

鐵 と 鋼 第二十二年 第十號

昭和十二年十月二十五日發行

論 說

砂 鐵 製 鍊 の 研 究

垣 内 富 士 雄*

UNTERSUCHUNG UEBER DIE VERHUETTUNG DER TITANHALTIGEN SANDEISENERZE.

Fujio Kakiuchi.

SYNOPSIS:— Alle japanische Sandeisenerze enthalten TiO_2 als Ilmenit in so kleiner Koernung, dass es auf uebliche Aufbereitungsweise nicht beseitigt werden kann. Daher hat der aus diesen Erzen durch Reduktion bei einer Temperatur unter $1,100^\circ C$ hergestellte Eisenschwamm auch noch soviel TiO_2 , wie es schon in den Erzen vorhanden ist, was im Gefolge eine Herabsetzung der Qualitaet des Eisenschwammes bedeutet.

Der Verfasser hat sich mit einer Reihe von Untersuchung beschaetigt, um den obigen Nachteil zu vermeiden und ein Verfahren erreicht, aus den Eisenerzen, die etwa 58% Fe und etwa 13% TiO_2 , enthalten, mit einem Eisenausbringen von etwa 82% Luppen herstellen zu koennen, die durchschnittlich folgende Zusammensetzung haben;

Ges. Fe	C	S	SiO_2	CaO	TiO_2
94%	2.5~3%	<0.02%	<1.00%	<0.25%	<1.80%

Er hat zunaechst die obigen Eisensande, gemischt mit 10% Kohlungsmittel und geringer Menge Kalk, durch Koksabrieb bei $1,100^\circ C$ reduziert und dann auf $1,400^\circ C$ in demselben Ofen erhitzt. Die Beschickung ist infolge der letzteren Waermebehandlung in ein Gemisch aus Schlacken und TiO_2 freien Luppen uebergegangen, weil der Schwamm sich unter den obigen Bedingungen durch Aufnahme von C in Luppen umgewandelt ist und die sich im Eisenschwamm verteilten Schlackenbestandteile zugleich davon herausgepresst worden sind.

Man muss, um dieses Verfahren erfolgreich durchzufuehren, die Schlackenbestandteile so regulieren, dass die Menge von SiO_2 unter 30% von Schlacken bleibt.

I. 緒 言

砂鐵鑛を處理するに際して製鍊上の困難を誘引する主要原因は鑛石中に含有せらるゝ TiO_2 である TiO_2 はイルメナイト ($FeTiO_3$) の形で磁鐵鑛中に其の結晶面に平行に板状を爲して極めて微細に含有せられるのが普通である而して單なる機械的選鑛のみを以て除去し得ざることは既に一般に認められて居る所である

製鐵作業に於ける夾雜物の分離は鑛石の選鑛に依るか高爐平爐作業の如く熔融状態に於て鑛滓として除去するか或は攪鍊法の如き方法が從來行はれた

然るに砂鐵鑛中の TiO_2 は普通の選鑛法を以て分離することは不可能と認められ又熔融製鍊殊に高爐の如き連續作業を必要とする場合にはアイアンペアーの生成に依て作業の繼續が不能に陥る恐れがある

著者は從來とは異なる方法に依て砂鐵を製鍊せんとし前報大弧山産珪酸質鐵鑛よりルッペを製造せる方法¹⁾と同じ原理に基きて先づ還元を行ひ次に $1,300^\circ C$ 以上の温度に加熱して鐵粒中の TiO_2 を鐵粒の外に移行せしめると同時に鐵粒の成長を進行せしめ然る後常温に於て夾雜物を機械的に分離する方法を採た

此の方法に依て Fe 約 94% のルッペを製造し且つ Fe 歩留率最高 82% に達した次に實驗の経過を報告する次第である

II. 實驗の経過

製鍊工程は次の3工程より成る

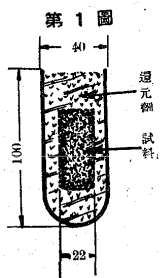
- 第1工程 鑛石中の鐵分の還元
- 第2工程 熱選鑛
- 第3工程 常温に於る金屬鐵と夾雜物の分離

* 昭和製鋼所

¹⁾ 著者 鐵と鋼 (昭12) 第23年8號

茲に云ふ所の熱選鑛法とは砂鐵鑛を還元後其の中に含有せられて居る TiO_2 を鐵粒子外に絞り出し且つ鐵粒子が互に熔接せられて粒子が成長することを主眼とせる熱處理法を云ふ 熱選鑛に滲炭劑を必要とすることは珪酸質鐵鑛の場合と同様である

將來工業化する場合 散炭爐と同様の爐に於て粉骸炭を以て還元する考へにて 此の方針に従ひ小規模試験に於ても還元劑として粉骸炭を使用した 第1圖の如くアルミナ



製坩堝内に鑛石 滲炭用粉骸及び造滓成分の混合物を還元用粉骸炭を以て包む様に装入し 此の坩堝を電氣爐内にて熱し還元及び熱選鑛を行った 還元用粉骸炭中には石灰を混合し骸炭より發生するSが鐵に入ることを防止せんとした 實驗に使用せる諸原料の成分は第1表の如し

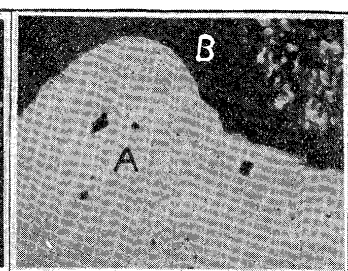
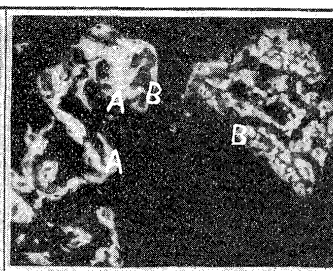
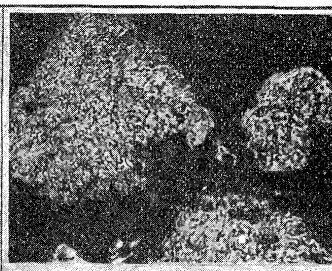
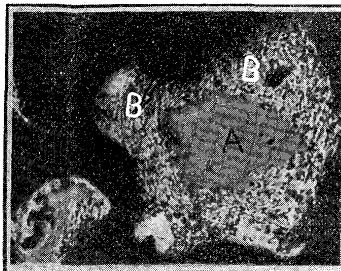
第1表 原料の成分

原 料	T.Fe	TiO_2	SiO_2	CaO
室蘭砂鐵	55.80	9.08	3.10	0.84
青森縣下北郡地内砂鐵	56.88	10.10	2.32	1.16
大分縣下毛郡大楠村海岸砂鐵	54.11	17.38	0.46	0.71
鹿兒島縣種子村砂鐵	57.60	13.02	3.28	0.43
大弧山精鐵	53.48	0	23.56	—
同 尾鐵	21.29	0	68.25	0.15
弓長嶺富鐵	70.60	0	1.18	痕跡
石 炭	—	—	0.78	91.58
粉骸炭	水分 0.18%, 揮發分 1.13% C.C. 86.48%, S 0.804% 灰分 12.39% (SiO_2 47%, CaO 2.7%)			

實驗 A. 還元及び熱選鑛に関する豫備實驗 砂鐵鑛と滲炭用粉骸炭の混合割合 還元劑 試驗溫度 試驗時間等は第2表の如し この實驗には室蘭産のものを使用した 先づ最初に前述の3工程を以て砂鐵製鍊の可能性ありや

第2圖 Sp. 203 × 124

第3圖 Sp. 204 × 124



A. 未還元部
B. 金屬鐵と鑛滓の混合組織

還元が内部まで進行し金屬鐵と鑛滓が細かく混合せるまゝの組織

Sp. 204 より高温に處理せられ金屬鐵と鑛滓の混合状態稍粗大化するもの A. 金屬鐵 B. 鑛滓

金屬鐵粒外に鑛滓を絞り出し兩者が各々成長せるもの A. 金屬鐵 B. 鑛滓

(×150 の寫眞を縮寫す)

否やに就て試験を行ふこととした Sp. 201, 202 は第1, 2 兩工程終了後 爐内冷却を行ひたるに 試料は金錠を以て破碎しなければならぬ程度に固りたれども 還元鐵の粒度は既に大となり 乳鉢内にて鑛滓部を粉碎したる後之を篩別によつて分離し得る程度となつた Sp. 201 は 100 目篩 Sp. 202 は 200 目篩にて篩別したるもので兩者の歩留りの相違 品位の差は乳鉢内に於ける粉碎の程度に依るものである 鐵分歩留り及び製品品位は第3表の如し

第2表 試料の配合 實驗の溫度及び時間

試料番 號	鑛石 滲炭用粉骸炭配合割合		還元用粉骸と石灰の配合割合		還 元 (第一工程)		熱 選 鑛 (第二工程)			
	砂鐵 (gr)	粉骸 (gr)	粉骸 (gr)	石灰 (gr)	溫度 (°C)	時間 (h)	溫度 (°C)	時間 (h)		
Sp.201	30	3	30	6	1,100	2	1,300	2		
Sp.202	"	"	"	"	"	"	"	"		
Sp.203	"	"	"	"	1,000	"	第二工程省略			
Sp.204	"	"	"	"	1,100	"				
Sp.205	"	"	"	"	1,200	"				
Sp.206	"	"	"	"	1,300	"				
Sp.207	"	"	"	"	1,200	"			1,350	"
Sp.208	"	"	"	"	1,200	"			1,400	"

第3表 製品々位並に鐵分歩留り

試料番號	T.Fe(%)	M.Fe(%)	TiO_2 (%)	SiO_2 (%)	C(%)	製品收量 (gr)
Sp.201	82.40	79.40	8.26	3.80	1.55	12.57
Sp.202	91.20	89.80	3.07	2.17	2.04	5.43

鐵分の歩留り及び製品々位の向上は更に研究することゝして 兎に角前述の工程による製鍊法によつて砂鐵を處理し得るものと考へられる 茲に於て還元溫度及び熱選鑛溫度を決定すべき實驗に進むことゝした

第2圖は Sp. 203 の製品にして 1,000°C で2時間の還元を行つたものである 鐵鑛粒の周邊部のみ還元せられて金屬鐵となり 内部が未だ還元せられてゐない 周邊部の黑色網狀物質 (顯微鏡下にては灰色) は鑛滓にして恐ら

第4圖 Sp. 205 × 124

第5圖 Sp. 206 × 124

く TiO_2 を主成分とせるものであらふ。而して此の網状物の間にある白色部は金属鐵である。1,100°C の還元處理に於ては第3圖に示せる如く鑛石の中心部まで還元が進行して居るけれども鑛滓組成の移動乃至凝集が未だ行はれるに至らない。第4圖は1,200°C で還元せるものにして還元が鑛石の中心まで進んで居ると同時に鑛滓組成の凝集成長が多少行はれて居るのを認むることが出来る。第5圖は1,300°C にて還元せるものにして鑛滓は既に鐵粒の外部に絞りに出され且つ鐵粒が互に集合熔接して其の粒度の成長を來して居る。之即ち還元と熱選鑛の目的を略々達し得たこととなる。

一方還元後に於ける試料の焼結状況を見るに1,000°C、及び1,100°C の還元に際しては試料は焼結せられざるも1,200°C に於ては極く輕微の焼結を認むるに至る。1,300°C で處理せるものは固く焼結し金錠を以て壊し得る程度に固て了た。斯くの如く焼結せられると第3工程即ち鑛滓分のみを粉碎し鐵分を原粒度のまま残す所の操作に於て多少の困難を伴ふ。鑛滓が極めて固く焼結せられた場合之を粉化せんとすれば鐵粒も同時に粉碎せられ兩者の分離が困難となる故鑛滓は出來得る限り脆弱なるを要す。而して焼結防止には造滓成分を適當に配合して置けば良く又例へ焼結せられるとも直ちに崩壊する如き造滓成分を選べばよい。

珪酸含有量の少き砂鐵を製鍊する場合には大弧山鑛の如き珪酸質鐵鑛を處理する場合と異り最初より TiO_2 の分離及び鐵粒の成長を目的とする所の熱選鑛温度を目指して加熱し特に還元の完了温度を定めて置く必要が無い。然れども珪酸の多い砂鐵鑛を處理せんとする場合には1,100°C 内外の温度にて還元を完了したる後熱選鑛處理に移る様にしなければ $FeO-SiO_2$ 系中の低温熔融物を生じ作業不能に陥る恐れあり。其の理由²⁾は茲には省略することゝす。又珪酸分少き砂鐵鑛と雖も安全第一主義で行くならば後述する如く Sp. 241~244 の實驗結果より見て1,100°C にて一先づ還元を完了したる後熱選鑛に移るのが妥當であらう。

還元鐵粒を凝集成長せしめるには如何なる方法を講ずべきかと云ふに第4, 5兩圖の比較によりて明かなる如く1,300°C に加熱することが必要である。此の熱處理によつて初めて TiO_2 が鐵粒子外に絞りに出されると同時に粒の成

長が行はれる。Sp. 207, 208 の如く1,350°C 或は1,400°C に熱すれば粒子成長の度益々大となり1,400°C の加熱に於ては約11gr に達する大粒を得るに至る。但しこれは鑛滓の粘性に影響せられる所大にして後述の Sp. 261~267 の實驗に在る如く1,400°C に熱するも必ず斯様に粒子が発達するものとは限らない。

鐵粒の成長發達に今一つの重要な要素は之に炭素を吸収せしめることである。Sp. 211, 212 (第2表参照) の比

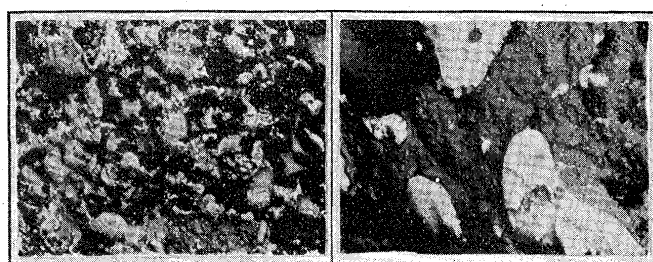
第6圖 滲炭劑を使用せず

Sp. 211 × 40

第7圖 滲炭劑を使用

Sp. 212 × 40

(×50 の寫眞を縮寫)



白色部は金属鐵粒と鑛滓の混合部にして其の中に見ゆる最白色部が金属鐵である

白色粒は金属鐵 基地は鑛滓

較によりて明かなる如く鑛石に滲炭劑を混合せざる Sp. 211 と滲炭劑を加へたる Sp. 212 とは同じ熱處理を施したれども第6, 7兩圖の如く其の粒度に於て著しき相違が認められる。

實驗 A 即ち豫備實驗の結果を總括し次の結論に達することが出來た。

(1) 第1工程(還元)—還元を完了すべき温度は高珪酸質鑛に對しては1,100°C 位を最高とする必要あり。珪酸分の低きものに對しては必ずしも此の温度限界を定むる要無かるべきも安全なる作業を行ふと云ふ見地よりやはり1,100°C 位にて還元を完了する方がよい。

還元劑として粉骸を使用し得

(2) 第2工程(熱選鑛)—砂鐵鑛中に極めて微細に分布含有せられ機械的除去の不能なる TiO_2 は酸化鐵の還元後1,300°C 以上の温度に熱すれば鐵粒の外に排除せられる。還元鐵粒の凝集成長を爲さしめるには鑛石中に豫め少量の滲炭劑を混合し置くを要す。

(3) 第3工程(常温に於ける金属鐵と夾雜物の分離)—鐵粒の外面に移行せられたる TiO_2 乃至 Ti 化合物は磨碎することに依り金属鐵より容易に分離することが出来る。

夾雜物を機械的に分離せしめるには熱選鑛時に鐵粒を出來る限り大にして置く方が有利である。

²⁾ 著者 前出

(4) 結論—還元 熱選鑛 機械的選鑛の3工程を順次に適用することに依り砂鐵よりルッペを製造することが可能である

實驗 B. 崩壊性鑛滓を作り 夾雜物の機械的分離を容易ならしめる爲めの實驗 還元及び熱選鑛を行ひて得るところのものは 金屬鐵粒と夾雜物の混合物である 熱選鑛に續いて行ふべき夾雜物の機械的分離(第3工程)に於ては金屬鐵と夾雜物の脆性の差を利用し 兩者を一緒に磨碎操作にかけて夾雜物のみを粉化せしめ 金屬鐵は元の粒度に保たしめて 兩者を分離するのである故に 容易に粉砕し得ることが重要條件の一つである 熱選鑛を行ふ爲めに高温に加熱せられた場合 若し夾雜物が熔融し 或は焼結して非常に固くなれば磨碎に際して金屬鐵も夾雜物と共に粉狀となり兩者の分離が都合良く行はれなくなつて了ふ 故に試料は例へ高温に熱せらるゝとも焼結乃至熔融現象を伴はず或は若し焼結 熔融を伴ふとしても 冷却後自然崩壊する如き鑛滓配合をして置く必要がある

高温に熱せられても堅く固まることなく又例へ一度固るとも冷却後自然崩壊する如き配合の鑛滓を 假りに崩壊性鑛滓と總稱して以下この語を使用することとする

砂鐵鑛滓の主成分たる CaO , TiO_2 , SiO_2 の割合を種々に變へて熱選鑛温度 熱選鑛に要する滲炭劑の添加量と鑛滓の崩壊性との關係に就て次の實驗を行った

(i) 鑛石 30 gr に滲炭用粉炭 2 gr 以下を混合し 1,100°C で2時間還元し 1,300°C で2時間熱選鑛を行つた場合及び鑛石 25 gr に滲炭用粉炭 2 gr 以下を混合し 1,100°C で2時間還元 1,350°C で熱選鑛を行つた場合の鑛滓の崩壊性範圍; —著者は曾て $CaO-TiO_2-SiO_2$ 系の熔融物に就て試驗を行った際 本系内に崩壊性部分のあることを認め¹⁾ 當時のデータより此の範圍を

圖示すれば第8圖の $CaO-A-B-C$ の範圍である 但し是は純粹の CaO , TiO_2 , SiO_2 の混合物を一度熔融したる後冷却せる場合に成立するもので 木實驗の如く成分の異なる配合物を熔融點以下の一定温度で加熱する如き場合には自ら異なる結果に到達することは想像に難くない

第4表は試料の配合及び處理法を 第8圖は試驗の結果を圖示せるものである 崩壊性範圍は $CaO-D-E-F$ の範圍にして 純粹の CaO , TiO_2 , SiO_2 を熔融した場合よりも縮小せられて居る 而して此の崩壊性範圍にて製鍊せる試料を磁製乳鉢にてよく摺り交ぜ鑛滓分を粉化除去して得たるルッペの成分は第5表に示す如し

第4表中 Sp. 210~227 は室蘭砂鐵 Sp. 228~232 は青森砂鐵 233~234 は大分砂鐵を使用した 其の他弓長嶺鑛は造滓成分添加に依る鐵分含有量の低下を防止する意味で混合せるもの CaO , SiO_2 及び大孤山磁選尾鑛は鑛滓成分を變へる目的に添加せるものである(各種の砂鐵を使

第4表 原料の配合その他

試料番號	砂鐵鑛 (gr)	弓長嶺鑛 (gr)	大孤山尾鑛 (gr)	生石灰 (gr)	滲炭用粉炭 (gr)	處理法	崩壊性
Sp. 210	20	10	3	5	2	還元 1,100°C 2hr	×
" 211	"	"	"	"	0		×
" 212	"	"	"	"	1.5		×
" 213	"	"	"	6	"		×
" 214	"	"	"	7	"		×
" 215	"	"	"	8	"		○
" 216	"	"	15	4	2		×
" 217	"	"	"	5	"		○
" 218	"	"	"	6	"		○
" 219	30	0	0	2	"		×
" 220	"	"	"	4	"		×
" 221	"	"	"	6	"		○
" 222	10	20	3	5	"		×
" 223	"	"	"	6	"		×
" 224	30	0	0	5	"	●	
" 225	"	"	2	6.5	"	×	
" 226	"	"	3	13	"	○	
" 227	20	"	0.75	6.3	1.5	○	
" 228	25	"	0	4	2	○	
" 230	"	"	"	"	"	●	
" 231	"	"	"	4.5	"	○	
" 232	"	"	"	5	"	○	
" 233	"	"	"	5	"	●	
" 234	"	"	"	7	"	○	
" 235	15	15	0.84	4.5	"	○	

註 ○ 崩壊性鑛滓 × 非崩壊性鑛滓 ● 半崩壊性鑛滓

¹⁾ 梅津 垣内 日本鑛業會誌 昭和5年 11月 994頁

第 5 表 CaO-D-E-F 内にて製鍊せるルッペの成分

試料番號	T, Fe(%)	TiO ₂ (%)	SiO ₂ (%)	C(%)
Sp. 217	88.40	6.92	1.97	—
"	(96.20)	(1.38)	(0.40)	—
" 218	88.00	6.80	1.33	—
" 222	81.20	8.88	2.17	—
" 224	92.60	3.32	0.60	—
"	(96.00)	(1.18)	—	—
" 226	86.00	5.60	2.00	—
" 231	84.40	8.86	—	—
" 232	92.80	2.36	0.87	1.79
" 233	88.40	6.36	—	—
" 234	94.40	4.00	—	—
" 235	88.20	6.20	—	—

用せしは實驗上の必要からでは無く試料の缺乏のためである)

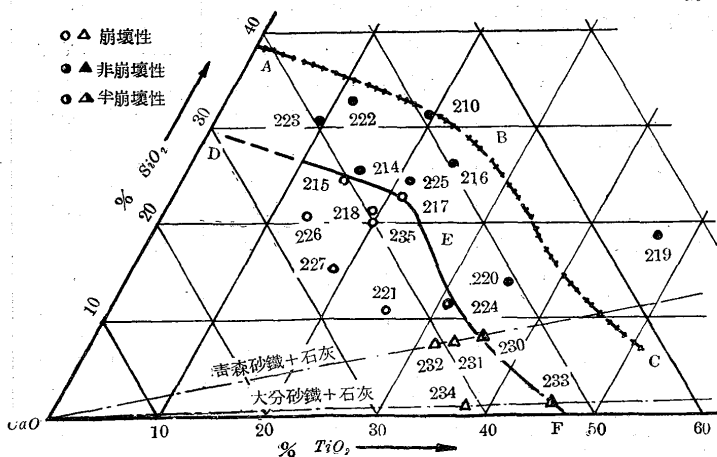
此の實驗結果に基いて云へば夾雜物の割合が第8圖 CaO-D-E-F 内に入居るか 或は僅かの造滓成分添加によりて此の範圍に入る如き砂鐵鑛ならば 砂鐵 25~30gr に付き 2gr の滲炭用粉骸を混合し 還元を行ひたる後 1,300°C 以上の溫度で熱すれば 製鍊可能にして 容易に夾雜物の分離が行はれる

然るに日本砂鐵にして此の崩壊性範圍に入る如き夾雜物を有するもの無く 従て造滓成分をこの範圍に入れるためには多量の CaO, SiO₂ を添加せねばならない 而して若し多量の CaO 或は SiO₂ を添加するとせば それだけ鐵分品位が低下することとなり 熱選鑛時に於ける鐵粒の凝集成長が妨げられ 歩留りを低下する缺陷を伴ふ

著者は茲に於て崩壊性範圍を擴大せしめるための實驗に移ることとした

(ii) 滲炭劑添加量の増加に依る崩壊性範圍の擴大; 一日本砂鐵にして第8圖 CaO-D-E-F の範圍に在るもの殆んど無し 従て實際製鍊するに際しては多量の石灰を添加して鑛滓成分を此の範圍内に入れなければならない 斯くす

第 8 圖

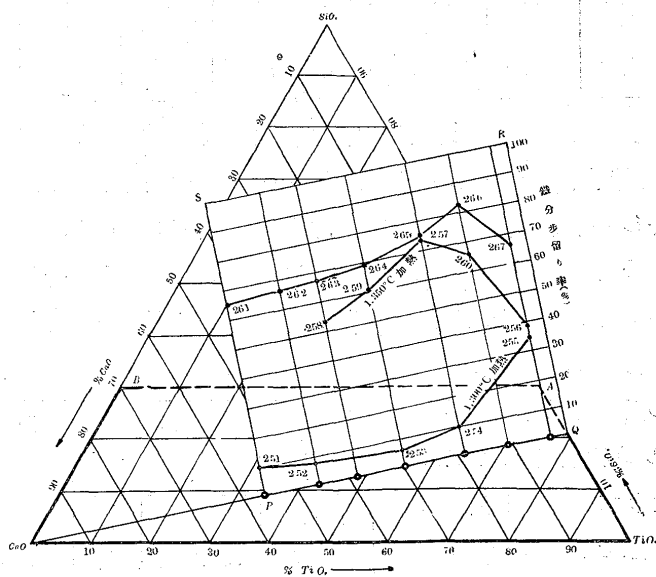


れば勢ひ鐵分品位の低下を來し 還元鐵粒の成長が妨げられ其の結果鐵分回收率を良くすることが困難となる 然るに鑛滓中に C が混入すれば崩壊性になる傾向ある故に此の事實を利用せんとして 鑛石中に混合すべき滲炭用粉骸炭を増量して見ることとした 此の目的は造滓成分として添加混入すべき石灰その他を出來得る限り少くし 而も崩壊性鑛滓を作りて製鍊せんが爲めである

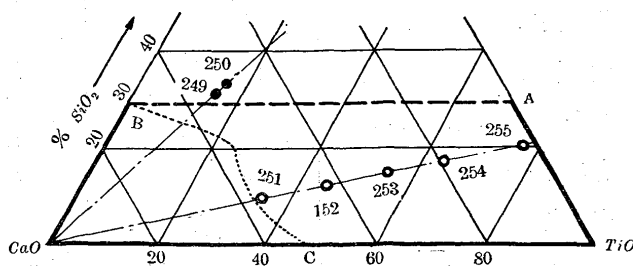
Sp. 249 及び 250 は鹿兒島砂鐵 15gr に大弧山精鑛 15gr を混合せるものに 又 Sp. 251~255 は鹿兒島砂鐵 30gr に夫々 3gr の滲炭用粉骸と 1~7gr の石灰を混合した 而して鑛滓成分は計算により第9圖に記入の所に相當す 還元は 1,100°C, 2時間 熱選鑛は 1,300°C で2時間とす

實驗の結果より見るに SiO₂ の多き Sp. 249, 250 は崩壊性の部分と非常に硬く燒結せる部分より成り 之を若し大規模に行ふならば圓滑なる作業を爲し得ないと考へねばならない Sp. 251~255 は多少の相違はあれども何れ

第 10 圖



第 9 圖



も崩壊性となった。

崩壊性は CaO の少くなるに従て失せられる傾向なるも Sp. 255 の如く CaO 少き試料に於ても尙焼結するに至らなかつた

Sp. 251~255 は還元及び熱選鑛を行ひたる後磁製乳鉢にてよく磨碎して鑛滓成分を粉化水洗した 斯くして得られたルッペの成分は第6表の如くなつた 磨碎の程度に従て品位向上するも 歩留りが急激に低下した

此の實驗に於て確められたことは SiO_2 の量が鑛滓成分の約 30% 以下ならば砂鐵製鍊は本法を以て遂行の可能性充分なることである 然れども鐵の歩留りの點より見て此のまゝにては實用化し得ないことが明かである 茲に於て歩留りの改善に関する實驗に進むこととした

第 6 表 Sp. 251~255 の製品

試料番號	第 3 工程 (磨碎水洗) 後の製品々位と收量					
	第 1 回		第 2 回		第 3 回	
	品位 (Fe%)	收量 (gr)	品位 (Fe%)	收量 (gr)	品位 (Fe%)	收量 (gr)
Sp. 251	81.66	10.18	85.68	5.81	92.12	1.97
" 252	82.28	9.48	87.96	4.42	95.04	1.22
" 253	83.60	11.56	89.36	1.81	94.40	0.87
" 254	82.00	7.90	88.98	5.00	92.84	1.74
" 255	89.32	6.50	95.16	3.21	—	—

實驗 C 鐵分歩留り改善に関する實驗 前項記載の如く砂鐵鑛に約 10% の滲炭用粉骸を加へ 且つ石灰を添加混合し 造滓組成中 CaO , TiO_2 , SiO_2 の割合が第 9 圖 $CaO-TiO_2-B-A$ の範圍即ち SiO_2 が CaO , TiO_2 , SiO_2 含量の 30% 以下となる様に調節すれば 還元と熱選鑛が容易に行はれルッペと鑛滓

の崩壊性混合物が得られ 之は磨碎と水洗によりてルッペと鑛滓に分離せられる 假へ鑛滓が上記の範圍に入る如き成分を有するとも鐵の歩留りに對しては其の内に自ら最適の成分範圍と熱選鑛溫度が夫々の砂鐵に就いて有る譯である 著者は鹿兒島縣種子村砂鐵について試驗を行ひ第

10 圖の如き成績を得た

$CaO-P-Q$ 線上の○印は PQRS 面上に記入せる試料の鑛滓の $CaO-TiO_2-SiO_2$ 系上に於ける成分割合を示す 例へば Sp. 251 及び Sp. 261 の鑛滓の成分割合が $CaO-TiO_2-SiO_2$ 系中 P 點の位置に相當することを示すが如し PQRS 面上には $1,100^\circ C$ で 2 時間還元せるものを $1,300^\circ$, $1,350^\circ$, $1,400^\circ C$ で 1~2 時間熱選鑛處理を行ひ 之を冷却後乳鉢内にて碎き この際粉狀化せる鑛滓成分を水洗して得たるルッペの鐵分歩留りを示し 第 7 表は其の化學成分を示す (Sp. 251~255 の成分は第 6 表)

熱選鑛溫度 $1,300^\circ C$ に於ては鐵鑛中に含有せられたるチタン化合物は既に還元鐵の粒子の外側に移行せられたれども 鐵粒の成長が未だ進展せられない これは還元鐵粒の表面に移行せるチタン化合物の薄膜が鐵粒の相互熔接を妨害するためであらふ 即ちこの溫度で處理せしものは粒度小なる故 之を磨碎し鑛滓を水洗するに當り多量の鐵分損失を伴ふ譯である 第 6 表及び第 10 圖の最下線に示す如き不成績となつた 熱選鑛溫度を $1,350^\circ C$ とせば鐵粒も稍大となり 鐵分歩留りも相當高くなり Sp. 257 では約 74% の鐵分回收率を示した $1,400^\circ C$ で處理せるものは凡て 65% 以上の歩留り率を示し Sp. 266 は最高にして歩留り率 82% に達した 且つ鐵粒の成長大なる故鑛滓の分離も容易に行はれた

III. 總 括

(1) 砂鐵製鍊法 著者が適用せる製鍊法は還元熱選鑛

第 7 表

試驗番號	装入物 (gr)		還 元	熱 選 鑛	ル ッ ペ 成 分 (%)					
	鑛石 及 滲炭 劑	石灰			T. Fe	SiO_2	TiO_2	CaO	C	S
Sp. 256	鑛石 30 粉骸 3	0	1,100°C 2 hr.	1,350°C 2 hr.	90.43	1.08	6.64	—	1.05	0.008
" 257		1			90.36	0.66	6.08	0.176	1.62	0.019
" 258		3			92.18	0.36	3.24	0.145	2.35	0.017
" 259		2			90.60	0.60	4.80	0.202	1.89	0.003
" 260		0.5			91.56	0.58	4.68	0.274	1.47	0.010
" 201	鑛石 30 粉骸 3	6	1,100°C 2 hr.	1,400°C 1 hr.	94.20	0.24	0.88	0.241	3.17	0.008
" 262		4			92.90	0.54	1.28	0.158	2.73	0.012
" 263		3			94.27	0.42	1.52	0.252	2.88	0.010
" 264		2			93.82	0.58	1.48	0.126	2.52	0.009
" 265		1			93.20	1.26	1.76	0.189	2.25	0.014
" 266		0.5			93.26	0.70	1.52	0.214	2.52	0.022
" 267		0			94.63	0.64	1.32	0.076	2.77	0.006

(還元劑は粉骸炭 40gr 石灰 8gr の混合物とす)

及び鑛滓の機械的分離の3工程より成り作業を容易に遂行するために鑛滓成分の調節と滲炭剤の添加を必要とす

先づ鑛石の造滓成分中 CaO , TiO_2 , SiO_2 の含量に對し SiO_2 量が約 30% 以下となる様に CaO を添加更に鑛石量の約 10% に相當する滲炭用粉骸炭を添加混合して之を約 1,100°C で還元用粉骸炭を以て還元す 然るときは鑛石中の鐵分は還元せられて金屬鐵となりスポンヂ鐵が出来るけれども 鑛石中に微細に含有せられたる TiO_2 はそのまま略原位置に止り 従て此のスポンヂ鐵は機械的に分離し得ざる TiO_2 を含有せるまゝの低級物に過ぎない 然るに次の工程に於て 1,300°C 以上に熱すれば此のスポンヂ鐵は C を吸収して軟化し又鐵粒が互に熔接して粒度の稍々大なるルツペとなると同時にスポンヂ鐵粒の内部に包含せられたる TiO_2 はルツペ粒外に絞り出される 粒外に絞り出された TiO_2 は CaO , SiO_2 其の他の酸化物と共に鑛滓を作り或は窒化物 炭化物等となりてルツペの表面に付着す 而してこの鑛滓及びルツペ表面に付着せる窒化物或は炭化物は磨碎と水洗によりルツペより分離せられる最後の機械的分離を容易に行ひ得るためには前述の如く豫め鑛滓成分を調節すること、滲炭剤の添加を必要とする 而て滲炭剤はルツペ粒度の成長に必要なると同時に鑛滓の崩壊性を助長するに役立つものであり 又鑛滓成分の調節は崩壊性鑛滓を作るを目的とし 前記の如く SiO_2 を 30% 以下に保持すると同時に砂鐵鑛の成分に應じて TiO_2 と CaO との關係をも調節して作業の容易なる遂行と鐵分回收率の向上を期する様にしなければならない 鹿兒島縣種子村砂鐵に對しては約 10% の滲炭用粉骸と約 1.5% の石灰を添加し 1,100°C 付近の溫度で還元したる後 1,400°C で加熱すれば良好なる成績が得られる

(2) 製品 上記の方法に依て鹿兒島砂鐵より製造せるルツペの成分は大體の平均値が次の如く 其の鐵分歩留り率は最高 82% に達した

$T.Fe$	C	S	CaO	SiO_2	TiO_2
94%	2.5~3%	0.02%以下	0.25%以下	1%以下	1.8%以下

第8表に示せる久慈砂鐵スポンヂ鐵に比し 鐵分含有量に於て又 TiO_2 の分離程度に於て著しく優れるものと考へられる 又同表中 南亞チタン鐵鑛より製造せる P.R. Forsyth のスポンヂ鐵に比すれば鐵分の歩留りに於て劣れるも S の低き點では製品の利用價値に於て格段の相違がある スポンヂ鐵の熔解に際しては C の必要なることが報告¹⁾せられて居る 上記のルツペ中に C を 2.5~3% 含有せる事實は熔解作業に際して熔融點の低下と酸化損失の防止に役立ち S の含有量低きことと共にスクラップ代用品としての價値を十分に具備せるものである

他の砂鐵に關する試験 工業試験は原料さへ入手すれば直ちに實施すべく又粉狀ルツペの製團法も試験の豫定である

第 8 表 久慈砂鐵及び南アフリカ産チタン鐵鑛より製造せるスポンヂ鐵

成 分 %							步留 り%	備 考
$T.Fe$	$M.Fe$	C	Si	P	TiO_2	S		
69.2	48.4	0.36	0.93	0.03	15	—	上野 鐵と鋼(昭6), 692頁	
73.4	49.6	0.44	1.30	0.10	18	—		
51.84	—	0.18	2.02	0.07	16.66	0.019	長谷川 砂鐵, 昭11, 271頁	
68~75	45~70	—	—	—	—	—		
89.6	—	—	1.7*	—	3.4	0.47	P. R. Forsyth. J. Chem. Met. Min. Soc. S. Africa, 1936, p. 132	
85.9	—	—	"	—	4.3	0.35		

註 (* = SiO_2)

終りに臨み小柳津研究部長 三田主査の御懇篤なる御指導を深謝し 又實驗に従事せられたる研究所第二班の諸君の勞を謝す

¹⁾ 鐵と鋼 深田 (昭 2.) 368 頁