

高ゲーサイト鉱石の自己緻密化焼結法

//////////

論文

//////////

肥田 行博*・岡崎 潤*²・中村 圭一*³
上川 清太*³・葛西 直樹*⁴

Development of High-goethite Ore Self-densification Sintering Process

Yukihiro HIDA, Jun OKAZAKI, Keiichi NAKAMURA,
Kiyota UEKAWA and Naoki KASAI

Synopsis :

In order to develop techniques to counter the deterioration in sintering operation when using a large volume usage of high-goethite ore, basic research was first conducted on the self-densification conditions of the representative pisolite Ore-D. The result showed that Ore-D is densified when heated to 1350°C or above for practical purposes. Next, the pseudo-particle structure of Ore-D fines required to densify the nucleus Ore-D particle at a high temperature before contact with calcium ferrite system melt was clarified by the assimilation tests of tablets.

On the basis of these basic research results, a new sintering process, tentatively called the "High-goethite ore self-densification sintering process" was proposed. This process is characterized by the pre-granulation of high-goethite ore, serpentine and a small amount of solid fuel fines and by the formation of a protective layer on the coarse ore particles. The results of sintering pot test and short-term sinter plant test confirmed that the new process can be a powerful tool to successfully use a large volume of high-goethite ore in sinter production.

Key words : iron ore; goethite; serpentine; iron ore sinter; sintering; sinter quality; sinter productivity; ironmaking.

1. 緒 言

我国の鉄鋼業は鉄鉱石資源の動向に柔軟に対応するために、ゲーサイトを多量に含有する粉鉱石の使用量を増加してきた。しかし、それに伴って焼結ベッドの通気性、焼結鉱の品質、歩留などの悪化が顕在化してきており、中でも豪州産鉱石 D¹⁾ の悪影響は大きい²⁾。

鉱石 D は構造的特徴から豪州ではピソライト鉱石と分類されており³⁾、焼結過程においてゲーサイト部に大きな亀裂を発生させながら多孔質化し、粘土鉱物の脈石の影響も加わって融液と急速に同化する²⁾。さらに、冷却後は粒状のヘマタイト粒子をガラス質シリケートで結合した多孔質の脆弱な焼結体になる¹⁾²⁾。同鉱石の焼結操業に及ぼす悪影響はこれらの鉱石特性から説明することが可能である²⁾。

鉱石 D は新日本製鉄株式会社における最多使用銘柄であり、鉄鉱石中の 20-30% を占め、将来とも豪州の主要鉱石と予測される。さらに豪州では、従来の良質なヘマタイト鉱石の枯渇と高ゲーサイト鉱石への移行は必至である³⁾。豪州産鉱石は、粘土鉱物を主要脈石とするために Al₂O₃ あるいは Al₂O₃/SiO₂ 比が高く望ましい原料とはいえないが、生産地からの輸送費が南米産鉱石よりもはるかに安いことから多量に購入せざるをえないのが我国の宿命的状況である³⁾。このような資源動向から、高ゲーサイト鉱石、とりわけ鉱石 D の多量使用技術の開発は今後の重要課題といえる。

この技術開発の最大の鍵は前述の知見¹⁾²⁾ から、鉱石 D の改質、すなわち緻密化に尽きると考えられた。その必要条件を基礎的な研究によって解明し、鍋及び実機試験から鉱石 D を融液との同化前に緻密化させて焼結

平成 3 年 11 月 8 日受付 平成 4 年 4 月 10 日受理 (Received on Nov. 8, 1991; Accepted on Apr. 10, 1992)

* 新日本製鉄(株)プロセス技術研究所 工博 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 299-12)

*² 新日本製鉄(株)プロセス技術研究所 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp.)

*³ 新日本製鉄(株)堺製鉄所 (現:新日本製鉄(株)技術本部) (Sakai Works, Now Technical Administration Bureau, Nippon Steel Corp.)

*⁴ 新日本製鉄(株)君津製鉄所 (Kimitsu Works, Nippon Steel Corp.)

する方法 (“自己緻密化焼結法”と名称)の見通しを得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 高ゲージサイト鉱石の自己緻密化条件の検討

はじめに加熱炉付き走査電子顕微鏡(Dynamic SEM⁴⁾)を使って、鉱石 D の昇温過程におけるマイクロ変化を詳しく観察した。その結果、1200°C 付近からゲージサイト部が軟化、再結晶し始め、亀裂が消えていくことを見つけた。そこで2-3 mm の粒子を空気気流中に置き、設定温度に所定時間保持した後、大気中に放冷して緻密化の状況を調査した。緻密化度の評価は気孔率によるのが最適であるが、大きな亀裂を有する小粒子の気孔率の測定法は確立されていない。ここではまず、粒子断面の20倍の光学顕微鏡像から通常の画像解析装置を使って直径あるいは幅が20 μm 以上の気孔及び亀裂を2値化・抽出し、その面積率を求めて気孔率とした。なお、画像解析での1画素の大きさは10 μm であった。ここで20 μm 以上のものを気孔あるいは亀裂としたのは明確に判別できたからである。

このように画像解析法では本実験での試料中の微細な気孔と亀裂は測定できなかった。一方、多孔質体の強度は構成鉱物が同一であれば気孔率で決定されることが広く知られている。そこで、加熱前後の粒子の圧潰強度の変化からも緻密化の評価を行った。

2.2 保護層形成による同化抑制条件の検討

焼結層内で高ゲージサイト鉱石粒子を改質させるには、同鉱石が融液と同化するまでに緻密化させる必要がある。その具体的手段としては保護層形成による同化遅延が有効と考え、以下の2つの実験を実施した。

同化実験-I: 保護層の組成と厚みの適正条件を明らかにすることを目的として、Fig. 1 (a) のように、保護層

に相当するタブレット B (直径 15 mm × 高さ 5 mm, 水銀圧入法開気孔率: 30%) の上にカルシウムフェライト (CF) 系融液の組成に調合した試薬タブレット A (直径 8 mm × 高さ 5 mm) を乗せて大気雰囲気中で加熱し、冷却後に試料の中央部を切断、研磨して融液の保護層(タブレット B) 中への浸透深さを測定した。ここで、タブレット A の組成は春名ら⁵⁾ の SiO₂ 及び Al₂O₃ を含有する CF 系初期融液の組成を基にして Fe₂O₃: 65, CaO: 22, SiO₂: 9, Al₂O₃: 4 mass% とした。

保護層は 0.5 mm 以下の鉱石 D (Ore-D), 石灰石 (Ls) 及び蛇紋岩 (Sp) の混合粉あるいは蛇紋岩粉で構成した。これは、Fe₂O₃-CaO-SiO₂-MgO 系, CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ 系などの平衡状態図から、焼結鉱の品質向上と高炉スラグの高流動性確保のために使用されている蛇紋岩などの MgO-SiO₂ 系副原料は CF 系融液と接触する際に液相温度を著しく上昇させ、同化抑制効果が大きいと推察されたからである。

ヒートパターンは実機焼結層内の状況に近似させて、1100°C から最高温度 (T_{max}) までを 1 min, 降温過程の T_{max} から 1100°C の間を 3 min とした。

同化実験-II: 保護層を通過した融液と鉱石 D の反応状態から保護層の適正組成を明確にすることにした。Fig. 1 (b) に示すタブレット A, タブレット B 及び鉱石 D の 3 層からなる同化実験である。なお、タブレット B は鉱石 D に乗せた。タブレット A の組成は上記の同化実験-I の場合と同一である。タブレット B は、0.5 mm 以下の鉱石 D と蛇紋岩を混合して、厚みが 1000 μm となるように成型した。この保護層の厚みは後述するように、同化実験-I の結果から定めた。なお、ヒートパターン及び融液の浸入深さの測定法は前述の同化実験-I と同一である。

2.3 新焼結法の効果の確認

上記の基礎実験から、いくつかの新プロセスのアイデアが導かれた。それらの効果はまず内径 300 mm の通常の焼結鍋で検討し、さらに現焼結機で試験が可能なものについては実機で確認した。

鍋実験は、(1) 500 mm の層厚で 16.7 kPa の一定の吸引負圧、あるいは (2) 450 mm の層厚で入口空気流速 0.5 m/s 一定の条件で行い、点火は 1 min とした。実機は、予備造粒装置への流用可能なダスト処理用のベライザー (直径 2.5 m, 3 台) を有する堺第 2 焼結機 (幅 3 m × 長さ 61 m) が最適と考えた。当焼結機では、16.2 kPa の吸引負圧、600 mm の層厚及び 1 min の点火時間で生産率 42-44 t/(d·m²) の試験操業を行った。

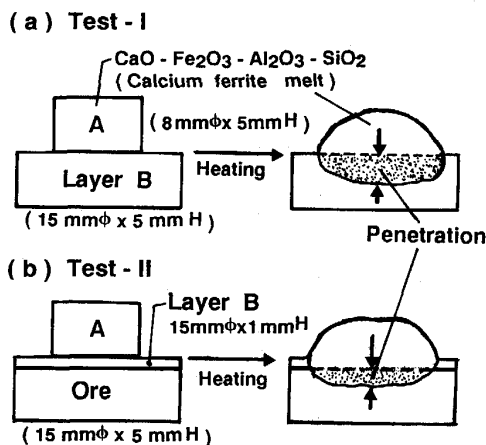


Fig. 1. Samples in assimilation tests.

3. 実験結果及び考察

3.1 高ゲーサイト鉱石の自己緻密化条件

鉱石 D 粒子の加熱後組織の代表例を Photo. 1 に示す。同写真 (a) で粒子中のやや丸い暗灰色部 (ヘマタイト) の間の明灰色部が加熱前にゲーサイトであったところである。

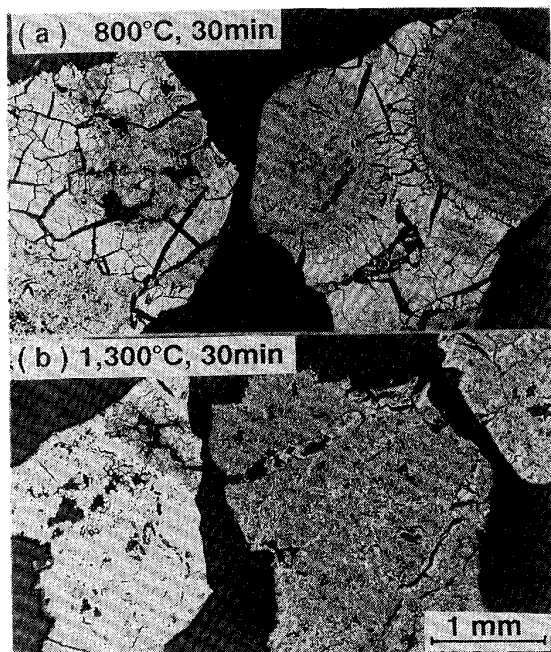


Photo. 1. Microstructure of pisolite Ore-D after heating.

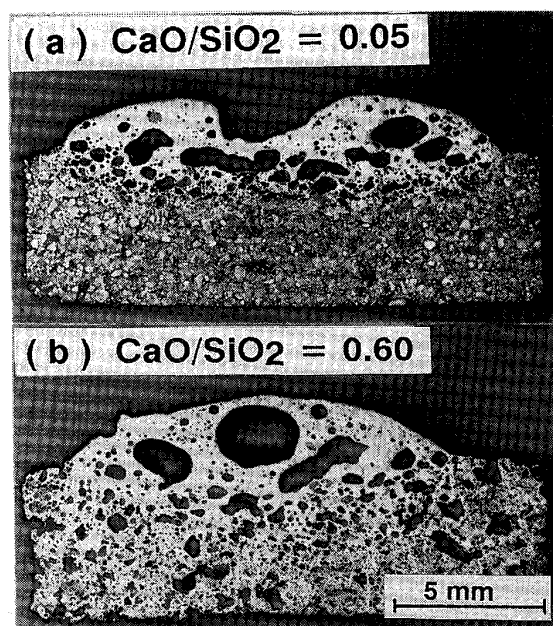


Photo. 2. Microstructure of sample after assimilation test-I ($Sp/Ore-D$ of layer B = 0.15, $T_{max} = 1350^{\circ}C$).

$800^{\circ}C$ ではゲーサイトであった部分に大きな亀裂が発生している。これに対して $1300^{\circ}C$ で 30 min 加熱すると亀裂は消えて緻密化するのが明瞭である。

Fig. 2 に熱処理条件と鉱石の気孔率及び圧潰強度 (10 粒子の平均値) の関係を示す。

高加熱温度あるいは長保持時間ほど気孔率の低下と圧潰強度の増大は明瞭であり、緻密化が進んでいる。図より、2 min 程度の短時間で緻密化させるには $1350^{\circ}C$ 以上に加熱するのがよいと言える。実機焼結層内では高温保持時間は短いので、 T_{max} は少なくとも $1350^{\circ}C$ 以上、望ましくは $1400^{\circ}C$ 程度にする必要があると考えられる。

3.2 同化抑制のための保護層の適正条件

同化実験-I 後の試料断面組織の代表例を Photo. 2 に示す。同一 T_{max} では、保護層の塩基度 (CaO/SiO_2) の高いほど融液はよく浸入し、粗大な気孔を生成した。融液浸入深さは試料幅方向で均一でなかったため、幅方向を 20 等分してその平均値で表示することにした。なお、測定値のばらつきは平均値の $\pm 10\%$ 以内であった。

はじめに保護層中の $Sp/Ore-D$ 質量比が 0.15 の場合

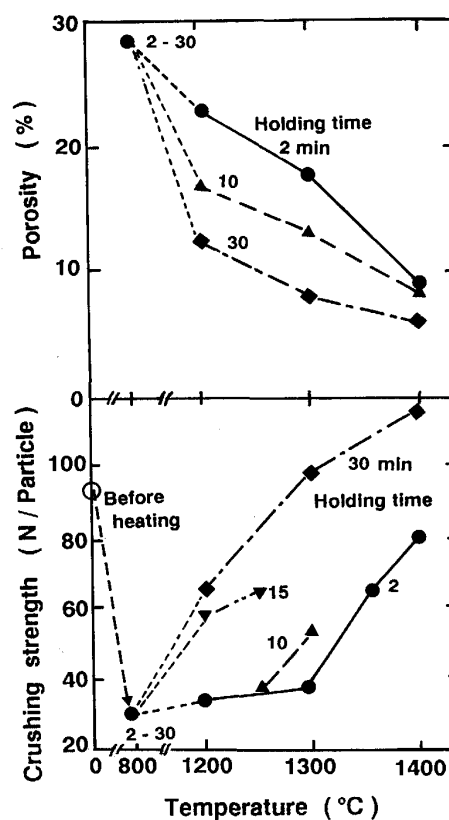


Fig. 2. Porosity and crushing strength of ore-D particle of 2 to 3 mm in size before and after heat treatment (Porosity: Area ratio of pores and cracks of $20 \mu m$ and above in size).

の保護層の塩基度及び T_{max} と融液浸入深さの関係を Fig. 3 に掲げた. ここで 0.15 の比率を選んだのは, 新日本製鉄株式会社における一般的な配合原料中の蛇紋岩と鉍石 D の比率は 0.1-0.25, また 0.5 mm 以下の微粉中の Sp/Ore-D 比は 0.15-0.3 となるためである.

T_{max} 及び塩基度の増大と共に融液の浸入は促進されており, 同化抑制からは保護層に石灰石を混入させないことが重要といえる. 石灰石を添加しない場合の融液浸

入深さは 1500 μm 前後である (同図中の白丸印).

つぎに, 石灰石無添加保護層において必要な Sp 割合について検討した結果を Fig. 4 に示す. 蛇紋岩粉のみからなる保護層の場合には, 融液の浸入は著しく抑制され, その深さは 250 μm 前後になっている. このような保護層の形成が容易であれば, 少量の蛇紋岩粉で大きな効果が得られる. 一方, 現在の実機の原料配合から実用的と考えられた Sp/Ore-D 比が 0.1-0.2 の保護層

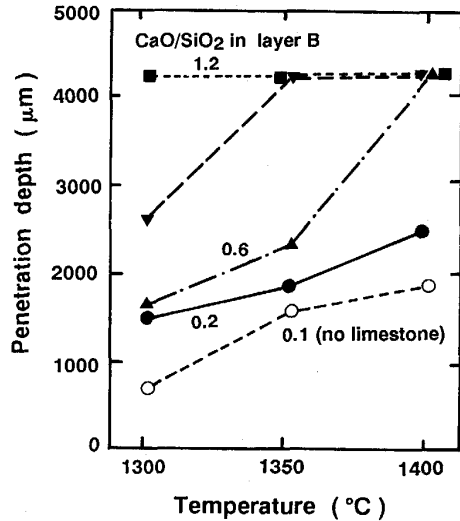


Fig. 3. Relationship among CaO/SiO_2 of protective layer B, temperature and melt penetration depth (average of 20 positions in Ore-D) at a Sp/Ore-D ratio of 0.15.

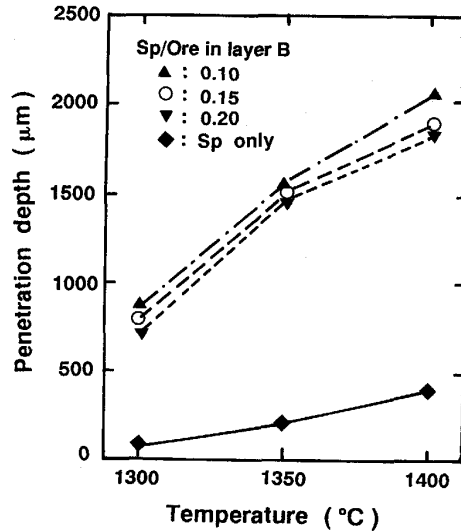


Fig. 4. Influence of serpentine/Ore-D ratio of protective layer B without limestone addition on melt penetration depth.

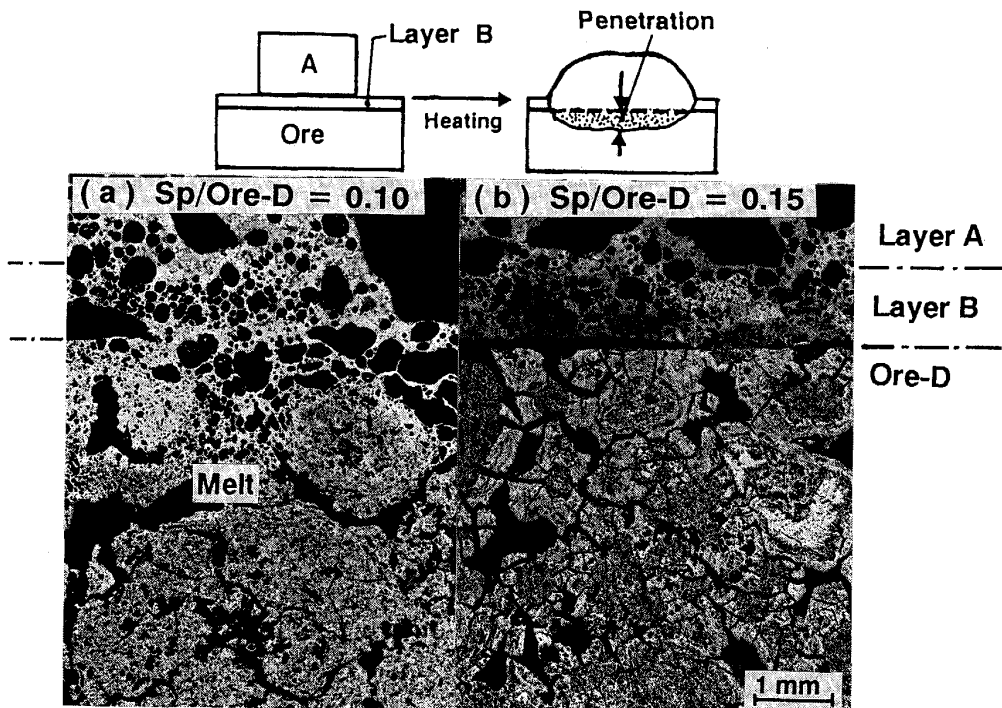


Photo. 3. Microstructure of sample after assimilation test-II ($T_{max} = 1350^\circ\text{C}$).

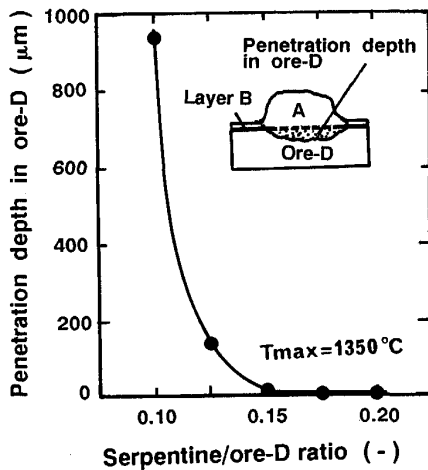


Fig. 5. Effect of serpentine/Ore-D ratio of protective layer B without limestone addition on the control of assimilation of Ore-D.

(Ore-D と Sp の混合粉) では、融液浸入深さは温度の上昇とともに急速に増大するが、その比率の違いによる差は極めて小さい。

融液の保護層内への浸入深さが同じでも貫通する場合には擬似粒子中核の鉱石粒子表面に到達する融液の組成は保護層の Sp/Ore-D 比によって変わり、核粒子の同化状況に違いが生じるものと考えられる。また鉱石粒子を強固に結合させるには、融液が保護層を突き抜けて鉱石と接触することも必要となる。擬似粒子の核となる鉱石粒子の同化までを考慮した同化実験-II の結果を Photo. 3 及び Fig. 5 に示す。ここで保護層を $1000\ \mu\text{m}$ としたのは、鉱石 D の焼結層内での自己緻密化にふさわしい 1350°C 以上の T_{max} で融液は貫通し (Fig. 4 参照)、かつ実操業でも可能な厚みと考えたからである。なお、Fig. 5 中の融液浸入深さは鉱石 D 表面から最も浸入した距離の繰り返し実験 2 回での平均値である。

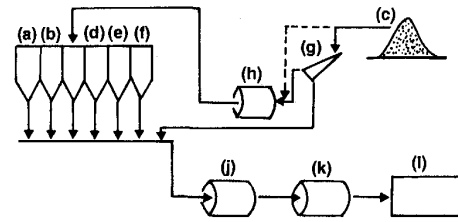
これらの結果から、 $1000\ \mu\text{m}$ の保護層の場合、Sp/Ore-D 比が 0.10 以下では鉱石の同化は過剰であり、緻密化のための同化抑制には 0.15 以上が必要といえる。なお、この比率は保護層の厚みによって変わり、薄くなればより大きな値に修正が必要である。

3.3 高ゲージサイト鉱石の自己緻密化焼結法

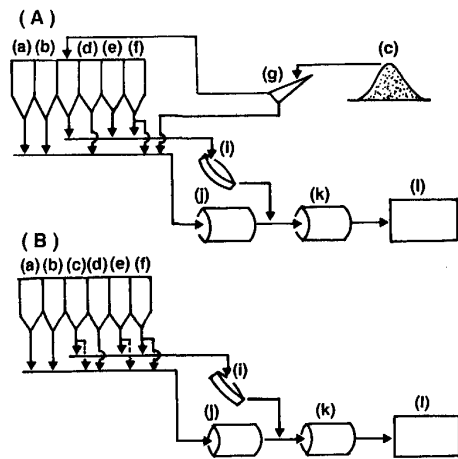
以上の基礎知見を基にして焼結鉱の品質、歩留、生産性を悪化させずに鉄鉱石中割合で 20-30% の比較的多量の鉱石 D を使用できる新焼結プロセスについて考察し、既存設備でテストが容易なものについては実用化の可能性の検討を行うことにした。

処理コストを無視すると、Fig. 6 に示す原料の事前処理フローが考えられた。いずれも鉱石の自己緻密化挙動

(1) High-Goethite Ore Preheating Method



(2) Protective Layer Forming Method



(a) (b) Raw materials (c) High-goethite ores (d) Limestone (e) MgO-SiO₂ fluxes (f) Soild fuel fines (g) Screen (h) Heater (i) Granulator (j) Mixer-Granulator (k) Mixer-Granulator (l) Sintering machine

Fig. 6. Flow of pretreatment and granulation of raw materials in new sinter production process for a large-volume usage of high-goethite ores.

を活用したものである。

3.3.1 事前加熱処理法 (Fig. 6 (1))

本法は鉱石 D を事前に加熱して緻密化させておく方法である。設備コスト及び操業上の問題が検討できるデータは皆無のため、加熱による緻密化の効果を鍋実験で確認した。

返鉱及び粉コークスを除く原料 (新原料) 中の鉱石 D 比率を 24.5 mass%, 焼結鉱の CaO/SiO₂ を 1.9 とする君津焼結工場の原料配合条件で、粉コークスは乾燥配合原料中 3.5 mass% 一定として吸引負圧一定の焼結実験を行った。なお、実験の繰り返し精度を上げるために鉱石の最大粒径は 5 mm とした。粉鉱石 D の加熱処理は事前に電気炉を使って、新原料中 24.5% の全量及びその中の 2 mm 以上のものについて 1300°C で 30 min 実施した。したがって、鉱石 D の配合割合は加熱処理前原料基準であり、コークス割合は加熱処理後配合原料に対するものである。結果を Fig. 7 に示す。

鉱石 D の加熱処理効果は明瞭である。製鉄部会法還

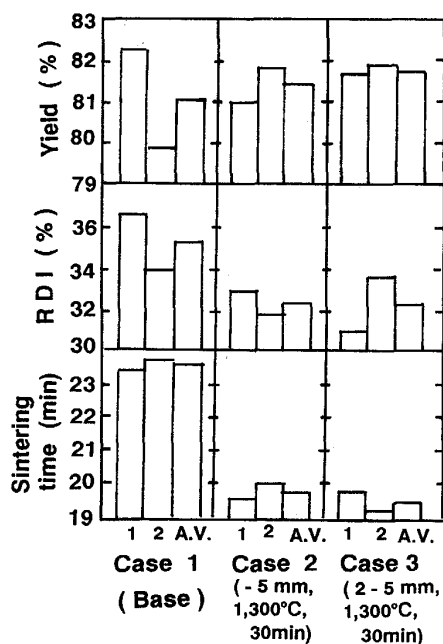


Fig. 7. Effect of preheating of Ore-D at 1300°C for 30 min on sintering performance of iron ores (pot test).

元粉化性 (RDI) は 2% 低下し、焼結時間は約 10 数% も短縮された。また、鉱石 D の全量加熱処理と 2 mm 以上粒子の処理では、加熱効果には大きな差は認められなかった。これは、2 mm より小さな鉱石 D 粉はす早く融体化してしまうためと考えられた。

3.3.2 保護層形成法

本法は、粗粒の鉱石 D 粒子の表面に保護層を形成し、融液との接触を抑制して当鉱石粒子を緻密化させる方法である。粉鉱石 D を事前に篩分けて蛇紋岩粉の保護層を造る方法 (前掲 Fig. 6 (2)-(A)) と未篩いのまま蛇紋岩粉と予備造粒する方法 (同図 (2)-(B)) が考えられた。

既存焼結工場への鉱石 D 分級設備の新規導入は、敷地及び設備コストの両面から難しいと考えた。そこで、後者の未篩いの方法に関して鍋及び実機試験を実施し、新プロセスとしての可能性を検討することにした。本プロセスに類似の基本概念は 1980 年に菅原ら⁶⁾によって提案されている。また、佐々ら⁷⁾は鉱石 D と蛇紋岩の予備造粒は生産性向上に大きな効果のあることを鍋試験によって明らかにしており、その際に予備造粒擬似粒子の強度、すなわち水分の管理が重要であると指摘している。

(1) 鍋実験による予備造粒・配合条件の検討

Table 1 に鍋実験条件を示す。原料配合は堺焼結工場での実態に合わせ、かつ鉱石 D と蛇紋岩の望ましい混

Table 1. Blending ratio* of raw materials in sintering pot test.

Experiment		Standard (%)	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Pre-granulation line	Ore-D	0.0	8.0	9.7	12.0	12.0
	Serpentine	0.0	3.4	1.7	1.7	3.4
	B.F.dust	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5
	Bentonite	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Ordinary granulation line	Ore-D	12.0	4.0	2.3	0.0	0.0
	Serpentine	3.4	0.0	1.7	1.7	0.0

Composition of sinter; CaO/SiO₂ = 1.75, SiO₂ = 5.55%, Al₂O₃ = 1.94%, MgO = 1.6%
Total coke content of sinter mix; 3.6%, Moisture = 6.3%

Note: * Without coke breeze and return sintered fine.

合比率が明らかとなるように同工場の原料を使って表のような予備造粒条件とした。ここで、前述の同化実験-II の場合と同程度の厚み (1000 μm) の保護層が確実に得られるように結合剤であるベントナイトの添加をあえて行った。

また、予備造粒原料に高炉ガスを少量添加しているが、その理由は以下の通りである。本プロセスにおける強度、歩留の向上には、前述のように最終的には保護層を容融して鉱石粒子表面に密着させる必要がある。しかし、実機原料では微粉部の CaO/Fe₂O₃ 比は前述の同化実験-II のタブレット A よりもかなり小さくて、CF 系融液の生成と保護層中への浸入が同化実験ほど活発ではなかった。このため事前の鍋実験では、予備造粒原料に炭材を添加しないと効果は認められなかった。さらに予備実験で、融液の保護層中への浸入を前掲の基礎実験と同程度にするには保護層へ直接熱を供給することが最も効果的であることが判明し、安価な炭材である高炉ガス (C 分析値: 約 30 mass%) の添加を採用した。

鉱石 D、蛇紋岩及び高炉ガスの予備造粒は小型のディスクペレタイザーで 3 min 行い、別に小型のミキサーで 3 min 造粒しておいた残りの原料と合わせてドラムミキサー中で 6 min 混合して焼結鍋に装入した。焼成はコークス燃焼改善効果も明確になるように吸引空気流速一定の条件で行った。実験結果を Fig. 8 に示す。

予備造粒における Sp/Ore-D 比あるいは予備造粒された Ore-D と Sp の新原料中配合比率の高いときに本法の効果が現れることが分かる。例えば新原料中 12% の鉱石 D を 0.28 の Sp/Ore-D 比で処理すると (Fig. 8 中 D)、成品歩留及び生産率は基準条件 (図中基準) に対して相対値でそれぞれ 2.5%, 4.5% の向上が同時に期待できる。品質については明確な差が認められなかった。これは、蛇紋岩粉の大部分を鉱石 D 部に集めたために他の鉄鉱石粉部の品質が悪化し、鉱石 D 部の品質

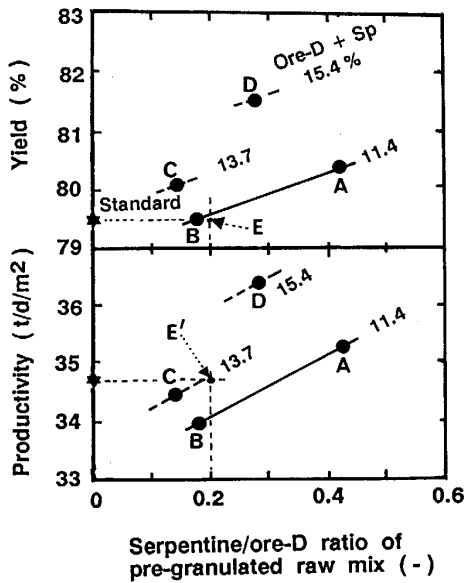


Fig. 8. Result of sintering pot test corresponding to the blending condition shown in Table 1 (Ore-D + Sp: Ratio of pregranulated Ore-D and serpentine fines amount in new raw mix).

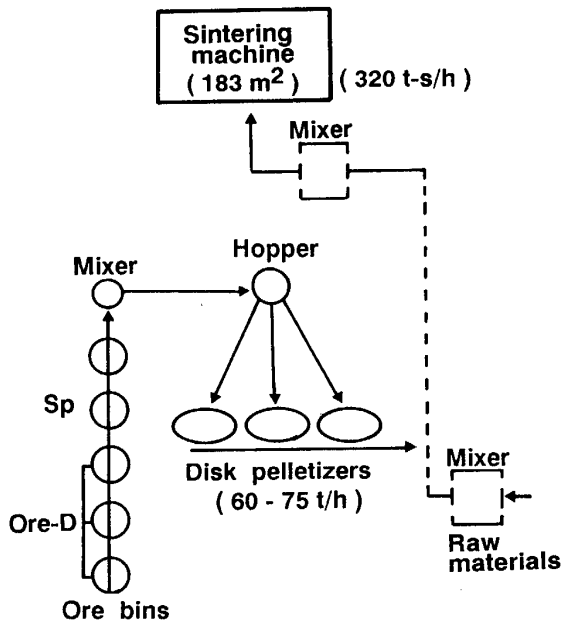


Fig. 9. Granulation flow of raw materials at Sakai No. 2 Sinter Plant.

改善効果が相殺されたためと推察された。

同 Fig. 8 から本プロセスの実用化には、鉱石 D 及び蛇紋岩の配合比率に下限があると読み取れる。すなわち、平均粒度 1.3 mm の通常粒度の蛇紋岩粉を使用して基準条件の歩留あるいは生産率以上の好成績を得るには、同図中 E あるいは E' 点より望ましい範囲に、具体的には新原料中の鉱石 D 比率及び Sp/Ore-D 比はそれぞれ 10% 以上及び 0.2 以上に調整するのがよいと考えられ

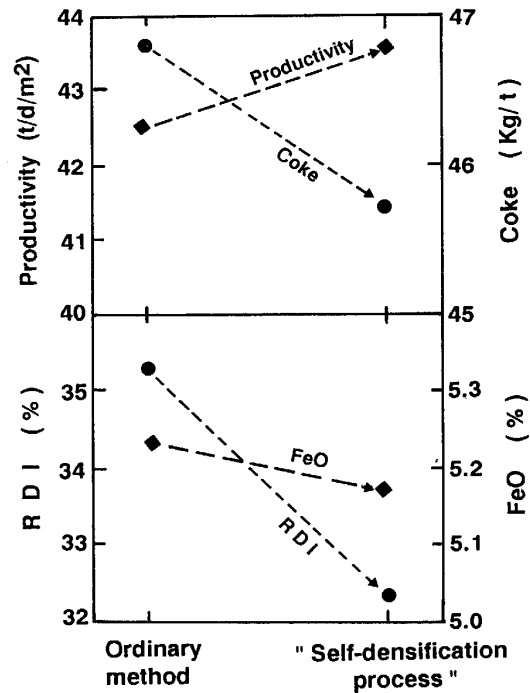


Fig. 10. Test result of "High-goethite ore self-densification process" at Sakai No. 2 Sinter Plant.

る。先の基礎実験においては、1000 μm の保護層の Sp/Ore-D 比は 0.15 以上が必要と結論されたが、鍋実験での保護層の測定値は 500-1000 μm であったこと及び実際の付着粉は幅広い粒度分布を有することを考慮すると、基礎実験結果とほぼ合致したと言える。

(2) 実機試験による効果の確認

鍋実験から本法の実用化の見通しが得られたので、堺第 2 焼結工場のペレタイザーを活用し、鍋実験で最も効果の大きかった Table 1 中 D の原料配合・処理条件と同表中の基準条件を比較する効果確認実験を行うことにした。

実機試験における原料処理フローを Fig. 9 に示す。ペレタイザーは所内発生ダストのミニペレット化用に設置されたもので、公称能力は 52 t/h であった。しかし、当焼結工場では 42 t/(d・m²) 以上の高生産率が必要とされていたので、上記の条件 D を満たすには公称能力をはるかに越える 60-75 t/h の原料を処理せざるを得なかった。試験操業は通常操業での成品歩留 (83%) 及び JIS シャッター強度 (88%) を維持し、条件 D で 17 h の安定期間を確保した。

まず、予備造粒はペレタイザー能力不足のために良好とは言えなかった。ペレタイザーから出た予備造粒擬似粒子は、平均粒度が 3.3 mm で、0.5 mm 以下の未粒化微粉の割合は 7.9% と高く、かつ 1 mm 以上の擬似粒子の断面で計測した保護層の厚みは 100-200 μm とかな

り薄いものとなっていた。一方、形成された保護層は強固で、焼結ベッドから採取した 1 mm 以上の擬似粒子断面の EPMA 像では、保護層中への Ca 分の混入は観察されなかった。

このように予備造粒不足は避けられなかったが、Fig. 10 に示すように効果は明瞭に認められた。生産率は 42.4 から 43.5 t/(d・m²) へと向上し、高炉ダスト中 C を加えた全コークス原単位は 46.8 kg/t から 1.1 kg/t 低減できた。焼結鉱の品質では、RDI の改善が特徴的であった。ここで、新開発プロセスではベントナイトを使用しているが、その添加量はごく僅かであり、かつベントナイトは 1 種の粘土鉱物であるために基準原料に添加すると CF 融液生成には悪影響があることから、ベントナイト添加の影響は無視してよいと考えられる。また、コークス原単位の低下は鉱石 D 部の過容融の抑制と他の原料部の塩基度上昇によるコークス燃焼性の向上と推察される。さらに RDI の改善の本質的原因もコークス原単位低減の場合と同じであるが、この場合には通気性改善による再酸化ヘマタイトの減少及び低塩基度と高塩基度の原料に分けられるためと考えられる。

焼結鉱の組織から鉱石 D 粒子の残留状況と緻密化の確認も行った。すなわち、前述の画像解析による気孔率 (10ヶ粒子の平均値) は、通常の焼結の場合の 27% から 22% へと低下し、また焼結鉱中の 100 μm 以上の粗大気孔及び気孔間の厚みが薄い気孔は確実に減少していた。鉱石 D の残留粒子は緻密化していたが、その個数は減少しており、さらに熱 (コークス) を減少してもよかったことを示唆していた。

以上の結果、本法は高ゲージサイト鉱石多量使用の有効な対策の一つになると確認できた。今後の課題は予備造粒強化による保護層の厚みの増大であり、造粒機の選定と造粒技術の向上が鍵になると考えている。

4. 結 言

高ゲージサイト鉱石多量使用焼結法の開発を目的として、鉱石 D 改質の可能性と必要条件について基礎実験から実機試験までの検討を行い、以下の結果を得た。

(1) 鉱石 D は、15 min 以上の長時間処理では 1 200°C 以上、2 min 程度の短時間では 1 350°C 以上に加熱することによって緻密化させ得る。

(2) 予備加熱による緻密化はとくに焼結時間及び還元粉化の改善に有効であることが鍋実験で明らかとなった。

(3) 焼結ベッド内での鉱石 D の緻密化に必要な、融液の浸入を止めうる保護層の厚みは同化実験から、蛇紋岩粉保護層の場合には約 250 μm、鉱石 D と蛇紋岩の混合粉では 1 500 μm 前後と判明した。

(4) 鉱石 D と蛇紋岩からなる保護層には適正な組成範囲が存在し、約 1 000 μm の厚みのときには、Sp/Ore-D 比率を 0.15 以上にする必要がある。

(5) 現焼結工場で実用化しやすいプロセスとして、鉱石 D、蛇紋岩及び少量の炭材を選択的に予備造粒する“高ゲージサイト鉱石の自己緻密化法”を考案した。

(6) 新プロセスでは、予備造粒される鉱石 D の配合割合及び予備造粒原料中 Sp/鉱石 D 比率の高いほど効果は大きくなることが鍋実験で明らかとなった。新原料中 12% の鉱石 D を 0.28 の Sp/Ore-D 比で処理すると、生産率及び成品歩留はそれぞれ相対値で 2.5%、4.5% 同時に向上した。

(7) 短期間の実機試験ではあったが、新法は高ゲージサイト鉱石多量使用時の有力な対策になることを確認した。

文 献

- 1) 肥田行博, 伊藤 薫, 岡崎 潤, 佐々木稔, 梅津善徳: 鉄と鋼, **68** (1982), p. 2166
- 2) 肥田行博, 岡崎 潤, 伊藤 薫, 平川俊一: 鉄と鋼, **78** (1992), p. 1013
- 3) 肥田行博, 野坂庸二: 鉄と鋼, **78** (1992), p. 960
- 4) 肥田行博, 宮崎武志, 佐々木稔, 相馬英明, 佐藤勝彦, 内藤文雄, 香川正浩, 谷口正彦: 製鉄研究 (1987) 325, p. 70
- 5) 春名淳介, 鈴木章平, 小島 清: 鉄と鋼, **69** (1983), S 123
- 6) 菅原欣一, 磯崎成一: 特許公報 昭58-552211
- 7) 佐々 豊, 石井晴美, 樽本四郎, 河野正人: 日新製鋼技報 (1988) 59, p. 68