

海と地球の情報誌

Blue Earth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2008 9-10

ISSN 1346-0811
2008年10月発行
隔月年6回発行
第20巻 第5号
(通巻97号)

地球っておもしろい! もっと知ろう 大切にしよう

「みらい」 海氷が激変する北極へ

内陸で起きた最近の大地震

空を写した瑠璃色のザリガニ

1 Close Up

国際極年に「みらい」が北極を観測
環境変動の解明を目的に総合的な観測を実施

2 特集

地球環境を考える国際年シリーズ2
国際惑星地球年

地球っておもしろい！
もっと知ろう、大切にしよう

18 Aquarium Gallery

おたる水族館
空を写した瑠璃色のザリガニ

20 私が海を目指す理由

人の役に立つ微生物を見つけたい
平山仙子
極限環境生物圏研究センター 地殻内微生物研究プログラム
有用微生物探索研究グループ 研究員

24 Marine Science Seminar

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

28 もっと知りたい船の知識

船舶の「主要目」の見方2

30 新日本八景 第6景

相模湾八景 其の六 深海底の定点観測
長期ステーション、基準点、鯨骨生物群集
藤岡換太郎 海洋地球情報部 特任上席研究員

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

Close Up

観測船搭載としては世界最大級のドップラーレーダー。雲のなかの風や雨滴、雪片の速度や量などを観測できる。またラジオゾンデ（高層気象観測用の気球）により海面から高度約30kmの温度・湿度・気圧を測定することができる



2008年9月3日、「みらい」はそれまでの日本船による最北記録（北緯76度34分）を通過した。周囲には海氷もなく、「みらい」は速度を落とさず巡航速度で通過。このあつけない記録更新は今日の北極海の環境変化を物語る

国際極年・北極観測MR08-04「みらい」の研究者、技術者、乗組員。海洋、気象、生物などさまざまな分野の研究者が乗船した



「蓮葉氷」と呼ばれる海氷が
でき始めた状態。海氷は、そ
のかたちや色、大きさなどを
時々刻々と変える。それを観
察して北極海の環境変化を
読み取ることも重要だ



「みらい」を追いかけてきたシロクマ。海氷が減ったため、シロクマは広大な北極海を泳ぎ続けなければならなくなった。このシロクマは「みらい」を休憩場所だと思い、必死に追いかけてきたのかもしれない

国際極年に「みらい」が北極を観測 環境変動の解明を目的に総合的な観測を実施

2008年9月27日、海洋地球研究船「みらい」はベーリング海峡の北部、北緯78度54分の北極海に到達し、自らの持つ日本船の最北記録を更新した。それまでの日本記録は、2004年に到達した北緯76度34分だった。

「みらい」は海氷を砕いて進む砕氷船ではない。つい10年前まで、この海域に「みらい」で到達することは不可能だった。夏でも海氷に覆われていたからだ。「みらい」の最北記録の更新は、北極海の海水面積が急速に減少していることの表れだ。人工衛星の観測によると、2008年9月、北極海の海水面積は2007年に次ぎ観測史上2番目に小さいものとなった。北極海で海水面積の減少が最も著しい海域が、今回「みらい」が観測を行ったベーリング海峡の北部にあるノースウインド海嶺である。

2008年8月15日に青森県むつ市関根浜港を出航した「みらい」は、約2ヵ月間にわたる観測航海「平成20年度『国際極年・北極観測』MR08-04「みらい」」を実施した。北極圏の実態を、海水採取・分析などの現場観測によりとらえ、海水減少のメカニズムを明らかにすること

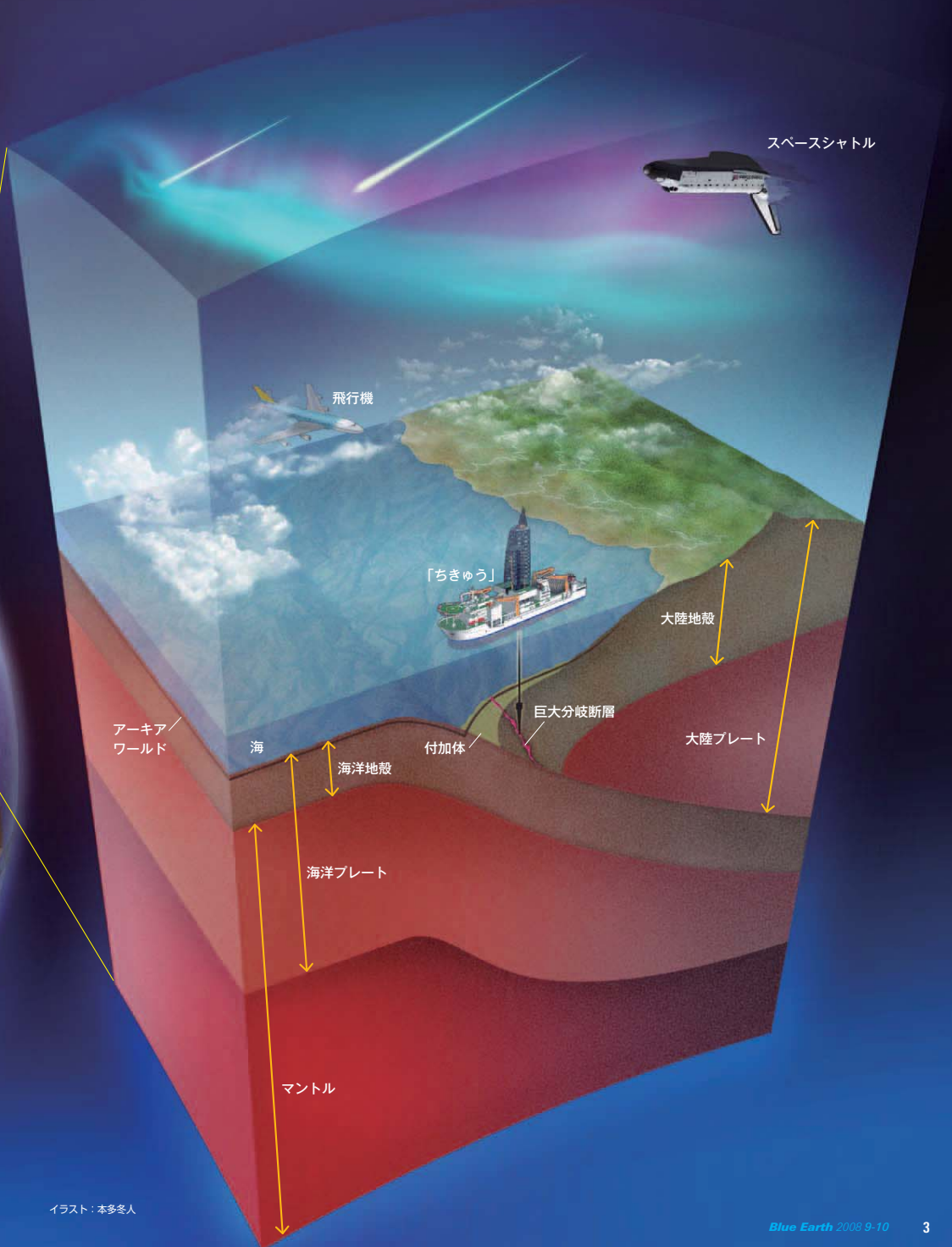
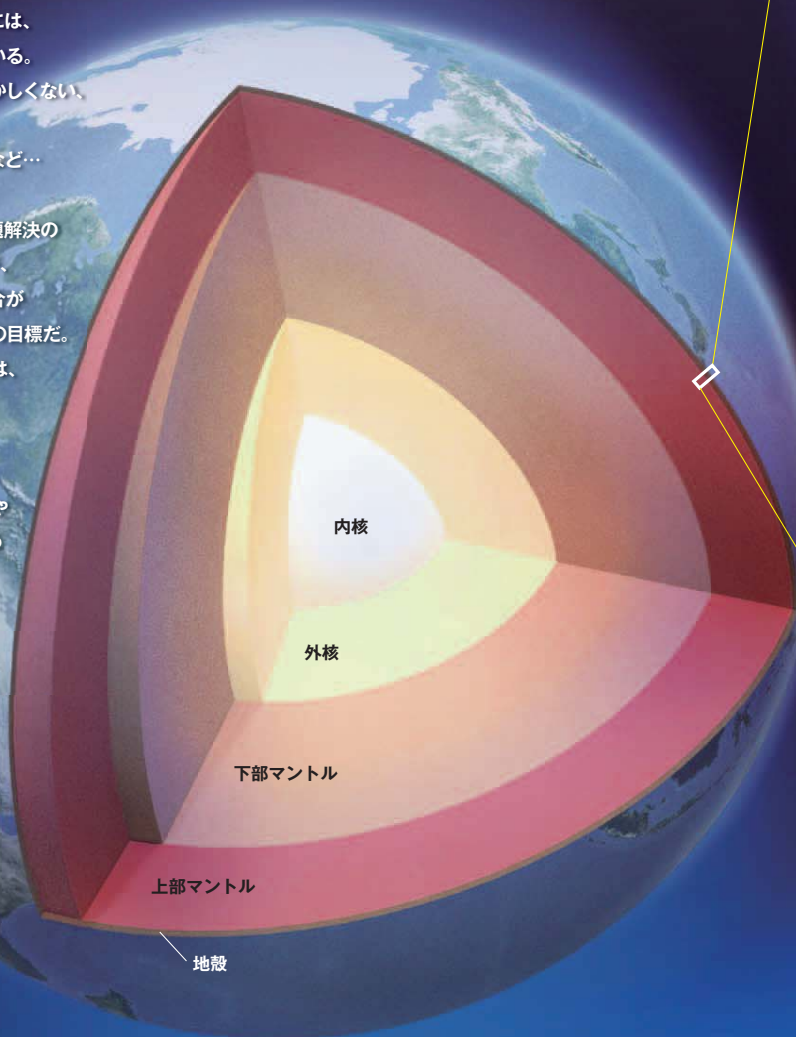
が大きな目的だ。また、データが不足している北極圏での大気観測や海底堆積物の採取・分析など、気候変動の解明を目的とした総合的な観測も行った。

海氷に覆われた白い海は太陽光を反射するが、海氷のない青い海は熱を受け取り、蓄えるようになる。北極圏の海水面積の減少は、地球全体の気候システムに大きな影響を及ぼす。本航海のリーダーを務めた島田浩二首席研究者（海洋研究開発機構/東京海洋大学准教授）は次のように語る。

「今年は国際極年という、50年に1度の、大規模な極地観測を国際間で実施する区切りの年にあたります。半世紀前に行われた国際地球観測年では、日本の南極観測が始まり、以後、南極における科学的分野の進展は目を見張るものがありました。日本が国際極年に北極海で観測を行うのは今回が初めてですが、この北極航海が起点となり、今後の科学的発展に貢献することを願わずにはられません」

地球っておもしろい! もっと知ろう、大切にしよう

私たちが暮らしている地球には、大きな問題が山積みされている。巨大地震はいつ起きてもおかしくない、地球温暖化は加速している、水資源は枯渇しているなどなど…挙げ始めたらきりがない。地球の現状をよく知り、問題解決のきっかけにしようというのが、ユネスコと国際地質科学連合が進める「国際惑星地球年」の目標だ。世界40万人の地球科学者は、研究を通して、過去と今、そして未来の地球の姿を明らかにしようとしている。その研究成果を将来の予測や予報などに役立てようというさまざまな試みも進行中だ。持続可能な社会にするにはどうしたらいいか、一緒に考えてみよう。



海底下生命圏「アーキア ワールド」の発見！

取材協力：
高知コア研究所 地下生命圏研究グループ
グループリーダー 稲垣史生

地球の表面積の約7割は海洋であるが、その下に広がる堆積層はアーキア（古細菌）と呼ばれる特殊な微生物の世界だった。そんな驚くべき発見が2008年8月、稲垣グループリーダー（GL）らによって科学雑誌『Nature』に発表された。

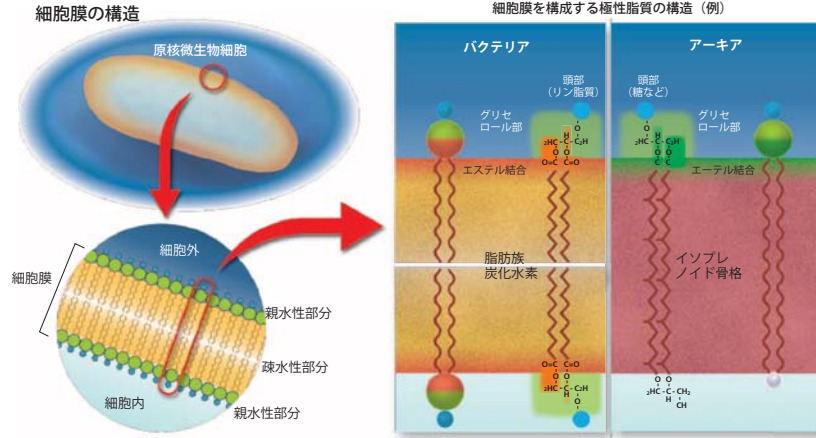
1994年、イギリスのバークス博士らによって、細胞数にして1cm³あたり100万を超える微生物が海底下800mくらいまでの範囲に広がっていることが報告された。海底下の堆積層全体には3.5×10³⁰細胞の微生物が生息し、これは地球における全生命体の約10分の1に匹敵する量だといわれている。

地球上のあらゆる生命体は、ユーカリア（真核生物）とバクテリア（真性細菌）、アーキア（古細菌）の3つの系統に分けられる。われわれ人間や植物などは真核生物であるが、海底下の巨大な生命圏で暮らす微生物は、いったいどのような種類のものなのか。これまでの研究では、バクテリアが優占するという見方が定説だった。今回の発見は、海底下1mより深い堆積層中に暮らす微生物のおよそ87%はアーキアだというのだ。

なぜこの発見に至ったのか。稲垣GLらはドイツのプレーメン大学と共同で、バクテリアとアー

キアの膜構造の差に着目した。これまで、微生物の検出・同定には、主にDNAが使われてきた。このDNAを抽出する従来の方法では、どうしてもバクテリアの方が効率よく検出されてしまうという問題があった。そこで利用したのが、膜構造の違いだ。アーキアは単一膜の構造を取る場合があり、膜はグリセロールにイソプレノイド骨格がエーテル結合している。一方のバクテリアは、脂肪酸炭化水素とグリセロールがエステル結合した脂質を基盤骨格とする二重膜だ。この膜自体を検出することで両者を区別する、しかも生きた細胞の膜にしか存在できない完全な極性脂質という構造を検出したのだ。極性脂質には栄養の高い部分があり、この部分が死細胞では摂食されたり分解されたりしてなくなってしまう。こうした部分が残っている完全な膜の極性脂質は、その細胞が生きていることを示している。この完全体極性脂質を取り出し、アーキアとバクテリアの量を算出すると、実に87%以上がアーキア由来のものだった。

稲垣GLらはDNAでも、従来とは異なる方法で検出を行った。凍結破砕法や全ゲノム増幅といった方法を用いてDNAの抽出の仕方を変え、さら



アーキアとバクテリアの細胞膜を構成する極性脂質
バクテリアとアーキアでは細胞膜の構造が異なる。グリセロール部にリン酸や糖が付いたものを完全体極性脂質と呼ぶ。その頭部は細胞死後速やかに分解されることから、完全体極性脂質をとらえることが今回の発見の鍵となった。こうした膜構造の違いを検出することで、海底下にアーキアが優占する世界が広がっていることが明らかになった

に、バクテリアにはなくアーキアには一般的な塩基配列を指標として使った複数の手法で評価することで、アーキアとバクテリアの量を算出した。DNAから求められた値は、40～60%がアーキアだった。従来の方法で同じサンプルを測定すると、アーキアはわずか数%以下という値しか得られなかったという。

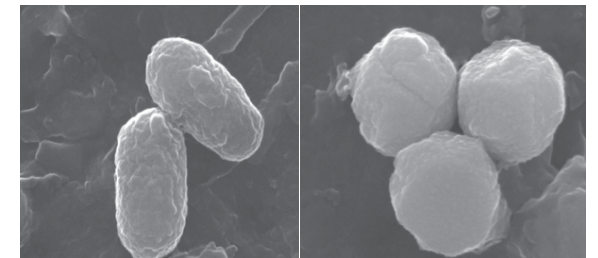
今回の研究では、海底下の有機物量に比例して、アーキアの量も増えることが分かった。また、深度が増すにつれてアーキアの比率が増えていった。どうして海底下にアーキアが多く生息しているのか。

——アーキアはもともと高温な温泉や熱水噴出孔などの特殊な環境に適応した微生物だ。こうした環境で生きていくためには、細胞内の環境を外界の極限的な環境から守らなければならない。アーキアの単一膜はバクテリアの二重膜に比べて流動性が低いことから、細胞が外界の影響を受けにくい特徴を持つ。これは、いわばアーキアの自己防衛システムなのだ。外からいろいろなものが体のなかに入りにくいという性質は、それだけ自分のなかのものを守りやすいということ意味する。地球における生命進化の歴史のなかで、深海底の熱水噴出孔などで生まれたアーキアが、その後生息場所を広げるには、海底下の環境に適応した進化をする必要があったはずだ。海底下は、地表と違って太陽光が届かず、生息スペースも限られる。動き回って栄養を得

ることもできず、呼吸をするための酸化物質も少ない場所だ。かたい単一膜で覆われたアーキアは、周囲の環境の少ない栄養を細胞のなかで効率よく長期間利用するような進化を遂げたのかも知れない。表層の世界とはまったく異なるルールで生きられるものだけが、海底下で生息し続けられる。バクテリアの代表格といえる大腸菌は、約30分に1回のペースで世代交代を行う。ところが、海底下で暮らすアーキアは、数十年から数千年という時間をかけて、ゆっくりと世代交代を行うと考えられている。海底下の生命圏は、われわれの住む地表とは時間スケールのまったく違う世界だ。

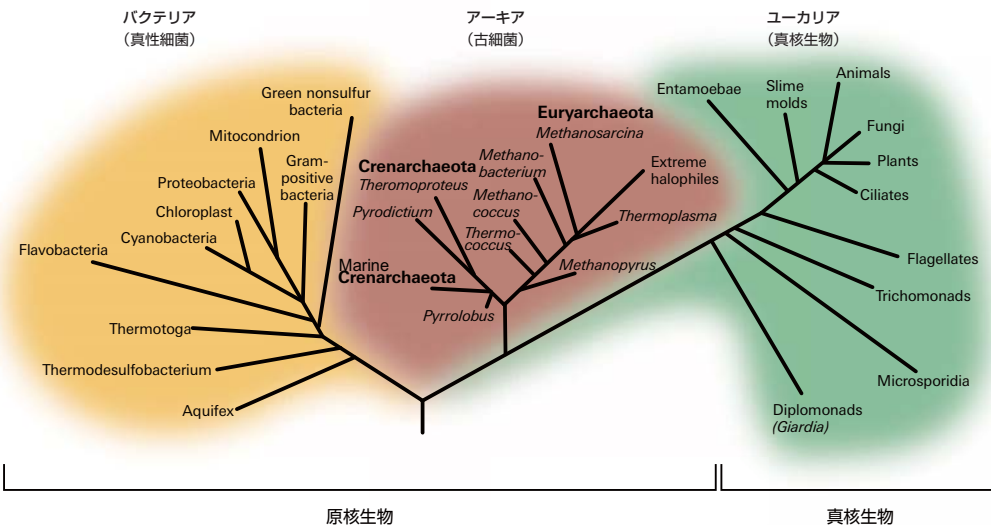
海底下に広がる「アーキアワールド」は、地球と生命の進化の謎を解く手掛かりになるかもしれない。稲垣GLはそう考えている。

海底下で発見された微生物
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内で見つかった微生物細胞。地球深部探査船「ちきゅう」で掘削されたもの



タンパク質合成反応を行う細胞小器官リボソームに含まれるRNAの遺伝子配列に基づいた分子系統樹。現在発見されている地球上の生命は、すべてこの3つの系統のどれかに分類される。超好熱菌や極限環境微生物の多くはアーキアに、大腸菌や納豆菌などはバクテリアに、ヒトなどはユーカリア（真核生物）に分類される。原核生物は遺伝物質が膜に覆われていない生きものを、真核生物は遺伝物質が膜に覆われている生きものを指す

地球上に存在する3つの生命体



M.T. Madigan and J.M. Martinko, Brock Biology of Microorganismsを改変

連続予測的中！気候変動予測 で干ばつや洪水傾向を知る

取材協力：
地球環境フロンティア研究センター 気候変動予測研究プログラム
グループリダー 升本順夫

3年連続インド洋ダイポールモード現象（IOD）の発生予測を的中させるという快挙が今年成し遂げられた。現在世界最高の予測性能でインド洋の気候変動予測を的中させているのが、升本グループリーダー（GL）らの気候変動予測研究プログラムが行っているSINTEX-F1というモデルを使った研究だ。IODとは、インド洋で起こる気候変動で、ちょうど熱帯太平洋で起こるエルニーニョを東西方向に反転したような現象をいう。通常は、インド洋の東側の海水温が高く、アフリカ側が相対的に冷たい。ところがIODが起るとインドネシア側が冷たくなり、高温域の分布が西へずれてしまう。

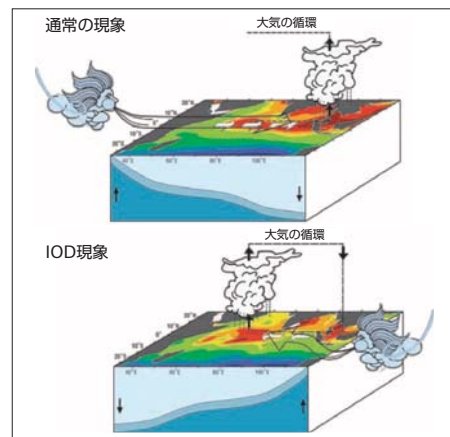
モデル的中率が高い理由は何なのか。升本GLは「モデルそのものの精度の高さに加え、初期値と呼ばれる予測を始める状況のつくり方がポイントかもしれない」という。通常、気候モデルは、海面水温、風向や気温、海中水温などさまざまな観測値を大気と海洋のモデルに入れて初期値を作成することで、予測精度を高めていく。SINTEX-F1モデルでは、このうち海面水温の実測値のみをデータとして利用している。それにもかかわらず、なぜ高い精度を保っているのかというのは、実は最先端の研究課題にもなっている難問だ。推察としては、さまざまなデータを取り込むと、そこに含まれる誤差が大気や海洋の初期値内に蓄積して予測をする際の妨げとなり、最終的な予測がずれていくのではないかと。そう升本GLは語った。

IODなどの気候変動はなぜ起こるのだろう。

エルニーニョやIODが起きる熱帯域は、太陽からの熱をたくさん受け取る場所だ。地球の気候システムは、熱帯域で入ってきた熱を、中緯度、高緯度へと移動させていくものといえる。この熱移動の主体が、大気や海洋の運動だ。逆に見れば、熱帯域で入ってきた熱が気候を駆動するといえる。こうした熱帯域での気候変動は、世界中の気候に影響を与えることになる。気候システムのなかで、異常にも思えるようなエルニーニョやIODにも何らかの役割があるのではないかと。升本GLは「地球全体でバランスを取ろうとするメカニズムのひとつがこれらの気候変動かもしれない」という。エルニーニョの場合を観察すると、熱帯付近にいつもより熱がたまっている状態のときに現象が始まる傾向があるという。エルニーニョやIODは、熱帯域にたまった熱を中緯度にはき出す役割を果たしている可能性があるというのだ。地球は大気や海洋に限らず、バランスを取るように自然のシステムができていく。そのシステムのひとつが気候変動だと考えられる。

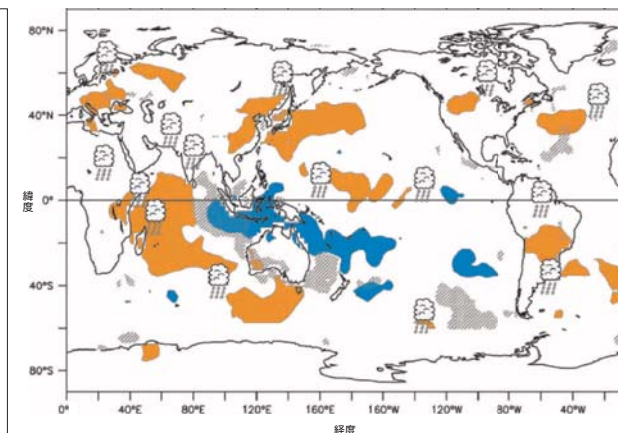
IODが起ると、日本では夏や秋が暑い猛暑傾向になる。東アフリカ付近では洪水傾向が高まり、オーストラリアやインドネシアでは干ばつ傾向になる。——こうした気候変動予測を社会にうまく還元させたい。気候変動予測研究プログラムの研究者らは、アプリケーションラボを立ち上げた。

アプリケーションラボとは、予測結果をどのように社会に還元するかを研究する組織だ。精



インド洋ダイポールモード現象（IOD）

通常、インドネシア側は高い水温を持ち、赤道上では西風が吹いている。しかしIODが起ると、海水温の高い場所は西側へ移動し、赤道付近で東風が吹くなど風の流れもまったく変わる



インド洋ダイポールモード現象の影響（夏/秋）

IODが起ると、日本は高温になる傾向がある。オーストラリアは干ばつ傾向に、東アフリカは多雨になると予測される



度良く気候変動予測が行えれば、農業や漁業はもちろん、たとえば夏季の電力消費量調節や、ビールやクーラーなど季節ものの購買予測、あるいは航海路や航空路の設定など、さまざまな応用が考えられる。企業や民間にどのように情報を提供していくのか。最も望まれる提供方法は何か。アプリケーションラボではIRI（気候予測国際研究所）やAPEC（アジア太平洋経済協力会議）気候センターと協力しながら研究を進めていくつもりだ。

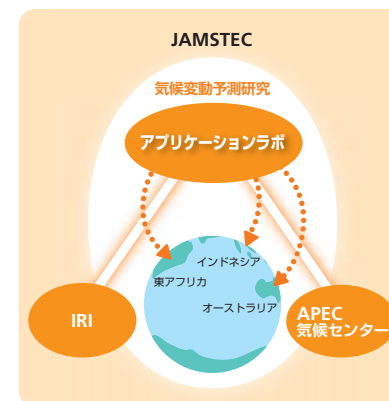
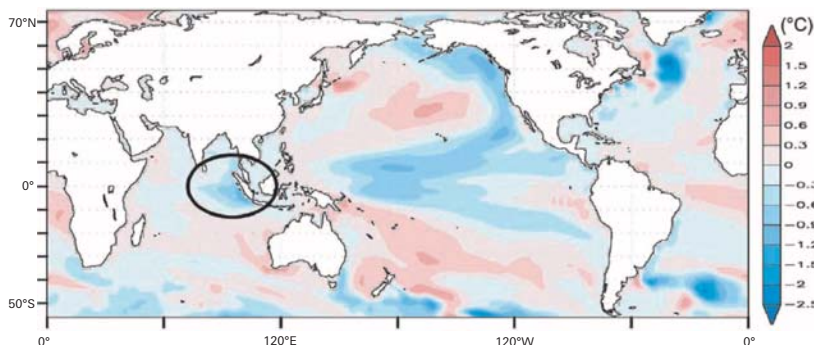
実は気候変動予測研究プログラムの研究成果をすでに利用している一般の人たちもいる。オーストラリアで農業を行っている人々だ。彼らは気候変動予測研究プログラムがホームページ上で発表している情報にアクセスし、また直接気候変動予測研究プログラムの研究員から国際電話で情報を収集し、独自に分析して家畜を放牧する時期や場所、また家畜を売りに出す時期などを検討しているという。分析のために月に一度は仲間たちと勉強会を開き、気候変動予測の結果をどう農業に結び付けるかを話し合うというのだ。

こうした気候変動予測結果の応用は東アフリカやインドネシアでも有効に活用できるはずだ、と升本GLは考えている。IODが起ると、東ア

フリカでは降水量が増加し、洪水が起きやすい状況になる。ケニアの気象局はこうしたモデル予測をモニターしているものの、まだオーストラリアのように民間レベルにまでは浸透していない。こうした情報をいかに利用していくのか、民間を含めた多くの人々にどう役立ててもらうのか、利用しやすい情報提供とはどのようなかたちか——。アプリケーションラボの模索はまだ始まったばかりだ。

インド洋ダイポールモード現象の予測

2008年5月から予測した2008年9月～11月の平均海水温。青色の部分で海水温の低下、赤色で上昇の様子が分かる。黒丸の海域がIODに伴う水温低下を表している。実際、2008年7月～9月初めにIODが起きていく



アプリケーションラボの概念図

アプリケーションラボとは、気候変動予測研究を基盤として、IRI（気候予測国際研究所）やAPEC気候センターなどの海外研究機関とも協力しながら、情報発信の方法を考えていく組織

「ちきゅう」からの最新 報告 巨大地震を解明せよ！

取材協力：
地球深部探査センター 計画推進グループ
グループリーダー 倉本真一

途中何度も中断の危機に追い込まれながらも、世界中の研究者の手で40年以上続けられてきた科学掘削。現在その最先端にあるのが地球深部探査船「ちきゅう」だ。「ちきゅう」の本格的な活動は2007年9月21日、和歌山県沖の熊野灘にある南海トラフで始まった。海溝型地震という太平洋周辺一帯が抱える巨大地震のメカニズムを知るためだ。犠牲者22万人以上というスマトラ島沖地震など、海溝型地震はときにマグニチュード（M）8.0以上という巨大地震を生む。この巨大地震に対処する方法を何としても導き出したい。そのメカニズムをとらえるための最初の掘削場所として、南海トラフは世界中の研究者から注目を集めているのだ。

なぜ南海トラフなのか。倉本グループリーダー（GL）によれば、ここはおおよそ100年の周期でM8級の巨大地震が定期的に発生する場所。その上、古文書を読み解くことで1000年以上にわたる、世界でも類を見ないほど古い記録をさかのぼることができる。また、地震発生帯がどこにあり、どの深さに存在するのか、この地域ほどよく分かっている場所は世界でも少ない。さらに、熊野灘は地震発生帯が浅く、現在の掘削技術で地震発生帯に到達する

ことが可能な世界でも数少ない場所だということ。こうした背景によって、巨大地震発生のメカニズムを探る上では、世界的にも最も適した場所と判断され、この南海トラフが掘削場所に選ばれた。

南海トラフ地震発生帯掘削計画は、はじめの3航海（Expedition）を終えた。そこから少しずつではあるが、巨大地震を起こす地震帯の様子が見えてきた。フィリピン海プレートはおよそ年間4cmのスピードで、ユーラシアプレートの下に沈み込んでいく。2つのプレートの境界面が、この動きに合わせてずれる滑っていれば、ひずみはたまることなく巨大地震は起こらない。しかし、実際には地震発生帯では、プレート間の境界面が固着している。その結果周囲にひずみがたまり、それが巨大地震を起こすエネルギーとなるのだ。ひずみのたまり方、地震発生帯周辺の力のかかり方はどうなっているのか。南海トラフでは、全体的には海側から陸側へと押されるような、圧縮応力場になっているということが分かった。ところが、いまの段階では説明がつかないものの、巨大分岐断層の陸側（C0002付近）では、逆に「引張り場」となっていた。

また今回、津波発生に深く関係している

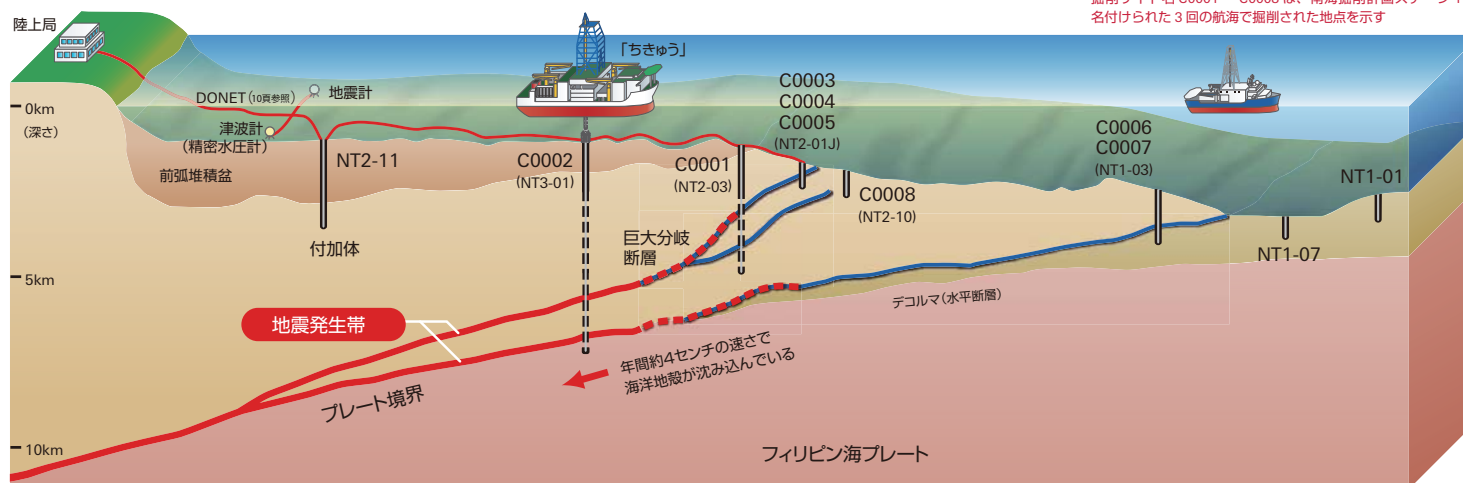
考えられている分岐断層を、浅部で貫いて調べることができた。沈み込み開始地点付近での断層掘削の結果、考えられていたよりもかなり速いスピードで、断層が滑っている可能性が指摘されている。巨大地震が起きるときには1秒間に数mぐらいのスピードで断層が滑ると考えられているが、このような断層運動が沈み込み帯全体のなかで、どのような範囲に起こっているのかなど、新たな知見が広がってきている。

断層の過去の活動の様子も見えてきた。巨大分岐断層は「逆断層」と呼ばれる、陸側のプレートが海側のプレートの上にのし上がるかたちになっている。地震などが起きて断層がずれると、海底に飛び出た部分は下方に崩れ落ちる。掘削によってこの部分の堆積層を観察すると、のし上がっては崩れる、そうした活動の繰り返しだが、どのくらいの間隔で起きているのかが見えてきた。平常積みもっているプランクtonの死がいなどの堆積層と、明らかに崩れて混じり合った堆積層の間隔を調べることで、過去数万年、数十万年という期間で地震が起きたタイミングを調べることができる。南海トラフで起こる地震の繰り返し周期の変動は、数十年程度の幅を持っている。間隔が短いケースでは、その前の地震で断層面全部が破壊を起こしてお

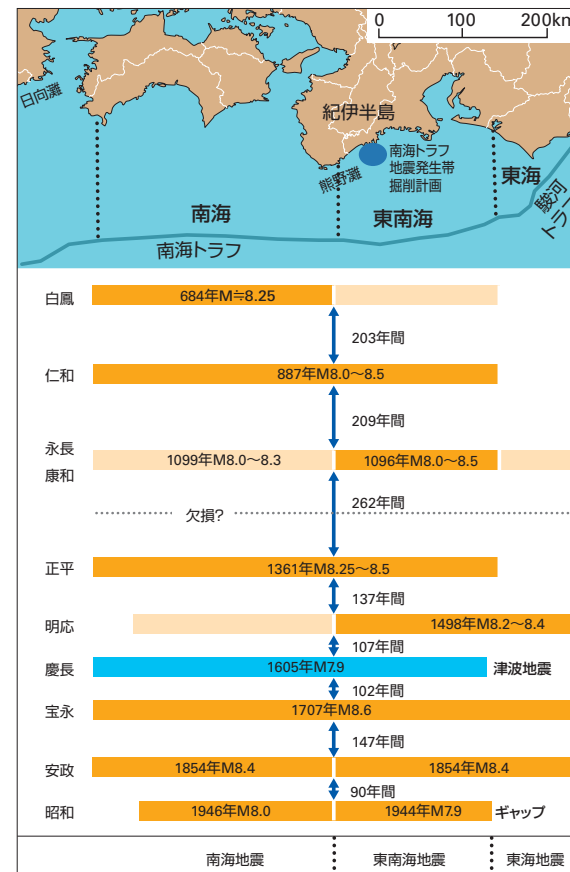
らず、たまったひずみを開放し切れなかったためという説がある。90年程度の短い間隔で次が起こるのか、それとも百数十年を経て起こるのか、掘削することでその法則性を見いだすことができるかもしれない。

過去にさかのぼる地震堆積層の解析は、急ピッチで進められている。こうした巨大地震発生の現場にじかに触れることができるのは、「ちきゅう」ならではだ。これまでにない新しいデータが、巨大地震発生解明への扉を開き、迫り来る災害を最小限にとどめる道が照らされていくに違いない。

南海トラフ周辺での地震記録
フィリピン海プレートが陸側のプレートの下に沈み込んでいる南海トラフ周辺では、100年～200年間隔でM8クラスの巨大地震が繰り返し発生している。濃いオレンジは運動の記録を、薄いオレンジはおそらく運動したであろう場所を示す



南海トラフ地震発生帯掘削計画
掘削サイト名C0001～C0008は、南海掘削計画ステージ1と名付けられた3回の航海で掘削された地点を示す



ネットワークで地震・津波被害を食い止めろ！

取材協力：
海洋工学センター 海底地震・津波ネットワーク開発部
部長 金田義行

これから30年以内に東海地震の起こる確率は87%、東南海地震は60~70%、南海地震が50%と、文部科学省が発表している。いずれの地震もM8以上の巨大地震だ。さらに、これらの地震が連動して起きた場合の被害想定額は81兆円。これは日本の国家予算（一般会計）に匹敵する。海溝型巨大地震にいかにか備えるかは、いわば日本の存亡を左右するくらいの大問題だ。

この問題に立ち向かうべく、文部科学省の委託を受けてJAMSTECを中心とした新たな地震研究プロジェクトが始動している。海底ネットワークを基盤として、地震に対するあらゆる研究と防災を結び付ける地震・津波観測監視システム(DONET)だ。

南海トラフを掘削して直接「地震の巣」を調べる「ちきゅう」が“外科的検査”ならば、DONETは“内科的検査”、しかも人間ドックを毎日行うようなものだ。と金田部長は語る。まず、東南海地震の震源域である紀伊半島沖熊野灘の1,000m以深の深海底に20の観測点をつくり、ケーブルでつないだ先進的地震・津波観測ネットワークシステムを構築する。地震・津波を主なターゲットに据えた先進かつ稠密な海底ネットワークは、世界初の試みだ。今後、東海沖から日向灘までの南海トラフをカバーするような広域の海底ネットワークの構築を目指す。

海底ネットワークで得られる震源域のリアルタイムデータは、ケーブルを通じて陸上局に送られる。DONET初の陸上局は三重県尾鷲市古江町に設置される。海底ケーブルには各種地震計、精

密水圧計などが設置され、東南海地震震源域で日々進行する現象が記録されていく。「ちきゅう」で掘削した掘削孔も、同様に観測点として利用される。海底数kmまで掘られた孔を利用することで、より地震の巣に近い観測が可能となるのだ。こうして得られたデータは、陸上局を中継して、JAMSTEC、気象庁、防災科学技術研究所および大学などの機関に送られ、緊急地震速報や地震・津波の予測モデルの構築などに役立てていく。

「海で起こることは、海で測る」——この単純な図式が、これまで実現できてこなかった。海溝型地震は海で起きているにもかかわらず、陸上からの観測ネットワークによるデータが主体だったのだ。「海溝型地震のマグニチュード(M)などは、陸上ネットワークのデータからでも、地震波の解析から比較的確正に割り出せます。しかし震源域周辺のさまざまな地殻活動の把握や早期検知、特に津波に関しては、陸上観測だけでは、検知や規模といった予想が難しいことは明らかなのです」と金田部長はいう。

DONETにより陸上のどこよりも早く海域で起こる現象を検知することで、震源域に近い沿岸の市町村が受ける恩恵は大きい。たとえば、陸上局を設置する尾鷲市では、東南海地震発生後およそ5から10分程度で津波が到達すると考えられている。津波被害を最小限に抑えるためには、精密な観測ネットワークによる早期検知が肝心なのだ。

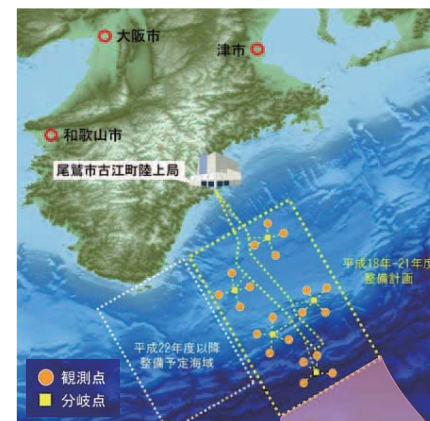
せっかくDONETや「ちきゅう」で良質な検査

結果が得られても、総合的に診断できなければ意味がない。文部科学省では、JAMSTEC、東京大学、京都大学などの多くの大学・研究機関が連携して、次の南海トラフ海溝型巨大地震に備えるための地震研究プロジェクトを2008年度にスタートさせた。

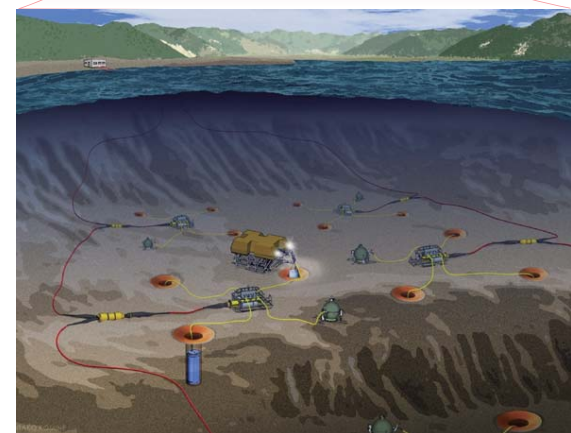
この地震研究プロジェクトは、地震発生の予測モデルの高度化を目指す理学的研究と、防災・減災に直接かわる工学的研究から構成されている。このなかの防災研究分野では、被害軽減施策や復旧・復興戦略を提案するため、3つのモデル都市を想定している。1つは東海、東南海、いずれの地震が起きても被害が集中するであろう名古屋市。もう1つの大都市は、津波の被害や長周期の地震動被害が想定される大阪市。そして甚大な津波、浸水被害が想定される高知市だ。

「実際、1946年に起きた南海地震後の高知市では、海溝型地震発生に伴う地盤沈下や津波被害により沿岸域が水没した」と金田部長は語る。海溝型巨大地震が起これば、津波被害とともに、地域によっては大規模な地盤沈下が起こる場合がある。海拔以下まで地盤が沈下することで、内陸部にまで海水が押し寄せてくるのだ。「海溝型地震が起こった場合、津波とともに地盤沈下という土台そのものが崩壊する事態、さらには強震動や液状化などの複合的な被害によって、港湾施設などがどの程度機能しなくなるものなのか、その評価に関しては必ずしも十分なされているとはいえない現状がある」と金田部長はいう。たとえば現在では、臨海域のコンテナや石油タンク、高層ビル群ならびに橋梁などの構造物や膨大な車両などが、地上に散在している。これらが地震動被害とともに津波に巻き込まれたときに、どのような刃をわれわれに向けるのか。これまで地球物理学のような自然科学と防災分野は別々に研究が行われてきた傾向があるが、今後は自然科学的研究に照らし合わせた上での工学的研究によるリスク評価が必要不可欠なのだ。

そこで新たなプロジェクトでは、自然科学から防災までのさまざまな分野の研究と、社会を含んだ人的ネットワークも構築される。防災対策には、国、地域行政、個人や企業といった大きく3段階の階層がある。地震・津波にかかわるあらゆる研究から得られる最新知見を潤滑剤にすることで、先の3つの階層間の連携を図る、これまでにない



海底ネットワークの設置域と概念図
紀伊半島沖の熊野灘が、迫り来る海溝型地震の出発点になる可能性が指摘されている。海底ケーブルは分岐点を持つことで、拡張性と、万が一壊れた場合の補完性を考えて設計されている。分岐装置には8本のケーブルが接続可能で、各種センサーとつながる。将来、「ちきゅう」の掘削孔に設置されるセンサーとも接続する予定だ

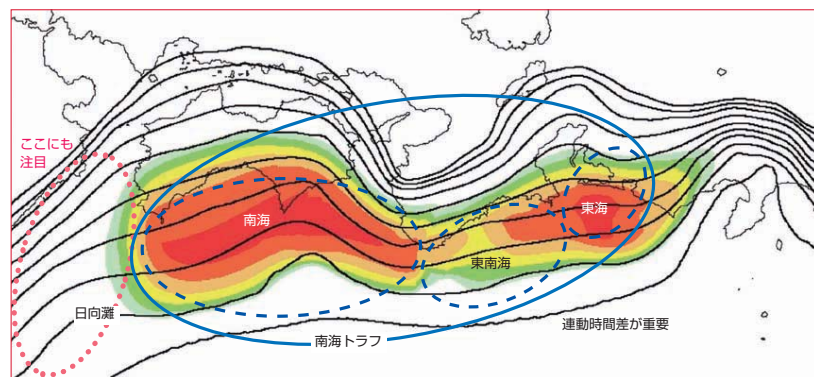


地震研究と防災研究の横断的な巨大プロジェクトが進行しつつあるのだ。

DONETや「ちきゅう」、さらにスーパーコンピュータといった先端的な科学技術による地震研究の進展をベースに、人々の生命や財産を守るため、科学技術のネットワーク、人的ネットワークならびに防災情報ネットワークの統合化を図る。それぞれが階層構造を持ったネットワークをいかにスムーズにつなぎ、互いに役立てていくのか、ここに日本の地震・津波防災対策の未来がかかっている。

南海トラフ海溝型巨大地震の連動性評価

2030年代にも発生が予想される東海・東南海・南海地震は、連動して起こる可能性が極めて高いといわれている。スマトラ島沖地震のように想定外の大連動を起こす可能性も否定できない。プロジェクトでは、日向灘付近までをターゲットに研究を進める予定だ。図中の等深度線は、フィリピン海プレートの沈み込みの形態を示している。赤色などは地震による破壊域



小さな地震が巨大地震の姿を暴く！

取材協力：
防災科学技術研究所 地震研究部 地震観測データセンター
センター長 小原一成

海溝型と内陸型、日本で起こる2種類の地震の両方をターゲットにしているのが、防災科学技術研究所で管理・運営しているHi-netなどの地震観測網だ。日本列島に、およそ2000ヵ所の地震観測点を配備している。地震計には3種類が用意されている。1つは強い揺れを専門に観測する「強震計」、2つ目は地球が伸び縮みする潮汐現象のような長周期の揺れまでも観測可能な広帯域地震計、3つ目がマグニチュード(M)1以下の微小地震からの揺れもとらえられる高感度地震計だ。それぞれ1700ヵ所、70ヵ所、800ヵ所に設置されており、一部は同じ場所に配備されているので、全国で約2000ヵ所の観測地点になる。このなかで、Hi-netは高感度地震計による観測網を指す。

国の政策によって、阪神・淡路大震災以降、観測点は倍以上に増えた。地震に関する調査、研究が推進され、その一環としてこの高感度地震観測

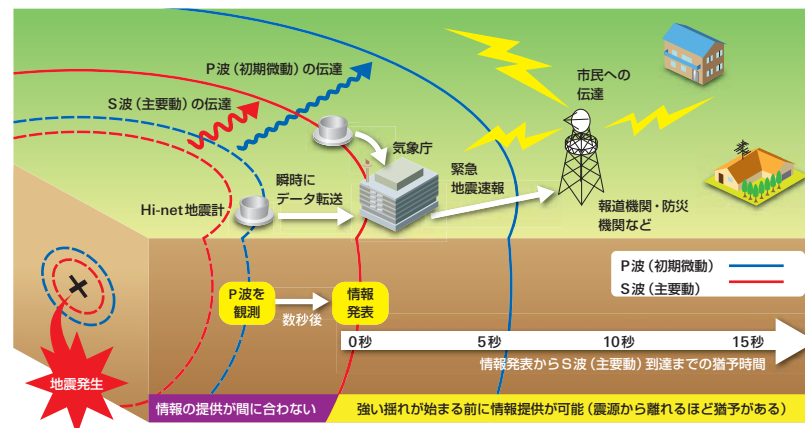
網の整備、またGPS網による各地点の緯度・経度の変化観測、地質学的調査による約100ヵ所の断層調査が行われている。これらの対策は、内陸型巨大地震M7、海溝型巨大地震M8クラスに備え、的確な予測、少しでも速い速報発令を行うためだ。たとえばP波とS波の到達時間差を利用して、大地震が起きた際に予想される揺れの情報をいち早く流す緊急地震速報は、その成果のひとつである。

しかし、M7やM8クラスの巨大地震に備えるのに、なぜ微小地震をとらえる高感度地震計が必要なのだろう。高感度地震計では、地震の初動を正確にとらえることができる。それだけではない。この高感度なHi-netは、地震帯の新たな姿をあらわにし始めたのだ。

たとえば、地震活動の比較的活発な地域で1年間に検出される地震の数が1000個程度だったものが、Hi-net整備後はその9倍程度、約8000～9000個の活動をとりえるようになった。このように検知能力が向上したデータから割り出された震源の位置を地図上にプロットすると、沈み込むフィリピン海プレートや太平洋プレート、そして日本列島を縦横無尽に切り刻む活断層の姿が現れる。地質調査では見えてこなかった深部の活断層が浮かび上がってきたのだ。

岩手・宮城内陸地震は、そもそもノーマークの活断層によるものだった。従来の方法では、このような活断層の把握が困難であるが、Hi-netによって地中深くを走るそうした活断層の存在も明らかになりつつある。

従来の常識を覆す発見も飛び出した。地球深部は深いほど温度が高くなる傾向があり、固体であっても次第に熱のために流動性が高くなると考えられている。そのため、プレート境界部にある地震発生帯よりも深い場所の境界では、年間4cmというプレートの移動速度と同じペースで接触面がつるつると滑っていると考えられていた。地震発生帯が固着し、それより下が滑ることで長年にわたってひずみがたまり、あるときそれが解放されるために巨大地震が起こると考えられてきたのだ。Hi-netでは、この地震発生帯より深部で奇妙な揺れをとらえた。傾斜計などのデータと照らし合わせた結果、この付近のプレート境界では半年に一度、約5日間に2cm程度の速度でゆっくり滑り、滑る最中にとても弱い揺れを起こしていることが明らかになった。Hi-netがとらえていた



地震波の伝わり方の違いを利用した緊急地震速報

地震波の種類にはP波とS波がある。P波は初期微動、S波は主要動とも呼ばれ、S波の方が揺れが大きい。通常、P波は岩盤中を約6km/sで進む。S波は約3km/sで進む。この波の種類によって伝わる速度の違いを利用し、まずP波をとらえることで、続くS波によってもたらされる大きな揺れが来る前にその揺れの大きさや到達する時間を予測することが可能。震源地から遠くなるほど、主要動到達時間が遅くなるので、速報の恩恵が大きくなる。

地震の主要2タイプと過去の地震

日本で起こる巨大地震には、主に内陸型と海溝型の2つがある。Hi-netではこの両方の地震をターゲットにしている

日本周辺で発生する被害地震(主要2タイプ)

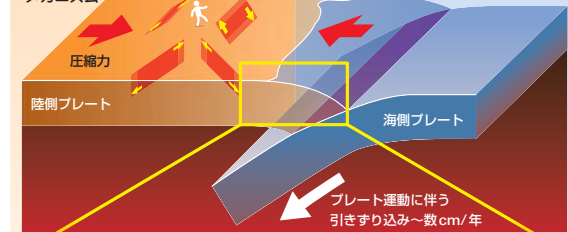
内陸型

1995年兵庫県南部地震
2000年鳥取県西部地震
2004年新潟県中越地震
2007年能登半島地震、新潟県中越沖地震
2008年岩手・宮城内陸地震

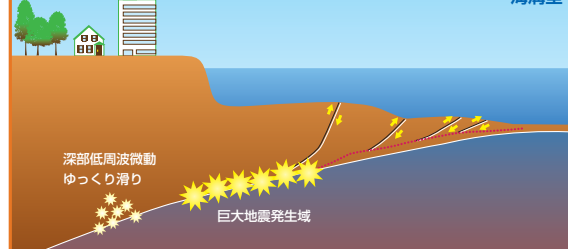
海溝型

1993年釧路沖地震
1994年三陸はるか沖地震
2003年十勝沖地震
20XX年南海・東南海地震

メカニズム



海溝型

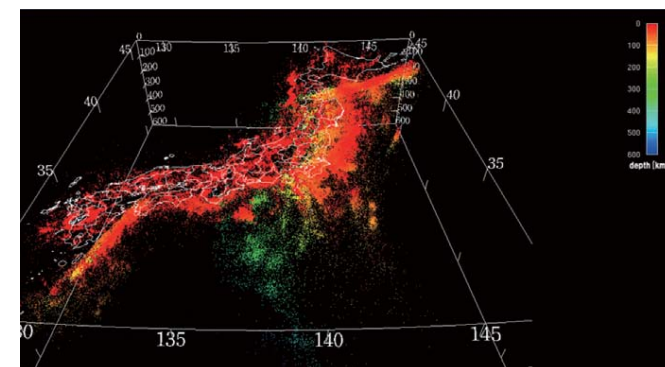


奇妙な揺れは、この「ゆっくり滑り」によって引き起こされていたものだった。

このような奇妙な揺れとしては、2種類のものがこれまでに発見されている。1波が約0.5秒周期の「深部低周波微動」、そして1波が約20秒の「深部超低周波地震」だ。いずれも巨大地震発生域よりも深い地下30km付近のプレート境界で観測された。「短期的スロースリップ」と呼ばれるゆっくり滑りと併せて、なぜ3種類もの異なる現象が同時に観測されるのか。小原センター長は、「プレート境界の形状が影響しているのではないかと推察している。かつて海底火山などをなしていた海底部分が次第に沈み込むことで、その凹凸や地質を反映するかのよう異なるタイプの地震が起きているというのだ。ゆっくり滑りが起きている深部は、かつての地震発生帯だった場所だ。ゆっくり滑りを起こす場所の性質を詳しく知ること、巨大地震発生のメカニズムが解けるかもしれない。

2006年1月には、このゆっくり滑りの運動が初めて観測された。紀伊半島の南から始まったゆっくり滑りが、約20日間かけて東海地方まで北上を見た。これは東南海・南海地震を解読するきっかけになるかもしれない、と小原センター長は考えている。通常、こうしたゆっくり滑りの進行方向は定まっていなかった。南から北に移動することも、またその逆もある。しかし、これまで運動する様子は観察されてこなかった。

海溝型地震が起こるのは、約100年に一度。これでは研究者が人生をかけても、一度も遭遇しな



Hi-netでとらえられた震源

高感度地震計を日本中に張り巡らせたHi-netのデータから、M1以上の地震について震源が割り出された。これは2002年1月～2007年12月の震源を地図上に表したものだ。赤いほど震源は浅く、青いほど深い。ホームページ上で回転させることができる。これを見ると、沈み込む太平洋プレートやフィリピン海プレートの境界面や、日本列島を切り刻む活断層の様子が見てとれる。

いかかもしれない。しかし、ゆっくり滑りの現象は半年に一度の割合で起こる。数年待てば、再び運動する現象をとらえられる可能性が高い。数度のデータを解析していけば、どのような兆候が現れたときに、東南海・南海といった運動が起こるのか、その法則性を見いだせるはずだ。

こうした発見は、一流科学雑誌に次々と掲載され、世界的にゆっくり滑りを観測するきっかけになった。アメリカをはじめとするさまざまな国々で、ゆっくり滑りを観測する研究が進められている。防災科学技術研究所では、Hi-netやDONET、気象庁、各大学のデータを一手に集め、解析、公開を行っていく。地震国日本という立地と、最新鋭設備によって、日本は地震研究の最先端を走り続ける。

防災科学技術研究所のHi-netのホームページ (<http://www.hinet.bosai.go.jp/>) には、地震の最新情報が詰まっている。そこには、いま起きた地震がどのようなものだったか、自分で考えるヒントが満載だ。ここでは速報性の高いトップページの見方を解説しよう!

1 最新震源情報

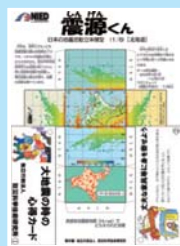
ここでは24時間以内に日本で起きた地震の震源がプロットされている。☆印はM2.5以上で最も新しく起きた地震の震源位置。色は深さを示し、赤いほど浅く、青いほど深い。○の大きさはマグニチュードの大きさを示している。地震が起きて10分後くらいには、このページに表示される。

2 地震観測網ポータルサイト

防災科学技術研究所で管理している3つの観測網、広帯域地震観測網(F-net)、強震観測網(K-NET)、基盤強震観測網(KiK-net)のそれぞれのデータにアクセスできる。

3 震源くん

PDFファイルをダウンロードして箱を組み立てると、日本列島の深部のどこに震源が分布しているかを立体的に見ることができる。横から見ると、地下のどのくらいの深さに地震が集中しているかを実感できる。



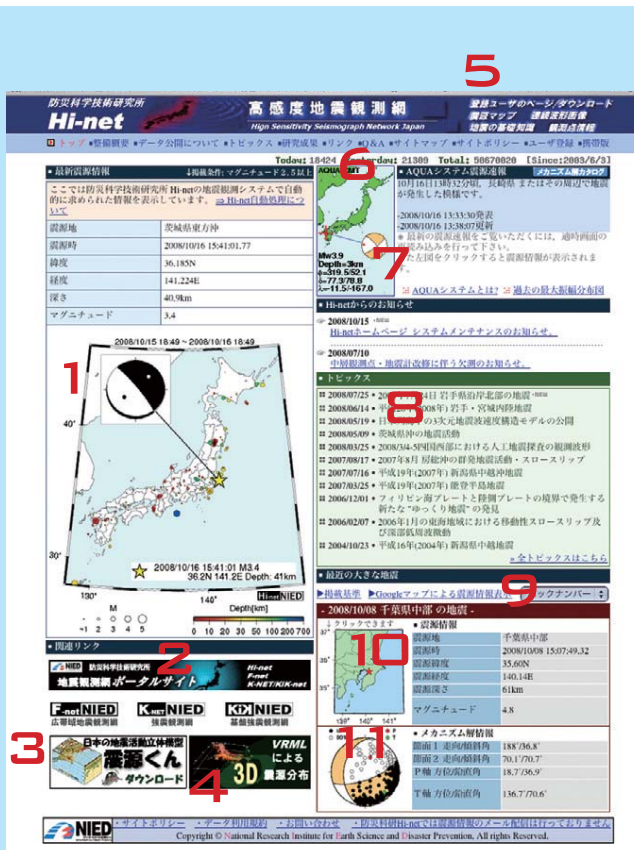
4 VRMLによる3D震源分布

Hi-netで得られた震源分布が3Dで表示され、マウスで自由に回転させて見ることができる。震源分布を見ることで、間接的にプレート境界や活断層の様子を見ることができる。

5 登録ユーザーのページ / ダウンロード

登録ユーザーのページでは、ユーザー登録をすると観測波形データなどをダウンロードすることが可能になる。震源マップをクリックすると、過去7日間と過去30日間に起きた地震の震源位置を確認することができる。連続波形画像では、全国に設置された高感度地震計の波形データを見ることができる。地震の基礎知識のページでは、地震に関する基礎的な事柄を解説している。ここを読むと、ホームページ上で使われている記号やアイコンの意味を知ることができる。観測点情報では、高感度地震計が設置されている地点の緯度や経度、標高など場所の詳細を調べることができる。

登録ユーザのページ/ダウンロード
震源マップ 連続波形画像
地震の基礎知識 観測点情報



5

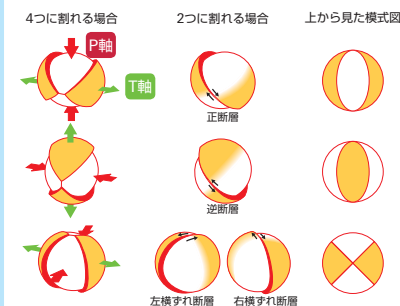
6 AQUAシステム震源速報

およそM4.0以上の地震情報を、ほぼリアルタイムに表示する。地震情報は時間によってより確実性の高いデータに切り替えられていく。0～数秒はAQUA-REALという速報。その結果からさらに計算が進められ、5～30秒はAQUA-RAPID、10～30秒でAQUA-HYPOが公開される。AQUA-RAPIDとAQUA-HYPOのデータをもとにしてメカニズム解析が行われ、2～5分後にAQUA-MTが、4～8分後にAQUA-CMTが公開されている。ここで表示されている地震のエネルギーの大きさはモーメント・マグニチュード (Mw) で、気象庁発表のものとは異なる。

7 地震のメカニズム

震源から引き出されているビーチボールのような球は、地震のメカニズムを説明している。これを見ることで震源にどのように力がかかり、どのような断層のずれが起きたのかを知ることができる。赤い点がP軸を、緑色の点がT軸を示している。周囲から受ける圧力が最大の方向をP軸といい、最小の方向をT軸と呼ぶ。この球は基本的に右図で示した正断層、逆断層、横ずれ断層を、ちょうど上から見た状態を表している。震源地を中心に断層が3次元的にどのように動いたのかを示すため、断層面の傾き具合によって色分けの幅が変わってくる。

発電機構解の表示法



8 トピックス

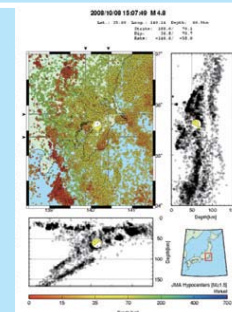
被害が生じるような大きな地震が起きた場合、その地震に関する解析結果を、特集ページとしてまとめて伝える。本震や余震がどのあたりに分布するのか、余震の発生状況、断層運動の様子などを紹介している。また、関連リンクではほかの研究機関や各都府県での分析結果にアクセスできる。これらを通して同一地震の情報を総合的に集めることが可能だ。

9 Googleマップによる震源情報表示

日本国内で起きたおよそM4.5以上の地震を基準に、震源情報を提供している。面白いのは、「Googleマップによる震源情報表示」だ。衛星写真で見れば、震源地を実感することが可能だ。

10 震源情報

地図をクリックすると、より詳細な結果が現れる。球は今回の地震の震源を示している。カラーの地図は過去10年間にこの範囲で発生した地震の震源分布。震源の深さは赤い色ほど浅く、青い色ほど深い。右側の縦長の図は、カラーの図上部の▼の間を深さ方向に切り取ったもの。下側の横長の図は、カラーの図の側部の▼の間を深さ方向に見たもの。ここでは、太平洋プレートの沈み込み様子が分かる。



日本中にジオパークを広げよう！

取材協力：
地球深部探査センター 計画推進グループ
グループリーダー 倉本真一

ジオパークは、地質学的成因に根差した景観を守ってこうという試みだ。2001年6月にユネスコ執行委員会が、地質学的に特別な意味のある地域や自然公園の発展を推進しようという勧告を全国に発したのが始まり。世界ジオパークネットワーク（GNN）という組織が2004年に立ち上げられ、この国際組織に許可されれば、「世界ジオパーク」として名乗ることが可能だ。いわば地質学版世界遺産であり、2008年6月の時点で世界57カ所が指定されている。

日本国内では、2007年5月の段階ですでに83カ所がジオパークとして名乗りを上げている。国内組織は、こうしたなかから年に3カ所くらいを選定し、GNNへ世界ジオパークの申請を行っている。

ジオパークでは、景観保護のために、環境と観光の両立を目指している。観光収入を利用して、地質遺産の保全、地域経済の活性化を推進していく。あなたの近くのジオパークを探して、活動を応援しよう。

日本列島ジオパーク・地質百選 第一次選定分

- 01 知床半島 千島列島から続く火山列のひとつ。活火山もあり、温泉も豊富。
- 02 白滝黒曜石 約2万年前の大石器工場で、東洋最大の黒曜石原産地だった。
- 03 神居古澤溪谷の变成岩 地下深所で低温高圧の变成作用を受けた岩が見られる。
- 04 夕張岳と蛇紋岩メランジュ 北海道は東北日本孤と千島孤が衝突合体してきた。その証拠が見られる。
- 05 夕張の石炭大露頭 夕張炭田発見のきっかけとなった露頭。
- 06 幌尻岳の七つ沼カール 海洋地殻と島弧性地殻が衝突してきた日高山脈の最高峰。氷河地形がたくさんある。
- 07 有珠山・昭和火山 2万年近く活動を続けている有珠山が、1944年の噴火活動で昭和火山をつくった。国内第1号
- 08 恐山の金鉱床 恐山の温泉沈殿物に金の化合物が異常濃集している。
- 09 仏ヶ浦 新生代新第三紀（約2500万年

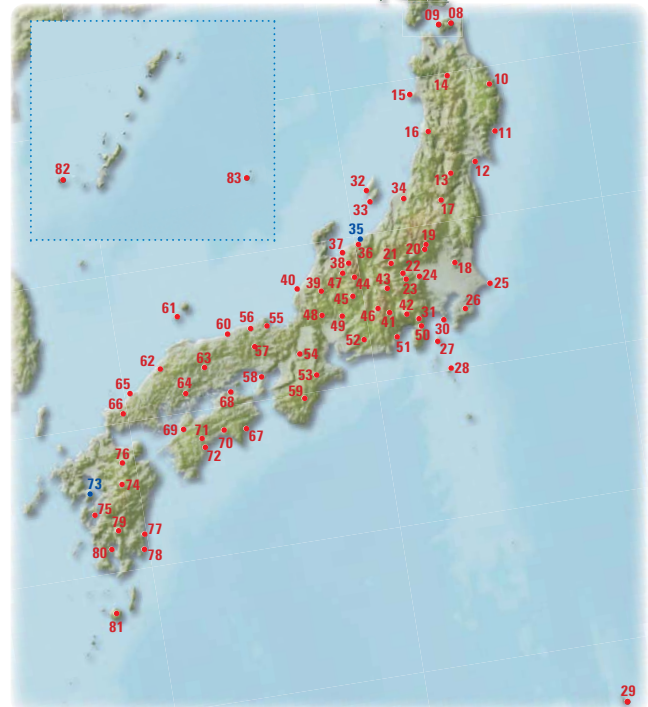
- 前～約200万年前）の岩が浸食を受け、不思議なかたちの断崖・巨岩が連なる海岸地形になっている。
- 10 龍泉洞 世界有数の透明度を誇る地底湖がある鍾乳洞。
- 11 唐桑半島 スレート瓦に使われる古生代登米層群など、南部北上地方に特徴的な地層が見られる。明治の三陸大津波の跡もある。
- 12 松島 複雑な海岸線と数多くの島は、新第三紀の浸食されやすい地層と、背後に大きな河川がないことでできた。
- 13 蔵王火山 複数の火山体が集合する火山。
- 14 尾去沢鉱山 708年から1978年まで、日本を代表する銅山だった。
- 15 男鹿一ノ目淵 水蒸気爆発でできた湖。
- 16 鳥海山 50万年前から成長してきた火山。
- 17 磐梯山 1888年の噴火で山体崩壊、岩屑なだれを起こし、裏磐梯の湖沼群ができた。
- 18 筑波山 崩れやすい花崗岩の上にかくて重いはんれい岩が載って山をなしている。
- 19 華厳の滝 約2万年前に日光男体山が噴火し、川をせき止めて中禅寺湖ができ、



07 有珠山

華厳の滝もできた。

- 20 足尾銅山 1610年から1973年まで採掘されていた熱水噴出孔由来の鉱山。
- 21 浅間山 4万年前から噴火が始まり、いま現在も続いている。
- 22 跡倉クリッベ 古生代ペルム紀（約2億9000万年前～約2億5100万年前）の花崗閃緑岩や中生代白亜紀（約1億5000万年前～約6500万年前）の跡倉層が、ほぼ水平な断層で三波川变成帯の上に載る。
- 23 瀬林の遺痕と恐竜足跡 白亜紀瀬林層の地層はさざ波の跡がよく観察できる。
- 24 秩父・長瀨 結晶片岩が観察できる。
- 25 犬吠埼 中生代ジュラ紀から新生代第四紀まで（約2億年前～約2500万年前）の地層が見られる。
- 26 養老溪谷・黒滝不整合 新生代の海成層が広く分布し、養老溪谷では300万年前にできた黒滝不整合以降の地層がよく見える。
- 27 伊豆大島 玄武岩からなる成層火山で、数万年前から活動を続けている。
- 28 三宅島 雄山を中心として現在までしばしば激しく噴火している。
- 29 父島無人岩 マグネシウムを多く含む特殊な安山岩で、地球内部のマントル上部に由来する珍しい岩石。
- 30 城ヶ島 関東大震災のときに隆起した海食台に、新第三紀三浦層群のさまざまな堆積構造や褶曲が見られる。
- 31 箱根火山 約65万年前からの活動によってカルデラ、成層火山、溶岩円頂丘などの火山地形ができた。
- 32 佐渡金山 江戸幕府の財政を支えた。日本の鉱山史で重要。
- 33 佐渡小水海岸 新第三紀の海底に噴出した玄武岩の地形。海底でのマグマ噴出を示す枕状溶岩などが観察できる。
- 34 新津油田 数100万年前の砂岩層に含まれる石油を採掘していた。
- 35 糸川川・静岡構造線（糸川川） 日本列島を東西に分断する大断層。フォッサマグナの西端にあたる。国内第1号
- 36 小滝ヒスイ峡 ヒスイの産地で、各地の遺跡のヒスイはこの地域のものと考えられる。考古学的に重要。
- 37 魚津埋没林 海面上昇の結果、海面下に埋没した約2000年前の木の根。
- 38 立山カルデラ 激しい浸食でできたカルデラ。
- 39 白峰百万貫岩 中生代の堆積層よりなる日本最大級の洪水で流出した岩塊。
- 40 東尋坊 輝石安山岩で柱状の発達した起伏を持つ海食崖が約2km続く。
- 41 糸川川・静岡構造線（早川） 日本列島を東西に分断する大断層。
- 42 富士山 日本の最高峰で、玄武岩質の成層火山。溶岩樹形や溶岩トンネルもある。



- 43 ハヶ岳 8峰が連なる火山で、七ヶ岩には日本で最大の岩屑なだれが見られ、また付近には黒曜石の産地も多い。
- 44 上高地と滝谷花崗岩 上高地の基盤は日本最古の变成岩で、その上にジュラ紀（約2億年前～約1億3500万年前）の付加体などが載る。地表には世界一若い花崗岩、氷河地形が見られる。
- 45 御嶽山 1979年からときどき活動している活火山。
- 46 中央構造線（大鹿村） 関東平野の下から九州へと続く大断層である中央構造線が地表でよく観察できる。
- 47 神岡鉱山 亜鉛、鉛、銀の鉱山。坑内をニュートリノ観測施設「スーパーカミオカンデ」が使用している。
- 48 根尾谷断層 1891年の濃尾地震の震源断層が地表に達した断層崖がよく保存されている。
- 49 飛水峽 飛騨川の峡谷で、両側はジュラ紀付加体とチャート（堆積岩の一種）と砂岩からなる。
- 50 丹那断層 1930年の北伊豆地震で左横ずれ断層が出現した。
- 51 大崩海岸 高アルカリ玄武岩の断崖絶壁で、枕状溶岩も観察できる。
- 52 鳳来寺山 新第三紀の海成層と火成岩が浸食されて複雑な地形をつくっている。
- 53 中央構造線（月出） 国内最大級の中央構造線の露頭。
- 54 石山寺灰石 ジュラ紀付加体の石灰岩に貫入してきた花崗岩による熱変成作用を受けて、珪灰石ができています。
- 55 天橋立 全長3.6kmの砂州地形の景勝地。
- 56 玄武洞 世界で初めて地磁気逆転（S極とN極の逆転現象）を発見するきっかけになった岩石。玄武岩の名前の由来の場所。
- 57 生野鉱山 平安時代から掘り続けられてきた銀山。
- 58 六甲一淡路断層系 新生代第四紀（約180万年前～現在）後半から繰り返されてきた活断層。阪神淡路大震災のときもずれた。
- 59 玉置山 白亜紀に海底で噴出した枕状溶岩が付加したものを、頂上付近で見ることができ。
- 60 鳥取砂丘 日本最大の海岸砂丘。
- 61 隠岐島前カルデラ 約550万年前に形成

されたカルデラ（火山活動による大きな凹地）が海に埋没して島々になっている。

- 62 石見銀山 鎌倉時代に世界に影響を与えるほど大量の銀が産出していた。
- 63 羅生門 鍾乳洞の天井崩壊でできたアーチ状地形。
- 64 久井の岩海 花崗閃緑岩の巨大な岩塊が連続して分布する。
- 65 須佐ホルンフェルス 須佐層群が堆積した後、火成活動によって高温に接触した部分が再結晶したもの。
- 66 秋吉台・秋芳洞 日本最大のカルスト地形（水に溶けやすい石灰岩石が溶食されてできた地形）。古生代のサンゴ礁が付加体となってできた。
- 67 穴吹浦舌状遺痕 新生代始新世（約5500万年前～約3800万年前）のころ、深海の海底扇状地で砂が水流に運搬された構造がきれいに残っている。
- 68 サヌカイト ガラス質の古銅輝石安山岩で、讃岐に因んで命名された。
- 69 砥部衝上断層 断層面の上側に白亜紀の和泉層群、下側に新第三紀の層がある。
- 70 龍河洞 三宝山北東方にある鍾乳洞。
- 71 横倉山・佐川 シルル紀や白亜紀の化石や黒瀬川構造体の岩石がよく観察できる。
- 72 久礼メランジュ 付加体の構造解析によく利用されている。
- 73 雲仙 1792年、眉山の崩壊、1991年の大火砕流発生など、しばしば大災害を引き起こした火山。国内第1号
- 74 阿蘇 約30万年前からの活動によって、大規模な陥没である阿蘇カルデラができた。中央火口丘は現在も活動中。
- 75 御所浦 白亜紀御所浦層群と姫浦層群が広く分布し、アンモナイトや恐竜化石を産出する。
- 76 玖珠二重メサ 約100万年前の火砕流や50万～60万年前の溶岩が、頂面で二重のメサ（卓状地形）をつくっている。
- 77 青島 砂れき層からなる陸架島で、周囲の「鬼の洗濯板」は新第三紀のやわらかい泥岩が浸食されたもの。
- 78 市木不整合 四万十層群と新第三紀宮崎層との傾斜不整合や、いろいろな堆積構造が見える。
- 79 霧島火山群 加久藤カルデラの南縁にある大小20の成層火山からなる。
- 80 桜島 世界で最も活動的な火山のひとつ。
- 81 屋久島 九州最高峰の宮之浦岳を有している。
- 82 奥武島の曇石 新生代中新世（約2300万年前～約500万年前）の阿良岳層が島を構成し、柱状の規則性のある割れ目が発達している。曇石はその断面。
- 83 大東隆起環礁 南北大東島は隆起環礁、北大東島は全島ドロマイトで世界でも珍しい。

83

おたる水族館

空を写した瑠璃色のザリガニ

取材協力：高橋徹・飼育部魚類飼育課 係長

北海道のどこにでもありそうな、何の変てつもない小川で、空色のザリガニはひっそりと生息している。川の場所は明かせない。このザリガニを守るためだ。鱉ザリガニと同じ種類のニホンザリガニは、特に農薬や水質の汚濁に弱く、冷たくてきれいな水を好む。15℃くらいで安定した、わき水があるような清流でしか生息できない。ニホンザリガニは2000年には絶滅危惧種Ⅱ種に指定されている。ただでさえ絶滅しそうな種である上に、この色だ。場所を明かせば、乱獲されかねない。だから、川の名は明かしていない。

このニホンザリガニは、宝石のように美しい色から、俗に「瑠璃色ザリガニ」と呼ばれている。標準和名は「ザリガニ（ニホンザリガニ）」だ。北海道のある川に生息するすべてのニホンザリガニがこの色をしているわけではなく、そこに生息するニホンザリガニのうち、1割ほどがこの真っ青な瑠璃（ラピスラズリ）色をしている。

なぜ蒼い色をしているのか、その要因は遺伝的とも、環境とも、餌とも考えられるが、はっきりしたことは分かっていない。そもそもこの蒼いザリガニの存在が分かったのが2000年、研究が始まったのはつい最近のことだ。おたる水族館にやって来たのも今年の春のこと。この蒼いザリガニの存在を多くの人たちに知ってもらうこと、保護し繁殖させるために飼育している。

餌は広葉樹の落葉で、針葉樹の葉は食べない。広葉樹のなかでも、シラカバやカエデといった葉が好みようだ。ほかに水族館では、少しのオキアミやイカナゴの稚魚、熱帯魚であるブレコの餌などを与えている。手から直接餌をあげようとすると、威嚇してはさみを振り上げる。手からそっと餌を下ろすと、瞬刻間に餌を引き寄せ、食べ始めた。

6月下旬から脱皮が始まった。抜け殻は蒼い。驚いたのは、脱皮した後の体の色だ。あらわになった新たな体は半透明に蒼く、やや赤みがかった色をしている。その色彩は、息をのむほど美しい。

水族館では合計14匹の瑠璃色ザリガニを飼育している。現在4匹が展示され、残りの10匹は、バックヤードと呼ばれる飼育室で、いまは1匹ずつ容器に入れて隔離して飼っている。共食いを避けるためだ。秋はザリガニたちの恋の季節。その時期になったら、同じサイズのザリガニたちを雄雌でペアリングして交接させる。同じサイズ同士にするのは、やはり共食いを避けるためだ。

深い雪が溶けるころには、産卵が始まる。北海道の短い夏の空のような、真っ青な子どもたちがたくさん生まれ、育つといい。

脱皮直後の蒼いニホンザリガニ。体全体が半透明で、やや赤みがかった姿になる。この状態は長くて3〜7日くらいしか見られない。何がこの蒼い色を生み出しているのか、よく分かっていない

脱皮した抜け殻。抜け殻も蒼い色をしている。脱皮期間は6月下旬から7月末まで続いた。脱皮が終わった後の甲羅がやわらかい時期に一回り大きくなっていく

ニホンザリガニの大きさは全長5〜7cmくらい。外来種のアメリカザリガニなどに比べてとても小さい。通常のニホンザリガニは茶褐色をしている。北海道で見つかるこの蒼いザリガニはニホンザリガニとされているが、遺伝的にまったく同じものであるかどうか確かめられていない

人の役に立つ微生物を見つけない

平山仙子

極限環境生物圏研究センター
地殻内微生物研究プログラム 有用微生物探索研究グループ 研究員



平山仙子（ひらやま・ひさこ）
1971年、神奈川県生まれ。理学博士。お茶の水女子大学家政学部食物学科食品化学研究卒業。1994年、海洋科学技術センター（現 海洋研究開発機構：JAMSTEC）入所。2001年、お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程修了。同年より現職。専門は微生物学

食品から微生物へ

——大学では食物学科で学ばれたそうですね。

平山：父の仕事の関係もあって、自然食を食べて、なるべく添加物を取らないという家庭で育ちました。食と健康に興味を持つようになり、大学も家政学部食物学科を選びました。

大学では調理実習もありました。ただし、料理というより化学実験のようなものです。たとえば、みそ汁の塩分は0.8%と決まっています、食塩をてんびんで精密に量ってつくるのです。この塩分は人間の体液中の塩分とほぼ同じ。つまり、人間は自分の体と同じ塩分濃度をおいしいと感じるのです。また、調理することで

「微生物はすごい能力を持っています。しかし私たちはまだ、微生物がどれだけすごいのかほとんど知らないのです」。こう語る平山研究員がいま、研究のターゲットにしているのが、メタンを分解して有機物をつくるメタン酸化菌だ。深海で熱水や冷水がわき出る場所には、そこに含まれるメタンや硫化水素から有機物をつくる能力を持つ微生物がいて、光合成によらない生態系を支えている。平山研究員は、深海にすむメタン酸化菌を採取し、培養してその性質を調べるといって、世界でも例のない研究に挑んでいる。

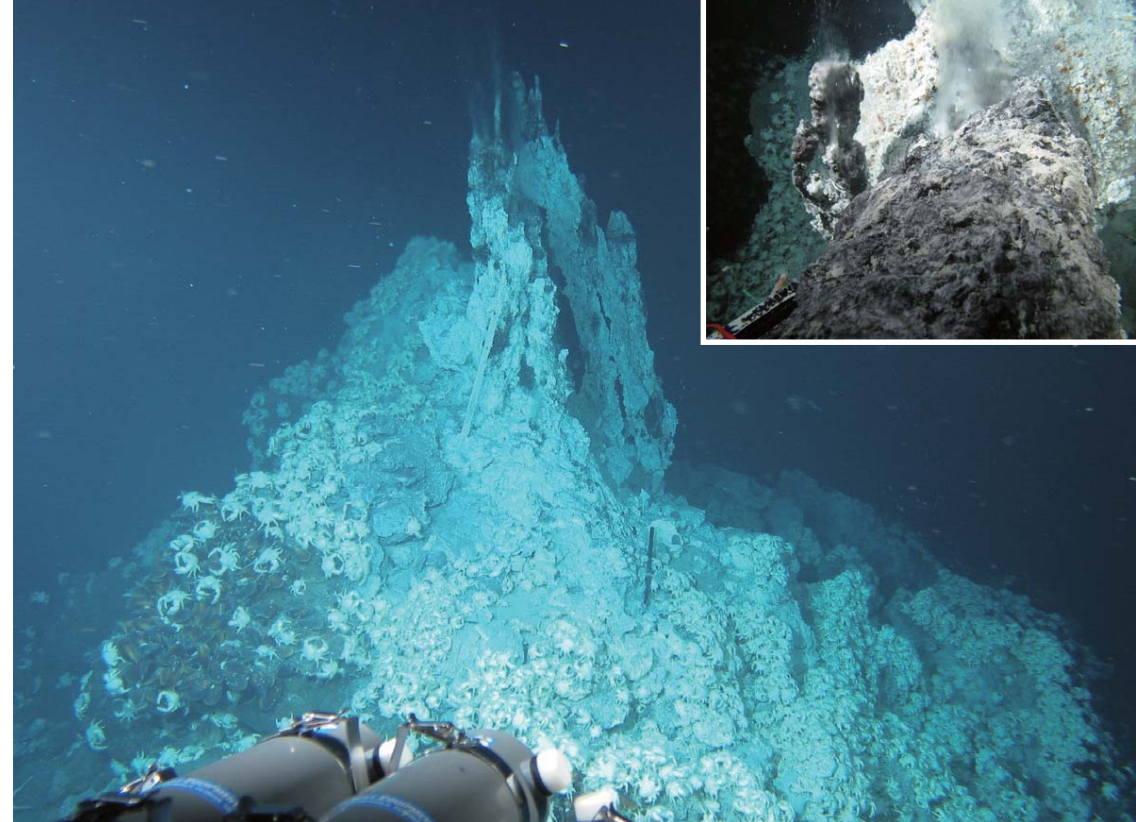
食品の物性がどう変わるとおいしいと感じるのかを知るために、おいしいと感じるときの弾力の数値を測ったりしました。

4年生になると、におい成分の研究を行う食品化学研究室に入り、卒業研究を始めました。同時に就職活動も始め、香料メーカーから内定をもらいました。

——ではなぜ、JAMSTECに？

平山：JAMSTECから深海の極限環境にすむ微生物を分類する仕事の募集が、うちの学科に来ていたんです。でも、うちの学科ではJAMSTECという名前自体あまり知られておらず、しかも正規職員ではなく年次契約。“なんだ、これ？”という感じでした（笑）。

私は実験ができる職種に就きたいと思っていました。内定を頂いた香料メーカーでも研究所に配属される予定でしたが、香料に特に興味があったわけではありません。におい成分の研究室を選んだのは、教授がとてもいい方で、この先生のもとで研究したいと思ったからです。



メタン酸化菌のすむ沖縄トラフの熱水噴出孔

石垣島の北西約50km付近、沖縄トラフ陥凹海丘（水深1,470m付近）

面接を受けにJAMSTEC横須賀本部を訪ね、建てられたばかりの深海総合研究棟を見学させてもらい、真新しく実験設備のそろったところだと感じました。何をやるのかよく分からないけど、こちらの方がいろいろな実験ができて面白そうだと思い、香料メーカーを断りました。

微生物を求めて海へ

——JAMSTECでの微生物の分類は、どのような仕事だったのですか。

平山：微生物は、大きな動物や植物と違ってかたちでは分類できないので、細胞の成分やDNAを分析して分類を行います。成分分析の仕事だったので生き物を扱っているという感覚は薄かったですね。研究室の雰囲気や実験が好きだったので、楽しく仕事をすることができました。

やがて周りの人から、「この道でやっていくのなら博士号を取った方がいいよ」といわれ、JAMSTECで働きながら、社会人を受け入れる母校の博士課程で学

び、2001年3月に博士号を取得しました。その1年前くらいから、現在所属している地殻内微生物研究プログラムの前身が動き始めていて、現在のプログラムディレクターである高井 研さんに、博士号を取ったら入れてくださいとお願いをしていました。

地殻内微生物研究プログラムに入ってから、研究のスタイルががらりと変わりました。それまでは、誰かが採ってきたサンプルを解析する仕事でしたが、年に1回以上は船に乗ってサンプル採取を行うようになりました。

——やはり、自分の手でサンプルを採取したいという希望を持っていたのですか。

平山：いいえ、子どものころから乗り物酔いがひどかったのも、船には乗れないとずっと思っていました。2001年4月に地殻内微生物研究プログラムに配属され、6月に初めて深海調査研究船「かい

れい」に乗って、沖縄トラフへ行きました。このときは、強い酔い止めの薬をのんだ副作用でふらふらしていました（笑）。いまはとてもいい薬があって、問題なく船で仕事ができるようになりました。船酔いさえなければ、船でのサンプル採取の仕事は好きですね。船で共同生活をしながら、いい研究成果を挙げるといって向かってみんなで頑張る一体感がすごく楽しいのです。

地下300mにすむメタン酸化菌を発見——現在の研究テーマは？

平山：メタンを酸化して分解し、有機物を生み出す「メタン酸化菌」の研究を行っています。私たちのプログラムのメインテーマは地殻内にすむ微生物の研究ですが、特に海底下のサンプル採取は容易ではありません。そこで、鉱山の地下でサンプル採取をさせてもらうことにしま

した。住友金属鉱山(株)が採掘を行っている鹿児島県の菱刈鉱山です。地下300mほどにある坑道の割れ目から70℃を超える熱水がわき出ていて、小川のように流れているところがあります。その流れに沿って微生物の固まりがありました。そこでサンプルを採取して解析したところ、珍しいメタン酸化菌の遺伝子を見つけたのです。そして苦労の末、そのメタン酸化菌を培養することに成功しました。

ほかの研究グループでも、陸や浅い海にすむメタン酸化菌を培養した例はあります。しかし深海にすむメタン酸化菌を培養した例は報告されていません。私はいま、深海にすむメタン酸化菌を採取し、培養することを目指しています。私たちのプログラムの大きな目標の1つは、メタン酸化菌のような光合成によらない一次生産者の微生物を研究することです。

——一次生産者とは何ですか。

平山：植物は太陽光のエネルギーを使っ

て、光合成によって水と二酸化炭素から有機物を生み出します。そのように、無機物から有機物を生み出す存在が一次生産者です。私たち人間から微生物に至るまで、多くの生物が光合成で生み出される有機物に依存することで、豊かな生態系が営まれています。

ただし、海洋では光が届く場所はほんのわずかです。海水の澄んだところで、太陽光が届いて光合成が可能なのは、せいぜい水深200mくらいまで。海の平均深度は3,800mなので、海洋全体の体積のうち、95%は太陽光が届かず光合成ができない深海です。そのような深海には、ほとんど生物がいなだろうと考えられていました。しかし、1970年代後半以降、深海の熱水や冷水が噴出している場所に生物が密集していることが次々に明らかになりました。深海には光合成に依存しない生態系があったのです。

熱水や冷水には硫化水素やメタンなど

が含まれています。それを取り込んで有機物を生み出す微生物である「化学合成微生物」が、生態系を支えているのです。メタン酸化菌も化学合成微生物の一種です。たとえばシンカイヒバリガイの一種は、メタン酸化菌を体内に共生させて、それが生み出す有機物を餌にしています。

深海にすむメタン酸化菌の培養に挑む ——どのようにして深海からサンプルを採取するのですか。

平山：私たちは、無人探査機「ハイパードルフィン」や有人潜水調査船「しんかい2000」「しんかい6500」を使って、沖縄トラフの熱水噴出孔でサンプル採取を行ってきました。私が最初に乘った有人潜水調査船は「しんかい2000」です。2002年5月、「しんかい2000」が活動を休止した年です。「しんかい2000」に乗ったのは、そのときが最初で最後でした。

——深海探査の印象は。

平山：熱水噴出孔を初めて目の前で見ることが、とても印象に残っています。やはり無人探査機のカメラを通して見るのとは、イメージがまったく違います。毎回、人が深海へ潜る必要はないと思いますが、やはり現場をじかに見ることはとても重要です。現場を実際に見ることで、新しい発想が得られると思います。

「しんかい2000」と「しんかい6500」の定員は3人。研究者1人にパイロット(船長)とコパイロット(船長補佐)です。1回の潜航で、複数の種類のサンプルを採取します。自分の採りたいサンプルだけでなく、ほかの研究者が求めるサンプルも採取するのです。深海では、採取作業上の判断は乗り込む研究者にすべて任されるので、責任重大です。潜る前にサンプル採取の優先順位を決めてはおくのですが、海底の予定した場所に潜水船が着くとは限りません。着いた場所によって、臨機応変にサンプル採取の作業手順を変えていく必要があります。潜る深度によっても違いますが、海底にいる時間は6時間ほど。いつもあつという間に過ぎてしまいます。

——ほかの研究者が求めるサンプルを採取できない場合もあるのですか。

平山：直接、文句をいわれることはありませんが、作業手順の判断ミスでサンプルが採れなかったときには、かなり冷た

い空気が流れます(苦笑)。そのときは本当につらいですね。

微生物の未知の能力

——深海にすむメタン酸化菌は採取できそうですか。

平山：沖縄県の石垣島と竹富島の間の海域、水深20mに海底温泉があり、熱水とともにメタンがわき出しています。その浅い海からは、簡単にメタン酸化菌を採取することができました。しかし、深海からはまだ採取できていません。

——なぜ採取できないのでしょうか。

平山：メタン酸化菌は浅い海と深海にすむものでは性質が異なるのか、もともと存在している量が違うのか……、理由は分かりません。ただし、深海の熱水噴出孔の周りにメタン酸化菌がいることは確かなので、採取に挑み続けたいと思います。

——メタン酸化菌の研究には、どのような意義があるのですか。

平山：メタン酸化菌のような一次生産者の研究は、光合成に基づかない生態系のメカニズムを理解する上で、とても重要です。また、メタン酸化菌は、メタンだけでなく環境汚染物質であるクロロメタンやトリクロロエチレンなども分解できるので、環境浄化に応用できる可能性があります。

メタンは二酸化炭素の20倍以上の温室効果を持つ温暖化ガスとしても働きます。海洋中のメタンをメタン酸化菌が分解することで、海から大気へ放出されるメタンの量が抑えられ、地球温暖化を防



メタン酸化菌を共生させているシンカイヒバリガイ

平山研究員は、メタン酸化菌を共生させているシンカイヒバリガイの飼育にも挑戦している

ぐ働きをしている可能性があります。しかしメタン酸化菌が海洋全体でどのくらいの働きをしているのかは、まだよく分かっていません。

またメタンはクリーンエネルギーとしても期待されているので、メタンにかかわる微生物を研究することにより、将来、エネルギー問題の克服に貢献できるかもしれません。

——今後、微生物の研究をどのように発展させていきたいですか。

平山：私は、人の役に立つ研究、生活をよりよくする研究に興味があります。ですから、私たちが採取・培養した微生物をいろいろな研究者にさまざまな視点から研究してもらい、役に立つ能力を見つ

てほしいと思います。たとえば、深海にすむメタン酸化菌も、メタンから有機物をつくり出すだけでなく、別の何らかの有用物質をつくり出している可能性があります。一次生産者の微生物をそのような観点から研究した例は少ないと思います。私はもともと食と健康に興味があります。深海にすむメタン酸化菌が私たちの体にいい物質を生み出していた、といった意外な発見があったら楽しいですね。

——私たちの体の腸や口のなかにもたくさんさんの微生物がすんでいて、健康や病気に深くかかわっていることが、最近、詳しく分かり始めているそうですね。

平山：微生物はすごい能力を持っています。しかし私たちはまだ、微生物がどれだけすごいのかほとんど知らないのです。

最近、海洋にすむ微生物の研究でも大きな発見がありました。ここ数年の研究により、熱水や冷水がわき出ている限られた場所だけでなく、海洋全体に、光合成によらない一次生産者がいることが分かり始めています。何の変哲もない海洋中に、アンモニアを分解して有機物をつくり出すアンモニア酸化菌がいることが発見されたのです。

自然環境でも、体内でも、微生物がどれくらい重要な役割を果たしているのかは、これから本格的に解明されていくことでしょう。1つ1つの微生物の研究は地味でも、それを積み重ねて私たちの暮らしに大きく役立つ日が来るように、研究を進めていきたいと思っています。 **BE**



学部4年生のときの研究室のメンバー(平山研究員は前列左から3人目)
「卒業研究を行った1年間は、大変でしたがとても充実した日々でした。あのとき、いい仲間、信頼できる先生たちに巡り会えたことは、私の人生にとって宝物です。研究することの楽しさを知ったあの1年があったからこそ、研究者の道を歩んできたのだと思います」



船上の実験室で作業を行う平山研究員

「研究はひとりではできません。以前は意地を張ってほかの研究者とけんかをしたこともありました。しかし、それではうまくいかない。ひとりで研究をやっているような気になっていても、ほかの人の協力がなければ何も進まないのです」



鹿児島県菱刈鉱山の地下300mでサンプルを採取する平山研究員と、そのサンプルから培養したメタン酸化菌
「メタン酸化菌はかたがたかわいくて、無心で顕微鏡をのぞいていると癒やされます」

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

(2008年6月21日 第82回地球情報館公開セミナーより)



地球内部変動研究センター
地球内部試料データ
分析解析研究プログラム
プログラムディレクター
坪井誠司

つばい・せいじ。1957年、東京都生まれ。理学博士。1986年、東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程修了。日本学術振興会特別研究員、東京大学地震研究所助手、プリンストン大学客員研究員、防衛大学校助教授、横浜市立大学理学部助教授を経て、2002年、海洋科学技術センター入所。2003年より現職。地球シミュレータを用いたアラスカ・デナリ地震の地震波伝播シミュレーションで2003年度の「ゴードン・ベル賞」最高性能部門を受賞。専門はグローバル地震学

2008年5月12日、中国の四川省でマグニチュード(M) 8.0の巨大地震が発生し、大きな被害をもたらしました。この地震は、内陸にある活断層がずれることで起きたものです。また、2008年6月14日には、日本でも内陸の活断層を原因とするMj(気象庁マグニチュード) 7.2の岩手・宮城内陸地震が発生しました。巨大地震の多くは、日本海溝や南海トラフなど、海底下のプレートの沈み込み帯で起きます。しかし、内陸でもM8に達するような巨大地震が起きることがあるのです。内陸の大地震はどのようなメカニズムで起きるのか、例を挙げながらお話ししましょう。

地震が起きる場所

日本では、毎週のようにどこかで体を感じる地震が起きており、しばしば被害をもたらします。図1は、地震が世界のどこで起きているのか、1年間の様子を表したものです。地震がまったく起きない場所がある一方、日本列島周辺ではたくさんの地震が起きています。この地図を見ると、地震が起きる場所は、線状に連なっていることが分かります。地球の表面は、複数の岩板(プレート)で覆われています。プレートは大西洋の中央などにある「海嶺」で生まれ、年に数cmずつ両側に移動していき、日本列島周辺などの「海溝」で地球内部に沈み込んでいきます。地震は、主に海嶺や海溝などプレートの境界で起きるのです。

図1の丸の色は震源の深さを表します。深さ600kmより深いところで起きる地震がないのは、観測ができないからではありません。地震とは、岩盤が断層面に沿って破壊される現象です。地球の内部は深くなるにつれて圧力も温度も高くなり、670kmより深いところでは、岩盤の破壊現象は起きないことが分かっています。

これまでに観測された最大の地震は、1960年のチリ地震で、M9.5です。この地震では、大規模な津波が発生して太平洋の対岸にまで到達し、日本沿岸も大きな被害を受けました。M9を超える巨大

地震は、プレートの沈み込み帯で発生します。2004年のスマトラ島沖地震(M9.0)も沈み込み帯で起きました。日本列島付近は、太平洋プレートとフィリピン海プレートという2つの海洋プレートが、陸側のプレートの下に沈み込んでいます。日本海溝や南海トラフでは、巨大地震が繰り返し起きています(図2)。

しかし、実は内陸でも、M8に達する大きな地震が発生します。陸のプレートには「活断層」があります。活断層とは、過去に地震を起こし、将来も地震を起こすと考えられている断層のことです。海洋プレートが沈み込むことによって、陸のプレートには圧縮力がかかります。その結果、活断層にひずみがたまり、あるとき断層面が大きく壊れてずれ、地震が発生するのです(図2)。断層が横方向にずれるものを「横ずれ断層」、圧縮力がかかり上下方向にずれるものを「逆断層」と呼びます。大きな内陸地震の例を表1に挙げました。それらの地震が、どのようなメカニズムで起きたのか、お話しします。

日本最大級の内陸地震、濃尾地震

日本の内陸で起きた過去最大級の地震は、濃尾地震です。1891年10月28日に発生し、死者7,273人、家屋全壊4万棟以上の被害が出ています。

濃尾地震は、岐阜県南部などに伸び

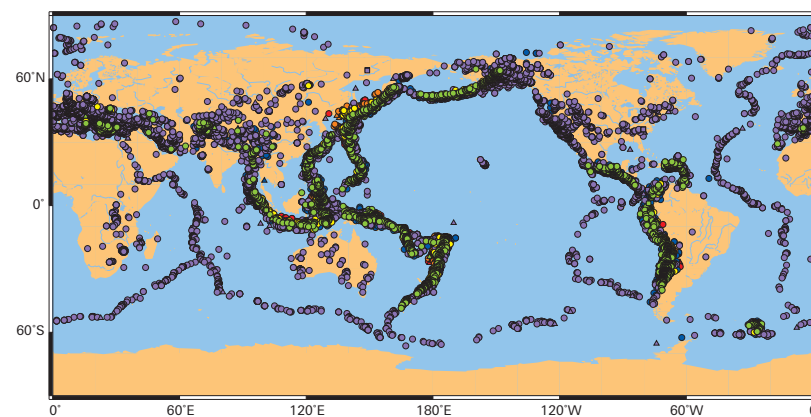


図1 世界地震分布
地震は、プレートが生まれる海嶺や、プレートが沈んでいく海溝など、プレートの境界で起きている。丸の色は震源の深さを表す(2005年10月20日～2006年10月20日)

震源の深さ
● 0～30km
● 30～200km
● 200～600km

図2 地震が起きる場所

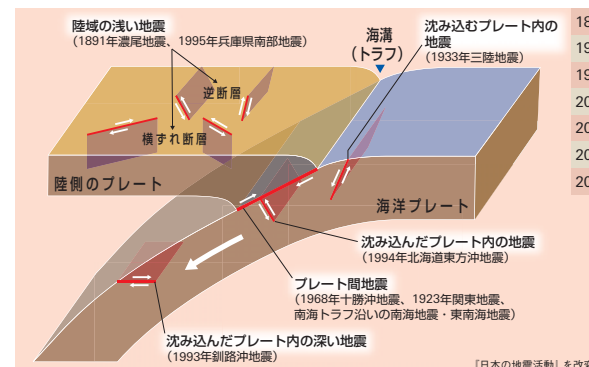


表1 内陸地震の例

1891年10月28日	濃尾地震	M8.0	横ずれ
1990年6月20日	インド西部地震	M7.4	逆断層
1995年1月17日	兵庫県南部地震	Mj7.2	横ずれ
2002年11月3日	アラスカ・デナリ地震	M7.9	横ずれ
2005年10月8日	バキスタン地震	M7.6	逆断層
2008年5月12日	中国四川地震	M8.0	逆断層
2008年6月14日	岩手・宮城内陸地震	Mj7.2	逆断層

から、この断層破壊モデルは正しいことが分かります。

アメリカ西海岸の観測点では、S波の振幅が非常に大きくなっています。断層の破壊は南東方向へ伝わりました。破壊が進む方向に出た地震波の振幅が大きくなる、という特徴があるのです。被害の程度は、震源からの距離だけでなく、断層の破壊がどの方向に伝わったかが大きく影響します。

インド亜大陸の衝突がもたらしたバキスタン地震

2005年10月にはバキスタンでM7.6の地震が起き、北部のカシミール地方を中心に8万人以上の方が亡くなりました。震源はインドとバキスタンの国境付近で、北東-南西方向に伸びた長さ約90kmの断層が、上下に1m以上ずれました。

なぜバキスタンで、これほど大きな地震が起きたのでしょうか。最大の原因は、インド亜大陸です。インド亜大陸は、4000万年前にユーラシア大陸に衝突し、いまも年に数cmずつ北上しています。南から押されることによって、地殻が隆起してヒマラヤ山脈が形成されました。ヒ

マラヤ山脈の根尾谷断層で発生しました。この地震によって、北北西-南南東方向に長さ約80kmの断層が地表に出現しました。最大8mの左横ずれ(奥の岩盤が左に動く)を起こし、上下方向にも最大6mずれました。文書などに残された被害状況から各地の震度を求め、そこからマグニチュードは8.0と推定されています。しかし地震波の記録がないので、断層のどこが、どのように破壊されていったかという、地震発生の詳しいメカニズムは分かりません。

アラスカ・デナリ地震の発生メカニズムを解く

地震波の記録があるもののうち、内陸の活断層で起きた最大級の地震といわれたのが、2002年11月3日にアラスカ半島で発生したM7.9のアラスカ・デナ

リ地震です。付近に人が住んでいなかったため、幸いなことに死者はゼロでした。断層の長さは約300kmで、右横ずれを起こしました。破壊は断層の西の端から始まり、300kmを約100秒かけて伝わっていきました。

私たちは、地震の発生メカニズムを明らかにするため、断層がいつ、どこで、どのように動いたかという「断層破壊モデル」を求めました(図3上)。断層面上のすべり分布では、大きく動いたところを赤で示しており、震源から約200km東で断層が大きくずれていることが分かります。

この断層破壊モデルを用いて、海洋研究開発機構(JAMSTEC)のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」で計算した地震波を、実際の観測値と比較したのが図3下です。P波、S波とも、観測値(黒)とシミュレーションで得られた理論値(赤)の線がほぼ重なっていること

マラヤ山脈の西の端に位置するパキスタンでは、南北方向の圧縮力がかかり、活断層にひずみがたまって地震が起きたのです。活断層は圧縮方向と直交して伸びていたため、南側の岩盤が北側の岩盤にのし上がる逆断層型の地震になりました。

最大級の内地地震 M8.0の中国四川大地震

2008年5月12日、中国四川省で巨大地震が発生しました。内地の活断層を原因とする地震で、断層の長さは約300kmです。マグニチュードは8.0で、アラスカ・デナリ地震を上回って最大級の内地地震となりました。死者・行方不明者は8万

人に上ります。

四川大地震の根本的な原因は、パキスタンの地震と同じです。インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突することで、四川省の周辺には東西方向の圧縮力がかかります。活断層は、四川盆地とヒマラヤ山脈との境界を北東-南西方向に伸びています。圧縮方向と活断層が直交しているため、西側の岩盤が東側の岩盤にのし上がる逆断層となったのです。断層の北東では横ずれも起きています。この活断層の存在は、以前から知られていました。しかし、この活断層が過去にM8クラスの巨大地震を起こしたという記録は残っていないようです。

JAMSTEC海洋工学センター海底地震・津波ネットワーク開発部の中村武史特任技術研究副主任らは、私たちが設置した地震観測点などのデータを用いて、断層破壊モデルを解析しました(図4)。断層は深さ約10kmにあり、北東-南西方向に伸び、西側に傾斜しています。長さは約300km。断層の破壊は、南西から北東に向かって約100秒かけて伝わりました。最も大きく断層がすべったのは、震源のすぐ北東で、上下方向に6~7mずれています。震源から約200km離れたところに、もう1カ所大きくすべっている場所があります。断層の北東部分では横ずれ成分が少しあります。断層破壊モデルの結果は、地表に現れている断層とほぼ一致しています。

断層の北東部分で、建物の倒壊など大きな被害が出ています。これは、破壊が南西から始まって北東方向に伝播したことと関連があると考えられます。

断層破壊モデルが求まると、どのような地震波が発生し、伝播していくかをシミュレーションすることができます。「地球シミュレータ」によって計算された理論値は、観測値とよく一致しています。地震波は震源から遠くなるほど複雑な波形になりますが、四川地震では石垣島やタスマニア島での理論値も観測値と合うことから、この断層破壊モデルはほぼ正しいと考えられます。

図5は、地震波の伝播シミュレーションの一部を切り出して並べたものです。5秒周期の地震波の伝わり方をシミュレーションするために、地球を一边約3km、約55億個のメッシュに区切って計算しています。1,944個ものプロセッサ(演算装置)を使うことができる「地球シミュレータ」だからこその計算です。北東方向に複雑な波形が出ているのは、断層の破壊が伝播した方向だからでしょう。また、南東方向にも大きい振幅の波が出ています。破壊が始まってすぐに大きくすべった逆断層の動きが原因だと考えられます。

現地で調査をした研究者からは、活断層が1枚ではなく、その北東にもう1枚別の活断層があり、それも破壊したようだ、という報告がなされています。私たちの断層破壊モデルでは、断層は1枚です。もう1枚の断層があることによって

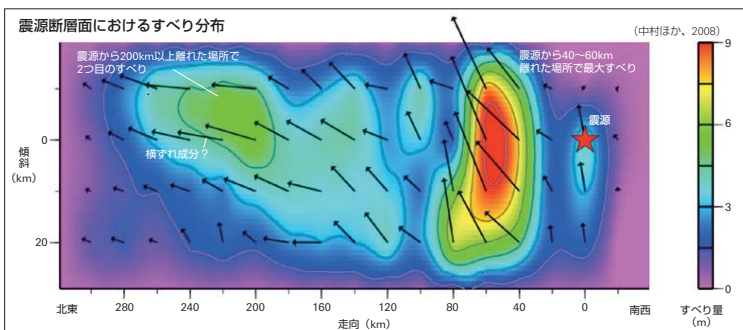
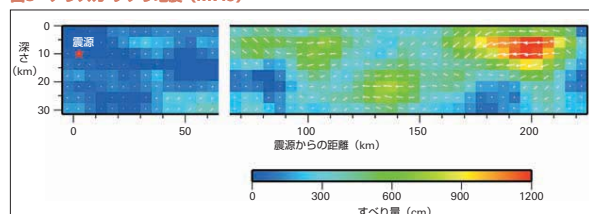
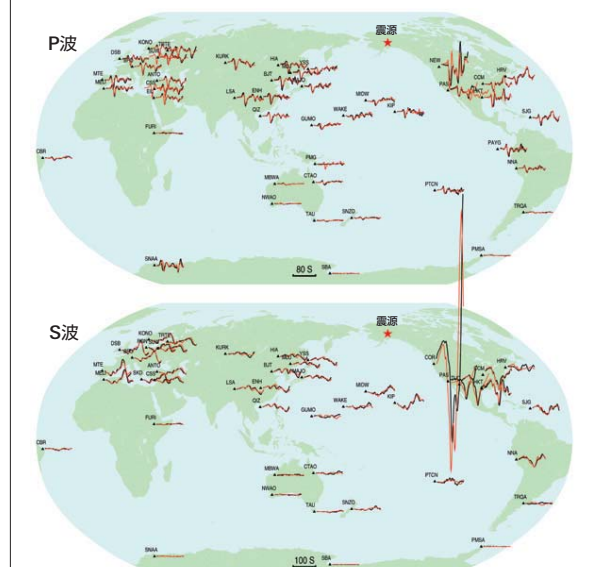


図3 アラスカ・デナリ地震 (M7.9)



震源断層の面におけるすべり分布
震源断層の長さは約300kmで、破壊は断層の西の端から始まり、南東方向に約100秒かけて伝わった。震源から約200km東で、断層が大きくすべっている



観測波形(黒)と「地球シミュレータ」によって求めた理論波形(赤)の比較
両者がほぼ重なっていることから、理論波形の計算に使った断層破壊モデルが正しいことが分かる。アメリカの西海岸にある観測点でS波の振幅が非常に大きくなっているのは、断層の破壊が伝わった方向に出た地震波の振幅が大きくなるためである

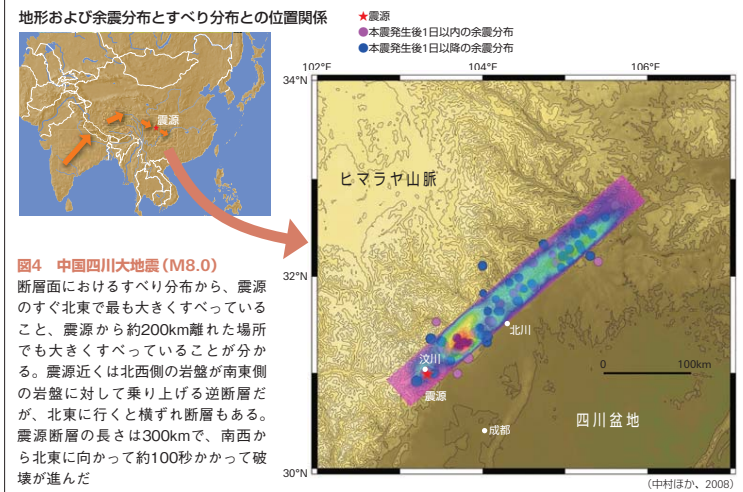


図4 中国四川大地震 (M8.0)
断層面におけるすべり分布から、震源のすぐ北東で最も大きくすべっていること、震源から約200km離れた場所でも大きくすべっていることが分かる。震源近くは北西側の岩盤が南東側の岩盤に対して乗り上げる逆断層だが、北東に行くとき横ずれ断層もある。震源断層の長さは300kmで、南西から北東に向かって約100秒かけて破壊が進んだ

解析結果が変わるかどうかが、これから検討していく必要があります。

岩手・宮城内陸地震

最後に、2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震について、現時点で分かっていることを簡単に話します。

岩手・宮城内陸地震はMj7.2で、地震の規模は兵庫県南部地震と同じです。東北地方では、海洋プレートの沈み込みによって岩盤が東西方向に圧縮されています。それに直交する方向に活断層が伸びていたため、西側の岩盤が東側の岩盤に乗り上げる逆断層になりました。

震源は宮城県と岩手県の県境、栗駒山の直下で、断層の長さは約40kmです。震源近傍では震度6強を記録しています。しかし、全壊の建物がほとんどないことから、震度の値は検証が必要かもし

れません。
岩手・宮城内陸地震は逆断層型ですが、西日本では兵庫県南部地震のように横ずれの地震が起きます。横ずれ型では、震源近くで大きな横ゆれが発生します。建物は横ゆれに弱いので、倒壊などの被害が出やすくなります。岩手・宮城内陸地震で建物被害が少なかったのは、逆断層型だったため、上下方向のゆれが大きかったこととも関係しているかもしれません。
岩手・宮城内陸地震の震源周辺では、これまでにも地震が起きていますが、今回の震源断層は活断層として知られていませんでした。おそらく活断層はあったのでしょう。しかし、地表にまで達していなかったために、詳細が分からなかった可能性があります。これからの調査が待たれます。
岩手・宮城内陸地震では、被害地震

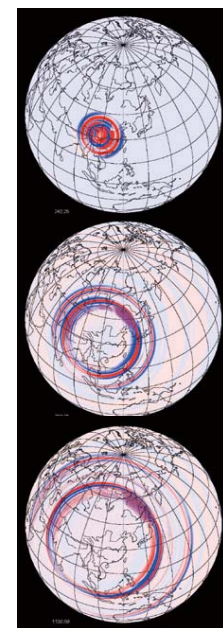


図5 中国四川大地震の地震波伝播シミュレーション
地球表面の上下動変位を示し、青は下向き、赤は上向きを表す。北東方向に複雑な波形が出ているのは、断層の破壊が伝播した方向だからである。南東方向に出ている大きい振幅の波は、震源のすぐ近くで起きた大きな逆断層の動きが原因だと考えられている

として初めて緊急地震速報が出されました。「緊急地震速報」とは、震源近くでの地震計がとらえたP波(初動、小さな縦ゆれ)のデータをもとに震源や地震の規模を計算し、各地にS波(主要動、大きな横ゆれ)が到達する時間やゆれの大きさを予測し、いち早く知らせようというシステムです。震源近くでは間に合いませんが、今回は仙台など震源から少し離れた地域では、大きなゆれが到達する前に緊急地震速報を出すことに成功しています。緊急地震速報により大きなゆれに前もって備えることで、地震被害を軽減できると期待されます。

活断層では、いつの日か、再び地震が起きると考えられます。活断層がある場所では、避難場所の確認や、家のなかで倒れやすいものの固定など、地震に対して十分な備えをする必要があります。

もっと知りたい 船の知識

知っているようで知らない船に関するミニ知識を取り上げます。

前回に引き続き、船舶の「主要目」の見方です。右の表は、海洋研究開発機構（JAMSTEC）のWEBサイトに載っている深海調査研究船「かいれい」の主要目です（<http://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/kairei.html>）。そのなかで、船体の大きさを表す「全長」「幅」「深さ」「喫水」について解説していきましょう。

全長

船体の最前端（船首）から最後端（船尾）まで水平に測った長さ。

幅

船体の最も幅が広い部分の外板の外側から外側まで水平に測った長さ。フレーム（骨材）の外側から外側まで水平に測った長さは「型幅」といいます。

深さ

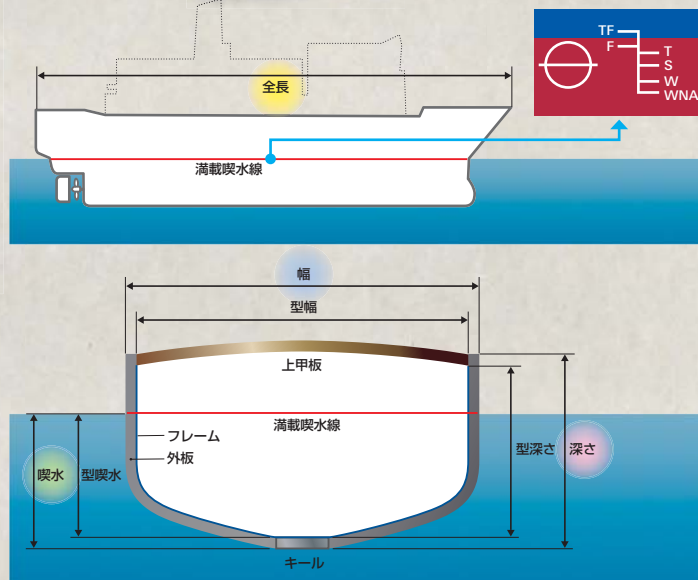
キールの下部から上甲板の上面まで垂直に測った長さ。キールの上部から上甲板の下面まで垂直に測った長さは「型深さ」といいます。

喫水

船体の水面下の深さのことで、キールの下部から満載喫水線まで垂直に測った長さ。キールの上部から満載喫水線まで垂直に測った長さは「型喫水」といいます。

全長	106m	深海調査研究船 「かいれい」 主要目
幅	16m	
深さ	7.3m	
喫水	4.7m	
国際総トン数	4,517トン	
航海速度	約16ノット	
航海距離	約9,600マイル	
定員	60人（乗組員 34人／ 「かいこう7000Ⅱ」 運航要員 9人／研究者22人）	
主推進機関	ディーゼル機関 2,206kW × 2基	
主推進方式	可変ピッチプロペラ × 2軸	

船体中央の両舷に白い線で記されています。貨物を積むと船はだんだん沈んでいくため、これ以上積むことができない限界を表しています。この線よりも深い喫水で航行すると座礁などの危険があります。海域によって、あるいは同じ海域でも季節によって状況が変わるため、喫水線は複数あり、使い分けられます。TFは熱帯淡水、Fは夏季淡水、Tは熱帯、Sは夏季、Wは冬季、WNAは冬季北大西洋といった具合です。



フレーム（骨材）

船の寸法に「型」が付く場合は、船体のフレームの外側までの長さを表します。

キール

船底の中心にあって、船の全長にわたって通されている構造材。「竜骨」ともいいます。

JAMSTECの船舶の比較

船名	全長	幅	深さ	喫水	主なミッション
地球深部探査船 「ちきゅう」	210m	38.0m	16.2m	9.2m	世界最高の掘削能力（海底下7,000m）を持つ地球深部探査船。マントルや巨大地震発生帯への掘削を行う。
海洋地球研究船 「みらい」	128m	19m	10.5m	6.9m	世界最大級の大型海洋観測船。耐氷構造の採用や減揺装置の搭載により、極域や荒天域の観測も可能。
深海調査研究船 「かいれい」	106m	16m	7.3m	4.7m	無人探査機「かいこう7000Ⅱ」の支援母船として、海溝域の海底調査を行う。また、マルチチャンネル反射法探査システムを搭載し、形状が複雑な沈み込み帯の海底深部の構造調査を行う。
深海潜水調査船支援母船 「よこすか」	105m	16m	7.3m	4.7m	有人潜水調査船「しんかい6500」の支援母船。深海底表層・断層地形や地質構造を解明するためのさまざまな機能を持ち、深海・海溝域の総合的な調査観測研究を行う。
海洋調査船 「なつしま」	67m	13m	6.3m	3.8m	有人潜水調査船「しんかい2000」の支援母船として建造。現在は3,000m級無人探査機「ハイパードルフィン」の母船。深海曳航調査システム「ディープ・トウ」やシングルチャンネル音波探査装置、ピストンコアなどを搭載し、深海・海溝域の総合的な調査観測研究を行う。
海洋調査船 「かいよう」	62m	28m	10.6m	6.3m	深海曳航調査システム「ディープ・トウ」の潜航支援、海底深部の構造探査、海底地形調査などを行う。

相模湾とその周辺の
鯨畧図



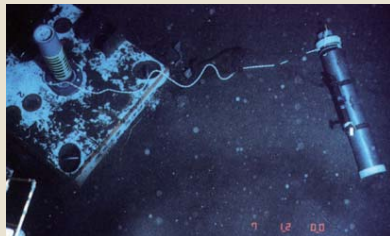
相模湾八景 其の六 深海底の定点観測

長期ステーション、基準点、鯨骨生物群集

藤岡換太郎 海洋地球情報部 特任上席研究員

今回は、人工的につくった観測機器を海底に設置して長期的に観測するシステムなどについてお届けします。一種の外來生物みたいなものでしょうか。相模湾には、私たちが長い間設置しているものが3つあります。初島沖の深海底総合観測ステーション、観測基準点、そして鯨骨生物群集です。

基準点 (OBB1) に設置されたプロトン磁力計



相模湾初島沖水深1,170mに設置された深海底総合観測ステーション



海底に横たわったクジラ

の骨に特殊な化学合成生物群集が存在することが分かったのは、1987年のことでした。鯨骨生物群集が初めて見つかったのは、米国西岸ロサンゼルス^{ロサンゼルス}の北にあるサンタカタリナ海盆で、水深1,740mのところ。発見したのは、ハワイ大学のクレグ・スミス氏でした。

それから約6年後の1993年、私たちは伊豆・小笠原弧の蛇紋岩海山の1つ、鳥島海山の調査を行いました。鳥島海山は、吉村昭の小説『漂流』でなじみの深い鳥島の東約150kmにある海山で、富士山くらいの大きさです。私たちは、蛇紋岩を見つけるために潜航を行いました。しかし有人潜水調査船「しんかい6500」の第147潜航に搭乗した私は、最後の浮上の寸前に蛇紋岩を1個採集しただけで、大きな露頭などは発見できませんでした。その夜、みんなでいろいろ検討して別のルートを考えました。静岡大学の和田秀樹さんが翌日潜りました。ところが和田さんは、蛇紋岩ではない、白いさいころのようなものを発見したのです。これが日本で初めて見つかった鯨骨生物群集でした。世界で2例目で、その後は見つかっていません。

クジラは約5500万年前から海に入り、世界中を席巻しています。どこの海にもいて、その死がいはい極めて大きいので、あらゆる生物の餌になるのではないかと。したがって、クジラの回遊ルートに沿ってクジラの死がい^{死がい}が沈んでいれば、生物はそれらを伝って深海を伝播できるのではないかと考えられました。この考えは「飛び石」仮説と呼ばれています。さらに、海底にクジラの骨を置いておけば、そのうちに鯨骨生物群集ができるのではないかと考えられたのです。

2000年に、鹿児島で多くのクジラがストランディング（クジラやイルカなど海生哺乳類が陸地に打ち上げられること）によって大量死して困っている、という話を聞きました。九州大学の小池裕子さんから電話で「このクジラをもらって海底に置いてみてはどうか」と強く迫られました。彼女は、窒素の同位体を使って鯨

文人たちが何を食べていたのかを調べていました。鯨文人がクジラを食べていたことから、鯨骨生物群集に大変関心を寄せていたのです。

これまでに陸上から、貝が付着したクジラの骨の化石が見つっています。しかし、クジラを研究している古生物学者にとって貝はいらないし、貝を研究している古生物学者にとってクジラはいらないことが多く、クジラの骨と貝との関係には関心がありません。というより、鯨骨生物群集があるなんて、彼らは夢にも思っていなかったのです。ところが愛知県の知多半島からクジラの骨に貝が付着した化石が大量に出るに及んで、過去の地質時代にも鳥島海山で見つかったものと同じような群集があったことが知られるようになってきました。

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の生物グループは、ついに鹿児島^{鹿児島}のクジラの死がい^{死がい}をもらい受けて相模湾に移設しました。相模湾であればいつでもそこに行つて観察できるし、海底にはこれまでの連載で紹介したようにさまざまな生物がすんでいるからです。鯨骨が設置してある詳しい場所は秘密です。

驚いたことに、鯨骨にはさまざまな生物があつという間に付着し始めました。鯨骨生物群集の形成に関してはクレグ・スミスの論文があります。彼は、鯨骨のなかにある脂肪酸が空気に触れずに分解してメタンを合成するため、そのメタンをバクテリアが使い、さらにバクテリアを餌に大型のいわゆる化学合成生物の群集ができると考えました。果たしてその通りかというところでもなく、ゾンビワームと呼ばれるホネクイハナムシなど不思議な生物がたくさん付着しているのが分かりました。この生物はクジラに特有なものであることも判明しています。そうすると、クジラが「飛び石」であるという考えは危うくなってきました。

海底に基準点を置くことは、海底に何か大きな変化が起こったときに重要になります。関東大地震の後に、寺田寅彦は相模湾の海底に圧力計を設置することを提唱しています。海底の基準点は、東京大学海洋研究所



相模湾の海底地形図

から生まれました。瀬川^{瀬川}爾朗教授のグループが電磁気の計測のための基準点を最初に設置しています。その基準点は、潜水船が海面で波にたたかれたときに装置がなくなってしまうたり、大変な苦勞の末に設置されたようです。その後、重力の基準点やそのほかの基準点を海底に設置しています。JAMSTECの北里洋さんや伊藤信さんたちのグループは、海底の堆積物と海水との接点の部分の研究のために、海底に基準点を設けて特殊な器械（現場環境観測器のようなものでペンシクチャンバーと呼ばれている）を設置しています。設置場所は北緯35度の線上の数カ所で、その1つは相模トラフのなか（東経139度16分25秒）にあります。

最後に紹介するのは、初島沖深海底総合観測ステーションです。これは歴史が古く、1993年にJAMSTECが設置しています。地震計、流速計、温度計などの計測器を1つのシステムにして海底に設置し、ケーブルを介して陸上局とつないでリアルタイムにデータや映像を送信することで、海底の様子を観察するものです。私は、陸上局がまだバラックのときに一度見学に行きました。昨年久しぶりに初島に行って感慨を新たにしました。このシステムでは、生物の放精放卵や海底の地滑りなどが観察されています。

BE



相模湾初島北東沖（水深927m）に横たわるマッコウクジラの骨。推定20トンを超える巨体がたった9ヵ月でほぼ完全に白骨化した

さねさしの 相模の淵に いさな置き
新たな 息吹き そだてまつらん
白川 関山

編集後記

JAMSTECの海洋地球研究船「みらい」が日本船として最北緯（北緯77度23分）に到達しました。その報告によると、北極海の高水面積は昨年に次いで観測史上2番目に小さいということでした。これも、地球温暖化の影響なのかと心配になります。

最近の世論調査でも地球温暖化が国民の大きな関心事に挙げられているというので、『+6℃ 地球温暖化最悪のシナリオ』（マーク・ライナス 著、寺門和夫 監修・翻訳、ランダムハウス講談社）を読みました。それによると、平均気温が+3℃で北極の氷は80%失われ、+4℃で永久凍土の融解により二酸化炭素5000億トンが大気中に排出、そして+6℃ではかつての白亜紀と同様な急激な気温上昇が起きるといいます。そのとき、海は無酸素になって生物は激減し、海底からメタンガスが放出され大爆発を起こし、人類を含む地球の生態系は壊滅する、というのが最悪のシナリオということです。

また、このようなシナリオが現実となり人類が絶滅する世界を描いた、アラン・ワイズマン原作のドキュメンタリー映画『人類が消えた世界』をCS放送で見ました。そのなかでは、人類が突然地球上からなくなったとしたら世界はどう変わっていくかが描かれており、数日後にはニューヨークの地下鉄は水没し、5～20年後にはビルが崩れ始め、300年もすれば橋のような金属製の建造物も崩落し、世界は野生動植物のものに戻り、1万5000年後には氷河期ですべては凍りつくということでした。さらには、わずか数千年で人類が営々と築いてきたほとんどの物が消え去り、過去に放送された電波が弱々しく星々に向かって進んでいくだけ、という極めて悲観的なものでした。

気温上昇は現在よりも+2℃を超えると不可逆的な変化として修復不能になり、その前に温暖化現象を止めないと人類に明るい未来はないとマーク・ライナス氏は述べていますが、私は、まだ何とか間に合うという研究者の見解に期待をかけています。（T. T.）

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20巻 第5号（通巻97号）2008年10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 (p1、p20-23) / 鈴木志乃 (p24-31) / 坂元志歩 (p2-19)

デザイン 株式会社デザインコンビニア (Ad 堀木一男 / 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金沢区昭町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。

株式会社IH1	株式会社構造計画研究所
株式会社アイ・イチ・アイマリンユナイテッド	神戸ベイント株式会社
株式会社アイケイエス	広和株式会社
アイフ印刷株式会社	国際気象海洋株式会社
株式会社アクト	国際警備株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	国際石油開発帝石株式会社
朝日航洋株式会社	国際ビルサービス株式会社
アシア海洋株式会社	五洋建設株式会社
株式会社アルファワークスコンサルタント	相模運輸倉庫株式会社
泉産業株式会社	佐世保重工業株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	三建設工業株式会社
株式会社エス・イー・エイ	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジ
エヌケーシーシムレス鋼管株式会社	JFEアレック株式会社
株式会社NTTデータ	財団法人塩事業センター
株式会社NTTデータCCS	有限会社システム技研
株式会社NTTファシリティーズ	シナネン株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	清水建設株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	シュルンベルジェ株式会社
有限会社エルシャンテ追浜	株式会社商船三井
株式会社OCC	昭和ペトロリウム株式会社
沖電気工業株式会社	社団法人信託協会
株式会社海洋総合研究所	新日鉄エンジニアリング株式会社
海洋電子株式会社	新日本海事株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	須賀工業株式会社
鹿島建設株式会社	鈴鹿建設株式会社
株式会社川崎造船	スプリングエイトサービス株式会社
株式会社環境総合テクノス	住友電気工業株式会社
株式会社関電工	清進電設株式会社
株式会社キュービック・アイ	石油資源開発株式会社
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	セナーアンドバーンズ株式会社
共立管財株式会社	株式会社総合企画アンド建築設計
極東貿易株式会社	株式会社損害保険ジャパン
株式会社きんでん	第一設備工業株式会社
株式会社熊谷組	大成建設株式会社
株式会社クロスワークス	大日本土木株式会社
クロバパテック株式会社	ダイハツディーゼル株式会社
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	大陽日酸株式会社
京浜急行電鉄株式会社	有限会社田浦中央食品
KDDI株式会社	高砂熱学工業株式会社
株式会社ケンウッド	株式会社竹中工務店

株式会社竹中土木	清中製鎖工業株式会社
株式会社地球科学総合研究所	東日本タグポート株式会社
中国塗料株式会社	株式会社日立製作所
株式会社鶴見精機	株式会社日立プラントテクノロジ
株式会社テザック	深田サルベージ建設株式会社
寺崎電気産業株式会社	株式会社フジクラ
電気事業連合会	富士ゼロックス株式会社
東亜建設工業株式会社	株式会社フジタ
東海交通株式会社	富士通株式会社
洞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
東京海上日動火災保険株式会社	物産不動産株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社	古河総合設備株式会社
東北環境科学サービス株式会社	古河電気工業株式会社
東洋建設株式会社	古野電気株式会社
株式会社東陽テクノカ	松本徽章株式会社
東洋熱工業株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
有限会社長澤工務店	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社中村鉄工所	株式会社丸川建築設計事務所
西芝電機株式会社	株式会社マルタン
西松建設株式会社	株式会社マルト
日油技研工業株式会社	三鈴マシナリー株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス	株式会社みずほ銀行
ニッセイマリン工業株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
ニッセイ同和損害保険株式会社	三井石油開発株式会社
日本SGI株式会社	三井造船株式会社
日本海洋株式会社	三菱重工業株式会社
株式会社日本海洋科学	株式会社三菱総合研究所
日本海洋掘削株式会社	株式会社明電舎
日本海洋計画株式会社	株式会社森京介建築事務所
日本海洋事業株式会社	八洲電機株式会社
社団法人日本ガス協会	郵船商事株式会社
日本興亜損害保険株式会社	郵船ナフテック株式会社
日本サルヴェージ株式会社	ユニバーサル造船株式会社
社団法人日本産業機械工業会	株式会社緑星社
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
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	
日本無線株式会社	
日本郵船株式会社	
株式会社相組	

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 神奈川県横浜市中区金沢区昭町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 〒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）
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）
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

第10回 全国児童

「ハガキにかこう
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.jamtec.go.jp/j/kids/hagaki/index.html> をご覧ください。

● 南国市教育委員会教育長賞
海の横綱対決
宮城県仙台市立人來田小学校2年
畠山珠季



● 横須賀市教育委員会委員長賞
深海の秘密
神奈川県横浜市立つつしが丘小学校5年
岡井里夏



● むつ市教育委員会教育長賞
**ぼくのがみのけで
さかなボーリングをする**
愛知県大府市立大府小学校1年
鈴木俊哉



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.jamtec.go.jp/>

R70

各紙ハブル配合率70%再生紙を使用

定価300円(税込)