

考慮して、あらかじめ定数項を修正するフィードバック方式をつけ加えることを検討している。

またこの研究の一環として装入物の安定化のために中性子による装入物の連続水分計の検討を行なっている。

なお、実際運用面では、炉頂ガス分析計の安定度および精度が問題となり、これより一層の向上が要求されている。

5. 結 言

日本鋼管水江第 1 高炉において

1) 炉頂ガス成分を主体とする操業中に連続的に入手可能な測定値によつて送風湿分値を決定し、この送風湿分値によつて炉内熱収支を制御する方式を開発した。

2) この方式は実際操業に適用されているが、さらに最適化の方向へ研究中である。

(14) 鉄鉱石の融点、濡れ性と焼結特性について

八幡製鉄所, 八幡製造所

深川弥二郎・川村 稔

○若山 昌三・梅津 善徳

Study on Relation between Melting Point, Wettability and Sinter Characteristic of Iron Ore.

Yajirō FUKAGAWA, Minoru KAWAMURA,
Shōzō WAKAYAMA and Yoshinori UMEZU.

1. 緒 言

鉄鉱石の焼結生産性および焼結鉄強度 (以下焼結特性

値とよぶ) に与える諸要因の効果については、従来多くの研究がなされて来たが焼結実操業において、各種鉄鉱石銘柄の定量的な位置づけをした例はあまりない。著者らはまず、3 カ月間にわたる洞岡 DL 焼結工場の操業実績を統計解析して、焼結特性値と鉄鉱石銘柄との重回帰式を得て該式が実操業結果をよく説明することを確認した。

次に銘柄効果に関しては、焼結生産性を支配する要因として確立されているのは原料粒度だけであるというのが実情である。ところで著者らは顕微鏡組織観察などの経験から、焼結鉄の結合様式としてスラグ結合が優位に

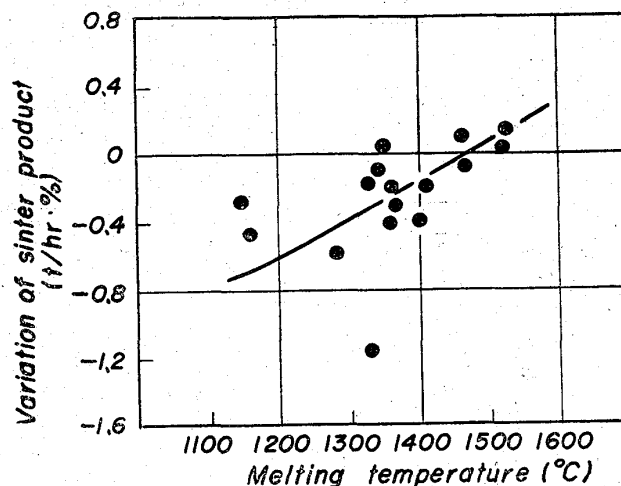


Fig. 1. Relation between melting temperature of iron ore fine and its productivity on sintering. (Without particle size effect)

Table 1. Result of multiple regression analysis.

	Regression line of productivity		Regression line of strength	
	Regression coeff. (t/hr)	Corrected coeff. (t/hr)	Regression coeff. (%)	Corrected coeff. (%)
Lime stone(+1%)	+5.44	+5.61	+0.13	+0.12
Sri Medan //	+0.49	+0.15	-0.00	+0.03
Africa //	+0.19	+0.06	+0.10	+0.17
Romeral //	-0.04	-0.09	+0.05	+0.05
Sand Iron //	-0.23	+0.10	+0.44	+0.19
Segamat //	+0.10	-0.20	+0.02	+0.05
Sibuguey //	-0.48	-0.41	+0.12	+0.13
Dungun //	-0.09	-0.43	+0.01	+0.04
Brazil //	-0.23	-0.31	-0.09	-0.09
Ipoh //	+0.09	-0.21	-0.11	-0.09
Goa //	+0.14	+0.06	-0.02	-0.01
India //	+0.15	-0.14	+0.04	+0.07
Kedah //	-1.18	-1.21	+0.00	+0.00
Wabuska //	-0.29	-0.11	-0.07	-0.08
Dha Sala //	-0.23	-0.59	+0.07	+0.10
Korea //	-0.37	-0.45	+0.12	+0.13
Cha'ah //	-0.31	-0.25	+0.21	+0.21
Scale //	-1.77	-1.81	-0.22	-0.23
Conc'ed OH slag //	-1.43	-1.52	+0.38	+0.39
Constant	128.1		76.32	
Multiple corr. coeffi.	0.91		0.75	
Coeffi. of determination	82.8%		56.2	

Table 2. Analyses and tests of fine ores.

	Chemical component (%)										Mean size of fine ore	S. K. value			Wettability Ws
	T·Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	C·W.	t _a °C	t _b °C		t _c °C			
Sri Medan (US. MARAYA)	64.85	1.90	90.51	2.05	0.11	2.24	0.14	1.78	1340	1440	1530	1.56			
Africa (US. AFRICA)	64.48	1.91	89.41	4.06	0.34	1.39	0.24	0.94	1340	1420	1520	1.91			
Romeral (US. CHILE)	62.93	19.19	68.78	4.26	2.20	1.61	1.25	0.76	1320	1450	1475	1.80			
Sand Iron	54.73	30.11	45.86	4.17	1.43	2.76	2.74	—	1200	1230	1460	—			
Segamat (US. MARAYA)	61.30	1.61	85.93	3.60	0.25	3.66	0.06	3.34	1370	1390	1410	1.52			
Sibuguey (SF. PHILIPPINE)	57.73	18.30	62.25	7.39	3.50	3.27	0.85	1.89	1120	1390	1400	—			
Dungun (US. MARAYA)	61.55	6.18	81.14	3.50	0.28	2.97	0.20	3.81	1360	1365	1370	1.56			
Brazil (US. BRAZIL)	66.92	0.58	95.05	1.72	0.18	0.96	0.05	0.60	1350	1365	1370	1.55			
Ipoh (US. MARAYA)	57.43	0.10	82.00	2.90	0.38	7.52	0.23	3.99	1350	1360	1365	1.37			
Goa (US. INDIA)	58.63	3.75	81.09	4.00	0.24	5.87	0.28	4.35	1350	1360	1365	1.14			
India (US. INDIA)	63.93	0.75	90.58	3.67	0.22	2.02	0.12	1.63	1230	1340	1350	1.64			
Kedah (US. MARAYA)	58.15	0.77	80.95	7.71	0.16	4.04	0.14	4.01	1260	1325	1340	1.61			
Wabuska (SF. U.S.A.)	61.58	25.99	59.16	4.06	1.35	0.67	5.17	1.13	1220	1330	1340	—			
Dha Sala (US. THAILAND)	57.50	0.45	81.71	8.96	0.14	3.85	0.15	3.43	1250	1280	1285	1.56			
Korea (US. KOREA)	52.78	23.11	49.78	11.96	2.33	2.54	3.68	0.72	1130	1150	1160	1.79			
Cha'ah (US. MARAYA)	55.40	0.64	78.50	13.96	0.77	7.83	0.22	1.18	1130	1130	1140	—			
Scale	72.37	62.61	33.89	0.88	0.29	0.61	0.17	—	—	—	—	—			
OH Slag concentrated	53.43	21.45	16.41	8.20	13.56	2.18	3.46	—	—	—	—	—			

US: -8 mm fine ore after crushing lump ore. SF: Sinter feed.

考えられることに着目し、焼結特性値を支配する要因に鉄石特有の融点、焼結時に生成するスラグと該鉄石の濡れ性があるものと判断し、この点から前述の実操業結果との関連で銘柄効果の解明を試みたところ、重回帰式をかなり良く説明することができた。

2. 実操業の重回帰分析

焼結特性値から見た銘柄の位置(ランク)付けをするために、S.39年11月~S.40年1月の3ヵ月間にわたって、洞岡DL焼結工場(グレート面積 53.5m²×2基)の操業成績を統計解析して、当期間中に使用された原料の銘柄(%)と、焼結生産性(t/hr)、落下強度(S.I%)との重回帰式を得た。この式の偏回帰係数をもつて、銘柄の焼結特性値に与える効果としたが、偏回帰係数をさらに鉄石の平均粒度によつて補正することを試みている。ただし、粒度補正に使用した係数は次の回帰式の係数である。すなわち、生産量を y₁ (t/hr)、落下強度を y₂ (S.I%), 配合原料平均粒度を x (mm)、返鉄使用量を r

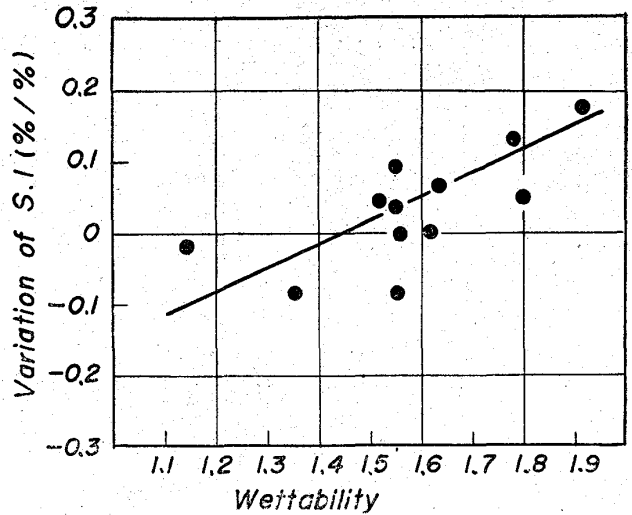


Fig. 2. Relation between wettability of iron ore and sinter strength. (without particle size effect)

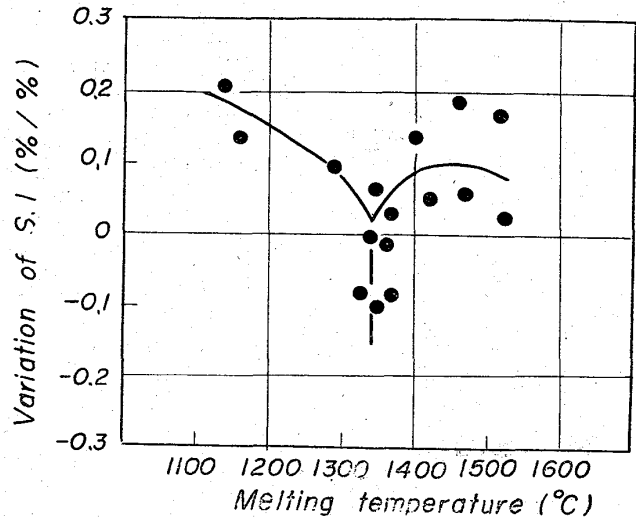


Fig. 3. Relation between melting temperature of iron ore fine and sinter strength. (without particle size effect)

(%)とすれば、回帰式は

$$y_1 = 19.4x - 2.5r + 172$$

$$y_2 = 1.54x + 85.9$$

と書くことができる。Table 1 に重回帰分析の結果とその偏回帰係数を粒度補正した値とを示した。

3. 鉄鉱石の融点およびスラグとの濡れ性の測定

鉄鉱石の融点測定は、ゼーゲル・コーン(SK の方式)で行なった。すなわち JIS に定められた条件で測定し軟化開始温度(TA)、溶倒温度(TC)および中間での温

度(TB)を求めた。(測定: 当所技研)

またスラグと鉄石との濡れ性測定はライツ高温加熱顕微鏡を使用して行なった。すなわち 13×8×3mm に成形した鉄石の台に、成形した(3×3mm φ) B. F. スラグのボタンをのせ、これを大気中で昇温してスラグの形状変化を観察した。(測定: 当所技研) その際濡れ性の尺度としては、半球スラグの底辺の直径と半価巾(写真ではスラグの高さの1/2に相当する点での巾)との比を求めこの数値を濡れ性指数(WS)とした。なお半球スラグは

スラグボタンが軟化しその底辺の半径と高さが等しくなった状態を補助スケール上で読みとり、肉眼判別するものであるが、これはボタンの角がとれてトップに丸みをおびた瞬間に相当する。Photo. 1 は落下強度ランク順に濡れ性測定写真を配列したものである。以上の測定結果を Table 2 に示した。表中に一部欠測値があるが、これは試料台を作り得なかつたものと、スラグとの反応性が極めて大なるために測定困難であつたものなどによるものである。一般にスラグ成分を多く含有したマグネタイト鉄石の場合、スラゲー鉄石間の生成物が介在して大きな濡れ性を示した。このことから鉄石とスラグとの濡れ性を示した。このことから鉄石とスラグとの濡れは界面張力が主因となる物理的な濡れと、界面に化学反応を伴ない、その中間生成物を介した濡れ、つまり、化学的な濡れを伴うものと2形態に分類できると思われるが、いずれの濡れ方をしても、焼結鉄強度を支配するのはスラゲー鉄石間の接着仕事量と考えられるから、上記の方法で求めた濡れ性はそのまま焼結鉄強度に結びつけることができるものと判断した。

4. 考 察

銘柄別重回帰式の生産変動に対する寄与率は 82% であつて、操業実績値と該式による計算推定値との一致は満足すべき結果になつている。Table 2 によれば、例外はあるが、おおよそ焼結生産性にはヘマタイト系鉄石が、また落下強度にはマグネタイト鉄石が有利になつており、従来からいわれている考え方に反するものではないが、同じヘマタイト系鉄石でも焼結特性におよぼす効果にかなりの差がある。Table 1, Table 2 の結果から焼結生産性と鉄石の融点とを対応させると Fig. 1 のようになる。粒度補正することによつて直線関係がえられ、融点の効果が明らかである。この図から融点の高い銘柄ほど生産性は大きいことが

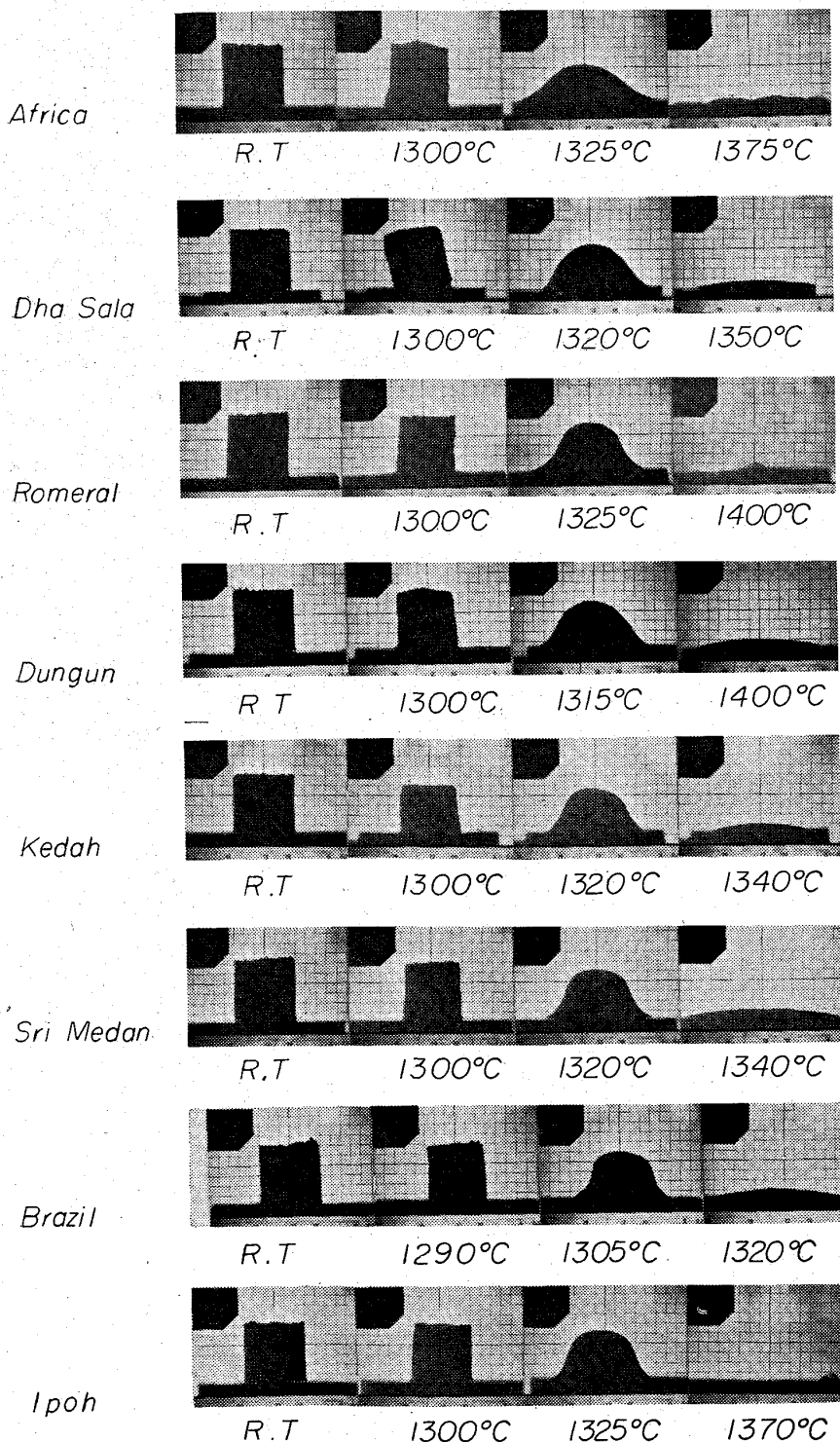


Photo. 1. Wettability tests of iron ore to B. F. slag.

わかる。低温(1100°~1200°C)領域で焼結ベッド中の鉄石粒子が軟化溶解すると、空隙が著しく減少して通気抵抗を増し、また粉コークスの周囲に多量の液相が生成することは carbon の燃焼速度をある程度鈍化させることなどが原因して、低融点の銘柄は焼結生産性には悪いものと推論する。著者らは、これらの考え方を裏付ける観察はしてないが、高炉における通気性について、こうした見解をもつ報文は若干ある。

次に濡れ性と焼結落下強度の関係については、Table 1 と Table 2 の数値から Fig. 2 に示すごとく、両者間に一次的な関係があることを見出した。図から濡れ性の大きい銘柄が高い強度を示す傾向をもっていることがわかる。スラグをBFスラグで代表させたことには問題もあると思うが、スラグと鉄石がよく濡れるということはスラグが鉄石によくなじむことであつて、焼結時に生成したスラグが鉄石粒子間のブリッジとして十分に役割を果しうることを意味するものであろう。

次に、融点と強度との関係を調べたが、融点が高いか、あるいは逆に低い銘柄が大きい落下強度を示し、融点が中間(1350°~1400°C)に位する銘柄は小さい落下強度を示すという傾向が認められた。(Fig. 3)この中間の融点に当る温度が丁度、焼結時の温度²⁾にはほぼ相当していることは興味がある。

以上、鉄石の融点、スラグとの濡れ性から焼結特性を論じてきたが、もとより使用する鉄石は異なる粒度分布と特有の表面形状を有しておるものであり、また重回帰分析の精度限界があることからのデータのバラツキについては引き続き修正していかねばならないが、おおよそ焼結特性値に与える銘柄の効果を説明できたものと考えらる。

5. 結 言

焼結生産性および落下強度と鉄石銘柄との重回帰分析をし、鉄石の融点、スラグと鉄石との濡れ性から検討したが、結論は次のようになる。

1. 焼結生産性および落下強度に与える銘柄効果の位置づけを重回帰分析によつてできた。
2. 焼結生産性を支配する要因として原料粒度のほかに鉄石の融点があることを見出し、融点の高い鉄石ほど生産性に有利であることを明らかにした。
3. スラグと鉄石の濡れ性から焼結鉄強度を説明し、スラグに対する濡れ性の大きな鉄石ほど焼結鉄強度を大きくすることを知つた。

また融点と落下強度については興味のある関係になつており、今後研究して行かねばならないが、濡れ性についても焼結時に実際に生成するスラグと鉄石との濡れ、さらには両者間の反応生成物の問題などをもとりあげて、今後研究して行く。

終りに濡れ性調査については、今回初めての試みであつたため、半球スラグの測定に満足を欠くものもあつたが、今後の研究でこうした測定手法の改良もあわせてとりあげて行きたい。

文 献

- 1) T. M. BAZANOB: *Stal*, (1958) 4, p. 289
- 2) 石光, 若山, 他: 未発表

(15) 焼結原料の分類について

富士製鉄, 室蘭製鉄所 工博 城 本 義 光
 広畑製鉄所 工博 神 原 健二郎
 工博 宮 川 一 男
 室蘭製鉄所 ○萩 原 友 郎
 広畑製鉄所 沖 川 幸 正

On the Classification of Sintering Materials.

Dr. Yoshimitsu JYŌMOTO, Dr. Kenjiro KANBARA,
 Dr. Kazuo MIYAGAWA, Tomorō HAGIWARA,
 and Kosei OKIGAWA.

1. 緒 言

焼結鉄の品質、生産性は、製造設備が一定であるかぎり原料鉄石の影響をもつとも大きくうけ、かつ各種の鉄石を混合して焼結する場合にも、各鉄石のおよぼす影響は相加的であることが多い。したがつて焼結操業にとつて原料鉄石の単味焼結性は重要な因子であり、多くの研究試験が行なわれている。筆者らは、63種の鉄石について単味焼結試験を行ない、焼結性を直観的に把握できる試験結果の表示法を考案した。さらに鉄石を、粒度および鉄石の成因により定まる化学成分上の3つの特徴で整理したところ、これらの特性からおよその単味焼結性を推定しうる焼結用原料鉄石の分類表を作成し得たので報告する。

2. 単味焼結試験

供試鉄石は国内産 J1~6, 朝鮮産 K1,2, ホンコン産 HG, フィリピン産 H1~4, マレー産 M1~12, ゴア産 G1~7, U. S. A 産 U1~5, カナダ産 C1~4, ペルー産 P1~4, チリ産 L1~6, ブラジル産 B1,2, ベネズエラ産 V, 南アフリカ産 F の計 55 銘柄の天然産鉄石と、スケール、硫酸滓など処理をうけた酸化鉄原料 8 種 X1~8 の合計 63 種である。これらに返鉄 30%(内%)を加え、3~7%のコークス粉を添加して、30kg 試験鍋により点火前吸引負圧 800mmAq で焼結試験を行なつた。添加水分は、点火前通気度が最大となる水分より 1.5~2% 少ない値とした。

3. 単味焼結性の直観的表示

焼結試験の結果は、焼結時間、歩留、強度、生産率など多くの数値で表示されるが、このように多数の試験結

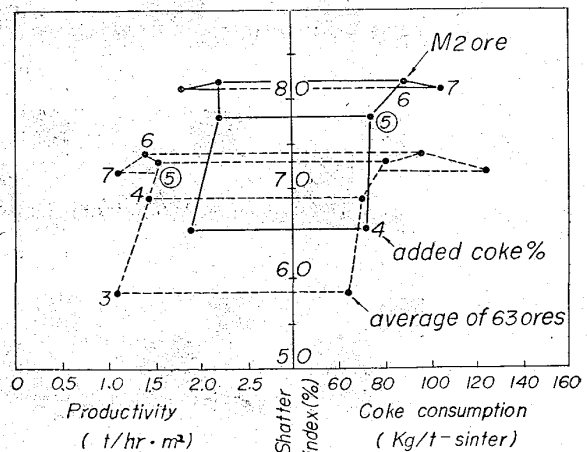


Fig. 1. Sintering properties of M2 ore.