



UDC 669.162.1

鉄鉱資源とその開発の現状

西田 信直*

Resources and Exploitation of Iron Ores

Nobunao NISHIDA

1. はじめに

鉄鉱石の約 100% 原料炭の約 90% を海外に依存している日本鉄鋼業界にとつて、これら主原料の安定供給体制を長期にわたつて維持確保してゆくことは、つねに最重要な課題となつており、計画的な新規ソースの開発、長期契約方式の採用などにより、量、価格両面にわたつて安定して確保することができた。

また、原料炭については、1980 年より 81 年始めにかけて、豪州 5 銘柄、カナダ 4 銘柄の 8~15 年の長期契約を締結し、1990 年までの必要量の確保にほぼ目途をつけたといえる。

鉄鉱石については、既契約鉱山の一部の枯渇、鉄鋼生産量の伸びなどから、既契約の鉱山だけでは量的に不足することが予想され、また鉱床の成因からくる資源的な状況もくわたり、だんだん厳しい条件に移らざるをえないと考えられる。ここでは、鉄鉱石の資源状況および開発状況について述べるとともに、問題点を探つてみることにする。

2. 鉄鉱石の埋蔵量

鉄鉱石の埋蔵量については、国連 (1970) および資源調査所 (1973) によつて世界的な規模の調査結果が報告されたが、それ以後は部分的な調査結果が発表されているだけである。

表 1 に国連¹⁾ および資源調査所²⁾ でまとめた、世界の鉄鉱石粗鉱埋蔵量を示したが、これからは 7 825 億 t という数字が出てくる。このうち豪州、ブラジルなどでの探査の進行によつて増加したものを加えると、8 000 億 t を越えるものと考えられる。

しかし、ソ連および東欧圏はその自給自足体制がくずれて自由世界の鉄鉱石を輸入しつつある現状を考えると我々が対象とできるのは自由世界の埋蔵量 $4 500 \text{ 億 t} + \alpha$ ということになる。

ところが、この鉱量には現在の技術が水準では鉄鉱石として評価するには経済的に問題のある低品位鉱や、鉱床として評価できるか疑問の持たれる潜在鉱量が多く含まれていることに注意しなければならない。したがつて、表 1 の利用可能鉱中の確・推定鉱量約 745 億 t を基準として考えるべきであろう。これを平均品位で Fe 56.15%, SiO₂ 6.40%, Al₂O₃ 2.63%, P 0.203%, S 0.088% の精鉱に換算すると、表 2³⁾、A のように約 453 億 t となる。つぎに鉱量 5 000 万も以上、Fe 60% 以上の条件をつけた場合は約 260 億 t に減少する。さらに Al₂O₃ 2.0% 以下の条件をつけると 183 億 t となり、P および S が 0.1% 以下に限定すると表 2、D のように 152 億 t となる。

表 2 の精鉱量に、その後行われた西豪州、ブラジルでの探査によつて発見された鉱量 (大部分は表 2、D の条件を満足している) を加えると、現状で使用できる精鉱量は 300 億 t をこえるものと推定される。しかし、このような数字を見ると、鉄鉱資源は現在の使用法を基準とする限り有限といわざるを得ず、より広い範囲の資源を対象とできるよう研究を進めるべきであろう。

3. 鉄鉱石の貿易状況

世界の鉄鉱石生産量³⁾ は、鉄鋼生産量の上昇とともに増加し、1974 年には 8 億 8 900 万 t に達した。が、その後の景気後退とともに 8 億 3 400 万 t まで減少し、1979 年には再び上昇にむかつた。

この鉄鉱石生産量のなかで約 60% が国内消費に使用され、1978 年を例にとると約 3 億 7 000 万 t が取り引きされている。このうちの大部分は表 3 のように、アメリカ、西欧、日本という自由世界の 3 大鉄鋼生産地域への供給である。このほかにソ連と東欧共産諸国との貿易があるが、近年のソ連から東欧諸国への供給の伸びの停滞により東欧諸国と自由圏諸国との貿易量が伸びてきているのがひとつの特徴といえる。

昭和 56 年 3 月 27 日受付 (Received Mar. 27, 1981) (依頼解説)

* 海外製鉄原料委員会 工博 (Committee for Overseas Iron and Steel Raw Materials, 235 Otemachi Building 1-6-1 Otemachi Chiyoda-ku 100)

(単位: 100万t)

表1 世界の鉄鉱石粗鉱埋蔵量

地域	利用可能鉱				低利用鉱				合計	国連資料			合計
	確・推定	予想	潜在	計	ラテライト	低品位鉱	その他	計		確・推定	予想	潜在	
アジア	8 972	2 145	19 376	30 493	1 751	3 089	—	4 840	35 333	6 019	10 750	25 676	36 435
オセアニア	6 871	12 399	22	18 292 豆状褐鉄 鉱を含む	96	3 487	750 褐鉄 シ テライト	4 333	22 625	2 342	16 817	4 116 (Vast) (3)	20 933
北米	27 263	16 762	182 772	236 797	—	利用可能鉱を含む		—	226 797	28 316	45 071	183 793	1 228 864
南米	7 996	25 656	57 136	90 788	2 995	利用可能鉱を含む		2 995	93 783	5 046	34 144	58 382 (58 400) (3)	92 527
アフリカ	5 875	10 641	8 194	24 710	1 333	7 029	3 617 褐鉄鉱	11 979	38 689	2 725	5 772	12 918 (24 500) (3)	12 586 (1) 31 276 (2)
欧州	17 797	4 609	12 552	34 988	260	—	—	260	35 228	5 708	21 772	12 562 (12 800) (3)	(260) (1) 34 094 (2)
自由世界 計	74 774	72 212	280 062	427 048	5 435	13 605	4 367	24 407	451 455	50 156	83 679	297 448	(12 846) (1) 433 720 (2)
その他の 国連資料を参照									中朝 北ソ 北ベトナム	5 888 6 53 106 63	— 406 57 377 —	24 751 2 000 193 818 —	30 633 2 412 304 301 62
合計									250 676	107 939	142 736 (251 300) (3)	517 608 (531 200)	(12 846) (1) 781 129 (2) (782 500) (3)

注: (1) は合計の内数で低利用鉱である, (2) は確・推・予・潜+ (1) である, (3) は国連資料の数字

表 2 条件別地域別世界精鉱埋蔵量

地域	条件区分		A		B		C		D	
	精鉱量		百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%	百万 t	%
ア ジ ア	6 973.4	15.4	6 035.1	23.2	724.2	4.0	724.2	4.8		
オ セ ア ニ ア	5 205.3	11.5	3 168.2	12.2	2 024.0	11.0	1 266.0	8.4		
北 米	10 312.3	22.8	7 871.9	30.2	7 756.8	42.5	7 615.0	50.3		
南 米	5 907.7	13.0	4 228.1	16.3	3 845.7	21.1	3 203.6	21.1		
ア フ リ カ	3 818.4	8.4	2 709.0	10.4	1 894.6	10.4	1 894.6	12.5		
欧 州	13 073.4	28.9	2 013.4	7.7	2 013.4	11.0	442.1	2.9		
合 計	45 290.5	100	26 025.7	100	18 258.7	100	15 145.5	100		
	100		57.5		40.3		33.4			

注：条件の区分はつぎのとおり

A：確定+推定の精鉱量

B：精鉱量 5000 万 t 以上 Fe60% 以上の条件をみたす鉱山

C：Bの条件のほかに Al₂O₃ 2.0% 以下の条件をみたす鉱山

D：Cの条件のほかに P および S 0.1% 以下の条件をみたす鉱山

合計欄の下段数値はAの精鉱量を 100 とした時の指数

表 3 世界の鉄鉱石貿易フロー (1978)

(単位 100万 t)

消費地	供給地	西 欧 (スウェーデン)	アフリカ	北 米	南 米	ア ジ ア	オースト ラリア	ソ 連	計
日 本	—	—	8.7 (20.3)	4.5 (10.2)	32.4 (34.3)	16.2 (75.3)	55.8 (79.0)	0.8 (1.6)	118.4 (34.4)
西 欧 (除スウェーデン)	17.2 (80.0)	—	27.8 (65.0)	18.3 (41.6)	42.6 (45.1)	—	14.0 (19.8)	3.2 (6.5)	123.1 (35.8)
ア メ リ カ	—	—	5.2 (12.1)	21.2 (48.2)	11.9 (12.6)	—	0.8 (1.2)	—	39.1 (11.3)
東 欧	43 (20.0)	—	1.1 (2.6)	—	7.6 (8.0)	5.3 (24.7)	—	45.4 (91.9)	63.7 (18.5)
計	21.5 (100.0)	42.8 (100.0)	44.0 (100.0)	94.5 (100.0)	21.5 (100.0)	70.6 (100.0)	49.4 (100.0)	344.3 (100.0)	

注：() は%

表 4 船型・輸送距離とバンカーオイル消費量

地域	船 型	輸送鉱石 t 当 たりのバンカー オイル消費量	海上輸送距離 (km)
豪 州	120型~ 160型	15~16 kg	6146.4
ブラジル	160型	34~40 kg	18749.4
	260型	20~30 kg	

また、表 3 から明らかなように、日本、西欧、アメリカ、東欧の 4 大消費地がそれぞれの近隣の供給地から供給をおおぐ形になっている。これは、鉄鉱石の場合は FOB 価格に対し輸送コストが割高であるため、近距離ソースへの指向が強いためである。この傾向は、近年のバンカー・オイル価格の高勝によりさらに強くなると考えられる。

いままでは、表 4⁵⁾ から明らかなように、遠距離輸送による海上運賃面の不利を船型の大型化によつておぎなつてきたが、これもそろそろ限界にきており、有利な近

距離ソースに重点をおくか、積極的に省エネルギー船を開発するか、しなければならなくなつてきた。

日本の場合、ソースの分散あるいは量的な安定確保という面のほかに、不純分の少ない良質な鉄鉱石を調達する必要があるため、遠距離ソースのブラジルにもかなり依存しなければならぬ事情があり、海上運賃面での不利を積極的に克服する努力を積み重ねなければならぬ。その一手段として、従来の船より 70% 減のエネルギー消費ですむ省エネルギー船の建造が最近発表されている。

表 3 から明らかになる他の点は、世界の鉄鉱石貿易量の 70% が日本と西欧に集中しており、この 2 大消費地が世界の鉄鉱石価格の相場を決定していることである。

もちろん価格は、山元原価（剝土剝岩費、鉱石採掘費、鉱石処理費、機械償却費、税金など）および利益に基準をおいて決定されることは論をまたないところであるが、外国鉱石の場合にはつぎのようにして製鉄所到着価

格 (CIF 価格)がきめられる。

- (1) (山元原価) + 積出港本船側までの輸送費
= Free Alongside (FAS)
- (2) (FAS) + (本船積込費) = Free on Board (FOB)
- (3) (FOB) + (海上運賃) = Cost & Freight (C & F)
- (4) (FOB) + (海上運賃) + (保険) = Cost, Insurance & Freight (CIF)

ほとんどの鉄鉱石価格は、FOB 価格でとりきめられるが、C & F 価格でとりきめられることもある。

この FOB 価格の決定にさいしては、山元側と消費者側とで十分な話しあいが行われ、きわめて合理的に話がすすめられている。

そのひとつの例は、それぞれの鉄鉱石について標準品位が決められ、入荷鉱石の Fe 分が標準品位を上まわれればボーナスを与え、下まわれればペナルティを取る。また $Al_2O_3 + SiO_2$, P, S の分析値が標準品位を上まわれれば、ペナルティを取るようにして、良質な鉱石を購入できるようにしていることである。

ほかの例としては、同一品位、同一性状の鉱石の CIF 価格は同一水準にあるべきであるとの考え方から、近距離ソースの FOB 価格は高めに、遠距離ソースの FOB 価格は低めにしていることである。この考え方は世界的にもおこなわれ、ブラジル鉱石の FOB 価格が、大型船の入港できるロッテルダム CIF 価格と日本の大手製鉄会社の製鉄所での CIF 価格が、ほぼ同一レベルになるように決定されている。

1981 年度の価格交渉についても、世界的なインフレ傾向、鉄鋼業の減産強化など、山元側、製鉄側ともきびしい情勢となつてきているが、従来からの信頼関係にもとづいて十分な話しあいがおこなわれて、両者の満足がゆく決定がなされるものと信じている。

現在のところ、西欧製鉄側とは経営事情から、価格は据え置きまたは若干の値下げの方向で決定されつつあるが、日本製鉄側とは 7~10% の値上げで主要銘柄の価格が決定した。

4. 対日供給鉄鉱山の開発状況

1960 年以降鉄鋼生産が急伸びはじめるとともに、従来の東南アジア、インドなどを中心とした供給体制が見なおされ、新しいソースとしてブラジル、オーストラリアが育成されることになつた。その結果、1979 年には、約 1 億 3 000 万 t の輸入量に対し、インド 13%、ブラジル 20%、オーストラリア 43% となり、この 3 大ソースの合計が約 76% に達することになつた。

ブラジル、オーストラリアの大規模鉄鉱山を開発するときにとられた購買方式は、長期契約方式である。鉄鉱山の開発には巨額な資金を必要とし、この開発資金の回収には長期にわたる安定した大きな市場の確保が不可欠である。いつばう買主側も鉄鉱石の安定な供給が望ま

れ、両者のニーズをうまく結びつけたのが長期契約方式である。この方式の採用によつて安定な価格と量を確保することができた。

しかし、のちに述べるように、今後の新規鉱山の経営はかならずしも採算のよいものばかりとはいえず、要請があれば開発所要資金の一部負担ないしは直接資本参加によつて協力することが必要になるであろう。最近提案されている西豪州の新規鉱山では、資本参加およびロイヤルティの支払いを要求しているところもある。

このように新しい動きも見られるので、西豪州およびブラジルの鉄鉱山の開発の現状を中心に今後の問題について述べることにする。

4.1 西豪州ハマスレー地区の鉄鉱山

オーストラリアの初日供給鉱山は、マウントニューマン (Mt. Newman)、ゴールドズワージー (Goldsworthy) ハマスレー (Hamersley)、ローブリバー (Robe River)、ヤンピーサウンド (Yampi Sound)、サベージリバー (Savage River) の 6 鉱山であるが、1990 年代にはマウントニューマン、ハマスレー以外の鉱山は終掘となる見込みで、それにかわるものとしてハマスレー地区での新規鉱山開発のプロジェクトが多数発表されているので、ハマスレー地区についてのみ説明することにする。

ハマスレー地区の鉄鉱床は、スペリオル湖型の縞状鉄鉱床と河床堆積型の豆状鉄鉱床よりなるが、縞状鉄鉱床は 500×160 km の広大な面積を占め、Fe55% 以上の鉄鉱石埋蔵量は 200 億 t 以上と予想される世界有数の鉄鉱床である。またこの鉄鉱床の周辺には褐鉄鉱を主体とする豆状鉄鉱床が 20 億 t 以上賦存している。

スペリオル湖型縞状鉄鉱層は原生界のハマスレー統中のブルギーダー (Boolgeeda) 鉄鉱層、ウィリーウオーリー (Weeli Wolli) 層、ブロックマン (Broockman) 鉄鉱層、マウント・シルビア (Mount Sylvia) 層、マラマンバ (Marra Mamba) 鉄鉱層に含まれるが、現在稼働中の鉄鉱山はブロックマン鉄鉱層に限られており、最近になつて鉱山の延命策からマラマンバ鉄鉱層の開発が試みられている。

鉱種および品位によつて区分した、ハマスレー地区の埋蔵量の 1 例を表 5⁶⁾ に示した。この表からも推察されるように、この地区の鉄鉱床で今後問題になる点は、先に述べたように鉄鉱山の開発には巨大な資本投下が必要なので、既存鉱山の周辺にある、高品位高燐鉄と低品位低燐鉄の何れを開発すべきかの選択をせまられることであろう。

4.1.1 マウントニューマン鉄鉱山

この鉱山は、1976 年から生産量 4 000 万 t /年体制にするための整備に着手し、3 500 万 t の高品位鉄の生産体制と、同時に採掘される低品位鉄の選鉱工場 (500 万 t /年) を 1979 年 6 月に稼働させて、その体制を確立した。

表 5 ハマスレー地区の埋蔵量

(単位億 t)

	高品位 (>60%Fe)		低品位 (60~50%Fe)	
	高 燐*	低 燐	高 燐	低 燐
カンガおよび 褐鉄鉱		4~5		100
赤鉄鉱—針鉄鉱 ブロックマン マラマンバ	110	40	(55)	(大量)
赤鉄鉱 ブロックマン マラマンバ		30 0.2		
計	110	74	(55)	100+ α

注：高燐は 0.08% P 以上。

この鉱山の高品位鉱は次の 3 種類に分類されるが、その確定+推定の埋蔵量は約 34 億 t に達する。

a) ブロックマン鉄鉱層で高品位低燐の鉱石

品位は、Fe>63%，P0.05%，SiO₂3~4%，Al₂O₃2~2.5%，LOI 1.5~3% で、確定+推定の埋蔵量は約 14 億 t である。この鉱石は主として赤鉄鉱からなり、硬いので、-0.15 m/m の割合は 20% 以下である。

b) ブロックマン鉄鉱層で高品位高燐の鉱石

品位は、Fe>63%，P0.09~0.13%，SiO₂3~4%，Al₂O₃1.5~2.0%，LOI 4~5% で、確定+推定の埋蔵量は約 15 億 t。この鉱石は通常針鉄鉱化してもろいので、-0.15 m/m の割合は 30% 程度となる。

c) マラマンバ鉄鉱層で高品位中燐の鉱石

品位は、Fe61.5~62%，P0.07~0.08%，P0.07~0.08%，SiO₂2~2.5%，Al₂O₃1.8~2.0%，LOI 6.7% で、確定+推定の埋蔵量は約 6.4 億 t。この鉱石は主として黄色の針鉄鉱からなるが、やわらかいので、超微粉部分の割合が約 35% で、通常の粉率 (-6 m/m) はほとんど 100% になる。

このように、同じ地域に 3 種類の鉄鉱石が埋蔵されているが、もつばらブロックマン鉄鉱層の高品位低燐の赤鉄鉱が採掘され、1979 年からマラマンバ鉄鉱層の高品位中燐の針鉄鉱が 7.4% ブレンドして出荷されているが、山元側では、このブレンド割合を 2 倍にする計画をもっている。高品位低燐の優良鉄鉱石の埋蔵量は、採掘を続けてもこれ以上増加する見込みがなく、上記 3 種の鉄鉱石をブレンドして出荷して鉱山の寿命を延長させたい希望をもっている。

高品位鉱とともに採掘される頁岩との接触部の低品位鉱は選鉱工場で処理されて出荷しているが、現在稼行中の鉱区には、このほかに Fe55~57% の低品位鉱が約 26 億 t 賦存しており、未採掘のまま残されている。

現在採掘している高品位鉱は、マウントホエールバック (Mt. Whaleback) 鉱体からのものだが、剝土比がし

だいに上昇し、地下水面下の採掘となるなど悪条件が重なることになる。さらに周辺鉱区の開発規模とタイミングによつては、鉱石品位が大きく変動することが予想されるので注意が必要である。

4.1.2 ハマスレー鉄鉱山

この鉱山も、1977 年から低品位鉱の選鉱工場の建設を中心とした 4600 万 t/年体制の整備に着手し、1980 年にはこの体制が完成した。

この鉱山では、マウント・トムプライス (Mt. Tom Price) とパラバドゥ (Paraburdoo) の両鉱山が稼行しているが、ともに剝土比が低く採算性のよい鉱山である。

この鉱山の鉄鉱石を次の 3 種類に大別されるが、その確定+推定の埋蔵量は 82 億 t にも達している。

a) 高品位低燐鉱石

品位は、Fe>62%，P<0.07%，SiO₂2.5~4.4%，Al₂O₃1.5~2.5%，LOI 2.6~5.3% で、その埋蔵量は約 12 億 t で、ブロックマン鉄鉱層が約 8.3 億 t、マラマンバ鉄鉱層が約 4 億 t である。

b) 高品位高燐鉱石

ブロックマン鉄鉱層の鉱石で、Fe>62%，P0.083~0.128%，SiO₂2.6~3.6%，Al₂O₃1.4~2.9%，LOI 2.6~6.1% の品位を有し、その埋蔵量は 30 億 t である。

c) 低品位鉱石

この鉱石は、高燐、中燐、低燐の 3 種類にわかれるとともに、鉱種もブロックマン、マラマンバ鉄鉱層のものと同様に、褐鉄鉱にわかれるが、その品位は Fe52.0~58.8%，P0.036~0.150% で、埋蔵量は約 41 億 t である。

この鉱山の場合も低品位低燐鉱 (約 20 億 t) の利用について直面せざるを得ず、また高品位高燐鉱の開発を考慮しなければならない。現在でもトムプライス鉱山では年間能力 840 万 t の選鉱工場を稼働させて低品位低燐鉱を処理しているが、高品位鉱の採掘と同時に採掘された低品位鉱が両鉱山で約 8000 万 t もストックされているといわれている。またトムプライス鉱山では、P0.10~0.12% の鉱体を 1982 年以降には採掘しなければならず、全体として若干の P 含有量の上昇が予想されている。

4.1.3 新規鉱山

さきにも述べたように、1990 年代には 4 鉱山が終掘となる見込みなので、これに代わるものおよび鉄鋼生産の伸びに見合うものとして、ハマスレー地区で表 6 に示したように 5 鉱山の開発が提案されている。その内訳は、マラマンバ鉄鉱層が 3 鉱山、褐鉄鉱が 2 鉱山となっているが、品位、品質ともに現稼行鉱山のものより劣つてるとともに、塊鉱がほとんどなく、焼結用粉鉱が中心となつている。

さらにこの表には示していないが、鉄鉱山の開発には採掘諸設備に加えて、鉄鉱石を輸送するための長大な鉄道、大規模な積み出し港、さらに鉱山労働者のための厚

表 6 新規鉱山の概要

鉱山名	鉱種	埋蔵量 (億 t)	予想品位				内陸輸送 (km)	生産量 (1,000 t/年)	備考
			Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P			
ゴールズワージー C地区	マラマンバ (褐鉄鉱質 赤鉄鉱)	確定 8.79	2.75	1.49	0.065	5.94	353.5	当初 10 000 最終 20 000	1) 成品は約 55% が粉鉱と予想されるが、塊鉱の破碎により 100% 粉鉱とする。 2) 日本ミルの 40% の資本参加
		推定 6.55 予想 9.97 計 25.31							
ディープデール	褐鉄鉱	K 鉱体 確定 1.05	5.8	2.7	0.04	9.0	173 (うち 5km) (を新設)	当初 5 000 最終 20 000	1) 焼結用粉鉱(粗粒) 2) 日本ミルの 30% の資本参加
		J 鉱体 確定 4.2 推定 1.3 計 5.5							
ウエスト アングジュラ	マラマンバ	A 鉱体 確定 3.05	2.73	1.85	0.068	6.1	394 (うち 339.6km) (を新設)	15 500	1) 既存のローブリアー粉と 50:50 でブレンド 2) 日本ミルの 45% の資本参加 3) t 当たり 2.5% のロイヤルティ (販売価格の)
		B 鉱体 確定 1.55 推定 2.04 C 鉱体 確定 0.78							
マランドウ	マラマンバ	確定 3.13 推定 0.32 予想 1.43 計 4.88	2.87	1.97	0.059	4.75	250 または 262	13 200	1) 塊鉱および粉鉱
ヤンデクギーナ	褐鉄鉱	確定 4.43	4.2	1.5	0.05	9.9	327	当初 10 000 最終 20 000	1) 焼結用粉鉱 2) 最低 35% の資本参加 3) t 当たり 2.5% のロイヤルティ (販売価格の)
		推定 7.97 予想 17.00 計 29.40							
カラジャス	褐鉄鉱	確定 16.9 推定 25.6 予想 115.0 計 157.5	2.0	2.0~2.3	0.04 ~0.06	1.6 ~2.0	950	当初 35 000 最終 50 000	1) 山元側は塊鉄粉鉱 80% の生産を計画しているが、100% 粉鉱となる見込

生施設などを必要とするのでその投資額は莫大なものとなるが、最近のインフレ傾向のために投資額もしいに上昇し、1970年項は年産t当たり23~25\$程度であったものが、現在は60\$を越すほどになっているので、現稼行鉱山とくらべて不利になることは避けられない問題である。

新規の3鉱山が対象としているマラマンバ鉄鉱層は、ブロックマン鉄鉱層の下に存在しハマスレー地区に広く分布している。この鉱石はマウントニューマン鉱山で7.4%ブレンドされて出荷されているにすぎず、日本鉄鋼業にとっては新しい鉱種といえる。

この鉱石は、赤鉄鉱と針鉄鉱からなる典型的な縞状鉄鉱石で、比較的緻密堅硬質なものから多孔質で脆いものまでであるが、組織的にはつぎの5種に分けられる。

- a) 黄土質針鉄鉱
- b) 少量の赤鉄鉱を含んだ針鉄鉱
- c) ほぼ同量の赤鉄鉱と針鉄鉱を含んだ鉱石
- d) 少量の針鉄鉱を含んだ赤鉄鉱
- e) 塊状の赤鉄鉱 (マータイト)

その含有比率は鉱床の位置によつて異なるが、平均するとa) 6%, b) 21%, c) 23%, d) 50%でe)はほとんど含まれない。品位的にはa), b)はFe55~60%の低品位鉱で、c), d), e)はFe>60%の高品位鉱である。化学成分としては、ブロックマン層に比べて、 Al_2O_3 は低いがFeも低く結晶水が高いので焼結用粉鉱として問題が出てくると思われる。

これまで述べたように、ハマスレー地区の鉄鉱床は今後品質上若干の問題をもつほかに、熟練労働者の不足、ストライキの頻発など、供給面での不安も残しているが、近距離ソースとしての重要性には変わりがなく、1ないし2鉱山を選択するための作業がおこなわれている。

4.2 ブラジルの鉄鉱山

ブラジルの鉄鉱山は、ミナス・ジェライス(Minas Gerais)州の鉄四角地帯の鉄鉱床とカラジャス(Carajás)地区の鉄鉱床の2つに分けられる。この鉄床はともにスベリオル湖型で、片理面をもつ珪質岩の間に再結晶した赤鉄鉱が濃集した層状鉄鉱床で、西豪州ハマスレー地区の鉄鉱石とくらべて不純物(SiO_2 と Al_2O_3)が少ないことが特徴となっている。そのため、インド、豪州系の高 Al_2O_3 鉱石の希釈用として不可欠の鉱石といえる。

4.2.1 ミナス・ジェライス州鉄四角地帯の鉄鉱山

ブラジルには、高品位の鉄鉱床が広く分布しているがもつとも集中しているのは、鉄四角地帯とよばれる面積約7000km²の地域である。ここにはミナス統イタビラ層群に属するイタビライト(Itabirite)が広く分布し、その埋蔵量はFe>47%の品位で約300億tと非常に多い。この地域の鉄鉱床は、東側のリオドセ溪谷にそうものと西側のビランカバ溪谷にそうものとに大別される

が、東側の鉄鉱床はCVRD社(Cia. Vale do Rio Doce SA)が、西側の鉄鉱床はMER社(Mineracoes Brasileiras Reunidas SA)がおもに開発し、両社の1979年の対日出荷量は合計2207万tであった。

この地区の鉄鉱石はイタビライトを主体とするものであるが、つぎのように細分類されている。

堅硬赤鉄鉱	}	緻密堅硬赤鉄鉱 (Compact Hard Hematite)
		節理を有する堅硬赤鉄鉱 (Fractured Hard Hematite)
		片状堅硬赤鉄鉱 (Schistose Hard Hematite)
軟質赤鉄鉱	}	軟質赤鉄鉱 (Soft Hematite)
		圧碎状赤鉄鉱 (Milonitized Hematite)
粉状赤鉄鉱		(Blue Dust)
軟質イタビライト	}	軟質イタビライト (Soft Itabirite)
		粉状イタビライト (Pulverized Itabirite)
堅硬イタビライト		(Hard Itabirite)
漂石		(Float Ore)
カンガ		(Ganga Ore)

カンガは Al_2O_3 およびPが高く、品位のばらつきも大きいので、輸出の対象となっていない。漂石は堅硬赤鉄鉱とほぼ同じ品位をもっているので採掘の対象としている鉱山もある。

これらの各種の鉱石がどのような比率で産出するかについてのデータの入手は困難だが、CVRD社の鉱山についての比率を表7に示した。

このように鉱山によつて赤鉄鉱とイタビライトの比率がことなり、それぞれの鉱種でも堅硬、軟質の比率が異なるので、採掘および鉱石処理工程が、西豪州の鉄鉱石に比べて複雑となるのは避けられないことである。

CVRD社の主力鉱山であるカウ=鉱山を例にとるとつぎのようになる。

1974年には粗鉱で4600万tが採掘されたが、このなかで1800万tがFe67~68%の高品位赤鉄鉱で、2800万tがFe45~50%のイタビライトであった。2800万tのイタビライトから約200万tの赤鉄鉱(+6m/m)が破碎節別工程で回収され、高品位赤鉄鉱の破碎節別工程に送られる。

合計2000万tの高品位赤鉄鉱は破碎節別によつて塊鉱(+6m/m)と粉鉱にわけられ、粉鉱はさらに節別によりペレット鉱と焼結用粉鉱にわけられる。

約200万tの赤鉄鉱を除いた2600万tのイタビライトは、破碎節別のうち湿式サイクロンと湿式高磁力選鉱機を組み合わせた選鉱工程に送られ、6~25m/mでFe65%のペレット鉱が18%、0.07~6m/mでFe66%の焼結用粉鉱が30%、0~0.1m/mでFe66%のペレットフィードが28%生産される。

このように、赤鉄鉱とイタビライトまたはイタビライ

表 7 CVRD 社 鉄 山 別 鉄 種 別 の 埋 蔵 比 率 (1975年)

鉄 山 名	確定埋蔵量中の比率 (%)				確定埋蔵量 赤鉄鉱+イタピライト (万 t)
	赤 鉄 鉱	イ タ ピ ラ イ ト			
		堅 硬	軟 質	小 計	
Caue	34.8	4.8	60.4	65.2	115 290
Conceicao	24.7	37.2	38.1	75.3	207 181
Dos Corregos	36.2	11.9	51.9	63.8	23 504
Diversos Rolados	100.0	—	—	—	637
Picarrao	38.8	—	61.2	61.2	2 717
Itavale	46.5	—	—	53.5	37 379
Timbopeba	46.7	7.8	45.5	53.3	29 915
Caraca	62.9	—	37.1	37.1	6 771
Guanhaes	—	—	—	100.0	34 900
Porteirina	—	—	—	100.0	63 000
計	26.3	16.8	34.3	73.7	521 348

トだけが産出する鉄山では、イタピライトの富化のために何らかの選鉱手段が心要となるので割高とならざるをえないが、西豪州およびインドの高 Al_2O_3 鉄石を稀釈するためには、この地区の鉄鉄石が必要不可欠になつてい。しかし、カウエ鉄山の処理工程からもわかるように焼結用粉鉄とペレットフィードの両者が必ず産出されるが、ペレットは割高な原料として位置づけられているので、ペレットフィードの需要も減退しており、この利用が問題となつてくるであろう。

ハマスレー地区の鉄鉄床で問題を提起した、鉄鉄石中の P 含有量はカンガを除いてはあまり問題とならないが、イタピライトでは富化の割合によつて P の含有量が異なり、富化の割合が低い部分ほど P が高く、また千枚岩に接した部分でも P が高くなつてい。この高 P の部分は量も少なく輸出の対象となつてい。

4.2.2 カラジャス (Carajas) 鉄鉄山

この鉄鉄山は 1967 年に発見され探鉱・調査が進められている。鉄鉄床は 4 ヶ所にわかれて分布しており、まず最初に開発が計画されている北部鉄鉄床、その南 35 km にはカラジャス最大の南部鉄鉄床が、北部鉄鉄床の東側 60 km には東部鉄鉄床、西側 150 km にはフェリス鉄鉄床がある。その埋蔵量は高品位鉄 ($Fe > 64\%$) が 178.8 億 t (確定 23.5 億 t, 推定 26.2 億 t, 予想 129.2 億 t), 中品位鉄 ($Fe 57 \sim 63\%$) が 21.3 億 t と世界最大級の鉄鉄床である。高品位鉄の平均品位は $Fe 66.1\%$, $SiO_2 1.0\%$, $Al_2O_3 1.5\%$, $P 0.06\%$, $LOI 2.6\%$ と報告されている。

当面の開発対象となつてい。北部鉄鉄床の N4E 鉄鉄体の確定鉄鉄量は約 11 億 t であるが、その内訳は高品位鉄 ($Fe 66.7\%$) 約 9 億 t, 高 P 鉄鉄石 ($Fe 64.5\%$, $P 0.18\%$) 約 1.5 億 t, 高 Mn 鉄鉄石 ($Fe 59.3\%$, $Mn 3.1\%$) 約 0.8 億 t である。高品位鉄の平均品位は $Fe 66.78\%$, $SiO_2 + Al_2O_3 2.0 \sim 3.0\%$, $P 0.04 \sim 0.06\%$, $LOI 2.0 \sim$

2.6% と報告されている。

このほかにイタピライト ($Fe 45\%$) 1150 万 t, 苦鉄岩 ($Fe 30\%$) 2.4 億 t, カンガ ($Fe 49\%$) 1200 万 t が確認されているが採掘の対象となつてい。

高 P 鉄鉄石のほとんどは地表または地表に近い部分 (0~40m) に分布している。選択採掘が容易である。高 Mn 鉄鉄石は下盤近くまたは苦鉄岩に接する部分およびイタピライト移化帯などに分布しているが、高 P 鉄鉄石よりは鉄鉄体内全体に分散して発達している。採掘する時の Mn 含有量の管理が必要となるであろう。

高 P 鉄鉄石は $P > 0.2\%$ および $0.2 \sim 0.1\%$ の 2 種類に分類されるが、前者の平均品位は $Fe 64.24\%$, $Al_2O_3 2.19\%$, $P 0.25\%$, $LOI 4.73\%$ で、後者は $Fe 64.75\%$, $Al_2O_3 2.58\%$, $P 0.12\%$, $LOI 4.04\%$ と報告されており、その単味使用には問題がある。

高 Mn 鉄鉄石の平均品位は $Fe 59.31\%$, $Mn 5.07\%$, $LOI 3.13\%$ で Fe 含有量が低くなつてい。

山元側では、この両鉄鉄石は採掘するが当初は山元に貯鉄鉄しておく方針であるが、開発の進展にともなつて高 P 鉄鉄石は高品位鉄にブレンドして出荷し、高 Mn 鉄鉄石は高品位鉄にブレンドするか高 Mn 鉄鉄石として別に出荷することを考えてい。

高 P, 高 Mn の両鉄鉄石を貯鉄鉄する場合は、高品位鉄 t 当たりの剝土比が高くなるので採掘費が上昇し價格的に不利になることは避けられないが、当面は高品位鉄のみを出荷することにしてい。この高品位鉄は堅硬質のものがすくなく、軟質のものが 80% にも達するので、全量盛砕して出荷するようである。

この鉄鉄山の最大の泣き所は内陸輸送距離が 950 km と非常に長いので、設備投資が他の新規鉄鉄山にくらべて高いことである。

最終的にどれくらいの價格で供給されるかは明らかになつてい。すでに欧州側と年間約 1100 万 t の輸

出契約が成立したと報告されており、日本側とも本年3月末に、1985年4月より15年間にわたる長期契約が成立し、出荷規模は年間1000万tとなつている。

4.3 その他地域の鉄鉱山

4.3.1 インド・ゴア鉄鉱山

インド鉄鉱石はFe品位が高く塊鉱比率も高く、残存埋蔵量も60億tに近いと推定され、有力な対日供給ソースであるが、内陸輸送体制の弱体と積出港湾能力の貧弱さのため、日本から比較的近距离にあるという有利さを十分に生かしていない。

ゴアの鉄鉱石は従来Fe品位が低く、 Al_2O_3 が5%以上と高かつたが、近年下部の高品位ブルーダスト(Fe 60%、 Al_2O_3 2%以下)の出荷が進められているが、港湾能力が小さいうえに、埋蔵量も3億t程度となり、終掘る鉱山をでてくるので、その比率が低下しつつある。

インド政府としても内陸輸送体制、港湾能力の整備に努力をはらっているが、その成果はあがらず相対的価値がしだいに低下している。

4.3.2 ペルー・チリの鉄鉱山

ペルー・マルコナ鉱山の鉄鉱石は、Feが低くかつCu、Sなどの不純物を含んでいるため、全量を破碎磨鉱として選鉱し、粗度の粗いものは焼結用に、細かいものは山元でペレット化して出荷している。

焼結用粉鉱は1.5%前後のSを含むので SO_x 規制から、わが国への輸入量は減少の方向をたどっている。

チリの鉄鉱石はPが0.2%前後と高いのであまり歓迎されないが、アルガロポペレットはコストダウンへの積極的な努力が実を結び、競争力を維持している。

4.3.3 アフリカの鉄鉱山

アフリカの鉄鉱山は、表2からも明らかなように欧州の主要ソースとなつており、日本に対しては海上運賃が割り高となるので不利はまぬがれない。

かつて多くのプロジェクトが提案されたが、その多くはペレットプロジェクトであり割り高のため見送られている。

現在日本と契約されている鉄鉱山は、モーリタニア・スニム鉱山(1981年まで、年間220万t)、リベリア・ラムコ(1985年まで、年間40~56万t)、南阿・イスコール鉱山(年間700万t)、南阿・アソマン鉱山(年間60万t)の4鉱山である。

南阿の鉄鉱山はその埋蔵量も多く、サルダナ・ベイに大型船の使用可能な港湾を新設したので貴重な塊鉱供給ソースとして今後も継続して入荷すると考えられる。

5. おわりに

年間8億tも生産されている鉄鉱石も、日本、西欧、アメリカ、東欧の4大消費地に集中して輸入され、鉄鉱石貿易も近距离ソースを中心としたがブロック化の傾向が強くなりあらわれてきたので、それぞれの消費地は近距离

ソースの開発に積極的に協力して安定供給の確保につとめなければならないであろう。

現在のところ先進工業国の鉄鋼生産が停滞気味のため鉄鉱石は供給過剰の状況にあるが、既稼行鉱山の枯渇および東欧、中国、台湾、韓国などの中進工業国の鉄鋼生産は依然として拡大する傾向にあるので、鉄鉱石の供給は急速にひつ迫にむかい、1885年には不足するとの予想もだされている。したがって日本、欧州が中心となつて中長期的な立場に立つて新規鉱山の開発を促進してゆかなければならない。その時には従来の長期契約方式ばかりでなく、開発所要資金の一部負担ないしは直接参加などによつて、より一層緊密な協力をする必要があるであろう。

高炉の生産性を維持するためには、ある程度の高品位鉱を指向するのは避けられないことであるが、さきに述べたように $Fe > 60\%$ 、 $Al_2O_3 < 2.0\%$ 、 $P < 0.1\%$ 、 $S < 0.1\%$ の条件をつけた場合、自由世界での埋蔵量は300億t強にすぎ鉄鉱資源を有限といわざるをえなくなつてきた。この優良鉄鉱石の資源の寿命をできるだけ長くするには、上の条件を外れるような鉱石を採掘してブレンドして使用しなければならない。このようなニーズはしだいに強まってくるものと考えられるので、どの条件をまずゆるめるか、それには対策をどうすべきか、あらかじめ十分検討しておく必要がある。

鉄鉱山の開発には、5年以上の年月と鉱石t当たり50ドル以上という莫大な投資が必要である。したがって既存鉱山の周辺に若干条件の劣る鉱石が賦存する場合に、それを採掘して利用したほうがコスト的に有利なことは論をまたないところである。

また対日供給鉄鉱山のほとんどがスペリオール湖型鉄鉱床で、その成因からくる特徴として粉鉱の比率が高くなるのは避けられないことであり、また新規鉱山として対象となつているもののほとんどが粉鉱のみを生産することになつているので、より効率のよい粉鉱処理法にむけて努力を重ねる必要がある。

以上鉄鉱資源にまつわる諸問題を述べてきたが、国内的には購買側と使用側とが一層の連携を保ちながら、十分競争力のある資源確保にむけて努力をはらつていかなければならないことはいままでもない。

文 献

- 1) 国連: Survey of World Iron Ore Resources (1970)
- 2) 科学技術庁: 鉄鉱石供給に関する基礎資料 (1973)
- 3) 鉄鋼統計委員会: 鉄鋼統計要覧 (1980)
- 4) 鉄鋼連盟: 鉄鋼界報 1213 (1980)
- 5) 今井: 第71回西山記念技術講座
- 6) W. J. EVANS: Symposium Australia SEAIISI (1975)
- 7) S. DAYTON: EMJ, 11 (1975), p. 89