

A. 電氣爐に依る製鍊

砂鐵の電氣熔融製鍊に於ける各種
還元劑の效果に關する研究

(第2回砂鐵部會講演)

向山 幹夫

ON THE EFFECTS OF THE REDUCING MATERIALS IN THE ELECTRIC
SMELTING OF THE MAGNETIC SAND.by *Makio. Mukaiyama*

SYNOPSIS:— It is accepted, in general, that the reduction of the iron ore in the electric furnace by carbonous materials, is executed at the fusion state; i. e. from the liquid and solid phases contacting with the evolution of CO gas. The thermal energy required for the reduction is supplimented with electric current which passes through the fused masses overcoming the resistances. The intensity and the amount of the heat are generally due to the total resistance of the fused mass, including the unreacted carbonous materials. The reduction of the iron in the electric smelting is principally the "DIRECT REDUCTION". Therefore, in this case, the combustibility and the strength of the reducing materials, such as cokes, charcoal, antheracite, and etc., are not so important as in the ordinary blast furnace process.

Meanwhile the reactivity and the electric resistivity of the reducing materials, become the dominating factors.

The writer made several experiments for the reduction of the magnetic iron sand with various kinds of reducing materials in a special platinum resistance furnace and arrived to the following conclusions.

- (1). The reactivity and the degree of the absorption of carbon in the pig iron produced, show great differences according to the reducing materials used in the reduction.
- (2). Charcoal has poor reactivity and requires higher temperatures for the same effects, but it has moderate electric resistances which contribute to the furnace a moderate and accurate control. The latter function seems to be the dominating factor in the electric furnace when it is adopted.
- (3). There is no definite relations between the reactivity and the degree of the absorption of carbon in the pig iron produced. Graphite and antheracite have comparatively large coefficient of the absorption of carbon.
- (4). A small addition of vanadium pent oxide in the charge and consequently in the pig iron produced, introduces the higher content of carbon.
- (5). The surface condition and the specific gravity of the reducing material dominates the reactivity as well as the electric conductivity, the former on account of the surface tension between liquidus and solidus, and the latter of the porosity of the material.

目 次

I 緒 論

II 研究の概要

第1節 研究の概要 第2節 實驗

(イ) 實驗の方法 (ロ) 試料

III 實驗の結果

第1節 酸性鑛滓による還元劑の效果

(イ) 砂鐵のみの場合 (ロ) 特に砂鐵に

ヴァナジウムを加ふる場合

第2節 鹽基性鑛滓による還元劑の效果

(イ) 砂鐵のみの場合 (ロ) 特に五酸化

ヴァナジウムを加ふる場合

IV 總括及び結論

I. 緒 論

鐵鑛石を製鍊するに當りては之に使用すべき還元劑の種類に依りて同一製鍊方式を採るも操業上種々異なる注意を必要とす。例へば銻鑛爐製鍊に於て木炭を使用するものと骸炭を使用するものとはその容量、風壓及び其溫度に可成の差異あるが如し、従つて之等各種の場合に應じて之に依りて製造せらるゝ銑鐵の種類も亦大なる差別を生ずることあり。即ち木炭銑、平爐銑、鑄物銑、特殊銑等の如し。之等操作法及び製品の種類は鑛石の性質、熔劑の性状等によりても亦支配せらるゝ所あれ共その影響を最も多く受くるは還元劑なり。

海綿鐵を製造するものには還元劑として瓦斯を使用するものあり¹⁾。或は又直接固態炭素を使用し之によりて還元を行ふものあり。前者は暫く之を置き後者に就きて見るに、鑛石、殊に砂鐵の還元せらるゝ状態は使用還元劑によりて可成り著しき影響を蒙むること明かなり^{2) 3) 4)}。銻鑛爐製鍊に於ては還元劑は一旦燃焼して瓦斯化せられ主としてこの瓦斯が鑛石を還元するものなり。従つて之に使用する還元劑の燃焼度 (Combustibility) 及び反應度 (Reactivity) は最も重要な事項にして之に就きて研究論議するもの多し^{5) 6) 7)}。之等によれば爐内に於ける反應は還元劑の有する之

等の性質によりて大に支配せらるゝものとすべしと。従つて還元劑 (例へば骸炭) の物理的並に化學的性質に應じて其の操作に甚大なる注意を拂はざる可からず、而して爐内に於ける還元反應は其の大部分が熔融前の低溫度還元帯に於て行はるゝを以てこの製鐵化學反應は専ら瓦斯による還元を考慮せば可なり。故に熔融體内に於ける固態炭素による還元はこの銻鑛爐に於ては大なる問題とならざるなり。

次に海綿鐵法に就きて之を見るに、この場合にも亦還元は専ら装入物が熔融する前の低溫度に於て行はる¹⁾。故に假令固態炭素を還元劑として使用するものありとも還元は瓦斯相を通じて行はるゝものと思ふことを得べし。

所謂直接還元と稱する海綿鐵製造法にありては鑛石と還元劑とは密接なる接觸を望み難きを以て還元反應に際して中間的に瓦斯相を考ふことは最もよくこの反應を了解するに便なり。従つてこの方法による還元の反應は最初より瓦斯を使用する時は勿論、所謂固態炭素を使用するものにあつてもその還元は瓦斯による間接還元として説明し得らる可し。ヘガネス法による磁力選鑛精鑛に對し石炭粉を用ふるものは寔にこの適例なり²⁾。

斯くの如くにして還元劑の燃焼度は最も重要な因子となるものと思ふことを得可し。

今電氣爐に於ける鐵鑛の還元を見るに還元反應の大部分は熔融體内部に於て行はる³⁾、前記諸例の如くに還元が瓦斯によりて行はるゝは一少部分にて、比較的僅少なるものなり。低爐型の製鍊爐

1) C. E. Williams Spongy iron produced in kilus. Iron tr. J. p. 343. 1924.

2) 岩瀬 金屬の研究 7 No. 3. 4. 6

3) Iron Trade J. Studies direct reduction of ores Jun. 19, 1924.

4) 桂 鐵と鋼 15. No. 9

5) Iron Age. Making pure iron commercially. Vol. 116 p. 625

6) R. A. Sherman. Combustibility of blast furnace cokes. Iron Age p. 1043. 1925.

7) G. St. J. Pesrot & S.P. Kinney. Burning cokes in blast furnace Iron tr. p. 941, 1923.

1) 岩瀬 金屬の研究 (前掲)

2) E. Fornander The direct production of iron Chem. & Met. Eng. 1924. p. 64.

3) 向山 鐵と鋼 19. No. 1

を使用するものにありては殊に然りとす。この場合には熔融體內にては炭素、酸化鐵及び熔劑とが融合し共存するを以て（但し炭素は混合浮遊すべし）酸化鐵及び炭素は直接によく接觸し反應を進めて鑛石が金屬鐵に還元せらるゝものとすべし。故に前記諸例と異りてこの場合には炭素の反應度が最も重視せらるべき問題となるなり。又更に電氣爐に於ける製鍊に於てはこの熔融體が主なる電氣回路の抵抗體となり且つ茲を通ずる電流によりて加熱せられてこれを熱源となすものなり。従つて熔融體殊に炭素劑の電氣傳導度は又作業操作上重大密接なる關係を有するものなり。

故に電氣爐用還元劑としては反應度と共にこの電氣傳導度に対する特性を最も重視せらるゝものなり。又殊に熔融體上部の加熱せられたる装入物を通して表はるゝ電力の空費は主としてこの炭素材の性質によるものなり。従つて電氣製鍊を順調ならしむる爲に必要な還元劑の特性は次の如くなるべし。

- (1) 反應度大なること。
- (2) 適當なる電氣抵抗を有すること。

以上の如き考察をなすときは前記電氣製鍊用還元劑としては、其の有する諸性質によりて判斷して従來より一般に取扱はれたる材料を其儘應用するを躊躇せしむるに充分なる理由あり。従來電氣製鍊にありては還元劑として専ら木炭を賞揚す。之は木炭の還元に対する(1)の反應度よりも寧ろ(2)に対する良好なる性質を利用せるものなり。之は電流の調節を最も重視するに基くものなり。銑鐵製造の如き場合には其の製品の價格は極めて低廉なり。従つて其の使用せらるべき還元劑の電氣爐の操業運轉に支障を來さざる限り入手し易く

且つ低廉なるものを採用すべきなり。如斯にして還元劑の撰擇は電氣製鍊を實際的に進む上に最も重大なる事項の一つとなる。依つて著者は本研究に於て先づ砂鐵の電氣熔融製鍊に使用し得らるる見込ある還元劑に就きて其の還元及浸炭に及ぼす効果（反應度）に關する研究を行ふ事とせり。次に電氣抵抗其他の物理的性質を闡明にせんとするものなるも之等は各個所によりて著しく變化するものなるを以て實際使用に當りては之の適確なる價を求むるの必要ありて、寧ろ大規模の實驗に俟つべきものなり。故に茲には先づ還元劑の効果即ち其の還元及び浸炭の効果を研究し従つて還元劑の製品に及ぼす影響を決定せんと欲す。

以下この研究に關する大要を記述すべし。

II. 研究の大要

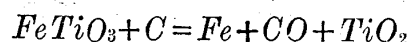
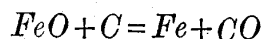
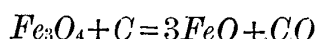
第1節 研究の大要:一製鐵作業に使用し得べき還元劑は其の數頗る多し。之が製造法及び原料を異にする爲に還元劑として使用する場合種々なる特長と缺點とを有す。然れども現今製鐵製品の市價極めて低きを以て之に使用する還元劑は之を應用する操作に許容し得らるる限り低廉なるべきを要件とすべし。今日比較的低廉に入手し得らるべき材料は石炭、骸炭(及粉末)、無煙炭、木炭等なり。以上の中骸炭最も廣く採用せらる。

砂鐵は他の鑛石に比較して稍還元容易ならざる缺點あり。間接還元(海綿鐵法も含む)に於て還元劑は先づ容易に燃焼することを要するものにして岩瀨博士の研究によれば $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上の高溫度に於ては還元劑は何れもよく還元を進め其の種類によりて殆んど差異なしと云ふ¹⁾。之は畢竟斯る高溫度に於ては孰れの還元劑もよく燃焼して瓦斯となりこの瓦斯によりて砂鐵が還元せらるゝに

¹⁾ 岩瀨 (前掲)

依るべし。

之に反して熔融還元に於ては炭素劑の反應度が重大なる關係を有するものなり。而してこの反應度は木炭、骸炭、無煙炭によりても異なる事勿論なるも亦更に木炭中にては其の種類によりて著しき相違あり。熔融帶内にては熔融せる砂鐵が浮遊せる炭素に接觸し茲に還元の反應を進むるものにして次の如き反應式によるものと假定せらる。



元來チタン酸を多量に含有する砂鐵に於ては分離せるチタン酸が鑛滓組成中によく吸集せらるゝことを必要とす。而して之が還元を起さしめざる爲に分離せる一酸化鐵は速かに還元せらるゝ事を條件とするを以て之に使用する還元劑は反應度大なる程宜しき譯なり。

故に著者は本研究に於て木炭¹⁾、半骸炭、骸炭、骸炭粉末、煇石²⁾、無煙炭³⁾、石炭末を採りて之を電氣爐内にて熔融體と接觸せしめて砂鐵を還元せり。而して其製品及び其生成量より反應度を區別せり。

第2節 實 驗

(イ) 實驗の方法:—80 メッシュ以下に篩分せる試料を秤量し砂鐵 10 瓦に就きて之がトリシリケート及びセスキシリケート系の鑛滓組成を有せしむる様熔劑を添加せり。之は酸性及び鹽基性鑛滓の代表的なる組成なるを以て之に依りて性能の差別著しき鑛滓組成に於ける作用を明確ならしむる事とせり。

之は熔融體より還元する時は鑛滓組成によりて製品の變化著しきが故なり。實驗にては秤量せる

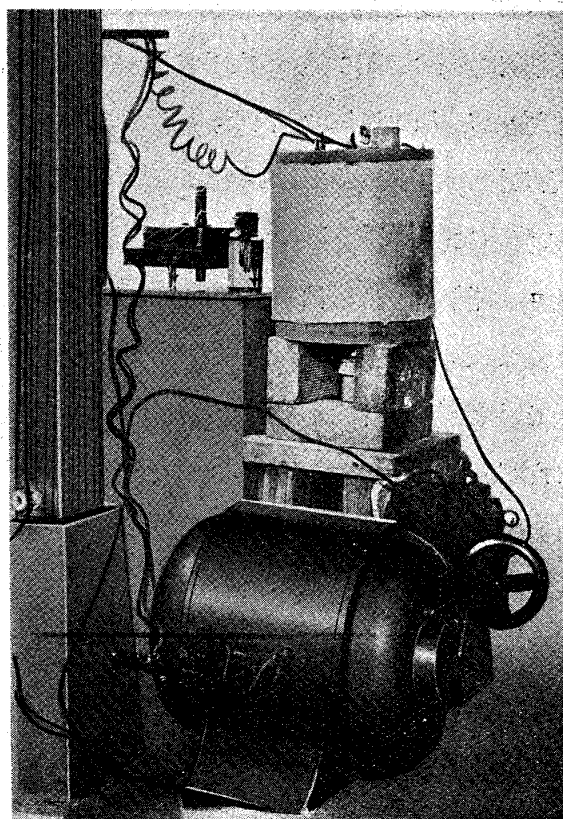
¹⁾、²⁾、³⁾、岩瀬 (前掲)

試料をとり炭素坩堝内に入れ之を豫め瓦斯にて熱し揮發分を除去せり。之を熱したる爐内に装入し一定溫度にて1時間保持し取出して其儘之を空中にて冷却せり。之より其鑛滓との分離及熔融の狀況を検出せり。

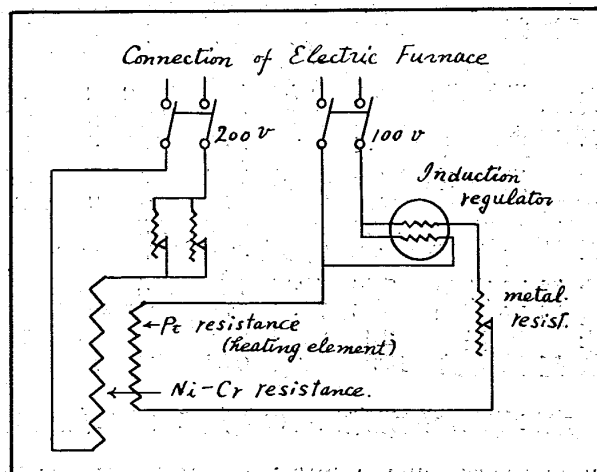
本研究に於て使用せる爐は白金線及ニクロム線を抵抗體とするものなり。其の結線は第1圖の

第1圖 電氣抵抗爐及び其の電氣接續圖

(1) 白金、クロム電氣抵抗爐



(2) 電氣接續圖



如し。此圖に示す如き各所に於ける調整によりて、溫度の調節は比較的正確に之を行ふを得たり。實驗に於ては熔融溫度(爐の溫度)を1,375°Cとせり。之はこの溫度が銑の生成臨界範圍以下なるを以て實驗中先づ同一種類の銑鐵(白銑)を得るべく従つて還元劑の浸炭狀況を検出するに最も便なるべきを以てなり。製品は分析及び顯微鏡検査によりて其の生成する狀況並に浸炭の狀況を検出するに供したり。

試験に際して殊にヴァナジウム酸化物を裝入物と添加せるものあり。之はヴァアナジウムの還元による浸炭作用を擴大して通常の砂鑛還元との比較の参考に供せしめむが爲なり。

(ロ) 試料:一砂鐵は千葉産砂鐵を磁選鑛したるものにして熔劑には石灰石と珪石とを使用せり。又還元劑は種々之を變更す。其成分第1表に掲げたるが如し。

第1表 原料の成分表

(1) 鑛石及熔劑の成分

種類	Fe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	V ₂ O ₅	CaO	MgO
	%	%	%	%	%	%	%	%
鑛石	63.43	0.80	11.35	0.14	0.15	0.23	0.02	0.16
珪石	0.71	97.98	tr.	0.08	0.02	tr.	—	—
石灰石	0.18	0.52	"	0.03	0.01	"	54.15	0.12

(2) 還元劑の成分

種類	灰分 %	固定炭素 %	水分 %	揮發分 %	鑛石10gに就きての使用量 g	比重
木炭(松炭)	1.53	80.55	5.90	12.02	2.43	1.498
無煙炭(大寶面)	19.00	72.30	3.38	5.32	2.77	1.707
粉炭(美唄)	19.84	43.42	3.42	33.50	4.61	1.459
炭末	18.69	73.34	1.67	6.30	2.73	1.789
レトルド・カーボン	0.79	95.03	2.31	1.87	2.103	1.772
黒鉛(電極破片)	21.37	77.79	0.27	0.57	2.57	2.213
半炭	9.63	74.14	4.60	11.36	2.69	1.543
軟燭石(高島)	7.86	71.47	1.19	19.48	2.81	1.422
硬燭石(")	9.95	78.47	1.69	9.87	2.55	1.570
木炭(堅)	2.65	82.99	9.76	4.60	2.41	1.624
無煙炭(本溪)	13.98	83.98	0.57	1.47	2.39	1.743

之に依れば還元劑はその種類によりて組成並に物理的性質に著しき相違あり、前表の比重は其の

一例なり。之を用ひて還元を行はしむるに砂鐵鑛石が磁鐵鑛並にイルメナイトより成るものと假定し之が還元して銑となるに必要な炭素量を計算し以て所要の固態炭素量を求めたり。即ち固態炭素として鑛石 10 瓦に對して 2.007 瓦の炭素を裝入添加する事とせり。

第2表は各種還元劑の灰分を閉却せる場合に得らるべき鑛滓組成なり。

第2表 鑛滓の組成表

鑛滓の名稱	公式	酸性	鹽基性	SiO ₂ の比 CaOの比
トリシリケート	3SiO ₂ :2RD	180	112.1	1.605
セスキシリケート	3SiO ₂ :4RD	180	224.3	0.801

鑛滓の名稱	SiO ₂	CaO	MgO	TiO ₂	Al ₂ O ₃
トリシリケート	46.46	29.10	—	20.00	2.50
セスキシリケート	34.22	40.50	—	20.00	2.50

前表に於ける如く比重に著しき差異ありてこれはその還元劑の組成に又關係す、一般に比重小なるは有孔度大なるべく又電導度小なるべし、これらに關する比較實驗は之を省きたるもよくかゝる事象は認め得らるゝところなり。

III. 實驗の結果

第1節 酸性鑛滓による還元劑の効果

(イ) 砂鐵のみの場合:一第1表に掲げたる各種の還元劑をば夫々計算量丈取りて熔劑と共に10瓦の砂鐵に加へて加熱し之を還元せり。以上の中揮發分高きものは之より何れの還元劑を用ふるときも炭素坩堝内に充填せる試料(蓋をなす)は之を瓦斯焔によりて約800°Cに加熱し直ちに之を豫め操作溫度に熱したる管式電氣爐に裝入せり。其後加熱部の爐溫度が所定溫度(1,375°C)に達したる後各1時間宛裝入物を爐内に保持せるものなり。鑛滓は特に珪酸分に富むものたらしめ以て鑛滓組成と還元劑とが還元及び浸炭に及ぼす

效果を検出せり。

其の結果銑の收率及び熔融の状況は第3表に掲ぐるが如し。之によれば銑の收率（鑛滓中に分布せる小粒は弱磁石を用ひて捕集しよく選別し之を

第3表 銑鐵の熔融狀態及び銑の分離狀況

No.	還元劑の種類	銑の破面状態	加熱時間分	銑鐵回收率	
				g	%
1	レトルトカーボン	白銑	30	4.50	75.00
2	"	"	60	5.05	84.25
3	"	"	90	5.25	87.50
5	半骸炭	"	30	4.62	76.60
6	"	"	60	5.25	87.50
7	"	"	90	5.65	93.75
9	骸炭末	"	30	4.72	78.40
10	"	"	60	5.67	94.45
11	"	"	90	5.65	93.75
13	骸炭	"	30	4.60	76.75
14	"	"	60	5.35	89.40
15	"	"	90	"	"
17	軟煽石	"	30	4.60	76.75
18	"	"	60	5.85	97.50
19	"	"	90	"	"
21	硬煽石	"	30	4.05	67.60
22	"	"	60	5.27	87.90
23	"	"	90	5.80	96.60
25	無煙炭(大實)	"	30	4.65	77.42
26	"	"	60	5.82	97.00
27	"	"	90	5.92	98.50
29	黒鉛(電極片)	"	30	3.15	52.50
30	"	"	60	3.66	61.00
31	"	"	90	3.70	61.70
33-35	粉炭	分離不良(海綿鐵)	30-90	—	—
37-39	堅木炭	"	"	—	—
41-43	軟木炭(松)	"	"	—	—
45	無煙炭(鴻基)	白銑	30	3.95	65.80
46	"	"	60	4.65	77.50
47	"	"	90	5.00	83.45

銑鐵に加へて全收量とせり)は還元劑によりて可成り相違あり。殊に或種の還元劑にては砂鐵は還元せられて海綿狀となるも熔融浸炭すること少なく一塊となりて鑛滓と充分分離せざるものあり。又或ものにありては頗る迅速に白銑粒となるものありて還元劑を變すれば之に應じて製品の組成及び形狀が變化すること著し。第3表にて木炭によりては海綿鐵のみなりしはこの者の吸炭力尙ほ小なると豫定鑛滓中にチタン酸の含量を増加し鑛滓の熔融點上昇を來せるによる。従つて木炭の場合にはこれよりやゝ高溫度にて熔融を行ふて吸炭力

を増加せしむると共に炭素量の添加割合をやゝ増加するの必要あり。

第4表は骸炭以下各種還元劑による還元割合及び銑鐵の組成主として炭素量が時間と共に變化せる狀況を示すものなり。而して木炭にてはすでに述たる如く殆んどすべてが海綿鐵狀となり銑として分離せざりき。

第4表 各種還元劑による還元割合及銑鐵の組成表

(主として炭素量が時間と共に變化する狀況)

(A)

No.	Si	Mn	V	Ti	P	T.C.	G.C.	G.C./T.C.
	%	%	%	%	%	%	%	
1	0.034	0.238	0.265	tr.	0.019	3.336	tr.	—
2	0.475	0.190	0.265	"	0.026	3.68	0.489	13.30
3	0.886	0.238	0.265	"	0.032	4.056	0.473	11.65
5	0.043	0.238	0.350	0.895	0.021	2.457	tr.	—
6	0.456	0.238	0.412	1.057	0.032	2.550	0.104	4.08
7	0.894	0.238	0.412	1.142	0.029	3.735	0.011	0.29
9	0.224	0.143	0.350	tr.	0.019	3.203	0.665	20.70
11	—	—	—	—	—	3.473	0.164	4.70
13	—	—	—	—	—	2.891	0.322	11.25
14	0.456	—	0.295	tr.	0.030	3.491	0.104	2.89
15	—	—	—	—	—	3.73	tr.	—
17	—	—	—	—	—	2.759	0.055	2.00
18	0.444	—	0.395	tr.	—	4.050	0.060	1.48
19	—	—	—	—	—	4.090	0.055	1.34
21	—	—	—	—	0.032	3.018	0.066	2.00
22	0.325	—	0.395	tr.	0.098	4.186	0.833	20.00
23	—	—	—	—	0.026	4.268	0.593	14.05
25	—	—	—	—	—	2.313	0.110	4.76
26	0.394	—	0.319	tr.	—	2.495	0.382	15.30
27	—	—	—	—	—	2.822	0.218	7.74
29	—	—	—	—	—	4.254	0.724	16.95
30	0.394	—	0.395	tr.	—	4.335	0.820	18.90
31	—	—	—	—	—	4.704	1.078	22.80
37	0.117	—	0.210	0.201	0.293	0.899	—	—
38	0.200	—	0.226	0.233	—	1.220	—	—
39	0.226	—	0.198	0.269	—	1.750	—	—
45	—	—	—	—	—	3.409	0.216	6.34
46	0.422	—	0.604	tr.	—	2.932	0.027	0.93
47	0.906	0.238	0.456	0.089	0.023	3.000	0.327	10.90

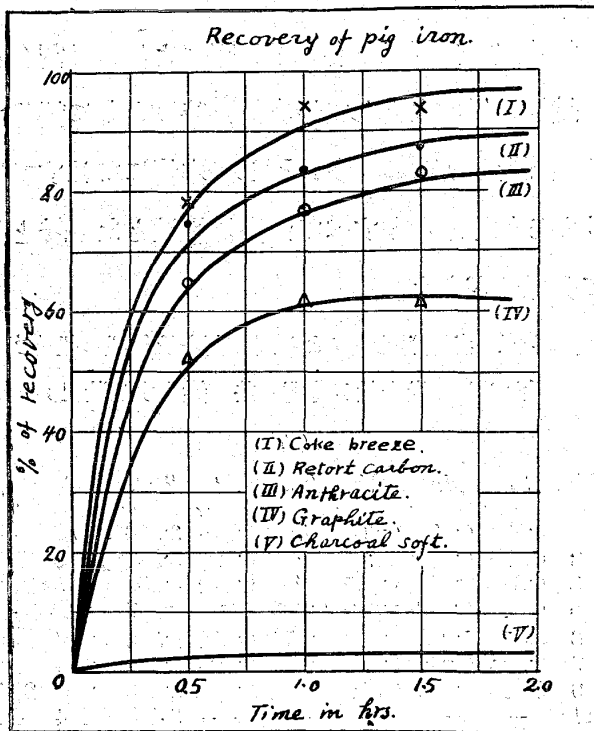
(B) 鑛滓の組成表

No.	SiO ₂	TiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CuO	MgO	MnO	V ₂ O ₅
	%	%	%	%	%	%	%	%
2	46.31	19.05	5.20	3.29	24.05	1.48	0.61	0.05
6	43.52	18.75	2.90	5.67	25.92	2.24	0.61	0.04
10	45.87	18.93	5.78	4.95	24.33	1.74	0.61	0.04
14	45.54	19.65	4.35	3.37	26.33	2.03	0.49	0.05
26	45.27	18.20	4.25	2.68	23.33	0.17	0.68	0.04

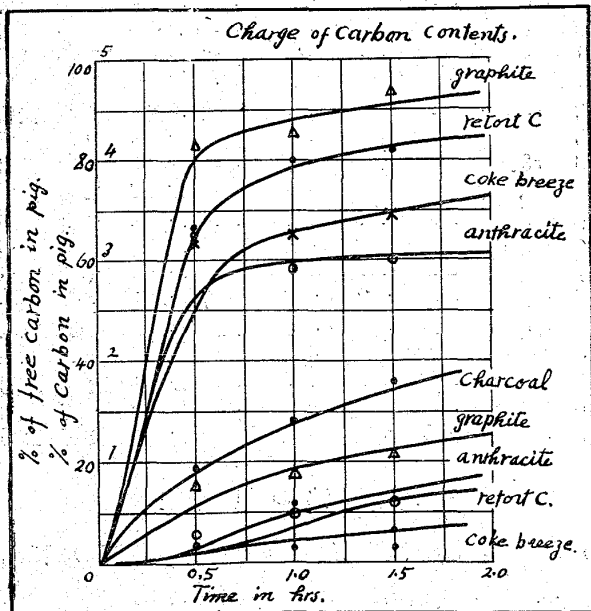
此の結果よりして茲に求めたる還元劑の反應度の差異を明かに認識するを得べし。

第2, 3圖は之が圖解を試みたるものなり。

第2圖 各種異なる還元剤により得たる
銑鐵の回收率



第3圖 各種の還元剤にて製せる銑鐵内の
炭素及其の化合系の變化圖



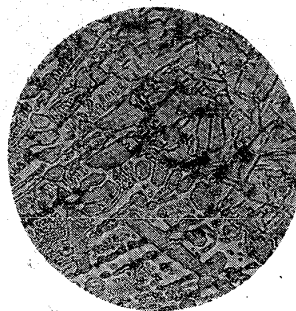
之等の結果を綜合すれば之の示すところに依りて各種還元剤の還元速度換言すれば反應度を窺ひ知るを得るなり。

第4圖はこの種鑛滓に於て各1時間宛爐内に一定温度で保持せしめたる時に製鍊して得たる銑

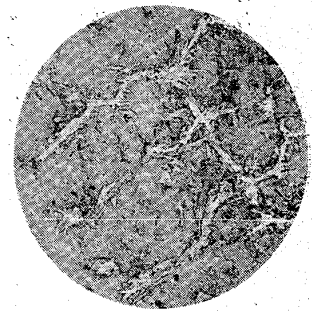
の組織圖なり。此の生成温度(爐内温度)は從來の研究に徴する時は白銑のみ製造せらるべき範圍内なり。而して今熔融し製鍊し得たる銑の顯微鏡試験の結果は之を明かにし何れも白銑のみにしてよく此事實を證明せり。

第4圖 各種の還元剤にて得たる銑鐵の顯微鏡組織
(酸性鑛滓 加熱時間60分 温度1,375°C)
×...120 5%ピクリン酸にて腐蝕

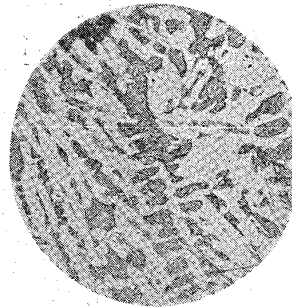
- (1) レトルトカーボン
- (2) 半骸炭



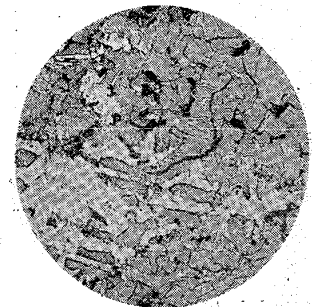
(3) 骸炭末



(4) 骸炭



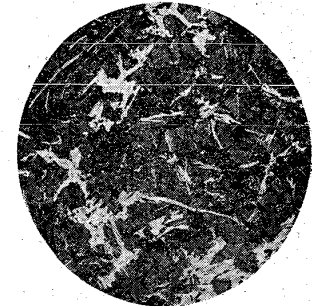
(5) 軟煽石



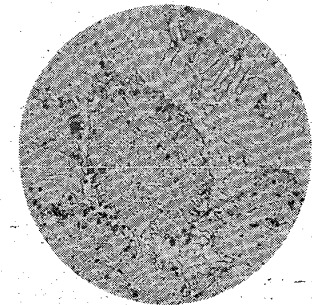
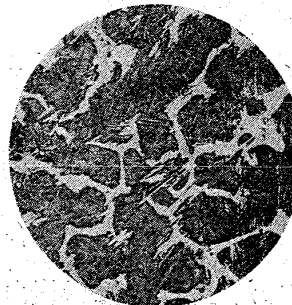
(6) 硬煽石



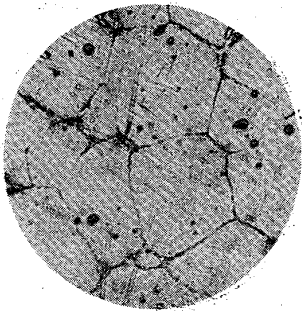
(7) 無煙炭(大賣面)



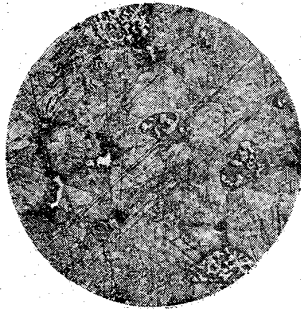
(8) 黒鉛(電極片)



(9) 粉炭(美唄)



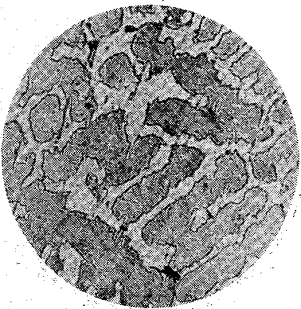
(10) 堅木炭



(11) 軟木炭(松)



(12) 無煙炭(本溪)



(ロ) 特に砂鐵にヴァナジウムを加ふる場合

原料中に適當のヴァナジウムを含有するときは如何なる鑛滓を用ふるも之を容易に還元して銑中に至らしめ得ること明かなり。而して之元素が還元せられて銑中に至るときは浸炭の力を著しく増大す(セメントイトを作り易し)。依つて種々異なる還元劑を使用せる場合之が其還元劑と如何なる關係あるべきやを検出することは最も肝要なる事項の一つなり。依つて前記の装入配合割合に更にメルク製出酸化ヴァナジウム(98%)を0.5瓦づつ添加し同時に還元劑の量をも其の計算量より10%宛増加して還元を行はしめたり。

第5表はこの結果による銑の組成を示す。第5圖は之等製品の代表的なる組成圖を示すものなり。

第5表 装入物中に特に五酸化ヴァナジウムを添加して製せる銑鐵の組成

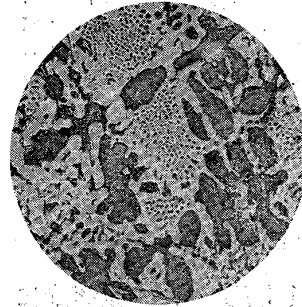
No.	V	Si	Ti	T.C.	G.C.	G.C.%	還元劑
50	0.247	0.385	0.032	3.491	0.126	3.90	レトルトカーボン
51	—	—	—	3.109	0.360	11.55	骸炭末
53	0.427	0.394	0.053	3.150	0.202	6.42	
55	—	—	—	3.818	0.180	4.75	硬扇石
56	1.770	0.657	0.131	4.113	0.354	8.65	無煙炭(大寶)
57	1.680	0.235	0.134	4.055	0.141	3.46	黒鉛

第5圖 含ヴァナジウム酸量を變化し各種還元劑にて得たる銑鐵の顯微鏡組織

(酸性鑛滓 加熱時間 60 分)

×=120 5% ピクリン酸にて腐蝕

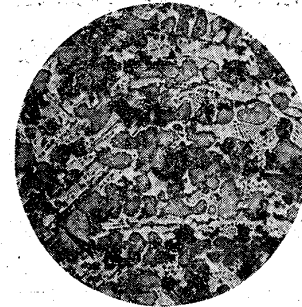
(1) レトルトカーボン



(2) 骸炭末



(3) 無煙炭(大寶)



(4) 黒鉛



第2節 鹽基性鑛滓による還元劑の効果

(イ) 砂鐵のみの場合:— 一般に鹽基性鑛滓を使用する時は砂鐵よりの還元量は増加し同時に銑鐵への浸炭量をも増加するを得べしとせらる。即ちこの事實は或は石灰鹽の媒觸作用¹⁾に基くものなりと云ひ或は又炭酸石灰の生成に基因するものなり²⁾とも稱せらる。其の孰れに基くものなりとも其結果として現はるゝものはよく此事實を肯定するに足るものあり。著者が曩に發表せる所は又之と同様なる事實を示せり³⁾。

今砂鐵を熔融して還元するに其還元劑を變化し同時に鑛滓は鹽基性鑛滓を使用し石灰に富むものとせり。其装入割合は酸性度より見てセスキシリケートを作り爲す様に秤量して取れるものにして鑛滓の豫定成分及生成の割合第6表に示す如し。

¹⁾ 岩瀬 鐵と鋼 17. No. 6.

²⁾ 平岡 鐵と鋼 15. No. 12.

³⁾ 向山 前掲

第6表 鑄滓組成表

No.	S.O ₂	TiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CuO	MgO	MnO	V ₂ O ₅
	34.22	20.00	2.50	2.50	40.50	—	—	—
	(豫定成分)							
	(得たる鑄滓)							
4	39.17	18.95	3.88	4.27	35.56	1.97	0.74	0.04
8	37.11	18.05	4.55	1.38	36.67	1.90	0.68	0.04
12	35.27	18.25	3.59	3.73	39.40	1.99	0.49	0.05
16	32.88	18.05	5.66	3.00	39.08	1.88	0.49	0.06
20	31.11	21.65	4.64	1.48	37.71	2.39	0.68	0.04
32	33.85	18.60	6.63	2.82	37.99	2.24	0.61	0.05

此鑄滓を用ひ又第1表に示す還元劑を用ひて熔融せるに第1節に述べたる處に比較して其還元量も一般に大きく浸炭量も増加せり。

第7表は各1時間宛(1,375°C)一定溫度に保持せる場合の製品の組成なり。之による時は還元量は大體第1節に述べたる處と比例するものなり。この結果よりして相異なる各種還元劑の反應度を推定し得らるべし。

第7表 各種還元劑組成

No.	還元劑	Si	Mn	V	Ti	P	T.C.	G.C.	G.C. %
4	レトルトカーボン	0.501	0.238	0.265	0.073	0.013	4.176	1.178	28.15
8	半骸炭	0.097	0.190	0.412	0.057	0.029	3.644	0.016	0.44
12	骸炭末	0.391	0.143	0.415	tr.	0.026	3.454	0.625	18.10
16	骸炭	0.194	—	0.395	〃	—	4.032	0.360	8.95
20	軟煽石	0.216	—	0.420	〃	tr.	4.104	0.164	3.90
24	硬煽石	0.363	—	0.363	〃	—	4.163	0.435	10.45
28	無煙炭(大寶)	0.263	—	0.395	〃	—	3.500	0.327	9.35
32	黒鉛	0.338	—	0.400	〃	—	4.377	0.630	14.25
40	堅木炭(一部生ぜる鉄塊)	0.175	—	0.416	〃	—	4.254	0.653	15.25
48	無煙炭(本溪)	0.197	0.240	0.577	0.069	0.032	4.022	0.322	8.05

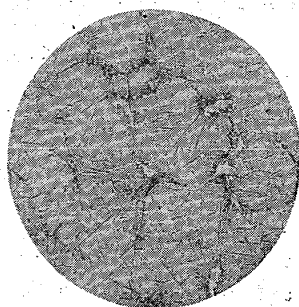
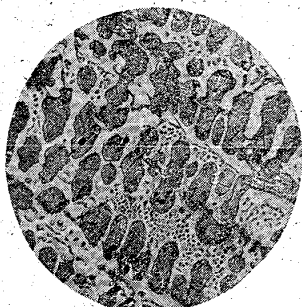
第6圖はこの研究によりて得たる銑の代表的組織圖なり。

第6圖 各種還元劑にて得たる銑鐵の顯微鏡組織圖 (鹽基性鑄滓 加熱時間 60分)

×.....120 5%ピクリン酸液にて腐蝕

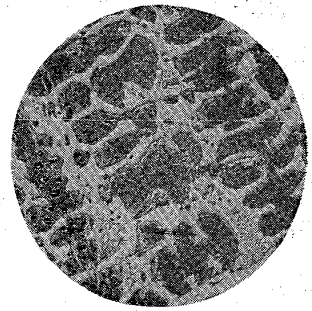
(1) レトルトカーボン

(2) 半骸炭



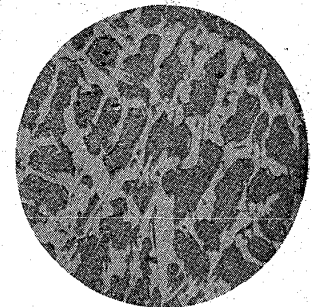
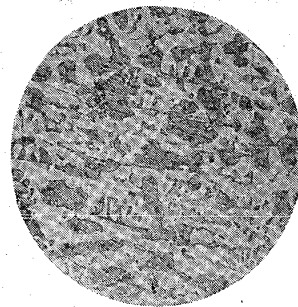
(3) 骸炭末

(4) 骸炭



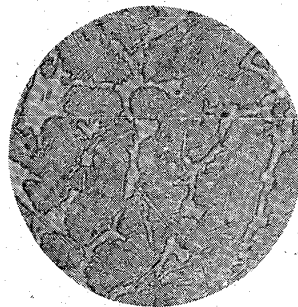
(5) 軟煽石

(6) 硬煽石



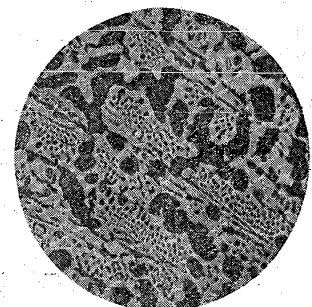
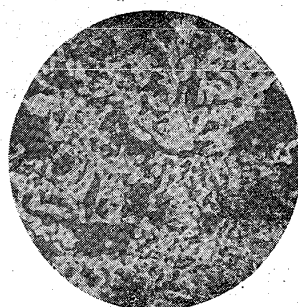
(7) 無煙炭(大寶)

(8) 黒鉛

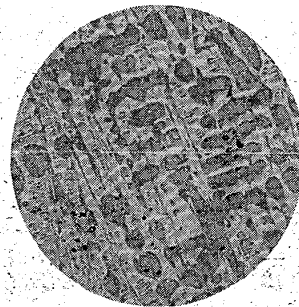


(9) 粉炭

(10) 堅木炭



(11) 無煙炭(本溪)



(ロ) 特に五酸化ヴァナジウムを加ふる場合

前節に述べたる所と同一なる理由に基きて所定装入物に五酸化ヴァナジウム0.5瓦づつを添加せり(砂鐵 10 瓦に就き 0.5 瓦)之を爐内にて熔融し還元して銑を製造せり。

第8表は(a)は此の熔融に関する結果を、(b)は此の銑の組成を示す。之等によればヴァナジウムを原料中に多量に加ふる時は珪酸性鑛滓に比して浸炭作用が著しく進行するものなることを示せり。

第8表 鹽基性鑛滓に於てヴァナジウム酸を添加して熔融せる場合の狀況

(a) 熔融狀態				銑鐵回收率	
No.	還元劑	熔融狀態		—gr	—%
58	堅木炭	分離せず(海綿狀)		—	—
59	レトルトカーボン	白銑		5.44	90.66
60	骸炭末	〃		5.75	95.50
61	半骸炭	〃		5.90	96.67
62	骸炭	〃		4.95	82.50
63	軟煖石	〃		5.42	90.33
64	硬煖石	〃		5.25	87.50
65	無煙炭(大寶)	〃		5.90	96.67
66	黒粉炭	〃		4.25	70.83
67	軟木炭(松)	分離せず(海綿狀)		—	—
68	軟木炭	〃		—	—

(b) 銑鐵の成分							
No.	還元劑	V	Si	Ti	T.C.	G.C.	G.C.%
58	堅木炭	1.236	0.103	0.095	1.358	0.029	2.30
59	レトルトカーボン	1.680	0.199	0.130	4.000	0.062	1.55
60	骸炭末	2.863	0.131	0.098	3.831	0.035	0.90
61	半骸炭	2.160	0.094	0.068	3.013	0.081	2.59
62	骸炭	4.105	0.426	0.053	4.059	0.433	10.61
63	軟煖石	2.624	0.135	0.099	4.570	0.062	1.65
64	硬煖石	4.453	0.216	0.073	4.622	0.056	1.40
65	無煙炭	2.680	0.094	0.130	3.943	0.163	4.12
66	黒粉炭	1.240	0.197	0.073	4.127	1.211	33.10
67	軟木炭	—	—	—	—	—	—
68	軟木炭	—	—	—	—	—	—

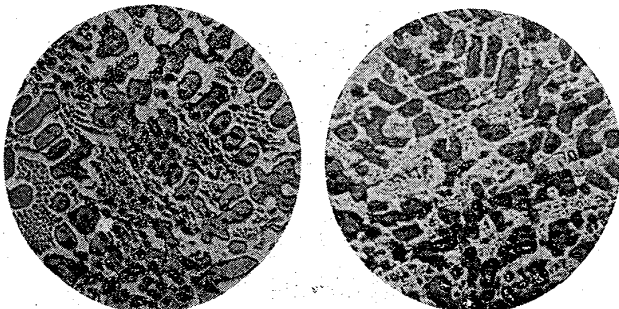
第7圖は此の際得たる代表試料の顯微鏡組織圖なり。

第7表 特にヴァナジウム酸を加へたる場合各種還元劑を變化して得たる銑鐵の顯微鏡組成圖

(鹽基性鑛滓 加熱時間 60 分)

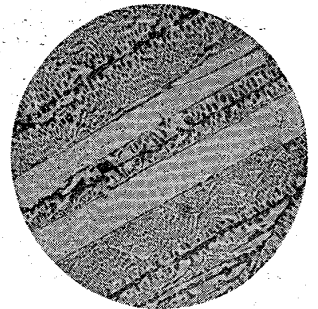
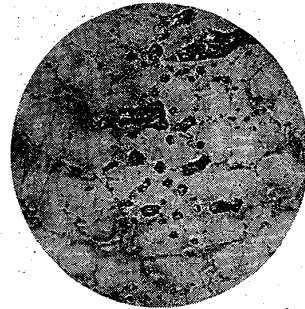
X ··· 120 5%ピクリン酸液にて腐蝕

(1) レトルトカーボン (2) 骸炭末



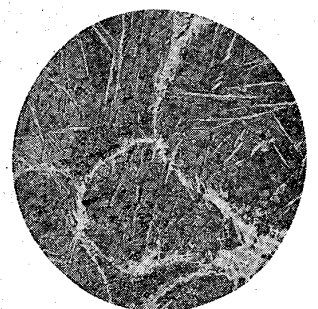
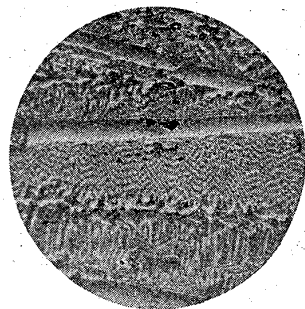
(3) 半骸炭

(4) 軟煖石



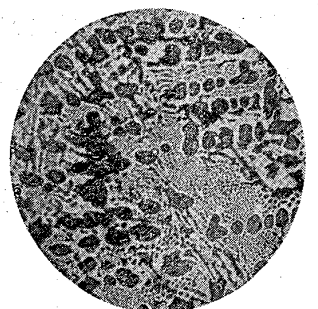
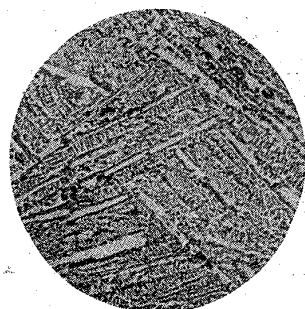
(5) 硬煖石

(6) 無煙炭(大寶)



(7) 黒鉛

(8) 骸炭



IV. 總括及び結論

製鍊用の還元劑として最も特異なる2種の性能あり。この性能及び物理的特性より判斷せば鐵鑛石の鑛爐製鍊の場合又は海綿鐵製造の際には先づ還元劑が瓦斯化する事換言すれば燃燒率の良否が最も重大の因子となるなり。而して物理的性質中電氣抵抗の如きものは強度と異なり大なる關心なし。然るに電氣製鍊に於ては本研究により之と反對に固態炭素の反應度及び物理的特性殊に電氣抵抗が最も重要なる所以を明にせり。又更に進みて各種の還元劑をとりて之が熔融製鍊に於ける反應度を研究せり。即ち、

- (1) 木炭の反應度は從來の信條にもどり却つて小なり又浸炭度も少なり。然れども其物理的特性殊に有孔密度による電氣傳導度の關係より實用せらるべきものなる事を明かにしたり。
- (2) 還元劑中石炭反應度最も劣等にして木炭、人造黒鉛之に次ぐ、所謂劣等燃料たる骸炭末、半骸炭、無煙炭等は却つて良好なる事を示せり。尤も之等のもの、内には物理的性質より電氣爐に使用する事の不適當なるものあり。
- (3) 人造黒鉛又は電氣爐にて焼成せられたる黒鉛末は反應度大ならざるも吸炭量は大きなり。
- (4) ヴァナジウムは之を含有する時銑への浸炭作用を大に進むるの作用を爲す。
- (5) 熔融體内に於ける此固態炭素は熔融體とは單に混合するのみなり均一なる熔液とならずして熔融體内を浮遊す。従つて熔融體内に

於ける此浮遊粒と熔融體との重さ(密度)と表面張力との相互的關係より反應接觸の機能を異にすべし。之によりて密にして比較の見掛比重大なる還元劑の方反應度大なる所以を了解し得べし。

- (6) 従つて理想的なる還元劑としては反應度大にして而かも適當なる電氣抵抗を有せるものを選ぶべきものなり。

而して之等は又熔融して生ずる鑛滓の組成及溫度によりて之に應ずる變化あるべきなり。又一般に鑛滓の鹽基度を増加する時は之に従つて還元劑の反應度増加し浸炭量も亦増大す。

附記 本研究に際し御懇切なる御指導を賜つた三菱製鐵株式會社常務取締役松田貞治郎氏並に同社取締役工學博士河村驥氏に厚く感謝の意を表す。又實驗に従事せる三菱鑛業研究所堀内義雄、谷内敏男氏並に諸員に感謝す。