

電氣爐銑鐵製造の理論的研究

向山 幹 夫

THEORY OF THE PRODUCTION OF PIG IRON IN ELECTRIC FURNACES.

Mikio Mukaiyama.

SYNOPSIS:— The production of pig iron in electric furnaces might be considered as essentially different from that of the ordinary blast furnaces, from a theoretical point of view. Here, the author predicates on the theory of the production of pig iron that the essential differences in the two processes, are the equilibrium of the system and the velocity of the reaction, i. e. in electric furnaces the chemical equilibrium of the system is the dominating factor for the quality (composition) of the finished product and therefore its structure, and in the ordinary blast furnaces, the reaction velocity plays the most important role.

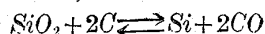
After a discussion of the mechanisms of the production of pig iron in electric furnaces theoretically from this stand point, the author made many experiments dealing with the reduction under a constant pressure of carbon-monoxide gas at different temperatures in an electric furnace, especially for the absorption of carbon and the reduction of silicon, which are, generally, accepted as the most important elements in pig iron.

As a result of the experiments, he was able to create a space model about the equilibrium of the system.

By means of this model, one can easily and exactly find the conditions for the smelting of iron ore in electric furnaces for a given composition of pig iron.

The bases of this new space model are given in the following short explanations.

(1) For silicon content in pig iron, the author states that the reduction of silica to silicon with solid carbon should be a reversible reaction. Therefore, the reaction attains its equilibrium for each temperature, under a constant pressure of CO gas, i.e.



Then, the higher the temperature and the concentration of SiO_2 in slag, the greater the concentration of Si in pig iron. And the concentration of Si in pig iron is dominated by this equilibrium, in spite of its large solubility in molten pig iron.

(2) The system is bivariant under a constant pressure.

(3) For the carbon content in pig iron, he mentions that the absorption of carbon in pig iron is due to its solubility in iron, which changes with both the temperature and the concentration of silicon in the iron. That is, the higher the temperature and the smaller the concentration of Si, the larger is the solubility of carbon in pig iron.

He made demonstrative experiments on an industrial scale with a 3 phase-200. K. W. electric furnace by smelting magnetic sand. By means of the new space model, he choiced several kinds of slag for the refining of the magnetic sand and at certain temperatures and under a constant pressure, he could produce pig iron of the expected composition.

目 次

第 I 章 緒 論

第 II 章 本研究の理論的考察

第 III 章 基礎的實驗

第 1 節 炭素溶解度の測定

實驗の方法、實驗試料裝置、其他

- (1) 試料 (2) 加熱裝置 (3) 溫度の測定

(4) 分析法

實驗結果

實驗結果の吟味

第 2 節 珪素還元平衡の觀測

實驗の方法 實驗の原料、裝置、其他

- (1) 原料 (2) 加熱裝置 (3) 溫度測定 (4) 一酸化炭素の發生及び送入 (5) 冷却法 (6) 分析法

實驗結果

實驗(A)の結果(熔滓組成と溫度と銑の組成との關係)

(イ)溫度と銑の組成との關係 (ロ)溫度と銑の顯微鏡組織との關係 (ハ)熔滓組成と銑の組成との關係 (ニ)熔滓組成と銑の組織との關係

實驗(B)の結果(時間と銑の組成との關係)

(イ)銑の組成と一定溫度に保持する時間との關係 (ロ)銑の組成と溫度との關係 (ハ)銑の組成と熔滓組成との關係

實驗(C)の結果

新立體圖型の考察

第3節 本研究立體圖型の工業的應用の研究

圖型應用の實驗概説

實驗試料、實驗裝置、方法等

- (1) 製鍊の方法 (2) 原料 (3) 加熱裝置
(4) 溫度の測定 (5) 分析法

實驗結果

實驗結果の吟味

第IV章 結 論

参考文献並に附記

第I章 緒 論

鑛石より銑鐵を製造するに當りて如何にして之を白銑、鼠銑となすかを明知することは重要なる問題なり。更に之を任意に所要の組成及び組織のものとなすことは一層重要なる問題なり。然れどもこの重要なる問題に對して行はれたる學理的¹⁸⁾研究²⁴⁾尙ほ甚だ不充分なり。依つて之に關する確實なる理論の示されたるものあるを見ざるは頗る遺憾なり。

今日行はるゝ製銑法は之を熔鑛爐法と電氣爐法とに二大別せらる。熔鑛爐製銑には長き年月の經驗あり。従つて右の如く製銑の理論尙ほ充分ならざるに關せず種々なる銑鐵を製造し得るに至れり。然れども電氣爐は其の應用の時日未だ淺くして經驗甚だ不足なり。之が爲に電氣爐に依りては

尙ほ所要の銑を自由に製造し得るに至らざるなり。依つて電氣爐製銑の爲に特に此の理論的研究の必要を痛感せり。

翻つて熔鑛爐内に於ける製鐵反應を考察する時は電氣爐内の夫れとは著しき相違あるを見る。即ち熔鑛爐に於ては熔鐵の細滴が落下する際高溫度に灼熱せられたる炭素及び熔滓と相接觸す。然れども此の接觸時間は甚だ短少にして迅速に落下し熔槽に到達す。従つて其の銑の組成を支配するのは其の反應の平衡に非らずして寧ろ其の反應速度^{(1), (10)}なりと考ふるを至當なりとすべし。此の場合に於ても熔槽内にては熔銑と熔滓とが相接觸するは勿論なり。然れども熔銑の層甚だ厚きを以て之と熔滓との間の平衡を考ふることは困難なり。電氣爐製銑にありては前記の如く熔鐵の細滴と炭素及び熔滓との接觸自由ならず。然れども熔銑をして其の表面に浮ぶ熔滓との接觸時間は充分之を長からしめ得べし。従つて電氣爐製銑に於ては熔滓と熔銑との平衡を重視すべきものなり。即ち此の場合には熔滓は未反應酸化鐵を多く含み而かも之に炭素を懸遊せしめ得べし。又其の反應部たる熔滓溫度の調節をも自由になすを得べし。斯如くにして電氣爐製銑に於ては熔銑と炭素及び熔滓間の諸溫度の平衡状態が銑の組成に重大なる影響あるものと考へらるゝなり。

約言すれば熔鑛爐製銑に於ては熔銑と炭素及び熔滓の諸成分間の反應速度が重要視せらるべきなり。然るに電氣爐製銑に於ては右諸成分間の平衡が重要なる問題となる。

依りて本研究に於ては次の如き方針を採りたり。即ち第1には熔銑と炭素及び熔滓間の平衡を研究し白銑、鼠銑又は其の他の銑を製造するに必

要なる理論的條件を定む。第2には此の理論的條件を電氣爐製鉄に應用し以て所要の銑鐵を自由に得らるべきや否やを研究す。右の如くにして行ひたる研究結果の要領次の如し。

1. 銑中の珪素。熔銑内の珪素の溶解度は頗る大なり。然れども熔滓内の珪酸と炭素との化學反應に於ては平衡の關係によりて珪素の生成に一定の限度あり。此の限度の爲、熔銑内の珪素濃度は其の溶解度に達することを得ず。換言すれば熔銑内に溶解せる珪素は其の飽和度に達することを得ず。之は熔銑内の珪素濃度に關する頗る重要にして興味ある事項なり。先づ熔銑を或る高溫度にて熔滓に接觸せしめ珪素が其の平衡に應ずる量に達したりとせむ。次に之を熔滓と接觸せしめずして冷却する時は此の理論によりて銑中の珪素は析離せらるゝことなし。従つて熔銑内の珪素濃度は右の平衡の溫度のみによりて定まること明かなり。而して又此の熔銑の冷却せられて固體となりたる銑中の珪素量は其の冷却中の炭素分離量を支配す。故に銑鐵中の炭素が分離する量は熔銑の接する熔滓の組成と溫度とにて定まることを知る。

2. 著者は右の理由により更らに進んで諸高溫度にて炭素に接觸せる熔銑と熔滓との兩組成間の平衡關係を明かにし、且つ之を立體圖型を用ゐて示す事を得たり。此の關係は製鉄の理論的基礎となるものなり。之によれば適當なる高溫度と熔滓組成とを撰みて製鍊すれば珪素及び炭素の所要含量の銑を製造し得べし。従つて銑鐵中の炭素の分離量を任意に定め得べきなり。右の如く銑中の珪素と炭素との濃度を自由になし得る理論的根據を得たる上は電氣爐による製鉄

の困難も解決し得るに至れりと云ふべし。本研究に於ては半工業的實驗にて之を確かめ得たり。

本編に於ては以上概説せる所を更らに詳細に互りて記載し評論せんとす。

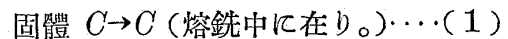
第II章 本研究の理論的考察

電氣爐製鉄に於て最も重要なるは製鉄反應の平衡なる事既に緒論に述べたる所なり。更らに此の平衡に就きて考察すれば次の如し。

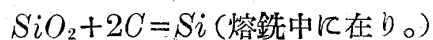
銑鐵は鐵を主體とし之に少量の炭素、珪素、滿俺等を含むるを通例とす。而して之等少量の諸元素が主として銑鐵の性質を支配するものなり。特に炭素と珪素とは其の影響著しきものと一般に認めらる。

之等諸元素は製鉄反應に依りて次の如く熔銑中に溶解又は還元溶解す。

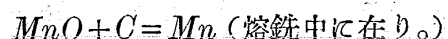
(1) 炭素は直接熔銑と相接觸して之に溶解す。



(2) 珪素に就きては次の如し。熔滓中の無水珪酸は炭素に依つて還元せられて珪素となる。之が熔銑中に溶解す。



(3) 滿俺も又珪素と同様なり。即ち熔滓中の酸化滿俺は炭素に依りて還元せられて滿俺となる。之が熔銑中に溶解す。



従つて電氣爐製鉄の研究に於ては右の諸式に示す反應の平衡に及ばず溫度、其他の影響を明瞭ならしむるを要す。

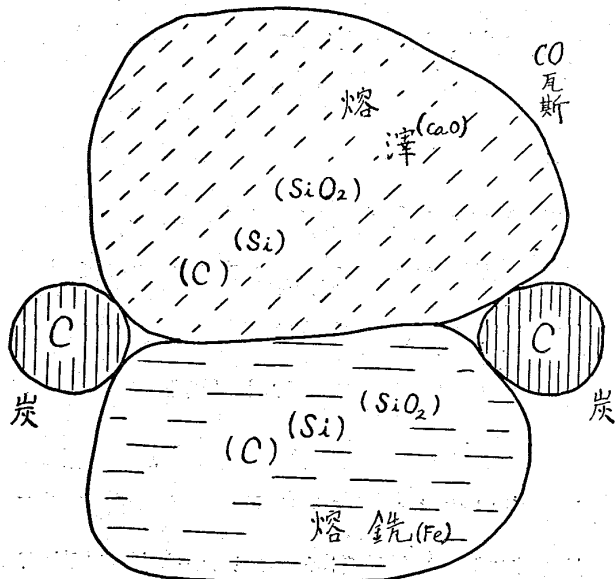
著者は後に述ぶる理由に依りて銑中の滿俺其他

を略一定少量となし、炭素の溶解と珪素の還元反應の平衡とに就きて研究を進めたり。

炭素が高温度にて熔銑と接して(1)式に示す如く溶解する時は熔銑と固體炭素と平衡するものと考へたり。即ち熔銑中に炭素溶解度あるべき事を豫想せり。此の考へは銑中の炭素析出に關する兩說中炭素と銑とが平衡するものとする炭素一次析出説に基く。而して此の炭素析出の機構に關する研究多けれども之等は主として銑の凝固點又はそれ以下の温度にて惹き起さるゝ現象に就きて論せるものなり。此の高温度に於ける熔銑中の炭素溶解度に就きて詳細に研究せるもの殆んどなし。故に著者は此の炭素溶解度を實驗に依りて確かめたり。其の結果第3章第1節に記述する如く熔銑中に炭素溶解度の存在する事を明かに認めたり。而して之は温度に依りて規則正しく變化するのみならず熔銑中の珪素濃度に依つても又順序正しく變化す。

珪素に就きては次の如し。製銑反應に與かるも

第 1 圖



のには熔銑、熔滓の2液相、炭素の1固相及び一酸化炭素の1氣相にて合計4相あり。此の4相間

に、珪酸、石灰、炭素、珪素、一酸化炭素及び鐵等介在す。右の4相を圖示すれば第一圖の如し。同圖上方は熔滓なり。之は熔融せる珪酸鹽を主體とし珪酸の主なる溶媒なり。下方は熔銑なり。之は鐵を主體とし炭素と珪素との主なる溶媒なり。Cは固體炭素なり。空間には一酸化炭素充滿す。

右の四相間にて(2)式に示せる珪素の還元反應起り其の平衡成立す。従つて熔銑中の珪素濃度は此の平衡に依りて限定せらる。故に此の珪素濃度は緒論にも示せる如く珪素の溶解度に達する事なし。之電氣爐製銑に於て此の化學平衡が最も重要な所以なり。此の重要な反應の平衡に及ぼす温度、氣相の壓力、其他の影響を明かにせんと欲し先づ此の系の自由度を吟味せり。

此の系に於て反應に與かる相には前記の四つあり。又成分には珪酸、珪素、炭素、鐵及び石灰の五つあり。此の五成分以外にも成分に數ふ可きものありと雖も後に述ぶる理由によりて之を省略し得べし。

依つて之に相則一般式

$$\text{自由度} + \text{相數} = \text{成分數} + 2$$

を適用すれば自由度は3となる。

而して此の系に於て若し或る一成分例へば滿俺を添加し、又は其の濃度を一定とせざる時は、之が爲めに此の系の自由度は當然一つ増加すべし。然れども此の成分の濃度を一定せば此の系の平衡に及ぼす影響は殆んど一定となる。従つて此の場合には此の濃度を一定せる成分を閉却し得るなり。故に此の系の自由度は増加せざるものとして取扱ひ得べし。即ち此の系に於て前記5成分以外の諸成分の濃度を一定する時は之は3變系となるなり。

此の3變系なる事を製銑反應の平衡に就きて具體的に考察すれば次の如し。製銑反應の自由度を支配するものは溫度、氣相の壓力、銑の組成(特に珪素と炭素との濃度)と熔滓組成(特に珪酸の濃度即ち酸性度)なり。即ち此の3變系なる事は右の内孰れか2つを一定とするも尙を残りものを自由に變更し得る事を示すなり。例へば溫度と一酸化炭素の壓とを一定とするも熔滓中の珪酸の濃度を任意に變更すれば之に従ふて熔銑中の珪素濃度も變化し得るが如き事を意味するなり。

著者は珪素還元反應の平衡に就きて研究せり。其の結果第3章第2節に詳述する如く製銑に際し熔銑、熔滓、固體炭素及び一酸化炭素の間に右の還元平衡が成立する事を確めたり。而し一酸化炭素の壓を一定せば前述の考察に基きて還元反應は二變系となる。故に此の反應の平衡の示す關係を立體圖型に依りて示す事を得たり。更に又此の圖

※ 市販銑は通例炭素珪素の外滿俺 0.5% 内外燐 0.2% 内外を含む。炭素と珪素多ければ鼠銑となり易く珪素小なれば白銑となる。

※※ 炭素析出の機構に關する兩説とは一次析出説及び二次析出説をさす。二次析出説にては熔銑はセメントイトと平衡す。

※※※ 熔銑中の珪素溶解度は頗る大なり。之は鐵珪素二元系より明かなり。

※※※※ 熔滓、熔銑、炭素及び一酸化炭素の四相間に製銑反應起り平衡に達す。此の四相間に存在する未知變數(片山博士著、化學本論 p.524, の $p+2$ に相當するものなり)には先づ溫度と壓力の2つあり。次に炭素と一酸化炭素とが各其の固相氣相及び二液相内に於ける濃度6あり。又熔銑と熔滓内には珪素、滿俺…燐等 n 個の元素と n 個の酸化物存在す。従つて此の二相内の $2n$ 個の化合物及元素の濃度は合計 $4n$ となる。故に此の系に於ける全未知變數は合計 $4n+8$ となる。次に此の四相間にて既知の關係は狀態の平衡 4, 化學反應 n 及び炭素、一酸化炭素及 $2n$ 個の化合物と元素との二液相其他の内の分配平衡 $2n+4$ あり。故に既知の關係は合計 $3n+8$ となり之と全未知變數との差 n となる。此の未知變數 n なる事は此の系の自由度が n なる事を示すなり。即ち1成分を増加する毎に自由度1を加ふ。

型を用ひて電氣爐製銑を行へば其の示す所に従ひ第3章第3節に記述する如く任意所要組成の銑を製造し得る事を確かめたり。

第III章 基礎的實驗

前章に記述せる考察に基きて著者は次に述ぶる2つの基礎的實驗を行ひたり。其の1つは熔銑中に於ける炭素の溶解度の決定にして、他の1つは珪酸の還元化學平衡の實測なり。次に其の詳細を記述すべし。

第1節 炭素溶解度の測定 實驗の方法。約15瓦の白銑を採り S.M 坩堝に入れ電氣爐に裝填し之を熔融し一定溫度に保持せり。試料表面は木炭粉にて蓋ひ更らに炭素棒を其の中に挿入して良く攪拌し炭素を飽和せしめたり。一定時間後爐より之を取り出し迅速に水中に投入せり。其の試料に就きて一部は炭素と珪素とを定量するに供し、他の一部は顯微鏡試験の試料となせり。之に依つて炭素の溶解度が溫度と珪素濃度とに依りて如何に變化するかを測定せり。

實驗の試料、裝置、其他。本研究に使用せる試料裝置其他は次の如し。

1. 試料 試料は白銑、珪素鐵及び木炭にして、其の組成は第1表の如し。

2. 加熱裝置。加熱裝置は第2圖に示す如き抵抗線電氣爐なり。其の構造は第6圖左方に示すものと同様なり。高溫度部は同圖(3)の S.M 管に白

※※※※ 熔銑及び熔滓は何れも溶媒なり。然れども此の系に於て溶質(Si, C, 及 SiO_2 等)の濃度の變化する範圍にては化合物を析出する等の事なく溶媒としての性質變化せず。

※※※※※ 熔滓中の珪酸と石灰との濃度の比を求め此の比の値に依りて熔滓を「トリシリケート熔滓」「バイシリケート熔滓」等と區分す。故に若し右の如き特定なる組成の熔滓を用ひ、一酸化炭素の壓を一定とせば溫度にのみ依りて銑中の珪素濃度變化すべし。

金線(1)を捲き之を主抵抗發熱體となす。其の溫度の調節即ち電流の調節は此の電気回路に爐と直列に挿入せる誘導調節機と抵抗器とを用ゐて行ひ

珪素分析法に依れり。即ち炭素には同規格中第55號第2章に示す燃焼法を採れり。珪素には同規格第56號第2章に依る弗化水素を用うる揮散法に依れり。

第1表 炭素溶解度測定用諸原料組成表

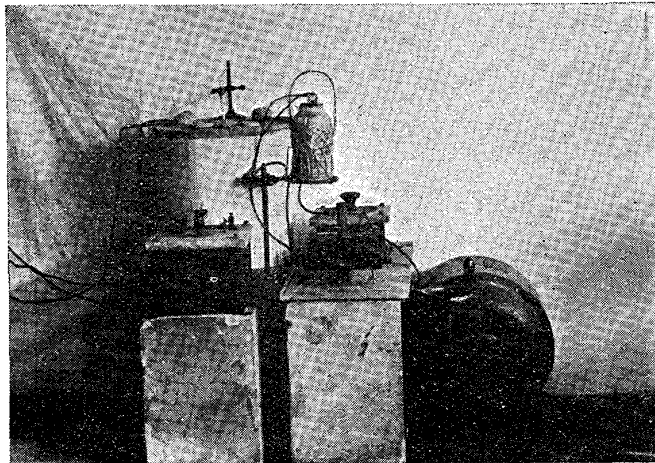
種目	Si %	Mn %	P %	Fe %	T.C. %	C.C. %	揮發分 %	灰分 %	水分 %
白銑	0.07	0.10	0.002	—	3.83	3.77	—	—	—
珪素鐵	15.65	—	—	81.00	2.38	—	—	—	—
木炭	—	—	—	—	F.C. 86.99	—	4.95	1.51	6.55

實驗結果。第2—3表及び第3、4、5圖は本實驗の結果を示すものなり。其の内第2表は3種の異なる試料に就きて諸溫度に保持する時間

たり。S.M 管の外側は燒苦土粉を密に充填し其の外側に更らにニクロム線(2)を捲き之にも電

間を15分乃至75分迄種々に變更し時間と炭素濃度との關係を求めたる結果なり。第3圖には其の結果の一部を圖示せり。之に依りて熔銑と炭素と相接觸するときは炭素は迅速に熔銑中に溶解す。即ち15分間にてよく一定値に達するを知る。斯如き結果を得たるを以て次に種々なる試料配合に就きて一定溫度に保持する時間を15分とし炭素溶解量を求めたり。此の結果を第3表に示す。更に之を圖示すれば第4圖及び第5圖となる。

第2圖 實驗用電気爐裝置圖



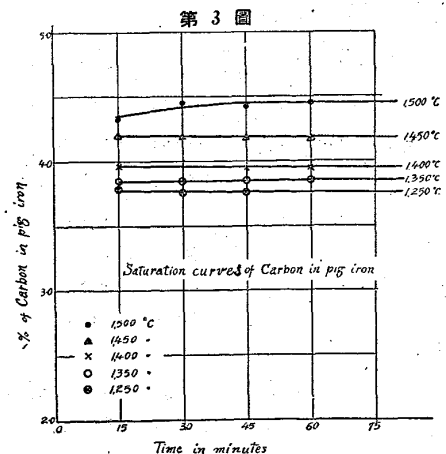
流を通したり。之は高溫度部の溫度を保持し且つ其の調節を容易ならしめむがために特に設けたるものなり。前者とは異なる電源より電流を供給す。其の調節は抵抗器に依れり。之が爲めに爐の高溫度部の溫度指差は爐の中心と其の上下各30 耗端に於て±5 度に過ぎず。

右の内第4圖は銑中の炭素と珪素との濃度の關係を示すものにして第5圖は溫度と炭素濃度との關係を表はすものなり。之等兩者より次の事實を知る。

3. 溫度測定。溫度の測定は白金—白金ロヂウム電極に依れり。此の際計器の溫度指示はカールバム製の錫、亞鉛、鹽化ナトリウム、銅及びニッケルを用ゐて嚴重に補正せり。溫度誤差は實驗着手の前後に於て±2 度以下となれり。

(1) 銑中の炭素濃度は溫度に依りて規則正しく變化す。而して此の濃度は溫度高き程大となるも

4. 分析法。銑中の炭素と珪素との分析は日本標準規格中の鐵及び鋼中の炭素分析法並に同しく



熔銑の炭素溶解量と時間との關係を示す

第 2 表 熔銑中の炭素溶解量の變化と時間との關係表

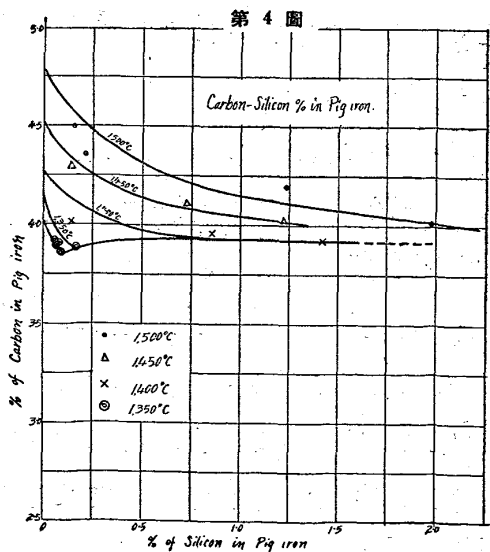
番 號	装 入 比			豫定成分		溫度 °C	時間 分	銑鐵成分		寫眞 番號	破面	備 考
	銑	シリコン	木炭	C%	Si%			C%	Si%			
1	15瓦	0瓦	1瓦	3.83	0.07	1,500	15	4.38	0.12	(1)	白銑	
2	"	"	"	"	"	"	30	4.45	0.16	"	"	
3	"	"	"	"	"	"	45	4.41	0.15	"	"	
4	"	"	"	"	"	"	60	4.45	0.16	"	"	
5	15	1	1	3.75	1.04	1,500	15	4.20	1.12	"	"	
6	"	"	"	"	"	"	30	3.97	1.08	"	"	
7	"	"	"	"	"	"	45	4.05	1.05	"	"	
8	"	"	"	"	"	"	60	4.08	1.10	"	"	
9	15	2	1	3.54	1.90	1,500	15	4.04	1.89	"	"	
10	"	"	"	"	"	"	30	3.95	1.88	"	"	
11	"	"	"	"	"	"	45	3.99	2.04	"	"	
12	15	0	1	3.83	0.07	1,450	15	4.18	0.15	"	"	
13	"	"	"	"	"	"	30	4.17	0.16	"	"	
14	"	"	"	"	"	"	45	4.13	0.16	"	"	
15	"	"	"	"	"	"	60	4.21	0.16	"	"	
16	15	1	1	3.75	1.04	1,450	15	4.10	0.87	"	"	
17	"	"	"	"	"	"	30	3.97	1.07	"	"	
18	"	"	"	"	"	"	45	3.93	1.11	"	"	
19	15	2	1	3.54	1.90	1,450	15	3.95	1.98	"	"	
20	"	"	"	"	"	"	30	3.96	2.06	"	"	
21	"	"	"	"	"	"	45	3.97	2.04	"	"	
22	15	0	1	3.83	0.07	1,400	15	3.96	0.14	(8)	"	
23	"	"	"	"	"	"	30	3.93	0.17	"	"	
24	"	"	"	"	"	"	45	3.94	0.17	"	"	
25	"	"	"	"	"	"	60	3.94	0.19	"	"	
26	"	"	"	"	"	"	75	3.95	0.19	"	"	
27	15	1	1	3.75	1.04	1,400	15	3.93	1.02	"	"	
28	"	"	"	"	"	"	30	3.84	0.93	(9)	"	
29	"	"	"	"	"	"	45	4.09	0.98	"	"	
30	15	2	1	3.54	1.90	1,400	15	3.75	1.40	(10)	"	
31	"	"	"	"	"	"	30	3.57	1.94	"	"	
32	"	"	"	"	"	"	45	3.54	1.93	(11)	"	
33	15	0	1	3.83	0.07	1,350	15	3.85	0.08	"	"	
34	"	"	"	"	"	"	30	3.86	0.07	"	"	
35	"	"	"	"	"	"	45	3.85	0.07	"	"	
36	"	"	"	"	"	"	60	3.89	0.07	"	"	
37	15	1	1	3.75	1.04	1,350	15	3.80	1.18	"	"	
38	"	"	"	"	"	"	30	3.71	0.97	"	"	
39	"	"	"	"	"	"	45	3.76	1.07	"	"	
40	"	"	"	"	"	"	60	3.71	1.07	"	"	
41	15	2	1	3.54	1.90	1,350	15	3.70	1.18	"	小玉出づ	
42	"	"	"	"	"	"	30	3.67	1.24	"	"	
43	"	"	"	"	"	"	45	3.68	1.25	"	"	
44	15	0	1	3.83	0.07	1,300	15	3.81	0.08	"	"	
45	"	"	"	"	"	"	30	3.87	0.08	"	"	
46	"	"	"	"	"	"	45	3.85	0.08	"	"	
47	15	1	1	3.75	1.04	1,300	15	3.81	0.19	"	小玉出づ	
48	"	"	"	"	"	"	30	3.71	0.45	"	"	
49	"	"	"	"	"	"	45	3.71	0.41	"	"	
50	15	0	1	3.83	0.07	1,250	15	3.83	0.08	"	"	
51	"	"	"	"	"	"	30	3.87	0.07	"	"	
52	"	"	"	"	"	"	45	3.86	0.08	"	"	
53	15	1	1	3.75	1.04	1,250	15	3.82	0.45	"	小玉出づ	
54	"	"	"	"	"	"	30	3.76	0.41	"	"	
55	"	"	"	"	"	"	45	3.76	0.47	"	"	
56	15	0	1	3.83	0.07	1,200	15	3.83	0.08	"	"	
57	"	"	"	"	"	"	30	3.86	0.07	"	"	
58	"	"	"	"	"	"	45	3.85	0.08	"	"	
59	15	1	1	3.75	1.04	1,200	15	3.78	0.08	"	小玉出づ	
60	"	"	"	"	"	"	30	3.77	0.23	"	"	
60	"	"	"	"	"	"	45	3.79	0.22	"	"	
62	15	0	1	3.83	0.07	1,150	30	3.85	0.07	"	"	
63	"	"	"	"	"	"	45	3.88	0.09	"	"	

56~63 は完全に熔融せず半熔融状なり。62, 63 は殊に然り。

第 3 表 鉄鐵中の炭素及び珪素溶解度測定實驗結果表

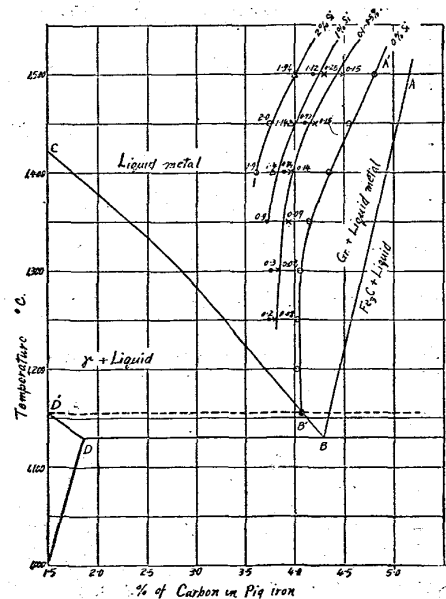
番 號	装 入 比			豫定組成		温 度 °C	時 間 分	鉄 鐵 組 成		寫 眞 番 號	破 面	備 考
	鉄	フ シ ロ ン	木炭	C%	Si%			C%	Si%			
64	15	0瓦	1瓦	3.83瓦	0.07	1,500	15	4.30	0.25		白 鉄	
65	15	1	1	3.75	1.04	"	"	4.20	1.12		"	
66	14	2	1	3.64	2.02	"	"	4.02	1.95		"	
67	13	3	1	3.56	2.96	"	"	3.80	2.57		黝 鉄	小玉出づ
68	12	4	1	3.53	3.96	"	"	3.72	3.12		"	"
69	11	6	1	3.30	5.51	"	"	3.16	5.03		鼠 鉄	"
70	10	8	1	3.18	7.03	"	"	2.41	6.70		"	"
71	15	0	1	3.83	0.07	1,450	"	4.23	0.15	(2)	白 鉄	
72	15	1	1	3.75	1.04	"	"	4.10	0.94		"	
73	14	2	1	3.65	2.02	"	"	3.95	1.14		"	小玉出づ
74	13	3	1	3.56	2.96	"	"	3.71	2.03		"	"
75	12	4	1	3.53	3.96	"	"	3.45	2.68		黝 鉄	"
76	11	6	1	3.30	5.51	"	"	3.42	3.07		"	"
77	15	0	1	3.83	0.07	1,400	"	3.97	0.14	(3)	白 鉄	
78	15	1	1	3.75	1.04	"	"	3.88	0.84		"	
79	14	2	1	3.65	2.02	"	"	3.80	1.40		"	小玉出づ
80	13	3	1	3.56	2.96	"	"	3.62	1.83		"	"
81	12	5	1	3.43	4.65	"	"	3.55	2.32		鼠 鉄	"
82	11	6	1	3.30	5.51	"	"	3.51	2.35		"	"
83	15	0	1	3.83	0.07	1,350	"	3.85	0.09	(4)	白 鉄	
84	15	1	1	3.75	1.04	"	"	3.80	0.18		"	
85	14	2	1	3.65	2.02	"	"	3.76	0.67		"	
86	13	3	1	3.56	2.96	"	"	3.65	0.88		"	
87	12	5	1	3.43	4.65	"	"	3.64	0.91		"	
88	15	0	1	3.83	0.07	1,300	"	3.81	0.08	(5)	"	
89	15	1	1	3.75	1.04	"	"	3.79	0.16		"	
90	14	2	1	3.65	2.02	"	"	3.79	0.31		"	
91	13	4	1	3.45	3.73	"	"	3.73	0.31		"	
92	15	0	1	3.83	0.07	1,250	"	3.79	0.06		"	
93	15	1	1	3.75	1.04	"	"	3.77	0.14	(6)	"	小玉出づ
94	15	2	1	3.54	1.90	"	"	3.75	0.23		"	
95	13	4	1	3.45	3.73	"	"	3.75	0.22		"	
96	15	0	1	3.83	0.07	1,200	"	3.88	0.08		"	
97	15	0	1	3.75	1.04	"	"	3.76	0.14	(7)	"	小玉出づ
93	15	1	1	3.54	1.90	"	"	3.76	0.14		"	
99	15	0	1	3.83	0.07	1,150	"	3.90	0.08		"	
100	15	1	1	3.75	1.04	"	"	4.00	0.12		"	小玉出づ
101	14	2	1	3.65	2.02	"	"	3.94	0.13		"	

96~101 は完全に熔融混和せず、特に 100~101 甚だし。



諸温度にて鉄中の炭素と珪素との濃度の関係を示す

第 5 圖



鉄中の炭素溶解度

4.3% 以上に達するには 1,450°C 以上となすを要す。

(2) 此の炭素濃度は共存する珪素の濃度に依つて變化す。而して之は珪素の濃度大なる程規則正しく減少す。而して第5圖に示す如く等珪素線は珪素濃度に従つて順次一方向に移る。

實驗結果の吟味。 第4圖に明かなる如く熔銑中に炭素の溶解する量は銑中の珪素濃度の増加に従ひ規則正しく減少す。故に今第四圖の如く等溫線を引く時は之を珪素濃度零迄容易に延長するを得べし。此の値は珪素を含まざる鐵の炭素溶解量の筈なり。第4表並に第5圖に於て珪素零線上に示せる0の値は斯くして求めたるものなり。

第4表 熔銑中の炭素溶解度表

溫度 °C	炭素 %	備考 (Si 推測値)
1,500	4.85	推測
1,450	4.65	推測
1,400	4.35	推測
1,350	4.25	推測
1,300	4.13	推測
1,250	4.10	推測
1,200	4.03	推測
1,160	4.03	推測

ミッヘルは種々なる熔鑛爐銑に就いて斯如き銑中⁽¹³⁾の炭素と珪素との濃度の關係を蒐集發表せり。其の結果は又之と同様なる傾向を示せり。然れども之等の値は未だ諸溫度に於ける溶解並びに還元の平衡に到達せるものに非らざるなり。故に此のミッヘルの場合は珪素零線上の炭素濃度を求むるも意味なき事なり。

今著者の得たる此の0の値に就きて考察するに次の如し。即ち此の値は第5圖に見る如く從來知られたる鐵—セメンタイト系に於けるセメンタイトの液相線 A—B と一致せず。之よりも遙かに低炭素の部分に存在し A'—B' の如くなる。故に著者の實驗に於てはセメンタイトは熔銑と共存せ

ざりしものと考へざるべからず。又此の實驗の如き高溫度に於てもウルトフ等はセメンタイトが熔融せずして熔銑と共存し平衡するものとせり。斯如き平衡成立せば固體炭素存在する時は炭素溶解し爲めにセメンタイトの析出増加す可きなり。然るに此の現象起らずして銑中の炭素濃度は一定溫度にて一定となる。故に著者は熔銑と炭素とが平衡するものと考へたり。

尙ほ此の考へは本實驗試料の顯微鏡組織を研究し次の如く實際に示すを得たり。若し熔銑がセメンタイトと共存せば急冷試料には孰れもセメンタイトの初晶が現はるべきなり。然るに此等試料には寫真第 2—11 號に示す如く初晶としてセメンタイトの發達全くなく孰れも γ 鐵初晶を認む。之熔銑がセメンタイトと共存せずして炭素と共存し急冷に際して炭素を析出する暇なく直ちに B—C なる γ 鐵液相線に到達し、 γ 相の初晶を析出せることを示すものなり。即ち著者は此の實驗に於て熔銑は炭素と平衡せるものとなすを至當と考へたり。然らば此の實驗より得たる炭素濃度は炭素の熔銑中に於ける溶解度となるなり。故に第4圖に於ける等溫線及び第五圖に於ける等珪素線は鐵—珪素炭素三元系の炭素初晶上にあり。而して之等によりて炭素の溶解度は溫度と珪素濃度とに依つて規則正しく變化することを知る。

以上に論したる所は熔銑と熔滓とが共存せざる場合の炭素溶解度なり。然れども次節に記述するが如き炭素と熔銑と熔滓とが共存して化學平衡の生ずる場合も亦之と相似の現象の存在する事を考ふるを妥當なりとなす。即ち製銑に際しては熔銑

* 寫真第1號にセメンタイトの初晶あるは炭素多きために A—B 線に沿ひ冷却中に析出せるものなり。

中に炭素の溶解度なるものが存在すべしと考ふるは至當なり。依りて著者は此の考の下に次節に示す實驗の結果を考察せり。

第2節 珪素還元平衡の觀測 實驗の方法。本研究の實驗にては黒鉛坩堝内によく混合したる試料を入れ之を第7圖に示せる電氣爐内にて熔融して銑と熔滓とを得たり。實驗中は一定溫度に保持し同時に一定割合を以て一酸化炭素を送れり。一定時間後爐より試料を取り出し適當なる速度に之を冷却せり。冷却後銑と鑛滓（熔滓の凝固せるもの）とを分離し一部分を分析試料とし又銑の一部を顯微鏡試験の試料とせり。斯如して熔滓組成と溫度とに依りて銑の組成が如何に變化するかを觀測せり。即ち著者は之に依りて熔滓、熔銑、一酸化炭素及び炭素の間に起る珪素の還元反應の化學平衡を研究せり。之がために本研究の實驗は次の如く三つに分てり。

即ち

(A) 熔滓組成と溫度と銑の組成との關係を求むる事

(B) 一定溫度に保持する時間と銑の組成との關係を求むる事

(C) 一定高溫度にて一定時間保持し更らに他の一定溫度に保持して銑の組成の變化を求むること

等なり。右の内(A)にては諸試料を後の諸表に示す如く採り之を諸溫度にて1時間保持せり。試料は熔融し熔融状態にて珪素の還元溶解並びに炭素の溶解とが起るも時間短かきため未だ平衡に達せ

ざるなり。故に(B)なる實驗にては右の化學反應が時間と共に進行する狀況を觀測せり。即ち一定溫度に保持する時間を半時間乃至2時間半迄種々變更して銑の組成が如何に變化するかを觀測せり。換言すれば之に依りて諸溫度に應ずる還元平衡値並に溶解平衡値を探求したり。若し此等の平衡値が存在せば試料を或る高溫度にて一定時間保持せる後溫度を之よりも稍低く保持して長時間を經過せしむれば銑の組成は後の溫度に従つて變化すべし。之を確かめむがために(C)なる實驗を行ひたり。即ち(C)に於ては1,500°Cにて1時間加熱し、之を1,450°C、1,400°C及び1,350°Cにて2時間宛保持せしめたり。

實驗の原料、裝置、其他。本研究に使用せる原料、裝置、其他は次の如し、

1. **原料。**此の實驗に使用せる諸原料の組成は第5表の如し。砂鐵、石灰石、珪石及び木炭は通常市販のものを採りたり。只磷と滿俺の原料にはメルク製の磷酸石灰と二酸化滿俺とを用ひたり。

第6表 珪素還元平衡實測用原料組成表

種目	Fe %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	Mn %	Al ₂ O ₃ %
砂鐵 A	60.55	0.39	0.03	0.02	10.96	0.57	1.02
同 B	66.16	0.9	0.02	0.01	5.36	0.40	0.55
珪石	0.95	97.70	0.01	0.02	—	0.03	0.43
石灰石	0.25	2.81	49.68	0.32	—	0.07	6.05

種目	水分 %	揮發分 %	灰分 %	固定炭素 %
木炭	5.76	14.87	2.87	77.40
同	6.55	4.95	1.51	86.99

此の砂鐵には酸化チタン多し。然れども之が溶滓中より還元されて熔銑中に溶解するは略一定の微量なり。又滿俺、磷等が還元されて銑中に溶解する事も一定微量なり。故に著者の實驗に於ては之

第6表 熔滓の種類、装入比及び之による熔滓組成豫定表

(A) 熔滓の種類

番號	熔滓の名稱	化學式	全酸根 (SiO ₂)	全鹽基根 (CaO)	酸根/鹽基根
1	トリシリケート	3SiO ₂ :2RO	180.00	112.14	1.605
2	バイシリケート	SiO ₂ : RO	60.00	56.07	1.067
3	セスキシリケート	3SiO ₂ :4RO	180.00	224.23	0.801
4	シグロシリケート	SiO ₂ :2RO	60.00	112.14	0.535
5	サブシリケート	S.O ₂ :3RO	60.00	168.21	0.357
6	ユーテクチック鐵滓	4SiO ₂ :3.5RO	240.00	196.23	1.245

(B) 砂鐵 A に對する装入比

番號	熔滓の名稱	鐵石 (瓦)	木炭 (瓦)	珪石 (瓦)	二酸化 滿俺(瓦)	石灰石 (瓦)	燐灰石 (瓦)
1	トリシリケート	11.0	2.80	3.85	0.20	4.90	0.10
2	バイシリケート	"	"	3.26	"	6.10	"
3	セスキシリケート	"	"	2.80	"	7.00	"
4	シグロシリケート	"	"	2.25	"	8.10	"
5	サブシリケート	"	"	1.65	"	9.30	"
6	ユーテクチック鐵滓	"	"	3.68	"	5.40	"

(C) 熔滓豫定組成

種類	熔滓の名稱	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	MnO %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Al ₂ O ₃ %
1	トリシリケート	46.46	29.10	0.25	1.75	14.38	0.67	7.12
2	バイシリケート	39.44	35.83	0.21	1.15	14.20	0.66	7.80
3	セスキシリケート	34.22	40.50	0.22	1.14	14.50	0.65	8.11
4	シグロシリケート	28.30	45.45	0.28	0.97	13.56	0.64	8.63
5	サブシリケート	21.40	52.60	0.30	0.95	13.75	0.63	9.05
6	ユーテクチック鐵滓	42.20	32.13	0.25	1.09	14.35	0.67	7.51

等の諸元素が珪素の還元溶解及び炭素の溶解に及びず影響を閑却する事を得。熔滓は酸化チタン 15—20%を含むものとして珪酸の濃度に依りて第6表 (A)の示す所に従ひて其の組成を第6表 (C)の如く計算せり。同表中 (B)は此の際の装入比を示すものなり。

(但し此の表に於て酸根は全部珪酸のみなりとし鹽基根は石灰のみとせり。又木炭中の灰分は僅少なるを以て計算より除外せり。装填物中磷は還元せず、滿俺は半還元し鐵は全部還元するものとせり。又熔滓中にて酸化チタンは礬土と同じく中性物質なりとす。而して之が熔滓中に存在する濃度は礬土の濃度と略等くせり)。

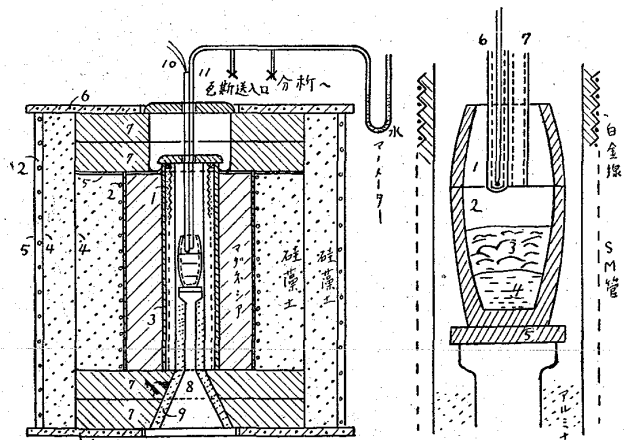
2. 加熱装置。實驗に使用せる爐の構造は第6

圖左方に示せり。之は第2圖に於て説明したると同様の構造なり。只底部其他の空隙より侵入する空氣中の酸素を完全に一酸化炭素に變ずるために圖の如く爐底面上に黒鉛板 (1) を置けり。且爐内に装填する炭素坩堝には背高き炭素蓋 (1) を付せり。(中央に穴あり。) 之等を爐内に設置せる狀況は第6圖右方に掲げたり。溫度の調節其他は第1節で説明せると同様なり。此の爐より取り出したる試料を緩冷却する爲にニクローム線抵抗爐を併用せり。此の爐は最高 950°C に達せし得るも 爐壁を比較的厚くして冷却を遅からしめ之によりて良く緩冷却の目的を達成せり。第7圖は本實驗装置の大要を示す。

3. 溫度測定。溫度測定及び溫度

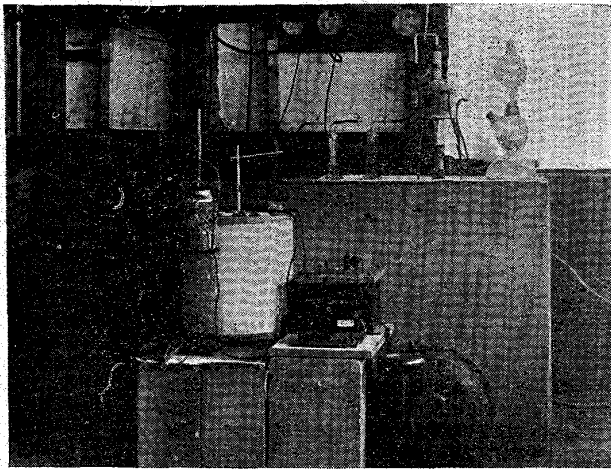
第6圖 實驗用電氣爐の構造

左、構造の大要を示す圖
右、爐内に坩堝を設置の圖



- 1. 白金電熱線
- 2. ニクロム電熱線
- 3. 保護管(S.M管)
- 4. 薄鉄板
- 5. アスベスト板
- 6. スレート板
- 7. 耐火煉瓦
- 8. 粘土節台
- 9. アルミ粉
- 10. 熱電対
- 11. 瓦斯補集管
- 1. 炭素カバー
- 2. 炭素坩堝
- 3. 磁滓及炭粉
- 4. 坩鉄
- 5. 炭素板
- 6. 熱電対
- 7. 瓦斯補集管

第7圖 還元平衡を觀測する實驗裝置



計の補正は第2節に述たる所と同様にせり。但し此の際は常に一酸化炭素中にて使用するが故に熔融石英保護管中に入るゝも尙ほ誤差を生じ易き憂ひあり。従つて此溫度標示の補正は毎週行ひたり。其の結果溫度指示の誤差は實驗中 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内となす事得をたり。

4. 一酸化炭素の發生及び送入。實驗中は爐内に一酸化炭素を充滿せしむるは元より爐内の壓力を大氣壓と常に均しからしめむがために爐内に一定少量の一酸化炭素を送入せり。此の一酸化炭素は次の如くして得たり、先づ第7圖右方に示すが如きキップ裝置に依りて炭酸石灰を稀鹽酸を用ひて分解し炭酸瓦斯を發生せしむ。之を除々に木炭

を充填して $950^{\circ}\text{--}1,000^{\circ}\text{C}$ に熱せる管式電気爐に送り茲にて一酸化炭素に変化せしめたり。更らに此の一酸化炭素中に残留せる少量の炭酸瓦斯、水分其他を除去せんがために此の瓦斯をして30%苛性曹達液と比重1.82の濃硫酸とを入れたる2個の瓦斯洗淨瓶を直列に通過せしめたり。斯如せる一酸化炭素瓦斯は清淨となり、常に容量にて純度96%以上となる事を示せり。此の清淨瓦斯を實驗爐に送り。數回試驗の結果此の瓦斯の爐内送入量は毎分約6ccなり。

5. 冷却法。所定時間加熱後爐より取り出したる試料は直ちに坩堝と共に別に設けたる冷却用電気爐に移したり。此の爐の溫度は 850°C とし20分間其溫度に保持せしめたる後爐への電流を斷ちて試料をば其儘爐内にて冷却せしめたり。之は冷却速度を小にし之に依つて銑に生し得べき組織の變化を正規ならしめむとせるに依る。

6. 分析法。銑中の炭素と珪素との分析法は第2節に述べたる所と同様なり。熔滓の分析は通常の方法に依れり。

實驗結果。本研究に依る實驗は前記の如く(A)(B)(C)の3つに分別せらるゝを以て其の結果

第7表 トリシリケート熔滓による還元實驗の結果表

番 號	溫度 $^{\circ}\text{C}$	銑鐵組成					熔滓の組成						破面	備 考
		Si	T.C.	C.C.	C.C./T.C.	Mn	SiO	CaO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO		
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
(1)	加熱時間	1時 間												
(2)	冷却法	藁灰中にて冷却す。												
(3)	装入比	砂鐵A、11.00 瓦、珪石 3.85 瓦、木炭 2.80 瓦、二酸化滿俺 0.20 瓦、石灰石 4.90 瓦、 燐灰石 0.10 瓦。												
(4)	熔滓豫定組成	珪酸 46.46%、石灰 29.10%、苦土 0.25%、一酸化滿俺 1.75%、酸化チタン 14.78% 礬土 7.10%。												
102	1,300	0.19	0.62	0.60	94.39	0.16	45.05	25.68	14.50	2.02	6.59	1.41	鋼	熔融不完全
103	1,350	0.31	1.22	1.19	97.78	0.19	48.28	25.96	13.10	2.52	4.53	1.75	白銑	熔融完全
104	1,400	0.64	2.55	2.47	96.67	0.23	47.20	28.60	14.00	6.10	3.33	1.68	"	"
105	1,450	1.18	2.80	2.63	93.58		47.44	26.33	14.35	8.36	3.50	1.62	黝銑	"
106	1,500	2.30	3.01	0.51	16.93		44.40	29.25	13.25	2.61	4.89	0.77	鼠銑	"
平均							46.48	27.15	13.80	3.33	4.37	1.45		

第 8 表 バイシリケート熔滓による還元實驗の結果表

(1) 加熱時間 1 時 間
 (2) 冷却法 藁灰中にて冷却す。
 (3) 装入比 { 砂鐵A 11.00 瓦、珪石 8.26 瓦、木炭 2.80 瓦、二酸化滿俺 0.20 瓦、右灰石 6.10 瓦、
 燐灰石 0.10 瓦。
 (4) 熔滓豫定組成 { 珪酸 39.44%、石灰 35.83%、苦土 0.21%、一酸化滿俺 1.15%、酸化爐 14.20%、
 礬土 7.80%。

番號	溫度 °C	銑鐵組成					熔滓組成						寫眞 番號	破面	備考
		Si %	T.C. %	C.C. %	C.C./T.C. %	Mn %	SiO ₂ %	CaO %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %			
107	1,300	0.19	0.66	0.60	90.85	0.24	41.28	34.78	14.50	3.19	7.07	1.55	(12)	鋼	燒結す 熔融完全
108	1,350	0.29	0.94	0.88	93.84	0.29	38.93	35.37	13.70	3.15	4.99	1.79		鋼	〃
109	1,400	0.59	2.02	1.82	89.72	0.37	38.76	32.50	15.95	—	3.74	1.85	(13)	白銑	〃
110	1,420	0.61	3.19	3.01	96.86	—	—	—	—	—	—	—		〃	〃
111	1,440	—	3.21	2.96	92.39	—	—	—	—	—	—	—	(14)	〃	〃
112	1,450	1.02	3.35	3.12	94.52	0.39	42.38	35.42	14.75	4.48	3.33	1.28	(15)	黝銑	〃
113	1,460	1.03	3.70	2.60	70.32	—	—	—	—	—	—	—		〃	〃
114	1,480	1.09	3.75	2.44	65.01	—	—	—	—	—	—	—		鼠銑	〃
115	1,500	1.30	3.85	0.82	21.40	—	40.30	35.45	14.15	4.03	2.50	1.78	(16)	〃	〃
116	1,520	1.32	3.90	0.51	13.05	—	—	—	—	—	—	—		〃	〃
平均							40.45	34.70	14.61	—	4.34	1.64			

第 9 表 セスキシリケート熔滓による還元實驗の結果表

(1) 加熱時間 1 時 間
 (2) 冷却法 藁灰中にて冷却す。
 (3) 装入比 { 砂鐵A、11.00 瓦、珪石 2.80 瓦、木炭 2.80 瓦、二酸化滿俺 0.20 瓦、石灰石 6.10 瓦、
 燐灰石 0.10 瓦。
 (4) 熔滓豫定組成 { 珪酸 34.22%、石灰 40.50%、苦土 0.22%、酸化滿俺、1.15%、酸化チタン 14.20%、
 礬土 7.80%。

番號	溫度 °C	銑鐵組成					熔滓組成						破面	備考	
		Si %	T.C. %	C.C. %	C.C./T.C. %	Mn %	SiO ₂ %	CaO %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %			
117	1,300	0.17	0.70	0.67	94.02	—	33.90	39.89	14.25	5.93	5.57	1.61	鋼	燒結す 半熔融	
118	1,350	0.28	0.93	0.90	92.50	—	29.90	37.53	14.35	5.16	4.49	1.45	〃	〃	
119	1,400	0.47	1.13	1.08	95.22	—	33.08	39.84	13.63	6.12	2.91	1.90	半鋼	熔融完全	
120	1,420	0.49	2.08	1.97	93.23	—	—	—	—	—	—	—	白銑	〃	
121	1,440	0.60	3.36	3.31	78.75	—	—	—	—	—	—	—	〃	〃	
122	1,450	0.75	3.59	3.15	87.63	—	31.12	39.49	14.70	5.30	2.41	1.34	〃	〃	
123	1,460	0.85	3.76	2.71	71.80	—	—	—	—	—	—	—	〃	〃	
124	1,480	0.96	3.81	1.28	33.65	—	—	—	—	—	—	—	〃	〃	
125	1,500	1.03	3.87	0.73	18.70	—	38.30	39.08	13.60	6.42	2.50	1.42	鼠銑	〃	
平均							33.28	39.20	14.25	5.82	3.61	1.54			

第 10 表 シグロシリケート熔滓による還元實驗の結果表

(1) 加熱時間 1 時 間
 (2) 冷却法 藁灰中にて冷却す。
 (3) 装入比 { 砂鐵 A 11.00 瓦、珪石 2.25 瓦、木炭 2.80 瓦、二酸化滿俺 0.20 瓦、石灰石 8.10 瓦、
 燐灰石 0.10 瓦。
 (4) 熔滓豫定組成 { 珪酸 28.30%、石灰 45.45%、苦土 0.23%、一酸化滿俺 0.97%、酸化チタン 13.56%、
 礬土 8.63%。

番號	溫度 °C	銑鐵組成					熔滓組成						破面	備考	
		Si %	T.C. %	C.C. %	C.C./T.C. %	Mn %	SiO ₂ %	CaO %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %			
126	1,300	0.16	0.83	0.80	96.40	—	28.08	44.85	13.15	5.24	6.32	1.07	銑	燒結す	
127	1,350	0.27	0.93	0.89	92.72	—	23.56	44.97	14.40	5.93	5.47	1.13	〃	〃	
128	1,400	0.41	3.53	3.47	97.71	—	28.00	45.34	13.00	5.36	3.33	1.97	白銑	熔融完全	
129	1,450	0.68	4.04	3.76	93.12	—	28.14	45.18	13.80	5.88	3.82	1.31	鼠銑	〃	
130	1,500	0.88	4.07	1.29	31.61	—	30.60	43.27	13.70	5.05	3.82	1.61	〃	〃	
平均							28.28	45.10	13.20	5.04	4.55	1.81			

第11表 トリシリケートを融滓にする還元実験結果表

番 號	溫度 °C	銑鐵組成					熔滓組成						破面	備考
		Si %	T.C. %	C.C. %	C.C./T.C. %	Mn %	SiO ₂ %	CaO %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO ₃ %	MnO %		
131	1,300	0.18	0.63	0.58	92.64	0.20	40.86	31.27	14.00	5.44	4.69	1.87	鋼	熔融完全
132	1,350	0.28	0.93	0.85	91.70	0.22	42.26	28.56	15.50	4.02	4.16	0.77	〃	〃
133	1,400	0.49	1.63	1.48	91.10	0.24	39.36	29.58	13.90	4.37	2.91	0.74	半鋼	〃
134	1,420	0.55	2.74	2.51	91.50	0.27	—	—	—	—	—	—	白銑	〃
135	1,440	0.68	2.49	2.30	91.90	0.36	—	—	—	—	—	—	〃	〃
136	1,450	0.83	2.86	2.33	81.66	—	43.20	28.93	13.00	6.56	4.99	1.08	黝銑	〃
137	1,460	0.93	3.05	2.25	73.55	—	—	—	—	—	—	—	〃	〃
138	1,480	1.32	3.19	2.14	63.86	—	—	—	—	—	—	—	鼠銑	〃
139	1,500	1.67	3.42	1.71	50.08	—	45.61	30.96	15.95	3.31	3.66	0.99	〃	〃
140	1,520	1.82	3.52	0.75	21.32	—	45.60	29.92	12.36	6.53	2.91	0.96	〃	〃
平均							42.80	29.90	14.13	5.17	3.88	1.09		

を其の順序に従ひて説明すべし。

実験 A の結果。(熔滓組成と溫度と銑の組成との關係。)此の實驗結果は第 7—11 表に示せり。右の第 7—11 表は熔滓組成を第 6 表 C の如くして諸溫度にて 1 時間保持せる結果なり。此の表

中より溫度と銑の組成との關係を取り出して圖示すれば第 8—12 圖となる。寫眞第 12—16 號は此の際得たる銑の組織の一例なり。

1、溫度と銑の組成との關係、第 8—12 圖を通覽するに銑の組成に就きて最も明瞭なるは次の事項なり。

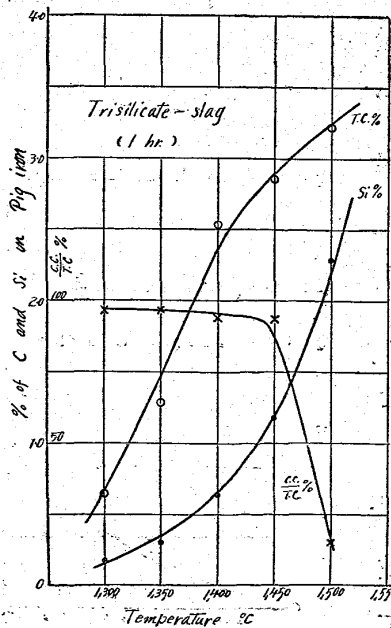
(1) 溫度と珪素の濃度、溫度高き程銑中の珪素濃度は増加す。而して之は低溫度にては規則正しく溫度と共に増加するも 1,450°C 以上にては特に急激に増加す。……

(2) 溫度と炭素濃度、溫度高き程

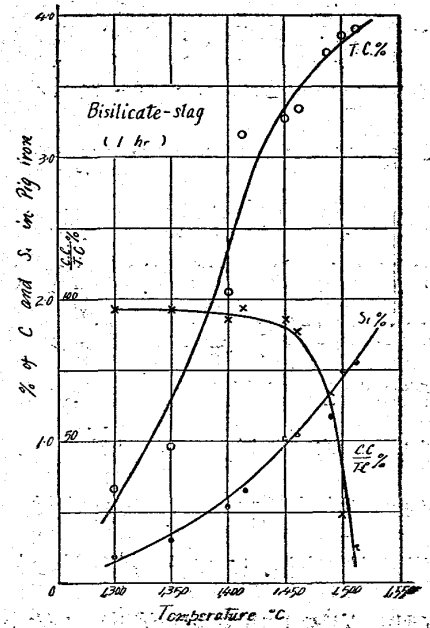
銑中の炭素濃度は増加す。而して之は略溫度に比例す。然れども 1,450°C 以上にては其の増加の割合減少す。…… [2]

(3) 溫度と銑中の黒鉛量 溫度 1,450°C 以上となれば銑中の黒鉛量が急激に増加す。從つて

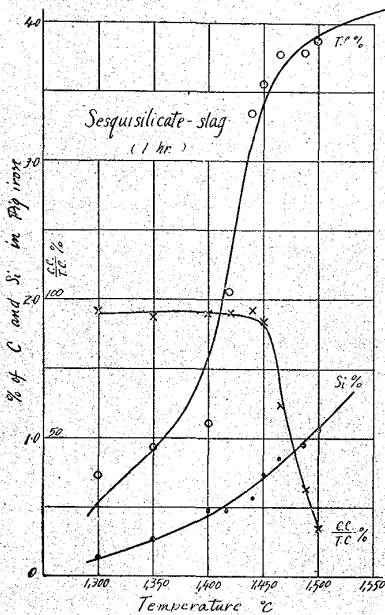
第8圖 トリシリケート熔滓を用ひたる場合の溫度と銑鐵組成との關係を示す圖 (加熱 1 時間)



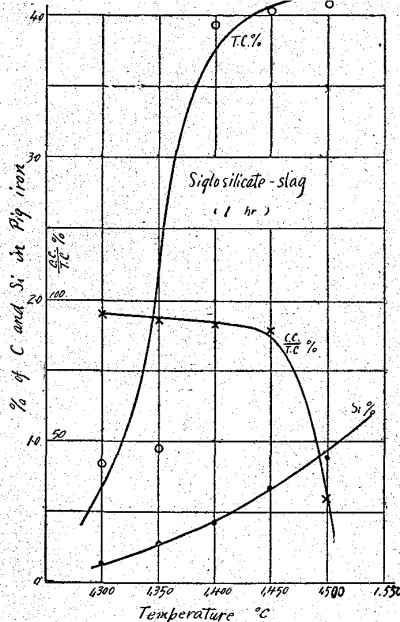
第9圖 バイシリケート熔滓を用ひたる場合溫度と銑鐵組成との關係を示す圖 (加熱 1 時間)



第 10 圖 セスキシリケート
熔滓を用ひたる場
合の温度と銑鐵組
成との關係を示す
圖(加熱1時間)



第 11 圖 シグロシリケート
熔滓を用ひたる場
合の温度と銑鐵組
成との關係を示す
圖(加熱1時間)



主に定まる事明かなり。之は寔によ
く前記の想像を裏書するものなり。
.....[4]

以上述べたる所は個々の熔滓に就
いて通覽せる結果なり。依つて次に
相異なる熔滓組成(特に酸性度)に於
て前記の諸關係が變化する狀況を觀察
せむ。

ハ、熔滓組成と銑の組成との關係
熔滓組成と銑の組成との關係は次
の如し。

(1) 熔滓組成と珪素濃度。銑中の
珪素濃度と温度との關係を諸熔滓
組成に就きて實驗せる結果を圖示

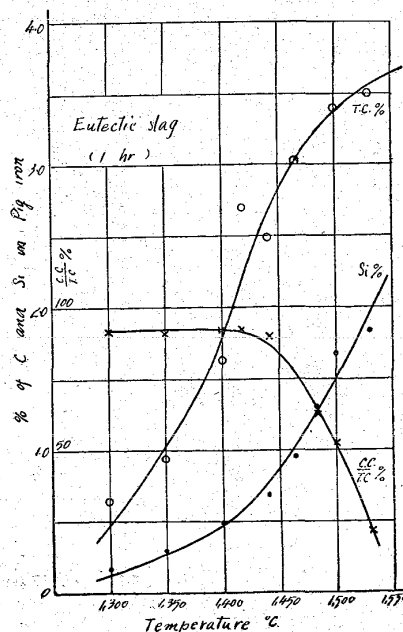
銑中の全炭素量は増加するも結合炭素量は却つ
て減少す。.....[3]

せるものは第 13 圖なり。此の圖に依つて銑中
の珪素濃度と熔滓組成との關係を知るを得べ
し。即ち同一温度に於ては酸性度大なる熔滓程

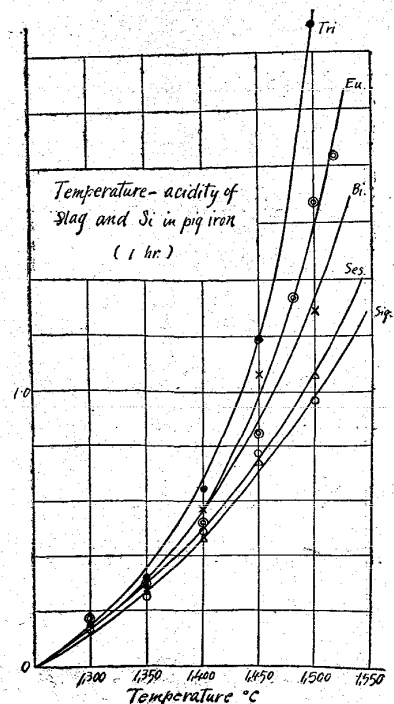
ロ、温度と銑の顯微鏡組織との關係。銑の組成

が温度に依つて變化すること(イ)に
依つて明かなり。従つて銑の組織も
又温度と共に變化する事を想像せし
む。今此の實驗にて得たる銑の組織
を研究し其一例を示すに寫眞第 12
—16 號の如し。即ち寫眞第 12—14
號に於ては温度高き程炭素量大なる
白銑となるを知る。更らに温度を上
昇し 1,450°C となさば銑は第 15
號の如き半白銑となり 1,500°C を
超さば第 16 號の如き鼠銑となる。
依つて本實驗にて得たる之等銑の組
織は其の温度にて生ずる銑の組成
(特に炭素と珪素との濃度)に依りて

第 12 圖 ユーテリチック鑛
滓を用ひたる場
合の温度と銑の組成
との關係を示す圖



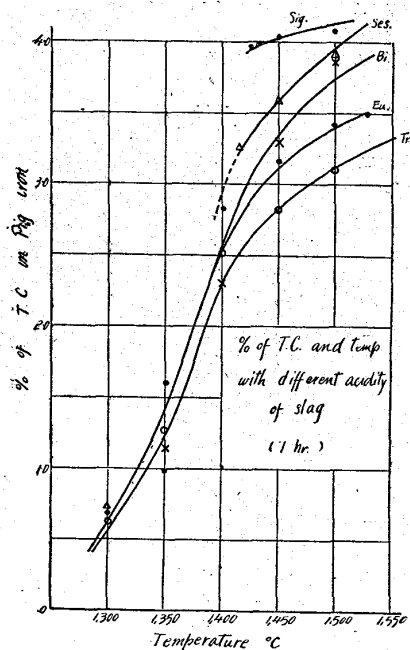
第 13 圖 熔滓組成と温度と
銑中の珪素濃度と
の關係を示す圖



銑中の珪素濃度は大なり。而して之は温度高き程著しく現はる。……………〔5〕

(2) 熔滓組成と炭素濃度。銑中の炭素濃度と温度との關係を諸熔滓組成にて實驗せる結果を蒐集せるものは第 14 圖なり。此圖に依りて銑中

第 14 圖 諸熔滓組成にて温度と銑中の炭素濃度との關係を示す圖



の炭素濃度と熔滓組成との關係を知るを得べし。即ち同一温度に於ては熔滓の酸性度大なる程銑中の炭素濃度小なり。而して之は温度高き程著し。……………〔6〕

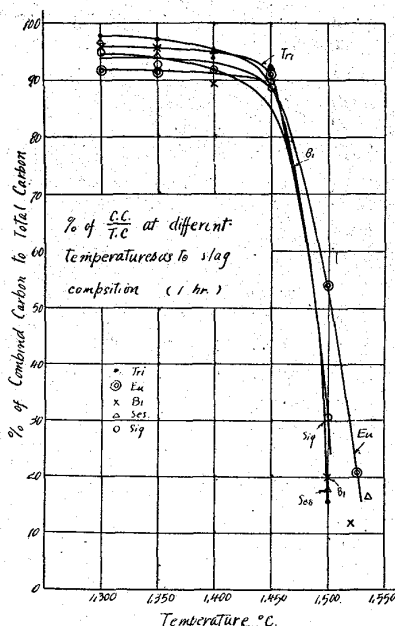
二、熔滓組成と銑の黒鉛化との關係。諸熔滓組成にて得たる銑中の「結合炭素量と全炭素量との比」と温度との關係を求むれば第 15 圖の如くなる。此の圖に依つて熔滓組成の如何に應じて銑の組織が變化する狀況を知るを得べし。即ち熔滓組成の如何に關せず温度 1,450°C 迄は銑は常に白銑 (又は半白銑) にして其の黒鉛化は殆んど起らざるなり。然れども此の温度を超し 1,500°C とならば急激に此の銑の黒鉛化進行す。之は此の温

度に至れば如何なる組成の熔滓を用ふるも珪素還元の反應が速かに進行し黒鉛化を起す事を示すなり。……………〔7〕

實驗(B)の結果 (時間と銑の組成との關係)。

此の實驗の結果は第 12—14 表の如くなれり。之

第 15 圖 諸熔滓組成にて温度と銑中の結合炭素と全炭素との比の關係を示す圖



等の諸表に依りて一定温度に於て時間と共に變化する熔銑中の炭素と珪素との濃度を圖示すれば第 16—17 圖の如くなる。寫眞第 17—25 號は此の實驗に依りて得たる銑の顯微鏡組織の一例なり。

イ、銑の組成と一定温度に保持する時間との關係。一定温度にて熔融状態に保ち製銑反應を進行せしむれば時間と共に銑の組成は次の如く變化す。

(1) 時間と珪素濃度との關係。

時間と銑中の珪素濃度との關係は次の如し。即ち第 16—17 圖

に依りて明瞭なる如く一定温度に於ては時間短かき間は銑中の珪素濃度は時間と共に増加すれども約 1 時間半後は略一定となる。而して爾後長時間其温度に保持するも珪素濃度は殆んど變化せず。……………〔8〕

〔2〕時間と銑中の炭素濃度との關係。時間と銑中の炭素濃度との關係は次の如し。即ち第 16—17 圖にに明示せられたる如く一定温度に於ては時間の経過に従つて銑中の炭素濃度は増加す。然れども約 1 時間半後は略一定となる。而して其後長時間其の温度に保持するも炭素濃度は殆んど變化せず。……………〔9〕

ロ、銑の組成 (炭素と珪素との一定濃度即ち平

第 12 表 ユーテリチック鑄滓による加熱時間と温度とが鉄中の珪素及び炭素の還元溶解量に及ぼす影響の表 (炭素過剰なる場合)

- (1) 加熱時間 30 分、60 分、90 分、120 分、及び 150 分。
 (2) 冷却法 冷却爐中にて 850°C に 20 分間加熱後爐冷却をなす。
 (3) 還元温度 1,300°C、1,350°C、1,400°C、1,450°C 及び 1,500°C。
 (4) 装入比 砂鐵 B 15.0 瓦、珪石 2.2 瓦、木炭 4.46 瓦、(3.5% 過剰) 石灰石 3.58 瓦。

番 號	温度 °C	時間 分	銑鐵組成				熔滓組成				寫眞 番號	破面	備 考
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%	SiO ₂ %	CaO%	TiO ₂ %	FeO%			
141	1,300	30	0.11	0.49	0.49	0.12	40.85	29.94	16.90	7.54		鋼	熔融完全
142	"	60	0.14	0.68	0.68	0.12	41.74	29.41	17.35	8.30		"	"
143	"	90	0.22	0.74	0.71	0.15	41.57	29.56	18.70	7.94		"	"
144	"	120	0.24	0.86	0.85	0.17	—	—	18.40	—		"	"
145	1,350	30	0.16	2.34	2.14	0.17	42.14	29.94	18.40	9.87		白銑	"
146	"	60	0.24	3.17	3.00	0.26	41.64	31.24	17.60	6.20		"	"
147	"	20	0.29	3.51	3.32	0.27	41.64	31.20	18.80	5.44		"	"
148	"	120	0.31	3.61	3.43	0.29	42.64	31.60	18.60	5.05		"	"
149	"	150	0.29	3.65	3.48	0.31	41.00	33.03	17.63	4.02		"	"
150	1,400	30	0.24	3.08	2.97	0.24	—	—	—	—	(17)	"	"
151	"	60	0.58	3.51	3.27	0.31	—	—	—	—	(18)	"	"
152	"	90	0.61	3.56	3.32	0.37	40.54	29.40	14.45	6.77	(19)	"	"
153	"	120	0.83	3.78	3.53	0.39	—	—	—	—	(20)	"	"
154	"	150	0.87	3.78	3.50	0.40	41.08	30.15	14.90	6.80	(21)	"	"
155	1,450	30	0.40	3.11	3.01	0.24	39.12	32.01	18.00	4.99		黝銑	"
156	"	60	0.79	3.48	2.83	0.32	41.50	32.26	17.15	5.59		"	"
157	"	90	0.90	3.61	2.41	0.35	—	—	—	—		"	"
158	"	120	1.22	3.81	2.89	0.39	—	—	—	—		"	"
159	"	150	1.10	3.81	—	0.39	39.47	29.86	18.80	4.42		"	"
160	1,500	30	1.06	3.51	1.50	0.35	—	—	—	—	(22)	鼠銑	"
161	"	60	1.39	3.71	—	0.37	—	—	—	—	(23)	"	"
162	"	90	1.67	3.88	0.72	0.37	—	—	—	—	(24)	"	"
163	"	120	2.18	3.85	0.85	0.34	40.99	31.89	14.76	4.37	(25)	"	"
164	"	150	2.22	3.86	0.78	0.36	—	—	—	—		"	"

第 13 表 ユーテリチック鑄滓による加熱時間と温度とが鉄中の珪素及び炭素の還元溶解量に及ぼす影響の表 (炭素小量なる場合)

- (1) 加熱時間 30 分、60 分、90 分及び 120 分。
 (2) 冷却法 爐中にて冷却す。
 (3) 還元温度 1,350°C、1,400°C、1,450°C、
 (4) 装入比 砂鐵 B、15.0 瓦、珪石 2.2 瓦、木炭 3.53 瓦(計算量)、石灰石 3.58 瓦。

番 號	温度 °C	時間 (分)	銑鐵組成				熔滓組成				破面	備 考	
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%	SiO ₂ %	CaO%	TiO ₂ %	CaO%			
165	1,350	30	0.17	0.58	0.57	0.17	41.82	30.12	13.15	4.63		鋼	熔融完全
166	"	60	0.19	0.82	0.75	0.29	43.44	29.65	14.50	4.16		"	"
167	"	90	0.25	1.14	1.13	0.28	—	—	—	—		"	"
168	"	120	0.28	1.91	1.66	0.33	42.60	28.65	13.83	3.23		半鋼	"
169	1,400	30	0.19	0.77	0.76	0.33	—	—	—	—		"	"
170	"	60	0.40	2.06	1.96	0.40	—	—	—	—		白銑	"
171	"	90	0.61	2.58	2.43	0.39	44.64	28.14	13.50	1.98		"	"
172	"	120	0.75	2.78	—	—	—	—	—	—		"	"
173	1,450	30	0.34	1.61	1.58	0.29	44.48	29.93	14.3	1.29		"	"
174	"	60	0.83	2.36	2.22	0.40	—	—	—	—		"	"
175	"	90	1.05	2.77	2.56	—	—	—	—	—		"	"
176	"	120	1.12	2.83	2.63	—	—	—	—	—		"	"

第14表 種々なる熔滓組成による加熱時間と温度とが銑中の珪素及び炭素の還元溶解量に及ぼす影響表

(1) 加熱時間	30分、60分、90分、120分及び150分。
(2) 冷却法	850°Cにて20分加熱後爐冷却。
(3) 還元温度	1,350°C、1,400°C及び1,450°C。
(4) 装入比	(木炭 35% 過剩)
(A) トリシリケート熔滓	砂鐵 B 15.00瓦、珪石 2.80瓦、石灰石 2.80瓦、木炭 4.46瓦。
(B) バイシリケート熔滓	" 15.00 " 2.35 " 4.05 " 4.46
(C) セスキシリケート熔滓	" 15.00 " 2.00 " 4.05 " 4.43

(A) トリシリケート熔滓

番 號	温度 °C	時間 分	銑鐵組成				熔滓組成				破面	備 考
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%	SiO ₂ %	CaO%	TiO ₂ %	FeO%		
177	1,350	30	0.16	2.50	2.41	0.20	—	—	—	—	白銑	熔融完全
178	"	60	0.18	3.02	2.96	0.20	45.81	27.48	18.80	7.16	"	"
179	"	90	0.27	3.55	3.38	0.29	—	—	—	—	"	"
180	"	120	0.49	3.62	3.55	0.33	45.27	26.33	18.20	4.25	"	"
181	"	150	0.47	3.65	3.60	0.38	—	—	—	—	"	"
182	1,400	30	0.17	3.02	2.93	0.32	46.83	26.67	16.78	5.89	"	"
183	"	60	0.51	3.70	3.67	—	—	—	—	—	"	"
184	"	90	0.88	3.75	3.56	—	46.00	30.40	19.65	4.35	"	"
185	"	120	0.95	3.71	2.03	—	45.54	26.33	18.30	3.90	黝銑	"
186	"	150	0.99	3.76	2.88	—	—	—	—	—	"	"
301	1,300	90	0.29	3.60	—	—	45.8	—	—	—	白銑	"
302	"	120	0.31	3.58	—	—	45.9	—	—	—	"	"
303	"	150	0.30	3.59	—	—	45.8	—	—	—	"	"
304	1,350	90	0.45	3.59	—	—	45.7	—	—	—	"	"
305	"	120	0.46	3.59	—	—	45.9	—	—	—	"	"
306	"	150	0.48	3.60	—	—	45.1	—	—	—	"	"
307	1,400	90	0.93	3.67	—	—	45.9	—	—	—	"	"
308	"	120	0.98	3.68	—	—	45.8	—	—	—	"	"
309	"	150	1.02	3.77	—	—	45.5	—	—	—	"	"
310	1,450	90	1.87	3.84	—	—	45.6	—	—	—	半白銑	"
311	"	120	1.89	3.80	—	—	45.4	—	—	—	"	"
312	"	150	1.93	3.81	—	—	45.1	—	—	—	"	"
313	1,500	90	3.45	3.68	—	—	45.8	—	—	—	鼠銑	"
314	"	120	3.38	3.72	—	—	45.8	—	—	—	"	"
315	"	150	3.62	3.71	—	—	45.9	—	—	—	"	"

(B) バイシリケート熔滓

番 號	温度 °C	時間 分	銑鐵組成				熔滓組成				破面	備 考
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%	SiO ₂ %	CaO%	TiO ₂ %	FeO%		
187	1,350	30	0.11	3.23	3.02	0.23	38.48	33.33	19.57	9.75	白銑	熔融完全
188	"	60	0.19	3.38	3.03	0.26	—	—	—	—	"	"
189	"	90	0.46	3.68	3.62	—	38.01	32.21	13.88	3.33	"	"
190	"	120	0.48	3.65	3.56	—	—	—	—	—	"	"
191	"	150	0.45	3.62	3.55	—	38.66	33.23	15.08	4.55	"	"
192	1,400	30	0.19	3.45	3.33	0.26	—	—	—	—	"	"
193	"	60	0.50	3.69	—	—	39.07	34.03	14.44	—	"	"
194	"	90	0.86	3.80	3.75	0.40	—	—	—	—	"	"
195	"	120	0.88	3.88	3.75	—	38.02	36.66	13.55	4.22	"	"
196	"	150	0.89	3.88	—	—	—	—	—	—	"	"
317	1,300	90	0.25	3.60	—	—	39.0	—	—	—	"	不完全
318	"	120	0.26	3.65	—	—	38.7	—	—	—	"	"
319	"	150	0.29	3.68	—	—	38.7	—	—	—	"	"
320	1,350	90	0.44	3.60	—	—	38.9	—	—	—	"	完全に熔融
321	"	120	0.40	3.65	—	—	38.5	—	—	—	"	"
322	"	150	0.45	3.64	—	—	38.9	—	—	—	"	"
323	1,400	90	0.90	3.86	—	—	38.9	—	—	—	"	"
324	"	120	0.88	3.85	—	—	38.6	—	—	—	"	"
325	"	150	0.88	3.85	—	—	38.6	—	—	—	"	"

326	1,450	90	1.47	4.01	—	—	39.1	—	—	—	半白鉄	〃
327	〃	120	1.62	3.95	—	—	38.6	—	—	—	〃	〃
328	〃	150	1.51	3.93	—	—	38.0	—	—	—	〃	〃
339	1,500	90	2.13	3.93	—	—	40.2	—	—	—	鼠鉄	〃
330	〃	120	2.13	3.94	—	—	38.6	—	—	—	〃	〃
331	〃	150	2.20	3.97	—	—	38.9	—	—	—	〃	〃

(C) セスキシリケート熔滓

番 號	溫度 °C	時間 分	鉄鐵組成				熔滓組成				破 面	備 考
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%	Si%	CaO%	TiO ₂ %	FeO%		
197	1,400	30	0.34	3.76	3.72	0.34	—	—	—	—	白 鉄	熔融不完全
198	〃	60	0.48	3.82	3.70	—	31.34	38.90	15.33	9.65	〃	〃
199	〃	90	0.63	3.88	3.72	—	—	—	—	—	〃	〃
200	〃	120	0.71	3.91	3.67	—	33.07	40.33	17.99	4.23	〃	〃
201	〃	150	0.73	3.94	3.82	—	—	—	—	—	〃	〃
332	1,300	90	0.28	—	—	—	32.2	—	—	—	鋼 粒	熔融不完全
333	〃	120	0.25	—	—	—	32.0	—	—	—	〃	〃
334	〃	150	0.25	—	—	—	32.1	—	—	—	〃	〃
335	1,350	90	0.39	3.76	—	—	32.3	—	—	—	半分鉄 となる	〃
336	〃	120	0.43	3.78	—	—	32.1	—	—	—	〃	〃
337	〃	150	0.44	3.78	—	—	31.8	—	—	—	〃	〃
338	1,400	90	0.68	3.88	—	—	—	—	—	—	白 鉄	熔 融 す
339	〃	120	0.71	3.91	—	—	33.0	—	—	—	〃	〃
340	〃	150	0.73	3.94	—	—	—	—	—	—	〃	〃
341	1,450	90	1.10	4.01	—	—	31.4	—	—	—	半白鉄	よく熔融す
342	〃	120	1.20	3.96	—	—	32.2	—	—	—	〃	〃
343	〃	150	1.14	3.96	—	—	32.1	—	—	—	〃	〃
344	1,500	90	1.62	4.10	—	—	32.3	—	—	—	鼠 鉄	〃
345	〃	120	1.66	4.05	—	—	32.1	—	—	—	〃	〃
346	〃	150	1.66	4.12	—	—	—	—	—	—	〃	〃

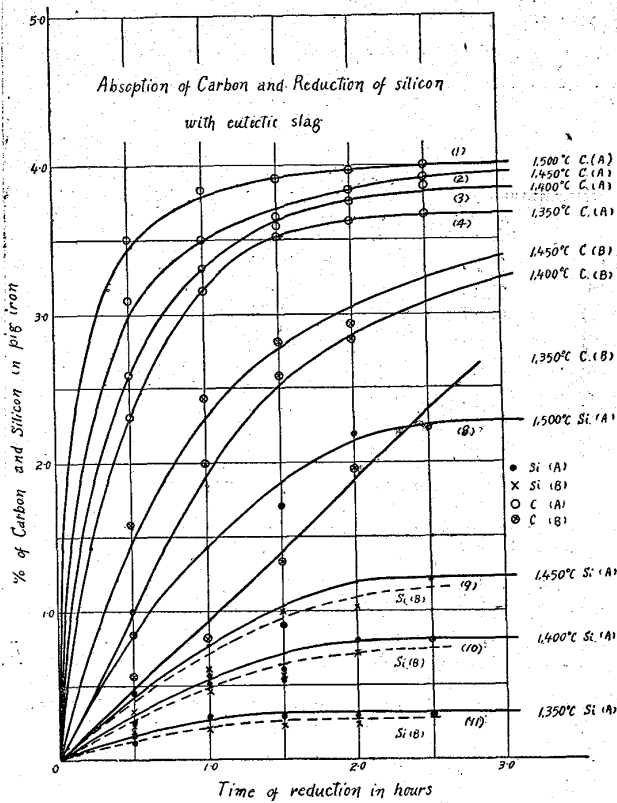
(D) シグロシリケート熔滓

番 號	溫度 °C	時間 分	鉄鐵組成			熔滓組成			破 面	備 考
			Si%	T.C.%	Mn%	SiO ₂ %	CaO%	TiO ₂ %		
349	1,300	90	0.23	—	—	28.4	—	—	鋼 粒	熔 融 せ ず
350	〃	120	0.23	—	—	28.3	—	—	〃	〃
351	〃	150	0.26	—	—	28.0	—	—	〃	〃
352	1,350	90	0.39	—	—	28.0	—	—	〃	よく熔融せず
353	〃	120	0.40	—	—	27.9	—	—	〃	〃
354	〃	150	0.40	—	—	28.1	—	—	〃	〃
355	1,400	90	0.60	—	—	29.0	—	—	〃	〃
356	〃	120	0.63	—	—	28.1	—	—	〃	〃
357	〃	150	0.65	—	—	28.0	—	—	〃	〃
358	1,450	90	1.05	4.03	—	28.1	—	—	半白鉄	よく熔融す
359	〃	120	1.04	4.05	—	28.9	—	—	〃	〃
360	〃	150	1.05	4.04	—	23.9	—	—	〃	〃
361	1,500	90	1.33	4.16	—	28.9	—	—	鼠 鉄	〃
362	〃	120	1.35	4.09	—	29.0	—	—	〃	〃
363	〃	150	1.34	4.12	—	29.0	—	—	〃	〃

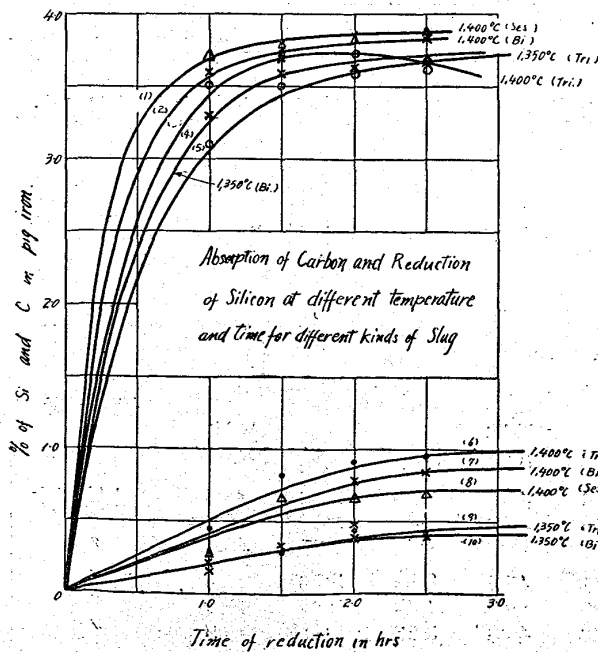
衡値)と温度との關係。右(イ)の如く一定温度に於て鉄中の炭素と珪素との濃度は一定時間後特定なる一定値(即ち平衡値)に達することを知れり。而して此の値は次に示す如く温度によりて規則正しく變化す。即ち

- (1) 温度と珪素の一定値(平衡値)との關係。第16圖にて曲線(8)、(9)、(10)、(11)及び第17圖にて曲線(6)、(9)等を觀察すれば温度高き程鉄中の珪素の平衡値大なり。……[10]
- (2) 温度と炭素の一定値(平衡値)との關係。第

第 16 圖 ユーテックチック鑛滓を用いたる場合の温度と加熱時間及び銑の組成との關係を示す圖



第 17 圖 種々の組成の鑛滓を用いたる場合の温度と加熱時間及び銑の組成との關係を示す圖



16 圖に於て曲線(1)、(2)、(3)、(4) 及び第 17 圖にて曲線(3)、(5)等を見る時は温度高き程一般に炭素の平衡値大なり。……………〔11〕

ハ、銑の組成と熔滓組成との關係。第 12~14 表及び第 16—17 圖より同一温度にて同一時間保持するも熔滓組成に依りて銑の組成が變化する事明かなり。而して其の價は一定時間後略一定となる。之を前諸表より摘記せるものは第 16~18 表なり。其の結果より

(1) 珪素の一定値と熔滓組成との關係。熔滓の酸性度大となれば大となる程銑中の珪素濃度の一定値は大となる。之は〔5〕よりも明かに想定し得る所なり。……………〔12〕

(2) 炭素の一定値と熔滓組成との關係。熔滓の酸性度大なる程熔銑中の炭素濃度の一定値は小となる。之は〔6〕よりも明かに想定し得る所なり。……………〔13〕

實驗(C)結果。此の實驗結果は第 15 表に示せり。寫眞第 26—28 號は此の實驗にて得たる銑の顯微鏡組織の一例なり。之等に依りて次の事實を知る。

(1) 珪素濃度。此の實驗より得たる銑中の珪素濃度は同一條件にて行へる高温度の時の濃度(例第 12 表 163)に比較すれば孰れも其の値小なり。然れども之を實驗(B)に依りて得たる同温度の場合(例第 12 表 148、153、159)に比較すれば尙ほ大なり。……………〔14〕

(2) 炭素濃度。此の實驗にて得たる銑中の炭素濃度は高温度の時の濃度(例第 12 表 163)に比較すればいづれも其の値小となれり。然れども之を實驗(B)に於ける同温度の場合(例第 12 表 148、153、159)に比較すれば尙ほ大

第 15 表 一定温度に保持し其儘稍低温度にて繼續保持せる場合に
鉄中の珪素及び炭素の量が變化する狀況を示す表

(1) 加熱時間	高温度にて 1 時間、低温度にて 2 時間。								
(2) 冷却法	850°C にて 20 分間加熱後爐冷却す。								
(3) 處理温度	高温度 1,500°C、低温度 1,450°C、1,400°C、1,350°C。								
(4) 装入比	砂鐵 B 15.0 瓦、珪石 2.25 瓦、石灰石 3.65 瓦、木炭 4.46 瓦(35%過剩)								
(5) 熔滓組成	ユーテクチック鐵滓								
番 號	温度 °C	時間 (分)	鉄 鐵 組 成				寫眞 番 號	破 面	備 考
			Si%	T.C.%	C.C.%	Mn%			
202	1,450	120	1.23	3.60	1.05	0.35		黝鉄	
203	1,400	120	1.04	3.4	2.00	0.35	(26)	"	
204	1,350	120	0.83	3.49	2.85	0.35	(27)	白鉄	
205	1,500	60	1.74	3.84	0.56	0.36	(28)	鼠鉄	
206	1,400	120	1.25	3.61	2.86	0.35		黝鉄	木炭(3.3 瓦)
207	1,350	120	0.86	3.62	3.13	0.34		白鉄	
208	1,400	120	1.43	3.61	—	0.37		黝鉄	
209	1,350	120	0.90	3.68	3.06	0.38		白鉄	

なり。……………[15]

(3) 低温度にて 2 時間保持せる試料中の結合炭素は高温度に同時間保持し之を直ちに冷却せるものゝ結合炭素よりも其の量大なり。… [16]

(4) 顯微鏡組織を見る時は同条件の高温度にて得たる試料は寫眞第 28 號の如く鼠鉄なれども低温度に引續きて保持せるものは第 26—27 號の如く白鉄となる。……………[17]

右の實驗結果に依りて(2)式に示す反應は可逆的に進行し得べき事明かとなれり。即ち此の實驗に依りて(2)式に示す反應は製鉄に際して平衡に達するものなる事を推知し得。

實驗結果の吟味。本實驗の目的は第 2 章に述べたる如く諸温度に於ける一酸化炭素、炭素、熔鉄及び熔滓との間の平衡を明かにするにあり。依つて此系の平衡に達せる場合に就き吟味するを要す。

今實驗(B)に於ける第 16~17 圖を見るに一定温度に保持する事約 1 時間半乃至 2 時間なれば鉄中の珪素と炭素との濃度は常に特定なる一定値に達するを知る。

實驗(A)の結果は未だこの特定値に達せざるもの多きを以て平衡に達せりとなすを得ざるなり。

第 16 表 各種熔滓に於ける炭素及び珪素の一定値表

(1) トリシリケート熔滓

番 號	温度 °C	1 時 間 半			2 時 間			2.5 間 時			備 考
		鉄の組成		熔滓 SiO ₂ %	鉄の組成		熔滓 SiO ₂ %	鉄の組成		熔滓 SiO ₂ %	
		Si%	C%		Si%	C%		Si%	C%		
301—303	1,300	0.29	3.60	45.8	0.31	3.58	45.9	0.30	3.59	45.8	よく熔解す
304—303	1,350	0.45	3.59	45.7	0.46	3.59	45.9	0.43	3.60	45.1	"
307—309	1,400	0.93	3.67	45.9	0.98	3.63	45.8	1.02	3.77	45.5	"
184—186	"	0.93	3.57	46.0	0.95	3.71	45.4	0.99	3.76	—	"
310—312	1,450	1.87	3.84	45.6	1.89	3.80	45.4	1.90	3.81	45.1	"
313—315	1,500	3.45	3.68	45.8	3.38	3.72	45.8	3.62	3.71	45.9	"

(2) ニーテクチック熔滓

番 號	溫度 °C	1.5時間			2時間			2.5時間			備 考
		銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	
		Si%	C%		Si%	C%		Si%	C%		
143-144	1,300	0.22	0.74	41.5	0.24	0.86	—	—	—	よく熔融す	
147-145	1,350	0.29	3.51	41.6	0.31	3.61	42.6	0.29	3.65	41.0	〃
152-154	1,400	0.61?	3.56	41.0	0.88	3.78	—	0.87	3.78	—	〃
187-159	1,450	0.90	3.61	—	1.22	3.81	—	1.20	3.81	39.4	〃
162-164	1,500	—	—	—	2.18	3.85	41.0	2.22	3.86	—	〃

(3) バインリケート熔滓

番 號	溫度 °C	1.5時間			2時間			2.5時間			備 考
		銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	
		Si%	C%		Si%	C%		Si%	C%		
317-319	1,300	0.25	3.60	39.0	0.26	3.66	38.7	0.29	3.68	38.7	熔融不完全
320-322	1,350	0.44	3.60	38.9	0.40	3.65	38.5	0.45	3.64	38.9	熔融す
189-195	—	0.46	3.68	38.1	0.48	3.65	—	0.45	3.62	38.7	〃
327-325	1,400	0.90	3.86	38.9	0.88	3.85	38.6	0.88	3.85	38.6	〃
194-191	—	0.86	3.80	—	0.88	3.88	—	0.89	3.88	38.2	〃
326-328	1,450	1.47	4.01	39.1	1.62	3.95	38.6	1.51	3.93	38.0	〃
329-333	1,500	2.13	3.93	40.2	2.13	3.94	38.6	2.20	3.97	38.9	〃

(4) セスキリケート熔滓

番 號	溫度 °C	1.5時間			2時間			2.5時間			備 考
		銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	
		Si%	C%		Si%	C%		Si%	C%		
332-334	1,300	0.28	—	32.4	0.25	—	32.0	0.25	—	32.1	よく熔融せず
335-337	1,350	0.39	3.76	32.3	0.43	3.78	32.1	0.44	3.78	31.8	〃
159-129	1,400	0.68	3.88	—	0.71	3.91	33.0	0.73	3.94	—	熔融す
338-340	〃	0.69	3.90	31.8	0.75	3.86	31.2	0.74	3.91	31.7	〃
341-343	1,450	1.10	4.01	31.4	1.20	3.96	32.2	1.14	3.96	32.1	〃
344-346	1,500	1.62	4.10	32.3	1.66	4.05	32.1	1.66	4.12	—	〃

(5) シグロシリケート熔滓

番 號	溫度 °C	1.5時間			2時間			2.5時間			備 考
		銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	銑の組成		熔滓 SiO ₂ %	
		Si%	C%		Si%	C%		Si%	C%		
349-351	1,300	0.23	—	28.4	0.26	—	28.3	0.26	—	28.3	熔融せず
352-354	1,350	0.39	—	28.0	0.40	—	27.9	0.40	—	28.1	〃
255-357	1,400	0.60	—	29.0	0.63	—	28.1	0.65	—	28.0	〃
358-360	1,450	1.05	4.03	28.1	1.04	4.05	28.9	1.05	4.04	28.9	よく熔融す
361-363	1,500	1.33	4.16	28.9	1.35	4.09	29.0	1.34	4.12	29.0	〃

第 17 表 種々なる組成の熔滓にて平衡にある銑中の珪素量表

溫度°C	トリシリケート	ニーテクチック	バイシリケート	セスキシリケート	シグロシリケート
1,300	0.30%	0.28%	0.27%	0.26%	0.25%
1,350	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40
1,400	0.97	0.87	0.89?	0.72	0.62
1,450	1.88	1.62?	1.55	1.14	1.05
1,500	3.50	2.30	2.15	1.65	1.34
備 考	實測値	實測値	實測値	實測値並に推測値	實測値及推測値

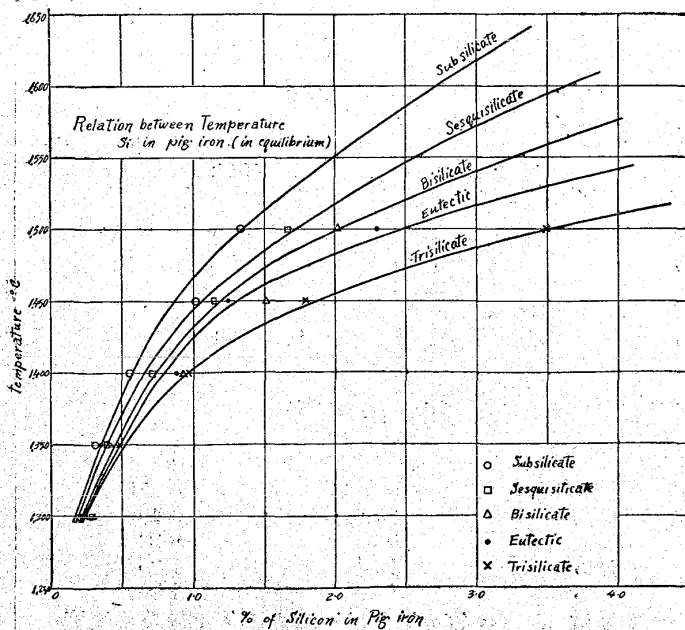
第 18 表 種々なる組成の熔滓にて平衡にある鉄中の炭素量表

温度 °C	トリシリ ケート	コーテク チック	バイシリ ケート	セスキシ リケート	シグロシ リケート
1,350	3.59%	3.69%	3.65%	—%	—%
1,400	3.71	3.78	3.85	3.88	—
1,450	3.82	3.81	3.96	3.98	4.04
1,500	3.71	3.86	3.95	4.05	4.10
備考	實測値	實測値	實測値	實測値並に 推測値	實測値

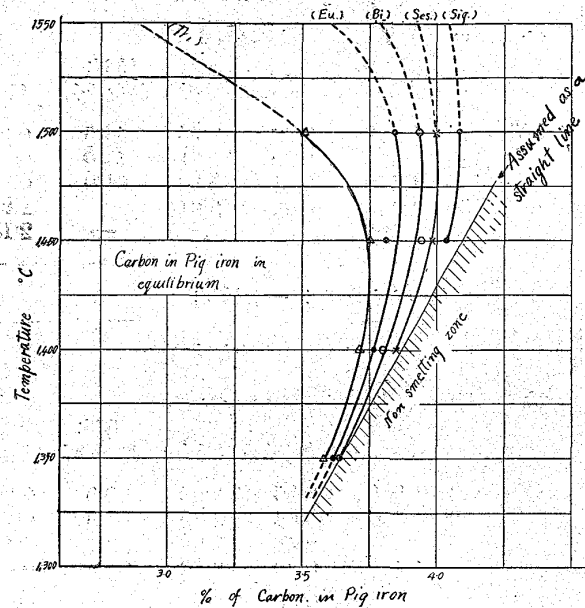
故に本研究に於ける平衡値と認むべきは (B) より得たる値なり。依つて (B) に於て諸温度に應ずる炭素と珪素との特定値を求めたり。其等特定値を一括表示せるものは第 16 表なり。更らに之より珪素と炭素との特定値 (平均値) を求むれば第 17 表及第 18 表の如くなる。即ち此の平均値を用ふれば〔5〕〔6〕〔10〕〔11〕等の結果を更らに明瞭ならしめ得るなり。

1. 温度と珪素濃度 (平衡値) との関係。各種組成の熔滓に就きて温度と鉄中の珪素濃度との関係を求むれば第 18 圖の如くなる。更らに熔滓組成と温度とに就きて等珪素濃度線を求むれば

第 18 圖 熔滓組成と温度及鉄中の珪素濃度 (平衡値) との関係を示す圖



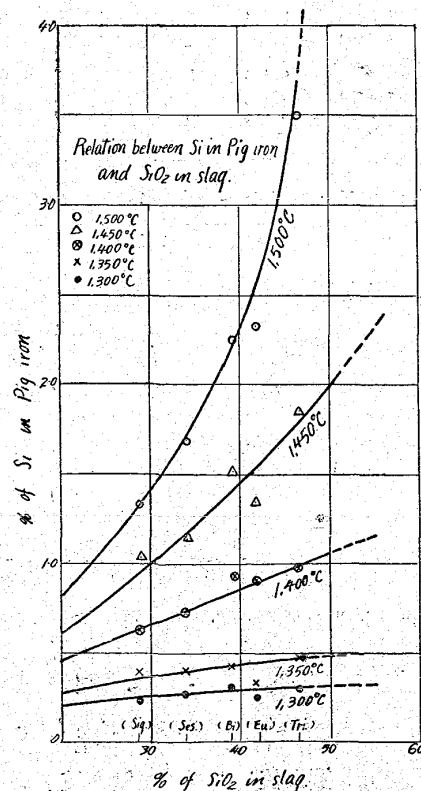
第 19 圖 熔滓組成と温度及び鉄中の炭素濃度 (平衡値) との関係を示す圖



第 21 圖の如し。

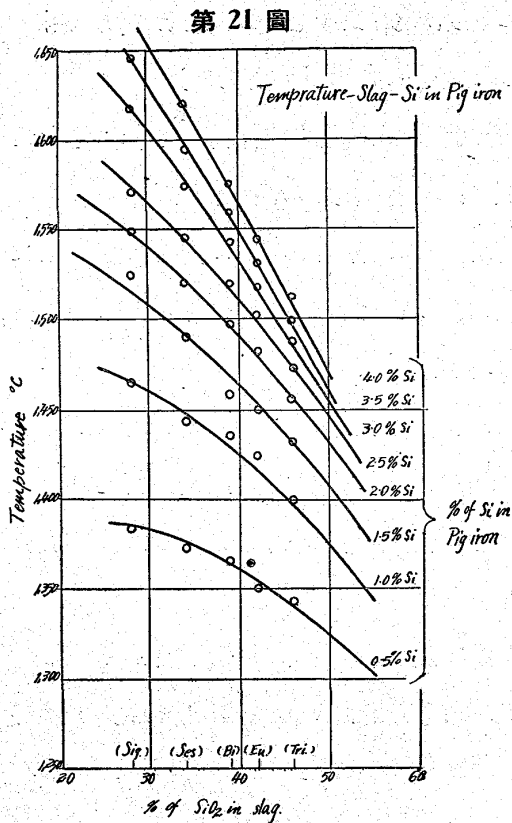
如何なる組成の熔滓を使用するも〔10〕の結果

第 20 圖 一定温度に於ける熔滓組成と鉄中の珪素濃度 (平衡値) との関係を示す圖

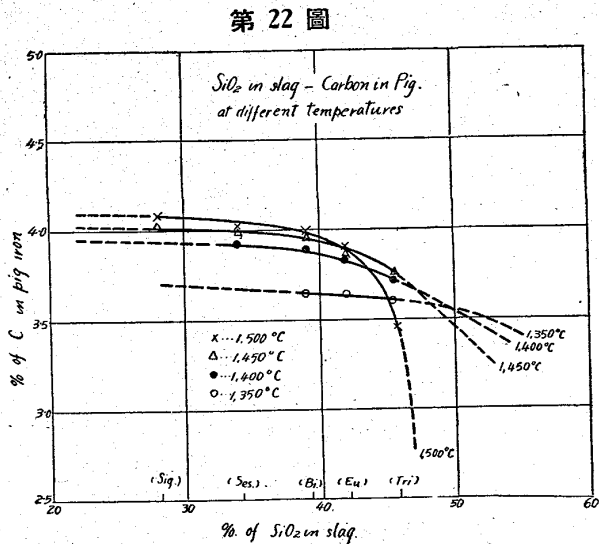


の正しきを知る。即ち温度高き程鉄中の珪素濃度〔平衡値〕は大となる。……〔18〕

2. 温度と炭素濃度 (平衡値) との関係。各種組成の熔滓に就きて温度と鉄中の炭素濃度



第 21 圖
熔滓組成と温度及び等珪素量との関係を示す圖

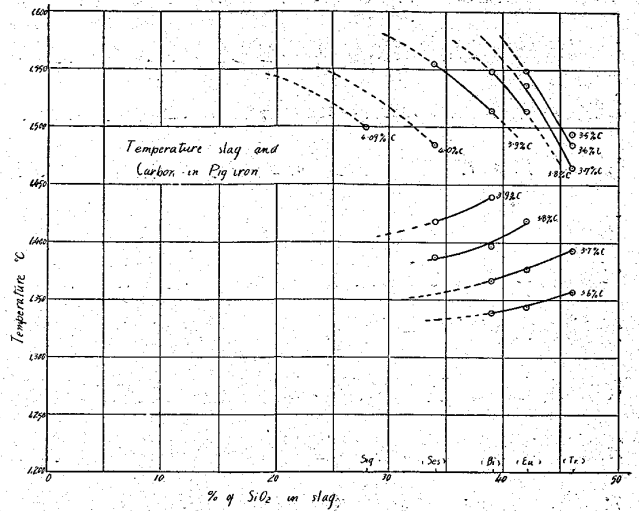


第 22 圖
一定温度に於ける熔滓組成と銑中の炭素量 (平衡値) との関係を示す圖

との関係を求めれば第 19 圖及び第 23 圖の如くなる。之に依れば温度低き間は炭素濃度小なれども温度と共に増加す。但し更に温度上昇

第 23 圖

熔滓組成と温度及び銑中の等炭素濃度との関係を示す圖



し 1,450°C 以上とならば却つて炭素濃度を減少する傾向大となる。即ち[10]の結果は正し。

..... [19]

3. 珪素濃度(平衡値)と熔滓組成との関係。

第 20 圖は熔滓組成(酸性度)と銑中の珪素濃度(平衡値)との関係を示すものなり。之に依りて熔滓の酸性度大なる程銑中の珪素濃度(平衡値)大となる。之により [5]及び[12]の正しきを知る。..... [20]

4. 炭素濃度 (平衡値) と熔滓組成との関係。

第 21 圖は熔滓組成(酸性度)と銑中の炭素濃度(平衡値)との関係を示すものなり。之に依りて熔滓の酸性度大なる程銑中の炭素濃度(平衡値)は小となる。之により [6]及び[13]の正しきを知る。..... [21]

以上[1]—[21]の實驗結果より更に進みて本系の平衡を吟味せんとす。

第 2 章に述べたる如く炭素に溶解度珪素に還元化學平衡が存在するものとせば、之に依りて次の如き實驗結果に到達すべき事を豫想し得べし。而

して之等の豫想は次の括弧内に示す如く本研究に於ては實驗上より證明せられたり。即ち

- (1) 一定溫度に保持する時間短かき間は時間と共に銑中の珪素と炭素との濃度は増加す。之は炭素の溶解及び珪素の還元溶解が遂時的に進行するがためなり。〔8〕及び〔9〕の結果と一致す。
- (2) 右の時間を充分長からしむる時は遂に銑と熔滓との組成は一定となるべし。之平衡に達せるが爲なり。而して此の値は炭素に就きては溶解度、珪素に就きては還元平衡値なり。〔8〕及び〔9〕の結果と一致す。
- (3) 此の炭素溶解度は溫度上昇する程大となるべし。之は第2章に述べたる熔滓なき場合の炭素溶解度が溫度高き程大なる事より推定し得らるなり。〔2〕〔11〕及〔19〕の結果と一致す。但し更らに高溫度となさば却つて溶解度小となるは高溫度にて著しく珪素濃度増加するがためなり。
- (4) 此の炭素濃度は銑中の珪素濃度大なる程減少すべし。之も又前に記述せる熔滓なき場合の結果より容易に推定し得べし。〔3〕、〔4〕、〔6〕、〔13〕及び〔21〕の結果と一致す。又〔19〕に於て高溫度となる程炭素濃度減少するは之が爲なり。
- (5) 珪素の還元平衡値は溫度高き程大となるべし。之(2)式に示せる反應が吸熱反應なるが爲なり。〔1〕、〔4〕、〔10〕及び〔18〕の結果と一致す。
- (6) 熔滓の酸性度大なる程銑中の珪素濃度大となるべし。之熔滓の酸性度大ならば此の熔滓中の珪酸と平衡する銑中の珪酸多くなり従つて珪

素の炭素に依る還元起り易きが爲なり。〔12〕及び〔20〕の結果と一致す。

- (7) 一定時間或溫度に保持せる後之を他の溫度に長く連續保持すれば先きに銑中に溶解又は還元溶解せる炭素と珪素との濃度は變化して後の溫度に應ずる平衡値に近づくべし。〔4〕及び〔15〕の結果と一致す。

以上は直接平衡理論より推定し得る所なれども尙ほ間接に次の事項をも推定し得らるべし。而して之等は何れも括弧内に記せるが如く實證せられたり。

- (1) 溫度高き程銑は黒鉛化し易かるべし。之高溫度なる程熔銑中の炭素濃度も珪素濃度も大となるが爲なり。〔3〕、〔4〕及び〔7〕と一致す。
- (2) 一旦高溫度に一定時間保持し更らに低溫度にて長時間保持すれば高溫度の儘にては鼠銑なるも斯すれば白銑又は半白銑となる。〔16〕及び〔17〕と一致す。

斯如く豫想と實驗結果とが良く一致せり。依つて此の平衡に就き詳細に吟味せんとす。此の〔2〕式に示す反應の平衡恒數 K は次式にて示す可し。

$$K = \frac{C_{Si} C_{CO}^2}{C_{SiO_2} C^2 C}$$

右式にて C は何れも熔銑中に於ける濃度を表はす。此の内 C_{Si} と C_C とは銑を分析して定め得る價なり。然れども C_{SiO_2} と C_{CO} とは銑の分析にては定むる事困難なるは公知の事實なり。加之等の値を熔滓組成或は一酸化炭素の蒸氣壓に依りて間接に測定する事も亦困難なり。之は熔銑中の珪酸の濃度が其の銑と熔滓との組成に依りて異なることと一酸化炭素が熔滓及び熔銑中に溶解す

る量も又同じく熔滓並びに熔銑の組成に依りて異
り之を不確實に決定する方法なきに依る。

第 19 表

種々なる熔滓にて其の珪酸量と銑中の
珪素量(平衡量)との比價表

温度 °C	トリ シリ ケート	ユー テック	バ イ シ リ ケート	セスキ シリケ ート	シグロ シリケ ート	平均 値
1,300	160.5?	150.0	145.0?	131.0?	118.0?	140.9
1,350	98.2	94.2	91.5	—	—	94.5
1,400	48.2	48.6	44.1	47.5	47.0	47.1
1,450	25.8	26.1	25.4	27.8	27.8	26.6
1,500	13.8	18.3	19.5	24.8	21.8	19.7

備考 1,300°C にてユーテック銑滓以外は
難熔。
1,350°C にてセスキシリケート及びシ
グロシリケートは難熔。
1,400°C、1,450°C、1,500°C は皆よく
熔融す。

右の如くにして $C_{SiO_2} \cdot C_{Co}$ の値を容易に決定し
得ざるが故に此の平衡恒数 K も又容易に計算し
得ざる事となる。

今温度と一酸化炭素の蒸氣壓とを一定として
(2) 式に示す化學平衡が成立したりとせば質量作
用の定律に依り右 K に示す熔銑中の珪酸 (SiO_2)
と珪素 (Si) との比は一定となるべきなり。又熔
銑と熔滓との間にてはヘンリーの分配率に依りて
珪酸濃度の比が一定となるべきなり。此の2つの
考察に従へば之より熔滓中の珪酸と熔銑中の珪素
との濃度の比は一定温度並に一定壓の下にて一定
となるべきなり。此の比を實驗にて求めたるもの
は第 19 表の如し。

此の實驗結果を見るに右の比の價は略一定とな
れり。即ち之より (2) 式に示す反應の平衡が成立
する事明かなり。

依つて著者は此の平衡を、實驗に依つて得たる
數値を用ひて考察せんとす。

先きに第 2 章に記述せる如く (2) 式に示せる反

應は一般に三變系なり。故に此の系に於て一酸化
炭素の蒸氣壓を一定となす時は當然之は二變系と
なるべし。此の二變系なる事は製銑に際し温度と
熔滓組成 (特に珪酸の濃度即ち酸性度) とに依り
て熔銑の組成を變化し得る事を示すものなり。

故に今銑の成分として炭素と珪素とを考ふる時
は温度と熔滓の酸性度及び熔銑中の炭素と珪素と
の間に一つの關係を想定し得べし。即ち之等 4 つ
の變數中共の何れか 2 つを定むれば他の 2 つは
之に従つて自ら定まる。

故に此の四變數中任意の 3 つを立方體の 3 軸に
採りて立體圖型を作成すれば之等四變數間の關係
即ち製銑反應の平衡は面を以て表はさるゝ事とな
るべし。次に此の理由を説明せん。今温度と熔滓
組成(酸性度)とを定めたりとせよ。然る時は右立
體圖型に於て温度と熔滓の酸性度とに依つて定め
らるゝ點は之に相當する温度面と熔滓組成面との
交りの直線上の或る一點にて示さるべし。而して
此の點は右の温度並に熔滓の酸性度に相當する熔
銑の組成を示す點となるべし。而して又之等四變
數間の關係は常に連續的なり。故に斯如き點を諸
温度と諸々の熔滓の酸性度とに就きて求め之等を
結ぶ時は 1 つの面を得べし。此の面は即ち平衡の
成立を示す面となるなり。

斯如き平衡を現はす面を第 18—23 圖の結果に
依つて作成すれば第 24 圖及び第 25 圖の如くな
る。

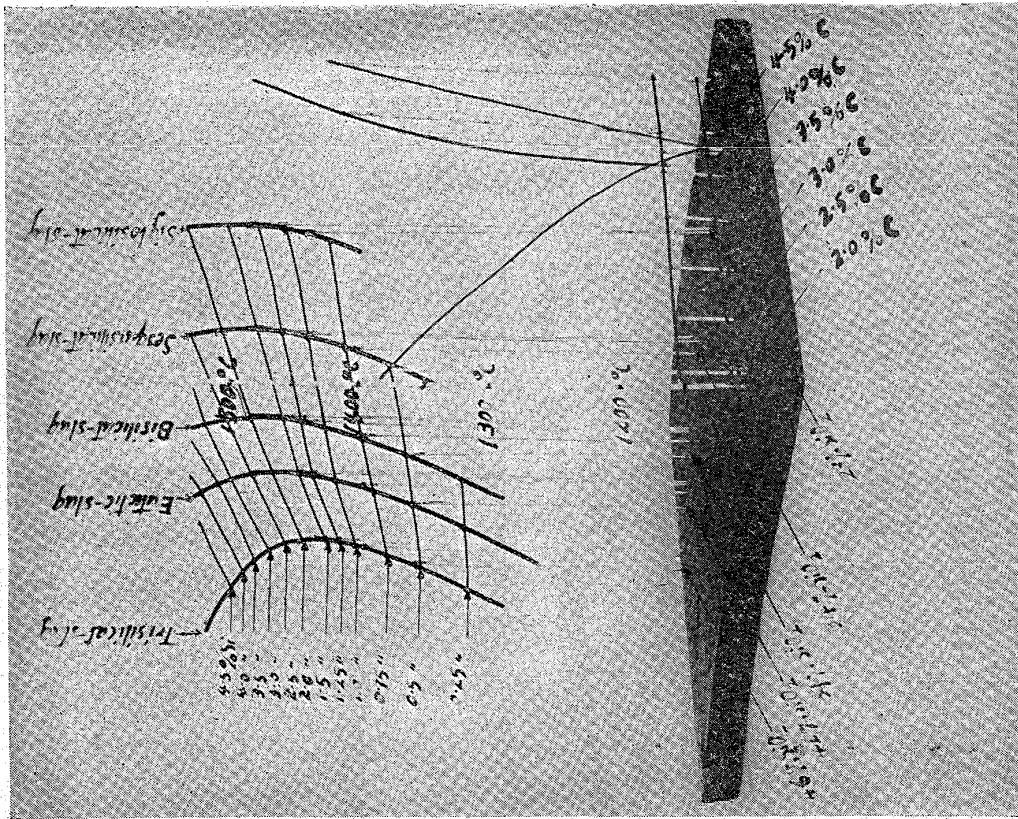
此の内前者は珪素、熔滓組成(酸性度即ち珪酸の
濃度) 及び温度を 3 軸とせるものにして後者は炭
素、熔滓組成及び温度を 3 軸に採れるものなり。

此の立體圖型は既に述べたる如く [1]—[21] の
實驗の結果 (第 18—23 圖と同じ) に基きて作成

第 25 圖

熔滓組成と溫度及び銑の組成との平衡を示す立體圖

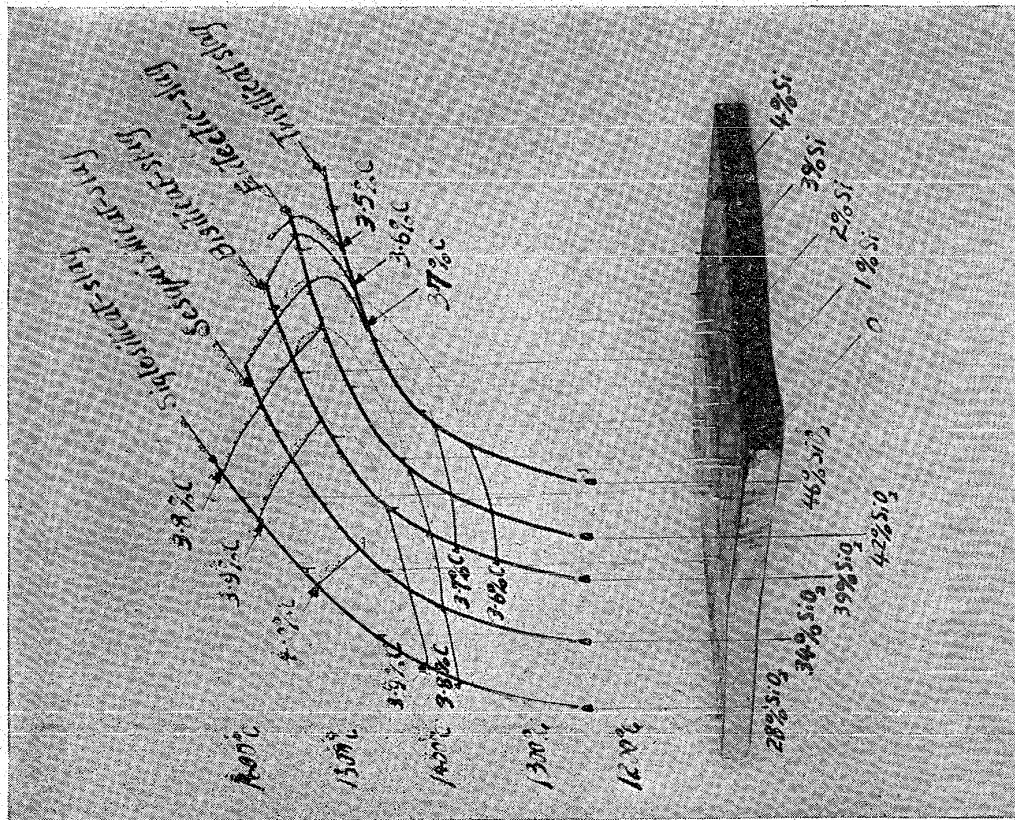
{ 軸、溫度、熔滓組成 (珪酸) }
{ の% } 及び銑中の炭素量



第 24 圖

熔滓組成と溫度及び銑の組成との平衡を示す立體圖

{ 軸、溫度、熔滓組成 (珪酸) }
{ の% } 及び銑中の珪素量



せるものなり。故に之等の實驗結果を一目瞭然たらしむるものなる事勿論なり。

茲に本研究の實驗結果を斯如く具體的に平衡面を以て表はし得たるは反應の平衡成立に關する著者の考への正確なる事を立證するものなり。

故に以上述べたる所に依つて著者は製銑に際して炭素と熔滓及び熔銑の間に生ずる製銑反應の平衡を明かにし且つ之を立體圖型を用ゐて表現する事を得たり。

新立體圖型の考察。本研究に於ける實驗結果を吟味し、著者は此處に前記の如き製銑反應の平衡(平衡面)を示す新立體圖型を作成する事を得たり。依つて此の立體圖型を銑作業に就きて考察すれば次の如き重要な事項を頗る容易に明知し得るなり。即ち

(1) 熔銑中の珪素濃度。熔銑中の珪素濃度を大ならしめむとせば常に溫度を上昇し又熔滓の酸性度を増加せざる可らず。而して之は溫度高く熔滓の酸性度大なる程顯著なり。

(2) 熔銑中の炭素濃度。熔銑中の炭素濃度を大ならしめむとせば一般に溫度を上昇し熔滓の酸性度を減少せざる可らず。但し此の炭素濃度は熔銑中に共存する珪素の濃度と大なる關係あり。即ち珪素濃度著しく大とならば溫度上昇するも炭素濃度は却つて減少す。此の傾向は熔滓の酸性度大となる程著し。

(3) 銑の組成を與へられたる場合。銑中の炭素と珪素との濃度が與へられたる場合には此の圖型に依りて之を生ずるに必要な溫度と熔滓組成(即ち酸性度)とを容易に定むる事を得。

(4) 熔滓組成に制限ある場合。熔滓組成に制限ある場合には所要の銑の組成の如何に依つては

其の銑を製造し得ざる事ある事を此の圖型に依りて明知し得べし。若し其の與へられたる熔滓組成にて可能なる場合には圖型より作業溫度を容易に定め得し。

(白銑と鼠銑。銑中の炭素と珪素との濃度の關係に依つて(特に急冷せざる場合)銑は白銑又は鼠銑となる。一般に白銑は銑中の珪素濃度1%以下の時に生ず。此の濃度を超さば銑中の炭素は黒鉛化を生じ易し。而して珪素濃度大とならば大となる程黒鉛化する量も大となる。其の結果銑は鼠銑となるなり。然れども市販銑中の全炭素濃度は白銑にても鼠銑にても大なる差異なし。此の炭素が黒鉛化して分離する量は銑中の珪素濃度に依つて主として定まるなり。而して此の黒鉛分離の生ずべき範圍は此の圖型に依つて明示せらる。)

(5) 任意組成の白銑。任意組成の銑にして之を白銑たらしめむとせば此の圖型によりて溫度を常に $1,450^{\circ}\text{C}$ 以下に保持せば可なるを知る。(此の時は特に珪素濃度小なり。)

(6) 任意組成の鼠銑。任意組成の銑にして之を單に鼠銑たらしめむとせば此の圖型に依りて溫度を常に $1,500^{\circ}\text{C}$ 以上に保てば可なることを知る。(此の時は特に珪素濃度大なり。)

第3節 本研究立體圖型の工業的應用の研究

圖型應用の實驗概説。前節記載の第25圖(又は第24圖)を實際の製銑作業に應用して果して之が適切有效なりや否やを試みんが爲めに種々なる組成の熔滓を用ゐて半工業的規模の電氣爐製銑を行ひたり。

此の製銑實驗にては砂鐵を原料とせるが故に主としてユーテクチック鑛滓を採用せり。此の熔滓

は大體珪酸 44—38% (42% を標準とす) チタン酸 10—20%、石灰 25—32%、礬土及び苦土各々 10% 以下なる組成なり。其の最低熔融溫度は約 1,250°C、流動性大にして諸溫度に於てチタン酸の還元殆んど起らざる事を特徴¹⁴⁾とす。此の熔滓を特に使用せるは次の理由に依る。

第 25 圖に示せる立體圖型を觀察して電氣爐を用ゐて砂鐵を製鍊する場合に此の熔滓を使用すれば次の如く有利なる諸事項を明知し得。即ち

(1) 熔融點最も低し。第 9—11 表を觀察するも亦含チタン可溶性鑛滓¹⁵⁾、¹⁶⁾の研究に依るも此のユーテクチック鑛滓が含チタン鑛滓中其の熔點最も低き事明かなり。従つて之に依つて流動性大なる熔滓を得。斯如すれば爐内に固形不熔物を生ずる事少なく操作容易なり。

(2) 珪素濃度の調節によし。一般商品としての鉄鐵は (特殊鉄を除く) 其の珪素濃度 1.5~3.0% なるを通例とする事第 20 表第 26 圖に依りて明かなり。従つてトリシリケート熔滓にては稍もすれば鉄中の珪素濃度大となり易く、セスキシリケート熔滓の如きに於ては之に反し却つて少となり易し。然るにユーテクチック鑛滓にては寔に適當なる珪素濃度を得らるべし、而して其の調節に便なる溫度も廣く 1,400—1,500°C に渉る。

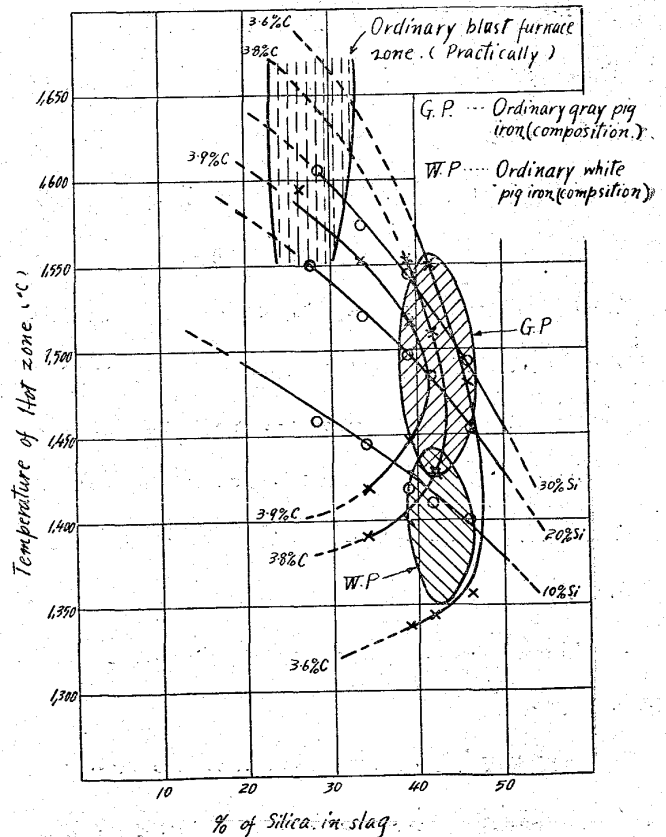
(3) 炭素濃度の調節。第 25 圖の熔滓組成と鉄中の炭素との關係よりユーテクチック鑛滓を用うれば最も適當なる炭素濃度を得易き事明かなり、之は一般商品中の炭素濃度が第 20 表第 26 圖の如く通例 3.5—3.9% なるに依る。

依つて著者は主として此の熔滓を用ひて砂鐵の製鍊を半工業的規模にて實施し、之に依つて本研

第 20 表 市販賣鉄鐵の組成表

種類	組成	T.C%	Si%	Mn%	S%	P%
レッドカー鉄三號 (英國)	}	3.78	1.89	0.64	0.06	0.61—1.61
クリブランド鉄 (〃)		3.50	3.35	0.70	0.04	0.75
カーゴフリート鉄 (〃)	}	3.59	2.35	0.52	0.02	0.46
タター鉄 (印度)		3.50	1.10	1.50	0.05	0.50
トーマス鉄 (獨逸)		3.80	1.10	2.40	0.05	3.00
本溪湖鉄 (滿洲)		3.54	3.17	1.27	0.05	0.07
釜石鉄 (日本)		3.30	1.80	0.30	—	—
輪西鉄 (〃)		3.50	2.50	0.80	0.01	0.10
兼二浦鉄 (朝鮮)		3.50	2.5—	0.8—	0.02	0.1—
			3.5	1.15		0.3

第 26 圖 市販鉄鐵の組成と溫度及び熔滓組成との關係を示す圖



究の新立體圖型を工業上に應用する事を研究せり。其の結果此の圖型を用ゐて電氣爐製鍊を行へば容易に所要組成の鉄を製造し得る事を確かめたり。次に其の大要を説用すべし。

實驗原料。實驗裝置。方法。

1. 製鍊の方法。此の電氣爐に於て第 2 節第 25 圖 (又は第 24 圖) の新立體圖型に基きて行ひたる製鍊は次の如くせり。即ち砂鐵を粉狀熔劑及び還元劑と共に第 27 圖に示せる爐を用ゐて熔融せり。此の製鍊にては爐底にある熔滓が主要なる抵抗體となり従つて發熱體となる。熔融後裝填物は此處にて長時間加熱せられ炭素、熔滓及び熔銑間に (1) 式及び (2) 式に示す製銑反應起り其の平衡に達す。又此の爐に於ては熔融部より冷却裝填物迄の距離は甚だ短少なり。即ち此の冷裝填物 (不熔裝填物及び半熔融裝填物) は連續的に上方より降下するも其の厚さは常に 50 種内外なるに過ぎず。故に茲に於て (1) 及び (2) 式に示す反應は殆んど進行せず。従つて此の際生ずる銑の組成は熔銑、熔滓及び炭素間の平衡に依つてのみ支配せらるゝなり。此の反應に依つて發生せる瓦斯 (主として一酸化炭素) は裝填物を豫熱しつゝ上昇し爐頂より外部に導かる。爐内に於て生じたる銑は 2 時間毎に抽出口より取り出されて鑄床に送らる。又此の際生じたる熔滓は銑の抽出後大部分抽出口より流出せしめたり。此の銑及び熔滓は冷却後分離し各々其の一部分をとりて分析其他の試験試料に供したり。

2. 原料。此の研究に使用せる諸原料の組成は第 21 表の如し。

3. 加熱裝置。此の半工業的規模の製銑實驗には第 27 圖に示する相 200.K.W. 密閉型電氣爐を使用せり。

此の爐は爐内瓦斯壓を一定ならしめ且つ製銑反應にて生じたる一酸化炭素を利用せんがために特に其の設計に關する研究¹⁷⁾を行ひ其の結果に基きて築造せるものなり。第 28 圖は爐の構造を示

第 21 表 半工業的研究に使用せる諸原料の組成表

(1) 砂 鐵

産地	Fe %	TiO ₂ %	S.O ₂ %	CaO %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ %
久慈精鑛	56.60	10.96	0.39	0.03	0.57	1.75	0.05
千葉 "	58.96	15.69	2.68	0.30	0.30	2.24	0.08
山口鐵石	53.03	21.00	1.48	0.08	0.50	0.77	0.06

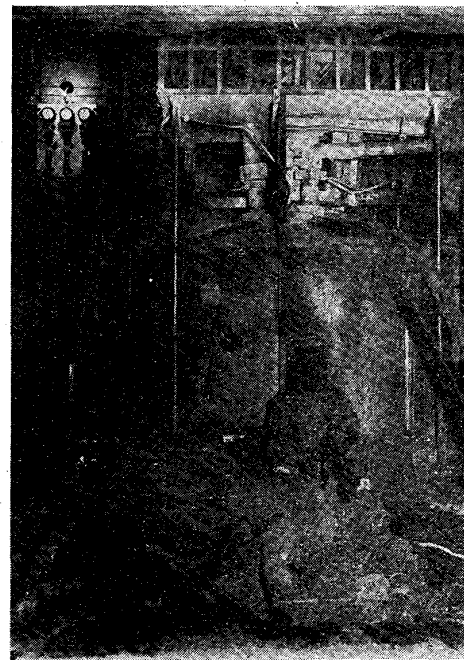
(2) 還 元 劑

種目	水分	灰分	揮發分	固定炭素	P	S
木炭	4.87%	1.57%	19.30%	74.36%	0.01%	0.02%
炭末	1.48	24.22	5.32	68.26	0.10	0.90
燐石	0.63	5.80	19.68	73.99	—	0.72

(3) 熔 劑

種目	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	MnO %	P %	S %
珪石	1.35	97.07	0.48	0.48	0.02	0.01	0.02	0.01
石灰石	0.22	0.71	0.06	54.06	—	tr.	—	—

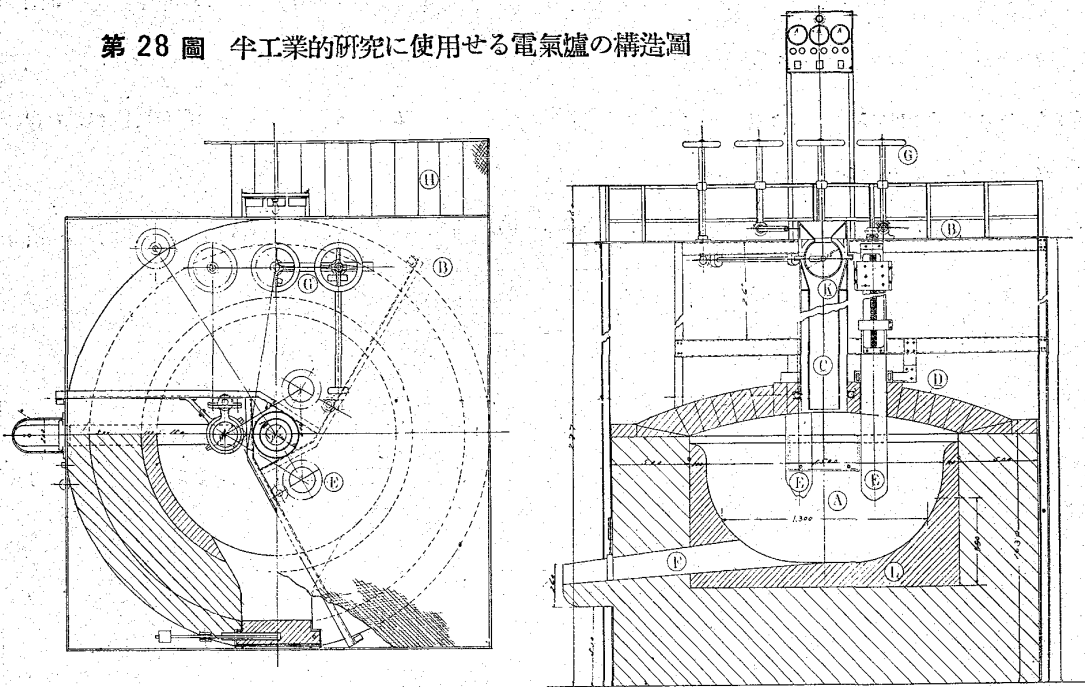
第 27 圖
半工業的規模の研究に使用せる電氣爐の圖
(3 相 50—200 K.W. 極密閉式)



す。同圖に於て④は熔融室にして内徑 1,300 耗高さ 870 耗なり。⑤は電極⑥は電極調整器なり。⑦は抽出口にして茲より熔銑及び熔滓を抽出す。⑧は裝填口にして其の

外側を一酸化炭素上昇し更らに之は外に導かる。裝填物は⑧なる床上より瓣⑨によりてよく瓦斯の洩るゝを避けつゝ⑩内に送らるゝなり。⑪は爐蓋なり。而して今此の爐を用ふる時は 24 時間内に

第 28 圖 半工業的研究に使用せる電氣爐の構造圖



- | | | |
|----------|----------------|-----------------|
| A: 熔 融 槽 | E: 電 極 | K: 装 入 瓣(瓦斯タイト) |
| B: 装 入 床 | F: 抽 出 口(銑と熔滓) | L: 特 殊 裏 付 |
| C: 装 入 口 | G: 電 極 調 節 装 置 | |
| D: 爐 蓋 | H: 階 級 | |
- (尺度は耗にて示す)

を得べし。即ち
 (1) 熔銑中の炭素濃度と温度との關係。熔銑中の炭素濃度は爐温度 1,400°C 迄は温度高きに従ひて大となる。然れども温度更らに高くし 1,500°C となさば珪素濃度著しく大となり炭素濃度は却つて減

約 1,500 珎の銑鐵を製造し得るなり。

4. 温度の測定。此の爐に於ては爐内反應部の温度は之を直接測定する方法なきが故に銑の抽出に際して流出する熔銑の温度をシーメンス式光學温度計を用いて測定せり。此の温度計は白金—白金ロヂウムを用うる温度計によりて 1,200°C に於ける温度標示が正確なるべき様補正せるものなり。然れども此の實驗の如き少量(1回の抽出量平均 120 珎)の熔銑の温度を測定し之を爐内温度となすは其の眞の値と測定値とは 10—30°C の差異を生ずるは寔に已むを得ざるなり。

5. 分析法。第 2 節に述べたる所に同様なり。

實驗結果。新立體圖型應用の爲に行へる半工業的規模に依る電氣爐製銑の實驗結果を一括すれば第 22 表の如くなる。此の表に依りて熔滓組成と温度とに依り銑の組成が變化する狀況を窮知する

少す。

例へばユーテクチック鑛滓にて 1,350°C にては炭素 3.66% 1,400°C にては 3.81% 1,500°C にては 3.80% となるが如し。(第 2 節新立體圖型考察の(2)と一致す。)

(2) 熔銑中の珪素濃度と温度との關係。熔銑中の珪素濃度は爐温度高き程大となる。例へばユーテクチック鑛滓にて其の濃度は 1,350°C にて 0.43% なるに 1,450°C にては 1.58% となるが如し。(同上(1)と一致す。)

(3) 熔銑中の炭素濃度と熔滓組成との關係。熔銑中の炭素濃度は熔滓の酸性度大なる程小となる。而して之は温度高き程著し。例へば 1,400°C にてトリシトケート熔滓にては銑中の炭素 3.74% なるセスキンリケート熔滓にては 3.80% となる。又 1,500°C にては前者は 3.76

%なるに後者は 3.96% となるが如し。(同上(1)と一致す。)

(4) 熔銑中の珪素濃度と熔滓組成との関係。熔銑中の珪素濃度は熔滓の酸性度大なる程大となる。例へば 1,400°C に於てトリシリケート熔滓にては 0.9% なるにセスキシリケート熔滓にては 0.72% なるが如し。(同上(1)と一致す。)

(5) 何れの熔滓組成にても一定温度に於て熔滓中の珪酸と熔銑中の珪素との比は一定なり。更らに此の實驗に依る熔滓中の珪酸と熔銑中の珪素との比と温度との関係を圖示すれば第 30 圖の如くなる。即ち此の値は温度のみに依りて定まるものなるを知る。之は(2)式の反應が平衡に達する事を示すものなり。(同上(1)及び第 18 表と一致す。)

(6) 爐温度 1,400°C 迄は銑は常に白銑(珪素 1% 以下、炭素 3.8% 内外)にして此の温度を超さば半白銑又は鼠銑となり更らに 1,500°C を超さば常に鼠銑(珪素 1% 以上炭素約 3.8%)となる。(同上(3)、(5)、(6)、(7)と一致す。)

更らに(6)の事實は第 29 圖に示す銑の破面及び顯微鏡組織圖の一例に依りて一層明かなり。

即ち同圖の(1)にて右は 1,470°C にて得た

鼠銑(第 21 表 244 號)の破面なり。同圖左は 1,350°C にて得たる白銑(第 21 表 No. 221)の破面なり。下圖は夫々の銑の顯微鏡組織圖なり。

實驗結果の吟味。半工業的規模に於ける著者の新立體圖型應用の研究は右の如き實驗結果を得た

第 22 表

半工業的規模に於ける銑及び熔滓の組成並に熔滓中の珪酸と銑中の珪素との比を示す表

抽出 番號	温度 °C	銑の組成		熔滓 組成 SiO ₂ %	SiO ₂ / Si の比	備 考
		Si%	C%			
(1a) ユーテックチック鑛滓(温度約 1,300°C の場合)						
210	1,300	0.29	3.56	42.78	147.2	
211	1,310	0.32	3.61	44.25	138.5	
212	1,320	0.24	3.52	40.35	167.6	
213	1,320	0.35	3.33	42.72	122.0	
214	1,310	0.26	3.67	40.00	153.8	
平均	1,312	0.29	3.54	42.02	145.8	
(1b) ユーテリチック鑛滓(温度約 1,350°C の場合)						
215	1,350	0.33	3.56	43.20	131.0	
216	1,360	0.38	3.66	40.16	105.9	
217	1,350	0.41	4.01	42.18	103.0	
218	1,365	0.52	3.61	44.05	84.8	
219	1,340	0.42	3.20	41.43	98.5	
220	1,340	0.46	3.75	42.23	92.0	
221	1,350	0.41	3.71	42.20	94.0	
222	1,350	0.41	4.16	43.03	96.0	
223	1,350	0.47	3.10	42.01	89.6	
224	1,340	0.42	3.86	38.83	125.0	
225	1,360	0.39	3.60	38.98	99.6	
226	1,355	0.38	3.52	41.99	101.1	
227	1,340	0.44	3.87	40.30	91.5	
228	1,370	0.46	3.61	38.66	84.2	
平均	1,352	0.43	3.66	41.38	90.9	

第 29 圖 半工業的規模の研究にて得たる銑の破面並に顯微鏡組織圖



銑の破面

(a)

(b)

白銑 No. 221 腐蝕 5%ピクリン酸 Si 0.45% 温度 1,350°C C 3.71%
 鼠銑 No. 244 腐蝕 5%ピクリン酸 Si 1.47% 温度 1,470°C C 3.66%

(1c) ユーテクチック鑛滓(温度約 1,400°C の場合)

抽出 番號	温度 °C	鉄の組成		熔滓 組成 SiO ₂ %	SiO ₂ の比 Si	備 考
		Si%	C%			
229	1,410	0.87	3.78	43.50	50.0	
230	1,390	0.82	3.85	44.15	53.9	
231	1,370	0.87	3.84	44.00	50.6	
232	1,380	0.77	3.78	44.10	57.4	
233	1,430	0.93	3.83	43.69	44.6	
234	1,400	0.86	3.72	41.00	47.7	
235	1,390	0.81	3.85	43.47	53.6	
236	1,400	0.87	3.77	41.01	47.2	
237	1,380	0.84	4.09	41.71	49.7	
238	1,390	0.78	3.75	41.66	53.4	
239	1,380	0.78	3.68	39.41	50.5	
240	1,400	0.86	3.71	38.02	44.2	
平均	1,393	0.85	3.81	42.14	49.6	

(1d) ユーテリチック鑛滓(温度約 1,450°C の場合)

241	1,440	0.68	3.92	44.33	65.3	
242	1,470	1.47	3.76	39.46	26.8	
243	1,460	1.49	3.52	40.09	26.9	
244	1,470	1.47	3.66	39.43	26.8	
245	1,450	1.88	3.72	42.46	22.4	
246	1,450	1.63	3.89	40.95	24.6	
247	1,450	1.40	3.76	42.42	30.3	
248	1,450	1.60	4.05	44.37	27.8	
平均	1,458	1.53	3.79	41.12	29.4	

(1e) ユーテリチック鑛滓(温度約 1,500°C の場合)

249	1,510	1.93	3.76	40.14	20.8	
250	1,430	1.82	3.80	41.12	22.6	
251	1,490	1.99	3.80	41.85	21.0	
252	1,530	2.03	4.15	41.46	19.9	
253	1,480	1.93	3.98	44.73	23.2	
平均	1,493	1.95	3.85	41.85	21.5	

(2a) トリシリケート熔滓(温度約 1,350°C の場合)

254	1,350	0.44	3.70	46.44	105.4	
255	1,350	0.46	3.72	46.44	100.1	
256	1,350	0.43	3.56	45.35	105.5	
平均	1,350	0.45	3.64	46.08	102.4	

(2b) トリシリケート熔滓(温度約 1,400°C の場合)

257	1,410	0.87	3.72	50.15	57.7	
258	1,400	0.86	3.72	50.10	58.3	
259	1,375	0.94	3.27	47.23	50.3	
260	1,400	0.93	3.74	47.06	49.1	
261	1,400	0.89	3.76	45.25	50.9	
262	1,390	0.94	3.89	47.28	50.4	
263	1,395	0.94	3.44	47.06	50.2	
264	1,410	0.89	3.60	45.20	50.8	
平均	1,398	0.90	3.65	47.42	52.7	

(1c) トリシリケート熔滓(温度約 1,500°C の場合)

265	1,500	3.26	3.74	46.27	14.2	
-----	-------	------	------	-------	------	--

(3a) バイシリケート熔滓(温度約 1,500°C の場合)

266	1,320	0.31	3.56	38.60	124.4	
267	1,330	0.31	3.10	39.32	126.8	
268	1,300	0.25	3.66	38.85	155.5	
平均	1,317	0.29	3.44	38.92	134.1	

(3b) バイシリケート熔滓(温度約 1,350°C の場合)

抽出 番號	温度 °C	鉄の組成		熔滓 組成 SiO ₂ %	SiO ₂ の比 Si	備 考
		Si%	C%			
269	1,350	0.41	3.59	38.96	95.0	
270	1,350	0.41	3.83	39.32	95.9	
271	1,350	0.37	3.70	38.89	105.0	
272	1,340	0.42	3.62	36.90	83.0	
273	1,350	0.43	3.69	36.33	84.6	
274	1,350	0.48	3.66	40.16	83.6	
275	1,350	0.34	3.68	37.90	111.5	
276	1,340	0.46	3.85	38.65	84.0	
277	1,340	0.44	3.61	35.68	81.0	
278	1,370	0.46	3.61	38.66	84.4	
279	1,345	0.48	3.85	39.50	82.4	
平均	1,349	0.43	3.70	38.27	89.0	

(3c) バイシリケート熔滓(温度約 1,400°C の場合)

280	1,410	0.88	3.77	36.34	41.3	
281	1,420	0.84	4.16	38.98	46.4	
282	1,400	0.86	3.88	38.18	44.4	
283	1,400	0.78	3.63	40.50	52.0	
平均	1,407	0.84	3.86	38.64	46.0	

(3d) バイシリケート熔滓(温度約 1,450°C の場合)

284	1,450	1.39	3.85	38.38	27.6	
285	1,450	1.39	3.86	40.07	23.8	
286	1,450	1.33	3.85	40.60	30.5	
平均	1,450	1.37	3.86	39.68	29.0	

(3e) バイシリケート熔滓(温度約 1,500°C の場合)

287	1,520	1.86	3.75	37.78	20.3	
288	1,500	1.76	3.72	36.20	20.6	
289	1,500	1.96	3.80	38.77	18.8	
290	1,510	1.89	3.72	40.09	21.2	
291	1,500	1.96	3.85	33.93	19.9	
292	1,490	1.91	4.09	39.85	20.9	
平均	1,503	1.89	3.82	38.28	20.3	

(4a) セスキシリケート熔滓(温度約 1,300°C の場合)

293	1,300	0.24	3.50?	31.60	131.5	
-----	-------	------	-------	-------	-------	--

(4b) セスキシリケート熔滓(温度約 1,350°C の場合)

294	1,350	0.38	3.60	33.20	88.0	
295	1,350	0.40	3.63	33.36	83.4	
296	1,360	0.40	3.78	34.22	85.6	
平均	1,353	0.39	3.67	33.59	86.1	

(4c) セスキシリケート熔滓(温度約 1,400°C の場合)

297	1,400	0.70	3.65	33.00	47.1	
298	1,400	0.73	3.80	33.90	46.5	
平均	1,400	0.72	3.72	33.45	46.7	

(4d) セスキシリケート熔滓(温度約 1,450°C の場合)

299	1,450	0.98	3.96	32.20	32.9	
-----	-------	------	------	-------	------	--

り。依つて此の實驗結果を吟味するに次の如し。
先づ第 21 表の實驗結果に基きて各種溶滓の組織と温度とが鉄の平均組成に及ぼす關係を求めたり。次に立體圖型より之と同一條件にて生ずる前記の諸關係を蒐集し之等を一括して表示すれば第

第 23 表 半工業的規模の實驗結果の平均値と圖型値との比較表

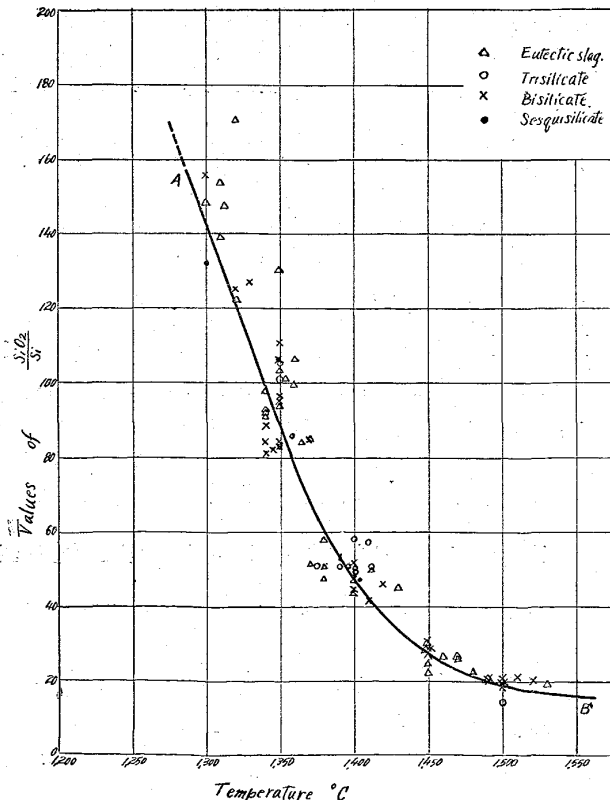
熔 滓 の 名 稱	銑鐵の組成				$\frac{SiO_2}{Si}$ の 比		備 考
	圖型値		實驗値		圖型 値	實驗 値	
	C%	Si%	C%	Si%			
(1a) 1,300°C の場合							
トリシリケート熔滓(SiO_2 46%)	—	—	—	—	—	—	
ユーテクチック " (" 42%)	—	0.28	3.54	0.29	140.9	145.0	
バイシリケート " (" 39%)	—	0.27	3.57	0.29	140.9	134.0	
セスキシリケート " (" 32%)	—	—	3.50	0.24	—	132.0	
平 均						137.0	
(1b) 1,350°C の場合							
トリシリケート熔滓(SiO_2 46%)	3.59	0.47	3.64	0.45	94.5	116.0	
ユーテクチック " (" 42%)	3.63	0.45	3.66	0.43	94.5	96.0	
バイシリケート " (" 39%)	3.65	0.43	3.70	0.43	94.5	91.0	
セスキシリケート " (" 37%)	—	0.42	3.67	0.39	94.5	85.6	
平 均						97.2	
(1c) 1,400°C の場合							
トリシリケート熔滓(SiO_2 46%)	3.71	0.97	3.65	0.90	47.1	53.2	
ユーテクチック " (" 42%)	3.78	0.87	3.81	0.85	47.1	49.0	
バイシリケート " (" 39%)	3.85	0.89	3.86	0.84	47.1	47.2	
セスキシリケート " (" 32%)	3.88	0.72	3.72	0.72	47.1	46.5	
平 均						49.0	
(1d) 1,450°C の場合							
トリシリケート熔滓(")	3.76	1.80	—	—	26.6	—	
ユーテクチック " (")	3.81	1.62	3.79	1.53	26.6	26.1	
バイシリケート " (")	3.96	1.55	3.86	1.37	26.6	28.9	
セスキシリケート " (")	3.98	1.14	3.96	0.93	26.6	32.7	
平 均						23.8	
(1e) 1,500°C の場合							
トリシリケート熔滓(")	3.43	3.50	3.74	3.26	19.7	14.1	
ユーテクチック " (")	3.86	2.30	3.85	1.95	19.7	21.4	
バイシリケート " (")	3.95	2.01	3.82	1.89	19.9	20.3	
セスキシリケート " (")	4.05	1.65	—	—	19.7	—	
平 均						18.6	

23 表の如くなる。此の第 22 表及び前記の諸結果とを照合すれば

- (1) 熔銑中の炭素及び珪素の濃度は温度と熔滓組成とに依りて變化すれども其の値は圖型より豫め定め得たるものと甚だ良く一致せり。依つて此の圖型の示す所に従つて製鍊すれば所要組成の銑を製造し得る事明かなり。
- (2) 熔滓中の珪酸と熔銑中の珪素との比は第 30 圖に於て圖型より得たる曲線 A—B の示す値と甚だ良く一致す。之は (1) と相俟つて此の實驗による製銑反應が其の平衡に達

第 30 圖

半工業的規模の實驗による熔滓中の SiO_2 と熔銑中の Si との比と温度との關係を示す圖



したる事を示すものなり。

但し同圖に於て高温の場合には極めてよく右 A—B 曲線の示す値と一致すれども 1,300°C に於て稍々右方に實驗値の多きは低温にては高温の時に比して反應速度小なるため未だ平衡に達せざるものあるに依るなり。

右 (1)、(2) より大規模の製銑實驗に於ても製銑反應は其の平衡に達し、之に依りて銑の組成が定まるを知る。

故に此の製銑反應の平衡を示す著者の新立體圖型は大規模の製銑に適確に應用し得る事明かなり。

第 4 章 結 論

本研究を總括すれば次の如し。

電氣爐製鉄にては熔鑄爐製鉄と異り其の製鉄化學反應の平衡が最も重要な役目をなすものなり。著者は此の平衡を炭素と熔鉄並に熔滓との間の化學反應に就きて研究し次の結論を得たり。

(1) 製鉄に際し諸温度に於て炭素と熔鉄と熔滓との間に珪素の還元化學平衡が成立す。此の平衡に依つて鉄中の珪素濃度は定まるなり。而して此の珪素濃度は常に熔鉄中の珪素溶解度よりも小なり。

(2) 右の珪素の還元化學反應は一酸化炭素の一定壓下にては二變系なり。

(3) 熔鉄中の炭素は固體炭素と平衡す。而して此の炭素濃度(即ち炭素溶解度)は熔鉄中の珪素濃度と温度とに依て定まる。

(4) 以上の如き結果を得たるを以て著者は茲に全然新規なる立體圖型を作製するを得たり。此の圖型は製鉄に當りて温度と熔滓組成(特に珪酸の濃度即ち酸性度)と熔鉄の組成(特に炭素と珪素との濃度)との間に生ずる關係を一目瞭然たらしむるものなり。

(5) 依つて此の圖型を用ふれば製鉄上最も重要な鼠鉄又は白鉄の製造に必要な温度と熔滓組成とを頗る容易に決定するを得。例へば珪素2.5%、炭素3.9%なる組成の鼠鉄を得むと欲せば温度1,510°C、熔滓の酸性度を40%となせば可なり。又珪素0.5%、炭素3.6%なる組成の白鉄を得むと欲せば右の熔滓にて温度を1,360°Cとなせば可なるを明知し得るが如し。

(6)、(5)を確かめむが爲に砂鐵を原料とし半工業的規模の電氣爐製鉄を行ひなり。其の結果は右圖型より明知し得るところと頗るよく一致せり。

以上の如にして著者は茲に電氣爐製鉄の理論的根據を明示し得る立體圖型を作成し得たり。故に此の圖型を用ひて電氣爐に依り自由に所要組成の鉄を製造する途を拓くことを得たり。

参 考 文 献

- 1) A. Mund. j Stoecker, W. Eilender: - St. u. Eis. Nov. Nr. 26 S. 1,449-61 1931
- 2) 俵、浅原 理研彙報第2輯、第4號、420頁
- 3) Benedick. Metallurgie. B. 3. S. 393, 425, 426, 1917.
- 4) 本多、村上 東北大學紀要 Vol. 1. 273頁
- 5) How. The Metallography of iron and Steel. p. 131.
- 6) 澤 村 鐵と鋼 第11年、12號 891頁、同第14年、11號、742頁
- 7) F. H. Jeffery. Tr. Farady Soc. XXVII. p. 751. 1931 & XXVIII. p. 98. 1932.
- 8) Chu Yap. Tr. Farady Soc. XXVII pp. 777 & 790. 1931
- 9) 谷 村 鐵と鋼、第13年11號、p. 889
- 10) 平 川 製鐵研究、昭和7年4月及6月
- 11) Wirtoff. Rev. Met. Mem. Vol. 9. p. 600 1912
- 12) Ruff & Goeck. Metallurgie B. 8. B. 417. 1911.
- 13) Michel. St. u. Eis. B. 47. Nr. 17. S. 696. 1927
- 13) 著 者 鐵と鋼、第17年6月
- 14) 福 田 岩石、鑛物鑛床學會誌 昭和5年、4、5、6月
- 15) A. Stansfield. Proc. Part. VI. Emp. Met & Min. Eng. Cong. Sec C. 1929.
- 17) 著 者 電氣學會誌、第525號、昭和6年6月
- 18) P. H. Royster. Min & Met p. 3,199-3,202 1919-
- 20) 田 中 鐵と鋼、第18年 第7號 690頁
- 21) 加 瀬 金屬の研究、Vol. 7. No. 8. p. 397
- 23) 村 上 東北大學理科報告 Vol. 10. p. 79
- 24) V. E. VasiéF Chem. Ab. p. 3,212. 1932

附 記

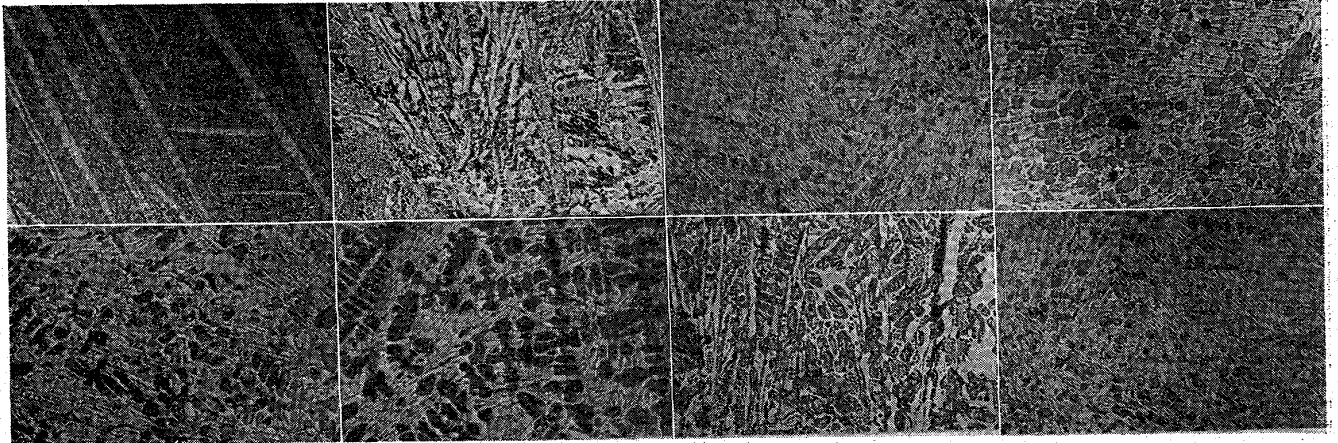
本研究に就きて常にお懇篤なるお指導を賜はりたる東京工業大學教授理學博士加藤與五郎先生に厚く感謝の意を表す。又實驗にあたりて種々お助言並にお援助を賜りたる東京工業大學助教授理學博士武井武氏、三菱製鐵株式會社常務取締役工學士松田貞治郎氏及び前三菱製鐵株式會社取締役工學博士河村驥氏に同じく深き謝意を表す。

第 1 號
 溫度 1,500°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 4.45% Si = 0.16%

第 2 號
 溫度 1,450°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 4.23% Si = 0.15%

第 3 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.97% Si = 0.14%

第 4 號
 溫度 1,350°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.85% Si = 0.09%



第 5 號
 溫度 1,300°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.80% Si = 0.08%

第 6 號
 溫度 1,250°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.77% Si = 0.14%

第 7 號
 溫度 1,200°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.76% Si = 0.14%

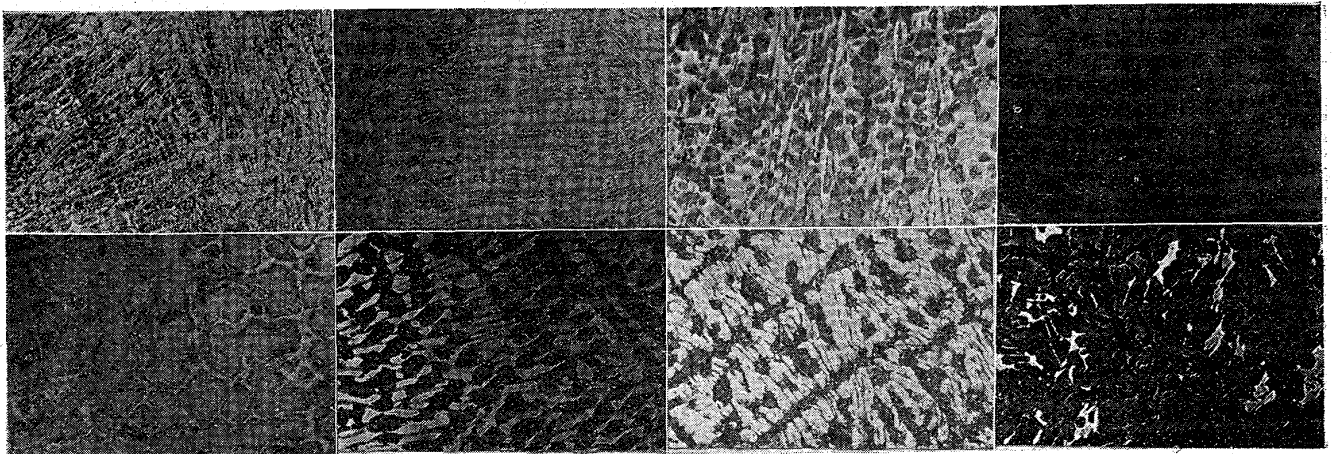
第 8 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.97% Si = 0.14%

第 9 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.84% Si = 0.98%

第 10 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.7% Si = 1.40%

第 11 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.54% Si = 1.98%

第 12 號
 溫度 1,350°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.66% Si = 0.19%



第 13 號
 溫度 1,400°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 2.02% Si = 0.59%

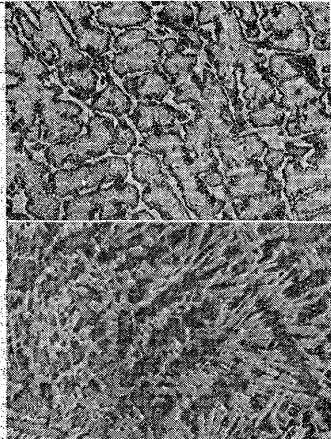
第 14 號
 溫度 1,440°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.21% Si = 0.61%

第 15 號
 溫度 1,450°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.30% Si = 1.02%

第 16 號
 溫度 1,500°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.85% Si = 1.29%

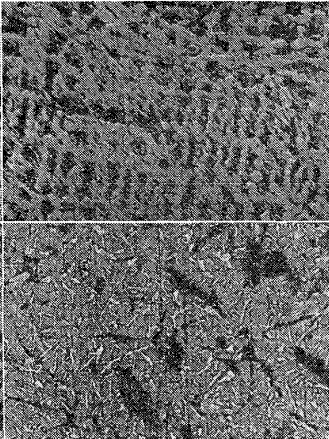
第 17 號

溫度 1,400°C
 加熱時間 30 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.08% Si = 0.24%



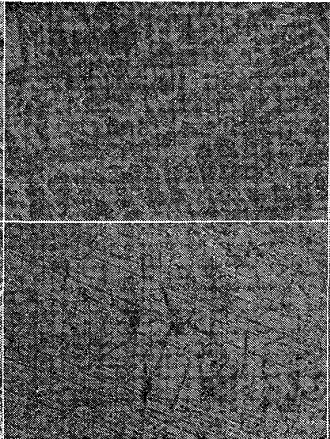
第 18 號

溫度 1,400°C
 加熱時間 60 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.51% Si = 0.58%



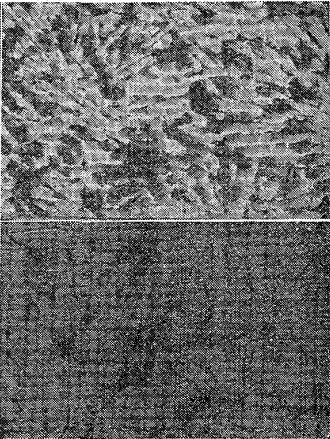
第 19 號

溫度 1,400°C
 加熱時間 90 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.56% Si = 0.60%



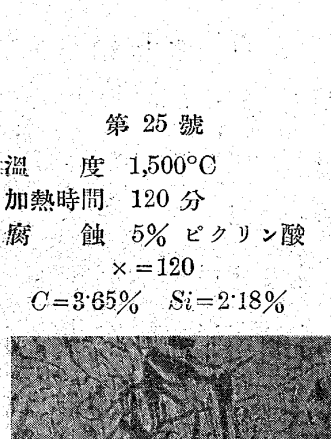
第 20 號

溫度 1,400°C
 加熱時間 120 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.78% Si = 0.87%



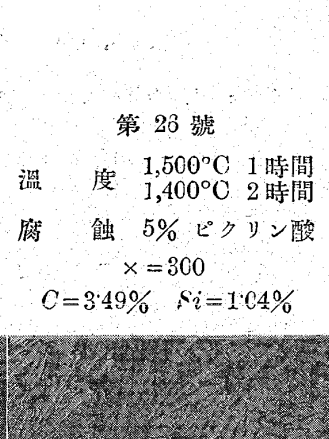
第 21 號

溫度 1,400°C
 加熱時間 150 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.73% Si = 0.87%



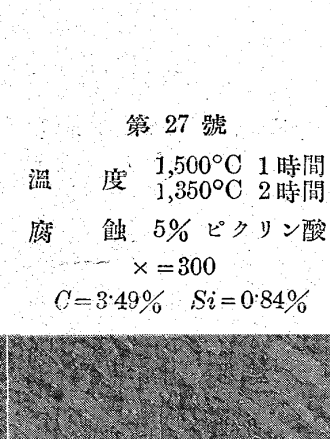
第 22 號

溫度 1,500°C
 加熱時間 30 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.51% Si = 1.06%



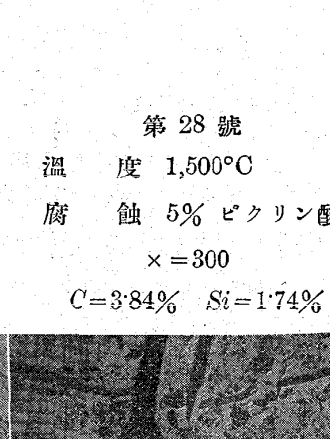
第 23 號

溫度 1,500°C
 加熱時間 60 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.71% Si = 1.39%



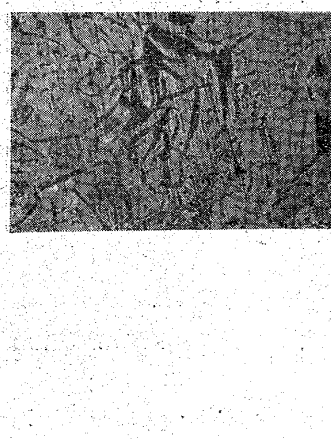
第 24 號

溫度 1,500°C
 加熱時間 90 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.83% Si = 1.67%



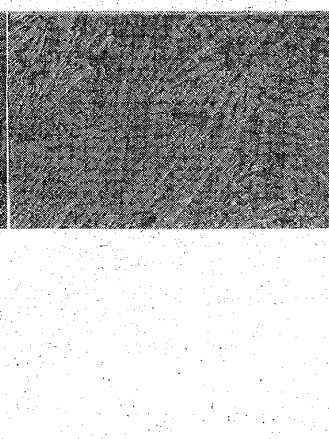
第 25 號

溫度 1,500°C
 加熱時間 120 分
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 120
 C = 3.65% Si = 2.18%



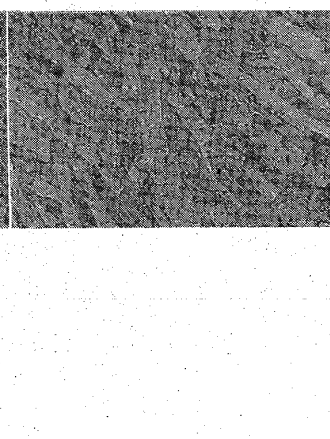
第 26 號

溫度 1,500°C 1時間
 1,400°C 2時間
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 300
 C = 3.49% Si = 1.04%



第 27 號

溫度 1,500°C 1時間
 1,350°C 2時間
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 300
 C = 3.49% Si = 0.84%



第 28 號

溫度 1,500°C
 腐蝕 5% ピクリン酸
 × = 300
 C = 3.84% Si = 1.74%

