

ただ多少還元焙焼時間を長くした方が良好であつた。

(5) 生成海綿鉄およびチタン酸ソーダ分析例

Table 5 および Table 6 に分析例を示す。

IV. 結 言

砂鉄にソーダ塩および炭素剤を配合して還元焙焼することについて検討の結果、砂鉄中の鉄、チタン、および

Table 5. Chemical analysis of sponge iron

T. Fe	M. Fe	P	S	C
95.5	93.0	0.003	0.007	0.11
98.4	95.2	0.012	0.007	0.10

Table 6 Chemical analysis of sodium titanate.

TiO ₂	Na ₂ O	T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C	V	Ig. loss
49.36	10.32	7.00	4.00	3.86	1.96	5.43	0.50	0.038	10.94
49.78	11.67	5.64	4.78	3.03	1.89	5.63	0.46	0.036	11.07

バナジウム分を比較的良好な収率のもとに一工程で分離し得る状態にすることができると確認した。なお生成海綿鉄は良品位のものであり、生成チタン酸ソーダは極めて容易に硫酸に可溶のものでチタン白原料として優秀なものである。

還元焙焼条件としてつぎのことを認めた。

(1) 炭素剤として木炭と無煙炭とは大差なく、いずれも計算量程度で良好である。

(2) ソーダ塩としてソーダ灰が良好であるがその一部を食塩に置換することができる。

(3) 還元焙焼温度は 950°C ~ 1100°C 程度が良好である。

(4) 還元焙焼時間は試料 10g の時 1~2 時間で良好である。

(5) 磁性分の摩砕の程度により、海綿鉄の品位およびチタン分の収率に影響があることが認められた。

(47) 砂鉄の精錬について

八幡製鉄 島村 哲夫
技術部 ○浅井 浩実

On the Smelting of Iron-Sand.

Tetsuo SHIMAMURA and Hiromi ASAI.

I. 緒 言

わが国は鉄鉱資源に恵まれず、その大半を輸入に依存している。したがって少しでも多く、輸入鉄石を国内鉄石でおきかえることが出来れば、外貨節約の面から国内経済にとって有意義である。幸いにわが国は砂鉄資源の

比較的多い国であり、近年の未利用鉄資源の開発調査の成果として、その埋蔵量は急激に増加している。さらに今後海底砂鉄の調査が進めば、その埋蔵量は飛躍的に増大することが予想される。したがってこの国内に賦存する砂鉄資源を一層多くかつ有効に利用するためには、砂鉄資源の開発と砂鉄に適合した製錬方式を確立することが極めて重要である。砂鉄は酸化チタンを含有するため高炉には多量使用することが出来ない。他方電気製鉄炉は原理的に砂鉄の製錬によく適合したもので、わが国では昭和 24 年頃から漸次普及し始め、その後の伸率はめざましい。しかしながら現在電気製鉄炉による砂鉄製錬は大規模な製錬方式として未だ充分発達するにいたっていない。そこで本研究の目的は大規模でかつ経済的な砂鉄製錬方式の確立にあり、その原料的背景となる砂鉄を安価にかつ大量に入手する方法として海底砂鉄の開発研究を行ない、つぎにロータリーキルンによる予備還元と電気製鉄炉を組合したデュプレックス方式について研究した。

II. 海底砂鉄の開発研究

工業技術院地質調査所の報告によれば、わが国の砂鉄埋蔵量は昭和 35 年の調査結果で埋蔵量約 6 億 5,830 万 t 鉄分品位 9.0% 含有鉄量で約 6,000 万 t であるが、その内海底砂鉄の埋蔵量はわずかに約 250 万 t で、全体の 0.2% を占めるに過ぎない。然し本研究の海底砂鉄の調査結果によれば、昭和 36 年 6 月現在 (第一次試錐調査結果) 九州地区の埋蔵量は Table 1 の通りで、精錬換算で合計 5,635 万 t となる。また、現在までに有明海の調査した部分だけで埋蔵量約 11 億 7,000 万 t、平均着磁率 3.74%、含有精鉄量 4,368 万 t である。その内

Table 1 Deposit reserves of sea-bottom iron sand around Kyushu island (Concentrated ore base).

Prefecture	Area	Method of survey	Theoretically expected ore reserves and estimated ore reserves.	Grade		Remarks
				Fe	TiO ₂	
Kumamoto	Ariake	Boring	43,680	57.2	10.1	Rope-boring-ore reserves as of June 1961 rope-boring
Oita	Tsurusaki	"	161			
"	Kunisaki	Mud mining	10,246			
"	Nakastu	"	813			
Kagoshima	Nagasakihama	"	160	57.6	7.2	Mining of sea-bottom deposit (depth-2.5m)
"	Nijime	"	150	57.4	8.5	
"	Takeyama	"	72	58.0	7.5	
"	Taniyama	"	386	53.0	9.6	
"	Onejime	Pump boring	682			
Total			56,350			

きは、安定した炉内ガスの通気を維持するため、炉内装入物の厚さに限度があるので、大容量の大型炉を利用できない。この対策として焼結、ペレットなどの事前処理法があるが、電力消費量節減の立場からは、単に塊成原料の使用に頼るだけでは不十分で、予備還元原料を使用することが極めて有効である。そこで本章では、ロータリーキルンを用い半還元海綿鉄を製造し、それを電気炉で製錬する一連のデュプレックス方式について研究した。

① ロータリーキルンによる砂鉄の予備還元。

キルンの行なうおもな作用、(a)は砂鉄の予備還元、(b)砂鉄の塊成化であり、製造された半還元生成物の粒度および化学成分は Table 2 の一部に示す。Fig. 2 は

東北電化株式会社大間々工場 No. 2 キルン (46m×3.5 m 索) の各部の装入物温度とその成分変化の状態を示したものである。

② 半還元海綿鉄を用いた電気製鉄法

Table 2 は大間々工場 No. 6 電気炉 (14,100kVA) の操業データであり、半還元海綿鉄の使用は生砂鉄に比して、原料の飛散損失が少なく、また、製鉄用コークスの原単位は 420kg より約 160kg に減少す。この減少量に相当するコークスは、燧石、無煙炭などの安価な炭材におきかえられる。また電力原単位は約 25% 減少しかつ電極負荷を約 30% 増加できるため、同一容量の電気炉でも生産は約 60% 程度増加した。

③ デュプレックス方式における予備還元とホット

Table 3. Comparison table of cost breakdown of iron sand pig iron by different smelting methods.

		Iron sand direct smelting method 7,500 kVA (36,000 t/Y)			Duplex smelting method						
					Cold charge 14,100kVA (720,000 t/Y)			Hot charge 24,000 kVA (109,000 t/Y)			
		Per t raw material consumption (kg)	Cost per material t (yen)	Cost per product t (yen)	Per t raw material consumption (kg)	Cost per material t (yen)	Cost per Product t (yen)	Per t raw material consumption (kg)	Cost per material t (yen)	Cost per product t (yen)	
Preliminary treatment	Raw materials	Iron sand			1,070	2,000	2,140	1,070	2,000	2,140	
		Natural Coke			200	5,930	1,186	200	5,930	1,186	
		Oil			76	7,600	576	40	7,600	304	
		Recovered gas (m ³)						164	140	230	
		Power (kWh)			15	3	45	15	3	45	
		Sub-total					3,949			3,905	
	Operating cost					250			250		
	Production cost of sponge					4,199			4,155		
Pig iron making	Raw materials	Iron sand	1,850	2,000	3,700						
		Sponge				1,650	4,199	6,928	1,650	4,155	6,856
		Coke	420	8,500	3,570	160	8,500	1,360	160	8,500	1,360
		Limestone	300	1,000	300	250	900	225	250	900	225
		Secondary raw materials			515			515			515
		Electrode	18	26,000	468	8	26,000	208	8	26,000	208
	Power	2,500	3	7,500	1,800	3	5,400	1,380	3	4,140	
		Sub-total					14,636			13,134	
	Operating cost			1,800		1,800			1,800		
	Deduct for recovered gas						270 m ³	1.40	△ 378		
	Production cost			17,853		16,436			14,726		
	Depreciation			536		570			522		
	Interest			964		1,026			940		
	Total cost			19,353		18,032			16,188		

チャージの効果

デュープレックス方式においてキルンでの還元率が向上し、電気炉装入物の温度が上昇するにしたがつて、電気炉での電力消費量の減少が期待される。そこで本章では、これらの関係を定量的に求めるため、前記大間々工場での研究結果の熱精算を基にして、キルン中の還元率 r (%) 装入物の温度 T (°C), 電力消費量 X (kWh/pig t) との間の函数関係を次式の通り求めた。

$$X = 2,675 - 0.374T - 17.14r \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial X}{\partial r} = -17.14 \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 45.9 \dots\dots\dots (3)$$

(2)式より還元率 1% の上昇は電気消費量 17.1 kWh/pig t の節約に相当し、(3)式より還元率 1% の増加と装入物温度 45.9°C の上昇は電力節約の点から等価であり、還元率の向上と装入物の温度上昇 (ホットチャージ) が電力消費量の節減に極めて重要な役割りを果たすことがわかった。

IV. デュープレックス方式の経済性

デュープレックス方式が従来の生砂鉄製錬方式に比してコスト的にいかなる有利性を持つかを、具体的に銑鉄製造原価を以つて比較した。すなわち Table 3 は 2000 円/t の砂鉄、3円/kWh の電力を前提条件として (a) 従来の生砂鉄製錬方式 (b) コールドチャージのデュープレックス方式 (c) 電気炉をさらに大型化しかつホットチャージ、ガス回収を採用した最新式のデュープレックス方式についてそれぞれ試算した銑鉄製造原価である。この原価表が示すように、砂鉄製錬合理化の方向は電気炉の大型化、予備還元ホットチャージ、ガス回収などにあることが明らかとなった。

V. 総 括

- ① 大規模でかつ経済的な砂鉄製錬方式の確立を目的として本研究を行なった。
- ② 海底砂鉄の賦存および採掘法を研究し、大量かつ安価な砂鉄入手の可能性をもたらした。
- ③ デュープレックス方式は生砂鉄製錬方式に比して電力消費量の低下、生産量の増大、電炉の大型化などの可能性をもたらし、技術的、経済的に秀れた方法である。
- ④ 国内海底砂鉄と国内炭に立脚した本製錬方式の確立は国民経済的にみて、外貨節約上まことに重要である。

622.784 : 462.767 : 669.046.469
: 622.784 : 462.767 : 669.046.469
: 622.784 : 462.767 : 669.046.469

(48) 天然ガスによる鉄鉱石の流動還元について

資源技術試験所

○田中 稔・奥山 連勝

Reduction of Iron Ores on the Fluidized Bed by Natural Gas.

Minoru TANAKA and Masakatsu OKUYAMA.

I. 緒 言

天然ガスを利用した流動還元法には H-Iron 法, Nu-Iron 法, Esso-Little 法, Onia-Novalfer 法などがあるがこれらの多くは天然ガスを前もつて変成した後使用

している。天然ガスをそのまま還元ガスとして使用し金属酸化物の O₂ を利用し、還元金属を触媒として CH₄ を変成すると同時に還元を行なわせる方法については多くの報告があるが流動炉による還元については報告がなされていないので筆者は 2, 3 の鉄鉱石について天然ガスによる流動還元実験を行なった。

II. 実験概要

(1) 試料

試料鉱石としては飯岡産の砂鉄、ズングン鉱石、三国鉱石を使用した。それらの化学組成、粒度分布は Table 1 に示すごとくである。

Table 1. Chemical analysis and size distribution of ores.

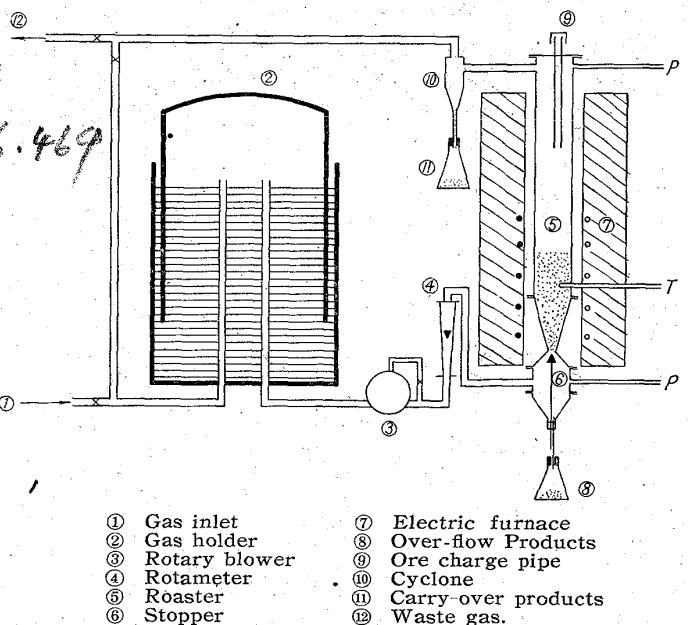
	Fe ⁺⁺ (%)	Fe ⁺⁺⁺ (%)	T. Fe (%)	SiO ₂ (%)
Īoka	24.77	32.01	56.78	9.63
Dungun	2.81	59.39	62.20	5.13
Mikuni	5.80	46.05	51.85	4.98

Mesh	+35	35~65	65~100	100~150	150~200	-200
Īoka	—	4.9	15.3	51.5	18.8	9.5
Dungun	4.9	30.7	13.1	20.8	5.4	25.1
Mikuni	21.4	14.5	12.9	14.8	3.8	32.6

三国鉱石は褐鉄鉱であり N₂ 中で 900°C, 60 mm 乾燥すると Fe⁺⁺ 7.4%, T.Fe 65.5% となる。また砂鉄はそのままであり、他の鉱石は粉碎した粒度分布を示している。

(ii) 実験装置および方法

装置は前に砂鉄の流動還元実験において使用したもの還元層のみを使用してバッチ実験を行なった。その大略を Fig. 1 に示す。まず一定量の鉱石を装入し N₂ によつて流動させながら所定温度まで上げた後天然ガスに切り替えて還元した。試料は図中⑥に示すストッパーを



- ① Gas inlet
- ② Gas holder
- ③ Rotary blower
- ④ Rotameter
- ⑤ Roaster
- ⑥ Stopper
- ⑦ Electric furnace
- ⑧ Over-flow Products
- ⑨ Ore charge pipe
- ⑩ Cyclone
- ⑪ Carry-over products
- ⑫ Waste gas.

Fig. 1. Experimental apparatus.