

戸畑第3焼結機における主排ガス循環の適用

Application of Exhaust Gas Recirculation System to Tobata No.3 Sinter Plant

池 原 眞 也 *⁽¹⁾ 久 保 進 *⁽²⁾ 寺 田 雄 一 *⁽³⁾ 桜 木 準 一 *⁽⁴⁾
Shinya IKEHARA Susumu KUBO Yuichi TERADA Junichi SAKURAGI

抄 録

戸畑第3焼結機では、17年間運転していた主排ガス用電気集塵機の老朽化が著しく集塵性能の低下が見られ、電気集塵機の更新が必要となった。そこで、将来の環境規制強化の動向及び省エネルギーの促進を考え、処理すべき排ガス量を大幅に削減し、かつ焼結焼成エネルギーが削減できる主排ガス循環技術を1992年10月に適用した。その結果、焼結の生産性及び品質に大きな影響もなく、焼結ベッド排ガスの25%を循環し、煙突からの排出ガスを循環相当量削減することに成功した。この排ガス量の削減により循環相当量の集塵能力が不要となり、電気集塵機1基を休止することが可能となった。

Abstract

The 17 years running electric dust collector for main exhaust gas from No.3 sintering machine in Tobata Works of Nippon Steel has malfunctioned considerably in its dust collecting efficiency on account of deterioration, resulting in needing its replacement. Therefore, with due regard to the trend of both tightening of environmental control and encouraging of energy conservation, an exhaust gas recirculating technology was applied to the new dust collector in October 1992 which can reduce sharply in both an amount of exhaust gas to be treated and baking energy for sintering. As a result, it has been attained that 25% of the exhaust gas from sintering beds is circulated and the amount of exhaust gas from chimney is reduced without exerting any great influence on both sintering productivity and product quality.

1. 緒 言

焼結プロセスは、生産性向上・歩留向上・省エネルギー・省力化・環境対策・資源リサイクル等さまざまな必要性に対応してきた。また、高炉の主原料としての役割りを担うために品質とコストの優位性を常に発揮してきた。加えて、焼結鉱は、他の高炉装入物と比較すると被還元性が高く、また高炉での装入物分布の制御性に優れており、高炉操業にとって優れた装入物である。今後も、焼結鉱製造技術の向上による品質制御とコスト低減を行うことが重要である。

一方、焼結プロセスを取り巻く環境規制は、将来更に厳しくなることが予測されている。新日本製鐵八幡製鐵所の戸畑第3焼結機においては、ダスト・SO_x・NO_xの規制値に対して表1に示すような実績値で推移しているが、将来は更に規制が強化されることが予測されている。特に、排ガス中のダスト及びNO_xについては、大規模な設備対策が必要となるであろう。そこで、焼結プロセスの競争力を低下させることなく、今後厳しくなるであろう環境規制に対応していくためには、対策の根底となる処理すべき排ガス量を大幅に低減させることが不可欠である。

本報告は、将来の環境対策にも大きな成果が期待できる技術、すなわち排ガス量を大幅に削減することができる主排ガス循環技術を八幡製鐵所で操業中の戸畑第3焼結機に適用したので、その設備概要とその特徴及び操業改善実績について報告するものである。

2. 主排ガス循環技術を導入した経緯

戸畑第3焼結機では、17年間運転してきた主排ガス用電気集塵機の老朽化が著しく集塵性能の低下がみられ、図1に示す低温排ガス側電気集塵機(EP(A)(B))の更新が必要となった。そこで、将来の地球的規模の環境規制強化の動向及び省エネルギーの促進を考え、図2に示すような考え方で主排ガス循環技術を適用することとした。すなわち、従来からの方案である増CO₂と増コストにつながる環境対策設備の新設は実施せず、集塵機一基相当分(300kNm³/h)の排ガス量を削減できる主排ガス循環技術を導入することとした。

これは、今日的には、環境対策設備の能力に余力が発生し、電気集塵機を1基休止することが可能となり環境対策設備の縮小化を推進したことになる。将来的には、環境規制が強化されたときの設備投資を対策要素ごとに最小限に抑えることができることを意味している。また、有効排ガスの再利用は、結果として要処理物質の濃縮

*⁽¹⁾ 八幡製鐵所 製鉄部 掛長

*⁽²⁾ 技術総括部 担当部長

*⁽³⁾ 八幡製鐵所 製鉄部長

*⁽⁴⁾ 八幡製鐵所 製鉄部 コークス工場長

表 1 戸畑第3焼結機に対する環境規則の予測

		Actual values	Regulatory values (reported values)	
		Nonrecirculation (Oct. 1991 - Sep. 1992)	At present (when the desulfurizer is in operation)	Prediction of future
Characteristics of exhaust gas from stack	Amount of exhaust gas (Nm ³ /h)	925×10 ³	Max 1195×10 ³ Normal 878×10 ³	
	Dust			
	Concentration mg/Nm ³	50	Max 100 Normal 50	Invisibility
	Amount emitted kg/h	46	< 83	< 5 ~ 10mg/Nm ³
	SO _x			
	Concentration ppm	9	Max 104 Normal 102	
	Amount emitted Nm ³ /h	8	Max 124 Normal 89 Environmental tax system	
	NO _x			
	Concentration ppm	190	Max 260 Normal 210	The regulatory value for steelworks situ- ated near cities
	Amount emitted Nm ³ /h	(at: O ₂ =15%)	< 311 ⇒ ex. Max < 190 ppm	

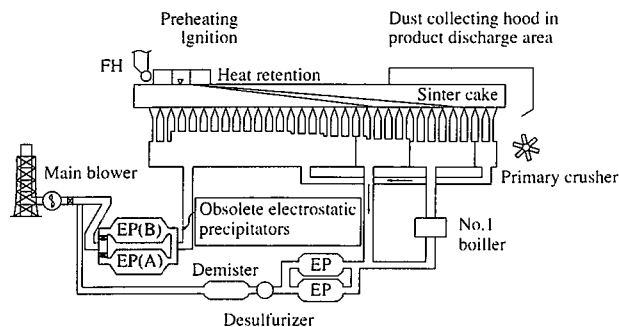


図 1 主排ガス循環前の主排気系のレイアウト

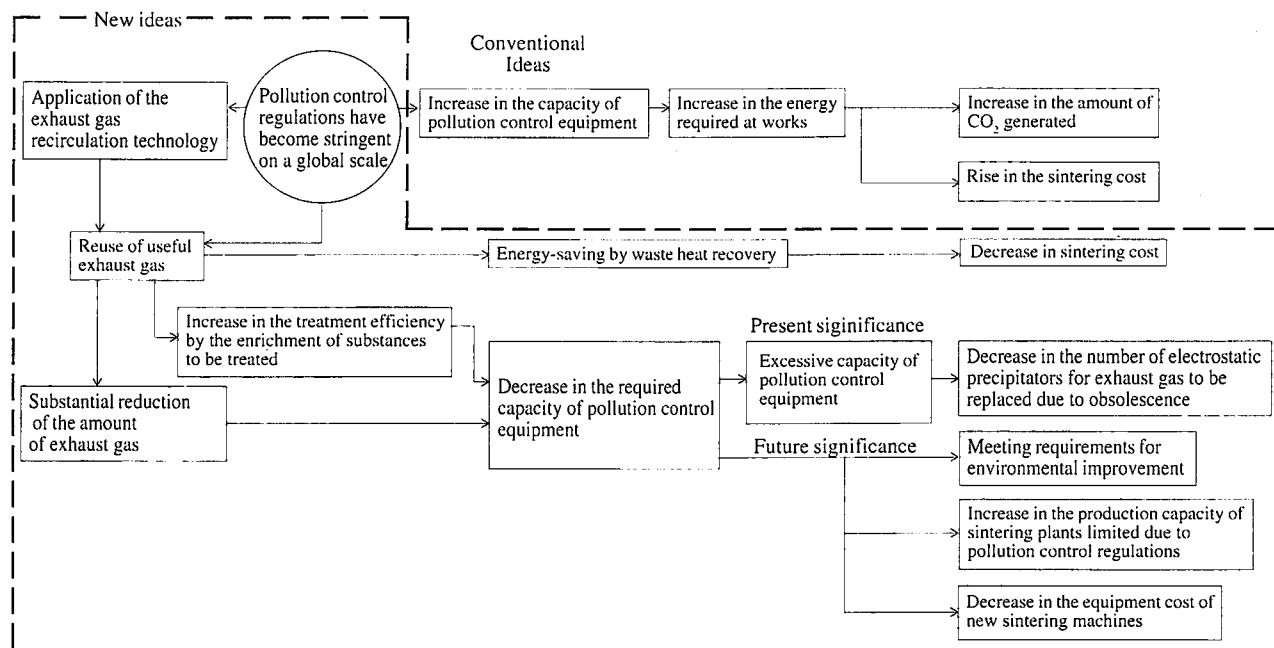


図 2 主排ガス循環技術を適用するに当たっての基本的考え方

化を促進させ、除塵・脱硫・脱硝等の処理効率の向上が期待できる。更に排ガス顕熱の再利用は焼結鉱の焼成に有効に作用し、省エネルギーにも寄与できるものである。従って、今後更に厳しくなるであろう環境規制を考えた場合、主排ガス循環技術は、極めて重要な技術として位置づけることができる。本工事は、循環フードの設置・循環ガスダクトのつなぎ込み・メインダクトの仕切り等長時間を要する工事となることが予想されたため1992年10月に実施された焼結機の大修繕時に同調して導入することとした。

3. 戸畑第3焼結機における高主排ガス循環技術の特徴

3.1 主排ガス循環設備導入前の主排ガス系統の特徴

主排ガスは、図1に示すように吸引面積480m²全体を1台の主排

風機約1000kNm³/hで吸引されている。これは、脱硫設備の投資を抑制するために低SO_x(低温)と高SO_x(高温)濃度のガスを6:4に2分割吸引されており、高SO_xラインには脱硫設備を装備している。また、吸引面積の内の26m²は、配合原料に着火する前に原料の予熱(熱源は、クーラー排熱を利用)をするために予熱炉を装備しており、生産性の向上・省エネルギーに寄与している。

3.2 主排ガス再使用(循環化)方法の考え方

戸畑第3焼結機における焼結進行方向の排ガス特性の変化を図3に示す。このデータは、ウィンドボックスの下部のウィンドレグ部で測定されたものであり、代表的なパターンを示している。特徴として、焼結ストランド中間部に比較して、原料の予熱に利用された先端部の排ガスは、高酸素・低水分であり、後端部の排ガスは、

高温・高酸素・低水分である。従って、焼結ストランド中間部の排ガスは、先端部・後端部と比較して相対的に低温・低酸素・高水分であり、生産性維持の観点から再使用ガスとして不適切であることが分かる。そこで、再使用するガスすなわち循環ガスの範囲を決定するために、次の3点を考慮した。一つは、循環ガス中の酸素濃度であり、二つめは、循環ガス中水分である。三つめの条件としては、電気集塵機の酸腐食に深い関係を持つ排ガス温度制約である。

まず、生産性に影響を与えない焼結ベッド吸引ガスの1、2点目の条件を明らかにすべく、吸引ガス中の酸素濃度を变化させた60kgの鍋試験を行った。テスト結果を図4に示す。この図から分かるように吸引ガス中酸素は16%以上、水分は10%以下の範囲であれば、焼結の生産性を表す焼成時間は、ほとんど変化ないことが分かった。また、3点目については、排ガス中 SO_x の濃度に応じて酸腐食限界温度が異なるため、テストピースを用いた実機テストを行い明らかにした。その結果、集塵機入口部の温度を低 SO_x ラインで100℃、高 SO_x ラインで120℃を確保しなければならないことが分かった。

以上のような制約条件の範囲で排ガスの最大限の再使用を目的としたシミュレーションを行ったところストランド先端部で5%、後端部で20%、合計25%の循環が可能であることが明らかとなった。これは、原料予熱炉部分に対応したストランド先端部と焼成後端部の未利用酸素と低水分排ガスを最大限活用したことによるものである。その結果、循環ガス中の酸素で19.8%、水分で3.6% (冬場) ~ 4.4% (夏場) となり問題ないが、集塵機で処理される排ガス温度は、集塵機入口で105~125℃と制約温度レベルとなり、この温度が循環率25%を決める制約条件となった。

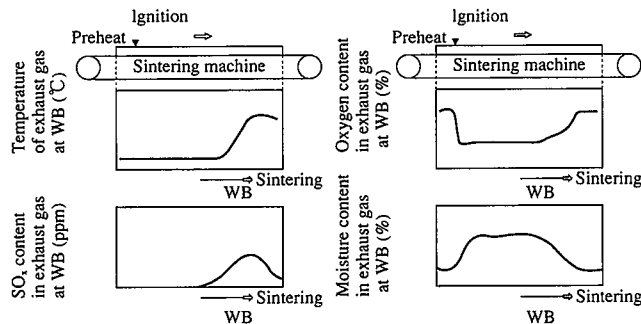


図3 焼結機ストランド方向における排ガス特性の変化

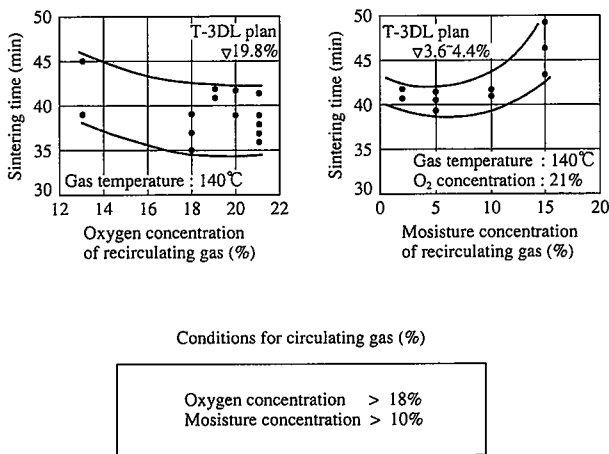


図4 生産性を維持するための循環ガス条件(鍋試験結果)

3.3 主排ガス循環設備の概要

主排ガス循環設備導入後の主排気系のレイアウトを図5に示す。ストランド先端部及び後端部の循環系には、各々90kNm³/h (以下B1系統という)と200kNm³/h (以下B2系統という)の循環ブローと、その容量とダスト性状に見合った除塵機を設置した。各々のベッド上の吸引位置については、相対的に高温となっているストランド後端部は、その顕熱を焼結の焼成エネルギーに利用すべく、点火後の前半部に吸引させることとした。低温のストランド先端部の予熱後の排ガスは、ストランド中央部に吸引させることとした。また、焼結ストランド上部には、循環ガスを吸引するための循環フードを設置した。既設のメインダクト系では、排ガスの吸引範囲、つまり、高温・高 SO_x ライン負荷を400kNm³/h一定とした上で、低温・低 SO_x ラインへの負荷を600kNm³/hから300kNm³/hに変えるべく、メインダクト内の仕切板の位置変更も併せて実施した。主排風機系については、所要吸引風量が低下するため、主排風機のランナーを1000kNm³/hから740kNm³/h能力のランナーに小型化し、不要となった電気集塵機300kNm³/h能力相当分を休止した。

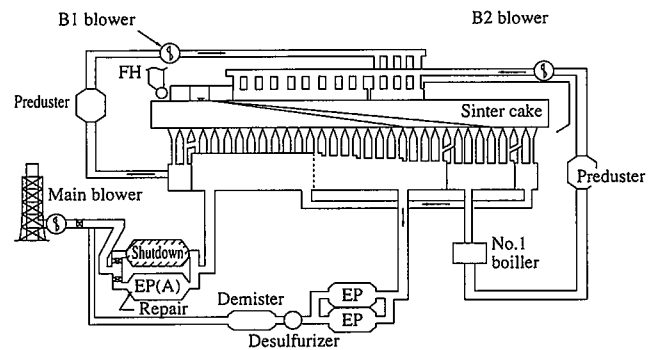


図5 主排ガス循環後の主排気系のレイアウト

以上のことから、戸畑第3 焼結機に導入された主排ガス循環設備の特徴を整理すると以下の2点に絞ることができる。

- (1) 原料予熱部分に対応したストランド先端部と焼成後端部の未利用の酸素を最大限活用し、排ガス循環率を25%まで高めた。
- (2) 4分割吸引による高効率排ガス処理システムを実施した。

4. 主排ガス循環前後の操業実績比較

4.1 焼結進行における排ガス性状の変化

4.1.1 排ガス温度

焼成中の各ウィンドレグごとの排ガス温度の変化は、図6に示す

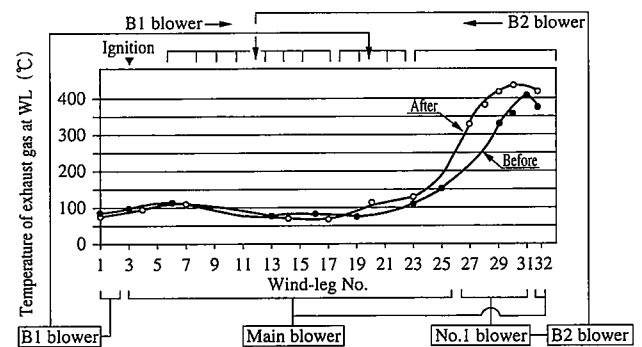


図6 主排ガス循環前後におけるストランド方向の温度分布

ように主排ガス循環前後で変化している。特に、焼成後半部で排ガス温度が上昇し、かつ高温の範囲が広がる傾向を示している。これは焼成の前半部に吸引されるB2系の循環ガスが約170℃あり、この顕熱によって赤熱層の冷却速度が遅くなりベッド下層部が蓄熱傾向になったためと考えられる。この現象は、シンターケーキの高温保持時間が長くなったことをあらわしており、焼結鉱の冷間強度(SI)の上昇に貢献したものと考えている。

4.1.2 水分

焼結進行方向に沿って排出される主排ガス循環前後の水分の測定した結果を図7に示す。循環前のベースデータの一部に若干のばらつきが見られるが、循環後は予想通りの状態を示している。すなわち、焼結ベッドへの吸引ガス中の水分が相対的に高くなる循環後でも、水分の排出パターンが循環前の操業と比較して大きな違いがあらわれていないことから、循環することによるB2系の循環ガスの水分濃縮は発生していないことが分かる。その結果、B1系の水分は3.6%、B2系の水分は2.4%程度となっていた。従って、本方式の主排ガス循環の操業の範囲では、水分の影響はほとんどないものと考えられる。

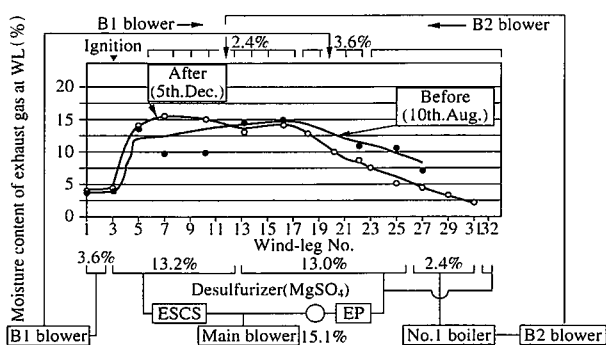


図7 主排ガス循環前後におけるストランド方向の水分分布

4.1.3 SO_x

焼結の進行に対応した焼結ベッドからのSO_x排出パターンの循環前後の実績を図8に示す。この排出パターンの基本的な傾向は、吸引ガス中に含まれるSO_xが焼結ベッドを通過する際、ベッド内の赤熱帯及び乾燥帯に蓄積され、その後、焼成の進行とともに下層付近に到達したとき、SO_xの排出が開始されるために起こる現象と考えられる。また、主排ガスの循環化によって、排出開始の位置は3～5ウィンドボックス相当前方となりSO_x濃度の最大値が上昇する現象が起り、SO_xの集中排出する傾向となることが明らかになった。結果として、B2系に吸引されるNo26～31ウィンドレグ部のSO_x

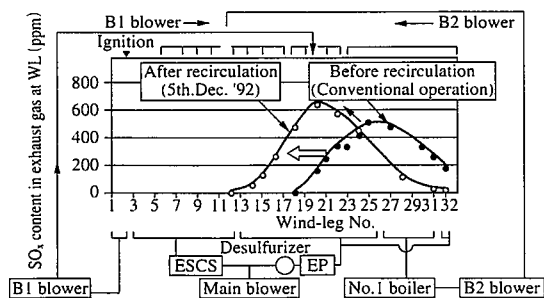


図8 主排ガス循環前後におけるストランド方向のSO_x分布

濃度は相対的に低下し、排ガス温度確保のためにメインブロー側へ吸引されている最後端のNo32ウィンドレグ部のSO_x濃度も低下する傾向を示している。主排ガス循環後のこのようなSO_x集中排出化現象は、部分脱硫を実施している戸畑第3焼結機にとって、設備投資を全く行わずに煙突からの排出SO_xを低下させ総合脱硫率の向上に寄与したと考えられる。

4.2 焼結操業の変化

4.2.1 焼成エネルギーと品質

主排ガス循環設備を導入した大修繕前後の操業推移を図9に示

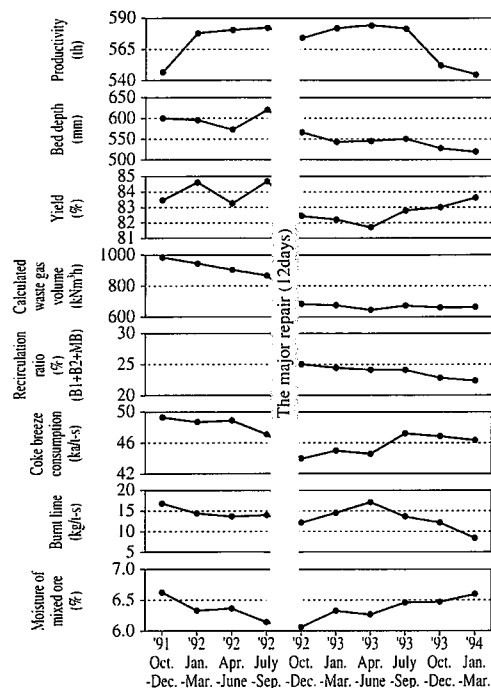


図9(a) 操業推移

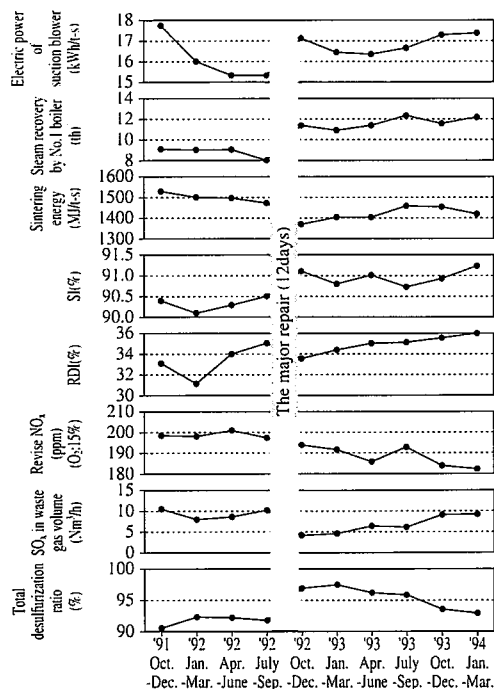


図9(b) 操業推移

す。大修繕後、循環率(循環風量/ベッド通過風量)は25%で推移しており、高炉所要に見合った生産性に支障なく順調に操業を継続している。煙突からの排出ガス量は、循環率相当のガス量が低下し、電気集塵機1基の休止が可能となった。

主排ガス循環技術の導入前後の変化を比較整理したものを表2に示す。焼結鉱を焼成するためのエネルギーは、約1 500MJ/t-sから1 400MJ/t-sレベルまで低下することができた。また焼結鉱の焼成に間接的に関係している消費電力と回収蒸気を加えた焼結消費エネルギーと比較しても1 662MJ/t-sを1 570MJ/t-sレベルまで低下することができた。

4.2.2 焼結品質

焼結鉱の品質については、循環ガス顕熱の効果で、シンターケーキの上層部の高温保持時間が長くなり、S Iは0.5程度の向上を図ることができた。一方、R D Iは大きな変化は見られなかった。

4.2.3 歩留

主排ガス循環前後における各層厚部位ごとの歩留分布を図10に示

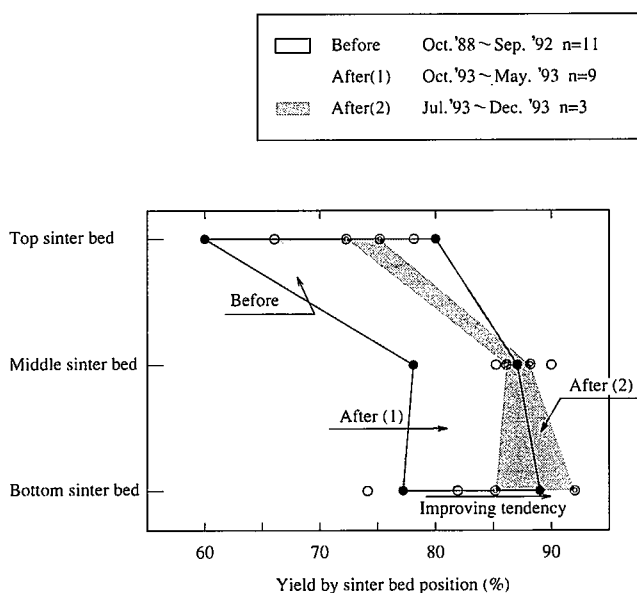


図10 主排ガス循環前後における焼結ベッド方向の歩留分布

す。主排ガス循環技術の導入直後は、ベッド中層の歩留が上昇傾向となったが、下層部の歩留が低下傾向となった。このときの層厚方向の気孔率分布を図11に示す。主排ガス循環前後において、+5mm気孔率分布は上中層では余り変化がないが、下層部では、気孔率が約20%程度低下している。この原因として、湿潤層内の過剰凝縮対策として実施していた低水分配合原料による造粒性の低下にあると考えられる。一方、主排ガス循環後の湿潤層中の水分凝縮は約1%の増加に留まっており、湿潤層内の異常な水分凝縮は発生していないことが確認された。そこで、配合原料の造粒を促進すべく、配合原料の水分を循環前の水分レベルまで戻すこととした。その結果、図12に示すようにベッドの通気性が改善し、下層部の歩留も上昇し、成品歩留も改善した。

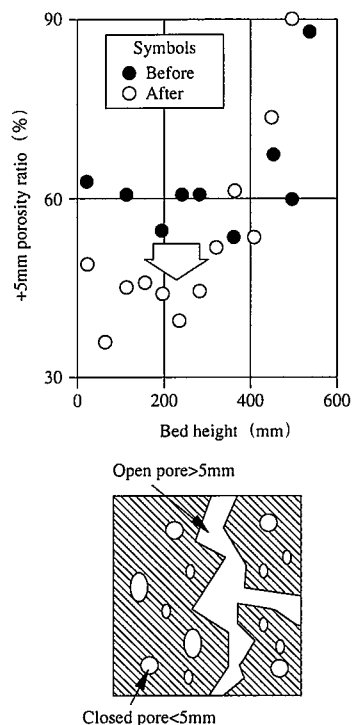


図11 焼結ベッド方向における気孔率分布

表2 主排ガス循環導入前後の操業実績比較

			Actual improvement		Improvement ratio %
			Non recirculation ope. ('91. Oct.-'92. Sep.)	Recirculation ope. ('92. Oct.-'93. Jun.)	
Characteristics of exhaust gas from stack	Amount of exhaust gas (Nm ³ /h)		925×10 ³	665×10 ³	▽28
	Dust	Concentration mg/Nm ³	50	30	▽56
		Amount emitted kg/h	46	20	
	SO _x	Concentration ppm	9	5	▽63
		Amount emitted Nm ³ /h	8	3	
	NO _x	Concentration ppm (at:O ₂ =15%)	199	190	▽3
		Amount emitted Nm ³ /h (at:O ₂ =act)	179	173	
Energy saving (MJ/t-s)	Sintering energy		1 498	1 400	▽7
	Consumption energy		1 662	1 570	▽6

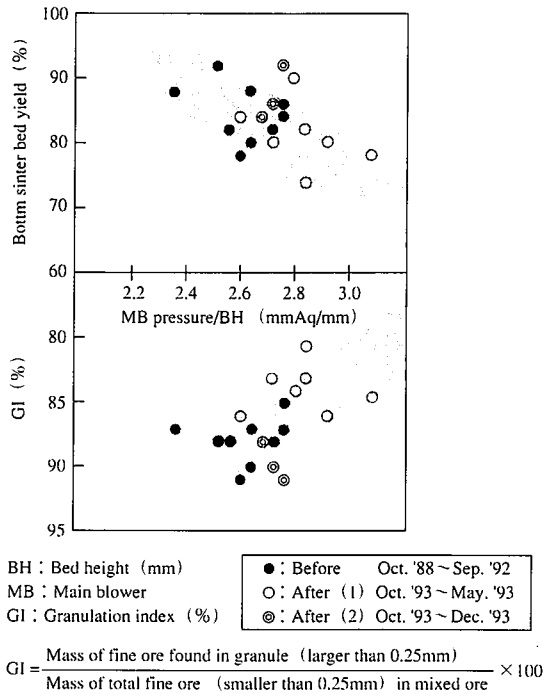


図 12 焼結ベッドの通気性と歩留との関係

5. 結 言

戸畑第3 焼結機における主排ガス循環操業の主な効果を、以下に整理した。

- 1) 本方式で、25～28%の循環率に見合う排ガス量(煙突からの排ガス量)の削減が可能である。
- 2) 煙突から排出されるダストと SO_x が大幅に改善された。
- 3) 焼結鉱の冷間強度が向上した。
- 4) 焼結焼成エネルギーが低減された。
- 5) 成品歩留の向上の観点から、ベッド下層部の通気性の確保は極めて重要であり、配合原料の造粒性に起因するところが大きい。