

熔銑爐操業に於ける低炭素セミスチール 製造に関する基本的研究 (第2報) (I)

堀 切 政 康

ON THE FUNDAMENTAL STUDY FOR THE PRODUCTION
OF LOW CARBON SEMI-STEELS FROM THE STAND-POINT
OF CUPOLA OPERATIONS (Part 2)

by M. HORIKIRI.

Abstract. The present author investigated the improvements of physical and mechanical properties of cast iron from a practical foundry work and attained to the next conclusions:-

The properties of cast iron vary with the cupola melting conditions remarkably, consequently, if we want to produce a high quality cast iron, it is necessary to get a suitable melting condition, say, high and slow melting for the first time.

And also if we want to get a high quality cast iron, it is necessary to lowering the total carbon content of cast iron, according to the rate of cooling for the purpose of producing a cast iron with a uniform and an excellent mechanical property.

But the lowering of carbon content necessitates an addition of a resultant amount of Silicon, if we want to produce a sound casting with uniform structures. Thus it is presumed that there is a relation between the total C%+Si%, and the size of casting on the condition of a reasonable melting.

By these conclusions, the present author produced high grade cast irons (T.C 2.5%~2.8%, Si 3.0%~2.0%, Mn 1.0%~2.0%, P, S trace) for the large and complex cast iron by the cupola direct melting Semi-Steels. But in the cupola melting, if we want to produce a low carbon Semi-Steels it is necessary to determine the cupola conditions for the restriction of carbon absorption and high temperature melting. For these Purposes, the present author already investigated the whole conditions for a cupola melting by the aid of small cupola.

Its contents are as follows:-

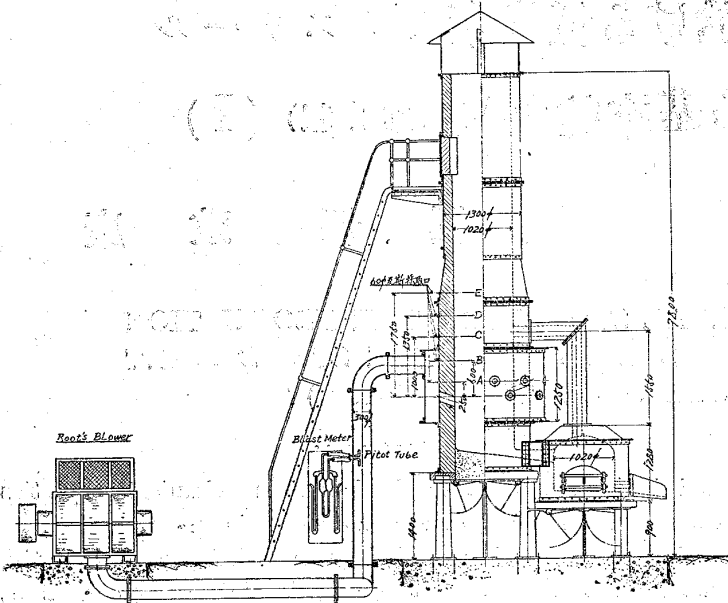
- 1 tuyere problems
- 2 blast volume problems
- 3 on the effects of carboneous matter
- 4 on the condition of cupola melting zone
- 5 on the depth of cupola hearth.
- 6 on the relations between the combustion gas (CO₂ CO O₂) and the change of cupola operation. etc.

After that the present author continued the same investigations on a large cupola and attained to the same conclusions, so that in this paper, he wants to make public these results, that is, the whole conditions for the mode of production of low carbon Semi-Steels by a large cupola melting.

緒言と実験装置の説明

①
著者は従來の研究に係る低炭素セミスチールに関する製造實驗を企圖し其基本的研究第1報として小規模實驗結果を精細に論述した次第であるが爾來該研究を繼續し大規模實驗に應用し前實驗と一致せる結果を得た其結果を一括して一論文を作製し此處に公表せんとす。

第 1 圖 ㊸ 熔 銑 爐 之 圖



實驗裝置の説明

(1) 熔銑爐の構造 第 1 圖 ㊸ は使用熔銑爐の構造圖、羽口は 1 段 2 段と自由に選擇し得る毎分の送風量は最大 2,800 立方呎

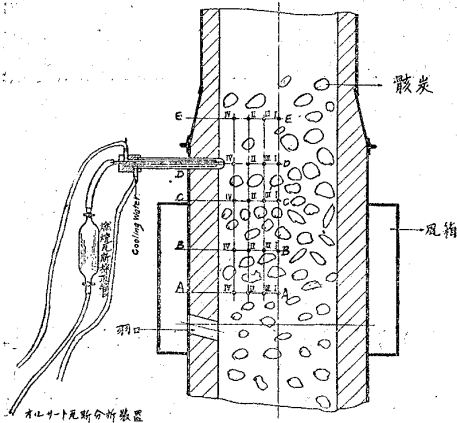
(2) 流出溫度測定 第 1 報に精述せる如く白金ロジウム Thermo-couple を直接熔湯に挿入す。

(3) 燃燒瓦斯の分析 爐内の燃燒狀態を研究す可く、爐内特に熔帶 (Melting Zone) に通ずる A. B. C. D. E. の位置に夫々爐體に穴を貫き

別圖に示す如き水冷裝置を有する瓦斯採取管を挿入し爐内の燃燒瓦斯を採取しオールサート装置に依りて CO₂, CO, O₂ の瓦斯を測定せり猶瓦斯採取部分及爐内溫度測定位置を圖示すれば第 1 圖 ㊸ となる。

第 1 圖 ㊹

熔 銑 爐 熔 帶 之 説 明 圖
燃 燒 瓦 斯 測 定 位 置



(4) 熔帶の溫度測定 熔帶の溫度測定に關しては A, B, C, D, E より直接白金—白金ロジウム thermo-couple を挿入し溫度を測定せり。

實驗は最高溫度 1,700°C 以上に達せし場合は測定し得ざるものとす。

熔帶の直徑は 900mm に裏付 (lining) し他の爐體は總て 1,100mm に裏付した。

使用原料の組成

銑 名	T.C%	Si%	Mn%	P%	S%
バ ー ン	4.00	0.99	1.01	0.388	0.02
硅 素 鐵	—	85.4	—	—	—
マ ン ガ ン 鐵	7.03	—	75.1	—	—
シ ャ ー 屑 鐵	0.2	—	—	—	—

使用骸炭 (分析の一例)

骸 炭	假比重	眞比重	氣孔率	揮發部分	固定炭素	硫黃	發熱量	灰分	水分
含炭特甲	1.23	1.82	32	1.836	88.80	0.380	7,160	7.480	1.994

備 考 使用骸炭は大阪含密特甲炭として定評あるものを使用せり。

一掛の装入物 一掛の装入物は Pig+Scrap=370 kg とす。装入軟鋼板屑量は總て 70% なり。

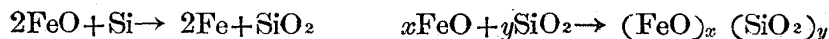
珪素鐵、ば一ん鉄の混合比、羽口比等の關係は第 1 報と同様である。(第 1 報参照)

總論の部

(1) 熔銑爐操業より考察せるセミスチール製造に及ぼす珪素の効果に就て (其 1) 初期晶開始温度の低下鑄込温度の自由撰擇と云ふ方面よりの珪素の効果に關しては既に精細に論述せる次第であるが^④熔銑爐本來の使用より考察すれば珪素は猶一層低炭素セミスチール製造に効果あるを知る可し即ち鑄造爐 (Blast Furnace) 本來の使命は Smelting Operation にあり熔銑爐本來の使命は Remelting Operation にして前者が烈しき還元性大氣中の操業なるに比し後者は Oxidizing Melting の遂行にある。即ち後者の作業中では當然地金の酸化は免のれず然るに冶金學の見地よりは此酸化は最も恐しき作用であつて可及的に酸化を減じ高温度の流出湯を得る事が最も望ましき事である。

例へば熔解帯に自由酸素又は遊離酸素 (Free Oxygen) の分布を可及的に少とする要があるされどここに述べんとする低炭素セミスチールの製造に於ては更に重大なる問題あり加炭作用の制限が之である。

さて熔銑爐操業に於て酸化作用、加炭作用及高温度の熔湯流出の 3 目的中酸化を可及的に避くる事は装入骸炭量の増加の如き一般に加炭作用の増加となる又著者の研究に依ると高温度の湯を得る事は一般に加炭作用を増加する方法にして低炭素セミスチールの製造と爐操業の關係は頗る複雑である而して熔銑爐操業に於て加炭を制限し高温度の流出湯を得ると云ふ點に及ぼす珪素の効果に關しては第 1 報以來精述した次第である此處では更に之等以外に珪素に如何なる効果を低炭素セミスチール製造に及ぼすかと云ふ方面に關し 2, 3 の論究を交へんとす、即ち電氣爐製鋼法に於ける Refining Process 中珪素鐵を装入し脱酸作用を遂行する事は周知の事實である。此點を少しく論究すれば次式となる。



之等の作用を以つて湯を quieting する事である故に本研究の如き低炭素高珪素セミスチール製造に於ては装入珪素鐵が多き關係上酸化帯に於ける珪素の酸化は頗る多かる可きも熔鐵の酸化を防止する事は容易に推定し得る次第である。

熔銑爐本來の使命が Oxidizing melting なるを以て羽口よりの送風が骸炭と作用して $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ の反應を生ず。

但し此の反應は $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ なるや $\text{C}_2 + \text{O}_2 = 2\text{CO}$ $2\text{CO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ なりやと云ふ問題に關しては相當の議論のある問題なる可きも結局として CO_2 rich の Operation が爐本來の使命と合致する事は容易に推定し得らるゝ、併し著者の前實驗に依れば (第 1 報) 熔銑爐の過熱作用は此點のみにては解決し得ず装入物の酸化熔湯の熔帶通過速度其他の條件に支配される之等が總て好都合に進む時初めて理想的の Operation を施行し得るのであるが CO_2 rich の操業及爐内高温度に趣かしむる Operation は著者の考へでは多少 Free Oxygen の存在を推定し得る操業なるを以て地金の酸化は免かれず。即ち $\text{Fe} \rightarrow \text{FeO}$ $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2$ $\text{Mn} \rightarrow \text{MnO}_2$ の如き作用は當然發生する而

して熔湯が酸化すれば湯足を損じ不完全鑄物の生産即ち Blow-hole を中心とする廢品率の増加となる而して此處が議論の生ずる處であつて酸化帯に於ける Bessemerization は重大の事であるからセミスチール製造の如きは此種の Bessemerization の利用が最も重大なる意味を存す高珪素セミスチールの如き装入珪素鐵の多き場合は此點に頗る有利である。即ち Excess air を送風するも珪素の酸化の爲め地金自身の酸化を防ぎ同時に珪素の酸化熱に依りて過熱作用を助長す（マンガも亦然り）結局珪素混合に依りて加炭率を低下し且つ軟鋼板量増加に依る熔解温度の上昇となる即ち過熱作用は珪素の酸化の爲め一段と加はり地金自身の酸化熱より遙かに多き熱を發生する結局熔湯の過熱作用を助長するから Refining action が盛んとなり脱酸脱硫の兩作用を助長すると同時に鐵冶金學的見地よりは Graphitization) の改良となる斯くてセミスチール製造に於ては珪素は鑄物容易と云ふ意味と別に爐本來の使命より考察するも頗る効果ある事を容易に推定し得る。

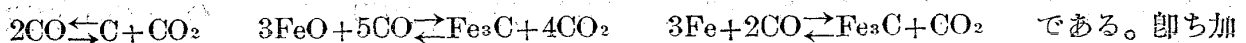
此點を更に精しく論究すれば熔銑爐燃焼帶は N, Hgas の如き瓦斯相を除けば CO₂, CO, O₂ の瓦斯相と熔銑 (Si Mn. P. S. を含む) と固相炭素の接觸状態である。

即ち酸化作用としては $C + O_2 = CO_2$ ① $2Fe + O_2 = 2FeO$ ② $Si + O_2 = SiO_2$ ③
 $2Mn + O_2 = 2MnO$ ④ $P_2 + O_5 = P_2O_5$ ⑤ $CO_2 + Fe = FeO + CO$ ⑥ となる。

而して此等酸化物は熔帶の高温度の爲めに赤熱骸炭の爲め一部分は容易に還元作用を蒙る事も又推定し得る、即ち炭素が酸化物に還元作用を及ぼし一種の Refining action を及ぼす事は容易に想像し得る處なるも熔鐵中の他の元素即ち Si, Mn, P, S, も亦還元作用を及ぼす事を推定し得らる此場合最も有効に此作用に働くものは前述の $2FeO + Si = 2Fe + SiO_2$ $xFeO + ySiO_2 = (FeO)_x (SiO_2)_y$
 $FeO + Mn = MnO + Fe$ $xMnO + ySiO_2 = (MnO)_x (SiO_2)_y$ である而して低炭素セミスチール製造に於ては赤熱骸炭に依る還元作用を可及的に少とする操業が望ましい（何となれば赤熱の骸炭をして充分に Reducing action を遂行せしめんとせば結局加炭作用を増加せしむる）故に骸炭を少として骸炭に依る還元作用を極少とし珪素をして骸炭に依る還元作用の代用たらしむる事は最も有効である換言すれば装入鋼量及送風量多き操業に於ては充分に Refining action を經且つ加炭作用を制限し同時に Hot metal を得る方法は高珪素セミスチールなるを要す之れ特筆す可き珪素の効果である。

此點に關し更に精しく論ぜんとすれば次の如し。

熔銑爐に起る還元作用及加炭作用を考へるに固相間の反應として代表的のものは



である。即ち加炭作用は還元作用の進行と視て良い、然るに熔銑爐操業としての著者の前研究に依れば固相上の加炭作用は頗る少である即ち以上の作用が熔銑爐に於ても固相より進んで瓦斯相、液相間でも進行するや否やが問題となつて來る此點に關して 2, 3 先人の理論的主張を参照してみると Mathesius 氏は次の意見を述べて居る。(② Die Physikalischen u. Chemischen Grundlagen der Eisenhüttenwesens von Walther Mathesius (S. 9~10) (1924))

(1) 一般に物體が固體の場合は CO が唯一の還元材料であるが若し流動性となれば固體炭素が還元材料となる。

(2) 1,000°C 以下では CO が還元材料であるが 1,000°C 以上に於ては炭素が烈しき還元作用を呈するに至り唯一の還元材料となる。

(3) 一般に CO₂ は高温度にては低温度に於て CO が還元作用を遂行する物質に著しき酸化作用を及ぼす故に高温度で還元を施行せんとせば非常に Excess の CO を要するのである。

以上の Mathesius 氏の主張を正しとすれば著者の研究即ち加炭作用遂行に主として働らくものは赤熱骸炭なりとの主張を説明するに便である。

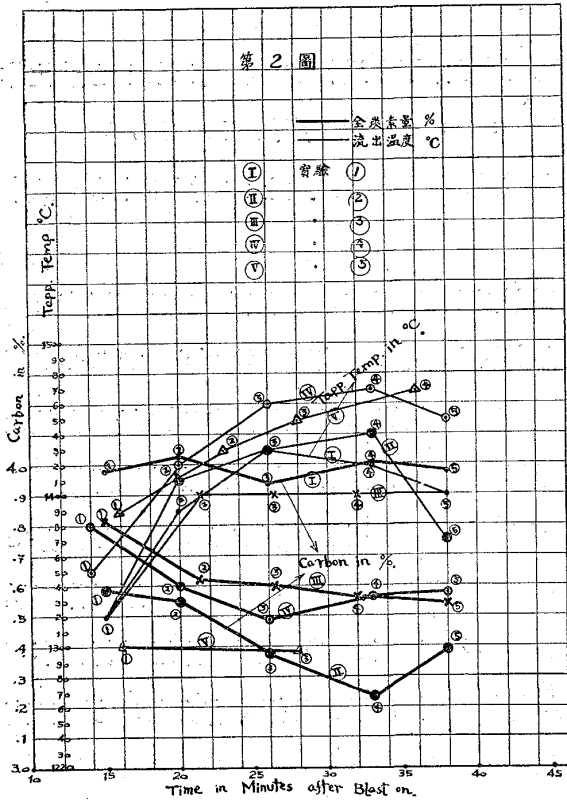
即ち Mathesius 氏の説に依ると CO 瓦斯が還元及加炭作用を遂行するに有利なるは低温度である然るに著者の前研究に依ると熔解能力帯の外部即ち熔解開始帯に於て比較的 CO rich であつて低温度なる部分に加炭作用は極めて少く殆んど negligible である。又加炭作用を遂行するに最も有效なる部分は 1,700°C 以上の部分である換言すれば加炭作用を遂行するに有利なる部分は熔銑爐操業では固相炭素が還元作用を遂行するに有利なる部分であつて CO が還元作用を遂行するに便なる部分では殆んど加炭作用を遂行しない。以上は重要な事實である。低温度で CO 多く CO の還元作用遂行に有利なる所に於て加炭作用少く高温度で 1,700°C 以上で CO が少く CO の還元作用遂行に不利なる所に却つて加炭作用が多いと云ふ點から考察すると熔銑爐加炭作用遂行を働く有力なるものは高温度の赤熱骸炭である。

以上の論究より熔銑爐操業に於ては加炭作用は熔鐵と赤熱骸炭の間の作用が主なるものである。

著者は前實驗で熔帶に於ける鐵と高温度赤熱骸炭との加炭作用との關係を精細に研究した次第であるが實驗は全く以上の事實を裏書した即ち加炭作用を制限せんとせば先づ赤熱骸炭と熔鐵との接觸を可及的に短くする事であつて裝入及初込骸炭の減少送風量多い操業羽口面積の増加は何れも此赤熱骸炭との接觸時間を短くする事である事を明らかにした次第である同時に熔帶に特種の炭素例へばレトルト炭素の如きを存在せしめ赤熱炭素の有効炭素を多くせば著しく加炭作用を増加するを明らかにした、斯くて熔銑爐操業に於ては瓦斯相の關係即ち瓦斯相と液相との加炭作用よりは寧ろ液相鐵と固相炭素との加炭作用が主なるものであるとの關係を明らかにしたかくて加炭作用を制限する方法即ち熔鐵と赤熱骸炭との接觸時間を短くする方法は常に酸化作用を多くする方法であるから前述の如く Si 其他で Refining をすると同時に相當量の珪素の酸化熱で熔湯の流出温度の上昇を來す必要がある換言すれば送風量多く裝入珪素鐵の多い低炭素高珪素セミスチール製造は同一流出温度を得るに比較的少量の骸炭で良いから加炭作用を制限し且高温度の熔湯を得ると云ふ頗る有利なる操業を齎すものである。

(2) 熔銑爐操業より考察せるセミスチール製造に及ぼす珪素の效果に就て (其 2) 附 Kish formation に就て セミスチール製造に於て裝入珪素鐵の増加は常に加炭作用を制限する事は從來精

述した次第であるが同時にセミスチール製造中爐内に多くの Kish 黒鉛の成生を見る事あり之等の事實に關し 2, 3 の研究を企圖したるを以て一括論述し加炭作用制限に及ぼす珪素の効果に關し結論を求めんとす。



實驗の部 一段羽口操業、羽口數 8 即ち下段羽口使用 (第 1 圖参照) 羽口直徑 (mm) 100 羽口比 1:10 初込骸炭量 (kg) 600 裝入骸炭量 (%) 13 毎分送風量 (立方呎) 2,800

實驗 ① 一原銑のみを再熔解する實驗

試料採取方法 總て第 1 報と同様で吹込より約 15 分にして初湯を流出せしめ温度を測定し試料を採取し之を試料番號 ① として以下約 5 分おきに同様に試料 ②③……を採取す第 2 圖は其結果である圖中横軸は吹入よりの時間の経過に依りて試料を採取せる時の時間(分)を示し縦軸は該試料の全炭素量(%)及流出温度(°C)を示す。

例へば (I) に於て ① は實驗 ① 中吹入より 15 分にして、流出せしめたるを示すと同時に其初湯が含有せる全炭素及流出温度を示すものとす。

以下の實驗で此種の表は總て同様の意味を有す。

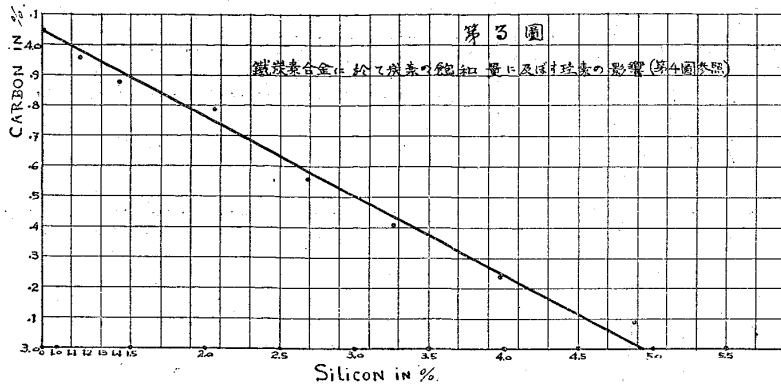
試料分析結果

實驗番號	試料番號	T.C %	Si %	Mn %	P %	S %	流出温度°C
①	①	3.98	0.94	0.79	0.358	0.08	1,320
//	②	4.03	0.98	0.86	0.334	0.07	1,390
//	③	3.94	0.99	0.88	0.353	0.06	1,430
//	④	4.01	1.01	0.92	0.353	0.06	1,420
//	⑤	3.98	0.96	0.92	0.360	0.07	1,400
//	平均	3.98	0.97	0.87	0.352	0.06	—

斯くの如く此種の銑鐵のみの熔解實驗にては加炭作用は無論なく極めて少量の脱炭作用あり他の元素は總て減少し硫黄のみ稍増加して居る。

		原銑と生産試料との成分變化				
		T.C %	Si %	Mn %	P %	S %
原	銑	4.00	0.99	1.01	0.388	0.02
試料(平均)		3.98	0.97	0.87	0.352	0.06
差	(±)	0.02(-)	0.02(-)	0.14(-)	0.036(-)	0.04(+)

さて鐵炭素合金に於て炭素の飽和量は約 4.3% にして更に炭素を増加せしむれば Primary Kish として析出する事は周知の事に屬し此場合珪素を合金せしむれば更に飽和量を減ずる事は第 3 圖の如し。 (③ Handbuch der Eisen u. Stahl Giesserei Herausgegeben von C. Geiger (S. 82))



即ち第3圖及第1表に示す如く珪素 1.0% 程度に於ける炭素の飽和量は約 4.0% である即ち此種の熔銑爐操業では飽和炭素量 4.0% 以上の加炭作用は不可能なるを示す即ち若し之以上の炭素を飽和せしむる場合には熔帶に於て當然 Kish の生成があるのである。

第1表 鐵炭素合金に於て炭素の飽和量に及ぼす珪素量の影響

珪素量 %	0.13	0.21	0.41	0.66	1.14	1.41	2.07	2.63	3.25	3.69	3.96	4.86	5.06
飽和全炭素量 %	4.29	4.23	4.11	4.05	3.96	3.88	3.79	3.56	3.41	3.32	3.24	3.08	2.86

$Fe_3C \rightarrow C + 3Fe$ の式を以て示すを得ん。

實驗 ② — 原銑に軟鋼板屑 30% 混合して熔解せる實驗試料採取方法全く前回と同様で第2圖(II)に示す如し。

試料分析結果

實驗番號	試料番號	T.C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	流出溫度 °C	實驗番號	試料番號	T.C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	流出溫度 °C
②	①	3.59	0.76	0.74	0.06	1,320	②	④	3.24	0.67	0.70	0.05	1,440
"	②	3.55	0.67	0.79	0.07	1,410	"	⑤	3.39	0.70	0.67	0.05	1,370
"	③	3.38	0.71	0.71	0.06	1,430	"	平均	3.43	0.70	0.72	0.05	—

	T.C%	Si%	Mn%
原配合	2.86	0.70	0.76
試料(平均)	3.43	0.70	0.79
差 (±)	0.57(+)	0?	0.204?

此結果より考察すると軟鋼板屑 30% の配合にて此種の操業にて漸く 0.6% 程度の加炭作用がある著者は第1報にて軟鋼板屑の装入量が増加するC加炭率が増加する實驗結果を述べた次第であるが此處でもこの點を示して

居る。即ち装入軟鋼板が少い程加炭率は少いのである。以下本研究格論に例示する如く軟鋼板 70% の装入にては 1.0% 以上の加炭率である。

實驗 ③ — 實驗 ② にて生産せる in got 鐵を更に再熔解せる實驗。

第2圖(III)は其實験結果を示す。

試料分析結果

實驗番號	試料番號	T.C (%)	Si (%)	流出溫度 °C	實驗番號	試料番號	T.C (%)	Si (%)	流出溫度 °C
③	①	3.82	0.65	1,320	③	④	3.57	0.67	1,400
"	②	3.63	0.66	1,400	"	⑤	3.55	0.70	1,400
"	③	3.61	0.65	1,400	"	平均	3.63	0.66	—

此實驗結果より熔銑が飽和炭素量に接近の炭素を含有する場合には加炭率著しく少である又軟鋼板

原銑と生成試料との成分變化

	T.C%	Si %	Mn%
原 配 合	3.43	0.70	0.72
生産試料(平均)	3.63	0.66	—
差 (±)	0.20(+)	0.04(-)	—

直接配合即ちセミスチール配合は加炭率多し。

斯くて次の諸結論を得。

① 地金に含有さるゝ炭素が少量なる程加炭率多し。

② 地金の含有炭素量が含有珪素に對し飽和の状態に近づくに従ひ漸次吸収率を減じ飽和に達すれば殆ど吸収しない。

③ 即ち珪素 1.0% の地金の溶解を熔銑爐で施行する場合には炭素 4.0% 以上を含有せしむる事は殆ど不可能である。

此事實はセミスチール製造に於て最も重要事項の1つであつて次に述ぶる珪素の加炭制限に至大の関係がある。

實驗番號	試料番號	T. C (%)	Si (%)	Mn (%)	流出溫度 °C
④	①	3.80	2.49	0.78	1,350
"	②	3.60	3.10	0.82	1,420
"	③	3.49	3.22	0.87	1,460
"	④	3.57	3.04	0.86	1,470
"	⑤	3.58	2.71	0.81	1,450
"	平均	3.60	2.91	0.82	1,420

實驗 ④ 一原銑に珪素鐵 5% 混合して溶解する實驗例の如く實驗結果は第2圖(IV)に示す如し。

此結果より原銑に對し珪素鐵の混合するのみにても脱炭し得るを知る而して第3圖に示す如く珪素 3.0% の飽和炭素量に一致して 3.6% の全炭素量となつて居る。即ちセミスチール製造に於て珪素 3.0% を含有する場合は軟鋼板を装入して加炭作用を制限せんとするに爐況の如何に依りて全炭素 3.6% までは加炭し得るを示すともとの云ふ可し。

例へば全炭素 1.5% の装入物に對し珪素の含有 3.0% の生産試料を得る場合飽和炭素量は 3.6% 附近なるを以て極端に爐況が不良なる場合には 2.1% の加炭となりて 3.6% の全炭素となる之に反し理想的操業の場合には 1.0% を加炭して 2.5% 所謂低炭素セミスチールの生産となる換言すれば 1.0% 前後の加炭作用を爐操業の改良に依りて求めんとするものである今假りに軟鋼板 70% の装入に依るセミスチール製造實驗を考ふるに装入物として全炭素量は約 1.4% である然るに 3.0% の珪素含有とすれば 3.6% - 1.4% = 2.2% の加炭作用を爐操業の改良に依りて 1.0% にするか 1.5% にするかと云ふ事になるのである。

	T.C%	Si%	Mn%	P%	S%
原 配 合	4.0	5.00	1.01	0.388	0.02
生産試料(平均)	3.6	2.91	0.82	—	—
差 (±)	0.4(-)	2.09(-)	0.19(-)	—	—

實驗 ⑤ 一原銑に珪素鐵 10% 混合して溶解する實驗 第2圖 V は其實驗結果である。

實驗番號 ⑤ 試料分析結果

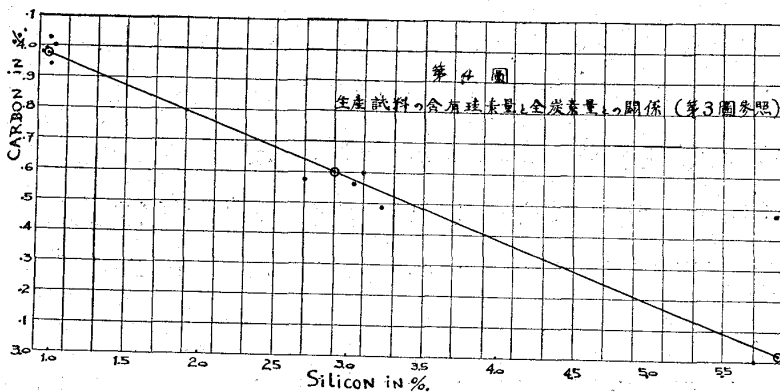
試 驗 番 號	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	平 均
T. C %	3.40	3.75	3.39	2.95	3.00	3.07	2.99	3.22
Si %	3.07	2.70	3.68	5.72	5.71	6.19	6.31	4.80
流 出 溫 度 °C	1,390	1,420	1,450	1,470	1,420	1,420	1,420	—

	T.C%	Si%	Mn%	P%	S%
原 配 合	4.0	9.0	1.01	0.388	0.02
生産試料(平均)	3.2	4.8	—	—	—
差 (±)	0.8	4.2(-)	—	—	—

即ち実験 ④ と同様に珪素鐵の附加に依りて脱炭し珪素の一定量に對し含有全炭素量は第 3 圖に示す飽和炭素を示して居る。

斯くて之等實驗結果より求めたる珪素量と全炭素量との關係圖が第 4 圖であつて珪素の含有量の増加に依りて 4.0% から 3.0% まで直線的に全炭素量を低下して居る即ち横軸は生産試料の含有珪素量縦軸は生産試料の含有全炭素量である。

以上の事實は装入珪素鐵の加炭制限に關し頗る興味ある事實であるが從來の諸實驗 ① ② ③ ④ ⑤ を總合すると低炭素セミスチール製造に於て珪素を含有せしむる時加炭作用を制限し得る事は單に爐床より流出する熔湯換言すれば生産試料が珪素の含有に依りて炭素溶解度を減じたと云ふのみにては説明出來ないが加炭作用制限には重大なる役割を演じつゝある事を推定し得る、以下此點に關し 2、3 の論究を交へて總論の結論に導かんとす。



Kish formation に就て——以上の事實と關係して興味ある事は、Kish 黑鉛の成生である著者は前實驗でセミスチール熔解實驗中常に熔帶に多くの Kish 黑鉛の成生を経験した而して此 Kish は常に熔解能力帶中の爐内最高溫度帯に存在し爐床及熔

解開始帯には全く存在せざるを知つた即ち此 Kish たるや爐内最高溫度帯で溫度の上昇に依り Excess Carbon の吸收あり珪素多き結果遂に飽和以上の炭素の析出を生じ Kish 黑鉛の成生となりたるものであつて先の諸實驗に於ても多くの Kish の析出があつた。

今假に 70% 軟鋼板装入實驗で次の諸場合を考へて見る。

① 30% の原銑 (Original Pig) が加炭作用を蒙らず Melt down せりとせば次の場合を生ず可し。

① 70% の軟鋼板 (T.C 0.2%) が飽和炭素量に接近する全炭素量 4.0% まで加炭して Melt down せりとせば、

$$30 (\text{原銑量}) \times \frac{4.0 (\text{原銑の全炭素量})}{100} = 1.2 \dots \dots \dots (\text{原銑よりの全炭素量})$$

$$70 (\text{軟鋼板量}) \times \frac{4.0 (\text{軟鋼の加炭量})}{100} = 2.8 \dots \dots \dots (\text{軟鋼の加炭後の全炭素量})$$

故に酸化損失なしと假定する場合には $\frac{1.2+2.8}{100} \times 100 = 4.0\%$ 即ち 4.0% が生産試料の全炭素量となる以下同様に軟鋼板 0.2% C から 3.5%, 3.0%, 2.5%, 2.0% 加炭せる諸場合を考へて見る。

② 70% の軟鋼板 (T.C 0.2%) が 3.5% の全炭素量まで加炭して Melt down せりとせば

$$30 (\text{原銑量}) \times \frac{4.0 (\text{原銑の全炭素量})}{100} = 1.2 \dots \dots (\text{原銑よりの全炭素量})$$

$$70 (\text{軟鋼板量}) \times \frac{3.5 (\text{軟鋼の加炭量})}{100} = 2.45 \dots \dots$$
 故に前例の如く酸化損失なしと假

定する場合には $\frac{1.2+2.45}{100} \times 100 = 3.7\%$ 即ち 3.0% が生炭試料の全炭素量となる。

③ 70% の軟鋼板 (T.C 0.2%) が 2.5% の全炭素量まで加炭して Melt down せりとせば 3.3% の全炭素量となる。

④ 70% の軟鋼板 (T.C 0.2%) が 3.7% の全炭素量まで加炭して Melt down せりとせば 3.0% の全炭素量となる。

⑤ 70% の軟鋼板 (T.C 0.2%) が 2.0% の全炭素量まで加炭して Melt down せりとせば 2.6% の全炭素量となる。

⑥ 3% の原銑が珪素鐵装入の爲め T.C 4.0% より 3.5% まで脱炭して Melt down せりとせば
 ① と同様に次の諸場合を生ず。

生産試料の全炭素 ① 3.8%、② 3.5、③ 3.1、④ 2.8、⑤ 2.4% の諸場合が生ず可く。

⑦ 30% の原銑が珪素鐵装入の爲めに T.C 4.0% より 3.0% まで脱炭 (iMelt down せりとし装入軟鋼板が 4.0%、3.5%、3.0%、2.5%、2.0% と加炭し Melt down せりとせば

生産試料の全炭素 ① 3.7%、② 3.3、③ 3.0、④ 2.6、⑤ 2.3% の諸場合を生ず可く前實驗にて示す如く 4.0% の T.C を 3.0% まで脱炭せしむる事は殆ど不可能であるから Practicae Case としては ①②③ の範圍にある可し。

斯くの如く實際操業に於ては装入原銑は装入珪素鐵と混合し 1 部は軟鋼板と合金し兩者の部分的に高珪素を生じ原銑よりは脱炭し他は加炭し換言すれば熔體に於て $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \text{C} + 3\text{Fe}$ $\text{C} + 3\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ の反應を生ずるものと推定し得ん而して ①②③ の範圍に於て種々の状態を生ずるものである。即ち装入珪素鐵の皆無の場合は全く ① の状態の ①②③④⑤ の何れかに従ひて低炭素セミスチールを生産し装入珪素鐵の存在する場合は ②③ の状態に近似し ①②③④⑤ 何れかの場合に依りて低炭素セミスチールを生産するものと云ふ可し何れにしても装入珪素鐵の増加は加炭作用制限に大なる影響を有するを知る之れ疑もなく珪素の効果を示すものである。

さて以上の實驗結果を總合すると熔銑爐操業にては含有珪素に對して飽和炭素を含有する原銑を使用してセミスチール生産を企圖するに加炭又は脱炭を考慮する要なきも珪素鐵を混合すれば碌銑の脱炭は當然考慮し得可く特に著者の研究の如き高珪素セミスチール生産に於ては時に原銑に對し 10% 以上の珪素鐵が合金する場合あり其脱炭は當然生ずるのであつて (實際熔帶に於て $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$ の多き部分には Kish 黒鉛の多き事は良く此事實を證明して居る) 加炭作用制限に頗る有利である同時に軟鋼板にも Partial に珪素 rich の部分を生じて加炭作用制限に有利に働く事も亦容易に推定し得る。

以上は低炭素セミスチール生産中加炭作用に及ぼす珪素の效果に關する著者の考察である。即ち著者は従來より、低炭素 2.5%~2.8%, 珪素 3.0%~2.0%, マンガン 1.0%~2.0% の所謂 Low Carbon High Silicon & Mangan セミスチールを研究し、其製造に關する研究に従事せる次第であつて、熔銑爐操業に於て必然的に装入珪素鐵を多くし、珪素の效果に關する根本的考察を必要とするを以て、前研究第1報に公表し得ざりし 2, 3 の實驗結果を此處に述べ、以て前研究を補足する意味で此處に總論として論究した次第である。

格 論 の 部

(1) 熔帶に關する研究 著者は第1報で熔帶を熔解能力帶、爐内最高溫度帶及熔解開始帶に區分した次第であるが此處でも再び論究する次第である。

(イ) 熔帶燃焼状態に關する研究 附集中熔解法の意義と初込骸炭量の決定—毎分の送風量は約 2,700 立方呎にして送風壓との關係は第 5 圖④の如し横軸は吹入より熔解時間の経過を示し縦軸は送風量 Cu.f/miu 及送風壓 oz/p'' である。

先づ熔銑爐の装入口まで骸炭を充填し装入口まで充分點火し燃焼状態が一定に達せる時直ちに送風し送風後一定時期を経て燃焼瓦斯を分析した。

上段羽口 12 箇全部使用し各直徑 50mm 即ち 羽口比 = $\frac{\text{羽口總面積}}{\text{熔帶總面積}} = 1/27$

本實驗に於ては IV IV' IV'' IV''' 部を同時に測定し又 II II' II'' II''' 部を同時に測定する方法を採つた而して各實驗毎に吹入より 5 分, 10 分, 15 分, 2) 分, 30 分の経過時間に從ひて燃焼瓦斯を採取した、即ち装入口まで充填した骸炭は約 30 分にして燃焼状態の研究を施行するに不便がない即ち 30 分間には Free Oxygen の存在も充分認め得るに至り大略 30 分が 1 週期の燃焼と考へて良いさて 5 分, 10 分, 15 分, 20 分, 25 分, 30 分と測定し其平均値を求むれば大略其操業法の燃焼状態を推定し得る、第 6 圖⑥は實驗結果で横軸は CO₂ O₂ CO 瓦斯の容積を%で示し縦軸は下段羽口面よりの爐の高さに相當する A, B, C, D, E の位置を mm にて示す、而して本圖は第 2 表即ち吹入より一定時間の経過まで各時期に燃燈瓦斯を採取分析せるもの、平均値より A, B, C, D, E 部の各 I, II, III, IV, 部の燃焼状態を確定せるものである。

本圖に於て IV.CO₂ IV.O₂ IV.CO とあるは各 A, B, C, D, E 部に相當する IV 部の CO₂, O₂, CO, の容積を%で示せるものである、此第 6 圖⑥に依りて此種操業の爐内燃焼状態を明瞭に知り得 (第 1 圖④第 1 圖⑤参照)。

(1) 即ち全體として羽口面より上層になるに從ひ瓦斯の酸化性小となつて來る。(2) 爐壁に近き IV 部最も酸化性に富む事第 1 報の實驗結果と同様である。(3) 爐内中心部は最も酸化性が少い。(4) 自由酸素の分布は IV 部を除いて大略一樣であつて理想的である。

第2表 燃燒瓦斯分析表

吹入より熔解時間の経過 (分)	分析瓦斯の種類	5			10			15			20	25			30	35		
		CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %		CO ² %	O ² %	CO %		CO ² %	O ² %	CO %
I	E	12.6	0.1	10.4	8.2	0.3	17.9	5.7	4.8	14.8	—	4.3	4.2	18.0	—	6.0	2.8	19.0
I	D	12.1	0.2	10.7	9.4	0.2	15.6	10.0	0.1	15.2	—	5.8	4.8	14.4	—	5.0	3.2	19.8
I	C	10.9	2.9	9.0	11.7	0.9	10.6	13.5	0.1	8.5	—	10.3	4.1	7.9	—	10.6	0	14.0
II	E	11.7	0.9	9.9	—	—	—	7.4	3.7	13.3	—	3.0	10.6	8.8	—	—	—	—
II	D	13.1	3.1	5.1	—	—	—	10.0	2.6	10.3	—	7.3	2.4	15.5	—	—	—	—
II	C	14.9	0.8	5.5	—	—	—	10.9	0.6	12.0	—	8.1	4.9	10.3	—	—	—	—
II	B	14.4	2.1	5.5	—	—	—	10.4	2.6	10.3	—	15.9	3.8	0.3	—	—	—	—
II	A	11.6	8.8	0	—	—	—	13.4	7.1	0	—	17.0	2.6	0	—	—	—	—
III	E	9.7	1.5	14.0	5.6	0.6	22.2	5.8	1.0	20.6	—	4.6	1.5	21.1	—	—	—	—
III	D	9.8	0	15.8	6.8	1.3	18.9	7.2	1.7	17.1	—	6.1	0.8	20.6	—	6.5	2.5	16.5
III	C	7.6	3.4	14.3	6.2	1.0	20.5	6.6	0.2	20.9	—	5.5	0.2	23.5	—	6.3	0.1	21.7
III	B	14.0	1.2	6.2	16.7	0.3	3.8	12.9	7.7	0	—	8.6	6.2	7.9	—	12.3	1.4	8.7
III	A	15.7	4.6	0	13.1	7.5	0	9.0	6.0	7.1	—	15.0	0.4	6.0	—	11.6	5.2	2.8
IV	E	12.6	0.6	8.9	—	—	—	10.4	0	14.7	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	D	19.1	0.4	0	—	—	—	16.3	1.4	1.5	—	9.2	0.6	14.4	—	—	—	—
IV	C	12.7	8.0	0	—	—	—	14.2	6.2	0	—	13.5	1.7	6.3	—	—	—	—
IV	B	13.4	7.3	0	—	—	—	8.2	12.2	0	—	14.5	5.5	0	—	—	—	—
IV	A	3.8	15.3	0	—	—	—	6.8	13.3	0	—	4.6	15.4	0	—	—	—	—

全體として本操業は最も理想的のものである著者は第1報にて小規模實驗中羽口比 1 : 32 羽口數 6 個の場合理想的操業の1種たるを示した次第であるが本操業は全く以上の場合と一致して居る而して後で述べる如くセミスチール操業にて加炭作用制限高溫度流出の2條件を満足せしむる操業は1段羽口が最も理想的であつて1段羽口操業にても羽口層より上層に進んでも大略一樣なる燃燒状態を持續し得る場合がある事本研究にて明瞭である又此種の操業こそ著者の主張する集中熔解法の採用に最も好都合なのである即ち此種燃燒状態の比較研究に依りて始めて如何なる位置に初込骸炭の高さを定める事が最も合理的であるかと云ふ事が明らかになつて來る換言すれば著者が第1報に主張せる熔解能力帯は何處なりや爐内最高溫度帯は何處なりやと云ふ問題が當然起つて來る、而して加炭作用の制限に關し重大なる注意の必要が良く理つて來る次に此問題の決定に最も必要な熔帶の溫度を測定せる圖が第6圖bである。圖に於て横軸は溫度、縦軸は羽口面より A, B, C, D, E 部の高さを mm にて示す・印 は IV 部 × 印 は II 部 又 a, b, c, d, e は吹入よりの経過時間を 3 分置きに溫度測定せる測定番號である結局吹入より 20 分前後には A, B, C, D は 1,700°C 以上になる第1報に於ても充分なる初込骸炭の存在する場合には熔解能力帯、爐内最高溫度帯の位置が上昇するを述べたが本研究に於ても充分の骸炭が存在するに於ては結局 D 部以上まで熔解能力帯の存在を推定し得る即ち今 D 部まで骸炭存在するに於ては當然此部分は熔解能力帯となり加炭作用を裝入物に及ぼす可し然らば何れの位置まで初込骸炭量の高さを制限し得べきか換言すれば D 部以下何れの程度まで骸炭量を制限するも流出溫度の下降を見ず且酸化されざる熔湯を得るかが重大事項となつて來る著者の

主張する集中熔解法の意義は此處に重大なる意義を有するのであつて骸炭量を可及的に減じ熔解能力帯の範圍を可及的に羽口面より淺くせしめんとする處に苦心の有する次第である。

著者の見解に依れば Cupola operation は一種の Oxidizing Melting であるから Excess Cokes を使用して理想的の Reducing zone から熔解せしめんとせば D 部以上遙かに至るまで初込骸炭の充填を要す斯かる操業に於ては加炭作用の制限は不可能である此理由は第 1 報以來主張せる如く爐内最高溫度帯の範圍の増加に依るのである即ち斯くの如き操業は可及的に避く可きで又無意義である。

即ち Cupola operation が根本的に Oxidizing Melting であり且羽口附近の極少部分の Free Oxygen の分布多い所を除いては可成廣い範圍に及んで燃焼状態が一定であるから熔湯の溫度を下降せしめざる程度に於て初込を低下せしめざる可からず之れ低炭素セミスチール製造に関する一大任務である。

著者は本操業に於ては C 面程度に初込を低下せしむるを理想とした即ち瓦斯分析上及爐内溫度測定より明らかなる如く又後述する如く此帯は未だ酸化性が多い所である換言すれば爐内最高溫度帯の骸炭量を可及的に少量とする此方法に依りて流出溫度を上昇せしむる事がセミスチール製造に於て最も合理的なる方法である羽口個々の數を増加し個々の面積を小とし送風量を多くする方法の意義が此處にある事は第 1 報に精述の如し。

(ロ) 1 段羽口操業の場合羽口數等しく羽口比を異にする場合の燃焼状態の比較研究 此點に關しては第 1 報に精述したがこゝでは再び大規模實驗を施行するにあたり装入口まで骸炭を充填せる場合を以て此點の論究を交へ以て第 1 報實驗結果によりて得たる結果を確めた送風量、送風壓との關係は第 5 圖⑥参照。以下装入口まで骸炭を装入し燃焼状態を研究せる場合の送風量、送風壓の關係は殆ど變化なき送風をせるものとす即ち大略 2,800 立方呎。

第 3 表 燃焼瓦斯分析表

吹入より熔解時 間の経過(分) 分析瓦斯の種類	5			30		
	CO ₂ %	O ₂ %	CO %	CO ₂ %	O ₂ %	CO %
採取部 採取位置						
II E	7.7	1.5	18.2	8.0	6.1	10.8
II D	6.2	8.5	9.7	9.9	3.1	13.0
II C	7.1	7.2	10.3	12.7	2.2	9.3
IV E	6.6	9.2	7.4	7.5	3.0	14.6
IV D	5.4	8.7	11.1	8.9	3.1	14.5
IV C	17.7	2.1	0.7	14.7	6.1	0.6
IV B	14.6	6.0	0.4	14.4	4.1	3.9
IV A	—	—	—	12.8	7.1	0.3

上羽口、12 箇全部使用し各直徑 100 mm 即ち羽口比 $\div 1/7$ 、第 7 圖は燃焼状態の測定結果である圖に於て $IVCO_2$ 、 IVO_2 、 $IVCO$ の意義は前實驗と全く同様である又本圖の實線は吹入より 5 分間と 30 分間の兩回に採取せる試料の平均値であつて(第 3 表参照)點線中 a とあるは吹入時間より 5 分間を経て採取せる瓦斯の分析結果又 b とあるは 30 分を経て

採取せる試料の分析結果である、而して前實驗即ち羽口數等しく羽口面積を小とせる操業に於ける燃焼状態第 6 圖⑥と比較すると次の結論を生ず。

羽口面積大にして實際に熔解實驗を施行する場合には加炭作用少なかる可き本操業が前實驗即ち實際に熔解實驗施行する場合には加炭作用多き操業より遙かに還元性がある特に II 部は非常に CO の

量が多い。

此事實は第1報に於ても實際に熔解實驗を施行して精細に述べた次第であるが本大規模實驗に於ても全く同様である。又第1報に於て精述せる如く一般に羽口數等しく羽口面積を異にする操業に於て羽口面積の大なるものは加炭作用少いが面積あまりに大なる時には流出溫度を得られず、此事實は全く本研究の大規模實驗にも應用し得るのであつて本例は正に其好例である即ち低炭素セミスチール製造に於ては羽口比を適切にして此 ④ ⑤ の場合を良く考察して加炭を制限し流出溫度の上昇に留意す可きである。

(ハ) 燃焼状態より考察せる1段羽口操業と2段羽口操業の比較研究(其1)

- (1) 1段羽口操業 羽口數 12 各直徑 50mm 羽口比 1:27 (第8圖④)(第4表)
- (2) 2段羽口操業 上段羽口數 12 各直徑 50mm 羽口比 1:27 (第9圖⑤)(第5表)
下段羽口數 5 " 150mm " 1:7
- (3) 3段羽口操業 上段羽口數 12 各直徑 50mm 羽口比 1:27 (第10圖⑥)(第6表)
下段羽口數 8 " 75mm " 1:18

以上の3操業を比較研究すると次の諸點を知る。1段羽口の關係が2段羽口操業の上段羽口關係と類似の場合燃焼状態が近似である之は頗る重要な事實であつて此種の場合2段羽口操業は熔帶の範圍を擴大するから一般に加炭作用が多いのであるが實驗 ④ ⑤ を比較すると ⑤ は熔解速度が大であるから ④ より加炭作用が少い故に著者は大規模實驗の經驗より2段羽口をして集中熔解法を理想的ならしむ可く上段羽口を撰擇し下段羽口をして適切なる熔解速度を定むる方針に撰擇し流出溫度の低下を防がんと努力した、此意味に合した結果が第10圖即ち實驗 ⑥ である。實驗 ⑥ は上段羽口が實驗 ④ と同様であつて下段羽口の關係では實驗 ⑤ より集中熔解法に適切で酸素の分布も少く頗る理想的である而して大規模實驗にても原則としては加炭作用を制限する見地から1段羽口が理想的なのであるが Hanging 其他の故障から2段羽口を必要とする故に2段羽口操業で可及的に1段羽口操業に近似の操業を撰ばんとする處に著者の苦心があり理想があるのである。

第4表 燃焼瓦斯分析表

吹入より熔解時間の経過(分)	5			15			25			平均		
	CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %
分析瓦斯の種類												
採取部 採取位置												
II E	11.7	0.9	9.9	7.4	3.7	13.3	3.0	10.6	8.8	7.3	5.0	10.7
II D	13.1	3.1	5.1	10.0	2.6	10.8	7.3	2.4	15.5	10.1	2.7	10.4
II C	14.9	0.8	5.5	10.9	0.6	12.0	8.1	4.9	10.3	11.3	2.1	9.2
II E	14.4	2.1	5.5	10.4	2.6	10.3	15.9	3.8	0.3	13.5	2.8	5.3
II A	11.6	8.8	0	13.4	7.1	0	17.0	2.6	0	14.0	6.1	0
IV E	12.6	0.6	8.9	10.4	0	14.7	—	—	—	11.5	0.3	11.8
IV D	19.1	0.4	0	16.3	1.4	1.5	9.2	0.6	14.4	14.8	0.8	5.3
IV C	12.7	8.0	0	14.2	6.2	0	13.5	1.7	6.3	13.4	5.1	2.1
IV B	13.4	7.3	0	8.2	12.2	0	14.5	5.5	0	12.0	8.3	0
IV A	3.8	15.3	0	6.8	13.3	0	4.6	15.4	0	5.0	14.7	0

第5表 燃焼瓦斯分析表

吹入より熔解時間の経過 (分)	分析瓦斯の種類	5			15	25			平均		
		CO ² %	O ² %	CO %		CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %
採取部 採取位置											
II E		12.9	2.3	7.4	—	7.4	1.1	19.2	10.1	1.7	13.3
II D		14.4	0.8	7.1	—	10.2	0.8	14.8	12.3	0.8	10.9
II C		14.6	0.8	7.3	—	6.5	3.1	17.2	10.5	1.9	12.2
IV E		8.2	1.6	13.2	—	7.6	1.0	16.5	7.9	1.3	14.8
IV D		17.8	2.6	0	—	16.4	0.2	5.1	17.1	1.4	2.5
IV C		12.8	7.5	0	—	17.5	2.9	0	15.1	5.2	0
IV B		14.6	5.9	0	—	15.4	5.3	0	15.0	5.5	0
IV A		13.8	7.0	0	—	2.2	17.9	0	8.0	12.4	0

第6表 燃焼瓦斯分析表

吹入より熔解時間の経過 (分)	分析瓦斯の種類	5			15	25			平均		
		CO ² %	O ² %	CO %		CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %
採取部 採取位置											
II E		11.3	0.3	13.3	—	6.3	2.5	18.4	8.8	1.4	10.5
II D		11.7	0.2	12.5	—	7.3	3.4	15.6	9.5	1.8	14.0
II C		12.6	0.4	10.2	—	10.3	0	15.3	11.3	0.2	12.8
IV E		12.2	0.9	9.0	—	7.6	0.3	20.5	9.9	0.6	14.7
IV D		17.2	2.3	0	—	13.3	4.7	2.6	15.2	3.5	1.3
IV C		15.8	4.8	0	—	17.4	0.7	2.3	16.6	2.7	1.1
IV B		18.3	1.7	0	—	14.8	2.0	4.9	16.5	1.8	2.4
IV A		12.1	8.2	0	—	15.8	1.4	4.0	13.9	3.2	2.0

(=) 焼燃状態より考察せる1段羽口操業と2段羽口操業の比較研究(其1)

(1) 1段羽口操業 羽口数 12 各直径 100m/m 羽口比 1:7 (第7圖㊸㊹) (第3表)

(2) 2段羽口操業 上段羽口数 12 各直径 100m/m 羽口比 1:7 (第11圖㊸㊹) (第7表)
下段羽口数 5 各直径 150m/m 羽口比 1:7

前述の如く燃焼状態は近似である但し注目する結果は2段羽口操業は一般に自由酸素の分布が少い之は熔銑爐操業としては理想的の操業と考へらるゝ又一面から考察すれば1段羽口操業と全く同条件の上段羽口を有する2段羽口の操業に於ては一般に爐内中心部が還元性になつて来る然るに加炭作用は爐内燃焼状態と別途に考へて良い場合が頗る多いのである以下此點に關する2・3の考察を論じて見よう。

第7表 燃焼瓦斯の分析表

吹入より熔解時間の経過 (分)	分析瓦斯の種類	5			15	25			平均		
		CO ² %	O ² %	CO %		CO ² %	O ² %	CO %	CO ² %	O ² %	CO %
採取部 採取位置											
II E		7.4	4.7	13.2	—	6.0	0.2	23.8	6.7	2.4	19.5
II D		9.4	0.6	16.1	—	5.8	3.3	18.5	7.6	1.9	17.3
II C		8.1	5.5	11.9	—	6.2	6.2	12.8	7.1	5.8	12.3
IV E		6.4	2.5	15.5	—	5.3	10.2	7.3	5.8	6.3	11.4
IV D		15.0	1.4	15.9	—	13.4	0.4	10.3	14.2	0.9	8.1
IV C		17.6	1.8	11.3	—	18.9	0.8	0.2	18.2	1.3	0.7
IV B		15.4	5.3	0	—	17.3	3.2	0	16.3	4.2	0
IV A		5.1	15.2	0	—	11.6	8.4	0.5	8.3	11.8	0.2

(ホ) 燃焼状態より考察せる1段羽口操業と2段羽口操業の比較研究(其3) 下段羽口の關係同様に於て上段羽口の關係を異にする第9圖と第11圖の燃焼状態を比較せば羽口面積の大なる第11圖は遙かに還元性である。

結論 斯くて羽口比と燃焼状態とを研究し次の結論を得。

- (1) 1段羽口操業は一般に自由酸素の分布が多くて操業法としては良好でない。
- (2) 1段羽口操業に於ても羽口面積の大なるもの還元性を呈する事1既報實驗結果と同様である。
- (3) 1段羽口の羽口關係が2段羽口の上段羽口の關係と同様なる時は燃焼状態は近似である一般に2段羽口の燃焼が還元性を呈す。
- (4) 此場合下段羽口の面積が大なれば益々爐内中心部が還元性になつてくる。
- (5) 以上の關係は第1報以來主張せる點と全く一致する。

斯くて著者は大規模實驗にしても集中熔解法の見地より原則として一段羽口を理想とするも Hanging 其他爐操業の故障を恐れ2段羽口の研究に従事し送風量を多くし上段羽口をして集中熔解法の遂行に便ならしめ下段羽口をして適切の熔解速度を有せしめんとせり此點の精細の研究は以下の實驗にて論究せんとす。

(2) 熔銑爐操業に於ける高溫度熔解法及加炭作用制限に及ぼす装入珪素鐵の影響に就て 第一報①及著者既發表④の論文及本研究總論に於て精述せる如く装入珪素セミスチール製造に於て高溫度流出湯を得ると同時に加炭作用制限に好影響を及ぼす、本大規模實驗に於ても同様の結果を得た。

實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込該炭量 (kg)	装入該量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
(1)	上段羽口 12 下段羽口 8	25 100	1:108 1:10	600	13	4.7	1.4
(ロ)	" "	" "	" "	"	"	3.2	"

第12圖は其實驗結果で横軸は吹入より經過せる時間を示し縦軸は各生産試料の全炭素量及流出溫度を示す、即ち①とあるは初湯生産時期が吹入よりの經過せる時間(分)を示すと同時に初湯の全炭素量と流出溫度を示す②は同様に2番湯を示す以下此種の表は總て同意義である更に詳しく示せば次の如し第13圖は各實驗に於ける熔解時間の經過と送風量、送風壓の變化を示す。

試料分析結果

試料番號	實驗番號①						實驗番號②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.65	2.67	2.67	2.56	2.63	2.65	2.96	3.15	2.96	2.94	2.91	2.98
Si	3.43	3.15	3.33	3.43	3.38	3.36	3.27	2.45	2.84	2.41	2.63	2.73
Mn	1.58	0.89	1.03	1.56	0.43	1.09	1.62	0.83	1.03	1.04	1.05	1.16
流出溫度 °C	1,330	1,440	1,480	1,500	1,520	—	1,360	1,440	1,500	1,520	1,520	—

装入物と生産試料との成分變化

	T.C	Si	Mn		T.C	Si	Mn
實装入物	1.34	4.31	1.35	實装入物	1.34	3.12	1.35
實驗① 生産試料との差(±)	1.31(+)	0.95(-)	0.2(-)	實驗② 生産試料との差(±)	1.64(+)	0.39(-)	0.19(-)

斯く此種大規模實驗にても装入珪素鐵は著しく加炭作用を制限す此原因に關しては總論に精述せる何れかの經路を經たるものなる可し、而して一般に装入珪素鐵は高温度の流出湯を得るのであるが此場合にては 4.7% より 3.3% まで装入珪素鐵を低下せしむるも流出温度に變化なし又装入珪素鐵の多きもの珪素の減量多し然りと雖も何れも珪素量及マンガン量の少きは第 1 報に述べし如く $Si + O_2 = SiO_2$ として反應を呈せるものが高温度の赤熱骸炭によりて $SiO_2 + C = Si + O_2$ の如き反應の下に再び Reducing されたるものと思考す此點は頗る重要なものであつて今後精述する處ある可し。

(3) 熔銑爐操業に於ける高温度熔解法及加炭作用制限に及ぼす初込(又は床積)骸炭量の影響に就て(其 1)

此點に關しても既に第一報にて精述した次第であるが本大規模實驗にても二三論述せん。

實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (kg)	装入骸炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
(イ)	8	100	1:10	600	13	3.3	1.4
(ロ)	"	"	"	550	"	"	"
(ハ)	"	"	"	500	"	"	"

第 14 圖は例の如く其實驗結果である又 15 圖は該諸實驗施行に於ける熔解時間の経過に依る爐内送風量の變化と送風壓の變化である。

試料分析結果

試料番號	實驗番號①						" ②						" ③					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.74	2.83	2.74	2.57	2.72	2.72	2.47	2.56	2.79	2.69	2.63	2.62	2.25	2.35	2.37	2.41	2.47	2.37
Si	2.76	2.66	2.39	2.95	2.70	2.70	1.22	1.95	2.24	2.77	3.65	2.36	1.20	1.93	3.07	3.50	2.68	2.47
流出温度	1,380	1,450	1,495	1,510	1,500	—	1,350	1,410	1,470	1,500	1,510	—	1,360	1,400	1,460	1,480	1,480	—

装入物と生産試料の成分變化

	T.C	Si		T.C	Si
實装入物	1.34	3.12	實装入物	1.34	3.12
實驗① 生産試料(平均)との差(±)	1.38(+)	0.42(-)	實驗② 生産試料(平均)との差(±)	1.03(+)	0.65(-)
實驗③ "	1.34	3.12			
實驗④ "	1.28(+)	0.76(-)			

此結果より初込骸炭量の低下に一定の制限あるを知る然らずんば加炭作用は制限し得るも他の一條件即ち流出温度の低下となる。

(4) 熔銑爐操業に於ける高温度熔解法及加炭作用制限に及ぼす初込骸炭量の影響に就て(其 2)

2 段羽口の場合

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (m/m)	羽口比	初込炭量 (kg)	装入炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
①	上羽口	25	1:108	600	13	3.3	1.4
	下羽口	100	1:10				
②	上羽口	25	" "	500	"	"	"
	下羽口	100	" "				

第 16 圖は其實験結果で又第 17 圖は各實驗に於ける爐内送風量、送風壓の變化を示す事從前の如し。

試料分析結果

實驗番號	實驗番號①						" ②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.96	3.15	2.96	2.94	2.91	2.98	2.80	2.77	2.59	2.62	2.62	2.68
Si	3.27	2.45	2.84	2.41	2.63	2.72	1.86	2.71	2.45	2.52	1.94	2.29
流出溫度°C	1,360	1,440	1,500	1,520	1,520	—	1,340	1,330	1,460	1,480	1,480	—

装入物と生産試料との成分變化

實驗番號	装入物		生産試料(平均)との差(±)		實驗番號	装入物		生産試料(平均)との差(±)	
	T.C	Si	T.C	Si		T.C	Si	T.C	Si
①	1.34	3.12	1.61(+)	0.40(-)	②	1.34	3.12	1.34(+)	0.83(-)

(5) 熔銑爐操業に於ける高溫度熔解法及加炭作用制限に及ぼす羽口比の影響 (其 1)

1 段羽口の場合 此事に關しても既に論究せる次第であるが 2.3 大規模の實驗結果を述べん。

實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込炭量 (kg)	装入炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
①	8	100	1:10	600	13	4.7	1.4
②	8	75	1:17	600	13	4.7	1.4

第 18 圖は實驗結果で第 19 圖は送風量送風壓の變化を示す。

試料分析結果

實驗番號	實驗番號①						" ②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.61	2.55	2.45	2.42	2.49	2.50	2.81	2.55	2.45	2.43	2.50	2.56
Si	2.61	3.50	3.50	3.65	2.68	3.38	2.71	3.75	3.81	3.66	2.64	3.33
流出溫度°C	1,340	1,450	1,480	1,510	1,500	—	1,340	1,440	1,470	1,500	1,500	—

装入物と生産試料との成分變化

實驗番號	装入物			生産試料(平均)との差(±)			實驗番號	装入物			生産試料(平均)との差(±)		
	T.C	Si	Mn	T.C	Si	Mn		T.C	Si	Mn	T.C	Si	Mn
①	4.31	4.31	1.35	1.16(+)	0.93	—	②	1.34	4.31	—	1.21(+)	0.93	—

(6) 熔銑爐操業に於ける高溫度熔解法及加炭作用制限に及ぼす羽口比の影響 (其 2)

2 段羽口の場合 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込炭量 (kg)	装入炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
①	上段羽口	12	上 " 25	600	13	4.7	1.4
	下段羽口	8	下 " 75				
②	上 " 12	上 " 25	1:108	"	"	"	"
	下 " 8	下 " 100	1:10				

第 20 圖は實驗結果で第 21 圖は送風量、送風壓の變化を示す。

試料分析結果

試料番號	實驗番號①						" ②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.95	2.63	2.68	2.66	2.67	2.72	2.65	2.67	2.67	2.56	2.63	2.65
Si	3.62	4.71	3.99	4.31	3.97	4.12	3.43	3.18	3.38	3.43	3.38	3.36
流出溫度°C	1.370	1.480	1.510	1.520	1.420	—	1.330	1.440	1.480	1.500	1.520	—

装入物と生産試料との成分變化

實驗番號	装入物			T.C	Si	Mn	實驗番號	装入物					
	装入物	生産試料(平均)	との差(±)					装入物	生産試料(平均)	との差(±)			
①	1.34	4.31	1.35	1.38(+)	0.18(-)	—	②	1.34	4.31	1.35	1.31(+)	0.95(-)	—

下羽口の狀態一定にし上羽口の狀態を異にする場合實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (%)	装入骸炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
①	上羽口 12	上 25	1:108	600	13	4.7	1.4
	下羽口 8	下 75	1:17				
②	上羽口 12	上 50	1:27	"	"	"	"
	下羽口 8	下 75	1:17				

第 22 圖は其實驗結果で第 23 圖は送風量、送風壓の變化を示す、(實驗(イ)は前實驗(イ)参照)。

試料分析

實驗②番號の試料分析

實驗番號	T.C	Si	Mn	流出溫度°C	試料番號	T.C	Si	Mn	流出溫度°C
1	2.67	2.98	0.87	1,360	4	2.58	3.97	1.07	1,490
2	2.69	3.22	1.02	1,420	5	2.68	3.46	0.97	1,490
3	2.48	4.17	1.12	1,470	平均	2.62	3.56	1.01	—

装入物と生産試料の成分變化

實驗番號	装入物			T.C	Si	Mn	實驗番號	装入物					
	装入物	生産試料(平均)	との差(±)					装入物	生産試料(平均)	との差(±)			
①	1.34	4.31	1.38	1.38(+)	0.18(-)	—	②	1.34	4.31	1.35	1.28(+)	0.75	0.34

(7) 熔銑爐操業に於ける高溫度熔解法及加炭作用制限に及ぼす羽口比の影響 (其 3)

1 段羽口操業及 2 段羽口操業の比較研究 (其 1) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (%)	装入骸炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
①	上羽口 12	25	1:108	600	13	3.3	1.4
	下羽口 8	100	1:10				
②	上羽口 0	0	0	"	"	"	"
	下羽口 8	100	1:10				

即ち 2 段羽口操業の場合は下段羽口が 1 段羽口の狀態と同様にして上段羽口を餘分に有す此 2 狀態を比較すれば明らかに 2 段羽口は熔帶の範圍を擴大する即ち加炭作用は多かる可き筈である實驗は正に推定と一致する(燃焼狀態の比較に關しては後述する)。

第 24 圖は其實験比較結果である又第 17 圖④は實驗④の又第 15 圖④は實驗④の送風量、送風壓を示すもので殆ど變化なし。

試料分析結果

試料番號	實驗番號④						" ⑤					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.96	3.15	2.96	2.94	2.91	2.98	2.74	2.83	2.74	2.57	2.72	2.72
Si	3.27	2.45	2.84	2.41	2.63	2.72	2.76	2.66	2.39	2.95	2.78	2.70
Mn	1.62	0.83	1.03	1.04	1.05	1.11	—	—	—	—	—	—
流出溫度°C	1,360	1,440	1,500	1,520	1,520	—	1,380	1,450	1,495	1,510	1,500	—

装入物生産試料の成分變化

實驗④			實驗⑤				
装入物	T.C	Si	Mn	装入物	T.C	Si	Mn
生産試料(平均)	1.34	3.12	1.35	生産試料(平均)	1.34	3.12	—
との差(±)	1.64(+)	0.39(-)	0.19(-)	との差(±)	1.38(+)	0.42(-)	—

1 段羽口操業及 2 段羽口操業の比較研究 (其 2) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (kg)	装入骸炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
④	上段羽口	12	25	1:108	600	13	4.7
	下段 "	8	75	1: 17			
⑤	上段 "	0	0	0	"	"	"
	下段 "	8	75	1: 17			

前實驗と同様に 2 段羽口操業は上段羽口のみ餘分に存在する、實驗結果は前實驗と同様に 2 段羽口操業は加炭作用多い、第 25 圖は實驗比較結果である 又第 21 圖④は實驗④の 又第 19 圖⑤は實驗⑤の送風量及送風壓を示す兩實驗に於て風量及風壓に大差なし。

試料分析結果

試料番號	實驗番號④						" ⑤					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.95	2.63	2.68	2.66	2.67	2.72	2.81	2.55	2.45	2.43	2.57	2.56
Si	3.62	4.71	3.99	4.31	3.97	4.12	2.71	3.75	3.89	3.66	2.64	3.33
Mn	1.21	1.17	1.43	1.39	1.34	1.30	1.10	1.68	1.31	1.23	1.05	1.27
流出溫度°C	1,370	1,480	1,510	1,520	1,520	—	1,340	1,440	1,470	1,500	1,500	—

装入物と生産試料の成分變化

實驗④			實驗⑤				
装入物	T.C	Si	Mn	装入物	T.C	Si	Mn
生産試料(平均)	1.34	4.31	1.35	生産試料(平均)	1.34	4.31	1.35
との差(±)	1.38(+)	0.19(-)	0.05(-)	との差(±)	1.22	0.98(-)	0.08(-)

1 段羽口操業及 2 段羽口操業の比較研究 (其 3) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (kg)	装入珪素鐵 (%)	装入骸炭量 (%)	装入マンガン鐵 (%)
(イ)	上段羽口	12	25	1:108	500	3.3	13
	下段 "	8	100	1: 10			
(ロ)	上段 "	0	0	0	"	"	"
	下段 "	8	100	1: 10			

前前実験と羽口関係同様の実験であるが初込炭量及装入珪素鐵ともに少い場合の比較研究である
 第 26 圖は実験結果で又第 17 圖④は実験④の又第 15 圖⑤は実験⑤の送風量及送風壓を示す兩實驗
 に於て送風量に變化なし。

分 析 結 果

試 験 番 號	實驗番號④						" ⑤					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.80	2.77	2.59	2.62	2.62	2.68	2.26	2.35	2.37	2.41	2.47	2.37
Si	1.86	2.71	2.45	2.52	1.94	2.29	1.20	1.93	3.07	3.50	2.68	2.47
流出温度°C	1,340	1,380	1,460	1,480	1,480	—	1,360	1,400	1,460	1,480	1,480	—

装入物と生産試料の成分變化

實 驗 ④	装 入 物			實 驗 ⑤	装 入 物			
	T.C	Si	Mn		T.C	Si	Mn	
装入物	1.34	3.12	1.35	1.34	3.12	—	1.34	3.12
生産試料(平均)との差(±)	1.34(+)	0.83(-)	—	1.03(+)	0.65(-)	—	1.03(+)	0.65(-)

1 段羽口操業と2段羽口操業との比較研究 (其 4) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込炭量 (kg)	装入炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
④	上段羽口	12	50	1:27	600	13	4.7
	下段 "	8	75	1:17			
⑤	上段 "	0	0	0	"	"	"
	下段 "	8	75	1:17			

本實驗は2段羽口の上段羽口面積が非常に大なる場合である第 27 圖はその實驗結果である又第 23 圖⑤は実験④の第 19 圖⑥は実験⑥の送風量及送風壓の變化を示す兩實驗に變化なし。

試 料 分 析 結 果

試 料 番 號	實驗番號④						" ⑤					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.67	2.69	2.48	2.58	2.68	2.62	2.81	2.55	2.45	2.43	2.57	2.56
Si	2.98	3.22	4.17	3.97	3.46	3.56	2.71	3.75	3.89	3.61	2.64	3.33
Mn	0.87	1.02	1.12	1.07	0.97	1.01	1.10	1.68	1.31	1.23	1.05	1.27
流出温度°C	1,360	1,420	1,470	1,490	1,490	—	1,340	1,440	1,480	1,500	1,500	—

装入物と生産試料の成分變化

實 驗 ④	装 入 物			實 驗 ⑤	装 入 物			
	T.C	Si	Mn		T.C	Si	Mn	
装入物	1.34	4.31	1.35	1.34	4.31	1.35	1.34	4.31
装入物と生産試料(平均)との差	1.26(+)	0.75(-)	0.35(-)	1.22(+)	0.95(-)	0.08(-)	1.22(+)	0.95(-)

1 段羽口操業及2段羽口操業の比較研究 (其 5) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込炭量 (kg)	装入炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
④	上段羽口	12	50	1:27	650	13	4.7
	下段 "	8	75	1:17			
⑤	上段 "	12	50	1:27	"	"	"
	下段 "	0	0	0			

本實驗は1段羽口の關係が2段羽口操業の上段羽口と一定す即ち2段羽口の場合が下段羽口丈餘分

に存在する場合である又下段羽口より爐底までの骸炭量及骸炭の高さを一定にす (750mm) 即ち何も爐底の深き場合である。

第 28 圖は其實験結果である送風、量風壓は何れも毎分 2,700 立方呎前後で大差なし兩實驗に於て加炭作用の程度に殆んど變化が無い。

分 析 結 果

試料番號	實驗番號①						" ②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.72	2.70	2.73	2.84	2.87	2.77	2.65	2.72	2.78	2.81	2.77	2.74
流出溫度°C	1,370	1,470	1,495	1,500	1,480	—	1,340	1,410	1,430	1,450	1,430	—

1 段羽口操業と 2 段羽口操業の比較研究 (其 6) 實驗の部

實驗番號	羽口數	羽口直徑 (mm)	羽口比	初込骸炭量 (kg)	装入骸炭量 (%)	装入珪素鐵 (%)	装入マンガン鐵 (%)
(イ)	上段羽口 12 下段 " 8	50 75	1:27 1:17	600	13	4.7	—
(ロ)	上段 " 12 下段 " 0	50 0	1:27 0	"	"	"	—

本實驗は前實驗と全く同様の比較的研究である但し下段羽口以下の初込骸炭量が従來と全く同様である即ち下段以下の高さ 400mm である。

第 29 圖は其實験結果である又第 30 圖は送風量送風壓を示す兩實驗に於て大差なし。

試 料 分 析 結 果

試料番號	實驗番號①						" ②					
	①	②	③	④	⑤	平均	①	②	③	④	⑤	平均
T.C	2.67	2.69	2.48	2.58	2.68	2.62	2.81	2.87	2.65	2.59	2.54	2.69
Si	2.98	3.22	4.17	3.97	3.46	3.56	3.59	3.43	3.56	3.86	3.46	3.56
Mn	0.87	1.02	1.12	1.07	0.97	1.01	1.34	1.47	1.15	1.32	1.15	1.24
流出溫度°C	1,360	1,420	1,470	1,490	1,470	—	1,340	1,410	1,470	1,500	1,500	—

(未 完)

