

## V. 生産における技術革新

コバルト製錬では、現在開発途中にある画期的な技術は特にないが、既に使用されているものの中で比較的新しい技術といえるのは、ニッケル、コバルトの分離に溶媒抽出法が採用されたことであろう。

この方法は、従来法よりニッケルとコバルトをシャープに効率良く分離できることが可能になった点で評価できる。

また、最近 INCO 社はニッケル製錬からのコバルト含有中間物から、イオン交換樹脂を使用した精製法により高純度のコバルトを生産する設備を稼動すると発表しているが、詳細についてはまだ判明していない。

今後は、埋蔵量の多いラテライト鉱を対象としたエネルギー使用量の少ない新製錬法の開発が望まれる。これは、将来のマンガン団塊製錬法にも応用可能であり、その面からも各国が新製錬法開発にしのぎを削ることとなる。

## VI. 主な生産者

### 1. Gécamines (Général des Carrières et des Mines)

ザイールの国営鉱山会社で、世界のコバルト生産の約半分を占めている。コバルトは銅鉱石に随伴しており、主産物たる銅の生産に左右される。採掘した鉱石からつくられた硫化精鉱および酸化精鉱は Shituru (Likasi) および Luilu (Kolwezi) の電解工場で処理され、コバルト地金(カソード：cathode およびペレット：pellet)が生産されている。また、Panda-Likasi 工場で製錬されてできたコバルト含有率の高いホワイトアロイ(マット)はベルギーの Metallurgie Hoboken Overpelt に運ばれ、粉および化合物に精製される。現在の Gécamines のコバルト生産能力は 16,000 t/年である。これを 22,000 t/年に拡張する計画があるが、銅・コバルトの市況低迷から実施の目処はたっていない。

1982年の生産量は 10,000 t 程度、販売量はその約半分とみられている。

Gécamines は採鉱、精製および設備の保全に関して援助を受けるために、ベルギーの SGM(Ste. Générale des Minerais)と技術協力契約を締結している。SOZACOM(Société Zairoise de Commercialisation des Minerais) はザイールのコバルト販売を担当する公式機関である。

### 2. ZCCM (Zambia Consolidated Copper Mines Ltd.)

ZCCM はザンビアの国営鉱山会社で、銅生産の副産物としてコバルトを生産している。以前は NCCM(Nchanga Consolidated Copper Mines Ltd.)と RCM(Roan Consolidated

Mines Ltd.) の2つの国営鉱山会社があったが、1982年3月26日付で2社が合併し、ZCCMとなった。N'Kana 鉱山で採掘した硫化鉱石は浮選した後、同じ場所の精製工場で精製される。Chibuluma および Baluba 鉱山から採掘された硫化鉱石はそれぞれの選鉱場で処理された後、精鉱は Chambishi リーチング・プラントへ出荷され、コバルト水酸化物は Chambishi 精製工場でメタルに転換される。ザンビアにおけるすべてのコバルト回収操業は roast-leach-electrowin タイプである。

現在の年産能力は3,700 t/年とみられている。Chambishi に脱ガス (vacuum refining) プラント (2,000 t/年) を新設中であるが、本格的生産は1983年中頃以降となる模様である。ザンビアのコバルト販売は国営機関である MEMACO Services Ltd. が担当している。

### 3. Bamangwato Concessions Ltd.

同社は Botswana RST, Ltd. の子会社で、1973年ボツワナの Selebi-Pickwe 鉱床のコバルト、銅およびニッケルの採掘を始めた。鉱石は Bamangwato 工場で製錬され、産出された銅/ニッケルマットはアメリカの Port Nickel (Louisiana) にある AMAX の工場に送られ、マット中のコバルトを抽出し、コバルト地金を精製している。なお、マット中の含有コバルト量は約 270 t/年と思われる。

### 4. INCO Ltd.

カナダの Port Colborne (オンタリオ州) および Thompson (マニトバ州) でコバルト・オキサイドを生産している。このコバルト・オキサイドは Clydach (ウェールズ) にある INCO の精製工場に運ばれ、精製酸化コバルトおよび塩化物となる(注1)。なお、Port Colborne にコバルト地金の生産設備を1983年完成予定で計画していたが、コバルト・マーケットの悪化により、完成は遅れる見込みである。

### 5. Falconbridge Ltd.

カナダの Sudbury にある同社の鉱山および製錬所で生産されたコバルト含有マットは、ノルウェーの Kristiansand 精製工場でメタルに精製される。(生産能力、コバルト量 1,500 t/年)。

### 6. Sherritt Gordon Mines Ltd.

カナダの Fort Saskatchewan 精製工場 (アルバータ州) でニッケルおよび銅精鉱の副産物としてコバルトを回収している。原料はオーストラリア Western Mining Corp. のニッ

---

(注1) Clydach の生産能力は含有コバルト量で1,200 t/年と思われる。

ケル／コバルト混合硫化物および INCO Ltd. の Thompson 工場で生産されるニッケル・コバルト精鉱である。コバルト地金および粉の生産能力は 1,000 t / 年である。

#### 7. Marinduque Mining and Industrial Corp.

1975 年秋以降フィリピンの Nonoc 島で生産されるニッケル／コバルト混合硫化物（注 1）を全量日本の住友金属鉱山に出荷し、住友金属鉱山はこれを原料としてコバルト地金を生産している。なお、1978 年に両社は契約を改訂し、コバルト地金の約半分を Marinduque 社に返還することとなった。

#### 8. Metals Exploration Queensland Pty. Ltd.

Greenvale (Queensland 州) のニッケル製錬所でニッケル／コバルト混合硫化物（注 2）を生産している。これは全量日本に船積みされ、日本鉱業によりコバルト地金が生産されている。

#### 9. Western Mining Corp.

1970 年よりニッケル・ブリケットの生産を開始し、同時に副産物としてニッケル／コバルト混合硫化物の回収も開始した。ニッケル／コバルト混合硫化物（注 3）はカナダのアルバータ州にある Sherritt Gordon 社の Fort Saskatchewan 工場に送られ、コバルト地金に精製される。1978 年から委託加工契約となり、生産されたコバルト地金は Western Mining Corp. 社に返還され、販売されることになった。

#### 10. AMAX Inc.

1975 年に Port Nickel 精製工場 (Broithwaite, Louisiana) で地金精製を開始し、1979 年に操業を大幅に改善した。公称生産能力は 500 t / 年である。原料となるニッケル・マットおよび銅／ニッケルマットはボツワナ、ニューカレドニアおよび南アフリカから輸入している。

#### 11. 住友金属鉱山（株）

1975 年より新居浜市（愛媛県）でフィリピンの Marinduque 社からニッケル／コバルト混合硫化物を輸入し、コバルト地金およびコバルト化合物の生産を開始した。生産能力はコバルト分で 1,600 t / 年である。

---

（注 1）（含有コバルト量 1,500 t / 年）

（注 2）（含有コバルト量 1,250 t / 年）

（注 3）（含有コバルト量 500 t / 年）

## 12. 日本鉱業（株）

1976年より日立市（茨城県）で、オーストラリアのMetals Exploration社からニッケル／コバルト混合硫化物を輸入し、コバルト地金の生産を開始した。生産能力は1,300 t／年である。

## 13. 計画経済圏

計画経済圏のコバルト生産は推定の域を出ないが、アメリカ鉱山局資料によれば、ソ連の1980年の国内生産はニッケルの副産物として2,000-4,800 t／年、この他にキューバへの経済協力の見返りとして輸入しているニッケル／コバルト混合硫化物が1,000-1,650 t／年あり、全体として3,650-5,800 t／年と思われる。なお、Métaux（フランス）によればソ連の生産能力は3,200-3,500 t／年である。

また、増設計画としては、キューバのニッケル／コバルト混合硫化物の増産（注1）にタイミングを合わせて、能力増強が行われることとなろう。

なおソ連以外の国では、前述のとおりキューバがニッケル／コバルト混合硫化物（Co 5%、Ni 50%）を生産しているが、全量ソ連に出荷しており、最終製品の生産はない。

---

（注1）キューバのニッケル／コバルト混合硫化物のモア・ベイの24,000 t（Ni）／年であるが、目下1983年完成予定で30,000 t（Ni）／年の増設を行っており、これが完成するとコバルトの能力は現在の倍以上になる見込みである。

Reference Table C-1 Trends in Cobalt Production

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Europe																	
Germany, FR	1,357	1,109	883	810	692	745	580	412	287	339	315	384	400	350	385	300*	150*
Belgium - Luxembourg a)																	
France	889	840	920	942	641	305	576	774	836	885	769	858	852	905	775	676	447
UK										600*d)	600*d)	500*d)	700*d)	700*d)	400*d)	900*d)	700*d)
Finland	-	-	-	505	778	1,008	925	803	1,010	812	821	892	985	935	1,178	1,152	1,229
Norway										1,238e)	773e)	576e)	705e)	522e)	953e)	1,275e)	1,444e)
Africa																	
Zaire	8,388	11,297	9,702	10,562	10,596	13,958	14,518	13,043	15,052	17,545	13,638	10,686	10,206	13,095	14,029	14,482	11,124
Zambia	1,447	1,467	1,447	1,343	1,811	2,400*	2,080	2,053	1,929	1,962	1,860	2,175	1,704	2,063	3,176	3,309	2,570
America																	
Canada	2,115b)	2,059b)	1,761b)	1,827b)	1,477b)	2,069b)	2,264b)	1,520b)	1,517b)	186c)	254c)	298c)	459c)	519c)	605c)	692c)	914c)
USA	290*	304*	270*	236	206	147	140	-	73	-	29	165	221	292	421	454	405
Asia																	
Japan	4	-	-	-	-	-	-	12	11	10	48	515	1,093	1,864	2,653	2,867	2,421
Others*	960	1,224	1,167	825	1,448	718	716	983	1,135	m)	m)	m)	m)	m)	m)	m)	m)
Totals	15,450	18,300	16,150	17,050	17,649	21,350	21,799	19,600	21,850	23,500	19,500	17,000	17,500	21,500	25,000	26,500	21,500
Norway		823	799	509	643	735	782	869	320	912							
Botswana											31	76	165	261	294	226	254
Morocco		1,898	2,031	2,014	1,529	1,500	664	1,370	1,564	1,473	1,627	1,900	911	936	1,050	1,001	838
Philippines											106	492	1,084	1,192	1,370	1,331	997
Australia									249	36	487	887	831	1,164	1,583	1,420	1,770
Zimbabwe									23	28	18	-	-	17	204	115	94
New Caledonia											20	255	177	70	249	358	369

\* Estimés

- Notes: a) There are no published figures.  
 b) Includes cobalt in nickel matte sent to Norway and cobalt in nickel oxide sent to Great Britain, and also cobalt produced in Great Britain from Canadian ore.  
 c) Only the Sherritt Gordon Corporation's production.  
 d) Estimated from imported Canadian intermediate products.  
 e) Produced from the Falconbridge's nickel matte.  
 f) The figures have been rounded off.  
 g) Production from nickel matte sent by Canada's Falconbridge Corporation; this production is included in Canada's production.  
 h) Included in U.S. production; however, the 1975 and 1976 figures are sales figures.  
 i) This is cobalt in cobalt ore concentrates; some is included in French production and some is included in other countries' production.  
 j) This is cobalt in cobalt-nickel mixed sulfide and is included in Japan's production.  
 k) This takes the form of nickel oxide residue, a byproduct of nickel production.  
 l) This is a by-product (cobalt salts) of nickel produced in France from New Caledonian matte.  
 m) Others after 1973 are included in the total figures.

Sources: Groupe Imetal, Annuaire Statistique Minemet fiscal 1972 edition (1965-1967), fiscal 1975 edition (1968-1973), fiscal 1981 edition (1973-1980)

Reference Table C-2 Cobalt Production Capacity

Country	Company	Location	Theoretical capacity a) (tonnes/year)	Products or intermediate products	Remarks
<u>Europe</u>					
France	Métaux Spéciaux S.A. (PUK)	Pombliere	1,400	Cathode, Oxide, Salt	
	Société Metallurgi-que Le Nickel - SLN	Sardouville	600	Sulfide	
Germany, FR	Gesellschaft für Elektrometallurgie mbh	Weisweiler	400	Metal, Oxide, Salt	
	Hermann C. Starck Berlin	Goslar			
	Duisburger Kupferhütte	Duisburg	100	Metal	
Austria	Treibacher Chemische Werke A.G.	Treibach	100	Oxide, Hydroxide	
Belgium	Métallurgie Hoboken-Overpelt	Olen	8,400	Powder, Oxide, Salt	
Finland	Outokumpu Oy	Kokkola	1,500	Powder, Briquette, Sulfate	
Norway	Falconbridge Nikkelverk A/S	Kristiansands	1,500	Cathode	
Poland	Huta Miedzi	Glogow			

Reference Table C-2 (cont'd.)

Country	Company	Location	Theoretical capacity a) (tonnes/year)	Products or intermediate products	Remarks
(Europe - cont'd.)					
UK	INCO Europe Ltd.	Clydach	1,200*	Oxide, Salt	
USSR	Combinat de Norilsk Severonickel	Nadezhd Norilsk Monchegorsk Pencherga	b)	Cu-Ni-Co matte	
	Youjouralnickel	Verkni Oufalei Rezh	3,200/ 3,500*	Refined cobalt from electrolysis or recovered from converter slag	
	Combinat de Khovu Akxy	Khovu Akxy			
	Combinat d'Omsk	Omsk			
<u>Africa</u>					
S. Africa	Matthey Rustenburg Refiners Ltd.	Rustenburg	100*	Sulfate	Intermediate product
Botswana	BCL Ltd.	Selebi-Phikwe	270	Matte	Sent to Amax
Morocco	Cie de Tifnout Tiranimine	Mine de Bou Azzer	1,100	12.5% cobalt concentrate	Principally sent to PUK of France
Zaire	Gecamines	Shituru Luilu	16,000 <sup>c)</sup>	Granules, Cathode	Intermediate product; sent to Hoboken
Zambia	Zambia Consolidated Copper Mines Ltd. (ZCCM)	Rokana Chambishi	5,700 <sup>d)</sup>	Cathode	
Zimbabwe	BSR Ltd.	Bindura Eiffel Flots	100* 15	Residue Oxides	Intermediate products

Reference Table C-2 (cont'd.)

<u>America</u>	
Canada	Falconbridge Ltd. Falconbridge 1,800 Matte Falconbridge nickelvolk INCO Metals Company Thompson Oxides, Sent to INCO e) Salt Europe; Inter- mediate products
	Sherrit Gordon Fort 1,000 Powders, Metal, and Mines Ltd. Saskatchewan semi-finished goods
Cuba	Cubaniquel Moa Bay 1,800 Nickel-cobalt Sent to USSR as sulfide mixture an intermediate product
USA	AMAX Nickel Braithwaite- 500 Powder, Refining Co. Inc. port Nickel Briquettes Carelmet Inc. Laurinburg 600 Powder
Guatemala	Exploraciones Y El Estor f) Matte Sent to INCO Explotaciones Mineras Izabal S.A. (Eximbab)
<u>Asia</u>	
Indonesia	P.T. International Soroako Matte Sent to INCO Nickel Indonesia (Sulawesi) Europe or Japan
Japan	Sumitomo Metal Niihama 1,600 Cathode, Mining Co., Ltd. Chloride, Oxide Nippon Mining Co., Hitachi 1,300 Cathode Ltd.
Philippines	Marinduque Mining Surigao 1,500 Nickel-cobalt Sent to Sumitomo Corp. (Nonoc Island) sulfide Metal Mining



Reference Table C-2 (cont'd.)

Country	Company	Location	Theoretical capacity a) (tonnes/year)	Products or intermediate products	Remarks
<u>Oceania</u>					
Australia	Greenvale Nickel-Cobalt Operation	Townsville	1,250	Nickel-cobalt sulfide	Sent to Nippon Mining
	Western Mining Corp. Ltd.	Kwinana	500	Nickel-cobalt sulfide	Sent to Sherritt Gordon
	Electrolytic Zinc Co., of Australia Ltd.	Risbon	27	Oxide	
New Caledonia	Societe Metallurgique Le Nickel - SLN	Doniambo		Matte	Sent to SLN France

## \* Estimates

- Notes :
- a) The cobalt contained in metal, oxide, powders, salt.
  - b) To be finished around 1982.
  - c) Besides this, there is production capacity for copper-cobalt white alloy with cobalt grade of 37.5%.
  - d) Includes the part of expanded capacity scheduled to be completed in 1982.
  - e) A 900 tonne/year factory is being built in Port Corborne. It is scheduled to begin production around the end of 1982 or the beginning of 1983.
  - f) Closed at the end of 1981.

Source: Groupe Imetal, Annuaire Statistique Minemet, 1981

## D. 消費の推移と現状

### I. 消費量推移

#### 1. 世界の消費

アメリカ、日本、カナダを除いては、各国ともコバルトの消費統計は、ほとんど整備されていないため、その実態は明らかでないが、SGMの調査に基づくヨーロッパの数字およびその他諸国を推定し、自由世界の消費推移を1970年から1980年までみると、Reference Table D-1のとおり16,000-23,000 tとなっている。このうちアメリカの消費量は、世界の総消費量の35-45%を占めており、その消費量は、1973年、1974年にピーク(8,500-8,600 t)を示している。アメリカではスーパーアロイ(Super Alloy:超合金)、耐高熱合金など、航空および宇宙産業用が消費の40%近くを占めている。

一方、日本の消費内訳は、統計上、アメリカのように細分化されていないが、磁石等磁性材料としての消費が中心となっている。しかし、近年、消費に占める磁性材料分野の比率は下降傾向にある。また、日本においても、消費のピーク(4,900 t)は1973年であり、アメリカ同様の傾向を示している。

これは、1974年の第1次石油危機による世界的な景気の低迷による消費の落ち込みならびに1977年、1978年のザイール・シャバ州における紛争に端を発した、コバルト供給不安と高値が、各消費分野において省コバルト、脱コバルトの動きを加速化させたためである。特に、永久磁石分野では、アルニコ磁石が非コバルト系のハードフェライト磁石へ、また、封着合金分野では、コバルが42合金(Ni 42%、Fe 58%)へ、高速度鋼分野では、タンダステン・コバルト系がモリブデン・バナジウム系へ極端に転換が進んだ。

一方、コバルトの新規分野での需要も広がっており、記録用磁性体、化学添加剤、メッキ材等の用途でのコバルト消費は、僅かながら上向きになっている。なお、計画経済圏でのコバルト消費は明らかではない。これは、コバルトの主要用途であるスーパーアロイが兵器に使用されることも原因していると思われる。ただ、計画経済圏での推定生産量3,650-5,800 t、および自由諸国からの推定輸入量2,000 t/年を加味すると計画経済圏の消費量は6,000 t前後と推定される。またアメリカ鉱山局の推定では、ソ連の消費は約5,000 t/年という数字であり、これからするとアメリカに次いで世界第2位にランクされることとなる。

## 2. アメリカの消費

### 2.1 消費分野別動向

1965年から1981年までのアメリカのコバルト消費推移は、Reference Table D-2のとおりであるが、分野別では、3分の2は特殊鋼、スーパーアロイ等の冶金分野、3分の1が化合物および化学工業向けとなっている。

特殊合金分野では、高速度鋼および工具鋼のウエイトが高く、それ以外では、耐食耐熱鋼、高張力鋼、炭素鋼分野でのコバルト消費があるが、数量的には僅かである。

スーパーアロイ分野は、アメリカのコバルト消費の中で最も重要な分野である。スーパーアロイは、航空機および船舶のエンジン、発電設備、ガスタービン等に使用される。これらスーパーアロイは、航空機産業、宇宙産業等の先端産業の発展とともに消費が拡大している。

磁性合金は、スーパーアロイに次いで重要な消費分野である。コバルトは、ソフト・マグネットとハード・マグネット両分野で使用される。しかし、1978年コバルトの価格高騰に伴い、急速にフェライト磁石への代替化が進んでおり、前年比で、1979年13%、1980年31%、1981年25%それぞれ減少している。なお、最近の傾向として、サマリウム磁石の需要が伸びているが、小型のためコバルトの消費量には余り寄与しない。推定では、磁性材としてのコバルトは概ね、ラウド・スピーカー (Loud speaker) 25%、モーター及び発電機 (Motors and generators) 22%、計量工具 (Measuring equipment) 23%、受話器 (Telephone earphones) 5%、その他25%という構成で使用されており、電気・通信産業と、重要な関わりを持っている。

化学工業分野では、触媒でのコバルト消費が著しく伸びている。アメリカにおける含コバルト触媒は、化学工業における水酸化 (hydrating process)、脱硫 (desulphurization) および酸化 (oxidation) の工程で使用される。また、石油精製分野でのコバルト-モリブデン触媒として使用される。

### 2.2 形態別消費

アメリカで消費されるコバルトのほとんどが、メタルの形 (粉を含む) である。しかし、傾向として、1966年のアメリカ消費量に占めるメタルの比率は80%であったが、1977年には70%まで減少し、一方、コバルト化合物 (chemical compounds) の形態が倍増している。アメリカにおける形態別消費量推移は次のとおりである。

(MT)

Year	Metal	Oxide	Purchased scrap	Other forms	Salts and siccatives	Total
1966	5,338	348	22	—	735	6,443
1967	5,266	297	54	—	722	6,339
1968	4,743	260	66	—	828	5,897
1969	5,469	293	149	—	1,169	7,080
1970	4,561	284	31	—	1,187	6,063
1971	4,085	283	57	—	1,245	5,670
1972	4,767	332	89	—	1,221	6,409
1973	6,459	303	120	—	1,619	8,501
1974	6,541	243	122	—	1,649	8,555
1975	4,174	169	155	—	1,302	5,800
1976	5,310	209	149	—	1,808	7,476
1977	5,237	193	230	145	1,714	7,519

出所：アメリカ鉱山局

### 3. 日本の消費

自由世界第2位の消費国である日本のコバルト消費は、アメリカと異なり磁性材分野での消費が分野別には最も多い。

これは日本が家庭電気製品の世界最大の生産国という点にあり、テレビ、ビデオテープレコーダーおよびスピーカー等の生産に磁性材消費が大きく依存しているためである。

しかしながら、アルニコ磁石は、ニッケル、コバルトの価格高騰により、スピーカー部門を中心にフェライト磁石に急速に置き変わり、ほぼ代替化は1974-1975年にかけて完了したといえる。またサマリウム・コバルト系レアアース磁石が軽量かつ、性能上も、アルニコ磁石より優れていることから、あらゆる分野で代替可能となっており、コスト的には、高価となるものの小型高性能スピーカー、デジタル時計など、小型電子機器分野を中心にアルニコ系に置き変わっている。サマリウム・コバルト系レアアース磁石はコバルト含有量は铸造磁石より高いが、性能がよいので小型ですむためコバルト消費の絶対量では減少する。

日本の磁性材料分野でのコバルト消費は、1965年1,038 tであったものがカラーテレビの普及等で急激に伸長し、1970年には2,935 tのピークに達した。その後、1971年以降コ

スト面から第1次のフェライト磁石への代替化が進み、さらに1979年以降はコバルト価格高騰に伴う第2次代替化が行われ、1981年には457しとピークの1970年に比し、実に84%の減少となった。

一方日本においては、スーパーアロイ分野でのコバルト消費はアメリカと比較し極端に少ない。これは日本の航空機産業がアメリカに比べて規模が小さく、また近年ライセンス生産が一部行われているにもかかわらず、その生産は限られているためである。

超硬工具分野でのコバルト消費は着実な伸びを示している(1965年の28し/年から、1981年には152し/年)。超硬工具鋼の平均コバルト含有は10-12%であり、日本は自由世界において主要な超鋼工具の生産国である。

非金属分野でのコバルト消費は統計上、明らかではないがほとんどが酸化物、塩化物の形で消費されている。そしてこの分野での比率は年々増加している。特にペイントを含む化学工業分野でのコバルト消費は、日本全体の消費の20-25%を占めるものと推定されている。日本の用途別消費量推移をReference Table D-3に示す。

## II. 利用における技術革新による需要への影響

### 1. 合金材料

1. 1 コバルトはタングステンと並んで、切削工具、金属やファインセラミックを加工する型、治具、ダイス、ロール、掘削用のビットなどに使用される超硬合金の主成分となる。超硬材料としては、ダイヤモンド、窒化珪素、アルミナ等の天然・合成の無機材料、ファインセラミックス等が続々登場している。しかし、コバルトを主とする金属系超硬材料は、その粘り強さ、加工性等からダイヤ、セラミックスと補完して使われ、必要不可欠のものである。

1. 2 耐熱合金としてのスーパーアロイの分野では、ニッケルに次いで重要な役割を果たしている。

1. 3 超強力鋼(大きな引張り強度を持つ鋼)、超塑性合金に配合成分としての需要も多い。

### 2. 磁性材料

2. 1 金属系磁性材料の分野では鋳造磁石が永久磁石の雄であるが、コバルト価格の高騰により急速に代替化が進められた。サマリウム・コバルト系磁石のように軽、薄、短、小

化の時流にマッチした高性能磁石として用途が拡大しつつあるものもあるが、コバルト消費量では鋳造磁石の代替分を埋めることは難しい。

2. 2 日本では、1981年12月にステレオヘッドホーンのブームによりサマリウム・コバルト磁石が1980年の86 tに比し、152 tと約2倍近い伸びを示した。

なお、この分野において、焼結型フェライト磁石に対して寸法精度に高いプラスチック磁石、特に高性能サマリウム・コバルト系磁石を用いたものの用途拡大が期待されている。

### 3. その他

超耐熱合金の合金設計、成型加工等の分野では、ニッケル系のスーパーアロイと同じく、粒界制御、一方向凝固法などの手法による組織の改善、物性の向上を図る必要がある。

### 4. 代替が進行している分野

コバルトは用途によっては、最終製品の特質がほとんど変わらない状態でニッケル代替が可能である。最近の傾向としては、合金の場合、含有コバルトをなくすというよりも、その量を減らした合金にしている。たとえばスーパーアロイ分野では、L 605 コバルト系合金をニッケル系インコネル 718 に、Udimet 500、Udimet 700 は同様の特性を有するコバルト分の少ないニッケル系合金に代替可能であり、また超硬工具鋼分野ではタングステン・コバルト系がモリブテン・バナジウム系に代替されている。

次に永久磁石分野ではコバルトを全く使用しないバリウムおよびストロンチウムのフェライト磁石が強力な競合品となっており、いまや玩具、スピーカー、モーター等は圧倒的に代替された感じである。特に磁石生産ではトップの日本の場合、次表のとおり、鋳造磁石のシェアは1965年に75%であったが、1971年には50%を割り、さらに1981年には僅か5%にまで落ち込んでしまっている。

## III. 輸入政策

コバルト資源は極めて偏在しており、開発途上国および計画経済圏のウエイトが高い。さらに中央アフリカのザイール、ザンビアに全世界埋蔵量の約60%が集中しており、生産量もこの両国が約60%を占めている。一方消費はアメリカ、日本、ヨーロッパを中心とする先進自由主義諸国に集中している。また、コバルトが高度に戦略的物資であることから、消費各国は、コバルト鉱石、精鉱あるいは未加工メタル、スクラップに輸入関税を課していない。しかし、コバルト化合物については、アメリカ、ECおよびカナダは、Reference Table D-4のとおり関税を課している。またザイール、ザンビアなど、産出国においては5-10%の輸入関税を設けている。

日 本 の 磁 石 生 産  
( 1 / 年 )

年	鑄造磁石	フェライト磁石
1965	4,615	1,555
1966	5,907	2,167
1967	6,513	2,471
1968	7,114	3,498
1969	10,332	5,345
1970	9,453	8,870
1971	7,062	9,789
1972	9,252	13,941
1973	10,812	18,924
1974	8,076	16,164
1975	6,132	15,396
1976	8,268	24,900
1977	6,156	32,040
1978	5,196	35,544
1979	4,176	41,784
1980	3,540	51,432
1981	3,048	52,668

#### IV. 備蓄政策

##### 1. 概 要

コバルトは重要な戦略物資の1つであることおよび経済活動に必要不可欠な資源であることから、各国が自衛のために立案している重要物資備蓄構想にはいずれも対象品目として取り上げられている。この背景として、コバルト資源が開発途上国および計画経済圏に偏在しており、特に中央アフリカのザイール、ザンビア2カ国だけで全世界の埋蔵量の約60%、生産量の約60%を占めていることがある。しかも、この2カ国は過去に政治的不安定による生産・出荷停止などの供給阻害要因発生の実績があることが挙げられよう。

現在備蓄を実施している先進工業国にアメリカ、スウェーデン、フランス、日本がある。

備蓄の目的を国家安全保障にしているのはアメリカ、スウェーデンであり、経済安全保障にしているのはフランス、スウェーデン、日本、ドイツ連邦共和国（構想のみ）である。

## 2. アメリカ

アメリカ政府は「The Strategic and Critical Materials Stock Policy Act of 1946、修正法」の下で、緊急時に適切な供給を確保するため（通常戦争における最初の3年分の必要量）、1950年代初頭以降コバルトの備蓄を継続している。備蓄の目標量は何回か変更されたが、1960年代には17,332 tに設定され、1966年以降これを上回る分は放出された。目標量は1973年に5,422 tに引下げられ、放出量は増大した。

1976年10月1日に備蓄目標量は38,748 tへ大幅に引上げられ、売却は中止された。1976年に売却された量は2,327 tであり、10月1日現在の備蓄量は18,512 tに過ぎなかった。アメリカ政府が備蓄放出をストップした後、1976年から1978年にかけて大幅な供給不足がおき、価格は暴騰した。この時の混乱はアメリカ政府の買い付けおよび放出に責任ありとする見方もある。

1981年6月一般調達局（GSA）はその時の生産者価格 US\$ 20 /ポンドを大きく下回る US\$ 15 /ポンドでザイルから2,360 tを購入する契約を締結した。これにより備蓄量は目標量の54%となった。この購入実施をきっかけに自由市場価格は急落した。

AMAXはPort Nickel工場のコバルト生産設備をグレード・アップし、そこで生産される高純度のコバルトを戦略備蓄として購入するようアメリカ政府に申し入れている。しかし、現在の備蓄量は1980年のアメリカのコバルト輸入量の約3倍であり、3年間の戦争に対して十分な量とされている。また、緊急時には国内鉱山の開発が促進されて戦列に加わるので、備蓄コバルトによる3年間の保証期間は大幅に延長されるとの見方もあり、財政赤字といった事情もあって、当面これ以上の備蓄増しは行われたい公算が大きい。

## 3. その他の諸国

### 3.1 スウェーデン

国家安全保障（中立性の維持）を目的とした経済防衛備蓄（1937年にスタート）と経済安全保障（平時の供給不足に対処）を目的とした平時用備蓄（1977年スタート）とがある。前者については5,300品目が対象とされている模様だが、その性格上詳細は明らかにされていない。後者はコバルトの他、クロム、マンガン、バナジウムが対象であり、1-2カ月分が目標とされている。



### 3. 2 フランス

経済的安全保障確保(短期の緊急的危機に対処するため)を目的として1975年から実施している。目標は消費の2ヵ月分で、予算枠は1975-1976年に2.5億フランであったが、1980-1981年には向う3カ年で12億フランに増加した。対象品目や備蓄量は、

- a. 公表することによる市場混乱を避ける
- b. 各生産者が備蓄をあてにして生産調整をする

ことを防ぐために秘密になっているが、コバルトは含まれていると思われる。

### 3. 3 ドイツ連邦共和国

外国からの供給途絶に対処して、輸入依存度の高い5産品につき政府資金6億マルクを目標に備蓄が計画されたことがある。この中にコバルトも含まれていたが、財政状況が悪化したために計画実現の目処がついていない。

### 3. 4 日本

原料の安定供給確保を目的とした政府補助による民間備蓄が、コバルトを含む5品目を対象に実施されている。

## V. 主な消費者

自由世界のコバルトの主な消費者は次のとおりである。

### 1. アメリカ

Crucible Stainless Steel Div. of Colt Industries (Super Alloy)

Carpenter Technology Corp. (Super Alloy)

General Electric (Super Alloy)

Pratt and Whitney (Super Alloy)

Hitachi Magnet Corp. (Magnetic Alloy)

Cabot Corp. (Hardfacing Rods)

### 2. その他

#### 2. 1 日本

住友特殊金属(株)(Magnetic Alloy)

日立金属(株)(Magnetic Alloy, Super Alloy)

三菱金属(株)(Hardfacing Rods, Super Alloy)

2. 2 ドイツ連邦共和国

Vereinigung Deutsche Metalwerke A. G. (Super Alloy)

2. 3 フランス

Usining (Magnetic Alloy)

2. 4 スウェーデン

Sandvik A. B. (Super Alloy)

2. 5 イギリス

Rolls Royce Ltd. (Super Alloy)

Reference Table D-1 Free World Cobalt Consumption

	(1,000 tonnes)				
	USA	Europe	Japan	Others	Total
1970	6.1	10.1	4.3	1.0	21.5
71	5.7	7.3	2.7	1.0	16.7
72	6.4	6.1	3.2	1.0	16.7
73	8.5	8.5	4.9	1.2	23.1
74	8.6	9.6	3.5	1.2	22.9
75	5.8	7.2	2.5	1.0	16.5
76	7.5	6.6	3.7	1.1	18.9
77	7.5	7.4	3.1	1.1	19.1
78	9.1	8.3	3.0	1.2	21.6
79	7.6	7.7	2.8	1.2	19.3
80	6.7	7.0	2.4	1.1	17.2
81	5.1		1.9	1.0	

- Notes:
- 1) U.S. figures are from the U.S. Bureau of Mines materials.
  - 2) Japanese figures: 100/80 x Ministry of International Trade and Industry materials.
  - 3) European figures are SGM estimates.
  - 4) "Others" figures are estimates.

Reference Table D-2 Cobalt Consumption in the United States by Utilization Field

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
	(1,000 lbs. of cobalt content)																
Carbon steel																	
Rust- and heat-resistant steel	920	1,022	652	615	360	114	50	39	32	39	37	41	75	135	129	43	35
Alloy steels						136	196	217	226	249	185	236	359	250	224	110	121
High-tension steel	304	411	514	553	570	534	318	361	45	8	3			12			
Tool steel									518	690	291	223	307	379	357	280	135
Superalloys	3,261	3,641	3,625	3,001	3,675	2,322	1,983	3,012	3,282	4,090	2,255	2,777	3,712	4,299	5,370	6,191	4,073
Cutting tools and hard-wearing material	not listed																
Welding material	1,055	953	864	495	302	181	246	199	391	423	475	518	442	725	423	578	428
Magnet alloys	2,736	2,698	2,486	2,700	2,560	2,374	2,278	3,441	4,302	3,457	2,033	3,525	3,478	3,768	3,251	2,251	1,678
Nonferrous metal alloys	530	581	486	516	660	549	532	651	789	780	695	812	650	590	330	118	86
Other alloys	1,422	1,342	2,149	1,817	1,147	981	470	676	755	639	395	654	276	378	205	175	107
Pigments	259	185	134	211	191	155	146	165	217	192	129	207	187	199	207	232	294
Catalysts	684	579	759	817	1,385	402	474	702	1,150	1,378	1,112	1,446	1,285	1,623	1,778	1,584	1,288
Enamels and frits	535	456	286	201	133	129	137	144	165	133	84	90	78	96	524	482	435
Glass decolorizing media	not listed																
Other chemicals and ceramics	"																
Other uses	"																
Sales and siccatives	1,675	1,621	1,592	1,826	2,577	2,616	2,744	2,691	3,569	3,635	2,871	3,985	3,778	5,399	1,772	1,404	1,449
Total	13,595	14,205	13,976	13,000	15,390	13,367	12,500	14,130	18,741	18,861	12,787	16,482	16,577	19,994	16,706	14,586	11,284
(in tonnes)	(6,157)	(6,443)	(6,339)	(5,897)	(6,981)	(6,063)	(5,670)	(6,409)	(8,501)	(8,555)	(5,800)	(7,476)	(7,519)	(9,069)	(7,578)	(6,661)	(5,118)

Source: The U.S. Bureau of Mines

Reference Table D-3 Cobalt Supply and Demand in Japan

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Stocks at beginning of year	410	307	435	489	349	640	1,323	462	609	749	1,048	617	1,122	919	540	839	679
Production	4	-	-	-	-	-	-	12	11	10	48	515	1,093	1,864	2,653	2,867	2,421
Imports	1,290	2,038	2,540	1,931	4,175	4,537	1,345	2,824	4,490	3,582	1,532	3,834	1,865	1,237	1,385	1,482	886
Total supply	1,704	2,345	2,975	2,420	4,524	5,177	2,668	3,298	5,110	4,341	2,628	4,966	4,080	4,020	4,578	5,188	3,986
Domestic demand																	
High-speed steel	81	78	175	163	188	265	180	186	525	350	773	828	557	422	420	395	264
Heat-resistant alloys	100	97	154	166	209	251	231	363	527	627							
Permanent magnets	1,038	1,343	1,381	1,302	2,326	2,935	1,314	1,545	2,724	1,244	826	1,549	1,118	1,166	872	668	457
Hard metal tools	28	35	53	68	104	127	91	108	171	154	86	122	114	113	145	166	152
Catalysts							not listed										
Others	96	87	290	328	415	410	382	357	575	431	292	497	669	573	633	598	522
Total	1,343	1,638	2,054	2,026	3,242	3,448	2,159	2,558	3,924	2,806	1,979	2,996	2,455	2,389	2,226	1,914	1,510
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stocks at end of year	307	435	489	349	640	1,323	462	609	749	1,048	617	1,122	919	540	839	679	617
Total demand	1,650	2,073	2,543	2,375	3,882	4,771	2,661	3,167	4,673	3,854	2,597	4,118	3,374	2,929	3,065	2,593	2,127
Surplus	54	272	432	45	642	406	7	131	437	487	31	848	711	1,091	1,513	2,595	1,859

Note : Surplus shown above is derived from the omission in the statistics and its major portion is estimated to have been exported.

Source: Yearbook of Non-ferrous Metals Statistics, Japanese Ministry of Trade and Industry

Reference Table D-4 Tariffs

CANADA

<u>Item No.</u>	<u>British Preferential</u>	<u>General Preferential</u>	<u>Most Favoured Nation</u>	<u>General</u>
92824-1 Cobalt hydroxides	10	8.5	13.1	25
Temporary reduction June 3, 1980 to December 31, 1986	free	free		
92824-2 Cobalt oxides	free	free	10	20

MFN Reductions under GATT (effective January 1 of year given)

<u>Item No.</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
	(%)							
92824-1	13.1	11.3	9.4	7.5	5.6	3.8	1.9	free
92824-2	10	10	10	10	10	10	9.9	9.2

USA

<u>Item No.</u>								
418.60 Cobalt oxide				1.2t/lb				
418.62 Cobalt sulphate				1.4%				
418.68 Cobalt compounds other than cobalt oxide and cobalt sulphate	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.4	4.2
426.24 Cobalt salts resinate	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.4	4.2
426.26 Cobalt salts, other	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.4	4.2

E C

<u>Item No.</u>	<u>Autonomous</u>	<u>Conventional</u>
28.26 Cobalt oxide and hydroxide	10%	5.7%

## E. コバルト価格の推移と決定の仕組み

### I. 価格推移

コバルト価格は、1974年7月にSOZACOM(ザイールの国営販売会社)が設立されるまで、ベルギーのSGMが発表する生産者価格をベースとしており、インフレ率をカバーする程度(10%強)の値上げしか行われず、コバルト価格はニッケル価格の2倍程度という認識であった。

しかし、1975年11月にSOZACOMがSGMの機能を引き継ぎ、実質的に販売活動を開始するにおよび、ザイールの独自事情が反映されるようになった。また、1978年には前年に引き続き、世界のコバルト生産量の50%以上を占めるザイールの国内紛争により極端な供給不足となり、先物手当の思惑もあってコバルト価格は暴騰し、生産者価格(Producers' price: P. P.)は年初のUS\$6.40/ポンドが年末にはUS\$20/ポンドに(1979年2月にはUS\$25/ポンド)、また、自由市場価格(G. M.)(注1)は11月にはUS\$50/ポンドを記録するに至った。

しかし、ザイールの内政が安定し、コバルト生産が順調に再開されると急速に仮需は沈静化し、自由市場価格も下落しはじめ、1979年9月には生産者価格を下回った。一方、需要家はコバルトの高価格および供給の不安定さを嫌い、省コバルトの推進および代替品の研究開発を行い、徐々にコバルト離れの状況を呈するところとなった。それにもかかわらず、生産者は高水準の生産を続けたため、折からの景気後退による需要不振もあり、需給関係は大幅に逆転し、1981年に入り市場は急激に冷え込んだ。生産者価格および自由市場価格とも値下がりに拍車がかかり、1981年11月には、生産者価格US\$17.26/ポンドに対し、自由市場価格US\$9.30/ポンドとなった。その後1981年12月から1982年1月にかけて、一度はUS\$12.50/ポンドまで持直したが2月以降再び市況は悪化し、1982年10月には7-8年前の水準であるUS\$4/ポンド前後まで暴落するに至った。なお、生産者価格は表面的には\$12.50/ポンドであるが、SOZACOMの実勢販売価格が1982年10月以降、自由市場価格に対応したものとなっており完全に名目的なものとなっている。

---

(注1) G.M.: Grey Market 価格のこと。1967-1970年のニッケルの供給不足時それまでP. P. で取引されていたニッケル価格が、一部において、P. P. を大幅に上回る価格で取引されたことから、この時の自由市場価格あるいは、ヤミ価格を称して“Grey Market”という言葉が使われて始め、その後コバルト等ニッケル以外のレアメタルについても、自由市場価格の代名詞として使用されるようになった。

Cobalt Metal Prices and Major Events

Year/ month	Prices a)		Major Events
	P.P.	G.M.	
	\$/lb		
1965/ 1	1.50	1.50	
3	1.65	1.65	
1967/ 7	1.85	1.85	
1969/10	2.00	2.00	
11	2.20	2.20	
1971/12	2.45	2.45	
1973/ 2	2.70	2.70	
"	3.00	3.00	
1974/ 1	3.10	3.10	
4	3.30	3.30	
5	3.45	3.45	
7	3.75	3.75	Nov., Birthday of President Mobutu of Zaire
1975/ 1	4.00	4.00	Aug., Closure of the Bengala railroad by the Angolan civil war
			Nov., SOZACOM, SGM sales looted (transport route disorder).
1976/ 4	4.40	4.40	Mar., SGM deliveries make a comeback.
			Apr., African metal sales rationing system announced (until Nov.)
9	4.90	4.90	Sept., GSA cobalt releases stopped.
			Oct., Federal Emergency Management Agency announ- ces new stockpile plans (formerly 5,400 tonnes, new plan 38,700 tonnes)
12	5.40	5.40	
1977/ 1	5.20	5.20	March 8, internal strife suddenly breaks out in Zaire.
			May 26, Zaire's internal strife ends.
7	6.00	6.00	
12	6.40	6.40	
1978/ 2	6.85	6.85	Mar. 28, Hoboken Co. - sudden strike
4	"	13.00	Apr., Gray market price goes above the producer price. (6.85 → 8.00 \$/lb)
			Apr. 2, End of Hoboken Co. strike
			Apr. 27, Announcement SOZACOM's sales rationing system (70% of 1977's actual sales from July's loading)
5	8.50	20.00	May 11, Internal strife breaks out in Zaire again. (Gray market price goes over 20 \$/lb.)
			May 22, Internal strife in Zaire terminated.
6	"	23.00	
7	12.50	27.50	



(cont'd.)

Year/ month	Prices a)		Major Events
	P.P.	G.M.	
		\$/lb	
1978/ 8	"	32.50	Aug. 3, Rationing of sales of non-SOZACOM/SGM cobalt also announced. (from Sept.; 80% of average purchases for the last 5 years)
			Aug. 22, Great Britain announces restrictions on export of cobalt scrap.
9	18.00	34.50	Sept. 26, NASA's cobalt meeting (1978 free world demand 28,000 tonnes; substitution over 12-18 months 10%, over 3-5 years 25-30%)
10	20.00	39.50	
11	"	46.75	Nov., Gray market price US\$50/pound; allocation up, producer price hike, reduced quality of Zaire's cobalt
12	"	41.25	
1979/ 1	"	41.00	
2	25.00	39.50	Feb., 300 Belgian paratroopers dropped into Zaire.
3	"	41.00	
4	"	"	
5	"	41.25	
6	"	36.75	
7	"	31.25	
8	"	29.75	
9	"	26.50	
10	"	22.90	Oct., Gray market price falls below the producer price.
11	"	22.10	
12	"	22.95	
1980/ 1	"	23.75	
2	"	24.50	
3	"	24.00	
4	"	22.25	
5	"	22.50	
6	"	21.75	
7	"	20.30	
8	"	19.70	
9	"	19.60	
10	"	20.90	
11	"	21.40	Nov. 25, Cobalt producers meeting; the founding of the Cobalt Development Institute is announced.
12	"	21.30	
1981/ 1	"	20.30	
2	"	20.90	

(cont'd.)

Year/ month	Prices *		Major Events
	P.P.	G.M.	
	\$/lb		
1981/ 3	20.00	19.00	
4	"	17.80	
5	"	18.00	
6	20.00	16.70	
7	"	15.60	July, GSA tender to SOZACOM falls to US\$15.60/lb FOB.
8	17.66	13.40	Aug., 5 countries announce a new list price based on 1,555 Belgian francs/kg.
9	17.26	11.60	
10	"	10.00	
11	"	9.30	
12	"	10.30	
1982/ 1	"	12.50	
2	12.50	11.40	
3	"	10.80	
4	"	9.80	
5	"	9.20	
6	"	"	
7	"	8.30	
8	"	7.50	
9	"	6.70	
10	"	4.70	Oct., SOZACOM opens sales based on the gray market.
11	"	4.40	
12	"	"	

\* P.P., producer price -- SOZACOM company price  
G.M., gray market -- Metal Bulletin monthly average price

## II. 価格の決定の仕組み

1. 生産者価格 (Producers' Price : P. P.) : コバルト価格は、世界最大の生産国ザイールの SOZACOM の発表する生産者価格が普遍的である。価格の設定は同国が国家歳入の大半を銅、コバルトの輸出に依存していることから、国家財政上の見地から行われるため、同国の特殊事情が重要な要因となっている。しかし、1982年10月以降は、大幅な供給過剰を反映し名目化を呈しており、抜本的な価格改訂がない限り、この傾向は当分の間続くものと思われる。

2. 自由市場価格 (Grey Market Price : G. M.) : 需給バランスによる市場経済方式で特定の売手買手間で設定される。指標として、Metal Bulletin 誌および Metals Week 誌掲載の市場価格が用いられる。

3. 具体的な取引価格 : 原料価格は、ニッケルマットであろうと、ニッケル/コバルト混合硫化物であろうと、ベース価格からスマルターの製錬費 (R / C) と利益見合を差引いた額をもって取引価格とする。ベース価格は、従来、生産者価格であったが、生産者価格が名目化している現在では、自由市場価格となっている。製品価格は、1981年までは、生産者価格ベースで概ね決まっていたが、1982年にはいってからは、自由市場価格に従う割合が増え、1982年10月以降は、生産者価格での取引は全く姿を消している。ただし、特殊なパウダー (extra-powder) については、まだ、生産者価格ベースで取引されているものがある。

## F. 国際取引の推移と現状

### I. 貿易額推移

Reference Table F-1 は、製品の貿易実績を示している。数量は、Roskill Report のデータを採用し、金額は、SOZACOM の生産者価格をもって算定した推定値である。また 1976、1977 年データには、メタルコバルトだけでなく“wrought cobalt”、“cobalt alloys”その他“cobalt waste and scrap”が含まれている。

貿易額推移は、1976--1980 年で次のとおりと推定される。

1976年	16,809 t	US \$	1.7億
1977年	14,145 "	"	1.8億
1978年	17,101 "	"	4.4億
1979年	18,505 "	"	10.0億
1980年	14,437 "	"	8.0億

1978 年のコバルト価格高騰の結果、1978 年以降の貿易額が急増した。しかし逆にこの価格上昇の結果、世界的に他メタルへの代替化が進行し、1980 年には世界貿易取引が縮少していることがいえる。


### II. 国際取引の流れ


コバルトの国際取引の流れは、次のとおりである。

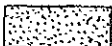
a. 原料（鉱石） モロッコ→フランス

b. 中間製品

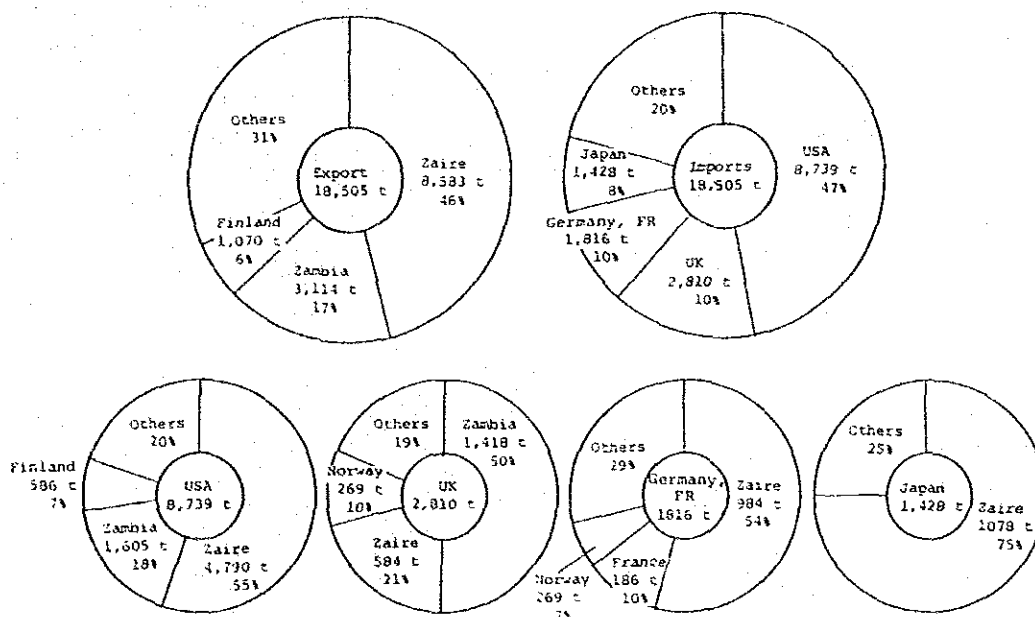
Exporting countries	Importing countries					
	France (SLN)	USA (AMAX)	Canada (Sherritt)	UK (INCO E)	Norway (Falcon)	Japan (SMM, NM)
New Caledonia (SLN)	Diagonal lines	Diagonal lines				Diagonal lines
S. Africa (Ruden)		Diagonal lines			Diagonal lines	
Botswana (BRST)		Diagonal lines				
Australia (WMC)		Diagonal lines	Vertical lines			Diagonal lines
Australia (Freeport)						Vertical lines
Philippines (MMIC)						Vertical lines
Indonesia (P.T. Inco.)						Diagonal lines
Canada (Inco.)				Stippled		
Canada (Falcon)					Diagonal lines	

 Cobalt-bearing nickel matt

 Nickel-cobalt sulfide mixture

 Cobalt oxide

c. 製品 (1979年のデータによる)



Note: Figures for Zaire include exports sent via the Benelux countries

コバルト鉱石の取引は、モロッコ (Campagnie de Tifnout Tiranimine) からフランス (PUK) への輸出が唯一のものである。

コバルトを目的に取引されている原料としては、ニッケル回収時の副産物であるニッケル／コバルト混合硫化物 (中間製品) があるが、これらの取引は、次のとおり行われている。

- a. フィリピン (Marinduque 社) → 日本 (住友金属鉱山 (株))
- b. オーストラリア (Greenvale 鉱山) → 日本 (日本鉱業 (株))
- c. オーストラリア (WMC 社) → カナダ (Sherritt Gordon 社)

このニッケル／コバルト混合硫化物以外の原料取引としては、各国の各カスタムスマルターが、主としてニッケル製錬のために輸入するニッケルマット (中間製品) が挙げられる。たとえば、アメリカ AMAX 社は a, ボツワナ (Botswana RST)、b, オーストラリア (Selcast / WMC 社)、c, ニューカレドニア (SLN)、d, 南アフリカ (Rustenburg) からニッケルマットを輸入している。

製品の流れとしては、1979年データによれば国際取引全体の47%が、アメリカの輸入で、アメリカはザイール(ベルギー)、ザンビアの2国に73%を依存している。その他の主要輸入国としては、イギリス、ドイツ連邦共和国、日本が挙げられる。アメリカを含めたこれら4カ国で、世界輸入量の80%となる。総じてザイール(ベルギー)への依存度は高いが、イギリスについては、ザンビアからの輸入比率が高いことが特色であろう。

輸出国としては、ザイール(ベルギー)が、世界全体輸出量の46%を占めており、ザンビアをこれに加えると、この2カ国から実に世界全体の63%が輸出されていることになる。

### III. 取引の形態

中間品原料であるニッケル／コバルト混合硫化物およびニッケルマットの取引は、一部にトール方式(注1)もあるが、基本的に単純売買形式といえよう。単純売買形式ではあるが、INCO、Falconbridge、AMAX、SLNのように、グループ内取引の形をとっている場合が少なくない。たとえば、Falconbridgeは、カナダで生産したニッケルマットをノルウェーのKristiansandへ輸出している。これらの取引に当っては、一部のグループ内取引を除き、いわゆる貿易会社が代理店としての役割を担っている。

製品の取引は、a, 生産者自身のダイレクト販売と、b, 代理店利用の販売に大別され

---

(注1) 原料を買切り(売切り)するのではなく、製品の生産を受託(委託)する方法。受託者は委託者から toll charge をもらい、製品を委託者に返還する。

るが、コバルトの場合は、ザイールの SOZACOM、ザンビアの MEMACO が代理店販売方式を採用していることより、後者方式が大宗を占めている。

たとえば、世界最大のコバルト販売シェアを有する SOZACOM は、各地域別に次の総代理店を利用している。

アメリカ向け……………Afriment Indusa

ヨーロッパ向け……………SGM

日本向け……………三井物産・三菱商事

しかしながら、南アフリカやブラジルなどの小口需要家向けには、たとえばベルギーの、Sassoon & Co. をディストリビューターとして起用していたり、東ヨーロッパ諸国・ソ連・朝鮮民主主義人民共和国・中国向けには、SOZACOM 自身が直接に販売を行っているように、地域および需要先に応じて、弾力的な販売方法がとられている。

#### IV. 国際協調の動き

コバルトに関する国際協調の動きとしては、1980年11月、ロンドンで開催されたコバルト生産者会議において、ザンビア(MEMACO)よりコバルトの需要の減退に対処し、新規用途の開発、代替品対策のためにコバルト開発機構(Cobalt Development Institute)を設立すべく提案があった。翌1981年6月のヘルシンキ・コバルト生産者会議において正式に発足が決定し、1982年3月、カサブランカで第1回総会が開かれ、発足した。本部をベルギーのブリュッセルに置き、その構成は、Producer(注1)、Fabricator、Trader、User および大学、専門研究機関などの Ordinary-Member から成り、運営は、Producer が各々のコバルト生産量比によって、全体の70%を負担し、残りをその他の構成メンバーが負担している。

機能的には、アメリカの反トラスト法の関係から、需給および価格をコントロールするという機能はなく、コバルトに関係するあらゆる業界・組織に対してさまざまな情報・助言を与えるとともに一般的な問題をメンバー間で討議、改善していくことを目的としている。具体的には、既に統計資料の収集・発行が行われており、1983年には、技術開発に関する小委員会の発足が予定されている。

---

(注1) 現在の Producer Member

1. SOZACOM 2. Métaux Spéciaux S. A. 3. Outokumpu

4. Sherrit Gordon Mines 5. INCO Europe S. A.

6. Falconbridge 7. 住友金属鉱山 8. 日本鉱業の8社。

当初、設立に積極的であった MEMACO は、現在のところ参加を見合せている。

Reference Table F-1 Actual Cobalt Trade  
(Dollar values are estimates.)

Country	(Amounts in tonnes, Values in \$million)											
	1976		1977		1978		1979		1980			
	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value
<b>Exports</b>												
BLEU	3,495	34.8	4,106	51.0	3,888	100.1	3,089	167.4	1,906	105.1		Benelux
Zaire	6,970	69.3	4,309	53.5	5,460	140.5	5,494	297.8	3,725	205.3		
Subtotal for Zaire	10,465	104.1	8,415	104.5	9,348	240.6	8,583	465.2	5,631	310.4		
Zambia	1,895	18.8	1,699	21.1	1,474	37.9	3,114	168.8	2,115	116.6		
Canada	415	4.1	376	4.7	716	18.4	296	16.0	329	18.1		
Finland	681	6.8	944	11.7	853	22.0	1,070	58.0	1,201	66.2		
France	513	5.1	656	8.1	1,100	28.3	797	43.2	835	46.0		
Norway	797	7.9	534	6.6	885	22.8	885	48.0	1,139	62.8		
UK	478	4.8	271	3.4	885	22.8	959	52.0	623	34.3		
USA	695	6.9	466	5.8	510	13.1	940	50.9	621	34.2		
Others	870	8.6	784	9.7	1,330	34.2	1,861	100.9	1,943	107.0		
<b>Total</b>	16,809	167.1	14,145	175.6	17,101	440.1	18,505	1,003.0	14,437	795.6		
<b>Imports</b>												
USA	6,863	68.3	6,481	80.4	6,975	179.5	8,739	473.6	6,531	360.0		
UK	2,263	22.5	2,118	26.3	1,891	48.7	2,810	152.3	1,998	110.1		
Germany, FR	1,870	18.6	2,091	26.0	2,007	51.7	1,816	98.4	468	25.8		
Japan	3,932	39.1	2,084	25.9	1,299	33.4	1,428	77.4	1,498	82.6		
Subtotal for the 4 main countries	14,928	148.5	12,774	158.6	12,172	313.3	14,793	801.7	10,495	578.5		
France	796	7.9	660	8.2	833	21.4	759	41.1	975	53.7		
Sweden	548	5.4	237	2.9	478	12.3	513	27.8	469	25.8		
Brazil				NA	292	7.5	210	11.4	231	12.7		
Italy	255	2.5	307	3.8	3,326	85.6	2,230	121.0	2,267	124.9		
Others	282	2.8	167	2.1								
<b>Total</b>	16,809	167.1	14,145	175.6	17,101	440.1	18,505	1,003.0	14,437	795.6		

Source: Amounts from Roskill Report



## G. 需 給 予 測

### I. 需要予測

#### 1. 過去の傾向と最近の状況

コバルトは消費統計が整備されていないため、はっきりしたことはいえないが、主要消費国であるアメリカおよび日本の実績ならびに生産推移をベースに自由世界を分析すれば次のとおりになる。

まず1965-1980年を前半、後半(1972年以前と1973年以後)とに分けてみると、前半はほぼ16,000-17,000tの消費で推移していた。ただ、1970年のみは22,000tの異常値となっている。これはヨーロッパおよび日本の消費増によるものと思われるが、多分に1969年のニッケルの極端な供給不足の影響(ニッケルの代替)によるものであろう。後半は17,000-24,000tの間で推移しているが、1973-1974年は景気サイクルと石油危機による仮需の発生とで24,000t近くまで拡大した。しかし1975年には約17,000tに激減、その後1978年にはザイル内紛によるコバルト危機で22,000tまで増加した。しかし、1979年以降は価格高騰に伴うコバルト離れ(代替化)および景気の停滞もあり減少傾向を辿り、1980年には17,000tと1960年代後半のレベルまで落ち込むに至った。

したがって1960年代後半と1980年代前半との消費を比較すると、結果的には変動を繰り返しながらほとんど伸びていないといえる。なお、1981年の実績値はヨーロッパがつかめていないが、アメリカおよび日本の実績から推定すると1980年をさらに下回り、多分15,000t前後の見込みとなろう。また、計画経済圏向け輸出は自由世界の需給バランスからみて、2,000t/年と推定される。1970-1980年の11年間の自由世界のコバルト需給バランスは次のとおりである。

1970-1980年11年間の自由世界コバルト需給バランス(推定)

生 産	235,200 t
備蓄放出	17,300 t
計	252,500 t
消 費	213,400 t
計画経済圏向け輸出	22,000 t
計	235,400 t
バランス(在庫増)	17,100 t

## 2. 各機関の予測結果

### 2.1 公表されている予測

各機関の予測結果は Reference Table G-1 のとおりである。3 機関の予測に共通することは、コバルト価格高騰による代替化の進行の見方が甘かったことである。アメリカ鉱山局の予測は、1960-1970 年のコバルトの最終用途と諸経済指標の予測値をベースに、回帰分析に求めたものであり、需要構造の変化、代替化を読みきっていない。GIER は、予測時期も 1978 年と古く、1980 年の予測値 (26,000 t) と実績値 (17,000 t) を比較しても、明らかに大幅に違ってきている。また、アメリカ調査機関は過去の実績を過大に推定しており、また 1983 年以降の伸び率についても、高く見過ぎる傾向にある。したがっていずれも現在と比較し、かなり過大に予測しており、余り参考にならない。

### 2.2 最新の予測ヒヤリング結果

本報告書作成に当り、主要国の各種機関のヒヤリング結果をとりまとめると、Reference Table G-2 のとおりである。前述の 3 機関と比較してみると、一様に悲観的な見通しとなっている。ただし、Falconbridge のみが強気の見通しである。関係者の話を総合すると、低水準の価格が続けば、ある程度の伸びは期待できるが、1973-1974 年のような高水準の消費は 1980 年代には期待できないということであり、大ざっぱに言えば、1985 年 20,000-21,000 t、1990 年 23,000 t 前後というところである。最も、ITE (注 1) に至っては、2000 年で 22,000-25,000 t と一番悲観的である。また、消費分野では、スーパーアロイおよび化学分野で伸びが期待できるが、永久磁石などその他の分野は余り伸びが期待できないとの見方が有力である。したがって、需給バランスも現在の生産能力からみて、2000 年まで供給不足に陥るようなことにはなりにくいというのが、ヒヤリング結果の大勢を占めている。

## 3. 需要予測に当り考慮すべき要因

コバルトは、スーパーアロイ、化学用等一部を除き、ニッケル等の金属および物質に代替可能である。代替を促進させるのは価格の高騰および供給の不安定性等による。コバルトの供給過剰が当分続くものと予想されるので、価格が 1979 年頃のように US \$ 20 / ポンドを超えることは考えにくい。供給の安定性については、政情不安なザイールおよびザンビアのアフリカ両国で現生産能力の 65% を占めており、若干問題が残る。しかし、1981 年末現在 20,000 t を超える生産者在庫があること、および両国以外の供給能力が増加していることから、それ程神経質に考えることはないともいえる。

---

(注 1) Institute for Research into Technological Development (ドイツ連邦共和国)

次に用途面からみると、航空機産業関連でのスーパーアロイ、石油の脱硫剤としての触媒等は伸びが期待できるが、磁石、超硬合金等その他の分野は、代替およびリサイクリングの問題等から、先進国の経済成長率の伸びは難しいと思われる。また、新規用途の開発もコバルト開発機構をもっと強化して取り組まないと期待できない。

#### 4. コバルトの短期需要予測—1985—

コバルトの需要推移は、前述したように、過去 16—17 年間変動はあったが、結果的には全く伸びていない。したがって、GDP に代表される経済指標との相関関係を求めることは困難である。しかし、一応代替化が完了したという前提にたてば、今後は先進国の経済成長に近いレベルで需要は伸びると推測されるので、1982 年から 1985 年までの地域別コバルト需要の成長率を以下のように設定した（注 1）。

〔コバルト需要の成長率〕

	1982年	1983年	1984年	1985年
アメリカ	-1.75%	2.00	3.50	3.50
日本	2.50	3.50	4.00	4.00
ヨーロッパ	0.25	0.42	1.67	1.67
その他諸国	-0.50	1.50	2.75	2.75

次に、消費実績について、基準年を 1980 年にする場合と 1981 年にする場合の 2 つのケースにつき試算した結果、下記の予測値を得た。

予測値 (1) : 1980 年を基準年とした場合 約 18,500 t  
 予測値 (2) : 1981 年を基準年とした場合 約 16,000 t

1980 年と 1981 年を比較した場合、1981 年の各国経済成長率実績は、アメリカ 2.6%、ヨーロッパ -0.3%、日本 2.9%、その他 1.5% であったにもかかわらず、コバルト消費実績は、Reference Table D-1 のとおり、1981 年は 1980 年より減少している。これは 1979—1980 年の仮需反動、価格高騰に伴う代替化の極端な進行、世界的な景気停滞等により、1981 年の実績は、ある意味では歪められている。したがって、予測値 (2) に利用した成長率に前記 1981 年各国経済成長率見合を加えて予測した結果 (若干楽観的に過ぎる嫌いはあるが)、予測値 (1) となった。

(注 1) ここでは需要の対 GNP 弾性値を 1.0 と想定している。

## 5. 中・長期の予測

ここでは、自由世界における1990年および2000年のコバルト需要について、予測を試みる。

予測にあたっては、短期予測と同様に、コバルト需要が各国の経済成長に近いレベルで伸びるという前提に立ち、弾性値については1とした。ベースとなる年は1985年であり、4項で行った短期予測値(1)と(2)をベースとした。

地域別のGDP成長率は、アメリカ・ヨーロッパ・日本の先進工業国では、悲観的には年率2.5%、普通のケースで3.1%、楽観的ケースで3.7%、その他諸国は、悲観的には3.1%、普通4.4%、楽観的4.9%と設定した。

予測値の結果、自由世界におけるコバルト需要は次のとおりとなった。

Case A (基準年1985年16,000 t の場合)

	悲 観	普 通	楽 観
1990年	18,200 t	18,800 t	19,300 t
2000年	23,400 t	25,700 t	28,000 t

Case B (基準年1985年18,500 t の場合)

	悲 観	普 通	楽 観
1990年	21,000 t	21,700 t	22,300 t
2000年	27,000 t	29,000 t	32,300 t

しかし、Case Aは、基準年のベース自身が控え目な見方であり、逆にCase Bは、強気な値となっているので、Case Aの悲観的予測値、Case Bの楽観的予測値は、それぞれ極端に過ぎると思われる。よって、この両極端の予測値を捨象した場合、1990年、2000年のコバルト需要量は次のとおりとなる。

	予測値の範囲	中間値
1990年	18,800 t - 21,700 t	20,300 t
2000年	25,700 t - 29,600 t	27,700 t

## II. 供給および需給バランスの予測

### 1. 現在の公称能力および実効能力等

Reference Table G-3のとおり、自由世界の生産能力は、公称 33,100 t である。これには、1982 年に完成予定のザンビア増設分 2,000 t は含むが、1983 年完成予定のカナダ (INCO) 900 t は含んでいない。したがって、1983 年末をベースにすれば、34,000 t となる。

実効能力については、主要産出品である銅およびニッケルの生産次第である。銅に関連するザイルおよびザンビアは、その置かれた立場から、まず銅の減産はほとんど考えにくい。ニッケルに関連しては、カナダ (INCO)、ノルウェー (Falconbridge)、フランス (SLN) および日本 (住友、日鉱) 等は減産の影響をもろに受けることになる。また、フランスの PUK は、モロッコのコバルト鉱山閉鎖に伴い、コバルト生産を中止すると思われるので、その分を減らした。その結果は、ニッケル生産が通常時で 31,200 t、減産時で 28,300 t 位となる。

なお、稼働率は、1981 年で 69% である。(1981 年末の公称能力は、ザンビアの増設分 2,000 t を除くので 31,000 t となる)。

### 2. 新規プロジェクトの完成予想

現在計画されているコバルト回収プロジェクトとしては、a. INCO Port Colborne でのコバルト回収、900 t/年 (1983 年完成予定)、b. ザンビア ZCCM での銅製錬増強に伴うコバルトの増産計画がある。後者については、現在の Capa を 1983 年に 5,700 t にまでアップ、その後 1980 年代後半にさらに 7,000 t までアップするというものである。なおザイルでも、銅生産増強に併せてコバルトの能力アップ (6,000 t/年) の動きはあるが、これは現在中断している。

上記以外では、インドの Ghatshila (Bihar 州) で、銅製錬副産物からコバルトを回収する、小規模なコバルトリファイナー (60 t/年) の建設計画がある。

鉱山開発としては、(1) インドネシア、(2) ニューカレドニア、(3) パプアニューギニアに計画があったが、いずれもコバルト価格急騰時の F/S (フィジビリティ・スタディ) であり、現在休止中である。アメリカにおいても、C 章 IV 節でふれたごとく、3 社のプロジェクトが現状では頓挫している。

ただし、ニッケル系の増産が行われる場合付随してコバルトが増強される可能性はある。その好例としては、キューバの Bunta Gorda が挙げられる。これにより、キューバ産ニッケル/コバルト混合硫化物がソ連に送られることは明らかであり、この場合、ソ連のコバルト生産は、計画経済圏の自給可能なレベル、あるいは輸出余力が発生するレベルにまで達するかもしれない。

### 3. 計画経済圏の動向

先に述べたように、計画経済圏ではソ連のみがコバルト生産を行っており、その生産量は、キューバからのニッケル/コバルト精鉱からの回収を含め、3,650-5,800 t/年である。今後の増強計画としては、1982-1983年完成予定の Norilsk および 1983-1984年完成予定のキューバ (Bunta Gorda) のニッケル増産に付随し、当然増産されることとなる。どの程度の増産量になるかは、はっきりしないがニッケルの増産量からみて 2,000-3,000 t/年は充分考えられる。したがって現在自由世界から輸入していると思われる 2,000 t/年程度は、1984/1985年以降、増産分で賄えることとなり、計画経済圏として自給可能となろう。さらに長期的にはキューバの次のニッケル増設 (Las Camoriocas, 1980年代後半) あるいは、ソ連のニッケル増設次第では、輸出国となり得る可能性もある。

### 4. 需給バランスの予測

1985年、1990年、2000年の需要予測と供給見通しとから、各時期の需給バランスを見通す。

需要量は、I-4項、I-5項で行った短期および中・長期予測値、供給見通しとしては、まず生産能力として、1985年 34,000 t、1990年 35,300 tとし、2000年の値については、ザイールの 6,000 t/年の能力増強の動きはあるが、現在予測し難いので、1990年と同一とみることにした。次に、ニッケルの減産による生産能力の最下限として、1985年 28,300 t、1990年および2000年 29,600 tとした。しかし、供給量としては稼働率を加味し、前述の生産能力の90%を前提とした。

この結果、次表のとおり、2000年の楽観的な需要予測値 29,600 tに対して、供給能力の余力が 2,200 tあることとなる。また、ニッケルの減産が行われたときには、最も楽観的な需要予測を前提とした場合のみ、2000年で 3,000 tの供給不足となるが、(供給不足となるのは 1997年から)、需要を控え目に予測した場合は 900 tの過剰となる。一応、数字上は上記のとおりであるが、コバルトの供給は、ザイールおよびザンビアに偏在していることから、これら両国において、予期せざる生産阻害要因 (多分に政治的なこと) が発生した場合は、この限りではないことはいうまでもない。

(t/年)

	需要予測	供給能力	需 給 バランス	ニッケル減産時 供給最下限	需 給 バランス	
1985年	MIN	16,000	30,600	14,600	25,500	9,500
	MAX	18,500	(34,000)	12,100	(28,300)	7,000
1990年	MIN	18,800	31,800	13,000	26,600	7,800
	MAX	21,700	(35,300)	10,100	(29,600)	4,900
2000年	MIN	25,700	31,800	6,100	26,600	900
	MAX	29,600	(35,300)	2,200	(29,600)	▲3,000

( )内は生産能力

Reference Table G-1 Published Forecasts

Organization	Issue date	Base year				Forecast values		
		1978	1990	2000	2000 range	Growth rate		
The U.S. Bureau of Mines	1980	USA	8.8	12.5	15.9	11.8-19.6	2.5%	
		Others	14.5	17.5	27.2	21.5-31.2	2.8	
		World total	23.3	33.0	43.1	33.3-50.8		
GIER	1978	Free world	1976	1980	1985	1990	1974-1990	
		USA	21.3	26.0	29.7	33.9	1.6%	
		Eastern bloc	9.0	9.9	11.5	13.5		
		Total	6.9	7.7	9.0	10.3		
			28.2	33.7	38.7	44.2		
A certain U.S. research organization	November 1981	USA	1981	1982	1985	1990		
		Japan	5.2	4.8	6.6	9.5		
		Others	1.5	1.5	1.9	2.9		
		Free world total	10.3	9.5	14.8	22.0		
			17.0	15.8	23.3	34.4		



Reference Table G-2 The Most Recent Forecast Interviews

Organization /Company	Area covered	Actual figures		Outlook			Remarks	
		1980	1981	1982	1983	1985		1990
A	Free world	16		20 max.	22 - 25		1) No need to worry about supplies before 2000. 2) Zaire's cost of production: US\$3 - 3.50/lb. 3) 20,000 tonnes in 1985 is an optimistic view.	
B	Free world (SGM)			20 - 21 4 - 5 25 - 26	Forecasting difficult		1) Consumption in the 1980s cannot be expected to surpass consumption in the 1970s. 2) Over the very long term, 3% annual growth 3) 1985 prices to remain about the same as now, US\$4/lb. 4) Over the long term, the weight of African supply will increase.	
C	(SOZACOM)			Forecasting difficult			1) Declining prices will restore consumption. 2) Stagnant prices will cause production capacity to decrease in the long term.	
D	Free world (Falcon-bridge)	21.1	17.2	15.0	18.3	24.0	25.1	1) 1982 consumption will show the fourth consecutive annual decrease. 2) Due to the balance of supply and demand, prices will not rise before 1987. 3) It will be difficult for Zaire and Zambia to reach the point where they can reduce production.
E	Free world (Sherzitt)			1.1	1.1	1.6		1) Dependence on Zairean and Zambian political developments will be high. 2) Even if prices fall, the demand for cobalt for magnets will not return. 3) New projects need prices of at least US\$20/lb.
F	(ANRX)			15.0	3.0			1) There is 50% excess capacity. 2) Producers' inventories were equal to 2-3 months' worth at the end of 1978, but at the end of 1981 equalled 2 years' worth. (If prices are US\$3/pound, some material substitution will be reversed.)

Reference Table G-3 The Supply Outlook

	Production capacity	Actual production		Rate of operation		Capacity increases up to 1985	Effective capacity (tonnes)	
		Past peak	1981	Past peak (%)	1981		Usually	When nickel production is reduced
Zaire	16,000	17,545	11,124	110	70		16,000	16,000
Zambia	5,700 (3,700)	3,309	2,570	58	69 a)	(2,000)	5,300	5,300
Japan	3,100	2,867	2,421	92	78		2,900	1,900 b)
Norway	1,500	1,444	1,444	96	96		1,500	900 b)
Canada	1,000	914	914	91	91	900	1,900	1,100 b)
France	2,000	905	447	45	22		500	400 c)
Finland	1,500	1,229	1,229	82	82		1,300	1,300 d)
USA	500	454	405	91	81		500	300 b)
UK	1,200	900	700	75	58		900	700 b)
Others	600	400	150	67	25		400	400
Total	33,100 (31,100)	29,967	21,500	91	69 a)	900	31,200	28,300

a) Rate of operation in terms of 1981 production capacity of 3,700 tonnes.

b) If nickel production is reduced 40%.

c) If PUK's 1,400 tonnes is eliminated and SIN's nickel production is reduced 40%.

d) No reduction of nickel production is expected.

## H. ブラジルからのコバルト輸出の可能性

ブラジル国カラジャス地域における、コバルト開発プロジェクトの採算性については、一般的には、関連する国内外の諸要因を総合的に検討し、判断する必要がある。開発の対象となる鉱床が、コバルト鉱床か、あるいは銅、またはニッケル鉱床からの副産物なのか、またその品位、生産プロセス、インフラ、産出されるコバルト製品の種類等が、競争力を判定する上で重要となってくる。

しかし、これらについては不明であるので、これまで述べたことを簡単にまとめると、次のとおりとなる。

### I. 供給面

1. 現在でも、供給能力に余裕があり過ぎ、なおかつ長期的に、ザンビア、ザイールでの増設の可能性はある。
2. 主要生産国のザイール、ザンビア両国は、鉱物資源の輸出により、外貨収入のほとんどを賄っており、今後とも減産を行う可能性が薄い。
3. 供給能力の減少は、ニッケルからの副産回収が採算に合わない限り期待できない(その時は、コバルト価格が、ニッケル価格と同じか、下回ることとなる)。
4. 2000年以降には、マンガン団塊からの回収が始まると供給増に拍車がかかる。

### II. 需要面

スーパーアロイ分野を除き、消費が画期的に伸びる可能性が少ない。

### III. 需給バランス

2000年の需給バランスは、供給面を1990年と同一とみて、なおかつニッケルの減産が行われている場合でも、需要を賄える状態にある。

#### IV. 価格面

供給過剰を反映し、現状の低価格水準がかなり長期的に続くものと思われる。

以上のようなことから、結論としては、コバルト新規開発プロジェクトがフィージブルになる可能性は極めて少ないといわざるを得ない。

しかし、強いてフィージブルとなる可能性を見出すとすれば、次のようなことになる。

- (1) ザイールの生産が、不測の事態により長期間にわたり停止した場合。
- (2) コバルトの新規用途で画期的なものが開発され、消費量が飛躍的に伸びた場合。
- (3) 開発対象鉱床が銅の副産物の場合、ザイールまたはザンビアの鉱床より内容的にはるかに優れているか(硫化鉱で Cu 3-5%、Co 0.5-1%)、あるいはニッケルの副産物の場合、Canada Sudbury または Australia Kambalda の鉱床より、やはり数段優れていること(硫化鉱で Ni 3-4%、Co 0.5-1%)。

#### BIBLIOGRAPHY

1. E/MJ (W. Malenbaum), World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000, 1978
2. Mining Journal, 1982 Mining Annual Review, 1982
3. U.S. Department of State, The Global 2000 Report to the President Volume Two, 1980
4. Reinhold Publishing, Rare Metals Handbook, 1961
5. ABMS, Non-Ferrous Metal Data 1981, 1982
6. Groupe Imetal, Annuaire MINEMET Statistiques, 1975, 1980, 1981
7. USBM, Cobalt, A Chapter from Mineral Facts and Problems, 1980 Edition, 1980
8. USBM, Cobalt, A Chapter from the 1980 Minerals Yearbook, 1981
9. Roskill, The Economics of Cobalt, Third Edition 1979
10. Roskill, Statistical Supplement 1981 to the Economics of Cobalt, 1981
11. Federal Institute for Earth Sciences and Raw Materials, Cobalt, 1978
12. Canadian Government Publishing Centre, Cobalt



〔4〕 マンガン鉱石・フェロマンガン





## 〔4〕 マンガン鉱石・フェロマンガン

### 目 次

A. マンガンの概要	[4] - 1
I. マンガンの属性	[4] - 1
II. マンガンの歴史	[4] - 1
III. マンガン鉱物の種類	[4] - 2
IV. 採鉱および製錬方法	[4] - 2
1. 採 鉱	[4] - 2
1. 1 露天採鉱	[4] - 2
1. 2 坑内採鉱	[4] - 3
2. 選 鉱	[4] - 4
3. 製 錬	[4] - 4
V. 用 途	[4] - 6
1. フェロマンガン	[4] - 6
B. 生 産	[4] - 8
I. マンガン鉱石の資源分布と埋蔵量	[4] - 8
II. マンガン鉱石の生産量の推移と国別生産構造の変化	[4] - 8
1. マンガン鉱石の生産動向	[4] - 8
2. マンガン鉱石の生産能力の現状と将来	[4] - 10
III. フェロマンガンの生産量の推移と国別生産構造の変化	[4] - 15
1. フェロマンガンの生産動向	[4] - 15
2. フェロマンガンの生産能力の現状と将来	[4] - 20
IV. 主要生産国の鉱工業政策	[4] - 25
1. マンガン鉱石生産国の鉱工業政策	[4] - 25
2. フェロマンガン生産国の鉱工業政策	[4] - 27
V. マンガンの生産コスト	[4] - 27
1. マンガン鉱石の生産コスト	[4] - 27
2. フェロマンガンの生産コスト	[4] - 29
3. ブラジルにおけるフェロマンガンの製造原価の推定	[4] - 30
4. 主要生産国の生産コストの競争力	[4] - 32

VI. マンガンの生産技術の進歩と将来	[4]- 33
1. マンガン鉱石の採掘	[4]- 33
1. 1 比重選鉱	[4]- 33
1. 2 重液選鉱	[4]- 33
1. 3 磁力選鉱	[4]- 34
1. 4 浮遊選鉱法	[4]- 34
2. フェロマンガンの製造	[4]- 34
2. 1 高炭素フェロマンガン	[4]- 34
2. 1. 1 原料条件での技術進歩	[4]- 34
2. 1. 2 原料配合および原料運搬	[4]- 34
2. 1. 3 電極関係	[4]- 36
2. 1. 4 開口・口詰作業	[4]- 36
2. 1. 5 操業成績の水準	[4]- 36
2. 1. 6 作業環境、省エネルギー	[4]- 36
2. 2 シリコマンガン	[4]- 38
2. 3 中・低炭素フェロマンガン	[4]- 38
3. 将来のフェロアロイの製造技術	[4]- 39
C. 消費	[4]- 40
I. マンガンの世界および国別消費動向	[4]- 40
1. マンガン鉱石の世界および国別消費動向	[4]- 40
2. フェロマンガンの世界および国別消費動向	[4]- 40
II. マンガンの用途別・品種別消費動向	[4]- 46
1. マンガン鉱石の用途別消費動向	[4]- 46
2. フェロマンガンの品種別消費動向	[4]- 52
3. フェロマンガンの用途別消費動向	[4]- 56
4. 粗鋼トン当りフェロマンガンの マンガン純分消費量の推移	[4]- 56
III. マンガンの消費における技術革新	[4]- 60
1. マンガン鉱石の消費における技術革新	[4]- 60
2. フェロマンガンの消費における技術革新	[4]- 60
IV. 主要消費国における輸入政策と備蓄政策	[4]- 61
1. 輸入政策	[4]- 61
2. 備蓄政策	[4]- 62
2. 1 アメリカ	[4]- 62

2. 2	スウェーデン	[4] - 63
2. 3	ドイツ連邦共和国	[4] - 63
2. 4	フランス	[4] - 63
2. 5	日本	[4] - 63
D. 貿易		
I.	マンガン鉱石およびフェロマンガンの貿易の推移	[4] - 64
1.	マンガン鉱石の貿易量の推移	[4] - 64
2.	マンガン鉱石の貿易フロー	[4] - 70
3.	フェロマンガンの貿易量の推移	[4] - 70
4.	フェロマンガンの貿易フロー	[4] - 80
II.	国際取引の形態	[4] - 80
1.	商品形態	[4] - 80
2.	流通	[4] - 80
3.	契約方法	[4] - 82
4.	価格の決定	[4] - 82
III.	国際価格の推移と変動要因	[4] - 82
1.	マンガン鉱石の国際価格の推移と変動要因	[4] - 82
2.	フェロマンガンの国際価格の推移と変動要因	[4] - 85
E. 需給予測		
I.	需給予測	[4] - 88
1.	過去の傾向と最近の状況	[4] - 88
2.	各機関の予測結果	[4] - 88
3.	需要予測の前提	[4] - 88
3. 1	粗鋼の予測	[4] - 90
3. 2	マンガン鉱石需要予測の前提	[4] - 90
3. 3	マンガン鉱石消費部門別需要予測	[4] - 93
3. 3. 1	フェロマンガンの消費原単位	[4] - 93
3. 3. 2	鉄鋼用の消費比率	[4] - 93
3. 3. 3	非鉄鋼産業用の消費比率	[4] - 93
4.	需要予測	[4] - 93
II.	需要バランス	[4] - 96
1.	マンガン鉱石の需給バランス	[4] - 96
2.	フェロマンガンの需給バランス	[4] - 97

F. カラジャス産品の輸出可能性 .....	[4]- 99
I. マンガン鉱石 .....	[4]- 99
II. フェロマンガ​​ン .....	[4]- 99

## 〔4〕 マンガン鉱石・フェロマンガン

### A. マンガンの概要

#### I. マンガンの属性

マンガンは天然に広く分布するが、遊離しては存在しない。純粋なものは銀白色を呈し、炭素を含有すると灰色を帯びてくる。マンガンには、4つの同素体( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ )があり、室温で安定なのは鉄に似ているが鉄より硬くて脆い。電気分解により得られるマンガンは $\gamma$ で、やわらかく展延性に富む。

塊状のものは空気中で表面のみ酸化され、加熱してもそれ以上の変化はないが、粉末状のものは、発火する危険性がある。

水素とは、直接反応しないが希酸または、ハロゲン等の元素とは容易に反応する。

また、溶鉄中においてマンガンは酸素および硫黄との親和力が鉄より強いいため、有力な脱酸・脱硫剤となる。

さらに、鉄、アルミニウム、シリコン、ニッケル、クロム等と全域に亘り合金をつくる性質がある。

そのうち、鉄との合金(マンガン鋼、フェロマンガン等)、銅との合金(ホイスラー合金、マンガニン等)および、アルミニウム、ニッケルとの合金が重要である。

#### II. マンガンの歴史

マンガン鉱石は、エジプト文明の古代よりガラスの脱色剤および陶磁器の釉薬として用いられ、Manganizein (ギリシャ語で“きれいにする”という意味)と呼ばれていた。

1774年にJ. G. Gahnは初めて密閉ルツボ内で、マンガン鉱石よりマンガンの還元に成功した。しかし、マンガンが工業的規模で生産されたのは、製鉄業に於て1855年のベッセマー転炉法、1868年のシーメンス平炉法および1877年トーマスによる塩基性転炉法が発明され、脱酸剤としての要求が高まった結果であり、また合金用添加剤として、脱硫作用による赤熱脆性の防止および機械的性質の改善をはかることが認められ、マンガンの生産性、品質の向上が要求されるようになってきた。それに伴い製造法も1870年高炉法の出現、そして1900年代にエルー式電気炉法へと推移し、現在に至っている。

1860年代の湿電池の発明が今日の乾電池の普及につながり、二酸化マンガンはその原料として広く使用されている。乾電池の開発過程において、分極が問題となり、過電圧の大

きい水素発生反応を防止するため、正極に酸化剤として使用されるようになった。三酸化マンガンはその強い酸化作用が活用され一般的に使用されている。

### III. マンガン鉱物の種類

マンガンは地殻中で12番目に多い元素で平均存在量は1,000 ppmである。

マンガンが多量に存在するマンガン鉱床は成因によって、熱水鉱床、堆積鉱床、風化残留鉱床、変成鉱床に分類される。

このうち資源的に重要なものは、堆積鉱床および風化残留鉱床で約80%を占めている。マンガンは天然には、硫化物、酸化物、水酸化物、炭酸塩、硫酸塩、磷酸塩、砒酸塩、珪酸塩として存在し、100種以上の鉱物が知られている。

経済的に重要なものは、酸化鉱(Pyrolusite、Psilomelane、Manganite等)、炭酸鉱(Rhodochrosite)、および珪酸鉱(Brannite、Rodnite等)である。Table A-1に主要なマンガン鉱物を示す。

### IV. 採鉱および製錬方法

#### 1. 採 鉱

鉱石の採鉱法は大別して露天採鉱法と坑内採鉱法がある。いずれの採鉱法によるかは鉱床の深さ、大きさ、形態およびそれに接する地質条件等による、両方法の経済性の比較できまる。

##### 1. 1 露天採鉱

現在得られている高品位鉱石の大部分は露天採鉱のものである。

この採鉱法の特徴は、開発に伴うリスクが比較的少なく、採鉱歩留りおよび労働生産性が高いという長所がある。

採鉱方式には主にベンチカット方式が採用され、バケット・ホイール・エグスカレータ、クローラードリル、パワーショベル、ブルドーザー、ダンプトラック等の採鉱運搬機械が使用されている。

現在露天採鉱を行っている主な鉱山は、オーストラリアのGroote Eylandt 鉱山、ブラジルのSerra do Navio 鉱山、ガボンのMoanda 鉱山、南アフリカのMamat Wan 鉱山などである。

Table A-1 Important Manganese Minerals

	Mineral	Formula	Colour	Mn %	Hardness
Manganese oxide ores	Pyrolusite	Mn O <sub>2</sub>	Steel Grey to Black	63	6 - 7
	Ramsdellite	Mn O <sub>2</sub>	Dark Grey to Black	63	3
	Polianite	Mn O <sub>2</sub>	Black to Steel Grey	63	6 - 6.5
	Manganite	MnO (OH)	Black to Steel Grey	62	4
	Cryptomelane	K <sub>2</sub> Mn <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	Black to Steel Grey	45 - 60	5 - 6
	Psilomelane	(BaH <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> Mn <sub>5</sub> O <sub>10</sub>	Black to Dark Grey	37	5 - 6
	Hausmannite	Mn, Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Brown to Black	72	4.8
	Bixbyite	(Mn Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Black	30 - 40	6
	Jacobsite	MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Black	24	6
	Hollandite	MnBaMn <sub>6</sub> O <sub>14</sub>	Black to Steel Grey	52	6
Manganese carbonate ores	Rhodochrosite	Mn CO <sub>3</sub>	Red-rose to Brown	48	3.5 - 4.5
Manganese silicate ores	Braunite	3(MnFe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnSiO <sub>3</sub>	Brown to Black	50 - 60	6.0 - 6.5
	Rhodonite	Mn SiO <sub>3</sub>	Pink	42	5.5 - 6.5

## 1. 2 坑内採鉱

坑内採鉱の特徴は、開坑に当って開発前の調査に限界があるためリスクが大きく、採鉱歩留りや労働生産性が低いという欠点がある。

採鉱方式は鉱床の形態によって異なるが、主に柱房法 (Room and pillar) と改良型 Cut and fill 法が採用されている。

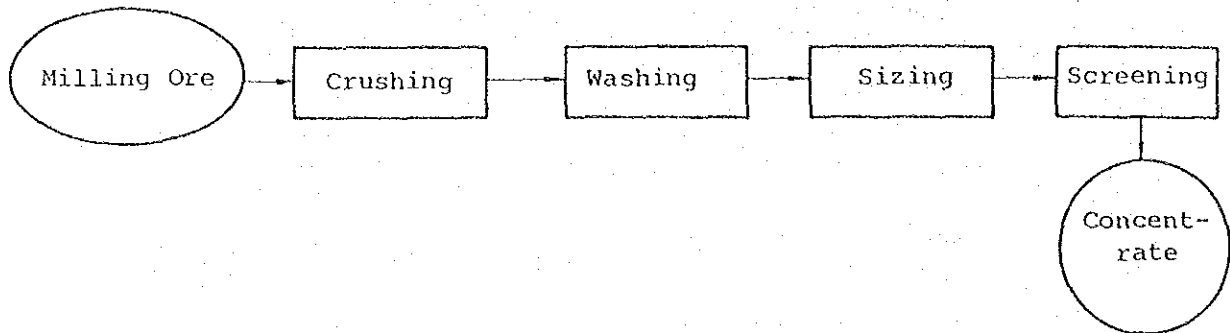
採鉱、運搬、輸送機械設備として、2段式大型ドリル、ローダー、坑内用ダンプトラック、ベルトコンベアー等が使用されている。

現在坑内採鉱を行っている主な鉱山は、南アフリカの Wessel, Middelpaats, Black Rock、インドの Balapur Hameska 等である。

## 2. 選 鉱

採掘された粗鉱は、通常次のような選鉱処理を経て精鉱となる。

Fig. A-1 Manganese Ore Dressing Processes



なお、従来放置されていたような低品位の粗鉱も、比重選鉱（ハンフレー・スパイラル・テーブル選鉱・ジク選鉱等）磁力選鉱、浮遊選鉱、重液選鉱等による精鉱の生産が行われるようになってきた。

## 3. 製 錬

フェロマンガンの製錬方法は、一般的に主原料の鉱石と副原料の還元剤（コークス、石炭）および溶剤（石灰石）を電気エネルギーで溶解製錬する電気炉法とコークスを主体とした燃料の燃焼エネルギーで溶解製錬する高炉法とがある。

ただし、高炉法で製造可能な品種は高炭素フェロマンガンおよびスピーゲルに限られ、製錬に高温を必要とするシリコマンガンの脱珪反応を必要とする、中・低炭素フェロマンガンの製造はできない。

電炉法と高炉法とは、製造法および生産地点による地域性の違いなどで優劣比較はむずかしいが電炉法は生産規模の選択が容易で投資額も少なくすむこと、また、製造品種選択の自由度が大きく、高炭素マンガンのスラグが有効活用できることなどの利点があり多く採用され、高炭素フェロマンガンの75%が同方法で製造されている。

高炉法（注1）は、製錬にコークスの燃焼エネルギーを使用できる長所があり、主としてフランス、ドイツ連邦共和国、イギリスで採用され、これらの国は高炭素フェロマンガンの全量を高炉法で生産している。

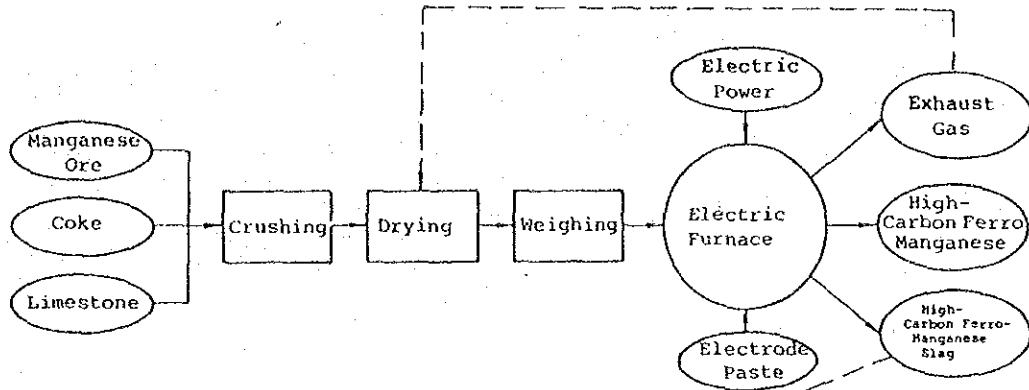
フェロマンガンの大半を製造している電炉法の製造プロセスを次に示す。

（注1）ただし、新規工場建設の場合は、高炉法による計画はなく、高炉メーカーで廃棄される小型高炉の活用策として検討されることはある。

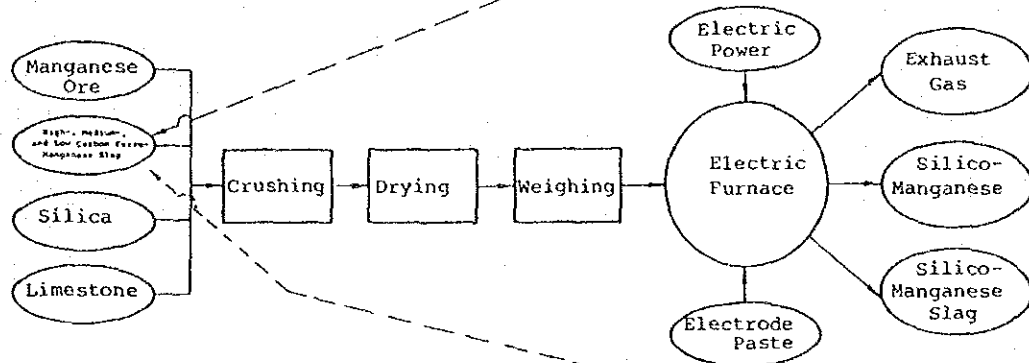


Fig. A-2 Ferro-Manganese Production Process  
(Electric Furnace Method)

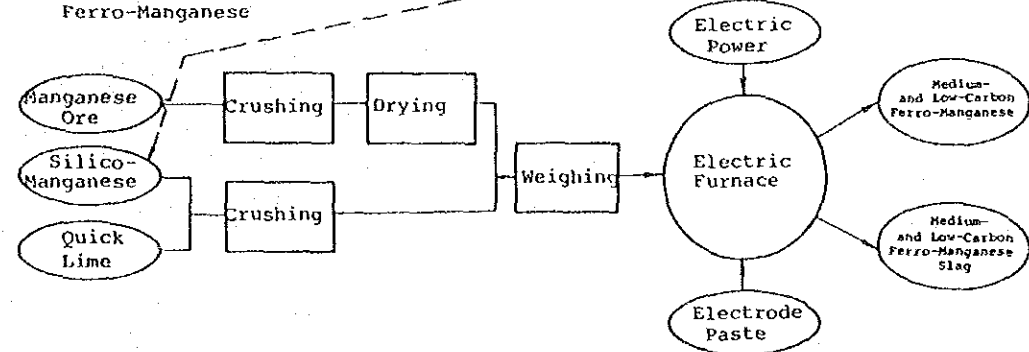
(1) High-Carbon Ferro Manganese



(2) Silico-Manganese



(3) Medium- and Low-carbon Ferro-Manganese



## V. 用 途

マンガン鉱石は一般的に品位によって3種類に分けられている。

分類の仕方は国によって異なるが、アメリカ内務省鉱山局(The U.S. Bureau of Mines, U. S. Department of the Interior ; USBM) では次のようになっている。

- a) Manganese ore : 35%以上
- b) Ferruginous ore : 10-35%
- c) Manganiferous iron ore : 5-10%

用途は大別すると鉄鋼産業用(92-95%)、非鉄鋼産業用(5-8%)となり、それぞれの主な用途は次のとおりである。

### (a) 鉄鋼産業用:

- (i) フェロマンガン製造用
- (ii) 高炉添加用

### (b) 非鉄鋼産業用

- (i) 電解マンガン用  
電解二酸化マンガン、電解金属マンガン
- (ii) 乾電池用
- (iii) 化学薬品用  
消毒薬、インク、ペイント乾燥剤、農薬、ノッキング防止剤等
- (iv) 溶接棒製造用
- (v) 窯業用  
ガラスの脱色・着色剤、陶磁器の上薬、等

## 1. フェロマンガン

フェロマンガンの種類および成分はTable A-2のとおりである。

用途はすべて鉄鋼産業用で、製鋼過程における脱酸、脱硫およびマンガン添加剤として使用される。

種類別にみた用途としては、高炭素フェロマンガンは炭素規制の比較的ゆるい鋼種に、中・低炭素フェロマンガンは炭素成分のコントロールがしやすいので炭素規制の厳しい高級鋼に、シリコマンガンはシリコン含有量が高いのでシリコン規制の比較的ゆるい鋼種に向けられる。

Table A-2 Types and Components of Ferro-Manganese

Type of Alloy	% Chemical composition				
	Mn	C	Si	P	S
High-Carbon Ferro-Manganese	73-82	below 7.5	below 3.0	below 0.4	below 0.02
Medium-Carbon Ferro-Manganese	75-85	below 2.0	below 2.0	below 0.40	below 0.02
Low-Carbon Ferro-Manganese	75-85	below 1.0	below 1.5	below 0.40	below 0.02
Silico-Manganese	60-70	14-25	below 2.5	below 0.30	below 0.05
Spiegel isen	20-25	above 3.5	below 2.0	below 0.30	-

Note: Component specification per Japanese example

## B. 生 産

### I. マンガン鉱石の資源分布と埋蔵量

世界のマンガン資源量について、楽観的な見方をしている USBM と堅実な見方をしている U. S. Steel の公表値を Table B-1 に示す。この値を総合すると、世界のマンガン資源量は 26 億 4,400 万—30 億 8,600 万 t あり、そのうち 6 億 7,900 万—16 億 6,600 万 t が現在の採鉱技術で回収対象となり得る埋蔵マンガン量である。

埋蔵量を国別で見た場合、世界の埋蔵量の 82—86% がソ連と南アフリカで占められ、これにオーストラリア、ガボン、ブラジル、インド、中国を加えた 7 カ国で 99% を占めている。また自由世界の占有率は 53%—61% で、自由世界の中における南アフリカの占有率は 70% に達しており、マンガン資源の偏在性の大きいことが知られる。

なお、USBM と U. S. Steel の公表値に差がみられ、特に埋蔵量の差が大きい。この理由は USBM の値は、サンプル調査と地質上の近似性、連続性からの推定値が含まれているのに対し、U. S. Steel の値は正規の試掘調査によって得られた値のみが集計されたことによるものである。

### II. マンガン鉱石の生産量の推移と国別生産構造の変化

#### 1. マンガン鉱石の生産動向

世界のマンガン鉱石の生産量は 1965 年に 1,800 万 t であったが、1980 年には 2,700 万 t 台に増加し、伸び率でみると年間 2.6% で成長したことになる。これを需要の 92—95% を占める鉄鋼業の伸びと対比してみると、粗鋼生産の伸びは年率 3.0% で、それよりは低目の値となっているが、Fig. B-1 に見るように粗鋼生産量の伸びに追従しているといえよう。生産量を国別にみるとソ連が最も多く、このあとに南アフリカ、ガボン、ブラジル、インド、オーストラリア、中国が続き、この 7 カ国で世界の生産量の大半を占め、その占有率は 1965 年の 82% から 1980 年には 95% に増加している。

主要な生産国の生産の推移についてみると、ソ連は自国および東欧圏への供給を主体とした生産を行っているが、鉄鋼へ使用するマンガン鉱石原単位の減少によりマンガン鉱石生産の伸び率は 1.8% で、鉄鋼生産量の伸び率 3.3% に比べても小さくなっている。この結果、生産比率に変動はあるが、長期的には 40% 前後の横這いで推移している。

南アフリカは大型のマンガン鉱床にめぐまれ、自由世界に於ける最大の供給国として年率約 7.6% で生産を伸ばし、生産比率は 1965 年には 10% が、1980 年には 20% に達している。

Table B-1 Assessment of Terrestrial Manganese Resources in the World

(Million MT)

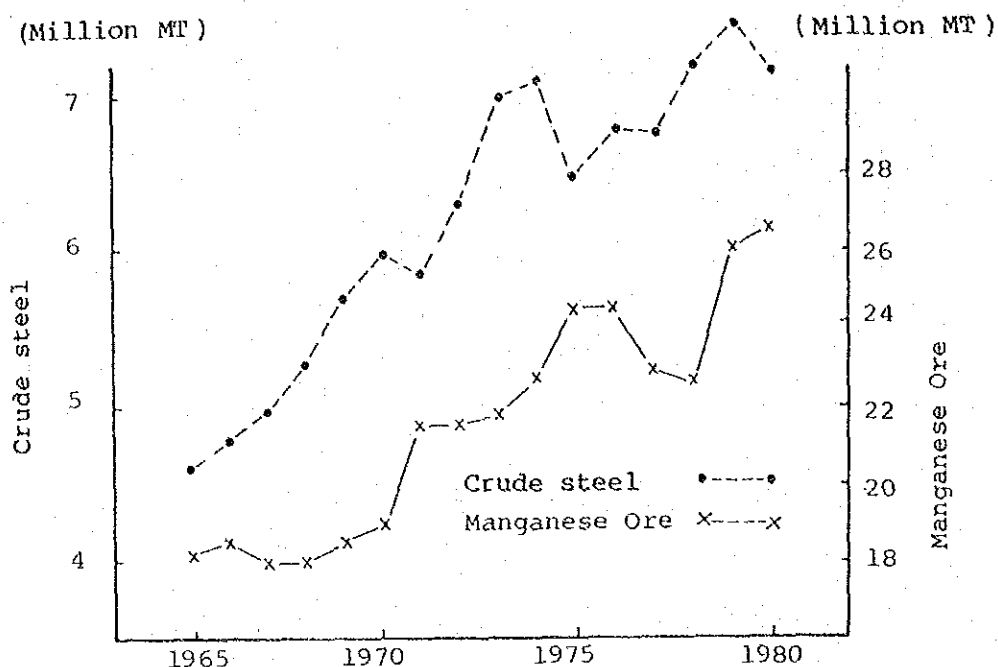
Country	USBM (1)				US Steel (2)			
	Reserves		Total resources		Reserves		Total resources	
	Mn Content %	Mn Content	%	Gross weight	Mn Content	%	Gross weight	%
USA	---	66	2.1	---	---	---	---	---
Canada	---	16	0.5	---	---	---	---	---
North America	---	82	2.6	---	---	---	---	---
Bolivia	---	5	0.2	---	---	---	---	---
Brazil	39	62	2.0	34	11.0	1.6	230	2.5
Mexico	4	15	0.4	13	3.0	0.4	13	0.1
Latin America	43	82	2.6	47	14.0	2.0	243	2.6
Gabon	77	77	2.5	193	57.0	8.4	570	6.1
Ghana	6	15	0.4	1	0.5	0.1	31	0.3
Ivory Coast	---	1	---	---	---	---	---	---
South Africa	711	1,413	46.0	655	249.0	36.7	4,465	47.9
Upper Volta	---	9	0.3	---	---	---	13	0.1
Zaire	3	4	0.1	8	3.0	0.4	8	0.1
Morocco	---	---	---	1	0.5	0.1	3	---
Africa	797	1,519	49.3	858	310.0	45.7	5,090	54.5
India	25	36	1.2	7	3.0	0.4	107	1.2
Japan	1	1	---	6	1.0	0.2	6	0.1
Thailand	1	4	0.1	---	---	---	---	---
Asia	27	41	1.3	13	4.0	0.6	113	1.3
Australia	144	158	5.2	190	33.0	4.9	564	6.1
Western World	1,011	1,882	61.0	1,108	361.0	53.2	6,010	64.5
Bulgaria	4	4	---	---	---	---	---	---
China	15	30	1.0	29	10.0	1.5	29	0.3
USSR	630	1,170	38.0	1,225	306.0	45.0	2,995	32.1
Hungary	---	---	---	4	2.0	0.3	4	---
Other countries	---	---	---	---	---	---	292	3.1
World Total	1,660	3,086	100.0	2366	679.0	100.0	9,330	100.0

Note : --- Data unavailable

Sources: 1) Bureau of Mines, US Department of the Interior, Mineral Commodity Profiles, July 1979.

2) US Steel, Report to the US Congress by R.L.L'Esperance 5th, January 1978

Fig. B-1 Changes in Production of Manganese Ore and Crude Steel



オーストラリアの生産量は、1965年には10万t程度で極めて少なかったが、グルートアイランド(Groote Eylandt)の開発によって生産量は急増し、年間伸び率は13%に達した。生産比率も1965年は1%弱であったが、1973年には7%に達した。

ブラジル、ガボン、は、1965年にはすでに一定の生産量に達しており、その後の生産量の伸びは、ブラジル、ガボンが年間伸び率3-4%で、生産比率も7%台から8%台に僅かながら増している。

インドは生産開始時期は早く1950年代に生産量はピークに達し、その後の生産の伸びは見られない。

この理由は、鉱石品位の低下や中小鉱山が多く採鉱条件が良くないことや国の資源保護政策等によるものと言われている。

なお、マンガン鉱石生産量はTable B-2、マンガン鉱石生産比率はTable B-3に示す。

## 2. マンガン鉱石の生産能力の現状と将来

Table B-4に自由世界諸国の主要鉱山の鉱山別埋蔵量と生産能力の現状、および将来計画を示す。

Table B-2 Production of Manganese Ore by Country 1965 to 1980

(1,000 MT)

Country/Region	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
South Africa	1,775	1,982	2,120	2,427	2,642	3,022	3,418	3,373	4,189	4,760	5,781	5,452	5,048	4,317	5,182	5,696
Australia	102	317	569	750	889	751	1,051	1,165	1,527	1,527	1,555	2,154	1,387	1,249	1,666	1,961
Gabon	1,280	1,273	1,147	1,254	1,392	1,453	1,866	1,937	1,925	2,070	2,245	2,217	1,851	1,661	2,300	2,147
India	1,504	1,596	1,537	1,592	1,312	1,456	1,550	1,642	1,493	1,504	1,577	1,738	1,940	1,619	1,755	1,645
Brazil	1,396	1,455	1,358	1,945	2,011	2,038	2,602	2,402	1,620	1,795	2,156	1,696	1,516	1,917	2,259	2,177
Mexico	132	115	111	---	143	274	267	296	365	404	428	453	487	523	294	447
Ghana	603	577	499	414	333	398	579	509	319	251	409	384	343	316	271	252
Zaire	---	---	---	---	312	346	329	369	335	289	309	182	41	---	---	---
USA	295	304	273	233	391	334	180	134	---	---	---	---	---	---	---	---
Japan	302	321	342	312	301	270	286	261	189	167	158	142	126	104	88	78
Morocco	376	363	287	161	131	113	102	96	147	175	131	117	114	126	135	150
Others	1,191	1,054	1,332	1,205	519	279	431	312	182	185	195	117	237	194	353	147
Free World Total	8,956	9,357	9,575	10,293	10,376	10,734	12,561	12,496	12,291	13,127	14,944	14,652	13,090	12,026	14,303	14,700
USSR	7,824	7,706	7,175	6,564	6,985	7,011	7,722	7,819	8,271	8,527	8,476	8,636	8,591	9,057	10,244	10,250
Eastern Europe	420	437	550	243	239	255	217	285	237	182	234	224	226	223	176	179
China	1,000	1,000	700	900	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,100	1,100	1,270	1,500	1,600
Centrally Planned Economies Total	9,244	9,143	8,425	7,707	8,224	8,266	8,939	9,104	9,508	9,709	9,710	9,960	9,917	10,550	11,920	12,029
World Total	18,200	18,500	18,000	18,000	18,600	19,000	21,600	21,600	21,799	22,836	24,654	24,612	23,007	22,576	26,223	26,729

Note : --- Data unavailable

Sources: 1965 to 1973: Metal Bulletin Handbook

1974 to 1980: Roskill Information Service Ltd., The Economic of Manganese, 1982

Table B-3 Production Share of Manganese Ore by Country 1965 to 1980

(\*)

Country/Region	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
South Africa	9.7	10.7	11.8	13.5	14.2	15.9	15.8	15.6	19.2	20.8	23.5	22.1	22.0	19.1	19.8	21.3
Australia	0.6	1.7	3.2	4.2	4.8	4.0	4.9	5.4	7.0	6.7	6.3	8.7	6.0	5.5	6.4	7.3
Gabon	7.0	6.9	6.4	7.0	7.5	7.6	8.6	9.0	8.8	9.0	9.1	9.0	8.1	7.4	8.8	8.0
India	8.3	8.6	8.5	8.8	7.0	7.7	7.2	7.6	6.9	6.6	6.4	7.1	8.4	7.2	6.7	6.2
Brazil	7.7	7.9	7.5	10.8	10.8	10.7	12.1	11.1	7.4	7.9	8.7	6.9	6.6	8.5	8.6	8.1
Mexico	0.7	0.6	0.6	---	0.8	1.4	1.2	1.4	1.7	1.8	1.7	1.8	2.1	2.3	1.1	1.7
Ghana	3.3	3.1	2.8	2.3	1.8	2.1	2.7	2.4	1.5	1.1	1.7	1.6	1.5	1.4	1.0	0.9
Zaire	---	---	---	---	1.7	1.8	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	0.7	0.2	---	---	---
USA	1.6	1.7	1.5	1.3	2.1	1.8	0.8	0.6	---	---	---	---	---	---	---	---
Japan	1.7	1.7	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3
Morocco	2.1	2.0	1.6	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6
Others	6.5	5.7	7.4	6.7	2.8	1.5	2.0	1.4	0.8	0.8	0.8	0.5	1.0	0.8	1.3	0.6
Free World Total	49.2	50.6	53.2	57.2	55.8	56.5	58.6	57.9	56.4	57.5	60.6	59.5	56.9	53.3	54.5	55.0
USSR	43.0	41.6	39.9	36.5	37.5	36.9	35.8	36.2	37.9	37.3	34.4	35.1	37.3	40.1	39.1	38.3
Eastern Europe	2.3	2.4	3.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.3	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	0.7	0.7
China	5.5	5.4	3.9	5.0	5.4	5.3	4.6	4.6	4.6	4.4	4.1	4.5	4.8	5.6	5.7	6.0
Centrally Planned Economies Total	50.8	49.4	46.8	42.8	44.2	43.5	41.4	42.1	43.6	42.5	39.4	40.5	43.1	46.7	45.5	45.0
World Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Note : --- Data unavailable

Source: Table B-2



Table B-4 Current Status and Future Prospects of Reserves and Production Capacity by Mine in Major Countries in Free World

Country	Mining Co. and Mine	Reserves (1) (million tonnes)	Type (1) of Ore	Grade (1) (%)	Current and Planned Future Production Capacity (2) (1,000 MT)							
					1981	1982	1983	1984	1985	1986 and later		
S.A.	Manganese Amcor Ltd.											
	Mamatwan	250	O, Si, C	+ 38	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
	Farm Wessel	135	O, Si, C	+ 47	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	Lohathla	N.A.	O, Si	28 - 30	400	400	400	400	400	400	400	400
South Africa	The Associated Manganese Mine of South Africa Ltd.											
	Nchwaneng	above 100	O, Si, C	47 - 50								
	Gloria	above 200	O, Si, C	38	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
	Black Rock	above 100	O, Si, C	36 - 38								
	Middelplaats Manganese Ltd.	170	O, Si, C	35 - 40	650	750	900	900	900	900	900	900
	Others				350	350	350	350	350	350	350	350
	Subtotal				7,100	7,200	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350
	Industria e Comercio de Minerios S.A. Amapa	16	O	34 - 45	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Brazil	Urcum Mineracao S.A. Mato Grosso do Sul	44	O	46								
	Cia Paulista de Ferro Ligas Minas Gerias	3	C	35	750	750	750	750	750	750	750	750
	Others											
	Companhia Vale do Rio Doce Azul	64	O	35 - 50	---	---	---	---	---	---	---	1,000
	Subtotal				2,350	2,350	2,350	2,350	2,350	2,350	2,350	3,350
Gabon	COMILOG MOANDA	200	O	50 - 52	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	4,000

Table B-4 (cont'd.)

Country	Mining Co. and Mine	Reserves (1) (million tonnes)	Type (1) of Ore	Grade (1) (%)	Current and Planned Future Production Capacity (2) (1,000 MT/year)						
					1981	1982	1983	1984	1985	1986 and later	
India	Manganese Ore India Ltd.										
	Balaghat										
	Tirodi	49	O, Si	38 - 44	2,000						
	Chickla										
Others											
India	Sandur Manganese & Iron Ores Ltd.	14	O, Si	26 - 40		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Karnalaka										
	Mysore Minerals Ltd. Mysore	15	O, Si	26 - 40							
Australia	Others										
	Groote Eylandt Mining Co., Ltd. Groote Eylandt	400	O	40 - 50	2,300	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	3,000
	Ghana National Manganese Corporation	20	O, C	45	400	400	400	400	400	400	400
Mexico	Compania Minera Autlan S.A. Melango	29	C, O	27	500	500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Other's				200	200	200	200	200	200	200
	Subtotal				700	700	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Total				17,250	17,550	18,200	18,200	18,200	18,200	21,300
	Increment (from 1981 as the base year)				0	300	950	950	950	950	4,050

Note : Type of ore: O - Oxide ore; Si - Silicate ore; C - Carbonate ore

Sources: (1) National Material Advisory Board, Commission on Sociotechnical System, National Research Council,

Manganese Reserves and Resources of the World and their Industrial Implication

Roskill Information Service Ltd., The Economics of Manganese, 1982

TEX, Ferro-Alloy Manual, 1982

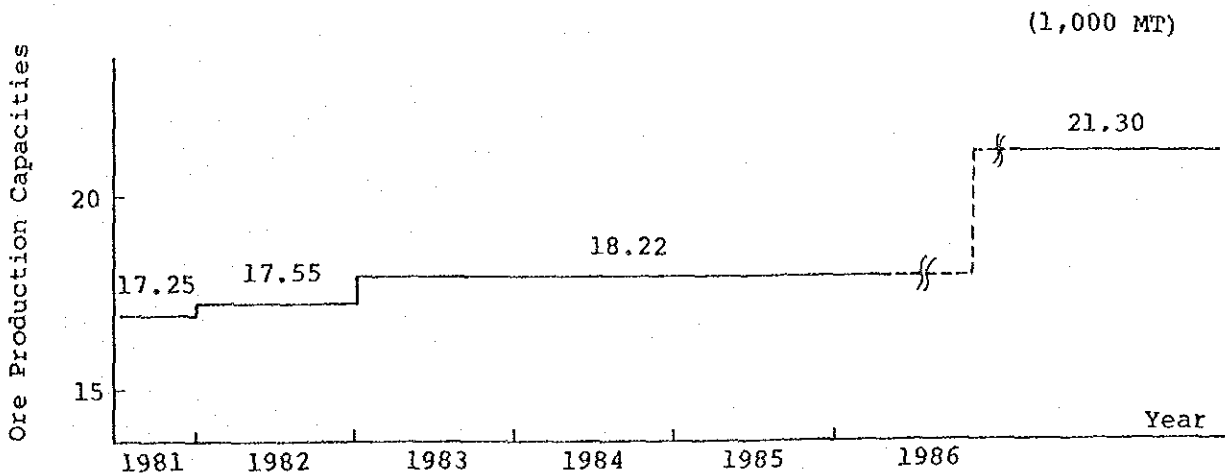
(2) (1) and the estimates by the Study Team

自由世界の主要生産国である、南アフリカ、ブラジル、ガボン、インド、オーストラリア、メキシコ、ガーナの7カ国の現状での生産能力の合計は1,725万tである。それに対し生産量の合計が約1,433万tであり操業率は約81%となっている。

生産能力比で見ると南アフリカが41%を占め、ブラジル、ガボン、オーストラリア、インドがそれぞれ12-14%でこれに続いている。

将来の鉱山別生産能力の増加計画としては、南アフリカの Middelplaats 鉱山で25万t、ブラジルの Azul 鉱山で100万t、ガボンの Moanda 鉱山で160万t、メキシコの Molango 鉱山で50万t、が予定されている。

この生産能力の推移を図に示すと次のとおりである。



1981年ベースで見ると、1983年が+95万t、1986年以降が+405万tで増加率はそれぞれ5.5%、23.5%となる。

### III. フェロマンガンの生産量の推移と国別生産構造の変化

#### 1. フェロマンガンの生産動向

フェロマンガンの生産量の推移を Table B-5 に示した。世界の生産量の推移をみると、1965年の483万tが、1979年に693万tと、この間に1.5倍(年率2.4%)になっている。

1960年後半から、1980年にかけてのフェロマンガンの種類別伸び率をみると、高炭素フェロマンガンとシリコマンガンとはよく似ており、この間で1.4倍(年率2.1%)になっ

Table B-5 Trends of Ferro-Manganese Production Volume

	1965	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
(1,000MT)																
<b>High-Carbon Ferro-Manganese</b>																
Canada	(162.1)	(187.9)	(168.0)	(166.9)	46.6	57.0	100.0	100.0	100.0	90.7	63.5	56.0	84.0	92.0	174.0	---
USA	1148.0	947.2	940.9	880.0	775.3	796.0	791.0	801.0	683.0	493.8	522.4	437.9	303.1	247.2	307.5	---
France	327.1	301.5	261.7	324.4	457.3	486.0	445.0	450.0	544.0	524.0	420.0	365.0	358.0	390.0	417.0	432.0
Germany, FR	280.0	296.0	254.0	328.0	272.7	251.0	210.0	210.0	247.0	320.0	216.0	220.0	175.0	209.0	233.0	240.0
Italy	11.4	11.4	12.3	14.1	28.7	28.0	13.0	29.0	61.0	80.0	71.5	81.0	81.0	81.5	67.0	66.0
Norway	118.7	115.2	132.2	166.6	208.8	205.5	a) 230.0	a) 256.0	a) 281.0	335.8	338.8	375.2	244.2	276.4	328.0	319.0
UK	172.0	150.9	143.1	154.1	145.8	155.0	135.0	141.0	156.0	83.0	85.0	122.0	97.0	89.0	136.6	51.7
Belgium	---	43.8	23.4	50.0	150.0	140.0	140.0	140.0	140.0	131.0	98.0	84.0	55.0	85.5	91.0	---
Brazil	---	---	---	---	---	---	---	---	---	79.6	86.8	98.7	128.7	117.8	150.0	---
South Africa	a) 188.0	a) 186.0	a) 176.0	a) 172.0	190.0	210.0	a) 259.0	a) 263.0	a) 322.0	362.5	425.7	350.0	400.0	480.0	671.0	661.0
India	147.0	135.3	132.7	143.5	133.5	172.8	161.3	160.0	141.1	146.0	142.4	175.6	166.9	219.5	186.7	---
Japan	167.6	198.7	267.2	295.5	338.5	420.5	494.3	468.7	530.1	651.0	701.3	510.5	523.6	665.8	506.6	592.0
USSR	895.0	888.0	897.0	929.0	878.8	953.0	842.0	888.0	859.0	949.0	958.0	940.0	945.0	980.0	997.0	---
China c)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Czechoslovakia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Yugoslavia	12.0	11.0	79.0	85.0	90.0	102.0	116.0	131.0	154.0	22.6	30.7	22.2	54.6	75.0	85.0	---
Total	3,628.9	3,472.9	3,489.5	3,709.1	3,734.0	3,976.8	3,936.6	4,057.7	4,218.2	4,269.0	4,160.1	3,838.1	3,791.4	4,169.0	4,568.0	---
Others	131.1	127.1	140.5	140.9	246.0	93.2	203.4	212.3	201.8	401.0	449.9	224.4	347.3	251.9	221.8	---
Total	3,760	3,600	3,630	3,850	3,960	4,070	4,140	4,270	4,420	4,670	4,610	4,250	4,370	4,730	5,130	---
<b>Silico-Manganese d)</b>																
Medium- & Low-Carbon Ferro-Manganese d)	270	310	330	370	400	440	460	540	570	600	540	570	580	580	580	---
World Total, Ferro-Manganese	4,830	4,780	4,870	5,220	5,530	5,690	5,800	6,260	6,190	6,390	6,200	5,720	5,850	6,210	6,930	---
World Crude Steel Production (million tonnes)	459.7	474.8	498.9	531.6	576.1	597.1	583.3	636.3	695.8	709.8	647.3	677.9	676.1	718.0	746.1	718.0

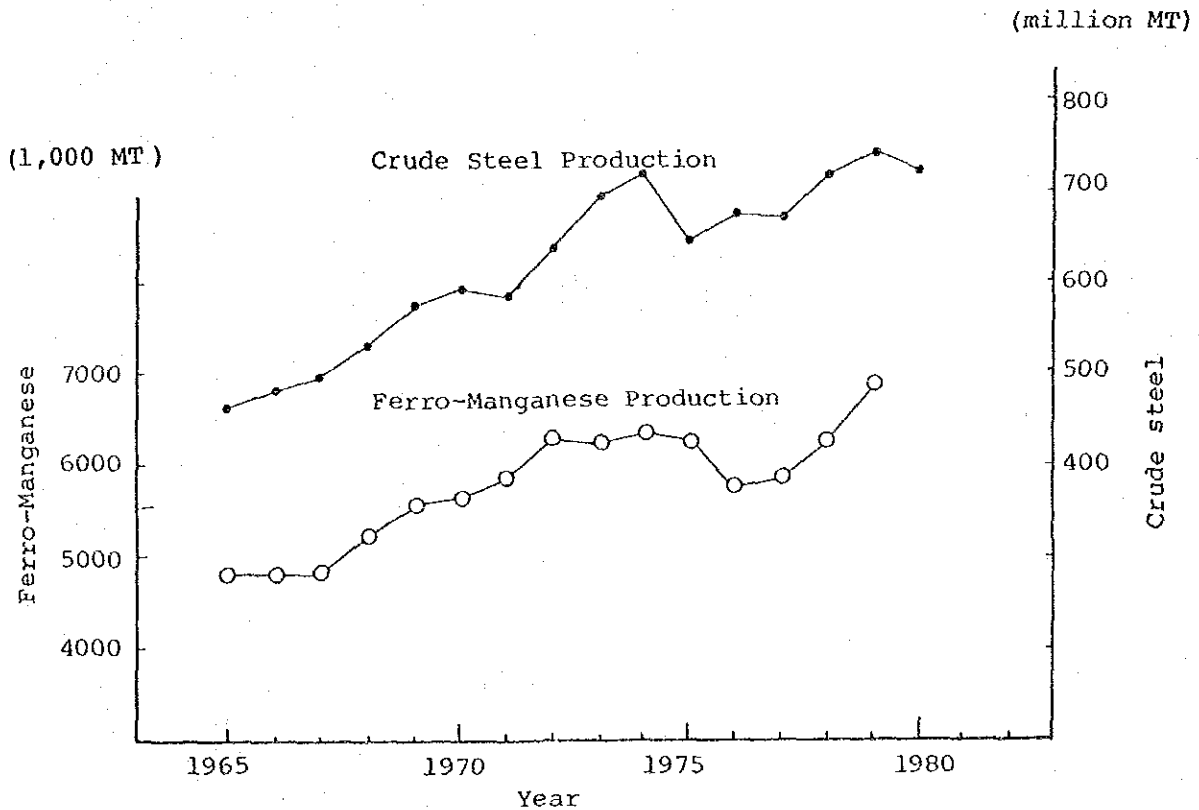
a) Estimates from Metal Bulletin Handbook b) Japan Ferro-Alloy Association c) The US Bureau of Mines, Mineral Yearbook, 1980  
d) Volumes consumed were substituted for incomplete data on production.  
Notes: 1) ( ) All ferro-alloys inclusive.  
2) Part of data include silico-manganese and/or spiegelisen.  
3) --- Data unavailable.  
Source: Metal Bulletin Handbook

ているが、中・低炭素フェロマンガンは2倍（年率4.9%）になっている。中・低炭素フェロマンガンの伸びの大きい理由は、製鋼工程で高炭素フェロマンガンより炭素の低い、中・低炭素フェロマンガンが鋼の炭素調整をしやすくする一因になっているからであろう。

フェロマンガンの100%を消費する粗鋼生産量の推移とフェロマンガンの生産量の推移を対比すると Fig. B-2 のとおりとなる(注1)。

主要生産国の生産動向の検討は、フェロマンガンの生産量の統計の内、国別に明確になっている高炭素フェロマンガン（フェロマンガン全生産量の70%以上を占める）で、代表して行うことにし、国別生産量の推移を Table B-5 に、生産比率の推移を Table B-6 に示した。

Fig. B-2 Yearly changes in Production Volumes of Ferro-Manganese and Crude Steel



(注1) 粗鋼伸び率3%、フェロマンガン伸び率2.4%、この先は、原単位の向上であるが、詳細は後述。

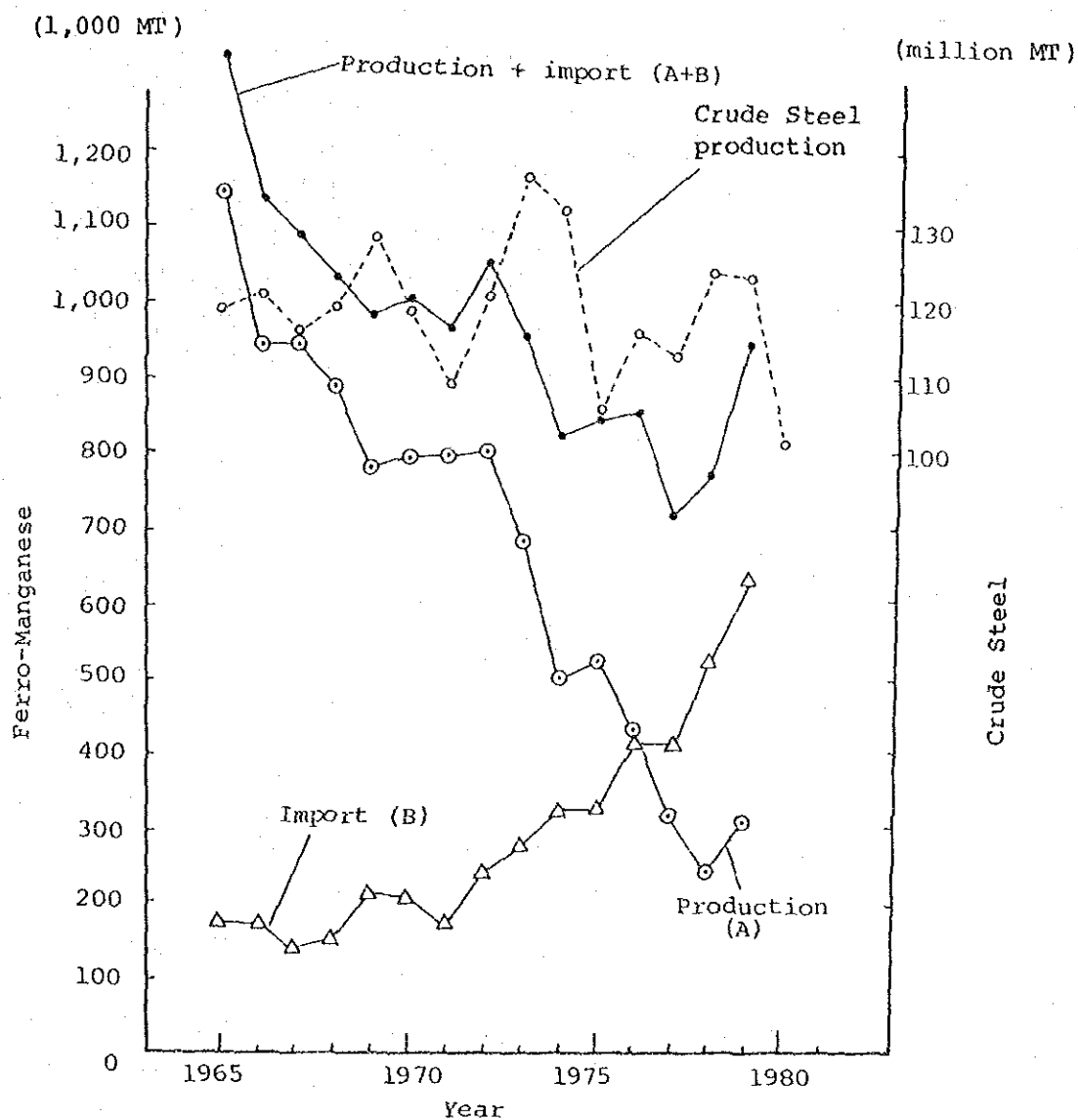
Table B-6 Changes in High-Carbon Ferro-Manganese Production Share

	1965	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Canada	(4.3)	(5.2)	(4.6)	(4.3)	1.2	1.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.4	1.3	1.9	1.9	3.4	---
USA	30.5	26.3	25.9	23.1	19.5	19.6	19.1	18.8	15.5	10.6	11.3	10.3	6.9	5.2	6.0	---
France	8.7	8.4	7.2	8.4	11.5	11.9	10.7	10.5	12.3	11.2	9.1	8.6	8.2	8.2	8.7	---
Germany, FR	7.4	8.2	7.0	8.5	6.9	6.2	5.1	4.9	5.6	6.9	4.7	5.2	4.0	4.4	4.5	---
Italy	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.7	0.3	0.7	1.4	1.7	1.6	1.9	1.8	1.7	1.3	---
Norway	3.2	3.2	3.7	4.3	5.2	5.0	5.6	6.0	6.4	7.2	7.3	8.8	5.6	5.8	6.6	---
UK	4.6	4.2	3.9	4.0	3.7	3.8	3.3	3.3	3.5	1.8	1.8	2.9	2.2	1.5	2.7	---
Belgium	---	1.2	0.6	1.3	3.8	3.4	3.4	3.2	3.2	2.8	2.1	2.0	1.3	1.8	1.8	---
Brazil	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.7	1.9	2.3	2.9	2.5	2.9	---
South Africa	5.0	5.2	4.8	4.5	4.8	5.2	6.3	6.6	7.3	7.8	9.2	8.2	9.2	10.1	13.0	---
India	3.9	3.8	3.7	3.7	3.9	4.2	3.9	3.7	3.2	3.1	3.1	4.1	3.8	4.6	3.7	---
Japan	4.5	5.5	7.4	7.7	8.5	10.3	11.9	11.0	12.0	13.9	15.2	12.0	12.0	14.2	9.9	---
USSR	23.8	24.7	24.7	24.1	22.1	23.4	20.3	20.8	19.4	20.3	20.8	22.1	21.6	20.7	19.5	---
Yugoslavia	0.3	0.3	2.2	2.2	2.3	2.5	2.8	3.1	3.5	0.5	0.7	0.5	1.2	1.6	1.7	---
Czechoslovakia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.0	3.7	3.4	---
China	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.5	5.3	6.5	6.6	---
Others	3.5	3.5	4.0	3.5	5.9	2.4	4.9	5.1	4.5	8.6	9.8	5.3	8.1	5.6	4.3	---
Combined Share of Top 10 Countries	91.9	90.7	90.5	90.5	89.9	93.0	89.6	88.8	88.7	85.7	84.7	86.7	80.6	83.4	81.9	---

Note : --- Data unavailable

アメリカの1979年の生産量は、1965年の3分の1以下まで大幅に落込んでいる。これは、アメリカの高炭素フェロマンガンの需要が減少したことを示すのではなく、自国の生産かつ輸入への切換えが徐々に行われたことを示し、1974年頃から特にその傾向が顕著になって来た(注1)。

Fig. B-3 US Production and Import of High-Carbon Ferro-Manganese Relative to Crude Steel Production



(注1) 生産量と輸入量の合計は、C章2節3項「国別消費動向」でも見るとおり、アメリカにおける粗鋼生産量の推移に対応したものである。

フランスは、世界のフェロマンガンの伸びと同じ傾向で伸びているので、生産比率もほぼ一定で8-10%になっている。これは、国内消費量は勿論、ヨーロッパ市場への輸出(60-70%)も安定しているためであろう。

ノルウェーは1965年に比べ、1980年頃には生産量が3倍、生産比率で2倍になっているが輸出の大半をヨーロッパ市場に向けている。

南アフリカは、輸出拡大を目的にして生産を増加し、生産量が3倍、生産比率で2.5倍になっている。

日本は、国内鉄鋼生産に必要なフェロマンガンを生産しているので、粗鋼生産量の推移と同様の推移をしている。その関係をFig. B-4に示す。

フェロマンガンの生産量は、上位10-13カ国で90%以上を占めているという生産構造には変わりはないが(1965年10カ国で91.9%、1979年13カ国で90.9%)、74年以後のブラジル、1976年以後の中国、1977年以後のチェコスロバキアの動きに注目すると、1979年ではこの3カ国の生産比率は12.9%になっており、これは自由世界第1位の南アフリカに匹敵する勢力である。特に中国は5位に上り、他方はアメリカ、イギリス、ドイツ連邦共和国の低下が目立つ(この3カ国の1965年の生産比率は、42.5%、1979年は13.2%)。

安定している国は、ソ連とフランス(1965年各々23.8%、8.7%、1979年各々19.5%、8.7%)である。また15年間に上昇した国としては、日本、南アフリカ、ノルウェーでこの3カ国とも、生産量は約3-3.5倍となり3カ国の生産比率は1965年には12.7%であったものが、1979年には29.5%となり、南アフリカは一国で生産比率13%と自由世界第1位の地位を占めるに至った。

フェロマンガンの生産国について全般的な傾向としてみると、以前はフェロマンガ消費国が即生産国であったが、1975年頃より南アフリカ、ブラジル、カナダ、ノルウェーのように資源保有国や、低廉な電力保有国に生産の中心が移行する傾向にある。

## 2. フェロマンガンの生産能力の現状と将来

世界のフェロマンガンの生産能力は、1978年現在、自由世界諸国で670万t、計画経済圏諸国で200万t以上で、合計すると870万t以上に達するものと思われる。

品種別に生産能力をみると、高炭素フェロマンガ601万t、中・低炭素フェロマンガ76万t、シリコマンガ193万tで、スปีゲルは僅少である。

高炭素フェロマンガの1978年の生産量は473万tであり、この時点での高炭素フェロマンガの操業率は、79%になっている(Table B-8)。

高炭素フェロマンガの生産設備能力の内、高炉が96万tで、残り505万tが電気炉によるものである。なお、電気炉設備としては高炭素フェロマンガ、中・低炭素フェロマンガ、シリコマンガの生産能力を加えると774万tとなり、電気炉による生産比率は89%になっている。



Fig. B-4 Trends of Production Volumes of High-Carbon Ferro-Manganese and Crude Steel in Japan

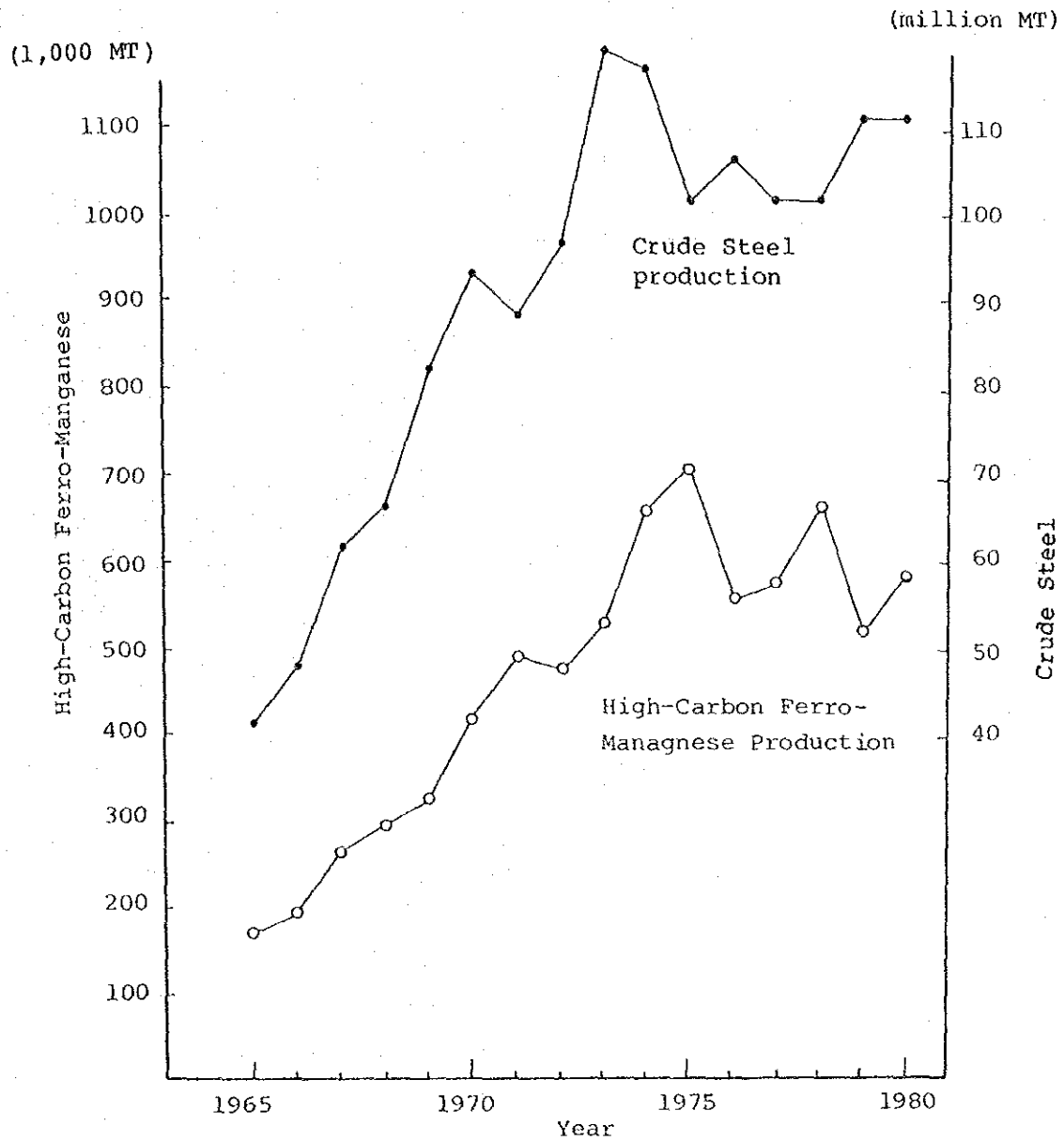


Table B-7 Production Volumes and Shares of High-Carbon Ferro-manganese for Major Countries  
(above 90% or more combined shares of the World Total)

	1965		1970		1975		1979	
	1,000 MT	%	1,000 MT	%	1,000 MT	%	1,000 MT	%
1 USA	1,148.0	30.5	953.0	23.4	958.0	20.8	997.0	19.5
2 USSR	895.0	23.8	796.0	19.6	701.3	15.2	671.0	13.0
3 France	327.1	8.7	486.0	11.9	522.4	11.3	506.6	9.9
4 Germany, FR	280.0	7.4	420.5	10.3	425.7	9.2	447.0	8.7
5 South Africa	188.0	5.0	251.0	6.2	420.0	9.1	340.2	6.6
6 UK	172.0	4.6	210.0	5.2	338.8	7.3	338.0	6.6
7 Japan	167.6	4.5	205.5	5.0	216.0	4.7	307.5	6.0
8 India	147.0	3.9	172.8	4.2	142.4	3.1	233.0	4.5
9 Norway	118.7	3.2	155.0	3.8	98.0	2.1	188.7	3.7
10 Yugoslavia	12.0	0.3	140.0	3.4	86.8	1.9	175.0	3.4
11					85.0	1.8	174.6	3.4
12					71.5	1.6	150.0	2.9
13					63.5	1.4	136.6	2.7
14					30.7	0.7		
Combined production Total	3,455.4		3,789.8		4,160.1		4,665.7	
Combined share (%)		91.9		93.0		90.2		90.9

Source: Tables B-5 & B-6

Table B-8 Ferro-Manganese Production Capacity (as of 1978)

(1,000 MT)

	Production capacity			High-carbon ferro-manganese production	Operating rate	Major companies
	High-carbon ferro-manganese	Medium- and low-carbon ferro-manganese	Silico-manganese			
Australia	100	-	25	125	72	TEMCO (BHP)
Belgium	150	30	50	230	86	SADACEM
Brazil	150	30	110	290	79	ALCAN CSN, PAULISTA, PROMETAL, SIBRA
Canada	110	-	20	130	92	UCC Canada
France	450	50	40	540	87	Sofrem, Bozel Electrometallurgie SA
Germany, Fed. Rep.	300	35	-	335	70	G.F.E., A.T.H.
India	200	5	15	220	110	Electro Met, Facor Jeypore, Mysore, Khandewal
Italy	80	20	10	110	103	
Japan	700	200	600	1,500	670	Nihon Jukagaku, Nihon Denko, Nihon Kokan, Chuo Denki, Taiheiyo Kinzoku
Mexico	125	-	30	155	125	Altos Hornos, Minera Autlan, Teziutlan
Norway	380	50	240	670	276	FESIL (Tinfos)
Portugal	130	-	20	150	73	
South Africa	490	200	125	815	480	Metalloys, Ferallays, Transalloys
Spain	180	40	100	320	138	
UK	160	-	-	160	69	BSC
USA	500	100	170	770	247	Ohio Ferro-Alloys, Tennessee products, Union Carbide
Others	100	1	40	141		
Free World Total	4,305	761	1,595	6,661		
USSR	1,000		100	1,100+	98	
Czechoslovakia	200			200+	177	
Yugoslavia	150		30	180+	85	Jugohrom HEK, Electro bosna
China	350		200	550+	308	Kirin, Shanghai, Hunan, Beijing, Chinchow
World Total	6,005	761+	1,925+	8,691+	4,730	

Sources: IISI, Manganese Center

高炉による生産能力をまとめると、Table B-9の通りである。

Table B-9 Blast Furnace Producers\* of High-Carbon Ferro-manganese

(1,000 MT per year)

Country/plant	Capacity	Comments
<u>Germany, Fed. Rep.</u>	(300)	
Pelne-Salzgitter	50	
Thyssen	250	
<u>France</u>	(450)	
APO	350	
Pompey	100	
<u>UK</u>	(160)	Capable of Producing 160 tmtPy.
BSC	160	Recent capacity utilization has. been less than 50 per cent.
South Africa	(50)	
ISCOR	50	Part of the New castle plant
<b>Total</b>	<b>960</b>	

\* free world only

Source: IISI, Manganese and the Iron and Steel Industry

生産国の将来計画を考察するために、生産国をグループ分けしてみると、日本、アメリカ、ソ連、中国等の鉄鋼生産国型、南アフリカ、オーストラリア、ブラジル等の資源保有国型、ノルウェー、カナダ等の安価な電力を背景にマンガン鉱石を輸入し、フェロマンガンに加工して輸出している鉄鋼生産周辺国型に分けられ、その各々の特徴は下記のとおりである。

鉄鋼生産国型の国は、計画経済圏内への供給責任を持つソ連を除いては、設備拡張計画はない。たとえば、日本はフェロマンガンの必要量の全量を国内生産しているが、国内鉄鋼生産量の減少に伴い、操業率は1978年の95%から、65-70%まで低下している。したがって、現状では拡張計画はもっていない。

アメリカは、フェロマンガンの必要量を漸次輸入に切替え、最高時の半分程度の設備廃棄をしているが、それでも操業率は50%と低い。また最近、アメリカのフェロアロイ工業は経営者の交替から資本系列も変ったりして経営方針も変化するものと考えられ、今後の方向は明確ではないが、生産は縮小傾向か横這いであろう。

ソ連は、計画経済圏での自給自足を考えている関係で、高い操業率を維持している。ま

た設備拡張計画としては、ある工場で1975年より、7万5,000 kVAの電気炉(年間生産能力8万-10万t)を6基建設し、また別の工場では1976年より年間5万tの増設計画を持っているが、実行するのはこれからのようである。

中国は、最近急激に生産量を伸ばしており、注目に値する国であるが将来の拡張計画について明らかにしていない。

フランスは、設備償却の進んだ高炉での生産方式を生かし、自国の消費量は勿論、ヨーロッパおよびアメリカ市場に輸出し、高い操業率(87%)を維持しており、当分この状態が続くものと考えられる。

資源保有国型の国について、まず南アフリカは、Table B-8では高炭素フェロマンガンとシリコマンガン合わせて、年間60万tの能力となっているが、1981年には75万tまで増設されている。今後についての計画は公表されていないが、増設するものと考えられる。

ブラジルは、国の工業政策の一つでもありリオ・ドセ社等を中心に増設計画を持っている。

メキシコは長期増設計画を持っており、1979年の13万5,000tから、36万tまで増設する予定である。

鉄鋼生産周辺国型に属するカナダは、安価な電力を背景に、アメリカ市場への進出の機会をうかがっており、時期が到来すれば増設するであろう。

ノルウェーは、ヨーロッパの市場を中心に考えているので、市場拡張することは多く望めず現状のまま進むものと思われる。

以上のことを表にまとめると、Table B-10に示すごとくとなる。

#### IV. 主要生産国の鉄工業政策

##### 1. マンガン鉱石生産国の鉄工業政策

マンガン鉱石生産国では、マンガン鉱山に関する特別な鉄工業政策を持っている国はみあたらないが、それぞれの国での一般的鉄工業政策の中で推進されている。

南アフリカは、マンガン鉱石、フェロマンガンをともに生産している国であるが、国内の基幹産業部門で民間資本の開発能力を越えるときには、政府が南アフリカ工業開発公社(Industrial Development Corporation of South Africa, Ltd.; IDC)を通じて資本参加(注1)している。

また税制においても国内産業育成のため、一般関税とは別に1977年4月1日より、輸入

---

(注1) 南アフリカ最大の製鉄会社ISCOR、石炭・石油・ガス公社SASOL、マンガン鉱山会社SAMANCOR等にはIDCが資本参加している。

Table B-10 Ferro-Manganese Production Facility Expansion Plans

	Ferro-manganese production capacity	Expansion Plan
	(1,000 MT/yr)	
Australia	125	
Brazil	290	Expansion
Canada	130	Expansion
Norway	670	
France	540	Stay the same
Germany, FR	335	
Italy	110	
India	220	
Japan	1500	Gradual reduction
Mexico	155	Expansion up to 350 planned but schedule undecided (200 thousand tonnes incremental capacity)
South Africa	480	Expansion by 150 in 1981
Spain	320	
UK	160	
USA	770	Sharp reduction
USSR	1,100+	450 capacity addition
China	550+	Expansion
Total	8,691+	800 +

Source: The Study Team

課徴金（注1）を一律7.5%課している。

オーストラリアは、1960年以降鉄鉱山の開発を行い、それに引き続き各種鉱物の開発が進み、その中にマンガン鉱石も含まれている。

オーストラリアの政策は、連邦政府と州政府とがタイアップして鉱業政策を進め、基本的には国際的に幅の広い資本と技術の導入を奨励し、豊富な地下資源の開発を推進し、これらを基礎として工業の発展を図ろうというものである。

このために、連邦政府および各州政府は、新設または事業を拡張する私企業に対して基礎調査（注2）のサービスを行うなど開発を促進している。

インドのマンガン鉱石に対する政策は、長期的にみると資源保護的政策をとっているが、ときどきマンガンの輸出を促進することがある。その場合でも、より付加価値の高いフェロマンガンに加工して輸出する考えである。

（注1）石油や軍需品などを除く。

（注2）地質図、物探図の作製など。

ブラジルはマンガン鉱山の開発に積極的であるが、国内工業の育成策から鉱石は全量輸出せず、相当部分（75%）を国内で消費するように義務付けしている。

また輸出奨励策として、輸送費の補助や、所得税の減免、電力料金の優遇措置がとられている。

ガボンではフェロマンガン工業を持たないマンガン鉱石生産国であり、国内工業育成のため、最近では電池に加工する会社(SOGAPIL)(注1)を設立し、政府も資本参加している。また、フェロマンガンに加工する計画(注2)を持っているが、鉄道建設(注3)の完成後でないとは実施しない計画であり、かなり先のことになるであろう。

## 2. フェロマンガン生産国の鉱工業政策

日本は国内に僅かにあるマンガン鉱山育成のために、フェロマンガンメーカーに国内産マンガン鉱石の消化を義務付ける、マンガン鉱石関税割当制度を取っているが、マンガン鉱山が微細なためコスト高となり、閉山しているものが殖えている。

一方、フェロアロイ工業に対する特別な工業政策はなく、石油危機後は世界一単価の高い電力を使用しており、国際競争力は弱まっているので企業として成立って行くべく、国に対して諸政策を働きかけている。

アメリカは、ほとんど全ての工業品を世界市場で自由競争に委ね、特別な保護育成策はない。1971年以降、鉄鋼産業の弱体化傾向の影響をうけて、フェロアロイ工業も弱体化しつつあり、企業体からフェロアロイ(含フェロマンガン)部門の切りはなしや資本系列の変化が起こっている。たとえば、資本的にはメキシコ、カナダ、南アフリカ、ブラジル等への国際的進出が見られる。

## V. マンガンの生産コスト

### 1. マンガン鉱石の生産コスト

マンガン鉱石の生産コストにつき、C&F価格から推定した既存鉱山と、フィージビリティ・スタディから推定した新規開発鉱山(保留中)との二例につき Table B-11、B-12 に示す。既存鉱山の例では積出港ベースのコストは43-53ドル、山元コストは26-48

(注1) Societe Gabonaise des Piles

出資比率	ガボン政府	20%
	Wonder Inc.	20%
	Comilog	20%
	その他	40%

(注2) 高炭素フェロマンガン 85,000 t/年

(注3) シリコマンガン 50,000 t/年

Trans Gabon Railway の完成は早くて 1987 年と言われている。

Table B-11 Estimated Production Cost at Major Mines

(US\$/MT)

Mine	C & F	Estimated FOB	Estimated gross margin*	Estimated cost on FOB port basis**	Estimated inland charges***	Estimated minehead cost	Inland transport conditions
South Africa (Mamatwan)	78	53	5 - 10	43 - 48	17	26 - 31	Plant - Port Elizabeth: 950 km railway transport
Australia (Groote Eylandt)	81	63	10 - 20	43 - 53	5	38 - 48	Plant - Milner Bay: 16 km truck transport
Brazil (Amapa)	80	53	5 - 10	43 - 48	9	34 - 39	Plant - Port Santana: 200 km railway transport

\* Computed from estimated freight rate during July - August 1982.

\*\* Figures for Australia and Brazil were estimated from published past data, and those for South Africa were deemed equivalent to Brazil.

\*\*\* Estimated from the applicable transport conditions.

Note : Mines with more than 1.6 million tonnes a year production capacity only.

Source: The Study Team



Table B-12 Example of Estimated Cost for Newly Developed Mine

		(US\$/MT)
Item	Value	
(a) Mining, ore dressing, maintenance and overhead costs	10.00	
(b) Inland charges	16.00	
(c) Administrative expenses	6.00	
(d) Depreciation & misc. others	28.00	
Total	60.00	

Notes: 1) Scale of mine development

- (a) Annual average mining volume : 800,000 MT
- (b) Duration of mining : 15 years

2) Investment (US\$1,000)

- (a) Mining, ore dressing and related facilities 10,000
- (b) Incidental mine facilities 15,000
- (c) Port facilities 12,000
- (d) Overhead charges, etc. 10,000
- (e) Operating capital, contingency reserve, etc. 11,000
- Total 58,000

Source: The Study Team

ドルとなっている。

新規開発鉱山の推定コスト例は、積出港ベースで60ドルであり、既存鉱山に比べてかなり格差がある。これは主として新規投資のための減価償却費が28ドルと、コストの半分近くを占めているためである。

## 2. フェロマンガンの生産コスト

フェロマンガンのコスト要素は、固定費（建設費）と変動費（原料費、電力費、労務費、修繕費）の直接費と間接費（金利、販売費、管理費）とからなっており、国情や時期によって変動するので、今回はブラジルの条件に近似させて一つのモデルを作り、Table B-13に示す。

Table B-13 Cost of High-Carbon Ferro-Manganese and Breakdown by Cost Factor

Annual Production Volume		Cost (US\$/MT)	%
		30,000 MT/yr	
Direct costs	(Fixed cost)		
	Depreciation	80.00	13.2
	(Variable cost)		
	Material cost	188.24	31.2
	Power cost	62.40	10.3
	Expendable supplies, etc.	34.00	5.6
	By-product credit	10.40	1.7
	Labor cost	24.00	4.0
	Repair expenses	25.20	4.2
	Sub-total	(403.44)	(66.9)
Indirect costs	Interest expenses	94.82	15.7
	Sales & Adm. overhead	105.18	17.4
	Sub-total	(200.00)	(33.1)
Estimated total cost		603.44	100.0

Source: The Study Team

このモデルは、生産能力を年間3万しで組立てたものであるが、この能力を世界最大級規模の年間10万しにおきかえると、設備費（製品トン当たり80ドル→40ドル）や金利（製品トン当たりUS\$94.8→US\$47.2）が半減するが、技術的（注1）な裏付けも必要であり、単に机上コストのみで大型設備を選択することはさしひかえるべきである。

他方、原料費や電力費は金額的に変化しないが、コストに占める比率は大型炉ほど大きくなる。

### 3. ブラジルにおけるフェロマンガンの製造原価の推定

ブラジルにおけるフェロマンガンの製造原価を、新設の高炭素フェロマンガンの製造設備を例として推定した。

マンガン鉱石は、ブラジル国内の推定価格を使い、推定出来ないものは日本の水準を参考にして算出すると Table B-14 のとおりとなる。

(注1) 築炉に使用する耐大物の入子や計装設備の開発が必要になる。また、カナダにおいて7.2万kVAの大型炉（10万しクラス）で、建設後まもなく爆発事故を起した例がある。

Table B-14 Ferro-Manganese Production Costs by the Scale of Facilities

		(US\$/MT, %)					
		Small scale		Intermediate scale		Large scale	
Annual Production		9,500 MT/y		30,000 MT/y		100,000 MT/y	
(Fixed costs)							
		(US\$/MT)	(%)	(US\$/MT)	(%)	(US\$/MT)	(%)
Depreciations charges		128.00	19.9	80.00	16.1	40.00	10.4
Interest expenses		151.70	23.6	94.82	19.0	47.41	12.4
		279.70	43.5	174.82	35.1	87.41	22.8
(Variable costs)							
Materials		188.24	29.4	188.24	37.8	188.24	49.1
Power		62.40	9.7	62.40	12.5	62.40	16.3
Expendable supplies		36.00	5.6	34.00	6.8	32.00	8.3
By-product credit		10.40	1.6	10.40	2.1	10.40	2.7
Labor		48.00	7.5	24.00	4.8	12.00	3.1
Repair		38.00	5.9	25.20	5.1	12.00	3.1
Subtotal variable cost		362.24	56.5	323.44	64.9	296.24	77.2
Production cost		641.94	100.0	498.26	100.0	383.65	100.0

Assumptions: 1 Material (based on Brazilian market prices)

	US\$/MT
Manganese ore	55
Iron ore	45
Coke	128
Electrode paste	470

2 Power (based on Brazilian rate)  
1 kWh 24 mill

3 Other conditions: Estimated based on performance record in Japan  
(US\$1 = ¥ 250)

4 Facilities Investment (US\$ million)  
Small scale 18  
Intermediate scale 39  
Large scale 60

5 Depreciable life 20 years

6 Interest rate 10% p.a.

Source: The Study Team

Table B-14では、最も容易な年間9,500 tのものと、年間3万 tの中規模設備と、年間10万 tの最大規模との3水準で比較した。

製造原価は、大型設備になるほど安くなっているが、これは大型化に伴い償却費、金利、労務費、修繕費等が、安くなっているためで原料費、電力費は変わっていない。

他方、現在の市場価格はアメリカで450ドル、日本で540ドル(1ドル=250円)、ヨーロッパでは500ドル前後と考えられ、ブラジルの製造原価はTable B-13に示したごとく、設備償却費や金利負担等で高くなる。さらに工場管理費とフレートを考慮すれば、このプロジェクトの成立はむずかしい。

#### 4. 主要生産国の生産コストの競争力

前章で述べたコスト要素ごとに、主要生産国の競争力について検討する。

- a. 設備費では、日本、アメリカ、フランス、ノルウェー等の先進生産国の設備は大部分償却が進んでいるので、設備費の総コストに占める割合は少なく、競争力が高い。
- b. 原料費では原料保有国が優位に立ち、南アフリカ、オーストラリア、ブラジルは、この面での有利性を生かし競争力をつけている。
- c. 電力費の総コストに占める割合は、10.3%(Table B-13)で電力単価の安いノルウェー、カナダ、ベネズエラなどは競争力をつけており、日本は不利であるが技術面で電力原単位を向上し、その差をつめている。

南アフリカ、ブラジルは電力価格がTable B-15によれば安いとは言えないので、電力費の点だけではノルウェー、カナダに比べて優位性を築き得ない。

特にブラジルでは、政策的に輸出産業の電力料金を24 mill (1 mill=US \$1/100)程度に抑えて、競争力を補なっているようである。

Table B-15 World Power Rates and Unit Power Consumption

Brazil	24 (mill/kwh)	- 2,550 - (kwh/MT)
Venezuela	14	-
Norway	10 - 20	-
Canada	15	- 2,500 -
France	20 - 25	
South Africa	20 - 25	- 2,600 -
Spain	20 - 25	
India	33 - 38	
Japan	60	2,000 - 2,100

d. 労務費については、日本、アメリカ等は、設備規模による大規模生産のメリットを出すとともに、作業性を考慮して、最少の人員で工場を運営するように努力して、競争力を維持している。

以上のように、有資源国で電力価格も高くない南アフリカの市場競争力は強い。

南アフリカの欠点を強いて挙げれば、消費市場から非常に遠い国であることと、電力不足（注1）をきたす懸念のあることである。

ブラジルは、南アフリカの優位性を支える要因を兼ね備えているように考えられる。またそれに加えて消費市場に近い利点を有している。

## VI. マンガンの生産技術の進歩と将来

### 1. マンガン鉱石の採掘

1960年代の後半から、今日に至るまでのマンガン鉱山の技術進歩は、設備の大型化（注2）に尽きると考えられる。

今後の鉱山技術の進歩は、鉱石の選鉱技術の確立に向けられるであろう。

選鉱技術はすでに非鉄分野で採用されている比重選鉱、重液選鉱、磁力選鉱、浮遊選鉱等の方法をマンガンの分野に応用することである。これらの選鉱法の開発実施にドライブがかかるのは、高マンガン品位鉱石の涸渇のため、脈石の多く混合した鉱物から鉱石を採取する必要が生じてくるときであろう。

選鉱方法の主なものは次のごとくである。

#### 1. 1 比重選鉱

マンガン鉱石と脈石との比重差を利用して選別する方法で、設備としてはジガーや、テーブル、ハンフリースパイラル等がある。

#### 1. 2 重液選鉱

分離用媒液を用いて分離するが、粉の回収率はあまりよくない。現在重液としては、水中に比重の高い固体の微粉を混入し、安定な懸濁液にして用いる擬重液法が主である。

---

（注1）南アフリカの政治的な事情により、Koeberg原子力発電所の稼働の予定が立っていないことと、Carbora Bassaダムからの送電ができないことのためである。

（注2）オーストラリアBHPのグレートアイランド(Groote Eylandt)では、トラックの大きさをみると、1960年後半から今日に至るまでに、積載量が30tから110tになっており、3倍以上の能力アップが行われている。

### 1. 3 磁力選鉱

鉱物の磁性の強弱により選別を行う方法であり、電磁石の強力なものが得られるようになってから、従来は選別の不可能であった磁性の弱い鉱物も処理可能になった。マンガン鉱石にとっては、今後有力な手段となるであろう。

### 1. 4 浮遊選鉱法

上記選鉱法の適用が困難な低品位鉱石や粉鉱の場合の技術であって、まだかなり先の技術であろう。

## 2. フェロマンガンの製造

日本のフェロマンガンの技術水準は、世界で最も進んでいるので、日本のフェロマンガンの技術を中心に述べることにする。

### 2. 1 高炭素フェロマンガン

1960年代後半より生産量の急激な増大に対応して、フェロマンガン用の電気炉が大型化し、当時1万5,000 kVA以下の容量であったものが、今日では3万 kVA以上の大容量の電気炉が登場してきている。

大型電気炉志向につれて、原料設備、操業方法、作業環境等、小型炉と違った方策を講ずる必要が生じ、それによって一段とフェロマンガンの技術進歩が行われた。Table B-16は、1965年頃の原料、操業水準、設備等の技術水準と現在の水準の主要点について比較したものである。

#### 2. 1. 1 原料条件での技術進歩

原料については、現在の大型炉では電気炉表面の原料面から、均一にガスが抜けるような粒度に整粒し、更にガス発生量が少なく品位が安定し、電気抵抗を大きく加工された鉱石、たとえば、焼結鉱やペレットが使用されており、その鉱石加工技術も進歩してきた。

またこの種の鉱石を多量に配合することにより、配合鉱石の品位が高くなりその結果スラグ発生量の減少、スラグ顕熱の減少につながり、電力原単位向上の大きな要因にもなった。

#### 2. 1. 2 原料配合および原料運搬

1965年頃は、原料の配合、運搬、投入等、適所に作業員が配置されていたが、現在は配合、原料運搬、原料投入までが、遠隔自動化されオペレーター1人で操作している。

Table B-16 Comparison of Raw Material Technology and Facilities for Producing High-Carbon Ferro-Manganese

		Around 1965 (small furnace)	1982 (large furnace)
Raw material	1) Ore grade	Low grade ore with less than 40% Mn content also used	High grade ore with 45 - 50% Mn content
	2) Ore size	5 - 15 m/m raw ore also used	Mainly 30 m/m - 50 m/m
	3) Processing, Pretreatment	As such mainly raw ore	Sintered ore, Pellet
	4) Average component, Lot	(MnO <sub>2</sub> , MnCO <sub>3</sub> ) largely dispensed small lot	(MnO) stable grade large lot
Operating performance	1) Electric furnace	Small open type (below 15,000 kVA)	Large closed type (above 30,000 kVA)
	2) Unit power consumption	2,300 - 2,400 kWh/t	2,000 - 2,100 kWh/t
	3) Mn yield Mn (Y)	80%	82%
	4) Slag ratio	1.0 - 1.2	0.5 - 0.6
	5) Slag B.R. cf.*	Basic (B.R. 1 - 1.2)	Acidic (B.R. = 0.6 - 0.8) Basic Mexico & S. Africa * B.R. 1.2 Unit power 2,670 consump. : kWh/t Mn (Y) : 85
Facilities	Electrode Diameter	below 1,000 mmφ	above 1,500 mm
	Slipping	manual, motorized	Automatic, remote control
	Material feeding		Automatic, remote control
	Opening	manual, arc, oxygen	Drilling-hammering (oxygen) machine
	Plugging	manual (clay)	Plugging machine (refuse)
	Product casting		Casting machine
	Environment,	Open furnace (high temperature)	Closed furnace
Energy conservation	Atmospheric combustion	Gas recovery	

Source: The Study Team

### 2. 1. 3 電極関係

電極の品質は、1965年頃までは良くなかった。しかし、その後電極ペーストの品質、電極設備、焼成技術向上により直径が1mから2mまでスケールアップが可能になった。

このことは、電気炉の大型化を可能にした(注1)。現在の世界最大の電極は、カナダのUCCL ボルアノア (Beauharnois) 工場の1.9mのものであろう。

また、電極押下操作も、遠隔自動操作になっている。

### 2. 1. 4 開口・口詰作業

現在の開口作業は開口機を使って行っており、口詰作業もマッドガンによって行い、1人の作業員で実施できるまでになっている。

以前の開口作業は、アークまたは酸素パイプなどを使用して開口していた。口詰作業も数人の人員が必要であった。人力によらない開口の例として、ライフル銃のようなもので開口している例もあったが、開口の位置が定まらず問題が多かったようである。

### 2. 1. 5 操業成績の水準

現在では品質サイズなど、十分管理された高品位鉄(注2)を使用し、スラグ組成を酸性にした酸性スラグ操作を行う傾向となっており、日本では電力原単位の水準は2,000 kWh-2,100 kWh / FMn H, t (世界の水準は2,400 kWh / t) で、マンガン歩留りも82%程度向上している。

なお南アフリカやメキシコのように、鉄石中のCaOやMgOの高い場合は、配合原料のマンガン含有率も40-42%に低下している。これは、自国の鉄石の条件を生かした操業であり、スラグ組成も一般的に酸性(注3)であるが、この場合電力をより多く消費する(2,600 kWh / t程度)塩基性になっている。

### 2. 1. 6 作業環境、省エネルギー

電気炉から発生する多量のガスは、炉面での燃焼をさせない状態で捕獲することにより、有効な燃料として利用することができる。

このような目的を達成するために、電気炉の大型化とともに密閉化も行われた。

Table B-17に、日本のフェロアロイ用電気炉に密閉化割合をまとめてみた。

---

(注1) 1958年には、電極直径の大型化ができず(当時、電極直径は1mが限界であった)、電極を3本から6本に増加することにより、電気炉の大型化に対応した。

(注2) マンガン含有率 45%以上

(注3) スラグ組成を表す指標は $\text{CaO} + \text{MgO} / \text{SiO}_2$ と表わすが、この比が、1より小さいときは酸性と言い、1より大きいときは塩基性と言う。



Table B-17 Ratio of Closed Type to Total Operating Furnaces (1980)

Type of alloy	Electric Furnace (No. of sets)			Electric Furnace capacity (kVA)			Remark	
	Closed	Open	Total	% Closed	Closed	Open		Total
Mn Type								
FemM	8	0	8		251,900	-	251,900	100
SiMn	11	8	19		327,300	71,650	398,950	32
FemM.L	3	9	12		12,000	32,600	44,600	27
Subtotal	22	17	39	(56)	591,200	104,250	695,450	85
Cr Type								
FeCrH	5	9	14		131,000	157,000	288,000	55
SiCr	0	3	3		-	24,900	24,900	-
FeCrL	1	2	3		6,000	14,500	20,500	29
Subtotal	6	14	20	(30)	137,000	196,400	333,400	41
Si Type								
FeSi, MSi	3	28	31		120,000	562,900	632,900	17.6
CaSi	0	2	2		-	12,500	12,500	-
Subtotal	3	30	33	(9)	120,000	575,400	695,400	17.2
Total	31	61	92	(34)	848,200	876,050	1,724,250	49.2

Notes: FeMnH: High-Carbon Ferro-manganese  
 FeMnM: Medium-Carbon Ferro-manganese  
 FeMnL: Low-Carbon  
 SiMn: Silico-Manganese  
 FeC<sub>2</sub>H: High-Carbon Ferro-chrome  
 Si-Cr: Silico-Chrome  
 CaSi: Calcium Silicon

Source: The Study Team

## 2. 2 シリコマンガ

シリコマンガの製造水準は、高炭素フェロマンガと同様で原料、設備、環境条件ならびに操業条件は、向上している。

なお、シリコマンガの水準で高炭素フェロマンガと異なる要因について Table B-18 に示した。

Table B-18 Comparison of Silico-Manganese Production Facilities and Operating Standards

		Around 1965 (small furnace)	1982 (large furnace)
Facilities	1) Electric furnace	Small, open type below 15,000 kVA. No closed-type furnace.	Large, closed type around 30,000 kVA. 82% closed type furnace.
Operating performance	1) Unit power consumption	4,200-4,000 kWh/MT	3,700-3,400 kWh/MT
	2) Mn yield	80%	85%
	3) Slag ratio	1.4	1.0-1.2
	4) Slag B.R. (Basic ratio)	Acidic	Acidic

Source: The Study Team

## 2. 3 中・低炭素フェロマンガ

中・低炭素フェロマンガの製造は、従来の電気炉の型式は固定炉でありシリコマンガを原料とし、マンガン鉱石をシリコンで還元する方法で行っている。また操業はバッチ方式であったので、原料の完全熔解を行っているところが、高炭素フェロマンガやシリコマンガとの差であろう。

バッチ操業の場合、炉面から熱放散も大きく、これを防止するため、原料鉱石を炉面に未熔解のままにする技術も確立されたが、その後の技術進歩や炉体メンテナンスのやりやすさなどより傾動炉に変わってきた。

ごく最近では原料シリコマンガンを熔湯のまま使用し、大幅な電力の節約をはかった。シェーキングコンバーターなどを用いた炉外精錬法も確立されている。

### 3. 将来のフェロアロイの製造技術

フェロアロイの製造技術は、基本的に二つの考え方があると考えられる。

その一つは、フェロアロイの消費者である鉄鋼生産者の立場からの要請による製造方法の改革につながるものであり、もう一つの考えは、フェロアロイ製造コストの追求により派生するものである。

コストの最大のポイントと考えられるのは、現在の電気炉方式では、電力量の減少、すなわち省エネルギーであろう。

この方向での技術革新の例として、日本では熔融還元法の研究が始められている。また南アフリカでは1983年よりプラズマアーク炉によるフェロクロムの製造が行われる計画がある。このプラズマアーク炉法によると、電力原単位が20%減少するようである。この製造法の成果いかんで、マンガンにも応用されるであろう。

このように、大きな技術革新も当然考えられるが、既存技術や設備の改良による製造技術の向上も見逃すことはできない。消費者の立場からの技術革新については、フェロマンガンの品質、形状などにおよぶものであり、この内容についてはC章「消費」で若干述べる。

## C. 消 費

### I. マンガンの世界および国別消費動向

#### 1. マンガン鉱石の世界および国別消費動向

世界の主要国のマンガン鉱石消費量は1965年1,800万tであったが1979年には2,400万tに増加した。これを年間の伸び率で見ると、1.9%である。

消費量を国別にみるとソ連が最も多く、このあとにアメリカ、日本、フランスが続ぎ、この他上位10カ国の占有率は、1965年から1979年まで90%前後でほとんど変わらず推移している。

しかし、国別に消費比率をみると、アメリカ、日本、南アフリカの変化が大きいことがわかる。特にアメリカの消費比率は1965年から1979年にかけて20%から5%まで大きく減少している。この理由はアメリカの粗鋼の伸びがゼロであったことに加え、国内で生産するフェロマンガンのコスト競争力の低下による生産量の減少で、鉱石消費量も減少したためである。

日本の消費量比率は1965年から1979年にかけて7%から12%に増加しているのは、国内の粗鋼の年間伸び率が5.8%と高く、それに必要なフェロマンガンを国内で生産したためである。

南アフリカの消費比率も、1965年から1978年にかけて4%から8%に増加しているのは、国内の粗鋼の年間伸び率が6.8%と高いことに加え、フェロマンガンの輸出が多かった（Table D-6 参照）ためである。

なお消費量の推移を Table C-1 に、消費構造の推移を Table C-2 に示した。

#### 2. フェロマンガンの世界および国別消費動向

フェロマンガンの世界の消費量は1960年代の後半、300万tであったが1974年には2倍の600万tと過去のピークに達した。

現在は鉄鋼生産量の減少により550万tの水準に低下している。

フェロマンガンの消費の推移を、鉄鋼生産量と対比すると Fig. C-1 のとおりとなる。

消費量を国別にみると、粗鋼生産量の多いソ連、アメリカ、日本、ドイツ連邦共和国等の国の消費量が多い。

自由世界およびソ連の国別消費量および比率は、Table C-3 と Table C-4 に示すとおりで、1973年以降は大きな変化は見られない。

Table C-1 Apparent Consumption of Manganese Ore by Country, 1965 to 1980

(1,000 MT)

Country/Region	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
South Africa	827	476	671	683	731	897	737	923	512	1,267	2,140	1,710	1,719	1,917	1,582	2,396
Australia	45	247	293	350	249	102	347	397	399	401	423	443	576	542	509	761
India	863	896	1,079	1,027	840	910	1,168	1,360	1,282	470	784	1,024	1,386	1,042	1,127	---
Brazil	328	499	816	821	1,150	450	875	1,227	832	302	598	623	956	1,023	1,072	---
USA	3,792	2,710	2,146	2,109	2,082	2,151	1,961	2,121	1,946	1,711	1,654	1,452	1,233	1,162	1,245	971
Japan	1,367	1,461	1,849	2,065	2,326	2,854	3,521	3,165	3,534	3,745	3,565	3,520	2,906	2,159	2,889	2,983
France	854	840	690	890	1,117	1,095	1,117	1,123	1,432	1,428	1,158	1,014	923	958	1,227	1,245
Norway	510	489	534	650	627	545	736	721	715	1,033	1,073	982	591	803	815	808
Germany, FR	636	617	354	582	319	403	459	476	716	828	733	610	453	672	717	750
Spain	86	143	135	184	142	200	174	260	331	384	437	410	433	370	487	---
UK	503	371	412	482	438	521	429	361	588	388	253	499	328	261	543	---
Italy	107	91	153	170	161	184	291	272	282	309	316	356	269	284	422	408
Free World Countries Total	9,919	8,840	9,132	10,013	10,182	10,312	11,815	12,406	12,569	12,266	13,134	12,643	11,773	11,193	12,635	---
USSR	6,804	6,488	5,925	5,414	5,788	5,811	6,300	6,541	6,993	7,045	7,065	7,294	7,239	7,871	8,927	8,995
China	1,000	1,000	700	900	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,100	1,100	1,270	1,500	1,600
Poland	347	397	354	352	394	389	401	505	525	556	556	538	698	651	518	490
Czechoslovakia	334	287	306	---	313	202	313	388	441	475	456	448	324	373	423	397
German DR	225	195	201	131	198	179	198	200	163	168	185	199	204	183	182	135
Centrally Planned Economies Total	8,710	8,367	7,486	6,797	7,693	7,581	8,212	8,634	9,122	9,244	9,262	9,579	9,565	10,348	11,550	11,617
Total	18,629	17,207	16,618	16,810	17,875	17,893	20,027	21,040	21,691	21,510	22,396	22,222	21,338	21,541	24,185	---

Notes: 1) The above are calculated according to:  
Consumption = Production + Import - Export  
2) --- Data unavailable

Source: Tables B-2, D-1 and D-4

Table C-2 Apparent Consumption Share of Manganese Ore by Country, 1965 to 1979

(%)

Country/Region	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
South Africa	4.4	2.8	4.0	4.1	4.1	5.0	3.7	4.4	2.1	5.9	9.6	7.7	8.0	8.9	6.6
Australia	0.3	1.4	1.8	2.1	1.4	0.6	1.7	1.9	6.1	1.9	1.9	2.0	2.7	2.5	2.1
India	4.6	5.2	6.5	6.0	4.7	5.1	5.8	6.5	5.3	2.2	3.5	4.6	6.5	4.8	4.7
Brazil	1.8	2.9	4.9	4.9	6.4	2.5	4.4	5.8	3.6	1.4	2.7	2.8	4.5	4.8	4.4
USA	20.4	15.8	12.9	12.5	11.6	12.0	9.8	10.1	8.8	8.0	7.4	6.6	5.8	5.4	5.1
Japan	7.3	8.5	11.1	12.3	13.0	16.0	17.6	15.0	16.1	17.4	15.9	15.8	13.6	10.0	11.9
France	4.6	4.9	4.2	5.3	6.2	6.1	5.6	5.3	6.2	6.6	5.2	4.6	4.3	4.5	5.1
Norway	2.7	2.8	3.2	3.9	3.5	3.0	3.7	3.4	3.1	4.8	4.8	4.4	2.8	3.7	3.4
Germany, FR	3.4	3.6	2.1	3.5	1.8	2.3	2.3	2.3	3.1	3.8	3.3	2.7	2.1	3.1	3.0
Spain	0.5	0.8	0.8	1.1	0.8	1.1	0.8	1.2	1.3	1.8	1.9	1.9	2.0	1.7	2.0
UK	2.7	2.2	2.5	2.9	2.5	2.9	2.1	1.7	2.4	1.8	1.1	2.3	1.5	1.2	2.2
Italy	0.5	0.5	1.0	1.0	0.9	1.0	1.4	1.3	1.1	1.4	1.4	1.7	1.3	1.3	1.7
Free World Countries	53.2	51.4	55.0	59.6	56.9	57.6	59.0	58.9	59.2	57.0	58.7	57.1	55.1	51.9	52.2
USSR	36.5	37.7	35.7	32.2	32.4	32.5	31.5	31.1	31.8	32.8	31.5	32.8	34.0	36.5	37.0
China	5.4	5.8	4.2	5.4	5.6	5.6	5.0	4.8	4.2	4.6	4.5	5.0	5.2	5.9	6.2
Poland	1.9	2.3	2.1	2.1	2.2	2.2	2.0	2.4	2.2	2.6	2.5	2.4	3.3	3.0	2.1
Czechoslovakia	1.8	1.7	1.8	-	1.8	1.1	1.6	1.8	2.0	2.2	2.0	2.0	1.5	1.8	1.7
German DR	1.2	1.1	1.2	0.7	1.1	1.0	1.0	1.0	0.6	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.8
Centrally Planned Economies Total	46.8	48.6	45.0	40.4	43.1	42.4	41.0	41.1	40.8	43.0	41.3	42.9	44.9	48.1	47.8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total of top 10 countries	91.1	90.0	88.8	90.1	89.3	90.1	89.4	88.7	84.3	87.5	88.4	87.0	86.8	87.6	87.4

Notes : Top 10 countries are: South Africa, India, Brazil, USA, Japan, France, Norway, Germany, Fed. Rep., USSR and China

- Not applicable

Source : Table C-1

Fig. C-1 Trends of Ferro-Manganese Consumption and Crude Steel Production

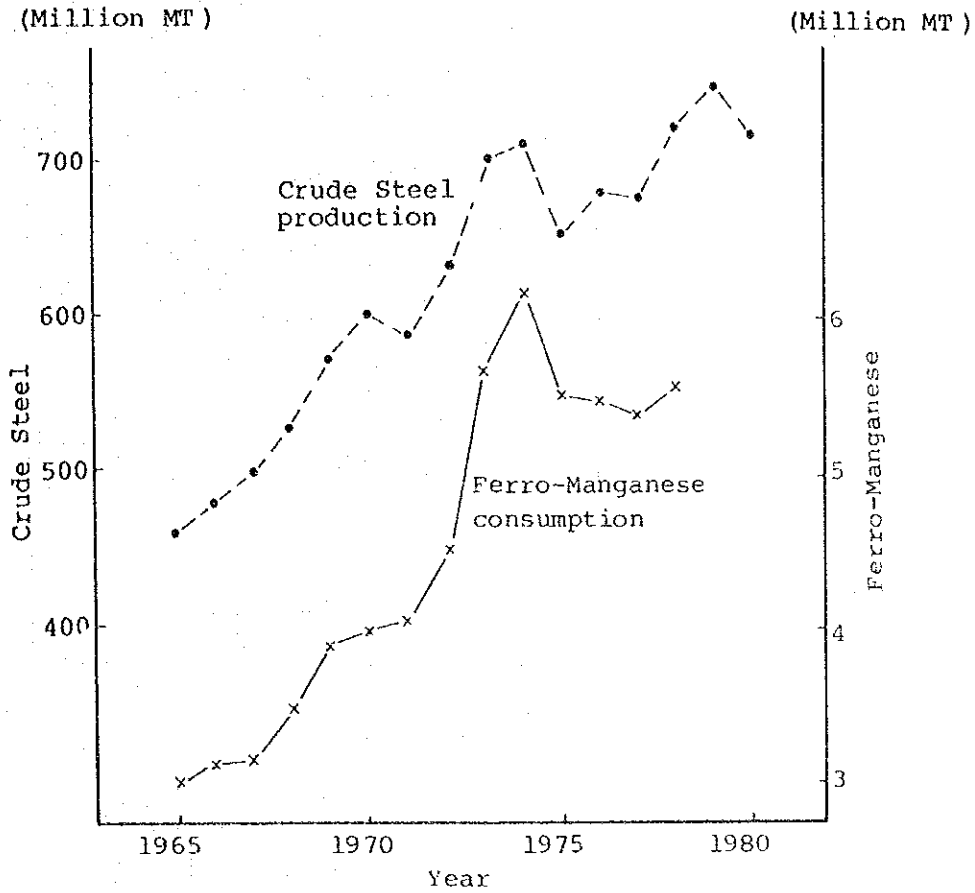


Table C-3 Trends of Ferro-Manganese Consumption Volume

(1,000 MT)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Canada	109.4	117.9	113.7	94.1	110.0	114.6	---	---
USA	960.1	1,310.1	1,060.6	1,096.6	1,063.3	1,138.9	---	---
Brazil	90.2	92.9	97.0	106.7	121.4	135.9	---	---
Austria	17.0	26.3	22.3	21.2	20.3	20.4	---	---
Belgium	133.8	146.8	75.6	99.1	76.2	87.5	---	---
France	262.7	253.4	188.9	202.1	194.2	208.5	---	---
Finland	12.2	11.4	11.5	10.5	12.7	16.0	---	---
Germany, Fed. Rep.	472.6	424.5	423.2	426.8	383.1	422.9	---	---
Italy	233.3	279.6	241.4	274.5	289.5	277.9	---	---
Luxembourg	57.6	60.5	46.5	46.9	45.7	51.7	---	---
Netherlands	30.6	31.9	26.1	23.6	19.8	21.1	---	---
Spain	150.6	134.0	167.3	152.7	168.8	150.9	---	---
Sweden	93.9	107.9	62.2	43.5	24.2	37.4	---	---
UK	289.7	254.6	222.4	236.2	215.7	200.2	197.7	---
South Africa	34.2	36.4	40.5	43.5	45.7	49.0	---	---
Japan	944.1	920.3	822.6	716.7	694.4	806.4	882.6	846.3
Australia	70.8	83.4	58.2	71.8	72.6	61.0	---	---
USSR *	724.0	819.8	832.7	815.0	820.0	855.0	872.0	---
World Total	5,670	6,140	5,470	5,420	5,380	5,640	---	---

\* Consumption derived by: Production (Table B-5)-Export (Table D-6)

Note : --- Data unavailable

Source: Tables C-12 thru C-14



Table C-4 Trends of Ferro-Manganese Consumption Share by Country

(%)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Canada	1.9	1.9	2.1	1.7	2.0	2.0
USA	16.9	21.3	19.4	20.2	19.8	20.2
Brazil	1.6	1.5	1.8	2.0	2.3	2.4
Austria	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Belgium	2.4	2.4	1.4	1.8	1.4	1.6
France	4.6	4.1	3.5	3.7	3.6	3.7
Finland	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Germany, Fed. Rep.	8.3	6.9	7.7	7.9	7.1	7.5
Italy	4.1	4.6	4.4	5.1	5.4	4.9
Luxemburg	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9
Netherlands	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
Spain	2.7	2.2	3.1	2.8	3.1	2.6
Sweden	1.7	1.8	1.1	0.8	0.4	0.7
UK	5.1	4.1	4.1	4.4	4.0	3.5
South Africa	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9
Japan	16.7	15.0	15.0	13.2	12.9	14.3
Australia	1.3	1.4	1.1	1.3	1.3	1.1
USSR	12.7	13.4	15.2	15.0	15.2	15.2
Combined Share in World Total	82.6	83.3	82.6	82.6	81.1	82.6

Source : Tables C-3