

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融すると、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 800mm Aq 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

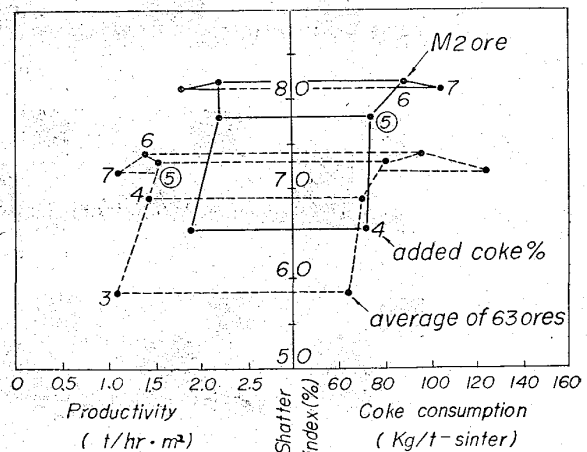


Fig. 1. Sintering properties of M2 ore.

果を整理するにはなるべく代表的な少数の数値にまとめることが望ましい。そこで成品焼結鉱の品質の代表として落下強度を、経済性の代表として生産率とコークス原単位をとり、さらにこれらは添加コークス量で変化するから、添加コークス量を加えて合計 4 個の数値で単味焼結試験結果を表示することとし、4 数値の間の関係を直観的に把握できるよう Fig. 1 のような表示法を用いた。図中たて軸は落下強度、横軸左は生産率(t/hr・m²)、横軸右はコークス原単位(kg/t-sinter)で目盛りされており、左側部分に各コークス添加率における落下強度と生産率の関係を、右側部分に同じく落下強度とコークス原単位の関係をプロットし、各点を実線でむすぶ。付記した数字はコークス添加率で、○印でかこんだのは生産率が最高となるコークス添加率である。また点線で結んだ図形は全試験の平均値である。これからマレイ産 M-2 鉱石は全平均にくらべ落下強度と生産率が高く、コークス原単位は同程度であること、コークスを 6% 以上添加すると過剰になつて強度、生産率とも低下することなどが直観的に知られる。このようにして各鉱石の単味焼結性を表示したが、Fig. 1 点線の全平均からも知られるように、生産率が最高となるコークス添加量では落下強度、コークス原単位いずれも良好な値を示している。そこで生産率最高のコークス添加量における焼結試験結果を代表的焼結性とし、全銘柄のそれを一かつして、Fig. 1 と同じ軸によりあらわすと Fig. 2 となる。

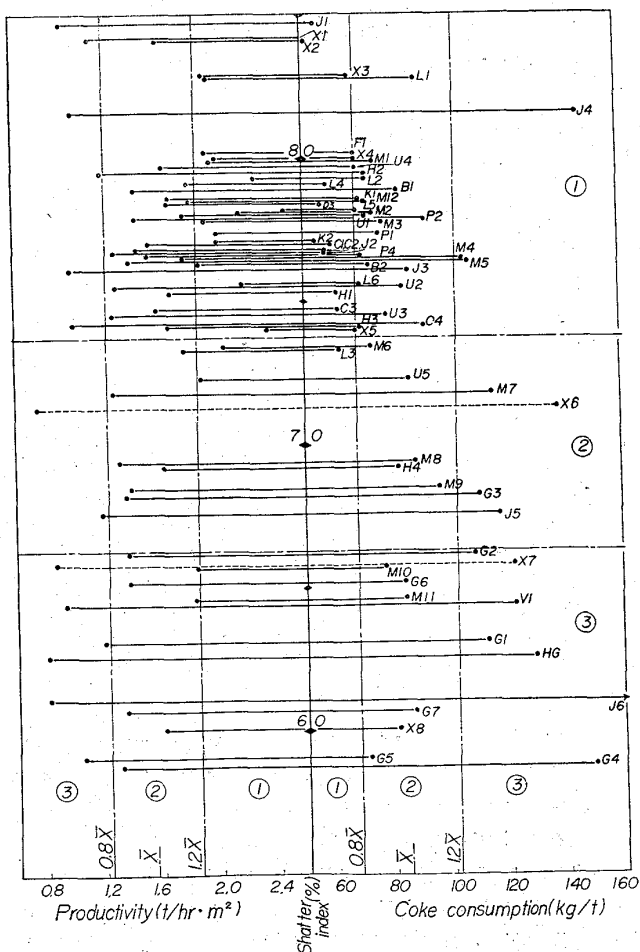


Fig. 2. Sintering properties of 63 ores.

次に Fig. 2 において、落下強度値を全平均 \bar{x} 以上、 $\bar{x} \sim 0.9\bar{x}$, $0.9\bar{x}$ 以下の 3 つに区別し、それぞれに 1, 2, 3 の符号を与え、同様に生産率については $1.2\bar{x}$ 以上、 $1.2 \sim 0.8\bar{x}$, $0.8\bar{x}$ 以下、コークス原単位については $0.8\bar{x}$ 以下、 $0.8 \sim 1.2\bar{x}$, $1.2\bar{x}$ 以上の 3 区分に分割してそれぞれ 1, 2, 3 の符号を与えると、たとえば前出の M-2 鉱石については、落下強度 1, 生産率 1, コークス原単位 2 であるから単味焼結性は 112 と表示される。

4. 鉱石の性状と焼結性の関係

焼結鉱の落下強度、生産率、コークス原単位はいずれも原料鉱石の鉱種(酸化鉄の形態)と粒度に関係するといわれ、このうち生産率は粒度、コークス原単位は鉱種(FeO 量)との相関が強い。しかし強度についてはこれのみでは不十分で他の化学成分の影響を与える必要がある。たとえば SiO₂ 量と強度の関係は Fig. 3 のように全体としては相関が認められないが、磁鉄鉱だけとると点線のように SiO₂ 量が多いほど強度が上昇する関係がある。しかしゴア系鉱石のみをとると鎖線のように逆の関係があり、強度は酸化鉄の形態以外に鉱石の産地、成因の影響を受けていることがわかる。

鉄鉱石の鉱物化学的な性状は酸化鉄の形態と、脈石の種類できまると考えられ、脈石の主成分は SiO₂, Al₂O₃,

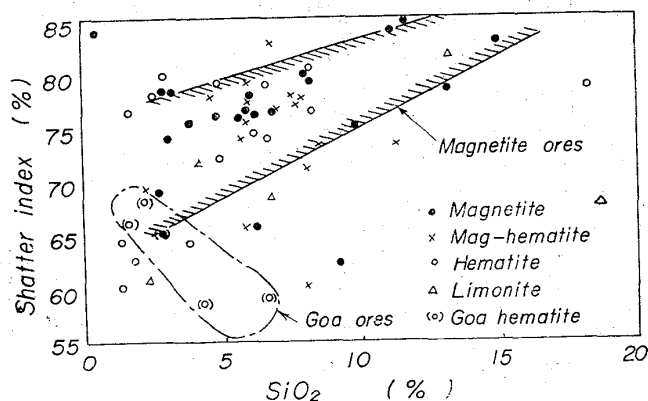


Fig. 3. Relation between SiO₂% and shatter index.

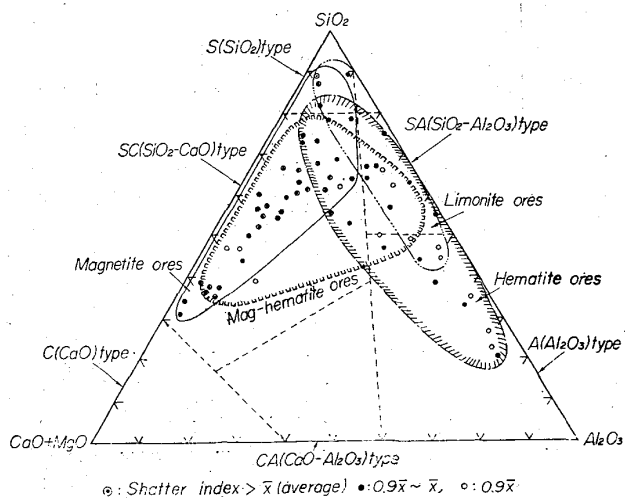


Fig. 4. Relation between types on component of gangue minerals, mineral sorts and shatter index.

Table 1. Classified table of sintering materials.

| | Type | SiO ₂ | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l |
|------|---|------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|--|--|------------------|-------------------|---|--------|----------|------------------|------|
| | | | Magnetite | | | Mag-Hematite | | | Hematite | | | Limonite | | |
| | | | coarse | medium | fine | coarse | medium | fine | coarse | medium | fine | coarse | medium | fine |
| I | S (SiO ₂) | H | | | K1-122 | | | | M12-122 | | | | J4-133 J5-233 | |
| II | | M | | | | | | | | | | | | |
| III | | L | | | | | | | | | | | | |
| IV | SC (SiO ₂ -CaO) | H | H1-121 X2-121 X3-111 | H2-132 X7-333 | HG-333 | | | | | | | | | |
| V | | M | L2-112 U1-122 X4-112 | B2-112 | C1-121 C2-121 C3-121 J3-132 | L5-112 L6-112 M3-112 P1-112 X5-112 | L1-112 L3-221 L4-121 K2-111 P2-122 U4-122 X8-322 | J2-121 X6-233 | U5-212 | B1-122 H3-122 | | | | |
| VI | | L | P4-122 | C4-132 G6-322* P3-121 U2-122 U3-122 | H4-222 | | | | | | | | | |
| VII | AL (SiO ₂ -Al ₂ O ₃) | H | | | J1-131 | | | | M6-212 | | | | | |
| VIII | | M | | | | | | | M4-123 | F-112 G5-332* | | | | |
| IX | | L | | | | | | | M1-112 M2-112 | | | M7-223 | J6-333 | |
| X | A (Al ₂ O ₃) | H | | | | | | | | | | | | |
| XI | | M | | | M10-322 | | | | | | M9-222 | | | |
| XII | | L | | X1-131 | | | M8-222 | | M5-123 M11-322 | G1-333 G2-323 G3-223 G6-323 G7-322 V-333 | | | | |

a-I~XII: index key. Type: Type on component of gangue minerals. SiO₂: H>9%, M 4.5~8.9%, L<4.4%. Sort of mineral: Magnetite 2.33 FeO%/T. Fe%>0.60, Mag-Hematite 0.25~0.59, Hematite<0.25. Size of particle: Coarse 1~10mm%>66.7, medium 33.3~66.6, fine<33.2, name of ore: B Brazil, C Canada, F Africa, G Goa, H Phillipine, HG Hongkong, J Japan, K Korea, L Chile, M Malaya, P Peru, U U. S. A, V Venezuela, X treated ore. Sintering properties: strength-productivity-coke consumption (1: good, 2: medium, 3: inferior) note: (×) treated ores is not classified by this table, (*)Goa ores group into H XII without this classification.

CaO, MgO の4者である。そこで各鉱石中の SiO₂, Al₂O₃, CaO+MgO の百分比を求め、Fig. 4 の SiO₂-Al₂O₃-CaO+MgO の擬三成分系状態図にプロットすると磁鉄鉱は SiO₂-CaO 側に、赤鉄鉱、褐鉄鉱は SiO₂-Al₂O₃ 側にあつまる。これを SiO₂-Al₂O₃-CaO, SiO₂-Al₂O₃-MgO, (SiO₂-Al₂O₃-CaO)+MgO 系各状態図の共晶線を参考にして、点線のように分割し、それぞれ S (SiO₂)型, SC (SiO₂-CaO)型, SA (SiO₂-

Al₂O₃)型, A (Al₂O₃)型, CA (CaO-Al₂O₃)型, C (CaO)型と名付けた。このうち C, CA の2型に入る天然産鉱石は實際上ほとんどないので、脈石の型式は S, SC, SA, A の4型に分類される。そして、鉱種をあわせて考えると、脈石の型式が S, SC 型に入る銘柄の強度は高く、SA 型に入るものは中位で、A型に入るものは弱くなり、強度は酸化鉄の形態と脈石の種類できまることがわかる。

5. 焼結原料の分類

以上のように単味焼結性を示す 3 代表特性はそれぞれ原料鉱石の性状と関係のあることがわかつたので、鉱種 (FeO%), 粒度, 脈石型式, ならびに現場作業での塩基度管理をも考慮して SiO₂ 量を加えた 4 要因で次の区分にしたがい鉱石を分類した。

- 1) 鉱種 磁鉄率 (2.332FeO/T. Fe × 100%) > 60%
磁鉄鉱, 25.0~59.9% 赤磁鉄鉱, < 24.9%
赤鉄鉱, 褐鉄鉱
- 2) 粒度 粒度指数 (1~10mm 分の %) > 66.7% 粗,
33.3~66.6 中, < 33.2 細
- 3) 脈石型式 S, SC, SA, A
- 4) SiO₂% < 9% 高, 4.5~8.9% 中, < 4.4% 低

Table 1 が分類結果で、枠内の数値は銘柄番号—単味焼結性値である。表より明らかなように少数の特殊な鉱石と硫酸滓などの処理をうけた原料を除けば、同一枠内に入る鉱石の焼結性はほとんど同じである。

6. 分類表の利用例

6.1 単味焼結性の推定

上記のように分類表の同一枠内に入る鉱石の焼結性はほとんど同じであるから、粒度と化学成分がわかれば焼結試験を行なわないでも大体の焼結性が推定できる。

6.2 配合効果の推定

初めに述べたように、各種の鉱石を混合して焼結する場合にも、各鉱石のおよぼす影響は相加的なことが多いので、単味焼結性をもとに、配合時の影響を推定することができ、また石灰焼結鉱でも特に塩基度の高い場合以外は適用が可能である。たとえば、M-7 鉱石を 18% 配合したところ強度が低下したので、これを L-4 鉱石に変更したいというとき、M-7 鉱石は Table 1 の j-Ⅱ群で焼結性が 223 であるがコークス添加率を下げると強度

が急激に低下するので、現場作業のコークス添加率では 323 と見るべきであり、L-4 鉱石は e-V 群に入り焼結性は 121 である。したがってこれを振り替えば、生産率はあまりかわらないが、強度は向上すると考えられる。30kg 試験鍋で実験してみると Fig. 5 のように推定通りの結果が得られ、現場作業でも同結果が得られた。なお塩基度の高い場合は Fig. 4 において、CaO + MgO 側に移動したと考えれば大体の傾向は推定される。

7. 結 言

63銘柄の単味焼結試験結果を整理し、焼結性を落下強度、生産率、コークス原単位の 3 者で代表させ、コークス添加率による 3 者の変化を直観的に表示する方法を案出した。次にこのなかから最高生産率をうるコークス添加率における強度、生産率、コークス原単位をとり、おのおの 3 段階に級分けし、1, 2, 3 の数字により焼結性を表示した。

これら焼結性はいずれも原料鉱石の性状と関係があることから、鉱種 (FeO%), 粒度, SiO₂ 量, および脈石の型式で鉱石を分類したところ、同一群内に入る鉱石は、特殊なものと、天然産でない処理をうけた酸化鉄を除けばほとんど同一の焼結性を示すことを認めた。

したがって本分類表を用いると、鉱石の粒度と化学成分がわかれば、大よその単味焼結性を推定でき、それをもとに他鉱石と配合したときの効果を知ることができる。また石灰焼結鉱においても、塩基度があまり高くなければ適用可能である。

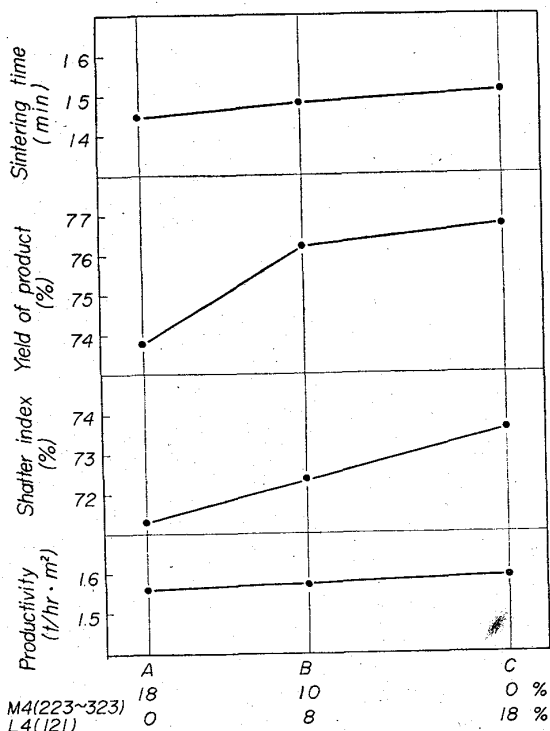


Fig. 5. Results of sintering tests of 30kg pan.

(16) 還元におよぼす温度の影響

(鉄鋼石層の還元実験—Ⅳ)

茨城大学工学部 工博○相馬 胤和

Influence of Temperature on Ore Reduction.

(Reduction test of ore bed—Ⅳ)

Dr. Tanekazu Sōma.

1. 緒 言

前報¹⁾において鉄鉱石層の還元の際、還元ガスの接触時間が比較的長い範囲におけるガス利用率と平衡階段との関係や各因子の影響を報告したが、CO ガスを使用したため、低温において炭素析出反応をとめない、温度の影響を示すことができなかつた。

本報においては H₂ ガスを使用し、ガス利用率 (H₂O / (H₂ + H₂O)) に対する温度の影響を実験し、あわせて CO + CO₂ ガスを使用し炭素析出を起さぬ範囲での温度の影響も測定した。

2. 装置および方法

CO + CO₂ ガスによる還元装置は前報²⁾同様で一部の CO₂ を差圧流量計を通して CO 発生炉をバイパスして混合し、所定の CO₂% にして実験を行なつた。したがって還元前のガス組成は 10min おきに分析した。

H₂ ガスによる還元は Fig. 1 に示すように、H₂ を乾燥後 900°C に加熱したアルミナ球の間を通し、H₂ に