



ANNUAL REPORT 2017

国立研究開発法人海洋研究開発機構
平成29事業年度 年報

JAMSTEC

JAMSTEC 2017 Annual Report

国立研究開発法人海洋研究開発機構
平成29事業年度 年報

Contents

代表挨拶 MESSAGE		2
海洋研究開発機構の概要 JAMSTEC OVERVIEW		
事業概要、人員、予算	Overview, Personnel, Budget	3
外部研究資金・連携協定	External research funding, Partnership agreements	4
国際協力	International Cooperation	5
広報活動	Public relations activities	7
組織図・主要施設・設備	Organization chart, Research Facilities	9
各研究開発の概要および当該年度の主な成果 Outlines of Topics and Notable Achievements in FY2017		
1 海底資源研究開発	Research and Development (R&D) Center for Submarine Resources	13
2 海洋・地球環境変動研究開発	Research and development on marine and global environmental change	17
3 海域地震発生帯研究開発	Research and development on seismogenic zones	21
4 海洋生命理工学研究開発	Research and development on marine biosciences and engineering	25
5 先端的掘削技術を活用した総合海洋掘削科学の推進	Promotion of comprehensive ocean drilling science	29
6 先端的融合情報科学の研究開発	Research and development on advanced integrated information science	33
7 海洋フロンティアを切り拓く研究基盤の構築	Construction of a research and development base for opening up ocean frontiers	37
研究開発基盤の運用およびIODPの推進 Operation of basic technology development and promotion of IODP		
1 研究船・深海調査システム等の運用	Operation of research vessels and deep-sea survey systems	41
2 情報基盤の運用	Management of information infrastructure	43
3 「ちきゅう」の運用およびIODPの推進	Operation of <i>Chikyu</i> and promotion of IODP	45
賛助会について	Supporting Member System (JAMSTEC Partners)	47

代表挨拶 MESSAGE

国立研究開発法人海洋研究開発機構
理事長 平 朝彦
President Asahiko Taira
Japan Agency
for Marine-Earth Science and Technology



海洋研究開発機構は、平成29年度に中期計画の4年目を迎えました。中期計画の大目標である「海洋・地球・生命の統合的理解」に向けて、職員が一体となり各事業を多様なアプローチで進めております。

平成29年5月には、次世代深海探査システムの技術開発の一環として無人探査機に4Kカメラを搭載した自動昇降式観測装置（フルデプスミニランダー）をNHKと開発し、世界最深（水深約10,900m）のマリアナ海溝チャレンジャー海淵における潜航試験を行いました。この潜航試験において、マリアナ海溝の水深8,178mで遊泳する魚類（シンカイクサウオの仲間）を撮影することに成功しました。この水深は、映像とセンサに基づく正確な水深の両方が記録された魚類の出現記録としては世界最深になります。今後、水深8,000m以深における食物連鎖網の解明や生物群集の生息密度の推定を進めるべく、現場観測、サンプル採取や解析などを進めていく予定です。

平成29年7～10月には、国立科学博物館、NHK、NHKプロモーション、読売新聞社との共催で国立科学博物館において特別展「深海2017」を開催しました。深海生物や海底資源、巨大災害等に関して、無人探査機調査や「ちきゅう」による掘削など、機構の研究成果・プロジェクトの展示・紹介を横断的に行いました。来場者数は計60万人を超え、1日の平均来場者数は過去最高の7,811人となり、歴代の国立科学博物館における特別展と比較してもトップレベルの賑わいとなりました。

また、機構、東京大学生産技術研究所、九州工業大学、海上・港湾・航空技術研究所、三井E&S造船、日本海洋事業、KDDI総合研究所及びヤマハ発動機からなる共同研究チーム「Team KUROSHIO」は、海中ロボット等を用いて、超広域高速海底マッピングの実現を目標とする海底探査技術の世界コンペティション「Shell Ocean Discovery XPRIZE」に挑戦しています。「Team KUROSHIO」はこの機会を好機と捉え、世界に向けて日本の海洋調査の技術力を発信するとともに、新たな海洋調査コミュニティを創出し、既存市場の活性化と新規市場の開拓に貢献することを目指しています。平成30年1月には「Round1 技術評価試験」が開催され、その結果、決勝となる「Round2 実海域競技」に進出することが平成30年3月に決定しました。このプロジェクトでは、クラウドファンディングなどにより、多くの方々から支援を頂きました。厚く御礼申し上げます。

このように、様々な機関・企業と協働しながら、急速に変化・変貌を遂げている世界において、人類の持続性維持のため貢献できるよう、幅広い領域でチャレンジを続けていきたいと思っております。研究、技術そして事務経営が三位一体となって研究開発活動を着実に推進してまいりますので、今後とも、皆様からのご支援、ご理解、そしてご指導を賜りますようお願い申し上げます。

FY2017 marked the fourth year of the mid-term plan of the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC). JAMSTEC researchers have pursued their respective projects using a variety of approaches towards an “integrated understanding of the ocean, Earth and life”—the overall goal of the mid-term plan.

In May 2017, JAMSTEC and NHK jointly developed a full-depth mini lander (remotely operated vehicle) equipped with a 4K camera in a technology development project for next-generation deep-sea exploration systems. The joint group then conducted test operations of the lander in the Mariana Trench's Challenger Deep, in which it was sent to the greatest depth ever reported (approximately 10,900 m deep). During these test operations, the lander succeeded in recording an image of fish (a close relative of the hadal snailfish) swimming at a depth of 8,178 m in the Mariana Trench. This marked a new world record for the greatest water depth at which the existence of fish was confirmed using both images and accurate, sensor-based water depth measurements. In future studies, we plan to investigate food web structures and estimate population densities in biological communities at depths greater than 8,000 m by making observations and collecting samples at these depths and analyzing the data collected.

From July to October 2017, JAMSTEC, the National Museum of Nature and Science, NHK, NHK Promotions Inc. and the Yomiuri Shimbun co-hosted a special “Deep Sea 2017” exhibition at the National Museum of Nature and Science. Various JAMSTEC departments presented their research projects and findings—including deep-sea organisms, submarine resources and natural disaster indicators surveyed using remotely operated vehicles and the drilling functions of *Chikyu*—through displays and orally. A total of more than 600,000 people visited this event, which translates to 7,811 visitors per day on average, a record high for a special exhibition at the Museum.

In addition, a joint research team named “Team KUROSHIO” (consisting of JAMSTEC, the University of Tokyo Institute of Industrial Science, the Kyushu Institute of Technology, the National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology, Mitsui E&S Shipbuilding Co., Ltd., Nippon Marine Enterprises, Ltd., KDDI Research, Inc., Yamaha Motor Co., Ltd.) has been competing in the “Shell Ocean Discovery XPRIZE,” a global competition intended to promote the development of deep-sea exploration technologies, including robots, which enable quick mapping of wide areas of the seafloor. Viewing this event as a perfect publicity opportunity, the team hopes to convey Japan’s advanced technological capabilities in oceanographic surveys to the world and to launch a new oceanographic survey community that will promote revitalization of existing survey activities and the initiation of new survey projects. Team KUROSHIO passed the “Round 1 Technology Readiness Test” in January 2018 and was notified in March 2018 that it had advanced to the “Round 2 Final contest”. We appreciate all the support the team has received from everyone, including crowdfunding.

We intend to continue tackling challenges in a wide range of fields in collaboration with various organizations and companies in the hope of supporting the sustainability of humankind in a rapidly changing world. We will steadily advance our R&D efforts through cross-sectoral coordination and effective utilization of technologies. Thank you for your continued support, understanding and advice.



JAMSTEC OVERVIEW

事業概要 Overview

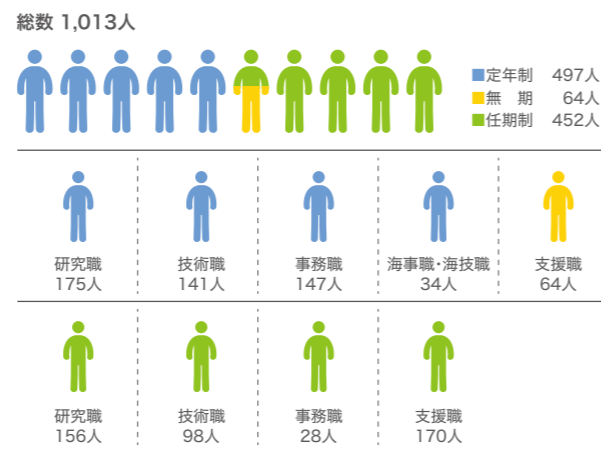
国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下「当機構」という）が果たすべき役割は、人類社会に対し、様々な影響をもたらす海洋を中心とした地球環境の変化に関する科学的知見の創出です。このため、当機構は海洋・地球・生命を1つのシステムとして捉え、種々の時間・空間スケールから成る様々なプロセスを定式化することにより、海洋・地球・生命システムの統一像の解明を目指し、人類的課題の解決や我が国の将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するための研究開発を推進します。

The vital role of the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) is to create scientific knowledge of global environmental changes, particularly the marine environment, that affect human society in a variety of ways. To fulfill this role, JAMSTEC considers the ocean, Earth, and life as integrated components of a single system and identifies patterns of various processes viewed at different temporal and spatial scales. By doing so, we aim to understand the ocean, Earth, and life systems as a whole and promote R&D that contribute to solving issues of humankind and to the sustainable growth and prosperity of Japan.

人員 Personnel

職員数の総計は昨年度よりも減少傾向にあります（1024→1013）。構成別で見ると、研究職・技術職ともに任期制職員が減少し（研究職：175→156、技術職：106→98）、定年制職員が増加しています（研究職：157→175、技術職：131→141）。

The total number of JAMSTEC personnel decreased from 1,024 in FY2016 to 1,013 in FY2017. Looking at the composition by job category, both researcher and technician categories saw a decrease in the number of non-permanent employees (researchers: from 175 to 156; technicians: from 106 to 98) and an increase in the number of permanent employees (researchers: from 157 to 175; technicians: from 131 to 141).

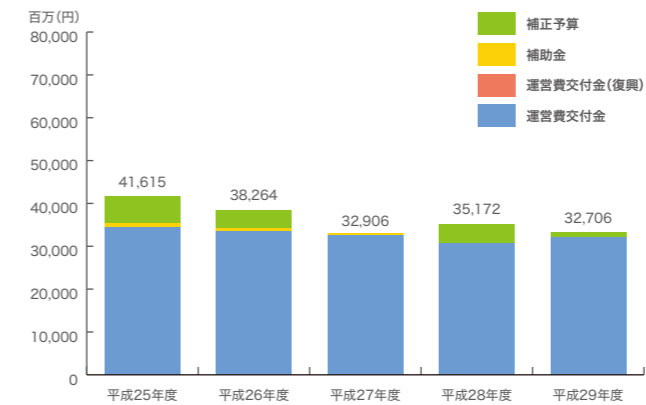


人員構成(平成30年3月31日時点)
Personnel distribution (as of March 31, 2018)

予算 Budget funded by Japanese government

平成25年度以降の過去5年分の予算額の推移を以下に示します。補助金の交付額は年度によって差異があるものの、運営費交付金については年々減少傾向にあり、運営の効率化や外部研究資金等収入の多様化が求められています。

The following bar chart illustrates changes in JAMSTEC's budget over the past five years. While the amounts of grants JAMSTEC receives vary from year to year, the amounts of operational bonus are decreasing every year. Thus, JAMSTEC needs to increase operational efficiencies and acquire research funding from more diverse external sources.

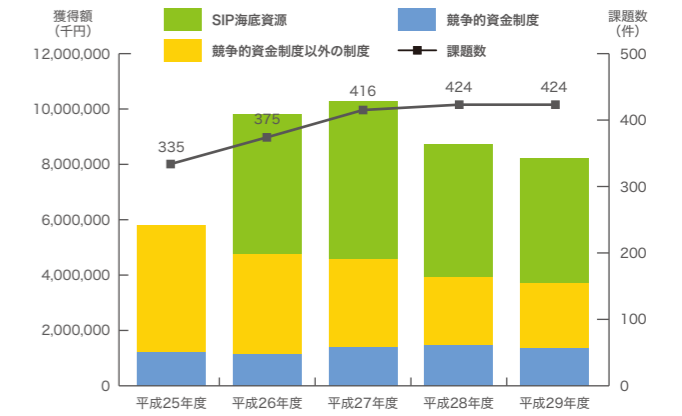


予算額の推移
Changes in the budget amount

外部研究資金 External research funding

外部研究資金に関して、獲得課題数は過去最多の平成28年度と同数を維持している。平成29年度は、文部科学省の「統合的気候モデル高度化研究プログラム」及び「高性能汎用計算機高度利用事業」を新たに受託しました。

The number of projects that acquired external research funding in FY2017 remained at the record level established in FY2016. In FY2017, JAMSTEC newly acquired funding from two MEXT programs: the Integrated Research Program for Advancing Climate Models [TOUGOU] and the High-Performance Computing Infrastructure (HPCI) initiative.



外部研究資金獲得の推移
Changes in the amount of external research funding acquired

連携協定 Partnership agreements

大学・研究機関等と協力して研究・教育にあたっています。

JAMSTEC is working on research and education under cooperation with universities and research institutions, etc.

機関名	締結日	機関名	締結日
九州大学	H16.11.26	和歌山県	H25.09.05
石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)	H19.07.23	中部電力株式会社・尾鷲市・防災科学技術研究所(H28年度追加)	H25.10.10
神戸大学・兵庫県立大学	H19.08.06	防衛装備庁	H26.03.27
産業技術総合研究所(AIST)	H20.03.07	高知大学	H26.03.28
東京海洋大学	H21.03.18	北海道大学	H27.09.01
日本分析センター	H21.04.01	八戸工業大学	H27.09.24
横浜国立大学	H22.01.27	京都大学	H27.10.15
青森県産業技術センター	H23.07.12	神奈川県立海洋科学高等学校	H28.01.19
宇宙航空研究開発機構(JAXA)	H24.02.06	水産研究・教育機構	H28.02.17
東北大学	H24.10.16	下北ジオパーク推進協議会	H29.07.07
神戸大学	H24.12.20	横浜市	H29.09.14
室戸ジオパーク推進協議会・高知工科大学地域連携機構	H25.05.31	東海大学	H29.12.22

機関間連携一覧 List of research and educational partnerships

国際協力 International Cooperation

気候変動をはじめとする地球規模の環境変動等の問題の解決に貢献し、また、海洋観測・研究をより効果的かつ効率的に推進していくため、当機構では国際共同計画の推進や国連機関をはじめとする国際機関、あるいは海外諸研究機関との良好な協力関係の構築及び維持を図っています。

JAMSTEC has been promoting international joint projects and building and maintaining solid cooperative relationships with international organizations, including United Nations bodies and overseas research institutes. These initiatives are intended to contribute to solving the issues surrounding global environmental change, including climate change, and to promote more effective and efficient ocean observation and research.

多国間国際協力への貢献

Contribution to Multilateral International Cooperation

海洋における科学的調査の促進を目的とする「国連教育科学文化機関／政府間海洋学委員会」(UNESCO/IOC) について、機構内に「IOC協力推進委員会」を設置し、IOC等に関わる国際研究計画、国際研究プロジェクトの動向を把握しました。IOC執行理事会には日本政府代表団の一員として出席し、専門的な知見に基づき発言を行うとともに他国政府団との調整及び情報収集を行い、IOCの意思決定に貢献しました。また、平成25年度から引き続き職員1名を事務局担当官としてIOC本部に派遣し、主要業務を行いました。西太平洋地域小委員会(WESTPAC)では副議長の一人に職員が選出されました。

国連に関する活動としては、そのほか、「第2期World Ocean Assessment」のためのレギュラープロセスへの参画や国家管轄権外の生物多様性保護に関する新たな法的枠組みの検討に関する対応を行いました。

世界100か国以上が参加する「地球観測に関する政府間会合」(GEO) については、アメリカで開催された第14回総会に参加し、当機構の地球観測活動実績のポスター展示やショートレクチャーを行い、我が国の地球観測における貢献とプレゼンスを国際社会にアピールしました。また、第10回全球地球観測システム・アジア太平洋シンポジウムの「海洋と社会」分科会に参画しました。「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)、「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム学際的専門家パネル」にも専門家を推薦または派遣し、それぞれの取り組みに貢献しました。

つくばで開催されたG7科学技術大臣会合の成果文書「つくばコミュニケ」で採択された「海洋の未来」について、科学的取り組みに関するフォローアップ会合に専門家を派遣し、取り組みに貢献しました。

持続可能な開発目標(SDG)14実施支援国連会議において、SDG14に向けた海洋観測網の拡充、海洋生物や海洋ごみに関するデータの公開・共有・利用などを自主的取り組みに登録しました。

The goal of the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) is to promote scientific surveys in the sea. JAMSTEC has internally established the Japan Group of Experts to Advance IOC Programs to ascertain the latest developments in international research plans/projects involving the IOC. JAMSTEC representative participated in the IOC Executive Council as a Japanese government delegation member. The Council gave the representative the opportunity to provide expert opinions, coordinate with other national governments and collect information from them. These activities facilitated the IOC's decision-making processes. Since FY2013, JAMSTEC dispatches one of

the administrative employees to the IOC secretariat and supports major tasks at the IOC Headquarters. The IOC Sub-Commission for the Western Pacific (WESTPAC) has selected a JAMSTEC member as a vice-chairperson.

As far as UN-related activities are concerned, JAMSTEC also participated in the UN Regular Process for the Second World Ocean Assessment and supported discussion about a new legal framework to preserve biodiversity in areas beyond national jurisdiction.

The Group on Earth Observations (GEO) is an intergovernmental body composed of more than 100 countries. At GEO's 14th plenary meeting in the U.S., JAMSTEC demonstrated to the international community Japan's contributions and its presence in the field of Earth observation through posters and short lectures on our research achievements. JAMSTEC also participated in the meeting of the Oceans and Society Working Group during the 10th GEOSS-Asia-Pacific Symposium. Moreover, JAMSTEC has recommended and sent experts to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the international expert panel of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services in order to facilitate their efforts.

The Tsukuba Communiqué, issued at the G7 Science and Technology Ministers' Meeting in Tsukuba, describes issues concerning "the future of the seas and oceans." JAMSTEC dispatched an expert to a follow-up discussion on scientific initiatives to address these issues.

At the United Nations Conference to support the Implementation of SDG 14 (the 14th Sustainable Development Goal), JAMSTEC announced that it would take voluntary action toward achieving SDG 14 by expanding ocean observation networks and opening, sharing and using data related to marine organisms and marine debris.

海外研究機関等との協力

Cooperation with Overseas Research Institutions

平成29年度は海外研究機関等との協力を進め、カナダ天然資源省との研究協力に係る文書を締結(更新)するとともに、13件の海外研究機関等との共同研究契約を締結しました。

また、米国海洋大気庁と機関間協力覚書(MOU)に基づく定期会合を開催し、両機関の研究協力の促進についての話し合いを行う等、関係各機関との連携強化に努めました。

In FY2017, JAMSTEC strengthened its cooperation with overseas research institutes and other groups by concluding and updating a research collaboration document with Natural Resources Canada. It also signed joint research agreements with 13 overseas research institutes and other entities.

In addition, JAMSTEC and the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration held a regular meeting in accordance with their memorandum of understanding (MOU). They discussed promoting research collaboration, among other subjects, in order to strengthen their relationship.



カナダ天然資源省との研究協力に係る文書を更新
JAMSTEC and Natural Resources Canada update research collaboration document



★機関間協力覚書:(★は共同研究実施取り決めも締結している機関)
★機関間協力意向表明文書
■緑塗国:機関間協力覚書書、機関間協力表明文書、もしくは機関間の共同研究実施取り決めを締結している国

平成29年度協定件数
機関間協力協定: 25 機関 + 2 コンソーシアム
共同研究実施取り決め 45 件
No. of agreements signed in FY2017
Partnership agreement/MOU: 25 institutes + 2 consortiums
Joint research agreement/implementation agreement: 45 institutes

国際プロジェクトなど International Projects

「国際深海科学掘削計画」(IODP)、「全海洋高度国際監視システム」(ARGO)、「気候変動とその予測可能性に関する研究」(CLIVAR) など国際的な研究プロジェクトへの参加、研究会への参加や開催、国際研究計画に基づく観測・調査活動等を行いました。

JAMSTEC participated in various international research projects (e.g., the International Ocean Discovery Program (IODP), the Argo Program and the World Climate Research Programme's Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change project (CLIVAR)), hosted various research meetings and carried out observations and investigations under international research plans.

その他 Others

駐日オーストラリア大使、ベトナム天然資源環境省次官、中国科学院海洋研究所ご一行、また、APEC関係者、ASEAN関係者、欧州議会水産委員会ご一行など、海外から多くの方々にご訪問いただきました。

Many officials from other countries visited JAMSTEC, including the Ambassador of Australia to Japan, the Vietnamese Deputy Minister of Natural Resources and Environment, members of the Institute of Oceanology of the Chinese Academy of Sciences, APEC officials, ASEAN officials and members of the European Parliament Fisheries Committee.

広報活動 Public relations activities

当機構では、国民の海洋科学技術に関する理解増進を図ることを目的とし、普及広報活動を実施しています。

To promote public understanding of science and technology, JAMSTEC has been engaged in the following public relations activities.

最新の研究成果等の発信

Publication of latest research findings and other information

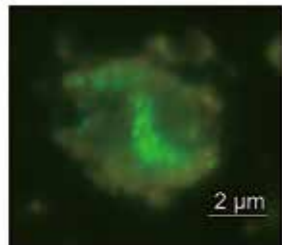
最新の研究成果等に関して、プレス発表や記者説明会を行うとともに、南海トラフ地震や北極海研究などホットな話題を取り上げ、メディア向けの勉強会を開催しました。また、プレス発表と連動して、Webサイトでプレス発表の解説記事「話題の研究 謎解き解説」を公開しました。国民の皆様に向け、タイムリーかつ分かりやすさを第一に情報発信を行っています。

We publicized JAMSTEC's latest research findings via press releases and held briefing sessions for reporters. We also held study sessions for members of the mass media on attention-grabbing topics, such as an anticipated Nankai Trough earthquake and research in the Arctic Ocean. A press release commentary entitled, "In-depth understanding of selected research projects," was prepared and posted on the JAMSTEC website press release page as part of our efforts to convey timely, easy-to-understand information to the Japanese public.



極限環境の強アルカリ性の泉から、常識外れな微生物を発見！

サイズです。写真は顕微鏡で撮った写真ですが、中央の蛍光色の点は何でしょう？



写真：これは何でしょう？

この蛍光色の点1つは、微生物です。高濃度のアルカリ性環境に生息する、この微生物は、研究者を驚かせるほど常識外れな微生物です。今ご紹介するのは、こちらです。

地下深部の超熱水環境に「常識外れな微生物」を発見
—マンガン鉱石と生命との関係や地球初期の生命進化の謎の解明に貢献—

論文タイトル：Unusual metabolic diversity of hyperalkaliphilic microbial communities associated with sulfidemannite serpentinization at The Cedars

「話題の研究 謎解き解説」WEBページ

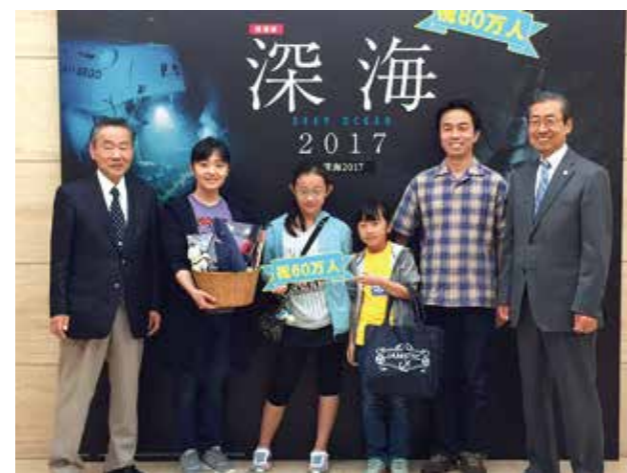
Press release commentary, "In-depth understanding of selected research projects" on the JAMSTEC website

国立科学博物館 特別展「深海2017」の開催

Special "Deep Sea 2017" exhibition at the National Museum of Nature and Science

平成29年は国立科学博物館、NHK、NHKプロモーション、読売新聞社と共催で、特別展「深海2017～最深研究でせまる"生命"と"地球"～」を開催しました。総来場者数が約62万人を記録し、深海を調査研究することで科学的・社会的課題を解決できる可能性があることを、多くの国民の皆様にご存知いただく機会となりました。

In 2017, we co-hosted a special "Deep Sea 2017" exhibition (subtitle: Oceanographic research in the abyssal zone) with the National Museum of Nature and Science, NHK, NHK Promotions Inc. and the Yomiuri Shimbun. This event, visited by about 620,000 people, allowed us to convey a message to the public that deep-sea research has the potential to offer solutions to scientific and social problems.



来場者数60万人突破記念セレモニー
Ceremony commemorating 600,000 visitors

NHK番組「ディープオーシャン」等への協力
Cooperation on the NHK TV program "Deep Ocean"

平成29年8月放送NHKスペシャル「DEEP OCEAN 超深海 地球最深への挑戦」では、超深海域を調査するための機器試験についてテレビ番組の制作に協力しました。この航海の成果は国立科学博物館での特別展「深海2017」でも展示し、機構の研究開発を分かりやすく紹介しました。

We assisted in the production of NHK's special TV program, "Deep Ocean: Challenging the depths," aired in August 2017, by testing deep-sea survey equipment. Findings from this expedition were also displayed at the special "Deep Sea 2017" exhibition at the National Museum of Nature and Science during which we explained JAMSTEC R&D activities to the general public.



マリアナ海溝の水深8,178mにおいて魚類の撮影に成功
This research expedition was conducted under a Special Use Permit (#12541-17001) issued by the Mariana Trench National Wildlife Refuge, U.S. Fish and Wildlife Service, Department of the Interior.

施設・船舶一般公開を通じた普及広報活動
Public relations activities through open house of JAMSTEC facilities and ships

横須賀本部・横浜研究所・むつ研究所・高知コア研究所・国際海洋環境情報センターの各拠点で、施設一般公開を開催しました。また、船舶の一般公開を館山、今治、むつ、函館、東京港晴海、神戸、八戸、石巻、清水で開催し、海洋研究の最前線を公開しました。

We held public open house of JAMSTEC facilities at various locations (the Yokosuka Headquarters, the Yokohama Institute for Earth Sciences, the Mutsu Institute for Oceanography, the Kochi Institute for Core Sample Research and the Global Oceanographic Data Center). JAMSTEC ships and materials related to leading-edge marine research were also publicly exhibited at various locations (Tateyama, Imabari, Mutsu, Hakodate, Harumi in the Tokyo Port, Kobe, Hachinohe, Ishinomaki and Shimizu).



今治港での「かいらい」一般公開
Public exhibition of Kairei at the Imabari Port

第20回全国児童「ハガキにかこう海洋の夢コンテスト」
20th elementary school student drawing contest (named "Let's draw a picture on a postcard to express our ocean-related dreams")

子ども達も海洋への夢や憧れ、興味を喚起するために、全国の小学生を対象とした「ハガキにかこう海洋の夢コンテスト」を開催しました。海洋科学技術について抱いている夢を題材とし、ハガキに描いた絵やCG、アイデアを募集するもので、23,822作品の応募がありました。また20回目の開催を記念して機構の賛助会員に協賛をいただきました。

We held a drawing contest (named "Let's draw a picture on a postcard to express our ocean-related dreams") to stimulate interest in the oceans among elementary students. We asked students to visualize an exciting marine science and technology-related motif and express it on a postcard in the form of a drawing, computer illustration or composition and received a total of 23,822 postcards in response. JAMSTEC supporting members co-sponsored this 20th commemorative contest.



入賞者を体験乗船に招待
Contest winners were invited to ride on a JAMSTEC ship.

組織図 Organization chart

役員 Executives

理事長 President 平 朝彦 Asahiko Taira	開発担当理事 Executive Director 東 垣 Wataru Azuma	監事 Auditor 鷲尾 幸久 Yukihiwa Washio
研究担当理事 Executive Director 白山 義久 Yoshihisa Shirayama	経営管理担当理事 Executive Director 篠崎 資志 Motoshi Shinozaki	監事(非常勤) Auditor (part-time) 前田 裕子 Yuko Maeda

研究部門 Research Sector

戦略研究開発領域

Strategic Research and Development Area

- 地球環境観測研究開発センター
Research and Development Center for Global Change (RCGC)
- 海洋掘削科学研究開発センター
Research and Development Center for Ocean Drilling Science (ODS)
- 地震津波海域観測研究開発センター
Research and Development Center for Earthquake and Tsunami (CEAT)
- 海洋生命理工学研究開発センター
Research and Development Center for Marine Biosciences
- 海底資源研究開発センター
Research and Development Center for Submarine Resources
- アプリケーションラボ
Application Laboratory (APL)
- 東日本海洋生態系変動解析プロジェクトチーム
Project Team for Analyses of Changes in East Japan Marine Ecosystems
- 北極環境変動総合研究センター
Institute of Arctic Climate and Environment Research (IACE)
- 気候モデル高度化研究プロジェクトチーム
Project Team for Advanced Climate Modeling

- むつ研究所
Mutsu Institute for Oceanography (MIO)
- 高知コア研究所
Kochi Institute for Core Sample Research (KOCHI)
- 研究推進部
Research Support Department

基幹研究領域

Basic Research Area

- 大気海洋相互作用研究分野
Department of Coupled Ocean-Atmosphere-Land Processes Research (DCOP)
- 統合的気候変動予測研究分野
Department of Integrated Climate Change Projection Research (ICliP)
- シームレス環境予測研究分野
Department of Seamless Environmental Prediction Research (DSEP)
- 地球深部ダイナミクス研究分野
Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research (D-EARTH)
- 地球内部物質循環研究分野
Department of Solid Earth Geochemistry (DSEG)
- 海洋生物多様性研究分野
Department of Marine Biodiversity Research (BIO-DIVE)
- 深海・地殻内生物圏研究分野
Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research (D-SUGAR)
- 生物地球化学研究分野
Department of Biogeochemistry
- 数理学・先端技術研究分野
Department of Mathematical Science and Advanced Technology (MAT)

開発・運用部門 Development and Operation Sector

海洋工学センター

Marine Technology and Engineering Center (MARITEC)

- 企画調整室
Planning and Coordination Office
- 海洋基幹技術研究部
Department of Engineering for Geo-Marine Science
- 運航管理部
Research Fleet Department
- 海洋戦略技術研究開発部
Department of Marine Technology Development

地球深部探査センター

Center for Deep Earth Exploration (CDEX)

- 企画調整室
Planning and Coordination Office
- 運用部
Operations Department
- 技術部
Technology Department
- 科学支援部
Science Services Department
- 環境保安グループ
Health, Safety and Environment (HSE) Group

地球情報基盤センター

Center for Earth Information Science and Technology (CEIST)

- 企画調整室
Planning and Coordination Office
- 先端情報研究開発部
Advanced Earth Information Research Department
- 統合地球情報研究開発部
Geoinformatics Research Department
- 情報システム部
Information Systems Department
- 地球情報技術部
Data Management and Engineering Department
- 国際海洋環境情報センター
Global Oceanographic Data Center (GODAC)

次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム

Project Team for Development of New-generation Research Protocol for Submarine Resources

気候変動適応技術開発プロジェクトチーム

Project Team for Climate Change Adaptation Technology

ビッグデータ活用予測プロジェクトチーム

Project Team for HPC Advanced Predictions utilizing Big Data

経営管理部門 Administration Sector

- 経営企画部
Planning Department
- 総務部
General Affairs Department
- 人事部
Human Resources Department
- 経理部
Finance and Contracts Department
- 海洋科学技術イノベーション推進本部
Innovation Promotion Office via Marine-Earth Science and Technology
- イノベーション・事業推進部
Innovation promotion, Cooperation and Partnerships Department
- 広報部
Public Relations Department
- 安全・環境管理室
Safety and Environment Management Office
- 監査室
Audit Office

主要施設・設備 Research Facilities



全長：210.0m
 総トン数：56,752トン
 定員：200名
 就航年：2005年
 Length: 210 m
 Gross tonnage: 56,752 tons
 Complement: 200 persons
 Commissioned: 2005

地球深部探査船「ちきゅう」
 Deep-Sea Drilling Vessel CHIKYU



全長：100.5m
 総トン数：5,747トン
 定員：65名
 就航年：2016年
 Length: 100.5 m
 Gross tonnage: 5,747 tons
 Complement: 65 persons
 Commissioned: 2016

海底広域研究船「かいめい」
 Research Vessel KAIMEI



全長：105.2m
 総トン数：4,439トン
 定員：60名
 就航年：1990年
 Length: 105.2 m
 Gross tonnage: 4,439 tons
 Complement: 60 persons
 Commissioned: 1990

深海潜水調査船支援母船「よこすか」
 Support Vessel YOKOSUKA



全長：100.0m
 総トン数：3,991トン
 定員：89名
 就航年：1989年
 Length: 100.0 m
 Gross tonnage: 3,991 tons
 Complement: 89 persons
 Commissioned: 1989

学術研究船「白鳳丸」
 Research Vessel HAKUHO MARU



全長：106.0m
 総トン数：4,517トン
 定員：60名
 就航年：1997年
 Length: 106.0 m
 Gross tonnage: 4,517 tons
 Complement: 60 persons
 Commissioned: 1997

深海調査研究船「かいらい」
 Deep Sea Research Vessel KAIREI



全長：66.0m
 総トン数：1,635トン
 定員：41名
 就航年：2013年
 Length: 66.0 m
 Gross tonnage: 1,635 tons
 Complement: 41 persons
 Commissioned: 2013

東北海洋生態系調査研究船「新青丸」
 Research Vessel SHINSEI MARU



全長：128.5m
 総トン数：8,706トン
 定員：80名
 就航年：1997年
 Length: 128.5 m
 Gross tonnage: 8,706 tons
 Complement: 80 persons
 Commissioned: 1997

海洋地球研究船「みらい」
 Oceanographic Research Vessel MIRAI



最大潜航深度：6,500m
 定員：3名
 全長：9.7m
 空中重量：26.7トン
 Depth capability: 6,500 m
 Complement: 3 persons
 Length: 9.7 m
 Dry weight: 26.7 tons

有人潜水調査船「しんかい6500」
 Manned Research Submersible SHINKAI 6500



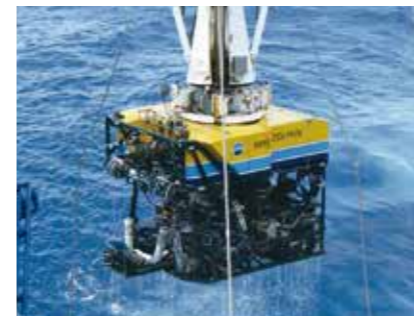
ランチャー /
 ビークル (Mk-IV)
 最大潜航深度：
 11,000m / 7,000m
 全長：5.2m / 3.0m
 空中重量：5.8トン / 5.5トン
 Depth capability:
 (Launcher) 11,000 m
 (Vehicle Mk-IV) 7,000 m
 Length/dry weight:
 (Launcher) 5.2 m/5.8 tons
 (Vehicle Mk-IV) 3.0 m/5.5 tons

無人探査機「かいこう」
 Remotely Operated Vehicle KAIKO



最大潜航深度：3,000m
 全長：4.0m
 空中重量：1.7トン
 Depth capability: 3,000 m
 Length: 4.0 m
 Dry weight: 1.7 tons

自律型無人探査機「じんべい」
 Autonomous Underwater Vehicle JINBEI



最大潜航深度：4,500m
 全長：3.0m
 空中重量：4.3トン
 Depth capability: 4,500 m
 Length: 3.0 m
 Dry weight: 3.8 tons

無人探査機「ハイパードルフィン」
 3,000 m class ROV HYPER-DOLPHIN



最大潜航深度：3,000m
 全長：2.5m
 空中重量：0.85トン
 Depth capability: 3,000 m
 Length: 2.5 m
 Dry weight: 0.85 tons

自律型無人探査機「おとひめ」
 Autonomous Underwater Vehicle OTOHIME



最大潜航深度：3,500m
 全長：10.0m
 空中重量：7.0トン
 Depth capability: 3,500 m
 Length: 10.0 m
 Dry weight: 7.0 tons

深海巡航探査機「うらしま」
 Deep Sea Cruising AUV URASHIMA



最大潜航深度：3,000m
 全長：5.0m
 空中重量：2.7トン
 Depth capability: 3,000 m
 Length: 5.0 m
 Dry weight: 2.7 tons

自律型無人探査機「ゆめいるか」
 Autonomous Underwater Vehicle YUMEIRUKA



プロセッサ数：5,120個
 (コア数：20,480個)
 ピーク性能：
 1.31ペタフロップス
 主記憶容量：
 320テラバイト
 Number of Processors: 5,120
 (Number of cores: 20,480)
 Peak quality: 1.31 petaFLOPS
 Main memory capacity:
 320 terabytes

地球シミュレータ(横浜研究所)
 Earth Simulator
 (Yokohama Institute for Earth Sciences)



コア保管庫(高知コア研究所)
 Core Repository
 (Kochi Institute for Core Sample Research)



海底に眠る資源を調査する

Exploring untapped submarine resources

世界第6位の広さの排他的経済水域を持つ我が国の周辺海域には、近年、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース泥、メタンハイドレート等の海底資源の存在が確認されています。当機構では、これらの持続的な利活用に向けて、海底資源の成因解明や効率的な調査方法の確立、国際標準化を視野に入れた環境影響評価手法の構築などに取り組み、下記の成果を挙げています。

In recent years, various submarine resources such as submarine hydrothermal deposits, cobalt-rich crusts, REY-rich mud and methane hydrate have been discovered in the waters surrounding Japan, which has the world's sixth largest exclusive economic zone. In the pursuit of sustainable ocean development, JAMSTEC worked to clarify the resource generation environment, establish efficient survey methods and develop environmental impact assessment methods suitable for use as international standards. As a result, we produced the following results.

海底熱水鉱床の成因解明とそれに基づく調査手法の構築

Study of ore genesis at submarine hydrothermal deposits and utilization of the results in the development of survey methods

AUVを用いた効率的な鉱床探査に向けて

我々は、海中を自由に動くことが出来る自律型無人探査機 (AUV) を用いて、効率的に地下の可視化を行うための機器開発を推進しています。機構所有の中型AUVは「じんべい」「ゆめいるか」ですが、これら中型AUVに搭載できるように開発した電流送信装置と受信機を搭載して実海域試験を実施しました。「じんべい」を用いた海域試験では、電流送信に成功すると共に、明神海丘カルデラで取得された自然電位データからはサンライズ鉱床の直上で明瞭な負の自然電位異常域が検出されました (Kawada and Kasaya, EPS, 2018)。一方、「ゆめいるか」は初めての本格的な海域試験であり、単機での試験潜航に加え、洋上中継器 (ASV) を用いた運用のための音響機器試験も実施しました。

これらの試験航海を経て、複数のAUVとASVを用いた初の電気・自然電位探査を行う試験航海が実施され、「じんべい」から送信した電流を「ゆめいるか」に搭載した電位計で受信することに成功しました。また、相模湾の試験時には、AUV「ほばりん」も投入し、3機のAUVを海底広域研究船「かいいい」とASVで監視することにも成功しました。

AUVs could conduct efficient ore deposit surveys

We are developing an efficient sub-seafloor visualization device that can be installed in highly maneuverable autonomous underwater vehicles (AUVs). We developed an underwater (electric) power source and receiver, installed them in JAMSTEC's medium-sized AUVs (*Jinbei* and *Yumeiruka*) and tested their performance at sea. The system was successfully tested using the *Jinbei* AUV in the caldera of Myojin Knoll, detecting clear negative self-potential anomalies

above the Sunrise deposit (Kawada and Kasaya, 2018). The first official test using the *Yumeiruka* AUV also confirmed the performance of the electrical survey system. An acoustic communication device installed both in the AUV and in an autonomous surface vehicle (ASV) was also tested.

Following these tests, we carried out multiple platform tests with AUVs and ASVs in the first electrical and self-potential surveys ever conducted in the ocean. In these tests, *Yumeiruka* successfully received signals from *Jinbei*. In another test in Sagami Bay, we added the *Hobalin* AUV and successfully operated all three AUVs using the research vessel *Kaimei* and ASVs.



図2: 受信電極アレイを曳航したAUV「ゆめいるか」。後方に見えるのはASV。

Figure 2 : AUV *Yumeiruka* towing an array of electrode receivers. An ASV can be seen in the distance.

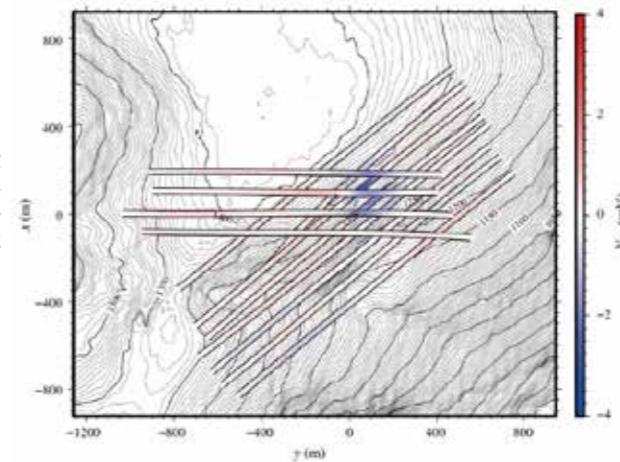


図1: AUV「じんべい」で検出された負の自然電位異常。異常域が明神海丘カルデラのサンライズ鉱床の位置(図中丸印)と一致する。

Figure 1 : Negative self-potential anomalies detected by the *Jinbei* AUV. The anomalous area coincided with the location of the Sunrise deposit in the caldera of Myojin Knoll.

コバルトリッチクラスト・レアアース泥の成因解明とそれに基づく高品位な鉱床発見に貢献する手法の構築

Investigation of genesis of cobalt-rich crust and rare earth-rich mud and development of methods to detect high-quality mineral deposits based on the genetic model developed

本州近海に位置する拓洋第3海山の水深1500m~5500mの斜面に厚いマンガンクラストの広がりを確認

海山の斜面にはマンガンと鉄の酸化物を主体とした数mmから10cmあまりの厚さのマンガンクラストが分布しており、コバルト、白金、レアアース等のレアメタルを含む金属資源として注目されています。これまで主に日本列島から遠く離れた拓洋第5海山(図3)をモデル海山と位置づけ、無人探査機等を用い

て、1100m~5500mの水深で系統的な科学調査研究を行ってきました。それを基に北太平洋の海山斜面にはマンガンクラストが普遍的に存在し、さらに成長速度が遅いクラストは古い海山に発達するという仮説をたてました。

検証のため、深海調査研究船「かいいい」KR17-07C航海(平成29年4月23日~5月1日)にて、古い拓洋第3海山(1億2千万年、図3)を調査しました。その結果、予測通り、調査した斜面一帯がすべて厚いマンガン

クラストで覆われていました(図5)。さらに、各水深で研究用試料を採取したところ、潜航点すべてにおいてマンガンクラストの厚さは5cmを超える比較的厚いものであり、13cmに達するものもありました(図4)。継続的に成長し続けて厚いクラストとなった可能性があります。

以上の結果から、研究グループの提案している成因モデルの検証が大いに進みました。アクセスが比較的容易な本州近海の拓洋第3海山(房総半島の東南東約350km沖)は、

マンガンクラストの産状や成因解明のために有用なフィールドとなるだけでなく、将来マンガンクラストの調査・開発技術の実験海域としての利用も期待できます(平成29年6月プレス発表)。

Confirmation of thick manganese crust on the slope of the 3rd Takuyo Seamount in the vicinity of Japan's main island at depths of 1,500-5,500 m

Some seamount slopes are covered with a manganese crust composed mainly of oxides of manganese and iron from several millimeters to over 10 cm in thickness. This crust is attracting attention as a potential source of useful metals, including cobalt, platinum and other rare metals.



図3: 拓洋第3海山、拓洋第5海山の位置
Figure 3: Locations of the Takuyo Daito and Daisan Seamounts

Our previous systematic scientific surveys using remotely operated vehicles and other means at depths of 1,100-5,500 m mainly focused on the Takuyo Daigo Seamount, a designated model seamount, located a great distance from Japan's main island. Based on these surveys, we hypothesized that manganese crust is ubiquitous on the slopes of seamounts in the North Pacific, with slow-growing crust developing on the slopes of old seamounts. To verify this hypothesis, we conducted surveys at the old Takuyo Daisan Seamount (120 million years old, Figure 3) using the deep sea research vessel Kairei during Expedition KR17-07C (April 23 to May 1, 2017). As a result, we found that the slopes of the seamount we surveyed were entirely covered with thick manganese crust consistent with the hypothesis (Figure 5). In

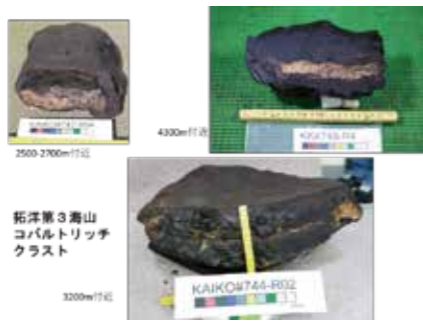


図4: 各水深におけるコバルトリッチクラストの産状
Figure 4: Cobalt-rich crust from different oceanic depths (the black part of the rock)

addition, we collected samples of the manganese crust at various depths and found that its thickness exceeds 5 cm at all depths, reaching up to 13 cm in thickness at some depths (Figure 4), indicating undisrupted growth over a long period of time. These results greatly facilitated verification of the cobalt-rich crust formation model proposed by this research group. Because the Takuyo Daisan Seamount (approximately 350 km from the coast of the Boso Peninsula) is relatively easily accessible from Japan's main island, it serves as a useful research site to investigate the characteristics of and mechanisms generating manganese crust. It also serves as a potential site for manganese crust research and testing of newly developed technologies (source: JAMSTEC press release on June 5, 2017).

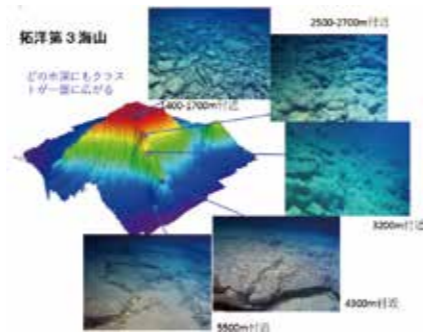


図5: 水深3200m付近の厚さ約13cmのコバルトリッチクラストの写真
Figure 5: Appearance of cobalt-rich crust sampled at different depths from the Takuyo Daisan seamount

海底炭化水素資源の成因解明と持続的な炭素・エネルギー循環に関する研究

Clarification of the generation mechanism of submarine hydrocarbon resources and research on continuous carbon and energy cycles

南海トラフ熊野灘の泥火山に微生物起源のメタンハイドレートを発見

地球深部探査船「ちきゅう」で掘削した熊野海盆の海底泥火山から得られた堆積物試料について、地球化学・微生物学的手法による分析データと物理探査データを組み合わせた統合的な解析を行いました。この結果、泥火山の山頂から590mの深さまでメタンハイドレートが存在し、約32億m³のメタンが存在すること、さらに、その90%以上のメタンが、海底下400~700mの堆積物に生息する微生物により生成されたことが明らかになりました。その環境には、深部(海底下1km以深)の付加体から、粘土鉱物の脱水によって排出された低塩分の水が分岐断層を通じて供給され、地下微生物のメタン生成を促進していると考えられます。

また、水溶性天然ガス田の湧出水に生息する地下圏微生物から、電気とCO₂を用いてメタンを生成する微生物群集を集積培養する事に成功しました。

また、大陸から離れた外洋の海底下に数ミクロンサイズの微小鉄マンガン粒子が、マンガン団塊やコバルトリッチクラストに含まれているマンガンの100~1000倍の量に相当する膨大な数で存在することを突き止めました。

Discovery of microorganism-produced methane hydrates at a mud volcano in the Nankai Trough Kumano forearc basin

We analyzed a sediment core sample retrieved from an active submarine mud volcano in the Kumano forearc basin using D/V Chikyu. Using geochemical and geophysical data combined with microbiological methods, we estimated that methane hydrates could exist as deep as

590 m below the summit. The amount of methane was estimated at 3.2 billion m³—ten times the amount expected to be found at a single mud volcano. In addition, more than 90% of the methane appears to be microbial in origin and to have been produced in sediments 400–700 m below the seafloor, the mud volcano's source layer. In this environment, low-salinity water derived from clay mineral dehydration is supplied from an old accretionary prism through a mega-splay fault; this fluid seems to promote microbial activity, such as hydrogenotrophic methanogenesis.

We used a voltage-applied bioreactor to stimulate subsurface methanogenic microbial communities. On the cathode, an electromethanogenic biofilm converted CO₂ and electrons to methane.

We identified micron-size ferromanganese mineral particles in an abundance 100-1000 times greater than the manganese budget for nodules and crust on the seafloor.

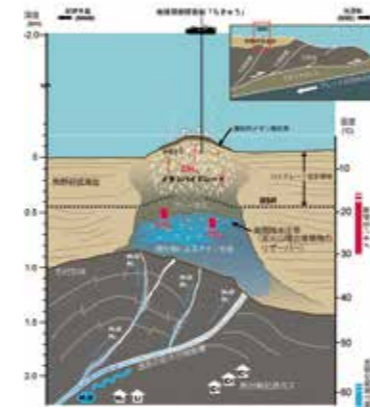


図6: 熊野第5泥火山内におけるメタン生成の概念図
Figure 6: Schematic figure showing the methanogenesis in the No. 5 mud volcano in Kumano basin.

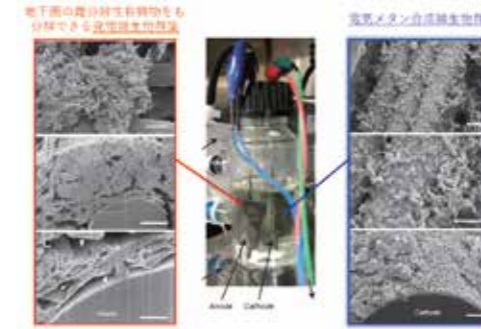


図7: 電気とCO₂からメタンを生成する微生物群集の様子
Figure 7: SEM images of electrogenic biofilm on anode and electromethanogenic biofilm on a cathode.

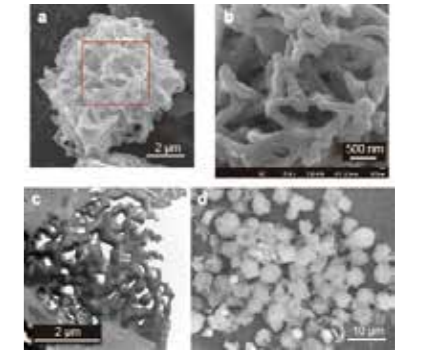


図8: 微小鉄マンガン粒子の走査型電子顕微鏡写真
Figure 8: SEM images of ferromanganese mineral particles found in open-ocean seafloor sediment.

環境影響評価手法の構築

Development of environmental impact assessment methods

影響評価対象種の分類学的研究

環境影響評価には正しい分類学的知見が大切です。特に、生態的知見が著しく不足しているゼラチン質の生物には、多くの隠蔽種が存在していると考えられています。

Taxonomic research on species relevant to environmental impact assessments

Taxonomic information is important when conducting environmental impact assessments. Many cryptic species of gelatinous organisms, whose ecology is largely unknown, are believed to exist.

高解像度カメラの活用とデータベースへの貢献

そこで、高解像度カメラ観察及び採集試料のDNA分析を通じて、剛クラゲ目(図9)の分類体系を再検討したところ、5種の隠蔽種が存在することを突き止めました。その結果、既存の遺伝子及び生物地理データベースが修正され、海洋環境影響評価の精度を上げるための大きな貢献となったと自負しています。

Use of high-resolution cameras to improve databases

We observed some members of the order Narcomedusae (Figure 9) using high-resolution cameras and analyzed their DNA in order to reexamine their taxonomic relationships. As a result, we discovered five cryptic species, which led to revision of the OBIS (Ocean Biogeographic Information System) database, potentially increasing the accuracy of marine environmental impact assessments.

measurements that meet international standards. We have also held events hosted by international organizations to provide developing countries with information on environmental impact assessment techniques.



図9: Pseudaegina rhodina
1961年に記載されて以来、4本足の剛クラゲは1種(Aegina citrea)とされていたが、本研究により3科6種であることが分かった。
Figure 9: Pseudaegina rhodina
Since its publication in 1961, this four-tentacled member of the order Narcomedusae had been thought to be a single species, Aegina citrea. However, this research revealed that it actually consists of six species in three families.

国際社会が受容しうる環境影響評価手法の検討

国の管理海域を超える範囲にある海底資源は「人類共同の財産」ですから、先進国には途上国に対する技術支援が求められています。我々は、途上国が求めている環境影響評価技術を考慮しつつ、有効な技術提供に努めています。

Studies on internationally acceptable environmental impact assessment techniques

Developed countries have an obligation to provide technical assistance to developing countries to ensure that submarine resources that are beyond the jurisdiction of any country are properly managed as "common assets of humankind." We have been striving to provide effective environmental impact assessment techniques to developing countries while taking their needs into account.

求められる技術の条件と周知の取り組み

低コスト化を視野に入れ、安価かつ小型調査システムや長期自動観測装置の開発に取り組んでいます。その一方で、精度保証及び国際基準との整合化などに配慮し、技術プロトコルの発行や国際機関でのイベント開催を実施し、途上国にも活用できる環境影響評価技術の周知・普及に努めています。

Development and dissemination of techniques that meet the needs of developing countries

We have been developing low-cost, compact survey systems and automatic long-term observational equipment in an effort to provide more economical products. In addition, we have prepared technical protocols to ensure accurate



図10: 環境影響評価技術のプロトコールシリーズ
Figure 10: Series of protocols for various environmental impact assessment techniques



地球環境変動のシグナルをとらえる

Detecting signals of global environmental change

本研究開発では、人類にとって喫緊の課題である地球規模の環境問題の解決に向けて、海洋・大気・陸域における変化の実態を正確に捉え、地球環境変動を統合的に理解し、信頼性の高い予測を行います。気候変動、物質循環、海洋生態系の変化・変動に関する新たな観測データを収集・蓄積・分析し、地球環境の変動について包括的に理解するとともに、我が国の気象等への影響を評価します。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 等の国際的な取組へ科学的な知見を提供することにより機構と我が国の国際的プレゼンスの向上を目指します。

In this research and development, to help solve global-scale environmental problems—a pressing issue for humankind, we will accurately ascertain the real situation of changes occurring in oceans, the atmosphere and land, comprehensively understand global change, and perform reliable predictions. We intend to comprehensively understand global change by collecting, accumulating and analyzing new observational data related to changes and fluctuations occurring in the climate, geochemical cycles and marine ecosystems, and to evaluate the impact of these changes on meteorological phenomena in Japan. We also aim to increase the international presence of JAMSTEC and Japan by providing scientific knowledge useful in international efforts led by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and other parties.

①地球環境変動の理解と予測のための観測研究

地球環境変動を統合的に理解・予測するために、研究船を始め、漂流ブイ、係留ブイ等の観測技術や4次元データ同化技術を活用して、大気と海洋の相互作用、海洋循環や炭素等の循環、海洋生態系に関する様々な観測研究を実施し、地球環境の変化や変動を正確に捉えます。

②地球表層における物質循環研究

大気と海表面・地表面とのガス交換、陸域生態系の広域分布変動、陸—海間の物質輸送過程や大気微量物質の時空間分布変動を統合的に理解するために、地球表層における物質及びエネルギーの循環並びに陸域生態系の構造及び機能の変動を分析し、それらと海洋、大気や人間圏との関係を明らかにします。

③観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用

短期・局所的に起こる極端現象の実用的な予測を目指して、シームレスな環境予測システムを構築するとともに、全球雲解像モデル (NICAM) を高度化し、予測の信頼性を向上させます。また、化学・生物過程を含む気候モデル (地球システムモデル) を用い、人間活動が地球環境の変化に与える影響の評価や自然起源の気候変動の研究を行います。

(i) Observational research to understand and predict global environmental changes

In order to comprehensively understand and predict global environmental changes, we accurately observe and measure atmosphere-ocean interactions, oceanic circulation, carbon cycles and marine ecosystems using research vessels, observational techniques (e.g., drifting and moored buoys) and four-dimensional data assimilation techniques.

(ii) Research on material cycles on the Earth's surface

The objectives of this research are to comprehensively understand temporal and

spatial changes in gas exchanges between the atmosphere and ocean/ground surfaces, terrestrial ecosystem distribution across wide areas, land-ocean substance transport processes and atmospheric trace substances. To achieve these objectives, we analyze material and energy cycles on the Earth's surface and changes in the structures and functions of terrestrial ecosystems to determine the relationships between these variables and the oceans, atmosphere and human habitats.

(iii) Sophistication and application of global environmental change predictions based on observational research

With the goal of achieving practical and reliable prediction of local short-term extreme phenomena, we are developing seamless environmental prediction systems and increasing the sophistication of the global cloud resolving model (NICAM). In addition, we are assessing the impact of human activities on global environmental changes and studying climate changes induced by natural causes using a climate model that takes into account chemical and biological processes (an Earth system model).

熱帯の沿岸降水が地球上の水収支を決める?

Does precipitation along tropical coasts determine the Earth's water budget?

熱帯における雲・降水活動に伴い発生する熱は、地球上を巡る大気大循環の駆動源の役割を果たし、中緯度の気候にも影響を与えています。そこで、熱源の振る舞いを理解するために、インドネシア・スマトラ島西岸にて、大気と海洋の集中観測を行いました。この観測は、2017年から2020年にかけて、世界20ヶ国・地域が参加して行われている国際プロジェクトYMC (海大陸研究強化年) の最初の集中観測でした。YMC期間中には、海大陸域の主に沿岸部で多くの集中観測が予定されています。なぜでしょうか?その答えの1つが、我々の最近の研究成果の中にあります。

熱帯では海岸線に沿って降水が多く観測されるのですが、既存データを用いて、より詳細に海上と陸上との間の水の移動について解析を行いました。その結果、海から陸に向かう水の半分は内陸に届かず、沿岸で雨となり、海に戻ることを示しました。つまり、従来は地球上の水収支は、海と陸の2領域間で捉えていましたが、「外海—沿岸—内陸」と3領域に分けて捉えることが正しい理解である、との新しい見方を示したのです。では、なぜ沿岸で降るのでしょうか?実はわかっていません。その謎を解くのが、まさにYMCの目的

なのです。

YMCの拠点機関として、スマトラ観測を通して、観測立案からデータ取得、公開に至る過程を、今後の指針として世界に発信しました。同時に沿岸降水を研究する科学的意義、YMCの意義をも示すことができました。

これらの取組は、2年以上に及ぶ国際キャンペーンの先陣を切り、プレゼンスを示しました。特に、米国や豪州で予算やシブタイムが付き、英国ではYMC用に新規公募が急速始まるなど、YMCに係る活動を通して、国際

的な活動に影響を与えています。また、水収支を3領域で捉える考え方は、米国地球物理学連合のResearch Spotlightに選出されるなど、沿岸降水研究の科学的な重要性が認知され、今後の波及効果が期待されます。さらに、沿岸部は塩分や栄養塩の分布などを通して漁業など生活とも密接に関わりますが、降水が河川からの流出に匹敵する淡水の供給源であることから、沿岸産業における降水情報の需要が伸びることが想像されるなど、他分野への波及も期待されます。

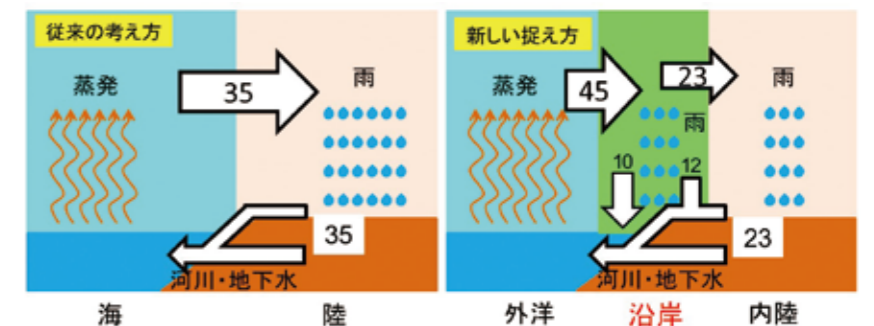


図1: 地球上の水収支の模式図。沿岸(海岸線から150km以内)を考慮に入れない(左)、入れた場合(右)。Ogino et al. (2017) を一部改。

Figure1: Schematic diagrams depicting the Earth's water budget. Precipitation in the coastal zone (area between the coastline and 150 km inland) is either taken into account (right) or not (left). Adapted from Ogino et al. (2017).

The heat generated by clouds and precipitation in the tropics drives global atmospheric circulation, impacting mid-latitude climates. To understand the behavior of the heat source, we carried out intensive atmospheric and oceanic observations on the west coast of Sumatra, Indonesia. These were the first intensive observations made as part of the 2017-2020 international "Years of the Maritime Continent" (YMC) project in which 20 countries and regions are participating. Many intensive observations are scheduled to be made during the YMC project, mainly along the coast of the maritime continent. Can you guess why these locations were selected? Our recent research results provide an answer to this question. Rainfall is often observed along coasts in the tropics. We closely analyzed moisture transport between land and sea using satellite data and reanalysis product. As a result, we found that half of the water vapor falls as precipitation on

coastal regions before penetrating inland. The Earth's water budget has conventionally been perceived as an ocean-land system. Our research demonstrated that it can more accurately be viewed as an ocean-coast-inland system. Why does it rain frequently along coasts? The mechanisms remain unknown. The objective of the YMC project is to find answers to this question. While making our observations in Sumatra as a YMC core organization, we globally publicized our activities—observation planning, data collection and publication of a variety of information. We also described the scientific significance of studying coastal precipitation in this project. Through these initiatives, we provided this multi-year international project with strong leadership. Our initiatives encouraged the international community by verifying the possibility of obtaining research permission

within the Indonesian region, where such observations are usually not permitted. This led, for example, to the decision allowing ship-based observation for this project in the United States and Australia. In addition, a call for proposals was made in the UK. Our paper on the three-component water budget system concept was selected by the American Geophysical Union as a "research spotlight" article, increasing the scientific community's awareness of the importance of coastal precipitation research. The distribution of nutrient salts in the coastal zones is influenced by precipitation and rivers—significant fresh water sources. The presence of nutrient salts is of great interest to various coastal industries, including the fisheries industry. Therefore, demand for information on coastal precipitation is expected to grow.

model, resolving a difficult issue raised by the IPCC AR5. These results demonstrated the importance of separately analyzing the impact of climate and ecosystem changes on CO2 budget from the perspective of strategically managing CO2

emissions from anthropogenic sources in accordance with the Paris Agreement. In addition, our advanced use of CO2 data obtained from satellites may encourage future satellite development and utilization.

CO₂収支に対する森林伐採等の影響度を解明:IPCC AR5の謎部分を説明

Determining the impact of deforestation on the CO₂ budget: IPCC AR5 challenges resolved

最も重要な温室効果気体であるCO₂の収支は、化石燃料燃焼からの排出に加え「気候と生態系の変動」の影響を受けるため、両者を分離して評価することが不可欠です。本年度、後者で重要な「エルニーニョ」と「森林伐採」の影響度を評価しました。

①2015年に起こったエルニーニョによる摂動を、2014年に打ち上げられたOCO-2衛星のデータとJAMSTECの大気輸送モデルACTMとの統合解析で定量化しました。

②エルニーニョの影響が静まった期間(2000-10年)に着目し、東南アジア森林伐採を生態系モデルで考慮し、その影響を評価しました。

これにより、以下のような成果を得ました。

①2015年のエルニーニョの影響は、 $2.4 \pm 0.2 \text{ PgC/年}$ の余剰排出量(化石燃料燃焼排出量の約1/4)に相当するとわかりました。森林火災による排出だけでなく干ばつによるCO₂吸収低下も重要とわかりました。

②エルニーニョが発生しないと植生によるCO₂吸収は進みますが、その分を、森林伐採が打ち消していたことを明らかにしました。このことで、独立な評価方法である大気逆モデル解析と初めて結果が整合し、IPCC AR5での難題が解けました。

これらの成果は、パリ協定に則した人為起源CO₂排出管理を戦略的に進める際に分離

すべき「気候と生態系の変動の影響度」を把握した知見です。また、CO₂衛星データの高利用にも成功しており、これは今後の衛星開発・利用を牽引するものです。

The budget of CO₂—the most important greenhouse gas—is influenced by both fossil fuel emissions and changes in climate and ecosystems. The effects of these two factors therefore need to be estimated separately. In FY2017, we analyzed the respective impacts of El-Niño and deforestation, two major factors driving changes in climate and ecosystems.

(1) We quantified the perturbative effect of the 2015 El-Niño event on the CO₂ budget through an integrated analysis using OCO-2 satellite data and JAMSTEC's atmospheric chemistry-transport model (ACTM).

(2) Using an ecosystem model, we assessed the impact of deforestation in Southeast Asia on the CO₂ budget between 2000 and 2010, a period during which El-Niño did not occur. As a result, we found the following.

(1) The impact of the 2015 El-Niño event was equivalent to additional CO₂ emissions of $2.4 \pm 0.2 \text{ PgC/year}$ (approximately a quarter of annual fossil fuel emissions). In addition, we found CO₂ emissions from forest fires and the effect of decreased CO₂ absorption capabilities for forests due to drought to have major impacts.

(2) We found that during the period in which El-Niño events did not occur, deforestation reduced the amount of CO₂ absorbed by vegetation. Taking this effect into account, our CO₂ budget results matched those generated by independent analysis using an atmospheric

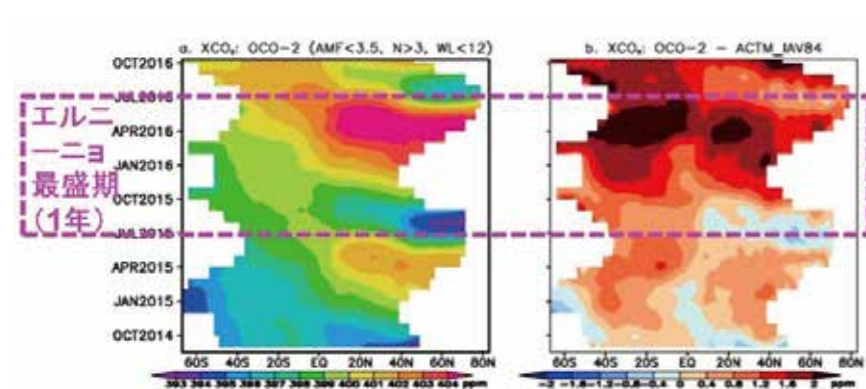


図2:エルニーニョ最盛期における(左)OCO-2衛星によるCO₂濃度分布と(右)JAMSTECモデルACTM半年シミュレーションからの増分。

Figure 2: Latitudinal-temporal variations of CO₂ levels as observed by the OCO-2 satellite during peak El-Niño activity (left) and levels by which CO₂ concentrations were underestimated by JAMSTEC's ACTM model simulations for normal years (right).

西部北極海:局所的なジェット流が太平洋起源の暖水輸送を促進

Local jet streams promote the transport of warm water originating in the Pacific Ocean into the western Arctic Ocean

海氷が急速に減少し、その影響が物理・化学環境だけでなく、海洋生態系に及ぶことが示唆されている太平洋側北極海で、海氷減少が生態系を含む海洋環境にどのような影響を与えるかを明らかにするために、海洋地球研究船「みらい」による現場観測・係留系による時系列観測・地球シミュレータを用いた数値実験などを行い、北極海の熱輸送・炭素循環・海洋酸性化の実態を示すとともに、影響評価を行いました。特に、秋季から冬季にかけて海氷減少の影響が顕著に現れると考え、調査・研究を行いました。

これまでの係留系観測結果を基に、亜表層にある太平洋起源の暖水の冬季の輸送過程(海盆域への広がり)に焦点をあて、北極海全域を対象とした高解像度海水海洋結合モデルによる2001-2014年の年々変動実験を行いました。その計算結果を解析したところ、バロー海底谷からチュクチ陸棚縁の西向きジェット流が太平洋起源の暖水輸送を促し、北極海の海氷融解に影響を及ぼすことを明らかにしました。

これまでの研究成果を踏まえて、北極評議会の作業部会であるAMAPが取りまとめる

環境評価報告書の執筆者グループに機構が選ばれ、2017年に発行された報告書(SWIPA 2017、AACA BCBレポート)の執筆に貢献しました。これらの報告書は、北極評議会での議論や北極圏国・先住民団体の適応策策定に役立てられるものです。また、現在、北極に関係する各国で進められている北極海中央域の海洋生態系アセスメント作業部会(WGICA)の委員にも機構が選ばれ、その議論及び報告書作成に貢献しています。

Rapid sea ice reduction in the western Arctic Ocean north of the Pacific Ocean may be impacting marine ecosystems there in addition to the physical and chemical environment. The objective of this research was to investigate the impact of sea ice reduction on marine environments, including ecosystems. We carried out observations in the Arctic Ocean using the research vessel Mirai, time-series mooring measurements and numerical experiments using the JAMSTEC Earth Simulator to estimate the current status of heat transport, carbon cycles and ocean acidification and their impacts on the Arctic marine environment. We focused on the autumn and winter seasons, when the impact of sea ice reduction was expected to be particularly apparent.

Based on previous observations using moored systems, we decided to focus our efforts on the study of transport processes (flow toward basins) by which warm water originating from the Pacific Ocean permeates the subsurface layer of the Arctic Ocean during winter. We performed interannual experiments from 2001 to 2004 using a high-resolution pan-Arctic sea ice-ocean model. The analysis revealed that westward jet streams from the Barrow Canyon to the edge of the Chukchi continental shelf promote the transport of warm water originating in the Pacific Ocean, potentially influencing sea ice melt in the Arctic Ocean.

Based on these scientific results, we were nominated as contributing authors for the AMAP environmental assessment reports compiled by the Arctic Council Working Group. We contributed to two reports (SWIPA 2017 and AACA BCB) that were published in 2017. These reports are useful in discussions at the Arctic Council and formulation of adaptation measures for indigenous Arctic communities. JAMSTEC also contributes to ICES/PAME/PICES-led WGICA (Working Group on Integrated Ecosystem Assessment for the Central Arctic Ocean) as one of the committee members. Members from various countries with ties to the Arctic participated in discussions and are writing the assessment report, which will be published soon.

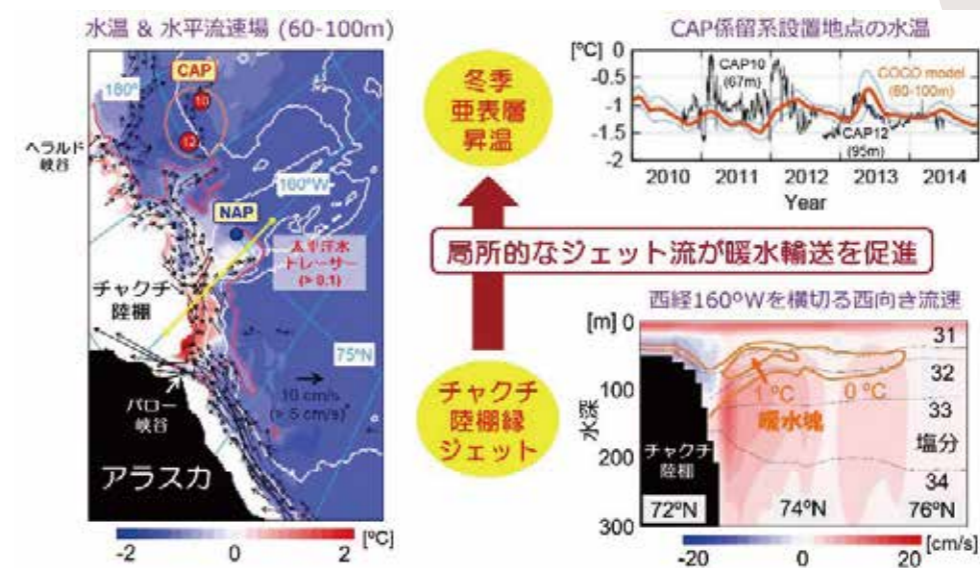
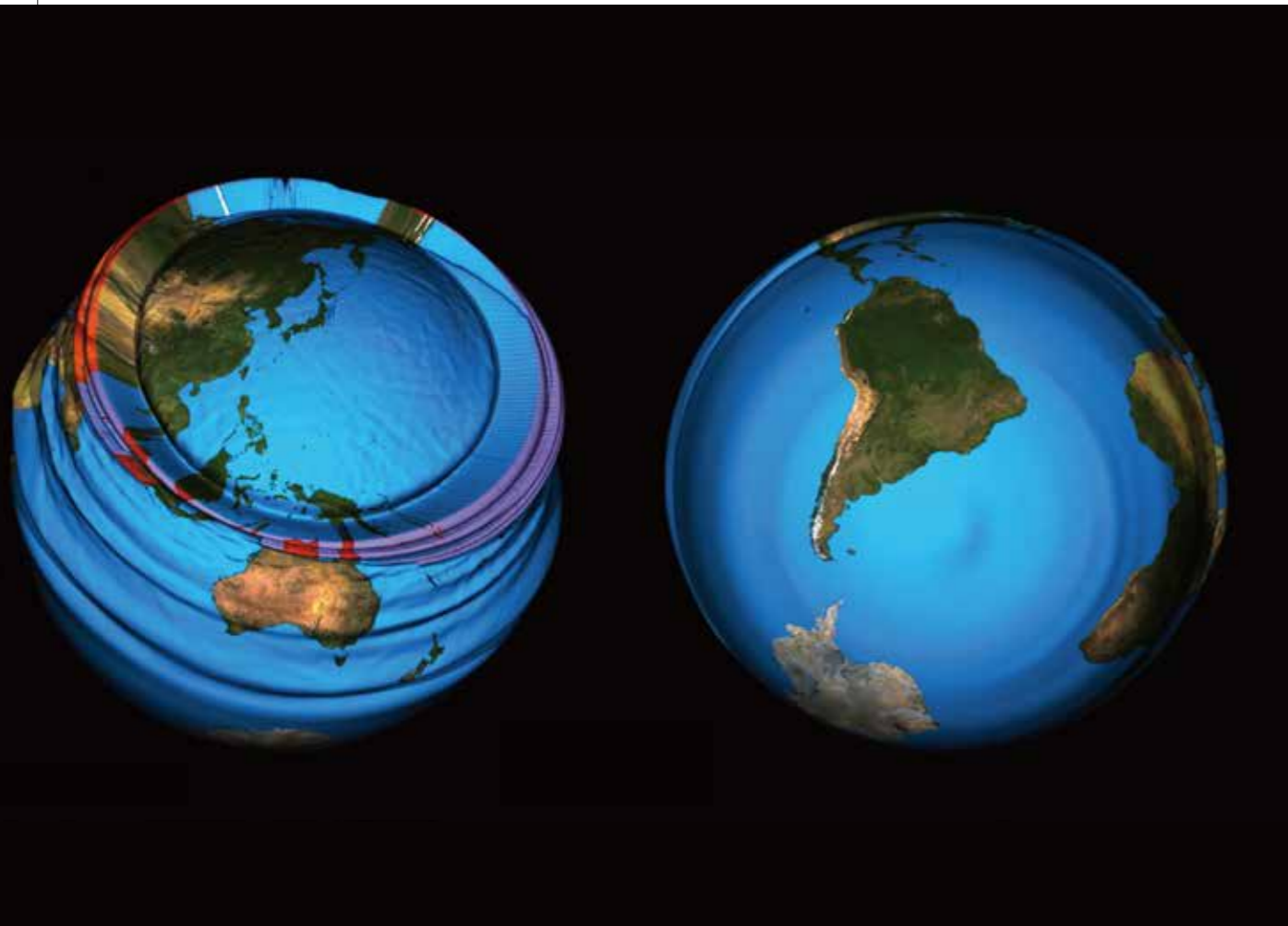


図3:西部北極海の冬季海水下亜表層における太平洋起源の暖水の輸送過程

Figure 3: Transport of warm water originating from the Pacific Ocean into the subsurface layer of the western Arctic Ocean under sea ice in winter



地震発生帯を理解し、災害の軽減に貢献

Understanding seismogenic zones, and contributing to disaster mitigation

本研究開発では、国が定める施策や計画において示されている役割を果たすため、南海トラフ巨大地震の震源域を始めとする日本列島・西太平洋海域を中心に、地震・火山活動の原因について科学的知見を蓄積し、精緻な観測研究、先進的なシミュレーション研究、モニタリング研究及び解析研究等を統合した研究開発を推進します。

In order to fulfill its role defined in government policies and plans, JAMSTEC accumulates scientific knowledge on the causes of seismic and volcanic activities in the Japanese islands and the Western Pacific, including a predicted Nankai Trough megaquake. In this research and development, JAMSTEC also promotes integrated R&D that involves elaborate observational research, advanced simulation studies, monitoring studies and analysis studies, etc.

プレート境界域の地震発生帯実態解明研究

Research for understanding the precise conditions of seismogenic zones along plate boundaries

南海トラフ巨大地震の発生が想定されている震源域の海溝軸近傍において、何度も繰り返して「ゆっくり滑り」が発生していることを明らかにしました。

これは、1944年の東南海地震の震源域（熊野灘沖）およびその沖合の2か所に掘削した孔内での間隙水圧等の連続観測データと、地震・津波観測監視システム（以下「DONET」という。）から得られた海底地震計データを2011年～2016年の6年間について解析したことによるものです。

今回観測された「ゆっくり滑り」は、8～15か月間隔で繰り返しており、地震によって誘発されたり、低周波微動を伴って活動していることがわかりました。これらの観測された「ゆっくり滑り」によって解放された歪（ひずみ）は、海洋プレートの沈み込みによって発生する歪の30～55%に相当していることから、海溝軸近くで、「ゆっくり滑り」によって蓄積された歪が解放されている実態を、海底及び海底下での高感度かつ連続的な観測データに基づいた解析によって、世界で初めて明らかにしました。この結果は、最新の海底測地観測の結果と合わせると、「ゆっくり滑り」が地震発生帯固着域で進行している歪エネルギー蓄積・解放のプロセスに深い関係があることを示唆しており、今後の一層の観測強化が求められます。

本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費の助成を受けて実施されたものです。

We discovered that “slow slips” occur cyclically in the vicinity of the trench axis in the focal area, an assumed source of a Nankai Trough megaquake.

This discovery resulted from the analysis of two types of data collected for six years from 2011 to 2016: first, data derived from continuous measurement of water pressure in boreholes drilled at two locations—the focal area of the 1944 Tonankai Earthquake in the Kumano Sea and south of the Kumano Sea—and second, ocean floor seismometer data collected by the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET).

This research also found that slow slips occur at intervals of eight to 15 months, are triggered by earthquakes and are accompanied by very-low-frequency earthquakes. In addition, these slips were found to relieve approximately 30-55% of the strain induced in the oceanic plate by subduction. We demonstrated for the first time in the world that slow slips relieve plate strain in the vicinity of the trench axis by analyzing observational data collected continuously at and below the seafloor using highly sensitive observation equipment. These results, combined with other recent seafloor observation results, suggest that slow slips are closely associated with the accumulation and release of strain energy occurring in seismogenic zones where tectonic plates adhere to each other. We recommend closer

observation of slow slips going forward. This research project was supported by Grants-in-Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS).

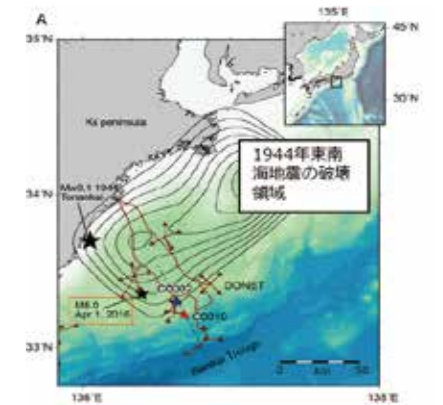


図1：紀伊半島沖の東南海地震震源域とその沖合の南海トラフに展開された2点の孔内観測点（青三角C0002G、赤三角C0010A）及びDONET（茶色）の位置。星印は1944年東南海地震と2016年三重県南東沖地震の震央。東南海地震における地震時滑り量（Kikuchi他2014による）を等値線によって示している。

Figure 1: Locations of DONET (brown) and two observation boreholes: one in the focal area of the 1944 Tonankai Earthquake off the coast of the Kii Peninsula (C0002G, blue triangle) and the other further south and in the Nankai Trough (C0010A, red triangle). Stars indicate the epicenters of the 1944 Tonankai Earthquake and the earthquake that occurred southeast of the coast of Mie Prefecture in 2016. Contours indicate slips caused by the Tonankai Earthquake (Kikuchi et al. 2014).

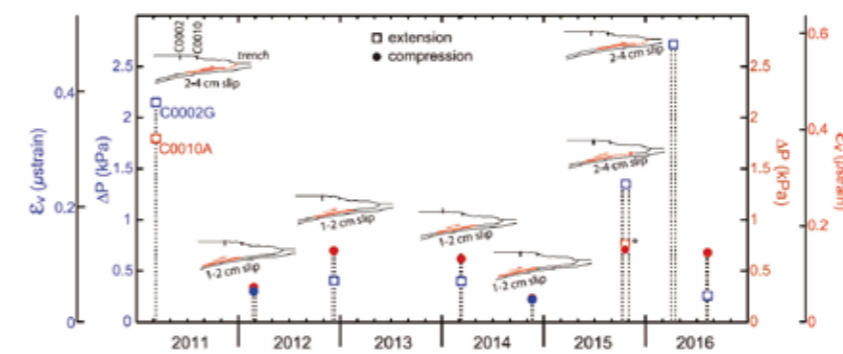
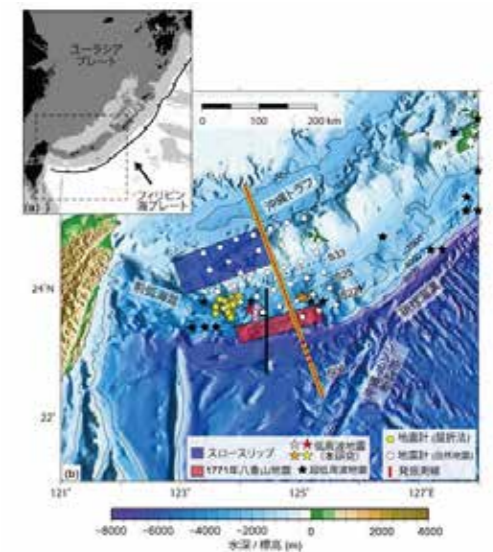


図2：孔内観測によって検出された2011年～2016年の8例の「ゆっくり滑り」の規模及び発生地域のまとめ

Figure 2: Magnitudes and locations of eight slow slips detected by borehole observations between 2011 and 2016



地震・津波の総合災害ポテンシャル評価研究

Comprehensive evaluation of the disaster potential of earthquakes and tsunamis

GNSS観測によって得られる地表の変位速度場の空間勾配とその時間変化に基づいて、プレート間の固着状況の時間変化・空間変化を検出する手法を開発し、北海道から関東地方にかけての東日本で得られた実データに適用しました。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震以前の約10年にわたり、沈み込む太平洋プレートと大陸側とのプレートの間の固着が弱まる時期が半ば周期的に発生していたこと、さらに、固着の弱まる領域の北限が東北地方太平洋沖地震の震源に向けて北上していたことが明らかになりました。

本研究は、観測される変位速度場を直接を用いることによって、プレート境界面の形状やすべり・固着強度の分布の滑らかさなどの仮定の影響を受けずに、プレート境界型地震発生域におけるひずみ蓄積過程のモニタリング

が可能であることを示したもので、今後、定期的（準リアルタイム）に観測データを解析し結果を公開すべく、現在、態勢を整えているところです。

なお、本研究の一部はJSPS科学研究費の助成を受けて実施されたものです。

We developed a method to estimate temporal and spatial changes in the degree of locking between tectonic plates based on information (i.e., spatial gradients in surface displacement rate fields and temporal changes in spatial gradients) obtained from Global Navigation Satellite System (GNSS) observations. We then implemented the method using the data collected from eastern Japan between Hokkaido and the Kanto region. As a result, we found that locking between the subducting Pacific Plate and a continental plate weakened

semi-periodically during an approximately 10-year period prior to the 2011 Great East Japan Earthquake. We also found that the northern limit of the area where the locking weakened moved northward toward the epicenter of the Earthquake during this period. This research indicated that the use of observed displacement rate fields enables monitoring of strain accumulation processes in plate boundary seismogenic zones without needing to take into account various assumptions related to plate boundaries, such as their structures and slipperiness and the smoothness of spatial distribution of locking strength along the boundaries. We are currently preparing systems capable of continuously (in near real time) analyzing observational data and publicizing analytical results.

Part of this research project was supported by a JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research.

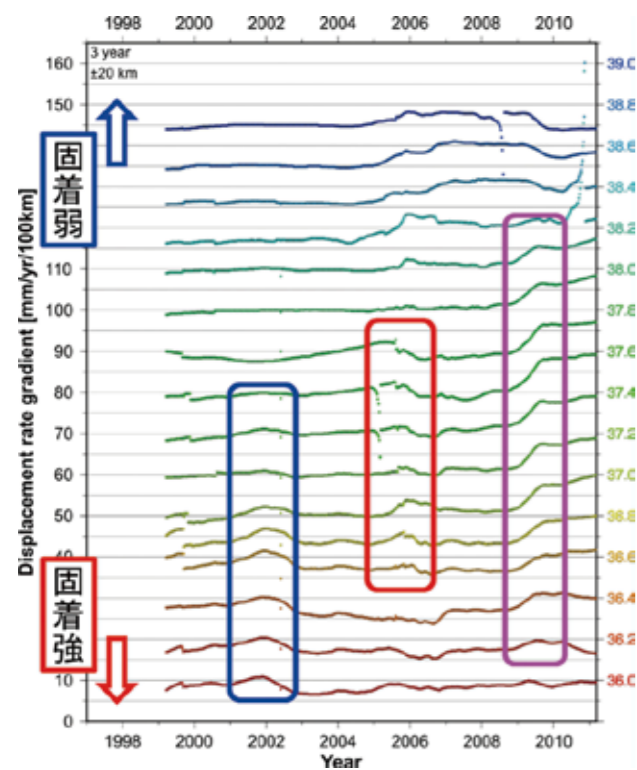


図3: 変位速度のプレート収束方向成分の空間勾配値の時系列を各プロファイルにオフセットを持たせてプロットしたもの。各プロットと右図の測線の色が対応する。青・赤・マゼンタの矩形で囲った範囲にプレート間の固着弱体化を示唆する変動(空間勾配値の正の異常)が生じている。

Figure 3: Temporal change in displacement rate gradients in the plate convergence direction. Each time series for the profile is plotted in a color corresponding to the profile latitude at E140.0°, as shown at the right-hand side of the panel. The latitude numbers used to label the horizontal lines correspond to the zero displacement rate gradients for each profile. Rectangles outlined in blue, red and magenta represent displacement rate gradient ranges in which locking between plates was weakened (positive, abnormal spatial gradients) due to geological activities.

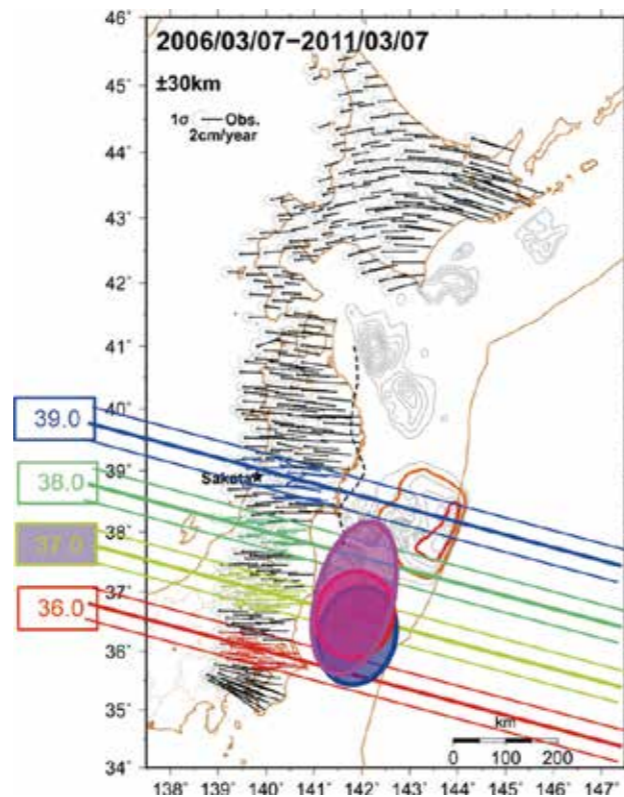


図4: 図3にプロットした測線の位置(一部)と、固着弱体化が起こったと考えられる領域(それぞれ色に対応)を地図上に示す。東北地方太平洋沖地震の地震時の大すべり域(>20m)及び極大すべり域(>50m)の分布[inuma et al., 2012]を等値線で示してある。

Figure 4: Areas (circles in different colors) in which locking between plates was presumably weakened. Also shown on the map are some of the survey lines plotted in Figure 3. Contour lines indicate distributions of areas in which large (>20 m) and very large (>50 m) slips occurred during the Great East Japan Earthquake (Inuma et al. 2012).

地震・津波による生態系被害と復興に関する研究

Research on damage to ecosystems caused by earthquakes and tsunamis, and research on recovery efforts

三陸漁場の水深200-300m以深海域、モデル海域となる女川湾、大槌湾を中心に地形・底質調査を行い、地震津波後の詳細な地形や底質、そして魚礁や沈船魚礁の状況を把握しました。瓦礫の経年分布変化を解析し、瓦礫の分布と地形を照合すると、瓦礫は平坦部に少なく海底谷に多く集積する傾向が明確でした(図5)。宮城県沖合い底引き漁業者による瓦礫回収が行われており、現在のペースで瓦礫回収を継続すれば、2021年にはかなり減少する可能性が示されました(図6)。

地震後からの2017年までの海洋生物や堆積物には、環境基準を上回るPCB濃度の蓄積は認められなかったため汚染は進んでいないと判断されました。これらの情報は被災

地や水産庁などに提供し、漁場選定、漁具亡失防止、自治体や国による瓦礫掃海計画の策定に活用されています。海洋生物のPCB蓄積状況モニタリングにより環境基準以上の汚染は検出されず、本情報は漁獲物の安全性を裏付けることとなりました。

We conducted topographic and geological surveys in several Sanriku fishing grounds, mainly in deep-sea areas (depths of 200-300 m or more) in Onagawa Bay and Otsuchi Bay. As a result, we gained in-depth insight into topography, bottom sediments, fish reefs and sunken ships serving as fish reefs in these areas. In addition, we analyzed annual changes in the distribution of debris and correlated it to topography. This analysis found that debris accumulation is common in submarine valleys but uncommon in flat areas (Figure 5).

Fishermen who engage in trawling off the coast of Miyagi Prefecture have been removing debris from these areas. We estimated that the amount of debris will be reduced significantly by 2021, assuming that the removal of debris continues at the current rate (Figure 6).

We monitored PCB concentrations in marine organisms and sediments from soon after the Great East Japan Earthquake until 2017. They remained below environmental standards, indicating that PCB pollution is not a problem. The data we collected has been used by local governments in the disaster-affected areas and the Fisheries Agency to select fishing grounds, formulate measures to prevent fishermen from losing fishing gear in the ocean and plan the cleanup of marine debris. Our monitoring data indicated that PCB accumulation levels in marine organisms are below environmental standards and therefore ensures the safety of fish caught in the Sanriku fishing grounds.

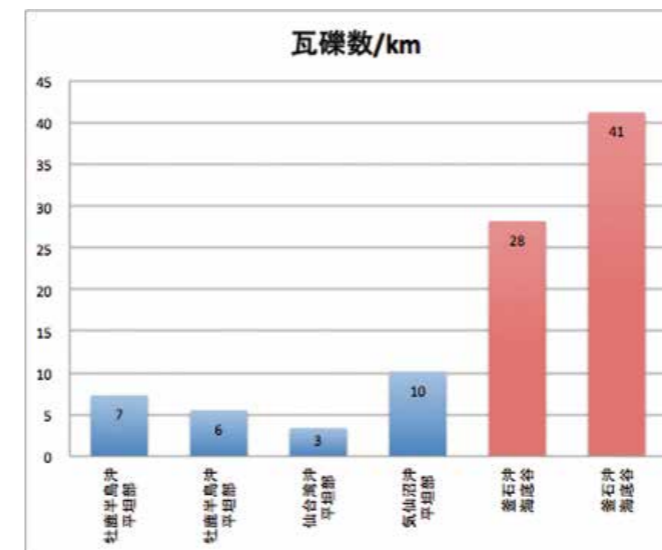


図5: 三陸沖の深海底の瓦礫分布密度: 瓦礫は平坦部に少なく海底谷に多く集積している。

Figure 5: Density distribution of debris on the deep seafloor off the Sanriku Coast. Debris accumulation was common in submarine valleys but uncommon in flat areas.

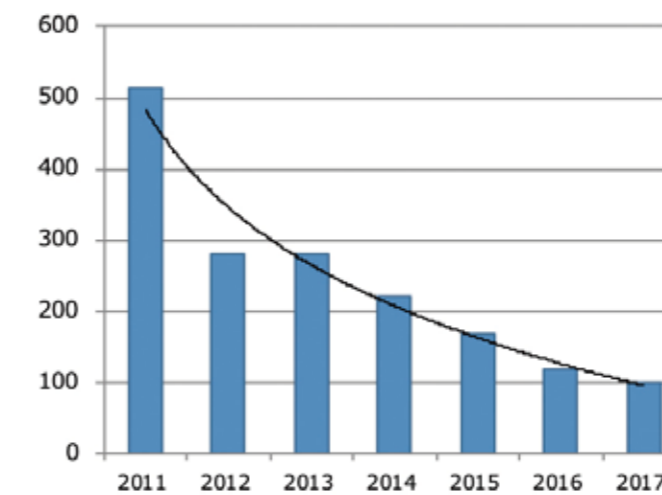


図6: 瓦礫回収量の経年変化: 宮城県沖合い底引き漁で回収された瓦礫量を解析。このグラフの近似式より、2020年には海底瓦礫密度が当初の1/20に、2021年には1/100に減少すると推定。

Figure 6: Annual change in the amount of debris removed from the ocean. We analyzed the amount of debris collected by trawling in the ocean off the Sanriku Coast. By performing a regression analysis on the debris data, as shown in this graph, we estimated that debris densities on the seafloor will be reduced to one-twentieth of the 2011 level by 2020 and to one-hundredth by 2021.



未知の極限生物圏を探り、生命の謎を解明する

Exploring the unknown Extremobiosphere to solve the mystery of life

本研究開発は、①海洋生態系機能の解析研究と②極限環境生命圏機能の探査、機能解析及びその利活用の2つの目的から構成されています。本研究開発全体としては、海洋生命と地球システムの統合的理解を進め、社会的諸課題の解決に資するイノベーション創出の礎となる知的基盤を確立することを目標に、深海底や海底下に広がる極限環境生命圏の調査を行い、生態系の構造や進化の解明等に関する研究開発を行うこと、及び極限環境で生物が独自に発達させた生存戦略の解明に向けた研究開発を行います。

This research and development has two objectives: (1) to analyze the functions of marine ecosystems and (2) to explore, analyze and utilize the functions of extreme biospheres.

The overall goals of this research and development are to promote comprehensive understanding of marine life and the Earth system and to develop an intellectual basis for innovations that contribute to resolving various social issues. We will survey extreme biospheres in the deep sea and subseafloor, and conduct R&D to understand the structures and evolution of ecosystems and the unique survival strategies developed by organisms that inhabit extreme environments.

巨大な深海熱水発電現象の発見と深海熱水電気化学メタボリズム・ファースト説の提唱

Discovery of large-scale, deep-sea hydrothermal power generation and the formulation of a metabolism-first origin of life hypothesis driven by electrochemistry in deep-sea hydrothermal fields

海洋生物が独自に発達させた生態系やその進化過程、多様な構造・機能の解析に寄与することを目的として、生命誕生や初期進化における深海熱水環境での物理・化学プロセスとの関連について理論・観測・実験に基づき研究を進めました。

生態系の機能の根源である「エネルギー代謝」と地球環境の相互作用を結びつける鍵として、深海熱水環境での「地球電気」に着目し、世界で初めて深海熱水フィールドスケールに渡る詳細な電気化学探査及びそこに生息すると予想される「電気合成生態系」の調査を行いました。

海底熱水域の網羅的な電気化学的解析を行った結果、深海熱水噴出域の海底及び海底下で時空間的に巨大なスケールの発電現象が起きていることを発見し、さらにその電気化学反応によって原始代謝が駆動されることを発見しました。

「深海生物等の有する有用な機能の解明」の原始的可逆的TCA回路の発見の成果と併せて、生命誕生や初期進化における深海熱水環境での物理・化学プロセスとの関連性についての機構最新モデルである「深海熱水電気化学メタボリズム・ファースト」シナリオ確立に結びつく特筆すべき成果となりました。

本成果によって、「生命誕生に至る前生物学的化学・代謝進化プロセス」に対する、約40億年前の深海熱水環境における地球電流の発生と電気化学自己触媒化学反応ネットワークの寄与を明らかにし、深海熱水環境における鉱物触媒と電気化学反応が駆動する単系統・多重代謝特化生命の誕生を導いたとする「深海熱水電気化学メタボリズム・ファースト生命起源」説の提示にまで至ることができました。

この仮説シナリオは、機構主導の日本発の「初期地球と生命の共進化プロセス」に関する独創的な研究成果であり、科学界のみならず一般社会にも大きな反響があっただけでなく、NASAのOcean Worldプロジェクトの重要なテーマに策定され、深海熱水生態系の保全に向けた国際的取組に関する提言論文の根拠の一つになる等、国際的な取組への貢献としても特筆すべき科学的成果の一つとなりました。

Our research objective is to analyze marine ecosystems that have developed in unique ways, the evolutionary processes at work in such ecosystems and the ecosystems' diverse structures and functions. We used theoretical, observational and experimental research to investigate the relationships between physical/chemical processes in deep-sea hydrothermal environments and the origin of life and early evolution that are assumed to have taken place there.

We hypothesized that geoelectricity occurring in deep-sea hydrothermal environments plays a key role in explaining interactions between the energy metabolisms that drive ecosystem functions and the global environment. Thus, for the first time in the world, we conducted detailed electrochemical measurements in deep-sea hydrothermal fields and surveyed the "electrosynthetic microbial communities" expected to inhabit them.

We conducted a comprehensive electrochemical analysis of seafloor hydrothermal fields and detected electricity generated in the vicinity of deep-sea hydrothermal vents and below these areas at large temporal and spatial scales. We also discovered that electrochemical reactions are driving primordial metabolisms. These findings led us to discover a primordial and reversible TCA cycle in deep-sea organisms, which may offer beneficial functions to humans. Our findings also allowed JAMSTEC to formulate a new "metabolism-first origin of life model driven by electrochemistry in deep-sea

hydrothermal fields," which aims to explain the relationship between physical/chemical processes in deep-sea hydrothermal environments and the origin of life and early evolution that are assumed to have taken place there.

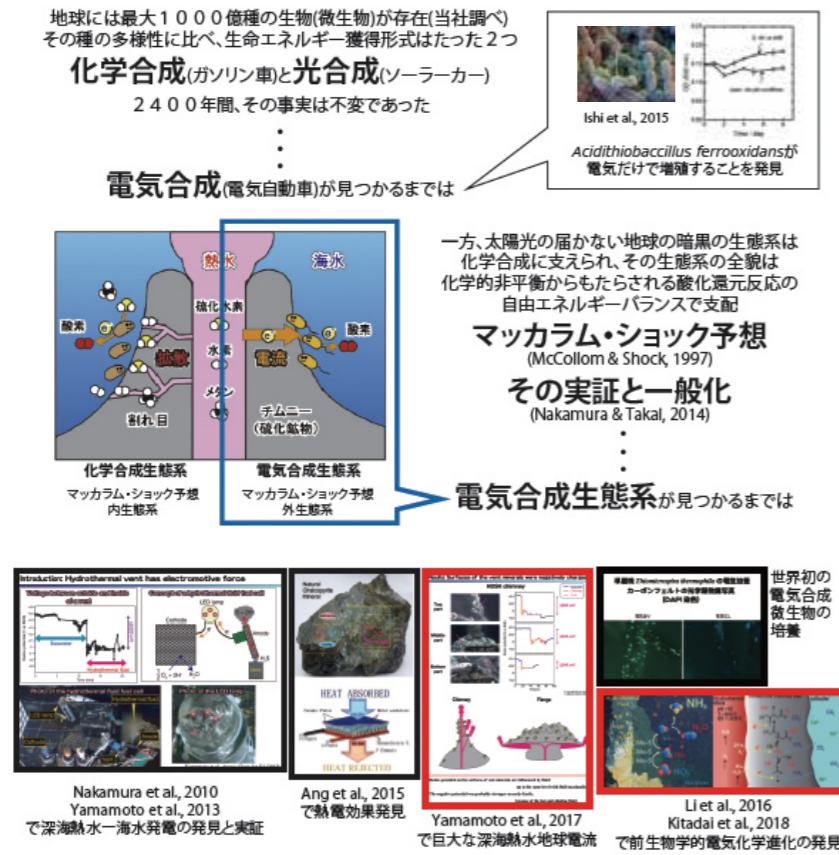
Based on these results, we estimated the effect of geoelectricity and autocatalytic electrochemical reaction networks in deep-sea hydrothermal environments about 4 billion years ago on prebiotic chemical/metabolic evolutionary processes thought to have led to the origin of life. We also formulated a metabolism-first origin of life hypothesis driven by electrochemistry in deep-sea hydrothermal fields which supports a scenario in which mineral catalysts and electrochemical reactions in this environment may have led to the origin of monophyletic life with multiple metabolic pathways.

Formulation of this hypothesis was made possible by a creative JAMSTEC-led research project entitled "Coevolutionary processes of life and early Earth." This hypothesis was received very positively not only by the scientific community but also by the general public. A proposal calling for international cooperation in the conservation of deep-sea hydrothermal ecosystems prepared by the JAMSTEC-led research team was incorporated into NASA's Ocean Worlds program as an important issue. Thus, this research project has had an international impact.



図：高井深海・地殻内生物圏研究分野長が編集した2018年3月刊行の書籍。科学界のみならず一般社会にも新しい学説を喧伝するため一般向けの書籍を刊行した。

Figure: This book, edited by Ken Takai (Director of the Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research, JAMSTEC) was published in March 2018. It was written for laypeople with the aim of disseminating the new theory to the general public in addition to the scientific community.



始原的代謝系の発見～多元的オミクス研究による新奇TCA回路の証明～

Discovery of primordial metabolic systems: demonstrating a novel TCA cycle through multi-omics research

深海熱水環境に生息する始原的系統群に属す好熱菌の未知代謝解明は、生命の起源探求、バイオリソース探索の両面において重要な取組です。本研究では、国内複数機関との協力により、好熱性水素酸化硫黄還元細菌 *Thermosulfidibacter* に対するマルチオミクス解析(ゲノム、トランスクリプトーム及びプロテオーム解析)とともに、TCA回路に関わる酵素活性の測定及び鍵となる酵素に対する生化学解析を実施し、新奇な可逆的TCA回路を発見しました。この可逆的TCA回路は、全く同じ酵素セットにより駆動されるにも関わらず、培地中の有機物の有無、有機物の種類により方向を変える特性を有し、従来のTCA回路に関する常識を覆す特性をもちます。

本研究では、TCA回路が炭酸固定に働く上で不可欠であるが、熱力学的にATPのエネルギーなしには不可逆とされてきたクエン酸開裂反応が、ATP非依存的に生体内で機能することを証明しました。この微生物機能は、ゲノム解析のみでの検出は限りなく困難な経路です。本研究は、深海微生物生態系において隠れた炭素固定機能が存在することを示すだけでなく、生命の根幹であるTCA回路にお

いてさえ、従来の常識の範疇の外にある微生物代謝の可能性、自由さが存在することを証明し、深海微生物の新奇機能探索におけるポテンシャルの大きさを明示することに成功しました。また、この発見は、その誕生が化学進化の時代に遡ると考えられているTCA回路が本質的に可逆的な経路であること、また、この可逆的TCA回路を利用することにより、生命が有機物欠乏時には独立栄養生物としても生きることが出来る混合栄養生物として誕生した可能性を示唆しています。これらの全く新しい知見は、海洋生態系の機能、環境との相互作用の関連の理解に大きく貢献するだけでなく、生化学、生命進化に新たな視点をもたらすこととなりました。

更に、本研究により、微量な試料で実施可能な独自の新規代謝解析手法の環境微生物代謝研究に対する実用性が明示されました。この微量代謝研究手法によって、従来の遺伝子探索のリソースとしてしか意味を持たなかった環境微生物から、新奇代謝経路を探索することが可能となります。つまり、これまでモデル微生物やそれに近い良好な増殖を示す限られた種にしか適用できなかった代謝解析が、増殖効率の低い環境微生物にも適

用され、新奇の有用な機能の探索を可能とした点で今後のバイオテクノロジー分野におけるイノベーション創出に非常に大きい意味を持ちます。

We have been attempting to understand the unknown metabolisms of primordial phylogenetic groups of thermophiles inhabiting deep-sea hydrothermal environments. This effort is important from the perspective of investigating the origins of life and exploring new biological resources. In this research project, on which we collaborated with other Japanese organizations, we performed a multi-omics analysis (i.e., analysis of genomes, transcriptomes and proteomes) on *Thermosulfidibacter*, a thermophilic, hydrogen-oxidizing, sulfur-reducing bacterium. We also measured enzyme activities involved in the TCA cycle and carried out a biochemical analysis of key enzymes. As a result, we discovered a novel, reversible TCA cycle. This cycle was found to be capable of reversing the reaction pathway direction depending on the availability and type of organic material in a culture medium, although these pathways are driven by identical sets of enzymes. This finding defies what had been the conventional wisdom on the TCA cycle. The citrate cleavage reaction is a viral carbon

fixation step in the TCA cycle. It had been widely accepted that the citrate cleavage reaction is thermodynamically irreversible in the absence of ATP. However, this study found this reaction to be reversible in *Thermosulfidibacter* even in the absence of ATP. It would have been extremely difficult to detect this solely via genome analysis. This study discovered the existence of previously unknown carbon-fixation services in deep-sea microbial ecosystems. It also indicated that the microbial metabolisms found in this ecosystem, including the life-sustaining TCA cycle, may deviate from conventional scientific wisdom. Thus, this study exhibited the great potential of exploring novel functions in deep-sea microorganisms. Our discovery unveiled the fact that the TCA cycle—believed to have developed as early as the period of chemical evolution—is an inherently reversible metabolic pathway. It also suggested that the emergence of mixotrophs—capable of surviving as autotrophs during periods of organic matter shortage—during the course of evolution may have been associated with their possession of a reversible TCA cycle. These novel findings are expected to greatly promote the understanding of interactions between the functions of marine ecosystems and their environments and add new insights to biochemistry and the evolution of life.

In addition, this study demonstrated that the new metabolic analysis technique we developed, which requires only tiny quantities of samples, is applicable to research on the metabolisms of environmental microorganisms. This technique

will enable scientists to search for novel metabolic pathways in environmental microorganisms that have been perceived as a mere genetic research resource. In other words, this technique may have the advantage of applicability to the detection of new beneficial functions in environmental microorganisms with

low proliferation potential, compared to conventional metabolic analysis techniques which have only limited applicability to model microorganisms and other species with similarly high proliferation potential. Thus, this accomplishment will be very significant in facilitating biotechnological innovation.

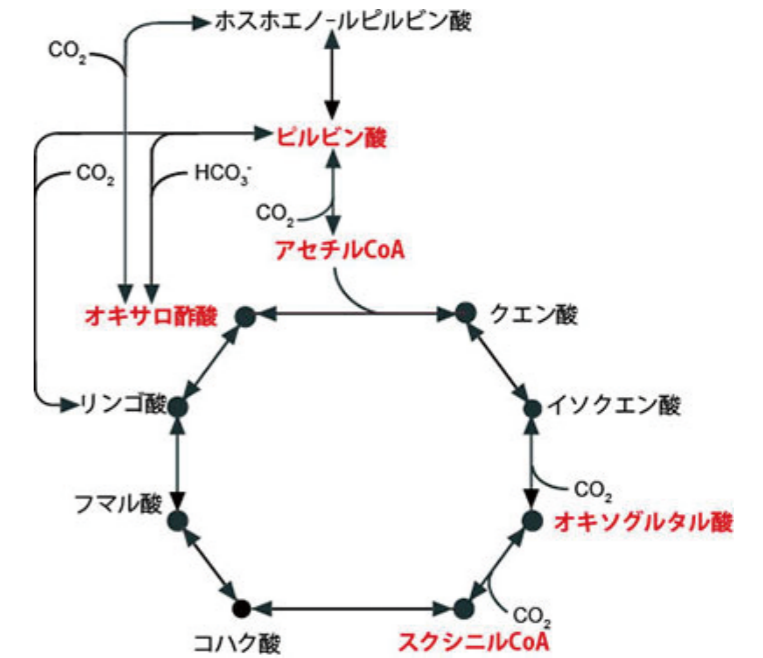


図:TCA回路とピルビン酸、アセチルCoA、オキサロ酢酸、オキソグルタル酸、スクシニルCoAの関係
Figure: Relationship of TCA cycle with pyruvate, acetyl-CoA, oxaloacetate, oxoglutarate and succinyl-CoA

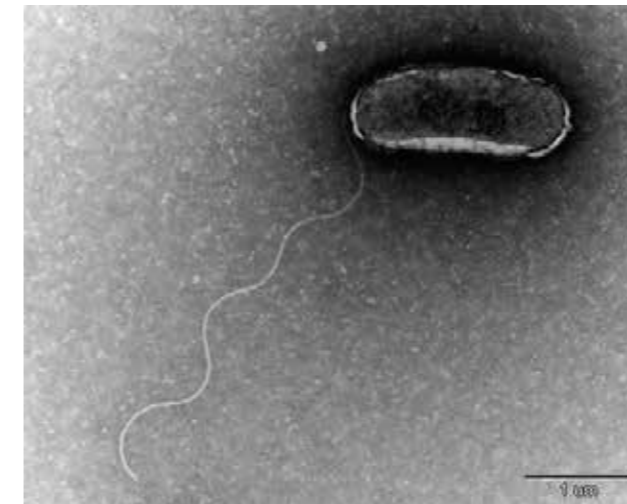


図:好熱性水素酸化硫黄還元細菌 *Thermosulfidibacter takaii* の細胞
Figure: *Thermosulfidibacter takaii*, a thermophilic, hydrogen-oxidizing, sulfur-reducing bacterium



図:熱水噴出孔
Figure: Hydrothermal vent



海底下から地球を知る

Getting to know the Earth from beneath the seabed

本研究開発では、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削をはじめとする地球内部を探る技術を融合させて新しい「掘削科学」を創出し、海洋・地球・生命システムの統一像の解明を目指しています。我が国が世界を主導している先端的掘削科学技術を進展させることで、ジオハザードの予測への貢献、現在の地球環境変動予測への貢献、微生物の生理・代謝機能を利用したイノベーションのほか、今後需要が増すと見込まれる超深度掘削技術の発展に寄与することを目指しています。

This research and development aims to reveal the entire picture of the ocean, Earth, and life system, while creating a new drilling science by integrating technologies for exploring the Earth's interior, such as the drilling technology using the deep-sea drilling vessel *Chikyū*. Japan leads the world in the field of advanced drilling science technologies. By promoting the development of such technologies, JAMSTEC hopes to contribute to the prediction of geohazards, projections of global environmental changes, innovation utilizing microorganisms' physiological and metabolic functions, and development of ultra-deep drilling, for which demand is expected to grow.

高精度・高分解能分析法の開発による成果創出と産業界への活用

Development of High Precision, High Resolution Analytical Techniques: Scientific Achievements and Industrial Applications

透過型電子顕微鏡で原子レベルの超高空間分解能分析を行うことにより、これまで理論的には存在が予測されていましたが、天然でも実験室でも未確認であったカンラン石の超高压準安定相（イブシロン相）を初めて発見しました（図1）。これは、地球内部を構成する鉱物やその分布を理解するにあたって新たな局面を拓く成果です。

また、トータル・エバポレーション表面電離質量分析という方法を使うことにより、ナノ（10億分の1）グラム単位という極微量のネオジムの同位体比を±0.01%以上の高精度で分析することが可能となりました（図2）。貴重な掘削試料の堆積物に含まれるサンゴや有孔虫などの炭酸塩殻を分析することによって、過去の海洋循環の変遷などの理解がさらに進むことが期待されます。

開発された分析技術は科学目的で使われるだけでなく、産業界にも還元されています。イオンビームを用いた高空間分解能分析が可能なNanoSIMSやSIMSの技術は、新材料開発などの分野で利用されています。平成29年度は民間企業から11件の分析依頼や技術相談があり、微細部品の不良原因を突き止めた結果、数年来の問題が解決した事案もありました。

We conducted ultra-high spatial resolution analysis of rock at the atomic level using a transmission electron microscope, and found a new ultra-high pressure metastable phase (epsilon phase) of olivine. The existence of this phase had been theorized but never observed either in nature or a lab setting (Figure 1). This result will open up new horizons for research on the minerals that constitute the Earth's deep interior and their distribution.

We also developed a technique for analyzing the isotope ratios of neodymium using total evaporation thermal ionization mass spectrometry. With this technique, the isotope ratio of sub-nanogram-sized neodymium (one nanogram = one billionth of a gram) can be analyzed to a precision of ±0.01% (Figure 2). This technique can be used to analyze skeletal carbonates of coral, foraminifera, etc. contained in sediment core samples. Analysis of this kind will help in understanding changes in oceanic circulation patterns in the past.

The analytical methods we developed are used both scientifically and in industrial applications. For example, high spatial resolution analysis techniques using ion beams called NanoSIMS and SIMS are used in the development of new materials, etc. In FY2017, we had eleven analysis requests and technical consultations. In one instance, we identified the reason for the malfunctioning of a very small electronic component and solved a problem that had troubled our client for years.

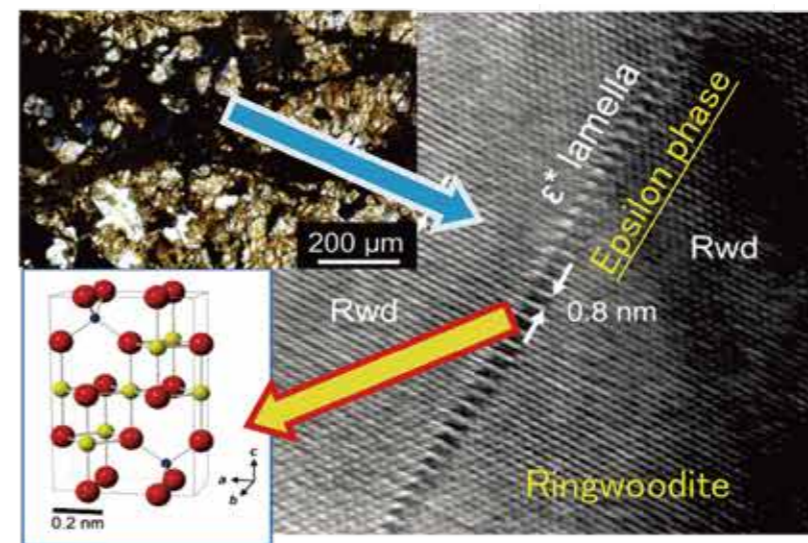


図1:発見された「イブシロン相」の超高解像度電子顕微鏡像と結晶構造(左下)

Figure 1: Ultra-high resolution electron microscope image and crystalline structure (bottom left) of the epsilon phase.

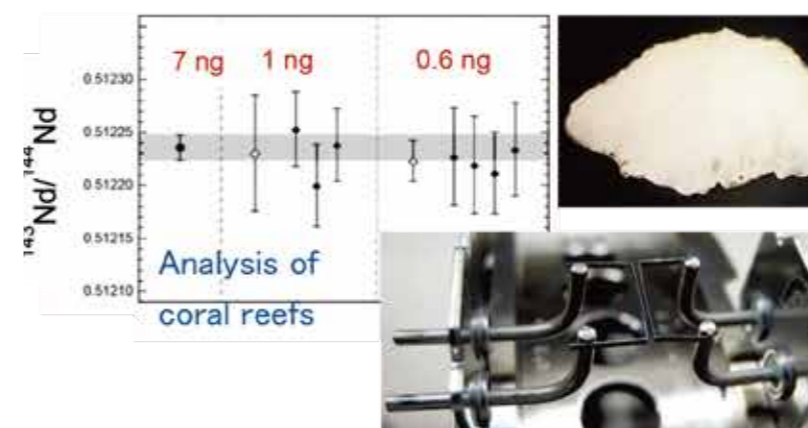


図2:ハマサンゴに含まれるナノグラムレベルの極微量ネオジムの高精度同位体比分析

Figure 2: High-precision nanogram-level isotope analysis of neodymium contained in *Porites* coral.

海底下の岩盤強度を掘削データから直接測定する手法を開発

Newly Developed Method of Evaluating Rock Strength Finds Increased Strength above the Mega-thrust Fault in the Nankai Trough

「ちきゅう」による掘削トルク等のデータから海底下の岩盤強度を直接測定する手法を開発し、南海トラフの海底下約3,000mまでの強度を測定しました(図3)。その結果、海底下2,200m～3,000mの岩盤強度が想定されていたよりも遥かに大きい値であることが明らかになりました。これは、プレート境界断層上部に想定以上の歪みエネルギーが溜まる可能性を意味しており、この歪みエネルギーが巨大地震の際にプレート境界断層の運動に大きな影響を与えることを示唆しています。

We developed a method of evaluating the strength of subseafloor rock using drilling data obtained aboard the Chikyu. The strength profile of the Nankai trough accretionary prism over 3000 meters below the seafloor was estimated using this method (Figure 3). The results suggest that rock at depths between 2,200 and 3,000 m is more resistant to pressure overburdening than expected. This implies that even the shallow part of the hanging wall of a plate boundary fault can store larger amounts of strain energy, which can have a large impact on the behavior of plate boundary faults in large earthquakes.

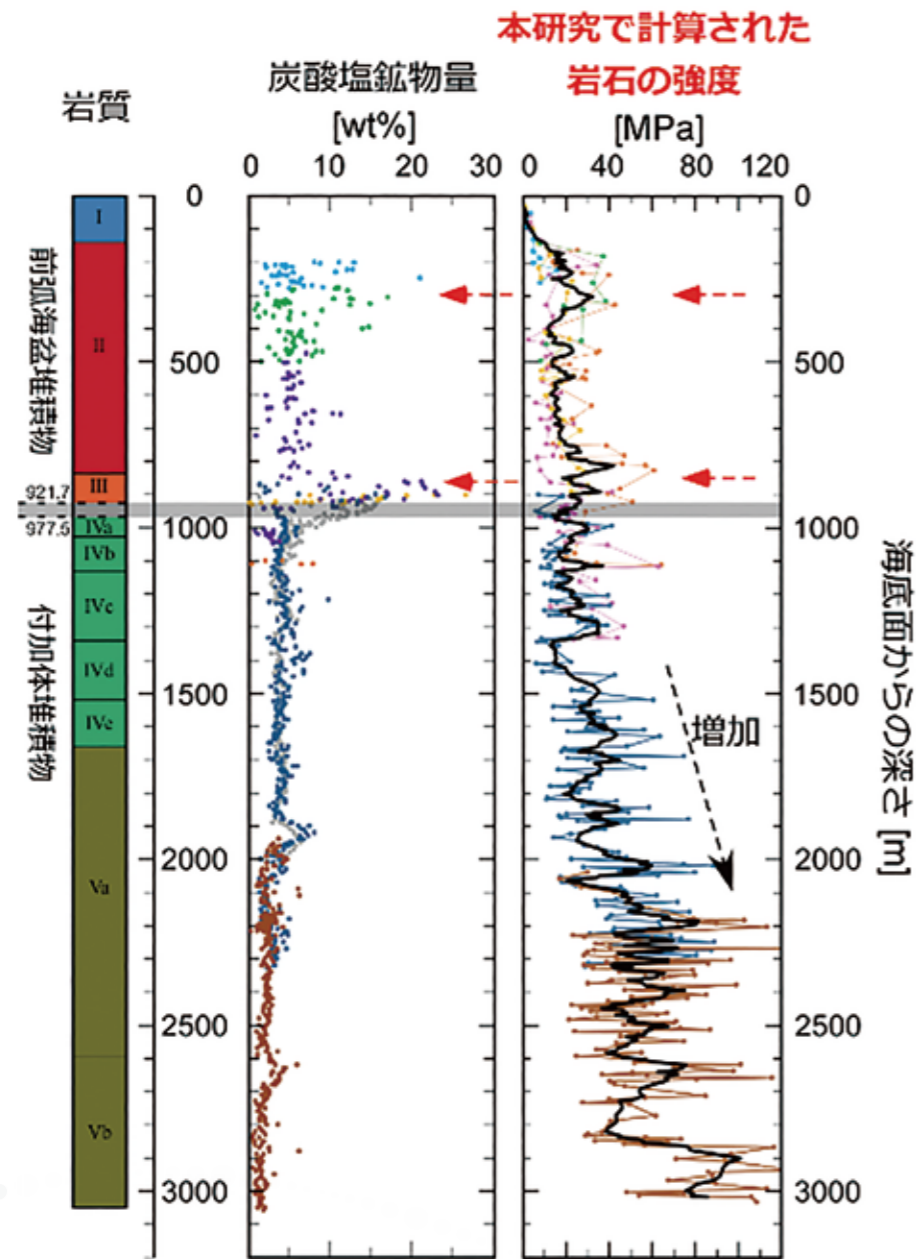


図3: 本研究によって測定された南海トラフC0002孔での海底下の岩盤強度
Figure 3: Strength of subseafloor rock at C0002 in the Nankai Trough measured in the study

地震断層面は従来考えられていたより低温で熔融することを発見

Quartz Melting Point Depresses on Fault Plane

断層すべり面で発生する摩擦発熱によって岩石が熔融する「断層摩擦熔融」と呼ばれる現象は、巨大地震発生メカニズムの1つとして注目されています。そこで、地殻の主な構成鉱物である石英を主成分とする珪岩を用いて地震性高速すべり実験を行いました(図4)。その結果、石英は従来考えられていたよりも約220～370°C低い温度で熔融することが明らかになりました。この成果は、巨大地震の引き金となりうる摩擦熔融が想定よりも起こりやすいことを示唆しており、地震発生メカニズムの解明につながる大きな一歩となります。

Frictional heat on a slip surface often melts rock, lubricating a fault. This melt lubrication of a fault during an earthquake has been considered an earthquake generation mechanism. We therefore carried out high-velocity friction experiments using a quartzite mainly composed of quartz, one of the major constituent minerals in the Earth's crust (Figure 4). The experiments demonstrated that quartz could melt due to rapid frictional heating at temperatures from 1,350 to 1,500°C—220 to 370°C lower than generally expected. This suggests that frictional melting can trigger large earthquakes more easily than expected. With this finding, we took another large step toward understanding earthquake mechanisms.

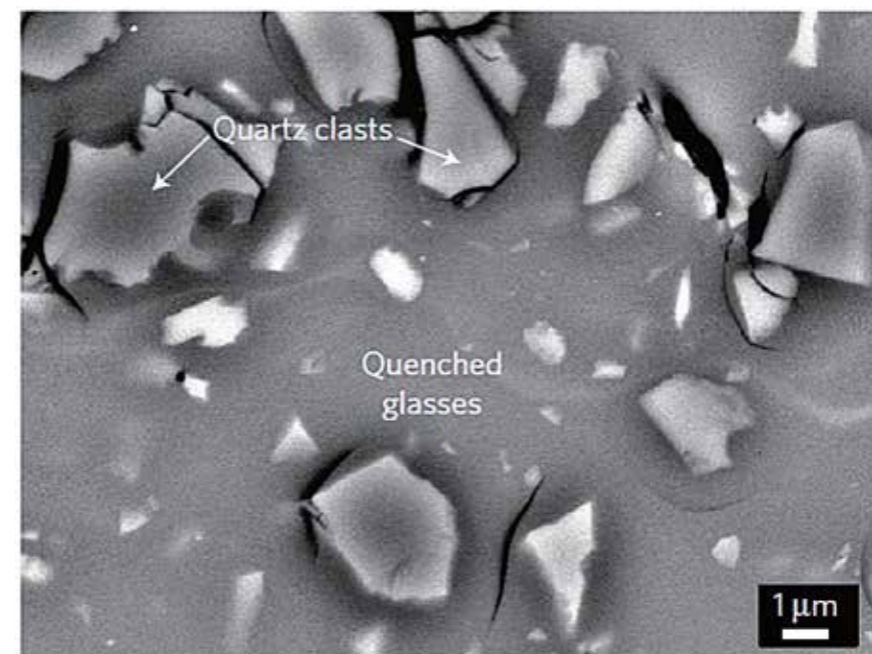
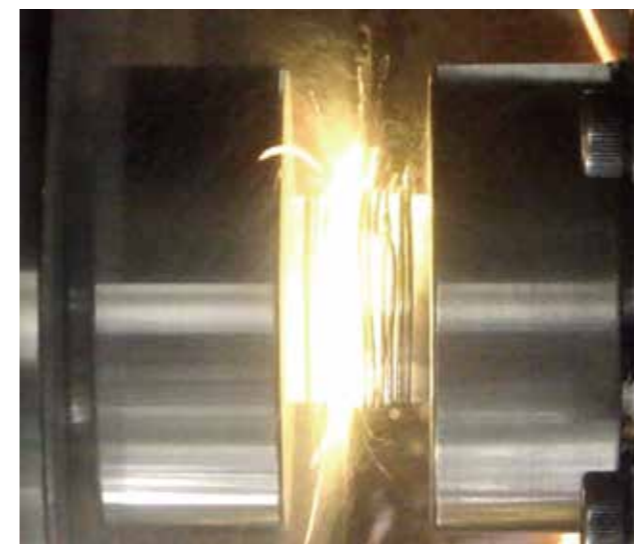
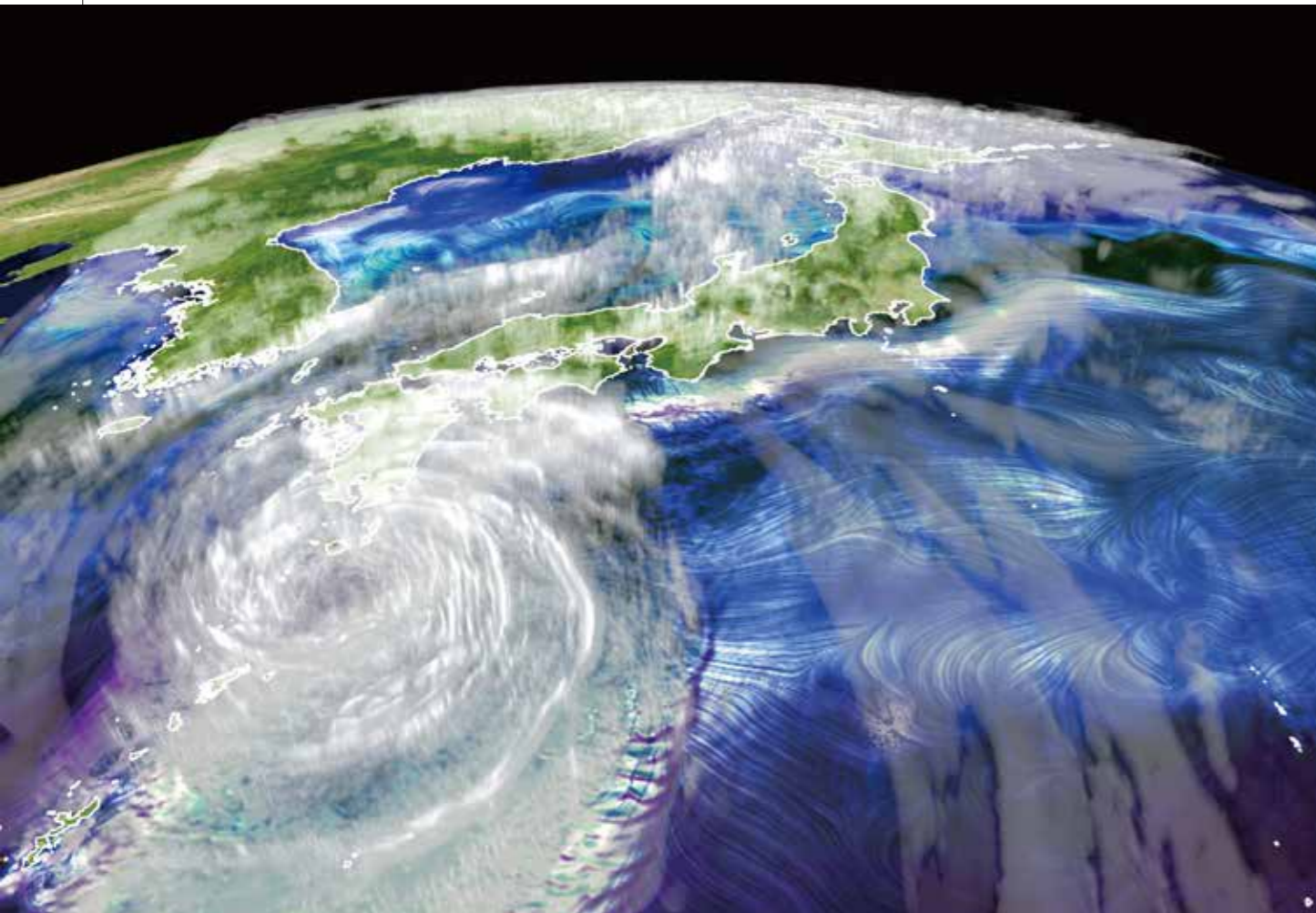


図4: 珪岩の地震性高速摩擦実験中の様子(左)と摩擦熔融の痕跡(右)
Figure 4: Frictional melting of quartzite during a high velocity friction experiment (left) and microstructures of frictional melting (right)



シミュレーションで地球の未来を

Predicting the Earth's future by simulations

先端的融合情報科学の研究開発では、「地球シミュレータ」を最大限に活用し、これまでに得られた知見を領域横断的にとらえるとともに、新たに拡張・展開し、よりよい将来に向けたアクションと解決策を導き出すことを目指して、海洋地球科学における先端的な融合情報科学を推進しています。また、社会に利活用可能な付加価値情報を創出する技術の研究開発、情報を広く分かりやすく、効果的に社会に還元するための地球環境情報の基盤構築を進めています。

In R&D on advanced integrated information science, we are utilizing the knowledge we have obtained from an interdisciplinary perspective, making full use of the Earth Simulator. In addition, we will continue to expand and develop knowledge and promote the application of advanced integrated information science in marine and earth sciences to find sound actions and solutions for the betterment of the future. We are also conducting R&D to develop the technology to generate information that is valuable and useful to society and the infrastructure to effectively and widely convey easy-to-understand global environmental information to the public.



先進的プロセスモデルの研究開発

R&D of advanced process models

同期現象解析をカイメンの鞭毛の動きにまで拡張：位相縮約理論は生物模倣で効率よいポンプを生み出せるか

地球上のあらゆる同期現象を位相縮約理論から解明することを目指しています。平成29年度は、理論を生物に応用し、カイメン動物の襟細胞室における鞭毛の振動運動の解析に取り組みました。

まず、鞭毛の振動運動を偏微分方程式の振動解として記述する数理モデルに対して位相縮約法を定式化しました。そして、流体力学的に相互作用する一対の鞭毛の間の位相同期現象を解明しました。特に、鞭毛の流体力学的同期現象には鞭毛の根元付近が重要であることを定量的に示しました(図1)。

今後、カイメンの鞭毛集団を記述する位相方程式を導出することにより、バイオミメティクス(生物模倣)で効率のよい水流ポンプの創出という工学応用が期待されます。加えて、本成果はゾウリムシなどで観察されるメタクロナル波の研究にも応用可能です。

Synchronization analysis of flagellar movement in sponges: Can phase reduction theory-based biomimetics facilitate creation of efficient pumps?

The overall goal of our research activities is to understand various synchronization phenomena occurring on Earth from the perspective of phase reduction theory. In FY2017, we applied the theory to the analysis of the oscillatory movement of choanocyte flagella in sponges.

We first used a partial differential equation model to describe the oscillatory movement of flagella, into which the phase reduction method was mathematically integrated. As a result, the mathematical model found the existence of phase synchronization between a pair of hydrodynamically interacting flagella. In addition, the model quantitatively indicated that the base of the flagella plays a particularly vital role in synchronizing hydrodynamic flagellar movements (Figure 1).

For future studies, development of biomimetics-based phase equations that describe the synchronized movements of multiple flagella in sponges may facilitate engineering of more efficient water pumps. In addition, the approach developed in this research may be applicable to the study of metachronal waves generated by Paramecium and other organisms.

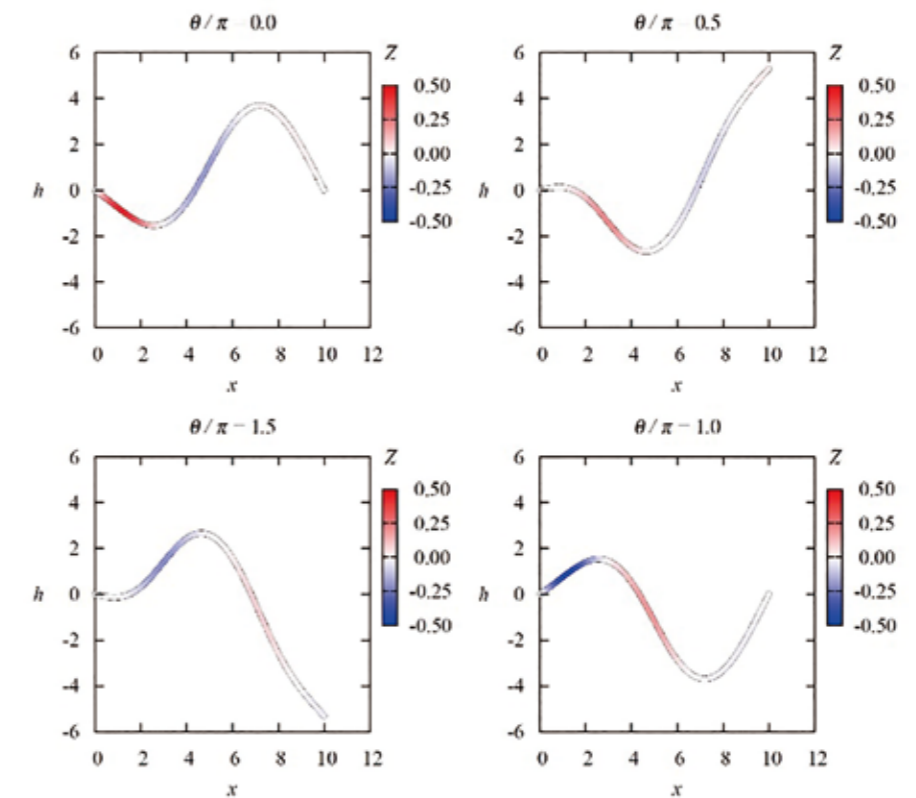


図1：鞭毛の振動運動の波形(h)と位相感受性(Z)のスナップショット。位相感受性は各点・各時刻に加えられた弱い摂動に対する鞭毛の位相応答を定量化する。鞭毛の位相感受性の絶対値は鞭毛の左側の方が右側よりも大きい。つまり鞭毛の同期現象には鞭毛の根元付近が重要である。

Figure 1. Waveform (h) and phase sensitivity (Z) of oscillatory flagellar movement at a given moment. Phase sensitivity refers to the quantified phase response of flagella to weak perturbation applied to a given point in space at a given time. This research found that the absolute phase sensitivity value for the left side of the flagella is greater than for the right side, indicating that the bases of flagella play a vital role in synchronizing flagellar movements.

先端情報創出のための大規模シミュレーション技術の開発

Development of large-scale simulation technology for creating advanced information

IPCC第6次報告書に向けた実験 (CMIP6)の開始

平成28年度までに開発が完了した最新ESMの物理コアである気候モデルMIROC6を使用し、CMIP6プロダクトランに着手しました。CMIP6指定実験群の約半数を順調に遂行しました。産業革命前境界条件におけるコントロール実験、19世紀半ば以降の気候再現実験における内部気候変動及び気温変化の再現性は良好であることが確認されました(図2)。境界条件データ提供の遅れのため実施には至っていませんが、今後実施予定である将来シナリオ実験及び季節から数年スケール先までの気候変動予測実験では、従来よりも信頼性の高い気候予測情報を得られることが期待されます。この予測情報を積極的に公開していくことにより、機構内及び国内外における影響評価研究への貢献を目指すとともに、実験データの解析を通じて気

候変動予測における誤差及び不確実性に関する物理プロセスの理解を深化させ、高度かつ精緻だけでなく、例えば氾濫の許容された河川モデルや社会経済モデルとの結合など、より汎用性の高い次世代気候モデル開発の検討材料を得ることができます。

Experiments (CMIP6) initiated in preparation for the 6th IPCC report

We began performing the experiments required by the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) protocol using the MIROC6 climate model—the physical core of the latest earth system model (ESM), whose specifications were fixed in FY2016. We completed about 50% of the experiments required by the CMIP6 protocol, including control experiments under preindustrial boundary conditions and experiments to reproduce climate variations in the second half of the 19th century. These experiments confirmed that MIROC6 is capable of

appropriately reproducing both internal climate variations and temperature trends (Figure 2). As of FY 2017, we are waiting to receive the boundary condition data we need to conduct two other types of experiments: future scenario experiments and experiments to forecast climate change at various temporal scales, from a seasonal to a multiyear scale. These experiments are expected to produce more reliable climate projections. We plan to actively distribute the climate projection data generated through these experiments to promote 1) use of the information by JAMSTEC and other organizations in Japan and overseas in their impact assessment research, 2) data analysis leading to improved understanding of the physical processes contributing to errors and uncertainties in climate change projections and 3) the development of accurate and versatile next-generation climate models by combining them with other types of models, such as river models capable of simulating floods and socioeconomic models.

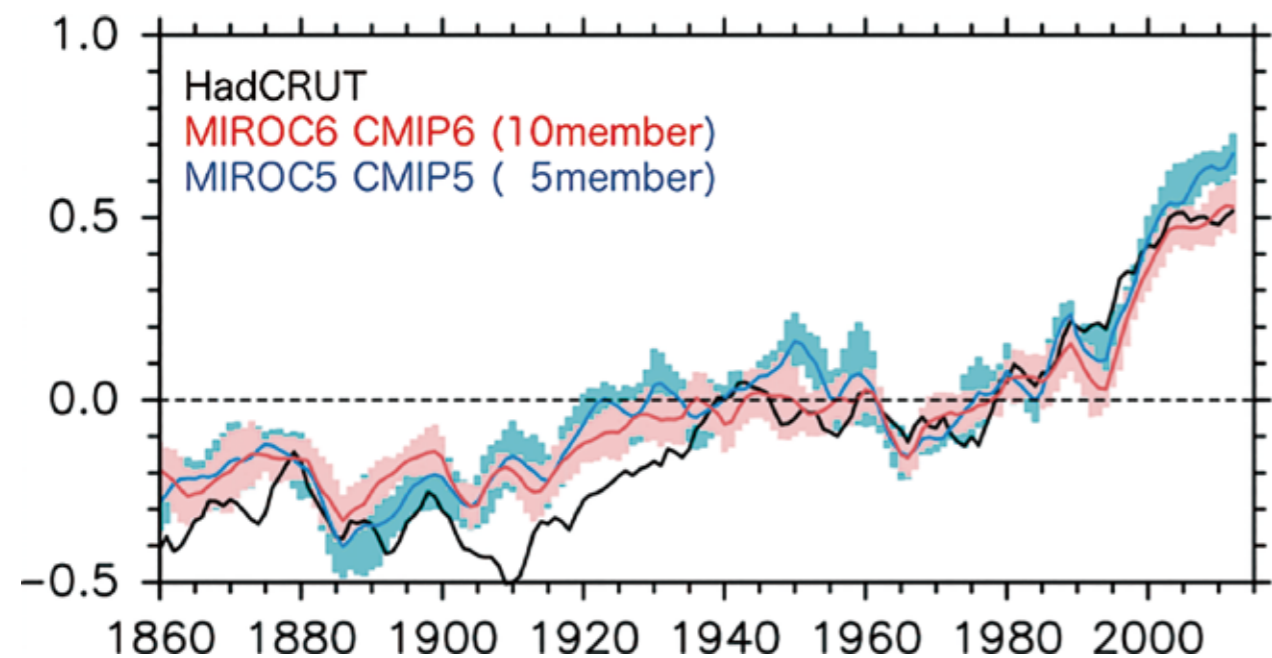


図2: 1961-90年を基準とした全球平均地表面気温偏差の時系列(°C)。黒線は観測値、赤線はMIROC6、青線はIPCC第5次評価報告書時のモデルMIROC5の結果をそれぞれ示す。時系列には5年の移動平均が施されている。MIROC6では、1940-60年代及び2000年代における気温上昇鈍化が、より観測と整合的に再現されている。

Figure 2. Five-year running mean time series showing anomalies in global mean surface temperature (°C) relative to the 1961-1990 average, both observed (black line) and as simulated by MIROC6 (red) and MIROC5 (an older version used in the IPCC's 5th Assessment Report) (blue). Note that the slowing temperature increases from 1940 to 1960 and in the decade after 2000 are better represented in MIROC6 than in MIROC5.

データ・情報の統融合研究開発と社会への発信

R&D for integrating and synthesizing data/information and dissemination of information to society

南アフリカのマラリア発生率予測とその実用化

近年、世界各地で感染症による健康被害が増えており、感染症の1つであるマラリアは、91の国と地域で確認されています(WHO 2017)。マラリアの媒介蚊の繁殖率、活動などには、生息地の環境が大きく作用し、特に、気温や降水量の影響が大きいと考えられています。マラリアの発生が特に多い南部アフリカでは、気温や降水量の変動に熱帯太平洋の気候変動現象であるラニーニャ現象や南インド洋の亜熱帯ダイポール現象が関わっていることが明らかとなりました(Ikeda et al. 2017)。そこでこの関係を用いて、機械学習をベースとした3ヶ月先までのマラリア発生率の予測モデルを開発し

(図3)、平成29年度から試験的な予測を開始しました(Ikeda et al., 査読中)。この予測結果が高い精度を示していることから、南アフリカ北東部のリンポポ州におけるマラリア発生率がいつ、どこで、どの程度増えるかを予測する早期警戒システムを平成30年度末までに現地に導入する準備が進められています。

Development and practical use of a malaria incidence prediction model in South Africa

The number of people suffering from infectious diseases, including malaria, has been rising in recent years. Malaria has been confirmed in 91 countries and regions (WHO 2017). The reproductive rates and activities of malaria-carrying mosquitoes are greatly

influenced by environmental factors in their habitats, particularly temperature and precipitation. Ikeda et al. (2017) found that changes in temperature and precipitation in southern Africa, where malaria is particularly common, are influenced by La Niña events originating in the tropical Pacific Ocean and subtropical dipole events originating in the southern Indian Ocean. Using these relationships, we developed a machine learning-based model capable of predicting malaria incidence up to three months ahead (Figure 3), and we began making test predictions in FY2017 (Ikeda et al., in review), demonstrating a high degree of accuracy. We are currently preparing to introduce the model to Limpopo Province in northeast South Africa by the end of FY2018 as an early warning system capable of predicting malaria risk in relation to time and location in the province.

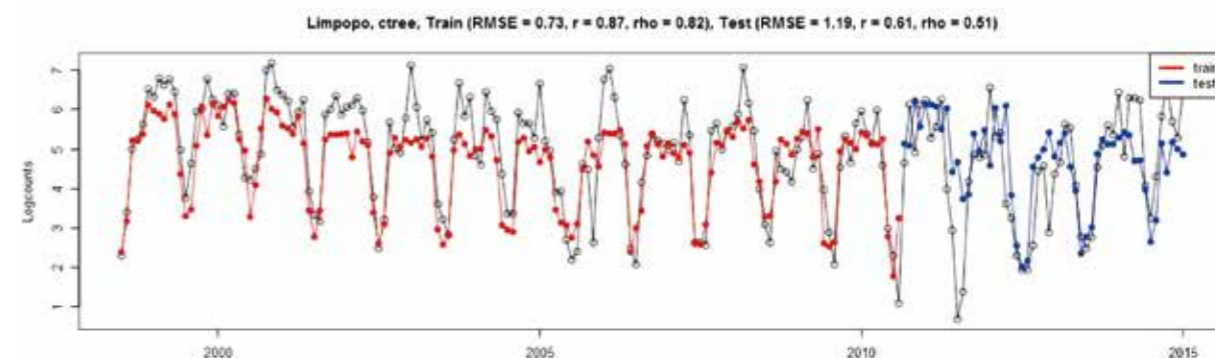


図3: 南アフリカ・リンポポ州における過去のマラリアの発生予測例。赤線部のデータを用いた機械学習により、青線部を予測した。
Figure 3. Past example of malaria incidence prediction in Limpopo Province in South Africa. The model, which was trained using the data in red through machine learning, was used to generate the prediction values in blue.



図3:レーザ通信装置 海域試験の模式図
ランチャー部とビークル部にそれぞれ水中光無線通信装置を搭載しお互いに同時に光を送受信して双方向通信を実施
Figure3: Bidirectional communication between an ROV launcher and a vehicle—both equipped with underwater wireless optical communication systems—simultaneously transmitting and receiving signals

地震津波観測監視システムの高度化

Improving the earthquake and tsunami monitoring system

地震津波観測監視システムを高度化するため、後埋設（観測ノイズを低減するために地震計と海底ケーシングの間に砂を充填する作業）を実施することにより、高感度な広帯域地震観測を海底で実現しました。また、東南海地震の想定震源域である紀伊半島沖にある地球深部探査船「ちきゅう」による掘削孔(C0006:水深3,871.5m、海底下495m)に高感度地震計や傾斜計などの複数のセンサーで構成された「長期孔内観測装置」を設置するとともに、同装置を地震津波観測監視システム(DONET)に接続しました。このシステムは、「①海底では困難な高度な観測を実現する掘削孔内へのセンサー設置技術」、「②長期間のリアルタイム観測を実現する海底ケーブル観測網への接続技術」、「③孔内データのDONETデータベース・データ流通・解析システムへの統合(システム化)」の3要素から構成されており、この3要素すべてを有する機構ならではの成果です。平成29年度に3基目を設置し、DONETに接続したことにより、リアルタイム三次元地殻変動観測網が強化され、巨大地震の準備過程から発生に深く関係すると考えられる地殻変動の検知能力が向上し、地震発生メカニズムの研究や地震発生モデルの研究などを大きく進展させることが可能となりました。

We improved the earthquake and tsunami monitoring system by burying it in sand (filling

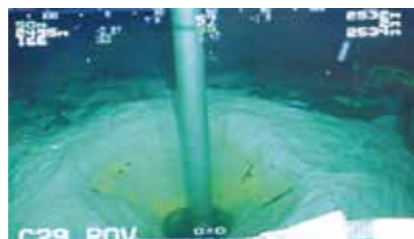


図4:長期孔内観測装置の設置作業
Figure4: Installation of LTBMS within a borehole

the gaps between the seismometers and their seafloor casings to reduce observational noise), thereby increasing the sensitivity of wide-area earthquake monitoring on the seafloor. In addition, we installed a Long-Term Borehole Monitoring System (LTBMS) composed of several sensors, including a highly sensitive seismometer and dipmeter, within a borehole (3,871.5 m below sea level and 495 m below the seafloor) created by the deep-sea drilling vessel Chikyu at Site C0006 in a predicted earthquake focal area off the coast of the Kii Peninsula. We then connected the LTBMS to the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET). LTBMS enables (1) advanced sub-seafloor monitoring within a borehole, which had previously been difficult to achieve, (2) connection with the sea-floor cables and its long-term, real-time monitoring capabilities and (3) integration of borehole monitoring data into the DONET database and its data distribution and analysis system. JAMSTEC had the appropriate technologies to achieve these aims. In FY2017, we deployed the third LTBMS and connected it to the DONET. As a result, the DONET's real-time three-dimensional crustal movement monitoring capabilities were enhanced and its ability to

detect crustal movements thought to be closely linked to the development and occurrence of megaquakes was increased. These improvements may allow significant progress to be made in research on seismogenic mechanisms/models and other related subjects.

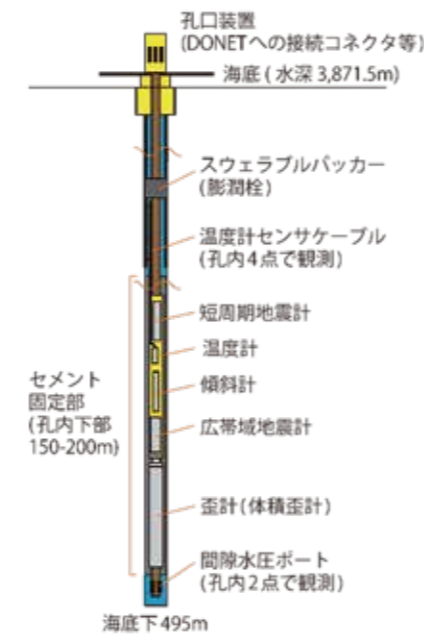


図5:長期孔内観測装置概念図(C0006)
大水深かつ超深度掘削孔(水深3,871.5m、海底下495m)に設置
Figure5: Schematic diagram of the Long-Term Borehole Monitoring System (LTBMS) at Site C0006
The LTBMS was installed within a deep borehole (extending to 495 m below the seafloor) drilled into the deep ocean seafloor (3,871.5 m below sea level).

革新的な母船レスAUVシステムの構築

Construction of an innovative AUV system which does not require a mother vessel

無人の洋上中継器(ASV)と自律型無人探査機(AUV)複数機運用の運用技術を用いて、洋上に人が立ち入らない、すなわち支援船を必要としないシステムで海底地形調査を行うための基礎研究等を複数の機関連携で開始しました。従来、船に人員が乗り込み、船から探査機を降ろして海底地形を調査していましたが、人が洋上に出ることなく、無人のロボットによって海底地形を調査するというもので、この手法を用いることで海洋調査の効率化が見込まれます。平成29年度は、ASVによる複数AUVの同時運用等、無人調査に必要な開発及び試験を行いました。

また、複数の関連機関が連携して立ち上げた「Team KUROSHIO」は、海中ロボット等を用いて、超広域高速海底マッピングの実現を目標とする海底探査技術の世界コンペティ

ション「Shell Ocean Discovery XPRIZE(以下、XPRIZEという)」に挑戦しており、日本から唯一、書類審査を通過し準決勝(Round1)に進出しました。Round1ではAUVによる水槽の底にあるターゲット撮影のデモンストレーション等を実施しました。競技の結果、平成30年度に開催される決勝(Round2実海域競技)に進出(19チーム→9チーム)しました。

We have initiated joint basic research with several other organizations to develop a system in which an Autonomous Surface Vehicle (ASV) controls the operation of multiple Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) conducting bathymetric surveys without sending scientists to the sea. Conventionally, such surveys are carried out using manned vessels or by operating submersibles. This new system may

greatly increase oceanographic survey efficiency by robotically conducting bathymetric surveys without sending scientists to the sea. In FY2017, we engaged in various development and testing activities, such as the simultaneous operation of multiple AUVs using an ASV, in an effort to construct an unmanned survey system. Team KUROSHIO—organized jointly by JAMSTEC and other organizations—has been competing in the Shell Ocean Discovery XPRIZE, a global competition intended to promote the development of deep-sea exploration technologies, including robots, which enable quick mapping of wide areas of the seafloor. Team KUROSHIO represents the only Japanese team to have advanced to the semifinals (Round 1) by passing document-based screening. In Round 1, the team successfully filmed target objects at the bottom of a water tank using an AUV. As a result, the team was one of nine finalists selected out of 19 teams to advance to the final Round 2 contest to be held in FY2018.



図6:海域試験の様子(平成29年7月)
Figure6: Marine tests in progress (July 2017)



図7:Round1 技術評価試験の様子(平成30年1月)
Figure7: Round 1 Technology Readiness Test underway (January 2018)

効率的なJAMSTEC船舶運航のためのデータベース構築

Construction of database to increase the efficiency of JAMSTEC ship operations

当機構が所有する船舶のより効率的な運航に資することを目的とした「船舶運航のためのデータベース」を構築するため、データベースの改良を継続して実施しました。本データベースは、台風や機器故障等によるダウンタイム(観測中止率)により航海を定量的に評価できることから、より効率的な運航計画を作成するためのツールの一つとして期

待されています。また、本データベースは船舶を運航している民間企業等での活用も期待できるものです。

Continuing efforts begun in FY2016, we worked in FY2017 to enhance a JAMSTEC database as part of the process of constructing a "ship operation database" with the purpose of increasing the efficiency of JAMSTEC ship

operations. Because this database can be used to quantify ship downtime (frequency at which observations are cancelled) due to typhoons, equipment malfunctions and other causes, it may serve as a helpful tool in planning more efficient ship operations. The database may also be useful for ship-operating private companies and other related organizations.



研究船・深海調査システム等の運用

Operation of research vessels and deep-sea survey systems

当機構が保有する施設・設備（研究船、有人及び無人深海調査システム等）を整備し、自らの研究開発に効率的に使用するとともに、各研究船の特性に配慮しつつ、科学技術に関する研究開発又は学術研究を行う方などの利用に供しています。また、有人及び無人深海調査システム等の高度化・効率化に向けた改造等を実施しています。

JAMSTEC maintains its own facilities and equipment (e.g., research vessels and manned/unmanned deep-sea survey systems) and uses them efficiently in its R&D activities. The agency also makes its research vessels available for use by other parties engaging in scientific and technological R&D or academic research while giving consideration to the characteristics of individual vessels. JAMSTEC has been making modifications to manned/unmanned deep-sea survey systems to enhance their performance and efficiency.

マリアナ海溝における魚類の撮影に成功

Filming of fish at hadal depths in the Mariana Trench

平成29年5月5日から24日において、超深海における海溝生命圏の調査として、当機構とNHKは新たに開発した「UROV11K」システム及び4Kカメラを搭載した自動昇降式の観測装置（フルデプスミニランダー、以下「ランダー」という。）を用いてマリアナ海溝における海底付近の生物を撮影するため、深海調査研究船「かいらい」によるKR17-08C航海を実施しました。

「UROV11K」システムは高精細4Kカメラ及び100G光伝送装置を搭載し、マリアナ海溝チャレンジャー海淵の深度10,899メートルまで潜航しました。浮上途中の水深約5,300メートルで上昇が止まり機体を亡失したものの、マリアナ海溝底部の4Kカメラによるリアルタイム高解像度映像の撮影に成功しました。

また、ランダーは生物の生息限界深度とさ

れる深度8,200メートルに近い8,178メートル地点に設置して観測を実施し、魚類のシロカイサウオの仲間を観察することができました。深度8,178メートル地点での魚類の映像撮影は、これまでの記録である8,152メートルを26メートル上回る世界最深記録です。

JAMSTEC and NHK carried out Expedition KR17-08C to survey the hadal biosphere in the Mariana Trench using the deep-sea research vessel Kairei from May 5 to 24, 2017. One of the objectives of this expedition was to record images of organisms living close to the bottom of the trench using a remotely operated vehicle (a small full-depth lander) equipped with a newly developed UROV11K system and a 4K camera. The UROV11K system, equipped with a high-precision 4K camera and a 100 G optical transmitter, was lowered to a depth of 10,899 m in the Mariana Trench's Challenger Deep. Although we lost the lander when it ceased

ascending at a depth of about 5,300 m, we succeeded in recording real-time, high-resolution images of the bottom of the Mariana Trench. The lander also recorded an image of a fish (a close relative of the hadal snailfish) at a depth of 8,178 m—close to the maximum depth assumed to be habitable by any organism (8,200 m)—breaking the previous world record depth at which fish images were captured (8,152 m).



図1:UROV11Kシステム
Figure1: UROV11K system



図2:深海8,178メートル地点の生物
写真中央がシロカイサウオの仲間
Figure2: Organism detected at a depth of 8,178 m
A close relative of the hadal snailfish swimming at the center

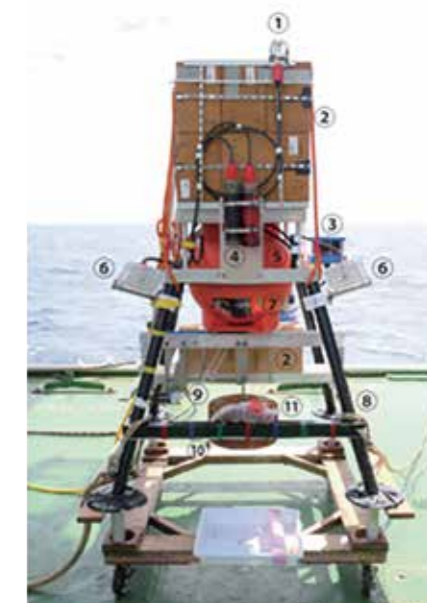


図3:自動昇降式観測装置 フルデプスミニランダー
Figure3: Small full-depth lander (remotely operated vehicle)

KEOブイ回収・設置のための緊急航海の実施

Unscheduled excursion to retrieve and reinstall the KEO buoy

平成29年10月18日、気象海洋物理観測の一環として、米 国 海 洋 大 気 庁（以下「NOAA」という。）太平洋環境研究所が小笠原島南島の観測定点KEOに設置している気象海洋物理観測用表層ブイ（以下「KEOブイ」という。）が定点から離れ漂流を開始しました。NOAA自身による回収が困難であることから、NOAAから機構に対してKEOブイの回収・設置について協力要請がありました。KEOブイはNOAAと機構の共同研究により設置されており、また、ブイには機構の計測機器も設置されていることなどから機構はNOAAの要請に応じ、KEOブイの回収・設置を行うため、深海潜水調査船支援母船「よこすか」で緊急航海（平成29年12月19日～28日）を実施しました。

黒潮の影響により刻々と移動するKEOブイと荒天が予想される12月に緊急航海を実施するにあたっては、派遣する船舶の選定・日程調整、KEOブイの捜索・回収・再設置、関係機関への連絡・調整等、様々な準備を必要としますが、これまでに培った経験を踏まえて迅速に準備を進め、NOAAの要請を受けてから、約1.5カ月という極めて短い期間でKEOブイを発見・回収し、さらに元の設置場所に再設置を完了することができました。これにより、KEOブイの漂流から2カ月という短い期間でKEO地点の観測データの取得機能を復旧し、国際プロジェクトの早期復旧に大きく貢献

することができました。

なお、この対応に対してNOAA長官補から機構に感謝状が送付されるとともに、NOAAの情報誌において、機構によるKEOブイ救出に対して謝意が示されました。

The moored buoy at the KEO (Kuroshio Extension Observatory) site in the vicinity of Minamijima Island, one of the Ogasawara Islands, is a meteorological and oceanographic observation buoy installed by the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)'s Pacific Marine Environmental Laboratory. On October 18, 2017, the buoy began drifting away from the KEO site. Because NOAA was not adequately prepared to recover the buoy itself, it requested that JAMSTEC assist it in recovering and reinstalling the buoy. JAMSTEC accepted the request, partly because it had some familiarity with the KEO buoy: joint research between NOAA and JAMSTEC had led to the installation of the buoy and JAMSTEC provided some of the measurement instruments in the buoy. We conducted an emergency excursion using the support vessel Yokosuka to find and reinstall the KEO buoy from December 19 to 28, 2017. We made various preparations (e.g., selection of an appropriate vessel, scheduling, search, retrieval and reinstallation of the KEO buoy and communication/coordination with relevant organizations) as we expected the buoy to be drifting rapidly under the influence of the Kuroshio Current and stormy December weather. We quickly prepared for the mission using our

experience in similar situations. We were able to find, retrieve and reinstall the KEO buoy within an unusually short period: only approximately 1.5 months after receiving the request from NOAA. As a result, the normal observational data collection functions of the KEO buoy were fully restored within only two months from the onset of the drifting, enabling interrupted international research projects to resume quickly. Consequently, JAMSTEC received a letter of gratitude from NOAA's Assistant Secretary and NOAA acknowledged our buoy rescue efforts in its publication.



図4:KEOブイ
Figure4: KEO buoy



情報基盤の運用 Management of information infrastructure

地球情報基盤センター (CEIST) では、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」をはじめとする計算機やネットワークの運用を行い、海洋地球科学やイノベーションに貢献するとともに、政策決定や社会に役立つ有用な情報を創出するための技術開発を行っています。加えて、機構が様々な研究活動で取得した海洋および地球に関する調査観測データや各種サンプルに関して受領・収集、保管、データの品質管理、データ公開システムの開発・運用を行い、また大型シミュレーションにより得られたデータセットの構築やそれらのデータベースシステムの運用を行うことにより、海洋と地球に関するデータと情報を広く公開し利用者への提供を推進しています。

The Center for Earth Information Science and Technology (CEIST) operates the Earth Simulator supercomputer and other computers and networks to facilitate marine geoscience and innovative research. CEIST also develops technologies which are employed to produce useful information for policymaking and society. In addition, CEIST manages the quality of marine and Earth survey/observation data and samples obtained through various JAMSTEC research activities by keeping records of their reception, collection and storage. It also develops and operates data publication systems, compiles datasets generated by large-scale simulations and operates the resulting database systems. Through these activities, we widely publicize and promote public use of marine and Earth-related data/information.

「地球シミュレータ」の運用状況

Operation of Earth Simulator

平成27年度から稼働している3代目「地球シミュレータ」は安定的な稼働を継続しており、運用状況も順調です。平成29年度末のユーザ登録数は国内外の138機関521人と

なり、計算ノードは年間利用率96.83%の高い比率で使用されました。

The third-generation Earth Simulator has been stably operating without a problem since 2015.

As of the end of FY2017, there are 521 registered users from 138 organizations in Japan and overseas. A high proportion (96.83%) of computing nodes were in use through the year.

利用課題と技術サポート

Projects and technological support

「地球シミュレータ」の利用課題は、機構の中期目標・中期計画の達成のための研究開発を行う「機構課題」(平成29年度実績: 成果専有型有償利用を除き34課題)と、主に地球科学分野について機構外を対象に募集する「公募課題」(平成29年度実績: 27課題)の2つの

枠を設定しています。CEISTでは、運用技術や利用技術を駆使して、計算速度の向上や計算資源の効率的な利用をサポートし、各課題の実施を推進しました。

There are two categories in projects using Earth

Simulator. One is "JAMSTEC projects," under which R&D activities aiming at achieving JAMSTEC's mid-term goal or plan are carried out (34 projects have been conducted in FY2017, excluding fee-based confidential-type projects) and "solicited projects," which mainly consist of geoscience projects solicited from the public (27

projects have been conducted in FY2017). CEIST promoted advances of these projects by

地球シミュレータの産業利用

Industrial use of Earth Simulator

「地球シミュレータ」の「成果専有型有償利用」では、利用環境の整備とともに展示会への出展や企業訪問、ソフトウェア開発元との連携等の活動を行いました。これにより平成29年度は利用件数16件、利用料収入24,814千円を得ました。

また、平成28年度より文部科学省の先端研究基盤共用促進事業の受託事業として開始した「風と流れのプラットフォーム」を平成29年度も継続して実施しました。相談件数は88件、利用件数は22件でした。また、本事業に関するシンポジウムを開催しました。これにより、これまで風洞試験を中心に実施してきた業界に対して、数値シミュレーションの活用を強く印象付けることになるとともに産業利用が一層促進されました(図1)。

increasing computational speed through application of operational and utilization

We improved the Earth Simulator use environment to facilitate its use in confidential fee-based projects. In addition, we participated in exhibitions, visited companies and collaborated with software developers. These efforts led to user fee revenue of 24,814,000 yen from 16 users in FY2017. In FY2016, CEIST and other organizations jointly launched the "Experimental and Computational Fluid Dynamics Sharing Platform" program with support from the MEXT Project for the Creation of Research Platforms and Sharing of Advanced Research Infrastructure. The platform continued to operate through FY2017. During this period, we received 88 inquiries and had 22 platform users. We also held symposiums to promote this program. Through these efforts, we strongly promoted a numerical simulation approach to industry users who had been performing wind tunnel tests as a primary approach. These

techniques and by assisting users to efficiently utilize computational resources.

initiatives also further encouraged industry researchers to use the platform (Figure 1).

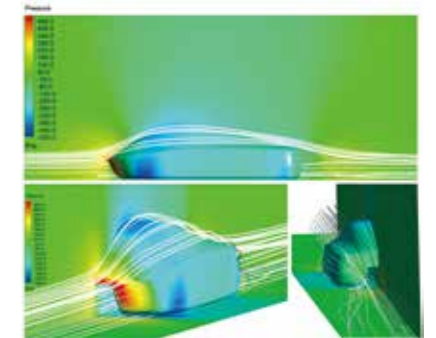


図1: CFD結果の圧力分布(コンター)および流線
Figure 1: Pressure distribution (contours) and streamlines obtained from CFD experiments

海洋地球観測データ・サンプルの管理と公開

Management and dissemination of marine-earth science data and samples

データ・サンプルの管理と公開では、データの識別と引用を容易にし、データ再利用やオープンデータ化を促進するために、平成29年度からデータの識別子としてDigital Object Identifier (DOI)の付与を開始しました。また、機構が保有する膨大かつ様々なデータセットを対象に、発行したDOIについての情報を保管・管理するための「DOI管理システム」を構築しています。今後、機構のデータに対して効率的にDOIを付与できるようにする予定です(図2)。

また、潜航調査では、深海生物や地質・地形、観測機器の設置などを映像や画像として撮影しており、その映像や画像には深海底に沈んだゴミも映っています。海洋ゴミは、世界的にも取り上げられている問題です。その中でも深海底に沈んだゴミはその状態を知る機会が限られるため、「海底ゴミ」が映っている深海映像・画像から抽出したデータを「深海デブリデータベース」としてインターネットに公開しました。公開後、マスメディアや多数のネットニュースで取り上げられ、大量のアクセスや教育関係者による授業でのデータ利用などが行

われました。今後も継続して海洋環境問題へのリテラシー向上のためのデータ利用促進を行うとともに、学術的に利用可能なデータセットの作成などを行っていく予定です(図3)。

In FY2017, we started assigning digital object identifiers (DOIs) to data and samples we manage and publicize in order to make them easier to identify and promote open data initiatives. We are also developing a DOI management system to properly store and manage DOI information to be assigned to vast amounts of JAMSTEC datasets. When completed, the system should enable efficient assignment of DOIs to said data (Figure 2). Dive surveys generate various video and still images, including deep-sea organisms, geological and topological features, observational equipment installed and even marine debris on the seafloor. Marine debris is a serious worldwide issue, but information on debris resting on the seafloor is limited. We therefore extracted debris data from video and still images of the deep ocean and publicized it on the internet as a "Deep-sea Debris Database." This initiative has been covered by mass media and many internet news sites. The database has been accessed by large numbers of people and

used in classrooms. We will continue to encourage public use of our data to raise awareness of marine environmental issues. In addition, we plan to prepare datasets for academic use (Figure 3).



図2: DOI管理システム
Figure 2: DOI management system



図3: 深海デブリデータベース
Figure 3: Deep-sea Debris Database



南海トラフ巨大地震・津波研究への貢献と、地球深部探査船「ちぎゅう」の新たな活用

Contribution to Research on Nankai Trough Megaquakes and Tsunamis and a New Program Using *Chikyu*

地球深部探査センター (CDEX) は、国際深海科学掘削計画 (IODP) の主力船である「ちぎゅう」の運航、科学掘削、科学サービス、技術開発などを総合的に実施しています。

The Center for Deep Earth Exploration (CDEX) conducts a variety of scientific activities, from operating *Chikyu*—the main vessel used in the International Ocean Discovery Program—to scientific drilling and services and technological development.

IODP南海トラフ地震発生帯掘削計画の実施

IODP Expedition: “Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE)”

IODP第380次研究航海「南海トラフ地震発生帯掘削計画」(平成30年1月12日～2月7日)を実施しました。本研究航海では、南海トラフのプレート境界断層前縁に位置するC0006地点において、海底下495mまで掘削し、南海トラフで3地点目となる長期孔内観測システム(LTBMS)の設置に成功しました。LTBMSは、歪計や圧力計などの複数の観測センサーで構成され、地殻の微小な変動を高感度かつ高精度に観測することができます。今回設置したLTBMSは、他のLTBMS同様、地震・津波観測監視システム(DONET)に接続され、リアルタイムで孔内観測データを取得しています。

which is located in the frontal thrust zone of the Nankai Trough, and successfully deployed the third Long-Term Borehole Monitoring System (LTBMS) in the Nankai Trough. The LTBMS, consisting of a strainmeter, a pressure sensor and other sensors, is capable of sensitively and



accurately observing subtle changes in the Earth's crust. The LTBMS installed on this expedition is connected to the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET) in the same manner as the other previously installed LTBMSs, enabling borehole observation data to be obtained on a real-time basis.

図1：孔口装置(LTBMSの海底面より上の部分)の準備作業。掘削した孔にLTBMSを挿入し、セメントで固定した後、掘削孔の最上部に孔口装置を設置します。この孔口装置にDONETの海底ケーブルを接続します。

Figure1 : Preparing the LTBMS head (the portion of the LTBMS that rests above the seafloor). After inserting the LTBMS into the borehole and fixing it with cement, the LTBMS head was installed at the top of the hole. The LTBMS head is connected to the DONET with submarine cables.

The IODP Expedition 380 Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) was carried out from January 12 to February 7, 2018. During this Expedition, we drilled as deep as 495 m beneath the seafloor at Site C0006,

地球深部探査船「ちぎゅう」を用いた表層科学掘削プログラムの開始

Launch of the *Chikyu* Shallow Core Program

平成29年度より、「地球深部探査船「ちぎゅう」を用いた表層科学掘削プログラム(SCORE)」を開始しました。SCOREは、「ちぎゅう」が回航や掘削機器の試験等で海域に出る機会を有効活用し、短期間で実施できる海底表層(海底下100m程度まで)の科学掘削を行う新しいプログラムです。日本国内の地球掘削科学コミュニティに対して、「ちぎゅう」を用いた科学掘削の機会を増やすことを目的としています。本プログラム最初の研究航海として、海底下生命圏が急激な環境変化に適応・進化しているのかを解明することを目的とした、第910次研究航海「えりも岬西方沖掘削」(平成29年9月19日～9月23日)を実施しました。

The *Chikyu* Shallow Core Program (SCORE) was launched in FY2017. SCORE is a new program aimed at using the *Chikyu*'s excursions and cruises to conduct typically short-term, shallow scientific drilling experiments (drilling to depths of approximately 100 m beneath the seafloor). The program is intended to increase opportunities for the domestic scientific drilling community to engage in scientific drilling with *Chikyu*. Expedition 910 Drilling off the west coast of Cape Erimo (September 19 to 23, 2017)—the first project in this program—examined whether the subsurface biosphere has been able to evolve and adapt to rapid environmental changes.



図2：船上に回収されたコア試料。コアカッティング・エリアで約1.5mずつに切断され、分析を行う研究区画へ運ばれます。

Figure2 : Retrieval of a core sample on deck. The sample was cut into pieces approximately 1.5 m long in the core cutting area. The cut samples were then brought to the onboard lab for analysis.

「ちぎゅう」船上におけるオマーン陸上掘削コア分析の実施

Analysis of Oman Core Samples on *Chikyu*

国際陸上科学掘削計画(ICDP)のもとで、アラビア半島南東部に位置するオマーン国北西部に存在するオマーンオフィオライト(過去の海洋地殻～上部マントルが陸上に露出している)を複数地点で掘削するプロジェクトが実施されました。当該プロジェクトで掘削、採取された岩石コア試料約1,500mの詳細な記載や分析を、手法及び設備が整っている「ちぎゅう」の研究区画で平成29年7月15日～9月15日に実施しました。IODP研究航海における多国籍・大人数による船上研究作業のノウハウと船上の研究機器類を最大限に活用するとともに、将来のマントル掘削等に向け、硬質岩の分析手法等を習得しました。

As part of the International Continental Scientific Drilling Program (ICDP), we carried out a project to drill in multiple locations in the Oman Ophiolite (a formation of oceanic crust and upper mantle uplifted and exposed above sea level), which is located in northwestern Oman on the southeastern coast of the Arabian Peninsula. From July 15 to September 15, 2017, the approximately 1,500 m of rock core samples that had been bored and collected were described and analyzed in *Chikyu*'s onboard lab, which had the techniques and facilities necessary. The project was a success due to the full utilization of *Chikyu*'s research equipment by a large team of multinational researchers with a wealth of operational

knowhow gained through the IODP expeditions. At the same time, the crew also learned methods of analyzing hard rock that can be used in future mantle drilling.



図3：オマーンオフィオライト基底部の炭酸塩岩化した変かんらん岩

Figure3 : Carbonated peridotite sampled from the bottom of the Oman Ophiolite

賛助会について Supporting Member System (JAMSTEC Partners)

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）発足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、会員の皆様とは海洋に関する研究開発を共に盛り上げていくパートナーシップで結ばれています。

With an aim to create a core institution for research and development in the field of ocean science and technology, the Japan Marine Science and Technology Center, the predecessor of JAMSTEC, was established in October 1971 thanks to the close cooperation and support of industry, government, and academia. The Center's founding was approved pursuant to the Japan Marine Science and Technology Center Act, promulgated in response to a proposal by the Japan Business Federation. In addition, a supporting member system (JAMSTEC Partners) was formed to broaden understanding and seek R&D support. This system allows JAMSTEC and JAMSTEC Partners to leverage donations from various industries and organizations to jointly promote the development of Japan's ocean science and technology. JAMSTEC Partners has maintained a close relationship with supporting members to advance oceanographic R&D.

会員特典 Membership Privileges

当機構の研究開発成果を会員の皆様にご活用いただくために、様々な特典を用意しております。

- ・各種セミナーや業務報告会等を通じた**研究開発成果に関する情報提供**
 - ・研究船や有人潜水調査船、無人探査機等、当機構が保有する各種設備や施設をご利用いただくことによる会員の技術開発の支援やご利用にあたっての**各種優遇措置**等、会員の皆様への**事業サポート**
 - ・技術指導等のための指導者派遣による**技術提供**
- 賛助会にご入会いただきますと、これらの特典がご利用いただけます。

Members of JAMSTEC Partners are offered various privileges to use our R&D results.

- ・ Information sharing on the R&D results through various seminars, engineering exchange meetings, etc.
 - ・ Business support for the members, such as support for engineering development using JAMSTEC's equipment and facilities (e.g., research vessels, manned research submersibles and remotely operated vehicles) and preferential treatment of various kinds in their use
 - ・ Technical support through the dispatch of technical advisors
- These privileges are available to members of JAMSTEC Partners.

お問い合わせ Contact

賛助会に関するお問い合わせは、下記へご連絡ください。

国立研究開発法人海洋研究開発機構 東京事務所
イノベーション・事業推進部 イノベーション推進課
住所：〒100-0011
東京都千代田区内幸町2-2-2 富国生命ビル23階
電話：03-5157-3900
FAX：03-5157-3903
E-MAIL：sanjokai@jamstec.go.jp

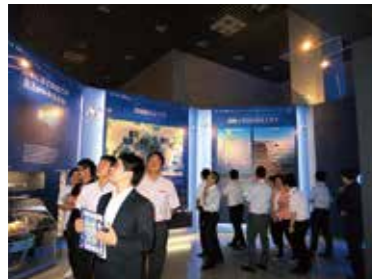
For inquiries about JAMSTEC Partners, please contact us at:

Innovation Promotion Division, Innovation promotion,
Cooperation and Partnerships Department, JAMSTEC Tokyo
Office
Address: Fukokuseimei Bld. 23F, 2-2-2 Uchisaiwaicho,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011 Japan
TEL: +81-3-5157-3900
FAX: +81-3-5157-3903
Email: sanjokai@jamstec.go.jp

賛助会員名簿 List of Supporting Members

2018年3月31日現在

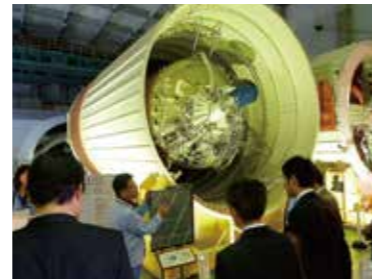
株式会社IH	相模運輸倉庫株式会社	株式会社日放電子
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	佐世保重工業株式会社	日油技研工業株式会社
株式会社アイケイエス	三建設備工業株式会社	株式会社日産電機製作所
株式会社アイウエンタープライズ	三洋テクノマリン株式会社	ニッセイマリン工業株式会社
株式会社アクト	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジー	日東電工株式会社
朝日航洋株式会社	株式会社シーフロアコントロール	日本郵船株式会社
アジア海洋株式会社	株式会社JSP	日本アキュムレタ株式会社
株式会社天野回漕店	JFEアドバンテック株式会社	日本エヌ・ユー・エス株式会社
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	株式会社JVCケンウッド	日本海工株式会社
株式会社安藤・間	シチズン時計株式会社	日本海洋株式会社
泉産業株式会社	シナノン株式会社	日本海洋掘削株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	清水建設株式会社	日本海洋計画株式会社
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	シモダフランチ株式会社	日本海洋事業株式会社
潮冷熱株式会社	ジャパンマリンユナイテッド株式会社	一般社団法人日本ガス協会
株式会社エス・イー・エイ	シュルンベルジェ株式会社	日本軽金属株式会社
株式会社エスイーシー	株式会社昌新	日本サルヴェージ株式会社
株式会社SGKシステム技研	株式会社商船三井	日本水産株式会社
株式会社エヌエルシー	新日鉄住金エンジニアリング株式会社	日本電気株式会社
株式会社NTTデータ	須賀工業株式会社	日本ビューレット・バックカード株式会社
株式会社NTTデータCCS	鈴与株式会社	日本ペイントマリン株式会社
株式会社NTTファシリティーズ	セイコーウオッチ株式会社	日本マントル・クエスト株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	株式会社清友農材センター	日本無線株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	株式会社関ケ原製作所	株式会社ハイドロシステム開発
株式会社OCC	石油開発サービス株式会社	濃中製鋼工業株式会社
株式会社オキシテック	石油資源開発株式会社	ハリマ化成株式会社
沖電気工業株式会社	セコム株式会社	東日本タグポート株式会社
海洋エンジニアリング株式会社	セナーアンドバーンズ株式会社	日立造船株式会社
海洋電子株式会社	株式会社ソリッド・ソリューションズ	深田サルベージ建設株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	損害保険ジャパン日本興亜株式会社	株式会社フログロジャパン
鹿島建設株式会社	第一設備工業株式会社	株式会社フジクラ
株式会社カネカ	大成建設株式会社	富士ソフト株式会社
川崎汽船株式会社	ダイハツディーゼル株式会社	富士通株式会社
川崎近海汽船株式会社	大陽日酸株式会社	富士電機株式会社
川崎重工業株式会社	有限会社田浦中央食品	古河機械金属株式会社
川崎地質株式会社	高砂熱学工業株式会社	古河電気工業株式会社
株式会社環境総合テクノス	株式会社竹中工務店	古野電気株式会社
株式会社キュービック・アイ	株式会社地球科学総合研究所	株式会社ベッツ
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	中国塗料株式会社	松本徽章株式会社
共立管財株式会社	中部電力株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
極東貿易株式会社	千代田化工建設株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社きんでん	株式会社鶴見精機	株式会社マルトー
株式会社熊谷組	株式会社帝国機械製作所	三鈴マシナリー株式会社
クローバテック株式会社	株式会社テザック	三井造船株式会社
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	寺崎電気産業株式会社	三井住友海上火災保険株式会社
株式会社KSP	電気事業連合会	三菱スペース・ソフトウェア株式会社
KDDI株式会社	東亜建設工業株式会社	三菱電機特機システム株式会社
京浜急行電鉄株式会社	東海交通株式会社	三菱重工業株式会社
鉱研工業株式会社	洞海マリンシステムズ株式会社	三菱電機株式会社
株式会社構造計画研究所	東京海上日動火災保険株式会社	株式会社森京介建築事務所
神戸ペイント株式会社	東京製綱繊維ロープ株式会社	八洲電機株式会社
広和株式会社	株式会社東京チタニウム	ヤンマー株式会社
株式会社COAST	東北環境科学サービス株式会社	株式会社ユー・エス・イー
国際石油開発帝石株式会社	東洋建設株式会社	郵船商事株式会社
国際ビルサービス株式会社	株式会社東陽テクニカ	郵船ナブテック株式会社
コスモス商事株式会社	株式会社東和製作所	ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社
株式会社コノエ	トビー工業株式会社	株式会社落雷抑制システムズ
株式会社コベルコ科研	新潟原動機株式会社	株式会社ラジアン
五洋建設株式会社	西芝電機株式会社	株式会社ロボット
株式会社コンポン研究所	株式会社ニシヤマ	



賛助会セミナー
JAMSTEC Partners seminar



体験乗船会
On-board Experience of a research vessel



見学会
Guided tour of research facility

事業所 Offices and Institutes

東京事務所 Tokyo Office

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

GODAC (平成13年開設)
(国際海洋環境情報センター)
Global Oceanographic Data Center
(established in 2001)
〒905-2172
沖縄県名護市字豊原224-3
TEL (0980) 50-0111 (代表)



高知コア研究所 (平成17年開設)
Kochi Institute for Core Sample Research
(established in 2005)
〒783-8502
高知県南国市物部乙200
TEL (088) 864-6705 (代表)



むつ研究所 (平成7年開設)
Mutsu Institute for Oceanography
(established in 1995)
〒035-0022
青森県むつ市大字関根字北関根690
TEL (0175) 25-3811 (代表)



横浜研究所 (平成14年開設)
Yokohama Institute for Earth Sciences
(established in 2002)
〒236-0001
神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
TEL (045) 778-3811 (代表)



横須賀本部 (昭和46年開設)
Yokosuka Headquarters
(established in 1971)
〒237-0061
神奈川県横須賀市夏島町2-15
TEL (046) 866-3811 (代表)



JAMSTEC 国立研究開発法人
海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology