

第3章 海底資源開発産業

第3章 海底資源開発産業

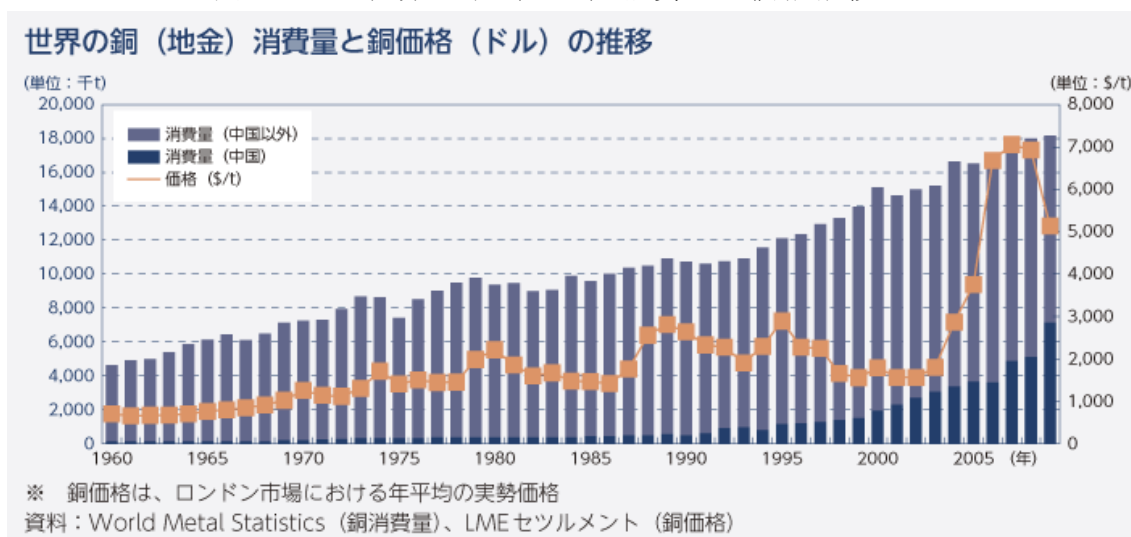
1. 海底資源開発の可能性

我が国の近海域における海底資源に関連する調査においては、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト及びマンガン団塊が発見され、有望な賦存量も期待できるとされている。特に海底熱水鉱床については「平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める」³⁰とされている。

諸外国と同様、我が国においてもこれら海底資源開発に進出する背景として、鉱物資源の消費量の増加と同時に、鉱物資源を供給する陸上鉱山の生産条件が厳しく、「陸上資源の枯渇傾向とともに鉱石品位の低下」³¹の傾向が見られる事が挙げられる。

下図は、例として世界の銅（地金）消費量の増加傾向を表す図である。

図 3-1-1 世界の銅（地金）消費量と価格推移³²



上図に見られるように、銅（地金）の消費量を例にとると、その消費量は増加傾向にある。近年、環境問題や石油エネルギー資源枯渇の問題、更に地球温暖化等の気候変動の問題等の解決に向けた持続可能な社会の概念が議論されている。それら持続可能な社会の実現に向けた取り組みの一部として、電気自動車、プラグインハイブリッド車、風力発電装置等の普及も盛り込まれている。これらの新技術の普及に伴う銅需要量の増加もあり、今後も銅の消費量の増大の傾向が見込まれる。

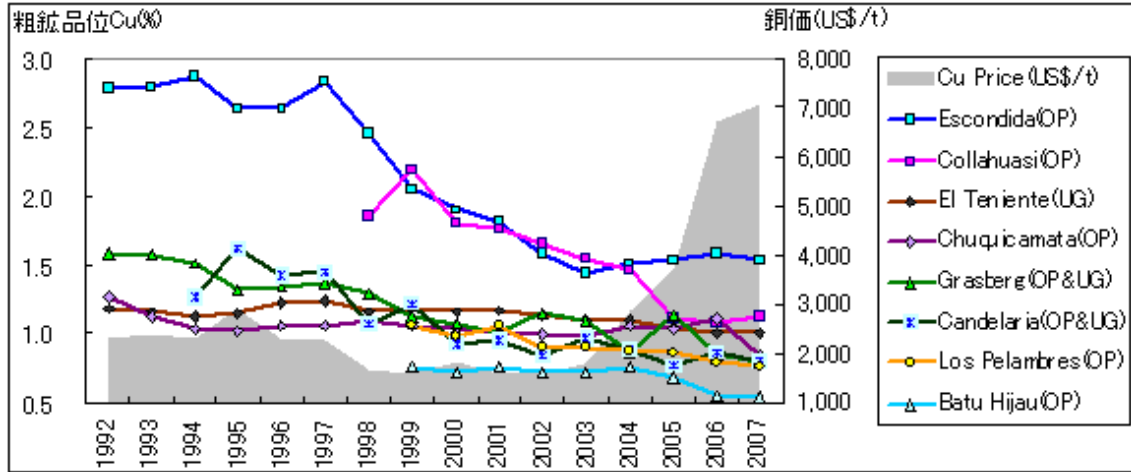
³⁰ 「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」平成25年12月24日 経済産業省 p.9参照

³¹ 「オーシャンメタル 資源戦争の新次元」2012年12月13日 東洋経済新報社 p.8引用

³² 環境省「平成25年版 図で見る環境白書 循環型社会白書/生物多様性白書」より引用
(<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h25/html/hj13010205.html>)

また、鉱物資源を供給する陸上鉱山の鉱石品位の低下の傾向もみられる。
 下図は、世界の主要銅山において算出される銅粗鉱の品位を示したグラフである。

図 3-1-2 世界主要銅山の粗鉱品位³³



上図からわかるように、銅粗鉱の粗鉱に含まれる銅の割合 (%) は低下傾向にある事がわかる。2007年度においては、約 0.5% から 1.5% の間となっている。

一方で、本県の久米島沖にて JOGMEC により採取された海底熱水鉱床の鉱石の品位の分析結果を示すと以下の表のとおりとなっており¹⁷、銅品位について 1.1% から 26.4% (平均値は 13.0%) と、非常に品位の高い結果となっている。

表 3-1-1 久米島沖「ごんどうサイト」で採取した鉱石の品位分析結果¹⁷

試料	銅(%)	鉛(%)	亜鉛(%)	金(g/t)	銀(g/t)
鉱石①	4.8	15.0	36.8	3.6	820.0
鉱石②	21.1	0.4	0.8	1.1	88.0
鉱石③	26.4	0.5	1.0	0.3	80.0
鉱石④	13.4	2.3	6.7	0.5	141.0
鉱石⑤	1.1	9.9	18.5	1.6	384.0
鉱石⑥	11.0	3.1	10.2	3.3	443.0
平均	13.0	5.2	12.3	1.7	326.0

(分析所: ALS Canada Ltd.)

鉱床全体の正確な経済性の評価は、平成 29 年度以降に JOGMEC により実施が計画されている経済性評価にゆだね、その結果を待ちたいが、陸上鉱物と比較すると、海底熱水鉱床の可能性は高いと推測できる。

³³ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 「カレント・トピックス」2008 年 56 号「銅品位の低下傾向について」より引用 (http://mric.jogmec.go.jp/public/current/08_56.html)

沖縄近海におけるこれらの大規模な海底熱水鉱床の存在が確認され、その可能性が期待されているが、これらの資源開発には大規模な投資の必要性和、環境に対する影響の調査等の必要性もあるため、腰を据えた長期的な取り組みが求められる。

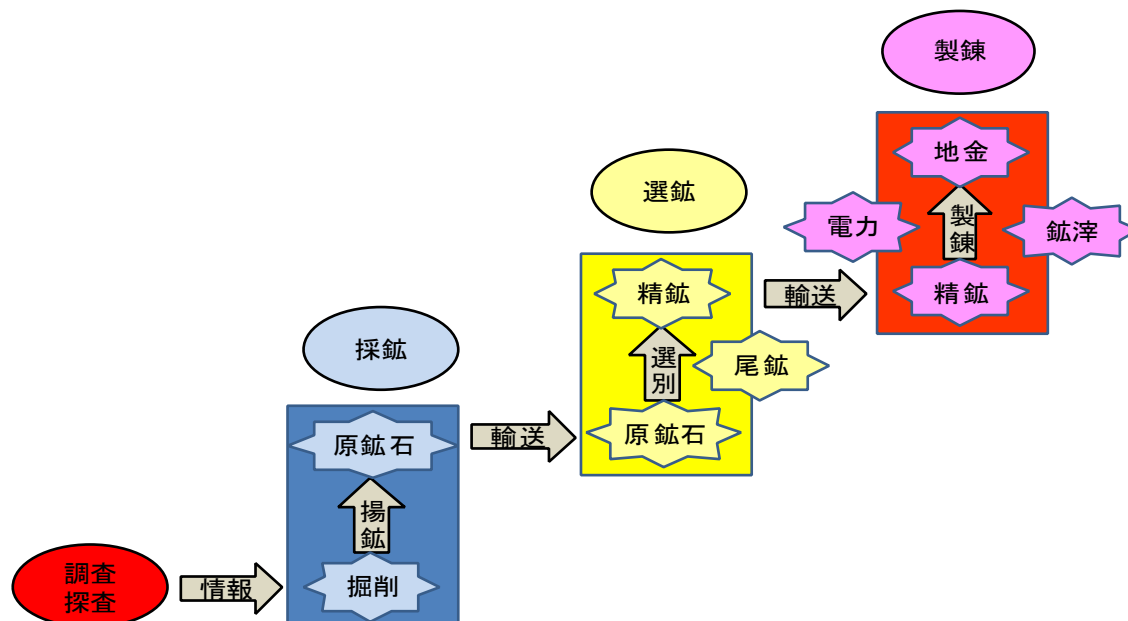
そのため、本県においても、長期的な観点から、産学官が連携し海底熱水鉱床の利用可能性についての調査や研究開発を推進する必要がある。また、将来的な海底熱水鉱床開発に先立ち、これに関わる産業を戦略的に育成するため仕組みづくりや、そのための県の施策を長期的に慎重に検討することが望まれる。これらが一体となり機能する事で、本県の産業・経済や学術研究領域が、海底資源開発産業とより深く関連する可能性が高まるものと思われる。

以下、本県近海に賦存する海底熱水鉱床の開発を前提として、「調査・探査」、「採鉱」、「選鉱」、「製錬」の工程に分けて事業モデルを想定・検討し、沖縄地域で貢献が可能な分野の絞り込みを行う。なお、資源開発産業は資源採掘・選鉱・製錬・精錬まで多様な事業要素が連携したビジネスが連携して成立するものであり、沖縄の海底熱水鉱床開発においても国内外の資源開発企業との連携が不可欠である。また、海底資源開発から得られた多様な金属を活用した下工程：「ものづくり産業」においても可能性を有していると考えられる。「ものづくり産業」への波及については別途検討が必要である。

2. 海底資源開発産業の概要

従来行われている陸域の金属資源を活用した事業には大きく分けて「調査・探査」「採鉱」「選鉱」「製錬」の4工程がある。海底熱水鉱床を活用した事業化の場合は「調査・探査」「採鉱」部分が海底となるものの、その後の「選鉱」「製錬」については海上や陸上で行われる事が想定される。概要を以下に示す。

図 3-2-1 海洋資源開発の工程概要



3. 調査・探査

3.1. 「調査・探査」事業の現状・課題の整理

(1) 現状

海底熱水鉱床の資源開発については、現時点では世界的にみて先行事例がほとんどない。ここでは一般的な海洋に関する資源探査や観測調査などを基にした「調査・探査」事業の現状と課題の整理を行う。

まず、「調査・探査」事業は、我が国の公共サービス事業として実施されている。その事業実施主体としては、経済産業省所轄の独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）や文部科学省所轄の独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、または気象庁、水産庁、海上保安庁等の各官庁、または地方自治体等がある。これら事業実施主体により、海洋資源調査、地質調査、物理探査、磁気探査、海洋気象観測、海洋調査、地球深部探査などが行われている。

資源に関する「探査」事業で想定される一連のプロセスを経済産業省のウェブサイト³⁴を参照及び引用し、以下に記載する。なお、下記のプロセス以外に、資源探査の前段階プロセス、人工衛星や航空機を利用し、遠隔から地質に関する情報を入手し調査するリモートセンシング調査が行われる事がある³⁴。

一般的な資源開発は、以下に記すプロセスに従い、「資源探査（物理探査）」、「試錐（しすい）」、「鉱床の評価」の業務が行われる。

図 3-3-1 資源開発のプロセス³⁴



³⁴ 経済産業省ウェブサイトより参照及び引用
(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kougyou/bunkakai_goudou_housei_wg/002_02_00.pdf)

資源探査（物理探査）とは、「人工的に発生させた物理現象（人工地震、電磁等）や、天然の物理現象（磁力等）を通じて、高精度の地下情報を取得し、取得データを処理・解析する」³⁴ 探査手法をいう。物理探査の具体的手法について、以下に引用し記載する。

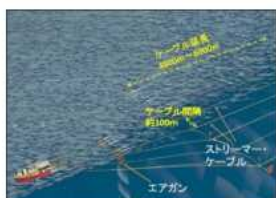
図 3-3-2 資源開発のプロセス（物理探査について）³⁴

【参考】物理探査の具体的手法について

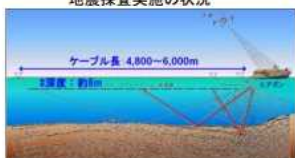
○物理探査は、地下の物理的特性を測定することにより、資源の存在や内部構造を把握するもの。
○代表的な物理探査手法としては、石油・天然ガス探査で主に用いられる地震探査や、金属鉱物資源探査で主に用いられる電気探査、電磁探査などがある。

地震探査

- 人工的に震動を起こすことで波を発生させ、その波の反射波を捉えることで地下構造を把握。
- 震動を起こすための震源には、海上の場合はエアガン、陸上の場合は爆薬やパイロサイス（鉄板震動などの非爆薬震源）が主に用いられる。



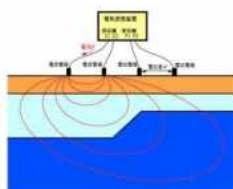
地震探査実施の状況



地震探査の原理

電気探査
電磁探査

- 地下の電気抵抗などの特性を調べることを通じて地下構造を把握。
- 但し、電気探査は大地に電流を流すものである一方で、電磁探査は磁場と電場を同時に測定するといったように、探査の手法には違いが見られる。



電気探査の原理



電磁探査実施の状況

重力探査
磁力探査

- 本格的な精査を行う前に、より広域にわたる概査として行われることが多い探査手法。
- ある地点における重力や磁場の強弱を測定することで地下構造を把握するものであり、例えば地下における金属鉱床（高重力を示す）や火成岩（弱い磁気を示す）の存在が推定できる。



重力計



磁力探査実施の状況

海底熱水鉱床等の資源探査は、資源の賦存量を正確に調べるために、海底下の詳細な構造を知らなければならない。それには、高度な調査を海洋で実施するための専用の船舶、またそれに搭載する調査研究機器類等を整備しなければならない。しかし一方で、正確な賦存量を調べるために有用な、海底近傍における物理探査の方法は確立されているとは言い難く、海底下における物理探査の手法についても研究開発が進んでいる状況である³⁵。

海洋上における資源探査のために資源エネルギー庁は、我が国周辺海域における石油・天然ガス資源の賦存量に関する情報を効率的に収集する事を目的として、三次元物理探査船「資源」を建造及び所有している。「資源」は、海底下から伝わってくる地震波を受振するため、最長で6,000mのケーブルを12本曳航する事ができる等、船内において物理探査のための専用設備を有する。また、JOGMECは、我が国周辺海域における海洋資源の探査、開発を加速する事を目的として、海洋資源調査船「白嶺」を建造及び所有している。また、JAMSTECも、我が国周辺海域における学術的調査を行う目的から、

³⁵ 東海大学紀要海洋学部「海—自然と文化」第8巻第2号 23-40頁（2010）「海底資源探査に向けた磁気探査装置の開発-R/V「よこすか」YK09-09 航海における実海域試験-」参照・引用

世界最高の掘削能力（海底下 7,000m）³⁶を持つ地球深部探査船「ちきゅう」他 7 船を所有している。

これらを使用し、物理探査を実施する事によって得られた高度な地下情報を分析し、ある程度の資源の賦存量を想定した後、試錐を実施し、地下の岩石を直接採取し、鉱床の存在や、鉱床の規模や品位を分析する調査を行う。

次に、物理探査の調査結果や、試錐によって得られたボーリングコアを併せて「鉱床の評価」を行い、鉱床の規模や品位を分析し、開発の可能性を技術的かつ経済的な観点から分析し評価する。

「探査」事業における現状を上記に記載した。海洋資源の「探査」事業における一連のプロセスを事業として整理すると、以下になる³⁷。

①. 海洋資源探査・調査観測事業

海洋に関連する資源探査や調査観測等の多くは公共サービスとして公的機関により実施されている現状がある。

その内容としては、海洋資源の探査に関する一連のプロセス全般に及ぶ。国内外の企業は、その公的機関からの事業の公募に応募し、当該事業に採択されると、公的機関との委託契約を締結し、当該業務に参加し事業を実施している。

このような公募にて採択される際の選考基準は、公募される事業の内容によって異なるが、一般的には、海洋資源開発の特定分野における高度の専門性と、特定分野の業務実績を有する企業が採択される事となる。

②. 海洋調査船等の運航・管理サービス事業

海洋資源の探査・調査観測は、独立行政法人等の所有する船舶により行われる。これら船舶の操業については、民間の船舶運航会社に委託されている。

例えば、JOGMEC の所有する海洋資源調査船「白嶺」は、JX オーシャン株式会社、日本海事興業株式会社、日本海洋掘削株式会社が主たる株主となる、海洋技術開発株式会社により運航されている。海洋技術株式会社は、JOGMEC 所有の「白嶺」の運航管理業務と、調査作業の支援業務を受託している。実際の運航管理業務と、調査作業の支援業務の内容は以下となる³⁸。

【運行管理業務】

- ・ 船員の配乗と運航
- ・ 港湾調査、調査海域の情報収集、入出港手続き、入出国手続き、食糧、飲料、燃料、
- ・ 船用品その他予備品・消耗品手配等
- ・ 船体・機関・搭載調査機器などの保守管理
- ・ 法令、条約等による安全運航あるいは環境遵守のための諸準備、実施
- ・ 安全管理システムおよび保安対策・緊急対応体制の維持・向上

³⁶ (独) 海洋研究開発機構ウェブサイト参照 (<http://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/chikyu.html>)

³⁷ 平成 21 年度内閣官房総合海洋政策本部事務局調査「海洋産業の活動状況及び振興に関する調査報告書」平成 22 年 3 月 調査機関 株式会社 野村総合研究所 参照

³⁸ 海洋技術株式会社ウェブサイト「業務内容について」より引用 (<http://www.oed.co.jp/product/index.html>)

【調査作業の支援業務】

- ・ 運用士の配乗
- ・ ボーリング等海底掘削機器および調査用電子機器の保守、運用
- ・ 調査データの整理
- ・ 調査効率向上のための諸提案
- ・ 乗船研究者への船内生活サポート

深海探査艇の運航・管理業務も民間企業に委託されている。例えば、JAMSTEC が所有する有人潜水船有人潜水調査船「しんかい 6500」および、無人探査機「かいこう 7000Ⅱ」、「ハイパードルフィン」、深海巡航探査機「うらしま」等の運航・管理オペレーション業務は、日本水産株式会社が株主となる、日本海洋事業株式会社により運航管理されている³⁹。海上での潜水船等の操縦、母船上での保守整備及び関連する調査観測機器の整備・調整等を行う運航業務、陸上における改造・保守整備・受検・補給・その他工事に関わる計画全般などとなっている。

なお、海洋調査船等の運航・管理業務の委託の際に、海洋観測調査（沖合定線調査、沿岸定線調査等）等の業務が合わせて委託される場合もある。

③. 海洋調査サービス事業

主に国や地方自治体、及び民間からの発注により、海洋調査を行う事業を海洋調査サービス事業とする。これら事業は「港湾海洋調査士」を擁する建設コンサルタント事業者によって実施されている。

当該海洋調査の主要なマーケットは公共であるが、一部、電力会社等の発注もある。これら事業の内容としては、主に港湾及び海岸に係る公共事業等に関連して調査を実施するものである。

国土交通省地方整備局の港湾部門で港湾設計・測量・調査等の業務を請け負う場合には、「港湾海洋調査士」の資格を持った管理技術者が必要となっている。ここで港湾海洋調査士とは、「港湾及び港湾海岸に係る調査に関し、業務全体を指揮・監督し、調査計画を作成し、実施内容の確認、データの解析・考察を行う管理技術者、照査技術者として担当できる資格」であり、次の5部門の資格がある。

- ・ 深浅測量（水域の施設の完成、維持・管理に伴う水域の測量を除く）
- ・ 危険物探査（磁気探査、潜水探査に限る）
- ・ 土質・地質調査（土質・音波探査に限る）
- ・ 環境調査（水質・底質、生物調査、流況調査に限る）
- ・ 気象・海象調査（気象、波浪、潮位、流況調査に限る）

³⁹ 日本海洋事業株式会社ウェブサイト「深海探査機オペレーション」を参照
(http://www.nmeweb.jp/duties_probe.html#)

(2) 課題

以下に、「調査・探査」に関連する事業の課題について記載する。

- ・ 調査・探査に関連する事業の多くは、公共サービス事業として実施されている。海洋調査サービス等についても、その多くは公共からの発注となる。民間需要を中心とした市場は未成熟である。

3.2. 沖縄における海底熱水鉱床の調査・探査

JOGMECでは産業化の観点で伊是名海穴等を中心に海底熱水鉱床の探査を行ってきた。その結果、現時点の伊是名海穴近海等の海底熱水鉱床の賦存量は340万トンと公表している。また、更なる資源量の把握について探査を進めており、平成26年12月4日には、沖縄本島の北西約150キロの排他的経済水域（EEZ）にある伊平屋小海嶺の水深1,600mの海底で、国内最大級の新たな海底熱水鉱床を発見したと発表した⁴⁰。商業化できるかについて、2018年を目処にJOGMECが判断する、とする。同鉱床は、これまでで最大級の伊是名海穴の鉱床に匹敵する大きさであると推測されている。また、JAMSTECでは科学的観点で伊是名海穴等を中心に海底熱水鉱床の調査を行ってきた。伊是名海穴については表層から深部まで続く鉱床となる大規模な鉱床となる可能性を示唆している。更に、海上保安庁では久米島沖で海底熱水鉱床を発見している。

これらに引き続き沖縄トラフ周辺には更なる海底熱水鉱床が発見される可能性を有しており、今後とも沖縄近海での熱水鉱床の探査が続くものと考えられる。

3.3. 沖縄の可能性

- ・ 沖縄本島西海岸の今後の港湾整備状況により調査・探査拠点となる可能性を有している。
- ・ 調査・探査の特定分野（例：鉱床の評価）では研究開発等の参画も可能性を有していると思われる。

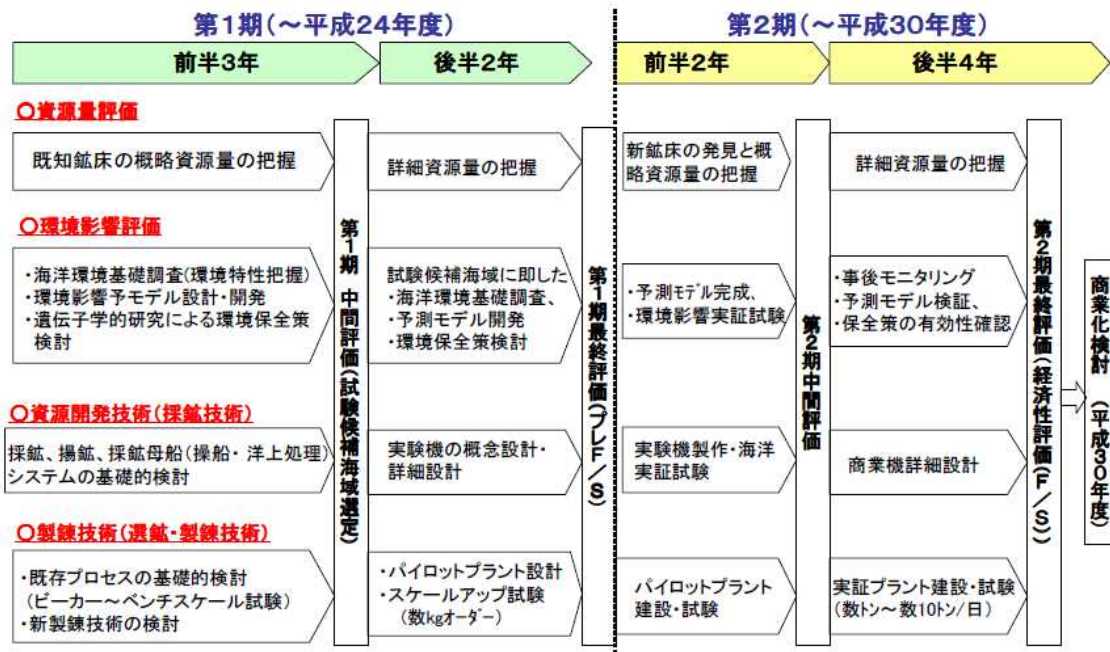
4. 採鉱

4.1. 「採鉱」産業の現状・課題の整理

「採鉱」は、官公庁による資源探査等の公共サービスや学術研究領域におけるコア（ボーリング調査によって得られる試料）等の採鉱調査や、商業生産へ向けた資源開発技術（採鉱技術）の海底走行及び掘削試験が進んでいる。JOGMECは、特に資源開発技術（採鉱技術）において、平成21年3月に策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を基に、平成24年度までを第1期、平成25年度から平成30年度までを第2期とする2期にわたり、資源量評価、環境影響評価、資源開発技術及び製錬技術についての研究開発を進めている。

⁴⁰ 沖縄タイムス2014年12月5日新聞記事、琉球新報2014年同日新聞記事より

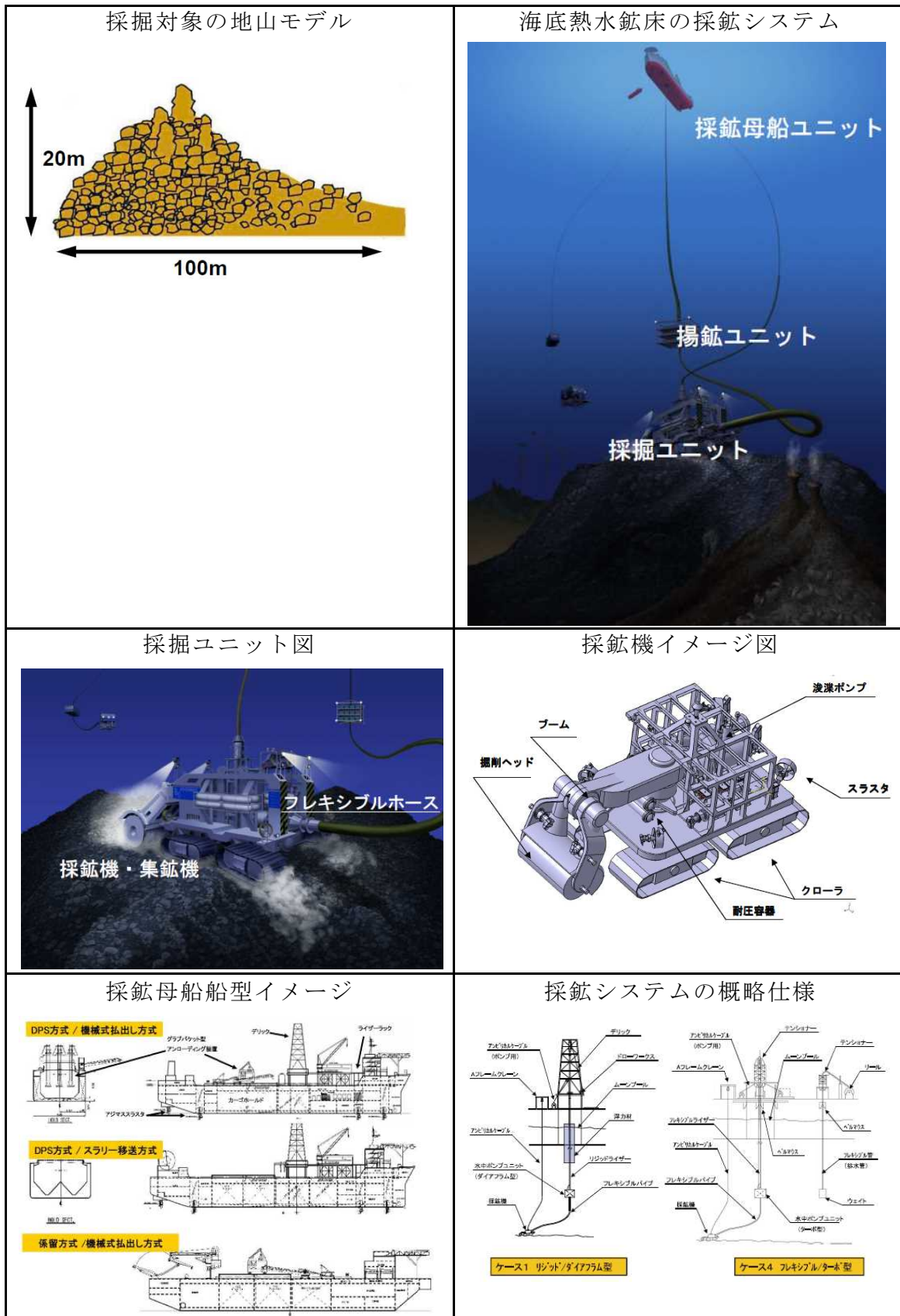
図 3-4-1 海底熱水鉱床にかかる開発計画

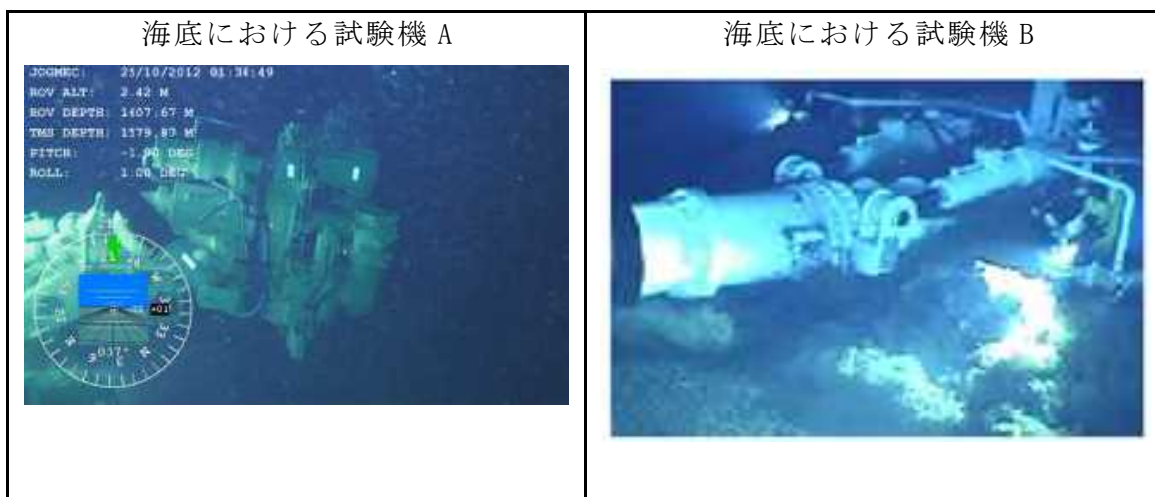


第1期の成果として平成25年7月に発表された報告書によると、予備的経済性検討の結果（商業採掘規模を1日5,000トンと算定）を踏まえ、海底熱水鉱床の採鉱システムを構成する3つのサブシステム（採掘、揚鉱、採鉱浮体）の最適方式を検討し、その中で、特に採掘システムについては、沖縄海域伊是名海穴内の海底熱水鉱床で、2種類の採掘試験機を用いて、世界初の走行・掘削試験に成功している。また将来の実機開発に向け、海底下での可視化技術等の技術課題も抽出したと報告されている⁴¹。

⁴¹ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 「海底熱水鉱床開発計画第1期最終評価報告書」平成25年7月5日参照 (http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_10_000021.html)

図 3-4-2 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の採鉱システム





今後も計画に従って研究開発が継続される事となる。以上が我が国における現在と取り組みとなる。現時点では国内においては、商業生産規模の採鉱実機の開発は未だ行われていない。

そのような中で、本事業内で事例調査を進めた結果、海底資源に関する「採鉱」の実機開発の数少ない事例が海外にある事がわかった。

本編で、一般的な採鉱のプロセス概要にかえて、先行事例の調査内容を記述する。

4.2. 先行事例

海底熱水鉱床を事業規模で採鉱する場合のビジネスモデルを検討する。参考となる事例として、カナダのバンクーバーに本社を置く Nautilus Minerals Inc.（以下ノーチラス社）を取り上げる。本事業において、ノーチラス社の視察も実施したので以下に記載する。

ノーチラス社はパプアニューギニア領海内における海底熱水鉱床について同国政府から環境許可及び鉱業権を取得し商用規模の採鉱を目指している。ノーチラス社は、トロント証券取引所の上場企業であり、そのトロント証券取引所は、鉱業における資金調達が活発に行われている証券取引所である⁴²。ノーチラス社は太平洋西岸地区において、探査を実施する段階にある企業であって、開発から得られた収益は未だ計上していない。実際に、2013年の年次有価証券報告書⁴³上、主たる事業における売上等の収益未計上である。ノーチラス社の事業概要は以下の通りである。

(1) 会社概要

- ・ 企業名 ノーチラス・ミネラルズ (Nautilus Minerals Inc)
- ・ 所在地 バンクーバー (カナダ)
- ・ 創業年 1997 年
- ・ 資本金 268 Million (US\$ Dec. 31, 2013)
- ・ 社員数 59 人

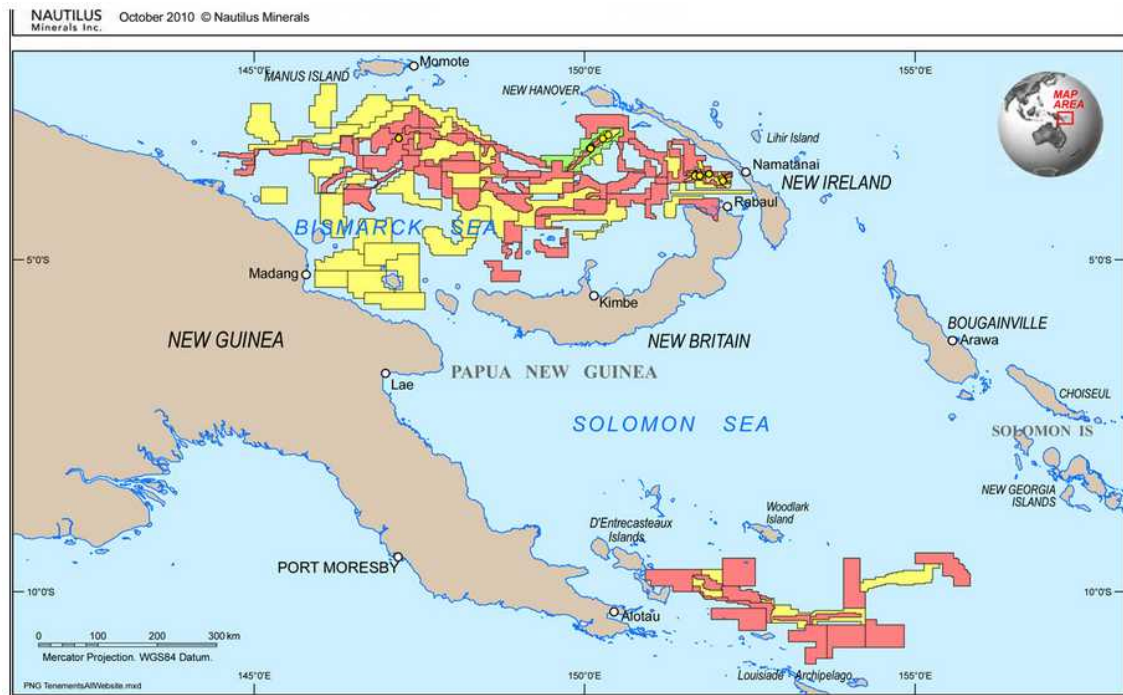
⁴² 日刊産業新聞 2009年11月11日「資源大国 カナダ編 (5)」参照
(http://www.japanmetal.com/special/special_174.html)

⁴³ ノーチラス社ウェブサイト「Annual report 2013」参照 (<http://www.nautilusminerals.com/i/pdf/2013-AR.pdf>)

(2) 開発対象

- ・ プロジェクト名 ソルワラ1 (Solwara 1)
- ・ 場所 パプアニューギニア沖 (内海)
- ・ 水深 約 1,600m
- ・ 鉱床品位 銅成分 7.2-8.1% (陸域の銅鉱石 平均 0.6%)
- ・ 資源量 250 万トン
約 2 年で採掘終了。最長でも 3 年で枯渇。次はトンガを予定。

図 3-4-3 ノーチラス社の南西太平洋地域の開発地区⁴⁴ (許可申請中: 黄、取得済: 赤)



(3) ノーチラス社との一般協議のポイント

- ・ ノーチラス社の当面の目標は、パプアニューギニア (PNG) のビスマルク海における Solwara1 プロジェクトの開発を成功させる事である。

⁴⁴ ノーチラス社ウェブサイトより引用 (<http://www.nautilusminerals.com/s/PhotoGallery-Maps.asp>)

- 資源量・賦存量の評価基準について

一般に、陸上海底を問わず、鉱物資源を開発する際には、その開発対象となる資源鉱床の資源埋蔵量や品位に関する評価を適正に行う事が重要である。鉱物資源開発企業は、資金提供を受けている一般投資家やベンチャーキャピタル等の資金提供者に対して、資源埋蔵量や品位に関する適正で客観的な情報を提供し、情報開示を行う事が必要となる。

これら資源埋蔵量や品位に関する評価基準については、1994年に世界主要国が参加し、国際鉱業冶金学会協会(CMMI)の中に国際埋蔵量報告合同委員会(CRIRSCO⁴⁵)を設置し、国際的な評価基準の協議が開始された。1999年には、CRIRSCOにより、国際標準規定として準拠すべきCRIRSCO規定が定められた。

オーストラリアのJORC (Joint Ore Reserve Committee⁴⁶) の定めるJORC規定や、カナダ証券管理局(Canadian Securities Administrators, CSA)の定める鉱物資源プロジェクト情報開示基準National Instrument 43-101⁴⁷ (NI 43-101)等の規定は、CRIRSCO規定の考え方に準拠した規定となっている。ノーチラス社におけるSolwara1等の各プロジェクトにおける資源量や鉱物品位の情報も、NI 43-101としてカナダ証券管理局に提出されており、カナダ証券管理局データベースSEDAR⁴⁸において、レポートが一般開示されている。

- Solwara1プロジェクトにおける海底熱水鉱床の鉱物の銅含有率は7.2%

ノーチラス社のSolwara1プロジェクトにおける鉱物の銅含有量は、NI403-101によると7.2%である。以下に公表数値を記す。

表 3-4-1 Solwara1プロジェクトにおける鉱物品位

Solwara 1	Class	Tonnes (kt)	Cu (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Zn (%)	Contained Cu (t)	Contained Au (Koz)
2011	Indicated	1,030	7.2	5.0	23	0.4	74,160	165.6
@ 2.6% Cu eq cut off	Inferred	1,540	8.1	6.4	34	0.9	124,740	316.9

- ノーチラス社のCSR (Corporate Social Responsibility)

発展途上国であるパプアニューギニア地元への社会貢献の観点から、自ら橋梁の建設、公衆衛生の確保(下水道、トイレ等)等の社会インフラを行った。

- パプアニューギニアの次の開発鉱床について

パプアニューギニアの次の開発鉱床について、トンガを計画している。既にトンガから中核となる人材も雇用し、準備に着手している。

⁴⁵ CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards)
(<http://www.criirSCO.com/welcome.asp>)

⁴⁶ Joint Ore Reserves Committee (<http://www.jorc.org/>)

⁴⁷ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構ウェブサイト「カレント・トピックス」2011年16号「鉱物資源プロジェクト情報開示基準NI 43-101の主要変更点について」参照

⁴⁸ The System for Electronic Document Analysis and Retrieval (SEDAR) (<http://www.sedar.com/>)

(4) ノーチラス社との技術協議のポイント

- 海底面における生産機器類の研究開発について
海底掘削機 2 機 (Auxiliary Cutter、Bulk Cutter)、鉱石収集機 (Collective Machine) の組立は完了している (2015 年 1 月 30 日プレスリリース済)。現在検査が進んでいる状況である。これら業務は、Soil Machine Dynamics (SMD 社-ニューキャッスル・英国) が担当している。なお、琉球大学工学部の藍檀オメル教授が SMD 社の近隣の University of Newcastle にて海底掘削技術の研究をしていた経緯があるため、今後大学と SMD 社双方を訪問し、琉球大学として連携方法を調査すべく検討がなされている。
- 揚鉱ポンプ機器類の研究・開発について
スラリーポンプは GE Hydri1 (GEH 社-テキサス州ヒューストン・米国) が担当している。スラリーポンプは既存の石油・天然ガスにおける掘削技術を応用し研究開発及び製作が進行している。2015 年後半から 2016 年中ごろにかけての組立・完成を見込んでいる。
- 生産サポート船 (Production Support Vessel, PSV) の研究開発について
2014 年 11 月、ノーチラス社は、Marine Assets Corporation (MAC 社-ドバイ) との間で、Solawara1 プロジェクトにおける PSV チャーター契約を締結した。チャーター料金は、1 日あたり US\$199,910 (≒2,000 万円) となる契約となる。
MAC 社は、ノーチラス社の仕様に従った船の建造を、Fujian Mawei Shipbuilding Ltd. (FMS 社-中国) に発注した。
PSV は全長 227m、全幅 40m、最多で 180 名乗員、31MW の発電能力。PSV は 2017 年末に完成予定である。
- 外洋における開発について (沖縄の可能性)
トンガにおける開発環境は、パプアニューギニアにおける開発環境と異なり、外洋となる。外洋の波高 5m の環境下で開発作業ができる生産機器を準備している。それは石油・天然ガスの開発技術を応用している。トンガで利用する技術を活用すれば、沖縄での商用開発も技術的には可能であると思われる。トンガでは年間 8 週間を除く他の期間において操業可能となると想定している。

(5) 採鉱の技術

海底熱水鉱床の資源開発の採鉱の全体イメージを記述する。まず、水深 1,600m の海底を遠隔操作車両にて掘削し採掘する。採掘した海底熱水鉱床鉱石は、揚鉱システム (Riser and Lifting System [RALS]) により、採掘した鉱石を海上に引き上げる。

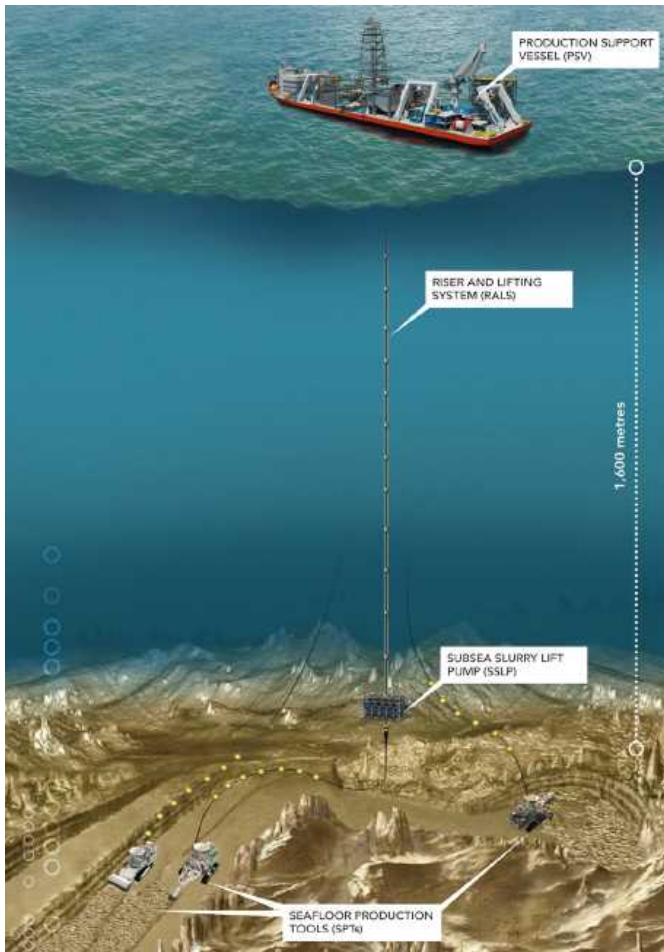
以下に、海底熱水鉱床の資源開発の工程につき、ノーチラス社の工程を事例として以下に記述する。

- まず Auxiliary Cutter (以下、AC) にて、開発目的のポイント周辺の海底面の整地を行う。AC は生産活動の準備のために投入し、AC により、Bulk Cutter (以下、BC) 等の他の機械の活動場所を確保する。
- 次に、BC により、掘削が行われる。掘削された鉱石は、海底の仮設集積場に一時的に集積される。

- Collecting Machine (以下、CM) のフレキシブルなパイプによって、海底の泥や砂利と採掘した鉱石は、混在した状態で、スラリー・ポンプ (Slurry Lift Pump[SLP]、以下スラリー・ポンプ) に送られる。
- スラリー・ポンプにより、鉱石は前述の状態で、生産サポート船 (Production Support Vessel[PSV]、以下生産サポート船) に揚鉱される。
- 揚鉱した鉱石は、生産サポート船の船上で脱水され、5日～7日の間隔で、バージ運搬船により陸まで運搬される。
- 鉱石といっしょに汲み上げた海水は、ろ過された後、ポンプで揚鉱パイプより海底へ戻される。これにより、環境への影響が低減される。
- 環境保護に十分配慮し、当該資源開発を進めるため、開発海域の環境をなるべく高い頻度で監視するモニタリングのシステム化が必要である。そのため、AUV や ROV を問わず、広く海洋ロボットの研究開発を実施し、これら目的を低費用で実施できる技術を追求していく事が必要である。

図 3-4-4 掘削技術概要イメージ図

生産システム全体イメージ図



生産サポート船 (Production Support Vessel[PSV])



遠隔操作車両 (Remote Operation Vehicle (ROV))



(6) ビジネスモデル

ノーチラス社はカナダの企業であるため、資源開発投資の勧誘は、カナダの法律に基づく調査基準を満足した情報を開示した上で行われている。これを踏まえたビジネスモデルの研究では一定の条件を満たすことを前提に収益性が見込まれている。

(大阪府立大学大学院 山崎哲生教授 研究レポート 付録 1 参照)

(7) 現状と課題

- ・パプアニューギニア政府と合意した合弁事業会社の資本金等がパプアニューギニア側から払い込まれず係争に発展した。
- ・現主要株主の支援のもと 2013 年 4 月に追加資金の確保にめどが立ち建造を再開。
- ・パプアニューギニア政府との係争は解決し、利息分も含めた US\$120M が支払われることになった。
- ・揚鉦システム（揚鉦管、ダイアフラムポンプ等）は発注後 2 年程度で製作できる見通しであり、2017 年末あるいは 2018 年初めにも生産開始の見通し。
- ・今後、開発の成否の鍵を握るのは、採鉦システムが順調に動くかどうかである。
- ・また、順調に生産が続けば、2～3 年間分しか鉦量がない Solwara1 の次をどうするかということになるが、トンガにおける開発も含めた検討が進んでいる。

(8) 今後の展開

- ・陸域では、可採年数が 40 年を切ったといわれる銅など、一部の鉦物資源の需給状況が逼迫しており市況が上昇する事も見込まれる。
- ・海底油田や海底ガス田などの開発事業では技術がさらに進展しており、それらの技術は海底鉦物資源の商業開発にも利用できるものが多い。
- ・このため、地球の約 7 割を占める海底に存在する多様な資源の開発には、大きな可能性が見込まれている。

4.3. 伊是名海穴を想定したビジネスモデル

平成 29 年度に予定されている JOGMEC の経済性評価等を踏まえてビジネスモデルを検討する必要がある。また、資源開発産業は資源採掘・選鉦・製錬・精錬まで多様な事業要素が連携したビジネスが連携して成立するものであるが、ここでは伊是名海穴を想定し、現時点で得られる情報を踏まえ採掘部分のみのビジネスモデルを調査した。その一つとしてノーチラス社の事例を参考にしながら伊是名海穴でのビジネスモデル研究結果が挙げられる。幾つかの仮定や開発要素もあるものの伊是名海穴を想定したビジネスモデルは収益が見込める結果となっている。

(大阪府立大学大学院 山崎哲生教授 研究レポート 付録 1 参照)

4.4. 沖縄地域への経済的波及効果の概略

上記で概観したとおり、沖縄伊是名海穴においても条件付きではあるが採鉦ビジネスモデルが成立する可能性が高いと考えられる。

これを踏まえ、沖縄に海底熱水鉱床掘削企業が立地したと想定し経済への波及効果の概略を検討する。

(1) 雇用について

- ・ ノーチラス社の人員計画は、会社の置かれている開発ステージにより変更される。2012年には経営陣含めおよそ130名の社員がPNG政府との協議や調整に従事していたが、調停協議終了により、現在はグループ全体でおよそ59名が従事している。そのうち、本社のあるカナダ・バンクーバーのオフィスには2名のIR（Investor Relations）担当スタッフが配置されている。今後の人員計画について、2017年の開発業務開始に伴い、オフィス従業員はおよそ100～150名、PSVには200～300名（2交代制につき、交代要員含）を見込んでいる。
- ・ 雇用数では、海底資源開発産業は高度な産業であり、労働集約的に人員を投入する業務は限られるため、経済効果は高いとは言い難い。しかし、深海に存在する海底資源をROVや最新機器を用いて開発する人材が本県に集積する事で、より高度な産業人材の育成の可能性も出てくると思われる。これら高度な技術・ノウハウを持った人材が、今後の世界各国の海底資源開発に従事する事も可能性があるため、本県の経済にも良い効果が期待できると思われる。

(2) 関連産業への波及効果

- ・ 設備機器のメンテナンス事業
掘削設備等が故障や定期点検等は掘削地の近くにあることが望ましい
沖縄地域のものづくり系企業等の中心に設備機器のメンテナンス事業創出
- ・ エネルギー供給事業
掘削設備等を運営には多大なエネルギー源が必要。これらのエネルギーを供給する事業が必須。
- ・ 環境モニタリング事業
掘削現場は定期的に環境モニタリングを行う必要がある。環境モニタリングを行う事業が必須。
- ・ 海底域のバイオ資源活用事業
医薬・創薬・環境等の分野で有効なバイオ資源の探索・開発
採鉱・製錬等の分野で有効なバイオ資源の探索・開発
- ・ 社員福利厚生
採鉱等に係る社員は洋上にて勤務。その生活物資等の供給事業が必要。
また、陸上での住居やリフレッシュ等の環境提供事業が見込まれる。

(3) 税収

企業からの税収を想定すると以下の通りとなる。

- ・ 法人税
- ・ 法人住民税
- ・ 事業税
- ・ 消費税・地方消費税

- ・ 固定資産税
- ・ 償却資産税

4.5. 海底資源開発に係る法規制について

(1) 規制法

天然資源開発について国は、採掘については鉱業法、環境の保持については環境法、アセスメント法などの法律に依って規制執行している。これらの法律は当該開発事業において不可欠なものであるが、海底天然資源開発については未だ事業化がなされていない分野であり、適用範囲が多岐にわたり、広範囲に及ぶことから、今後事業化を押し進めるにあたっては、規制措置の追加修正、抜本的な改正が必要となる。

(2) 鉱業権

①. 鉱業法改正の概要（鉱業法[平成24年2月改正]）

・ 鉱業法

鉱業法は、鉱物資源の合理的開発を行うことを目的とした法律であり、基本制度として鉱業権制度を設けている。鉱業権とは、登録を受けた一定の土地の区域（鉱区）において、登録を受けた鉱物（※）を掘採し、取得する権利を言う。

そもそも鉱物は国が保有している資源との考え方があり、鉱業法は、国に出願してきた者に開発を委ねるとしている。従って、鉱業権は国が賦与するものであり、取得するためには鉱業出願を行い、許可を得なければならない。

鉱業権には、主に探鉱が目的の試掘権と、事業を営むことが目的の採掘権がある。一般的には、まず試掘権を得た後、現地の探鉱を行い、事業を行うのに必要な鉱物の質と量を確認した後に採掘出願を行い、採掘権を得て事業を営むことになる。

※ 鉱業法において、登録の対象となる鉱物は、金などの金属鉱物、石灰石やけい石などの非金属、石油・天然ガス及び石炭など41種類ある。このうち、石油・可燃性天然ガス、海底金属鉱物資源など国民経済上特に重要な鉱物が「特定鉱物」と定められている。

・ 鉱業法改正の概要

鉱業権の設定等に係る許可基準の追加

適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう、鉱業権の設定等における許可基準に、「技術的能力」「経理的基礎」「公共の利益の増進に支障を及ぼすおそれがない」等が追加された。

鉱業権の設定等に係る新たな手続制度の創設（先願主義の見直し）

特定鉱物（石油・天然ガス等）について、現行の先願主義に基づく出願手続を見直し、適正な管理の下で最も適切な主体が鉱業権の設定の許可を受ける手続制度を創設された。具体的な手続イメージは以下のとおりである。

- ・ 国による鉱区候補地（特定区域）の指定及び開発事業者の募集
- ・ 申請者について、許可の基準に適合しているかを審査

- ・ 適合している者の中から特定鉱物の合理的開発その他の公共の利益の増進の見地から定める評価の基準に従い最も適切な者を選定
- ・ 選定された事業者に対して鉱業権の設定を許可

鉱物の探査に係る許可制度の創設

鉱物の探査を行う者に対して、事前の許可が必要とされた。また、国が鉱物の存在状況を把握するため必要があると認めるときは、探査の結果の報告を求めることができる等の措置が講じられた。

(出展：経済産業省：<http://www.kanto.meti.go.jp/webmag/topics/1202topics.html>)

②. 鉱業法の改正の条文詳細

「鉱業」とは、金属や石油、天然ガスといった資源を採掘、加工するなどして、社会に供給する重要な産業であり、各事業者が試掘や採掘を行う権利やその区域(鉱区)は、国が「鉱業法」に基づいて設定している。この鉱業権は土地所有権からも独立しており、たとえ自分の土地であっても勝手に採掘を行うことはできない。鉱業法は、国内における資源開発の制度的基盤となる法律である。

平成24年1月21日付で、鉱業法の一部を改正する等の法律(平成23年法律第84号)が施行された。それに伴い、鉱業法の新たな運用が行われている。主な改正点を以下に記す。

(i) 鉱業権の設定等に係る許可基準の追加について

適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう、鉱業権の設定等における許可基準に、技術的能力及び経理的基礎を有する者であることや、鉱業権の設定を受けようとする者が実施する鉱業が公共の利益の増進に支障を及ぼすおそれがないこと等が追加された。それに伴い、鉱業権の出願の際に提出する資料についても追加された。

【関係法令規定】

- 鉱業法 第21条、第29条
- 鉱業法施行規則 第4条

(ii) 鉱業出願人の地位の承継について

旧鉱業法においては、鉱業出願人に変更が生じた場合鉱業出願人の名義の変更(旧鉱業法第41条、第42条)の手続きを行うこととされていたが、適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう鉱業出願人の名義の変更の制度を廃止し、新たに鉱業出願人の地位の承継の制度を定め、地位の承継を受けようとする者はその承継に係る鉱業出願をしなければならないとした。

【関係法令規定】

- 鉱業法 (第21条、第29条、) 第35条、第36条
- 鉱業法施行規則 (第4条、) 第8条、第9条、第10条

(iii) 鉱業権の設定等に係る新たな手続制度の創設(特定区域制度)について

国民経済上特に重要であり、その安定的な供給の確保が特に必要な特定鉱物(石

油・天然ガス等) について、現行の先願主義に基づく出願手続を見直し、適正な管理の下で最も適切な主体が鉱業権の設定の許可を受ける手続制度が創設された。

具体的な手続イメージ

- ・ 国による鉱区候補地（特定区域）の指定及び開発事業者の募集
- ・ 申請者について、許可の基準に適合しているかを審査
- ・ 適合している者の中から特定鉱物の合理的開発その他の公共の利益の増進の見地から定める評価の基準に従い最も適切な者を選定
- ・ 選定された事業者に対して鉱業権の設定を許可

【関係法令規定】

- 鉱業法 第 6 条の 2、第 3 8 条、第 3 9 条、第 4 0 条、第 4 1 条
- 鉱業法第 6 条の 2 の鉱物を定める政令
- 鉱業法施行規則 第 2 2 条～第 2 2 条の 6

(iv) 鉱業権の移転について

鉱業権の設定等に係る許可基準が新設されたことに伴い、適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう、鉱業権の移転をしようとするときは、当該鉱業権の移転を受けようとする者は、許可を受けなければならない。

【関係法令規定】

- 鉱業法 第 5 1 条の 2
- 鉱業法施行規則 第 1 4 条の 2

(v) 鉱業権の相続その他の一般承継について

鉱業権の設定等に係る許可基準が新設されたことに伴い、適切な主体により合理的な資源開発が行われるよう、相続その他の一般承継によって鉱業権を取得した者は、取得の日から 3 月以内にその旨を届け出て、基準に適合しない場合は経済産業省令で定める期間内に当該鉱業権を譲渡する必要がある。

【関係法令規定】

- 鉱業法 第 5 1 条の 3
- 鉱業法施行規則 第 1 4 条の 3、第 1 4 条の 4

(vi) 未着手鉱区等の取扱いについて

鉱業権を取得したものの、鉱業法第 6 2 条第 2 項又は第 3 項の規定に基づき事業着手の延期や事業の休止を申請し、実態として事業が行われていない鉱区について、今後、鉱業権を有効に活用し資源開発を進めるために、複数保有する鉱区を計画的に操業するため等やむを得ない場合を除き、厳格に運用されることになった。それに伴い、「経済事情の変動により採算がとれないことが明らかであるとき」を事由としての事業着手延期又は事業休止は認められない。

【関係法令規定】

- 鉱業法 第 6 2 条
- 鉱業法施行規則 第 2 6 条の 2

(vii) 現に事業着手の延期や事業の休止の認可を受けている者への通知の廃止について

従来、通達（昭和61年4月18日資庁第5783号）に基づき、鉱業法第62条第2項の規定による着業延期の認可又は同条第3項の規定による休業の認可を受けている鉱業権者に対して、当該認可期間の満了後、引き続き事業の着手を延期し又は事業を休止しようとするときは、現に認可を受けている期間内に期間の延長申請の手続きを取らなければならない旨の文書の送付を行っていたが、今回の改正に伴う運用通達の見直しを行った結果、当該制度については廃止することとなった。

【関係法令規定】

○鉱業法 第62条

(viii) 鉱物の探査に係る許可制度の創設

鉱物の探査（鉱物資源の開発に必要な地質構造等の調査のうち鉱物の掘採を伴わないものであって、一定の区域を占有して行うもの）を行う場合、事前の許可が必要となる。

また、国が鉱物の存在状況を把握するため必要があると認めるときは、探査の結果の報告を求める場合がある。

【関係法令規定】

○鉱業法 第100条の2～第100条の11

○鉱業法施行規則 第44条の2～第44条の14

(ix) 関係手数料の改正

今回の法改正にあわせ、鉱業法関係手数料が改正された。

【関係法令規定】

○鉱業法関係手数料令

③. 鉱区申請状況

現時点での申請状況を確認するため、沖縄総合事務局にて聞き取り調査を行った。平成26年11月14日の時点において複数の申請状況があることは確認できた。「誰が」「どの鉱区を」申請しているかについてなど詳細事項は、情報の開示義務が無いため確認できなかった。なお、鉱業法改正により申請及び審査、許可については総合事務局等地方行政ではなく、経済産業省にて窓口を統一しているとのことであった。

また尖閣諸島周辺での鉱業権を申請し、「先願権」を持つ「うるま市資源探査株式会社」（本社東京1973年11月設立、大株主が双日（株）[持分72.2%]コスモ石油株式会社[21.9%]、アラビア石油会社（株）[5.2%]、株式会社大阪ガス株式会社[0.5%]）があるが、現在、日中関係への配慮等から、試掘権の許可は出していない。

(3) 鉱区税、鉱産税

①. 沖縄県における鉱区税の概要

沖縄県では条例により鉱区税を規定している。

○沖縄県税条例 昭和 47 年 5 月 15 日条例第 59 号

第 147 条 鉱区税は、鉱区（日本国と大韓民国との間の両国に隣接する大陸棚の南部の共同開発に関する協定の実施に伴う石油及び可燃性天然ガス資源の開発に関する特別措置法（昭和 53 年法律第 81 号。以下この条において「特別措置法」という。）第 49 条第 1 項において法第 178 条の鉱区とみなされる共同開発鉱区を含む。次条第 1 項第 1 号及び同条第 2 項を除き、以下この節において同じ。）に対し、面積（共同開発鉱区にあつては、共同開発鉱区的面積に特別措置法第 49 条第 2 項の規定により総務大臣が定める率を乗じて得た面積）を課税標準として、その鉱業権者（特別措置法第 49 条第 1 項において法第 178 条の鉱業権者とみなされる特定鉱業権者並びに鉱業法（昭和 25 年法律第 289 号）第 20 条の規定により試掘権が存続するものとみなされる期間において試掘することができる者及び特別措置法第 11 条の規定により採掘権が存続するものとみなされる期間において採掘することができる者を含む。）に課する。

（鉱区税の税率）

第 148 条 鉱区税の税率は、次の各号に掲げる鉱区について、それぞれ当該各号に定める額とする。

(1) 砂鉱を目的としない鉱業権の鉱区

試掘鉱区 面積 100 アールごとに 年額 200 円

採掘鉱区 面積 100 アールごとに 年額 400 円

(2) 砂鉱を目的とする鉱業権の鉱区

面積 100 アールごとに 年額 200 円

(3) 共同開発鉱区

探査権の共同開発鉱区

面積 100 アールごとに 年額 22 円

採掘権の共同開発鉱区

面積 100 アールごとに 年額 133 円

2 石油又は可燃性天然ガスを目的とする鉱業権の鉱区についての鉱区税の税率は、前項の規定にかかわらず、同項第 1 号に規定する税率の 3 分の 2 とする。

また、平成 25 年度の沖縄県における鉱区税は 9,506 千円となっている。

区 分	列番号	行番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) 調 定 額 (千円)
			総 鉱 区		か の うち 非 課 税 鉱 区		課 税 対 象 鉱 区		
			件 数	面 積 又 は 延 長 (千㎡)	件 数	面 積 又 は 延 長 (千㎡)	件 数	面 積 又 は 延 長 (千㎡)	
試 掘 鉱 区 採 掘 鉱 区 採 掘 標 準 以 下 の 鉱 区	石油又は天然ガス鉱区以外	0:1:0	15	4,135	7	2,287	18	3,469	634
	石油又は天然ガス鉱区	0:2:0	39	10,650	34	9,810	124	39,734	2,245
	石油又は天然ガス鉱区以外	0:3:0	385	23,504	48	7,576	362	16,971	6,410
	石油又は天然ガス鉱区	0:4:0	13	2,054	6	1,244	7	814	217
予 算 外 的 採 掘 区 画 種 別 の 試 掘 区 画	法第180条第1項第2号に規定する鉱区	0:5:0							
	法附則第13条の規定の適用を受ける鉱区	0:6:0							
合 計	0:7:0	452		95		511		9,506	

資料：沖縄県総務部税務課「平成 25 年度 沖縄県税務統計書」

②. 鉱産税の概要

鉱産税は、鉱業法第3条に規定する鉱物（各種鉱物、天然ガス、石油等）の掘採事業（鉱業者）に対して課税される、「地方税のうちの市町村民税」のことで、採掘した鉱物の価格を課税標準として税額を計算し、各市町村に納付する。

税率は鉱物の価格に対して決定し、標準税率 1%で市町村ごとに 200 万円以下の場合には、標準税率 0.7%である。

また、平成 24 年度の沖縄県内市町村合計の鉱産税は 30,847 千円である

(単位：千円、%)

区 分	平成22年度			平成23年度			平成24年度		
	調定額	構成比	対前年度	調定額	構成比	対前年度	調定額	構成比	対前年度
1 市町村民税	54,911,572	39.1	1.0	53,576,033	37.4	△ 2.4	56,607,565	39.2	5.7
2 固定資産税	72,753,771	51.8	3.4	75,229,725	52.6	3.4	73,561,947	50.9	△ 2.2
3 軽自動車税	3,195,478	2.3	4.7	3,309,697	2.3	3.6	3,410,258	2.4	3.0
4 市町村たばこ税	8,705,892	6.2	4.1	10,070,231	7.0	15.7	9,916,168	6.9	△ 1.5
5 鉱産税	33,226	0.0	△ 6.3	31,990	0.0	△ 3.7	30,847	0.0	△ 3.6
6 特別土地保有税	0	0.0	-	0	0.0	-	0	0.0	-
7 入湯税	55,320	0.0	2.0	52,215	0.0	△ 5.6	61,410	0.0	17.6
8 事業所税	812,714	0.6	5.7	831,005	0.6	2.3	835,218	0.6	0.5
9 法定外目的税	6,346	0.0	△ 5.3	15,029	0.0	136.8	15,541	0.0	3.4
合 計	140,474,319	100.0	2.5	143,115,925	100.0	1.9	144,438,954	100.0	0.9

資料：沖縄県企画部市町村課「平成 24 年度 市町村税の概要」

③. 新潟県佐渡南西沖における試掘調査

本事業は、経済産業省資源エネルギー庁から国内石油天然ガス基礎調査事業として、委託を受けたJXホールディングス傘下のJX日鉱当社が受託した。

試掘では、石油・天然ガスの試掘としては日本周辺海域では初めてで、地球深部探査船「ちきゅう」を使い水深約1,130メートルの大水深において、海底面下約1,950メートルまで掘削を行った。

当該区域は、JX日鉱日石開発が鉱業権を保有しており、今回の試掘には県の税金となる鉱区税を同社が支払った。実際に採掘が始まれば今度は作業場が所在する市町村に鉱産税が入ることとなる。

(出典：マイナビニュース 2013年4月16日(火)配信)

図 3-4-5 基礎試錐の試掘地点
基礎試錐「上越海丘」の試掘地点



(4) 沖縄県沖の海域について

①. 東シナ海における資源開発に関する我が国の法的立場

東シナ海における資源開発に関する我が国の法的立場は平成18年11月の外務省発表では以下のようにになっている。

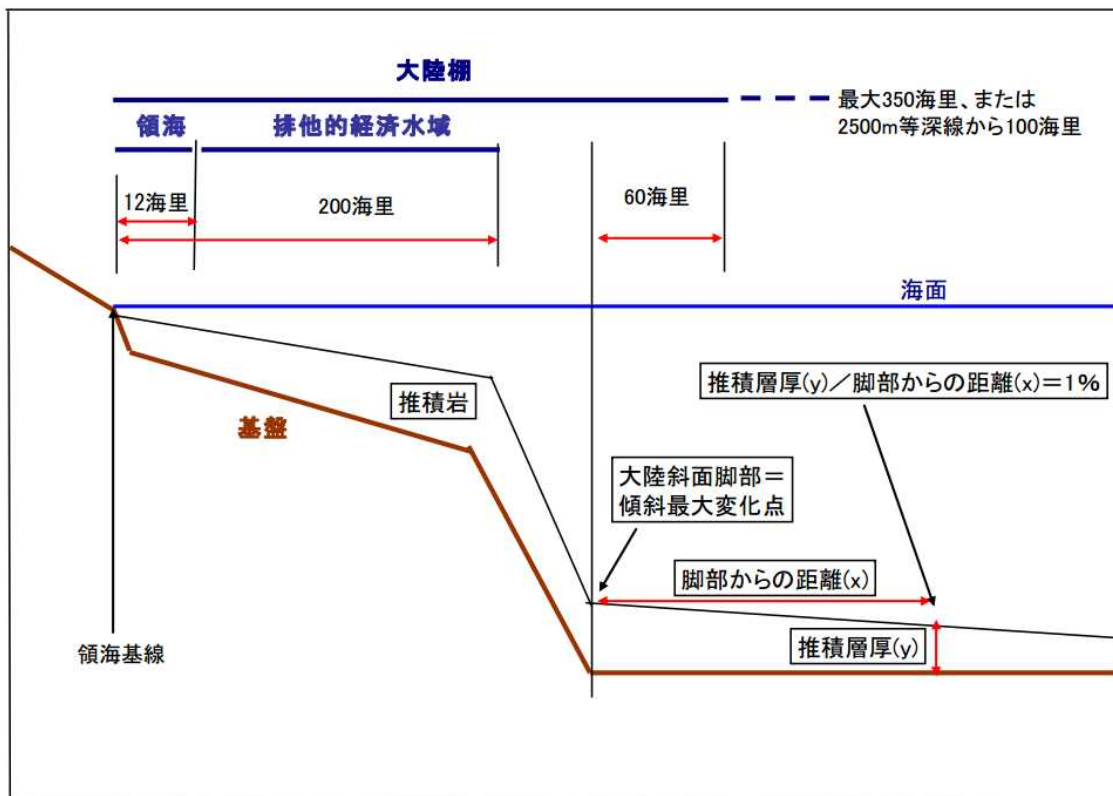
1. 日中双方は、国連海洋法条約の関連規定に基づき、領海基線から200海里までの排他的経済水域及び大陸棚の権原を有している。東シナ海をはさんで向かい合っている日中それぞれの領海基線間の距離は400海里未満であるので、双方の200海里までの排他的経済水域及び大陸棚が重なり合う部分について、日中間の合意により境界を画定する必要がある。国連海洋法条約の関連規定及び国際判例に照らせば、このような水域において境界を画定するに当たっては、中間線を基に境界を画定することが衡平な解決となるとされている。

2. (1) これに対し、中国側は、東シナ海における境界画定について、大陸棚の自然延長、大陸と島の対比などの東シナ海の特性を踏まえて行うべきであるとしており、中間線による境界画定は認められないとした上で、中国側が想定する具体的な境界線を示すことなく、大陸棚について沖縄トラフまで自然延長している旨主張している。

(2) 他方、自然延長論は、1960年代に、隣り合う国の大陸棚の境界画定に関する判例で用いられる等、過去の国際法においてとられていた考え方である。1982年に採択された国連海洋法条約の関連規定とその後の国際判例に基づけば、向かい合う国同士間の距離が400海里未満の水域において境界を画定するに当たっては、自然延長論が認められる余地はなく、また、沖縄トラフ（海底の溝）のような海底地形に法的な意味はない。したがって、大陸棚を沖縄トラフまで主張できるとの考えは、現在の国際法に照らせば根拠に欠ける。

3. このような前提に立ってこれまで、我が国は、境界が未画定の海域では少なくとも中間線から日本側の水域において我が国が主権的権利及び管轄権を行使できることは当然との立場をとってきた。これは中間線以遠の権原を放棄したということでは全くなく、あくまでも境界が画定されるまでの間はとりあえず中間線までの水域で主権的権利及び管轄権を行使するということである。したがって、東シナ海における日中間の境界画定がなされておらず、かつ、中国側が我が国の中間線にかかる主張を一切認めていない状況では、我が国が我が国の領海基線から200海里までの排他的経済水域及び大陸棚の権原を有しているとの事実は何ら変わりはない。

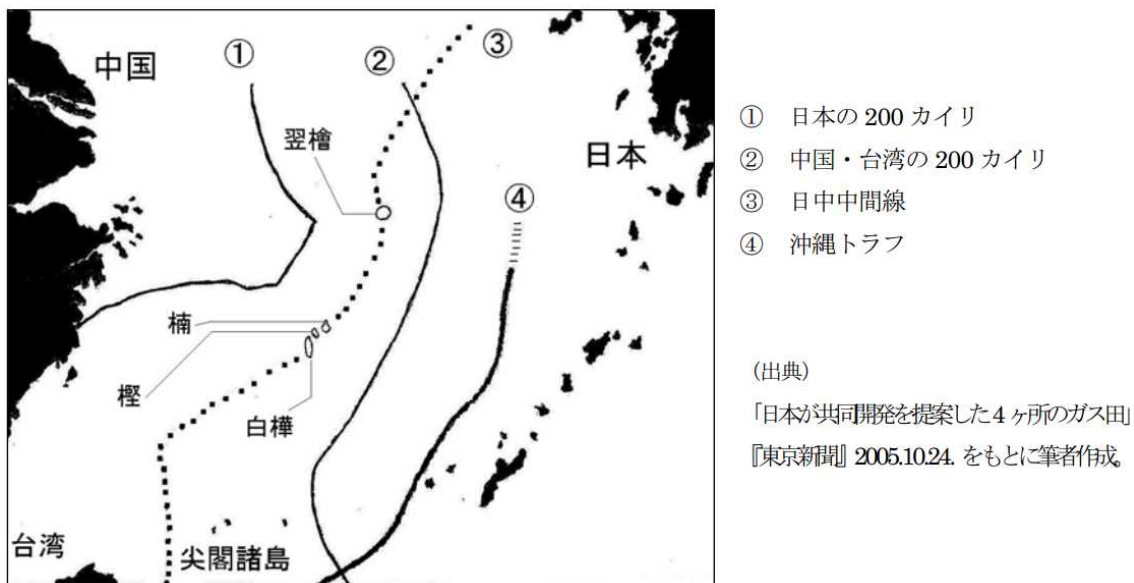
図 3-4-6 UNCLOS 第 76 条による大陸棚の定義⁴⁹



出典：海上保安庁

⁴⁹ みずほレポート「海洋資源開発を巡る展望と諸問題」2008年11月20日 p.11 参照

図 3-4-7 東シナ海ガス田周辺概略図⁵⁰



②. 日韓大陸棚協定の概要

・ 協定の内容

「日本国と大韓民国との間の両国に隣接する大陸棚の北部の境界画定に関する協定」（以下北部協定という）と「日本国と大韓民国との間の両国に隣接する大陸棚の南部の共同開発に関する協定」（以下南部協定という）を合わせて日韓大陸棚協定と通称する。

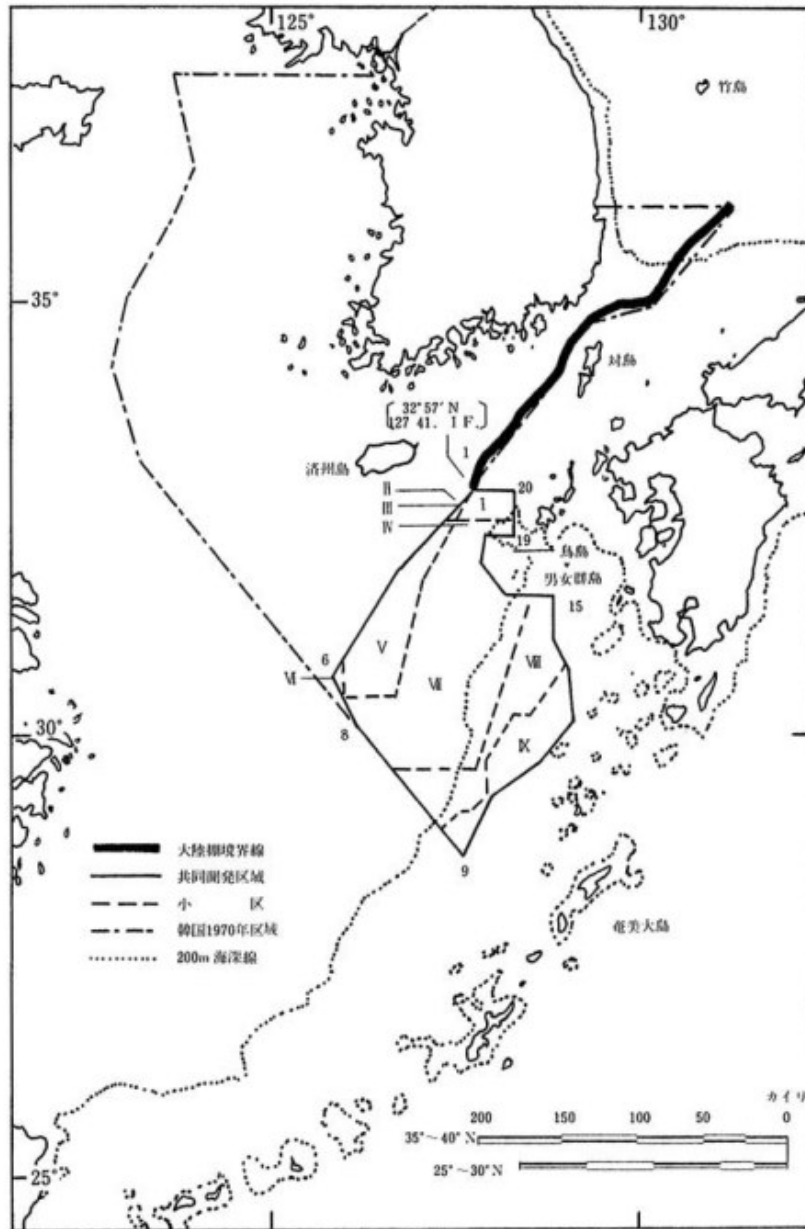
1974年1月30日ソウルで署名、1978年6月22日発効

・ 国内法

「日本国と大韓民国との間の両国に隣接する大陸棚の南部の共同開発に関する協定の実施に伴う石油および可燃性天然ガス資源の開発に関する特別措置法」1978年（昭和53年）成立し、批准書の交換、特別措置法の施行

⁵⁰ 国立国会図書館外交防衛課 2006年7月 「東シナ海における日中境界画定問題—国際法から見たガス田開発問題—」参照

図 日韓大陸棚協定による大陸棚境界線及び共同開発区域
 (小田滋：日韓大陸棚協定の締結，ジュリスト559号による)



出展：JOGMEC：<http://oilgas-info.jogmec.go.jp/dicsearch.pl>

(5) 海底熱水鉱床採掘エリアの環境アセスメント

現在、海底熱水鉱床の採掘については、国内の環境影響評価法・沖縄県環境影響評価条例の対象事業となっていない。

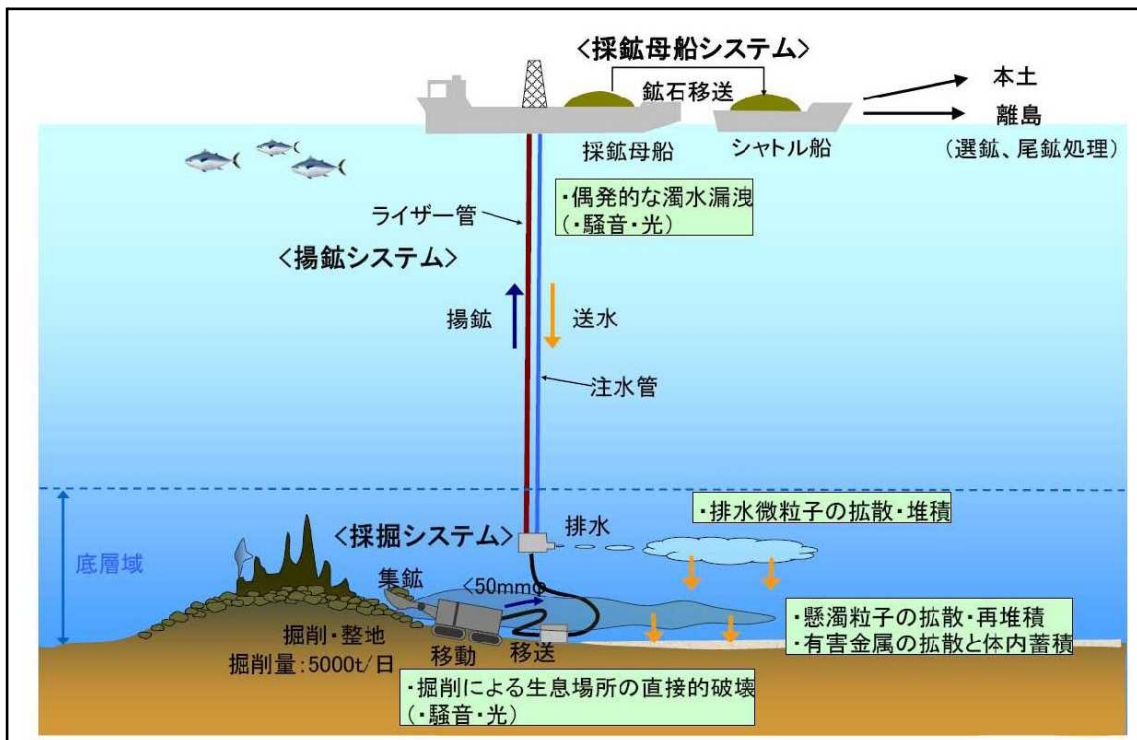
しかし、海洋基本法第二条においても「開発及び利用と海洋環境の保全との調和」として、海洋の生物の多様性が確保、その他の良好な海洋環境が保全を図りつつ海洋の持続的な開発及び利用を可能とするとされている。

また、環境省においても、現行の環境影響評価法では対象となっていないが、将来的に実施される可能性がある事業で規模が大きく環境影響の程度が著しくなるおそれがあるもののひとつとして、海底の地形等の改変を伴う事業、海底鉱物資源開発等（熱水鉱床等）をあげ、平成23年度環境影響評価技術手法（大規模施設等解体事業及び海底改変事業）調査業務で環境影響やその調査・予測・評価の考え方及び手法について検討している。

以下に同調査からの抜粋を記述する。

①. 事業により想定される環境要素と影響要因

海底熱水鉱床開発計画では、熱水鉱床開発事業の実施による環境影響評価についても検討している。「海底熱水鉱床開発計画にかかる第1期中間評価報告書(平成23年3月、経済産業省資源エネルギー庁、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、海底熱水鉱床開発委員会)」でまとめられている環境影響の模式図は下図のとおりであり、特に懸念される環境影響として考えられるものとして、(i) 採掘による懸濁粒子の拡散・再堆積の影響、(ii) 揚鉱排水の拡散の影響、(iii) 熱水域及び非熱水域を含む生態系への影響、を挙げている。



②. 事業により想定される環境要素と影響要因

海底鉱物資源開発等の事業の実施に関する環境影響評価の観点から将来のシナリオ(案) は下表のとおりとなる。

<p><事業実施見通し></p> <ul style="list-style-type: none"> 平成 30 年以降に、沖縄海域及び伊豆・小笠原海域での事業が想定される。ただし、「海底熱水鉱床開発計画」での経済性評価・商用化検討での十分な成果が前提となる。 	
<p><想定される環境影響の内容と程度></p>	
項目	環境影響の程度
騒音	<p>【機械の稼働（採掘、揚鉱処理）】 海底熱水鉱床付近に生息する底生生物への騒音（水中音圧）及び振動の影響は不明である。</p>
振動	
水質（水の濁り、水の汚れ、水温、溶存酸素、水素イオン濃度、有害物質等） 底質（底質に係わる項目（COD、硫化物）、有害物質）	<p>【機械の稼働（採掘、揚鉱処理）】 海底熱水鉱床での採掘に伴う水質・底質の変化についての知見はほとんど無いため、影響の程度は不明である。</p>
重要な地形及び地質	<p>【機械の稼働（採掘、揚鉱処理）】 海底熱水鉱床が存在する海山等の海底を直接改変し、また大量の採掘が想定されることから、海底地形を大きく変化される可能性がある。</p>
動物（重要な種及び注目すべき生息地） 植物（重要な種及び重要な群落） 生態系	<p>【機械の稼働（採掘、揚鉱処理）】 注目すべき生息地を直接改変する事業であるため、当該地域の動植物・生態系に大きな影響を与える可能性がある。</p>
人と自然との触れ合いの活動の場	<p>【その他（鉱石の移動等）】 海面を専有することによる一般的な影響であり、影響範囲は小さいと考えられる。</p>
環境への負荷（廃棄物等）	<p>【その他（鉱石の移動等）】 船上での選鉱工程によっては、大量の鉱さいが発生することが想定される。</p>
環境への負荷（温室効果ガス等）	<p>【機械の稼働、その他（鉱石の移動）】 機械や船舶の稼働に伴う一般的な影響であり、影響範囲は小さいと考えられる。</p>
<p><環境影響の及ぶ可能性のある地域></p> <ul style="list-style-type: none"> 採掘の対象となる熱水鉱床を含む海底及びその周辺海域 	
<p><事業実施時の環境配慮の内容・合意形成手続き></p> <ul style="list-style-type: none"> 生態系への影響が少ない採掘場所の選定する （事業による沿岸域への影響伝播シナリオの作成 （海底資源の採掘に関する国際的な取り決め・ガイドラインの作成 	

4.6. 今後の課題

(1) 海底熱水鉱床の鉱業権と鉱区税、鉱産税

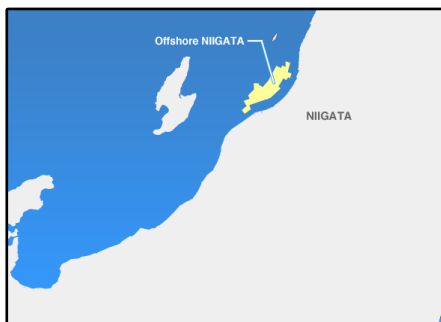
①. 鉱業権

鉱業権は採掘権と試掘権から成り、沖縄県沖の熱水鉱床における鉱業権については、試掘の段階から設定が必要となる。現在、探査については国主導で行っていることから、試掘から国が候補地（特定区域）を指定し、開発事業者を募集し、審査し適合する事業者に対し、鉱業権を許可することとなると想定される。

また、現在、石油、天然ガス、その他国民経済上重要な鉱物であってその合理的な開発が特に必要な鉱物を特定鉱物として定め、これら特定鉱物については先願主義によらず、国が自ら資源の維持管理を行い、最も適切な開発主体を審査・選定し、鉱業権を付与する制度となっている。海底熱水鉱床から産出が想定される亜鉛、銅、コバルト、鉛、金、銀等は特定鉱物として指定されている⁵¹。

法定鉱物と国民生活上重要な特定鉱物	
	鉱物の名目
鉱業法の対象鉱物 (41鉱物)	金鉱、銀鉱、銅鉱、鉛鉱、亜鉛鉱、鉄鉱、マンガン鉱、タングステン鉱、モリブデン鉱、コバルト鉱、ウラン鉱、トリウム鉱、重晶石、石油、天然ガス、石英、石膏、天然大理石、石灰石、ドロマイト、けい石、黒石、ろう石、沸石、耐火粘土、砂
特定鉱物 (22鉱物)	<ul style="list-style-type: none"> 石油、可燃性天然ガス 海底又はその下に存在する熱水鉱床をなす金、銀、銅、鉛、亜鉛、鉄、マンガン、タングステン、モリブデン、コバルト、ウラン、トリウム、重晶石 海底又はその下に存在する地層鉱床をなす銅、鉛、亜鉛、鉄、マンガン、タングステン、モリブデン、コバルト アスファルト

さらに、海底熱水鉱床は日本の排他的経済水域に分布しているが、国連海洋条例（資源探査 第56条排他的経済水域における沿岸国の権利、管轄権及び義務）、鉱業法施行規則第44条において排他的経済水域の資源探査を行うことができる、等の規定を勘案すると、鉱業権設定の可能性を有していると考えられる。



出光オイルアンドガス開発(株)の鉱区
(新潟沖油田ガス)

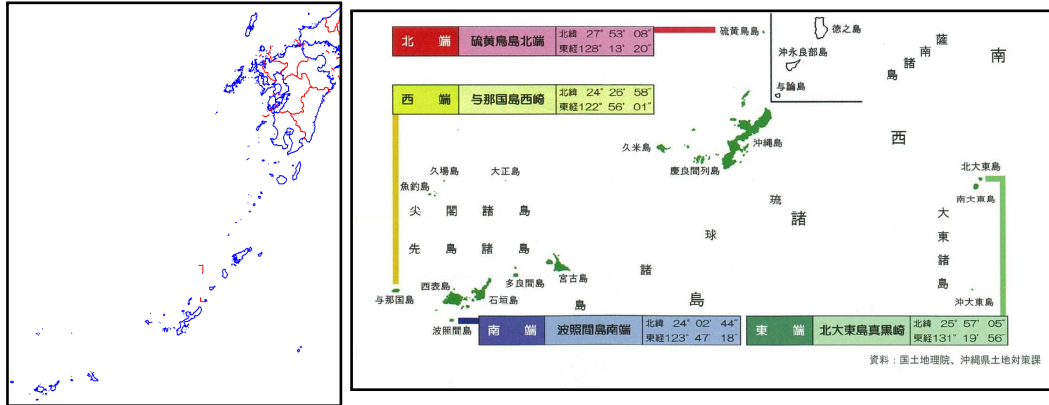


J X 日鉱日石開発(株)の鉱区
(南九州油田ガス)

⁵¹ 九州経済産業局ウェブサイト「1. 鉱物資源と鉱業権」参照
(<http://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/shigen/kougyou/kaihatu/kenri.html>)

②. 鉱区税、鉱産税

鉱業権により設定された鉱区に対し、沖縄県、沿岸市町村として鉱区税、鉱産税を徴収するためには、海域の県境界設定、確定する必要であるので、関係省庁等の協議等が生じる。



(2) 海底熱水鉱床採掘エリアの環境アセスメント

前述のとおり、海底熱水鉱床の試掘、採掘は、現在、環境影響評価法等の対象となっていないが、海洋基本法等を鑑みても将来的に環境アセスメントが実施される事業となると想定できる。

現在、探査においても JOGMEC 等において、沖縄海域伊是名海穴、伊豆・小笠原海域ベヨネーズ海丘及びその周辺海域において、環境調査を実施し、当該海域の環境特性の把握につとめている。

今後、熱水鉱床の試掘、採掘にあたっては、調査・予測・評価や環境保全措置に関わる技術手法について開発・改良を進め、事業を適切に評価し、情報公開を行う必要がある。

(3) 漁業者との調整

現在、海底熱水鉱床での探査においても、宮崎県、鹿児島県等の漁船による延縄漁が行われており、実施に際しては関係漁業協同組合等との調査を行っている。

今後、試掘、採掘は通年的に実施されると想定されることから、関係漁業団体等との事前の調整、情報提供等が必要となる。

(4) 海底熱水鉱床の掘削を行う企業立地

海底資源ビジネスは多大の投資と時間が必要となることから、沖縄にて掘削事業を行う企業の立地（誘致）に向けたファンドの設立、研究教育機関からの人材の提供等積極的な取り組みが必要となる。

4.7. 沖縄の可能性

- ・ 海底熱水鉱床を想定した採鉱事業は、事業開始までに莫大な金額の設備投資が伴う事業であると共に、海底面の深深度における環境で採鉱作業を行う、世界的に事例が少なく難易度の高い技術領域と向き合う事業となると想定できる。
- ・ 海外企業や、国内企業が調和を保ちつつ、開発事業の検討を進める事が必要と思われる。その際には、資源が存在する海域と地理的に距離が近く、温暖な気候にあり、更に国際的に多様性ある本県は、採鉱の事業拠点となる可能性を持つと思われる。

5. 選鉱

以下に「選鉱」について記述する。

5.1. 先行事例

かつて我が国においても鉱山開発が行われており「選鉱」を行う事業も行っていた。しかしながら、多くの鉱山は閉山され「選鉱」を行う事業は国内には存在しない。現在、国内では選鉱処理した精鉱を海外から輸入し製錬している。ここでは国内企業（DOW Aメタルマイン社）が海外で選鉱している事例を参考とする。

(1) 会社概要

- ・ 企業名 DOW Aメタルマイン（株）
- ・ 所在地 東京都
- ・ 資本金 10億円（DOWホールディングス株式会社100%）
- ・ 事業概要 子会社：小坂製錬（株）、秋田製錬（株）、出資先：小名浜製錬（株）に向けた亜鉛原料の供給

(2) 開発対象

- ・ 場所 メキシコ中央部 ティサパ鉱山
- ・ 鉱床品位 銀・亜鉛・鉛・銅を含む複雑硫化鉱の鉱石
- ・ 推定埋蔵鉱量 1,000万トンの大型鉱山
- ・ 沿革
1992年5月 Minera Tizapa 社設立
1994年11月 商業生産開始（20,000t/月）。
1997年12月 銅精鉱生産開始。
1998年4月 40,000t/月に増産。
2000年 45,000t/月に増産。
2002年 累計生産300万t達成。
2006年 累計生産500万t達成。
2008年 増産工事開始。
2011年 累計生産800万t達成。生産能力800,000t/年に拡張。
- ・ 組織体制
従業員：70名（22%）
作業員：230名（78%）
計：300名

図 3-5-1 鉱山のイメージ



(3) 現状と課題

- ・ 環境問題
- ・ エネルギー確保
- ・ 新たな技術開発

資源・製錬分野における技術・設備面での競争力強化のため、研究開発部門に「資源・製錬開発センター」を新設、拠点となる研究棟を建設。
ニッケル年産 15 万トン体制にむけて、既存の製造プロセスの効率化を図るとともに、新プロセスの研究開発を推進している。
- ・ 資源・製錬分野における技術・設備面での競争力強化のため、研究開発部門に「資源・製錬開発センター」を新設、拠点となる研究棟を建設。
- ・ 資源・製錬開発センターの研究棟の建設場所は愛媛県新居浜市(現ニッケル工場敷地内)である。建築面積は 1110 平方メートル、延床面積は 1620 平方メートル。投資総額は約 10 億円である。

5.2. 沖縄地域への経済的波及効果の概略

沖縄に選鉱企業が立地したと想定し経済への波及効果の概略を検討する。

(1) 雇用増

- ・ ティサパ鉱山を参考に採鉱等に係る従業員・作業員は 300 人。
- ・ このうち 80%を沖縄地域の人材だと想定すると雇用増 240 人が見込まれる

(2) 関連産業への波及効果

- ・ 設備機器のメンテナンス事業
- ・ エネルギー供給事業

(3) 税収

企業からの税収を想定すると以下の通りとなる。

- ・ 法人税
- ・ 法人住民税
- ・ 事業税
- ・ 消費税・地方消費税
- ・ 固定資産税
- ・ 償却資産税

5.3. 沖縄の可能性

- ・ 掘削現場から近い沖縄本島にて選鉱することがコスト的には有利であるが、選鉱により排出される尾鉱（びこう）やヒ素等の有害物質の処理が大きな課題となる。
- ・ 施設設備の整備コスト、環境アセスメント、官庁の許諾等も大きな課題である。
- ・ 従って、本格的な選鉱事業は、県外で過去実働していた選鉱場跡地が有望と考えられる。
- ・ 他方、選鉱（製錬）に関する研究開発を行うセンター等の設置は可能性を有していると考えられる。

6. 製錬

6.1. 先行事例①

先行事例①として、DOWA グループの製錬施設である小坂製錬(株)の視察を行った。

(1) 会社概要

- ・ 企業名 小坂製錬 株式会社
- ・ 所在地 秋田県鹿角郡小坂町
- ・ 創業年 1884年9月（明治17年） 藤田組として創業
- ・ 資本金 47億円（DOWA グループ 100%出資）
- ・ 社員数 社員約300名+協力会社約100名
（小坂地区グループ会社約700名）
- ・ 事業概要 非鉄金属製錬（原料受託製錬）
リサイクル原料・製錬系2次原料等約10万t/年の原料を処理
- ・ 配置図 関連会社も含んだ、小坂地区の配置図を以下に示す。

図 3-6-1 小坂地区配置図



(2) 事業内容

①. 製錬内容

小坂製錬施設は、藤田組が明治政府から小坂製錬の払い下げを受け、溶鉱炉を用いた黒鉱の自溶製錬の操業を行ったことが始まりである。

現在は、鉱山事業にて培った複雑硫化鉱の製錬技術をベースに、平成 19 年にお TSL 炉を竣工させ、複合リサイクル製錬を行っている。

小坂製錬所は銅製錬所と鉛製錬所に該当し、全体としては 20 種類もの有価金属を製品化できる。

既に製品化している金属と、製品化の検討を進めている金属を以下に示す。

金、銀、銅、鉛、ビスマス、セレン、テルル、インジウム、ガリウム、ゲルマニウム、アンチモン、ルテニウム、プラチナ、ロジウム、パラジウム、亜鉛、カドミウム、石膏、錫、ニッケル

②. 複合リサイクル製錬

鉱山事業時代に培われた湿式処理工場と、新しい TSL 炉を組み合わせ、複合リサイクル製錬を行っている。

図 3-6-2 複合サイクル製錬フロー

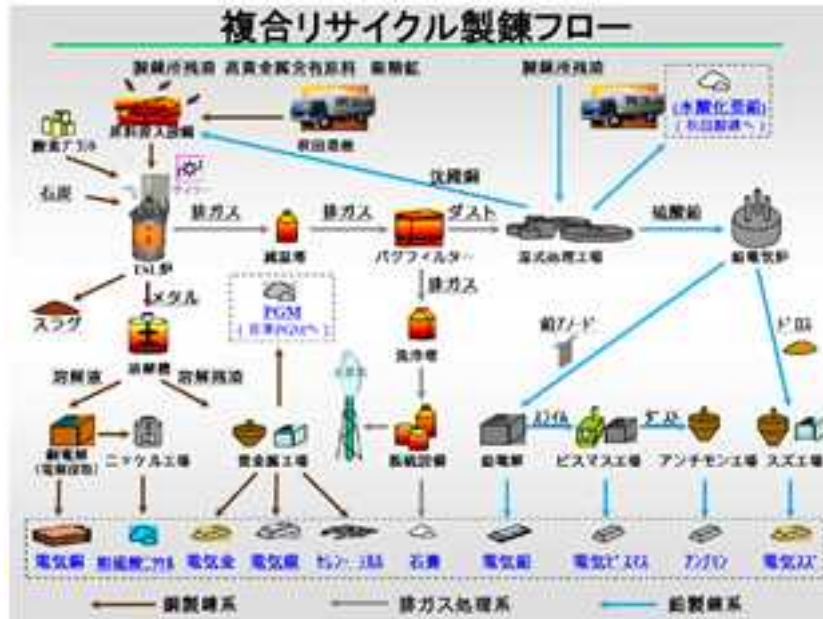


図 3-6-3 リサイクル原料対応製錬炉

③. リサイクル原料対応 製錬炉 (TSL 炉)

リサイクル原料に対応する為の製錬炉として、TSL 炉を保有している。TSL 炉は、Top Submerged Lance 炉の略称である。

投資総額は、約 120 億円であった。

TSL 炉は、小型で広汎な反応に対応できる溶融炉であり、処理対象品は、電子基板、金銀滓、スクラップ、貴金属を含む残渣などのリサイクル原料や銀を含む鉱石などである。



図 3-6-4 TSL 炉の原料

④. TSL 炉の原料

TSL 炉の多種多様な原料を以下に示す。

- 銀精鉱、○亜鉛製錬所残渣、○排水スラッジ、○リードフレーム、○パソコン基板、○携帯電話、○TV 基盤、○酸化銀電池、○溶融炉メタル、など



⑤. リサイクル製錬の原料搬入元

小坂製錬でリサイクル製錬されている原料は、国内はもとより以下に示す海外からも搬入し、各種有価金属を製品化している。

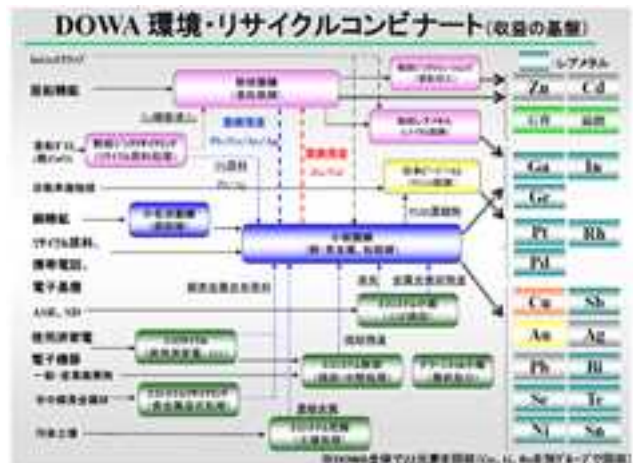
- 上海 ○蘇州 ○シンガポール ○バンクーバー ○ロサンゼルス ○ニューヨーク ○ニュージャージー

⑥. DOWA リサイクルコンビナート

工業製品は原料ソースにさまざまな物理的・化学的処理を施して生産される。マテリアル・リサイクルはその逆の経路をたどる為、複雑なプロセスで有価物を取り出し、純度を上げている。

DOWA グループは、秋田地区において複数の関連企業で連携し、リサイクルネットワークを作り、各種有価金属を製品化している。

図 3-6-5 リサイクルコンビナート



(3) インフラ

敷地：約 1000ha (10km²)

電力：所内消費電力の約 50%を自家発電

○水力発電所：大湯川水系 6 箇所

○火力発電所：銅溶錬系統へ設置

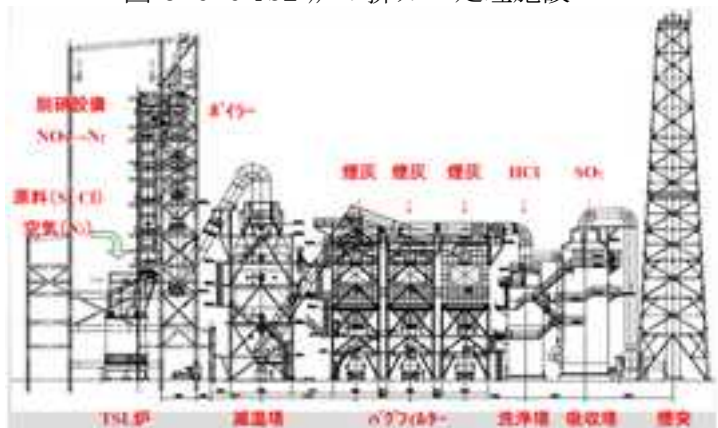
用水：自社取水・浄化設備 (工業用水 飲料水)

(4) 環境保全措置

大気質への環境保全措置としては、「鉱山治安法」鉱煙の排出基準に基づき、煙灰、窒素酸化物、ハロゲン化水素、硫黄酸化物等を取り除いている。

TSL 炉の排ガス処理施設の概要を以下に示す。

図 3-6-6 TSL 炉の排ガス処理施設



水質への環境保全措置としては、各工場から出る排水から重金属を回収し、排水を浄化するとともに製錬の原料をつくっている。

(5) 視察のまとめ

- ・ 小坂製錬(株)での視察結果より考察すると、事業収支的には、「海底資源の製錬」と「リサイクル製錬」との複合的検討が必要であると考えられる。
- ・ 沖縄県において、「リサイクル製錬」と「海底資源製錬」を複合的に検討した場合は、沖縄にて製錬を行える可能性を有すると考えられるが、課題もある為、試験研究からスタートし、段階的に検討していく事が望ましい。
- ・ DOWA グループを含めた、既に「リサイクル製錬技術」を有する企業群と連携することが出来れば、沖縄本島及び周辺離島の都市鉱山を対象の「沖縄型リサイクル製

錬」が実現できる可能性を有しており、将来その技術を活用・応用し、「沖縄海底資源の製錬」を沖縄県内にて実施できる可能性を含んでいると考えられる。

6.2. 先行事例②

先行事例②として先に述べたDOWAメタルマイン（株）が精鋳を提供している秋田製錬（株）を参考とする。

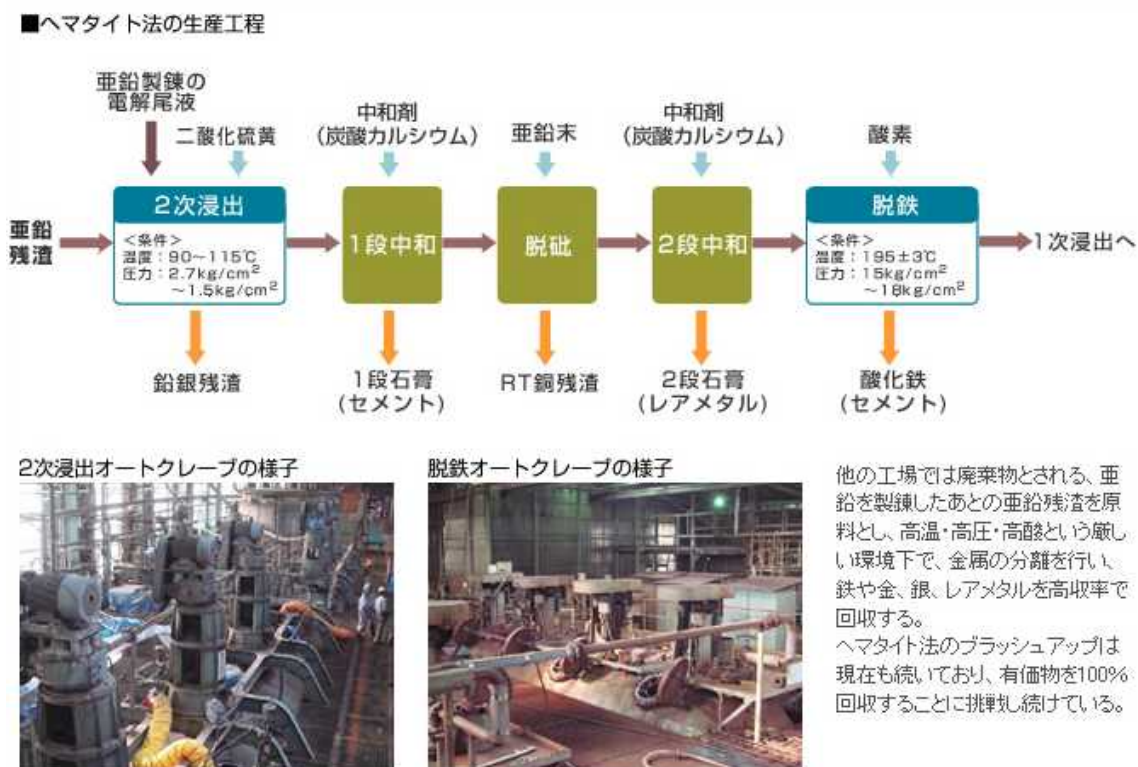
(1) 会社概要

- ・ 企業名 秋田製錬株式会社
- ・ 所在地 秋田県
- ・ 創業年 1971年
- ・ 資本金 50億円
- ・ 社員数 202名
- ・ 事業概要 電気亜鉛を1年間に約20万トン生産。国内生産量の3割を占め、国内最大級、世界でも10位。世界で唯一「ヘマタイト法」を採用、金属の回収率を向上し、環境負荷を抑制。秋田港臨海地区、自然環境面でも物流面でも好適地に立地

(2) 現状と課題

- ・ 環境問題
- ・ エネルギー確保
- ・ 新たな技術開発

図 3-6-7 ヘマタイト法の生産工程⁵²



6.3. 先行事例③

先行事例③としてニッケル製錬所の新設を検討している住友金属鉱山（株）を参考とする。

(1) 会社概要

- ・ 企業名 住友金属鉱山株式会社
- ・ 所在地 東京都
- ・ 創業年 1950年
- ・ 資本金 932億円
- ・ 社員数
- ・ 事業概要

現在、年産6万5000トンのニッケル地金の製錬所（愛媛県新居浜市）ニッケル地金、年5万トン生産する新たな製錬所の建設を進めている。投資額は300億円規模であり、建設場所は海外も視野に入れている。資源・製錬分野における技術・設備面での競争力強化のため、研究開発部門に「資源・製錬開発センター」を新設、拠点となる研究棟を建設。資源・製錬開発センターの研究棟の建設場所は愛媛県新居浜市（現ニッケル工場敷地内）。建築面積は1110平方メートル、延床面積は1620平方メートル。投資総額は約10億円

ニッケル年産15万トン体制にむけて、既存の製造プロセスの効率化を図るとともに、新プロセスの研究開発を推進。

⁵²秋田製錬HPより引用

(2) 現状と課題

- ・ 環境問題
- ・ エネルギー確保
- ・ 新たな技術開発

6.4. 先行事例④

先行事例④として、三菱マテリアル株式会社 直島製錬所の視察を行った。

表 3-6-1 調査時期・場所

調査対象	調査日時	調査場所
三菱マテリアル株式会社 直島製錬所	平成26年10月21日(火) 10:00～17:00	〒761-3110 香川県香川郡直島町 4049-1

(1) 会社概要

- ・ 企業名 三菱マテリアル株式会社 直島製錬所
- ・ 創業 1917年10月 三菱合資会社により三菱の中央製錬所として設立
- ・ 従業員数 400名(2014年3月末現在)、関連取引会社約500名 ※24時間稼働の為、3勤シフト体制で操業。
- ・ 敷地面積： 約181万㎡(東京ドーム約39個分)
- ・ 工場建屋面積： 約10万㎡

(2) 事業内容

原料は海外からの輸入が多く、原料と売値の差額が製錬加工賃となる。

製錬加工賃は安いので円安になれば利益が増える仕組み。

全体で80億円位の収益で今年度は経常利益100億円を目標としている。

銅製錬だけだと赤字傾向なので貴金属事業やリサイクル事業へ活路を見出した。

①. 銅製錬

原料の銅精鉱は三菱連続製銅炉により処理され精製炉を経て純度99.5%の精銅となり、370kgのアノードに鑄造し電解工場に送られる。

銅溶錬工場から生産・排出された原料・有害廃棄物はそれぞれ銅電解工場と硫酸工場に送られ処理される。

銅電解工場からは電気銅、電解スライム、セレン、粗硫酸ニッケルが精製される。電解スライムは直島製錬所内にある貴金属工場へ送られ金、銀、白金等が製錬される。排ガスは硫酸工場へ送られ硫酸、発煙硫酸、石膏などが作られる。

<銅熔錬プロセス>

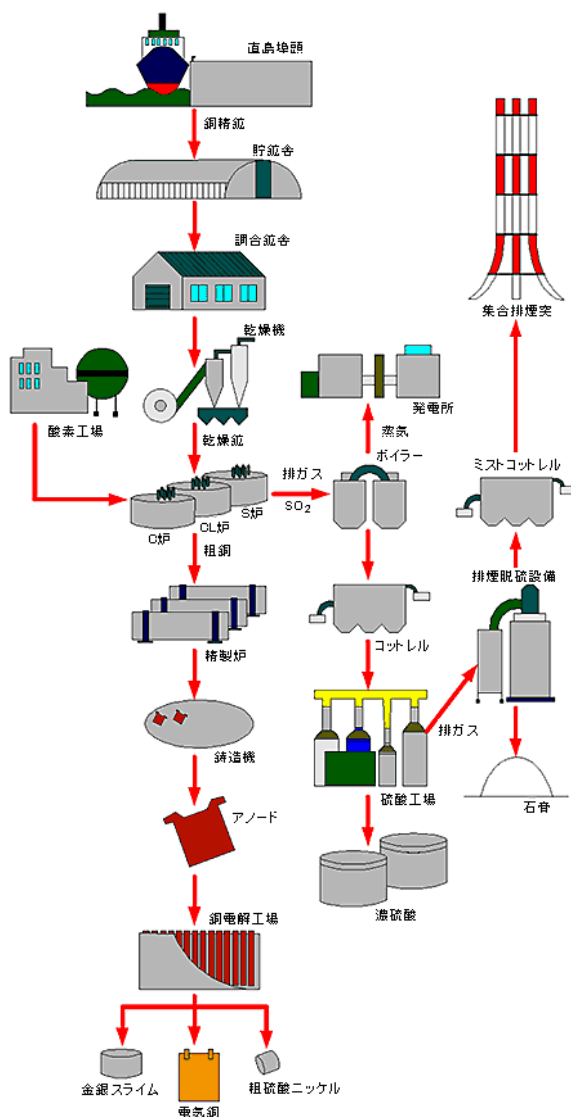
三菱連続製銅法では、S炉(Smelting Furnace: 熔錬炉)、CL炉(Slag Cleaning Furnace: 鍊かん炉)、C炉(Converting Furnace: 製銅炉)更に精製炉を樋で繋ぐことにより、一連のバッチ(回分)操業法を連続化することに成功。これにより、設備自体がコンパクトにできることになり、省エネルギー、低コスト操業が可能。また、従来法では各炉間の移動に伴い、回避的に発生していた亜硫酸ガスの漏煙が防止され、効率よく排ガス処理工場で処理されることにより、無公害のシステム

を確立した。

三菱連続製銅炉は無公害、高能率を目指して昭和 40 年代に開発した画期的な製錬法で昭和 49 年に本格操業を開始し、その後カナダのテキサスガルフ・カナダ社（現在ファルコンブリッジ社）へも技術輸出。

平成 3 年 5 月には従来の連続製銅系および昭和 44 年以降操業してきた反射炉銅熔錬系を統合して大型の連続製銅炉を新設、一連での操業開始。韓国の温山製錬所（平成 10 年 1 月）、インドネシアのグレシック製錬所（平成 10 年 12 月）で採用される。銅炉 1 基あたり約 40 億円のコストがかかる。

図 3-6-8 三菱マテリアルの銅熔錬プロセス⁵³



②. 貴金属製錬

直島精錬所で精製された電解スライム、小名浜製錬(株)や海外のスライム、粗メタル、スクラップ等を原料として処理、精製し、金、銀、白金、パラジウム、セレン

⁵³ 三菱マテリアル直島製錬所 Web サイトより引用

を回収。金、銀は 99.99%以上の地金にする。

金は主に 1kg 塊として工業用及び宝飾用に、また銀は 30kg 塊として写真感光剤用及び電子工業用に販売される。

③. リサイクル

＜有価金属リサイクル施設＞

近年注目されている都市鉱山と言われる自動車や廃家電等のシュレッダーダスト、パソコンなどの廃基板、銅含有スラッジ等の廃棄物等（合計 5000 トン/月）を焼却熔融処理により可燃物や塩素等を除去する施設であり、焼却熔融後のスラグは銅製錬施設でリサイクル処理される。

＜熔融飛灰再資源化施設＞

自社排出飛灰以外に島外からの有害物質を含む飛灰も受け入れリサイクル処理を行っている。

香川県の豊島廃棄物等中間施設から産出される飛灰及び同製錬所が行う有価金属リサイクル炉（前処理炉）から産出する飛灰、さらに島外の一般廃棄物焼却熔融炉から産出する飛灰（合計 1300 トン/月）を、水洗浄処理により、有害なナトリウム、カリウム、塩素等を除去する施設であり、この洗浄処理飛灰は銅製錬施設でリサイクル処理される。

(3) 環境への取り組み

- ・ 各工程からの排水は同製錬所内の浄化施設で完全処理し製錬に必要な分は再利用し、残りは国の定める環境基準値以下に抑え放出する。製錬製造過程で放出される高温の水蒸気は工場内の発電所に送られ自家発電のエネルギーとして利用。
- ・ 排ガスも徹底した処理を行い、浄化した空気を地上高 230m の煙突から放出。国の定める環境基準値を下回る独自基準値を制定し常時モニタリングを実施。
- ・ モニタリングにて独自基準値を上回ると警報を発し、操業を抑える措置をとっている。創業から現在までの約 100 年間で公害に関するトラブルはない。また、温室効果ガス（CO₂ ガス）排出量の削減にも取り組んでいる。

(4) 地域（直島）との関わり

- ・ 島民約 3,000 名のうち 7 割が直島精錬所に関わる企業、業種に従事している。
- ・ 島内には中学校までしかなく卒業すると島を出る為にほとんどの人が島内に戻ってこない現状がある。
- ・ 地元からの採用においても一定の技術や知識が必要とする。その為、できるだけ地元から採用するために島外の工業高校、専門学校への進路指導サポートや家庭教師を派遣して専門職の人材育成に力を入れている。
- ・ 地域エコツアーに参画し製錬所施設の学習見学や資料提供にも協力している。

- ・ 直島は世界的なコレクションが収蔵されているベネッセの美術館を中心に国内外の有名なアーティストが作品を展示し、アートプロジェクトも盛んであり国内、海外からの観光客が絶えない。
- ・ 直島は自然も豊かでアトリゾータ的な環境が形成されている。その背景には直島製錬所内の環境保全に対する取り組みがあり、観光、産業、島民との共存共栄が実現できている。

(5) 視察のまとめ

- ・ 三菱マテリアル社として海底熱水鉱床には以前より関心を有しており、沖縄県の海底資源や研究開発の展開にも注目している。
- ・ 直島製錬所でも JOGMEC からの海底資源研究に関する協力依頼を受けたことがあり、また、JAMSTEC 所有の「ちきゅう」の掘削ドリルも三菱マテリアル社で製造提供している。
- ・ 沖縄近海の海底資源・海底熱水鉱床には銅、鉛、亜鉛、金、銀やゲルマニウム、ガリウム等レアメタルが含まれており、製錬においては直島製錬所の技術やノウハウが応用できる可能性を有している。

6.5. 沖縄地域への経済的波及効果の概略

上記で概観したとおり、沖縄において製錬ビジネスモデルが成立する可能性は低いと考えられる。沖縄に製錬企業が立地したと想定し経済への波及効果の概略を検討する。

(1) 雇用増

- ・ 秋田製錬を参考に採鉱等に係る社員数は 202 人。
- ・ このうち 80%を沖縄地域の人材だと想定すると雇用増 161 人が見込まれる

(2) 関連産業への波及効果

- ・ 設備機器のメンテナンス事業
- ・ エネルギー供給事業

(3) 税収

企業からの税収を想定すると以下の通りとなる。

- ・ 法人税
- ・ 法人住民税
- ・ 事業税
- ・ 消費税・地方消費税
- ・ 固定資産税
- ・ 償却資産税

6.6. 沖縄の可能性

- ・ 採鉱・選鉱場から近い場所にて製錬することがコスト的には有利であるが、製錬により排出される鉱滓処理や大規模電力等の供給が課題となる。
- ・ また、施設設備の整備コスト、環境アセスメント、官庁の許諾等も課題となっている。
- ・ 沖縄において製錬等を行う事は多くの課題を有しており、本格的な選鉱事業は県外で実働している製錬所が有望と考えられる。
- ・ 他方、選鉱（製錬）に関する研究開発を行うセンター等の設置は可能性有を有している。
- ・ また、「リサイクル製錬」と「海底資源の製錬」の複合研究を検討する必要もあると考えられる。

7. 研究

海底資源開発産業においては、国や民間の研究組織が、採取した鉱物資源の希少鉱物種類毎の含有量や利用可能性、またその環境に対する影響度等の研究等、活動を実施している。

7.1. 先行事例①

研究開発の先行事例①として、沖縄県における海底資源の研究・開発支援拠点形成に向けた可能性の調査のため、JAMSTEC 高知コア研究所に対し視察およびヒアリング調査を行った。

表 3-7-1 調査時期・場所

調査対象	調査日時	調査場所
JAMSTEC、 高知コア研究所 (高知コアセンター)	平成26年10月20日(月) 10:00~12:00	〒783-8502 高知県南国市物部乙 200 高知大学物部キャンパス内

(1) 施設概要

- ・ 施設名 独立行政法人海洋研究開発機構高知コア研究所
- ・ 設立 2005年10月
- ・ 従事者数 約100名(2014年10月末現在)
- ・ ※JAMSTEC関係者30名、大学・研究・施設関係者70名
- ・ 敷地面積 6,423㎡
- ・ 事業概要

高知コア研究所は高知大学の物部キャンパス内にあり、高知大学とJAMSTECの共同で研究・分析施設として利用されている。

建屋は高知大学が提供し、設備、運営費はJAMSTECが負担している。2005年に掘削コアの分析・研究、冷蔵保管まで一連のプロセスを行う拠点として設立された。統合国際深海掘削計画(IODP)のもと、世界に3つあるコア保管拠点の一つとして

掘削コアの管理・提供を開始している。

2014年10月には旧保管庫の1.5倍（150km）の保管容量を持つ新たな掘削コアの冷蔵保管庫および研究施設が完成。2014年10月現在、100km以上に及ぶコア試料が保管され、世界中の研究者により利用されている。

(2) 研究内容

①. 施設設備について

<実験・分析設備>

CT スキャナ 3 台、スキャナ 1 台、XRS1 台、カメラ 1 台、カッター、電子顕微鏡、摩擦実験機、圧縮試験機、密度試験機、質量分析装置 2 台（4 億円 1 台、3 億円 1 台）、etc

<掘削コア冷蔵保管庫>

- ・ 4℃（深海と同じ）、-160℃（永久保存）の冷蔵保管庫を有している。全長で 100km 分の掘削コアを保管しているが適性保管可能量をオーバーしている為 2014年10月に旧保管庫の 1.5 倍（150km）保管できる保管庫と研究施設を建設。
- ・ 新冷蔵保管庫には重厚な防波扉を設置し津波等の災害対策をしている。
- ・ 自家発電設備があり、3 日間は設備全体を維持できる発電量を確保。屋上には太陽光発電も装備。
- ・ 新建屋の総工費 7 億円、内装設備、棚等で 4 億円超、総事業 13 億円。
- ・ 掘削コアの保管期限は特に定められていない。
- ・ 商用目的でなければ国、企業に関わらず審査の上コアを貸し出し。

②. 予算・運営費等

<人件費>

- ・ 想定で年間 3 億円弱（全体で 100 名、JAMSTEC としては約 30 名）

<研究費>

- ・ 約 2 億円（アメリカからの保管委託費 4000 万円を含む）

<運営費>

- ・ 5,000 万円/年（電気代 1,000 万円/年）

③. 高知コア研究所の誘致の経緯

- ・ 2005 年に海底探査船「ちきゅう」が完成し調査に伴った保管庫や施設が必要となった。
- ・ 候補地を探していたら高知県しか立候補しなかったことと高知大学が積極的に協力をしたことで実現した。

④. 地域の関わり

- 地震対策設備として建屋を地域の避難場所として提供。当地は海拔 8m の位置にあり、3 階建ての屋上に避難できる場所を確保。
- 学生、大学へ施設設備の貸し出しや共同研究を行っている。
- 地域や教育機関、団体への一般講演、啓蒙活動等を行っている。
- UNESCO ジオパークへの資料、展示物の提供を行っている。

(3) 視察のまとめ

調査で採取した掘削コアを一時的に保管する冷蔵保管庫があれば利用できる。また、併設して調査船の技術者、作業員等の人員的な支援、寄港した際のクルーが利用出来る保養施設等があれば、沖縄との連携は十分に可能性を有している。

7.2. 先行事例②

(1) 施設概要

- ・ 施設名 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源技術研究所
- ・ 規模 土地の面積 3,055 m² (借地)、建物の面積 669 m²
- ・ 構造 鉄筋コンクリート造、2階建て
- ・ 建設費 約 4.5 億円 (予算額。内部の実験機器の購入費用も含む。)
- ・ 人員 11 名 (職員、期間雇用者で構成)
- ・ 事業概要 金属工業分野における生産・回収、環境保全等の技術の調査及び研究開発などが行われている。



(2) 研究内容

①. 研究テーマ

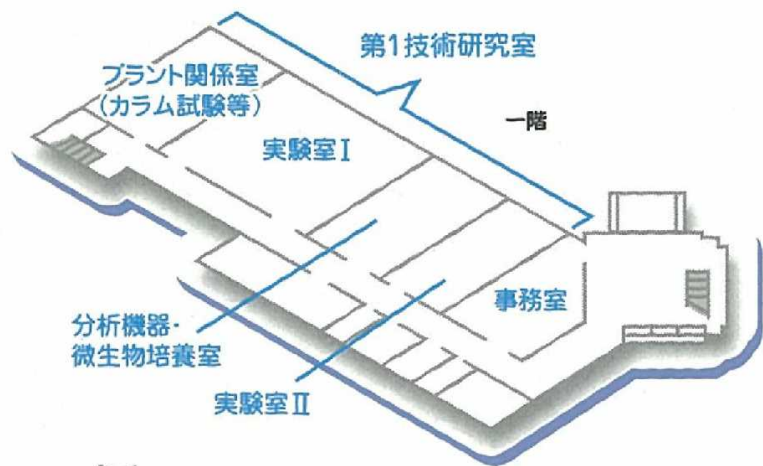
- ・ バイオリッチング等を活用した湿式製錬技術開発を行っている。
- ・ パッシブトリートメント (自然力活用型坑廃水処理) の調査研究を行っている。

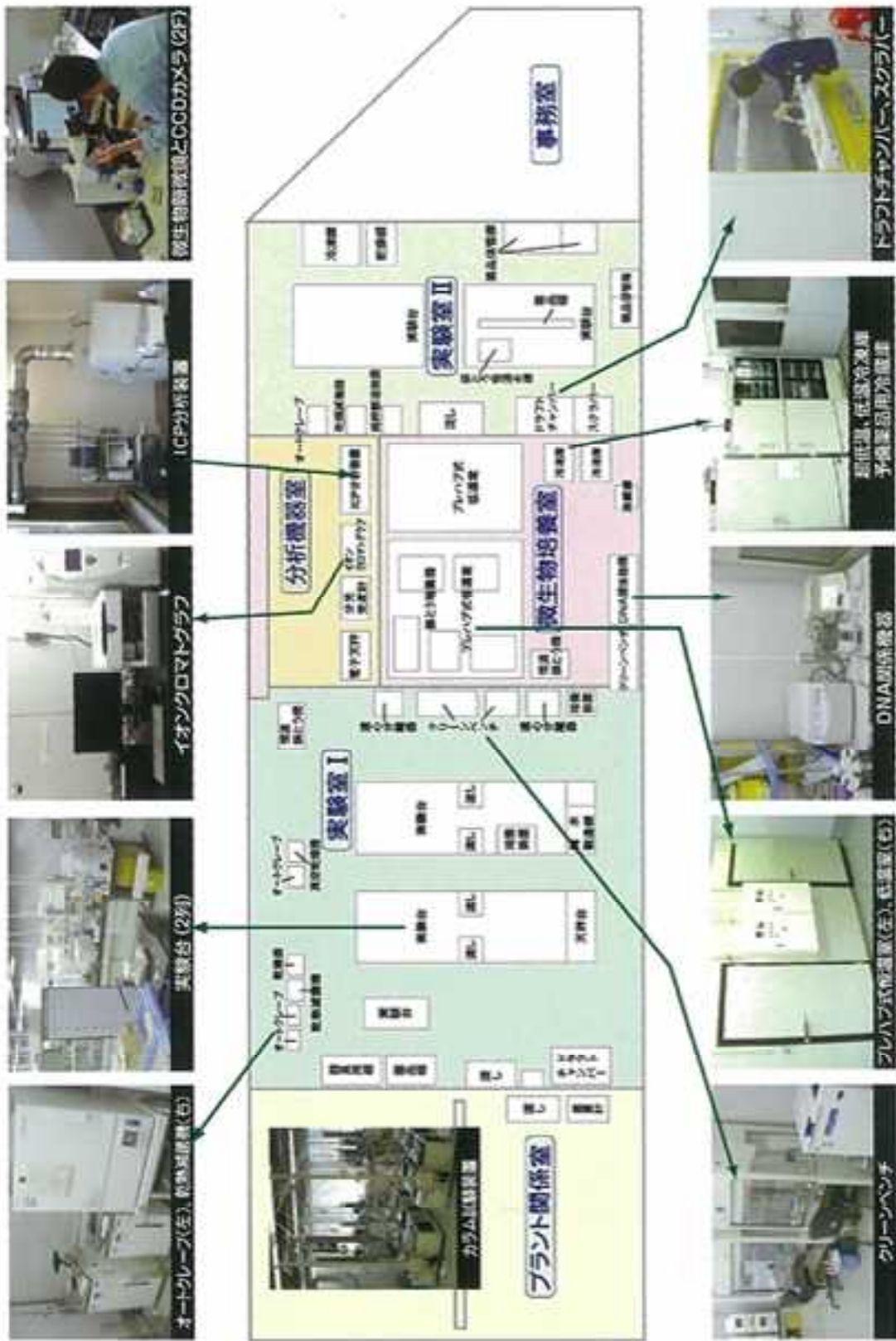
②. 試験設備について

本研究所の1階、第1技術研究室の概要を以下に示す。

バイオリッチング関係	プラント関係室	カラム浸出試験、溶媒抽出試験等
	実験室 I	遠心分離機、オートクレーブ、クリーンベンチ等
	分析機器室	ICP 分析装置、イオンクロマトグラフ等
	微生物培養室	微生物の培養や長期保管
坑排水処理関係	実験室 II	パッシブトリートメント技術 (嫌気性細菌を用いた坑排水処理等) に関するカラム試験等

本施設の1階の平面図、及び設備配置図を以下に示す。





7.3. 先行事例③

(1) 施設概要

- ・ 種類 沖縄海底鉍石の選鉍試験
- ・ 試験規模 想定する選鉍工場の約 1/1000
- ・ 予算規模 約 6 億円
- ・ 目標能力 選鉍連続試験の原料の処理能力目標は、「200kg/h」程度
- ・ 概要 DOWA グループでは、JOGMEC からの受託事業として沖縄海域の鉍石を用いて、選鉍プロセスの検討のため単独式、及び一部連続式のパイロット試験を行っている。

(2) 試験内容

①. 試験目的

選鉍基礎試験の目的を以下に示す。

- ・ 沖縄海底熱水鉍床鉍石に含まれる鉍石鉍物の詳細な形態分析
- ・ 浮選特性把握及び適正浮選プロセスの構築
- ・ 貴金属元素の濃縮法の検討
- ・ 有害元素の低減・除去方法の検討
- ・ 新規選鉍技術の適用可能性検討

②. 背景

DOWA グループでは、かつて秋田県の小坂鉍山等の黒鉍鉍床を採掘し、複雑硫化鉍の選鉍を行ってきた。沖縄海底熱水鉍床の鉍物も、小坂鉍山などの黒鉍鉍床と同様の「複雑硫化鉍」である為、DOWA グループの鉍山事業時代に培った技術が活用できる。

③. 選鉍試験の流れ

選鉍の大きな流れとしては、「粉碎→分離・分別→粗選→浮遊選鉍」を行っている。



④. 分析手法

分析・評価として活用している手法を以下に示す。

○粉末X線回折による鉱物同定、○蛍光X線分析による化学組成、○化学分析、○レーザー粒度測定、○顕微鏡観察、○EPMA (電子プローブ微小分析器)

⑤. 排水処理

排水処理としては中和、不溶化、共沈 (フェントン反応)、水酸化物化、沈降分離、活性炭吸着等を行い、放流水質を管理している。また、汚泥の処理としては、フィルタープレス濾過等を行い、残渣は廃棄物処分を行っている。



7.4. 沖縄の可能性

コアサンプル冷蔵保管庫等

- ・ 今後は海底資源の研究や開発が加速されることが予測され、10年以内では現在の保管庫の容量では足りなくなることも想定できる。
- ・ このため、沖縄にも高知コア研究所と同等のコアサンプル冷蔵保管庫や実験施設があれば利用してもらえる可能性が高いと考えられる。
- ・ また、沖縄版コア研究所が設立されることで国の事業と沖縄県の関わりが深くなり、人材育成等にも繋がる可能性を有している。
- ・ コアサンプル冷蔵保管庫、基本的な分析設備を国や県の予算で整備し、運用に関しても数年は助成する等の施策等が望まれる。
- ・ 更に、実現に向けて高知大学のような人材・施設・設備を提供できる機関及び事業推進していく組織が必要である。

8. まとめ

- ・ 本県近海での海底天然鉱物資源開発における可能性は、未だかつて類を見ない新事業開発であり、技術的な障壁も散在するが、海洋国家、海洋都市構想への新たな一歩として十分なポテンシャルを持っている
- ・ いくつかの仮定を設定したビジネスモデルを検討した結果、必要条件を満たす状況になれば、沖縄の海底熱水鉱床を利用した採鉱ビジネスモデルが成立する可能性を有している(平成29年度に予定されているJOGMECの経済性評価が待たれるところ)。
- ・ これを踏まえ、採鉱ビジネスを含めた資源開発を行う企業が立地(誘致)すれば経済効果も期待できる。
- ・ 他方、選鉱・製錬については廃棄物処理、環境問題、観光産業への影響、経済効果、県外企業の実績等を勘案して慎重に判断する必要がある。
- ・ ヒ素については、現在でも技術的には除去が可能であるが、費用がかかるため経済性で問題がある。
- ・ また、今後、造船、採掘、選鉱などの研究開発や学術資料の保管、開発関連企業誘致、環境保全技術の研究開発、長期に渡る専門技術者等の人材育成など様々な活性化が見込まれる。
- ・ 沖縄においても海底熱水鉱床の採掘・選鉱・製錬・掘削コア研究及び関連産業等に関する研究開発センター等の設置は可能性を有している。
- ・ これら多岐にわたる産業形成を行うためには、海底資源開発が商業化を迎える頃を想定し、現段階から周到な準備を進めることが望ましい。

第4章 海洋資源開発関連産業

