

# 鐵 と 鋼 第二十五年 第十號

昭和十四年十月二十五日發行

## 論 說

### 吾國に於ける回轉爐製銑試験に就て

(日本鐵鋼協會第 21 回講演大會講演 昭和 14 年 4 月)

大 原 久 之\*

ON THE PIG-MAKING EXPERIMENT WITH ROTARY KILN IN JAPAN.

Hisayuki Ohara.

**SYNOPSIS:**—Experiments for pig-making with a cement-calcining rotary kiln by Basset process were previously carried out in the Yawata works of Nippon Seitetsu Kabusiki Kaisya. Following these, the Titibu Cement Kaisya, Osaka Yogyo Cement Kaisya and Asano Cement Kaisya (Kawasaki Works) have made the pig-making experiments using similarly rotary kilns, and reached the present status.

In this paper, the results of experiments in these firms, the future trend of pig-making with a rotary kiln, etc. are outlined.

#### 目 次

- I 緒 言 II 八幡製鐵所に於ける試験 III 3社(秩父セメント,大阪窯業セメント,淺野セメント)に於ける試験 IV 製品に就ての考察 V 回轉爐製銑法の將來性 VI 結論

#### I 緒 言

回轉爐に依る製鐵方法が研究され始めたのは決して新しいことではなく随分古くからのことであるが何れも研究程度のものであつて最近までは大して發展しなかつたのである。所が今から數年前昭和9年(1934)<sup>1)</sup>に獨逸のクルップ式直接製鐵法が發表せられ、次で昭和10年(1935)<sup>2)</sup>佛蘭西人バッセー氏のプリンシプルに依る製銑法が發表せられて以來、世間では再びこの回轉爐法を見直すと云う機運となつた。

吾國に於ては貧鑛處理問題及び粉鑛處理問題と關聯して以上の回轉爐法に着眼し、八幡製鐵所に於ては昭和11年、12年と2ヶ年に亘て先づクルップ式の製鍊試験を行た、之に引續いて昭和13年2月より4月に亘りバッセー式による製銑試験を數回實施して大體實際作業の様子が解てきた。

然しこれ迄の八幡の試験に使用した回轉爐は長さ38mの舊式の小さい設備であつて作業上種々の不備の點があり、將來はどうしてももっと大きな完全な設備でやらないと工業的には都合が悪いと云う結論に達し新工場的设计に取りかかつたのである。

所が吾國に於ては現下の戰時状態で今迄の製鐵設備のみでは鐵の生産が需要を満すに至らず非常な不足を告げるに致た。然るに一方吾國のセメント工業に於ては極度の生産制限のため多くの回轉爐が運轉休止をして居ると云う状態である爲、この回轉設備を其儘動員して製銑に乗り出す事は現下の國情に照し最も有意義であると科學審議會に於て提唱せられ政府當局に於ても極力この方法を實施せしめると云ふ事になつたのである。

ここに於て日鐵に於ては先づ秩父セメント會社と提携して昨年10月以來、秩父工場に於て製銑の共同試験が始められた。次で同10月中旬大阪窯業セメント會社に於て製銑試験が開始せられ、越へて11月中旬淺野セメント會社川崎工場に於ても同様製銑試験が始められた。斯くの如く現在に於ては以上の3社に於て鋭意製銑試験が實施されつつあり夫々相等の成績を示して居る。

著者は八幡製鐵所に於ける試験を始めとし以上3社の試験にも夫々關係して居るので今迄の試験の概要を茲に報告

\* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所

<sup>1)</sup> F. Johannsen: St. n. E. 54 (1934) 969

<sup>2)</sup> A. Margarit: Cement & Cement Manuf. 8 (1935) 281  
P. Collado: Tonindustrie-Zeitung 60 (1936) 123., 141

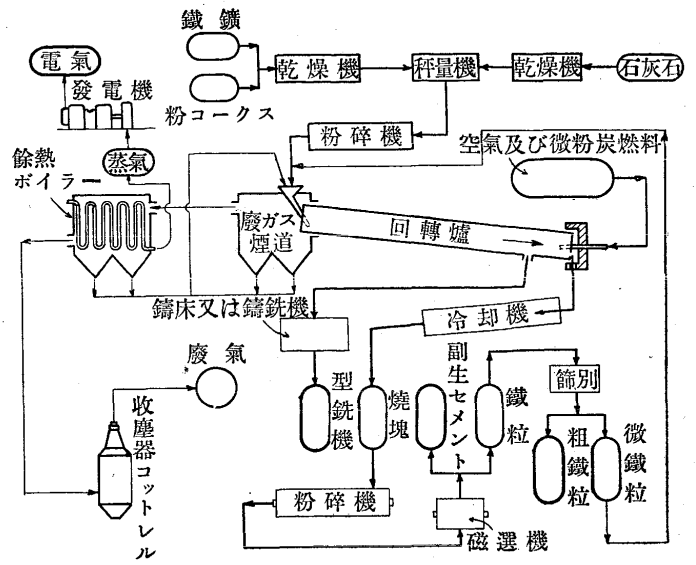
する次第である。

### II 八幡製鐵所に於ける試験

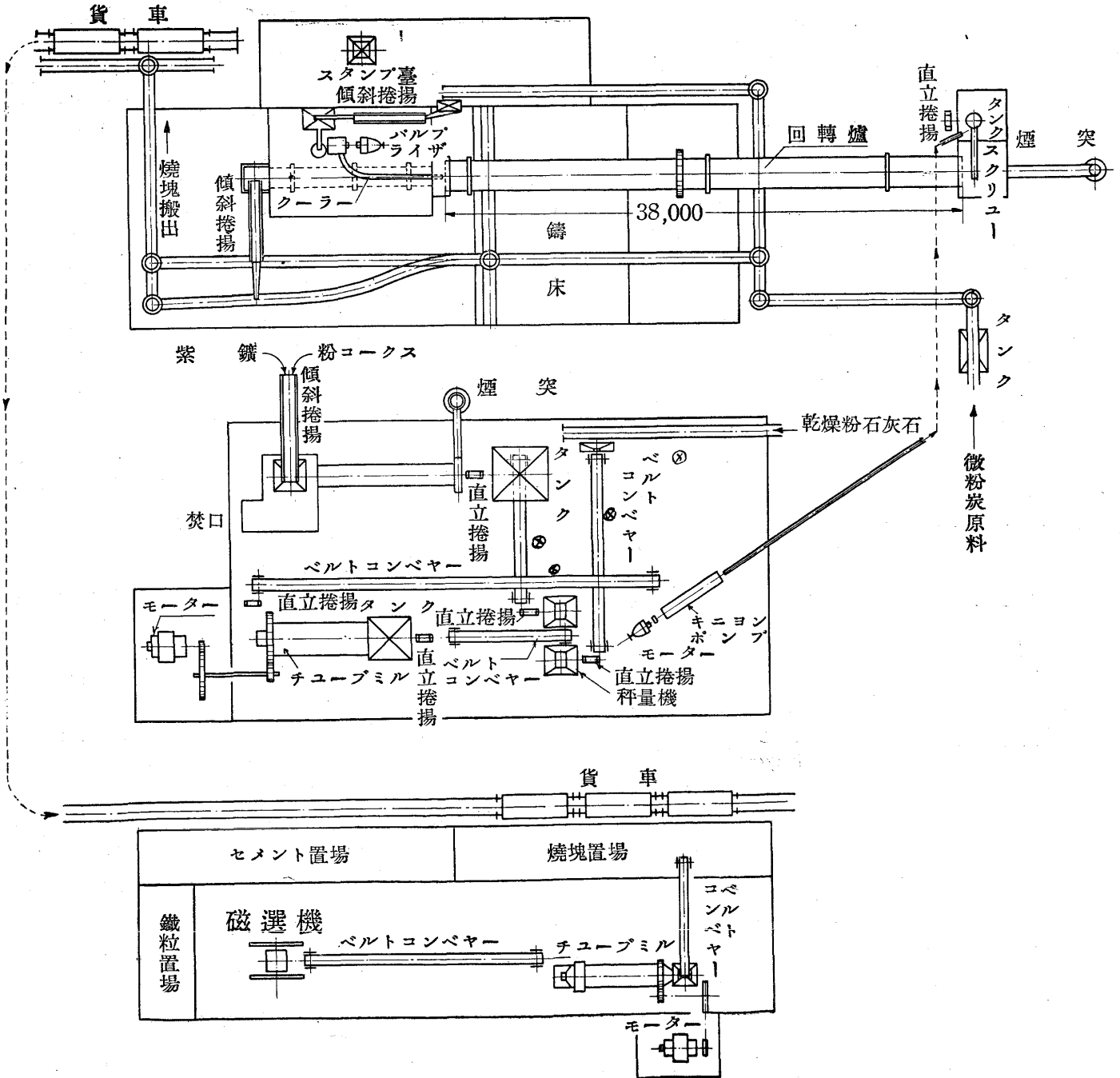
先づ最初に回轉爐製鉄作業の系統に就て述べる。(第1圖参照)

爐頂より装入する原料は鐵鑛(硫化鐵鑛燒滓或は紫鑛又は一般粉鐵鑛)粉コークス又は無煙炭及び石灰石の3者にして、之等は夫々乾燥機に依て乾燥し秤量機に依て秤量して適當な割合に配合する。之を粉碎機にかけて大體セメントの原料と同程度又は之よりもずっと粗い程度に粉碎して爐に装入するのである。爐前からは微粉炭を吹き込んで爐内を加熱することはセメント燒成の場合と全く同様であるが空氣の量を少くして爐内の零圍氣を還元性に保つことがセメント燒成の場合と異て居る點である。

第1圖 回轉爐製鉄作業系統



第2圖 回轉爐製鉄試験設備



爐内で出来た熔銑は回轉爐の回轉毎に出銑口から流し出して熔銑鍋に受け鑄床に運んで型銑即ちナマコを造るのである。一方爐内で出来た鑛滓即ちクリンカーは融かされないのであるからセメント焼成の場合のクリンカーと全く同様に爐の前方より轉り落ちてクーラーに入り取出される。之は後に適当な粉碎機にかけて都合よく磁氣選別を行いクリンカー中に残てゐる鐵粒を出来るだけ完全に分離する。

斯くしてクリンカー中の鐵粒を完全に分離して残たものが即ち副生セメントとして利用されるものである。

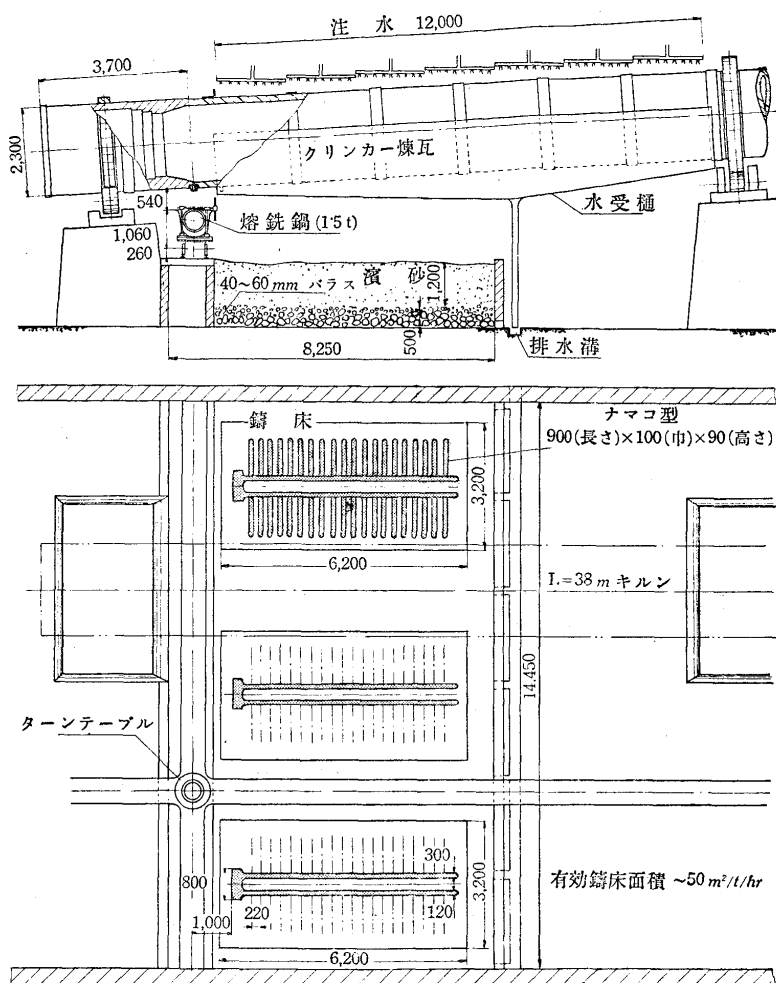
次に爐頂から出るガスであるが、之は爐頂部に於ては尙 700°C 内外の高温度のものであるため餘熱ボイラーに導いて蒸氣を發生せしめ發電を行ふのであるが、この發電量は普通のセメントを焼成する場合に較べ可なり多くなって居る。

八幡で試験をした時の装置は第2圖に示す通りである。場所の関係で工場が3ヶ所に分れこの圖の上の方が製鍊工場、次が原料處理工場、下がクリンカー處理の工場となつて居る。

原料處理工場で鑛石、コークス及び石灰石の如き原料を乾燥機にかけて乾燥し適當な割合で配合されたものをチューブミルにかけて適當なサイズに粉碎し之をキヤンポンプで製鍊工場に送り爐に装入する。回轉爐は 38m のものであるが製出物中のクリンカーは一度貨車積してクリンカー處理工場に送る。ここでクリンカーを適當に粉碎し磁氣選別機にかけ鐵粒と副生セメントに分離するのである。

爐内で出来た熔銑は第3圖に示す様に爐の回轉毎に熔銑鍋に受け鍋に 7~8 分通り溜たならば之を鑄床に運び砂型に鑄込んで長さ約 900mm の長手の型銑を造る。この型銑1本の重量は 30~35kg である。砂型を造る部分は濱砂又は川砂の如き細かく且つなるべく鑄物を造るのに都合のよいものを選ぶ。尙鑄床は出来るだけ排水の完全な事を必要とする爲下部には礫を敷き排水溝を設けて居る。實際に砂型を造るに必要な有效鑄床面積は爐の出銑能力に應じて廣くせなければならぬのであるが、大體1時間 1t の出銑に對して約 50m<sup>2</sup> として居る。然し鑄床には實際砂型を造る場所の外に熔銑鍋を運搬するレールの敷地及び多少の餘裕をも見なければならぬ爲、全鑄床面積は有效鑄床面積

第3圖 八幡製鐵所回轉爐出銑口附近及鑄床



の2倍以上を見込んで居る。

爐内出銑口の手前は煉瓦積を少し高くしてダムリングを造り爐内に溜た熔銑は全部出銑口より流出する様構造されて居る。出銑口の奥は爐内の最高温度部であるため特に耐火度高く且つ耐侵蝕性である事を必要とする關係上クリンカー煉瓦を特に製作してこの部分に使用し爐の外部からは注水冷却をしてこの部分を保護して居る。出銑孔に使用する煉瓦は熱的に又機械的に特に丈夫なことを必要とするため炭素煉瓦を使用した。尙この出銑口と熔銑鍋との距離は出来るだけ近接して居る方がよい。

八幡製鐵所で數回行った試験結果は第1表に一括して示す通りである。

原料鑛石は主として大阪製鍊の紫鑛を使用したのであるが、之は吾國の硫化鐵鑛燒滓としては銅の少い方である。石灰石及びコークスは何れも八幡製鐵所の熔鑛爐に使用した篩下を使用し、燒成炭は高爐セメント燒成用の赤池粉炭を使用した。原料の配合割合は鐵鑛 100 に對して石灰石 78~140, コークス 26~60 の範圍を色々の割合で試験を

第1表 八幡製鐵所の試験原料及製品の成分(例)

	T.Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	S	P	Cu
紫 鋼	56.05	0.84	79.24	9.25	2.36	4.91	1.47	0.34	1.46	0.038	0.22
石 灰 石	0.21	—	0.30	2.96	0.46	51.03	2.79	—	—	—	—

	揮發分	固定炭素	灰分	灰 分 百 分 中								發熱量 cal
				SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
粉コークス	5.51	75.27	19.22	52.68	9.01	28.53	5.81	1.19	0.40	1.00	0.30	6,337
燒成炭	34.64	51.35	14.00	55.97	3.96	30.55	6.20	0.66	—	—	—	—

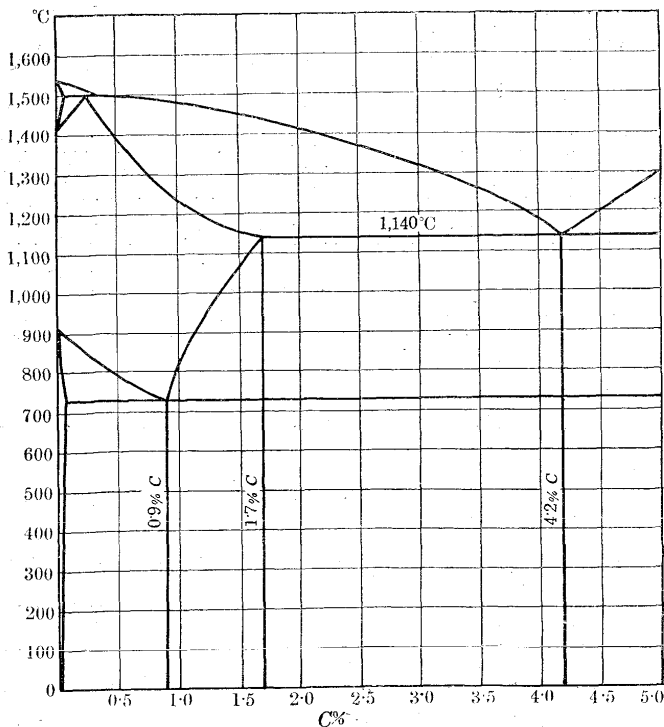
原料配合及粉砕度

配 合 割 合			粉 碎 度 (4,900 孔) 残滓量%)
紫 鋼	石 灰 石	コークス	
1.00	78~140	29~60	2.9~4.6

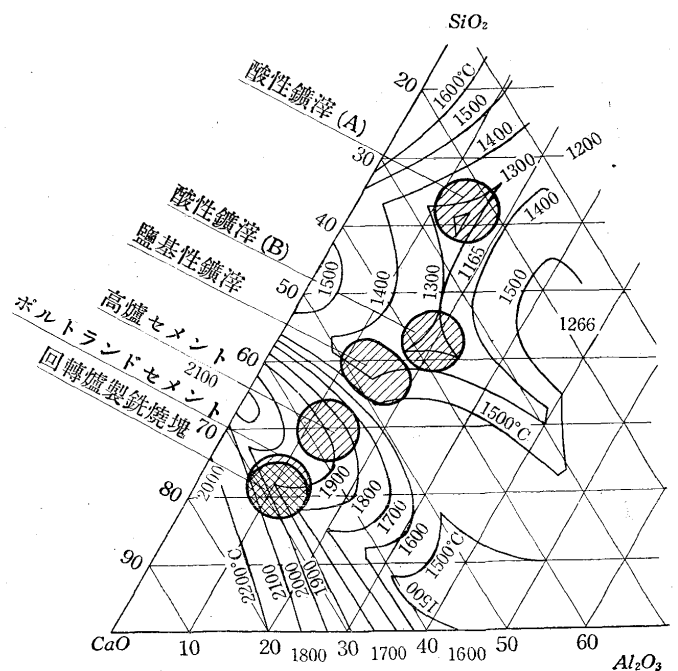
	C	Si	Mn	P	S	Cu
銑 鐵	4.39	0.26	0.07	0.096	0.111	0.352
〃	3.53	0.17	0.02	0.114	0.204	0.280
〃	4.57	0.13	0.07	0.099	0.061	0.368
〃	4.72	0.04	0.06	0.078	0.052	0.372
〃	4.73	0.10	0.05	0.068	0.017	0.369

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	CaO / (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
燒成炭を通過したもの	(22)	(6)	(66)				
燒成炭を通過したもの	31.92	18.30	4.80	44.16	3.00	0.20	0.9
燒成炭を通過したもの	33.29	19.43	4.40	43.46	1.06	0.40	0.8
燒成炭を通過したもの	19.42	7.95	10.19	59.59	1.37	1.40	2.2
燒成炭を通過したもの	30.95	17.59	2.53	47.60	1.26	0.13	1.0

第4圖 Fe-C 状態圖



第5圖 CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 状態圖



した. 原料の粉砕度は差當り普通セメント原料の粉砕程度と略々同様とし 4,900 孔の篩残滓 2.9~4.6% としたものを爐に裝入した.

以上の如き条件のもとに試験をした製品銑鐵の成分は第1表に其數例を示して居る.

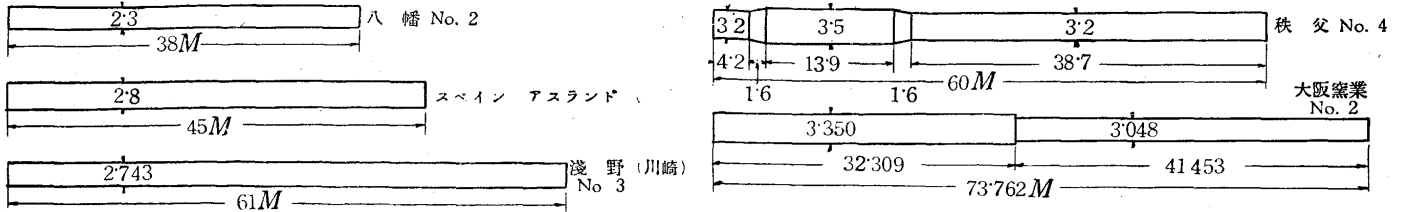
又爐から出るクリンカー中には尙可成り澤山の鐵粒を含ん

で居るが、之をマグネットで分離した後のセメント成分は同じくこの表に示した通りであつて、こちらの狙て居る珪酸約 22, アルミナ約 6, ライム約 66 程度の成分のものは可なり相違があり且つ不同である. 之は爐内に使用して居るシャモット煉瓦其他の影響を多分に受けて居るが爲である.

以上は八幡製鐵所に於ける試験結果の概略であるが、回轉爐に依て銑鐵を造るプリンシプルに就て説明すれば次の如くである.

回轉爐製銑法では爐内で出來た銑鐵は熔融状態で流し出すのであるから出來るだけ熔融點の低い銑鐵を造り最も流れの良い状態で取出す必要がある爲、從て其の炭素の含有量は第4圖の状態圖で明かな様に共晶點附近を狙うべき

第6圖 製銑試驗に使用せる回轉爐の比較圖



	傾斜 %	内容積 $m^3$	セメント 焼成能力 $t/d$	スペインの製銑例を基礎としての計算			出銑量 $t/hr.$	
				スペイン鐵鑛 $Fe 64\%$ 級を使用する場合 $t/d$		日本鐵鑛 $Fe 52\%$ 級を使用する場合 $t/d$		
				銑鐵	燒塊			
八幡 No. 2	6.2	120	85	銑鐵 30~25 燒塊 40~45	銑鐵 25~20 燒塊 45~50	~1.0	銑鐵(型銑, 鐵粒)	
スペインアスランド		220	150	銑鐵 55~50 燒塊 70~80	銑鐵 45~40 燒塊 80~90	~1.8		
浅野(川崎) No. 3	6.0	360	360	銑鐵 90~80 燒塊 120~130	銑鐵 70~60 燒塊 140~150	~2.7		
秩父 No. 4	4.7	507	380	銑鐵 130~110 燒塊 170~180	銑鐵 100~90 燒塊 190~210	~4.0		
大阪窯業 No. 2	5.0	583	510	銑鐵 150~130 燒塊 190~210	銑鐵 115~100 燒塊 220~250	~4.5		

が當然の事である。

之に反して鑛滓即ちクリンカーは固體として取出すのである爲出来るだけ熔融點の高いことが必要であり且つ之がポルトランドセメントの成分範囲に入らなければならない爲第5圖に示す如き範囲に落付く様配合の加減をするのである。

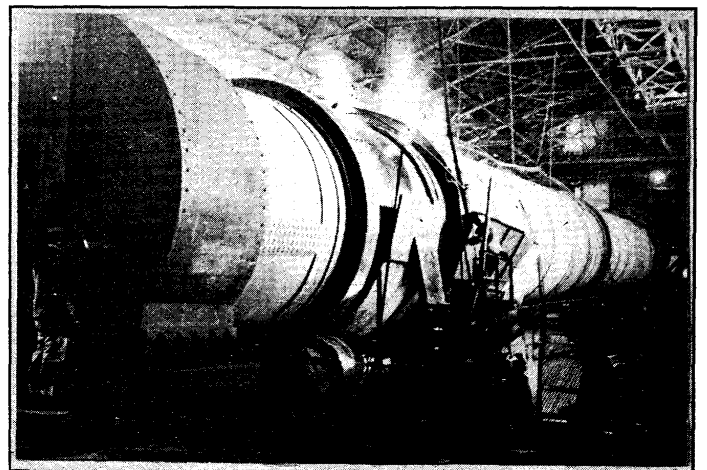
。製鍊中の回轉爐に於ては爐内材料の最高温度が $1,450^{\circ}C$ 内外であるため、此の状態に於ては銑鐵は充分流れの良い状態で融けて居り、クリンカーは充分固體として存在してゐるのであるから、この兩者は完全な分離が行はれるわけである。

序に述べるけれどもクルップ式製鍊法は以上のパッセー法とは製鍊のプリンシプルが丁度逆であつて、爐内で出来た鐵は固體として存在せしめ、鑛滓は熔融状態に保つのであるから、鐵の部分は出来るだけ熔融點の高い事が必要であり、鑛滓は熔融點の低い事を要する爲鐵中には出来るだけ炭素を吸収せしめぬ様にし、鑛滓は酸性鑛滓として最も熔融點の低い所を狙うのである。第5圖の酸性鑛滓(A)は著者が以前クルップ式製鍊試驗に於て茂山の貧鑛を取扱た際の鑛滓、同じく酸性鑛滓(B)は利原の貧鑛を取扱た場合の鑛滓範囲である。而してクルップ式の實際製鍊に於ては爐内最高温度部が $1,250^{\circ}C$ 程度であるため、鐵の方は融けずに固體として存在し、鑛滓は熔融状態となり兩者は都合よく分離することになる譯である。

次に3社に於て只今實施して居る試験の概要に就て述べる。各社に於て使用して居る回轉爐の比較をすると第6圖の如くである。

大きさの順序に列記したので左一番上のが八幡の38mの爐で最も小さく、次がスペインのアスランド工場の爐、次が浅野、秩父、大阪窯業と云ふ順序で大阪窯業の爐が最も大きい。第7圖は秩父工場の廻轉爐を示す。

第7圖 回轉爐



スペインの爐は其内容積  $220 m^3$  であるが、品位鐵分  $64\%$  級の原料鑛石を使用して其製鍊實績1日銑鐵  $55\sim 50t$  之に對してクリンカー  $70\sim 80t$  を製出して居るのであるから、この成績を基礎とし他の爐の内容積に比例して其生産量を計算すると第6圖の下の様な値となる。但しスペインの鐵分  $64\%$  級の鑛石は大變良い鑛石であつて、吾國ではこの様な良質の鑛石のみを望むことは困難であるから、これよりもずっと品位の低いものを使用することを考へて

III 3社(秩父セメント, 大阪窯業セメント, 浅野セメント)に於ける試験

置かねばならぬ。即ち鐵分品位 52% 級のものを使用するものとしての計算はこの次の行に示して居る。原鑛の品位が下ればそれだけ銑鐵の生産量が少くなり、之に反してクリンカーの量は甚だしく多くなる。1 時間當りの銑鐵の出來高は八幡の爐で約 1t, スペイン約 1.8t, 淺野約 2.7t, 秩父約 4t, 大阪窯業の爐で約 4.5t となる。然しこの計算上の銑鐵量は實際は型銑とクリンカー中に残留する鐵粒との總量を意味するものであるから、鐵粒が多く出來ればそれだけ型銑の量が減少するのである。故にこの型銑

の量を多くする爲には鐵粒を出來るだけクリンカー中に混在せしめぬ様に作業をするのが最も肝要である。

3 社に於て今迄の試験に使用した原料の種類は、各社に依て大同小異はあるが大體第 2 表に示す如くである。

鐵鑛は大體鐵分 52% 内外の紫鑛(硫化鐵鑛燒滓)を使用した。これ等鑛石中には尙硫黄分が 2% 内外残て居り且つ銅分も可なり高いものである。石灰石は普通のセメント原料と同一のものである。還元用燃料は粉コークス或は無煙炭何れでもよいのであつて、この内無煙炭は主として大阪窯業に於て使用し、粉コークスは主として秩父、淺野で使用してゐる。尙これ等諸原料の粉碎程度は普通のセメント原料の粉碎程度よりはずつと粗くして居る。又燒成炭は普通のセメント燒成用の炭を使用して居る。

次に作業中の爐内温度及びガス成分は第 3 表に示す通りである。

第 2 表 三社の試験 原料の成分 (例)

(A) 鐵 鑛 石 (紫鑛)

化 學 成 分								
T.Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	Cu
54.23	77.77	12.73	4.31	1.21	1.06	1.92	—	—
52.46	75.02	11.19	3.70	tr	—	1.60	0.07	—
52.04	74.41	8.58	2.76	0.62	1.51	2.29	0.03	0.89

(B) 石 灰 石

化 學 成 分				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
1.38	2.43	1.77	51.56	1.79
0.39	1.65	2.74	51.91	—

(C) 粉コークス 無 煙 炭

	揮發分	固定炭素	灰分	灰 分 百 分 中						發熱量 cal.
				SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	
粉コークス	4.21	74.82	20.97	42.10	16.54	26.66	7.30	1.91	3.43	6,285
無 煙 炭	3.90	87.51	8.59	48.82	5.13	29.34	7.82	—	3.82	7,264

(D) 燒 成 炭

揮發分	固定炭素	灰分	灰 分 百 分 中						發熱量 cal
			SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	
38.68	51.84	9.48	51.48	7.70	29.84	3.32	1.20	2.17	7,340
40.06	47.73	12.21	54.04	4.62	29.41	7.37	2.20	—	—

第 3 表 作業温度及ガス成分

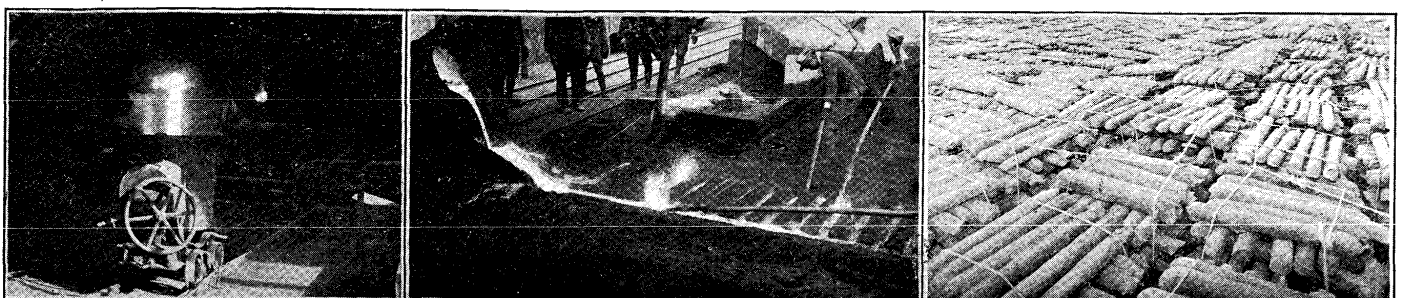
爐入口温度 °C	爐内温度 °C	出銑温度 °C	ガス成分			備 考
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	
723	—	—	17.2	0.1	11.6	54回平均
756	—	—	17.6	0.2	10.8	158回平均
765	—	—	20.6	0.1	9.8	19回平均
774	1,417	1,411	18.0	0.3	10.6	117回平均
837	1,441	1,424	17.9	0.2	10.1	87回平均
580	—	—	15.9	0.1	9.5	42回平均
687	—	—	19.7	0.1	11.1	22回平均

爐入口温度と云ふのは回轉爐の原料裝入口附近に熱電對を挿入して測定した温度であつて、爐の大小長短に依て異なるけれども大體 700°C 内外として居る。次の爐内温度と云うのは爐の出銑口より奥の爐内最高温度部に相當する位置に存在する材料の温度を示す。之は爐前フードの覗孔を通して光學高温計を以て測定した温度であつて、大

第 8 圖 出銑中の狀況

第 9 圖 鑄銑作業の狀況

第 10 圖 製品銑鐵



體 1, 450°C 内外を狙て作業をして居る。又出銑温度と云うのは出銑孔を通して爐外に流出する熔銑の温度にして、爐内温度よりも幾分低くなつて居る。次のガス成分は回轉爐原料裝入口附近より採取した爐内ガスの成分であつて、大體 CO 10% 内外の所を標準として作業をして居る。

第 8 圖は大阪工場に於ける出銑中の状況を示し、第 9 圖は同じく鑄銑作業の状況を、第 10 圖は製品銑鐵を示す。

以上の如き作業状態のもとに製鍊した銑鐵の成分は第 4 表に其一班を示す。

第 4 表 3 社の試験 銑鐵の成分 (例)

C	Si	Mn	P	S	Cu	C	Si	Mn	P	S	Cu
3.80	0.04	0.08	0.012	0.013	1.180	4.80	—	—	0.074	0.014	—
3.96	0.05	0.08	0.030	0.024	0.780	4.18	0.03	0.06	0.030	0.006	0.504
4.18	0.05	0.04	0.054	0.018	0.890	4.29	0.02	0.03	0.024	0.009	0.654
4.20	0.04	0.10	0.078	0.003	1.400	4.50	0.07	0.06	0.028	0.007	0.581
4.34	0.05	0.09	0.079	0.009	1.135	4.55	0.08	0.08	0.034	0.004	0.617
4.37	0.03	0.11	0.129	0.026	1.260	4.55	0.10	0.03	0.028	0.005	0.745
4.56	0.04	0.07	0.138	0.003	1.030	4.75	0.07	0.05	0.018	0.014	0.760
4.60	0.06	0.08	0.150	0.003	0.830	4.24	0.07	0.13	0.108	0.010	0.260
4.70	0.08	0.13	0.138	0.003	0.940	4.43	0.02	0.11	0.146	0.013	1.130
4.83	0.04	0.10	0.198	0.003	0.830	4.55	0.02	0.10	0.224	0.012	1.030
4.35	0.16	0.06	0.120	0.005	1.366	4.58	0.21	0.11	0.351	0.008	0.520
4.24	—	—	0.031	0.014	—	4.71	0.09	0.13	0.189	0.014	0.990
4.27	—	—	0.034	0.014	—	4.53	0.07	0.16	0.216	0.014	1.080

(参 考)

	C	Si	Mn	P	S	Cu
八幡山銑	4.01	0.84	1.89	0.537	0.047	0.181
鞍山銑	4.04	2.50	0.52	0.187	0.023	0.010
兼二浦低磷 1 號銑	3.0~3.8	1.0~2.5	0.3~0.8	0.029	0.015	0.030
本溪湖低磷 1 號銑	3.0 <	1.0 <	0.5 <	0.025 >	0.015 >	tr
大暮木炭銑	4.60	1.33	0.37	0.250	0.007	0.003
瑞典銑	4.25	0.84	0.29	0.024	0.011	0.007

即ち炭素は何れも高くその大部分は 4% 以上となつて居る。然し珪素は何れも極めて低いのであつて、これは回轉爐によるバツセー式製鍊の一つの特徴である。Mn も極めて低く、又磷は低いものもあり相當高いものもあつて可成り不同であるがこの低いものは所謂低磷銑の部類と考へて差支はない。

次に硫黄であるが之は極度に低い。使用原料鑛石中に 2% 内外も含んでゐるものを使用しながらこの様に硫黄の低い銑鐵の出來ることは他の製鍊方法では決して望めないことであつて、之亦回轉爐製銑法の著しい特徴と言はねば

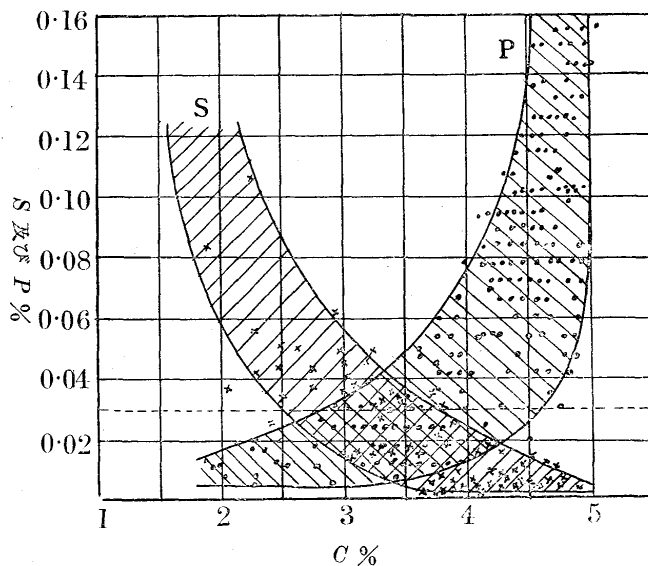
ならぬ。

次は銅であるが之は原料鑛石に偶々銅の高い紫鑛を使用した為に入ってきたものであつて、銅の低い原料を使用するならば銅の低い銑鐵の得られることは申す迄もない。

第 11 圖は製品銑鐵中の炭素と硫黄及磷の關係を圖示したものである。

硫黄の方は炭素の上から従て次第に低下の傾向を示して居るが、磷は之と反對に高くなつて居る。尙圖中破線で示したのが磷 0.03% に相等する所であるから之れ以下ならば低磷銑と考へて宜い譯である。

第 11 圖 銑鐵中の C と S 及 P の關係



第 12, 13, 14, 15 圖は各社で製造せられた銑鐵の内部組織の一斑を示す。

次にクリンカー (燒塊) に就ては第 5 表に示す通りである。

本表中分離鐵粒と云ふのはクリンカー中の尙鐵粒が残て居るため、このクリンカーを粉碎して鐵粒のみを磁石で選り別けた割合を示して居る。即ち今迄の製銑試験に依て造られたクリンカー中には尙少ないもので 9%, 多いもので 25% 近い鐵粒が混在して居る譯であつて、これが多けれ

第 12 圖

秩父製型銑中心部

第 13 圖

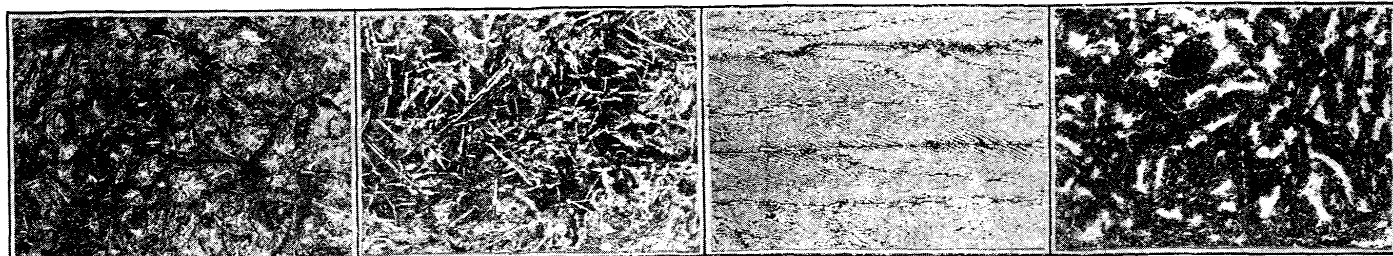
大阪製 (A) 型銑中心部

第 14 圖

大阪製 (B) 型銑白銑部

第 15 圖

淺野製型銑中心部





第5表 3社の試験 燒塊の成分及物理的性質 (例)

分離粒 (%)	化學成分						凝結時間		安定度	抗張力 kg/cm <sup>2</sup>			耐壓力 kg/cm <sup>2</sup>			
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	始發	終結		煮沸	3日	7日	28日	3日	7日	28日
(日本規格)							1°以下	2°以下	3°以上	10°以上						
9.1	20.77	7.52	5.71	61.00	1.91	2.29	3°15'	4°46'	安定	25	29	38	269	365	465	
10.3	20.00	7.80	7.65	61.90	1.79	1.55	3°28'	5°13'	〃	23	31	36	279	375	493	
10.4	19.66	6.21	8.93	63.24	1.36	2.82	3°52'	5°29'	〃	27	27	33	318	446	543	
10.8	20.59	7.83	6.58	62.28	1.79	2.40	4°06'	5°56'	〃	21	25	36	211	280	396	
11.2	19.88	7.97	6.14	63.20	1.83	1.79	3°20'	4°52'	〃	28	29	36	309	396	495	
12.9	20.23	8.69	6.38	61.40	1.78	2.50	3°26'	5°01'	〃	24	29	38	289	379	488	
14.7	19.07	8.74	5.68	64.65	1.94	3.02	4°09'	5°29'	〃	28	29	35	311	374	485	
16.7	19.25	12.23	3.69	62.85	1.46	3.48	2°52'	4°21'	〃	27	27	35	314	388	477	
20.2	19.84	8.36	8.08	62.00	1.67	4.74	2°20'	3°46'	〃	23	25	33	259	329	428	
24.9	20.33	8.57	9.04	60.80	1.72	2.47	4°04'	5°47'	〃	22	25	35	233	317	438	
	21.42	7.13	6.27	60.41	1.44	1.32	3°42'	5°23'	〃	24	26	33	291	362	456	
	22.28	10.23	5.54	58.97	1.41	2.50										
	21.80	7.40	6.54	60.70	1.31	2.40										
	22.10	7.58	4.53	60.15	1.44	2.38										
	16.63	7.94	10.19	61.07	—	0.05	1°36'	2°34'	〃	26	28	35	324	390	446	
	19.79	8.25	3.96	65.96	—	0.08										
	19.97	8.25	3.42	59.28	—	0.10										
ポルトランドセメント昭和8年日本平均	22.01	5.67	3.04	65.03	1.57	1.22	—	—	—	30	32	36	356	449	512	

ば多い程型銃としての歩留が低下することになる。故にこの鐵粒を出来るだけ少なくする様只今鋭意研究中であるがこの點は近く解決出来る見込がたつて居る。

この表にある化學成分と云ふのは鐵粒を充分分離した後のクリンカーの成分即ち副生セメントの成分である。大體に於て普通のポルトランドセメントの成分に近いものであるが鐵分の多い事と硫黄の少々多い事が異なる點である。この中硫黄の多いのは原料鐵鑛中に硫黄の尙相當残て居る硫化鐵鑛燒滓の如きものを使用した為に入て來たのであつて原料に硫黄の少ないものを使用するならばこれよりも下ることは勿論である。

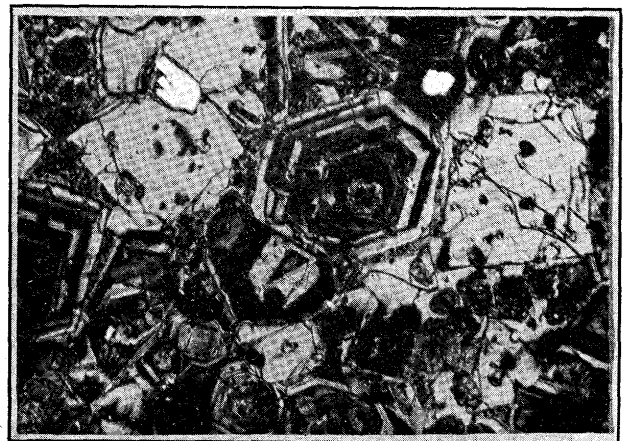
其他セメントとしての各種試験結果はこの表に示した通りであつて強度其他何れも日本規格以上の成績を示して居る。

然しそれを専門に製造された吾國のポルトランドセメントは其質に於て世界一であると云ふ事であつて、それに比べると只今の所では其強度に於て尙多少の遜色がある様である。

第16圖はクリンカーの顯微鏡組織を示す(秩父工場製)製銃作業前後に於ける回轉爐内の模様は第17圖に示す。

各社に依て爐の大きさ等も夫々異て居るため之に應じてダムリング煉瓦積の高さも夫々加減し、小さい爐では200mm 大きな爐では400mm 程度として居る。又出銃口の大きさも同様45~80mm と各種である。尙この出銃口の數も1圓周に對し1箇では不足する場合がある為、大きな爐で

第16圖 燒塊



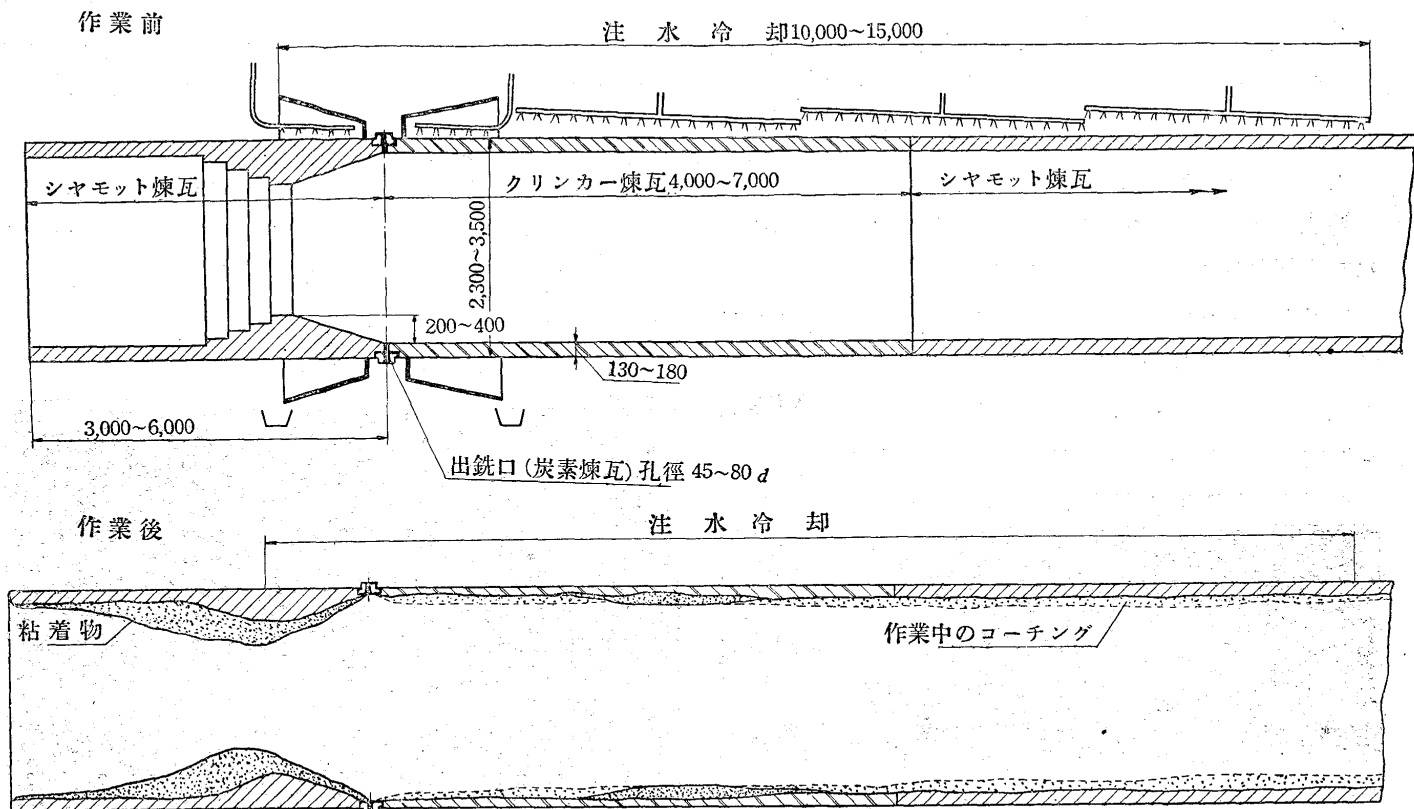
は2箇開けて居る。出銃口より奥の爐内高温部は前述の如く主としてクリンカー煉瓦を使用してゐるが、これを巻く範圍も爐の大小に依て4~7m と色々異て居る。尙高温部爐内煉瓦を保護するため爐の外部より注水冷却をすることは、八幡の試験に於て述べたと同様である。

斯くの如く爐内外の準備が充分出來たならば愈々作業を始めるのであるが、作業の始めには直ちに製鐵原料を装入することなく暫時セメント原料を装入して爐内煉瓦の表面に石灰質の燒付コーティングを造り都合よく煉瓦の表面を保護することが必要である。斯く爐内煉瓦の表面に都合よくコーティングが出來且つ爐内の熱の充分上昇した頃を見計らつて製銃原料を装入して製銃作業に移るのである。

作業狀況の順調なる限り製銃作業は連續して行ふのであるが、只今の所では尙充分作業に馴れない為機械的の故障



第 17 圖 製鉄作業前後に於ける爐内狀況



多く且つ煉瓦の侵蝕、其他色々の理由であり長期の連続作業は行てゐない。然し試験回数を重ねるに従て次第に作業に熟練し、機械的の故障も少くなり段々と長期連続作業をなし得る傾向にある。

試験当初にはこの出鉄口手前の(第 17 圖下圖参照)粘着物が直ちに成長して數日を出でずして作業に堪へなくなったのであるが、近頃では作業に熟練したと同時にこの粘着物を掻き落す機械的装置を種々工夫して現在に於てはこの粘着物の成長に原因して作業を中止することは全くなくなったのである。

出鉄口より奥の高温部の煉瓦は都合よく焼付けられたコーチングによつて保護されることが最も必要であることは前述の通りであるが、作業に熟練せず爐況が不安定であるところのコーチングが禿落し易くなる。禿落して煉瓦の表面がむき出しになると其の部分の煉瓦の侵蝕擦減が甚だしく、聽て作業に堪へなくなるのであるから、この邊の所を充分呑み込んで作業に熟練し安定した良好なる爐況を狂はずことなくどこまでも繼續して行くことが長期連続作業の要諦である。

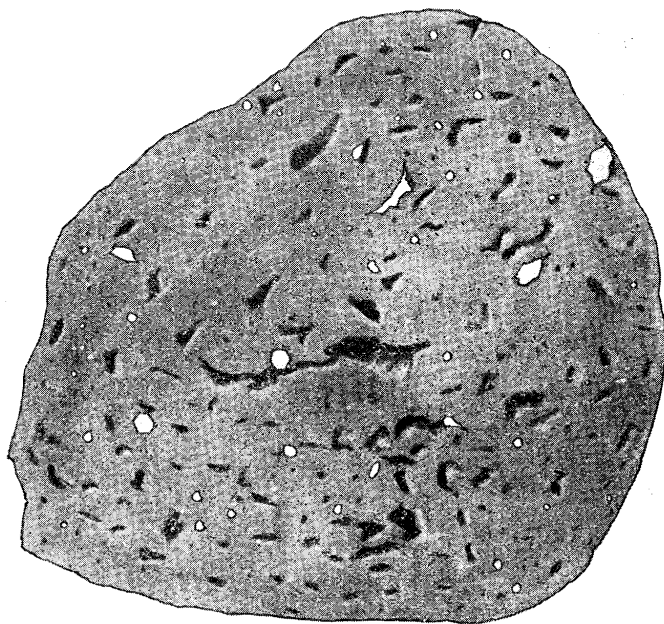
#### IV 製品に就ての考察

今迄の製鉄試験に於て製造せられたクリンカー中には尙相當多量の鐵粒が残留して居ることは既に述べた所であ

る。

この鐵粒が如何なる状態でクリンカー中に存在して居るかを多數のクリンカーを切斷して研究した。第 18 圖はこの鐵粒の残留状態を圖示したものである。

第 18 圖 燒塊切斷圖 (燒塊直徑約 20mm)



白色部:鐵粒 鼠色部:燒塊地質 黑色部:空隙

即ち鐵粒の形を見ると粗い粒程アングユラーな形を持ち之に反して微粒程完全なる球狀を保て居る。このアングユ

ラーな形を持つことは爐内で完全に熔融しなかつた事を示すもので、それ自身炭素の吸収が少く従て熔融點の高いものであると考へられる。之に反して微粒は同じ爐内温度に於て充分熔融し表面張力に依て完全なる球状として存在して居る。即ち炭素吸収が充分であると考へられる。

第 19 圖はクリンカー中の粗鐵粒の組織を示し第 20 圖は同じく微小鐵粒の組織を示す。

換言すればクリンカー中の鐵粒は炭素の低いものが比較的粗粒として存在して居るが、炭素吸収の充分なるものは微粒を残すのみでクリンカーとよく分離して居ることを示して居る、故にこれ等の鐵粒をクリンカー中に残留せしめ

第 19 圖 燒塊中の粗鐵粒 第 20 圖 燒塊中の微小鐵粒



ぬ爲には炭素の吸収を萬遍に行はせることが必要である。

クリンカーを適當に粉碎し磁氣選別機にかけて分離した鐵粒の分析結果は第 6 表に示して居る。

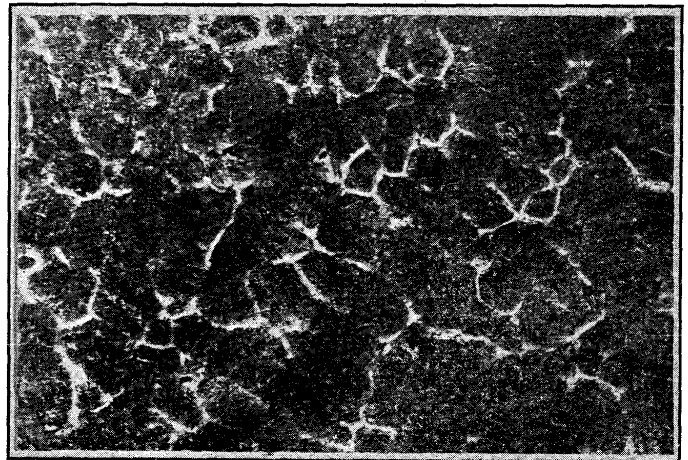
第 6 表 鐵粒成分

粒 度 (mesh)	重量 割合 %	再磁選別 %		A 成 分 %						
		④磁 性分	⑤非磁 性分	C	Si	Mn	P	S	Cu	
平均 (-5)	100	97.7	2.3	0.99	0.56	0.08	0.023	0.232	0.987	
粗粒 (5-10)	36.8	99.2	0.8	0.49	0.58	0.18	0.016	0.198	1.051	
中粒 (10-20)	37.8	96.7	3.3	0.88	0.61	0.08	0.023	0.246	0.937	
微粒 (-20)	25.4	94.5	5.5	1.88	0.85	0.10	0.039	0.326	0.937	
		電氣爐熔 解%		B 成 分 %						
		⑥鋼 塊	⑦スラ ッグ							
平均 (-5)	100	86.4	13.6	0.76	0.03	0.03	0.025	0.080	1.004	
粗粒 (5-10)	36.8	89.2	10.8	0.58	0.03	0.03	0.020	0.066	1.000	
中粒 (10-20)	37.8	86.1	13.9	0.83	0.03	0.03	0.026	0.056	1.004	
微粒 (-20)	25.4	75.9	24.1	1.34	0.10	0.03	0.042	0.071	1.004	

分離鐵粒は全體として 5 メッシ以下程度の大さであつて炭素は約 1% であるが之を篩別けて 5~10 メッシの粗粒、10~20 メッシの中粒及び 20 メッシ以下の微粒の 3 種に區別して夫々分析すると、粗粒が最も炭素低く約 0.5%、中粒が約 0.9%、微粒が約 1.9%、となり粗粒程炭素低く前述の顯微鏡的觀察の結果とよく一致して居る。(この分析に於て珪素及硫黄が特に高くなつて居るのは、この鐵粒には尙 10~20% の鑛滓即ちクリンカーが附着して居りこの鑛滓中の珪酸が珪素として分析せられ、同じく硫黄も又鐵粒中のものと一體として分析せられたが爲である)。

次に之等の鐵粒を集め電氣爐にて溶解した結果は同様の表に示して居る。即ちこれ等の鐵粒を溶解すると附着鑛滓が溶解分離して何れも 10% 以上を示して居る。斯くの如く鑛滓を完全に分離したものは可なり立派な鋼塊が得られる。鐵粒中の微小なるものは鑛滓も多い爲之は再び爐にくり返して使用するのであるが、粒の粗い鐵粒はそれ自身相當利用の途があることは勿論である。第 21 圖は鐵粒を電氣爐溶解して得た鋼塊の組織を示して居る。

第 21 圖 鐵粒鋼塊



今迄の試験に於ては偶々銅の多い紫鑛を原料として使用した關係上、製品鉄鐵中に銅が高くなつたのであるが、銅の低い原料を使用すれば銅の低い鉄鐵が得られることは勿論である。然し吾國の硫化鐵鑛は何れも多少銅を含んで居

第 7 表 含 銅 鋼

含銅鋼鑄物 (Ford) (Foundry Tr. J. 1938 385)

化學成分 %							熱 處 理	抗張力 kgf mm <sup>2</sup>	降伏點 kgf mm <sup>2</sup>	伸 率 %	ブリネ ル硬度	用 途
C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo							
1.5	1.0	0.8	2.0	—	0.2	A	60	49	7	210	ブレーキ ドラム	
1.5	1.0	0.7	2.0	0.5	—	B	76	65	2	290	クラック シャフト	
1.5	1.1	0.8	3.0	—	—	B	65	49	5	220	ピストン	

A. 900°C 30 分, 790°C 迄急冷. 725°C 迄 2.5 hr にて冷却以後空冷  
B. 900°C 20 分, 650°C 迄空冷. 750°C 再加熱 1 hr 保持 540°C 迄 1 hr にて冷却以後急冷。

含銅合金鋼 (Foundry Tr. J. 1938. 385)

化 學 成 分 %							用 途
C	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	W	
1.30	0.45	0.4	1.75	3.0	—	16.0	自動車 バルブシート 耐蝕耐熱鋼(主として石油工業) 耐蝕耐熱
0.20	0.50	0.6	1.00	5.0	—	—	
0.12	0.40	0.3	1.00	18.0	—	—	〃
0.15	0.50	0.6	2.00	18.0	8.0	—	〃
0.12	0.20	0.5	1.00	14.0	—	—	〃
0.30	0.30	0.5	1.00	20.0	—	—	〃
0.10	0.20	5.0	3.00	18.0	8.0	—	〃
0.07	0.40	9.0	1.00	18.0	—	—	〃

含銅高級鋼材 (獨逸) (Stahl u. E. 1938 1,053)

工場	特許請求合金範圍 %					
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo
	01 02	04 08 12	04 08 02 16	04 08 12	02 04	04 08
Verenigte Stahl Werke A.G.	■	■	■	■	■	■
Mitteldeutsche Stahl Werke A.G.	■	■	■	■	■	■
Gutehoffnungshütte A.G.	■	■	■	■	■	■
Fried Krupp A.G.	■	■	■	■	■	■
Mitteldeutsche Stahl Werke A.G.	■	■	■	■	■	■

るのであるから、國産の紫鑛(硫化鐵鑛燒滓)を原料として使用する限り多少とも鉄鐵中に銅分が高くなってくる。

第7表は特に銅の高い鋼が使用されて居る實際の例を示したものである。

この中の含銅鋼鑛物といふのは近來フォードの自動車工場に於て自動車の部分品に盛んに使用されてゐるものであつて銅を特に2~3%入れた鋼鑛物である。これは抗張力が高い上に降伏點が極めて高く、其上鑛物が極めて造り易いと云う種々の長所を持つて居る<sup>3)</sup>。

次が銅を1%以上とクロムを澤山含んでゐる合金鋼であるが、この種類のもは特に耐蝕、耐熱性である關係上最も多く化學工業方面に使用せられて居る。<sup>4)</sup>

その次が銅を0.8%内外を含む含銅低級合金の高級鋼材であつて獨逸の代表的な大きな製鋼所に於て製造せられて居る<sup>5)</sup>。

即ち上表には其一斑を示したに過ぎないけれども鋼中に銅を多少合金させることに依て色々鋼に良い特徴を與へるものであるから、これらの種々の點を考慮して高銅鉄の適性用途を充分研究する必要がある。

次に鉄鐵の良否を判定する一つの目安として含有窒素量を測定し第8表に其測定値を示す。

鉄鐵にはこの中の可溶窒素が最も影響が大きいのであつて、

<sup>3)</sup> W. B. Sallitt: Foundry Tr. J. 58 (1933) 385  
<sup>5)</sup> P. Hoff: St. u. E. 58 (1938) 1,053

順調なる爐況に依て製造せられたる回轉爐鉄は何れもこの可溶窒素は0.002%以下である。然るに同じ回轉爐鉄でも爐況が順調でない場合即ち出鉄狀況が順調でない場合にはこの値が高く出て居る。

他の製鉄法に依て製造せられた鉄鐵中の可溶窒素の値は同じくこの表に示した通りであつて木炭鉄及びスエーデン鉄以外の鉄鐵は何れも順調なる回轉爐鉄のそれよりも可溶窒素は高い。即ち順調なる爐況に依て製造せられた回轉爐鉄は丁度木炭鉄或はスエーデン鉄と同等級のものと考えられるのであつて、普通の熔鑛爐鉄の如きものよりは可なり良好なものであろう事は想像に難くないのである。

### V 回轉爐製鉄法の將來性

今迄の製鉄試験に於ては主として紫鑛を使用したのであるが、之は比較的入手が容易であつたが爲に差し當り之を使用したにすぎない。決して紫鑛に限た事は毛頭ない。然し吾國に於てはこの紫鑛(硫化鐵鑛燒滓)が化學工業の副産物として可なり多量に生産されるものであるが、其中には隨分品位の低いものや回収の出來難いものもあるため先づ全體の半分位が回轉爐製鉄原料として利用可能ではないかと考へられる。吾國のこれ等紫鑛は大體に於て銅が高いのであるが中には銅の低いものもある爲、銅の高いものは高いものばかりを集めて製鍊し、銅の低いものはそのみを集めて製鍊する様にすべきであつて、この高銅鉄は高銅の特徴を充分に活かす方向に極力利用し低銅鉄、低磷鉄

第8表 鉄鐵中の窒素

鉄鐵種類	C	Si	Mn	P	S	Cu	N <sub>2</sub> %		
							可溶	殘滓	全量
回轉爐鉄	4.42	0.09	0.11	0.069	0.009	—	0.0018	0.0005	0.0023
	4.43	0.07	0.14	0.090	0.008	—	0.0016	0.0010	0.0026
	4.27	0.17	0.14	0.120	0.009	—	0.0016	0.0030	0.0046
	4.48	0.09	0.14	0.058	0.007	—	0.0019	0.0011	0.0030
	4.00	0.06	0.11	0.095	0.005	—	0.0016~18	0.0019~22	—
出鉄順調ならざる場合	4.38	0.24	0.06	0.021	0.015	—	0.0011	0.0003	0.0014
	4.00	0.06	0.07	0.016	0.019	—	0.0012	0.0005	0.0017
	4.14	0.11	0.18	0.250	0.012	—	0.0022	0.0016	0.0038
	3.75	0.04	0.07	0.074	0.115	—	0.0042	0.0002	0.0044
八幡鹽基性鉄	3.69	1.31	1.26	0.30	0.043	—	0.0029	0.0029	0.0058
	3.90	0.76	2.69	0.25	0.018	—	0.0024	0.0034	0.0058
兼二浦山酸性鉄	3.66	0.57	0.42	0.11	0.028	—	0.0030~32	0.0011~13	0.0041~45
	3.59	0.69	0.31	0.19	0.184	—	0.0050	0.0015	0.0065
安來木炭鉄	3.75	0.20	0.15	0.15	0.020	—	0.0010~13	0.0032~37	0.0042~47
大暮木炭鉄	4.00	0.40	0.15	0.14	0.020	—	0.0014	0.0040	0.0054
	4.11	0.05	0.11	0.11	0.012	—	0.0021	0.0003	0.0024
朝鮮再生木炭鉄	3.50	0.60	0.20	0.14	0.030	—	0.0050	0.0050	0.0100
スエーデン鉄	3.76	0.86	0.31	0.027	0.010	—	0.0018	0.0008	0.0026
印度バーン鉄	3.64	2.11	1.30	0.200	0.029	—	0.0034	0.0053	0.0087
マイソール鉄	4.00	0.80	0.60	0.110	0.010	—	0.0023	0.0015	0.0038

其他特に低硫、低珪素等の特徴を夫々極力活かし、或は又木炭銑類似の性質等の特性を充分發揮する方向に利用すると云う事が本法の將來に對して極めて重要な事である。

紫銑のみならず一般粉銑も勿論使用出来るのであるが、特にアルミナの高い銑石はクリンカーの性質其他に對し種々の影響を及ぼすものであるからその使用に當ては原料の配合其他に就て充分考慮を拂ふ必要がある。

其他砂鐵の如きもの、又は南洋方面其他の特殊成分を含む粉銑を本法で製鍊すれば夫々特徴ある成分を有する銑鐵が生産されるのであつて、これ等の點は吾國の鐵原料問題と關聯して極めて重要且つ興味あることと言はねばならぬ。

尙この方法で使用する還元劑或は燃料は何れも粉でよいのであり、且つ硫黃の多少高い事は差支がないのであるから、熔銑爐製鍊に於て要求する如き強粘結性の石炭其他嚴格な規定の必要は無い爲、吾國の燃料問題に對しても洵に好都合と言はねばならぬ。

次に副生セメントに就ても種々の問題があるが之は夫々専門の方に一任して製鐵の側から見た經濟問題に就て一寸觸れて置かう。

生産費其他詳しいことに就てはこゝに發表する自由を持たないが、然し今日迄の所では普通の熔銑爐製鍊の場合よりもずっと割高になつて居ることは事實であつて、將來は次第に低下はするが當分は熔銑爐銑よりも割高であると云

う傾向は同じであらうと考へられる。

故に本製銑法では行く行くは特殊銑を目標として其品質を向上せしむると共に、他方作業に充分の熟練と改善とを積み以て生産費を低下せしめる。この兩者相俟て經濟上の問題も自然解決されることと信ずる。

## VI 結 論

現在引續き試験中であつて尙これから解決せねばならぬ問題が多數残て居るのであるが大體の結論を述べると次の如くである。

1. 裝置上の不備の點は1日も早く設備し本製銑法試験の完全なる成果を收めること。
2. 回轉爐製銑鐵の特殊性を極力研究利用すること。
3. 現在セメント工場に於ける多數の遊休回轉爐を漸次活用し吾國現下の最も不足資材である銑鐵の増産を期すること。

終りに望み本製銑法試験に當り直接に絶大なる御援助と御協力を下さつた商工省當局、科學審議會委員日鐵鶴瀨技師長、日鐵本社景山常務、同井村技術部長、秋父會社大友社長、同小柳技師長、大阪窯業會社臼杵專務、同松島課長、淺野會社加藤支配人、日立 宮下技師の諸氏竝に酒井滿三郎、永沼行雄の兩君に對し深甚の謝意を表す。(終り)

## 熔鋼脱酸の檢定方法に就て

(日本鐵鋼協會第 19 回講演大會講演昭和 13 年 10 月)

梅澤光三郎\*

ON SOME MEASURING METHODS FOR DETECTING OXYGEN IN MOLTEN STEEL.

M. Umezawa.

**SYNOPSIS:**—In the present paper, the author proposes some useful methods for detecting oxygen in molten steels. The methods are based on the following computations.

- 1) The change of oxygen in molten steel of acid open-hearth melt may be known by the change of  $CaO\%$  in the slag.
- 2) The change of oxygen in molten steel may be calculated by the change of deoxidizing elements, such as  $C$ ,  $Si$  and  $Mn$ .
- 3) Accurate computation for the boundary conditions such as oxygen before deoxidation, oxidation by flame and bed, amount of oxygen in solidified steels, etc.

前報告に於て著者は化學平衡に關する新説を紹介した。本報告はその續報で、讀者にはその前報告の觀念を先づ以

て準備せられんことを希望する次第である。熔鋼脱酸の檢定方法とは、要するに講演大要に示した如く熔鋼の  $C$ ,  $Si$  及  $Mn$  は酸化物としてのみ鋼より出入出来ることより計算

\* 神戸製鋼所