

© 1990 ISIJ

 論文
 論文

CaO 成分分割造粒による焼結鉱製造操業の改善

川口尊三*・栗山和益*・佐藤 駿*²・高田耕三*³

Improvement of Sintering of Iron Ore Fines by Producing Pseudo-particles with Different CaO Content

Takazo KAWAGUCHI, Kazuyoshi KURIYAMA, Shun SATO and Kouzo TAKATA

Synopsis :

The authors already reported that CaO segregation in raw materials by the separated granulation method improved reduction degradation without worsening reducibility of iron ore sinter. This report presents the sintering method mixing two types of pseudo-particles : one contained high CaO content with limestone, scale and Australian iron ores, the other contained low CaO content with return fine, coke breeze and iron ores. "The segregated granulation method" improved the Reduction Degradation of Sinter (RDI) and the permeability of sinter bed in sintering pot test, DL test machine experiment and commercial plant test. The permeability improvement depends on the classification of ore brands. The RDI improvement depends on decrease in the volume of secondary hematite and the co-existence area of secondary hematite and calcium ferrite. "The separated granulation method" is applied to Kashima No. 2 Sinter Plant and contributed to improve the sintering of iron ore fines.

Key words : sinter ; granulation ; CaO ; separate ; permeability ; RDI ; microstructure ; sinter plant ; iron ore.

1. 緒 言

焼結鉱成品の鉱物組織制御による品質改善を目的とした種々の原料事前処理技術が数多く報告されている^{1)~4)}。著者らも高 CaO 成分擬似粒子と低 CaO 成分擬似粒子とを別々に造粒した後、混合焼成する焼結法が耐還元粉化性改善に有望であることをモデル擬似粒子を電気炉により焼成した焼結体による検討で明らかにした⁵⁾。本報ではこの検討をさらに発展させ、本方法の実用化について、すなわち具体的な原料鉱石銘柄の選定、原料装入偏析や通風焼成下で焼結性への影響、および鉱物組織や溶融に関する制御性について検討した。

2. 実 験 方 法

2.1 鉱石銘柄の造粒性評価

(1) 微粉原料鉱石単味の造粒付着性評価試験

分割造粒の原料銘柄選定にあたっては、その粒度構成や化学成分ばかりでなく造粒性能も重要な要因であ

る⁶⁾。そこでまず各鉱石銘柄別に微粉の造粒付着性の評価試験を行った。試験方法は核鉱石 (Ore C) を 60 vol% 一定に固定し評価銘柄の微粉鉱石を 40 vol% に調整した原料を 580 mmφ × 86 mm l のドラムミキサーで調湿造粒を行い、乾燥処理をほどこした後 1 mm 篩で分級を行い、微粉原料が 1 mm 以上に造粒された比率で評価した。この時の造粒水分は別途銘柄別に測定した吸水性指数値⁷⁾ から造粒通気モデル⁷⁾ で最大通気性を示す値を採用した。ドラムミキサーの回転速度は良好な原料転動状況を形成するよう修正フルード数 ($Fr' = (\text{回転数/時間})^2 \cdot \text{ドラム径/重力加速度}$) で $Fr' = 10 \times 10^{-3}$ となるよう設定し、また造粒時間は十分に造粒が行われるよう 4 min とした⁸⁾。核鉱石は水洗処理をほどこした 5~2 mm の鉄鉱石 C を用い、微粉評価鉱石には 9 種の鉄鉱石の他、石灰石、返鉱およびコークスを選び、おのおの 0.25 mm の篩下部分を用いた。使用鉱石の特徴を Table 1 に示す。

(2) CaO 源と鉄鉱石の造粒組合せ評価試験

昭和 60 年 10 月本会講演大会にて発表 平成 2 年 1 月 31 日受付 (Received Jan. 31, 1990)

* 住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 (Iron & Steel Research Laboratory, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 16 Oaza-Sunayama Hasakimachi Kashima-gun Ibaraki pref. 314-02)

*² 住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 工博 (Iron & Steel Research Laboratory, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

*³ 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

Table 1. Characteristics of raw materials.

Brands	District	T. Fe (%)	FeO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	*C. W. (%)	Mean size (mm)
Ore C	Australia	62.5	0.1	4.41	2.64	0.1	2.96	1.48
Ore D	Australia	62.2	0.1	5.62	2.73	0.0	2.08	1.40
Ore E	Australia	57.1	0.1	5.74	2.84	0.1	8.21	2.00
Ore F	India	62.3	2.8	3.01	1.81	0.1	3.20	0.48
Ore G	India	67.7	13.8	2.69	0.49	0.0	1.28	0.04
Ore H	Brazil	64.5	0.2	5.19	1.11	0.0	1.21	0.52
Ore I	Brazil	67.7	0.1	2.48	0.34	0.1	0.13	0.05
Ore J	Brazil	68.3	0.4	0.57	0.91	0.0	0.58	0.04
Ore K	Canada	66.0	9.1	4.40	0.09	0.5	0.31	0.15
Limestone	Japan	0.1	0.0	0.31	0.00	55.2	—	0.67
Return fine	Japan	56.8	4.1	5.35	1.81	9.8	—	2.31
Coke breeze	Japan	0.4	0.0	6.42	3.22	0.1	—	0.91
Mill scale	Japan	72.0	65.0	1.20	1.00	0.7	—	0.39
Ni slag	Japan	5.7	5.1	52.16	1.80	0.0	—	0.32

* Combined Water

Table 2. Machine scale and condition of sintering tests.

Machine type	Pot	DL test machine	DL commercial plant
Strand size (mm)	300	400 w × 3 200 l	5 000 w × 10 000 l
Bed height (mm)	500	500	410
Charge weight	65.8 kg	1 200 kg	15 000 t/d
Charge method	In hand	Deflector plate	Deflector plate
Mixer for high CaO group	Drum 4 min 400 φ mm	Concreat 3 min 1 200 φ mm	Eirich 2 200 φ mm
Mixer for low CaO group	Drum 4 min 600 φ mm	Concreat 3 min 1 200 φ mm	Drum 5 000 φ mm
Mixer for two granules	Drum 12 s 600 φ mm	Concreat 20 s 1 200 φ mm	Nothing
Constant condition	Air flow rate 18.2 Nm ³ /m ²	Suction pressure 620 mmH ₂ O	Pallet speed 3.8 m/min

次に CaO 源として石灰石と返鉍、鉄鉍石として豪州産 C 鉍石とブラジル産 H 鉍石を選び、造粒に関する CaO 源と鉄鉍石の配合組合せ評価試験を行った。微粉の付着性評価方法は(1)と同様であるが、これとは別に通常使用粒度においても同様の配合組合せ評価試験を行った。この時の評価方法は(1)に準ずるが(核鉍石 Ore C は使用せず)、乾燥後擬似粒度で造粒性を評価した。

2・2 焼結鉍製造試験

(1) 焼成方法

焼結鍋試験装置、小型 DL 型焼結試験装置および商業用実焼結機の 3 種類の装置を用い焼結鉍製造試験を行った。各装置の焼成条件の特徴を Table 2 にまとめるが、単に装置サイズが異なるだけでなく次のような特徴を有する。

①焼結鍋試験では原料は手装入でパレット高さ方向の装入偏析(分布)を有しない。

②焼結鍋試験および小型 DL 試験では、造粒後における原料のハンドリングが実焼結機に比べソフトである。

鍋試験にあたっては、分割造粒法の成分偏在強化の品質に及ぼす影響をより明確にするために、通常法との比較において焼成ヒートパターンを極力一定に保つように配慮し、鍋試験では焼成空筒風速が一定となるよう送風機のパルプ開度を調整した。DL 試験機では通気・ヒー

Table 3. Blending ratio for sintering test.

Machine type group (CaO content)	Pot		Test machine		Commercial plant	
	High	Low	High	Low	High	Low
Ore C (%)	17.0	10.0	17.0	10.0	8.9	9.2
Limestone	10.0	—	10.0	—	8.7	—
Scale	3.0	—	3.0	—	2.3	—
Ore H	—	26.0	—	26.0	—	9.8
Ni slag	—	1.0	—	1.0	—	1.0
Return fine	—	29.3	—	29.6	—	23.8
Coke	—	3.7	—	3.4	—	2.9
Others	—	—	—	—	—	33.4
Total	30.0	70.0	30.0	70.0	19.9	80.1
Moisture (%)	7.5	5.4	7.7	5.3	8.3	5.4

トパターンの影響も加味すべく鍋下圧力を一定に保った。実焼結機では生産性が一定となるよう送風機の回転数を調整した。

(2) CaO 分割造粒の銘柄選定

前報結果⁵⁾および前節試験結果(後述)より、高 CaO 系(以下 A 系と呼ぶ)には高 Al₂O₃、高粘着性をもつ豪州産鉄鉍石 C、石灰石およびスケールの組合せが、低 CaO 系(以下 B 系と呼ぶ)には残る原料が良好と判断され、これに基づき Table 3 の配合とした。

(3) 実焼結機における造粒処理方法

目的とする擬似粒子を形成した後、ハンドリング処理による擬似粒子の崩壊やそれにとまなう偏在成分の均一化は分割造粒法にとって重要な問題である⁹⁾。これに対処するには形成擬似粒子の強度を高くし、さらには擬似粒子形成後に大きな衝撃力を加えないことが重要であ

る。この点に関し本試験の実焼結機においては A 系擬似粒子強化の観点から、微粉の調湿混合能力にすぐれる高速攪拌ミキサー¹⁰⁾を採用した。さらに造粒形成させた擬似粒子の再混合はサージホッパーや装入シュート上での混合を考えれば極力弱いものでも十分と判断され、搬送、装入工程の長い実焼結機ではミキサーによる再混合工程を省略する自然混合を採用した。

(4) 成品焼結鉱の調査方法

回転強度 (TI) 試験および被還元性 (RI) 試験は JIS 法、還元粉化性 (RDI) 試験は製鉄部会法を用いた。鉱物定量では前報同様、ヘマタイト、カルシウムフェライト、マグネタイトおよびスラグ類の量を成品焼結鉱を 63 μm 以下に微粉砕したサンプルの X 線解析結果から求めた。また溶融率 (同化率) および 2 次ヘマタイト量も前報⁵⁾ 同様の残留元鉄を実測する方法で算出した。さらにマイクロレンジでの CaO 成分の分布状況を調査するため、焼結鉱切断研磨面を広範囲 (12 cm²) にわたって 0.1 mm 単位で EPMA による定量分析を行った。また、マクロレンジでの鉱物共存組織および気孔率を調査するため、焼結鉱切断サンプルの顕微鏡観察によって、Table 4 に示す 6 種類の鉱物集合組織に分類し、これを画像処理装置で面積定量した。

Table 4. Classification of mineral phase.

Matrix	Co-existence phase
Calcium ferrite Calcium ferrite Calcium ferrite	Null Hematite Magnetite
Silicate slag Silicate slag	Hematite Magnetite
Residual hematite (Raw ore)	

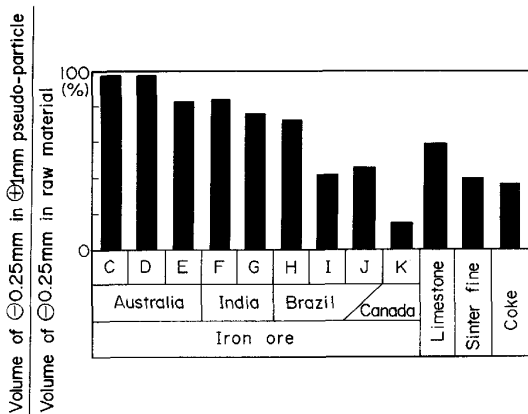


Fig. 1. Evaluation of adhesive property of fine raw materials (-0.25 mm) to coarse Ore C.

3. 結果および考察

3.1 鉄鉱石の造粒性

各銘柄単味における微粉の付着性評価試験結果を Fig. 1 に示す。鉄鉱石では豪州産のものが付着性が高く、インド産、ブラジル産、カナダ産と低くなる傾向にある。成分で区分すると厳密ではないが高 Al₂O₃ 成分ほど、微粉の付着性は高い傾向にあるといえる。鉄鉱石以外の微粉の付着性では、コークスと返鉄はブラジル産鉄鉱石レベルで低く、石灰石もこれよりもやや高いものの鉄鉱石の平均レベルよりも低い。これらはいずれも鉄鉱石に比べ水との濡れ性が悪いことに起因しているものと思われる。次に CaO 源と鉄鉱石とを組み合わせた時の影響を Fig. 2 に示す。この図において単味配合結果である両端の 2 点を結んだ線上に 2 銘柄組合せ配合した結果があれば、特に組合せによる相乗効果は無く線形加算が成立することになる。さて石灰石と鉄鉱石の組合せではいずれも両端を結んだ線よりも上側にあり、組合せ相乗効果があると評価される。一方、返鉄と鉄鉱石の組合せでは返鉄量が多い範囲において組合せによる付着性改善が認められるが、返鉄量が少ない範囲において組合せによる付着性改善が認められない。

一方、通常の原料粒度を用いた鉄鉱石と CaO 源の組合せ試験結果を Fig. 3 に示す。これによれば石灰石と返鉄とでは造粒に対する相乗効果が異なり、石灰石と鉄鉱石との組合せでは造粒性促進効果が認められ、一方、返鉄と鉄鉱石との組合せでは逆に造粒性は抑制された結

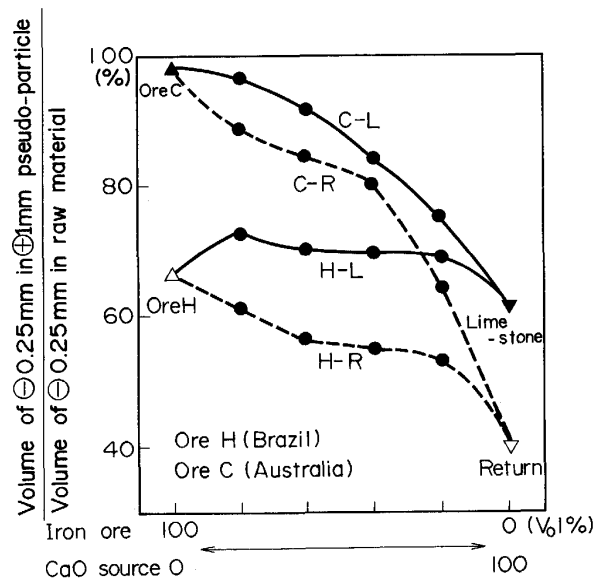


Fig. 2. Granulation test results for mixture of 2~5 mm coarse iron ore and -0.25 mm fine raw material.

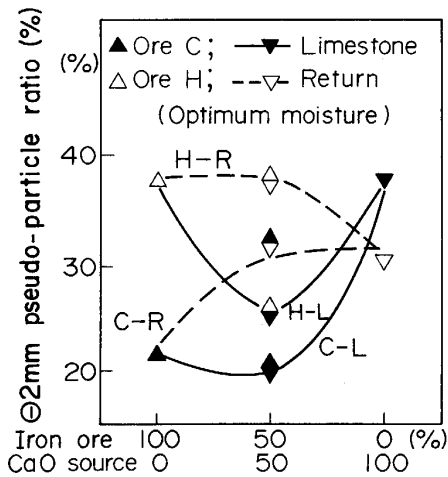


Fig. 3. Granulation test results for mixture of two raw materials with ordinary size distribution.

果となっている。

さて、擬似粒子形成における原料側の影響因子として、粒度構成および微粉 (250 μm 以下) の付着性が重要といわれている¹¹⁾。すなわち擬似粒子の成長は粗粒が核粒子を構成しこのまわりに中間径粒や微粉が取り囲むことによって進行するので、粗粒や中間径粒を結合させる役割をする微粉の量とその付着性が重要となる。今、CaO 源の造粒性を考えるなら、その粒度構成と微粉の付着性および鉄鉍石との組合せ効果が重要となる。

さて、石灰石は微粉 (-0.25 mm) 比率が 35% と多く微粉付着性の組合せ改善効果が強く表れるのに対し、返鉍は微粉比率が 5% と少なくかつ微粉付着性の組合せ改善効果も表れにくい。また微粉の付着性も石灰石の方が返鉍に比べ良好である。これらから、造粒促進を行う組合せとして石灰石と微粉付着性および微粉鉍石比率の高い鉍石との組合せが良好であり、逆に造粒抑制を行う場合の組合せとして微粉付着性の低い鉍石と返鉍との組合せが良好で Fig. 3 の結果となったものと思われる。

3.2 CaO 分割造粒法における原料鉍柄選定

まず擬似粒径に関しては通気性改善の観点から、A 系、B 系の両方の造粒強化が望ましいが、単に成分偏在の強化の観点ではどちらか一方のみの造粒強化でも目的は達成される。そして、冷間結合強度維持の観点では前報⁵⁾ 結果のごとく、ある程度の CaO 成分同化が必要であり熔融移動しにくい B 系擬似粒子は粗大化させない方が望ましい。従って A 系の造粒促進、B 系の造粒抑制の形が望まれる。一方、前報⁵⁾ で示したように成分組成に関しては、耐還元粉化性改善の観点から A 系には高 CaO、高 Al₂O₃、及び金属 Fe、FeO の選択、B 系

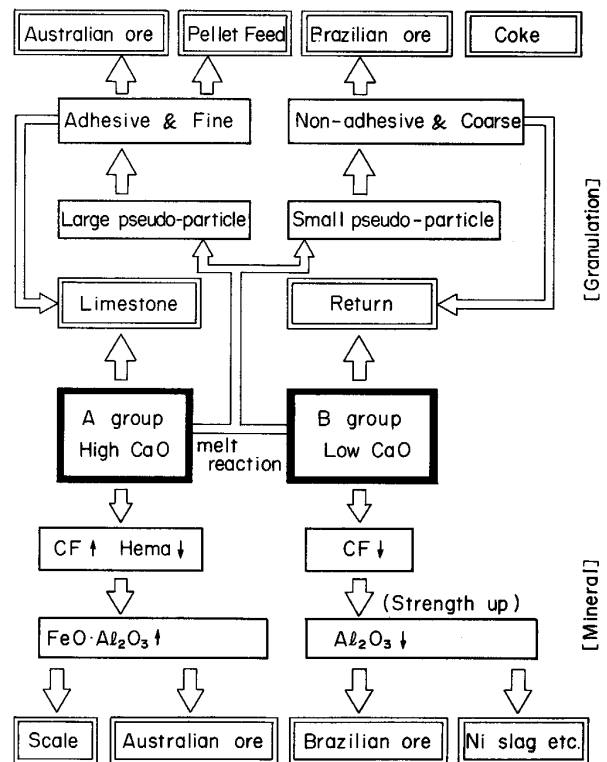


Fig. 4. Classification of raw materials in separated granulation method.

Table 5. Effects of “the separated granulation method” on sintering properties.

Machine granulation	Pot		Test machine		Commercial plant	
	Ordi.	Sepa.	Ordi.	Sepa.	Ordi.	Sepa.
-2 mm pseudo-particle ratio (% dry base)	40.1	35.6	37.7	32.6	51.9	46.9
Suction pressure (mmH ₂ O)	970	810	620	620	1087	1042
Return fine (%)	21.2	20.7	19.5	18.5	24.4	23.8
Productivity (s-t/D·m ²)	24.9	25.1	20.7	22.8	24.6	25.0
TI (%)	54.6	55.1	56.0	60.7	71.8	71.5
RDI (%)	42.0	35.1	33.9	31.0	34.4	28.7
RI (%)	72.2	72.5	67.8	66.3	63.9	63.2
T. Fe (%)	56.0	56.9	56.7	56.7	56.7	56.4
FeO (%)	6.8	6.2	5.1	5.1	7.0	6.6
CaO (%)	9.8	9.9	10.2	9.9	10.2	10.4
SiO ₂ (%)	5.4	5.5	5.9	6.0	5.3	5.3
Al ₂ O ₃ (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9

は低 CaO が望まれる。

以上の点を総合的に考慮し現状供与されている焼結原料鉍柄を選別すれば、A 系には石灰石、豪州産鉍石、スケール、ペレットフィード、各種ダスト、生石灰等が、また、B 系には返鉍、ブラジル産鉍石、他の粗粒鉄鉍石等が選ばれる。しかし、これら選別はあくまで A 系・B 系の適正 CaO 濃度の確保¹²⁾ を前提とする。最後にコークスであるが、コークスはあくまで燃料であり鉍石微粉中への埋没が焼結性に悪影響¹³⁾ を及ぼす可能性

があり、造粒抑制の点から B 系への配合が良好と考えられる。以上の考え方を Fig. 4 にまとめる。

3.3 焼結通気性および焼結鉄品質

各製造試験における擬似粒子径、通気性、生産性、焼結鉄品質、化学成分、返鉄率を Table 5 にまとめる。分割造粒は通常法に比べ擬似粒子径が大きく、焼結ベツト圧損の低下もしくは生産性の改善が認められる。また返鉄率はわずかながら低下している。品質に関しては RDI の改善が著しく、TI, RI への影響はほとんどみられない。化学成分については同一原料を使用しているので FeO の低下を除いては差は認められない。これらの分割造粒による通気性、生産性の改善および RDI の改善効果は、鍋、小型 DL 試験機、実焼結機のいずれの設備でも認められる。このことから本試験で用いた手段による擬似粒子の製造条件であれば、ハンドリング処理

やパレット内装入偏析の影響を受けることなく CaO 分割造粒法の改善効果を発現でき、さらに他の配合バリエーションにおいても鍋試験での効果を実焼結機において期待することができる。

3.4 実焼結機における擬似粒子の粒径ならびにパレット高さ方向分布

実焼結機試験におけるパレット装入までの擬似粒子状況およびパレット高さ方向での化学成分、粒度の分布を調査した。ミキサー出口からサージホッパーのロールフィーダー出口までの搬送過程における分割造粒法の擬似粒子径変化は -2 mm 比率で 2% の増加で小さいものであった。そしてロールフィーダー出口サンプルの擬似粒子観察においても、分割造粒法サンプルは通常法のものに比べ石灰石の偏在が見られた。これらからハンドリング過程の長い実焼結機において、分割造粒した擬似粒子はほとんど崩壊せず、目的とする CaO 成分の偏在は確保されていたものと思われる。また、Fig. 5, Fig. 6 にはロールフィーダーサンプルの粒度ならびにパレット高さ方向の成分、粒度の分布調査結果を示す。粒度においては分割造粒の方が 5~2 mm 比率が高く、逆に -2 mm 比率は低くなっており、全体としての造粒性は向上している。これは適正な銘柄選択による分割造粒法の効果と思われる。パレット内分布では分割造粒法における A 系、B 系のマクロ的な偏析は見られず擬似粒子単位でよく混合されていた。高さ方向の分布に関しても分割造粒法と通常法で傾向において大差は認められなかった。これらは分割造粒法 A 系において 5 mm 以上の大きな擬似粒子を形成させず、A 系・B 系の擬似粒子

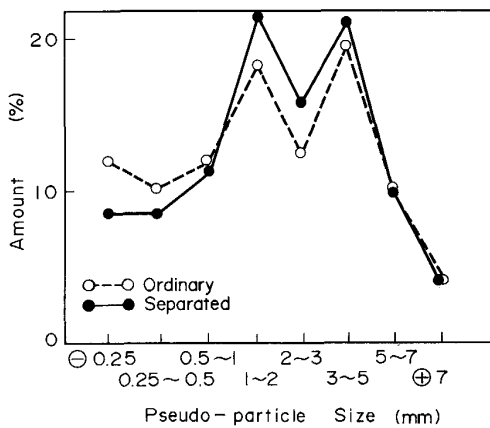


Fig. 5. Pseudo-particle size at roll feeder.

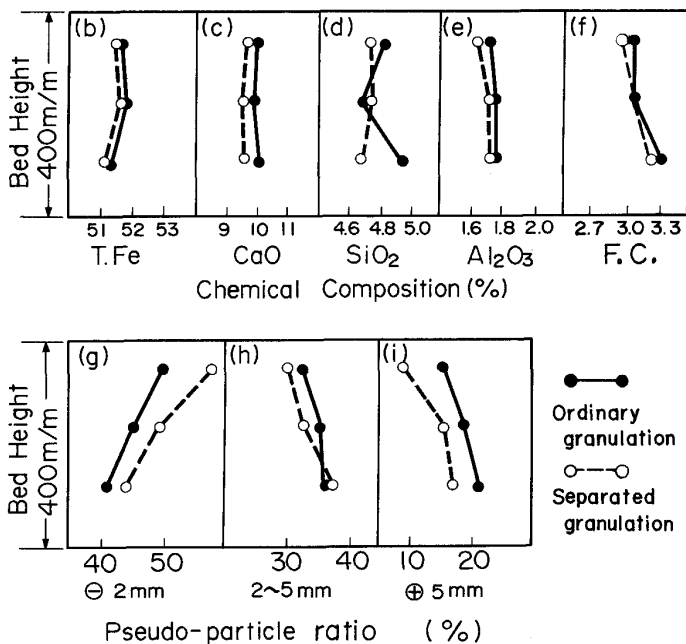


Fig. 6. Distribution of granule size and chemical composition in sinter mix bed.

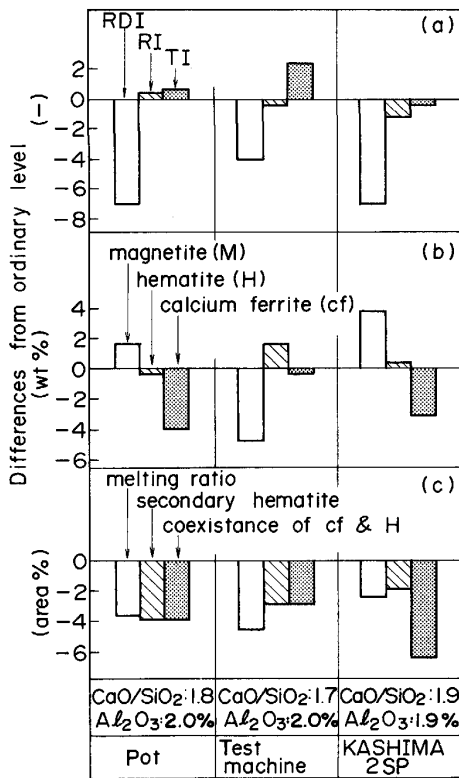


Fig. 7. Influence of the separated granulation method on phase composition and quality of the sinter products.

径差をあまり大きくさせない方針で操業させたことに起因している。もちろん、分割造粒法における A 系・B 系の擬似粒子径差を大きくすれば、これに伴いパレット高さ方向の成分分布に大きな変化が起こるものと思われるが、このようなパレット高さ方向の分布までを考慮した分割造粒法による最適品質制御技術への発展は今後の課題であろう。

以上のように実焼結機において分割造粒法による原料の混合むらや高さ方向の極端な成分分布をつくることなく、全体としての擬似粒子径を大きくしつつ擬似粒子単位で成分偏在をパレット内で確保することができた。

3.5 成品焼結鉍の鉍物組織

CaO 分割造粒法により大幅な RDI 改善を確認したが、本法の FeO 成分は低下しており、また他の化学成分も差が無いので単純に成品化学成分からでは RDI の改善を説明し得ない。前報の基礎試験同様、その要因について鉍物組織調査を行った。

鉍物組織定量の結果を Fig. 7 に、マクロな組織共存状態の定量結果を Fig. 8 に示す。鉍物量として全ヘマタイトおよびマグネタイト量には差が認められないが、カルシウムフェライトおよび 2 次ヘマタイトは若干低下傾向にある。これらの傾向は前報⁵⁾の基礎試験結果と一

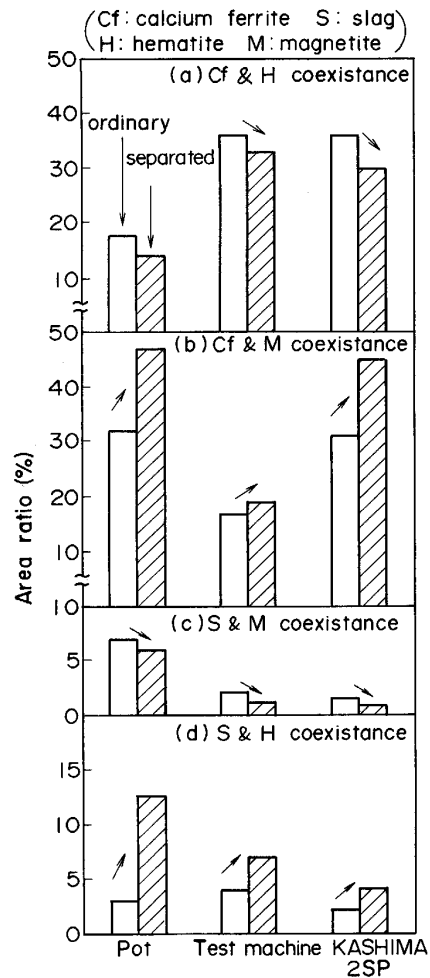
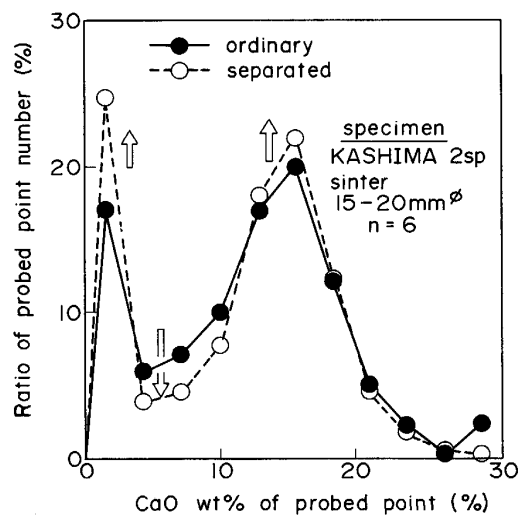


Fig. 8. Amount of coexistence area of two mineral phases in cross section of sinter.



Electron beam diameter : 100 Total probed points : 120 000
 Fig. 9. Histogram of probed points classified by CaO content in sinter.

致する。また顕微鏡観察によるミクロの鉍物形態調査も通常法と分割造粒法との差は顕著ではなかった。またマ

クロム物共存組織定量結果に関しては、カルシウムフェライトとヘマタイトの共存組織量およびスラグとマグネタイトの共存組織量に低下傾向が認められ、一方カルシウムフェライトとマグネタイトの共存組織量およびスラグとヘマタイトの共存組織量に増加傾向が認められた。さらに EPMA によるマクロ単位 (100 μmφ) の CaO 濃度の分布測定結果を Fig. 9 に示す。全体的に見て CaO 偏在は通常法と分割造粒法で大差は無いが、特定部分については分割造粒の方が CaO 成分偏在度が高い。従って分割造粒焼結鉱はかなり CaO 成分の同化は進行しているものの、原料段階での CaO 偏在傾向も残留しているものと思われる。これらの傾向も前報⁵⁾の基礎検討結果とも対応しており、原料段階での CaO, FeO 成分の偏在効果が最終焼結鉱共存組織に差を及ぼしたものと考察される。そして分割造粒法によって、焼結鉱 RDI は前報⁵⁾で検討したように 2 次ヘマタイト量の低下およびカルシウムフェライトとヘマタイトの共存組織量の低下によって改善することができたものとする。

3.6 CaO 分割造粒法による焼結溶融制御について

高炉原料処理プロセスは原料資源環境に対応することを前提とする。従って、焼結化にとって有利な原料特性が存在するからといっても供給に裏づけられない配合構成をとることはできない。そして鉄鉱石の供給状況を見れば、粒度面では微粉鉄鉱石の比率は多くなく、積極的な破碎を実施しない限り平均径 2 mm 程度の幅広い粒度分布構成を持つ。

一方、現行の実用焼結機のヒートパターンを見れば、パレット幅および進行方向に差(むら焼成)が存在し、また高さ方向では根本的な差が存在する。このヒートパターンを理想論でなく実用レベルで一定に制御することはほとんど不可能に近いと思われる。そこで、これら前提に立って焼結溶融を制御することを考えれば、ヒートパターンや原料粒度にかかわらず溶融状況が一定となるように目指すことが重要であろう。

さて、焼結過程での溶融はヒートパターンと原料融点に、ケーキ構造は初期融液の分散配置と移動性に大きく左右される¹⁴⁾。この関係を基に、溶融一定制御を達成するためには次の手段が有効と思われる。

(1) どんなヒートパターンでも、どんなに粗粒でも溶融する部分(低融点, 易移動性)と、どんなヒートパターンでも未溶融で残る部分(高融点)に分割する。

(2) 上記分割部分を擬似粒子単位とし、擬似粒子径および擬似粒子の混合度合いで初期融液の分散配置を制御する。

この方法によって溶融率は一定に保たれ、また初期融

液配置およびケーキ構造を比較的簡単に制御することが可能と思われる。そして原料の融点を制御できる第 1 要因は CaO 成分であり、また鉄鉱石柄によらずその鉄鉱石特性を弱めさらに融液の易移動性状態を形成できる第 1 要因は高 CaO 組成である¹⁵⁾。こうした中で原料鉄鉱石柄特性が関与するとすれば、高 CaO 擬似粒子径にかかわる造粒性と、高 CaO 組成融液となった時の移動性に対してである。これらは鉄柄選定によって幅広く制御することができるものと思われる。

これらの考えの一部を実証するものとして、CaO 分割造粒法(高さ方向に粒度偏析をつけない均一装入の鍋試験)で製造した焼結ケーキの上, 中, 下層(ヒートパ

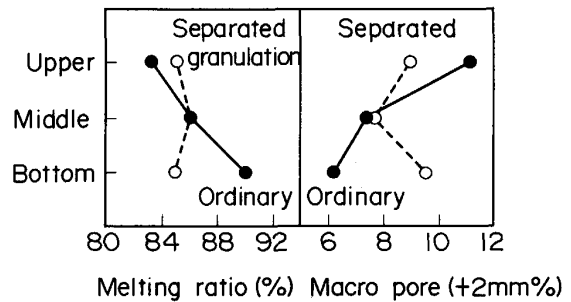


Fig. 10. Distributions of melting ratio and macro pore fraction in sinter pot cake.

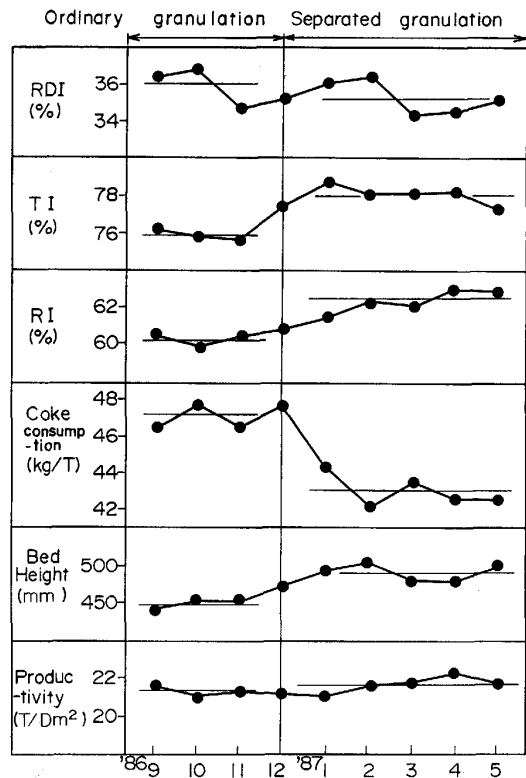


Fig. 11. Operation result at Kashima No. 2 Sinter Plant.

ターンが異なる)別の溶融率およびマクロ気孔率を測定した結果を Fig. 10 に示す。通常法では上, 中, 下層でヒートパターンの違いに応じ溶融率とマクロ気孔率に差があるが, CaO 分割造粒法ではヒートパターンの違いにかかわらず差が少ない。前節の試験結果において, CaO 分割造粒でわずかながら返鉍率の低下および *TI* の改善が見られたのは, これら溶融の均一化による効果とも考えられるが, 定かではない。以上のように CaO 分割造粒法は焼結溶融制御面でも優れた手段であるといえる。

4. CaO 成分分割造粒法の実用化

鹿島 No. 2 焼結機は仮設ラインによる試験後, 本格工事を行い 1986 年 12 月より CaO 成分分割造粒法を実施している。本法適用前後で大幅な原料変更はなく, その操業推移を Fig. 11 に示す。この間の操業の考えは生産性一定で低コークス原単位かつ高 *RI* 指向であった。そこで, 分割造粒法による通気性改善効果を活用して層厚アップをはかり成品歩留り, *TI* の改善に努め, 一方 *RDI* 改善効果を活用して粉コークス原単位低減および *RI* 改善に努めた。もちろん, 本方法はこのような操業改善に活用できるばかりでなく, *RDI* を悪化させる低 SiO_2 や高 Al_2O_3 原料への対処や通気性を悪化させる微粉原料への対処もできる技術である¹⁶⁾。今後, 本方法は他の原料特性も含めた高度な原料配合設計および 2 系列になった造粒ラインを活用することによって, 難焼結性原料により柔軟な対処が可能と思われる。

5. 結 言

高 CaO 成分擬似粒子と低 CaO 成分擬似粒子を別々に造粒した後, 混合焼成する方法について実用化検討を行い以下の結果を得た。

(1)原料銘柄の分割として, 高 CaO グループには石灰石, スケール, 豪州産鉄鉍石, 微粉鉍石が低 CaO グ

ループには返鉍, ブラジル産鉄鉍石, 粗粒鉍石, 粉コークスの選定が良好である。

(2)本方法により, 通気性の改善および大幅な *RDI* 改善を達成することができる。この通気性改善要因は 2 分割による適正な原料銘柄組合せによるものであり, *RDI* 改善要因は CaO 成分偏在による 2 次ヘマタイト形成の抑制ならびに 2 次ヘマタイトとカルシウムフェライトの共存組織抑制によるものである。

(3)原料を 2 分割し別個に造粒する方法は, ラボ試験上だけでなく商用生産でもその効果を発揮し, 幅広い焼結鉍造り込み技術への発展を期待することができる。

文 献

- 1) 葛西栄輝, 許彦斌, 小林三郎, 大森康男: 鉄と鋼, **70** (1984), p. 520
- 2) 大水 勝, 梅津幸雄, 泉水康幸, 児玉順一, 肥田行博: 鉄と鋼, **71** (1985), S794
- 3) 芳我徹三, 福田 一, 吉本博光, 香川正浩: 鉄と鋼, **70** (1984), S16
- 4) 坂本 登, 野田英俊, 岩田嘉人, 斎藤 汎, 宮下恒雄: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 1504
- 5) 川口尊三, 栗山和益, 佐藤 駿, 高田耕三: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 1924
- 6) 荒谷復夫, 児玉琢磨, 中西恭二: 鉄と鋼, **69** (1983), S717
- 7) 佐藤 駿, 吉永真弓, 一伊達稔, 川口尊三: 鉄と鋼, **68** (1982), p. 2174
- 8) 川頭正彦, 鈴木 悟, 阿部清治: 鉄と鋼, **63** (1977), S22
- 9) 荒井耕一, 水間正彦, 山口一良, 斎藤元治, 下沢栄一, 長島武雄: 鉄と鋼, **71** (1985), S22
- 10) 高田耕三, 高良正昭, 川口尊三, 横井 毅: 鉄と鋼, **73** (1987), S65
- 11) 川頭正彦, 鈴木 悟, 佐藤勝彦, 桜井 哲: 鉄と鋼, **68** (1978), S487
- 12) 植木弘満, 高田耕三, 西村武人, 佐藤 駿, 川口尊三, 能美淳一: 鉄と鋼, **71** (1985), S804
- 13) 古井健夫, 香川正治, 川頭正彦, 沢村 淳, 菅原欣一, 宇野成紀, 藤原利之: 製鉄研究 (1976) 288, p. 9
- 14) 葛西栄輝, 八木順一郎, 大森康男: 鉄と鋼, **70** (1984), p. 1567
- 15) 呉 勝利, 葛西栄輝, 大森康男: 材料とプロセス, **1** (1988), p. 46
- 16) 川口尊三, 佐藤 駿, 栗山和益, 高田耕三, 三宅貴久, 浜田勝成: 材料とプロセス, **1** (1988), p. 966