

論 說

低品位マンガングラン処理に於ける諸考察

森 棟 隆 弘*

PROBLEMS OF THE DRESSING, ROASTING AND LEACHING OF
SEVERAL KINDS OF LOW GRADE MANGANESE ORES

Takahiro Morimune

SYNOPSIS:—The author experimented dressing, leaching, chemical treatments and roasting with some kinds of manganese ore in a laboratory scale and recognized that the suitable methods concerned were extremely different with different kinds of ores, especially with those containing manganese.

I. 緒 言

低品位マンガングランと稱し得べきものはその數極めて多く、約 35 種に達し、最も通常に産出せらるゝものでも十數種であり、且それ等で同一の鑛山に産せらるゝものが多いため、その處理法も自然異なるものを用ふる必要が起り、猶最も困難とするのは大多數のものが通常の選鑛法にては不可能なことである。従つて低品位マンガングランの處理に就いては先づその鑛石に就き十分調査研究を要する。

これら低品位マンガングランで多量に産せられるものは薔薇輝石(珪酸マンガングラン)、鐵マンガングラン、低品位酸化マンガングラン、低品位菱マンガングラン、ペンベイス鑛であり、硫黄を含める硫化マンガングラン、亞鉛を含むマンガングランの閃亜鉛鑛が混入することがある。

既にマンガングランに對しては電解マンガングラン製造に¹⁾~⁸⁾關し研究並に半工業試験があるが、これら原料は炭酸マンガングラン及び一部の酸化マンガングランであり、大多數の貧鑛は酸に不溶であるからこの方法は全部を處理し得るもので無い。又低品位酸化マンガングランの處理として高壓の下に苛性ソーダ液にて處理する研究⁹⁾~¹²⁾もある。又近くは小川芳樹博士¹³⁾の硫酸鹽の分解溫度を利用せる處理法及び柳原正氏¹⁴⁾の研究又有山恭藏氏藤田守太郎氏¹⁵⁾の高マンガングラン滓を造る法等あり又鑛物的には吉村豐文博士¹⁶⁾に依り二十數種のものにつき精細なる研究、又佐藤忠義氏¹⁷⁾の著書がある。

本報告はこれら選鑛困難にして一部より使用し得ない低品位のものに對し、それを可能なるもの不可能なるものに分類し、諸種の實驗を行つたものである。

II. 主なる貧鑛の種類

低品位マンガングランと稱し得べきものは前述の如くその數が甚だ多いが、それ等の内各地に多産せられるものを八大別にすれば次の如くなる。

(1) 低品位酸化マンガングラン

この中へ入れるものとしては軟マンガングラン、硬マンガングラン、水マンガングラン、褐マンガングラン等の低品位のものであつて、最も多く存するものである。その脈石は石英、凝灰岩、石英粗面岩、安山岩、粘板岩等である。このものではマンガングランが 15~40% のものを入れれば量的にも多い。この低品位のものでマンガングランが極めて細かく入つて居るものもあるが、粒狀に入つてゐるものも多い。

(2) 低品位炭酸マンガングラン

マンガングランの炭酸鹽であるから不純物を含まぬとしても、Mn として 47.5% であり、普通鐵、カルシウム、マグネシウムの炭酸鹽及び少量の珪酸を伴ふから品位の低いものとなる。又時には黒色の硫化マンガングランを含むことがある。この種のものも勿論量が多い。

(3) 薔薇輝石

低品位マンガングランの代表的なものは珪酸マンガングラン、 $MnSiO_3$ の形を有し、大きい鑛脈を爲して存在する。淡紅

* 哈爾濱工業大學

色、赤色、褐色又は黄色を呈し、カルシウム及び鐵の珪酸鹽を伴つてゐる。通常これに少量の炭酸鹽を伴ひ、風化したものは含水酸化物となる。この鑛石は硬度も高く 5.5~6.5 で他のものより大である。これは破碎も困難で融點も高く一様にマンガンが珪酸鹽として溶かし込まれてゐる。この不純物の無いものは MnO で 54.1% であるから、これに炭酸マンガン又はテフロ石 (Mn₂SiO₄)¹⁸⁾ の混入したもので無ければ高爐原料以外には用ひられない。これには又鐵の高いものもある、然し何れにせよ石英の多量に注入されて居るものは現在では未だ用途が無い。

含水珪酸鹽でペンビイス鑛と云ふのががあるが、石英を 35% 前後、水を 20% 前後有してゐるから MnO として 20~35% しか持たない。これは比較的細い脈で多量に産せられる。

(4) 鐵マンガン鑛

成分は (Mn, Fe)₂O₃ 又は MnFeO₃ と報告せられて居るもので、マンガンは 3~25%、鐵を 20~30% 持つてゐる。この種の鑛石は各地に産せられるが鐵の含有量が高い爲、その用途は極めて狭い。従つて何等かの方法に依つてマンガンを高めねばならぬ。

(5) マンガン分解石

炭酸カルシウムを多量に含むマンガンの炭酸鹽鑛物であつて、淡紅色のものから灰白色のものまでである。これは低品位で炭酸マンガンとして 32% 前後が普通である。

(6) 硫化マンガン鑛

MnS¹⁹⁾²⁰⁾ の型のもので鐵黒色を帯びて居り、通常多量の炭酸マンガンを含むか、又はその内に散在する。これは硫黄を多量に含むため、冶金原料として好ましくない。酸には容易に侵される性質を持つ。

第 1 表 主要マンガン鑛物分類表

酸化物鑛石	炭酸鹽鑛物	珪酸鹽鑛物	その他
軟マンガン鑛 MnO ₂	炭酸マンガン MnCO ₃	蔷薇輝石 MnSiO ₃	硫化マンガン鑛 MnS
硬マンガン鑛 MnO ₂ +MnO	マンガン方解石 (MnCa)CO ₃	鐵蔷薇輝石 (Fe, Mn)SiO ₃	閃亜鉛鑛を混入せるもの
水マンガン鑛 Mn ₂ O ₃ ·H ₂ O	鐵マンガン方解石 (Fe, Mn, Ca)CO ₃	テフロ石 Mn ₂ SiO ₄	黄鐵鑛を混入せるもの
褐マンガン鑛 Mn ₂ O ₃	鐵石灰菱マンガン鑛 (Ca, Mn)CO ₃	鐵テフロ石 (Fe, Mn) ₂ SiO ₄	
綠マンガン鑛 MnO	石灰質菱マンガン鑛 MnCO ₃ +MnSiO ₃ +SiO ₂	ペンビイス鑛 MnSiO ₃ ·nH ₂ O	
鐵マンガン鑛 (Mn, Fe) ₂ O ₃		チャモサイト鑛 H ₆ Fe ₃ Al ₂ Si ₂ O ₁₂	
マンガン土 MnO ₂ ·nMnO +10~15%H ₂ O			

(7) チャモサイト

鐵綠泥石の一種であつて H₆Fe₃Al₂Si₂O₁₂ の形を存し、マンガンは物に依り 2~6% である。これは東邊道²¹⁾²²⁾に極めて多量に賦存する。此のマンガンの形は未だ知ることが得ないが少量の炭酸鹽の存在は認められる。

第 1 表は主要低品位マンガン鑛の分類表であつて、酸化物鑛石に炭酸鹽鑛物、珪酸鹽鑛物、その他に分類した。

III. 低品位鑛處理法

低品位のものでマンガン 15% 以下のものは特に處理し易いものゝ外は品位を上げるのが困難と見るべきで、鐵合金用としてマンガン 45% 以上、鐵 7% 以下、珪酸 9% 以下、燐 0.12% 以下のものなら極めて優良なものである。然しこの様なものは中々得られないからマンガンとして 40% 以上なら使用に耐へるからこれを目標として各種の處理を行つた。

(1) 低品位酸化マンガン鑛

これは第 1 表の酸化物鑛石の欄中鐵マンガン鑛を除き全部含めてゐる。その脈石は石英が多いが凝灰岩、石英粗面岩、安山岩、粘板岩等のものがあり。又逆に土壤中に塊状又は礫状に産することがある。この場合は水洗すれば簡単に品位を上昇し得る。この様な方法で處理し得る鑛石は比較的多く、土壤の附着量には差があるが、所々の鑛山で小池を作り水洗しつゝあるを見る。

又物に依り比較的脈石との離れの良いものは、中規模以下の山では選鑛婦を使ひ鏈を用ひ不要部分を割り取り品位を上げる様なことをして市場へ出してゐる。

これらの内石英と共生するものは破碎が比較的困難である然しマンガンは粒状又は斑状に入つてゐるものはその一部は比重選鑛にかけることが出来る。

第 2 表 低品位酸化マンガン鑛

産地	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Ba
京都府硬マンガン鑛	29.56	41.55	0.84	0.32	1.31	0.39	0.034	0.04	0.11
栃木縣加蘇	35.45	16.84	5.44	4.25	2.67	3.60	0.030	0.04	—
京都府殿田	44.70	22.56	2.04	—	—	—	0.563	—	—

第 2 表は低品位酸化マンガン鑛の 23 の例であつて、加蘇、殿田のは二酸化マンガン鑛で、この何れもマンガン低く、珪酸が高い。鐵も加蘇を除いては概して低い。燐は殿田が少し高いが他は低い。

第 3 表は石英を脈石とする低品位二酸化マンガン鑛を 28 メツシュに碎きウキルプレーテーブルで選鑛したもの

である。

第3表 比重選鑛

給 鑛		精 鑛		尾 鑛	採 收 率
マンガン	SiO ₂	Mn	Mn	Mn	
17.15	42.48	35.76	8.84	49.83	
20.41	35.44	39.65	9.77	48.70	

このテーブルは試験用の 100×52cm のものでストロークの長さ 12mm, 試料は 1回 100g で行つた。原鑛は何れも京都府のもので、石英の中にマンガンが粒状に入つてゐる。これは豫備実験であるが、マンガンはこれ以上多少收率を上げ得る見込はある。

又これ等のものは跳汰機にて處理し得る可能性あり、未だ実験を行つて居ないが、砂クロム選鑛²⁹⁾の如き方法に依りハツチを取る如くすれば良いと考へる。

浮游選鑛に依つても此の様な鑛石の處理は可能であり、適當な抑制剤や分散剤を用ひ、石英を抑へながらマンガンを浮游せしめれば良い。これについては鑛種は明かにされて居ないが、スライムの浮游選鑛²⁴⁾マンガン鑛及びスライムの化學處理²⁵⁾、熱處理を行つて後に浮游選鑛²⁶⁾するクルツプの特許、米國の半工業試験⁷⁾又キューバの低品位酸化マンガン、水酸化マンガン浮選の報告²⁸⁾もある。著者は M. S. 50g 機を使用して小數の豫備実験を行ひ第4表の如き結果を得た。

第4表 酸化マンガン鑛の浮游選鑛

浮選薬 100g/t	水素イ オン濃 度	浮選後 の温度	精 鑛		採取率
			Mn%	重量	
ユーカリ油, オ レイン酸, 石灰	8.2	18.2	34.38	8.20	23.23
白樟腦油, オレ イン酸, 石灰	8.2	18.0	36.68	8.10	29.76
クレゾール酸, オ レイン酸, 石灰	8.6	18.3	31.29	14.20	44.49
パイン油, オレ イン酸, 水硝子, 炭酸ソーダ	9.6	19.5	45.25	12.41	56.23

給鑛はマンガン 19.97, 珪酸 44.19 のもので、-250 メツシュに碎き、浮游選鑛を行つたもので、氣泡剤及び捕收剤は原鑛 1t に對し 100g の割に入れて實驗した。此の時、鑛液の濃度は 20% である。此の場合精鑛のマンガンを 45% 以上に上げ得たし、又採取率も 56% と成つたが、これ等は猶實驗を進めれば上げ得る見込である。

次に此のマンガン鑛に對してはアルカリ處理、即ち高壓の下に苛性ソーダで煮る方法も考へられ、鐵鑛²⁹⁾³⁰⁾に對して行つたと同様の方法にて處理し、水硝子を製造し、廢液をアルコールにて回収し、水硝子を採取する一方、アルコールの回収を行つた。これの鐵鑛の場合と異なるのは前者は出来るだけ薄い苛性ソーダ液を用ひ、鐵の溶けるのを防

いだが、マンガンでは此の點に注意する必要がないので、水硝子を多量に製造する方向に進んだ、此の方式は貧鑛を高價な藥品で處理する點で奇異にも考へられるが、事實はそれに反する點多く、利點を挙げれば、比較的高品位鑛の得られること、副産物の用途が廣いこと等であるが、これは珪酸マンガン鑛等の處理し得ないことで、設備等も多く要する點で特に推賞し得べき方法とは考へない。

第5表 低品位鑛のアルカリ處理

atm	15(205°C)		20(212°C)		25(221°C)	
	Mn	SiO ₂	Mn	SiO ₂	Mn	SiO ₂
濃度 10%	45.61	24.63	45.90	24.07	48.72	18.80
15	46.30	20.72	47.25	20.15	49.85	17.24
20	50.03	16.87	48.45	18.80	52.41	13.26
25	51.05	15.45	51.00	15.01	53.03	10.90
30	51.69	15.20	52.81	14.24	53.49	10.04

第5表のものは石英の 553°C に於ける α より β に變る變態點を利用し、容積の變化に依る龜裂を生ぜしめて、苛性ソーダ液にて珪酸を水硝子として除去したもので、原鑛の Mn は 25.69, SiO₂ 42.81 のものである。これは -10 メツシュ程度の大きさのものであるが、猶碎けば鐵鑛の場合の如く珪酸を低く爲し得ると思ふ。

(2) 低品位菱マンガン鑛

石英を多量に含む菱マンガン鑛がこれに屬し、鑛脈を爲して多量に産出することがある。炭酸マンガンのみにも高品位のもので無いから、特にこれの品位は低い。(第6表)

第6表 石英質菱マンガン鑛

産地	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	P	S	Ba
實勢 (京都府)	22.18	52.48	0.46	0.76	2.42	1.65	18.66	0.041	0.02	0.32
加蘇 (栃木)	14.56	32.71	3.02	1.25	14.87	3.25	22.62	0.025	0.21	—

この最も適當した處理法は浮游選鑛で石英を抑へ、炭酸マンガンを浮かせる方法であつて、比較的細かく混入せる

第7表 石英質菱マンガン鑛の浮游選鑛

浮 選 薬	水素イ オン濃 度	浮選後 の温度	精 鑛			採取率
			Mn	SiO ₂	重量	
ユーカリ油, オレイン酸 石灰	9.4	19.5	38.98	7.88	5.25	18.45
パイン油, 白樟腦油, ザン セート, 石灰	9.2	19.5	33.68	12.30	12.15	36.90
ユーカリ油, セイカフロ ート, 石灰	8.8	14.5	32.03	13.08	15.50	44.77
白樟腦油, セイカフロ ート, 石灰	6.2	14.5	34.34	11.88	17.40	53.88
白樟腦油, オレイン酸, 石灰	6.2	14.5	38.34	8.84	15.30	52.89
白樟腦油, 石鹼, 石灰	8.2	14.5	28.80	15.68	5.95	15.45
ユーカリ油, ザンセート, 石灰	8.0	18.2	35.65	10.97	4.15	13.34
ユーカリ油, 石鹼, 石灰	8.2	18.5	36.00	10.05	6.05	19.64
白樟腦油, ザンセート, 石灰	8.2	18.5	38.10	7.46	3.35	11.50
パイン油, セイカフロ ート, 石灰	8.2	18.5	31.03	14.06	19.10	53.91

點と比重差小なる爲、テーブルでは困難である。此の浮選せる鑛石を焙焼すれば高品位のものが得られる。

第7表の浮選の條件は第4表のものと同じで、原鑛は Mn 22.18, SiO₂ 52.48 のものである。得られた精鑛は珪酸低く、比較的高品位のものであるから、これを焙焼すれば良いものと成る。

又石英の含有量が第6表のもの程大で無く、ただ焙焼に依つて鐵合金原料になし得る通常の炭酸マンガン鑛を焙焼せる結果は第8表で示す。

第8表 炭酸マンガン鑛の焙焼

鑛石名	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	P	S
加蘇鑛石	33.25	5.38	5.56	1.27	3.01	2.44	33.25	0.031	0.409
同上焙焼鑛	43.48	11.16	10.39	—	—	—	—	0.041	0.017

本焙焼は實驗室で 800°C に酸化焙焼したもので、色は淡紅色であつたのが焙焼で變つて褐色を呈して居る。通常炭酸マンガン産する山では品位を上げる爲に簡単な方法で焙焼して賣り出してゐる。

又マンガン方解石も鑛石中に多量に含まれて、これ等と略似た條件の下に産出される。これは總て炭酸鹽として含んで居るが CaCO₃ が 50~60% で他は比較的尠い。然しものに依つては FeCO₃ が高く、鐵マンガン方解石と稱し得べきものがある。



寫眞第1 マンガン方解石(加蘇)

これも同様に焙焼すれば多少品位が上げられるが Ca が

第9表 マンガン方解石の焙焼(加蘇)

	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	P	S
原鑛	18.54	4.24	1.83	1.22	32.05	2.15	40.75	0.035	0.589
焙焼鑛	28.94	5.94	2.56	—	—	—	—	0.042	0.673

あるから餘り上らない(第9表)。

(3) 珪酸マンガン鑛

これは主として微輝石として前記の如く多量に産せられるが選鑛法の無いものであつて、その極く一部のみ處理法がある。且本鑛は濕式に依るとしても、酸に依る溶解が不可能であるから、甚だ困難である。此の珪酸マンガン鑛は次の種類に大別し處理法を考へることが出来る。

1. 鐵薔薇輝石 これは FeO として 8% 前後のものでその形³¹⁾は Mn₂Si₂O₇ が大部分で Fe₂Si₂O₇, Ca₂Si₂O₇, Mg₂SiO₆, NaFe₃SiO₆ 等の形で含まれて居て、水も少ないから、焙焼も利かないし選鑛も行へない。

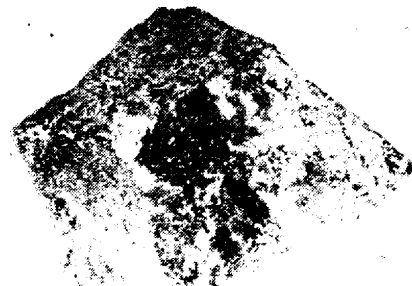
2. 炭酸鹽質薔薇輝石 これは微輝石に炭酸鹽を比較的多量に伴ふもので、この炭酸鹽は炭酸マンガンと同様のものであるから、焙焼を行へばその含量に従つて珪酸マンガンは變化しないが、或る程度品位を上げ得る。

3. 石英質薔薇輝石 これは炭酸鹽を殆ど伴はず、石英は多いが、鐵分は比較的低いもので、従つてマンガンも低く、石英は細粒と成つて入つて居るものもあり。浮游選鑛に依り石英を分け得ても、珪酸マンガン自身の品位が低いから仕方が無い。

4. ベンビイス鑛 これはマンガンの含水珪酸鹽で MnSiO₃·nH₂O の形で表はされ、一見酸化マンガン鑛の如く思はれるが、分析すると低い。これは炭酸マンガン鑛及

第10表 ベンビイス鑛分析

Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	H ₂ O+	H ₂ O-
26.00	45.41	1.06	2.57	0.75	6.02	0.046	0.739	11.85	6.87



寫眞第2 珪酸マンガン(薄黒部)及びテフロ石(内部の黒色部)加蘇産

びその裂目に細脈として多量に産せられる。これも品位を上げ得ない種に屬し、たゞ水分が高いから焙焼してそれを除いただけしか良くなならない。即ち含まれてる水は(第 10 表) 結晶水として 11.87% 吸濕水として 6.87% である。

以上で珪酸マンガンの種類の概要を述べたが概して Mn は 20~30% のもので熔鑛爐用としては使ひ得るが、それ以上高品位を要するものには使へない。これを處理することは貧マンガンの大部分を占めるため重要なことであるが又極めて難かしい。即ちこの種の鑛石は熱的處理或はそれと濕式處理の併用に依る以外は困難であると考へる。

(4) 鐵マンガン鑛

珪酸の高い種のものそれを除き得るが、鐵を低くし、マンガンをもつものは現在迄の報告では好結果のものは見られない。

その處理法は昭和製鋼所に於て藤田、有山兩氏に依り各種の基礎研究及び高マンガン滓を造る方面より行はれ好結果を収めてゐる。尙同種の鑛石について渡竝氏²²⁾に依り跳汰機及びテーブルにて試験せられてゐるが、それに依つて品位を上げることは困難であると述べてゐる。

要するに本鑛は珪酸マンガンに次いで選鑛法に依りては處理し難いものであり、高熱處理、特殊の濕式處理、又は電解マンガンに依る以外は多くの方法は無いと考へる。(猶分析表に示す瓦房子のものは鑛種に付き異なる發表があるが冶金に於ける慣習上成分上より鐵マンガン鑛とした)。

第 11 表 鐵マンガン鑛分析

産地	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Cu
瓦房子	26.18	8.60	18.39	—	—	—	0.12	痕跡	—
瓦房子	28.09	33.25	22.96	—	—	—	0.151	0.100	—
瓦房子	26.24	15.15	15.01	2.15	5.92	0.47	0.099	0.070	—
福島	33.82	4.68	20.54	0.92	0.05	0.20	0.089	0.001	0.005
諏訪	31.81	2.50	20.61	—	—	—	—	—	—
越野	11.29	9.41	45.12	—	—	—	—	—	—
駒ヶ嶽	41.20	2.12	15.41	—	—	—	—	—	—

(5) チャモサイト鑛

これはマンガンに物を依り 2~7% 含むから、低品位マンガン鑛の一種として考へるのが適當である。

本鑛はそのまゝ熔鑛爐に入れて、マンガン源とすればマンガン鑛代用と爲し得ることは知られて居るが、第 12 表の如く珪酸、アルミナ、FeO が多いことからこれ等の除去は考へられないことは無い。

第 12 表 チャモサイト鑛 (東邊道産)

Mn	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	CO ₂	H ₂ O
7.17	23.58	4.64	42.56	15.64	1.38	2.31	0.94	0.35	1.63	11.71
1.98	25.21	3.65	36.83	20.15	1.25	2.44	0.48	0.37	14.47	7.56

又稀鹽酸に溶けやすいことから、濕式も考へられるが、又熱的には融點は 145°C で高いが熱選鑛の如きも適用し得られるかも知れぬ。

この鑛石の還元は水素で 700°C 附近から著しいし、又マンガンの形について知られては居ないが、鑛石全體としてはその形の上からも還元が遅い様である。

(6) 硫マンガン鑛及びその他の貧鑛

硫マンガン鑛は單獨には無いが、炭酸マンガン等と共に



寫眞第 3 硫マンガン鑛

存するもので、これを使ふと製品の硫黄を高くするから、除かねばならない。酸に比較的弱いから、酸處理でも良く、酸化燃焼しても除き得る。熱天秤に依り硫黄の除去される状態を見るに、540° より始まり 840° で大部分のものが除かれるのを見ることが出来る。

第 13 表 硫マンガン鑛 (加蘇)

Mn	S	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	CO ₂
36.85	21.90	9.67	2.01	2.24	1.09	1.19	0.041	1.93

これらの他、多くの低品位のものが存するが、屢々見ら



寫眞第 4 マンガン閃亜鉛鑛

れるものはマンガンに閃亜鉛鑛，黃銅鑛，黃鐵鑛を混ずるもので何れも浮游選鑛に依りこれ等を除くことが出来る。

IV. 結 言

低品位マンガン鑛の主要なるものを分類し、その各につき選鑛の可否につき小實驗を行ひ、次の結言を得た。

1. マンガン鑛の選鑛，又は處理に對しては鑛種を明かにして，その後着手する要あり。
2. 概して通常の選鑛法を適用し得ざるもの多きも，少數比重選鑛或は浮游選鑛を用ひ得るものあり。
3. 炭酸鹽鑛物は焙燒に依り品位を上ぐるが最良なり。
4. 珪酸マンガン，鐵マンガン鑛の如く，選鑛法無きものにありては乾式，濕式等の特殊の方法に依らざるべからず。
5. チャモサイト鑛處理も困難なるもの一なり。
6. 硫マンガン鑛は稀酸處理或は酸化焙燒に依り大部分の硫黄を除き得。(17. 8. 1.)

引用文獻

- 1) Koster & Skelton: Eng. & Min. Journal, 1936, 510.
- 2) Harrold H. Oaks and W. E. Bradt: Transaction of the Electrochemical Society, 1936, 573.
- 3) Bradt and Oaks: 同上, 1937, Vol. LXXI, 271.
- 4) Colin G. Fink and M. Kolodney: 同上, 1937, Vol. LXXI, 287.
- 5) R. S. Dean: The Metal Industry, Vol. 58, No. 6, Feb 7, 1941, p. 146.
- 6) 岡田辰三: 電化, 昭 15, 161
- 7) 西原清廉: 探冶, 昭 15, 455
- 8) 岡田辰三: 電化, 昭 16, 349
- 9) 森棟隆弘: 貧マンガン鑛處理法; 日本鋼管報告, 昭和10年 10 月
- 10) 森棟隆弘: 廢液の回收: 同上, 昭和 11 年 3 月
- 11) 森棟隆弘: 廢液の經濟的回收法; 同上, 昭和 12 年 3 月
- 12) 森棟隆弘: 實驗室内に於ける採算化について; 同上, 昭和 12 年 3 月
- 13) 小川芳樹: 日本鑛業學會昭和 17 年度春期大會講演
- 14) 柳原正: 同上
- 15) 有山恭藏, 藤田守太郎: 滿洲冶金學會誌, 昭和17年8月, 13 頁
- 16) 吉村豐文: 地質學雜誌, 昭和 13 年 1 月, 別刷
- 17) 佐藤忠義: マンガン, 鑛業社發行
- 18) 吉村豐文: 地質學雜誌, 昭 11 年, 129.
- 19) 渡邊萬次郎, 岩石鑛床學, 昭 14 年, 130.
- 20) 吉村豐文: 地質學雜誌, 昭 13 年 1 月別刷, 157 頁
- 21) 須藤俊男: 岩鑛, 昭 15 年 9 月, 81.
- 22) 須藤俊男: 大陸科學院研究報告 康德 6 年 11 月號, 318.
- 23) 森棟隆弘: 鐵と鋼, 昭 16 年, 825.
- 24) N. G. Gomelauri: Gormo-Obogatitel, Zhur., No. 1, 37-8 (1938).
- 25) N. G. Gomelauri: Gormo Obogatitel, Zhur., No. 2, 14-22 (1938)
- 26) Kripp Patent: Chemical Abstract, 1939, 6217.
- 27) F. D. DeVaney and J. B. Clemmer: Engineering & Mining Journal, Vol. 128, 1929, 506.
- 28) 三野英彦: 日本鑛業會誌, 昭 16 年, 545. (同氏紹介)
- 29) 井上克巳: 鐵と鋼, 昭 9 年, 763.
- 30) 秋本千彰: 滿洲冶金學會誌, 昭 11 年 9 月, 1~15
- 31) 吉村豐文: 地質學雜誌, 昭 13 年 1 月別刷, 138 頁
- 32) 藤田守太郎; 有山恭藏: 昭和製鋼所報告, 昭和 16 年 8 月
- 33) 渡並文郎: 滿洲冶金學會誌, 昭 17 年 4 月, 14.