

Fig. 2.13. Outline of "Self-densification and High Melting-Point Liquid-Phase Sintering Process (SHS)" adopted at Nippon Steel's Oita-No. 1 DL.

- ④ 自己緻密化焼結法（実機化）
- ⑤ 微粉コークスとの予備造粒法（鍋）
- ⑥ 事前加熱法（鍋）
- ⑦ 塊P鉱石床敷法（工場実験）

上記①および②は既存設備で可能である。①はP鉱石と緻密質微粉をほぼ等量配合するのが特徴である。1989～1990年に新日本製鐵(株)釜石焼結機および同名古屋第3焼結機で実用化され、配合率は最大35%となっている。②は1994年に川崎製鐵(株)水島焼結工場の試験で、スケール8%の添加によって融液性状が改善され、P鉱石比率40%でも歩留悪化は回避できると報告されている。

③～⑤は選択造粒設備を必要とするため、普及は進んでいない。③は高融点物質粉と選択的に造粒して粗粒のP鉱石の表層に保護層を形成し、急激な同化を抑制するものである。蛇紋岩との選択造粒は日新製鋼(株)呉焼結工場で試験され、生産率の向上が確認されている(1992年)。④は、粗粒P鉱石と融液の接触を遅延させ、P鉱石中ゲーサイト部は1,200℃以上で再結晶して緻密化する特性を活用して、P鉱石の緻密化、同化の抑制および強固な残留元鉱形成を促進させることを狙いとしている。P鉱石と蛇紋岩、炭材との選択造粒法(ディスクペレタイザー)の有効性が1990年に新日

本製鐵(株)堺第2焼結機で確認され、さらに1992年に同社大分第1焼結機で自己緻密化高融点液相焼結法(SHS)が実機化されている。SHSではFig. 2.13に示すように、P鉱石は3mmで分級され、粗粒部が細粒蛇紋岩、石灰石粉、炭材と選択造粒される。粗粒のP鉱石がほぼ緻密化後の1,350℃以上で融液が生成するように付着粉層は低塩基度で、高炭素濃度としているのが特徴である。配合率20%のP鉱石を処理し、歩留上昇とコークス消費量低減の面から利益を上げている。

⑦は住友金属工業(株)小倉焼結工場で試験され、P鉱石の約50%が成品となることが確認された。実用化上の課題は、焼結機排鉱部などでのダスト量の増加対応策である。

## 2.4.6 劣質鉱石対応技術開発の今後の課題

安価ソースは何か、ずばり予測することはむずかしい。昨今のように鉱石の積地価格が低下すると、経済性は輸送コストで大きく変わる。豪州、アジア圏がより優位となる。

豪州では、鉱床の賦存形態などからP鉱石と他の鉱石の価格差はさらに広がってもおかしくない。ブラジルでは高品位鉱床の枯渇から、低品位鉱石を選鉱処理した微粉は増えるが、市場に出回るかは疑問である。欧州での環境規制強化による焼結工場休止および世界的な鉄スクラップ増加に伴う還元鉄の必要性からペレットの需給がタイトになると予測されるからである。したがって、今後も「高ピソライト鉱石比率・低設備投資・低変動費」焼結技術の開発が重要である。

一方、高炉では高微粉炭比・低燃料比操業が必至と言える。従来の「Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2% 近傍」の焼結鉱で微粉炭比200 kg/tの安定操業が可能か、否かによって「劣質鉱石」の評価基準が大きく変わる。高炉関係者とより一体となって取り組む必要がある。

未利用安価劣質鉱石ソースとして、豪州の高リンブロックマン鉱床がある。溶融還元プロセスの進展も見ながら、その活用法を検討する時期になったと考えられる。

## 2.5 焼結鉱製造効率化の技術

### 2.5.1 最近の焼結鉱生産と製造技術の動向

近年、焼結鉱の生産は、大型焼結機、機長延長焼結機への集約で生産効率が向上し、小型焼結機休止の合理化が一段と進められた(Fig. 2.14)。この間、焼結プロセスの機能向上も著しく、資源対応力、焼結均一化の技術力が高められた。結果として生産を高位に維持しつつ歩留向上、品質改善が促進された(Fig. 2.14)。一般に生産率と品質、歩留とは二律相反の関係にあるが、ここ数年の実績はこの関係を逆転させる画期的な成果である(Fig. 2.15)。この改善は焼成不良箇所の解消を目標とした均一焼結技術の開発によるが、他にシスター

ケーキの過粉砕防止、細粒焼結鉱の高炉使用などが総合的に結実したものである(Table 2.2)。

### 2.5.2 資源対応技術の進展

高炉微粉炭吹き込み安定操業を支える焼結鉱品質として、強度、還元粉化性(RDI)を安定維持しつつ、低シリカ(低スラグ)化、被還元性の改善が指向されている(Fig. 2.14)。一方、近年高品位ヘマタイト鉱山が枯渇の時期を迎え、資源は粒度の低下および褐鉄鉱石使用比率の増加へと徐々に劣化の方向にある。このような状況で最近の研究は難焼結性鉱石の使用工夫に重点がおかれ、特に高品位微粉鉱石、褐鉄鉱の使

Table 2.2. Improvements of sintering process technologies.

Item	Example of improvement
(1) Optimization of sintering in the sinter layers (Reduction in insufficiently sintered portion)	Development of pelletizing process, such as separate pelletizing, development of raw material charging method with intensified size segregation and avalanche prevention, practical application of firing control system, development of measures for improvement of permeability of sinter bed, strengthening of prevention of air leakage
(2) Prevention of excessive crushing of sinter cake	Optimization of gaps between crusher blade and receiving blade, and the speed of rotation of crushers
(3) Improvement of recovery rate of fine sinter	Blast-furnace operation which enables the use of sinter of finer sizes, technology for fine sinter sifting by the introduction of Morgensen sizer

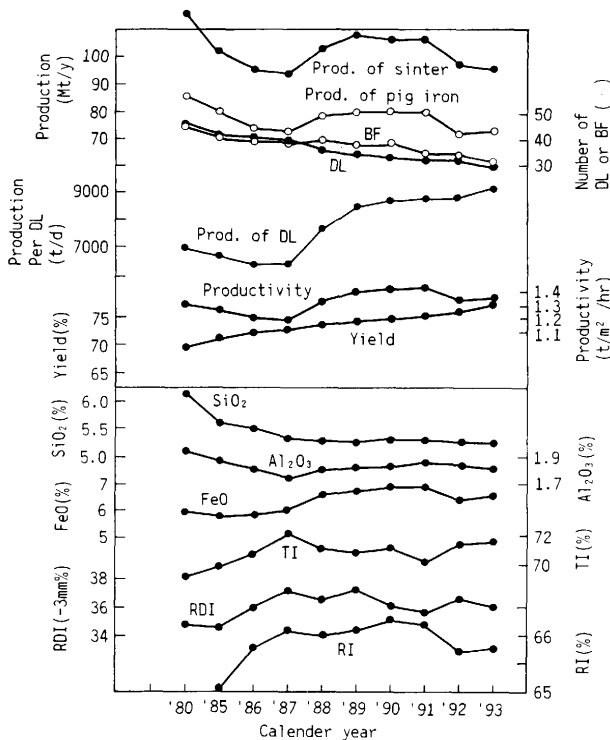


Fig. 2.14. Recent trend of the operation of sintering plant and blast furnace in Japan.

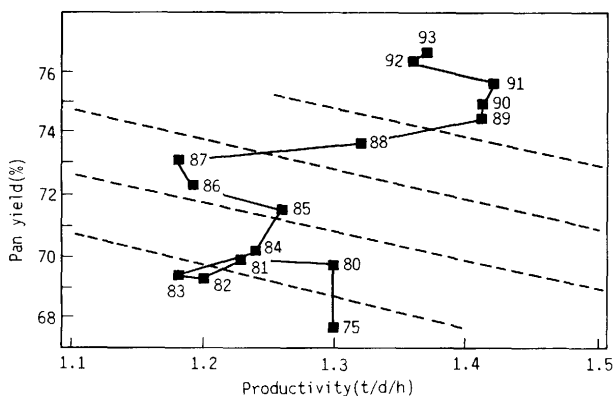


Fig. 2.15. Recent changes of the productivity and the yield of sintering plants in Japan. (Suffix: Calendar year)

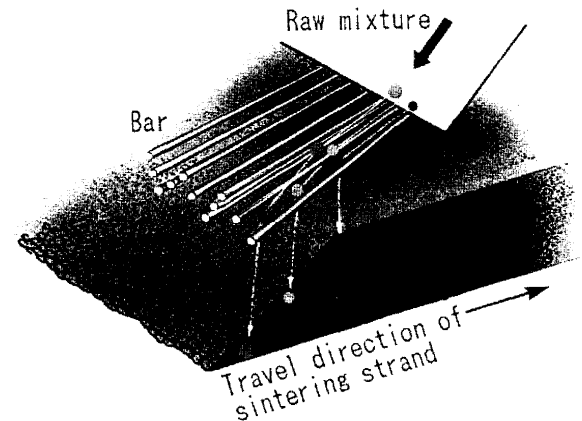


Fig. 2.16. Schematic of intensified sifting feeder and its mechanism.

ミキサーが導入され、造粒を強化し原料を選択的に造粒する方向で推進された。実用化例としては HPS 法 (Hybrid Pelletized Sinter process), 蛇紋岩-褐鉄鉱選択造粒による自己緻密化焼結法, 石灰分割添加法などがある。HPS 法は核鉄鉱石に生石灰をバインダーにしてペレットフィード (PF) を付着させ 5 mm 以上の造粒物をつくり, さらにコークスの表層被覆をし, 造粒物の表面を部分的に融着させて葡萄状の塊に焼結する方法である。この方法で生産を落とすことなく PF 60% まで使用可能とするとともに, 被還元性が向上し, コークス原単位が低減できた。蛇紋岩-褐鉄鉱の選択造粒法は褐鉄鉱の核粉に塩基度を調整しつつ蛇紋岩を付着, 造粒させ, 褐鉄鉱の安定使用を可能とした。

### 2.5.3 高歩留高生産率目的の焼成安定化技術

#### (1) 原料装入技術の進歩

近年, 原料装入技術に新しい展開がみられた。オイルショックを契機として, 焼結層表層部にコークスを濃集偏析させ歩留を改善する省エネルギー技術が開発され, 2 段装入技術を初めとして, 風力分級による SF 方式, スリットバー方式が実用化された。さらにシュート式の充填構造形成機能の障害要因として装入傾斜面での雪崩の影響が解明された。雪崩はすべり面に沿って粗粒と細粒のサンドイッチ型の粒度偏析構造を形成し, 層高方向の粒度偏析の形成を阻害するとともに不均一ガス流れ, 不均一焼結を誘引する。ナダレの影響を本質的に解消する新タイプの装入装置として整粒分散式

用技術改善の取り組みが活発である (Table 2.3)。プロセス技術としては, 従来のドラムミキサー主体であった造粒操作に付加する形でパンペレタイザーとか振動造粒機, アイリッヒ

Table 2.3. Advanced technologies for difficult-to-sinter iron ores.

Trend of resources	Technologies developed recently
Utilization of high-grade PF (low-silica, low-alumina ores)	Positive use PF: Pan pelletizer, vibration pelletizing machine, Eirich mixer
Increased use of limonite (ore with high alumina and high combined water)	Suppression of pore and crack formation due to combined water: Limonite on grate sintering, serpentine-limonite selective pelletizing Control of melting property of alumina content: Divided lime addition method, sintering with coarse limestone, fluidity control agent addition method, control of the formation of minerals depressing alumina affect Utilization of pelletizing characteristics: Prespraying Effect of excessively fusible ore particle size segregation: Segregation intensified type charging method

装入装置 ISF (Intensified Sifting Feeder) が開発された (Fig. 2.16)。ISF は原料の流下方向に連続的に拡大する篩目を備え、焼結層高方向に任意の大きさの粒度偏析が安定して形成でき、層内の焼成が均一化し歩留、品質が改善した。

(2) 焼成変動管理技術の向上

湿潤層の通気改善に対しては、予熱焼結法が一段と普及した。点火炉の小容量化による省エネ型着火も定着した。焼結層内の焼結の不均一性の解消には原料事前処理技術、原料装入方法の改善に負うところが大きい。焼成変動管理がますます強化されたことも寄与している。通気管理の基本としての漏風防止が強化され、またセンサー強化、AI、ファジーの

導入などでストランド方向、パレット幅方向の燃焼管理システムが一段と高められた。

2.5.4 環境改善への取り組み

環境対応力は安定稼働、経済競争力の観点からのプロセス存立の課題となってきた。電気集塵機では移動電極法が、さらに脱硫脱硝の面では水酸化マグネシウム方式、活性炭法などの新技術が実用化され高性能化コンパクト化が進んだ。また排ガス循環焼結技術が集塵機老朽更新、排ガス処理の合理化の観点からも注目されおされている。

2.6 装入物分布制御技術と高炉操業の高精細化

高炉内半径方向の状態分布は、操業の安定性・効率性に大きく関わり、高炉層頂における装入原料の半径方向分布の制御は炉内状態分布を操作する上の最大の手段である。このため、装入物分布挙動の把握とその制御に関し、従来より研究および技術開発が続けられてきたが、最近 10 年間で、その制御技術はハード、ソフト両面において大きな進展を遂げている。

2.6.1 ベルレス方式による装入物分布制御技術

高炉装入系の形式は、ベル-アーマ型とベルレス型とに大別できる。ベルレス方式による装入は、装入原料の炉内落下位置を連続的に操作できる点にベル-アーマ型との大きな差異があり、装入物分布制御上の自由度の高さから、最近 10 年間に火入れした高炉のうち 15 基が同形式を採用、全稼働

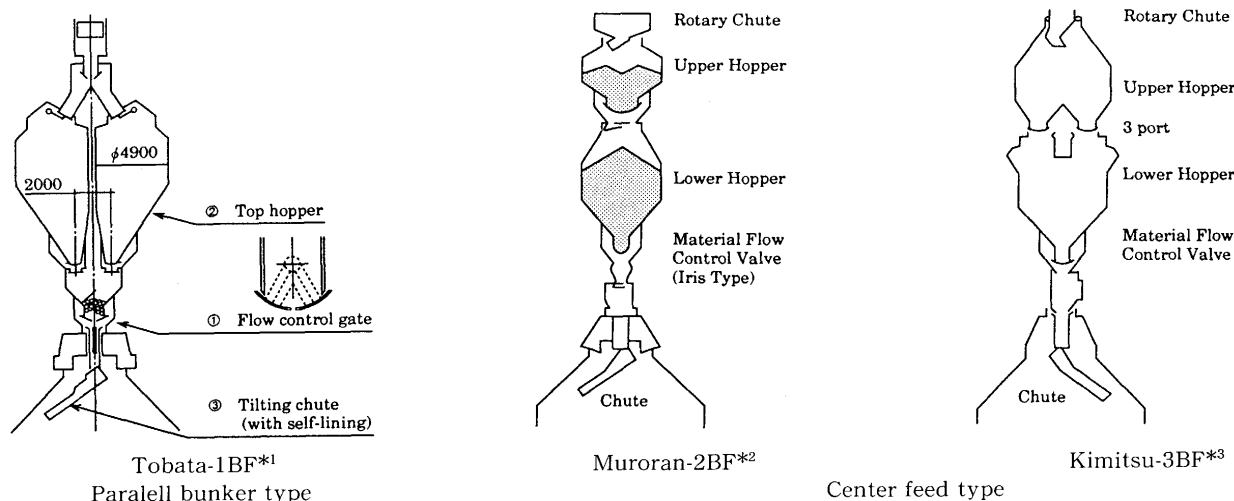


Fig. 2.17. Equipment of bell-less top. (\*1Tetsu-to-Hagané, 72 (1986), p. S917; \*2Seitetsu Kenkyu, (1987), No. 325, p. 14; \*3Tetsu-to-Hagané, 72 (1986), p. S916)