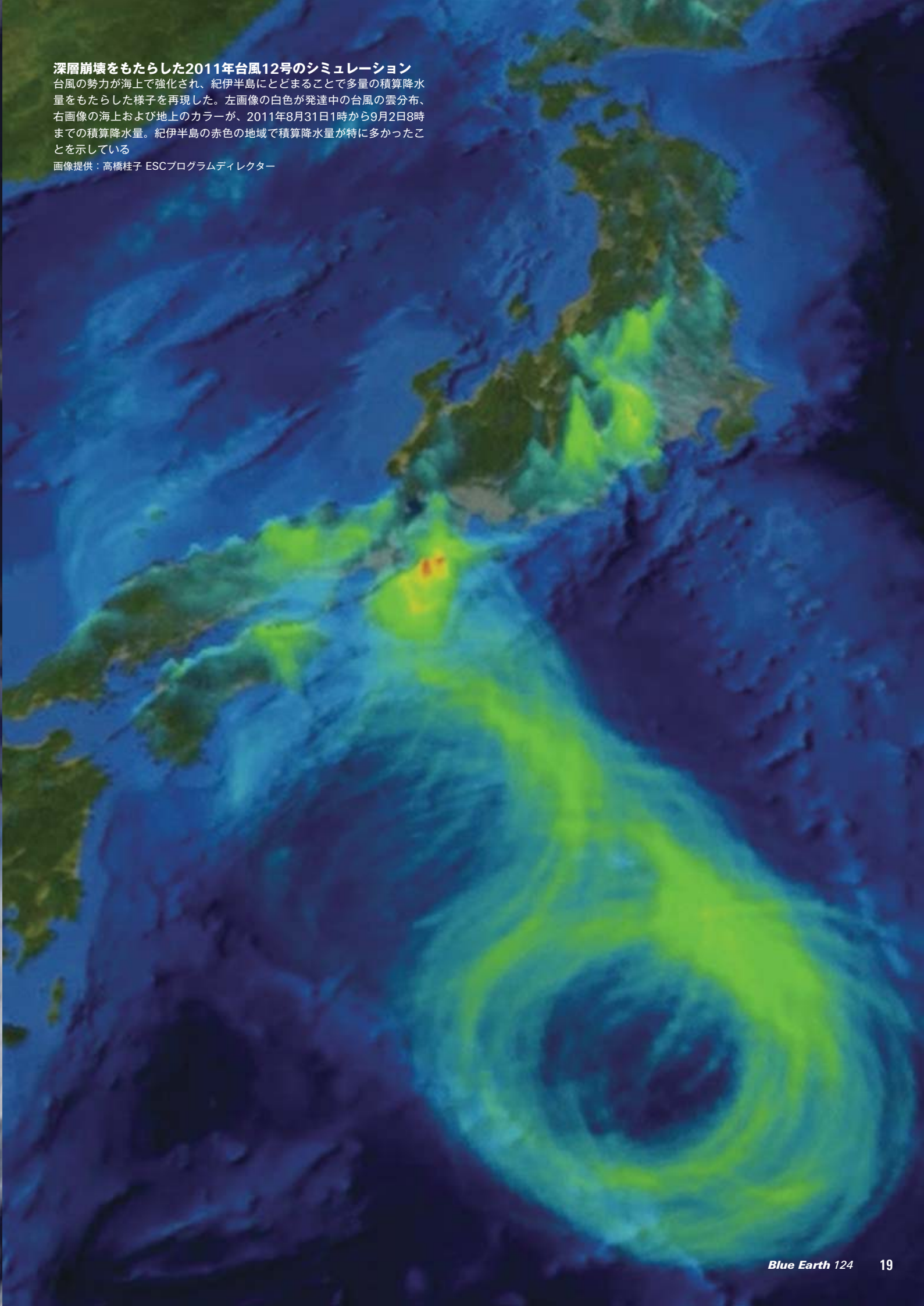


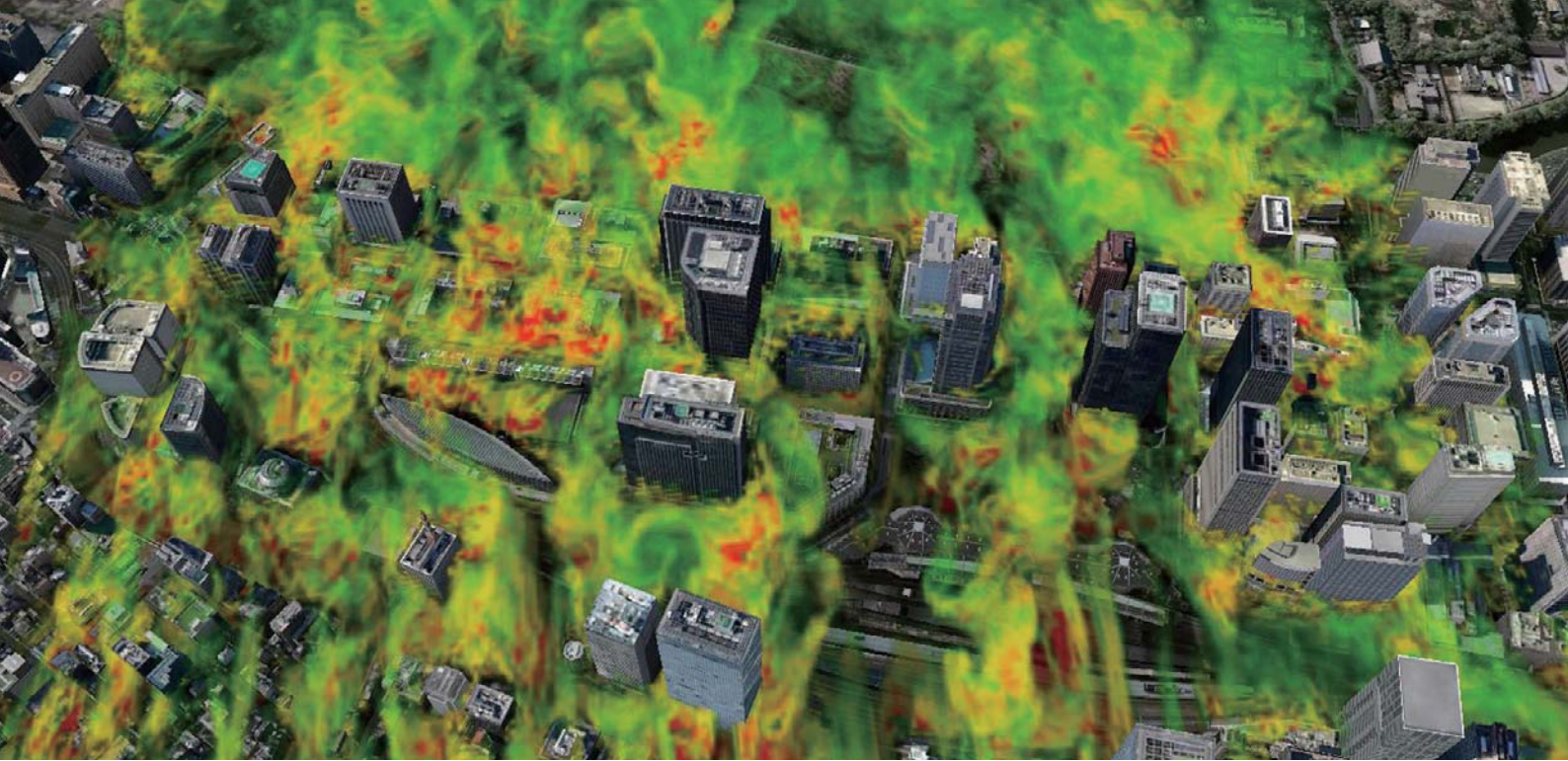
3.11後の放射性物質の海洋拡散シミュレーション

海洋の表層と深層では異なる物質拡散のメカニズムを考慮に入れたモデルにより、福島第一原子力発電所（赤い矢印）からの放射性物質の海洋拡散を高精度に予測した 画像提供：高橋桂子 ESCプログラムディレクター



深層崩壊をもたらした2011年台風12号のシミュレーション
台風の勢力が海上で強化され、紀伊半島にとどまることで多量の積算降水量をもたらした様子を再現した。左画像の白色が発達中の台風の雲分布、右画像の海上および地上のカラーが、2011年8月31日1時から9月2日8時までの積算降水量。紀伊半島の赤色の地域で積算降水量が特に多かったことを示している
画像提供：高橋桂子 ESCプログラムディレクター





2005年8月5日15時ごろの
東京駅周辺の温度分布予測
ビルの高さや形状、道路、車やビ
ルのエアコンから排出される熱な
どの情報を入力し、大気の状態を
5m四方ごとに計算して気温分布
を予測した
画像提供：高橋桂子 ESCプログラム
ディレクター

ます。観測とシミュレーションの精度が共に向上することにより、大型台風の進路をより正確に予測して、事前に集中豪雨などの警報を的確に出すことができるようになるでしょう。

また地球温暖化の予測も、100年後の遠い未来だけでなく、近未来の予測に力を入れ始めています。社会の要望が高いのは、来年どうなるか、自分の住む街が明日どうなるかです。

ESCでは、都市部の温度分布を詳細に予測するシミュレーションを行っています。それは都市部の気温が上昇するヒートアイランド現象の原因解明だけでなく、都市設計の専門家に活用してもらうことで対策に役立つはずです。そのような明日の社会に役立つシミュレーションを開発するために、私たちは研究を行っています。

——ESCでは、2009年にシステムを更新した「地球シミュレータ」とともに、2012年に共用が開始された「京」コンピュータを使ったシミュレーションも進めていますね。

渡邊：私たちが「京」で行っているシミュレーションのほとんどは、「地球シミュレータ」で開発したプログラムによるものです。「地球シミュレータ」はベクトル型、「京」はスカラ型と、タイプが異なります。気象・気候などの地球科学には「地球シミュレータ」が向いています。また、もう少し計算時間があれば成果が出るといったときや緊急要請があった場合に、「地球シミュレータ」はJAMSTECの裁量で臨機応変に運用することができます。新しいプログラムを「地球シミュレータ」で開発し、それを使ってより狭いエリアごとの詳細な予測を行うための超大規模計算は、計算速度の速い「京」を用いる、といった使い分けをしています。

——今後、どのようなシミュレーションが可能になりますか。

渡邊：JAMSTECでは、ある規模の地震と津波に襲われたとき、各地域の建物がどの程度の被害を受けるのか、シミュレー

ションを行い、防災に役立てる取り組みを進めています。

まだ難しいのは、現地対策本部をどの場所に設置すれば、物資の補給ラインを確保して各方面に的確に指示を出せるのか、といったシミュレーションです。それには、地震や津波で、それぞれの道路がどの程度被害を受け、人々が避難することで道路状況がどうなるのかを予測する必要があります。人々がどのように避難するか、人間の心理・行動も取り入れたシミュレーションは、まだ難しいのです。私たちは、そのような現在ではまだシミュレーションが難しい現象について、「地球シミュレータ」を駆使して、こうすれば実現できるという新しい手法、取っ掛かりを見いだすことを目指しています。

問題を解く手法を見つける面白さ

——子どものころから、地球科学に興味があったのですか。

渡邊：ラジオ製作など、ものづくりが好きでした。高校時代はちょうど70年安保の時期で、大規模なデモを組織したりしていました。そのため内申書は、積極性やリーダーシップはAですが、倫理観・道徳観はC評価でした（笑）。

やがて京都大学理学部の物理学科へ進み、原子核理論を学びました。さらに名古屋大学大学院で非線形物理学を専攻しました。学位を取った後、名古屋大学プラズマ研究所でプラズマ物理の研究を始めたころから、シミュレーションに取り組みました。ただし、その研究環境になじまず、2年ほどで退職しました。

——どうするつもりだったのですか。

渡邊：小料理屋を始めようと出資金を集めました。ただし、調理師免許試験まで半年間ありました。そのとき、名古屋大学のときの知り合いだった佐藤哲也さん（ESC前センター長）から、「その半年間、米国で研究を手伝わないか」と誘われて、渡米しました。ところが契約書を見たら雇用期間は最低2年

間。佐藤さんにだまされたのです（笑）。米国ではオーロラを形づくるプラズマの研究などを進めました。

3年後に帰国し、シミュレーション・プログラムの開発を請け負うコンサルタント会社を立ち上げました。その後、広島大学や核融合科学研究所で核融合や宇宙、半導体製造などで使うプラズマのシミュレーション研究を進めました。

——研究のやりがいは。

渡邊：私は研究テーマには、こだわりがありません。新しい問題を解く手法を考えることが好きなのです。そして、その取っ掛かりをつくることができたなら、続きの研究はせず、次の新しい問題に取り組みます。

曖昧なシミュレーション

——最近、どのような問題に取り組みましたか。

渡邊：シミュレーションの開発が最も遅れているのは、遺伝子・生態系や社会・経済関連のテーマです。東京工業大学准教授の高安美佐子さんから相談されて、経済シミュレーションのアイデアを提案しました。それは約100万社の取引データから企業ネットワークを分析するシミュレーションです。普通の手法では、100万×100万の組み合わせを計算するのですが、それでは計算量が膨大なものとなり、条件をさまざまに変えて予測することが難しくなります。

そこで私は、原子・分子や天体のシミュレーションで使われる分子動力学という手法を適用して、それぞれの企業を粒

子に置き換え、取引が盛んな企業同士は引き付け合う、取引のないものは反発するという設定を提案しました。高安さんたちがそのアイデアに基づくシミュレーションを開発したところ、企業ネットワークを視覚的に捉えることができました。ある企業が倒産した場合の影響も、それに対応する粒子を取り除くことで、それぞれの粒子が動いて、新しいネットワークの姿を予測することができます。

——よい手法がまだ見つからないテーマもありますか。

渡邊：いま、遺伝子・生態系に関する相談を受けています。JAMSTECでは地球深部探査船「ちきゅう」により下北八戸沖の石炭層を掘削して、海底下生命圏の探査を行いました。深い地層の試料ほど年代は古くなります。各地層の試料に含まれるさまざまな微生物の遺伝子データなどから、ある年代の環境と微生物のタイプを再現し、さらに将来、環境が変わったときの微生物のタイプを予測できないか、という相談です。しかし掘削試料から得られたデータが少ないので、どうすれば実現できるか、まだよいアイデアが浮かびません。

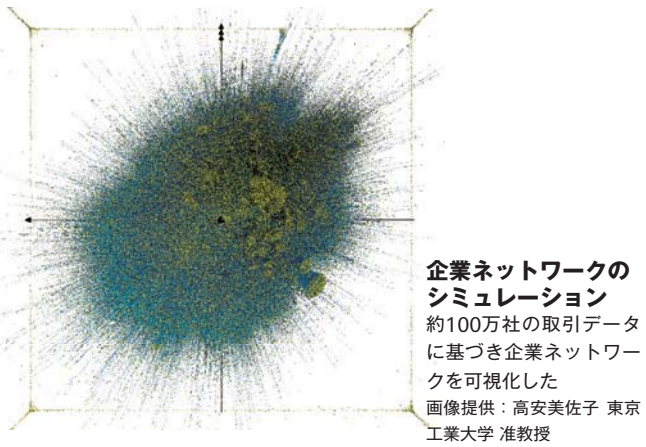
遺伝子・生態系や社会・経済関連のテーマと関わるのですが、私がESCセンター長の立場を超えてライフワークとして取り組んでいるのが、「曖昧なシミュレーション」です。

——従来のシミュレーションとは、何が異なるのですか。

渡邊：現在のシミュレーションの対象は、現象の動向を記述する方程式が書けるものに限られます。その方程式に入れるべきデータがそろっていれば、予測として1つの答えを導き出せます。

ただし社会や経済、自然界には、データはたくさんあっても、方程式が書けない現象がたくさんあります。経済に関するデータは豊富ですが、ある経済政策を実施した場合、次の経済動向がどうなるか予測する方程式がつかれません。ところが、次に起きることには、おおよその傾向が見られます。

そのような方程式がうまくつけれない現象もシミュレーションの対象に加え、曖昧さはあっても、おおよその傾向を予測することを目指しています。それが、曖昧なシミュレーションです。シミュレーションの世界を広げて、明日の社会に役立てたいのです。



企業ネットワークの
シミュレーション
約100万社の取引データ
に基づき企業ネットワー
クを可視化した
画像提供：高安美佐子 東京
工業大学 准教授

根源的な問いに挑み、 海から未来を開く

平 朝彦

海洋研究開発機構
理事長



撮影：藤牧徹也

たいら・あさひこ。1946年、宮城県生まれ。東北大学理学部卒業。テキサス大学ダラス校大学院博士課程修了。高知大学助手、東京大学海洋研究所教授などを経て、2002年、海洋科学技術センター（現・JAMSTEC）地球深部探査センター長。JAMSTEC理事を経て、2012年4月より現職。専門は海洋地質学

ポスト3.11の社会に貢献する

——2012年4月に理事長に就任されました。どのような取り組みを進めてきたのですか。

平：皆さんと議論を重ね、新しい長期ビジョンを策定しました。JAMSTECでは、2008年に長期ビジョンを定めましたが、この間、東日本大震災（以下、3.11）が発生し、JAMSTECがポスト3.11の社会にどのような貢献ができるのかを示す必要がありました。

——理事長は、3.11をどのように受け止めましたか。

平：私は仙台市の出身です。長期ビジョンの冒頭で、子どものころに訪れた荒浜海岸の記憶と、3.11の巨大津波で変貌したその姿に触れました。

津波（tsunami）は国際語にもなっていて、私たちは津波のことをよく知っている、特に三陸沿岸では十分な備えもしている、と思っていました。ところが3.11の巨大津波により多数の犠牲者が出ました。私たちの津波に対する認識は低かった。いまの技術を使えば、正しい警報をいち早く出して、多くの命を救えたのではないかと、忸怩たる思いです。

日本は海洋国家として海から恩恵を受けるとともに、恐ろしい災害も被ってきました。私たちは海をどれだけ理解していたのか。「日本こそが、世界において、海洋研究をリードすべき国であり、また、それが日本の使命でもある。日本の立国は海洋に基礎を置くべきであり、その未来もまた、海洋から開けるに違いない」という私の思いを、長期ビジョンの冒頭に記しました。

——具体的な研究課題やアプローチに触れる前に、新しい海洋立国の姿が示されています。

平：JAMSTECの長期ビジョンを定めるには、まずあるべき海洋立国の姿を描き、そこへ向けてJAMSTECがどのような貢献ができるのかを示す必要があります。海洋科学技術に基礎を置いた日本の新たな姿とはどのようなものか、15年後のイメージを描きました（次ページ参照）。

海洋あるいは海底下の生物資源を利用したバイオテクノロジーによる新産業の創出、海底鉱物資源やメタンハイドレートなどのエネルギー開発、災害に強い社会などの姿を記して

2013年に発表した
「JAMSTEC長期ビジョン」
<http://www.jamstec.go.jp/j/about/vision/index.html>



います。その実現のために重要なのは、これまでの研究成果を踏まえて、海洋・地球・生命の統合的理解に挑み、誰も考え付かなかった新分野を切り開くことです。それがブレークスルーをもたらし、海洋立国への近道となります。

そして海洋・地球・生命の統合的理解をもとに、さまざまな時間・空間スケールで人類の活動の影響を含めた地球環境の未来予測を行っていきます。自然を理解するだけでなく、国の在り方や人類の生き方の指針となる未来予測を示すことを目指します。

海洋・地球・生命の統合的理解

——海洋・地球・生命の統合的理解とは、具体的にどのようなことですか。

平：たとえば3.11後の4月15日に、私たちは震源域である日本海溝に海洋地球研究船「みらい」を派遣し、海底付近の海水から高濃度のメタンを検出しました。そこには、海底下深部に由来するメタンが含まれていることが分かりました。JAMSTECでは、地震による断層の高速すべり運動の再現実験を行い、そのときに発生する水素濃度を測定しました。3.11のマグニチュード9という巨大地震の断層すべりにより、大量の水素が発生したはずで、海底下には、水素を栄養源とするメタン生成菌が生息していることが知られています。巨大地震で発生した大量の水素がメタン生成菌によってメタンに変換され、それが断層に沿って海中へ放出された可能性があります。地震は海底下生命圏に栄養を供給する重要なイベントであるらしいことが分かり始めたのです。新エネルギーとして期待されるメタンハイドレートの一部も、そのようにしてつくられたメタンが氷状物質となって閉じ込められて蓄積したものかもしれません。

また、3.11の巨大津波により大量のがれきが海に流され、それらが太平洋を横断して北米大陸西岸へ向かいました。そのがれきに乗って日本近海のワカメなどが漂着し、現地の生態系に大きな影響を与えると懸念されています。さらに、深海底に沈んだがれきが、深海生物の新たな移動経路をつくっているかもしれません。



海洋立国の新たな姿

「JAMSTEC長期ビジョン」より

科学技術に基礎を置いた海洋立国日本の新しい姿とは、どのようなものであろうか。15年後の姿として、たとえば、次のようなイメージを描くことが可能である。

- 海中から深海底、そしてさらにその下（地殻）に生存する生物を利用したユニークなバイオテクノロジーにより、新薬、新酵素など有用な物質をつくり出し、これによる新たな産業が起こり、経済を推進する原動力の1つとなっている。
- 海底鉱物資源の成因や産状に関する科学的な理解が進み、大規模な鉱床が発見され、実用開発、商業生産が始まっている。併せて、環境負荷低減技術、環境保全指針が確立され、わが国が世界にその規範を示し、海底鉱物資源開発で世界を主導する立場にある。
- 海洋再生可能エネルギー、非在来型炭化水素エネルギー（メタンハイドレート、海底シェールガスなど）の新たなエネルギー開発・利用に関する優れた技術を生み出し、その技術力を活かして、日本周辺海域のみならず、海外においても活発な活動を展開している。
- 気候変動における季節予測の信頼性が向上し、社会活動や生活の基盤情報として広く利用されている。さらに海洋の状況を近未来も含めて把握・提供するシステムが構築され、水産資源の育成や管理、海運の安全、海洋レジャーなどに広く活用されている。
- 自然災害、特に地震・津波を監視する観測網が国内外に構築され、それにより減災に向けた情報をリアルタイムに流通させるシステムが実用化されている。また、自然災害に関する教育が進み、国民の防災・減災意識が向上し、社会の安全・安心を確保するための備えが整備された災害に強い社会が実現されている。
- 海洋・地球・生命の科学的理解が一段と向上し、各種の数値モデルが社会の各所で利用されるようになる。その知見が、さらなる科学の推進、技術開発、産業利用、次世代の育成のための教育啓発、すなわちイノベーションへ貢献している。
- 海洋に対する国民のリテラシーが向上し、海中・深海観光や海洋情報利用などの多様な海洋関連産業や海洋環境保全活動などが展開されており、海洋から国民の福祉向上と、健康的な生活に資する生態系サービスが提供されている。

さらに、これらの実現を通して、海洋に基礎を置いた豊かな国家モデルが提示され、その恩恵を国民が享受し、わが国が世界における海洋立国の規範となっていることが期待される。

写真：JAMSTEC長期ビジョンより

このように巨大な地震や津波は、海洋・地球・生命に大きな影響を与えるのです。しかし、その実態はよく分かっていません。まさに海洋・地球・生命の統合的な理解が必要です。

フロンティアを開く4つの技術

——海洋・地球・生命の相互作用には、まだよく分かっていないことが数多く残されているのですね。

平：人類が深海を本格的に探査できるようになったのも、最近のことです。海洋・地球・生命の統合的理解には、フロンティアを切り開く技術が必要です。私たちは長期ビジョンに続き、技術のロードマップを策定するために、いま議論を続けているところ です。

——どのような技術が議論に上っていますか。

平：私は4つの技術が必要だと考えています。1つ目は、ある海域を集中観測するために、数百台規模の自律型探査ロボット（AUV）を運用するシステムです。たとえば、巨大台風が発生・発達する海域を網羅的に観測することで、進路予測を行い、防災に役立てることが出来ます。

2つ目は、ケーブルを用いたリアルタイムの海洋・海底下観測・実験システムです。JAMSTECでは、紀伊半島沖の東南海地震の震源域に地震計や津波計をケーブルでつないだ地震・津波観測監視システム（DONET）を設置し、運用しています。そのようなケーブルを基盤としたシステムは、地震や津波に限らず、海洋や海底下の物理環境や生態系などさまざまなリアルタイム観測に有効です。さらに、海底下に設けた実験室をケーブルで結んで実験結果をリアルタイムでモニターしたり、ケーブルで電力を供給して海底ロボットを動かシレアースが含まれる泥を採取するといった資源開発に利用したりすることもできるでしょう。

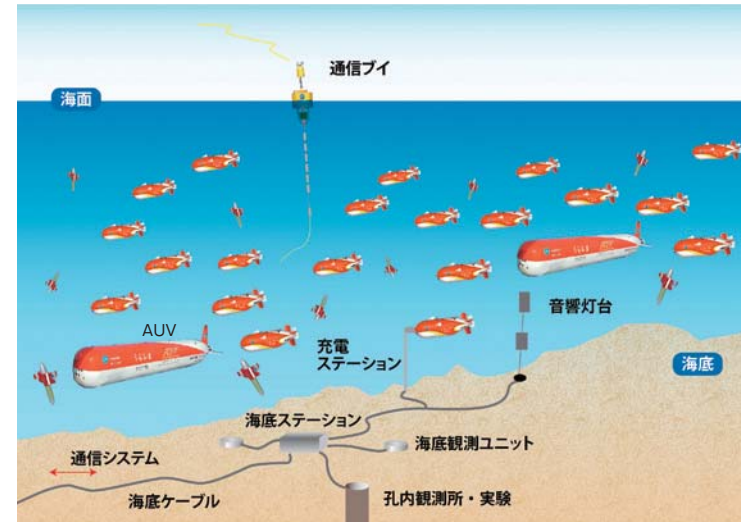
3つ目は、新しい有人潜水調査船です。人が感性を生かして深海を観察することで、新しい海洋観を築いてきました。JAMSTECでは「しんかい2000」と「しんかい6500」により中層と深層を調査してきました。新しい有人潜水調査船も、水深2,000mくらいまでの中層と、さらに世界最深部1万1000mまで潜ることのできる、2つのタイプが必要です。従来の有人潜水調査船は、小さな窓から深海をのぞいてきまし



写真：JAMSTEC長期ビジョンより



ケーブルを用いたリアルタイムの海洋・海底下観測・実験システムと、数百台規模のAUV運用システムのイメージ



たが、中層・深層いずれのタイプも人が乗り込む部分を透明球にして、広い視野で深海を観察できるようにしたいと思います。そして中層タイプは生物などを追跡することができるスピード、深層タイプは世界最深部で長時間の調査ができる能力が求められます。

最後の4つ目は、マントル掘削です。

——人類未踏のマントル層の掘削は、地球深部探査船「ちきゅう」の大きな目標ですね。

平：ただし、1カ所を掘削しただけでは、マントルのことを理解できません。マントル最上部と海洋地殻は、プレートと呼ばれるかたい岩板になっています。プレートは、高温のマントル物質が上昇する海嶺で生まれ、移動し、海溝で地球内部へ沈み込みます。そのプレートの誕生から沈み込みまで、海洋あるいは海底下生命圏と物質をやりとりしながら海洋地殻やマントル最上部の状態は変化していきます。その変化したものが海溝で沈み込むことにより、地震や火山活動を引き起こすとともに、地球内部の状態を変えていきます。その過程にはまだ分かっていないこと、未踏領域がたくさん残されています。ですから、プレートの各段階、少なくとも数カ所を掘削しなければ、マントルを理解することはできません。海嶺では高温が、海溝では深い水深が掘削の大きな障害となりますが、マントル掘削を日本の冠たる技術として発展させるために、高い目標を設定すべきです。

全職員が根源的な問いに挑む研究所に

——海洋・地球・生命の統合的理解を推進するために、JAMSTECをどのように運営していきますか。

平：国際的な視点で世界と連携しながら研究を進めることが重要です。先日、世界の研究機関のトップクラスの研究者たちに、新しい長期ビジョンとJAMSTECの体制や活動を評価していただきました。そして、長期ビジョンは素晴らしいが、現在進めている個々の研究をどのように長期ビジョンの目標



につなげていくか戦略的に検討すべきだ、とアドバイスをいただきました。

最も大切なことは、私たちが共通する意識を持つことです。そのためにJAMSTECの全職員に長期ビジョンを記した冊子を配布しました。常に長期ビジョンに立ち返り、またそれを定期的に見直していくことが必要です。

海洋・地球・生命の統合的な研究を進めていくことは、「海洋とは何か」「地球とは何か」「生命とは何か」、そして「人間とは何か」という根源的な問いの答えを模索することにほかなりません。それは、研究者だけでなく、経営陣はもちろん技術・事務系職員、さらには関連企業の方々を含め、全員で取り組むべきことです。

——技術・事務系職員が研究者をしっかりと支援していくことが大事になりますか。

平：そういう一方的な関係ではありません。サイエンスが根源的な問いの答えを模索する唯一の手法ではなく、いろいろな方向からのアプローチが必要です。研究者だけが根源的な問いに取り組み、技術・事務系職員はそれを一方的に支援するという関係ではなく、全職員が根源的な問いに挑む意識を持ち、日々の仕事に取り組もう、と呼び掛けています。

私は職員の皆さんへ話をするとき、2つの言葉をよく引用します。1つは、アップル社の創業者の1人であるスティーブ・ジョブズ氏の「独創的な技術は、リベラルアーツ（教養）への憧憬と人類愛に基づく」です。根源的な問いに挑むことは、まさにリベラルアーツへの憧憬に基づきます。そして私たちの仕事のモチベーションも、人類の幸福に貢献するという人類愛が源泉です。

——もう1つの言葉とは何ですか。

平：ソニーの創業者の1人である井深 大 氏が会社設立の目的として記した「自由闊達にして愉快なる理想工場の建設」です。JAMSTECを、独創的な発想で未踏領域に挑む、自由闊達にして愉快なる研究所にしていきたいのです。 **BE**

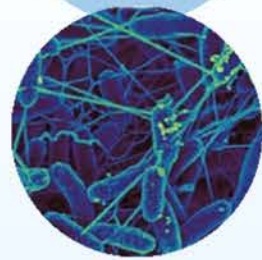


図1 極限環境に生息する微生物

微生物には、私たちが心地よく住める環境と同じような環境に生息している一般微生物のほかに、高温や低温、高压、強酸性や強アルカリ性など極限的な環境に生息している極限環境微生物がいる

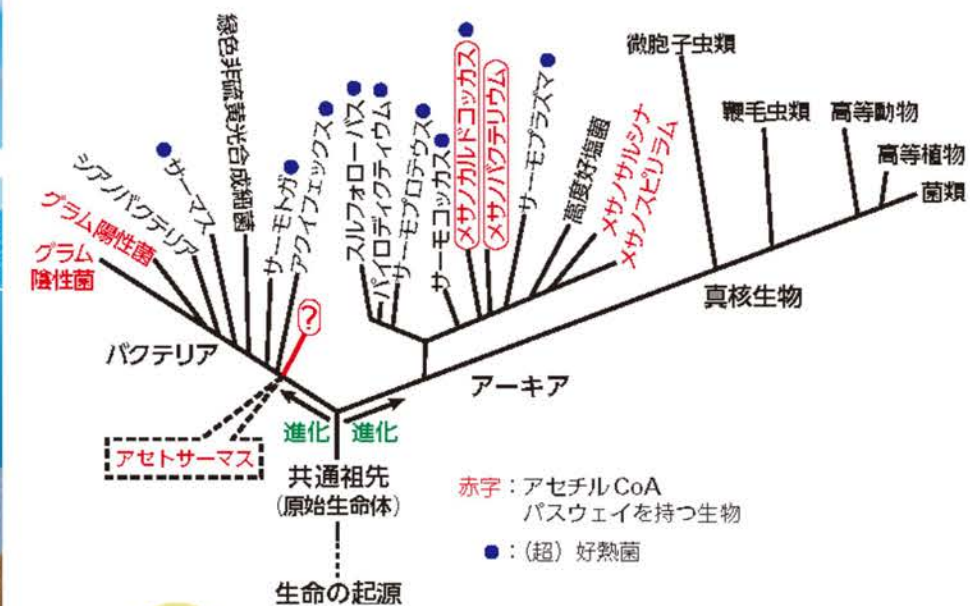


図2 リボソームRNA遺伝子を用いた生物の進化系統樹

生物の共通祖先に近いところに好熱菌が多いことから、生物の共通祖先は、温度の高い環境に生息していたと考えられている。共通祖先に近くアセチルCoAパスウェイを持つ種は(赤字丸囲み)、アーキアでは見つかったが、バクテリアでは見つかったいなかった

環境微生物の秘めたる能力を探る メタゲノム研究の最前線

2012年12月15日 第158回地球情報館公開セミナーより

地球にはさまざまな環境があり、身近な環境から想像を絶する過酷な環境にまで微生物は存在しています。それらの微生物は、私たちと同じように環境に応じた社会を形成しています。しかし微生物は、顕微鏡で見ることができても、そのほとんどが培養できないため、実態はよく分かっていません。微生物社会の秘められた能力を探る新しい方法がメタゲノム解析です。メタゲノム研究の最前線を紹介します。

%の微生物は培養できません。それは、共生や寄生など複雑な微生物の社会を再構成できていなかったり、まだ私たちが知らない微生物の生息条件があったりするからでしょう。私たちは、何とかそこを埋めていこうとしています。



海洋・極限環境生物領域
深海地殻内生物圏研究プログラム
環境メタゲノム解析研究チーム
チームリーダー

高見英人

たかみ ひでと。1959年、富山県生まれ。博士(工学)。東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了。東田工業株式会社総合研究所研究員、ミシガン州立大学微生物生態学センター博士研究員を経て、1995年、海洋科学技術センター(現・海洋研究開発機構)研究員。同グループリーダー、カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員などを経て、2007年より現職。専門はゲノム科学、環境微生物学、生物情報学

微生物はどこにいる？

微生物は、どこにいますか。微生物は、空気中にもたくさんいるし、皆さんの皮膚、口や胃、腸など体のなかにもいます。また、納豆やヨーグルト、みそ、漬物などの発酵食品には生きた微生物が入っていて、私たちはそれを食べています。一般的な微生物は、私たちが心地よく住める環境と同じような条件で生育しているのです。

一方、私たちが住めない極限的な環境でなければ生息できない微生物もいます(図1)。そのような極限環境微生物は、マイナス10℃の極低温や120℃の超高温、pH0の強酸性やpH12.5の強アルカリ性、水深1万1000mに相当する1,000気圧でも生息できるものがあります。私たちにとっては毒である石油やメタン、トルエン、ベンゼンなどを栄養源として摂取しているものもあります。私たちは呼吸に酸素や硝酸を使っていますが、極限環境微生物

のなかには硫黄や硫酸、鉄、二酸化炭素を使う変り者もいます。また一部の微生物は、大腸菌の致死量の100倍以上の放射線を当てても死にません。乾燥にもとても強いです。南極や、地球で一番深いマリアナ海溝チャレンジャー海淵、アルカリ性の強い湖、塩湖、温泉、砂漠、地下深部……。極限環境微生物は、そのような場所にもいます。つまり、微生物は地球のあらゆるところにいるのです。

どうやって生きている？

微生物は、どのように生きているのでしょうか。ヒトは食べ物を食べないと生きていくことができません。生育に必要な栄養やエネルギーを自分でつくりだすためです。微生物には、栄養やエネルギーを、二酸化炭素など環境中の無機物から自分で合成できるものがあります。それを「独立栄養型」といいます。

一方、ヒトと同じように、栄養やエネ

ギーを自分で合成できず、環境中から取り込まなければ生きていけない微生物もいます。それを「従属栄養型」といいます。従属栄養型のなかには単独で生育できるものもありますが、ほかの微生物の力を必要とするものもあります。その1つは、ほかの生物と一緒にいて助けを借りることで生きている微生物で、その関係を「共生」といいます。共生は互いにメリットがあり、共存共栄の関係です。もう1つは、ほかの生物に一方的に依存している微生物で、そのような関係を「寄生」といいます。寄生は、一方にしかメリットがありません。

微生物は、さまざまな種類が助け合ったり敵対したり、環境条件に応じて社会を構成しています。微生物は1匹では生きられません。人間社会と同じです。

培養できる微生物は1%以下

私たちの仕事は、環境中にどのような微生物がいて何をしているのかを調べる

ことです。そのなかから、私たちの暮らしに役立つ微生物を探します。

まず、さまざまな環境から微生物を含む泥や水を探取してきます。採取してきた泥や水を顕微鏡で調べると、さまざまな微生物がたくさん見えます。それらを詳しく調べるには、微生物を1匹ずつ分離して培養し、数を増やす必要があります。しかし、顕微鏡でたくさんの微生物が見えていても、分離して培養できるのはわずか1%以下です。

私たちは、どのようにしたら微生物を分離・培養できるか、日夜一生懸命考えています。高い温度が好きな微生物は、低温では増えません。温度だけでなく、pH、圧力についても、高いのが好きなもの、低いのが好きなものと、さまざまです。酸素が嫌いな微生物もいます。微生物を培養するには、さまざまな条件をコントロールしなければならないのです。

しかし、いくら条件を調整しても、99

メタゲノム解析とは

培養できない微生物を理解するための最も有力な手段が、「メタゲノム解析」です。メタゲノムとは、「ゲノム」に接頭語の「メタ」を付けた合成語です。ゲノムとは、1つの生物が持っているすべての遺伝子です。遺伝子はDNA(デオキシリボ核酸)からできていて、アデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類の塩基の並び方によってタンパク質をつくる情報が書き込まれています。ゲノムはあらゆる生物が共通に持っている、生物のかたち、機能、生きざまは、ゲノムによって決められているのです。メタには、「より広範囲な」「限界を超えた」という意味があります。つまりメタゲノムとは、「環境中に生息する生物群集に由来するすべてのゲノム」という意味です。

2000年に、ヒトのゲノムの全塩基配列の解読が終了しました。ヒトゲノムは約31億塩基対から成り、その塩基の並び方

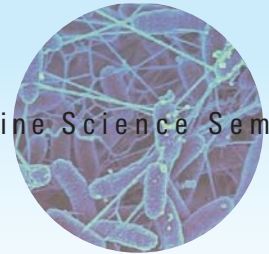


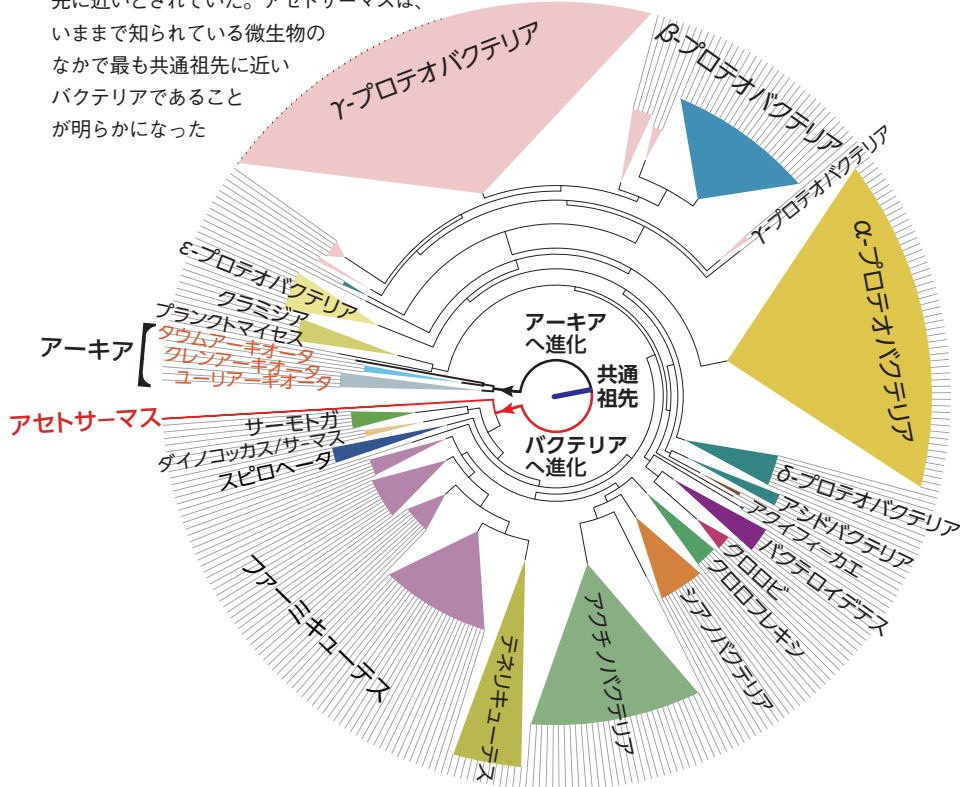
図3 地下鉱山の温泉流路

地下300mの鉱山に70℃ほどの温泉が湧き、水素や二酸化炭素、アンモニアに富んでいる。丸印の部分が、繁茂している微生物マットである



図4 原核生物に共通な4種類のタンパク質を用いたバクテリアとアーキアの進化系統樹

中央がアーキアとバクテリアの共通祖先を示す。時計回りでバクテリア、反時計回りでアーキアの進化を表している。バクテリアのなかではサーモトガやダイノコッカス/サーマスが共通祖先に近いとされていた。アセトサーマスは、いまだ知られている微生物のなかで最も共通祖先に近いバクテリアであることが明らかになった



をすべて読み取ったのです。DNAの塩基配列を読み取る装置がシーケンサーです。ヒトゲノムの解読には13年、1000億円以上がかかりました。

微生物のメタゲノム解析では、採取してきた泥や水に含まれるすべての微生物のゲノムの塩基配列を解読します。塩基数は膨大になりますから、ヒトゲノム解読と同じような時間とお金をかけては大変です。幸いなことに最近、高速に大量の解析が可能な次世代シーケンサーが登場しました。コストも激減し、5年前に1000万円かかっていた塩基配列の解読が5万円でできるようになりました。そうした技術の発展によって、メタゲノム研究が可能になったのです。

次世代シーケンサーでは、データがいままでの1,000～1万倍も出てきます。データ量が1,000倍になると、1日で終わっていた解析が3年かかります。1万倍になると30年かかり、現実的ではありません。メタゲノムの解析には、高速に大量の計算ができるスーパーコンピュータが不可欠です。コンピュータサイエンスの進歩もメタゲノム解析を支えているのです。

最初の生命はどこで生まれた？

私たちはメタゲノム解析によって最も古い微生物を発見し、2012年に発表しました。その成果について紹介しましょう。

まず地球と生命の歴史を簡単におさらいします。地球が誕生したのは約46億年前だといわれています。45億～44億年くらい前に海ができましたが、海水は高温で酸性でした。現在と同じような海ができたのは約38億年前と推定されています。

生命は、40億年くらい前に誕生したと考えられています。最初の生命は、単細胞の微生物だったことでしょう。すべての生物の共通の祖先から、バクテリアとアーキア（古細菌）という2つの微生物のグループに分かれたという説が有力です。どちらも核を持たない原核生物です。生命が誕生したころの地球は、酸素がない嫌気的な環境でした。35億年くらい前に、二酸化炭素を取り入れてでんぷんなどの有機物をつくり酸素を排出するシアノバクテリアが出現し、大気や海水中に酸素が増えていきました。すると、酸素がある環境でも生息できる微生物が現れました。それらの微生物の一部が細胞内共生をして、核を持つ真核生物のミトコンドリアの起源となったと考えられています。生物が初めて陸上に進出したのは約4億5000万年前、そして私たち人類の祖先であるヒト属が誕生したのはわずか200万年くらい前です。

では、生命はどういう場所で誕生し、進化していったのでしょうか。リボソームRNA遺伝子を用いた進化系統樹によると、共通祖先に近いところには温度の高い環境に生息する好熱性の微生物がいます（図2）。そのため、生物の共通祖先は温度の高い環境に生息していたのではないかと考えられています。特に、深海底で300℃もの熱水が湧き出る熱水噴出孔が発見されてからは、最初の生命は深海底熱水噴出孔の周りで生まれた、という説が支持されるようになりました。

しかし、300℃を超える熱水環境は生命を育むには熱過ぎるだろう、という反論もありました。最近では、さまざまなタイプの熱水噴出孔が発見されています。その結果、温度が極端に高くなく、アルカリ性で、水素や二酸化炭素を豊富に含む熱水を噴き出している深海底熱水噴出孔

周辺が、生命誕生と初期進化の場所ではないかと考えられるようになっていきます。

地下鉱山の温泉から最古の微生物アセトサーマスを発見

温度が極端に高くなく、アルカリ性で、水素や二酸化炭素を豊富に含む。そういう環境は深海底にしかないのでしょうか。実は、そうとはいえません。私たちは、九州にある地下鉱山に注目しました。地下300mほどにある鉱山では、地中に染み込んだ雨水がマグマで暖められて温泉が湧いています。温泉の温度は約70℃で、水素や二酸化炭素もたくさんあり、生命誕生と初期進化の場所に類似しています。こういう環境に初期生命に近い微生物がいるのではないかと。私たちは興味を掻き立てられ、調べてみることにしました。

まず、地下鉱山の温泉の流路にいる微生物を採取してきました（図3）。その試料を顕微鏡で調べると、たくさんの微生物が見えます。しかし、そのほとんどは培養できません。そこで、メタゲノム解析を行いました。メタゲノム解析では、採取してきた微生物群集を分離・培養せずに、細胞を壊してDNAを抽出します。DNAの塩基配列をシーケンサーで読み取り、その結果をコンピュータで解析して、どのような生き物が何をしているかを推測します。しかし、メタゲノム解析で出てきたデータには、いろいろな微生物のゲノム情報が混ざっています。それを微生物ごとに分ける作業が必要です。

私たちは、「コドン」の使われ方に注目しました。DNAは4種類の塩基で構成され、塩基の並び方によってタンパク質をつくる情報が書き込まれています。具体的には、連続する3個の塩基配列がアミノ酸を指定し、アミノ酸が連なってタンパク質ができます。アミノ酸を指定する3個1組の塩基配列を「コドン」と呼びます。コドンは64種類あります。一方、アミノ酸は20種類です。つまり、1種類のアミノ酸に対して複数のコドンが対応しています。たとえば、ロイシンを指定するコドンは6種類あります。どの種類のコドンを使ってロイシンをつくるかは、生物によって違います。この性質を利用して、いろいろな微生物のものが混ざっているゲノム情報を、微生物ごとに分けられないかと考えたのです。

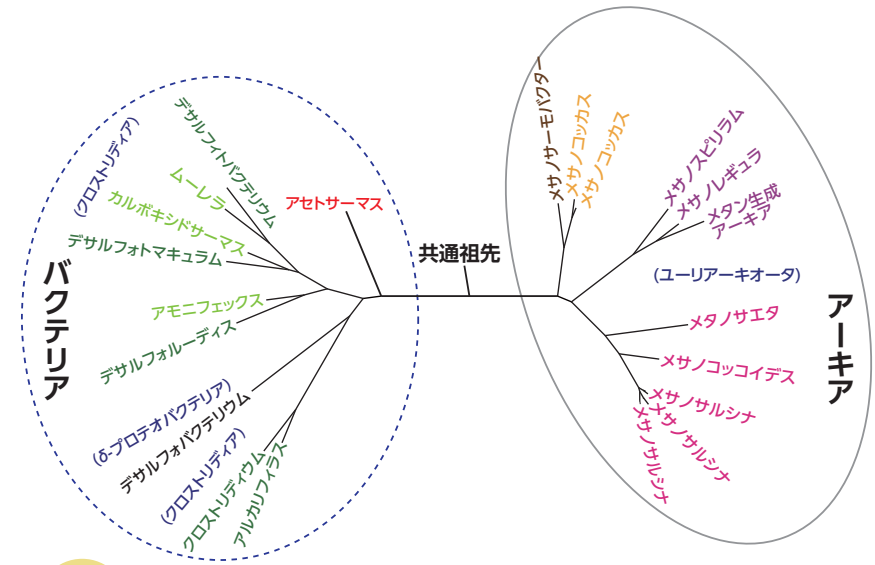


図5 アセチルCoAパスウェイに関与する5種類の酵素を用いた進化系統樹

アセトサーマスが持つアセチルCoAパスウェイが現存するバクテリアのなかで最も共通祖先に近いことが確認された

この方法はとてもうまくいき、メタゲノム解析で得られたゲノム情報を16種類の微生物に分けることができました。そのなかで私たちは、まだ培養されたことのない*Candidatus* ‘Acetothermus autotrophicum’（アセトサーマス）というバクテリアに注目し、詳しく調べていきました。

まず、原核生物が共通して持っている4種類のタンパク質を使ってバクテリアとアーキアの系統樹をつくり、アセトサーマスがどこに位置するのかを調べました（図4）。これまで、バクテリアではサーモトガやダイノコッカス/サーマスなどが共通祖先に近いとされていました。ところが、アセトサーマスは、それらより共通祖先に近く、いまだ知られているなかで最も共通祖先に近いバクテリアであることが明らかになりました。

アセトサーマスが生命誕生のシナリオを解く

生命はアルカリ性で温度が極端に高くなく、水素や二酸化炭素に富む熱水噴出孔周辺で誕生したと考えられていますが、それはまだ仮説です。仮説といわれる理由の1つが、アセチルCoAパスウェイという代謝経路の問題でした。生命がそのような環境で誕生したのであれば、初期生命はアセチルCoAパスウェイという代謝経路で水素と二酸化炭素からエネルギーや細胞の材料をつくっていたと考えられま

す。アーキアでは、共通祖先から近いところにアセチルCoAパスウェイを持つ好熱性の種が見つっています（図2）。バクテリアでは、グラム陽性菌や陰性菌などがアセチルCoAパスウェイを持っていますが、いずれも進化的に新しく好熱菌ではありません。共通祖先から近いところにアセチルCoAパスウェイを持っている好熱性のバクテリアは見つかっていませんでした。

そうしたなか、私たちが発見したアセトサーマスは、アセチルCoAパスウェイを持っている好熱菌であることが明らかになりました。また、アセチルCoAパスウェイに関与する5種類の酵素を用いた進化系統樹を作成したところ、予想通りアセトサーマスが共通祖先から一番近いことが確認されました（図5）。今回の発見は、生命の誕生と初期進化の仮説を補強する画期的な成果として注目され、新聞でも大きく取り上げていただきました。

私たちはいま、水深1万1000mのマリアナ海溝チャレンジャー海淵の海底や、下北半島沖の海底下100mから試料を採取し、どのような微生物がいて、何をしているかを、メタゲノム解析を駆使して調べています。深海底や海底下では微生物の数がとても少ないので、その解析はとても難しいです。しかし、少しずつ分かってきたこともありますので、近いうちにお話しできるようにしたいと思っています。楽しみにしてください。

編集後記

今号の特集では前号に引き続き、海洋研究開発機構（JAMSTEC）の領域長・センター長に各分野の現状と将来の展望を、そして平 朝彦 理事長に海洋立国の実現に向けたJAMSTECの取り組みについて、お話しいただきました。あふれんばかりの情熱を誌面から感じ取っていただければ、編集者冥利に尽きます。

近年、革新的な観測技術により、太陽系外に多くの惑星が見つかるようになっています。2013年4月18日、NASAは宇宙望遠鏡「ケプラー」によって2個の恒星のハビタブル・ゾーン（生命生存可能領域）に地球とほぼ同じ大きさの系外惑星を3個発見したと発表しました。「ケプラー」は2013年4月末までに2,712個の系外惑星の候補天体を確認しており、そのうち生命が存在する可能性があるものは96個だということです。一方、2013年4月25日には、フランスの欧州シンクロトロン放射光施設の研究チームが、地球の核（コア）の温度が従来の推計値より1,000℃も高く6,000℃であることを明らかにしたと、科学雑誌『Science』に発表しました。これは新技術によって以前の温度計算方法の欠陥が正されたためということですが、足元の3,000kmも離れていない地球の中心部の温度すら正確に分かっていなかったというのも不思議なことです。これは、「地球」に関して解明されていない謎がまだまだ多いということを示す好例だと思います。

近い将来、人類が移住できるような海を持った惑星が発見されるのは間違いないでしょう。だからこそ私たちの故郷についてより広い知見を得ることが求められており、平理事長の「海洋とは何か、地球とは何か、生命とは何か、そして人間とは何か、という根源的な問いの答えを模索する」という言葉を重く受け止める必要があると考えています。（T. T.）

賛助会（寄付）会員名簿 平成25年4月30日現在

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、寄付を頂き、支援していただいております。（アイウエオ順）

	沖電気工業株式会社
株式会社IHI	株式会社カイショー
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	株式会社海洋総合研究所
株式会社アイケイエス	海洋電子株式会社
株式会社アイワエンタープライズ	株式会社化学分析コンサルタント
株式会社アクト	鹿島建設株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	川崎汽船株式会社
朝日航洋株式会社	川崎重工株式会社
アジア海洋株式会社	株式会社環境総合テクノス
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	株式会社関電工
泉産業株式会社	株式会社キュービック・アイ
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社
株式会社エス・イー・エイ	共立管財株式会社
株式会社エスイーシー	極東製薬工業株式会社
株式会社SGKシステム技研	極東貿易株式会社
株式会社NTTデータ	株式会社きんでん
株式会社NTTデータCCS	株式会社熊谷組
株式会社NTTファシリティーズ	クローバテック株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
株式会社MTS雪氷研究所	KDDI株式会社
有限会社エルシャンテ追浜	京浜急行電鉄株式会社
株式会社OCC	株式会社構造計画研究所
	神戸ペイント株式会社

『Blue Earth』定期購読のご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>

1年度あたり6号発行の『Blue Earth』を定期的にお届けします。

■ 申し込み方法

EメールかFAX、はがきに①～⑥を明記の上、下記までお申し込みください。
① 郵便番号・住所 ② 氏名 ③ 所属機関名（学生の方は学年）
④ TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤ Blue Earthの定期購読申し込み
＊購読には、1冊300円＋送料が必要となります。

■ 支払い方法

お申し込み後、振込案内をお送り致しますので、案内に従って当機構指定の銀行口座に振り込みをお願いします（振込手数料をご負担いただけます）。ご入金を確認次第、商品をお送り致します。
平日10時～17時に限り、横浜研究所地球情報館受付にて、直接お支払いいただくこともできます。なお、年末年始などの休館日は受け付けておりません。詳細は下記までお問い合わせください。

■ 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 事業推進部 広報課

TEL.045-778-5378 FAX.045-778-5498

Eメール info@jamstec.go.jp

ホームページにも定期購読のご案内があります。上記URLをご覧ください。

＊定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号（130号）までとさせていただきます。
バックナンバーの購読をご希望の方も上記までお問い合わせください。

■ バックナンバーのご紹介

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>



＊お預かりした個人情報は、『Blue Earth』の発送や確認のご連絡などに利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。

JAMSTEC メールマガジンのご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/mailmagazine/>

JAMSTECでは、ご登録いただいた方を対象に「JAMSTECメールマガジン」を配信しております。イベント情報や最新情報などを毎月10日と25日（休日の場合はその次の平日）にお届けします。登録は無料です。登録方法など詳細については上記URLをご覧ください。

海と地球の情報誌 Blue Earth

第25巻 第2号（通巻124号）2013年5月発行

発行人 鷲尾幸久 独立行政法人海洋研究開発機構 事業推進部

編集人 満澤巨彦 独立行政法人海洋研究開発機構 事業推進部 広報課

Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 有限会社フォトンクリエイト

取材・執筆・編集 立山 晃（p16-27）／鈴木志乃（p1-15、p28-31、裏表紙）／

デザイン 株式会社デザインコンビビア

（AD 堀木一男／岡野祐三／飛鳥井羊右／山田純一ほか）

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

Eメールアドレス info@jamstec.go.jp

＊本誌掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます。

独立行政法人海洋研究開発機構の事業所

横須賀本部

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15
TEL. 046-866-3811（代表）

横浜研究所

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番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）

高知コア研究所

〒783-8502 高知県南国市物部乙200
TEL. 088-864-6705（代表）

東京事務所

〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号
富国生命ビル23階
TEL. 03-5157-3900（代表）

国際海洋環境情報センター

〒905-2172 沖縄県名護市字豊原224番地3
TEL. 0980-50-0111（代表）

株式会社東京チタニウム

東北環境科学サービス株式会社

東洋建設株式会社

株式会社東陽テクニカ

トビー工業株式会社

新潟原動機株式会社

西芝電機株式会社

西松建設株式会社

株式会社ニシヤマ

日油技研工業株式会社

株式会社日産クリエイティブサービス

株式会社日産電機製作所

ニッスイマリン工業株式会社

日本SGI株式会社

日本海洋株式会社

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

一般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

日本水産株式会社

日本電気株式会社

日本ヒューレット・パッカード株式会社

日本マントル・クエスト株式会社

日本無線株式会社

日本郵船株式会社

株式会社間組

済中製鎖工業株式会社

東日本タグボート株式会社

株式会社日立製作所

日立造船株式会社

深田サルベージ建設株式会社

株式会社フジクラ

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

株式会社マックスラジアン

松本徽章株式会社

マリメックス・ジャパン株式会社

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

株式会社マルトー

三鈴マシナリー株式会社

三井住友海上火災保険株式会社

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

株式会社森京介建築事務所

八洲電機株式会社

郵船商事株式会社

郵船ナブテック株式会社

ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社

超深海は微生物の活動が活発——マリアナ海溝チャレンジャー海淵

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) を中心とする国際研究チームは、フリーフォール型観測装置を用いて、世界で最も深いマリアナ海溝チャレンジャー海淵 (水深1万813~1万900m) の堆積物中の酸素濃度を測定することに初めて成功。堆積物の採取も行った。写真はチャレンジャー海淵の海底の様子で、魚類などの大型生物は見られず、わずかにカイコウオオソコエビやナマコなどが見られた。

測定結果と試料を分析したところ、チャレンジャー海淵はその周辺の深海平原 (水深6,018~6,071m) に比べて、有機物の分解に伴う酸素消費量が多いこと、生物が餌として利用しやすい有機物の濃度が高いこと、微生物の生息密度も高いことが明らかになった。水深が深くなるほど海底に到達する有機物の量が減り生物の代謝などの活動も低下する、という従来の考えを覆す結果だ。

現在実施中の「しんかい6500」世界一周航海「^{クヰ}QUELLE 2013」において今年秋、世界第2位の深さを持つトンガ海溝ホライゾン海淵で同様の調査を計画している。今回の結果は、チャレンジャー海淵特有のものなのか、超深海に普遍的なものなのかを検証する。



2013年5月発行 隔月6回発行 第25巻 第2号 (通巻124号)

編集・発行 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部 広報課
〒236-0001 神奈川県横浜市中区金沢3-17-25