

鐵 と 鋼 第二十四年 第九號

昭和十三年九月二十五日發行

論 說

酸性製鋼法に於ける珪素の還元に就て (第1報)

(日本鐵鋼協會第18回講演大會講演 昭和12年10月)

室井嘉治馬*

ON THE REDUCTION OF SILICON IN ACID STEEL MAKING PROCESSES

Kajima Muroi.

SYNOPSIS:—From the amount of silicon reduced into steel in the process of making it in an acid furnace, it can be ascertained whether the ferrous oxide content in the molten steel is large or small. In other words, the reduction of silicon in the steel making, indicates whether the steel is spontaneously deoxidized or not. Furthermore, in making steel in an acid open hearth furnace, if the amount of the reduced silicon in the molten steel is excessively large, the ferrous oxide content in the molten steel is likely very little. In such a case, the molten steel readily absorbs hydrogen from the furnace gas in no small amount, thereby causing flakes in the steel product. It is clear, therefore, that the reduction of silicon in the steel making has an important bearing upon the quality of the steel made.

The writer has made some investigations about the influences of the melting temperature of steel and of the chemical composition of slag upon the reduction of silicon by making use of an acid high-frequency furnace, and the principal results obtained may be summarized as follows:—

1. When the melting temperature is low, the carbon in the molten steel is oxidized chiefly by the oxygen in air. As the temperature rises, however, the portion of carbon consumed for the reduction of silicon increases.
2. The speed at which silicon is reduced, increases as the rise of melting temperature.
3. No influence of slag composition upon the reduction of silicon is noticeable. This fact may be attributed to the small amount of slag used as compared with that of steel melted.
4. The influence of the number of the uses of lining upon the reduction of silicon was manifestly evident; as the number increased, the reducing speed of silicon decreased somewhat rapidly at the beginning, and then slowly until finally it reached an asymptotic value.
5. Test plates cut from the ingots produced and also from the billets forged therefrom and air cooled, were fractured. No flakes could be found in any of the test plates even when it contained reduced silicon as much as 1.10 per cent. We may, therefore, safely say that the fact that more flakes appear in acid open hearth steel which contains a large amount of reduced silicon, is not because the silicon itself is injurious, but because the furnace condition which makes so much silicon to be reduced, is harmful.

目 次

I 緒 言

II 熔解温度の影響

- a. 實驗經過 b. 實驗結果の考察 c. Bardenheuer 及び Bottenberg の研究成績との比較

III 鋼滓化学成分の影響

- a. SiO_2 含有量を一定にし FeO 含有量と MnO 含有量とを變へた場合 b. FeO 含有量と MnO 含有量との割合を一定にし此の混合物と SiO_2 含有量との割合を變へた場合

- c. SiO_2 と FeO との含有量を一定にし MnO と CaO との含有量を變へた場合 d. 實驗結果の考察 e. Körber 及び Oelsen の研究成績との比較

IV 破面試験

V 總 括

I. 緒 言

酸性爐の製鋼反應に於て熔鋼中に珪素が還元されて來るか否かは熔鋼中に FeO が少いか多いか即ち自然に脱酸が行はれて居るか否かを示すものであり又酸性平爐で特殊鋼

* 住友金屬工業株式會社製鋼所

を造る場合に珪素があまり多く還元される時には熔鋼中に FeO が非常に少く斯る時には爐ガスから水素が吸収され易く従て白點の原因となる様に思はれる¹⁾ 故に珪素の還元程度は製出される鋼の品質に大に影響する事柄である。

Körber 及び Oelsen は小さい砂坩堝中で $FeO-MnO-SiO_2$ 鋼滓の下で Si 及び Mn を含み無炭素の鐵を熔解した場合に諸成分の平衡を研究し²⁾ 次に同一状況で炭素のある鋼を熔解した場合に炭素の作用を研究し更に砂の蔽の下で高炭素配合の鋼を熔解した場合に珪素の還元状況を研究し³⁾ 又 Bardenheuer 及び Bottenberg は酸性高周波爐を用ひ硝子性鋼滓の下で高炭素配合の鋼を熔解した場合に珪素の還元に及ぼす温度の影響を研究し⁴⁾ 更に工具鋼の製造に於て珪素の還元が製品の品質に有利なことを示した⁵⁾ 又 V. M. Zamorujev⁶⁾ は酸性平爐で高級鋼を造るには3種の方法があつて温度と鋼滓の調節によつて珪素の還元度を 0.1% 以内から 0.3% 位迄變化させ得ることを述べて居る。

此等の文獻及び吾人の經驗に依れば珪素の還元度に対しては熔解温度、鋼滓の化學成分及び其の量、熔落の鋼の化學成分、爐の形狀及び容量、裏附の新舊等の影響を考へる必要があると思はれる。

Körber 及び Oelsen の研究では鋼滓の代りに常に砂が用ひられたし Bardenheuer 及び Bottenberg の研究では鋼滓成分の變化が少なかったが酸性平爐の操業を考ふれば $FeO-MnO-SiO_2$ 鋼滓の化學成分の變化及び石灰を含む鋼滓の影響を研究する必要がある。本研究では酸性平爐で鑛石投入終了後の操業法の参考に供する爲に 50 kg 酸性高周波爐を用ひて鋼滓の化學成分が $Ni-Cr-Mo$ 鋼の珪素の還元に及ぼす影響を研究するのを主な目的としたが先づ吾々の爐に於ての熔解温度の影響を研究し次に鋼滓化學成分の影響を研究した。

II. 熔解温度の影響

a. 實驗經過 熔解温度の影響は鋼滓の蔽のある場合

- 1) 荒木. 室井, 日本學術振興會第 19 小委員會報告 IV 74 頁
- 2) Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XV, 1933, s271~309; St. u. Ei. May 31, 1934, s 535)
- 3) Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XVII, 1935, s 39~61; St. u. Ei. Feb. 13, 1936, s. 182)
- 4) Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XVI, 1934, s. 93
- 5) Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XVI, 1934, s. 97
- 6) Domez, No. 1, 1935, p. 31~41; Abstract, Metals and Alloys, Aug. 1935, p. MA 318

と無い場合とを實驗した。

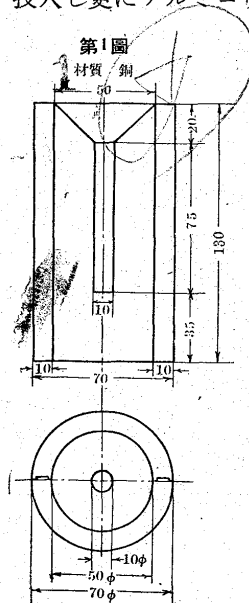
鋼滓なしに熔解する場合は 3 熔解を行つた。熔解は毎回 60 kg で配合は次の通りである。

	装入量 kg	割合 %		装入量 kg	割合 %
$Ni-Cr-Mo$ 鋼屑	11.3	18.7	$Fe-Mo$	0.2	0.3
炭素鋼屑	47.3	78.3	炭素屑	0.4	0.7
ニッケル	1.2	2.0	計	60.4	100.0

熔落の化學成分は常に大體次の通りであつた。

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
(%)	1.1	0.3	0.6	2.5	0.3	0.3

熔落の際に鋼滓の無い場合が多かつたが多少出來た時は之を除去して湯を裸にした。3 熔解の熔解温度は夫々約 1,650°C 及び 1,570°C 及び 1,500°C を目標とし成る可く一定に保持する様に努めた。熔落直後及び 15 分毎に鋼分析試料 (面積約 30 mm × 40 mm 高さ約 20 mm の直六面體形) を採取して C, Si, Mn 及び N_2 を分析し又第 1 圖の如き銅鑄鑄型¹⁾ に酸素定量用試料を採り (酸素の分析は未だ出來て居ない) 同時に熔解温度を纖維消失式光高温計で測定して各回成る可く一定温度に保つ様にし 3 時間繼續した。其の後ニッケル (Ni 99.6%) 55 gr フェロクロム (C 0.07% Si 1.18% Cr 66.7%) 250 gr 及びフェロモリブデン (C 0.09% Si 2.82%, Mn 0.07%, Mo 75.08%) 75 gr を投入し更にアルミニウム 10 gr を入れて脱酸して最終の分



析試料を採取した後出鋼して直に 100 kg 鋼塊用鑄型に鑄込んだ。装入量が約 60 kg で多くの分析試料を採たから出來た鋼塊は重量約 50 kg で鑄型の高さの漸く半分位を満したのみである。此の様に押湯の無い鋼塊を造つた理由は後に之を白點の試験に供する爲に熔解量の割合に太い鋼塊を得て相當の鍛造比を與へやうとした爲である。

熔解經過は第 2~4 圖の如くで時間に對して C, Si, Mn の含有量及び熔解温度を示してある。之等と比較すれば炭素の減少及び珪素の還元が大に温度に關係することが分る。第 2 圖 K 6965 (目標熔解温度 1,650°C) に於て第 1 試料 (熔落直後) は凝固の際稍吹き上り第 2 試料 (熔落後 15 分) は上面平となり。第 3 試料 (熔落後

¹⁾ P. Bardenheuer 及び W. Bottenberg, Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XIII, 1931, s. 151

28 X 40 = 11.2

2

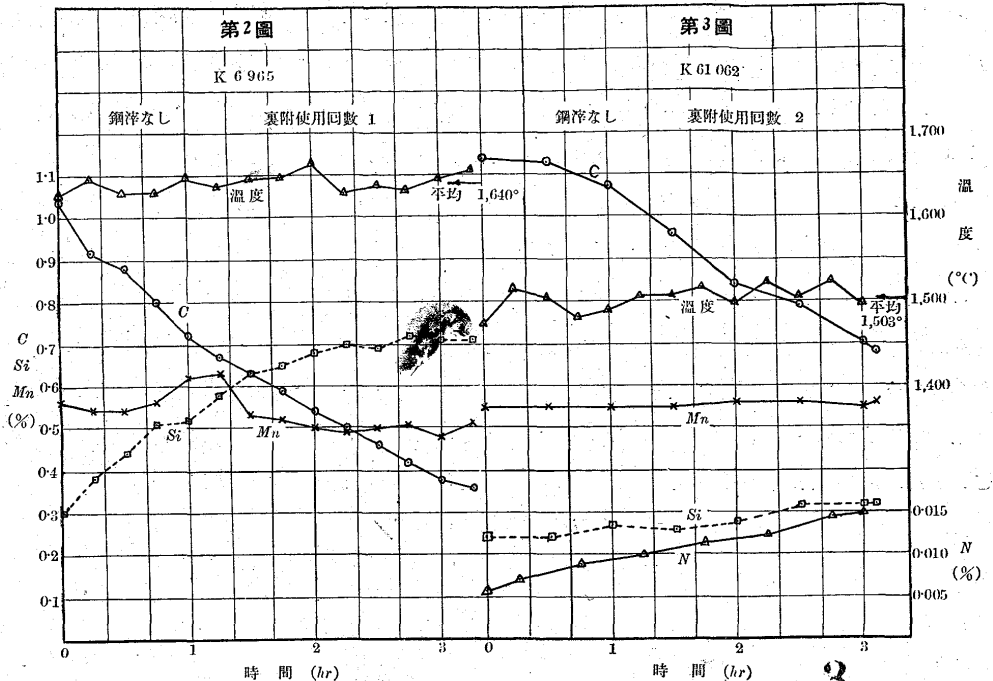
30分)は僅に引け、第4~6試料は更に多く引け、第7試料以後は總て大に引けた。又溶解中常に熔鋼面から盛に気泡が出た。之は熔落には熔鋼中に FeO が多かったが時間の経過と共に減少し珪素が還元されたことを示して居る。第3圖(K 61062 熔解温度 1,503°C) 及び第4圖(K 7116, 熔解温度 1563°C) には窒素の分析成績をも示してあるが熔解温度の異なるに拘らず窒素は同一速度で増加して居る。熔解温度の最も低い

K 61062 では分析試料は最後のアルミニウム入のものが引けた外は全部吹き、特に第8試料(熔落後1時間 45分)以後は甚しく吹いた。又溶解中熔鋼面から気泡の逃れ出ることが非常に少なかった。此等の現象は珪素の還元の少なかったことと一致する。K 7116(第4圖)の熔解温度はK 6965とK 61062 との間であったが分析試料は第1~3は吹かず上面平で第4~8は少し吹き、第9~11は少し引け、第12以後は更に多く引けた。之は第4圖に依れば熔解初期には温度低く炭素の減少及び珪素の還

元も多くないが温度の高まると共に此等の反応が多く起つた爲と考へられる。

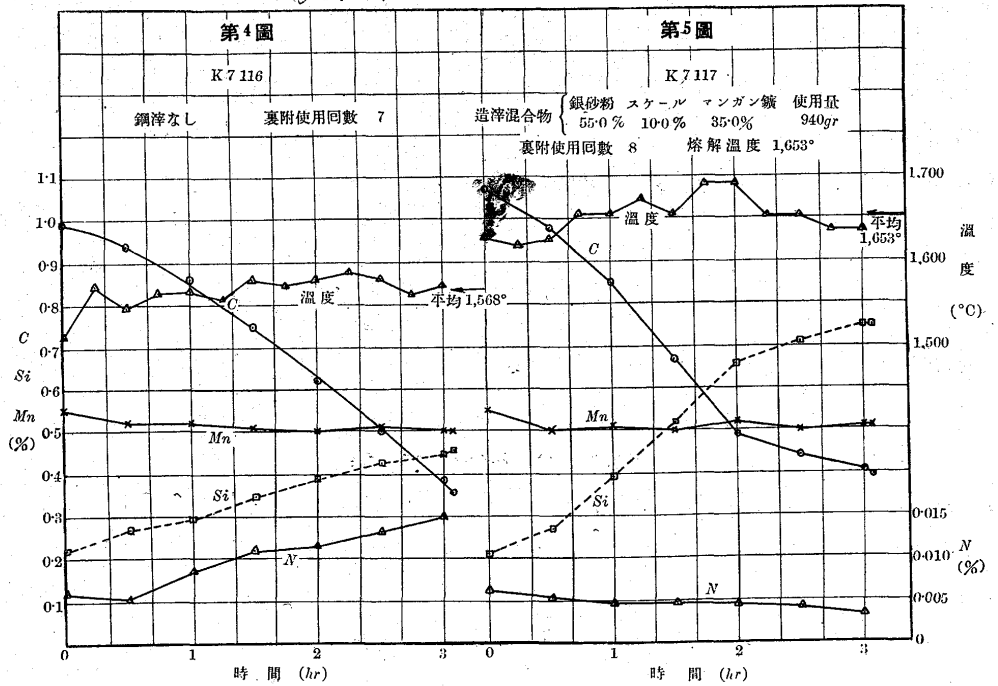
鋼滓は K 6965 に於ては熔落の際僅に出来て居たが採取して分析し得る程の量ではなく熔鋼面は裸であった。2時間以後には爐の周圍に少し附いたので之を採取して分析した。K 61062 には鋼滓全然出来ず、K 7116 には熔落に鋼滓が出来たので之を採取して分析し熔鋼面は裸にして熔解した。此等鋼滓の分析成績は第1表の通りである。

次に鋼滓の蔽の下で熔解する場合の熔解温度の影響を調



28 X 40 = 11.2

3



第1表 鋼滓の化学成分(成分%)

熔解番号	鋼滓番号	熔落後の経過時間	SiO ₂	FeO	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
K 6965	10	2h 15min	75.02	14.92	7.00	0.22	—	—
	13	3 00	76.96	12.97	6.90	0.40	—	—
	15	3 20	73.72	15.27	8.11	0.28	—	—
K 7116	1	直後	56.76	5.40	28.37	0.70	4.42	1.19

べる爲に4熔解を行つた。配合は前の場合と同様であるが鋼滓の部分に熱を利かせる爲に装入量を稍減じ58kgとした。熔落迄に出来た鋼滓は熔落後除去して第1試料を採り次に

銀砂粉 55% スケール 10% マンガン礦 35%

の混合物約 500gr を入れて鋼滓を造り更に 3 時間経過中少し宛同一混合物を添加して湯面を蔽つた。

此等鋼滓原料の化學成分は第 2 表の如く混合物の使用量は 1kg 内外であるが詳細は第 5~8 圖の熔解経過圖中に附記した。

第 2 表 鋼滓原料の化學成分 (成分%)

原料名	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MnO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
銀砂(約)	99.00	—	1.00	—	—	—	—	—
スケール(約)	1.50	70	28.00	0.50	—	—	—	—
マンガン鑛	7.15	0	8.03	4.08	72.88	痕跡	0.87	痕跡

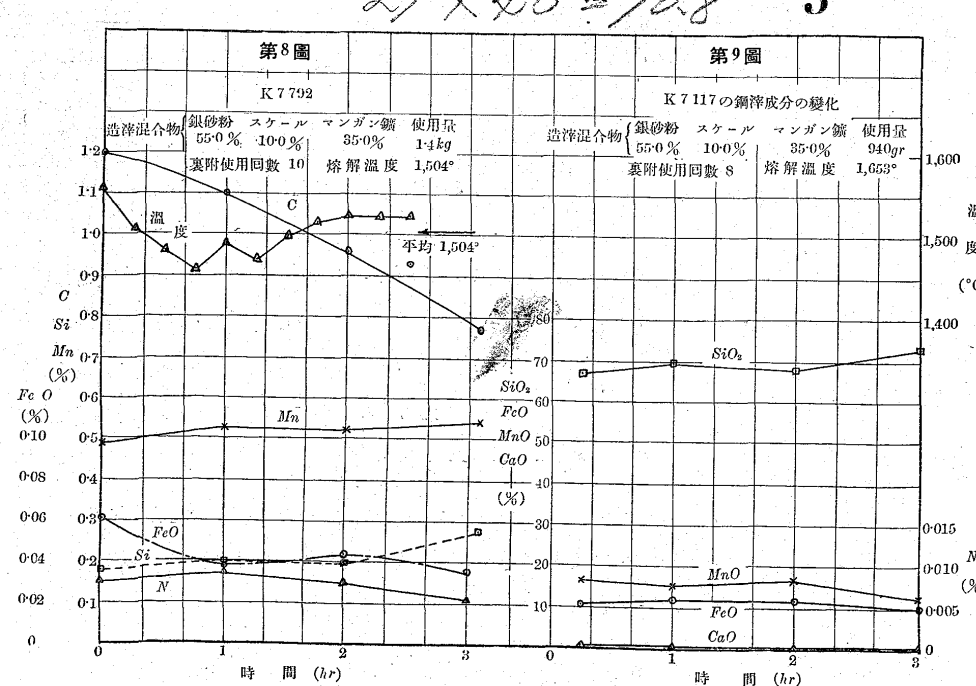
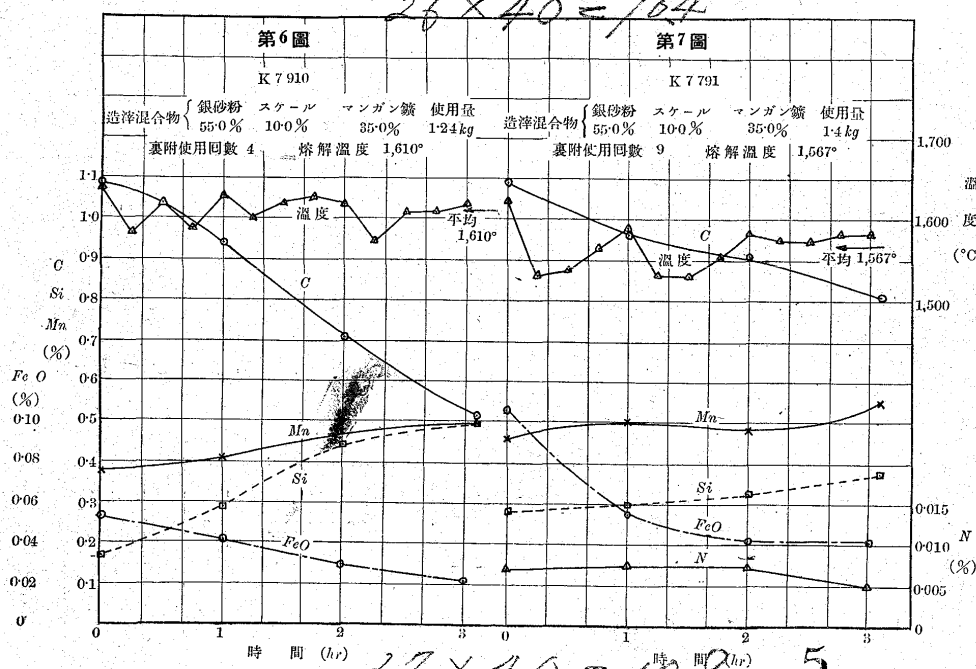
熔解温度は夫々 1,650, 1,610, 1,570°C 及び 1,500°C を目標とし之に保持するに努めたが 1,570 及び 1,500°C

のものはあまり巧く保てなかつた。其の熔解経過は第 5~8 圖の通りである。分析試料凝固の有様は熔解温度 1,650 及び 1,610°C (第 6 圖) のものは鋼滓の無い場合の熔解温度 1,640°C のもの (第 2 圖 K 6965) と大體同様であつた。又鋼滓面を破つて氣泡の逃出することも此等兩熔解に於ては多かつた。然るに熔解温度 1,570 及び 1,500°C のものは分析試料凝固の有様に於て鋼滓の無い場合の熔解温度 1,500°C のもの (第 3 圖 K 61062) に類似し熔解中氣泡の遁出も少かつた。今第 5~8 圖を相互に比較すれば珪素の還元も炭素の減少も第 5 圖 K 7117 では最も多く、第 4 6 圖 K 7910 が之に次ぎ第 7 圖 K 7791 及び第 8 圖 K 7792 ではずっと少く殊に熔解温度は K 7791 が K 7792 より高いに拘はらず炭素の減少は K 7791 の方が少い。更に此等の圖を鋼滓の無い場合 (第 2~4 圖) と比較すれば熔解温度約 1,570°C の場合に珪素の還元量及び炭素の減少が著しく少くなって居る。

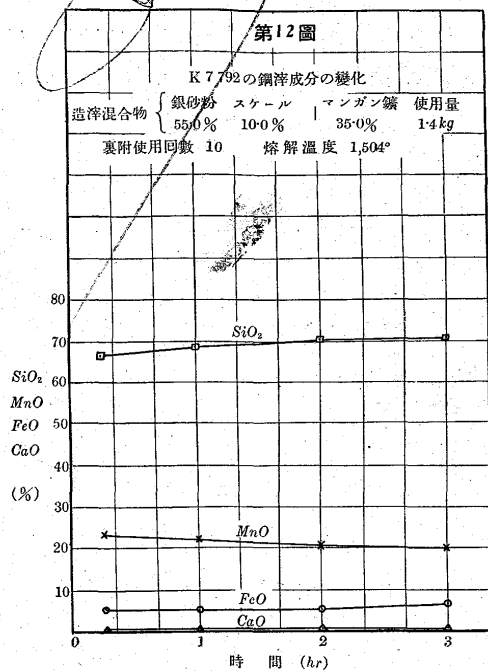
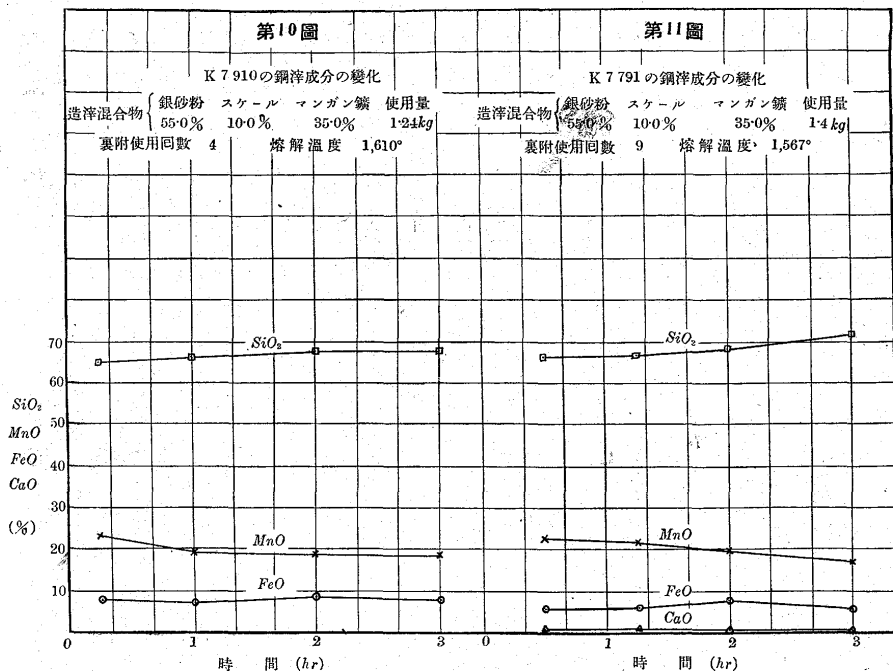
第 5 圖には又窒素の含有量をも示してあるが時間の経過と共に僅かに減少して居る。之を鋼滓の無い場合の 2 熔解 (第 3 及び 4 圖) と比較すれば熔鋼が空氣に接觸する時は窒素は吸收されるが鋼滓は窒素の吸收を防止し沸騰は窒素を追出す作用があることを知る。此の鋼滓のある時に沸騰により窒素が減少することは小林氏¹⁾の酸性平爐に於ける實驗結果と一致して居る。

鋼滓は毎熔解に 4 回試料を採り分析した。其の結果は第 9~12 圖の通りで時の経過と共に SiO₂ 含有量は僅かに増し FeO 及び MnO 含有量は僅かに減少して居る。

¹⁾ 日本學術振興會第 19 小委員 會報告 IV 86 頁

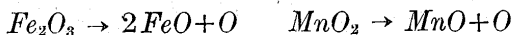


40 × 29 = 1160 6

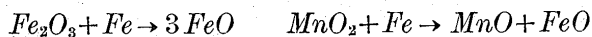


1 × 57028 = 15.96

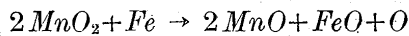
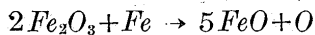
今鋼滓原料の配合及び化學成分から計算上の化學成分を求めやう。其の爲にスケール及びマンガン鐵の中 Fe_2O_3 及び MnO_2 は投入された時に各の半量は



の如く分解して空氣中に酸素を放出し残りの半量は



となるものと假定する。即ち兩反應を合すれば次の如くなる。



故に Fe_2O_3 1.0 から FeO 1.125 を, MnO_2 1.0 から MnO 0.816 と FeO 0.414 とを生ずる。故にスケール及びマンガン鐵の各 1kg から夫々次の通り SiO_2 , FeO 及び MnO を生ずる。

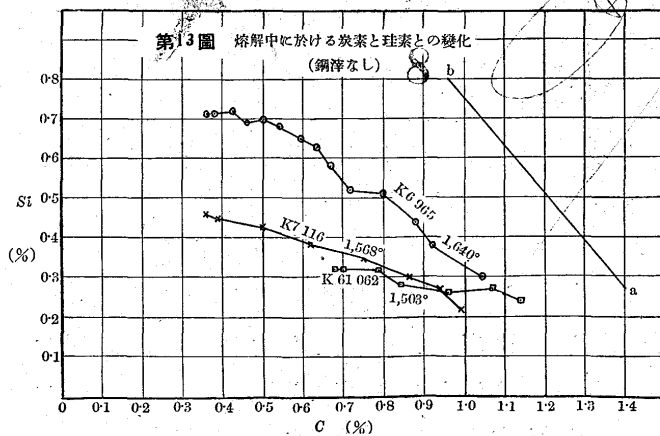
	SiO_2 kg	FeO kg	MnO kg
スケール 1kg より	0.015	1.015	0.005
マンガン鐵 1kg より	0.0715	0.3924	0.6358

然る時は鋼滓の化學成分は計算上次の如くなる。

	割合%	$SiO_2\%$	$FeO\%$	$MnO\%$	計
銀砂	55	55.00	0	0	0
スケール	10	0.15	10.15	0.05	—
マンガン鐵	35	2.50	13.70	22.30	—
計	100	57.65	23.85	22.35	103.85
或は		55.50	23.0	21.5	100

此の計算成分を第 9~12 圖の實測成分と比較すれば後

者は前者より SiO_2 含有量甚だ高く FeO 含有量が低い。更に溶解温度の高い K 7117 (第 9 圖に於ては MnO 含有量も低い。



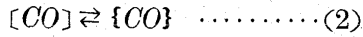
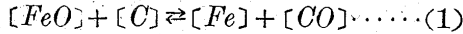
之は鋼中の炭素は先づ鋼滓中の FeO 及び MnO を還元して此等兩成分の含有量を相當に減少して鋼滓の粘性が増した後 SiO_2 が還元されることを示して居り Körber 及び Oelsen¹⁾ の結果と數値は異なるが同一傾向を示して居る。

b 實驗結果の考察 Körber 及び Oelsen 及び Bardenheuer 及び Bottenberg³⁾ に依れば鋼の溶解中に於ける前述の如き珪素の還元現象は次の様に説明することが出来る。

¹⁾ Mitt. K-W-I Eisenforsch. Bd, XVII, 1935, p. 52~53

²⁾ (前出) ³⁾ (前出)

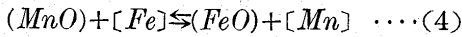
熔鋼中の炭素は先づ熔鋼中の FeO と作用して鐵と CO ガスとなり CO ガスの極少量は熔鋼に溶解した儘になつて居るが大部分は熔鋼から分離してガス状態となる。



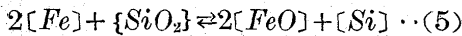
茲に [] は鋼中に溶けて居ることを, { } は遊離状態に在ることを示す。此の (1) (2) の反應により熔鋼中の FeO の濃度が減少すれば熔鋼に接觸せる鋼滓中の FeO は熔鋼中に擴散する。



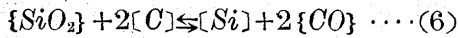
茲に () は鋼滓中の成分であることを示す。又鋼滓中の FeO が減少すれば鋼滓中の MnO は鐵と次の如く反應する。



斯くして (1), (3) 及び (4) の反應は原物質及び生成物質の濃度が或る程度の所で平衡にならうとする。けれども (2) の反應により遊離した CO ガスが反應界から去り行けば (1), (3) 及び (4) の反應は右方に進行する。斯くして熔鋼中の FeO は次第に減少し熔鋼に接觸せる鋼滓中でも FeO 及び MnO が次第に減少して鋼滓は流動性が悪くなり SiO₂ の一部遊離せる層が生ずる。此の様になれば鐵は SiO₂ を還元して FeO と珪素とを生ずる。



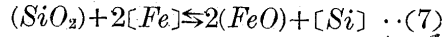
之により出來た FeO は又鋼中の炭素と作用して (1) 及び (2) の反應を起す。此 (5), (1) 及び (2) の反應を組合せれば



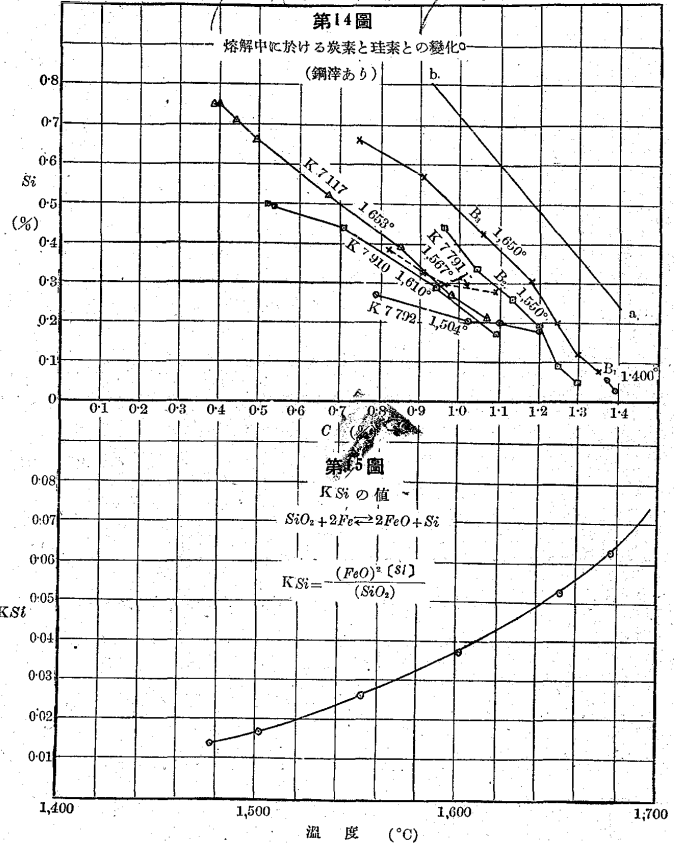
となり之が普通に考へられて居るものである。此の反應によれば炭素 24 を減ずれば珪素 28.4 が還元されることになる。前述の熔解中熔鋼面から氣泡の發生や熔解經過と共に鋼分析試料の引け方が多くなることは上の反應によりよく了解される。

今第 2~8 圖の炭素の減少と共に珪素が還元される状況を C% 及び Si% を横及び縦軸に採つて示せば第 13 及び 14 圖の通りである。此等兩圖に於て直線 ab は前述の (6) の反應に相當して炭素の減少と共に珪素の増加する方向を示すものである。第 13 圖 (鋼滓の無い場合) に於て熔解温度の最も低い K 61062 は曲線が水平に近いが温度が高くなると共に直線 ab の傾に近づいて居る。之は熔解温度の低い時は空氣の酸化により (1) 及び (2) の右行

反應が主として起り (5) の右行反應があまり起らぬことを示して居る H. Schenck¹⁾ は (5) の反應の {SiO₂} 及び [FeO] の代りに鋼滓中の遊離 SiO₂ 及び遊離 FeO を夫々 (SiO₂) 及び (FeO) で表はし次の反應



27 x 34 = 9.18



を考へて居るが (7) 式の (SiO₂) 及び (FeO) が多くなればなる程 (5) 式の {SiO₂} 及び [FeO] が多くなるのであるから此の兩式は同じ意味を表はす。而して (7) 式の平衡恒數

$$K_{Si} = \frac{(FeO)^2 [Si]}{(SiO_2)}$$

は一定温度に於ては一定であるが温度の上昇と共に増加すること第 15 圖の通りである²⁾から他の條件が同一の時は温度が上昇すればする程珪素の還元が多くなるわけである。又珪素の還元量が多くなる爲には (5) 式で出來た [FeO] が取り去られることが必要であり其の爲には (1) 及び (2) 式が右方に進行することが必要であるから第 13 及び 14 圖の直線 ab の方向が炭素減少の割合に珪素の還元量の最

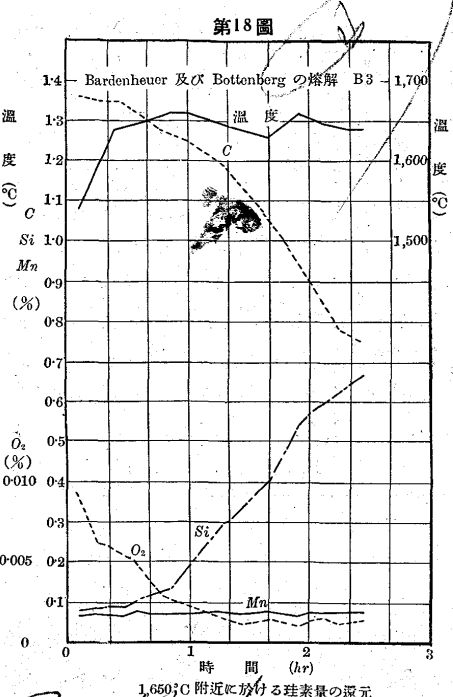
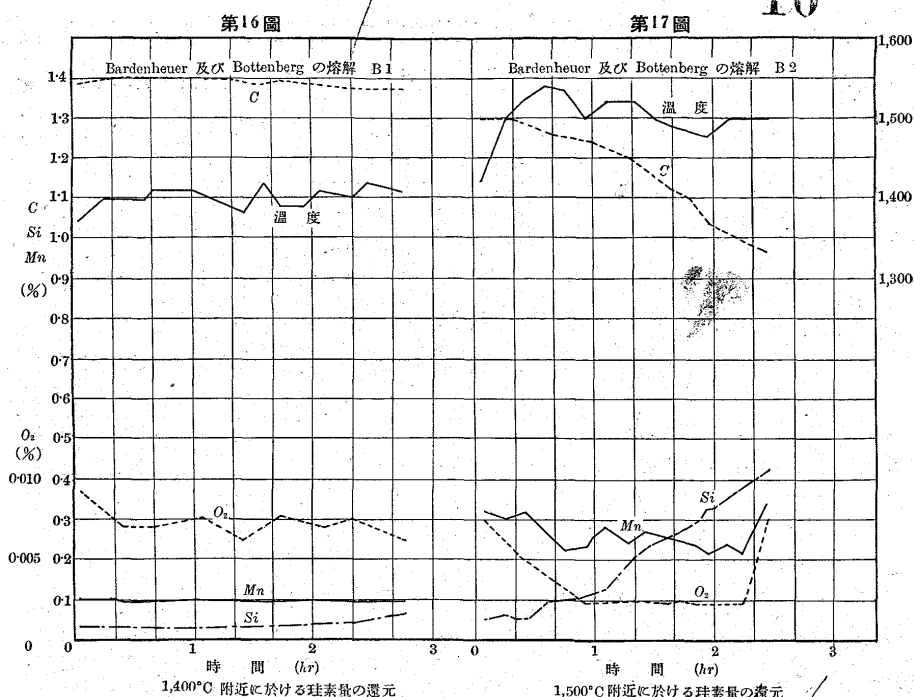
¹⁾ Physikalische Chemie der Eisenhuettenprozesse, Bd. II, 1934, p. 193

²⁾ H. Schenck, Physikalische Chemie der Eisenhuettenprozesse Bd. II, 1934, p. 264

40 x 29 = 11.60

10

11



1,400°C 附近に於ける珪素量の還元

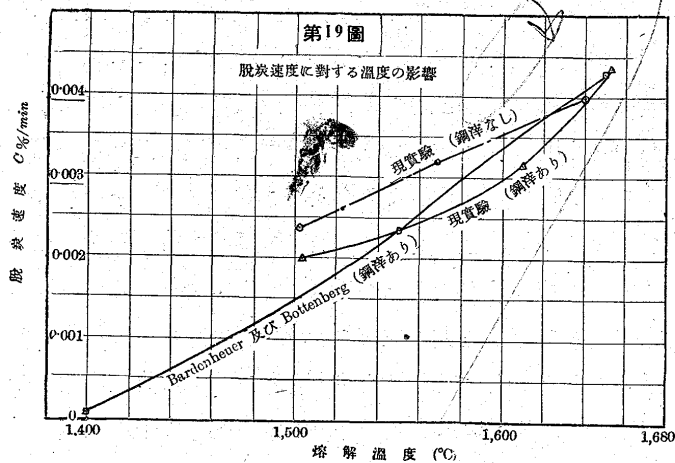
1,500°C 附近に於ける珪素量の還元

1,650°C 附近に於ける珪素量の還元

11 x 56 x 28 = 15.68
12

1,400 1,550°C 及び 1,650°C であった。又鋼滓の成分は溶解中著しい変化なく大體次の範圍であつた。

	SiO ₂	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O
(成分%)	59.6	3.6	0.9	0.1	0.1	1.8
	~71.9	~6.1	~2.6	~1.8	~0.3	~2.2



脱炭速度に對する温度の影響

も多い時で之よりも急激に珪素が還元されることはない。

次に第 14 圖 (鋼滓のある場合) に於ても C-Si 曲線の方向は溶解温度の高いもの程直線 ab の方向に近いが 1,567°C のもの (K 7791) と 1,504°C のもの (K 7792) とは差が少い。

c. Bardenheuer 及び Bottenberg の研究成績との比較

Bardenheuer 及び Bottenberg¹⁾ は容量 300 kg の酸性高周波爐に高炭素で珪素及びマンガンの少い鋼屑 230 kg を装入し熔落後硝子性鋼滓を入れて出来る丈一定温度に保持し 10 分毎に C, Si, Mn 定量用試料を採り且温度を測つた。實驗結果は第 16~18 圖の通りで溶解温度は夫々

此の兩氏の實驗に於ても炭素の減少及び珪素の還元が大に温度に關係して居る。今兩氏の研究結果から C-Si 曲線を畫けば第 14 圖の B1, B2 及び B3 の如くで此等の曲線は殆んど直線 ab の方向に向つて居る即ち珪素の還元は殆んど (6) 式に従つて起り空氣による炭素の酸化は起つて居ない。此の様に吾々の實驗の場合と差違を生じた理由は (イ) 熔鋼面が熔融鋼滓でよく蔽はれたこと (ロ) 吾々の場合より溶解量が遙に大いから熔鋼 1 kg 當りの表面積が遙かに小く (爐形は大體相似と假定する) 従て空氣の影響を受け難いこと及び (ハ) 鋼滓中に FeO 及び MnO の如き還元され易い酸化物の少いことに因ると考へられる。

次に熔落から 2 時間 20 分迄の間の珪素の平均還元速度を比較すれば第 3 表の通りである。

本表の成績を温度の函数として表せば第 19 及び 20 圖の通りである。之等兩圖に依れば同一温度に於て Bardenheuer 等の成績は脱炭速度に於ては吾々の成績と同じ

り 前 出

第3表 平均脱炭速度及び珪素還元速度

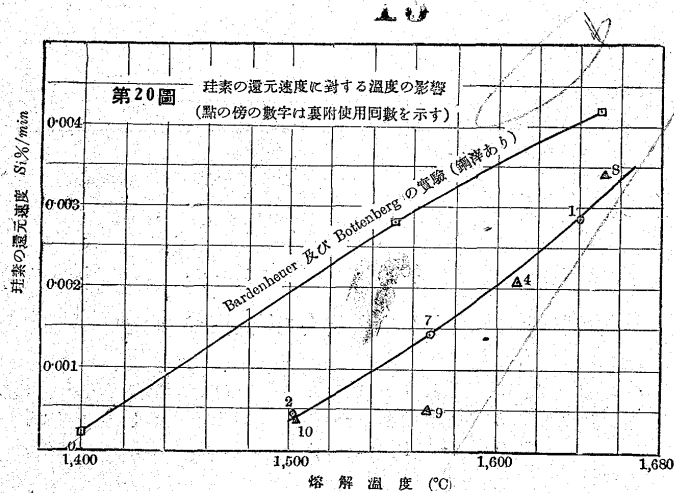
熔解番號	温度 °C	鋼 滓	熔落の時			2時20 分後		C% の減少	Si% の増加	平均脱炭 速度 %C/分	平均珪素 還元速度 %Si/分
			C%	Si%	Mn %	C%	Si%				
K 6965	1,640	なし	1.04	0.30	0.56	0.48	0.70	0.56	0.40	0.00400	0.00286
K 7116	1,568	なし	0.99	0.22	0.55	0.54	0.42	0.45	0.20	0.00322	0.00143
K 61062	1,503	なし	1.14	0.24	0.55	0.81	0.30	0.33	0.06	0.00236	0.00043
K 7117	1,653	あり	1.07	0.21	0.55	0.46	0.69	0.61	0.48	0.00436	0.00343
K 7910	1,610	あり	1.09	0.17	0.38	0.65	0.46	0.44	0.29	0.00315	0.00207
K 7791	1,567	あり	1.09	0.28	0.46	0.88	0.345	0.21	0.065	0.00150	0.00046
K 7792	1,504	あり	1.20	0.18	0.49	0.92	0.23	0.28	0.05	0.00200	0.00036
B 1	1,400	あり	1.39	0.03	0.10	1.38	0.05	0.01	0.02	0.00007	0.00014
B 2	1,550	あり	1.30	0.05	0.32	0.97	0.44	0.33	0.39	0.00236	0.00279
B 3	1,650	あり	1.35	0.08	0.07	0.75	0.67	0.60	0.59	0.00429	0.00421

業に於て起り得るやうな範囲を目指した。熔解の配合及び方法等は前の場合と同様であつて常に熔落後自然に出来た鋼滓を除去し第1試料を採つた後所定配合の造滓混合物約500gを入れ其の後3時間繼續熔解中少し宛同一混合物を投入して熔鋼面を蔽つた。又熔解温度は總て1,650°Cを目標とした。

a. SiO₂含有量を一定にしFeO含有量とMnO含有量とを變へた場合 前述熔解番號K 7117(第5圖)の造滓混合物配合を標準とし銀砂配合量を一定にしスケールとマンガン鑛との割合を第4表の様に變へた3熔解を行た。

第4表 鋼滓の配合と化學成分

熔解 番號	造滓混合物%			造滓混合 物使用量 kg	鋼滓の計算化學成分%		
	銀砂	スケール	Mn鑛		SiO ₂	FeO	MnO
K 7117	55	10	35	0.94	55.3	23.3	21.4
K 7729	55	15	30	1.37	55.1	26.6	18.3
K 7730	55	20	25	1.384	54.9	29.9	15.2
K 7911	55	30	15	1.325	54.5	36.3	9.2



位であるが珪素の還元速度に於ては吾々の成績より大である。之は第14圖に示したやうに Bardenheuer 等の曲線が吾々の曲線よりは直線 a b の方向に近い爲である。猶之等兩圖に於て現實験で鋼滓のある場合に、1,567°Cに對する點は曲線から著しく離れて居るが此の様な結果の出た理由に就ては後に述べる。

熔解經過に於ける 熔鋼及び 鋼滓の 化學成分の 變化は第 21~26 圖の如く鋼分析試料が熔解初期に於ては吹き上り其の後熔解の進行と共に吹き方が減じて引け遂には全く吹かず多く引けること前に K 6965 に於て述べたのと同様である。又湯の沸騰も初は多く次第に減少する。今第5圖及び第 21~23 圖を比較しても珪素の還元に對する鋼滓化學成分の影響が明かでないから C% 及び Si% を横縦軸に採て炭素の減少と共に珪素の還元狀況を示せば第27圖の通りである。之に依れば此等4熔解の C-Si 曲線は殆ど平行である。更に熔落より2時間20分迄の平均珪素還元速度、脱炭速度及び珪素還元量と炭素減少量との比を求めれば第5表の通りである。

III 鋼滓化學成分の影響

鋼滓化學成分の影響は次の3つの場合に分けて研究した。

- a. SiO₂含有量を一定にしFeO含有量とMnO含有量とを變へた場合
- b. FeO含有量とMnO含有量との割合を一定にし此の混合物とSiO₂含有量との割合を變へた場合
- c. SiO₂とFeOとの含有量を一定にしMnOとCaOとの含有量を變化した場合。

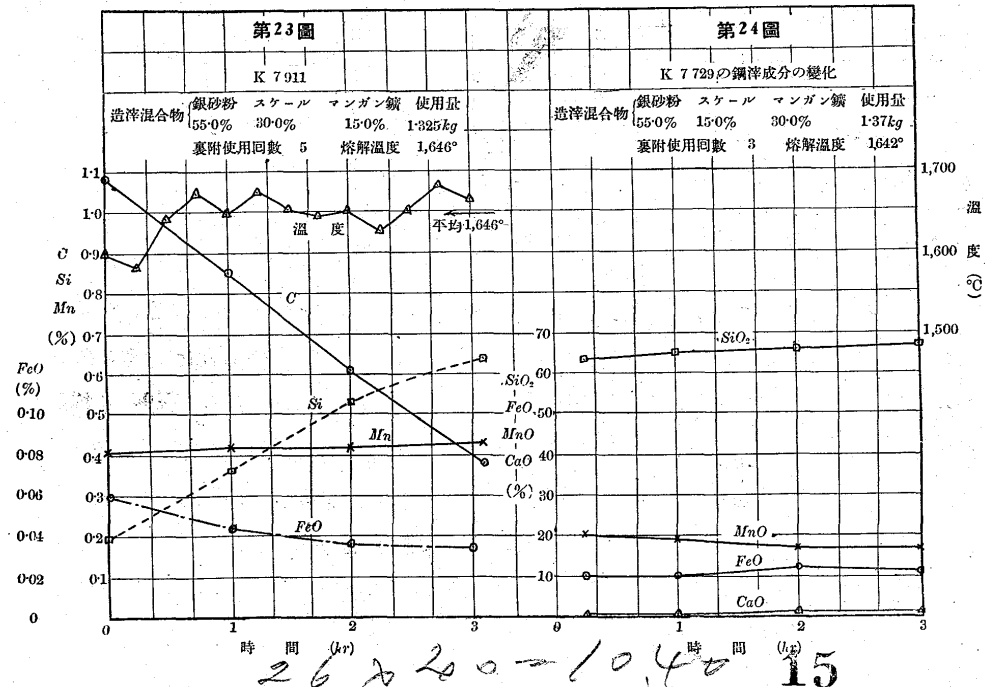
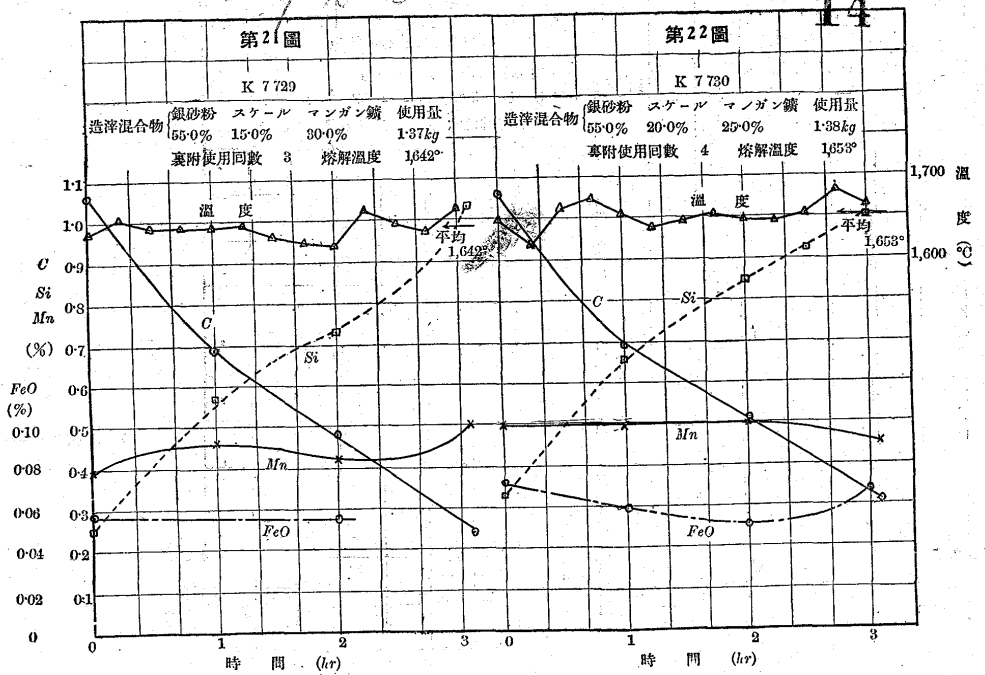
各の場合に於て化學成分の變化の範圍は成るべく製鋼操

第5表 珪素の還元速度及び脱炭速度

熔解 番號	スケー ル配合 %	熔解 温度 °C	珪素還元 速度 %Si/分	脱炭速度 %C/分	Sの増加 Cの減少	裏附 使用 回数
K 7117	10	1653	0.00343	0.00443	0.774	8
K 7729	15	1642	0.00407	0.00472	0.863	3
K 7750	20	1653	0.00407	0.00443	0.919	4
K 7911	30	1646	0.00279	0.00386	0.722	5

之に依れば鋼滓の配合中にスケール配合量の増加と共に珪素の還元速度、脱炭速度及び炭素の減少量に對する珪素還元量も單純な變化をして居ない。鋼滓中にFeOが多ければ多い程鋼中の酸素も多くなるから造滓混合物配合中マンガン鑛を減じてスケールを増せば珪素の還元量が少くなると期待されたのであるが本實驗の結果は此の豫想のやう

並



が大なる程容易になる。裏附が新しい時は内面が粗なる爲に鋼が熔けた後も裏附の細裂疵中には多量の空氣が閉ぢ込められて居るから此のガス相中に先づ CO ガスが發生し次第に此の氣泡が大きくなり遂に爐の内面から分離して熔鋼中を上昇する時に更に新表面を作つて CO ガスの發生を促進する。Bo Kalling¹⁾も亦平爐の場合に同じ作用があることを述べて居る。今吾々の場合に於ける裏附使用回数は第5表に附記する通りであつて K7117 は裏附面が他の3 熔解に比して滑になり空氣を保持することが少かつた爲に(2)式で出來た CO が熔鋼中から遊離することが難しく従てスケール配合量の少いにも拘らず珪素の還元速度が低かつたのであらうと考へられる。

鋼滓(第24~26圖)は時間と共に SiO₂ 含有量は僅かに増し FeO 及び MnO 含有量は僅に減少すること前の場合と同様である。

になつて居ない。此の原因は鋼滓使用量が熔鋼の量に比して甚だ少い爲鋼滓の成分の影響が他の影響によつて蔽はれたものと考へられる。而して此の著しい影響を及ぼした原因として考へられるのは裏附の新舊である。

Korber 及び Oelsen¹⁾に依れば製鋼作業に於ける脱炭反應は前述の(1)と(2)の兩式に分解せられ(1)式の反應は同一相内の反應であるから容易に進行するが(2)式の反應は異相間の變化である爲に容易に進行せず其の進行は CO ガスが熔鋼中から分離發生し得べきガス相との接觸面積

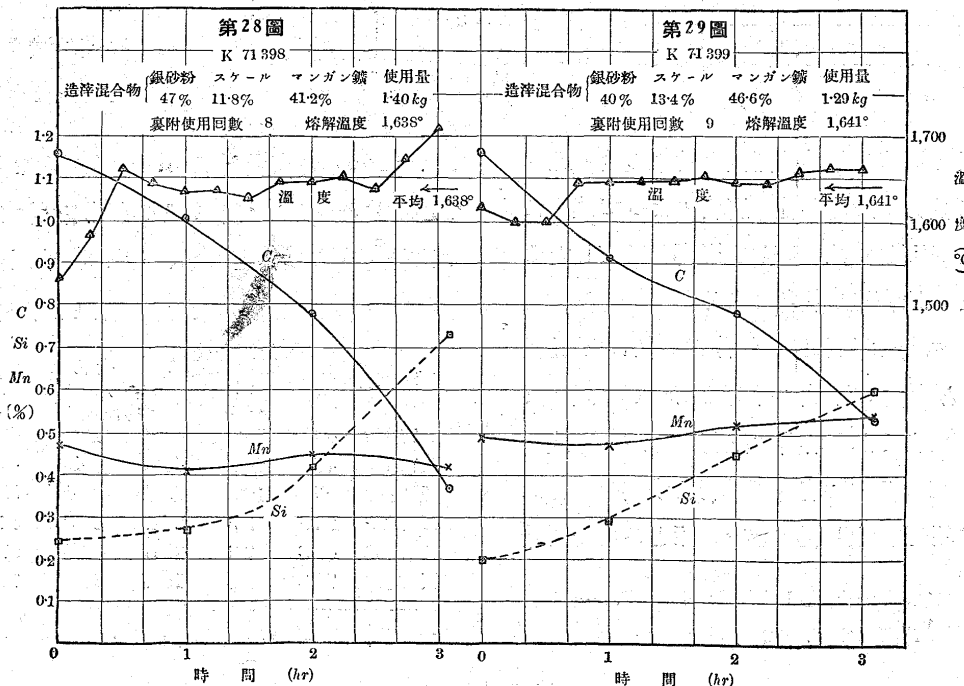
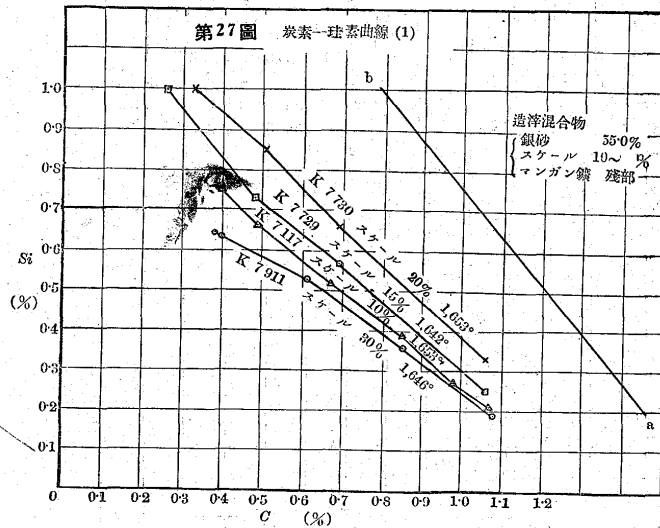
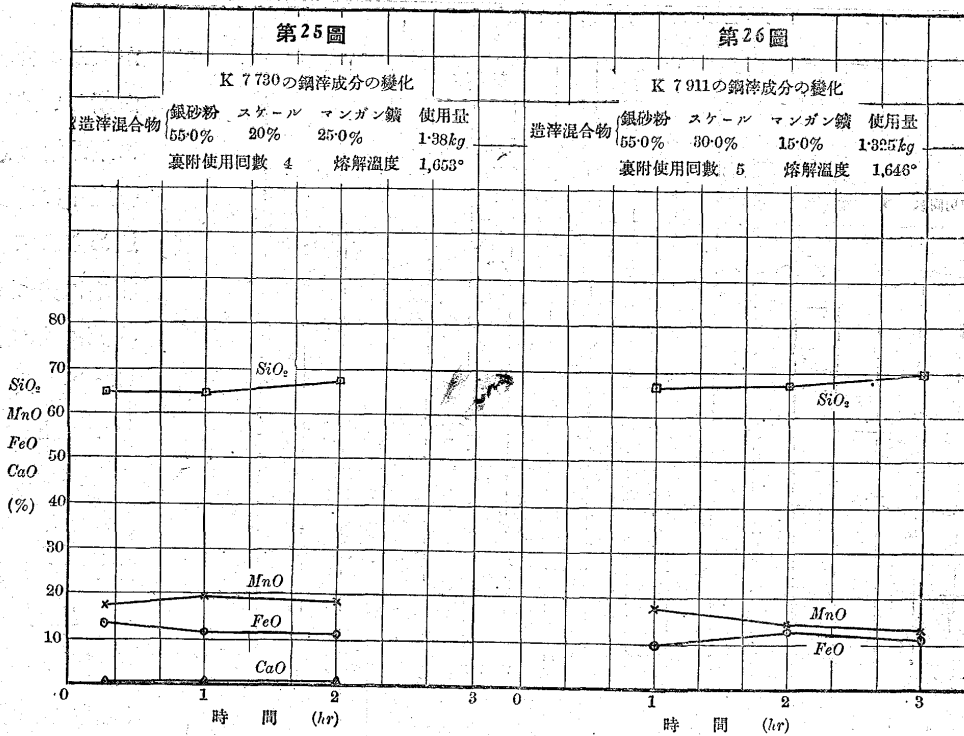
b. FeO 含有量と MnO 含有量との割合を一定にし此の混合物と SiO₂ 含有量との割合を變へた場合 此の場合には前述 K7117 を標準として次の如く 6 熔解を行つた

第6表 鋼滓の配合と化學成分

熔解番號	造滓用混合物%			造滓混合物使用量 kg	鋼滓の計算化學成分 %		
	銀砂	スケール	Mn 鑛		SiO ₂	FeO	MnO
K 71399	40	13.4	46.6	1.29	41.4	30.3	28.3
K 71398	47	11.8	41.2	1.40	48.4	27.2	24.4
K 7117	55	10.0	35.0	0.94	55.5	23.0	21.5
K 7328	62.5	8.3	29.2	0.93	62.4	19.6	18.0
K 7333	67.8	7.2	25.0	0.94	67.6	16.9	15.5
K 7620	75.0	5.6	19.4	1.10	74.7	13.2	12.1

¹⁾ Mitt. K. W. I. Eisenforsch. Bd. XVII, 1935, S. 39~61; St. u. Eisen, Feb. 13, 1936, S. 182)

¹⁾ Stahl u. Eisen, May 6, 1937, p. 521~522.



16

40630

17

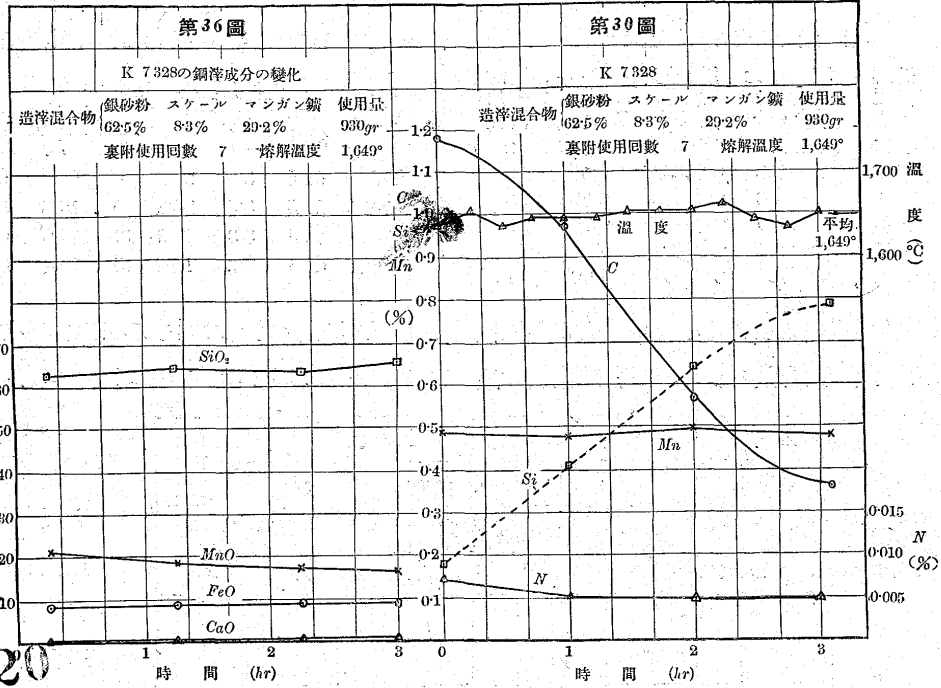
19742/1667

18

28x40=11.20

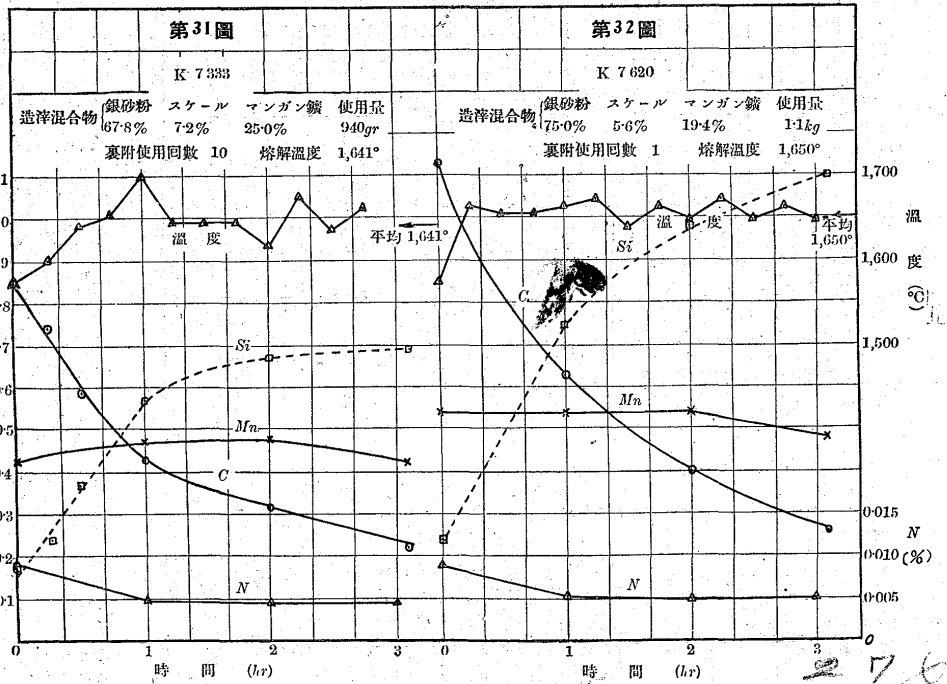
14

40 x 28 = 11.2



20

27 x 39 = 10.53

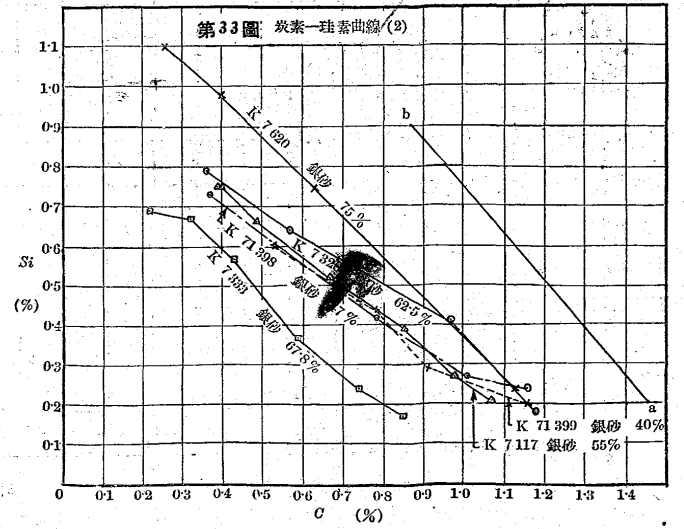


21

27 x 21 = 5.6

K7117 以外の熔解経過は第 28~32 圖の通りである。又鋼分析試料の凝固状況及び熔鋼沸騰の状況も前の場合と同様である。而して C% 及び Si% を横及び縦軸に採つた珪素の還元状況は第 33 圖の通りである。之に依れば造滓混合物配合中の銀砂の増すと共に曲線は少し宛直立する様に見える。此の事は鋼滓中の還元され易き FeO 及び MnO が減するのであるから當然である。更に熔浴より 2 時間 20 分迄の珪素還元速度、脱炭速度及び珪素還元量と炭素減少量との比を求めれば第 7 表の通りである。

之に依れば K7620 が他と飛び離れて還元速度の大きい



第7表 珪素の還元速度と脱炭速度

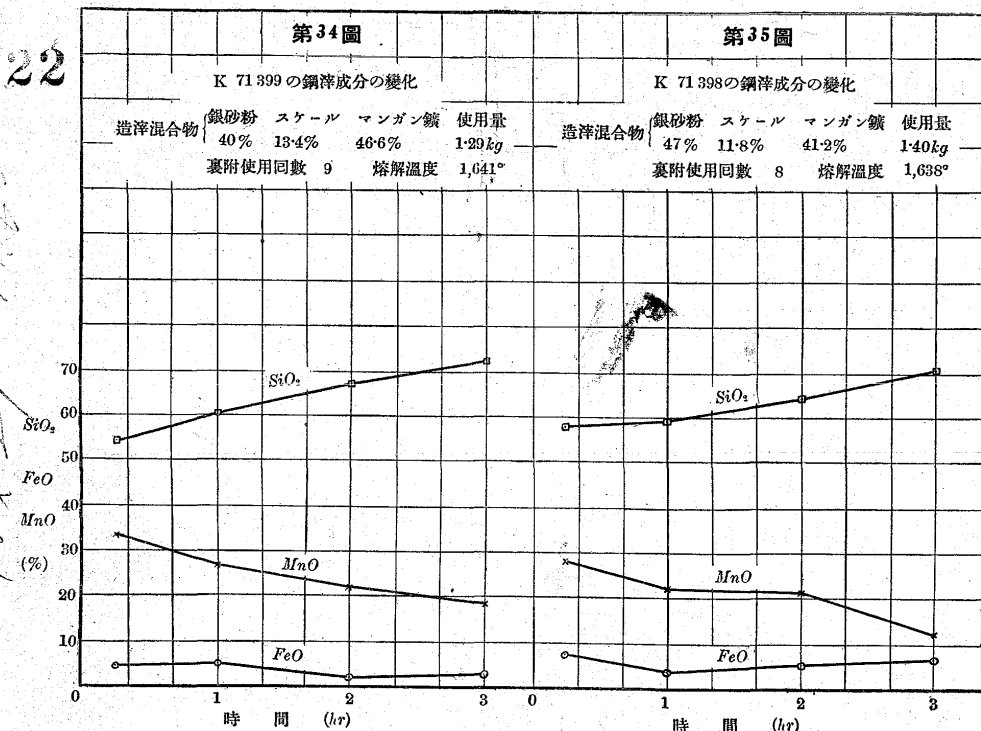
熔解 番號	銀砂配 合量%	熔解 温度 °C	珪素還元 速度 %Si/分	脱炭速 度 %C/分	Siの増加 Cの減少	裏附 使用 回数
K 71399	40	1,641	0.00215	0.00321	0.665	9
K 71398	47	1,638	0.00193	0.00350	0.550	8
K 7117	55	1,653	0.00343	0.00443	0.774	8
K 7328	62.5	1,649	0.00379	0.00500	0.757	7
K 7333	67.8	1,641	0.00364	0.00400	0.910	10
K 7620	75.0	1,650	0.00564	0.00564	1.00	1

表8表 鋼滓の配合と化學成分

熔解 番號	造滓用混合物%				造滓混 合物使 用量 kg	鋼滓の計算化學成分%			
	銀砂	スケ ール	Mn 鑛	燒石 灰		SO ₂	FeO	MnO	CaO
K 7328	62.5	8.3	29.2	0	0.93	62.4	19.6	18.0	0
K 7475	62.5	8.3	24.2	5	1.33	62.8	17.8	15.0	4.4
K 7474	62.5	8.3	19.2	10	1.30	63.1	16.1	12.0	8.8
K 7621	62.5	8.3	14.2	15	1.24	63.4	14.3	8.9	13.4

のは裏附使用回数が他のものより甚だ小さいことが主原因であらうが大體に於て銀砂配合量の多くなる程珪素還元速

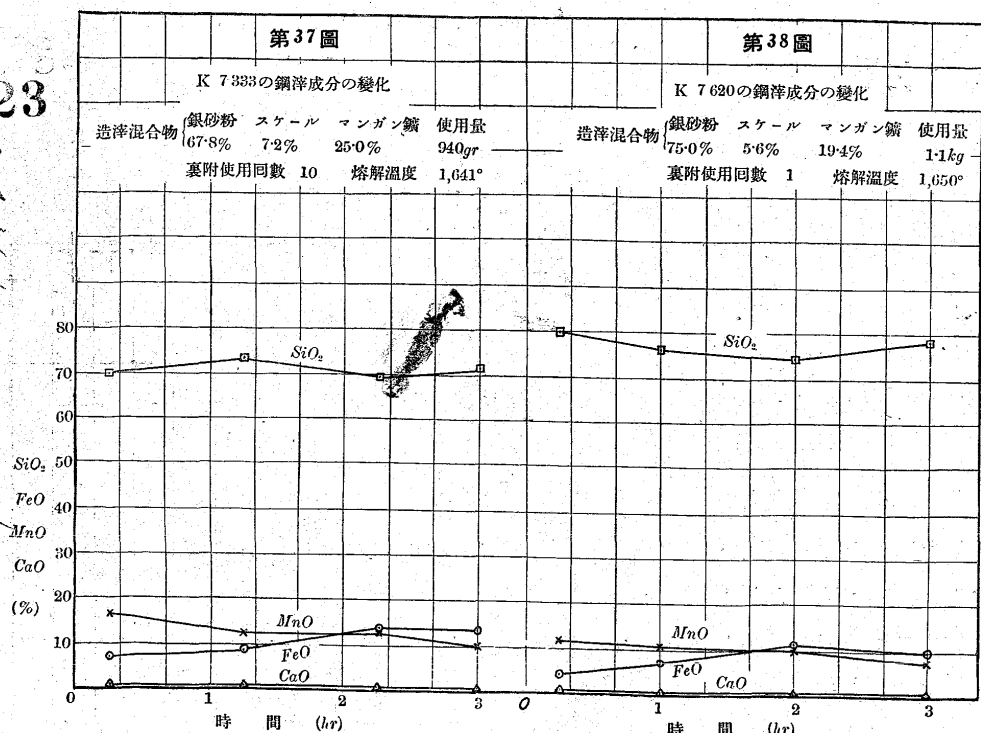
度及び炭素の減少に對する珪素の増加量が大きくなって居る。此の事は(7)式より考へて當然のことである。



出來た鋼滓の化學成分は第34~38圖の通りである。第9圖 K7117の鋼滓と併せて比較すれば K7117 丈が例外であるが其の他のものは造滓混合物の銀砂が多くなる程 SiO₂ の平均含有量が増して居る。又各熔解番號に於ては熔解時間の経過と共に SiO₂ 含有量が増して居る。

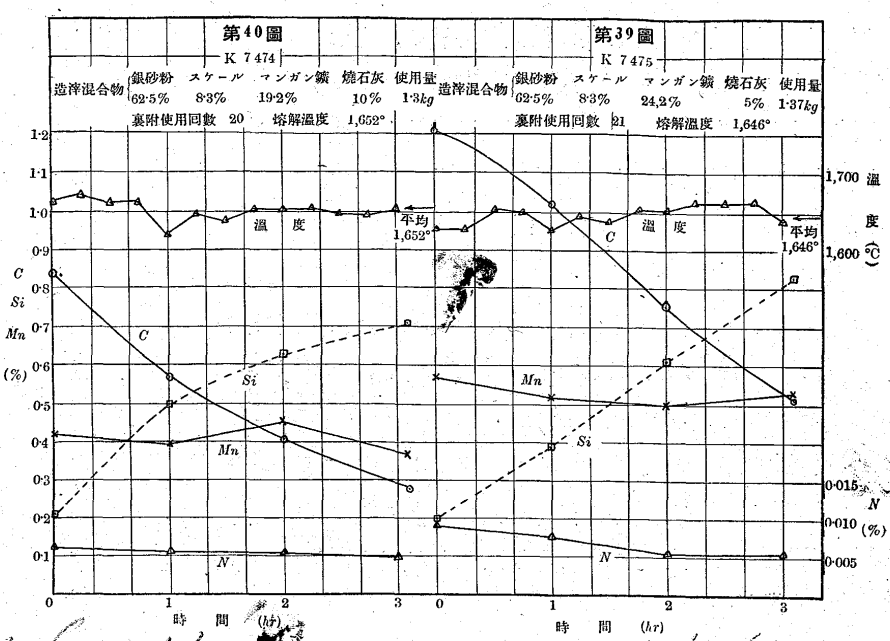
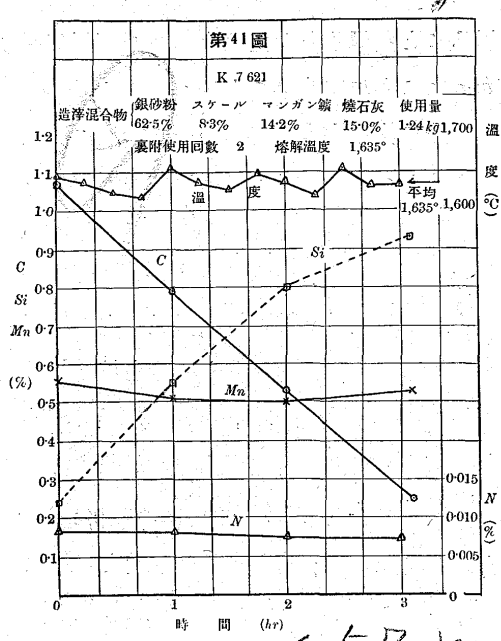
c. SiO₂ と FeO との含有量を一定にし MnO と CaO との含有量を變化した場合
 此の場合には前掲 K7328 を基準として第8表の如く造滓混合物配合の異つた4熔解を行つた。

本表の造滓用混合物の配合は銀砂とスケールとの量を一定にしマンガン鑛と燒石灰の量を變へたがマンガン鑛中の MnO₂ の一部は熔鐵に對して酸化作用をすると考へたから鋼滓の計算化學成分に於ては FeO 含有量も變化することとなつた。出來た鋼滓は燒石灰配合量5%以内のものは硬く10%に於ては稍軟くなり15%に於ては大に軟くなつた。K7328 以外の熔解経過は第39~41圖の如く此等4熔解の C-Si 曲線は第42



24
27 x 40 x 28 = 11.20

酸性製鋼法に於ける珪素の還元就て



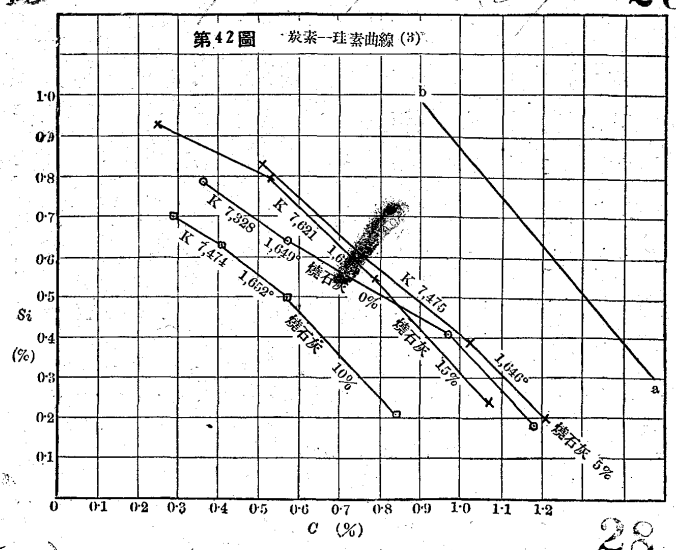
25 x 57 x 26 = 14.82 27 x 21 = 5.67 26

圖の通りである。更に熔落から2時間20分迄の平均珪素還元速度及び脱炭速度等を計算すれば第9表の通りである。

第9表 珪素の還元速度及び脱炭速度

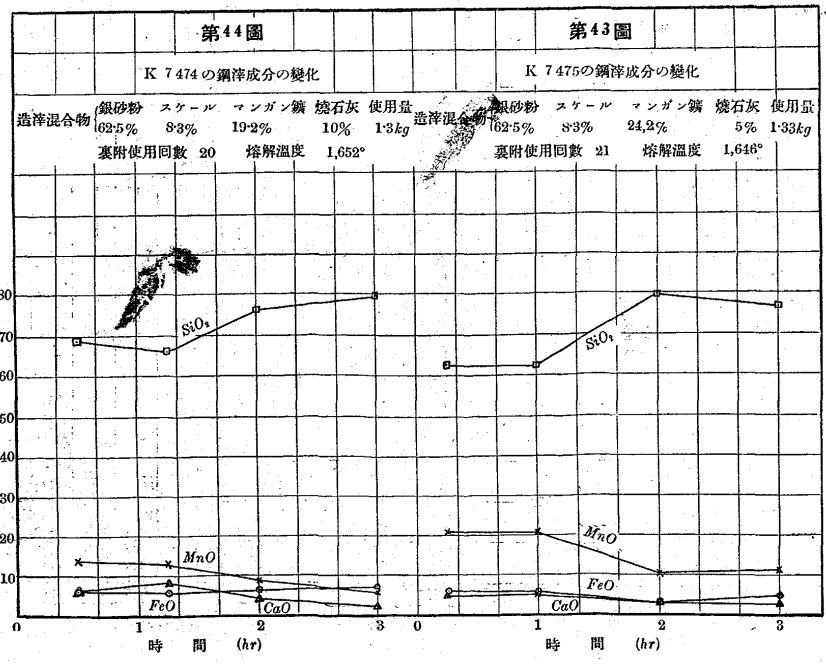
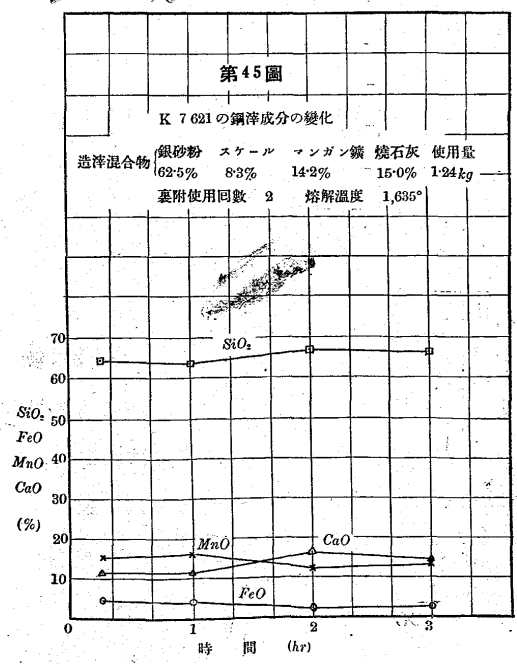
熔解 番號	燒石 灰配 合%	熔解 温度 °C	珪素還元 速度 %Si/分	脱炭速 度 %C/分	Siの増加 Cの減少	裏附 使用 回数
K 7328	0	1,649	0.00379	0.00500	0.757	7
K 7475	5	1,646	0.00343	0.00386	0.889	21
K 7474	10	1,652	0.00322	0.00343	0.937	20
K 7621	15	1,635	0.00443	0.00450	0.984	2

第9表に於て珪素還元速度は K7621 に於ては裏附使用回数特に低き爲他より著しく大であるが他のものに於て



28 x 20 x 26 = 5.2027

28 x 30 x 40 = 13.00



28 x 57 x 27 = 15.39

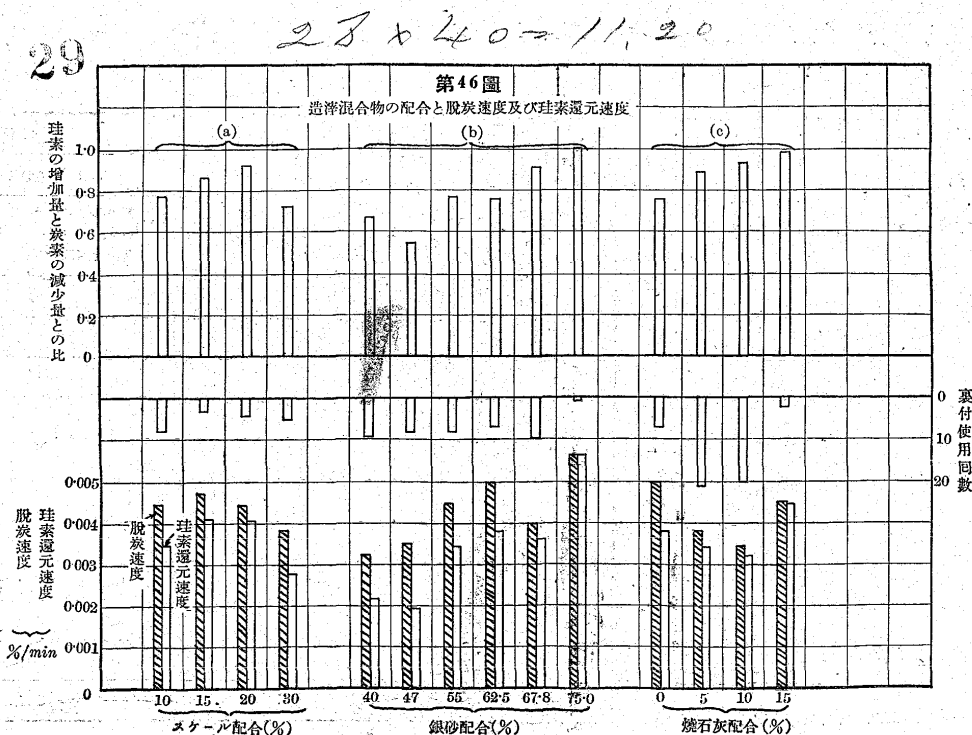
は焼石灰配合量の増加と共に稍減じて居る。之は CaO の増加と共に SiO_2 の一部が鋼滓中に保持されて珪素の還元が減少すると考へられる。又珪素の還元量と炭素の減少量との比は焼石灰の増加と共に増加して居る。之は鋼滓が軟くなりて空氣が熔鋼に接觸し難くなり空氣による炭素の燃焼が減ずる爲と考へられる。

K7328 以外の溶解の鋼滓分析成績は第 43~45 圖の通りである。曲線の形勢は前に述べたのと同様であるが第 43 及び 44 圖に於ては變化が著しい。

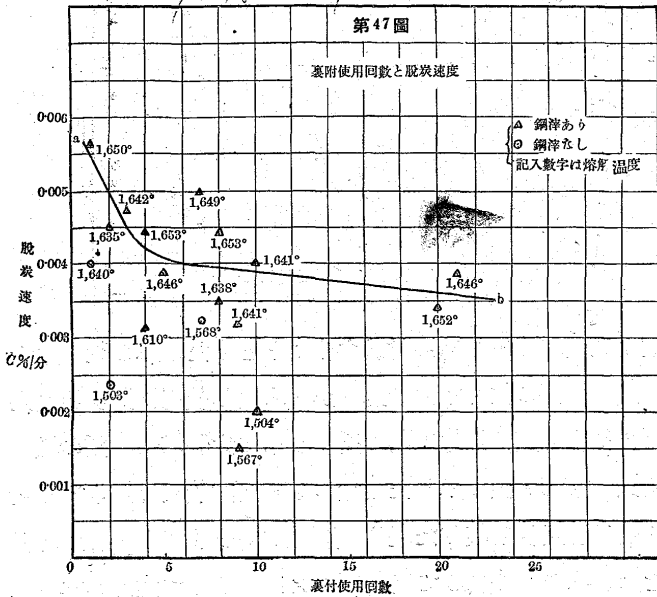
d. 實驗結果の考察 既に第 5, 7 及び 9 表に於て珪素の還元速度に対する鋼滓の化學成分の影響を考へるには同時に裏附使用回数を考へねばならぬことが窺はれたが此等諸表の成績を一つに纏めて圖示すれば第 46 圖の通りであつて脱炭速度及び珪素還元速度は大體に於て裏附使用回数が増す程減ずることが明瞭に判る。更に鋼滓の成分に拘らず裏附使用回数を横軸に、脱炭速度及び珪素還元速度を縦軸に採て夫々兩者の關係を表せば第 47 及び 48 圖の通りであつて $1,650^{\circ}C$ 附近で鋼滓の下で溶解した場合に脱炭速度及び珪素還元速度は夫々曲線 a b の附近に在り溶解溫度が之より低いものと鋼滓無しで溶解したものは曲線 a b より離れて居る。故に $1,650^{\circ}C$ 附近で鋼滓の下で溶解する場合には裏附使用回数と共に此等の速度は最初急激に後には緩く減少することが判る。前に第 19 及び 20 圖に於て鋼滓のある場合に $1,567^{\circ}C$ に對する點が曲線か

ら著しく離れて居ることを認めたと之は本溶解の裏附使用回数が割合に高かつたことに基くものと考へられる。

次に鋼滓の化學成分に拘らず裏附使用回数を横軸に、珪素還元量と炭素減少量との比を縦軸に採つて兩者の關係を表せば第 49 圖の通りであつて $1,650^{\circ}C$ 附近で鋼滓の下で溶解したものの珪素還元量と炭素減少量との比は裏附使用回数に關係なく殆ど一定で直線 a b の附近に在り溶解溫度の低いもの及び鋼滓無しで溶解したものは直線 a b から離れて居る。第 47~49 圖に於て $1,650^{\circ}C$ 附近で鋼滓の下で溶解したものの點が完全に曲線 a b 又は直線 a b 上に來ないのは鋼滓の成分及び其の他の影響と考ふべきである。第 46 圖に依れば珪素還元量と炭素減少量との比は (a) の場合にはスケール配合量の増す程初は増加し後に減少して居る。(b) 及び (c) の場合には夫々銀砂又は焼石灰配合量の増す程大體に於て増して居る。此の様な變化をなす理由は (a) の場合には明かでないが (b) 及び (c) の場合には鋼滓の化學成分と流動性を考ふれば説明し得る様に思はれる。即ち (b) の場合には銀砂 40 及び 47% の時に鋼滓は軟いが FeO 含有量が多い爲炭素減少量の割合に珪素還元量が少く銀砂配合 55% 以上に於ては鋼滓は何れも甚だ硬く流動性の變化が少いから SiO_2 含有量の増す程炭素減少量の割合に珪素還元量が多くなり (c) の場合には焼石灰の増す程鋼滓の流動性の増加が認められるから熔鋼と空氣との接觸が妨げられて空氣で酸化される炭素が少くな



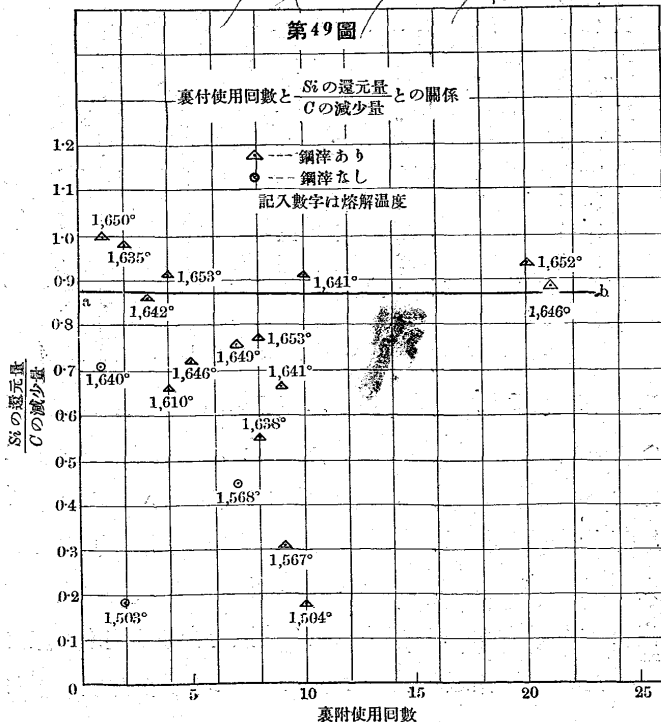
27 x 24 = 648



り従て珪素還元量と炭素減少量との比が増すのであらうと考へられる。

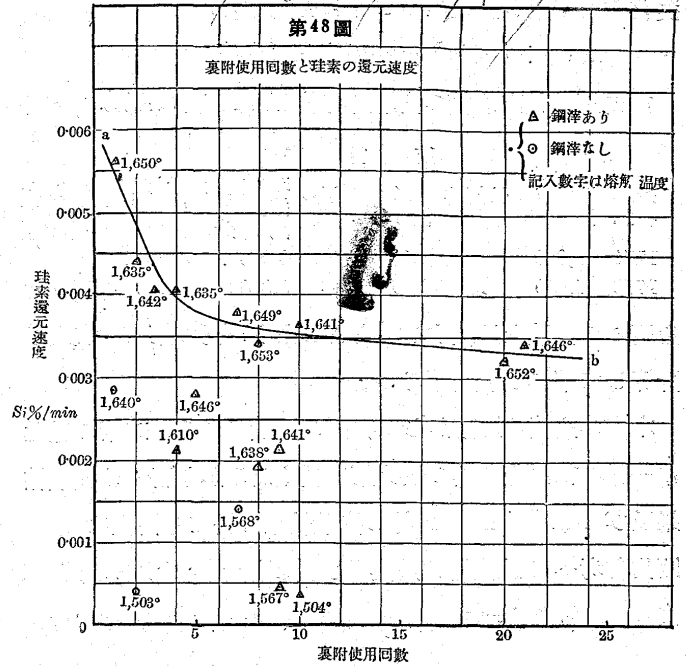
以上述べた所に依れば珪素の還元に及ぼす鋼滓化学成分の影響は少く裏付使用回数の影響が著しく現れた。此の様に鋼滓化学成分の影響が少かつたのは本實驗に於て鋼滓使用量が 1~1.5 kg. で之を熔鋼量に比較すれば僅に其の 1.7~2.5% に過ぎなかつた爲であらうと考へられる。然るに平爐の實際作業に於ては鋼滓量は熔鋼量の 10% 内外であるから本實驗に於けるが如く鋼滓化学成分の影響が少いと

27 x 29 = 783



11 31

27 x 27 = 729



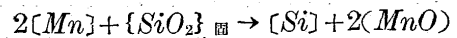
推斷することは出来ない。故に更に鋼滓量の影響を研究する必要がある。

e. Koerber 及び Oelsen の研究成績との比較 Koerber 及び Oelsen¹⁾ は小さいタンマン型砂坩堝中で種々の配合の鋼を砂の蔽の下で溶解した場合に珪素の還元状況を研究したが其の内で装入成分が吾々の實驗の場合に近いものを摘出すれば第 10 表の通りである。

第 10 表 タンマン型砂坩堝に於ける實驗成績 (Körber 及び Oelsen)

熔解番號	熔解温度 °C	熔解時間 分	C %	Si %	Mn %
1687	1,630	(0 装入時)	1.0	<0.02	0.56
1771	1,640	(15	0.82	0.29	0.42
		(62	0.31	0.79	0.38
1692	1,625	(0 装入時)	1.55	<0.02	0.56
1776	1,650	(15	1.24	0.38	0.50
		(60	0.34	1.36	0.46

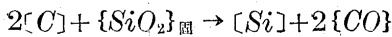
本表に於て熔解時間 62 及び 60 分の分析成績は夫々熔解時間 15 分の分析成績を求めた後残試料夫々 30 及び 25 g を新しい坩堝に入れて夫々 62 及び 60 分間溶解後取り出して分析した成績である。兩氏の研究に依れば装入物中のマンガン含有量が高く珪素含有量が低い時は初は



によりてマンガンが SiO_2 を還元して珪素と MnO とになり此の MnO は鋼滓中に入つて MnO に富んだ珪酸鹽鋼滓になるが此の反應は各熔解温度に相當する Si-Mn 平衡曲線に達した時は停止してそれからマンガン含有量には

1) Mitt. K-W-I. Eisenforsch., Bd. XVII, 1935, p. 55~61

變化無く炭素が固體の SiO_2 に作用する。



故に第 10 表成績の内熔解番號 1771 及び 1776 の部分

第 11 表

熔解番號	熔解溫度 °C	熔解時分	C%の減少	Si%の増加	珪素還元速度 %Si/分	脱炭速度 %C/分	Siの増加 Cの減少
1771	1,640	62	0.51	0.50	0.00807	0.00822	0.98
1776	1,650	60	0.90	0.98	0.0163	0.0150	1.09

を吾々の實驗と比較することとしよう。仍て第 10 表より計算して第 11 表を得る。

本表の成績は熔落から 1 時間の成績である。珪素の還元は一般に初は急で其の後次第に緩くなるから吾々の實驗結果及び Bardenheuer 等の實驗結果に於ても同様に 1 時間内を考へて珪素還元速度及び其の他を計算すれば第 12 表の通りである。

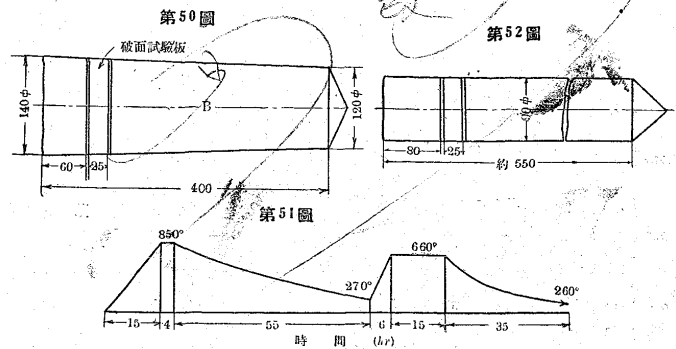
第 12 表 珪素の還元速度及び脱炭速度

熔解番號	熔解溫度 °C	珪素還元速度 % Si/分	脱炭速度 % C/分	Siの増加 Cの減少
K 7117	1,653	0.00300	0.00366	0.82
K 7729	1,642	0.00500	0.00616	0.81
K 7730	1,653	0.00550	0.00600	0.92
K 7911	1,646	0.00283	0.00383	0.74
K 7328	1,649	0.00383	0.00350	1.10
K 7333	1,641	0.00667	0.00700	0.95
K 7620	1,650	0.00850	0.00883	1.02
K 7475	1,646	0.00325	0.00316	1.03
K 7474	1,652	0.00483	0.00450	1.07
K 7621	1,635	0.00517	0.00467	1.11
B 3	1,650	0.00250	0.00217	1.15

第 11 表の兩熔解は共に新坩堝で砂の蔽の下で行はれたもので熔解後坩堝の底に鋼滓が無かつたと報告されて居るから沸騰の盛であつたことが判る。故に珪素還元速度も脱炭速度も大い。第 12 表に於ては K7620 が裏附使用回數が 1 で此の場合には第 11 表の 1771 と同程度の値になつて居るが其の他の吾々の成績は裏附使用回數が増して居るので何れも之より値が小さい。

IV. 破面試験

吾々の經驗に依れば酸性平爐で Ni-Cr-Mo 鋼を製造する際に差物前に珪素が 0.3% 位迄も還元される様な場合には製品に白點が出現し易いが其の理由は珪素夫れ自身が有害なのか或は又多量の珪素が還元される様な爐況即ち熔鋼中に FeO が非常に少くなることが悪いのか不明である。而して FeO が非常に少い時には水素を吸収し易いことが考へられる。故に珪素の還元量と水素の吸収し易さ及び白點の發生等との關係を研究することが必要である。仍て其の研究の豫備として本研究で得られた高珪素 Ni-Cr-Mo



鋼の鋼塊を鍛鍊し破面試験することとした。此の鋼塊は大體第 50 圖の如き寸法で鑄型から取出し後直に藁灰中に入れて徐冷し更に鍛鍊工場に送り改めて大體第 51 圖の様に燒鈍し第 50 圖に示した位置から破面試験板を鋸切斷し之を燒入燒戻後破壊した。更に各鋼塊の底部(第 50 圖 B 部)を 1,250°C に熱して直徑 90mm に鍛鍊して空冷し其の上改めて 650°C に 6 時間燒鈍して之より第 52 圖の如く試験板(此の板の位置は元の鋼塊の高さの半分より稍上方に相當する)を切り取り此の板を燒入燒戻後破壊した。

之等破面試験の結果は第 13 表の通りであつて鋼塊の儘

第 13 表

熔解番號	C%	Si%	鋼塊の儘	鍛鍊後
K 6965	0.29	0.77	白點なし F. C	白點なし F. L
K 61062	0.68	0.32	白點なし F	同上
K 7116	0.36	0.46	同上	白點なし F
K 7117	0.39	0.75	同上	白點なし 中央少 L
K 7910	0.52	0.50	白點なし C	白點なし F
K 7791	0.81	0.38	同上	同上
K 7792	0.77	0.28	白點なし	白點なし F
K 7729	0.24	1.03	白點なし C	白點なし F 少 L
K 7730	0.31	0.86	同上	白點なし F 中央少 L
K 7911	0.38	0.64	同上	同上
K 71399	0.53	0.60	—	同上
K 71398	0.37	0.73	—	同上
K 7328	0.36	0.79	白點なし F	白點なし F
K 7333	0.22	0.69	同上	同上
K 7620	0.26	1.10	白點なし C	白點なし F 内部 L
K 7475	0.51	0.83	白點なし F	白點なし F 少 L
K 7474	0.28	0.71	同上	白點なし F. L 多し
K 7621	0.25	0.93	白點なし F. C	白點なし F 少 L

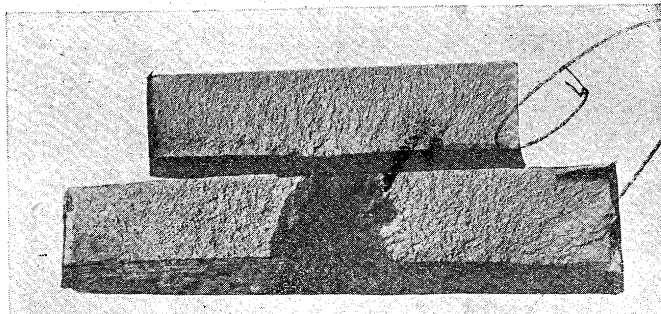
備考 主なる化學成分 Mn 約 0.5% Ni 約 2.7% Cr 約 0.6% Mo 0.3%

F はファイブラス C は柱狀結晶多し L は横目あり

でも鍛鍊後でも白點は無かつた。其の二、三の狀況は第 53 ~ 55 圖の通りである。角尾氏の實驗¹⁾に依れば熔解中水素を吹き込んだ Ni-Cr-Mo 鋼(大體の成分 C 0.4% Ni 3.9% Cr 1.6% Mo 0.35%)は 100 kg 鋼塊(約 140mm 角)に鑄込み直徑 90mm 丸に鍛鍊後空冷した時に白點が出た。故に直徑 90mm でも或量の水素を含めば空冷の際白

1) 此の結果は未だ發表されて居ないが遠からず發表される筈である。

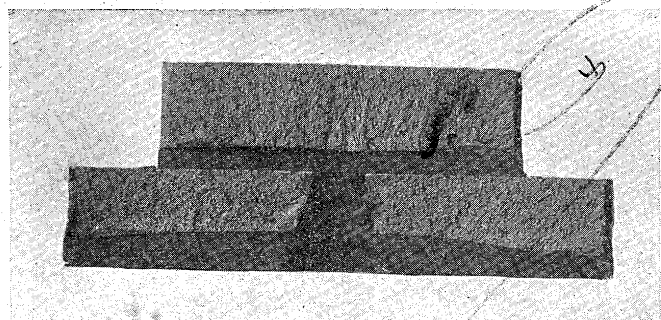
34



第 54 圖

K 7117 の破面, 上は鍛錬後, 下は鋼塊の儘(成分%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0.39	0.75	0.51	2.80	0.73	0.38



第 55 圖

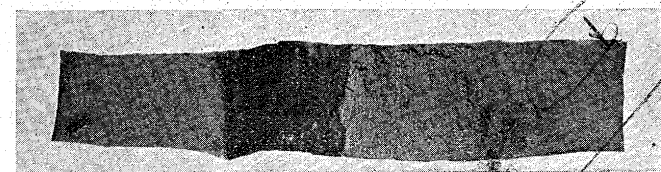
K 7621 及び K 7620 の破面 (鍛錬後) (成分%)

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
K 7621	0.25	0.93	0.53	2.85	0.69	0.36
X 7620	0.26	1.10	0.48	2.85	0.67	0.39

K 7621



K 7620



第 53 圖

K 7116 の破面, 上は鍛錬後, 下は鋼塊の儘 (成分%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0.36	0.46	0.50	2.90	0.70	0.35

點を發生し得る丈の應力が作用することが判る。然るに吾々の場合に珪素の還元が 1.10% の様に多くとも同一直徑で白點が出なかつたことを見れば平爐の場合に還元される珪素自身が直接白點を發生せしめるのでなく熔鋼中に FeO の少いことが水素の吸収を容易ならしめて白點の原因となるのであらうと考へられる。

V. 總 括

以上研究の結果を總括すれば次の通りである。

1. 酸性鋼の品質に重大な影響のある熔解中の珪素還元現象に對し 50 kg 酸性高周波爐を利用して熔解温度の影響と鋼滓化學成分の影響とを研究した。

2. 熔解温度が低ければ鋼中の炭素は主として空中の酸素によって酸化され爐床の SiO_2 から珪素を還元することが少く温度が高ければ高い程珪素の還元に使はれる部分が多くなる。

3. 珪素の還元速度は熔解温度と共に増加する。

4. Bardenheuer 及び Bottenberg が硝子性鋼滓の下で 300kg 高周波爐で行つた熔解温度の影響の實驗成績と吾々の實驗成績とを比べれば同一熔解温度に於て脱炭速度は同じ位であるが珪素の還元速度は Bardenheuer 等の方が大である。之は鋼滓の成分及び熔解量の差に因ると考へられる。

5. 鋼滓化學成分の影響は銀砂, スケール, マンガン鏝及び焼石灰を適當に配合して次の3つの場合に就て研究した。

a SiO_2 含有量を一定にし FeO 含有量と MnO 含有量とを變へた場合

b FeO 含有量と MnO 含有量との割合を一定にし此の混合物と SiO_2 含有量との割合を變へた場合

c SiO_2 と FeO との含有量を一定にし MnO と CaO との含有量を變化した場合

6. 上の各の場合に於て珪素の還元吸ぼす鋼滓化學成分の影響は少く裏附使用回数の影響が著しく現れた。此の原因は熔鋼量に比べて鋼滓量が甚だ少かつた爲と考へられる。

7. 裏附使用回数が増加する程珪素還元速度は初は急激に次第に緩く減少し遂に一定値に近づく。

8. 鋼中の窒素含有量は鋼滓の無い2熔解に於ては熔解温度に拘らず熔解中同一速度で増加した。鋼滓のある場合には僅に減少した。

9. 出來た鋼塊及び之を鍛錬後空冷したものから試験板を取つて焼入焼戻後行つた、破面試験結果に依れば珪素 1.10% の如く多量に還元されて居ても白點が出なかつた。之に依り酸性平爐で多量の珪素が還元された鋼材に白點が出易いのは珪素それ自身が悪いのではなく多量の珪素が還元されるやうな爐況が水素の吸収を容易ならしめるのであらうと考へられる。

終に臨み本研究の實施及び發表に指示を與へられた住友金屬工業株式會社專務取締役荒木宏氏に深厚な感謝の意を

表する。又實驗を援助せられた研究部及び鍛工工場の各位に深く感謝する次第である。(終)

長尺軌條の壓延に就て

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

内 川 悟*

THE ROLLING OF LONG RAILS.

Satoru Uchikawa.

SYNOPSIS:—Because of the length of rails which was renewed from 10m to 20 or 25 m in the Japanese Government Railways, the blooming and rail mills at the Yawata Steel Works had to be rebuilt (as shown in Fig. 1) in order to make such long rails.

As to the rolling methods of rails, the following three methods are usually adopted; *i. e.*, the diagonal method, the cutting-in and flange-bending method and the slab-and-edging method.

Of these methods, we approbated the slab-and-edging method in view of little wear of rolls and smooth working of mills.

The rails are speedily treated by the roller straightening machine, after which they contract 1.05 mm/min length owing to the variation of the cross-sectional area.

1. 緒 言

(イ) 我が國に於ける重軌條製造の沿革 日本に於ける重軌條製作は明治 34 年 11 月わが八幡製鐵所軌條工場に於て 60lb (現在の 30kg) 軌條を製作せるを以て初めとし、尙現在我が國に於ける重軌條製作所は八幡製鐵所あるのみなり。然して其の製作高は第 1 表に示す如く初年に於ては僅か 1,086t に過ぎず。當時は技術幼稚にして設備又不完全なりしたため生産高僅少なりしも年と共に向上し 10 年後の明治 43 年には年産 60,000t を突破するに到れり。其の後大正 13 年度迄は大なる變化なかりしも大正 14 年度には需要増加に依り第二大形工場にて重軌條の製作を開始すると共に軌條工場の大増産に依り一躍 130,000t に達したり。其の後使用者側の鞭撻と需要の激増は技術の進歩を齎し製作高は躍進又躍進し昭和 9 年度に於ては約 300,000t の域に到達せり。之の間昭和 6 年度の減産は電化に依る作業休止の影響にして 10 年度の減産も又軌條工場の大改造に依る作業休止及滿洲國に新設せられし昭和製鋼所製軌條の進出に依り滿洲向軌條の減少等に原因す。次に材質的方面より考ふるに日本に鐵道の敷設せらるゝや内地に於ける軌條製作高僅少なりしたため多く歐米より輸入せられ材質に於ても種々異なり轉爐鋼平爐鋼或は轉爐平爐合

併法鋼等ありたり。又八幡製鐵所に於ても轉爐鋼と平爐鋼にて製作せり。然して重軌條の需要激増に従ひ八幡製鐵所に於て軌條調査委員會新設せられ軌條の調査研究を進める事となり。當時國鐵工務局に於ても全國に敷設せられたる内外製の軌條に關し廣汎詳細なる調査を重ねられ八幡製鐵所軌條調査委員會と協力せられ製品改革に猛進する事となりたり。其の結果として昭和 2 年 11 月轉爐鋼を廢し軌條は全部鹽基性平爐鋼に依り製作する事となりたり。然して昭和 4 年日本独自の軌條製作仕様書が創作せられ製鋼より精整に至るまで嚴格なる標準を定め從來より一層正確なる軌條の製作が要求せらるゝ事となりたり。現在國鐵軌條の仕様書は其の當時のものなり。次で昭和 6 年 2 月商工省告示第 9 號に依り炭素鋼軌條の規格發表せられ、注文の際特別の指定なき限り此の規格に依り製作せらる。然して之の外滿鐵向軌條 支那向軌條 電導用第三軌條 クレーン用軌條或は電車用高 T 軌條等の如く、輸出向或は特殊用途軌條に對しては後述する如き別に定められたる規格に依り製作せらるゝものなり。

(ロ) 重軌條種別と規格 軌條は其の大きさ或は製作するロールの直徑に依り重軌條と輕軌條に大別せられ居れど之の分類方法は世界各國共通のものにあらず、製鐵所に於ては 1m. の重量 22kg 以上のものを重軌條と稱し、15kg 以下を輕軌條と謂ふ。故に以下述べる事は 22kg 以上の重軌

* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所