

海洋資源利用に関する基礎研究

- 深海底鉱物資源調査 -

海洋開発研究領域

* 高井隆三 大川 豊

1. まえがき

海洋資源利用研究グループでは、これまでに蓄積してきた浮体およびその係留技術を応用して、海洋資源を有効に利用するシステム技術の開発を目指している。

一例として、海水中に溶存するリチウムを回収する浮体式の回収装置¹⁾の開発や浮体式海上風力発電の構築²⁾についての研究を行った。

今回、このシステム技術を深海底の鉱物資源を利用するために応用できないかと考え、これまでに日本で行われてきた深海底鉱物資源に対する研究・開発の経緯や成果および最近の取り組み等を調査した。本文では、調査の概要を紹介すると共に、近年話題を集めている大陸棚画定に伴う探査等の動向を、関連する文献や講演会資料およびホムペ・ジ等で調査した結果を報告する。

2. 深海底鉱物資源の概要

深海底鉱物資源、特にマンガン団塊を採鉱する研究プロジェクトは、国策事業として昭和57年度から平成9年度まで資源環境技術総合研究所等が中心になり実施されたが商業化までには至らなかった。しかしながら、2009年5月を申請期限とする国連海洋法条約に基づく大陸棚画定に伴う大陸棚地質探査、伊豆・小笠原の深海底等で有望

な多金属硫化物鉱床の存在が確認され出したことや南海トラフでのメタンハイドレートの賦存量試験調査・探査が開始されたこと等で深海底鉱物資源開発に対する関心が近年再び高まってきた。

現在、開発が期待されている主要な深海底鉱物資源にはマンガン団塊(図-1)、コバルト・リッチ・クラスト(以後、CRCと称す)および熱水鉱床(以後、SMSと称す)がある。



図-1 マンガン団塊³⁾
(産総研地質調査情報部HPから引用)

これらの深海底鉱物資源には銅、亜鉛や鉛等の金属(ベスマタル)やマンガン、コバルトやニッケル等の稀少金属(レアメタル)および金、銀等の貴金属が高品位で含有している。また、これらの鉱物資源は陸上で産出される同鉱物と比較して一般に有用金属の含有量が高いことやその賦存量が非常に多いこと等の面で注目されている。

その要旨を表-1に示す。なお、表中の金属の含有割合は賦存する海域により異なるので、表中に示す賦存海域5ヶ所での平均値で示す。

表-1 深海底鉱物資源の要旨^{4)、5)}

深海底鉱物資源名称	産状	各鉱物資源に含有する主要金属の平均割合(%)		賦存海域例
		マンガン	鉄	
マンガン団塊	4000~6000mの平坦な深海底に、直径が0.5~2.5cmの球状団塊やフィルム状、層状等の状態で普遍的に分布。	20.6	12.5	北東太平洋団塊濃集域 中央太平洋海盆北部 中央太平洋海盆南部 南太平洋海盆部 伊豆・小笠原海域部
コバルト・リッチ・クラスト	800~2400mの海山斜面部や平頂部に層状に分布。	18.2	14.2	ハワイ・ミッドウエー海域 マ・シャル諸島 マリアナ諸島 九州・パラオ海嶺域 小笠原海台周辺海域
海水熱水鉱床	2000~3000mの海嶺部や背弧に堆積して分布。	鉄 銅 亜鉛 鉛 金 銀	13.4 5.6 25.4 4.5 7.2 ppm 46.6 ppm	東太平洋海嶺北緯21度東 太平洋海嶺北緯13度 沖縄トラフ・伊是名海穴 七島・硫黄島海嶺・明神海丘 七島・硫黄島海嶺・水曜海山

3. 深海底鉱物資源開発の取り組み

3.1 深海底鉱物資源開発の背景

深海底鉱物資源を開発しようとする背景には、次のような幾つかの要因が考えられる。

1) 日本の200海里排他的経済水域内(以後、EEZと称す)および大陸棚に、近年商業的価値の高いレアメタルや貴金属等を多く含有する有望な黒鉱型海底熱水鉱床等の存在が潜水探査船「しんかい2000」や「第2白嶺丸」等による探査で、見つかった。

2) レアメタルは、表-2に示すように陸上部での埋蔵量が少ない上に、上位3ヶ国の主要産出国でシェアの約50%以上を占める偏在性の高い鉱物である。このために政情の不安定、主要産出国でのストおよび需要の増大等の事情により図-1に示すように価格が急激に上昇したり大きく変動したりする。日本ではその多くが殆ど産出せず大半を輸入に依存しているため、海外の事情に左右されないで必要な数量を安定した価格で確保したいという要望が強くある。

表-2 主要な鉱物資源の賦存量と上位3ヶ国の生産シェアおよび日本の自給率^{6)、7)、8)}

金属名	推定賦存量(千ト)		偏在性 (%)	自給率 ⁷⁾ (%)
	陸上部 ^{*1}	海底部 ^{*2}		
銅	340,000	5,000,000	44.6 ⁶⁾	0
亜鉛	140,000 ⁸⁾	デ-タ無		10
鉛	69,000 ⁸⁾	デ-タ無		3
コバルト	3,200	1,250,000	56.0 ⁸⁾	0
ニッケル	58,000	6,300,000	54.0 ⁸⁾	0
マンガン	670,000	137,500,000	90.0 ⁸⁾	0

【注】

*1: 現在経済的に採鉱が可能である鉱量

*2: A.A.Archer 1977年から引用したマンガン団塊に対する推定埋蔵量

3) レアメタルは、国家的経済戦略の一端を担うIT関連の電子部品や燃料電池等の環境関連素材および一般鋼材の添加物等多くの分野で非常に大きな需要がある上に、今後の経済発展に伴い各方面でその需要は益々増大する傾向にある。

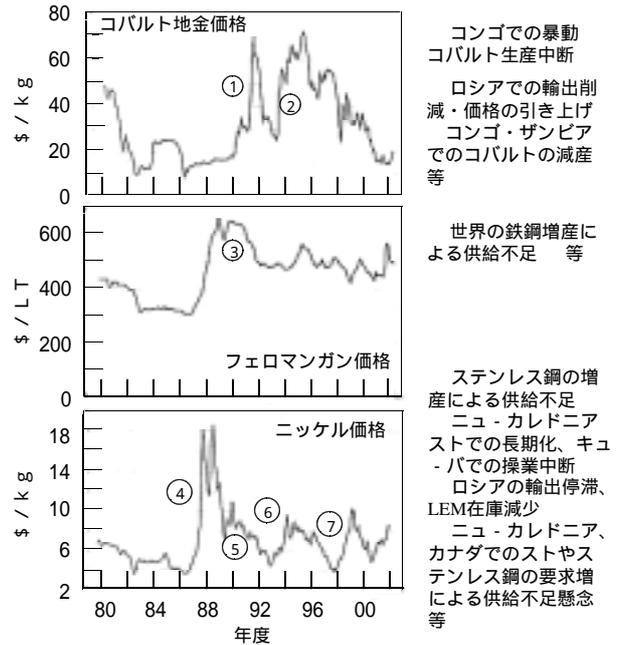


図-1 レアメタル価格の変動とその要因例^{9)、10)}

3.2 深海底鉱物資源開発の主な経緯

第1次(1973年)、第2次(1979年)の石油危機を発端に、国が主体となってエネルギー・や資源の自給体制を図る構想(1974年のサンシャイン計画やマンガン団塊の開発等)が打ち出された。

深海底鉱物資源の開発は、1979年8月に内閣総理大臣に対して「長期展望に立つ海洋開発の基本構想および推進方策について」の答申¹¹⁾がなされ、この答申等に基づいてマンガン団塊の開発を目標とした鉱物探査、採鉱技術や環境影響調査等の研究や開発および国連海洋法条約の下での開発鉱区の設定申請等が本格的に始まった。

1975年度からハワイ南東海域のクラリオン・クリッパ-トン断裂帯(以後、CCFZと称す)を有望な鉱区と考え、地質探査船「白嶺丸」等による探査が開始された。1987年12月に国連海洋法条約に基づきハワイ南東方沖に7500km²のマンガン団塊を調査・開発を行うための排他的探査鉱区権を確保した。また、2001年6月に同条約の下に設立された国際海底機構(以後、ISBAと称す)と深海資源開発(株)との間でマンガン団塊の探査契約を締結している。

1985年からはSMSの探査が、また1987年からはCRCの探査が金属鉱業事業団により行われて

いる。

一方、マンガン団塊採鉱システムを構築するための研究・開発¹²⁾は、開発技術組合海底鉱物資源開発システムと資源環境技術総合研究所とを中心に海底資源総合基盤技術(マンガン団塊採鉱システム)プロジェクトが1981年に発足し、1997年に終了した。このプロジェクトの主要な研究・開発項目の要旨を次に示す。

要素技術の開発(1981年～1985年)

マンガン団塊採鉱システムに必要な集鉱、揚鉱、ハンドリングおよび計測制御システムの研究開発

深海底鉱物採鉱に必要な機器の開発と製作(1986年～1996年)

深海底鉱物採鉱実証実験(1997年)

平頂海山(日本の南東約1500海里に位置)において集鉱実験、パイプハンドリング実験、エアリフト実験およびフレキシブルホース実験を実施。

2度の集鉱実証実験で採鉱されたノジュール量は2880kgと4370kgである。

これまでに行われてきた主要な深海底鉱物資源開発の経緯と関連する事項を図-2に示す。

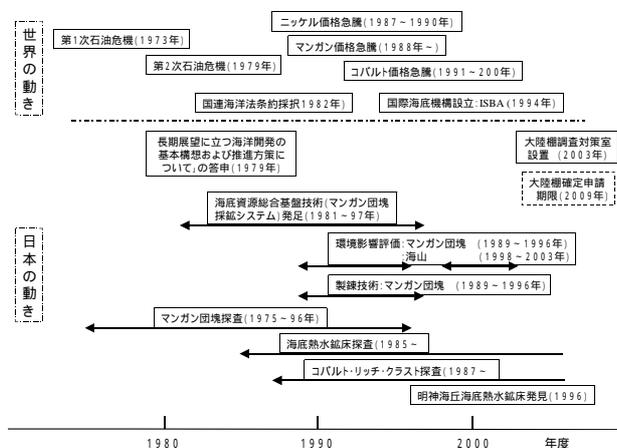


図-2 深海底鉱物資源開発の経緯と関連する事項^{7)、11)、13)}

3.3 深海底鉱物資源の主な採鉱技術^{12)、13)} 集鉱システム

マンガン団塊の集鉱に対しては、採取されたマンガン団塊を海底堆積物と分離、整粒しつつ安定的に揚鉱システムに供給できる被曳航式採鉱機の開発が行われている。

CRC では、集鉱機に掘削装置および走行装置

を装備し、ペ-ブメント状および礫状の両方に対応できる自走式採鉱機が提案されている。

SMS では、CRC と同様の集鉱機が考えられている。但し、起伏変化の激しいマウンド上での作業を考慮して転倒時の保護構造物や事故から復帰するためのアウトトリガ-を装備している。

揚鉱システム

信頼性や経済性を考慮して、流体ドレヅジ方式(ポンプリフト方式とエア-リフト方式)の研究開発が行われている。

ポンプリフト方式は、集鉱機と採鉱船とを結ぶ管の途中に設けた高圧水中ポンプを用いて集鉱されたマンガン団塊と海水とを同時に輸送する。

エア-リフト方式は、管の途中に空気吹込み口を設け、空気を吹込むことで管内の圧力と海水圧との圧力差を利用してノジュールを輸送する。

この方式では、海面近くで高速流を減速し、ノジュールのみを回収する分離装置が必要となる。

ハンドリングシステム

デリック装置には、風浪による船体動揺が作業台やパイプストリングに直接伝わらないようする動揺補償機能が求められる。この機能を満たすハンドリング装置の設計、製作および性能試験が行われている。

3.4 最近の深海底鉱物資源開発の考え方

前述の答申では、マンガン団塊開発技術の展望として「2000年代には安定操業体制の確立」を掲げていたが、開発対象鉱区の問題(本土から遠距離、高水深下等)や技術的な難しさ(採鉱、揚鉱や製錬技術等)および経済的な問題(初期投資が大きい、高コスト等)等の理由で現在のところ商業化にまで至っていない。

近年の深海底鉱物資源開発の考え方は、マンガン団塊やCRCでは価格上昇が高いコバルトに、またSMSでは亜鉛や銅のペ-スメタルから金・銀を多く含む鉱床に開発目標を絞ることで初期投資やコストの低減を図る方向に向かっている。

4. 最近の深海底開発に関連するトピックス

日本における深海底に関する最大関心事の一つに、国連海洋法条約に基づいた大陸棚画定のための探査・調査がある。これは2009年5月ま

で大陸棚の限界が自国の領海基線から200海里を越えて延びていることを証明する科学的・技術的資料を「国連の大陸棚の限界に関する委員会」に提出して承認を受けることで管轄海域を拡大する可能性が生じることに対する国策事業である。

日本では、この申請を行うことにより新たに国土の1.7倍に相当する大陸棚に対する管轄権利を得る可能性があり、現在この申請に必要な詳細データを得るために海上保安庁や石油公団等において、大陸棚画定作業に伴う地質構造調査・層序区分調査の調査・探査が行われている。^{14)、15)}

沖縄トラフ伊是名海穴、明神海丘や水晶海山等において有用金属を多く含む有望な黒鉱型海底熱水鉱床が近年次々に発見されている。

経済産業省の下で2001年7月に纏められた「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」¹⁶⁾に基づき、2003年から日本近海(南海トラフ)におけるメタンハイドレートの賦存状況調査のための地震探査や試錐調査が開始された。

5. あとがき

利用すべき海洋資源の幅を広げる意味で深海底鉱物資源の開発について調査したが、最近の技術・経済的可能性評価¹³⁾でも、民間企業努力での開発は困難なようである。採鉱技術としては過去の研究で提唱されている方法以上のものは考えつかないが、揚鉱システムは基本的にライザーシステムと同じと考えられる。水素社会の到来などで貴金属やレアメタルの需要が急激に伸びることが起これば、ライザーシステムの技術が生き残るような状況が来るかも知れない。

参考文献およびWebサイト

- 1) 湯川：海洋エネルギー - を利用した浮体式海中リチウム採取システムの開発、新エネルギー - 産業技術総合開発機構平成14年度産業技術研究助成事業研究成果報告書(最終版)、平成15年3月
- 2) 矢後、大川：浮体式風力発電システムに関する基礎研究、海上技術安全研究所 研究発表会講演集、pp107-pp110、2003.6.
- 3) 産業技術総合研究所：北西太平洋(日本周辺

海域)海底鉱物資源デ - タベ - ス

<http://www.aist.go.jp/RIODB/db058/deepcam.htm>

- 4) 資源エネルギー - 庁：鉱物資源政策について、
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/mineral/mineral02.htm>
- 5) 産業技術総合研究所：北西太平洋(日本周辺海域)海底鉱物資源デ - タベ - ス、
<http://www.aist.go.jp/RIODB/db058/threegrade.htm>
- 6) 平成14年度 鉱業便覧、pp332 ~ pp339
- 7) 武井：大陸棚画定調査 - 国益の確保と産学官の協力について - 、大陸棚に関する講演会配布資料、2004.3
- 8) 資源エネルギー - 庁：鉱物資源政策について、
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/mineral/mineral01.htm>
- 9) (社)特殊金属備蓄協会：平成14年度稀少金属鉱産物備蓄業務に関する調査報告書(年間回顧と展望)、pp42、pp109、pp179、2003.3.
- 10) 金属鉱業事業団：レアメタル価格推移&埋蔵量、
http://www.mmaj.go.jp/page/html/download/dl_kakaku.html
- 11) 産業技術会議：'81 海洋開発 - 今後の政策と開発技術 - 、pp157、1980
- 12) 厨川：海底資源総合基盤技術(マンガン団塊採鉱システム) 研究開発、Vol.8、No.1、要旨
http://www.aist.go.jp/NIRE/publica/sgkkyo_j/sgkk8-1.htm
- 13) 山崎：深海底資源のポテンシャル、第10回「海洋フォーラム」配布資料
- 14) 海上保安庁：大陸棚の調査、
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIYO/tairiku/tairiku.test.html>
- 15) 神田：大深度域における石油資源等の探査術等基礎調査 その1、事業概要および地質構造調査の紹介、大陸棚に関する講演会配布資料、2004.3
- 16) 経済産業省資源エネルギー - 庁：メタンハイドレート開発計画について、2001.7.