

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

山崎 徹¹⁾・池原 研¹⁾

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、2014年度政府予算で「科学技術イノベーション推進費」として500億円(このうち、健康・医療分野に35%配分)が計上されました。SIPは、課題ごとにプログラムディレクター(PD)を選定して基礎研究から出口(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。

2014年度に研究開発に着手するSIPの対象課題として、2014年5月23日のCSTI本会議で10の課題と、それぞれの課題ごとのPDおよび予算配分額が決定しました。産総研地質情報研究部門は、この10課題のうち「次世代海洋資源調査技術」(配分額60億円; 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への産総研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。

2. 「次世代海洋資源調査技術」(海のジパング計画)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、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、独立行政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、これらを産する深海底は、太陽光も電波も届かない漆黒の世界であり、広大な海域における資源の確認や開発、利用を目指すためには、有望海域を限られた船舶・探査機器で対応可能な範囲まで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。深海底には依然未知の部分が多く、民間企業等が自主的に調査技術の開発を進めるためには巨額の費用を必要とし高いリスクもあります。そのため、国が主導して技術開発等を行いつつ民間企業にその技術等を移転していく形式を取ることにより、将来的に海洋資源調査産業を創出することが可能となると考えられます。石油探査用の調査技術や調査機器については市場が既に確立しているものの、海洋鉱物資源については、世界でもいまだ商業的に開発されておらず、探査や環境影響評価をビジネスとして行う民間産業が未成立です。そこで海洋鉱物資源の科学調査やセンサー等要素技術開発で技術的優位にある我が国の官学の力を産に活かすことが求められます。

SIPプログラム「次世代海洋資源調査技術」(海のジパング計画)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し、民間企業と協力して2018年度までに以下の目標を達成することになっています。まず、技術的目標としては、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、産業面の目標としては、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、海洋工

1) 産総研 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, 地球深部探査船「ちきゅう」

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、そして、社会的な目標としては、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。

これらの目標を達成するため、本SIP施策では(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、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人情報通信研究機構、独立行政法人国立環境研究所、そして大学等を含む民間企業等が連携して推進していきます。産総研地質情報研究部門は、本SIP施策の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進めています。

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

我が国周辺の海洋鉱物資源有望海域は、広域地図で示されるような数千km²規模であり、船舶や探査機が短期間で行動できる数百km²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。

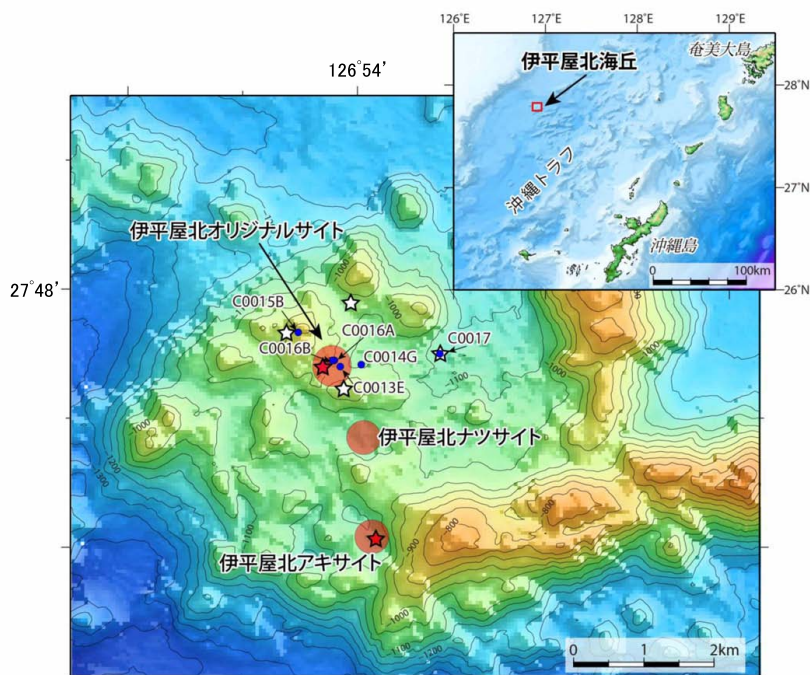
産総研地質調査総合センターは、我が国の「地質の調査」に関するナショナル・センターとしての役割を果たしており、地質学的研究の多岐にわたる専門家を有しています。また、同センターでは、過去40年間にわたり日本周辺海域の海洋地質学的研究およびその成果としての海洋地質図の出版を行っており、海域の地質調査による資料の取得からその解析・分析を一貫して行うことのできる組織

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^(注1-3)。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ま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を実施します。

4. これまでの研究成果：地球深部探査船「ちきゅう」による沖縄トラフ掘削調査

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、沖縄トラフ伊平屋北海丘(第1図)において、JAMSTECにより「SIP沖縄トラフ熱水性堆積物掘削I(パスマインダー)」航海が実施され、産総研からも著者の1人である山崎が乗船研究者として参加しました。この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からプレス発表されています^(注4)。ここでは、プレス発表の内容をもとに概要を紹介します。なお、以下の内容は航海の研究成果であるため、産総研独自の成果ではありません。

本航海は、本年度中にもう一度予定されている本格的な掘削調査航海を前提に計画されたもので、伊平屋北海丘(水深約1,000 m)において地球深部探査船「ちきゅう」によるライザーレス掘削を行い、海底下の熱水だまりと鉱体を発見することを目的としたものです。また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、掘削地点



第1図 「SIP 沖繩トラフ熱水性堆積物掘削」掘削地点。塗色星印はLWDとコア試料採取双方を行った地点、白抜き星印はLWDのみを行った地点、丸印はIODPによる科学掘削調査の地点（JAMSTECによる2014年7月26日プレス発表資料^(注4)より）。

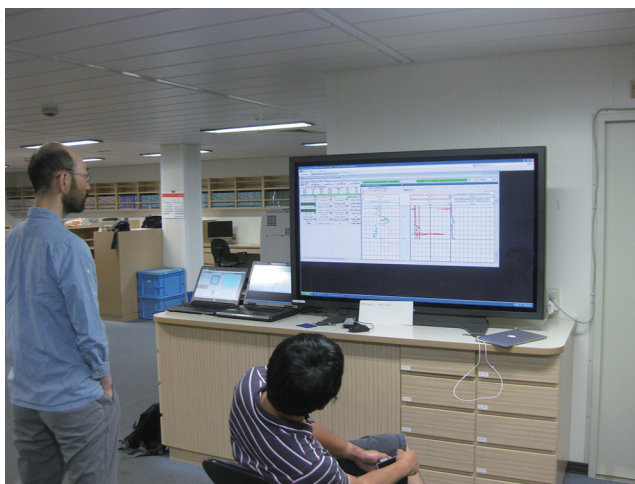
の海底環境調査も実施されました。

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、海底下200～300 mまでの掘削を掘削同時検層（Logging/Measurement While Drilling: LWD/MWD, 以下LWD）機器を用いて実施し（第2図）、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。伊平屋北海丘は小火山体が集まった直径8 km程の高まりであり、ここでの熱水域は海丘の頂部を縦断するように配列しています。本調査によって、伊平屋北オリジナルサイト、伊平屋北ナツサイト、伊平屋北アキサイトの3つの熱水噴出域が伊平屋北海丘全域にまたがるような大きな熱水溜まりを形成している可能性が示されました（第3図）。さらに、反射法地震探査データと今回の掘削結果とを合わせると、伊平屋北オリジナルサイトでの熱水溜まりは東西に2 km以上、南北に3 km程度に達する可能性があります。

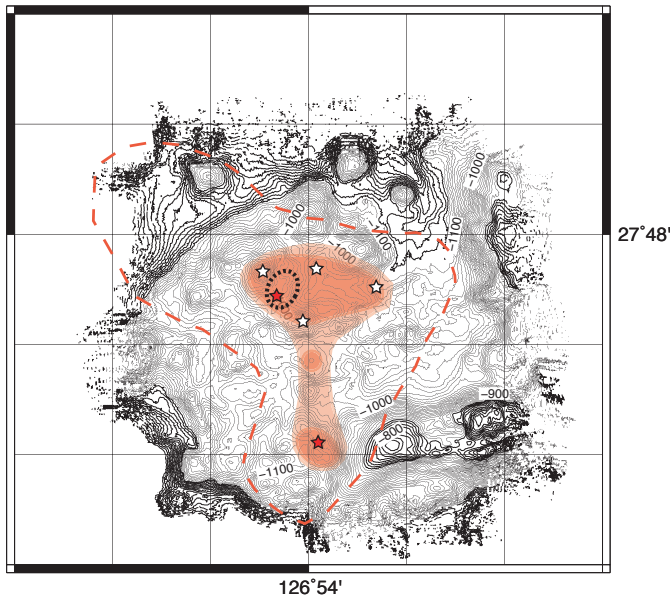
海底熱水活動中心から周辺部にかけての6地点（第1図中の星印）において行ったLWDではさらに、LWDがこれまで知られているような地層（岩相）分布だけでなく、海底下の熱水溜まりも高精度に推定できる手法であることが明らかになりました。また、LWDを実施した掘削地点に隣接した場所で行ったコア採取のための掘削で得られたコア試料との対比により、LWDデータから予想された海底下熱水溜まりや熱水変質帯の分布を実際に確認できただけ

でなく、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（第4図）。

海底環境調査では、掘削前のサイトサーベイとして有索式無人潜水機（Remotely Operated Vehicle : ROV）による海底観察を実施するとともに、ROVから円筒形のサンプリング機器を海底面に突き刺し、プッシュコアと呼ばれる表層堆積物の採取やセンサーによる温度計測を行いました。得られた試料やデータは、掘削後の海底環境の変化を受ける前のベースラインサンプルとして活用されます。また、表層環境の状況を解析するため海水を採取して保存す



第2図 船内でLWDによるリアルタイムデータを見る乗船研究者ら。



第3図 今回の調査で推定される熱水溜まりの分布（第1図の詳細海底地形図と範囲はほぼ同じ）。図の中心付近の楕円状の点線部：伊平屋北オリジナルサイトの範囲，濃い塗色部：掘削同時検層もしくは海底観察で熱水の存在が確認できる場所，薄い塗色部：掘削同時検層データと反射法地震探査データで熱水溜まりが推定される範囲，周縁部の破線：反射法地震探査データにより拡張しうる範囲，星印は第1図と同じ（JAMSTECによる2014年7月26日プレス発表資料^(注4)より）。

るとともに、植物プランクトンの生息状況を船上実験室にて観察しました。

これらの結果をもとに、次回の「ちきゅう」による掘削では、硫化鉱物濃集部の分布や広がり、試料の産状を観察するために、多数の掘削による試料採取が実施される予定です。

5. 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・手法開発に活かす「橋渡し研究」の一環であるといえます。私たちは今後も本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。

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（2014/08/20 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（2014/08/20 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（2014/08/20 確認）

注4：地球深部探査船「ちきゅう」による「沖縄トラフ熱性堆積物掘削」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/（2014/08/20 確認）



第4図 掘削コアからサンプリングを行う乗船研究者。

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礎情報の整備—。 *Synthesiology*, **6**, 162–169.

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>（2014/08/20 確認）

YAMASAKI Toru and IKEHARA Ken (2014) GSJ's research objectives about the genesis of submarine mineral resources on the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP).

（受付：2014年8月19日）