

Annex
〔A〕 マンガン団塊

[A] マンガン団塊

目 次

A. マンガン団塊の賦存状況	[A]- 1
I. マンガン団塊賦存量の推定	[A]- 1
B. 研究開発の現状	[A]- 4
I. 国際開発体制	[A]- 4
1. 概要	[A]- 4
2. 国際コンソーシアム	[A]- 4
3. 各国の現状	[A]- 4
3. 1 日本	[A]- 4
3. 2 アメリカ	[A]- 5
3. 3 ドイツ連邦共和国	[A]- 5
3. 4 フランス	[A]- 6
3. 5 イギリス	[A]- 6
3. 6 ベルギー	[A]- 7
3. 7 ソ連	[A]- 7
3. 8 インド	[A]- 7
3. 9 中国	[A]- 7
II. 探査技術	[A]- 7
III. 採鉱技術	[A]- 9
IV. 製錬技術	[A]- 10
C. 開発をめぐる国際環境	[A]- 25
I. 海洋法条約の現状	[A]- 25
II. 深海底資源開発の法的スキーム	[A]- 25
1. 概要	[A]- 25
2. 国際海底機構の構成	[A]- 25
3. 探査および採掘の方式	[A]- 26
4. 先行投資者の保護	[A]- 27
5. 生産政策	[A]- 27

6. 各国政府の対応	[A]- 28
D. 今後の開発の見通しならびにニッケル、コバルト、 銅およびマンガン市場に与える影響	[A]- 34
I. 今後の開発の見通し	[A]- 34
1. 法制度	[A]- 34
2. 技術	[A]- 34
3. 経済性	[A]- 34
II. ニッケル、コバルト、銅およびマンガン市場に 与える影響	[A]- 36
1. 市場に与える影響	[A]- 36
2. 商業生産開始の時期	[A]- 37

[A] マンガン団塊

A. マンガン団塊の賦存状況

1. マンガン団塊賦存量の推定

マンガン団塊が発見されたのは、1873-1876年のイギリス船チャレンジャー号による三大洋学術探検航海の時である。その後、約80年間は主として科学的な基礎調査研究の期間であった。

1965年に発表されたDr. J. L. Meroの「海洋鉱物資源」(The Mineral Resources of the Sea)により初めてマンガン団塊賦存量の推定がなされ、マンガン団塊が新規資源としてクローズアップされるようになった。これによると、太平洋を東部・中央・西部の3区域に分け、それぞれの区域の平均濃集率を算出し、これらと面積から賦存量を計算している。この結果、高濃度でかつ高品位のマンガン団塊が分布しているといわれている太平洋のマンガン団塊賦存量は合計が約1兆7,000億t、そのうちニッケルは1,600億t、銅は88億t、コバルトは58億t、マンガンは4,000億tと推定された。

1960年代後半以降、特に1970年代に入ってからには各国の研究機関や民間企業、あるいは国際コンソーシアムによる調査が急速に進展した。この時期には、太平洋でも最もマンガン団塊の品位が高く、量的にも濃集していると思われるクラリオン-クリップートン両断裂帯にはさまれた海域(C. C. Zoneとも言われる)が有望海域として精力的に調査され、多数の研究者が賦存量や含有金属量の推定を行った。一例として、スクリプス海洋研究所のJ. Z. Fraserが約1,500地点で採取された約5万点のデータから賦存量の推定を行った結果をRef. Table A-1に示す。同時に彼は多くの資料からニッケル、銅、コバルト、マンガンおよび鉄などの品位や量と底質物、海底地形、マンガン団塊の形状などとの相関関係などについて多くの統計的研究を進めた。AFERNOD(フランス)も賦存量の推定をしているが、大勢としてFraserの推定と大きな差はない。

マンガン団塊の賦存量の推定については、量的および質的な連続性が充分確認されていない(あるいは、多くのデータが私企業に属しており秘密となっている)という点で、不確定な要素が多いといわざるを得ない。これはイギリス地質学研究所副所長A. A. Archerも指摘している(1978年、第3回国際海洋シンポジウム)。

しかしながら、第一世代(注1)の採鉱対象となるマンガン団塊の賦存量は、これまでの多数の研究調査結果からみて、次のように考えることができよう。

(注1) 初期的採鉱技術で操業すると考えられるおよそ2000-2050年頃を対象とする時代。

総湿重量：100～150億 t	(水分30%)
ニッケル：0.77～1.3億 t	(品位1.1～1.25%)
銅：0.56～1.26億 t	(品位0.8～1.2%)
コバルト：0.14～0.42億 t	(品位0.2～0.4%)
マンガン：17.5～31.5億 t	(品位25～30%)

このように考えた場合の陸上資源の埋蔵量(Mineral Commodity Summaries, 1981年)との比較を次に示す。(ただし、陸上資源の埋蔵量を1とした場合)

(陸上資源埋蔵量)

ニッケル：1 ～2	59,800千 t
銅：0.1～0.26	493,000千 t
コバルト：4 ～12	3,400千 t
マンガン：0.3～0.6	5,400,000千 t

以上の指定値が概ね正しいとすれば、マンガン団塊の賦存量は、陸上資源の埋蔵量に比べて莫大でもなければ極めて小さいこともない(A. A. Archer, 1978年)との考えに一致する。

Reference Table A-1 Ore Reserves Estimated by J. Z. Fraser

Recoverable Metals in Paramarginal Demonstrated Resources
(Clarion-Clipperton Zone)

	In situ amount	(million MT)		
		Amount recoverable at		Estimated land reserves a)
		mining efficiency of:		
		20%	40%	
Nodules b)	4,000-15,000	560-2,100	1,120-4,200	
Nickel c)	35-131	6.3-24	13-47	54
Copper d)	29-108	5.2-19	10-39	460
Cobalt e)	6.4-24	0.8-2.9	1.5-5.8	1.5
Manganese f)	706-2,600	120-450	240-900	2,000

Notes: a) Archer (1978)

b) In situ nodules contain 30% water. Amount of recoverable nodules calculated on a dry-weight basis.

c) Nodules estimated to contain 1.25% nickel; processing recovery efficiency 90%.

d) Nodules estimated to contain 1.03% copper; processing recovery efficiency 90%.

e) Nodules estimated to contain 0.23% cobalt; processing recovery efficiency 60%.

f) Nodules estimated to contain 25.2% manganese; processing recovery efficiency 85%.

B. 研究開発の現状

I. 国際開発体制

1. 概 要

1873-1876年に行われたイギリスのチャレンジャー号による探検航海以来、マンガン団塊は基礎的学術調査の対象とはなっていたものの、各国の企業からは商業化の対象と考えられるに至らず半ば忘れられていた。

しかし、1960年代中頃になると、陸上金属鉱物が有限であり、将来の新しい供給源を求めるべきであるとの気運が盛り上がってきた。さらに1970年代に入り、開発に熱心な各国の企業が、本格的な技術開発の段階のイメージを模索し始めた。その結果、マンガン団塊の開発においては、技術開発の段階ですら一企業が単独でやるには余りにも巨額の開発資金が必要なことが分かってきた。また、そのリスクも一企業で背負うには余りにも大きかった。

さらに技術的観点からも、マンガン団塊プロジェクトを成功させるには、広汎な専門能力と経験が不可欠との判断から、個々に開発を進めていた企業が1つのグループにまとまり、資金と技術およびノウハウを出し合って共通の目的を達成しようと国際コンソーシアムを結成し始めた。こうして、マンガン団塊の探査、採鉱、製錬の各分野における研究開発が本格化した。

2. 国際コンソーシアム

Ref. Table B-1に国際コンソーシアムの概要を示す。現在、これらの国際コンソーシアムは鉱区重複の調整作業を重点的に行っており、探査および技術開発は中断した状態である。

3. 各国の現状

3.1 日 本

日本では通商産業省資源エネルギー庁が中心となり、国の資源政策の一環としてマンガン団塊開発を行っている。

1974年、通産省のバックアップにより深海底鉱物資源開発協会（Deep Ocean Minerals Association ; DOMA）が、マンガン団塊開発に興味を持つ日本の代表的企業（現在39社）により設立された。政府による探査は通産省から金属鉱業事業団（Metal Mining Agency

of Japan ; MMAJ) に委託され、さらに実際の調査航海作業は DOMA に再委託されている。

この DOMA による調査航海は 1975 年から始まり、現在も 1980 年に新造したマンガン団塊探査専用船「第 2 白嶺丸」を使って年間約 250 日実施されている。

1982 年 7 月に、深海底鉄業暫定措置法が施行されたため、同法による鉄区申請を行い、かつ、探鉄および開発事業を進める母体として官民の共同出資による深海資源開発株式会社 (Deep Ocean Resources Development Co., Ltd. ; DORD) が同年 9 月に設立された。DOMA の調査航海作業は今後、この DORD に引き継がれる予定である。この DORD は今までの政府事業であった探査 (概査) の成果をそのまま譲り受け、さらに今後政府による探査を受託実施するとともに民間独自の探査 (精査) を実施して行くことになっている。

その他、マンガン団塊の調査研究を活発に行っている政府関係機関としては、地質調査所 (Geological Survey of Japan)、公害資源研究所 (National Research Institute for Pollution and Resources) がある。

一方、1968 年に、CLB (Continuous Line Bucket) システムの開発に始まった採鉄技術に関する研究開発は、1981 年に通産省工業技術院による「マンガン団塊採鉄システムの研究開発」プロジェクトが開始されたことにより本格化した。本プロジェクトでは、約 200 億円の費用で 1989 年までの 9 年間で採鉄システムを開発する予定になっている。実際の研究開発の大部分は MMAJ および民間企業 19 社からなる技術研究組合に委託されている。

3. 2 アメリカ

民間企業が中心となって、最も活発な活動を行っており、各国際コンソーシアムの活動の本拠地ともなっている。政府では商務省の海洋大気局 (National Oceanic Atmospheric Administration ; NOAA) を中心に深海鉄業による環境汚染に関する調査研究活動 (通称 DOMES プロジェクト) を積極的に実施しており、その他の研究活動も活発である。

アメリカのマンガン団塊研究機関としては、政府機関では NOAA (前述)、内務省米国地質調査所 (U. S. Geological Survey ; USGS)、アメリカ海軍 (U. S. Naval Oceanographic Office ; NAVOCEANO) がある。大学および大学付属研究所では、コロンビア大学 (Lamont - Dovery Geological Observatory ; LDGO)、カリフォルニア大学 (Scripps Institution of Oceanography ; SIO)、ウッズホール海洋研究所 (Woods Hole Oceanographic Institution ; WHOI)、ハワイ大学 (Hawaii Institute of Geophysics ; HIG)、オレゴン州立大学 (Oregon State University ; OSU)、ワシントン州立大学 (Washington State University ; WSU) などがある。

3. 3 ドイツ連邦共和国

ドイツ連邦共和国におけるマンガン団塊の研究開発は、研究技術省 (Bundes

Ministerium für Forschung und Technologie ; BMFT) が行っている海洋研究に関する総合計画の一環として実施されている。直接実施している機関は、連邦地球天然資源研究所 (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ; BGR) である。BGR は民間企業と密接な関係を持ちながら海洋鉱物資源の探査および開発に従事している。一方、民間企業で積極的にマンガン団塊の研究開発を進めているのは、AMR (Arbeitsgemeinschaft Meerestechnisch Gewinnbare Rohstoffe) である。AMR は 1974 年、メタルゲゼルシャフト社 (Metall-gesellschaft AG)、プロイサーク社 (Preussag AG) およびザルツギッター社 (Salzgitter AG) の 3 社により結成された。

その他の研究機関としてはハンブルグ大学 (der Universität Hamburg)、クラウスタル技術大学 (Technische Universität Clausthal)、ニーダーザクセン地質調査所 (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung) などがある。

3. 4 フランス

フランスにおけるマンガン団塊の研究開発は、政府関係機関が中心となって進めており、民間の活動は活発でない。政府関係機関としては国立海洋開発センター (Centre National pour l'Exploitation des Océans ; CNEXO) が中心となって活動しており、これにフランス原子力庁 (Commissariat à l'Energie Atomique ; CEA)、地質鉱山調査所 (Bureau de Recherches Géologiques et Minières ; BRGM) が加わっている。

民間ではル・ニッケル (La Société Métallurgique Le Nickel ; SLN) と造船会社であるシャンティエ・ド・フランス (Chantiers de France Dunkerque ; CFD) の 2 社のみである。

なお、1974 年にマンガン団塊開発に必要な投資額や操業費等を詳細に検討するため、CNEXO、CEA およびル・ニッケルの 3 者により、マンガン団塊調査研究協会 (Association Française pour la Recherche et l'Exploitation des Nodules ; AFERNOD) が設立された。その後 CFD、BRGM もこの AFERNOD に参入した。現在は、AFERNOD により、探査、採鉱、製錬の各分野にわたり活動が行われている。

3. 5 イギリス

イギリスではマンガン団塊開発のための特別な政策はとっていないが、マンガン団塊または深海底の鉱物資源、およびそれに関連する科学技術の振興には、教育科学省 (Department of Education and Science) が中心となって進めている。その中でもマンガン団塊に関連した機関としては、自然環境調査庁 (Natural Environment Research Council ; NERC) および科学調査庁 (Science Research Council ; SRC) がある。これらの機関からの財政援助のもとに、ロンドン大学やマンチェスター大学等において、マンガン団塊の調査研究が推進されている。民間については Ref. Table B-1 に示されている。

3. 6 ベルギー

ベルギー政府はマンガン団塊の開発に関してはなんら特別な政策をとっていない。したがって研究開発は、民間のユニオン・ミニエール (Union Minière S. A.) とその関連会社ホーボッケン (Metallurgie Hoboken-Overpelt : MHO) により進められている。

3. 7 ソ 連

ソ連は前述の国際コンソーシアムやその他のグループのいずれにも属さず独自の活動を行っている。1970年まで、主に採鉱技術に関して研究を進めてきたが、この年には調査船 Vityaz により深海底から約 10 t のマンガン団塊を採取している。Moscow Mining Institute では、マンガン団塊の製錬および精製に関する技術および装置を開発するための研究室を設置した。

3. 8 インド

インドではマンガン団塊に的を絞った探査航海を開始したのは、1980年代に入ってからである。この探査航海はゴアにある国立海洋研究所 (National Institute of Oceanography : NIO) が実施している。一方、科学産業研究委員会 (Council of Scientific and Industrial Research) とその他の機関により、All India Coordinated Project という名のプロジェクトが開始されている。このプロジェクトはインド海洋開発省 (Department of Ocean Development of the Government of India) の援助により、マンガン団塊の採鉱および製錬技術の開発を旨とするものである。インドはマンガン団塊の探査を、LDC の中で最初に始めた国である。

3. 9 中 国

中国では、1976年に中央太平洋の赤道付近でマンガン団塊の調査を実施している。

1978年にも調査が実施され、4,200-5,500 m の海底からマンガン団塊を採取している。マンガン団塊への総投資額は8,000万元であり、その中で1,600万元が探査に係わる費用といわれている。

II. 探査技術

探査とは経済性のあるマンガン団塊鉱床の位置および賦存量の調査を伴う観察、評価活動であり、個々の鉱床の性状、賦存度、性質および採鉱に影響をおよぼす物理環境の要因を調査することである。マンガン団塊は広大な海域に賦存しており、探査活動も陸上のそれと違い、種々の特殊装置を搭載した専用調査船を使用しなければならない。また、すべての海域を短期間で詳細に調査することは不可能であるため、一般には前もって既存デー

タ、海底地形、海象・気象などから探査目標海域を選定し、その海域を重点的に調査する方法がとられる。調査では概査から精査へと探査測線・測点の間隔を狭くしていく方式がとられ、順次有望海域を絞っていく。

世界で使用されている代表的なマンガン団塊調査船を Ref. Table B-2 に示す。

マンガン団塊探査に使用される調査機器は調査航海の目的や調査の精度などにより決定されるが、一般的な使用機器は次のとおりである。

a. 物理探査機器

- ・ 精密音響測深機 (12 kHz、30 kHz)
周波数が 12 kHz、30 kHz の音波を船底より海底に向かって発信し、その反射音波の到達時間から水深を測定しこれにより海底地形調査を行う。
- ・ エアガン・システム
エアガンで高圧に圧縮した空気を水中で爆発させ、この地震波により海底面下の地質構造調査を行う。
- ・ サブボトム・プロファイラー
3.5 kHz の音波を使用し海底面下浅所の地質構造調査を行う。

b. サンプリング装置

マンガン団塊および海底堆積物を採取するサンプリング装置は次の通りである。

- ・ フリーフォール・グラブサンプラー
- ・ フリーフォール・コアラー
- ・ ボックス・コアラー
- ・ スペード・コアラー
- ・ ドレッジ・バケット

c. 深海カメラおよびテレビシステム

深海底を直接観察し、賦存量、底質等を調べる。カメラ本体は、船上から同軸ケーブルで海底面まで降される。

d. ナビゲーションシステム

調査船の正確な位置を求めるための測位システムであり、次のようなものがある。

- ・ 人工衛星航法 (NNSS : Navy Navigation Satellite System)
- ・ 音響トランスポンダ測位システム
- ・ ナビゲーションブイシステム

以上の調査船および調査機器類により得られた探査データに対して、船上でのデータ処理、陸上でのデータ処理・解析・評価が行われる。

これらの作業は一般的には次のとおりである。

a. 船上データ処理

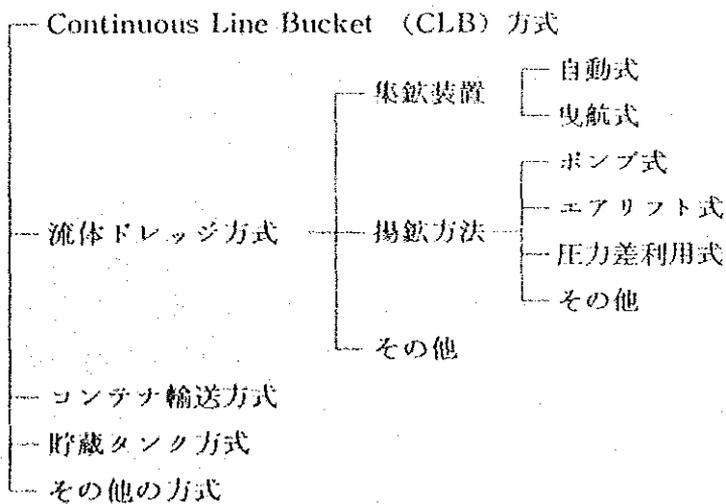
- ・ 図面類作成

測線計画図、航跡図、海底地形図、エアガン結果図、SBP 結果図、マンガン団塊分布図等の作成。

- データファイリング
- 船上品位分析
- b. 陸上データ処理・解析・評価
 - データ処理
 - データの入力・加工・抽出
 - データの一覧表作成
 - データファイルの保管・管理など
 - データ解析
 - 基本図の作成
 - 標準的統計処理
 - マンガン団塊分布解析
 - 堆積層の解析
 - 海底地形の解析など
 - データ評価
 - 最適探査法の選定
 - 鉱量計算
 - 鉱床評価
 - 鉱区評価など

III. 採鉱技術

マンガン団塊の採鉱方式は、一般に次のように分類されている。



CLB方式は日本で発明されたもので、エンドレスロープに一定間隔で多数の採取用バケットを取付け、採鉱船と海底の間を循環させて、海底のマンガン団塊をすくい取り、船上まで搬送する方式である。本方式については数回の実機実験が行われ、システムそのもののほか、ロープの曳航方法、船上でのロープの取扱い、バケット形状等に関する改良がなされた。

流体ドレッジ方式はアメリカで発明されたもので、海底と海面とを揚鉱パイプで結び、一般に海水を媒体にしてマンガン団塊を揚鉱する方式であるが、海面への揚鉱方法により、ポンプ式、エアリフト式、圧力差利用式などに細分される。ポンプ式は海水とともにマンガン団塊を吸い揚げ、固液2相流として船上へ揚鉱するものであり、エアリフト式は揚鉱パイプの途中に空気を吹き込んで固気液3相流として揚鉱する方式である。この両方式が今のところ、商業ベースでの大量採鉱に適していると考えられている。圧力差利用式は大気圧に通じる空間を海中に沈め、この空間と海底との間を揚鉱管で連結し、空間内水面と海面との高低差によって生ずる静水圧差を利用して、マンガン団塊を海水とともに海面上に噴出させるものである。

コンテナ輸送方式は海底の集鉱装置によって集められたマンガン団塊をコンテナに入れ、このコンテナを海底から海面上まで輸送する方式である。CLB方式のようなエンドレスロープ循環式のものが多い。

貯蔵タンク方式とは、海底で採取したマンガン団塊をタンクに積込み、タンクが満杯になった時点でタンクを採鉱船まで揚鉱する方式である。ロープ引上式、パッファ式および浮力式のものなどがある。

その他の方式としては自己浮沈方式があるが、これは輸送装置自体が海底と海面間を往復して、マンガン団塊の集鉱・揚鉱を行う方式である。

CLB方式と流体ドレッジ方式との比較をRef. Table B-3に示す。表中に示す通り、実操業において極めて重要な要素である採鉱能率と、海底での集鉱部のコントロールのしやすさの2点について、流体ドレッジ方式がCLB方式より優れていることが分かる。Ref. Fig. B-1にマンガン団塊採鉱システムの一般的な構成を示す。

IV. 製錬技術

マンガン団塊の製錬法（製錬プロセス）として検討されているものは、そのほとんどが湿式処理を主体としており、乾式処理を採用している場合でも、それは湿式処理のための前処理としての性格を持っている。また、マンガン団塊はその特殊な性状により、通常の選鉱手段では濃縮できないため、原鉱石を低品位のまま全量を処理しなければならない。このことが、マンガン団塊の製錬を考える上での一番の問題点である。

マンガン団塊の製錬プロセスの開発、確立に当たっては次のような項目が目標として掲げ

られている。

- a. 有価物の浸出率が高いこと。
- b. 浸出液からの金属回収技術が確立され、かつその方法が適用できること。
- c. 現在稼働している製錬プラントの使用が可能なこと。

公表された文献等から、現在研究の対象となっている製錬プロセスをまとめると次のとおりである。

	参照番号
1) 熔錬 - 浸出法	
合金 - 浸出法	1) - a
硫化マット - 浸出法	1) - b
2) 焙焼 - 浸出法	
塩化焙焼 - 水浸出法	2) - a
還元焙焼 - アンモニア浸出法	2) - b
硫酸化焙焼 - 水浸出法	2) - c
セグリゲーション - アンモニア浸出法	2) - d
3) 直接浸出法	
硫酸浸出法	3) - a
塩酸浸出法	3) - b
アンモニア浸出法	3) - c
硝酸浸出法	3) - d

Ref. Table B-4 に上記の製錬プロセスとその浸出率等を示す。また、Ref. Table B-5 に各製錬プロセスの工程と実収率、Ref. Table B-6 に製錬プロセスの特徴比較、Ref. Table B-7 に各製錬プロセスのまとめを示す。

以上の研究結果から冒頭に述べた開発目標を基準に検討すると、今後有望と考えられるものは以下のような方法に絞られる。

- a. 還元焙焼後アンモニアで浸出させる方法。 [参照番号 2) - b]
- b. 還元剤にて還元し、アンモニアで浸出させる方法 [参照番号 3) - c]
(キュブリオン - アンモニア浸出法)。
- c. 高温・高圧にて硫酸により浸出させる方法。 [参照番号 3) - a]
- d. 塩化焙焼し、水により浸出させる方法。 [参照番号 3) - b]
- e. 熔錬により合金を作り、それを硫酸あるいは塩酸 [参照番号 1) - a]
で浸出させる方法。

一方、現状では研究データも少なく、詳細は分からないが、今後興味ある方法としては次のようなものがあげられる。

- a. セグリゲーション浸出法。 [参照番号 2)-d]
- b. FeCl_2 または HCl による浸出法。
- c. HNO_3 と HNO_2 の混酸による浸出法。
- d. 炭水化物を還元剤とする炭酸アンモニウム浸出法。
- e. SO_2 で還元し炭酸アンモニウムで浸出する方法。

以上述べた方法の中で具体的な製錬プロセスとして研究されているものは次のとおりである。

- a. Kennecott グループの方法
 - ・ 還元焙焼 - アンモニア浸出 - 溶媒抽出 [参照番号 2)-b]
 - 電解
 - ・ 還元 - アンモニア浸出 - 溶媒抽出 [参照番号 3)-c]
 - 電解 (キューブリオン - アンモニア浸出)
- b. モア・ベイ法と同じ方法
 - ・ 高温、高圧、硫酸浸出 - 溶媒抽出 - 電解 [参照番号 3)-a]
- c. DVI 社の方法
 - ・ 塩化焙焼 - 水浸出 - 溶媒抽出 - 電解 [参照番号 2)-a]
- b. INCO グループ (OMI) の方法
 - ・ 還元焙焼 - 焙錬 - 硫化 - 浸出 [参照番号 1)-b]
 - 溶媒抽出 - 電解

Reference Table B-1 Outline of International Consortia
 (Based on the U.N. document, Sea-bed Mineral Resource Development, 1982, and other data)

International Consortia	Participants	Parent companies	Country of origin of parent company	Share of participation(%)	Remarks
Kennecott Consortium (Unincorporated) Founded in Jan. 1974	Kennecott Corporation	Sohio	USA	40	A collector was tested in 1974 in sea 5,000 meters deep. No lifting test has yet been conducted. There have been a series of tests of lifting systems on land, covering both pump lift systems and air lift systems.
	RIZ Deepsea Enterprises, Ltd.	Rio Tinto-zinc Corporation Ltd.	UK	12	
	Consolidated Gold Fields, PLC	Same	UK	12	
	BP Petroleum Development, Ltd.	British Petroleum Company, Ltd.	UK	12	
	Noranda Exploration, Inc.	Noranda Mines, Ltd.	Canada	12	
	Mitsubishi Group	Mitsubishi Corporation Mitsubishi Metal Corporation Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	Japan	12	
Ocean Mining Associates (OMA) (Partnership registered in Virginia, USA) Founded in May 1974	Essex Minerals Company	United States Steel Corporation	USA	25	OMA conducted a mining test in Dec. 1978 in an area of the Pacific Ocean approximately 1,200 n.m. (2,200 km) southwest of San Diego using the Deep Sea Miner II. The designed capacity is 50 tonnes/hr.
	Union Seas, Inc.	Union Miniere S.A.	Belgium	25	
	Sun Ocean Ventures	Sun Company, Inc.	USA	25	
	Samin Ocean, Inc.	Ente Nazionale Idrocarburi (ENI)	Italy	25	
Ocean Management Incorporated (OMI) (Incorporated in USA) Founded in Feb. 1975	INCO, Ltd.	Same	Canada	25	From March to May, 1978, OMI succeeded in lifting a total of approximately 800 tonnes of manganese nodules using both the pump lift system and the air lift system, about 800 n.m. (1,480 km) south of Hawaii at a depth of approximately 5,000 meters. The manganese nodules mining ship handled approximately 30 to 65 tonnes/hr. This ocean mining test, conducted at approximately one-fifth scale of full operational capacity, proved the feasibility of this mining system.
	AMR (Arbeitgemeinschaft Meerestechnisch-gewinnbare Rohstoffe)	Metallgesellschaft AG Preussag AG	Germany, FR	25	
	SEDCO, Inc.	Salzgitter AG	USA	25	
	Deep Ocean Mining Company, Ltd. (DOMCO)	Same 23 companies	Japan	25	

Reference Table B-1 (cont'd.)

International Consortium	Participants	Parent companies	Country of origin of parent company	Share of participation(%)	Remarks
Ocean Minerals Company (OMCO) (U.S. Partnership)	Amoco Ocean Minerals Company Lockheed Systems Company, Inc.	Standard Oil of Indiana Lockheed Aircraft Corporation Lockheed Missiles and Space Company, Inc. (subsidiary of Lockheed Aircraft Corporation) Billiton B.V. (a Netherlands company of the Royal Dutch/Shell group)	USA USA USA	30.7 30.7	In Nov. 1978, the collector alone was tested in 1,800 meters deep. In Feb. and March 1979, an overall test was conducted in 4,700 meters deep. Both the pump lift system and the air lift system were tested at sea. It is reported that there were some failures but finally technological data as well as some manganese nodules were obtained.
Established in Nov. 1977	Ocean Minerals, Inc.		Netherlands USA	30.7	The lifting system comprises an on-board system, a buffer established underwater, and a sea-bed collector. The underwater buffer, a special feature of this system, makes it possible to operate the collector, control the underwater hydraulic systems such as pumps, absorb oscillations from the ship, and also to store manganese nodules temporarily.
		BKW Ocean Minerals B.V. (a Netherlands subsidiary of the Royal Bos Kalis Westminster Group, NV)	Netherlands	7.9	Another characteristic of this system is that the collector is semi-automatically propelled by an Archimedes' screw.
AFERNOD (France)	Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEOX)				The CLB system was first adopted for mining because of its low initial cost. Recently, however, research on the hydraulic dredge method is also underway.
Established in 1974	Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) Société Métallurgique Le Nickel (SIN) Chantiers de France-Dunkerque				Furthermore, research is being conducted on the remote control shuttle system.

Reference Table B-2 Manganese Nodules Exploration Vessels

Name of vessel	Nationality	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Tonnage	Crushing speed (Knots)	Main propulsion (HP)	Number of crew	Number of scientists	Completion (Year)	Remarks
Hakurei Maru	Japan	86.95	13.40	5.30	1,821 (Gross)	15	3,800	35	20	1974	Owned by MMAJ, mainly used by the Geological Survey of Japan
Hakurei Maru No.2	Japan	80.50	13.80	5.50	2,050 (Gross)	15	4,200	37	24	1980	Owned by MMAJ, used by DOMA
Prospector	USA	43.41	9.75	2.97	297.95 (Gross)	9.5	600	9	8	1964 (Remodeled)	Owned by DVI, used by OMA group
Governor Ray	USA	54.88	9.76	3.20	880 (Full load)	10	1,000(?)	17	14	1962 (Remodeled)	Used by OMCO group
Xana Keoki	USA	47.56	10.97	3.35	300 (Gross)	11	1,800	15	15	1970 (Remodeled)	Used by HIG
Moana Wave	USA	52.44	10.98	3.53	299 (Gross)	10	1,600	11	9-11	1973	Used by HIG
Valdivia	Germany, FR	75.29	11.02	5.25	1317.72 (Gross)	11	2,160	25	19	1960	Used by OMI and AMR
Sonne	Germany, FR	86.5	14.2	6.5	2,607 (Gross)	13	4,000	25	23	1969	Used by OMI and AMR
Coriolis	France	37.60	8.00	3.75	450 (Displacement)	10	700	18	12	1963	
Le Noroit	France	50.55	10.66	4.32	870 (Displacement)	12	1,650	20	18	1971	
Vityaz	USSR	109.4	14.6	-	2,975 (Displacement)	-	-	-	-	-	
Gaveshani	India	68.33	12.19	4.93	1,900 (Displacement)	10	-	45	19	-	Owned by National Institute of Oceanography

Reference Table B-3 A Comparison of the Hydraulic Dredge System and the CLB System

Hydraulic Dredge System	CLB System
1) Movable underwater equipment (such as pipes, collectors, valves, pumps and nozzles) is complex.	1) The only underwater moving parts are the ropes and buckets. Relatively simple facilities are adequate.
2) Mud (seabed sediment) is lifted together with manganese nodules, necessitating on-board ore-washing facilities.	2) Lifting washes away mud, so that on-board washing facilities are not required.
3) Preparation and removal are large, time-consuming tasks.	3) Preparation and removal are relatively easy and quick.
4) Limits on manganese nodule size necessitate a size-selection system on the seabed.	4) There is little limitation on manganese nodules size. Any nodules that fit in the buckets can be lifted.
5) If there is failure or breakage of the underwater equipment, repair work is very time-consuming.	5) Even if failures of the buckets or ropes occur underwater, repair work is relatively easy.
6) In the event of an underwater accident, the entire system is affected. In a serious accident, the entire undersection might conceivably be abandoned.	6) In the event of an underwater accident, the rope and buckets can conceivably be recovered by cutting the rope on one side.
7) Because of continuous collection and relatively high flow rate within the pipe, the quantity collected per hour of operation (mining efficiency) can be increased.	7) Because operation speed cannot be significantly increased, and because the manganese nodules are collected discontinuously, the quantity that can be collected per operating hour (mining efficiency) is limited.
8) The collection system is functional and reliability is relatively high.	8) Behavior of buckets and ropes moving underwater is arbitrary and not controllable. There is thus a great factor of uncertainty involved.

Reference Table B-4 Processing Processes and Leaching Rates

Pre-treatment	Leaching Conditions						Temperature °C	Pressure Atm	Time Hrs.	Pilot Plant test		Similar plants operating	Company name		
	Extraction									Yes	No			Yes	No
	Ni	Cu	Co	Mo	Fe										
1) Smelting - leaching process															
a. Alloy leaching															
1) Drying - smelting (1,400°C)															
2) Drying - roasting (1,425°C) - sulfidizing (1,370°C)	99	99	99	99	99	99	110	105	2	0	0	Kennecott			
2) Roasting - leaching process															
a. Chloridizing - roasting - water leaching															
1) Drying - chlorination (500°C)	97.4	96.1	97.6	94						0	0	Deep Sea Ventures			
b. Reducing - roasting - ammonia leaching															
1) Drying - reduction (600°C)	98-97		95-12	85-22	77-0.5					0	0	Brooks			
2) Drying - reduction (350-550°C)	70-20	99-71	15.5-0.1	13.6-0.1			50-40	12		0	0	Okamoto			
3) Drying - reduction (350-750°C)	2.2-84.6	94.1-88.1	75.7-53.2				Room temp.	1	3	0	0	Kennecott			
c. Reducing - roasting - nitric acid leaching															
1) Drying - reduction (500°C)	58	50	60	25	25		50	1	0.5	0	0	California Univ.			
d. Sulfatizing - roasting - water leaching															
1) Drying - sulfatizing (400-725°C)	73-12	77-12	99-37	95-57	15-1.4					0	0	Brooks			
e. Segregation - ammonia leaching															
1) Drying - segregation (850-950°C)	10.2-trace	100		0.3-trace	0.1-trace							Okamoto			
3) Direct leaching process															
a. Sulfuric acid leaching															
1) Sulfuric acid leaching	95-80	95-80	80-70				200-240			0	0	Haenig			
2) Sulfuric acid leaching	60	40	10				100			0	0	Haenig			
3) Sulfuric acid leaching	95	87	80	5.2	2.5		180		3	0	0	Suhrmanian			
4) Sulfuric acid leaching	high	high	high	low	low		200	100	1	0	0	Nan			
5) Sulfuric acid leaching	80	90	10				90-30			0	0	Ito			
6) Sulfuric acid leaching	98-85	98-85	60-30	40-5	2		250-200			0	0	Ulrich			
7) Sulfuric acid leaching	96-90	96-90		low	low		200		3	0	0	Neuschütz			
8) Sulfuric acid leaching	94.9	86.3	89.5	78.1	91.1		25			0	0	Ichijo			
9) Sulfuric acid leaching	2.22	32	0	0.7	0.7		50			0	0	Ichijo			
10) Sulfuric acid leaching	98-85	98-85	60-30	5	2		250-200			0	0	Ulrich			
11) Sulfuric acid leaching	89.8-4.6	100-73.9	13.1-0	5.90-0.41	43.8-13.7		90-30		5-0.5	0	0	Ito			
12) Sulfuric acid leaching	83.8	80.6	87.2	91.1			80-40		14	0	0	Card Well			
13) Sulfuric acid leaching							90			0	0	Ichijo			

Reference Table B-4 (cont'd.)

Pre-treatment	Leaching Conditions										Pilot plant test		Similar plants operating		Company name			
	Leaching solution concentration										Temp- ture °C	Pres- sure atm	Time hrs.	Yes		No	Yes	No
	Extraction	Ni	Cu	Co	Mn	Pb	Fe	Temperature	Pressure	Time								
c. Ammonia leaching	1	88	89	92				(NH ₄) ₂ SO ₄ 1M, NH ₃ 5.9M, H ₂ SO ₄ 0.5M	60		4					Kennecott		
	2	4	22	4				(NH ₄) ₂ SO ₄ 1M, NH ₃ 5.9M	60		4					Kennecott		
	3							(NH ₄) ₂ CO ₃ , NH ₃ , CO	200							Kennecott		
	4	90	90	70				NH ₃ 100g/l, CO ₂ 25g/l, CO ₂ cuprous ions	50		2	o				Kennecott		
	5	41	77			0.05	0.05	(NH ₄) ₂ SO ₄ , NH ₃ , NH ₄ OH 5M	110		2					Brooks		
	6	53	53	10.5		trace	trace	(NH ₄) ₂ SO ₄ 1.9M, NH ₃ 5M	80		6					Sherrit Gordon		
	7	90-40	90-50	90-70		5.1-1.5		(NH ₄) ₂ SO ₄ 15m ² , SO ₃ ²⁻ , NH ₃ 5M	60		8					Okuyaki		
	8	98-93	93-91	90-85		93-80	36-2.9	(NH ₄)Cl 100g/l, NH ₃ 7.5M, Glucose 5g/l	120		0-6					Okuyaki		
	9	89-87	91-81	71-68		3.8-2.9	7.3-1.5	(NH ₄) ₂ CO ₃ 5g/l, HNO ₃ 1-2N	120		0-6					Okuyaki		
d. Nitric acid leaching	1	49.6-2.1	51.9-13.0	0	0.8-0.2	7.9-0.1	Glucose 5g/l	50-25								Murayama		
	2	95.5	86.9	85		90.7	HNO ₃ , HNO ₂									Welsk		

Reference Table B-5 Processing Processes and Recovery Rates (Estimated)

	Reducing - ammonia leaching process	Cuprion ammonia leaching process	High-temperature sulfuric acid leaching process	Chloridizing - roasting - water leaching process	Smelting - sulfidizing - leaching process
1 Grinding	Grain size cm mesh	-2.25 -200	-2.25 -325	-2.25 -200	-2.25 -325
2 Drying	Temperature °C	175		175	175
3 Reduction or chlorination	Temperature °C	Reduction 625	Reduction 50	Chlorination 500	Reduction 650
	Reducing agent	CO 18.2%	CO	HCl(g) 100%	CO 18.2%
	chlorinating agent	CO ₂ 7.8%	Cuprous ion		CO ₂ 8.1%
		H ₂ 10.9%			H ₂ 9.4%
4 Smelting	Temperature °C				1425
	Flux				Silica, limestone
	Recovery %	Ni			94.7
		Cu			86.9
		Co			85.9
		Fe			70
		Mn			1.5
5 Sulfidization	Temperature °C				1370
	Flux				Gypsum
	Recovery %				(little loss)
6 Leaching	Extraction %	Ni 90	95	97.4*	99
		Cu 90	94	96.1*	99
		Co 70	67	97.6*	99
	Temperature °C	40	245	40	110
	Pressure atm.	1	35		10.5
	Time Hrs.	3	4		2

Reference Table B-5 (cont'd.)

		Reducing roasting - ammonia leaching process	Cuprion ammonia leaching process	High- temperature sulfuric acid leaching process	Chloridizing roasting - water leach- ing process	Smelting sulfidizing leaching process
(6 Leaching - cont'd.)	Leaching solution Concentration	g/l NH ₃ 100 CO ₂ 50	NH ₃ 100 CO ₂ 50 10-5 8-4	H ₂ SO ₄ 200-250		H ₂ SO ₄ 40 24 5
7 Solvent extraction	% Leaching rate	Ni 99.9 Cu 99.9 Co	NH ₃ 99.9 CO ₂ 99.99	H ₂ SO ₄ 99.5 99.5	99.5 99.5 99.5	99.5 99.5 99.5
	Solvent			Lix 64N	Lix 64N Lix 65N	Lix 64N
8 Stripping	% Ni Cu Co	Ni 98.8/0.001 Cu <0.004/87 Co 0.3/0.2	Ni 98.8/0.001 Cu <0.004/87 Co 0.3/0.2	98.8/0.9 0.004/87 0.3/0.2		98.8 87
9 Metal winning	Electro- winning Precipitation with H ₂ S	% Ni 99 Cu 99.9 Co				
10 Total recovery	% Ni Cu Co	Ni 87.9 Cu 77.4 Co <70	Ni 87.9 Cu 77.4-68.8 Co <70	92.4 81.2 <67	94.7* 83.1* <94.3*	<92.1 <74.5 <85
Reference No. to Reference Table B-4		2)-6	3)-c	3)-a	2)-a	1)-b

Reference material: NOAA

* Deep Sea Ventures

Reference Table B-6 A Comparison of Characteristics of Processing Processes

	(E for evaluation: o, good; x, poor)				
	Reduction-Ammonia Leaching	Cuprion - Ammonia Leaching	High Temperature Sulfuric Acid Leaching	Chloridizing Roasting - Water Leaching	Smelting - Sulfidizing - Leaching
	E	E	E	E	E
1 Processibility at normal temperature and pressure	x High temperatures required for drying (175°C) and reduction (625°C); atmospheric pressure	o Reduction at 50°C and atmospheric pressure	x Leaching at high temperature (245°C) and high pressure (35 atmospheres pressure)	x High temperatures required for drying (175°C) and chlorination (650°C); sulfidizing (1,370°C).	x Numerous high-temperature processes: drying (175°C), reduction (650°C), sulfidizing (1,370°C).
2 Processibility without removal of moisture	x Drying required for removal	o Removal not required	o Removal not required	x Drying required for removal	x Drying required for removal
3 Low solvent cost or possibility of solvent recovery and recycling	o NH ₃ used as leaching solution inexpensive and recoverable for recycling.	o NH ₃ used as leaching solution inexpensive and recoverable for recycling.	o H ₂ SO ₄ used as leaching solution. Inexpensive but not recoverable or recyclable. Consumption: 280 kg/DMT	x HCl used as leaching solution. Consumption: 595 kg/DMT. HCl recoverable from Cl ₂ formed during leaching and H ₂ , but plant required for making H ₂ .	o Little leaching solution is required, since matte is processed.
4 Energy consumption	o Energy consumption for drying, reduction, stripping, and ammonia recovery: 160 kg of coal/DMT and 456 kwh of electricity/DMT.	o No high-temperature operations but steam required for stripping and ammonia recovery. Coal: 165 kg/DMT	o Steam required for leaching, etc. Coal: 109 kg/DMT. Electricity: 45 kwh	x High temperatures required for drying and chloridization; energy required for manganese recovery. Coal: 370 kg/DMT. Electricity: 610 kwh/DMT.	x Many high-temperature operations; high energy consumption. Coal: 195 kg/DMT. Electricity: 454 kwh/DMT.
5 High extraction of Ni, Cu and Co, and selectivity	o Separation and recovery possible. Recovery: Ni, 88%; Cu, 77%; Co < 77% (estimated)	o Separation and recovery possible. Recovery: Ni, 88%; Cu, 70-77%; Co < 70% (estimated)	o Separation and recovery possible. Recovery: Ni, 92%; Cu, 80%; Co < 67% (estimated)	o Separation and recovery possible. Recovery: Ni, 94.7%; Cu, 83.1%; Co < 94.3% (estimated)	o Separation and recovery possible. Recovery: Ni, 92%; Cu, 74%; Co, 60% (estimated)

Reference Table B-6 (cont'd.)

(E for evaluation: o, good; x, poor)

	Reduction-Ammonia Leaching		Cuprion - Ammonia Leaching		High Temperature Sulfuric Acid Leaching		Chloridizing Roasting - Water Leaching		Smelting - Sulfidizing - Leaching	
	E		E		E		E		E	
6 Corrosion-resistant materials for equipment		Small amounts sufficient	o	Small amounts sufficient	o	Corrosion-resistant autoclave required	x	Corrosion-resistant material required, since HCl is a strong acid.	x	Small amounts sufficient
7 Toxicity of reagents		Slight	o	Slight	o	Slight	o	Toxic	x	Slight
8 Environmental pollution		Treatment of leaching residues required	x	Treatment of leaching residues required	x	Treatment of leaching residues required	x	Treatment of leaching residues required	x	Dry process facilitates slag treatment.
9 Possibility of manganese recovery								Recovery is possible; in fact, manganese treatment is the purpose of this process.	o	Recovery as ferromanganese is possible.
10 Similar plant with established technology now in operation		In operation on laterite ore using the Nicaraguan process	o	This process partly resembles the Nicaraguan process, but there is no reduction process at 50°C.	x	In operation on laterite ore using the Moa Bay process	o	Very few examples of plants using HCl exist.	x	This process is used on copper ores, garnierite, and laterite.

Reference No. to Reference Table B-4

2)-b

3)-c

3)-a

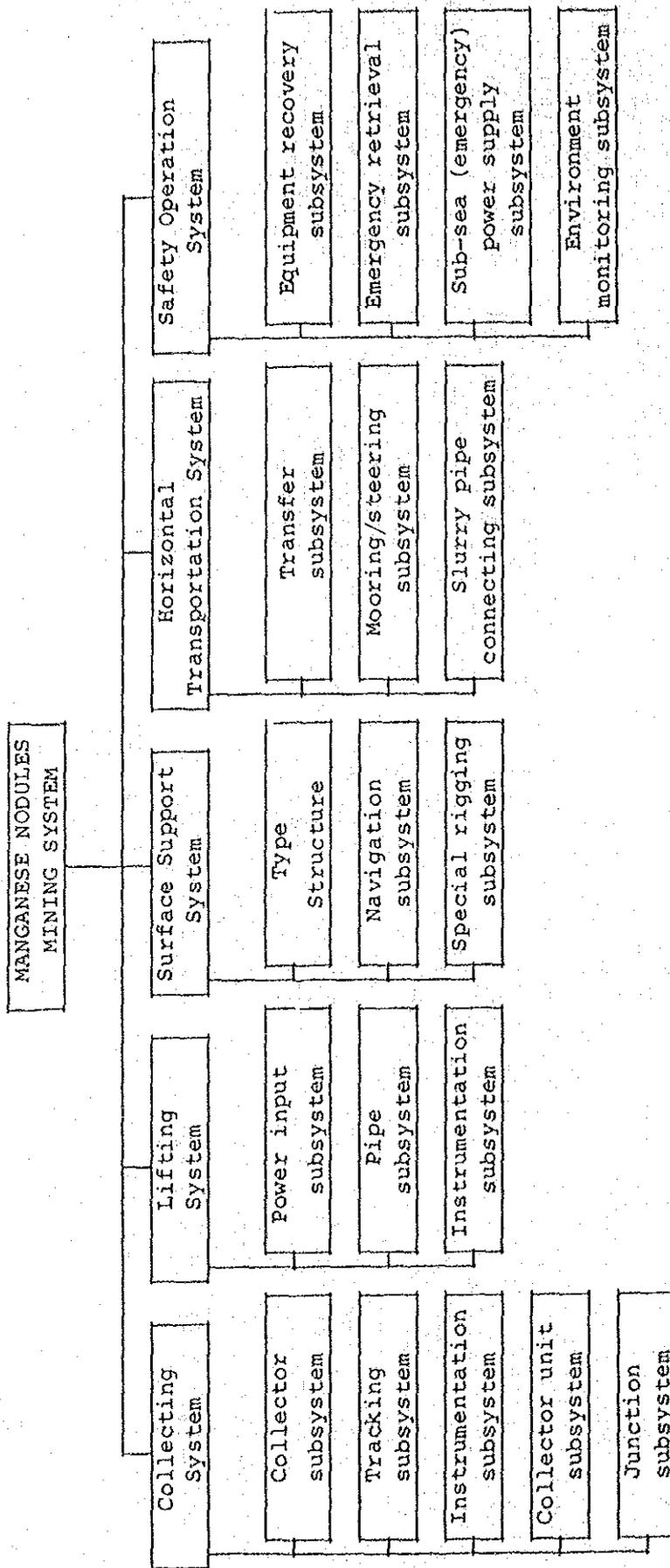
2)-a

1)-b

Reference Table B-7 Summary of Processing Processes

		Reducing roasting - ammonia leaching	Cuprion leaching	High-temperature sulfuric acid leaching	Chloridizing roasting - water leaching	Smelting - sulfidizing - leaching
1	Mineral grade	Ni 1.26 Cu 1.0 Co 0.25 Water 20-35	1.26 1.0 0.25 20-35	1.26 1.0 0.25 20-35	1.26 1.0 0.25 20-35	1.26 1.0 0.25 20-35
2	Recovery	Ni 88 Cu 77 Co <70	88 77-70 <70	92 80 <67	94.7 83.1 <94.3	92.1 75 <85
3	Amount of nodules 10,000 DMT/year	300	300	300	300	300
4	Products	Ni cathode T/year 33,264 Cu cathode " " 23,100 Co powder " " 5,250	33,264 23,100 5,250	34,776 24,000 5,025	35,796 24,930 7,072	34,814 22,500 6,375
5	Energy and process materials	Coal 10,000 T/year Electricity x 10 ⁶ kWh/year NH ₃ T/year 2,910 H ₂ SO ₄ 10,000 T/year HCl T/year 207 H ₂ STD 10,000 m ³ /year	495 3,180 207	264 120 1,740 681 240	111 2,019 120 175.5 297	585 1,503 6.6 237
Reference No. to Reference Table B-4		2)-b	3)-c	3)-a	2)-a	1)-b

Reference Fig. B-1 Manganese Nodules Mining System



C. 開発をめぐる国際環境

I. 海洋法条約の現状

1973年に審議が始まった第3次国連海洋法条約(UNCLOS)は、1982年3月8日より4月30日までニューヨークで開催された第11会期において、賛成130(日本、フランス、オーストラリア、カナダ、ニュージーランド、スウェーデン等北欧諸国および開発途上国の大部分)、反対4(アメリカ、イスラエル、トルコおよびベネズエラ)、棄権17(イギリス、ドイツ連邦共和国、オランダ、ベルギー、イタリア、スペイン、ルクセンブルグ、タイ、ソ連、および東欧諸国)で、その条約草案および関連決議案が一括採択された。条約はその後12月6日からジャマイカで開催された条約採択会議において採択され、117カ国が署名を行ったが、28カ国は署名を行わなかった。条約は2年間署名のために解放され、60カ国が批准または加入した後、1年経過した時点で発効することになっている。

II. 深海底資源開発の法的スキーム

1. 概 要

新海洋法条約草案は、国家管轄権外の海底およびその海底下をAreaと呼称し、Areaおよびその資源は人類の共同財産であるとしている。すなわち、「いかなる国もAreaおよびその資源に対し主権を主張または行使してはならず、またその一部を占有してはならない。Areaの資源の権利は人類全体に帰属するものであり、人類を代表して国際海底機構(International Seabed Authority)が管理する。Areaより回収された鉱物は、条約の第11部および同機構の規則・命令・手続に従ってのみ譲渡されることができ」と規定されている。

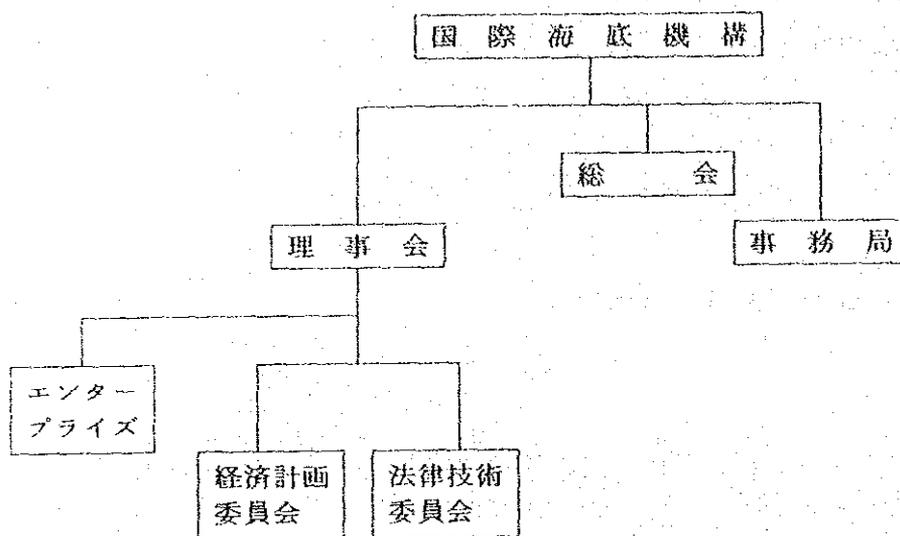
以上のとおり深海底のマンガン団塊は国際海底機構の管轄下におかれており、その探査および採掘のためには、一定の資格要件を満たすものが同機構に申請して一定の条件の下に操業できるに過ぎない。この点、1958年の「公海に関するジュネーブ条約」の公海の自由が修正されている。

2. 国際海底機構の構成

深海底(Area)およびその資源の管理機構として国際法人格を有する国際海底機構が設立される。同機構は次の機関より構成される。

- a. 総 会—最高の意志決定機関であり、一般的政策を決定する。総ての条約加盟国がメンバーとなる。

- b. 理事会一同機構の業務執行機関であり、特定の政策を決定する。利害関係および地理的配分に基づく8つのカテゴリーよりそれぞれ一定数が選出され、総計38カ国で構成される。
- c. 経済計画委員会
- d. 法律・技術委員会
- e. 事務局
- f. エンタープライズ—探査、採掘、運搬、製錬および販売を直接実施する。
- g. 機構図



3. 探査および採掘の方式

マンガン団塊の探査および開発活動は、エンタープライズを使って国際海底機構が直接か、または条約加盟国自身、あるいは加盟国の国籍を有するか、または加盟国またはその国民により実効的にコントロールされている自然人または法人により実施される。

このような活動に着手し、実施するためには、同機構に作業計画書 (Plan of Work) を提出して法律・技術委員会による審査を受け、理事会の承認を得なければならない。操業者が国、自然人または法人の場合、この作業計画書は契約の形をとる。同機構は条約、その付属書、同機構の規則・命令および手続き、承認済の計画書の遵守を確保するのに必要なコントロールを行い、加盟国はそれを補佐しなければならない。同機構と探査・開発の契約後も商業生産開始予定日より5年以内に生産承認を受けなければ生産を開始できない。

契約者の義務として重要なものは次のとおりである。

- a. 鉱区の留保—契約者は、自己が探査・採掘するための鉱区と同一の推定商業価値を有する鉱区を同機構が開発するために提供しなければならない。
- b. 技術移転—エンタープライズによる操業が非留保鉱区の操業と歩調を合わせて実行されるよう、契約者は自己の操業に使用する技術をエンタープライズも使用できるようにしなければならない。
- c. 契約の財政条件—契約者は一種のロイヤリティを同機構に支払う義務を負う。
- d. 生産政策—陸上生産者保護の観点からマンガン団塊よりのニッケル生産量には一定の枠が決められている。ただし、原則的には将来商品協定締結による需給調整を志向している。
- e. 生産承認を求める申請者間の選択—生産開始予定の5年前に生産承認を得なければならないが、生産されるニッケル量には枠がある。申請者が多数でこの枠内に入りきれない時は、一定の基準に従って選択される。

4. 先行投資者の保護

既存の投資者を保護するため、一定の要件を満たす Pioneer Investor に限り条約発効前に準備委員会に鉱区登録を申請できる権利を付与して、鉱区取得の優先権を与えるとともに、既述の生産承認申請についても事実上の優先権を付与している。このような特権の付与と併行して、商業的条件でもって自分が提供した留保鉱区の探査請負義務とか、技術移転の条約発効前の約束義務などをも課している。

特権を受ける資格のある Pioneer Investor には次の3つのカテゴリーがある。

- a. フランス、日本、インド、ソ連またはそれらの国の国有企業または自然人あるいは法人。ただし、国が条約に署名すること、および1983年1月1日以前に少なくとも総額3,000万ドルを先行者活動に支出し、またこの額の少なくとも10%を申請鉱区の位置決定、調査および評価に支出していることを条件とする。
- b. ベルギー、カナダ、ドイツ連邦共和国、イタリア、日本、オランダ、イギリス、アメリカの1国またはそれ以上の国の国籍を有するか、実効的にコントロールされている自然人または法人を構成員とする4つの団体。ただし、国が条約に署名し、かつa. に述べた条件を満足する支出をしていることを条件とする。
- c. 開発途上国の条約署名国またはその国の国有企業、自然人、法人であって、1985年1月1日以前にa. に述べた条件を満足する支出をしていることを条件とする。

5. 生産政策

海洋法条約によれば、暫定期間中の各年の生産量は、最近15年間のニッケル実消費量を基準とした所定の計算式を含む算定方法により決定される。ただし、国際海底機構はいず

れの作業計画書の下においても、ニッケル量で46,500 t/年を超える量の生産を承認してはならないことになっている。

なお、ニッケル以外の銅、コバルト、マンガンの生産量については、ニッケルを最大限生産した場合に回収されるそれぞれの金属量を超えることはできないと規定されている。

これらの生産政策を規定した海洋法条約“Part XI, The Area, Section 3, Development of Resources of the Area, Article 151, Production Policies”をRef. Table C-1に示す。

6. 各国政府の対応

第3次国連海洋法会議第1会期が開催されたのは1973年であるが、欧米諸国の研究開発はそれ以前から行われていた。特に研究開発が進んでいたアメリカにおいては、「いかなる内容の条約が、いつ成立するか先行きの見通しが不明なため、既投資の保護と将来に対する投資の安全を求めて」、1970年代初期より毎回議会に国内法等が提出されてきた。これに対してアメリカ政府は、海洋法条約がUNCLOSで審議されていること、近く成立するであろうことを理由に立法化に反対してきた。しかし、UNCLOSの条約草案の内容は、深海底部分については先進国側に不利に進展するばかりであり、それにつれて自国企業が国際コンソーシアムに参加しているドイツ連邦共和国、イギリス、フランス、イタリア、ベルギー、オランダ、日本においても国内立法を求める声が強くなり、各国政府は前向きに検討し始めた。このような動きを背景にして、1980年6月28日にまずアメリカが立法に踏みきった。引続き8月にはドイツ連邦共和国国内法を制定するに至った。

アメリカ、ドイツ連邦共和国の国内立法は、1958年の「公海に関するジュネーブ条約」に基づいて、マンガン団塊の採掘は公海の自由に該当するという法的見解のもとに、自国民に特定海域での操業を許可することにし、許可に際しては操業海域が重複しないようにするものである。このようにして鉱業に不可欠の操業区域の排他性を確保するとともに、陸上の鉱区のように直接土地に鉱業権を設定することを回避し、公海底そのものについて、国家の主権的行為を行うことを回避している。しかしながら、この方法では他国民との重複を防ぐことはできない。そのため、考え方を同じくする他国と相互国協定を結び、相互に操業区域を認めあうべきことを規定している。

また、国内法は国際条約が自国に対し発効するまでの暫定措置法とし、採掘されたマンガン団塊に対し、含有金属価値の0.75%のロイヤリティを課し、それを国際社会に還元することにして、人類の共同財産という概念にも配慮している。

1981年1月に、アメリカのレーガン新大統領が海洋法条約草案のPart XI, “The Area”の規定はアメリカの国益に合致せず見直す必要があるとして、UNCLOS第10会期で大幅な修正を要求するに至った。そのため、条約の成否そのものが危ぶまれるに至り、春会期は何等の進展をみることなく終了した。このようなUNCLOSの状態を背景として、現にマ

ンガン団塊の開発に関与している8カ国間で、前述の相互国協定の締結を目指す会議が開かれることになった。この間、1981年7月にイギリスが、同年12月にフランスが国内立法を公布した。

8カ国の内、アメリカ、イギリス、ドイツ連邦共和国、フランスが国内立法をもつことになったため、この4カ国はInner fourと称して、8カ国会議とは別に4カ国会議をもち、相互国協定締結に向けての努力が重ねられた。しかしながら、鉱区面積、鉱区の重複解決の基準・手続についての合意が難航し、結局第11会期の結果待ちになり、締結されずじまいとなった。この間相互国協定とは別に、既存の5つの国際コンソーシアムの間では、鉱区の重複解決についての私的仲裁契約（仲裁規則を含む）の交渉が進められ、アメリカ企業の参加する4コンソーシアム間でまず1982年2月に締結され、遅れて5月にフランスのコンソーシアムがこれに加わった。

1982年3月8日から始まったUNCLOS第11会期における8カ国の態度は、既述のようにアメリカが反対、日本およびフランスが賛成、残り5カ国は棄権した。条約の内容に関するアメリカの修正要求は、理事会でアメリカが議席を保障されたほかは全く採用されず、従来のスキームがそのまま採択された。

ソ連および日本は、条約本文とともに採択された先行投資者の保護決議案を受けて、それぞれ4月と7月に国内法を施行した。

一方、かつてのInner fourのアメリカ、イギリス、ドイツ連邦共和国、フランスは、9月2日に「Agreement Concerning Interim Arrangements Relating to Polymetallic Nodules of the Deep Seabed」を締結した。この協定は秘密協定とされていることもあって、G-77途上国、ソ連を含む計画経済圏諸国は国連の場で、非合法であると非難決議を行った。しかし、その実体はかつての相互国協定ではなく、民間が自主的に進めている鉱区重複の解決を、それぞれの自国法に基づいて側面援助またはバックアップする内容であり、新しい法制度を協定するものではない。条約の先行投資者保護決議に基づいても、準備委員会に申請する前に重複は解決されていなければならない。また本協定では、各国が自国法に基づくライセンスの発給や、相互国協定の締結を1983年1月まで禁止しており、この意味で条約の内容になら矛盾するところはない。

条約採択会議における8カ国の態度は、フランス、オランダが署名しただけで、残り6カ国は署名しなかった。この内、アメリカは署名しないと明言しており、ドイツ連邦共和国も署名しないとの見方が強い。しかしながら、117カ国の署名を得て準備委員会は1983年春には発足することになり、今後の各国の対応が注目される。

Article 151
Production policies

1. (a) Without prejudice to the objectives set forth in article 150 and for the purpose of implementing subparagraph (h) of that article, the Authority, acting through existing forums or such new arrangements or agreements as may be appropriate, in which all interested parties, including both producers and consumers, participate, shall take measures necessary to promote the growth, efficiency and stability of markets for those commodities produced from the minerals derived from the Area, at prices remunerative to producers and fair to consumers. All States Parties shall co-operate to this end.
 - (b) The Authority shall have the right to participate in any commodity conference dealing with those commodities and in which all interested parties including both producers and consumers participate. The Authority shall have the right to become a party to any arrangement or agreement resulting from such conferences. Participation of the Authority in any organs established under those arrangements or agreements shall be in respect of production in the Area and in accordance with the relevant rules of those organs.
 - (c) The Authority shall carry out its obligations under the arrangements or agreements referred to in this paragraph in a manner which assures a uniform and non-discriminatory implementation in respect of all production in the Area of the minerals concerned. In doing so, the Authority shall act in a manner consistent with the terms of existing contracts and approved plans of work of the Enterprise.
2. (a) During the interim period specified in paragraph 3, commercial production shall not be undertaken pursuant to an approved plan of work until the operator has applied for and has been issued a production authorization by the Authority. Such production authorizations may not be applied for or issued more than five years prior to the planned commencement of commercial production under the plan of work unless, having regard to the nature and timing of project development, the rules, regulations and procedures of the Authority prescribe another period.

- (b) In the application for the production authorization, the operator shall specify the annual quantity of nickel expected to be recovered under the approved plan of work. The application shall include a schedule of expenditures to be made by the operator after he has received the authorization which are reasonably calculated to allow him to begin commercial production on the date planned.
- (c) For the purposes of subparagraphs (a) and (b), the Authority shall establish appropriate performance requirements in accordance with Annex III, article 17.
- (d) The Authority shall issue a production authorization for the level of production applied for unless the sum of that level and the levels already authorized exceeds the nickel production ceiling, as calculated pursuant to paragraph 4 in the year of issuance of the authorization, during any year of planned production falling within the interim period.
- (e) When issued, the production authorization and approved application shall become a part of the approved plan of work.
- (f) If the operator's application for a production authorization is denied pursuant to subparagraph (d), the operator may apply again to the Authority at any time.
3. The interim period shall begin five years prior to 1 January of the year in which the earliest commercial production is planned to commence under an approved plan of work. If the earliest commercial production is delayed beyond the year originally planned, the beginning of the interim period and the production ceiling originally calculated shall be adjusted accordingly. The interim period shall last 25 years or until the end of the Review Conference referred to in article 155 or until the day when such new arrangements or agreements as are referred to in paragraph 1 enter into force, whichever is earliest. The Authority shall resume the power provided in this article for the remainder of the interim period if the said arrangements or agreements should lapse or become ineffective for any reason whatsoever.
4. (a) The production ceiling for any year of the interim period shall be the sum of:
- (i) the difference between the trend line values for nickel consumption, as calculated pursuant to subparagraph (b), for the year immediately prior to the year of the earliest commercial production and the year immediately prior to the commencement of the interim period; and

(ii) sixty percent of the difference between the trend line values for nickel consumption, as calculated pursuant to subparagraph (b), for the year for which the production authorization is being applied for and the year immediately prior to the year of the earliest commercial production.

(b) For the purposes of subparagraph (a):

(i) trend line values used for computing the nickel production ceiling shall be those annual nickel consumption values on a trend line computed during the year in which a production authorization is issued. The trend line shall be derived from a linear regression of the logarithms of actual nickel consumption for the most recent 15-year period for which such data are available, time being the independent variable. This trend line shall be referred to as the original trend line;

(ii) if the annual rate of increase of the original trend line is less than 3 percent, then the trend line used to determine the quantities referred to in subparagraph (a) shall instead be one passing through the original trend line at the value for the first year of the relevant 15-year period, and increasing at 3 percent annually; provided however that the production ceiling established for any year of the interim period may not in any case exceed the difference between the original trend line value for that year and the original trend line value for the year immediately prior to the commencement of the interim period.

5. The Authority shall reserve to the Enterprise for its initial production a quantity of 38,000 metric tonnes of nickel from the available production ceiling calculated pursuant to paragraph 4.

6. (a) An operator may in any year produce less than or up to 8 percent more than the level of annual production of minerals from polymetallic nodules specified in his production authorization, provided that the over-all amount of production shall not exceed that specified in the authorization. Any excess over 8 percent and up to 20 percent in any year, or any excess in the first and subsequent years following two consecutive years in which excesses occur, shall be negotiated with the Authority, which may require the operator to obtain a supplementary production authorization to cover additional production.

(b) Applications for such supplementary production authorizations shall be considered by the Authority only after all pending applications by operators who have not yet received production authorizations have been acted upon and due account has been taken of other likely applicants. The Authority shall be guided

by the principle of not exceeding the total production allowed under the production ceiling in any year of the interim period. It shall not authorize the production under any plan of work of a quantity in excess of 46,500 metric tonnes of nickel per year.

7. The levels of production of other metals such as copper, cobalt and manganese extracted from the polymetallic nodules that are recovered pursuant to a production authorization should not be higher than those which would have been produced had the operator produced the maximum level of nickel from those nodules pursuant to this article. The Authority shall establish rules, regulations and procedures pursuant to Annex III, article 17, to implement this paragraph.
8. Rights and obligations relating to unfair economic practices under relevant multilateral trade agreements shall apply to the exploration for and exploitation of minerals from the Area. In the settlement of disputes arising under this provision, States Parties which are Parties to such multilateral trade agreements shall have recourse to the dispute settlement procedures of such agreements.
9. The Authority shall have the power to limit the level of production of minerals from the Area, other than minerals from polymetallic nodules, under such conditions and applying such methods as may be appropriate by adopting regulations in accordance with article 161, paragraph 8.
10. Upon the recommendation of the Council on the basis of advice from the Economic Planning Commission, the Assembly shall establish a system of compensation or take other measures of economic adjustment assistance including co-operation with specialized agencies and other international organizations to assist developing countries which suffer serious adverse effects on their export earnings or economies resulting from a reduction in the price of an affected mineral or in the volume of exports of that mineral, to the extent that such reduction is caused by activities in the Area. The Authority on request shall initiate studies on the problems of those States which are likely to be most seriously affected with a view to minimizing their difficulties and assisting them in their economic adjustment.

D. 今後の開発の見通しならびに ニッケル、コバルト、銅および マンガン市場に与える影響

I. 今後の開発の見通し

今後の開発の動向を左右する重要な要因は法制度、技術および経済性である。

1. 法制度

既述のごとく、将来いかなる法制度がマンガン団塊の開発活動を左右することになるのか、現時点では混沌としている。少なくとも既存のコンソーシアムの代表者達は、海洋法条約の内容が将来の操業者にとり極めて不利なので、はたして条約の下で開発できるか否か疑問を抱いている。また、国内法の下でなんらかの相互国協定を締結して行うことについては、開発途上国の非難が当然予想され、安定した法制度とはいえないであろう。開発の対象であるマンガン団塊が公海にあり、鉱業の性質上、排他的鉱区を不可欠とするからには、なんらかの普遍的に世界各国より認められた共通の法制度の確立が前提となってくる。

現時点では、既存の5つのコンソーシアムは、アメリカ、ドイツ連邦共和国、フランスの国内法に基づいて、自国に探査ライセンスを申請済であり、目下重複鉱区の自主的解決を交渉中の段階にある。しかしながら、5コンソーシアム以外の先行投資者 (Pioneer Investor) であるインド、ソ連、日本との重複をいかに解決するのか、重複解決後、条約につなぐのか、国内法のライセンスだけで探査を実施するのか、決まっていない。このような状況下で、各コンソーシアムは現在探査活動を中断している。

2. 技術

既存5コンソーシアムの内、3コンソーシアムは深海実験に成功したことが正式に報道されているが、長期間の連続操業の実績はない。また、実験のスケールは商業規模の1/5~1/10といわれている。したがって、概念的には技術を確立していても、商業生産に耐え得るシステムおよび装置であることの確認は、今後の研究開発を待たなければならないと推察される。

3. 経済性

今後の開発見通しを左右する最も大きな問題は、経済性である。1960年代より1970年代にかけて、陸上のラテライト・ニッケル鉱石の開発が進み、硫化鉄対ラテライト鉄の比率

は 60 : 40 となっている。ラテライト鉱の開発が進んだ大きな理由の 1 つは、ラテライト鉱は主として開発途上国にあり、露天掘りのため、労務費コストが安いことである。これに対し硫化鉱は主に先進国に賦存し、坑内掘りのため先進国における労務費の上昇が、ラテライト鉱の製錬エネルギーコストの高さを補償する形となり、硫化鉱に対する競争力を得るようになった。しかし、1973 年のオイル・ショック後、石油価格は 15 倍以上にもなり、労務費コストの安さによってはカバーしきれなくなっている。

マンガン団塊産ニッケルのコストを考える場合は、マンガン団塊も酸化鉱であり、その性質上、製錬方法は鉄分の多いラテライト鉱に似ているという点に注目する必要がある。マンガン団塊の生産コストについては、信頼できる推定数値はない。しかしながら、定性的には次のように結論づけられる。

- a. 陸上の硫化鉱ニッケルに対しては、既存プラントの拡張による増産あるいは新規鉱山の開発のいずれに対してもコスト的に競争できない。
- b. 既設のラテライト鉱山の拡張による増産には対抗できない。
- c. 新設のラテライト鉱山産ニッケルに対しては、将来低品位のラテライト鉱を開発せざるを得ない状況になった場合には、競争力をもってくることとなろう。

その理由は、次のとおりである。

- a. 硫化鉱は浮遊選鉱法の適用が可能であり、硫化精鉱の形となるので製錬コストが安上りとなる。
- b. マンガン団塊の 1 つの利点は、製錬所の立地をインフラが既に整備されている所、電力代の安い所に求めることができることである。多少の運搬距離の増大が海上運賃に与える影響は、陸上ほど大きくはない。これに反し陸上では、鉱山および製錬所の立地は益々奥地の辺鄙な場所に移っており、インフラの整備に多大のコストを要するようになってきている。したがって、このマンガン団塊の利点は、既にインフラの整備されている所、すなわち既設プラントの拡張には通用しないことになる。
- c. 既設のプラントはオイル・ショック前の建設費が安い時代に造られている。オイル・ショック後インフレで建設費は 2 倍 - 3 倍に騰貴したが、金属価格はほとんど上昇していない。したがって安いコストのプラントを持つ既存の鉱山やプラントおよびその増設との価格競争は難しい。
- d. 新設のラテライト鉱山との競争となれば、起業費の高騰については同条件となる。採掘費については、パワーショベルまたはブルドーザーによる露天掘のラテライトに比し、数万トンの採鉱船 2 隻を運航して、3 万馬力程度のポンプを使用し 14,000 wet t / 日 を採掘する方法は明らかにコスト高となる。
- e. 将来の商業生産におけるマンガン団塊の平均品位は、ニッケル 1.3%、コバルト 0.25%、銅 1.0%、マンガン 25%位と考えられている。それぞれの金属価格の想定如何により異なるが、これをニッケルに換算すると 2.3%位になり、陸上のラテライト鉱石の 1.5 - 3%には品位的に充分対抗し得る。

鉄業において、金属生産のコニット・コスト、特に採掘コストを下げる最も有効な方法は、高品位鉄を採掘することであるが、マンガン団塊においては特別高品位な鉄床はこれまでのところ発見されていない。また、新しい製錬技術の開発によるコスト引下げも、それは同時に陸上のラテライト鉄にも適用され、相対的な価格引下げにはつながらない。このことから、各国の金属資源に対する長期安定供給確保へのとり組み方いかんにもよるが将来需要が拡大して現在の能力過剰状態が解消し、さらに能力の追加が必要とされるようになり、加えて陸上鉄山の鉄量・品位の漸次的低下によりマンガン団塊の持つコスト的ハンディキャップが縮小される時期が来れば、マンガン団塊の商業的生産の可能性が現実化するものと思われる。

マンガン団塊の生産コストについては、商業生産の実績がなく生産技術がいまだ開発の段階にあるので推定が困難である。生産コストについて公刊された文献に MIT(注1)、A Cost Model of Deep Ocean Mining and Associated Regulatory Issues (1978年)、ADL(注2)、Technological and Economic Assessment of Manganese Nodules Mining and Processing (1979年)がある。しかし、ここに出てくる起業費や生産コストは低過ぎて現実的でなく、参考にならない。

II. ニッケル、コバルト、銅およびマンガン市場に与える影響

1. 市場に与える影響

現時点で考えられているマンガン団塊の経済単位は年間300万 dry t である。その平均品位は、ニッケル1.40%、銅1.10%、コバルト0.21%、マンガン28.00%(重量%)といわれている。したがって生産される金属量は、ニッケル(cathode)37,700 t、銅(cathode)29,300 t、コバルト(cathode)4,410 t、フェロマンガン(含有マンガン)238,000 t(マンガン団塊300万 dry t 中100万 dry t だけフェロマンガンの製造に使用するものと考えた場合)となる。

(注1) Massachusetts Institute of Technology

(注2) Arthur D. Little, Inc.

	A. 世界消費 1974-1978年の年平均	B. マンガン団塊 1プロジェクト年産	B / A (%)
ニッケル	664.0千t	37.7千t	5.7
銅	8,572.0 "	29.3 "	0.3
コバルト	27.0 "	4.4 "	16.2
マンガン鉱石	21,801.0 "	2,112.0 "	9.7
フェロマンガン	5,610.0 "	238.0 "	4.2

注：マンガン団塊プロジェクトのマンガン鉱石量は一次スラグの量である（マンガン品位 35-38%）。フェロマンガンの量は一次スラグの3分の1を使ってフェロマンガン（マンガン 85%）を製造した場合である。

マンガン団塊の1プロジェクトが与える影響は以上のとおりであり、銅に与える影響は軽微であるが、コバルトは実質的に大きな影響を受ける。マンガンについては、フェロマンガン仕上げとするとかなり大きな影響を与える。鉄マンガン鉱の代替として製鉄用を使用し得るか否かについてはマンガン・スラグが含む不純物の関係もあり、今後の研究を必要とする。ニッケルについても、生産コストの比較を別とすれば37.7千tの量は陸上の大鉱山1山に匹敵しよう。

しかしながら、ここで指摘されるべきことは、海洋法条約による production ceiling の問題である。仮に、陸上鉱山産の金属生産コストに対して、マンガン団塊産金属生産コストの方が優位に立ったとしても、海洋法条約の下で行う限りマンガン団塊には生産制限が設けられているので、与えられた枠しか陸上生産量を代替できない。したがって、陸上鉱山に与える影響には自ずから限度があることになる。

2. 商業生産開始の時期

現在、非鉄金属は全般的に需要の大幅な減退により市況が極度に悪化している。特に、ニッケルやコバルトについては西側世界の稼働率が5-6割程度という状況であり、今後需要の伸びも見込まれないことから、需給ギャップがかなり長期的に続くものと予想される。したがって、マンガン団塊産のニッケルやコバルトがコスト的に対抗し得ると見られるラテライト鉱山の新規開発もかなり先になるものと思われる。また、マンガン団塊の生産技術はまだ確立されていないが、現在の需給・価格状況や海洋法との関連により技術開発のテンポは大幅にスローダウンしている。

JICA

