

# SIP「次世代海洋資源調査技術」における 産総研の2015年度の取り組み

山崎 徹<sup>1)</sup>・池原 研<sup>1)</sup>・後藤孝介<sup>1)</sup>・井上卓彦<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

戦略的イノベーション創造プログラム(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program; SIP)は、政府の科学技術イノベーション総合戦略(2013年6月7日閣議決定)および日本再興戦略(2013年6月14日閣議決定)において、総合科学技術会議(現 総合科学技術・イノベーション会議; CSTI)が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するために創設された制度です。府省・分野の枠を超えた横断型のプログラムに対してCSTIが課題を特定し、予算を機動的に重点配分するのが特徴で、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見据えて推進し、日本経済の再生(経済成長、市場・雇用の創出等)の実現を目指すことを目標としています。

産総研地質調査総合センター(GSJ)地質情報研究部門は、10課題あるSIPプログラムのうち、「次世代海洋資源調査技術」(PD, 浦辺徹郎東京大学名誉教授, 国際資源開発研修センター顧問)に参画しています。本論では、このSIPプログラムにおける成因研究に関するGSJの2014年度の成果と、第2事業年度となる今年度の取り組みを紹介します。

なお、本論におけるSIP施策全体および「次世代海洋資源調査技術」全体に関する記述は、内閣府のウェブサイト<sup>1)</sup>に公開されている資料に基づいており、全体としてそれらの内容を引用・要約したものです。SIP施策「次世代海洋資源調査技術」に関しては、研究開発計画(内閣府政策統括官, 2014)に、より詳しい記述があります。また、本SIPプログラムの成因研究に関するGSJの取り組みの全体像については、本論の完結性を保つために、山崎・池原(2014)の内容を簡潔化して記述しています。

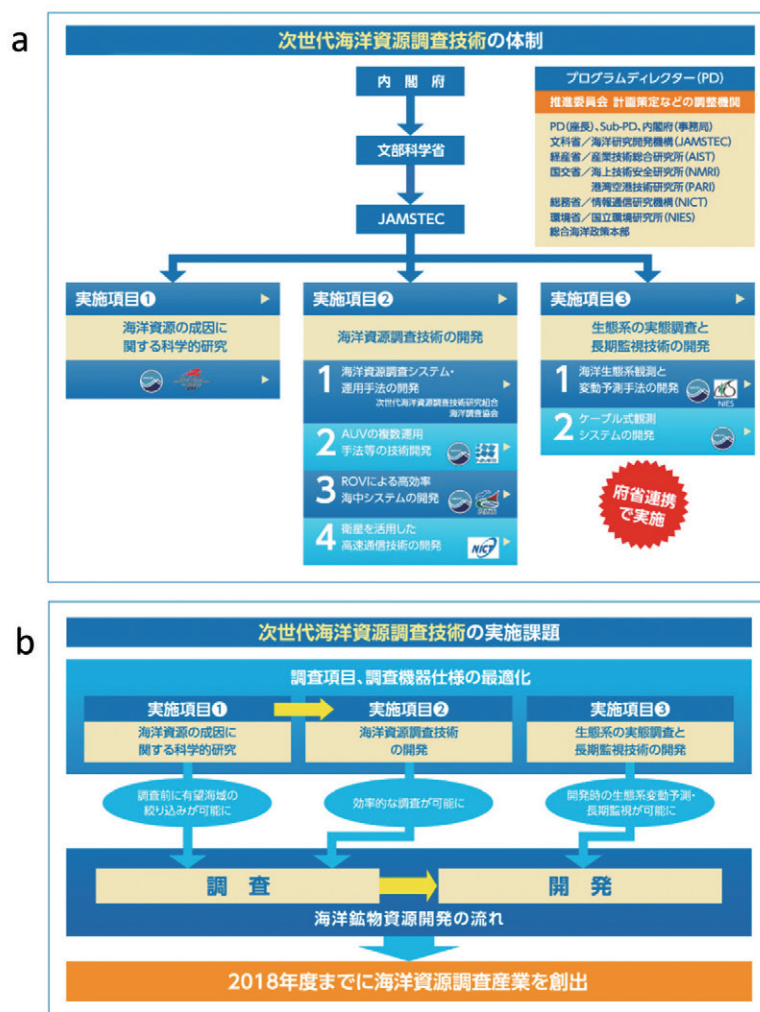
## 2. 「次世代海洋資源調査技術」(海のジバング計画)の概要

我が国は、国土面積の12倍を超える領海・排他的経済水域を有する海洋大国です。これらの海域には、産総研をはじめ、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)や大学等の海洋調査によって、海底熱水噴出口を伴う塊状硫化物やコバルトリッチクラストなど、数多くの有用元素濃集域の存在が報告されています。しかしながら、これらは厚い海水に覆われているため、資源の確認や開発、利用を目指すためには、限られた船舶・探査機器で対応可能な範囲まで有望海域を絞り込むための海洋資源の成因解明研究や、従来よりも飛躍的な効率で調査するための遠隔感知・直接採取などの調査機器・手法の開発、さらに、開発に伴う海洋環境悪化を可能な限り防止するための海洋環境を長期に監視する技術の開発が必要です。

SIPプログラム「次世代海洋資源調査技術」(海のジバング計画)では、これまで各省庁が推進してきた要素技術の研究開発を統合するとともに、民間企業との協力を推進し、2018年度までの技術的目標として、①海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアースを含む堆積物等の海洋鉱物資源を低コストかつ高効率(従来の数倍以上のスピード)で調査する技術を世界に先駆けて実現すること、②資源が眠る深海域において使用可能な未踏海域調査技術を確立することを掲げています。また、産業面の目標として、SIPにより得られた新たな調査技術・ノウハウを、探査サービス会社、探査機器製造会社、海洋エンジニアリング会社など、幅広く民間企業に移転することにより、世界に打って出ることのできる海洋資源調査産業を創出することを掲げており、それと同時に、社会的な目標として、①国が主導してリスクや難度の高い研究開発を行い(低コスト化、システムの小型化、高効率化を含む)、民間に技術移転することで日本の海洋資源調査を飛躍的に加速すること、②グローバルスタンダードの確立により、日本の調査システムの輸出および海外での調査案件の受注を目指すことを掲げています。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード：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、海底鉱物資源、海洋地質



第1図 SIP「次世代海洋資源調査技術」の体制と実施課題。a.「次世代海洋資源調査技術」の体制。b.「次世代海洋資源調査技術」の実施課題。産総研は JAMSTEC と連携して実施項目①の「海洋資源の成因に関する科学的研究」を実施するほか、この成因研究で得られた知見・技術シーズを実施項目②-1 担当の民間企業 (J-MARES および JAMSA) へ橋渡しする。(SIP「次世代海洋資源調査技術」web site<sup>注5</sup>掲載の図を一部改変)。

これらの目標を達成するため、本SIPプログラムでは (1) 海洋資源の成因に関する科学的研究, (2) 海洋資源調査技術の開発, そして (3) 生態調査・長期監視技術開発の3つの柱で研究開発を実施し、全体として JAMSTEC, 産総研, 国立研究開発法人海上技術安全研究所, 国立研究開発法人港湾空港技術研究所, 国立研究開発法人情報通信研究機構, 国立研究開発法人国立環境研究所, 大学等そして民間の次世代海洋資源調査技術研究組合 (J-MARES) および一般社団法人海洋調査協会 (JAMSA) が連携して推進していきます (第1図a)。産総研地質調査総合センター地質情報研究部門は、本SIPプログラムの3本柱のうち、「(1) 海洋資源の成因に関する科学的研究」において JAMSTEC と連携して研究開発を推進し、「(2) 海洋資源調査技術の開発」実施機関である民間の J-MARES および JAMSA と連携し、成因研究で得られた科学的知見や海洋調査技術の民間企業への橋渡しを行っていきます (第1図b)。

### 3. 「海洋資源の成因に関する科学的研究」における産総研の取り組みの全体像

我が国周辺の海洋生物資源有望海域は数千 km<sup>2</sup> 規模であり、船舶や探査機が短期間で行動できる数百 km<sup>2</sup> 規模にまで絞り込むためには、資源の形成過程や濃集メカニズム等の成因解明による地質学的・地球科学的根拠に基づいた手法を用いるほかに考えられません。また、その後、船舶や探査機を用いて有望海域をさらに絞り込むためにも、成因論に基づき最適な取得データ項目や調査機器のスペックを決定することが重要です。そして、その海洋資源の成因を深く理解するためには、採取試料の化学分析等の知見に加え、海洋調査によって得られる空間的広がりを持った海底地形や海洋地質情報等の詳細な検討が重要です。

産総研地質調査総合センターは、我が国の「地質の調査」に関するナショナル・センターとしての役割を担っており、

地質学的研究の多岐にわたる専門家を有しています。また、同センターでは、過去40年間にわたり日本周辺海域の海洋地質学的研究およびその成果としての海洋地質図の出版を行っており、海域の地質調査による資料の取得からその解析・分析を一貫して行うことのできる組織です（例えば、荒井ほか、2013）。海底鉱物資源に関しては、特にこの数年、沖縄周辺海域において活発な熱水活動域を複数域で発見し、多種類の金属を含む塊状硫化物等の採取に成功しています<sup>(注1-3)</sup>。そこで、本SIPプログラムにおける「海洋資源の成因に関する科学的研究」において、産総研地質調査総合センターでは、地質学的観点から、テクトニック・セッティングおよび成因に由来する地形的・地球物理学的情報や、岩石学的・地球化学的情報を取得・解析し、新たな有望海域の抽出に資する各種地球科学的指標の特定と、有用元素濃集域形成をともなう造構モデルの構築を行うことを最終目標としています。このうち、前者の各種地球科学的指標の特定は、JAMSTECと連携し、「海洋資源の成因に関する科学的研究」全体として一体となって研究開発を推進するもので、後者の造構モデルの構築は、産総研の有する地質学的知見に基づく有用資源濃集域周辺の海洋地質・地質構造等の調査（「場」の調査）と、岩石学的・地球化学的調査（「物」の調査）とを融合し、産総研が主導して推進するものです。このため、産総研ではJAMSTECの実施する調査航海への乗船研究と、航海で得られた試料の分析や解析および対象海域周辺の海洋地質学的検討等を実施します。

#### 4. これまでの研究成果

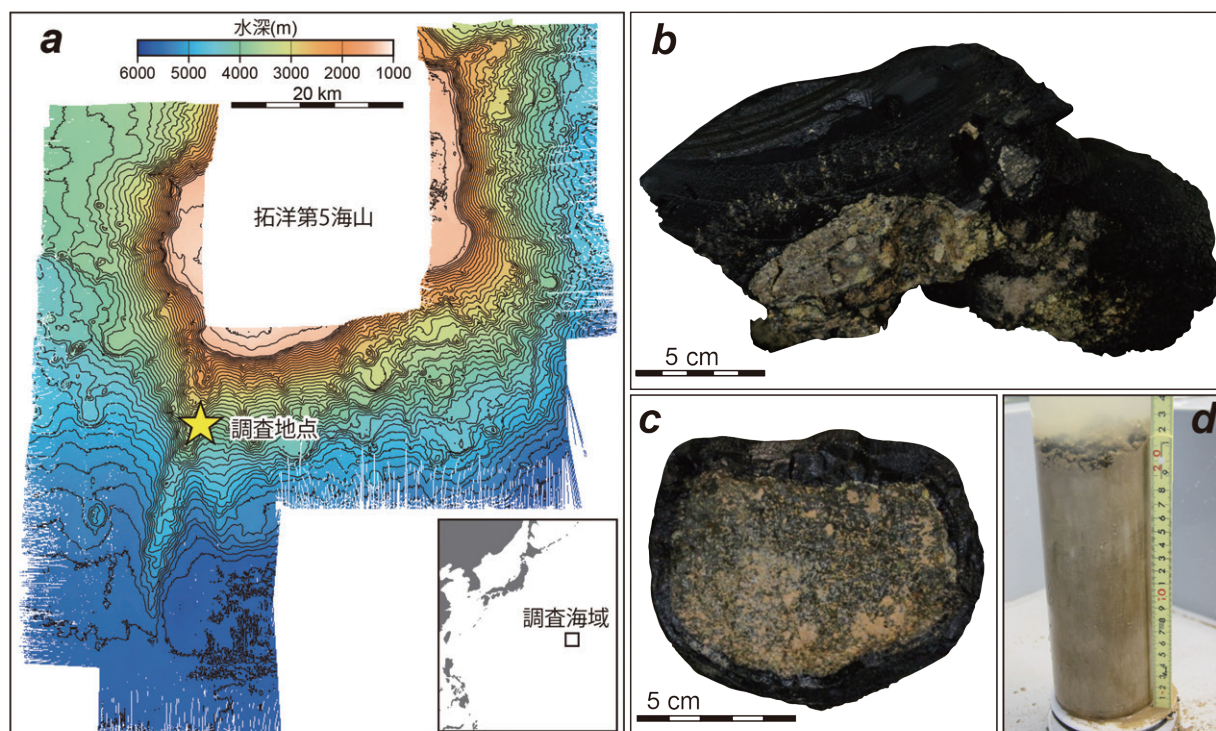
本SIPプログラムの3本柱である、「海洋資源の成因に関する科学的研究」と「生態調査・長期監視技術開発」との共同調査航海として、2014年7月8日から7月26日までの19日間にわたり、沖縄トラフ伊平屋<sup>いへや</sup>北海丘（水深約1,000 m）において、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削航海が実施されました。また、「海洋資源の成因に関する科学的研究」の一環として、2015年2月3日から2月12日までの10日間、南鳥島沖の拓洋第5海山の水深3,000–4,000 mにおいて、深海調査研究船「かいれい」による、新規に開発・建造された海底資源探査用遠隔操作無人探査機（Remotely operated vehicle：ROV）「かいこう Mk-IV」を用いたコバルトリッチクラスト調査航海が実施され、両航海に産総研からも乗船研究者として参加しました。

「ちきゅう」掘削航海の乗船研究成果の速報は、航海終了時の7月26日にJAMSTECからプレス発表<sup>(注4)</sup>されているほか、山崎・池原（2014）においても概要を紹介しています。この航海は、引き続き予定されている本格的な掘削調査航海を前提に、① 海底下の熱水だまりと鉱体の発見、② SIPの生態系変動予測研究でのベースラインデータ収集のための掘削地点の海底環境調査を目的にして実施されました。具体的には、統合国際深海掘削計画（IODP）第331次航海で確認された海底下の熱水溜まりの広がりを観測するために、掘削同時検層（Logging/Measurement While Drilling: LWD/MWD、以下LWD）機器を用いて掘削を実施し、コアを採取することなく効率的に海底下の状況を調査しました。また、LWDを実施した掘削地点に隣接した場所では、掘削によるコア試料採取も実施され、LWDデータから推定される海底下熱水鉱床の母体となる硫化鉱物濃集層を実際に試料として得ることに成功しました。

掘削によって得られた試料は、JAMSTECと産総研のほか、国立環境研究所、九州大学、筑波大学、東北大学および秋田大学等と分担して全岩化学組成分析や各種同位体分析を現在実施中です。このうち産総研では火成岩類の化学組成分析を含む岩石学的な検討と、火成岩類以外の試料も含めた鉛同位体比分析を分担しています。火成岩類の検討では、海底面下浅所に層状に分布する流紋岩質の軽石が、化学組成的に周辺の中部沖縄トラフ流紋岩類と類似していること、そしてそれらが中部沖縄トラフ流紋岩類のなかでも最も分化した組成をもつこと、熱水変質を受けた火成岩類は、微量元素の観点から流紋岩類の軽石とおおむね類似していること等が予察的な結果として得られています。

深海調査研究船「かいれい」によるコバルトリッチクラスト調査航海では、海底資源探査用ROV「かいこう Mk-IV」を用いて、北太平洋西部の南鳥島沖に位置する平頂海山である拓洋第5海山を覆うコバルトリッチクラストの産状を船上からのリアルタイム映像で観察したほか、海山の急斜面部におけるコバルトリッチクラスト試料の採取とプッシュコアによる採泥を行いました（第2図）。得られた試料は今後、産総研およびJAMSTECならびに高知大学等で連携・分担して化学分析・解析を実施していきます。また、これまでのJAMSTEC・高知大学等との研究成果として、Goto *et al.* (2014) を公表しました。

#### 5. 産総研における2015年度（第2事業年度）の取り組み



第2図 拓洋第5海山の地形図と採取試料. a. 拓洋第5海山の位置(調査海域)および海底地形図と調査地点. b. 斜面部より岩石カッターを用いて採取したコバルトリッチクラスト試料. c. マニピュレータにより採取したコバルトリッチクラスト(ノジュール状)の転石. d. プッシュコアにより採取した海山斜面部の泥.

産総研のSIP全体開発計画書(5カ年)では、中間目標として2016年度(第3事業年度)に、特定の検討海域での造構モデルの提案を掲げています。この目標に向けて、第2事業年度である2015年度では、海底熱水鉱床の成因研究に関して、2014年度に引き続きJAMSTECの科学掘削調査航海に参加し、得られた岩石試料の観察・記載・解析を実施します。

具体的には、2014年度にSIP事業として科学掘削が行われた伊平屋北海丘をモデル海域として、本年度に予定されている科学掘削調査に参加し、系統的に採取される海底下鉱体の岩石サンプルの船上での観察および室内での顕微鏡観察・記載を実施します。また、2014年度に得られた岩石試料とあわせて引き続き全岩・鉱物化学組成分析、同位体比測定等を実施し、資源濃集部周辺の基盤岩類の岩石学的・地球化学的特徴を明らかにします。加えて、特定元素の濃集に係る熱水活動と火成活動との成因の関係や地質構造発達史の解明のために決定的に重要な情報となる、基盤岩類等の形成年代を得るため、Ar-Ar年代測定システムを導入し、高精度の年代測定環境の整備に着手します。

一方、空間的な広がりをもった海底地形や海洋地質情報と、資源を胚胎する地殻形成過程・地質構造発達史との関連性を検討するための、地形地質調査手法の精度向上に関

する研究開発を行っていきます。この研究開発は、2014年度に導入した深海曳航式精密海底調査機器(第3図)を用いて実海域での高精度のデータ取得を可能にするためのものです。この調査機器は、国内既存の調査機器に最新のセンサー類を装備していることから、これを用いて得られた知見を、類似の調査機器を保有する民間企業が比較的容易に導入することができます。したがって、この検討で得られた成果は、既存の調査機器を用いた民間等における効率的な調査技術開発に直接的に貢献することが期待されます。そこで、これらの成果をSIP実施項目「海洋資源調査技術の開発」に従事する民間のJ-MARESやJAMSAと共有することにより、産総研が実施する成因研究における成果をすみやかに調査技術開発に橋渡ししていきます。

コバルトリッチクラストの成因研究に関しては、2014年度に引き続いて、モデル海山として調査が予定されている拓洋第5海山等において、ROV「かいこう Mk-IV」を用いたコバルトリッチクラストの詳細な産状観察を実施するとともに、試料を採取します。これにより得られた試料について、JAMSTECや高知大学等と分担して化学分析・解析を実施し、成因・形成過程についての研究を連携して進めていきます。



第3図 2014年度に導入した深海曳航式精密海底調査機器。サイドスキャンソナーとサブボトムプロファイラー、インターフェロメトリ式のスワース測深装置、動揺センサー等を装備しており、海底表面の情報、海底表層部の地層情報、海底地形情報を得ることが可能である。搭載したセンサー類を海中（海底面から<100 m）で曳航し、調査船により得られる海底の情報に比べて格段に詳細な精度の情報を得ることができる。また本機器は十分なペイロードおよび通信コネクタを有しているため、今後セシウム磁力計などの各種センサーを追加し、より統合的な地質および海水情報を収集することが期待される。

## 6. おわりに

本SIPプログラムは、地質調査総合センターの有する海洋地質学的な知見・地質情報に関するこれまでの蓄積を活かし、科学的知見や基礎研究成果を、出口を見据えた調査機器開発や民間での調査技術開発に活かす「橋渡し研究」の一環であるといえます。我が国の地質調査に関するナショナル・センターとして継続的かつ着実な地質情報の整備を行うと同時に、将来の産業ニーズを踏まえた目的基礎研究を通じ、成果を次々と生みだしていくためには、こうしたSIPの取り組み以外にも、産総研独自の調査航海等を通じた経験や科学的知見の蓄積の継続的な努力が必要であると考えています。私たちは、我が国最大級の公的研究機関として日本の産業や社会に役立つ技術の創出とその実用化や、革新的な技術シーズを事業化に繋げるための「橋渡し」を目指して、今後も独自の調査航海や本SIPプログラムにおける科学研究の推進を通じて、より一層の成果の獲得とその成果普及に努めていきます。

## 文 献

荒井晃作・下田 玄・池原 研 (2013) 沖縄海域の海洋地質調査—海底鉱物資源開発に利用できる国土の基盤情報の整備—. *Synthesiology*, **6**, 162–169.

Goto, K. T., Anbar, A. D., Gordon, G. W., Romaniello, S. J., Shimoda, G., Takaya, Y., Tokumaru, A., Nozaki, T., Suzuki, K., Machida, S., Hanyu, T. and Usui, A. (2014)

- 注1：沖縄県久米島西方海域に新たな海底熱水活動域を発見 (2012年12月12日プレス発表) [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2012/pr20121212\\_3/pr20121212\\_3.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20121212_3/pr20121212_3.html) (2015/06/03 確認)
- 注2：鹿児島県徳之島西方海域に新たな火山活動域を発見 (2013年9月9日プレス発表) [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2013/pr20130909/pr20130909.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2013/pr20130909/pr20130909.html) (2015/06/03 確認)
- 注3：沖縄県硫黄島周辺海域のごく浅海に海底火山を発見 (2014年3月6日プレス発表) [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2014/pr20140306/pr20140306.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2014/pr20140306/pr20140306.html) (2015/06/03 確認)
- 注4：地球深部探査船「ちきゅう」による「沖縄トラフ熱水性堆積物掘削」について (航海終了報告) (2014年7月26日プレス発表) [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20140726/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20140726/) (2015/06/03 確認)
- 注5：次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画) web site <https://www.jamstec.go.jp/sip/index.html> (2015/06/03 確認)

Uranium isotope systematics of ferromanganese crusts in the Pacific Ocean: implications for the marine  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  isotope system. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **146**, 43–58.

内閣府政策統括官 (科学技術・イノベーション担当)  
(2014) SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画) 研究開発計画. 内閣府, 29p., <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html> (2015/06/03確認)

山崎 徹・池原 研 (2014) 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」に対する産総研の成因研究への取り組み. *GSJ地質ニュース*, **3**, 346–349.

YAMASAKI Toru, IKEHARA Ken, GOTO Kosuke T. and INOUE Takahiko (2015) GSJ's 2015FY research objectives about the genesis of submarine mineral resources on the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP), "Next-generation technology for ocean resources exploration".

(受付:2015年5月11日)