

A: BRG-1, B: BRG-2, C: MX-7, D: J.R.G

Photo. 2. Microstructure of various pellet.
×100 (1/2)

るよう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ゐる。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/cm² 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らう。

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。

4. 結 言

ペレットの製造試験として電気炉による Fe₂O₃ 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ことが判明した。

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): 學術振興会第54委員会報告, No. 667
- 4) COOKE and BAND: Trans AIME 193 (1952) p. 1223~1230

鉄鉱石, 焼結鉄, ペレットの膨脹, 荷重軟化 および粉化について

渡 辺 正次郎*・○大 竹 康 元*

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

Dr. Shōjiro WATANABE and Yasumoto ŌTAKE

1. 緒 言

鉄鉱石, 焼結鉄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¹⁾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。

2. 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, 焼結鉄2種類の合計9種類でありその化学成分はTable 1のごとくである。

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/cm², 2kg/cm² および 5kg/cm² の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 10~15mm 粒度のもの 500g (焼結鉄300g) を使用し常温より 300°C までは N₂ 5l/min を流し 300°C より 1100°C までは, 還元ガス (CO(30%)+N₂(70%), 15l/min) を使用した。

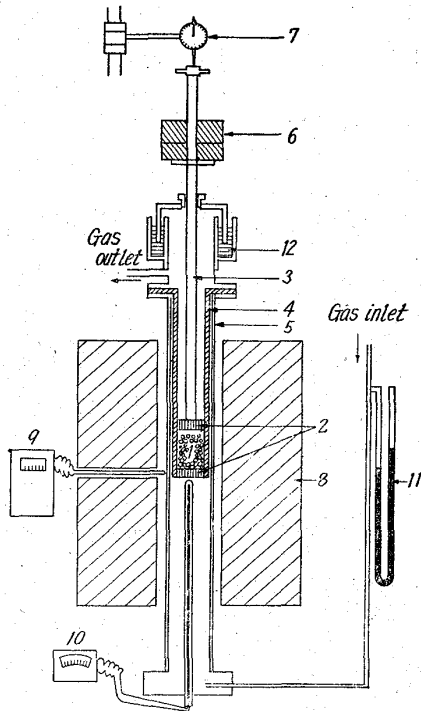
反応管は二重式で内部の内径 50mm のステンレス反応管中の試料層高は 90~130mm である。

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²⁾にて実施した。

* 住友金属工業株式会社中央技術研究所

Table 1. Chemical composition of samples (%).

	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	S	Cu	TiO ₂	C.W
Temangan limonite	56.06	0.56	79.53	4.59	0.90	0.31	—	2.25	0.038	0.041	0.02	—	10.9
Goa A limonite	62.55	6.27	82.47	3.00	2.90	0.36	—	0.41	0.050	0.202	0.06	—	4.50
Indian hematite	63.56	0	90.87	2.67	2.49	0.09	0.01	0.30	0.042	0.020	0.01	—	1.60
Acari magnetite	66.24	21.07	71.36	4.35	0.34	1.19	0.67	0.03	0.034	0.017	0.01	—	1.94
Pellet A	62.12	0.70	88.04	8.80	0.35	0.34	—	0.19	0.015	0.014	0.01	—	—
Pellet B	68.19	0.39	97.05	1.44	0.29	0.32	0.42	0.03	0.013	0.022	0.015	0.01	—
Pellet C	67.08	0.65	95.17	2.38	0.52	0.26	—	—	0.014	0.022	—	—	—
Sinter A	59.35	11.72	71.81	5.16	—	7.51	—	—	—	0.016	—	—	—
Sinter B	53.14	9.72	72.31	5.61	1.65	7.36	1.40	0.21	0.066	0.023	0.05	0.23	—



- (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.

3. 実験結果および考察

3.1 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鉱などの 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³⁾、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つて

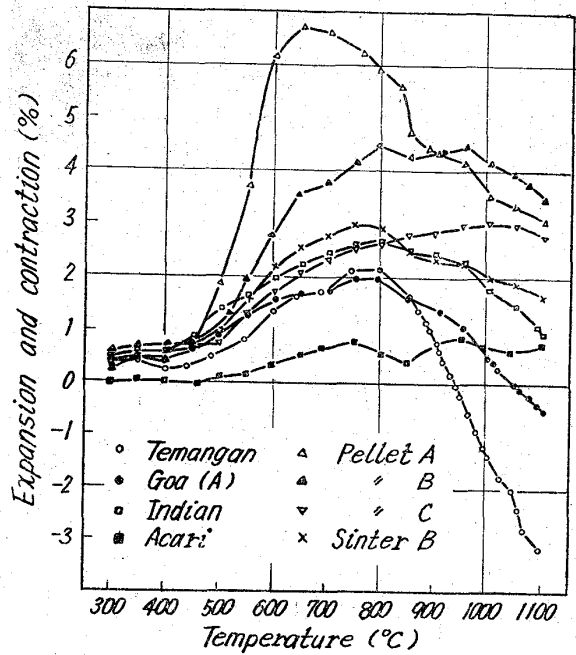


Fig. 2. Expansion curves.

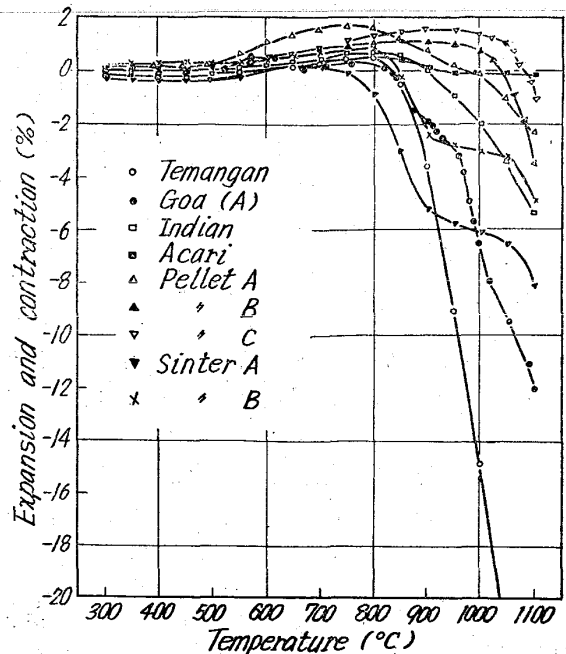


Fig. 3. Softening curves (load 1 kg/cm²)

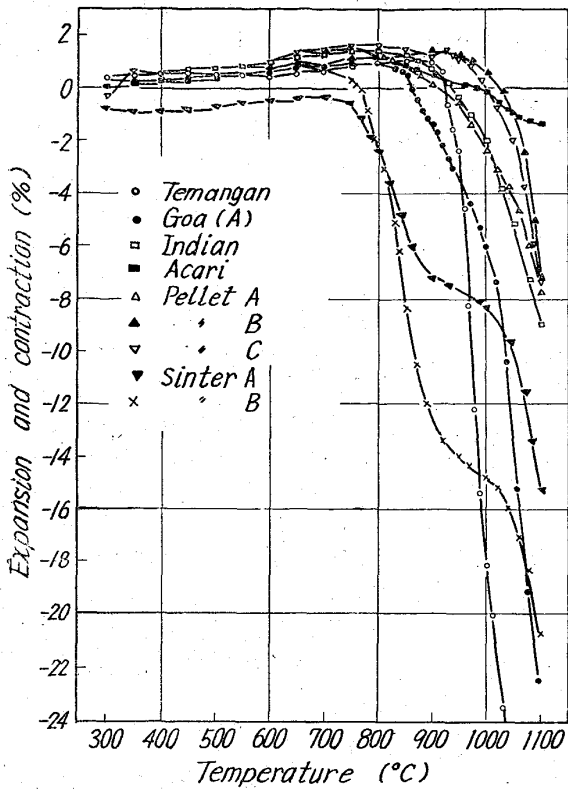


Fig. 4. Softening curves (load 5 kg/cm²)

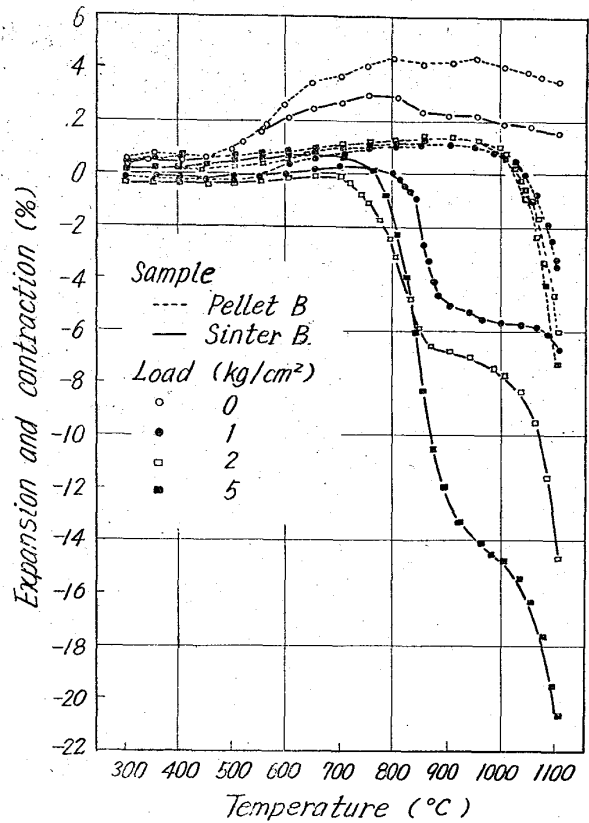


Fig. 6. Effect of load on the softening curves.

いる。

3.2 荷重軟化試験

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/cm² および 5 kg/cm² 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/cm² までは急激に増加するが

2 kg/cm² と 5 kg/cm² では大きな変化は認められなかった。

実験に使用した塩基度 1.30 前後の焼結鉄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⁴⁾。すなわち焼結鉄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る。

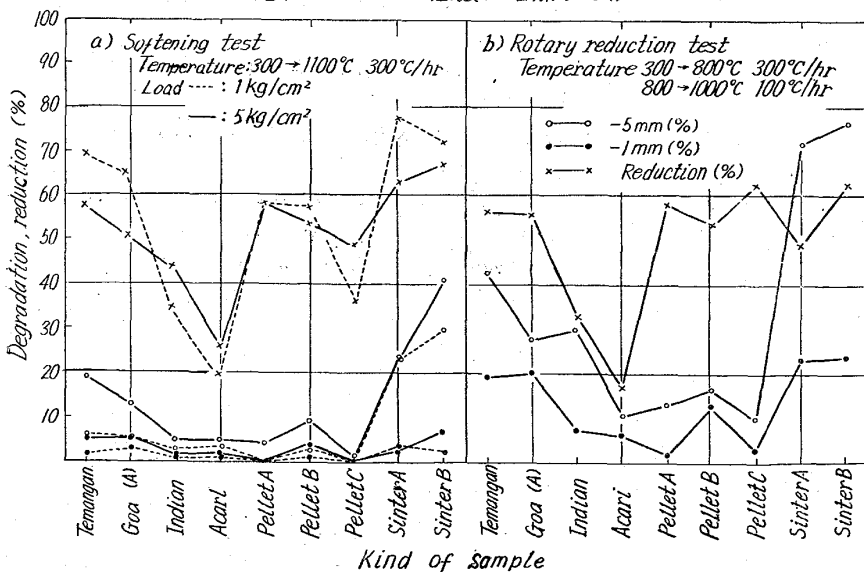
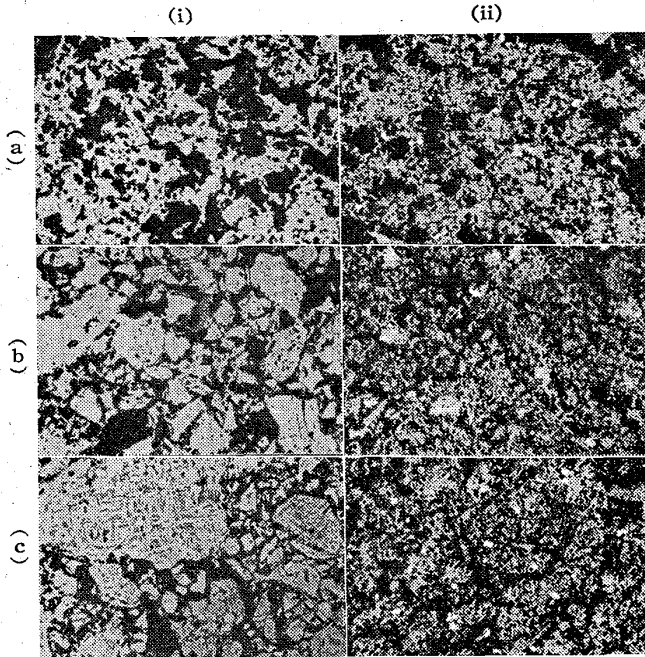


Fig. 5. Comparison of degradation and reducibility.

3.3 還元粉化試験

高炉内では還元の外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、焼結鉄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¹⁾。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



(i): Fired pellet (ii): Reduced pellet by softening test.
(a): Pellet A (b): Pellet B (c): Pellet C

Photo. 1. Microstructure of pellet $\times 200$ (1/2).

0 kg/cm² と 2 kg/cm² とを比較すると焼結鉄は約 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のようである。

3.4 ペレットの顕微鏡下における組織

荷重軟化試験後の各ペレットの顕微鏡組織 (Photo. 1) 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

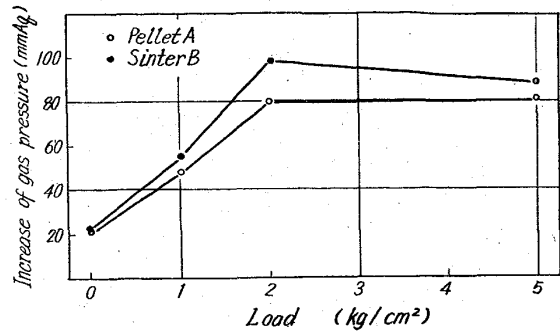


Fig. 7. Effect of load on the increase of gas pressure.

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 SiO₂ 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。

4. 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 10~15 mm 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)