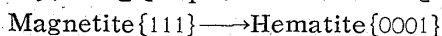


の原因を推定すると次のごとくなる

マルコナ鉱山の鉄鉱石は極めて粗粒の octahedral habit を有する magnetite 結晶を主とするのでこれを原料として製造したペレットでは焼成温度低目の焙焼過程では次のごとき epitactic reaction を行なう。



結果として生じる Hematite 連晶において還元初期に主として $\{0001\}$ trace またはそれに平行な方向に弱線ないし crack を生じるとともにこれらの weak point より急速に還元が進行し、 $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}_{\text{max}} \rightarrow \text{FeO}_{\text{min}}$ への還元が速かにおこなわれる。このことは還元後組織が quasi-topochemical であることから推定される。

Wüstite \rightarrow Metallic Fe への還元過程ではガス接触の良好なペレット外周部の Wüstite 表面から Metallic Fe が繊維状に急激に生長し始め、逐次内部の Wüstite におよぶ。したがって生長した繊維状 Fe aggregates の量が多いほど見掛けの膨張は大となつている。

H_2 還元の場合は繊維状 Fe の生長が全く見られず膨張現象は起らない。また造滓成分の増加した和歌山第 2 次試料では繊維状 Fe の生長は顕微鏡的に観察されるが膨張を起すほどの多量の生成は見られない。これらの試料の還元後の顕微鏡下の状況を模式的に Fig. 1 に示した。第 1 次試料の H_2 還元後、第 2 次試料の CO 還元後ともに quasi-topochemical reaction form をとらず特に前者は Hematite 連晶の単結晶の単位で還元が進行している。 H_2 の場合が CO に比してより微細な間隙に滲透しやすいためと考えられる。第 2 次試料における組織に造滓成分が増加したためこれが Hematite 粒を被覆して連晶における単結晶境界の cracking, parting を防ぎ、さらに還元ガス接触をさまたげて還元速度を遅延させた結果と推定される。

異常膨張に対する焙焼温度の影響は 1300°C 焼成ですでに膨張現象を示さなくなつている。Hematite の鏡下組織としては grain が round となり粒間結合も良好

で、連晶がほとんど認められないので還元過程での膨張は起らないものと考えられる。したがって異常膨張性を有しない Marcona ペレットを製造するためには焼成過程で溶融するような化学組成の造滓成分適当量を含むことも必要であるが、さらに焙焼温度を少なくとも 1300°C 以上とし熱効果により epitactic reaction を防ぐことが一方法と考えられる。

8. 結 言

以上のごとく Marcona ペレット中の Hematite に見られる著しい連晶組織はその還元速度を大にする。異常膨張はこの急速な還元が Wüstite からの急激な繊維状鉄の発生長を促すことによるものであると考えられる。したがって Marcona ペレットの異常膨張現象は終局的には繊維状 Fe の発生に帰せられるが、現在の所その発生原因については明らかではない。また H_2 還元の際 quasi-topochemical reaction をおこなわない理由についても目下の所詳かでない。この繊維状鉄は根元生長であり生長速度の極めて速い一種の Whisker と考えられるので、発生長の mechanism 追求のためには Wüstite phase および発生する Whisker の結晶学的検討を始めとするさらに詳細な研究が必要である。

文 献

- 1) 日本鋼管提出: 学振第 54 委第 60 回会議資料 No. 806, 1963
- 2) 八幡製鉄提出: 第 22 回製鉄部会資料. 1964
- 3) 北大提出: 学振第 54 委第 61 回会議資料 No. 839, 1964
- 4) 石光, 菅原: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1888
- 5) A. L. MACKAY: Reactivity of Solids, (1961) p. 571
- 6) L. S. GLASSER, F. P. GLASSER and H. F. W. TAYLOR: Quarterly Reviews. Chem. Soc. London, 16 (1962), p. 343
- 7) H. SCHENCK and H. P. SCHULZ: Arch. Eisenhütten., 31 (1960), p. 691

669.162.12:622.341.1

669.162.282

(3) 高炉装入物の還元性状について

富士製鉄, 広畑製鉄所

工博 神原健二郎・工博 宮川 一男

沖川 幸生・○藤田 慶喜

Properties of Blast Furnace Burdens During Reduction.

Dr. Kenjiro KANBARA, Dr. Kazuo MIYAGAWA, Kosei OKIGAWA and Keiki FUJITA.

1. 緒 言

高炉装入物の還元性状が炉況に大きな影響を与えることはよく知られた事実でありいくつかの研究もなされている。特にペレットは焼結鉄, 鉄石に比して炉内通気性が良好で被還元性も大であることと相まって高炉の生産性を向上させることが期待されるが、全面的に使用前にその性状を詳細に知る必要がある。

本報はペレット, 焼結鉄, 鉄石の還元性状を比較す

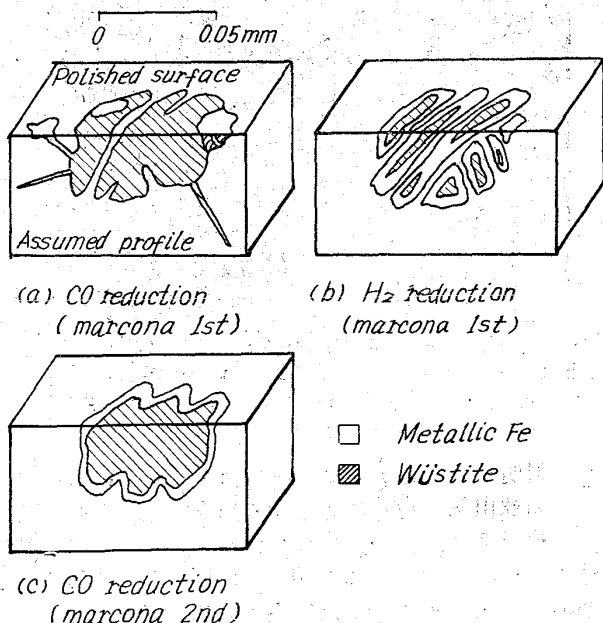


Fig. 1. Schematic microtexture after reduction.

Table 1. Chemical and mineral composition of samples.

	T. Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	S	P	Trace element	Minerals*
Pellet A	61.7	0.24	2.76	0.27	0.65	0.014	0.026	V. Na	H
Pellet B	61.5	0.80	8.24	0.55	0.39	0.004	0.051		H. quartz, cristobalite
Pellet C	66.1	0.70	2.20	0.16	0.60	0.011	0.034	V. Na	H
Pellet D	66.2	0.27	1.88	0.55	1.64	0.003	0.072	Pb	H
Pellet E	67.6	0.90	2.24	0.23	0.53	0.013	0.063	V. Na	H
Pellet F	65.4	0.20	1.70	0.12	0.36	0.016	0.024	V. Na	H
Lime sinter	62.5	13.8	4.60	6.18	1.24	0.010	0.102	Bi. V. Zn. Sn. Pb	H. M
Goa	60.6	3.41	3.00	tr	4.80	0.040	0.050		H. M. G
Dungun	66.8	3.61	1.60	tr	0.73	0.014	0.046	Bi	H. G
India	65.1	0.40	0.66	tr	0.59	0.006	0.078	Co. Zn. Mo	H
Srmedan	65.4	0.60	3.74	tr	0.84	0.005	0.030		H
Algarrobo	68.4	1.90	1.78	tr	0.28	0.031	0.072	V	H. G
Chaah	58.0	1.20	13.76	1.06	1.17	0.057	0.450	V. Sn. Na	H. quartz
Itabira	68.7	0.30	0.74	tr	0.65	0.005	0.055		H
Ipoh	66.8	0.40	0.52	0.59	0.73	0.006	0.075	V	H
Korea	57.2	25.45	10.98	2.66	1.24	0.134	0.046	V. Co. Na	H. M. quartz, albite

* H: Hematite. M: Magnetite. G: Goethite

る目的で還元試験，強度試験を行ないその結果から高炉装入物としての適否を検討してみた。その際試験に用いたペレットの中にやや特異な還元性状を呈したものが見つかったのでペレットフィードを取り寄せ小型焼成炉による焼成試験を行なった所好結果を得たので合せて報告する。

2. 還元試験

2.1 試料および実験方法

使用した試料は鉄鉱石9種，ペレット6種，石灰焼結鉱1種の計16種類である。Table 1に化学組成，分光分析による微量成分，X線回折による構成鉱物を示す。

還元試験は学振法に準拠して行ないその際ガス圧検知装置を設置して還元時の通気抵抗を測定した。また還元後の試料については（ペレットについては数個のペレットについて圧潰強度を求めた後）全量を130mmφ×200mmの回転ドラムに入れ30r.p.m.で900回転したのち篩分け，+1mm指数，+3mm指数を求めた。

2.2 実験結果

実験結果の一部を Fig. 1 に示す。

ペレットは鉄鉱石よりも被還元性が大で，還元率62%以上であり，石灰焼結鉱とほとんど同じである。強度，特に回転強度は石灰焼結鉱，ヅンゲン，チャー，イポー，朝鮮が大であるが，イポー，朝鮮については被還元性が小さく還元があまり進行していないためである。

還元時の通気抵抗の増加は膨張崩壊による還元層内の空間率の減少によるもので，イタバira，インド，ペレットFにつて顕著である。イタバiraについては動力変成作用により(0001)面に平行な層理が発達しこれが熱間葉状剝離(Exfoliation)をうけたものと推定される¹⁾。ペ

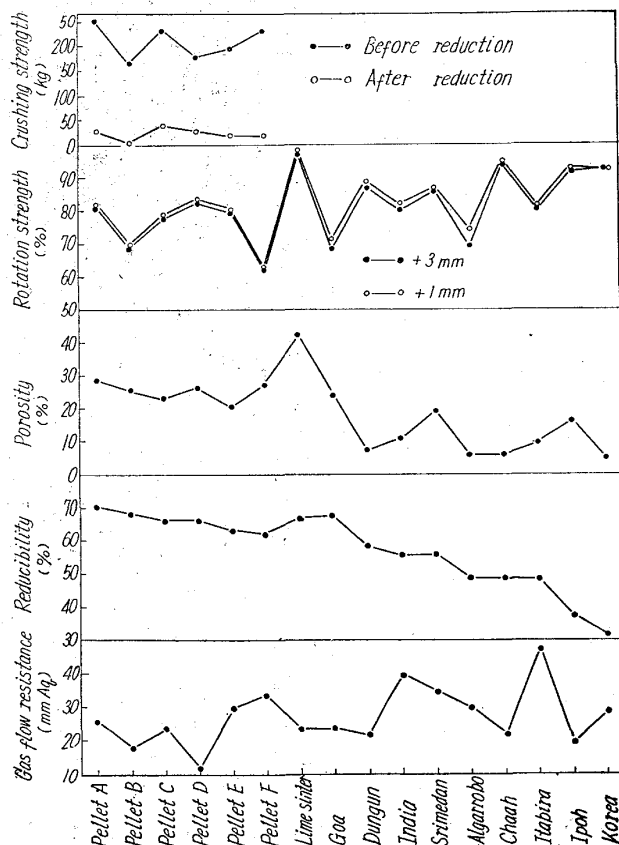


Fig. 1. Results of reduction and strength tests for lump ores.

Table 2. Suitability of ores as blast furnace burdens.

Suitability	Blast furnace burdens
Very satisfactory	Pellet A. Pellet D
Satisfactory	Pellet B. Pellet C. Pellet E. Goa lime sinter
Acceptable	Pellet F. Dungun. India. Ipoh Algarrobo. Srmedan
Poor	Chaah. Itabira. Korea

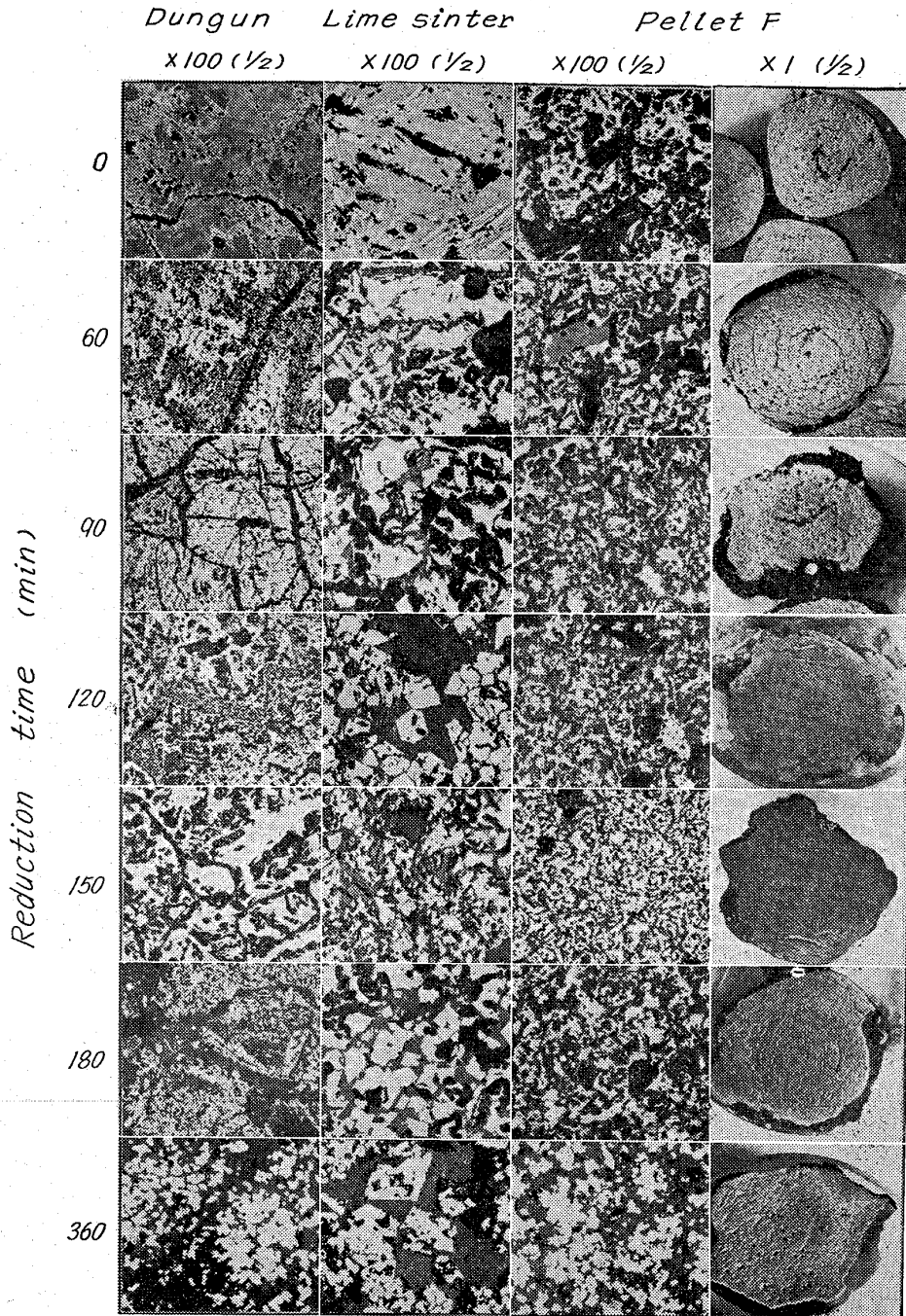
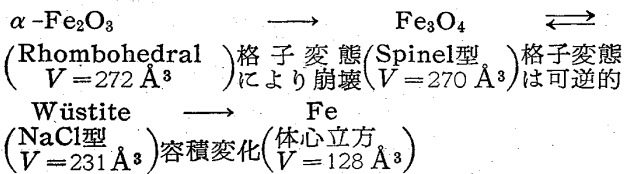


Photo. 1. Typical structure of reduced blast furnace burdens, no etch.

レットFについては swelling と spalling によるものと思われる。ここで含有鉄分量および被還元性が大で、還元時の通気抵抗の小さい銘柄が高炉に適する装入物と考え、評価を行なつてみた。(この評価の結果と高炉操業結果との関係は現在検討中である。)

2.3 還元過程における性状

一般に酸化鉄の還元過程を模式化して考えると次のようになる²⁾。



還元過程で鉄鉱石類が膨張崩壊するのは前述した通りであるが鉄酸化物の形態、鉱物組成、組織などによつてその量は異なる。本報ではヅンゲン、石灰焼結鉱、ペレットFを選んで還元時間を変化せしめて化学組成、組織、強度の変化を測定した。

ヅンゲン、ペレットFについては $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ の還元が速やかに進行し還元率 10~15% で格子変態のため bond が切断されこれが平均還元率 40~50%まで継続しているものと思われる。さらにペレットFについては造粒時の層状構造に沿つてクラックが発生して構造が脆弱になつたのに加えて、ペレット表面で Wüstite \rightarrow Fe の還元によつて生じた小孔によつて粒子間距離が大きくなる。そして金属鉄が粘着性、可塑性を有するため

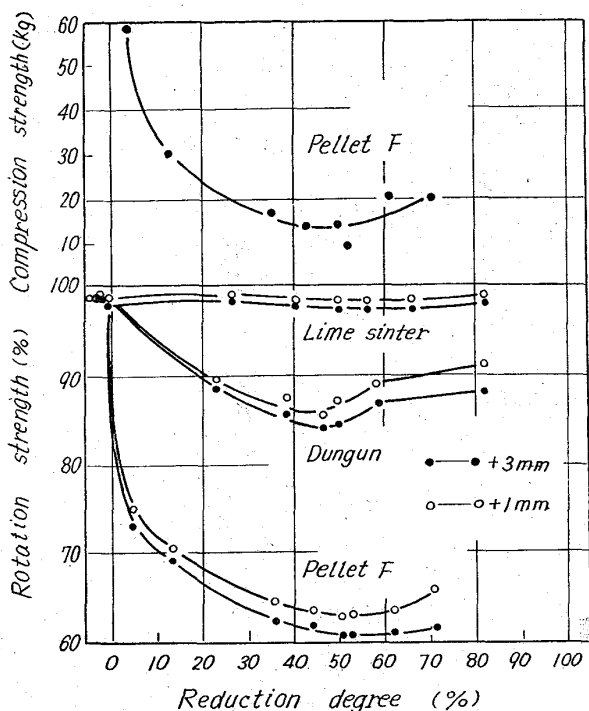


Fig. 2. Strength change during reduction.

ラックや小孔に沈積したカーボンがガス化するとき構造破壊を起すものと思われる。石灰焼結鉱の還元強度が大きいのは slag 結合が高温まで維持されていることと $Fe_3O_4 \rightarrow Wüstite$ 格子変態が可逆的であり bond の切断が起りにくいからと考えられる

3. Swelling についての検討

以上の試験結果からペレットは鉄鉱石よりも還元性が良好であることが分つたが、ペレット F については還元過程に Swelling がみられ、実際の高炉操業にもトラブルがみられたので、ペレットフィードを取り寄せ小型焼成炉にてペレットを製造し検討を加えてみた。

3-1 原料

使用した原料の粒度および化学組成を Table 3 に示す。

3-2 粒度および焼成温度の影響

まずペレットの構成粒度および焼成温度の影響を調べるために小型電気炉で焼成試験を試みた。

試験要因

1. 粒度: 入荷粒度, -43μ 80%, -43μ 100%
2. 焼成温度: 1100, 1200, 1300°C
3. 焼成時間: 20, 50min

上記試験要因により製造した成品ペレットは CO ガスにより 900°C で還元を行なつた所、依然として Swelling を起したのでその原因は構成粒度または焼成条件以外のものと考え次の試験を行なつた。

Table 3. Size distribution and chemical composition of raw materials.

	Size distribution (%)				Chemical composition (%)				
	246~125 μ	125~61 μ	61~43 μ	-43 μ	T. Fe	FeO	SiO ₂	CaO	S
F Pellet feed	1.0	12.6	21.2	65.2	70.21	23.63	1.03	tr.	0.130

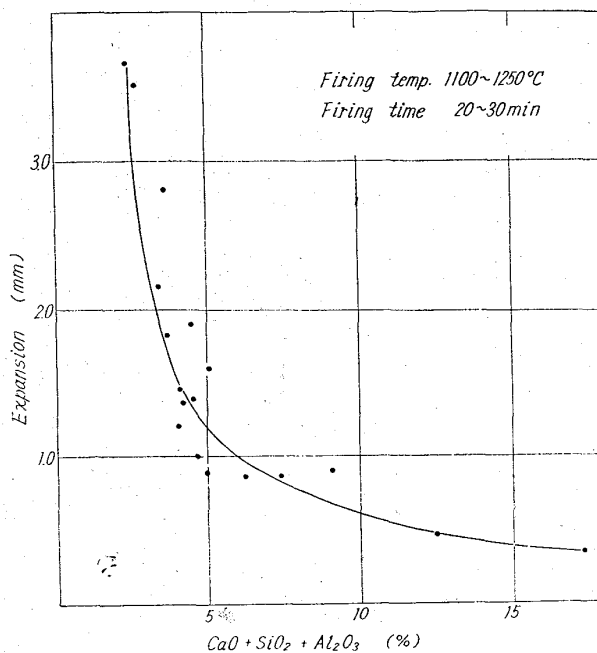


Fig. 3. Relation between flux in pellet and expansion during reduction.

3.3 ペントナイト、石灰石添加の影響

ペレット原料中にペントナイト、石灰石、およびペントナイト+石灰石を配合したペレットを小型焼成炉で製造し CO ガスにより 900°C で還元試験を行なつた。還元供試ペレットは 500~600°C で乾燥予熱約 7min, 1100~1250°C で 20~30min の焼成を行なつたものである。

Photo. 2 に示すごとくペントナイト 0.5% 添加、または石灰石 3% までは Swelling が激しくペントナイト 3% または石灰石 6% 以上添加すると還元過程における Swelling が防止出来た。

これらの試験結果より CO ガスに於けるペレットの膨張と造滓成分量 (CaO + SiO₂ + Al₂O₃%) との関係性を求めた所 Fig. 3 を得た。

したがつてペレットの膨張を抑えるにはある程度の造滓成分が必要で、ペレット F については造滓成分量を約 5% 位にすれば、還元過程における Swelling を防止することが可能であることが判明した。

4. 結 言

ペレット、焼結鉱、鉄鉱石計 16 銘柄について被還元性や強度を調べ高炉装入原料としての適否を検討した。

ペレットは一般的に鉄鉱石よりも高炉装入原料として適しているが、あるペレットは CO ガスによる還元過程に膨張崩壊した。そこでその銘柄のペレットフィードから小型焼成炉を用いているいろいろな条件下でペレットを焼成し、それについて還元試験を行なつてみた。そ

602.341.1-188
:669.162.263.43

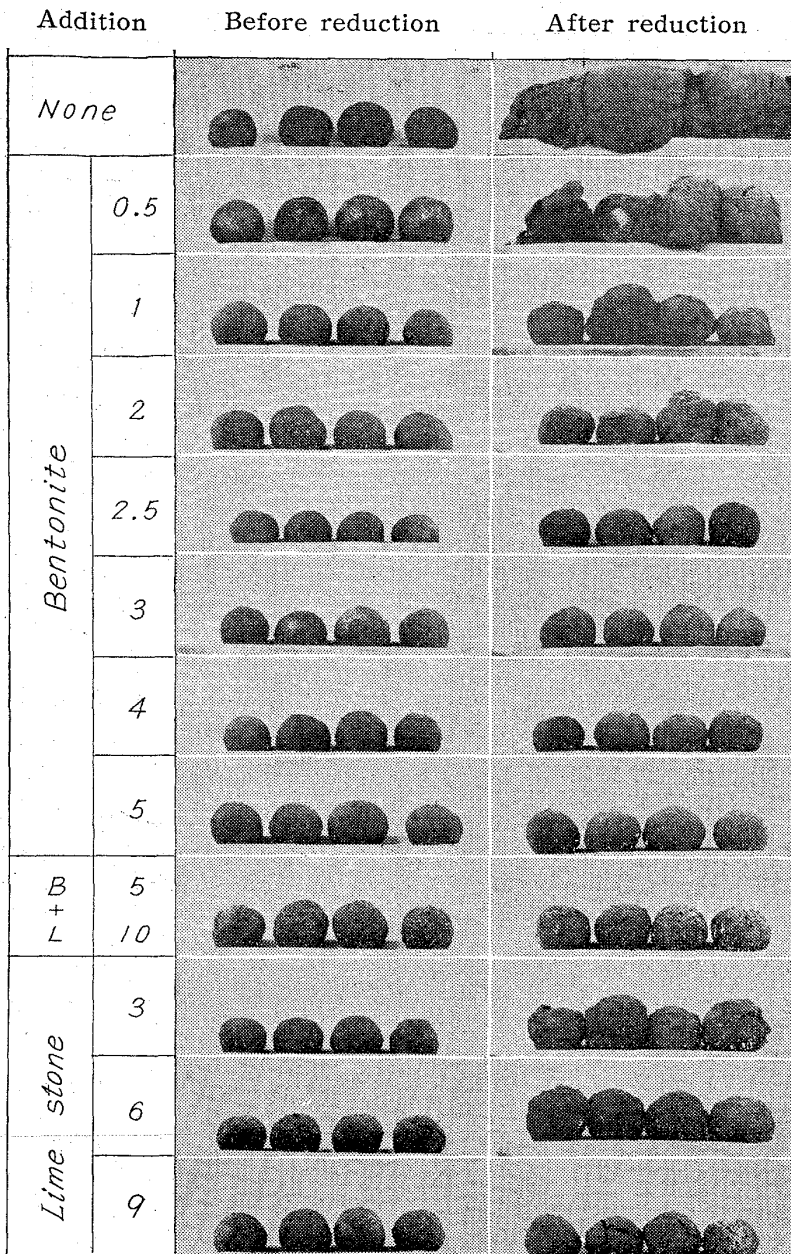


Photo. 2. Pellet samples before and after reduction.

の結果ペレットはCOガスによる膨張崩壊を起さないように適量の造滓成分を含有すべきであると云う結論に達した。

文 献

- 1) 石光, 菅原, 平戸: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 313
- 2) 佐藤: ロータリー・キルン小委資料, 昭和39年8月, p. 32

(4) 輸入ペレットの通気性に関する一考察

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 児玉惟孝・斧 勝也

○彼島秀雄

A Study on the Permeability of Pellet in the Blast Furnace.

Dr. Koretake KODAMA,

Katsuya Ono and Hideo KANOSHIMA.

1. 緒 言

ペレットを使用した際のメリットのひとつとして炉内の通気性の改善があげられている。原料が炉内を降下するにつれていろいろの物理形状を取るためその通気性に影響をおよぼす要素も多いが、ペレットは従来からの高炉原料に比し粒度構成、形状に特徴をもっており、この装入物形状の差異が炉内の通気性にいかに影響するかについて充填層および高炉模型を使用して検討した結果を報告する。

2. 実験装置および実験原料

実験に使用した充填層および高炉模型の概要を各々 Fig. 1 および Fig. 2 に示した。充填層は装入物径の10倍以上の内径を持つようにし、炉壁の影響をなくするよにした。高炉模型は当所洞岡第2高炉の1/15縮尺模型で装入物を均一に下降させるフィーダーを備えている。実験原料については充填層では炉前粒度の原料を使用し、模型実験に際しては炉前粒度と幾何的に相似になることき粒度構成とした。実験に用いた原料の粒度を Table 1 に示した。

3. 実験方法および実験結果

高炉シャフトでの通気性を検討するには大別して、装入物のボイド、球係数、粒度構成などの装入物形状の影響と装入ホッパーから炉内に装入されるとき充填特性の影響を調べる必要があり、前者については充填層、後者については高炉模型を使用した。

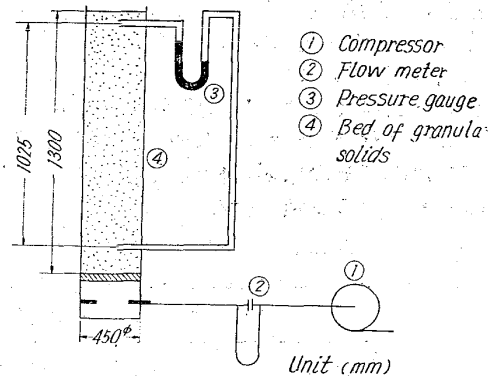


Fig. 1. Apparatus for pressuredrop measurement.