

A: BRG-1, B: BRG-2, C: MX-7, D: J.R.G  
Photo. 2. Microstructure of various pellet.  
×100 (1/2)

トの FeO 含有量もわずかに増加するが、高炉での使用に堪えるものと考えられる。

### III. 試験工場における操業結果

以上の基礎試験結果からヘマタイトを含む各種の鉱石を原料として高炉用ペレットを製造しうる見通しを得たので試験工場にて操業試験を行なった。

対象とした原料は Table 2 に示したようにマグネタイトからヘマタイトまでの広範囲にわたっている。いずれの場合もベントナイトを 0.5% 添加した。

試験に当つては各原料とも粉碎—脱水—造粒—焼成と一貫した操業を約 2 昼夜続けた。

これらの試験結果を Table 3 に示す。なお当所で入手した Marcona と Erie ペレットの試験値も参考のため表示した。また Jedway と B.R.G-1 ペレットでは焼成条件を変化せしめその影響を調べた。

Table 3 の試験結果から B.R.G-1 ペレットを除けば圧潰強度、FeO、成品の回転強度、還元試験（学振法）後の試料の回転強度、圧縮—還元試験における還元率、試験後試料の粒度分布および圧縮率などは、参考値として示した Marcona, Erie ペレットと同等か、またはそれ以上の値が得られた。ここで B.R.G-1 ペレットは補助バーナーを使用していないため熱量不足となり、十分焼成されなかつたため、同一原料の補助バーナーを使用した B.R.G-2 ペレットに比べ各特性値とも向上を示している。

Photo. 2 にヘマタイトを主原料とする 4 種類のペレットの顕微鏡組織を示したが、いずれも良好な結合状態を示している。

このようにマグネタイトから多少褐鉄鉱を含有するといわれる南方系赤鉄鉱まで、いかなる鉱石においても適当な操業条件を見出せば高炉用ペレットが得られることが判明した。

なお、この試験操業においても焼成温度の影響を調べ

るために 2, 3 の実験を行なつたが Table 3 に見られるように焼成温度の上昇によつて圧潰強度は上昇し、空隙率と両還元試験における還元率などは低下している。

還元試験（学振法）と圧縮—還元試験における還元率は、ペレットによりかなり傾向が異なつている。これは還元ガスは同じであるが温度、還元時間が異なり前者が温度は 900°C 一定で 3hr、後者は 2kg/cm<sup>2</sup> の荷重を掛けながら 200°C から 1000°C まで 16min かけて昇温しているためである。

このように還元方法によりその傾向が異なつてくるので高炉装入物の評価方法としての還元試験法を確立するには今後かなりの検討が必要となる。

しかしながら以上の試験結果からマグネタイトから全ヘマタイト原料まで、いずれの原料においても焼成条件さえ注意すれば優良なペレットが製造されることがわかる。

### IV. 結 言

ペレットの製造試験として電気炉による Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のブリケットの焼成試験より、グレートキルン式試験工場 (20 t/day) の試験にわたり一貫した試験を行ない、あらゆる原料鉱石、特に全ヘマタイト原料についても焼成条件を注意すれば、工場規模で優良なペレットを製造しうる事が判明した。

### 文 献

- 1) 佐々木, 岸高, 春, 小笠原: 鉄と鋼, 50(1964), 3, p. 325~327
- 2) 森永, 池野, 岩崎: 鉄と鋼, 50 (1964), 5, p. 743~752
- 3) 神戸製鋼所提出(高尾善一郎): 学術振興会第54委員会報告, No. 667
- 4) COOKE and BAND: Trans AIME 193 (1952) p. 1223~1230

## 鉄鉱石焼結鉱ペレットの膨脹荷重軟化および粉化について

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 渡辺正次郎・○大竹 康元

Thermal Expansion, Softening and Degradation Behaviours of Ore, Sinter and Pellet.

Dr. Shojiro WATANABE and Yasumoto ÔTAKE.

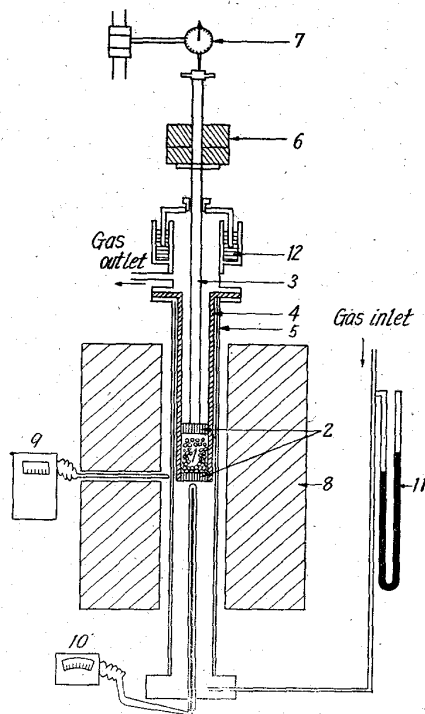
### I. 緒 言

鉄鉱石、焼結鉱およびペレットの熱間における挙動に関し、第 1 報の熱間耐圧強度の測定りに引続き、還元気流中における膨脹、荷重軟化および粉化性について報告する。

### II. 実験試料および実験方法

使用した実験試料は鉄鉱石 4 種類、ペレット 3 種類、焼結鉱 2 種類の合計 9 種類である。

膨脹および荷重軟化試験は、充填層試料による荷重軟化試験装置 (Fig. 1) を使用し、膨脹試験では押棒の代りに外径 8mm の石英管を挿入してその膨脹を、荷重軟化試験は 1kg/cm<sup>2</sup>, 2kg/cm<sup>2</sup> および 5kg/cm<sup>2</sup> の



- (1) Sample (height 90~130mm)
- (2) Grate
- (3) Graphite bar (35mmφ)
- (4) Inner reaction tube (50mmφ)
- (5) Outer reaction tube (80mmφ)
- (6) Load weight
- (7) Dial gage
- (8) Si-C heating furnace
- (9) Temperature controller
- (10) Temperature recorder
- (11) Manometer
- (12) Mercury sealed cap

Fig. 1. Experimental apparatus.

荷重下の膨脹および収縮を測定し膨脹曲線および軟化曲線を求めた。

試料は 10~15 mm 粒度のもの 500 g (焼結鉄 300 g) を使用し常温より 300°C までは N<sub>2</sub> 5l/min を流し 300°C より 1100°C までは、還元ガス (CO (30%) + N<sub>2</sub> (70%), 15l/min) を使用した。

反応管は二重式で内部の内径 50 mm のステンレス反応管中の試料層高は 90~130 mm である。

高温における粉化性については Linder の回転還元試験装置を使用し、すでに報告の試験条件<sup>2)</sup>にて実施した。

### III. 実験結果および考察

#### (1) 膨脹試験

膨脹曲線は Fig. 2 のごとくであり、各試料とも還元気流中で膨脹し、特にペレットおよび焼結鉄などの agglomerates では大きい。しかし 1000°C 以上では収縮を開始するようである。高炉装入物の膨脹試験は最近ペレットで詳しく研究されているようであるが、その膨脹度合の還元強度におよぼす影響が問題であり<sup>3)</sup>、海綿状の膨脹と二重殻状の膨脹とはその影響が異なり、ガス通気性の面から前者の膨脹状態は望ましくない。なお鉄鉱石は磁鉄鉱が膨脹が小さく赤鉄鉱では大となっている。

#### (2) 荷重軟化試験

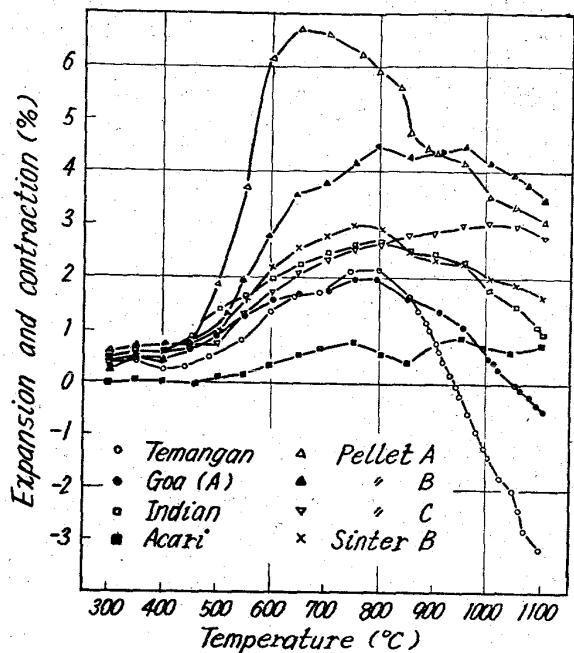


Fig. 2. Expansion curves.

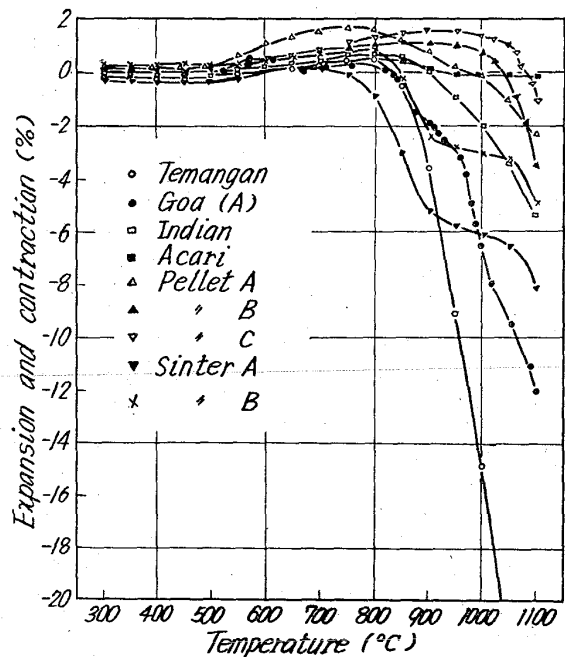


Fig. 3. Softening curves (load 1 kg/cm<sup>2</sup>)

荷重軟化試験にて荷重の影響が大であることは明らかであるが、一応 1 kg/cm<sup>2</sup> および 5 kg/cm<sup>2</sup> の下での荷重軟化曲線は Fig. 3 および Fig. 4 のごとくであり軟化試験後の試料の粉化率および還元率は Fig. 5 (a) のごとくである。なお焼結鉄 B およびペレット B について荷重を変化した場合軟化曲線の変化は Fig. 6 のごとくであり、Fig. 1 の実験装置にて、試験前後の反応管入口の圧力変化を焼結鉄 B およびペレット A について示すと Fig. 7 のごとく 2 kg/cm<sup>2</sup> までは急激に増加するが 2 kg/cm<sup>2</sup> と 5 kg/cm<sup>2</sup> では大きな変化は認められなかった。

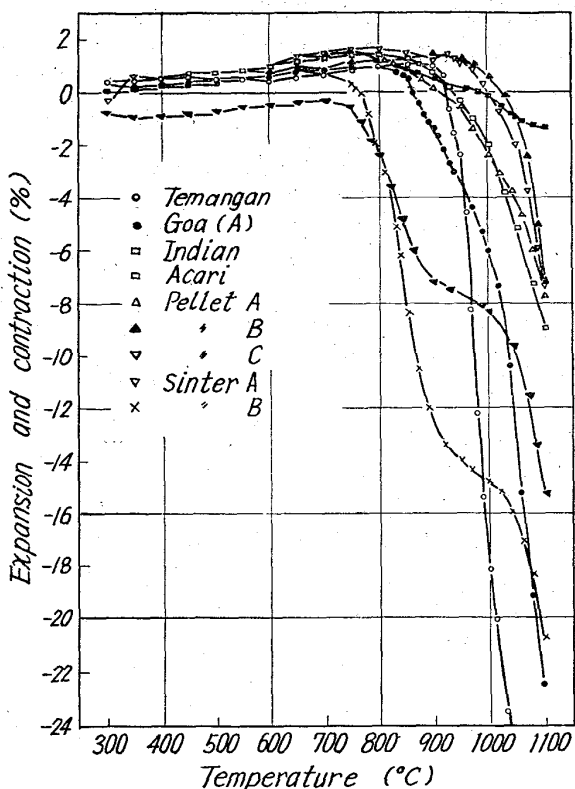


Fig. 4. Softening curves (load 5 kg/cm<sup>2</sup>)

実験に使用した塩基度 1.30 前後の焼結鉱の荷重軟化曲線では軟化開始後 900~950°C で一時収縮の進行が遅れ、再び 1050°C 附近より収縮が大となることがわかった。この現象は鉄鉱石およびペレットでは認められない。この原因は充填層の各試料の粉化のためと考えられる<sup>4)</sup>。すなわち焼結鉱は粉化が大きいので試料充填層の空隙率が変化して与えられる荷重に抵抗するものであろう。

(3) 還元粉化試験

高炉内では還元のために動的ならびに静的な荷重が存在し、装入物の粉化に対して大きい影響を示すものと考え

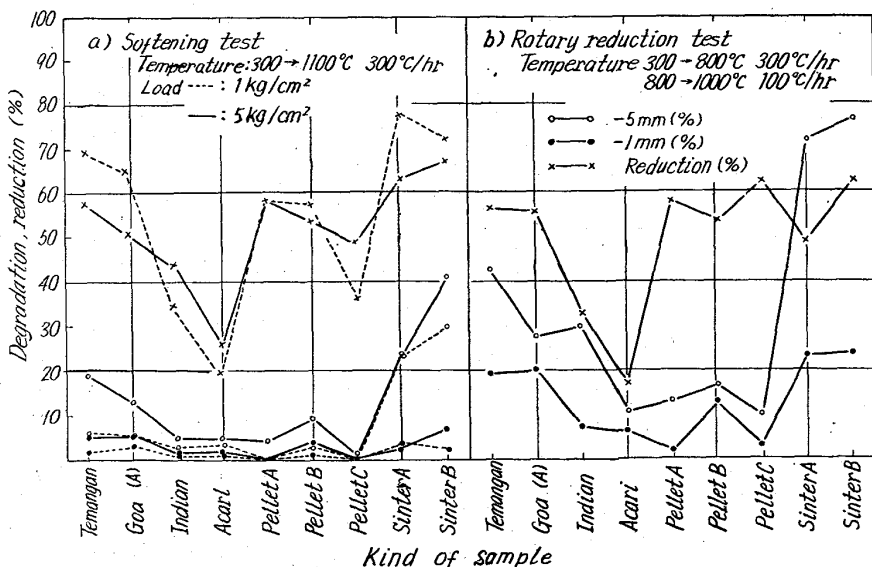


Fig. 5. Comparison of degradation and reducibility.

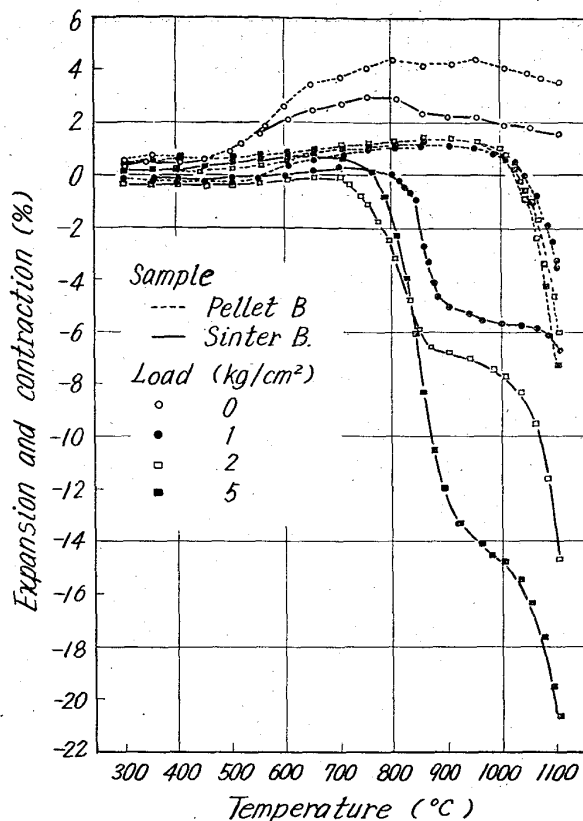


Fig. 6. Effect of load on the softening curves.

られ、回転還元試験は摩擦粉化を主とした動的な荷重状態の再現を目的としたものであり、前項の荷重軟化試験は静的な荷重下の試験である。回転還元試験結果はFig. 5 (b) に示すごとく褐鉄鉱、焼結鉱が最も粉化率が高く次いで磁鉄鉱、ペレットの順であり、その数値は荷重軟化試験の場合よりは大きくなっているが、各試料間の粉化挙動は同一傾向にあり、これら昇温還元条件下では、その温度条件が severe に影響して粉化が生ずるものである<sup>1)</sup>。なお前項の荷重軟化試験で荷重軟化の場合、粉化率 (-1 mm%) を荷重 0 kg/cm<sup>2</sup> と 2 kg/cm<sup>2</sup> とを比較

すると焼結鉱は約 2 倍 (3.04 → 7.07%)、ペレット B は約 8 倍 (0.53 → 4.13%) の増加があり数値的にはペレット B の粉化率は小さいのであるが、荷重の増加とともに粉化が大きいようである。

(4) ペレットの顕微鏡下における組織

膨脹荷重軟化試験後の各ペレットの鏡下組織は、いずれも wüstite, magnetite を主とし、前者は一般に後者を取り囲んでいる。ペレット外周部より metallic Fe 化が進行しているが一般に著しくない。ペレット A では荷重の如何を問わず slag と wüstite の接触面における固相間反応  $2\text{FeO} + \text{SiO}_2 = \text{Fe}_2\text{SiO}_4$  が進行して fayalite の reaction rim を生じ、しばしば薄く wüstite 粒

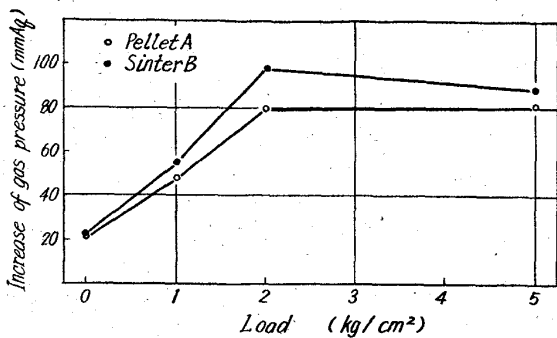


Fig. 7. Effect of load on the increase of gas pressure.

を取り囲んでいる。ペレットBおよびCにおいても同様な fayalite が見られるが、Aに較べれば極めて微々たるものである。B、Cでは荷重に関係なく wüstite 粒の外周部よりの崩壊、粉化の傾向が見られ、特にBにおいて甚しく、還元粉化性がBにおいて最も著しく次いでC、Aの順になることと良く一致している。膨脹性がペレットAにおいて著しいのは hematite 粒間の結合性が良好である点が影響しているように思われる。

すなわち、ペレットAを構成する hematite 粒はB、Cに較べて一般に小さいが円味を帯びた形状を示し、粒間の拡散結合がよく進行しており焼結温度が比較的高かつたことが推定される。一方B、Cでは hematite 粒はペレットAに較べてかなり大きいにもかかわらず angular な形状を示し拡散結合は進んでいない。ペレットCはBよりも hematite 粒の大きいのが特徴である。SlagはAがB、Cに較べて格段に多いが、Aでは SiO<sub>2</sub> が他の造滓成分に較べて異常に高いのであまり溶融せず粒として散在することが多い。ペレットCではBより slag が多く見られる。

#### IV. 結 言

還元気流中における膨脹、荷重軟化および回転還元による粉化性を9種類の試料について粒度 10~15mm の充填層試料について実験し、還元雰囲気下でペレットおよび焼結鉄の膨脹が大きいこと、荷重軟化試験にて回転還元試験と同一の粉化傾向が示された。なお軟化曲線にて塩基度 1.30 前後の焼結鉄が 900°C~950°C で収縮開始後一時進行が遅れ 1050°C 附近より再び収縮が大となることがわかった。これはペレットおよび鉄鉱石では認められない現象である。なお、荷重軟化試験で荷重の増加とともに粉化率の増加および充填層試料の通気度が悪化することを明らかにするとともに、ペレットの顕微鏡下の組織について2、3の観察を行なった。

#### 文 献

- 1) 渡辺, 大竹, 道祖田: 鉄と鋼, 50 (1964) p. 1672
- 2) 渡辺, 大竹, 道祖田: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 349~352
- 3) 児玉, 重見, 堀尾: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 327~330
- 4) G. SCHWABE u. H. RELLERMEYER: Stahl u. Eisen 82 (1962) 8, p. 449~457
- 5) 神戸製鋼所: 学振54委 667 (1962)

## マルコナペレット高配合試験について

日本鋼管, 鶴見製鉄所

○長谷川友博・根本秀太郎

阪本英一・黒田浩一・中谷源治・中島龍一

### Blast Furnace Operation Using Marcona Pellet up to 65% in Burden.

Tomohiro HASEGAWA, Hidetaro NEMOTO,

Eichi SAKAMOTO, Kōichi KURODA

Genji NAKATANI and Ryuichi NAKAJIMA.

#### I. 緒 言

最近、わが国においても、高炉装入原料としてペレットが注目されつつあり、出鉄量、コークス比については焼結鉄と同等ないしそれ以上の効果が期待されている。

当所においては、試験購入したマルコナペレット約 20,000トンについて、S. 39. 3 下旬より約1ヶ月半にわたり第2高炉で焼結鉄と代替し、65%までの高配合試験を実施し、出鉄量、燃料比におよぼす影響、高配合時における低高滓比の問題などについて調査した。当第2高炉は、炉床径 5.4m, 内容積 516m<sup>3</sup>, 羽口数 10本の高炉で、酸素と重油の複合送風を行なっている。

#### II. マルコナペレットの性状

##### (1) 粒度組成

扇島本船受入時および高炉々前(3×3mmで篩分使用)粒度組成を Table 1 に示す。

##### (2) 化学分析

Table 2 に化学分析結果を示す。本ペレットは製造過程において、20 lbs/t のベントナイトが添加されている。

##### (3) タンブラー強度および還元後の強度

Table 3 に A.S.T.M. 法に準拠したタンブラー強度と学振法還元後の耐摩耗強度を示す。

#### III. 操 業 結 果

当試験では、焼結鉄とマルコナペレットの比較評価を目的とし、生鉄配合率を 25% 一定とし、焼結鉄をペレットと漸次置換え、65%までの高配合操業を実施した。

Table 1. Size distribution of Marcona pellets.

(mm)	+16	16~10	10~6	-6
Size distribution at Oogishima berth (%)	7.0	81.0	7.0	5.0
(mm)	25~10	10~5	5~3	-3
Size distribution at Tsurumi blast furnaces (%)	80.0	16.8	1.0	2.2

Table 2. Chemical analysis of Marcona pellets.

Chemical analysis	Fe	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
%	66.94	1.01	2.20	0.43	0.36
Chemical analysis	MgO	Mn	P	S	Cu
%	0.87	0.13	0.02	0.04	0.02