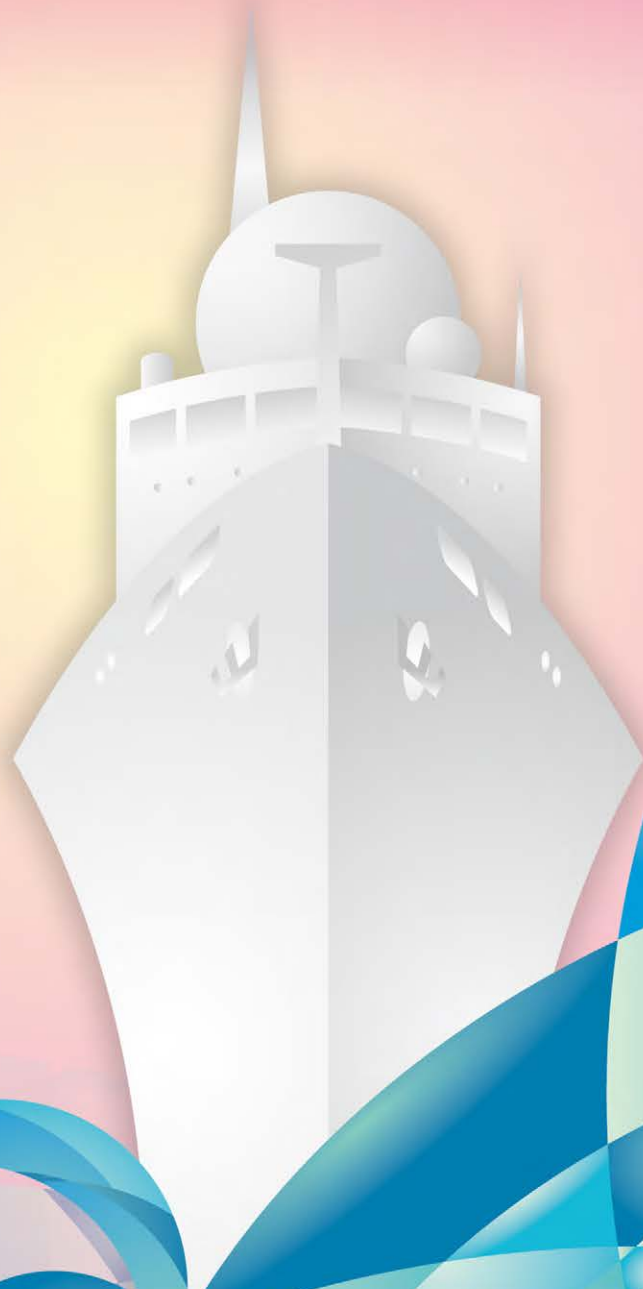


国立研究開発法人海洋研究開発機構
平成 27 事業年度
JAMSTEC 2015 Annual Report

年報



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

理事長ご挨拶

Preface

海洋研究開発機構は、平成27年4月1日より国立研究開発法人として新たな針路を取るようになりました。これまでの自律的発想に基づく研究開発のみならず、海洋の視点による新たな価値創造、すなわちイノベーションを目指し、海洋国家である我が国が未来を切り開いていくために邁進してまいります。

本年度は「しんかい6500」の25周年という年であり、また、「ちきゅう」建造及び「高知コア研究所」設置からの10周年でありました。これに関連して、多く行事が行われました。

また、「ちきゅう」は、インド政府から受託した掘削事業に従事し、JAMSTECの研究者もこれに参加しました。これらを無事終えることができました。

また、平成28年は海底広域研究船「かいめい」がいよいよ就航する年です。新機能を満載したスーパー研究船であり、これを科学研究のみならず、幅広い分野で十全に活用することが求められます。それに伴って、船齢などを考慮し、「なつしま」と「かいよう」が退役します。誠に残念ではありますが、

幸いに「なつしま」は、次なる使命を果たすことになりました。

北極海における環境変動の研究や極限環境・地下生命圏の研究は、新たな段階に入ってきており、社会からの機構への期待が高まっています。地球温暖化のより詳細な実態解明とそれへの対応の検討も社会からの強い要請があります。また、自然災害に対する予測から防災・減災対応のさらなる高度化が求められています。さら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大切であります。まさにイノベーションへの貢献です。

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。

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) started to pursue a new path as a national research and development agency on April 1, 2015. In addition to research and development projects, which we have promoted autonomously, we aspire to create new value and achieve innovation from the oceanographic perspective so as to contribute to opening up the future of Japan as an oceanic country.

This year marks the 25th anniversary of *Shinkai 6500* and the 10th anniversary of the completion of *Chikyu* and establishment of Kochi Institute for Core Sample Research. We held many events in relation to these anniversaries.

Chikyu was engaged in a drilling project commissioned by the government of India, in which researchers at JAMSTEC also participated. The project was a success.

In 2016, the wide-area submarine research vessel *Kaimei* will finally enter service. *Kaimei* is an excellent vessel featuring new functions. We need to utilize it to the fullest extent not only in scientific research but also in other fields. In line with *Kaimei*'s production, *Natsushima* and *Kaiyo* will be decommissioned

due to aging. It is difficult to say farewell to those vessels, but fortunately *Natsushima* will start serving a new mission.

Public expectations for JAMSTEC are becoming higher as research on environmental change in the Arctic Ocean and research on biospheres in extreme and underground environments are entering a new phase. There is also a strong social demand for clarifying the details of the mechanisms of global warming and examining its countermeasures. Furthermore, it is necessary to sophisticate disaster prevention and reduction measures through natural disaster predictions. It is important for us to propose national policies that may define Japan's future as we promote research and development. This is exactly where we will contribute to innovation.

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.



国立研究開発法人海洋研究開発機構

理事長 平 朝彦

Japan Agency for Marine-Earth
Science and Technology

President Asahiko Taira

平成27事業年度 年報

JAMSTEC 2015 Annual Report

■ 理事長ご挨拶	01
■ 目次	02

1 海洋研究開発機構の概要 03

1. 事業概要	03
2. 人員	03
3. 予算	03
4. 外部研究資金	03
5. 連携協定	04
6. 組織図	05
7. 主要施設・設備	06
8. 国際協力	07

2 各課題の概要および当該年度の主な成果 09

1. 海底資源研究開発	09
2. 海洋・地球環境変動研究開発	13
3. 海域地震発生帯研究開発	17
4. 海洋生命理工学研究開発	21
5. 先端的掘削技術を活用した総合海洋掘削科学の推進	25
6. 先端的融合情報科学の研究開発	29
7. 海洋フロンティアを切り拓く研究基盤の構築	33

3 事業概要および当該年度の主な成果 37

1. 研究船・深海調査システム等の運用	37
2. 情報基盤の運用	39
3. 「ちきゅう」の運用及びIODPの推進	41

賛助会について 43

4.外部研究資金

外部研究資金の獲得に関しては、獲得額は前年度と比べ微減となりましたが、獲得課題数は増加傾向が続いています。平成27年度は、政策対応型プロジェクトや社会実装を想定した課題を新たに獲得するなど、研究成果の社会還元を目指した公募型研究を実施しました。

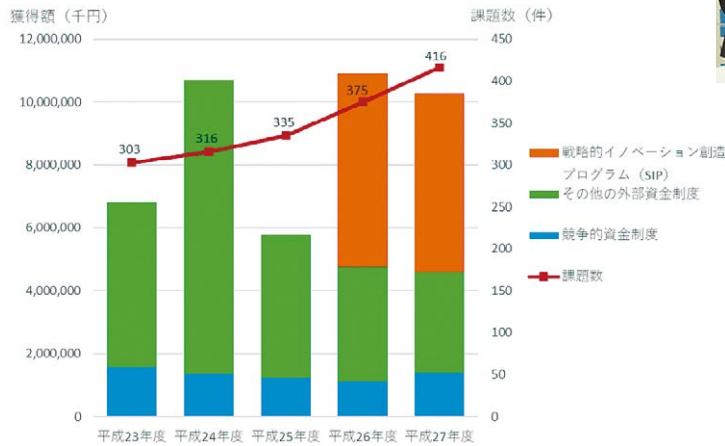


図3.外部研究資金獲得の推移



図4.協定締結式の様子

5.連携協定

大学・研究機関等と協力して教育・研究にあたっています。平成27年度は以下の連携協定を締結いたしました。

- ・北海道大学との連携協力協定の締結（平成27年9月1日）
- ・八戸工業大学との連携・協力に関する協定の締結（平成27年9月24日）
- ・京都大学との包括連携協定の締結（平成27年10月15日）
- ・神奈川県立海洋科学高等学校との連携・協力に関する協定の締結（平成28年1月19日）
- ・国立研究開発法人水産総合研究センターとの包括連携協定の締結（平成28年2月17日）

機関名	締結日
九州大学	H 16.11.26
会津大学	H 18.7.27
石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）	H 19.7.23
神戸大学・兵庫県立大学	H 19.8.6
産業技術総合研究所（AIST）	H 20.3.7
東京海洋大学	H 21.3.18
日本分析センター	H 21.4.1
横浜国立大学	H 22.1.27
地方独立行政法人青森県産業技術センター	H 23.7.12
宇宙航空研究開発機構（JAXA）	H 24.2.6
東北大学	H 24.10.16
神戸大学	H 24.12.20
室戸ジオパーク推進協議会・高知工科大学地域連携機構	H 25.5.31
和歌山県	H 25.9.5
中部電力株式会社・尾鷲市	H 25.10.10
防衛装備庁	H 26.3.27
高知大学	H 26.3.28
北海道大学	H 27.9.1
八戸工業大学	H 27.9.24
京都大学	H 27.10.15
神奈川県立海洋科学高等学校	H 27.2.5
水産総合研究センター	H 27.2.17

図5.機関間連携一覧

4.External research funding

The number of projects that acquired external research funding continued to grow, although the amount of such funding acquired has slightly decreased from the previous fiscal year. In FY2015, we carried out some new research projects solicited from the public with a view to sharing our research achievements for the common good, including projects based on specific political measures and projects that are intended for social implementation.

5.Partnership agreements

JAMSTEC is working on education and research under cooperation with universities and research institutions, etc. In FY2015, we concluded the following partnership agreements.

- ・Partnership agreement with Hokkaido University (September 1, 2015)
- ・Partnership and cooperation agreement with Hachinohe Institute of Technology (September 24, 2015)
- ・Comprehensive partnership agreement with Kyoto University (October 15, 2015)
- ・Partnership and cooperation agreement with Kanagawa Prefectural Marine Science High School (January 19, 2016)
- ・Comprehensive partnership agreement with the Japan Fisheries Research and Education Agency (February 17, 2016)

Figure 3. Changes in the amount of external research funding acquired

Figure 4. Agreement signing ceremony

Figure 5. List of research and educational partnerships

6.組織図

役員

理事長 President	研究担当理事 Executive Director	開発担当理事 Executive Director	経営管理担当理事 Executive Director	監事 Auditor	監事（非常勤） Auditor
平 朝彦	白山 義久	堀田 平	篠崎 資志	他谷 康	前田 裕子

研究部門 Research Sector

戦略研究開発領域 Strategic Research and Development Area

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

基幹研究領域 Basic Research Area

- 大気海洋相互作用研究分野
Department of Coupled Ocean-Atmosphere-Land Processes Research (DCOP)
- 地球表層物質循環研究分野
Department of Environmental Geochemical Cycle Research (DEGCR)
- 統合的気候変動予測研究分野
Department of Integrated Climate Change Projection Research (ICliP)
- シームレス環境予測研究分野
Department of Seamless Environmental Prediction Research (DSEP)
- 地球深部ダイナミクス研究分野
Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research (D-EARTH)
- 地球内部物質循環研究分野
Department of Solid Earth Geochemistry (DSEG)
- 海洋生物多様性研究分野
Department of Marine Biodiversity Research (BIO-DIVE)
- 深海・地殻内生物圏研究分野
Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research (D-SUGAR)
- 生物地球化学研究分野
Department of Biogeochemistry
- 数理科学・先端技術研究分野
Department of Mathematical Science and Advanced Technology (MAT)
- 海洋地球生命史研究分野
Laboratory of Ocean-Earth Life Evolution Research (OELE)
- むつ研究所
Mutsu Institute for Oceanography (MIO)
- 高知コア研究所
Kochi Institute for Core Sample Research (KOCHI)
- 研究推進部
Research Support Department

開発・運用部門 Development and Operation Sector

海洋工学センター Marine Technology and Engineering Center (MARITEC)

- 企画調整室
Planning and Coordination Office
- 海洋技術開発部
Marine Technology Development Department
- 運航管理部
Research Fleet Department
- 海洋研究船建造室
Research Vessel Construction Office

地球情報基盤センター Center for Earth Information Science and Technology (CEIST)

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

地球深部探査センター Center for Deep Earth Exploration (CDEX)

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

次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム (Project Team for Development of New-generation Research Protocol for Submarine Resources)

気候変動適応技術開発プロジェクトチーム (Project Team for Climate Change Adaptation Technology)

経営管理部門 Administration Sector

- 経営企画部
Planning Department
- 総務部
General Affairs Department
- 人事部
Human Resources Department
- 経理部
Finance and Contracts Department
- 事業推進部
Cooperation and Partnerships Department
- 広報部
Public Relations Department
- 安全・環境管理室
Safety and Environment Management Office
- 監査室
Audit Office

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

7.主要施設・設備

Research Facilities

船舶 | Vessels



Deep-Sea Drilling Vessel **CHIKYU**

Length: 210 m
Gross tonnage: 56,752 tons
Complement: 200 persons
Commissioned: 2005



Research Vessel **NATSUSHIMA** (Retired in 2016)

Length: 67.3 m
Gross tonnage: 1,739 tons
Complement: 55 persons
Commissioned: 1981



Research Vessel **KAIYO** (Retired in 2016)

Length: 61.5 m
Gross tonnage: 3,350 tons
Complement: 60 persons
Commissioned: 1985



Support Vessel **YOKOSUKA**

Length: 105.2 m
Gross tonnage: 4,439 tons
Complement: 60 persons
Commissioned: 1990



Deep Sea Research Vessel **KAIREI**

Length: 106.0 m
Gross tonnage: 4,517 tons
Complement: 60 persons
Commissioned: 1997



Oceanographic Research Vessel **MIRAI**

Length: 128.5 m
Gross tonnage: 8,706 tons
Complement: 80 persons
Commissioned: 1997



Research Vessel **KAIMEI**

Length: 100.5 m
Gross tonnage: 5,747 tons
Complement: 65 persons
Commissioned: 2016



Research Vessel **HAKUHO MARU**

Length: 100.0 m
Gross tonnage: 3,991 tons
Complement: 89 persons
Commissioned: 1989



Research Vessel **SHINSEI MARU**

Length: 66.0 m
Gross tonnage: 1,635 tons
Complement: 41 persons
Commissioned: 2013

潜水船・探査機 | Submersible and Underwater Vehicles



Manned Research Submersible **SHINKAI 6500**

Depth capability: 6,500 m
Complement: 3 persons
Length: 9.7 m
Dry weight: 26.7 tons



Remotely Operated Vehicle **KAIKO**

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



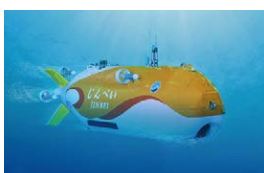
3,000 m class ROV **HYPER-DOLPHIN**

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



Deep Sea Cruising AUV **URASHIMA**

Depth capability: 3,500 m
Length: 10.0 m
Dry weight: 7.0 tons



Autonomous Underwater Vehicle **JINBEI**

Depth capability: 3,000 m
Length: 4.0 m
Dry weight: 1.7 tons



Autonomous Underwater Vehicle **OTOHIME**

Depth capability: 3,000 m
Length: 2.5 m
Dry weight: 0.85 tons



Autonomous Underwater Vehicle **YUMEIRUKA**

Depth capability: 3,000 m
Length: 5.0 m
Dry weight: 2.7 tons

施設設備

Other Facilities



Earth Simulator (Yokohama Institute for Earth Sciences)

Number of Processors: 5,120
Number of cores: 20,480
Peak quality: 1.31 petaFLOPS
Main memory capacity: 320 terabytes



Core Repository (Kochi Institute for Core Sample Research)

8.国際協力

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。

1) 多国間国際協力への貢献

海洋における科学的調査の促進を目的として発足した「国連教育科学文化機関/政府間海洋学委員会」(UNESCO/IOC) について、機構内に「IOC協力推進委員会」を設置し、我が国のIOC関連活動への検討を行うとともに、関連国際会合に専門家を派遣し、IOC 関連活動の支援及び円滑な海洋観測・研究を遂行するために必要となる国際的な動向の把握を行いました。また、平成25年度から引き続き職員1名をIOC本部に派遣しました。

【連携協定/MOU】

Australia	The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
Brasil	University of Sao Paulo
Germany	Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research
Indonesia	The Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics
New Zealand	GNS Science International Limited
Taiwan	National Applied Research Laboratories
UK	National Oceanography Centre/ University of Southampton
USA	Columbia University Lamont-Doherty Earth Observatory

【共同研究/Implementing Agreement】

Australia	Geoscience Australia
France	IFREMER
Indonesia	The Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics
USA	J. Craig Venter Institute
Russia	Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Thailand	Faculty of Science, Mahidol Univ.
Palau	Palau Community College

図1.平成27年度に締結されたMOU/IA

世界90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、第12回総会(メキシコ、11月)に参加し、当機構の研究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。

この他、今後の温暖化対策とCO₂排出削減に関する国際的合意を目指す「気候変動枠組み条約第21回締約国会議」(COP21、仏、12月)、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 専門家会合」(アイルランド、5月)、「生物多様性と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(IPBES) 学際的専門家パネル」に専門家を派遣し、それぞれの取り組みに貢献しました。

2) 海外研究機関等との協力

平成27年度は海外研究機関等との協力を進め、図1の機関等との協力にかかる文書の取り交しを行いました。

また、米国海洋大気庁(NOAA) とのMOUに基づく定期会合を東京

JAMSTEC has MOUs and IAs with Organizations in 19 countries
平成27年度末における連携協定、共同研究の締結状況(19か国、60機関)

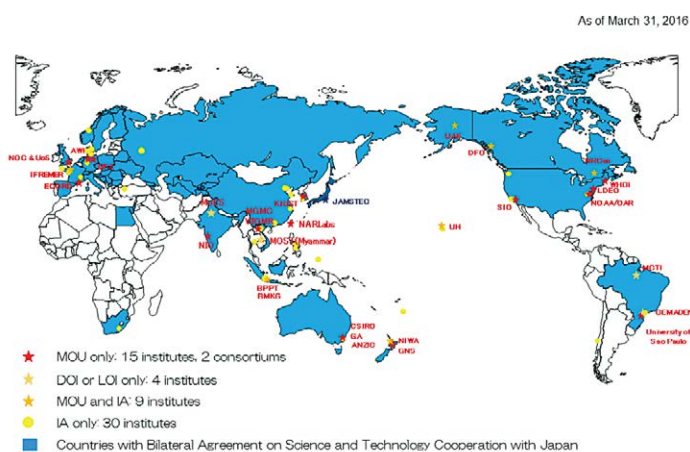


図2.平成27年度末における連携協定、共同研究の締結状況

8.International Cooperation

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.

1) Contribution to Multilateral International Cooperation

In relation to the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), JAMSTEC established the Japan Group of Experts to Advance IOC Programs as its internal body to examine IOC-related activities in Japan. JAMSTEC has also sent experts to relevant international meetings to study international trends, which we need to understand for supporting IOC-related activities and implementing ocean observation and research in a smooth manner. Moreover, JAMSTEC has

also continued with the secondment of its staff member that started in FY2013.

At the twelfth plenary meeting of the Group on Earth Observations (GEO), an intergovernmental body comprised of more than 90 countries, which was held in Mexico in November 2015, 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.

Moreover, JAMSTEC has also sent experts and made contributions to the efforts of the 21st yearly session of the Conference of the Parties (COP) to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP21) (France, December), which aimed at forming an international agreement on the future global warming and CO₂ emissions reduction measures, the expert meeting of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Ireland, May), and the international expert panel of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).

Figure 1. Concluded MOU and IA in FY 2015

Figure 2. JAMSTEC has MOUs and IAs with Overseas Organizations in 19 countries

で開催し、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。

3) 国際プロジェクトなど

「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に参加し、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。

4) その他

平成28年1月には、世界の主要海洋研究機関のフォーラムである全球海洋観測パートナーシップ (POGO) の第17回年次総会 (POGO-17) を横浜市で開催し、ローカルホストを務めました(後援:横浜市)。

また、イタリア国立海洋学・実験地球物理学研究所長ご一行、ゴンサロ・デ・ベニート駐日スペイン特命全権大使、フランシスコ・

ザビエル・エステベス駐日ポルトガル大使、ダト・マディウス・タンガウマレーシア科学技術イノベーション大臣、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) WG 2のハンス・オットー共同議長等多くの方にご訪問いただきました。



図4.POGO-17開催の様子



図3.横浜研究所で開催された Argo Steering Team Meeting



図5.ダト・マディウス・タンガウ
マレーシア科学技術イノベーション大臣(右)と平理事長

2) Cooperation with Overseas Research Institutions

In FY2015, JAMSTEC promoted cooperation with overseas research institutions and signed the following partnership agreements.

JAMSTEC has also promoted its efforts to strengthen cooperation with relevant organizations, such as holding regular meetings with the US National Oceanic and Atmospheric Administration in Tokyo to discuss the promotion of research cooperation between the two institutions.

3) International Projects

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.

4) Others

JAMSTEC hosted the 17th Annual Meeting of Partnership for Observation of the Global Oceans (POGO-17), an international forum that major marine research institutions participated in, held in Yokohama in January 2016 (supported by the Yokohama City Government).

Moreover, we were honored to have many visitors at JAMSTEC, including the President of the Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) (Italy) and her team, Mr. Gonzalo Benito, Ambassador of Spain in Japan, Mr. Francisco Xavier Esteves, Ambassador of Portugal in Japan, Mr. Datuk Madius Tangau, Minister of Science, Technology and Innovation of Malaysia, and Mr. Hans-Otto Pörtner, Co-Chair of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Figure 3. Argo Steering Team Meeting held at Yokohama Institute for Earth Sciences (YES)

Figure 4. POGO-17

Figure 5. Y.B. Datuk Madius Tangau, Minister of Science, Technology and Innovation (right), and Dr. Asahiko Taira, President of JAMSTEC

海底資源研究開発

1

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。JAMSTECでは、これらの持続的な利活用に向けて、以下のアプローチにより取り組んでおります。

- 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。

これらの取り組みを効率的に推進するため、具体的には以下の4つのサブ課題を設定しました。

- ① 海底熱水鉱床の成因解明とそれに基づく調査手法の構築
- ② コバルトリッチクラスト・レアアース泥の成因解明とそれに基づく高品位な鉱床発見に貢献する手法の構築
- ③ 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
- ④ 環境影響評価手法の構築

主な成果

1) 海底熱水鉱床の成因解明と調査手法

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。

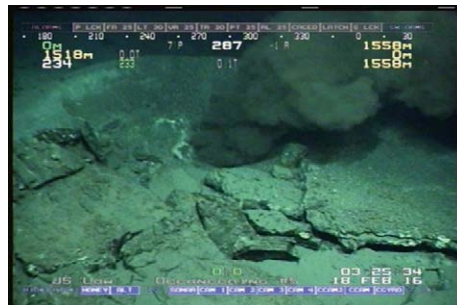


図1. 熱水活動の長期観測のためのモニタリング装置と噴出孔の様子

Research and development of submarine resources

Overview

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 following initiatives.

- (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

In order to promote the above initiatives in an efficient manner, we specifically set the following four sub-topics.

- (i) Clarification of the generation mechanism of submarine hydrothermal deposits and establishment of survey methods based on such study
- (ii) Clarification of the generation mechanism of cobalt-rich crusts and REY-rich mud and establishment of methods for discovering high-quality mineral deposits based on such study
- (iii) Clarification of the generation mechanism of submarine hydrocarbon resources and research on continuous carbon and energy cycles
- (iv) Establishment of environmental impact assessment methods

(熱水活動の現場観測に向けた技術開発)

熱水活動域周辺の元素挙動を理解するために必要な現場計測技術として、ボルタンメトリー（電気化学測定法の一つ）による高感度水銀センサーの開発に成功しました。

この水銀センサーをAUVやROV等の水中探査機へ搭載することにより、従来の観測技術では見つけることが難しい地下鉱体でわずかに進行する化学反応をとらえ、高品位な鉱体の発見につながることを期待されます。

また、熱水活動に関する基礎データを取得するためのプラットフォームとして、熱水活動の長期モニタリング装置の開発を進めており、本年度、新規開発したこの装置を沖縄トラフ伊平屋北海丘の海底にある人工熱水噴出孔（調査において海底を掘削した穴から熱水が吹きだす場所）へ設置することに成功しました。

来年度以降、熱水活動の成因に関する新たな知見が得られることが期待されます。

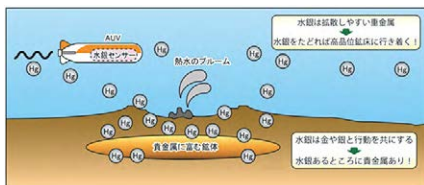


図2. 深海水銀センサーの活用イメージ。無人探査機（AUV）等に取り付けて、熱水鉱床付近の海水中にあるごく微量の水銀を検出することで、海底下の鉱床を探し出すことができる。

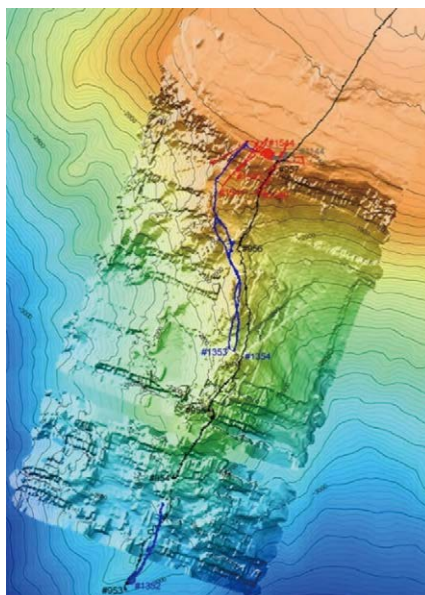
2) コバルトリッチクラスト・レアアース泥の成因解明

(拓洋第5海山の詳細地形の取得と大水深のコバルトリッチクラスト調査)

日本の南東約1,800kmにある南鳥島の周辺海域には、コバルトリッチクラスト（以下、「クラスト」）が広がっていることが知られていますが、これまで深度に応じた正確な分布状況の調査はまだ行われていませんでした。

そこで、JAMSTECでは2回の調査航海を通して、この周辺海域で海底地形調査や試料採取を集中的に行いました。

これらの調査において、AUV「うらしま」は、マルチビーム音響測深（MBES）によって拓洋



第5海山の20m解像度の詳細地形を取得して、地形とクラストの産状（厚さや広がり）との関係を明らかにしました。

また、無人探査機「かいこうMk-IV」による調査により、5,500mの大水深にもクラストがくまなく広がっていることを確認しました。これにより、水深によりクラストの形態・濃集元素の違いがある一方、クラストの量にかかわるクラストの厚さと斜面の状況に関しては大きな違いがない可能性が高いことを明らかにしました。

今後、クラストの濃集過程を明らかにし、新たな高品位鉱床の発見に貢献します。

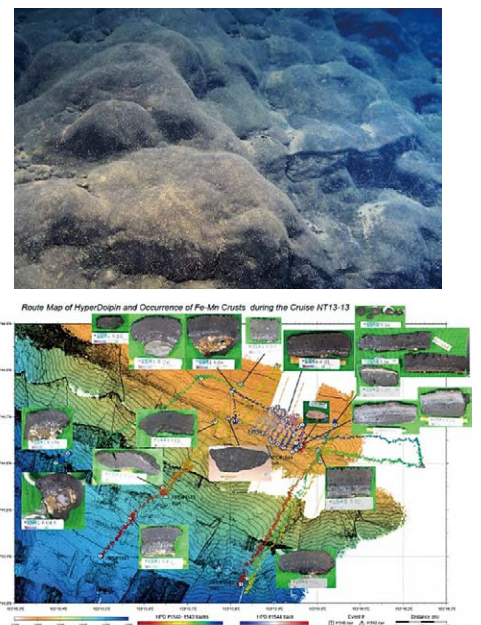


図3. 拓洋第5海山斜面におけるコバルトリッチクラストの分布状況および水深約5,500m付近の海底面の様子

Major achievements

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

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 the studies concerning submarine hydrothermal system investigation methods and the utilization of hydrothermal vents.

(Technological development for field observation of hydrothermal activities)

We succeeded in developing a voltammetric sensor for sensitive detection of mercury as an field observation technique which is necessary for understanding of elemental behaviors around hydrothermal activity areas.

By installing this sensor on under-water vehicles such as AUV or ROV, it is expected to capture chemical reactions slightly progressing in underground minerals that could not be easily identified with conventional observation

techniques and leads to a discovery of high-grade minerals.

Moreover, we have been developing a device for long-term monitoring of hydrothermal activities as a platform for obtaining basic data and in this fiscal year, we successfully installed our newly developed device at an artificial hydrothermal vent (a hole drilled in a survey, from which heated water issues) at the Iheya North Knoll in the Okinawa Trough.

It is expected that we will obtain some new findings about factors in genesis of hydrothermal activities in or after the next fiscal year.

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

(Collection of detailed topographical data for Takuyo 5th Seamount and surveys on deep-sea cobalt-rich crusts)

It is known that the sea areas surrounding Minamitorishima (Marcus Island), which is located about 1,800 km southeast of Japan, are covered by cobalt-rich crusts (hereinafter referred to as the "crusts"), but no survey has yet been

Figure 1. hydrothermal vent and a monitoring device for a long-term observation of hydrothermal activities

Figure 2. Utilization image of the deep-sea mercury sensor By installing the sensor on the AUV, etc., it will be able to detect a tiny amount of mercury spreading in the seawater around hydrothermal deposit and lead to a discovery of submarine deposits.

Figure 3. Distribution of cobalt-rich crusts on the slopes of Takuyo 5th Seamount and a picture from the seafloor at around 5,500m depth

3) 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

JAMSTEC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。

(世界最新の海底下微生物群集と生命圏の限界を発見)

地球深部探査船「ちきゅう」によるIODP第337次研究調査「下北八戸沖石炭層生命圏探査」で、青森県八戸市沖80kmの地点から掘削された海底下約2.5kmまでの石炭層を含む堆積物サンプルを分析した結果、海底下約2.5kmの大深度環境においても陸上で生息する微生物群集に似た従属栄養型の微生物生態系が存在しており、CO₂還元型のメ

タン生成が起きていることを確認しました。

また、スポンジ懸垂型DHSバイオリアクターを用いて、海底下約2kmより採取された褐炭層から、メタン生成を伴う世界最深の海底下微生物群集を集積培養して、単純分離することに成功しました。

今後は、同地点の海底下浅部の堆積物から分離されたメタン菌と合わせて、ゲノム解析を進める予定です。

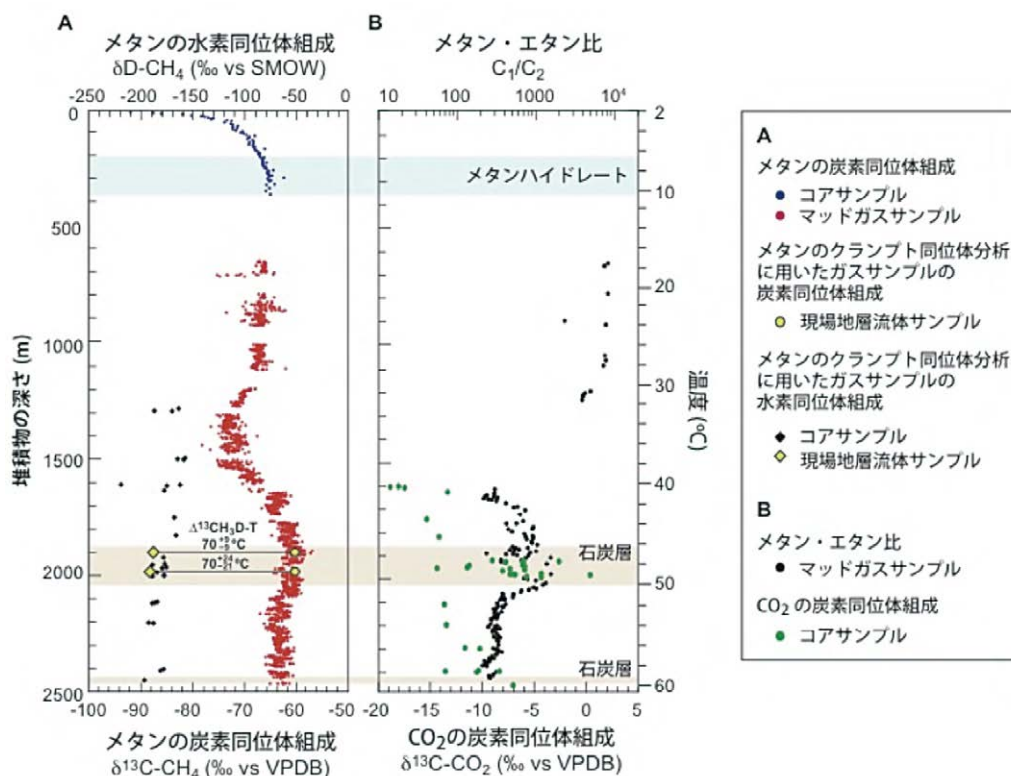


図4. 下北八戸沖石炭層生命圏探査における (A) メタンの炭素・水素同位体組成とクランプトメタン同位体分析によるメタン生成温度指標値、(B) メタン・エタン比とCO₂の炭素同位体組成を示す深度プロファイル。堆積物の深さと現場温度は、(A) と (B) のY軸に示す。海底下約2.5kmの深度においても、現場の微生物生態系作用によるCO₂還元型のメタン生成が起きていることを示す。

conducted to study their precise depth-wise distribution. Therefore, JAMSTEC carried out intensive surveys on seafloor topography and collected samples in this area through two survey cruises. In these surveys, the detailed topographic data of Takuyo 5th Seamount was collected with the AUV Urashima in 20m resolution using a multibeam echosounder. The results revealed the relationship between the landform and the occurrence of the crusts (thickness and width). Moreover, a survey with the ROV *Kaiko Mk-IV* confirmed that the deep-sea area at a depth of 5,500m below the sea surface is also entirely covered by the crusts. This clarified that there is no significant difference between different depths in the thickness of the crusts and the conditions of slopes, which affect the volume of crusts, while the configuration of the crusts and accumulated elements vary in different depths. In the future, we will explore the concentration and accumulation process of the crusts so that we can contribute to the discovery of new high-quality mineral deposits.

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

With a view to contributing to the establishment of a continuous carbon and energy cycle for the future, JAMSTEC researches the subseafloor carbon cycle systems and the Earth's ecological process of converting carbons to resources and energy in order to understand the formation mechanisms of hydrocarbon resources, including natural gas, coal, and methane hydrate.

(Discovery of the world's newest species of subseafloor microbial communities and the margin of the biosphere)

During IODP Expedition 337 titled "Deep Coalbed Biosphere off Shimokita" using the deep-sea drilling vessel *Chikyu*, we took samples of sediments containing coal beds to a depth of about 2.5km below the seafloor 80km off the coast of Hachinohe City, Aomori Prefecture. As a result of analyzing these samples, we found that there is a heterotrophic microbial ecosystem similar to the one in the terrestrial environment and that the production of methane is occurring through carbon dioxide reduction reactions even in the deep-sea environment about 2.5 km beneath the seafloor.

In addition, we collected lignite seam samples at about 2 km beneath the seafloor using a down-flow hanging sponge (DHS) bioreactor. Using these samples, we succeeded in enrichment culture and simple separation of subseafloor microbial communities, which are involved in methane production at the world's deepest spot.

4) 環境影響評価手法の構築

JAMSTECでは、観測精度を向上するため最新技術を利用した観測機器の製作および環境メタゲノム等の先進手法を導入して、多様な海域での生態系の現状と変動に関する調査データを収集し、ハビタットマップ、分布推定、生態系モデルなどの解析を応用した先進的な環境影響評価の手法を開発することを目指しています。

(生態系評価の解析手法の構築に向けた取り組み)

沖縄トラフ・伊平屋北海丘において、地球深部探査船「ちきゅう」による科学掘削で設置された人工熱水噴出孔付近の群集を継続的に調査し、生物分布と環境条件をプロットしたハビタットマップを作成し、群集形成の過程と変動を解析しました。また、ベントス群集の分布の特徴を環境データ（底質の被覆率、バクテリアマット、水温など）から解析を行い、(Nakajima 2015)、環境因子から個体数を推定する暫定的な一般線形モデルを試作しました。

この調査の結果、熱水活動に変化が生じると生物はすぐに移動して群集を再構成し、生態系を維持する可能性が示され、熱水活動域において生態系がどのように形成されていくのか、という変遷過程の一端を知ることができました。

今回の成果は、海底資源開発と環境保全のバランスをとるために必要となる、生態系の安定性と復元力についての知識、および

環境変化に対する生物群集の挙動をモニタリングする手法の確立につながると期待されます。

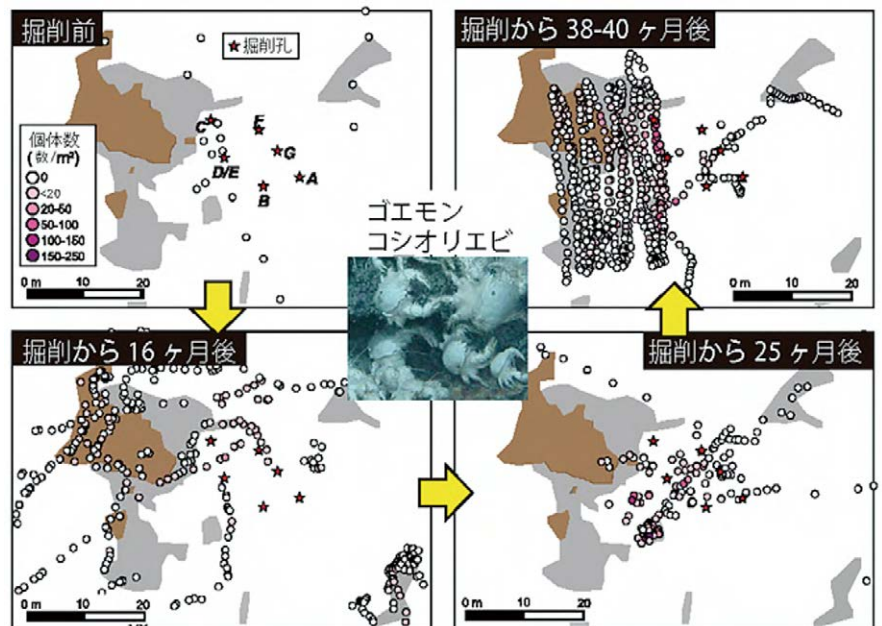


図5. ゴエモンコシオリエビの分布の遷移

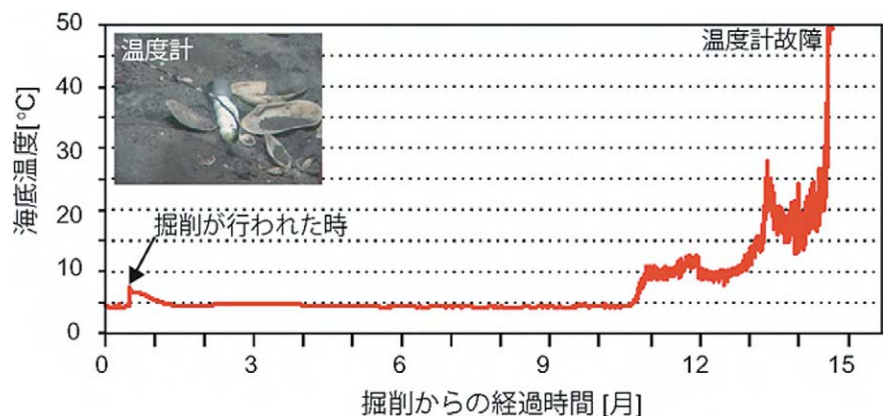


図6. 人工熱水噴出孔周辺の温度変化

We further plan to conduct genomic analyses on these microorganisms along with the methane bacteria separated from the sediments taken from the shallow parts below the seafloor at the same spot.

4) Establishment of environmental impact assessment methods

With a view to developing cutting-edge environmental impact assessment methods utilizing habitat mapping, distribution estimation, and ecosystem model analysis, JAMSTEC collects survey data on the current status of and changes in ecosystems in various sea areas, while producing observation equipment with the latest technologies for highly accurate observations and introducing advanced techniques, such as environmental metagenomics.

(Efforts for establishing analysis methods for ecological assessments)

We constantly monitored biological communities near the artificial thermal vent at the Iheya North Knoll in the Okinawa Trough which was installed scientific drilling by the deep-sea drilling vessel Chikyu. Based on the results, we created habitat maps to plot biological distributions and environmental

conditions, and analyzed the formation process of and changes in biological communities. Moreover, we analyzed the characteristics of the distribution of benthos communities based on environmental data (coverage by the bottom sediments, bacterial mats, water temperature, etc.) (Nakajima 2015) and created a provisional general linear model for estimating populations based on environmental factors.

The results of this study suggest that organisms move to another spot immediately after a change in hydrothermal activities and rebuilt a community at their destination. This finding provides us with an insight into the process of the formation of an ecosystem in hydrothermally active areas. The results of this survey enriched our knowledge on ecological stability and resilience, and will contribute to the establishment of methods for monitoring biological communities' reactions to environmental variations.

Figure 4. (A) Carbon and hydrogen isotopic composition of methane and index value for the temperature at which methane is generated obtained by the clumped isotope analysis of methane, and (B) depth profile showing the methane/ethane ratio and carbon isotope composition of CO_2 based on the survey on the coal bed biosphere off the coast of Shimokita-Hachinohe. The depth of the sediment and local temperature are shown as the Y axes in (A) and (B). These profiles show that methane is produced through carbon dioxide reduction reactions of the local microbial ecosystem even in the deep-sea environment about 2.5 km beneath the seafloor.

Figure 5. The figure above: Distribution Transition of Shinkai6302

Figure 6. The figure below: Temperature change around the artificial hydrothermal vents

海洋・地球環境変動研究開発

2

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機構と我が国の国際的プレゼンスの向上を目指します。

① 地球環境変動の理解と予測のための観測研究

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

② 地球表層における物質循環研究

大気と海表面・地表面とのガス交換、陸域生態系の広域分布変動、陸一海間の物質輸送過程や大気微量物質の時空間分布変動を統合的に理解するために、地球表層における物質及びエネルギーの循環並びに陸域生態系の構造及び機能の変動を分析し、それらと海洋、大気や人間圏との関係を明らかにします。

③ 地球環境変動予測の高度化と応用

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

主な成果

1) 地球環境変動の理解と予測のための観測研究

（エルニーニョ現象の予測に新たな展開）

利用可能な観測データを統合したデータセットからエルニーニョ現象の発達に重要な大気一海洋間の運動エネルギー交換量が長期間で変遷していることを明らかにしました。

その効果を取り入れることで、エルニーニョの春先からの予測精度が大きく向上（1年予測で約0.6℃のエラー低減）することを実証しました。将来、現業予報に本成果のコンセプトが取り入れられることで漁業、農業、防災等の多分野において社会経済活動への貢献が期待されます。

（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。その一

Research and development on marine and global environmental change

Overview

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.

(i) Observations and studies for understanding and predicting global environmental changes

To understand and predict global environmental changes in a comprehensive manner, we precisely capture environmental changes and variations through various observations and studies concerning the mutual interactions between the atmosphere and the ocean, ocean circulation, carbon cycle, and marine

ecosystems, utilizing observation techniques using research vessels, drifting buoys, moored buoys, etc. and four-dimensional data assimilation techniques.

(ii) Studies on material cycle on the Earth's surface

In order to comprehensively understand gas exchange between the atmosphere and the ocean or ground surface, changes in the wide-area distribution of terrestrial ecosystems, material transportation process between the land and the oceans, and changes in the time space distribution of atmospheric trace substances, we analyze material and energy cycles on the Earth's surface and changes in the structures and functions of the terrestrial ecosystems and clarify the relationship between these factors and the oceans, atmosphere, and human habitat.

(iii) Sophistication and application of global environmental change predictions

With a view to providing practical predictions for extreme phenomena that occur locally and last for a short term, we improve such predictions through the establishment of a seamless environmental prediction system and sophistication of the global cloud resolving model (NICAM). Moreover, we also assess the influence of human activities on global environmental changes and carry out studies on climate changes caused by natural factors using a Climate Model (Earth System Model), which includes chemical and biological processes.

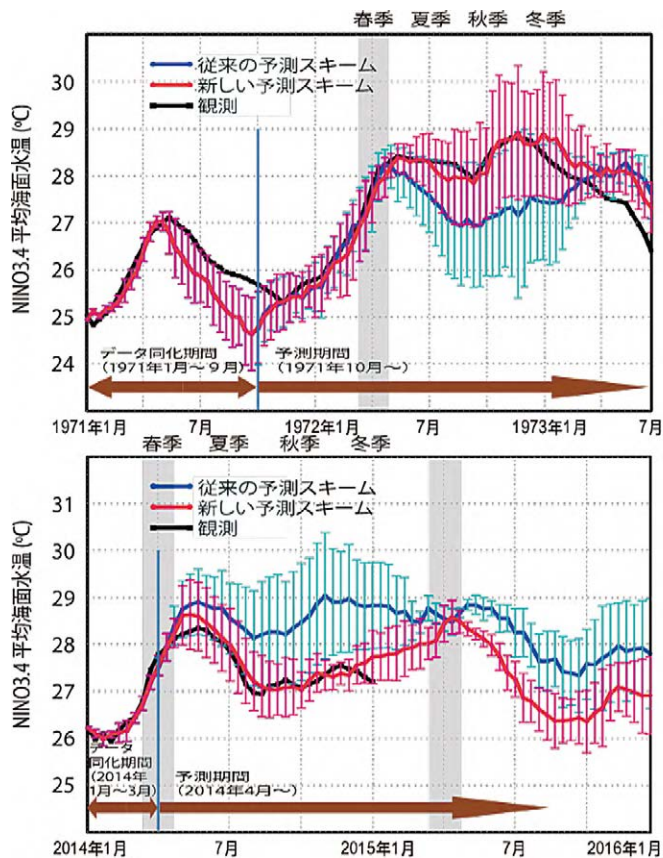
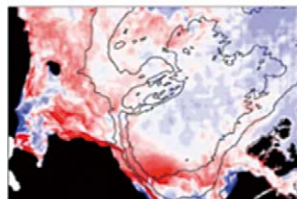


図1. 地球シミュレータを用いて実施した1972/73年（上）、2014/15年（下）の期間を対象としたエルニーニョ予測実験の結果（エルニーニョ現象の指標となるNINO3.4海域の海面水温の時間変化）。赤線がそれぞれの期間における現実に近い大気-海洋間の運動エネルギー交換量を反映させた結果、青線が従来の予測結果であり、黒線（観測値）に近いほど正確な予測を表します。グレーの領域は北半球の春季を示します。

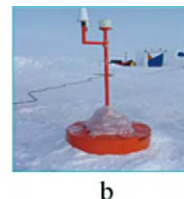
環で、北極域の気候変動の解明と環境変化、社会への影響を明らかにすることを目的とした国家プロジェクトとして北極域研究推進プロジェクト（ArCS）が立ち上げられました。機構はこれらの政策動向に対し戦略的・組織的に対応するため、2015年4月に北極環境変動総合研究センターを設置し、また、同年9月には国立極地研究所を代表機関、機構及び北海道大学を副代表機関とする実施体制でArCSに採択を受けました。



a



c



b



d

図2. 機構が実施している北極域での研究開発活動
a: 「みらい」による北極海観測
b: 海水設置型漂流ブイによる海洋・海水・気象自動観測
c: 海水-海洋結合モデルによるシミュレーション
d: 海洋生態系変動研究

これらの取組は同年10月に策定された「我が国の北極政策」にも貢献するものであり、オールジャパンで取り組む北極域研究に機構が中核的な役割を果たすとともに、国際的な議論をリードし、北極コミュニティにおける我が国のプレゼンス向上に大きく貢献するものです。

2) 地球表層における物質循環研究 (林野火災起源のエアロゾル供給による海洋低次生物生産の増加を示唆)

1997年インド洋の東西で海面水温の分布が偏るIOD(Indian Ocean Dipole)時に東インド洋赤道域では植物プランクトンが大増殖しました。これは栄養塩に富む海水が湧昇したためと解釈されてきましたが、これだけでは大増殖の5割以下しか説明できませんでした。これに対して、同時期にスマトラ島の林野火災によるエアロゾル増加が衛星観測から確認され、植物プランクトンの大増殖に林野火災起源のエアロゾル粒子に含まれ

Major achievements

1) Observations and studies for understanding and predicting global environmental changes

(New progress in the prediction of El Nino)

With a dataset composed of available observation data, we revealed that the amount of kinetic energy exchange between the atmosphere and the oceans, which is an important factor for the development of El Nino, is varying over the long term. Furthermore, we demonstrated that the precision of the predictions of El Nino, which starts from the early spring, can be improved significantly (reduction of error by about 0.6 °C for yearly predictions) by taking into account the effects of the variation in the amount of kinetic energy exchange. These research achievements are expected to benefit social and economic activities in various fields, including fishery, agriculture, and disaster prevention, once the concept of our study is introduced in operational forecasts.

(Promotion of research on Arctic environmental changes)

In recent years, the oceans in the Arctic area have been acidified to the world's most advanced level and its influence on the ecosystem is concerned. Moreover, it has also been revealed that this may have a great impact on the climate and environment of the whole globe. As possibilities for developing sea routes and resources are discussed, there are great expectations for science technologies to contribute to the sustainable use of the area. As a part of initiatives for such purpose, a national project aiming to reveal climate and environmental changes and their social impact has been established under the title of Arctic Challenge for Sustainability Project (ArCS). To work in coordination with these policy actions in a strategic and systematic manner, JAMSTEC established the Institute of Arctic Climate and Environment Research in April 2015. Moreover, in September of the same year, ArCS adopted an implementation plan that positions the National Institute of Polar Research as its principal core institute and JAMSTEC and Hokkaido University as its core institutes. These initiatives contribute to Japan's Arctic Policy, which was formulated in October 2015.

Figure 1. Results of El Nino prediction experiments for 1972/73 (above) and 2014/15 (bottom) with an Earth simulator (sea surface temperature in the NINO 3.4 region, which serves as an index for El Nino). The red lines are the results that reflect the amount of kinetic energy exchange between the atmosphere and the ocean in each period, while the blue lines are the results of predictions with the conventional scheme. The closer these lines are to the black lines (observations), the more precise the predictions are. The gray areas indicate the spring season in the Northern Hemisphere.

Figure 2. Research and development activities by JAMSTEC in the Arctic area

a: Observations in the Arctic Ocean with Mirai b: Automatic ocean, sea ice, and climate observations with drifting buoys installed on sea ice
c: Simulation with a coupled sea ice-ocean model d: Research on marine ecological changes

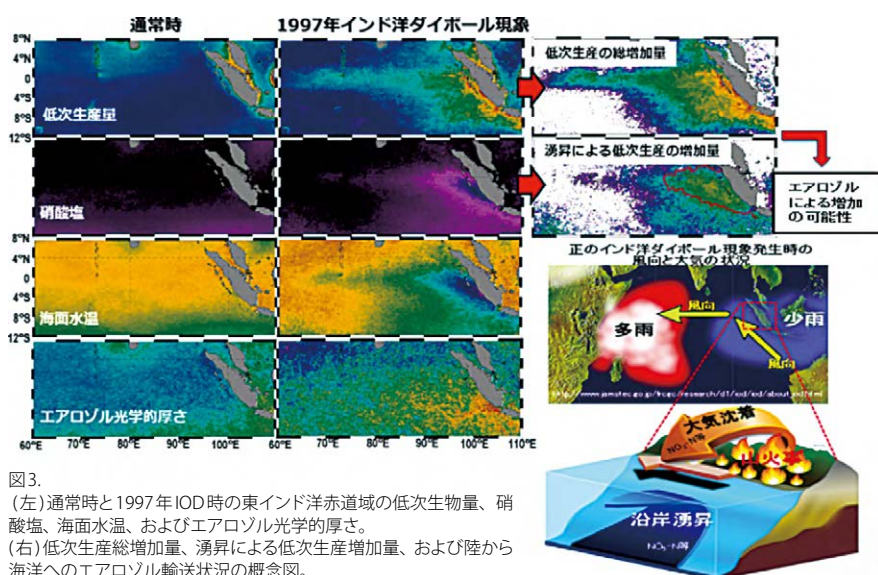


図3. (左) 通常時と1997年IOD時の東インド洋赤道域の低次生物量、硝酸塩、海面水温、およびエアロゾル光学的厚さ。(右) 低次生産総増加量、湧昇による低次生産増加量、および陸から海洋へのエアロゾル輸送状況の概念図。

る栄養塩の供給も影響していたと推定されました。これらは海洋生態系の変動に対し、陸起源物質が大気経路で影響していることを示唆するものです。物質循環と海洋生態系変動のメカニズムについての新たな科学的知見を提示し、地球環境問題に対する合理的な意思決定へ寄与します。

(地上・衛星観測データを用いたCO₂吸収排出量推定の比較)

地上観測と衛星観測の2種の観測データを用い、全球陸域におけるCO₂吸収排出量の推定値の整合性を分析しました。北半球中高緯度で2種の推定値は高い整合性を示す一方で、熱帯では大きく異なりました。これは、熱帯での地上観測の情報量の少なさが原因と考察されます。陸の視点と大気の視

点から推定されたCO₂吸収排出量比較は世界初の試みです。今後、赤道付近の熱帯雨林のCO₂吸収排出量については地上観測をより重点的に展開することが必要です。IPCC (気候変動に関する政府間パネル)へ貢献するとともに、気候変動予測の高精度化にもつながら、その結果は温暖化予測と対策に寄与するものです。

3) 観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用

(観測研究に基づく地球環境変動予測の高度化と応用～ダカール・ニーニョ/ニーニャ現象を世界で初めて発見～)

西アフリカのダカール沿岸の観測データ

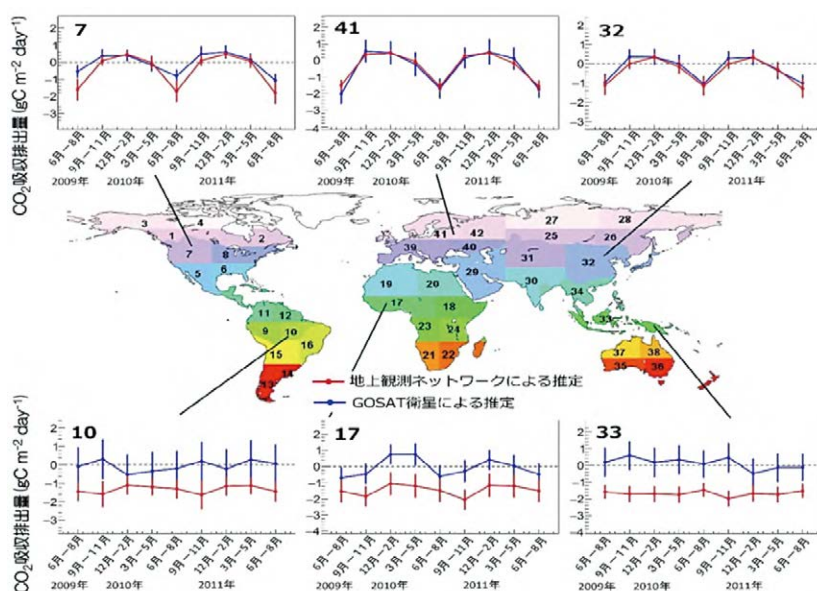


図4. 地上観測データ(赤線)と衛星観測データ(青線)から推定したCO₂吸収排出量の2009～2011年の変化(正と負の値はそれぞれ排出と吸収)。全球から6つの地域の季節変動の平均値を示しています。

JAMSTEC plays a core role in Arctic research to be addressed by the whole of Japan and contributes to the enhancement of Japan's presence in the Arctic community by leading international debates.

2) Studies on material cycle on the Earth's surface

(Possibility that the supply of aerosol from a forest fire increased biological production by low-level organisms was suggested)

In 1997, the population of phytoplankton exploded in the equatorial eastern Indian Ocean during the IOD (Indian Ocean Dipole) period, in which the distribution of sea surface temperature becomes uneven between the east part and west part of the Indian Ocean. Although this phenomenon was said to have been caused by the upwelling of nutrient-rich seawater, that would merely explain 50% or less of the increased population. Then, we found, based on satellite observations, that there was an increase in the amount of aerosol in the same period due to a forest fire on Sumatra, which led us to assume that the supply of nutrient salts contained in aerosol particles from the forest fire also contributed to the explosive growth of phytoplankton. This theory

suggests the possibility that materials of terrestrial origin may influence the behavior of marine ecosystems through the atmosphere. JAMSTEC presents new scientific insights to the mechanisms of material cycle and the behavior of marine ecosystems, contributing to reasonable decision making toward global environmental issues.

(Comparison of estimates of CO₂ absorption and exhaustion using ground and satellite observation data)

We analyzed the consistency of estimated global CO₂ absorption and exhaustion using two types of observation data, namely ground observation and satellite observation data. While estimates based on these two types of data are highly consistent at middle and high latitudes in the Northern Hemisphere, they are significantly different in the tropical areas. We believe this is due to the scarcity of ground observation data in the tropical areas. This study was the world's first attempt to compare CO₂ absorption and exhaustion amounts estimated from the perspective of the ground and from that of the atmosphere. It is necessary to conduct more extensive ground observations of CO₂ absorption and exhaustion amounts in the equatorial tropical rainforests. Such observations will contribute not only to efforts of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate

Figure 3. (Left) The amount of low-level organisms, amount of nitrate, sea surface temperature, and aerosol optical thickness in the equatorial eastern Indian Ocean in a normal situation and in IOD period in 1997.

(Right) Conceptual diagram of the increased production amount of low-level organisms, production increase of low-level organisms attributable to the upwelling, and aerosol transportation from the land to the ocean.

Figure 4. Changes in CO₂ absorption and exhaustion estimated based on ground observation data (red lines) and satellite observation data (blue lines). The figure shows average values of seasonal changes in six regions of the world.

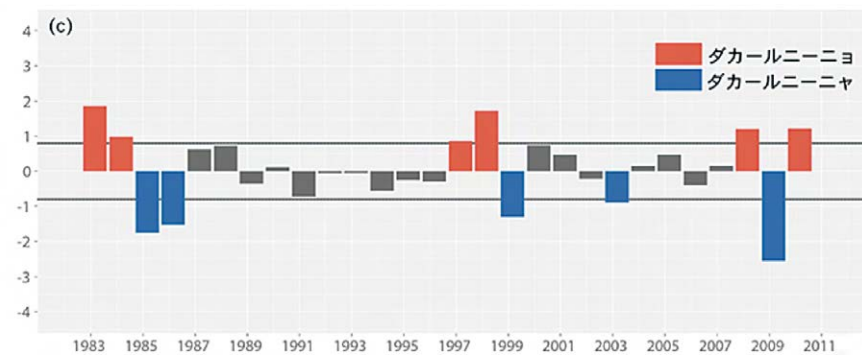


図5.3月のダカール・ニーニョ/ニーニャ指数。値は標準偏差で規格化しています。実線は0.8標準偏差を示し、この線を越えた年をダカール・ニーニョ/ニーニャと定義しました。

と再解析データを過去30年解析した結果、ダカール沿岸の海面水温が暖くなる現象が6回、冷たくなる現象が5回発生していることを発見し、それぞれダカール・ニーニョ/ニーニャ現象と名付けました。さらに、これに伴う海面水温の変化が直上の大気を暖めたり冷やしたりすることで生じる沿岸風が海洋表層の水温に影響を及ぼし、さらにそ

の結果が沿岸風に影響するという大気海洋相互作用（沿岸ビャークネス・フィードバック）が生じていることを突き止めました。当該海域は湧昇流の発生する豊かな漁場となっており、海洋生態系へ大きな影響を与える要因となることを示唆しました。発生メカニズムを気候変動予測モデルに組み込むことで、地域の社会経済に貢献する可能性

が広がったといえます。

(APPOSITE実験データを用いた北極海における海水大激減の予測可能性)

北極域における季節から年々変動の予測可能性に関わる国際プロジェクトAPPOSITEに参画し、その実験データを解析しました。この実験は温暖化トレンドを含まない設定ですが、200年の実験期間に2度の海水大激減イベントが見られ、このイベントは現実には大激減が起きた2007年と同様、海面気圧偏差のダイポール構造に伴う風が引き起こしていました。海面気圧偏差のダイポール構造が海水大激減イベントの予測に重要であると示すと共に、温暖化トレンドを含まなくても気候システムに内在する自然変動（内部変動）だけで北極海の海水は急減することを示唆しており、適切な対応策立案へ貢献するものです。

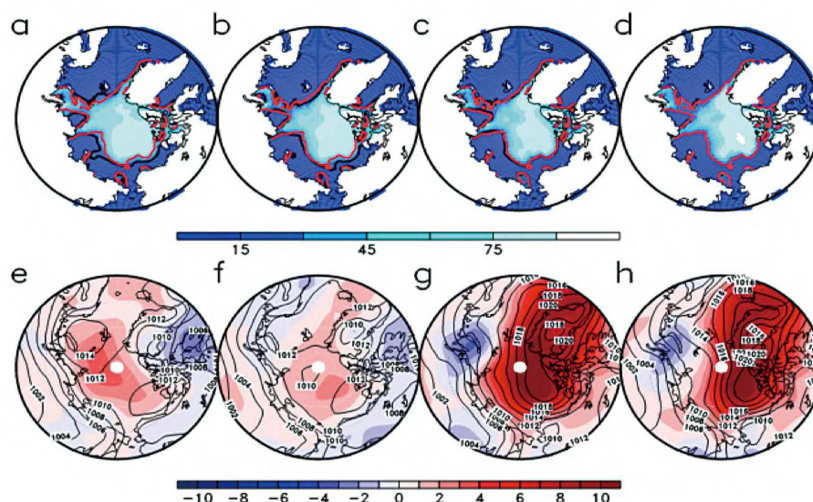


図6. 上段：海水激減年の海水密度分布（色塗り、%）。(a) 1月、(b) 4月、(c) 7月開始の予測実験および (d) リファレンス実験から得られた9月。下段：(e) 1月、(f) 4月、(g) 7月開始の予測実験および (h) リファレンス実験から得られた6～8月平均。

Change), but also to the sophistication of climate change predictions. Also, the results will contribute to global warming predictions and measures.

3) Sophistication and application of global environmental change predictions

(Sophistication and application of global environmental change predictions based on observations and studies: Discovering Dakar Nino/Nina for the first time in the world)

As a result of analyzing the observation data and reanalysis data along the coast of Dakar in West Africa for the past 30 years, we discovered that there were six occasions where sea surface temperature rose and five occasions where sea surface temperature fell, and we named these phenomena Dakar Nino and Dakar Nina, respectively. Furthermore, we also found that the change in sea surface temperature during these times warms or cools the atmosphere immediately above the ocean and created coastal winds. In turn, these coastal winds influence the sea surface temperature, which further leads to the creation of more coastal winds (this air-sea interaction is called "coastal Bjerknes feedback"). The upwelling currents make this area a rich fishing ground, which suggests that they also have a great impact on the greater marine ecosystem. By reflecting the generation mechanism of the upwelling currents on our

climate change prediction model, we expanded opportunities for contributing to the regional society and economy.

(Predictability of a sharp decline in Arctic sea ice area using APPOSITE experiment data)

JAMSTEC participated in APPOSITE, an international project concerning the predictability of seasonal and yearly changes in the Arctic area, and analyzed experimental data obtained in this project. Although this experiment did not consider the warming trend, we found that there were two catastrophic sea ice collapse events in the experiment period of 200 years. As was seen in 2007, when the sharp decline of sea ice was actually observed, these events were caused by winds associated with a dipole structure in sea level pressure anomalies. These results suggest that a dipole structure in sea level pressure anomalies is an important factor for the prediction of great sea ice collapse. They also show that sea ice in the Arctic area can decline dramatically without the warming trend and only with the natural (internal) changes that are incorporated in the climate system. These findings contribute to the development of proper measures for such events.

Figure 5. Dakar Nino/Nina index as of March. The values are normalized as standard deviations. The line represents the 0.8 standard deviation. Years in which the exceeded this line are defined as the years in which Dakar Nino/Nina occurred.

Figure 6. Above: Density distribution of sea ice in years in which sea ice declined dramatically (colored parts; %). The results of prediction experiments starting January (a), April (b), and July (c) and reference experiment for September (d). Bottom: The results of prediction experiments starting from January (e), April (f), (g) and the average of the results of reference experiments for June to August (h).

index
from
and July

海域地震発生帯研究開発

3

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。

主な成果

1) プレート境界域の地震発生帯実態解明研究

(DONETの社会実装・貢献の成果)

平成23年から開始した地震・津波観測監視システム(DONET2)の整備を順次進めた結

果、平成27年度末には全29観測点から観測データ取得が始まりました。既に整備されていたDONET1からのデータも併せこれらの観測データは、地震・津波研究のデータとして詳細な解析を進めるとともに、地域の減災に向けて、これらのデータをリアルタイム配

信する仕組みを構築しました。DONET観測データについては気象庁の津波警報(平成24年3月より開始)や、緊急地震速報(平成27年3月より開始)に活用されています。これにより、南海トラフ沿いの巨大地震について、陸域の地震計や沿岸の験潮所よりも早く地震波や津波を検知可能となり、気象庁は従来より早く緊急地震速報を発表することが可能となりました。また、地方自治体等(和歌山県、三重県、尾鷲市、中部電力)においては、観測情報をリアルタイムでモニターしており、その情報をもとに津波の高さ及び到達時間の予測に活用しています。

(DONET観測データを活用した巨大地震発生帯の実態解明)

2015年8月から10月にかけて潮岬沖、紀伊水道沖、熊野海盆の順に発生した浅部超低周波地震を、震源域直上のDONET1と2で相次いで捉えました。この特殊な地震は、通常の地震と比べてP波、S波の到来が明瞭

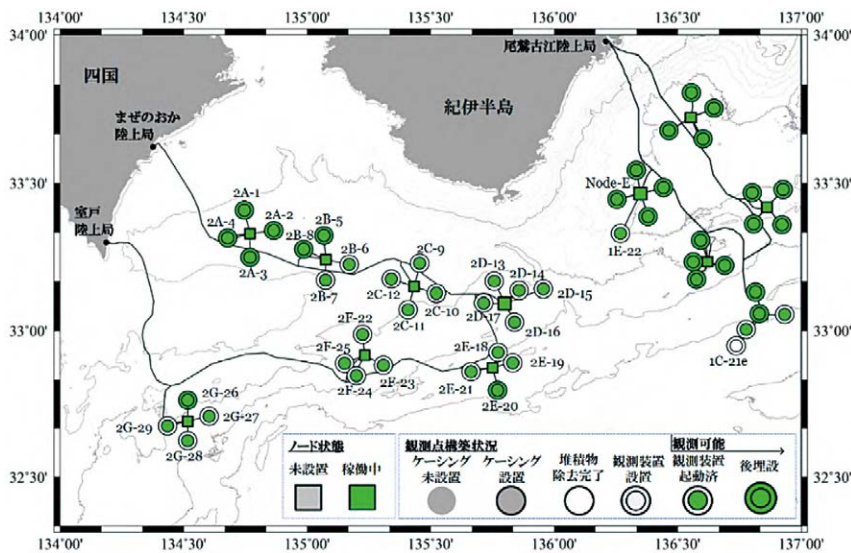


図1. 平成27年度末の構築状況

Research and development on seismogenic zones

Overview

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.

Major achievements

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

(Social implementation of DONET and its contributions)

As a result of our continuous efforts to develop the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET 2) since FY2011, we were able to start sampling observation data from 29 sites at the end of FY2015. Together with the data obtained through DONET 1, which had been already in operation, this data underwent detailed analyses for earthquake and tsunami research. At the same time, we also developed a system to distribute such data on a real time basis in order to reduce disaster risks in the local areas. The data obtained through observations with DONET is used by the Japan Meteorological Agency (JMA) for tsunami warnings (since March 2012) and earthquake early warnings (since March 2015). Thanks to this system, the JMA is able to provide alerts for massive earthquakes along the Nankai Trough quicker than before (earthquake warnings are announced in less than 20 seconds) as it detects seismic waves and tsunamis earlier than the conventional methods using land seismometers or coastal tide gauge stations. Moreover, some local governments, etc. (Wakayama Prefecture,

Figure 1. Development status as of the end of FY2015

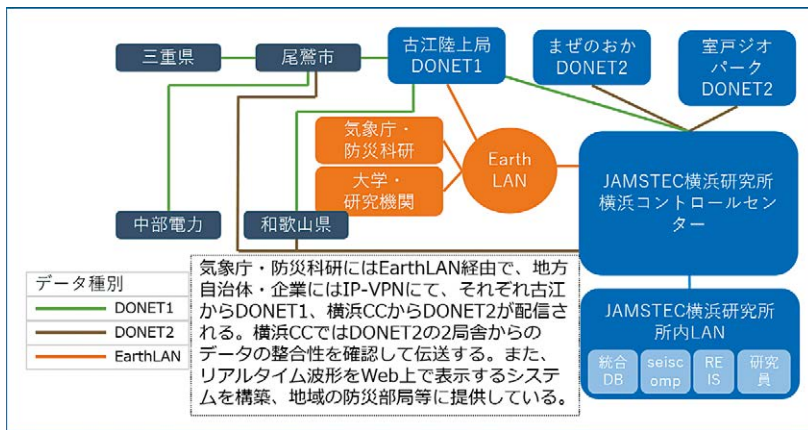


図2. DONET観測データの配信先

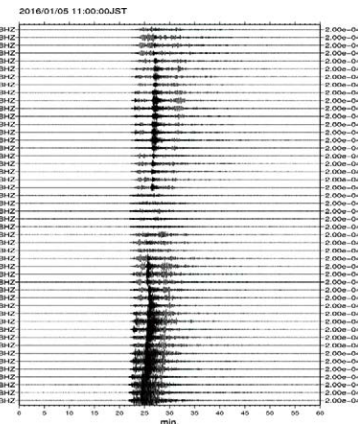


図3. DONET1(20観測点)とDONET2(28観測点)で観測された地震波形 2016年1月5日 11:21:12 鹿児島沖 M5.8

でなく、かつ長周期のゆっくりした振動のエネルギーを強く出すという特徴があります。紀伊半島沖では浅部超低周波地震の発生間隔が約5年以上と長いために観測例が少なく、また陸上の観測点では精密な観測が困難なため、その発生メカニズムは詳しく分かっていません。今回、DONETデータを用

いた精密な解析から震源位置と深さ、断層メカニズム解を調べ、付加体底部のプレート境界すべりであると推定されました。今後このような地震がなぜ起きるのかをさらに詳しく調べていく必要があります。

DONETの構築によって得られる詳細かつ高精度な観測データからプレート沈み込み

に伴う様々なタイプの地震の発生メカニズムを明らかにし、継続して地殻活動をモニターすることで、海域に広がるプレート境界浅部における巨大地震発生帯の実態解明につながると期待されます。

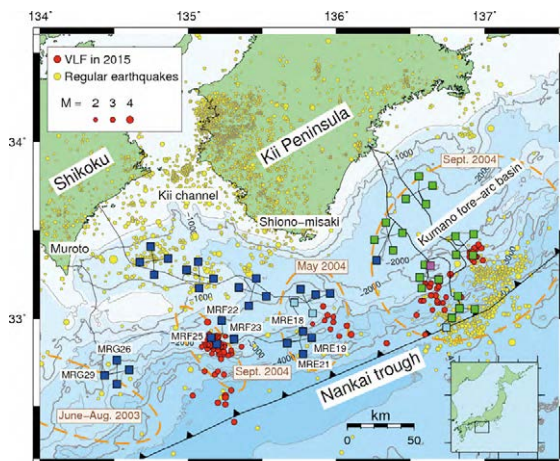


図4. DONET観測網と地震の震央分布。浅部超低周波地震(赤)と通常地震(黄)は相補的に分布しているように見える。

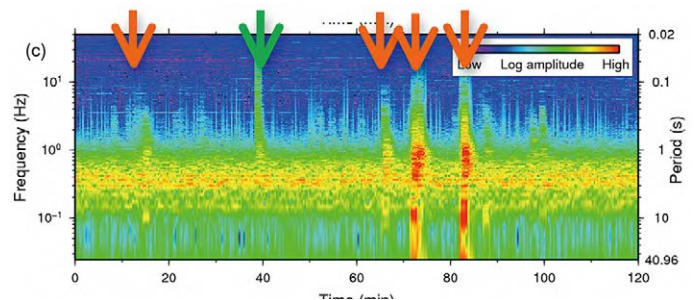


図5. 浅部超低周波地震(赤矢印)のランニングスペクトル。通常地震(緑矢印)と比べて、短周期だけでなく長周期のゆっくりした振動のエネルギーを強く出している。

Mie Prefecture, Owase City, and CHUBU Electric Power) are monitoring the observation data on a real time basis, utilizing it for estimation of tsunami height and arrival time.

(Clarification of the status of megathrust zone using DONET observation data)

DONET 1 and DONET 2 detected ultra-low-frequency, shallow earthquakes that occurred below these networks off Shiono-misaki, off Kii Channel, and in Kumano Basin in succession from August to October 2015. These earthquakes were unique in that the arrivals of P-waves and S-waves were unclear compared to usual earthquakes and that they released strong energy through long-period, slow vibration. The detailed mechanisms of ultra-low-frequency, shallow earthquakes occurring off Kii Peninsula are not known since they only occur with about 5-year intervals and thus there are few observation records. Also, these earthquakes are difficult to detect precisely at on-land observation

points. Therefore, we determined the location of epicenters, focal depths, and fault mechanism solutions based on the detailed analysis of DONET data. As a result, we estimated that these earthquakes were caused by slips of the bottom parts of accretionary wedges at plate boundaries. We need to further investigate into the mechanisms of such earthquakes.

It is expected that we can reveal the status of megathrust zones at shallow plate boundaries that extend in the sea area by continuously monitoring crustal activities and studying the mechanisms of various types of earthquakes associated with subducting plates based on detailed and highly accurate observation data obtained by the development of DONET.

Figure 2. Distribution of DONET observation data

Figure 3. Seismic waveforms of a M5.8 earthquake observed by DONET1 (20 observation points) and DONET2 (28 observation points) at 11:21:12, January 5, 2016, off the coast of Kagoshima Prefecture

Figure 4. DONET observation networks and distribution of epicenters. Ultra-low-frequency, shallow earthquakes (red) and usual earthquakes (yellow) seem to be distributed in a complementary manner.

Figure 5. Running spectrum of ultra-low-frequency, shallow earthquakes (red arrows). These earthquakes release not only short-period vibration, but also long-period, slow vibration, compared to a usual earthquake (green arrow)

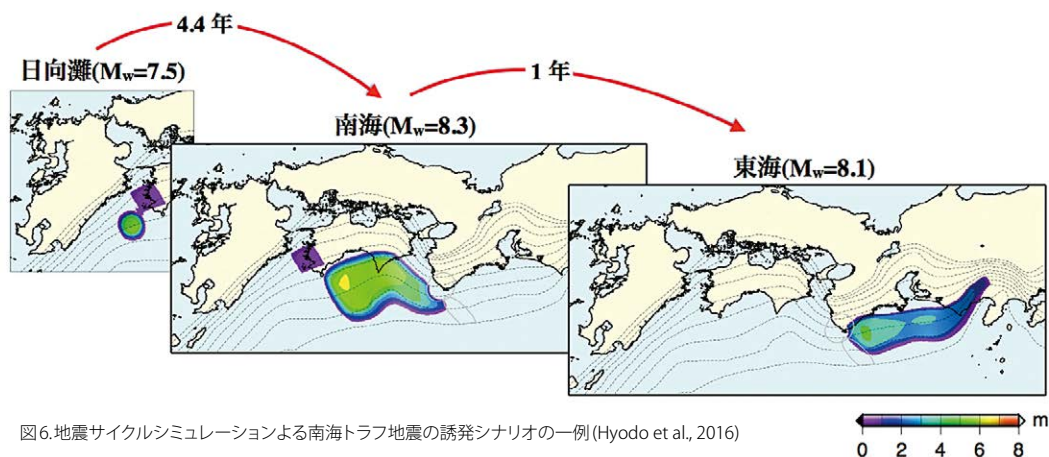


図6.地震サイクルシミュレーションによる南海トラフ地震の誘発シナリオの一例 (Hyodo et al., 2016)

2) 地震・津波の総合災害ポテンシャル評価研究

(南海トラフ巨大地震が、近傍で発生するM7級の地震により誘発され、震源域西端から破壊するシナリオを発見)

過去の南海トラフ巨大地震の発生系列に見られる、規模や再来間隔の大変化と定性的に整合する地震サイクルのシミュレーションに、その震源域の西方延長にあたる日向灘で発生するM7級の地震の繰り返しを付加したシミュレーションを実施しました。その結果、南海トラフ地震震源域西端の四国西端～その西側延長の固着が弱まっている場合には、日向灘地震の発生によって、南海トラフ地震（M8級）が誘発され西側から破壊が開始し得ることを地震発生サイクルシミュレーションにより示しました (Hyodo et al., EPS, 2016)。また、スーパーコンピュータを用いた多数回のシミュレーションから、日向

灘地震の発生タイミングとその際の南海トラフ地震震源域の状態についての関係の詳細を明らかにしました。これにより、日向灘地震による誘発によって巨大地震の発生間隔が本来の発生間隔の半分近くまで短くなる場合があることが分かりました。

これらは、南海トラフ地震震源域の近傍で発生する地震との相互作用を考慮すれば、南海トラフ地震の規模・発生間隔の大変化といった多様な発生パターンがより良く理解される可能性を提案しています。また、今回得られた誘発シナリオは、起こり得る地震発生シナリオを網羅し想定外を排除する意味において、特に防災・減災対策に対し重要な知見となります。

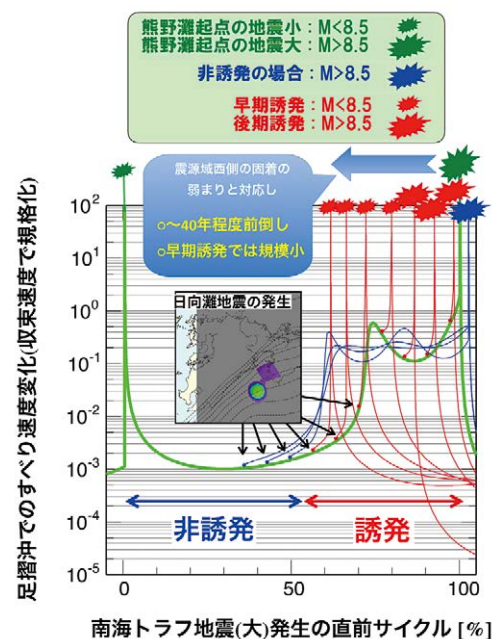


図7.南海トラフ地震が足摺沖起点の誘発破壊となる条件

2) Comprehensive evaluation of disaster potential of earthquakes and tsunamis

(JAMSTEC discovered a scenario in which a Nankai Trough megaquake is induced by a M7-class earthquake occurring nearby and destruction occurs from the west end of the focal area)

We carried out a simulation of an earthquake cycle that qualitatively conforms to the huge changes in the size and occurrence intervals of a series of past Nankai Trough megaquakes, in which we included as additional factors the repeated M7-class earthquakes occurring in Hyuga-nada, which is located at the western extension of the focal areas. The results of the earthquake occurrence cycle simulation showed that a Nankai Trough earthquake (M8 class) may be induced by an earthquake occurring in Hyuga-nada and destruction may start from the west end of the focal area when the fixation of the area from the west end of Shikoku, at the west end of the focal area of the

Nankai Trough earthquake, to its west extension is loose (Hyodo et al., EPS, 2016). We also revealed the details of the relationship between the timing of the occurrence of Hyuga-nada earthquakes and the status of Nankai Trough focal areas in such times through multiple simulations with a super computer. These simulations revealed that induction by a Hyuga-nada earthquake may shorten the intervals of a megaquake to half its original intervals. These findings suggest that we may better understand various occurrence patterns of Nankai Trough earthquakes with huge changes in their size and occurrence intervals by taking into account their mutual reactions with other earthquakes occurring near their focal areas. The discovery of the induction scenario as explained above is especially important in terms of disaster prevention and reduction measures as it extended the coverage of such measures and excluded the risk of being forced to deal with unexpected scenarios.

Figure 6. Example of a scenario in which a Nankai Trough earthquake is induced by another earthquake based on an earthquake cycle simulation (Hyodo et al., 2016)
Figure 7. Conditions on which a Nankai Trough earthquake occurs as an induced destruction starting from off Cape Ashizuri

3) 地震・津波による生態系被害と復興に関する研究

東北マリンサイエンス拠点形成事業: TEAMSのもと、東北大、東京大、東海大などと連携しながら東北地方太平洋沖地震・津波による三陸沖の海洋生態系への影響を調べ、その知見を漁業復興に活かすことを

目標に研究に取り組んでいます。平成27年度は、地震後の詳細な漁場海底地形、瓦礫分布、生物分布、水塊構造、生物への化学物質蓄積を調べるとともにTEAMSで取得されるデータを集積公開するデータベースの構築を行いました。そして、宮城県沖の瓦礫は掃海作業により減少傾向にあること(図8)、

巨大余震後に海底付近の濁度が急上昇したこと(図9)、生物へのPCB汚染は地震前に比べ進行していないこと(図10)などがわかってきました。また、TEAMSの観測データの集積は進みました(図11)。これらの情報は、被災地自治体や漁業者に提供するとともにメディアなどを通じて広く発信しました。

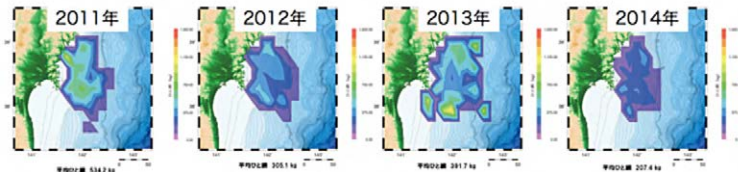


図8.宮城県沖瓦礫掃海作業のデータから解析した瓦礫の経時変動

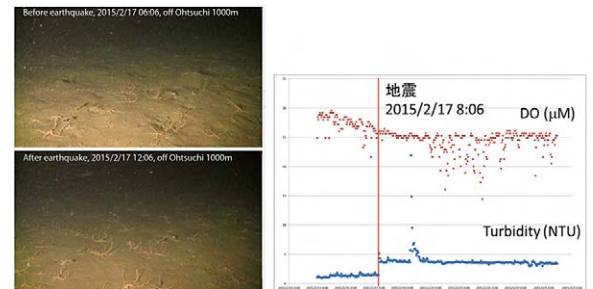


図9.大槌沖ランダーに搭載したカメラが撮影した2015年2月17日三陸沖で起きたM6.9の地震の影響と濁度の変動

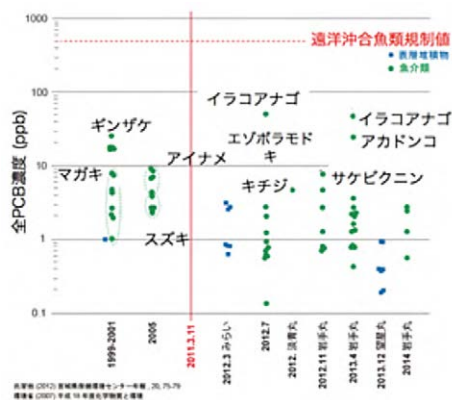


図10.巨大地震前後の生物および堆積物のPCB濃度。地震前と濃度は変わらない。PCB汚染は進んでいない。

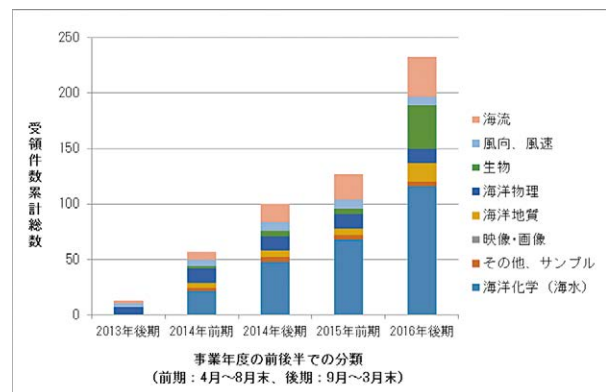


図11.データベースによる観測データ公開実績

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

Under the Tohoku Ecosystem-Associated Marine Sciences (TEAMS) program, JAMSTEC cooperates with Tohoku University, University of Tokyo, and Tokai University in investigating the influence of the Great East Japan Earthquake and tsunami on the marine ecosystem off the Sanriku coast. We promote our study with a view to utilizing its results in the recovery of the local fishery industry. In FY2015, we studied the detailed seafloor topography of fishing grounds, distribution of debris, distribution of organisms, water mass structure, and bioaccumulation of chemicals after the earthquake, while also developing a database on which data obtained under the TEAMS program is accumulated and publicized. As a result, we found that debris off the coast of Miyagi Prefecture is declining thanks to minesweeping (Figure 8), that the turbidity sharply increased near the seafloor after a major aftershock (Figure 9), and that the PCB contamination of organisms has not been advanced from before the earthquake (Figure 10). Also, accumulation of TEAMS observation

data was promoted (Figure 11). Such information was provided to the local governments and fishermen in the affected areas, while also being widely communicated to the public through the media.

Figure 8. Changes in the distribution of debris over time based on the analysis of data on minesweeping operations off the coast of Miyagi Prefecture
Figure 9. Impact of the M6.9 earthquake off the Sanriku coast on February 17, 2015, shot by a camera installed in the lander off Otsuchi Bay and changes in turbidity

Figure 10. PCB concentration of organisms and sediments before and after the great earthquake. The concentration has not changed from before the earthquake.
PCB contamination has not advanced.

Figure 11. Records of the publication of observation data on the database

海洋生命理工学研究開発

4

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。サブ課題①海洋生態系機能の解析研究では、海洋生物多様性を生み出すメカニズムや、深海を含む海洋における特殊な環境への生物の適応過程を明らかにするため、

- ・ 真核生物の新規系統群を探索します。
- ・ 深海生態系の基礎構造を解析します。
- ・ 海洋生物が独自に発達させた生態系やその進化過程、多様な構造・機能について解析します。

サブ課題②極限環境生命圏機能の探査、機能解析及びその利活用では、機構が保有する探査システム等を活用し、極限環境生命圏の探査を行い、

- ・ 極限環境生命圏の探査を行い、微生物生態系の構造や環境－微生物－生物間における共生システムの相互作用及び生命の進化プロセスに関して科学的知見を蓄積します。
- ・ 極限環境下での物理・化学プロセスの理解を進めるとともに、特有の機能に関する応用研究を展開し、更なる生命機能の利用可能性を示します。
- ・ 深海・海洋生物が生産する有用な酵素、生理活性物質等の機能及び生産技術に関する研究を実施します。

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。

主な成果

1) 海洋生態系機能の解析研究

(新規系統に属す真核微生物の単離・同定)

海洋環境のプランクトン群集において優占するにも関わらず未培養であり、その性状が不明であったユーグレノゾア門ディプロネマ綱中の未培養系統群Hemistasiaについて、海洋環境より選択的に培養する培地を開発

し、未知系統群に含まれる系統の単離培養に成功しました。

本研究により、Hemistasiaが珪藻の捕食者であることが明らかにされました。即ち、ディプロネマ綱が、珪藻ブルームの消長に寄与する可能性が示されました。今後、内海環境や北方海域におけるプランクトン生態系の理解や食物網、物質循環等、環境変動研

究は勿論、水産物の持続的利用等、多様な海洋環境分野における課題解決への貢献が期待されます。

Research and development on marine biosciences and engineering

Overview

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.

Regarding objective (1), in order to understand the mechanism of forming high marine biodiversity and the processes of organisms adapting to unusual marine environments including the deep sea, we

- search for new phylogenetic groups of eukaryotes,
- analyze the basic structure of deep-sea ecosystems, and
- conduct analysis on uniquely developed marine ecosystems and their evolutionary processes, diverse structures and functions.

Regarding objective (2), we explore extreme biospheres using JAMSTEC deep-sea exploration systems, and

- accumulate scientific knowledge on microbial ecosystem structures, symbiotic interactions among the environment, microorganisms and microorganisms, and evolutionary processes,

- promote a better understanding of physical and chemical processes under extreme environments, and demonstrate the potential utility of unique biological functions through applied research, and

- conduct research on a new source of oxygen produced by deep-sea/marine organisms and on functions of and technology to produce physiologically active substances.

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.

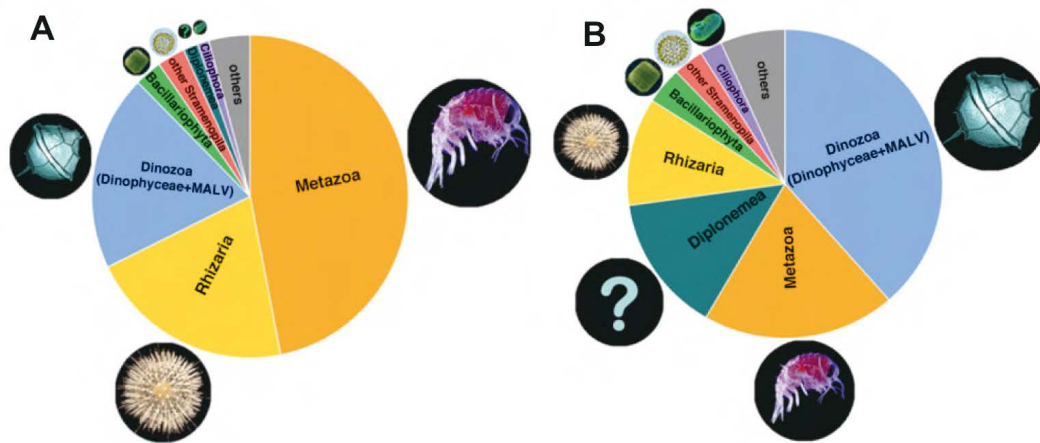


図1. ユーグレノゾア門ディプロネマ綱の生物量と多様性 (Lukes et al. 2015)

2) 極限環境生命圏機能の探査、機能解明及びその利活用

(深海にひろがる鏡の向こうの微生物世界
～Dアミノ酸を好む深海微生物を発見～)

タンパク質を構成するアミノ酸は、鏡像のように左右対称の立体構造を持ったLアミ

ノ酸とDアミノ酸の2つに区別されます。従来、生物はLアミノ酸のみを選択的に使用していると考えられて来ましたが、分析技術の進歩に伴って、Dアミノ酸が脳の高次機能など、生物の様々な生理機能をつかさどっていることが明らかになってきています。

本研究では、深海堆積物から、Dアミノ酸を利用して増殖する微生物を計28株分離することに成功しました。最も効率良くDアミノ酸を利用する微生物について、その利用能を浅海から単離された近縁株と比較したところ、殆ど遺伝子上の違いがないにも関

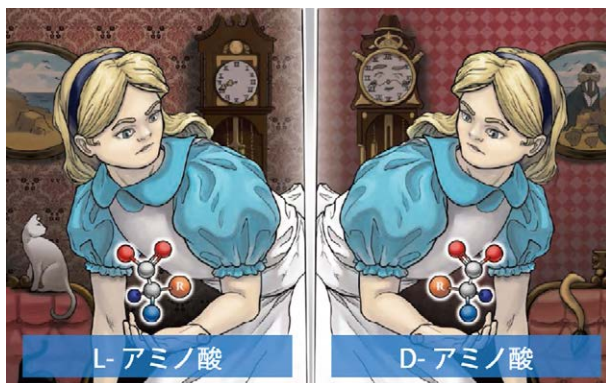


図2. Expanding Functionality Within the Looking-Glass Universe SR. Blanke, Science, 325, 1505-1506 (2009)

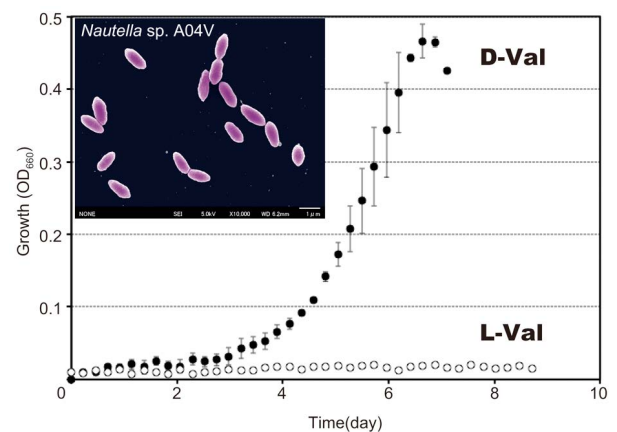


図3. 各アミノ酸を単一栄養源にした培養

Major achievements

1) Analysis of the functions of marine ecosystem

(Isolation and identification of eukaryotic microorganisms that belong to new phylogenetic groups)

Even though it is a dominant group in the marine plankton community, the nature of *Hemistasia*, which belongs to the *Diplonema* genus, *Euglenozoa* phylum, was unknown as it had not yet been cultured. We succeeded in the isolation and culturing of a line contained in the unknown family by developing culture media that select species to culture from the marine environment.

This study revealed that *Hemistasia* is a predator of diatoms. This suggests that the *Diplonema* genus may influence the rise and fall of diatom blooms. It is expected that this study will contribute to the understanding of plankton ecosystems in the inland sea environment and the northern sea area, and

research on the food chain, material cycle, and environmental change. It is also expected to contribute to the sustainable use of marine products and solutions to issues in various marine environmental fields.

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

(The world of deep-sea microorganisms seen on the other side of the mirror: Discovery of deep-sea microorganisms that utilize D-amino acid)

Amino acids that comprise protein are grouped into L-amino acids and D-amino acids, which have symmetric steric structures, like a reflection in the mirror. Traditionally, it was thought that organisms select and use L-amino acids only. However, thanks to the development of analysis technologies, it has recently been revealed that D-amino acids control various physiological functions, including the higher brain function.

Figure 1. Biomass and diversity of the *Diplonema* genus, *Euglenozoa* phylum (Lukes et al. 2015)

Figure 2. Expanding Functionality Within the Looking-Glass Universe SR. Blanke, Science, 325, 1505-1506 (2009)

Figure 3. Culture using each type of amino acids as the sole nutrient source

わらず、今回深海から単離した微生物のみが効率良くD-アミノ酸を利用する能力をもつことが明らかになりました。これは、L-アミノ酸が大多数を占める陸上の世界とは全く異なる鏡の向こうの世界が広がっている可能性を示唆しています。

今後は、D-アミノ酸を好む微生物の生態学上の役割や微生物細胞内でのD-アミノ酸利用の仕組みについて研究を展開する予定です。特に、D-アミノ酸利用に関する機能等が明らかになれば、新たな医用技術やバイオテクノロジー開発へ応用される可能性があります。



図4. 深海の熱水噴出孔から吹き出す熱水場所によっては熱水の温度が400°Cを超える

（深海の極限環境にヒントを得た乳化装置の開発及び実用化）

深海熱水噴出孔周辺の高温・高圧環境をヒントに、機構と株式会社AKICOは、ナノエマルジョン※を10秒以内で効率よく製造できる技術を用いた乳化装置を共同開発し、平成28年3月より販売を開始しました。

製品開発に要する時間やコストの削減に向けた技術的なブレイクスルーにより、食品、医薬品、化粧品、化学、農業、印刷、塗料、インク、石油など、多様な産業分野での様々な製品の研究開発に大きく貢献することが期待されます。

※ ナノエマルジョン：直径が20～200ナノメートルの油滴を水に（あるいは水を油に）分散させたもの。1ナノメートルは1ミリメートルの100万分の1。

（世界最深の鯨骨生物群集の発見）

ブラジル沖では世界最深から鯨骨生物群集を発見し、出現するベントス約40種が未記載種である可能性が高く、いくつかの種は東太平洋の化学合成生物群集構成種とごく近縁であることを明らかにしました。

今後、実験的にクジラの遺骸を多様な海域に設置し、分解されて化学合成生物群集の飛び石となるまでの成立過程と生物の全球的な類似性の検討を行います。

今回発見された水深は、太平洋をまたぐ深海平原とほぼ同等の水深であり、鯨骨生物群集が、全球規模で存在しうることを示す



図5. ナノエマルジョン製造装置「SFW-E40S」

In this project, we successfully isolated 28 strains of microorganisms that reproduce by utilizing D-amino acids from deep-sea sediments. From these strains, we picked the ones that utilize D-amino acids most efficiently and compared their ability to do so with that of the strains of a closely related species that are isolated from the shallow sea area. Although there is little difference in the genes of these two species, the results showed that only microorganisms isolated from the deep-sea area have such an ability to utilize D-amino acids efficiently. This suggests that there is a world that is completely opposite from the terrestrial world where L-amino acids are dominant – these two worlds are just like a reflection in a mirror. For the future, we plan to further study the ecological role of the microorganisms utilizing D-amino acids and the mechanisms of utilizing D-amino acids inside their cells. In particular, if we could reveal functions, etc. concerning the utilization of D-amino acids, we could apply them to new medical technologies and biotechnological development.

(Development and practical use of an emulsification device inspired by an extreme deep-sea environment)

Inspired by the high-temperature, high-pressure environment around deep-sea hydrothermal vents, JAMSTEC and AKICO Corporation jointly developed an emulsification device that can efficiently produce nanoemulsions* within 10 seconds and started its distribution from March 2016.

This technological breakthrough saves time and costs for product development and is expected to make great contributions to the research and development of products in various industrial fields, including food, pharmaceutical, cosmetics, chemicals, agriculture, printing, paint, ink, and petroleum.

*Nanoemulsion: Oil droplets of 20-200 nm diameter dispersed in water (or water droplets dispersed in oil). 1nm is one-millionth of 1mm.

Figure 4. Heated water issued from a deep-sea thermal vent. The water temperature exceeds 400°C in some spots.
Figure 5. Nanoemulsion production device "SFW-E40S"

ものです。従って、鯨骨生物群集固有種に留まらず、化学合成生物群集の全球規模で

の生物の分散と進化のメカニズムの理解や鯨の生活史理解につながる重要な発見とな

ります。

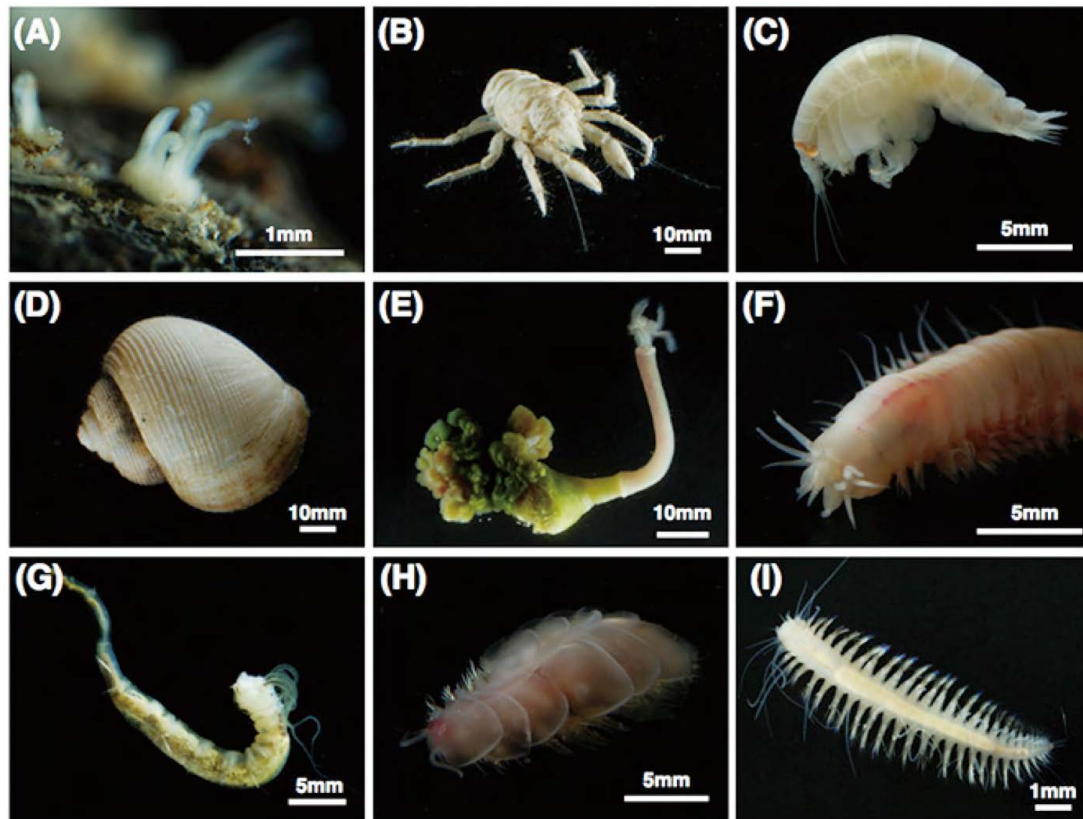


図6. ブラジル沖鯨骨生物群集より出現した無脊椎動物

(Discovery of a whale fall at the world's deepest spot)

We discovered a whale fall at a spot deeper than that of any other whale fall in the world, off the coast of Brazil. It was revealed that 40 species of benthos that appear in the whale fall are likely to be unregistered species and some of them are very closely related to the species comprising the chemosynthetic community in the eastern Pacific Ocean.

For the future, we plan to experiment with some whale carcasses set in various sea areas to study the process from their decomposition until they become stepping-stones for chemosynthetic communities and examine the similarity of organisms of such biological communities around the world.

The whale fall explained above was found at a depth that is almost the same as the abyssal plain across the Pacific Ocean. This suggests that whale falls may exist all across the globe. Therefore, this finding is important for the understanding of not only the mechanisms of global dispersion and

evolution of the species unique to whale falls, but also those of the species of chemosynthetic communities. It also contributes to the understanding of the life history of the whale.

Figure 6. Invertebrates that appeared in the whale fall off the coast of Brazil

先端的掘削技術を活用した 総合海洋掘削科学の推進

5

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。

本年報においては、平成27年度に実施した研究課題のうち、4つのトピックスを紹介します。

主な成果

1) 日本海溝沈み込み帯で発生した ゆっくり地震の再現に成功

海地球深部探査船「ちきゅう」で採取した試料を用いた室内実験により東北地方太平洋沖地震前に観測されたゆっくり地震※を再現することに成功しました。その結果、ゆっくり地震が発生しているプレート境界浅部

においても巨大なすべりを発生させることが明らかとなり、新たな巨大地震モデル検討の必要を迫る極めて重要な意義となっています。

今後の展望としては、深部で発生するゆっくり地震の地質学的描像を、陸上および海底の地震・測地観測で得られるゆっくり地震のデータと併せて理解し、その根底にある

メカニズムを検討していき、将来的に巨大地震・津波発生のパテンシャル評価に資することが期待されます。

※ ゆっくり地震：通常の地震に比べて遅い断層すべり速度で歪を解放する現象で、その継続時間は数日から1年以上に及ぶ。東北地方太平洋沖地震発生前には、日本海溝の海溝軸近傍に設置された海底圧力計および海底地震計により微動が観測されている。



図1. 実験に用いた資料プレート境界断層から採取

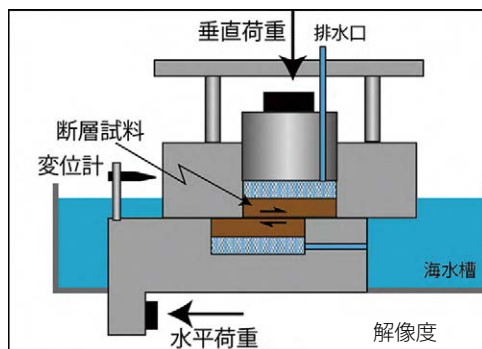


図2. 室内実験機の概要

Promotion of comprehensive ocean drilling science

Overview

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. In this annual report, we introduce four topics among the projects implemented in FY2015.

Major achievements

1) Success in the simulation of a slow earthquake that occurred in a subduction zone of the Japan Trench

In our laboratory experiment with samples collected by the deep-sea drilling vessel *Chikyu*, we succeeded in the simulation of a slow earthquake that was observed before the Great East Japan Earthquake.* The results revealed that a slow earthquake also causes a large slip in the shallow part of the plate boundary on which the earthquake occurs. This finding has significant meaning as it requires us to look into a new massive earthquake model.

In the future, we hope to get a geological picture of slow earthquakes occurring in the deep part based on the data on such earthquakes obtained through on-land and deep-sea seismological and geodetic observations. Through the exploration of the fundamental mechanisms of

Figure 1. Collected from the fault at a reference plate boundary used for the experiment
Figure 2. Overview of the experiment

2) たいりくプロジェクト

NHKとの共同研究により西之島周辺海域の調査を実施した結果、海底部も含めた西之島の本体が安山岩溶岩で、西之島の基盤(>80万年)は玄武岩であることが判明しました。

「海から大陸ができる」という新しい仮説の提示と、メディアを通じた成果発信を実施しました(NHK放映番組は科学技術映像祭において文部科学大臣賞受賞)。

今後は、多様な溶岩や火山灰の試料をより詳細に分析・解析することにより、マグマの特徴や変化を調べ、大陸成因の仮説を検証し、地球において、大陸物質である安山岩をつくるマグマがどのように生成するのかを明らかにすることを目指します。

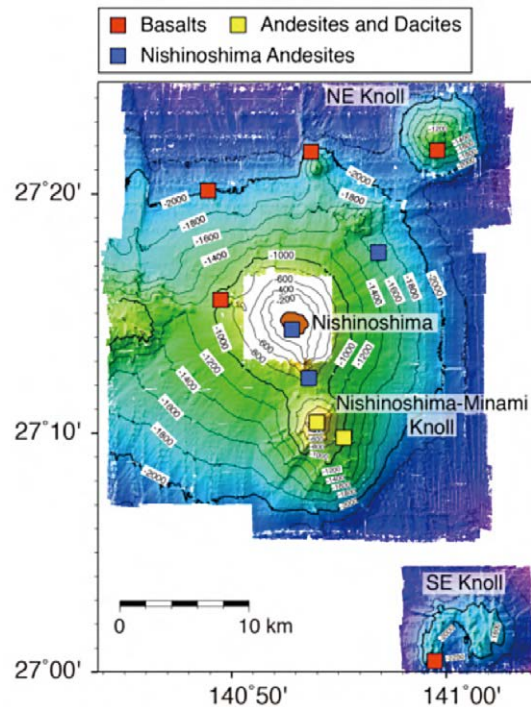


図3.たいりくプロジェクトにおけるサンプル採取地点と岩相



図4.西之島近影

such earthquakes, we expect that our research will eventually contribute to megaquake and tsunami risk assessment in the future.

*Slow earthquake: A phenomenon in which the distortion is released at a slower fault slip velocity than usual earthquakes. A slow earthquake lasts for a few days to over a year. Before the Great East Japan Earthquake, seafloor pressure gauges and seismometers recorded tremors near the trench axis of the Japan Trench.

2) Tairiku Project

We conducted a joint survey with NHK on the sea area surrounding Nishinoshima. As a result, we found that the main body of the island, including its seafloor part, is made of andesite lava and its foundation (more than 800,000 years old) is made of basalt.

We presented a new hypothesis that the sea creates the continent. We also communicated our research results through the media (NHK's broadcast program won the Minister of Education, Culture, Sports, Science and

Technology Award at the Science and Technology Film/Video Festival).

We plan to conduct further detailed analyses on various lava and volcanic ash samples to study the characteristics of and changes in magma and review our hypothesis on continent formation. Through these efforts, we hope to reveal the formation process of the magma that makes the continental material, andesite, on the Earth.

Figure 3. Sample collection points under the Tairiku Project and lithofacies Recent photograph of Nishinoshima
Figure 4. Recent photograph of Nishinoshima

3) 下北八戸沖石炭層生命圏探査の成果

海底下約2.5kmまでの石炭層を含む堆積物に、水とエネルギー供給に規定される限界生命圏を確認しました。約2000万年前の陸域森林土壌に由来する淡水性の微生物群集を発見し、過去の堆積環境変遷と現世

の地下微生物生態系のリンケージを示唆しています。本成果は米科学誌サイエンスに論文を発表し、「Altmetric」により約500万論文の上位3%のscoreを獲得しました（発表後1カ月時点）。

今後の展望としては、嫌気リアクターによって集積培養された微生物の代謝機能や遺伝

学的特性、進化プロセス等を明らかにするため、バッチ培養による純粋菌株の取得及び比較ゲノム解析や、集積培養系のメタゲノム・メタトランスクリプトミクス解析などの詳細な分析を進める予定です。

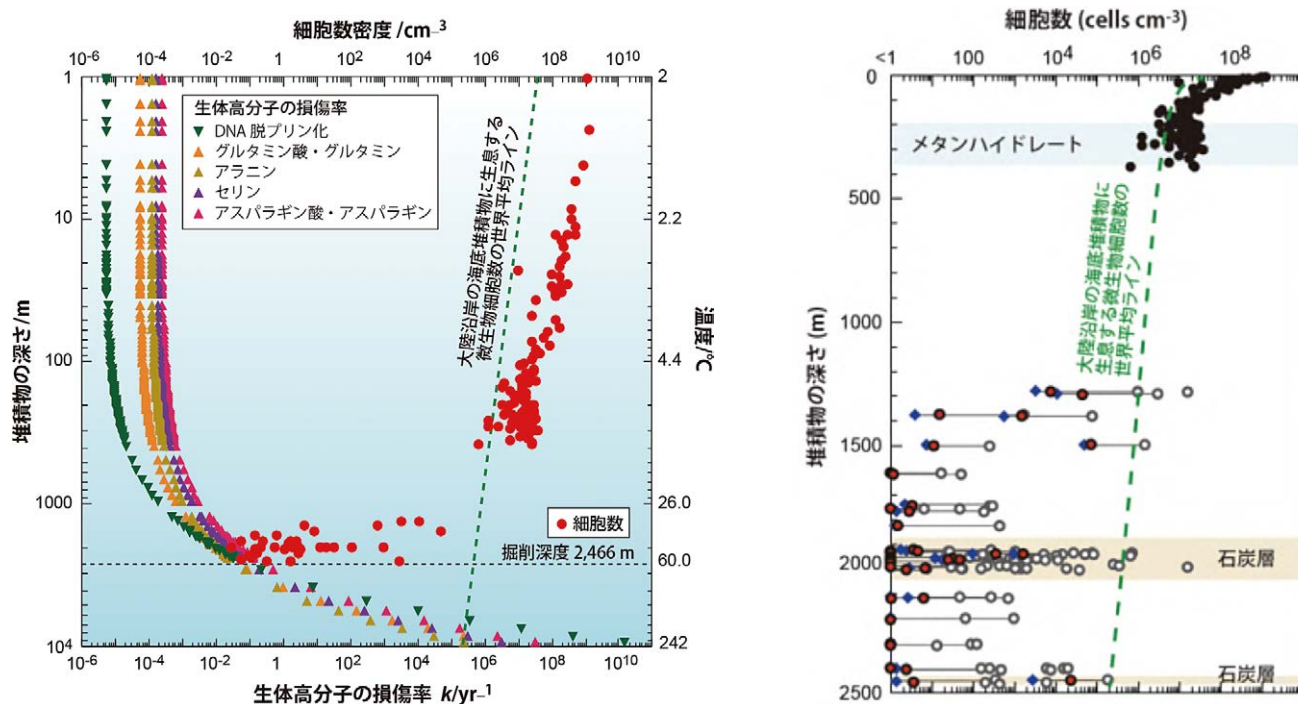


図5.「ちきゅう」によるIODP第337次航海「下北八戸沖石炭層生命圏探査」で、世界最深处の海底微生物生態系と生命圏の限界要因、微生物生態系が駆動する炭素循環や水・エネルギーとの相関等に関する多くの発見があった

3) Results of investigation on the coal-bed biosphere off the coast of Shimokita-Hachinohe

We drilled to a depth of about 2.5km below the seafloor and took sediment samples, including some from coal beds. From these samples, we found the limit of life defined by water and energy supply. These samples contained freshwater microorganisms that originate from terrestrial forest soil from about 20 million years ago, suggesting a link between the historical changes in the sediment environment and the current subseafloor microbial ecosystem. These results were publicized in an article in Science, a US magazine. The article was ranked in the top 3% of approximately 5 million research outputs scored by Altmetric (as of one month after publication).

In order to reveal the metabolic functions, genetic characteristics, and evolution process of microorganisms that are cultured by the enrichment culture method using an anaerobic reactor, we plan to obtain pure strains through batch culture and carry out detailed analyses, including comparative genomic analysis and metagenome/metatranscriptome analysis on strains

cultured by the enrichment culture method.

Figure 5. A lot of discoveries were made during the IODP Expedition 337 titled "Deep Coalbed Biosphere off Shimokita" with Chikyu, including the subseafloor microbial ecosystem at the world's deepest spot, limiting factors to life, and carbon cycle driven by microbial ecosystems and its mutual relationship with water and energy.

4) インド政府が進めるメタンハイドレート掘削調査への協力

インド政府(インド石油ガス公社)からの依頼によりJDCを通じてメタンハイドレート掘削調査を受託(受託額約58億円)しました。これと併せて、インド人乗船者に当機構の

研究者が現地の「ちきゅう」に乗船し研究および技術指導(人材育成)を実施しています。

本航海の成功により日本の研究レベルの高さを世界的にアピールし、「研究」を柱とする科学技術協力によって日本の科学技術外交にも多大なる貢献を果たしています。本

航海で蓄積された掘削経験及びノウハウが、今後のIODP科学掘削に活かされていくことが期待されます。



図6.地球深部探査船「ちきゅう」



操業海域:インド東海岸沖
水深:1,500m~2,800m

図7.掘削調査海域(日本海洋掘削株式会社HPより)

4) Cooperation for Indian government's methane hydrate drilling survey

Upon the request of the government of India (Oil and Natural Gas Corporation), JDC commissioned JAMSTEC to carry out a methane hydrate drilling survey (contracted at about 5.8 billion yen). As a part of this project, our researchers provide research and technical training for Indian crews as they cruise together on *Chikyu* in the local area (human resources development).

The success of the survey demonstrated the high level of Japan's research activities to the world. The science and technology cooperation centered on research has made great contributions to Japan's science and technology diplomacy. It is expected that the drilling experience and know-how gained through this survey will also be useful in other IODP scientific drilling projects in the future.

Figure 6. Deep-sea drilling vessel Chikyu

Figure 7. Sea area subject to the drilling survey (cited from the Japan Drilling Company website)

先端的融合情報科学の研究開発

6

先端的融合情報科学の研究開発では、「地球シミュレータ」を最大限に活用し、これまでに得られた知見を領域横断的にとらえるとともに、新たに拡張・展開し、よりよい将来に向けたアクションと解決策を導き出すことをめざして、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。

また、社会に利活用可能な付加価値情報を創出する技術の研究開発、情報を広く分かりやすく、効果的に社会に還元するための地球環境情報の基盤構築を進めており、以下の3つのサブ課題を推進しています。

- (イ) 先進的プロセスモデルの研究開発
- (ロ) 先端情報創出のための大規模シミュレーション技術の確立
- (ハ) データ・情報の統融合研究開発と社会への発信

本課題の研究実施体制は組織横断的な連携を前提として進められており、その体制が、先進的プロセス研究、大規模シミュレーション、付加価値情報の創出の一連の成果の創出に結びついています。また、機構外組織との連携においても、国内外の大学、研究機関との情報交換や共同モデル開発に加え、自治体や漁業関係者をはじめとする産業界との連携による社会実装の検討も進んでいます。



図1.地球シミュレータ

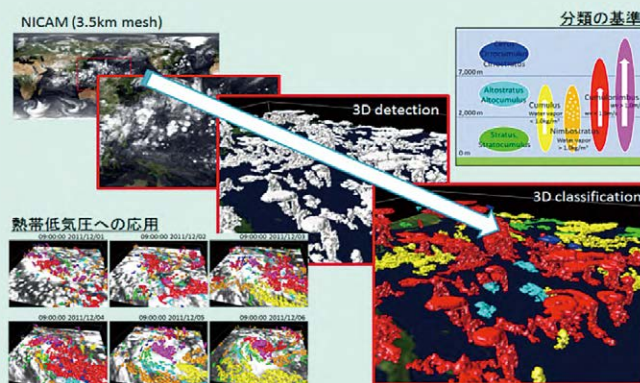


図2.雲頂高度・雲の厚み・上昇流の強さをを用いた雲の分類法のNICAM3.5km実験の台風データへの適用例

Research and development on advanced synthetic information science

Overview

In R&D on advanced synthetic 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 synthetic information science in marine and earth sciences to find sound actions and solutions for the betterment of the future.

We are also conducting R&D to develop technology for creating value-added information usable by society, and building global environmental information infrastructure to pass on information to society in an extensive, easy-to-understand and effective manner. To achieve these, we are working on the following three specific projects:

- (a) R&D of advanced process models
- (b) Establishment of large-scale simulation technology for creating advanced information

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

The research implementation system for this project is operating on the premise of working in cross-organizational coordination, and the system has been contributing to producing results in advanced process research, large-scale simulations and creating value-added information. Also, regarding coordination with non-JAMSTEC organizations, the research implementation system has been used for exchanging information and conducting joint model development with universities and research institutes in Japan and overseas. We are also considering applying research products in society in coordination with the industrial sector including autonomous bodies and people involved in fisheries industries.

主な成果

1)先進的プロセスモデルの研究開発 (乱流中に分散する液滴の放射特性、レー ダ反射特性及び衝突成長特性の研究)

雲粒の乱流クラスタリングが雲の放射特性に及ぼす乱流クラスタリングの影響を定量的に評価し、乱流クラスタリングが放射強度に有意に影響を与えることを、世界で初めて明らかにしました。さらに、乱流クラスタリングが雲のレーダ観測における顕著な誤差要

因となり得ることを明らかにするとともに、雲粒の衝突成長特性の解明のために乱流衝突の頻度因子の逆解析手法を提案しました。この成果により、日本機械学会奨励賞を受賞しました。

今後、乱流場の直接数値シミュレーション(DNS)により得られた成果を用いて、雲の3次元放射やレーダ反射強度に関する乱流の影響を定量的に明らかにします。

また、上記の取組みは、雲の3次元放射モ

デルの精緻化と高精度の雲乱流計算を実現できることから、局地的豪雨等の予測精度向上に寄与し、革新的な防災システムの開発につながると期待されます。

乱流中の液滴の放射プロセスは、噴霧燃焼器等の工学装置においても極めて重要な基礎プロセスであり、本成果には、地球科学分野にとどまらない幅広い波及効果が期待されます。

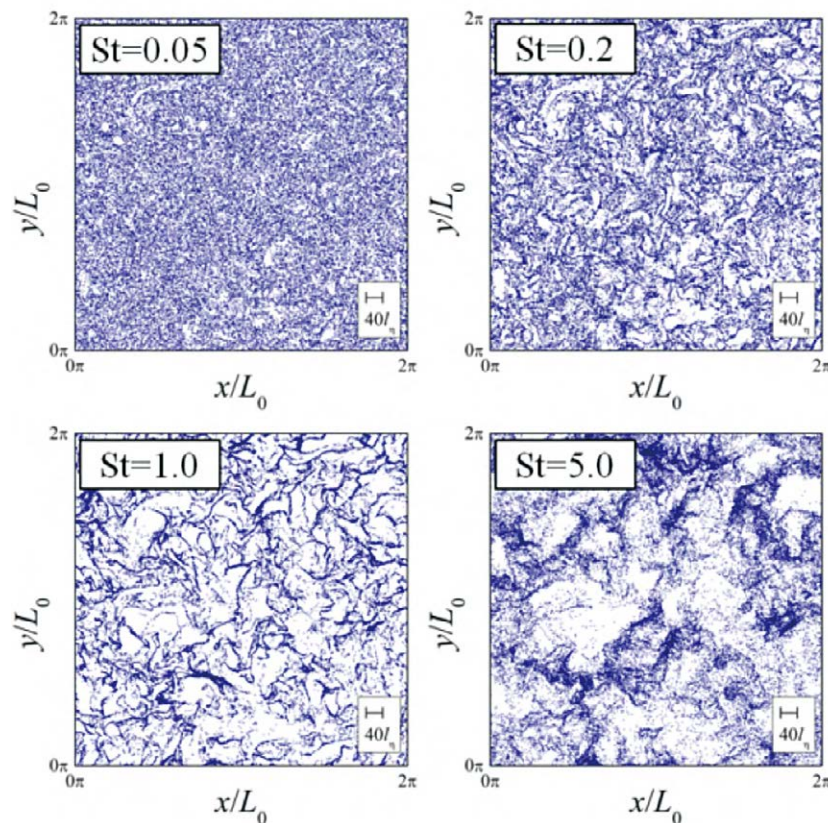


図3.DNSによって得られた液滴の乱流クラスタリング ($Re_\lambda=204$)

Major achievements

1) R&D of advanced process models

(Study on radiative and reflectivity properties, and collision growth properties of droplets dispersed in turbulence)

We quantitatively evaluated the influence of turbulent clustering on the clouds' radiative properties. For the first time in the world, we revealed that turbulent clustering affects the radiative intensity. Moreover, we also found that turbulence clustering can be a significant error factor in cloud radar observations. In addition, we proposed an inverse analysis method concerning the collision frequency factor of particles in turbulence. These findings were awarded with the JSME Medal for Outstanding Paper.

We further plan to quantify the influence of turbulence on the three-dimensional radiation and radar reflectivity of clouds, using the results of a direct numerical simulation (DNS) for a turbulence field.

Since these initiatives can sophisticate the three-dimensional radiation model for clouds and allow for accurate turbulence calculation, they are expected

to contribute to the improvement of the precision of localized heavy rain forecast and the development of innovative disaster prevention systems.

The radiation process of droplets in turbulence fields is one of the very important basic processes of engineering devices, including spray combustors. It is expected that the results of our study will have various ripple effects not only in geoscience but also in other fields.

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

(Improvement of the precision of ocean current predictions based on drift observations with seabirds and domestic cargo vessels)

In every summer to fall, a clockwise whirlpool with a diameter of about 100 km appears off the coast of Hokkaido and Tohoku (off the Tsugaru Strait). In order to reproduce this whirlpool, we carried out a current prediction experiment using a data assimilation system that can express realistic sea conditions by reflecting observation data in an ocean current model. The results of this experiment

2) データ・情報の統融合研究開発と社会への発信

(オオミズナギドリと内航貨物船の偏流観測による海流の予測精度向上)

北海道・東北沖（津軽沖）には夏から秋にかけて毎年、直径100km程度の時計回りの渦が生じます。この渦を再現するべく、観測データを海流モデルに取り込んでより現実的な海況を表現するデータ同化システムを用いた海流予測実験を行いました。その結果、衛星データを中心とする従来の観測データに加え、オオミズナギドリのバイオロギングによる偏流（海面休息時の移動速度）や、内航貨物船の航行記録による偏流（対

地速度と対水速度の差）の観測データが渦の再現精度を向上させることがわかりました（Miyazawa et al. 2015, Scientific Reports）。この成果をプレスリリースし、新たなデータ同化と海流予測精度向上の方向性について示しました。

オオミズナギドリと内航貨物船の偏流データの測点を精査したところ、海流を検出する空間解像度の限界をもたらしていた海面水位変動観測衛星の測点の空隙を、オオミズナギドリと内航貨物船の測点が埋めるように分布して、従来の人工衛星観測網に加えて海流観測を強化できることが示唆されました。

このようにオオミズナギドリと内航貨物船

の偏流データを海流予測モデルに同化する実験の結果から、今後偏流データの測点の数を増やしていけば、海流観測の解像度を劇的に改善する可能性があることがわかりました。特に内航貨物船による海流計測については、データ同化によって海流予測の精度が向上し、その結果が内航貨物船の効率的な運航にフィードバックされるという仕組みが機能するようになれば、こうした観測を維持する動機付けが自生的に働くようになり、持続可能な高密度の海流観測網の出現が期待されます。その他にも、海流予測の精度向上は漁業や海底資源開発など各種海洋産業への活用が想定されます。

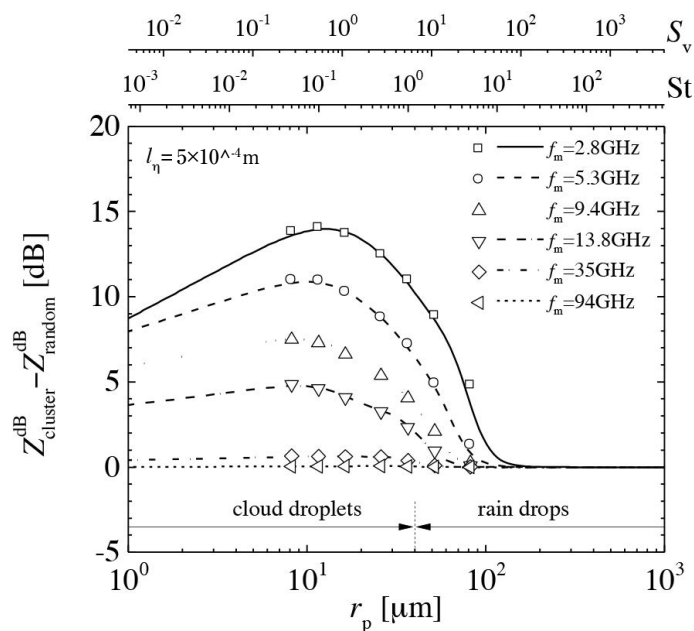


図4.DNSの結果に基づいて推定した乱流クラスタリングによるレーダ反射強度の増加（コルモゴロフスケール $l_\eta = 0.5 \text{ mm}$ ，体積分率 $\phi = 10^{-6}$ ）

showed that the observation data, namely, drift data obtained by biologging with seabirds (traveling speed during their rests on the sea surface) and drift data based on the navigation records of domestic cargo vessels (gap between the ground speed and log speed), improves the precision of reproduced whirlpools when it is used along with conventional satellite observation data (Miyazawa et al. 2015, Scientific Reports). We publicized these results in our press release, presenting the direction for a new way of data assimilation and direction for the improvement of the precision of current predictions.

As a result of inspecting observation points of the drift data obtained by seabirds and domestic cargo vessels, we found that these observation points are filling the voids in the sea level observation satellite's observation network, which was a factor limiting the spatial resolution of ocean current detection. By using these data along with data obtained with the conventional satellite observation network, we can reinforce our ocean current observations.

As seen above, the results of the experiment to assimilate seabird and domestic cargo vessel drift data with the current prediction model showed the possibility

that we can dramatically improve the resolution of ocean current observations by increasing the number of observation points of drift data. In particular, if once we could establish a feedback mechanism in which data assimilation improves the precision of current predictions, and their results in turn improve the efficiency of the domestic cargo vessels' navigation, motivation to continue such observations will naturally occur. This will lead to the creation of sustainable and high-density ocean current observation networks. Moreover, highly precise ocean current predictions will serve various marine industries, including fishery and submarine resource development.

(Creation of four-dimensional variational ocean re-analysis (FORA) dataset and development of a prototype distribution system)

We created and publicized a high-resolution long-term re-analysis dataset that allows for the accurate reproduction of past ocean environments (FORA).

This is the world's first oceanographic long-term re-analysis dataset that covers over 30 years in high definition (0.1 degree (about 10 km) mesh). With this dataset, we can express past changes in the Kuroshio and Oyashio Currents in a

Figure 4. Increase in radar reflection intensity due to turbulent clustering estimated based on the DNS results (Kolmogorov scale $l_\eta = 0.5 \text{ mm}$, volume fraction $f = 10^{-6}$)

(高分解能海洋長期再解析データセット (FORA)の作成と配信システムプロトタイプ構築)

過去の海洋環境を精緻に再現する高解像度の長期再解析データセット (FORA) を作成・公開しました。

0.1° (約10km) メッシュの高分解能で30年以上の海洋長期再解析データセットは世界初となり、このデータセットにより黒潮・親

潮などの過去の変動を詳細に表すことが可能となりました。

黒潮、親潮などの変動メカニズムの解明による「海の天気予報」の精度向上や、台風の進路予測精度の向上のための大気海洋結合プロセスの理解促進などに役立てることができます。

海運や水産などの海洋産業や沿岸・離島域における海洋政策など海洋に関わる国や

自治体、産業界などの様々な分野に対して基礎となる海洋環境情報を提供することができ、海洋環境をベースとした影響評価やその適応策策定などの、社会利用への発展が期待できます。

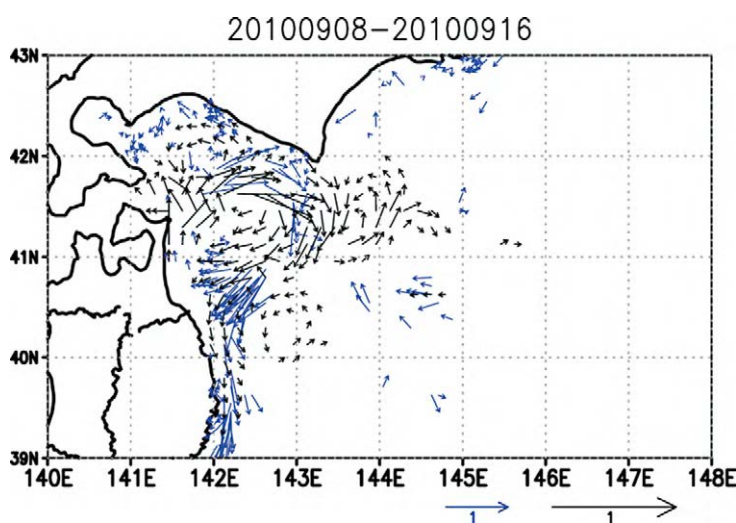


図5.データ同化の有無による海流表現の変化(黒矢印)と、同化に用いたオオミズナギドリ
の偏流(青矢印)

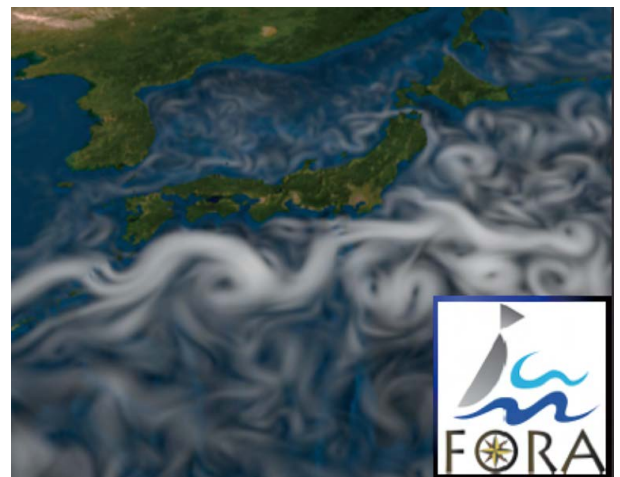


図6.データセットの可視化例

detailed manner.

This dataset will contribute to the improvement of the precision of ocean weather forecasts through clarification of the mechanisms of change in the Kuroshio and Oyashio Currents. It will also help us to understand the coupled atmosphere-ocean models, which will lead to the improvement of the precision of typhoon path forecast.

Through this system, we provide basic ocean environmental information to various fields, including the national and local governments that are involved in marine policies for the coastal areas and isolated islands, and marine industries, including the maritime transportation and fishery industries. We also hope that the dataset will be used for the common good, too, such as impact assessments based on the ocean environment and policy measures in response to the results of such assessments.

海洋フロンティアを切り拓く 研究基盤の構築

7

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。

具体的には、有人潜水調査船、無人探査機等の深海調査システムは、研究開発するために不可欠な基盤技術であり、これらを高度化し、必要な要素技術の開発を行うとともに、観測や調査等をより効率的・効果的に推進することを目指し、各システムの運用技術を確認することを、5カ年の中期目標としています。

また、文部科学省科学技術・学術審議会海洋開発分科会のもと「次世代深海探査システム委員会」が新たに設置され、次世代深海探査システムのあり方について調査検討が開始されました。

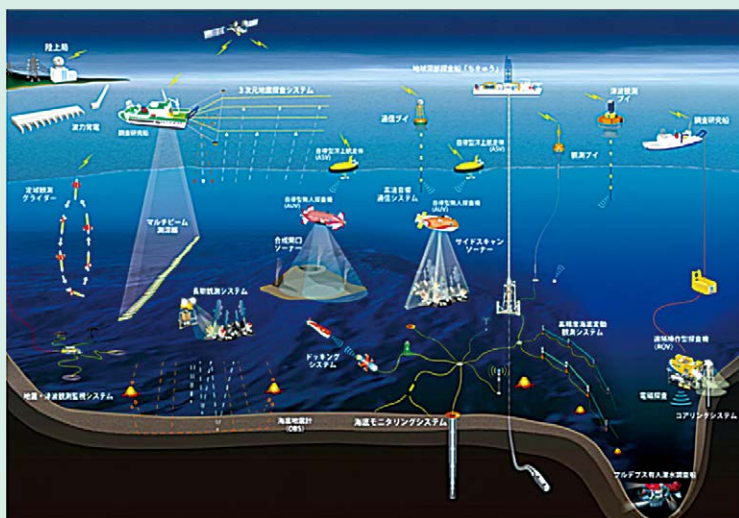


図1. 探査システムのイメージ

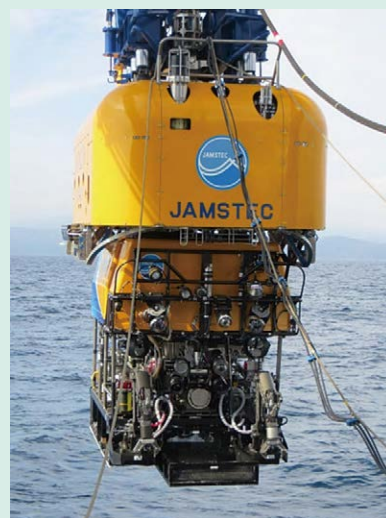


図2. ROVかいこう Mk-IV

Construction of a research and development base for opening up ocean frontiers

Overview

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. Specifically, deep sea investigation systems, such as manned submersibles and remotely operated vehicles are essential key technologies for conducting R&D, so as well as making these more advanced and developing the necessary elemental technologies, JAMSTEC has set a five-year medium-term

goal of establishing operation technologies for each system, with the aim of promoting more effective observation and surveys.

Moreover, the Next-Generation Deep-Sea Exploration System Committee was established under the Subdivision on Ocean Development, Council for Science and Technology, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, which has already started discussing approaches to the next-generation deep-sea exploration system.

Major achievements

1) Establishment of an earthquake and tsunami monitoring system

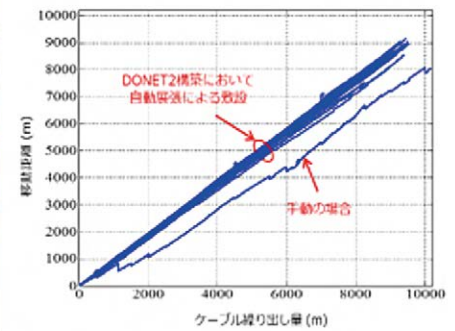
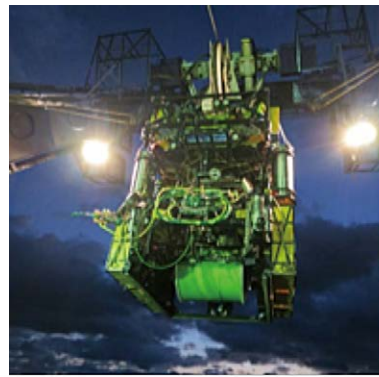
In relation to the development of an earthquake and tsunami monitoring system (DONET 2), we activated observation devices at 22 new observation points during four cruises on the research vessel *Kaiyo* and the research vessel *Shinsei Maru*, which lasted for a total of 147 days. As a result, real-time observation data is now obtained at a total of 29 DONET 2 observation points,

主な成果

1) 地震津波観測監視システムの構築

地震・津波観測監視システム(DONET2)の開発では、海洋調査船「かいよう」、東北海洋生態系調査研究船「新青丸」による4航海計147日間の構築航海を実施することで、新たに22カ所の観測点において観測装置起動を行いました。この結果、DONET2の全29観測点からリアルタイム観測データ取得が始まり、熊野灘だけでなく紀伊水道沖を含めた広い海域での地震・津波の詳細な観測と監視が可能となりました。

平成27年度のDONET2構築作業では計200kmの展張作業をすべて自動展張装置で実施することで、効率的かつ安定した敷設作業を行いました。また、展張ケーブル2式を直列に接続することで、Nodeから10km以上離れた観測点の構築も行われました。



展張ケーブルの自動敷設技術適用による敷設実績

図3.展張ケーブル自動敷設装置を搭載したハイパードルフィン

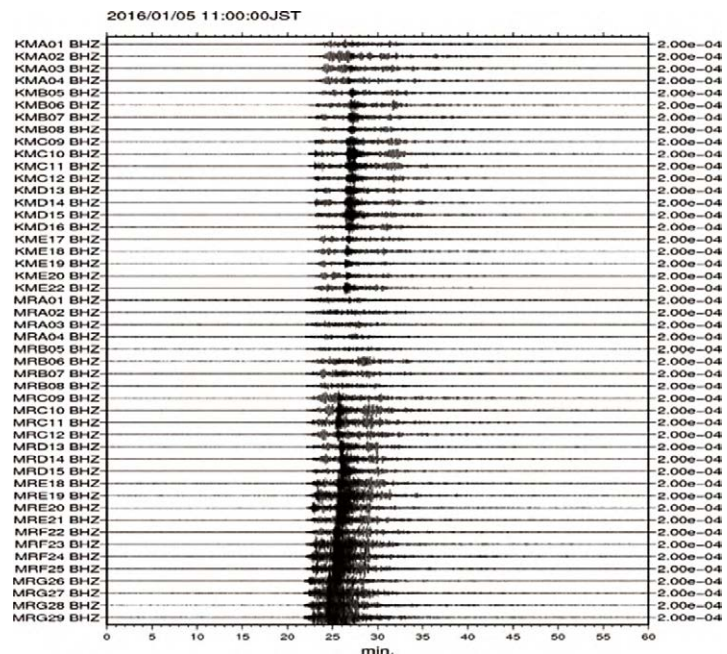


図4.DONET1とDONET2で観測された地震波形
2016年1月5日11:21:12鹿児島沖M5.8

which allows us to meticulously observe and monitor earthquakes and tsunamis in a wider area that includes not only Kumano-nada but also off the Kii Channel.

In FY2015, we could carry out construction works for DONET 2 in an efficient and stable manner as we used an automated extension device for all extension works, with a total cable length of 200km. Moreover, by connecting two sets of extension cables in series, we successfully established an observation point 10km away from the node.

2) Development and standardization of a deep-sea chemical sensor

In order to contribute to research on climate change and research on resources, we aim to develop a deep-sea chemical sensor, while also keeping

in mind its standardization.

The colorimetric method and electrode method are both pH measurement methods. They are different in their response speed, accuracy, power consumption, long-term stability, and handiness. In this project, we developed the world's first hybrid pH sensor that takes the advantages of these two methods. Compared to conventional pH sensors, this power-saving sensor can measure pH for a longer time and operate stably at a depth up to 3,000 m below the sea surface.

This sensor was developed under cooperation with the team of Kimoto Electric Co., Ltd. and we together won the third prize (Accuracy Award) in the Wendy Schmidt Ocean Health XPRIZE* international competition for seawater pH sensors.

Moreover, in relation to this project, JAMSTEC, National Institute of Advanced

Figure 1. Illustration of an exploration system

Figure 2. ROV Kaiko Mk-IV

Figure 3. HYPHER DOLPHINE with an automated cable extension device

Figure 4. Seismic waveforms observed by DONET 1 and DONET 2

M5.8 earthquake off the coast of Kagoshima Prefecture at 11:21:12, January 5, 2016

2) 深海化学センサの開発、標準化

気候変動研究や資源調査に貢献するため、標準化を見据えた深海化学センサの確立を目指しています。

本研究では、応答速度、正確さ、消費電力、長期安定性、扱いやすさが異なる比色法と電極法の水素濃度指数 (pH) 測定方法それぞれの長所を活かしたハイブリット型のpHセンサを世界で初めて開発しました。従来と比較して消費電力を抑えつつ長期間、安定してpH測定を水深3,000mまで行う事が可能と

なっています。

開発にあたっては紀本電子工業株式会社のチームと共同開発しており、海水用pHセンサの国際コンペティション「Wendy Schmidt Ocean Health XPRIZE」で3位 (値の正確さ部門) を獲得いたしました。

また、本研究に関連し「海水のpH測定法」を産業技術総合研究所、株式会社環境総合テクノスと共同提案し、ISO規格 (ISO18191) が発行されました。

今後の展望として、二酸化炭素の海底下

地層貯留における漏洩監視、海洋酸性化 (アルカリ度の低下) の観測、海底熱水鉱床の探査などへの活用が期待されます。また、「海水のpH測定法」がISO規格に採用されたことで、海洋観測、調査に民間企業が参入しやすくなり、広大な海洋の理解に向けて大きく貢献いたしました。

※ Wendy Schmidt Ocean Health XPRIZE: 米国のXPrize財団によるpHセンサの性能向上、センサがより広く普及することによる海洋酸性化の研究推進を目指した海洋のpHセンサコンペティションのこと。



図5.ハイブリッドpHセンサ (HpHS)
比色法と電極法のハイブリッドpHセンサ



図6.ハワイ沖で行われたフェーズ4 (最終観測試験) の様子。
決勝進出した5チームのpHセンサを搭載した採水器が海中投入され、鉛直観測を実施した。

Industrial Science and Technology, and Kanso Co., Ltd. jointly proposed a seawater pH measurement method and obtained an ISO 18191 certification. We expect that these achievements can be utilized in monitoring leakage from sub-seafloor CO₂ storage, observation of ocean acidification (decrease in alkalinity), and exploration of submarine hydrothermal deposits. Moreover, the ISO certification that we acquired for the seawater pH measurement method reduced the barrier to private companies' participation in marine observations and surveys, which will eventually contribute greatly to the understanding of the vast sea.

*Wendy Schmidt Ocean Health XPRIZE: A competition for ocean pH sensors conducted by the XPrize Foundation (US) with an aim to promote research on ocean acidification through the improvement and dissemination of pH sensors.

3) Acquisition of 3D seafloor data through underwater laser scanning

An underwater laser scanner is a 3D visualization device that uses blue-green semiconductor laser pulses. For example, it can visualize a 50m wide swath of the seafloor in about a 2cm resolution scanned from 15m high. We conducted 3D measurement with an underwater laser scanner installed on the autonomous underwater vehicle *Otohime* in the submarine hydrothermal vent area at Omuro Hole in Omurodashi Volcano, which is located south of Izu Oshima. With this scanner, we could clearly visualize a chimney of several tens of centimeters and heated water issued from there. We also succeeded in obtaining geometric information in a few cm units (length, area, and volume). In other words, in addition to capturing objects or phenomena, we could also measure them.

Figure 5. Hybrid pH sensor (HpHS)

A hybrid pH sensor using the colorimetric method and electrode method

Figure 6. A picture from the Phase 4 (final observation test) conducted off Hawaii. Five teams that proceeded to the finals put their pH sensors mounted on water samplers into the sea and carried out vertical observations.

3) 海中レーザースキャニングによる 海底面の3Dデータ取得

気海中レーザースキャナーは、ブルーグリーンの半導体レーザーパルスを用いた、3次元の海中可視化装置であり、例えば15mの高度からスワ幅50mに渡って、2cm程度の解像度で海底を映像化できます。自律/遠隔操作ハイブリッド型海中探査機「おとひめ」に、海中レーザースキャナーを搭載し、伊豆

大島南方の大室ダシ、大室海穴にて海底熱水噴出域の3次元計測を実施しました。数十センチ規模のチムニーや熱水の噴出している様子を鮮明に可視化することができ、また、数cm単位の幾何学情報（長さ、面積、体積）の取得に成功し、対象や現象を「捉える」のみでなく「測る」ことも実現しました。

今回の成果は、従来のソナーシステム（比較的高い高度からの観測）、光学カメラを用

いたごく近距離（比較的低い高度からの観測）での海底観測に加わる中距離のシステムとして新たな観測技術の実用性を示しています。海洋資源調査の高効率化に資する成果であり、飛躍的な加速をもたらします。汎用性、環境適応性を高め多種多様な分野での使用も期待されます。

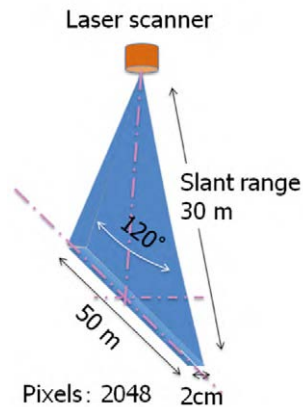


図7.レーザースキャナーの動作概念図

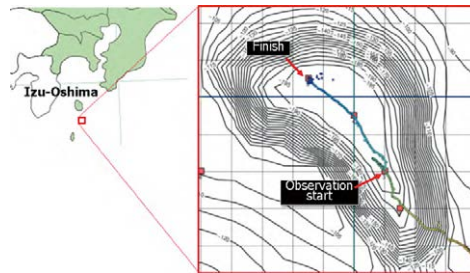


図9.平成27年度にレーザースキャナーを用いて調査を行った大室ダシ。左)大室ダシの位置、右)大室ダシ海底地形図とレーザースキャナーを搭載した海中探査機の航跡。

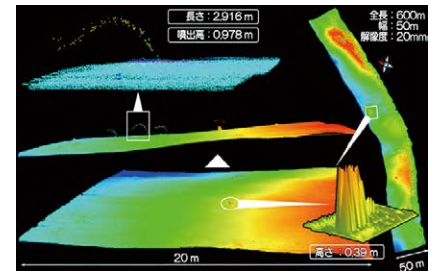


図10.「おとひめ」に搭載された3Dレーザースキャナーにより観測された熱水噴出域のイメージ。右端が航跡に沿った海底地形図全体。左側のイメージは、非常に小規模な熱水噴出（泡）と小さなチムニー（39cm）を拡大計測した画像。



図8.3Dレーザースキャナーを搭載した「おとひめ」。システムは耐圧容器に収納され、レーザーはガラスウィンドウを通して海中を走査する。

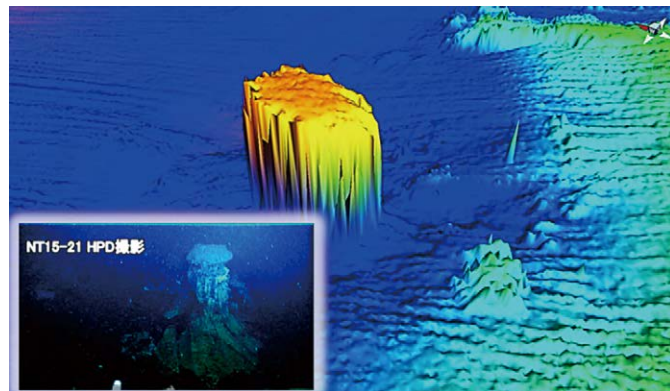


図11.レーザースキャナーで画像化した高さ1m程度の物体。左下はHPDで撮影した同様のと思われる物体。デッドチムニーと思われる。

The above results suggest that this new observation technique is useful as a medium-distance seafloor observation system to complement the short-distance observation systems like conventional sonar systems (observed from a comparatively high point) and systems using optical cameras (observed from a comparatively low point). These results will significantly improve and accelerate the efficiency of surveys on marine resources. We hope to enhance the system's versatility and environment adaptability in order to promote its utilization in various fields.

Figure 7. Conceptual diagram of the operation of a laser scanner

Figure 8. Otohime with a 3D laser scanner. The system is contained in a pressure proof vessel. Lasers scan the underwater space through a glass window.

Figure 9. Survey with a laser scanner in Omurodashi Volcano conducted in FY2015. (Left) Location of Omurodashi Volcano. (Right) Bathymetric chart of Omurodashi Volcano and tracks of the underwater explorer on which a laser scanner is installed

Figure 10. Images of a hydrothermal vent area observed by the 3D laser scanner installed on Otohime. The image on the right end is the entire bathymetric chart along the track. The images on the left are enlarged images of a small-scale emission (bubbles) from a hydrothermal vent and small chimney (39 cm).

Figure 11. Image of an object about 1m tall, created by the laser scanner. It is considered to be the same object as the one in the photograph shot by HPD (left bottom). The object is considered to be a dead chimney.

研究船・ 深海調査システム等の運用

1

機構が保有する施設・設備を整備し、自ら有効に活用するとともに、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するため、研究船、有人及び無人深海調査システム等について、研究開発に効率的に使用しています。また、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等を行う者へ供用や、新たに建造したAUV及びROVについて、本格運用に向けた各種試験を実施しています。

また、海底広域研究船の建造を進め、平成28年3月より運用を開始しました。

主な成果

1) 「じんべい」試験航海の実施

海開発中のAUV「じんべい」については研究航海への実運用に供することを目的とした試験航海を前年に引き続き実施しました。試験航海では、シナリオ航走や各探査機器の作動確認試験を実施するとともに問題点の抽出を行いました。問題点に関しては、改善策を実施し、本格運用に向けた検討を実施しました。なお、次年度には公募対象機器としての本格運用が始まります。



図1.整備中の「じんべい」



図2.着水作業中の「じんべい」

2) 海洋調査船「なつしま」「かいよう」の退役

海海洋調査船「なつしま」(船齢34年)「かいよう」(船齢30年)が2015年度をもって退役しました。

「なつしま」は、既に退役している有人潜水船「しんかい2000」と遠隔操作型無人探査機「ドルフィン3K」の支援母船として1981年に建造されました。1996年には「しんかい2000」により伊豆・小笠原海域の明神カルデラにて海底熱水鉱床であるサンライズ鉱床

を初めて発見しました。1997年には、海洋研究調査以外にも国からの要請により「ナホトカ号」の沈没地点における「ディープ・トウ」「ドルフィン3K」による船体の確認と海難・油流出事故の調査も実施しました。なお、「しんかい2000」・「ドルフィン3K」の退役後は、無人探査機「ハイパードルフィン」の母船として活躍しました。



図3.横須賀本部に停泊中の「なつしま」

「かいよう」は、日本初のDPS (Dynamic Positioning System) 装備の海中作業実験

Operation of research vessels and deep-sea survey systems

Overview

In order to ensure the efficient use of facilities and equipment, JAMSTEC not only uses them for its own projects, but also lends such facilities as research vessels and manned and unmanned survey systems to external entities conducting R&D and academic research concerning science and technology. We decide which research vessel to lend based on the characteristics of each vessel. In addition, we conduct various tests on newly developed AUVs and ROVs before they enter full operation.

We completed the construction of a wide-area seafloor research vessel and started its operation in March 2016.

Major achievements

1) Test run of *Jinbei*

We conducted a test run of the AUV *Jinbei*, which has been under development, as a continuation from last year's test, to examine its practical application in research cruises. In this test run, we carried out a scenario-based test run, checked the operation of exploration equipment, and determined issues. We took improvement measures against these issues and had a necessary discussion

in preparation for its full operation. *Jinbei* will enter full operation and be available for use by external bodies from next fiscal year.

2) Decommissioning of the research vessels *Natsushima* and *Kaiyo*

The research vessels *Natsushima* (34 years old) and *Kaiyo* (30 years old) were decommissioned in FY2015.

Natsushima was constructed in 1981 as a supporting mother ship for the already-decommissioned manned research submersible *Shinkai 2000* and the remotely operated vehicle *Dolphin 3K*. In 1996, *Shinkai 2000* discovered a submarine hydrothermal deposit named Sunrise Deposit in Myojin Caldera in the Izu-Ogasawara sea area. In addition to oceanographic research and studies, we also conducted surveys at the government's request at the site of the Nakhodka accident to investigate the condition of the ship and the situation of the oil spill, using *Deep Tow* and *Dolphin 3K*. After the decommissioning of *Shinkai 2000* and *Dolphin 3K*, *Natsushima* served as the mother vessel for the remotely operated vehicle *Hyper Dolphin*.

Kaiyo was Japan's first underwater experiment vessel equipped with a dynamic positioning system (DPS). It was constructed in 1985 as JAMSTEC's second

作業船として1985年JAMSTECの2番船として建造されました。当時のミッションは、水深300m実海域飽和潜水実験「ニューシートピア計画」の支援であり、深海に長期滞在することに対する人体への影響等を調べました。「ニューシートピア計画」終了後は、2010年に多目的船として改造され広い甲板を持ち、揺れない、操作性に優れた使い勝手のよい研究船として海底下深部構造探査や地震・津波観測監視システム「DONET」の構築等に貢献しました。



図4.横須賀本部に停泊中の「かいよう」

このように数多くの研究成果をあげられたことは、この2船に関わった関係各位のおかげと敬意を表するとともに、長年に渡る安全運航の技術や経験をこれからの海洋調査研究船に引き継ぐことが我々の責務であると考えます。なお、「かいよう」は、解撤となりますが、「なつしま」は新たな海洋調査船「Concept」として民間企業での運航が既に始まっており、今後の活躍を期待します。

3) 新船（海底広域研究船「かいめい」）の建造

我が国周辺の海底資源の開発をはじめ、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」が平成28年3月30日に竣工しました。

「かいめい」は、平成25年度より建造を開始し、平成27年6月7日には、佳子内親王殿下の御臨席を賜り、命名・進水式が執り行われました。

その後、艤装工事を行い、10月より海上試験による船体及び観測装置の性能確認のため9航海実施してまいりました。



図5.海底設置型掘削装置
運用最大水深3,000m、海底下30m掘削(コア径61.1mm)



図6.海底広域研究船「かいめい」



図7.命名・進水式



図8.パワーグラブ(6本爪型、シェル型)
運用最大水深6,000m、バケット容量1m³

vessel. Its mission at the time was the implementation of the New Seatopia Plan. Under this plan, an experiment on saturation diving at a depth of 300 m was carried out to examine the influence of a long-term stay in the deep-sea environment on a human body. After the completion of the New Seatopia Plan, *Kaiyo* was renovated into a multi-purpose vessel in 2010. With its broad deck and a high level of stability and operability, *Kaiyo* served as an effective research vessel for surveys at great depths below the seafloor. It also contributed to the establishment of the earthquake and tsunami monitoring system DONET. We would like to express our respect to those who were involved in the operation of these two vessels for making such tremendous achievements. We consider it is our responsibility to pass down the safe navigation techniques and experiences gained through those years to the future crews on oceanographic research vessels. While *Kaiyo* has been dismantled, *Natsushima* has been taken over by a private company and has already gone into service as a renewed oceanographic research vessel *Concept*. We hope the vessel will continue its

active contributions in the future.

3) Construction of a new ship (wide-area submarine research vessel *Kaimei*)

The construction of the wide-area submarine research vessel *Kaimei* was completed on March 30, 2016. With this new ship, we aim to contribute to a wide range of research fields, including the development of submarine resources surrounding Japan, disaster prevention and reduction, and environmental changes.

The construction of *Kaimei* started in FY2013. On June 7, 2015, the naming and launching ceremony was held with the attendance of Princess Kako.

After that, the rigging work was conducted on the ship. Since October 2015, we have conducted nine cruises to check the performance of the ship and its observation equipment.

Figure 1. Jinbei under maintenance

Figure 2. Jinbei launching operation

Figure 3. Natsushima anchored at Yokosuka Headquarters

Figure 4. Kaiyo anchored at Yokosuka Headquarters

Figure 5. Drilling equipment being installed on the seafloor

Figure 6. Wide-area submarine research vessel *Kaimei*

The maximum operational depth is 3,000m below the sea surface. This equipment can drill down to 30m beneath the seafloor (core diameter: 61.1mm)

Figure 7. Naming and launching ceremony

Figure 8. Power grab (six nails, shell type)

The maximum operational depth is 6,000m below the sea surface. The capacity of the bucket is 1m³.

情報基盤の運用

2

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」(図1)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ことを目指しています。



図1.地球シミュレータ

1)「地球シミュレータ」の運用状況

海平成27年度から、「地球シミュレータ」は3代目となる新システムの運用を開始しました。平成28年1月末のユーザ登録数は国内外124機関491人、計算ノードは年間を通じて利用率約90%の高い比率で使用されました(図2)。

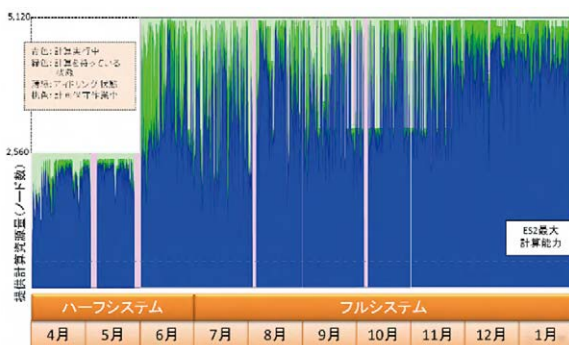


図2.ノード使用状況

2) 利用課題と技術サポート

「地球シミュレータ」の利用課題は、機構の中期目標・中期計画の達成のための研究開発を行う「機構課題」(実績:成果専有型有償利用を除く49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:18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、成果創出の加速を目的として機構内外の12課題が実施されました。一定期間に計算資源や利用サポート、運用技術

を駆使して計算が行われ、30年以上の長期にわたる海洋再解析データセット北西太平洋海洋長期再解析データセット「FORA」(Four-dimensional variation Ocean ReAnalysis) - WNP30や、極端気象の将来変化予測も含む将来の機構変化の高解像度大規模データベース「d4PDF」が作成される等の成果が得られました。また、南海トラフ地震発生時に懸念される津波浸水予測に向けた高分解能・量的津波シミュレーションに関する課題では、技術サポートが情報処理学会「HPCS2016(2016年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム)」最優秀論文賞を受賞しました。

Management of information infrastructure

Overview

The Center for Earth Information Science and Technology (CEIST) manages the super computer Earth Simulator (Figure 1) and other computers and networks. It aims to contribute to marine geoscience and innovation, while also providing beneficial information useful for policymaking and society.

1) Operation of Earth Simulator

In FY2015, Earth Simulator started implementation of its third system. The total number of domestic and international users as of the end of January 2016 was 124 institutions and 491 individuals. The computation nodes maintained a high use rate of about 90% through the year (Figure 2).

2) Projects and technological support

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 (49 projects have been conducted, excluding fee-based confidential-type projects) and "solicited projects," which mainly consist of geoscience projects solicited from the public (18 projects have been conducted).

Following the launching of the new system, we established a new sub-category called "special projects" under the JAMSTEC projects category. Under this sub-category, 12 projects were conducted by JAMSTEC and external bodies, which accelerated the creation of results. Computing was conducted over a certain term, utilizing computing resources, technical support, and operation techniques. As a result, we saw such achievements as the creation of FORA (four-dimensional variation ocean re-analysis)-WNP30, a long-term re-analysis dataset for the northwest Pacific Ocean that covers more than 30 years, and the creation of d4PDF, a high-resolution, large-scale database concerning future changes in the global mechanisms, which also covers future projections on extreme weather. Moreover, the technical support team received the award for the most excellent article at the HPCS2016 in relation to the project concerning the high-resolution quantitative tsunami simulation for estimating tsunami flooding risks in the case of a Nankai Trough earthquake.

3) Industrial use of Earth Simulator

We carried out some activities to expand the fee-based confidential-type usage of Earth Simulator, which started in FY2007. One of such activities is the improvement of the use environment. For use by industry, we installed

3) 地球シミュレータの産業利用

成19年度から実施している「地球シミュレータ」の「成果専有型有償利用」では、「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25本の移植・動作確認を新たに行なう等、利用環境整備を行なった他利用拡大のための活動を行ない、前年度を上回る利用料収入を上げました。

また、文部科学省からの受託により「地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」では、11課題を実施し、環境負荷を低減する技術開発、安全・安心な社会を実現する技術開発に貢献しました。

4) 海洋地球観測データ・サンプルの管理と公開

地球情報基盤センター 地球情報技術部では、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、データ公開システムの開発と運用を行っています。平成27年度までに合わせて、約48,900件の観測データ・サンプルのメタデータや53件のデータベースやデータサイトのメタデータを公開しました。また、むつ研究所が設置した海洋短波レーダーで計測される海流図を表示するデータサイトを公開しました。このデータは気候変動研究等に加えて漁業や海難事故防止に役立つ情報として活用されています(図3)。

東日本大震災後の東北沿岸域の海洋生態系の変化解明と漁業等の復興に貢献するため、平成24年2月に開始した「東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究:TEAMS)」に参画し、本事業で得られた成果や情報を発信・提供するデータ管理体制の整備と、データ共有・公開システムの構築を進めています。平成27年度は、本事業の情報発信基盤となるTEAMSオフィシャルWebサイト(公式サイト)で、調査観測で撮影された映像のうち、興味深いデータを掲載する「TEAMS動画ギャラリー」を整備し、本年度9月よりデータの配信を開始しました(図4)。

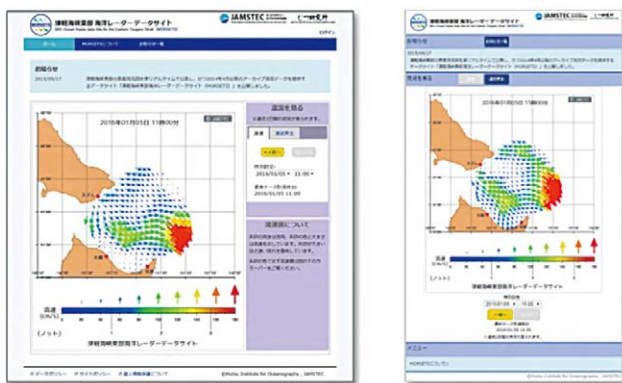


図3.津軽海峡東部の海流の様子(左PC版、右スマートフォン版)



図4.「TEAMS 公式サイト」の動画・写真ライブラリー



図5.海洋保安長官より表彰を受けたときの様子

25 applications in the large-scale shared memory system, which serves as the pre- and post-system of Earth Simulator, and tested its performance. As a result of such efforts, we achieved higher revenue than the previous fiscal year.

Under the Program for Strategic Industrial Use of Earth Simulator commissioned by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, we carried out 11 projects, which contributed to the development of technologies for reducing environmental burden and realizing safe and secure society.

4) Management and dissemination of marine-earth science data and samples

The Data Management and Engineering Department of CEIST controls the quality of data/samples collected by JAMSTEC through its research activities related to marine and earth surveys and observations, and develops and operates data publication systems. By FY2015, we released to the public

about 48,900 sets of metadata for observational data/samples and 53 sets of metadata for databases and data sites. In addition, we opened a data site for distributing ocean current data collected using a marine shortwave radar deployed by the Mutsu Institute for Oceanography. Such data is utilized not only for research on climate change, but also for fishery and sea accident prevention (Figure 3).

To understand changes that have occurred in marine ecosystems in Tohoku coastal areas since the earthquake struck and to contribute to the restoration of the fisheries industry, we joined the Tohoku Ecosystem-Associated Marine Sciences (TEAMS)—a program launched in February 2012 for surveys and research on marine ecosystems—and are developing a data management framework for disseminating and providing research results and information obtained in this program and building data sharing/publication systems. In FY2015, we created “TEAMS Video Gallery” on TEAMS’ official website, which is our communication base for this project, and have distributed interesting video clips shot during surveys and observations since September 2015 (Figure 4).

Figure 1. Earth Simulator

Figure 2. Use of the nodes

Figure 3. Ocean currents in the eastern Tsugaru Strait (left: for personal computers; right: for smartphones)

Figure 4. Video and photo library on TEAMS’ official website

Figure 5. Awarded by the Commandant of the Japan Coast Guard

「ちきゅう」の運用及びIODPの推進

3

地球深部探査センター(CDEX)は、日本・米国・欧州を始め世界25カ国が参加する国際深海科学掘削計画(IODP)の主力掘削プラットフォームである地球深部探査船「ちきゅう」の運用を担っており、国際的枠組みのもと、「ちきゅう」の運航、掘削、科学サービス、技術開発の総合的な運営管理などを行っています。

本年報においては、CDEXが平成27年度に実施した事項のうち4つのトピックスを紹介します。

主な成果

1) IODP南海トラフ地震発生帯掘削計画の実施

IODP第365次研究航「南海トラフ地震発生帯掘削計画」(平成28年3月26日～4月27日)を実施しています。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

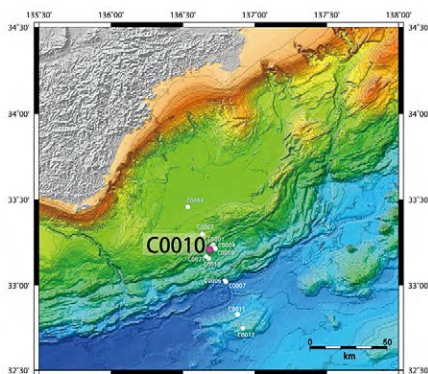


図1.C0010地点
(和歌山県新宮市から南東約85km沖合)



図2.設置するLTBMSのデータ記録部

易型孔内観測装置(Genius Plug)を回収した後、同掘削孔に南海トラフにおいて2つ目となる長期孔内観測装置(LTBMS)を設置します。LTBMSは、歪計など複数の観測センサー

を掘削孔内に設置するもので、分岐断層やその周辺の地殻の微小な変動を長期にわたり高感度かつ高精度に観測することができます。将来的には南海トラフ周辺の海底に設置されている地震・津波観測監視システム(DONET)と接続し、リアルタイムで孔内観測データを取得します。

2) SIP沖縄トラフ熱水性堆積物掘削IIの実施

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平屋北海丘及び伊平屋小海嶺野甫サイトにおいて、「沖縄トラフ熱水性堆積物掘削II」を実施しました(平成28年2月11日～3月17日)。本研究航海に向けてモニタリング装置の開発や運用方法の検討を行い、航海中に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、コアサンプルの採取、モニタリング装

Operation of Chikyu and promotion of IODP

Overview

The Center for Deep Earth Exploration (CDEX) operates the deep sea scientific drilling vessel *Chikyu*, a unique drilling platform for the International Ocean Discovery Program (IODP), a 25 member country scientific program, including Japan, the United States and a European consortium. CDEX manages operations, drilling, scientific services, and technological development, utilizing *Chikyu* under the IODP international framework.

In this annual report, we discuss four topics describing our activities in FY2015.

Major achievements

1) IODP Expedition: "Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE)"

Successful completion of IODP Expedition 365 "Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE)" (March 26 to April 27, 2016). This research

cruise recovered a temporary monitoring instrument (GeniusPlug) installed in 2010 during Expedition 332, and deployed the second NanTroSEIZE long-term borehole monitoring system (LTBMS) in the shallow megasplay at Site C0010. This LTBMS includes a suite of sensors, including a strainmeter, fixed inside the borehole. These sensors can carry out highly sensitive and accurate long-term observations of small changes in the splay fault and its surrounding accretionary prism. This LTBMS will be connected to the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET) established on the seafloor near Nankai Trough to stream borehole monitoring data to a shore station in real time.
Site C0010 (about 85 km off the coast of Shingu City, Wakayama Prefecture)

2) SIP Expedition: "Hydrothermal Sediments in Okinawa Trough II"

Continuing *Chikyu's* involvement in the cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP), as part of the "next-generation technology for ocean resources exploration" project, CDEX carried out the "Hydrothermal Sediments in Okinawa Trough II" expedition. Two sites were explored, the

Figure 1. Site C0010 (about 85 km off the coast of Shingu City, Wakayama Prefecture)

Figure 2. LTBMS wellhead and ROV platform, showing the installation of the data recorder

置2機の設置に成功しました。本装置は、海底下にある熱水を回収容器内へ誘導し、高温環境下で使用可能な温度・圧力等センサーにより、人工的な鉱物析出と熱水噴出観測を可能にするものです。

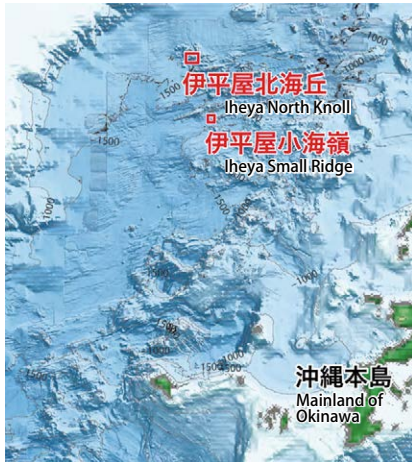


図3. 沖縄トラフ熱水性堆積物掘削IIの掘削サイト



図4. 設置したモニタリング装置

3) 「ちきゅう」就航10周年記念事業の実施

平成17年7月29日の「ちきゅう」完工・引き渡しから10周年であることを記念して、シン

ポジウム（2回）、横浜港における「ちきゅう」船舶特別・一般公開、横浜研究所施設一般公開における特別展示、「ちきゅう」10年史制作、科学成果の動画制作、機構広報誌「Blue Earth」の「ちきゅう」誕生10周年記念誌制作、同広報誌の「ちきゅう」特集号制作、同特集号抜刷英訳版制作など各種記念事業を行いました。また、10周年記念ウェブサイトを通して、各イベントについて広く周知することに努めました。

小学校高学年以上を対象に行った一般向けシンポジウム（平成27年10月4日）では、来場者約200名に向けて、乗船研究者や技術者が「ちきゅう」について説明しました。また、記念シンポジウム（平成27年11月12日）では、「ちきゅう」10年の歩み、科学成果、今後の展望について講演とパネルディスカッションが行われました。横浜港における「ちきゅう」一般公開（平成27年11月21日～22日）には、6,673名の参加がありました。



図5. 横浜港における「ちきゅう」一般公開

4) 「ちきゅう」の定期検査の実施

平成17年に竣工した「ちきゅう」にとって本年は5年に一度の定期検査の時期にあたるため、ドライドックにて定期検査を実施しました。同時に、各種修繕に加えて、掘削制御システム（DCIS）等大型機器の換装、研究室の大規模改装等の機能向上工事を行いました。このうち研究室の大規模改装では、乗船研究者等からの要望に基づき、コアサンプルとライザー掘削で採取されるカッティングスサンプルの処理フローの分離、研究航海ごとの科学目的に応じた研究機器の柔軟なレイアウト変更を可能にする区割り、地球化学系区画の拡充等を図り、船上での研究環境を大幅に改善しました。

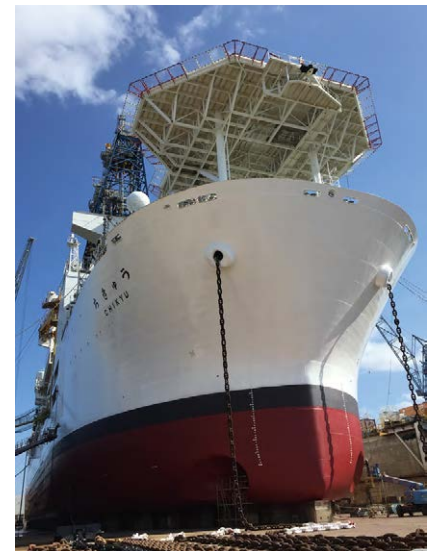


図6. 定期検査のためドライドック入りした「ちきゅう」

Iheya North Knoll and Noho in the Iheya Small Ridge region (February 11 to March 17, 2016). CDEX developed monitoring devices for this expedition, and examined their operation after deployment. CDEX obtained logging-while-drilling (LWD) data from hydrothermal deposits, collected core samples, and successfully installed two monitoring devices. With their heatproof temperature and pressure sensors, these devices artificially precipitate minerals from subsurface hydrothermal water collected in sampling volumes and also monitor hydrothermal emissions.

3) Chikyu 10th anniversary project

We celebrated the 10th anniversary of *Chikyu*'s completion and delivery on July 29, 2005. CDEX conducted various events, including two symposiums, open house of *Chikyu* at the Port of Yokohama, and a special exhibition during the open house at the Yokohama Institute for Earth Sciences. In addition, CDEX published a "10 year's anniversary review of *Chikyu*", a special issue of JAMSTEC's Japanese-language "Blue Earth" magazine commemorating *Chikyu*'s 10th anniversary, a regular issue of "Blue Earth" focused on *Chikyu*, and an English-language précis of the same regular issue. CDEX also created video clips highlighting *Chikyu*'s scientific achievements.

At a symposium for middle-school students (October 4, 2015), researchers and engineers introduced *Chikyu* to about 200 participants. At the anniversary symposium (November 12, 2015), we held lectures and panel discussions on the 10 year history of *Chikyu*, its scientific achievements, and visions for the future. The open house at the Port of Yokohama had 6,673 people visit *Chikyu* (November 21 to 22, 2015).

4) Periodic inspection of *Chikyu*

Chikyu was built in 2005, and CDEX conducts periodic dry dock inspections on a five year schedule. In addition to regular maintenance, CDEX also installed large equipment, including the Drilling Control Instrumentation System (DCIS), and carried out laboratory and workspace renovations. The research environment was significantly improved thanks to the renovations based on feedback from past expedition scientists, including separating the core sample and riser drilling cuttings samples processing flow, and a flexible room layout for the laboratory that allows the scientists to configure the layout to fit the goals of the cruise, and an expansion of the geochemical analysis laboratory.

Figure 3. Drilling sites of the "Hydrothermal Sediments in Okinawa Trough II" expedition.

Figure 4. Monitoring device installed on wellhead on sea floor.

Figure 5. Crowds at the Port of Yokohama open house.

Figure 6. *Chikyu* in dry dock undergoing periodic inspection.

賛助会について

海洋研究開発機構の前身である海洋科学技術センターが、1971年10月に我が国の海洋科学技術研究開発の中核的機関として、産学官の密接な協力と支援により、海洋科学技術センター法に基づく民間（経済団体連合会）発足の認可法人として設立されましたが、これに合わせて研究開発活動について幅広くご理解とご支援をいただくため、賛助会制度が設置されました。本制度は、産業界及び各種団体からの寄付を通じたご支援をいただき、日本の海洋科学技術の発展を共に推進していくものであり、会員の皆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。

会員特典

JAMSTEC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**



写真1.賛助会セミナー

- ・研究船や有人潜水調査船、無人探査機等JAMSTECが保有する各種設備や施設群をご利用いただくのご会員の技術開発のご支援やご使用における**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**

賛助会員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。

賛助会に関するお問い合わせは、下記までお願い申し上げます。

国立研究開発法人海洋研究開発機構

総務部 東京事務所

住所：〒100-0011

東京都千代田区内幸町2-2-2 富国生命ビル23階

電話：03-5157-3900 FAX：03-5157-3903

E-MAIL：sanjokai@jamstec.go.jp

Supporting Member System (JAMSTEC Partners)

Overview

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.

■ Membership Privileges

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

Picture 1. Seminar for JAMSTEC Partners



写真2.体験乗船会



写真3.見学会



写真4.技術交流会

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.

For inquiries about the system, please contact us at:
Administration Department, Tokyo Office, JAMSTEC
Address: Fukokuseimei Bld. 23F, 2-2-2 Uchisaiwaicho, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011 Japan
TEL: +81-3-5157-3900
FAX: +81-3-5157-3903
Email: sanjokai@jamstec.go.jp

Picture 2. Trial cruise

Picture 3. Facility Tour

Picture 4. Technology exchange meeting

賛助会員名簿

国立研究法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付をいただき、支援していただいております。(五十音順)

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

2016年3月現在



国立研究開発法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

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

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

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

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

国際海洋環境情報センター
〒905-2172 沖縄県名護市字豊原 224-3
電話(0980)50-0111(代表)

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