

JAMSTEC

Annual Report

2016

国立研究開発法人海洋研究開発機構
平成28事業年度 年報



JAMSTEC

2016 Annual Report

国立研究開発法人海洋研究開発機構
平成28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	Overview, Personnel	3
予算、外部研究資金・連携協定	Budget, External research funding, Partnership agreements	4
国際協力	International Cooperation	5
広報活動	Public relations activities	7
組織図	Organization chart	9
主要施設・設備	Research Facilities	11
各課題の概要および当該年度の主な成果 Outlines of Topics and Notable Achievements in FY2016		
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	19
3 海域地震発生帯研究開発	Research and development on seismogenic zones	25
4 海洋生命理工学研究開発	Research and development on marine biosciences and engineering	29
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	35
6 先端的融合情報科学の研究開発	Research and development on advanced integrated information science	39
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	43
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	47
2 情報基盤の運用	Management of information infrastructure	49
3 「ちきゅう」の運用 及びIODPの推進	Operation of <i>Chikyu</i> and promotion of IODP	53
賛助会について	Supporting Member System (JAMSTEC Partners)	55

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28年度に中期計画の策定から3年目を迎え、ちょうど折り返し地点となりました。今後、中期目標・中期計画の達成を目指して取り組みを加速させ、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てまいります。

平成28年3月に引き渡しにあった、海底広域研究船「かいめい」ですが、平成28年5月18日、東京港において、眞子内親王殿下のご臨席を賜り、竣工披露記念式典を執り行いました。本年度は、操船及び調査観測機器操作の慣熟訓練、機器の確認試験、研究室の機能確認などを行っています。乗組員、研究者、技術者が一丸となって、「かいめい」の性能を最大限に引き出せるよう奮闘しております。

地球深部探査船「ちきゅう」は、高知県室戸沖の南海トラフのプレート沈み込み帯先端部において、現在の生命温度限界（約120℃）を超える130℃以上の現場温度における地下生命圏の限界を探ることを目的とし、室戸沖限界生命圏掘削調査（IODP第370次研究航海：通称T-Limit）に挑みました。科学番組での紹介など、メディアの注目も非常に高く、これからの研究成果が待たれるところです。

また、研究分野においては、西之島より大陸地殻の起源を類推したこと、北極におけるブラックカーボンの検出、D-アミノ酸を食べる微生物の発見など、世界を驚かせる成果が上がっています。

これら、研究活動を推進していくことと共に、わが国の将来を決定づけるような国策に対しても、提案し、研究開発を行ってゆくことが機構に期待されていることだと考えております。それには、機構の持っている総合力、すなわち、科学、技術、運用、経営そしてネットワークの力を発揮することが必須であります。停滞せずに、自らの足下を見つめるとともに、関連各社、連携大学や機関などとのネットワークをさらに強化して、様々な課題に挑戦したいと思っております。

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。

The Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) has been implementing its mid-term plan. FY2016 marks the third year and the halfway point of the implementation. We aim to solve issues that humankind faces today, promote Japan's sustainable growth and facilitate sound social development by accelerating our research and development efforts in line with JAMSTEC's mid-term goals and plans. The wide-area submarine research vessel *Kaimei* was transferred to JAMSTEC in March 2016. The vessel's completion ceremony was held in the Port of Tokyo on May 18, 2016, with the attendance of Princess Mako of Akishino. During FY2016, we held advanced training sessions involving maneuvering of *Kaimei* and operation of its survey and observation instruments. In addition, we inspected various pieces of equipment installed on the vessel and laboratory functions. Crew members, researchers and technicians worked together to optimize the performance of *Kaimei*.

We made IODP Expedition 370 to investigate the temperature limit (T-limit) of the deep biosphere off the coast of Cape Muroto by carrying out drilling surveys using the deep-sea drilling vessel *Chikyu*. Drilling was conducted through sub-seafloor strata of 130°C or higher—exceeding the currently known upper biosphere temperature limit of approximately 120°C—at the edge of the Nankai Trough subduction zone off the coast of Cape Muroto. This project is attracting a great deal of media attention—it was featured on scientific TV programs. We are looking forward to seeing the final research results in the near future.

Other recent research accomplishments that surprised the world include the formulation of a novel hypothesis on the origin of the continental crust based on research on Nishinoshima Island, the detection of black carbon in the Arctic and the discovery of microorganisms that consume D-amino acids.

In addition to continuing research and development efforts, we intend to offer our suggestions on national policies which may have great impacts on Japan's future. In order to achieve these visions, we must tap into the power of science, technology, operation, management, and networking. We will firmly take steps forward without hesitation as we address various issues while strengthening the network with relevant companies, universities, and organizations.

We would deeply appreciate your continued support, understanding and encouragement.



海洋研究開発機構の概要

事業概要 Overview

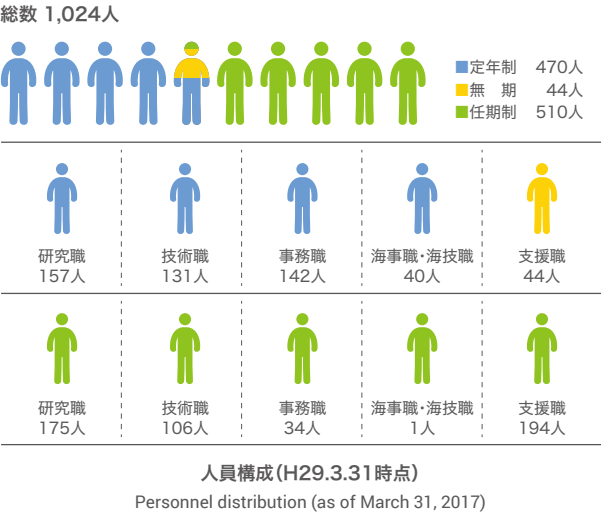
国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下「当機構」という）が果たすべき役割は、人類社会に対し、様々な影響をもたらす海洋を中心とした地球環境の変化に関する科学的知見の創出です。このため、当機構は海洋・地球・生命を1つのシステムとして捉え、種々の時間・空間スケールから成る様々なプロセスを定式化することにより、海洋・地球・生命システムの統一像の解明を目指し、人類的課題の解決や我が国の将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するための研究開発を推進します。

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（1,074→1,024）。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：224→175、技術職：133→106）、定年制職員が増加しています（研究職：130→157、技術職：117→131）。

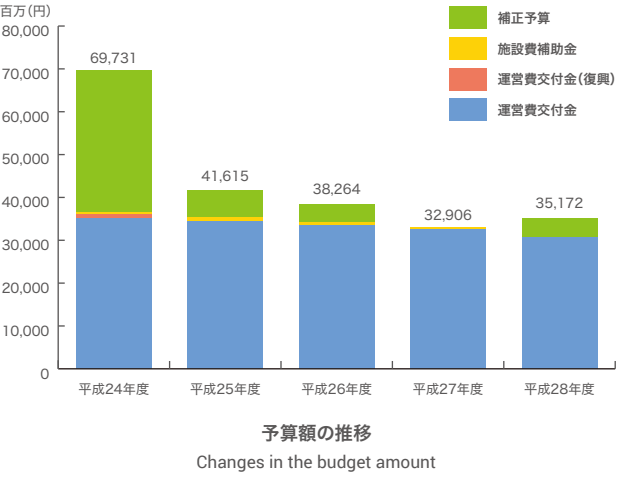
The total number of JAMSTEC personnel decreased from 1,074 in FY2016 to 1,024 in FY2017. Looking at the composition by job category, both researcher and technician categories saw a decrease in the number of fixed-term employees (researchers: from 224 to 175; technicians: from 133 to 106) and an increase in the number of regular employees (researchers: from 130 to 157; technicians: from 117 to 131).



予算 Budget

平成24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。施設整備費補助金及び船舶建造費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。

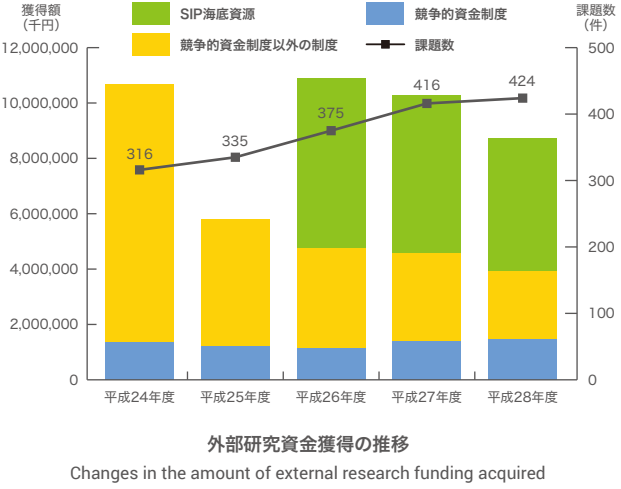
The following bar chart illustrates changes in JAMSTEC's budget over the past five years. While the amounts of subsidies JAMSTEC receives to cover facility maintenance and shipbuilding expenses vary from year to year, the amounts of operational grants are decreasing every year. Thus, JAMSTEC needs to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



外部研究資金 External research funding

外部研究資金の獲得に関しては、獲得課題数の増加傾向が続いています。平成28年度は、獲得額は全体としては前年度と比べ減少しましたが、競争的資金制度では、2つの制度で機構として初めての採択となるなど獲得課題数・獲得額とも増加しました。

The number of projects that acquired external research funding continued to grow. Although the total amount of external funding acquired in FY2016 decreased from FY2015, a greater number of research projects were approved in FY2016, partly because for the first time two competitive funding sources funded JAMSTEC-proposed projects.



連携協定 Partnership agreements

大学・研究機関等と協力して教育・研究にあたっています。

JAMSTEC is working on education and research 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	神戸大学	H24.12.20
会津大学	H18.07.27	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
石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC)	H19.07.23	和歌山県	H25.09.05
神戸大学・兵庫県立大学	H19.08.06	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
産業技術総合研究所 (AIST)	H20.03.07	防衛装備庁	H26.03.27
東京海洋大学	H21.03.18	高知大学	H26.03.28
日本分析センター	H21.04.01	北海道大学	H27.09.01
横浜国立大学	H22.01.27	八戸工業大学	H27.09.24
地方独立行政法人青森県産業技術センター	H23.07.12	京都大学	H27.10.15
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	H24.02.06	神奈川県立海洋科学高等学校	H28.01.19
東北大学	H24.10.16	水産研究・教育機構	H28.02.17

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明に貢献し、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、あるいは海外の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。

In order to contribute to efforts to unravel such issues as global environmental change, including climate change, and to promote more effective and efficient ocean observation and research, JAMSTEC promotes international joint projects, and builds and maintains good cooperative relationships with United Nations bodies and other international organizations, as well as overseas research institutions.

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、当機構内に「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、IOCで運用される海洋生物地理情報システム（OBIS）について、第6回運営委員会を当機構の国際海洋環境情報センターで開催しました。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。

国連に関係する活動としては、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への対応を行いました。

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、ロシアで開催された第13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。第9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」にも専門家を派遣し、それぞれの取り組みに貢献しました。

茨城県つくば市で開催されたG7科技大臣会合では、「つくばコミュニケ」に貢献するほか、展示を通して各国の政策決定者とコミュニケーションをとりました。また、「海洋の未来」の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。

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. At the council, the representative provided expert opinions and coordinated with and collected information from other national governments. These activities facilitated the IOC's decision-making processes. In addition, JAMSTEC held the sixth steering committee meeting at its Global Oceanographic Data Center to discuss the Ocean Biogeographic Information System (OBIS) operated by the IOC. Since FY2013, JAMSTEC member has periodically served as an IOC secretariat

member and performed major tasks at the IOC Headquarters. As far as UN-related activities are concerned, JAMSTEC also participated in the UN Regular Process for the Second World Ocean Assessment and joined discussion about a new legal framework to preserve biodiversity in areas beyond national jurisdiction. At the 13th plenary meeting of the Group on Earth Observations (GEO), an intergovernmental body comprised of more than 100 countries, which was held in Russia, 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 ninth GEOSS-Asia-Pacific Symposium. Moreover, JAMSTEC has also sent experts and made contributions to the efforts of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and the international expert panel of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. At the G7 Science and Technology Ministers' Meeting in Tsukuba, Ibaraki, JAMSTEC contributed to the formulation of the Tsukuba Communiqué and communicated with policymakers from various countries during the special exhibition event. JAMSTEC also dispatched an expert to a follow-up discussion on scientific initiatives to address issues concerning "the future of the seas and oceans."

海外研究機関等との協力

Cooperation with Overseas Research Institutions

平成28年度は海外研究機関等との協力を進め、5機関と機関間協力覚書等の取り交わしを行いました。また、2件のメンバーシップ協定及び8件の海外研究機関等との共同研究を締結しました。

また、仏国立海洋開発研究所と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 FY2016, JAMSTEC strengthened cooperation with overseas research institutions by signing memorandums of cooperation with five organizations. It also concluded two membership agreements and signed joint research agreements with eight overseas research institutions and others. JAMSTEC has also promoted its efforts to strengthen cooperation with relevant organizations, such as holding regular meetings with the French Research Institute for Exploitation of the Sea (IFREMER) to discuss the promotion of research cooperation between the two institutions.

【連携協定／MOU】 [Partnership agreement/MOU]

India	The Ministry of Earth Sciences of the Republic of India
Indonesia	The Agency for the Assessment and Application of Technology of the Republic of Indonesia
Korea	Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources
Norway	Institute of Marine Research
USA	Scripps Institute of Oceanography

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、研究集会への参加や開催、国際研究計画に基づく観測・調査活動等を行いました。

As a member of international research projects, including the International Ocean Discovery Program (IODP), Argo Program, and World Climate Research Programme focusing on the variability and predictability (CLIVAR), JAMSTEC participated in and hosted various research meetings, and it carried out observation and investigation activities under international research plans.



日印首脳を前にインド地球科学省との研究協力に係る文書を締結
Representatives of JAMSTEC and the Indian Ministry of Earth Sciences sign a research cooperation agreement in the presence of the Japanese and Indian prime ministers



★機関間協力覚書：24機関+2コンソーシアム
★機関間協力意図表明文書：3機関
■緑塗国：機関間協力覚書、機関間協力表明文書、もしくは機関間の共同研究実施取決めを締結している国

平成28年度末における連携協定、共同研究の締結状況

Partnership agreements and joint research agreements signed as of the end of FY2016

その他 Others

駐日フィンランド大使、駐日南アフリカ共和国特命全権大使ご一行、米国スクリpps海洋研究所長等、海外から多くの方々にご訪問いただきました。

Many officials of other countries paid visits to JAMSTEC, including the Ambassador of Finland to Japan, the Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of South Africa to Japan and his/her associates and the Director of the Scripps Institution of Oceanography in the United States.

広報活動 Public relations activities

当機構では、国民の科学技術に関する理解増進を図ることを目的とし、研究開発成果の情報発信・提供を行うため以下のよう
な普及広報活動を実施しています。

- 機構の研究開発事業への理解増進、海洋科学リテラシーの向上を目的とした施設・船舶一般公開、広報誌発行等
- 国民との直接かつ双方向のコミュニケーションを図る公開セミナー、講演会、子ども向け実験イベント等
- 報道、マスメディアを利用した効果的・効率的な情報発信
- Web、SNS及び映像配信による速報性・拡散性を重視した幅広い情報発信
- 科学館・水族館・博物館等との連携、人材育成プログラムへの協力

- To promote public understanding of science and technology and publicize the results of its R&D activities, JAMSTEC has been engaged in the following public relations activities.
- Opens its facilities and vessels to the general public and issues a public relations magazine to increase public understanding of JAMSTEC's R&D projects and improve marine science literacy of the general public
 - Holds open seminars, lectures and experiment events for children to directly and mutually interact with the general public
 - Effectively and efficiently disseminates information by means of press reports and mass media
 - Speedily and widely disseminates information by means of the internet, SNS and video distribution
 - Coordinates with science museums, other types of museums and aquariums and supports human resources development programs

海底広域研究船「かいめい」初めての一般公開
First public exhibition of the wide-area submarine
research vessel *Kaimei*

毎年各拠点の施設一般公開及び常時見学受入を実施しており、平成28年度は横須賀本部、横浜研究所、むつ研究所、高知コア研究所、GODAC（名護）で計4万人を超える見学者の方々にお越しいただきました。5月に開催した横須賀本部施設一般公開では研究施設や探査機の整備場公開に加え、平成28年3月に就航した海底広域研究船「かいめい」の一般公開を初めて行いました。海底資源の分布等、海底の広域調査を効果的に行う最新鋭の研究船に、多くの注目が集まっていました。

Every year, JAMSTEC opens its research facilities to the general public on a temporary or constant basis. A total of more than 40,000 people visited one or more of the following facilities during FY2016: 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 (Nago City). When the Yokosuka Headquarters was opened to the public in May, visitors were allowed to observe its research facilities and maintenance of an underwater vehicle. In addition, the wide-area submarine research vessel *Kaimei*, which was commissioned in March 2016, was displayed to the general public for the first time. The state-of-the-art vessel capable of effectively surveying submarine resource distribution, etc. over large seafloor areas attracted a great deal of attention.



横須賀本部の棧橋で一般公開された海底広域研究船「かいめい」
Public exhibition of the wide-area submarine research vessel *Kaimei* at the pier of the Yokosuka Headquarters

各拠点の展示施設を利用した科学コミュニケーション
Science education events at JAMSTEC exhibition facilities

横浜研究所 地球情報館では、毎月第三土曜日に公開セミナーや子ども向けイベントを開催し、海と地球科学をテーマに研究者・技術者から最新のトピックスを届けるほか、水圧実験や工作教室を通して海洋に親しみ、科学技術に関心を持っていただける機会を提供しました。また、12月には福島市で、3月には静岡市で科学館・博物館と連携した「海と地球の研究所セミナー」を開催し、一般を対象に最新の研究開発成果を紹介しました。

The Earth Science Museum of the Yokohama Institute for Earth Sciences held open seminars and events for children on the third Saturday of each month. Researchers and technicians talked about the latest topics related to oceans and earth science. In addition, water pressure experiments and handicraft classes provided participants with opportunities to increase their familiarity with oceans and interests in science and technology. JAMSTEC also held seminars on oceanic and earth science research in Fukushima City (December) and Shizuoka City (March) in collaboration with science museums and other types of museums. The seminar presented the latest R&D results produced by JAMSTEC to high school students and older audiences.

新たにJAMSTEC Facebookページを開設
New JAMSTEC Facebook page launched

当機構は、研究開発成果を効果的・効率的に発信するため、マスメディアの活用に注力しています。一例として、NHKスペシャル「MEGA CRISIS 巨大危機～脅威と戦う者たち～」への取材協力によって、南海トラフ長期孔内計測研究の成果が紹介されました。また、海洋科学技術ファン拡大を目的に新たにFacebookページを開設し、速報性・拡散性を重視した情報発信を強化しました。

JAMSTEC uses mass media as a means of effectively and efficiently publicizing its R&D results. For example, results of its long-term borehole monitoring at the Nankai Trough were covered in an NHK special documentary titled "Mega crisis—the people who combat the threats." In addition, JAMSTEC established its new Facebook page enabling speedy and wide dissemination of information, intending to increase people's interest in marine science and technology.



Facebook「JAMSTECページ」
JAMSTEC Facebook page

子どもたちが水族館飼育員と一緒に研究船で航海
Children ride on a research vessel with aquarium keepers

海洋への夢や憧れ、興味を高めることを目的に、全国の小学生を対象に「ハガキにかこう海洋の夢コンテスト」を実施しています。第18回を迎えた今年は上位入賞者の特典として、7月に学術研究船「白鳳丸」への体験乗船を実施しました。研究船での生活、船員との会話、調査装置を使った生物採取、海の生物を専門とする水族館飼育員からのレクチャーなど、海の研究の一端を知る貴重な機会となりました。

To increase the interest of elementary school students in the oceans, JAMSTEC has been hosting a contest in which students across Japan are encouraged to draw a picture on a postcard, expressing their ocean-related dreams. The winners of the 18th contest held this year were specially invited to ride on the research vessel *Hakuho Maru* in July. They were provided with valuable opportunities to experience a little flavor of what marine research is like through various activities, such as experiencing the daily routine on a research vessel, talking with crewmembers, collecting marine organisms using survey equipment and receiving lectures from aquarium keepers.



第18回「ハガキにかこう海洋の夢コンテスト」
上位入賞者による学術研究船「白鳳丸」体験乗船

Elementary students who won the 18th contest (drawing a picture on a postcard to express their ocean-related dreams) were invited to ride on the research vessel *Hakuho Maru*.

組織図 Organization chart

役員 Executives

理事長 President	開発担当理事 Executive Director	監事 Auditor
平 朝彦 Asahiko Taira	東 垣 Wataru Azuma	鷲尾 幸久 Yukihiisa Washio
研究担当理事 Executive Director	経営管理担当理事 Executive Director	監事(非常勤) Auditor (part-time)
白山 義久 Yoshihisa Shirayama	篠崎 資志 Motoshi Shinozaki	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	基幹研究領域 Basic Research Area
地球環境観測研究開発センター Research and Development Center for Global Change (RCGC)	大気海洋相互作用研究分野 Department of Coupled Ocean-Atmosphere-Land Processes Research (DCOP)
海洋掘削科学研究開発センター Research and Development Center for Ocean Drilling Science (ODS)	地球表層物質循環研究分野 Department of Environmental Geochemical Cycle Research (DEGCR)
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)	統合的気候変動予測研究分野 Department of Integrated Climate Change Projection Research (ICliP)
海洋生命理工学研究開発センター Research and Development Center for Marine Biosciences	シームレス環境予測研究分野 Department of Seamless Environmental Prediction Research (DSEP)
海底資源研究開発センター Research and Development Center for Submarine Resources	地球深部ダイナミクス研究分野 Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research (D-EARTH)
アプリケーションラボ Application Laboratory (APL)	地球内部物質循環研究分野 Department of Solid Earth Geochemistry (DSEG)
気候変動リスク情報創生プロジェクトチーム Project Team for Risk Information on Climate Change	海洋生物多様性研究分野 Department of Marine Biodiversity Research (BIO-DIVE)
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	深海・地殻内生物圏研究分野 Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research (D-SUGAR)
北極環境変動総合研究センター Institute of Arctic Climate and Environment Research (IACE)	生物地球化学研究分野 Department of Biogeochemistry
むつ研究所 Mutsu Institute for Oceanography (MIO)	数理科学・先端技術研究分野 Department of Mathematical Science and Advanced Technology (MAT)
高知コア研究所 Kochi Institute for Core Sample Research (KOCHI)	
研究推進部 Research Support Department	

開発・運用部門 Development and Operation Sector

海洋工学センター Marine Technology and Engineering Center (MARITEC)	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	企画調整室 Planning and Coordination Office
海洋技術開発部 Marine Technology Development Department	先端情報研究開発部 Advanced Earth Information Research Department
運航管理部 Research Fleet 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
地球深部探査センター Center for Deep Earth Exploration (CDEX)	地球情報技術部 Data Management and Engineering Department
企画調整室 Planning and Coordination Office	国際海洋環境情報センター Global Oceanographic Data Center (GODAC)
運用部 Operations Department	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
技術部 Technology Department	
科学支援部 Science Services Department	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
環境保安グループ Health, Safety and Environment (HSE) Group	
	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	イノベーション・事業推進部 Innovation promotion, Cooperation and Partnerships Department
総務部 General Affairs Department	広報部 Public Relations Department
人事部 Human Resources Department	安全・環境管理室 Safety and Environment Management Office
経理部 Finance and Contracts Department	監査室 Audit Office
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	

主要施設・設備 Research Facilities



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

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



海底広域研究船「かいめい」
Research Vessel *KAIMEI*

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



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

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



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

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



深海調査研究船「かきれい」
Deep Sea Research Vessel *KAIREI*

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



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

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



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

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



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

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



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

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

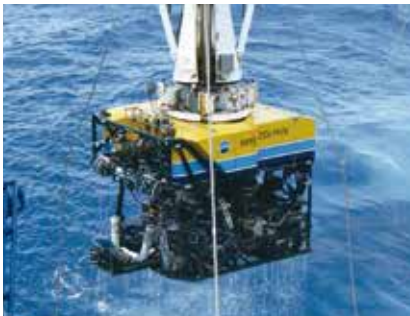
Depth capability:
(Launcher) 11,000 m
(Vehicle (Mk-IV)) 7,000 m
Length/dry weight:
(Launcher) 5.2 m/5.8 tons
(Vehicle (Mk-IV)) 3.0 m/5.5 tons



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

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



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：4,500m
全 長：3.0m
空中重量：3.8トン

Depth capability: 4,500 m
Length: 3.0 m
Dry weight: 3.8 tons



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

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



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

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



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

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



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

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: 1.31petaFLOPS
Main memory capacity:
320 terabytes



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、様々なアプローチにより取り組んでおります。

In recent years, various submarine resources, including submarine hydrothermal deposits, cobalt-rich crusts, REY-rich mud, and methane hydrate, have been discovered in the seas surrounding Japan, which has the world's sixth largest exclusive economic zone. For the sustainable utilization of such resources, JAMSTEC addresses the various initiatives.

- ①最新の調査・分析手法を用いた海洋調査及び室内実験等を実施し、海底資源の形成過程に係る多様な要素を定量的に把握し、形成モデルを構築するとともに、成因を解明します。
- ②海底を広域調査する研究船、有人潜水調査船、無人探査機等のプラットフォーム及び最先端センサー技術を用いた効率的な調査手法を確立します。
- ③環境影響評価については、新たな環境影響評価法の確立に向けた調査研究を行います。
- ④他の研究開発機関や大学、民間企業等との連携を強化するとともに、開発した技術が速やかに実海域調査に活用されるよう、民間企業への技術移転を進めます。

- (i) Quantification of various elements concerning the formation process of the submarine resources through oceanographic surveys and laboratory experiments using the latest survey and analysis techniques, establishment of a formation model, and determination of the causes of the formation of such resources
- (ii) Establishment of efficient survey methods using advanced sensor technologies and various platforms for wide-area surveys on the seafloor, such as research vessels, manned research submersibles, remotely operated vehicles, etc.
- (iii) Surveys and studies for establishing new environmental impact assessment methods
- (iv) Reinforcement of cooperation with other

research institutions, universities and private companies and promoting technology transfer to private companies so that developed technologies can be immediately utilized in practical offshore surveys

海底熱水鉱床の成因解明と調査手法

Clarification of the generation mechanism of submarine hydrothermal deposits and establishment of survey methods

海底熱水活動の循環システムや広がり（規模）の把握を通して、海底熱水鉱床の成り立ちや形成過程の解明に取り組んでいます。また、そのための海底熱水を調査する手法や熱水噴出孔の活用に関する研究にも取り組んでいます。

海底下の硫化鉱体イメージングに向けた測器開発

これまで構築してきた曳航式のアクティブ電気探査装置に加え、パッシブの自然電位計測でも海底下鉱体に由来するとみられる電位異常が観測され、海底下に存在する硫化鉱体のイメージングに活用できることが判りました。この成果はNature PublishingのScientific Reports誌に掲載されました（Kawada and Kasaya, 2017）。そこで、効率的な探査を目指して、中型AUVにも搭載可能な小型の電位計と電流送信装置を開発・海域試験を行い、鉱体に伴う異常をとらえることに成功しました（佐藤ほか, 2017）。また、鉱床有望海域の効率的な絞り込みには、今後、洋上中継器（ASV）を介した複数の自律型無人潜水機（AUV）の運用が想定されており、AUVに搭載可能な小型の人工電流源の開発も行いました。

加えて、SIP次世代海洋資源調査技術で実

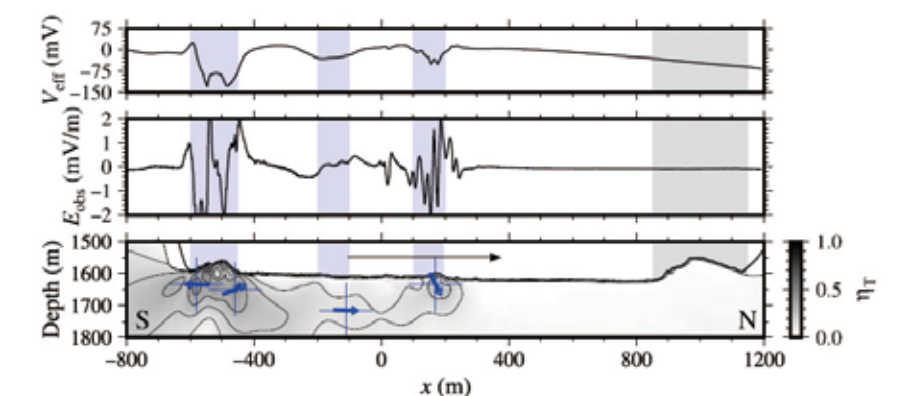
施された民間主体の調査航海において技術移転を進め、産業としての受け皿となる民間が主体となって海底資源調査を行うことが可能であることも示すことができました。

We are working on the clarification of the origin and formation process of submarine hydrothermal deposits through investigations into the circulation system and distribution (scale) of submarine hydrothermal activities. We are also engaged in studies concerning submarine hydrothermal system investigation

methods and the utilization of hydrothermal vents.

Development of measuring devices necessary for imaging of sulfide orebodies under the seafloor

We discovered that both the towable, electrically-driven, active survey equipment we developed and passive measurement of natural electric potential can enable us to observe abnormal electric potentials associated with orebodies under the seafloor. These means, therefore, can be exploited to achieve imaging of sulfide orebodies beneath the seafloor. We



図：観測された電場（中段）から計算された電位データ（上段）で鉱体の位置（紫色ハッチ）に負の異常電位異常が検出された（Kawada and Kasaya, 2017）。

Figure : Based on electric fields observed in the study site (middle), electrical potentials were calculated (top). These results were used to identify locations at which abnormal negative potential differences associated with orebodies were detected (purple areas in the bottom map) (Kawada and Kasaya, 2017).

published these findings in Scientific Reports (Kawada and Kasaya, 2017), a journal of the Nature Publishing Group. We also developed a compact electrometer and current transmitter which can be installed on midsize AUVs—tools for efficient surveys. Using this system, we succeeded in detecting abnormal electric potentials associated with orebodies (Sato et al., 2017). In addition, demands for developing a system in which multiple AUVs can be operated by the intermediary of an autonomous surface vehicle (ASVs) are expected to increase because such system is vital for efficient identification of sea areas potentially rich in mineral deposits. To meet these demands, we developed a compact

artificial current source which can be installed on AUVs. Moreover, we advanced transfer of technologies to private companies when they led a research excursion to carry out the “next-generation technology for ocean resources exploration” project supported by the SIP program. Through this activity, we assured key private companies that they are capable of playing a leading role in submarine resource surveys.



図：小型電位計を搭載したAUV「じんべい」
Figure : AUV Jinbei equipped with a compact electrometer

コバルトリッチクラスト・レアアース泥の成因解明

Clarification of the generation mechanism of cobalt-rich crusts and rare earth mud

調査航海による資源形成場の観測とともに、採取試料の地球化学的、地質学的及び生物化学的な手法による分析を行い、過去の海洋環境の変遷を解析することで成因・形成年代を把握します。さらに原子・分子レベルでの鉱物の形成メカニズムを把握し、有用元素と相互作用する元素の地球化学的挙動に関する理解を進めます。

このようにして得られる様々な情報から有用元素の成因解明に取り組んでいます。

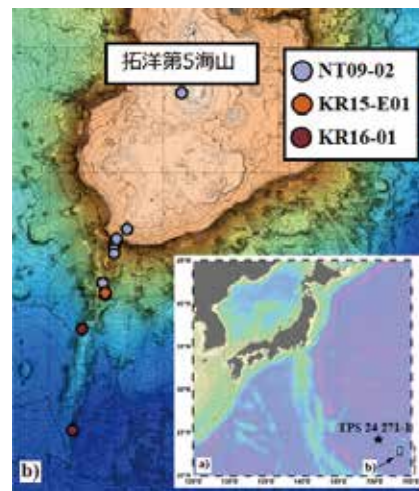
コバルトリッチクラストに含まれるレアアース起源の解明

拓洋第5海山の水深1,100～5,500mから採取したコバルトリッチクラスト表層の試料に含まれるネオジウム(Nd)同位体比と、南鳥島南方で採取した海水試料のNd同位体比組成をそれぞれ分析し、それらが誤差範囲で一致していることを示しました。この結果は、Ndを含むレアアースは海水を起源としていることを示唆しており、これまでの碎屑物を起源とする説を否定する結果を得ました。

このように同位体を利用した手法を用いることで、コバルトリッチクラストに濃集する多くの元素の起源が海水であるかを判断することが可能となります。

We made research excursions to observe areas where natural resources were abundant and analyzed collected samples using

geochemical, geological and biochemical methods. We then analyzed these data to determine historical change in the marine environment. Through these activities, we determined mechanisms involved in formation of cobalt-rich crusts and rare earth mud and dated their formation. In addition, we studied these mechanisms at the atomic and molecular levels and advanced our understanding about the geochemical behavior of certain elements that interact with the elements of interest. We are currently analyzing a variety of information obtained from these studies to determine mechanisms by which elements of interest were produced.

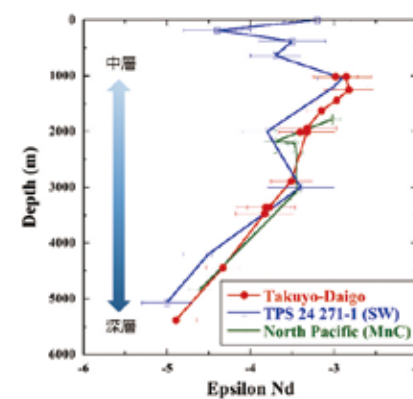


図：拓洋第5海山の位置と使用した試料の採取箇所(水深1,100～5,500m)

Figure : Location of #5 Takuyo Seamount and sampling locations (at the depths of 1,100 to 5,500 m)

Investigation into the origin of rare-earth elements in cobalt-rich crusts

We analyzed the ratios of neodymium (Nd) isotopes sampled from the surface layer of cobalt-rich crusts of #5 Takuyo Seamount at the depths of 1,100 to 5,500 m. We also analyzed Nd isotope ratios in seawater sampled in areas south of Minamitorishima Island. We found that ratios of Nd isotopes collected from these two sites matched within the margin of error. These results indicated that seawater is the origin of cobalt and other rare-earth elements, which contradicts the conventional theory that clastics are the origin. The isotopic technique enabled us to determine that many abundant elements in cobalt-rich crusts originated from seawater.



図：拓洋第5海山の試料と周辺の海水のネオジウム同位体比組成の分析結果(Amakawa et al., 2017)

Figure : Comparison of Nd isotope ratios between crust samples from #5 Takuyo Seamount and seawater samples from the neighboring area.

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

当機構では、海底下に存在する天然ガスや石炭、メタンハイドレートなどの炭化水素資源の成因解明に向けて、海底下の炭素循環や資源エネルギーへと資源化する地球の生態系プロセスを理解し、将来の持続的な炭素・エネルギー循環システムの構築に貢献します。

「ちきゅう」で掘削された海底下2kmの石炭層から様々な生命活動シグナルを発見

地球深部探査船「ちきゅう」で掘削した下北沖の堆積物コアサンプルを用いて、メタンを生成する微生物の活動を明らかにするため、微生物学・生物地球化学に関する詳細な分析を実施しました。この結果、海底下約2kmから採取されたパイライトを含む石炭層から微生物の代謝を示す硫黄同位体組成と代謝

活性が検出されるなど、有機物を分解しメタンを生成する従属栄養型の微生物生態系が海底下2km・約2,000万年前の石炭層にまで広がっていることを示す複数の生命活動のシグナルを発見しました。

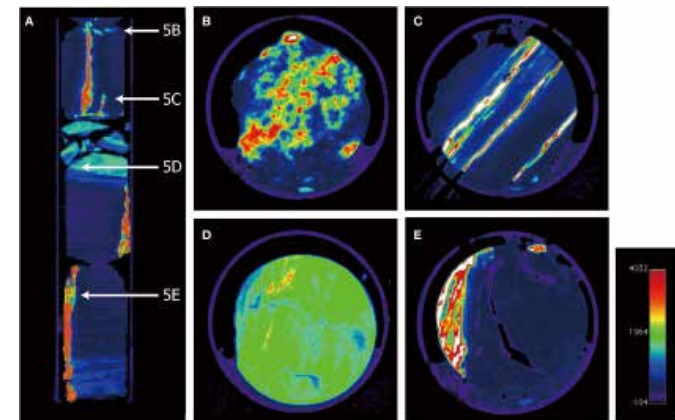
さらに、海底石炭層から約2,000万年前の堆積環境(森林・湿原)に由来すると推測される複数の「古代カビ」の培養に成功しました。

To understand mechanisms by which hydrocarbon resources—such as natural gas, coal and methane hydrate—are produced beneath the seafloor, JAMSTEC studied carbon cycles under the seafloor and the Earth's ecological processes by which carbons are converted into natural resources and energy. The results of these studies may facilitate the establishment of sustainable carbon and energy cycle systems in the future.

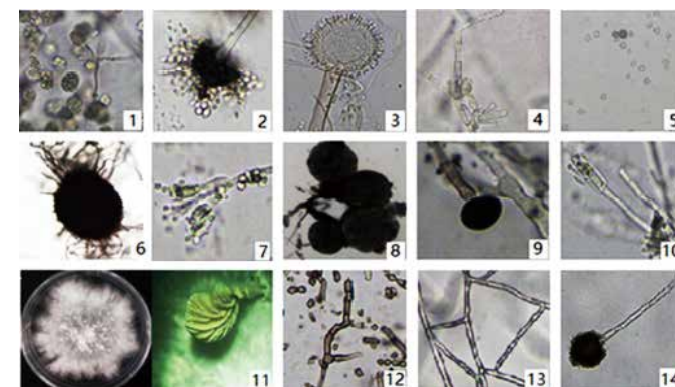
Detection of various signs of biological

activities from coalbed samples collected 2 km below the seafloor using Chikyu

We conducted detailed microbiological and biogeochemical analyses to understand the activities of methane-producing microorganisms using sediment core samples collected by *Chikyu* off the coast of Shimokita Peninsula. We examined pyrite-containing coalbed samples of approximately 20 million years old which were collected at a depth of approximately 2 km below the seafloor. As a result, we detected multiple signs—including sulfur isotope compositions of the samples and metabolic activities detected in them—indicating the existence of ecosystems involving heterotrophic microorganisms capable of decomposing organic matter to produce methane. We also succeeded in culturing several types of “primitive molds” which are presumably associated with the submarine coalbed sediment of approximately 20 million years old (derived from forests and wetlands).



図：「ちきゅう」で掘削されたコアサンプルの分析結果
Figure : Results of analyzing core samples collected using Chikyu



図：分離された世界最深の海底下真核生物となる多様なカビ類
Figure : Various types of molds discovered and isolated in this research, representing eukaryotes known to exist at the greatest depth below the seafloor

環境影響評価手法の構築

Establishment of environmental impact assessment methods

海底鉱物資源の持続的な利活用のためには、成因研究や技術開発とともに、社会と科学技術を結ぶインターフェースとなる環境影響評価の取り組みが不可欠です。本研究課題では、これまでの環境影響評価よりも正確で、使いやすく、応用性が高い方法として、環境メタゲノム、ハビタットマップ、生態系モデルあるいはイメージングフローサイトなどの実用化に取り組んでいます。

イメージングフローサイトを利用したメ
イオファウナの迅速調査手法の開発

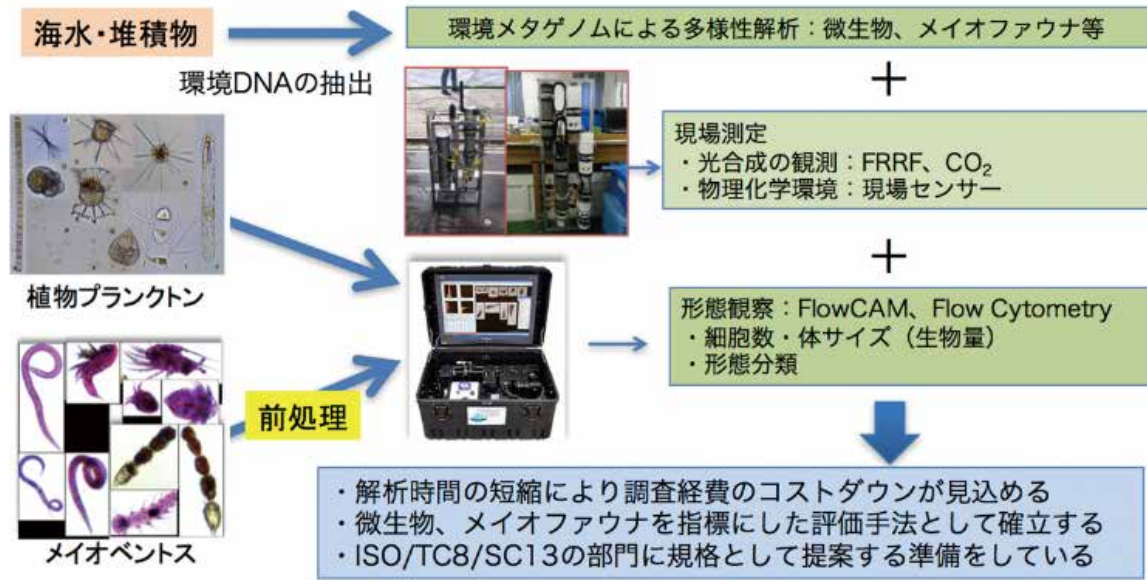
イメージングフローサイト (IFC) はプランクトン調査に利用されている装置で、自動的に画像記録、サイズ計測及び個体計数を行うことが出来ます。本課題ではこの装置を、堆積物中のメイオファウナに応用するための手法確立に取り組んでいます。従来、メイオファウナについては熟達した分析者が顕微鏡下で分別、同定及び計測作業を行なっていましたが、

個人のスキルに依存するうえ、データの共有化が困難でした。これに対してIFCによる分析では、画像データを多数の分析者が共有できるので、客観的な比較も可能になります。さらに1検体に数時間を要していた分析時間を数分で終わらせるなど、大幅な時間短縮が期待できます。これまでのところ、調査航海で得た試料を用いて、精度と有効性について確認することが出来たので、現在特許の申請を進めています。

To achieve sustainable utilization of submarine mineral resources, it is vital to investigate mechanisms by which minerals are produced, develop new technologies and conduct environmental impact assessment which takes social needs into account and exploits science and technology. In this research project, we are aiming to achieve practical use of new environmental assessment techniques that are more accurate, easier to use and have a greater range of application compared to conventional techniques. They include metagenomics, habitat mapping, ecosystem modeling and imaging flow cytometry.

Development of a quick meiofauna survey technique using imaging flow cytometry

Imaging flow cytometry (IFC)—which has been used for plankton surveys—is capable of automatically recording images of samples and measuring sizes and counting the number of target objects. In this project, we are developing a technique to make IFC compatible with surveys of meiofauna in sediments. Conventionally, sorting, identification and measurement of meiofauna have been achieved by experienced analysts using a microscope. However, due to different skill levels between analysts, objective comparison of their data has been difficult. However, image data produced by IFC can be shared among different analysts for objective comparison. In addition, the use of IFC can greatly reduce the time of analysis, from several hours to several minutes per sample. We have confirmed the accuracy and effectiveness of IFC in analyzing samples obtained from a research excursion, and are preparing for patent application.



図：イメージングフローサイトを利用したメイオファウナの調査手法
Figure : Meiofauna survey technique using imaging flow cytometry



地球環境変動のシグナルをとらえる

Detecting signals of global environmental change

本課題では、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当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 project, 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.

地球環境変動の理解と予測のための観測研究

Observations and studies for understanding and predicting global environmental changes

海洋酸性化により海洋炭酸塩生物の殻密度が低下

X線で物体を3Dでイメージングする装置（マイクロX線コンピュータトモグラフィー：MXCT）を使って、世界に先駆けて開発した炭酸塩骨格を持つプランクトンの炭酸塩密度を測定する手法により、北太平洋亜寒帯域で採取された時系列の浮遊性有孔虫の炭酸塩骨格密度を定量的に見積もった結果、特に冬から春先にかけてプランクトンの骨格密度が低下し、最大で30%も密度の低下が生じていることを明らかにしました。

この結果は、冬季に低下する表層～亜表層のpHの季節変化に応答して、炭酸塩生物が骨格密度を低下させていることを示唆するものです。今後この結果を骨格密度の低下に伴う生存率の影響及びそのデータを生態系モデルへ組み込むことで、酸性化に伴う生態系への影響予測に資することが期待されます。

北極環境変動研究の推進

近年北極域は、世界に先駆けて海洋酸性化が進行し生態系への影響が懸念され、また、地球全体の気候や環境に大きな影響を与えることも明らかになっています。さらに、航路

や資源開発の可能性も検討されているなど、持続可能な利用に向けて科学技術による貢献が求められています。

当機構では、北極環境変動総合研究センターにおいて、統合的な北極研究推進に取り組んでいる他、我が国の北極域研究のナショナルフラッグシッププロジェクトである文部科学省の補助事業「北極域研究推進プロジェクト」（ArCS）においても副代表機関として参画しています。

今年度は、海氷減少や低気圧の活発化に伴う二酸化炭素フラックスの海洋吸収量（180TgC/年）について、これまでの観測データを取りまとめて解析することで、海盆スケールで推定することに成功しました。また、モデル計算の結果から、北極海の水氷減少が秋季の雲量増加を起こしており、この秋季の雲量の増加による下向き長波放射量の増加が秋季から春季の水氷減少を更に促進させるという過程を明らかにする等、いまだ科学的知見の乏しい北極研究について重要な成果を得ました。

また、北極海における海水下観測用小型AUVの自律航走に日本で初めて成功し、海水下の塩分、水温、照度、溶存酸素量などの観測データの取得と、海水下の映像の撮影を行うなど北極域研究のための観測強化に取り組みました。

Reduced shell density in marine calcifiers due to ocean acidification

We developed the world's first technique to measure carbonate density in plankton with carbonate shells using an X-ray micro-computed tomography scanner capable of three-dimensional imaging of an object using X-rays. We then used the technique to quantify the density of carbonate skeletons of planktic foraminifers collected in the North Pacific subarctic region. As a result, we observed the greatest reduction in plankton's skeletal density—by up to 30%—from winter to early spring.

These results indicated that reduced skeletal density in calcifiers may be caused by decreased pH of surface and subsurface water during winter. In future studies, the relationship between reduced skeletal densities and survival rates in planktic foraminifers should be investigated and the data resulting from this study should be integrated into ecosystem modeling to predict the effect of acidification on the ecosystem.

Promotion of research on Arctic environmental changes

Acidification of the oceans in the Arctic region has been advancing faster than other regions in recent years and its impact on the ecosystem is of great concern. In addition, this trend was found to have a significant impact on the global climate and environment. Plans to develop new sea routes and exploit natural resources in the Arctic region are

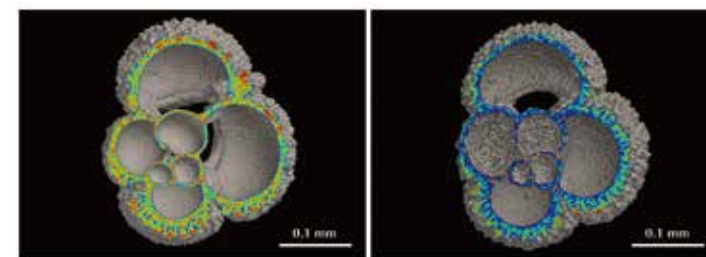


図:MXCTによって測定された浮遊性有孔虫の炭酸塩骨格断面図。色が青いほど、殻がスカスカで溶解の影響を大きく受けていることを示す。

Figure : Cross-sections of carbonate skeletons of planktic foraminifers observed using X-ray micro-computed tomography. Intense blue color represents more porous skeletal parts which are susceptible to dissolution.

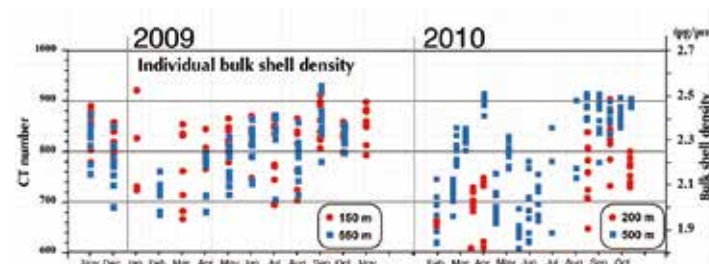


図:西部北太平洋亜寒帯域に設置した係留系サンプルから取り出された浮遊性有孔虫の炭酸塩骨格密度の季節変化(赤丸:150-200mのトラップ試料。青四角:500-550mのトラップ試料)。最大で約30%もの骨格密度の低下が見られた。

Figure : Seasonal change in carbonate skeletal density in planktic foraminifers collected in moored traps set in the western part of the North Pacific subarctic region (red circles: samples trapped at depths of 150 to 200 m; blue squares: samples trapped at depths of 500 to 550 m). Reduced skeletal density by up to approximately 30% was observed.

under consideration. Science and technology are expected to play a major role in achieving sustainable resource utilization in the region. JAMSTEC's Institute of Arctic Climate and Environment Research (IACE) has been promoting comprehensive Arctic research. In addition, IACE has been serving as a deputy representative organization for the Arctic Challenge for Sustainability Project (ArCS)—Japan's national flagship project funded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. In FY2016, we determined CO₂ flux on a sea basin scale in relation to reduced amounts of seawater

and sea ice and increased low-pressure system activities. We also determined the amount of CO₂ absorbed by the ocean (180 TgC/year) on a sea basin scale. We achieved these by analyzing past observation data in the Arctic region. In addition, our model calculations revealed that reduced amounts of seawater and sea ice in the Arctic region cause an increase in the amount of clouds in the fall. The increased clouds in turn lead to an increase in the amount of downward longwave radiation, which further accelerates the reduction of seawater and sea ice from the fall to spring. These and other results we produced are significant from

the viewpoint that scientific Arctic research is still largely premature. We became the first Japanese researchers to succeed in operating a compact AUV beneath the sea ice in the Arctic Ocean. Through this achievement, we were able to collect various observation data, such as the salinity of, temperature of, light transmission in and oxygen content of seawater, and recorded videos of marine environments beneath the sea ice. We undertook these projects to strengthen observation efforts in Arctic research.

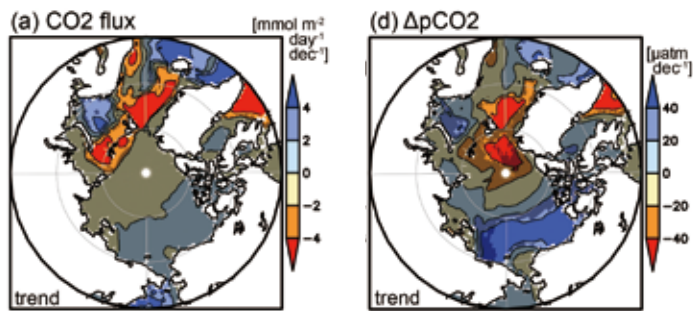


図:二酸化炭素分圧の差(ΔpCO₂)のトレンド分布図。海盆スケールで二酸化炭素フラックスの推定に成功した。

Figure: Geographical differences in CO₂ partial pressure (ΔpCO₂). CO₂ flux was successfully estimated on a sea basin scale.

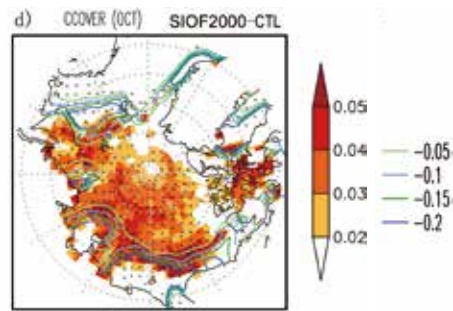


図:MIROC5.0を用いた感度実験における雲量(カラー)の増加と海水氷密度(等値線)の後退。1980年代以降の海水減少値を与えた場合の雲量増加が確認できる。

Figure : Levels of cloud increase (indicated by reddish colors) in relation to the levels of sea ice concentration (indicated by bluish lines) estimated by sensitivity experiments using MIROC5.0. The model allows simulation of cloud increase patterns in relation to levels of sea ice reduction since the 1980s.



図:海水下観測用小型AUV(左)により北極海の海水直下に撮影した映像キャプチャ(右)。

Figure : (Left) Compact AUV for marine observation beneath the sea ice. (Right) A snapshot from a video of a marine environment taken by the AUV immediately beneath the sea ice in the Arctic Ocean.

地球表層における物質循環研究

Studies on material cycle on the Earth's surface

東アジア陸域植生による二酸化炭素(CO₂)吸収は進んでいない可能性をつきとめた

主要な温室効果ガスであるCO₂の排出吸収量の把握は、地球全体の気候を予測する上でも重要な要素であることから、現在世界で研究が行われていますが、近年、東アジアにおいては化石燃料起源のCO₂の排出量が不確定ということが大きな問題になってきていま

した。

そこで当機構では、独自に開発した大気化学輸送モデルと大気濃度観測データを用いて、CO₂とメタン(CH₄)を解析し、社会経済統計によらず、化石燃料起源のCO₂排出量を求めることに成功し、2000年代の東アジアの化石燃料消費によるCO₂排出量が過大評価されている可能性をつきとめ、このバイアスを補正すれば、近年報告された東アジアの陸上生態系によるCO₂吸収量の増大は見られない、

ということを明らかにしました。

従来の大気濃度観測データからCO₂の排出吸収量を推定する手法ではCO₂の人為起源排出のバイアスが陸域生態系吸収の推定に影響するため分離が困難でしたが、本研究は、CO₂とCH₄の解析結果を組み合わせた新しい解析手法により両者の寄与を分離し推定した世界で初の試みです。

本研究の成果は、大気側からのCO₂収支推定手法の精緻化に貢献するもので、温室効果

ガスの科学的知見を取りまとめている気候変動に関する政府間パネル(IPCC)等の国際的な枠組みや地球温暖化対策および放出量管理に関する政策立案の際の科学的裏付けとなることが期待されます。

Identifying the evidence that CO₂ absorption by terrestrial vegetation in East Asia has not increased

From the viewpoint of predicting global climate, it is vital to determine the amount of emission and absorption of CO₂—a major greenhouse gas. For this reason, global research efforts are being made on this subject. However, the amount of CO₂ emission from fossil fuel combustion in East Asia had remained uncertain, which was a

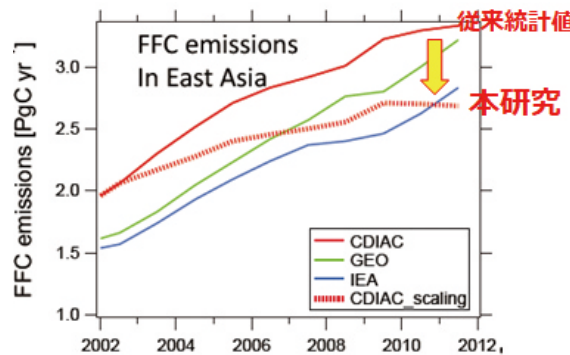


図:東アジアの陸域生態系によるCO₂排出吸収量。大気輸送モデルと大気観測データを用いた従来推定(黒線)は2000年代に大きな吸収量の増加を示すが、本研究で得られた手法で2002年以降を補正した推定値(赤線)は1990年代から2000年代には吸収量の増加はみられず、陸域生態系モデルによる独立した推定値(緑線)や土地利用等の統計を基にした森林炭素吸収の推定値と良い一致を示す。

Figure : Amount of CO₂ emission/absorption by the terrestrial ecosystem in East Asia. The conventional analysis (black line) using an atmospheric transport model and atmospheric observation data indicated greatly increased CO₂ absorption in the 2000s. However, the results obtained using our technique (red line) did not indicate CO₂ absorption increase during the 1990s and the 2000s. Our results were consistent with the results obtained using the territorial ecosystem model (green line) and the amount of carbon absorbed by the forests estimated through the analysis of land use and other statistics.

観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用(1)

Sophistication and application of global environmental change predictions based on observations and studies

インド域の熱波は太平洋熱帯域の海面水温変動によって発生

インド域の熱波については、近年その強さと頻度が増していることで社会問題となっています。また日本の夏は、熱帯インド洋の状況にも影響を受けることがこれまでの研究から明らかになっており、この地域の気候変動を明らかにすることは、日本の気候変動を知る上でも重要です。

当機構では、最高気温の変動に関する観測

major concern in recent years.

To address this issue, JAMSTEC analyzed both CO₂ and methane (CH₄) using its original atmospheric chemical transport model and atmospheric CO₂ and CH₄ concentration data. As a result, we succeeded in estimating the amount of CO₂ emission from fossil fuel combustion without relying on socioeconomic statistics. The analysis results indicated potential overestimation of CO₂ emission from fossil fuel combustion in East Asia during the 2000s. We then corrected the overestimation and reached the conclusion: unlike the recent report, the amount of CO₂ absorption by the terrestrial ecosystem in East Asia did not appear to increase during the 2000s. The conventional method of estimating the amount of CO₂ emission/absorption using

atmospheric CO₂ concentration data did not allow separation of anthropogenic CO₂ emission—which affect estimation of the amount of CO₂ absorption by the ecosystems—from CH₄ emission. In this research, we used a novel analytical technique to separate the effect of CO₂ emission from that of CH₄ emission by combining analysis results for these gases. The new analytical technique enabled us to estimate atmospheric CO₂ balance more accurately. These results may serve as scientific evidence that facilitates construction of international frameworks and policy-making related to CO₂ emission management by IPCC and others that compile scientific knowledge on greenhouse gases.

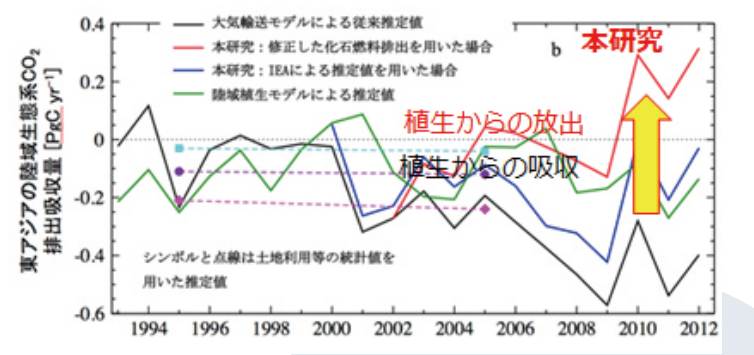


図:東アジアの陸域生態系によるCO₂排出吸収量。大気輸送モデルと大気観測データを用いた従来推定(黒線)は2000年代に大きな吸収量の増加を示すが、本研究で得られた手法で2002年以降を補正した推定値(赤線)は1990年代から2000年代には吸収量の増加はみられず、陸域生態系モデルによる独立した推定値(緑線)や土地利用等の統計を基にした森林炭素吸収の推定値と良い一致を示す。

Figure : Amount of CO₂ emission/absorption by the terrestrial ecosystem in East Asia. The conventional analysis (black line) using an atmospheric transport model and atmospheric observation data indicated greatly increased CO₂ absorption in the 2000s. However, the results obtained using our technique (red line) did not indicate CO₂ absorption increase during the 1990s and the 2000s. Our results were consistent with the results obtained using the territorial ecosystem model (green line) and the amount of carbon absorbed by the forests estimated through the analysis of land use and other statistics.

分布と統計解析に基づいて、インドにおける熱波パターンを解析し、インド域の熱波について研究を行いました。その結果、インド域の熱波については、海面水温変動が大西洋のブロッキング高気圧を変化させ、それがテレコンクションによりインド北西部に伝わり熱波をもたらすパターンと、海面水温変動がインドへの海風を弱めることが原因となり、インド南西部に熱波をもたらすという二つの主要パターンがあることを見出しました。

そして、これらの二つのパターンの要因を分

析したところ、いずれについても、太平洋熱帯域の海面水温変動が大きな役割を果たしていることを突き止めました。

この熱帯太平洋の高温水域上空で形成された大気の異常なシグナルは、インド周辺だけでなく、日本を含む遠く離れた地域にも伝搬し、重要な影響を及ぼすものであることから、その発生要件の予測に繋がる本成果の意義は大きいものです。

Heat waves in the Indian region are caused by sea surface temperature fluctuations in the tropical Pacific.

The recent increase in intensity and frequency of heat waves in the Indian region has been a major social issue. Research has revealed that meteorological conditions in the tropical Indian Ocean also influence summer conditions in Japan. Therefore, it is important for the Japanese to investigate climate changes in these areas as they affect climate patterns in Japan. JAMSTEC carried out research on heat wave

patterns in the Indian region by analyzing changes in maximum temperatures across the region and performing statistics. As a result, we discovered two major patterns that cause heat waves. First, sea surface temperature fluctuations alter blocking high pressure systems in the Atlantic Ocean. This change propagates to other areas through the atmospheric teleconnection, promoting heat waves in northwest India. Second, sea surface temperature fluctuations weaken sea breeze to India, causing heat waves in southwest India. Analysis indicated that sea surface temperature fluctuations in the tropical Pacific play a significant

role in both heat wave causing patterns. Anomalous atmospheric signals which develop above high-temperature waters in the tropical Pacific propagate to and cause major impacts on not only the Indian region but also more remote areas, including Japan. Thus, our findings are significant in predicting meteorological phenomena induced by these abnormalities.

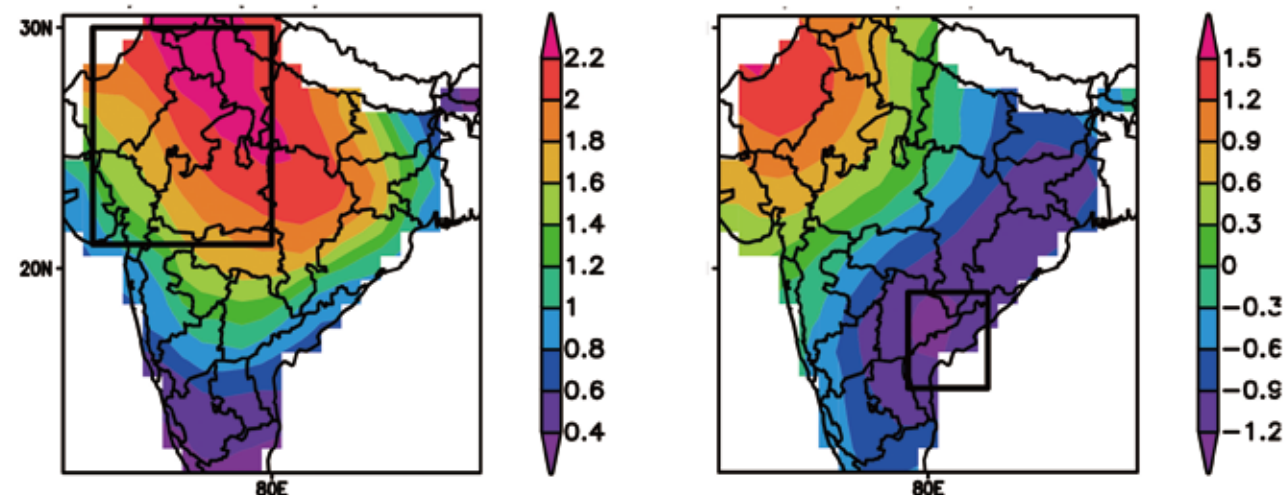


図:3月～6月におけるインド域の熱波主要パターンの空間分布。左図が第1モード、右図が第2モード。矩形部分は、熱波が生じる場所。
Figure : Main heat wave patterns across the Indian region between March and June. (Left) The first mode. (Right) The second mode. Squares in the maps indicate areas in which heat waves occur.

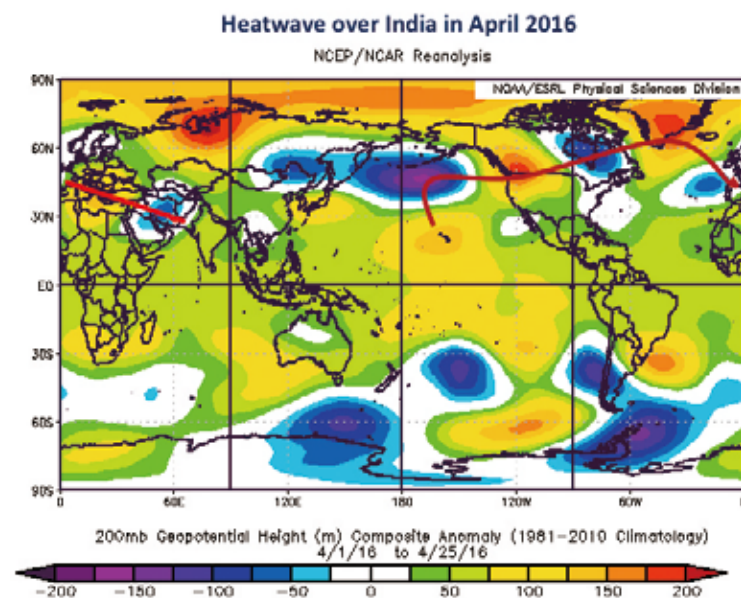


図:太平洋熱帯域からのテレコネクション(赤線)によりインド北西部に熱波をもたらす(200hPaでのジオポテンシャルハイト)。
Figure : The atmospheric teleconnection from the tropical Pacific (red line) allows heat waves to occur in northwest India (geopotential height at 200 hPa).

観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用(2)

Sophistication and application of global environmental change predictions based on observations and studies

気候予測モデルの高解像度化により台風進路予測精度が向上

気候・気象予測の信頼性を向上させるためには、予測モデルの高解像度化が有効ですが、そのためには、単にモデルの格子間隔を小さくするだけではなく、解像度に見合った力学過程や物理過程の計算手法の開発が必要です。当機構では東京大学と協同で、超高精度の大気大循環モデルであるNICAMを開発・運用してきました。

現在、水平格子間隔5km以下の大気大循環モデルは世界的にも試験的な運用段階にあり、高解像度の気象現象のメカニズムに関する研究例は極めて少ないのですが、私達はNICAMを用いて、台風発生事例に関する全球3.5km格子の数値実験および結果解析を行い、台風発生の主要過程を解明しました。具体的には、季節内振動に伴う大規模な渦度場や対流活動が、対象事例の台風の発達に

果たす役割などがわかりました。更に、この台風事例について現業予報で問題となった大きな進路誤差が、モデルの高解像度化により改善できる可能性を示しました(下図)。

今後、より多くの事例に関する研究を行い、知見を深めることで、予測可能性の延長や予測の精度向上に資することを目指します。

Improving the accuracy of typhoon track forecast by increasing the resolution of climate prediction models

Use of high-resolution climate prediction models is an effective approach to improving the reliability of climate/weather forecasts. To achieve this, techniques to compute dynamic and physical processes at the higher resolution need to be developed in addition to reducing grid spacing in the model. JAMSTEC and the University of Tokyo have jointly developed and operated the ultra-high-resolution global atmospheric circulation model NICAM.

Currently, general atmospheric circulation models with horizontal grid spacing of 5 km or less are being operated experimentally worldwide, and only a few research results have been published regarding the mechanisms of meteorological phenomena at high resolutions. Using NICAM composed of 3.5-km grids, we numerically simulated the typhoons of the past, analyzed the results and determined main typhoon tracks. More specifically, we determined the effect of large-scale velocity fields and convective activities driven by intraseasonal oscillation on the development of studied typhoons. In addition, we demonstrated that the use of high-resolution models may improve the accuracy of typhoon track forecasts (figure below). This is significant because the forecast of the same typhoon's track by the Japan Meteorological Agency's model deviated greatly from actual observation. In future studies, we hope to explore the potential of our typhoon forecast techniques and increase forecast accuracy by more extensively studying past typhoon data and developing insights.

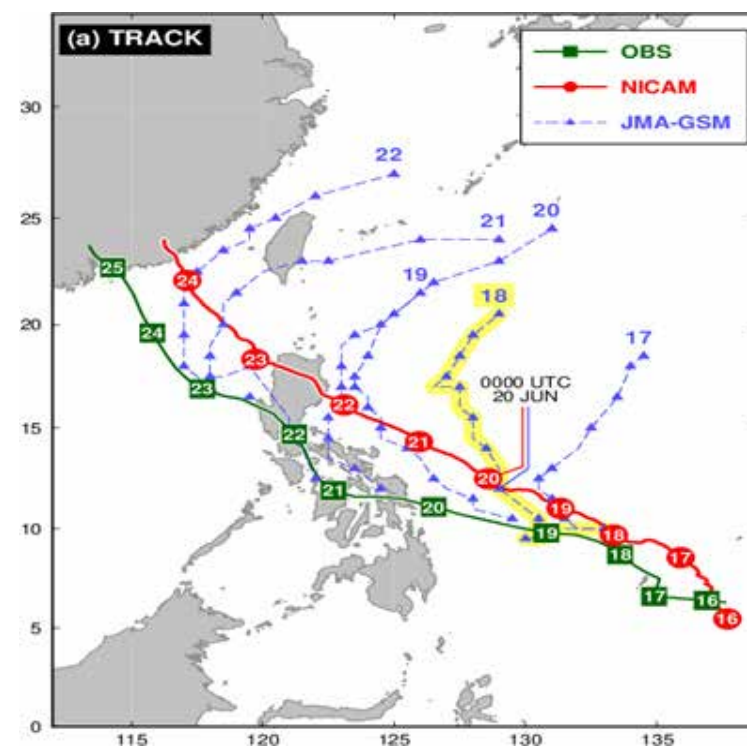
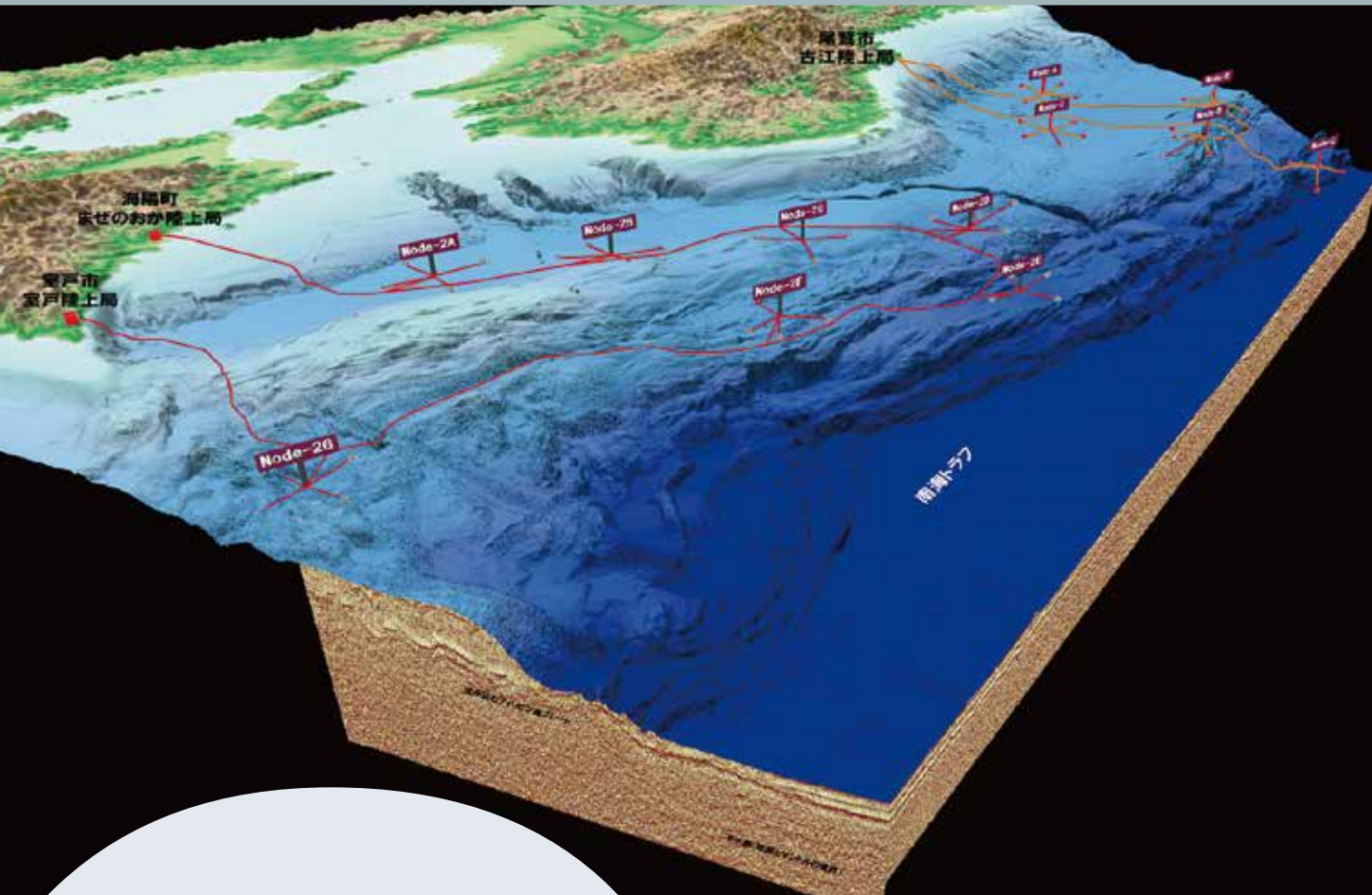


図:台風Fengshenの進路(緑:観測、赤:全球3.5km格子モデル、青:全球粗解像度モデル)
大きな進路予報誤差が指摘されてきた台風事例に対し、予報モデル超高解像度化による精度改善の可能性を示した。
Figure : Tracks of Typhoon Fengshen (green, actual observation; red, global spectral model at 3.5-km resolution; blue, low-resolution global spectral model)
We demonstrated that the use of ultra-high-resolution models may improve the accuracy of typhoon track forecast, as some of the previous forecasts were associated with large errors.



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

本課題では、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 project, JAMSTEC also promotes integrated research and development that involve elaborate observation and research, advanced simulation studies, monitoring studies, 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

琉球海溝南部におけるプレート境界断層とプレート境界で発生する低周波地震を観測—巨大津波発生域の沈み込み構造を特定

琉球海溝南部において屈折法探査・反射法探査および海底地震計を用いた地震観測を実施し、それらの地震波データを解析しました(図1)。その結果、プレート境界近傍で低周波地震が発生していること、またプレート境界の浅部から深部に高圧な流体が存在し、低周波地震の発生に強く寄与している可能性が高いことを明らかにしました(図2)。さらに、同地域においてプレート境界断層とプレート境界断層から分岐し海底面に至る断層(分岐断層)から成る楔形の構造が存在することを明らかにし、これが津波データから推定される1771年八重山地震の巨大津波発生源とよく一致することを明らかにしました。

本研究における詳細な解析を通じて、琉球海溝南部では津波地震や低周波地震といった様々なゆっくりとした地震の発生域がプ

プレート境界の浅部から深部まで概ね隣接して分布し、プレート間の固着が弱い領域が支配的に存在するという、南海トラフ(固着が強い領域が多い)とは異なる構造的特徴が明らかになりました。これらのプレート境界の特徴や分岐断層の存在は、この地域で発生する巨大津波の発生機構を検討するうえで重要な知見となると考えられます。

本研究は、文部科学省による委託業務「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の一環として行われたものです。

Tsunamiogenic subduction structure identified through observation of low-frequency earthquakes along the plate boundary and associated faults in the southern Ryukyu Trench

We conducted seismological observation in the southern Ryukyu Trench using refraction and reflection methods and ocean bottom seismometers. We then analyzed the collected seismic wave data. As a result, we detected low-frequency earthquakes occurring in the vicinity of the plate boundary and found the existence of

high-pressure fluids in the area from the shallow to deep parts of the plate boundary, which is likely to have triggered these earthquakes. We also discovered a wedge-like structure existing between the plate boundary fault and its splay fault branch extending to the seafloor surface. A very similar wedge structure is thought to have existed in the source of huge tsunamis generated by the Yaeyama earthquake in 1771.

Detailed analysis revealed that most sources of slow earthquakes—including tsunami earthquakes and low-frequency earthquakes—existed along the plate boundary stretching from shallow to deep areas in the southern Ryukyu Trench. This finding indicated that structural characteristics of the trench, in which adhesion between the plates is generally weak, are different from those of the Nankai Trough, in which adhesion between the plates is generally strong. These discoveries—such as the plate boundary characteristics and the existence of splay faults in the trench—are highly relevant to the study of mechanisms by which massive tsunamis may be generated in this region. This research project was carried out in conjunction with the “Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai Trough region” commissioned by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT).

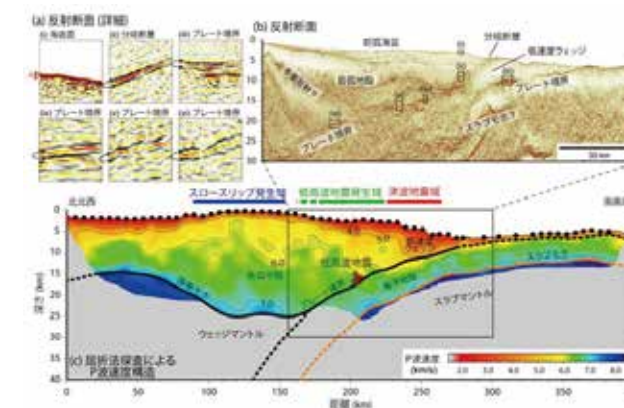


図1:琉球海溝南部の構造
Figure 1 : Structure of the southern Ryukyu Trench

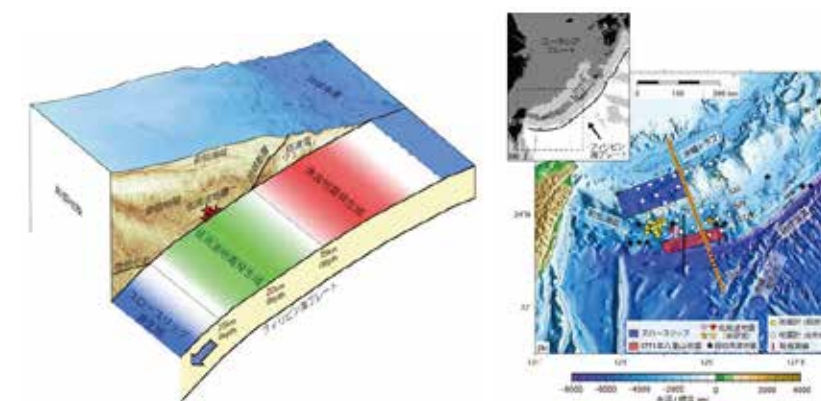


図2:琉球海溝南部の沈み込み構造と低周波地震分布の鳥瞰図および海域図

Figure 2 : Subduction structure in the southern Ryukyu Trench (left), the study area (arrow in the middle diagram) and low-frequency earthquake distribution on the seafloor map (right)

地震・津波の総合災害ポテンシャル評価研究

Comprehensive evaluation of disaster potential of earthquakes and tsunamis

数値シミュレーションで2011年東北地方太平洋沖地震前後の観測を再現—宮城県沖地震の再来間隔が短くなる可能性を示唆

2011年東北地方太平洋沖地震(マグニチュード(M)9.0)と、その前後の大地震(M7前後)を対象とした日本海溝域における地震発生サイクルの数値シミュレーションを行いました。その結果、東北地方太平洋沖地震前後の観測をある程度再現する121のシナリオを見出しました。それらのシナリオに基づく、M9クラスの地震が発生してからM7クラスの宮城県沖地震が発生するまでの時間間隔は、M9クラスの地震発生前の宮城県沖地震の平均再来間隔の半分より短くなる場合が多いことを指摘しました(図3)。

本研究では、3次元のプレート形状を用いて、M9クラスの地震だけでなくM7クラスの地

震(前震・最大余震を含む)や余効すべりを半定量的に再現可能であることを示し、多様な地震発生シナリオを検討するうえで重要な知見となると考えられます(図4)。

なお、本研究の数値シミュレーション結果は、文部科学省による委託業務「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の一環として、JAMSTECのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を利用して得られたものです。

Intervals between major earthquakes off the coast of Miyagi may have been shortened based on numerical simulations of earthquake cycles before and after the Great East Japan Earthquake.

We numerically simulated the cycles of magnitude (M) 7-class earthquakes in the Japan Trench area before, during and after the Great East Japan Earthquake in 2011 (M9.0). As a result, we came up

with 121 scenarios that, to a great extent, explained actual earthquake observation data before and after the 2011 earthquake. These scenarios indicated that the interval between the occurrence of an M9-class earthquake and a subsequent aftershock M7-class earthquake off the coast of Miyagi will be frequently less than half after the occurrence of the 2011 earthquake compared to that before the 2011 earthquake.

In this study in which we took three-dimensional plate structures into account, we were able to semi-quantitatively reproduce not only M9-class earthquakes but also M7-class earthquakes (including foreshocks and the largest aftershock) and after-slips. Our results add new insights into studies of various earthquake scenarios. This research project was carried out in conjunction with the “Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai Trough region” commissioned by MEXT. All simulations were performed using JAMSTEC’s Earth Simulator supercomputer.

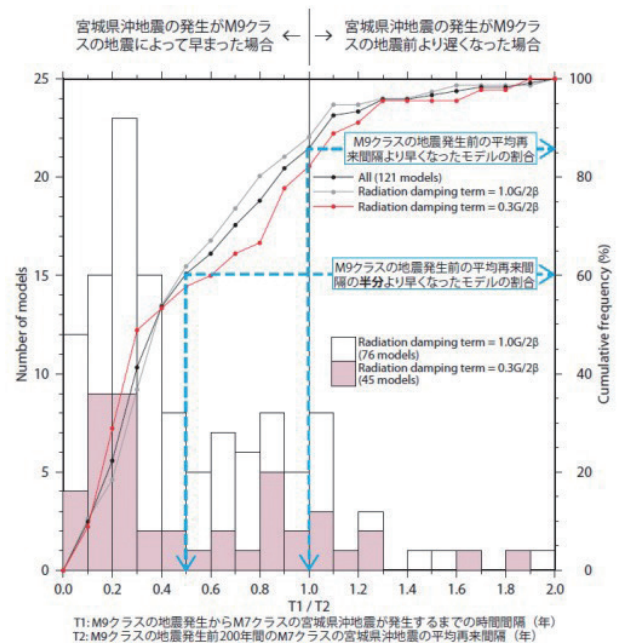


図3: 121モデルから得られたシナリオに基づく次の宮城県沖地震発生時期
Figure 3: Timing of the next major earthquake off the coast of Miyagi based on the 121 model-generated scenarios

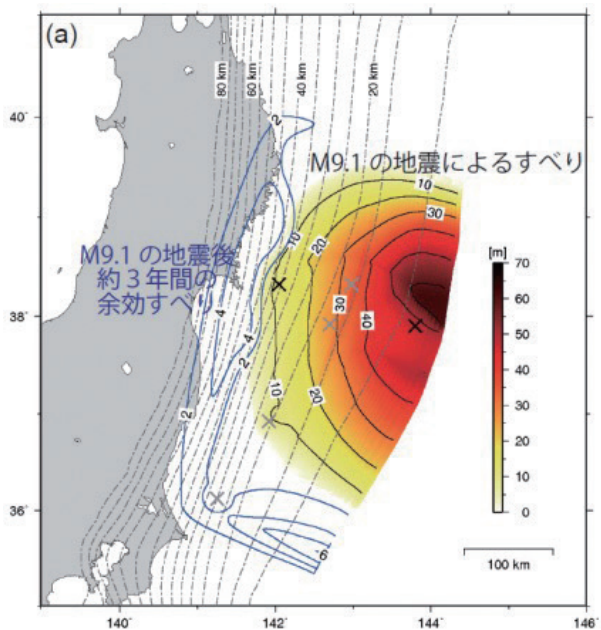


図4: 数値シミュレーションで得られたM9.1の地震によるすべり分布(暖色)と、それによる約3年間の余効すべりの分布(青線)
Figure 4: Coseismic slip distribution associated with the simulated M9.1 earthquake (indicated by warm colors) and the distribution of after-slips which are predicted to occur within approximately three years after the earthquake (indicated by blue lines).

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

平成28年11月22日に福島沖で発生した地震について、その当日から、福島沖で調査観測を行っていた東北海洋生態系調査研究船「新青丸」を用いて、震源地近傍の海底地形調査を実施しました。また、西部太平洋域で観測調査中の深海潜水調査船支援母船「よこすか」の横須賀帰港に向けての回航中、震源地近傍の海底地形調査を併せて実施しました。さらに、東北マリンサイエンス拠点形成事業の一環として、平成29年2月11日～2月27日の間、三陸沖において「新青丸」及び無人探査機「ハイバードルフィン」による海底環境や海底地形、生物分布に関する海底観測等の調査を実施しました(図5)。

「ハイバードルフィン」による2回の潜航調査を行った結果、北緯37°12'付近においては明瞭な変位地形は観察できなかったものの、北東方向へ観察をしていったところ、北緯37°13'付近から幅1-2m程度の割れ目が見出され、その一部ではヨコエビが大量に集まっている様子が観察されました。また、北緯37°18'付近での潜航では、明瞭な高さ2m程度の地形段差を視認し、そこでは白い変色域が観察されました(図6)。観察された地形段差は、北東-南西走向に延びていることも確認されました(図5)。

また、潜航調査に先立ち、潜航域を含む高精度のマルチビーム音響測深機により地形調査を行いました。取得データの解析作業を継続して実施した結果、地形段差の北東-南西走向の連続性が確認されました。また、サブボトムプロファイラーによる海底下の地層構造のデータも取得し、堆積状況や堆積物を切る断層の情報も得ることができました(図5)。これらの地形段差や割れ目が、11月22日に福島県沖で発生した地震によって生じたものとは現段階では断言できませんが、段差や割れ目面の新鮮さから比較的最近生じたものであることを示唆しており、福島県沖の地震で生じた可能性は高いと考えております。

正確な断層の規模や方位は、津波の規模などを推定するモデルやシミュレーションに活かされるため、今回得られた地形段差や割れ目は、断層の規模や方位を評価する上で貴重なデータであり、今後データや画像の解析について進めていきます。

An earthquake broke out off the coast of Fukushima on November 22, 2016. In response, the research vessel *Shinsei Maru*—which was conducting surveys and observations off the coast of Fukushima at that time—immediately initiated seafloor topography surveys in the vicinity of the epicenter from the day the earthquake occurred. In addition, the support vessel *Yokosuka*—which was conducting observations and surveys in the western Pacific region—also carried out seafloor topography surveys in the vicinity of the epicenter on its way back to Yokosuka Port. Furthermore, *Shinsei Maru* and the remotely operated vehicle *Hyper-Dolphin* were used to survey the seafloor environment and topography and observe seafloor organisms from February 11 to 27, 2017, off the Sanriku Coast under the Tohoku Ecosystem-Associated Marine Sciences program (Figure 5).

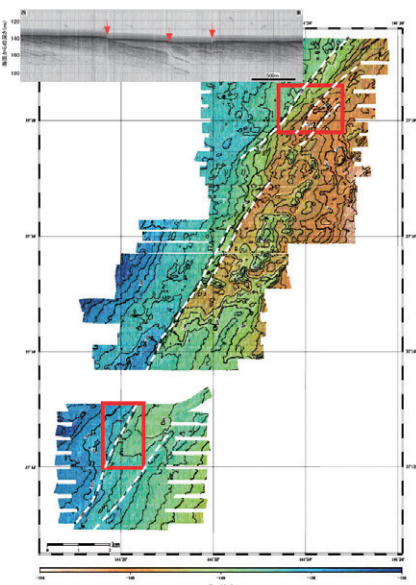


図5: 平成28年11月22日に福島沖で発生した地震後に観測されたデータに基づく海底地形図。白点線は明瞭に見られるリニアメントをトレースしたもの。赤枠はHPDによる潜航地点を示す。図左上のSBPデータは北緯37度18分で取得されたもの。明瞭な地表のリニアメントと一致する地層のズレが見出された。

Figure 5: Seafloor topography created based on observation data collected after the earthquake off the coast of Fukushima on November 22, 2016. The white dotted lines indicate clearly identifiable lineaments. The red rectangles indicate areas in which submarine surveys were conducted using *Hyper-Dolphin*. The top left image shows latitude 37°18' locations (arrows) at which the sub-bottom profiler collected data. We detected misalignment of strata along these lineaments.

We conducted two sessions of submarine surveys using *Hyper-Dolphin* and observed no clearly identifiable topographic change in the area around latitude 37°12'. However, we detected a crack that was 1 to 2 m wide around latitude 37°13' and observed numerous gammaridean amphipods aggregating in the crack. In addition, around latitude 37°18', we observed an approximately 2 m-high seafloor lineament with some of its surfaces turned to a whitish color (Figure 6). We confirmed that the lineament was stretching in the northeast-southwest direction (Figure 5). Before the abovementioned submarine surveys, we conducted topographic surveys over the area subjected to the submarine surveys and other areas using a high-precision multibeam echo sounder. Continuous efforts in analyzing the survey data revealed that the abovementioned seafloor lineament extended in the northeast-southwest direction. We also obtained information on sediment conditions and faults that cut through sediments by collecting data from sub-seafloor strata using a sub-bottom profiler (Figure 5). Although we are not absolutely certain at this moment that the lineament and the crack we discovered were caused by the November 22 earthquake off the coast of Fukushima, we believe that this is likely to be the case because the surfaces of these structures looked fresh, indicating their recent formation. The datasets we collected from the lineament and the crack are valuable because they are vital in accurately assessing the scale and orientation of the faults. The fault information can then be incorporated into models and simulations used to predict the scale of tsunamis, etc. We will continue to analyze data and images collected during these surveys.



図6: 割れ目の底でみられた白い変色域。海底下からの化学物質(メタン・硫化物)の湧き出しに伴いバクテリアがマット状になった可能性が高い。潜航地点は図5の北側の潜航域で水深142m。

Figure 6: White discoloration observed on the bottom of the crack, which appears to represent bacterial mats formed in response to discharge of chemical substances (methane and sulfides) produced under the seafloor. This photo was taken at a depth of 142 m on the north side of the area shown in Figure 5.



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

本課題は、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つのサブ課題から構成されています。

課題全体としては、「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、およ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。

There are two objectives in this project: (1) analyzing the functions of marine ecosystems and (2) exploring, analyzing and utilizing the functions of extreme biospheres. Overall, we aim to “promote a comprehensive understanding of marine life and the Earth system, and form an intellectual basis for innovations contributing to resolving various social issues.” To this end, we study extreme biospheres in the deep sea and beneath the seafloor, and conduct R&D to understand the structure/ evolution of ecosystems as well as survival strategies uniquely developed by organisms inhabiting extreme environments.

海洋生態系機能の解析研究

Analysis of the functions of marine ecosystem

新たに培養株として確立した真核微生物よりこれまで報告されている中で最も細かく断片化した遺伝子と特殊なRNAの成熟様式の発見

多様な生物が含まれる真核生物ドメイン内においてユーグレノゾアは最も初期に分岐した生物群として注目され、そこから様々なユニークな特徴が報告されています。当機構では世界に先駆けてユーグレノゾアに含まれる未知の巨大生物群に属す真核微生物ヘミスタシアを同定し、培養株の確立に成功しています。平成28年度は、本培養株を用いてゲノムシーケンスとRT-PCR解析を行い、ユーグレノゾア内において多様性が報告されているミトコンドリア遺伝子の構造と遺伝子発現プロセス(RNA成熟プロセス)について研究論文を公表しました(Yabuki, A., et al. 2016)。

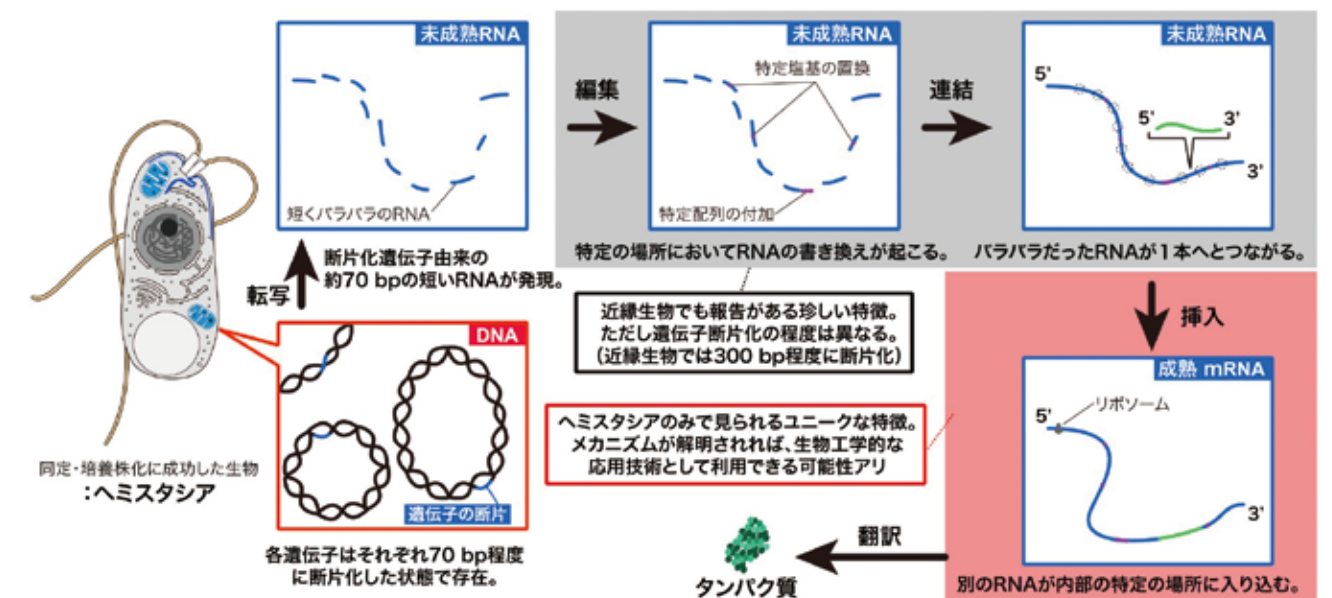
本研究からは、これまでに報告のある中で最も特異な構造と呼べる遺伝子とその遺伝子が発現する際の複雑なRNA成熟プロセスを解明することに成功しました。具体的には、ミトコンドリアゲノム内にコードされている各

遺伝子のタンパク質コード領域が約70bpに断片化し、それぞれがゲノム上の離れた場所にコードされており、各断片が独立にRNAへと転写された後に連結することにより機能可能なRNAへと成熟することを解明しました。また、それらの遺伝子が発現する過程で「RNAの二次的挿入」という極めて新規性の高い生命現象を発見しました。さらに、これまでに近縁生物より報告されている知見との比較から、この特異な構造をした遺伝子が進化・成立したプロセスを解明すると共に成功し、特異な構造の遺伝子が進化した意義・優位性の解明に向けた端緒を得ました。

新規生命現象である「RNAの二次的挿入」は、その分子機構を利活用することで、様々な実験生物学分野における新たな生命工学技術の展開が期待できるため、ライフサイエンス分野・生命工学研究との融合及び産学官連携強化を進めることで、極限環境下での海洋生物特有の機能を活用したイノベーションの創出のアウトプットにもつながることが期待できます。

Maturation processes of highly fragmented genes and unique RNAs in cultured eukaryotic microorganisms

The Euglenozoa, a group of eukaryotic microorganisms, is thought to have differentiated early in evolutionary history. Many unique characteristics of euglenozoans have been reported. JAMSTEC succeeded for the first time in the world in identifying and culturing a species of the genus *Hemistasia*, a large and mostly unknown group of euglenozoans. In FY2016, we performed genome sequence analysis and RT-PCR using the cultured *Hemistasia* species to study mitochondrial gene structures of euglenozoans, which were reported to be diverse, and mitochondrial gene expression processes (RNA maturation processes). This study has been published (Yabuki et al., 2016). In this research, we succeeded in identifying gene structures that are more unique than previously reported and a complex RNA maturation process during gene expression. More specifically, we found that the RNA maturation process in a mitochondrial genome begins with segmentation of protein coding regions of genes into approximately 70 bp-long pieces. These pieces are distant from each other on the genome. They are then independently transcribed into RNA and then join together to form functional RNA. In addition, we discovered a novel



biological phenomenon: secondary insertion of RNA during the gene expression process. As well, we succeeded in determining the process by which these unique gene structures have evolved and been established by comparing the *Hemistasia* species with its close relatives previously reported. These results will advance investigation into the significance and advantage of the unique evolved gene structures. Molecular mechanisms which enable secondary insertion of RNA—a novel biological phenomenon—may be applicable to the development of new biotechnologies in various experimental biology fields. Efforts to exploit these mechanisms through an interdisciplinary approach between life science and bioengineering and industry-academia-government collaboration may facilitate innovative utilization of biological functions unique to marine organisms inhabiting the extreme environment.

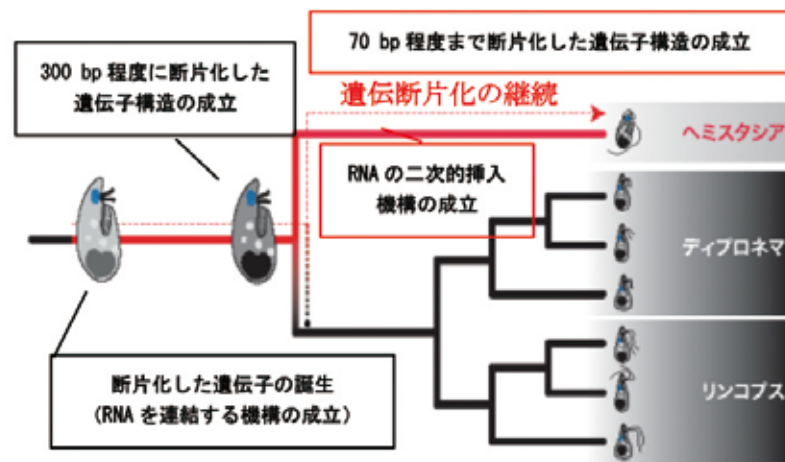


図: 複雑な遺伝子構造が成立したプロセス(進化史)を解明

Figure: Determination of the process by which the complex gene structure has evolved

極限環境生命圏機能の探査、機能解明及びその利活用

Investigation, clarification and utilization of the functions of biospheres in extreme environments

炭化水素の起源と履歴を知る安定同位体分別／平衡効果指標の確立

海洋生命理工学研究開発では、世界でほぼ唯一、海底下環境を再現したメタン菌等の極限環境微生物の培養法とハイスループットの安定同位体解析を組み合わせた培養実験研究技術を確立しています。その技術を駆使し、海洋・海底下環境に胚胎されるメタン等の炭化水素の起源と履歴を知る重要な指標である微生物による安定同位体分別・平衡効果の新しい指標の確立を行い、その成果を研究論文として発表しました(Okumura, T. et al. 2016)。

本研究では、海底下環境条件でのメタン菌によるメタン生成時の炭素・水素同位体分別・平衡効果が現場水素濃度に大きく影響されることを実験的明示しただけでなく、海底下メタンの移動・集積・溶解過程においても海底下メタン菌の代謝の影響を受けることも世界で初めて明らかにしました。

地球の生命活動や代謝の進化やエネルギー資源である炭化水素の起源や履歴を窺い知る極めて重要な手がかりとして安定同位体分別・平衡指標があります。近年の安定同位体比の高感度・高精度分析技術はGPSを用いた高精度位置決定に例えることができ

ます。しかし、それを解釈する同位体比分別・平衡効果に関する理解、つまりGPSに対する地図の精度は遅れたままでした。本成果は、安定同位体比分別・平衡指標としての精密な地図を与えたことになります。

本成果によって、これまでの炭化水素の起源や履歴の解釈が大きく革新されます。地球規模での炭素循環の理解と利用を目指すDeep Carbon Observatory (DCO)等の国際的取り組みにおける研究計画策定に大きな影響を与えるだけでなく、海洋生物の進化や海底エネルギー資源研究開発といった観点から広大な海洋空間の総合的理解における大きな転換点を与える可能性があります。

沖縄熱水海底下生命圏掘削による熱水孔下生命圏の限界の発見

沖縄、インド洋、カリブ海等熱水域における化学合成(微)生物生態系の探査を行い、その微生物群集構造や機能および物理・化学プロセスについてメタオミクスの手法によって解析し、環境—生物の相互作用に関する成果をまとめました。

沖縄トラフ熱水海底下のコア試料(IODP第331次航海にて採取)を分析したところ、海底下14.3mの位置に不透水層に制約された

120–150°Cの温度境界条件における生命圏—非生命圏の境界を発見し、熱水孔生命圏の限界を明らかにしました(Yanagawa et al., 2016)。

また、嫌氣的メタン酸化反応の鍵となる酵素の遺伝子の組成と量を分析したところ、高温環境を好む嫌氣的メタン酸化アーキア由来のmcrA遺伝子が多く検出され、伊平屋北海丘の熱水噴出孔直下生命圏の特徴の1つはアーキアによるメタン消費であることを明らかにしました。

本成果をもとに、世界の熱水環境の地質・物理・化学環境と固有の熱水微生物生態系の存在様式や、熱水環境微生物の世界的な分散に関する包括的な理解を導く成果も得ました。

世界で初めて海底下環境に生命圏—非生命圏の境界を発見し、その生息限界を決定する温度条件を明らかにしたことは「生命や生命活動の限界」を拡張する波及効果の大きい学術成果です。地球における生命活動や生命圏の限界に対して1つの解を得ることができ、これは地球における生命誕生の場と考えられている熱水活動域における知見であり、生命誕生の場を考える上でも非常に重要な知見であると言えます。

New indicators to measure the effect of stable isotope fractionation and equilibration—vital tools in understanding the origin and history of hydrocarbons

In marine bioscience and engineering R&D efforts, we have developed a technique to culture and conduct experimental study on extremophiles under simulated sub-seafloor conditions by combining techniques to culture methanogens, etc. living in extreme environments and high-throughput stable isotope analysis. This is virtually the only technique of this kind available in the world. Using this technique, we established new indicators to measure the effect of stable isotope fractionation and equilibration attributed to activities of key microorganisms in understanding the origin and history of methane and other hydrocarbons existing in marine and sub-seafloor environments. This study was published in a scientific journal (Okumura et al., 2016).

We experimentally demonstrated that carbon/hydrogen isotope fractionation/equilibration effects attributed to microbial methanogenesis in the sub-seafloor environment are greatly affected by hydrogen concentrations in that environment. In addition, we also found for the first time in the world that methane transport, accumulation and dissolution processes under the seafloor are significantly influenced by metabolism of methanogens inhabiting there. Stable isotope fractionation/equilibration indicators are vital tools in investigating the evolution of biological activities and metabolism on Earth and the origin and history of hydrocarbons—main energy resources for humans. Recent techniques enabling sensitive and precise analysis of stable isotope ratios can be likened to precise positioning of a target object using GPS. However, understanding of the effect of stable isotope fractionation and

equilibration had been making slow progress. This delayed understanding is comparable to mismatch between accurate GPS and low-resolution maps on which positions are displayed. In this research project, we developed a “high-precision map” compatible with stable isotope fractionation and equilibration indicators. We believe that our results will significantly advance the current understanding of the origin and history of hydrocarbons. The results will have great impact on international research plans, such as the Deep Carbon Observatory program, which is designed to promote understanding and utilization of the global carbon cycle. In addition, the results may significantly influence the current understanding of various aspects of the vast marine space by adding new insights into the evolution of marine organisms and deep sea energy resource R&D.

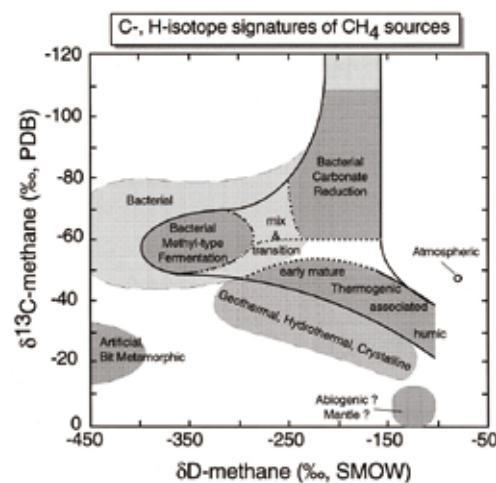


図:従来の安定同位体比分別・平衡指標

Figure: Conventional stable isotope fractionation/equilibration indicator

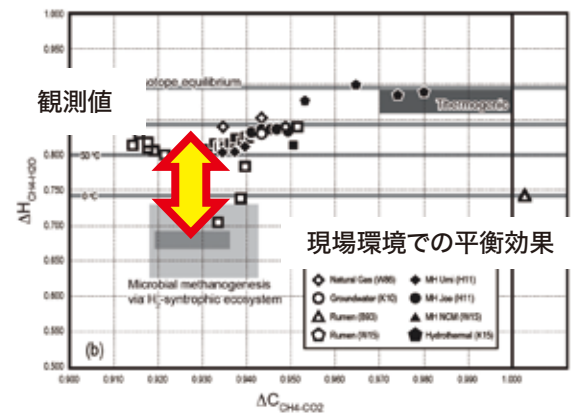


図:本研究から考案される安定同位体比分別・平衡指標

Figure: Newly developed stable isotope fractionation/equilibration indicator

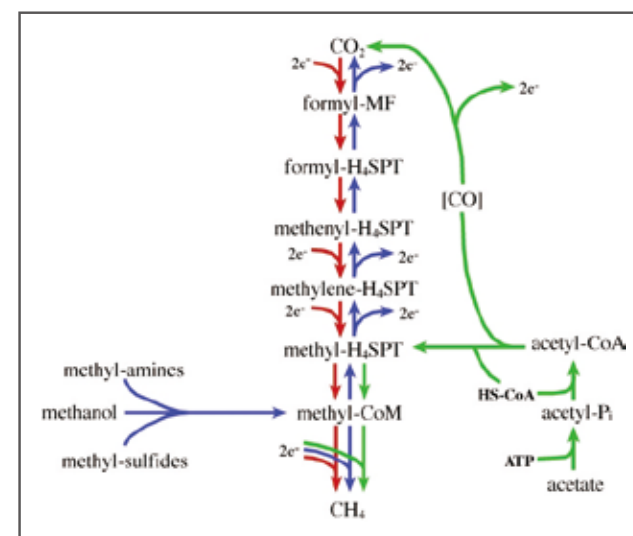


図:メタン生成時の微生物による安定同位体比分別効果だけでなく、地質学時間スケールでの移動過程での、逆メタン生成による平衡効果を考慮すべきことを示唆
Figure: This methanogenesis pathway suggests that the stable isotope equilibration effect attributed to reverse methanogenesis occurring during the methane transport process over a geological timescale should be taken into account in addition to the stable isotope fractionation effect attributed to microbial methanogenesis.

Identifying outer limits of the biosphere beneath Okinawa Trough hydrothermal vents

We surveyed chemosynthetic (micro)organisms inhabiting hydrothermal areas in Okinawa, the Indian Ocean, the Caribbean Sea, etc., analyzed community structures of, functions of and physical/chemical processes associated with surveyed microorganisms using a metaomics approach and finalized a study on environment-organism interactions. We analyzed core samples collected from hydrothermal vents in the Okinawa Trough during IODP Expedition 331. As a result, we identified the outer limit of the hydrothermal vent biosphere defined by high temperature

conditions (120-150°C) and impermeable strata 14.3 m beneath the seafloor. We also analyzed the genetic composition and quantity of enzymes that play key roles in anaerobic methane oxidation reactions. Consequently, we detected a large amount of *mcrA* genes originating from thermophilic archaea that oxidize methane anaerobically. Thus, methanotrophic archaea represent an important characteristic of the biosphere immediately beneath the hydrothermal vents in the Iheya North hydrothermal field. Based on these results, we assessed global patterns of ecosystems associated with native thermophilic microorganisms in relation to geological, geographic and chemical characteristics of hydrothermal environments.

We also analyzed global distribution of thermophilic microorganisms. We identified high temperature conditions that define the outer limit of the biosphere under the seafloor for the first time in the world. These results are scientifically significant as they indicated a wider range of biological activities than previously known. Thus, we were able to provide an answer to a question concerning the limit of biological activities and biospheres on Earth. Because life on Earth is believed to have originated from hydrothermal environments, our findings are significant in terms of advancing our understanding of environments conducive to life's origin.

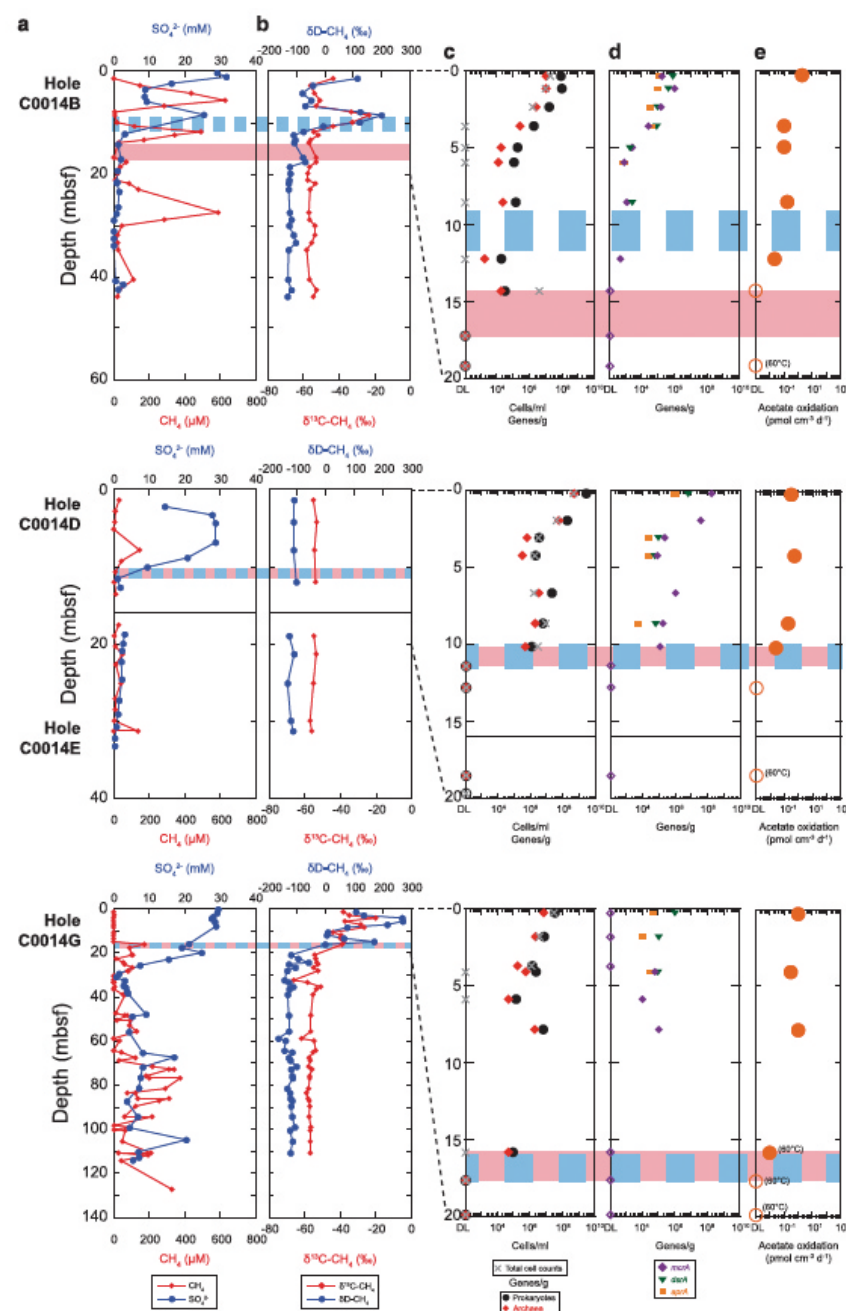
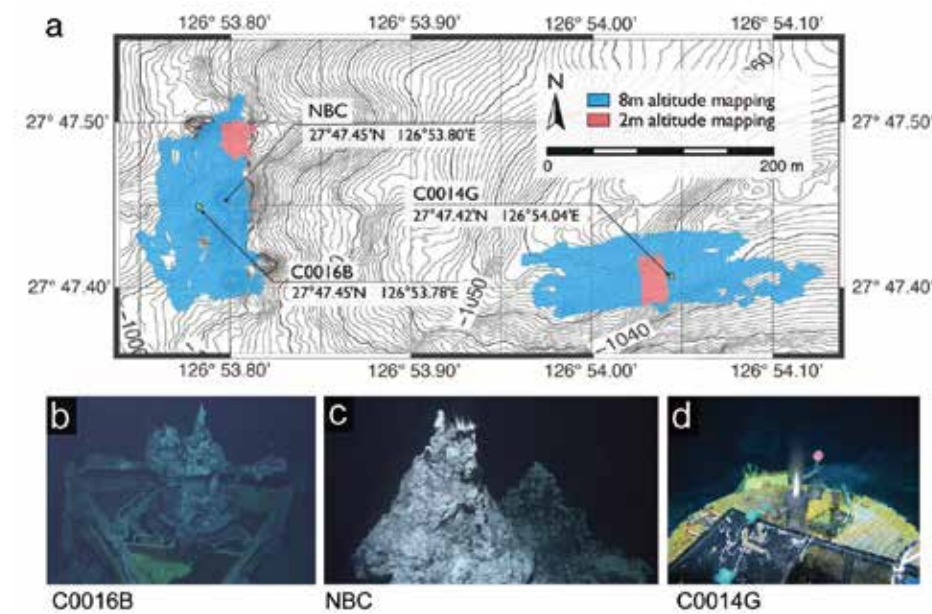
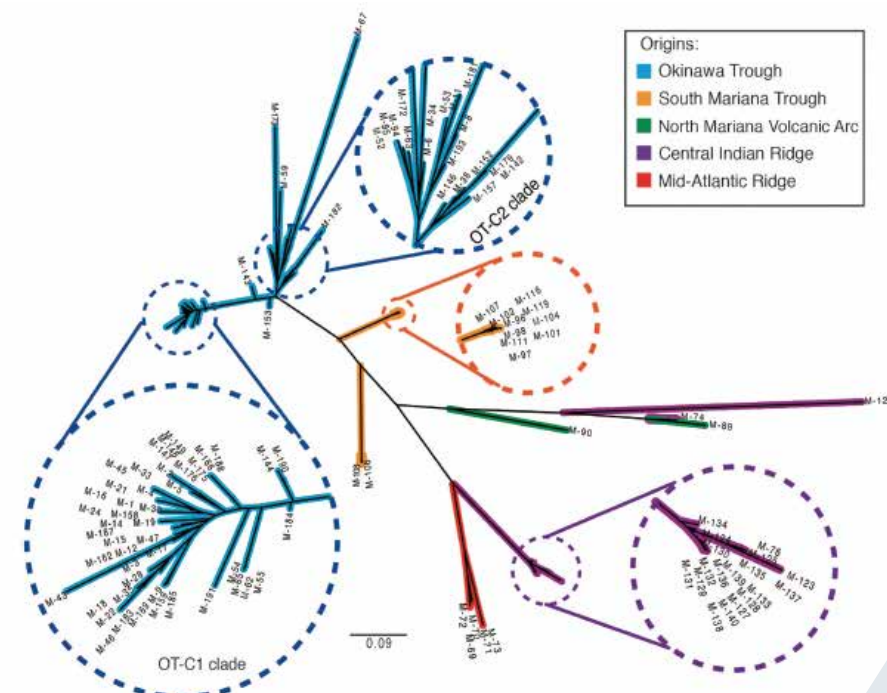


図:IODP Exp.331で採取された試料によって明らかにされた海底下微生物群集の存在可能な領域と存在出来ない領域の境界 (赤色の領域が生命圏一生命圏境界になっており、不透水層(青い点線領域)に制約された120-150°Cの温度条件に境界が存在することを明らかにした。) Figure: Outer limit of the sub-seafloor vertical range inhabitable by microbial communities, which was determined by analyzing samples collected during IODP Expedition 331. The outer limit (red band) is defined by high-temperature conditions (120-150°C) and impermeable strata (dotted blue band).



上図:科学掘削が熱水生態系に与える影響を時空間定量的に示した図 Above figure: Effect of scientific drilling on hydrothermal ecosystems in relation to time and space



左図:熱水環境微生物の世界的な分散に関する包括的な理解を示した図 Left figure: Analysis of the global distribution of thermophilic microorganisms



海底下から地球を知る

Getting to know the Earth from beneath the seabed

本課題では、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 project 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 *Chikyu*. 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.

新しい仮説で大陸の起源に迫る

Origin of continents: the new hypothesis

地球になぜ大陸が出現したのか、という課
題に対して、地球物理学的数据と岩石学
的・地球化学的数据を総合的に用いること
によって、従来とは全く異なる新しい仮説を提
唱しました。

代表的な海洋島弧である伊豆小笠原弧と
アリューシャン弧において、地球物理学データ
及び水深データを用いた地殻構造の推定を
行い、さらに、この地殻構造と海底火山から噴
出するマグマを比較した結果、地殻の厚さと
噴出するマグマのタイプに相関があることが
分かりました。この結果は、地殻の薄い場所で
安山岩質の、地殻の厚い場所で玄武岩質のマ
グマが噴出していることを示しており、これま
での常識を覆すものです。これは、地殻の薄い

海洋島弧の海底火山において安山岩質マグ
マがつくられること、つまり「海において大陸
が生成すること」を示しています。

地球科学において長年の謎とされてきた大
陸の生成に関する理解を格段に進歩させると
ともに、今後、海洋島弧における「ちきゅう」によ
る大深度掘削が実現すれば、さらなる全容解
明に繋がると期待されます。

Comprehensive analysis of geophysical,
petrological and geochemical data led JAMSTEC to
formulate a novel hypothesis to answer the
question: how did Earth's continents form?
We estimated crustal structures along the Izu-Bonin
arc and the Aleutian arc—prominent oceanic island
arcs—by analyzing geophysical and bathymetry
data. We then analyzed the relationship between

the crustal structures and magma that erupted
from submarine volcanoes. As a result, we found a
strong correlation between crustal thickness and
the type of magma. These results indicated that
eruption of andesitic magma and that of basaltic
magma are associated with thin and thick crusts,
respectively, which completely contradicts the
conventional theories. If andesitic magma is in fact
formed along oceanic island arcs in thin-crust
areas, it means that the continents may have
formed in the ocean.

Research based on the new hypothesis may greatly
advance the understanding about the origin of the
continents which has been a long-standing
geoscientific mystery. In addition, deep-sea drilling
expeditions along oceanic island arcs using *Chikyu*
may facilitate further understanding about the
formation of the continents.



図:新しい仮説を生み出すきっかけとなった西之島の噴火

Figure: Volcanic eruption on Nishinoshima Island inspired the
formulation of the new hypothesis.

「ちきゅう」による海底下生命圏の限界に挑むIODP掘削調査(T-リミット)を実施

Temperature limit (T-limit) of the deep biosphere explored using *Chikyu* during IODP drilling expedition

本掘削調査では、「ちきゅう」と高知コアセ
ンターをブロードキャスト会議やヘリコプター
によるサンプル輸送で連動させ、世界初の海
洋科学掘削ー陸上分析同時オペレーション
を実施しました。また、スーパークリーン技術
と超高精度・高感度生命科学分析の適用によ
り、海底下生命圏の限界に挑む最先端研究に
着手しました。

「ちきゅう」による掘削調査計画を主体的に
策定、約30ヶ月で実現したことで、当機構と我
が国の科学技術に対する国際的なプレゼンス
の高さを示しました。また、海底下生命圏の限

界要因や南海プレート境界断層近傍の物性
と温度・水圧に関する高品位な分析用コア試
料の採取に成功し、その成果と一次分析情報
を公開しました。さらに、「ちきゅう」科学掘削
史上最多となる112のコアと13,000を超え
る高品位なサンプルの採取に成功するととも
に、デコルマ断層を中心とする13の長期現場
温度センサーの設置にも成功しています。

今後、生命圏の限界や生命生息可能条件
に関する大幅な知見拡大が期待されます。

During this drilling expedition, we coordinated

activities of the deep-sea drilling vessel *Chikyu* and
the Kochi Core Center by holding video
teleconferences between them and arranging the
transport of samples from the vessel to the center
using a helicopter. This was the world's first
simultaneous implementation of marine science
drilling and sample analysis on land. We also
launched a frontier research project to determine
the outer limit of the biosphere under the seafloor
by performing ultrahigh-precision, high-sensitivity
biological analysis using superclean technologies.
We led the planning of the drilling survey project
using *Chikyu*, and completed the project in about 30
months. This achievement demonstrated
JAMSTEC's and Japan's advanced scientific and

technological capabilities to the world. In addition, we succeeded in collecting core samples to be subjected to high-quality analysis for investigating factors that define the boundaries of biospheres under the seafloor and physical properties, temperatures and water pressure along the plate boundary fault at the Nankai margin. The results of

preliminary analysis were publicized. Moreover, we succeeded in collecting 112 core samples and more than 13,000 high-quality samples of other types, representing the highest numbers of samples collected in the history of scientific drilling surveys using *Chikyu*. We also succeeded in installing 13 temperature sensors for long-term monitoring

mainly along the decollement. These analyses and measurements may greatly increase the understanding about deep biosphere boundaries and conditions to sustain life under the seafloor.

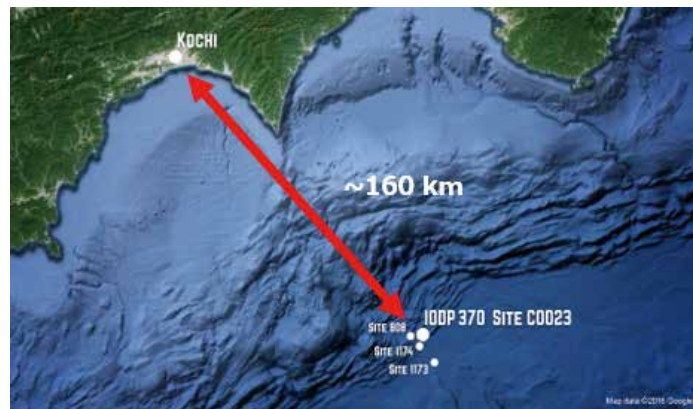


図:海底下深部生命圏の限界を解明するため、局所的に地温勾配が高く、水分や栄養源の供給が想定される室戸岬沖沈み込み帯先端部に着目し、「ちぎゅう」を用いたT-リミットを実施した。

Figure: We investigated T-limits of the biosphere under the seafloor using *Chikyu* at the edge of the subduction zone off the coast of Cape Muroto. This site is expected to have a steep localized geothermal gradient and water and nutrient supply sources.

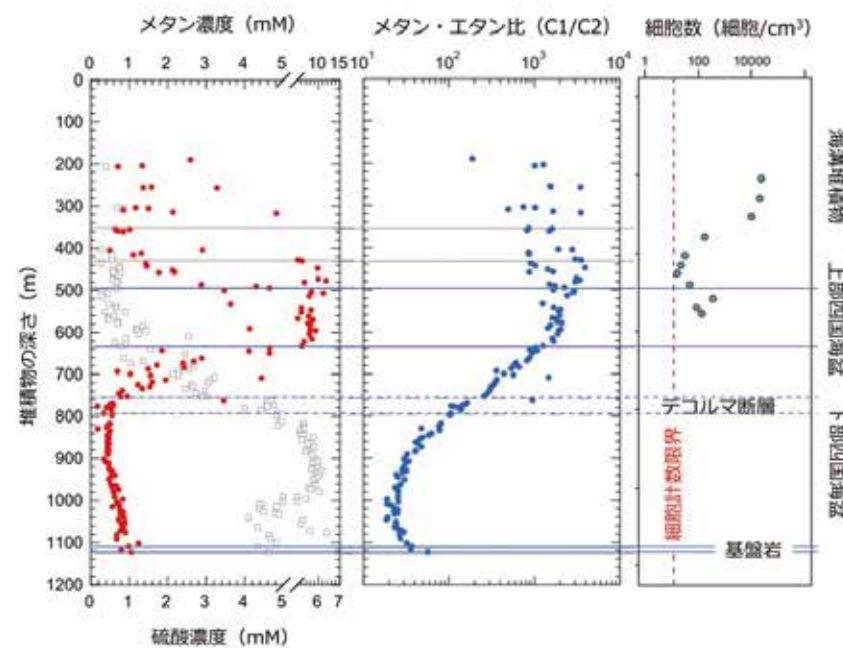
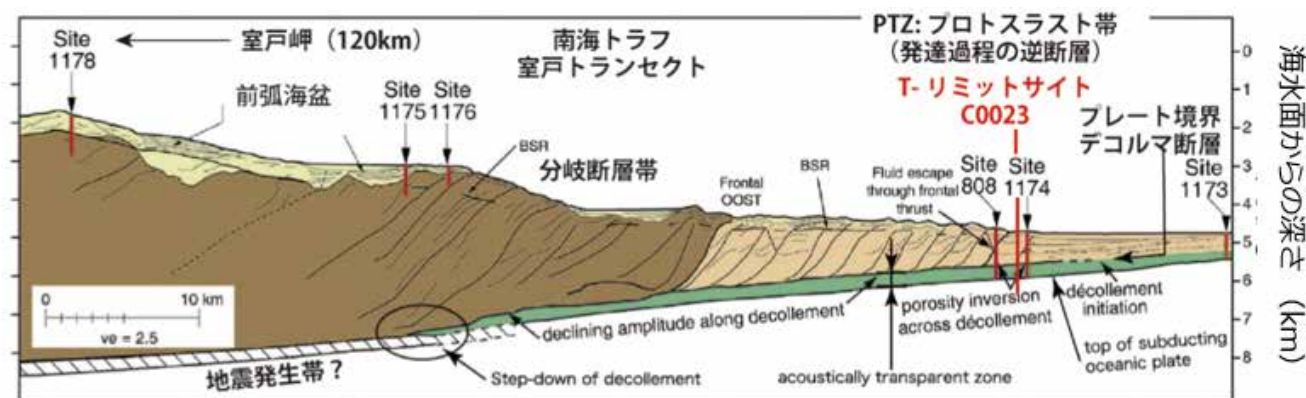


図:T-Limitで採取されたコアサンプルに含まれる微生物細胞の数は極めて少ないものの、デコルマ断層上部や基盤岩直上の高温堆積物環境に、海底下微生物の生命活動を示す地球化学的データが得られた。Heuer, Inagaki, Morono, et al., *IODP Proc.*, 2017.

Figure: Although microorganism cells were rarely detected in core samples collected at the T-limit of the biosphere, we collected geochemical data indicating microbial activities in the upper decollement layer and in high-temperature sediments immediately above the basement rock (Heuer, Inagaki, Morono et al., *IODP Proc.*, 2017).

南海トラフ地震での断層すべり量の定量的評価

Quantification of potential fault slips in response to a Nankai Trough earthquake

「ちぎゅう」により採取された日本海溝と南海トラフのプレート境界断層試料を分析し、モデル計算をした結果、2011年東北地方太平洋沖地震での海溝付近の巨大すべり約80mを再現するとともに、南海トラフ地震にて海溝付近の断層が約30-50m程度すべり可能性を示しました。これにより、世界で初めて、断層掘削試料から地震時の海溝付近のすべり量を評価する解析方法を確立することができました。

今後、「ちぎゅう」で地震の“巣”のより深部の掘削調査を実施し、本メソッドを適用するこ

とによって、将来の発生が危惧される南海トラフ地震時の深部固着域(地震の巣)の断層すべりの規模をより正確に評価可能になることが期待されます。

We analyzed samples collected from the plate boundary fault between the Japan Trench and the Nankai Trough using the deep-sea drilling vessel *Chikyu* and performed model calculations. As a result, we were able to reproduce a massive slip of approximately 80 m in the vicinity of the Japan Trench triggered by the 2011 Great East Japan Earthquake. We also demonstrated the possibility that fault slips of 30 to 50 m may occur in the

vicinity of the trench in response to a Nankai Trough earthquake. Through these studies, we developed the world's first analytical method of assessing fault slips driven by an earthquake using core samples collected from faults.

In future studies, we plan to carry out drilling surveys into a greater depth in areas with concentrated earthquake sources using *Chikyu*. The new analytical method may enable accurate estimation of the extent of fault slips at a great depth in areas where tectonic plates adhere to each other (areas with concentrated earthquake sources) triggered by an anticipated Nankai Trough earthquake.



図:「ちぎゅう」航海での掘削地点

Figure: Locations (arrows) at which drilling surveys were conducted using *Chikyu*

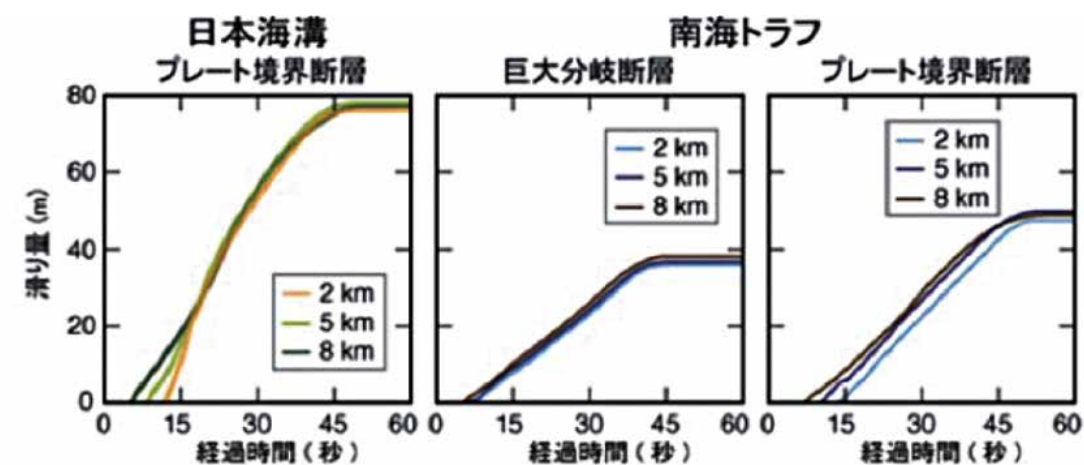
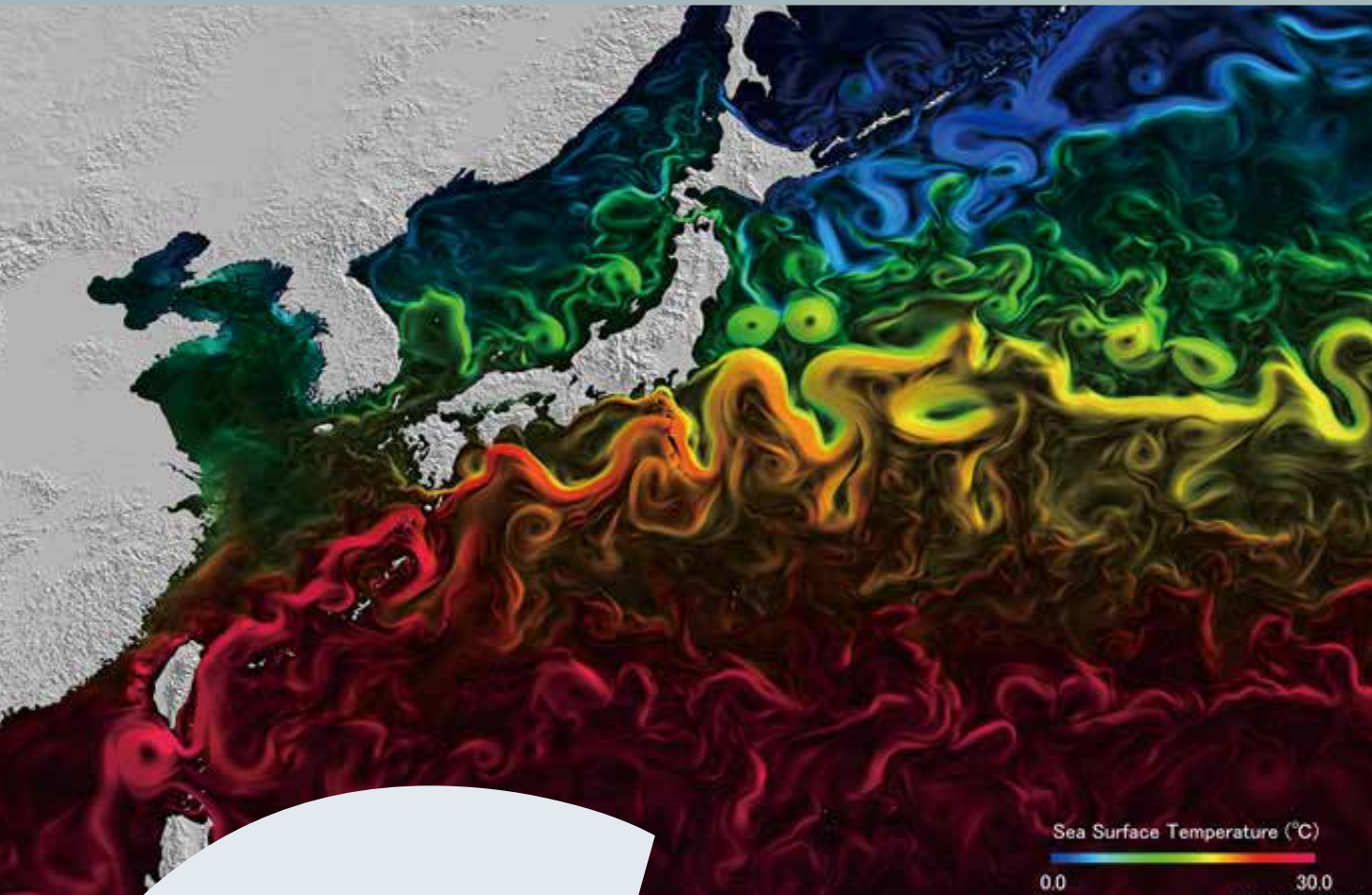


図:海溝付近でのすべり量の時間発展

Figure: Extent of fault slips near the trench/trough in relation to time



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めざして、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。

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.

先進的プロセスモデルの研究開発

R&D of advanced process models

3次元放射を考慮した樹冠解像ラージ・エディ・シミュレーション(LES):3次元放射モデルの精度向上、蒸散モデルの精緻化

気候変動やヒートアイランド現象に伴う都市の気温上昇に対し、最適な暑熱環境対策を施すためには、都市街区内の暑熱環境を精緻に再現することのできるシミュレーションモデルの開発が必要不可欠です。そこで、これまでに街区スケールの3次元放射伝達と樹木の作用を考慮した高解像度気象ラージ・エディ・シミュレーション(LES)モデルの開発を行ってきました。その3次元放射計算の精度向上のため、3次元放射モデルとカップリングさせた樹冠解像LESにおいて、樹冠内の多重散乱の効果を精緻に考慮する計算手法を導入し、モンテカルロ法による3次元放射の精密計算との比較により、改良した3次元放射モデルの精度向上を確認しました。さらに、樹冠周囲の熱環境および放射環境に対する気孔の応答を考慮した蒸散モデルを導入しました。その

結果、樹冠の中でも光合成有効放射の受光量が多い葉ほど蒸散が活発になる様子が再現されました(図1)。また、蒸散モデルの違いが気温や相対湿度の分布だけでなく、対流の強度にも影響を及ぼすことを確認しました(図2)。

これらのモデルのアップデートにより、緑地整備による都市の暑熱環境対策を検討する際に、高解像度暑熱環境シミュレーションによって、対策の効果をより精度よく評価することが可能となると期待されます。

Development of a canopy-resolving large eddy simulation (LES) model through the integration of an accurate three-dimensional thermal radiation model and an elaborate transpiration model

Increasing air temperature in urban areas due to climate change and the urban heat island phenomenon has been a major issue. To take proper measures to mitigate these effects, simulation models capable of accurately reproducing the urban thermal environment need to

be developed. We have been developing a high-resolution meteorological LES model which takes into account the effects of tree canopies and three-dimensional (3D) thermal radiation and propagation at a city block scale. We coupled a 3D thermal radiation model with canopy-resolving LESs and increased its accuracy in 3D thermal radiation calculations by introducing a technique to elaborately compute the effect of multiple scattering of thermal radiation in tree canopies and assessing its accuracy using a Monte Carlo method. We then introduced a transpiration model which takes account of stomatal response to ambient thermal radiation environments. As a result, we were able to simulate transpiration rates of leaves in tree canopies, which demonstrated that leaves that received greater amounts of photosynthetically active radiation transpired at higher rates (Figure 1). We also confirmed that different transpiration models have different effects on the spatial distributions of ambient air temperature and relative humidity and convective intensities (Figure 2). Continued efforts to increase the resolution of thermal environment simulations by enhancing these models may enable accurate evaluation of potential green space in urban areas.

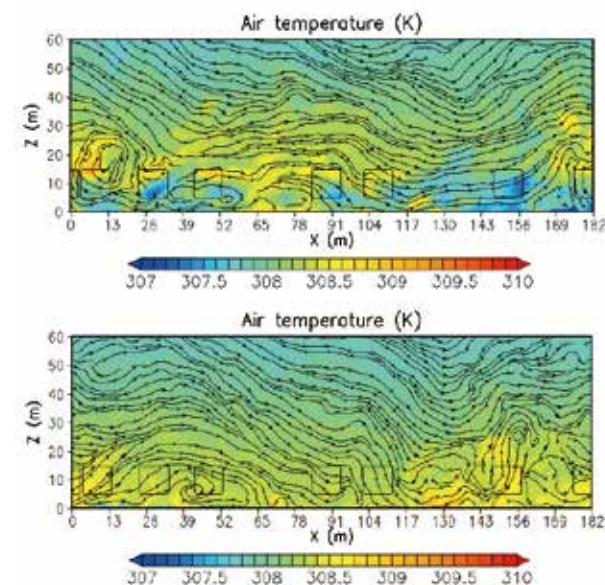


図1: 蒸散モデルの違いが気温分布に及ぼす影響。黒線は流線。(上)簡易蒸散モデル、(下)放射強度や相対湿度等に対する依存性を考慮した詳細蒸散モデル。

Figure 1: Effect of two different transpiration models on air temperature distributions. Black lines represent streamlines. (Top) Simple transpiration model. (Bottom) Detailed transpiration model which takes account of the effects of radiation intensity, relative humidity, etc. on ambient air temperature.

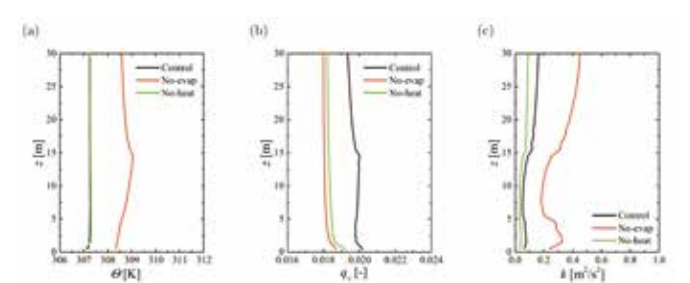


図2: 温位 θ 、比湿 q 、および乱流運動エネルギー k の鉛直分布。Control: 詳細蒸散モデルを使用、No-evap: 蒸散がゼロ、No-heat: 樹冠と大気との熱交換を無視。

Figure 2: Vertical distribution of potential temperature (θ), specific humidity (q) and turbulent kinetic energy (k). Control: results obtained using the detailed transpiration model. No-evap: no transpiration. No-heat: thermal exchange between the atmosphere and canopies disregarded.

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

長いリードタイムの獲得や集中豪雨等の予報精度向上を目指した極端現象予測システムの開発

近年集中豪雨による災害が頻繁に発生しています。この集中豪雨がいつどこで発生するのか、また、時間的な余裕をもって避難等の対策を行えるようになるべく早くその予測の情報を社会に広めることが重要です。そのため革新的な数値天気予報を目指して集中豪雨などの予測精度向上や、リードタイム(予報から現象発生までの時間)を長くする研究開発を行っています。

その一環として、今年度は、「高分解能な」数値モデルを「広領域に適用」する豪雨の再現実験をおこない、「境界条件の与え方(頻度)」や分解能の影響を調べました。2013年10月の伊豆大島や2014年8月の広島市で災害を引き起こした豪雨事例に注目して、250m~500mという高分解能な数値予報モデルを広領域(東北南部から九州南部)に適用した豪雨の再現実験をおこないました。例として、2013年10月の伊豆大島の事例で調べた実験では、500m以下の解像度にし、計算領域を広く取ることによって境界条件の影響が軽減され、伊豆大島に豪雨をもたらした降水帯の位置が改善し、強い降水も再現できます(図3)。

このような広い領域で、250m~500mの高分解能で豪雨の再現実験をおこなった前例は

ありません。計算領域の広さに注目し、比較実験を用いて計算領域を広く取ることの重要性を明らかにしたのは、本研究が世界で初めてです。

十分な分解能や計算領域の条件下で、どこまで現象に近づけるかをいろいろな集中豪雨の事例で示すことは、予報精度の向上を目指す開発の戦略にとって重要です。このような研究の積み重ねにより、いろいろな原因を調べることは、今後の数値モデル開発のコミュニティや気象庁の天気予報への貴重な知見の提供につながるものです。

Development of a system capable of accurate long-range forecasting of torrential rain and other extreme meteorological phenomena

Because heavy rain disasters have occurred frequently in recent years, it is important to accurately forecast when and where heavy rains take place. It is also important to provide weather information to the public as promptly as possible to give people sufficient time to prepare for a potential disaster (e.g., evacuation to a safe place). For these reasons, we have been engaging in long-term R&D to achieve innovative numerical weather forecast capable of accurate long-range prediction of torrential rain and other extreme weather events. In FY2016, we carried out experiments to reproduce torrential showers by applying a high-resolution numerical model to wide areas, and studied the effects of boundary conditions (frequency of heavy

rains) and spatial resolutions on simulation accuracy. We selected heavy rainfall cases which took place on Izu Oshima Island in October 2013 and in Hiroshima City in August 2014 as subjects for these experiments. Heavy rains were reproduced by applying the high-resolution (250-500 m) numerical forecast model to a wide area in Japan (from the southern Tohoku region to southern Kyushu). In one experiment which focused on the rainfall which affected Izu Oshima Island, the resolution of the model was set to be 500 m or higher and computations applied to a wide area. This arrangement reduced the impact of boundary conditions on simulation accuracy, more accurately located the area of heavy rain on the island and accurately reproduced rainfall intensities (Figure 3).

A high-resolution (250-500 m) simulation of torrential rainfalls had never been achieved at the spatial scale of this magnitude. These were the world's first comparative experiments to demonstrate the importance of applying computations to a broad spatial range. From the viewpoint of increasing weather forecast accuracy, it is vital to simulate various heavy rainfall cases of the past as accurately as possible using sufficiently high spatial resolution and applying computations to a sufficiently wide area. Continued research efforts, such as this study, to examine various factors affecting weather forecast accuracy are important to provide valuable insights into the development of numerical models and new weather forecast techniques which may be adopted by the Japan Meteorological Agency.

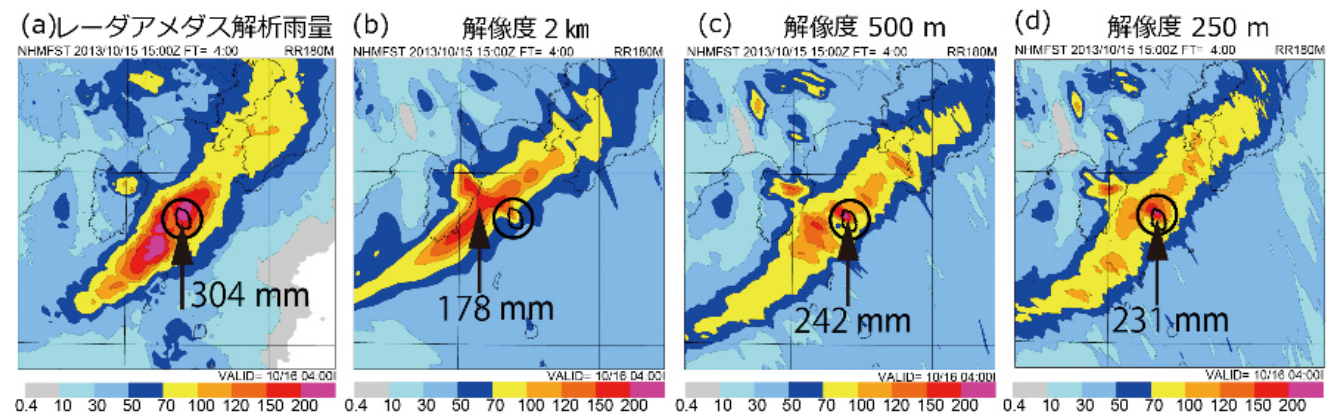


図3：(a):観測値、(b):加増度2km、(c):解像度500m、(d):解像度250m。豪雨のピークであった10月16日04時までの3時間累積雨量をカラーで示す。矢印は最も多かった降水の位置と降水強度を、黒い丸印は伊豆大島の位置を示す。

Figure 3 : Three-hour accumulated precipitation and the maximum (arrows) from 0100 JST to 0400 JST on October 16: (a) the Radar/Rain gauge-Analyzed Precipitation, (b) 2 km grid spacing, (c) 500 m grid spacing, and (s) 250 m grid spacing. Black circle indicates Izu Oshima.

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と気候変動の関係を解明

南部アフリカでは、マラリアや肺炎などの感染症の流行が人々の健康を脅かしています。特に南アフリカ北東部に位置するリンポポ州は、毎年雨期(9月-翌5月)に多くマラリアが発生する地域として知られています。

マラリア発生率と南アフリカおよび世界の海域でみられる気候変動現象との関連性を調べたところ、雨期の前半(9-11月)と中盤(12-2月)で両者の関係が異なることが示されました。雨期前半にマラリアが多く発生する年は、リンポポ州の気温が数ヶ月前(6-8月)に平年より低く、モザンビーク南部とリンポポ州北部の降水量が6ヶ月前(3-5月)から多い傾向にありました(図4(a))。これらの変動には熱帯太平洋のラニーニャ現象が関わっていることが示唆されました。一方、雨期中盤にマラリア発生率の高い年は、南部アフリカの気温が数ヶ月前(9-11月)に平年より高く、降水量も多い傾向にありました(図4(b))。これらの変動には南インド洋の気候変動現象であるインド洋亜熱帯ダイポール現象との関連がみ

られました。

以上から、世界の海域でみられる気候変動現象が、南部アフリカの降水量や気温の変動を通してマラリア媒介蚊の個体数と分布に影響を与え、結果的にマラリアの発生率に影響を及ぼすことが示唆されます。この成果を利用して、マラリア発生をその数ヶ月前から予測するモデルを作成しました。今後、早期警報システムの構築に向けて展開できることが期待されます。

Determining the relationship between malaria incidence and climate change in South Africa

Epidemics of infectious diseases, such as malaria and pneumonia, are imminent threats to the people in southern Africa. Malaria is particularly prevalent during the rainy season (September to May) in Limpopo Province in northeastern South Africa. We studied the relationship between malaria incidence and climate-changing phenomena in sea areas of South Africa and other regions. As a result, we found that the relationship varied between the first (September to November) and second (December to February) halves of the rainy season. In years in which malaria was prevalent during the

first half of the rainy season, the temperature between June and August before the rainy season was generally lower than the average year in Limpopo, and the precipitation amount between March and May before the rainy season was generally large in Limpopo and southern Mozambique (Figure 4a). These patterns may be associated with La Niña events originating from the tropical Pacific Ocean. On the other hand, in years in which malaria was prevalent in the mid-rainy season, the temperature between September and November was generally higher than the average year in southern Africa and the precipitation amount of the region during the same period was generally large (Figure 4b). These patterns were associated with subtropical Indian Ocean dipole events—climate-changing phenomena originating from the southern Indian Ocean.

These results indicate that climate-changing phenomena occurring in oceans worldwide alter temperature and precipitation patterns in southern Africa, which in turn influence the population and distribution of malaria-carrying mosquitoes and thereby malaria incidence. Based on this assumption, we constructed a model capable of predicting malaria prevalence several months before a malaria season. The model may facilitate the development of malaria early warning systems.

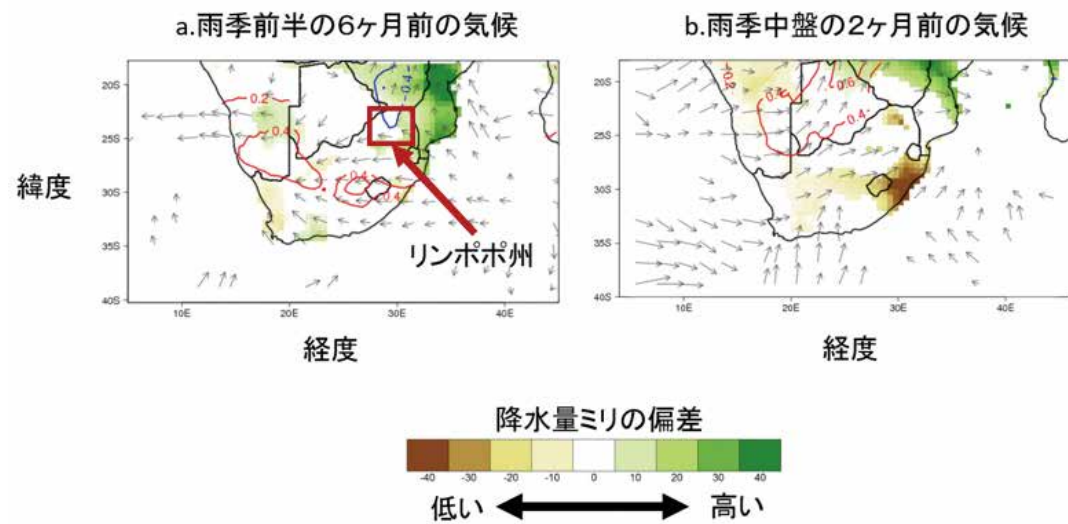


図4：(a)マラリアが雨期の前半(9-11月)に多い年の6ヶ月前と(b)雨期中盤(12-2月)の多い年の2ヶ月前の降水量(カラー)、気温(等値線)と海上風(矢印)の平年差。マラリアが発生する2つの季節には異なる降水量、気温と風が関わっていることが分かる。

Figure 4 : Composites (90% confidence level) of precipitation (shade, mm month⁻¹), mean temperature (contour, °C), and wind (vector, m s⁻¹) in southern Africa for (a) September-November with 6-month lag and (b) December-February with 2-month lag. Differences in composite anomalies between the high and low malaria incidence years are shown.



技術開発で未来を拓く

Opening up the future by technological development

海洋の調査研究、開発において各種データ等を取得するための船舶、海洋観測網、観測機器等を高度化することは、広大な海洋空間を総合的に理解するうえで必要不可欠であり、我が国の海洋科学技術を推進する上で極めて重要です。このため、未踏のフロンティアへの挑戦、新たな分野の開拓を可能にする先端的基盤技術を開発するとともに、それらを最大限活用することで「海底資源研究開発」、「海洋・地球環境変動研究開発」、「海域地震発生帯研究開発」、「海洋生命理工学研究開発」の研究開発課題を推進するために海洋フロンティアを切り拓く研究基盤の構築に向けて積極的かつ組織横断的に取り組んでいます。

In ocean R&D, developing more advanced ships, ocean observation networks, and observation equipment for obtaining various data is essential for the development of a comprehensive understanding of the vast ocean space and is an extremely important part of advancing Japan's marine science and technology. Accordingly, as well as developing cutting-edge key technology that will enable humankind to take on the challenge of opening up unexplored frontiers and cultivating new fields, JAMSTEC is undertaking proactive, cross-cutting efforts to build a research base to open up ocean frontiers by making full use of these technologies, so that we can promote R&D of submarine resources, marine and global environmental change, seismogenic zones, and marine biosciences and engineering.

海洋・海底下において直接現場計測を可能とするセンサーの開発

Development of sensors that enable on-site measurements in marine and sub-seafloor environments

海中や海底において現場で直接計測ができるようにするため、深海探査機に実装可能な現場分析用のマルチプル化学センサー（H₂、H₂S、pH、Eh等）を作成・深深度化（6,000m級）するとともに、メタン濃度センサーの高感度化を行いました。これまで採水試料を船上に引き上げて分析していましたが、この現場分析用のマルチプル化学センサーやメタン濃

度センサーの開発により、海中や海底といった現場での分析が可能となります。そのため、採水から船上における化学分析までの時間経過による誤差が排除され、取得する分析データの品質が向上します。

We developed multiple chemical sensors which can be installed on remotely operated vehicles

(ROVs) to measure and analyze H₂, H₂S, pH, Eh, etc. on site at depths of up to approximately 6,000 m in the water and on the seafloor. We also increased the sensitivity of methane concentration sensors. Conventionally, water samples are collected from and analyzed on a ship. Because sampled water needs to be retrieved to the ship before it can be analyzed, the quality of the samples may change during the retrieval. On-site chemical analysis will eliminate this issue.

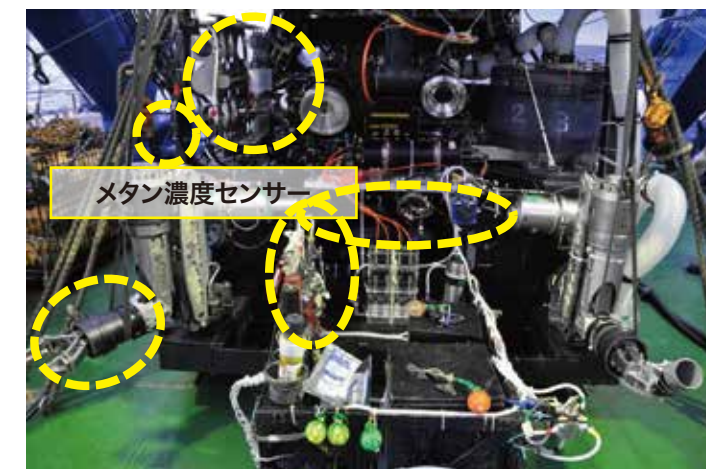


図:深海探査機(ROV)へのセンサー搭載

Figure: Sensors installed on an ROV

地震津波観測監視システムの構築

Construction of an 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、東南海地震の特定震源域である紀伊半島沖の掘削孔(C0010)内の海底下650mに地震計や傾斜計などの観測装置(長期孔内観測装置)を設置し、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(DONET)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要素すべてを当機構が有していることから、実現しました。リアルタイム三次元地殻変動観測網の構築は世界で初めです。これにより、海底下の高精度な地震データがリアルタイムで入手可能となったほか、地震や津波の研究者にも公開されました。

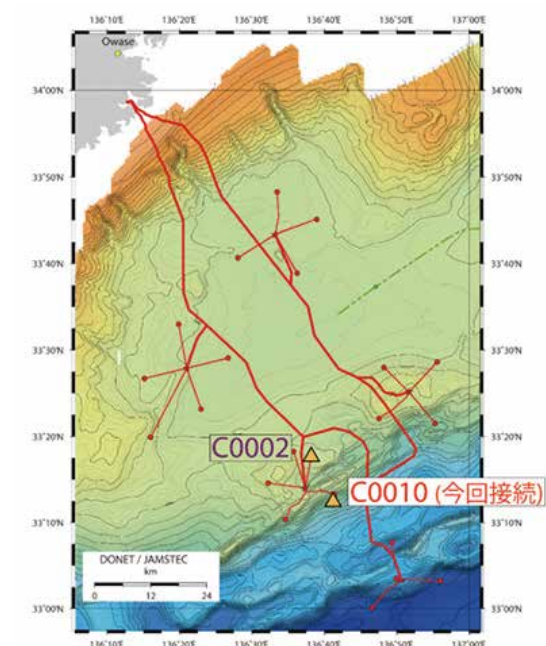


図:長期孔内観測装置の設置位置(C0010)

Figure: Location at which LTBMS was installed (Site C0010)

To improve the earthquake and tsunami monitoring system, we installed a long-term borehole monitoring system (LTBMS), including a seismometer and dipmeter, 650 m below the seafloor within a borehole at Site C0010 in a designated earthquake focal area off the coast of Kii Peninsula. We then connected LTBMS to the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET). LTBMS enables (1) advanced sub-seafloor monitoring within a borehole, which had been difficult to achieve, (2) connection with DONET capable of long-term, real-time monitoring and (3) integration of borehole monitoring data into the DONET database and its data distribution and analysis system. JAMSTEC had appropriate technologies to achieve these. This is the world's first network to monitor three-dimensional crustal movement in real time. This integrated system has enabled collection of accurate seismic data from under the seafloor in real time and distribution of the data to earthquake and tsunami researchers.

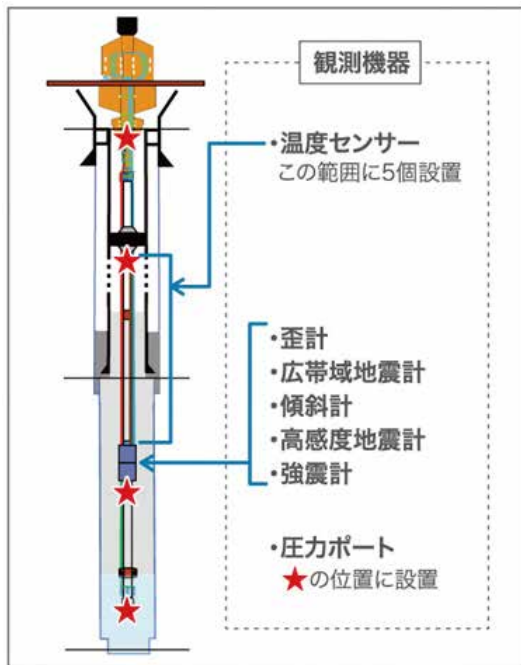


図:長期孔内観測装置概念図
Figure: Schematic of LTBMS

小型AUV試作機による北極海氷下の撮影

Recording videos of marine environments under the ice in the Arctic Ocean using a compact prototype AUV

温暖化の影響で激変する北極海の海水下の様子をとらえるために、簡易フロートをベースとして、海水下に潜り込み、水温、塩分に加えて動画の撮影ができる「コンパクト(全長約1.9m、重量27kg程度)」かつ「少人数での投入・揚収が可能な」小型自律型無人潜水機(AUV)を試作しました。

平成28年8月から10月にかけて実施した「みらい」による北極海における研究航海(MR16-06)において、北極海でオペレーションを実施し、我が国で初めて北極海における海水下の自律航走に成功するとともに、塩分、水温などの観測データを取得し、海水下の映像の撮影に成功しました。

We created a prototype of a compact autonomous underwater vehicle (AUV) equipped with simple floats (approximately 1.9 m in total length and 27 kg in weight) to observe marine environments under the ice in the Arctic Ocean, which are changing rapidly due to global warming. The AUV is capable of diving under the sea ice, measuring water temperature and salinity and recording videos of marine environments.

We made a research excursion (MR16-06) in the Arctic Ocean using *Mirai* from August to October 2016. We are the first Japanese people to succeed in operating an AUV under the ice in the Arctic

Ocean. We also succeeded in collecting salinity and water temperature data and recording videos of marine environments under the sea ice.



図:氷縁域観測用小型AUV試作機
Figure: Compact AUV prototype capable of short-range monitoring of marine environments under the sea ice

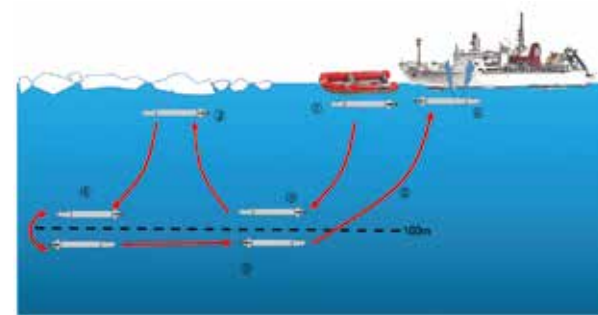


図:進行方位、航行速度調整機能と深度に基づき回収できるようにプログラムされた小型AUV
Figure: Compact AUV which is programmed to return to a set retrieval point taking into account its traveling direction, traveling speed regulation functions and traveling depth

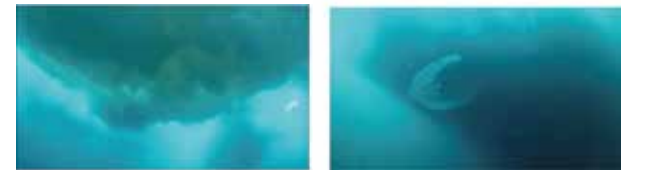


図:小型AUVにより撮影された海水下のビデオ映像
Figure: Video images recorded by the compact AUV under the sea ice

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、船からの調査や、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大幅な海洋調査の効率化が見込まれます。

平成28年度は、ASVによる複数AUVの曳航、ASVによるAUVの自動回収等、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」に挑戦しており、日本から唯一、書類審査を通過し、平成29年度に開催される準決勝に進出しました。

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 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 FY2016, we engaged in various development and testing activities, such as towing and retrieving multiple AUVs using an ASV, in efforts to construct an unmanned survey system. In addition, we formed Team KUROSHIO composed of several organizations to participate in Shell Ocean Discovery XPRIZE, a global competition intended for the development of deep-sea exploration technologies, including robots, which enable quick mapping of wide seafloor areas. Team Kuroshio represents the only Japanese team to have advanced to the semifinal competition to be held in FY2017 by passing document-based screening.

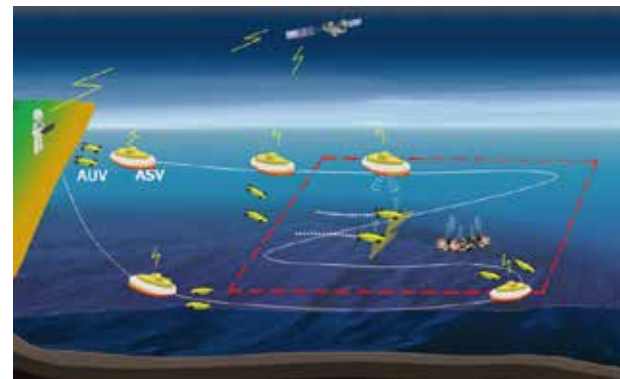


図:レーザースキャナーの動作概念図
洋上に人が立ち入らずに海底地形を調査するという従来の概念を覆すシステム概念図
Figure: Schematic of a laser scanning system in action, presenting a novel concept that bathymetric surveys can be performed without sending scientists to the sea



図:大学、民間企業も交えた他機関連携により実施
Figure: Members of Team KUROSHIO, including universities and private companies



研究船・深海調査システム等の運用

Operation of research vessels and deep-sea survey systems

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者等の利用に供しています。また、AUV等の高度化・効率化に向けた改造や、新たに建造したAUV及びROVの本格運用に向けた各種試験を実施しています。さらに、平成28年3月末に竣工した海底広域研究船「かいめい」の慣熟航海訓練を行いました。

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 autonomous underwater vehicles (AUVs) to enhance their performance and efficiency and implementing various tests to prepare a newly constructed AUV and remotely operated vehicle (ROV) for full-scale operation. In addition, JAMSTEC conducted advanced navigation training using the wide-area submarine research vessel *Kaimei*, which was completed at the end of March 2016.

「しんかい6500」のワンマンパイロット化

Single-pilot operation of *Shinkai 6500*

有人潜水調査船「しんかい6500」については、これまで乗船研究者1名、パイロット2名で運航してきましたが、研究上の要望の高まりを受けて、平成28年度の検査工事で乗船研究者2名、パイロット1名の「ワンマンパイロット化」に向けて機器の小型化、統合、航跡表示システムの通信仕様の確立などを行う傍らで、パイロットによる機器監視の合理化と耐圧殻（キャビン）内の居住性を高めることを目的とした搭載機器配置の見直しと変更作業によって、「ワンマンパイロット運用」が可能な態勢を形作りました。ワンマンパイロット運用によって、運用の効率化、研究者の乗船機会の増加が図られ、観測・調査研究の推進に大

きく貢献することが期待されます。

平成29年度には航海訓練を実施し、平成28年度に検討したワンマンパイロット運用における問題点の抽出と改善を行います。

Shinkai 6500 had been operated by two pilots and is capable of carrying one researcher. However, because of increased research demands, various modifications are being made to convert *Shinkai 6500* into a single-pilot submersible capable of carrying two researchers. During inspection and construction of *Shinkai 6500* in FY2016, we miniaturized and integrated an array of equipment in the submersible and determined communication specifications for the system that displays its



図:「しんかい6500」耐圧殻（キャビン）内機器レイアウト

Figure: Layout of equipment inside the Shinkai 6500 pressure shell (cabin)

navigational track. At the same time, pilots revised and modified the arrangement of installed equipment so that they can monitor the equipment properly and work comfortably inside the pressure shell (i.e., cabin). The more efficient single-pilot submersible—which can be operated by a single pilot with an increased researcher carrying capacity—is expected to greatly facilitate underwater observation and surveys. In FY2017, we will conduct navigation training using *Shinkai 6500* and identify and address issues associated with the single-pilot submersible which we studied in FY2016.



図:工事中の「しんかい6500」（耐圧殻部分）

Figure: Pressure shell of *Shinkai 6500* under construction

新造船（海底広域研究船「かいめい」）の慣熟航海訓練

Advanced navigation training using a new vessel (wide-area submarine research vessel *Kaimei*)

我が国周辺の海底資源の調査をはじめ、防災・減災、環境変動といった多岐にわたる研究分野へ貢献することを目的とした海底広域研究船「かいめい」は平成28年3月30日に竣工し、平成28年度、本船は119日の慣熟航海訓練を行いました。

本船に搭載されている遠隔操作型無人探査機（ROV）、40mジャイアントピストンコアラ、Conductivity Temperature Depth profiler（CTD）、パワーグラブ等の主要機器

について、本船は、オペレーションからサンプル・データの取得及び解析までを含めた実際の研究航海を模擬した訓練を実施し、今後の本格運用に向けての準備作業を整えました。

The wide-area submarine research vessel *Kaimei* was completed on March 30, 2016, to be used for a variety of research, such as submarine resource surveys in the area surrounding Japan and research related to disaster prevention/reduction and environmental

change. We carried out advanced navigation training using the vessel for a total of 119 days during FY2016. Major equipment loaded on *Kaimei* includes an ROV, a 40-m giant piston corer, a conductivity temperature depth profiler (CTD) and a power grab sampler. We conducted training which simulated actual research navigation, including a range of activities from operation of these pieces of equipment to collection and analysis of samples/data. Thus, the vessel has been prepared for full-scale operation.



図:パワーグラブ（6本爪型）鉱物試料採取

Figure: Six-claws type power grab sampler used to collect mineral samples

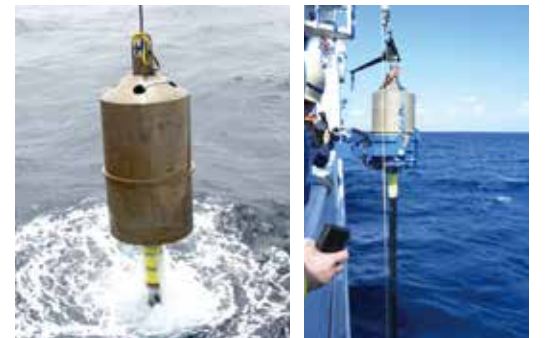


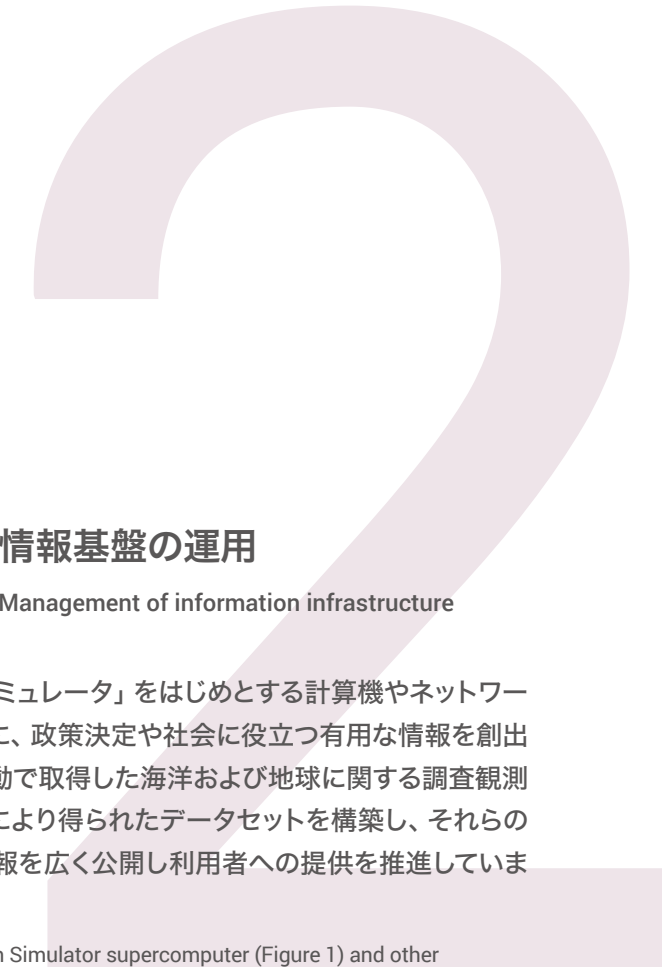
図:40mジャイアントピストンコアラ 海上投入、採泥時の様子

Figure: 40-m giant piston corer being placed into the sea (top) and collecting sediment samples (bottom)



図:3,000m級遠隔操作型無人探査機（ROV）

Figure: 3,000-m-class remotely operated vehicle (ROV)



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ない、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、当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品質管理するとともに、大型シミュレーションにより得られたデータセットを構築し、それらのデータベースシステムの運用も行い、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 (Figure 1) 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, performs large-scale simulations to construct datasets, operates dataset systems, widely publicizes marine and Earth-related data/information and promotes public use of the data.

「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」は安定な稼働を継続しており、運用状況も順調です。平成28年度末のユーザ登録数は国内外の135機関534人となり、計算ノードは年間利用率89.07%の高い比率で使用されました(図1)。

The third-generation Earth Simulator has been stably operating without a problem since 2015. As of the end of FY2016, there are 534 registered users from 135 organizations in Japan and overseas. A high proportion (89.07%) of computing nodes were in use through the year (Figure 1).

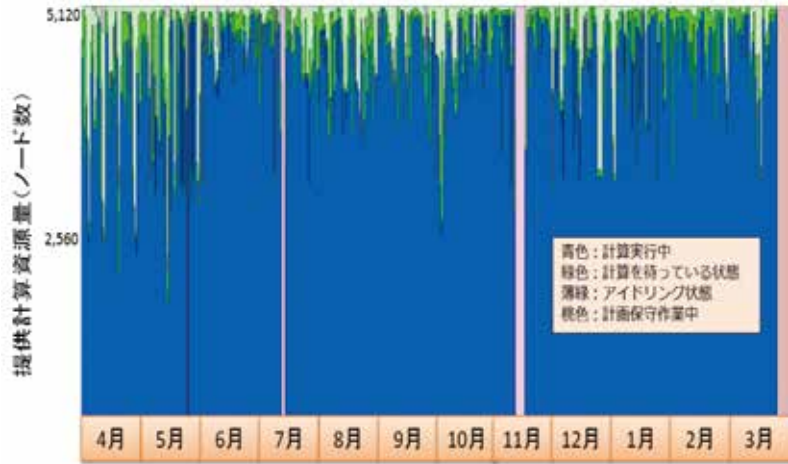


図1：ノード利用状況
Figure 1 : Use of the nodes

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、当機構の中期目標・中期計画の達成のための研究開発を行う「機構課題」(実績:成果専有型有償利用を除く33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」(実績:27課題)の2つの枠を設定しています。新システムの稼働を受け、平成27年度からは「機構課題」の中に新たに「特別推進課題」の枠を設け、当機構の中期目標・中期計画を見据えた研究開発の方針に沿いつつ、成果創出の加速を目的として、平成28年度は6課題が実施されました。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て課題を推進しました。その結果、高解像度大気環境同化データセットが構築されたほか、以下のような研究が実施されました。

- ・25年間における60事例以上の台風について計算することで温暖化に伴う台風の将来変化とその中緯度地域への影響を明らかにする研究
- ・近未来の台風予測技術の確立に向けた研究

・汎用の小型回転流体機器から発生する騒音の予測精度の向上と音源の理解を目指した研究

このような従来では困難であった大規模・高精度計算あるいは大量の計算資源を要するアンサンブル計算などを実現し、成果創出に貢献しました。

There are two categories in projects using Earth Simulator. One is “JAMSTEC projects,” under which research and development activities aiming at achieving JAMSTEC’s mid-term goal or plan are carried out (33 projects have been conducted, excluding fee-based confidential-type projects) and “solicited projects,” which mainly consist of geoscience projects solicited from the public (27 projects have been conducted). Following the launching of the new system, we established a new subcategory “special projects” under the JAMSTEC project category in FY2015 to ensure that R&D projects are in line with JAMSTEC’s mid-term goals/plans and to accelerate R&D. Six projects under this subcategory were carried out in FY2016. CEIST

promoted advances of these projects by increasing computational speed through application of operational and utilization techniques and by assisting users to efficiently utilize computational resources. As a result, high-resolution assimilation of the atmospheric environment data was achieved. Other research projects conducted include:

- research to predict the effect of a warmer climate on typhoon pattern changes in the future and the effect of these changes on mid-latitude regions based on calculations using the data on 60 typhoons in the past 25 years,
- research to develop near-future technologies for typhoon forecast and
- research to increase the prediction accuracy for noises generated by general-purpose, small hydraulic rotary equipment and understand the sound sources.

The use of Earth Simulator enabled large-scale, high-accuracy computations and ensemble calculations using vast amounts of computational resources—which had been difficult to perform in the past—and thereby contributed to achieving these results.

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」は、本年度10年目の節目を迎えました。「地球シミュレータ」のプリ・ポストシステムである大規模共有メモリシステムで産業界向けアプリケーションの移植・動作確認を新たに行なう等、利用環境整備を行なうとともに、利用拡大のため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28年度は、前年度を大幅に上回る利用料収入を上げました。

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「風と流れのプラットフォーム」を実施し、最先端の風洞試験施設とスーパーコンピュータを用いて「風と流れ」というテーマに関する幅広い分野の問題解決とイノベーション創出にフォーカスした事業を展開し、シンポジウムの開催

や相談件数20件、利用件数12件を実施しました。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。

FY2016 marks the 10th anniversary of Earth Simulator use for fee-based confidential-type projects. We improved the Earth Simulator use environment by installing applications for industry users in the large-scale shared memory system, which serves as the pre- and post-system of Earth Simulator, and tested their performance. To invite new users, we participated in exhibition events, visited companies and collaborated with software developers. These efforts led to greatly increased revenue from user fees in FY2016 compared to FY2015. Since FY2016, CEIST and other organizations

have jointly established the “Experimental and Computational Fluid Dynamics Sharing Platform” with support from the MEXT Project for Creation of Research Platforms and Sharing of Advanced Research Infrastructure. By making advanced wind tunnel testing facilities and supercomputers available to others, we have been promoting research projects focusing on solving issues and making innovative discoveries in various fields related to fluid dynamics. We held symposiums about the platform and received inquiries from 20 individuals/groups. A total of 12 groups actually used the platform. 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 initiatives also further encouraged industry researchers to use the platform.

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

平成28年度までに、約51,400件の観測データ・サンプルのメタデータや3万時間分以上の深海映像と130万枚以上の深海画像を公開しました。これは、当機構の全航海のほぼ100%にあたります。

平成28年4月にリニューアル公開した「深海映像・画像アーカイブス」(図2)では、潜航調査時に撮影された画質での深海画像をダウンロード可能にしました。また、「スタッフのお気に入り深海映像」を毎月初旬に更新し、当機構のTwitterやFacebookでも毎月の映像を配信する運用を開始しました。それにより深海映像・画像のダウンロード数はそれぞれ月平均で2倍および3.2倍に増加しました。平成28年度には、この「深海映像・画像アーカイブス」に登録されている深海映像や画像につけられたタグから「海底ゴミ」として登録された深海映像・画像、それぞれ2,176件・936件に対して撮影地点等のメタ情報を付与し、分布をマップ化した「深海デブリデータベース」を新たに構築しました。これにより平成27年の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標」(SDGs)への対応に向けて貢献していくことが期待できます。

国際的なデータ連携活動においては、ユネスコ政府間海洋学委員会傘下で海洋生物の

多様性や分布情報を扱っているOBIS (Ocean Biogeographic Information System)の連携データユニット(日本ノード:J-OBIS)として、ベルギー本部で年1回開催されていたOBIS運営会議のホストを機構が担い、沖縄県名護市に所在する国際海洋環境情報センター(GODAC)にて開催しました。アジア地域のノードをはじめ、17カ国35名の参加者による活動報告や今後の行動計画についての活発な議論が行われ、今後の国際展開へ向けた貢献への一端を担いました。

As of the end of FY2016, CEIST has publicized approximately 51,400 records of metadata obtained from observation data/samples, more than 30,000 hours of deep sea footage and more than 1.3 million deep sea images. These publications represent virtually all of JAMSTEC's activities in the sea.

JAMSTEC renewed its webpage “E-library of Deep-sea Images (J-EDI)” (Figure 2) in April 2016, allowing viewers to download deep sea images captured during dive surveys. The “staff’s favorite deep-sea videos” section of the J-EDI is updated at the beginning of every month. We have also begun releasing new footage every month through the JAMSTEC Twitter and Facebook pages. Since the launching of these pages, the numbers of deep-sea footage and images downloaded

monthly increased by two times and 3.2 times, respectively. In FY2016, we constructed the “Deep-sea Debris Database” to map the distribution of marine debris using J-EDI-registered deep-sea footage (2,176) and images (936) with a “marine debris” tag. Each footage/image was provided with meta-information, such as its shooting location. This map may be helpful in taking actions in line with the Sustainable Development Goals adopted at the United Nations Summit in 2015. JAMSTEC also contributed to data-related international cooperation. The agency has been serving as an associated data unit (i.e., an OBIS Japanese node, or J-OBIS for short) for the Ocean Biogeographic Information System (OBIS), which manages information on diversity and distribution of marine organisms under the supervision of the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). JAMSTEC hosted an OBIS steering group meeting—which had been held annually at the UNESCO-IOC headquarters in Belgium—at the Global Oceanographic Data Center (GODAC) in Nago City, Okinawa. A total of 35 participants, including Asian local nodes, from 17 countries reported their activities and engaged in vigorous discussion about future plans. Thus, JAMSTEC contributed to international OBIS activities.

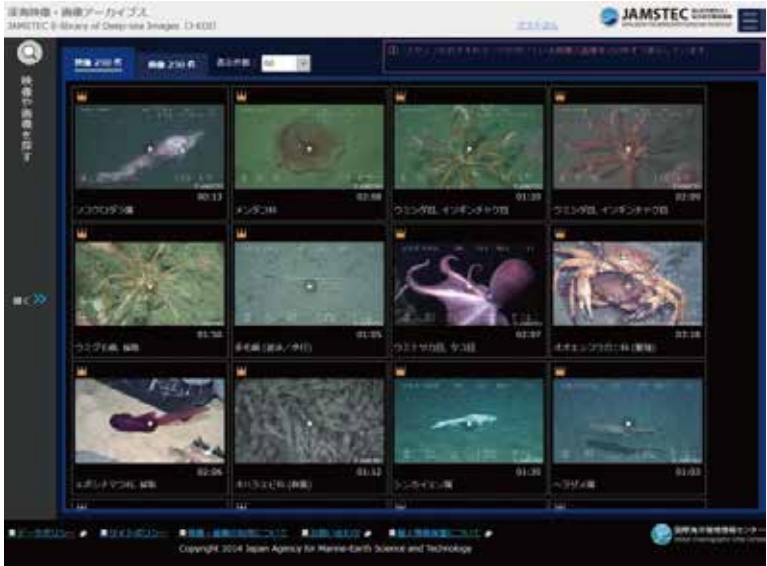


図2:「深海映像・画像アーカイブス」映像・画像検索画面
Figure 2 : Image/footage search page of the “E-library of Deep-sea Images” webpage



「ちきゅう」の運用及びIODPの推進

Operation of *Chikyu* and promotion of IODP

地球深部探査センター（CDEX）は、IODPの主力船である「ちきゅう」の運航、科学掘削、科学サービス、技術開発などの総合的な運営とその管理を行っています。

平成28年度には、「ちきゅう」の研究航海や保守整備、石巻港および高知新港での船舶一般公開などを実施しました。ここでは、そのうちの3つのトピックスを紹介します。

The Center for Deep Earth Exploration (CDEX) undertakes various operational and management duties involving *Chikyu*—a major vessel for the IODP—such as operation of the vessel, scientific drilling, scientific services and technological development. During FY2016, we operated *Chikyu* to conduct research, performed inspection and maintenance, and exhibited it to the general public at Ishinomaki Port and New Kochi Port. In the following sections, we present three research projects we carried out using *Chikyu* during FY2016.

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365次研究航海「南海トラフ地震発生帯掘削」（平成28年3月26日～4月27日）を実施しました。本研究航海では、巨大分岐断層最浅部にあるC0010地点において、平成22年の第332次研究航海で設置した簡易型孔内観測装置を回収し、同掘削孔に南海トラフで2つ目となる長期孔内観測装置（LTBMS）を設置しました。LTBMSは、歪計や圧力計などの複数の観測センサーで、分岐断層やその周辺の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、平成28年6月に実施された東北海洋生態系調査研究船「新青丸」研究航海において、紀伊半島沖南海トラフの海底に設置されている地震・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。

We conducted IODP Expedition 365 from March 26 to April 27, 2016, to continue the Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE). During this research excursion, we retrieved a temporary monitoring instrument which was installed during Expedition 332 in 2010, and deployed the second NanTroSEIZE long-term borehole monitoring system (LTBMS) at Site C0010 which is located in the shallowest area of the megasplay fault. The LTBMS, consisting of a strainmeter, a pressure sensor and other sensors, is capable of sensitively and accurately observing subtle changes in the splay fault and the neighboring accretionary prism. The new LTBMS was connected to the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET) on the seafloor along the Nankai Trough off the coast of the Kii Peninsula. This connection was made during the research excursion by the research vessel *Shinsei Maru* in June 2016. The LTBMS

has been collecting borehole monitoring data in real time.

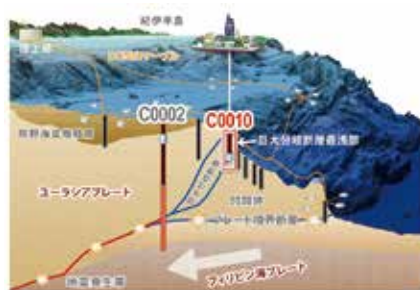


図:C0010地点（和歌山県新宮市南東沖約85km）は、南海トラフプレート境界断層から派生する巨大分岐断層最浅部を貫通する掘削孔。

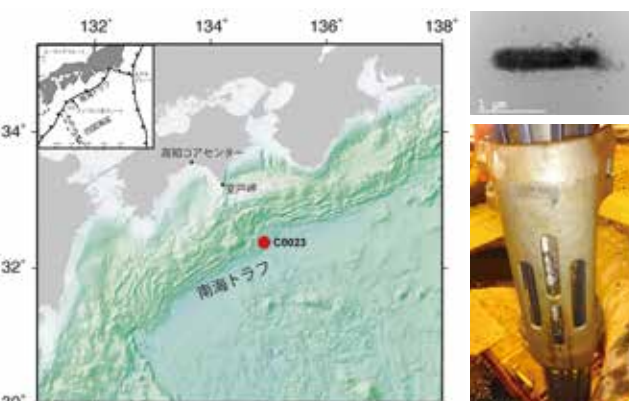
Figure: Site C0010 (approximately 85 km off the coast of Shingu City, Wakayama Prefecture) represents the location of a borehole which downwardly penetrates through the shallowest part of the megasplay fault which branches off from the plate boundary fault at the Nankai margin.

IODP室戸沖限界生命圏掘削調査 (T-Limit) の実施

IODP Expedition: “T-Limit of the Deep Biosphere off Muroto”

IODP第370次研究航海「室戸沖限界生命圏掘削調査 (T-Limit)」（平成28年9月10日～11月23日）を実施しました。本研究航海では、海底下生命圏の限界とそれを決める要因を探るため、高知県室戸岬沖南海トラフ沈み込み帯先端部にあるC0023地点において、生命が生息可能な温度範囲をカバーする、海底下189mから基盤岩に達する1,180mの区間で112本のコア試料を採取しました。採取したコアは、船上と陸上（高知コアセンター）で同時に迅速かつ高精度に分析され、海底下300m（地層温度約42℃）のコア試料から検出された微生物を、培養せず直接観察することに世界で初めて成功しました。また、海底下約860mまでの区間に孔内温度計13個を設置し、連続観測を続けています。

We carried out IODP Expedition 370 to explore the temperature limit (T-Limit) of the deep biosphere off the coast of Cape Muroto from September 10 to November 23, 2016. During this research excursion, we collected 112 core



左図:掘削地点 右上:コア試料から検出された微生物の透過型電子顕微鏡写真
右下図:掘削孔内に設置した温度センサー

Figure: (Left) Location of drilling surveys. (Upper right) Transmission electron micrograph of a microorganism detected in a core sample. (Lower right) Temperature sensor installed within a borehole.

samples at Site 0023 at the edge of the Nankai Trough subduction zone off the coast of Cape Muroto in Kochi Prefecture to determine the boundaries of the biosphere beneath the seafloor and factors defining the boundary. The core samples were collected between the depths of 189 m and 1,180 m (at which basement rocks emerge) beneath the seafloor to encompass the life-sustaining temperature range. The samples were speedily and accurately analyzed both on the vessel and land

(Kochi Core Center) concurrently. As a result, we succeeded for the first time in the world in directly observing microorganisms—without culturing them—detected in core samples from the depth of 300 m beneath the seafloor (the temperature of the stratum was approximately 42°C). We have installed 13 temperature sensors within the boreholes at various depths up to approximately 860 m beneath the seafloor for continuous monitoring.

SIP沖縄トラフ熱水性堆積物掘削IIIの実施

SIP Expedition: “Hydrothermal Sediments in Okinawa Trough III”

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代海洋資源調査技術」の一環として、沖縄本島の北西に位置する伊是名海穴 Hakurei サイトにおいて、「沖縄トラフ熱水性堆積物掘削III」（平成28年11月16日～12月15日）を実施しました。本研究航海では、熱水鉱床での掘削同時検層 (LWD) データを取得するとともに、海底下鉱体を貫くコア試料の採取に成功しました。また、平成27年に行われた「沖縄トラフ熱水性堆積物掘削II」において掘削後の熱水噴出が観察された伊平屋小海嶺南麓野甫サイトで、鉱石沈殿プロセスや熱水活動の長期計測を目的とし、高温環境下で使用可能な温度・圧力センサー等を搭載した改良型モニタリング装置を設置しました。

We carried out the third expedition to explore hydrothermal sediments in the Okinawa Trough at the Hakurei Site in Izena Hole, which is located northwest of Okinawa Island, from

November 16 to December 15, 2016. This project was conducted in conjunction with the “next-generation technology for ocean resources exploration” project supported by the Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP). We collected logging-while-drilling (LWD) data from hydrothermal deposits and succeeded in collecting core samples of orebodies beneath the seafloor. In addition, we installed an enhanced monitoring device equipped with temperature and pressure sensors capable of operating at high temperatures for long-term measurement of ore precipitation processes and hydrothermal activities. The device was installed at the Noho Site south of the Iheya Minor Ridge at which discharge of heated water from a drilling site was observed during the second expedition.



長期モニタリング装置の概略図▶
Schematic of the long-term monitoring device

図:人口熱水噴出孔へ設置したガイドベースから熱水が噴出している様子。ここに長期モニタリング装置を設置した。

Figure: Heated water being discharged from the guide base installed above an artificial hydrothermal vent. The long-term monitoring device was attached to the base.

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

当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、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、会員の皆さま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 as an authorized corporation based on the Japan Marine Science and Technology Center Act in response to a proposal by the Japan Business Federation, with close cooperation and support of industry, government, and academia. Along with the establishment of the Center, a supporting member system (JAMSTEC Partners) was started to widely seek understanding and support in research and development activities. The purpose of this system is to advance the development of Japan's ocean science and technology together through donations from many industries and organizations and to connect JAMSTEC and members of the system with a partnership for activating oceanographic research and development activities.

会員特典 Membership Privileges

- 当機構が開発して参りました研究開発成果を会員の皆様にご活用していただくために、様々な特典をご用意しております。
- 各種セミナーや技術交流会等を通じた研究開発成果に関する情報の提供
- 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群をご利用いただいての会員の技術開発のご支援ご使用における各種優遇措置等、会員の皆様への事業サポート
- 会員の皆様の社内研修会等への技術指導者や講師等の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。

JAMSTEC Partners offers various membership privileges for utilizing our research and development results.

- Information sharing on the research and development 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 including research vessels, manned research submersibles, remotely operated vehicles, etc. and various types of preferential treatment for the use of such equipment and facilities.
- Technical support through the dispatch of technical advisors and lecturers for in-house training programs

These privileges are available if you join JAMSTEC Partners.



賛助会セミナー
Seminar for JAMSTEC Partners



体験乗船会
Trial cruise



見学会
Facility Tour



技術交流会
Technology exchange meeting

賛助会員名簿 List of Supporting Members

2017年1月13日～

株式会社IHJ	五洋建設株式会社	株式会社日産電機製作所
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	株式会社コンボン研究所	ニッセイマリン工業株式会社
株式会社アイケイエス	相模運輸倉庫株式会社	株式会社日放電子
株式会社アイワエンタープライズ	佐世保重工業株式会社	日本アキュムレータ株式会社
株式会社アクト	三建設備工業株式会社	日本SGI株式会社
朝日航洋株式会社	三洋テクノマリン株式会社	日本エヌ・ユー・エス株式会社
アジア海洋株式会社	株式会社ジーエス・ユアサテクノロジー	日本海工株式会社
株式会社天野回漕店	JFEアドバンテック株式会社	日本海洋株式会社
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	日本海洋掘削株式会社
株式会社安藤・間	シチズン時計株式会社	日本海洋計画株式会社
泉産業株式会社	シナノン株式会社	日本海洋事業株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	株式会社シーフロアコントロール	一般社団法人日本ガス協会
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	清水建設株式会社	日本サルヴェージ株式会社
潮冷熱株式会社	シモダフランチ株式会社	日本水産株式会社
株式会社エス・イー・エイ	ジャパンマリンユナイテッド株式会社	株式会社日本製鋼所
株式会社エスイーシー	シュルンベルジェ株式会社	日本電気株式会社
株式会社SGKシステム技研	株式会社昌新	日本マントル・クエスト株式会社
株式会社エヌエルシー	株式会社商船三井	日本無線株式会社
株式会社NTTデータ	新日鉄住金エンジニアリング株式会社	日本郵船株式会社
株式会社NTTデータCCS	須賀工業株式会社	株式会社ハイドロシステム開発
株式会社NTTファシリティーズ	鈴与株式会社	濱中製鎖工業株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	セイコーウオッチ株式会社	ハリマ化成株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	石油資源開発株式会社	東日本タグボート株式会社
株式会社OCC	セコム株式会社	日立造船株式会社
株式会社オキシテック	セナーアンドバーンズ株式会社	深田サルベージ建設株式会社
沖電気工業株式会社	株式会社ソリッド・ソリューションズ・インク	株式会社フグロジャパン
オフショアエンジニアリング株式会社	損害保険ジャパン日本興亜株式会社	株式会社フジクラ
海洋エンジニアリング株式会社	第一設備工業株式会社	富士ソフト株式会社
海洋電子株式会社	大成建設株式会社	富士通株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	ダイハツディーゼル株式会社	富士電機株式会社
鹿島建設株式会社	大陽日酸株式会社	古河機械金属株式会社
川崎汽船株式会社	有限会社田浦中央食品	古河電気工業株式会社
川崎近海汽船株式会社	高砂熱学工業株式会社	古野電気株式会社
川崎重工工業株式会社	株式会社竹中工務店	株式会社ベッツ
川崎地質株式会社	株式会社地球科学総合研究所	松本徽章株式会社
株式会社環境総合テクノス	中国塗料株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
株式会社キュービック・アイ	中部電力株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社	千代田化工建設株式会社	株式会社マルトー
共立管財株式会社	株式会社鶴見精機	三鈴マシナリー株式会社
極東貿易株式会社	株式会社テザック	三井住友海上火災保険株式会社
株式会社きんでん	寺崎電気産業株式会社	三井造船株式会社
株式会社熊谷組	電気事業連合会	三菱重工工業株式会社
クローバテック株式会社	東亜建設工業株式会社	三菱スペース・ソフトウェア株式会社
株式会社グローバルオーシャンディベロップメント	東海交通株式会社	三菱電機株式会社
株式会社KSP	洞海マリンシステムズ株式会社	三菱電機特機システム株式会社
KDDI株式会社	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
京浜急行電鉄株式会社	東京製網繊維ロープ株式会社	株式会社モンベル
鉱研工業株式会社	株式会社東京チタニウム	八洲電機株式会社
株式会社構造計画研究所	東北環境科学サービス株式会社	ヤンマー株式会社
神戸ペイント株式会社	東洋建設株式会社	株式会社ユー・エス・イー
広和株式会社	株式会社東陽テクニカ	郵船商事株式会社
国際石油開発帝石株式会社	トピー工業株式会社	郵船ナブテック株式会社
国際ビルサービス株式会社	新潟原動機株式会社	ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社
コスモ商事株式会社	西芝電機株式会社	株式会社落雷抑制システムズ
株式会社コノエ	株式会社ニシヤマ	株式会社ラジアン
株式会社コベルコ科研	日油技研工業株式会社	賛助会員[153] 寄付会員[14] うち休会[8]

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)

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)



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)



横須賀本部 (昭和46年開設) Yokosuka Headquarters (established in 1971)

〒237-006
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