

622, 1788, 539, 215, 4  
 (32) 鉱石の磨鉱特性とペレタイジング適正粒度の関係について

(焼結とペレタイジングの比較研究—I)

富士製鉄室蘭製鉄所研究所 森 永 孝 三  
 本社原料部 理博 池 野 輝 夫  
 中央研究所 工博 岩 崎 巖

Relation between Ore-Grindability and Optimum Size for Pelletizing.

(Comparative studies on sintering and pelletizing—I) 63032

Kōzō MORINAGA, Dr. Teruo IKENO and Dr. Iwao IWASAKI.

I. 緒 言 346~348

ペレタイジング法と焼結法は歴史的にみて、それぞれことなつた原料事情の必要性から発展したもので、いずれも最適の粒度範囲があり、相互の欠陥を補つて行くものと考えられる。今後高品位鉱の減少に伴つて、ますます広範囲な鉄鉱石が選鉱工程を径た粉鉱として用いられることが予想されるが、このような状況に対処して行くには焼結法による微粉混入限界の調査とともにペレタイジング法を諸種鉄石に適用した場合の特徴について検討する必要がある。最近ペレットの使用により高炉操業成績のいちじるしい向上が報ぜられているが、粗粒粉も焼結するより磨鉱してでもペレットとする方が有利かどうかは磨鉱費に関係している。そこで両法の適用粒度範囲の限界を調査し、併せて各種鉄石をペレタイジング適正粒度へ磨鉱するに要する電力消費量を検討し、両法比較の基礎資料とした。

II. 焼結およびペレタイジング適正粒度について

両法の比較に原料の粒度分布が重要な条件であり、それぞれの適用範囲は焼結では-150メッシュが20%以下、ペレタイジングでは-200メッシュが50~70%以上であることが必要とされている。粒度分布の表示法としてSchuhmannの式を適用すれば累積篩下重量パーセント(y)と粒度(x)は次式により関係づけられる。

$$y = 100(x/k)^m \dots\dots\dots (1)$$

k, mはそれぞれ粒度係数, 分布係数と呼ばれ、この二定数により分布状況を代表できる。Fig. 1にこの方式に従つて2, 3の普通焼結原料ならびにペレタイジング原料の実例を示す。

図中粒度分布線はペレタイジングの場合には70~80%以下、普通焼結では30~50%以下でほぼ同じ傾斜の一群の直線となつている。かくて普通焼結原料の細粒の限界は150メッシュで20%を通る同一傾斜の線Sが、ペレタイジングの粗粒の限界は200メッシュで50~70%を通る線Pが各々の適用範囲を限定する。これらPS両線に区切られた中間には空白部分があり、もしこの中間的粒度分布を示す原料についてペレタイジングを考慮する場合P線より左まで磨鉱することが必要となり、その所要電力は鉄石の磨鉱度に関係してくることになる。Fig. 1でS線により示されている焼結原料の細粒混入の限界は近年原料の混合方式の改良(セミおよびホアペレット)により更に左へ移行することが予想され、鶴野・宮川<sup>2)</sup>の実験結果ではセミペレットの限界は図中H<sub>SP</sub>で示され、ホアペレット法ではH<sub>SP</sub>の右側となることが報告されている。石灰焼結ではどの程度影響が現れるか興味ある問題である。

III. ペレタイジング適正粒度までの磨鉱電力消費量の推定について

鉄石の磨鉱電力量は原料鉄石の性状、粒度、粉碎比

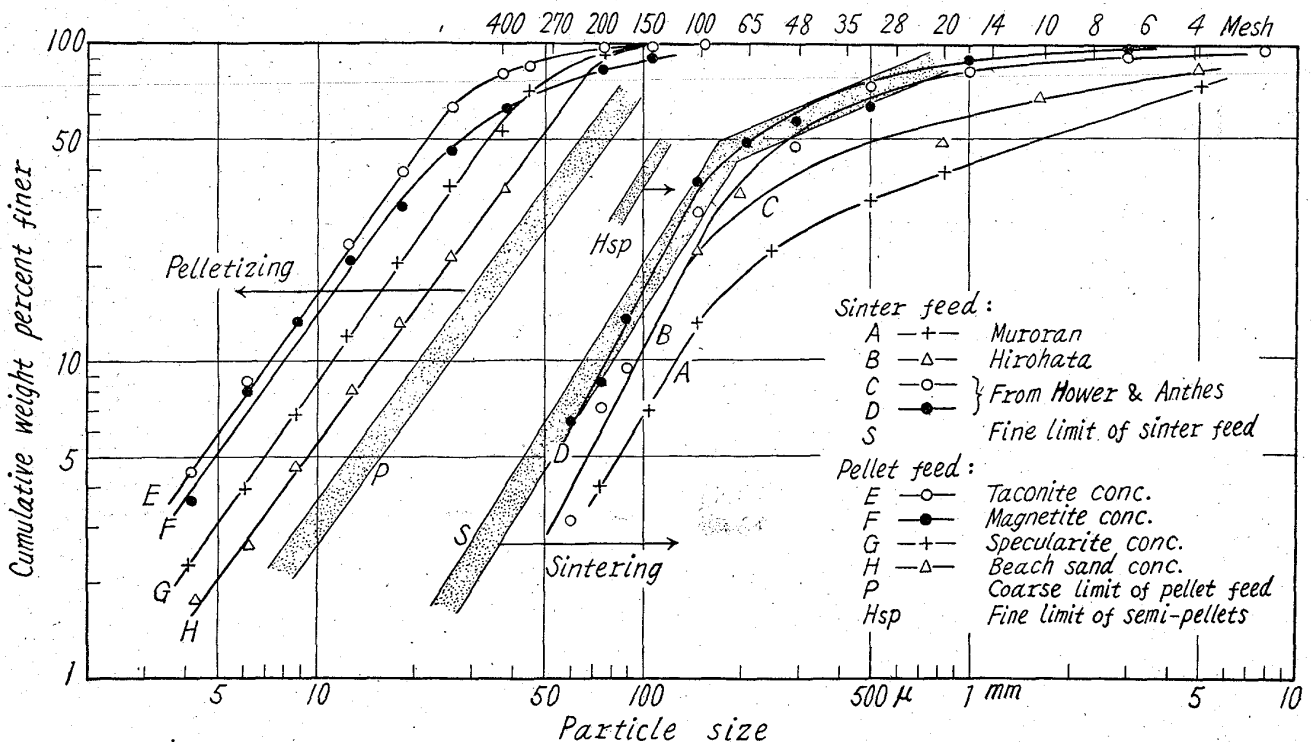


Fig. 1. Size distribution curves of sinter and pellet raw feed materials.

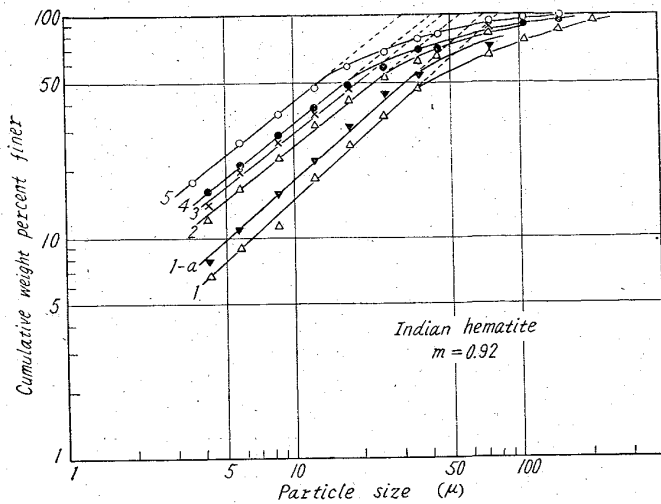


Fig. 2. Size distribution curves of Indian hematite.

に影響され、一方生成湿潤ペレットの強度は粒度とともにその分布状態に強く影響されることが予想されるので、これらの間の関係について検討した。磨鉱した鉱石の粒度分布には多くの場合 (1) 式が適用でき、 $m$  は磨鉱方式がまれば鉱石特有の値となり、さらに一鉱石については磨鉱時間によらず一定であることが実証されている。ボールミルによる磨鉱所要エネルギー ( $E$ ) は

$$E = A \{k_p^{1-n} - k_f^{1-n}\} = Ak_p^{1-n} \{1 - R^{1-n}\} \dots \dots \dots (2)$$

で表わされる。  $k_f$ ,  $k_p$  は給鉱、排鉱の粒度係数、 $R$  は粉碎比、 $A$ ,  $n$  は定数である。この  $A$  は  $k_f$ ,  $k_p$  で与えられる粉碎比を得るに必要なエネルギーの関係を表わす比例常数で磨鉱度の一指数とみなすことができる。(2) 式の適用性については基礎試験として 200φ × 200mm のバッチ式ボールミルを用い、諸種製鉄原料について条件をかえて磨鉱特性におよぼす影響を調査し、 $m$  は磨鉱時間、給鉱粒度、装入量などによらず一定値となつて磨鉱度を系統的に調査するに重要な一特性であることを確認

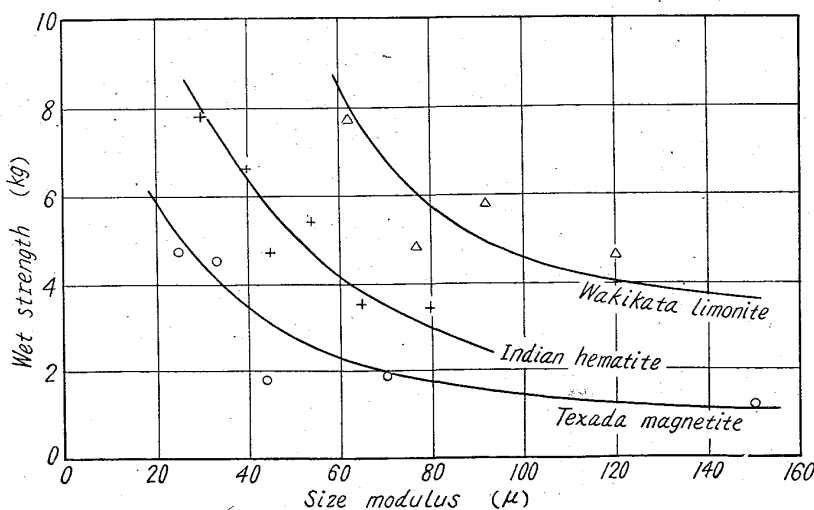


Fig. 3. Wet strength as a function of size modulus of raw feed.

し、これより  $m$ ,  $(1-n)$ ,  $A$  を算出した、一例としてインド赤鉄鉱に対する結果を Fig. 2 に示す。

ここで  $A$  を定量化するため 610φ × 200mm コニカルボールミルを使用、-10mm に破碎したインド赤鉄鉱を開回路で連続粉碎して電力消費量を実測した。平衡に達した時の給鉱、排鉱の粒度分布を求め、(2) 式に代入すれば  $A$  は  $1.2 \times 10^4$  (kWh/t/μ) と算出され、他鉱石の  $A$  もこれを基準として決定される。

IV. 磨鉱粒度とペレット強度の関係について

インド赤鉄鉱、テキサダ磁鉄鉱、脇方褐鉄鉱の 3 試料について  $k$  のことなる試料数種類を調整し、各々につき 400φ × 250mm のバッチ式ボーリングドラムを用いて径 15~17mm 程度のペレットを生成した。Fig. 3 に湿潤強度と  $k$  の関係が示されているが、粒度が細くなるにつれ急速に強度が増加し、まだこれら 3 鉱石間には  $m$  の影響が顕著に現れていることが示されている。

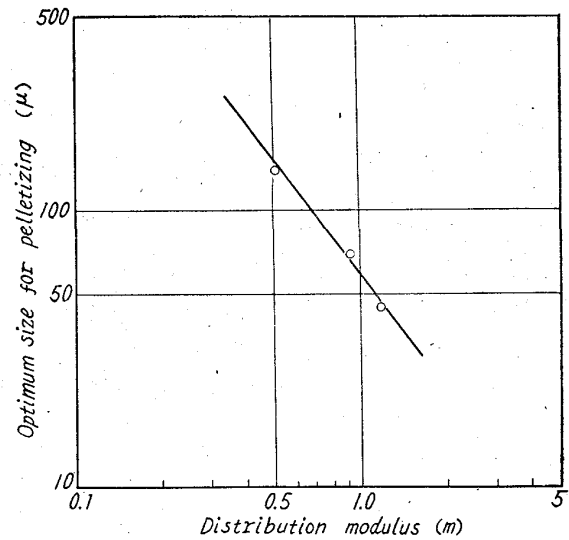


Fig. 4. Optimum size for pelletizing as a function of distribution modulus of raw feed.

Fig. 3 よりペレタイジング適正粒度を求めるのに米国タコナイトペレット操業例における湿潤強度値 3.6 kg を基準とすれば、テキサダ磁鉄鉱 45μ、インド赤鉄鉱 70μ、脇方褐鉄鉱 150μ となつて、殊にテキサダ鉄については Fig. 1 の  $E$ ,  $F$  両線の  $k$  がほぼ 40μ となつて一致していることがわかる。Fig. 4 に 3 鉱石の  $m$  とペレタイジング適正粒度の関係が図示されているが、これより鉱石の磨鉱特性を基礎試験により求めれば、(2) 式によりペレタイジング適正粒度まで磨鉱するのに要する電力消費量を推定できることになる。

V. 結 言

ペレタイジングと焼結について各々の適用範囲の限界を求めて、両法いずれにも適さない粒度の粉鉱の処置について考察した。焼結法の改良により微粉混入限界を拡

げる一方、粉を磨鉱してペレットとすることもでき、いずれが得策かは高炉操業でのメリットと考え合わせて検討されねばならない。諸種鉱石に対し磨鉱特性とペレタイジング適正粒度までの磨鉱電力消費量の関係を検討し粉鉱対策の資料とした。

文 献

- 1) R. J. CHARLES: Min. Eng. 9 (1957), p. 80
- 2) 鶴野, 宮川: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 373

622,341.1-185=622,341.1-188

(33) 焼結鉱とペレットの物理的・化学的諸性質の比較

(焼結とペレタイジングの比較研究—II)

富士製鉄室蘭製鉄所研究所 森 永 孝 三  
 本社原料部 理博 池 野 輝 夫  
 中央研究所 工博○岩 崎 巖

Comparison of Physical and Chemical Properties of Sinter and Pellets.

(Comparative studies on sintering and pelletizing—II)

Kōzō MORINAGA, Dr. Teruo IKENO  
 and Dr. Iwao IWASAKI.

I. 緒 言

前報にのべたように焼結とペレタイジングにはそれぞれ適正な粒度分布があるので、焼結原料として消化しうる鉱石を磨鉱してでもペレットとしようとする場合には焼結鉱に比べて少くともその磨鉱費に見あうメリットがみられねばならない。文献には一般焼結鉱とタコナイトペレットの比較はみられるが、同一鉱石を用いて製造した両者について物理的・化学的諸性質を比較した例は余りみられない。そこでインド赤鉄鉱を用いて普通および石灰添加焼結鉱ならびにペレットを製造してそれぞれの性状を調査し、また一部テキサダ磁鉄鉱、脇方褐鉄鉱についても同様試験して高炉使用時における両者比較の基礎資料とした。

II. 焼結鉱とペレットの物理的性質の比較

供試されたペレットならびに焼結鉱はつぎのようにして製造した。すなわちペレットは原料粉として前報の Fig. 2 試料 No. 3 を用い、バッチ式ボーリングドラムで径 15~17mm 程度のペレットを生成して、110°C で乾燥後、マッフル炉で焼成した。焼結鉱は 30kg 鍋を使用し落下強度が 70~80% となるように条件を選定した。まず原鉱石単味でそれぞれの条件で焼成し、これを砕いて 6mm~100 メッシュの返鉱を製造し、これらの返鉱を 30% 配合して焼結試料を調製した。測定に用いられた試料は比較のため 1 個当りの重量がペレットに相当するよう 19.1~15mm に整粒した。なお参考までにイン

Table 1. Physical properties of pellets and sinters.

			True density	Apparent density	Porosity	Bulk density	Shatter strength (%) (No. of drops)					Abrasion resistance (%)	Crushing strength or shatter* strength	
							1	2	3	4	5			
Indian hematite	Lump ore**		4.71	4.68	0.6	2.57	99.8	99.6	99.0	98.3	97.9	0.3	—	
	Pellet	Ordinary pellets	900°C	4.86	3.59	26.2	1.98	59.6	29.2	13.4	8.5	5.0	19.9	32 kg
			1000°C	4.89	3.63	25.8	2.01	89.8	76.8	67.6	61.1	54.8	8.5	66
			1100°C	4.89	3.65	25.4	2.07	98.5	95.5	92.7	89.9	87.8	4.5	123
			1200°C	4.87	3.80	22.0	2.11	100	99.5	99.1	99.2	98.7	2.2	395
		Self-fluxing pellets	1200°C	4.75	3.36	29.3	1.96	100	100	100	100	100	3.3	354 kg
Sinter***	Ordinary sinter	Coke												
		5%	4.77	2.21	52.6	1.25	91.9	83.7	77.1	71.6	67.2	5.8	68.8%	
		5.5%	4.75	2.48	47.9	1.33	94.6	89.8	84.0	80.5	76.6	3.5	77.0	
	Self-fluxing sinter	Coke												
		5.5%	4.72	3.13	33.7	1.67	92.7	84.7	81.9	76.5	71.5	3.1	73.3%	
		6%	4.69	3.29	29.9	1.70	91.7	83.3	72.4	69.2	63.9	2.7	70.5	
	6.5%	4.67	3.50	25.1	1.80	90.5	80.7	73.0	69.0	64.0	2.5	68.4		
Texada magnetite	Pellets	1200°C	5.0	3.75	25.0	2.27	99.7	99.2	99.1	99.0	98.9	3.8	341 kg	
	Sinter***	Coke 4%	4.77	2.78	41.8	1.52	97.2	94.6	92.4	90.3	87.6	4.8	81.2%	
Wakikata limonite	Pellets	1200°C	4.35	3.25	25.3	1.94	99.6	99.4	99.2	98.7	98.2	2.7	133 kg	
	Sinter***	Coke 9%	4.70	3.45	26.7	1.60	96.4	92.9	88.9	87.2	84.2	2.1	77.6%	

\* Shatter strength index for the original 30kg sample.

\*\* 19.1~13mm-sized sample.

\*\*\* 19.1~15mm-sized sample.