



# — 海から地球へ 地球とともに —

独立行政法人海洋研究開発機構 40周年記念誌



独立行政法人

海洋研究開発機構

# — 海から地球へ 地球とともに —

独立行政法人海洋研究開発機構 40周年記念誌



## JAMSTEC 40周年記念誌

### “海から地球へ 地球とともに”の発刊にあたって

発刊にあたってご挨拶申し上げます前に、この場をお借りして、東日本大震災で亡くなられた方々に謹んでお悔やみを申し上げますとともに、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。

皆さまご承知のとおり、私たちは、自然から様々な恩恵を受けて生活しています。しかし、時に自然は、私たちに大きな試練を与えることも確かです。

私ども海洋研究開発機構では、地球という巨大かつ複雑なシステムの理解を深め、人間と地球との共生に資する研究開発を進めているところですが、今回の震災を受け、一層その重要さを感じている次第です。

さて、当機構は、前身であります「海洋科学技術センター」設立(1971年10月1日)から、本年で40周年を迎えます。この間には、認可法人から独立行政法人への移行など様々な節目がありましたが、当機構が40周年を迎えることができたのも、皆さまの厚いご支援とご協力の賜でございます。機構役職員を代表して、心より御礼申し上げます。

本誌は、40周年を記念して製作したのですが、同時に最新の成果を盛り込むため、この10年間にフォーカスして編集いたしました。内容も専門家向けではなく、多くの皆さまに親しんでいただけるように文章は分かりやすくし、図版を多く用いるなど工夫いたしました。本誌を通して、一人でも多くの方に、当機構の活動への理解を深めていただければ幸いです。

当機構は、冒頭で申し上げたとおり、“地球を知り、地球との共生に資する研究開発”をモットーとして事業を進めてまいりました。具体的には、地球を、海洋を中心とした一つのシステムとしてとらえることにより、温暖化に代表される地球規模の環境変動、海底を震源とする地震等、大規模な自然災害や環境汚染を引き起こす原因の解明に向け、様々な観測・予測研究、技術開発等を行ってまいりました。さらに最近では、我が国周辺海域に眠る海底資源に関する研究開発にも力を入れております。また、これらの、我が国の発展の基礎基盤となるような研究開発を着実に進めることはもとより、当機構の研究ポテンシャルを有機的に連携させた、よりチャレンジングな研究、例えば海洋の限定された場から始まった地球最古の生命から、汎地球的な海洋環境への進化・伝播過程に至る生命進化のストーリーを解明しようというような研究にも取り組んでおります。

当機構の果たすべき使命は、ご紹介したような研究開発を通して、我が国の持続的な発展に貢献し、国民皆さまの生活を豊かにしていくことにあります。この40周年という節目に、我々に与えられた使命を再認識し、次の50周年、さらに60周年と邁進して参りますので、今後とも一層のご支援を賜りたくお願い申し上げます。

それでは本誌とともに当機構の40年の歩みをご覧ください。

平成23年10月1日  
独立行政法人海洋研究開発機構  
理事長 加藤 康宏



## 目次

|   |   |
|---|---|
| JAMSTEC40周年記念誌“海から地球へ 地球とともに”の発刊にあたって ..... | 1 |
|---|---|

|         |   |
|---------|---|
| 目次..... | 2 |
|---------|---|

### 研究部門

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| • 地球環境変動領域.....                   | 6  |
| ・ 海洋環境変動研究プログラム.....              | 8  |
| ・ 熱帯気候変動研究プログラム.....              | 10 |
| ・ 北半球寒冷圏研究プログラム.....              | 12 |
| ・ 物質循環研究プログラム.....                | 14 |
| ・ 地球温暖化予測研究プログラム.....             | 16 |
| ・ 短期気候変動応用予測研究プログラム.....          | 18 |
| ・ 次世代モデル研究プログラム.....              | 20 |
| • 地球内部ダイナミクス領域.....               | 22 |
| ・ 海洋プレート活動研究プログラム.....            | 26 |
| ・ 固体地球動的過程研究プログラム.....            | 28 |
| ・ 地球深部活動研究プログラム.....              | 30 |
| ・ 地球内部物質循環研究プログラム.....            | 32 |
| • 海洋・極限環境生物圏領域.....               | 34 |
| ・ 海洋生物多様性研究プログラム.....             | 37 |
| ・ 深海・地殻内生物圏研究プログラム.....           | 40 |
| ・ 海洋環境・生物圏変遷過程研究プログラム.....        | 43 |
| • 地震津波・防災研究プロジェクト.....            | 46 |
| • IPCC貢献地球環境予測プロジェクト.....         | 49 |
| • 海底資源研究プロジェクト.....               | 52 |
| • システム地球ラボ.....                   | 55 |
| ・ プレカンブリアンエコシステムラボユニット.....       | 57 |
| ・ 宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングラボユニット..... | 60 |
| • アプリケーションラボ.....                 | 62 |
| • むつ研究所.....                      | 66 |
| • 高知コア研究所.....                    | 68 |

## 開発・推進部門

|                      |    |
|----------------------|----|
| ・海洋工学センター .....      | 72 |
| ・地球シミュレータセンター .....  | 76 |
| ・地球情報研究センター .....    | 80 |
| ・地球深部探査センター .....    | 84 |
| ・観測システム・技術開発ラボ ..... | 90 |

## 各拠点の機能と役割

|                     |     |
|---------------------|-----|
| ・横須賀本部 .....        | 94  |
| ・むつ研究所 .....        | 96  |
| ・高知コア研究所 .....      | 98  |
| ・横浜研究所 .....        | 100 |
| ・国際海洋環境情報センター ..... | 102 |
| ・観測拠点 .....         | 104 |
| ・東京事務所 .....        | 105 |
| ・ワシントン事務所 .....     | 105 |
| ・シアトル事務所 .....      | 105 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| ・賛助会 40年の歩み ..... | 106 |
|-------------------|-----|

## 資料

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| ・役員在職履歴 .....            | 110 |
| ・予算額と定員数の推移 .....        | 110 |
| ・保有特許等 .....             | 111 |
| ・連携大学院、機関関係、MOU 一覧 ..... | 119 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| ・執筆者名簿 .....     | 122 |
| ・編集後記 .....      | 124 |
| ・編集委員会委員名簿 ..... | 125 |



● 研究部門

## 地球環境変動領域

### 領域長からのメッセージ



領域長  
深澤 理郎

### ～その研究とゆくえ～

地球環境を考えるには、多くの科学分野が必要です。物理学、化学、生物学、地球生物化学、より長い時間を考えるには、地質学や、固体地球物理学、さらには相対論的な宇宙論までもが必要になるでしょう。また、人類の生活の場としての環境という意味ならば、話は経済学や社会学にまでおよびます。海洋研究開発機構では、文系の研究は行われていませんが、実は、地球の自然に関する限り、その起源から終末までを語るポテンシャルを持っています。ただ、いまのところ、過去については数千年、数億年と遡る元気な人々がいるのですが、将来についてはせいぜい百年程度の話をするのが精いっぱいのように思えます。どんなことであれ、これから先に起こることを述べるのは難しい。しかし、だからと言って、将来を語ることに躊躇したり、あるいは語ろうとする意識そのものを持たないとしたら、物足りない研究所に思えます。自然科学の大事な性質に、「現象の観察結果」という材料から、「時間と空間を越えて予測」をするということがあります。現象を観察し記述することは、現在を生きる知的生命体としての人類に任された崇高な仕事ですが、そこから現象の本質を捉え、将来を予測しようとする時、はじめて人類は自らを霊長と名乗ることができるのだと思います。

地球環境変動領域は、現在を中心とする高々一万年程度の時間に起こった、そして起こる現象のうち、特に気候に関係するものを研究の対象とするプログラムの集団です。気候は物理的な現象ですが、生物や生態系に影響を及ぼし、またその逆のことも起こる複雑さを持っています。これは何も、地球の数十億年の歴史に限った話ではありません。昨今、大きな社会問題として捉えられるようになった地球温暖化という環境変動もその一つの例です。

地球温暖化は、今や人間の生活のみならず生態系にも影響を及ぼし、その様子が地球上あらゆる場所で観察されるようになりました。また地球温暖化による海洋生態系や陸上の植生の変化、さらに海水の物理・化学的な性質の変化が大気中の二酸化炭素濃度を変え、地球温暖化そのものに変化を引き起こす(フィードバック)可能性も指摘されています。領域の全てのプログラムが、地球温暖化の影響を探しだすことと、その影響をフィードバックも含めて予測することに多くの努力を傾注してきました。この百年に起こった地球温暖化を理解し予測を可能とするためには、種々の観測や多くのモデル研究を通じて、現在のみならず、より長く一万年以上の過去を探る必要がありました。また、エルニーニョの様に数年ごとに繰り返される気候現象

を理解し、地球温暖化という百年以上の長い時間を持つ現象との関係を明らかにする必要がありました。

これまでに得られた成果は、各プログラムから本書に紹介されますが、それらの成果を基盤として、領域全体の新たな方向性が打ち出されようとしていることは、ここで強調しておかねばなりません。端的にまとめると、先の長い地球温暖化だけではなく、より近未来での確かな環境変動予測をめざす、ということです。例えば地球温暖化のもとでの「各季節の年ごとの予測」が一つの目標となりえるでしょうし、なって欲しいと願っています。この方向性は、地球環境変動領域にとって多分、重要です。その先に、自然と人類との調和のとれた関係の実現が見えるからですし、たとえ今は不十分であろうとも、地球環境変動領域でなければ目指せないことでもあるからです。さらに、機構や領域、プログラムといった既存の区別ではなく、現在の領域の守備範囲を大きく包含するような全世界の研究コミュニティを見据えて、個々の研究者が自らの研究を捉えなおすことができれば、研究の速度とその実用面を支える精緻さはさらに増すことでしょう。そしてそれは、海洋研究開発機構が独立行政法人のビジョンとして持つべき「社会への貢献」に向けた大きなポテンシャルとなるに違いありません。

ここまでは、誰が考えても同じ書きぶりになるかも知れません。ただ、せつかくの40周年記念誌です。すこしほらも吹きましょう。海洋研究開発機構の研究所としての「生き様」のことです。

海が中心とはいえ、実際には固体地球から大気、さらには宇宙まで、その守備範囲は広範です。また多くの分野があり、それぞれが属する研究コミュニティも多様です。いきおい、「社会への貢献というキーワード」の前には、それぞれが総花的に、という決まり文句にならざるを得ないかも知れません。しかし、

冒頭に述べましたが、それは逆に「研究」という面では壮大なテーマを掲げることを可能にしているとも考えられます。例えば、「地球は、そして地球の生命はどこからきて、どう存在して、どこに行くのかを追究する」というようなことでしょうか。壮大というより荒唐無稽に思われるかも知れませんが、こんな大テーマを掲げて、たとえすぐその未来の予測であれ現在のことであれ、それらを研究することができたら素敵だと思いませんか。

東日本大震災五カ月の日 横須賀にて

## 地球環境変動領域

### 海洋環境変動研究プログラム

#### 高精度観測とデータ同化によって

#### 明らかとなった海洋深層の変動

地球の大気と海洋は常に熱や二酸化炭素などの物質を交換しています。海洋は、大気の1000倍の熱容量があり、大量の熱を蓄えられるので、地球が暖かく(冷たく)なる時には、海洋がより多くの熱を吸収(放出)し、気温変化を小さくする役割があると考えられています。大気との熱・物質交換の変化は、海洋の生物活動に影響を与え、海水と共に循環する栄養分の輸送・分布にも変化を与えます。従って、海洋の循環とその変動は、地球の気候・環境の維持・変動に密接に関わると考えられますが、その仕組みや規模は十分には分かっていません。

例えば、海洋の2000m以深には、主に大西洋北部と南極周辺で沈み込み、約1000年もの年月をかけて全世界の海に広がった海水(深層水)が分布します(図1)。海底堆積物などの記録から過去の地球温暖化期間中に一時的な寒冷期があったことが知られていますが、この原因が深層水形成の休止に伴う海洋循環の弱化にあるとする仮説があります。現在の海洋深層の変化が分かれば、このような気候変動と海洋の関係を調べる手掛かりになりますが、深層水の変化は、非常に小さく簡単には検出できていませんでした。そこで、我々は、高精度観測技術を開発し、北太平洋

深層での水温上昇を発見しました(図1)。この発見を機に、世界中で海洋深層の昇温が報告され、例えば、太平洋では、南極付近で昇温が大きく、北太平洋まで繋っている様子を捉えました(図2)。さらには、シミュレーションと観測を組み合わせるデータ同化という最新の技術を応用することで、海水そのものが広がる時間よりずっと短い約50年で、変化が南極から北太平洋まで伝わること、変化は、南極周辺での深層水形成の減少によって引き起こされた可能性が高いことを突きとめ(図2)、現代の海で気候変動に伴い変化する海洋深層の様子を実証的に示しました。

このように海洋の変動現象は時として全地球規模に広がります。広大な海洋を包括的に把握するためにはさらなる研究が必要です。そのためわれわれのプログラムでは船舶観測や漂流型ブイの展開、衛星や海面に設置したブイを用いた大気海洋の熱・物質交換の直接評価などを精力的に行っています。また、変動の仕組みをよりよく理解するためこれらの観測データを、高度なデータ同化技術によって統合することもはじめました。これらの活動を通じて地球規模の気候変動現象の解明に挑もうとしています。

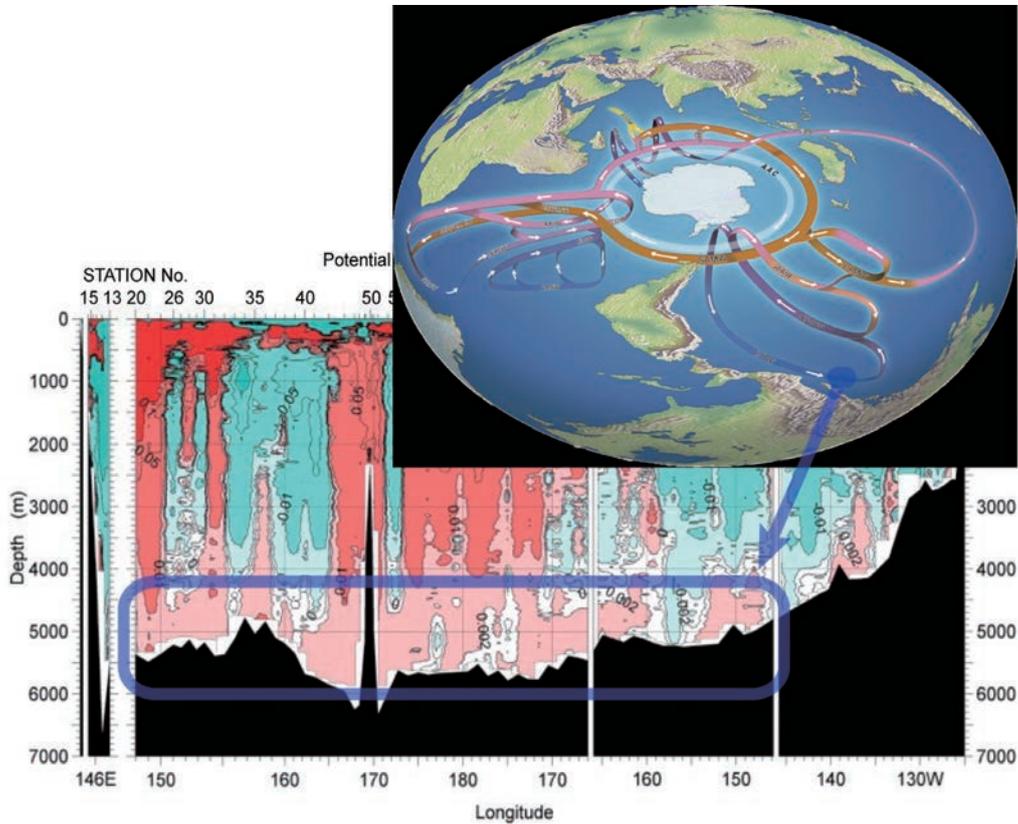


図1：北緯47度線に沿った船舶観測から得られた1999年と1985年に観測された水温の差。深度4000m以深に底層の水温上昇を示すピンク色が見られる（紫枠線内）。Fukasawa et al. (2004) より。右上は南極オーバーターンの模式図。

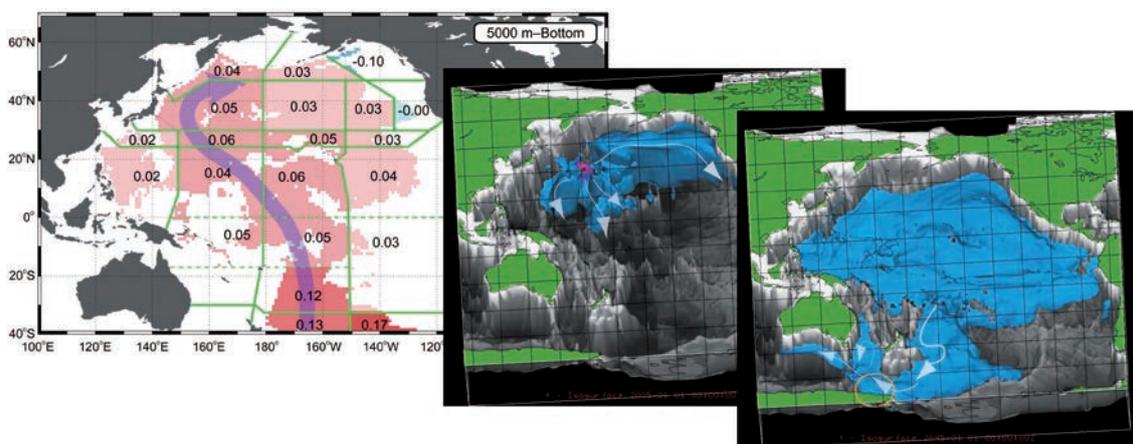


図2：(a) 観測で明らかになった深層におけるここ10年の蓄熱量変化。矢印は予想される昇温現象の伝搬ルート。(b, c) データ同化システムを用いた北太平洋底層の水温上昇原因をさかのぼって得られた伝搬経路。(b) 5年前および(c) 45年前。約40年前には、水温上昇の原因が南極アデリー海岸沖(図c中の○)までさかのぼっている。

## 地球環境変動領域

### 熱帯気候変動研究プログラム

#### 熱帯の大気と海洋の変動の研究

熱帯は強い日射エネルギーを受けるため地球最大の熱吸収域となっています。この熱は海洋・大気の運動を通じて高緯度に運ばれて宇宙空間へ放出され、その熱的平衡状態が現在の気候に他なりません。このため熱帯は全球気候システムの駆動部で、その独特な気象・気候の変動現象は地球規模での影響が広がります。

熱帯の強い日差しで加熱された海陸上には水蒸気を多量に含む上昇気流から雲ができ、雨滴が急に成長して落下するので各所でドシャ降りとなり、加熱が収まる夜に雲も消える特徴的な日変化をします。また、熱帯の季節は中高緯度ほど顕著ではありませんが、モンスーンに代表される季節変化は熱帯気候に強く影響します。さらに、インド洋上には30-60日周期で巨大雲群が発生して赤道沿いに発達しつつ東進する Madden-Julian 振動 (MJO) という独特の現象があります。一方、赤道付近はコリオリ力が小さく中高緯度域のように高・低気圧が存在せず、ケルビン波に代表される赤道帯特有の大気や海洋の大規模な波動が形成されます。これらの波動が主役となってエルニーニョ(ENSO) やインド洋ダイポール現象(IOD) などの明瞭な年々変化をもたらします。これら1日~数年に及ぶ周期をもつ明瞭な大気海洋の現象は熱帯気候システムの鼓動というべきものです。これらは社会経済活動に広く深く影響して予測のニーズも大きく、我々は観測を基礎に現象の把握と変動機構の解明を目指して研究しています。

熱帯の大気・海洋変動現象(図1)の研究は中・高緯度中心に発達した気象・海洋学の知見では対処困難な場合も多いうえ、熱帯は途上国がほとんどのため観測活動は不活発で現象の把握も困難な地域が多くあります。幸いJAMSTECは、この10年程で観測を非常に強化しました。海洋では、東部インド洋・西太平洋に係留ブイ網が整備・運用され国際的な熱帯ブイ網の重要な部分を担っています。陸上ではインドネシアで赤道沿いのレーダー等の気象観測網、インドシナ半島や西部熱帯太平洋のパラオ諸島にも長期的気象観測サイトが整備されました(図2)。加えて、対象とする現象のプロセスを捉える仮説検証的な集中観測も有力な研究手段でありMJOの発生機構等を対象とした集中観測も実施されています。我々の観測したデータの多くはリアルタイムで公表され、研究はもちろん気象情報の現況や予測モデルに活用され、例えば係留ブイ網のデータは各国のエルニーニョ予測に不可欠なデータとなっています。一方、これらの観測研究は、概ね別々に実施されてきましたが熱帯の諸現象の相互関連性が次第に明らかになり、各現象を1つの系として観測して理解を進めることが重要と認識され、観測を主な手段とする研究テーマを1プログラムにまとめて研究をしています。

これまでの主な研究成果としては、エルニーニョの周期に関して大きな問題となっていたエルニーニョ/ラ

ニーニャ間の遷移が理論で示される単振動的な繰返しでなく、ラニーニャからの回復が系統的に遅い緩和振動的となる現象を調べ、観測から回復期は赤道帯へ熱を運ぶ渦活動の弱化が原因であることを明らかにしました(図3)。最近では、エルニーニョ年にインドネシア東部からパラオ諸島に至る広域で8-10月に非常に少雨となる現象を調べたところ、エルニーニョ年の8月にはモンスーンの南寄りの海上風が強くなるこの地域で広く海面水温が低下して対流が抑制されること、さらに10月にはオーストラリアモンスーン初期に、大陸から乾燥

大気がこの地域へ広く降下することが原因と判明しました。これはエルニーニョとモンスーンが相俟って気候を決めていること示し、今後もこうした現象間の相互作用を明らかにして熱帯特有の気候システムの理解を進めていきます。

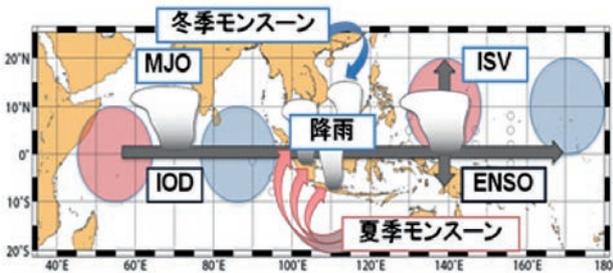


図1：熱帯域の大気海洋変動現象の模式図。

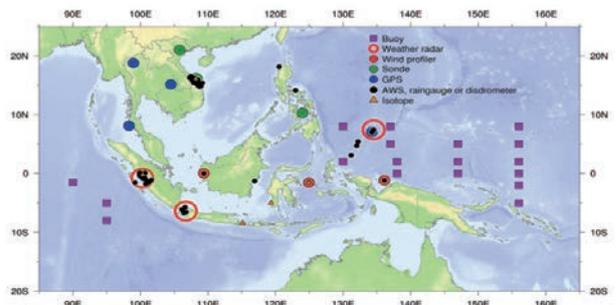


図2：熱帯域の海・陸の長期観測網。

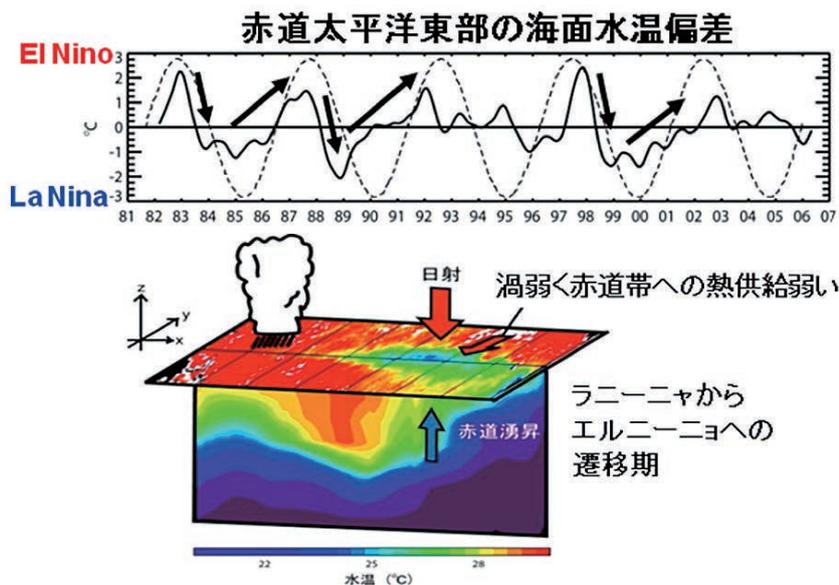


図3：上；赤道太平洋東部の海面水温偏差。実線は観測された緩和振動的変化、破線は理論に基づく単振動的変化。下；ラニーニャ回復時は赤道不安定波が弱く赤道帯への渦による熱輸送が減少し回復が遅れる。

## 地球環境変動領域

### 北半球寒冷圏研究プログラム

## 変化する北極圏と地球環境影響

1980年代から地球温暖化が強く進行していますが、北極圏では地球平均の2～3倍の速度で温暖化しています。それに伴い1990年代半ばから北極海の海水の減少が早まり、また大陸域での永久凍土の温度上昇や氷河の急速な縮小が見られています。これらの変化の一部は、また温暖化を加速する方向に働いていると考えられています。北極圏での変化は、海洋-雪氷-大気-陸域の相互作用を通じて、われわれの住んでいる中緯度帯や地球全体へ影響することが示唆され、その影響は強まることが懸念されます。

私どもはこのような背景の下、この十年余りの間に北極海及び周辺大陸域の変化とかかわるプロセスに関して観測によって研究を進めてきました(図1)。2010年度には、海洋地球研究船「みらい」による物理・気象・生物化学等の総合的観測の航海を10～11月に実施したり、ノルウェー北方のバレンツ海の気象海洋相互作用をノルウェーと協力して観測海洋・海水・気象観測を

実施しました。またシベリアを中心としてアラスカ・モンゴルなどのタイガ・ツンドラの凍土・水循環・植生効果などの複合調査や分布型観測点での継続調査を実施しました。また既存の再解析大気データを用いて北極変化が大気循環場に与える作用や日本への影響を調べています。

この1～2年の間に得られた成果をいくつか紹介します。

#### (a)変化する北極海：

北極海の海水減少に伴いカナダ海盆で淡水化・酸性化が進行しています。図2に示されているように、シベリア側北極海において、海水融解に伴う水柱の光環境改善により珪藻が増殖し、生物ポンプ(海洋生物の遺骸や糞粒の沈降を通して、炭素を表層から深層へ輸送する働き)が1994年から2004年にかけて強化していることを初めて示唆しました。



図1：海洋と陸域における主要な観測体制。

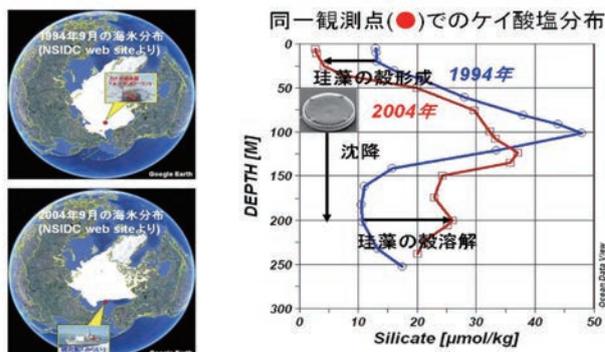


図2：(左上)1994年9月および(左下)2004年9月の海水分布、及び(右)シベリア側北極海のほぼ同一地点での1994年(○)と2004年(□)のケイ酸塩分布。

(b) 湿潤化する永久凍土帯と縮小する氷河：

長期解析の結果、永久凍土が広く分布する東シベリア・レナ川中流域において、2004年冬以降、冬季の積雪と夏季の降水量が大きく増加する湿潤な気候が継続し、その結果、活動層内の土壌水分の大幅な増加と永久凍土表層にかけての地温上昇が同時に進行していることを示しました。また、永久凍土帯の南限に位置するアルタイ山域最長のポターニン氷河(全長10km、平均の厚さ150m程度)の質量は2000年代には一年間で水に換算して1.03m(2007/2008年)や0.58m(2004/2005年)減少し、温暖化の影響を受け縮小が顕著に起こっていることを見出しました。

(c) 海水減少が日本の気候に影響する：

2009・10年冬季の既存データの解析を行った結果、長期的な海水減少が起こっているバレンツ海・カラ海にかけて、平年よりも気圧が高い状態(高気圧偏差)が生じることによってユーラシア大陸上に強い寒気が蓄積され、引き続いて大西洋から日本にかけてユー

ラシア大陸を横断する形で生じるジェット気流の蛇行(低気圧・高気圧の波)ができて蓄積した寒気が日本に移流して寒波をもたらす、という形で北極海変化の影響が日本に及ぶプロセスが生じていることを示しました。

(d) 気候研究：

北極域における氷上気象ブイ観測網の縮小が大気解析データへ強く影響することを示し(Inoue et al., 2009)、プレス発表も同時に行った。また北極域における海水の減少がユーラシア大陸上の厳冬に影響を及ぼしていることを示唆するという成果も得られた(Honda et al., 2010)。

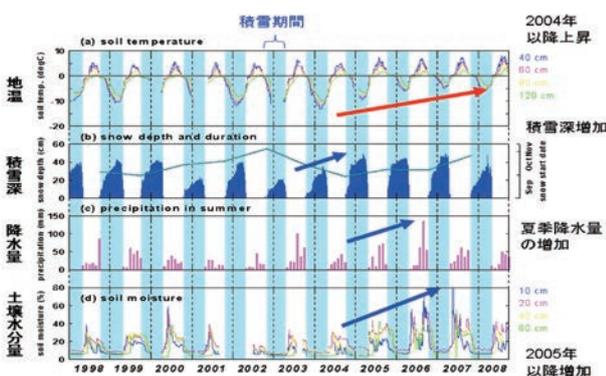


図3：1998～2008年のスパスカヤ観測点での地温、積雪深、降水量、土壌水分の長期的変化。2004年から2006年にかけてすべて増加している様子が分かる。

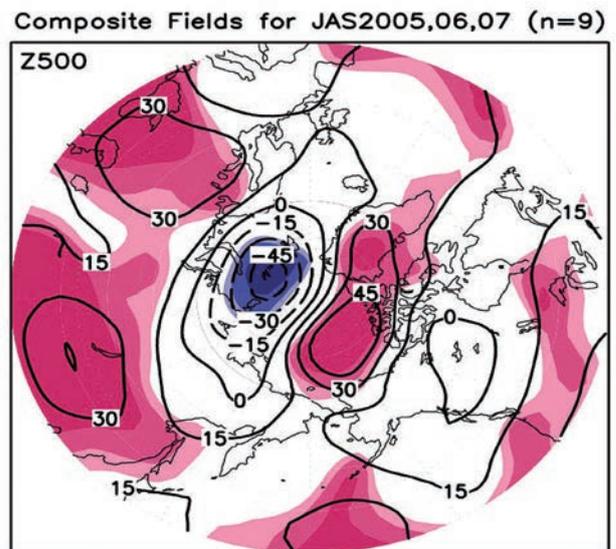


図4：北極周辺の500hPaの等圧面高度の2005～2007年の夏季(7～9月)の偏差。青(赤)領域は、低気圧(高気圧)偏差が統計的に有意( $p < 0.05$ )な領域を示している北極海のシベリア側に顕著な負の偏差の場所が見られ。

## 地球環境変動領域

### 物質循環研究プログラム

#### —生態系の果たす役割を知る—

本プログラムは2009年度の改組において、旧地球環境観測研究センターの地球温暖化情報観測研究プログラムの2チームと、旧地球環境フロンティア研究センターの生態系変動予測研究プログラムと大気組成変動予測研究プログラムのそれぞれ3チームがまとまって、地球表層の温室効果気体などの物質の循環とそれに及ぼす海洋と陸域の生態系の役割を観測とモデル解析によって明らかにすることを目指して発足しました。

海洋における物質循環に関しては、その出発点とも言える海洋表層の植物プランクトンによる基礎生産、それを利用する様々な動物プランクトンや微生物などによって駆動される生物ポンプの働き方と、生物ポンプの中身としての海洋生態系の役割を、1)西部北太平洋の亜寒帯循環域および亜熱帯循環域に設けた時系列定点における観測的な研究と、2)両定点における海洋生態系モデルを利用した研究によって調べています。

図1では高解像度の大気・海洋結合モデルMIROC 3.2と、プランクトンの機能グループを明示的に表現可能な生態系モデルNEMUROを組み合わせ、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が年率1%で漸増して現在の濃度の約2倍となる21世紀末と、産業革命前とを比較しています。その結果、黒潮の流量が約30%増加し、表面水温は2~4℃上昇する(図1-a)。水温の上昇に伴い冬季混合層が、50~150m浅くなり、特に亜熱帯・亜

寒帯の移行域で浅化の傾向が大きい(図1-b)。冬季混合が弱まったことにより、栄養塩の表層への供給量が減少し、表面硝酸塩濃度( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )が10~20%減少する(図1-c)。さらに、硝酸塩の供給量減少に伴い、年間の植物プランクトン生物量( $\text{mg Chl a m}^{-3}$ )が海域全体で10~30%減少する(図1-d)ことなどがわかりました。

陸域の生態系は大気との間で温室効果気体のやり取りを行っています。この過程については陸域生態系の動態に着目し、温室効果気体の放出・吸収の実態と、気候変動に対する植生の分布変動の現状と予測を、モデルと現場観測に基づいた衛星データを利用して研究を行っています。また、陸域生態系が大気中の温室効果気体の収支に及ぼす影響は、大気中の温室効果気体の分布とその変動を詳細に解析することによっても評価することもできます。本プログラムで作成を進めている大気中の温室効果気体を含む微量成分の4次元同化データセットはこのために大きな役割を果たすと期待されています。

地球表層の物質循環において人間活動の影響はますます大きくなっています。大気中に放出された人為起源物質が陸や海の表面に運ばれて、その場所の生態系を構成する各種の生物に影響を及ぼすことによって、生態系の機能としての物質循環にも影響を及ぼすと考えられます。東アジア地域において大気中の人為起源物質が変質しながら運ばれる様子を観測とモデ

ルによって監視する研究を進めるとともに、陸や海の生態系の構造と機能に及ぼす影響の研究にも着手しました。

今後ますます重要になってくると思われる、人間活動による物質循環、ひいては地球環境の変化の予測のためには物質循環と地球環境の変化の原因を、地球

システムに内在する自然のものと、人間活動に由来するものとに分けて評価することが必要です。本プログラムでは各種の古海洋学的代替指標を用いて、人間活動の影響を受けていない、過去の海洋の深層循環や表層海流系の変動、大気経由の陸起源物質の供給過程の変動、基礎生産の変動などの解析も行っています。

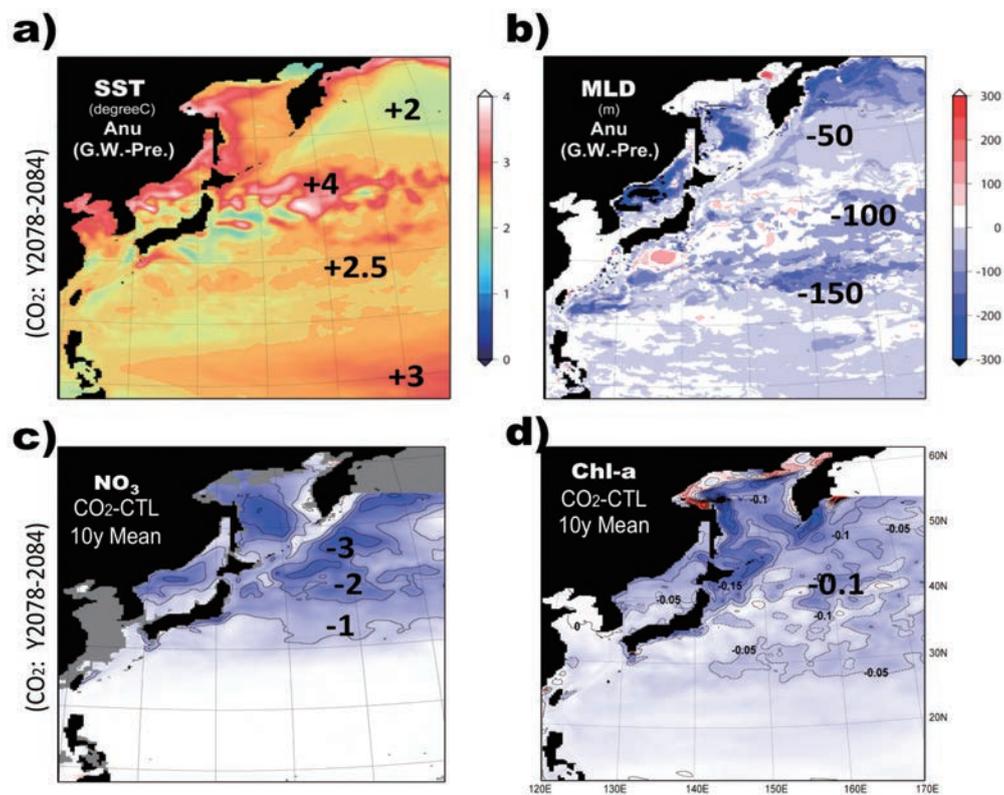


図1：温暖化実験の結果。産業革命以前と比較した21世紀後半の変化。a) 表面水温、b) 混合層震度、c) 表面硝酸塩濃度、d) 表面クロロフィル濃度。

## 地球環境変動領域

### 地球温暖化予測研究プログラム

#### 地球環境システム変動・変化の 総合的理解と予測を目指して

本プログラムでは、これまでの大気・海洋・陸面の相互作用を扱う気候モデルに加え、陸域の植生や海洋のプランクトンなどの生態系の効果や、大気中の化学反応・輸送の効果を取り入れた地球システム統合モデル(ESM)を開発し、観測データをもとに検証、高度化して、地球温暖化の予測研究に取り組んでいます。また、外的条件は変化しなくとも、さまざまな時間・空間スケールで自然に変動している気候システムの中で、地球温暖化はどのように進むのかを明らかにするために、氷河時代などの古気候のシミュレーションや、気候感度実験、観測・数値実験のデータの解析等を通して、気候システムのさまざまな変動メカニズムを解明する研究を並行して行っています。

気候研究の基盤となる気候モデルMIROCは、2002年に開始された「人・自然・地球共生プロジェクト」で、地球シミュレータ上で地球温暖化予測実験を行うために、東京大学気候システムセンター、国立環境研究所、地球環境フロンティア研究センター共同で開発されました。MIROCによる予測結果は、世界最高解像度の温暖化予測実験結果として、世界から注目され、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第4次成果報告書(AR4)への大きな貢献が認められました。気候モデルMIROCは、より包括的な地球温暖化予測を行うMIROC-ESMへと発展し(図1)、2007年から共生プロジェクトを引き継いだ「21世紀気候変動予測革新プログラム」を架け橋に、3機関共同で更に改良が進められて、地球温暖化予測実験が行われています。

MIROC-ESMは今後、日本及び世界の排出シナリオを策定する上で重要な役割を果たすと期待されます。2013年刊行予定のIPCC第5次報告書(AR5)では、排出シナリオによる百年スケールの地球温暖化予測(projection; 強制応答問題)に加えて、二、三十年後の気候変化を予測する近未来予測(prediction; 初期値問題)が加わりました。MIROCを用いた最新の近未来予測実験では、太平洋の水温に見られる十年規模の振動(PDO)に数年程度の予測可能性が示され、近未来予測に向けて新たな展望が開けました。

最近、MIROCの大気部分を高解像度化した大気大循環モデルを用いて、地球温暖化が進んだとき、赤道成層圏の東西風がほぼ2年周期で変動する現象(QBO)の周期は長く、振幅は弱く、下部成層圏まで降り難くなることを、世界で初めて明らかにしました(図2)。

日本の気候変動に影響を及ぼす、北極圏、ユーラシア大陸、チベット高原、東南アジアの水循環に重点をおいて、観測された変動と気候モデルで再現された気候の比較、また気候モデルのパラメータを変化させた気候感度実験などを通して、気候変動の解明に取り組み、多くの論文成果が出ています。

地球フロンティア研究システム以来、古気候のモデリングに取り組んでいます。現在気候と異なる古気候の再現実験により、気候変動・変化の主要なメカニズムの解明を行うとともに、温暖化予測気候モデルの検証にも貢献するなど、IPCCにおける古気候モデリングの重要性が増大しています(図3)。

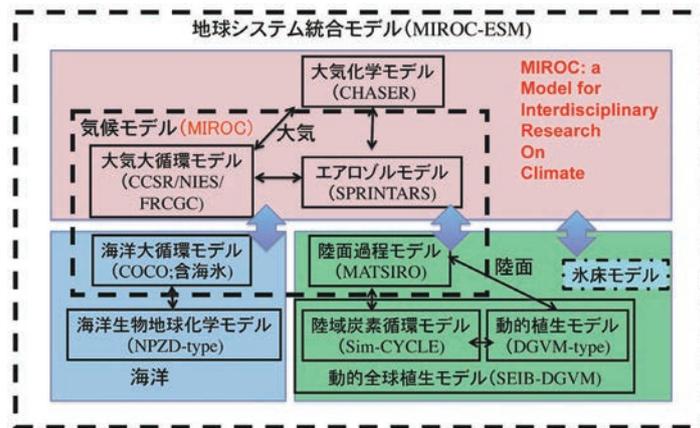


図1：包括的な地球環境変動予測のための地球システム統合モデルとその要素モデル。

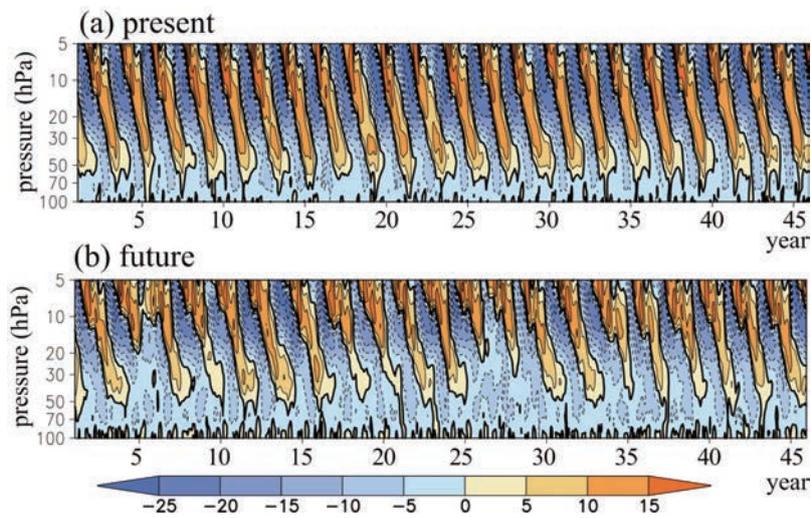


図2：現在気候(上)と温暖化気候(下)の赤道成層圏東西風45年間の時間高度断面図。青：東風、赤：西風。

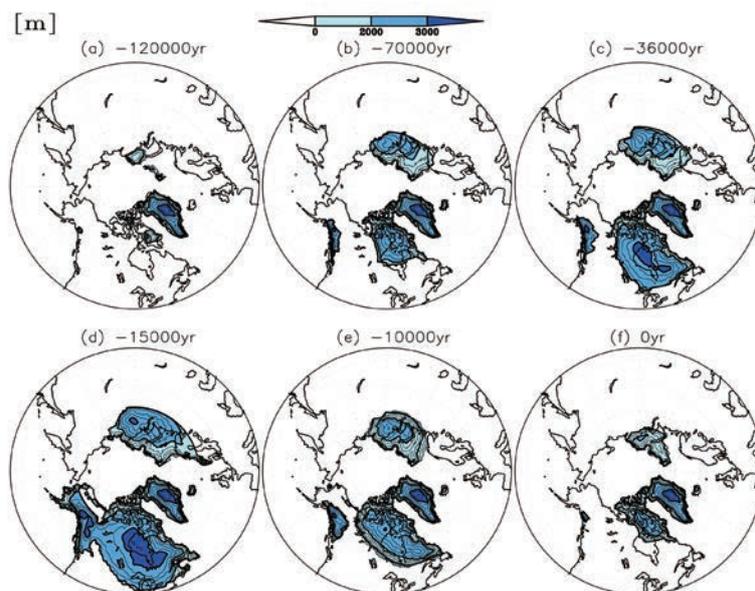


図3：氷床力学モデルcIESと気候モデルMIROCを組み合わせ再現した氷期サイクル(12万年前以降)の北半球の氷床の高度分布変化。

## 地球環境変動領域

### 短期気候変動応用予測研究プログラム

#### より確かな気候・海洋変動予測を目指して

エルニーニョのような数年規模の気候変動、アジア・モンスーンなどの著しい季節変動や日本南岸の黒潮変動など、海洋や大気さまざまな変動は、日々の天気傾向を変える背景となり、また異常気象の母体となることで、私たちの暮らしに大きく影響を与えています。本プログラムでは、さまざまな数値シミュレーションモデルを用いた予測実験や観測データの解析などを行い、数ヶ月から数年規模の気候や海洋の変動メカニズムを明らかにするとともに、それらの予測精度を向上させるための基礎研究を行っています。

これまで、日欧協力の下で導入した気候変動予測モデルであるSINTEX-Fおよび新たに開発した日本近海の海況予測モデルJCOPEを両輪として、予測結果を観測データで検証しながら精度を高める実証的なアプローチで研究を進めてきました。また、得られる予測結果をどのように社会に還元するかという応用利用研究も重要なテーマの1つとして取り組んでいます。

最近の主な成果には、SINTEX-Fモデルによるエルニーニョ/ラニーニャ現象とインド洋ダイポールモード現象の予測成功(図1)、これらの気候変動現象がお互いに影響し合う過程の解明、熱帯域の気候変動現象が他の地域の気候に及ぼす過程の解明などが

あります。これらの研究により、熱帯域における短期気候変動現象の予測精度は大きく向上しました。また、入れ子格子を適用したJCOPEモデルを用いて、紀伊半島沖の振り分け潮のような沿岸域で発生する時空間規模の小さな現象に対して黒潮変動と海底地形の相互作用が重要であることや、高度化された海洋波浪モデルとJCOPEモデルを組み合わせることにより、フリークウェーブと呼ばれる波浪異常の発生し易い海域の同定が可能になることも示しました(図2)。SINTEX-FやJCOPEによる予測実験結果は、本プログラムのウェブページなどを通じて公開されており、国内外の多くの研究者に利用されるとともに、一般の方にも様々な形で活用されています。

さらに最近では、中高緯度域における大気海洋相互作用に関する研究にも精力的に取り組み、日本近海の海面水温異常が上空の偏西風の南北移動を通じて日本の夏季の気候に強い影響を及ぼしていることなどを示しています。

今後は、熱帯域の気候変動現象や海洋変動の予測精度の更なる向上を目指すとともに、中高緯度域に特有の大気海洋相互作用や熱帯域と中高緯度域の相互作用のメカニズムを探り、より確かな気候・海洋変動予測を目指して研究を推進して行きます。

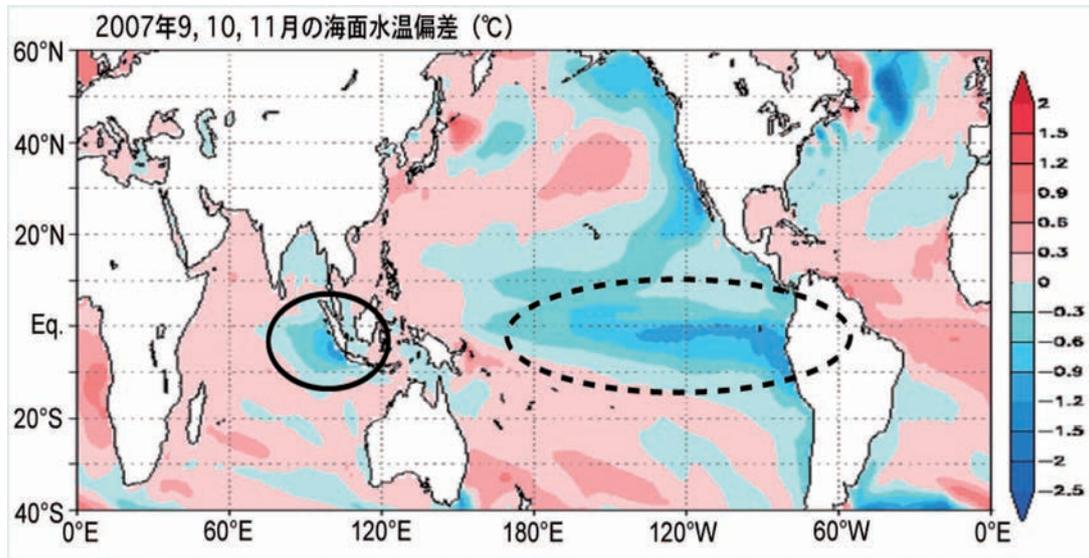


図1：SINTEX-F1 結合モデルを用いた2007年秋季のインド洋ダイポールモード現象とラニーニャ現象の予測結果（2007年4月の状況から予測した2007年9～11月の3ヶ月平均海面水温偏差分布）。

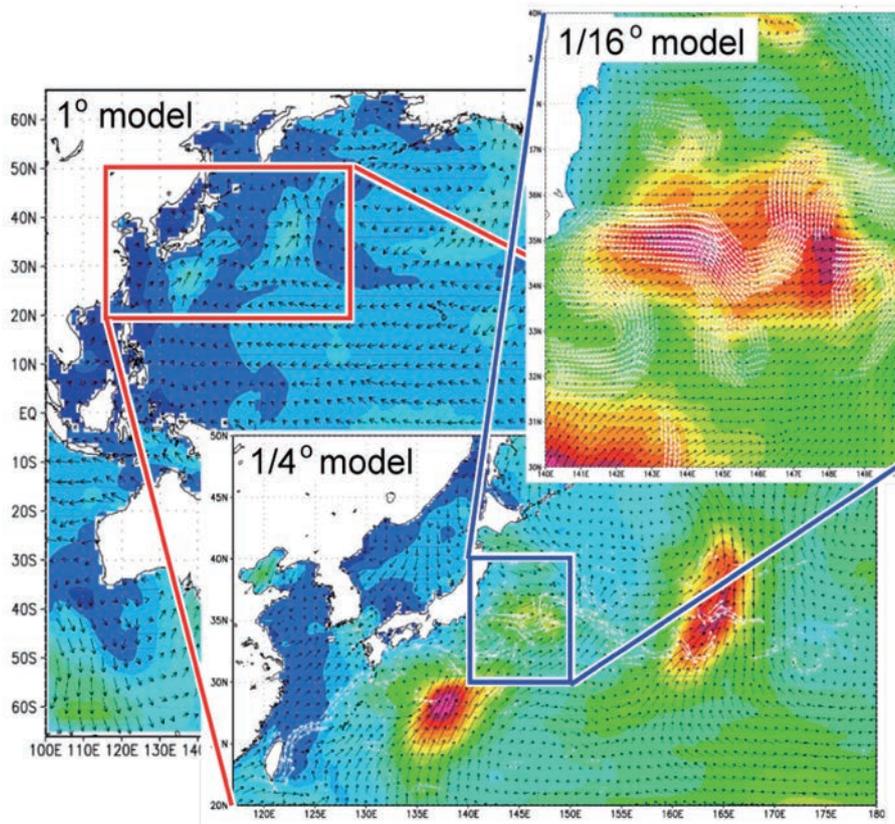


図2：入れ子格子を用いた波浪モデルにJCOPEの結果を組み合わせて、異常波浪（フリークウェーブ）の発生可能性を示した例。

## 地球環境変動領域

### 次世代モデル研究プログラム

## 最新科学による先進的気候モデルの開発

本プログラムは、2009年のJAMSTEC改編時に地球環境フロンティア研究センター（2004～2008年；2000～2003年は「地球フロンティア」）の水循環変動予測研究プログラムと地球環境モデリング研究プログラムのそれぞれ一部のグループを中心に、地球環境変動領域（RIGC）のプログラムの1つとして発足しました。その目標は、2002年に本格稼働を始めたESの性能を最大限に活用し今後の計算機の発展も見越した超高解像度の大気モデル・海洋モデル・大気海洋結合モデルの開発と、それらに含まれる物理過程モデルの高度化です。

従来の気候モデルにおける不確定性の最大の要因は、その格子間隔が数10～100 kmと粗く、最も重要なエネルギー源である積雲による熱の発生過程を直接表現することができないため、パラメタリゼーション手法を用いて表していたことでした。そこで私達は、大気中の対流雲群の振る舞いを直接計算できる新しいモデル（全球雲解像モデル）の開発・実用化を行いました。

図1は、そのような全球雲解像モデル（NICAM）で計算された外向き赤外放射（OLR）の分布を衛星で観測された赤外画像と比較したものです。従来の全球モデルでは再現性があまり良くなかった熱帯の大規模擾乱（マッデンジュリアン振動）の再現実験の結果で、そのパフォーマンスの高さが注目されました（Miura et al.、Science、318、1763-1765）。全球雲解像モデル

は、台風など多くの事例の解析や地球温暖化に関する研究に使われ、また2010年からは、熱帯気候変動研究プログラムによる集中観測の支援のための準リアルタイム予報計算・データ配信にも利用されています。一方、海洋モデルについては、気候の再現性を検証しながら、高精度なモデルを開発し、非常に細かい海洋渦の現象まで効率的に計算することができるようになりました。また重要な領域を高解像度で計算できるような工夫も施しています。

現在、これらの全球超高解像度モデルの改良を行うと同時に大気・海洋結合モデルの開発を進めようとしています。また、これらの高解像度モデルにふさわしい各種の物理過程モデルの開発も進め、その中には海氷モデル・多様な土地利用と人間活動を考慮した河川流域水文モデル・ビン法を使った雲微物理過程モデルなどが含まれます。図2は格子内で海氷の厚さの変化を考慮するように高度化された海氷モデルを使って、海氷厚さの分布を計算した結果です。さらに、地域スケールでの気候予測のためのダウンスケーリングの研究も進め、温暖化適応策のための情報を提供しています。

このように詳細な物理過程のモデルの開発を進め、その結果を現実と比較してモデルを改善することにより、気候の再現性と変動予測の信頼性を高めることができると考えています。

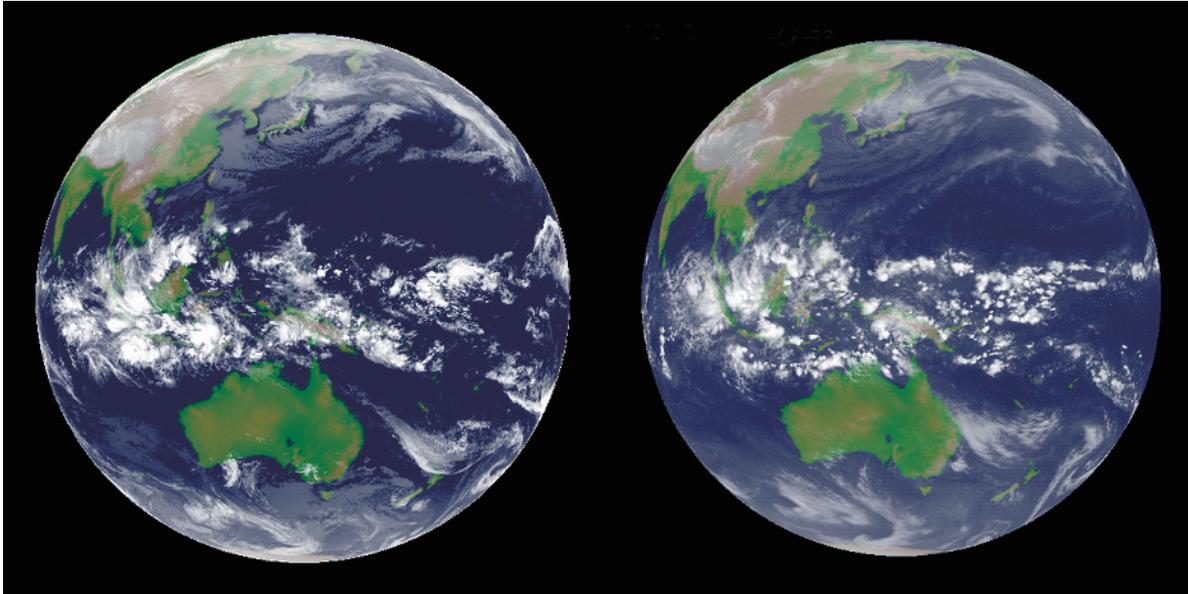


図1：2006年12月31日00:30UTCのMTSATによる赤外画像(左)と、水平格子間隔3.5kmのNICAMによるOLRの分布(右、00:00～01:30UTCの平均)、初期値は12月25日00:00UTC。

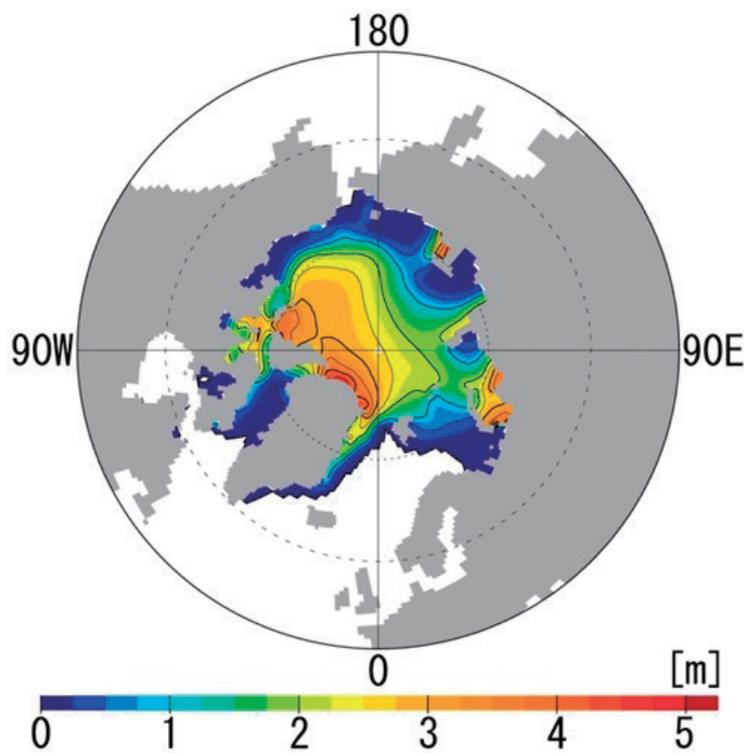


図2：高精度化された海氷モデルで計算された北極海の海氷の厚さの分布。

## 地球内部ダイナミクス領域

### 領域長からのメッセージ



領域長  
鳥海 光弘

## IFREE 10年と海域地球科学の革新

2001年に統合地球進化研究システム(IFREE)が発足して今年で10年が経過します。現在は地球内部ダイナミクス領域と呼び、4つのプログラムからなる総合地球科学研究システムとなりました。この間、地球科学全般に渡り多くの革新的な発見と先端的な技術開発およびモデリングがなされました。そして、不幸なことに、いくつかの大きな地震と津波災害が日本各地だけでなく世界各地に起こりました。1995年に始まる内陸性の大きな地震と2011年3月11日の東北地方太平洋沖大地震であり、世界的にも中国内陸部やインドネシア、スマトラ島沖、チリ沖など、超巨大地震が相次いで発生し、甚大な被害を与えました。このような状況の中で、科学者のみならず日本および世界の人々に固体地球の挙動が重大な被害を生じるといった怖れが浸透していったのです。

この10年の世界の地球科学の流れのなかでIFREEがどのようなことを明らかにして来たかについて眺めてみましょう。IFREEは発足時には4つの領域プログラムから構成されていました。地球内部構造、プレート挙動、物質循環、そしてシステム変動です。これらの領域プログラムの対象は地球の挙動のほとんどを網羅するものであり、その意味で海域を中心とした地球科学総合研究所がIFREEの姿でした。そして、立ち上げ時の研究対象はつぎのような内容でした。

一つは地殻やマンツルの構造を当時より10倍以上の

高精度で明らかにすることマグマ活動の詳細な姿、とくに島弧の形成や、島弧から大陸地殻への進化、日本列島や伊豆マリアナ島弧の地殻やマンツルの精細な探査をおこなうことでした。

このような初期の目標に対して、2001年から重要な発見が相次ぎました。まず、南海トラフの調査において、付加体と呼ばれる日本列島の地殻の下に沈み込んだ大きな海山を発見したことです。それまでは大陸や海山の地殻は軽いので、マンツルには沈み込まないと考えられていました。この結果、マンツルには太平洋やフィリピン海にたくさん分布している大小の海山が漂っていることを実証したのです。さらに海域地震探査法は驚くべき地下の実像を明らかにしました。それは、日本列島の地殻と、その下の斜めに沈んでいる海洋プレートの境界に沿って地震波が強く反射する層があったのです。このことは、水中に大きな空気の泡を入れて光をあてると光って見えるのと同じで、地殻やマンツルのなかにプレートの境にそって何か違った物質が層をなして拮がっていることを意味したのです。これは液体の水がそのような層に少なからず含まれていることと考えられました。

このように、プレート境界の構造探査が大いに進んでくると共に、日本列島の太平洋岸に沿って帯状に分布する地質体は四万十帯と呼ばれますが、これは今から3千万年前から1億年前ごろにちょうど今の南海トラフ沿いの付加体であったものでしたが、その中の大

きな断層に沿って、融けた岩石の薄い層が発見され始めました。これはシュードタキライトと呼ばれる岩石で、断層を境にして両側の岩石が高速で滑ったときの摩擦で岩石が融解したものでした。この発見は南海トラフや日本海溝沿いの巨大な地震を発生する断層の滑りの動きを発見したことを意味していましたが、その運動がたくさんの熱を発生することをも示したものでした。

2002年になると、さらに、プレート境界近傍の調査でも巨大な分岐断層がプレート境界から派生して海底にまで達していることが発見されました。一方、日本海溝沿いにも地震波を反射する層が発見され、そのような層の近傍では小さい地震の活動が少ないことから、岩石を柔らかくし、かつ地震波の速度を小さくする要素、つまり液体の水などが詰まっているものと考えられたのです。そして、南海トラフ沿いの沈み込んだ海山の周囲では応力の方位が変化していて、海山がプレートを押し付けている様子が浮かび上がってきたのです。

2003年、高精度の地下探査技術によって、南海トラフと琉球海溝との結節部にあたる九州・パラオ海嶺の沈み込む部分では、プレート境界の凹凸が見出され、大きな境界地震の端となる可能性が指摘されました。また、日本海溝沿いには、太平洋プレートの沈み込みの角度が急変し、折れ曲がった形で日本列島の下に沈み込んでいることが発見され、その折れ曲がり部分が抵抗となって境界地震が起こるといったモデルが示されました。

2004年になると、島弧地殻の研究は、100年の間謎となっている大陸地殻の成因、とくにその中心的な問題である安山岩マグマがどのようにしてつくられるかというテーマに新しいモデルが提案されました。安山岩マグマは、マントルで発生した玄武岩マグマと、下部地殻が融解してできたマグマとが混合したマグマというものです。このモデルは、さまざまな元素の挙動、微量元素、希土類元素、そして同位体の組成を

小さい範囲を精密に分析することができてはじめて導かれたのです。

一方、高精度の地下探査によって、フィリピン海プレートの内部にも強い反射層がマントル内にも見つけられ、それが吸水したマントル部分なのか、それとも鉱物組成のちがう層なのかということが示されました。プレート境界や島弧地殻のマグマ発生に十分な水を必要とすることからは、沈み込む海洋プレートがかなりの範囲にわたって吸水していることが考えられましたが、反射層は、吸水したマントルが蛇紋岩をつくり、地震波速度の小さい層になったものと思われます。

2005年には高精度マントルCTでは、縦波と横波速度比の変動を用いた3次元CTを成功させ、地震波速度の異常領域の原因がマントル内部における温度異常であることを突き止めました。これはCTで見られる不均質構造がマントルの大規模な対流に伴うものであることを確定したのです。

伊豆・小笠原島弧の地下探査によると、地殻の厚さと玄武岩マグマの噴火量とは相関があり、マントルからのマグマ供給が島弧地殻の発達の主役であり、その過程で下部地殻が再度融解し、あらたに中部地殻を作っていたのでした。こうしてIBMと呼ばれる伊豆・小笠原島弧地殻の進化の全貌がようやく明らかとなってきたのです。その進化は大陸地殻の形成過程を示すものでもありました。

2006年になると、高精度ウラン鉛法が確立され、これを用いて1000万年より新しい時代に形成された岩石の年代決定に成功し、丹沢山地をつくる地殻の形成メカニズムと伊豆・小笠原島弧が本州へ衝突した過程が初めて理解されました。つまり、丹沢山地の花崗岩体は下部地殻の再融解により形成され、それが高速で上昇したものであり、それと衝突に伴い沈み込んだ丹沢変成岩の上昇とが連結していたのです。

一方、従来から日本列島の地殻下部やマントルを通過する地震波が一部で異常に減衰し、特徴的な波の形になることが指摘されていました。この事実は地殻

下部やマントルに地震波をつよく散乱させる構造が潜んでいるはずとして、この情報を逆に解析することで散乱体のサイズや密度などを解読することにはじめて成功しました。付加体の発達とダイナミクスを明らかにする上で重要なモデル研究は、その発達のプロセスを、海洋プレートの上部の堆積物がどのように海溝の陸側境界に重積していくかを粒状体の個別要素法によって厳密にシミュレーションすることにあります。そこで、個別要素法という計算機での大掛かりな物理実験によって、堆積物質の量を変化させてどのように付加体の内部構造のダイナミクスが変化するかをシミュレーションによってはじめて明らかにされ、厚い堆積物の供給の場合には大規模なせん断構造が作られ、狭い変動帯が形成され、その前後で局所的な応力場が大きく変化することを発見しました。このような構造は後に海底の深部掘削によって現実でも起こっていることが示されています。

海洋酸欠事象の原因論について時間分解能の飛躍的な向上の結果、約1500年という短い時間尺度の炭素同位体変動が酸欠事象に対応したことを発見し、これは火山噴火によって大量のガスや灰が海水中にひろがり、酸欠事件の引き金が引かれたことと推定されました。

2007年、南太平洋域のマントルに立ち上る熱いかたまりを精密CTで調べた結果、深部では1000kmほどの巨大な拡がりにもかかわらず、浅いマントルでは100kmほどに狭い領域が高温部分となって立ち上っていることを見出しました。これによって、表面で多くの海山からマグマが噴火していることが自然に理解されます。また、最深部のマントルに分布するポストペロブスカイトの電気の伝わり方から化学変化と相転位が最下部マントルで起こっているとの結論を得ました。

高精度な南海トラフ沿いの地下探査によって、海洋地殻の上に堆積し、日本列島の下に沈みこみ始めている堆積物の詳細な構造が明らかになり、海溝での堆積物との境界がやわらかな堆積物同士の境界に

もかわらず、逆断層型の断層境界となっていること、さらに、そのような断層によって、沈み込む堆積物が厚くなり、陸側に付加していく過程が明らかとなりました。しかし、このような境界での断層運動がどのようなすべり運動なのかについては、後の海底地震計ネットワークの観測やちきゅうによる掘削研究を待たねばなりません。

一方、伊豆・小笠原諸島の地殻の大規模探査と地球化学的な総合研究の成果は、ついに海洋地殻の上につくられた島弧地殻に、その量を上回るマントルに近い物質が作られ、これが重いために、マントル内に落下することを明らかにしました。このような物質を反地殻とよび、その地球化学的な長が推定されました。そして後に、この反地殻が通常の下部マントルよりも重く、自然に下部マントル最下部の核・マントル境界にまで達することを実験的に示されたのです。そして、この反地殻こそが地球化学上の第一問題であった、地球深部からのマグマのEMI成分だったのでした。もうひとつのHIMU成分は海洋地殻そのものが沈み込み、2900kmもの深さの核・マントル境界から上昇し融けたものだったのでした。

2008年には、深海掘削研究船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生域の第1ステージの掘削研究が開始されましたが、2009年には第2ステージの掘削研究も始まり、掘削した岩石の直接研究が行われ始めました。この掘削研究によって、ひとつには大規模な分岐断層の陸側と海側での応力方位がどのように変化するか、これによって大規模な分岐断層が力学的に完全に癒着しているのではなく、すべりを伴う力学的な不連続境界か否かが検討されました。その結果活動的な分岐断層であることが示されたのです。そして、第2ステージの掘削孔に設置された地震計その他のセンサーと、すでに展開され始めた海底ネットワーク観測システムとをつなげて、南海トラフ沿いの巨大運動型地震を起こすプレート境界の詳細な変動を3次元的な観測網でモニターしようとしているのです。

2010年に入ると、前年に衣替えしたIFREEシステムは基盤研究プログラムと発展研究プログラムから構成されるようになりました。この結果、基盤研究において南海トラフ沿いの九州・パラオ海嶺にあるセグメント境界が発見され、高精度トモグラフィによって沈み込んだスラブが大きく折れ曲がって滞留する現象が660kmの物質境界を突き破って、1000-1500kmの深さで大規模におこっていることも発見されました。それはマントルにおけるプレート運動と対流のカップリングに新しい姿を提供するものでした。

また発展研究においては、精細な構造が見えてきた南海付加体の構造のなかで、「ちきゅう」による掘削研究によって明らかにされた応力の不均質な構造の原因を探るために、シミュレーション研究が進められ、付加体が厚くつくられる場合、付加体に形成される大規模な変形によって不連続な力のかかり方がつくられ、その境に大きな断層ができるが示されました。また、このような大規模な分岐断層の下では水などの流体が蓄積し、その結果、一種の音の笛構造となり、内部で発生した地震波が残響することが判明しました。このような構造の下部はデコルマ面となり、長周期地震や不安定なスロースリップを起こしていることも示され、地震発生帯のみならず、海溝にまで至るすべり運動が発生していることがはじめて示されました。このことは「ちきゅう」による掘削試料の岩石にみられた温度の履歴を調べた結果によっても、海溝ぎりぎりまでの軟弱な岩石が摩擦によって発熱するくらい的高速すべりが実証されているのです。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖大地震はM9であり、超巨大地震でした。そしてその地震の直後に発生した巨大な津波は東北地方から関東地方にわたる広い範囲の太平洋岸に甚大な被害を与えました。この津波については、IFREEを中心とする緊急の調査によって海溝軸に達するプレート境界およびその上部が水平変位50mに達する変形運動によって発生したと推定されました。このように、超巨大地震

は日本海溝沿いの境界型地震の発生域と、それより海溝軸部への大きな変形運動によるものであり、地震の発生域の拡がりは東西300km、南北600kmに渡っているものでした。この動きが、いままでのプレート境界地震の震源とされていた領域をはるかに超えて破壊されて起こったことが重要な事柄でした。そして、いままでの理解であったアスペリティと非アスペリティというプレート境界の不均質構造と、前者が力学的に結合した領域であり、後者は結合がきわめて弱い領域であるというモデルとはどのように食い違うのかということの検討が進められています。つまり、弱結合領域を超えて破壊が進行したために巨大化したか、そもそもそのような不均質分布の解釈に誤りがあったかが問題なのです。このことの解明には、ひとつには不均質なすべり運動が巨大地震の間にプレート境界にあるのかどうか。そしてそのようなことと、実態としての地震波低速度域との関係およびその物質科学研究が必須です。これには「ちきゅう」による掘削と海底地震計による精密地下探査が必須であり、現在IFREEの重点的な研究課題となっていることを付け加えておきます。

## 地球内部ダイナミクス領域

### 海洋プレート活動研究プログラム

# 変動する海洋プレート — 活動と構造を探る —

海洋プレート活動研究プログラムでは、海域地球物理観測を中心とした調査研究により、海洋プレートやプレート境界の構造と活動の研究を進めるとともに、新たな観測機器や解析手法の開発を進めています。これらの研究の多くは、海洋研究開発機構が所有する観測船や大規模観測装置を機動的に用いて進められており、海洋研究開発機構ならではの成果を多く上げてきています。

私たちはIFREE設立以来、プレート境界の大規模変動現象の解明を目指し、地震発生帯の構造と活動の研究を進めてきました(図1)。特に、南海トラフを中心とした地下深部構造の研究では、海溝型巨大地震の破壊域の拡がりや地震発生サイクルを規定する構造要因の解明を世界に先駆けて行いました。例えば、沈み込む海山や海嶺が破壊域の拡がりを規

定している事、プレート境界から分岐する断層と津波生成の関係、南海-東南海の境界を決める構造要因の解明、などの成果をあげてきました。これらの研究はIFREEで進める地震発生サイクル・シミュレーション研究と統一的に進められ、現実的なプレート境界モデルによるシミュレーションを可能にできました。

また、最近の地震発生帯の新しい発見として、ゆっくりとした断層運動や振動をともなう、いわゆる「ゆっくり地震」があげられますが、私たちはこの「ゆっくり地震」発生場の構造を明らかにし、その結果から「ゆっくり地震」発生域が地下の高間隙水圧帯と対応していることを初めて明らかにしました。これらの成果は地震発生帯の状態を知るため極めて有用な手掛かりとなっています。

私たちは、地震発生帯研究に加え、プレート沈み

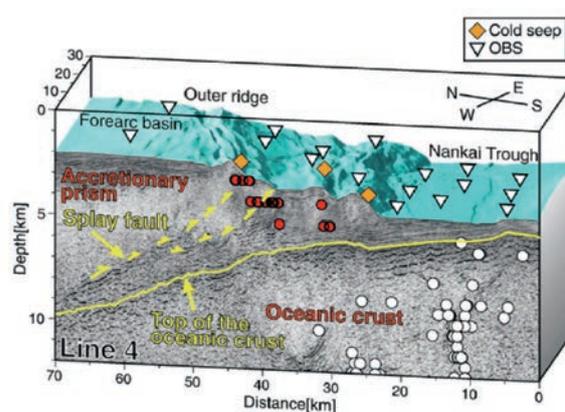
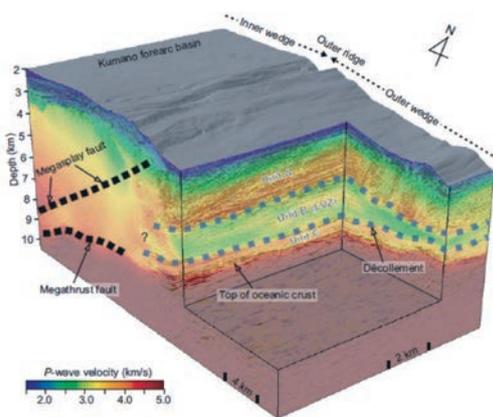


図1：(左図)南海トラフ地震発生帯熊野灘周辺で見えてきた高間隙水圧帯と解釈できる構造イメージ (Unit B)。

(Park et al.2010)(右図)海底地震観測でとらえた地震発生帯浅部での低周波微動(赤丸) (Obana & Kodiara, 2009)

込み帯での地質学的時間スケールの大規模変動現象として、沈み込み帯周辺でのマグマ活動に伴う島弧の形成・進化に関する研究をIFREEの岩石学研究者と連携して進めています。特に、伊豆・小笠原弧での地下構造研究の成果から、島弧地殻の厚さが火山の分布に対応していることを明らかにし、島弧の火山が島弧地殻生成の現場であることを観測データに基づき始めて明確に示しました(図2)。これら地震発生帯、および海洋性島弧の構造研究はIODP地震発生帯掘削、島弧掘削の有用な事前調査データとなり、掘削計画立案に大きく貢献しています。

上記、科学的成果に加え、私たちは、海洋プレートの構造と活動を明らかにするため、新たな観測手法の開発、現存の観測システムの高度も進めています。最近では、より高分解能の海底、海底下イメージを得るために、曳航型サイドスキャンシステムや高分解能地震探査システムの実用化を図りました(図3)。曳航型サイドスキャンシステムを用いた調査では、中部沖

縄トラフ伊平屋北熱水地帯において、精密海底地形(SEABAT)・地質調査(サイドスキャン・サブボトムプロフィール)が実施し、熱水チムニー、熱水プルーム画像等をこれまでにない高解像度で得ることに成功しました。また相模湾西部や熊野海盆では、海底地滑り跡の範囲と深さ分布の可視化に成功しました。一方、高分解能地震探査システムは、よりシャープな波形を出すようにエアガン(高圧空気も用いた人口震源)を最適化し、地球上最大の海台であるオントンジャワ海台の調査を実施しました。この結果、これまでの調査ではとらえることができなかった地殻深部から反射してくる地震波をとらえることに成功した。

今後は、地震発生帯および島弧地殻での研究をより発展するとともに、海洋プレートとそのものの構造と活動の研究をすすめ、海洋プレートの生成から変質、そして地球内部への消失に伴う地球変動現象の解明を進めていきます。

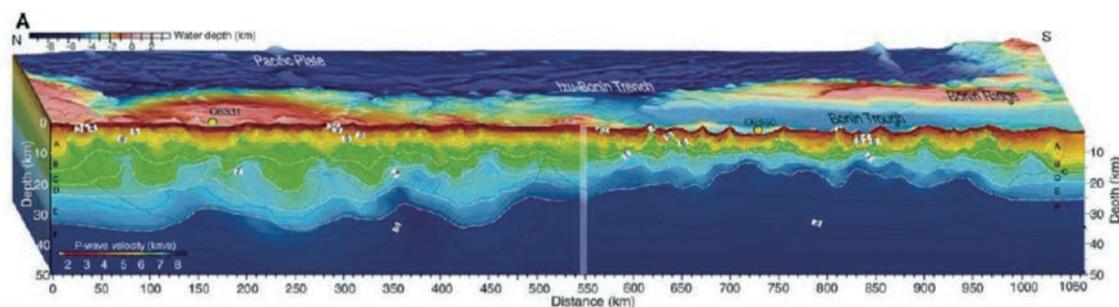


図2：相模湾から鳥島北方にかけての火山フロント直下の地下構造イメージ。火山分布に対応して地殻(特に中部地殻；緑の領域)が厚くなることが明らかになった。(Kodaira et al, 2007)

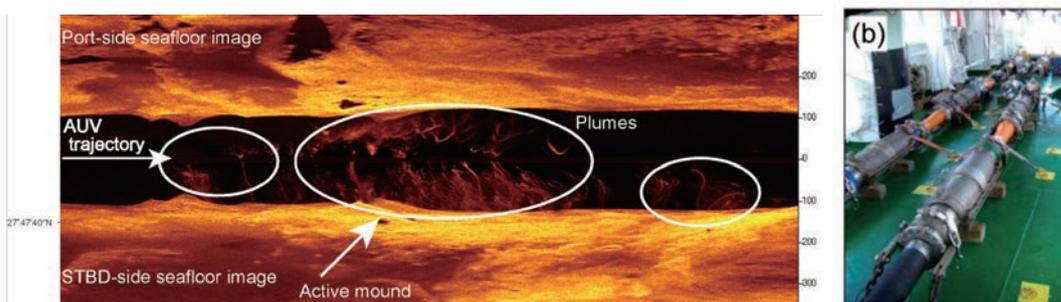


図3：(左図)沖縄トラフ伊平屋北熱水地帯中心部のサイドスキャンイメージ。中心の黒い部分は海水からの反射を見ている。チムニーからの懸濁物(Plume)が水中に吹き上げている様子がよく分かる。(Kumagai et al., 2010)。(右図)高精度に制御された波形を出す、深海調査船「かいらい」に新規搭載されたチューンド・エアガンアレー。(Miura et al., 2011)

## 地球内部ダイナミクス領域

### 固体地球動的過程研究プログラム

#### ● 暴れる地球

2011年3月11日、地震と津波による未曾有の大災害が東日本を襲いました。1995年1月17日に兵庫県南部地震で被災し半年以上に渡って不自由な生活を強いられた筆者には、「自然の脅威」などと言ったありきたりの言葉でこの状況は語れません。翻って歴史を見渡しますと、人類は地震・火山噴火とそれに伴う津波や土砂崩壊など、地球が暴れることで繰り返し災害に見舞われてきました。その昔「神の怒り」と考えられていた「疫病」の原因が科学的に解明されてワクチンや抗生物質を作り出したことによって多くの命が救われたように、科学の力で、この暴れる地球上に生きる命を救うことはできないものかと誰しも考えるところ です。

地震や火山噴火の力学的な原因は共通して地球内部に溜まっている熱であることは、過去の地球物理的研究で良く理解されています。推定年齢46億歳の地球は、まだ内部と表層の温度差が非常に大きく、地球を冷やすには熱拡散だけでは不十分で、熱い物質と冷たい物質を地球内部と外部で循環させることや、割れ目を作って内部から一気に熱い物質を表層に噴出することで補われます。しかし、これらのプロセスが安定して滑らかに進めば、大災害につながるような地震や噴火はないのです。ところが実際は重力と物質の運動抵抗によって動きが妨げられ、動けないことで溜まったエネルギーが間欠的に開放されるという不安定な動きが選択されます。この不安定な動きが地球

を大いに暴れさせる原因であると考えられています。

しかし、地中奥深くの物質や熱、さらにそれらの動きを直接観測することは限りなく不可能に近いので、今のところ仮説の検証のしようがありません。そんな中、固体地球動的過程研究プログラムは、IFREE内での幾多の改組・変遷を経て2011年4月に発足しました。このプログラムでは、非常に幅広いスペクトラムの専門性を持つ研究者から構成されています。しかし、本プログラムの研究テーマを集約すると、1)地球内部の物質と熱の動きと、2)固体地球の不安定な動き方の解明、つまり「暴れる地球」の研究なのです。以下に各研究チームの概略を示します。

まず、南海トラフ活動予測研究チームでは、海洋研究開発機構が世界に誇る地球深部探査船「ちきゅう」を利用して南海トラフ地震発生帯掘削研究を主体的に推進し、コア試料分析と孔内原位置計測により、地震準備・発生過程の場の解明を目指すNanTroSEIZEプロジェクトの中核です。このプロジェクトでは、日本列島に甚大被害をもたらす地震と津波源となる南海トラフ活動予測のための解析を行っています。具体的には、1)付加体発達過程(地質時間スケール)と地震発生過程との関係解明の手がかりとなる、地滑り・BSR・熱流量・海底微圧変動等の海底物理量データの取得・解析、2)応力場・速度異方性・間隙圧・VLFイベントの原位置計測・解析を行うことによる地震準備の場の把握と破壊メカニズムにおける

水の役割の定量化、3)地震・津波防災プロジェクトと協力して長期孔内計測機器の開発と設置を行うとともに、取得したデータを詳細に分析することによる地震準備過程に対する評価、4)応力場・水理場を入れた地震準備サイクルのモデル構築・データ同化による再現、および、固着域の状態・物性の予測などを行ってきました。

次に、付加体力学研究チームでは、海溝域から深部付加体にいたる物質の起源と進化を解明し、プレート沈み込み帯の力学的描像を得ることを目的として研究しています。南海トラフを主なターゲットとし、他の沈み込み帯(コスタリカ、南関東、東北日本等)も比較研究対象にしています。地球深部探査船「ちきゅう」やその他のJAMSTEC研究船を最大限に活用して、海底下の現世付加体から、陸上に露出した過去の付加体まで幅広いセッティングの試料を用いて研究を進めています。これらの研究によって、1)付加体の現行地質過程と変動履歴の解明、2)付加体構成物質の力学的性質の解明、3)孔内検層による変動帯の地層解析、4)付加物質の組成と起源の解明に貢献してきました。

地球進化数値モデリング研究チームでは、地球誕生から現在に至る46億年の地球熱進化をコンピュータ上でまるごと再現する「数値地球」実験に取り組むとともに、それを可能にする最先端の数値シミュレーション手法および物理化学モデルの開発を行っています。この「数値地球」の進化過程を詳しく調べ、内部に蓄積されているエネルギー量と表層での活動性の関係を理解することにより、現時点で地球内部起源の表層活動が持つ潜在的脅威の評価に貢献します。

最後に、非線形動力学及び応用研究チームでは、地球を内部からの発熱と表面からの冷却という一つの大きな非平衡開放系として考え、固体地球の多様な非線形現象に対する観測とモデリングを行い、その手法を地球科学のみならず広く他分野の科学に応用すると共に、産業社会への積極的な還元を行っています。

具体的には、1)様々なスケールの数値実験や砂箱を用いたアナログ実験、掘削や露頭で得られるコア試料の分析、地球物理学的観測データの解析等によって、固体地球表層付近の現象、特にプレートの沈み込み過程についての力学モデルを構築し、巨大地震発生のメカニズム解明と各地域で起こり得る地震の最大規模予測し、2)陸上に露出した地質体や深海底掘削コアの観察や分析、そして地質試料による室内実験を実施しています。3)また、個別要素法(DEM)を大規模並列化し超高速計算を可能とする独自のアルゴリズムを考案し、マルチコアCPU、GPU、スパコンなどの様々なプラットフォームに対応可能なソフトウェアを開発しています。また、開発された大規模高速DEMの商用バージョンであるDEMIGLACEは、その性能と信頼性が高く買われ、既に幾多の大手の民間産業で導入された実績を持っています。

## 地球内部ダイナミクス領域

### 地球深部活動研究プログラム

## 躍動する深部地球と表層へのインパクト

地球深部では沈み込むスラブのマンツルの底への崩落や巨大なマンツル上昇流など、ダイナミックな現象が起きています。このような深部活動の様態や原因を解明するとともに、その地球表層環境への影響を評価する研究が進められています。

#### 1. 海底観測によるマンツル上昇流・下降流のイメージング

世界中の海溝から沈み込む低温のスラブは深さ600-1000kmに溜まったあとで低温度による重みでマンツルの底まで崩落しています。私たちはフィリピン海での海底広帯域地震観測データを地震波トモグラフィーに用いてスラブの様態を詳細にイメージングし、伊豆—小笠原—マリアナ弧では北から南にスラブ滞留からスラブ崩落へ遷移していることがわかりました。また、スラブが深さ600km付近で滞留する準備段階としてスラブが横に断裂していることが日本列島の下で明らかに

なりました。このようなスラブの沈み込み・崩落はマンツル全体での対流における地球表層から地球深部への下降流を表していると考えています。一方で地球深部から表層へと向かうマンツル上昇流の様態についても海底観測によって明らかになってきました。南太平洋仏領ポリネシア海域での広帯域海底地震観測や海底電磁気観測によって、南太平洋のマンツルの底から深さ1000kmまで直径1000-2000kmの巨大な高温域があること、その上面から直径100-300kmの高温ブルームが地球表層まで上昇しホットスポットとよばれる海底火山をつくっていることが分かってきました(図1)。

#### 2. 地球シミュレータで地球内部の対流を再現する

地震観測で見えてきたマンツルの地震波速度構造(温度構造)がマンツル対流を表しているのかどうかを理解するためには、コンピュータ・シミュレーションによってマンツル対流を計算し地震波速度構造と比較することが必要です。ここ10年のシミュレーション研究によって、実際の地球と同等の条件でマンツル熱対流を再現することができるようになりました。上記の深さ660km付近でのスラブ滞留・崩落は、マンツル構成鉱物の粘性の温度依存性や相転移を考慮することによって再現することができました(図2)。また冷たいスラブが崩落することにより、崩落スラブの周囲ではコアによって温められた高温のマンツル物質が上昇します。これが南太平洋直下の高温ブルームに対応している可能性があります。今後地球表層1/3

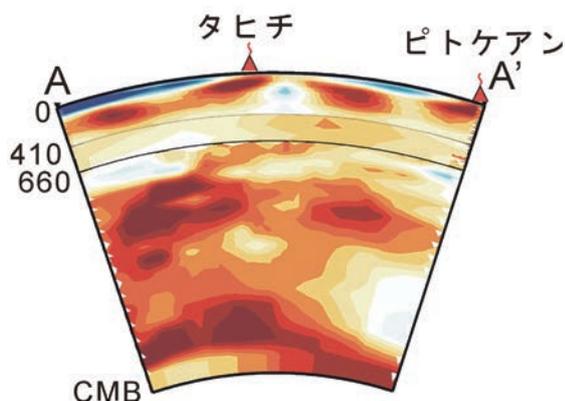


図1：海底地震観測によって得られた南太平洋下マンツルの地震波速度構造(赤：低速度、青：高速度)

を占める大陸の存在や地球内部の化学的不均質などを考慮したシミュレーションを行なって実際の地球深部活動を駆動している要因を明らかにすることを目指しています。崩落するスラブ等のマントル下部の動きは、その下側にある流体核の運動をコントロールします。流体核の対流運動は、ダイナモ作用によって地球磁場を生成・維持すると共に、その変化は地球磁場の逆転のような大規模な磁場変動を引き起こします。この地球磁場の変動は、逆に地球表層の環境に大きな影響を与えています。本プログラムでは、地球シミュレータや室内実験装置によって、流体核で起こっている地球ダイナモとその変動を再現できるようになって来ました。

### 3. 地球深部活動と表層環境

海底地震観測によって南太平洋下のマントルに巨大高温域が存在することが分かってきましたが、現在南太平洋には数箇所のホットスポット火山があるものの、マグマ活動は特に活発ではありません。しかしこの海域では約1億2千万年前と9千万年前と2回の巨大マグマ活動があり、オントンジャワ海台やマニヒキ海台など広大な玄武岩海台を生んだことがわかっています。また、その火山活動と同じ時期に海洋が無酸素化し(Oceanic Anoxic Event, OAE)、海洋生物が大量絶滅しました。巨大マグマ活動とOAEとの因果関

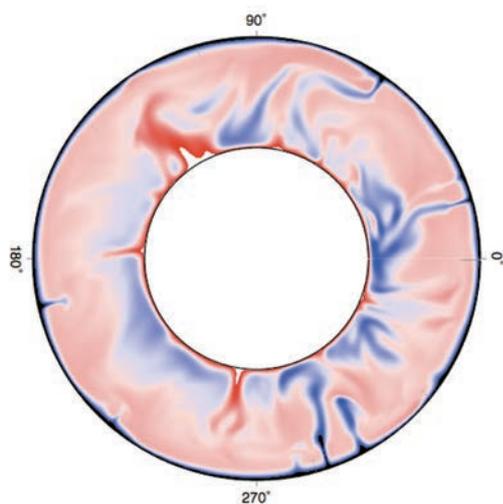


図2:3次元マントル対流シミュレーション (赤:高温、青:低温)

係を調べるために、イタリアや西太平洋(シャツキー海台)から採取したOAE堆積物(黒色頁岩)のオスミウム同位体比( $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ )と鉛同位体比( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )を分析しました。両方ともマグマ活動でマントル物質が堆積物に加わると低下するはずですが、鉛は火山灰でしか運ばれないため、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の低下は噴火が海中でなく海上で起きたときのみ起こります。分析の結果、1億2千万年前と9千万年前には、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ が急激に低くなった後ゆっくり平常の値に戻っており、その後 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ が大きく低下してしばらく低い状態が続くことが明らかになり、OAEとちょうど同じ時に巨大マグマ活動が2度にわたって起きていたことが実証されました(図3)。また $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 変動の大きさから2回目の方が大きな活動だったこと、1回目では鉛の同位体比の変動も見られ、は海上でのマグマ活動が起きたことが推定されることがわかりました。OAEは1回目と2回目の活動の間に起きており、1回目の海上でのマグマ活動が絶滅の原因となったことを示唆しています。マニヒキ海台をつくり、2回目は海中での活動がオントンジャワ海台をつくったことがわかりました。この時期には地球温暖化や海水準上昇なども報告されており、地球深部活動が表層環境に大きな影響を及ぼしたことがわかってきました。今後、地球深部活動と表層環境の関係を定量的に検証していくことが重要です。

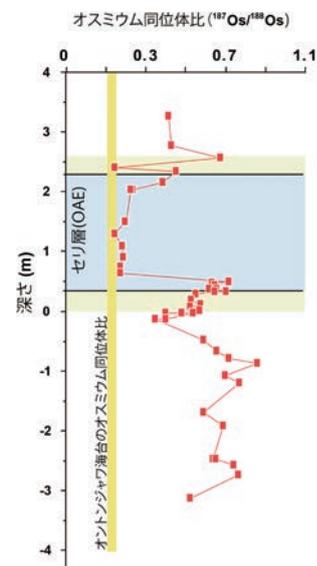


図3: OAE時の $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 変動

## 地球内部ダイナミクス領域

### 地球内部物質循環研究プログラム

## リサイクルする地球

私たちは、固体地球、つまり地殻・マントル・核がいまのような状態にあり、そして46億年の地球史の中でどのように進化してきたかを調べています。地球内部の物質が融けてできたマグマが固まった火山岩の分析、地球内部の条件を再現する高温高压実験が主な手法です。私たちの実験室には、世界で最も精度よく岩石の組成を分析できるいろんな装置が揃っていますし、また、世界で最初に地球中心の温度圧力を再現することにも成功しました。

日本列島のような沈み込み帯は、海洋プレートがマントルへ沈み込むことでマグマが作られています。このプロセスは、工場に例えることができます。プレートとマントルの物質を原料として、大陸地殻という成因を作っているのです。煙突よろしく、火山からは噴煙も上がっています。分化した安山岩質の組成を持つ大陸地殻の存在は、惑星地球の最大の特徴の一つです。言い換えれば、地球進化を理解する際には、大陸地殻の形成を説明しなければなりません。

私たちは「沈み込み帯工場」での大陸地殻の製造工程を、日本列島の南へ延びる海の真ん中の沈み込み帯(島弧)である伊豆・小笠割・マリアナ弧で明らかにしました。この島弧をターゲットとした理由は、IFREEが行った地震波構造探査の結果、この島弧では大陸地殻が作り始められていることが解ってきたからです。私たちは、地球物理学的手法とマグマ学的手法を総合して、この工程の解析を行いました。その結

果、マントルで作られた玄武岩質マグマが固まった初期島弧地殻が再溶融して、安山岩質の大陸地殻が作られていることが解りました。大陸は、海で作られていたのです。

さて、工場では必ず廃棄物ができます。これをどのように処理して、リサイクルするかが大きな課題です。沈み込み帯工場では、その製造工程で3種類の廃棄物が生まれます。1つはプレート物質からマグマを作る際に使われる水と元素を抜き去った「脱水残渣」、2つ目は沈み込む堆積物の脱水残渣、3つ目は大陸地殻を初期島弧地殻から作る際の「融解残渣」、いわば「反大陸」です。これらの廃棄物は、プレート運動や、デラミネーションと呼ばれるプロセスで、地球の深部まで持ち込まれています。

私たちは、このような沈み込み帯工場の廃棄物の運命を知るために、マントルの深い所で発生した「マントルブルーム」に伴うマグマの性質を調べました。南太平洋のフレンチポリネシア、サモア諸島、ピトケアン島、それに南太平洋のセントヘレナ島などで岩石を採取して、その化学組成の解析を行いました。その結果まず解ったことは、マントル深部には、通常のマントル物質とは異なる3つの異常な成分が存在することです。

この3つの異常マントル成分と沈み込み帯工場の3つの廃棄物。数が合うのは偶然のことでしょうか? 私たちはこれらの繋がりを調べるために、同位体比を用いたモデリングを行いました。その結果、沈み込み帯

の廃棄物はマントルの底で熟成され(同位体比を時間変化させ)、マントルブルーム物質としてリサイクルされていることが解ってきました。沈み込み帯工場は、ゼロ・エミッションのエコ工場だったのです。

また、重いために一旦マントルの底まで持ち込まれた廃棄物が再び上昇する、という一見おかしな現象も、その謎を解くことができました。マントルの底にあるD”層と言われる部分は、ポストペロプスカイトという新鉱物でできていること、この鉱物は温度が上がると

(核から熱せられると)より密度の小さな軽い鉱物に変化することが解ったのです。

このように、これまでの私たちの研究で、マントルの中で起こっている物質循環の様子が、相当よく見えるようになってきました。これからは、核とマントルの間の元素や熱のやり取りもなども含めて、地球内部の変動が地球進化にどのような役割を果たしてきたかを調べて行きたいと思っています。

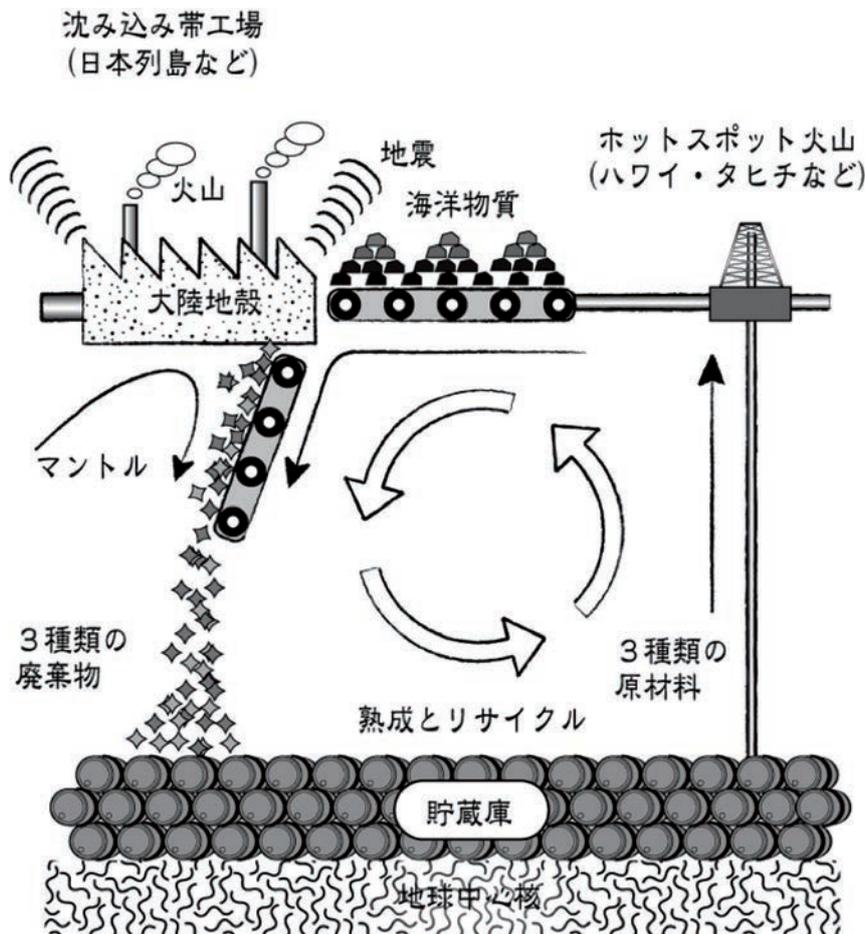


図1：沈み込み帯工場と地球内部の物質循環

## 海洋・極限環境生物圏領域

### 領域長からのメッセージ



領域長  
北里 洋

## 未知の生物圏を探り、生命の起源と進化を解明する

地球は生命に満ち溢れた水惑星です。いつ、どこで、どのようにして生命が誕生したのか？ 46億年の歴史を通じて、地球がどのようにして生命が繁栄する環境になったのか？ そのなかで、生命はどのように進化し、現在のように多種多様な生き物が息づくようになったのか？ これらのことは、私達人類が抱く、究極の疑問です。画家ポール・ゴッガンが1897年に描いた絵画の題「我々はどこから来たのか、我々は何者か、我々はどこへ行くのか(D'où venons-nous? Que Sommes-nous? Ou allons-nous?)」は、まさにこの問いそのものなのです。

海洋・極限環境生物圏領域は、「惑星地球、生命、環境が織りなす地球システムの成り立ち、しくみ、そして進化を理解する」ことを目標に、「未知の生物圏を探り、生命の起源と進化を解明する」を合言葉として、研究を展開しています。この目標を達成するために、私達は、海洋の生物圏、とくに深海や海底下の、高温あるいは低温、高い水圧、高塩分、強酸、強アルカリ、無酸素、高いメタンや硫化水素濃度などの極限環境に成立する生物圏に注目しています。そこには、地球史前半にあった生命の起源と初期進化が進行したと考えられる始原的な環境が広がっているからです。

私達は、海洋を中心とする極限環境生物圏について、そこに分布する生物の種類と量の調査を行っています。また、さまざまな海洋環境に生きる生き物たちの適応生態・機能等の研究を行います。その成果に

基づいて、多様な海洋生物の生物資源としての潜在的有用性を掘り起こし、社会と経済の発展に資する知見、情報を提供しています。さらに、これらの生物圏の 대기・海洋や固体地球との相互関係を理解することで、将来発生しうる地球環境変動の影響評価に貢献することを目指しています。

深海底などの極限環境生物生態系の実態およびその機能はまだまだ解明されていません。それらを明らかにすることは、現在の地球における生物が絡む物質循環と環境システムの解明に不可欠であるとともに、過去の地球システムの変遷を理解する上でも重要です。また、深海底等に生息する生物の遺伝子や細胞などを構成する生体材料は、今後、医薬品、新素材開発等、様々な産業への応用が期待されています。

海洋・極限環境の生物の研究は、コンタミネーションがない、新鮮な試料の採集が鍵を握ります。たとえば、深海、地殻内から、その場の環境を保った状態でサンプルを持ち帰ることは、「はやぶさ」で小惑星から試料を持ち帰ることに匹敵する大事なことなのです。そのための技術開発が私たちの研究を支えています。また、それらの試料中の生物を培養することも大事なことです。さらに、生化学的、生物地球科学的分析手法の開発も研究を進める上で、欠かすことができない要素です。

海洋・極限環境生物圏領域の研究者たちがここ10年ぐらいの間に著しく進めた研究とそのための技術開発には、以下のようなものが挙げられます。



1) 水素をエネルギー源とする始原的な微生物生態系の存在:

人類を含む多くの生物は、酸素を用いてエネルギーを生産しています。しかし、生命は、酸素がなかった地球史の前半に生まれ、初期進化が起こっています。初期生命は何をエネルギー源としていたのでしょうか？これを解く鍵は、水素、そしてメタンです。インド洋～大西洋の中央海嶺には、かんらん岩、蛇紋岩などの超塩基性岩が分布し、水素を含むアルカリ性の熱水が噴出する場所があります。そこには水素を用いる独立栄養細菌

が始原的な生態系を作っているはずですが。海洋極限環境生物圏の研究者たちは、そこに注目して研究を進めています。

2) 極限環境はアーキアの世界:

生物界は、真核生物、バクテリア、そしてアーキア(古細菌)から構成されています。このうちアーキアは、あまり、自然界で見つかっていませんでした。海底下の地層や地下深部の岩石に生息する微生物は、アーキアが大半を占めるアーキアンワールドであることが明らかになってきました。

### 3) 化学合成生態系に見られる微生物共生とゲノム縮小進化:

メタンや硫化水素を含む湧水環境には、メタンや硫化水素をエネルギー源とする化学合成生態系が成立しています。この生態系を構成する生物は、細胞内外に微生物との共生がみられます。共生している微生物は、環境から取り込んで行くタイプと、ホストの親が保持している微生物を子供に渡すタイプとがあります。このうち、親から子供に微生物を渡していくタイプの共生では、微生物のゲノムのうち使わない領域が消滅して、ゲノムサイズが縮小する現象が起こっています。「共生によるゲノム縮小は、真核生物進化の折に微生物が共生し、オルガネラとなっていく過程を見ているのと同じである」という仮説を立て、研究が進んでいます。

### 4) 分析解析研究手法の開発:

研究を進めるためには、研究に適した手法の開発が必要です。我々は、実験室および海洋におけるさまざまな分析解析手法を開発し、世界をリードしています。例えば、微量高感度質量分析計による化合物レベル生元素同位体分析手法の開発(大河内・小川)、微小領域微量サンプリングシステムおよび同試料回収装置(坂井)、二次元酸素オプトードセンサーを用いた堆積物—水境界の連続観測装置の開発(小栗)などが特記できます。

### 5) 培養手法の開発:

極限環境生物の培養は難しく、あまりうまくいっていません。私達は、微生物から多細胞生物にいたる難培養性極限環境生物の培養に、世界に先駆けて成功しています。また、培養環境を制御した連続培養装置と培養環境モニタリングシステム開発を積極的に進めています。そのために硫黄センサー、微小領域酸素—pHセンサー、環境モニタリング手法などを開発しています。

### 6) 極限環境生物を用いた有用物質の産生:

超高压、超高温、無酸素、極貧栄養の極限環境に住む生物の中には、普通では生きられない環境で、難分解性物質を利用して生存しているものがあります。たとえば、多くの生物は分解することができないセルロースやリグニンを利用したり、高い温度条件で効率よく代謝できる酵素を持つ微生物などがあります。これらの海洋生物を活用することにより、社会経済の発展に貢献することができます。たとえば、セルロース培地の開発、高温で活性が増す酵素の開発などを行っています。

私達は、「惑星地球、生命、環境が織りなす地球システムの成り立ち、しくみ、そして進化を理解する」ことを目標として、海洋・極限環境生物圏に生息する生物生態系の研究を行っています。引き続き、海洋研究開発機構が持つさまざまなファシリティを最大限に活用しながら、次の10年に向けて研究を続けてゆきます。

## 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

#### 海洋生物の多様性

#### — 深海生物の多様性、多様性をうみだすしくみ、そして機能の利用 —

最近生物の多様性に関心が集まっています。地球上の生物種は1千万種とも言われていますが、いまだにその全貌は明らかになっていません。海洋生物で今までに知られている種は、微生物や藻類から大型の動物まで世界で25万種と言われていますが、日本周辺からは、その13.5%になる33,629種と大変高い値が報告されています。日本周辺は、北の流水の海から、南の暖かいサンゴ礁の間に、9000メートルを超える超深海や、さらに海底から熱水噴出やメタン湧水が多数あり、多様な環境が、高い生物多様性を支えています。また、日本では海洋生物に対する関心が高く、研究者が多いこともこの高い値に影響しています。JAMSTECでも2004-8年の間に刺胞動物から脊椎動物(魚類)まで36種の深海動物の新種を報告しています。

私たちは、海洋調査船や深海調査船を用いて、光が届かない深海に棲息する生物を研究しています。明るい浅海では、植物プランクトンが光合成によって生物の栄養

なる有機物を作り、動物はそれを利用しています。1960年代に深海潜水調査船による本格的な深海生物調査が行われる前は、深海は栄養の少ない砂漠のような処と考えられていました。しかし、1970年代の米国の深海調査船アルビン号によるガラパゴス沖の熱水噴出域での特殊な大生物群集の発見以来、深海生物の大群集は、熱水噴出域周辺(図1A)やメタン湧水域(図1B)から知られるようになってきました。このような大群集では、優占する動物(ハオリムシ類と呼ばれるゴカイの仲間や二枚貝のシロウリガイの仲間など)が体に微生物を共生(二種類の生物が共存して、両方あるいは片方が利益を得るような関係)させていることが分かってきました。共生微生物は硫化水素(火山ガスや卵が腐った時に出る有毒物質)を酸化して得たエネルギーを用いて、二酸化炭素を有機物に変えています。この有機物の作り方を光合成に対して、化学合成と言います。最近、クジラ等の大きな動物が死んで海底に沈降すると、その上や周辺に大きな生物群集が出

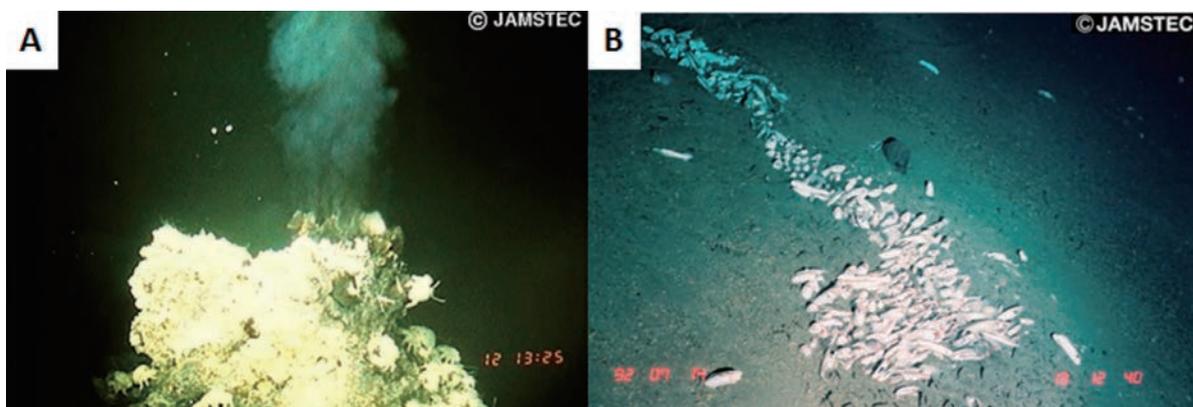


図1：熱水噴出域とメタン湧水域。A. 熱水域のブラックスモーカー周辺に群がるゴエモンコシオリエビ(沖縄トラフ水深1600m)。B. 湧水域のナギナタシロウリガイの群集(日本海溝水深6400m)。

現することが発見され、私たちはこの生物群集の研究に取り組んでいます(図2A)。その中には遺骸が腐る過程で出てくる硫化水素を利用する微生物が共生している動物も出現します。

生物の多様性を生み出すメカニズムのひとつは共生です。私たちは、これらの群集を対象に、共生のメカニズムや、共生が進化してきた様子も研究しています。しかし、低温で高圧な深海に行く深海生物採集は容易ではありませんし、研究に重要な深海生物の飼育は大変難しいことが知られています。しかし、鯨骨周辺に出現する動物は、非常に多様でそれ自身が面白いだけでなく、鯨骨を利用することで飼育可能なものもいることが分かり、これらの動物は実験可能な動物として、重要なものになっています。中でもサツマハオリムシの飼育研究は、「ハオリムシ」の生長は遅い、と信じられていた通説を覆す成果となりました(図2B)。さらに、私たちは深海生物の飼育を制御する技術を開発していますので、将来、深海生物を用いた実験的な研究も大いに進むと期待されます。

最近、生物の遺伝子を調べる技術が大変進歩し、シマイシロウリガイの鰓に共生する化学合成細菌のゲノム(ある生物の持っている遺伝子の全体の一セットのこと)を調べることができました。その結果、共生細菌の祖先が動物の細胞に共生し、動物の親から子供に伝わるようになると、自分の遺伝子を沢山捨てて、ゲノムが小さくなったことが分かってきました。動物の細胞にはミトコンドリア

という細胞内小器官がありますが、太古にはその祖先は共生細菌であったことが知られています。ミトコンドリアのゲノムは非常に小さいのですが、シマイシロウリガイの共生細菌は、ミトコンドリアの祖先が核を有する細胞の祖先に共生し始めたころの様子を私たちに教えてくれると期待されます。共生細菌のゲノムが小さくなる進化過程を観ると(図3)、祖先細菌が自由生活していたころは外からの遺伝子の流入や消失があり、ゲノムの大きさが変動しています。動物の細胞に共生して外界から隔離されると、外界からの遺伝子の流入は減少するのに、遺伝子の消失は続くことで、遺伝子数は減少します。ゲノムサイズには、これ以上小さくならなかったら、共生細菌でも生存が難しい最小サイズがあるはずですが、ミトコンドリアでもこんな時期があったのですが(図4)、ミトコンドリアは多くの遺伝子が、細胞の核に移動したためにゲノムは小さくなったのです。何万年の将来には、シマイシロウリガイの共生細菌はミトコンドリアのようになるのでしょうか?その可能性がこの研究で示されるかもしれません。このように異なる生物が共生すると、新しい機能を有する新しい生物になって進化します。ですから、共生は、新しい生物の多様性を生み出す原動力の一つと言えます。

深海は、低温、暗黒、高圧という極限的な環境です。深海生物はどのようにそんな環境に適応しているのでしょうか?深海に適応した細菌(好圧細菌)の細胞膜は圧力の低いところの生物より柔らかい、と予想していたのですが、実際は反対で固いらしいことが分かってきました。



図2：鯨骨生物群集と鯨骨を用いた深海生物飼育。A. 沈設されてから約1年後のマッコウクジラの遺骸(鹿児島県野間岬沖)。表面は二枚貝に覆われており、多数の動物が生息が認められた。B. 鯨骨を用いたサツマハオリムシの飼育。

海洋の多様な生物のなかには、未知の機能や能力を持つ生物がいるのではないかと期待されます。私たちは、深海微生物から海藻の成分カラギーナン(食品の増粘剤などで利用されています)の新しい分解酵素を世界に先駆けて発見しています。また、最近発見した高温に耐性な寒天分解酵素(60度くらいでも安定)は、遺伝子工学に有用で、商品化されて、多くの研究室で使われています。

海洋には多様な生物が、長い進化の結果、存在し、そこで共生も多様性を生み出す一つの力になっていることを述べてきました。今、地球は今までになかった変化に見舞われています。地球の環境には生物が大きな影響を及ぼしていたことは今までも知られているのですが、今日は人間という巨大な脳を発達させた生物がその生物の生理的な能力以上の影響力を地球環境にもたらしています。このような生物の出現は地球が初めて経験するもので、炭酸ガス増加による地球温暖化もその一つです。この変化は、いわば脳が生み出したわけですが、この環境変化を乗り越える方法を脳が生み出せるかどうか、に地

球の将来がかかっていると言えます。

生物の変化を捉える試みの一つとして、全世界の生物の種類と棲息場所を記録するデータベース構築の国際プロジェクトが進行しています。海洋生物では、そのデータベースはOBIS(Ocean Biogeographic Information System)と呼ばれています。私たちは地球情報研究センターや沖縄の国際海洋環境情報センター(GODAC: Global Ocean DATA Center)と共同で、日本近海の生物を中心としたデータベースBISMaL(Biological Information System for Marine Life)を構築し、データを発信するとともにOBISともリンクしています。BISMaLは、やがては日本周辺の全ての生物データを網羅する計画です。このデータベースを、環境の変化と生物の分布の関係の解析の役立つようにして、生物の多様性が変化することで、我々の生活にはどのような変化があるのか、あるいは生物の分布の変化から環境の変化はとらえられるのか、というような情報も得ることが出来るようにしたいと考えています。

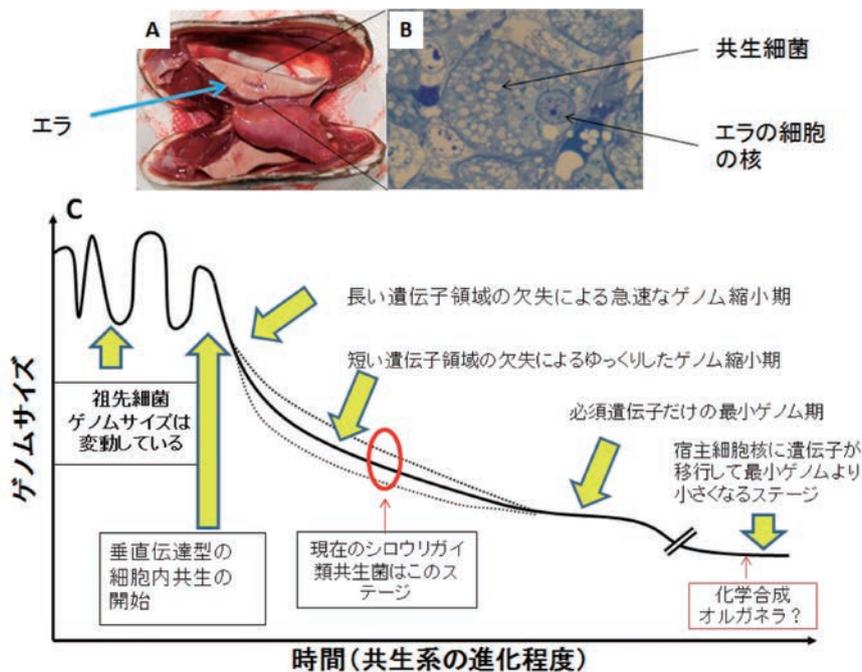


図3: シロウリガイ類共生細菌のゲノム縮小進化。

- A. シマイシロウリガイ。
- B. エラ細胞の光学顕微鏡写真。細胞核と共生細菌を示す。
- C. シロウリガイ類共生細菌のゲノム縮小進化の模式図。

## 海洋・極限環境生物圏領域

### 深海・地殻内生物圏研究プログラム

#### ● 暗黒の生態系の全貌を解読せよ

「地球が生命に満ちあふれた希少な惑星」に成り得た本当の理由は未だよくわかっていません。我々、深海・地殻内生物圏研究プログラムは、この命題に対して真正面から研究に取り組み、その「最も美しい答え」を創り上げたいと思っています。そのための鍵として、我々の研究プログラムでは、太陽光に依存しない地球深部に潜む「地球-生命」相互作用システムに注目しています。それは、太陽光に依存した光合成を起点とした地球表層の豊かな「輝ける生態系」に対して、地球内部エネルギーに依存した化学合成を基礎生産とする「暗黒の生態系」と呼ぶことができるでしょう。この「暗黒の生態系」に対して、生物学の枠組みを超えた多面的な学術アプローチによる研究を展開し、その相互作用のメカニズムについて解明しようとしています。また、この「暗黒の生態系」には、我々がこれまでに知らなかったような微生物や生物、常識を覆すような化学反応や生物機能が隠されています。これらの微生物や生物、その機能を探索・開発し、有効利用に結び付けられるような研究も推進しています。

第Ⅱ期中期計画では、既に画期的な成果が上がりつつあります。

我々の研究プログラムでは、未知の「暗黒の生態系」探索という冒険要素の強い研究も推進しています。2009年秋に、インド洋において第3と第4の深海熱水の探索を行い、二つの新しい深海熱水域を、そしてその熱水活動に依存した「生態系」を発見しました1)。

例えば、インド洋第1の熱水域かいいいフィールドで見つかった「黒いスケーリーフット」2)の新しいモルフォタイプである「白いスケーリーフット」を、第4の深海熱水域ソリティアフィールドで発見したのは偶然ではありません1)(図1)。「インド洋の新しい熱水を調査することによって絶対そのような新奇な化学合成生物が見つかるはずだ」という確信をもって、研究を立案・計画・遂行した成果でした。現在インド洋第5の熱水の調査が計画されています。新たな「暗黒の生態系」が存在していることでしょう。

また我々の研究プログラムの中期計画の目玉は、「ちきゅう」によるIODP沖縄熱水域掘削航海の実現とその研究でした。この航海は2010年9月に実現しました。この航海は、沖縄トラフの熱水活動を支える海底下の熱水循環系の全貌を明らかにしながら、その循環環境に生息する海底下の微生物生態系の量・規模・多様性・機能・役割を解読しようとする大きな研究プロジェクトの第一歩でした3, 4)。「ちきゅう」掘削航海と得られた試料の解析によって、(i)海底下に予想を超える巨大な熱水変質帯と海底下熱水湖の存在、(ii)海底下熱水湖において熱水の成層構造、(iii)海底下で今まさに形成されている大規模な「黒鉱」の存在、を発見することができました(図2)。また掘削孔に、世界初の大規模の人工熱水噴出孔をつくることにも成功しました。現在、海底下熱水溜まりの上部領域において、海底下微生物の活動が明らかになりつつあ

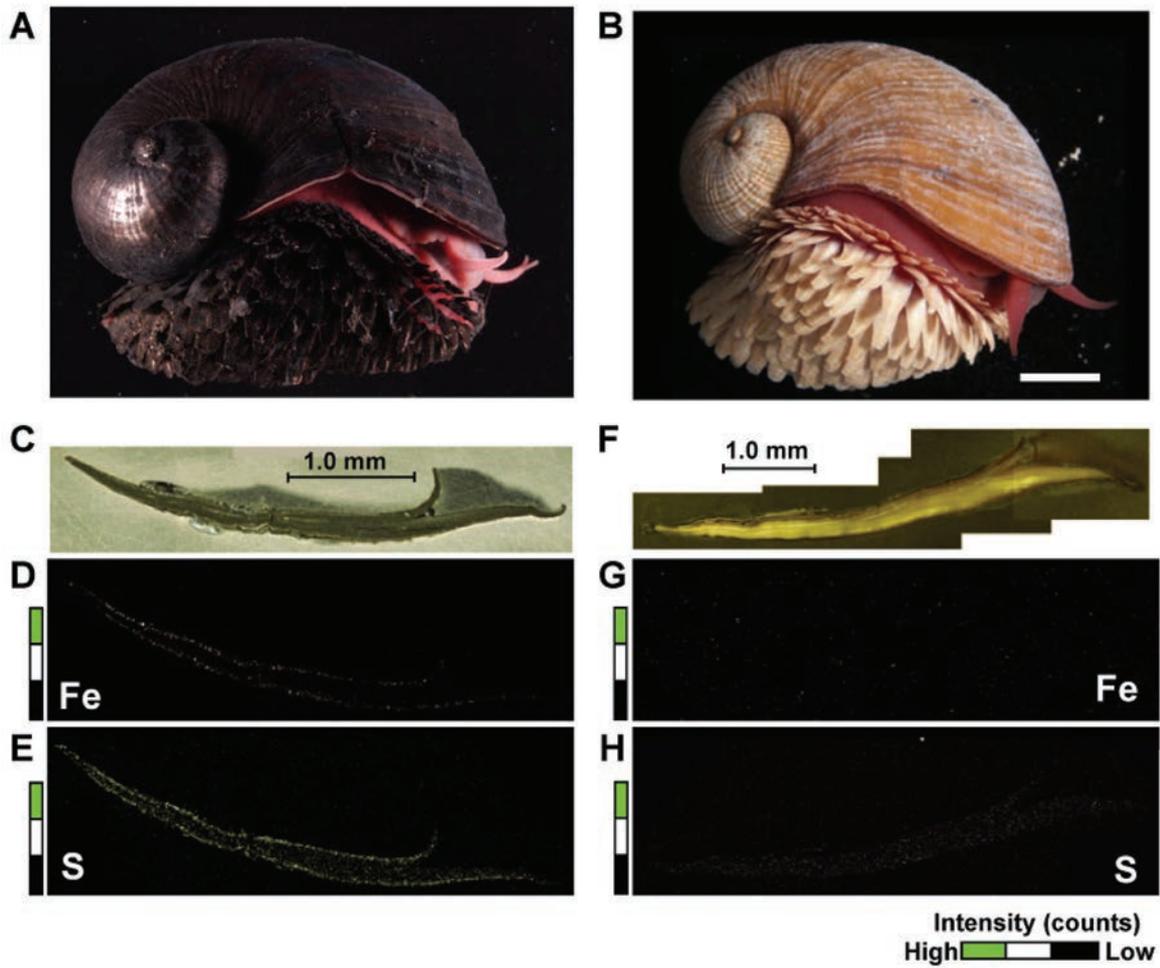


図1：インド洋に生息する黒いスケリーフットと白いスケリーフット。A, B: 全体写真。C, F: ウロコの断面光学顕微鏡写真。D, G: SEM-EDSによるウロコの断面の鉄元素分布。E, H: SEM-EDSによるウロコの断面のイオウ元素分布。黒いスケリーフットのウロコの表面が硫化鉄で覆われているのに対し、白いスケリーフットのウロコは硫化鉄のコーティングがないことが一目瞭然です。

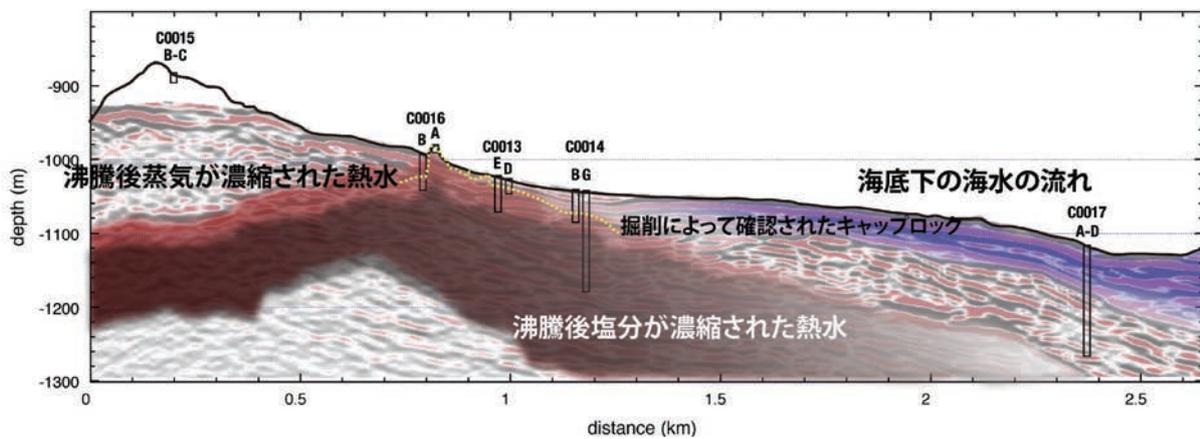


図2：沖縄トラフ伊平屋北フィールドの「ちきゅう」による掘削調査によって明らかになった海底下巨大熱水湖。しかも、熱水湖では沸騰により蒸気に富んだ熱水と塩分が濃縮された熱水に分離した熱水が成層構造を形成していることがわかりました。

り、また人工熱水噴出孔を利用した海底下熱水の物理・化学的特性の研究が進められています。今後の研究の進展が大いに期待できます。

また我々の研究プログラムでは、世界中の深海熱水域とそこに生息する微生物群集の研究結果から、「暗黒の生態系」の存在様式を決定づける最も重要な因子を世界で初めて明らかにしました。その因子とは、環境中に存在する水素ガス濃度でした。すなわちこれは「輝ける生態系」にとっての光が、「暗黒の生態系」にとって水素ガスであることを意味する革命的な発見です。

極限的な環境から、生命の限界を録取る微生物や機能未知の微生物を培養・分離・生理的特徴を明らかにする研究も、我々の研究プログラムの十八番です。第Ⅱ期中期計画では、例えば「40万Gの高重力でも生育可能な微生物」<sup>5)</sup>や「海底下堆積物からのメタン菌の培養」<sup>6)</sup>といっためざましい成果を挙げています。これらの微生物の研究が、「生命の限界」や「生命存在可能条件」の拡張、地球規模でのエネルギー・物質循環におけるブラックボックスの解明、等に大きく貢献するのです。それだけでなく、新しい微生物・遺伝子資源の開発にも貢献しています。

しかし、世界トップの微生物ハンター集団である我々にも培養できない微生物がいるものです。鹿児島県にある鉾山の地下約300mの坑道には、温泉が湧いており、温泉水の流れに沿って微生物のマット状群集が繁茂しています。陸上の温泉とは異なり、地下坑道には光がなく、まさしく「暗黒の微生物生態系」研究の格好のターゲットになっています。しかしその微生物生態系を構成する2種の優占種であるアーキアとバクテリアは、未だに培養ができず、現場でどのような機能をもってどのような役割を果たしているのか、全く分かりませんでした。我々はメタゲノミックな機能解析に挑戦し、見事にそれらのアーキアとバクテリアのほぼすべてのゲノムを決定し、その機能や生態的役割を推定することに成功しました<sup>7)</sup>。この成果は、アー

キアやバクテリアの進化を理解する重要な手がかりとなっただけでなく、地球で最初に誕生した持続的生命のエネルギー代謝を解明するブレークスルーになると期待できます。

- 1) <http://www.jamstec.go.jp/less/precam/j/news.html>
- 2) <http://www.jamstec.go.jp/biogeos/j/xbr/sugar/News.html>
- 3) <http://www.jamstec.go.jp/biogeos/j/xbr/sugar/OkinawaDrilling/OkinawaDrilling.html>
- 4) <http://www.jamstec.go.jp/okinawa2010/j/>
- 5) [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20110426/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20110426/)
- 6) [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20110609/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20110609/)

## 海洋・極限環境生物圏領域

### 海洋環境・生物圏変遷過程研究プログラム

#### 堆積物に記録される生命活動から環境を読み解く

過去45億年の地球史を通して、地球の表層環境は大きく変動してきました。この長期的な環境変動は、様々なプロセスが複雑に重なりあって生じています。地球環境変動の究極的な要因は、究極的には隕石衝突や地球軌道要素の変化といった地球外部要因と、地殻やマントルの活動の変化といった地球内部要因の2つに分けることができます。地球表層に生息する微生物を含めた各種生物の活動は、こういった要因に対する地球表層環境システムの応答に非常に重要な鍵を握っています。私たちはその視点に立って、生物活動の理解とその地球表層環境への関わりの理解を目指し、研究を行っています。ここでは二つの研究成果について紹介しましょう。

#### 白亜紀黒色頁岩の成因の解明

白亜紀は大気中の二酸化炭素濃度が現在より一桁ほど高く、地球温暖化が極端に進んでいたことが知られています。この時代は、「黒色頁岩」と呼ばれペラペラと板状に割れ、有機物が濃集した真っ黒な堆積岩が汎世界的に形成されました。このことは、その1億年後に起きた私たち人類の繁栄に深く関わっています。なぜなら黒色頁岩は、現代文明を支える石油の根源岩だからです。この黒色頁岩の成因に関しては、石油資源の探索とあいまって20世紀初頭から多くの地質学者が取り組み、海洋全体が無酸素になることによって有機物に富んだ黒色頁岩が形成されたと考えられる

ようになりました。黒色頁岩が形成されるイベントは、「海洋無酸素事変」と呼ばれています。

この海洋無酸素事変のルーツを探るために私たちは、ポルフィリンと呼ばれるバイオマーカー(起源生物が特定される有機化合物)に着目しました。ポルフィリンとは、植物が光合成色素として生合成するクロロフィルが、1億年の間に徐々に変質した化合物です。このポルフィリンは熱安定性が高く、石油中にさえ残されています。この分子には窒素原子が4つ含まれ、当時の海洋表層の栄養塩の情報を窒素同位体比としてその中に記録しています。窒素は海洋において生物生産を制限する栄養塩であるため、海洋における生物地球化学サイクルの根幹に関わる第一級の情報が得られることが期待できる。私たちは、最新の分析技術を駆使するだけでなく、市販の分析機器を改造することによって、ポルフィリンから過去の記録を読み解く事に成功しました。

その結果によると、黒色頁岩が形成された当時、窒素固定を行うシアノバクテリアが海洋表層における主要な一次生産者であったことを示しました。窒素固定とは特殊な酵素を用いて窒素ガスをアンモニアに還元し、アミノ酸の合成などに用いる代謝プロセスのことです。当時の海洋は、このようなシアノバクテリアの赤潮が頻発する環境だったと考えられます。

では白亜紀の海洋で、このような海洋環境が作り出されたのでしょうか?特に、なぜシアノバクテリアの赤

潮がある時期に集中して起きたのでしょうか？ IFREEと共同で行った微量金属の同位体比の分析結果は、黒色頁岩が海底に堆積し始めるのとぴったり同時に、大規模な火山活動が起きていたことを示しています。巨大火成岩区と呼ばれる大規模な火成活動が、黒色頁岩を形成する究極的な原因だったのです(図1)。巨大な火成活動が引き起こす気候変動のみならず、この海洋無酸素事変と同時に起きている大量絶滅や地磁気静穏期との関係など、その地球科学的な興味は尽きません。

現代文明を支える化石エネルギーは、太古の昔にイベント的にシアノバクテリアが光合成によって蓄積した太陽エネルギーであり、それはイベント的に地球内部からもたらされた巨大な熱エネルギーの仕業であることが判明しました。地球内部の活動と表層環境がかつて共鳴して生み出した産物を利用して、人類は過去100年間にその生活基盤を大きく向上させてきたのです。

### 堆積物—水境界の親生物元素物質循環ダイナミクスの解明

新生代に入ってから、大気中の二酸化炭素濃度は徐々に減少し、地球環境の寒冷化が進行しました。極域ではたつぷりと酸素を含んだ冷たい深層水が形成されるようになり、深海底に酸化的環境が広がるようになりました。しかし、地球上から無酸素環境が消滅したわけではありません。海水に溶存している酸素は、堆積物内部へも拡散・輸送されています。一方でバクテリアを含む底層生態系では有機物の分解(=呼吸)によって酸素が消費され、海底下では酸素濃度が深度と共に減少し、ついには無酸素となります。海底面を挟んだ堆積物—水境界における酸化還元境界は、海洋表層からの有機物に依存する複雑な底層生態系の作用に規定されているため、地球環境の変動に鋭敏に反応します。そのため私たちは堆積物—水境界付近の親生物元素物質循環ダイナミクスに着目し、相模湾など様々な海域での現場観測に取り組んでいます。

相模湾のような有機物量の多い堆積物—水境界では、底層生物の活動によってわずか数mm～数cmという極めて狭い領域で親生物元素の濃度勾配が形成されます。私たちは月面着陸ならぬ海底着陸を行うことができる海底ランダーシステムに現場微小電極装置を搭載し、深海底堆積物—水境界における溶存酸素濃度を数ミクロン間隔で測定し、拡散に伴う酸素の供給と生物によるその消費速度を求めています。2010年には世界最深部であるマリア

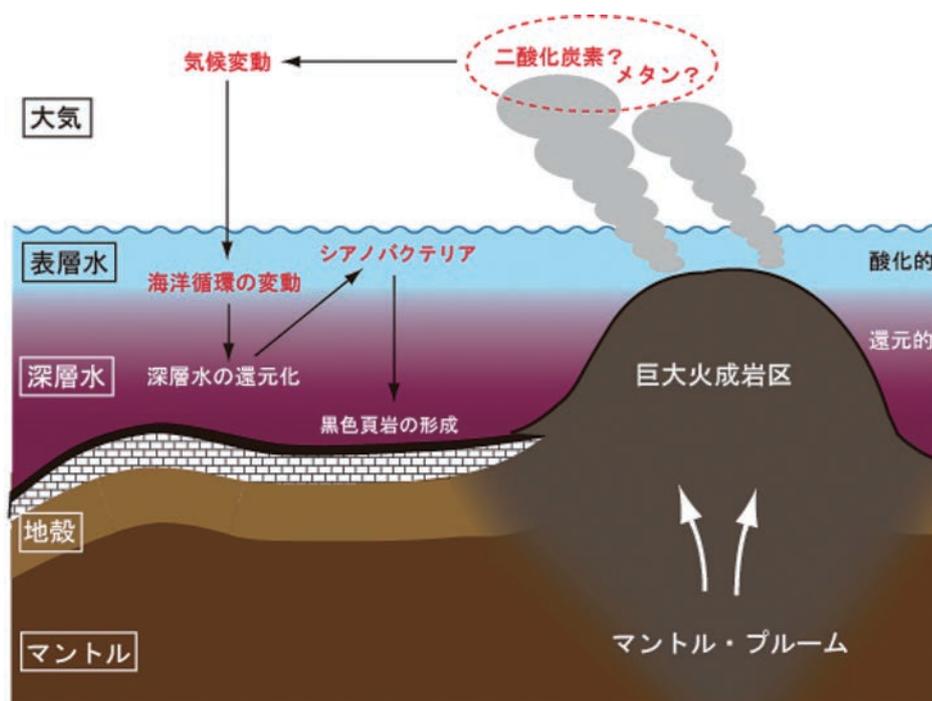


図1：海洋無酸素事変時の地球環境を模式的に表した図

ナ海溝チャレンジャー海淵の10,900m地点での観測に成功しました。私たちはソフトシェル有孔虫という古いタイプの原生生物がそこに多量に分布していることを2005年に報告しましたが、溶存酸素プロファイルを測定したことで、これまでほとんど分かっていなかった超深海底での物質循環を解明するとともに、このような「生きた化石」が分布している理由を解き明かしていきたいと考えています。

微小電極による分析を進める一方で、私たちは二次元オプトードと呼ばれるセンサーを作成し、海底ランダーシステムに搭載しました。これによって堆積物—水境界の溶存酸素分布を可視化し、時空間変動を記録できるようになりました。下北沖で数日間の連続撮影の他、初島沖深海ステーションでは世界でも類を見ない8ヶ月にも渡る長期観測に成功しました。2008年には極低溶存酸素用のセンサーを開発し、酸素極小層の発達するアラビア海における高精度観測に成功し、私たちの高い技術力を示しました。こういった観測によって、堆積物—水境界における酸素濃度は決して静的ではなく、生物活動や底層流によって時々刻々変動している様子が明らかになりました。

堆積物—水境界の親生物元素分布は底層生態系と相互に影響を及ぼし合っています。海底での生物活動を理解するために、私たちは、安定同位体を用いた現場培養実験を行っています。JAMSTECが保有する有人・無人潜水艇を最大限活用して設置・実験・回収できる現場培養装置を設計することによって、自然の状態に近い生物の営みとそれに伴う物質循環を観察することができるようになってき

ました。この現場培養実験によって、相模湾では大型生物やバクテリアに並んで、メイオファウナという小さな生物群が底層生態系において重要な役割を果たしていることを定量的に明らかにしました(図2)。

メイオファウナの中で底生有孔虫はひとつの細胞しか持たない原生生物であるにも関わらず、硝酸塩呼吸能や、バクテリアや藻類、盗葉緑体の複合的な共生関係が特殊な代謝経路を生み出し、貧酸素環境への適応を支えていることがわかってきました。これは還元的環境へ適応する上できわめて重要な性質です。また、炭酸塩殻を持つことにより、間隙水の化学勾配と相互作用を及ぼす一方で、殻の化学組成は地質時代を通した環境記録者として有用です。私たちの室内実験の結果、細胞内のカルシウム濃度やpHを局所的に高め石灰化を精密にコントロールしていることが観察されました。このような素過程の理解を深めることで、底層生態系が駆動する堆積物—水境界の親生物元素物質循環ダイナミクスの全体像の解明を進めていきます。

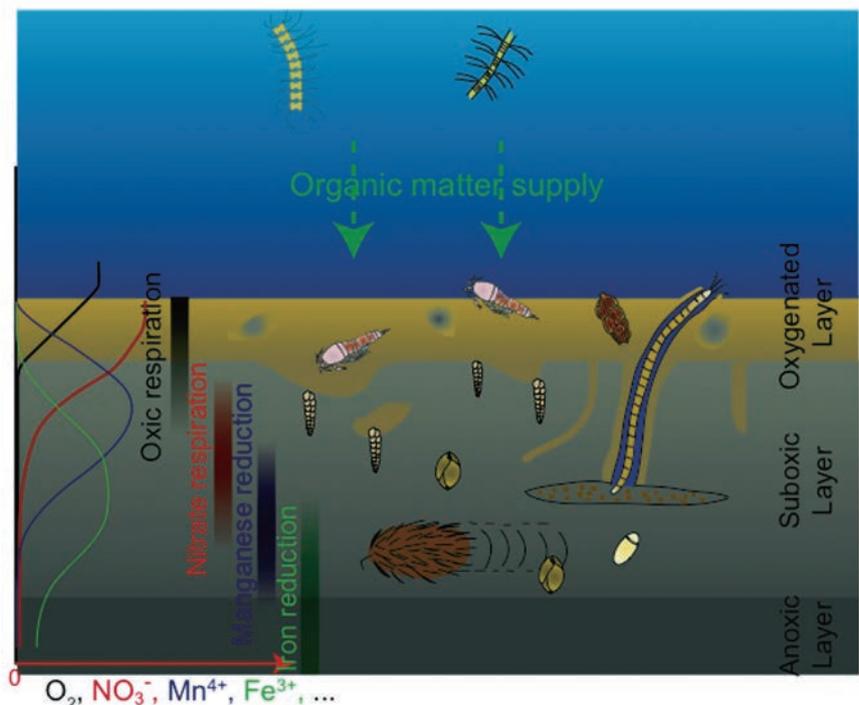


図2：堆積物—海水間の物質移流プロセスとメイオベントス

## 地震津波・防災研究プロジェクト



プロジェクトリーダー  
金田 義行

### 地震・津波被害の軽減に向けて

2011年3月11日。この日は多くの人々にとって、決して忘れられない日となりました。東日本を襲ったM9の超巨大地震と大津波は、近代日本が初めて経験した広域地震津波災害です。高さ10m以上の大津波は防潮堤を難なく超えて多くの沿岸の町を崩し去りました。この地震によって、東北日本は陸域で東に5mm海域では最大約50mも移動しました。

ただ、このような地震津波災害を引き起こす場所は東北の海域だけではなく、西南日本海域の南海トラフもそのひとつであり、ここでは東海、東南海、南海地震と言ったM8級の巨大地震がおおよそ100～200年間隔で繰り返し発生しています。その起こり方や規模は一定ではなく、過去には3つの地震がほぼ同時に発生したり、あるいは時間差を持って発生したことが知られており、その規模も異なります。

政府の地震調査研究推進本部では、今後30年以内の地震発生率は、東海地震で87% (参考値)、東南海地震で60%～70%、南海地震は60%程度と予測しています。南海トラフの巨大地震はいつ頃どのようなパターンで発生するのか、その規模を予測すること、その際の被害想定を高精度に行い、複数の想定に基づく対策を整備することが緊急の課題です。

このため、切迫度の高い震源域での海底地殻変動や海域の津波履歴等の観測評価は非常に重要です。1995年の兵庫県南部地震を契機に、陸域の地震観測網(Hi-net)ならびに地殻変動観測網(GEONET)の

整備は急速に進みましたが、陸域に比べ海域における調査観測は不足していると言わざるを得ません。

地震津波・防災研究プロジェクトでは国の要請を受け、地震津波の早期検知およびリアルタイム観測データを活用する事による地震発生予測の高度化を目指した先進的な海底観測システム開発、震源域の詳細な地殻構造の解明、地震発生のシミュレーション研究等を実施しています。

先進的な海底観測システムである「地震・津波観測監視システム(DONET)」は東南海地震の震源域、いわゆる地震の巣に聴診器を直接当てて、地震の巣の状況を調べるものです。

これは、地震計や津波を検知する水圧計等の観測装置を海底に設置した地震・津波のリアルタイム観測網で、水深1,900m～4,300mの海域に設置する20個の観測装置がループ状の光海底ケーブルで結ばれ、観測データは光ケーブルや陸上局を經由して気象庁、防災科学技術研究所等に送られます。

DONETによる成果は、地震・津波の早期検知による防災への貢献だけでなく、各種の地動センサーや精密な圧力センサーによる精緻な地殻変動の把握とともに、圧力センサーで得られた海底地殻変動データを用いたデータ同化による地震発生予測精度の向上が期待されます。データ同化については京速コンピュータの活用によるさらなる開発推進を行っています。

また、南海地震との連動発生を評価するため、紀伊半

島西方沖への海底ネットワークの開発も開始しています。このように海域における精緻な観測体制の整備が進められているところですが、これらの海底観測網の整備においては、これまでJAMSTECが培ってきた技術を基本としています。

日本は世界でも有数の地震発生国です。残念ながら地震津波を止めることはできませんが、地震津波被害を最小限にとどめるべく備えていくことは我々の使命です。研究成果を実際の減災に活かし、次世代、またその次の世代が地震津波被害で悲しむことのないよう、地震津波・防災研究プロジェクトはこれからも研究開発を邁進していきます。

#### 地震・津波観測監視システム(DONET)

平成18年度に文部科学省の委託を受け、東南海地震の想定震源域である紀伊半島沖熊野灘の海底に、

20基の高精度な地震・津波センサーをネットワーク化した地震・津波観測監視システムを構築し、防災減災に生かすプロジェクトを推進しており、すでに観測が開始されています。

観測データは、三重県尾鷲市古江町の陸上局から専用回線でJAMSTEC横浜研究所に送られ、処理・記録されています。これらのデータは地震発生予測のモデル高度化等に供されます。また、地震・津波データは防災科学技術研究所及び気象庁にもリアルタイムで送られ、緊急地震速報や津波警報の高精度化、迅速化等の実現に貢献するものと期待されています。

また、平成22年度からは第2期計画(DONET2)として、南海地震の震源域を観測ターゲットとした新たな地震・津波観測監視システムの構築が始まりました。DONET2は潮岬から室戸岬沖にかけて約30基の観測装置を設置し、ネットワーク化する計画で、ケーブル

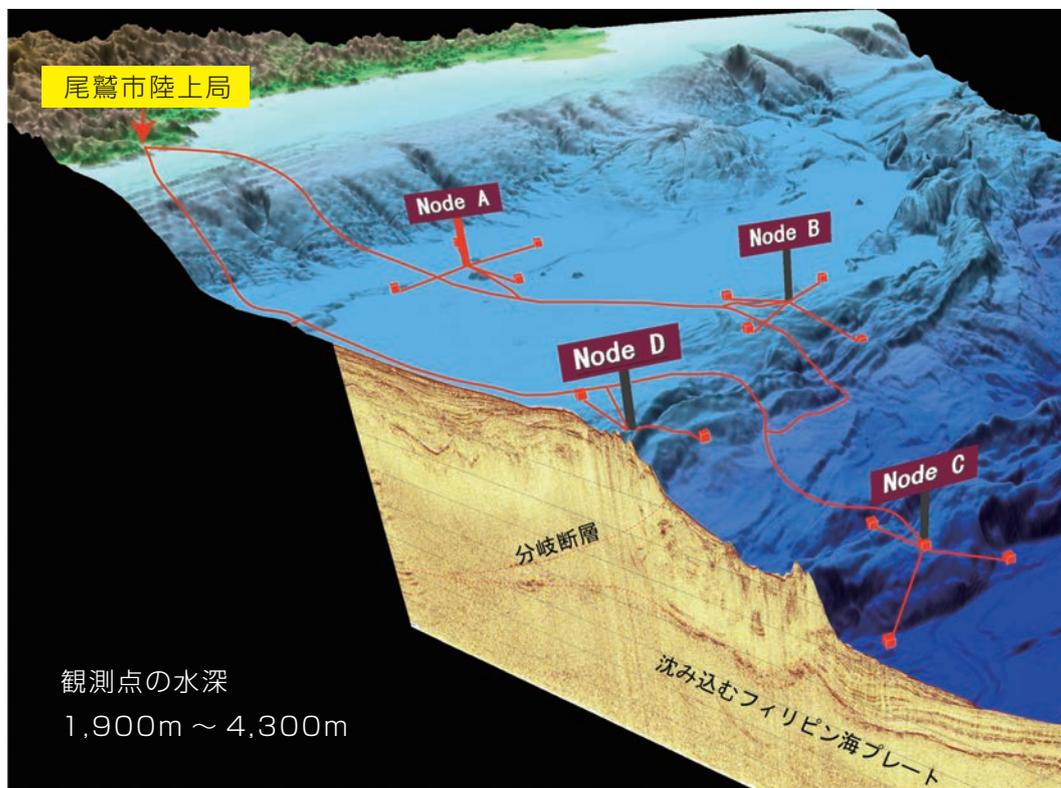


図1：DONET展開図

システムの高電圧化等のシステム高度化も行っています。に伴う様々な要素技術開発を行わなくてはなりません。

### 東海・東南海・南海地震の連動性評価研究

平成20年度から文部科学省の委託を受け、東海地震、東南海地震、南海地震が連動して起こる可能性の評価を目的とした研究プロジェクトをJAMSTECならびに大学や他の研究機関との連携により実施しています。

このプロジェクトでは大きく3つのグループに分かれ研究を実施しています。1つ目は海底下地殻構造調査を中心とした観測研究、2つ目は地震発生メカニズムをモデル化し東海・東南海・南海地震が連動して起こった場合の破壊様式を解明するシミュレーション研究、3つ目は巨大地震による強い揺れと津波の高精度予測を行い、人的被害の軽減戦略を策定する防災・減災研究です。

最近の成果として観測研究では、日向灘を含む南海トラフ域の西側で沈み込むフィリピン海プレートに関する構造と地震活動を捉えるための調査観測を実施したところ、遷移帯と九州パラオ海嶺の構造境界が1968年の日向灘地震で破壊した領域の西縁に相当することが明らかとなりました。

シミュレーション研究では、沈み込むプレート境界を平面断層で近似していた従来のモデルを、実際の断層形状に近い曲面で近似するモデルを開発し、紀伊半島の東西で発生する地震の発生間隔にどのような違いを生じるかを検討しています。

また、防災・減災研究では、国、地域の行政、ライフライン企業等が参加する地域研究会を高知、大阪、名古屋、三重等被害想定地域で開催し、研究成果を防災・減災施策に役立てる活動を行っています。

### ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究

東北日本の日本海側では、平成16年に発生した新潟県中越沖地震など大きな被害を伴う地震がしばしば発生し、「ひずみ集中帯」と呼ばれる地域が存在し

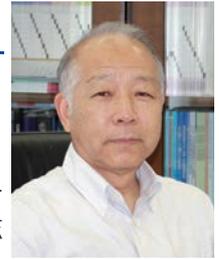
ています。平成20年度より「ひずみ集中帯」の全体像を明らかにするプロジェクトが始まりました。

平成22年度実施した能登半島沖から佐渡沖にかけての構造探査により、過去の日本海拡大による地殻薄化を確認すると共に、その後の圧縮変形による背斜構造も特定されました。また、新潟地震震源域付近で強い圧縮変形を受けていることも明らかとなりました。今後は日本海中部地震の震源域まで調査エリアを拡大し、過去の大地震のメカニズムを規定する構造的な特徴を探っていきます。

### 長期孔内計測技術開発

平成22年度11～12月のIODPの南海トラフ地震発生帯掘削航海(Expedition 332)で、地球深部探査船「ちきゅう」が掘削した掘削孔井(水深1,938m、海底下約750～940mの深度)に地震計、傾斜計、歪み計、温度計等のセンサーを設置固定しました。このセンサーは地上の一千数百倍の圧力と170～180℃の過酷な環境でも長期間安定した観測が可能なセンサーです。現在、観測データは海底のデータ記録装置に一時保存され、無人探査機で回収していますが、今後、これらセンサーはDONETのネットワークに接続され、東南海地震震源域における海底及び海底下総合リアルタイム観測監視が可能となり、より高精度な地震津波の早期検知や地震発生予測等、防災・減災に貢献できるものと期待されています。

## IPCC 貢献地球環境予測プロジェクト



プロジェクトリーダー  
時岡 達志

### 将来の地球環境を予測する

IPCC貢献地球環境予測プロジェクトは、文部科学省の委託研究「21世紀気候変動予測革新プログラム」、および環境省の委託研究「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究」の一部を実施しており、温暖化予測モデルの高度化、予測不確実性の低減、自然災害に関する影響評価などの研究を行い、想定されるIPCC第5次評価報告書への寄与と、気候変動対応の政策へ科学的基礎を提供することを目的としています。本プロジェクトにおける最近の成果の一部を以下に紹介します。

#### 地球システム統合モデルによる 地球温暖化シナリオ実験

IPCCの第5次報告書に向けて、「第5次結合モデル相互比較計画(CMIP5)」の仕様に基づいた地球温暖化実験を、海洋研究開発機構が中心となって開発した「地球システム統合モデル」を用いて実施しています。このモデルは生態系モデル、地球化学モデルを内包し、気候変動と炭素循環変動を連立させて将来の

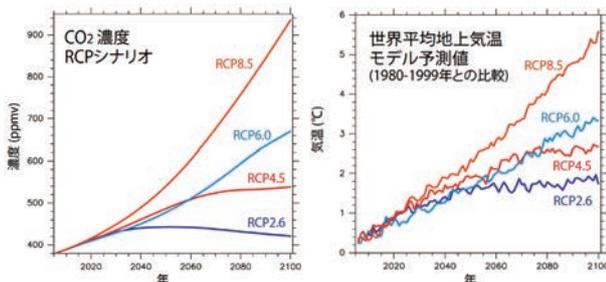


図1：(a)地球システム統合モデルによる温暖化予測実験で用いた大気中CO<sub>2</sub>濃度変化、(b)夫々のシナリオで得られた全球平均地上気温変化。

地球環境変化を予測します。

図1(a)は実験に用いた大気中のCO<sub>2</sub>濃度変化、図1(b)は夫々のシナリオに対応する全球平均地上気温変化、そして図2は図1(a)のCO<sub>2</sub>濃度変化を実現させるために要求される化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出量を示しています。RCP2.6シナリオの場合、今世紀半ば以降ではこの値が零ないしそれ以下となっており、これはこのシナリオ実現のためにはCO<sub>2</sub>の回収を行わねばならないことを意味しています。このような結果となった背景にはこのシナリオの中の土地利用変化が炭素循環に大きく影響していることが分かりました。

この実験では温暖化時の成層圏循環の変化、対流圏・成層圏のオゾン量の変化、植生の変化なども予測しており、これらについて現在詳しく解析を行っています。

#### 近未来気候予測実験

これまでの地球温暖化予測は100年先の将来の気候状態を推測するためのものでしたが、これから社会経済に関わる温暖化対策を実際に進めていくにあたり

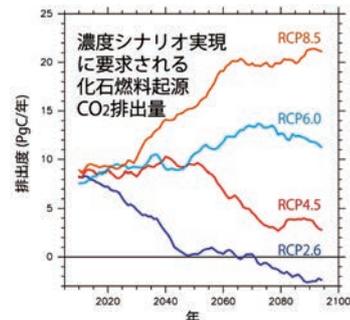


図2：図1(a)のCO<sub>2</sub>濃度変化を実現させるために要求される化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出量。

り、30年程度先までの近未来において、気候がどのように推移するのか、時間的にも空間的にもより詳細な情報が求められています。これに応えるべく、従来の温暖化予測に使用されてきた気候モデルにデータ同化という手法を導入し、気候モデルの中で現実に近い気候状態を再現させ、その状態から予測を開始するという試みを行っています。これにより、近未来においては、従来の温暖化予測に比べて精度の高い予測情報を得られると期待されます。また、計算された予測結果にどれほどの信頼性があるのか、このような信頼性情報を予測結果に付与するため、複数の予測計算を行い、予測結果を統計的に処理して、予測値の誤差の幅を推定します。これが予測の不確実幅で、このような推定手法をアンサンブル予測手法と言います。

30年先の予測の可能性を探るために、まず分解能の比較的低い中解像度気候モデル(大気300km、海洋100km)を用いて、上述のデータ同化実験およびアンサンブル予測実験を行いました。ここでは、まず、気候システムに卓越して見られる十年規模変動の予測可能性について検討します。とりわけ日本の気候変動に影響を与えていると考えられる太平洋十年規模変動(PDO: Pacific decadal oscillation)と呼ばれる変動に着目することにします。PDOはおよそ20年の周期的な気候変動で、図3に示したように、赤道域と北太平洋で互いに異なる符号をとるパターンとして特徴づけられ、海洋の水温や海上気圧の場に明瞭に現れる現象です。この実験では、PDOを5～8年程度予測することに世界で初めて成功しました(図3)。図をみるとPDOの変動が強く現れやすい海域での予測可能性が高いことが分かります。

次に高解像度気候モデル(大気60km、海洋20～30km)を用いて実験を行い、中解像度実験と比較しました。モデルを高解像度にすることで、高解像度モデルでは台風や集中豪雨などの顕著・極端現象の再現性が高く、地域的な気候の再現性が高いことが確認できました。最も注目する太平洋十年規模変動の予

測スキルに関しては、中・高解像度モデル結果ともに同程度であると見積られました。現在詳細な解析を引き続き行っています。

### 温暖化時の台風などの極端現象に関する研究

熱帯で発生する雲は大気大循環の駆動源として地球全体の気候の形成に影響を及ぼすなど、地球環境の決定に大きな役割を果たしています。熱帯の雲は組織化して、水平スケール10kmから数1000kmにおよぶ積乱雲、積雲クラスター等の階層構造を形成します。また、熱帯の雲集団の中から熱帯低気圧・台風が生まれ、世界各地に大きな災害をもたらします。

地球温暖化予測に使われてきた今までの気候モデルは水平解像度が100km程度で、熱帯の雲を直接解像することはできないため、「雲パラメタリゼーション」という半経験的な手法に頼らざるを得ず、これが気候予測の不確定性の一つの要因となっていました。このような困難を打破するために、JAMSTECでは水平格子間隔を数kmとする全球雲解像モデル「NICAM」を開発しました。NICAMでは、雲システムをパラメタリゼーションに頼ることなく直接解像します。

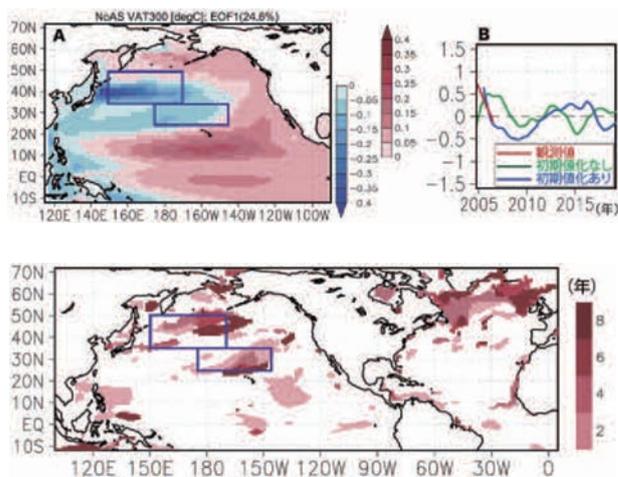


図3：(左上) PDOに現れる海洋上層水温分布。(右上) 将来予測実験におけるPDOパターンに対応した位相変化。初期値化を行った場合は2005年以降正から負へ向かう位相変化が予測されました。(下) 海洋上層水温の予測可能期間。青線で囲んだ部分はPDOの変動が大きい場所を示しており、この領域では5-8年程度の予測が可能であることを示しています。

そこで解像度7.5kmの雲解像全球モデル(NICAM)を用いて温暖化時の台風の動向を調査しました。その結果は、第4次評価報告書の示唆を裏書きするもので、ある温暖化シナリオ(CO<sub>2</sub>濃度が現在の約2倍ほか)のもとで地球全体での熱帯低気圧は、数は減りつつも勢力の大きなものが増えることを確認しました。さらに、勢力が大きな熱帯低気圧ほど雲頂高度が高くなる傾向をもっているが、温暖化時にその傾向が顕著になることも分かりました。従来型の気候モデルと異なりNICAMは積乱雲群のライフサイクルを直接計算できるので、熱帯低気圧の将来変化研究の新たな展開が期待できます。

NICAMは雲システムを解像できることから、雲に係る地球温暖化予測の不確定性の低減に貢献することが期待されています。これに関する研究には現在引き続き取り組んでおります。

これとは別に、解像度20kmの気象研究所/気象庁全球大気モデル(AGCM20km)を用いた温暖化時(SRES A1Bシナリオ)のもとでの北西太平洋における台風活動変化も調査しました。その結果、(a)台風の発生数、存在頻度の顕著な減少(-23%)、(b)北へ転向する経路の東への移動、(c)東南アジアに接近する台風の顕著な減少(-44%)が示されました。これらは大規模循環の変化というよりも台風の発生場所の変化によるもので、海面水温変化のパターンの影響を強く受けたものであることが分かりました。

このAGCM20kmの結果と、気象研究所/気象庁領域非静力学領域モデル(NHM5km)の日本付近の極端な降水現象の再現特性を比較調査しました。領域最大日降水量、降水日数、日降水強度指数に関して両者を比較したところ、NHM5kmではAGCM20kmに比べて夫々のバイアスがおよそ3分の1に減少しました。このことは、気候変化に伴う極端な降水現象の定量的な予測の改善のためには、NHM5kmによるダウンスケーリング(特定の地域を高解像度にする手法)が有効であることを示しています。

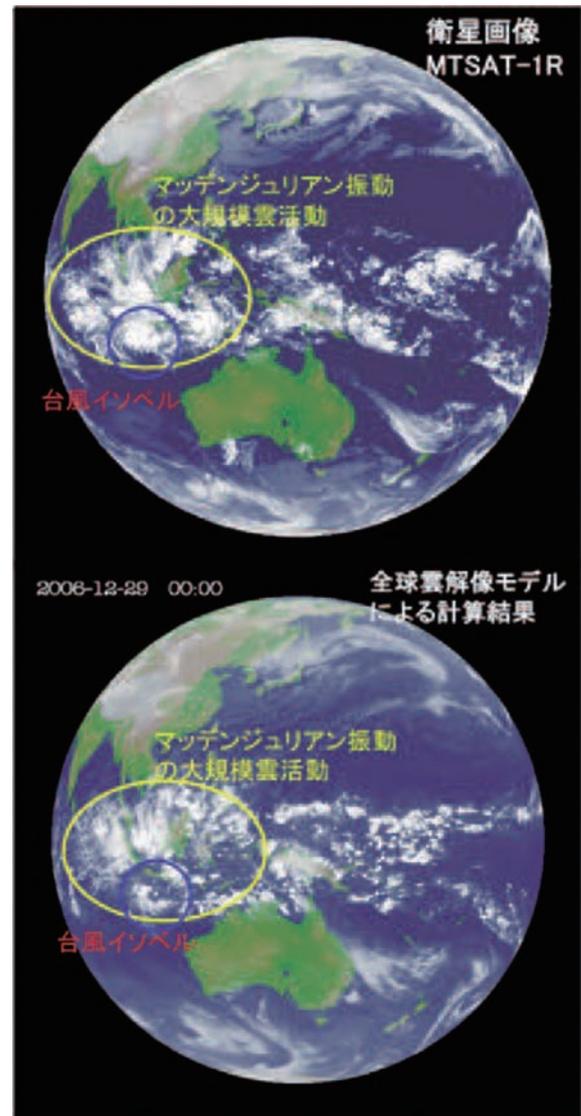


図3：2006年12月29日0時の衛星画像(上)と同時刻のNICAMによるシミュレーション結果(下)。マッデン・ジュリアン振動による雲活動や「イソベル」と名付けられた台風がNICAMによって再現されています。

## 海底資源研究プロジェクト



プロジェクトリーダー  
木川 栄一

### 先端資源科学の創成を目指して

リーディングプロジェクト「海底資源研究プロジェクト」は、平成23年4月1日に新しく設置されました。

近年、資源問題への関心の高まりから、深海底に隠された様々な資源が大いに注目されています。日本は狭い国土ながら、世界第6位の広大な排他的経済水域（EEZ）を持っています。この広大なEEZ内に眠る海底資源を活かすことは、日本の経済成長を支えるのみならず、人類の持続可能な発展のために非常に重要ですが、それを利用できるかどうかは、いかに低コストで効率よく海底を探索して資源を発見し、回収できるかにかかっています。

海底資源研究プロジェクトでは、海底資源研究の推進に必要な調査を計画し、実施すると共に、海底資源科学に関する最先端の研究を行います。巨大な鉱物資源として有望視されている海底熱水鉱床の存在様式と規模、コバルトリッチ・鉄マンガンクラストの成因の解明、海底下の炭化水素資源の生成メカニズムと炭素循環システムの応用工学的研究、海底下のメタン生成システムの解明を推進します。JAMSTECがこれまで培ってきた豊富な経験と技術を活かした調査・研究を行うことにより、将来、我が国が海底資源を利用するために必要不可欠な知見が得られることが期待されます。

海底資源研究プロジェクトの4つの研究グループは、所属する研究員の特長を最大限に活かして、グループの研究ターゲットに向かって最先端の研究を行います。調査研究推進グループは海底資源調査を実施し、調

査研究企画調整グループではJAMSTEC内外との調整業務を行い、両グループが一体となってプロジェクト全体を推進します。また、海底資源研究プロジェクトは海洋工学センターと密接に連携し、無人探査機を積極的に活用して、調査・研究を効率的に推し進めます。

#### 調査研究推進グループ

調査研究推進グループは海底資源調査の計画立案と実地調査を行うと共に、4つの研究グループとの協働で得られた海底資源科学の知見とノウハウを集約します。

調査はまず広域に、船舶の音響測深による海底地形探査、反射法地震探査による海底下構造探査を行い、調査対象海域を絞ります。続いて、自律型無人探査機を用いた潜航調査、曳航体調査によって、より精密な微地形探査・音響イメージング・高解像度地下構造探査・電磁気探査などを行い、資源対象として有望な範囲を絞り込みます。最終的には「ハイパードルフィン」などの遠隔無人探査機や有人潜水調査船「しんかい6500」を用いて、画像観測をしながら実際の試料を採取し、様々な測定・分析を行い、岩石・コア試料の特徴を明らかにします。

このような調査によって、海底資源としての空間的な広がりを把握すると共に、基礎的な情報の蓄積を図っていきます。また、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削調査を活用していきます。

### 地球生命工学研究グループ

海底下深部の天然ガス・石炭層や泥火山におけるメタンハイドレート柱状分布域を中心に、有機物の分解プロセスや地下圏微生物の生態系機能等の実態を解明し、持続的な炭素循環システム(ジオバイオリクター)の構築・利活用に向けた基盤的・応用工学的研究を行います。

また、JAMSTECが有する地球深部探査船「ちきゅう」や海洋調査機器等を活用し、生態系機能や無機・有機化学反応を利用したエネルギー再生・循環型の二酸化炭素地中隔離法(バイオCCS: Carbon dioxide Capture and Storage)の開発や、海底下微生物が有する有用遺伝子機能の開発、さらに地下生命圏におけ

る新しいエネルギー獲得系や微生物代謝系の探索等に関する、地球科学-生命科学を融合した最先端研究を展開します(図1)。

### 海底熱水システム研究グループ

海底熱水システム研究グループの目的は、分野横断型の研究チーム、技術開発チームそして運用技術チームの三位一体となった最先端の研究開発により、海底および海底下熱水金属硫化物鉱床の成因の原動力である海底下熱水循環と、それに付随する熱水駆動海底下生命圏の規模、存在様式、相互作用について、現場環境と実験室レベルで明らかにすることです。また、その科学的な理解は、海底および海底下熱水金

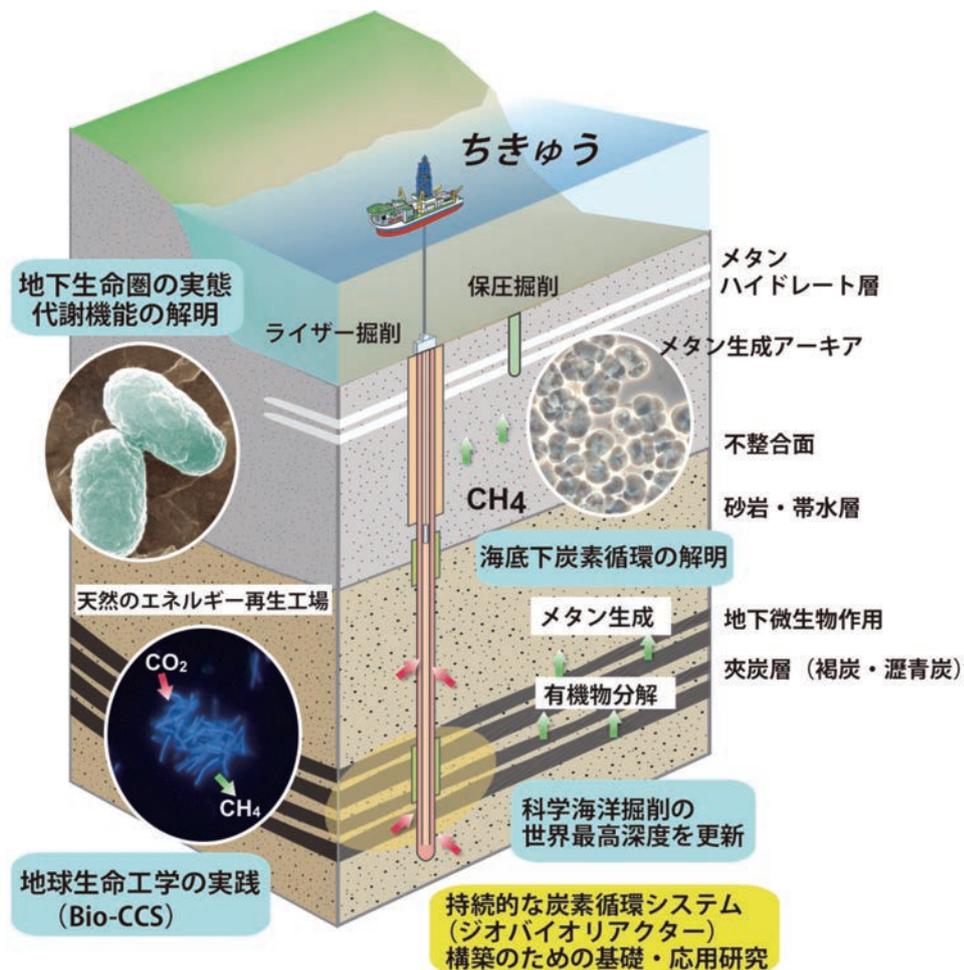


図1：地球深部探査船「ちきゅう」によるライザー掘削を活用した科学海洋掘削の実践により、海底下深部の炭素循環や生命活動の実態が解明されるのみならず、持続的な炭素循環システム構築のための基盤的・応用工学的知見の獲得が期待されます。

属硫化物鉱床の探査・開発・実用に向けた不可欠な要素ですが、開発に向けた必要前提条件とすることなく、JAMSTECの有する研究開発ポテンシャルを、科学目標の解明と探査・開発の主導的役割に同時並行的に資することを目指します。具体的には沖縄トラフ伊平屋北フィールドをメインターゲットに、海底下熱水循環系の規模および存在様式や熱水と地下生命圏の関わりを解明を目指します(図2)。

### 資源地球化学研究グループ

石油の起源生物として重要なシアノバクテリアと当時の環境との関連性、メタン生成場の環境条件、メタン以外の炭化水素の生成などに焦点を当て、新たな研究法を開発することによって知見を生み出し、炭化水素エネルギー資源の起源と生成プロセスに関する全体像の理解を目指します。特に、メタンハイドレートが日本近海に多量に分布していることは明らかになってきていますが、実は、微生物によるメタン生成については、地下のどこで、どれくらい行われているのか、ほとんど分かっていません。そこで資源地球化学研究グループでは、メタン生成菌が利用しているある種の酵素(F430)を極めて微量でも検出できる手法を開発し、海底コアにおけるその酵素の分布と濃度から、メタン生成の深度と生成量を明らかにしようとしています(図3)。

### 資源成因研究グループ

地球化学的手法を活用して、今まで生成年代を決定することが困難であった鉄・マンガンクラスト(図4)、

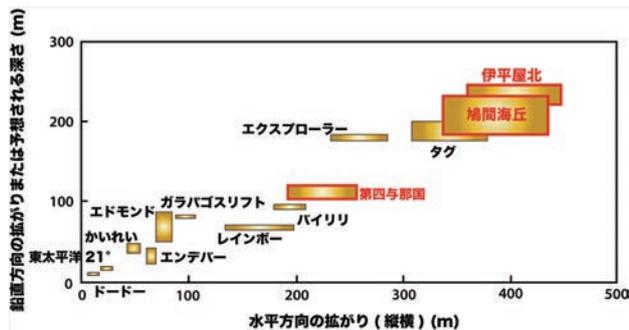


図2：海底下熱水活動域の規模の比較。世界的に見ても伊平屋北フィールドの活動域は広く、深いと予想されています。

石油・石炭鉱床、火山性塊状硫化物鉱床の生成年代決定を行い、得られた年代値と地球化学的特徴に基づいて鉱床成因論への新たなブレイクスルーを目指します。また、微小領域における化学種の同定、高精度・多元素同時分析技術を駆使することにより、白金族元素等も含めたレアメタルの濃集機構の解明・資源ポテンシャル評価を行います。さらに、微生物学的視点での検討を加えることにより、元素の濃集機構と生物活動(バイオミネラリゼーション)の関連の解明を目指します。

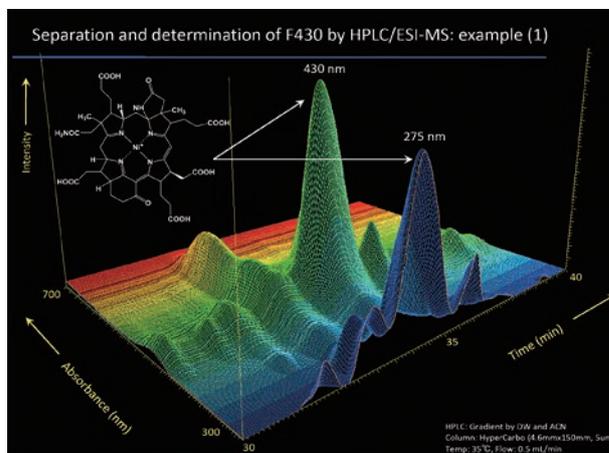


図3：高速液体クロマトグラフィ(HPLC)によるF430の分離とエレクトロスプレー質量分析(ESI-MS)によるF430の検出例。F430は波長430nmに吸収ピークを持つことから名付けられています。



図4：鉄・マンガンクラストの断面。

## システム地球ラボ



ラボヘッド  
白山 義久

### なぜ地球は生命で満ち溢れているのか

システム地球ラボは、2007年12月に発足しました。システム地球ラボの特徴は、JAMSTEC内の地球科学、生物科学を専門とする野心溢れる複数の研究者が、他の国内研究機関に例を見ない壮大な「地球-生命」の課題に、果敢にチャレンジできる研究体制と環境にあるといえます。この「地球-生命」の課題は、海洋に生まれた最初の生命が広く地球環境へ適応放散していったすべての進化の歴史の解明であり、JAMSTECのもつ研究ポテンシャルを最大限に活用して解明しようとしています。

特にプレカンブリアンエコシステムラボでは、6億年以上前の先カンブリア代に完成した「地球-生命」相互作用システムの進化の過程を、明らかにすることを目指しています。このようなはるか昔の事象を科学的に明らかにするためには、しっかりとした作業仮説とその仮説を検証するための研究戦略が必須です。現在プレカンブリアンエコシステムラボでは、冥王代—太古代初期の生命の初期進化を支えた深海熱水が強アルカリ性であったとする「原始熱水強アルカリ仮説」を提唱し、その仮説を実験的に検証しようとしています。この仮説がきちんと実証されることによって、従来説明ができなかったさまざまな太古の地球の現象の断片的な情報が総合的に説明できることができるようになるかもしれません。

また宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングラボユニットでは、宇宙と地球内部を含む全地球生態

系の変動メカニズムを、数値シミュレーションと実験・観測研究を通して解明しようとしています。分子レベルの相互作用の積分が地球システムを動かしていることは紛れもない事実ですが、実際にこのような積分によって地球システムを再現しようとする宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングラボユニットの挑戦は、人類を惑星外に送り出すことと同じくらい困難な、ほとんど実現不可能な科学的チャレンジのように思われます。しかしこのような挑戦は地球システムの動きの一部を従来とはまったくことなる次元で理解する研究成果につながってきています。

両ラボの取り組みもうとしている課題は、無限とも思える3次元の空間と、気の遠くなるような時間軸をもっており、その広がりや深さは人知を超えているかもしれません。しかし、JAMSTECには、このような壮大な研究を支えることができる、現代の最先端の研究環境が整っています。例えば、それはスーパーコンピュータの地球シミュレータであり、あるいは有人深海潜水艇の「しんかい6500」です。このような多様な研究インフラが整っている研究所は、世界でもJAMSTECだけだといっても過言ではありません。そしてこのような研究インフラを最大限に生かす研究がこれらのラボで推進されているのです。したがって、システム地球ラボが推進している研究は、世界でもJAMSTEC以外では遂行できないものだと言えるでしょう。今後目に見える研究成果が上がって、世界的な注目を得て、国際的な

研究者が集まるラボに発展することをラボヘッドとしては期待しています。

一方、このような壮大な研究は、現在の研究システムと必ずしも整合性がよくありません。つまり、現在の研究に必要な資金は競争的資金に支えられており、そのような資金ははっきりとした実行可能性を示すことを求められます。したがって、研究の内容が矮小化し、確実に成果が出る「粒の小さい」研究が多数すすむ状況になっているのです。一方「システム地球ラボ」が取り組んでいる研究は、短時間で解が出せるような単純なものではありません。もしかしたら、最終目標には到達できない、あるいは途中から目標設定を変える必要が出てくるものかもしれません。しかし、このような壮大な研究にチャレンジできる環境は、将来の革新的な研究のシーズとして研究独法であるJAMSTECが常に懐に持っていなければならないものだと考えています。

多くの革新的な科学の進歩は、ごく少数の(多くの場合は個人の)研究者の独創的な発想に基づくものです。このような研究のブレークスルーは、多様な研究者との交流や自由なアイデアの交換のなかで、ある時突然に創造されるものでもあります。システム地球ラボは、それぞれに多様な研究のバックグラウンドを持つ研究者がひとつの研究室に集って切磋琢磨し、各個人が研究の発展のために心血を注いでいます。その雰囲気は、近い将来に画期的な研究成果が醸成されることをおおいに期待できるものです。ラボヘッドとして、このような異なる分野の交流が生み出す、良い意味で想定外の研究の進展をバックアップしてゆきたいと考えています。

## システム地球ラボ

### プレカンブリアンエコシステムラボユニット

## 初期地球史全解読

「地球が生命に満ちあふれた希有な惑星」に成り得た真の原理を明らかにすることは、人類に共通する最大の知的好奇心対象であり、「太陽系を含めた宇宙における生命の可能性や存在条件」を知る最も重要な手がかりです。プレカンブリアンエコシステムラボは、その原理の答えとして、地球と生命の誕生から初期進化過程においてすでに、地球と生命が「マントル—海洋—大陸—大気—生命」、すなわち「地球—生命」、の相互作用システム体として発生し、機能・進化し続けてきたことと考えています。「地球—生命」の相互作用システムのほとんどあらゆるメカニズムは、6億年より遙か以前(先カンブリア代)に既に完成されていたと考えられます。このメカニズムの進化こそ、「地球が生命に満ちあふれた希有な惑星」に成り得た本当の理由であり、「先カンブリア大爆発」と呼ぶべき地球と生命の進化における最大の出来事だったのです。プレカンブリアンエコシステムラボでは、この原始地球生命システムの初期進化(先カンブリア大爆発)の解明を究極の目標として、最初の持続的生命システムの誕生から、汎地球的な海洋環境への進化・伝播過程(光合成システムの獲得とエネルギー代謝の多様化)に至る先カンブリア代の全ストーリーを、現世の地球に残された地質記録、現世の微生物に刻み込まれた機能やゲノム情報、現世の地球の類似環境で起きる物質循環や生態系機能、から復元し、実験室内で再現実験を行うことで明らかにしてゆこうとしています。

第Ⅱ期中期計画では、既に画期的な成果が上がり

つつあります。

その一つが冥王代—太古代初期の生命の初期進化を支えた深海熱水が強アルカリ性であったとする「原始熱水強アルカリ仮説」の提唱とその実験的検証です1)。20世紀の様々な科学分野の成果から、地球における生命の誕生及び初期進化の場として、深海熱水環境が有力の場であると考えられていますが、1979年に東太平洋海膨で、最初の高温度深海熱水が発見されて以来、深海高温熱水は地球史を通じて現在のブラックスモーカーのような鉄に富んだ酸性の熱水であると考えられてきました。しかし、熱水を生み出す岩石・水反応は海水組成に依存し、初期地球の海水組成が現在とは異なっていれば当時の熱水組成も異なるはずで、冥王代—太古代(40～25億年前)の海

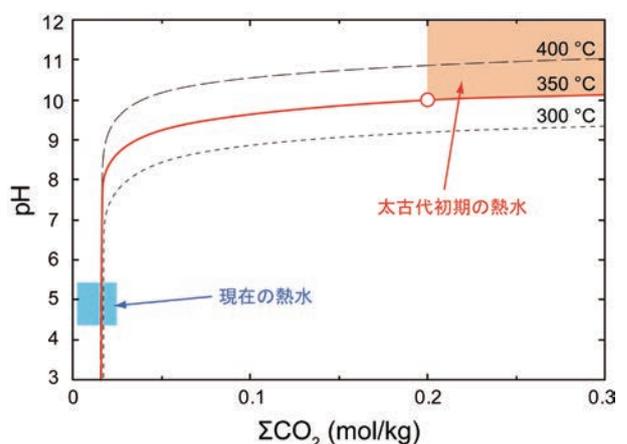


図1：熱水の炭酸濃度とpHの関係を示したグラフ。熱水の全炭酸濃度が高くなるにつれてpHが高くなります。青の領域は現在の中央海嶺から噴出している熱水を表し、オレンジの領域は今回の計算から明らかになった太古代初期の熱水を表しています。

水は弱酸性で炭酸濃度が非常に高かったと考えられており、我々は、当時の海底の変質した火山岩の化学組成に基づき熱力学的計算を行い、冥王代—太古代の深海高温熱水を理論的に再現しました<sup>2)</sup>。その結果、海水に溶け込む二酸化炭素の量が大きくなるにつれ、高温熱水のpHが高くなり、冥王代—太古代の熱水のpHは9以上になることが明らかになりました(図1)。さらに、熱水中の鉄などの金属濃度は低く、代わりにシリカ(二酸化珪素)に富むことがわかりました。このことは、当時の海底から噴出した熱水は、現在のような硫化鉄に富むブラックスモーカーではなく、白いホワイトスモーカーであったことを示しています(図2)。

この研究の持つ意味は重大です。本研究成果は、

高温熱水のイメージや化学的性質の常識を覆しただけに留まらず、地球史上の難問を解決する糸口にもなりました。鉄鉱石は我々人類の鉄社会を支える重要な資源です。この鉄鉱石は縞状鉄鋼層という酸化鉄が濃集した地層から採掘されています(図3)。この縞状鉄鋼層は現在の地球では形成されておらず初期地球でのみ形成されていました。従来は、25億年前以前の地球は非常に還元的でしたが、25億年前ごろシアノバクテリアによる酸素発生型光合成により海水中の酸素濃度が上昇し始め、海水に溶けていた鉄イオンが沈殿することにより縞状鉄鋼層が出来たと考えられていました。一方で、縞状鉄鋼層は38億年前からも小規模に存在しており、それが、地球史における難問である

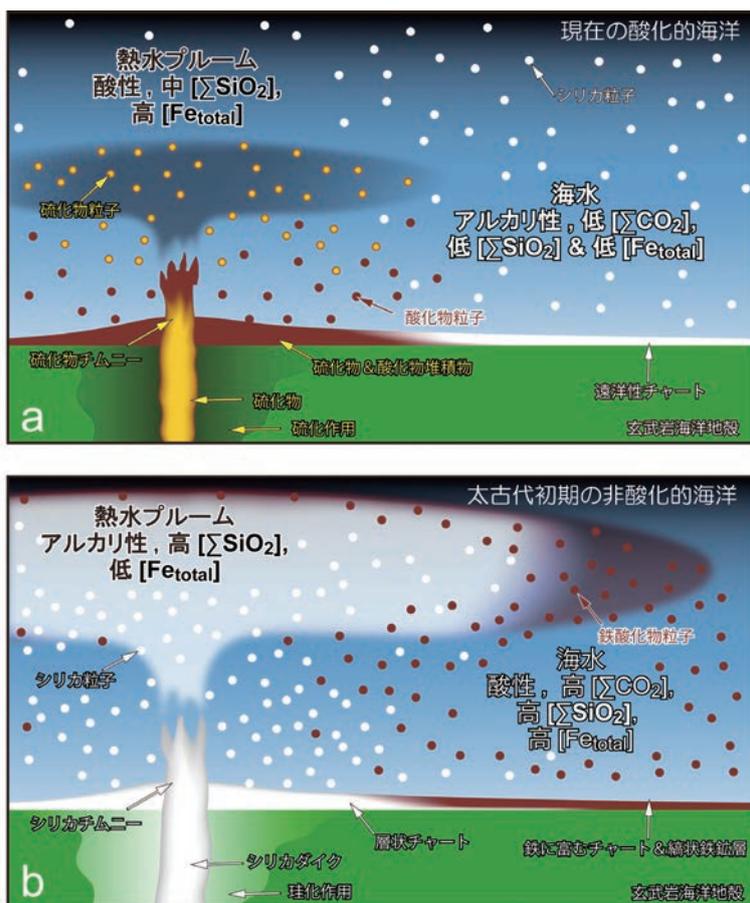


図2：現在と太古代初期の熱水フィールドを比較した模式図。(a) 現在は硫化物(主に硫化鉄)のチムニーから酸性で黒い熱水が噴出し、熱水孔の周りには硫化物、もしくはそれが海水によって酸化された酸化物が堆積しています。熱水孔から離れたところでは、生物起源(放散虫や珪藻)のシリカ粒子がゆっくりと沈殿しています。(b) 太古代初期ではシリカからなるチムニーからアルカリ性で白い熱水が噴出していました。熱水と海水の混合域では海水中の鉄イオンがアルカリ性熱水により酸化されていました。熱水孔の近くでは熱水から直接沈殿した白いシリカが堆積し、熱水孔から離れたところでは鉄酸化物が堆積していました。

「38億年前から酸素があったのかなかったのか」という論争の大きな原因となってきました。しかし初期地球の熱水がアルカリ性の場合、熱水噴出孔付近では海水中の鉄は、酸素によってではなく、pHの変化によって、簡単に酸化されるので縞状鉄鉱層が形成されます。このモデルは38億年前の海洋に酸素がなくても縞状鉄鉱層ができることを示しており、その他の還元的な環境を示す地質記録も非常にうまく説明することが出来ます。これにより、25億年前以前に形成された縞状鉄鋼層がどうやってできたのかという問題を解決することができたのです。

この成果の実験的な証拠を得るために、高温高圧熱水反応装置を使って原始海水と原始海洋地殻から

原始熱水を再現する実験を行っています。また原始海洋地殻の変質鉱物の解析から、40-30億年前の地球の大気-海洋中の二酸化炭素濃度や海水の温度を復元する研究を行っています。もちろん当時の海洋や海底でどのような微生物生態系が繁栄していたかということについてもトップダウン(時間を逆行するアプローチ)型やボトムアップ(再現実験)型の研究で追求しています。想像の域を出なかった原始地球や原始海洋の鮮明な姿、初期生命進化の謎が、我々プレカンブリアンエコシステムラボの研究によって明らかにされることでしょう。

1) Blue Earth, Vol. 106, pp. 2-13, (2010)

2) <http://www.jamstec.go.jp/less/precamb/j/news.html>



図3：32億年前の縞状鉄鉱層。縞状鉄鋼層は主に白い層（シリカ）と赤黒い層（酸化鉄）の互層から成っています。

## システム地球ラボ

### 宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングラボユニット

## 環境変動を宇宙と地球の 関わりの中で総合的に探る

#### 概要

地球表層の環境と生命は、地球内部と宇宙から絶えず影響を受けながら、変動と進化を続けています。また、その結果は地球内部変動にも大きな影響を与えています。本ラボユニットは、宇宙、地球表層、地球内部を含む複合的な多圏間の相互作用を、最先端の数値シミュレーションと超高压実験・観測研究を通して定量的に把握し、現在の地球の活動や、地球史における大規模な地球環境変動のメカニズムを明らかにすることによって、未来の地球の姿を探ることを目指して2009年度より活動を開始しました。

#### 研究内容

本ラボユニットは、宇宙-地球表層、地球表層-マントル内部、マントル-コアの各結合モデルについて、図に示すように様々な課題研究が進展しています。そのうち、宇宙-地球表層結合モデルでは、雲粒や雨粒の挙動を精密にシミュレーションする事を可能とする新しい計算手法「超水滴法」を独自に開発し、大気流体モデルと連結する事により、雲の発生・発達、降水等の複雑な過程を地球シミュレータで再現することに成功しました。

また、銀河宇宙線によって地球大気中でできるイオンによって雲核のもととなる微粒子がどれほど生成され得るかを実験と数値シミュレーションを通して解析しています。

また、地球表層と地球内部の結合モデルでは、火成活動を伴ったマントル対流シミュレーションを実施し、地球進化過程での内部熱源量の変化によって、マントルに取り込まれる水の量がどのように変わってくるかを考察しました。初期地球では、マントル深部から、頻繁に高温物質が吹き出してきて、大規模な火山活動を起こすため、リソスフェアにしみ込んだ水は大気中に放出され、マントルにはほとんど水は入らないのに対して、現在のマントルでは、定常的にプレートの沈み込みが起こり、この沈み込むスラブが、大量の水をマントル深部に運び込むことが分かりました。一方、マントル-コア結合に関しては、コアからマントルへの熱流量を知るため、サーモリフレクタンス法と呼ばれる測定方法を応用し、下部マントルの主要鉱物  $\text{MgSiO}_3$  ペロフスカイト相の熱拡散率を30-110万気圧下で世界で初めて測定することに成功しました。測定結果は、圧力効果が大きく、コアとマントルの境界の圧力における熱伝導率は従来予測よりも5割程度も大きいことを示すなど、多くの成果を生み出しています。

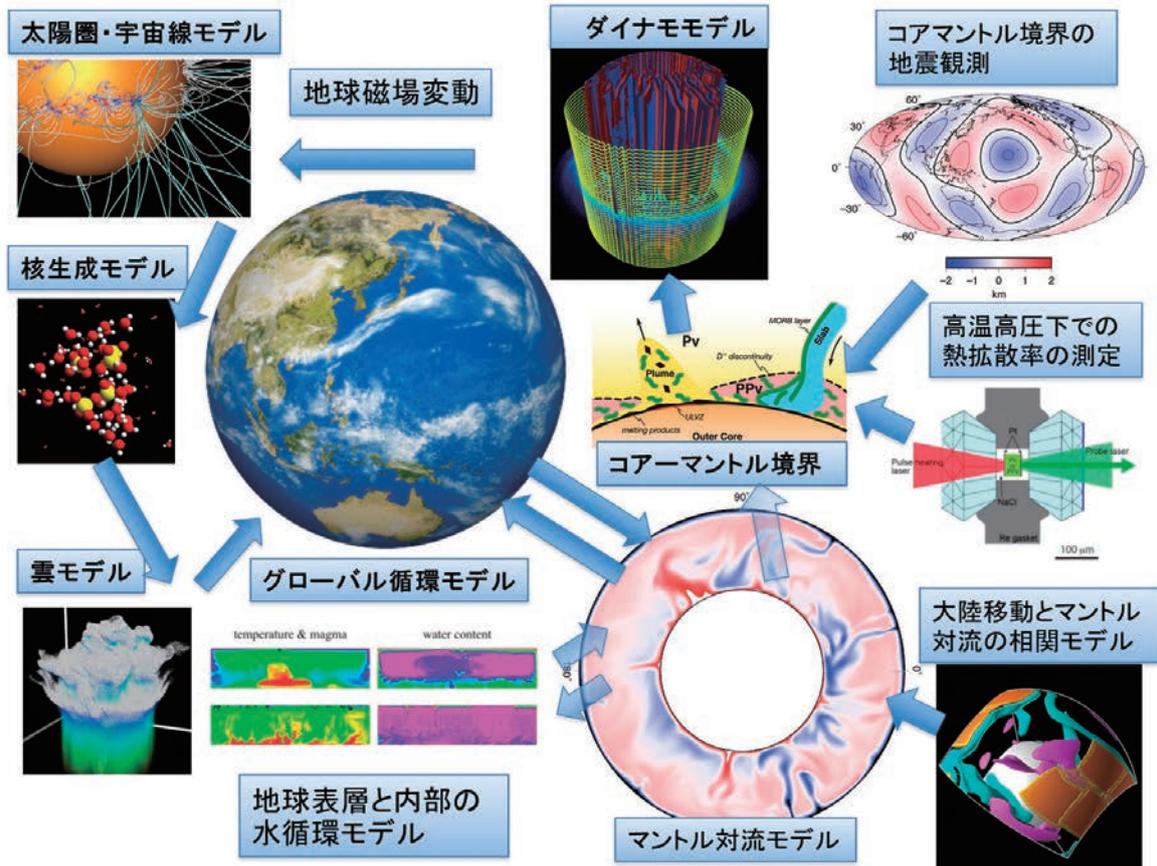


図1：宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングラボユニットの各研究課題の相関図

## アプリケーションラボ



ラボヘッド  
山形 俊男

# 予測研究成果を発信し、持続可能な社会形成に向けて科学イノベーションをめざす

アプリケーションラボは、研究成果を社会貢献に直接結び付け、研究と社会との相互的啓発と持続的連携によってイノベーションを実現することを目的としています。現在は、1)気候変動、海洋変動等の予測と応用情報の提供・検証、ならびに観測・予測・検証システム構築への貢献、2)全球雲解像モデルによる熱帯及び東アジア域での気象予測と応用情報の提供・検証、3)対流圏オゾン拡散モデル等による大気化学変動予測と応用情報の提供・検証など、大気海洋科学の基礎研究に基づく研究成果を社会に広く展開し、利用していただくための研究開発を行っています。

世界気象機関(WMO)の報告によると、自然災害により世界全体で1年あたり数百億ドル相当の資産と数万人の人命が失われています。こうした災害をもたらす顕著現象の多くは、気候変動と密接に関係しています。気候変動予測を実社会に具体的に応用することは、過去にIPCCなどの導入を決定したことで知られる世界気候会議の第三回会議(2009年8月ジュネーブにて開催)において決議声明として採択され、世界的に大変重要な注目を集めるテーマとなっています。この「気候サービス」の世界的展開は、アプリケーションラボの目的と軌を一にするものです。

多くの人が異常気象と関連して耳にするエルニーニョ現象は熱帯太平洋で起こる有名な現象です。10年程前までは、インド洋には、特に重要な現象は無いと思われていましたが、

インド洋にもエルニーニョと良く似た「ダイポールモード現象(IOD)」が存在することが発見され、最近では温暖化に伴ってその発生が頻繁に起こるようになっていきます。アプリケーションラボは、これまでこのインド洋ダイポールモード現象やエルニーニョ現象の発生予測研究で世界をリードしてきましたが、最近はこの研究成果を、日本のみならず、気候変動リスクに対して脆弱な環境にある発展途上国の行政や産業活動、例えば農業、水管理等に応用するための研究開発も開始しています。オーストラリアの小麦生産では既に予測情報が農場主に活用されるまでになりました(図1)。

これらの予測に用いているモデルは、地球環境変動研究領域でEUとの共同研究で開発されたSINTEX-Fモデルです。SINTEX-F モデルは、2010



図1：干ばつとSINTEXF1による予測結果を紹介するオーストラリアの新聞記事。

年の中頃から太平洋においてはエルニーニョ現象が急速にラニーニャ現象に遷移する事を正確に予測することに成功しました。また、2010年～2011年にかけてラニーニャ現象が成長し(図2)、世界各地に影響を及ぼすこと、例えば、2011年夏季のブラジルやオーストラリアにおける洪水などを的確に予測することができました(図3)。これは画期的なことです。このような成果を下記に示すサイトから、国内外に向けて積極的に情報発信しています。

### 海の天気予報(JCOPE)

<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/jcope/index.html>

人工衛星や船舶、海洋フロート等の地球規模の海洋観測データをスーパーコンピュータ上に取り込むことで、海表面から海底に至るまでの海流予測を実現しました。この予測データは、海洋研究開発機構発のベンチャー企業(フォーキャスト・オーシャン・プラス社)を通じて、石油タンカーや遠洋漁業の漁船などに利用されてもいます。

### 季節予測

<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>

大気と海洋の変動を結合させ同時に計算することによって、エルニーニョ現象、ラニーニャ現象、インド洋ダイポールモード現象などの短期の気候変動の予測を行っています。またこのような変動によって予想される暖冬・冷夏などの情報も併せて季節予報として公開しています。

### 化学天気予報

[http://www.jamstec.go.jp/frcgc/gcwm/index\\_j.html](http://www.jamstec.go.jp/frcgc/gcwm/index_j.html)

光化学オキシダントなどの大気汚染物質の運ばれ方を予測する「化学天気予報」システムを開発し、2006年から運用を行っています。近年話題になっている越

境汚染の影響も考慮しています。毎日の予報結果はホームページで公開しています。

アプリケーションラボでは温暖化や人口問題と連動して、深刻な水や食糧の不足が近未来に起こる事が懸念されるなかで、頭打ち状態のアジアにおける灌漑稲作生産を補う目的で天水稲作の生産増を、気候変動予測データを活用することにより目指す取り組みも

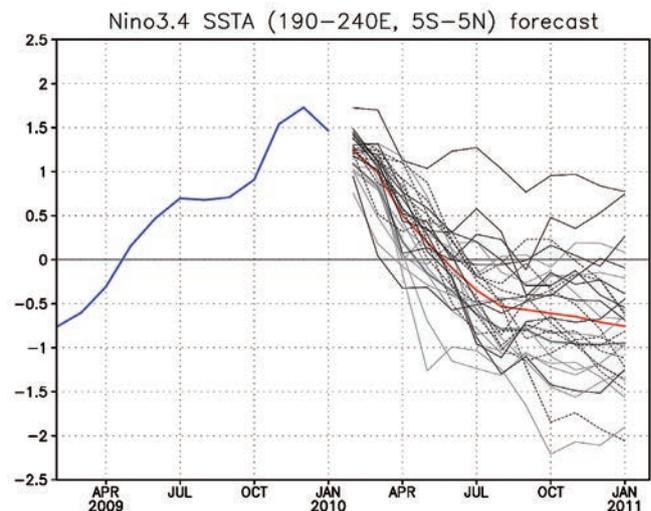


図2：SYNTEX-Fによるラニーニャ予測の成功。2010年1月時点におけるNino 3.4 領域 (5S - 5N; 120W - 170W)における海面温度偏差予測結果 (2010年2月から2011年1月までのアンサンブル予測、赤線は予測結果の平均値を示す)。

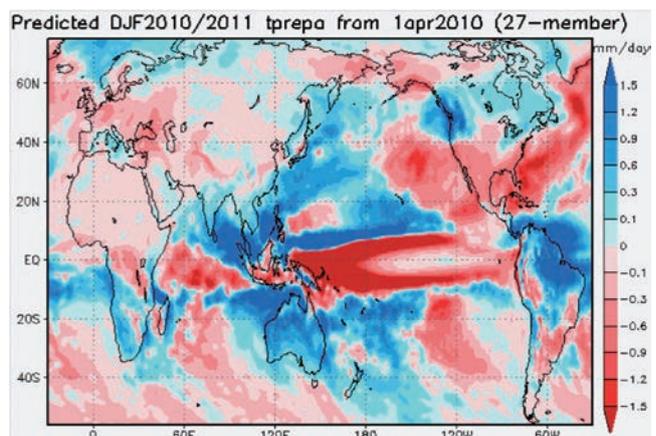


図3：SYNTEX-Fによる2010年～2011年の南半球夏季におけるブラジルやオーストラリアにおける洪水の予測結果。

始めました。この取り組みは、1960年代に稲作生産で緑の革命(green revolution)を主導した国際稲研究所(IRRI)と共同で進める新たなプロジェクトです。

近年は地球温暖化の進行に伴い、気候変動のパターン自体もその影響を受けて変わりつつあります。エルニーニョ現象も温暖化に伴い異なったパターンで現れるようになり、それは「エルニーニョもどき」現象と命名されています。この重要な現象はAPLの母体となった研究プログラムの活動で発見されたもので、現在もそれに関する先端的予測研究を発展的に行っています。

また、JAMSTECが保有する世界有数の計算速度をもつスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」の能力を最大限に活用し、地球全体の気候変動から都市環境の気象や気候変動までを予測する超高解像度予測モデルの開発を行っています。このモデルを使用する

ことによって、世界各地に異常気象を引き起こすエルニーニョ現象やインド洋ダイポール現象が起きたときに、私たちのごく身近な環境が受ける影響の予測が可能になるでしょう。

平成22年度からは、“開発途上国のニーズを基に、地球規模課題を対象とし、将来的な社会実装の構想を有する国際共同研究を政府開発援助(ODA)とを連携して推進し、地球規模課題の解決および科学技術水準の向上につながる新たな知見を獲得すること”を目的としたJST-JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業に採択され、南アフリカの特徴的な気候変動を対象とする予測モデルの研究開発、ケープタウン域やリンボポ域などの地域密着型の気象・気候変動予測モデルの研究開発、地球シミュレータを使用した先端的モデルの研究開発を現地の研究者とともに連携して推進しています(図4)。加えて、現地の農業



図4：南アフリカ共和国ケープタウンにあるテーブルマウンテンにかかる霧(テーブルクロス)をシミュレーションした結果。

試験所、プレトリア大学、ケープタウン大学と連携しながら、地域の住民、農業関係者などに広く発信する予定です。学術的な共同研究に加えて、学生向けのレクチャーや研究者の相互交流を行い、人材育成支援も行っています。このほかにも、国内外の研究機関との連携をとって多くの共同研究を進めています(海外:13機関、国内:12機関)。このようなアプリケーションラボの活動は、COP16(2010年11月メキシコにて開催)においても紹介されました。

地球温暖化が人類社会に及ぼす様々な影響が議論

され、それに対する幅広い対策が活発に議論されています。最近では、グローバルな影響とともに、温暖化が特定の国や地域社会に及ぼす影響評価に、社会の関心および研究の重心が移りつつあります。このような地域的な影響は、地球温暖化の影響を受けた気候変動現象の変調という形で現れます。このような意味において、APLの活動は現実の社会経済活動に密着した形で地球温暖化問題とも深く関連しており、図5に示される様な様々な活動への貢献が期待できます。

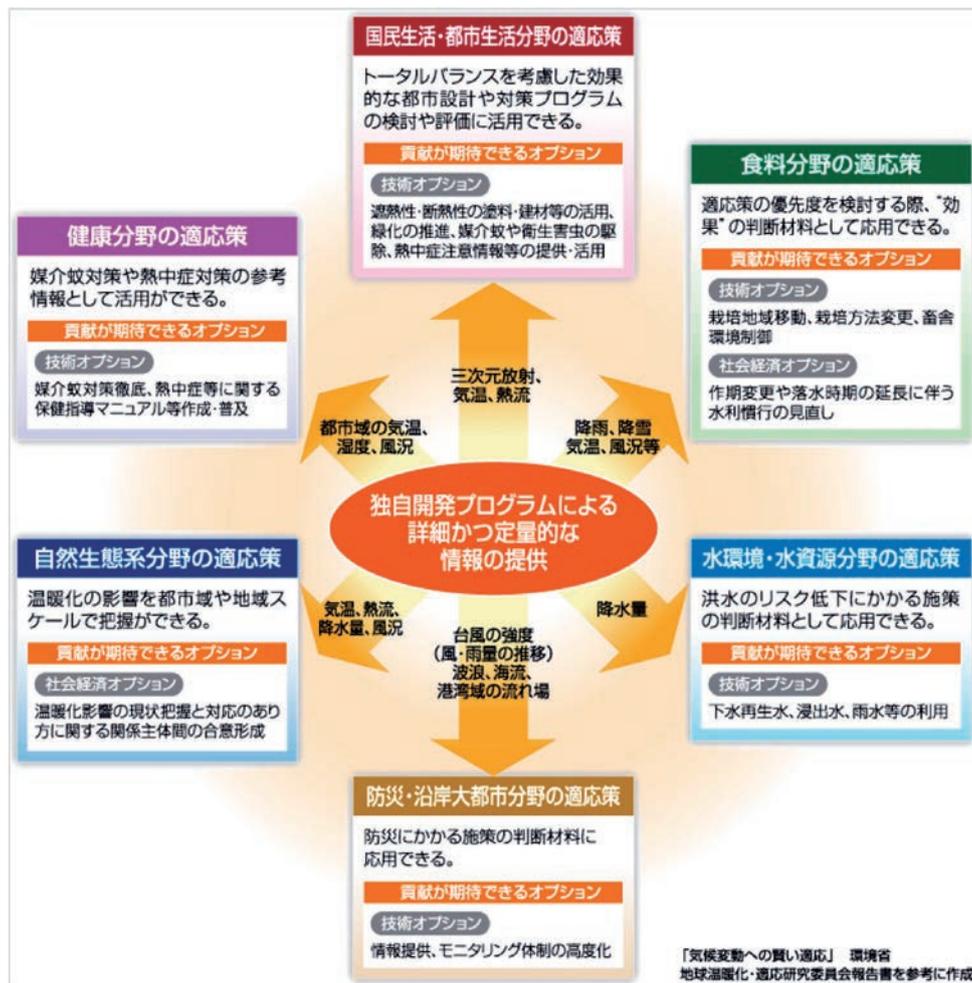


図5：アプリケーションラボにおいて想定している社会貢献分野とテーマ。

むつ研究所

MIO (Mutsu Institute for Oceanography)



所長  
渡邊 修一

北部北太平洋の環境変化を捉える

人間活動により大気中へ多くの二酸化炭素を放出することによる影響は海洋の炭素循環に影響を与えています。しかし、その変化は僅かでなかなか捉えることは難しく、長期にわたる地道な観測が必要になります。むつ研究所では、国内外の研究機関との連携のもと、世界をリードする研究拠点として、意義のある研究を展開することを目的に10年が過ぎていきます。発足当初から冬期に荒天が続くことによって効率よく二酸化炭素吸収すると考えられ、また、溶存ケイ酸塩濃度の高いため珪藻が繁茂する高い生物生産力のもつ北西部北太平洋における物質循環に注目し、大気中の二酸化炭素の増加がもたらす僅かな経年変化を捉える時系列観測を実施してきました。

北部北太平洋の物質循環に関わる総合的で精度の高い時系列観測は、1990年代末に国内の研究者が結集し、観測を観測点KNOT(北緯44度、東経155度)で観測を開始したのが始まりと考えられます。海洋地球研究船「みらい」も就航し、ほとんど実施出来なかった冬期の観測も可能となり、海洋研究開発機構の研究者もKNOTにおける時系列観測に参加し、貴重な知見を収集しました。その後、海洋研究開発機構むつ研究所が中心となり時系列観測を実施する観測点を北太平洋亜寒帯渦の中央に近いK2(北緯47度、東経160度)に移し、北部北太平洋亜寒帯渦の中の経年変化を捉える時系列観測が継続しています。この10数年間にわたる観測研究とそれに先行する研究から北太平洋亜寒帯渦の表層における二酸化炭素量の経年変化が捉えられてい

ます。また、海水中を沈降する粒子の組成解析から表層生物に起源を持つ炭酸カルシウムとオパール(ケイ酸塩粒子)の組成比が変化していることを見出しています。

北太平洋亜寒帯域の二酸化炭素分圧の季節変動は中・低緯度の海域と異なり夏期には植物プランクトンの繁茂により二酸化炭素が固定されるため大気より低くなり、冬期から春期にかけては鉛直混合のため大気より高くなります(図1a)。そのため、北太平洋亜寒帯渦域では夏期には大気から海洋へ、冬期から春期にかけて

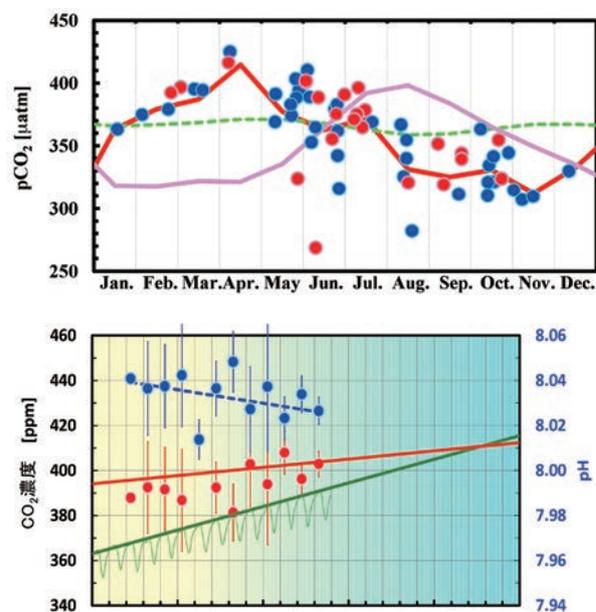


図1：北太平洋亜寒帯渦内の二酸化炭素分圧の変動  
a(上)：表層水中の二酸化炭素分圧の季節変動  
赤丸：観測点K2において観測された二酸化炭素分圧  
青丸：観測点KNOTにおいて観測された二酸化炭素分圧  
実線赤：観測点K2、KNOTの二酸化炭素分圧の平均値  
実線ピンク：時系列観測点BATSの二酸化炭素分圧の平均値  
破線緑：大気中の二酸化炭素分圧の季節変動 (Takahashi他, 2009)

は海洋から大気へ二酸化炭素は輸送されます。しかし、北太平洋亜寒帯域の冬は荒天が続き、大気と海洋の間の気体交換が活発になるため、年間を積算すると二酸化炭素を放出している海域です。北太平洋亜寒帯域の物質循環の経年変化を捉えるためには冬期の最も鉛直混合が発達した時の混合層内の二酸化炭素分圧の状況を観測結果から推定し、経年変化を捉えなければなりません。

「みらい」等から得られた種々の季節の観測データを用い、冬期混合層の性質を保存していると思われる温度極小層の全無機炭素量と全アルカリ度から二酸化炭素分圧を推定し、年代順に並べると図1bが得られます。大気の増加に比べ、混合層の二酸化炭素分圧の増加が小さくなっています。毎年、大気へ放出されるべき二酸化炭素が少なくなり、表層海水中のとどまる二酸化炭素の量が増える原因となっています。海洋二酸化炭素分圧の増加は大気とほぼ呼応して増加している亜熱帯と異なっています。しかし、北太平洋亜寒帯域表層も大気の増加も観測されたまま続くとすると2017年ごろには大気の大気二酸化炭素分圧が等しなると推測されます。その後は、中緯度太平洋と同じように大気と呼応して変化するように変化し、大気の増加分を反映した二酸化炭素を吸収する海域になり、大きく環境変化が起こることが予想されます。

観測によって得られた全炭酸量とアルカリ度から推定される表層水のpHの減少(海洋酸性化)傾向はバミューダ沖の時系列観測点BATS やハワイ沖のALHAに比べて小さく、酸性化の影響は現在のところ他の海域に比べて大きくないと考えられますが、二酸化

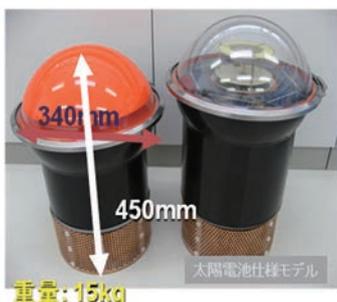


図2：開発した漂流型二酸化炭素センサーの外観図  
 左：通常使用タイプ  
 右：太陽電池を備えたタイプ  
 仕様  
 ・大きさ：340mm×450mm  
 ・重さ：約15kg  
 ・精度： $< 2 \mu\text{atm}$   
 ・感度： $< 1 \mu\text{atm}$   
 ・使用期間：約1年  
 ・測定頻度：3日間隔  
 (1日の間に4回測定)

炭素分圧と同じように海洋側が変化しますとBATSやALHAの様に変化し、北太平洋亜寒帯域の生物生産に大きな影響を与えることが考えられます。

なお、より広域かつ高頻度に大気・海洋間の二酸化炭素分圧を測定するために文部科学省地球観測技術等調査研究委託事業により図2に示す仕様海洋二酸化炭素センサーを開発しています。

表層で生物により作られる粒子は海水中を沈降し、炭素を海底方向へ輸送します。輸送する炭素量を把握し、経年変化があるかを捉えるために海水中のセジメントトラップを繫留し、捕捉される粒子の組成比を測定しました。その結果、炭酸カルシウムとオパール(ケイ酸塩)の量比が減少している可能性があることが分かってきました(図3)。北太平洋亜寒帯域はケイ酸塩濃度が他の海域に比べ高いために珪藻が繁茂する海域ですが、その珪藻の数の減少や形態に変化が起きていることが考えられます。その原因については、海洋表層温度の変化によるものなのか先に示した海水中に溶け込んでいる二酸化炭素が年々増加したために酸性化したことなどが考えられますが、まだ特定できていません。

むつ研究所が行ってきた北太平洋時系列観測研究により海洋表層の二酸化炭素量の増加が正確に捉えられ、また、海洋表層の生物相に変化が起きている可能性があることが解ってきました。現在、生物相に起きている変化、それによって影響を受ける炭素循環についてさらに理解を深めるためや表層の二酸化炭素分圧が大気と同じになった時に起こる現象を捉え、その後の変化を理解するためには、今後も時系列観測研究を継続していくことが重要になっています。

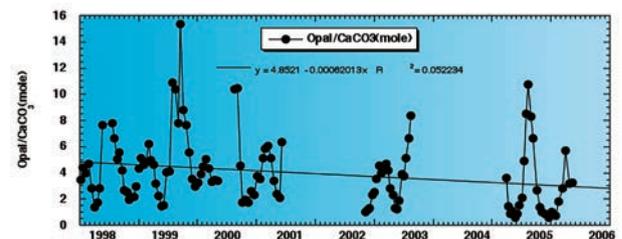


図3：セジメントトラップに捕集された粒子中のオパール/炭酸カルシウム比の時間変動

## 高知コア研究所

KOCHI (Kochi Institute for Core Sample Research)



所長  
黒田 芳史

# 掘削コア試料により地球科学の 最先端を切り拓く研究拠点

高知コア研究所は、地球深部探査船「ちきゅう」の運用開始に併せ、掘削コアの分析・研究、そして保管まで一連のプロセスを行う拠点として2005年10月に発足しました。研究体制としては発足時に地震断層研究グループと掘削試料物質研究グループの2研究グループで始まり、2007年4月に、掘削試料物質研究グループが同位体地球化学研究グループと地下生命圏研究グループに改組されて3研究グループ体制となり現在に至っています。発足当初から東垣所長のもと科学掘削で得られたコア試料の研究におけるCOEとなることを目指してきました。

コア試料には、海洋底プレートの運動に伴う地殻変動、大気・海洋の古気候の変動、地球表層および海底下の生物の変遷など、現世から過去の地球史が刻まれています。得られた地球の変遷についての科学的知見は、将来の地球システムを考える上においても人類の貴重な知的財産と言えます。また、プレート型巨大地震や津波の発生メカニズムの解明、鉱物・炭化水素エネルギー資源の形成過程の解明等を通じて、防災・減災、新たな資源・エネルギーの確保や環境保全等、人間社会の将来に直結した課題に取り組むことに繋がります。さらに、古気候変動の詳細な分析と将来モデルの構築により、進行する地球温暖化の予測能力の向上などに寄与し、持続可能な地球システムと人間活動との共存のあり方を見出すことに貢献します。

当研究所の活動は、高知大学と共同して運営する

「高知コアセンター」においてなされ、研究、先端機器の整備、コアキュレーションのサービスのレベル、人材育成の面において、発足当初目指した世界のCOEとなることは達成されているとあって過言ではありません。そのレベルを引き上げるよう、今後も内外の様々な研究分野の研究者が魅力を感じ集い新たな研究を切り拓き、また若い研究者が育つ場となるようにすることが重要です。以下に、3研究グループの主たる成果と展望を記します。

### 地震断層研究グループ

地震の準備期間における断層物質の物性・応力の状態変遷および地震時の動的すべり現象の解明により、断層破壊伝播と地震発生サイクルにおける断層帯内部の変化プロセスの総合的な理解を目標としています。具体的には、IODP断層科学掘削計画に参画し、巨大津波を引き起こす海溝型地震の発生帯であるプレート沈み込み帯の浅部～深部の掘削可能な領域をターゲットとし、物質・物性科学的な視点で断層の挙動を把握するため、地震断層のコア試料を用いた岩石摩擦実験、浸透率・熱伝導率等の物性測定、応力測定を駆使した実験研究を進めています。

地震時の断層滑り速度を再現した1m/sオーダーの高速領域を含む中高速領域の摩擦実験を行い、断層が安定的に滑る状態での摩擦係数(断層の動的強度に相当)について、これまでに蓄積してきたデータの集大

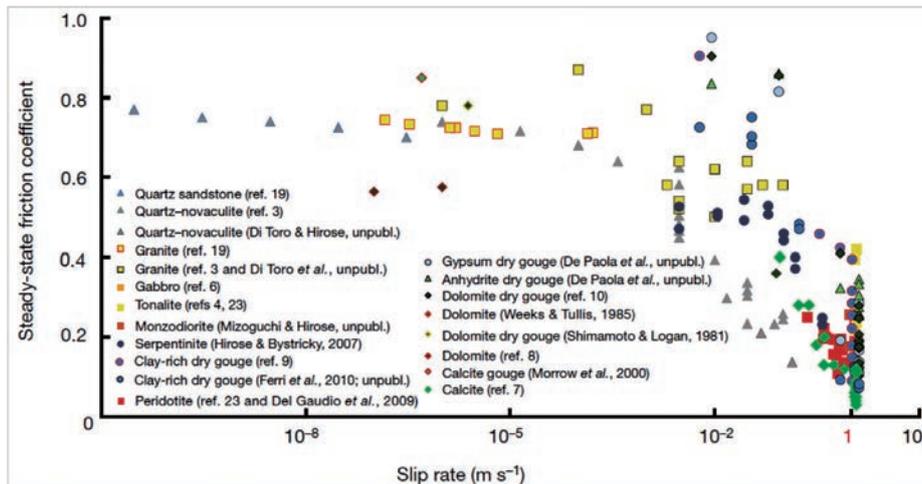


図1：各種断層物質および天然岩石の低～中～高速領域における安定すべり状態の摩擦係数 (Di Toro et al., 2011, Nature)。

成をおこない、各種断層岩物質の動的すべり弱化学動を明らかにしました(図1)。また、断層物質の浸透率のダイナミックな変動を実験的に明らかにし、地震時の断層運動のすべり弱化学メカニズムの考察に重要な基礎データを得ることができました。さらに、南海トラフに代表されるプレート収束帯の応力場について、掘削コアを用いた非弾性ひずみ変形の三次元測定と、孔内検層による二次元的なブレイクアウト解析の研究を行い、IODP南海掘削では最も注目される結果の一つを得ました。実験手法を高度化すべく、断層物質の含水・温度・圧力条件をより現実的に再現できる流体制御型中高速摩擦試験機や、2012年度から行われる南海の超深層掘削に向けて、高圧条件下の物性測定を精度よくかつ簡便に実施できる装置の開発・改良を進めています。

### 同位体地球化学研究グループ

断層岩、海成炭酸塩、地殻流体を研究対象とし、質量分析機器群を活用し、地球表層部(海洋底～地殻)における物質循環と地球環境変動を解明する研究を行なっています。

断層岩研究については、1999年台湾集集地震で活動したチェルンプ断層のコア試料に関するものが特筆されます。地震時に断層中の水が加熱されて間隙水圧が上昇すると、断層の強度が大幅に低下し滑りやすくなる可能性が従来から指摘されていたが、断層岩か

らの証拠は見つかっていませんでした。断層岩の微量元素含有率・同位体比の変化を解析することで、地震時の断層内部に350℃以上の高温の流体が存在したことを世界で初めて示しました(図2)。現在は、南海トラフ掘削をはじめとする地震断層掘削研究へ応用するとともに、地震時の断層温度推定法としての技術向上を目指し、地震断層研究グループと共同で実験的研究を展開しています。

炭酸塩の研究は、サンゴや有孔虫などの炭酸塩骨格に記録された過去の地球環境変動を読み解くことが目的であり、極少量の元素の高精度同位体分析が必要とされます。鉛、ホウ素、マグネシウム、リチウム等の精密同位体分析法を次々と開発してきており、北太平洋地域

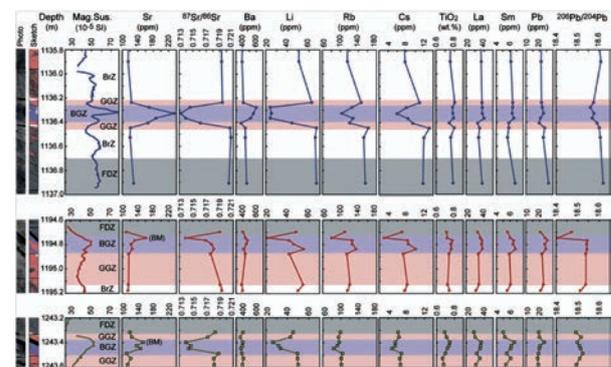


図2：台湾チェルンプ断層掘削で見出された3つの主要断層帯における、微量元素含有率・同位体比の鉛直プロファイル (Ishikawa et al., 2008, Nature Geoscience)。黒色ガウジ帯で微量元素含有率、同位体比が大きく変化しており、地震時に高温流体との相互作用が起こったことを示している。

のエアロゾルに含まれる鉛の供給源・供給量の、過去100年間における変遷を明らかにするなどの成果を上げてきました。現在は、飼育サンゴ・有孔虫およびIODP試料等の同位体分析に基づき、過去の地球温暖化、海洋酸性化の研究を推進しています。また、超高感度二次イオン質量分析計(NanoSIMS)、フェムト秒レーザーアブレーションICP-MSという先端的小領域分析技術の導入により、同位体比の変化の素過程を解明し、地球環境変動解析のさらなる精密化を目指しています。

### 地下生命圏研究グループ

科学掘削における主要な目標の一つである「海底下生命圏の実態解明」を達成すべく、基盤的かつ最先端の研究を展開してきました。まず、コア試料に含まれる微生物細胞を客観的に検出し、正確かつ速やかに定量する新規生命検出・定量システムの構築に着手しました。従来までの肉眼観察に依存した微生物検出・定量方法では、コア試料に含まれる鉱物などの夾雑物との識別が困難であり、データの客観性や汎用性、再現性や信憑性に問題がありました。2006年に「ちきゅう」によって下北八戸沖で採取されたコア試料を用い、細胞内DNAに特異的な蛍光スペクトルを抽出するコンピュータ画像解析とスライドローダーロボット・自動フォーカス画像取得システムを組み合わせた、全自動細胞検出・定量システムの構築に世界で初めて成功しました。同システムによって、下北八戸沖に広がる極めて肥沃な海底下生命圏の存在を明らかにしました(図3)。また、ブレーメン大学との共同研究により、下北八戸沖を含む世界各地の海底堆積物からDNAおよび極性脂質を抽出し、生命を構成する三つの系統ドメインの一つであるアーキア(古細菌)の存在量を検討しました。その結果、DNAの抽出・検出法の改良により、従来法では検出されなかった大量のアーキア遺伝子が検出されたと同時に、海底下深部堆積物から抽出された極性脂質の約80%以上がアーキア型の構造をしていることを見出しました。本研究は、2008年のNatureに掲載され、海底下生命の存在様式や環境適応・進化に

関する重要な知見として注目を集めています。

現在、南海トラフの浅部分岐断層を含むコア試料や、熊野灘の泥火山頂部からのメタンハイドレートを含むコア試料、地球で最も海水表層における基礎生産量の少ない南太平洋環流域におけるコア試料や、海底下に埋没した深部石炭層の熟成プロセスや天然ガス生成メカニズムに関連する下北八戸沖の大深度海底下生命圏等を探索研究対象として、地質活動と生命圏との関わり、地球表層と地球内部の生命活動の関わり、生命圏の限界や規模、生命活動を規定するエネルギー的要因や生存のための生理特性など、地下生命圏に関する本質的かつ重要な科学的未解明課題に取り組んでいます。とりわけ、NanoSIMSやシングルセルジェノミクスをはじめとする新しい地球科学—生命科学融合研究手法を開発し、「ちきゅう」の深部掘削能力を最大限に活用した新しい掘削地球科学・生命科学の方向性や科学的課題を世界に向けて発信・実践することにより、地球における深部生命の存在条件や進化過程、地球の物質循環や生態系における海底下生命圏の役割や機能及びその利活用ポテンシャルが次々と明らかにされようとしています。

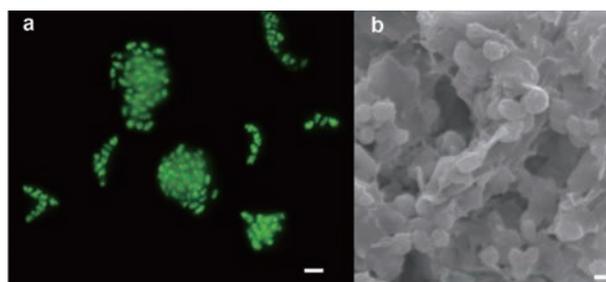


図3：地球深部探査船「ちきゅう」により下北八戸沖から採取されたコア試料中には、極めて高濃度の微生物細胞が確認された。(a)下北八戸沖の海底下346メートルのメタンハイドレートを含む地層から検出された活動的バクテリア凝塊群集の蛍光顕微鏡写真(スケール：2 μm)。(b)同試料の走査型電子顕微鏡写真。不定形球菌の凝塊構造が観察される(スケール：0.2 μm)。

● 開発・推進部門

## 海洋工学センター

MARITEC (Marine Technology and Engineering Center)



センター長  
磯崎 芳男

### 目指すは世界の “Center of Engineering”

創立40周年を迎えたJAMSTECが世界的な海洋研究機関として確固たる位置を占めるまでになったことを慶ぶと共に、気持ちを新たにして今後の更なる発展に尽力してまいります。

JAMSTECは、海洋開発のための科学技術の研究開発の推進を主たる狙いとして設立されましたが、その後、海洋に関する科学と技術、あるいは理学と工学という二つの分野からなることを大きな特長とする組織として、両分野が協力しながら発展させてきました。海洋工学センターは平成16年7月に編成された組織ですが、そのルーツを辿ると海洋科学技術センター黎明期の潜水技術部、海洋開発技術部や深海開発技術部運航室が源流になります。それ以来、部門編成・名称は変わりながらも、技術／工学というJAMSTECの片輪を担う部門として常に新たな技術開発、研究船・潜水機器の運用等を主体として研究推進を支えてきました。現在では研究船7隻と共に、多くの有人・無人探査機の運用を行っています。また、最近では、我が国の世界6位の面積を有する広大な排他的経済水域に賦存する海底鉱物資源の探査に供することを主眼とした次世代の自律型無人探査機と、海底での重作業を可能とする大水深海底探査機の開発にも取り組んでいます。今後も様々な技術開発と研究調査船や新しい機種が加わる潜水機種の運用を担っていきます。

研究支援の最も有効な手段は研究船ですが、現在のフリートの中には船齢30年を超えているものもあります。近年の音響測位システムや船位保持システムの

発達を織り込んだ最先端の近海研究船や、複数の自律型無人探査機(AUV)を効率的に運用することのできる次世代型の探査・研究船の実現が期待されます。また、10年前に建造された「うらしま」より小型でより運動性能に優れた新型AUVや高機能ROVを建造中です。

これら研究調査船や潜水機器を個別に運用するのではなく、それらを総合的に結びつけ、組み合わせて、点から線へ、線から面へと広げ、海洋大気から海中、さらには深海の海底下まで立体的な観測・探査システムを構築することを目指して活動しています。そのためには、基盤的な技術の研究開発から始まり、それらを組み合わせた新しい調査・探査システムを出現させ、研究調査船と共に運用することで新しい研究の進展を支援することが必要です。研究分野からのニーズをしっかりと把握し、それに基づいたシーズを開発することも重要です。逆に、技術者の新しい発想に基づいて作り上げたシーズが、研究者の新しいニーズを引き出すことも技術者として狙っていくべきものと考えています。

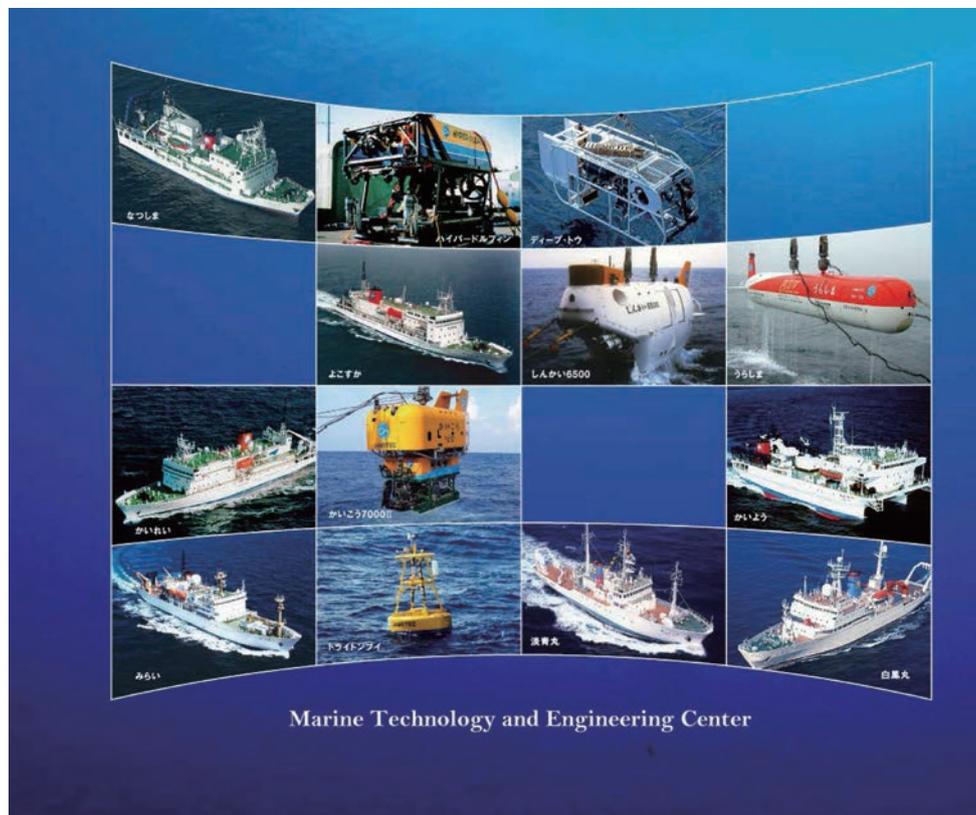
“海”、それは多くの人々を惹きつけてきた言葉ですが、海の魅力は未知の世界が広がっているということだと思います。古より人類は未知の世界に憧れと畏れを抱いてきました。その飽くなき好奇心が技術を発達させてきました。特に深海に関しては、38万kmかなたの月面に人類が足跡を印して以来40年経った今も、僅か10km下の深海は未知の世界であり続けています。

この未知の世界を探求する強力なシステムとして造りあげられた有人潜水船「しんかい6500」は、20年に亘り世界で最も深く潜れる船として約1,250回という潜航記録を持ち、様々な発見に活躍してきましたし、今も世界一の能力を誇っています。潜水機器として、古くから使われてきた有索無人探査機ROVやAUV、さらに有人潜水船という機種があり、それぞれに特長を備えています。研究者が海底付近で自らの目で調査できる有人潜水船はカメラの精度が高くなってきた今でも貴重な調査機種です。これまで培われた技術と新しい技術を融合させて次世代型の有人潜水船も実現させることを願っています。

2011年3月11日に日本海溝を震源域とする超巨大地震が発生し、東日本に未曾有の被害をもたらしました。「想定外」という言葉を何度となく耳にしましたが、地球の70%の面積を占める海には我々がまだまだ知らない世界が広がっているといえるでしょう。これを

ることに地道な努力を重ねることが重要であり、そのための研究開発とオペレーション技術の向上を目指していきます。また、防災・減災のために、これまで培ってきた技術を役立てたいと考えています。

昨今、海洋開発に対する期待は大きなものがありますが、一過性の機運に終わらせず継続的な海洋開発の進展を実現するには、目下次世代型のAUVやROVを建造しているJAMSTECの役割は大きなものであると認識しています。また、新しい研究調査船の建造も遠からず実現するものと考えており、このように実機を作り上げることも、海洋技術を一層飛躍させるものと考えます。それを担う海洋工学センターは、日本の海洋技術の中心として技術の伝承と人材育成も念頭に努力を続けて行きます。また、国内に留まらず、“目指せ世界のCOE(Center of Engineering)”を合言葉に研鑽を積むことが我々に寄せられた期待に応える道だと考えます。



## 次世代を拓く先進的な技術を研究・開発しています。

海洋工学センター海洋技術開発部では、海洋をより詳しく探査・観測して海洋の有効活用に結びつけるため、探査機技術、水中通信技術、観測技術、海洋エネルギーや海底資源に係る基礎技術など、海洋に関する次世代技術を開発しています。

### 次世代型遠航探査機の開発

海底資源の詳細な調査や、探査、地質調査、気候変動調査を行うことができる自律型遠航探査機（AUV）の技術を開発しています。

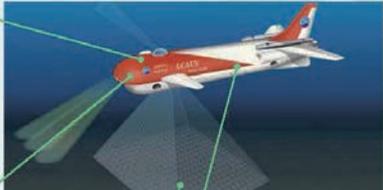
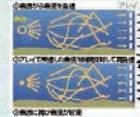
#### 制御システム・航法システム

機体の航法と高精度な位置測定のために、高精度な計測システムと高精度な航法システムを開発しています。



#### 通信技術

観測の途絶えなく途中で長距離通信を行うため、音波を利用した音波通信技術を開発しています。



#### 海底地形探査技術

精密な海底地形を探査するため、小型でも大きなセンサーと同じように探査できる自律型探査機を開発しています。

#### 動力システム

深海中で長時間エネルギーを節約するため、蓄電池や燃料電池を組み合わせる自律型探査機を開発しています。



### 大深度高機能無人探査機の開発

大深度における海洋データの取得や、海底資源探査、海底ケーブル保守などの重作業を行うことができる遠隔操作型無人探査機（ROV）の技術を開発しています。



#### 高強度耐圧ケーブルシステム

深海中で作業を行うROVと母船をつなぐために、高強度耐圧ケーブルを開発しています。



#### 浮力システム

深海中のROVの操縦を軽くして作業を容易にするため、高圧圧入によって増える高密度の浮力材を開発しています。



#### 広視野角画像システム

探査機の前後に取り付けられるカメラだけで360度の広視野角画像を生成するシステムを開発しています。



#### 走行システム

複雑な地形でも進行可能なように、フロッピー・スチール・結合式ローラーシステムを開発しています。



### 新型 AUV の建造

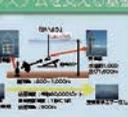
深海中に潜り、海底資源を詳しく探査できる新型 AUV を建造しています。



### 新たな観測・探査システムを支える基礎技術の開発

#### 音波通信技術

海底探査機からの探査データをリアルタイムで送れるように、音波通信技術を利用した音波通信システムを開発しています。



#### 定常航法システム

定点海域で長時間航行するため、同じ海域で高精度な位置測定を行う自律型探査機のシャトル型ロボットを開発しています。



#### 二酸化炭素計測技術

海洋と大気との二酸化炭素の交換を測定するために、自律型探査機のセンサーを開発しています。



#### 海底地形計測システム

海底地形を高精度に計測し、地質学に貢献するために、レーザー光を用いた海底の地形をミリ単位で計測するレーザーステッキングシステムを開発しています。



#### 高強度耐圧球

探査機の構造材や水中機器の保護として、高強度セラミック構造材を開発しています。



#### 南大洋探査機システム

南極に近く、極寒で海が閉ざれる南大洋で南大洋探査機と気候変動観測を行うため、新たなシステムを開発しています。



### 新型 ROV の建造

深海中の遠隔操作型ロボットが可能なように、自律型による作業機体の構造を改良できる新型 ROV を建造しています。



## 大気から、海底下まで、海を丸ごと知るための観測・探査システムの構築を目指しています。

海洋研究開発機構（JAMSTEC）では、科学と工学・技術分野が連携して海洋に関する研究開発を行っています。海洋工学センターはJAMSTECの工学・技術を支える部門として、海洋の観測・探査などに関する先進的な技術の研究開発と、研究船や探査機、観測機器の運用・管理・整備向上などに取り組んでいます。これらの技術を総合的に組み合わせることにより、海洋大気から海中、海底下まで幅広い領域におけるさまざまな研究活動を支援しています。

### 地球環境変動の研究

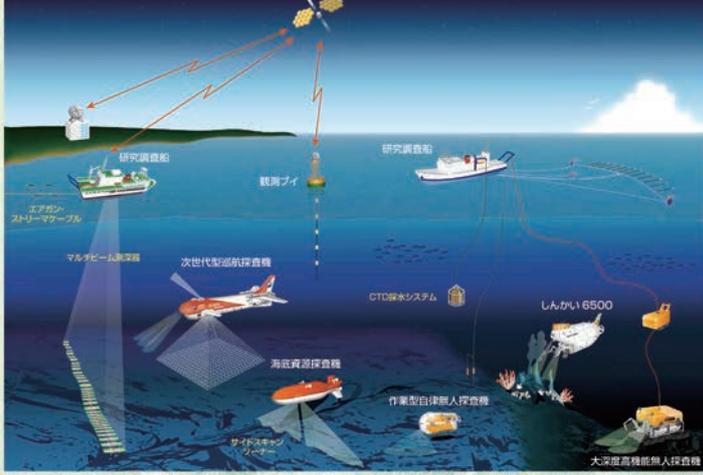
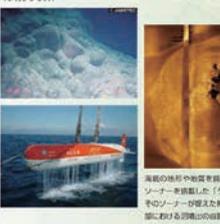
海中の塩分・水温の測定や気象観測を行うトライトンプライによるネットワークを海上に展開し、地球環境変動の研究に貢献しています。



### 海底資源の探査

探査機などを用いた海底の資源探査や採掘採取などによって、海底資源の探査に貢献しています。

しんかい6500、がけをえ海のマンゴラウスト



世界トップクラスの規模・能力を誇る研究調査船・探査機と、次世代を見据えた技術開発を組み合わせ、海洋大気から海中、海底下までをカバーする観測・探査システムを構築し、人類未踏の領域の解明に挑んでいます。

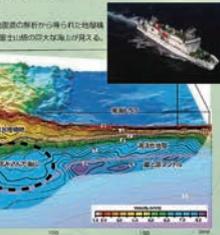
### 海洋・極限環境生物圏の研究

熱水噴出域など特殊な環境に生息する生物を観測・採取し、地球生命の探求に貢献しています。



### 地球内部ダイナミクス研究

エアガンで発生させた人工地震波を利用して地殻構造を調べると、地球内部の動的挙動の解明に貢献しています。



### 地震・津波観測監視システムの構築

紀伊半島沖の奥野野で地震・津波観測監視システム（DONET）の観測作業を行うなど、防災・減災に貢献しています。



## 研究活動を支援するため、船舶や探査機を運用しています。

海洋工学センター運航管理部では、船舶および探査機の利用計画策定、運航・保守整備、機船上、漁業者や関係団・地域との運航海域の調整などを通じて、研究活動支援を行っています。

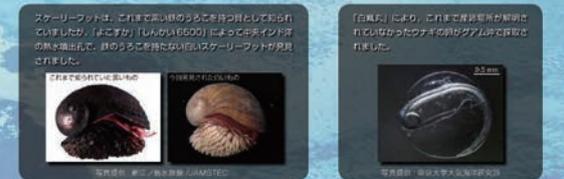
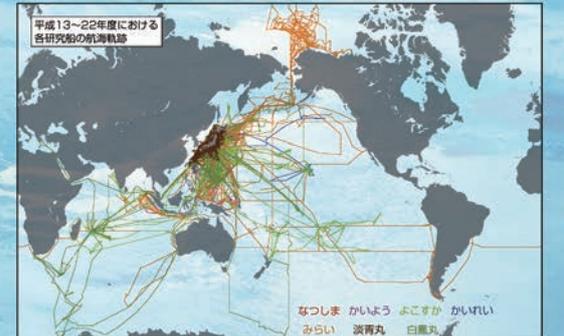
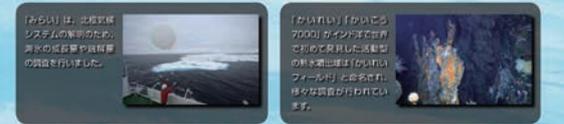
### 研究船



|               | なつしま                             | かいよう                                 | よこすか                                    | かいれい                                    | みらい   | 淡青丸   | 白風丸   |
|---------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 竣工年           | 1981年                            | 1995年                                | 1990年                                   | 1997年                                   | 1997年   | 1982年   | 1999年   |
| 全長×幅 (m)      | 67×13                            | 82×28                                | 105×16                                  | 106×16                                  | 139×19  | 81×9  | 100×16  |
| 総トン数 (トン)     | 1,739                            | 3,350                                | 4,435                                   | 4,517                                   | 8,667   | 810   | 3,091   |
| 総乗員 (乗組員)     | 11                               | 12                                   | 6                                       | 6                                       | 6   | 12  | 18  |
| 定員 (乗組員以外の乗客) | 55 (37/18)                       | 60 (38/11)                           | 60 (45/15)                              | 60 (38/22)                              | 60 (24/45)  | 39 (29/10)  | 89 (54/35)  |
| 主機出力          | 624kW×2                          | 860kW×4                              | 2,206kW×2                               | 2,206kW×2                               | 1,838kW×4   | 162kW×2   | 1,267kW×4   |
| 主要な設備         | MES<br>計量機付探査機<br>有線計測装置<br>ADCP | DPG<br>MES<br>MCS<br>ADCP<br>計量機付探査機 | MES/SEP<br>計量機付探査機<br>観測機<br>CTD 統合システム | MES/SEP<br>MES<br>計量機付探査機<br>観測機<br>観測機 | MES/SEP<br>ADCP<br>計量機付探査機<br>観測機<br>観測機<br>CTD 統合システム<br>計量機付探査機 | ADCP<br>科学観測装置<br>CTD 統合システム<br>観測機<br>観測機<br>PDR | MES<br>SEP<br>ADCP<br>観測機<br>観測機<br>CTD 統合システム<br>観測機 |
| 実用する探査機       | ハイパーデュアル                         | ハイパーデュアル                             | LAかい6500<br>3SL                         |   | かいこ 7000-II   |   |   |

< 観測機 > MES: マルチビーム海底地形計測装置 ADP: 超音波ドップラー流速計  
 DPG: デイプティックプロファイルシステム SPP: サブドームプロファイラ  
 MDR: マルチチャンネル多方向地球観測装置  
 計量機付探査機: 観測機  
 PDR: 計量機付探査機

### 世界の海で活躍する研究船・探査機



### 探査機



|            | LAかい6500                 | 3SL                  | ハイパーデュアル                 | かいこ 7000-II (2020年型)     |
|------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 全長×幅 (m)   | 9.5×2.7                  | 10.8×2.4             | 3.0×2.0                  | 3.0×2.1                  |
| 最大観測深度 (m) | 6,500                    | 3,500                | 3,000/4,500              | 2,000                    |
| 最大推力 (トン)  | 2.5                      | 3                    | 3                        | 0.5                      |
| 乗員 (名)     | 3                        |                      |                          |                          |
| 主要な設備      | HDTVカメラ<br>カメラ<br>画像伝送装置 | カメラ<br>カメラ<br>画像伝送装置 | HDTVカメラ<br>カメラ<br>画像伝送装置 | HDTVカメラ<br>カメラ<br>画像伝送装置 |
| 制御方式等      | 無人式有人乗船                  | 無人式有人乗船              | 無人式遠隔制御                  | 無人式遠隔制御                  |

## 海洋工学センター組織図



## 地球シミュレータセンター ESC (Earth Simulator Center)



センター長  
渡邊 國彦

### 地球シミュレータの導入・更新と シミュレーション技術研究開発

#### はじめに

地球シミュレータは、地球温暖化予測を一つの大きなターゲットとして、1997年から開発が始められ、2002年2月に完成、明るる3月から稼働を開始しました(図1)。稼働を開始してすぐの4月、実際の全球大気循環シミュレーションで、理論性能の65%(26.6テラフロップス)の実行性能を出し、計算機における世界的な賞であるゴードンベル賞をその年に受賞しました(図2)。また他の2部門でも受賞し、その年のゴードンベル賞を総なめにしました。その後、地球温暖化予測のための国際的な組織であるIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)に参加する国内の研究チームはもちろん、米国など様々な国外の研究チームも、地球シ



図1：2002年3月に稼働した地球シミュレータ

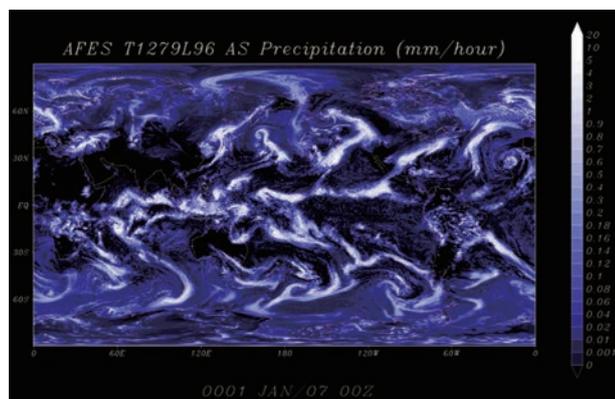


図2：全球大気循環シミュレーション

ミュレータを利用した温暖化予測研究に力を注ぎ、地球シミュレータはその強力な計算能力で実力を発揮しました。地球温暖化予測に関しては、2007年に、IPCCがノーベル平和賞を受賞したことはご承知の通りです。また、この際、IPCCのPachauri議長から地球シミュレータに対する感謝状も贈られています。

地球シミュレータは、運用開始後2年半もの間、リンパックというベンチマークテストで世界最速のコンピュータでしたが、スーパーコンピュータは、その性能が10年間で1000倍に達するとも言われるほど日進月歩の世界であり、また利用者からの膨大な演算処理要求によってフル稼働している状況が常に続いていました。そこで、更なる性能向上を計るため、2009年3月に新システムへの更新を行い、3.2倍の計算能力向上、使用電力量の約3割低減に成功しました(表1、図3)。そして、2010年のHPCチャレンジアワードで、実際のシミュレーションなどで用いられる高速フーリエ変換に関するベンチマークテスト、global FFT部門で、世界第1位の性能を示しました(第2位は、ピーク性能で地球シミュレータの15.6倍の米国のJaguarでした)。

表1：新旧システムの比較

|            | 地球シミュレータ (ES)<br>(2009年3月運用停止) | 地球シミュレータ (ES2) |
|------------|--------------------------------|----------------|
| 総CPU数      | 5120CPU                        | 1280CPU        |
| 総メモリ容量     | 10TB                           | 20TB           |
| 理論性能       | 40TFlops                       | 131TFlops      |
| 総ストレージ容量   | 940TB                          | 2.0PB          |
| テープアーカイブ容量 | 1.8PB                          | -              |
| 導入時期       | 2002年3月                        | 2009年3月        |

### 地球シミュレータセンターの部門

地球シミュレータセンターには、地球シミュレータを始めとするコンピュータ群やネットワークシステムを運用し、機構内外の多くのユーザをサポートしたり、勤怠管理システムなどのさまざまな電子業務システムを開発・運用している情報システム部と、新しいシミュレーション技術を開発する研究部門があります。また、情報システム部には、研究部門と連携をとって、企業の有償利用や、現在、神戸に建設中の「京コンピュータ」と地球シミュレータを連携させて行う文部科学省の「戦略プログラム(分野3：防災・減災に資する地球変動予測)」の技術支援を行っているグループもあります。研究部門には、シミュレーション高度化研究開発プログラムとシミュレーション応用研究開発プログラムの2つのプログラムがあり、全部で4つの研究グループと1つのチームがあります。次にこれらの研究グループ・チームの活動を簡単に紹介します。

### マルチスケールモデリング研究グループ

地球上の気象や気候現象は、大気、海洋、陸面、海氷、生態などの自然環境に加え、人間活動から排出される多くの化学物質など、それらの複雑な相互作用を通して成り立っています。マルチスケールモデリング研究グループは、その複雑な現象を、様々な時空間スケールで捉える事が可能な、気象～気候変動現象までをシームレスに予測可能なモデルの研究開発に取り組んでいます。全球に影響を及ぼす気候変動現象が起こっているときに、日本領域や都市域がどのような影響を受けるのかを明らかにするためには、全球から都市までを一度にシミュレーションすることが必要になるので、地球シミュレータを最大限に活用できるアルゴリズムや並列計算手法の開発も同時に研究開発しています。図4に示したのは、東京都丸の内付近におけるヒートアイランド現象のシミュレーションで、このシミュレーションにより、屋上緑化や保水性舗装など、どのような対策が効果的かを調べるものです。この予

測シミュレーションモデルは、非静力学を扱う大気と海洋、陸面、海氷を結合したモデルであり、the Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment (MSSG:メッセージと呼ぶ)と名付けています。ダウンスケーリングによる非常に詳細な気象や気候変動現象の予測や、気候変動のための適応策への応用に向けて、さらにモデルの高精度化を進めています。

### 高度計算表現法研究グループ

シミュレーションデータをグラフィカルに表現する科学的可視化技術は、シミュレーションを視覚的に把握するための必要不可欠な手段です。シミュレーション技術と車の両輪の関係にあるこの可視化技術は、シミュレーション技術と同歩調で高度に発展することが求められます。しかしながら、市販のソフトウェアでは、大規模なシミュレーション結果の可視化には不向きです。高度計算表現法研究グループは、地球シミュレータを用いた大規模シミュレーションによって得られる膨大なデータを高速に可視化し効率よく有用な情報を引き出すための、大規模並列可視化、仮想現実可視化、



図3：2009年3月から稼働した新システム (E S 2)



図4：MSSGを用いて、東京都丸の内周辺の2005年8月5日15:00の大気の状態を5mの計算格子でシミュレーションした3次元温度分布

可視化表現法、および知的可視化等の先進的な可視化手法の研究を進めています(図5)。また、「京コンピュータ」で用いることを想定した、シミュレーションと同時進行で可視化を行う新しいソフトウェアの開発も行っています。

### 地球流体シミュレーション研究グループ

地球流体シミュレーション研究グループでは、気候変動とその予測可能性の理解を向上するためのシミュレーション研究を行っています。これまでに、地球シミュレータ用に最適化されたAFES(大気大循環コード)、OFES(海洋大循環コード)、そしてそれらを結合したCFES(大気海洋結合コード)を開発し、改良を重ねてきています。これらを用いたシミュレーション結果は、個々の現象を研究するための有効なデータとなり得ます。

図6に示したものは、大気の高気圧擾乱や海洋中の微細な渦も表現できるほどの高解像度で20数年間計算した大気海洋結合モデルによるシミュレーション結果で、北太平洋の顕著な気候変動の一つである北太平洋十年規模変動を現実的に再現しています。この気候変動は十年規模で入れ替わる大規模な海面水温のシーソーパターンで特徴づけられます。すなわち北西太平洋の日本東方海上が冷たい(青色の陰影)とき、アラスカ湾から東部熱帯太平洋にかけての北米西海岸沖の海域が暖か(赤～黄色)なります。またこのような海面水温偏差は、冬季のアリューシャン低気圧の弱화를伴

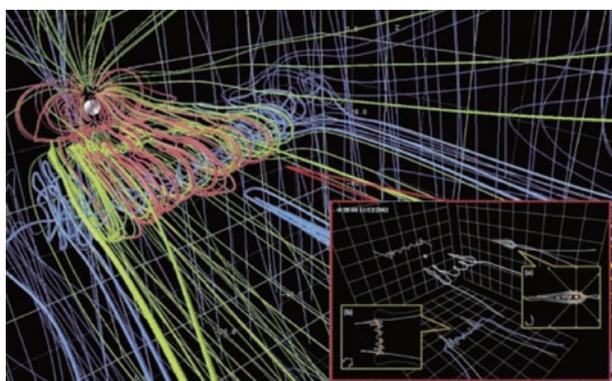


図5：地球磁気圏MHD(磁気流体力学)シミュレーションによって計算された磁場構造の可視化。知的可視化であるビジュアルデータマイニングによる、磁力線の自動抽出とトポロジー分類。

います。モデルと観測との良い一致は、この大気海洋結合モデルが気候研究にとって有用な道具であることを示しており、現在、海洋研究開発機構の地球環境変動領域や大学等との連携のもと、精力的に解析が進められています。

### 観測システム設計手法開発研究チーム

この研究チームは、地球流体シミュレーション研究グループで開発した技術を観測システムに応用するために、2010年に発足した若いチームで、観測とシミュレーションとを融合する世界最先端のアンサンブル解析システムを開発し、これを用いた観測システムの最適化や予測可能性について研究しています。このチームには、地球シミュレータセンターの研究者だけでなく、地球環境変動領域の複数のプログラムからも多くの研究者が参加しています。また、メリーランド大学および同志社大学の研究者の協力を受けて研究を実施しています。

実験的アンサンブル再解析データALERAから作成した2005年台風第5号を図7に示します。誤差は観測密度だけでなく、大気の流れに応じて日々変化します。このような誤差は、既存の解析手法では得られなかった情報で、どこを観測すれば効果的かという観測システム設計に利用できます。これまでに、大気大循環モデルAFESとメリーランド大学のアンサンブル解析コードLETKFとを組み合わせ更新された地球シミュレータ上に最適化されたシステムを構築しました。

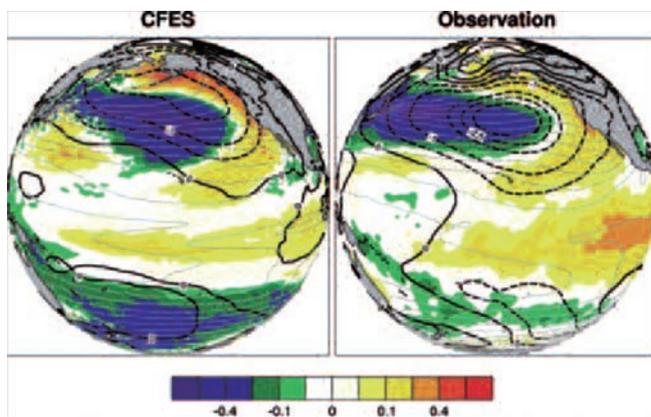


図6：北太平洋十年規模変動のシミュレーション結果(左)と観測結果(右)の比較

### シミュレーション応用研究グループ

この研究グループでは、地球シミュレータの産業界での研究・開発、設計・製造への活用を促進することを目的として、様々な活動を行っています。地球シミュレータの産業利用については、平成16年度から産業界との共同研究を開始し、また平成17年度からは文部科学省の委託事業「地球シミュレータを利用した先端大型研究施設戦略活用プログラムの運用業務」を受託し、成果公開を前提とした利用が行われてきました。平成19年度からイノベーションにつながる成果に視点を置いた先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】、平成21年度からは、より広い事業目的に修正した先端研究施設共用促進事業に参画し、「地球シミュレータ産業戦略活用プログラム」として、地球シミュレータの産業利用の拡大を目指し活動しています。

その一例として、東洋電機製造株式会社による「三次元有限要素法による回転機の高速度高精度数値解析技術の開発」を紹介します。国内の消費電力のうち、50%以上が回転機(モーター)によって消費されていると言われており、回転機の効率改善は、環境問題において避ける事の出来ない重要課題の一つです。本課題では、岐阜大学および海洋研究開発機構と共同して、これまで困難とされてきた三次元有限要素法による電磁界解析プログラムの並列化に成功し、大規模な磁界解析を高速に行なうことが可能になりました。図8はIPM(永久磁石埋込型)モーターの解析モデルと回転子が偏芯している場合

の永久磁石中の渦電流密度です。回転機の高速度高精度な動作特性解析を実施する事で、高効率な回転機的设计・開発期間の短縮に大きく貢献することが期待されます。

これらの活動以外にも、企業等との共同研究も展開しています。その一例としては、海洋研究開発機構の地球内部ダイナミクス領域と協力し、株式会社DNPファインケミカル(旧名:ザ・インクテック株式会社)と平成17年度よりインキの複雑な運動をコンピュータ上に再現するための技術に関する共同研究があります。この共同研究の結果、世界に先駆けてインキのシミュレーションソフトウェアのプロトタイプを開発しました。このプロトタイプにより、従来の数値流体力学的手法では扱うことが困難だったインキの複雑な振舞いのシミュレーションが可能となり、印刷の品質管理向上につながることも、地殻・マントルが連動して流れたり割れたりするシミュレーション等への幅広い応用につながることを期待されます。

### 終わりに

これからも地球シミュレータを使い、より信頼のおける、より実用になかった未来予測が可能なシミュレーション技術を世界に先駆けて開発し、国家戦略である「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大戦略」や「ライフ・イノベーション構想」に沿った、安全・安心な社会の実現と、人類の持続的な豊かさに貢献していきたいと考えています。

### 地球シミュレータセンターホームページ

<http://www.jamstec.go.jp/esc/index.html>

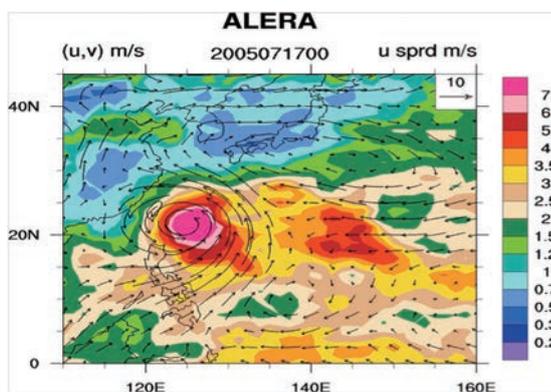


図7：2005年7月17日0 UTC (世界協定時、日本時9時)における850 hPa (上空約1,500 m)での風(→)と東西風の解析誤差推定値(色)。

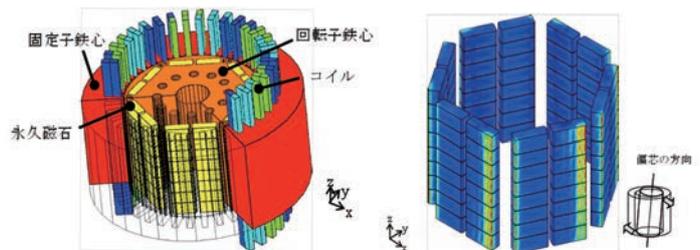


図8：IPMモーターの解析モデル(左)と偏芯がある場合の永久磁石中の渦電流密度(右)

## 地球情報研究センター

DrC (Data Research Center for Marine-Earth Sciences)



センター長  
今脇 資郎

## データから情報へ：地球情報研究センターの役割

地球情報研究センター(DrC)は、2009年のJAMSTECの組織再編の際に生まれた新しい研究センターですが、そのオリジンはかつての情報管理室にあります。

1998年の海洋地球研究船「みらい」の共同利用の開始に伴って、「観測データの公開指針」が定められ、当時の情報管理室において、新たにデータ管理業務を開始しました。その後、2001年10月の横浜研究所の発足と、同年11月の国際海洋環境情報センター(GODAC：ゴードック；沖縄県名護市)の開所を機に、共用計算機やネットワーク等の情報基盤管理業務とともに、JAMSTECの観測データ管理・公開業務等を担当する情報業務部が設置されました。

当初は、「みらい」の共同利用に伴う観測研究データと、潜水調査船等による深海の記録写真の管理・公開業務を担当していましたが、2004年の独立行政法人化を経て、JAMSTECが取得するデータ・サンプル管理に加えて、広報業務や図書館業務等を統括する部署として、2006年に海洋地球情報部に再編されました。2007年に「データ・サンプルの取り扱いに関する基本方針(データポリシー)」<sup>1)</sup>を制定したほか、各種データ・サンプルの管理規程類の整備を進めました。

その後、「みらい」に加えて他の船舶のデータも公開する「観測航海データサイト」<sup>2)</sup>や、海域や観測データの種類からデータを検索できる「データ検索ポータル」<sup>3)</sup>、さらに「岩石サンプルデータベース」<sup>4)</sup>をはじめ、

ピストンコアや生物サンプルの所在情報等も順次公開<sup>5)</sup>し、研究者をはじめ、多くの利用者にデータを提供しています。また、GODACでは世界でも類を見ない規模での深海調査で撮影された深海の映像を、インターネットで提供する深海映像データベースなど<sup>5)</sup>の運用・公開を進めています。そして、インターネット上での情報発信に加え、GODACの展示スペース等において、説明員が直接、来館者に海洋や地球に関する科学技術や研究成果を分かりやすく紹介・説明し、青少年等の海洋に関する理解増進にも努めてきました。

そして、2009年の第2期中期計画のスタートに伴って、新たに、地球情報研究センターとして再スタートしました。今期中期計画では「機構が取得する各種データやサンプル等に関する情報等の体系的な収集、整理・分析、加工、保管を行い、円滑な公開・流通を実施する。このため、必要な基本方針等を整備するとともに、海洋生物研究成果に関する総合的なデータベースなど、研究者のニーズや教育・社会経済分野等のニーズに対応した情報処理提供のシステムを構築する」としています(図1)。

世界的に生物の多様性に関する問題が注目される中、2009年には海洋生物種に関する情報のデータベース「BISMaL」<sup>6)</sup>を整備・公開するとともに、2010年に名古屋で開催された生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)を機に、国際的な海洋生物研究のプロジェクト「海洋生物のセンサス：CoML」のデータベース

「OBIS」との連携を進め、2011年に「OBIS」へのデータ提供を開始しました。その日本ノードとしての役割を担うため、現在、国内関係機関や研究者との協力体制を、BioGeosの海洋生物多様性研究プログラム等と連携して構築中です。また、国内の関連研究機関等と協力して、文部科学省からの受託業務などにより、地球温暖化に伴う水産資源変動への適応策の立案に有用な大気・海洋・生態系データ同化システムの開発や、それを活用したアカイカを対象とした漁場探索および水産資源変動を推定するための技術の開発等を進めています。

前述のデータポリシーでは、JAMSTECが取得したデータ・サンプルは、「人類共有の財産」であり、広く公開され、将来にわたって世界中で活用されることが重要である、と謳われています。地球環境に関する情報は今後ますます重要になり、研究コミュニティだけでなく、実社会からも様々な要望が出てきます。観測データに留まらず、数値モデルの出力を含めて様々な付加価値情報が求められます。さらに、JAMSTECで得られたものに限らず、また日本・世界の区別なく、役に立つ情報をなるべく豊富に揃えておく必要に迫られる日も遠くないと思われます。DrCはそれらの要望にできるだけ応えていきたいと思ひます。

### ◆ データ・サンプル情報の流通・利用促進のために： データ技術開発運用部

データ技術開発運用部は、JAMSTECの研究船が観測航海により取得したデータやサンプル情報の管理とその利用促進のためのシステム開発に加えて、様々なデータを統融合することにより新たな価値を生み出す付加価値データやプロダクト等の開発・提供を目的として2009年度に発足しました。現在、JAMSTECが2007年度に制定したデータポリシー<sup>1)</sup>等に基づいて、主に「かいよう」、「なつしま」、「よこすか」、「かいいい」、「みらい」の5船と、それらを母船として活動する各種潜水調査船・無人探査機等で取得したデータ・サンプルの管理・公開を行っています。各航海にて取得したデータは、クルーズレポートや航海情報等とともに船舶毎に整理して「観測航海データサイト」<sup>2)</sup>に登録し、検索利用できるようになっており、データを取得した研究者等が優先的に利用できる期間(公開猶予期間)を設けて、その期間が終了したデータから公開を行っています。

また、公開されている観測データについては、各種公開サイトを横断して取得位置や観測項目等での検索を可能とするため、「データ検索ポータル」<sup>3)</sup>(図2)を開発し、インターネット上で利用できるようにしていま



図1：DrCの役割

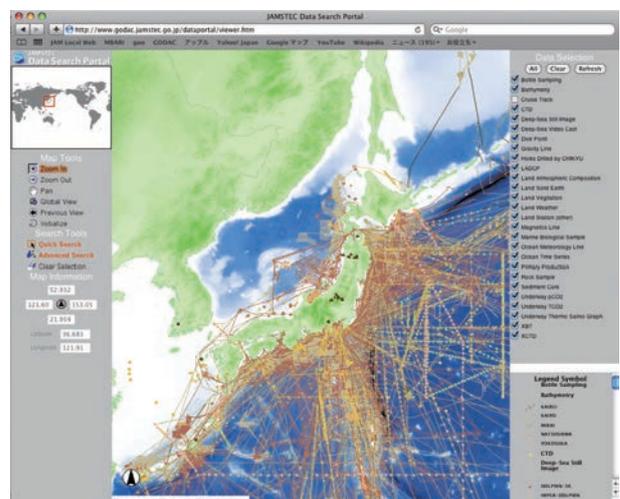


図2：「JAMSTECデータ検索ポータル」の検索画面例

す。さらに、岩石や生物、堆積物等の取得サンプルの有効利用促進のため、サンプル取得時の関連情報や保管場所等の所在情報(メタデータ)、分析データ等についての公開サイトを構築し、「GODAC地球環境ポータル」<sup>5)</sup>から自由に閲覧できるようになりました。

現在の観測航海データサイトは、特定の観測航海に乗船した研究者が利用することを考えて、航海毎にデータ・情報を整理したサイト構成となっています。そのため、航海情報に依らずにデータを取得するには不向きで、例えば、特定の海域で複数の航海にまたがって複数の観測機器のデータを取得するのは煩雑な作業が必要になります。そこでデータ技術開発運用部では、多様な分野の利用者の多様なリクエストに応えられるように、観測航海データに関するデータベース構築などのシステム開発や、システム機能強化などについても積極的に取り組んでいます。

また、新たに、異なる地球観測データ種の組み合わせ、さらにはそれらとシミュレーションモデルとを統合することによる付加価値の高いデータセットの作成にも取り組んでいます。例えば、海洋観測データは、観測される時刻/場所が均一でないため、そのままでは海洋の力学的挙動を把握するには向きません。データ同化と呼ばれる手法を用いると、海洋力学の法則を満たすように観測データを「補間」して、時空間的に連続で力学的に整合性のある海水温などの海洋再解析データを作成できます。例えば図3に示すように、1997/1998年のおこったエルニーニョイベントを偏

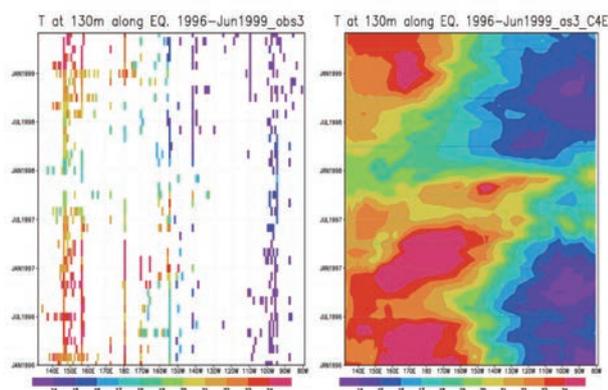


図3：赤道にそった130m深の水温の東西/時系列分布。空間的にまばらな観測データ(左)と数値モデルを組み合わせることによって作成されたデータ同化プロダクト(右)。

りのある観測データを数値モデルに同化することにより、詳細に再現することに成功しています。このような観測データとシミュレーションモデルとの融合による海洋再解析データセット<sup>7)</sup>を利用することにより、海洋環境場の影響を受ける水産資源の変動をより詳しく解明するという、新しい試みにも取り組んでいます。

また、近い将来に大地震の発生が予想されている静岡県御前崎から紀伊半島沖に掛けての東南海・南海地域において、予想される地震の発生メカニズムを推測するためには、その地域での詳細な地震活動と地球内部構造のデータが必要になります。この地域では、海底地震・津波観測ネットワークにより海底観測網が構築されつつあり、この観測網により取得される海底地球科学データとIFREEが運営する陸上観測網で取得される地球物理データ、そしてJAMSTEC研究船により取得された様々な海底地球科学データを統合することで詳細な地球内部構造等が得られることが期待できます。データ技術開発運用部では、これらのデータを統合して固体地球科学統合データベースの構築を目指しています。

#### ◆ JAMSTECの海洋研究情報の発信拠点として： GODAC

地球情報研究センター(DrC)の海洋研究情報の発信拠点である国際海洋環境情報センター(GODAC:ゴダック)は、2001年11月に名護市の施設・設備を借りて開所し、今年で10周年を迎えました。

GODACは、JAMSTECで取得された各種の海洋環境情報を発信する役割を担っており、「GODAC地球環境ポータル」<sup>4)</sup>において、様々な海洋観測データやサンプル情報、画像・映像データ等が検索できる各種データベースとして公開しています。また、これらのインターネット経由での情報発信のほか、一般の方々や、次世代を担う青少年たちに、海洋に関する研究成果等を説明し、理解を深めてもらう試みもしています。

近年、世界の海洋生物にはどのようなものがいてその分布がどうなっているのかを調べる国際プロジェクト「海洋生物のセンサス:CoML」が行われました。その結果、世界中の海洋生物は約23万種の存在が報告

されています。日本でも多くの海洋生物が研究されていますが、それをまとめて見ることが出来るデータベースとして、地球情報研究センターで開発した海洋生物情報データベース「BISMaL」<sup>5)</sup>(図4)というデータベースの運用、データ公開をGODACにて開始し、主にJAMSTECが取得している深海生物種の情報を整備・登録してきました。今では、約1千種の深海生物に関する分布情報や映像情報、文献情報等をこのデータベースで見ることが出来るようになりました。

さらに、JAMSTECが採集した貴重なサンプルを世界中の研究者が利用して研究できるように海洋生物サンプルデータベース<sup>8)</sup>の公開も開始し、保有サンプルの情報を調べることが出来るように運用しています。

これまでに日本周辺海域では、少なくとも約3万3千種が存在していることが、当機構の研究で分かってきました。これは世界で報告されている種の約15%を占めることになり、日本周辺の寒い海から暖かい海、浅い海から非常に深い海、更に深海の海底温泉や湧水域など多様な海洋環境に、多様な生物が生息していることを示していると考えられます。

そこでGODACでは、現在、JAMSTECの研究者と協力して、深海生物だけでなく日本周辺から報告されている全ての海洋生物種の情報を収集し、海洋環境情報等と一緒に提供していけるよう、日本の他の研究

機関からのデータもBISMaLに登録するための準備を進めています。このようなデータベースが出来ることによって、地球環境の変化とともに海洋生物の分布がどの様に変化していくのか推定するときに役に立つと考えています。

その他、GODACでは海洋や地球に関して海洋研究開発機構が行っている研究活動等を、一般の方々に知っていただくために、展示スペースで説明を行っています。また、年4回セミナーを開催したり、子供たちに対しては海洋教室や、昨年度末より小学校を中心に出張授業も積極的に実施してきた結果、出前授業の要望がかなり増え、うれしい悲鳴を上げているところです。このような授業では、水圧の実験など、学校ではなかなかできない実験が好評で、子供たちも目を輝かせてみえています(図5)。将来、このような子供たちの中から海洋学や海洋生物学を志す若者が育ってくれることを期待しています。

- 1)「データ・サンプルの取り扱いに関する基本方針」;  
[http://www.jamstec.go.jp/j/database/data\\_policy.html](http://www.jamstec.go.jp/j/database/data_policy.html)
- 2)「JAMSTEC観測航海データサイト」;  
<http://www.godac.jamstec.go.jp/cruisedata/j/>
- 3)「JAMSTECデータ検索ポータル」;  
<http://www.godac.jamstec.go.jp/dataportal/>
- 4)「深海底岩石サンプルデータベース(GANSEKI)」;  
[http://www.godac.jamstec.go.jp/ganseki/index\\_jp.html](http://www.godac.jamstec.go.jp/ganseki/index_jp.html)
- 5)「GODAC地球環境ポータル」;  
<http://www.godac.jp/portal/page/portal/GDC/GPSS216>
- 6)「BISMaL(Biological Information System for Marine Life)」;  
<http://www.godac.jp/bismal/j/>
- 7)「FlntAn(Fruit of Integration and Analysis)」;  
<http://www.jamstec.go.jp/drc/fintan/j/>
- 8)「海洋生物サンプルデータベース」;  
<http://www.godac.jamstec.go.jp/bio-sample/>



図4：海洋生物情報データベース「BISMaL」の検索画面例



図5：名護桜まつりにおいて水圧実験の様子を見る子供たち

## 地球深部探査センター

### CDEX (Center for Deep Earth Exploration)



センター長  
東 垣

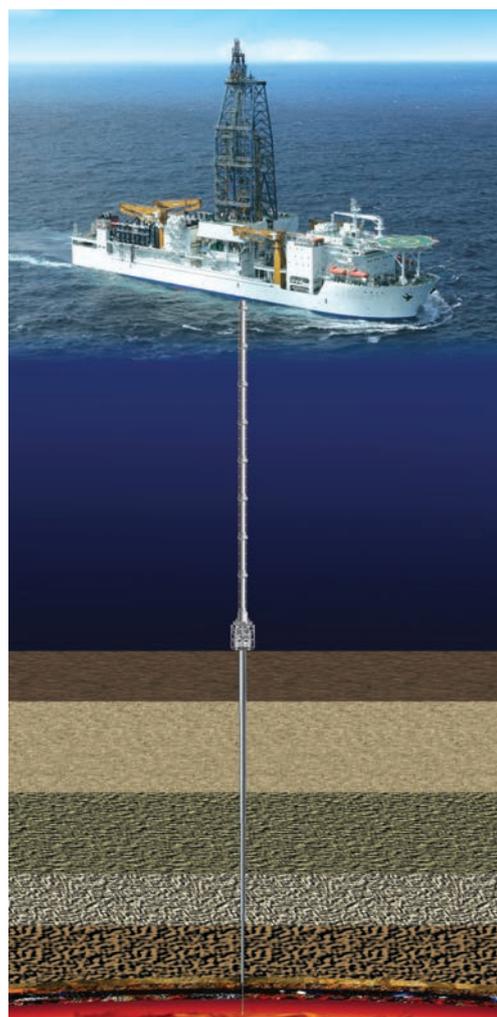
## 「ちきゅう」とともに歩む

日本は世界第六位の排他的経済水域を有する海洋大国です。地下資源に恵まれない国として、この広い海洋と海洋底下に眠る金属やエネルギー資源等を利用することはたいへん重要です。また、温暖化を引き起こす二酸化炭素を海底下に安全に貯留する試みも始まっています。自然の恵みを楽しむばかりでなく、2011年3月11日の東日本大震災で生じたM9.0の海溝型巨大地震それに起因する大津波といった巨大地震や津波災害に備える為の監視も必要です。海を知り、これを守り、利用することは日本にとっては国是であるにも関わらず、これを実行することはそれほど容易ではありません。地球深部探査船「ちきゅう」が生まれた背景には、深海底下の開発という新たなフロンティアに対しての日本国民が抱く大きな期待があります。

地球深部掘削船「ちきゅう」が出来上がった歴史を紐解くと、図面を引き造船に直接携わった技術者だけではなく、政官学の垣根を越えて多くの日本人が、希望を見だし、労を惜しまず為した偉業であることや、同時に、世界の研究者からの協力を受け、満を持して計画がスタートしたことがよく理解できます。

面白い事に「ちきゅう」は、当初の目的である研究成果を生み出すだけでなく、世界に通じる人材育成に貢献しています。若い世代は「ちきゅう」にあこがれ、乗船し研究したいと研究者を志します。世界最先端の環境に放り込まれ、経験と自信をつけることで、それはいつしか将来を嘱望される若手研究者へと変わっていきます。

「ちきゅう」は2001年の建造から今日までこの間、日本最初の掘削船として多くの経験を積み、機器や操縦、運営のあらゆる面で成熟期を迎えようとしています。これまで以上に、これからの「ちきゅう」にご期待ください。



## 1. CDEXの誕生と役割

国内では80年代後半からライザー掘削の科学的必要性と技術的可能性が、民間企業並びに大学や政府で真剣に検討され始めました。国際的にも、深海掘削計画(ODP)の次フェーズには新しい掘削技術の導入が必要であるとの認識が高まり、1994年6月、深海掘削研究会(科学技術庁)による報告書「21世紀の深海掘削計画 -OD21-」で日本がそれを実行する具体的な計画案が示されました。そのような状況下で、海洋科学技術センターでは2000年度より、「地球深部探査船」の基本設計の実施及びOD21計画推進のため「深海地球ドリリング計画推進室(OD推進室)」が発足しました。OD推進室は設計担当の技術開発グループとプロジェクト計画策定・管理を行う企画調整課から構成され、後の地球深部探査センター(CDEX)に繋がる組織となりました。

CDEX<sup>1</sup>が誕生したのはその2年半後、地球深部探査船の建造開始から約1年半たった2002年10月でした。初代センター長には平朝彦博士(現・JAMSTEC理事)が就任し、当時のCDEXは、地球深部探査船の完成後の運用を見据え、掘削計画の作成・監督・管理を担う運用管理業務やスタッフサイエンティストの派遣、コア分析・管理及び研究用データベースの構築を実施する科学支援業務並びに掘削時の安全確保のための事前調査業務を行いました。また一方で、OD推進室は継続して地球深部探査船の基本設計やプロジェクト全体の管理を担い、CDEXと連携して業務を実施する体制となっていました。

2004年4月1日、特殊法人改革により「特別認可法人・海洋科学技術センター」が、「独立行政法人・海洋研究開発機構」に改編されました。同時に実施された組織改編で前年度までCDEXとOD推進室に分かれていた体制が一つの組織として「地球深部探査センター(CDEX)」に統合されました。新CDEXは、2003年10月より始動していた統合国際深海掘削(IODP)の総合的推進並びに地球深部探査船「ちきゅう」

の安全かつ効率的運用及び関連する技術開発を行うことを主任務としました。現在のCDEX内の組織は、企画調整室、運用室、開発グループ、科学計画グループ並びに環境保安グループで構成されています。その目標は、第II期中期計画実行中の今も変わりありません。

## 2. 「ちきゅう」の建造と試験航海

海洋科学技術センターでは1989年度から1998年度まで、1990年の「深海掘削船システムの研究開発」、1995年からは「全体システムの研究」、1998年の「掘削船の基本設計」を通して、ライザー深海掘削船の技術課題と開発についての検討を進めました。

前述の準備段階を経て、2001年4月より地球深部探査船<sup>2</sup>の建造が開始されました。建造作業は大きく分けて次の3つの工程で行なわれました。

- 船体建造：船体の作成、船内に据え付けられるエンジン等の大型機器・設備の設置、居住区と研究区画やヘリデッキ等の構造物の搭載を行う工程を、2001年4月から2002年1月18日まで三井造船株式会社玉野事業所(岡山県)で行ないました。1月18日の進水式で地球深部掘削船は「ちきゅう」と命名されました。
- 船上掘削関連システム搭載：船体上に製造された掘削機器と掘削モジュールを搭載する工程を、三菱重工株式会社長崎造船所(長崎造船所)で2003年7月から2005年7月の完成引き渡しまで実施しました。
- サブシー関連システム製造：サブシーシステムは、ライザーシステムと、防噴装置(BOP)及び関連するシステムからなり、必要な機器の調達とシステム製造は三菱重工株式会社の神戸造船所が担当。その調達製造の場は、海外の海洋石油開発の主要都市にまたがり、任務の遂行には現地事務所の開設や現地専門家の協力を必要としました。完

成したシステムの搭載は、長崎造船所で行われました。

2006年8月6日から82日間にわたる下北半島東方八戸沖掘削試験航海<sup>3</sup>を実施しました。目的はシステム総合試験と操作完熟訓練でした。システム総合試験では、ライザーパイプとBOPを実際に海底に降下設置し、ライザー緊急離脱が正常に作動することを確認しました。また、コア採取システムの性能確認試験では、採取したコアをMWJ((株)マリンワークジャパン)のラボテクニシャンが研究区画に配備された分析機器を用いて計測し、結果をデータベースに登録する作業を行いました。これにより、IODP航海でコア計測ワークフローを能率よく行うための貴重な試験となりました。

### 3. IODP国際運用及び今後の展望

前年度までの試験航海を経て、2007年からの「ちきゅう」のIODPでの運航が始まりました。「ちきゅう」の最初のIODP航海(expedition)は、熊野灘南海トラフに於ける地震発生帯掘削(Nankai Trough SEIsmogenic Zone Experiment: NanTroSEIZE)でした。本計画は、プレート境界型巨大地震の発生メカニズム解明を目的に、海底下6 kmのプレート境界断層を貫き、更に掘削孔に地震計や歪み計等の長期観測装置を設置するという壮大なもので、2007年度にはその予備研究としての浅部掘削3航海<sup>4</sup>(ステージ1: 第314<sup>5</sup>～316次航海)が行われました。「ちきゅう」初のIODP航海ということもあり、様々なトラブルに見舞われました。当初からある程度予想されていた事とは言え、黒潮の影響は予想以上で、掘削技術者やクルーを苦しめました。更に断層帯や未固結付加体という脆弱層をターゲットにしている為に必然的に孔壁の崩壊にも悩まされました。然しながら、これらの困難を乗り越え、予想以上の科学成果を挙げる事が出来たと同時に、将来の

大深度掘削に向けての貴重な技術的データやノウハウを得る事も出来ました。

2009年度には、ステージ2として第319次<sup>6</sup>、第322次<sup>7</sup>の2航海が行われ、科学掘削史上初のライザー掘削が行われました。2010年度にはついにステージ3の大深度掘削に向けた上部の基礎を作る掘削作業が行われました(第326次航海<sup>8</sup>)。又、ステージ2の後半の作業としてライザーレス掘削坑に長期観測用の機器を挿入する作業が行われました(第332次航海<sup>9</sup>)。非常にデリケートな作業が多く、難しい試みではありましたが、CDEXの技術の粋と船上クルーの緻密なオペレーションにより成功裡に設置する事が出来、研究者からも高く評価されました(詳細は次章を参照)。

NanTroSEIZE以外のIODP航海としては、沖縄トラフで行われた第331次航海<sup>10</sup>があります。海底熱水系に棲息する微生物とその水理的・地化学的環境との関係をテーマにした研究航海でしたが、当初の微生物学の目的達成に加え、海底熱水鉱床の発見という成果もあり、我が国の海洋資源開発にとっても大きな意義のある航海となりました。(表1)

科学成果や技術開発の様な華々しさはありませんが、「ちきゅう」運用開始に当たって特に強調したのがHSEマネージメントシステム(HSE-MS)の導入です。HSEとは*Health, Safety, Environment*の略「環境安全衛生」と訳されます。「ちきゅう」の運用に当たりCDEXでは石油掘削業界の標準であるHSE-MSを採用しました。以前から機構には安全を司る安全管理室(現・安全環境管理室)があり、船舶の安全運航の為に規則等も存在していましたが、掘削船の特殊性に鑑み、石油業界標準のHSE-MSに則った運用が必要であるとの判断から作成されました。CDEX HSE-MSの構築に当たっては、現・安全環境管理室の齋藤孝雄氏と故・鈴木宇耕氏の両名が中心となって骨子を作り、外部コンサルタントの助力を得て完成されました。

2003年の海上公式試運転以来、「ちきゅう」の運用は、自主運用からGlobal Ocean Development社による委託運航を経て、一時の自主運用から日本マントルクエスト社による委託運航へと変遷しましたが、CDEXではこれらの期間を通じてHSE-MSに基づいた適切な管理監督を行い、安全且つ効率的な運用に努めています。船上に於ける事故件数も年を追うごとに減少傾向にあり、業界で安全度の1つの目安とされるLost-time Injury(1シフト以上の休業を伴う人身事故)は、2011年9月現在1300日以上無発生を継続中です。又、CDEXが最初に採用したHSEへの取り組みは、機構内各所へのHSEボードの設置や、リスクアセスメントや安全監査の導入等、HSEの手法・文化は徐々に機構全体に広がりを見せています。

今後の「ちきゅう」の展望ですが、まずはNanTroSEIZEの完遂が当面の大目標です。黒潮の影響下で水深2000mから海底下6000～7000mを掘削し、断層帯を挟んで観測機器を設置するのは大きな技術的チャレンジですが、是非とも成功させねばならない目標です。さらにその先には、マントル掘削があります。そして、これら全ての根底にあるのが、安全操業である事は言うまでもありません。

#### 4. 「ちきゅう」の技術開発

2006年3月に第3期科学技術基本計画が閣議決定

され、この中で“計画期間中(平成18～22年度)に集中的に投資すべき国家的な大規模プロジェクト”として“国家基幹技術”が登場します。2005年に竣工した「ちきゅう」の「深海底ライザー掘削技術」も「海洋地球観測探査システム」の一環として「宇宙輸送システム技術」などとともこの国家基幹技術に位置付けられることになりました。

「ちきゅう」の建造当初のスペックは水深2,500 mの海底からさらに深度(海底下の深さ)7,000 mまで掘削できる能力を備えるというものでした。しかし「ちきゅう」の掘削目標の一つであるモホ面(地殻と上部マントルの境界面)に達するマントル掘削計画には少なくとも水深4,000 m + 深度7,000 mの掘削能力が必要であり、それに伴い生じる様々な技術的課題をクリアする必要があります。この能力の拡充が国家基幹技術開発に託されたわけです。(図1)

すなわち4,000 mの水深において安全かつ安定的なライザー掘削を行う技術(大水深掘削技術<sup>11</sup>)、複雑な地質構造を掘削し地球深部の目的層から高品質の試料を回収する技術(大深度掘削技術<sup>12</sup>)及び深部掘削孔における地震断層の直接モニタリングを実現し巨大地震の発生過程の解明や地震発生時におけるリアルタイムの情報提供等を可能とする技術(深部掘削孔内計測技術<sup>13</sup>)の開発などに取り組むことになります。

この中でまず成果をあげたのは大水深掘削技術の一つである渦励振抑制技術と深部掘削孔内計測技術

表1: 「ちきゅう」で行ったIODP航海

| 航海番号 | タイトル   | 実施期間             |
|------|--|------------------|
| 314  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1: LWD 横断掘削                      | 2007年9月～11月      |
| 315  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1: 巨大分岐断層ライザー掘削パイロット             | 2007年11月～12月     |
| 316  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1: 巨大分岐断層浅部・前縁断層掘削               | 2007年12月～2008年2月 |
| 319  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ2: ライザー/ライザーレス掘削長期孔内計測-1         | 2009年5月～8月       |
| 322  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ2: 沈み込みインプット                     | 2009年9月～10月      |
| 326  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ3: Plate Boundary Deep Riser 1   | 2010年7月～8月       |
| 331  | 沖縄熱水海底下生命圏掘削-1: DEEP HOT BIOSPHERE                 | 2010年9月～10月      |
| 332  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ2: Riserless Observatory 2       | 2010年10月～12月     |
| 333  | 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ2: Inputs Coring 2 and Heat Flow | 2010年12月～2011年1月 |
| 337  | 下北八戸沖石炭層生命圏掘削                                      | 期日未定             |

である長期孔内観測システム(LTBMS: Long Term Borehole Monitoring System)でした。

熊野灘などの強海流域でライザー掘削を行う場合、強流に起因する渦励振(VIV: Vortex Induced Vibration、ライザー管がその外径1.2 mの最大2倍程度の振幅で水平方向に振動する)によりライザー管の疲労寿命が低下します。これを防ぐため、ライザー管に装着し渦の発生を抑制するフェアリング<sup>14</sup>を開発し、2009年度の南海掘削で実際に使用してその効果を確認しました。(図2)

また、ライザーレス孔用のLTBMSについて、孔口装置(CORK Head)などシステムを構成する各要素の設計、製作を行い、2009年度のダミーランテストを経て、2010年度の第332次航海において南海トラフのNT3-01掘削孔(水深2,000m+深度1,000m)への設置に成功しました。地震地殻変動と間隙流体挙動に関する多項目データを孔内の多層において同時に観測できる装置の設置は世界初の快挙です<sup>15</sup>。(図3)

その他にもモホ面到達に必要な強度を持つ12,000m

級ドリルパイプの開発、4,000m超の大水深に適した泥水循環システムを有する次世代ライザーシステムの開発、より高精度な位置保持性能を目指したDPSの高度化、モホ面に至るまでの複雑な地層から高品質なコアを採取する泥水(タービン)駆動コアリングシステム(TDCS)(高温用材料及び大深度用ビットを含む)の開発、大深度掘削に伴う偏芯を修正するための掘削方向制御技術(掘削情報取得伝送技術含む)の開発、海中から大深度孔底まで温度差の大きな環境(0~300℃)で使用可能な泥水の開発などに取り組んでいます。(図4)

マントル掘削計画が本格的に始動すれば、現在開発中のTDCSなどのコアリングシステムに加え、本格的な次世代ライザーシステムの導入が必須になります。さらに現在検討中の地中海岩塩掘削計画が動き出せば、岩塩層に適した新たなコアリングシステムや大深度での貢献が期待されるターボコアラなどの方向制御技術の確立も必要になってきます。また、掘削孔はコアを採取した後の残骸ではなく地球の内部を見るための貴重な「科学の窓」として、さらに高機能・高精度・高信頼

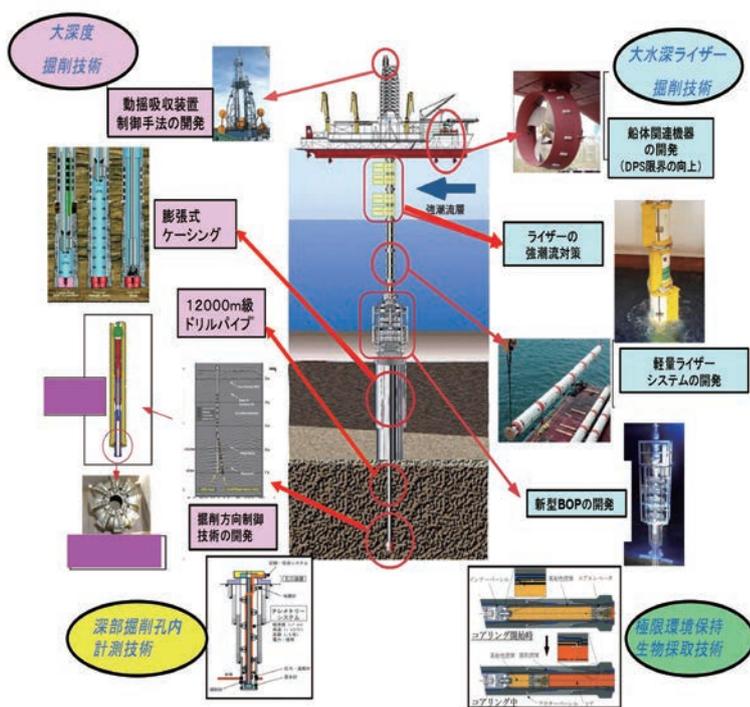


図1: 深海底ライザー掘削技術開発全体イメージ

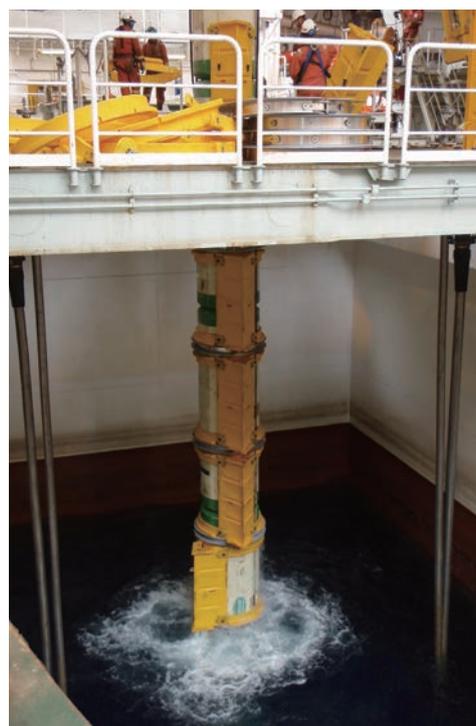


図2: フェアリング

性の孔内観測システムが求められることとなります。人類未踏のこれらのミッションを見据え「ちきゅう」はこれからも常に進化し続けます。46億年の地球進化の謎に迫るため、私たちも新たな開発課題に対し「ちきゅう」とともにピッチを上げて挑戦を続けていきます。

- <sup>1</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/CDEX/index.html>
- <sup>2</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/CHIKYU/index.html>
- <sup>3</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/Shimokita/index.html>
- <sup>4</sup> [http://publications.iodp.org/proceedings/314\\_315\\_316/314315316title.htm](http://publications.iodp.org/proceedings/314_315_316/314315316title.htm)
- <sup>5</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/NantroSEIZE/exp314.html>
- <sup>6</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/NantroSEIZE/exp319.html>
- <sup>7</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/NantroSEIZE/exp322.html>
- <sup>8</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/NantroSEIZE/exp326.html>
- <sup>9</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/NantroSEIZE/exp332.html>
- <sup>10</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/Expedition/okinawa/exp331.html>
- <sup>11</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/developtech/riser/index.html>
- <sup>12</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/developtech/deepdrill/index.html>
- <sup>13</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/developtech/holeobsrb/index.html>
- <sup>14</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/developtech/riser/stream.html>
- <sup>15</sup> [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20101213\\_2/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20101213_2/)
- <sup>16</sup> <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/developtech/riser/highdps.html>

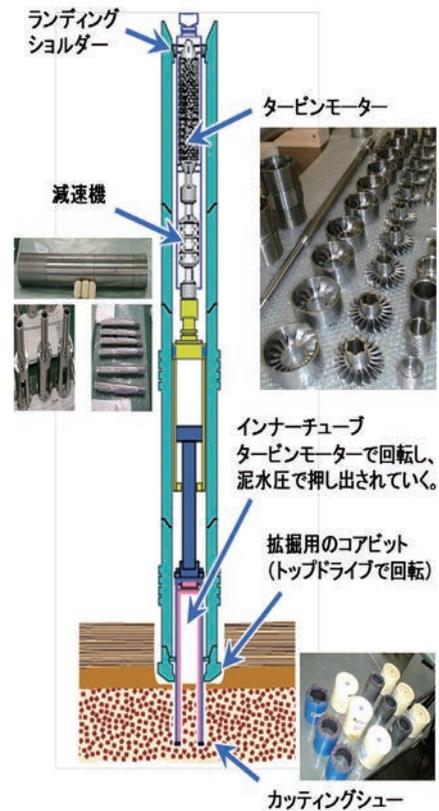


図4：タービン駆動コアリングシステム (TDCS) 概念図

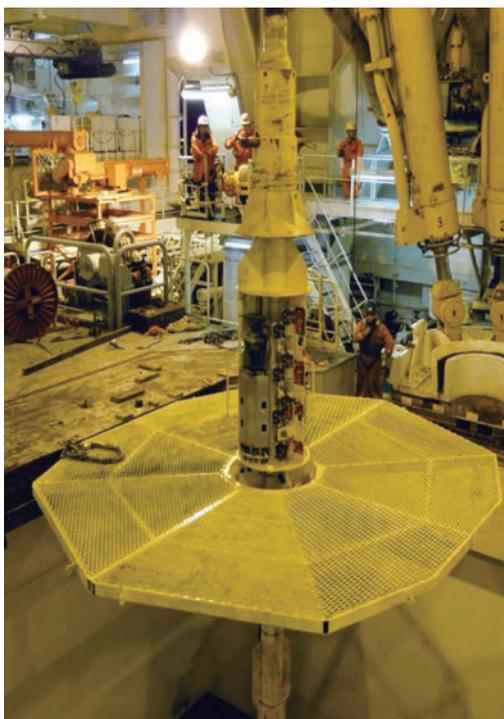


図3：CORKヘッド

## 観測システム・技術開発ラボ

Observing System Research and Technological Development Laboratory



ラボヘッド  
磯崎 芳男

### サイエンスとテクノロジーの融合による 世界トップ技術開発を目指して

海洋研究開発機構は、世界でもトップクラスの研究設備と海洋調査船・深海調査機器を有しており、創立以来海洋に関する基盤的研究開発も行ってきました。

一方、世界の状況は、近年、中国での深海潜水船の開発、韓国での新しい砕氷調査船や研究調査船の建造、米国によるマリアナ海溝潜航などの海洋分野における技術進展には著しいものがあります。海洋研究開発機構が世界のCOEとしての位置づけを保持するためには、世界最先端の状況を常に把握し、先端的な技術を開発・維持することが必要であることから、研究系(サイエンス)と技術系(テクノロジー)が両輪となって、観測システムに関する革新的技術、世界のトップクラスの技術を開発することを目的として観測システム・技術開発アワードが、平成21年10月に設置されました。そして、公募により提案された課題のうち、研究系と技術系が一体となった斬新な技術開発であり、今まで測れなかったものを測る、画期的な長寿命化や低コスト化、あるいは国際標準となるものの創出など、観測システムの新しい道を拓く技術開発であって、新しい技術開発要素を含みつつも実現可能性と普及効果が期待され、実施に値すると判断される9課題が採択されました。

このうち、特に実現性・発展性が高いと判断された「南大洋表面ブイ観測システムの開発」と「バーチャルモアリング用シャトル型観測機の開発」については、その実施促進のために新たに観測システム・技術開発

ラボを設置し、そのラボ内にそれぞれ「南大洋表面ブイラボユニット」と「自律昇降型定域観測ロボット開発ラボユニット」を組織することとなり、平成22年3月に発足しました。

南極大陸沿岸域は冷たく重い南極低層水の生成域であり、世界中の大洋に底・深層水を供給しています。深層水生成時には、大気中に大量の熱が放出されるため、南極周辺海域は、北大西洋グリーンランド沖と並び、大気の加熱域となっています。そのため、この海域における深層水形成の様態の変化は、大気加熱の変化を通し、地球温暖化などの気候変動と密接に関わっています。特に、北太平洋の深層昇温に最も影響しているのは、南極大陸アデリー海岸沖の大気海洋間の熱交換であると考えられています。これを検証するためには、大気海洋間のフラックスが計測可能な表面係留ブイをアデリー海岸沖に係留することが理想的であり、南大洋表面ブイの開発を進めてきました。南大洋は、荒天や低温といった過酷な環境のため、これらの課題を解決する技術開発を行ない、この分野における研究のブレークスルーとなることを目指してきました。室内実験や北海道沖での実海域試験を経て、本年末には南氷洋に実験的に設置される運びになりました。

また、海洋の観測システムとしてアルゴフロートや水中グライダーの実現により世界の海洋研究は飛躍的に進展しつつあります。しかし、海洋は広大であり、

まだまだ充分な観測データを取得しているとは言えない状況です。次世代の海洋観測システムは、限られた予算でより効率的な観測を実施するため、多くの観測機器を大量に配置するという従来の手法から脱却し、変動の特徴が早期に検出できるようなキーとなる海域を見出し、集中的に観測することが求められています。そこでこのニーズに適用すべく、一定範囲の海域に長期間留まり、深海から海水表面を定期的に往復しながら長期間に亘って観測を行うバーチャルモアリング用シャトル型観測機の開発を行なってきました。これまで要素技術の開発と水槽試験などを実施していますが、できるだけ早く実用システムの実現へ結びつけるよう努力しています。

その他の、アワードで採択された各課題についても、それぞれ着実に開発が進められており、定期的な成果報告会で、その進捗が確認されています。

これまでとは違った新しいコンセプトに基づく技術開発を研究系と技術系が一体となって取組むということは、理学と工学／技術が両輪として海洋研究を推進させるというJAMSTECの特長を遺憾なく発揮するものであり、今後もさらに内容を充実させ革新的で世界トップクラスに位置する技術を生み出して行きます。

### 1. 南大洋表面ブイ観測システム

南大洋表面ブイはm-TRITONをベースに開発することとし、下表のような海域の環境条件から、次の3つを主な開発課題と見定め、それぞれ対策の検討を行いました。

|              | m-TRITON                    | 南大洋表面ブイ         |
|--------------|-----------------------------|-----------------|
| 設置海域 (緯度、経度) | (5° S, 95° E) (0° N, 82° E) | (60° S, 140° E) |
| 最大風速 (daily) | 11.7m/s                     | 21.3m/s         |
| 有義波高         | 2~3m                        | 4~5m            |
| 最低気温         | 25.6°C                      | -10°C           |

- ① 風波浪対策：ブイの動的挙動解析プログラムにより、構造強度等の見直しを行いました。
- ② 低温対策：樹脂類の低温試験を行い、浮体の耐

低温性を確認するとともに、デルリンや塩ビの使用を制限しました。

- ③ 着氷対策：防災科学研究所の雪氷防災実験棟で着氷試験を行い、超音波式風向風速計のセンサー部にヒーターを巻き、他のセンサーについては下方を開放したドームに収めることで着氷を防止することとしました。

### 2. バーチャルモアリング用シャトル型観測機

シャトル型観測機は、中に油が入っているブラダ(浮き袋)と呼ばれるゴム袋の体積を変えることにより浮力を制御し、海底と海水面の間を定期的に往復しながら、塩分、水温、水圧などを観測します。水面浮上時にはGPSで測位を行うとともに、イリジウムを用いて観測データを陸上局に伝送します。図2はそのオペレーションのイメージと、開発を進めているシャトル型観測機プロトタイプ「ツクヨミ」の外観を示した図です。ツクヨミは翼を持っており、潜水・浮上しながら水中を



図1：南大洋表面ブイ 試験機 (襟裳岬沖)。

滑走します。同時に内蔵電池と重りの位置を動かすことにより、その重心位置と姿勢を変え、運動方向を制御します。潜水・浮上中は推測航法によりその運動方向を制御することにより目標とする海域に留まり、観測を継続します。また、海中あるいは海底で一定時間スリープすることにより、内蔵電池の消耗を低減し、長期観測を実現します。ツクヨミは最大深度3,000mで1年以上の長期観測を目標としています。

さらに「自律昇降型定域観測ロボット開発ラボユニット」では、鶴見精機(株)と共同で水深4,000m

まで観測可能な大水深用プロファイリングフロート「DEEP NINJA」の開発を進めています。「DEEP NINJA」はシャトル型ロボットと同じような機構で海中と海面の間を往復して長期観測を行います。翼を持たず、海水とともに漂流します。既存のプロファイリングフロートの最大水深は2,000mですが、それ以上の深海でも環境変動が観測されており、その観測手段の拡充が世界的に望まれています。「DEEP NINJA」はそのような要望に応える観測機で、平成24年度末の実用化を目指しています。

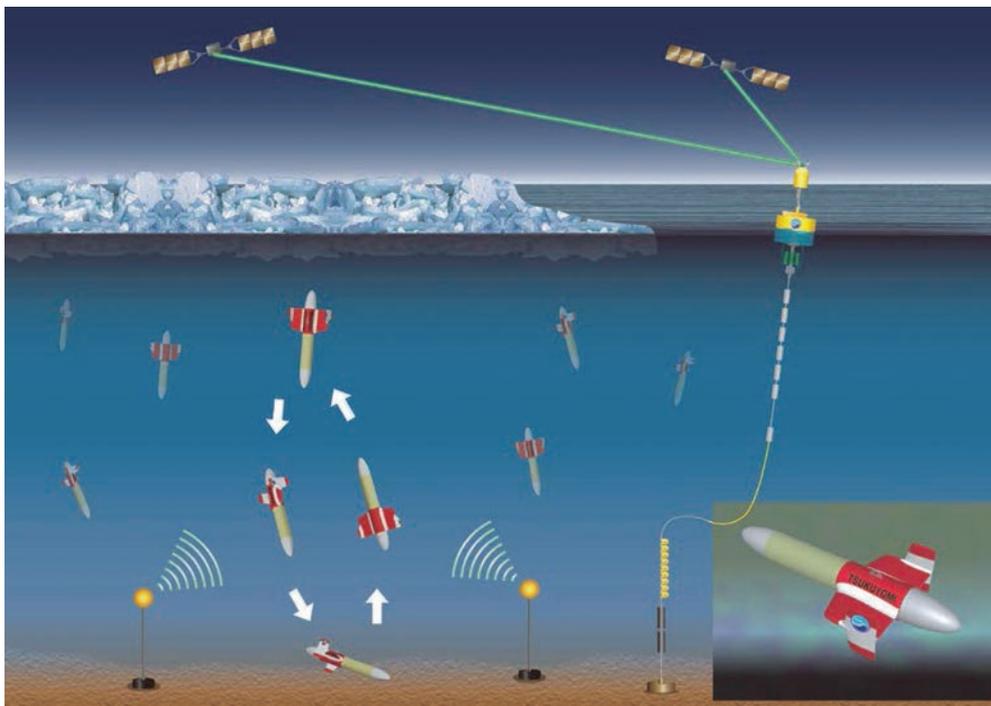


図2：バーチャルモアリング用シャトル型観測機イメージ



- 各拠点の機能と役割

## 各拠点の機能と役割

### 横須賀本部

## 海から地球へ 地球とともに

横須賀本部は海洋研究開発機構の前組織である海洋科学技術センターの本拠地として、創立翌年の1972年4月に開所しました。その後、「平和と福祉の理念に基づき海洋に関する基盤的研究開発、海洋に関する学術研究に関する協力等の業務を総合的に行うことにより、海洋科学技術の水準の向上を図るとともに、学術研究の発展に資する」という目的のもとに2004年4月に独立行政法人海洋研究開発機構として設置されました。横須賀本部は、引き続き当機構の本

拠地として、地球環境観測研究、地球内部ダイナミクス研究、海洋・極限環境生物研究に関わる研究部署、海洋に関する基盤技術開発など、地球システムに関する最先端の技術研究開発に関わる部署が設置されています。

また、それらの研究開発を支えるインフラとし研究調査船をはじめとする大規模な研究施設(高圧実験水槽、中型高圧実験水槽、超音波水槽、潜水訓練プール等)、専用岸壁を保有し、研究調査船「なつ



写真1：横須賀本部の全景、着岸中の船は「よこすか」

しま「かいよう」「よこすか」「かいいい」の母港となっています。横須賀本部では、研究支援部、事業推進部、海洋工学センター運航管理部などの各種施設や船舶を効率的に活用するための運用管理部署、総務部、経営企画室、監査室などの管理系部署が設置され、機構全体の組織運営の中心となっています。

横須賀本部では、毎年5月に施設一般公開を開催し、船舶の一般航海や「かいよう」の体験乗船などが実施されています。また、活動を停止した有人潜水調査船「しんかい2000」がそのまま保存されており、整備期間中は「しんかい6500」など研究開発の現場をみることができます。



写真2：機構岸壁に着岸中の「かいよう」(左)と「かいいい」(右)



写真3：海洋科学技術館の一般公開の様子



図1：横須賀本部施設配置図

## 各拠点の機能と役割

### むつ研究所

## 海洋観測研究を支えて

むつ研究所は2010年10月で研究所となってから10年を迎えました。これまで世界の観測研究の最先端を担う観測船としての評価を得た世界最大級の地球海洋研究船「みらい」で行わる多くの研究を支援しています。また、環境変動を捉える観測研究の一翼を担っています。

むつ研究所は当初原子力動力実験船「むつ」の船体を利用して建造された「みらい」の母港として役割と「みらい」によって得られた試料やデータの分析、解析などの研究を支援するために青森県むつ市に海洋技術センター(現海洋研究開発機構)の初めての地方事務所とし

て1995年10月1日に開所し、平成11年度末には事務棟の改築、観測機材整備場、試料分析棟、むつ研究交流棟を竣工し、「みらい」研究支援施設としての体制が整うとともに研究を行える環境が整いました。それらを受け、2000年10月に海洋の物質循環や地球環境の変遷を解明する研究所として改組されました。

むつ研究所の発足当時の役割は「みらい」の入出港等に関わる種々の地元との調整、「みらい」で繋留されるトライトンブイ等の大型機材の保守・整備・管理、研究施設の管理・運営に加え、研究を実施することでした。研究活動は、「みらい」で採取された海底堆積



図1：むつ研究所の施設と外観

物の分析を行い、海洋環境の変遷の解明することとケイ酸塩の豊富な海域である北西部北太平洋における物質(炭素)循環の状況を把握することを目的としたものでした。現在は次のことが柱にした活動を行っています。

### 1. 海洋地球研究船「みらい」の母港としての活動

事業所発足当時からの「みらい」に関わる活動で、入出港に関する調整、大型機器の整備支援、「みらい」で採取された試料の処理や分析支援を行っています。

### 2. 研究活動(北太平洋時系列観測研究)

北西部北太平洋の時系列観測点において環境変動を明らかにすることを目的とした研究です。「みらい」で行われる外洋域の観測加え、環境変動の影響を顕著に受ける沿岸域(津軽海峡)の環境を捉える環境変動研究も行っています。

### 3. 海洋科学の普及活動

むつ・下北を中心に行政、教育機関、地域FM局等と連携して、一般海洋科学の知見、機構及び研究所の得た成果と役割を発信しています。

これらの活動を行うために、平成22年度に旧事務棟の機能を統合したむつ研究交流棟、観測機材整備場、試料分析棟が港湾施設に配置されています(図1)。機材整備場にはトライトンブイ整備のための種々の施設、アルゴブイの浮力調整を行う高圧装置等が、試料分析棟にはICP-MS、放射性炭素測定の前処理装置等をはじめ種々の分析機器が設置されています(図2)。むつ研究交流棟には施設管理関係の課とともに研究交流・支援のためにセミナー室、大講義室等が配置されています。



図2：むつ研究所機材整備場および試料分析棟内の主要施設

## 各拠点の機能と役割

### 高知コア研究所

#### 掘削科学研究の中核的な拠点を目指して

独立行政法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)が5番目の拠点として高知県南国市に設置した「高知コア研究所」は、掘削コア試料の分析と研究、さらに保管といった一連のプロセスを実施する研究拠点です。高知コア研究所は、高知大学物部キャンパスの「高知コアセンター(KCC)」(写真1)において、掘削コア試料を用いた研究・教育(育成)の推進とコア試料を保管する施設や最先端の分析機器の運営を、高知大学海洋コア総合研究センターと共同で行う体制を構築しています。

高知大学とは、平成12(2000)年10月に研究・教育への協力を目的とした協定書を締結し、学術及び科学技術の発展に寄与してきましたが、平成13年度の第二次補正予算において同大学物部キャンパスにコア保管・管理機能を有する統合国際深海掘削計画(IODP)の中核となる大型施設の建設が決まり、平成15(2003)年4月「高知大学海洋コア総合研究センター」

として完成しました。これを受け、平成16(2004)年4月同施設の管理運営及び有効活用について最大限の協力を行う契約書を2法人間で締結しました。JAMSTECは、平成16(2004)年7月地球深部探査センター(CDEX)(当時はCDEXの組織の一部として業務を行っていました。)から計5名が高知大学海洋コア総合研究センターに常駐し、IODP一次解析機器の本格的な整備をスタートさせました。そして、平成17(2005)年10月高知大学との連携強化と最先端を誇る同施設をさらに活用していくため、従来のコアの保管・管理・分析機能に加え、掘削コア試料を用いた研究を推進する「高知コア研究所」の設立となりました。

現在の高知コア研究所は、掘削コア試料の保管管理・提供や、コアの分析・解析などの研究支援を行う「科学支援グループ」と、掘削コア試料を用いた「地震発生メカニズム」、「地球表層部物質循環」、「海底下生命圏」を研究する3つの研究グループ(「地震断層



写真1：高知コアセンター。



写真2：コア冷蔵保管庫。

研究グループ「同位体地球化学研究グループ」「地下生命圏研究グループ」で組織される、比較的若い研究者・技術者の集まりです。

高知コア研究所における研究については、別章で取り上げていますので、ここでは科学支援機能について簡単に説明します。

KCCは、深海掘削における世界三大保管場所(日本、ドイツ、米国)のひとつとして、劣化やカビの発生からコアを守るため2℃～4℃で制御された大型冷蔵保管庫(写真2)に、日本近海、フィリピン海、オーストラリア周辺海域からインド洋にかけての広い海域(図1)で得られた約93km(平成23(2011)年6月現在)にのぼるコアを保管するとともに、年間100～200件のコア試料請求に対し評価を実施し、研究者や教育・普及活動へ1万個を超える試料の提供がなされています。また、海底下生命圏研究の重要性の高まりからKCC独自で微生物研究や地球化学分析に用いられるマイナス160℃の冷凍試料(RMS)の保管・管理に取り組んでいます。平成23(2011)年6月には、最初の凍結コア試料が研究者へ提供されました。さらに、地球深部探査船「ちきゅう」の船上やKCCのX線CTスキャナーで撮られた掘削コアの3次元解析画像データ(バーチャルコアライブラリー、<http://www.kochi-core.jp/VCL/>)も含めたコアの情報をコンピュータで管理し、

KCC Web (<http://www.kochi-core.jp/>)サイトで公開しています。

また、日本地球掘削科学コンソーシアム(J-DESC)と協力して航海中に実施できなかった分析や航海後必要となった分析(アフター・クルーズワーク)の研究支援活動(写真3)や、コア解析に必要な基礎的な手法などを学ぶコア解析スクールを開設し若手研究者の育成を実施しています。

高知コア研究所は、海洋コアと最先端の研究設備を最大限利用して、巨大地震発生のメカニズムの解明、地球表層における物質循環のしくみの理解、地球内部に広がる生命圏の全体像の解明に取り組んでいます。平成22・23年度には、最先端研究基盤事業「海底下実環境ラボによる地球化学-生命化学融合拠点の強化」により、超高空間分解能型二次イオン質量分析装置NanoSIMSなどが導入され、従来の研究に加え、各研究グループが連携のもと海底下の持続的な資源エネルギー循環システムの構築に向けた研究が新たに展開されることとなります。さらに、KCCの最先端の分析機器や優れた科学支援能力の国内外での利用促進や国際シンポジウム開催や海外の研究所との共同研究の推進など、国際化に取り組み世界の中核的研究拠点として一段と発展していくことを目指していきます。

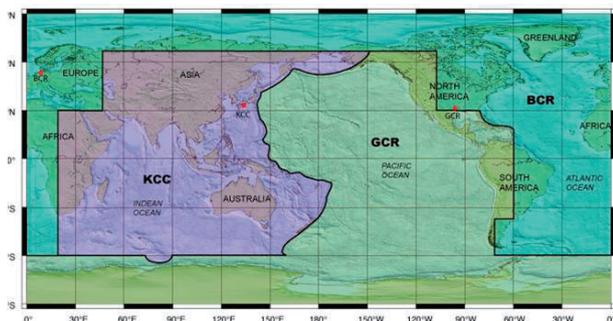


図1：IODPコア保管状況。

(KCC:高知コアセンター(日本)、GCR:テキサスA&M大学(米国)、BCR:ブレーメン大学(ドイツ))



写真3：コアのサンプリング(平成21年11月30日～12月9日に行われたIODP第323次研究航海(ベーリング海)サンプリングパーティー)。

## 各拠点の機能と役割

### 横浜研究所



所 長  
今村 努

## 人類と地球の共存をめざして

### 1. 横浜研究所の経緯と機能と役割

平成8(1995)年旧科学技術庁は航空・電子等技術審議会の報告「地球変動予測の実現に向けて」に基づき、観測研究、モデル研究、シミュレーションの3つの機能が一体となった地球変動の解明と予測の研究開発をスタートさせました。さらに、旧科学技術庁は海洋科学技術センター(海洋研究開発機構)、日本原子力研究所(日本原子力研究開発機構)及び宇宙開発

事業団(宇宙航空研究開発機構)と共同で、これに必要な超大型計算システムである「地球シミュレータ計画」の開発に着手しました。これを受け海洋科学技術センターは、神奈川県工業試験所跡地を横浜研究所として立上げ、地球シミュレータ関連施設を中心に地球変動情報機能及び海洋・地球研究の情報等を社会へ発信する機能の整備を実施することとなりました。

横浜研究所は、敷地面積が33,400㎡あり、平成12



写真1：横浜研究所の外観



写真2：地球情報館の外観

(2000)年12月にシミュレータ棟、冷却施設棟、平成13(2001)年4月に交流棟、フロンティア研究棟が完成し、5月に地球フロンティア研究システム及び地球観測フロンティア研究システムが東京浜松町から移転し研究が開始されました。平成14(2002)年3月には地球シミュレータが本格的に稼働し、5月に、地球情報館、情報技術棟、情報研修棟の3施設が完成し、7月からは地球シミュレータの研究利用を開始し、8月に遠山文部科学大臣をお迎えして横浜研究所の開所式が行われました。

横浜研究所は、むつ研究所に続く3番目の研究拠点として、世界最高性能レベルのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を駆使し、地球環境、地球内部などのシミュレーションの研究開発を進めています。さらに横浜研究所は地球環境情報に関するデータセンターの役割を担い、研究・観測活動で得られた様々なデータを集約、電子情報として管理し、広く一般に提供しています。

また、平成19(2007)年9月に本格運用を開始した地球深部探査船「ちきゅう」の運用、平成23(2011)年11月には地震津波・防災研究プロジェクトも横浜研究所において業務を進めています。

## 2. 地球情報館の機能と役割

横浜研究所には地球情報館が整備されました。地球情報館は、常時一般に開放し、市街地に近くアクセスに便利な立地条件を備えている展示施設です。海洋研究開発機構が行っている研究や観測によって得られた最新のデータ・映像を活用し、海洋や地球に関する様々な情報を一般に発信しています。

展示については、地球シミュレータをはじめとするスーパーコンピュータ等のIT技術及びこれらを活用した地球環境変動予測シミュレーションや、地球深部探査船の活動等を中心にした常設展示(1階)と、2階回廊部を活用した機構全体の研究開発に関する企画展示、また、書籍や科学雑誌、ビデオ、DVDなど閲覧・視聴できる図書館も有しています。また、研究者や技術者、機構職員のアウトリーチの活動の場として、科学実演や原理の説明など、参加型の展示施設も有しています。

また、毎月第3土曜日は休日開館デーをして図書館の開館に加えて公開ミナー、子ども向けおはなし会や「地球シミュレータ」見学ツアー、科学実験教室などのイベントを行い、一般の方に開放して普及・広報活動を行っています。



写真3：地球情報館の館内

## 各拠点の機能と役割

### 国際海洋環境情報センター（GODAC）



センター長  
丸山 正

## 小さな世界都市

### 名護から海洋研究情報を発信！

沖縄県北部の名護市の東海岸を走る国道329号線を北上すると辺野古地区近くの国道沿いに木造でガラス張りという少し変わった建物が見えてきます(図1)。この建物は2000年に開催された沖縄サミットで使用された部材(図2)を用いて、名護市が沖縄北部地域の振興と人材育成、青少年の科学・技術の理解増進を目的として整備したもので、そこに地球情報研究センター(DrC)の海洋研究情報発信拠点である国際海洋環境情報センター(GODAC:ゴードック)が2001年11月から入っています。

GODACでは、JAMSTECがこれまでに取得してきた様々な観測データを加工・アーカイブして、研究者向けに情報発信<sup>1)</sup>(図3)する機能だけでなく、サンゴ礁ネットワークWEBシステム、海洋科学技術ミュージアムスタッフおすすめ深海映像等の、一般向け情報の発信機能<sup>2)</sup>も備えています。

また、海洋科学・技術の理解増進のために、GODACの利用開放ゾーン等において海洋教室やゴードックセミナーといった体験型プログラム(図4)を実施したり、高校生や大学生にGODACが持っている様々な設備を利用した職場体験をしてもらったり、出前授業等のイベント開催なども行っています。

GODAC周辺の名護市久志区、豊原区、辺野古区からなる久辺三区に情報発信のための基盤を作るべくこの地区は情報特区に指定されています。今では、金融・情報特区ということで、様々なIT系、金融系の企業が多く進出し、千人あまりの人たちがこの特区で働いています。しかし、特区となった当時はGODACと、それに隣接するマルチメディア館しか情報関連施設がなく、その中で、GODACが名護市在住の人たちを中心とした数十名の雇用と青少年の人材育成の場を作り出して、新たな情報発信を開始したことは沖縄県北部



図1：国際海洋環境情報センター（GOAC）外観。

の振興にも大きく寄与しているという評価を受けています。今では、名護市や、その関連機関などとも積極的に連携しながら、久辺テクノフェスタ等の地元のイベントへも参画するなど、GODACは名護市と密接な関係を築きながら、海洋環境や海洋科学・技術の理解増進とともに地域との交流を深めています。

今年の11月でGODACも10周年を迎えます。GODACでは、名護市の情報特区構想の理念にもあるように小さな世界都市名護からアジア地域の発展へも寄与する

よう、JAMSTECの海洋・地球環境情報の発信拠点として、これからも世界に向けて最新の海洋・地球環境情報や、社会に役立つ付加価値の高い情報の発信機能を強化しつつ、地域と連携しながら人材育成拠点機能の強化も図っていきます。

- 1)「GODAC地球環境ポータル」:  
<http://www.godac.jp/portal/page/portal/GDC/GPSS216>
- 2) GODACサイト「海を知る 地球を知る」:  
[http://www.godac.jp/top/education\\_index.html](http://www.godac.jp/top/education_index.html)



図2：2000沖縄サミット プレスセンター・アメニティ棟。



図3：情報発信（GODACポータルサイト）



図4：体験型プログラム（ROV操縦体験）

## 各拠点の機能と役割

### 観測拠点

#### 1. 北海道釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」

海底地震計や津波計のほか、ビデオカメラ、流向流速計、ハイドロフォンなどの観測機器を搭載しており、地震や津波及びそれらに伴う海底変動現象などをリアルタイムで長期間連続観測することができます。



音別陸上局

#### 2. 初島沖「深海底総合観測ステーション」

深海底の環境変動現象を多面的に観測することを目的として、テレビカメラ、地震計、水圧計、流向流速計など多数の観測機器が搭載され、観測データは全長約9kmの光電気複合ケーブルを介して初島に送られており、リアルタイムで長期間連続観測することができます。



初島陸上局

#### 3. 尾鷲市熊野灘沖「地震・津波観測監視システム」

東南海地震を対象としたリアルタイム観測システムの構築および地震発生予測モデルの高度化等を目指し、東南海地震の想定震源域にあたる紀伊半島沖熊野灘に設置中の海底ネットワーク観測システムです。深海底における多点同時、リアルタイム観測の実現を目的としています。



古江陸上局

#### 4. 高知県室戸岬沖「海底地震総合観測システム」

2台の海底地震計、2台の海底津波計および先端観測ステーション等で構成されており、深海底の変動現象などを長期間リアルタイムで連続観測しています。



室戸陸上局



#### 観測拠点所在

1. 北海道釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」  
音別陸上局  
北海道釧路市音別町風連1-34
2. 相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」  
初島陸上局  
静岡県熱海市初島字家越104
3. 尾鷲市「地震・津波観測監視システム」  
古江陸上局  
三重県尾鷲市古江町218
4. 高知県室戸岬沖「海底地震総合観測システム」  
室戸陸上局  
高知県室戸市室戸岬町字丸山7156

## 各拠点の機能と役割

### 東京事務所・ワシントン事務所・シアトル事務所

#### 東京事務所

1971年に海洋科学技術センター（当時）設立に合わせて、主として企画業務に関する外部との諸調整の他、民間協力団体との連絡・協議等を行うために、東京都中央区日本橋に東京連絡所として開設されました。その後、港区新橋、芝浦、西新橋と移転、2004年の独立行政法人化に伴い、東京連絡所は東京事務所と改組され、2011年3月には現在の千代田区内幸町に移転、機構の出先機関として、役職員の都内での活動の各種支援業務、渉外業務、賛助会事務局業務、外部研究者との協議や機構を含む海洋コミュニティーの交流の場等としての役割を担い、今日に至っております。

#### ワシントン事務所

ワシントン事務所（JAMSTEC Washington D.C. Office）は、海洋科学技術センターの最初の海外事務所として、米国ワシントンD.C.に企画部ワシントン駐在員事務所として、2000年10月に開設されました。主な業務としては、米国の中央政府機関との連携や米国東海岸に所在する研究機関との協力関係の構築・推進です。特に、米国海洋大気庁本部（NOAA）や米国国立科学財団（NSF）との連絡調整や国際深海掘削計画（ODP）と当機構の深海地球ドリリング計画（OD21）を統合した統合国際深海掘削計画（IODP）を具体化する拠点として約10年間にわたりその役割を担い2011年3月に閉所しました。

#### シアトル事務所

シアトル事務所（JAMSTEC Seattle Office）は、ワシントン事務所の開設に引き続き、2001年3月、海洋科学技術センター企画部シアトル駐在員事務所として開設されました。シアトル事務所は米国西海岸に点在

する米国の海洋研究機関やカナダの海洋研究機関との連携推進を目的として活動してきました。特に、日米間における地球変動研究等の推進や、カナダや北極圏関連研究機関との海洋科学研究推進のため連絡調整業務を行ってきました。シアトルにある、海洋大気庁太平洋海洋環境研究所（NOAA/PMEL）やワシントン大学と連携、国際太平洋研究センター（IPRC）、国際北極圏研究センター（IARC）の連絡調整、研究航海の地元調整などを実施、6年間の活動を行い2007年3月にその機能をワシントン事務所に移して、閉所しました。



写真1：ワシントン事務所の入口



写真2：シアトル事務所の入っていたセントラルビルディング（1907年築）、6階に事務所を構えた。

## 賛助会

### 賛助会 40年の歩み

海洋研究開発機構の前身である海洋科学技術センターが、1971年10月に我が国の海洋科学技術研究開発の中核的機関として、産学官の密接な協力と支援により、海洋科学技術センター法に基づく民間(経済団体連合会)発起の認可法人として設立されましたが、これに合わせて、研究開発活動について幅広くご理解とご支援をいただくため、賛助会制度が設置されました。本制度は、産業界及び各種団体からの寄付を通じたご支援をいただき、日本の海洋科学技術の発展を共に推進していくものであり、設置後、本制度を通じて産業界及び各種団体各位より多大なご支援をいただき、海洋科学技術に関する総合的研究開発の推進に必要とされる施設・設備の整備や機能向上等を行って参りました。

2004年4月1日に海洋科学技術センターは独立行政法人海洋研究開発機構として新たなスタートを切りましたが、引き続いての本制度を通じた産業界及び各種団体各位からのご理解とご支援の下、地球を一つのシステムととらえ、地球環境変動の予測研究や生命の起源解明に向けた研究等の一層の推進及びこれらの研究を支える各種基盤技術開発を行い、数々の研究成果を生み出して参りました。

この度、賛助会制度が発足して40年を迎えましたが、今後につきましても、引き続き、外部に一層開かれた国

東京事務所長  
長田 啓志



際的な海洋研究開発のセンター・オブ・エクセレンスを目指して、各種研究成果の事業化等を通じた社会貢献を果たすべく、賛助会にご加入いただいております会員の皆様と共に歩んで参りたいと考えております。

厳しい国家財政状況が続き、機構としても経費の節減及び各種プロジェクトの効率化に最大限の努力を払って参っておりますが、この賛助会制度の運営につきましては、今後とも、会員の皆様の従前と変わらぬご支援を賜りたく、引き続いての一層のご理解とご協力をお願い申し上げます。(賛助会費<寄付金>の取り扱いについては、法人税法第37条により税法上の特典がございます)

#### 会員特典

- ・出版物の配布
- ・図書等の情報資料の利用
- ・講演会等の開催案内
- ・研修受講の優遇
- ・技術指導等のための指導者の派遣
- ・社内研修会等への講師の派遣
- ・共同実験研究施設の使用の優遇
- ・知的財産権の使用の優遇
- ・試験研究の受託の優遇
- ・その他



賛助会員一覧(アイウエオ順)

|                        |                   |                   |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| (株) IHI                | 五洋建設(株)           | 西松建設(株)           |
| (株)アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド  | 相模運輸倉庫(株)         | 日油技研工業(株)         |
| あいおいニッセイ同和損害保険(株)      | 佐世保重工業(株)         | (株)日産クリエイティブサービス  |
| (株)アイケイエス              | (株)サノヤス・ヒシノ明昌     | ニッスイマリン工業(株)      |
| (株)アイワエンタープライズ         | 三建設備工業(株)         | 日本 SGI (株)        |
| (株)アクト                 | (株)ジーエス・ユアサテクノロジー | 日本海洋(株)           |
| (株)アサツデー・ケイ            | JFE アドバンテック(株)    | 日本海洋掘削(株)         |
| 朝日航洋(株)                | (財)塩事業センター        | 日本海洋計画(株)         |
| アジア海洋(株)               | シナネン(株)           | 日本海洋事業(株)         |
| (株)アルファ水工コンサルタンツ       | 清水建設(株)           | (社)日本ガス協会         |
| 泉産業(株)                 | シュルンベルジェ(株)       | 日本興亜損害保険(株)       |
| (株)伊藤高圧瓦斯容器製造所         | (株)商船三井           | 日本サルヴェージ(株)       |
| (株)エス・イー・エイ            | (社)信託協会           | (社)日本産業機械工業会      |
| (株)SGK システム技研          | 新日鉄エンジニアリング(株)    | 日本水産(株)           |
| (株)NTT データ             | 新日本海事(株)          | 日本電気(株)           |
| (株)NTT データ CCS         | 須賀工業(株)           | 日本ヒューレット・パッカード(株) |
| (株)NTT ファシリティーズ        | 鈴鹿建設(株)           | 日本マントル・クエスト(株)    |
| (株)江ノ島マリンコーポレーション      | スプリングエイトサービス(株)   | 日本無線(株)           |
| (株)MTS 雪氷研究所           | 住友電気工業(株)         | 日本郵船(株)           |
| (有)エルシャンテ追浜            | 清進電設(株)           | (株)間組             |
| (株)OCC                 | 石油資源開発(株)         | 濱中製鎖工業(株)         |
| 沖電気工業(株)               | セコム(株)            | 東日本タグボート(株)       |
| 株式会社カイショー              | セナーアンドバーンズ(株)     | (株)日立製作所          |
| (株)海洋総合研究所             | (株)損害保険ジャパン       | 日立造船(株)           |
| 海洋電子(株)                | 第一設備工業(株)         | (株)日立プラントテクノロジー   |
| (株)化学分析コンサルタント         | 大成建設(株)           | 深田サルベージ建設(株)      |
| 鹿島建設(株)                | 大日本土木(株)          | (株)フジクラ           |
| 川崎汽船株式会社               | ダイハツディーゼル(株)      | 富士ゼロックス(株)        |
| 川崎重工業株式会社              | 大陽日酸(株)           | (株)フジタ            |
| (株)環境総合テクノス            | (有)田浦中央食品         | 富士通(株)            |
| (株)関電工                 | 高砂熱学工業(株)         | 富士電機(株)           |
| (株)キュービック・アイ           | (株)竹中工務店          | 物産不動産(株)          |
| 共立インシュアランス・ブローカーズ(株)   | (株)竹中土木           | 古河電気工業(株)         |
| 共立管財(株)                | (株)地球科学総合研究所      | 古野電気(株)           |
| 極東製薬工業(株)              | 中国塗料(株)           | 松本徽章(株)           |
| 極東貿易(株)                | (株)鶴見精機           | マリメックス・ジャパン(株)    |
| (株)きんでん                | (株)テザック           | マリンサポート株式会社       |
| (株)熊谷組                 | 寺崎電気産業(株)         | (株)マリン・ワーク・ジャパン   |
| クローバテック(株)             | 電気事業連合会           | (株)丸川建築設計事務所      |
| (株)グローバルオーシャンディベロップメント | 東亜建設工業(株)         | (株)マルトー           |
| KDDI (株)               | 東海交通(株)           | 三鈴マシナリー(株)        |
| 京浜急行電鉄(株)              | 洞海マリンシステムズ(株)     | 三井住友海上火災保険(株)     |
| (株)JVC ケンウッド           | 東京海上日動火災保険(株)     | 三井造船(株)           |
| (株)構造計画研究所             | 東京製綱繊維ロープ(株)      | 三菱重工業(株)          |
| 神戸ペイント(株)              | 東北環境科学サービス(株)     | (株)三菱総合研究所        |
| 広和(株)                  | 東洋建設(株)           | (株)森京介建築事務所       |
| 国際気象海洋(株)              | (株)東陽テクニカ         | 八洲電機(株)           |
| 国際警備(株)                | 東洋熱工業(株)          | 郵船商事(株)           |
| 国際石油開発帝石(株)            | (株)中村鉄工所          | 郵船ナブテック(株)        |
| 国際ビルサービス(株)            | 西芝電機(株)           | ユニバーサル造船(株)       |

A graphic consisting of a light blue circle with a darker blue circle inside it, partially overlapping the text.

資料



## 保有特許等

### 国内保有特許（平成 22 年度末現在）

|    | 登録日        | 登録番号     | 名称                                   |
|----|------------|----------|--------------------------------------|
| 1  | 1996/5/23  | 2056023  | 水中電子冷熱ユニットおよびその製造方法                  |
| 2  | 1996/2/2   | 2012621  | 水中冷熱装置                               |
| 3  | 2001/9/14  | 3231064  | FRP 線条体の接続方法                         |
| 4  | 1999/2/5   | 2882980  | 有索式無人潜水機の水中結合装置                      |
| 5  | 1999/8/13  | 2965843  | 液体浸漬型ポンプの軸継手装置                       |
| 6  | 2005/5/27  | 3682077  | 電磁式浮量調整装置                            |
| 7  | 2002/11/8  | 3367774  | 固体高分子型燃料電池電源システム                     |
| 8  | 2004/11/29 | 3564180  | 固体高分子型燃料電池電源温度調整システム                 |
| 9  | 2003/12/19 | 3505227  | 圧力制御装置                               |
| 10 | 2005/11/25 | 3743529  | 無人潜水機システム                            |
| 11 | 2005/8/12  | 3707624  | 無人潜水機の移動計測法                          |
| 12 | 2005/11/25 | 3743686  | 水中ロボットの位置確認装置及び該装置を用いた気体供給装置         |
| 13 | 2003/1/17  | 3389032  | 燃料電池搭載型深海潜水調査船運用システム                 |
| 14 | 1999/7/2   | 2948164  | 深海用 pH センサー                          |
| 15 | 2007/8/10  | 3995170  | 海中観測係留系の係留状況監視装置                     |
| 16 | 2004/2/13  | 3520717  | 係留用伝送ケーブル構造                          |
| 17 | 2008/12/19 | 4233063  | 耐圧容器蓋部の締めつけ構造                        |
| 18 | 2009/1/23  | 4247850  | 水中機器の着水揚収装置                          |
| 19 | 2008/1/18  | 4066215  | フローサイトメトリーによる微生物検出方法                 |
| 20 | 2007/9/14  | 4010431  | 曳航式試料採取装置                            |
| 21 | 2000/2/25  | 3038209  | 自動方位設定方法とその装置                        |
| 22 | 2003/1/17  | 3390390  | 海底観測システム                             |
| 23 | 2010/1/8   | 4434416  | 高圧培養装置及びこれを用いた深水生物の育成方法              |
| 24 | 2001/3/23  | 3171337  | 地球温暖化モニタリング洋上プラットフォーム                |
| 25 | 2003/4/25  | 3423922  | フラーレン水分散液の製造法                        |
| 26 | 2003/10/17 | 3482419  | 振盪装置                                 |
| 27 | 2004/1/16  | 3513102  | 外力を利用した船用定点保持方法とその装置                 |
| 28 | 2003/12/5  | 3499204  | 船用定点保持制御方法および定点保持制御装置                |
| 29 | 2003/12/12 | 3502031  | GPS を用いた位置制御方法とその装置                  |
| 30 | 2009/7/3   | 4335430  | 海底給電方式                               |
| 31 | 2004/9/10  | 3593568  | 海底ケーブルの敷設方法およびその装置                   |
| 32 | 2003/5/30  | 3434800  | 地殻コア試料の採取方法、並びにこれに用いる抗菌性高分子ゲルおよびゲル材料 |
| 33 | 2010/4/9   | 44885847 | 浮体式リグの位置保持制御方法および制御装置                |
| 34 | 2010/6/25  | 4536246  | 深水生物運搬育成容器                           |
| 35 | 2011/2/18  | 4683744  | 大型浮体構造物の係留構造                         |
| 36 | 2011/2/18  | 4683745  | 大型浮体構造物の海上自給設備                       |
| 37 | 2011/2/18  | 4683746  | 大型浮体構造物の構築方法                         |
| 38 | 2009/3/6   | 4271391  | ライトガイド照明装置                           |
| 39 | 2004/3/5   | 3530838  | サンゴ礁の人工増殖具及び増殖方法                     |

|    | 登録日        | 登録番号    | 名称   |
|----|------------|---------|--|
| 40 | 2009/10/9  | 4388244 | 抗菌性高分子物質および抗菌性高分子ゲル                                    |
| 41 | 2007/11/9  | 4037658 | 地殻コア試料の採取方法、並びにこれに用いる抗菌性高分子ゲルおよびゲル材料                   |
| 42 | 2008/8/1   | 4164439 | 清浄化剤塗布機構付きコア試料採取装置およびコア試料の採取方法                         |
| 43 | 2007/8/17  | 3997287 | 探傷方法   |
| 44 | 2007/5/11  | 3953834 | 変調信号の符号化による処理利得向上方式                                    |
| 45 | 2007/11/22 | 4043851 | 光ファイバ広域センサアレイシステム                                      |
| 46 | 2007/10/12 | 4025553 | 海底ケーブル給電システム   |
| 47 | 2006/9/29  | 3858072 | ドリルパイプおよびその製造方法  |
| 48 | 2008/10/3  | 4193031 | 角度制御装置および角度制御方法  |
| 49 | 2009/7/24  | 4344791 | 海底ケーブルシステム及び海底給電分岐装置                                   |
| 50 | 2009/2/20  | 4262530 | 深海生物水槽   |
| 51 | 2011/2/10  | 4681283 | 新規な高アルカリプロテアーゼ及びその利用                                   |
| 52 | 2005/6/17  | 3687073 | 海底分岐装置   |
| 53 | 2008/2/15  | 4081452 | 地殻コア試料の採取方法  |
| 54 | 2010/2/12  | 4456896 | 地殻コアサンプリング装置およびこれを用いた地殻コア試料の採取方法                       |
| 55 | 2008/12/5  | 4224543 | 自動降水採取装置   |
| 56 | 2004/1/16  | 3511380 | 低温凝縮型の水電解装置及びこれを利用した質量分析の前処理方法                         |
| 57 | 2004/5/21  | 3556662 | 銅耐性酵母菌の産生するペクチナーゼ                                      |
| 58 | 2008/8/29  | 4175994 | イソアミルアルコールおよび酢酸イソアミル高生産酵母株、それらのスクリーニング方法、およびそれらの株の利用方法 |
| 59 | 2009/7/3   | 4334361 | 寒天分解酵素およびその利用  |
| 60 | 2008/5/9   | 4120939 | 浸水センサ、潜水機及び浸水検知方法                                      |
| 61 | 2009/12/15 | 4418257 | 潜水機及び温度差発電方法   |
| 62 | 2010/7/9   | 4543210 | 海底観測装置および海底観測システム                                      |
| 63 | 2009/1/23  | 4247834 | 観測装置及び観測システム   |
| 64 | 2010/10/8  | 4603379 | 燃料電池稼働方法及びその装置   |
| 65 | 2008/1/11  | 4062311 | 合成開口処理システムにおけるプラットフォーム動揺補正方法                           |
| 66 | 2011/3/25  | 4692964 | 自動船位保持制御方法及び自動船位保持制御装置                                 |
| 67 | 2005/12/22 | 3753251 | 位相情報伝送方法及び位相情報伝送システム                                   |
| 68 | 2010/11/12 | 4621869 | 切離機構   |
| 69 | 2010/10/15 | 4608370 | 試料採取用マイクロミル  |
| 70 | 2008/10/24 | 4203860 | マイクロリングシステムおよびその制御方法                                   |
| 71 | 2010/10/29 | 4616660 | 好熱性菌及びそれと類縁性の高い非好熱性菌のアミノ酸組成に基づいた非好熱性菌からの耐熱性蛋白質の予測方法    |
| 72 | 2010/4/9   | 4490302 | 耐熱性蛋白質の予測プログラム、及びその記録媒体                                |
| 73 | 2009/7/24  | 4346605 | 回収型観測機器  |
| 74 | 2009/2/20  | 4262695 | 膜状バイオデバイス及びバイオリクター                                     |

|    | 登録日       | 登録番号     | 名称  |
|----|-----------|----------|---|
| 75 | 2008/2/22 | 4082460  | フレーム同期装置及びフレーム同期方法                          |
| 76 | 2009/2/27 | 4264832  | 受動的位相共役水中音響通信方法及び受動的位相共役水中音響通信システム          |
| 77 | 2008/2/15 | 4079277  | 圧力式トリガー装置及び天秤トリガー                           |
| 78 | 2011/3/4  | 4692964  | 水中ロープ                                       |
| 79 | 2010/9/17 | 4586172  | 慣性航法システム                                    |
| 80 | 2008/5/9  | 41215231 | ビトリニット反射率測定方法およびビトリニット反射率測定装置               |
| 81 | 2010/1/15 | 4441486  | 寒天分解酵素およびその利用                               |
| 82 | 2009/7/10 | 4336897  | 新規微生物、マルトースホスホリラーゼおよびトレハロースホスホリラーゼ並びにその製造方法 |
| 83 | 2007/7/13 | 3981962  | 水中移動体の角度計測装置及び水中移動体の角度計測方法                  |
| 84 | 2011/1/21 | 4665184  | セルロース固体培地とその製造方法                            |
| 85 | 2007/6/22 | 3972994  | 構造格子データの可視化方法及びプログラム                        |

## 外国保有特許（平成 22 年度末現在）

|    | 登録日        | 登録番号         | 名称  | 出願国  |
|----|------------|--------------|---|------|
| 1  | 1993/3/30  | US5198662A   | WATER TEMPERATURE DISTRIBUTION MEASUREMENT SYSTEM EMPLOYING OPTICAL CABLE AND MEANS FOR DETERMINING A WATER DEPTH AT VARIOUS POINTS ALONG THE OPTICAL | 米国   |
| 2  | 2002/3/19  | US6358700B2  | METHOD FOR DETECTING MICROORGANISMS BY FLUORESCENT STAINING USING HYDROSTATIC PRESSURE  | 米国   |
| 3  | 2004/2/24  | US7273741B2  | COPPER TOLERANT YEAST AND PECTINASES PRODUCED BY THE YEAST  | 米国   |
| 4  | 2004/2/24  | US6695076B2  | METHOD OF CORING CRUSTAL CORE SAMPLE, AND ANTIMICROBIAL POLYMERIC GEL AND GEL MATERIAL USED IN THE METHOD   | 米国   |
| 5  | 2004/10/15 | 2840132      | SUBMARINE CABLE POWER FEEDING SYSTEM  | フランス |
| 6  | 2006/3/21  | US7013993B2  | METHOD OF CORING CRUSTAL CORE SAMPLE, AND ANTIMICROBIAL POLYMERIC GEL AND GEL MATERIAL USED IN THE METHOD   | 米国   |
| 7  | 2006/9/5   | US7102257B2  | SUBMARINE CABLE POWER FEEDING SYSTEM  | 米国   |
| 8  | 2006/10/24 | US7124841B2  | CRUSTAL CORE SAMPLER AND METHOD OF CORING CRUSTAL CORE SAMPLE USING THE SAME  | 米国   |
| 9  | 2007/1/23  | US7166933B2  | SUBMARINE POWER FEEDING BRANCHING DEVICE FOR SUBMARINE POWER FEEDING SYSTEM HAVING SUBMARINE FEEDING CABLES ARRANGED IN MESH PATTERN                  | 米国   |
| 10 | 2007/6/20  | ZL02103115.0 | METHOD OF CORING CRUSTAL CORE SAMPLE, AND ANTIMICROBIAL POLYMERIC GEL AND GEL MATERIAL USED IN THE METHOD   | 中国   |
| 11 | 2007/7/3   | US7239263B1  | PLATFORM SHAKE COMPENSATION METHOD IN SYNTHETIC APERTURE PROCESSING SYSTEM  | 米国   |
| 12 | 2007/10/2  | US7276811B2  | SUBMARINE POWER FEEDING SYSTEM HAVING SUBMARINE FEEDING CABLES AND POWER FEEDING BRANCHING DEVICES  | 米国   |
| 13 | 2007/12/18 | US7308951B2  | METHOD OF CORING A CRUSTAL CORE SAMPLE AND FLOW-ABLE COATING MATERIAL FOR CORING A CRUSTAL CORE SAMPLE  | 米国   |
| 14 | 2008/3/18  | US7343984B2  | CORE SAMPLE COLLECTOR EQUIPPED WITH STERILIZING AGENT-APPLYING MECHANISM AND METHOD OF TAKING CORE SAMPLE   | 米国   |

|    | 登録日        | 登録番号             | 名称   | 出願国  |
|----|------------|------------------|--|------|
| 15 | 2009/12/30 | GB 2440088       | AUTOMATIC VESSEL POSITION HOLDING CONTROL METHOD AND CONTROLLER  | イギリス |
| 16 | 2010/3/24  | ZL200680000779.0 | SIMULATOR SYSTEM   | 中国   |
| 17 | 2010/3/24  | GB2462233        | AUTOMATIC VESSEL POSITION HOLDING CONTROL METHOD AND CONTROLLER  | イギリス |
| 18 | 2010/4/6   | US7693664B2      | METHOD OF PREDICTING THERMOSTABLE PROTEIN FROM MESOPHILIC BACTERIA BASED ON AMINO ACID COMPOSITION OF THERMOPHILIC BACTERIA AND ITS CLOSELY RELATED ME | 米国   |
| 19 | 2010/4/6   | US7692328B2      | POWER UNIT OF UNDERWATER VEHICLE   | 米国   |
| 20 | 2010/4/20  | US7699677B2      | PROFILLING FLOAT AND USAGE OF THE PROFILLING FLOAT   | 米国   |
| 21 | 2010/5/5   | ZL200480008897.7 | AGAR-DIGESTING ENZYME AND UTILIZATION THEREOF  | 中国   |
| 22 | 2010/5/12  | 616972           | NOVEL MICROORGANISM, MALTOSE PHOSPHORYLASE, TREHALOSE PHOSPHORYLASE, AND PROCESSES FOR PRODUCING THESE   | 中国   |
| 23 | 2010/7/13  | US7756693B2      | SIMULATION METHOD, SIMULATION PROGRAM ANDSIMULATOR   | 米国   |
| 24 | 2010/8/3   | US7768698B2      | RAMAN AMPLIFIER AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM   | 米国   |
| 25 | 2010/9/7   | US7790457B2      | SOLID CELLULOSIC CULTURE MEDIUM AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME   | 米国   |

平成 22 年度特許出願一覧（国内）

|    | 名称  | 部署           |
|----|---|--------------|
| 1  | 海底ケーブル修復システム及び海底ケーブル修復方法                        | 海洋工学センター     |
| 2  | 熱放射エネルギーのシミュレーション装置、及び、方法                       | 地球シミュレータセンター |
| 3  | 気象シミュレーション装置、及び、方法                              | 地球シミュレータセンター |
| 4  | 合成開口処理システム及び合成開口処理方法                            | 海洋工学センター     |
| 5  | 画像処理システム及び方法                                    | 海洋工学センター     |
| 6  | シタクチックフォーム形成用材料およびシタクチックフォームの製造方法               | 海洋工学センター     |
| 7  | ドリルパイプ用ハンドリング装置                                 | 海洋工学センター     |
| 8  | 動物細胞の凍結保存用担体、それを用いた凍結保存用バイオデバイス及び凍結保存方法         | 海洋・極限環境生物圏領域 |
| 9  | 耐圧容器およびこれを備える浮力体ならびに探査装置                        | 海洋工学センター     |
| 10 | クローラ装置およびクローラロボット                               | 海洋工学センター     |
| 11 | クローラ型走行装置及び段差乗り越え方法                             | 海洋工学センター     |
| 12 | 新規な細胞外分泌型ヌクレアーゼ                                 | 海洋・極限環境生物圏領域 |
| 13 | 自動分析前処理装置及び自動分析前処理装置を備えた自動分析装置                  | 地球内部ダイナミクス領域 |
| 14 | セルロースゲルからなる培養基材、これを用いた固体培地及びこの培地を用いたセルラーゼ活性検定方法 | 海洋・極限環境生物圏領域 |
| 15 | 粒子状態計算装置及び粒子状態計算方法                              | 地球シミュレータセンター |
| 16 | 水中走行車両  | 海洋工学センター     |
| 17 | 生きた微生物の固定化方法および調製方法                             | 海洋・極限環境生物圏領域 |
| 18 | 海中機器用統合制御システム                                   | 海洋工学センター     |
| 19 | カルサイト単結晶の製造方法                                   | 地球内部ダイナミクス領域 |
| 20 | 超耐熱性アガロース分解酵素                                   | 海洋・極限環境生物圏領域 |

平成 22 年度特許出願一覧（外国）

|    | 出願国 | 名称  | 部署              |
|----|-----|---|-----------------|
| 1  | US  | 熱放射エネルギーのシミュレーション装置、及び、方法                       | 地球シミュレータセンター    |
| 2  | US  | 気象シミュレーション装置、及び、方法                              | 地球シミュレータセンター    |
| 3  | EPC | 合成開口処理システム及び合成開口処理方法                            | 海洋工学センター        |
| 4  | US  | 高強度ケーブル   | 海洋工学センター        |
| 5  | CA  | 合成開口処理システム及び合成開口処理方法                            | 海洋工学センター        |
| 6  | US  | 耐圧容器およびこれを備える浮力体ならびに探査装置                        | 海洋工学センター        |
| 7  | CA  | 耐圧容器およびこれを備える浮力体ならびに探査装置                        | 海洋工学センター        |
| 8  | US  | 合成開口処理システム及び合成開口処理方法                            | 海洋工学センター        |
| 9  | PCT | フロート装置  | 地球環境変動領域        |
| 10 | US  | 耐圧容器およびこれを備える浮力体ならびに探査装置                        | 海洋工学センター        |
| 11 | PCT | 動物細胞をアレイ状に配置するための基板の調整方法及び動物細胞をアレイ状に配置した基板の調整方法 | 海洋・極限環境生物圏領域    |
| 12 | PCT | 増殖可能な動物細胞の調整方法                                  | 海洋・極限環境生物圏領域    |
| 13 | PCT | 水中作業装置及び水中用歪計測装置                                | 地震津波・防災研究プロジェクト |
| 14 | PCT | バルブ機構   | 地震津波・防災研究プロジェクト |
| 15 | US  | 水中走行車両  | 海洋工学センター        |
| 16 | EPC | 水中走行車両  | 海洋工学センター        |
| 17 | PCT | チタン製水素吸蔵材容器                                     | 海洋工学センター        |
| 18 | PCT | プラスミドベクター                                       | 海洋・極限環境生物圏領域    |
| 19 | PCT | フェイズドアレイ合成開口ソナーシステム                             | 海洋工学センター        |
| 20 | PCT | 耐圧容器の外殻体、耐圧容器および探査装置                            | 海洋工学センター        |

機関連携協定締結機関一覧（平成 22 年 3 月末現在）

|    | 機関名   | 締結日       | 連携テーマ   |
|----|---|-----------|---|
| 1  | 宇宙航空研究開発機構（JAXA）  | H16.4.30  | JAXA 及び JAMSTEC が所有するデータの相互利用に関する協力協定                     |
| 2  | 九州大学  | H16.11.26 | 「海洋ロボットの研究開発と応用」における包括的連携研究                               |
| 3  | 理化学研究所  | H18.6.14  | 「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクト推進のための連携・協力に関する基本協定       |
| 4  | 海上技術安全研究所   | H18.6.30  | 海洋研究開発分野における包括的連携   |
| 5  | 会津大学  | H18.7.27  | 地球シミュレータによる研究の地域社会への活用可能性に関する包括的連携                        |
| 6  | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）   | H19.7.23  | 海洋資源分野における包括的連携   |
| 7  | 神戸大学・兵庫県立大学   | H19.8.6   | 次世代スーパーコンピュータを用いた教育研究において包括的に連携                           |
| 8  | 国立科学博物館・生命の星・地球博物館  | H19.11.15 | 海洋生物データベース運用に関する連携  |
| 9  | 産業総合研究所（AIST）   | H20.3.7   | 包括的協力   |
| 10 | 東京海洋大学  | H21.3.18  | 海洋科学技術における包括的連携教育・研究                                      |
| 11 | 日本分析センター  | H21.4.1   | 分析分野における連携・協力   |
| 12 | 東京都 6 機関<br>（文部科学省研究開発局・国土交通省河川局・環境省地球環境局・東京都環境局・独立行政法人国立環境研究所） | H21.10.22 | 東京における気候変動の影響に関する連携研究                                     |
| 13 | 北海道大学大学院水産科学研究院   | H21.11.17 | 研究活動全般における連携・協力を推進し、相互の学術研究の一層の進展と海洋科学技術の発展に寄与することを目的とする。 |
| 14 | 横浜国立大学  | H22.1.27  | 海洋科学技術における包括的連携   |
| 15 | 特定非営利活動法人<br>地学オリンピック日本委員会                                      | H22.12.1  | 海洋科学技術の普及振興   |

## 連携大学院、機関関係、MOU等

### 連携大学院実施機関一覧（平成22年3月末現在）

| 大学       | 研究科等                     | 締結日                        |
|----------|--------------------------|----------------------------|
| 東海大学     | 海洋学研究科                   | 平成11年3月、平成17年4月改定          |
| 広島大学     | 全研究科                     | 平成11年4月、平成17年10月改定         |
| 東京工業大学   | 生命理工学研究科、総合理工学研究科        | 平成11年11月、平成16年11月改定        |
| 高知大学     | 理学研究科                    | 平成13年4月、平成16年12月改定         |
| 神戸大学     | 海事科学研究科、理学研究科、システム情報学研究科 | 平成15年10月、平成17年4月、平成22年4月改定 |
| 東京海洋大学   | 海洋科学技術研究科                | 平成15年10月、平成16年4月改定         |
| 明治大学     | 理工学研究科                   | 平成16年2月、平成16年12月改定         |
| 東洋大学     | 工学研究科、生命科学研究科            | 平成16年10月                   |
| 九州大学     | 総合理工学府                   | 平成17年4月                    |
| 横浜市立大学   | 国際総合科学研究科                | 平成17年10月                   |
| 立教大学     | 理学研究科                    | 平成18年4月                    |
| 北里大学     | 水産学研究科                   | 平成20年10月                   |
| 横浜市教育委員会 | 横浜市立サイエンスフロンティア高等学校      | 平成20年12月19日                |
| 東京大学     | 新領域創成科学研究科               | 平成21年3月9日                  |
| 東北大学     | 理学研究科                    | 平成21年3月17日                 |
| 金沢大学     | 自然科学研究科                  | 平成22年4月1日                  |
| 横浜国立大学   | 環境情報学府・研究院               | 平成22年9月28日                 |

覚書（MOU; Memorandum Of Understanding）締結機関一覧（平成 22 年 3 月末現在）

| 国名   | 締結状況                                | 研究機関名                                 | 共同研究項目   |
|------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| アメリカ | 2009.4.1<br>2014.3.31               | ～<br>アラスカ大学<br>(UA)                   | 国際北極圏研究センター（IARC）における共同研究活動  |
| アメリカ | 2010.2.19<br>2015.2.18              | ～<br>ウッズホール<br>海洋研究所<br>(WHOI)        | 1. 海洋地質学と地球物理学<br>2. 固体地球の地球化学的進化<br>3. 地表と地球内部の共進化<br>4. 実験古生物学<br>5. 極域研究<br>6. 海洋物理学と WOCE 測線再観測<br>7. 生物地球化学と炭素循環<br>8. 潜水船工学と安全<br>9. 広域地震観測<br>10. 運営と人事交流   |
| アメリカ | 1996.12.19～<br>(5年、自動更新)            | スクリプス<br>海洋研究所<br>(SIO)               | 1. 海洋大循環と気候に関する研究<br>2. 海洋音響トモグラフィーに関する研究開発<br>3. 太平洋海底プレートの歪みに関する調査研究<br>4. 深海環境への微生物の適応機構に関する研究<br>5. 海洋底における熱・物質フラックスに関する研究   |
| アメリカ | 2007.10.23<br>2012.10.22            | ～<br>テキサス A&M 大学<br>(TAMU)            | 1. 海洋科学掘削<br>2. 海洋循環／気候変動<br>3. テクトニクス特性曲線<br>4. 深海生物圏における微生物<br>5. ガスハイドレート   |
| アメリカ | 2008.6.19<br>2013.6.18              | ～<br>米国海洋大気庁<br>海洋大気研究局<br>(NOAA/OAR) | 1. 工学技術、太平洋の大気海洋モニタリング、データ・マネジメント、表示・分析システムを含む TRITON BUOY Network と TAO Array のメンテナンス<br>2. インド-太平洋域の熱帯海洋と気候研究(科学的及び技術開発協力)<br>3. インド洋海洋観測システム(IndOOS)への貢献<br>4. 北太平洋の海洋と気候研究<br>5. 北極域の観測<br>6. 二酸化炭素・その他の生物地球化学的センサー<br>7. 津波研究<br>8. 海底研究<br>9. 地球環境研究のためのコンピュータモデリング<br>10. 一般的情報交換 |
| アメリカ | 2008.3.18<br>2013.3.17              | ～<br>モントレー湾<br>水族館研究所<br>(MBARI)      | 1. 深海底生生物および中深海生物の生態学的及び進化論的研究<br>2. ビデオ画像解析及びデータベースの開発<br>3. 深海観測装置の開発<br>4. 一般情報及び科学情報の交換  |
| アメリカ | 2010.12.8<br>2015.12.7              | ～<br>ラモント・ドハティ<br>地球観測研究所<br>(LDEO)   | 1. 一般情報交換<br>2. 地球物理学データに関するアクセス<br>3. 気候変動と低次生態系と物質循環の変動  |
| アメリカ | 2009.4.1<br>2014.3.31               | ～<br>ハワイ大学<br>(UH)                    | 国際太平洋研究センター（IPRC）における共同研究活動  |
| アメリカ | 2004.10.1<br>2009.3.31<br>(5年、自動更新) | ～<br>IODP 国際計画<br>管理法人<br>(IODP-MI)   | IODP-MI との統合国際深海掘削計画（IODP）活動の企画立案および実施   |

| 国名      | 締結状況   | 研究機関名                                   | 共同研究項目   |
|---------|--|---|--|
| イギリス    | 2009.2.24<br>2014.2.23                           | ～<br>サザンプトン<br>国立海洋学研究所<br>(NOCS)       | 1.地質学・地球物理学<br>(a) 堆積過程/堆積ダイナミクス (b)深海観測ステーション<br>(c)古海洋環境<br>2.海洋物理学<br>(a)ARGO 計画 (b)海洋大循環<br>3.海洋化学<br>(a)生物地球化学的パラメータの自律計測<br>4.海洋生物学<br>(a)深海生物多様性 (b)化学合成生物群集<br>5.水中技術<br>(a)AUV (b)ROV<br>6.大気・海洋シミュレーション<br>(a)海洋モデルと将来予測<br>7.一般情報交換 |
| インド     | 2006.12.5<br>2011.12.4                           | ～<br>国立海洋研究所 (NIO)                      | 1.気候研究に関連する海洋観測<br>2.一般情報交換  |
| インドネシア  | 2006.7.11<br>2011.7.10                           | ～<br>インドネシア<br>技術評価応用庁<br>(BPPT)        | 1.熱帯海洋気候変動研究<br>2.海大陸域の気候力学研究<br>3.地質学・地球物理学及び生物学に関する深海研究  |
| オーストラリア | 2010.6.8<br>2015.6.7                             | ～<br>豪連邦科学<br>産業研究機構<br>(CSIRO)         | 1.海洋大循環による熱・物質輸送とその変動研究<br>2.インド洋及び豪州南部海域での二酸化炭素収支に関わる研究<br>3.南大洋におけるクロロフルオロカーボン類の分布<br>4.西部太平洋における海洋環境と生物多様性の調査研究<br>5.一般情報交換   |
| カナダ     | 2000.3.20～<br>(自動更新)                             | 海洋漁業省<br>(DFO)                          | 1.北極海の海洋上層 200～300m 層の海洋気候変動に関する観測及びモデル研究<br>2.陸棚と海盆間での相互作用に関する物理・科学・生物的観測及びモデル研究<br>3.ベーリング・チュクチ・ポーフォート海での淡水と化学成分の収支に関する観測研究<br>4.陸棚及び海盆での氷厚分布の変動に関する観測及びモデル研究  |
| 韓国      | 2010.3.26<br>2015.3.25                           | ～<br>韓国海洋研究所<br>(KORDI)                 | 1.先進深海海洋生物研究<br>2.海洋機器の校正及びデータの品質保証、品質管理<br>3.西太平洋における係留ブイシステム<br>4.高性能コンピュータシステムの運用、管理、利用<br>5.先進海中技術と調査船開発<br>6.深海底生生物<br>7.一般情報交換   |
| 韓国      | 2008.3.11<br>2013.3.10                           | ～<br>韓国地質資源研究院<br>(KIGAM)               | 1.統合国際深海掘削計画 (IODP) に関連した研究<br>2.地震学の研究及び双方のデータ交換のスキームの構築準備<br>3.コアサンプルの解析<br>4.その他  |
| ドイツ     | 2009.12.9<br>2014.12.8                           | ～<br>アルフレッド・<br>ウェゲナー極域・海洋<br>研究所 (AWI) | 1.深海研究及び深海技術<br>(a) 深海技術の開発<br>2.極地科学技術<br>(a) 海洋物理学機器及び観測<br>(b) 極地海洋学及び関連係留技術<br>3.地球生命科学  |
| ドイツ     | 2006.10.5<br>2011.10.4                           | ～<br>ポツダム地球科学研究<br>センター<br>(GFZ)        | ICDP (国際陸上掘削計画) の実施、管理及び運営   |
| フランス    | 2007.12.5<br>2012.12.4<br>(2010.3.1 附属書<br>1 改定) | ～<br>国立海洋開発研究所<br>(Ifremer)             | 1.海洋技術<br>2. 海洋モニタリング<br>3. 微生物<br>4. 深海底観測<br>5. 地球シミュレータによるシミュレーション研究<br>6. 大陸縁辺の生態系と熱水噴出孔<br>7. 海底下微生物生態系<br>8. 一般情報交換  |

- 研究部門
- 深澤 理郎  
(地球環境変動領域 領域長)
- 内田 裕  
(地球環境変動領域 海洋環境変動研究プログラム 技術研究副主幹)
- 瀨瀬 慎也  
(地球環境変動領域 海洋環境変動研究プログラム 研究員)
- 水野 恵介  
(地球環境変動領域 熱帯気候変動研究プログラム プログラムディレクター)
- 大畑 哲夫  
(地球環境変動領域 北半球寒冷圏研究プログラム プログラムディレクター)
- 才野 敏郎  
(地球環境変動領域 物質循環研究プログラム プログラムディレクター)
- 野田 彰  
(地球環境変動領域 地球温暖化予測研究プログラム プログラムディレクター)
- 升本 順夫  
(地球環境変動領域 短期気候変動応用予測研究プログラム プログラムディレクター)
- 木村 富士男  
(地球環境変動領域 次世代モデル研究プログラム プログラムディレクター)
- 鳥海 光弘  
(地球内部ダイナミクス領域 領域長)
- 小平 秀一  
(地球内部ダイナミクス領域 海洋プレート活動研究プログラム プログラムディレクター)
- 阪口 秀  
(地球内部ダイナミクス領域 固体地球動的過程研究プログラム プログラムディレクター)
- 末次 大輔  
(地球内部ダイナミクス領域 地球深部活動研究プログラム プログラムディレクター)
- 巽 好幸  
(地球内部ダイナミクス領域 地球内部物質循環研究プログラム プログラムディレクター)
- 北里 洋  
(海洋・極限環境生物圏領域 領域長)
- 丸山 正  
(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 プログラムディレクター)
- 高井 研  
(海洋・極限環境生物圏領域 深海・地殻内生物圏研究プログラム プログラムディレクター)
- 大河内 直彦  
(海洋・極限環境生物圏領域 海洋環境・生物圏変遷過程研究プログラム プログラムディレクター)
- 金田 義行  
(地震津波・防災研究プロジェクト プロジェクトリーダー)
- 時岡 達志  
(IPCC貢献地球環境予測プロジェクト プロジェクトリーダー)
- 木川 栄一  
(海底資源研究プロジェクト プロジェクトリーダー)
-

---

白山 義久  
(システム地球ラボ ラボヘッド)

高井 研  
(システム地球ラボ プレカンブリアンエコシステムラボユニット ユニットリーダー)

草野 完也  
(システム地球ラボ 宇宙・地球表層・地球内部の関連モデリングラボユニット ユニットリーダー)

山形 俊男  
(アプリケーションラボ ラボヘッド)

渡邊 修一  
(むつ研究所 所長)

黒田 芳史  
(高知コア研究所 所長)

---

開発・推進部門

磯崎 芳男  
(海洋工学センター センター長)

渡邊 國彦  
(地球シミュレータセンター センター長)

今脇 資郎  
(地球情報研究センター センター長)

坪井 誠司  
(地球情報研究センター データ技術開発運用部 部長)

丸山 正  
(地球情報研究センター 国際海洋環境情報センター センター長)

東 垣  
(地球深部探査センター センター長)

松田 繁美  
(地球深部探査センター 環境保安グループ グループリーダー)

磯崎 芳男  
(観測システム・技術開発ラボ ラボヘッド)

---

各拠点の機能と  
役割

渡邊 修一  
(むつ研究所 所長)

廣瀬 重之  
(高知コア研究所 管理課 課長)

今村 努  
(横浜研究所 所長)

大河内 直彦  
(海洋・極限環境生物圏領域 海洋環境・生物圏変遷過程研究プログラム プログラムディレクター)

丸山 正  
(国際海洋環境情報センター センター長)

金田 義行  
(地震津波・防災研究プロジェクト プロジェクトリーダー)

---

## 編集後記

---

先般の「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(平成23年3月11日14時46分、太平洋三陸沖を震源に発生したマグニチュード9.0の巨大地震)と、この地震による大規模な津波は日本国内において観測史上最大といわれ、未曾有の大震災となりました。

大震災で亡くなられた方々に慎んでお悔やみ申し上げますとともに、被災地域の方々に心よりお見舞い申し上げます。

さて、当機構は、前身である「海洋科学技術センター」(昭和46年(1971年)10月1日設立)から平成16年(2004年)4月1日の東京大学海洋研究所の研究船「白鳳丸」「淡青丸」の2船並びにその運航組織と統合により、独立行政法人海洋研究開発機構として新たな一步を踏み出しました。本年は、海洋科学技術センター発足から40周年の節目の年となり、編集委員会を立ち上げここに本誌を発刊することができました。

既に紙面をご覧になった方はお気づきと思いますが、本誌は40周年記念として発刊しましたが、歴史的な記録・読み物の記念史では無く、現在の第Ⅱ期中期計画(平成21年4月～平成26年3月)での研究・開発の取組みを軸に、平成14年(2002年)からの10年間の主な研究・技術開発成果と将来展望を盛り込んだ、科学的な記事内容とすることを編集方針としました。

従って、本誌のタイトルを「海から地球へ 地球とともに」-JAMSTEC 40周年記念-とし、最新の海洋・地球科学研究とその基盤技術の研究開発に関するトピックスを中心に2000文字で紹介して戴きました。更に、本誌では3領域長、4センター長、各拠点の所長・センター長、ラボヘッド等から1000文字を目安に研究に対する、或いは次代を担う若手研究者へのメッセージとして、先輩研究者の哲学を掲載することができました。

当機構の研究は、長期的な観測が必要とされ、他分野にまたがる多面的な考察から、海洋・地球全体のシステムを根本的に研究する学際科学と言えます。その意味で、本誌が書棚に仕舞い込まれることなく、海から地球を知り、地球との共生に資する資料として役立てていただける事を願っております。

最後になりましたが、本誌の発刊に当たっては、各部署から編集委員を選出いただき、4月26日の第1回編集委員会から6月6日の第3回編集委員会で編集方針と執筆要領を策定、また編集委員による執筆者の選任を経て、6月末に投稿メというタイトなスケジュールで準備を進めることとなりました。ここに編集委員を代表して、多忙な中ご執筆戴きました皆様に厚く御礼申し上げます。また、編集委員の皆様並びに事務局として原稿依頼、紙面構成、版下作成等を担当して戴いた広報課の皆様、特に編集委員会運営、原稿依頼等を担当して戴いた光山主任に本誌面を借りて御礼申し上げます。

平成23年10月1日

40周年編集委員会 委員長 他谷 康

---

---

## JAMSTEC 40周年記念誌編集委員会

---

### 委員長

他谷 康  
(事業推進部 広報担当役)

### 委員

満澤 巨彦  
(事業推進部 広報課 課長)

藤岡 換太郎  
(事業推進部 特任上席研究員)

米山 邦夫  
(地球環境変動領域 熱帯気候変動研究プログラム チームリーダー)

田中 幸夫  
(地球環境変動領域 次世代モデル研究プログラム チームリーダー)

木下 正高  
(地球内部ダイナミクス領域 固体地球動の過程研究プログラム チームリーダー)

山本 啓之  
(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 技術研究主幹)

中村 仁  
(むつ研究所 管理課 課長代理)

廣瀬 重之  
(高知コア研究所 管理課 課長)

千葉 俊彦  
(研究支援部 支援第2課 課長)

土屋 利雄  
(海洋工学センター 海洋技術開発部 観測技術担当役)

田村 眞一  
(地球シミュレータセンター 情報システム部 技術副主幹)

園田 朗  
(地球情報研究センター データ技術開発運用部 グループリーダー)

松田 繁美  
(地球深部探査センター 環境保安グループ グループリーダー)

新井 嘉人  
(経営企画室 企画課 調査役)

村田 範之  
(総務部 総務課 課長)

小原 孝文  
(経理部 経理課 課長)



— 海から地球へ 地球とともに —

独立行政法人海洋研究開発機構 40周年記念誌

2011年10月1日 発行

編集：JAMSTEC40周年記念誌編集委員会

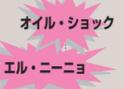
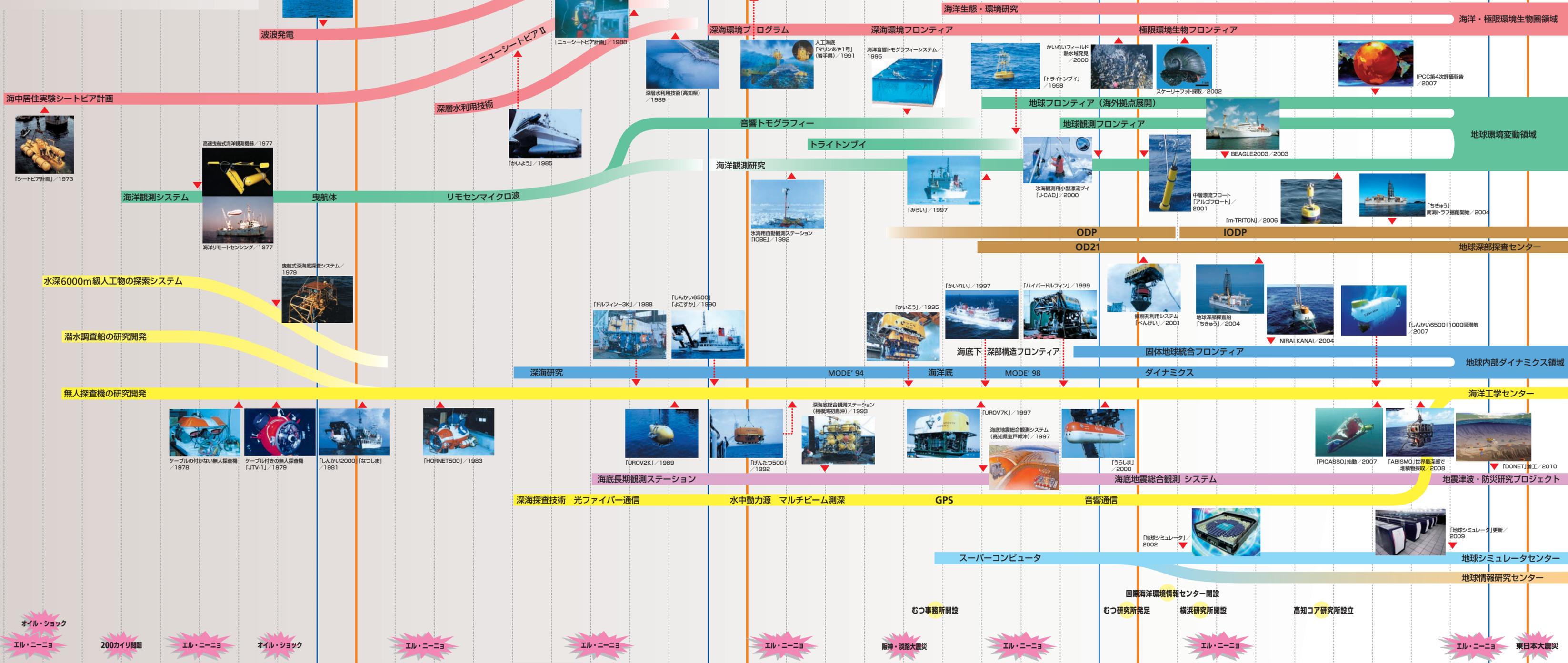
発行：独立行政法人海洋研究開発機構 事業推進部広報課

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15

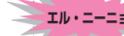
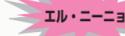
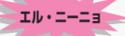
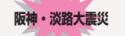
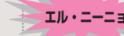
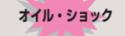
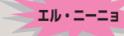
<http://www.jamstec.go.jp/>

本書掲載の文章、写真、イラスト等を、  
無断で転載、複製することを禁じます。

# JAMSTEC 40年のあゆみ



200カイリ問題



「海から地球へ 地球とともに」独立行政法人海洋研究開発機構40周年記念誌 正誤表

| ページ     | 該当箇所             | 誤  | 正  | 備考        |
|---------|------------------|--|--|-----------|
| 9 ページ   | 図2キャプション 1行目     | 著熱量  | 貯熱量  |           |
| 12 ページ  | (a) 変化する北極海： 2行目 | 進行してしています  | 進行しています  |           |
| 13 ページ  | (d) 気候研究： 3行目    | 行った  | 行いました  |           |
| 13 ページ  | (d) 気候研究： 5行目    | 得られた   | 得られました   |           |
| 13 ページ  | 図4キャプション 3行目     | 示している北極海のシベリア側に顕著な負の偏差の場所が見られ。   | 示している。北極海のシベリア側に顕著な負の偏差の場所が見られる。   |           |
| 110 ページ | 予算額と定員数の推移       | <p>このグラフは、昭和57年度から平成27年度までの予算額と定員数の推移を示しています。縦軸は左側に「(億円)」として0から700まで、右側に「(人)」として0から350まで表示されています。緑色の棒グラフが「修正予算額」、黄色の棒グラフが「当初予算額」、青い線が「定員数」、赤い線が「常勤定員数」を示しています。定員数は昭和57年度から平成27年度までほぼ150人から200人程度で推移し、平成28年度に急激に増加して約300人に達しています。修正予算額は当初予算額よりも高くなる傾向があり、平成28年度以降は当初予算額を大きく上回っています。</p> | <p>このグラフは、昭和57年度から平成27年度までの予算額と定員数の推移を示しています。縦軸は左側に「(億円)」として0から700まで、右側に「(人)」として0から350まで表示されています。緑色の棒グラフが「修正予算額」、黄色の棒グラフが「当初予算額」、青い線が「定員数」、赤い線が「常勤定員数」を示しています。定員数は昭和57年度から平成27年度までほぼ150人から200人程度で推移し、平成28年度に急激に増加して約300人に達しています。修正予算額は当初予算額よりも高くなる傾向があり、平成28年度以降は当初予算額を大きく上回っています。</p> | 昭和61年度定員数 |
| 123 ページ | 各拠点の機能と役割        | 大河内 直彦<br>(海洋・極限環境生物圏領域 海洋環境・生物圏変遷過程研究プログラム<br>プログラムディレクター)  | (削除)   |           |
| 123 ページ | 各拠点の機能と役割        | (追加)   | 満澤 巨彦<br>(事業推進部 広報課 課長)  |           |
| 123 ページ | (追加) 賛助会         | (追加)   | 長田 啓志<br>(東京事務所 所長)  |           |



独立行政法人海洋研究開発機構

<http://www.jamstec.go.jp>