

海と地球の情報誌

Blue Earth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

103

2009 9-10

海から拓く 地震研究の未来

海洋探査に欠かせない水中音響技術開発の最新成果

深海とつながる浜辺!? ——駿河湾の深海魚

海で生まれる大陸 伊豆—小笠原—マリアナ弧

Special Interview シルヴィア・A・アール 海洋生物学者

★ Node
● Environment

- 1 **Close Up**
海洋探査に欠かせない
水中音響技術開発の最新成果

- 2 **特集**
海から拓く地震研究の未来

- 4 知っておきたい地震のメカニズム
- 8 海溝型巨大地震の発生過程解明を
目指すIODP南海掘削
- 10 掘削調査が明らかにした
巨大分岐断層の履歴書
- 12 世界初の
海底リアルタイム観測システムの構築へ
- 14 地震津波の発生予測研究を防災計画に生かす
地震津波・防災研究プロジェクトの取り組み

- 16 **Special Interview**
海は地球の「青い心臓」
その大切さに気づいてほしい
シルヴィア・A・アール (海洋生物学者)

- 20 **Aquarium Gallery**
東海大学海洋科学博物館
深海とつながる浜辺!?——駿河湾の深海魚

- 22 **私が海を目指す理由**
海のプランクトンから
生態系と気候変動の関係を探る
千葉早苗
地球環境変動領域 物質循環研究プログラム
海洋物質循環研究チーム チームリーダー

- 26 **もっと知りたい船の知識**
海洋調査船「かいよう」

- 28 **Marine Science Seminar**
海で生まれる大陸
伊豆・小笠原・マリアナ弧
異 好幸 地球内部ダイナミクス領域 地球内部ダイナミクス発展研究プログラム
プログラムディレクター

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

Close Up

海洋探査に欠かせない 水中音響技術開発の最新成果

陸上とは違い、海中では電波や光は遠くまで届かない。だが、低い周波数の音波は、海中でも1千～1万km先まで届くため、海中での探査や通信には、音波を活用した水中音響技術が欠かせないものとなっている。とはいえ、海のなかには生物や船舶などが発する雑音も多く、水温などで音波の伝わり方が変化するなど、さまざまな問題点や難しさがある。そこで、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では、長年にわたって海中で音波を効果的に活用するための研究開発に取り組み、水中音響通信機器や音響画像伝送装置、音響測位装置、各種ソーナーの実用化を推進してきた。現在は、JAMSTEC海洋工学センターの先端技術研究プログラムを中心に、こうした水中音響技術のさらなる高機能化が進められている。

この先端技術研究プログラムから、将来の海洋探査技術の向上に貢献する優れた研究成果が発表された。一つは、深海域 (約4,000m) における水平方向300kmの長距離音響通信実証試験の成功、もう一つは、より詳細に広範囲の海底探査を行うことができるビームステアリング合成開口ソーナーの実用化試験の成功で、どちらも世界初の快挙だ。

BE

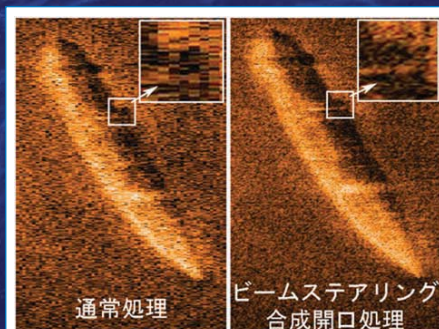


図1 深海底に沈む廃船の音響画像。右の方が画質が細かく、ノイズが少なく、船体の輪郭がはっきりしている。



▲船体中央部にビームステアリング合成開口ソーナー (丸印) を搭載した「うらしま」。

●ビームステアリング合成開口ソーナーの実用化試験の成功
「ビームステアリング」とは、複数の素子を持つアンテナ (ソーナー) で、それぞれの素子の送波・受振タイミングをわずかにずらすことで音波ビームの方向を変化させる手法のこと。「合成開口」とは、複数の受信素子 (開口) のデータを合成し、大きな受振機を用いた場合と同じような高分解能のデータを取得する技術だ。ソーナーは、大型化 (長く) し音響ビームを鋭くすることで性能が向上する。ビームステアリング合成開口ソーナーは、移動しながら同じ目標に何度も音波を照射し、その反射音波 (受振波) の情報をコンピュータ上で合成処理することで、あたかも大型ソーナーを使っているかのような高い分解能とノイズ軽減を実現することができる。

従来は、探査機に大型ソーナーを搭載し運用することが難しく、高画質な音響画像データを得ることができなかった。そこで海洋工学センターでは、波浪や潮流による揺れにも対応できる動揺補正技術の開発や高速処理のためのアルゴリズム開発を行い、2009年6月、深海巡航探査機「うらしま」にビームステアリング合成開口ソーナーを搭載。駿河湾の水深約1,400mの深海底で実用化試験を行ったところ、従来型ソーナーに比べて分解能は約3倍、ノイズは約8分の1で、音響画像の画質の向上が確認され、試験は成功した。

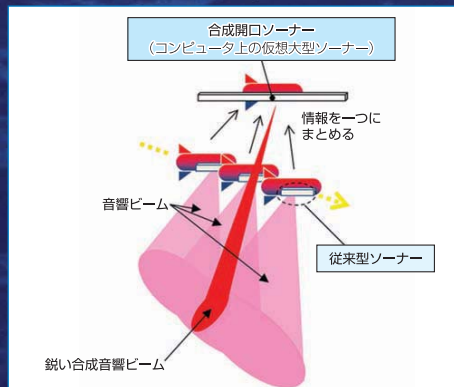


図2 移動しながら何度も同じ目標に音波を照射し、反射音波の情報をコンピュータ上で合成処理することで、あたかも大型ソーナーを使用しているかのような鋭い合成音響ビームをつくり、高い分解能を実現し、ノイズを低減することができる。

●位相共役波を利用した長距離音響通信試験の成功

海中で水平方向に音波を発信すると、直接波の他に、海底・海面で反射する波や屈折する波が数多く重なって受信されるため、長距離になるほどデータの識別は難しくなる。そこで、混入する反射波や屈折波を逆に利用することによって、長距離音響通信を可能にしようとするのが、位相共役波を利用した水中音響通信技術だ。

「位相共役波」とは、音波の波動を逆からたどるように時間反転させた波のこと。たとえば、録画したビデオ画像を逆再生すると時間が逆転した映像を見ることができる。同じように、ある音源から発振した音波を受信し、特殊な変換器によってその受信信号を時間反転した信号 (位相共役波) を送信すると、時間を巻き戻したような伝播が発生し、元の音源の位置に音波を収束させることができる (図3)。この現象を利用して、反射波や屈折波が混入する海洋環境で精度の高い音響通信を可能にしようというのだ。

海洋工学センターは、伊豆・小笠原海域の深度約4,000mにおいて水平方向300kmの位相共役通信の実証試験を実施し、見事に成功させた。この技術の実用化によって、「うらしま」のような自律型の無素無人機 (AUV) の運用性を格段に向上させることが期待される。

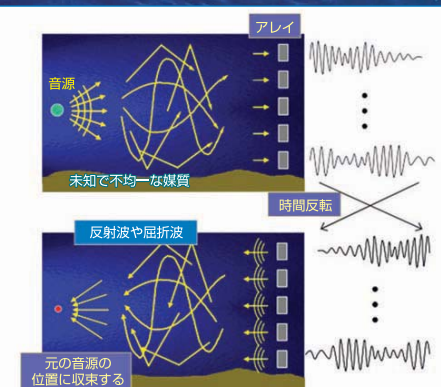


図3 位相共役波を用いた通信の概念図。ある音源から発振した音波をアレイ (送受波器を並べたもの) で受振 (上図)。それを時間反転した信号 (位相共役波) をアレイから送振すると、下図のように元の音源の位置に音波が収束する。

特集

海から拓く 地震研究の未来

1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の後に施行された地震防災対策特別措置法に基づき、高感度地震計などによる地震観測体制の強化、GPS（全球測位システム）を用いた地殻変動観測、さらには活断層周辺の地下構造調査などが実施され、陸域を中心に地震に関する調査・観測網の整備は大きく進展した。その一方で、海域の観測網の整備はまだ十分とはいえない。巨大地震の震源の多くは、プレート沈み込み帯に沿った海底下に存在する。巨大地震のメカニズム解明とその発生の予測には、海洋での観測・調査・研究が欠かせない。今回の特集では、海底下で発生する海溝型巨大地震の正体を探るとともに、海洋研究開発機構を中心に進められている海洋での地震観測・調査を紹介する。

地震ハザードステーション（J-SHIS）
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

地震調査研究推進本部地震調査委員会がまとめた「全国地震動予測地図」をWEB上で分かりやすく閲覧できるシステム。独立行政法人防災科学技術研究所が開発し、一般に公開されている。日本地図上に表示されているのは、「今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」。海上には海溝型地震発生領域とその震源断層が表示されている。

日本周辺で発生した地震の震央
（1990～2000年 M4以上）

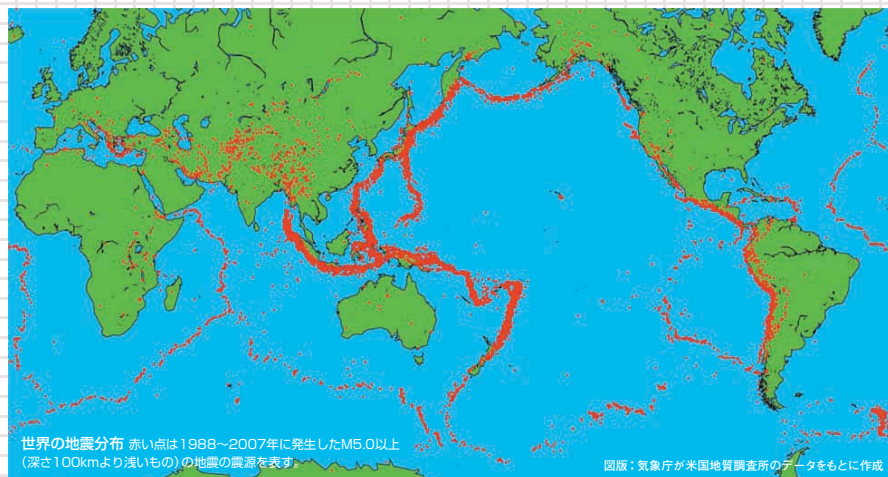
気象庁がまとめた、日本周辺で過去に発生した地震の震央を表示した地図。陸域に比べて、沿岸の海底下で数多くの規模の大きな地震が発生していることが分かる。

陸域で発生する地震の震央が比較的ランダムなのに対して、海底下で発生している地震の多くが、千島海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、南西諸島海溝などのプレート境界に沿って集中的に発生していることが分かる。ただし、南海トラフに関してはプレート境界でありながら、近年ほとんど大きな地震が起きていない。

知っておきたい 地震のメカニズム

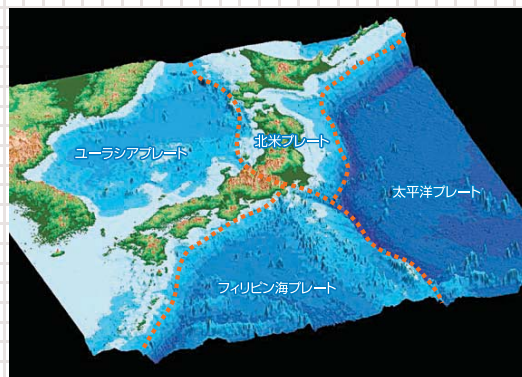
日本周辺で1年間に発生するマグニチュード(M)5.0以上の平均地震回数は142回(気象庁統計 1996~2005年の平均値)。米国地質調査所によれば、世界中で1年間に発生するM5.0以上の地震の平均回数はおよそ1,500回であることから、約1割が日本とその周辺で発生していることになる。日本で地震が多発するのはなぜなのか。また、どのように地震が発生しているのだろうか。

Q1:なぜ日本は地震が数多く発生するのか。



A 地震は、地下の岩盤に大きな力が加わり、その力に耐えられなくなった岩盤がある面(断層)でずれるように破壊するとき起きる。この地震を引き起こす「大きな力」の源となっているのが、地球内部の活動だ。地球の表層はプレートと呼ばれる厚さ数kmから数十kmもの十数枚の巨大な岩盤によって覆われている。プレートは、その下のマンツルの活動に伴い、それぞれ別の方向に年間数cm程度の速さで移動しているため、各プレートの境界では、プレート同士が押し合ったりすれ違ったりしている。このときにかかる力が岩盤に複雑なひずみを生み、地震を引き起こすエネルギー源となる。世界の地震分布(上図)で、震源がプレート境界付近に集中しているのもそのためだ。

日本列島の周辺には、ユーラシアプレート、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートという4つのプレートがひしめき合い、世界でも稀といわれるほどの複雑な海底地形を生み出している。これらのプレート境界にかかる力が、日本で数多くの地震を引き起こす大きな原因になっている。



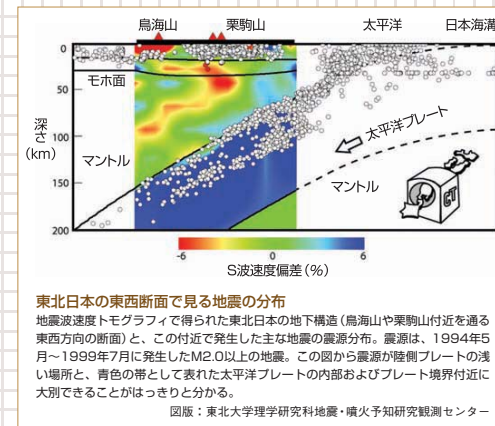
日本近海の海底地形図 4つのプレートがひしめく日本近海の海底地形は非常に複雑だ。

Q2:地震はどこで数多く発生しているのか。

A 日本とその周辺で発生する地震は、その震源分布から大きく2つに分けることができる。一つは海溝軸から内陸にかけて(陸側プレート)の比較的浅い場所で発生する「活断層の地震」、「直下型地震」などと呼ばれるタイプ。もう一つは、プレート沈み込み帯で接する2つのプレート境界付近(プレート間)や沈み込むプレート内で発生する「海溝型地震」と呼ばれるタイプだ。

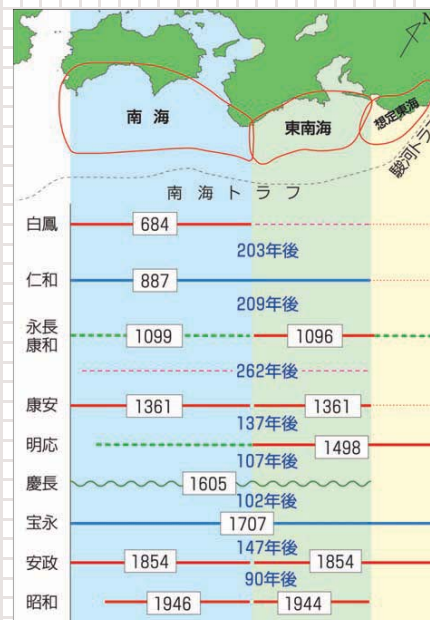
1995年の兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災 M7.3)は前者の例。比較的浅い断層がずれて発生するため、都市の直下で起きた場合などはM7クラスであっても甚大な被害を及ぼすことがある。これまでに何度も地震を起こし、今後も地震を起こすと考えられている断層は「活断層」と呼ばれ、日本中に数多く存在している。これらの断層は、海洋プレートの動きによって陸側プレートに蓄積されたひずみによって活動する。

2003年の平成15年十勝沖地震(M8.0)、1994年の北海道東方沖地震(M8.2)、三陸はるか沖地震(M7.6)、1946年の南海地震(M8.0)、1944年の東南海地震(M7.9)などは後者の例だ。海溝型地震は、ときにM8クラス以上の大規模な地震となり、さらに津波を伴うことによって震源から離れた地域にも大きな被害をもたらすことがある。こうした沈み込み帯では、日本海溝のように地



震がたびたび発生する場所がある一方、南海トラフのように、普段はほとんど地震がなく、100~200年の間隔を置いて巨大地震を繰り返す場所があるなど、その発生パターンには違いが見られる。

Q3:地震は同じ場所で繰り返し発生するのか。



歴史史料などから推定された東海・東南海・南海地震の繰り返し

A 過去の地震に関する歴史的な研究や地質調査などから、規模の大きい地震は、非常に長い期間で見ると同じ場所で何度も繰り返し起きていることが知られている。たとえば、海溝型地震を起こす南海トラフは、古文書など過去1000年に及ぶ地震に関する記録が残っており、大規模な東海・東南海・南海地震が、ほぼ100~200年の周期で繰り返し発生していることが分かった。また、兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)の震源断層である野島断層では、掘削調査の結果から、およそ2000年前にも大きな活動があったといわれている。一般的には、活断層の地震は1000年から数万年、海溝型地震では数十年から数百年ほどの間隔で発生するとされる。個々の断層によって、ひずみが蓄積される速さや耐えられる大きさは異なるものの、それぞれの断層では同じような規模と間隔で地震が起きていると考えられている。こうした過去に発生した地震調査などをもとに、地震調査研究推進本部地震調査委員会では、今後地震を引き起こすと考えられる断層の位置や地震の規模を推定し、将来の地震発生確率を算出した「全国地震動予測地図」(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/O9_yosokuchizu/index.htm)を公表している。



図版：「石橋2004」を改変。JAMSTEC 堀高峰作成。

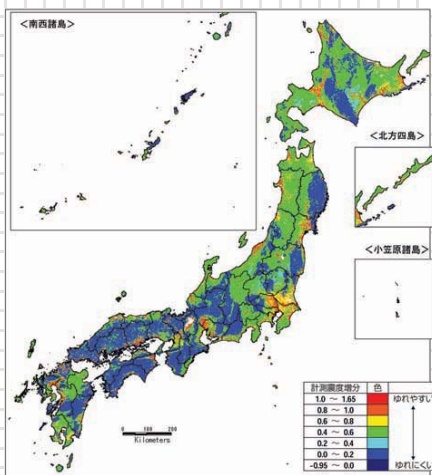
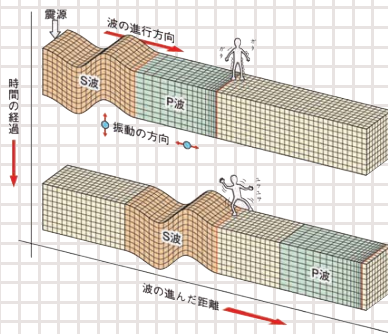
Q4：地震の揺れはどのように伝わるのか。

A 地震は、地下の岩盤の破壊に伴って発生する。この破壊が最初に生じた地点が「震源」だ。岩盤の破壊は、断層面が急速にずれ動く断層運動として周囲に広がる。このとき破壊した断層が「震源断層」であり、破壊が広がった領域を「震源域」と呼ぶ。この震源域で発生した巨大なエネルギーの一部が地震波となり、四方へと伝わって地表での揺れを引き起こす。

ちなみに、「震度」とはそれぞれの場所での揺れの強さを表し、「マグニチュード (M)」は地震そのものの大きさを表す。Mの数値が「1.0」大きくなると、エネルギーは約32倍となる (M8.0の地震は、M7.0の地震約32個分、M6.0の約1,000個分のエネルギーに相当)。地表での揺れは、地震の規模 (M) と震源からの距離だけでなく、表層地盤の違いによっても変化する。地盤がやわらかい場所では、かたい場所に比べて揺れが大きくなる。中央防災会議 (内閣府) では、全国の揺れやすさを地図上に表した「表層地盤のゆれやすさ全国マップ」を作成している。

また、地震波には振動の方向が異なるP波とS波がある。P波 (初期微動) は密度の変化が伝わる波で、振動の方向は波の進行方向と同じ、S波 (主要動) はずれの変化が伝わる波で、波の進行方向に対して垂直に振動する (ほかに表面波と呼ばれる地面表面を伝わる波もある)。

「緊急地震速報」 (<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/>) は、P波がS波の約2倍の速さで伝わり、地震の被害は主にS波によって引き起こされることから、地震発生直後にP波のデータを瞬時に解析し、S波の到達前に地震発生を知らせる情報システムだ。



表層地盤のゆれやすさ全国マップ
1kmメッシュで表された日本全土の表層地盤の揺れやすさ。地表での地盤の揺れは、表層のやわらかい地盤の影響で深部よりも大きく揺れる。その強さは、表層地盤のやわらかさの程度によって違いが生じる。この図は、各地の平均よりもやわらかい地盤に対して、地表での揺れが深部より大きくなる割合 (計測震度増分) を示している。
図版：「表層地盤のゆれやすさ全国マップ」
<http://www.bousai.go.jp/oshirase/h17/kyureiyasusa/>

P波とS波の伝わり方
地下で地震 (断層運動) が発生すると、そのエネルギーは地震波となって四方に伝わる。P波 (Primary wave 初期微動) は密度の変化が伝わる波で、振動の方向は波の進行方向と同じ、S波 (Secondary wave 主要動) はずれの変化が伝わる波で、波の進行方向に対して垂直に振動する。P波はS波の約2倍の速さで伝わる。地震の被害は主にS波によって引き起こされる。
図版：「地震がわかる! Q&A」 (文部科学省) を改変して引用。

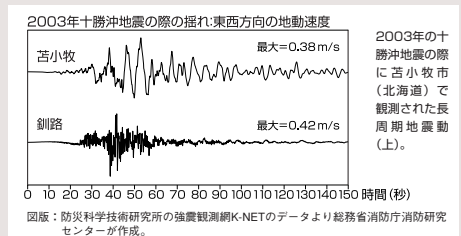
新たに“発見”された地震!? 「長周期地震動」と「ゆっくり滑り」

地震の観測技術や研究の急速な進展に伴い、私たちが感じる激しい揺れを伴う地震のほかにも、重要な地震が存在することが分かってきた。

その一つが「長周期地震動」だ。これは数秒から20秒ほどの長い周期の成分を多く含む地震動で、超高層ビルなどの巨大建造物では、こうした揺れに共振することで大きな被害が生じる危険性が指摘されている。長周期地震動は、巨大地震ほどその割合が大きいとされ、さらに震源から離れても弱まりにくく、平野部や盆地のような厚い堆積層 (やわらかい地盤) がある場所では長周期成分が増幅されるといった特徴がある。2003年の十勝沖地震で、震源から遠く離れた苫小牧 (勇払平野) の石油タンクに大きな被害をもたらしたのも、この長周期地震動といわれている。

もう一つ、プレート境界の周辺では「ゆっくり滑り」と呼ばれる地震活動が高感度観測網によって数多く観測されている。通常、断層やプレート境界でずれが生じた場合、地震波が観測されるが、ゆっくりと時間をかけて滑るようにする「ゆっくり滑り」は、GPS (全球測位システム) によってそのずれはとらえられるものの、私たちが揺れを感じることはない。

だが、地面の下で何が起こっているのかを明らかにし、地震予測につながる情報入手する上で、「ゆっくり滑り」の理解は非常に重要と考えられている。



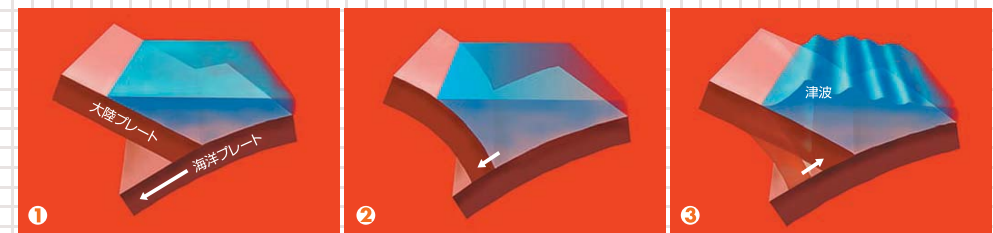
図版：防災科学技術研究所の強震観測網K-NETのデータより総務省消防庁消防防災センターが作成。

Q5：プレート境界ではなぜ巨大な地震が発生するのか。

A **Q1** (4ページ) で紹介したように、プレート同士が押し合ったりずれ違ったりしているプレート境界は、地震を引き起こすエネルギーが最もたまりやすい場所だ。沈み込み型のプレート境界で巨大地震が発生するメカニズムを示したのが下図だ。移動する海洋プレートが陸側プレート (大陸プレート) の下に沈み込んでいくと (①)、2つのプレート境界面には摩擦力によって固着する部分が生じ、陸側プレートの先端部には海洋プレートに引きずられるようにしてひずみがたまっていく (②)。やがて限界を超えてひずみのエネルギーが摩擦力を上回ると、もとに戻ろうとする力によって陸側プレートが跳ね上がり、巨大地震が発生する (③)。これが海溝型地震の多くを占めるプレート間地震と呼ばれるものだ。ほかに、沈み込み

によって屈曲するプレート内部で、ひずみに耐えられなくなって破壊が生じ、地震が発生することがある。これも海溝型地震の一つで、プレート内地震と呼ばれる。

海溝型地震では規模の大きな破壊が起きやすいことから大規模な地震が発生する可能性が高い。さらに、震源の多くが海底下にあるため、海底の隆起による津波が発生するという特徴がある。2004年12月のインドネシア・スマトラ島沖大地震ではM9クラスの巨大地震と大津波が発生し、歴史的な大被害をもたらした。この巨大地震の震源域 (破壊域) もユーラシアプレートの下にインド・オーストラリアプレートが沈み込むプレート境界に位置していた。



海溝型巨大地震発生仕組み

Q6：海洋での地震観測や調査はなぜ必要なのか。

A 地震による被害を軽減するためには、どこでどのような地震が発生しているのか、さらには震源域の地殻構造がどうなっているのかなどについて、できるだけ多くの情報を入手することが求められる。陸上では、高感度地震計やGPS観測施設の設置、活断層や地殻構造の調査などが海洋に比べて容易であることから、観測ネットワークの整備や詳しい調査が進んでいるが、海洋ではまだ十分とはいえない。しかし、海溝型巨大地震の震源域となるプレート境界のほとんどは、日本列島の太平洋側沖合、および北海道・東北の日本海側沖合に位置している (伊豆半島付近ではプレート境界が陸上に押しつけられるように位置する。これは、かつてフィリピンプレート上の大きな島だった伊豆半島部分が陸側プレートに沈み込めずに衝突したためと考えられている) ことから、将来の海溝型巨大地震および津波による被害や影響を減らすためにも、海洋における地震観測や海底地殻構造の詳しい調査が必要と考えられている。

現在、十勝沖、室戸沖、東伊豆初島沖、三陸沖、房総沖などでケーブル式海底地震計による地震活動の連続観測が行われているが、さらにJAMSTECが紀伊半島熊野灘沖に緻密な地震・津波観測監視システム (DONET) の開発整備を進めるなど、観測網の拡充が図られている。また、エアガンを搭載した調査船や海底地震計を用いた地震波探査による海底下構造探査、地球深部探査船「ちきゅう」などによる深海掘削による地殻探査など、海底下にあるプレート境界の構造や巨大地震を引き起こすメカニズムを明らかにするための観測・調査も積極的に行われている。



フィリピンプレートが沈み込む南海トラフの熊野灘沖で、海溝型巨大地震の発生メカニズムを明らかにするために深海掘削を行う「ちきゅう」。



海底地震計などを搭載した、初島沖「深海底総合観測ステーション」。

● 参考資料
「地震がわかる! Q&A」、「地震を知ろう」、「地震の発生メカニズムを探る」 (いずれも文部科学省) 気象庁ホームページ、防災科学技術研究所ホームページ



海溝型巨大地震の発生過程解明を目指すIODP南海掘削

取材協力：倉本 真一 次長
地球深部探査センター IODP推進・科学支援室

「ちきゅう」と「かいれい」(右奥)が連携して、ライザー掘削孔を活用した詳細な海底下地震波構造探査が実施された。

紀伊半島沖の熊野灘で、地球深部探査船「ちきゅう」による深海掘削調査が進められている。統合国際深海掘削計画 (IODP) が実施する「南海トラフ地震発生帯掘削計画 (南海掘削)」だ。2007年に開始された調査は、2009年に「ステージ2」を行い、科学掘削では世界初となるライザー掘削を成功させるなど、大きな成果を挙げた。海溝型巨大地震の発生メカニズムを明らかにし、地震予測に結びつける上で大きく貢献するといわれる南海掘削。いったいどのような調査が行われているのだろうか。

深海掘削によって巨大地震発生帯に迫る

これまで数々の巨大地震を引き起こしてきたプレート沈み込み帯、なかでも主要な地震発生帯と考えられているプレート境界や、そこから付加体を引き裂くように海底までのびる巨大分岐断層で、いったい何が起きているのだろうか。どんな物質が存在し、どのような環境のもとでどれほどの力を受けているのか、さらには海底から下にしみ込んだ海水や鉱物から脱水した流体はどんな働きをしているのか。

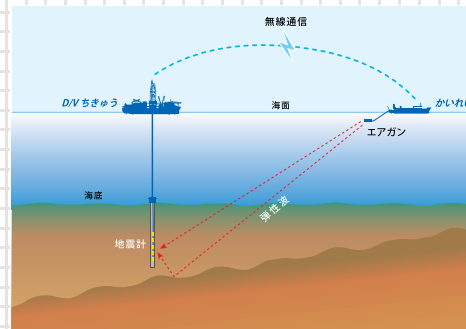
これまで地震波による地下構造探査や電磁波を利用した解析など、さまざまな手法を用いて観測・調査が行われ、海底下のおおよその姿は分かってきたが、実際にその現場に立ち会った人間は、まだ誰もいない。IODPが取り組む南海掘削は、「ちきゅう」によって海底下を掘り進み、巨大地震発生帯そのものの物質を採取し、そこで何が起きているのかを直

接のぞき込み、連続的に観測することによって、海溝型巨大地震の発生メカニズムを解明し、地震発生予測につなげていこうという壮大な計画だ。

南海トラフは、過去1000年以上にわたる地震の記録が明らかにされている世界でも例のない場所だ。さらに、世界のプレート沈み込み帯のなかでも地震発生帯が比較的海底下から浅い位置にあり、現在の深海掘削技術によって地震発生帯に到達できる可能性が最も高い場所といわれている。こうしたことから、世界中の研究者を巻き込んだ議論の末、南海トラフの熊野灘沖が掘削ターゲットに選ばれた。そして、入念な事前調査のもとで、2007年より「ちきゅう」による掘削活動が開始された。



「ちきゅう」船上の研究室でコア試料の記載と研究用のサンプルを採取する乗船研究者ら。



掘削孔 (NT2-11) を活用した二船式精密海底下構造探査の概念図
「ちきゅう」から孔内に降ろされた地震計は、「かいれい」のエアガンによって発振された地震波をノイズの少ない精度の高い状態で受振することができた。

掘削孔を活用した観測システム構築も

2009年5月からは南海掘削「ステージ2」が実施され、ライザー掘削によって海底下1,603.7mの掘削 (NT2-11) に成功し、地震発生帯直上域の深部のコア試料採取や掘削孔のケーシング (掘削孔壁の鉄管による保護) も行われた。さらに、地震発生帯からのびる巨大分岐断層浅部を掘り抜く掘削 (NT2-01 海底下555.0m) にも成功し、掘り抜いた分岐断層部分にはメッシュタイプの鉄管を用いたケーシングを施し、断層部の圧力変化や流体の動きなどをモニタリングする計測機器も設置された。9月には、南海トラフの海溝軸 (最深部) より沖合 (南側) で掘削を実施し、海洋プレートが沈み込む前の初期堆積物や基盤岩 (玄武岩) の試料採取にも成功した (NT1-07 海底下881.0m、NT1-01 海底下576.0m)。

「ステージ2」の掘削では、コア試料の採取だけでなく、掘削を行いながらの計測 (掘削同時検層) や掘削孔に各種センサーを降ろしての計測にも力を入れ、地殻応力や間隙水圧など地層のさまざまな現在の情報を手に入れることもできた。加えて、NT2-11の掘削孔に十数台の地震計を降下させ、深海調査研究船「かいれい」がエアガンによって発振する音波

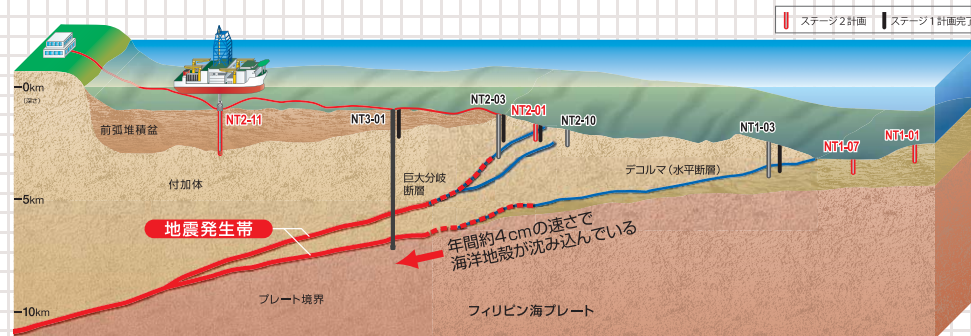


科学掘削史上初のライザー掘削を成功させた南海掘削「ステージ2」(第319次研究航海)に参加した乗組員・技術者・研究者ら。

をとらえる二船式の精密海底下地殻構造探査も行われた。これまでの海底に地震計を設置して行われてきた屈折法探査より精度の高いデータが得られたことで、地震発生帯の構造のより詳しい理解に役立つとともに、今後行われる掘削計画の立案にとっても貴重な情報が得られた。

ケーシングが施された掘削孔には、将来、長期孔内観測システムが設置される計画だ。地震計、歪み計、傾斜計、温度計、圧力計などさまざまな計測機器を孔内に設置し、地震発生帯そのもの、あるいはより近い場所での地殻変動を連続的に観測し、現在敷設が進められている地震・津波観測監視システム (DONET) の海底ケーブル網に接続して、リアルタイムで情報を陸上に送信しようというのだ。

深海掘削によって海溝型巨大地震のメカニズムが明らかになり、掘削孔を利用した観測システムによって変動の詳細な情報が手に入るようになれば、発生が確実に近づいているといわれる南海トラフの巨大地震・津波の予測にも貢献し、その被害を最小限に抑えることにも役立つはずだ。



南海トラフ地震発生帯掘削計画の概念図
赤色の掘削孔が2009年の「ステージ2」で掘削された。

掘削調査が明らかにした 巨大分岐断層の履歴書

取材協力：木村 学 教授
地球内部ダイナミクス領域 発展研究プログラム 南海掘削研究チーム
東京大学大学院 理学系研究科

熊野海盆

C0009

C0002

C0001

C0003

C0004

C0008

7km孔

巨大大岐断層

地震発生帯

南海トラフ

C0006

C0007

NT1-07

NT1-01

フィリピン海プレート

掘削済

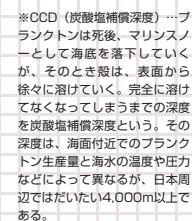
図1 南海トラフ地震発生帯の掘削地点
黄枠で囲まれた番号のついていところから第1ステージで掘削した場所。赤く塗った部分が掘削した長さを表す。第1ステージでは最長海底下1.6kmの地点まで掘削している。

掘削済

南海トラフは、世界でも屈指の巨大海溝型地震の発生帯だ。なかでも、紀伊半島沖熊野灘には海溝境界の断層から枝分かれた巨大な分岐断層が発見されている。2007年9月～2008年12月に行われた「南海トラフ地震発生帯掘削計画（南海掘削）」の「ステージ1」では、巨大分岐断層の掘削調査を実施。その結果、巨大分岐断層がいつできて、どのように形成されていったのかという、分岐断層の履歴書が明らかになってきた。

「ステージ1」では、地球深部探査船「ちきゅう」を使って巨大分岐断層上に位置する海底地層の8ヵ所を掘削し、それぞれの地点で直径7cmの円柱状の地層サンプル(コア)を取り

その結果、まず、分岐断層ができ始めたのはいまから195



過去の記録では、この分岐断層は100年から150年に一度、巨大な地震を繰り返している。100年に1回としても100万年前で1万回も、いまと同じ場所で巨大地震を繰り返している計算になる。「その1万回すべてをしっかりと検証できているわけではありませんが、今回の掘削の結果、少なくとも100万年前までのスケールといういままでは考えられにくい大きな

「ステージ1」の調査により、東海・東南海・南海連動型の巨大地震の発生に巨大分岐断層が大きく関わっていることが分かってきた。ただ、いま分かってきたことはまだまだ大きな枠組みの部分だけだ。今後、調査や観測を続けることで、巨大分岐活動断層がどのような活動をしているのか明らかになり、来るべき巨大地震や津波に対する知見も得られると期待されている。

世界初の 海底リアルタイム観測システムの構築へ

取材協力: 金田 義行 プロジェクトリーダー
地震津波・防災研究プロジェクト

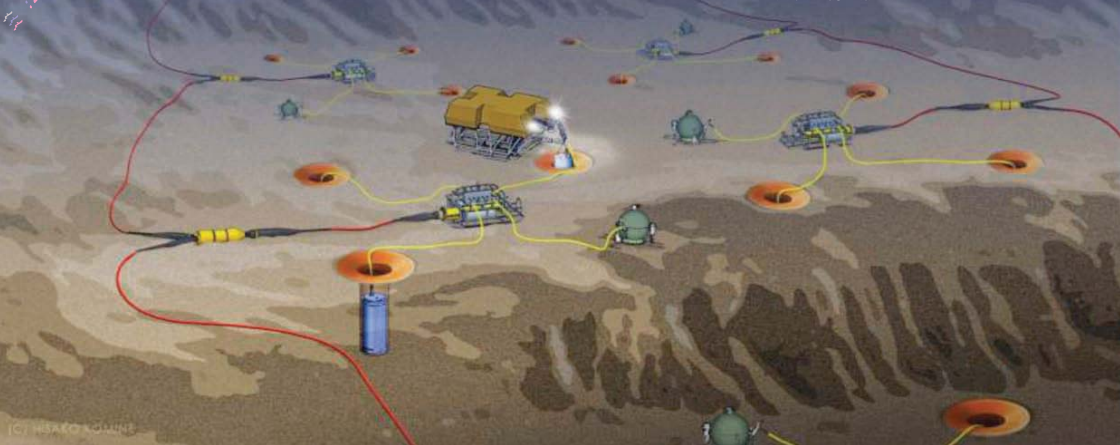


図1 DONETの完成予想図
1,900~4,300mの海底に20カ所の観測点をつくる。保守点検には無人探査機「ハイパードルフィン」も活躍する。

南海トラフのなかで、巨大地震の発生源と想定されている紀伊半島沖熊野灘に地震と津波の観測網を構築する地震・津波観測監視システム(DONET)が2010年1月から本格的に着工される。DONETとはどのようなシステムなのだろうか。

地殻活動の様子を海底で観測

地震は発生から終わりまで詳細な観測が極めてやりにくい現象だ。対象は地球全体ととても広い上に、発生の予測が難しいからだ。日本は1995年に発生した阪神・淡路大震災の教訓から、日本全土に高感度地震計を設置して、人間が感じることのできない微弱な地震までも観測できる高感度地震観測網(Hi-net)を整備してきた。Hi-netによって日本の陸地での観測は精度を増し、観測情報を気象庁にリアルタイムで提供できるようになった。

しかし、これは陸上での観測に限られている。南海トラフで発生するような海溝型地震の場合、陸上での観測では地震をとらえるまでに時差が発生する。やはり海域で発生する地震には海域での観測が欠かせない。そこで提案されたのがDONET。東南海地震の震源域に20カ所の観測点を設ける。このように海溝型地震の巣である海域に地震計や水圧計といった複数のセンサーを設置した観測点を稠密かつ広域に展開して、さまざまな地殻活動を観測するシステムは世界でも例がない。

計画では、三重県尾鷲市古江町に陸上局を設置し、そこから基幹ケーブルと分岐ケーブルをあわせて全長約450kmのケーブルを敷設する。基幹ケーブルはDONETの観測点を取り巻くように設置し、古江町の陸上局に帰ってくる。基幹ケーブルの両端を陸上局につなぐことで、もし、途中でケーブルのどこかが断線しても観測点からの情報が陸上局に届く仕組みになっている。

基幹ケーブルからポイントごとにケーブルを分岐させ、センサー群をさらに広域展開するためのノードという装置をつないでいく。DONETではこのノードを5カ所に設置し、それぞれのノードには4組の観測点をつなぎ、あわせて20カ所の観測点をつなぐネットワークを構築していく。1つの観測点には地震計、水圧計となるセンサーを複数設置する。こうすることで、マグニチュード(M)8クラスの巨大地震や津波はもちろん、微小地震や長周期振動などの微弱な揺れやいろいろな周期を持つた地震の巣の活動をリアルタイムで観測することができるようになる。計画を推進する金田義行プロジェクトリーダー(PL)は、「ノードを使ってセンサー群を展開することで、センサーを拡張したり、取りかえたりすることが簡単にできるようになる」と説明する。

地震や津波をいち早くとらえる

DONET設置工事は2010年1月から本格的に開始される。それまでは気象庁の精密地震観測室(松代)の坑内施設や水産

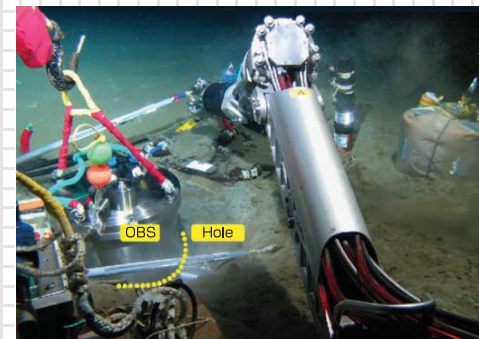
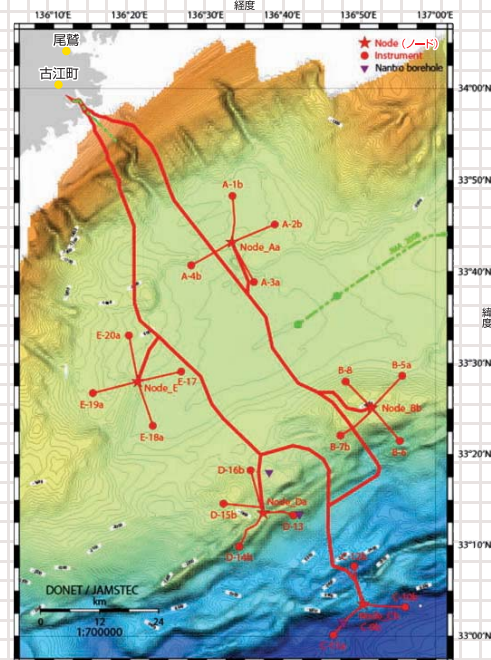


図2 ケーブルルート
DONETは熊野灘の巨大分岐断層のある海底面に設置される。2010年1月から、基幹ケーブルと分岐ケーブル、あわせて全長約450kmのケーブルの敷設を開始する。そして、3月までに最も陸側に近いノードAとそれに接続する観測装置を設置し、試験運用を開始する予定。

図3 観測システムの海底設置試験の様子
DONETの観測装置は海底に埋め込んで使用する。実際に「ハイパードルフィン」がスムーズに作業ができるか実際の海底で試験した。

地震発生予測の精度を高める

熊野灘の第1期ネットワークが完成すれば、2012年以降、紀伊半島潮岬沖に第2期ネットワークの構築に着手する予定となっている。海底観測網が充実していけば、より多くの情報が手に入る。金田PLは「リアルタイムの観測データを手にすることで、地震や津波のシミュレーションをより高度なものにできます。また、リアルタイムの観測データの活用により地震発生予測モデルを高精度化し、現在の長期発生確率に基づく地震予測を、中期・短期予測のレベルにしていきたいと思っています。DONETはそのための大きな武器なのです。さらに現在、地球深部探査船「ちきゅう」による東南海地震の震源域の掘削が行われていますが、将来はこの掘削孔を用いた長期孔内観測システムとDONETとをつなぐことでさらに精緻な地震の巣のリアルタイムモニタリングが可能となります」と語る。

DONETがスタートすれば、海溝付近の地殻がどのように活動しているのか明らかになってくるだろう。地震メカニズムの解明、地震予測の高精度化と多くの成果が期待される。

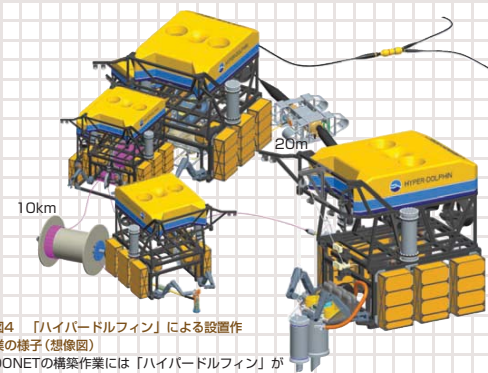


図4 「ハイパードルフィン」による設置作業の様子(想像図)
DONETの構築作業には「ハイパードルフィン」が当たる予定になっている。ケーブルの伸展や観測機器の埋め込みなど、たくさんの作業が待っている。

地震津波の発生予測研究を防災計画に生かす 地震津波・防災研究プロジェクトの取り組み



取材協力：金田 義行 プロジェクトリーダー
地震津波・防災研究プロジェクト

地域研究会の様子
これまでの研究をもとに運動型地震が起きたときにどのような被害が発生する可能性があるのかを研究者側から伝え、それに対して実行可能な対策を行政、企業、研究者がそれぞれの立場で話し合い、最善の防災計画を採っている。

地震大国日本はこれまで何度も大きな地震の被害を受けている。だが、この30年以内に発生するとされている南海トラフを舞台とした東海・東南海・南海連動型の巨大地震は、これまでの地震とは桁違いの被害が予想されている。その連動型に焦点をあてたプロジェクトが立ち上がった。

中期・短期の予測に向けたプロジェクト

海洋研究開発機構（JAMSTEC）は2009年度から地震津波・防災研究プロジェクトをスタートさせた。これは従来の研究領域とは別に、地震や津波の研究成果をより社会に役立て貢献するために、迅速で集中的な取り組みをするリーディングプロジェクトという位置づけだ。

もともとJAMSTECは文部科学省の委託研究「地震・津波観測監視システム（DONET）の構築」「東海・東南海・南海地震の運動性評価研究」など、地震や津波に関する研究で中心的な役割を果たしている。今回のリーディングプロジェクトはそれらの研究を一元的に取り扱うものだ。特に、過去に何度も巨大地震を起こしている南海トラフの海溝型地震発生帯にスポットを当てて調査観測ならびにシミュレーション研究を推し進めていく。

「このリーディングプロジェクトのなかで一番の柱になるのが東海・東南海・南海の地震運動性評価研究です。そのため、この研究には多くの大学・研究機関が参加しています」と金田義行プロジェクトリーダー（PL）は語る。南海トラフの海域で起きた過去の地震をさかのぼると、東海・東南海・南海のそれぞれの地震がほぼ同時に起こったケースもあれば、東南海地震が先行し32時間後に南海地震が発生したもの、東南海地震と南海地震の時間差が2年程あいたものといくつかのタイプに分かれる。今後、この海域で30年以内に地震が発生する確率

は東南海地震で60～70%、南海地震で50%くらいと予測されている。次の地震がどんなタイプかによって、地震や津波に対する備えも変わるため、実際に発生する前にどのようなタイプの地震が起こりそうなのかを評価する必要があるのだ。

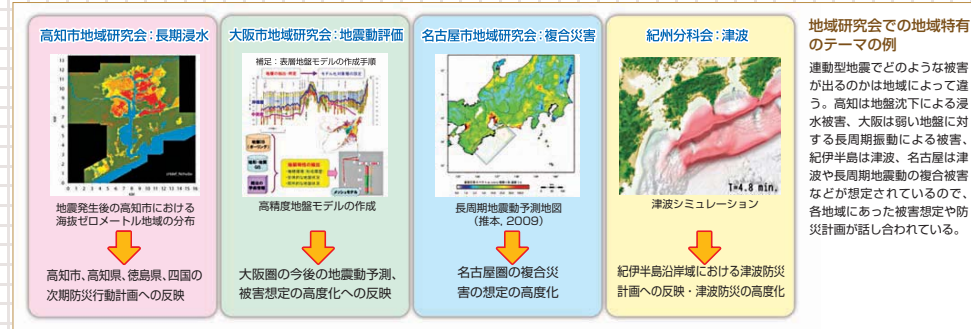
東海・東南海・南海地震の運動性を精密に評価するカギとなるのがシミュレーション研究だ。実際に巨大地震が起きる前に、どのようなタイプや規模の地震が起きるのかを評価することが必要不可欠である。そのための重要な研究課題として、シミュレーションによる過去の南海トラフの海溝型巨大地震の再現、地震発生予測モデルの信頼性評価が挙げられる。この地震発生予測の精度をより高くするためには、南海トラフの調査や観測が欠かせない。

南海トラフのなかでも、次の巨大地震の破壊開始域となる可能性が指摘されている、東南海地震の震源域にあたる紀伊半島沖熊野灘では、海底にセンサーを設置してリアルタイムで地殻の動きを観測する地震・津波観測監視システム（DONET）を構築中で、2011年3月までに完成を目指している。また、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削調査も熊野灘で行われた。

これらの観測や調査から得られたデータをシミュレーションに反映させることで、より精密なシミュレーションモデルや手法の開発につなげていく。「現在、地震の発生予測はたとえば、30年以内の発生確率が数十%といった確率論的な長期予測です。観測や実験、シミュレーション研究を総合的に推進することで、より精度の高い中期・短期の予測につなげていけると考えています」と金田PLは説明する。

行政・企業との効果的な連携を目指す

また、このような地震発生予測のほかに、防災という観点から重要な研究課題がある。それは被害予測と救援・復旧復興対策だ。そのため、「東海・東南海・南海地震の運動性



評価研究」には防災研究課題を中心とした研究課題（総括責任者：東京大学 古村孝志教授）も含まれる。もし、東海・東南海・南海連動型の巨大地震が発生したら、静岡から九州の太平洋側一帯までというとても広い範囲が一気に被害を受けることになる。しかも地震だけでなく津波による浸水被害も加わるという近年の日本では体験したことのない広域複合災害になるのは間違いない。「たとえば、1995年の阪神・淡路大震災は大都市が被災し、非常に大きな被害を出しましたが、発災域の規模としては局地的だったため、全国から阪神・淡路に救援、復旧の手が差し伸べられました。しかし、もし仮に東海、東南海、南海地震がほぼ同時に発生し、西南日本の太平洋側が一気に被災した場合、それぞれの地域に向けてどこから救援を出し、復旧、復興していくのかということについて、まだ十分な実効対策ができあがっているとはいえないのが現状です」（金田PL）。

1944年の東南海地震、1946年の南海連動地震以来、60年以上、南海トラフを震源とする巨大地震は起きていない。つまり、いま日本で暮らす人々はほとんど広域複合災害を経験していないことになる。金田PLは「広域複合災害の場合、各地域でそれぞれ被害の想定が違います。また、大阪市や名古屋市といった中核となる大都市は自分たちの街の救済はもとより、ほかの被災地域の復旧、復興の拠点とならなければなりません。自分たちの住む地域にどのようなことが起こるのかをきちんと想定した上で、具体的な対策を立てていく必要があります」と語る。

このような問題意識のもと、運動性評価研究の防災研究課題の一つとしてJAMSTECが中心となり、高知、大阪、名古屋で今後の防災施策を議論する地域研究会や分科会を開催し

ている。「地震・津波の被害想定といっても立場によって認識が違います。その温度差を埋めるために、まずは、行政、ライフラインを担う企業などの関係者と研究者が一堂に会して議論する場を設けようと考えたのです」と金田PLは説明する。

金田PLをはじめ防災課題の研究者（東京大学：古村孝志、東北大学：今村文彦、名古屋大学：福和伸夫、京都大学：牧紀男）は、まず、2008年11月に各都市でミニシンポジウムを開き、地域研究会の趣旨を説明した上で第1回の研究会を開催した。金田PLは「はじめは皆が集まって何をするのだろうと慎重な姿勢を見せていた参加者たちも、回を重ねるごとに研究者が自身の研究のためではなく、研究成果を実際の防災に役立てようとしているものと認識されるようになり、話し合いがスムーズに進むようになりました」と地域研究会の様子を振り返る。

2009年後半には、運動地震の推定震源地に最も近い紀州分科会も立ち上がり、研究者、行政ならびにライフライン企業の垣根を越えて、今後の防災対策に向けた議論ができる土台が徐々に構築されてきた。高知の研究会では話し合いの結果や最新の研究成果を次期防災行動計画に盛り込んでいきたいとの方向も見えてきており、また、大阪や名古屋の研究会では各都市の地盤モデルをつくって、巨大地震による被害予測をより詳細に検討していく計画も開始された。地震や津波は地球の内部活動を解明するためにも大きなテーマであると同時に、日本人一人ひとりさらには世界の人々にかかわりのある事柄だ。被害を最小限に食い止めるためにも、研究者と行政機関・企業が連携し、最善の策を探す必要がある。世界水準の研究成果を現実社会に役立てようとする地震津波・防災研究プロジェクトの試みが、どのような実を結ぶのが注目されている。

03

高知市地域研究会	大阪市地域研究会	名古屋市地域研究会	紀州分科会
四国地震、高知県、高知市、徳島県、徳島市、四国電力、高知ライフライン連絡会、港湾空港技術研究所、国土技術政策総合研究所、高知大学、徳島大学、山口大学、プロジェクト関係者、オブザーバー（高知地方気象台）	大阪府、大阪市、和歌山県、和歌山市、大阪ガス、関西電力、東海・東南海・南海地震津波被害研究、和歌山大学、プロジェクト関係者、オブザーバー（近畿地盤、大阪管区気象台、和歌山地方気象台）	愛知県、名古屋市、三重県、四日市市、静岡県、東邦ガス、中部電力、名古屋商工会議所、名古屋大学、三重大学、豊橋技術科学大学、プロジェクト関係者、オブザーバー（中部地盤、名古屋地方気象台、津地方気象台、静岡地方気象台）	三重県、尾鷲市、東紀州防災ネットワーク、和歌山県、和歌山市、和歌山県内市町村の防災担当者
2008.11 ミニシンポ 2008.11 第1回研究会 2009.03 第2回研究会 2009.07 第3回研究会 2009.10 第1回分科会 2010.03 第4回研究会（予定）	2008.12 ミニシンポ 2008.12 第1回研究会 2009.03 第2回研究会 2009.08 第1回分科会 2009.10 第2回分科会 2010.02 第3回研究会（予定）	2008.12 ミニシンポ 2008.12 ミニシンポ 2008.12 第1回研究会 2009.03 第2回研究会 2009.09 第1回分科会 2010.01 第3回研究会（予定）	2009.11 第1回分科会（和歌山県側と三重県で交互に開催）

地域研究会への参加機関一覧と開催実績

シルヴィア・A・アール

海洋生物学者

海は地球の「青い心臓」 その大切さに気づいてほしい

シルヴィア・A・アールさんは、スキューバダイビング、海底居住実験、有人潜水調査船などで7,000時間以上の潜水経験を持ち、「深海の女王」とも呼ばれる著名な海洋生物学者だ。「海洋を再び生物の楽園に戻さなければ、地球に未来はない」と話すアールさんは、海洋汚染や乱獲などによって激変する海洋生態系の現状に大きな危機感を抱き、海洋の大切さを多くの人々に理解してもらうための活動に力を入れている。そんなアールさんにお話を伺った。

Profile

シルヴィア・A・アール

1935年生まれ。海洋生物学者。フロリダ州立大学卒業後、1966年にデューク大学で理学博士号を取得。1979年、耐圧服で381mの潜水に成功。米国海洋大気庁(NOAA)首席研究者、カリブ海洋研究センター所長などを歴任し、現在はナショナルジオグラフィック協会所属の探検家、「グーグル・オーシャン」アドバイザー・メンバーとして活動。



「マイ・オールド・フレンド!」と有人潜水調査船「しんかい6500」との再会を懐かしむアールさん。



1991年に「しんかい6500」に乗船するアールさん。「しんかい6500」にとって初めての女性乗船者だった。

夢を実現させるには 絶対にあきらめないこと

——スキューバダイビングをはじめ、海底居住実験、潜水調査船による調査などで、アールさんの海中での滞在時間は7,000時間を超えているそうですね。アール：ええ、いまでも少しずつ増えていますよ。先週も、フロリダ州キーズ周辺の海に潜りました。

——それは調査のためですか。

アール：そうです。この海域での調査は、1950年代からずっと続けています。一つの海域の変化を追いつけることは、とても重要だと考えています。海では、私の人生の間だけで、これまでの長い歴史のなかで起きたすべての変化よりもっと大きな変化が起きているからです。後ほど詳しくお話しますが、私は海洋の重大な変化を目にしてきた目撃者でもあるのです。

——海洋学者になるきっかけは何だったのですか。

アール：すべては子どものころに始まりました。子どもにとっては、身の回りにある自然のあらゆることが、心をわくわくさせてくれます。私は両親にたくさん質問し、両親はそんな私の好奇心を封じ込めるようなことは決してしませんでした。私は幼いころから植物や動物についてもっと知りたいと思っていました。やがてそんな植物や動物の多くが海にいることを知り、海洋生物に興味を持ち、海洋生物学者になること

を夢見るようになったのです。初めて私が水中に潜ったのは、1952年、まだ私が16歳のときです。幸運だったのは、私の両親がニュージャージーからの引っ越し先としてフロリダ州のタンパ湾に近い海辺の街を選んできたことでした。そこで私は、父親が漁師をしていた学校の友人と一緒に、銅でできた潜水ヘルメットをかぶり、陸上のコンプレッサーからホースで空気を送ってもらい、初めて潜ったのでした。その後、フロリダ州立大学アリゲーター・ハーバー海洋研究所で海洋生物学を学び始めた私は、そこで初めてスキューバダイビングに挑戦する機会を得ました(1953年)。このとき、私が指導者から受けた指示はたった一つ、「(息を止めず)自然に呼吸をなさい」でした(笑)。

——海洋学者になりたいという子どものころの夢を実現させた秘訣は何ですか。

アール：ネバー・ギブ・アップ。絶対にあきらめないということ。言い換えるなら、常に自分の気持ちに従って進んでいくということです。私にとって幸運だったのは、誰も私を思いとどまらせようとせず、やりたいことをやらせてくれたことでした。私の両親も、教授も、そして仲間たちも。止めないばかりか、みんなが私をサポートしてくれたのです。当時、女性が海に出るのは、まだ珍しいことでした。1964年に「アントンブラン」という調査船に乗ってインド洋の調査を行いました。このとき女性は私

一人、あとの70名の乗船者はすべて男性でした。それでも私は行きたかったし、みんなが私の乗船を快く受け入れてくれました。乗船を拒否されても仕方がない時代でしたから、本当に幸運でした。そして、私はこの航海で、インド洋で初めての潜水調査を行いました。セーシェルの一部であるアミラント諸島やアルダブラ諸島、そしてコモロ諸島など、インド洋南西域に広がる島々での潜水調査は、それまでまだ行われていませんでした。私たちは可能な限りあらゆる場所で潜り、原始のままの海に出会うことができました。いまではここもずいぶん変わってしまいましたが、その当時、無傷のままの海の姿を見ることができたのは、私にとって貴重な体験でした。

「しんかい6500」への乗船

——アールさんは、「しんかい6500」に乗船した最初の女性研究者でもありませんか。

アール：そのようですね。1991年の夏に南海トラフの峽谷、深度約4,000mの海に潜りました。これまでにおよそ30種類のさまざまな潜水船に乗船してきましたが、この潜航は私が潜った最も深い場所です。「しんかい6500」での潜航は、私にとって本当に特別な体験でした。このとき、私は発光する深海生物の行動を探るために光を増幅させる特殊な暗視眼鏡を持ち込んだり、深海



1985年に潜水船会社「ディープ・オーシャン・エンジニアリング」を設立したアールさん、JAMSTECの探査機器を熱心に見学。

底で生物の自然な行動を観察するため、照明灯に赤いフィルターをかけてもらうことを依頼しました。深海の生き物は赤い光を感じないため、生き物の目をくらませることなく、その行動を観察し、記録することができるのです。

——アールさんは、豊富な潜水経験を持つだけでなく、ディープ・オーシャン・エンジニアリング社を設立し、これまでに多くの無人探査機や潜水調査船の開発にも携わってこられました。最近では、海中の調査に無人探査機（ROV）が活用されることが多くなってきましたが、実際に人間が潜航することの意味や価値はどんなところにあるとお考えですか。
アール：総合的な人間の感覚に取って代わる機器は存在しません。こればかりは取り換え不能なのです。もしあなたがバリを理解したければ、そこへカメラを送りつけるのではなく、自分で行きますよね。カメラはワインを飲めませんし、レストランの食事を味わうこともできません。バリは人間を驚かせたり、わくわくさせたりすることはできますが、カメラを驚かすことはできないのです。

——実際に体験することで、新しい発想や発見が得られるということですか。
アール：ええ、まったくその通りです。人間はその経験を観測機器では不可能なやり方でイメージしたり、人に伝えたりすることができます。イメージを持つということは、本当に重要なことなのです。その場所の温度が知りたいだけなら、そこへ温度計を送ればいい。でも、

そこで何が起きているのかを本当に理解したければ、観測機器とともに、そこへ人間も送らなければならないと私は考えます。しかし、私はROVも大好きです。大事なものは二者択一ではなく、どちらも有効に活用することです。どちらも必要なのです。ROVは人間の滞在が困難な場所でも、長時間活動することが可能です。ですから、人間が行けない場所に行くべきです。ただ、人間が行ける場所であるなら、どんなに大変でもそこに行く価値があります。なぜなら、そこで得られる情報の質は、ROVを使って得られるものをはるかに超えるからです。ですから、ROVのセンサーをすべて活用してデータを手に入れ、そこに人間が行くことで得られるイメージを結合できればパーフェクトです。私たちができることの幅は大きく広がります。ただ人間が行くだけ、ただROVでデータを集めるだけ、それではどちらも不完全です。

海があるから 私たちは生き続けられる

——現在、アールさんが最も関心を持って取り組まれているテーマは何ですか。
アール：私は植物学者としてスタートし、海底の藻類の研究を続けてきました。ですが、やがて私の興味や関心は大きく広がり、海洋のさまざまな分野につながり、いまは海洋生態学の研究に取り組んでいます。自分が何から始めたかということは、重要ではありません。

研究を進めていけば、それがすべてに結びついていることが分かってくるからです。植物学をやっていけば、他の生物との関連性も理解しなければなりませんし、化学を理解することも必要になり、地質学も知らなければなりません。
——海洋生態学の研究を通して、アールさんは多くの人々に海の大切さと現在の海が危機に瀕していることを訴え続けておられますね。

アール：つい最近まで、多くの人々は海が大事だなんて考えてもみませんでした。海は壮大であり、私たちが海から何をどれだけ捕ろうが問題ではないと思っていました。海へ何を捨てても大したことではないと思っていたのです。恐らく、私たちの海に関する最大の発見は、海が私たち人間の行動に対して、実は非常に脆弱であるを知ったことではないかと思います。そして、私たちが海としっかりつながっていることに気づいたことです。いま、私たちは呼吸する一息も、口にする一滴の水も海とつながっていることを理解しています。海は地球の安定した気候を生み出し、地球上の多くの生物の生息場所であり、地球のさまざまな化学作用にかかわっています。海があるからこそ、私たちは生き続けることができるのです。この事実を、私たちは20世紀の半ば以降、少しずつ学んできました。そして、私たちが海に捨ててものによって、また、海から捕り出すことによって、私たちが海を変えていることも



探査機器だけでなく深海調査研究船「かいりい」船内も見学。

知るようになりました。実際、私はその変化を、研究を通して目撃してきました。たとえば、サメなどもかなり減少しています。かつてはどこへ潜っても常にサメの仲間を目にしていました。しかし、いまではサメを見るのは非常にまれになっています。特別な場所で見ることができず、特に海岸近くではほとんど見かけません。また、私がかつてフロリダで通った高校の名前はクリア・ウォーター・ハイスクールで、実際にその地域にはクリア・ウォーター（澄んだ水）がありましたが、いまはそうではありません。同じように、ここ20年間で世界中の400以上の沿岸水域で水質の悪化が報告され、その数は増え続けています。こうした大きな変化を私は各地で実際に目撃してきました。ですから、本当に心配なのです。

海の大切さを多くの人々に 理解してもらうことが重要

——私たちは、いま、何をすべきなのでしょう。
アール：いまこそが、地球の未来にとって非常に重要な時期であるということを知りたいと思います。そして、私たちには世の中の仕組みを変える力があるのだということに気づいてほしいのです。人間はごく短期間に、海をよくない方へ大きく変えてしまいました。いま、私たちは海を守るために、できる限りのことをする必要があります。まだチャンスは残されて

います。しかし、時間は限られています。これからの10年間で、その先の1万年にとって最も重要なのです。たとえば、大型のサメはもうごくわずかしが残っていません。サメはこれまで3億年間生存してきました。しかしこの50年間で、私たちは大型のサメを壊滅的な状況にまで追い込んでしまいました。このままでは、私たちはサメを見ることができない最後の世代になってしまうかもしれません。サメだけではありません。人間は海のなかの生き物をあまりにも多く捕り過ぎています。もう一つ気になるのは、私たちが排出している二酸化炭素による気候変動です。大気中の二酸化炭素が増えて温暖化が進み、海面水位の上昇が心配されています。それだけでなく、海に溶け込む二酸化炭素が増えて海洋の酸性化が進行しつつあります。これはサンゴ礁だけの問題ではなく、もっと大きな問題につながる、非常によくない知らせです。

——海のことを考えながら生活や社会そのものを変えていくことが、結局は、私たちがよりよい未来を手に入れる方法でもあるのですね。

アール：その通りです。海は地球の「青い心臓」なのです。私たちはもっと「青い心臓」を大事にしていかなければなりません。

——最後に、JAMSTECがこれからどのようなことに取り組んでいくべきか、お考えをお聞かせください。

アール：JAMSTECは、海洋研究のための科学技術の開発という面でも素晴らしい成果を挙げていると思います。

海洋生物学とともに、私の人生のなかで大きな関心事の一つは研究のための新しい技術開発です。JAMSTECは、まさに海洋科学技術の“仕掛け人”といっても過言ではないでしょう。世界の海洋科学技術開発の中心的な役割を果たしていると思いますし、その成果を目にすることは、私にとって非常に刺激的です。一方で、いま、私が大きな関心を寄せているのは、海洋探査だけでなく、多くの人々に海洋を理解してもらい、海とのコミュニケーションを促進するための新しい技術開発・技術応用です。グーグル社の取り組んでいる「グーグル・オーシャン」に、私がかかわるようになった理由もそこにあります。海洋における科学的な研究はもちろん重要ですが、その成果を通して、海洋が果たしている役割やその大切さを多くの人々に伝えることが、いま、とても重要なのです。海洋環境の悪化によって、海だけでなく私たちの未来が危機に陥ろうとしています。その一番の原因は無知です。海がどれだけ重要なのか、その海を私たちがどれだけ変えてしまったのか、それが正しく認識されてこなかったことが最大の原因なのです。JAMSTECには、海洋に関する優れた研究や技術開発を通して、海が私たちを生かしてくれていることを、多くの人々に知ってもらう活動にも力を注いでいただきたいと思います。それは、海洋を深く理解することと同じくらい重要であると思います。海を守っていくこと、これもいまや私たちの大切な仕事の一つになっているのです。

B1



「JAMSTECの優れた海洋科学技術は、とてもエキサイティング」と笑顔で話すアールさん。

東海大学海洋科学博物館

深海とつながる浜辺!?

——駿河湾の深海魚

取材協力：富山晋一 柴田勝重 手塚寛夫・学芸員

駿河湾は、国内で最も深い湾として知られる。海底には海溝（駿河トラフ）が南北に刻まれ、水深は湾口部で約2,500m、湾奥部でも約1,000mに達し、海岸のすぐ近くまで深い海が迫っている。湾内には、河川水が混ざる表層水、太平洋からの黒潮起源の海水、親潮起源の海水、その下に深層水が流れ込む。こうした環境の異なる水塊が存在するため、日本で有数の“生物種の多い湾”といわれる（魚類のみで約1,200種が報告される）。深海性の生物が多いことも駿河湾の特徴だ。

駿河湾の浜辺には、冬に深海生物が打ち上げられることが少なくない。「明らかにありませんが、北西の強い季節風が吹く冬季は、表層海水が沖へ流されて海岸近くで湧昇^{（湧き上がる）}流が発生しやすく、水温が下がり表層水が沈み込んで下層の海水が上昇するなど対流も起きやすいため、深海生物が浅瀬に運ばれるのだろうと考えられています」と東海大学海洋科学博物館の学芸員・富山晋一さんは話す。駿河湾に面した三保半島に位置する博物館付近の浜辺でもミズウオやキュウリエソ、シギウナギ、ハダカイワンの仲間などの深海魚が打ち上がる。「ミホハダカ、ヤベウキエソは、当館の近くの浜に打ち上がった日本初記録種の深海生物です」と富山さん。冬の駿河湾の浜辺は、まさに深海生物の“のぞき窓”なのだ。

博物館では、水深1,000mの海底でカゴ網漁を行うなどして、深海生物の飼育・展示にも力を入れている。館内の水槽には、2008年に新種として記載されたヒメコンニャクウオをはじめ、アカドンコ、テツルモツルなどの珍しい深海生物が数多く展示されている。キンメダイもその一つ。魚屋で見かけるキンメダイは鮮やかな赤色だが、生きている間は銀色がかった淡いピンク色であるなど、深海生物の展示では楽しい発見も多い。「水深300～1,000mの海底にすむアカドンコは、水槽のなかでもほとんど動きませんが、これはエネルギーを無駄にせず、餌の少ない深海底で生き延びる一つの戦略だと思います。地味な姿で、深海魚のイメージとは違うかもしれませんが、じっくり観察してもらい、深海で生きることがどういふことなのか考えてもらえたらうれしいですね」と富山さんは話す。

■ Information：東海大学海洋科学博物館

〒424-8620 静岡県静岡市清水区三保2389
TEL 054-334-2385
URL <http://www.umi.muse-tokai.jp/>



駿河湾・由比沖の定置網に入った雌雄のリュウグウノツカイの標本。雄は5.18m、雌は4.85m。



駿河湾の深海底にすむアカドンコ。頭が大きく、その姿はどこかオタマジャクシにも似ている。体内に水分が多く、触れるとプヨプヨしている。



駿河湾の浜辺に打ち上がったキュウリエソ（上）とミズウオ（下）。どちらも深海に生息する。



腹ビレが吸盤状になっているヒメコンニャクウオ。



両方のハサミ脚を広げると約3mに達する国内最大級のタカアシガニ。



銀色がかった淡いピンク色のキンメダイ。死ぬと体表が真っ赤に染まる。



ゆでると乳製品のような味するため現地ではミルクガニとも呼ばれるエゾイバラガニ。

海のプランクトンから生態系と気候変動の関係を探る

千葉早苗 地球環境変動領域 物質循環研究プログラム
海洋物質循環研究チーム チームリーダー



気候と海洋は、互いに密接な影響を与え合っている。さまざまな周期で起こる気候変動は、海域によって異なる影響を与えながら、そこに棲息する海の生物たちと生態系の変化につながっていく。そして生態系の変化は海洋のCO₂（二酸化炭素）を吸収する能力に変化をもたらす。地球の気候にまで影響を与えることになる。そのとき生物側の主役となるのがプランクトンだ。千葉早苗チームリーダーは、気候変動によるプランクトンの変化がCO₂という物質の循環に与える影響を探る一方で、国際協力のもと、地球規模での生態系の変化を追う一翼を担っている。

JAMSTECの研究室にて

Profile

ちば・さなえ
神奈川県逗子市生まれ。専門は生物海洋学。短大卒業後、海洋科学技術センター（現 海洋研究開発機構）のスタッフとして9年間勤務した後、アメリカの大学に編入。東京水産大学（現 東京海洋大学）にて博士課程修了後、研究者として再び海洋研究開発機構へ。趣味はテニス、スノーボード、ギター、クラブ巡りなど多彩。

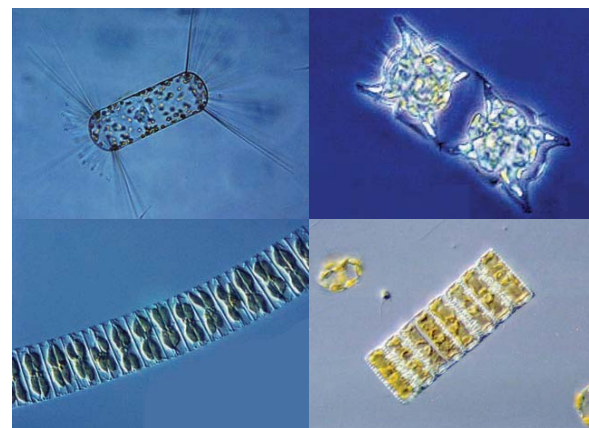
生態系の視点からデータを再分析

—— 海洋に関して、どのような研究をされているのですか？

千葉：過去50年ほどの間に採取され保存されていたサンプルやデータを分析し直し、気候変動に伴う海の状態変化によって、海の生態系がどのように変わってきたのか、そのメカニズムやプロセスを調べる仕事をしています。エルニーニョは5～6年規模での変化ですし、太平洋にはアリューシャン低気圧という10年規模の気候変動があります。もっと長

期では、温暖化という変化もあります。さまざまな時間スケールの気候変化や環境変化に対して生物がどのように変化しているか、これを「生態系の応答」というのですが、それを過去から現在まで調べています。

たとえばある海域で、気温上昇に伴う水温の上昇あるいはCO₂の増加という観測データがあり、一方では生物量の変化というデータがあるとしましょう。水温の上昇やCO₂の増加が、生物の増減に単純に結びつくのではなく、その間



海の植物プランクトン。このような小さな生物の変化が地球環境にも影響を与える。
写真：桑田晃（水産総合研究センター東北区水産研究所）



動物プランクトン。植物プランクトンを食べ、死骸となった後は植物プランクトンが取り込んだCO₂を深海へと運び役割を果たす。

にはいろいろなメカニズムやプロセスがあるはずです。そのプロセスを見ないと、気候変動の予測モデルがうまくつくれないのです。

—— 海の生物にも、いろいろな種類がありますか？

千葉：私が研究しているのはプランクトンです。食物連鎖の下方に位置する植物プランクトン、動物プランクトンの変化を見ます。プランクトンの変化は、水産資源の増減につながるという意味でも大事ですが、その変化が地球環境にフィードバックされるという点でも重要です。植物プランクトンは光合成によって大気から海に溶けたCO₂を取り込み、それを動物プランクトンが食べ、死骸となって深海へ沈んでいきます。人間が排出したCO₂を海が吸収してくれているわけですが、そこではプランクトンが非常に大きな役割を果たしています。温暖化の影響でプランクトンの数が増えたり減ったりすると、海がCO₂を吸収する能力も変わってしまいます。地球環境を考える上でも、プランクトンが変化するメカニズムを知っておくのは大事なことです。

事務職を経て研究者へ転身

—— 海洋の研究をしたいと思われたきっかけは？

千葉：生まれが逗子なので海に近く、年中海に行っていました。母が海や山の食べられる生物をいろいろ知っていました。生き物や自然が好きで、なじんで育ってきたというのが最初にあると

思います。

でも、ティーンエイジャーになると、おしゃれやアルバイトの方が面白くなりました。いまでは「13歳のハローワーク」など職業に関する本がたくさんありますが、私のころはありませんでした。もしそのとき「研究者になりたい」と思ったとしても、あまりに遠い存在で、どうしたらいいかわからなかったと思います。

—— 最初は事務系スタッフとしてJAMSTECに就職されたそうですね。

千葉：高校生になって、進路についてまず考えたのは「自分で食べていくためにはどうするか」ということでした。一日も早く経済的に自立したかったのです。当時、女子は「短大卒で英語ができる人」が就職が一番有利だったので、推薦で短大に進学しました。そのころは、自分が研究者になるなんて思いもよらず、お給料のいい東京の一部上場の商社に勤めたいと思っていましたが叶わず、最終的にJAMSTECに就職することになりました。

役員秘書の仕事を経て、JAMSTECを退職するまでの約3年間は、現在の国際課に当たる部署で外国の研究者のお手伝いや国際協力関係の仕事をしていました。その仕事を通して、外部の研究者や生物の研究者と話す機会があったのです。もともと生物が好きだったので、話をしているうちに、まじめに自分のキャリアを考えるようになりました。もう一度きちんと勉強してみようと思い、大学に入り直すことにしたのです。

海外の研究者に刺激を受ける

—— 日本ではなくアメリカの大学を選んだのはなぜですか？

千葉：私はそのとき29歳でした。日本で大学受験からやり直すのは大変です。国際課の仕事で知り合った米国海洋大気庁（NOAA）の研究者が、「自分の卒業した大学を紹介するからその3年に編入すればいい」といってくれました。アメリカの大学では理系・文系は関係ありません。そこに2年通って学士を取得し、その後東京水産大学（現 東京海洋大学）で博士課程を取って研究者になり、運良くまた、JAMSTECに就職することができました。

そのNOAAの知り合いは、クジラやイルカなど海洋哺乳類が専門でした。私はアメリカで貯金を切り崩しながら勉強していましたが、さらにワークスタディという形でクジラやイルカの研究グループで働きながら大学へ通いました。ですから当時は船に乗ってクジラやイルカを追いかける調査も仕事として行っていました。



小学生時代、実家近くの逗子海岸で。中央が千葉さん。



アメリカでの学部生時代、クジラを追いかけて大西洋に。



大学院時代、浮遊生物学教室の仲間と乗船調査。

帰国後、哺乳類関係に進むことも考えましたが、環境とのかかわりのなかで生物の研究をしたいと思いました。そこで海洋環境の一部として生物を取り扱う分野である生物海洋学を専攻し、大学院時代は南極のプランクトンを中心に観測に出かけていました。要するに、観察する生物が大きいものから小さいものに変ったわけです。

——仕事を退職し、キャリアを変更することに不安はありませんでしたか。

千葉：欧米ではキャリアを変えることは珍しくないですし、何のマイナスにもなりません。NOAAの友人だけではなく、出会った海洋生物学者はみな、楽観的でした。「やりたいのならやればいい。何でやらないの？」といわれて、「そうか」と思ったのです。そのとき日本人とだけ話していたら、あきらめていたかもしれません。

日本に戻ってくると何事にも年齢制限があるので、私は研究資金取得の際にも「若手研究者」枠で優遇されず、キャ

リアのある研究者と真っ向から勝負しななければいけません。その代わり人生経験があるので、プロポーザル（提案書）の文章もうまく書けるし、社会の機微が分かっているという利点があります。また、私の研究テーマはチームで取り組むものですから、人生経験があることはプラスになりますね。

海洋研究には国際協力が不可欠に
——JAMSTECに戻ってからの仕事

千葉：そうですね。日本はさまざまな場所で観測をしており、データもサンプルもたくさんありますが、論文としてまとまっていないという状況がありました。また2000年以降、気候変動や温暖化の生態系への影響が重要だといわれ始め、世界の海洋先進国が協力して古いデータを見直し、各海域での成果を総合的に見ようという動きが加速しました。何か大きな気候変動があればアメリカ、カナダと協力して太平洋での比較研究を行

いますし、国際組織のもとで大西洋と比較します。これに南半球の研究グループも参入し、世界的に昔のサンプルデータを使って生態系の長期変動の地球規模比較をしようとしています。私はちょうどそのなかで研究を行ってきました。

実は、アリューシャン低気圧やエルニーニョといった気候の変化に対して、太平洋の東西では違った応答をし、暑くなったり寒くなったりするサイクルも東西で逆です。そうすると、生態系の応答も違ったものになります。

重要なのは、温度変化があると植物プランクトンが爆発的に増える時期がずれることです。冬が寒い年はこの時期が遅れ、暖かい年は早くなります。プランクトンは寿命が短いため応答も早く、温暖化によって増える時期が早くなると、分布場所も変わってしまいます。このずれは漁獲量に影響を与えます。日本周辺の魚は南方で産卵し、成長しながら餌の豊富な三陸沖へ行きます。単純にプランクトン量の増減だけではなく、その時期がずれることも魚にとっては問題になります。

日本周辺の魚についてはまだ仮説の段階ですが、北大西洋では、そのずれが水産業に影響を与えるというはっきりしたデータが出ています。北大西洋で80年代からタラが激減したのは、海の温暖化によってタラが食べるプランクトンの増える時期と分布の位置が変わってしまったためだったのです。

以上のように、まず海洋環境が気候変動の影響で場所ごとに違った応答をし、さらに生態系も水温の上下に対して地

域ごとに異なった応答をします。その違いをすべて含めて見ていかないと、温暖化で地球全体がどう変わるのかは分かりません。ですから国際協力を通じて海域比較研究をしながら考えていく必要があるのです。

変化の全体像をとらえるために

——今後の研究計画は？

千葉：一つはJAMSTECの物質循環研究プログラムの仕事です。亜寒帯に位置するカムチャツカ横のK2という定点で、ワイヤーでつなげた係留系に「セジメントトラップ」という装置を1年間継続して入れ、生き物の死骸など上から落ちてくる粒子を集めています。季節ごとの海洋観測もその場所で行い、セジメントトラップに落ちてくる中身の変化によって、浅い海の生物の働きと生態系の変化を見る観測をします。いままで私は気候から生態系の変化までをやってきたわけですが、今度は生態系が変化することで、海が吸収したCO₂が生物の死骸としてどれだけ下に落ちるかを見ていくことになります。そのチームリーダーとして、これまでの生態系のメカニズム研究を、炭素の輸送という物質循環に結びつけたいと思っています。

もう一つは国際協力による連続プランクトン採集器（CPR）によるプランクトンの継続調査（モニタリング）です。CPRとは大西洋や太平洋を横断するタンカーの後ろにワイヤーでくっつけて引っ張る観測機器で、航海中ずっとプランクトンを捕り続け、その数や種類を調べて連続データを得る装置です。大西洋では1950年くらいから継続し、非常に密な

北極海調査中の「みらい」船上。プランクトンネットで、プランクトンを集める（左）。とても寒いので厚着をして作業にあたる千葉さん（右）。



データが取れています。2000年からは、イギリスのアリスター・ハーディ研究所と、カナダ、アメリカの研究所が国際組織を通じて協力し、太平洋を横断するラインで行っています。

今年度から私が外部資金を取得し、日本側として参入することにしました。私の得意分野は国際的なネットワークづくりなので、それを生かしてがんばっていききたいと思います。

CPRの利点は、同じ手法で世界中の海をモニタリングできることです。電気系統を使わず操作が簡単、研究者が乗船せずタンカーやフェリーに頼めるので、ローテク・ローコストです。それは将来的にさまざまな国が参入できる可能性にもつながります。ただ、複雑な生物の働きを理解するためには、それだけでは得られる情報が限られているので、K2（西部北太平洋に設けた観測点）で実施しているようなハイテクな自動観測や、調査船で定期的かつ集中的に調査することも必要になります。一方でこれらの調査はごく限られた海域でしかできません。ですから、CPRのようなローテク広

域観測とハイテクポイント観測とを組み合わせることで、初めて地球規模の生態系の変化を追うことができるのです。人工衛星による宇宙からのリアルタイムな生物モニタリングももちろん重要な要素になります。

——最後に、これから進路を選ぶ世代にメッセージを。

千葉：よく「好きなことを仕事にしていけない」といいますが、よい仕事をするためには好きなことをこそ、やるべきです。そして、変化を恐れてはいけません。やってみて考えが変わったら、進路なんていつでも変えていいのです。私の経験からいうと、がんばっていれば必ず見てくれている人がいて道は開けます。恐れず自由にやってほしいですね。

もし高校生くらいで、当時の私のようにやりたいことが分からないのなら、とりあえず何かやってみて、これと思うものが見つかったときに集中すればいい。恋愛したり趣味を持ったりして世界を広げましょう。研究者に限らず、かっこよく仕事をしている人は、広い趣味を持っていますよ。

【6】



1998年の南極調査。オーストラリアの砕氷船「オーロラ・オーストラリス」と千葉さん（左）。このときは氷に閉じ込められて動けなくなり、日本の砕氷船「しらせ」が救助に来た（下）。



セジメントトラップ

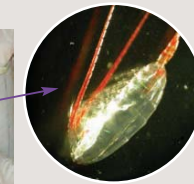
連続プランクトン採集器（CPR）



1920年にアリスター・ハーディというイギリスの海洋研究者が設計。タンカーに引っ張ってもらうローテクの採取器。



水と一緒に入ってきたプランクトンをメッシュの袋でとらえて巻き取る。10マイル分ごとに線が引かれているので、後でどの場所で採取されたのか分かるしくみ。

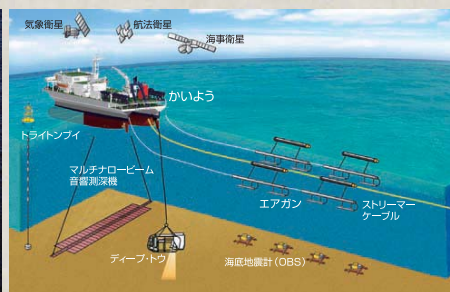




広い甲板スペースと揺れの少ない船体構造で
さまざまな海洋調査・観測研究に幅広く対応

海洋調査船 「かいよう」

Research Vessel KAIYO



ストリーマーカーケーブルを用いた反射法、海底地震計を用いた屈折法による海底下構造探査をはじめ、「ディープ・トウ」による深海調査、マルチナロービーム音響測深装置による海底地形調査など、多彩な調査活動に活躍する「かいよう」。

誕生時は海中作業実験船

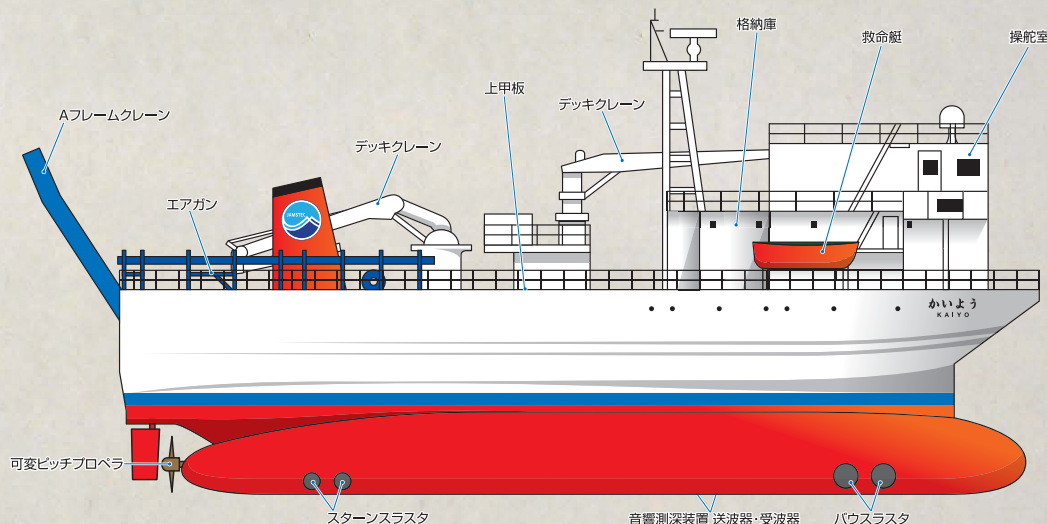
海洋科学技術センター（現・海洋研究開発機構）は、発足時から約20年間にわたって、日本近海に広がる大陸棚の開発に必要な水深300mまでの飽和潜水作業技術の確立と海中作業システムの研究開発（ニューシートピア計画）に取り組んできた。そのための各種洋上実験を、効率よく実施するための海中作業実験船として開発・建造されたのが「かいよう」だった。

1985年に竣工した「かいよう」の最大の特徴は、SWATH（スワス）型と呼

ばれる半没水型双胴船型を採用している点だ。船体下部の水面下には、ちょうど深海巡航探査機「うらしま」を2基並べたような没水船体が据えられ、ストラットと呼ばれる脚部で海上の船体と結ばれている。これにより、一般の単胴船に比べて波浪による船体の動揺が格段に小さく、広い甲板スペースが確保できるなど、洋上実験を安全で効率よく実施するための高い機能性を生み出している。さらに、2基の主推進器に加え8基のスラストを用いて船位を一定に保つ自動船位保持システ

ム（DPS）や、海底地形を把握するためのマルチナロービーム音響測深装置も建造当初から備えている。そして建造時には、船上には潜水作業実験を行うための船上減圧室（DDC）や水中エレベータ（SDC）が設置されていた。「かいよう」の登場によって潜水作業実験は大きく進展し、88年には300m潜水実験に成功するなど、90年の最終潜水実験まで、海中作業技術・潜水システムの確立に多大な貢献を果たした。

この他にも、曳航式深海底調査システ



■ 船体データ

全長	61.5m	航続距離	約6,200マイル
幅	28.0m	定員	60名（乗組員29名、研究者等31名）
深さ	10.6m	主発電機	ディーゼル機関（1,250kW×4基）
喫水	6.3m	主推進機関	誘導電動機（860kW×4基）
国際総トン数	3,350トン	主推進方式	可変ピッチプロペラ×2軸
航海速度	約13ノット		

■ 主な研究設備

曳航式深海底調査システム「ディープ・トウ」の潜航支援システム、マルチナロービーム音響測深装置、海底地震計屈折法システムなどを搭載。

ム「ディープ・トウ」による深海調査、マルチナロービーム音響測深装置による精密地形調査、さらには海洋レーザや音響トモグラフィーなどの観測機器・技術の開発や試験、生物資源調査など、「かいよう」はさまざまな研究に活用されてきた。

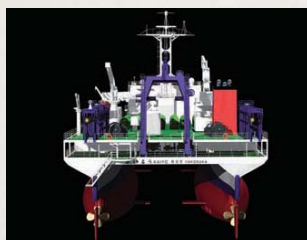
87年には、日仏協力による北フィジー海盆リフト系調査で熱水活動を発見するなど、初の本格的な長期外洋行動でも高い成果をあげている。

海洋調査船として新たな船出

1990年以降は、潜水作業実験に用いられてきたSDC-DDCシステム関連設備が順次陸揚げされ、海洋調査船として深海調査研究や海洋観測研究での本格的な運用が開始された。テニスコートほどの面積を持つ広い甲板スペースを生かして、100基に及ぶ大量の海底地震計を輸送・設置・回収する作業を担うといった地震波探査の研究でも活躍している。また、95年の阪神・淡路大震災では医療関係者の宿泊を受け入れるなど、災害支援業務

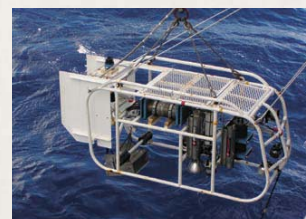
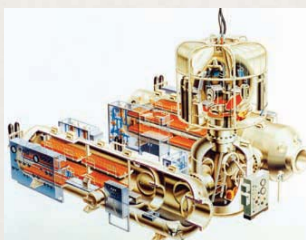
にも用いられた。

98～99年には、マルチチャンネル反射法探査システム（MCS）を船体に装備する改造工事を実施した。音波を発振するエアガンを用い、「かいよう」が曳航するストリーマーカーケーブルで海底からの反射波を受波し、海底下深部の構造を解析するシステムだ。これにより、海底地震計を用いた地震波構造探査（屈折法）とともに、反射法による探査も可能で、地震研究をはじめ深海掘削のための事前調査などで大きな貢献を果たしている。



船尾側から見た「かいよう」。半没水型双胴船型と呼ばれる船体構造で広い甲板スペースを有する。

左図は建造時に「かいよう」に設置されていた船上減圧室（DDC）と水中エレベータ（SDC）。DDCでダイバーを作業水深相当の圧力まで加圧し、SDCで所定深度まで降ろす（右図）。



ソーナーやカメラを搭載し、海中でのさまざまな調査に活用される「ディープ・トウ」。



地震波構造探査を行うため、「かいよう」の甲板上に並べられた100基に及ぶ海底地震計。



広い作業スペースを持つ「かいよう」船上で行われる海底地震計のデータ取り出し作業。

海で生まれる大陸 伊豆—小笠原—マリアナ弧

(2009年7月18日 第99回地球情報館公開セミナーより)



地球内部ダイナミクス領域
地球内部ダイナミクス発展研究
プログラム プログラムディレ
クター

異 好幸

たつみ・よしゆき。1954年、大阪府生まれ。1983年、東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。京都大学総合人間学部教授。同大学院理学研究科教授。東京大学海洋研究所教授などを歴任し、2001年より海洋科学技術センター固体地球フロンティア研究システム領域長。2006年より海洋研究開発機構地球内部変動研究センタープログラムディレクター、2009年より現職。専門はマグマ学。日本地質学会賞のほか著作多数。

マグマとは地球のなかが高温状態になって溶けたもので、火山噴火では溶岩として地表に現れます。医者が人間の体をCTスキャンを使って調べるのと同じように、科学者は地震波で地球の内部を調べ、さらに地表に現れた溶岩などを手がかりに、地球内部の姿に迫ろうとしています。

「大陸は海で生まれる」という最新の仮説は、海洋研究開発機構(JAMSTEC)による伊豆・小笠原・マリアナ弧の集中探査「プロジェクトIBM[®]」の結果から、生まれました。そしていま、その仮説を確かめるため、地球深部探査船「ちきゅう」の掘削による検証が待たれています。※IBMとは、伊豆、ボニン、マリアナ弧(Izu, Bonin, Mariana Arc)の頭文字。小笠原諸島は「無人島」の英語なまりからボニン・アイランズと呼ばれる。

地球の年齢はどうやって分かるのか

地球はおよそ46億年の歴史があるといわれますが、その数字はどこから導きだされたのでしょうか。まず考えられるのは地球上にある一番古い石の年代です。岐阜県の上麻生礫岩は現存する日本最古の岩石で約20億年前のものといわれています。世界に目を向ければ、南極のナビア岩体やカナダのアカスタ片麻岩など40億年前のものが確認されています。鉱物では西オーストラリアで44億年前のジルコンが採取されていて、これが現時点で地球最古の年代を示すものです(図1)。

しかし、地球上の鉛鉱床や隕石の同位体比を調べると、一番古い年代は45.5億年であることが分かります。隕石は地球が太陽系のなかで生まれたときに同時にできた惑星の小片ですから、それが示す年代は地球の誕生とほぼ同じはず。それなのに、地球最古の岩石と隕石の年代に差があるのは、岩石の放射年代はマ

グマが冷えて固まったときからの時間経過を示しているからです。つまり、2つの年代、45.5億～40億年の間は、まだ地球の表面が溶けたマグマの海でおおわれていたと考えられるのです。

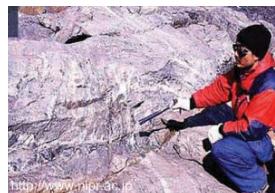
地殻が分かればマントルも分かる

地球は太陽系の微惑星やそのかけらが重力で集まって誕生しました。それらが衝突を繰り返して体積が大きくなるにつれて、重力による位置エネルギーと運動エネルギーも増大し、地球は徐々に高温になりマグマができます。しかし、隕石に含まれた硫酸や水蒸気、塩化水素、二酸化炭素などはマグマに溶け込まず、火山ガスのように放出され、重力によって地球のまわりに溜まり原始大気を形成します。大気は熱を封じ込め、地球はさらに高温となりマグマの海におおわれます。その後、隕石の衝突が収まると地球は徐々に冷え始め、表面の固化した岩石はマントルに、中



http://www.02.kani.or.jp

岐阜・上麻生礫岩



http://www1.tokai.ac.jp

南極・ナビア岩体



http://www1.tokai.ac.jp

西オーストラリア・ジルコン

図1 地球の年齢の手がかりとなる最古の岩体、鉱物

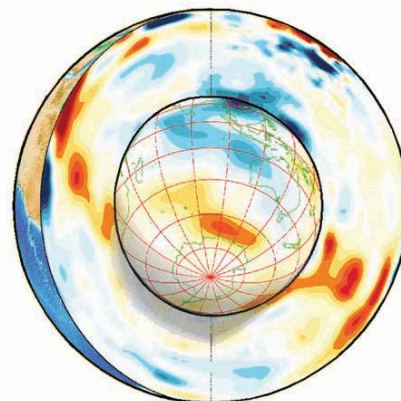


図2 地震波トモグラフィーによる地球内部構造
赤い部分は地震波の速度が遅く温度は高い。青い部分は地震波の速度が速く温度は冷たいことを示す。

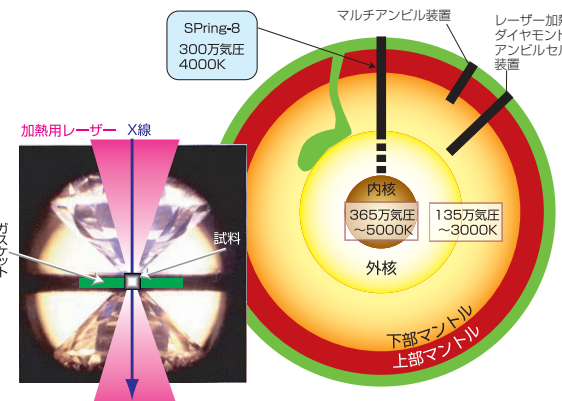


図4 地球の内部構造
地球の内部を簡単に模式化したもの。さまざまな装置を使って、その中心部の環境下における実証実験が進められている。

図3 ダイヤモンドアンビルの図解
台形に削ったダイヤモンドの先端に気密性を保つガスケットに入れた試料をはさみ、加圧した状態でX線などを使った実験を行う。

心に沈んだ鉄分は核となり、現在の地球の姿となる。やがて地球全体が冷えてきた雲が、原始大気の成分を含んだ強い酸性の雨を降らせました。この酸性雨が地殻のなかのナトリウムやマグネシウムなどを溶かしたため、海水は塩辛くなった。このように、地球は隕石のなかにあった成分で成り立っています。逆にいえば、隕石の成分から地球の核と地殻の成分を引けばマントルの組成もある程度分かるということになります。

地球のなかを調べる

現在、地球の内部は「地震波トモグラフィー」という方法を使って調べます。地震の波の伝わり方を調べることで、CTスキャンで人間の体を調べるのと同じように地球のなかをのぞくことができます。地震波の伝わる速度は密度と関係しており、密度が大きい方が伝わる速度も大きくなります。密度は温度と関係しているため、この方法でマントルを見ると、熱いものがわき上がっている「ホットブルーム」と呼ばれるところ、冷たいものが下降して溜まっているところ「コールドブルーム」を確認することができます(図2)。

また、地球内部を調べるには超高压実験という手法もあります。女性のハイヒールで足を踏まれると非常に痛いですね。これは、全体重がハイヒールの細い先に集中してかかるからです。超高压発生装

置「ダイヤモンドアンビル」はこの原理と同じもので、先端を数十ミクロンに削った2つのダイヤモンドの間に試料をはさんで高圧をかけることで地球内部と同じくらいの圧力環境を再現します(図3)。ダイヤモンドは光やX線も通すため、加圧したままレーザーで試料を加熱したりX線で内部を見たりすることもできます。兵庫県にある大型放射光施設「SPRING-8」を使えば、さらに強力なX線を使った詳細なデータが得られます。地球中心部の圧力は約365万気圧と考えられていますが、私たちはこうした実験装置を使ってすでに300万気圧までの実証実験を行っています。地球の中心部まであとひと息で到達できそうです(図4)。

もう少し浅い地殻の様子は海洋探査で調べます。船上からエアガンを発射して人工地震を起こし、地震波の反射や屈折を海底地震計やストリーマーカーブルという受振装置で受けて物質構造を調べるのです(図5)。

このような調査によって地球の内部構造はかなり明らかになってきました。地球の中心までの距離は6,370km、温度は約5,000℃。熱い鉄分からなる核と岩石の層、マントルの境界までは2,900km。上部マントルと下部マントルの境界は約670kmです。地殻の厚さは平均すると50kmほどしかありません。地球を卵にたとえると、地殻はまさに卵の殻の様な状態です。

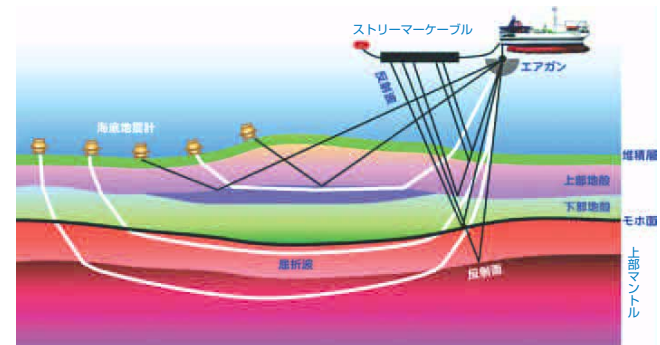


図5 海洋探査図
調査船につり下げたエアガンから圧縮空気を発射して人工地震波を起こし、その反射をストリーマーカーブルや海底地震計で受けて構造を調べる。

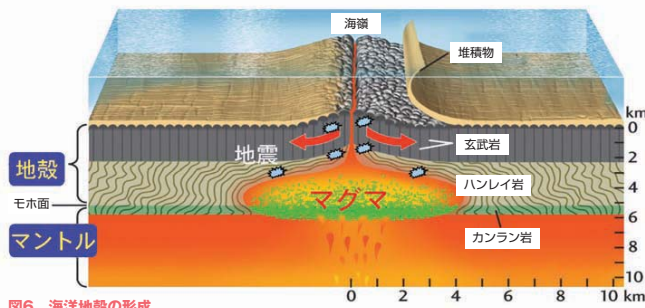


図6 海洋地殻の形成

海をかたちづくる海洋地殻

地球をおおう地殻は、海洋地殻と大陸地殻に分けられます。

海洋地殻は平均約6kmほどの厚さで、海嶺という海底の巨大山脈で生まれます。海洋地殻は海嶺から横に広がり、海溝部で沈み込みます。たとえば太平洋プレートは東太平洋海嶺で生まれ、日本列島の手前の日本海溝で沈み込んでいます。テーブルクロスのように、地殻はプレートが沈み込む力で引っ張られて海嶺付近で割れ、そのすき間を埋めるようにマントルが上昇

しています。上昇したマントルは圧力と温度の変化から溶けてマグマとなり、それが再び固まって地殻となるのです(図6)。海洋地殻はシリカ(SiO₂: 二酸化ケイ素)が約50%の玄武岩質の岩石です。

一方、大陸地殻の厚さは平均約60kmと海洋地殻に比べて非常に厚く、多くの種類の岩石から構成されています。地震波でその構造を調べると、P波(縦波)の速度は平均6.4km/s、この数値に相当する岩石はシリカの割合が約60%の安山岩のようなもので、海洋地殻とは違うことが分かります。大陸地殻の体積は地球の全質量の0.4%ほ

どしかありませんが、このわずかな場所にシリカをはじめとした軽元素が、ほかの部分に比べて高い濃度で存在しています。

地球は密度の大きいマントルの上に、密度の小さい地殻が浮かんでおり、これをアインスタシー(地殻均衡)といいます。海洋地殻と大陸地殻を比べると、大陸地殻の方が密度が小さいため、分厚い大陸地殻は相対的に高く浮かび上がり、海洋地殻はくぼんだ地形になります。

このように、海をかたちづくる海洋地殻は、大陸地殻とはでき方も組成もまったく異なっています。

大陸は海から生まれる

足元に大陸がない日本は、大陸地殻の形成論の研究では欧米に後れをとっていました。しかし、現在JAMSTECでは、東海、東南海、南海地震の想定震源域の解析にも威力を発揮するよう、海域に海底地震計を1km間隔で400台設置し、ストリーマーケーブルも数km規模の海底底下構造調査装置を所有しています。これほどの装置を運用する機関は世界でもJAMSTECだけです。こうした装置を使って、私たちは2003年以来、伊豆—小笠原—マリアナ弧を調べる大規模な科学調査「プロジェクトIBM」を実施しています(図7)。

プロジェクトによる精密なデータから、海洋地殻のなかに平均地震波速度6.1〜6.5km/sの層が確認されました(図8)。これは大陸地殻に相当する値で、海洋地殻のなかで大陸地殻が形成される可能性を示唆する、誰も予測しなかった大発見でした。さらにIBM全域で同様の層が

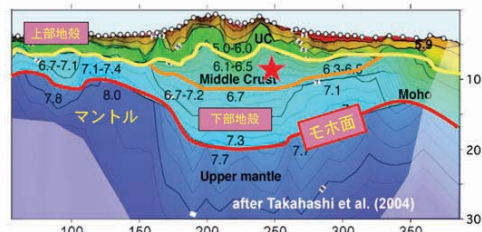


図8 IBMに確認された大陸地殻形成の痕跡

図7の北緯19度付近、西マリアナ海嶺部分の断面図。マントル付近の速度は約8km/s、上部地殻は7km/sとその境界で地震波のジャンプがあり、★の部分に不連続面という大きな地震波の反射面が確認された。これは大陸地殻がここで形成されることを示唆している。

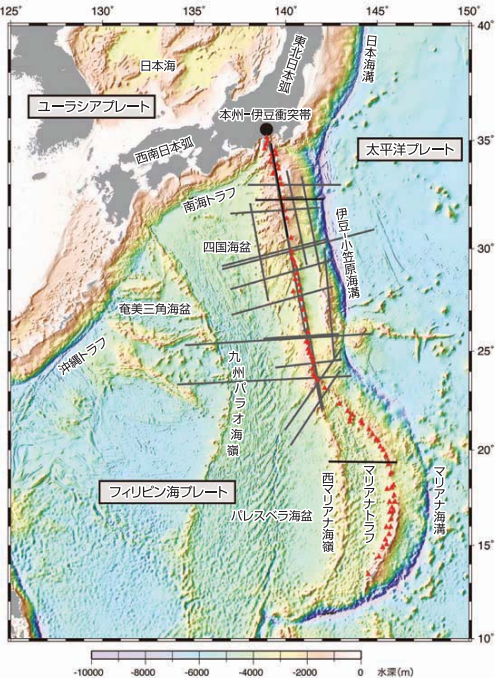


図7 IBMプロジェクトの調査地域

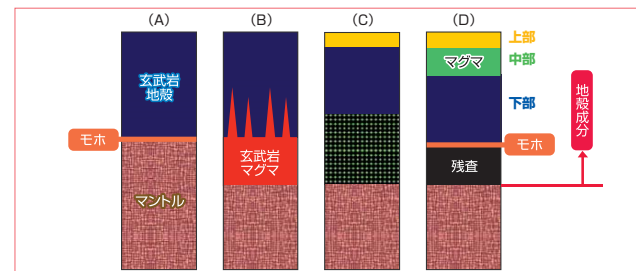


図9 大陸地殻形成の仮説モデル

マントルと地殻はモホ面を境界としている(A)が、その境界では玄武岩マグマの熱が地殻を溶かし、シリカの多い液体(緑の部分)と残渣(黒い部分)に分かれる(C)。軽い液体は上に溜まり大陸地殻に相当する中部地殻になり、残渣はモホ面を透過して海洋地殻の下に降下する(D)。

確認され、「大陸は海から生まれる」という新しい仮説が導かれることになったのです。

マントルと大陸地殻の巧妙なやり取り

マントルが溶けてできるマグマはシリカ50%の玄武岩質で、それが固まって地殻となりますが、その内訳はシリカ70%の花崗岩(上部地殻)、シリカ60%の安山岩(大陸地殻)、シリカ50%の玄武岩(海洋地殻)です。3つを平均するとシリカは60%で、元の玄武岩とは組成も変わりシリカ成分も10%増加しています。その謎をモデル実験で考えてみました(図9)。

まず、溶けたマントルが固まり玄武岩ができます。沈み込み帯では、溶けたマントルが地殻に付着して続々と上がってきて、その熱で境目の玄武岩を再び溶かし、今度はシリカの多い液体と溶け残り(残渣)ができます。液体は軽いので上に溜

まり大陸地殻に相当する中部地殻になります。私たちは、その際にモホ面が残渣の上に移動すると考えました。さらに、モホ面は物質の境界ではなく、物質が通過する透過性のある面だと仮定します。すると重い残渣は海洋地殻の下まで沈んで鉄やマグネシウムをマントルに吐き出し、その結果、地殻部分のシリカが増えると考えたのです。その仮説から予想される地殻やマントルの地震波速度の構造は観測値とほぼ一致し、IBMで大陸地殻が生まれることが、一段と現実味を帯びてきました。

また、このモデリングによって玄武岩の融解残渣は実はマントルよりも重いことが分かりました。そうすると、残渣はモホ面を通じてマントルの底まで沈んでいくはずで、別の調査によってホットスポットのようなブルームが上昇する場所、その残渣が利用されているというデータもとれ

ました。この仕組みを私たちはサブダクションファクトリー(沈み込み工場)と呼んでいます(図10)。プレートというベルトコンベアに載って運ばれた海洋物質は、海嶺の工場で火山やマグマ、火山ガスを吐き出し、地震という震動を起こしながら大陸地殻をつくります。工場からは海洋地殻、堆積物、そして再融解した玄武岩の残渣という廃棄物が生まれ、それがブルーム現象の原料に再利用される。地球は実に優秀なゼロエミッション工場だったのです。

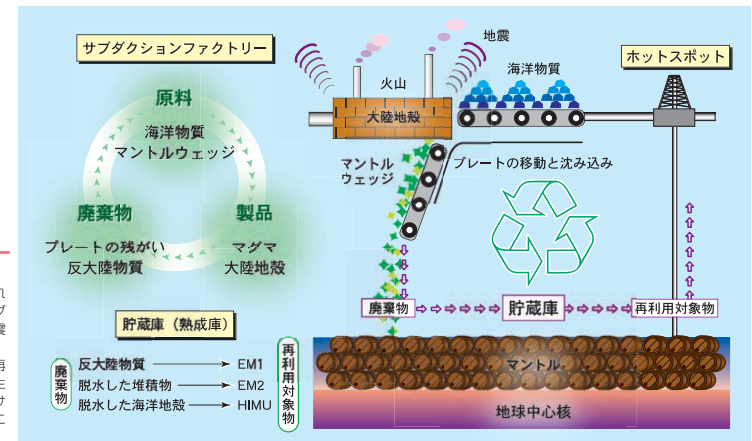
「ちきゅう」の挑戦

「大陸は海で生まれる」という仮説はモデル計算では確認されましたが、実際に海底下に存在するIBMの地殻から大陸地殻と同じ石を採集しなければ真の検証とはいえません。そこで登場するのが地球深部探査船「ちきゅう」による掘削プロジェクトです。「ちきゅう」は人類史上初めて、マントルや巨大地震発生域である大深度掘削を可能にした世界初のライザー式科学掘削船で、海底下7kmを掘り進み海洋地殻を貫くことができます。その最初の目標は海溝型地震や津波現象の解明ですが、さらに私たちはプロジェクトIBMの検証をしたいと考えています。すでに調査計画の概要もまとまっています。

地球には46億年の歴史があります。しかし、私たちはさらにその未来、47億年後の地球の姿も考えてみたい。そのためには、まず地球の内部を調べ、過去の歴史を明らかにすることが重要なのです。[B]

図10 サブダクションファクトリーの模式図

プレートというベルトコンベアで運ばれた海洋物質は、海嶺の工場で火山やマグマ、火山ガスを吐き出し、地震という震動を起こしながら大陸地殻を製造する。工場からは海洋地殻、堆積物、そして再融解した玄武岩の残渣という廃棄物が生まれ、それがブルーム現象の原料にリサイクルされる。地球は実に優秀なゼロエミッション工場といえる。



編集後記

特集「海から拓く地震研究の未来」は、いかがだったでしょうか？ JAMSTECが海底で起こる地震観測の研究を着実に推し進めているのがご理解いただけたことと思います。

さて、この特集でも所々出てくる海底地形図ですが、現在、これらのほとんどは、観測船などに装備された、マルチナロービーム測深機によって作成されています。いささか旧聞になりますが、あのGoogleが「Google Earth」のサイトで世界中の海底地形図の公開を始めたのでご覧になった方々も多いと思います。

この海底地形図がちょっとした話題になりました。2009年2月に「Googleが「失われた都市」アトランティスを発見?！」という記事が報じられたからです。これによると、「現在、イギリスを中心に噂となっているもの。『Googleマップ』および『Google Earth』で、大西洋（アフリカ大陸沖、カナリア諸島の600マイル西あたり）のある位置を見ると、人工の建造物のような海底地形（ウェールズとほぼ同サイズ）が見られ、これこそが失われた都市として有名な“アトランティス”ではないか!?!」というわけで、国内外のいくつかのメディアがこの話題をとり上げました。これが本当なら大変な発見ですが、2月21日、Googleが正式見解を発表しました。「これらの痕跡は、あくまで情報収集プロセスの痕跡です。（『Googleマップ』および『Google Earth』の）海底地形データは、ソーナーを使ってボートから収集しています。今回のマップのラインは、そのデータを集める際に、ボートの進路を反映した筋道が残ったと思われる。これらのラインのそれぞれの間に空白があるという事実は、まだまだ私たちが本当に海底のことが分かっていないことを示しています」というものです。

分かってしまえば、ナーンだということなのですが、ただ、陸上の地図ではありえないようなことが、このような話題になるということは、いまだに海底は、多くの人にとって神秘の世界であることを示しているのかもしれませんが、ちなみに、JAMSTECが公開する海底地形図は、『Blue Earth』誌通巻98号（2008年11-12月号）にも詳しく解説されていますが、きちんと品質管理されていますので、こうしたことは決して起きません。念のため！（T.T）

海と地球の情報誌 『Blue Earth』 第21巻 第5号（通巻103号） 2009年12月発行

発行人 他谷康 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部
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 事業推進部 広報課
Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 株式会社ミュール
ディレクション 前田和則
取材・執筆・編集 滝田よしひろ／荒谷良孝／秋谷美也子／山崎玲子／柏原羽美
デザイン 山田浩之

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①～⑤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 神奈川県横浜市区金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 事業推進部 広報課
TEL.045-778-5406 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11月1日現在

独立行政法人海洋研究開発機構の研究機関につきましては、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JHI	神戸ペイント株式会社	株式会社鶴見精機	株式会社日立プラントテクノロジー
株式会社アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド	広和株式会社	株式会社デザック	深田サルベージ建設株式会社
株式会社アイクイエス	国際気象海洋株式会社	寺崎電気産業株式会社	株式会社フジクラ
アイワ印刷株式会社	国際警備株式会社	電気事業連合会	富士ゼロックス株式会社
株式会社アクト	国際石油開発帝石株式会社	東亜建設工業株式会社	株式会社フジタ
株式会社アサソー ディ・ケイ	国際ビルサービス株式会社	東海交通株式会社	富士通株式会社
朝日航洋株式会社	五洋建設株式会社	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
アジア海洋株式会社	相模運輸倉庫株式会社	東京海上日動火災保険株式会社	物産不動産株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	佐世保重工業株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	古河総合設備株式会社
泉産業株式会社	三建設工業株式会社	東北環境科学サービス株式会社	古河電気工業株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	株式会社ジーエス・ユアサ テクノロジー	東洋建設株式会社	古野電気株式会社
株式会社エス・イー・エイ	JFEアレック株式会社	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	財団法人塩事業センター	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データCCS	有限会社システム技研	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NTTファシリティーズ	シナノン株式会社	株式会社中村鉄工所	株式会社丸川建築設計事務所
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	清水建設株式会社	西芝電機株式会社	株式会社マルタン
株式会社MTS雪氷研究所	シュルンベルジェ株式会社	西松建設株式会社	株式会社マルトー
有限会社エルシャンテ追浜	株式会社商船三井	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OCC	社団法人信託協会	株式会社日産クリエイティブサービス	三井住友海上火災保険株式会社
沖電気工業株式会社	新日鉄エンジニアリング株式会社	ニッスイマリン工業株式会社	三井石油開発株式会社
株式会社海洋総合研究所	新日本海事株式会社	ニッセイ同和損害保険株式会社	三井造船株式会社
海洋電子株式会社	須賀工業株式会社	日本SGI株式会社	三菱重工業株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	鈴鹿建設株式会社	日本海洋株式会社	株式会社三菱総合研究所
鹿島建設株式会社	スプリングイトサービス株式会社	日本海洋掘削株式会社	株式会社森京介建築事務所
株式会社川崎造船	住友電気工業株式会社	日本海洋計画株式会社	八洲電機株式会社
株式会社環境総合テクノス	清通電設株式会社	日本海洋事業株式会社	郵船商事株式会社
株式会社関電工	石油資源開発株式会社	社団法人日本ガス協会	郵船ナブテック株式会社
株式会社キュービック・アイ	セナードバーンズ株式会社	日本興亜損害保険株式会社	ユニバーサル造船株式会社
キーウェアソリューションズ株式会社	株式会社損害保険ジャパン	日本サルヴェージ株式会社	レコードマネジメントテクノロジー株式会社
共立インシュランス・ブローカーズ株式会社	第一設備工業株式会社	社団法人日本産業機械工業会	
共立管財株式会社	大成建設株式会社	日本水産株式会社	
極東貿易株式会社	大日本土木株式会社	日本電気株式会社	
株式会社きんでん	ダイハツディーゼル株式会社	日本ビュレット・バックカード株式会社	
株式会社熊谷組	大陽日酸株式会社	日本マントル・クレスト株式会社	
クロバテック株式会社	有限会社田浦中央食品	日本無線株式会社	
株式会社グローバルソリューションズ	高砂熱学工業株式会社	日本郵船株式会社	
京浜急行電鉄株式会社	株式会社竹中工務店	株式会社間組	
KDDI株式会社	株式会社竹中土木	濱中製鋼工業株式会社	
株式会社ケンウッド	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	
株式会社構造計画研究所	中国塗料株式会社	株式会社日立製作所	

独立行政法人 海洋研究開発機構の研究機関

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）	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 神奈川県横浜市区金沢区昭和町3173番25 TEL.045-778-3811（代表）	国際海洋環境情報センター 〒905-2172 沖縄県名護市字豊原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字北関根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11回全国児童

「ハガキにかこう
海洋の夢絵画コンテスト」

海洋への関心が高まる今日、未来を担う子どもたちの海洋への夢や憧れ、興味をさらに高めるため、海洋研究開発機構(JAMSTEC)では毎年、全国の児童を対象に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~1月末ころ)。第11回コンテストには、全国から2万4280点の応募があり、70点が入賞作品に選ばれました。前号に続き、その入賞作品のなかから、子どもたちの夢あふれる優れた作品を紹介します。

●絵画部門●



横浜市長賞
地球は1つ

むつ市立大平小学校3年
祐川 千紗



名護市長賞
いつでもいっしょ！
海の仲間たち

横須賀市立大塚台小学校4年
陽田 百花



日本理科美術協会賞

不思議な光景

大津市立唐崎小学校 6年
石戸 雄大

ハガキにかこう海洋の夢 コンテスト

テーマ

海についてのあなたの夢

海についての夢や自由なアイデアを大募集！
ハガキいっぱい楽しい海の世界を表現してください。

応募資格：全国の小学生

●絵画部門 ●CG部門 ●アイディア部門

くわしくはホームページで

<http://www.jamstec.go.jp/j/kids/hagaki/>