

鐵 と 鋼 第二十五年 第七號

昭和十四年七月二十五日發行

論 說

歐洲に於ける熔鑛爐の酸性操業に就て

(昭和 14 年 2 月 28 日 日本鐵鋼協會講演會)

嘉 村 平 八*

THE ACID SMELTING OF THE BLAST FURNACE IN EUROPE.

Heihati Kamura, Dr. Eng.

SYNOPSIS :—In this paper, the recent development of acid smelting of the blast furnace is discussed. The working results with acid slag at the Corby Works in England and the Gutehoffnungshütte in Germany are briefly described.

In the Corby works, it has been previously very difficult to smelt Northamptonshire ore for the manufacture of basic pig iron for steel making purposes, on account of the high proportion of alumina to silica. The difficulties encountered with high alumina slag has been successfully overcome with the basicity ratio of about 0.93 in the slag, which is the ratio of lime to silica for obtaining a minimum melting point and a minimum viscosity.

In the Gutehoffnungshütte, the idea is to reduce the amount of slag produced and the quantity of coke consumed in the smelting of low grade German ore for the production of basic bessemer pig iron with acid slag which has the basicity ratio 0.8.

It is an unsuitable and inefficient method for the elimination of sulphur, and no attention is paid to the sulphur content of the pig iron. The sulphur is removed by subsequent treatment with soda.

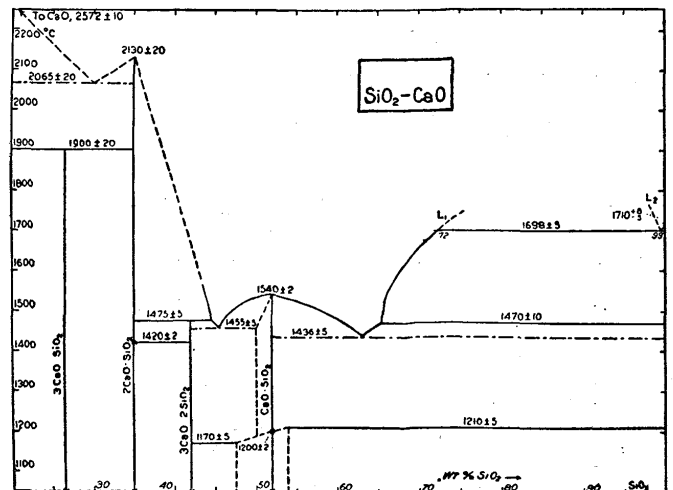
I 熔鑛爐の酸性操業法

熔鑛爐で銑鐵の製造を行ふ場合に酸性の鑛滓で操業する事は周知の如く決して新しい問題ではない。熔鑛爐操業の發達の歴史を考へると明かな事で、昔木炭を燃料として操業して居た際には總て酸性鑛滓に依て操業し、現今でも木炭熔鑛爐では $CaO/SiO_2 = 0.6 \sim 0.65$ なる酸性鑛滓で製鍊作業を行て居る。然るに熔鑛爐の燃料としてコークスを使用するに至りコークス中に含まるゝ多量の硫黄分を鑛滓中に除去する必要を生じコークス熔鑛爐では鹽基性鑛滓で操業する様になつた。

CaO と SiO_2 の二つを主成分とする鑛滓では第1圖に示す此の二成分系の状態圖から見て明かなるが如く熔融點の低い所が二ヶ所ある、一つは SiO_2 と $CaO \cdot SiO_2$ Calcium bisilicate の共晶點に相當する SiO_2 65%, CaO 35%

の組成のもので他の一つは $CaO \cdot SiO_2$ と $2CaO \cdot SiO_2$ Calcium orthosilicate の共晶點即ち SiO_2 約 45%, CaO 約 55% の組成のものである。木炭熔鑛爐では前者コークス熔鑛爐では後者の成分に近い鑛滓を作って普通操業して居る。唯是等の場合に注意すべきは熔融點の低下す

第 1 圖



* 明治専門學校教授

る曲線が前者では極めて緩慢であるが後者では非常に急峻なる爲め其の成分の僅かな變化で鑛滓の熔融點に著しい相違を來すので鹽基性鑛滓で操業する場合には鑛滓の成分の僅かな變化が操業上に著しい影響を來す事になる事である。

最近試みられてゐる酸性操業法とは CaO/SiO_2 の比が 1.0 以下に相當する SiO_2 の高い、熔融點の低い鑛滓を作て製鍊を行はんとする方法であるが酸性鑛滓で操業すると銑鐵の脱硫を完全に行ふ事が出來ないので第二段の方法で脱硫作業を行はんとするのである。英國では Brassert 會社が此の方法を提唱し、獨逸では Paschke と Peetz が初めて唱へ出して居る。此の脱硫の方法たるや曹達に依て銑鐵中の硫黄を除く方法は以前から米國では鑄物作業で熔銑爐に於ける銑鐵の脱硫に應用せられ又製鋼の際にマンガンを使用して硫黄を除く方法は廣く一般に行はれて居る。

即ち現今試みられて居る熔鑛爐の酸性操業法とは木炭熔鑛爐に於けるが如き SiO_2 の高い酸性鑛滓で銑鐵を製造し脱硫は爐外に於て曹達を使用して行はんとするものである。

II Corby 製鐵所に於ける酸性操業

(1) Northamptonshire の鐵鑛床 英國内の最近に於ける銑鐵の產出量並に原料鐵鑛の需給は次の通りである。

年次	銑鐵產出量(t)	國內產出鑛石(t)	輸入鑛石(t)
1935	6,424,100	10,326,600	4,303,000
1936	7,721,400	12,528,500	5,487,000
1937	8,497,000	13,945,000	6,650,000
1938	6,700,000	—	—

即ち年間約 6,000,000t の鑛石が瑞典、西班牙等の諸國から輸入せられ國內産の鑛石は含有鐵分低きが故に含有鐵分から言へば 1/3 以上が輸入鑛石に依て供給せられて居る状態である。英國内に於ける低品位の鐵鑛の埋藏量は 3,000,000,000t 以上と推定せられ其の約 5 割は Northampton 州にあり、残りの 5 割が Lincoln 州、Oxford 州又は Kent 其他の地方に散在する。Northampton 州の鑛床で Corby 製鐵所を經營せる Stewart Lloyds 會社の所有に屬する鑛區内の埋藏量は 500,000,000t と稱せられ鑛床は厚さ 8~10ft にして僅かに上方數尺より 50 尺に及べる表土の下に存するが故に採掘極めて容易にして全部露天掘にて採掘せられ 1t の採鑛費は僅かに 1 志に過ぎず鑛石は Carbonaceous iron 又は褐鐵鑛にして佛蘭西のミネット鑛石に類似し其の代表的の成分を擧ぐれば次の如し

第 1 表 鑛石分析表

種類	Moisture	Fe	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn	P	S	Ig. loss
Carbonaceous ore	11.65	32.27	8.92	6.56	5.71	1.50	0.20	0.69	0.18	16.72
"	13.00	31.4	7.55	6.00	13.60	—	—	0.66	0.37	—
Limonite	15.00	35.52	11.02	7.35	1.26	0.77	0.20	0.80	0.04	12.11
"	13.00	33.2	10.5	7.4	3.5	—	—	0.65	0.05	—

而して同地北方 80 哩以内には York 州の揮發分高き粘結性炭と南西 120 哩を隔てたる South Wales に揮發分低き粘結性炭を産し製鐵所の位置として極めて地の利を得てゐる。

(2) Corby 製鐵所の概要 製鐵工場の位置は倫敦の北方 95 哩にあり西南より東北に走る Northampton 州鐵鑛床の東北の支脈に當り 160~180t の熔鑛爐 3 基を備へ珪素の含有高き鑄物用銑鐵の製造を行へり。此の地方に於ける產出鑛石は上の分析表にて明かなるが如く珪酸に對するアルミナの含有比極めて高く且つ硫黄分高き爲め製鋼用銑鐵製造に不適當なりとし此の莫大なる資源も顧みらるゝに至らざりき。即ち Al_2O_3 の含有高き爲め熔鑛爐作業に於て極めて熔融し難き鑛滓を生成し操業中熔解帶の温度を高からしむるを要し且つ燃料消費量増加し他の種類の鑛石を適當に配合するに非ざれば鑄物用銑鐵の外低珪素、低硫黄の銑鐵の製造は不可能なりと考へられた。然るに上の如き燐の含有高き鑛石を使用し製造すべき製鋼用銑鐵は所謂鹽基性ベッセマー銑に屬し一般に次の如き規格を必要とする。

Si	Mn	P	S
0.25~0.35	1.0~1.75	2.00	0.07~0.08

大陸地方に於て行はるゝ鹽基性ベッセマー銑の製造に於ける操業より考へ斯かる原料鑛石を使用し以上の如き規格の鹽基性ベッセマー銑の製造は極めて難事とせられた。

本製鐵所に於て 1933 年現在の新熔鑛爐に於ける操業法採用前に於ては約 60% の鑄物用銑と 40% の鹽基性銑鐵の製造を行ひ其コークス消費量は銑鐵 1t に對し前者に於て 3,120lbs 後者に於て 2,600lbs に及びしが H. A. Brassert 會社の提唱に基き酸性操業法に依り鹽基性銑鐵を製造し鹽基性轉爐に依り大規模に鹽基性ベッセマー鋼の製造を計畫し終に 1932 年熔鑛爐、コークス及副産物工場、ベッセマー製鋼工場、分塊、壓延、鋼管の諸工場の一般計畫を進め 1935 年操業を開始し極めて好成績を収め熔鑛爐に於けるコークス消費率は最近に至り 1t 以下と云ふ結果を示し今迄不可能と思惟せられた同地方の鑛石に依る製鋼用銑鐵の製造が經濟的に確立せり。製鐵所は次の如き設備を有して居る。

熔鑛爐	4 基
1,000t 混銑爐	1 基
30t 鹽基性轉爐	3 基 日產 2,000t

第 3 表 銑鐵分析表

	Si	Mn	S
出銑時の銑鐵	0.91	0.80	0.303
混銑爐に至る銑鐵	0.72	0.73	0.120
混銑爐よりの銑鐵	0.64	0.71	0.091
轉爐に至る銑鐵	—	—	0.072
鋼塊	—	—	0.039

(3) 操業成績 1935 年操業開始以來漸次操業成績は改善せられつゝあるが 1937 年中に於ける銑鐵の成分並に代表的鑛滓の成分を示し酸性操業法を採用せる以前の成績との比較を示せば次の如し。

第 2 表 銑鐵並に鑛滓の分析表

成分	鑄物銑		鹽基性銑		
	舊操業	酸性操業	舊操業	酸性操業	
Si	3.17	3.25	0.55	0.60	
Mn	0.30	0.26	1.42	1.40	
P	1.77	1.80	1.86	2.00	
S	0.020	0.100	0.05	0.13	
鑛滓	SiO ₂	31.0	32.5	30.9	33.6
	Al ₂ O ₃	25.4	28.5	22.1	26.0
	CaO	39.6	34.6	40.0	35.7
	MgO	4.0	4.7	7.0	4.7
	CaS	5.4	5.62	—	—
	S	2.40	2.50	1.42	1.80
Coke Ratio, lbs.	3,170	2,620	2,575	2,425	

酸性操業に依て産出せる銑鐵中の硫黄は非常なる不同あり、0.10~0.50% に及ぶも出銑後取鍋内に於て曹達灰を配合せる脱硫劑に依て處理する時は約 0.06% に低下せしむるを得べし。

出銑後より製鋼爐に入る迄の銑鐵成分の變化を例示せば次の通りである。

最近に於ける成績 前の表に示せる如く 1937 年頃迄

に於ける成績は舊操業時代に比すれば著しき進歩なるも酸性操業と稱しても鑛滓の鹽基度 CaO/SiO_2 は 1.06 位に過ぎないが筆者の調査した 1938 年中の成績に依れば驚く可き進歩を示して居る。

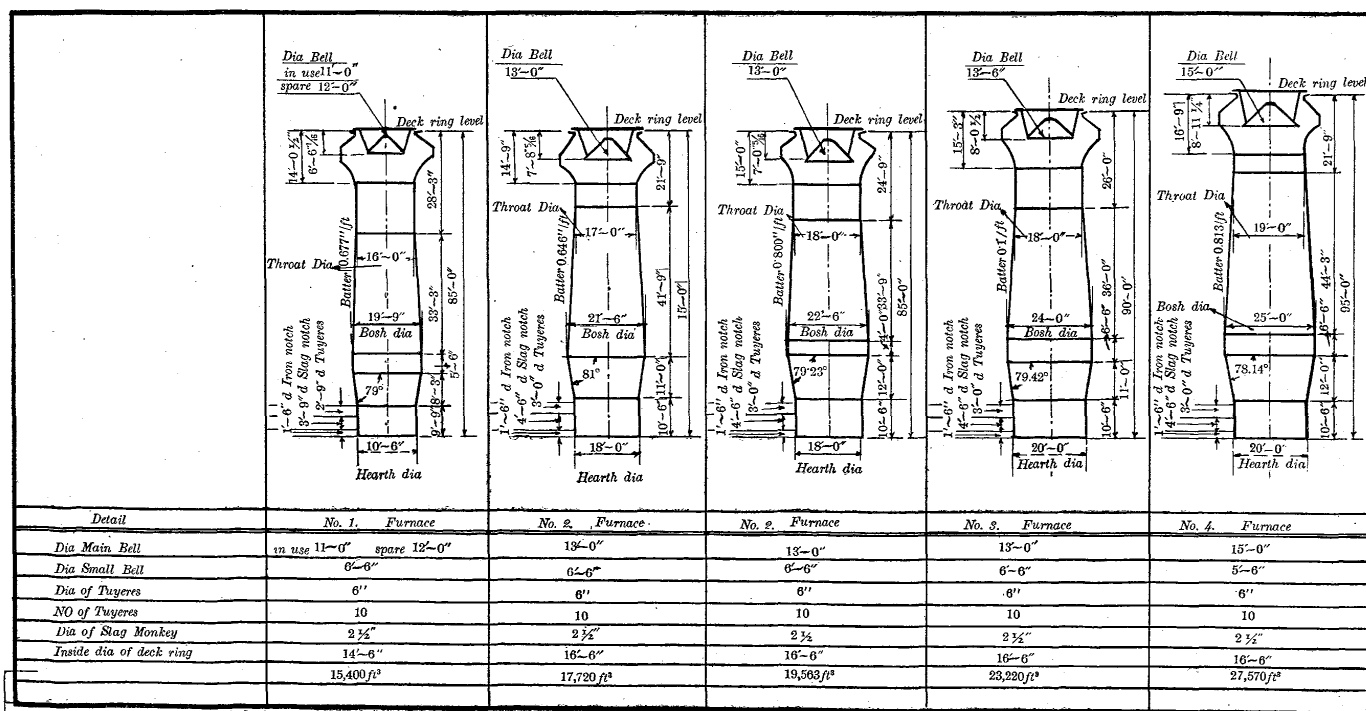
熔鑛爐内形 No.1 より No.4 に至る 4 基の熔鑛爐を有し No.2 は建設後改造を行ひ内形を變へて朝顔並に爐頂の直径を 1ft 増大し朝顔角度を 81° より 79°23' に變更して居る。

第 4 表 熔鑛爐内形

	No.1	No.2	No.3	No.4
装入鐘直径	12'-0"	13'-00"	13'-6"	15'-0"
装入口直径	14'-6"	16'-6"	16'-6"	16'-6"
爐頂直径	16'-0"	18'-0"	18'-0"	19'-0"
朝顔直径	19'-9"	22'-6"	24'-0"	25'-0"
朝顔角度	79°	79°-23'	79°-42'	78°-14'
湯溜直径	16'-6"	18'-0"	20'-0"	20'-0"
高さ	85'-0"	85'-0"	90'-0"	95'-0"
内容積 (Cub.ft.)	15,400	19,563	23,220	27,570

各熔鑛爐の内形は第 2 圖に示す通りである。

第 2 圖



第5表 鑛石分析表

No.	Fe	Mn	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P
1	28'00	0'18	0'11	13'0	5'75	7'0	0'6	—
2	30'00	0'24	—	13'9	3'65	6'43	0'5	—
3	30'00	0'20	0'05	17'0	9'20	2'0	0'45	—
4	27'77	0'38	0'21	12'69	10'16	4'75	2'55	0'54

1938年6月中熔鑛爐の操業成績

第6表 No.4 Furnace 裝入配合

原 料	重量比%	Fe%	裝入量 tons
Small green	25'42	30'79	10,785
Large green	42'29	29'38	17,945
Basic slag	1'79	14'51	760
Soaking pit cinder	0'12	63'80	54
Scale	0'30	70'90	127
Sinter	27'82	42'10	11,805
Manganese ore	0'62	560	263
Scrap	1'62	80'75	695

Gavel	100'00	42,434
Coke		89
Grand total		12,861
		55,384

裝入 コークス

Furnace No.	Becker	Yorks.	Total	Pig Iron output (t)	Coke ratio	Out put per day
2	11,734	26	11,760	11,964	0'98	399
3	13,104	573	13,682	14,082	0'97	469
4	12,753	108	12,861	14,432	0'89	481
	37,591	713	38,303	40,458		

Flue Dust (t)

No.	Dust	catcher	Total
2	1,601	630	2,231
3	2,736	1,077	3,813
4	1,997	787	2,784
Total	6,334	2,494	8,828

Flue Dust 中の炭素量 7'62%

鑛石其他の原料の分析成分を示せば次の通りである。

原 料 分 析

種 類	H ₂ O	C	Fe	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	Loss on Calc.	MnO	S	P
Small green	14'84	—	30'79	8'6	—	5'97	5'56	15'72	—	0'196	0'72
Large green	12'7	—	29'38	7'37	—	5'35	8'16	18'8	—	0'287	0'87
Sinter	—	1'00	42'1	12'9	—	8'67	7'9	—	—	0'197	—
Basic slag	—	10'81	6'73	20'95	—	50'79	—	3'2	—	—	—
Gravel	—	—	9'2	—	6	1'0	—	—	—	—	—
Mill scale	5'7	70'0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Soaking pit cinder	65'3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Unwashed Gravel:

	Moisture	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ &TiO ₂	CaO	MgO	Loss on Ignition
Dried	—	88'48	4'28	1'15	2'00	0'10	2'55
As Recieved	1'6	87'02	4'21	1'13	1'97	0'10	2'51

Manganese Ore:

	Moisture	Mn	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	BaO	TiO ₂	S	P
As Recieved	2'31	50'20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dried	—	51'39	6'20	2'82	1'73	Tr	Tr	0'72	0'08	0'096	0'275

Flue Dust:

	H ₂ O	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	S	C	Loss other than C	MnO
As Recieved	20'0	25'94	9'2	5'68	6'71	0'453	7'84	6'54	0'50
Dried	—	32'0	11'5	7'0	8'28	0'559	9'72	7'98	0'614

Average Slag Analysis:

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	MnO	S	CaO/SiO ₂
33'4	31'8	24'60	5'0	0'97	1'53	1'56	0'95

Analysis of Coke:

Fixed C	Ash	S	Vol. M.	Moisture
89'3	7'94	0'93	1'67	1'14

Analysis of Coke Ash:

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
40'8	18'57	25'9	5'4	1'53

Analysis of Furnace Gas:

CO ₂	CO	H ₂	N ₂	Temp.
14'74	24'96	3'18	57'8	323-325°F

6月中に於ける作業の結果は大略以上の如くにしてNo. 4 熔鑛爐に於ける1分間の送風量は 39,670 ft³. にして送風中の水分は 5'4 Grain/ft³. にして風壓 11'7 lb./in² 送風温度 1,000°F である. 鑛滓生成量は銑鐵 1t に對し 0'9t を示して居る,

No. 4 熔鑛爐の内容積から見れば約 Fe 50% 内外の鑛石を使用し鹽基性銑を製造するものとして1日約 800t の能力を有するものなるが貧鑛を處理する爲め出銑量は著しく低下して1日 481t を示して居る. 然し操業以來1日 602t を出銑せるレコードを有すると云ふ. 6月中に於ける各熔鑛爐のコークス比は前表に依りて明かなる如くNo. 2, No. 4 は夫々 0'98, 0'97, 0'87t にして非常に良い結果を示して居る.

更に 1938年9月並に 10月に於ける成績は次の様である.

第7表

1938年9月成績

熔 鑛 爐	No. 2	No. 3	No. 4
Mixed Ore	3,760(t)	—(t)	12,367(t)
裝 入	Brown Ore	320	1,961
	Small Green	8,157	12,849
	Large Green	6,945	13,647
	Basic slag	254	294
	Scale	—	—
Mn Ore	280	401	335
Coke	10,510	12,890	12,388
Flue Dust	3,515	3,710	4,765
出銑量	10,421	12,853	12,326
Time Lost	4h. 16'	1h. 15'	11h. 30'
Blast pressure (lb)	12'6	12'0	12'5
Blast Volume ft ³	32,060	36,560	38,660
Temperature °F	866	766	715

銑 鐵 分 析

Si	S	P	Mn
0'53	0'156	1'98	0'62
0'66	0'125	1'97	0'79
0'62	0'105	2'00	0'77

鑛滓分析

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	MnO	FeO	CaO/SiO ₂
2	33.0	25.2	31.7	5.28	1.51	1.83	—	0.96
3	33.2	25.4	31.5	5.22	1.59	1.82	—	0.95
4	32.8	25.3	32.1	5.47	1.83	1.63	—	0.98

第 8 表

1938 年 10 月成績

熔鑛爐	No. 2	No. 3	No. 4	
Mixed Ore	22,056(t)	11,100(t)	29,594(t)	
装 入	Brown Ore	287	5,995	—
	Small Green	—	2,544	—
	Large Green	522	13,274	679
	Basic Slag	346	512	502
	Cinder	12,250	13,141	16,380
	Mn Ore	276	461	306
	Coke	11,668(0.96)	14,066(0.98)	14,271(0.906)
Flue dust	2,413	4,736	4,923	
出 銑 量	12,185	14,375	15,749	
Time lost	1 _h	10 _h 15'	6 _h	
Blast Pressure lb	10.9	12.9	12.9	
Blast Volume ft ³	34,140	37,450	41,680	
Temperature	932°F	887°F	840°F	

銑 鐵 分 析

	No. 2	No. 3	No. 4
Si	0.54	0.58	1.67
S	0.160	0.114	0.114
P	2.000	1.99	1.99
Mn	0.60	0.82	0.66

鑛滓分析:

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	MnO	FeO	CaO/SiO ₂
2	32.3	25.8	32.4	4.66	1.38	1.71	1.38	1.0
3	32.5	25.7	32.2	4.96	1.45	1.89	1.13	1.0
4	32.4	25.8	32.6	4.75	1.55	1.46	1.08	1.0

9 月中の成績はコークス品質低下の爲めコークス比も約 1 に増加し出銑量も著しく減少せるも 10 月中の成績は略ぼ 6 月と同様なる成績を示し出銑量に於ては No. 2 及び No. 4 は著しく増加せり。

(4) 鑛 滓 コークスを燃料とし鹽基性銑鐵を製造する熔鑛爐作業に於ては永い過去の經驗の結果に依り鑛滓の鹽基性度即ち CaO+MgO と SiO₂ との比を 1.25~1.5 位とし鑛滓中の Al₂O₃ の量が 15~18% なる時は此の比を約 1.4 位に保つ時は操業状態が最も圓滑なりと思惟せられ以上の如き鑛滓の鹽基度に於て Al₂O₃ の含有量 12%

以下に低下するか又は 20% 以上に増加する時は低珪素銑の製造を行ふ場合には作業状態が極めて困難となる事が知られて居る。之れ鹽基度 1.4 の鑛滓に於て Al₂O₃ 15~18% なる時は 1,400°C に於て完全に熔融状態に達し生成する鑛滓成分が以上の如きものであれば燃焼帶の上方に於て完全に熔融し操業をして極めて圓滑ならしむるも Al₂O₃ の含有 12% 以下に低下する時は漸次熔融點高まり鹽基度約 1.4 の鑛滓に於て Al₂O₃ の含有無くなるに至れば 1,400°C に於ては全く不溶解にして斯かる成分の鑛滓は燃焼帶の部分に來り始めて溶解せらるゝと云ふ様な現象を生じ溶解帶の溫度を低くして操業する能はざるに至る。同様に Al₂O₃ の含有が 18% 以上 20% に増加する時は鑛滓の熔融點が漸次高くなり同様なる鹽基度の鑛滓に於て Al₂O₃ 20~30% に至れば其の熔融點は 1,450°C 附近に高まり前と同様の結果を來し低珪素銑の製造不適當となる。斯くの如き理由に依り Northampton 州鑛床に産出する様な Al₂O₃ の高き鑛石を使用し低珪素の鹽基性銑の製造は現在行はれて居る鹽基性鑛滓に依る熔鑛爐の操業法にては極めて困難なり。

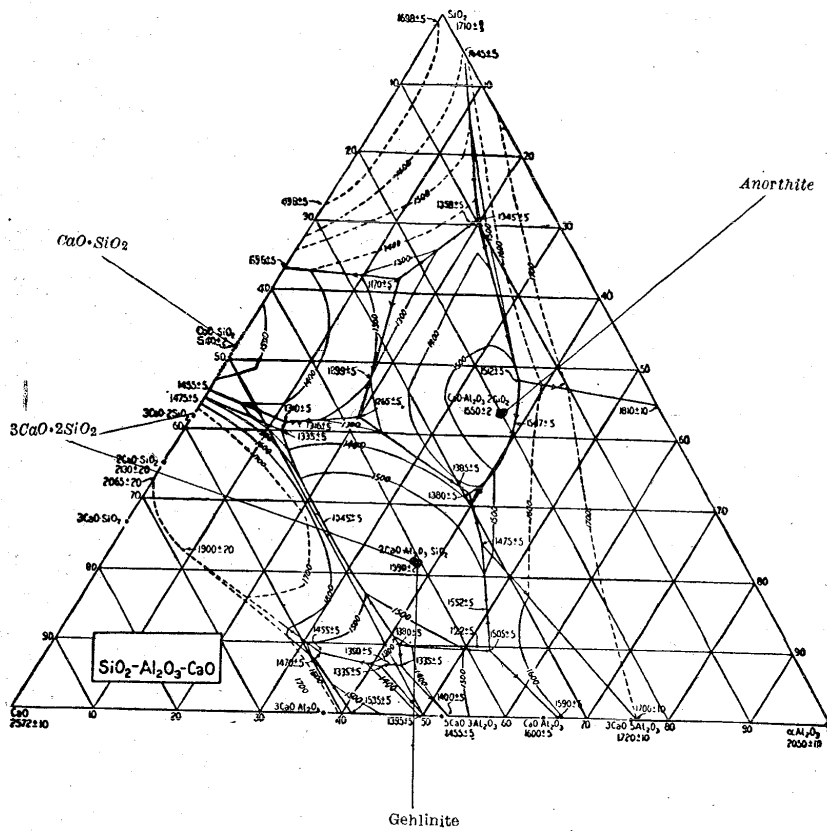
鑛滓中に生成する化合物 銑鐵製造を行ふ熔鑛爐鑛滓中に生成する主なる化合物としては次の第 7 表に示す如き 7 種があり其の成分熔融溫度等は表中に掲げる通りである。

鹽基性鑛滓に於て鹽基度約 1.4 のもので MgO 5%, Al₂O₃ 0~30% の範圍内のものでは Akermanite と Gehlinit の固溶態と一方 3CaO·2SiO₂ と CaO·SiO₂ の混合物で共晶成分に相當する熔融點の低いものが生成し 1,400°C 位で流動性の良い鑛滓が出来る。然るに Al₂O₃ が 12% 位に減少すると Akermanite と Gehlinit の固溶態の量の割合が少くなり熔融點の高き 3CaO·2SiO₂ 並に 2CaO·SiO₂ が生成する傾向を生じ Al₂O₃ が更に減少すれば 1,400°C では全く不溶解となり燃焼帶に來り始めて溶解す。同様に Al₂O₃ が 18% 以上に増加すれば熔融

第 9 表

化 合 物	化 學 式	成 分				CaO+MgO SiO ₂	CaO SiO ₂	熔融點 °C
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO			
Ca-orthosilicate	2CaO·SiO ₂	34.88	—	65.12	—	1.87	1.87	> 1,700
Ca-Sesquisilicate	3CaO·2SiO ₂	41.66	—	58.34	—	1.40	1.40	1,700
Ca-Bisilicate	CaO·SiO ₂	51.72	—	48.28	—	0.93	0.93	1,530
Anorthite	CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	43.19	36.65	20.16	—	0.47	0.47	1,540
Gehlinit	2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	21.91	37.18	40.91	—	1.87	1.87	1,580
Akermanite	2CaO·MgO·2SiO ₂	44.07	—	41.14	14.79	1.27	0.92	1,350~1,400
Monticellite	CaO·MgO·SiO ₂	38.39	—	35.84	25.77	1.60	0.93	1,500

第 3 圖



點の高い Gehlinite が増加し熔劑となる Silicate が減少し 25% にもなれば一層 Gehlinite が増加し $CaO \cdot SiO_2$ が Anorthite に依て置き換へられ Al_2O_3 30% に至れば Gehlinite の量は最大に達するも MgO が存在する時は一方 Anorthite 及び Monticellite の共晶成分が生成し幾分熔融點は下がるが要するに Al_2O_3 20~30% に増加すれば鹽基性度 1.4 の鑛滓では熔融點は 1,450° 近くとなり鹽基性銑鐵の製造には不適當となる。

Corby に於けるが如き Al_2O_3/SiO_2 の割合の高い鑛石で生成鑛滓中の Al_2O_3 が 30% にもなり如上の理由に依り其の熔融點が極めて高くなる。然るに第 3 圖に示せる Rankin の $SiO_2-CaO-Al_2O_3$ の状態圖に依て明かなるが如く Al_2O_3 40% 以下では Anorthite $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 並に Gehlinite $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ なる二つの化合物の略等量より成る共晶成分のものが生成し其の熔融點は 1,380°C にして更に $CaO \cdot SiO_2$ が存在すれば是等三成分の共晶を作り 55% の $CaO \cdot SiO_2$ と上の二つの化合物の等量を含むものでは其の熔融點は 1,265°C となる故に Al_2O_3 の高い鑛滓でも上の二つの成分の化合物が共晶成分になる如く鹽基性度を調節すれば良い事になる。

斯くの如き理由で Corby 製鐵所に於ける低珪素銑の製

造が困難なる理由が判明したので上の状態圖から考へて Gehlinite と Anorthite を略ぼ等量に保ち得る様な鹽基性度 CaO/SiO_2 の値を 0.93 附近とし Al_2O_3 の量を變へて研究せる結果 Al_2O_3 約 30% 迄は鑛滓の熔融點を 1,400°C 以下に保ち得る事が判明せり。

依て操作の方針としては生成鑛滓の熔融點を 1,400°C 以下成る可く 1,375°C 附近に相當する成分の鑛滓を作る様に装入物の配合を行ひ爐の燃燒帶の上部の適當なる高さの所で熔解し得る鑛滓を作る爲めに鑛滓の鹽基性度を低下し鑄物銑の製造の場合には鑛滓中の CaO 量を従來の 40% より 35% に低下し鹽基性度を 1.28 より 1.06 とし Al_2O_3 を 25% より 28% に高め出銑量に於て 15% 増加しコークス消費量に於て 17% の減少を來せり。又低珪素銑の製造に於ても同様に CaO の量を調節鹽基性度を低下し出銑量に於て 21% を増加しコークス消費率に於て 26% 以

上の低下を來せり。

尙現在に於ては研究の結果一層其の操作法を改善し鑛滓の鹽基性度は 0.95 を標準とし、又鑛滓中 MgO の存在は Akermanite 及び Monticellite の二つの化合物を生じ鑛滓の熔融點を低下するに有效なるを認め約 5% の MgO を含む様な鑛滓成分にて作業せるは前の操作成績に示せるが如し。

III 獨逸に於ける熔鑛爐の酸性操作に就て

1) 緒言 獨逸に於ける鋼塊の産額は 1936 年に 19,000,000t 1937 年には 20,000,000t を超過し 1938 年に 22,600,000t に達し大戦前の 1913 年の産額に比し著るしき増加を示して居る。

然るに其の原料鐵鑛の需給で見ると 1913 年には鐵鑛の殆ど 75% 迄が國內で産出されて居たのが 1936 年には内國産の鐵鑛は 25% に相當し鐵分の含有から云へば 18% に過ぎない。其主要なる原因は鐵鑛の主要なる産地アルサス、ローレンを佛國に割讓した爲である。鐵鑛輸入國の主なるものは瑞典、佛蘭西、西班牙の諸國にして 1936 年には 18,460,000t に及び金額にして 168,340,000 マークに相當して居る。最近獨逸では鐵鑛の増産計畫を立て第二次

4ヶ年計畫の終期には國內に於ける鋼の産額を 38,000,000t に増加せんとして居る。而して計畫經濟から見て外國から買ふ輸入鑛石の量を現在の量に留め其他は國內に多量に埋藏する貧鐵鑛の供給に依て補はんとする目標を抱いて居る。其爲には國內の鐵鑛の産出量を 1936 年の 3~4 倍にする必要がある。此の鐵鑛中の約 3/4 は鐵分約 25% 位の貧鑛にして之を經濟的に製鐵事業の原料に利用すると云ふ事は今後の獨逸製鐵事業に課せられた重大な使命である。

斯かる貧鑛處理の方法としては色々あるが獨逸の Paschke 及び Peetz は 1934 年所謂酸性鑛滓に依る熔鑛爐の操業法を提唱して居る。即ち此方法の主要なる點は現在採用せる鹽基性鑛滓 $CaO/SiO_2=1.3\sim 1.4$ に對し酸性鑛滓 $CaO/SiO_2=0.8$ 位の熔融點低き鑛滓を作て操業せんとするもので其主眼とするところは斯る貧鑛に或選鑛法を適用する時は鐵分 43~44% 位に品位を高むる事は容易なるも原鑛中の鐵分の採取率は 70~80% に過ぎず天然資源の利用からして多少の生産費は高くとも採收率を 90% 以上に擧げ得る點から廣義の意味で經濟的であり一方本法に依る時は生成鑛滓の量が銑鐵量に對し 150~200% となる爲めコークスの消費量は増大するも Röchling 製鐵所又は G. H. H. 製鐵所に於ける實驗の結果では今迄考へられて居た程増加せず相當の成績を收めて居る。次に Oberhausen, G. H. H. 製鐵所に於て行はれて居る酸性操業法の成績を記述すれば次の通りである。

(2) G. H. H. 製鐵所に於ける酸性操業成績 當製鐵所に於ては歐洲大戰後鐵鑛石不足の爲め Dogger 鑛の開發を行ひ鐵分 20~30% に過ぎざる莫大なる埋藏量を有する此種の鑛石利用の研究に着手し其一つの方法として 1932 年より同所に於てマンガンの製造に使用せる小熔鑛爐(銑鐵日産 65t) に依て酸性操業法の研究に着手し 1937 年 11 月同所 No. 7 熔鑛爐に獨逸貧鑛のみを使用し實際的に酸性操業法を開始せり。同熔鑛爐の主要寸法は湯溜直徑 5,600mm 内容積 687m³ にして羽口 10 個を備へ瑞典産鑛石を使用し一日トーマス銑約 800t 鑄物銑約 700t の生産能力を有す。

前に酸性操業の豫備試驗として獨逸國內産貧鑛 2,393kg (Fe 28.29%) 即ち鐵分の割合で 61.8% 珪酸の高い外國産の鑛石 768kg (Fe 54.69%) 鐵分の割合で 38.2% を配合し全装入鑛石量 3,161kg 平均品位 34.7% として操業し、鑛滓の組成を $CaO/SiO_2=0.79$ として操業せる結

果は銑鐵 1t に對する鑛滓の生成量は 1,300kg にしてコークス消費量 1,165kg となり製出した銑鐵の成分は次の通りである。

C	Si	Mn	P	S
3.35	1.16	0.21	1.97	0.284

同様の装入鑛石にて従來行へる鹽基性鑛滓法 $CaO/SiO_2=1.25$ として操業する時は石灰石の装入量 900kg を必要とし生成鑛滓量は 1,850kg となり銑鐵中の硫黄分を除く事は出来るが燃料の消費量増加し出銑量減退し極めて不經濟な操業となるので上の酸性操業の成績よりして珪酸の高き貧鑛を處理する場合には寧ろ脱硫問題を顧慮せず酸性操業法に依ることが斯くの如き種類の原鑛を利用する一つの對策として考究せらるゝに至り更に獨逸産の貧鑛のみを使用せる場合の試験を行ひ次の如き成績が得られて居る。

原鑛分析

種類	Fe	P	Mn	S	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Alkali	CO ₂
Geislinger	28.5	0.30	0.40	0.03	23.0	9.5	0.6	5.5	0.48	18.7
Wasseraufinger	27.7	0.25	0.33	0.092	27.0	4.7	1.4	6.2	0.58	5.0
Gutmadinger Dogger	20.0	0.42	0.20	0.45	19.6	11.5	1.9	7.5	0.95	11.5
Phosphate Ore	2.3	11.0	—	—	13.0	40.0	1.0	7.3	4.22	5.0

装入物の配合(銑鐵 1t に對し)

種類	重量 kg	Fe%	装入割合%		
			重量	Fe	
Geislinger	2,155	28.5	42.5	47.5	
Wasseraufinger	1,247	27.7	24.5	26.7	
Dogger	1,668	20.0	32.9	25.8	
鑛石合計	5,070	—	100	100	
鐵鋼	5,070	石灰石 610	白雲石 284	磷鑛 62	原料合計 6,026

コークス消費量は 1,765kg にして焼成石灰を使用せる場合は 1,400kg 熱風溫度 825°C 風壓 5.5kg/cm² 爐頂ガスの溫度は 230~270°C にして鑛石量に對する銑鐵の産出率 23.2% 生成鑛滓量銑鐵 t 當り 2,580kg となり鑛滓の成分は平均次の様である。

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Mn	FeO	S	TiO ₂	CaO/SiO ₂
40.24	33.14	13.75	4.20	0.48	3.14	0.69	0.66	0.83

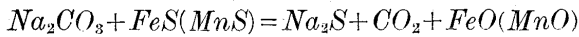
出銑時に於ける銑鐵の溫度は 1,347°C にして其平均成分は

C	Si	Mn	P	S
2.92	1.58	0.18	1.95	0.448

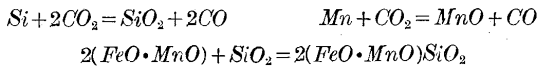
溫度低く鑛滓の流動性悪しかりし爲め鑛滓中に約 2.3% の鐵が金屬状態にて失はれ鑛石中の含有鐵分に對する銑鐵の製出率が少ない。

(3) 銑鐵の脱硫作業 酸性操業法に於ては熔鑛爐内に於て鑛滓に依る銑鐵の脱硫作業不可能なるが故に爐外に於

て第二段の脱硫作業を行ふ必要が起る。脱硫剤としては曹達と石灰の混合せるものを使用し銑鐵の破面に依り含有硫黄の量を判定し硫黄の少ない場合には曹達と石灰を等量に混合せるものを熔銑 1t に對し約 35kg を使用せり。即ち熔銑鍋に銑鐵が流入する前に約此の半分を入れ残りの半分は銑鐵の流入中に入れる。硫黄の含有の多い場合には銑鐵の流出せる湯路中に曹達を追加する。曹達到依る脱硫反應は次の様に考へられて居る。



脱硫劑の分解に依て發生した CO_2 は次の反應に依り銑鐵中の Si, Mn を酸化し脱硫の際に Si 及び Mn が幾分低下せらる。



同時に發生するガスに依て銑鐵と鑛滓との間に激しい攪拌作用を起し脱硫作用を助ける。石灰石は 15~25mm 位の大きさのものを用ふ。即ち細粒のものより少しく粒の大なるものが急激に一時に分解せざる爲めガスに依る攪拌作用をして良く取鍋の底部迄行き渡らせ且つ石灰の存在に依り熔銑鍋の内側煉瓦壁の浸蝕を少なからしむることが出來ると稱して居る。前の如き成分の銑鐵に對し上の如き脱硫法を行ふ時は混銑爐に入る銑鐵の成分は次の如くなる。

C	Si	Mn	P	S
2.94	1.09	0.12	1.93	0.082

(4) 1938 年に於ける酸性操業状態 本製鐵所に於ては國內産の貧鑛利用の研究の結果輸入鑛石の品位の良いものに多量の珪酸の高い貧鑛を配合して鹽基性鑛滓で操業する事は爐の出銑能力を減退しコークス消費量増加し不經濟にして寧ろ同所の 3 基の熔鑛爐中 2 基を普通鹽基性鑛滓に依り輸入鑛石を原料としてトーマス銑の製造を行ひ 1 基の熔鑛爐では酸性鑛滓法に依り獨逸國內産の貧鑛 Dogger 鑛に少量の輸入鑛石を配合しトーマス銑の製造を行ふ方針を樹て操業を續けて居る。

酸性操業法に於ける原料鑛石としては

	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃
Dogger	20.0	19.5	11.5	7.5
Wabana	51.0	11.5	3.3	4.5
Nora	48.0	34.5	0.3	3.3

上の如き成分の Dogger 鑛を鐵分より計算して約 60~70% 使用し之に輸入鑛石を配合し鑛石中の平均鐵分を 30% 位にして操業してゐる。熔劑として約 1,000kg の石灰石を加へコークス消費量は 1,250~1,300kg を示せり。生成鑛滓量は約 1,500kg にして次の如き組成を標準とせり。

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
40	32	13	4.0

出銑量は 1 日平均 475t 位にして鑛滓中に失はるゝ鐵分は Fe として 1.5~2.0% なり。

(5) 製鋼工場 本熔鑛爐に連續せる製鋼工場としては次の如き設備を有す。

混 銑 爐	1,000t	1 基
	200t	1 基
鹽 基 性 轉 爐	25t	6 基
固 定 式 平 爐	75t	5 基

製鋼法としては鹽基性轉爐と固定式鹽基性平爐との合併法に依り各種の鋼材を製造せり。

製鋼作業 2 基の熔鑛爐より産出するトーマス銑と 1 基の酸性操業熔鑛爐より産出する銑鐵とを混銑爐にて混合し其の割合はトーマス銑 80% 酸性熔鑛爐銑 20% の割合にして酸性熔鑛爐銑は出銑後取鍋内に於て前に述べたるが如き方法に依り脱硫作業を行へるものにして銑鐵の成分を示せば次の如し。

	Si	Mn	P	S
トーマス銑	0.25	0.9	2.0	0.08
酸性 銑	1.50	0.2	2.0	0.035
混銑爐銑	0.40	0.7	2.0	0.045

混銑爐より轉爐に供給せらるゝ銑鐵中の含有硫黄は余の見學の際 0.039~0.043% 位なりき。

酸性操業より來る銑鐵は珪素高く鹽基性轉爐用としては不適當なるもトーマス銑との配合に依り銑鐵中の Si 並に Mn 量を調節して居る。轉爐に於ては送風を始め先づ Si Mn を酸化し次に炭素の酸化をなし after blow の後熔融せるマンガン鐵を加へ脱酸を行ひ轉爐より平爐に供給せらる。blown metal の成分は次の如くにして轉爐に於ける loss は 9.0~9.5% である。

C	Si	Mn	P	S
0.2	—	0.6	0.1	0.04

平爐に於ける作業は上の blown metal 50~55t を爐の前方より装入して之に冷屑鐵 8~9t を加へ 6~7 時間に製鋼作業を終り 1 基 1 日の製鋼量平均 220t 以上なり、生成鑛滓の量は鑛石法に比し極めて少く鑛石法に於て生成鑛滓の量 15~20% なるに比し 10~11% に過ぎず爐の修繕費極めて少く 1 基の爐は既に 730 回の製鋼を行へるも未だ天井並に蓄熱室の修繕を行はず他の爐も何れも既に 300 回以上の製鋼を行へり。

5 基の平爐に依る 1 ヶ月の製鋼能力は 45,000t に達せり

司會者 御質問ありませぬか。
 質問 ちよつと伺ひますが、コルビーのは新しく作たのが4本になる譯ですか。
 答 元の160~180tの3基の爐はこわして仕舞た様です。
 質問 あれはフロインガムの方ぢやないですか。
 答 御話しました4基の爐は別に新しく作られたものです。
 質問 大きさは2種あるのですか。
 答 2號が二つあります。No.2は工合が悪くて内形を變へて改築したのです。
 質問 1號と2號が同じ大きさ、3號と4號が同じ大きさ位ですか。
 答 差上げた圖面(第2圖)に内容積が出て居ります。
 質問 其中トーマス銑用爐はどれですか。3號。4號。
 答 全部トーマス銑を吹いて居ます。
 質問 さうするとあなたが御出になつた時は全部。3本だけですか。
 答 3本だけが操業中でNo.1は中止して居ました。普通の鐵分50%位の鑛石であればNo.2で550t No.3 650t No.4で800t

位の能力を持って居ます。
 質問 1日の出銑は何位位ですか。
 答 3基で一ヶ月40,000t餘です。
 質問 1日ですから1,200tですな。
 答 1,300t
 質問 3本で……
 答 成績の良い時には4號だけで600tです。それで良い時は1,400t位になります。
 質問 それがコルビーの最終の計畫ですか。
 答 現在ではそれ以上のまだ計畫は聞きませぬ。
 質問 大分評判は大きかつたのですが、それだけですか。
 答 製鐵所の規模としてはそう大きいことはありません。30tの轉爐が3基あつて日産鋼塊が2,000tです。
 質問者 有難うございました。
 司會者 他に御質問ありませぬかそれでは嘉村博士は御多忙中殊に遠方から懇々御出で下さいまして、製鐵上其の外重要な問題に付て最新の状況を御話下さいました。一同拍手を以て御禮申上げたいと存じます。是で閉會致します。(拍手) (午後9時閉會)

浮游選鑛法による鐵鑛の脱磷試験

(日本鐵鋼協會第20回講演大會講演 昭和13年10月)

佐 伯 一 郎*

竹 山 和 達**

SOME EXPERIMENTS ON THE DEPHOSPHORIZATION OF IRON ORES.

I. Saeiki and W. Takayama.

SYNOPSIS:—Flotation process was carried out for the removal of P in iron ore. In this paper are dealt with the effects of various reagents, such as sodium palmitate, sodium silicate, sodium carbonate, lime and pine oil, upon the floatability of apatite in iron ore.

緒 言

茂山及び本溪湖貧鐵鑛中に含有せられる磷分は概ね0.05%以上では等貧鑛を工業的に磁力選鑛機に依り精選せる場合精鑛中の磷分をして0.02%程度以下に除去する事は實際作業上極めて困難である。

鐵鑛中の磷分は一部は磷酸鐵として存するも大部分は磷灰石として存在するもので茂山及び本溪湖貧鐵鑛中には磷酸鐵としての磷分は略々0.05~0.07%程度である。本實驗に於ては浮選法により是等貧鐵鑛の磁選精鑛中磷灰石として残留存在せる磷分を浮游除去し精鑛中の全磷分をして0.01%程度に脱磷せしめんと試みたものである。

I 試料 試薬及び浮選機

實驗に供した鐵鑛試料は第1表に示す如きものであり其の鑛粒の大きさを-100,-150,-200 mesh等として實驗を行った。

第1表 試料

種 類	T.Fe%	SiO ₂ %	P%
茂山磁選精鑛	65	7	0.03
本溪湖磁選精鑛	60~63	14~17	0.02~0.03
茂山風選中鑛	60	17	0.05

試薬は起泡劑及び捕收劑として比較的安價なパルミチン酸曹達を採用し尙少量のピンオイルを添加した場合の實驗をも試みた。その他抑制劑、調節劑等に珪酸曹達、炭酸曹達及び石灰等を選び是等試薬の影響に就て調査した。浮選に使つた水は普通の水道水であるが最後に蒸溜水を使用した場合に就て二三實驗を行った。

浮選機は200g Janney型及び50g MS型を使用し鑛液濃度はJanney型に於ては1:5.5又は1:6, MS型に

* 九州帝國大學工學部鐵冶金實驗室
 ** 三菱鑛業株式會社清津製鍊所