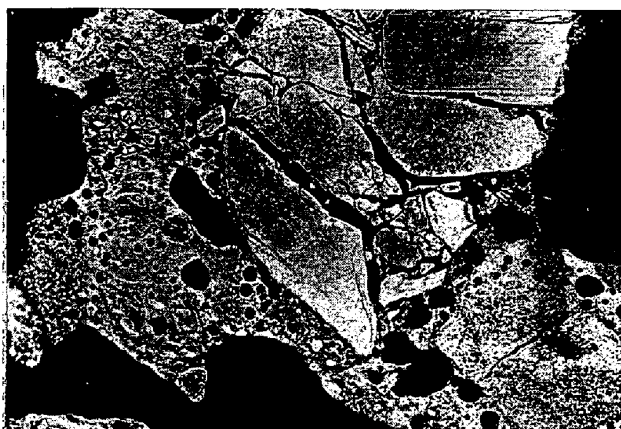


Table 5. The comparison between permeability indices.

Size distribution of ore	Quantity of added lime stone	Quantity of added coke	$\frac{\phi_{\text{Chile}}}{\phi_{\text{Korea}}}$	$\frac{\phi_{\text{Africa}}}{\phi_{\text{Korea}}}$	$\frac{\phi_{\text{India}}}{\phi_{\text{Korea}}}$
A	7%	4% 6.5%	1.0 1.7	1.8 2.2	4.5 6.3
	15%	4% 6.5%	2.9 3.3	3.5 4.2	6.7 11.8
B	7%	4% 6.5%	1.3 1.7	2.1 1.7	5.5 6.1
	15%	4% 6.5%	3.1 2.2	3.9 3.1	7.7 9.3

Photo. 2. Cracks in the sinter before reduction. $\times 10$ (2/3)

チリ>韓国, の順となり α - Fe_2O_3 の存在量が崩壊に比例するとすれば, 崩壊の順序はこれと同一になるはずだが実験結果はこれを否定している. Hematite 系のインド, 南アフリカを比較すると化学成分とX線回折から推定する崩壊順序と正反対の結果を得た. この原因は原料からくる Hematite の反応性の差と考えられ, 反応性不良の Hematite 粒子は低温域での崩壊を低下させる効果がある. これは単塊塊鉄石の試験からも裏づけられる. 上記以外に得られた結果は, (1) 同一原料では Fe_3O_4 の上昇によつて崩壊は減少する. (2) 原料粒度が粗であると崩壊は増大する. これは Photo. 2 に示すように焼結中の苛酷な熱履歴から粗粒子中にクラックが発生し, 還元の際崩壊を助長するためと考えられる. (3) 石灰石添加量の増加に伴い崩壊性増大の傾向が見られた.

この原因は第1に free lime の増加(湿気が多い雰囲気中の放置による細粒化からその増加を確認した)と, 第2にX線回折より α - Fe_2O_3 回折線の高さの増大が認められ, この α - Fe_2O_3 の増加が崩壊を増大させたと考えられる. 従つて同一原料の焼結鉱では α - Fe_2O_3 量の高いほど崩壊は増大する.

4. 結 言

原料の異なつた焼結鉱の還元試験により次の事実が明

らかとなつた.

(1) 焼結鉱の低温域での還元崩壊は反応性良好な α - Fe_2O_3 に起因し, 反応性不良の α - Fe_2O_3 は崩壊性を低下させる.

(2) 原料変化および free lime などの点から $\text{FeO} + \text{SiO}_2 + \text{CaO} (+ \text{Al}_2\text{O}_3)$ を指数として崩壊との関係を考察する場合の条件は限定される(例えば原料不変といった条件など).

(3) 原料が不変の条件下では Fe_3O_4 含有量の上昇に伴い崩壊性は減少する.

(4) 原料中の粗粒子量増加は成品焼結鉱中の粗粒子中にクラックを発生させ還元崩壊を助長する.

(5) 石灰石添加量の増大は, 石灰石粒度などに留意し, スラグ結合あるいはカルシウムフェライト類が十分発達するように注意しないと, 常温および還元強度を低下させる.

文 献

- 1) 岩村, 佐々木, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1758
- 2) 安藤, 浜田: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1413
- 3) 学振資料: 54 委-585 (1960) (日立金属提出)
- 4) 学振資料: 54 委-729 (1963) (住金中研提出)
- 5) 学振資料: 54 委-766 (1963) (住金中研提出)

(46) 焼結鉱の塩基度と荷重軟化性状について

住友金属工業, 小倉製鉄所

工博 桐山静男・加藤 直・〇辻 達也

On the Softening Properties of Lime Sinter with Various Basicity Ratios.

Dr. Sizuo KIRIYAMA, Tadashi KATO and Tatsuya TUZI.

1. 緒 言

焼結鉱の塩基度をどの程度にすれば最も利得があるかということについては, 従来より比較的低塩基度($\text{CaO}/\text{SiO}_2=1.2$ 程度)と比較的高塩基度($\text{CaO}/\text{SiO}_2=2.0$ 程度)の焼結鉱について検討されており, 常温強度においては B(塩基度)= $1.2 \sim 1.5$ 付近に極小値があることは多くの報告にもみられる通りである. しかしながら実操業においてはあまり明瞭ではないようである.

一つは塩基性焼結鉱が還元粉化を起こすという大きな現象の影にかくれてその優劣の差が目に見えるほど, あるいは酸性焼結鉱と塩基性焼結鉱ほどの優劣の差が大きいためであろう. また, 高温における適当な試験方法がないことも一層両者の差を不可解なものにしていると考えられる.

当所においても一昨年より高塩基焼結鉱について 2, 3の試験を行なつてみたが, やはり実操業との関係が明瞭でなかつた. したがつて今回実験の規模をさらに大きくした荷重軟化試験装置を作製して実験を行なつた結果を報告する.

Table 1. Chemical analysis of sinters investigated.

Sample	Aimed basicity	Basicity	T · Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C	S	Remark
L	—	1.30	56.96	9.76	70.61	6.07	—	7.91	—	—	0.016	DL sinters (Produced in plant)
H	—	1.83	58.42	12.21	69.97	5.05	—	9.22	—	—	0.020	
A-4	0.5	0.57	63.11	16.38	72.04	4.95	2.11	2.81	0.47	0.05	0.003	Batch type sinter (Using 30 kg test pan)
B-4	1.0	1.02	62.13	14.66	72.56	4.70	2.27	4.81	0.58	0.05	0.003	
C-4	1.5	1.48	60.60	12.36	72.93	4.48	2.29	6.64	0.58	0.03	0.005	
D-4	2.0	1.91	59.20	10.35	73.16	4.52	2.26	8.64	0.56	0.02	0.019	
E-4	2.5	2.45	58.01	9.48	72.42	4.20	2.12	10.52	0.62	0.05	0.024	

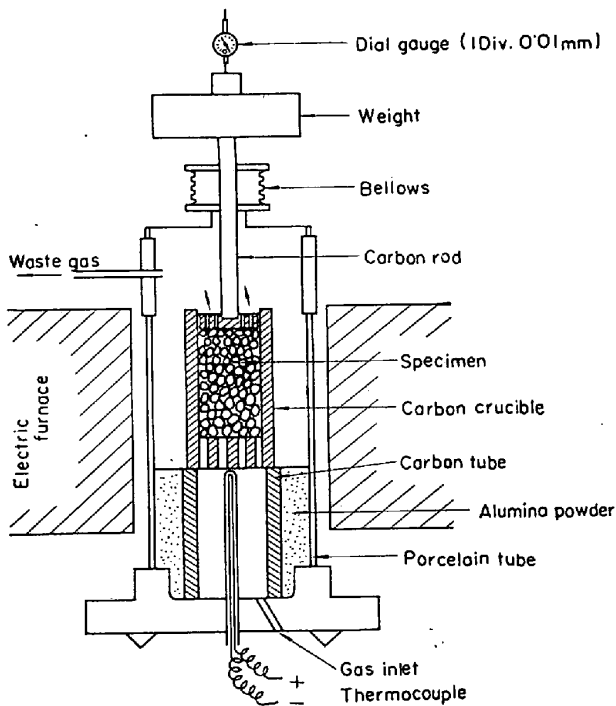


Fig. 1. Softening test apparatus.

2. 供 試 試 料

DL焼結工場で製造した焼結鉄 2種と、30kg 試験鍋により製造した $B=0.5\sim 2.5$, Coke 4% の 5種類 の焼結鉄を使用したが、前者は粒度の影響調査に、後者は塩基度と粉化の関係調査に供試した。その分析結果を Table 1 に示す。試験鍋焼結鉄の詳細なデータについてはすでに報告¹⁾²⁾してあるので省略する。

3. 実験装置および試験方法

従来から使用されている装置は切出試料を用いた小規模な装置であるため試料の偏析が大きく、また試料粒度の影響も無視されたものであった。今回の装置はそれらを考慮して少なくとも学振法還元試験の供試粒度と同程度の試験ができる装置を作製した。この装置は渡辺³⁾らの装置を改良したものである。Fig. 1 にその概略を示す。ルツボの通気孔は底部が $3\text{mm } \phi \times 48\text{コ}$ 、蓋部が $3\text{mm } \phi \times 40\text{コ}$ である。

試料は各粒度のもの 200g とし、 300°C/hr で昇温した。還元ガス (CO 30% + N₂ 70%, 15 l/min) は試料の温度が 300°C に達してから N₂ ガスと切替えた。荷

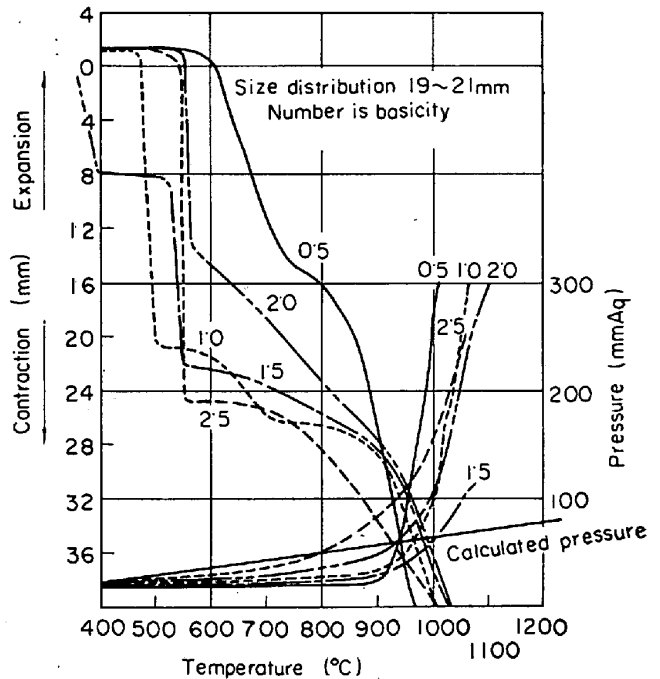


Fig. 2. Softening curves of iron ore sinters using 30 kg test pan. (The load at 2 kg/cm^2 and the reducing gas at a flow rate of 15 l/min.)

重は重鐘を変えて 2, 1, 0.5 kg/cm^2 の 3種類とした。ガス圧の上昇はガス入口と出口の差を U 字管で測定した。

荷重軟化曲線は Fig. 2 以降に示してあるが、時間の経過すなわち温度の上昇につれてある程度まで試料層高は上昇 (膨張) を続け、ある時点で急激に指針が降下する現象がある。これらの現象は試料を取り出した時の状態から一応還元粉化と考えた。

4. 試 験 結 果

4.1 塩基度と荷重の関係

Fig. 2 は荷重 2 kg/cm^2 の場合の CO 気流中での還元粉化状態を塩基度と関連づけたものであるが、 $B=1.5$ でもつとも還元粉化開始が早く、ほぼ 350°C と 550°C の 2 段階にわたって粉化を起こしている。塩基度 1.0 でも小さく 2 段階の形跡が見られる。しかし 600°C 付近までの還元粉化はあまりガス圧を上昇させず、軟化を開始してからガス圧は上昇するようである。図中にはガス温度上昇による理論ガス圧上昇直線を併記してある

が、それと比較するとその傾向がうかがわれる。

B=0.5 の焼結鉱では軟化の傾向が他の曲線と若干異なっており、ガス圧上昇程度も他の焼結鉱よりは急上昇型を示している。

4.2 粒度と荷重の関係

粒度の影響と荷重の関係を現場焼結鉱について調査してみると、同一塩基度でも粒度が小さくなるほど、あるいは荷重が小さくなるほど還元粉化開始温度は高くなっていく。特に粒度と粉化の関係は Fig. 3 a のごとく高塩基度焼結鉱は供試粒度が大きくても還元粉化の度合い

が少ないためガス圧の上昇はやや遅い。

一方、低塩基焼結鉱の場合は Fig. 3 b のごとく粒度が大きい場合著しく還元粉化を起こすため、かえって早くガス圧が上昇する。

4.3 塩基度と強度

以上の結果と常温における強度との関連を調査するため、Trommel test を行なった。試験値の再現性、精度などはタンブラーテストよりもかなり劣るが、試料量が少なかったでこれを利用した。装置はドラムの大きさが 500φ×500 で 3 枚の lifter を有し、回転数は 25 rpm で 2 min 間 (50 回転) 回転させた。試料は粒度 19~21 mm のものを 300 g 供試した。その結果 +19, +10 mm は指数では明瞭に B=1.5 付近で低下しているが -5, -1 mm 指数ではその差異は明らかではなかった。

4.4 塩基度と組織および被還元性

次に焼結鉱の組織を定量する実験を行なった。焼結鉱の組織を定量する場合、比較的低塩基度ならば問題はないが、高塩基度の組織については高次の Ca-ferrite が存在するため、非常に困難となってくる。今回行なった定量法は一応 Monocalcium ferrite (CaO·Fe₂O₃) と Dicalcium ferrite (2CaO·Fe₂O₃) を区別する程度にとどめた。定量方法は平均的な試料を破碎して 100~65 mesh の試料を作製し、この試料を埋込んだ後 Point counter 式の mechanical stage を利用して 400 点の観察を行なった。観察の際は中央十字線にかかった粒を目測で組織ごとに 10 等分の面積比におけた。以上のごとく面積で算出した組織の量比 (面積比) は Fig. 4 下方に示すごとくである。この結果は渡辺⁴⁾らの組織成分の量比とよく一致した。

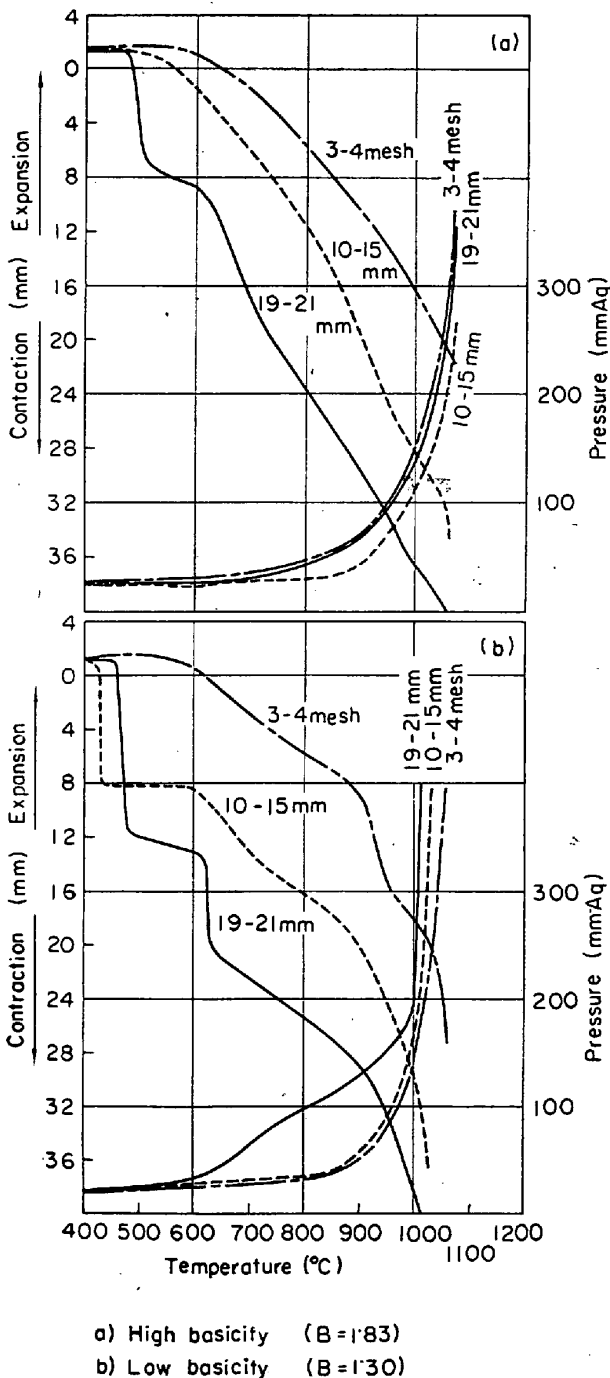


Fig. 3. Softening curves of iron ore sinters produced in plant. (The load at 2 kg/cm² and the reducing gas at a flow rate 15 l/min.)

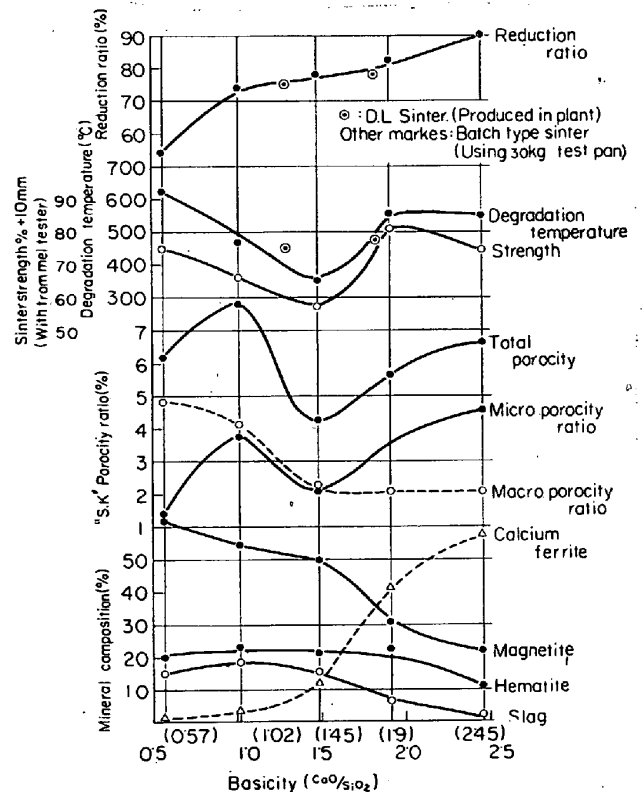


Fig. 4. Effect of basicities on the properties of iron ore sinter.

すなわち, Magnetite が塩基度の増加とともに減少し, Ca-ferrite は $B=1.5$ 付近から急増しているが Hematite の組成はあまり変化しない. slag は $0.5 \sim 1.5$ の範囲が最も多く, それ以後は塩基度の増加につれて減少している.

これら組織成分から前述の Fig. 2 の粉化現象を考察してみると $500 \sim 600^\circ\text{C}$ における粉化は微細なクラックによる還元粉化³⁶⁾と考えられるが $B=1.5$ の焼結鉱が 350°C 付近で粉化する原因は還元開始による粉化とは考えられない. $B=0.5 \sim 1.5$ の範囲には非晶質の slag が多く Meltilite および Lime Olivin の組織変換点⁴⁷⁾であることから熱的影響をうけ, あるいは Ca-ferrite の晶出開始時期であるため, 強度が低下した⁴⁷⁾ものと思われる.

学振法の塊鉄還元試験結果では Fig. 4 のごとく前報¹²⁾と同様に塩基度 1.0 までは急激に被還元性は向上し, $B=1.0 \sim 1.9$ 付近はいく分停滞気味で塩基度 1.9 を過ぎると再び被還元性が向上する傾向がみられる. これは Ca-ferrite の増加と, Magnetite の減少および $B=1.8$ 以上で Calciferrous magnetite [$(\text{Ca}, \text{Fe})_2\text{O}_4$] が増加するためであろう.

4.5 塩基度と気孔率

気孔率の測定には学振法 (パラフィン法), 水銀法³⁾, ベックマン法などがあるが, ここでは当所が従来から行なっている SK 気孔率測定法によつて行なつた. すなわち水銀は常圧下で 14.1μ 以上の気孔に侵入でき, ヘリウムは 0.00018μ 以上の気孔内に浸入できることから, 水銀の出入りし得る気孔をマクロ気孔 ($+14 \mu$), 水銀は出入りできずヘリウムのみが出入りし得る気孔をマイクロ気孔 (-14μ) とし, 両者の合計を全気孔として表わしている. 以上の結果を Fig. 4 にまとめてあるが, 気孔率と還元粉化開始温度とは関連性がある. 先に還元粉化が 350°C 付近で起こるのは還元開始による粉化ではなく, スラグ部分が熱的影響を受けるためと述べたが, このような鉱物組織の多くなる焼結鉱, すなわち $B=1.5$ 付近の焼結鉱はマイクロ, マクロ気孔率はともに最低を示すものと思われる. 従つてマイクロ的な気孔のみ, あるいはマクロ的な気孔のみ (水銀法) の測定はさらに検討を要するようである.

5. 結 言

大型荷重軟化装置を作製し, 塩基度 $0.5 \sim 2.5$ 範囲内の焼結鉱について, 常温強度, ミクロ組織および SK 気孔率と高温荷重軟化性状の関係を調査した. 結果はおよそ次のごとくである.

- (1) 還元粉化開始温度は $B=1.5$ 付近が最も低い.
- (2) 600°C までの還元粉化はほとんどガス圧を上昇させないようである.
- (3) 同一塩基度でも粒度が小さくなるほど, あるいは荷重が少なくなるほど還元粉化は減少する.
- (4) 粒度とガス圧の関係は, 比較的高塩基度の場合, 供試粒度の大きい方がガス圧上昇は遅く, 比較的低塩基度 (実験のときは $B=1.3$) の場合は供試粒度の大きいと著しく粉化するため, かえつてガス圧上昇は早い.
- (5) 常温における $+10 \text{ mm}$ の強度指数と還元粉化開始温度は塩基度の変化に対して同様の傾向を示す.

(6) 還元粉化開始温度と気孔率の間にも関係が認められる.

文 献

- 1) 古賀, 坂本, 田中, 辻, 平原: 鉄と鋼, 50(1964) 11, p. 1566
- 2) 吉永, 辻: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1667
- 3) 渡辺, 大竹: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1893
- 4) 渡辺, 大竹, 羽田野: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1563
- 5) 渡辺, 吉永: 鉄と鋼; 52 (1966) 3, p. 488
- 6) 安達: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 491
- 7) 城本, 西田, 萩原: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 262
- 8) 石光: 学振 54 委, 第 4 回, 回転強度試験法に関する懇談会資料, S 38, 12

➡ (10) 石灰配合ペレットの 2, 3 の特性について (石灰配合ペレットの製造に関する研究—II) 1300~1303 ページにつづく

(11) 石灰配合ペレットの還元軟化特性について

(石灰配合ペレットの製造に関する研究—III)

神戸製鋼所, 中央研究所

国井 和扶・西田礼次郎・○小泉 秀雄

On the Softening of the Pellets Containing Lime During Reduction.

(Study of the pellets containing lime—III)

Kazuo KUNII, Reijiro NISHIDA and Hideo KOIZUMI.

1. 緒 言

前報¹⁾において石灰配合ペレットの品質は製造条件によつて受ける影響が特に大きく, その条件を適切に選ばば酸性ペレットに比してそん色のないものが得られ, 特に還元軟化に関しては, むしろすぐれていることが明らかになつた.

高炉内におけるペレットの軟化現象は, 粉化とともに重要な問題であるので, このように石灰配合ペレットの還元軟化特性がすぐれていることは高炉使用に際して意義が大きいものと考えられる.

本研究は石灰配合ペレットの還元特性がすぐれている原因を調べる目的で還元ペレットの諸性質を測定し; 検討したものである.

2. 試 験 方 法

試験は各試料を小型還元試験装置を用いて, 還元率がそれぞれ 30, 50 および 70% になるまで還元したものを冷却後とり出し気孔率, 顕微鏡組織, 軟化特性を調べた.

2.1 試 料
試験に供した試料は当社の 20 t/day 試験工場で製造したもので, 石灰配合ペレットの代表として, 塩基度 = 0.95 (No. 2), 酸性ペレットは石灰無添加で塩基度 = 0.3 のもの (No. 1) である. 焼成温度はいずれも 1300°C であるが, 石灰配合ペレットについては, 焼成温度の影響が大きいことを考慮に入れて 1200°C で焼成したもの (No. 3) も採用した. また比較のためエリーペレットについても試験を行なつた.