

Fig. 4. Decrepanation degree by heating and reducibility.

と大分異なっており、特定の方向への方位配列がかなり発達していることが認められた。一方比較のために、熱割れのほとんどないアソマン鉱石についても同様な X 線回折を行なったが、外観では層状をなしているにもかかわらず、粉末と板状試料の回折図形には差がなく、従って結晶の方向性がないことが裏づけられた。イタピラ A は、特定方向に発達した結晶粒の配列とそれと方向の異なる配列との間に、急熱に際して、熱膨張の差が現われるために応力を生じ、熱割れするものと思われる。この種の鉱石でも soft なものは存在する大きな気孔のために、発生した応力が弛緩して、熱割れが少なくなるものと考えられる。

4.4 熱割れと還元性

熱割れ試験での +10 mm% と、JIS 法での還元試験による還元率との関係を Fig. 4 に示す。鉱石の還元率は試料の気孔、酸化鉄および脈石の状態により差があるといわれており、同図でも気孔率の高い鉱石は一般に還元性がよい。熱割れが大きい鉱石は、概して還元率が高いが、これは還元試験の際、900°C までの昇温過程で鉱石が割れて、還元の反応面積が広くなり、その結果還元率が高くなるものと思われる。

5. 結 言

当社の高炉で使用している約 30 種類の鉄鉱石について、熱間性状を調査し、次のことがわかった。

(1) 鉄鉱石の熱割れ試験および還元後の回転強度試験を実施し、その結果より、次の 3 型式に分類した。

- (a) 熱割れが少なく、還元強度も高い鉱石。
- (b) 熱割れは少ないが、還元強度が低い鉱石。
- (c) 熱割れの著しい鉱石。

(2) 熱割れの著しい鉱石のうち、結晶水を多く含むものは、加熱により結晶水を分解、放出する際に、その

圧力により熱割れするものと考えられ、その程度は気孔率/C.W.% の比と相関があつた。

(3) 結晶水をほとんど含まない鉄鉱石の熱割れの原因は結晶粒の方向性や配列によるもので、結晶の方位配列については、検鏡および X 線回折により確認した。

(4) 熱割れする鉄鉱石は、還元過程で破碎により還元の反応面積が大きくなるため、概して高い還元率が得られた。

文 献

- 1) 神原, 藤田, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1348
- 2) 渡辺, 吉永: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1355
- 3) 国井, 稲葉: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 228
- 4) 石光, 佐藤, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1760
- 5) 神原, 藤田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 586
- 6) 鋼管・技研: 学振 54 委, No. 883
- 7) 富士・室蘭: 第 29 回製鉄部会資料

(討-4) 高炉原料の異常性状について

住友金属工業, 和歌山製鉄所 ○井 関 祥 浩
On the Abnormal Behaviours of Blast Furnace Burdens

Yoshihiro IZEKI

1. 結 言

鉄鉱石の熱割れ、還元膨張および焼結鉄の還元粉化などの高炉原料の熱間異常性状について、種々試験調査を行ない、実操業との関連を検討した結果について報告する。

2. 鉄鉱石の熱割れ試験

代表的な熱割れ鉄石 Rio doce, Hamersley, Kiriburu の 3 銘柄について、鉄鉱石特性研究分科会方式によつて熱割れ試験を行ない、昇温中での破裂音数を大, 中, 小に区別して数え、温度と破裂音数の関係を図示したのが Fig. 1 である。同図では破裂音大は 3 個分, 中は 2 個分として表わし、大の個数は付記している。Rio doce 鉄石で熱割れするのは主に層状 (laminated) のものであり、150°C ですでに小さな熱割れが始まり、240~280°C で破裂音は最も大きくかつ多くなり、360°C をこえると大きな破裂はほとんどなくなる。Hamersley の熱割れ温度は Rio doce に比べて高く、約 230°C で始まり、320~460°C で最も著しく、その破裂音はかなり強烈である。Kiriburu も Hamersley とほぼ同温度で始まり、400~440°C で最もはげしくなる。しかし Hamersley に比べると、熱割れの程度は小さい。Rio doce の場合は結晶水がほとんどなく、層状にそつて割れることから、加熱によつて方向性のもつた組織が膨張によつて応力が加わり、両面から剝離するものと考えられる。Hamersley, Kiriburu の場合は結晶水が高く、goethite の分解温度付近で熱割れがはげしいことから、結晶水の蒸気圧によるものと考えられ、また特に前者は結晶水が比較的少ないにもかかわらず強烈な破裂があるのは吉井なども指摘している¹⁾ ように、組織が密で open pore が少ないためである。

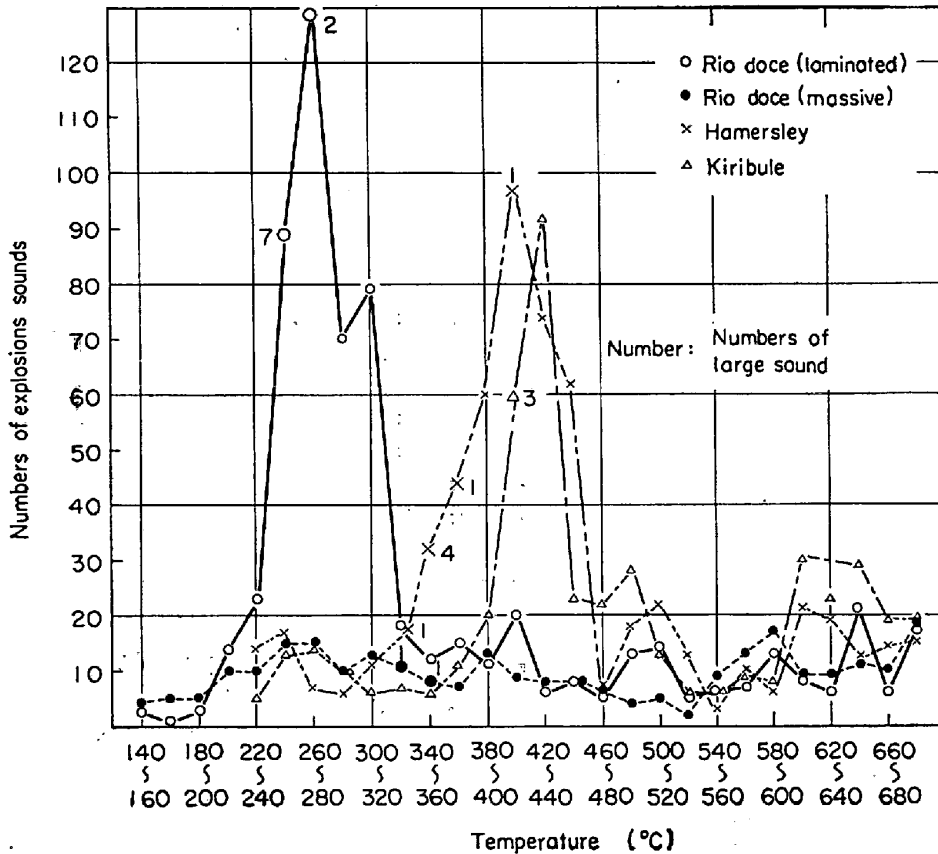


Fig. 1. Relation between numbers of explosion's sounds and temperature in the process of heating tests.

石灰石 7.7% を配合し、同一条件で焼結試験を行なった。結果は Fig. 2 に示すとおりである。いずれの粒度においても、熱割れの大きな層状鉱石を多く含むほど、焼結時間が長くなるにもかかわらず、成品強度、成品歩留は低下し、したがって生産率は大巾に下る。粒度は同一に調整し、化学成分にほとんど差のないこれらの原料間でのこの傾向は焼結過程での熱割れ現象が主因と考えることができる。すなわち焼結過程が溶着しつつある粒子が、隣接またはそれ自身の破裂によつて、分離または結合が弱化するものと考えられ、成品の組織を顕微鏡下で観察したところ、層状試料の成品には crack が多く、また結晶粒の配列が不規則であることが認められた。しかし実操業では、これらの熱割れ鉱石も他の多くの原料と併用して配合されるため、熱割れの影響としては明らかでない。

4. 熱割れおよび膨張鉱石の還元性状

学振法塊状還元装置により、熱割れおよび還元膨張の傾向のある鉱石を試験した結果を Table 1 に示す。Rio doce は層状のものは熱割れが主であるが、soft massive のものの中には膨張膠着がかなり大なものがあり、本試料ではガ

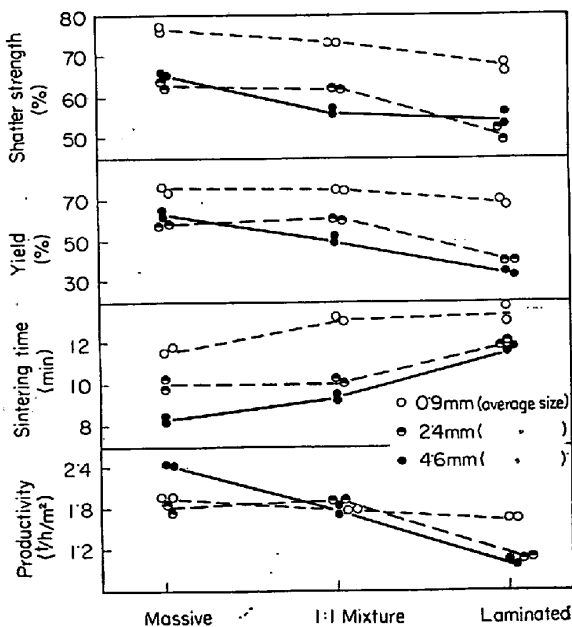


Fig. 2. Effects of decrepitation of Rio doce ore on the natures of sintering.

3. 焼結に与える熱割れの影響

焼結に与える熱割れの影響を 30 kg 試験鍋で検討した。Rio doce 鉱石を肉眼により識別し、(a) 層状 (laminated) (b) 非層状 (massive), (c) 両者の 1:1 の混合試料の 3 種類にわけ、返鉄 30%, コークス 5.0%,

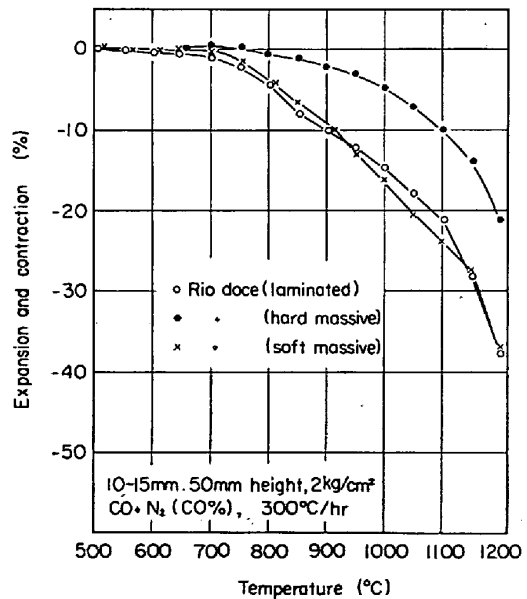


Fig. 3. Effect of decrepitation and swelling on the softening curve of Rio doce ore.

Table 1. Results of reduction tests of lumpy ores by gakushin method.

Test index		Rio doce (laminated)	Rio doce (soft massive)	Yampi sound	Hamersley	Gold's worthy	Whyalla
Back gas pressure (mmHg)		24	126	18	6	0	48
Abrasion resistance (%)	+ 3 mm	76.1	83.0	76.4	87.7	95.0	76.6
	+ 1 mm	82.8	87.5	78.3	91.4	95.8	80.0

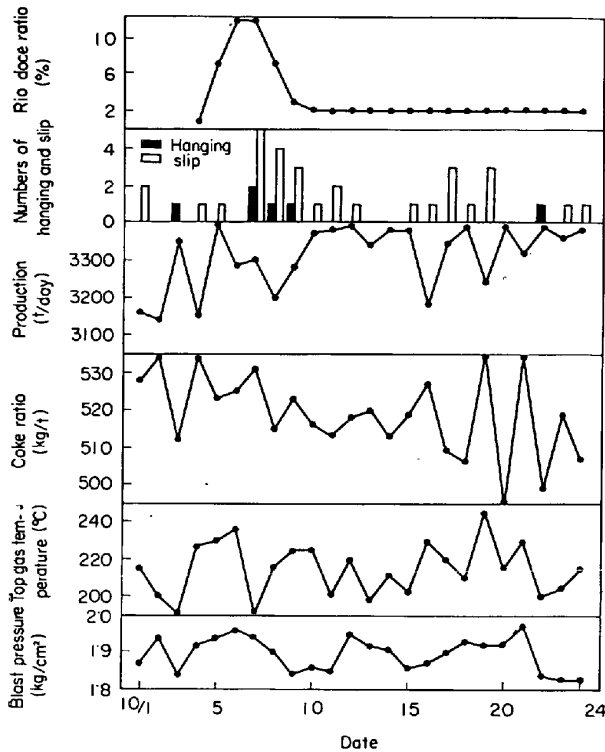


Fig. 4. Operation results of No. 3 B.F.

ス圧 126 mmHg に達した。Yampi sound, Whyalla なども還元膨張の傾向があり, Hamersley, Gold's worthy は熱割れの傾向が強い。また Rio doce 鉱石を (a) 層状 (laminated), (b) 非層状 (hard massive), (c) 非層状 (soft massive), に識別し, 荷重軟化試験を行なつて高温域での変化を調べたのが Fig. 3 である。熱割れする (a) および還元膨張する (c) は (b) に比して, 軟化開始温度が低く, 収縮率が大であることがわかる。

当所 No. 3 B.F. において, S.41.10.5 より Rio doce 鉱石を 12% まで配合比率を上げたところ, 棚, スリップが頻発し, S.41.10.10 より 2% の使用にした。それ以後 Rio doce の影響はあらわれなくなつたが, この間の操業状況は Fig. 4 に示すとおりである。これらの結果からして, 熱割れ, 還元膨張の現象は高炉の操業によつて, 好ましくない要因となると考えられる。

5. 焼結鉱の還元粉化について

焼結鉱の還元粉化についてはすでに多くの試験調査が行なわれており^{2,3)}400~600°C の低温域の還元によつて crack が発生し, それが拡大して粉化にいたるものである。crack の発生はやいもので還元後 20 min で多くおこつており, 時間の経過とともに大きく成長する。

N₂ ガス中では何ら変化が起こらず, H₂ ガス中でも crack ができることから考慮して, 酸化鉄の還元に由来するものであり, Fe₂O₃→Fe₃O₄ の結晶構造の変化によつて応力が伝播して, crack の発生にいたるものと推定せられるが, なお検討中である。

現場焼結鉱を約 6 カ月にわたり, 還元粉化試験を行ない, 高炉での炉況との関係を検討した。試験方法はつぎのとおり。

装置: 学振法塊状還元装置

試料: 20±1 mm 500 g

温度および時間: 500°C 1hr

表示: 還元後平均粒度

試験は No. 1, 2, 3 工場成品おのおのについて月 4~5 回行ない, 高炉での使用配合比率で補正して, 炉況との関連を調べた。Fig. 5 は月間の補正還元平均粒度と棚スリップ回数の関係をプロットしたものである。周知のごとく, 炉況に与える要因はきわめて多く, 一概に論ずることはできないが, 同図は還元粉化が棚, スリップの増加を招くおそれのあることを示唆していると考えられ, さらに検討を要する余地がある。

6. ま と め

鉄鉱石の熱割れおよび膨張現象, 焼結鉱の還元粉化等

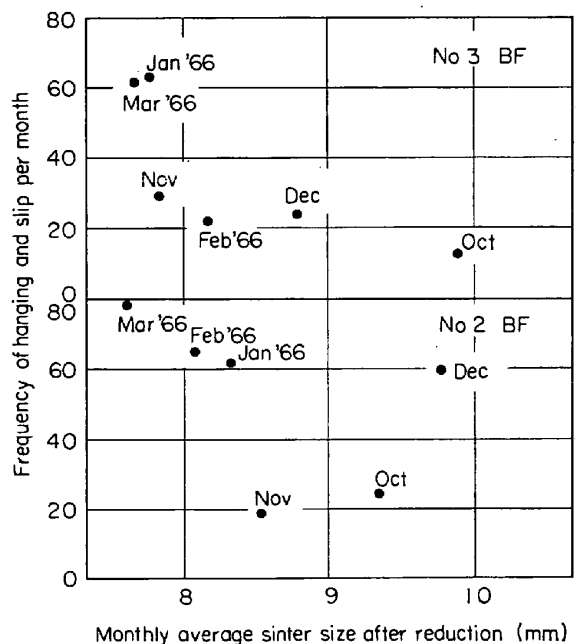


Fig. 5. Relation between size degradation of sinter burden and frequency of hanging and slip in blast furnace operation. (1965. 10~1966. 3)

の熱間異常性状について試験し、実操業との関連を検討したが、これらの性状はいずれも高炉の操業にとって好ましくない要因として働く傾向が認められ、また熱割れ現象は焼結においても、強度の低下の原因となることが試験鍋で確認された。

文 献

- 1) 吉井: 学振54委-1034 (1966)
- 2) 渡辺, 吉永: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 488
- 3) 学振, 54委-951

(討-5) 熱割れ鉱石の高炉操業におよぼす影響について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

米沢 泰三・永井 忠弘
野崎 充・鈴木 清策

Blast Furnace Operation with Decrepitative Ore

Taizo YONEZAWA, Tadahiro NAGAI
Mitsuru NOZAKI and Seisaku SUZUKI

1. 緒 言

熱割れの危険性の高いとされている鉱石への依存度が最近とくに高まりつつあるので、鉱石特性調査と同時に高炉操業との関連について実験的な調査を行なうこととし、その第一段階として、入荷量の多いスワジランド鉱石を用いて第1高炉(常圧)および第2高炉(高圧)において使用試験を実施した。

使用試験と並行して実験室的に調査した性状試験をFig. 1に示すが、スワジランド鉱石は、典型的熱割れ鉱石として知られているブラジル鉱石と、熱割れがほとんどないウルヤムおよびツイ鉱石のほぼ中間に位置している。

高炉操業試験の結果、この程度の熱割れ性状をもつ鉱石では、40%まで大きな支障なく高炉に使用できることがわかった。

2. 試験方法

Table 1. Size distribution of Swaziland ore.

	Proposed size (mm)	+35	~25	~15	~10	~5	-5	Dpw	Dpv
1st test	L*	0.1	9.0	30.4	28.7	26.1	5.7	14.5	6.08
	S**			21.1	33.5	31.1	14.3	11.1	4.63
2nd test	L*	0.1	13.1	44.9	23.3	15.0	3.6	17.1	7.06
	S**		1.0	28.4	34.3	27.7	8.6	12.6	5.39

* Proposed size=9~35 mm ** Proposed size=9~25 mm

Table 2. Mean size of burden.

	India	Goa	Rompin	Romeral	Coke	Sinter (1st)	Sinter (2nd)
D_{pw}	16.5	17.3	16.9	17.1	48.4	19.8	23.2
D_{pv}	5.86	5.57	6.24	6.65	11.09	5.53	6.03

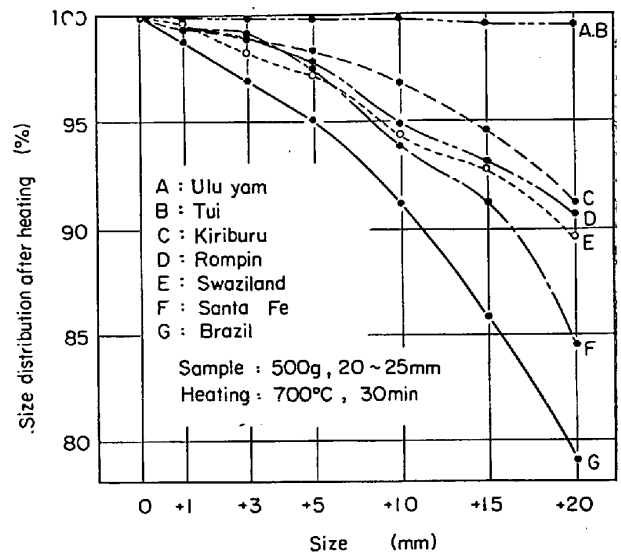


Fig. 1. Degree of decrepitation of some ores.

試験の主目的は、熱割れ鉱石の使用限界およびその適正粒度を調査することにあつたため、スワジランド鉱石を熱割れのあまり問題にされない鉱石と逐次置き換えて行き、各配合レベルごとに粗粒と細粒を交互に使用するように計画した。すなわち、置換鉱石としては、第1次試験(第1高炉)はインドとゴアMを、第2次試験(第2高炉)ではロンピンとロメラルを1:1で行ない、他の鉱石配合率および操業条件を一定に保つようにした。

しかし第1次試験の半ばで、他の高炉で事故があり、この減産カバーのための増風過程で炉況が少々冷え気味となり、かつ焼結のSiO₂低下やスワジランド配合増による鉱滓量の低下で、Al₂O₃含有量が上昇して炉況の不安定を招いたため、細粒は20%配合の時点のみとした。なお、第2次試験は炉況のトラブルはさしてなく、粗粒、細粒の切替を含めて計画にそつて実施された。

3. スワジランドの性状

Table 1にスワジランドの粗粒と細粒の粒度を示す。粗粒は9~35mmを目標に整粒されたものであり、