

海と地球の情報誌

Blue Earth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ISSN 1346-0811
2009年3月発行
隔月年6回発行
第21巻 第2号
(通巻100号)

2009 3-4

Blue Earth は こうして生まれた

「みらい」
太平洋横断観測航海
「SORA2009」へ

ネコの眼をした魚 ネコザメ

地球温暖化と寒冷圏

通巻100号記念
表紙で振り返る
JAMSTECの20年

1 **Close Up**
「みらい」、太平洋横断観測航海「SORA2009」へ

2 **特集**
Blue Earthはこうして生まれた
キーワードは“地球—生命相互作用システム体”

22 **Aquarium Gallery**
下田海中水族館
ネコの眼をした魚——ネコザメ

24 **私が海を目指す理由**
微量元素から地球史46億年を読み解く
鈴木勝彦 地球内部ダイナミクス領域 地球深部と表層の共進化研究チーム 研究代表者

28 **Marine Science Seminar**
地球温暖化と寒冷圏
矢吹裕伯 地球環境観測研究センター 寒冷圏水循環グループ サブリーダー

32 **新日本八景 番外編**
「パイオ・ジオパーク」としての相模湾
「相模湾八景」の終わりにあたって
藤岡操太郎 海洋地球情報部 特任上席研究員

34 **海と地球の情報誌「Blue Earth」通巻100号記念**
表紙で振り返るJAMSTECの20年

40 **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



海底地震計の設置



ピストンコアラの投入準備



ピストンコアラによる採泥作業



フレンチポリネシアの大海原に沈む夕日



重力計による重力の測定



表層海水連続分析装置による測定



大しけに遭遇。船長室の風向風速計は330度、20.9m/sを示す



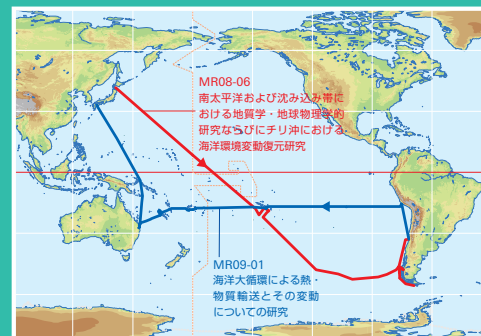
研究代表者、船長、観測士官との打ち合わせは毎日行われる



マルチナロービーム音響測深装置、地層探査装置による海底地形調査

「みらい」、太平洋横断観測航海「SORA2009」へ

「SORA2009」の測線図と観測内容と目的



海洋地球研究船「みらい」は、2009年1月15日、母港である青森県むつ市の関根浜港を出港した。「SORA2009」(South Pacific Ocean Research Activity 2009)と名付けられた今回の航海で「みらい」は、日本から南米チリへ、それから南緯17度線に沿って南太平洋を横断してオーストラリアへ、そして日本へと、約半年をかけて太平洋を航海する。2008年夏には北極海を観測航海した「みらい」。今度は南太平洋へと、大忙しだ。「みらい」は途中、八戸港、タヒチ島のバペテ港に寄港。2月18日には、南緯46度50分、西経123度において、海底の堆積物の採取を行った。このあたりの海域は、南極からの冷たい空気と暖かい空気が混ざり合って低気圧が発生し、いつも暴風雨が吹き荒れている。昔から船乗りたちに「吼える海」として恐れられてきた海域での、

海底堆積物の採取——船体の揺れを大幅に軽減できるハイブリッド型減揺装置を搭載した「みらい」でなければ困難な仕事だ。海底堆積物を採取するのは、過去の気候変動を知るためである。北半球ではダンスガード・オシュガーサイクルという数十年から数百年スケールの急激な気候変動があったことが知られている。そのとき南半球ではどのような気候変動が起きていたか。吼える海から採取された海底堆積物は、その様子を私たちに語ってくれることだろう。

「みらい」が日本に帰港するのは2009年7月の予定だ。半年に及ぶ大航海の様子は、「SORAレポート」として海洋研究開発機構(JAMSTEC)のホームページに随時掲載している(http://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/sora2009/index.html)。ぜひお読みください。



最上甲板であるコンパステックでの大気観測



ピストンコアラで採取された石灰質ノ軟泥

Blue Earth はこうして生まれた

キーワードは“地球—生命相互作用 システム体”

取材協力 山口耕生

海洋研究開発機構 システム地球ラボ
プレカンプリアンエコシステムラボユニット
招聘研究員
東邦大学理学部 准教授
NASA Astrobiology Institute

地球は約46億年前に誕生した。

誕生したばかりの地球は、煮えたぎる赤黒いマグマに覆われていた。

それが、どのようにしてBlue Earth、青い地球となり、豊かな生命を育んできたのだろうか。

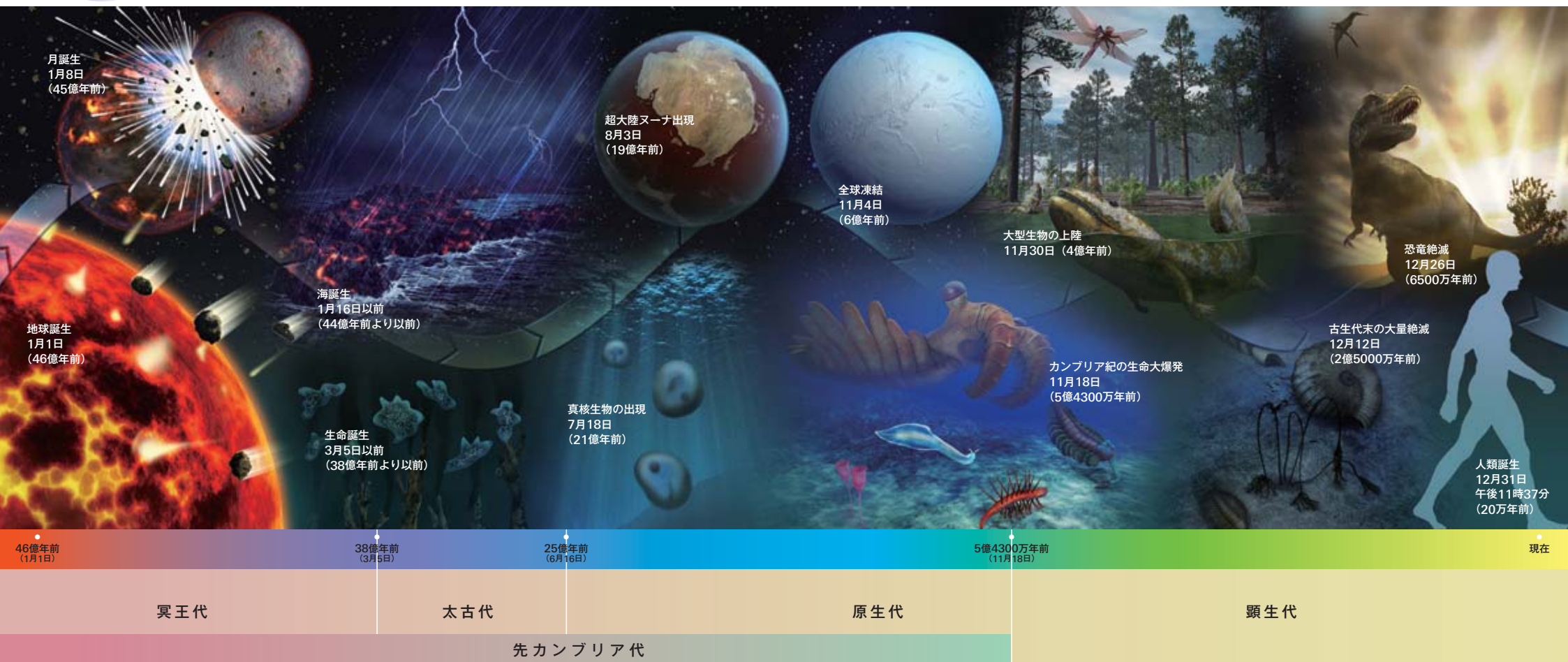
地球の進化と生命の進化——それは無関係に起きたのではなく、密接な相互作用の結果である。

“地球—生命相互作用システム体”をキーワードに、46億年の地球史をひもといていこう。

宇宙から撮影した地球

太平洋キルバート諸島周辺。高度約400km
を周回している国際宇宙ステーションの広
角カメラで撮影
(写真提供：NASA)

地球史46億年カレンダー



(イラスト: 本多冬人)

目盛りは等間隔ではない

地球は、表面の70%を海に覆われ、宇宙から見ると青く輝いている。だが、誕生から現在までずっとそのような姿をしていたわけではない。

生まれたばかりの太陽の周りには、ガスとちりかなる円盤が回っていた。その円盤のなかで、ガスやちりが集まり、次第に大きな塊となっていく。そうしてできた微惑星が衝突・合体を繰り返し、大きな原始惑星へと成長していく。さらに幾度かの大きな衝突・合体を経て、地球が誕生した。誕生したばかりの地球は、微惑星の衝突エネルギーによって岩石がどろどろに溶け、マグマオーシャンに覆われ

ていた。

それから約46億年。月の誕生、海の誕生、生命の誕生、全海洋蒸発、地球全体が氷に覆われたという全球凍結、生物の大進化、繰り返された大量絶滅、そして人類の誕生……。地球上ではさまざまなできごとが起きてきた。しかし、46億年という歳月は、あまりにも長大過ぎて時の流れを実感するのが難しい。そこで、地球46億年の歴史を1年間に置き換えたのが、このイラストだ。たとえば、海の誕生は最近の研究成果によって44億年前より以前に起きたと考えられているので1月16日以前、20万

年前の人類（ホモ・サピエンス）誕生は12月31日午後11時37分のできごととなる。

ほんの20年ほど前まで、地球の歴史の研究といえば、化石など地質にたくさんの記録が残されている顕生代（現在～5億4300万年前、古生代・中生代・新生代）が中心だった。しかし、地球に海や大陸ができ、生命が誕生したのは、そのはるか以前のこと。地球を知るには、原生代（5億4300万～25億年前）、太古代（25億～38億年前）、さらには冥王代（38億～46億年前）までさかのぼる必要がある。しかし、何の記録も残されていないという意味

で冥王代と名付けられたことから分かるように、その時代の研究は困難を極める。

そうしたなか、冥王代、太古代、原生代をまとめた「先カンブリア代」と呼ばれる時代を相手に、地球が生命に満ちあふれる惑星となった真の原理の解明に挑んでいるのが、海洋研究開発機構（JAMSTEC）のシステム地球ラボ プレカンブリアンエコシステムラボユニットである。ラボユニットを中心とするJAMSTECの研究、海外の研究を紹介しながら、多くの謎に包まれた先カンブリア代をひもといていこう。

青い地球の誕生——海はプレートテクトニクスや大陸を生み出した

海の水は、地球の形成途中や初期に降り注いだ微惑星や彗星などによって運ばれてきたと考えられている

海はいつ誕生したのだろうか。

その答えを教えてくれるものとして、オーストラリアのジャックヒルズで発見された堆積岩中の鉱物粒子が注目されている。堆積岩に含まれるジルコンという鉱物粒子を調べたところ、それが形成されたのは約44億年前という結果が出た。これまでに発見された地球最古の物質である。しかし、注目されている理由は、その古さだけではない。

ジルコンは宝石にもなっている鉱物だ。熱や水に強いいため変成を受けにくく、形成された当時の環境の情報を組成中にとどめている。ジャックヒルズで発見されたジルコンの酸素同位体比を調べたところ、海の誕生についての新事実が明らかになったのだ。同位体とは、同じ元素でも中性子の数、つまり質量数が異なるもの。自然界に安定して存在する酸素の主要な同位体には質量数16と18があり、その比率を調べることで物質が形成されたときの環境を知ることができる。ジルコンの酸素同位対比は、それが低い温度の液体の水とマグマが反応して形成されたことを物語っていた。

44億年前より以前には地球の表面に水、つまり海があった——これが、ジャックヒルズのジルコンが提示した新事実である。

地球が誕生した46億年前、地表には岩石が溶けたマグマが広がり、温度は千数百℃にも達していた。それが44億年前までに、海が存在できるほどに冷えていたことになる。これまでは、マグマオーシャンが広がる高温の状態が地球誕生以来約7億年間続いたと考えられていた。ジャックヒルズのジルコンは定説を覆し、地球は2億年かからずに急速に冷えたことになる。

しかし、海は44億年前から現在まで、ずっと存在していたわけではない。地球誕生後も数億年間は微惑星の衝突が続いており、そのエネルギーを計算すると、海を一瞬にして蒸発させることが可能だ。おそらく海は幾度となく誕生と蒸発を繰り返してきたのだろう。

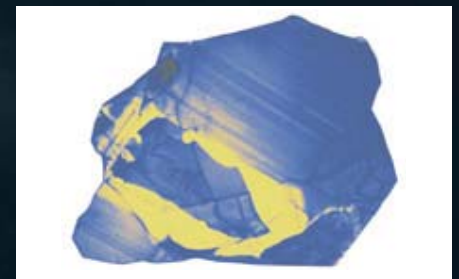
海の誕生により、地球は大きく変わり始める。まず海が形成されたことで地球の表面が冷やされ、かたいプレートと呼ばれる岩板となる。やがて、海嶺で生まれたプレートが移動し、海溝で沈み込むよう

になった。プレートテクトニクスの始まりだ。さらに、水をたくさん含んだ海洋プレートが沈み込むと、地下数十kmで溶けて花崗岩が形成され、周囲と比べて軽い花崗岩が上昇してくる。そうして大陸地殻がつくられた。

海がなかったら、プレートテクトニクスも大陸もなかったであろう。それだけではない。実は……。

ジャックヒルズ地域の堆積岩

オーストラリア・ウェスタンオーストラリア州のジャックヒルズには、30億年前に形成された堆積岩が露出している。この堆積岩のなかから、海の誕生時期を物語るジルコンが発見された
(写真提供：Simon Wilde / Curtin University of Technology)



ジャックヒルズの堆積岩で発見されたジルコンの結晶
堆積岩に含まれるジルコンの結晶は、鉛の同位体比の計測から44億4000万年前（誤差は800万年以内）に形成されたことが分かった。地球最古の物質である。さらに、酸素同位体比の計測から、低い温度の液体の水とマグマが反応して形成されたことが明らかになった。2001年、アメリカ・ウィスコンシン大学マディソン校のジョン・バレー教授らによる成果
(写真提供：John Valley / University of Wisconsin-Madison)

生命誕生——地球史上最大のイベントは38億年 前より以前に起きた

グリーンランド・イスアで発見された生命の痕跡を含む岩石

イスア地域は、地球上で最も古い岩石が露出している場所の1つ。デンマーク・コペンハーゲン大学のミック・ローゼンゲ教授らが、岩石中の炭素の同位体比を調べた結果、生命の痕跡であることが明らかになった。これは38億年前に海底で形成された堆積岩であり、そのうち幅30cmほどの黒い部分が最古の生命痕跡である(写真提供：掛川武／東北大学)

生命はいつ誕生したのだろうか。

最古の生命の痕跡は、グリーンランドのイスア地域の岩石に残されている。きれいなしま模様が見える岩石の、ひとさき黒い部分が、それだ。

しかし、生物が化石になって残っているわけではない。顕微鏡で調べても微生物らしきものもない。見えるのは、炭素の粒だけ。実は、生命の痕跡である証拠は、その炭素の同位体比にある。生物は炭素を取り込んで体をつくるのだが、質量数13の炭素 (^{13}C) より質量数12の炭素 (^{12}C) の方を選択的に取り込むことが知られている。岩石に含まれる炭素の同位体比を調べ、 ^{13}C より ^{12}C が多く含まれていれば、それは生物の体をつくっていたものだといえる。イスアの岩石の炭素の同位体比を調べてみると、 ^{12}C の方が多い。これが、イスアの岩石が生命の痕跡と考えられる根拠である。

38億年前の岩石に生命の痕跡が発見されたということは、生命は少なくともその前には誕生していたと考えるのが自然だろう。では、生命はいつ、どこで誕生したのだろうか。

イスアの岩石にあるしま模様は、それが海底で土砂が堆積して形成されたことを示している。しま模様はとても細かく、しかも乱れていないことから、波の影響を受ける浅い海ではなく、より深い海で形成されたのだろう。また、単純な物質からRNAやアミノ酸、タンパク質など、複雑な生命の材料物質をつくり、また生命が生きていくには、エネルギーが必要だ。そこで、生命誕生の場として、深海の熱水噴出孔周辺が有力視されている。

月の存在が育んだ生命もあったかもしれない。45億年前、地球の3分の1ほどの大きさの原始惑星が衝突して飛び散ったかけらが集まり、月が誕生した。このできごとは、「ジャイアントインパクト」と呼ばれる。月の誕生によって地球の海で潮汐が起るようになり、波打ち際には泡ができる。泡の表面は非常にエネルギーが高く、分子がくっつきたり離れたりして化学反応を起こすため、そこで生命の材料物質がつくられた可能性があるとする研究者もいる。

海は44億年前には存在した。生命は、海ができた直後、つまり44億年前には誕生していたのではないだろうか。

生物の陸上進出はいつ？

生物が陸上に進出したのは4億年前といわれている。土に根を張るような植物や昆虫、大型の動物に限れば、その年代は正しいだろう。だが、微生物のようなものはどうだろうか。

43億年前、海が誕生し、間もなく生命も誕生したと考えられている。その当時、まだ微惑星の衝突は頻繁に起きていた。微惑星が海に落ちれば巨大な津波が発生し、海水はつくられたばかりの陸にも運ばれたはずだ。できたばかりのプレートの運動による地震が引き起こす津波、悪天候による高波や竜巻もあっただろう。陸に運ばれた海水に生命が含まれていたら……。

津波や高波の引いた後には、水たまりが残される。海水とともに運ばれた生命が、その水たまりで生き延び、環境が合えばそこで繁殖した可能性も否定できない。

陸上にも火山活動に伴う熱水活動がある。温泉だ。そこで独自に生命が進化した可能性もある。また、そこに海水が運ばれてきたら、海起源の生命がそこで独自の発展を遂げたかもしれない。

つまり、微生物のようなものだったら、生命が誕生した直後から陸上にもいたのではないだろうか。



生命誕生の場の再現に挑む——キーワード は「ウルトラH³リンケージ」

最初の生命は、どのような場所で誕生し、どのようなものだったのだろうか。

生命誕生の場として最も有力なのが、深海の熱水噴出孔の周辺である。海底に浸み込み、地球内部のエネルギーによって熱せられた海水が、噴き出している。最近では、有人潜水調査船や無人探査機による調査によって、熱水噴出孔の周辺の様子が詳しく分かるようになってきた。そこには、熱水に含まれる硫化水素やメタンをエネルギー源にして有機物をつくり出す化学合成生物をはじめ、それらを餌とするものなど、多種多様な生物たちがたくさん暮らしている。生命誕生の場と考えるにふさわしい光景だ。

しかし、生命が誕生したのは38億年前より以前である。当時の熱水噴出孔周辺の様子、そしてそこで何が起きたかは、まだ謎に包まれている。そうしたなか、生命誕生の場、そして初期生命がどのようにエネルギーを得ていたかを説明する仮説として注目されているのが、JAMSTECプレカンブリアンエコシステムラボユニットの高井研ユニットリーダらが提唱する「ウルトラH³（エイチキューブ）リンケージ」である。ウルトラH³リンケージとは、超塩基性岩（Ultramafic rocks）、そして3つのH、つまり熱水活動（Hydrothermal activity）、水素発生（Hydrogenesis）、ハイパーズライム（HyperSLiME: Hyperthermophilic Subseafloor Lithotrophic Microbial Ecosystem: 超好熱性地殻内独立栄養微生物生態系）の相互作用のことだ。

超塩基性岩とは、マントルを構成している岩石である。生命が誕生したころ、地球はまだ熱く、マントルも地下の浅いところまで来ていた。現在の海洋地殻の上部は主に玄武岩で、玄武岩と海水が熱水反応すると、蛇紋岩化作用という反応によって水素が発生する。熱いマントルの初期地球においては、

海洋地殻上部はコマチャイトという岩石だった可能性がある。コマチャイトでも、浸み込んだ海水と熱水反応すると蛇紋岩化作用が進み、水素を出す。当時の海底では、あちこちの割れ目から、水素をたくさん含んだ熱水が噴出していたことだろう。そこには水素をエネルギー源にする生命が誕生した可能性がある。それらは単独では生きられず、いくつかの種類が集まり、互いが生産する物質を循環させて生態系をつくっていたと考えられている。その群集が、ハイパーズライムである。

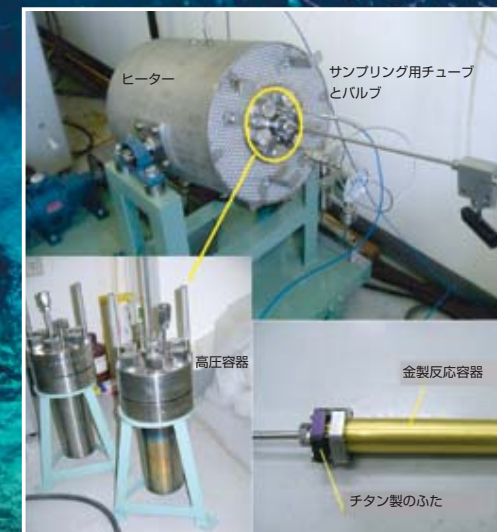
ウルトラH³リンケージはまだ仮説だが、有力な証拠が得られている。インド洋の「かいけいフィールド」と呼ばれる海底では、マントルが海底付近まで上昇してきており、岩石と海水が熱水反応して発生した水素が、海底のあちこちから熱水とともに噴出している。そこで超好熱メタン菌と超好熱発酵菌の群集が発見されたのだ。

ウルトラH³リンケージ仮説を証明するためには、確かめなければいけないことが山ほどある。当時の海水の成分、熱水の成分は？ 岩石と熱水の反応は、どのくらいの圧力、どのくらいの時間で起こり、どれだけの水素を出すか？ その水素は、どれだけの微生物の生命活動を支えることができたのか？ それらを明らかにするために、ユニットでは、人工的に水と岩石を高温高压で反応させる実験を行っている。しかし、コマチャイトの入手は難しい。そこで、コマチャイトを人工合成する技術も開発した。生命誕生の場を再現するという壮大な実験は、試行錯誤しながら進められている。

生命は、マントル物質や熱水、プレート運動といった地球との相互作用によって誕生し、育まれた。「地球—生命相互作用」はすでに始まっている。そして、次は生命が地球を変えていく番だ。

約40億年前の深海底の様子

浅いところまでマントルが来ていたため、深海底のあちこちにマグマがわき上がっていた。コマチャイトと海水が熱水反応すると水素が発生する。その水素が熱水とともに噴き出している。その周りで水素のエネルギーを使って有機物をつくり出す生命が誕生し、ハイパーズライムと呼ばれる群集を形成していたのだろう。現在の熱水噴出孔は酸性で鉄に富んだブラックスモーカーが多いが、生命が誕生した初期地球では、ケイ酸に富み金属に乏しいアルカリ性のクリアスモーカーだったのではないかと考えられている（イラスト：本多冬人）

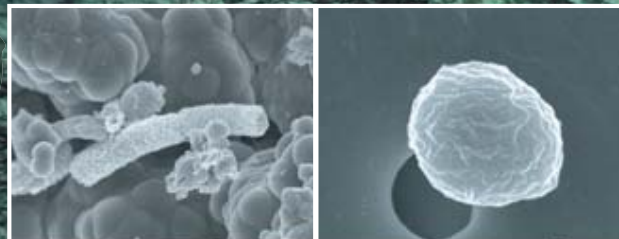


深海底の高温高压の熱水環境を再現する装置

上は装置の全体図。ヒーターでなかに入れた高压容器の温度を上げる。反応した溶液はチューブを通して、バルブから採取する。左下は高压容器。高压容器に水と金製の反応容器（右下）を入れる。反応容器には、岩石と反応水を入れる。この装置では、600℃、600気圧の圧力までの実験が可能（写真提供：鈴木勝彦 / プレカンブリアンエコシステムラボユニット）

現代のハイパーズライム

左は超好熱メタン菌、右は超好熱発酵菌。その2種類の微生物の群集が、インド洋の「かいけいフィールド」の海底下で発見された。近くには熱水噴出孔があり、その熱水にはたくさんの水素が含まれている



地球は生命の星へ——そして大気が変わった

現在の大気の成分は、窒素80%、酸素20%、二酸化炭素0.04%。しかし、大気の成分は、46億年の歴史のなかで大きく変動してきた。

微惑星が地球に衝突すると、微惑星そのものや衝突地点の岩石が溶け、水素やヘリウム、窒素、二酸化炭素などの揮発成分が蒸発する。それが地球の大気の始まりだ。地球誕生直後の大気は二酸化炭素の濃度が高く、現在の数百倍～数万倍にも達していたといわれている。一方、酸素はほとんど存在していなかった。地球の大気は、いつから酸素に富むようになったのだろうか。

酸素の起源としては、2つのシナリオが考えられる。大気中の水蒸気が太陽から降り注ぐ紫外線で分解され、水素と酸素になる。水素は軽いので宇宙空間へ出ていき、酸素だけが残された。これが第1のシナリオだが、このプロセスだけでは現在の酸素量を説明できない。光合成によって酸素をつくり出すシアノバクテリアの出現、という第2のシナリオが有力だ。

大気中に酸素が増えたことを「大気の酸化」という。15年ほど前まで、大気の酸化時期は約22億年前というのが定説だった。研究の積み重ねによって、約23億2000万～24億4000万年前までさかの

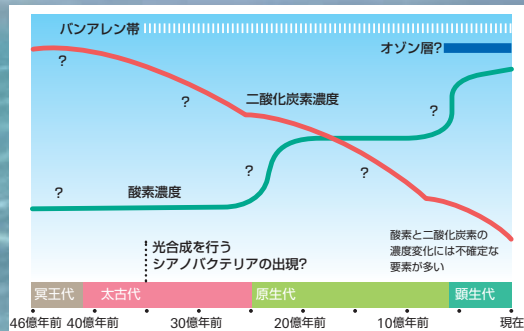
ぼる可能性があるというのが、最近の有力な説になっている。しかし、大気の酸化時期についてはさまざまな説があり、活発な議論が続いている。

そこで、地球史における大気の酸化時期を明らかにするために風化の影響が極力少ない地質試料を採取しようと、日本・アメリカ・オーストラリアによる太古代生命圏掘削プロジェクト（Archean Biosphere Drilling Project）が立ち上げられ、2003年にオーストラリア西部ビルバラのマーブルバー地域で陸上掘削が行われた。地下200mから得られた高品質の試料を用いた研究により、2008年、JAMSTECプレカンブリアンエコシステムラボユニットの鈴木勝彦主任研究員（地球内部ダイナミクス領域研究代表者）は、少なくとも27億年前には大気中の酸素が増え始めていたと発表した（「Blue Earth」本号24～27ページ、2009年1-2月号1ページ参照）。

また、太古代生命圏掘削プロジェクトに企画段階から参画しているラボユニットの山口耕生招聘研究員は、マーブルバーの地下から採取した34億6000万年前の赤色チャートの研究を進めている。そして、赤鉄鉱が多く含まれる層について微量元素の量を分析し、この赤色チャートが堆積した当時の海

水は酸素に富んでいたことを示唆する証拠を発見した。山口招聘研究員は、大気の酸素の増加は27億年前どころかもっと早く、少なくとも35億年前ではないかと考えている。そのころまでには光合成によって酸素を出すシアノバクテリアが出現し、大気中の酸素が急増した可能性があるというのだ。アメリカ・イェール大学のトニー・ラサガ元教授とベンシルベニア州立大学の大本洋教授らの動的地球化学モデルによって、シアノバクテリアの出現からわずか100万年ほどで大気は急速に酸化されることが分かっている。シアノバクテリアの出現と大気の酸化は、億年の単位の地質学的時間スケールで見れば、ほぼ同時期であったのかもしれない。

大気に酸素が増えた時期や濃度の決定にはさらなる研究が必要だが、生物が地球の大気を変えたのは間違いない。では、シアノバクテリアが大量出現したのはなぜか。その謎を解く鍵は、地球の内部にあった。



大気中の酸素・二酸化炭素の濃度変化

地球史初期の大気には、酸素はほとんど含まれていなかった。大気中に酸素が増えたのは、光合成によって酸素をつくり出すシアノバクテリアの働きによる。現在の酸素濃度は20%である。一方、地球史初期の二酸化炭素濃度は現在の数百倍～数万倍程度もあった。海と陸が誕生すると、岩石風化の際に吸収されたり炭酸塩鉱物として沈殿することによって徐々に減少していった。現在の二酸化炭素濃度は0.04%である



最古の生命痕跡を発見したニック・ローズ教授（左、9ページ参照）と全球凍結を提唱したジョセフ・カーシュビンク教授（右、17ページ参照）。ローズ教授は大気中に酸素が増加したのは早かったと考え、カーシュビンク教授は遅かったと考えている。大気の酸化時期については、紙が2人を隔てているように、学界を二分しての熱い議論が現在も続いている
（写真提供：山口耕生）



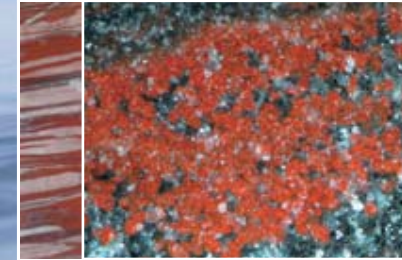
マーブルバー地域の露頭

ウェスタンオーストラリア州マーブルバー地域には、約34億6000万年前に堆積したしま状の赤色チャートが露出している。赤い部分には赤鉄鉱が含まれる
（写真提供：山口耕生）



太古代生命圏掘削プロジェクトの陸上掘削の様子

2003年夏、マーブルバー地域で行われた。風化の影響を受けていない地質試料を採取するため、深さ260mの掘削を行った
（写真提供：山口耕生）



掘削試料

左は試料の表面で幅約3cm。右は薄片の顕微鏡写真。赤い粒子は、鉄が酸化された赤鉄鉱。赤鉄鉱が多く含まれる層について微量元素の量を詳しく調べた結果、この赤色チャートが堆積した約34億6000万年前当時の海水は酸素に富んでいたことが明らかになった
（写真提供：山口耕生）

ストロマトライト

35億年前、光合成によって酸素をつくり出すシアノバクテリアが出現し、大気中に酸素が増加したと考えられている。ストロマトライトは、シアノバクテリアが層状に堆積しながら成長していく。現在は、ウェスタンオーストラリア州のシャーク湾など限られた地域にのみ生息している。シャーク湾は世界遺産に登録されている

冷えていく地球がつくり出したシールド——磁場が生命を守り、地球を変えた

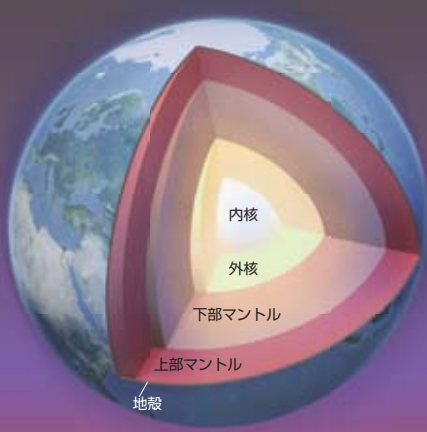
46億年前はすべてのものがどろどろに溶けた状態だった地球も、時がたつにつれ、少しずつ冷えていく。その過程で海が生まれ、プレートテクトニクスが始まり、大陸がつくられたことは、すでに紹介した。冷えていく地球の内部では、岩石からなるマントルと、鉄からなる核が分離する。核は、さらに内核と外核に分かれる。内核は高い圧力のために固体となり、その外側を液体の外核が取り巻くという構造ができた。地球の中心までは地表から6,400km、外核までは2,900km。これほど地下深くで起きている地球内部の進化は一見、生物の進化など地表でのできごととは無関係のようだが……。

外核では、液体の鉄が熱をマントルに渡しながら対流運動をしている。液体の鉄のように電気を通す物質が磁場のなかで動くと、電流が発生する。電流が流れると、周りに磁場がつくられ、最初にあった磁場を強める。すると、電流が強く流れ、さらに磁場を生む……。その繰り返しによって、外核には10億アンペアもの強い電流が流れ、強い磁場がつくられる。このプロセスを「地球ダイナモ」と呼ぶ。ダ

イナモとは発電機という意味だ。

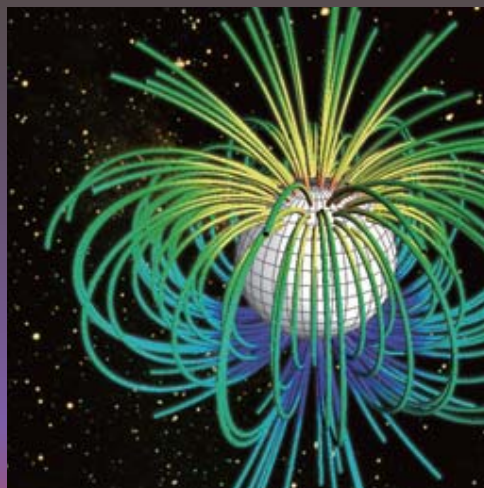
そうしてつくられた磁場は、地球を取り巻くように分布している。磁場ができたのは、最新の研究成果によると、少なくとも35億年前。これは、シアノバクテリアによる光合成が盛んになったと考えられる時期と一致している。宇宙には高いエネルギーを持った宇宙線や太陽風などが飛び交い、地球にも降り注いでいた。それら高エネルギー粒子は、生物にとって有害だ。磁場ができると、それがシールドとなり、生物に有害な高エネルギー粒子が地球に入ってこなくなった。その結果、生物が浅瀬でも暮らせるようになり、強い太陽の光を浴びて活発に光合成を行い、たくさんの酸素が大気中に放出されるようになったと考えられている。

もし磁場がなかったら……。宇宙線や太陽風が降り注ぐ地表や浅瀬では、生命は存在できなかっただろう。地球内部の進化の結果できた磁場が、地表で進化した生命を守る。一見、無関係と思える地球と生命の進化。実は、相互にかかわり合いながら、共進化しているのだ。



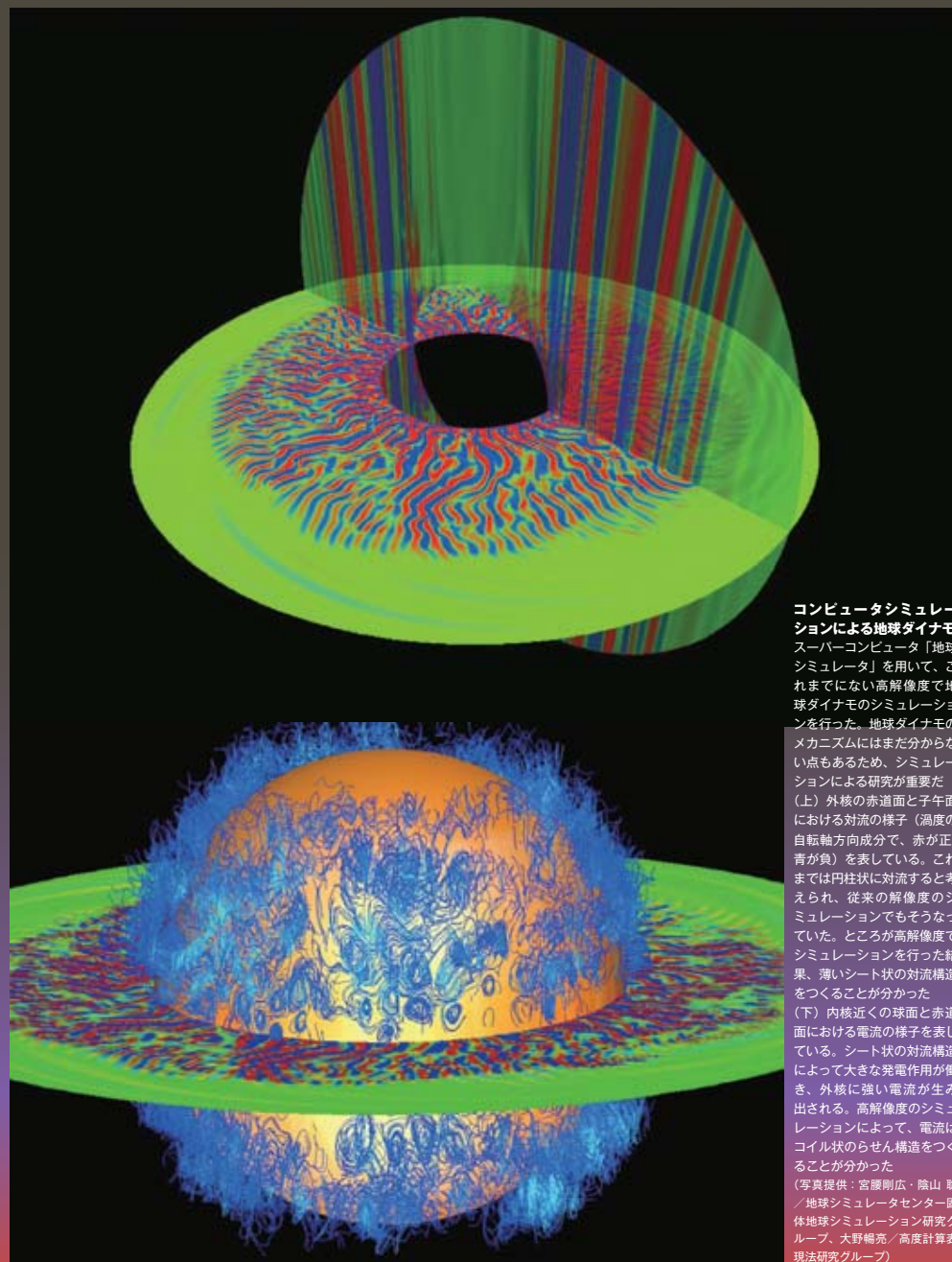
地球の内部構造

地球は、地殻、マントル、核からなり、マントルは上部と下部、核は内核と外核に分けられる。核は鉄からなり、内核は固体、外核は液体になっている。外核が対流運動をすることで磁場がつくられる。



コンピュータシミュレーションによる地球磁場

地球磁場は地球を取り巻くように分布している。その形状は双極子磁場と呼ばれ、棒磁石の周りに鉄粉をまいたときに見えることができる磁場のかたちと似ている。この磁場が、有害な宇宙線や太陽風から生命を守るシールドの役割をしている。大気が宇宙空間に逃げていかないのも磁場のおかげである。



コンピュータシミュレーションによる地球ダイナモ
スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を用いて、これまでにない高解像度で地球ダイナモのシミュレーションを行った。地球ダイナモのメカニズムにはまだ分からない点もあるため、シミュレーションによる研究が重要だ。
(上) 外核の赤道面と子午面における対流の様子（温度の自転軸方向成分で、赤が正、青が負）を表している。これまでは円柱状に対流すると考えられ、従来の解像度のシミュレーションでもそうなっていた。ところが高解像度でシミュレーションを行った結果、薄いシート状の対流構造をつくることが分かった。
(下) 内核近くの球面と赤道面における電流の様子を表している。シート状の対流構造によって大きな発電作用が働き、外核に強い電流が生み出される。高解像度のシミュレーションによって、電流はコイル状のらせん構造をつくることが分かった。
(写真提供：宮腰剛広・陰山 聡／地球シミュレーションセンター固体地球シミュレーション研究グループ、大野暢亮／高度計算表現法研究グループ)

白い地球の出現——大陸移動と生物が地球を凍らせた

青い地球が白い地球へと姿を変えた時期があった。大陸は赤道付近まで氷に覆われ、海も水深2,000mまで凍り付いた。このできごとは「全球凍結」と呼ばれている。しかも、それは一度ではない。6億年前と7億5000万年前、そして約23億年前にも全球凍結が起きたと考えられている。

全球凍結の有力な証拠は、ナミビアで見つかった。地層がむき出しになった茶色っぽい断崖に埋まっている白い石がそれだ。直径1mほどで、その存在は明らかに周りから浮いている。この白い石は、なぜここにあるのだろうか。

犯人は氷河だ。氷河は、周りの岩石を削りながらゆっくりと動いていく。削られた岩石は10mに達するものから1cmに満たないものまでさまざま。それらが氷河とともに運ばれていく。氷河は海に到達し、はるか沖合まで運ばれるものもある。沖合の海底では、沿岸域の海底に比べ、とても細かい粒子が堆積する。氷河が融解することによって解放された巨石がそのような海底に沈んでいった。そうして、場違いな白い巨石は細かい粒子からなる地層に埋め込まれた。このようなものを「氷河性堆積物」と呼び、世界各地に見られる。氷河性堆積物は、かつてそこに氷河があったことを意味する。

アフリカのナミビアに氷河！？と驚くかもしれないが、プレートテクトニクスによって大陸は移動し、現在のアフリカ大陸が高緯度にあったこともあるので、それだけでは驚くに値しない。しかし、岩石に記録された地磁気の解析から、それは6億年前に赤道付近でできたことが分かった。最も暖かいはずの赤道付近に氷河があった——この事実は、地球全体が氷に覆われていたことを意味する。

全球凍結のきっかけは、大陸の配置の変化だと考えられている。全球凍結が起きる前、大陸は1つにまとまって超大陸をつくっていた。それが、プレートテクトニクスによって大陸がばらばらになった。大陸の周りには浅瀬ができるので、大陸分裂によって光合成を行う生物たちの生息場所が増え、数が急増した。その結果、大気中の二酸化炭素が光合成に使われて減少し、温室効果が弱まり、気温が低下したのだろう。雪や氷が増えると太陽エネルギーを反射しやすくなり、地球は一気に凍り付いた。これが、全球凍結に至るシナリオだ。

全球凍結は数千万年も続いた。その間も火山活動は続いていたため、大気中に二酸化炭素が少しずつたまっていき、その温室効果によって気温が再び上昇し、地球は青い姿を取り戻したと考えられている。

全球凍結

地球全体が氷に覆われスノーボール（雪玉）のようになっていたという説は、1992年、アメリカ・カリフォルニア工科大学のジョセフ・カーシュビング教授によって提唱された。カーシュビング教授は、世界各地で見つかる氷河性堆積物や、その地層のすぐ上にある炭酸塩岩やしま鉄鉱層など、いくつかの謎は全球凍結で説明できると考えた

（イラスト：本多冬人）



ナミビアで発見された
氷河性堆積物

中央に見える白い岩は、氷河によって削り出されて運ばれ、土砂に埋もれたもの。氷河性堆積物と呼ばれる。この岩石に含まれる磁気を調べた結果、赤道近くでできたことが分かった。地層の年代から、6億年前、赤道付近には氷河が存在していたことになる。これは全球凍結の証拠である。アメリカ・ハーバード大学のポール・ホフマン教授（右）の成果
（写真提供：Gabrielle Walker）

多様性——地球内部の暴走から生命を守ったもの

全球凍結によって、生命はすべて死に絶えてしまったのだろうか。

全球凍結といっても、高山や火山、温泉地帯には厚い氷はなかったと考えられている。全球凍結のときの地球は「スノーボール」に例えられるが、むしろ「スラッシュボール」といった方がいかかもしれない。スラッシュとは、融けなかった雪のことだ。生物は、厚い氷に覆われていない場所や深海で生き延びた可能性がある。また、生物には、環境が悪くなると生命活動を停止し、環境が改善されると活動を再開するものがある。全球凍結によって多くの生物は死に絶えたことだろう。しかし、氷に閉ざされたまま静かに青い地球に戻るのを待っていた生物がいたはずだ。

ここで、生命の進化を簡単に振り返ってみよう。生命は38億年前より以前に誕生した。生命が生きていくためにはエネルギーが必要だ。初期の生命は、周りにふんだんにある水素やメタンをエネ

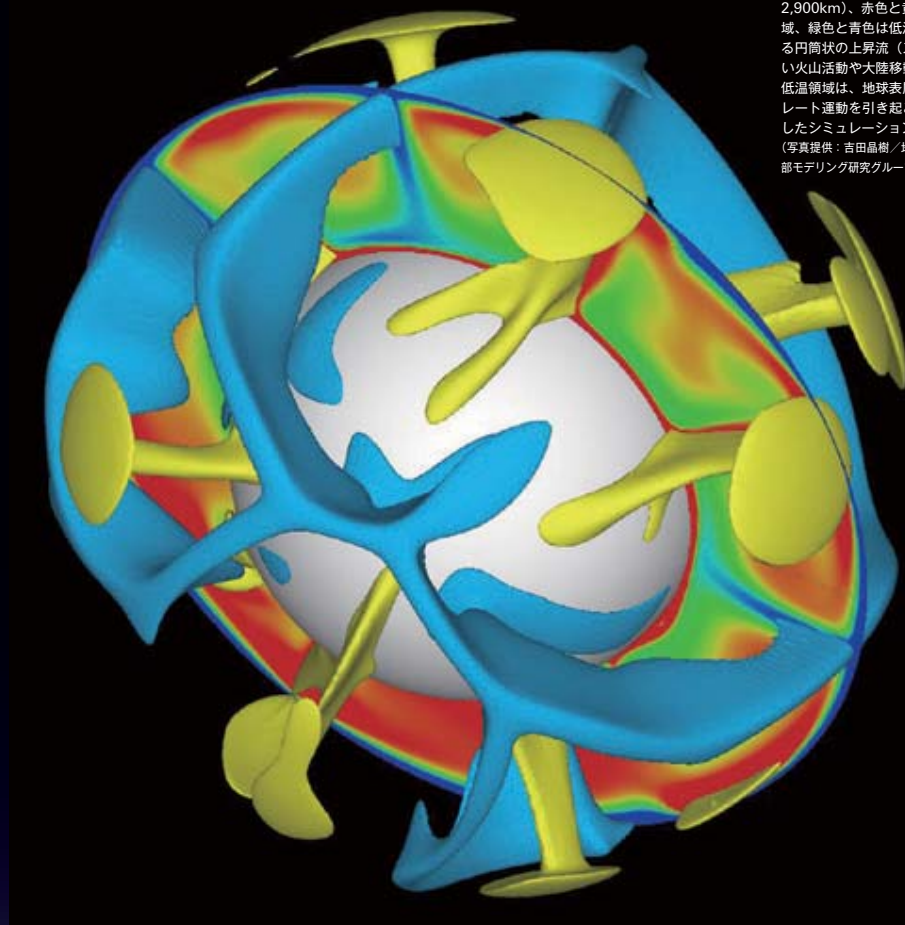
ギー源にしていたかもしれない。やがて微生物は、水素酸化・メタン生成・メタン酸化・硫酸酸化・鉄酸化・硫酸還元・鉄還元・窒素固定・脱窒・マンガン酸化・光合成など、さまざまな代謝機能を獲得し、進化を遂げた。真核生物の登場という大きな進化は、約21億年前に起きた（約27億年前とする説もある）。それまでの原核生物は核を持たないが、真核生物は核を持ち、遺伝情報をつかさどるDNAをそのなかに入れている。さらに約17億年前に多細胞生物が登場した後、大きな進化のない時代が長く続く。そして約6億年前、大型の生物が登場。エディアカラ生物群と呼ばれるもので、骨格や殻を持たず、多くは平たいかたちをしている。なかには数mの大きさのものもいた。

大型生物の出現——それは、約6億年前の全球凍結を経て、白い地球が青い地球に戻った時期と一致する。真核生物が登場したとされる少し前、約23億年前にも全球凍結があった可能性がある。全球凍結という過酷な時代を生き延びた生物たちは、大きく進化し、多様化することで生命をつないでいこうとしたのではないだろうか。

エディアカラ生物群は、先カンブリア代の終わり（約5億4500万年前）に姿を消す。顕生代に入ると、骨格や殻を持ち、奇妙な姿をしたバージェス^{ワッパ}貝岩動物群などが登場する。いわゆる「カンブリア紀の生命大爆発」だ。それを境に、生物の種類、数が急速に増えた。しかし、その後も大量絶滅は繰り返されている。最大のものは古生代末（2億5000万年前）に起きた。古生代末の大量絶滅の原因は、マンツルの巨大な上昇流「スーパーブルーム」だと考えられている。スーパーブルームが超大陸パンゲアを分裂させ、また激しい火山活動によって太陽の光が遮られ、植物の光合成ができなくなってしまったのだ。生態系は崩れ、酸素が不足し、海洋では数千万年にわたって無酸素状態が続いた。それは「海洋無酸素事変」と呼ばれる。その結果、地球上の約68%、海に限ると約96%の種が絶滅した。

暴走ともいえるほどの地球内部の活動によって、生物は何度も絶滅のふちに追いやられてきた。しかし、それを乗り越えたとき、生物は進化し多様化する。古生代末の大量絶滅の後も例外ではなかった。地球—生命相互作用システムは、未来も働くだろう。しかし、現在の地球では生物の多様性が失われつつある。いま地球内部の暴走が起きたら、私たちはそれを乗り越えることができるのだろうか。

マンツル対流のシミュレーション
中心の白い球面は核とマンツルの境界面（深さ2,900km）。赤色と黄色はマンツル内部の高温領域、緑色と青色は低温領域を表す。核から発生する円筒状の上昇流（スーパーブルーム）は、激しい火山活動や大陸移動を引き起こす。シート状の低温領域は、地球表面から沈み込むプレート、プレート運動を引き起こす物質の変形と流動を考慮したシミュレーション結果
（写真提供：吉田晶樹／地球内部変動研究センター 地球内部モデリング研究グループ）



白亜紀の「海洋無酸素事変」を示す黒い地層（イタリア北部）
海洋無酸素事変は、古生代末、中生代白亜紀などに起き、生物の大量絶滅の原因になったと考えられている。酸素がないため、大量の有機物が分解されないまま海底に堆積し、黒色頁岩という黒い地層をつくる。JAMSTECでは、白亜紀の黒色頁岩の解析研究を進めている。シアノバクテリアが光合成によって酸素をつくり出す前、初期地球の海洋は無酸素状態であった。白亜紀の黒い地層を調べることは、初期地球の環境を知ることもつながる（写真提供：大河内直彦／地球内部変動研究センター 地球化学研究グループ）

カンブリア紀の生命大爆発と古生代末の大量絶滅
（イラスト：本多冬人）



地球の存在——偶然か？奇跡か？

太陽系には8つの惑星がある。そのうち地球と金星は、大きさも密度もほぼ同じで、誕生直後の姿はまるで双子だった。しかし、現在の地球と金星の環境は大きく異なっている。金星の地表面の温度は460℃、気圧は90気圧、大気の96.5%を二酸化炭素が占める。金星と地球の運命を分けたもの——それは、海が存在だと考えられている。地球では海が二酸化炭素を吸収し、炭酸塩という鉱物として海底に固定した。金星にも初期には海があったと考えられているが、太陽からの距離が近いために長く存在し続けることはできなかった。そのため、大量の二酸化炭素が大気中に残されてしまい、温暖化が進んだのだろう。もちろん地球では、二酸化炭素を使って酸素をつくり出した生物たちの貢献も欠かされなかった。

では、生命が存在するのは、地球だけなのだろうか。太陽系内で生命が存在する可能性がある惑星・衛星として、いくつか候補が挙がっている。まずは、木星の衛星エウロパ。厚い氷の下では、土星や木星の重力による潮汐で発生するエネルギーによって氷が融かされ、液体の水が存在している可能性がある。そこでは生命が誕生しているかもしれない。火星も有力な候補だ。火星にはかつて海があり、現在も地下に液体の水があると考えられ、NASA（アメリカ航空宇宙局）などが精力的に探査を行っている。太陽系以外で地球のような惑星を探そうという

試みもある。

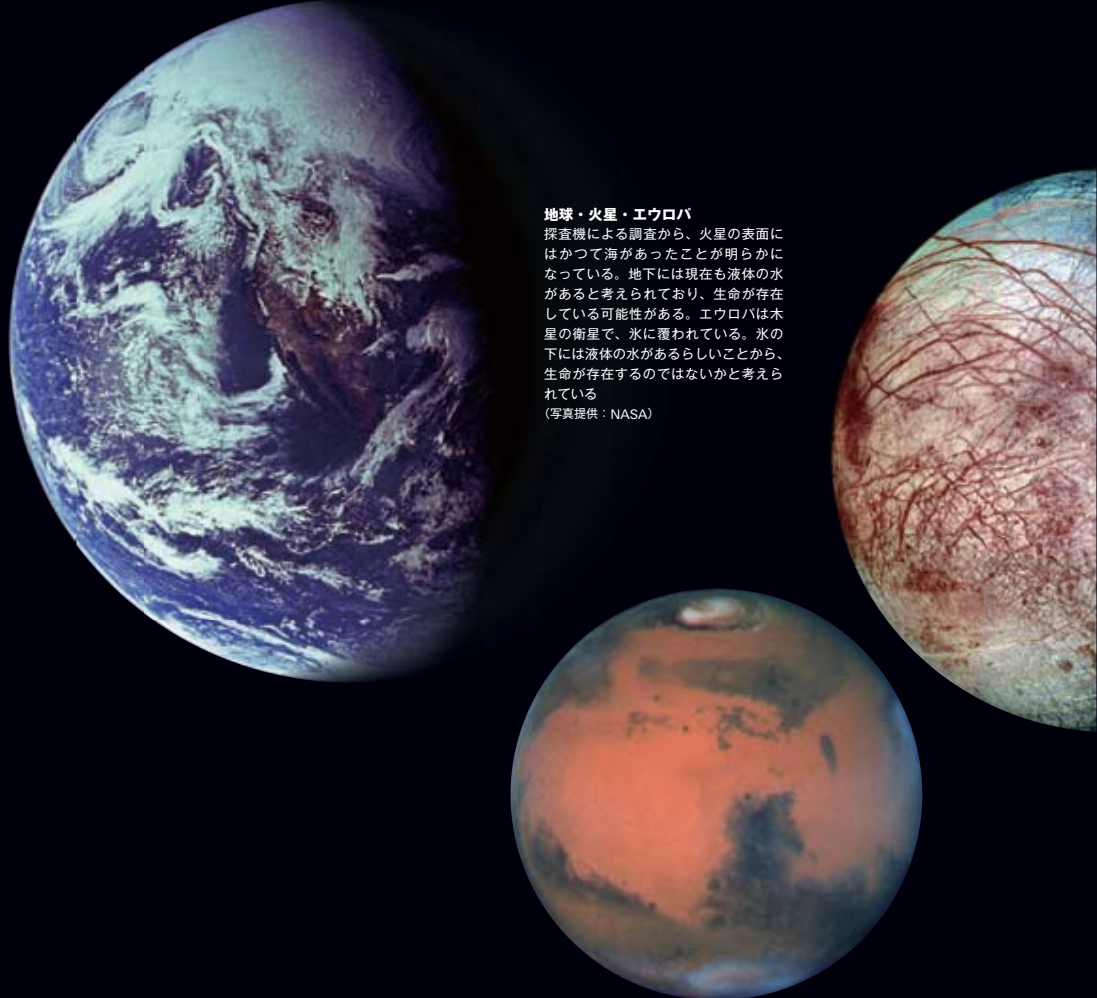
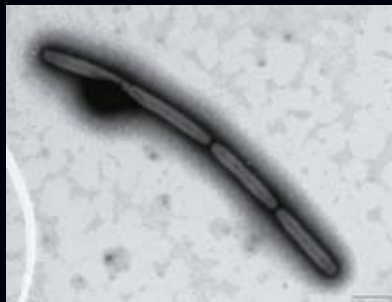
生命が生き可能な惑星（ハビタブル・プラネット）になるためには、その惑星が程よい大きさを持つこと、太陽から程よい距離にあること、そして液体の水が存在すること、などの条件を満たすことが必要だと考えられている。しかし、私たちは地球の生命しか知らない。いや、地球の生命についても、実はほとんど分かっていないのかもしれない。

たとえば、十数年前まで、地下深くに生物は存在しないと考えられていた。ところが、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削調査などから、海底下にもたくさんの生物、特にアーキア（古細菌）が大量に生息し、陸、海と並んで「第3の生命圏」となっていることが分かってきた。また、インド洋の深海の熱水噴出孔で採集された超好熱メタン菌は、122℃の高温下でも増殖可能なことが分かった。微生物の追試可能な生育温度はこれまで最高113℃だったことから、大幅な更新だ。宇宙には、地球とはまったく違う、想像を超えた環境で生存している生命がたくさんいるかもしれない。

地球が生命に満ちあふれた稀有な惑星になり得た真の原理——その探求は、まだまだ始まったばかりだ。JAMSTECでは、さまざまな分野の研究者が多様なアプローチで、その原理を明らかにしようという研究を進めている。

BE

超好熱メタン菌 *Methanopyrus kandleri* 116株の電子顕微鏡写真
インド洋中央海嶺「かいれいフィールド」から採集。これまでの微生物の最高生育温度を更新し、122℃の高温下でも増殖可能であることが分かった。プレカンブリアンエコシステムラボユニット 高井研ユニットリーダーらの成果



地球・火星・エウロパ

探査機による調査から、火星の表面にはかつて海があったことが明らかになっている。地下には現在も液体の水があると考えられており、生命が存在している可能性がある。エウロパは木星の衛星で、氷に覆われている。氷の下には液体の水があるらしいことから、生命が存在するのではないかと考えられている

(写真提供：NASA)

海底下から採集されたアーキア（古細菌）

「ちきゅう」により青森県八戸沖約80km、水深1,180mの海底下から掘削された堆積物から検出された。これまで海底堆積物に生息している微生物のほとんどはバクテリア（真性細菌）で、アーキア（古細菌）はわずかだと考えられていた。ところが、高知コア研究所地下生命圏研究グループの稲垣史生グループリーダーらの解析から、アーキアが大量に生息していることが明らかになった

下田海中水族館

ネコの眼をした魚——ネコザメ

取材協力：木下剛介・飼育課

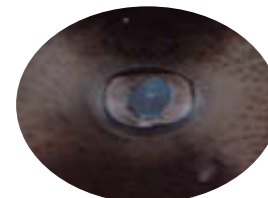
ここ下田海中水族館でいつからネコザメの飼育を始めたのか、その時期は定かでない。この水族館は1967年3月20日、伊豆の海を再現することをコンセプトにオープンした。ネコザメは日本沿岸の浅い海にごく普通に見られる魚だ。もちろん、伊豆の海にも生息している。だから、比較的早い段階で水族館の仲間に加わった。

ネコザメは、甲殻類や貝類などを餌にして、岩礁で夜活動する。サザエが好物らしく、漁師さんたちの間では「サザエワリ」などと呼ばれている。顎の力が強く、ガリガリとすりつぶすように餌を食べる。そんなネコザメの飼育開始時期について、水族館で一番古株の先輩に聞いても、いったいいつからなのか分からない。データとして残っているのは1979年からだ。雌へのかみつき行動、交尾が記載されている。30年以上前には、すでにこの水族館に登場していたことになる。実は水族館で最も古株なのは、ネコザメたちなのかもしれない。

2月から7月くらいは、ネコザメたちの繁殖の季節。ネコザメは1日のうちに間隔を空けて2個の卵を生む。1個体が繁殖期のうちに年間10～14個ほどの卵を生み落とす。卵はスクリューのような独特のかたちをしていて、長さは150mmほど。産卵した直後は半透明をしていて、光にかざすと卵黄があるかどうかを確認できる。時間がたつにつれて卵殻の色は褐色度を増し、なかは見えなくなっていく。卵のとがっていない方は、粘液物質でフタがされているが、ふ化時期が近づくにつれて粘液物質が溶けていき、そこから新鮮な海水が入るようになる。そして、12ヵ月後にはふ化だ。20cmほどに成長した幼魚が誕生する。下田海中水族館では、毎年150個前後の卵が生み落とされるが、ふ化するのはいだいたい3%ほどだ。ほかの魚やネコザメ自身が卵を食べてしまったりするからだ。それでも、これほどの産卵数を誇る水族館はほかにない。飼育しているネコザメの個体数の多さもあるかもしれないが、温度調節をせず自然の海水をふんだんに使用し、自然に近い水温変動が起こることが奏功しているのではないかと考えている。水族館で育った稚魚は、北は北海道から南は九州まで、さまざまな水族館で飼育されている。

ネコザメの産卵には、実は知人ぞ知る“伝説”がある。ネコザメの母さんが生んだ卵を口にくわえて、岩場などのわずかなすき間に口で押し込むというのだ。水族館の卵も、何でもこんなところと思うような場所ばかりに生み付けられている。何とかして、その現場をこの目で見てみたい。夕方5時ごろ、おなかから卵が出かかっている雌を見つけた。ついに伝説を目の当たりにする瞬間に立ち会えるかもしれないと、観察を続けることにした。7時、8時……まだ生み落とす気配がない。深夜まで観察し続けたものの、根負けしてその日は帰った。次の日の朝、卵はすでに生み落とされていた。やられた。伝説は、いままって伝説のままだ。

私だけかもしれないけれど、ネコザメと飼育者との間には相性みたいなものがある気がする。餌付けショーでお客さんに見ていただくために、ネコザメをそっと持ち上げるとき、相性のよい個体はまるでショーに協力しているかのように、じっとしてしてくれる。そうかと思えば、同じ個体がある日突然触らせてくれなくなることもある。そんなときは、あ、ふられちゃったなと思う。ネコザメの姿はユーモラスで、餌を探すときに頭をかしげるしぐさは愛らしい。飼育している魚類のなかでも、思わぬ喜びなネコザメが一番好きだ。



ネコザメの昼の眼（上）と夜の眼（下）。ネコの眼のように光によって瞳が変わる。ネコザメは夜行性だ

2006年9月22日に南伊豆町中木沖で発見されたネコザメの白化個体。アルビノではない。アルビノは遺伝的に色素のない個体で、眼も赤くなるが、この個体は眼は黒く、体も所々黒い。下に付いた一文字の口の先にあるのは鼻部。ネコザメは、主ににおいて餌を探しているようだ



ネコザメの卵と幼魚。卵はスクリューのような独特のかたちをしている。卵殻の長さは150mm、幅は55mmほど。このなかで1個体が成長し、12ヵ月ほど成長すると20cmくらいの幼魚が誕生する

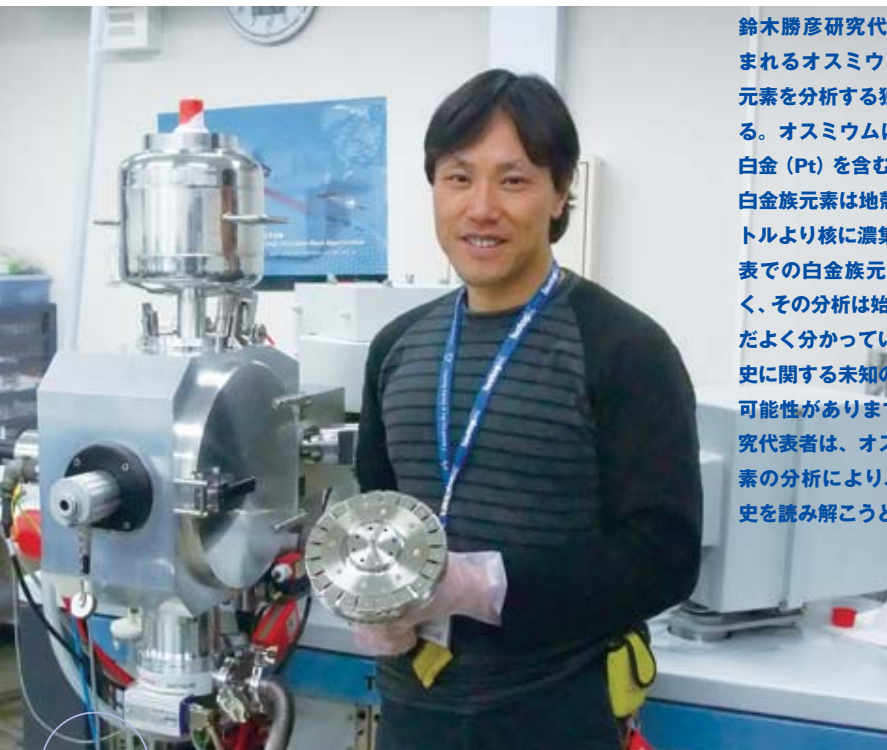
成魚。俊敏に動くタイプの魚ではなく、だいたいじっとしている。水族館でも日中は洞窟のような場所にいることが多い。雌は120cm、雄は90cmほどになる。

微量元素から地球史46億年を読み解く

鈴木勝彦

地球内部ダイナミクス領域 (旧・地球内部変動研究センター)
地球内部ダイナミクス基盤研究プログラム
地球深部と表層との共進化研究チーム
研究代表者

システム地球ラボ
プレカンブリアンエコシステムラボユニット
主任研究員



鈴木勝彦研究代表者は、岩石中に含まれるオスミウム (Os) などの微量元素を分析する独自の技術を持っている。オスミウムはイリジウム (Ir) や白金 (Pt) を含む白金族元素の1つだ。白金族元素は地殻よりマントル、マントルより核に濃集する性質がある。地表での白金族元素の濃度は極めて低く、その分析は始まったばかりだ。「まだよく分かっていない元素には、地球史に関する未知の情報が刻まれている可能性があります」。こう語る鈴木研究代表者は、オスミウムなどの微量元素の分析により、46億年に及ぶ地球史を読み解こうとしている。

高精度の同位体データ
を導き出す質量分析計
に試料を入れるところ

鈴木勝彦 (すずき・かつひこ)
1964年、愛知県生まれ。博士 (理学)。東京大学理学部化学科卒業。東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了。東京大学教養学部助手などを経て、2003年、海洋科学技術センター 固体地球統合フロンティアグループリーダー。2009年より現職。専門は同位体地球化学・熱水実験化学

地学専門の高校の先生との出会い ——地学に興味を持ったきっかけは何ですか。

鈴木: 中学生のころから、化学に興味がありました。化学の実験で、水溶液の色が変わったりすることが面白かったのです。地学にも興味を持つようになったのは、高校2~3年生のときの担任、磯貝勝則先生の影響です。磯貝先生の専門が地学でした。私の出身地、愛知県には地学が専門の高校の先生は数人しかいなかったと思います。

磯貝先生は広島大学で地質学を学んで博士号を取った後、大学の就職口を付けて、

高校教員になったそうです。そして教員になっても研究を続けていました。理科の準備室にビュレットやピーカーなどの化学分析器具を自前でそろえて、フィールドから採取してきた岩石を分析している姿がとても楽しそうなんです。研究って面白そうだな、と思いました。

実は、私は地学を履修していなかったのですが、先生の地学の授業は一度も受けたことはありません。しかし、フィールドに連れていってもらったり、分析器具をさわらせてもらったりするうちに、地学にも興味を持つようになりました。

分解が終了した岩石試料。オスミウムは硝酸などで分解すると酸化してどこかに飛んでいってしまうため、岩石はガラス管に封入して分解をする。「上手にガラス管を閉じないと、分解中に爆発が起きてしまいます。貴重な試料を入れたガラス管をガラス細工で閉じるとき、失敗ができないと思うと手が震えます」



試料からオスミウムを取り出す鈴木研究代表者。危険な試薬を用いるため、排気装置を使い手袋にゴーグル、ガスマスクという重装備で作業を行う

オスミウム分析法開発の苦闘

——その後、東京大学で化学と地学が関連する地球化学を専攻されたんですね。

鈴木: 理学部の卒業研究のときから、化学科で地球化学が専門の増田彰正教授の研究室に入り、そのまま修士課程へ進みました。あるとき教授から、「オスミウム (Os) の分析をやってみないか。すぐにデータを出せると思うよ」といわれました。それがうそだったんです (笑)。1989年ごろのことですが、それ以来ずっとオスミウム分析法の開発・改良を続けています。

——当時、オスミウムの分析法は確立されていなかったんですね。

鈴木: そうです。新しい分析法が提案されては、うまくいかないことの繰り返しでした。私も分析データを出すことができない状態がずっと続きました。そのころ、海外でもオスミウム分析法の開発を進めていたのは、主に大学院生たちでした。同世代ということもあって、包み隠さず情報交換を行いました。ライバル同士ですが、オスミウム分析があまりにも難しく、情報を共有しないと分析法を確立できないと、みんな考えていたのだと思います。おかげで彼らとはいまでも深い交流があります。

——オスミウムの分析は、なぜそれほど難しいのですか。

鈴木: そもそも岩石に含まれているオスミウムがとても微量なこと。たとえば、プールいっぱい岩石が入っていたとして、そのなかに入っているオスミウムはほんの耳かき1杯分です。これでは見つけようにも見つけられないですよね。そして岩石から取り出そうとすると、オスミウムは酸素と結び付いて気体となり、飛び去ってしまうという問題がありました。その問題を解決することがとても大変だったのです。

私がなかなか分析データを出すことができない一方で、研究室の同級生や後輩たちが、違うテーマで次々と研究成果を出していきいます。しかも増田教授の定年が迫っていたので、それまでに開発にめどを付ける必要があり、とても焦りました。そのころはよく研究室で寝泊まりしていましたね。信頼できると思える分析データをやっと出すことができたのは、開発を始めてから3年後、博士課程の2年生のときでした。

——そのときの気持ちは?

鈴木: 興奮したと同時にほっとしました。そして、これで私も研究者になれるかもしれない、やっと思いました。

オスミウムの分析データは、世界的にも1990年代半ばから発表されるようになり、2000年くらいから爆発的にデータが増えていきます。

生物の大量絶滅の謎を探る

——オスミウムの分析により、どのようなことが分かるのですか。

鈴木: オスミウムには質量数が187と188の同位体があります。海底の堆積物中のオスミウム同位体比の変化を調べると、生物の大量絶滅など地球史上のできごとがどのようなものであったか、推定することができます。たとえば、6500万年前に恐竜が絶滅したときの海底の堆積物を調べると、オスミウム同位体比 ($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$) が一気に下がっていることを、海外の研究グループが突き止めました。

大陸起源のオスミウムの同位体比は高く、マントル起源や隕石起源のオスミウム同位体比は低いことが知られています。火山活動が活発化した場合には、マントル起源の物質が地表に噴出して、海底に少しずつ堆積していくので、オスミウム同位体比も徐々に下がるはずですが、6500万年前にオスミウム同位体比が一気に下がったことは、隕石衝突により、そこに含まれていた同位体比が低いオスミウムが大量に地表にまき散らされたとか考えられません。

1980年に恐竜絶滅の原因として隕石衝突説が提唱されましたが、その根拠は、6500万年前の堆積物中のイリジウム (Ir)

濃度が高いということでした。巨大隕石の衝突により地球表層にイリジウムがまき散らされたと主張したのです。しかし、海底で酸素が少なくなったときにも、イリジウム濃度が高くなる場合があります。イリジウム濃度が高いことだけで、隕石が衝突したとは言いきれません。一方、オスミウム同位体比が一気に下がっていれば、隕石衝突が起きたと断言できます。

——生物の大量絶滅は、6500万年前以前にも何回か起きたそうですね。

鈴木：2億5000万年前には、史上最大の大量絶滅が起きたと考えられています。私たちは、その時代の海底の堆積物のオスミウム同位体比を分析する研究を、2000年ごろから東京大学の加藤泰浩准教授を中心とする研究グループなどと共同で行っています。最初は九州や四国で採取した試料を

分析しました。当時の海底の堆積物が日本列島にぶつかって、地上に現れている場所があるのです。しかし、九州や四国で採取した堆積物は変質が激し過ぎました。最後の望みをかけて京都で採取した堆積物を分析したところ、やっというデータを得ることができました。

——分析結果はどうだったのですか。

鈴木：オスミウム同位体比が一気に下がっている現象は見られませんでした。史上最大の大量絶滅の原因は、隕石衝突だとは考えられません。

——では、何が原因だったのでしょうか。

鈴木：私たちは、大量絶滅が起きた時期にオスミウム同位体比が逆に高くなっていることを発見しました。大陸起源のオスミウムが増えていたのです。何らかの原因で急激な温暖化が進み、大陸を覆っていた氷河などが融けて大陸の物質が海へ流れ込み、海底に堆積したと考えられます。温暖化が生物の大量絶滅を引き起こす一因だったかもしれません。さらに、オスミウム同位体比は高くなった後に下がっていて、活発な火山活動が起きたことを示しています。ただし、温暖化と活発な火山活動の前後関係はまだよく分かりません。分かったことでもあります、結果として分からないことも出てきて、ますますこの時代の研究が面白くなってきました。

全球凍結は起きたのか

——オスミウムの分析から、過去に起きた温暖化も推定できるのですね。

鈴木：逆に、寒冷化した時代の研究にもオスミウムの分析は有効です。6億年前や23億年前に地球全体が氷に覆われた「全球凍結」が起きたという説があります。もし、海が氷に覆われていれば、そこにオスミウム同位体比の低い宇宙からのちりや隕石が降り積ります。そして氷が融けたときに、それらが一気に海底に堆積するので、オスミウム同位体比が一気に下がるはずですが、しかし、海外の研究グループが6億年前の海底の堆積物を分析すると、オスミウム同位体比はほとんど変化していませんでした。全球凍結説に疑問が投げ掛けられたのです。

私たちと東京大学の関根康人助教を中心とするグループは、最初に全球凍結があったと考えられている23億年前の海底の堆積物を調べてみました。その結果、この時代の堆積物のオスミウム同位体比は下がる

中国四川省にある峨眉山(Emeishan)での洪水玄武岩の採取(右が鈴木研究代表者、左は共同研究を行っている瓜州地球化学研究所の許継峰教授)。2億5000万年前、史上最大の大量絶滅が起きた時期に、峨眉山では大規模な火山活動が起きた。それが大量絶滅を引き起こした原因の1つではないかと考えられている



峨眉山の玄武岩。「これがもしかしら、史上最大の大量絶滅を引き起こした原因の跡かもしれないと思うと、ワクワクします」

どころか上昇していました。このデータから考えると、23億年前も海の全域が凍結したわけではないようです。

定説を覆した瞬間

——地球史をさらにさかのぼり、約27億年前には大気中に酸素が増え始めていたと、2008年に発表しましたね(『Blue Earth』2009年1-2月号1ページ参照)。

鈴木：原始の地球の大気中に酸素はありませんでした。その後、光合成を行うシアノバクテリアが登場し、酸素を生み出していたと考えられています。大気中の酸素が増え始めた時期については、堆積岩中の硫黄の分析から、24億5000年から23億2000万年前という数値が2000年に発表され、それが定説となっていました。

私たちと東京大学の加藤准教授を中心とする研究グループは、オーストラリア西部の地下から採取された、大気中の酸素を含んだ地下水が浸透することでできる赤鉄鉱化した玄武岩を調べました。そして玄武岩が赤鉄鉱化した後に入り込んだ黄鉄鉱脈を見つけました。その黄鉄鉱の年代を突き止めれば、玄武岩が赤鉄鉱化した年代、つまり大気中に酸素が増え始めた時期を推定できます。黄鉄鉱などの金属硫化物の年代測定は、オスミウムを用いた方法が唯一

のものですが。

しかし取り出すことができた黄鉄鉱の試料はわずか数十ミリグラムです。やり直しができません。試料を分解するときに行うガラス細工など難しい作業では手が震えましたね。夜中まで測定を続け、得られたデータを計算して27億6000万年前という値が出たときには、「よし!」と叫んで、ひとりでガッツポーズをしました。定説を3億年以上もさかのぼる値だったのです。研究はうまくいかないと連続ですが、ときどきこういう瞬間があるのでやめられません。

——その年代測定は鈴木研究代表者たちしかできないものですね。

鈴木：オスミウム同位体比の分析だけでなく、海外の研究グループもできたかもしれません。私たちは質量数187のレニウム(Re)が質量数187のオスミウムへ一定の割合で壊れていくことを利用して年代測定を行いました。ごく微量のレニウムの正確な分析は、ほかにはまねのできないものです。

——今後、研究をどのように進めていくつもりですか。

鈴木：オスミウムやレニウムの分析技術のおかげで、国内外からたくさんの共同研究の申し込みがあります。いろいろな人と一緒に研究する楽しさをいま、味わっていま

す。技術はオープンであるべきです。できる限り多くの人たちとさまざまな共同研究を進めるとともに、この分析技術を広く普及させていきたいですね。

研究テーマとしては、マントル物質中に1000分の1mmくらいの小さな白金族元素の塊があることが分かっているのですが、最近見つけたこの小さな粒の分析をしたいと思います。この粒はもしかしら地球ができたところからそのままのかたちでマントルのなかをさまよっていたのじゃないかな、と想像しています。つまり、この小さな粒のなかには地球が誕生した46億年前の情報が保存されているかもしれません。

覚悟を持って好きな研究を続ける

——最後に、研究者を志す『Blue Earth』の若い読者にアドバイスをいただけますか。

鈴木：いまの時代は情報にあふれていて、結果や先々のことをつい気にしがちです。しかし面白いと思ったら、スポーツでも勉強でも、後先を考えずにのめり込むことが大事ではないでしょうか。ただし1つのことだけに興味を持ってはいいいわけではありません。研究とは関係ない小説を読んだりスポーツ選手の話の聞いたりして、研究のアイデアがひらめくこともあります。研究者を志すなら、若いころからいろいろなことに興味を持つことを心掛けてほしいですね。

こういう話をするとう研究者を目指す人が少なくなるかもしれませんが、研究の道に進んでも、特に駆け出しのころは安定した職に就くとは限りません。しかし何があろうと好きな研究を続けていくという覚悟も必要です。ある種の開き直りですね。そうすると道は開けてくるものなのですよ。不思議とね。

BE



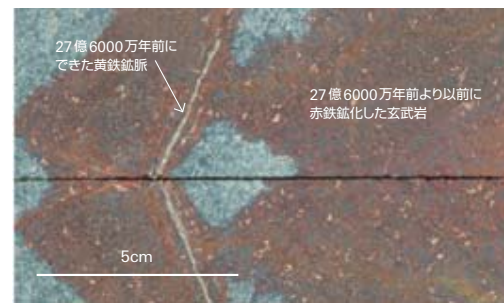
学部4年生のとき、母校での教育実習。「高校時代の担任だった磯貝先生(中央奥)は緊張する私を暖かい視線で見守ってくれました。このころは、研究者になるか教師になるか、真剣に悩んでいました」



「磯貝先生に連れられて、先生のフィールドである中央構造線に母校の後輩たちと一緒に行きました」



大学院時代の鈴木研究代表者。「この床に寝袋を敷いて眠った日は数えられないほどです。実験がうまくいかないと連続で、相当めいていた時期もありました」



オーストラリア西部の地下から採取された赤鉄鉱化した玄武岩。赤鉄鉱化した後に入り込んだ黄鉄鉱脈の年代測定から、大気中の酸素を含んだ地下水が浸透することでできる赤鉄鉱化が27億6000万年前より以前に起きたことが突き止められた

地球温暖化と寒冷圏

(2008年12月20日 第90回地球情報館公開セミナーより)



地球環境観測研究センター
水循環観測研究プログラム
寒冷圏水循環グループ
サブリーダー

矢吹裕伯

やぶき・ひろのり。1965年、福島県生まれ。理学博士。名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了。1998年より海洋科学技術センター地球フロンティア研究システム研究員。専門は寒冷地水文学。大学院時代はチベット高原の永久凍土の研究を行う。1997年より10年以上にわたってシベリアの永久凍土の研究に携わる

雪や氷が広く分布する寒冷圏は、地球温暖化の影響が顕著に現れる地域であり、環境の変化を敏感にとらえる指標として研究の重要性が高まっています。2007年に北極海の海水の面積が最小を記録したのをはじめとして、特にここ数年、寒冷圏では急激な気候変動が起きています。海洋研究開発機構（JAMSTEC）がユーラシア北東地域で長期的な観測を行った結果、永久凍土が融け、氷河が大幅に減少していることなども明らかになってきました。いま、寒冷圏で何かが起きているのか、地球温暖化による気候変動の実態についてお話しします。

地球温暖化は明らかに進んでいる

まず地球温暖化とは何かということからお話ししましょう。温暖化とは、地球の 대기や海の温度が上昇することです。それによって、猛暑や豪雨などの異常気象や海面の上昇が起き、生態系や人類の活動へ悪影響を与えると心配されています。

2007年に発表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第4次評価報告書によると、人類が出した温室効果ガスが温暖化の原因である確率は90%を超えるといわれています。では、温室効果ガスが増えると、なぜ温暖化が進むのでしょうか。それは、地表から出る熱を温室効果ガスが吸収して、多くの熱が宇宙に放出されずに大気中にとどまってしまうためです。

地球温暖化は観測によっても明らかになってきています。世界の年平均地上気温の変化を見ると、100年あたり0.67℃の割合で上昇しています。また1971～2000年の平均に対して、1998年には0.37℃、2005年には0.32℃上がるなど、最近急激な変化が起きています。日本の気温も100年あたり1.07℃の割合で上昇し、1990年代以降は高温となる年が続出しています。さらに東京や大阪などの大都市では、ヒートアイランド現象も加わり、年平均気温が2～3℃も上昇しています。また、20世紀中に世界の平均

海面水位が約17cm上昇しました。さらに北半球の積雪面積が、最近どんどん減っています。この3つのことから、温暖化は明らかであるといわれています。

寒冷圏で急激な変動が起きている

地球温暖化の影響が特に現れているのは寒冷圏、すなわち気温が0℃以下で、積雪、凍土、氷河、氷床、海水が存在している地域だといわれています。

IPCCの第4次評価報告書によると、この100年間で北極の気温は世界平均の約2倍の速さで上昇しています。雪や氷といった白い部分が減ると、太陽エネルギーは反射されずに地上に吸収され、温暖化を加速させます。また、1978年以降の人工衛星データによると、北極海の平均海水面積は10年間あたり2.7%減少、夏季では7.4%と大きく減少しています。IPCCの第4次報告書は2007年2月に出されましたが、その年の夏に、北極圏の海水の面積が過去最小を記録しました（図1）。IPCCの報告書では、北極海の晩夏における海水は21世紀末までにほぼ完全に消滅すると予測されていますが、北極海の変化はその予測を超えるスピードで進んでいます。2008年には、海水の面積は2007年に次いで2番目の小ささ、海水の体積は過去最小となりました。私たちは、北極海は変化の臨界点を越えて

しまったと考えています。

永久凍土の融解が温暖化を加速させる

ここからは私たちの観測についてお話しします。私が所属するJAMSTECの地球環境観測研究センター水循環観測研究プログラム寒冷圏水循環グループは、寒冷圏での水循環、つまり雨が降って蒸発して、水が地球のなかでどのように循環しているかを研究しています。

温暖化が著しいユーラシア寒冷圏では、雪や氷の量が変化して陸での水循環サイクルが変わるというモデルを、IPCCが報告しています。凍土が融けて、積雪面積や河川流量が変わるといった水循環の変動が、全球規模での気候システムに影響を与え、温暖化をさらに加速させたり気象災害を多発させたりする可能性があるため、寒冷圏の研究はとても重要になっています。

私たちは、ロシアのティクシとヤクーツクで長期的な観測を行っています（図2）。

ティクシは北極海に面した永久凍土ツンドラ地帯にあります。凍土とは水を含んだ土壌で、さらに少なくとも20年以上0℃以下の温度を保つ土または岩石を永久凍土と呼びます。日本では北海道などで冬だけ表面が凍ったりしますが、そうした土壌は季節凍土といいます。夏に温度が高くなって永久凍土の表面が融けると、その融けた部分が活動層と呼ばれます。活動層の変化は、永久凍土の状態を知るパラメータとしてとても重要です。

永久凍土はシベリア、アラスカ、カナダなどに広く分布しています。IPCCの報告によれば、アラスカの北極域では、深さ20mで測った地中の温度（地温）が上昇傾向にあり、1980年代以降には3℃以上上昇しています。北半球で季節的に凍結する土地の面積も、1990年以降約7%減少し、春先に限ると15%も減少しています。

永久凍土が融けると、地中に蓄積されていたメタンが放出されます。温室効果ガスとして有名なのは二酸化炭素ですが、温室効果が大きいのはメタンの方です。そのメタンがどんどん大気に出されるため、永久凍土が融けることで温暖化が加速すると考えられています。

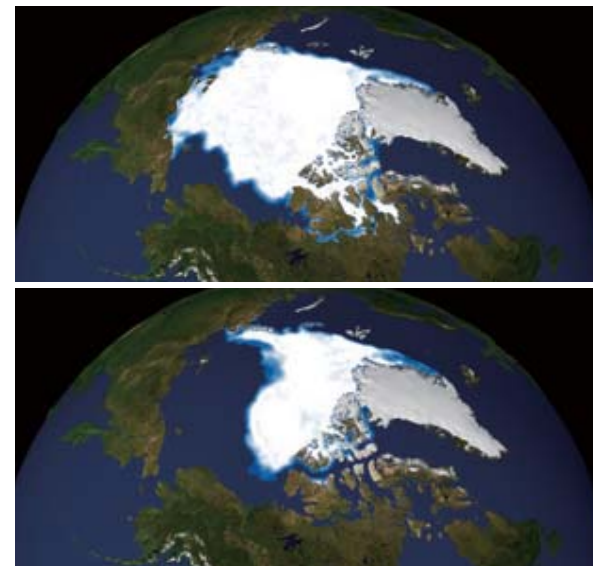
北極海に面したティクシでの観測

ティクシは北緯71度です。南極の昭

図1 北極の海水の融解

北極圏の海水の面積が最小となる9月の衛星写真を比較した。1979年（上）に比べて、2007年（下）には海水の面積は激減し、過去最小の値を記録した

画像提供：NASA



和基地は南緯68度ですから、それより高緯度に位置しています。寒冷で降水量が少なく、年平均気温はマイナス13℃、年間降水量は310mmぐらいです。日本では1日の降水量が300mmを超えることがありますから、いかに降水量が少ない

に分かるでしょう。ティクシには厚さ500m以上の永久凍土があり、地表にはスゲヤコケが生えています。

ティクシは地球温暖化が最も顕著に現れているところといわれています。私たちはこのティクシで1998年以降、気象

や川の流れなどを観測しています。その結果、年平均気温は1年あたり0.34℃上昇していることが分かりました。また、地面に深い穴を掘って、地温や活動層の深さを測定しています。活動層の観測は、1km四方の土地で100mごとに1点、合計121点の観測点で行います。ここを歩いて巡って観測することを12年間続けています。地面のなかは1m隣でも状態が大きく違いますが、121点の値を平均すれば、その地域の代表的な値になると

考えられます。そしてこの値の変化を見ると、やはりティクシでも活動層が深くなっていることが分かってきています。

ヤクーツクでは巨木が倒壊している

ヤクーツクは、ティクシから緯度にして約10度南、北緯63度の中部タイガ地帯にあります。ここも年平均気温マイナス9℃、年間降水量290mmと寒冷で降水量が少ないのですが、カラマツなどの大森林地帯があります。永久凍土の表面が

融けて水を供給し、森林を維持しているのです。深さ1mほどの融けた表土に根を広げ、樹齢300年もの巨木がたくさん立ち並んでいます。しかし凍土が融けたことで表層が不安定になり、巨木が次々に倒れてしまうという現象も見られるようになってきました。

10年ぐらい前から気象観測などいろいろな観測を行ってきた結果、ヤクーツクでも最近、活動層の深さがどんどん深くなっていることが分かってきました。1998年から2000年までは活動層の深さは1.2～1.3mで、それほど大きい変化はありませんでしたが、最近では深さ1.2mに埋めている地温計よりも活動層が深くなってきました（図3）。私たちは、その原因を明らかにしようとしています。

地温の変化を見ると、2005年以降急激に上がっています。さらに7月から9月の夏季降水量も2005年以降増えており、また積雪深の増加も最近起きています（図4）。単なる温度の上昇だけでなく、降水量や積雪深の増加が活動層を深くする要因になってきているのです。積雪というと冷たいように感じますが、寒いところでは雪がたくさん降ると、むしろ暖かくなります。空気をたくさん含んだ雪が布団の役割を果たすので、大気の冷たさが地面の下に伝わらず、また夏に暖まった地中の熱が放出されるのを抑えます。また、水は熱を伝えやすいので、夏にたくさん雨が降ると地上の熱が地下に伝わりやすくなります。こうして地温が上昇し、永久凍土の融解が進み、活動層が深くなっていくということが分かってきました。

降水量の増加と湖の拡大

ヤクーツクの周辺、レナ川の東側には、アラスといわれる永久凍土の融解くぼ地がたくさん存在します。森林火災な



図6 ヤクーツク周辺の森林の変色
ヤクーツク周辺の広い地域では、森林（カラマツ）の葉が褐色に変わるという現象が起きている。降水量の増加によって地面が冠水し、森林が根腐れを起こして枯れ始めているのだ



図7 シベリアの河川の異常増水

2006年12月、ヤクーツクの西部を流れるケンケメ川で流出が確認された。シベリアの川は真冬（12月の平均気温マイナス40℃）には完全に凍結しているはずだが、降水量の増加によって、このような季節外れの異常流出が起こったと考えられている

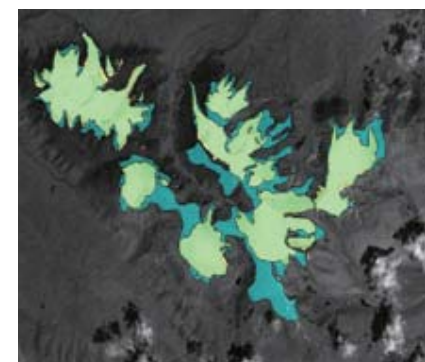


図8 モンゴル・アルタイ氷河の分布

青い部分は1940年代の地形図に描かれた氷河域で、黄緑色の部分は2000年に撮影された衛星写真による氷河域。こうしてすべての氷河の分布を比較した結果、アルタイ地域では約50年間に氷河の面積が30%も減少したことが分かった

どで永久凍土が露出すると、直射日光で凍土が融けてくぼ地になります。この部分が草地となり、中心に水がたまって湖になります。私たちはロシアとの共同研究で、この湖の大きさを監視しています。

2005年以降、夏の降水量が多くなることによって、このアラスがどんどん増えて広がってきています。2007年には、湖の面積が急に大きくなってきました。図5の左は2000年の観測地の写真です。右の2007年の写真を見ると、水位が1mぐら子上昇して、高さ1.2mの柵が湖にのみ込まれつつあります。また最近、このように水が増えることで広い地域の森林内でも冠水し、タイガ林が根腐れを起こして枯れるという現象も起こり始めています（図6）。

このように寒冷圏で起きている急激な変化は、水の循環を通じて環境に大きな影響を及ぼしています。まず、北極海の海水が減少すると熱を吸収しやすくなるので、海の温暖化に結び付きます。そして上昇気流が起きて雲ができ、低気圧活動が起こります。こうして低気圧が活動する場所が変わることによって、シベリアの降水量が増えているといわれています。降水量の増加は永久凍土が融ける一因ともなり、河川の水量も増加します（図7）。2007年には、北極海に流入するシベリアの河川の水量がこれまでで一番大きかったそうです。またシベリア高気圧が発達し、強い寒気が日本にも影響を及ぼしているといわれています。これらの現象がどのようにつながっているのか

を明らかにするためにも、観測を継続していくことが重要です。

モンゴルの氷河は30%も減少

ここまで永久凍土の話をしてきましたが、最後にもう1つ、地球温暖化と氷河の話をしていきます。氷河とは、重力によって常に流動している陸上の氷雪の集合体、つまり氷の川です。氷河は、山岳地の谷の上流で雪が降り積もることで成長します。自らの重さでひずんで変形し、底面すべりをしながら流動していき、下流で表面が融けるというバランスで成り立っています。IPCCは、山岳氷河と積雪は北半球と南半球の両方で減少していると報告しています。アラスカ、アルプスなど世界の十数点のデータを見ると、世界の氷河の面積がどんどん減っていることが分かってきています。

氷河が融けることによって、末端に湖ができ、それが決壊して氷河湖決壊洪水が増加するおそれがあります。また氷河が縮小することで、今後20～30年間にわたって水資源が影響を受けることが予測

されています。氷河の雪融け水を、飲み水や農業用に使っている地域は数多くあります。インドや東アジアの川の源流はネパールやヒマラヤあたりにあるため、その氷河がなくなると、非常に多くの人が確実に影響を受けることになるのです。

私たちは、モンゴル西部のアルタイ地域で観測を行っています。氷河の表面に穴を掘って表面が融けた量や去年の冬に積もった量を調べたり、氷河の厚さや流れの速さ、気象などを観測したりしています。地形図や衛星写真をもとに、氷河の分布も調べています（図8）。地形図は1940年代ごろの航空写真をもとに作図されたものです。2000年の衛星画像と比較すると、ここ50年間の氷河の変化が明らかになります。そうして全部の氷河の分布を比較した結果、約50年間で氷河の面積が約30%減っていることが分かってきました。どうしてこのような変化が起こっているのか、さらにその変化によって今後何が起きるのか。それを明らかにするため、これから現地でも観測研究を続けていきます。

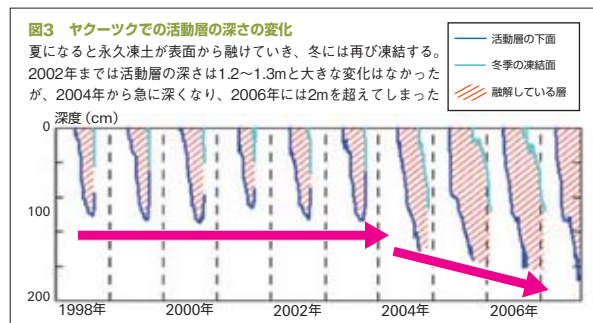


図3 ヤクーツクでの活動層の深さの変化

夏になると永久凍土が表面から融けていき、冬には再び凍結する。2002年までは活動層の深さは1.2～1.3mと大きな変化はなかったが、2004年から急に深くなり、2006年には2mを超えてしまった

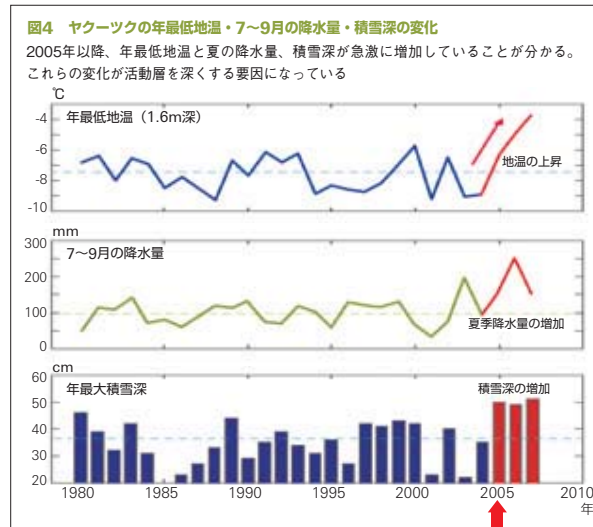


図4 ヤクーツクの年最低地温・7～9月の降水量・積雪深の変化

2005年以降、年最低地温と夏の降水量、積雪深が急激に増加していることが分かる。これらの変化が活動層を深くする要因になっている

図5 アラス（永久凍土の融解くぼ地）の湖の拡大

夏の降水量が増えたため、2007年にはアラスの湖の面積がけた違いに大きくなった。左は2000年の観測地。右は同じ場所で2007年に撮影されたものだが、水位が約1m上昇し、高さ1.2mの動物よけの柵がほとんど水没してしまっ



相模湾とその周辺の
鯨畵図



「バイオ・ジオパーク」 としての相模湾

「相模湾八景」の終わりにあたって

藤岡換太郎 海洋地球情報部 特任上席研究員

約1年半、8回にわたって「相模湾八景」をお届けしてきました。長い間のご愛読ありがとうございます。さて、このシリーズを終わるにあたって、少し考えてみたいことがあります。それは、なぜ相模湾にはこのように生物（生物量と多様性）が多いのでしょうか？ また、相模湾はなぜこのように風光明媚（地形や地質）なのでしょう？ という問題です。

相模湾が謎に満ちた海であることを世のなかに最初に知らしめたのは、明治の初めにお雇い外国人教師として来日したフランツ・ヒルゲンドルフやエドワード・モースたちによる生物の研究でした。ヒルゲンドルフは江ノ島の土産物屋で美しい巻き貝を見つけて購入し、明治10年（1877年）に新種として論文に記載しました。それがオキナエビスで、日本を代表する貝として切手の図案にもなりました。モースは大森貝塚の発見で有名ですが、日本に来たのはシャミセンガイの研究のためでした。明治10年のことです。江ノ島に日本初の臨海実験所を設け、船を雇ってドレッジ調査を行い海底から試料を採集しています。

2人ともダーウィンの進化論を日本に紹介し、なかでもモースは何度も熱心に講義や講演を行っています。いまでいうアウトリーチに相当します。明治の初めに一般の人向けにこのような活動をしたこと、さらに英語の講演であるにもかかわらず東両国・中村楼での講談会には一般の人たちが2,000人も集まったことは、驚き以外の何物でもありません。ヒルゲンドルフとモースが教壇に立っていた

明治10年ごろの東京大学では、公開一般講演を定期的にに行っていたようです。

モースが来日する2年前の明治8年には、イギリスの海洋調査船「チャレンジャー号」が日本にやって来ました。世界周航の途中、横須賀のドックで船を修理した後、相模湾の2ヵ所と房総沖でドレッジを行いオヒメノハナガサを採集したことは、あまり知られていません。

いずれにしても相模湾の研究の草分けは、黒船であり、外国人であったのです。それは私が深海掘削の黒船「グロマー・チャレンジャー号」に乗船するより100年ものことです。

最近の地球科学的な研究から、相模湾ができたのは110万年前のこととされています。北上する伊豆半島（そのころは巨大な島であった）を載せたフィリピン海プレートが本州（ユーラシアプレート）に衝突して、当時一緒であった駿河湾と相模湾（相模湾とか相模トラフとも呼ぶべき沈み込み帯）が2つに分かれ、現在に近い相模湾が形成されました。伊豆半島はさらに北上を続け、現在では44kmほどユーラシアプレートに食い込んでいます。それ以前には、丹沢山地が現在の伊豆半島と同様の位置にありました。丹沢山地の北や足柄、富士川沿いの市川大門などに点在する花こう岩のブロックは、1700万年前から本州に衝突したものです。

現在の相模湾は、出口に大島があり、湾の奥には東京湾があり、やや閉鎖した湾になっています。そのため、外洋から流れ込んだ黒潮や親潮は湾のなかを巡っています。塩分の高い黒潮が流れ込んでいるにもかかわらず、相模湾の海水の塩分は、沿岸だけでなく、湾全体としてもやや低めです。海水の塩分を薄めているのが、相模湾に注いでい

2008年9月25日～10月1日、相模湾でアウトリーチ活動を目的に行われたKO-OHO-O（こうほう）航海で、海洋調査船「なつしま」船上でのミーティングの様子（写真右手前が筆者）



る相模川や酒匂川などの河川です。河川は塩分を薄めるだけではなく、陸の土砂を湾へと供給しています。特に大雨や洪水などの折には大量の土砂が湾へ流れ込んで、一気に水深1,000m以深の深海へと運ばれます。土砂は同時に、陸上の有機物を湾のなかへと運搬します。

相模湾は、深海と浅海が同居する円形の湾で、閉じた地形をしています。相模湾の中央にはフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界である相模トラフがあり、最も水深が深くなっています。相模湾の東側には、地形的高まりである沖ノ山堆が北西—南東方向に並んでいます。その高まりを切るように多くの海底谷が走っており、三浦半島の土砂や有機物を相模トラフへと運んでいます。北側にはプレート境界を形成している酒匂川があり、頻繁に氾濫して多くの土砂や有機物を相模トラフへと運んでいます。普通、深海底に棲息する生物にはほとんど栄養が届かないのですが、相模湾の場合には浅海から深海までの距離が短いので、比較的多くの栄養物が深海まで届きます。また西側には多くの火山が並んでいます。これらは相模湾ができた後も活動を続けています。火山の噴火によって溶岩や火山灰、そして火山ガスなどの物質が湾のなかへ放出されます。海底の温度は、そのたびに高くなります。また断層が走っているために、地下からはさまざまな物質が断層を通して海底面に運ばれます。化学合成生物群集の養われるゆえんです。

以上述べてきたような条件が、相模湾の生物の多様性の原因ではないかと考えます。

日本の湾でほかに大きな水深を持つのは駿河湾

と富山湾であることは、連載の開始にあたって述べています（『Blue Earth』2007年9-10月号）。どちらの湾もプレート境界を持ち、大きな河川が流れ込んでいますが、相模湾と違って火山活動の産物がありません。前者はサクラエビ、後者は蟹気楼と寒ブリなどで有名ですが、駿河湾と富山湾に関してもそれなりの事情があると思われますが、これはまたの機会に考えてみたいと思います。

さて、相模湾の生物多様性に最初に気が付いたのは、ヒルゲンドルフやモースといったお雇いの外国人教師でした。彼らは、このような条件を知っていたのでしょうか？

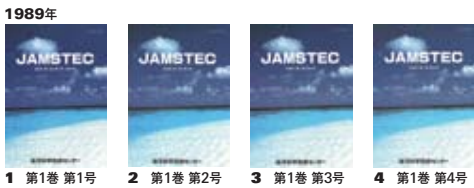
このシリーズの終わりにあたって以下のことを提唱したいと思います。ユネスコでは「国際惑星地球年」（2007～2009年）にちなんで、世界中のたくさんの場所について「ジオパーク」を提案しています。ジオパークとは、地質学的に重要で貴重な場所を保全し、地球科学の普及に利用し、さらに観光の対象とすることで地域社会の活性化を目指すという活動です。これは当然ですが陸上の話です。潜水調査船や無人探査機を持つ私たちは、海底のこのような場所を、生物を含めた博物館の場として位置付けることを提案したいのです。名付けて「バイオ・ジオパーク」です。生物が存在するためには、その環境を含めた地球科学的な背景、あるいは生物の生息条件、立地条件といったものが必ずあります。そのようなものをひっくるめ、バイオ・ジオパークと呼んでみてはどうでしょうか。これまで紹介してきた相模湾八景はすべてバイオ・ジオパークに相当します。いっそのこと、相模湾全体をバイオ・ジオパークとしてはいかがでしょうか。

BE

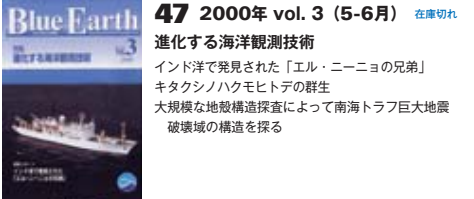
さねさしの
さがみのうみは
なぞおきみうみの
ふらに
すまいものは



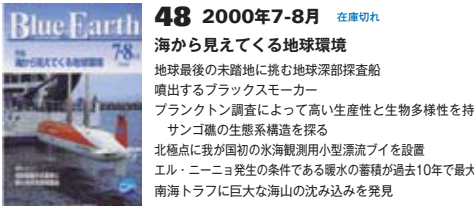
海と地球の情報誌『Blue Earth』通巻100号記念
表紙で振り返るJAMSTECの20年



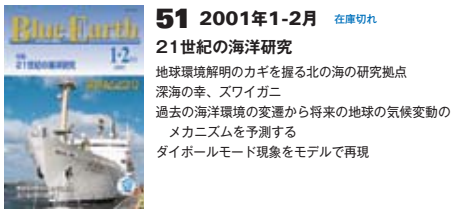
海と地球の情報誌『Blue Earth』は、今号の2009年3-4月号で通巻100号を迎えました。
記念すべき第1巻は、1989年1月に『JAMSTEC』として刊行されました。2000年4月に誌面と内容を一新し、
誌名も『Blue Earth』と変更し、現在に至ります。
通巻100号を記念して、創刊から今号まで100号すべての表紙をご紹介します。『JAMSTEC』そして
『Blue Earth』では、その時々研究成果や技術開発の様子、できごとを紹介し、話題の写真が
表紙を飾ってきました。100号分の表紙から、海洋研究開発機構（旧 海洋科学技術センター、JAMSTEC）の
20年の歴史も見えてきます。



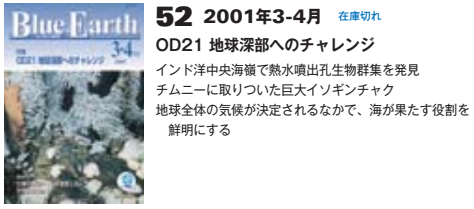
47 2000年 vol. 3 (5-6月) 在庫切れ
進化する海洋観測技術
インド洋で発見された「エル・ニーニョの兄弟」
キタクシノハクモヒトデの群生
大規模な地殻構造探査によって南海トラフ巨大地震
破壊域の構造を探る



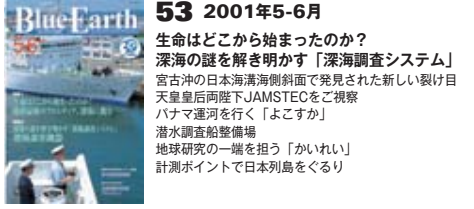
48 2000年7-8月 在庫切れ
海から見てくる地球環境
地球最後の未踏地に挑む地球深部探査船
噴出するブラックスモーカー
プランクトン調査によって高い生産性と生物多様性を持つ
サンゴ礁の生態系構造を探る
北極点に我が国初の氷海観測用小型漂流ブイを設置
エル・ニーニョ発生の条件である暖水の蓄積が過去10年で最大
南海トラフに巨大な海山の沈み込みを発見



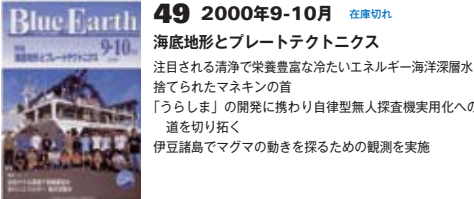
51 2001年1-2月 在庫切れ
21世紀の海洋研究
地球環境解明のガジを握る北の海の研究拠点
深海の、ズワイガニ
過去の海洋環境の変遷から将来の地球の気候変動の
メカニズムを予測する
ダイオールモード現象をモデルで再現



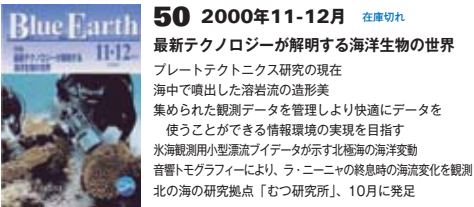
52 2001年3-4月 在庫切れ
OD21 地球深部へのチャレンジ
インド洋中央海嶺で熱水噴出孔生物群集を発見
チムニーに取りついた巨大イソギンチャク
地球全体の気候が決定されるなかで、海が果たす役割を
鮮明にする



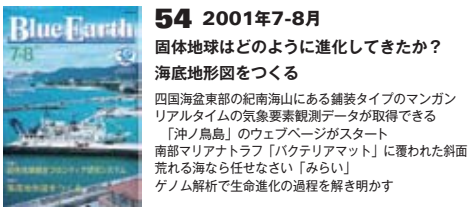
53 2001年5-6月
生命はどこから始まったのか？
深海の謎を解き明かす「深海調査システム」
宮古沖の日本海溝海側斜面で発見された新しい裂け目
天皇皇后両陛下JAMSTECをご視察
バナマ運河を行く「よこすか」
潜水調査船整備
地球研究の一端を担う「かいかいれい」
計測ポイントで日本列島をぐるり



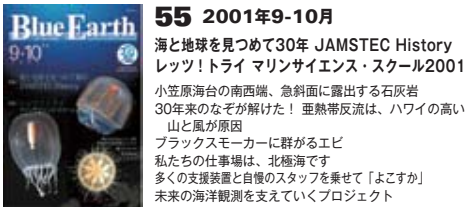
49 2000年9-10月 在庫切れ
海底地形とプレートテクトニクス
注目される清浄で栄養豊富な冷たいエネルギー海洋深層水
捨てられたマネキン
「うらしま」の開発に携わり自律型無人探査機実用化への
道を切り拓く
伊豆諸島でマグマの動きを探るための観測を実施



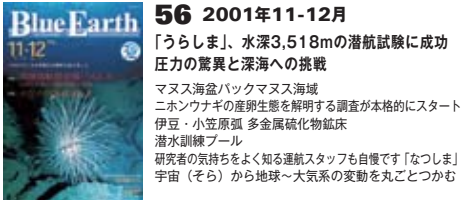
50 2000年11-12月 在庫切れ
最新テクノロジーが解明する海洋生物の世界
プレートテクトニクス研究の現在
海中で噴出した溶岩流の造形美
集められた観測データを管理しより快速にデータを
使うことができる情報環境の実現を目指す
氷海観測用小型漂流ブイデータが示す北極海の海洋変動
音響トモグラフィにより、ラ・ニーニャの終息時の海流変化を観測
北の海の研究拠点「むつ研究所」、10月に発足



54 2001年7-8月
固体地球はどのように進化してきたか？
海底地形図をつくる
四国海盆東部の紀南海山にある鍾装タイプのマンガン
リアルタイムの気象要素観測データが取得できる
「沖ノ島」のウェブページがスタート
南部マリアナトラフ「バクテリアマット」に覆われた斜面
荒れた海なら任せなさい「みらい」
ゲノム解析で生命進化の過程を解き明かす



55 2001年9-10月
海と地球を見つめて30年 JAMSTEC History
レッツ！トライ マリンサイエンス・スクール2001
小笠原海台の南西端、急斜面に露出する石灰岩
30年来的なぞが解けた！ 亜熱帯反流は、ハワイの高い
山と風が原因
ブラックスモーカーに群がるエビ
私たちの仕事場は、北極海です
多くの支援装置と自慢のスタッフを乗せて「よこすか」
未来の海洋観測を支えていくプロジェクト



56 2001年11-12月
「うらしま」、水深3,518mの潜航試験に成功
圧力の驚異と深海への挑戦
マヌス海盆バックマヌス海城
ニホンウナギの産卵生態を解明する調査が本格的にスタート
伊豆・小笠原弧 多金属硫化物鉱床
潜水訓練プール
研究者の気持ちをよく知る連航スタッフも自慢です「なつしま」
宇宙（そら）から地球～大気の変動を丸ごとつかむ



57 2002年1-2月
国際海洋環境情報センターOPEN
地球環境と物質循環の解明に取り組む むつ研究所
マリアナトラフ南部熱水域で見られるウミエラの一種
第4号那国海丘「しんかい6500」・「ハイバードフィン」訓練潜航
超音波水槽
広い甲板に多くの観測機器を積んで、めざす海域へ「かいよう」
沈み込み帯とマントルブルーームを探り、地球内部の物質循環
と地球の進化を解明する
欧米の温暖化促進 原因はアジアの大気汚染物質



58 2002年3-4月
地球深部探査船「ちきゅう」
地震、その発生の謎にせまる
エイの死骸 1993年北海道南西沖地震後の奥尻島周辺の海底
深部に生息する新種の巨大イカを発見
海洋地球研究船「みらい」による北極海観測航海
電子顕微鏡室
潜航調査のとおりまとめ役、それが「司令」の仕事です
「しんかい2000」
観測技術員として、研究プロジェクトを基盤から支える観測データを提供



59 2002年5-6月
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
「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
日本で初めて生きたまま捕獲されたコウモリダコ
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！
世界に誇る潜航能力で日本の深海研究に貢献「しんかい
6500」



63 2003年1-2月 在庫切れ
地球システムの変動を探る
パラオ海溝の深部にそびえ立つ白亜の壁の不思議
電磁気による地下構造の解析技術を確立し地球内部の
仕組みを明らかにしていきたい
3つの長いヒレで深海底に立つツナガツエソ
火山帯を形成するマントルの「熱い指」
地球深部探査センター発足
潜水調査船で活用される水中音響技術



64 2003年3-4月 在庫切れ
しんかい2000
深海底の変動をビデオがとらえた瞬間
共生というシステムが存在することに、自然界の不思議を感じます
気候変動研究で注目される植物プランクトン円石藻
黒潮が日本周辺の気候にも与える影響を
衛星観測データから発見
最先端機能を搭載した最新鋭の深海用遠隔操作型
「ビークル」ハイバードフィン」



65 2003年5-6月
BEAGLE2003「みらい」南半球周航観測研究
海洋地球研究船「みらい」の進水式
空の十字路の中心で雲と雨の変化を観測
ヘビのように深海を漂う地球最大の生き物 クダクラゲ
地球は模範的なゼロエミッション工場
小笠原沖に沈んだH-IIロケットを探せ 海底3,000mの
搜索、深海の挑戦



60 2002年7-8月 在庫切れ
海洋生態系の不思議に迫る
日本海・奥尻島西側沖 北海道南西沖地震の震源付近
海洋音響の研究をベースに海洋学への興味をさらに深めていきたい
クラゲの傘の内側に寄生するヤドリクラゲ
梅雨前に集中豪雨をもたらす降水システム解明を
めざして高精度観測を実施！
飼育実験で明らかになった浮遊性有孔虫の生態
日本で初めての深海用遠隔操作型ビークル「ドルフィン-3K」
シロナガスクジラの遠距離通信とサウンドチャンネル



61 2002年9-10月
横浜研究所
海洋観測ブイシステム「トライトン」実海域への展開を開始
水中音響通信技術を進化させ海洋科学の未来を開拓する
熱水噴出孔周辺に生息するユノハナガニ
深海巡視探査機「うらしま」、駿河トラフ縦断に成功
トライトンブイ全18基展開完成！
地球の水循環変動の解明をめざして
海中で大活躍する“音”の話



62 2002年11-12月 在庫切れ
海洋観測機器
「しんかい2000」沖縄トラフで大規模な熱水活動による
チムニー群を確認
地球深部探査船「ちきゅう」が世界の海で活躍する姿を
見るのが楽しみです
翼のような胸ビレで深海を舞うムラサキギンザメ
熊野灘沖南海トラフの地震発生帯で発見された分岐地震断層
世界で最も深くまで潜航できる「かいこう」
海底搜索の切り札 サイドスキャンソナーの話



66 2003年7-8月
海洋底から見えてくる地球のしくみ
「しんかい6500」人類初のインド洋深海底到達
貴重な深海映像を電子化
ヒドロから巻き貝まで生き物を養う「海の森」ヤギ類
宇宙飛行士・毛利衛氏 深海6,500mからのメッセージ
1994年に日本で観測された記録的な猛暑の原因を解明
クラゲたちの不思議な生きざま 中・深層に舞う美



67 2003年9-10月
北極観測
北極点に日本初の氷海観測用小型漂流ブイ・J-CADを設置
地下生命圏の研究から海底下の豊かな微生物圏と地球史
と生命史との関係を探る
化学合成生物群集分布の謎を秘めた海底の
“飛び石” 飼育生物群集
沈み込み帯震源地震の発生メカニズムに迫る
世界最高性能を実現したスーパーマシンの地球シミュ
レータの使命



68 2003年11-12月
地球システム変動の解明をめざしてIODP始動！
四国沖南海トラフで巨大火山の沈み込みを発見！
自ら考え作業する水中ロボット開発中
「目指すは海洋探、アトム」
愛称は「ビッグレッド」糸状の触手を持たない変わり者
沖縄は2つの海流に挟まれていた
地球温暖化実験—100年後の未来をどう探るか 地球温
暖化とこの予測



69 2004年1-2月
海洋科学技術の未来
世界に誇る有人潜水調査船「しんかい6500」誕生
理論やモデルをもとに盛夏期に日本を覆う高気圧の成因を解明
日本最大の「海の熱帯林」、石西礁湖の豊かな生態系を探る
「地球シミュレータ」の解析結果を三次元で体感
北極からのメッセージ 仕事場は、北極海



70 2004年3-4月
極限環境に潜む生命の謎を探る
独立行政法人海洋研究開発機構 新たなる航路
自然界で初めて見つかった アマクサクラゲのポリプ
海洋・地球環境情報の集積・発信拠点 国際海洋環境情報
センター
日本の地震研究の現状 ナマズと地震の話



71 2004年5-6月
地球と人類の未来を開拓する海洋研究開発機構
BEAGLE 2003 航海達成
世界に先がけて、津波が生まれる瞬間の姿を捉えた
イカたちの知られざる生活
北太平洋北緯47度線の再観測で発見された最深部の水温上昇
大気中の汚染物質による化学反応と気候変動の相互作用を探る
梅雨の気象のカギは大陸にあり 梅雨の集中豪雨の
起源をたどる



75 2005年1-2月
地磁気から読み解く地球システム
ニューギニア島北岸沖地震・津波の調査を実施
スマトラ島沖大地震
太平洋熱帯域の暖水プールにおける海洋変動をデータ
解析の手法から研究中
歩けない甲殻類 深海中に棲むフジツボの脚離れ？！
インド洋ダイポールモード現象の終息原因を解明
深海底総合観測ステーション 海底ケーブルを用いた
リアルタイム観測



76 2005年3-4月
海洋地球科学技術の未来を拓く
下北半島沖で海底下のメタンハイドレート層が崩壊した
形跡を発見
世界最深部11,000mの深海底泥より分離した好熱性
細菌の全ゲノム解析終了
マリアナ海溝チャレンジャー海淵に原始的な有孔虫が
多数生息していた
海の中は音の世界 海洋音響研究とソーナー技術の最前線
「うらしま」AUV連続航行距離の世界記録317kmを達成



77 2005年5-6月 在庫僅少
スマトラ島沖大地震 緊急調査報告
シンカイヘビリガイ類の楽園 沖縄・黒島海丘
「しんかい6500」乗船体験記
クラゲたちの優雅な舞姿 新江ノ島水族館
相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」で
新観測機器接続実験に成功
観測機器の盗難や損壊に悩まされるトライトンブイ
地球環境のコンピュータシミュレーション 天気予報から温暖化予測へ
海の上の修理工場



72 2004年7-8月
海洋観測の最前線で活躍する観測技術員
深海探査と技術開発
浮遊性有孔虫を飼育し、その生態をDVDにまとめる
クラゲに付着するクラゲノミの仲間
超高圧高温環境を再現する技術を開発しマントル最深部
に残されたミステリーを解明
ローコストで持続的な海の浄化システムを実験中
地球深部探査船「ちきゅう」の挑戦 地球を握る



73 2004年9-10月
地球の未来を切り拓く「地球シミュレータ」
海底下構造探査の最前線で活躍する観測技術員
10,000m級無人探査機「かいこう」、水深10,911mへの挑戦
「かいこう」事故と「かいこう7000」
世界で初めて観察されたユノハナガニの生殖シーン
東海スロースリップの原因と推定される地下構造を発見
南極海の深層水の流れを地球シミュレータで再現に成功
海底観測で探る地球の現在・過去・未来 生きている地球



74 2004年11-12月
地球温暖化と気候変動予測
JAMSTECにおける最初の海洋物質循環研究
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
JAMSTECのご長寿アイドル 水棲生活10年の「ボテちゃん」
世界最大の海底溶岩流を発見
日本の梅雨の周期を解明
高温で生きる微生物 そのタンパク質の折り畳み機構



78 2005年7-8月 在庫切れ
地球深部探査船「ちきゅう」発進！
深海底に眠る自然の造形美 北フィジー海盆
日本科学未来館を訪ねる
海洋深層水で育つ深水性生物たち 京急油壺マリンパーク
無人探査機「かいこう7000」いよいよ運用開始
3.5kmメッシュの全球雲解像大気モデルを開発
100年後の地球を予測する 地球温暖化実験これまでとこれから
スマトラ沖緊急調査航海と海賊対策



79 2005年9-10月
「ちきゅう」が拓く地球・生命科学の未来！
ユーモラスな深海の住人オウゴンボヤ 富山湾
新江ノ島水族館を訪ねる
オウムガイの長期飼育に挑む 鳥羽水族館
海洋大循環モデルOFESによる超高解像度シミュレーション
データを公開
中国におけるNO₂濃度の増加を人工衛星データで実証
大気汚染で気候が変わる？ 大気汚染と地球温暖化



80 2005年11-12月 在庫切れ
温暖化と地球環境の未来
深海に現れた地獄・マントル境界 アトランティス海台西南斜面
科学技術の未来を予測
ジンベエザメを大海原に還すいわワールド かごしま水族館
高知コアセンターを改組してできた「高知コア研究所」
雲とそのモデリング 基本の仕組みから気候モデルでの
取り扱いまで
電頭支援はセミサイエティスト



81 2006年1-2月

もっと知りたい海洋・地球科学

深海中に屹立するビッグチムニー 沖縄・鳩間海丘
アカガニの展示飼育に挑戦 横浜・八景島シーパラダイス
超高圧高温発生技術によって巨大ガス惑星深部の新鉱物を合成
BEAGLE2003によって明らかにされた海洋が吸収した
人為起源CO₂量の変動
地球温暖化とエコシステムの最前線 生態系と二酸化炭素の相互関係を解明する



82 2006年3-4月

海洋観測の世界

海底火山の噴火に遭遇 南部マリアナ海域
海洋研究と研究船
天然海水を取り入れ沖縄のサンゴ礁を再現 沖縄美ら水族館
相模湾の深海生物を多数捕獲 長期飼育を目指す
地球深部探査船「ちきゅう」初のコアサンプル採取に成功
海流予測の展開 黒潮の予測に挑む
船上の万能ツール、ロープの世界



83 2006年5-6月

海洋・地球科学の未来を拓く研究者たち

生きた化石コミュニティ 小笠原諸島海域須美寿島付近
東京湾の豊かな自然を展示水槽に再現 東京都葛西臨海水族園
相模湾で見つかった珍しい「ホネケイハナムシ」の新種
有孔虫はどこのような生物なのか？ その歴史・進化・地球環境とのかかわり
船上で活用されるロープワークを日常生活に役立てる
深海の水圧パワー



84 2006年7-8月

海溝型巨大地震を探る

ビデオカメラがとらえた深海底の地すべり 相模湾初島沖
深海底総合観測ステーション
映画「日本沈没」完成記念 特別インタビュー 作家・小松左京
特殊な環境に生息する南極の生物の繁殖に成功 名古屋港水族館
晴天が増える一方、巨大積乱雲が豪雨をもたらす
波浪エネルギー、海からの恵み 波力発電装置の研究開発
船上で活用されるロープワークを日常生活に役立てる
海洋コンペアベルト



85 2006年9-10月

深海生物研究の最前線

メタンハイドレートが露出する深海底 日本海新海沖
地殻構造調査が新しい大陸棚の定義を導き出す
豊かな富山湾の海洋生物を展示 魚津水族館
水に閉ざされた北極海のリアルタイム観測に成功
梅雨前線と集中豪雨
おしくムタなくバランスよく乗務員の健康をあずかる
船員食堂



86 2006年11-12月

変動する北極圏と地球環境

「うらしま」の音響探査で描かれた泥火山の微細イメージ
熊野トラブ第5海丘
国際海洋環境情報センター開設から5年間にふり返る
サンゴの飼育にチャレンジ サンシャイン国際水族館
沖縄の熱水活動域で液体二酸化炭素プールを発見
都市大気中の汚染化学物質の2〜4割が植物などの燃焼に由来することを明らかに
深海のトレジャーハンティング 深海中に眠る新奇微生物を捕まえる



93 2008年1-2月

地球を握り進め！ 深海掘削50年史

シベリアの永久凍土が融けていく
青い万華鏡の世界を舞う ミスカラゲ伊豆・三津シーパラダイス
コンピュータのなかで雲をつかむ
天空の摩擦 摩擦熱で輝く不思議な天体「降着円盤」
2008年―地球を考える 3つの国際年
深海探査の生命線「浮力材」
海底地滑り



94 2008年3-4月

深海に挑む

「ちきゅう」がプレート境界の試料を手に入れた
海へと帰る道を知る ジンベエザメ いおワールド
かごしま水族館
「しんかい6500」のパイロットになるには
超臨界水の世界をのぞく高温・高圧顕微鏡
砂上の楼閣は本当に危ないのか？ 液化化現状の正体を暴く
熱川沖の長大溶岩流



95 2008年5-6月

サンゴ礁と地球環境変動

海流が生み出す巨大な上昇流 遠方の気候にも影響
砂浜に降る星々 ホタルイカ 魚津水族館
サンゴからシンカイヒバリガイ 生物活動の痕跡を求めて
1000分の1mm単位で岩石や化石を削る
「GEOMILL326」誕生
数百年先の気候変動を予測する 天気予報と温暖化のはざま
船舶の「主要目」の見方
沖ノ山堆の化学合成生物群集



96 2008年7-8月

やってみよう 海と地球の自由研究

「ABISMO」マリアナ海溝水深1万3500mへ
庄内海からのおくりもの クラゲ 鶴岡市立加茂水族館
有孔虫に触せられて
地球温暖化の核心部、北極海 戻らぬ変化の臨界点を越えたのか？
海底下の未知の構造を探る新しい構造探査システムを開発
海底谷とこみ



97 2008年9-10月

地球っておもしろい！ もっと知ろう、大切にしよう

国際極年に「みらい」が北極を観測
空を写した珊瑚色のザリガニ おたる水族館
人の役に立つ微生物を見つけた
内陸で起きた最近の大地震 2008年中国四川大地震を例として
船舶の「主要目」の見方2
深海底の定点観測



98 2008年11-12月

深海中に隠れたチャンスをつかめ！ 深海を探査する技術

アカチョウチンクラゲと、そこに集う生物たち
「幸せのバブルリング」をつくる シロイルカ
島根県立しまね海洋館アークス
現場で取ったデータは真実を語る
イカ学入門 魚に似すぎた軟体動物
海面変動と地殻変動



87 2007年1-2月

「しんかい6500」17年の軌跡

有人潜水調査船「しんかい6500」深海潜航中の雄姿を撮影
紀伊半島沖熊野灘へのリアルタイム観測システム構築計画がスタート
海の生物たちの「生きざま」を紹介 神戸市立須磨海浜水族園
インド洋ダイボールモード現象の予測に世界で初めて成功
海から学ぶ 生物圏を支える微生物
マントルとは



90 2007年7-8月

地球変動の現場をゆく

海底に「いかり」を下ろし、ゆらゆら揺れる奇妙な生物
中国からやって来たアオウミガメ 小笠原海洋センター
自分の心の声を聞く
海中ロボット「うらしま」の最新技術で深海底を探る



91 2007年9-10月

深海から見た生命進化

地球深部探査船「ちきゅう」南海掘削を開始
群れなすウシバトビエイ エブンプン川/アカスタジアム
予想外のものと出会うために
ミクロの世界を見るJAMSTECの匠
深海のふしぎな生き物たち えっ？太陽がなくても生きていけるの？
地球深部探査船「ちきゅう」を守る自動船位保持システム



92 2007年11-12月

海底下から見えてきた巨大地震の姿

アルゴフロート3,000台達成！全海洋の常時監視が本格始動
動かさること王のごとく ダイオウグソクムシ 鳥羽水族館
岩石に秘められた物語を紡ぎ出す
深海生物の長期飼育に挑む
大気汚染を予測する
進化を続ける海洋観測ブイシステム「トライトンブイ」
初島生物群集



99 2009年1-2月

海に生きる 生物の多様性、共生、そして海洋酸性化の危機

約27億年前、大気中に酸素が増え始めた直接的な証拠を発見
東南アジアからの使者 コツメカワソウ 大阪・海遊館
海底から海と地球を探る
音波で探る海の下 「かいいい」構造検査システムの概要と成果
深海の歳時記



100 2009年3-4月

Blue Earthはこうして生まれた

キーワードは「地球―生命相互作用システム体」
「みらい」、太平洋横断観測航海「SORA2009」へ
ネコの眼をした魚 ネコザメ 下田海中水族館
微量元素から地球史46億年を読み解く
地球温暖化と寒冷期
「バイオ・ジオパーク」としての相模湾

「Blue Earth」定期購読・バックナンバー購読のご案内

定期購読は、1年度あたり6号発行の『Blue Earth』を定期的にお届けします。在庫がある号については、バックナンバーもご購入いただけます。

■申し込み方法
EメールがFAX、はがきに①～⑤を明記の上、下記まで申し込みください。
①郵便番号・住所 ②氏名 ③所属機関名（学生の方は学年）④TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤Blue Earthの定期購読申し込み または 購読希望のバックナンバーの号数
＊購読には、1冊300円＋送料が必要となります。
＊定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号（3-4月号）までとさせていただきます。

■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きます）。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 神奈川県横浜市中区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部 広報課
TEL.045-778-5406 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。
http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html
バックナンバーはホームページでもご覧いただけます。
ホームページトップ (http://www.jamstec.go.jp/j/) →データベース→文書データベース

編集後記

『Blue Earth』誌もついに通巻100号を迎えました。これもひとえに多くの読者のご支援のたまものであると編集者一同、心から感謝しております。

100号を機会に、『Blue Earth』の創刊に携わった者として簡単に創刊の経緯を述べたいと思います。『Blue Earth』は、当初、海洋研究開発機構の前身である海洋科学技術センターの広報誌『JAMSTEC』でしたが、2000年の47号から現在の誌名になりました（34ページ参照）。当時は、ゆとり教育の影響が若者の理科離れが問題となり、特に地球科学（地学）を学ぶ機会が減少していることが指摘されていました。『JAMSTEC』の編集者たちは、高校生のような若い人たちに最新の海洋と地球の話題を分かりやすく提供しなければならないと考え、文章を中心とした広報誌から脱却すべく葛藤していました。そこで、さまざまな科学雑誌を検討し、日本や米国の有名な科学雑誌などを参考にイラストや写真を多用したものに誌面を変革しようということになりました。また、JAMSTECの研究だけではなくほかの機関や大学の話題も広く取り上げ、「海と地球の総合誌」を目指そうということになりました。

まず誌名から刷新しようと所内公募をしましたが、集まった応募の多くは、海（Ocean、Sea、Marineなど）という直接的な単語が含まれていました。しかし、候補に挙がった『Blue Earth』には、海を表す単語がないにもかかわらず強く海を意識させるものがありました。しかも、美しく傷つきやすい地球を見事に表現しているということで、編集委員会でも場一致で決定されました。『Blue Earth』の編集方針は、「編集者が研究者に直接取材をして、読者の目線書き直す」というもので、そのために多くの努力がなされてきました。しかし、当初は読者の立場であったはずの編集者たちも、号を重ねるにつれ、知識がどんどん増えていきます。そのため、「こんなことは当然かっているはずだ」という思い込みから十分な説明がされない記事があるのではないかと、と危惧の念を抱いています。編集者一同、この100号を機会にいまだ一度初心に帰り、『Blue Earth』という名に恥じないよう内容を再考しなければならず、決意を新たにしています。

雑誌の編集者は読者の皆さまの反応が一番の励みです。『Blue Earth』の読者の皆さまには、遠慮のないご意見やご希望をお送りいただけますよう、一同心よりお待ちしております。今後は、『Blue Earth』で取り上げた話題を中心として『Blue Earth Book』というシリーズで単行本を発刊する予定です。ご興味のある分野がございましたら、併せてご一読いただけますようお願い致します。（T. K.）

海と地球の情報誌 『Blue Earth』 第21巻 第2号（通巻100号）2009年3月発行

編集人 田代省三 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部 広報課
発行人 土屋利雄 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部

制作・編集協力 有限会社フォントクリエイト
取材・執筆・編集 立山 晃（p24-27）／鈴木志乃（p1-21、p32-39）／
坂元志歩（p22-23）／佐藤ひとみ（p28-31）
デザイン 株式会社デザインコンピビア（AD 堀田一男／岡野祐三／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。

『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）
④TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤Blue 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きます）。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 海洋地球情報部 広報課
TEL.045-778-5406 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（3-4月号）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。

賛助会（寄付）会員名簿 平成21年3月31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）

株式会社IH1	神戸ペイント株式会社	株式会社地球科学総合研究所	東日本タグボート株式会社
株式会社アイ・イチ・アイマリンユナイテッド	広和株式会社	中国塗料株式会社	株式会社日立製作所
株式会社アイケイエス	国際気象海洋株式会社	株式会社鶴見精機	株式会社日立プラントテクノロジー
アイワ印刷株式会社	国際警備株式会社	株式会社テック	深田サルベージ建設株式会社
株式会社アクト	国際石油開発帝石株式会社	寺崎電気産業株式会社	株式会社フジクラ
株式会社アサツディ・ケイ	国際ビルサービス株式会社	電気事業連合会	富士ゼロックス株式会社
朝日航洋株式会社	五洋建設株式会社	東亜建設工業株式会社	株式会社フジタ
アジア海洋株式会社	相模運輸倉庫株式会社	東海交通株式会社	富士通株式会社
株式会社アルファワークコンサルタンツ	佐世保重工業株式会社	海海マリンシステムズ株式会社	富士電機システムズ株式会社
泉産業株式会社	三建設業株式会社	東京海上日動火災保険株式会社	物産不動産株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯器製造所	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジー	東京製綱繊維ロープ株式会社	古河総合設備株式会社
株式会社エス・イー・エイ	JFEアレック株式会社	東北環境科学サービス株式会社	古河電気工業株式会社
エヌケーシーシムレス鋼管株式会社	財団法人塩事業センター	東洋建設株式会社	古野電気株式会社
株式会社NTTデータ	有限会社システム技研	株式会社東陽テクニカ	松本徽章株式会社
株式会社NTTデータCCS	シナノン株式会社	東洋熱工業株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
株式会社NTTファシリティーズ	清水建設株式会社	有限会社長澤工務店	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	シルンベルジ株式会社	株式会社中村鉄工所	株式会社丸川建築設計事務所
株式会社MTS雪氷研究所	株式会社商船三井	西芝電機株式会社	株式会社マルタン
有限会社エルシャンテ追浜	昭和ペトロリウム株式会社	西松建設株式会社	株式会社マルトール
株式会社OCC	社団法人信託協会	日油技研工業株式会社	三鈴マシナリー株式会社
沖電気工業株式会社	新日鉄エンジニアリング株式会社	株式会社日産クリエイティブサービス	株式会社すみず銀行
株式会社海洋総合研究所	新日本海事株式会社	ニッスイマリン工業株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
海洋電子株式会社	須賀工業株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社	三井石油開発株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	鈴鹿建設株式会社	日本SGI株式会社	三井造船株式会社
鹿島建設株式会社	スプリングエイトサービス株式会社	日本海洋株式会社	三菱重工業株式会社
株式会社川崎造船	住友電気工業株式会社	株式会社日本海洋科学	株式会社三菱総合研究所
株式会社環境総合テクノス	清通電設株式会社	日本海洋掘削株式会社	株式会社明電舎
株式会社関電工	石油資源開発株式会社	日本海洋計画株式会社	株式会社森京介建築事務所
株式会社キュービック・アイ	セナードバーンズ株式会社	日本海洋事業株式会社	八洲電機株式会社
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	株式会社総合企画アンド建築設計	社団法人日本ガス協会	郵船商事株式会社
共立管財株式会社	株式会社損害保険ジャパン	日本興亜損害保険株式会社	郵船ナブテック株式会社
極東貿易株式会社	第一設備工業株式会社	日本サルヴェージ株式会社	ユニバーサル造船株式会社
株式会社きんでん	大成建設株式会社	社団法人日本産業機械工業会	株式会社緑星社
株式会社熊谷組	大日本土木株式会社	日本水産株式会社	レコードマネジメントテクノロジー株式会社
クロバテック株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	日本電気株式会社	
株式会社グローバルウォッシュディベロップメント	太陽日酸株式会社	日本ヒューレット・パッカード株式会社	
京浜急行電鉄株式会社	有限会社田浦中央食品	日本無線株式会社	
KDDI株式会社	高砂熱学工業株式会社	日本郵船株式会社	
株式会社ケンウッド	株式会社竹中工務店	株式会社間組	
株式会社構造計画研究所	株式会社竹中土木	濱中製鋼工業株式会社	

独立行政法人 海洋研究開発機構

横須賀本部 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島2番地15 TEL.046-866-3811（代表）	東京事務所 〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目2番9号 日比谷セントラルビル6階 TEL.03-5157-3900（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）	国際海洋環境情報センター 〒905-2172 沖縄県名護市玉豊原224番地3 TEL.0980-50-0111（代表）
むつ研究所 〒035-0022 青森県むつ市大字関根北関根690番地 TEL.0175-25-3811（代表）	Washington D.C. Office 1120 20th street, NW, Suite 700, Washington, D.C. 20036, USA TEL.+1-202-872-0000 FAX.+1-202-872-8300
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）	

第10回 全国児童

「ハガキにがこう
海洋の夢絵画コンテスト」

入賞作品紹介

海洋への関心が高まっている今日、未来を担う子どもたちが持つ海洋への夢やあこがれ、興味をさらに高めるために、海洋研究開発機構では全国の児童を対象とした絵画コンテストを、文部科学省などの後援により開催しています。作品募集は、毎年11月下旬から1月末ごろです。詳しくは <http://www.jamstec.go.jp/j/kids/hagaki/index.html> をご覧ください。



● 文部科学大臣賞

海底火山で
キャンプファイヤー群馬県大泉町立南小学校4年
後藤光利● 海洋研究開発機構理事長賞
海の中のコースター (CG)佐賀県武雄市立北方小学校6年
奥野孝太

第11回 全国児童

「ハガキにがこう
海洋の夢コンテスト」

入賞作品決定!

応募総数2万4280点の作品の中から、入賞作品70点を決定しました。入賞した全作品はJAMSTECのホームページでご覧いただけます。
<http://www.jamstec.go.jp/j/kids/hagaki/kekka.html>



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/>

R70

各駅バブル配合率70%再生紙を使用

定価300円(税込)