

622.341.1:669.162.282  
:669.162.263.23

いこととで還元所要熱量は非常に低い値をとつている。以上鉱石によりその還元所要熱量に大きな差が現われており、高炉における生産性に与える影響はかなり違ってくるものと期待される。

結 言

- (1) 鉱石の反応速度は間接還元率および直接還元率を決定する因子となり還元所要熱量を左右する。
- (2) 900°C の温度保存領域を仮定し、これを間接還元帯とした。
- (3) 鉱石の間接還元帯滞在時間内程度では  $1-(1-F)^{1/3}=kt/r$  が近似的に成立することを利用して被還元性指数  $k$ (mm/hr)を決定した。
- (4) 被還元性指数  $k$ 、粒径  $r$  および化学成分から還元所要熱量を計算した。
- (5) 還元所要熱量計算の結果、各鉱石間に大きな差の存在することが判明し、特に反応速度の影響の大きいことがわかった。

以上考察を行なつてきた被還元性以外の還元性状に還元崩壊性状がある。この点の検討と、被還元性と還元崩壊性の高炉操業に与える影響の定量的な検討は第Ⅱ報で報告する。

文 献

- 1) M. HANSEN: Stahl u. Eisen, 81(1961), p.894
- 2) N. J. THEMELIS et al.: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 227 (1963), p. 290
- 3) 学振第 54 委員会資料, 昭和36年月, 54 委 627
- 4) 八塚, 沢村他: 鉄と鋼, 46 (1960) 6, p. 643
- 5) 第17回製鉄部会資料, 昭和36年12月, 鉄17-2-1

(18) 鉱石性状の高炉操業に与える影響

(出鉄量に与える鉱石性状の影響—Ⅱ)

川崎製鉄, 千葉製鉄所

岩村英郎・佐々木健二・長井 保  
安藤博文・梅垣邦一・○榎谷暢男

The Effect of Properties of Iron Ores during Reduction on Blast Furnace Process.

(The effect of properties on the productivity —Ⅱ)

EIRO IWAMURA, Kenji SASAKI,

Tamotsu NAGAI, Hirobumi ANDŌ,

Kuniichi UMEGAKI and Nobuo TSUCHIYA.

1. 緒 言

鉱石の還元性状が高炉操業を大きく支配するという考

えから、第Ⅰ報では鉱石の被還元性について検討した。しかし炉況を通気性の点で支配する因子に鉱石の還元崩壊性がある。第Ⅱ報ではこの還元崩壊性を表わす指数を評価した上で、2つの還元性状を含めた各因子が出鉄量におよぼす効果を、千葉製鉄所第1高炉を対象高炉として、重回帰分析によつて解析した結果を報告する。

2. 鉱石の還元崩壊指数

鉱石の還元崩壊性をテストする方法には学振法、リンダー法をはじめ各種の方法が存在するが、本報では次の実験条件を選択した。すなわち、比較的低温の領域である500~700°C 付近では、1) カーボン析出が激しく、これが崩壊を助長するであろうこと、2) ヴスタイト層が現われると共に組織が劣化すること、3) 熱割れが起こることなどの諸点から鉱石が崩壊しやすい条件になつていと推察される。この考えにしたがつて、

- 1) 試料粒径: 20~25mm (平均粒径 22.5mm)
- 2) 試料重量: 1000g
- 3) 還元温度: 600°C (600°C までの昇温速度: 10°C/min)
- 4) 還元時間: 60min
- 5) 還元ガス組成: 33±1% CO(残 N<sub>2</sub>)
- 6) 還元ガス流量: 20l/min
- 7) パレル回転数: 20 r. p. m.

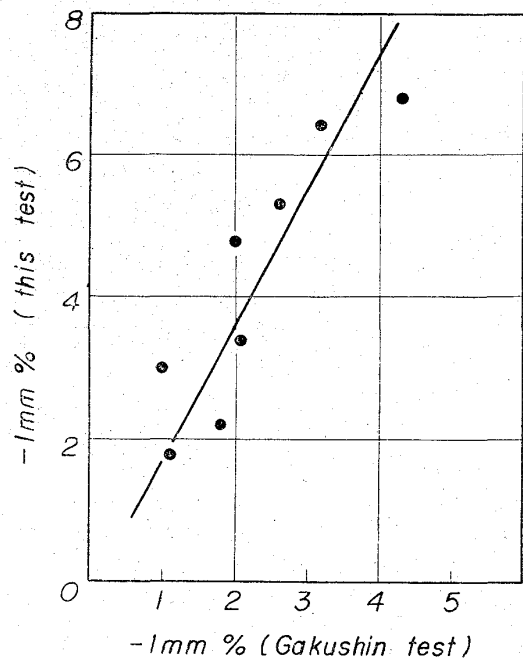


Fig. 1. Relation between the result of this test and that of the Gakushin test.

Table 1. Degree of the degradation of ores.

Sample	-1 mm (%)	Sample	-1 mm (%)	Sample	-1 mm (%)
Korea(Bukkin)	0.2	Sinter B	2.9	Chile(algarrobo)	10.3
Korea(Zyoyo)	0.5	Nevada	4.7	Dungun	11.4
Korea(Bukkin)	1.1	Rhodesia	7.0	Rompin	11.5
Eagle Mt.	1.2	Sibugney	7.2	Temangan	13.0
South Africa	1.9	Sinter A	7.8	Chile(Santafe)	14.1
Pellet B	2.0	India	8.0	Jorak	22.0
Pellet A	2.5	Goa	8.8	Sandur	36.9

を実験条件とした。

還元崩壊指数の決定は、Joseph<sup>1)</sup> による炉内の通気抵抗は粒径の 1.2 乗に反比例し、この傾向は粒径が小さいほど大きいことが判明しているため、この点から考えてできる限り粒度の小さいところに指数をとる必要があると結論し、-1mm% を指数として選択した。

さらに、一応ほかの実験方法との対応性を検討した。比較した実験方法は学振法とリンダー法で、用いた指数はすべて -1mm% である。この結果を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。Fig. 1 および Fig. 2 より本実験方法と学

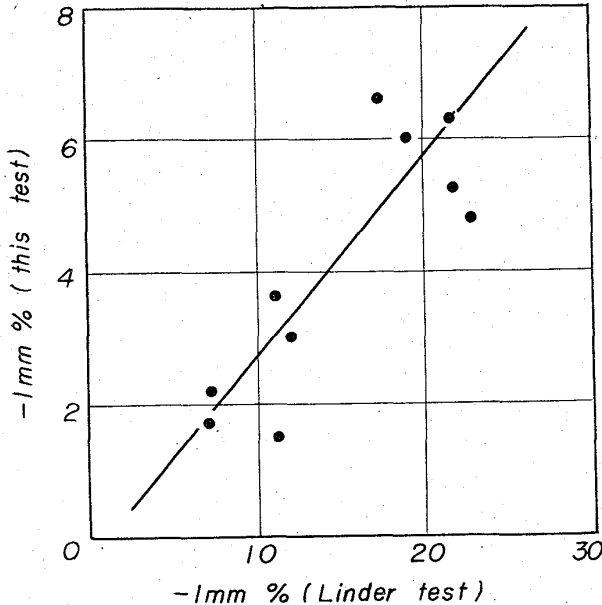


Fig. 2. Relation between the result of this test and that of the Linder test.

Table 2. Variables and their mean value and standard deviation.

Variable	Mean value	Standard deviation
Productivity (Y)	1641	94
O <sub>2</sub> % in blast (X <sub>1</sub> )	22.7	0.97
Heat consumption required (X <sub>2</sub> )	662.8	39.4
Blast temp. (X <sub>3</sub> )	1016	11
Si% in iron (X <sub>4</sub> )	0.754	0.048
Degradation index × A (X <sub>5</sub> )	13.08	2.02
Degradation index × B (X <sub>6</sub> )	11.88	1.60
Degradation index × C (X <sub>7</sub> )	10.16	1.69
Degradation index × D (X <sub>8</sub> )	7.75	1.00

Table 3. Size distribution in -1mm.

	Pellet A	Pellet B	Sinter A	Goa	Sundur
1 mm ~ 35 mesh	3.9%	13.9%	44.7%	9.5%	13.3%
35 mesh ~ 65 mesh	1.3	4.7	16.1	10.9	14.4
65 mesh ~ 100 mesh	0.7	2.3	7.4	12.0	13.7
100 mesh ~ 200 mesh	7.7	7.0	10.5	22.9	29.1
200 mesh ~ 325 mesh	11.6	7.0	10.8	25.0	12.3
- 325 mesh	74.8	65.1	10.5	19.7	17.3

振法およびリンダー法との間には正相関がある。

各鉱石に関して得られた崩壊指数を Table 1 に一括した。

Table 1 を第 I 報の Table 1 と比較すると、一般的な傾向として、還元性の良好なものほど崩壊しやすいと結論できる。しかし、崩壊指数がどの程度になると炉況に影響が現われるかが問題になり、被還元性の良否と鉱石の良否とを直接結びつけることはできない。さらに、リンダー試験装置を用いてのテストの場合、形状の点から考えても Table 1 に現われた数値に関して、ペレット、焼結鉱、塊鉱石の相違をそのまま論ずることは妥当性を欠くと考えられる。その形状から考察すると、焼結鉱、塊鉱石、ペレットの順に崩壊しやすいと推定され、崩壊指数と炉況との関連性を検討する場合には、それぞれの数値に何らかの重みをつけ補正をほどこす必要がある。この点に関しては以下の重回帰分析の結果から考察する。

### 3. 重回帰分析の方法

出鉄量におよぼす各因子の効果を検討する目的で、昭和39年10月1日より、千葉製鉄所第1高炉に装入された鉱石全名柄について、5日間毎に粒度分布、被還元性指数、還元崩壊指数に関するデータを実験室的に集積すると同時に、休風の行なわれた日を除外した作業データの解析を行なった。データ採取期間は昭和40年3月15日までで、したがってデータ数は  $n=33$  である。

出鉄量を特性値 Y として、これに影響を与える諸要因 X<sub>i</sub> とその平均値および標準偏差を Table 2 にかかげる。

ここで崩壊指数の決定について説明する。リンダー試験装置を用いて得られた結果については、その形状から考えても処理鉱と塊鉱石を同列に扱うことはできないという推定は先に述べた通りである。Table 3 にも示すように崩壊試験結果の中の粒度分布は、ペレット、焼結鉱、塊鉱石の三者の間でかなりの相違が認められて、その炉況に与える影響に差が現われるであろうと推定される。

Table 3 の結果は実際の崩壊がペレット > 鉱石 > 焼結鉱であることを暗示している。

したがって、Table 3 の結果からも実際の崩壊指数が、試験結果に現われた崩壊指数よりも一層大きいと推定され、かつ微粉がほかに比較して多量に発生するために炉況に悪影響を与えると推測されるペレットを他鉱石と同列にあつかうことは危険であると考え、次に示す補正係数を掛けて崩壊指数を修正した。その妥当性は重回帰分析の寄与率から判定した。

ペレット 鉱石 焼結鉱

- a) 4 2 1
- b) 3 2 1
- c) 3 1 1
- d) 1 1 1

ただし、上記の数字は試験の結果得られた崩壊指数を補正するための倍数である。a), b), c) はペレットを特に大きく見積つた場合であり d) は全鉱石を同列に扱つた場合を検討するためのもの

Table 4. The result of multiple correlation analysis.

Variable	Partial correlation coefficient			
	421	321	311	111
O <sub>2</sub> % in blast	58.54*	57.52*	55.70*	50.68*
Heat consumption required	-0.89*	-1.04*	-0.86*	-1.29*
Blast temperature	1.54*	1.55*	1.54*	1.58*
Si% in pig iron	-231.8*	-221.1*	-219.1*	-176.2
Degradation index	-10.32*	-13.87*	-12.51*	-24.16*
Constant	-343.8	-217.2	-323.6	589.4
Contribution	92.3%	92.2%	92.3%	90.8%
Variance	803.8	815.4	807.6	953.7

Level of significance \* 90%

である。

実際のデータに使用した崩壊指数は、上記の補正を加えた後に各銘柄の配合割合から加重平均したものである。それぞれの崩壊指数の組合せにしたがって行なつた重回帰分析の結果を Table 4 に一括する。

#### 4. 重回帰分析の結果と考察

Table 4 に得られた結果の考察を行なう。なお、この重回帰分析は危険率 90% として行なつたものである。

まず寄与率から考えると、4つの場合すべてについて 90% 以上となり高い寄与率を示している。これは選択した要因に大きな誤りがなかつたことを意味する。偏回帰係数は (111) の場合を除いてはすべて妥当な意味をもっている。すなわち、送風中酸素含有量および送風温度が上昇すると出鉄量は増大し、鉄石還元必要熱量、鉄中 Si 含有量および鉄石の還元崩壊が増加すると出鉄量は減少する。以上は高炉操業者の経験と一致する。

さらに寄与率の大小から崩壊指数の選択方法について考察する。全鉄石の崩壊指数を同列に扱った場合の寄与率は最も低く、先に予想した通りこの考え方は妥当性を欠くと推定される。寄与率が高く現われた場合は (421), (321), (311) の場合についてであり、これはペレットの崩壊指数を他鉄石に比較して高く見積ることの妥当性を支持するものと結論される。以上から自溶性焼結鉄の還元崩壊が炉況に与える影響はそれほど大きくないと推定される。

以上の解析結果から鉄石の還元性状が生産性にかなり影響を与えることが判明した。具体的には、還元所要熱量 10 万 kcal の上昇で 100 t 近い減産が、また崩壊指数 1% の上昇で、10 数 t の減産が現われることになる。こうした点から最近の整粒による平均粒径の低下をさらに前進させ、各銘柄別に還元性状から判断して適正粒度、適正配合を決定することが望ましいと結論される。

#### 5. 結 言

(1) 鉄石の還元性状を考慮した重回帰分析の結果、還元性状の生産性に与える影響の大きいことが判明した。

(2) リンダー試験装置を用いて得られた結果は、各鉄石に関して同列にあつかうべきではなく、特にペレットに関しては崩壊指数を高めに見積る必要がある。

(3) 出鉄量に影響する要因は重回帰分析結果の寄与

率から考えて、送風中酸素含有量、鉄石還元所要熱量、送風温度、鉄中 Si 含有量、鉄石還元崩壊性状の 5 個を選択することによつて十分説明ができる。

#### 文 献

- 1) T. L. JOSEPH: B. F. and Steel Plant, May and April, (1957)

### (19) 鉄鉄石の熱割れについて

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 石光章利・菅原欣一・○佐藤勝彦

#### Study on Degradation of Iron Ore by Heating.

Dr. Akitoshi ISHIMITSU, Kin-ichi SUGAHARA and Katsuhiko SATO.

#### 1. 緒 言

イタピラ鉄石の熱割れ現象が見出され、これが溶鉄炉操業に障害をおよぼすことが判明して以来、鉄鉄石の熱割れは装入物の熱間性状の中でも重要な項目としてとり上げられるようになった。イタピラ鉄石の場合はヘマタイトの結晶面が一方向の面内に規則的に配列するため、熱膨張がこの面内にまとまった形で現われて、この面内での剝離を惹き起こすものであることを推定しすでに報告したり。

その後イタピラ鉄石以外にも熱割れ現象を起す鉄石がいくつか見出され<sup>2)3)</sup>、鉄鉄石の熱割れは、イタピラ鉄石固有のものではなく、かなり多くの鉄鉄石に共通な性質と考えるべきことが判明した。しかし熱割れの機構的な点についてはさらに検討する余地があるものと考え、本報ではそれらの問題について調査を行なうこととした。また装入物の熱間性状の中で、熱割れと並んで重要なものと考えられる還元粉化性についても検討を行ない、両者の関連についても調査した。

#### 2. 試 験 方 法

試験は横型の管状電気炉を使用した。これに試料を 3 コ磁製ポートにのせて装入し、Table 1 に示すような試験条件にしたがって試験を行なつた。

また必要に応じて高温に直接装入する急速加熱試験をも併用した。