

海と地球の情報誌

Blue Earth

136



Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海洋生物の生存戦略に学べ!

持続可能社会に向けた「飛躍知」の創造へ

■ 生物の密度分布を調べて
被災地の水産業の復興に役立てる

■ カイメン四方山話

1

Close Up

東北地方太平洋沖地震と津波による
下北沖底層生態系への影響

2

特集

海洋生物の
生存戦略に学べ!

持続可能社会に向けた
「飛躍知」の創造へ

22

AQUARIUM GALLERY

宮島水族館 みやじマリン
きらりと光る瀬戸内の“名刀”

24

海拓者たちの肖像 Special

TEAMS ~海洋科学で東北復興を
支援する研究者たち~
生物の密度分布を調べて
被災地の水産業の復興に役立つ
山北 剛久

東日本海洋生態系変動解析プロジェクトチーム
ハビタットマッピングユニットユニットリーダー

28

Marine Science Seminar

カイメン四方山話

生態と進化のふしぎ

椿 玲未

海洋生命理工学研究開発センター
新機能開拓研究グループPD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

裏表紙

PICK UP JAMSTEC

「しんかい6500」誕生の地で
その軌跡と未来を語る
~海と地球の研究所セミナー~

表紙

サンゴに付着するカイメン(普通海綿綱の一種)。カイメンは海底の岩などに付着する底生生物で、潮間帯から深海に至るまであらゆる海域に生息し、色や形も非常に多様である。

写真提供 椿 玲未

(海洋生命理工学研究開発センター新機能開拓研究グループ)

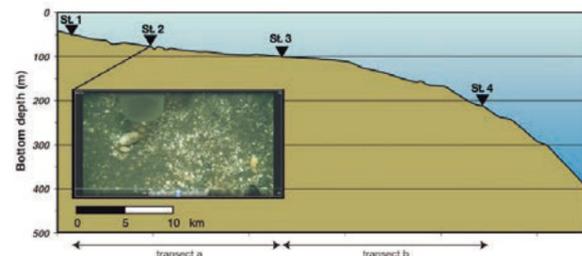
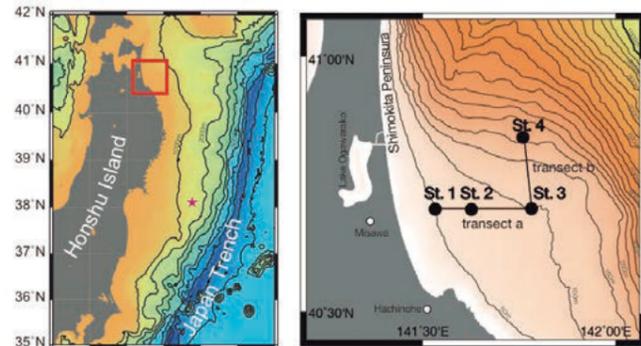
Close Up

東北地方太平洋沖地震と
津波による
下北沖底層生態系への影響

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波は、東北の太平洋沿岸部に甚大な被害をもたらした。その影響は陸域にとどまらず、海域においても瓦礫や砂泥の堆積、干潟の喪失などにより海洋生態系が大きく変化し、漁業などにも深刻な影響が出ており、沿岸から沖合の海洋環境が地震・津波によってどのように変化したのかを理解するための調査・研究が進められている。

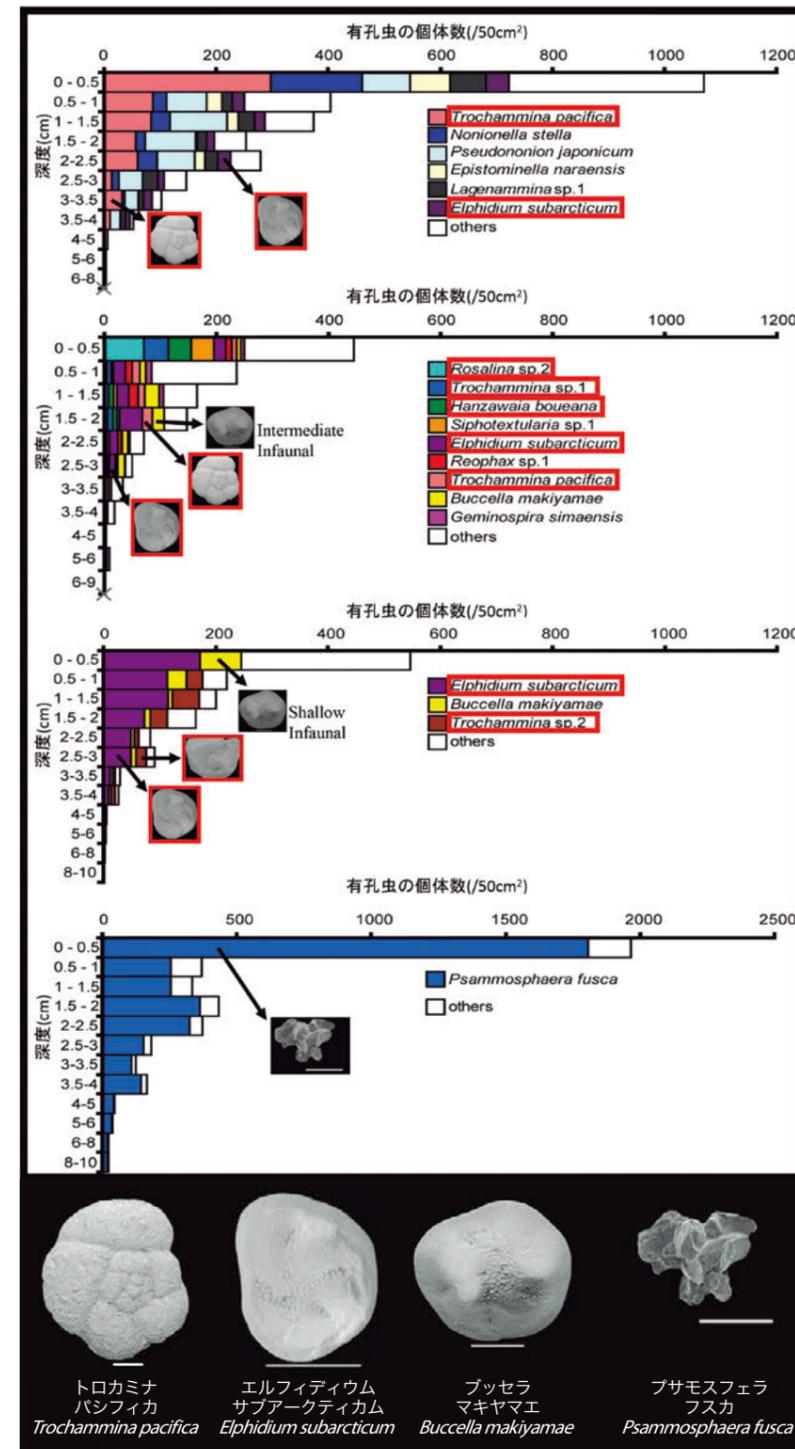
地震・津波から5カ月後の2011年8月末、高さ10mを超える津波が記録された下北半島沖で、海底の堆積構造や化学環境、底生生物群集の分布などから、津波による影響を明らかにする初めての調査が行われた。その結果、通常と異なるサイズの砂粒の大きさなどが異なり、短時間にたまったと考えられる堆積構造(津波堆積物)が確認され、堆積物中の底生有孔虫の群集にも大きな変化が見られた。

地図に示す4地点で調査を行った結果、大陸棚付近の水深55m(St.1)で59種類の底生有孔虫が見つかり、水深81m(St.2)では63種類、水深105m(St.3)では49種類と、いずれも通常より高い多様性が見られた。これは、さまざまな生息環境にいた有孔虫が強い流れに運ばれ、“ごちゃまぜ状態”になったことが考えられる。また、本来は海底の表面に生息している種類が、堆積物の深い部分で生きて発見されており、津波の



今回の調査の試料採取地点(右上)、および断面図(下)。水深81m(St.2)では、大きさがバラバラで貝殻など粗粒な堆積物が見られた(画像)。

流れで再堆積が起きたときに、深いところに巻き込まれたものと見られる。一方、大陸棚から深海に差しかかる水深211m(St.4)の斜面では、有孔虫はわずか21種類しか見つからなかった。しかも、そのうちの86%が単一種(プサモスフェラフスカ)という多様性の低い群集だった。この種類は、流れや乱れが強い場所に先駆的に現れることから、ここでは、もともといた有孔虫の生息環境が津波によって流され、そこにこの有孔虫が先駆的に生息した状態であったことが推測され



取材協力/豊福高志 主任研究員 海洋生物多様性研究分野

る。つまり調査時は、海底の生態系が再構築される初期の過程をとらえることができたのだと考えられる。

この調査を実施したのは、JAMSTEC海洋生物多様性分野の豊福高志主任研究員をはじめ、山口大学、高知大学さらにはフランス、オランダ、フィンランドの研究者を含む国際的な共同研究チーム。本来は、海底の溶存酸素濃度と底生有孔虫の関係について調査を行う計画だったが、急遽、津波による影響調査が追加実施された。

底生有孔虫は、種類によってさまざまな環境にすみ分けており、生息する深度もある程度決まっていることから、化石として地層に残った有孔虫は、過去の海洋環境を知る上でも重要だ。そのため、今回の有孔虫に関する調査は、津波の影響を知る上で貴重な手掛かりになるだけでなく、過去の巨大地震による津波堆積物から津波の規模や当時の海底環境などを復元する上でも役立つと期待されている。



採取されたコア試料(上)。海底面から深さ5cmを境に、上下で粒子の大きさに変化が見られる。上部は海底面に近いほど粗い粒がたまっている。これは津波の引き波の際に、徐々に流速が増すなかで形成されたと考えられる。水深81mの海底でコア試料を採取する様子(下)。

底生有孔虫群集の深度分布(上)と多く見られた有孔虫(下)。分布は、上から水深55m(St.1)、81m(St.2)、105m(St.3)、211m(St.4)。横軸は個体数、縦軸は海底からの堆積物の深さ。色は有孔虫の種類の違いを示している。St.1~3地点では、本来表層にしか生息しない種類が海底の数cmまで巻き込まれていることがわかる(赤枠の種類)。また、St.4地点では表面で単一種の寡占状態になっている(青の棒グラフ)。



木下圭剛 PD研究員
8 9ページ



出口 茂
研究開発センター長



橋 玲未 PD研究員
10 11ページ



秦 重史 研究員
12 13ページ



浦山俊一 PD研究員
14 15ページ



吉田ゆかり 技術副主任
14 15ページ



吉田光宏 技術副主任
14 15ページ



宮本教生 研究員
16 17ページ



布浦拓郎 グループリーダー
18 21ページ

海洋生物の生存戦略に学べ!

持続可能社会に向けた「飛躍知」の創造へ

取材協力 / 海洋生命理工学研究開発センター

化石燃料や希少な資源に頼って築き上げてきた、私たち人間の技術体系が限界を迎えつつある。今後、持続可能な成長を続けていくためには、これまでとは根本的に異なるパラダイムに基づく技術体系が必要だ。そのよい手本になると考えられるのが、深海の極限環境を含めた多様な環境で豊かな多様性を維持してきた生物たちの生存戦略だ。2014年4月から海洋研究開発機構(JAMSTEC)に新たに開設された「海洋生命理工学研究開発センター」は、深海・海洋生物の独自の生存戦略や技術体系に基づいた飛躍的な「知」の創造を目指している。今号では、同センターが取り組む数多くのテーマのなかから、若手研究者を中心に、「飛躍知」の創造へ向けたチャレンジを紹介する。

全体を統率するリーダーがないのに、混乱することもなく機敏かつ整然と海中を泳ぐギンガメアジの群れ。この「生物型の群制御」にも、私たちが学ぶべき海洋生物の生存戦略が秘められている。



海洋生命理工学研究開発センターは 何をを目指すのか

海洋生物の生存戦略・技術体系に基づく新たな「知」の創造

飛躍的な基礎研究の成果が求められている

人類の持続的な発展を確実なものにするためのイノベーションが求められています。イノベーションとは「科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を生み出す革新」と国の科学技術基本計画に定義づけられています。

課題解決指向の時代に、研究機関や大学が一番求められている役割は、イノベーションの元となりうる飛躍的な基礎研究の成果を出すことです。一例として、挙げられるのがiPS細胞。かつて、臓器や筋肉などに分化した細胞が元の未分化の状態に戻ることはないというのが生命科学の常識でした。山中伸

弥教授はその常識を覆し、いくつかの遺伝子を分化した細胞に入れることで、未分化の細胞に戻せることを示しました。

「分化した細胞が未分化の状態へと戻せることの発見」こそが飛躍的な基礎研究の成果、すなわち「飛躍知」です。iPSの発見がすぐさま応用に結び付いたわけではありませんが、再生医療、難病の治療法、新しい医薬品の開発など、多方面でのイノベーションにつながる可能性を秘めています。そのようなイノベーションの基となりうる「飛躍知」の創造こそが、JAMSTECのような研究機関や大学の使命なのです。

海洋生命理工学研究開発センターは、「飛躍知」創出のヒントを、「海洋」「深海」「海の生物」、さらには「深海の極限環境」などに求めようとしています。

「どこにも負けない強み」を活かす

もう1つ重要なのは、オープンイノベーションです。海洋の生物から「飛躍知」を創造する場合においても、他の研究機関や産業界などと力を合わせ、それぞれが強みを持ち寄ることで、研究成果の最大化や成果の社会還元を図ることが大切です。

オープンイノベーションで研究開発を進めるときに問われるのは、「どこにも負けない強み」を持っているかどうかです。JAMSTECの強みの一つに、「深海生物の自然史(博物学)」についての知見があげられます。我々ほど「深海とはどのような環境であり、そこにはどのような生物が生息し、どのような生活をしているのか」を知っているところにはありません。JAMSTECのもう一つの強みは、「しんかい6500」に代表される潜水調査船や無人探査機を保有し、実際に深海に潜って生物や泥・堆積物を採取し、地上へと持ち帰ることができる能力です。今後は、これらのJAMSTECの持つ「どこにも負けない強み」をイノベーションへとつなげることに全力で取り組んでいかなければなりません。

「持続可能性」を維持する技術の創出

- (1) 深海生物の自然史に関する知識
- (2) 深海にアクセスしてサンプルを採ってくる能力

JAMSTECが持つ2つの「どこにも負けない強み」のうち、(1)に関して私たちが新たに力を入れようとしている研究開発の一つがバイオミメティクス(生物模倣)です。

産業革命以来、人類は豊かさや便利さを追求して技術を発達させてきましたが、今日の温暖化や資源の枯渇などの問題から明らかのように、それらの持続可能性については大きな疑問符がついている状況です。今後も豊かな文明を維持していくために、「持続可能な発展」を可能にする技術へのパラダイムシフトが強く求められています。

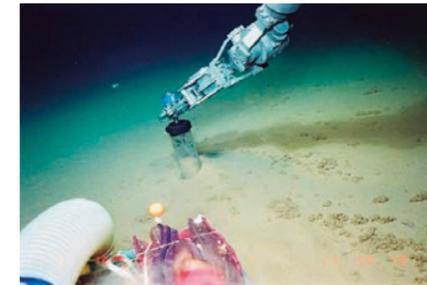
そこで注目を集めているのが、多量のエネルギーを使うこともなく、炭素、水素、酸素、リン、窒素などのどこにでもある(ユビキタスな)元素をうまく利用しながら、数億年にわたって豊かな多様性を保ち続けてきた生物が持つ技術です。生物が進化の過程で発達させてきた形態や技術に学び、そこに人間の知恵を加えることによって、持続可能性のある

カイロウドウケツ



深海にすむカイロウドウケツはカイメンの仲間。二酸化ケイ素(ガラス質)の骨格を持ち、ガラス海綿とも呼ばれる。人間のガラス加工技術は、高温でガラスを溶融させるために多量のエネルギーを使うが、カイロウドウケツは、ほとんどエネルギーを使わずに、光ファイバーとよく似た構造の見事なガラスのファイバーをつくっている。この仕組みが解明できれば、光ファイバー製造のための革新的な省エネプロセスの開発につながる可能性がある。

写真: NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2012 Expedition



マリアナ海溝チャレンジャー海淵の海底(水深10,896m)から堆積物を採取する様子。未知の微生物資源が得られることが期待されている。



バイオミメティクスの例
ナミブ砂漠にすんでいる
ゴミムシダマシの仲間

© v_blinov - Fotolia.com



フジツボ

フジツボがつくり出す接着物質は、水のなかでも強力な接着力を発揮する。同様の接着剤が開発できれば、医療、土木などさまざまな分野で活用されると期待されている。逆にフジツボの接着メカニズムが解明できれば、生物付着を防ぐ技術(アンチファウリング)の開発にもつながる。

新技術を開発しようというのが、バイオメティクスの基本的な考え方です。

バイオメティクスの研究は1950年代から続けられてきましたが、21世紀に入ってから生物学とナノ科学の連携による新たな潮流が生まれ、あらためて大きな脚光を浴びるようになりました。2025年には米国内だけで数十兆円規模の国内総生産と160万人規模の雇用を創出すると予想されており、産業革命以来のイノベーションという人もいます。

深海生物の博物学をもとに バイオメティクスに注力

バイオメティクスの例を1つ挙げましょう。アフリカのナミブ砂漠は地球上で最も雨が少ないところですが、海に面しているので、ときどき海から霧が流れてきます。ナミブ砂漠にすんでいるゴミムシダマシの仲間は、霧が出てくると背中を海の方に向けて逆立ちをします。すると霧の細かい水滴が背中に付着し、大きな水玉へと成長して頭の方に垂れていきます。この昆虫はこうして集めた水を飲んで生きています。ゴミムシダマシの背中を詳しく調べてみると、小さな凹凸がついており、これによって細かな水滴を効率よく大きな水玉へと成長させていることがわかっています。米国のベンチャー企業は、この巧妙な仕組みを模倣して霧の水滴から効率よく水を集める技術を開発しています。

このような技術開発の起点となるのは、博物学の知識です。私たちはバイオメティクスという切り口で、JAMSTECに蓄積されている「深海生物の自然史（博物学）」の知見をイノ

ベーションへとつなげようとしています。

深海サンプルをイノベーションにつなげていく

先に挙げたJAMSTECの強みの(2)を活かす取り組みとしては、深海から採取してきたサンプルを、これまで以上に有効活用することを考えています。JAMSTECでは、深海から採取してきたサンプルから、122°Cという高い温度でも生育する微生物など、学術的価値が極めて高い成果をあげてきました。またこれらの微生物を外部の企業などに提供し、製品開発に活用していただく仕組みもあります。ところが「学術的に価値が高い生物」と「産業上価値が高い生物」とは必ずしも同じではないために、シーズとニーズに大きなミスマッチがありました。そこで私たちは、JAMSTECが保有している深海微生物株に加えて、深海から採ってきた堆積物などをそのまま提供し、それぞれの企業が持つノウハウを用いて自由に研究開発をしてもらえるような新しい仕組みを構築しようと考えています。これによって、深海生物資源に基づくイノベーションの創出が大幅に加速されるものと期待しています。(談)



ミナミハコフグ

ミナミハコフグは、マグロなどの高速で泳ぐ流線型の魚と比べると、水の抵抗を大きく受ける形をしているように見える。しかし、この形の中にそれなりの合理性があるはずと考えたドイツの自動車メーカーは、ミナミハコフグの体型を解析して、居住性を確保しながらも空気抵抗の値を量産車としては最低レベルまで小さくした試作車「バイオニックカー」を開発した。

写真：Norbert Potensky/Wikipedia Commons

ミナミハコフグの骨格と体型を模倣して試作されたメルセデス・ベンツ「バイオニックカー」。
画像提供：メルセデス・ベンツ日本



海洋生命理工学研究開発センターに期待する

目指すべきは イノベーションを見据えた 海洋生命工学の革新

相澤益男

独立行政法人科学技術振興機構 顧問
東京工業大学 名誉教授・元学長



熱い議論から生まれた

2014年4月に発足した、海洋生命理工学研究開発センターの力強い活動を見るにつけ、環境・社会システム統合研究フォーラム「海洋生命工学の新たな展開」（座長：相澤益男）での“熱い議論”が、懐かしく思い出されます。

「それでは、これまでの延長線上の研究ではないか」「もっと飛躍した知の創造に挑戦すべきだ」と、JAMSTECのエース級研究員に外部委員からのコメントが飛び交い、「社会貢献を目指すべきではあるが、安易な応用研究に墮すべきではない」「これで、社会を変革するような、イノベーションを起こせるだろうか」との指摘も。ことの本質に突っ込んだ熱い議論が繰り返され、センター設立に向けての基本構想がまとめられました。

海洋生命工学に秘められた無限の可能性

今、世界は大転換期の真っ只中。20世紀、知の創造が爆発的に起こり、科学技術は驚異的な進歩を遂げました。人類社会は、物質的な豊かさや便利さを享受できましたが、資源・エネルギー消費の大幅な増大を招いた上、地球環境を著しく損なってしまいました。21世紀には、「地球との共生」を深く認識し、「持続可能な社会」を実現しなければなりません。

これまで、科学技術は自然と対峙し、人工システムを構築してきました。しかし、これからは、「地球と共生する科学技術」「持続可能な科学技術」の創出が鍵となるでしょう。こうした要請に応えられるのが、「海洋生命工学」です。なんといっても、新センターの強みは、1) 海洋生態系の多様性、2) 海洋生命の進化、3) 地球システムとの密接な関係性、といったJAMSTECが世界に誇る知的蓄積を統合的に活用できること。特に、深海・海底下という極限環境に適応し、進化して獲得された、「生存戦略」「特殊機能」「環境適応力」は、地球共生・持続可能な科学技術を創出する、豊かな源泉。イノベーションを生み出す、無限の可能性が秘められています。

挑むべきは、イノベーションを見据えた、 飛躍知の創造

思い切った自由な発想で、飛躍的な知の創造に挑戦して欲しい。海洋生命には、感動のドラマが、驚くべきシナリオで、書き込まれています。それを読み解き、これまでの常識を超越した、まったく新しい科学技術を創出していきたい。そう簡単なことではありません。だからこそ、そこにイノベーションが生まれ、持続可能な未来社会が切り拓かれる、と期待されるのです。



持続可能社会に向けた「飛躍知」の創造へ

深海の極限環境からヒントを得た ソフトマテリアル[※]創生

超臨界状態では水と油が混ざり合う

深海には、熱水噴出孔という高温・高圧の環境がある。場所によっては、水温400℃以上、水圧300気圧以上にもなる。このような極限環境では水は気体でも液体でもない「超臨界状態」になる。この状態では、常識を覆す不思議な現象が起こる。常温・常圧では決して混ざり合わない水と油が混ざり合うのだ。このとき、水と油は分子レベルで均一に混ざり合っている。つまり水に塩や砂糖が溶けるように、水に油が溶けているわけだ。

この現象は理論上は起こるとされていたが、それを実際に確かめたのは出口茂研究開発センター長が世界で初めてだ。これまで誰も見たことのない驚きの現象だったが、ここから超臨界状態の水（超臨界水）を、新しいものづくりに生かすための研究がスタートした。そして、最初の成果として「ボトムアップによるナノ乳化技術」が確立されようとしている。

乳化とは、互いに混ざり合わない液体の一方を細かい粒にして、もう一方の液中に均等に分散させることをいう。身近な乳化物の例が牛乳だ。牛乳は、水のなかに乳脂肪の細かい粒が分散しているのだ。ちなみに、乳化物の多くは牛乳のように見た目は白く不透明だ。なぜかという、油の粒が光を散乱させやすいサイズになっているからだ。

超臨界水を利用したナノ乳化技術

では、ボトムアップによるナノ乳化技術とは、どのような

ものなのだろうか。

「ドレッシングをつくる時、酢や調味料に油を入れて振りますよね。これは振動を与えることで、油のかたまりを砕いて小さくしているのです（トップダウン法）。でも、いくら振っても、ドレッシングの油はあまり小さくなりません。いくらエネルギーをかけても限界があるのです。工業的に乳化を行うときは、機械や薬剤を用いて油の粒を小さくしますが、それでもやはり限界があります。大きいものを砕いていくというトップダウンの発想では、一定のサイズ以下の小さなものはできないのです。そこで発想を変え、一度溶かして分子にした油を組み上げていくことで、これまでより小さなナノサイズ（1mmの100万分の1〜1万分の1くらい大きさ）の粒ができるのではないかと考えたのです」と新機能開拓研究グループの木下圭剛PD（ポストドクトラル）研究員は話す。

木下PD研究員が用いている装置は、下の写真のようなコンパクトなもの。ポンプで水に圧力をかけながら高温まで加熱するというシンプルな機構だが、深海の高温・高圧環境を地上に再現し、実験できるスグレモノだ。

「高温・高圧の状態が長く続くと油の分子が壊れてしまうので、瞬間的に加熱・冷却できるよう工夫し、油を溶かしてから再び析出させるというプロセスを完成させました。油の粒のサイズのコントロールもある程度自由にできるようになっています」。実際に得られた乳化物は、油の粒がナノサイズであるため光の散乱が抑えられ、見た目が半透明になる。乳化の技術は、化粧品、食品、医薬品、塗料など多様な分野



深海底の熱水噴出孔から噴き出す熱水は、自然がつくり出した高温・高圧環境。



木下PD研究員がナノ乳化やポリマー合成の研究に用いている実験装置。

が必要とされているので、ナノ乳化技術は、そのままこれらの産業への応用が期待されるという。

「たとえば、油を肌に浸透させて潤いを持たせる乳液をイメージしてください。油の粒のサイズが小さくなるほど、肌への浸透性・吸収性がよくなります。ナノ乳化技術は、精度を高めていけば応用の範囲はどんどん広がっていくと思います」と木下PD研究員はいう。

超臨界水を用いた画期的なプラスチック製造法

木下PD研究員は、高温・高圧環境を利用したポリマー（プラスチック）合成の研究も進めている。プラスチックを分子レベルで見ると、モノマーと呼ばれる基本ユニットが繰り返つながって、ひも状のポリマーを形成している。スーパーの袋などに使われているポリエチレンは、エチレンという基本ユニットが数百〜数万個つながって、ポリマーとなったものだ。

「世界の全プラスチック生産量の半分以上は、『ラジカル重合』という方法でつくっています。反応が穏やかなので幅広く使われていますが、反応時間が長いという短所があります。数時間〜数日かかるのです。ところが、高温・高圧の環境を利用して見たところ、この反応がわずか数秒〜数分で終わり

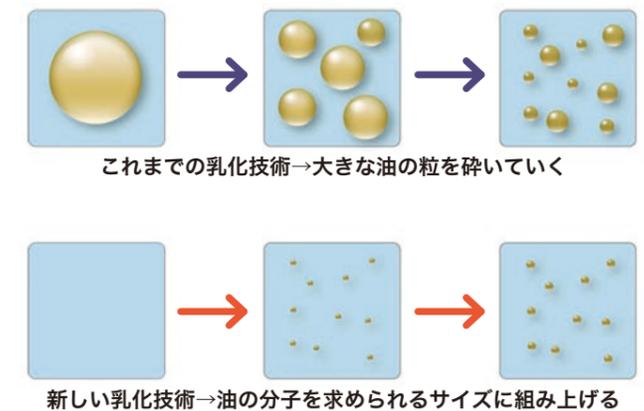
ました。常識では考えられない飛躍的なスピード向上といえるでしょう」と木下PD研究員。

この反応に用いる実験装置は、ナノ乳化の研究と基本的には同じもの。乳化で使った油の代わりにモノマーと開始剤（反応を起こさせる薬剤）の水溶液を、高温・高圧の水に混ぜることで瞬間的に反応が進むのだという。

「この研究成果は、私が専門としているポリマー合成と、JAMSTECで研究されていた超臨界水を組み合わせることで、これまでとは違うものができるのではないかとこのところからアイデアが浮かびました。実際に実験で試したところ、狙い通りの結果が得られ、とても驚きました。ただし、現象は見つけたものの、反応のメカニズムはまだわかっていないので、いま解き明かそうとしているところです」。

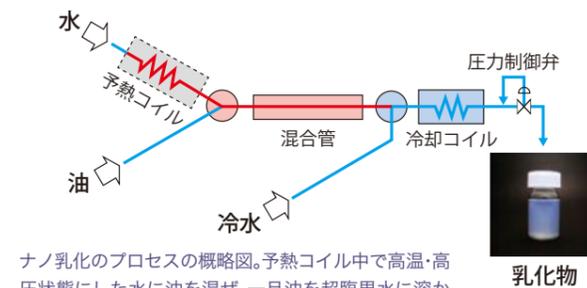
この技術が確立されれば、プラスチックの製造時間が短縮され、コストも下がることが期待される。さらに、木下PD研究員は、「深海の特殊な環境をヒントにして得た知識を、乳化やポリマー合成だけでなくさまざまなものづくり技術と組み合わせ、環境問題や資源の枯渇問題など社会が抱える課題を解決できる新しいものづくりのシステムを構築できないか」という大きな夢を描いている。

これまでの乳化（トップダウン法）と超臨界水を利用した新しい乳化（ボトムアップ法）の違い



ナノ乳化技術で得られた乳化物(左)と既存の技術による乳化物(右)。ナノ乳化技術で得られた乳化物は粒が小さいので透明度が高い。

ナノ乳化・ポリマー合成の方法



ナノ乳化のプロセスの概略図。予熱コイル中で高温・高圧状態にした水に油を混ぜ、一旦油を超臨界水に溶かしたあと、冷水を混ぜ乳化する。ポリマー合成でも同じ装置を用い、油の代わりにモノマーと開始剤（反応を起こさせる薬剤）の水溶液を混ぜることにより合成する。





カイメンの水路構造を解明し 新技術への応用に役立てる

体内にすみついた貝を利用するカイメン

椿玲未PD(ポストドクトラル)研究員は、カイメン動物(以下、「カイメン」)の研究を幅広く行い、そのユニークな生存戦略をバイオミメティクス(生物模倣)として工学的に役立てる道を探っている。

はじめに、カイメンの体の基本的なつくりを見ていこう。カイメンの体表には小さな孔が無数に開いていて、そこから海水を取り込む。体のなかには細かい水路が張り巡らされていて、この水路を取り込んだ水が流れる。カイメンはその水から餌をとり、水中の酸素を取り込んで二酸化炭素を吐き出している。つまり、食事や呼吸をこの水路を介して行っているのだ。さらに水路は、精子や卵子を運ぶ役割も果たす。

カイメンのなかには、体内に光合成を行う微生物を共生させているものや、水路を持たない肉食性のものもいる。また、多くのカイメンは体軸がなく不定形だが、対称性のある体つきのものなどさまざまな仲間がいる。そんなカイメンのなかで、椿PD研究員が強い関心を持ち、カイメンの研究に取り組む1つのきっかけとなったのが、ホウオウガイという二枚貝を体内に共生させるカイメン(左下)との出会いだった。

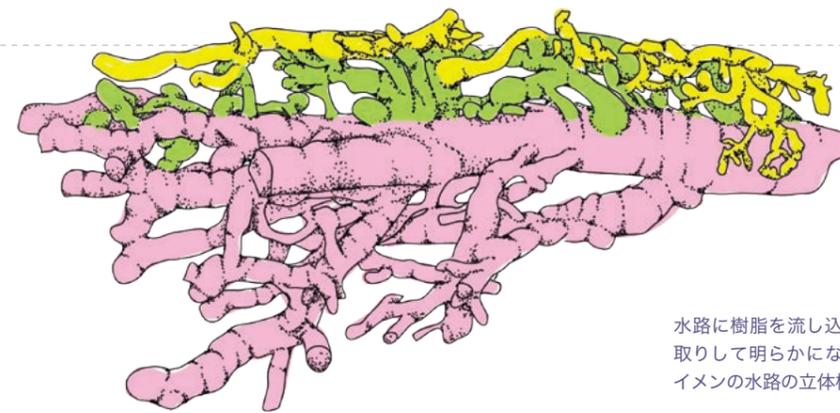
「この二枚貝は、自分の体を埋め込むようにカイメンの体内に埋没し一体化しています。貝は体のほんの一部だけをカイメンの体の外に出して、外部と水のやり取りをしているのです。貝にとっては、カイメンのなかにすむことで外敵から狙われにくくなるという明らかなメリットがありますが、逆に

カイメンは貝を体内にすまわすことでどんな利点があるのかを調べたところ、水流という要素が浮かび上がってきました。この貝は、餌をとったり呼吸するために、外から水を取り込み、使い終わった水をカイメンの体の内部に向かって吐き出します。カイメンが、体表の小さな孔から水を吸い、細い水路を通すためには、多くのエネルギーを使わなければなりません。そこで、カイメンは貝が起こす水流を利用して、自分で水流を起こすコストを節約しているのではないかと考えました。」と椿PD研究員はいう。

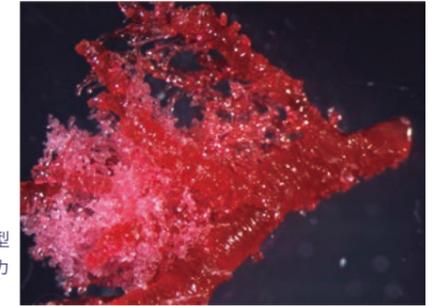
そこで椿PD研究員は、貝が水を吐き出す部分を調べた。すると、カイメンが水流を受けるところは、太い孔がたくさん開いたダクトのような構造になっていることがわかった。さらに、カイメン体内に取り込まれる水の半分程度が、ホウオウガイの排水由来であることや、貝が排出した水のなかには、カイメンの餌となる植物プランクトンが十分に残っていることもわかった。カイメンは、貝が起こす水流を利用して自ら水流を生み出すコストを節約し、同時に貝から餌を含んだ海水の供給を受けるといふ、水流を介した共生関係が明らかになった。

脳も神経もないのに、 優れた構造をつくり上げるカイメン

さらに椿PD研究員が関心を抱いたのは、カイメンがつくり出す水路だった。「カイメンは脳や神経を持っていないので、体内で新しい構造を構築するときに指令を出す器官がありま



水路に樹脂を流し込んで型取りして明らかになったカイメンの水路の立体構造。



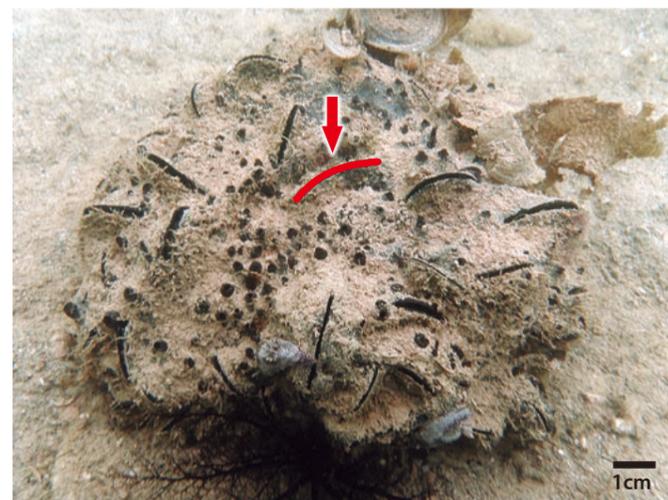
せん。たとえば、貝が吐き出す水の流れを利用するために、取水口を集中させるという指令を発する機能はありません。それなのに、ダクトのような太い孔をつくり出しています。体内に貝を共生させていないカイメンも、生息環境に合わせた最適の水路を張り巡らしています」と椿PD研究員。すべての細胞がガス交換をしなければ生きていけないため、カイメンの水路は効率よくすべての部位を潤すようにできている。脳からの指令によるトップダウンではなく、ボトムアップで優れた構造をつくり出しているのだ。しかも、細胞どうしが相互作用できるのは、ごく近隣の細胞だけだ。「私たちがいえば、指に傷ができたときに、そこにかさぶたができるという、その程度の局所的な相互作用しかできないのに、カイメンは水路という複雑な構造をつくり出しています。カイメンが、どのようにしてこうした構造をつくり上げることができるのか、そこに興味を持って研究を進めています」と話す。

カイメンの水路の秘密を 工学的な応用に結びつける

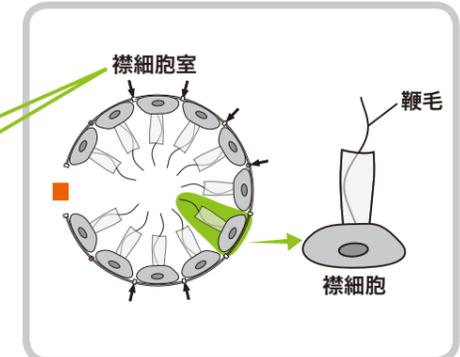
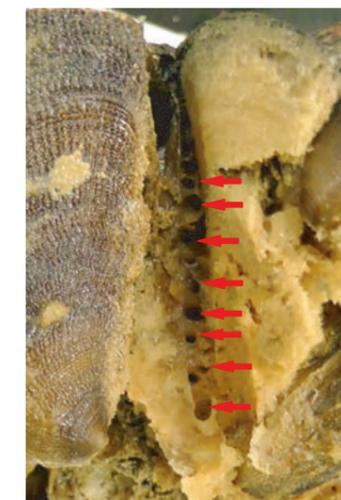
椿PD研究員は、カイメンが体内に張り巡らす水路そのものを水を運ぶネットワークととらえ、それがつくられる仕組みを、秦重史研究員(12~13ページ参照)とともに数理モデル

を活用して解明する共同研究も進めている。カイメンがつくる水路は、本当に頑強で輸送効率が高いネットワークなのか、そしてどのようなメカニズムで水路をつくり上げるのかを明らかにできれば、そのメカニズムを工学的な応用に結びつけることができると考えている。カイメンの水路構造の具体的な応用のイメージとして、椿PD研究員は流体等の物質を効率よく運ぶためのシステムの改善などを思い描く。たとえば、道路や鉄道などの交通網、水道管のネットワーク、冷蔵庫やエアコンなどにも使われている熱交換器などだ。「バイオミメティクスの例としてサメの表皮を模倣した水着が有名ですが、サメの鱗の形をそっくりそのまま再現するわけではありません。どのような構造が水のつくる渦を制御できるのか、そこを学ぶことがポイントです。それと同様に、カイメンから何を学べばよいかを知るために、数理的な知見も必須です。この共同研究から新発見があれば、生物学にとっても収穫ですし、社会に役立つ工学的な応用も可能であると期待しています」と椿PD研究員は語る。

★椿PD研究員が研究対象とするカイメンについてのさまざまな話を、28~31ページの「マリンサイエンスセミナー」で紹介しています。併せてお読みください。



ホウオウガイ(右)という二枚貝が体内にすみついたカイメン。貝の赤い部分だけがカイメンの表面に出ている。



カイメンの体内に巡らされた水路の模式図(左)。襟細胞室の襟細胞(右)による鞭毛の運動で水流を起こし、水を全身へ循環させている。



数理モデル「反応拡散系」を応用した海洋生物研究

動物の体の模様を数式で解き明かす

「数理モデル」と聞いただけで尻込みしてしまう人がいるかもしれない。秦 重史研究員が取り組む「反応拡散系における自己組織化ダイナミクス」を紹介する前に、「反応拡散系」と呼ばれる数理モデルが扱う身近な例を、秦研究員に挙げてもらった。

「動物や魚の体の模様を思い浮かべてください。トラの縞模様、ヒョウの柄模様などのほか、魚にもいろいろな模様があります。どうしてあのような模様になるのか、その成り立ちを、数式を使って探ることができます。よく知られるものに、タテジマキンチャクダイという魚の縞模様の研究があります。縞模様は色素の濃い部分と薄い部分によって縞ができます。その濃さを数値的に表すことで、模様を数学で表現することができるのです。1952年に数学者が、縞模様ができる仕組みを、数式を用いて明らかにしました。そして1995年、タテジマキンチャクダイの縞模様が、実際にこの数式に基づいていることを生物学者が実験で突き止めたのです」。

同様の数理モデルは、動物の生息数の分布にも使えるという。色素の濃さを、動物の数の違いに置き換えると、同じ数式で書くことができる。この数式をもとに、どの地域で動物が少ないか、つまり絶滅の危機が迫っているかといったメッセージを引き出すことができるのだという。

タイトルに「反応拡散系」という語があるが、それはどうということなのだろう。「動物の模様の例でいうと、色素が化学反応をしながら平面を拡散する、つまり動いていくわけです。色素が互いに反応しながら広がったり、近づいたり、入れ替わったりするとき、そこに存在するルールを見つけて数式で表現するので、反応拡散系と呼ばれます」と秦研究員は説明



$$\begin{cases} \dot{u} = f(u, v) + D_u \nabla^2 u \\ \dot{v} = g(u, v) + D_v \nabla^2 v \end{cases}$$

タテジマキンチャクダイ(左)の縞模様の規則性を表す数式(右)。

する。

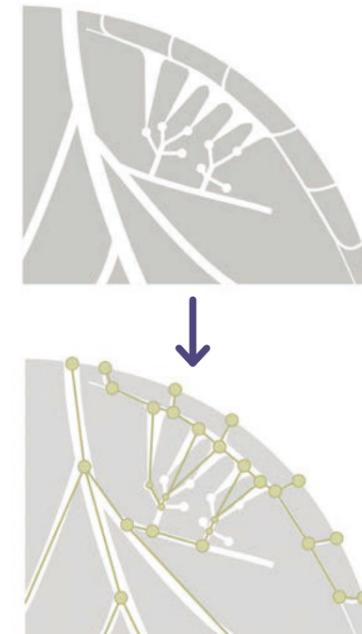
カイメンの水路の構造を数学で理解する

秦研究員は、10~11ページで紹介した椿玲未PD研究員と、カイメンの体内の水路構造について共同研究を行っている。「これも反応拡散系の1つと考えることができます。数理モデルに基づいて、カイメンの水路の広がりか最適化されたものかどうかを実証しようと、頑張っているところです」。最適化とは、与えられた制約・条件のもとで、目的を最適に(最も高いレベルで)達成することをいう。「カイメンの水路を数式で再現することができたら、その数式からどのような最適化が行われて、実際の水路の形になったのかを説明することができます」と話す。

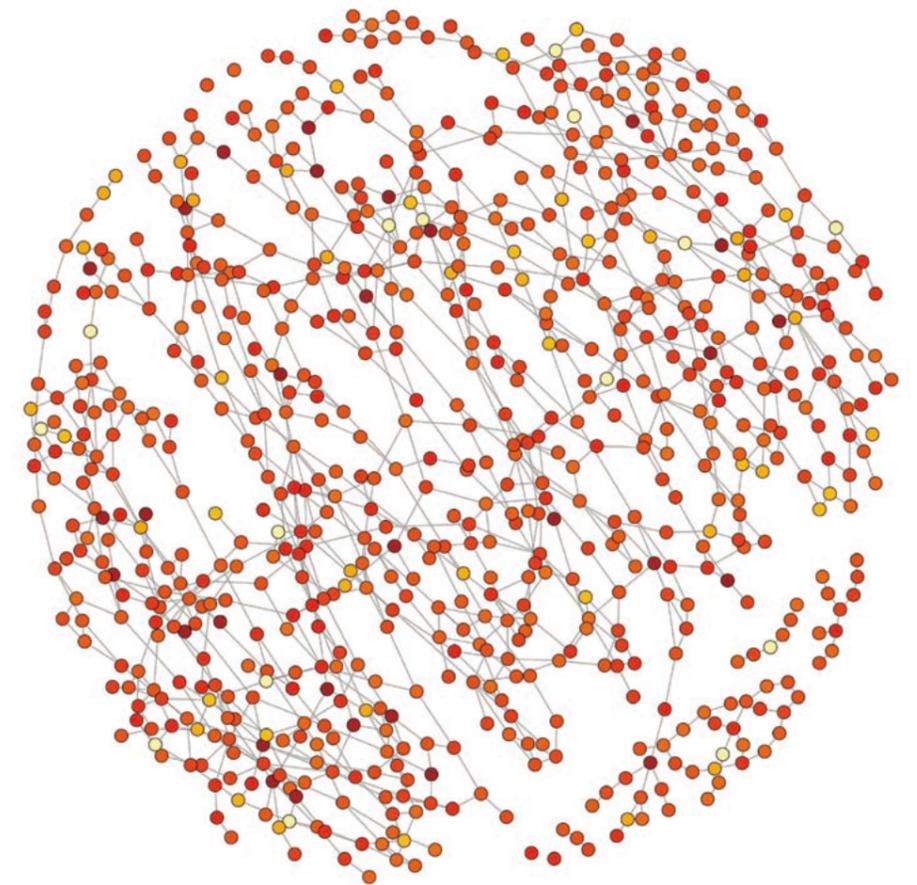
カイメンの体内で、具体的にそのような最適化が行われているのだろうか。「カイメンは血管を持っていないので、水路を用いて全身にまんべんなく栄養を行き渡らせないと、体の一部が栄養失調になってしまいます。ですから、餌を取り込む仕組みや、栄養をとったあとに要なくなったものを吐き出す仕組みに最適化が見られるはず。カイメンが水を採り入れる孔はたくさんあるのに、出口は1つです。取り込むときは広い範囲から取り込んで、出すときは1カ所に集中させて勢よく出すことで、不要物を遠くに吐き飛ばせるようになっていて、これも最適化の1つといえるでしょう。こうしたものを数理モデルで説明しようとしているのです」と秦研究員。

カイメンの持続可能なシステムの本質に迫る

数式をつくるためには、カイメンの水路を詳しく観察して、数式に置き換えられる要素を見つけ出さなければならない。



水路構造をモデル化するためのイメージ。カイメンの水路について、分岐点をノード、分岐点をつなぐ経路をリンクとして、水路をネットワークと見なす。



カイメンの水路の構造を、コンピュータを使って可視化させようとした図。細かい構造や形の違いなどは無視して、水路がどのような分岐構造を持っているかにだけ着目した。『○』は分岐点(ノード)、黒線はノードを結ぶ経路(リンク)。黄色やオレンジなどの色の違いは、リンクの数の違いを表している。色が濃いほど多い。この図が表しているのはカイメン1匹が持つ水路の1,000分の1ほどでしかない。カイメンの水路はとてつもなく複雑だ。

その作業は、マイクロCTスキャナー(X線を使って内部の微細な構造を撮影する装置)で撮影したカイメンの画像のデータを観察することから始まる。「観察して規則性を見つけ、それを数式にするのですが、水路の構造はとてつもなく複雑です。カイメンの水路は三次元(立体的)なので、それをスライスしたマイクロCTスキャナーの画像が3,000枚くらいあります。朝から1日中観察し続けて、何か気づくことがあったらメモしておき、構造がうまく再現できる数式はないかを考えています」。

話を聞くだけで気が遠くなりそうだが、これに取り組むにあたって「限られた要素だけを扱っている」という。「カイメンは生物ですから、たとえば、細胞の活動にも目を向けるべきという考え方もあります。でも、細胞まで含めると複雑になり過ぎてしまい、その複雑さが、何が本質なのかをわかりにくくしてしまいます。ですので、最適化が行われていると

考えられる水の流れという要素だけに注目して、水路の構造がどのようにできるのかを表す数理モデルを構築しようとしています。カイメンの水路構造をうまく再現できたら、最適化、効率化の機能を明らかにできるはず。この研究は、6億年以上前から地球に生息しているカイメンが手に入れた「持続可能なシステム」の本質をつかみとることでもあります。成功すれば、自ずとバイオメテックスへの応用の道も拓けていくと思います」という。

数理モデルの構築にはもちろんコンピュータが使われるが、これまでに明らかにした構造の1,000分の1を可視化させようとしただけで、パソコンは音を上げてフリーズしてしまったそう。原始的な動物といわれるカイメンの水路の秘密を解き明かすのも容易ではない。私たちが生物から学ぶべきことは無限にあるといえそうだ。



海洋ウイルスとその有効活用 ヴァイロテクノロジーの創生を目指して

ウイルスのよい働きを見つけて 資源として役立てる

ウイルスと聞くと、エボラ出血熱やインフルエンザなどの感染症を思い浮かべる人も多いことだろう。実際、ウイルス研究者の9割以上は、病気を起こすウイルスを扱っている。残りの1割ほどのなかに、まだほとんど知られていない環境中のウイルスに向き合う研究者がいる。ここで紹介する3人もそんな数少ない研究者に含まれ、海洋に生息する「海洋ウイルス」を中心に研究を進めている。

1980年代、海洋はバクテリアなどの微生物よりもはるかに多くのウイルスが存在する「ウイルスの宝庫」であることが明らかにされ、海洋ウイルスの種類や生態での役割について研究が進められてきた。そのなかで、海洋ウイルスが微生物細胞への感染・溶解を介して地球規模の炭素・窒素循環に影響を及ぼすことや、遺伝子の運び屋として微生物の進化にも影響を与えていることなどが次第に明らかになってきている。

100年以上前に発見されて以来、病原体として悪目立ちしているウイルスだが、なかには感染時に生物機能を強化するものがあることも最近の研究でわかってきた。その一例が、海洋の表層に生息するシアノバクテリアという光合成を行う微生物に感染するウイルスだ。このウイルスのなかには、シ

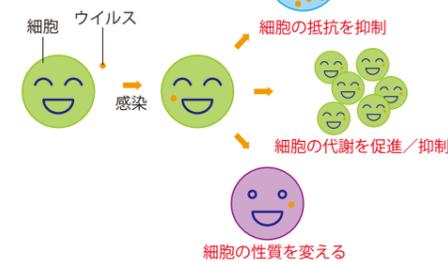
アノバクテリアの光合成を促進する遺伝子があり、感染時にはこの遺伝子を発現させて宿主の光合成を促進する。その結果、シアノバクテリアの代謝が上昇し、ウイルス自身も増殖しやすくなるという仕掛けだ。

生命機能研究グループの浦山俊一PD（ポストドクトラル）研究員、深海・地殻内生物圏研究分野に所属する吉田ゆかり技術副主任と吉田光宏技術副主任の3研究者は、環境におけるウイルスの機能や役割、進化についての研究を進める一方、ウイルスの特殊能力に目をつけ、単なる「悪者」ととらえられていたウイルスを新たな「資源」として社会に役立てることを目指している。このような視点で海洋ウイルスの研究を進めているのは、世界にも例が少ないという。3人の研究は少しずつ分野が異なっているが、共通の視点を核に協力しながらJAMSTECを舞台に研究を進めている。その研究内容は、どのようなものなのだろう。

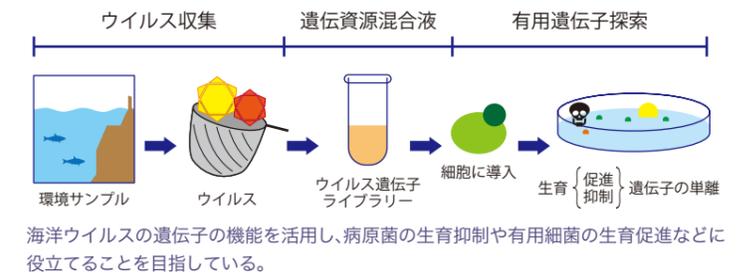
「ウイルスの宝庫」から 有用な遺伝子を選んで取り出す—浦山PD研究員

ウイルスは細胞に寄生し、その代謝系を利用することで増殖する。こうしてウイルスが増えると、寄生された細胞はそれを嫌がり、追い出そうとする。「ウイルスもそれに負けていけないので、対抗する手段を持っています。細胞の抵抗を

ウイルスと細胞の関係性



海洋ウイルスの資源化



抑えるのもその1つですが、あえて細胞の代謝を上昇させ、自分もそれに乗じて増殖するという戦略もあります。また、ウイルスが感染の過程で細胞の性質や、細胞が作り出す物質の組成を変えてしまう例も知られています。つまり、ウイルスは細胞を操るプロなのです」と浦山PD研究員。ウイルスが寄生者ゆえに進化させてきた「細胞を操る機能」を探索すれば、微生物が自身の生存のために作り出す毒性物質が抗生物質として役立てられてきたように、ウイルスからは有用な微生物コントロール遺伝子が見つかる可能性がある。「ただし、ウイルスは特定の細胞にしか寄生しないので、そのままと使いづらく、その利用は非常に限定されていました。しかし我々は、有用な機能だけを遺伝子単位で取り出せばウイルスとして寄生させる必要がなくなり、農学や医学などさまざまな分野の微生物コントロールに広く応用できることを見出しています」と話す。「海洋には無尽蔵ともいえる“未知のウイルス”が眠っていますが、これを“新しい遺伝子資源”に変えることで、ウイルスが秘めた可能性に興味を持ってもらいたいです」。

深海から胃の中へ？ 微生物の適応進化に果たしたウイルスの役割を探究—吉田ゆかり技術副主任

吉田ゆかり技術副主任は、深海の熱水噴出域に生息するイプシロンプロテオバクテリア（以下EPバクテリア）と呼ばれる微生物に感染するウイルスを単離（取り出す）し、宿主とウイルスが互いの進化にどのようにかかわっているのかを調べている。「深海に生息するEPバクテリアは、ヒトの胃のなかにいるピロリ菌や下痢を引き起こすカンピロバクター属細菌の祖先ともいわれます。深海からヒトの胃や動物の腸にすみつくように適応し、進化を遂げてきた過程で、ウイルスがどのようにかかわってきたのかを明らかにしたいと考えています」と話す。EPバクテリアの仲間は、非常に近縁な関係であっても、代謝の仕組みがそれぞれ大きく違っていたり、ピロリ菌のような毒遺伝子を持つものがあったりと、種類によってさまざま。「その理由の1つとして、遺伝子の運び屋であるウイルスによって多様性がもたらされたのではないかと考えられます。ウイルスが宿主細胞内で増殖するとき、ウイル

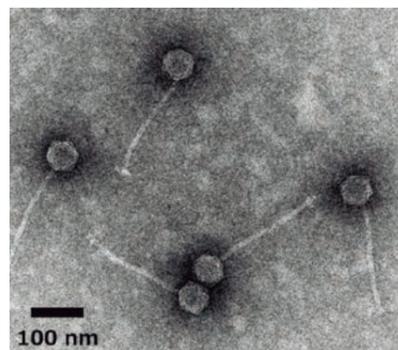
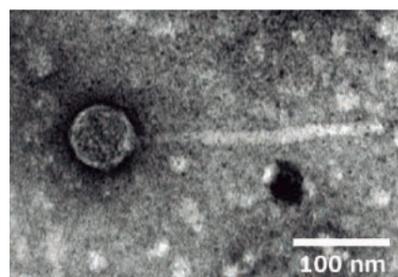
スの殻のなかには本来ならウイルスのDNAが取り込まれるのですが、誤って宿主のDNAの一部が入ることがあります。その状態で他の宿主に感染すると、そのDNAの一部が新たな宿主に入り、そこで遺伝子の組み換えが起きます。このようにしてウイルスは他の生物の進化にかかわることがあるのです」と話す。

深海ウイルスの網羅的な探索から見出した “独自生態系”—吉田光宏技術副主任

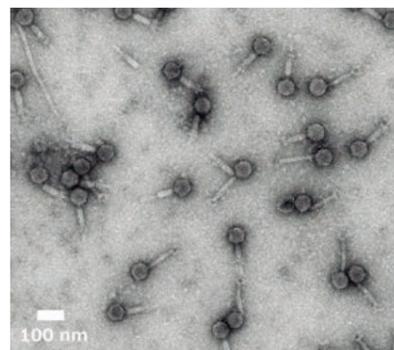
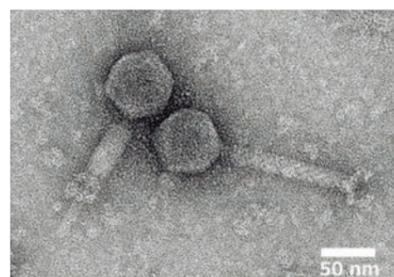
吉田光宏技術副主任は、深海や海溝に由来する深層水から新奇なウイルスを分離して性状を解析したり、海底の堆積物中（地中）のウイルス群集の構成について調べている。これまでに、海洋表層には二本鎖のタイプのDNAを持つウイルスがたくさん存在することは知られていた。「一方、深海堆積物を調べると、海洋表層とは打って変わって、一本鎖タイプのDNAを持つウイルスが多いことを発見しました。この違いは、ウイルスの進化と深くかかわっている可能性があります」という。地球の生命が深海で誕生し、今も当時に近い原始的な生物が生息しているとすると、深海の堆積物から見つかる一本鎖タイプのDNAウイルスが、ウイルスの進化においては起源的な存在であるのかもしれない。「その可能性や証拠を見つける研究を進めています。たとえば、さらに海底を掘り進めて“過去の堆積物”からウイルスを探索すれば、タイムマシンのように過去のウイルスの生態系を明らかにし、ウイルスの起源とその進化に迫る可能性もあります」と話す。

3人の研究者は「ウイルスの驚異的な能力」に感銘を受け、原理や成り立ちを理解し、その本質的な利用につなげることを目指している。しかし少しずつ違った視点を持っていることも確かだ。応用一辺倒ではなく、ウイルスを支配する原理やその進化も追い求める彼らだからこそ、成し遂げられる成果があるのだろう。

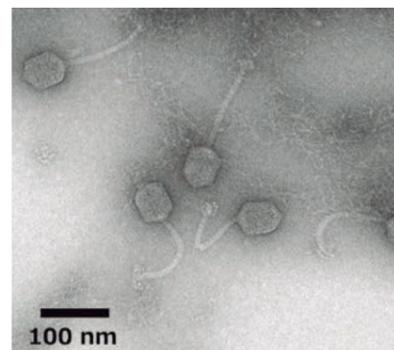
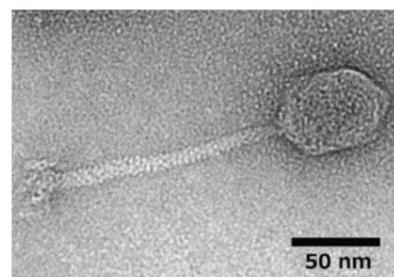
3人の研究はまだ緒についたばかりだが、未開拓の分野だけに大きな可能性を秘めている。「バイオテクノロジーならぬ、ウイルスを社会に活かすヴァイロテクノロジーの進展を目指していきたい」と彼らは語る。



深海熱水噴出域に生息する化学合成独立栄養細菌 *Nitratiruptor* sp.に感染するウイルスNrS-1



深海1,500mに生息する耐冷細菌 *Aurantimonas* sp.に感染するウイルスAmM-1



海溝7,000mに生息する耐圧・耐冷細菌 *Pseudomonas* sp.に感染するウイルスPstS-1



ホネクイハナムシの完全飼育成功から見えてくるもの

植物のようにも見えるがゴカイの仲間

ホネクイハナムシ類は、2004年に見つかったゴカイの仲間(環形動物門多毛類)だ。海底に沈んだクジラの骨にすみついている。その形や生態は独特で、栄養のとり方も他の動物とは大きく異なっている。

一般に動物は口から餌を取り込み、消化管で栄養を消化吸収し、残ったものを排出するが、ホネクイハナムシはこうした仕組みを完全に失っている。その代わりにホネクイハナムシにしかない「根(菌根部)」といわれる器官を持つ。根を骨のなかに張り巡らせ、そこから消化酵素や酸を出して、死んだクジラなどの骨を溶かし、有機物を吸収して栄養にしている。その形態と暮らしぶりから、「骨を食べる花のような生き物」、ホネクイハナムシという名前がつけられた。

この仲間はまだ学名がついていないものも含めると20~30種はいると見られ、水深30m~4,200mくらいという幅広い深度の海底で見つかっている。現生のもはどれもクジラやイルカなどの骨にすみついているが、すでに白亜紀からいたと考えられている。そのころはまだ海洋に大型ほ乳類は進出していなかったため、魚竜や首長竜等の骨を利用していたのではないかと考えられている。やわらかい生き物なので化石は残らないが、ホネクイハナムシが根を張った痕だろうと推測されるクジラの骨の化石も見つかっている。今後魚竜などの化石を詳細に観察することで、ホネクイハナムシの生痕が発見されるかもしれない。

生命機能研究グループの宮本教生研究員は、鹿児島県沖のマッコウクジラの鯨骨から、2012年にホネクイハナムシを採集し、世界初の人工飼育を成功させた。ホネクイハナムシがつく骨は、クジラの仲間なら種を選ばないが、実験室の水槽内では他の脊椎動物の骨でもよく、魚の骨にもつくという。「今はブタの骨で飼育しています。クジラの骨はなかなか手に入りませんし、大き過ぎたり、水質管理も難しくなるので、小さなブタの骨を使っているのです」と宮本研究員。



宮本研究員が飼育中のホネクイハナムシ。見えているのはすべてメス。白い粒のように見えるのが卵。

「吸収」は既存機能の流用、「消化」は新遺伝子の獲得

はじめに触れたようにホネクイハナムシは私たちの腸が持つ消化・吸収の機能を、根の皮膚が担っている。「食べ物の上に手を置くと、皮膚から消化酵素が出て食べ物を消化し、消化された栄養素が皮膚から体内に吸収される」というイメージだと宮本研究員はいう。「効率よく機能させるためには、ツルツとした皮膚ではなく、根のように伸びていく新しい形態も手に入れなければなりません。それをどのようにして獲得したのかに興味があり研究を行っています。飼育して卵からの発生過程を観察した結果、消化管は発生の途中で退化し、体の後ろの方にある表皮が発達して根ができることがわかりました。また消化吸収に関する遺伝子を調べたところ、『吸収』に関してはゴカイが消化管で行っていた機能をそのまま流用しているようです。動物の消化管の表面には、栄養を吸収するポンプのような装置があるのですが、ホネクイハナムシではそれが皮膚の表面に集まり、栄養を吸収できるようになっています」と話す。

その一方「消化」に関しては、元から持っていた機能の流

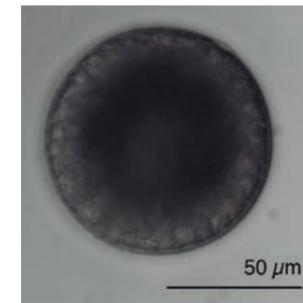
用ではすまなかった。「それまでの動物も食べなかった骨を消化しなければならないので、骨の成分であるコラーゲンなどを分解する必要があります。他の無脊椎動物はコラーゲンを分解する消化酵素を2~5種類しか持っていませんが、ホネクイハナムシは酵素の遺伝子が異常に増えて、少なくとも24種類が見つっています。ホネクイハナムシは消化に関しては新しい酵素をつくる遺伝子を手に入れ、吸収に関しては持っていた仕組みを流用するという、2つの組み合わせによって、他の生き物がなし得なかった、骨を食べるという新しいライフスタイルを手に入れたのです。このイノベーションによって、新しい資源を利用できるようになったといえます」。

ホネクイハナムシをモデル生物に

生物学ではマウスやショウジョウバエ等、さまざまな研究方法が導入可能な「モデル生物」が大きな役割を果たしている。深海生物の持つ特殊な機能の数々を解明するために、宮本研究員はいち早く飼育に成功したホネクイハナムシをモデル生物にしたいと考えている。「ある生き物が持つ形態や機能を調べるには、発生過程の詳細な観察や、機能を達成する上で必要な遺伝子を壊すなど、さまざまな手法を導入する必要があります。そのためには、室内で飼育するノウハウを確立・公開し、誰もがいつでも卵を採って飼育し、遺伝子の機能などを調べられるようにすること、すなわち、ホネクイハナムシをモデル生物にすることが重要だと思うのです」と宮本研究員は語る。



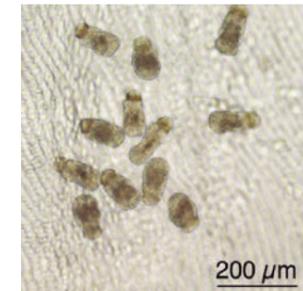
オスは0.5mmほどの大きさで、メスの体の茎の部分(体幹)にぴったりと張り付いて生活している。オス一匹が○で囲ってある。



ホネクイハナムシの卵。



ホネクイハナムシの幼生。孵化したばかりのもの。



ホネクイハナムシの幼若体。骨に着底直後。

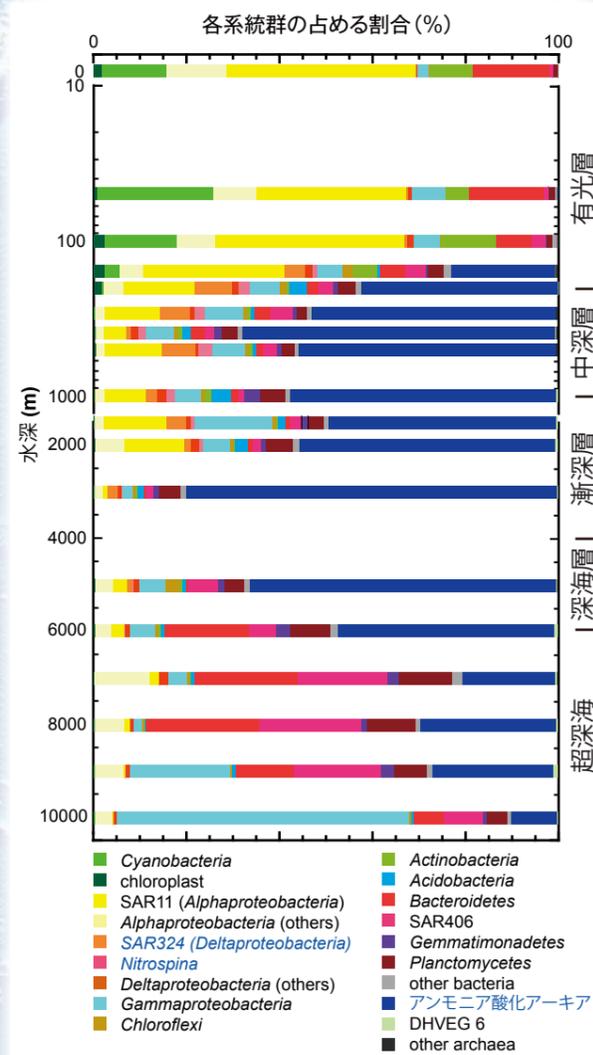
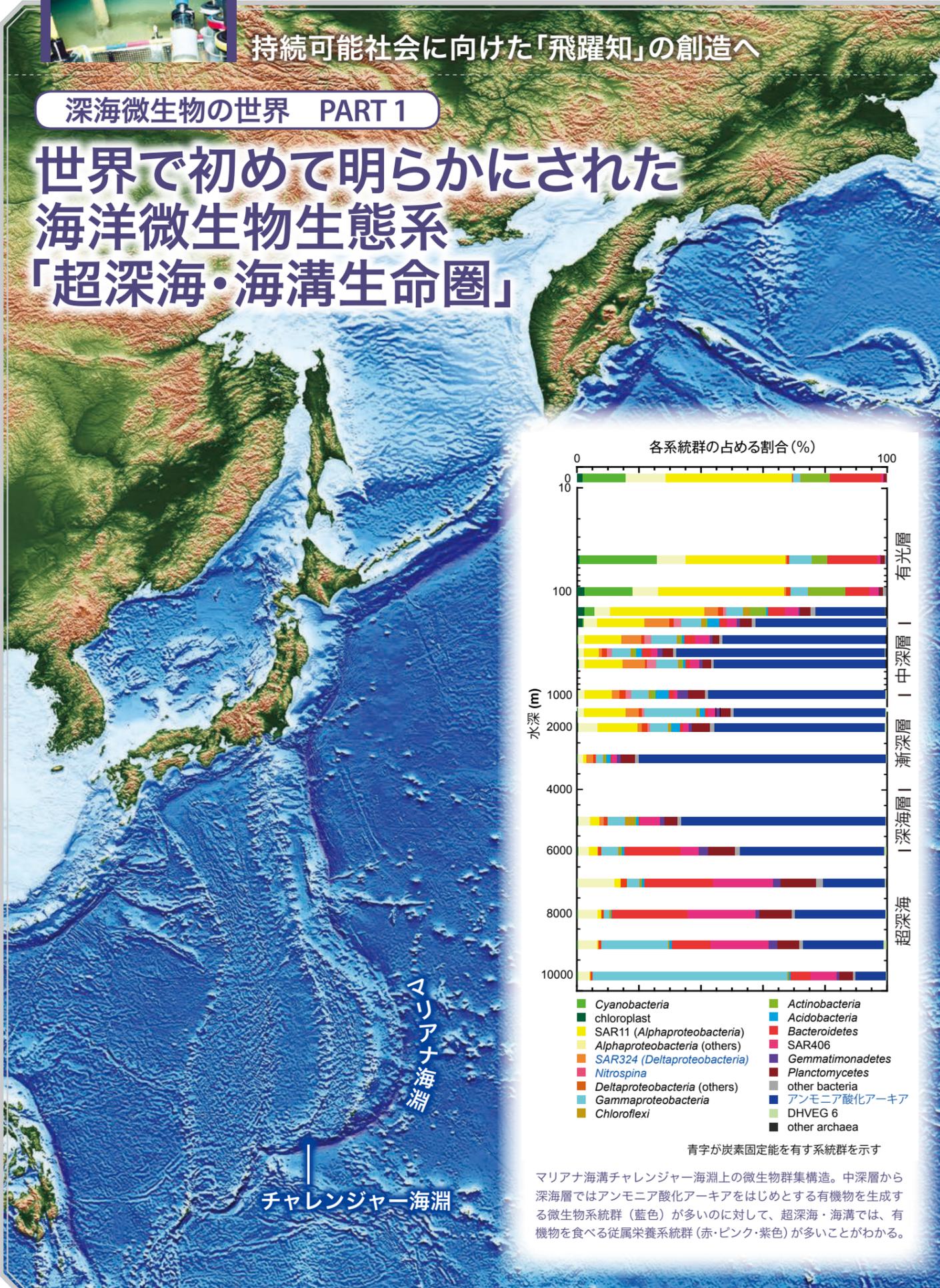


ホネクイハナムシの飼育水槽。

持続可能社会に向けた「飛躍知」の創造へ

深海微生物の世界 PART 1

世界で初めて明らかにされた 海洋微生物生態系 「超深海・海溝生命圏」



青字が炭素固定能を有す系統群を示す
マリアナ海溝チャレンジャー海淵上の微生物群集構造。中深層から深海層ではアンモニア酸化アーキアをはじめとする有機物を生成する微生物系統群（藍色）が多いのに対して、超深海・海溝では、有機物を食べる従属栄養系統群（赤・ピンク・紫色）が多いことがわかる。

世界初の発見「超深海・海溝生命圏」

世界の大洋には、深海平原と呼ばれる水深5,000~6,000mの平らな海底が広がっている。一方で、日本列島の東岸沖のように海洋プレートが沈み込んでいる海域では、さらに水深が深くなる海溝が形成される。千島海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、さらに南のマリアナ海溝などは、いずれも水深7,000mを超える。

海洋生命工学研究開発センター生命機能研究グループの布浦拓郎グループリーダー（GL）をはじめとするJAMSTECおよび東京工業大学・横浜市立大学・東京大学の共同研究グループは、世界最深のマリアナ海溝チャレンジャー海淵内の超深海（水深6,000m以深）の海水を詳しく調査・解析した結果、海溝部の上層に広がる中深層-深海層の海水中とは明らかに異なる微生物の生態系が存在することを、世界で初めて明らかにした。

共同研究チームは、チャレンジャー海淵の中央部で、海洋表面から海溝の底近くまで、水深0mから10,257mの海水を深度50mから1,000mおきに採取し、海水の物理構造や溶存化学成分、微生物やウイルスの数、微生物の群集構造などを詳しく調べた。その結果、超深海および海溝内の海水の微生物群集では、ほかの生物がつくった有機物を食べる従属栄養系統の微生物の占める割合が多いことがわかった。これに対して、6,000mよりも浅い中深層から深海層の海水には、有機物分解によって生じたアンモニアなどをエネルギー源にして、有機物を合成する微生物が多かった（20~21ページ参照）。「つまり、深海には自分で二酸化炭素を固定して有機物をつくって生きていく微生物が多いのに、超深海・海溝には、有機物で生きている微生物が多いのです。これは、マリアナ海溝に限らず、千島海溝や日本海溝、伊豆・小笠原海溝にも共通していると考えています」と布浦GLはいう。

超深海・海溝の微生物の特徴

なぜ海溝内には有機物を食べる微生物が多いのだろう。布浦GLは次のように考察する。「有機物を食べる微生物が多くなるということは、存在する有機物も多いことを意味しますから、その供給源を探さなければなりません。私たちはこう推察しています。海溝付近では比較的大きな地震がしばしば発生します。地震に伴って斜面で地滑りが起きると、そこに堆積していた有機物が、舞い上がって海水中に放出されます。こうした現象は、2011年の東北地方太平洋沖地震でも観察されています。海溝の底の堆積物を調べると、それなりの頻度で斜面が崩壊していることがわかります。このことから、「超深海・海溝生命圏は、海溝という地震による地滑りが頻発しやすい環境のもとに形成された生命圏である可能性が極めて

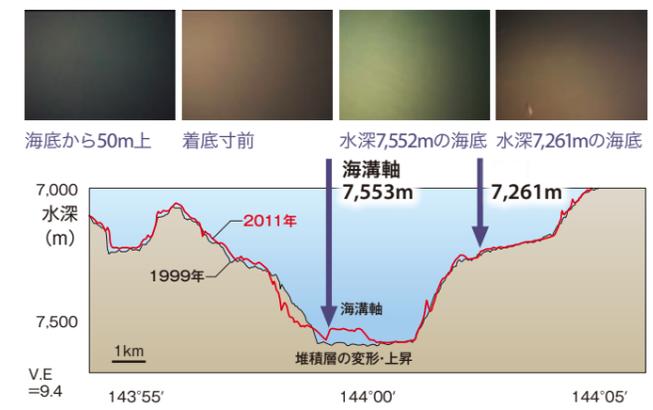
高い」と布浦GLは話す。「地滑りのような変動で舞い上がった有機物はすぐに沈むわけではなく、ある程度は海水中を流れたりするので、おそらく超深海・海溝内の環境全体がこうした有機物に支えられていると考えられますが、詳細についての直接的な証明はこれからです。いずれにしても、海溝という特徴的な地形が、独自の微生物生態系をつくっているというイメージで間違いのないと思います」。

海溝は深海層より豊かな生態系なのか!?

深海層よりも有機物が多く、生物密度の高い生態系が、海溝に形成されているのだろうか。「有機物が多ければ、そこに生物は集まってくるはずですが、また、大型の生物の生息密度は深海平原などより海溝のほうが高いともいわれています。実際にマリアナ海溝の底には、カイコウオオソコエビというヨコエビの仲間がいて、海底に餌を置くと寄ってきますが、深海平原では大型の生物はほとんど現れません。深海平原の環境では大きな体を維持することが難しいのかもしれませんが。大型生物の研究をしている研究者も『大型の生物が海溝にいるのは、斜面からの有機物の集積が起きていることと関係が深いのではないかと考えています』と布浦GL。

超深海・海溝生命圏については、これまでほとんど研究が行われておらず、依然として未踏の研究領域として残されている。また、今回共同研究チームが調査したマリアナ海溝は独立して存在する非常に閉鎖的なほみだが、北太平洋西岸の海溝は、アリューシャン海溝から千島海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝へとつながっているため、こうした海域では斜面にたまった有機物が崩れて広がるだけでなく、海溝に沿って流れる底層の海流によって有機物や微生物が移動し、拡散していることも考えられる。これらを考慮しながら、超深海・海溝生命圏という独自の微生物生態系が、マリアナ海溝以外の海溝にも共通して存在しているかどうか、「ほかの海溝環境についても調査を進めている」と布浦GLはいう。（Nunoura T, et al., 2015）

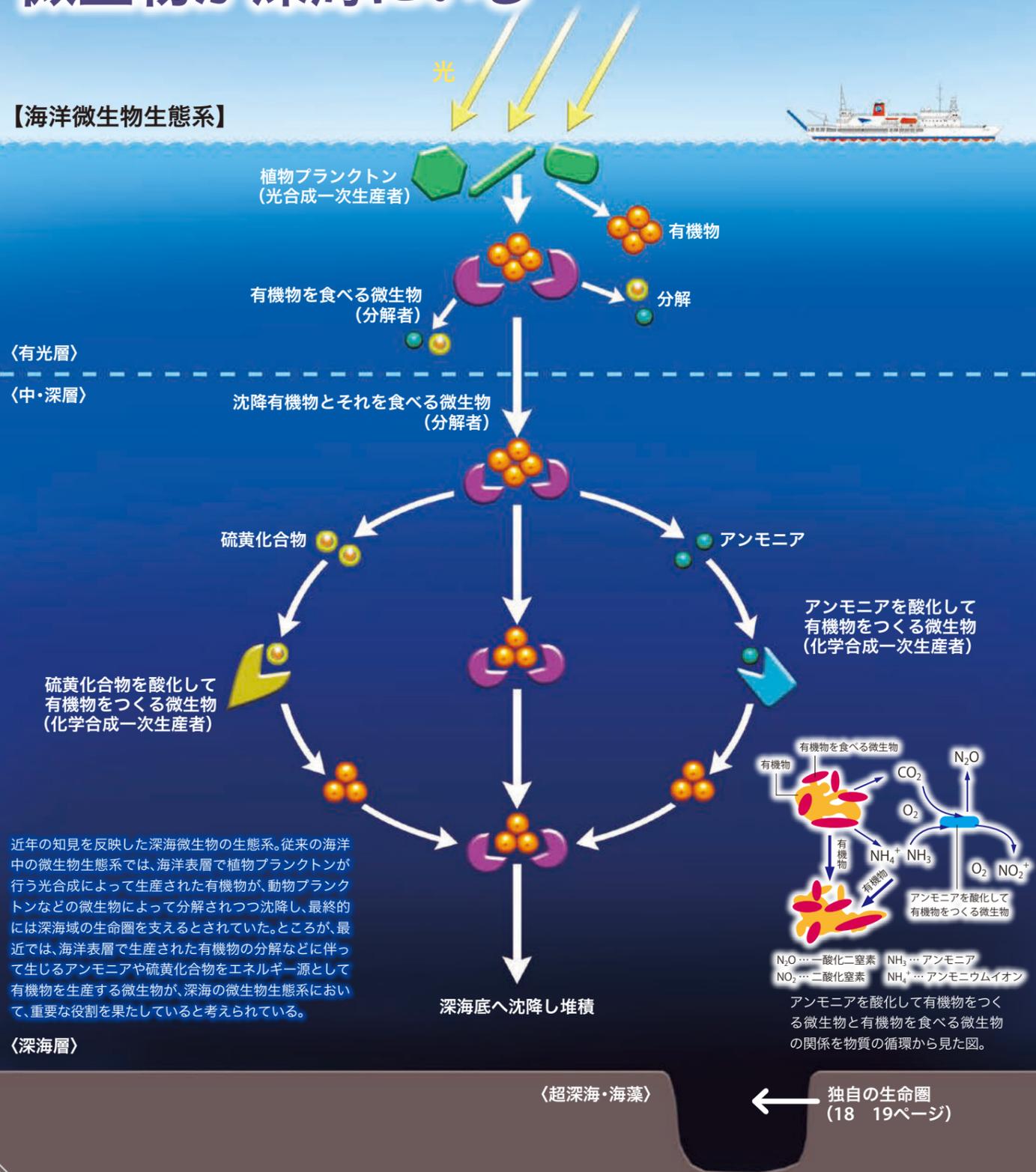
東北地方太平洋沖地震の発生から36日後の2011年4月15日、震源に近い日本海溝で撮影した海底の様子。すべての観測地点で強い濁りが検出された。



深海微生物の世界 PART 2

化学エネルギーで有機物を再生産する微生物が深海にいる

【海洋微生物生態系】



近年の知見を反映した深海微生物の生態系。従来の海洋中の微生物生態系では、海洋表層で植物プランクトンが行う光合成によって生産された有機物が、動物プランクトンなどの微生物によって分解されつつ沈降し、最終的には深海域の生命圏を支えるとされていた。ところが、最近では、海洋表層で生産された有機物の分解などに伴って生じるアンモニアや硫黄化合物をエネルギー源として有機物を生産する微生物が、深海の微生物生態系において、重要な役割を果たしていると考えられている。

海洋の有機物循環と深海の微生物

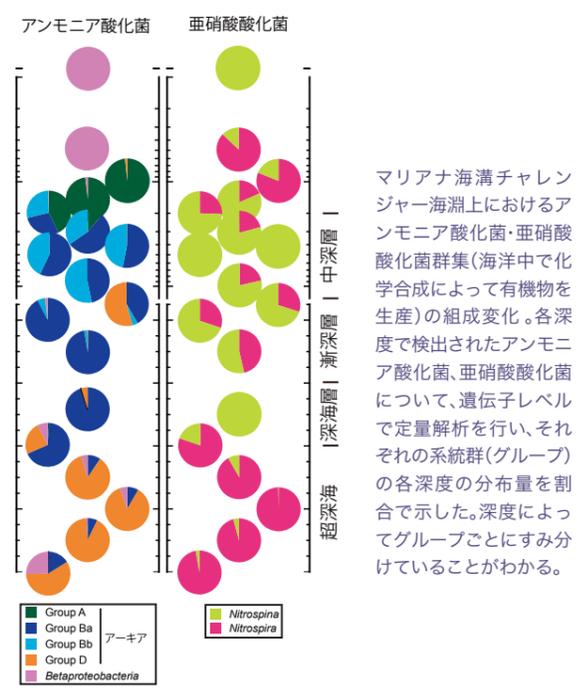
海洋の表層では、植物プランクトンが光合成で炭素を固定し、有機物が生産される。この有機物生産をもとに海洋の生態系が形成されるが、これまでは表層近くでできた有機物をより深い海中の生物が食べていくことだけに注目して、微生物生態系が語られることが多かった。ところが近年、このことが見直され始めたという。「有機物から分解された物質を利用して、もう一度有機物を生産する微生物がいることがわかり、そのサイクルが海洋の生態系にとって非常に重要だということが明らかになってきました。海洋の表層でつくられた有機物が豊富にあるところでは、その有機物を食べる微生物がたくさんいます。もう少し深いところでは、有機物にのみ頼る微生物は減ってきます。それにかわって、分解されたものを活用して再び有機物を合成する微生物が増えてくるのです。水深数百m以深では、ずっとこのような微生物が存在しています」と布浦拓郎グループリーダー (GL) は話す。

アンモニアなどを利用する微生物

分解された有機物は、どのような微生物が、どのようにして再び有機物を合成するのだろうか。布浦GLは、次のように説明する。「有機物が分解されるとアンモニアなどができます。数百mより深いところへいくと、アンモニアなどをエネルギー源にして有機物をつくる微生物が出現します。アンモニアなどを酸化してエネルギーを取り出し、化学合成を行うのです。こういう微生物は光が嫌いなので、深いところに現れます。アンモニアをエネルギー源にする微生物は、ここにすむ微生物全体の数十%程度を占めることがあります。さらに、微生物の量としてはそれほど大きくありませんが、海中で硫黄化合物をエネルギー源にして有機物をつくる細菌も見ついています。たとえば、懸濁粒子のなかで硫酸の還元が起きてできた還元的な硫黄化合物や、藻類等がつくる有機硫黄化合物を利用するのです。光が届かなくなる深さから、このような微生物が増えてきます。面白いのは、同じようにアンモニアを酸化して増殖する微生物のなかでも、種類によって好きなアンモニアの濃度があり、深さごとにうまくすみ分けているということです。海の最も深いところである海溝中には、比較的高い濃度のアンモニアを好む微生物がたくさんいます」。

アンモニアなどを利用するバクテリアとアーキア

布浦GLは、「アンモニアなどを酸化して得たエネルギーを用いて炭素固定を行う微生物が、深海に多く分布していることはわかっているものの、実際にどんなメンバーがどの程度有機物を再生産しているのかなどについては、これからの研究課題です」という。ただ、次のようなことはわかっている。



マリアナ海溝チャレンジャー海淵上におけるアンモニア酸化菌・亜硝酸酸化菌群集(海洋中で化学合成によって有機物を生産)の組成変化。各深度で検出されたアンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌について、遺伝子レベルで定量解析を行い、それぞれの系統群(グループ)の各深度の分布量を割合で示した。深度によってグループごとにすみ分けていることがわかる。

中心となる微生物は、バクテリア(細菌)とアーキア(古細菌)に分けられるが、アンモニアを酸化する微生物の多くはアーキアに属する。バクテリアもいるが、一般にバクテリアは高い濃度のアンモニアを好み、海の浅いところや泥のなかなどから見つかる。そのため、深海の泥のなかからはバクテリアもアーキアも見つかるが、深海の水塊中にはほぼアーキアだけ。そして、有光層直下と深い海溝生命圏の海中には、アンモニアの濃度が高い環境を好む微生物が数多く見つかるという。

アンモニアなどを利用する微生物は温暖化に関与!?

アンモニアなどを酸化してエネルギーを取り出す微生物は、「海洋に限らず地球上のあちこちに」と布浦GL。「土壌にもいます。海洋では、沿岸や堆積物中にたくさんいます。私たちの体にもすんでいるようです。皮膚の汗腺に、そういう微生物がいるという研究報告があります。汗をかくとアンモニアができますから、納得いく話です。アンモニアを利用する微生物に関しては、地球温暖化との関連も指摘され始めています。アンモニアを酸化するアーキアは、アンモニアを酸化する過程で一酸化二窒素(亜酸化窒素)を必ず吐き出すからです。一酸化二窒素は、二酸化炭素の約300倍もの温室効果を持つ気体です。しかも、オゾン層を破壊することがわかっています。これまでの地球温暖化に関する気候変動研究では、海洋から排出されるアンモニア酸化に伴う一酸化二窒素放出量の変化は考慮されていません。今後は、海洋を含めた窒素循環の研究が重要性を増してくる可能性があります」と布浦GLはいう。

きらりと光る瀬戸内の“名刀”

Information

宮島水族館 (みやじマリン)

〒739-0534 広島県廿日市市宮島町10-3

TEL 0829-44-2010

URL <http://www.miyajima-aqua.jp/>

取材協力：宮島水族館 飼育係主査 三浦和伸さん

タチウオという魚をご存じだろうか。名前は知らなくても、銀色に輝く美しい姿をひと目見たら、二度と忘れることはないだろう。その姿を刀にたとえて漢字では“太刀魚”と書く。やわらかな肉質とうまみのある脂がおいしい魚で、ウロコの代わりに銀色のグアニンという物質で体を覆われている。昔はタチウオのグアニンを人工真珠や化粧品の材料にもしたそう。

タチウオは、普段は海底の砂泥の上でじっとしているが、日が昇るとイワシやイカなどのエサを求めて浮上してくる。そして、流れの緩慢な場所では泳ぐのを止め、垂直に“立って”エサがくるのを待っている。タチウオという名前は、この習性が由来だという説もある。不思議なことに、立ち泳ぎの状態になると大群でも魚群探知機には映らない。突然、魚群探知機に現れたり消えたりする漁師泣かせの“ゆうれい魚”なのだ。

広島県呉市豊島はタチウオの一本釣りで有名だ。手釣りで揚げるタチウオは、大きくて傷が少なく高値で取引される。そんな瀬戸内海の自然を紹介しているのが、宮島水族館だ。広島名産、カキのいかだでの養殖を再現した展示、瀬戸内に生息するイルカ「スナメリ」などととも、びかびかと光るタチウオも飼育されている。体にウロコがなく傷つきやすいタチウオは飼育が難しく、全国でもほとんど例がない。「せっかくタチウオが捕れるのだから、ぜひ長期飼育に挑戦したかった」と話すのは、町立水族館時代から33年間、館の飼育展示に携わってきた三浦和伸さん。館のタチウオも地元漁師



とがった口には鋭い歯が並ぶ。

タチウオ

スズキ目タチウオ科に属する回遊魚。世界中の熱帯から温帯の沿岸部、表層から水深400mあたりに分布する。日本では北海道以南に多く、瀬戸内海沿岸では水深30~40mに生息する。体は細長く扁平で尾びれは糸状。ウロコはなく体全体を銀色のグアニン質の層で覆われている。全長は最大で2m近くになる。



体はまっすぐの状態、ヒレだけを波打たせ水中で何時間でもホバリングができる。



捕獲したタチウオ。運搬中も酸素を送りながら、揺れた衝撃で体が水槽タンクの壁に当たらないよう慎重に運ばれる。



館には広島名産のカキも、いかだとともに展示されている。

の協力を得て手釣りで揚げた。「網を使わないから活きがいい。ウロコがないタチウオは浸透圧の影響も受けやすいため時間をかけて引き上げ、お腹にたまった空気を注射器で抜いてやるんです」。2011年のリニューアルオープンに合わせてタチウオ専用の水槽も用意した。円筒を縦半分に切ったD形の深さ約3mの水槽には、約30匹のタチウオが“立って”いる。「お客さまは、この“立ち姿”を期待しているので、循環水の勢いを弱めて立った状態を保つようにしています」。こうした努力の結果、館は全国でも珍しいタチウオの長期飼育に成功した。

立ち泳ぎの姿はのんびりして見えるが、実はタチウオは神経質な魚だ。「群の中でもお互いをすごく意識していて、近くにきた仲間に鋭い歯で噛みついたり、何に驚いたのか急に浮上して水面上に飛び跳ねることもあります」と三浦さん。光にも敏感で、暗い場所を好むくせに光に集まる。最初はブ

ルーライトで光量を落としてみたが、光を反射した壁に集まり傷ついてしまった。現在は、40Wの蛍光灯をさらに遮光して水槽の後ろ半分を暗くすることで水槽の前面にタチウオを集め、ゆらゆらと漂う姿を見てもらえるようになった。

1年越えの長期飼育の記録は未だ更新には至っていない。成長するにつれて泳ぐ力が増し、体が傷ついてしまうなど課題も多い。「餌付けができない個体もいるし、卵を持った個体がいっても成熟するまで飼育できない。エサや水温の条件もわからない。でも、その手探りが面白い」と三浦さんはいふ。タチウオをカキいかだの水槽に入れたこともあるそう。カキ殻でタチウオが傷ついて同居は断念したが、広島沿岸ではタチウオの幼魚が小魚を目当てにいかだから吊された連ガキの周りにやって来る。連ガキが魚礁となり生き物を育てているのだ。そんな自然を少しでも来館者に伝えたいと、三浦さんは今日もタチウオの飼育に励んでいる。



TEAMS ~海洋科学で東北復興を支援する研究者たち~

生物の密度分布を調べて 被災地の水産業の復興に役立てる

東北地方太平洋沖地震の被災地の復興を支援する「東北マリンサイエンス拠点形成事業『海洋生態系の調査研究』(TEAMS)」。

これまではTEAMSに参加するJAMSTEC、東京大学、東北大学それぞれの研究拠点を率いる代表研究者を紹介してきたが、今号からは研究現場で活躍する若手研究者へのインタビューを連載する。一人目は、三陸沖の生物の密度分布を地図上に示す「生態系ハビタットマッピング」の研究チームを率いる山北剛久ユニットリーダー。海の生物の研究者を志したいきさつから、生態系ハビタットマッピングの意義について話を聞いた。

山北 剛久

東日本海洋生態系変動解析プロジェクトチーム
ハビタットマッピングユニットユニットリーダー
(取材当時)

山北 剛久 (やまきた・たけひさ)
1982年、千葉県出身。2010年、千葉大学大学院理学研究科地球生命圏科学専攻博士後期課程修了。理学博士。森林総合研究所森林昆虫研究領域非常勤特別研究員、水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究生産環境部支援研究員、東京大学農学生命科学研究科生物多様性研究室特任研究員、海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域 海洋生物多様性研究プログラム 特任技術研究員などを経て、2014年4月から現職。専門分野は空間生態学。

子どものころから親しんだ 干潟の生物の研究を志す

— どうして海の生物の研究者を志されたのでしょうか？

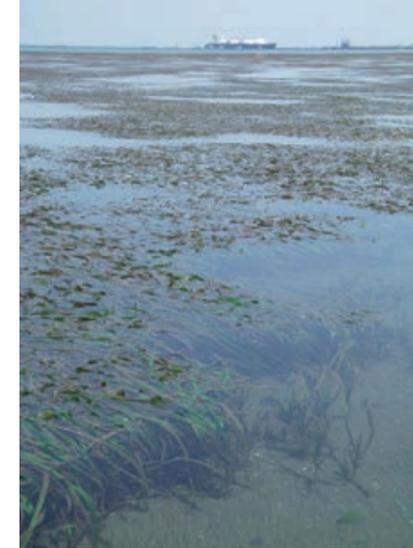
山北：生まれ育ったのが東京湾の一番奥に位置する千葉県浦安市だったので、毎年、三番瀬や船橋海浜公園といった近くの海岸に出かけて潮干狩りを楽しんでいました。また、母の実家が佐賀県で漁師をしており、有明海に連れて行ってもらったりしたので、子どものころから海や海の生き物に触れ合っていました。ですから、自然と海の生物に興味を持つようになり、生物の研究を志して千葉大学理学部に進学しました。しかし、千葉大学理学部は伝統的に植物生態学の研究者を多く輩出しており、入学当初は植物の研究者とのつながりが深かったです。

— 海の生物ではなく、陸の植物の研究にかかわるようになったのですか？

山北：所属した自然関連のサークルにも植物に詳しい先輩がいましたし、学部生のころは森林植物のゼミにも参加したりして、海の生物に興味を抱きつつも、陸の植物について学ぶ機会のほうが多くありました。ただ、ちょうど学部の2年生の時に、海の底生生物(ベントス)を専門にしている先生が赴任して、実習や授業で海の話聞くことも多くなりました。そして、研究室に入って研究テーマを決める際は、干潟の生物を研究したいという想いを叶えつつ、学部で学んだ植物の知識を生かせるテーマをと考え、研究室でも専門の1つとしていたアマモを対象としました。神奈川県側では、アマモを移植するなどの保全活動が盛んに行われていますが、千葉県側では富津周辺に比



海へ潜って調査をしていた学生時代。



富津干潟のフィールド調査で撮影したアマモ。



富津干潟の気球からの写真。砂州の間に黒っぽく見える部分がアマモの植生。

撮影：北海道大学 厚岸臨海実験所 仲間研究室

較的、自然のままの状態の干潟が残されていたので、富津干潟のアマモの分布を研究テーマに選びました。

— アマモの分布という、どういった研究を行うのでしょうか？

山北：千葉県一帯の航空写真を撮り続けている会社があって、過去30年以上にわたって富津干潟を撮影した写真が保存されていました。それを見せてもらったところ、アマモの群落の広がりがとてもよくわかるものだったので、この航空写真を利用してアマモの分布がどのように変化しているのか、また、その変化に環境要因がどうかかわっているのかを調べることにしました。

— アマモに限らず、植物分布の研究という印象がありますが、山北さんの研究では航空写真を用いられるのですか？

山北：画像を活用した研究方法をとったのは、高校の時に所属していた天文部での経験がかかっています。ちょうど私が高校生だった1990年代末頃、画像編集ソフトの“フォトショップ”が普及し始めて、部の活動でも利用していました。撮影した画像のままでは確認できないような彗星の尾も、画像処理をすることで見えるようになり、単に天体を観測するだけではない面白さに魅せられたことを覚えています。

さらに、千葉大学には環境リモートセンシング研究センターという組織があり、地球から撮影した天体写真だけでなく、人工衛星から撮影した地上の画像についても画像処理することで、ただ画像

を見ているだけではわからないことを明らかにできることを知って感銘を受けました。そうした経験から、アマモの分布の調査でもフィールド調査だけでなく航空写真の分析を交えてアマモの群落の変化を明らかにしようと考えたのです。

— その結果、富津干潟のアマモについて、どのようなことが明らかになったのでしょうか？

山北：ある場所では波の当たり方が変化したために徐々にアマモが失われてしまった一方、別の場所では海流の流れによって運ばれた土砂の影響で砂州の形状が変わった結果、群落が拡大していることが明らかになりました。限られた特定の場所では変化があっても、アマモの群落全体では変動が非同調的であることで、面積が概ね保たれていたのです。こうした成果は、フィールドの調査だけではなかなか得られないと思います。それ以来、生物の個体群や群集を空間的に理解する研究を続けています。

生物群集を空間的に理解するのが一貫した研究アプローチ

— その後、TEAMSにかかわるまでは、どのような研究をされていたのですか？

山北：博士後期課程を修了した後、森林総合研究所に1年間、研究員として所属して森林と海の生物のかかわりを調べていました。その時の研究対象を例として挙げると、アカテガニがあります。アカテガニは普段は海岸に近い森のなかに暮らし、繁殖のために海に下ることが知られています。過去に三浦半島のアカテガ



ニの分布を調べた研究があるのですが、これに標高の情報を加えて分布の面的な広がりまで明らかにできるよう、コンピュータ上で統計モデルを作成して推定しました。

その後、水産総合研究センターや東京大学に所属した際は、過去に得られたアマモの分布データや、底生生物（ベントス）の種数のデータから、全国の海の生物多様性の評価研究に取り組みました。
——主に沿岸の生物を研究されていたようですが、JAMSTECは沖合、深海を主な研究対象にしています。その点でJAMSTECに所属することに懸念はありましたか？

山北：研究対象が変わっても、私の研究手法は一貫して画像データなどから生物群集の分布を空間的に理解するというアプローチです。それはJAMSTECに所属したとしても大きく変わることはありません。むしろ沿岸の浅い海の場合、相当な労力はかかるものの、徹底的に分布を

調べることが可能ですから、限られたデータだけで生物の分布を推定する意義は薄れます。それに対して、深海は調査自体が難しく、詳しく調べたくても調べられないことが多々あります。浅海に比べて情報が限られるからこそ、私が得意とする生物分布を推定する研究が生かせるのではないかと考えました。ですから、TEAMSのハビタットマッピングの研究メンバーの募集告知を見つけた時、躊躇することなく応募しました。

——TEAMSに参加される以前に、東北とのかかわりはありましたか？

山北：東北ではタチアマモの調査をしたことがあります。その際に、震度5の地震を経験し、ラジオの続報を待ちながら、山に登って逃げるかどうか話し合った経験がありました。また、東北地方太平洋沖地震の際、実家がある千葉県浦安市の埋め立て地ではひどい液状化現象が起きましたから、震災の影響は他人事ではないと感じていました。TEAMSでは研究を通じて、東北地方の水産業の復興のお手伝いをしたいと考えています。

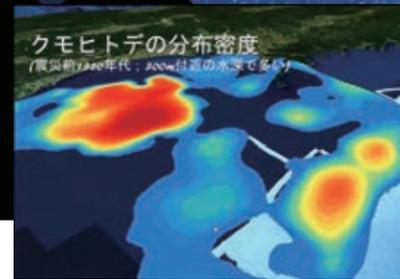
タチアマモは世界で最も草丈の長いアマモの一種で、草丈は7m以上になることもある。北海道、本州（日本海沿岸、陸奥湾～相模湾）、千島列島、朝鮮半島に分布しており、内湾の砂質の海底に生育している。沿岸の開発や、生活排水による水質汚染、富栄養化、植物プランクトンの増加による赤潮の発生などが原因となって、近年、減少傾向にある。山北

ユニットリーダーは千葉大学在籍時に、岩手県大槌町にある国際沿岸海洋研究センターに滞在し、磯やタチアマモの調査にも協力していただけに、東北の復興に貢献できる研究に積極的なのだ。

——では、山北ユニットリーダーが担当されているハビタットマッピングユニットでは、どのような研究を行うのですか？

山北：今後、東北地方の水産業の復興に伴って、漁業が盛んに行われることとなりますが、その際、どの海域にどんな生物がどのくらいいるのかという情報は非常に重要となります。そのため、私たちの生態系ハビタットマッピングユニットでは、三陸沖を調査し、その情報を盛り込んだ地図を製作することで、漁業者の皆さんの役に立つ情報を提供することを目指しています。

とはいえ、ただ魚が多く獲れる場所を紹介するわけではありません。一度にたくさん獲れば、それだけ水産資源が減ることになりますから、水産資源を枯渇させずに持続的な漁業を行うための情報も提供していきます。生物の生息情報が限られているため、詳細な推定はまだできていませんが、たとえば、重要な水産資源やその餌がどこから供給されているかなども明らかにして、この海域（あるいは時期）では獲ってもよいがこちらの海域（時期）は禁漁にしましょう、といった情報を提供することで、持続可能な漁業を確立するお手伝いをしたいと考えています。



1980年代のクモヒトデの分布の予備的な推定結果。赤い部分で数が多い。

生物の密度分布によって瓦礫の漁礁効果も明らかになる

——具体的にはどのようにハビタットマップを製作されるのでしょうか？

山北：理想をいえば三陸沖をメッシュ状に区切って、そのすべての生物の情報を得たいところですが、限られた調査をより有効に活用するため、他の研究チームと一緒に特徴的な海底を選んで調査を行っています。

——それはどのような海域ですか？

山北：海底には、「^{かいていこく}海底谷」と呼ばれる溪谷があります。海底谷には津波で流された瓦礫がたまりやすく、TEAMSの他の研究グループも興味を持っているため、これまでは海底谷を中心に調査を行ってきました。遠隔操作の無人探査機（ROV）を用いて海底の様子を観察するほか、スラップガンと呼ばれる掃除機のようなもので生物を捕らえることや、海底の土砂を採取するコア・サンプリングなどをして、得られた生物の分布情報を地理情報システム（GIS）のソフトウェアに入力して、環境情報との関係性を解析して、生物分布の推定を進めています。
——ハビタットマッピングで研究対象となるのはどのような生物ですか？

山北：調査によって確認された生物はすべて情報として蓄積していきますが、ハビタットマッピングの主な研究対象としている魚種は、キチジ（市場ではキンキといった名称で流通している）、マダラ、アナゴ類です。いずれも水産資源として

重要な魚種であることはおわかりいただけるでしょう。これに加えてクモヒトデも調査対象にしています。クモヒトデは水産資源ではありませんが、キチジの胃の内容物を調べた先行研究から、キチジの主要な餌であることがわかっています。そこで、TEAMSではクモヒトデも生態系ハビタットマッピングの研究対象とすることにしました。

——クモヒトデは炭酸カルシウムでできた、かたい骨格を持っています。キチジの胃のなかに残っているのは、消化できないからとも考えられるのでは？

山北：確かにクモヒトデのかたい骨格がキチジの胃のなかで残りやすいのは間違いないでしょう。しかし、胃の内容物を調べた研究によると、非常に多くのクモヒトデの痕跡が確認されたと報告されていますから、量としては主な餌生物と考えても差し支えないでしょう。クモヒトデがキチジの栄養源として、どの程度、貢献しているのかまで明らかにしようとすれば、ヨコエビ類など他の餌生物を含めて、炭素や窒素などの安定同位体比を比較検討し、キチジの組織を構成する分子がどんな餌生物由来なのかまで明らかにしないとイケません。こうした研究は未だ十分な成果は得られていないので、過去の胃内容物の研究成果を参考に、魚類に加えて、クモヒトデのハビタットマッピングを進めています。

——これまでの研究でハビタットマッピングは得られているのでしょうか？

山北：現在、調査を進めていますが、三陸沖について広範囲で生物群集を推定するに足るデータはまだ集まっていません。そのため、震災後のクモヒトデのハビタットマッピングはこれからなので

南三陸沖の海底には、キチジの餌ともなるクモヒトデがたくさん見られた。

ですが、1980年代に実施された調査結果を使って作成した図があります。この過去の結果と、今後明らかになる震災後のクモヒトデの密度分布とを比較することで、地震や津波の影響を評価できるのではないかと期待しています。また、今も三陸沖の海底にはたくさんの瓦礫が沈んでいますから、瓦礫の周囲でクモヒトデなどの密度が高ければ、その瓦礫には漁礁の働きがあると考えられることもできます。
——漁礁の働きが認められれば、瓦礫を海底に残すという選択もあり得るのでしょうか？

山北：あえて引き揚げないという選択もあってもよいとは思いますが、底引き網漁を行う海域の場合、いくら漁礁効果があっても漁業の邪魔になりますので引き揚げるという選択もあるでしょう。引き揚げるか、残すのかの判断は、漁礁効果の有無だけで決められるものではありませんが、生態系ハビタットマッピングの研究結果が瓦礫の扱いを決める判断材料になってくれると嬉しいですね。

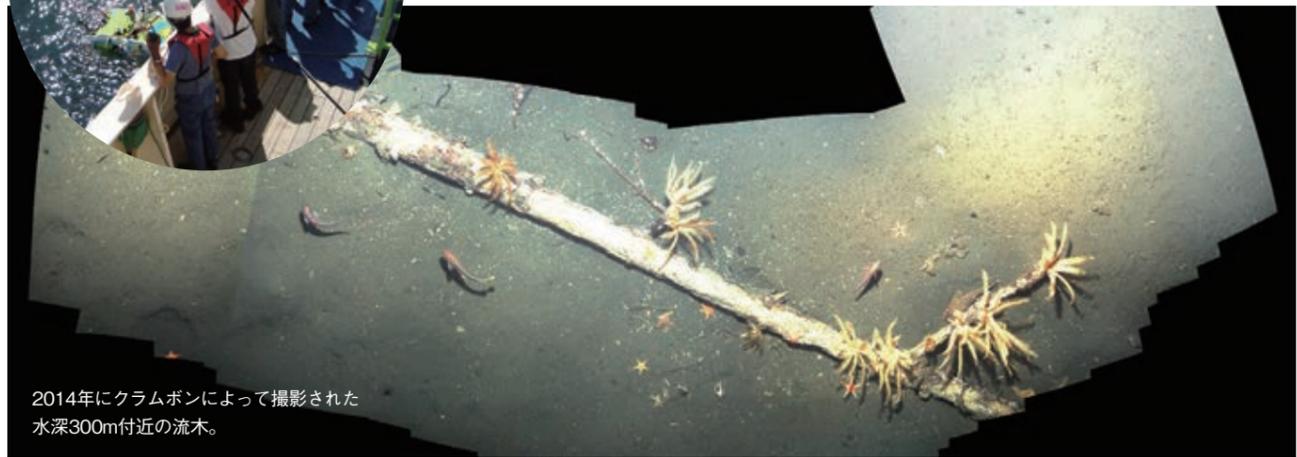
——最後に、これからの展望をお聞かせください。

山北：実際に、生物の分布密度を示したハビタットマップを発表するには、もう少し時間が必要ですが、深海の調査写真などを漁業者の皆さんに紹介するだけでも、私たちの研究に興味を持っていただくきっかけになっていると感じています。日常的に海に出ている漁業者でも、海底の様子を見る機会はないので、自分たちが漁業を行っている海の底がどうなっているかには興味を持ってくださるのでしよう。これからも調査で撮影された写真は機会があれば紹介していきたいと考えています。

BE



小型無人探査機「クラムボン」による海底の調査。



2014年にクラムボンによって撮影された水深300m付近の流木。

カイメン四方山話

生態と進化のふしぎ

● 地球情報館公開セミナー第181回 2014年7月19日開催

榎 玲未

海洋生命理工学研究開発センター
新機能開拓研究グループ
PD(ポストドクトラル) 研究員

● つばき・れみ。1985年大阪府生まれ。2013年、京都大学大学院人間・環境学研究科博士課程修了、森林総合研究所森林昆虫研究領域非常勤特別研究員。2014年より現職。現在は生物の体の仕組みと機能に興味を持ち、カイメン動物を対象に研究を進めている。



「スポンジ」が生き物!?

先日、私の友人9人に、「カイメン」と聞いて何を思い浮かべるか聞いてみました。すると、体を洗うときに使うボディスポンジを思い浮かべた人が3人、切手を貼ったりお札をめくったりするときに使う事務用のスポンジが2人、1人はスポンジ・ボブというアメリカのアニメのキャラクターと答え、残りの3人は何も浮かばないという回答でした。普通に生活していると、カイメンにはあまりなじみがないようです。そこで、カイメンの基本的な生態についてまずご紹介したいと思います。

9人中5人が思い浮かべたボディスポンジや事務用のスポンジは、もともとはカイメン動物を乾燥させたものです(図1)。英語ではカイメンを「スポンジ」とい

ます。生きている状態を見ても、ちょっと液体を含んだかな、という程度で、やはりスポンジそのものです。

ではなぜ、こんなに全身スカスカで生きていけるのでしょうか。そもそもこのスカスカの生き物は動物なのか植物なのか、という疑問が浮かぶかもしれません。実際、生きているカイメンを見てみても、まったく動いていないように見えます。しかし、カイメンは、れっきとした動物で、実際には常に激しく動いています。

水路に依存した生活

カイメンの表面には、孔がボコボコ開いています。その孔付近に着色した水を垂らしてみると、まったく動いていないように見えたカイメンが、非常に盛んに水流を起こしていることがわかります。しかしどの孔も、水を出しているように

見えるのです。では一体、カイメンはどこから水を取り込み、どうやって吐き出しているのでしょうか。それを知るために、カイメンの体内での水の流れや、どう水流を起こしているのかを見てみましょう。

カイメンの体の表面を電子顕微鏡で撮影すると、直径1mmにも満たない小さな孔が、無数に開いていることがわかります(図2)。水はここから取り込まれています。カイメンの体内では、孔は細い水路に通じていて、細い水路から太い水路へ癒合を繰り返し、体表の大きな孔につながっています。小さな孔から取り込まれた水は、カイメンの体内でこの水路を通して大きな孔から吐き出されるのです(図3)。

一方、水の流れは、微小な襟細胞という細胞の持つ、鞭毛と呼ばれる鞭のよう

カイメンはどちらかといえば、日常生活ではあまり意識することのない、地味な生物ではないでしょうか。しかし実は謎に包まれた独特の構造を持ち、とてもユニークな生活をしているのです。一体、カイメンとはどのような生物なのでしょう。

な毛の動きによって生み出されており、襟細胞が密集した襟細胞室という部屋が体中にたくさんあります。鞭毛自体は長いものでも20μm(1mmの1/50)もないくらいで、1本1本の鞭毛は非常に小さく、生み出す力も小さいのですが、襟細胞が密集することで強い水流を引き起こすことができるのです。

カイメンは、体内の水路に取り込んだ水に含まれる小さな植物プランクトンや、ほかの生き物の死骸の破片などの有機物を食べています。餌は主に襟細胞室で捕らえられていることがわかっています。また、カイメンは餌をとるだけでなく、呼吸や精子・卵の放出なども、すべて水路を通して行っています。つまり水路は人間でいう消化管や血管、そして精子や卵を運ぶ輸精管、輸卵管という3つの重要な役割を果たしているのです(図4)。

不定形の体を支える仕組み

このように、カイメンの生活は水路に大きく依存しています。しかしこれは逆にいえば、水路さえあれば体がどのような形でもよいわけです。私たちの体では臓器の場所が決まっていますが、カイメンは組織や器官が未分化なので対称になるような軸はなく、基本的には不定形に成長します(図5)。

不定形の体というと、くしゃりと倒れてしまうような弱いものになるのではと想像されるかもしれませんが、カイメンは体のなかに、骨片と呼ばれるガラス質の骨格をたくさん持っていて、それらがさまざまな形に組み上がることで体を支えています。なかには骨片を持たない種類もありますが、代わりに繊維状のタンパ

ク質が非常によく発達していて、それが骨格の役割を果たしているといわれています。ある種のカイメンでは骨片が体表に突き出しており、ほかの生き物からの捕食を回避する役割を果たしているようです。

骨片がどのように組み上げられているか、あるいはどんな骨片が入っているかは、カイメンの種を同定するには非常に重要な性質です。

原始的な多細胞生物

ところで、カイメンの「再集合実験」をご存じでしょうか。

カイメンを細胞レベルまでバラバラにしても、細胞が再集合して個体に戻るという実験です(図6)。カイメンの体に機能の分化がないためにできるのですが、ではカイメン1個体をどう定義するのか

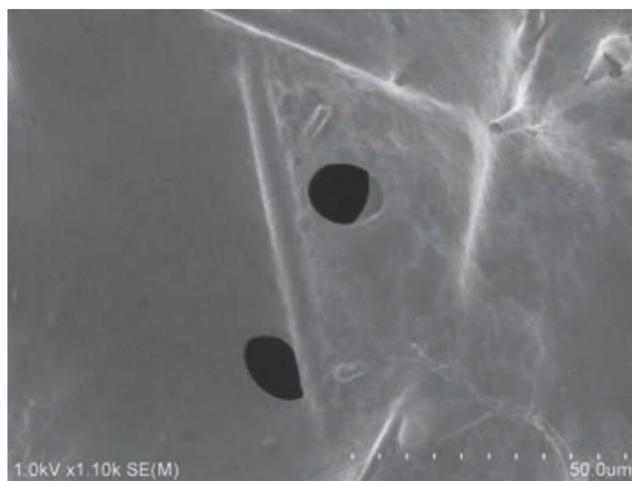


図2 カイメン表面の電子顕微鏡写真
10~20μmの孔が無数にあり、水を取り込んでいる。



図3 水流の出口
写真中央、カイメンの頭頂部に見える直径数ミリから数センチの出水孔(黒く見える孔)。体内の水路を通った水がここから吐き出される。

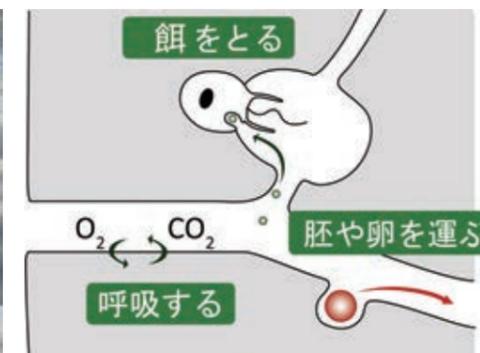


図4 水路の役割
カイメンにとって、体内の水路は消化管であり、血管であり、生殖輸管でもある。カイメンは水路なしには生きていけない。

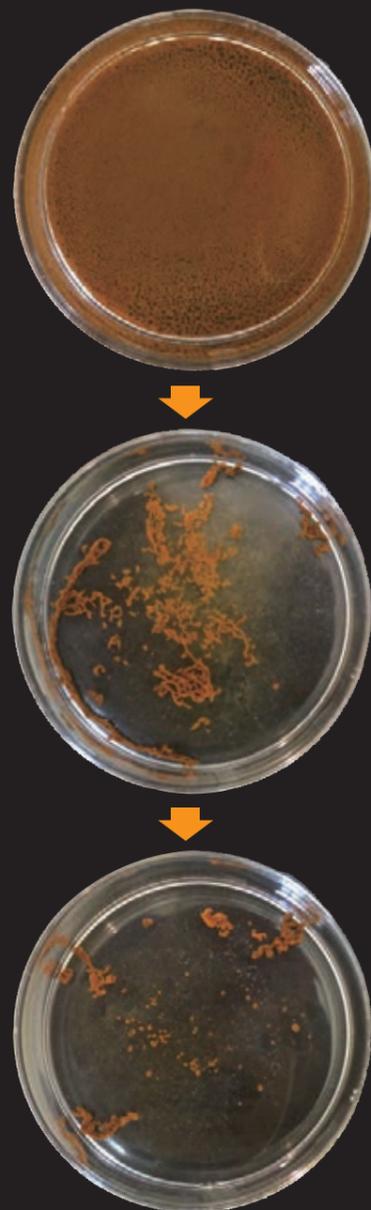


▲図5 カイメンの体つき

カイメンは組織・器官も未分化で体軸もなく、基本的に不定形に成長する。

◀図6 カイメンの再集合実験

カイメンをすりつぶして細胞レベルにまでバラバラにしても、細胞が集まって機能的なカイメンになる。



という議論が出てきます。今一番コンセンサスがとれている定義は、同じ上皮に囲まれたものをカイメン1個体とするというものです。

カイメンの再集合実験を最初に行ったウィルソンというアメリカの発生学者の言葉を借りれば、「今は1個体のカイメンでも、ナイフを入れたら2個体になる。逆に、2個体が融合したら1個体になる」。カイメンは個性が非常にあいまいな原始的な多細胞生物なのです。

そのような原始的なカイメンですが、系統関係は1つにまとまるという説とさまざまな系統を含んでいるという、2つの説があります。

もしカイメンが1系統にまとまるのであれば、水路というカイメンに特異的な形質は、カイメンが誕生したときに獲得されたかと推察できます。しかし、いろいろな系統からなっているのであれば、水路という特殊な形質は、多細胞動物の進化の過程のなかで獲得されたり失われたりしてきたと考えられます。

水路を失う進化はどれくらい起こりやすいのかについてはよくわかっていませんでしたが、1995年に、水路をまったく持たない肉食性のカイメンが、地中海の海底洞窟で発見されました(図7上)。このカイメンは、カイメンにとって大事なはずの水路を完全に失っているのです。ではどうやって餌をとるのかというと、線香花火のような1つ1つの細い柄の表面には、実はかぎ針のような骨片がたくさん付いていて、その骨片に引っかかった小さな甲殻類などを食べて暮らしています。獲物を捕らえると、それを抱き込むように変形して消化し、食べられない部分は吐き出します。この際、細胞の移動や増殖が盛んに起こることが確認されていて、これにより水路がなく物質が行き来しにくい状態を解消しているのではないかと考えられています。

対称性のある深海のカイメン

また、対称性を持つカイメンもいます(図7下)。こうしたカイメンは、深海にすむものに多いことが知られています。

特にカイロウドウケツは、ガラス質の骨片のつくり方などのモデル生物として盛んに研究されています。また、カイロウドウケツの体は階層的な自己組織化によって形づくられており、しなやかで丈夫な構造物を少ない材料でつくることができる、非常に合理的な骨組みをしていることがわかっています。深海は非常に資源が少ない環境なので、体の材料となる物質が不足しています。そのため深海のカイメンは、合理的な対称性のある形に進化したと考えられています。

この合理的なカイロウドウケツの骨組みをまねてつくられたビルがロンドンにあります。スイス・リーという会社の本社ビルで、窓を開けると空調代が大幅にカットできるそうです。カイメンは水路に依存しているため、体内の水の流れが効率化されており、それに学んだ建築にすることで、構造の補強だけでなく空調の効率化もできるそうです。

カイメンの省エネ策

カイメンはなぜ体内の水流を効率化するのでしょか。

カイメンが水流を起こすためのコストについて調べた研究があります。ある時点で使っているエネルギー量は、呼吸量に比例すると考えられるため、研究ではカイメンが水流を起こしている状態とまったく起こしていない状態での呼吸量が比較されています。それによると、カイメンは水流を起こすために、全体の約3割という莫大なエネルギーを費やしていることがわかりました。3割とは非常に大きな割合です。残りの7割はおそらく、代謝などに関係するところで使わざるを得ないと考えられるため、消費エネルギーを節約するには水流を効率化する必要がありますと考えられます。では、どうすればこのコストを節約できるのでしょうか。

たとえば、ホッスガイはコップのような構造の側面から水を取り入れ、上部から排水するのですが、水の流れによって柄が曲がることで、排水する方向と水流の方向が揃い、効率よく排水できています。このように周りの水流をうまく利用するのが1つの方法です。

もう1つは、共生する微生物を利用する方法です。カイメンの体内には、非常に多くの微生物が共生しています。なかには体重の6割程度が微生物で、カイメン本体よりも重い種類もいるくらいです。浅い海のカイメンには光合成する微生物と共生する種類がたくさんいます。光合成微生物がカイメンの体内にすみかを得る一方、カイメンは光合成産物の一部を餌として得ています。この状況だと、カイメンは餌をとるために水流を起こす必要性が低下します。実際、共生微生物が多い種類ほどろ過する水の量が低下する、つまり水流を起こすために使うコストが低いことがわかっています。また、共生微生物が多い種類では水流を起こす襟細胞が非常に少ないのに対して、共生微生物が少ない種類は自分で餌をとる必要があるため、水流を起こすための襟細胞室が非常に多いことも知られています。

立体構造の謎を追う

カイメンの水路は、襟細胞室1つとってもさまざまな形態があり、入水管や出水管も分岐や癒合を繰り返す非常に複雑な立体構造となっています。水路の立体構造とそれが持つ機能、意味は対応付けがまったくされておらず、未だ謎の状態です。

そこでいろいろな環境にすむカイメンを比べたり、違った条件でカイメンを育てたりすると、異なる環境にすむカイメンの間で水路の立体構造がどのように異なるのか、あるいはその構造によってどのように水を効率的に循環させるのかななどを解明できるのではないかと考えています。

先に紹介した、カイロウドウケツの構

造に学んでビルを設計するといった手法は生物模倣工学、あるいはバイオミメティクスなどと呼ばれます。カタツムリの殻の構造に倣った、汚れにくいタイルの例などを聞いたことがあるかもしれませんが。生物の持つ優れた構造に学んで私たちの暮らしに役立てようという試みは今、非常に盛んに行われています。私も、カイメンの構造が暮らしに役立つ何らかの技術開発につながるのではないかとという夢を持って研究を進めています。 **BE**

★椿PD研究員が研究を進めているカイメンの水路構造や二枚貝との共生について、10~11ページの特集記事で紹介しています。併せてお読みください。

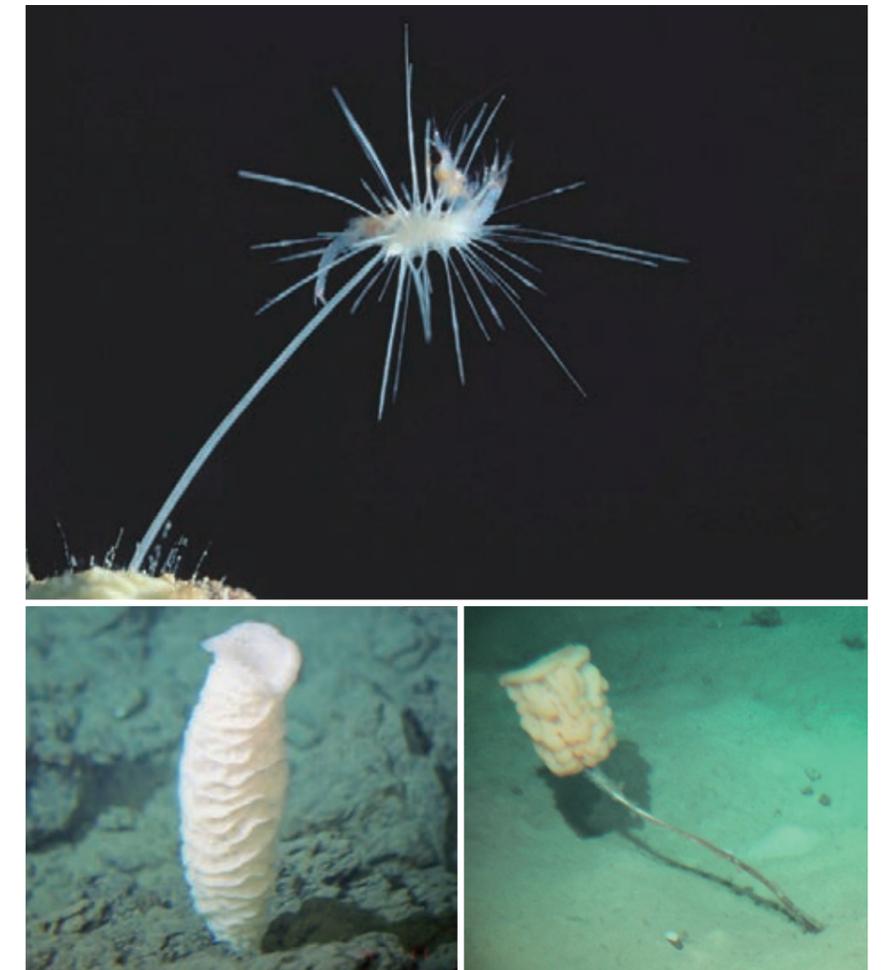


図7 肉食のカイメン、深海のカイメン

肉食のカイメンが2匹のアミ類を消化しているところ(上)。進化の上で水路を失ったと考えられる。カイロウドウケツ(下左)。体をつくる材料に乏しい深海に適応した、合理的な構造をしている。ホッスガイ(下右)。餌の少ない深海で、水流をうまく利用して餌をとり、消費エネルギーを節約できるような体つきをしている。写真(上)提供: Jean Vacelet (Aix-Marseille University)

『海洋生物の生存戦略に学べ！ 持続可能社会に向けた「飛躍知」の創造へ』はいかがでしたか？ 2014年4月に発足した海洋生命理工学研究開発センターは、飛躍的な知を創出するヒントを、「海洋」「深海」「海の生物」、さらには「深海の極限環境」などに求めようとしています。7ページに科学技術振興機構の相澤顧問が「人類社会は、地球環境を著しく損なっていました。これまで、科学技術は自然と対峙し、人工システムを構築してきました。しかし、これからは、『地球と共生する科学技術』『持続可能な科学技術』の創出が鍵となるでしょう。こうした要請に応えられるのが、『海洋生命工学』です」と指摘されており、BE編集部もJAMSTECの新しい研究センターの活躍に期待し、今後とも継続的にとり上げていきたいと思っています。

さて、ちょうどこの文を書いている最中（2015年3月13日午前）に米国マイクロソフト社の共同創業者であるポール・アレン氏が所有するヨット「OCTOPUS号」から戦艦「武蔵」と見られる沈没船のROVによる調査の様相を「ライブ配信」しました。太平洋戦争末期のレイテ沖海戦で撃沈された旧日本海軍の戦艦「武蔵」（全長263m、排水量6万5,000トン）は、いまだ発見されていませんでした。配信された動画では、艦橋や舵、蒸気タービン、機銃の台座、高角砲、日本語で書かれたプレートや大きなスクリューと見られる残骸がクッキリと映っていました。「武蔵」の映像もさることながら、調査を行った個人所有のヨットの中継に驚いてしまいました。この「OCTOPUS号」（全長127m、幅21m）は、なんと、JAMSTECの支援母船「よこすか」よりも大きいのです。この船にはROVだけでなく、浅海用の有人潜水船を後部から出し入れする設備があり、立派なAUVやソーナー類も搭載されています。いくらポール・アレン氏に膨大な個人資産があるとはいえ、このような調査に惜しげもなく私費を投じられるという環境に嫉妬すら覚えてしまいました。JAMSTECも過去には「対馬丸」といった沈没船などの調査に多くの成功を収めてきました。しかし、この映像を見て、まだまだ調査されていない沈没船はたくさん存在しており、今後の調査依頼に備えて探索技術の継承や技術者の養成などの不断の努力も必要であると感じました。（T.T）

『Blue Earth』定期購読のご案内

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

1年度あたり6号発行の『Blue Earth』を定期的にお届けします。

■ 申し込み方法

EメールかFAX、はがきに①～⑥を明記の上、下記までお申し込みください。

- ① 郵便番号・住所 ② 氏名 ③ 所属機関名（学生の方は学年）
④ TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤ Blue Earthの定期購読申し込み
*購読には、1冊本体286円+税+送料が必要となります。

■ 支払い方法

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

■ お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25

海洋研究開発機構 横浜研究所 広報部 広報課

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

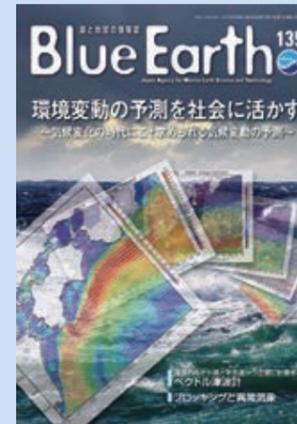
Eメール info@jamstec.go.jp

ホームページにも定期購読のご案内があります。上記URLをご覧ください。

*定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号（136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、【Blue Earth】の発送や確認のご連絡などに利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。

JAMSTEC メールマガジンのご案内

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

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

海と地球の情報誌 Blue Earth

第27巻 第2号（通巻136号）2015年3月発行

発行人 鷲尾幸久 独立行政法人海洋研究開発機構 広報部
編集人 廣瀬重之 独立行政法人海洋研究開発機構 広報部 広報課
Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 株式会社ミュール
アートディレクション 前田和則
取材・執筆 滝田よしひろ (p.1、裏表紙)、上浪春海 (p.2-6、p.8-21)、
山崎玲子 (p.22-23)、齊藤勝司 (p.24-27)、寺田千恵 (p.28-31)
編集・制作 滝田よしひろ、柏原羽美
デザイン 山田浩之、三橋理恵子、木元優介、高塩由香
イラスト カサネ・治 (p.20)、大島千明 (p.15、p.20右下)
撮影 藤牧徹也 (p.24、p.26上)、滝田よしひろ (裏表紙)

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。

賛助会（寄付）会員名簿 平成27年3月31日現在

独立行政法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付を頂き、支援していただいております。（アウエオ順）

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

広和株式会社	セイコーウオッチ株式会社
国際気象海洋株式会社	清進電設株式会社
国際石油開発帝石株式会社	石油資源開発株式会社
国際ビルサービス株式会社	セコム株式会社
株式会社コベルコ科研	セナーアンドバーズ株式会社
五洋建設株式会社	株式会社ソリッド・ソリューションズ・インク
株式会社コンボン研究所	損害保険ジャパン日本興亜株式会社
相模運輸倉庫株式会社	第一設備工業株式会社
佐世保重工業株式会社	大成建設株式会社
三建設工業株式会社	大日本土木株式会社
三洋テクノマリン株式会社	ダイハツディーゼル株式会社
株式会社ジーエス・ユアサテクノロジ	大陽日酸株式会社
JFEアドバンテック株式会社	有限会社田浦中央食品
株式会社JVCケンウッド	高砂熱学工業株式会社
公益財団法人塩事業センター	株式会社竹中工務店
シチズン時計株式会社	株式会社竹中土木
シナノン株式会社	株式会社地球科学総合研究所
シーフロアーコントロール	中国塗料株式会社
清水建設株式会社	中部電力株式会社
ジャパンマリンユナイテッド株式会社	株式会社鶴見精機
シュルンベルジェ株式会社	株式会社テザック
株式会社昌新	寺崎電気産業株式会社
株式会社商船三井	電気事業連合会
一般社団法人信託協会	東亜建設工業株式会社
新日鉄住金エンジニアリング株式会社	東海交通株式会社
須賀工業株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社
鈴鹿建設株式会社	東京海上日動火災保険株式会社
スプリングエイトサービス株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社
住友電気工業株式会社	株式会社東京チタニウム

東北環境科学サービス株式会社	日立造船株式会社
東洋建設株式会社	深田サルベージ建設株式会社
株式会社東陽テクニカ	株式会社フジクラ
トビー工業株式会社	株式会社フジタ
新潟原動機株式会社	富士通株式会社
西芝電機株式会社	富士電機株式会社
西松建設株式会社	古河機械金属株式会社
株式会社ニシヤマ	古河電気工業株式会社
日油技研工業株式会社	古野電気株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス	株式会社ベッツ
株式会社日産電機製作所	株式会社マックスラジアン
ニッサイマリン工業株式会社	松本徽章株式会社
日本SGI株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
日本海洋株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
日本海洋掘削株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
日本海洋計画株式会社	株式会社マルトー
日本海洋事業株式会社	三鈴マシナリー株式会社
一般社団法人日本ガス協会	三井住友海上火災保険株式会社
日本サルヴェージ株式会社	三井造船株式会社
日本水産株式会社	三菱重工業株式会社
株式会社日本製鋼所	三菱電機特機システム株式会社
日本電気株式会社	株式会社三菱総合研究所
日本ヒューレット・パカード株式会社	株式会社森京介建築事務所
日本マントル・クエスト株式会社	八洲電機株式会社
日本無線株式会社	郵船商事株式会社
日本郵船株式会社	郵船ナブテック株式会社
済中製鎖工業株式会社	ヨコハマコム・マリン&エアロスペース株式会社
東日本タグボート株式会社	株式会社落雷抑制システムズ
株式会社日立製作所	

独立行政法人海洋研究開発機構の事業所

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

横浜研究所
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番25
TEL. 045-778-3811 (代表)

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

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

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

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

PICK UP
JAMSTEC

「しんかい6500」誕生の地でその軌跡と未来を語る ～海と地球の研究所セミナー～

完成から25年を迎えた有人潜水調査船「しんかい6500」をテーマに、「夢を! 深海へ!!」と題して、2014年2月28日にJAMSTEC「第10回 海と地球の研究所セミナー」が開催された。同セミナーは、JAMSTECの活動や研究成果をわかりやすく紹介し、多くの人々に海洋地球科学への理解と関心を深めてもらうことを目的としている。今回は、「しんかい6500」の生まれ故郷（三菱重工業神戸造船所）ともいえる兵庫県神戸市の「神戸海洋博物館」に、約250名の参加者が集まって実施された。

「しんかい6500」は、1987年に建造が開始され、1989年8月に岩手県沖の日本海溝で深度6,527mの潜航（建造メーカーによる試験）に成功し、無事に開発を完了した。以来、今日まで四半世紀にわたり、無事故で1,411回のダイブを実施し（2015年3月現在）、数多くの科学成果を挙げてきた。長く守り続けてきた潜航深度世界一の座は、2012年に中国の潜水船「ジャオロン」（深度7,020mを達成）に明け渡したが、その調査能力と安全性は今も世界トップクラスだ。

セミナーでは、建造に携わった下門文雄氏（三菱重工業）をはじめ、「しんかい6500」運航チームの櫻井利明司令、深海・地殻内生物圏研究分野の高井研分野長、海洋工学センター運航管理部の田代省三部長といった「しんかい6500」と深くかかわってきた4名が講演を行い、その思い出や潜航調査の内容、果たしてきた役割、科学成果などについて語った。さらに、話は「しんかい6500」で潜航できていない超深海（深度6,000mを超える海域）を有人潜水船で調査することの可能性や重要性へと広がり、次世代有人潜水調査船への期待が話題となった。

▼「しんかい6500」完成25周年記念サイト <https://www.jamstec.go.jp/shinkai6500/25th/>



閉会のあいさつで次世代有人潜水調査船「しんかい12000」構想について話す
海洋工学センター・磯崎芳男センター長。



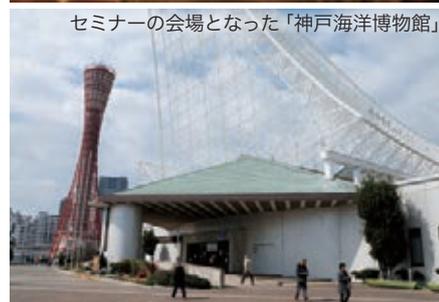
「しんかい6500」運航チーム
櫻井利明司令



深海・地殻内生物圏研究分野
高井研分野長



海洋工学センター運航管理部
田代省三部長



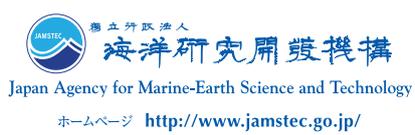
セミナーの会場となった「神戸海洋博物館」



約250名の参加者で埋まったセミナー会場。



三菱重工業神戸造船所
下門文雄氏



定価 本体286円+税