

Table 3. Water in green ball pores.

Samples		A	B	C
Water for balling $w_0(\%)$		8.26	6.94	7.84
Porosity $V(\%)$		31.7	33.3	35.6
Water filled in pores $w(\%)$		9.35	8.93	10.07
$\{1 - (w - w_0)/w\} \times 100 (\%)$		88.3	77.7	77.9

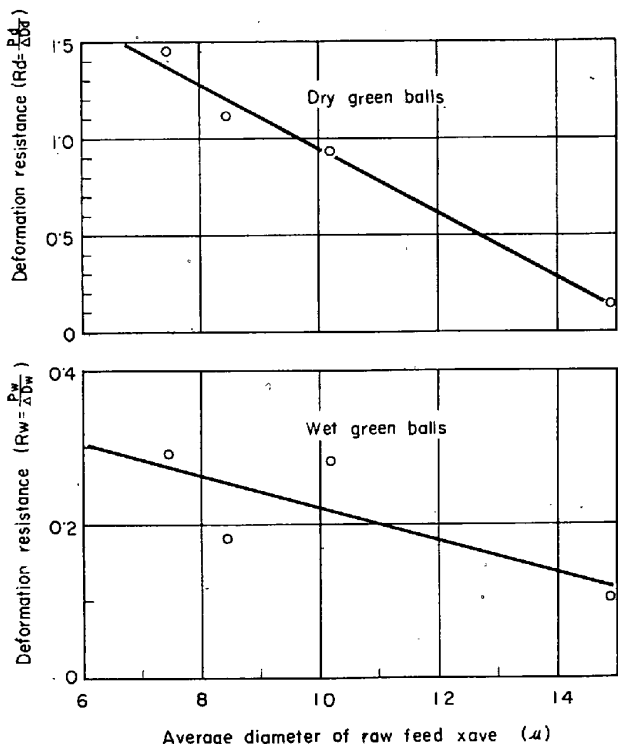


Fig. 5. Deformation resistance of green balls as a function of average diameter of raw feed.

ボールの直径に関係なく、気孔率 V は原料平均粒径の 1 次関数として示される。

$$V = 1.4 x_{ave} + 21.3 \quad \dots\dots\dots (7)$$

次にグリーンボールの気孔を満たす水の量と実際の造粒水分を比較すると Table 3 のとおりである。ただし、気孔を満たす水分 w は原料粉鉱の直比重を ρ 、水の比重を 1 として (8) 式によつて求めた。

$$w = 100V / \{(1-V)\rho + V \times 1\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Table 3 より造粒水分はグリーンボールの気孔を満たす水の量の 78~88% であることが明らかであり、従つて造粒水分は (9) 式によつて求めることができる。

$$w = \frac{1.4 x_{ave} + 21.3}{1.4 x_{ave} + 21.3 - \rho(1.4 x_{ave} + 20.3)} \times (78 \sim 88) \quad \dots\dots\dots (9)$$

3.3 原料粉鉱粒度とグリーンボールの変形抵抗との関係について

グリーンボールの強度の表わし方として圧潰強度の他に通常落下強度が用いられており、この実験でも原料粉鉱粒度と落下強度の関係を考察したが定量化が困難であった。落下強度はグリーンボールの脆さを表現するもの

と考えられ、これに対応するものとして圧潰強度 P と変形量 ΔD との比 $R = P/\Delta D$ をとりこれを変形抵抗と称することに於て考察した。

原料平均粒径と変形抵抗の関係は Fig. 5 および実験式 (10) によつて示され、逆比例の関係である。

$$\left. \begin{aligned} R_w &= -0.021 x_{ave} + 0.43 \\ R_d &= -0.150 x_{ave} + 2.39 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

なお、変形抵抗はボール直径には関係なく一定値である。

変形抵抗が大きくなるほどグリーンボールは脆くなると考えられ湿潤および乾燥ボール、いずれも原料平均粒径が小さくなるほどグリーンボールは脆くなつており、また湿潤ボールより乾燥ボールの方が変形抵抗が大きく脆くなつてゐる。

4. 結 言

ペレタイジング原料粉鉱の粒度とグリーンボールの性状の関係について実験考察し、湿潤および乾燥グリーンボールの圧潰強度、気孔率、造粒水分および変形抵抗を原料平均粒径より求める実験式を明らかにした。

文 献

- 1) 高橋, 岩崎, 加畑: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1262
- 2) 小島, 他: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 234

622,788; 622,341,1-188

(5) 各種粉鉱石のペレット成型性について

川崎製鉄, 千葉研究部

佐々木健二・野中 浩
宮崎 伸吉・○佐々木 晃

Balling Capability of Various Fine Iron Ores.

Kenji SASAKI, Hiroshi NONAKA,
Nobuyoshi MIYAZAKI and Akira SASAKI.

1. 結 言

ペレット工場の操業を行なう場合、グリーンペレットの性状が、焼成ペレットの生産性を支配する大きな要因となるが、このグリーンペレットの性状は、使用する鉱石によりかなり異なつてくる。

したがつて、個々の銘柄の粉鉱石の粉砕エネルギー、および粉砕後の粒度分布の相違、また成型性の相違などを考慮してペレタイジングを行なう必要があると思われる。今回は、これら個々の銘柄の特性の違いを確認する意味で若干の検討を行なつたので報告する。

2. 試 験 方 法

成型性の異なる 5 銘柄のペレット用粉鉱石を選び、試験に供した。Table 1 に、この 5 銘柄についての化学成分を示す。

上記各銘柄について、それぞれ比表面積が 2500, 3000, 3500, 4000 cm²/g になるように 4 段階の粉砕を行なつた。

粉砕装置は、ボールミル (バッチ式鉄製, 300 mm φ × 300 mm) を用い、19~38 mm のスチールボール 20 kg を装入し 70 r.p.m. で回転した。次に、これら比表面積を調整した試料について実験室用タイヤ造粒機 (48

Table 1. Chemical composition of fine iron ores.

Ore	Chemical composition (%)					
	T. Fe	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO
A	58.7	13.7	3.1	6.1	1.5	1.1
B	59.2	4.3	0.03	5.6	2.7	0.4
C	66.8	25.8	0.6	3.2	0.8	0.5
D	59.5	30.0	0.1	3.3	2.8	1.6
E	59.7	23.3	0.6	15.0	0.4	0.5

r.p.m., 400 mm φ) を用いグリーンペレットを作成し各種の試験を行なった。

グリーンペレットは、粒径 20±1 mm とし、水分は最適水分、ベントナイトは添加せず造粒は各 3 回の繰返しを行なった。

3. 試験結果

3.1 粉鉱石の粉碎性について

まず粉碎エネルギーに関しては、鉱石により目標比表面積に達するまでのボールミル回転数が大いに異なる結果が得られた。たとえば、同じ比表面積 4000 に達するのに A 鉱石は 4000 回転、一方 D 鉱石は 22000 回転を要した。次に、粉碎後の粒度分布についても検討を行なった。

粒度分布を一つの分布関数で表現できれば、その分布特性値と成型性との関連を考える上で便利であろう。従来、粉鉱石の粒度分布式として、Gaudin-Schuhmann の式、Rosin-Rammler の式、正規分布式など各種提出されているが、いずれも決して完全なものではなく、ある解釈を与える程度に留まっている。粉鉄鉱石の粉碎には Schuhmann の式を適用した例りも見られるが今回の試験では正規分布式が最も良く適合しかなりの部分を直線で表わすことができた。すなわち、エルトリエーターによる測定結果を正規確率分布紙に描くと、いずれも約 40 μ 以下の微粉の粒度分布は、ほぼ直線にのる。Fig. 1 に代表例として A 鉱石、D 鉱石の粒度分布直線を示す。

直線の勾配は、銘柄ごとにほぼ一定であり比表面積が大になるにつれ粒度の細かいほうに平行に移動している。また銘柄ごとの勾配には大きな差が見られ、粉碎後の粒度分布が銘柄により、かなり異なることがわかる。

Table 2 に粒度分布特性値として図から求めた平均標準偏差 σ_m 、Medium 径 d_{50} を示す。

各銘柄においては粒度によらず、ほぼ勾配が同じであり、 σ_m を粒度分布の拡がりを示す指数とすれば、粒度分布係数として、一つの銘柄について一つの値を代表できると思われる。

3.2 粉鉱石の成型性について

3.2.1 比表面積によるグリーン、ドライペレット強度の変化について

比表面積によるグリーンペレットの強度の変化を圧壊強度および落下強度 (20 個のグリーンペレットを 450 mm より落下させたときの、破壊するまでの平均落下回数) について検討した。圧壊強度は、比表面積および銘柄によりあまり大きな変化は見られない。しかし 450 mm の落下強度は銘柄間に大きな差があり、A 鉱石などは、70 回以上でも破壊しないにもかかわらず、D 鉱石、E 鉱

Table 2. Specific values of size distribution curve.

Ore	Standard deviation σ_m (μ)	Medium diameter d_{50} (μ)			
		Specific area 2500	3000	3500	4000
A	41	44	38	32.5	28
B	36	37.5	36	28.5	12
C	15	24	22	18.5	16
D	19.5	30	26.5	23	21
E	15.5	25	22.5	21.5	17

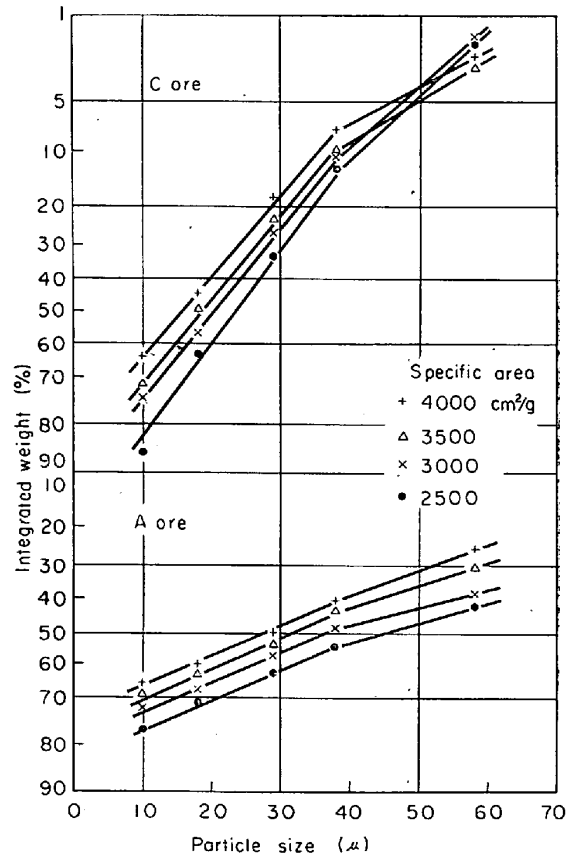


Fig. 1. Normal size distribution curve after grinding.

石は 5, 6 回で破壊するという現象が見られた。また、いずれも 450 mm 落下強度は、比表面積により増加の傾向を示すが、その増加の割合は銘柄によつて異なり、強度の高いものほど大きい。ドライペレットの圧壊強度は、比表面積による変化は少ないが、銘柄によりかなり差がある結果が得られた。

3.2.2 グリーンペレット強度計による成型性の表示について

グリーンペレット強度計は、グリーンボールが破壊するまでの強度-歪曲線を、ソレノイドの作用により X-Y レコーダーに自記できるものである。このペレット強度計によりグリーンペレットを測定し、破壊時の強度×歪と比表面積の関係を Fig. 2 に示した。

強度×歪の指数をとつた場合、この値はペレットが破壊するまでのエネルギーに比例すると考えられる。図に示すように、いずれも比表面積により増加の傾向を示し、また、各銘柄ともほぼ平行であり、各銘柄間の差が明り

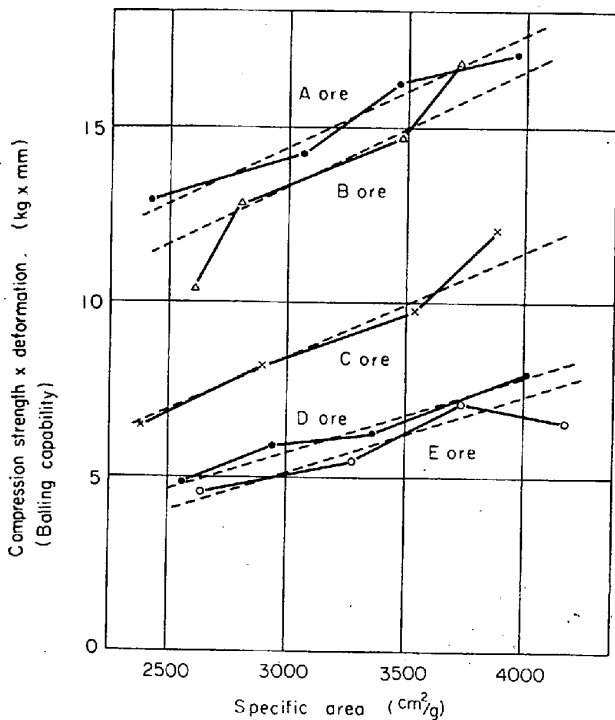


Fig. 2. Variation of balling capability with specific area.

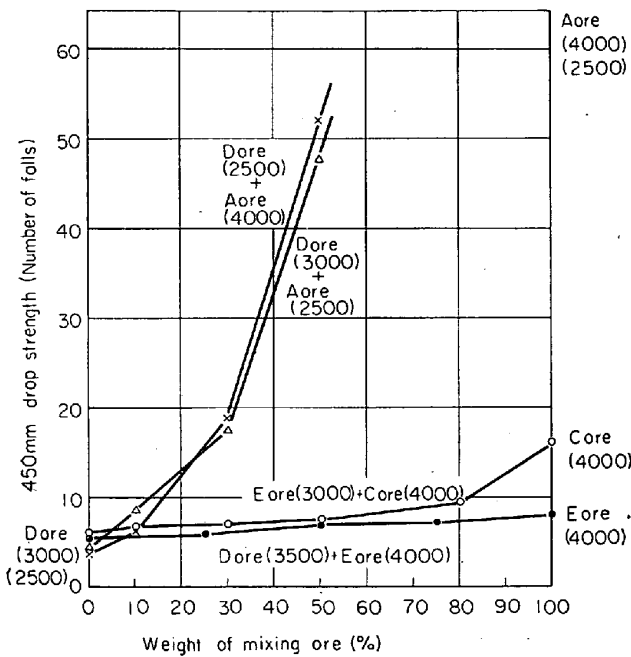


Fig. 3. Effect of mixing ore on drop strength.

ように表われている。この強度×歪は、成型性を表わす一つの尺度と考えることができるので、銘柄間のこの差を一つの指数で表わすならば、Fig. 2 について比表面積 3000 のところから、A 鉱石 100, B 鉱石 93, C 鉱石 63, D 鉱石 40, E 鉱石 36 となり、銘柄間の成型性の差を、成型性数として一つの数値で表わすことができる。

この強度×歪は、成型性と各種基礎的要因との関係を考えるうえで便利であると思われ、また、成型性の差が

Table 3. Index of balling capability and some fundamental factors.

Ore	A	B	C	D	E
Index of balling capability	100	93	63	40	36
Coefficient of size distribution σ_m	41	36	15	19.5	15.5
Moisture content %	9.9	9.1	7.7	7.3	7.8
Mean porosity %	25.8	26.7	27.5	27.6	28.3

はつきり表われていることから、鉱石分類の一つの手段と考えることもできよう。

4. 混合成型について

以上の試験結果のように、銘柄ごとに成型性の差が大きく表われる。これらの成型性の違う鉱石を混合して成型した場合、および成型性の同程度ものを混合して成型した場合の検討を行なった。Fig. 3 に各銘柄の配合率によるグリーンペレットの 450 mm 落下強度値の変化を示す。D 鉱石に対して、成型性良好な A 鉱石を加えていくと、強度は急激に増大する。D 鉱石を比表面積 2500 から、4000 に砕いたとしても、450 mm 落下強度値において、3~4 程度の増加しか期待できないが、A 鉱石をわずか 10% 程度加えることにより同程度か、それ以上の強度の増加が見られる。また、成型性の良い場合でも、悪い場合でも、成型性の同程度もの同志の混合成型を行なったときは、配合によりあまり強度は変化しない。

配合率による比表面積の変化と強度との関係を見ると、比表面積があまり変わらないにもかかわらず、成型性が大いに向上する結果が得られ、また混合した鉱石の種類によっては、比表面積が小でも強度が大、あるいは比表面積が大でも強度が小である現象が現われた。各種鉱石を配合した場合、必ずしも比表面積のみでグリーンペレット強度は説明できないことを示すものと考えられる。

5. 成型性と基礎的要因について

成型性指数と粒度分布係数 σ_m 、成型水分、気孔率の関係を Table 3 に示す。

σ_m の大きいものは成型性が良く、ある程度関係はあるが、C 鉱石は σ_m が低いわりには成型性が良く例外である。次に成型水分は、成型性の良いものほど、気孔率が低いにもかかわらず成型水分の高い傾向が見られ、鉱石により水に対する性質が違うことを示す一つの現象と考えられる。このように、銘柄間の成型性の差は、粒度分布および水に対する性質の違いと、大いに関係があるのではないかとと思われるが、いずれも、成型性の差を説明する決定的な要因とはならず、この 2 つの性質を同時に加味して考える必要があると思われる。

グリーンペレットの強度を支配する基礎的要因は複雑で、十分の見解は得られず、今後検討の必要があろう。

6. 結 言

ペレット用粉砕鉱石の粉砕エネルギー、粉砕後粒度分布、成型性などの各種の特性の違いを確認する意味で試験を

行ない、次の事柄が判明した。

(1) ペレット用粉鉱石の粉碎性の面では、粉碎に要するエネルギーばかりでなく、粉碎後粒度分布に大きな差が見られる。

(2) いずれの銘柄も、比表面積が大になれば、成型性が増大することが確認された。

(3) 比表面積が同じでも銘柄により成型性が大いに異なる。ペレット強度計強度×歪を求めると、銘柄別の成型性の差を一つの指数で表わすことができる。

(4) 成型性の悪い鉱石に良好な鉱石を加えていくと、強度の大きな向上が見られる。粉碎ばかりでなく、配合を考えることにより強度を向上させ得ると考えられる。

(5) 単味の鉱石については比表面積と強度は相関があるが、各種鉱石を混ぜた場合は、必ずしも比表面積だけで、強度は説明できなくなる。

(8) 銘柄による成型性の差を明確に説明できる見解は得られなかつた。粒度分布および水に対する性質の違いなどが考えられる。

文 献

- 1) 富士製鉄中研: 学振 54 委, 836

(8) 粉状鉄原料を利用した還元ブリケットの製造

八幡製鉄, 技術研究所

工博 石光章利・工博○井田四郎・鈴木 明
On the Reduced Briquette Made from Iron Bearing Fine Materials.

Dr. Akitoshi ISHIMITSU, Dr. Shirō IDA, and Akira SUZUKI.

1. 緒 言

前報¹⁾で所内発生粉鉄原の転炉スラッジ、高炉ガス灰を主原料とする還元ブリケットの中間工業化設備による製造研究を行なった結果を報告した。これによると、十分満足な成績を収めることができなく、とくに成品歩留が低いという現象を認めた。この原因について、いろいろと吟味してみたところ、焼成炉のロータリキルン内雰囲気完全に還元性を保つことが一つの重要な因子であると判断した。そこで、今次試験ではさらに進んで、還元ブリケットの適正製造条件についての検討を重ねた結果、1, 2の問題点は認められたが、所望の還元ブリケットを製造することができたので、この間の経過をまとめた。

2. 研究経過

2.1 適正製造条件の検討

前報で明らかにした通り、試験用ロータリキルンは炉内シールが不完全であつたため、炉内が弱酸化性となる傾向があつて、これが成品歩留を低下せしめる原因となつたことが判明した。それで、キルン内を還元性に保つためには、生ブリケットを焼成する際、生ブリケットとともに粉コークスを装入して、焼成するのが最も容易な操業法であると考えられたので、この方法を採用した。

また製造条件としては、もちろん、上記粉コークスの使用量にも影響されるが、その他、主な要因はキルンの回転数、生ブリケットのキルンへの装入時および排出時の温度ならびに生ブリケットの強度などが挙げられる。生ブリケットの強度に関しては一応ハンドリング中に破損しない程度の強度を具備しておれば、それほど成品性状に影響をおよぼさないことを確めていたので、今回はこの点は問題としなかつた。

2.1.1 生ブリケットの製造

生ブリケットの原料は Table 1 に示す粉鉄原 2 種と還元剤の高島炭 1 種、また結合剤は 2 号タールとベントナイを選定した。

これらの原料を対象とし、Table 2 に示す 2 種生ブリケットをロールプレスにより、常温成型法によつて製造した。この際生ブリケット寸法は 51×41×38 mm (厚さ) と 34×34×18 mm (厚さ) の 2 通りとした。このようにして製造した生ブリケットの強度はクラッシュ強度 33~38 kg, 落下強度の 20 mm 指数 51~65% であつた。落下強度は生ブリケット 10 kg を 2 m の高さから 4 回落下せしめる方法を採用した。

2.1.2 適正焼成条件の検討

焼成条件としては、上述した粉コークスの使用量、キルンの回転数、生ブリケット装入部および排出部のキルン温度などが挙げられる。そこで、粉コークスの使用量は生ブリケット装入量 60 kg/hr に対して、0~15 kg/hr, キルン回転数は 1/2~1/3 r.p.m. 装入部温度は 360~1,000°C, 排出部温度は 1,000~1,200°C に変えた。かくして、上記諸要因を変えて、製造した還元ブリケットの排出物粒度、クラッシュおよびタンブラー強度、化学成分を調べ、適正製造条件を検討した。その結果、次の点が明らかとなつた。

- (1) キルン回転数は 1/3 r.p.m. すなわちキルン内滞留時間は 3 hr 位がよい。
- (2) 粉コークス使用量は 6~15 kg/hr が望ましい。
- (3) 装入部温度は 750~800°C, 排出部温度は 1150~1200°C と考えられる。

Table 1. Chemical compositions of raw materials.

Raw materials	Chemical composition (%)					
	T. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	T. C	S	Zn
Converter sludge	64.3	47.7	38.5	0.7	0.095	0.54
B. F. flue dust	42.5	14.9	43.2	24.0	0.185	0.69
Tar				91.7	0.524	
Takashima coal	Ash 6.43	V.M 42.05	F. C 51.52	78.23	0.554	

Table 2. Blending ratio of briquette.

No.	Converter sludge	B. F. flue dust	Takashima coal	Tar	Bentonite
(1)	41.5	41.5	8	5	4
(2)	39.5	39.5	12	5	4