

論 文

UDC 622.341.1-188 : 669.162.263 : 669.162.282

各種実用ペレットの常温および高温性状*

土屋 脩**・小野田 守**・藤田 勇雄***

Laboratory Evaluation of Physical and High Temperature Properties of Commercial Pellets

Osamu TSUCHIYA, Mamoru ONODA, and Isao FUJITA

Synopsis:

Sampled commercial pellets are classified into 6 types according to the chemical composition of gangue in pellets, that is SiO_2 -type, $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ -type, high total Fe-type, CaO-type, $(\text{CaO} + \text{MgO})$ -type, and the rest.

This paper mainly evaluated high temperature-reducing properties of 44 kinds of commercial pellets in the world, which were measured with one-ball softening test under load.

As to beginning temperatures of softening of acid pellets, those of high total Fe-type pellets are higher, those of SiO_2 -type pellets with large amounts of gangue minerals are lower, those of $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ -type pellets vary widely depending on indurating conditions and $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio in them. Beginning temperatures of softening of self-fluxed pellets are in the highest level.

Melting down temperatures of pellets are linearly increased with the increase of total Fe-contents in acid pellets and that of melting points of gangue minerals in self-fluxed pellets.

Therefore, in pelletizing of low grade ores, addition of MgO-contained minerals is contributed to improvement of high temperature properties. In acid pellets, the range of $\text{SiO}_2/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ ratio = 0.75-0.85 in raw ores should avoid in order to attain better high temperature properties of pellets.

1. 結 言

世界のペレット生産量は現在約1億8千万t/gの多きに達し、そのほとんどが酸性ペレットであり、わずかに日本、ソ連において石灰石およびドロマイト添加ペレットが大規模生産されている。日本への酸性ペレットの輸入量は今後とも増加し、現在の高炉への平均ペレット配合率13%を漸次増加せざるを得ない状況にある。しかし酸性ペレットは品質面から、特に大型高炉での多配合使用は困難視されている。日本においては高炉の安定操業、能率面から現在30~50%配合以下に制限されている。

従来ペレットの品質は日本における輸入ペレットの品質規格に示されているように、主に輸送時のハンドリング性および高炉シャフト部までを対象とした各種性状で評価されてきたが、最近高炉解体調査結果などから高炉軟化・溶解帯における装入物の性状が注目されるようになった。しかるにこの種高温性状を含めての実用ペレット性状の評価はほとんど報告されていない¹⁾²⁾。

本報告は世界の実工場製造44銘柄の各種酸性および自溶性ペレットについて、主に高温性状を調査し、現在製造されているペレットの性状の特徴、これら性状への影響因子、各性状値相互の関連を明らかにし、これら結果から更に良好なる高炉装入物としてのペレット性状改善の方向を見いだすための知見を得んとするものである。

2. 試 験 方 法

2.1 常温性状

常温性状試験としては圧潰強度(10~20個の平均値)および真比重、見掛比重測定値から算出した気孔率を求めた。さらに各ペレットの製造方法の差を検討するための気孔率の標準偏差($n=50\sim 100$ 個)を求めた。

2.2 低温還元性状(還元温度900°Cにおける性状と定義する)

低温還元性状試験としては供試サンプル量が少量のためJIS還元率測定が不能で、これに対応する試験として以下の試験を行った。

* 昭和52年10月本会講演大会にて発表 昭和53年5月29日受付 (Received May 29, 1978)

** (株)神戸製鋼所中央研究所 (Central Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd., 1-3-8 Wakinohama-cho Fukiai-ku Kobe 651)

*** (株)神戸製鋼所中央研究所 理博 (Central Research Laboratory, Kobe Steel Ltd.)

小型カンタル電気炉 (反応管径 43 mmφ) により、ペレット個数 6 個を 900°C で $co/N_2=30/70$ 還元ガス 2 l/min で流通し 3 hr 還元後の還元率を JIS 還元率の、さらには本還元試験後ペレットの圧潰強度を還元後圧潰強度値の代替とした。本試験法による最終還元率 (x) と JIS 還元率 (y) との間には、

$$y=0.958x+1.69, r=0.941^{**}$$

の有意は相関があり、後述図中には JIS 還元率と表示する。またふくれ指数は JIS ふくれ試験法により求めた。

2.3 高温性状

高温性状試験としては高温還元率および軟化・熔融性状値として軟化開始温度 (20% 収縮率を示した時の温度) 60% 軟化温度および熔融温度 (軟化曲線がほぼ垂直となる温度) を求めた。

Table 1. Chemical composition of sampled commercial pellets.

Group	No.	Kinds of pellets	Chemical composition (%)					CaO SiO ₂	Ore	Process	
			T.Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO				MgO
1st (S-type)	1	Sydvaranger, '71	65.69	0.26	4.82	0.23	0.26	0.23	0.05	M	G.K
	2	Carol, '69	65.73	0.16	4.52	0.28	0.46	0.43	0.10	H/M	S.G
	3	Republic, '69	65.35	0.07	4.81	0.63	0.47	0.16	0.09	S.H	G.K
	4	Carol, '75	65.20	0.17	5.74	0.22	0.42	0.28	0.07	H/M	S.G
	5	Eveleth, '69	65.07	1.87	5.83	0.22	0.49	0.37	0.09	M	G.K
	6	Minntac, '75	64.68	3.02	6.03	0.27	0.82	0.49	0.13	H	G.K
	7	Empire, '69	64.58	0.65	6.97	0.41	0.20	0.16	0.03	M	G.K
	8	Adams, '69	64.02	1.80	7.36	0.39	0.52	0.26	0.07	M	G.K
	9	Bong range, '71	63.57	0.24	7.78	0.38	0.20	0.27	0.07	M	G.K
2nd (S.A-type)	21	I'jmuiden, '73	64.96	0.16	4.77	1.18	0.21	0.30	0.04	B.O	S.G
	22	Whyalla, '75	64.82	0.14	3.59	1.81	0.55	0.24	0.15	H	G.K
	23	Kawatetsu, '68	63.60	0.07	3.10	1.40	1.50	0.50	0.50	B.O	S
	24	Lalap	63.29	0.19	5.15	1.28	0.73	0.60	0.14	—	S
	25	Hamersley, '75	63.25	0.29	4.08	3.23	0.53	0.11	0.13	H(G)	S.G
	26	Steep rock, '69	63.25	0.04	6.90	1.41	0.23	0.11	0.03	H	S.G
	27	Robe river, '75	62.76	0.29	5.69	3.30	0.78	0.14	0.14	L	S.G
	28	Caland, '69	62.41	0.14	7.68	1.90	0.12	0.11	0.02	H	S.G
	29	Kobe, '66	62.30	0.20	5.40	0.90	1.10	1.20	0.20	B.O	G.K
	30	Pioneer, '69	61.30	0.36	7.15	2.50	0.65	0.81	0.09	H(G)	G.K
	3rd (High T.Fe-type)	41	LKAB, '75	68.27	0.40	1.16	0.42	0.15	0.32	0.13	M
42		Savage river, '75	67.86	0.79	1.41	0.20	0.18	0.69	0.13	M	S
43		CVRD (D.R.) '75	67.60	0.57	1.56	0.52	0.35	0.06	0.22	S.H	S.G
44		Whyalla (H.G) '78	66.99	0.10	2.34	1.38	0.53	0.04	0.23	H	G.K
45		LKAB (MPB), '77	66.76	0.57	3.04	0.57	0.13	0.29	0.04	M	S
46		Marcona, '70	66.12	0.47	3.40	0.75	0.44	0.67	0.13	M	S.G
47		Chougle, '70	65.90	0.10	2.58	1.21	0.58	0.13	0.22	S.H/L	S.G
48		CVRD (B.F), '75	65.72	0.46	1.28	0.69	0.92	0.19	0.72	S.H	S.G
4th	61	Hirohata, '73	63.71	0.14	2.95	1.23	3.44	0.37	1.17	B.O	G.K
	62	Kakogawa, '73	60.60	0.27	4.32	2.31	5.32	0.62	1.23	B.O	G.K
	63	Krivoi Rog, '72	60.28	0.79	7.61	0.19	3.79	0.47	0.50	—	—
5th (C.M-type)	81	LKAB (MPD), '75	66.74	0.69	1.32	0.47	1.13	1.05	0.86	M	S.G
	82	Minpeco, '78	66.46	0.43	1.89	0.36	1.79	0.68	0.95	M	S.G
	83	LKAB (SPD), '75	65.72	1.12	1.37	0.45	1.59	1.47	1.16	M	G.K
	84	LKAB (MPD), '77	65.19	0.22	1.99	0.51	2.14	1.69	1.08	M	S.G
	85	LKAB (SPD), '77	64.35	0.07	2.90	0.57	3.00	1.09	1.03	M	G.K
	86	Eagle Mt., '69	63.81	1.15	4.02	0.59	0.38	2.91	0.09	M(H)	S.G
	87	Kakogawa, '74	62.30	1.87	1.42	0.72	2.06	3.14	1.45	M	G.K
	88	Kakogawa, '74	61.99	1.01	2.48	0.99	1.70	2.13	0.68	M	G.K
	89	Kakogawa, '77	60.29	0.43	4.27	1.78	5.65	1.49	1.32	B.O	G.K
	90	Kobe, '77	59.98	0.34	4.30	2.12	5.00	1.74	1.16	B.O	G.K
	91	I'jmuiden, '73	59.52	0.65	4.73	1.49	5.54	2.08	1.17	B.O	S.G
Others	101	Cold bond	58.25	23.12	4.38	0.91	6.85	0.96	1.56	M	G.P
	102	Dōwa, '77	60.17	1.01	5.81	1.00	4.06	0.22	0.70	Pyrite cynder	C.R
	103	Kakogawa, '77	67.90	11.65	8.6	3.48	9.87	1.97	1.14	Dust	G.K

M: Magnetite, H: Hematite, S.H: Specular hematite, L: Limonite, G: Goethite, B.O: Blend Ore, G.K: Grate Kiln, S.G: Straight grate, S: Shaft, G.P: Granges process, C.R: Chlorinated roasting process, —: Indistinct part

高温還元率はあらかじめ 900°C で $\text{Co}/\text{N}_2=60/40$ ガスをうい重量減のなくなるウスタイト段階まで還元した試料を作成する。次にこの試料 20~25 g をうい 1250°C の一定温度で $\text{Co}/\text{N}_2=30/70$ ガスを 2 l/min で流通 (反応管径 43 mmφ) し, 3 hr 還元後の還元率で示す。

軟化・熔融性状値は白金電気炉製の単一ペレットを用いての荷重軟化試験装置で求めた。試験条件は 10 mmφ に成型したペレットを下部に孔を持つ黒鉛ルツボ中に装入し, 昇温速度 10°C/min, 荷重 0.8kg/cm², 還元ガス $\text{Co}/\text{N}_2=30/70$, 流量 500 cc/min (反応管径 19 mmφ) である。

高炉軟化・溶解帯の高温度域における被還元性および軟化, 熔融性を明確に検出, 評価するため上述の極端な条件を設定したものである。

3. 試験結果

3.1 供試ペレットの分類および化学組成

供試ペレットの大半が単一鉬柄鉱石から製造された酸性ペレットで, その他に石灰石またはドロマイト添加自溶性ペレットから成る。

Table 1 に供試ペレットの化学組成, 使用鉄鉱石のタイプおよび焼成機種を示す。この化学組成を基に (CaO + MgO) - SiO₂ - Al₂O₃ 系三角ダイアグラムに各種ペレットの脈石成分比を示したのが Fig. 1 である。供試ペレットは 6 種類に分類される。

第 1 グループ (S-タイプ) は脈石として SiO₂ 成分を主体とし脈石量 5.5~8.6% 含有する北米タコナイト

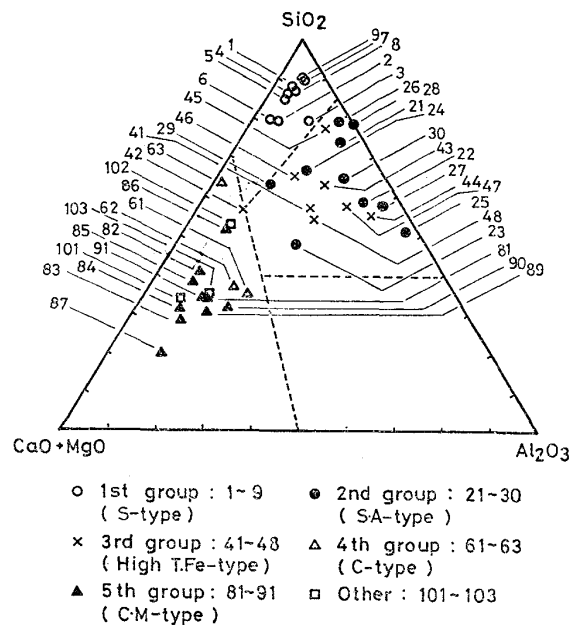


Fig. 1. Classification of sampled commercial pellets.

を, 第 2 グループ (S-A-タイプ) は SiO₂ と Al₂O₃ を主体とし脈石量 6.1~11.1% 含有するオーストラリアおよびカナダ地区の赤鉄鉱を, 第 3 グループ (高 T.Fe タイプ) は鉄品位 66% 以上 (脈石量 2.0~5.3%) で高品位マグネタイト精鉱およびスペキュラーヘマタイト鉱を原料鉄鉱石とする酸性ペレットである。

第 4 (C-タイプ) および第 5 (C-M-タイプ) グループはそれぞれ石灰石およびドロマイトを主に添加した自溶性ペレットである。第 5 グループ中にはこれら溶剤を人

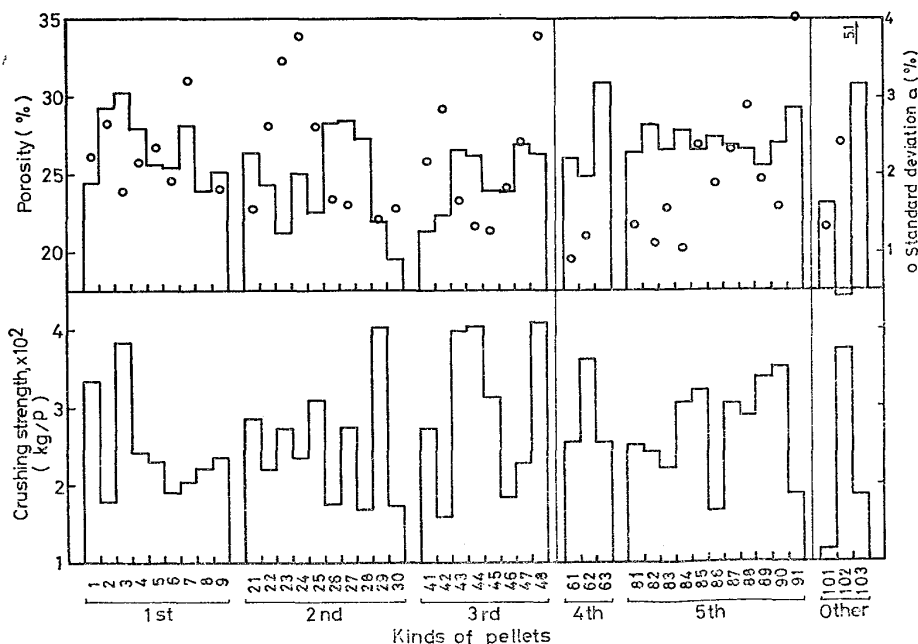


Fig. 2. Crushing strength & porosity of each commercial pellet.

為的に添加していないが原鉱石中に MgO, CaO 成分が多く含有する No. 86, 87, 88 ペレットをも含めた. ここで No. 87, 88 ペレットは神戸製鋼所加古川ペレット工場で試験的に製造した 2 種ペレットで, アフリカ産銅回収精鉱を原料鉱石とし, 前者は高 TiO₂(1.92%) 後者は低 TiO₂(1.01%) のものである.

第 6 グループは非焼成のコールドボンドペレット, 硫酸滓より製造したペレットおよび製鉄所発生ダストより製造した還元ペレット (金属化率 86%) である.

上述の化学組成に基づく分類の他に使用鉱石の鉱床, 粒度, 結合組織および焼成機種別と種々考えられるが, Fig. 1 に示す分類が現状ではペレットの各種性状の特徴を最も反映するものと考えられる.

3.2 常温性状

Fig. 2 に常温性状として供試ペレットの圧潰強度, 気孔率および気孔率の標準偏差値を各グループ別に鉄品位の高いものから示す. 後述する各性状値とも鉄品位順に示している.

圧潰強度は各グループ間の差は示されておらず最低 120kg/p から最高 400kg/p と大きく変動している. 各グループにおいては第 1, 2 グループペレットは鉄品位低下に伴いわずかに圧潰強度が低下し, 第 5 グループペレットは逆に増大の傾向にある. また第 4, 5 グループの自溶性ペレット群は 1 つの例外を除いてほとんどが 250kg/p 以上と高強度を示し, 酸性ペレット群に比べてその変動も小さい. 特殊ペレットではコールドボンドペレットは 180kg/p と最も低く, 硫酸滓ペレットは 370 kg/p と高い値を持っている.

気孔率も各グループ間で明確なる差は見られないが, 第 4, 5 グループの自溶性ペレット群は 26~27% と比較的高気孔率でその変動も少ない. 酸性ペレット群では第 1, 2 グループは鉄品位低下に伴い気孔率の低下, 第 3 グループでは気孔率増大の傾向にある.

以上から酸性ペレットの圧潰強度, 気孔率はこの種化学組成以外に使用原料鉱石種および造粒・焼成条件が大きく影響するものと考えられる. しかし自溶性化することにより圧潰強度 250kg/p 以上の高値と, 気孔率 25~27% のほぼ一定値を持つペレットが製造されるといえる.

ペレットの造粒・焼成工程での均一度の尺度となる気孔率の変動を示す標準偏差値から判断すると, 各グループ間の特徴は見られず, 焼成プロセス面でグレートキルンおよびストレートグレート方式とシャフト方式間にならずに差があり, シャフト方式において大きな値を示す場合が多い. 成品ペレットの気孔率の変動は焼成工程のみに依存するものではなく, 原料鉱石の種類および原料調整・造粒工程におけるプロセス, 操作上にも大きく影響されるものと考えられる.

特殊ペレットの気孔率は硫酸滓ペレットは 17% と最も低い範囲の値を, 還元ペレットは 32% と高い値を示し, 気孔率の標準偏差値は還元ペレットにおいて 5.1 と最も高い値を示している.

3.3 低温還元性状

Fig. 3 に各ペレットの還元率 (JIS 還元率に対応する), 還元後圧潰強度および JIS ふくれ指数を示す.

還元率は酸性ペレット群では約 70% 以下, 自溶性ペ

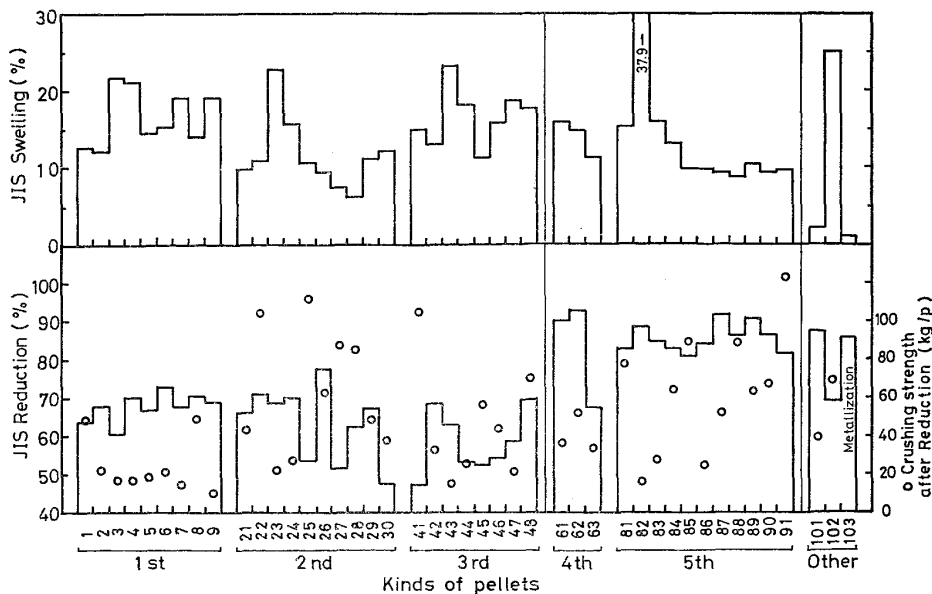


Fig. 3. Reduction & swelling values of each commercial pellet.

レット群では約 85% 以上と石灰石またはドロマイト添加ペレットにおいて顕著に高値を示す特徴がある。第 1, 3 グループペレットは鉄品位低下に伴って高還元率を、第 2 グループペレットは逆に低還元率を示す傾向にある。平均値で比較すると第 4, 5, 1, 2, 3 グループの順に還元率は低下し、高鉄品位タイプペレットが最も低い。

還元後圧潰強度は大きく変動し各グループ間の差は明確でないが、第 1, 3 グループが最も低く、第 2, 5 グループが最も高いレベルにあるものが多い。特に第 1 グループは 50kg/p 以下のものが大半を占めている。第 3, 5 グループでは鉄品位が向上するほど低還元後圧潰強度を示す傾向にある。

ふくれ指数は最大 38% で、ほとんどが 10~15% の

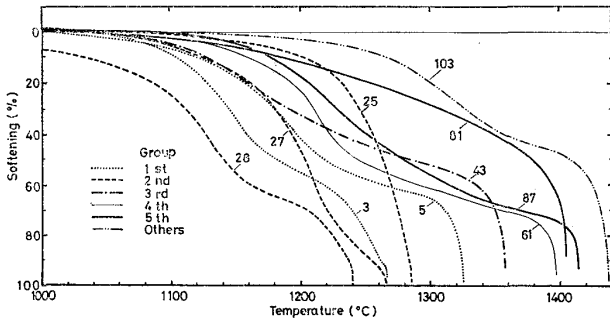


Fig. 4. Typical softening curves of each group's pellet.

範囲にある。第 1, 3 グループの主にマグネタイト精鉱およびスペキュラーヘマタイトから製造したペレット群が比較的高値を示し、第 2, 4, 6 グループはわずかに低いレベルにあるものが多い。

コールドボンドペレットは自溶性ペレットと同等の高還元率を、硫酸滓ペレットは 25% と高いふくれ指数を示す。

以上から低温還元性状として自溶性ペレットは還元率が異常に高いことが特徴である。酸性ペレットは還元率 50~70% の、ふくれ指数 10~15% の範囲にある。

3.4 高温性状

Fig. 4 に 1 ボール荷重軟化試験により求めた、各グループの代表的ペレットの軟化曲線を示す。

第 1 グループペレット (No.3, 5) は、1 100°C から徐々に軟化し始め 1 200°C 付近で一端軟化を停滞した後 1 260~1 300°C の温度範囲で熔融する。

第 2 グループペレット (No. 25, 27, 28) の軟化曲線は軟化開始温度が 1 100~1 230°C と広く変動し、この温度以上の還元温度域では低軟化開始温度を持つペレットは徐々に、高軟化開始温度を持つペレットは急激に熔融する挙動を示し、熔融温度範囲は 1 240~1 290°C である。

第 3 グループペレット (No. 43) は第 1 グループペレットと同様に 1 100°C 付近から徐々に軟化するが、その軟化度合は小さく、1 300~1 350°C 付近で熔融し第 1,

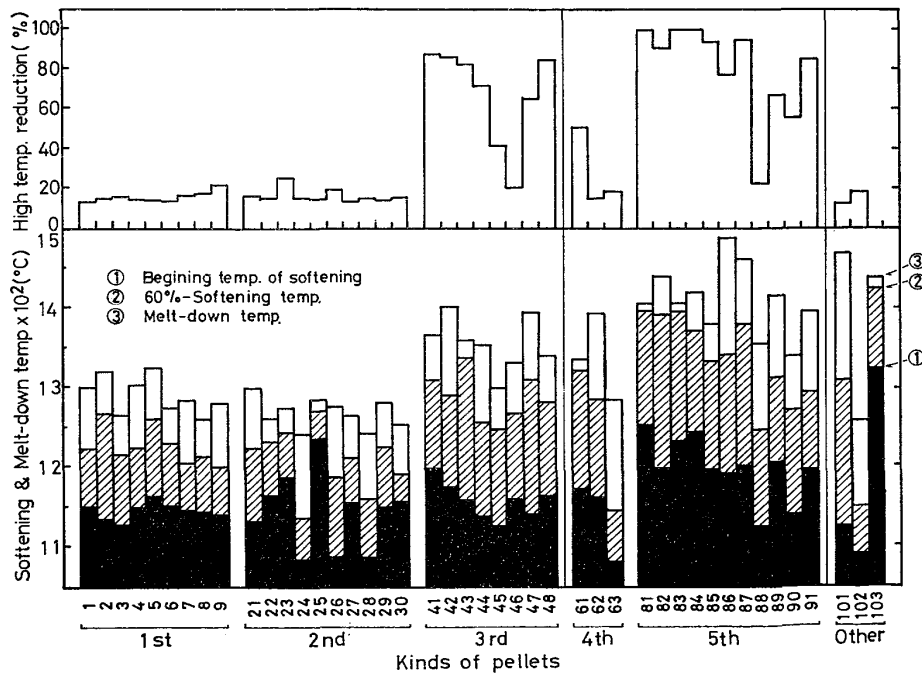


Fig. 5. Softening & melt-down temp. and high temp. reduction degree of each commercial pellet.

2 グループペレットに比べて溶融温度は高い。

第4グループペレット (No. 61) は第3グループペレットに比べて軟化開始温度は高くなるが、1200°C 付近で一端急激に軟化し、その後1250~1350°C 還元温度域で軟化を停滞した後、1390°C 付近で溶融する。

第5グループペレット (No. 81, 87) の軟化挙動は最も良好で、鉄品位により1250~1380°C 還元温度域の挙動が大きく異なり、高鉄品位ペレットは低軟化率側を推移した後急激に1400°C 付近で溶融するのに対し、低鉄品位ペレットは第4グループペレットより低軟化率側をほぼ同様の挙動を示し変化し1400°C 付近で溶融する。

Fig. 5 は前述の各ペレットの軟化曲線から読み取った軟化開始温度、60% 軟化および溶融温度と、高温還元試験による最終還元率 (ウスタイト→M.Fe) を示したものである。

軟化・溶融性状は第5グループのドロマイト添加ペレットが最も良好で、次に第4、3グループのそれぞれ石灰添加および高鉄品位酸性ペレットが特に60% 軟化および溶融温度において他の酸性ペレットに比べて高く、第1、2グループペレットは各温度とも最も低い。第2グループペレットの軟化開始温度は種々の値を示しており、これについては後述する。

特殊ペレットでは、コールドボンドペレットは800°C から直線的に徐々に軟化し、硫酸滓ペレットは1100°C から急激に軟化し、前者は1470°C の高溶融温度を後者は1260°C の低溶融温度を示す。また還元ペレットは1400°C で50% の低軟化率であるが1420°C から急激に溶融する特徴を持つ。

高温還元率は、第5、3グループのドロマイト添加および高鉄品位ペレットが60~100% と非常に高い値を示し、次に第4グループの石灰添加ペレットが20~50% と、第1、2グループの両酸性ペレットおよび特殊ペレットは15~20% のほぼ一定値を示し最も低い。ここで第4、5グループのそれぞれ No. 63, No. 88 ペレットの高温性状の劣化は $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0.5\sim0.68$ の値を持つことによる。

4. 試験結果の考察

4.1 JIS 還元率と高温軟化・溶融性状

高炉装入物としてのペレットの品質面で問題視されてきたものには、常温圧潰強度、JIS 還元率、JIS ふくれ指数、還元粉化率 (還元後圧潰強度) さらには高温還元温度域における軟化・溶融性状がある。このうち圧潰強度は現実に長距離輸送されているペレットの圧潰強度値

から 250kg/p 以上あれば十分と考えられ、また製造工程における焼成温度および時間の変更によりさらに高強度とすることも可能である。JIS ふくれおよび還元粉化性は高炉解体調査結果などから、ペレットは高炉内において大きく強度を低下するが粉化にまでは至らないことが確認されており⁹⁾ 現状ペレットではこれら性状の劣化に伴う高炉操業上の問題は少ないといえる。したがって高炉装入物として最も重要視されるべき性状は高炉内での間接/直接還元率の割合に対応する JIS 還元率と高炉内軟化・溶解帯の位置と大きさに関連する高温域での軟化・溶融性状である。前者は高炉の熱レベルに、後者は高炉内のガス通気性に主に関連すると考えられる。

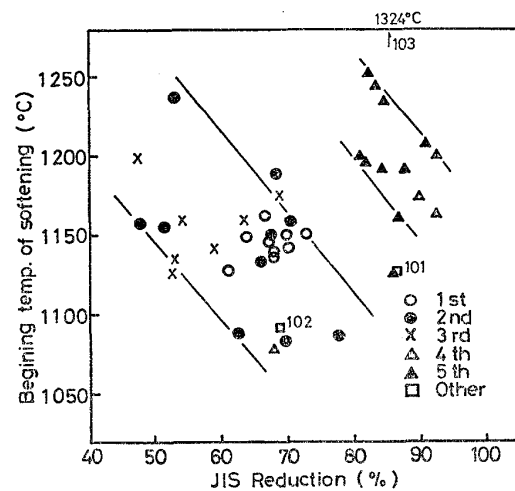


Fig. 6. Relation between beginning temp. of softening & reduction degree at 900°C of sampled pellets.

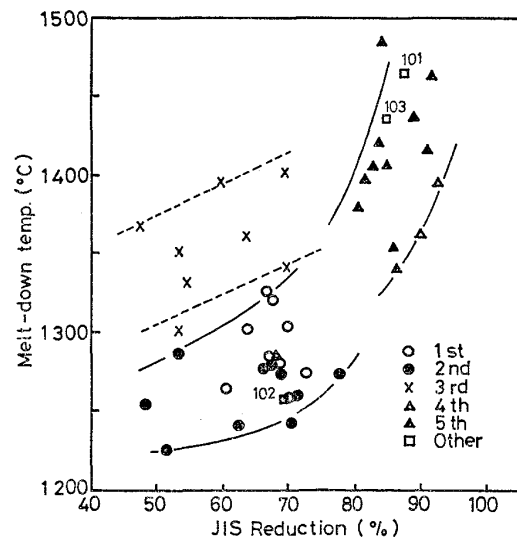


Fig. 7. Relation between melt-down temp. & reduction degree at 900°C of sampled pellets.

Fig. 6, 7 は各ペレットの JIS 還元率と軟化開始および溶融温度との関係を示したものである。軟化開始温度は還元率増大に伴って低下の傾向を示し、酸性と自溶性ペレット群で層別される。両ペレット群とも還元率に対してほぼ同一の傾きを持つている。溶融温度は逆に還元率増大に伴って上昇する傾向にある。酸性ペレットでは第 1, 2 グループと第 3 グループに層別され、また酸性と自溶性ペレットでは自溶性ペレットにおいて増加度が著じるしい。

したがって、酸性または自溶性ペレット別に考えた場合、JIS 還元率の高いペレットほど溶融温度は高くなるが逆に 1100~1250°C 還元温度域での耐軟化性は劣化することから、この種ペレットは高炉内でより低温度で軟化し、融着帯の幅が大きくなり、ガスの通気性が阻害されるものと推察される。このように JIS 還元率を高めることは必ずしも有効ではない。また高炉内における間接/直接還元比率に適正值があることから、高炉内間接還元率に相対的に対応する JIS 還元率にも、他の高炉装入物の性状、配合率および高炉操業条件との関連において適正值があるものと考えられる⁴⁾。

4.2 低温還元および高温性状と T.Fe 量

Fig. 8 はペレット中 T.Fe 量と JIS ふくれおよび JIS 還元率との関係を示したものである。両者間には明確ではないが相関が見られ、T.Fe 量増大に伴って JIS ふくれ指数は増大、JIS 還元率は低下の傾向にある。

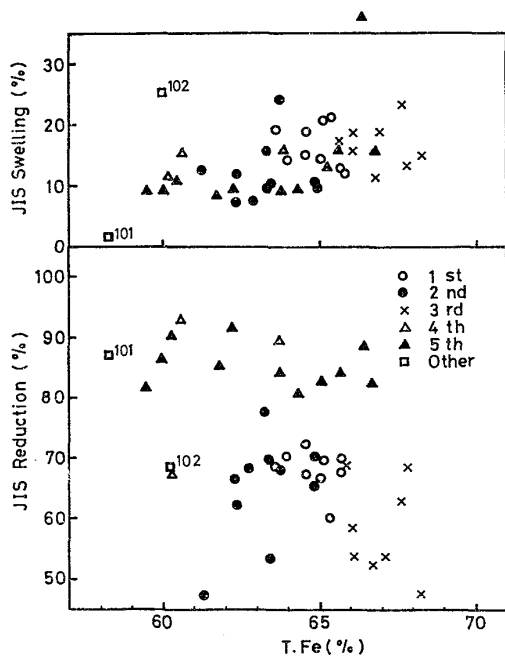


Fig. 8. Relation between reduction & swelling values at 900°C and T.Fe contents of sampled pellets.

Fig. 9 は高温還元率と T.Fe 量との関係を示したものである。酸性、石灰添加およびドロマイト添加ペレットの 3 層別された相関が得られ、各ペレット群とも T.Fe 量の増大に伴い高温還元率がほぼ指数関数的に増大している。また酸性ペレットにおいても T.Fe 量 66% 以上で自溶性ペレットと同等の値が示されている。

Fig. 10, 11, 12 は T.Fe 量と軟化開始、60% 軟化および溶融温度との関係を示したものである。軟化開始温度は第 2 グループの S.A-タイプペレットが相関がない以外は各グループペレットとも T.Fe 量増大に伴いその温度を上昇し、60% 軟化温度は酸性と自溶性ペレット群は層別された明確なる正相関が示されている。溶融温度は酸性ペレット群は正相関にあるが、自溶性ペレット群には相関が得られていない。

以上のように、T.Fe 量は低温還元および高温性状に

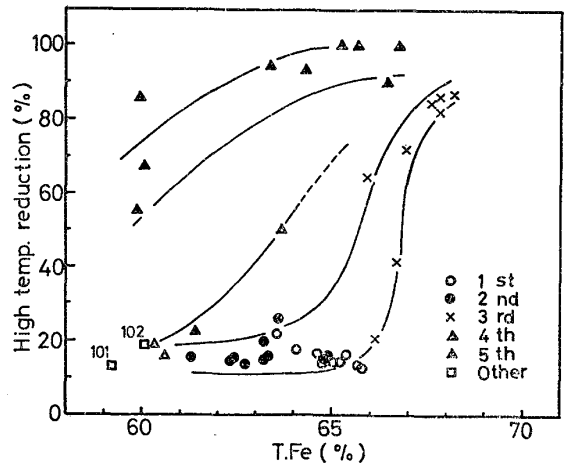


Fig. 9. Relation between high temp. reduction and T.Fe contents of sampled pellets.

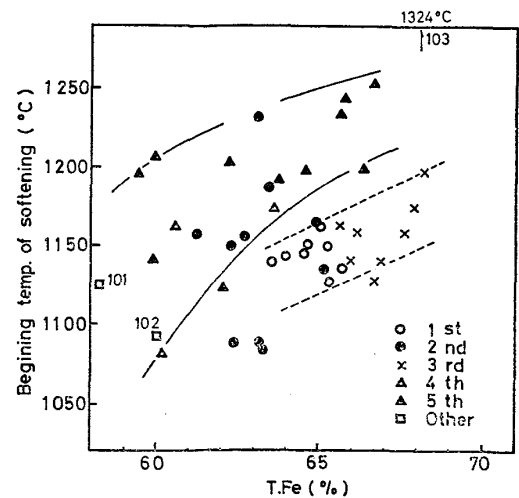


Fig. 10. Relation between beginning temp. of softening and T.Fe contents of sampled pellets.

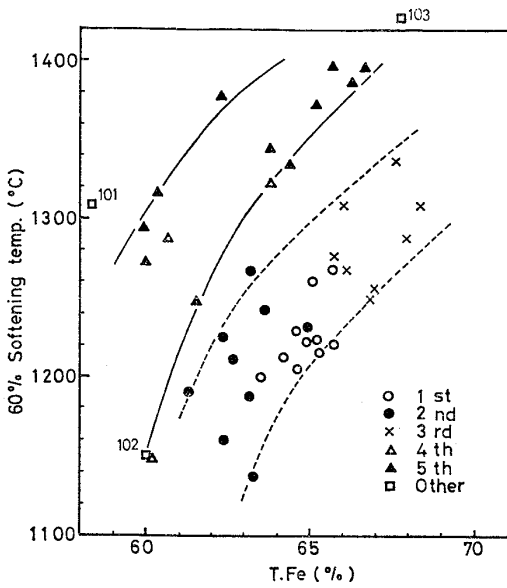


Fig. 11. Relation between 60%-softening temp. and T.Fe contents of sampled pellets.

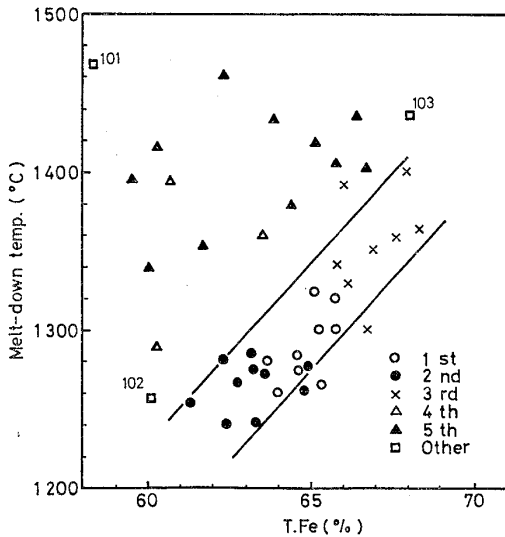


Fig. 12. Relation between melt-down temp. and T.Fe contents of sampled pellets.

大きな影響を持ち、2、3の例外を除き T.Fe 量の高いペレットほど高温性状は良好となるが、わずかに JIS 還元率を低下し、ふくれ指数を増大する傾向にある。

T.Fe 量はペレット中の脈石量の量比を示すもので、T.Fe 量の高いペレットほど還元過程における酸化鉄の格子変態に起因する鉱粒の細化を阻止するスラグボンドが減少しふくれ指数は高くなり、また高 T.Fe 量のペレットは比較的粗粒で、緻密なマグネタイトあるいはスペキュラーヘマタイトから製造されたものが多く、原料鉱石自身がふくれやすく、かつ被還元性に劣ることが原因である。

高温度域還元過程においては、ペレットはペレット中

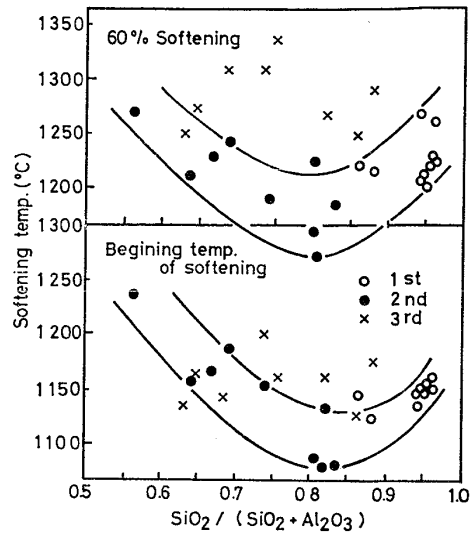


Fig. 13. Relation between softening temp. and $SiO_2 / (SiO_2 + Al_2O_3)$ ratio of acid pellets.

心部に未還元のまま残留しているヴィスタイト相とスラグ相が反応し低融点液相を発生し、この液相を介してペレット構成鉱粒が流動・軟化する。この度合は T.Fe 量の少ないほど、すなわちスラグ量の多いほど大きいため、前述の T.Fe 量と各高温性状間の関係が得られたものと考えられる。もちろんこの低融点液相の発生温度はスラグ構成鉱物の種類（融点、粘性、表面張力等）とその発達度合および各ペレットの還元進行状況にも支配される。

Fig. 13 は酸性ペレットの主要構成脈石成分である SiO_2 、 Al_2O_3 を取り挙げ、 $SiO_2 / (SiO_2 + Al_2O_3)$ 比に対して軟化開始および 60% 軟化温度をプロットしたものである。第 1、2 グループの脈石量の多いペレットにお

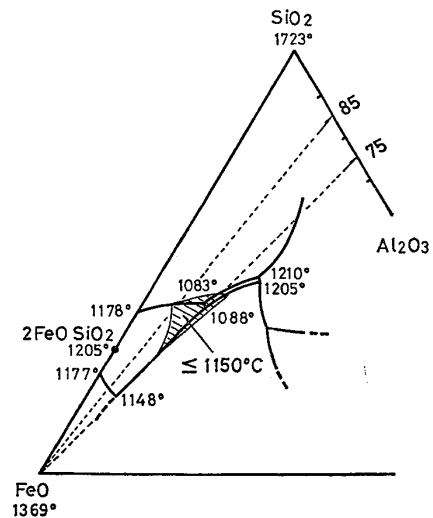


Fig. 14. $FeO-Al_2O_3-SiO_2$ system (by E. F. OSBORN and A. MUAN).

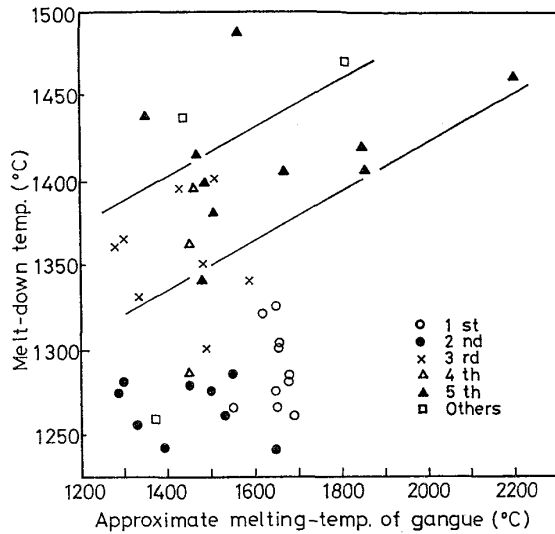


Fig. 15. Relation between melt-down temp. and m. p. of gangue estimated from phase diagrams of sampled pellets.

いて $\text{SiO}_2/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = 0.75 \sim 0.85$ に極少を持つ曲線が得られている。これは Fig. 14 に示す $\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系状態図中の斜線部分の $\text{SiO}_2/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = 0.75 \sim 0.85$ に 1150°C 以下の低融点領域があり、この低融点相が還元途上で容易に形成されたためである。このように脈石量以外に脈石成分割合も高温性状に大きな影響を持つといえる。また第3グループペレットは高鉄品位のため、この低融点スラグが形成されたとしてもその量は少なく軟化性状に大きく影響するまでに至らなかったためである。前述の第2グループペレットの T. Fe 量と軟化開始温度とに相関が得られなかつたのはこの脈石成分比率が影響したことも一因である。

Fig. 15 は各ペレットの状態図から読み取つたおおよその脈石融点を溶融温度に対しプロットしたものである。ほぼ第4、5グループの自溶性ペレットには両者間に相関が示されていることから、石灰および MgO 含有

ペレットの溶融温度は脈石融点に支配されると考えられる。しかし酸性ペレットには相関が示されていない。これは酸性ペレットは還元性が低いのに対し、自溶性ペレットは高いことから、自溶性ペレットは溶融直前まではほぼペレット中心部まで金属化するのに反し酸性ペレットはヴィスタイト相がまだ残留する。したがって、酸性ペレットではヴィスタイト相と他のスラグ相との反応により形成される液相の融点に、自溶性ペレットはヴィスタイト相を含まない脈石成分のみの融点に溶融温度が支配されるためと推察される。

5. 結 言

現在ペレタイジング法は焼結法とならび粉鉱石の塊成化法の主流をなし、今後高炉装入物としてペレットの重要性は増大し、これにともないペレットの品質面での向上がなされる必要がある。

本報告から現状実用ペレットの性状は鉄品位との関連において広範囲に変化し、特に低品位鉱へのドロマイト添加はそのペレットの高温性状改善に対して有効である。しかし高炉装入物としてどのようなペレットが最適かは、塊成化法の前処理としての選鉱法およびペレットを使用する際の各高炉の操業条件、他の高炉装入原料性状および配合量を考慮し、最も経済的な観点から決定されるものである。

文 献

- 1) 斧 勝也, 肥田行博, 重見彰利, 児玉惟孝: 鉄と鋼, 61 (1975) 6, p. 777
- 2) S. KONDO, M. SUGATA, and T. SUGIYAMA: ICSTIS, Section 1, p. 36~40
- 3) 下村泰人, 西川 潔, 重見彰利, 近藤真一, 金山有治, 若林敬一, 平本信義: 鉄と鋼, 62 (1976) 5, p. 535
- 4) 今西信之, 渡辺 良, 藤田勇雄: 水曜会誌, 18 (1977) 9, p. 584