

# 硫酸焼鉄より作つた脱銅鉄鉱と輸入並びに 国内鉄鉱との比較について

森 棟 隆 弘

Comparison of Decopperized pyrite Cinders and Ordinary Iron Ores.

Takahiro MORIMUNE

The decopperisation of pyrite cinders has been investigated by means of the author's sulphuric acid methods to obtain cinders suitable for blast furnace purposes. And their chemical compositions were compared with those of imported and inland iron ores.

The result shows that (1) regarding phosphorus content, the decopperized cinders are superior, and (2) regarding copper sulphur and iron contents, they nearly same as compared with ordinary ores.

## I. 緒 言

硫酸焼鉄の脱銅に関しては著者<sup>(1)</sup>は各方面から研究を行いつつあるが、焙焼後硫酸処理を行いその後硫選する方法が実験室的にも工業試験的にも成功したので、その報告の一部として脱銅して出来た鉄鉱石を国産並びに輸入鉄鉱石と比較して成分的に優劣を研究して見た。

云う迄も無く硫酸滓の国内生産量は年約 100万トンで低品位を合わせれば 200万トンに達するもので、著者の研究は低品位のものも行いつつあるが、現在迄では浮選による脱銅法、磁選、亜鉄酸銅法、浸出法の研究を終つたもので、硫酸滓の処理が解決されれば国家の工業に大ない寄与をするものと考えられるが難鉄である為大いなる努力を要求される。然し、最近多くの研究者が出てこの解決に進まれることは喜ばしいことである。

この脱銅鉄鉱は銅、硫黄、燐、鉄等の点から比較して見ると輸入鉄鉱の中位にあるもので、一般国産鉄鉱より優つている。殊に之が低燐であるというのが、最も優れた点でこれを特長付ける様な使用方向が必要である。

又近く実験で示さねばならぬが、還元率が極めて良く製煉し易い事で、団鉄や焼結の様な事をするより却つてそのまま電気製煉し易い点は大いに考慮すべき事である。

終戦後も暫く運転していた大阪製錬のラーメン式脱銅工場<sup>(1)</sup>も、硫酸焼鉄の脱銅とコバルトの回収工場であつたが、之とわれわれの行つている硫酸法と較べると脱銅率はわれわれの方が 30% 良いが、コバルトの回収率は劣る様であるから以後かなりの研究と努力とが必要である。

## II. 輸入鉄鉱及び国産鉄鉱の品位と輸入価格

輸入鉄鉱石や国産鉄鉱石の品位を知つて、之と脱銅鉄鉱石と比べてその価値を知る事は極めて重要な事である。第 1 表<sup>(2)</sup>は最近輸入したものの成分、粒度、入荷量、吸湿水、立会分析鉄分、等を示したもので、表の上部の全分析成分は山元から送られたもので、最下段目の分析鉄分は購入者と検査者と立会の上試料を採り分拆した結果で之が輸入鉄鉱石成分の標準となる。又粒度は 10mm 以上が 60% 無いと価値が下ることとなるが、之は目測で余り厳しくないが、最も良く調べるのは水分であつて立会つて平均試料を 100 吨毎に 50kg 取つてそれを縮減して 3kg とし厳封し標準規格に従つて定量する。之は輸入の場合でも全入荷吨数から吸湿水含有量だけ差引かれるので極めて厳密に

第1表

## 輸 入 鉄 鉱 石

	Dungun	Utah	Larap	Utah	Larap	Dungun	Samar	Dungun	Larap	Dungun	Callcutia	Utah	Marindque	Larap
Fe	58.53	58.59	55.57	57.31	45.43	60.15	48.28	60.98	56.25	63.28	59.27	58.49	56.91	
SiO <sub>2</sub>	3.64	6.26	10.33	6.12	10.66	3.12	15.71	3.20	9.48	4.92	6.10	8.41	8.25	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.92	1.84	4.87	2.74	3.40	4.70	7.69	5.47	3.45	2.84	1.82	0.36	4.23	
CaO	0.22	2.47	0.92	2.33	1.49	0.29	0.98	0.03	0.40	0.05	1.80	4.34	0.45	
MgO	0.23	1.77	0.96	2.28	1.21	0.30	0.89	0.02	0.55	0.10	1.17	0.45	0.85	
Mn	0.07	0.02	0.11	0.07	0.16	0.09	0.09	0.13	0.07	0.53	0.88	0.21	0.13	
P	0.033	0.352	0.170	0.353	0.143	0.035	0.066	0.034	0.146	0.023	0.430	0.038	0.148	
S	0.089	0.020	0.610	0.038	0.631	0.093	0.049	0.071	0.367	0.021	0.010	0.587	0.530	
Cu	0.02	tr	0.07	0.02	0.04	tr	tr	tr	0.03	tr	0.08	0.02	0.04	
10mm以上粒度%	76	60	77	60	78	66	62.55	75	82	90	61	89.6	77.8	
入 荷 日	26-8-10	1-10	9-18	9-13	7.22	8-21	8-7	6-11	6-5	6-28	6-20	6-12	6-9	
重 量 M/T	7500	4538	7600	3510	5563	8300	2700	7431	5600	4000	1250	4340	8370	
吸 濕 水	8.8	4.2	7.4	3.7	7.0	8.8	13.5	8.1	6.9	0.4	4.2	1.9	7.8	
分 析 鉄 分	53.5	56.2	51.6	55.2	50.6	60.2	49.8	56.0	52.5	63.1	56.8	57.4	52.5	

定量される。

此の様に分析された成分を見ると鉄はサマールの41.8%からカルカツタの最高63.1%迄で、他は主として55%前後で脱銅鉄鉱<sup>(13)</sup>との差は余り見られない。吸湿水もヅングン、サマール、ララップは高いが、他は5%内外である。粒度はカルカツタ、ララップ、マリンドケ等は塊が大多数であるが、ツングン、ユタ等は粉鉱が輸入され漸く10mm以上60%を保っているが、筆者等の目測だと前者等は50%位にしか見えない粉状泥鉱である。次にSiO<sub>2</sub>はサマール、ララップは高いが他は大體低い。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0.86~6.9%で中位であるが、CaO、MgOは概して低い。又Mnも低い。燐、硫黄は高いともいえないが、余り低くはない。銅は痕跡から0.08%位である。

第2表は国産鉄鉱石<sup>(14)</sup>の成分を示したもので此の8種が主な鉄鉱である。鉄分は其の半数は50%以下で最高55%である。珪酸は虻田、諏訪、阿蘇、群馬の様に低いものもあるが他は10%以上で高い。MnO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgOは略通常のものである。硫黄は0.16%程度のものであるが、概して高く、赤谷、諏訪、群馬は1%以上で、燐は釜石が国産としては0.07%で最も低い方だが、他は0.1~0.5%、諏訪の如きは2.6%である。銅も虻田のは痕跡であるが、他は0.13%以上で喜多平は0.6%以上の銅を有する。又主として褐鉄鉱である事から結晶水の高い事で、赤谷、釜石を除いては10%以上である。

第2表 国産鉄鉱石

	Fe	SiO <sub>2</sub>	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	CuO	TiO <sub>2</sub>	C, W
釜石	48.79	12.18	0.46	2.61	9.66	0.94	0.67	0.07	0.22	0.05	1.16
赤谷	52.20	13.73	0.42	2.49	2.09	1.81	1.48	0.14	0.16	0.05	1.88
虻田	55.06	3.78	0.48	1.02	0.30	0.20	0.92	0.13	tr	—	16.42
諏訪	43.15	4.47	—	—	—	—	1.93	2.66	—	—	—
阿蘇	53.43	5.93	0.54	—	—	—	0.43	0.10	—	—	—
喜多平	44.84	11.70	0.48	5.91	1.91	0.43	0.16	0.34	0.80	0.18	10.55
群馬	51.76	4.08	0.43	1.24	0.84	—	1.25	0.54	—	0.27	14.90
倶知安	49.13	10.20	0.08	—	0.27	—	0.56	0.13	—	—	13.96

以上の様に国内鉄鉱石は鉄分低く珪酸、銅、硫黄、燐、結晶水が高いが、釜石の様に磁鉄鉱で焙焼しなければ単味で製鉄出来ないものが多く、良いものを造ろうとすれば輸入鉄鉱に依らなければならない。之等の鉄鉱の輸入価格は第3表<sup>(15)</sup>の如くFOBが8~9ドルであるが、船賃の関係上港着が19~25ドルで其の荷卸しに2ドル前後を要するので製鉄所に取つては大きい負担で猶お近距離から鉄鉱を買うとか、国内鉄を猶お開発するとか、硫酸滓の様な1部しか利用していない鉄資源を脱銅処理して行く等の方向へ進む等が自然の要求となつた。

第3表 鉄鉱、石炭輸入価格

品名	FOB (現地での価格)	CIF (港着価格)
ツングン鉄鉱	8.2ドル	19.0ドル
ユタ鉄鉱	9.0	25.0
カルカツタ石炭	6.6	23.6
米炭	10.5	30.0

### Ⅲ. 脱銅鉄鉱とその品位

原料とする硫酸滓は硫酸工場で硫化鉄鉱を焼いて亜硫酸ガスを取った残滓で、鉄分が高いが銅及硫黄分が高い為に単味では製鉄用にならないもので、現在では之を外国鉄石に1割内外混ぜて使っているに過ぎないが、之等の不純物を除去すれば鉄分高く低燐の良鉄になる。

第4表の上段は富山県速星の日産化学の試料で採取時期(26年3月)の関係上速星1とした。珪酸分は高い方であるが、鉄分高いもので又銅分も最も高い方で0.79%を示している。硫黄は2.4%で幾分高目の含有量である。次に1から6迄の試料番号のものは1日約1トンの処理をした中規模試験で脱銅したものでFe分は原鉄より稍々上昇し57~59.9%、SiO<sub>2</sub>も少し高くなり10~11.9%、

第4表 脱銅鉄鉱石成分 (速星1)

試料	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P	S	Cu
原鉄	55.71	10.01	0.85	1.13	0.72	0.010	2.473	0.79
1	57.71	11.90	1.01	1.26	0.80	0.008	0.614	0.11
2	59.97	10.03	0.88	1.18	0.91	0.010	0.301	0.09
3	59.70	10.15	0.94	0.76	0.58	0.010	0.741	0.18
4	56.79	11.94	1.10	0.89	0.56	0.009	0.295	0.08
5	57.41	11.35	0.97	0.66	0.86	0.011	0.232	0.08
6	57.13	11.50	1.06	1.03	0.78	0.008	0.279	0.12

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>も原鉄0.85%であるが、脱銅したものは0.88~1.1%で少し上昇する。CaOは初めとあまり変らぬものがあるが概して下つている。MgOは略等しい。燐も略同様、硫黄は2.47%のものが、0.23~0.74%で $\frac{1}{10}$ ~ $\frac{1}{3}$ に下つている。Cuも0.79%のものが0.08~0.12%だからその脱銅率は85~90%である。

従つて鉄鉱石として見た場合熔鉄炉用としては申し分ないが、平炉用としてはもつとSiO<sub>2</sub>とSを下げなければならない。

第5表 脱銅鉄鉱成分 (速星Ⅱ)

	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P	S	Cu
原鉄成分	53.91	11.98	1.01	0.22	0.36	0.007	0.984	0.49
脱銅鉄	55.48	12.20	1.09	0.28	0.39	0.008	0.324	0.07
酸化用脱銅鉄	55.51	12.25	—	—	—	0.008	0.086	0.07

第5表は昭和26年11月に日産化学の速星工場で生産された残滓で、前のものに比べ少しFeが低くSiO<sub>2</sub>が高い。Pは極く低い、Cuも今迄のもの約半分、Sは又1%以下で極めて低い種類で硫酸工場としてはよく焼いたものと云える。此の脱銅は少量の試験であつて、Cuが0.07%のものが出たが、これが工場で処理されても0.09%位のものは可能であろう。Sも0.3%で比較的的低く、Feは55.48%でかなり高い。これ等の点から優良鉄と云い得る。

次に平炉で製鋼の場合の酸化用鉄石として脱銅鉄を再び高温で焙焼したものが、第5表の最下段のもので、この目的に対してはCuは稍々高めだが0.1%位迄は許されるし、Sも0.1%以下であるかな差支えない。SiO<sub>2</sub>は12%で少し高いが此の程度ならば使用出来るが猶お良い焼滓を選ぶ可きで、Pの点では申し分ない。猶お平炉用の鉄石としては目下研究を進めつつあるから後報で述べたい。

## IV. 輸入及び国産鉱との比較

脱銅鉱を輸入及び国産鉱と比較する為に次の基準をとつた。即ち  $\frac{\text{不純分}}{\text{含鉄分}} \times 100$  を品位係数とし、此の数の小さな程不純物の少い優良鉱である事を示す様にした。此処で銅、硫黄、燐について比較してみると第6表の様になる。

即ち此の品位係数から見るとララツプと脱銅鉱は略等しいが、ユタ、ヅングン、マリンドケには劣る。然し国産鉱は 0.25 及び 0.35 であるから脱銅鉱の方が遙かに優良品である。

第6表 鉄鉱石中の銅含有についての品位係数

品名	品位係数	鉄鉱石の銅含有率%
釜石	0.37	0.18
赤谷	0.25	0.13
脱銅鉱Ⅰ	0.15	0.09
Ⅱ	0.13	0.07
ララツプ	0.13	0.07
ユタ	0.05	0.03
ヅングン	0.03	0.02
マリンドケ	0.03	0.02

次に燐の含有率について品位係数を求めて見ると第7表の様である。

第7表で見ると脱銅鉱の品位係数は 0.01 と 0.02 で特別に低く、此の点世界最高級と云い得るが、之に次ぐものでもヅングンが 0.05、マリンドケの 0.07 で5倍近くユタ、ララツプも優良鉱と云われているが、0.31 及び 0.73 で極めて高い。又群馬のは 1.03 という高い品位係数を示しているから高級材料は作れない。

第7表 鉄鉱石中の燐含有についての品位係数

品名	品位係数	鉄鉱石の含燐率%
群馬	1.03	0.54
釜石	0.14	0.07
赤谷	0.27	0.14
脱銅鉱Ⅰ	0.02	0.01
Ⅱ	0.01	0.008
ララツプ	0.31	0.17
ユタ	0.73	0.43
ヅングン	0.05	0.03
マリンドケ	0.07	0.04

次に硫黄含有率を比べると第8表の様な係数が求められる。

第8表で見るとユタ、ヅングン、釜石の順に良いが、それに次ぐものは脱銅鉱で外国品のララツプ、マリンドケより良く、群馬、赤谷等は尙大きな係数を示し、硫黄の点では脱銅鉱と比較にならない。

第 8 表 鉄鉱石中の硫黄含有についての品位係数

品 名	品 位 係 数	鉄鉱石の硫黄含有率%
群 馬	2.40	1.25
釜 石	0.33	0.17
赤 谷	2.84	0.48
脱 銅 鉱 I	0.50	0.301
〃 III	0.60	0.334
ラ ラ ツ プ	1.09	0.610
ユ タ	0.06	0.038
ヅ ン グ ン	0.15	0.089
マ リ ン ド ケ	1.00	0.587

## V. 脱銅鉄について考察

以上の如く品位の点について色々考察してみたが、含鉄分の点では略輸入鉄と 1:1、含磷率は著しく小であり、銅の点ではヅングン級より悪いが、ララツプ級で、中の上と云うべきで、硫黄についても上位である。

従つて鉄鉱石成分の上から見るとヅングン、ユタに劣るが、ララツプ、マリンドケよりは幾分良い事となる。国産鉄鉄は品位が低くて之と比較にならない。然しヅングン等は焼結を要する様な粉鉄であるが、之は尙一層微粉であるから、その団鉄、又は焼結、ペレタイジング等については研究を要するもので、その実験も進めつつある。

## VI. 結 論

脱銅鉄鉄を輸入鉄並びに国産鉄鉄と比べて次の結論を得た。

- ① 鉄分含有量は輸入鉄と略等しい。
- ② 銅分の含有は輸入鉄の中位である。
- ③ 硫黄分含有の点はユタ、ヅングンに次ぐ高級品である。
- ④ 含磷率は極めて低くこの点からは最高級品である。
- ⑤ 国産鉄鉄より遙かに優秀である。
- ⑥ 脱銅鉄の粉度は細かいから焼結又は団鉄の研究を要する。
- ⑦ 還元率が良いから製鉄を行い易い。
- ⑧ 平炉用鉄鉄として使い得る成分である。

以上の研究を行うに当り御指導を頂いた依国一先生に感謝の意を表し度く、又工業試験の御世話下さつた不二越鋼材橋浦常務にお礼を申し上げたい。又実験に助力された同社水落技師、研究助手今泉亨平君、福田充美君、小林聰君の労を謝す。猶お本研究は文部省試験研究費の補助を受けたもので厚く謝意を表したい。

## 引 用 文 献

- (1) 森棟隆弘；硫酸萍に関する研究 (I) 浮選による脱銅、脱硫について；鉄と鋼  
昭和15年，689~689~69
- (2) 〃 ； 同上 II 組織及成分について；鉄と鋼，昭和16年，731~743

- (3) 〳 ; 同上 Ⅲ 粉鉍中の銅について ; 鉄と鋼, 昭和17年, 607~613
- (4) 〳 ; 同上 Ⅳ 各種溶液による銅の浸出について ; 鉄と鋼, 昭和17年, 899~905
- (5) 〳 ; 同上 Ⅴ 焙焼中に起る諸変化 ; 鉄と鋼, 昭和18年, 581~592
- (6) 〳 ; 同上 Ⅵ 各種銅鉍の定量 ; 鉄と鋼, 昭和18年, 883~887
- (7) 〳 ; 同上 Ⅶ 2, 3 の脱鉍法について ; 鉄と鋼, 昭和21年, 10-12月, 5-11頁
- (8) 〳 ; 硫酸焼鉍に関する研究 (前編) 経済安定本部資源調査会地下資源部会  
昭和26年1月29日
- (9) 〳 ; 硫酸焼鉍に関する研究 (続編) 同上, 昭和26年3月
- (10) 〳 ; 硫酸焼鉍に関する研究 (後編) 総理府資源調査会地下資源部会, 昭和27年9月
- (11) 工業塩の入手難により操業停止した
- (12) 不二越鋼材技師萩原三平氏
- (13) 第4表及第5表参照
- (14) 和田 ; 実際製鉄法 59頁
- (15) 大阪通産局 ; 依臨冶金課長調査 (昭和26年12月20日)