

海と地球の
情報誌

2006年
9-10月号

BlueEarth

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

深海生物研究 の最前線

特集

海洋生物研究の
フロンティアを開拓する

Special Report 地殻構造調査が新しい大陸棚の定義を導き出す



JAMSTEC Report 氷に閉ざされた北極海のリアルタイム観測に成功

Aquarium Gallery 豊かな富山湾の海洋生物を展示 魚津水族館



露出したメタンハイドレートによって白っぽく変色した海底

メタンハイドレートが 露出する深海底 日本海 新潟沖（水深約900m）

2005年8月、日本海・新潟県上越市（直江津）の沖合約30kmの海域で、新たなエネルギー資源として注目される「燃える氷」メタンハイドレートが、海底に露出している様子が確認された。通常、海底数数百mに分布することが多いといわれており、日本周辺で海底に露出するメタンハイドレートが見つかったのは初めて、世界でも3例目という。この一帯にメタンハイドレートがあることは、東京大学大学院の研究グループ（松本 良教授ら）によるこれまでの調査で報告されていたが、どのように分布しているかは分かっていなかった。調査では、深海曳航調査システム「ディープ・トウ」（最大潜航深度6,500m）を使用し、水深800～1,000mの海底付近でカメラ観察が行われた。これによって、深海底の一部で、周辺の泥質の海底の姿と大きく異なり、白っぽく変色している様子が撮影された。さらに、この周辺ではほとんど見られない急崖と深さ約2m、幅30mほどの谷間も確認され、この谷間の底も白く変色していた。撮影された映像から、海底の変色域には大量のバクテリア、炭酸塩、そしてメタンハイドレートが存在すると推測された。

続いて、この変色域でピストンコラーと呼ばれる筒状の機器を海底に突き刺して地質試料（コア）を採取する調査が行われ、確かに海底にメタンハイドレートが塊として露出していることが確認された。

さらに、調査では海底電気探査も行われた。これは、「ディープ・トウ」に人工電流発生装置と電極を取り付けた曳航ケーブルを装備し、海底付近で微弱な電流を流すことによって、海底下の地層の電気抵抗構造を調べるというもの。メタンハイドレートは電気抵抗の高い物質であることが知られており、この探査によって、海底下の分布を明らかにしようという試みだった。探査の結果、右図に示されるように、メタンハイドレートは地層のような水平方向ではなく、局所的に垂直方向、つまり柱状に存在していることを示唆するデータが得られた。今後の調査で、さらに詳しい分布の様子が明らかになると期待されている。



取材協力：
後藤 忠徳 研究員
地球内部変動研究センター
地球内部構造研究プログラム
海洋底観測研究グループ



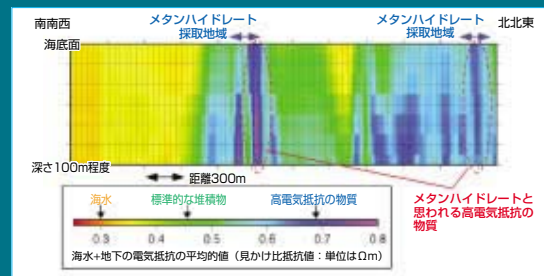
海底電気探査を行う「ディープ・トウ」



ピストンコラーによって採取されたメタンハイドレートの塊



カメラ観察で見つかった急崖。その底の谷間の海底（上の大画像）もメタンハイドレートの露出で白く変色していた



「ディープ・トウ」に人工電流発生装置と電極（電流送信用と電位測定用の2種類）を取り付けた曳航ケーブルを装備し、海底付近で微弱な電流を流すことによって、海底下の地層の電気抵抗構造を調べる海底電気探査から得られた地下電気抵抗構造。メタンハイドレート採取地域で、深さ100m以上に及びメタンハイドレートと思われる高電気抵抗の物質が柱状に分布している様子が明らかになった。地下深部の堆積岩に含まれる有機物が分解されてメタンが発生し、上部に移動する間にメタンハイドレートが生成されているものと推測される

深海生物研究の最前線

特集

海洋生物研究のフロンティアを開拓する

多くの謎を秘めた深海生物の生態解明に向けて

「深海」と呼ばれる深度200m以深の海洋は、太陽光もほとんど届かず深い闇に包まれ、高い水圧と低温に支配されている。だが、地球上において、深海は限られた特殊な環境ではない。全海洋の平均深度は約3,800m。つまり、海洋の大部分が、深海によって占められているのだ。陸上に暮らす私たち人類にとっては極限環境ともいえる広大な深海には、多様な生物や生態系が存在していることが知られている。だが、その全容は明らかにされておらず、深海はいまだ多くの謎に満ちた未知の世界だ。

独立行政法人海洋研究開発機構は、世界一の潜航深度を誇る有人潜水調査船「しんかい6500」をはじめ、研究船、無人探査機などの研究機器を駆使して、幅広い深海探査活動を実施し、深海生物の探索や深海を含む海洋生態系の解明に取り組んでいる。そして、極限環境生物圏研究センターでは、深海生物の機能や環境と深海生物の相互関係を明らかにする研究から、海洋生物の多様性と進化について、さらには生物機能を利用した有用物質生産など、多岐に渡る研究が行われている。今回は、こうした深海生物研究における新たな取り組みと最新の成果の一端を紹介する。



日本海溝、深度745mの深海で採取されたカンコケムシクラゲ。茶色く見えている部分は胃袋。この群体は直径2cm、長さ15cmだが、伸びた状態では、その長さが50cmにもなる。深海には、まだまだたくさんの未知の生物が存在し、深海生物の生態も多くの謎に包まれている

BlueEarth

9-10月号/2006



表紙：スケリーフット
詳しくは12ページ参照

CONTENTS

2 特集 深海生物研究の最前線
海洋生物研究の
フロンティアを開拓する

4 海中の小さな生物を生きのまま
撮影する水中顕微鏡

8 深海生物の飼育研究に挑む

12 「スケリーフット」の謎に迫る

16 効率的な海洋調査機器の運用と
ユニークな発想による調査手法
米国・モントレー湾水族館研究所

20 Key Person

奥谷 喬司 XBRアドバイザーに聞く
分子生物学を裏付ける形態学の
重要性を後進に説く

24 Special Report

地殻構造調査が新しい大陸棚の
定義を導き出す

28 Aquarium Gallery

豊かな富山湾の海洋生物を展示
魚津水族館

30 JAMSTEC Report

氷に閉ざされた北極海の
リアルタイム観測に成功

35 BE ROOM
Topics

「アジアの雨と雪はどうなるか？」開催

36 最先端の地球科学を研究者から学ぶ
海洋科学技術学校を今年も開講

沖縄美ら海水族館「沖縄大深海展～深海生物の神秘～」

37 海洋地球百科事典「梅雨前線と集中豪雨」

38 研究の現場から「船員食堂」

40 プレゼント
「Blue Earth」定期購読のご案内
JAMSTECメールマガジンのご案内

賛助会会員名簿



深海生物はVPRによって撮影された複数の画像を合成したイメージ

海中の小さな生物を生きたまま撮影する水中顕微鏡 ビジュアル・プランクトン・レコーダー



取材協力：
ドゥーグル・リンズリー 研究員
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム
海洋生態系変動研究グループ

前号(2006年7-8月号)で、今年3月に海洋調査船「かいよう」によって相模湾から房総半島沖で実施された海洋生物調査(KY06-03)に関する航海日記(マルチスブラッシュ調査航海日記)が、独立行政法人海洋研究開発機構のホームページに掲載されていることを紹介した。この航海では、多彩な調査機器が用いられたが、そのなかに今回新たに開発され、調査で大いに活躍した機器があった。それが、ビジュアル・プランクトン・レコーダー(VPR: Visual Plankton Recorder)だ。VPRは、簡単にいうと、調査現場で微小な生物の姿をとらえる水中顕微鏡であり、海中の生きたままのプランクトンを撮影するデジタルカメラでもある。この新しい機器VPRが、深海生物調査でどのような力を発揮するのかを紹介しよう。



「かいよう」による海洋生物調査(KY06-03)の様子。調査は夜間も行われた



マルチスブラッシュCTDフレームに搭載されたVPR



2本のアームの先端部に、それぞれカメラと光源が装備されている。光源は周囲から光が当たるようにつけられており、透明なプランクトンの輪郭を浮き上がらせる「暗視野」をつくり出す構造になっている

VPRは新しい発想で開発された水中顕微鏡

「群盲、象を撫でる」
海洋調査船「かいよう」によって2006年3月に実施された海洋生物調査(KY06-03)の主席研究者であるドゥーグル・リンズリー研究員は、深海生物を調査することの難しさを、日本のことわざでこう表現する。

海洋生物の調査には様々な道具や方法が用いられるが、そのうちの1つだけでは、多岐に渡る海洋生物のうちほんの一部を観察することしかできず、全体を見渡すことはできない。たとえば、潜水船調査は大型クラゲ類の観察や採取には適しているが、小さなクラゲを確認することが難しい。海中を曳航してネットで生物を捕えるIONESS(多段開閉式ネット。複数のネットを備え、1回の調査で、深度を変えるなど複数の場所で生物の捕獲が可能)はオキアミや身体の丈夫な動物プランクトンに適しており、同じくIKMT(アイザックス・キッド中層トロール。中型のネットで、主に中層の生物捕獲に使われる)は中・大型魚類やエビ類に適している。さらに、採水による生物採取は微小プランクトンに適しているというように、それぞれ得意とする対象生物が異なる。そのため、今年3月の調査航海は、複数のシステムを効果的に併用し、海洋生物全体の群集構造をより正確に評価することを大きな目的とした。そして、リンズリー研究員は、この海洋生物調査を「マルチスブラッシュ調査(MULTIple

Sampling PLAtform Survey of wHole ecosystem)」と名づけた。

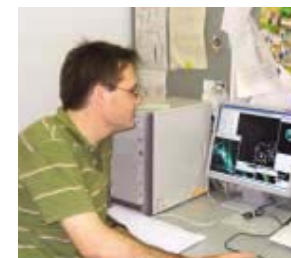
調査航海では、IONESSやIKMTを使用した生物採取も行われたが、こうしたネット類には、クラゲや小さなプランクトンの身体が壊れてしまったり、網目の間から抜けてしまうという短所がある。そのためそれらを生きたままの姿で観察するためには、映像で把握する必要がある。そこで今回用意されたのが、海中を曳航するフレームに複数の観測機器や撮影機器を搭載した「MULTI-SPLASH CTD Frame(マルチスブラッシュCTDフレーム)」という新しいシステムだ(写真左上)。このシステムには、CTDとよばれる深度や水温、塩分(電気伝導度)などの海洋の基本データを観測する装置とともに、ビデオカメラ、そして、新たに開発された「ビジュアル・プランクトン・レコーダー(VPR: Visual Plankton Recorder)」が備え付けられている。中・大型プランクトンやマリンスノーは、ハイビジョン・ビデオカメラで撮影され、小型プランクトンや小さなマリンスノーは、VPRによってデジタル画像として記録されるしくみだ。

深度1,000mの微小生物をカラー画像で撮影

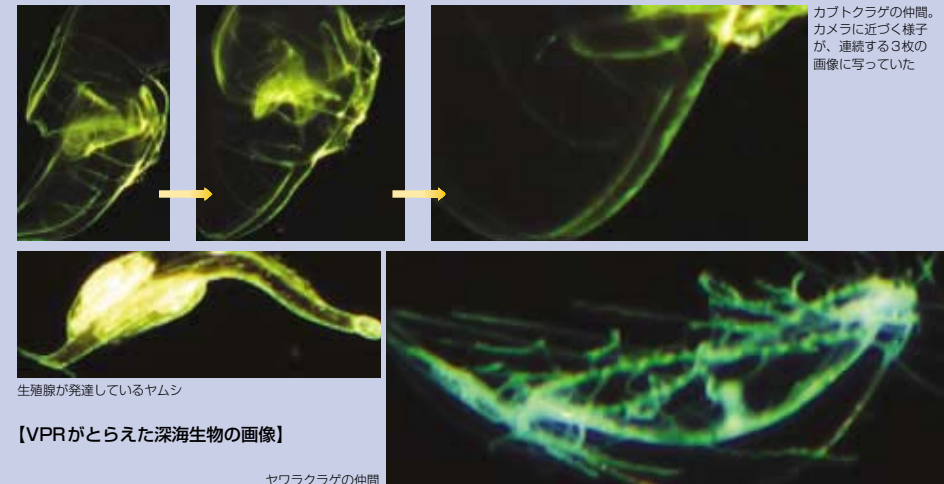
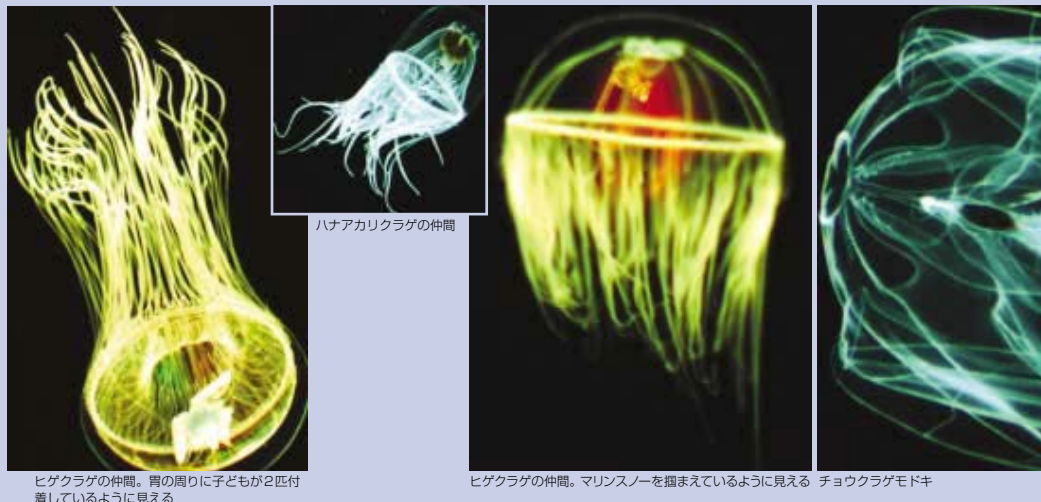
リンズリー研究員らが民間企業と共同開発したVPRは、深度1,000mの海中でも使えるうえ、1秒間に15フレームの撮影が可能という優れた機器。撮影された画像は1枚ずつデータ化さ

れ、その全てのデータを内蔵のハードディスクドライブに記録することができる。VPR水中ユニットは、「マルチスブラッシュCTDフレーム」だけでなく、IONESSなどのネットにはもちろん、有人潜水調査船「しんかい6500」や無人探査機、AUV(自律型無人潜水機)にも設置することができる。また、撮影された画像は、あらかじめつづておいた画像データベースと比較することによって、撮影対象をカイアシ類、ゼラチン質プランクトン類、マリンスノーなどの分類群別に分別し、そのサイズや個数を定量的に計測することもできる。

通常、クラゲやプランクトンなどの透明な生物を顕微鏡で観察するには、背景を黒くし、周りから光を当てて、輪郭が目立つようにする必要がある。普通に正面から光を当てるだけでは、プランクトンの輪郭が見えなくなってしまうためだ。VPRの水中ユニットは、このしくみを利用し、撮影方法を工夫



VPRによって撮影されたクラゲやコベボダ(動物プランクトンの一種)の画像を確認するリンズリー研究員



することで、水中の微小な生物を効果的に撮影することができる。VPRは、これまでも米国の研究機関などで使われてきたが、リンズィー研究員の開発したVPRは、これまでに実現していなかった3つの開発課題を掲げ、これを達成した。

第1の課題は、カラーで撮ることだった。

これまでのVPRは、白黒撮影しかできなかった。しかし、クラゲやプランクトンなどの種類の同定には色も重要であることから、カラーで画像を残すことがどうしても必要だった。

第2の課題は、深度1,000mの水圧に耐えられるようにすることだった。

これまでのVPRは、深度200～250mが限界だった。中・深層の深海生物調査に活用するためには、少なくとも1,000mまで使用可能でなければ役に立たない。そのため、耐圧性能などを向上させて、深度1,000m仕様の装置の開発をめざした。

そして、第3の課題は、撮影対象の生物だけでなく、その周囲も含めた画像を記録することだった。

これまでのVPRは、1枚の画像を撮ると、そのなかの被写体部分、たとえ

ばクラゲであればクラゲだけを機械が認識して切り出し、その部分だけしか保存されなかった。だが、撮影した全画面を残しておけば、マリンスノーの量などの情報も得ることができ、その生物の生態環境も知ることができる。そのため、画像全体を保存したいと考えたのだ。また、VPRでは、透明なクラゲを写そうとすると、設定を間違えると傘の部分が消えてしまい、生殖腺だけが切り出されてしまったり、逆にゴミなども一緒に抽出されてしまうことがあり、何を見ているのか分からなくなってしまうといったこともおきる。しかし、元の画像全体が保存されていれば、後から確認し、そこから必

要な情報を抽出することもできる。

ヒゲクラゲは汚れた水が好き!?

3月の調査航海で、リンズィー研究員らが特に焦点を絞った対象はヒゲクラゲだった。

「ヒゲクラゲは、相模湾で非常に数多く見つかります。しかし、これまで三陸沖から沖縄まで、いろいろな海域で調査を行いました。ヒゲクラゲは相模湾以外では1個体しか採集できていません。なぜ相模湾だけに多いのか、本当にほかの場所にはほとんど出現しないのか、ということを調べたかったのです」



リンズィー研究員のこれまでの経験では、ヒゲクラゲは濁度の高いところにたくさんいる、という印象があるという。そこで、今回の調査航海では、透過度計と濁度計を無人探査機「ハイパードルフィン」や「マルチスブラッシュCTDフレーム」に搭載し、数カ所で調べてみた。

調査データは、現在分析中だが、仮に、ヒゲクラゲが濁度の高いところに数多く出現するという結果が出た場合も、それは、「直ちにヒゲクラゲが棲息環境として汚れた水を好むとはいえない」とリンズィー研究員はいう。もしかすると、ヒゲクラゲのエサとなる生物が、濁度の低いところを嫌っているのかもしれない。もしそうであれば、濁度の低いところにヒゲクラゲが少ないことも頷ける。あるいは、捕食者、つまりヒゲクラゲを食べる生物が、濁度の低いところが好きで、そのためヒゲクラゲは濁度の高いところに逃げ込んでいるのかもしれない。いろいろな可能性が考えられる。

水温、塩分、溶存酸素など化学的、物理的データだけでは、何が本当に重要なのか分からないのだ。ヒゲクラゲがなぜそこにいるのかは、ヒゲクラゲ

のエサや捕食者となる生物を、同時に調査しなくては理解することができない。そのためにも、複数の調査システムを効果的に併用し、海洋生物全体の群集構造をより正確に評価することが必要だ。

「最近、クラゲがアミノ酸などを直接吸収している、という研究報告が出ています。ミズクラゲなどの子どもを、アミノ酸を入れた水と、入れていない水で飼って比較してみると、アミノ酸を入れた水ではどんどん小さくなって死んでいく。その一方で、アミノ酸を入れた水では自分の体重を保持して生き残る。つまり、クラゲは直接アミノ酸を吸収できるのではないかな。汚れた水のなかにはたぶん、そういう物質がいろいろ含まれていますから、クラゲはそれらを直接、栄養として使っている可能性があります」とリンズィー研究員は話す。

VPRでクラゲの生態に迫る

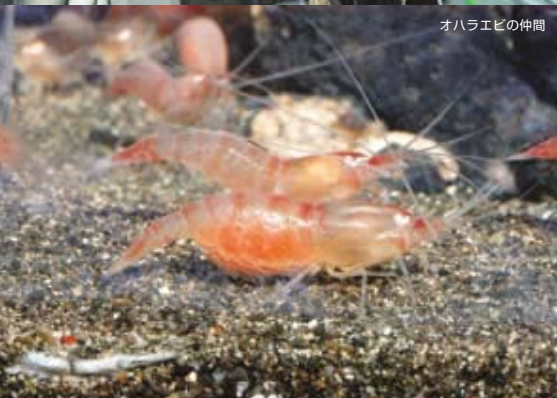
今回の調査航海で、VPRは非常に興味深いシーンを撮影することに成功した。それは、マリンスノーを捕まえているヒゲクラゲの画像だった。粒子自体を捕食して、その栄養分を消化して

いるところかもしれないと、リンズィー研究員は推測する。もちろん、こうした姿が確認されたのは、まだ1個体だけであり、確かなことは分かっていない。しかし、VPRが写し出した画像が、クラゲの生態を理解するためにこれからどういった調査をすればいいのかということについて、新たなヒントを与えてくれたことは確かだ。さらに、今回の調査では、VPRをはじめとする調査機器によって、新種と思われる深海生物をはじめ、太平洋での未記載種も数多く見つかった。今後、それらの生態を解き明かすことにも、VPRが大いに活躍するに違いない。

VPRはまだ完成したばかりで、これから実際に使用するなかで、様々な調整やソフトの改良などが行われていく予定だ。リンズィー研究員は、やがては自律型無人探査機にこのVPRを搭載し、深海のクラゲがいる海域に潜らせ、それらを追跡してエサ環境などを観察したり、クラゲの胃のなかや触手に何があるのかを撮影するといったことも考えており、そのための実海域試験も進めているという。VPRがその優れた力を発揮し、深海生物研究の更なる進展に貢献することが期待されている。



オハラエビの仲間



新江ノ島水族館の「深海コーナー」では、来館者が深海生物の飼育機器や飼育の様子なども見られるように工夫されている（写真左上）。また、深海底にある熱水噴出孔の環境を再現する展示水槽もつくられている（写真右下）。



ゲンゲの仲間



深海生物の飼育研究に挑む

新江ノ島水族館と海洋研究開発機構との協力で進む長期飼育の取り組み



取材協力：
三宅 裕志 特任研究員
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム

写真協力：
新江ノ島水族館

深海とりわけ化学合成生態系の生物の長期飼育技術の研究は、これまでほとんど手つかずだった。深海生物の生態を詳しく研究するには、採取した生物を陸上で飼育し、いつでも研究に使えるようにすることが必要だ。そのため独立行政法人海洋研究開発機構では、各地の水族館と連携を深め、「飼育のプロ」たちとともに深海生物を飼育する取り組みを進めている。新江ノ島水族館は特に深海生物展示飼育に力を入れており、協力を受けながら深海生物や化学合成生態系の生物の長期飼育技術の開発を行っている。浅海とは全く環境が異なる深海に生きる生物を陸上の水槽で飼うには、様々な工夫が必要だ。7年間に及び試行錯誤の末、深海生物の飼育技術はほぼ確立し、さらに次の目標である深海生物の繁殖の試みも始まろうとしている。



化学合成生物群集に含まれるサツマハオリムシ数種やオハラエビの長期飼育も可能になった



北部マリアナ海域・日光海山付近で採取されたアズマガレイでは、繁殖研究も進められている



化学合成系生物として知られるゴEMONシオリエビ

深海環境を再現し 長期飼育を実現

新江ノ島水族館で、深海にいるアズマガレイ（左上写真：舌ビラメの一種）の赤ちゃんがすくすく育っている。無人探査機「ハイパードルフィン」が水深約450mの深海から採取したアズマガレイの産卵によって生まれた稚魚だ。深海の環境を模した冷たい海水で満たされた暗い水槽のなかで産卵が確認され、2日後には孵化している。

育て親ともいうべき海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センターの三宅裕志研究員は、「アズマガレイは、北部マリアナ海域の熱水噴出孔の近くでもよく見かける魚のひとつ。今、この稚魚を一生懸命育てようとしています」と話す。

深海生物、なかでも化学合成生態系の生物の繁殖は、世界中の水族館を見回しても極めて珍しい。飼育そのものがとても難しいのだ。われわれが普段接している浅海と異なり、深度200m以深の深海は、太陽光線がほとんど届かないため暗く、酸素も少なく、冷たく、高圧だ。さらに、深海底のところどころには硫化水素やメタンを含む熱水や冷水が噴出し、こうした化学物質をエネルギー源にする生物群もいるな

ど、複雑な生態系システムをつくり出している。

このような複雑な環境に棲む生物を飼育するには、深海と同じような環境を陸上の水槽に再現しなければならない。すなわち、暗く、低温で、酸素が少なく、高圧で、さらに化学合成系の生物の飼育では、ところどころに熱水が噴出し、硫化水素も散在しなければならない。

三宅研究員は、7年間の試行錯誤を積み重ね、新江ノ島水族館と海洋研究開発機構の協力のもとで、現在の深海生物飼育システムを完成させた。水槽底面のところどころから熱水が噴出する水槽のなかを珍しい深海生物が泳ぎまわる様子などが、新江ノ島水族館で一般にも公開されている。

ストレスを与えない 赤色光を使って飼育

太陽光がほとんど届かない深海にすむ生物は、光に弱いといわれる。光を当てると深海生物はストレスを感じ、エビの仲間では失明するものもあり、クラゲの仲間では体内で毒物がつくられて死にいたってしまうものもあると考えられている。ただし、深海生物に問題ないとされる光もある。人間が見

ることができない赤外線や光として感じないように、海中でいち早く減衰する赤い光を、深海の生き物は光として感じないのではないかとわれている。そのため、新江ノ島水族館では深海生物を展示する水槽に赤色LEDを使って、赤い光線を当てている。生物がス



太陽光の届かない暗闇で生活する深海生物にストレスを与えないように、展示水槽の照明は赤色LEDを使用している



熱水噴出孔の周辺で見られるオハラエビの仲間、熱を感じ取るセンサーを持っているといわれる



深海底に沈んだ鯨の遺がいから発見されたホネクイハナムシ



ハオリムシの仲間のなかで、最も水深の浅い海底で見つかっている（鹿児島湾 水深約80m）サツマハオリムシ



新江ノ島水族館で展示されているハオリムシとシロウリガイ(下)の仲間



冷水で満たされた水槽内に熱水を供給し、熱水噴出孔周辺の環境を再現した展示水槽。深海生物たちは自分の好みの水温域に集まる



化学合成系生物のひとつエンセイシロウリガイ

トレスを感じない光の量で、しかも水族館の観客が深海生物の生態を観察できる量を調整して照射している。

水温も重要なポイントだ。水槽の水温は、実際の深海の環境にあわせて4℃に保たれている。通常の海水温度ならば水槽内を浄化するバクテリアがあっという間に繁殖するのだが、4℃の低温ではなかなか繁殖しないため、水質が安定するまでに時間がかかる。その対策として、深海生物を捕獲する際、バクテリアが沢山ついていそうな岩や貝なども一緒に採取し、それらを水槽のなかに置いてバクテリアの繁殖を促している。

熱水噴出孔の周辺で採取された生物の飼育では、熱水が存在する深海底を模して、30℃から80℃の熱水を水槽へ混ぜ入れている。さらに、1年ほど前からは、実際に水槽内に熱水噴出孔をつくり、熱水が冷水で満たされた水槽内に噴き出すようにした。ユノハナ

ガニやオハラエビなど熱水を好む生物は、この人工の熱水噴出孔の回りに集まってくる。ただし、熱水を入れると水槽全体の水温がすぐに上昇してしまうため、水槽容量に対して過剰な冷却能力のあるクーラを設置して水温の上昇を防いでいる。水槽内は温度が均一に保たれているのではなく、熱い水域と、冷たい水域をつくり、両者がグラデーションをつくって交わり、そのなかで生物は自らがいちばん心地よいエリアを見つけて生活している。

通常生物の飼育法に逆行した環境をつくる苦勞

酸素と二酸化炭素の割合も微妙だ。深海生物のなかには、一般の生物と異なり、酸素が多いと死んでしまうものもある。このため、水中の酸素濃度を低くおさえる必要がある。通常4℃での溶存酸素濃度（水中に溶けている酸素濃度）は、水1リットルあたり10から12

ミリリットルだ。しかしそれでは高すぎるので、水1リットルあたり1から3ミリリットル程度におさえている。窒素ガスを水槽内に直接送り込み酸素を抜いている。

その一方で、化学合成生態系の生物は高い二酸化炭素濃度の所に棲む。最適な二酸化炭素濃度は定量的に測れないが、PH値が中性の7に振れるぐらいまで二酸化炭素ガスを水槽に送り込む。通常の海水は弱アルカリ性でPH8.2ほどであり、中性の7にするには相当量の二酸化炭素濃度が必要だ。高い二酸化炭素濃度が必要なのは、化学合成生態系の生物が硫化水素やメタンの酸化エネルギーによる化学合成に依存しているからだ。

ハオリムシやシロウリガイなどの場合、それ自体が化学合成を行うのではなく、化学合成を行うバクテリアを体内に共生させ、バクテリアがつくった有機物をもらっているのが特徴だ。ハ

オリムシの場合は、体内に硫酸酸化細菌を共生させており、シロウリガイではエラの内部に硫酸酸化細菌を共生させている。これらの化学合成を行うバクテリアのエネルギー源として、硫化水素を水槽内に送り込んでいる。この場合も水槽内に均一に硫化水素を送り込むのではなく、濃淡をつけて生物体が心地よい濃度の水域を見つけてすむよう導く。メタンをエネルギー源とするバクテリアもある。しかしメタンは爆発の危険性があるためガスの状態で送り込むのではなく、メタンを発生する腐敗物や鯨骨を水槽内において、自然発生させる。鯨骨は大変効果的で、新江ノ島水族館ではハオリムシ類とシンカイヒバリガイ類の水槽に鯨骨を入れてうまく飼育が進んでいる。

深海生物の繁殖への挑戦

三宅研究員が深海生物の飼育を始めてから7年たち、飼育システムは6割

ほど完成した。今後の主な研究テーマは繁殖だ。これまでに採取して飼育していた深海のエビやカニの一部で飼育の途中で産卵し、孵化まで成功した例はいくつかある。また、冒頭のように、現在、新江ノ島水族館ではアズマガレイの繁殖に成功し、産卵させ稚魚を育てるところまでは進んでいる。しかし、稚魚を大きく育てるまでには至っていない。今後の課題はこれを成魚まで育てることだ。

三宅研究員は、陸上で深海生物を飼育できるようになって、研究領域が大きく広がったという。飼育することで、いつでも深海生物を実験に使い、様々な実験の系を組むことが可能になる。「現場でできないことを実験室でやり、実験室で分かったことを現場で検証できる。飼育できるようになって、陸上と深海の両方を使って研究を行えるようになったのが大きな成果」という。今後は、飼育設備の強みを活かして、

まだ誰も見たことがない「生活史の失われた輪」を研究していく方針だ。たとえば、ハオリムシの幼生が共生細菌を獲得し、成体になる過程はまだ誰も見たことがない。今後、ハオリムシを繁殖させ、人工的に成体まで育て、こうしたことを観察することができるかもしれない。また飼育することの強みとして、条件を様々に変えて生育の記録をとることもできるだろう。

新江ノ島水族館での深海生物の飼育研究が順調に進んでいることが知られ、飼育設備や飼育状況の見学を希望する深海生物研究者が増えてきた。実際に見ることで、深海生物を飼育維持しながら実験できると分かり、海洋研究開発機構の潜水調査船や無人探査機を用いた研究がしたいという研究者も増えている。今後、長期飼育研究が進展することによって、深海生物に関する研究は、さらに広がりをもちそうだ。



「かいいいフィールド」にある「文殊チムニー」の様子。スケリーフット、アルビン貝、エビ、カニにびっしり覆われている



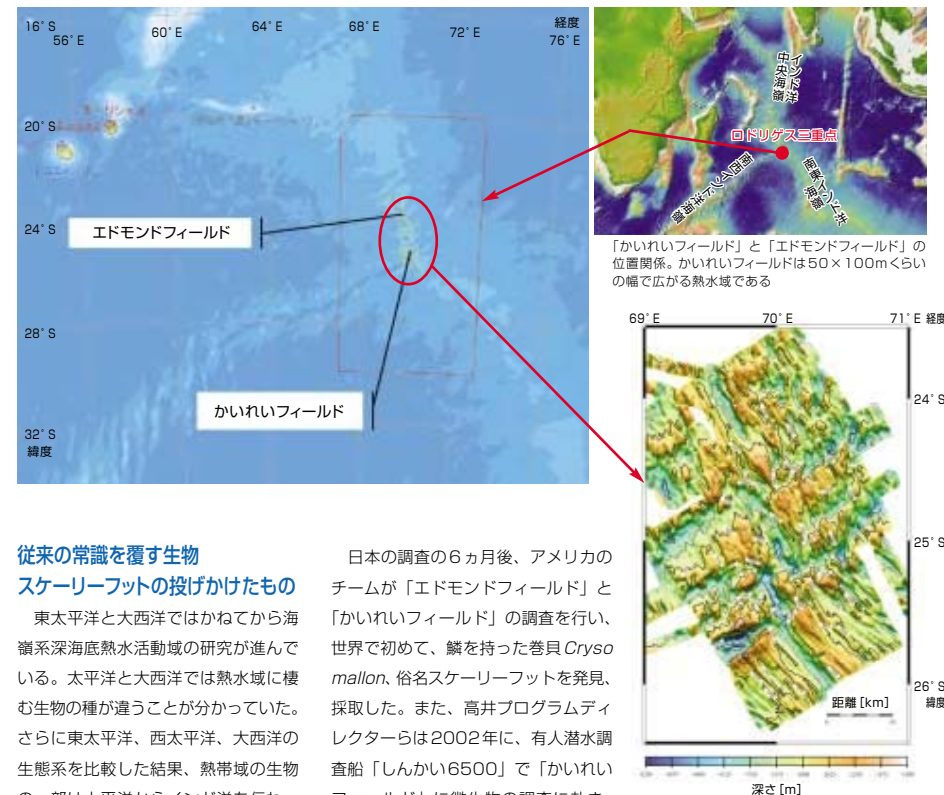
採取されたスケリーフットの標本。生きているもの（p13右下写真a）に比べ、やや茶色っぽい。新江ノ島水族館で公開されている

硫化鉄の鱗を持つ巻貝 「スケリーフット」の謎に迫る



取材協力：
高井 研 プログラムディレクター
極限環境生物圏研究センター
地殻内微生物研究プログラム

深海底熱水域では、これまでもチューブワームやシロウリガイなど硫化水素を栄養として取り込む独特の生物たちの生態が観察されている。新たに日本の研究チームがインド洋で発見した「かいいいフィールド」には、硫化鉄の鱗を持つ新種の巻貝「スケリーフット」が発見された。スケリーフットはかいいいフィールドの中でも「文殊チムニー」と名づけられた、非常に狭い環境にのみ生息していることが分かった。さらに微生物との共生パターンや鱗の生成過程など独自のシステムを持っており、興味深い研究テーマをたくさん提示してくれている。



従来の常識を覆す生物 スケリーフットの投げかけたもの

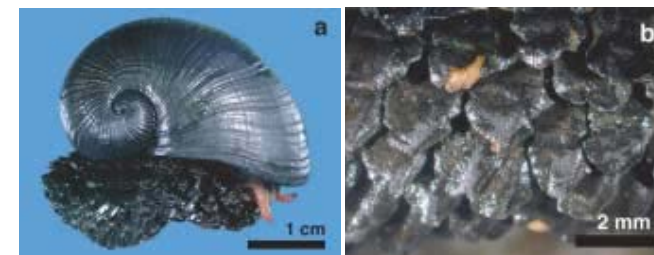
東太平洋と大西洋ではかねてから海嶺系深海底熱水活動域の研究が進んでいる。太平洋と大西洋では熱水域に棲む生物の種が違っていた。さらに東太平洋、西太平洋、大西洋の生態系を比較した結果、熱帯域の生物の一部は太平洋からインド洋を伝わって大西洋に伝播したのではないかと考えられていたが、インド洋では2000年9月まで熱水域が見つかっておらず、ミッシングリンクとなっていた。インド洋での発見が待たれるなか3つの海嶺がぶつかっている「ロドリゲス三重重点」付近で日本チームが海嶺系深海底熱水活動域の存在しそうな兆候を見つけ、さらに他国のチームが後に「エドモンドフィールド」と呼ばれる地点でも兆候を見つけており、激しい先陣争いが繰り広げられた。2000年9月に海洋研究開発機構は無人探査機「かいこう」と深海調査研究船「かいいい」の調査によって「かいいいフィールド」で熱水域を発見、このインド洋の熱水域には、大西洋にしかないエビや西太平洋にしかない巻貝（アルビン貝）が生息し、仮説を裏付ける結果となった。

日本の調査の6ヵ月後、アメリカのチームが「エドモンドフィールド」と「かいいいフィールド」の調査を行い、世界で初めて、鱗を持った巻貝 *Cryso-mallon*、俗名スケリーフットを発見、採取した。また、高井プログラムディレクターらは2002年に、有人潜水調査船「しんかい6500」で「かいいいフィールド」に微生物の調査に赴き、40億年前に生まれた生態系がほぼそのまま残っているという研究結果を得たが、そのときにスケリーフットを採取している。

2003年、アメリカの研究者がスケリーフットは鉄の鱗を持ち、生物学的な分類体系上もまったく新しいものであると報告した。鱗を持つ巻貝は形

深海調査研究船「かいいい」と支援母船「よこすか」によって調査された「エドモンドフィールド」「かいいいフィールド」付近の海底地形図

態的にも非常にユニークなものであるが、さらに興味深いのは鱗の成分が鉄と硫黄の化合物である硫化鉄であることだった。この貝のほかに鉄と硫黄からなるバイオミネラリゼーション（生



スケリーフット（鱗に覆われた足の意味）という名の通り、軟体部は硫化鉄のごつごつとした鱗に守られている

鱗部分を拡大したもの。この真下の皮膚部分に細菌が共生している



スケリーフットはブラックスモーカーが出ていところではなく、透明な熱水が噴出してくるところに生息している。一番熱いところにはエビ、チムニーの根元にアルビン貝とスケリーフット、その外側にヒバリガイ、さらにその外側にイソギンチャクがいる

物の体内で鉱物をつくりだす作用のこと)をする生物は微生物以外には知られていなかった。スケリーフットの鱗はといったのようにつくられているのだろう。そこで鉱物と微生物が専門の鈴木庸平研究員(当時。現在は産業技術総合研究所 深部地質環境研究センター)を中心とし、インド洋で採取したスケリーフットを使って鱗の構造の研究を行った。

鱗はちょうど人間の爪のように、皮膚の部分で形成されて外部に出てきて

いる。捕食者の武器となるエナメル質やキチン質などよりもはるかにかたい強度をもち、「よろい」として機能するものである。さらにこの鱗は3層くらいに分かれて徐々に構造が変化しており、真ん中の層にナノ結晶(ナノ単位の硫化鉄結晶)ができています。普通はランダムに結晶化するものなのだが、この鱗は明らかに結晶のサイズをコントロールしてつくられていた。

鉄と硫黄のバイオミネラライゼーションを得意とする微生物は多いので、鱗

の生成には微生物がかかわっているのではないかと仮定し研究を進めた結果、熱水域の大型生物に見られる共生微生物は1種類が普通なのに対し、スケリーフットには3種類の微生物が共生していた。熱水域によく見られる生物、チューブワームやシロウリガイ、ヒバリガイ、アルビン貝はエラに微生物を共生させて硫化水素を栄養分として取り込んでいる。スケリーフットにもそれと同じタイプの微生物が共生していたが、ほかにも食道のこぶ状の組織にたくさんの共生細菌が見つかった。また、ちょうど鱗の真下にあたる表皮の下の層にびっしりと微生物を共生させていた。

さらに研究を進めると、鱗の材料となる硫黄はスケリーフットが共生微生物経由で体内に取り込んだものを使っているが、鉄は体内に取り込まず熱水から得られるものを皮膚でとらえて直接使っていることが分かった。しかし、どのように硫化鉄の鱗をつくっているかはまだ解明できておらず、その結晶を微生物がつくっているという証拠までは得られなかった。

また、鱗のナノ結晶は世界最小単位の磁石でもある。生物の持つ磁石は位



スケリーフットは鱗のようがあるため、捕食者であるカニの前でも軟体部(足)を長く出している

置センサーとして使われることが多い。たとえば、どんなに遠くで放されてもハトが自分の巣に帰ってくるのは頭のなかに磁石を持っているからである。アメリカチームの調査では、スケリーフットが「きれいなフィールド」でしか見つからなかったことから、鈴木研究員らはスケリーフットは生存に適したこの熱水域から離れないように鱗のナノ磁石を位置センサーとして使っているのではないかという仮説を立てた。

だが、アメリカチームの「エドモンドフィールド」調査はわずか1.5日間だったため、それだけの短い潜航では本当にスケリーフットがいないとはいえない。また、それが確かめられないうちは、鈴木研究員らの仮説の根拠もあやふやになってしまう。

今回の潜航の成果と今後の課題

そこで高井プログラムディレクターから日本チームは2006年2月にもう一度この2つのフィールドに潜航して徹底的に調査し、まとまった数のスケリーフットを採取することにしました。その結果、これまでの研究で得られた仮説の一部が確認され、さらに驚くべき

ことが分かったのである。

「きれいなフィールド」ではアルビン貝がスケリーフットとほぼ同じ場所に生息していた。チムニーの根元から噴出する透明な熱水の付近にスケリーフットがはりついており、その上にアルビン貝が重なりあっている様子が確認された。しかしアルビン貝のほうは「エドモンドフィールド」にもたくさんいる一方で、スケリーフットは「エドモンドフィールド」にはまったく生息していないことが確認された。また、「きれいなフィールド」にはおよそ50m×100mの範囲に十数箇所、熱水が噴出する場所が存在するが、スケリーフットはその中の「文殊チムニー」という熱水噴出口にしかないということが新たに分かった。そこから推測されるのは、スケリーフットは子孫を広く移動させる能力(伝播能力)、たとえば幼生の遊泳能力などがきわめて低いために「文殊チムニー」にしか生息していないのではないかと、ということである。

今回の潜航では、生息域でのスケリーフットの生態も詳細に観察・記録された。前述のようにスケリーフットの鱗はその強固なかたさから捕食者に対する防御だと考えられたが、実際

の観察でもそれを確認することができた。アルビン貝は軟体部が露出すると捕食者に狙われるので、上から見ても足が見えないくらい接着面積を小さくし、スケリーフットの上に2重3重に重なっている。さらに何か捕食者らしきものが近づいたら体を揺らしたり、足を引っ込めてしまうことで対応する。しかしスケリーフットはアルビン貝に比べてはるかに露出面積が長く、カタツムリのように鱗に覆われた軟体部を前後に伸ばして移動する。しかし鱗のようがあるために露出していても捕食者に食べられることはない。

これからの課題は、なぜスケリーフットが皮膚で硫化鉄のナノ結晶がつくれるのか遺伝的、生理学的に明らかにすることと、3種類の共生細菌の真の役割を詳しく知ることである。もし微生物が鱗のナノ結晶の生成を制御しており、その制御の仕方が解明できれば、テクノロジーや産業へ応用できる画期的な研究となる。そのためにスケリーフットと共生細菌のゲノムを確定し遺伝情報的な研究を進めていく予定だ。今回の潜航では500匹のスケリーフットが採取されたので、かなり充実した研究を行っていくことができるようになった。今後もし文殊チムニーが詰まって熱水が噴出しなくなってしまうと、世界で唯一のスケリーフットの生息地がなくなってしまう。そのため機構では、スケリーフットを液体窒素で凍凍し、将来にわたって研究できるよう保存している。

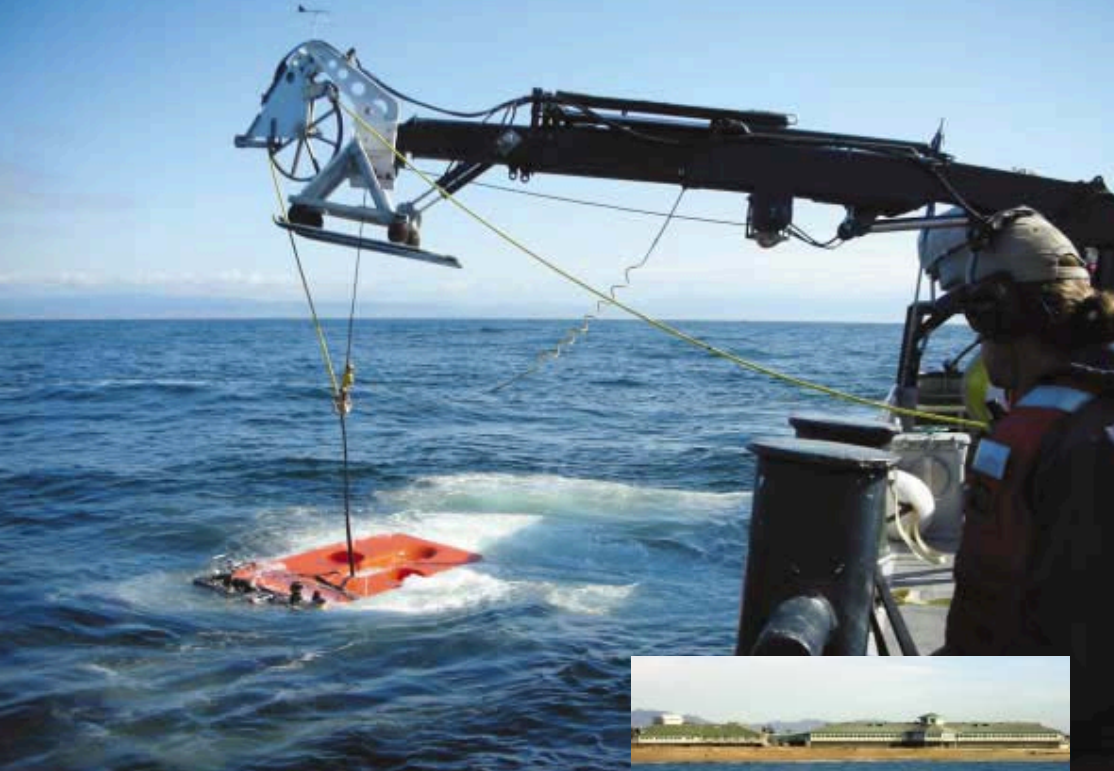
重要なのはナノ結晶をコントロールしていると考えられる皮膚の微生物だけではない。本来は別の生き物だったミトコンドリアが私たちの細胞に取り込まれて重要な役割を担っているように、これまで微生物と大型生物の共生は進化的にも大きな変化を引き起こす要因となっている。その意味でもスケリーフットなど、熱水域の生物と共生する微生物の動きを知ることは生物の進化を調べる上で非常に面白いテーマなのである。



アルビン貝が固まってコロニーをつくっているなかを、箒ではいてやるとその下から光沢のある貝殻を持つスケリーフットが現れる。アルビン貝とスケリーフットは同じ巻貝の仲間であるが、アルビン貝はタニシに近く、スケリーフットはサザエに近い仲間である



スケリーフットはチムニーにべったりとはりついて生息し、アルビン貝は捕食者から逃れるためその上に20cmくらいの厚さに重なり合って体を揺らしている



母船「ポイント・ロボス」からROV「ベンタナ」を着水



ビーチ沿いにあるモンレー湾水族館研究所。目の前の海にはラッコ、アシカ、アザラシ、イルカ、クジラなどたくさんの生物が見られる

米国・モンレー湾水族館研究所への長期在外研究で学んだ 効率的な海洋調査機器の運用と ユニークな発想による調査手法



取材協力：
藤倉 克則 サプリダー
極限環境生物圏研究センター
海洋生態・環境研究プログラム
海洋生態系変動研究グループ

米国・カリフォルニア州にあるモンレー湾水族館研究所 (MBARI) は、モンレー湾を中心とした海洋生物研究で、世界的にも評価される優れた成果をあげている研究施設だ。湾内の深海生物に関する調査を目的に、2005年7月から1年間、独立行政法人海洋研究開発機構・極限環境生物圏研究センター海洋生態・環境研究プログラムの藤倉克則サプリダーが、この研究所に長期海外出張し、この夏に帰国した。モンレー湾水族館研究所は、遠隔操作式無人探査機 (ROV) を用いた深海生物調査で先進的な成果を達成し、その効率的な運用手法などは、「われわれも学ぶべき点が多い」と藤倉サプリダーはいう。モンレー湾水族館研究所での貴重な体験を紹介する。



ROV「ベンタナ」の母船「ポイント・ロボス」。奥に見えるのはROV「ティフロン」の母船である双胴船「ウエスタン・フライヤー」

ROV「ベンタナ」。腹側 (探査機の底) にスレッドと呼ばれるベイロード格納フレームが取り付けられている。この潜航では、底生動物調査用スレッドが取り付けられ、20本以上のコアやサンプルボックス、マニピュレータ (3本) が装備された

海洋生物調査に実績を持つ モンレー湾水族館研究所

カリフォルニア州・サンフランシスコの南に位置するモンレー湾は、それほど大きくはないが、湧昇流や河川の流入により豊かな生物相に恵まれており、日本では静岡県の駿河湾と地形がよく似ている。モンレー湾の階段状の海底にはクジラの死骸も多数置かれており、鯨骨に群がる生物群集に関

する調査研究も盛んで、2004年には世界で初めてゴカイの一種であるホネクイハナムシ属の一種 (本誌2006年5-6月号で詳しく紹介) がクジラの死骸から発見されている。また、深海底のメタン湧水周辺にはシロウリガイやハオリムシ類をはじめとした化学合成生態系も存在する。

モンレー湾に面して立地するモンレー湾水族館は、巨大な海藻・ジャイ

アントケルブの水槽展示に世界で初めて成功し、ラッコの飼育、保護活動でも知られる。この水族館から約30km離れた場所にモンレー湾水族館研究所がある。遠隔操作式無人探査機 (ROV) を用いた海洋生物調査に優れた成果をあげている研究所として世界的にも有名だ。ROVは「ベンタナ」と「ティフロン」の2機を保有し、自律型無人潜水機の開発や海底長期観測ネットワークも



母船「ウエスタン・フライヤー」内にあるROV「ティフロン」の操縦室



ROV「ティフロン」。ベイロードの取り付けは、ROVオペレーションチームではなく、ロボテクニシャンの仕事。テクニシャンは研究も行う調査機器の整備も行う。ROV中央部のカメラは、最近つけられたHDTVカメラ (3CCD)



モントレー湾に生息するシロウリガイの1種 *Calyptogena kilmieri*。これは最近の研究から相模湾にいるシロウリガイ *Calyptogena soyoe* と同種であるといわれている。この二枚貝の成長速度を推定する実験を行った

行う。海洋研究開発機構に比べれば、組織や運営規模は決して大きくはないが、調査研究をモントレー湾に絞り込み、毎日のようにROVの潜航を行っている。モントレー湾の深海生物を調査する目的で、2005年7月から1年間、この研究所に長期海外出張した藤倉克則サブリーダーは「その個性的な運営手法には目を見張るものがあった」という。

シロウリガイの成長を測定する新手法

モントレーでの藤倉サブリーダーの研究テーマは「シロウリガイの成長速度を測定する新たな手法に関する実験」。深海の冷湧水域に生息するシロウリガイは成長速度も遅いと思われ、これまで、その場計測も困難であった。従来のノギスを用いる方法だと、1mm程度の精度しか期待できないため、成長を計測するのに何年も待つ必要があった。貝殻に蛍光色素でマークし、実体顕微鏡で観察する方法もある

が、これもミリオーダーの精度。そこで、数ヵ月で成長量を見積もり、ミクロンオーダーで成長を調べるために電子顕微鏡による観測方法を検討。カルシウムの性質に近いストロンチウムという物質に注目した。シロウリガイの貝殻は炭酸カルシウムが主成分だが、ストロンチウムを取り込んで貝殻をつくることできる。シロウリガイにストロンチウムと蛍光色素を取り込ませれば、貝殻に年輪のような成長線として現れる。これならば、走査型電子顕微鏡の一次反射映像には、ストロンチウムの濃度の高い部分が白く光るため、0.1マイクロメートルの成長も検出でき、数ヵ月で1ミクロンという微細な成長も測定することができる。

何度も予備実験を行った結果、シロウリガイは約24時間で薬品を取り込む目安がついた。だが、薬品に漬けすぎると貝が死んでしまうため、しばらくしてから新鮮な海水に戻す必要があった。そのため、実際の調査では、海底でシロウリガイにかぶせたケージに



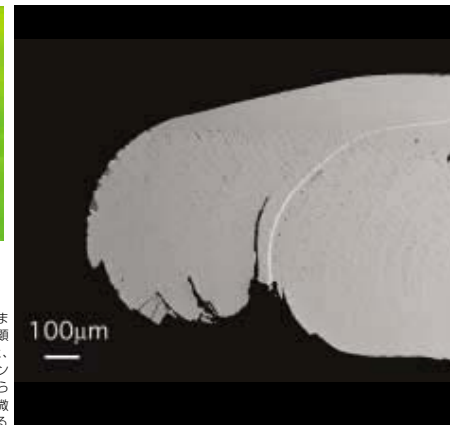
シロウリガイの成長速度を測定するために、このケージを現場でシロウリガイにかぶせた後、内部に高濃度のストロンチウムと蛍光色素を注入する。それをシロウリガイが取り込み、貝殻にマーキングされる。ケージの手前に取り付けたより戻し状金属物が、Galvanic Timed Releaseと呼ばれる電食式リリーサ

薬品を注入するための潜航と、約24時間後にケージから薬品を取り出す作業を行う潜航が対が必要となる。この2回の潜航を1回で済ませる見事なアイデアを、モントレーのテクニシャン（技術者）の助言で考案することができた。薬品の入ったケージの上にバネをつけ、24時間後に自動でふたが開き、新鮮な海水が入るしくみだ。この仕掛けには、魚釣りによく使われる「より戻し（スイベル）」のような電食式リリーサ（Galvanic Timed Release）が使われる。値段は1個100円もしない。釣りの「より戻し」は真鍮（銅と亜鉛の合金）など、単一の金属で作られるが、このリリーサは2つの異なる金属でできている特殊なものである。異なる金属同士を接続して海水中に投入すると、金属の腐食電位の違いによって一方の金属に腐食がおきる。この「電食」と呼ばれる性質を利用し、金属部の太さを変えることによって、ある程度任意の時間でリリーサが切り離されることになる。そして、24時間後に切り離される太さのリリーサでケージの蓋部を固定し、24時間が経過すると蓋が開くようにしたのである。自動化というと、普通は電気回路やお金がかかる装置をイメージしてしまいがちだ。そんなわれわれの発想からは想像もつかない、見事な工夫だった。このシンプ



海底でストロンチウムと蛍光色素をシロウリガイに注入しているところ。この数ヵ月後にシロウリガイ類を回収し、この間どれくらい成長したかを見積もる

アサリにストロンチウムを取り込ませ貝殻にマーキング。走査型電子顕微鏡の特殊なモードを使用すると、ストロンチウムが蓄積されマーキングされた場所が白色に見える。さらに、電子顕微鏡を使うことにより微小な変化量も見積もることができる



ルな仕掛けのおかげで、ケージのふたを開け新鮮な海水をシロウリガイに与えるための1回の潜航を省くことができた。わずか100円の金具で数千万円

優れたアイデアで成果を生む姿勢を見習いたい

モントレー湾水族館研究所では、200人の職員のうち、研究者はわずか1割程度にすぎない。その研究者にテクニシャンやボスドクがつき、調査・研究を行っている。組織の構成や運営だけでなく、ROVの運用などでも、海洋研究開発機構とは様々な点で違いがあった。たとえば、海洋研究開発機構では、1人のパイロットが1回のROVの潜航を長時間担当するが、モントレーでは1時間ごとの交代制だ。「ベンタナ」は日中の5～6時間の潜航だが、「ティプロン」は沖合に出て連続12時間といった潜航も行うため、交代制は効果的であるように思われた。また、ときには研究者が母船に乗らず、現場はテクニシャンに任せて、研究室で母船から送られてくる映像を確認するケースもある。調査海域が、目の前のモントレー湾だからこそできることだが、研究者にとっては、非常に効率的な手法といえるだろう。

ROVの運用に関する指揮官が存在し

ないのも、モントレーの特徴だ。そのため、研究者が主体的に運用に関わることができ、パイロットに直接意思を伝えることによって、調査もスムーズに行える。もちろん、研究者が運用面について深い知識・経験を持っているからこそ可能であり、全国の研究者が利用する海洋研究開発機構では難しい。もう1つ藤倉サブリーダーが感心したのは、ROVの使いこなし方だ。モントレーでは、ROVの腹側にスレッドと呼ばれる着脱可能な格納フレームが装着されており、ペイロード（調査に応じた搭載機器）の入れ替えが容易にできるしくみになっている。テクニシャンは、研究者と相談しながら専用のスレッドをつくり、別の潜航が行われている間に準備し、帰港後、直ちにスレッドを切り替え、翌日の潜航に備えることが可能だ。現在、海洋研究開発機構でも、無人探査機「ハイパードルフィン」などで、こうしたユニット化したペイロードのシステムの検討が始まっているが、見習うべき点が多い。さらに、モントレーでは、テクニシャンの存在が欠かせない。現在、海洋研究開発機構では、海洋観測の分野で観測技術員が活躍しているが、深海調査における機器開発などを専門に行うテクニシャンはおらず、研究者が自ら行っている。こうした点も検討の余地があるかもし

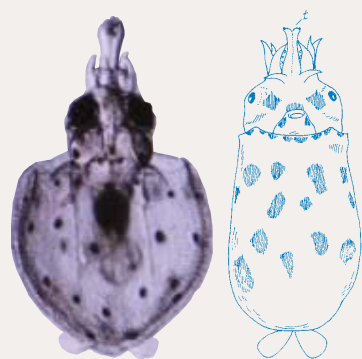
れない。このほかにも、暗いところの撮影に不向きなハイビジョンカメラを少しでも効果的に使用するために、自動追尾のライトのシステムを開発し、より鮮明な映像の撮影に成功したり、取得した画像データをできる限り効率よく活用するためにソフトやシステムを改良している。予算や設備面の限られた条件のなかで、いかに効率よく最大の成果を挙げるかということに知恵を働かせる姿勢を強く感じたという藤倉サブリーダーは、モントレーで学んだ様々なことを、これからの日本での調査・研究に活かしていきたいと語った。



アメリカオアホアカイカを釣った藤倉サブリーダー



奥谷 喬司 XBRアドバイザーに聞く 分子生物学を裏付ける 形態学の重要性を後進に説く



卵からかえったばかりの胴長1mmのスルメイカ（写真）と
プランクトンネットで採集された胴長3mmのスルメイカの
子ども（イラスト：奥谷喬司 1968）

微生物から大型生物まで、独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）における生物研究の対象は多岐にわたり、その研究手法もさまざま。先端の技術を駆使したナノレベルの分子生物学の一方で、世界に誇る深海調査システムによる深海生物相の解明も続けられている。現在、海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センター（XBR）のアドバイザーでもある奥谷喬司氏は、日本で初めてシロウリガイを発見・記載したことで知られる。永年の経験と職業的勘に裏付けられた形態分類学の目は、ときには最新の分析機器よりも頼りになる。軟体動物を通して深海を見つめてきた奥谷喬司XBRアドバイザーに、JAMSTECと海洋生物研究について話を伺った。

Profile

おくたに・たかし 1931年、門司市（現・北九州市）出生。1954年水産庁東海区水産研究所（現・水産総合研究センター中央水産研究所）の研究員に。1979年国立科学博物館動物研究部研究室長、1984年東京水産大学（現・東京海洋大学）資源育成学教授、1995年日本大学生物資源科学部教授を歴任。1989年より海洋科学技術センター（現・海洋研究開発機構）客員研究員、研究顧問を経て現在、極限環境生物圏研究センター海洋生態・環境研究プログラムアドバイザー。東京水産大学名誉教授。日本貝類学会会長。理学博士。「イカはしゃべるし空も飛ぶ」（講談社）『日本近海産貝類図鑑』『軟体動物二十面相』（ともに東海大学出版会）など著作多数。専門分野は軟体動物の分類、生態、資源の研究。

Blue Earth編集部（以下BE） まず、JAMSTECと関わるようになった経緯から伺いたいと思います。

奥谷XBRアドバイザー（以下敬称略）

1970年代、JAMSTECができたところからの長い付き合いです。当時、原子力施設が使った低レベル放射性固形廃棄物を深海底に捨てる計画があり、そのための事前調査を水産庁と海上保安庁水路部（現・海洋情報部）と気象庁の三官庁が共同で行いました。私は水産研究所の職員として深海生物の調査に参加しました。調査海域は小笠原東方の投棄候補地点が中心で、そこにどんな生物がいるか、廃棄物が生物と環境にどのような影響を与えるか、それが人間の生活に危険を与えることになりはしないかといったことを調べるのが目的でした。実はこの調査のとき、まだ調査船のなかったJAMSTECの橋本惇博士（現・長崎大学教授）などが、深海生物の映像を撮るフリーフォールカメラの実験のため、われわれの調査船蒼鷹丸に乘られましたので、それ以来の付き合いです。

BE 日本におけるシロウリガイの発見にも深く関わられていますね。

奥谷 私のいた水産研究所では、農林省水産試験場当時の昭和3年ごろから蒼鷹丸で日本中の沿岸をドレッジ（鉄枠に金網を張った、海底に棲む生物や岩石などを採集するための道具）によって底棲生

物を採集する先駆的な調査研究を行った伝統がありました。1955年に蒼鷹丸Ⅱ世が竣工し、当時、水産研究所の生物資源研究を主導していた中井甚二郎先生が、その船に深海調査ができるよう9mmのワイヤー5,000mを巻いたウインチを装備させたんです。300トンに満たない船にはかなりの重装備でしたが、熊野灘で初めて行った深海トロールのテストでは水深2,050mで新種の巻き貝の採集に成功しました。当時の2,000mといえば画期的な深さでした。そして、さらに第2回目のトロール採集を行った相模湾城ヶ島沖水深750mのステーションで白い大きな二枚貝の死殻を数片採集しました。これが日本で最初に発見されたシロウリガイです。

BE 化学合成生物群集が見つかる以前の話ですね。

奥谷 そうです。深海にこんなに大きな貝がいることに驚きました。私はまだ若造でしたので、いろいろな先生方の教えを乞うて新潟県で出た化石の貝に最も近い現生種という結論を出し、蒼鷹丸にちなんで *Calyptogena soyoeae* という学名で記載発表をしました。シロウリガイという和名は、その後、波部忠重先生が図鑑に掲載する際につけられたものです。生きた貝を見ると「白瓜」とはいいがたいものもありますが、蒼鷹丸が採った標本は死殻でしたので

まっ白だったのです。「しんかい2000」が、1984年初島沖で生きたシロウリガイの大群集を初めて発見した時は、30年ぶりの再会でした。

謎の多い水産資源 イカの生活史を追う

BE 研究対象として軟体動物を選ばれたのはなぜですか。

奥谷 私は子どものころは長兄の影響を受けて昆虫少年でした。特に水棲昆虫が大好きで、何となく水のなかに棲む生物を研究したくて水産大学に入りました。そこで出会ったのがアワビ研究の大家、猪野 峻先生です。先生の研究にける情熱が私にも伝染して貝の研究を始めたのです。ただ、卒業後に入っていたいた水産研究所の仕事はイワシやサバといった水産資源の研究を行う「イワシ資源課」というところでした。でも、中井先生から軟体動物が好きならイワシやサバと同じくらい水産資源として重要なイカの研究をしたらどうか、といわれたんです。

BE それが、イカの研究を始められたきっかけですね。

奥谷 当時はスルメイカの研究は水揚げ地での研究ばかりで、そこに行くまでのイカの生態はほとんど分かっていませんでした。スルメイカは秋から冬に九州近海で生まれ、太平洋側では黒潮、日本海側では対馬海流に乗って北海道



相模湾初島沖の深海底から湧出する冷水に群がるシロウリガイ



日本で初めて生きたシロウリガイを発見した有人潜水調査船「しんかい2000」



同じシロウリガイでも姿かたちはさまざま。場所や深さで種類がそれぞれ違う。
ちなみに「しんかい2000」が初めて生きたものを採ったシロウリガイは、写真D
(財団法人 水産無脊椎動物研究所「うみうし通信」第48号より)

まで北上し、その後また逆戻りするという日本縦断往復の旅を1年でやっています。そんな生活史のなかで生まれたばかりのスルメイカの形態も生態も当時はまだ情報が不十分だったのです。そこで、私は29歳になっていましたが、長期派遣の試験を受けて文献の豊富なアメリカのスクリップス海洋研究所に行きました。当時スクリップスはプランクトンの研究者が多かったのですが、私が学位を取り2回目にポスドク（博士号を取得したばかりの訪問研究者）で行ったときにはヘスラー^{*1}やニューマン^{*2}など底棲生物の研究者も増えていて、イカの研究も底棲生物の情報交換もおそらく生涯で最も充実した研究生活を送ることができました。

よく、私の専門はイカなのか、貝な

のか、と訊かれますが、どちらも軟体動物ですし、二足のわらじをはいているつもりはありません。造形的にも、どちらもとても魅力的です。生きているイカの透明感ある機能的な体のデザインと運動性に富んだ美しさといったらないですよ。貝のコレクションも3,000点くらいはあります。ただ、私の場合は美しくて高価な貝より研究資料的な標本が多いのできれいではありません。新種の研究の際など自分の標本と比較するための資料なのです。ですから、標本商から買ったのではなく磯で拾ったり、同好の方にいただいたり、調査で採集した参考用標本がほとんどです。

BE 夏に海に行った人も多いと思います。貝殻を集めるコツなどありますか。



奥谷 昔は私も博物館の採集会をよく手伝いました。でも、今は観察会と称して見ることはしても、採集はおすすめしないようですね。ですから、きちんとした貝類の収集方法も伝授しにくくなりました。たとえば、若い貝は採らずに老成した貝を採るとか、貝の中身は煮たり凍らせたりしてきれいにし出してから貝殻や蓋を保存するとかね。このころは貝殻は波打ち際で拾いましょうといいますが、打ち上げの死殻は標本としての価値は一般に低いのです。研究標本なら中身も必要ですし、アサリなどは煮ると殻が茶色くなりますが、生きているときは黒っぽいでしょう。打ち上げの死殻も同様に色があせています。本来の色をきちんと見ておくことも重要です。大事なものは、自分で捕まえたり、標本をつくったり、壊したり（解剖）して、生き物の姿かたちをしげしげと見ることです。見て、見て、とにかくよく見る。形態学とはそういうことから始まります。

形態分類も不可欠な分子生物学の研究

BE 長年研究の現場を見てこられた立場から、現在の研究についてご意見はありますか。

奥谷 最近の研究を見ると、分子生物学の技術や知識は非常に進み、共生細菌などの研究も盛んです。それなのに、その宿主になっている生物の分類が分からないということがあります。ひと

くちにシロウリガイといっても、私が多くの共著者の方々と新種記載させていただいたもので12、3種あります。では、南海トラフのシロウリガイと今扱っているシロウリガイとは別種か、同種か。分子や細菌の分析結果が出て、その本体の種名が特定できないと系統樹も共生細菌の名前も記号でしかつけられない。誰かが第一段階の結論を出さないと研究は先に進みません。そうした部分をアドバイスするのがJAMSTECにおける私の役目です。最先端の研究のなかでも形態分類学は重要です。先日も、伊豆島島の鯨骨につく貝と鹿児島沖の鯨骨につく貝とを調べましたが、見た目は同じようでも解剖してみるとまったく違う種どころか別属ということがありました。

BE 分類学のできる人が少なくなったということですか。

奥谷 分類は一種の職人仕事です。分子の解析は専門の機器があれば、ある程度は誰でもできます。でも、形態分類は、それこそ私が学生のころから約50年間、多数の標本を見てきた経験があるところがあります。見るべき動所は種によって違いますから、今は私の経験と方法論を若い方たちにアドバイスしていますが、こういう形態分類学を地道にやる人たちが育てることも必要ですね。リンネ^{*3}以来200年以上、動植物の分類は人間の五感を

使ってやってきました。そして、その結果は最近の分子を使った系統分類からそれほど大きく違ってはいなかったと思います。先人の眼は確かだったと思います。現代は迷ったときには分析機器を使えばいい。でも最初から頼っていたら、分子を見ないと同定ができないなんて本末転倒の事態になりかねません。若い研究者には、そういうことも伝えていかなければと思います。

BE 今後の深海研究にご意見はありますか。

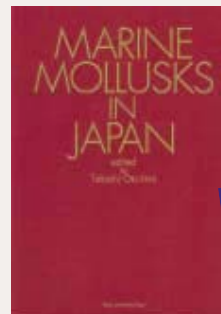
奥谷 いま注目されている化学合成生物群集は、採集してくるものどれも新種みたいな場所ですから、これほどエキサイティングな研究対象はないでしょう。しかも、それが地球の成り立ちに関係するとすれば、研究者が熱中するのは当然です。ただ、あえていえば、それに集中しすぎて普通の深海底のことが置き去りにになっている気はします。最近では、子ども向けの本でも、深海は熱水や冷水がわき上がり、特異な環境にすまじい生き物がひしめいているようなイメージばかりを与えていますが、ごくありふれた深海はどんなところなのか——化学合成生物との比較対象としても情報は必要でしょう。違う海域の化学合成生物群集同士の比較と関連性の研究も重要ですが、そうではないところが、95%以上であることを忘れてはいけません。化学合成生

物の遺伝子もそういう場所で熱水が出るのを待っているかも知れません。しかしまあ、そんなところぐらいい人間が触らずにそっとしておくのがいいのかもしれませんが(笑)。

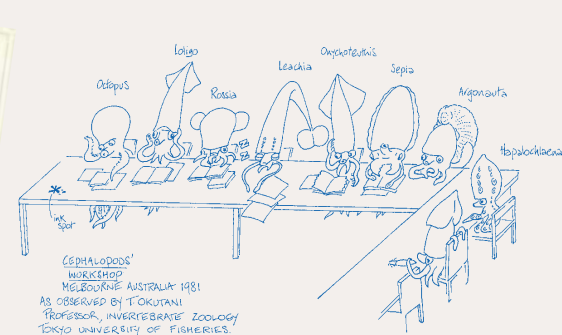
BE 現在、新しく深海生物の本を編集中です。

奥谷 これまでJAMSTECが苦労して集めた生物の映像データは、まとめた書籍のような形できちんと残されていないかったです。一方で、貴重な写真がマスコミライターなどへの資料提供の形で研究者自身に用いられないうちに外に出てしまっている。これは問題だということで、自分たちの手でまとめることになりました。運航停止となった「しんかい2000」の業績を残す意味もありますが、新しい映像も沢山取り入れて、藤倉克則、丸山 正の両氏と私の共編です。JAMSTEC内外の多くの研究者に分担執筆をお願いしますが、本書は単なる写真集ではなく、深海生物研究の現在をまとめた高度のテキストとなりますから、期待してください。

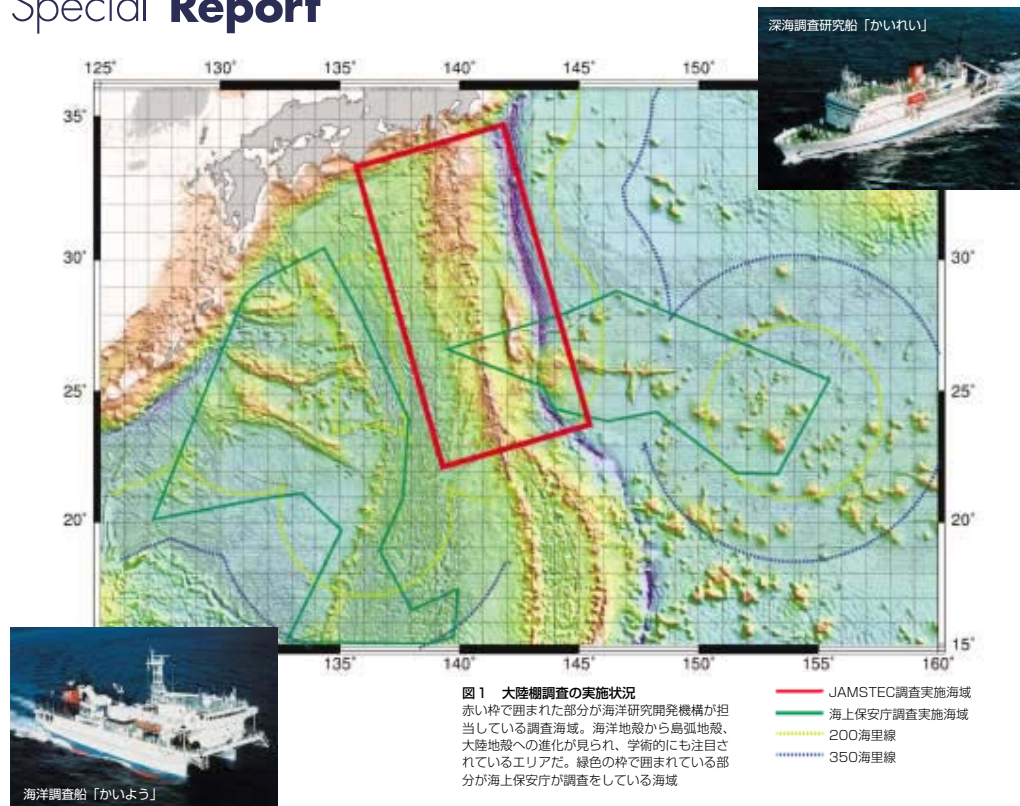
- *1 ヘスラー (R.R.Hessler) スクリップス海洋研究所の深海底棲生物の専門家。アルビン号でマリアナ海溝の調査などを行う
- *2 ニューマン (W.A.Newman) スクリップス海洋研究所の深海底棲生物の専門家。化学合成生物群集から原始的なエボシガイ類を発見した
- *3 リンネ (Carl von Linné 1707-78年) スウェーデンの生物学者。「分類学の父」と称される



奥谷XBRアドバイザーは、図鑑や学術書などの専門書はもちろん、一般の人にも読みやすい海洋生物の読み物も数多く執筆している



私たちの知らないところで、深海のイカたちはどんなことを考えているのだろうか？
(イラスト：奥谷義司 1981)

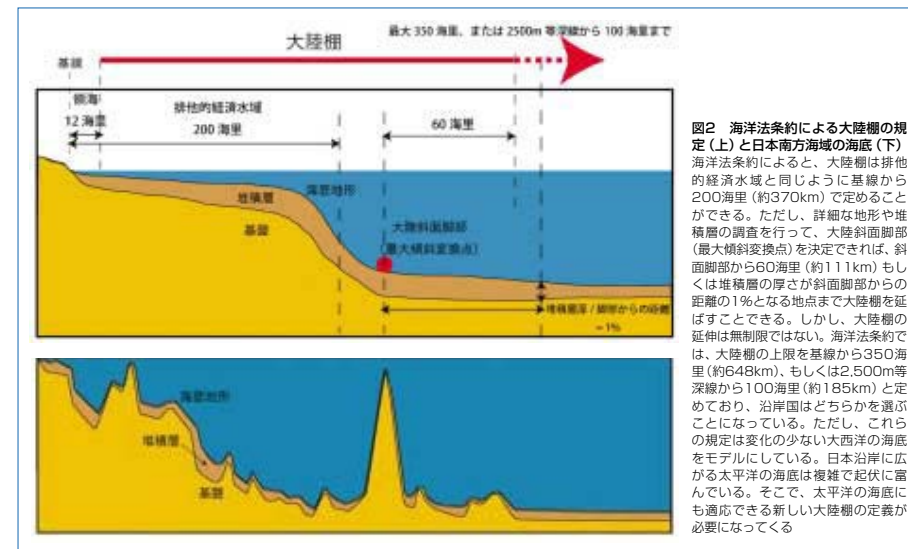


大陸棚延伸実現を目指す日本の取り組み 地殻構造調査が 新しい大陸棚の定義を導き出す

1994年に、海の憲法ともいふべき「海洋法に関する国際連合条約（海洋法条約）」が発効した。海洋法条約の登場により、批准した各国は自国の大陸棚がどこまであるのかを見直すことになった。大陸棚は、排他的経済水域と並んで、海底・海底下の海洋資源の権利を主張できる大切な区域となる。現在、日本も国家プロジェクトして大陸棚調査を進めている。日本は大陸棚画定にどのように取り組んでいるのだろうか。



取材協力：
金田 義行 部長
海洋工学センター
海底地震・津波ネットワーク開発部
大陸棚調査プロジェクトリーダー



世界が取り組む大陸棚調査

現在、国際的に大陸棚調査が盛んである。各国とも、大陸棚の限界を画定するためにそれぞれ海洋調査を進めている。もちろん日本も、内閣府、国土交通省、文部科学省、経済産業省を中心に大陸棚調査を行っている(図1)。

そもそも、なぜ、今、大陸棚なのだろうか。理由は、1994年に発効した「海洋法に関する国際連合条約(海洋法条約)」にある。海洋法条約は海の憲法とも呼ばれている。領海や排他的経済水域など、海を平和に利用するための国際的な取り決めである。日本は、この条約を1996年6月に批准している。2005年12月現在、149の国や地域が批准しており、今後、海洋の利用や保全については、この条約に則って行われる。世界の主要国を始め、多くの国々が批准したことにより、人類共通の財産ともいふべき海洋を、世界共通のルールに基づいて平和的に利用する下地が整ったことになる。

海洋法条約を運用するにあたって、未解決の問題がいくつかあるが、そのなかの1つが大陸棚の限界画定問題である。海に隣接した沿岸国には、海の

始まる基線から12海里(約22km)までの範囲が領海、200海里(約370km)までの範囲が排他的経済水域として定められている。国連海洋法条約では、このほかに、沿岸国の権利が及ぶ範囲として大陸棚を設定することができる」と規定されている。

排他的経済水域では、魚などの水産資源のように海上、海中にある資源と海底や海底下にある資源に対して自国の権利を主張できるが、大陸棚の場合は海底や海底下にある資源のみに権利が認められるようになる。海洋法条約の発効、批准により、条件さえ満たせば、大陸棚は最大で350海里(約648km)まで設定することができるようになった。つまり、やり方によっては自国の大陸棚の範囲を延伸することができるようになり、大陸棚の再設定は、沿岸国にとって自国の権利が及ぶ範囲を拡大するまたとないチャンスとなっている。

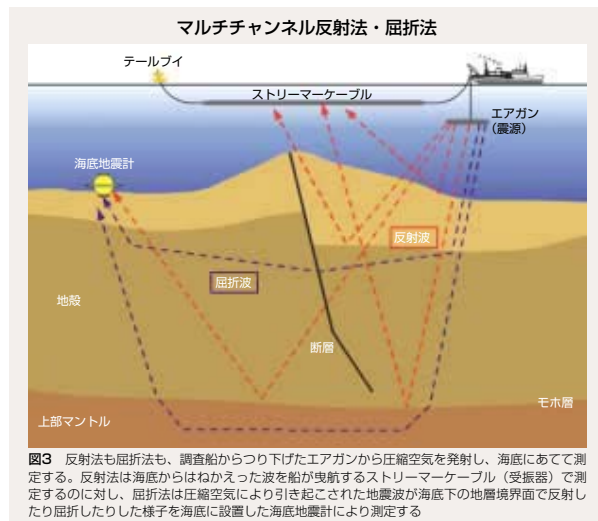
規定に当てはまらない 太平洋の大陸棚

当然、どの国も権利を主張できる範囲が広がる方が望ましい。だが、沿岸

の国々が個々に権利を主張しては争いのもととなる。そこで、国連は大陸棚限界委員会を設置した。大陸棚を再設定したい国は、その国自身で調査をし、得られたデータを大陸棚限界情報としてまとめ、大陸棚限界委員会に提出する。大陸棚限界委員会は、提出された情報を客観的に検討し、各国の主張を認めるかどうかを決める。日本を含めた先進国の場合、この報告書の提出期限が2009年5月に迫っている。

日本は、2003年8月に「大陸棚画定に向けた今後の基本的考え方」をまとめ、国を挙げて大陸棚調査を進めることを決めた。日本の場合、海底地形調査、地殻構造調査、岩石試料採取・分析調査の3つの調査により、必要なデータを集めている。海洋法条約では、大陸斜面の脚部から60海里(約111km)まで、もしくは堆積層の厚さが大陸脚部からの距離の1%になる地点までを大陸棚とすることができると規定されていた。そのため当初は、海上保安庁が1983年から取り組んできた詳細な海底地形調査をベースに進めていけばいいと思われていた。

しかし、調査を進めるにつれて、それ



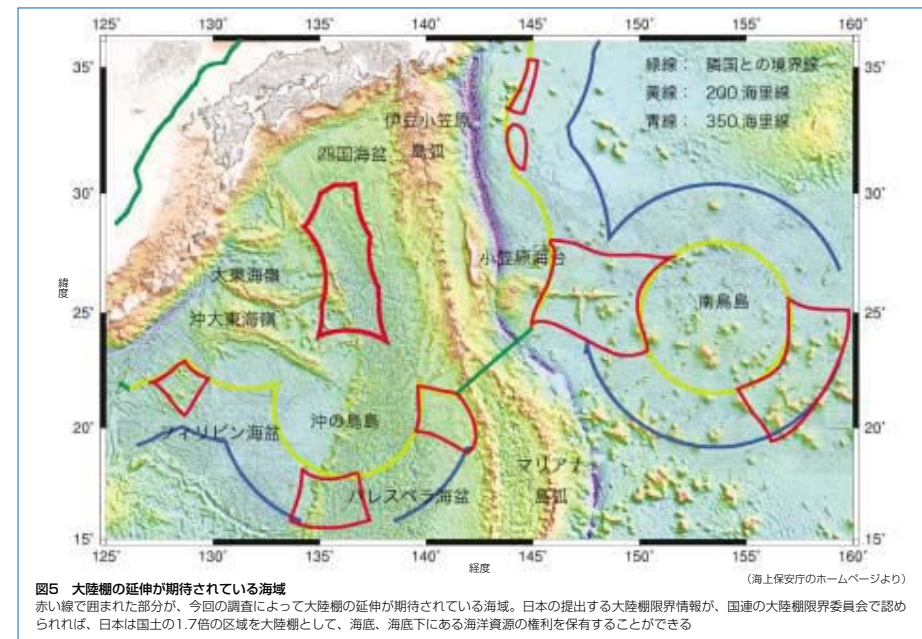
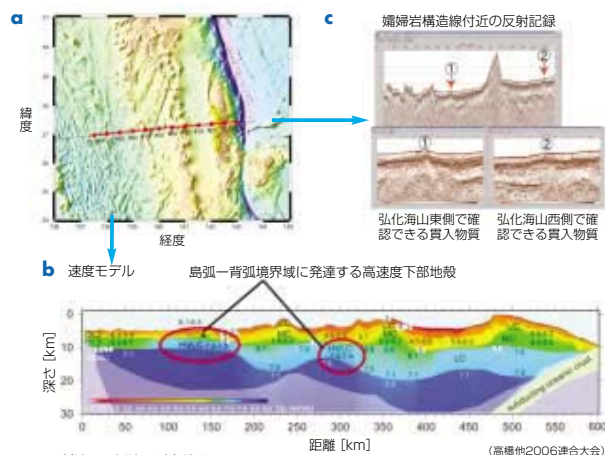
だけでは日本の大陸棚は規定できないことが分かってきた。海洋研究開発機構の大陸棚調査プロジェクトリーダーを務めている海洋工学センター 海底地震・津波ネットワーク開発部の金田義行部長は「海洋法条約の規定は大西洋型の海底をモデルにしています。大西洋型の海底は、比較的シンプルで分かりやすかったのですが、太平洋の海底は、いろいろなプレートが沈み込んでいて、とても複雑です。大西洋型の規定をそのまま当てはめたのでは日本の大陸棚は広がらないのです。そこで、太平洋のように複雑な海底に対して適応できるシナリオをつくる必要が出てきました」と事情を説明した（図2）。

地殻の進化を大陸棚延伸の材料に

大陸棚は、沿岸国の大陸がどこまで続くのかを見極めることが焦点になる。大西洋型の海底では地殻の水深や堆積層の厚さを測れば問題はなかったが、変化に富んだ太平洋型の地殻の場合は、それでは大陸斜面の脚部が特定できない。しかも、最近の研究では、とくに2つのプレートがぶつかり合い、沈み込み帯ができる領域の地殻では、海洋地

ナリオを考えています」と金田部長は語る。

日本南方の海域は、フィリピン海プレートに太平洋プレートが沈み込んでできた海溝が南北に走っており、その海溝に平行して伊豆－小笠原－マリアナと続く島弧地殻が形成されている。海洋地殻は黒っぽい玄武岩が主成分であるのに対し、大陸地殻や島弧地殻は白っぽい安山岩が主成分となっており、明らかに別のものであることが既に分かっている。海洋地殻とそれ以外の地殻を明確に区分して、非海洋性地殻を大陸棚と定義することができれば、伊豆からマリアナへと続く島弧地殻の周辺部も大陸棚となる。さらに日本南方の海域ではこの定義を適応できそうな部分がいくつかあり、大陸棚の延伸が期待できるシナリオとなっている。「フィリピン海プレートも太平洋プレートも基本的には海洋地殻に当てはまりません。しかし、海洋地殻が熱や水など、様々なものとの相互作用によって地殻の性質が変わり、島弧地殻が成長することが分かってきました。プレートが



沈み込むことによって、海洋地殻から非海洋性地殻へと変化していくプロセスが進みます。日本としては、このプロセスの詳細を明らかにして、大陸棚延伸の材料にしていきたいと思っています」と金田部長は説明を続けた。

構造調査で探る地殻の転換点

非海洋性地殻を大陸棚と定義するシナリオを現実のものとするには、地殻構造の調査が不可欠である。海洋研究開発機構は海上保安庁と共に地殻構造調査を担当している。日本の提案するシナリオの科学的な根拠を得るために、海洋調査船「かいよう」、深海調査研究船「かいれい」の2隻の調査船を使い、伊豆、小笠原海域の島弧地殻周辺の調査をしている。

地殻構造調査は、マルチチャンネル反射法と屈折法の2種類の手法を組み合わせて行われている（図3）。反射法では海底の表面地形を詳細に調べることができ、屈折法は海底下にある地殻

の深部構造を明らかにすることができ、2種類の観測データをつきあわせることによって、島弧地殻などの非海洋性地殻と海洋地殻の転換点を探り、どこまでを非海洋性地殻、つまり大陸棚と規定できるのかを明確にしていこう（図4）。海洋研究開発機構が担当するのは伊豆、小笠原の海域が中心となるが、それ以外の海域での地殻構造調査についても、これまでの研究実績を活かし、データ解析を支援している。

国土の1.7倍の大陸棚獲得を目指して

これまでの調査はスケジュール通り進んでいるが、2009年5月の締切までにやることはたくさんある。地球内部変動研究センターの海宝由佳研究員は「調査は原則として来年度で終わらせて、その後はデータを解析し、学術論文としてまとめていきます」と今後予定を教えてください。政府の委員会や検討部会でシナリオや大陸棚情報を作成する作業と並行して、日本の主張

するシナリオに客観性を持たせるために論文としてまとめ、学術雑誌に投稿し、多くの学者の同意を得る必要がある。「自分たちが得たデータを、自分たちで解析しただけで、この部分は非海洋性地殻ですといっても何の説得力もありません。つまり国際的な学術雑誌に論文を投稿し、それが認められて掲載されることによって初めて私たちの主張の客観性が保たれるのです。最終的に大陸棚情報を提出するときにも、日本のシナリオは、学術雑誌にも認められた考え方を背景にしていますといえることが大事になってきます」と金田部長は説明する。

国連の大陸棚限界委員会に日本のシナリオが認められれば、日本は、国土の1.7倍に及び大陸棚を設定することができる（図5）。太平洋の深海底には、マンガン、コバルトなどを含む金属酸化物などが堆積している。これらの海洋鉱物資源に対する権利を確保するためにも、ここ数年の調査、データ解析が重要な意味を持っているのである。

変化に富んだ自然環境が育む 豊かな富山湾の 海洋生物を展示



富山湾で採取された深海生物の飼育に取り組む飼育係の高山茂樹さん

取材協力：魚津水族館



ホタルイカが群遊する富山湾沿岸（富山～魚津）は特別天然記念物に指定されている

海中から引き上げたごみのなかから見つかった小さなオグチボヤ（約2.5cm）を飼育中



普段は水深200m以深にすむホタルイカは発光するイカとして知られる。発光器は腕先、眼の近く、体の腹側に数多く分布



2005年夏に富山湾で行われた深海調査で採取されたオグチボヤ。その生態はまだほとんど分かっていない



マツカサウオ。開館翌年の1914年（大正3年）、魚津水族館が停電になった際にこの魚が発光することが初めて確認され、後に学会で発表されたというエピソードは有名

能登半島の東側に広がる富山湾は、最深部が約1,200mに達し、駿河湾や相模湾と並ぶ日本有数の深い湾（日本海側では最も深い）として知られる。富山湾の表層には黒潮から分岐した対馬暖流系の暖かい海水が広がり、その下の深度300m以深には、日本海固有冷水と呼ばれる1℃以下の冷水塊が存在する。さらに、沿岸部では、北アルプスの大量の雪解け水が河川から流れ込み、塩分濃度の低い沿岸表層水が形成されている。こうした変化に富んだ

自然環境から、富山湾は、暖流系の生物とともに、深海には冷水性の生物が数多く生息するという、まさに日本海を凝縮したような特有の生物相を持つ。また、最近では、オオグチボヤの大規模なコロニーが世界で初めて確認され、富山湾は大いに注目を集めた。

魚津水族館は、富山湾の豊かな海の生態を紹介することに力を注いでいる。春から初夏にかけて産卵のため富山湾に集まるホタルイカの展示をはじめ、水温2℃という低温で飼育・展示でき

る水槽を導入し、ザラビクニン、オオエッチュウバイなど深海にすむ生物の飼育も進めている。「富山湾で見られる深海生物の生態は、まだ分かっていないことがたくさんありますが、今後は、ザラビクニンやノロゲンゲなどの繁殖、オオグチボヤの飼育に取り組み、展示を充実していきたい。また、生態を明らかにするために、研究者の方々との協力関係も深めていきたい」と飼育研究担当の高山茂樹さんは話す。



ザラビクニンは、日本海を代表する深海魚



トヤマエビ。成長とともにオスからメスに性転換するエビとして知られる



ニホンキサンコ。水深100～150mの流れの強い海底の岩などに固着する



富山湾の水深200～500mにすむカガバイ。水族館での繁殖も進んでいる



サラサベッコウタマガイ。これまで新潟県佐渡沖と富山湾でしか確認されていない 富山湾でしか見つからないアバタカワリギンチャク





北極点近くで氷に穴を開け、これからアルゴフロートをケーブルとともに海中に投入するところ。その前にアルゴフロートとともに記念撮影

氷上にPOPSのプラットフォームを設置。これから氷とともに海流に乗り、移動してゆく



図1 2006年7月現在のアルゴフロートの場所。北極海にはまだ今回JAMSTECが設置した1機のみである。(日本 ● 全372機)

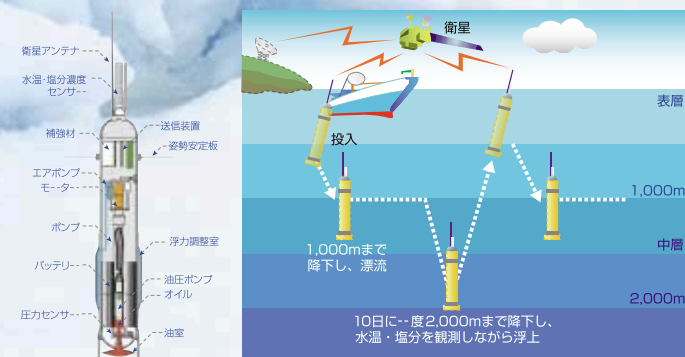


図2 現在使用されているアルゴフロート(左)。表層から中層の水溫・塩分濃度観測データを、衛星通信によって自動的に陸上へと送信する(右)

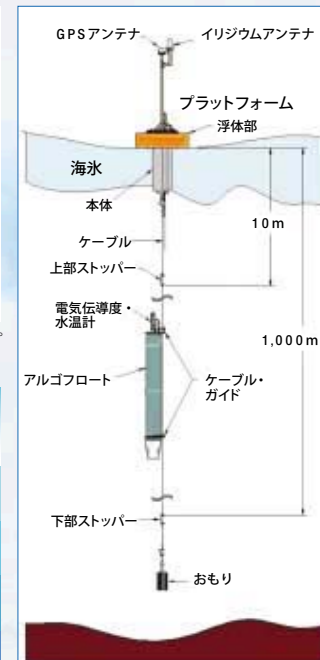


図3 POPSの構造。海水に設置したパイからケーブルを下ろし、プラットフォームからの深さ10~1,000mの範囲をアルゴフロートが移動し、連続データを取ることができる

アルゴフロートを用いた新しい観測システムで 氷に閉ざされた北極海の リアルタイム観測に成功

国際的な協力のもと全海洋に3,000機の海洋観測フロート(アルゴフロート)を投入。水深2,000mまでの水溫・塩分分布を常時観測し、気候変動予測に役立てようという「アルゴ計画」が2000年から始まった。アルゴフロートは観測データを送信する際に海面に浮上する必要があるが、夏でも氷が融けない北極海では浮上が困難なためデータの空白地帯となっていた。北極海気候システムグループでは、海氷上に設置したパイからケーブルを下ろし、これにアルゴフロートを添わせるという「コロンブスの卵」的な発想の転換でこの問題を解決。激変する北極海を定量的に理解するために必要な鉛直に連続した水溫・塩分データの常時取得に成功した。



取材協力:
菊地 隆 研究員
地球環境観測研究センター
地球温暖化情報観測研究プログラム
北極海気候システムグループ



取材協力:
猪上 淳 研究員
地球環境観測研究センター
地球温暖化情報観測研究プログラム
北極海気候システムグループ

海水下の水溫・塩分濃度を連続して 観察するためのしくみづくり

北極海気候システムグループでは、1990年代から漂流ブイを用いた海洋観測研究を行っている。特に2000年からは水海観測用小型漂流ブイJ-CADを使って、北極の海や海水と大気との関係を調べてきた。J-CADには水深25m、50m、80m、120mという刻みでセンサーが設置されているが、センサーは固定されているため現象を定量化する際に制約があった。たとえば夏に海水が融け出してできる「融け水」は海水よりも軽いので海面近くにたまるが、25mのセンサーよりも上にあれば見つからないことになる。また「融け水」の層の厚さは離散的なデータから見積もることはできない。北極海には「融け水」以外にも、海洋や海水の

構造や大気との相互作用を研究する上で重要と思われる構造がいくつもあり、それを捉えるためには時空間ともに連続データの取得が鍵となる。

J-CADと時期を同じくして、世界の海洋のリアルタイム観測をめざす国際プロジェクト、アルゴ計画が開始された(図1)。この計画には、アルゴフロートと呼ばれる自動観測システムが用いられている(図2)。海洋に投入されたアルゴフロートは、通常は海中の深度1,000mを漂流する。そして、10日に1度、一旦深度2,000mまで自動的に沈降し、さらに海面へと浮上する。その浮上の際に、フロートに搭載されたセンサーが海水の水溫・塩分濃度・圧力(深さ)を測定し、浮上してから衛星通信を利用して観測データや位置情報を地上局に伝送し、再び深度1,000m

まで沈む。フロートの浮き沈みは、ゴム製の油袋に送り込む油量の増減で体積を変化させることによって制御している。アルゴフロートはこれを4年間(約150回)繰り返すことができるようにつくられている。

そこで、J-CADの固定センサーははずして、深度2,000mまで連続データを取ることができるアルゴフロートを観測機器としてケーブルに装着して海中を上げ下げすれば、北極海でも連続データが取れるのではないかとという発想から生まれたのがPOPS(Polar Ocean Profiling System)である(図3)。

2004年からPOPSをつくり始め、2005年に動作試験を行い、2006年4月にはPOPSを北極点付近の海氷上に設置し、現在連続データを取得中である(図4)。着手から約2年とあまり

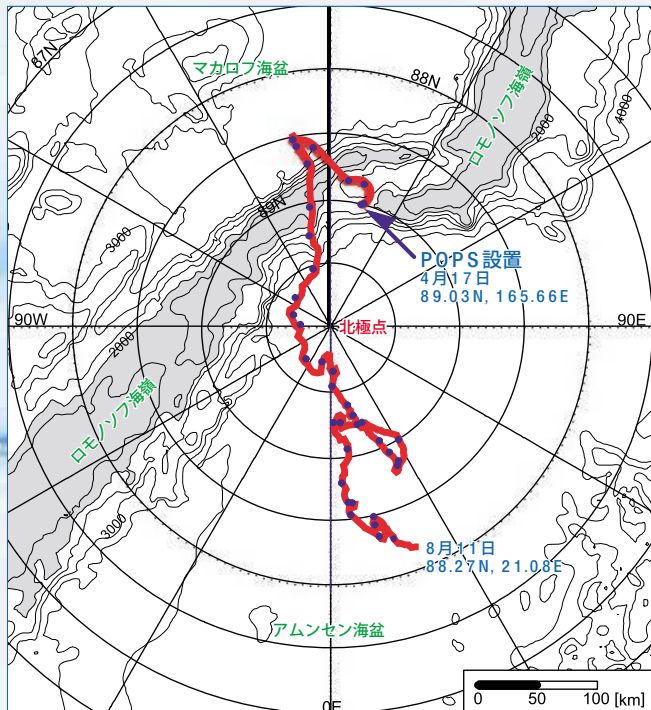
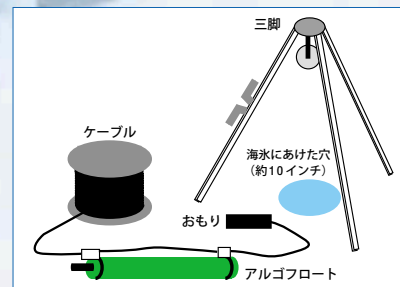


図4 POPSの設置位置と、漂流軌跡。氷とともに北極海を移動している



図5
設置の手順。氷に穴を開け、おもりとアルゴフロートをつけたケーブルを三脚を用いて手動で繰り出していく。氷上にはプラットフォームを設置して終了



時間をかけずに使えるものにできたのは、J-CADによる観測及び技術の蓄積があったこと、そしてアルゴフロート自体の測器の安定化が挙げられる。これまでのアルゴフロートと違うのは、ケーブルに沿って上下させたこと、衛星通信をはずし電磁誘導モデムをつけてプラットフォームにデータを送るようにした点である。POPSはバッテリーがフルに使える状態であれば、5日に1回のデータサンプリングを行ったとして196回(約2.7年)の観測が可能である。これまでのJ-CAD観測事実から北極点付近に設置したブイは1年以内に大西洋に流れ出ることが分かっているので、今回設置したPOPSは北極海をできるだけ長く観測するために3日に1回のデータサンプリング間隔に設定している。双方向通信ができるイ

リジウム衛星を使用することによって、データサンプリングの間隔は研究室から変更可能になった。さらに、イリジウム衛星の使用は送受信コストを安くするメリットもある。バッテリーを持たせなければ時間間隔を長く、もっと細かいデータがほしければ間隔を短くすることができる。また浅い海でフロートを守るため観測最大水深を浅く変更することもできる。北極海の場合、中央部に2,000mよりも浅い海嶺があるためにケーブルをそこまで下ろすことができない。またケーブルが重いので、三脚を立ててケーブルを手で下ろすという簡単な方式(図5)で設置できるぎりぎりの長さとして、センサーを下ろせるのは1,000mまでとした。また、大気・海水との相互作用を定量的に調べるため、上層ではブラッ

クフォーム下10mから2m間隔で細かく測定している。下層にいくにつれて観測データ間隔を5m、さらに10mとしてデータの最適化を図り、1,000mまで286層分のデータを取っている。海水の直下の状況を観測するためには、可能であれば観測開始深度を海水直下に設定したいところだが、センサーへの氷の影響や生物付着などによるデータ精度劣化の心配があるのでなかなか難しいのが実情だ。

POPSの連続データから時々刻々変化する北極海の実態が定量的に見えてきた

今回のPOPSのデータからは、時々刻々変化する北極海の実態が見えてきた。また大気・海洋・海水相互作用の面からも、海水近くのデータを詳しく

取得することで定量化が可能となる。これまで39回の観測データをまとめたものからは、北極海で階段状の水温・塩分構造が観測された(図6)。このような階段状の構造がどのように水平方

向に広がっているのか調べることでより、北極海中層の温暖化を定量的に知ることができる。このような解析は従来のJ-CAD(鉛直方向に離散的なデータ)や船舶観測データ(空間的に離散的なデ

ータ)では行うことができないものだ。海水の消長を知るためには、冬にどれだけ凍り夏にどれだけ融けるのか、1年を通じて正味の増減とそのメカニズムを知る必要がある。冬には海水が冷えて

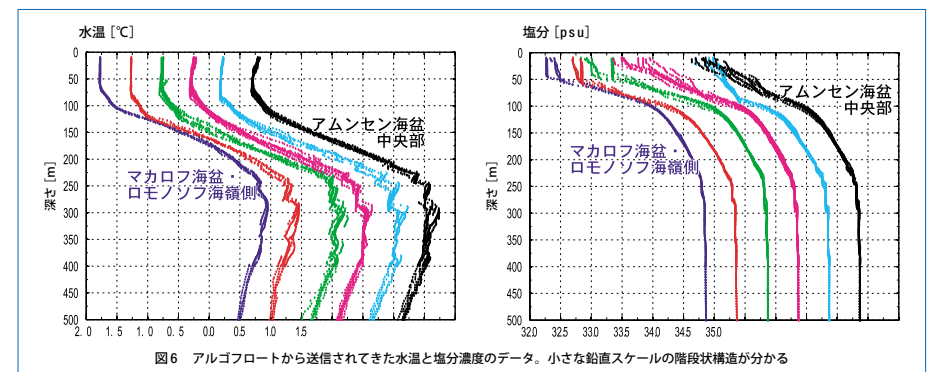


図6 アルゴフロートから送信されてきた水温と塩分濃度のデータ。小さな鉛直スケールの階段状構造が分かる



北極の日差しは夏至に強くなる。夏至を越えると0℃くらいになって氷が融け始め、氷の上に水たまりができる（提供：NOAA）



図7 風が弱い時には横から、風が強い時には下から氷が融かされる

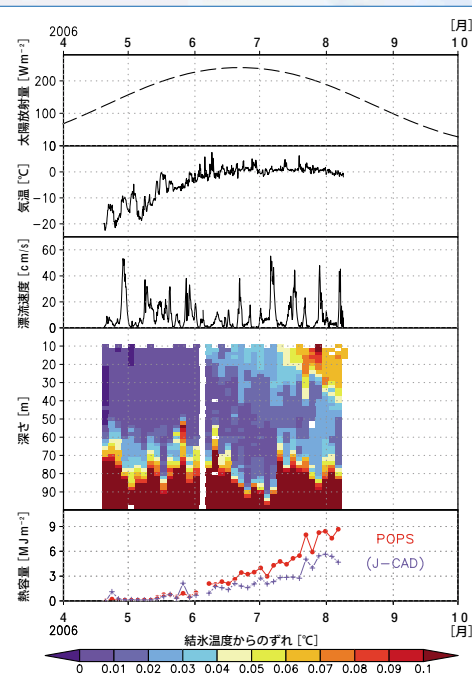


図8 太陽の日差しは夏至に最も強く、海水が暖められる。またプイの移動速度は風速と高い相関があり、風が強いと、深いところまで熱が運ばれて下から氷を融かすのが分かる。またPOPSの連続データをもとに熱量を計算したところ、J-CADの25mと50mのデータのみを使って計算したものと3割くらい結果が違うことが分かった

海水直下の混合層が深くなり、夏はその上に融け水が広がる。このような一連の現象の時間変化をPOPSで捉えることができるのである。また、海水変動は北極海のどこでも一緒に起こっているわけではない。海水消長の空間的な相違から、大気、海洋のどちらが変動に影響しているかなどの詳細まで議論できることになるだろう。変動そのものの実態を捉えるPOPSデータは、予測モデルの検証及び予測結果の不確定性を減じるためには不可欠である。

またPOPSのデータは、夏に太陽熱が氷を融かすことで海に熱量がどれだけ入っているかを調べるのに非常に役に立つ。これまでのJ-CADのデータから、風が弱いと水深2mくらいのところに熱がたまって氷を横から融かし、

風が強いとそこにたまった熱が下に輸送されて氷を下から融かすと考えられている（図7）。J-CADのデータは、氷の直下のプロセスを見るには粗いものであり定性的な結果は示すことができたが、鉛直的に連続データを取得することが可能になった。たとえば、プイの速度が速くなったときに、暖かい海水が効率よく海水下面に輸送されていることが定量的に分かってきた（図8）。このような定量化こそが、観測事実の理解のみならず将来予測に対し重要である。

JAMSTECでは2000年から北極点にプイを設置し、全球熱塩循環の出発地であるグリーンランド海に至る海域での観測を行っている。北極海のなかで、北極点は長期で観測データの存在

する特異点の1つだ。北極での長期変動をモニタするためには、既に存在しているデータを活かすことが費用対効果の点からも望ましい。北極海気候システムグループでは、来年2007年から2009年まで50年に1度行われる国際極年（International Polar Year）活動の一環として、北極点でのPOPS設置を継続する計画である。北極点での設置に加えて、海洋変動が海水減少に影響を与えている太平洋側北極海、河川水が大量に流入し海水形成が盛んなシベリア沖海域などを含め、各国と連携・協力しPOPSを用いた広域立体同時観測が実現すれば、北極海研究の進展のみならず、グローバルな環境変動の理解と将来予測の精度向上に貢献するであろう。

Topics

一般向け講演会「地球環境シリーズ」地球温暖化と水循環「アジアの雨と雪はようになるか？」開催

2006年8月4日、東京・青山の国際連合大学ウ・タント国際会議場において、第3回目となる「地球環境シリーズ」講演会（独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター（FRGCG）、地球環境観測研究センター（IORGC）、海洋地球情報部広報課主催）が開催された。今回のテーマは、「地球温暖化と水循環～アジアの雨と雪はようになるか？～」。人類にとって必要不可欠な「水」に焦点をあて、地球温暖化によって水循環がどのように変動するかについて、気候研究の第一線で活躍する4名の研究者が、海洋研究開発機構の取り組みや最新の研究成果を織り交ぜながら紹介した。さらに、国際連合大学・安井 至副学長が、水循環の変動に伴う環境リスクに対する社会の対応について講演を行った（総合司会

は、室山哲也NHK解説委員）。FRGCG水循環変動予測研究プログラム・安成哲三プログラムディレクターは、これまでの観測データやモデル研究の成果を示しながら、地球温暖化に伴ってアジア各地の降水量にどのような変動が見られるかを紹介。その上で「干ばつと洪水の地域が隣り合うなど、気温上昇に比べて降水量の変化は現れ方が複雑です。最先端の気候モデルによる予測でも、まだ大きな不確定性を示している」と降水量の変化を予測することの難しさを語った。IORGC水循環観測研究プログラム・山中大学特任研究員は、太平洋とインド洋の間に広がるインドネシア「海大陸」における水循環の活動が、エル・ニーニョなどのように気候に大きな影響を与えていることを語るとともに、水循環や気候変動の解明に欠かせない「海大陸」の気候学的空白を埋めるため、「今年度より海洋研究開発機構などが中心となって、レーダー網の構築やインド洋に海洋観測プイ網を構築する計画が進行している」ことを紹介した。続いて、アジアの中・高緯度帯に存在する積雪・氷河・凍土・河川湖氷などへの地球温暖化の影響について、IORGC水循環観測研究プログラム・大畑哲夫プログラムディレクターが講演を行った。雪氷は水循環の構成因子として気候を制御するとともに、その変化が海面上昇、陸域での水循環のタイミングの変化、さらには災害につながる現象を引き起こすなど、社会にも大きな影響を与えている。「雪氷は縮小する傾向にあるが、地域によるばらつきが大きい。今後どのよ



約350名の参加で会場は満席。地球温暖化への関心の高さがうかがえた

講演者全員がそろって行われた総合討論

うに変化するかを知るためにも、この分野の研究・観測を活発化させる必要がある」と話した。FRGCG地球温暖化予測研究プログラム・江守正多グループリーダーは、東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所と協力して、「地球シミュレータ」を用いて行った、世界で最も詳細な地球温暖化シミュレーションの成果から、温暖化と降水量の関係について、「日本の夏は、梅雨が活発で長引く冷夏の気圧配置パターンが卓越すると予測されるが、真夏日は増加し、豪雨も多くなるだろう。冬は気温の上昇により降雪量の減少が予測される」といい、さらに降水量は年ごとの変動が大きくなると予測されると語った。安井副学長は、気候変動がもたらす水に関する重大な問題として、衛生面、農業生産への影響、洪水など水が引き起こす災害をあげ、最も影響を受ける最貧国に対して、草の根支援を含めた対策を考えていくことが必要であると話すとともに、「気候変動の予測は重要だが、予測をどのように活かしていくかという地に足のついた応用を考える、そうした科学をしていかなければいけない」と話した。

講演の後に行われた総合討論では、地球温暖化に伴う水循環の変動をとらえるには、観測の推進や予測精度の向上が重要であることはいまうまでもないが、研究成果を広く社会に伝えるしくみづくりも大切であること、また、そのために社会と研究者コミュニティとの対話が必要であることなどの意見が述べられた。

Topics

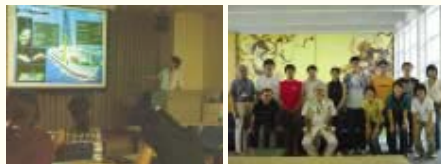
最先端の地球科学を研究者から学ぶ 海洋科学技術学校を今年も開講

海洋研究開発機構では、21世紀の海洋科学技術の研究・開発を担う大学生および大学院生を対象に、毎年2回「海洋科学技術学校」を開講している。今年も、その第1回目が8月8日から3日間、横須賀本部で実施された。

今回のテーマは「海洋起因の地震を学ぶ」。スマトラ島沖大地震や南海トラフなどにおける海底地震帯の調査から、地球深部探査船「ちきゅう」の掘削計画や「地球シミュレータ」による地震波のシミュレーションまで、研究者による6つの講義が設けられた。さらに、初日には横須賀本部施設内の見学や懇親会、最終日は横浜研究所の「地球シミュレータ」の見学も行った。参加者は大学生や院生に、今年は社会人も加わり全部で12名。講義はもちろん、地球科学や海洋工学など志を同じくする仲間と出会い、語り合う時間が持てたことも大きな収穫となったようだ。



横須賀本部では、研究や観測に使われる機器なども見学した



最新の研究成果が盛り込まれた講義は、横浜研究所見学後に、みんなで記念撮影どれも刺激的だ

Topics

「しんかい6500」や熱水鉱床のチムニーも展示 沖縄美ら海水族館「沖縄大深海展～深海生物の神秘～」

南西諸島海溝と沖縄舟状海盆という深い海に囲まれた沖縄は深海生物の宝庫でもある。そんな一面も見てもらおうと、沖縄美ら海水族館は国内でも最大級の深海生物水槽を常設し、毎年、深海をテーマに企画展も行っている。

水族館のある海洋博公園が開園30周年を迎える今年は、7月8日から8月31日まで、海洋研究開発機構との共催による特別展「沖縄大深海展」を開催した。沖縄周辺で採集され

た生きたオハラエビや深海生物の標本などに加え、有人潜水調査船「しんかい6500」の実物大模型や熱水鉱床のチムニーなども展示された。深海を総合的に捉えた展示には、会期中のべ5万人もの人が訪れたそうだ。

特別展は終了したが、機構が協力する常設の深海展示でも、生きた深海サンゴ類や、珍しい大型魚類ナガチカマスなどを見ることができる。機会があればぜひ足を運んでみたい。



「しんかい6500」の実物大模型の迫力は、観客の注目を集めた



大きなギンザメの浸透標本をはじめ、展示標本は40点にも上った



簡単に水圧を理解できる実験も親子連れに好評だった

□沖縄美ら海水族館（沖縄県国頭郡本部町）
ホームページ：
<http://www.kaiyohaku.com/>
連絡先：0980-48-3748

海洋地球百科事典

●ハイパー海洋地球百科事典：
<http://www.jamstec.go.jp/opedia/index.html>

梅雨前線と集中豪雨

取材協力：
吉崎 正憲 プロジェクトディレクター
歌 駿 サブリーダー
山田 広幸 研究員
(地球環境観測研究センター
海大陸観測研究計画)

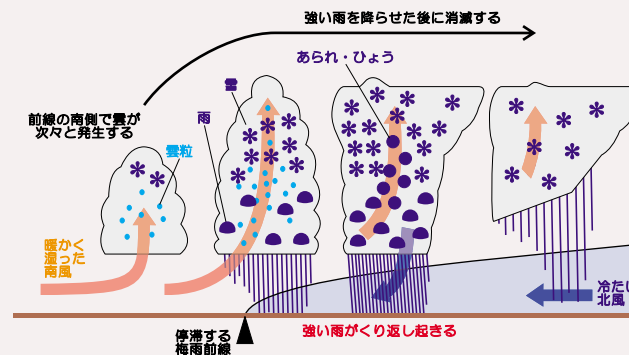
2006年の夏は、6月から7月の梅雨期を中心に全国各地で集中豪雨（短時間強雨）が多発し、洪水や土砂災害をもたらした。なかでも7月15～24日には、九州地方から東日本にかけて広い範囲で豪雨が降る、気象庁は「平成18年7月豪雨」と命名した。この豪雨では、宮崎県えびの市の総降水量1,281ミリをはじめとして、平年を大幅にこえる雨量が各地で観測され、72時間降水量で観測史上1位を更新した地点が87にのぼった。また、洪水や土石流の要因となる、1時間に50ミリをこえる非常に激しい雨が各地で発生した。

梅雨期の強雨は、オホーツク海高気圧からの冷たい空気と太平洋高気圧の縁をまわる暖かく湿った空気がぶつかり、その境目（梅雨前線）付近の気圧が非常に不安定になることによってもたらされることが多い。暖かく湿った南風は、冷たい北風によって上方に持ち上げられ、上昇した水蒸気は小さな水滴（雲粒）となり、梅雨前線付近に積乱雲を形成する。そして、上昇に伴って大きくなった雲粒が雨粒として落ち、強い降水を発生させる。とはいえ、積乱雲が1つ発生しただけでは集中豪雨にはならない。積乱雲の寿命は、発生からわずか1時間弱であり、強い雨を降らせる最盛期は10分程度でしかない。集中豪雨がおきている様子をレーダーで見ると、

雲がずっと留まっているように見えるが、実際は南風によって運ばれてきた水蒸気が次々に新しい積乱雲を生み出し、それによって強い雨が降り続く。したがって、集中豪雨は、強い上昇気流を生む梅雨前線が、長時間1ヵ所に停滞し続けることによって発生する。また、暖かく湿った大気を大量に引き込む前線の低気圧の存在も、局所的に集中豪雨を発生させる大きな要因になっている。

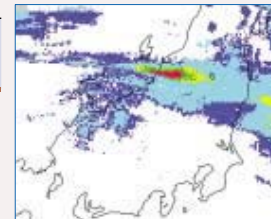
梅雨の雨は、シトシト降り続けるものと思っている人もいるだろう。確かに、太平洋高気圧の勢力が弱い梅雨の初期は、東西に伸びる梅雨前線が日本列島の南の海上に停滞し、シトシト雨をもたらす。だが、梅雨の後半は太平洋高気圧が強まり、梅雨前線を北に押し上げて、日本列島を横切るようになる。加えて強い太平洋高気圧が湿った空気を大量に送り込むため、梅雨前線付近に強い雨が降る。

梅雨期に局所的に集中豪雨が発生するメカニズムについては、まだ不明な点も多い。海洋研究開発機構では、気象観測、数値モデル開発、「地球シミュレータ」を使ったシミュレーションなどによって、集中豪雨のしくみを明らかにするとともに、予測に結びつける研究を進めている。



上図は、集中豪雨をひきおこす梅雨前線付近で積乱雲が発生するしくみ。1つの積乱雲は発生から消滅まで1時間弱で、強い雨は10分ほどしか続かないが、停滞する梅雨前線上で次々に積乱雲が発生することによって集中豪雨となる

右図は、2003年の九州と、2004年の北陸で集中豪雨がおきたときの雨雲の様子をとらえたレーダー画像



研究の現場から

おいしくムダなくバランスよく 乗組員の健康をあずかる船員食堂

取材協力：日本海洋事業株式会社

三度の食事は健康の要

JAMSTECの研究者なら必ずお世話になるのが調査船。そして船上での食事は航海中の楽しみのひとつだ。その食事をあずかるのが司厨部である。海洋調査船「なつしま」や深海調査研究船「かいけい」など定員60名程度の船の場合、司厨長をトップに、調理、食材管理、配膳を分担する4人の司厨手がすべてを取り仕切る。料理は手づくりが原則。材料は冷凍しても冷凍食品は使わない。配膳される料理は食欲をそそるよう盛りつけに工夫を凝らし、食器類も味気ない金属製やプラスチック製ではなく、見た目のよい陶磁器を使う。長いときには数カ月にもおよび航海では、おいしくバランスのとれた食事が乗組員や研究者の健康の要となるからだ。ちなみに、今年竣工した地球深部探査船「ちきゅう」は定員が150名にもなるため、個別の配膳方式を廃し、バイキング形式を取り入れているそうだ。

限られた食材で変化に富む献立を

通常、船は1～3週間に1度は港に寄り、物資を調達する。冷凍保存のきく魚や肉、米などは出航時に積み込むが、保存のきかない野菜類は寄港地でも調達する。次の停泊地に着くまでは、野菜の種類に応じて新聞紙に包んだり、湿ったおがくずに埋めたりして、少しでも鮮度が保てるように気を遣う。長い航海では、モヤシやカイワレダイコンを厨房で育てることもある。

限られた食材で供される変化に富んだメニューは、司厨部の腕の見せどころ。和洋中のバリエーションはもちろんのこと、お寿司に蒲焼き、お正月にはおせちもつくる。旬の素材や初物の食卓にのせる心遣いも忘れない。熱帯の海にでかければ、トロピカルフルーツが食卓を飾る楽しみもあるそうだ。多国籍のチームが乗る場合は、宗教上の理由で肉類が食べられない研究者に配慮をすることもある。どの船でも、一番の人気メニューはカレーライス。これだけは、研究者の期待に

応え1航海に1回は食卓に登場する。子どもたちを乗せる体験乗船などのランチにも重宝する万能メニューだ。長い航海の最終日には、お酒を少し用意して無事を祝うこともある。もちろん、個人的な晩酌はすべて個人持ち。どうしても飲みたい人は自分で自分の分を積み込むのが原則だ。

荒天に備え、設備にも工夫が

料理は陸と変わらないとはいえ、船内の食堂・厨房には安全のためのさまざまな工夫がなされている。まず、調理用燃料はすべて電気。大きな鉄板のような電気レンジを熱し、炎なしで調理を行う。炊飯も昔は船内のボイラーを利用した蒸気釜を使ったが、現在は電気釜。昔に比べ電気でも火力は強くなったので、火加減はガスと変わらない。生ゴミはディスポーザーで粉砕して廃棄するが、その排出基準は国際法で厳しく決められている。廃棄できない海域では生ゴミも次の港まで持ち帰る。期間が長い場合は冷凍して運ぶこともあるそ

うだ。

また、いくら船が大きくても海が荒れれば揺れる。そのため、レンジのまわりには鍋が滑り落ちないようにしっかり囲いが付き、引き出しや棚にもストッパーが取り付けられている。さらに、荒天時は油を大量に使う揚げ物を控えるなど、厨房内も安全第一を心がける。食堂のイスやテーブルはいざというときには床に固定できるようになっており、天板は縁が出てストッパーの役目をするようになっている。しかし、それでも食卓に並べられた食器が大きな揺れと共に床に投げられ割れることもある。そのため、食器は常に多めに準備しているそうだ。

どんなに海が荒れても、3度の食事を欠かすことはできない。夜勤の乗組員や研究者のためには、にぎりめしの夜食を用意することもある。そして停泊中でも、整備や準備のために働く人へ食事を用意する。司厨部はこのように船内の食生活を常に支えているのだ。

船の食器はすべてJAMSTECのマーク入り。食欲をそそる磁器製だ



広々とした食堂。イスやテーブルは床に固定することもできる。7時半、正午、17時の食事時間は、船内放送でチャイムを流す



朝食は洋食の場合も和食の場合もある。サラダや卵でバランスもよく
ある日のランチ。夕食は肉か魚をメインにサラダ、汁物、小鉢など、6皿が並び



船内の冷蔵庫。肉や魚は-20℃、野菜は6℃程度で管理。最大半年分の食料が保管できる（「かいけい」）



食材保管で一番気をつかうのが青菜類



一見、普通に見える厨房だが、調理台や引き出しはすべてストッパー付き（「なつしま」）



急須は専用の台に収納し、荒天対策も万全（「なつしま」）



調理はすべて電気だが、電圧は440Vで火力も強い。電気レンジは囲い付きだ（「なつしま」）
大事な食器は専用のストッカーに入れられ、容易に崩れたりしないよう工夫されている



乗組員は交代制。長いときには数カ月も海上暮らしだ（「なつしま」）

プレゼント Present



深海調査研究船「かいてい」& 無人探査機「かいこう」Tシャツ

1995年の完成以来、深度10,000mを超える世界最深部の調査を20回以上行った10,000m級無人探査機「かいてい」とその母船である深海調査研究船「かいてい」が描かれたJAMSTECオリジナルTシャツです。「かいてい」は、2003年5月に二次ケーブルの破断事故でビークルを失いましたが、新たに最大潜航深度7,000mのビークルを搭載し、現在は「かいてい7000」として深海探査を行っています。また、「かいこう」亡失事故から得た教訓は、今日もJAMSTECの深海探査機器の運用や開発に活かされています。今回は、このオリジナルTシャツ(非売品)を5名様にプレゼントいたします(M・Lどちらかご希望のサイズを明記してください)。

■応募方法 ハガキ、メールどちらも、1. プレゼントの品名・希望サイズ、2. 氏名、3. 住所(郵便番号も含む)、4. 年齢、5. 職業(学生の方は学年)、6. 電話番号、7. いちばん興味を持った記事、8. 「Blue Earth」へのご意見・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、2006年10月31日(火)です(ハガキの場合は当日消印有効)。なお、当選者発表は、発送をもってかえさせていただきます。

〈ハガキ〉
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所
海洋地球情報部 広報課
「Blue Earth」編集室プレゼント係
〈メール〉
info@jamstec.go.jp
「Blue Earth」編集室プレゼント係

※お預かりした個人情報、はプレゼントの発送または確認のご連絡のために利用し、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。

「Blue Earth」定期購読のご案内

定期的にお手元に届く「定期購読」をご利用ください。お申し込みは、以下の内容を明記のうえEメールでお願致します。購読するためには、定価(1冊300円)+送料(実費)が必要となります。(当機構指定口座への振込の場合は、その手数料もご負担いただきます)

●支払方法

最初にお届けする号に同封する請求書に基づき、その号から年度最終号の3-4月号までを一括で当機構指定の口座にお振り込みください。(請求書発行日の翌月末までの平日に限り、横浜図書館でも請求書持参のうえでお支払いいただけます。その際は手数料は必要ありません。なお、年末年始などの休日は受け付けておりません。詳細はお問い合わせください)

●お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部 広報課 「Blue Earth」編集室
TEL: 045-778-5440 FAX: 045-778-5484
E-mail: info@jamstec.go.jp

※定期購読は申込日より以降に発行される号から年度最終号の3-4月号までとさせていただきます。申込日より前に発行されたバックナンバーの購読をご希望の方はあらためてお問い合わせください。
バックナンバー参照URL: <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/publication/index.html>
※1年度あたり6回発行
※お預かりした個人情報、「Blue Earth」の発送や確認のご連絡等に利用し、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。

郵便番号・住所・氏名・所属機関名(学生の方は学年)・TEL・FAX・E-mailアドレス・定期購読を希望する刊行物名(海と地球の情報誌「Blue Earth」)



JAMSTECメールマガジンのご案内

URL: <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/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18巻第5号(通巻第85号)2006年9月 発行
編集人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部 広報課 柴田 桂
発行人 独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所 海洋地球情報部 瀧澤 隆俊

アートディレクター 前田和則(株式会社ミュール)
表紙・本文デザイン 山田浩之(株式会社ミュール)
編集協力 滝田よしひろ・萩谷美也子・山崎裕子・荒船良孝・森洋子・菊川準二・新井貴由美・柏原羽美(株式会社ミュール)
制作 株式会社ミュール

本部 ……〒237-0061 神奈川県横浜須賀町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3173-25 TEL.045-778-3811(代表)
むつ研究所 ……〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地 TEL.0175-25-3811(代表)
高知コア研究所 ……〒783-8502 高知県南国市物部乙200 TEL.088-864-6705(代表)
東京事務所 ……〒105-0003 東京都港区西新橋1-2-9 日比谷セントラルビル10階 TEL.03-5157-3900(代表)
国際海洋環境情報センター ……〒905-2172 沖縄県名護市字豊原224番地3 TEL.0980-50-0111(代表)
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
Seattle Office ……810 Third Avenue Suite 632 Seattle, WA 98104, USA TEL.+1-206-957-0543 FAX.+1-206-957-0546

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/> Eメールアドレス info@jamstec.go.jp

※本機関の文章・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

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、寄付をいただき、支援していただいております。(アイウエオ順)

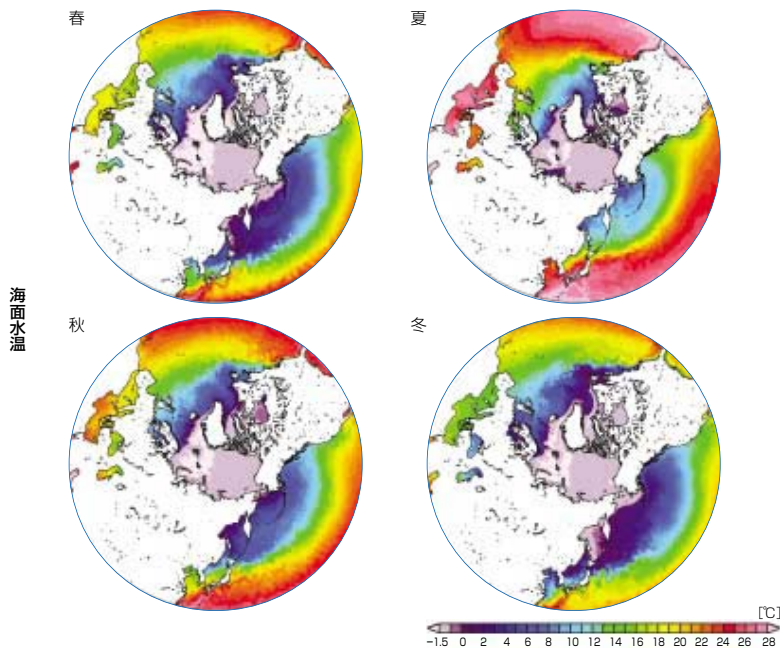
平成18年8月末現在

株式会社 アイ・エイチ・アイ マリンコナイテッド
アイウ印刷株式会社
株式会社アクト
株式会社アサツデー・ケイ
株式会社浅沼組
アジア海洋株式会社
石川島播磨重工業株式会社
泉産業株式会社
株式会社伊藤高屋瓦斯容器製造所
栄光電設株式会社
エヌケーケーシームレス鋼管株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション
株式会社NTTデータ
株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ
株式会社MTS雪氷研究所
株式会社OCC
オートマックス株式会社
沖電気工業株式会社
株式会社オーケービリアルティシステム
株式会社海洋総合研究所
海洋電子株式会社
株式会社化学分析コンサルタント
鹿島建設株式会社
カナダ株式会社
カヤバシステム マシナリー株式会社
川崎設備工業株式会社
株式会社川崎造船
株式会社環境総合テクノス
株式会社関電工
株式会社キュービック・アイ
共立インシユアランス・ブローカーズ株式会社
共立管財株式会社
極東貿易株式会社
株式会社きんでん
株式会社熊谷組
株式会社クロスワークス
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
ケイジーケー株式会社
京浜急行電鉄株式会社
ケー・エンジニアリング株式会社
KDDI株式会社
株式会社ケンウッド
神戸ベイント株式会社
国際気象海洋株式会社
国際警備株式会社
国際石油開発株式会社
国際ビルサービス株式会社
小倉産業株式会社
五洋建設株式会社
相模運輸倉庫株式会社
三建設工業株式会社
株式会社三晃空調
株式会社ジーエス・ユアサ テクノロジー

財団法人塩事業センター
有限会社システム技研
シナネン株式会社
清水建設株式会社
株式会社商船三井
昭和ベトロリウム株式会社
社団法人信託協会
新日鉄エンジニアリング株式会社
新日本海事株式会社
須賀工業株式会社
鈴鹿建設株式会社
スプリングエイトサービス株式会社
住友電気工業株式会社
清瀬電設株式会社
セナーアンドバーズ株式会社
セントラル・コンピュータ・サービス株式会社
株式会社総合企画アンド建築設計
株式会社損害保険ジャパン
第一設備工業株式会社
大成建設株式会社
大日本土木株式会社
ダイハツディーゼル株式会社
太陽日酸株式会社
カネダ株式会社
中国塗料株式会社
株式会社竹中工務店
株式会社竹中土木
株式会社地球科学総合研究所
中国塗料株式会社
株式会社龍見精機
株式会社テザック
寺崎電気産業株式会社
電気事業連合会
東亜建設工業株式会社
東海交通株式会社
洞海マリンシステムズ株式会社
東京海上日動火災保険株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社
東北環境科学サービス株式会社
株式会社エンジニアリング株式会社
株式会社東陽テクニカ
東洋熱工業株式会社
飛鳥建設株式会社
有限会社長澤工務店
株式会社中村鉄工所
西芝電機株式会社
西松建設株式会社
日南石油株式会社
日油技研工業株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス
ニッスイマリン工業株式会社
ニッセイ同和損害保険株式会社
日本SGI株式会社

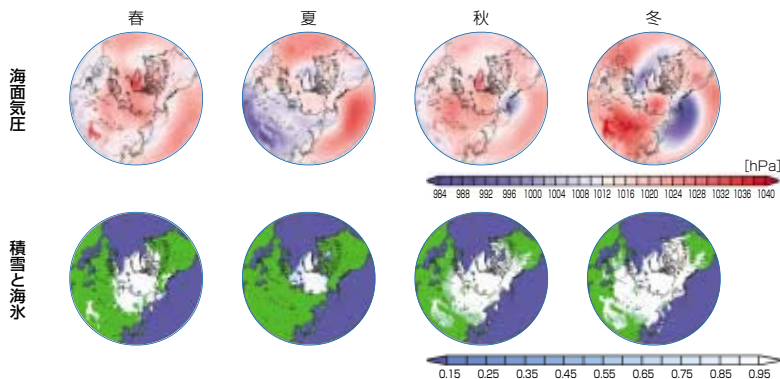
日本海洋株式会社
株式会社日本海洋科学
日本海洋掘削株式会社
日本海洋計画株式会社
日本海洋事業株式会社
社団法人日本ガス協会
日本興亜損害保険株式会社
日本サルヴェージ株式会社
社団法人日本産業機械工業会
日本水産株式会社
日本電気株式会社
日本飛行機株式会社
日本ヒューレット・パッカード株式会社
日本無線株式会社
日本郵船株式会社
株式会社間組
株式会社ハナサン
済中製鋼工業株式会社
東日本タグポート株式会社
株式会社日立製作所
株式会社日立プラントテクノロジー
深田サルベージ建設株式会社
株式会社フジクラ
富士ゼロックス株式会社
株式会社フジタ
富士通株式会社
富士電機システムズ株式会社
物産不動産株式会社
古河総合設備株式会社
古河電気工業株式会社
古野電気株式会社
松本徹摩株式会社
マリメックス・ジャパン株式会社
株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社丸川建築設計事務所
株式会社マルタン
株式会社マルト
三鈴マシナリー株式会社
株式会社みずほ銀行
三井住友海上火災保険株式会社
三井造船株式会社
三菱重工業株式会社
株式会社三菱総合研究所
株式会社明電舎
株式会社森京介建築事務所
有限会社やすだ
郵船商事株式会社
郵船ナブテック株式会社
ユニバーサル造船株式会社
株式会社緑星社
レコードマネジメントテクノロジー株式会社
若葉建設株式会社

Earth Watch



「地球シミュレータ」の中の空と海 コンピュータが再現した四季の変化

大気の流れは海面水温と太陽からの熱で、海の流れは大気からの熱と風によって主に決まる。その相互作用を表現したのが大気・海洋結合モデルだ。さらに陸面と海水の影響も加味し、四季の変化をより正確に再現している。海面水温は北極を中心に同心円状に変化しているが、同じ緯度帯でも、日本列島の南には黒潮の暖かい流れが、カリフォルニア沖には北から寒流が流れ込んでいるのが見てとれる。日本付近は夏に太平洋高気圧が張り出し、冬は西高東低の気圧配置だ。北極海は夏も氷に閉ざされているし、ヨーロッパアルプスやチベット、ロッキー山脈の積雪の様子も分かる。今後はさらにモデルを改良し、私たちの住む中緯度域の季節予測の精度向上に貢献するのが目標である。(ホームページ: http://www.es.jamstec.go.jp/esc/research/AtmOcn/images/cfes_yes05-poster.pdf 取材協力: 小守信正 研究員 地球シミュレータセンター 計算地球科学研究開発プログラム 大気・海洋シミュレーション研究グループ)



独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

定価300円(税込)