

# マンガン資源の現状と将来

## Review and Prospect of Manganese Resources

日下部 吉彦\*

Yoshihiko Kusakabe

### 1. はじめに

マンガンは地殻では12番目に多い元素で地殻における存在度は約0.1%であるが、天然には単体としては産せず、すべて化合物になっている。マンガンを含む鉱物種の数は頗る多く、そのうちでマンガンを主成分として含むいわゆるマンガン鉱物だけでも120種を超えると言われている。

マンガンは鉄鋼を生産する際に鉄鋼中の酸素や硫黄を除去するために必要な添加物であって、これに代る満足のいくものは未だ発見されていない。鉄鋼の生産には不可欠の副原料として、マンガン資源の開発は鉄鋼業とともに発展してきた。その他マンガンには乾電池材料、化学工業原料などとして多くの用途があるが、さらに最近では磁性材料としての特性が重要視されるようになってきている。

以下にマンガン資源の現状と将来について展望し、最後にわが国のマンガン鉱業についても簡単に触れてみたい。

### 2. 鉱石鉱物

マンガンを主成分として含有するマンガン鉱物は、120～130種にも達すると言われているが、マンガン鉱床において主要でしかもかなり普遍的に見られるものは表1に示した鉱物を含めて30種ほどである。表1中の各鉱物の産状は概略次の通りである。

クリプトメレーン、パイロルーサイト、バーネサイト、サイロメレーン、トドロキ石、スイマンガン鉱は堆積鉱床から産出する。クリプトメレーン、パイロルーサイト、サイロメレーン、エンスータイト、スイマンガン鉱などは菱マンガン鉱やマンガン方解石などの炭酸塩鉱物に対する天水による酸化作用によっても生成されるので風化残留鉱床や鉱床上部の酸化帯にお

る主要鉱石鉱物でもある。

ハウスマン鉱、ヤコブサイト、ピクスバイト、ブラウン鉱、ブレデンベルジャイトはいずれも既存の鉱床が変成作用を被った、いわゆる被変成鉱床中に通常見られる鉱物である。なお、ハウスマン鉱とブラウン鉱は堆積鉱床から産出することもある。

ロードナイト、パイロックスマンガン石、テフロ石、マンガンザクロ石は被変成鉱床における主要鉱石鉱物である。

ベメント石はチャートなどの珪質岩を母岩とする堆積鉱床中にひろく見られる。

菱マンガン鉱は熱水性鉱床及び堆積鉱床における主成分鉱物であるが、マンガン炭酸塩鉱物を主体とする被変成鉱床からも普遍的に見いだされる。

アラバングイトは通常、熱水性鉱床から産出する。

### 3. 鉱床

マンガン鉱床は世界の各地に広く分布し、鉱床のタイプもさまざまなものがある。1983年の統計<sup>7)</sup>ではマンガン鉱を生産している国は25ヶ国ほどであるが、かつて生産していた国も含めるとマンガン生産国は50ヶ国を超える。

マンガン鉱床の分類はこれまでに多くの研究者によって行われてきたが、分類はマンガンの起源、産状、生成機構と過程、胚胎の場の地質構造区分、鉱物組成、母岩など種々の要因に基づいて行われ、どの要因を強調するかによってその結果は多様である。ここでは、Roy (1981)<sup>6)</sup>の分類に従ってその概略を述べる。

マンガン鉱床はまず、熱水性鉱床(主として鉱脈型)、堆積鉱床および風化残留鉱床の三つに大別される。

堆積鉱床は海底火山活動に伴って直接に供給されたマンガン元素が濃集、堆積したと考えられる火山源堆積鉱床と陸地の岩石中のマンガン成分が風化作用、浸食作用の過程で地表水や地下水によって水圏に運ばれそこで濃集、堆積したと考えられる非火山源堆積鉱床

\* 京都大学工学部資源工学教室教授

表1 主要マンガン鉱物

鉱物名	化学成分	Mn%	分類
クリプトメレーン鉱(Cryptomelane)	$KMn_8O_{16}$	56~60	二酸化鉱物
パイロルース鉱(Pyrolusite)	$MnO_2$	55~60	"
ラムスデル鉱(Ramsdellite)	$MnO_2$	55~60	"
エンスータイト(Neutite)	$(Mn^{4+}, Mn^{2+})(O, OH)_2$		"
バーネス鉱(Birnessite)	$(Ca, Mg, Na, K)(Mn^{4+}, Mn^{2+})(O, OH)_2$	<56	"
ハウスマン鉱(Hausmannite)	$Mn_3O_4$	<72	酸化鉱物
ヤコブス鉱(Jacobsite)	$MnFe_2O_4$	25~30	"
ビクスビ鉱(Bixbyite)	$Mn_2O_3$	<74	"
ブラウン鉱(Braunite)	$3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$	<63	"
ブレデベルグ鉱(Vredenburgite)	$Mn_3O_4 + MnFe_2O_4$	40~45	"
サイロメレーン鉱(Psilomelane)	$(Ba, H_2O)_4Mn_{10}O_{20}$	50	含水酸化鉱物
トドロキ石(Todorokite)	$(Mn^{2+}, Ca, Ba, Mg, Na, K)Mn_3O_7 \cdot 2H_2O$	<60	"
スイマンガン鉱(Manganite)	$MnO(OH)$	52	"
ロードナイト(Rhodonite)	$MnSiO_3$	<42	珪酸塩鉱物
パイロックスマンガン石(Pyroxmangite)	$(Fe, Mn)SiO_3$	<40	"
テフロ石(Tephroite)	$Mn_2SiO_4$	<54	"
マンガンザクロ石(Spessartine)	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	<27	"
ベメント石(Bementite)	$(Mn, Mg)_5Si_4O_{10}(OH)_2$	<30	含水珪酸塩鉱物
ペンヴィス石(Penwithite)	$MnSiO_3 \cdot nH_2O$	35~38	"
菱マンガン鉱(Rhodochrosite)	$MnCO_3$	47	炭酸塩鉱物
アラバンド鉱(Alabandite)	$MnS$	63	硫化鉱物

資源鉱物ハンドブックによる。

とに区分されるが、鉱床の規模は一般に後者の方が大きい。さらにこれら両者は母岩の種類や性質などによってそれぞれ細分されている。非火山源堆積鉱床の成因は縞状鉄鉱層の成因に類似しており、縞状鉄鉱層に伴われる鉱床も少くない。

風化残留鉱床は堆積鉱床その他の既存の鉱床が風化作用による浅成富化作用を受けたもので初生の鉱床ではないが、このタイプのもは高品位の鉱石を産出し、世界の主要鉱床の多数が含まれていることからとくに区分を設けたものと思われる。

世界の重要なマンガン鉱床は堆積鉱床及び風化残留鉱床である。熱水性鉱床は金、銀、鉛、亜鉛、銅その他の多種類の金属鉱物を伴い、鉱物組成の変化に富むことで学術的な興味を引くものはあっても、小規模なものが多いために世界の埋蔵鉱量の中ではごく僅かの部分を占めるに過ぎない。

次に世界の主要鉱床のいくつかについて簡単に説明する。

Postmasburg (南アフリカ共和国)：先カンブリ

ア時代の Transvaal 系の苦灰岩を頁岩・珪岩層が不整合に覆い、鉱床は不整合面やその近傍に胚胎している。風化作用によって溶出した苦灰岩中のマンガン分が濃集して形成された風化残留鉱床である。主要鉱石はパイロルース鉱、サイロメレーンなどである。

Kalahari (南アフリカ共和国)：Postmasburg の北方に位置する。Transvaal 系中の縞状鉄鉱層中に賦存する延長35kmを超える大マンガン鉱層で、主要な鉱層は三層ある。鉱石はブラウン鉱、ハウスマン鉱、ビクスビ鉱、パイロルース鉱、クリプトメレーン、トドロキ石、スイマンガン鉱、菱マンガン鉱などであるが、これらの鉱物の組合せと量比は場所によって異なる。

Moanda (ガボン)：炭質頁岩、砂岩、ドロマイトなどからなる先カンブリの Franceville 統中に胚胎する非火山源堆積鉱床を原鉱床とする風化残留鉱床で、原鉱石は菱マンガン鉱及び含マンガンドロマイトからなる炭酸マンガン鉱であるが、天水による浅成富化作

用を被りパイロラーサイト、クリプトメレーンなどからなる二酸化マンガン鉱を生じている。

Serra do Navio (ブラジル)：先カンブリア時代の Amapa 統の石炭片岩中に胚胎する非火山源堆積鉱床である。菱マンガン鉱を主体とする原鉱床が広域変成作用を被ってマンガンザクロ石、テフロ石、ロードナイトなどの珪酸塩鉱物を生じ、さらに天水による浅成富化作用によってクリプトメレーン、パイロラーサイト、スイマンガン鉱などの酸化鉱物が生成している。

Molango (メキシコ)：石灰岩及び石灰質頁岩からなる上部ジュラ系中の非火山源堆積鉱床でマンガン鉱層の厚さは平均 6 m、鉱石は菱マンガン鉱を主体とする炭酸マンガン鉱で埋蔵量は 1,500 万トンと見積られている。

Groote Eylandt (オーストラリア)：砂岩、泥岩、泥灰岩などからなる下部白亜系中の非火山源堆積鉱床で、鉱層の平均層厚は 3 m、150 平方 km の範囲に分布している。パイロラーサイト、クリプトメレーンが主成分鉱物であるが、この他にサイロメレーン、エンズータイト、トドロキ石、ブラウン鉱などを伴う。

Nikopol (ソ連、ウクライナ共和国)：砂岩、泥岩、泥灰岩などからなる古第三紀漸新統中の堆積鉱床で、黒海の北に位置している。鉱層の層厚は 3 m 以上あり、その延長は 250 km を超える大鉱床である。鉱床には鉱物相による次のような分帯が認められる。すなわち、この漸新統が堆積した堆積盆の縁部ではパイロラーサイト、サイロメレーンからなる酸化物相、次いでサイロメレーン、スイマンガン鉱、マンガン方解石、菱マンガン鉱の氧化物・炭酸塩相に変わり、中央部では菱マンガン鉱、マンガン方解石の炭酸塩相になっている。

Chiatura (ソ連、グルジア共和国)：Nikopol の東南東、黒海の東に位置する漸新統中の堆積鉱床で Nikopol と同じタイプのものである。

#### 4. 生産量と埋蔵鉱量

世界の生産量と埋蔵鉱量に関する 1983 年の統計を表 2 に示した。1984 年、1985 年の統計も公表されているが、ここでは推定値の少ない 1983 年のものを用いた。

現在、マンガン生産国は 20 ヶ国以上あるが、表 2 中の 7 ヶ国で生産量の 96% を占めている。因に 1983 年および 1984 年におけるわが国の生産量はそれぞれ 7.5 万トンおよび 4.6 万トンである。

ソ連では Nikopol・Chiatura 両鉱床が生産の中心であり、埋蔵量は前者が 7 億トン、後者が約 1.6

表 2 マンガン鉱石の生産量と埋蔵鉱量 (1983 年)

単位：10<sup>3</sup>ショートトン\*\*

国名	生産量	埋蔵鉱量
ソ連	11,500*	2,500,000
南ア共和国	3,181	8,500,000
ブラジル	2,300*	180,000
ガボン	2,047	440,000
中国	1,760*	110,000
オーストラリア	1,491	540,000
インド	1,455	120,000
その他	1,005*	98,000
合計 (概数)	24,700*	12,000,000

\*：推定

U.S. Bureau of mines: Mineral Commodity Summaries  
1985 による

\*\*：1 ショートトン ≒ 907 kg

億トンと言われている。ウラル山脈東麓にはこれらと同じタイプの Polunochnoe 鉱床がある。

南アフリカ共和国は世界で最大の埋蔵量を有し、Postmasburg, Kalahali などの大規模鉱床が賦存している。Postmasburg は Kimberley の西北西に位置し埋蔵量は 10 億トン、Kalahali はその北方の Kuruman 地区にあって埋蔵量は 30 億トンとも 45 億トンとも言われている。

ブラジルでは Amapa, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Do Sul の各州で採掘が行われている。Serra do Navio (Amapa 州) はブラジル最大のマンガン鉱山 (埋蔵鉱量 3,500 万トン) でブラジルの生産量の半ば以上はここからのものである。近年、Para 州 Carajas 地域の鉱床開発計画が進められているが、この地域には Azul (推定埋蔵鉱量 6,000 万トン) Buritirama (1,200 万トン)、Serenio (300 万トン) などの鉱床があり、Azul では 1984 月に生産が開始された。

ガボンの生産のほとんどは Moanda 鉱床で行われている。Moanda の埋蔵量は 2 億トン以上あり、現在の生産ベースでいくと少くとも 100 年間の操業が可能と言われている。

オーストラリアのマンガンは Groote Eylandt 鉱床 (ノーザンテリトリー、グロート島) ではほぼ全量生産されている。埋蔵量は少くとも 2 億トンと見積られている。

中国における主要な鉱床は先カンブリア時代から古生代の海成層中に賦存する堆積鉱床である。生産は、Hsiangtan (湖南省長沙、先カンブリア時代)、Wafan-

gtzu (遼東半島, 先カンブリア), Tsunyi (貴州省, 先カンブリア), Mukwei (広西省, 古生代) などの鉱床で行われている。

インドのマンガンはその大部分が Orissa, Karnataka, Maharashtra, Madhya Pradesh の各州で生産されている。主要なマンガン鉱床帯は Orissa, Karnataka 及び Madhya Pradesh・Maharashtra 州境にある。主要鉱床はすべて先カンブリア時代の広域変成岩あるいは堆積岩層中の非火山源堆積鉱床である。変成岩中の鉱床は生成後に広域変成作用を被った被変成鉱床であってブラウン鉱, ピクスバイト, ヤコブサイト, ハウスマン鉱, プレデンベルジャイト, マンガンザクロ石, ロードナイトなどから構成されている。鉱床にはいずれも風化作用によって生じたホーランドイト, パイロルーサイトなどからなる酸化帯が発達している。

世界の埋蔵鉱量約120億ショートトンのうち約96%をソ連, 南阿, オーストラリア, ガボンの4ヶ国で占めている。今後の探査・開発の進み具合によってこれらの数値に多少の変化が生じるにしてもマンガン資源が著しく偏在していることは明らかである。なお, 表中の埋蔵鉱量((reserve)には経済限界すれすれの鉱物資源量(marginal reserve)と現在では経済限界下の鉱物資源量(subeconomic resources)の一部とが加算されている。

## 5. マンガン鉱石と用途

一般に, マンガン鉱石は2種類以上のマンガン鉱物が組合わさって構成され, その組合せによって種々の鉱石が生ずる。鉱物組成からは鉱石はまず, 二酸化鉱物, 含水酸化鉱物などからなる酸化マンガン鉱, 菱マンガン鉱を主成分とする炭酸マンガン鉱, 珪酸塩鉱物からなる珪酸マンガン鉱の三つに大別され, それらが更に細分される。

マンガンは鉱石のまま売買されることが多く, この場合は二酸化マンガン分( $MnO_2$ )の含有量によって取引される二酸化マンガン鉱とマンガン分(Mn)の含有量によって取引される金属マンガン鉱とに分けられる。前者の品位は $MnO_2$  60%以上, 後者はMn 20~55%で, 市場の習慣では40%以上が高品位鉱, それ以下が低品位鉱と呼ばれている。マンガン鉱石は一般にはMn 20%以上で鉄分が16%以下のものを言うが, 鉄分の多いマンガン鉱もある。これを鉄マンガン鉱と言ひ, 品質的には鉄鉱石とマンガン鉱石の中間的位置に

ある。

金属マンガン鉱はその大部分が製鉄・製鋼(脱酸, 脱硫, マンガン添加)及び合金鉄用として消費される。合金鉄(フェロマンガン, シリコマンガン, スピーゲル)は製鋼の際に脱酸とマンガン添加とを目的に使用される。この他に電解マンガン(電解金属マンガン, 電解二酸化マンガン)及び硫酸マンガン肥料の原料や熔接棒に用いられる。

二酸化マンガン鉱は乾電池の減極剤として重要なものであったが, 良質の鉱石が乏しくなったこともあって現在では主として電解二酸化マンガンが用いられている。二酸化マンガン鉱の用途は広く, 乾電池の減極剤, 過マンガン酸カリなどの化学薬品の原料, ガラス・珪瑯などの着色剤, 瓦・土管の釉薬, 亜鉛製錬用(脱酸, 脱鉄剤), 写真現像液, カラーフィルム用の着色用材, 熔接棒用(酸化防止剤)として用いられる。

## 6. 今後の見通し

Skinner (1976)<sup>3)</sup>は金属を地殻における存在度に基づいて, 存在度0.1%以上の豊富にある金属と0.1%以下の希金属(scarce metal)の二つのグループに分けている。その結果, マンガンはアルミニウム, 鉄, マグネシウム, チタンなどと共に豊富にある金属のグループに区分されている。そして, 生産量が大きく, 生産速度も増加しつつある銅, 鉛, 亜鉛, ニッケルのようなく普通なものが地球化学的には希少で, 金, 銀, 白金と共に希金属の範疇に属するという事は驚くべきことで, 多くの専門家はまず欠乏が起きるようなはこのグループの資源であると信じている, と述べている。

表2の埋蔵鉱量を生産量で除せば485(年)という値が得られる。需要は年々増加するであろうし, この埋蔵鉱量には経済限界下の鉱量も加算されているので485年は一応一つの割算の結果としておこう。ところで, 地球上には未だ十分に探査が行き届いてない地域がかなり多く残されているので探査が進めば埋蔵鉱量も増える可能性がある。

Ray (1984)<sup>8)</sup>は1981年の埋蔵鉱量と約30年前の1950年の埋蔵鉱量との比較を36種類の鉱物資源について行っている。この30年間に生産量は常に増加し続けたにも拘らず1981年の埋蔵鉱量はすべての場合, 1950年の埋蔵鉱量よりも増加し, マンガンは2倍以上になっていることを示している。

Rayはまた, 1981年の確定鉱量を1979~81年の3年

間における平均生産量で除した数値を埋蔵鉱量の寿命とし、この値をもとに36種類の鉱物資源を、非常に長い(100年以上)、長い(50~99年)、普通(30~49年)、比較的短い(30年以下)埋蔵鉱量の寿命をもつ鉱物資源の4グループに区分しているが、マンガンは131年で鉄鉱やボーキサイトなどと共に非常に長い埋蔵鉱量の寿命を持つ鉱物資源グループに分類されている。

したがってマンガンについてはこれから埋蔵鉱量には懸念はなく、供給についても流通機構が正常に機能できる情勢が続く限りはとくに問題はなさそうである。

さらに、太平洋その他の深海底には陸地の埋蔵量を遥かに上まわる莫大な量のマンガン団塊の存在が知られている。マンガン団塊にはマンガン(25%程度)の他に少量のニッケル(1%前後)、銅(1%程度)及びコバルト(0.3~0.2%)が含まれていて、マンガン団塊に関する調査は1970年代になって先進諸国で急激に活発化した。この現象はマンガンに対してではなく、銅・ニッケル・コバルト資源としての商業的関心の高まりに伴って生じたと言われている。深海底のマンガンに関心が低いのは陸地にはマンガン資源が十分にあるという事実を反映しているように思われる。

## 7. わが国のマンガン鉱業

### 7.1. 鉱床

わが国のマンガン鉱床は大別して層状型と鉱脈型の2タイプに分けられる。

層状型は層状マンガン鉱床と呼ばれ、中・古生層及び広域変成岩などの古期岩層中に胚胎するものと第三紀層中のものがある。古期岩層中のものは炭酸マンガンを主体とする鉱床であるが、生成後に母岩と共に広域変成作用や接触変成作用を被ったものはブラウン鉱やマンガン珪酸塩鉱物を主とする鉱床に変化している。多数の鉱床が賦存する地域は北上・足尾・関東・木曾・美濃・丹波山地、岩国地域、四国・九州中部である。第三紀層中のものは二酸化マンガン鉱床で北海道西南部、津軽地域、秋田県大館地域、能登半島に分布している。鉱床の成因、とくに古期岩層中のものについては諸説があるが、これらの層状マンガン鉱床はこれまでの研究成果からみて火山源堆積鉱床の範疇に属するものと考えられる。鉱山の数<sup>5)</sup>は約1,140(うち第三紀のもの40)と頗る多いが、その大部分は小規模で、鉱量10万トンを超えるものはごく僅かである。

鉱脈型は熱水性鉱床で鉱石鉱物は菱マンガン鉱、通

常、鉛、亜鉛などの硫化鉱物を伴い、主要鉱床は北海道西南部に集中している。鉱山数<sup>5)</sup>は37と少ないが、生産では大きな実績を有し、第二次大戦後は札幌通産局管内の生産量が常に全国生産量の半ば以上を占めている。

### 7.2. マンガン鉱業

わが国では1880年代後半(明治20年頃)から二酸化マンガン鉱の開発が初められ、当時は北海道西南部、岩手県九戸、能登、丹波山地の二酸化マンガン鉱が注目された。これらの二酸化マンガン鉱は第三紀層中の層状鉱床や古期岩層中の層状鉱床の地表に近い部分に風化作用によって形成された酸化帯からのものである。これらは乾電池の材料として優れた性能を有し、品位も精鉱にしてMnO<sub>2</sub> 80~90%の最高級品であった。当時の生産量は年間約1.5万トンであったらしいが、ほとんどが英国人などの手によってヨーロッパ、アメリカに輸出され、国内生産額には記録されていない。乾電池用として国内で使用するようになったのは1911(明44)年頃からである。わが国の二酸化マンガン鉱は既に掘り尽されてしまい、1974(昭49)年の94トンで最後にそれ以降の生産はない。

金属マンガン鉱が利用されるようになったのは八幡製鉄所が創立された1897(明30)年頃からであるが、その産額は明治の終りまでは2万トンを超えることがなかった。

図-1は1882(明15)年以後のマンガン鉱生産量の推移を示したものであるが、第一次、第二次大戦中及び戦後の高度成長期に生産量のピークが見られる。なお、生産量は本邦鉱業のすう勢及び鉱業便覧(通商産業調査会発行)によるものである。マンガン鉱全世界消費量の10%強を消費し、ソ連に次ぐ世界第二の消費国であるわが国では鉱床のほとんどが掘り尽され、操業中のものは上国(鉱脈鉱床、北海道)、野田玉川(層状

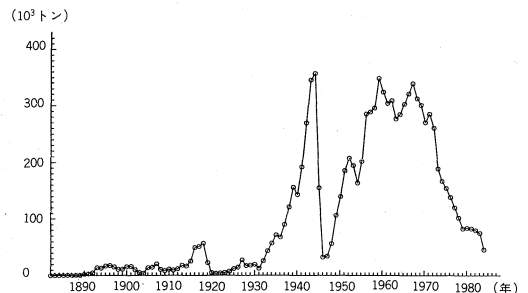


図-1 わが国におけるマンガン鉱生産量の推移 (1882~1984年)

鉱床、岩手) など数鉱山にすぎない。1984年における生産量は僅かに4.6万トン、自給率は3.3%である。

層状マンガングル床は規模が小さいために専ら中小企業または数多くの個人によって開発が進められてきた。マンガルは一般に鉱石のまま取引され、選鉱も硫化鉱物を伴う鉱脈鉱床を除いて、手選でズリ(廃石)を取り除く程度ですむという特殊性が多数の素人に近い鉱業者の活躍を可能ならしめ資源の開発を促進したのである。

わが国は良質の炭酸マンガングルに恵まれていたため電解二酸化マンガルの製造が盛んで、優れた技術を持っている。1984年末における世界の年間生産能力は172,200トン、わが国の生産能力はその40%弱に当る64,000トンと推定されている。電解二酸化マンガルは高級乾電池材料のほか磁性材料としても重要なもので、わが国の年間生産量は、現在5~6万トンでその半ば以上を輸出している。

採鉱は終末期を迎えたが優良な鉱石を生産したマンガングル業の伝統はここから生れた電解二酸化マンガル

工業に受継がれている。

#### 主要参考文献

- 1) 広渡文利; 資源鉱物ハンドブック (1965), 朝倉書店, 535~563.
- 2) 日本鉱業協会; 日本の鉱床総覧, 下巻 (1968),
- 3) Skinner, B.; Earth Resources, 2nd ed. (1976), Prentice-Hall, Inc.
- 4) 吉田国夫; 鉱産物の知識と取引 (1978), 通商産業調査会, 566~580.
- 5) 広渡文利; 日本の層状マンガングル床の研究および調査の現状, 岩石鉱物鉱床学会誌特別号, 第2号 (1980), 151~164.
- 6) Roy, S.; Manganese Deposits (1981), Academic Press.
- 7) U.S. Bureau of Mines; Minerals Yearbook 1983 vol. 1, Metals and Minerals.
- 8) 金属鉱業事業団資料センター; 海外鉱業情報, vol. 14, no. 12 (1985), 48~54.

