

## 神戸 3 高炉における微粉炭多量吹込み操業

## No. 3 Blast Furnace Operation with High Coal Injection Rate at Kobe Works

(株)神戸製鋼所 神戸製鉄所 矢場田 武・星野 剛一\*・吉田 康夫  
石脇 史郎・北山 修二

## 1. 緒 言

神戸 3 高炉(内容積 $1845\text{m}^3$ )では、微粉炭比  $100\text{kg/t}$ 以上の操業を42ヶ月間継続した実績を基に、'90年4月、微粉炭設備の増強を行い、微粉炭多量吹込み操業への移行を開始した。この結果、'91年6月には、当初の目標であった微粉炭比(以下PC比)<sup>1)</sup> $180\text{kg/t}$ を上回り、月間平均値で $182\text{kg/t}$ の日本新記録を達成し、その後も順調にPC比  $180\text{kg/t}$ レベルの操業を継続している。本報では、PC比  $180\text{kg/t}$ 操業の実績ならびに炉内現象変化について報告する。

## 2. PC多量吹込み操業の考え方

Fig. 1 に対策の思考フローを示す。

当所では、高出鉄比( $2.2\sim 2.3\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ )の安定維持を前提にしたPC多量吹込み操業を達成するため、熱損失の低減と炉内圧力損失の上昇抑制を主眼に以下の対策を実施した。

- ① 装入物分布制御による周辺ガス流の適正化
- ② 酸素富化率増による熱流比の改善
- ③ コークス強度の適正化による炉芯の活性化

## 3. 操業実績

Fig. 2 にPCの増大を開始した '90年4月から '91年11月までの操業実績推移を示す。出鉄比  $2.2\sim 2.3\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ レベルを確保しながらPC比を順次増大し、'91年6月以降  $180\text{kg/t}$ 以上を安定して吹込んでいる。衝風条件については、羽口先燃焼温度低下を抑制するため送風温度を設備上限である  $1200^\circ\text{C}$ に維持する一方、送風湿度を順次低減した。また、'90年12月から酸素富化率を段階的に  $1.8\%$ から $3.0\%$ まで増加させた。この結果、羽口先燃焼温度は  $2130^\circ\text{C}$ 程度を確保できた。

## 3.1 装入物分布制御の考え方と実績

高Ore/Coke操業では、周辺ガス流を抑制し炉体からの熱損失を低減するため、および低圧損型融着帯(逆V型)に制御するためには、主に周辺部のOre/Cokeを増大させることが有効であるという研究結果<sup>2) 3)</sup>に基づき、周辺部でのOre/Cokeを増大させる分布調整を指向してきた。Fig. 3 はPC比を増大する過程でのコークス堆積形状の変化を示す。またFig. 4 はそれに対応した鉱石の層厚比分布(LO/LO+LC)変化を示す。

Fig. 3 に示すように、従来のPC比  $100\text{kg/t}$ レベルにおけるコークス堆積形状は、周辺部

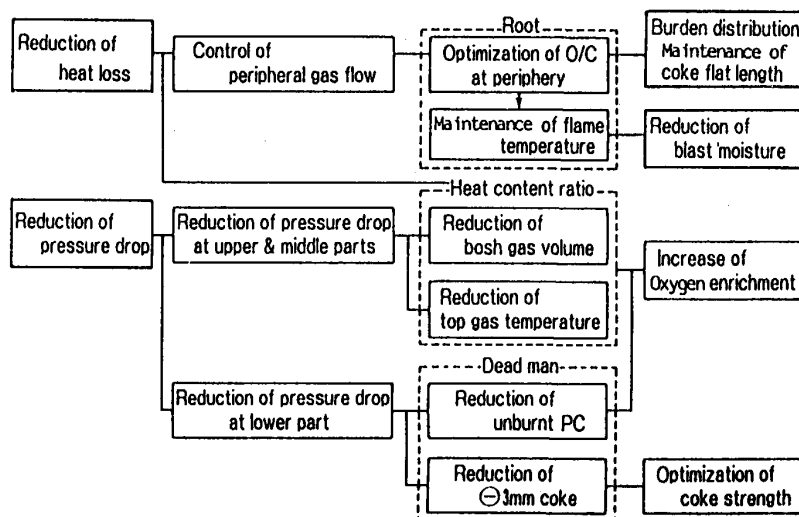


Fig.1 Countermeasures for the technical problems of high PC rate

にフラット部のあるFV型をしており、周辺部に安定した鉱石層を確保することができた。したがって、鉱石の装入位置を調整するだけで周辺部のOre/Cokeを容易に調整することができた。しかしPC比が増大し、1チャージ当り装入するコークス量が減少してきたPC比160kg/t以上ではコークス堆積形状がV型化しFig.4に示すように周辺部のOre/Cokeが大きく低下する現象が生じ吹抜け、スリップ多発等の炉況悪化を招いた。そこで、対策としてコークスの装入位置調整を取り入れ、コークス堆積形状のフラット部確保を指向した結果、約1000mmの長いフラット部長さを確保でき、PC比180kg/tレベルでも安定した装入物分布を得ることが可能になった。またガス流分布についてもFig.5に示すように、PC比レベルに対応して順次周辺流を抑制し、PC比160kg/tレベルでは、一時的に装入物分布のV型化(図中③)によって周辺流過多となったが、その後の装入物分布改善によってPC比180kg/tレベル(図中④)ではPC比100kg/tレベル(図中①)に比べ大幅に周辺流を抑制することによって、安定した炉況が得られた。

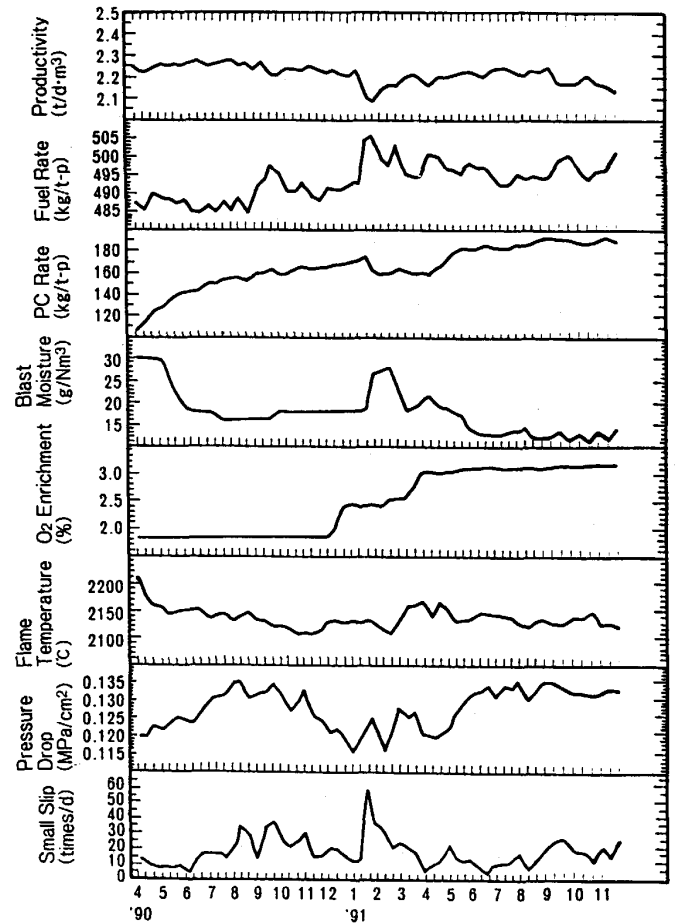


Fig.2 Operation results of Kobe No.3BF

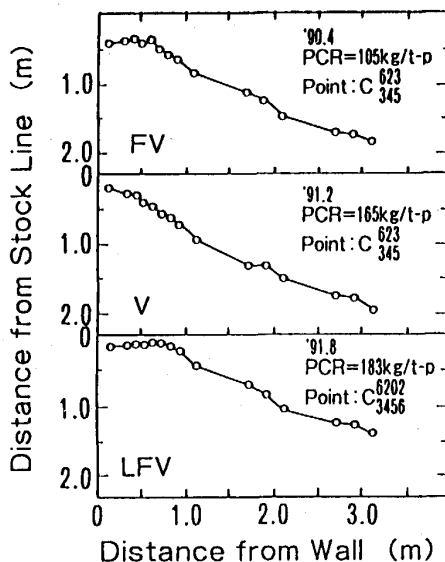


Fig.3 Change of coke burden distribution

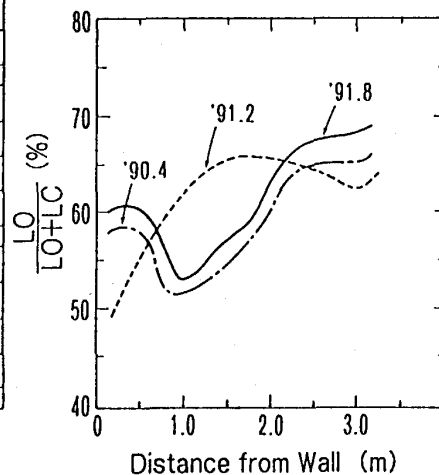


Fig.4 Change of Lo/Lo+Lc

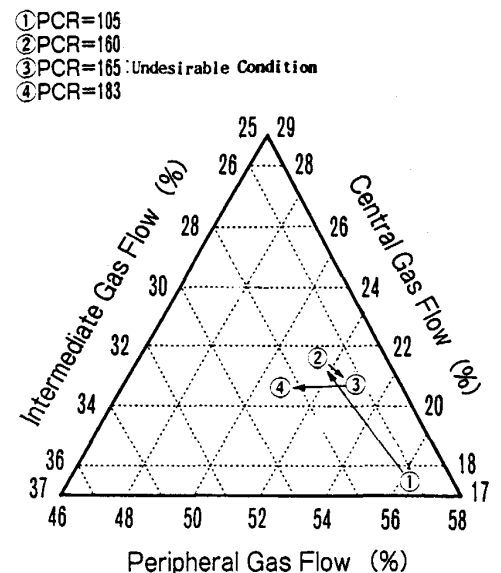


Fig.5 Change of gas flow distribution at throat

### 3.2 酸素富化率増の効果

PC多量吹込みにともなう熱損失増および圧力損失上昇の対策として、酸素富化率を段階的に増大した。Fig.6はPC比と炉頂ガス温度の関係を示す。PC比約60kg/tの増量に対して炉頂ガス温度は約40℃上昇し、PC比160kg/t以上で、設備的上限であると考えている。

200℃レベルに達した。しかし酸素富化率の増大により、炉頂温度の低減が図れた。

次に、炉内圧力損失におよぼす酸素富化率の効果について、Fig. 7に示す。PC比 160kg/tレベルまではPC比の増大とともに炉内圧力損失は増加し主に上部および下部での増加が顕著であった。またPC比 160kg/t以上では酸素富化率増大により、各部位とも圧力損失増加は緩和された。中でも炉下部の改善効果が大きく、これはボッシュガス量の減少が寄与したものと考えている。

Fig. 8は垂直水平ゾンデで測定した炉内温度分布の変化を示す。PC比の増大により900℃の等温線は炉腹からシャフト中部まで上昇する結果となったが、酸素富化率の増大によってPC比を増大したにもかかわらず900℃の等温線をシャフト下部まで低下させることができた。この結果、炉頂ガス温度の上昇抑制および炉上部圧力損失の低減が図れたものと考えている。

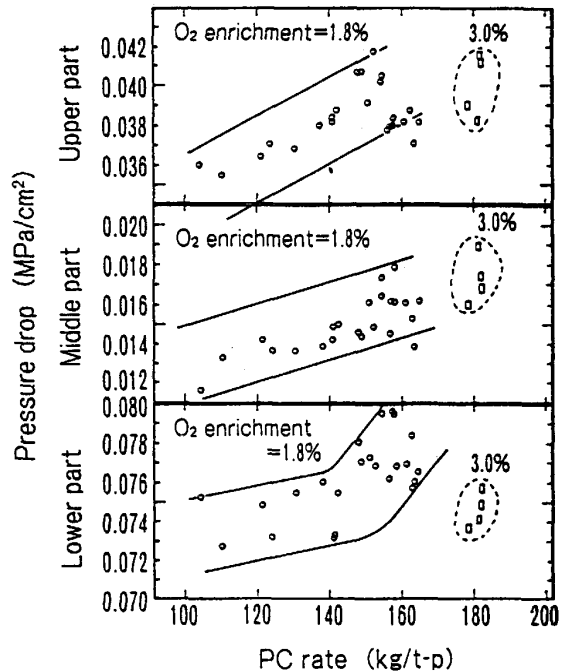


Fig.7 Relation between PC rate and pressure drop

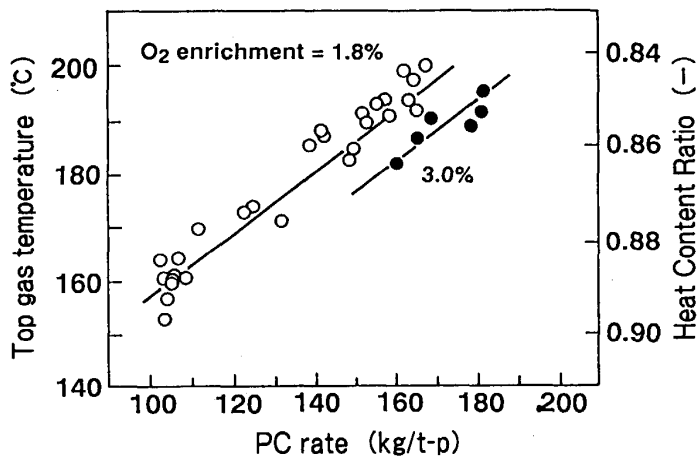


Fig.6 Relation between PC rate and top gas temperature

### 3.3 炉芯コークス粉率と炉況

Fig. 9は、予定休風時に採取した炉芯コークス粉率分布の変化を示す。PC比増大とともに炉芯粉率は大幅に増加している。これは、炉内コークス量が減少しコークスが受け持つソリューションロス反応量が増加したことと、レースウェイ内でのコークス滞留時間が増加したためと考えている。そこでコークス強度(DI15)を81.5%から82.0%に上昇させた結果、炉芯コークス粉率を大きく低減することができ、炉芯の活性状態を確保することができた。

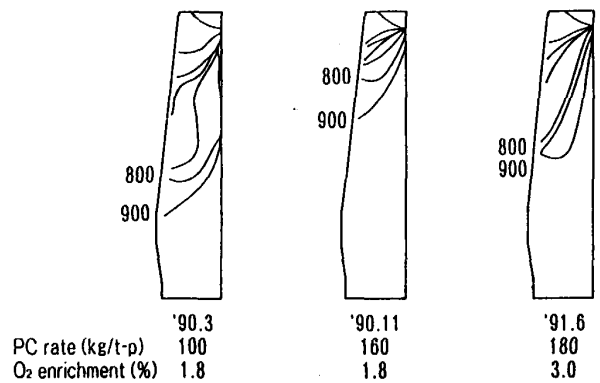


Fig.8 Change of temperature distribution

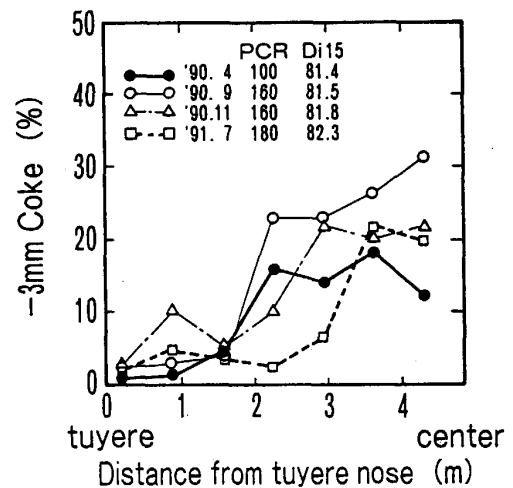


Fig.9 Radial distribution of amount of -3mm coke at tuyere level

## 4. 置換率推移

Fig. 10にPC比と熱収支第3法によって計算したそれぞれの出熱量との関係を示す。炉頂ガス顕熱はPC比150kg/tレベルまで急激に増加し、PC比150kg/t以上では酸素富化率を増加することによって減少した。熱損失はPC比150kg/tまでは周辺流抑制の装入物分布調整を実施したことによって減少し、PC比160kg/tレベルに達した時点からは装入物分布の乱れから急激に増加した。しかし、PC比を160kg/tから180kg/tに増大する過程では、装入物分布調整によって対応した結果、減少傾向を示している。湿分の分解熱については送風湿分を減少させたため大幅に減少した。ソリューションロス反応熱は徐々に減少し、PC比165kg/t以上で急激に減少した。これはFig. 11にPC比増量時の間接還元率、水素還元率、直接還元率の変化を示しているが、PC比の増大とともに、間接還元率が増加して直接還元率が減少し、さらに、酸素富化率の増加時には間接還元率と水素還元率の両方が増加して直接還元率が大幅に減少したため、酸素富化率の増によってボッシュガス中のCOガス、H<sub>2</sub>ガス分圧が増大したことに起因するものと推定している。

以上の結果、Fig. 12に示すとおり、PC比180kg/tでは、置換率0.95から1.0と高いレベルを維持できている。

## 5. 結 言

神戸3高炉では、高出鉄比を維持しながらPC比180kg/tの操業技術を確立した。今後は、さらにガス流分布制御に努め、PC比200kg/t達成に挑戦していく所存である。

## 参考文献

- 1) 大鈴 克二ほか; 材料とプロセス, Vol.4(1991), P100
- 2) 木村 吉雄ほか; 材料とプロセス, Vol.3(1991), P80
- 3) 矢場田 武ほか; R & D 神戸製鋼技報, Vol.41, No.4(1991), P16

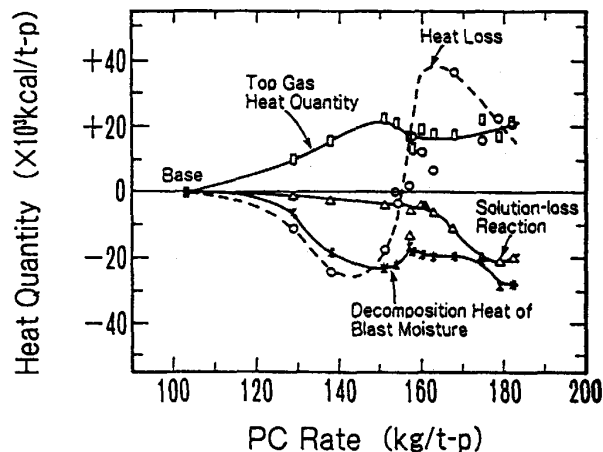


Fig.10 Change of heat quantity according to increase of PC rate

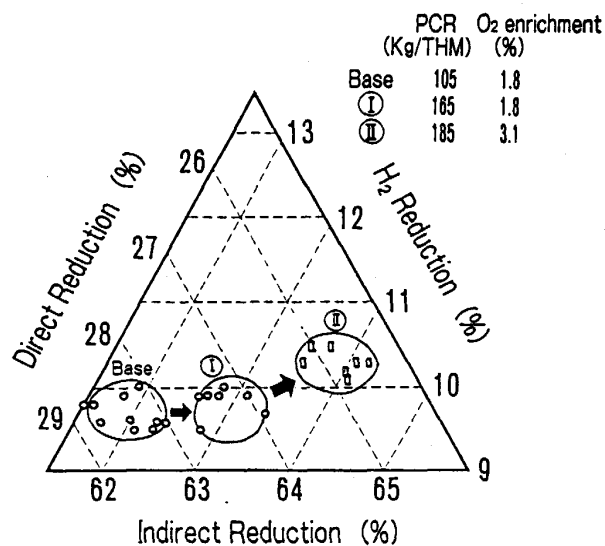


Fig.11 Change of reduction balance

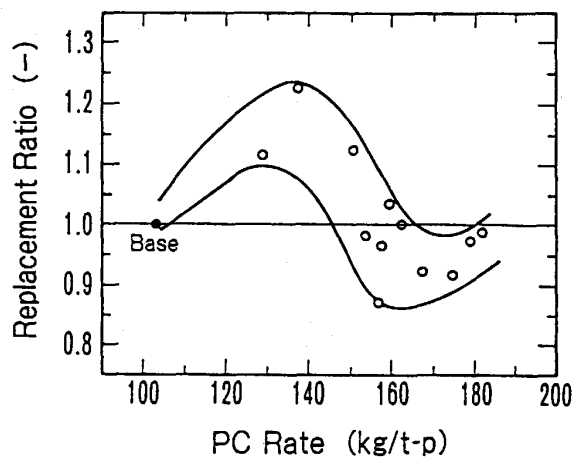


Fig.12 Change of replacement ratio according to increase of PC rate