

討 2

高炉操業に及ぼすコークス熱間性状の影響

新日本製鐵(株) 製鉄技術部 林 洋一 基礎研究所 須賀田正泰
 生産技術研究所 斧 勝也 西 徹
 君津製鐵所 ○山口一良 釜石製鐵所 中込倫路

1. 緒 言

高炉におけるコークスの役割のうち、高炉下部の高温高圧領域における通気通液媒体としての役割は非常に重要と考えられる。よって、コークス熱間性状の高炉操業に及ぼす影響は、とくに炉下部から羽口部にかけて大きいことが予想され、当社ではコークス熱間性状を表わす指数として、反応後強度 (Coke Strength after Reaction; CSR) を採用している。この CSR の高炉操業に及ぼす影響を定量的に把握するために、3基の高炉において、冷間強度 (DI_{15}^{150}) を一定にしたまま CSR を変化させたコークスを装入する試験を実施した (Table 1 参照)^{1),2)}。このうち、君津3高炉における試験時に、炉腹部と羽口部より炉内コークスを採取し、その性状変化を調査するとともに高炉内におけるコークスの挙動について検討した³⁾。

2. 試験操業概況

Fig. 1 に君津3高炉における試験時の操業推移を示す。特徴的な変化について述べると、CSRが57%より54%に低下する際に、あらかじめ風湿、コークス比を上昇させたが、スリップ、ドロップが増加し、57.5%に回復すると減少したこと、通気抵抗はCSRが回復しても上昇をつづけ、風湿をさらに上昇し一定期間後に低下したこと、CSRが62%に上昇後、通気抵抗はさらに低下したことがあげられる。

Table 1. Outline of test operations at three blast furnaces.

Blast furnace	Inner volume (m ³)	Test period	Coal preparation	DI_{15}^{150} (%)	CSR (%)
Oita No.1BF	4158	Jan.~Mar. 1979	Normal	84.0	58~55~62
Muroran No.1BF	1245	Mar.~July 1980	Coal pre-heating	85.5	58~56~54
Kimitsu No.3BF	4063	Sept.~Dec. 1981	Briquette blending	85.5	57~54~62

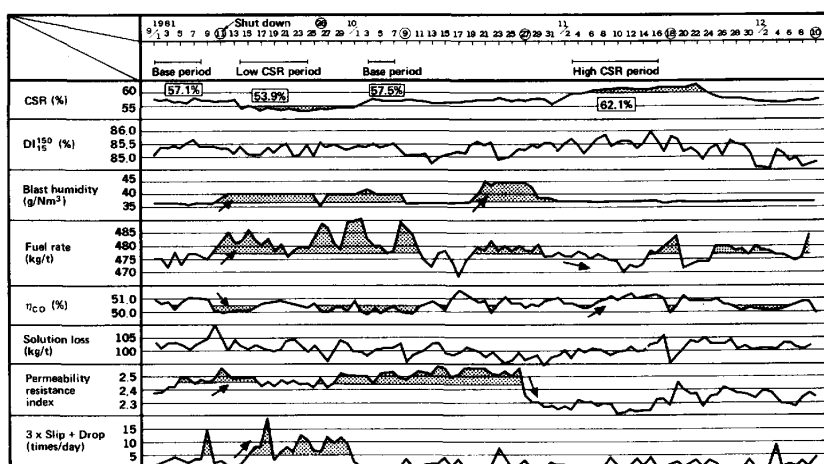


Fig. 1. Operation results at Kimitsu No. 3 BF.

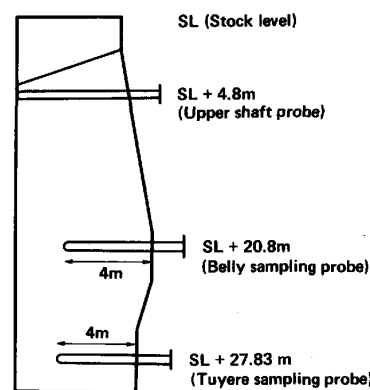


Fig. 2. Installed positions of measuring probe and sampling probes (Kimitsu No. 3 BF).

3. サンプルングおよび試料処理

各 CSR レベル期間の終了時に休風して、炉腹部、羽口部において炉壁より 4 m の炉内物をサンプルングした (Fig. 2 参照)。採取された試料は 200 mm ずつ区分しコークスを選別したあと、粒度分布と黒鉛化度による温度履歴を測定した。そのあと 400 ~ 800 mm ずつにまとめて、コークス灰分、灰分組成を分析した。また、炉内コークスの強度を知るために、CO₂ によるガス化反応をさせずに CSR 測定用試験機 (I 型ドラム) にコークスを装入し、600 回転させたあとの ⊕ 10 mm の割合を DI_{10}^{600} と表示して用いた。

4. 炉腹コークスの性状変化

Fig. 3 に炉腹部より採取されたコークスの温度、粉コークス量 (⊖ 3 mm 含有量), K₂O 含有量を示す。CSR が 57% より 54% に低下すると、炉中間部でコークス粉の増加が認められ、57.5% に回復すると減少している。Fig. 2 において、スリップ、ドロップは CSR が 54% に低下した期間でのみ増加している事実から、炉腹部で発生したコークス粉による通気性悪化がスリップ、ドロップを誘発したと考えることができる。

また、君津 3 高炉の上部ゾンデで測定されるガス温度は、中間部が最も低い分布をしており、発生したコークス粉がガス温度の低い (すなわちガス流速の遅い) 部分に蓄積するといえる。

さらに、炉腹コークス強度 (DI_{10}^{600}) に影響を及ぼす要因の効果を重回帰分析で求めると、K₂O 含有量が高いほど、CSR が低いほど DI_{10}^{600} は低下し、コークス温度の高いほうが DI_{10}^{600} が高い。反応性の高いコークス、反応速度を上昇させる触媒 (K₂O 等) の存在によりコークスのガス化反応がより進行すると強度は低下するが、温度が上昇し黒鉛化が進むことにより強度は向上することがわかる。

5. 炉腹部におけるコークス粉の移動

炉腹部における同じサンプリング位置の塊コークスと粉コークスの温度を比較し、

- ① 塊と粉の温度差が小さい (< 50℃) ならば炉腹部で発生した粉とする。
- ② 塊 > 粉ならば炉腹部より上方で発生して落下したもの、塊 < 粉ならば下方で発生して吹き上げられたものとする。

という基準で考えると、Fig. 4 に示すように、CSR が 57% 以上の場合は炉腹部または下方で発生した粉が多いが、54% の場合は上方で発生した粉が多い。すなわち、CSR が低下すると炉腹部より上方でコークス粉化が始まっていることがわかる。

また、Fig. 3 に示すように、炉腹コークスの温度は高々 1400℃ であり、後述する羽口コークスの温度が 1500℃ 以上であることから、羽口部で発生した粉が炉腹部まで吹き上げられることはほとんどないといえる。

6. 羽口コークスの性状変化

Fig. 5 に羽口部より採取されたコークスの温度、粉コークス量、K₂O 含有量を示す。CSR が 54% に低下しても羽口部におけるコークス粉は増加しておらず、むしろ 57.5% に回復してから粉の量が増加しており、62% に上昇すると粉は減少する。同図には、羽口部におけるコークス温度とコークス中 SiO₂ 含有量の関係において、温度が上昇したときに SiO₂ が低下する傾向を示すデータを炉芯、その傾向か

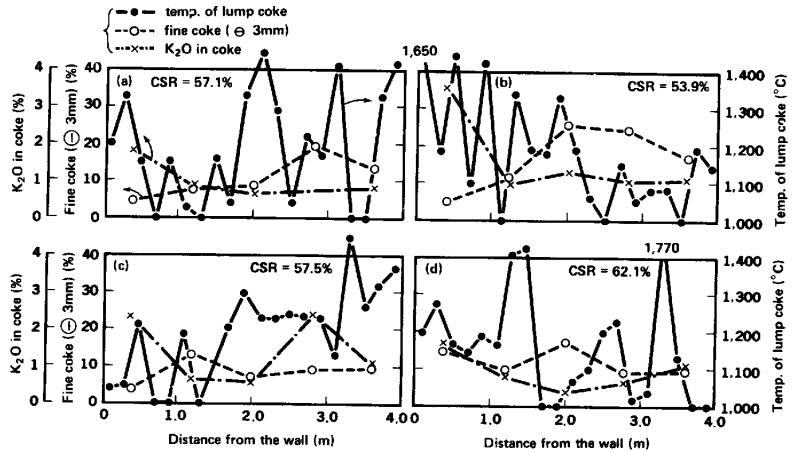


Fig. 3. Radial distributions of coke temperature, fine coke and K₂O content in coke at the belly level (Kimitsu No. 3 BF).

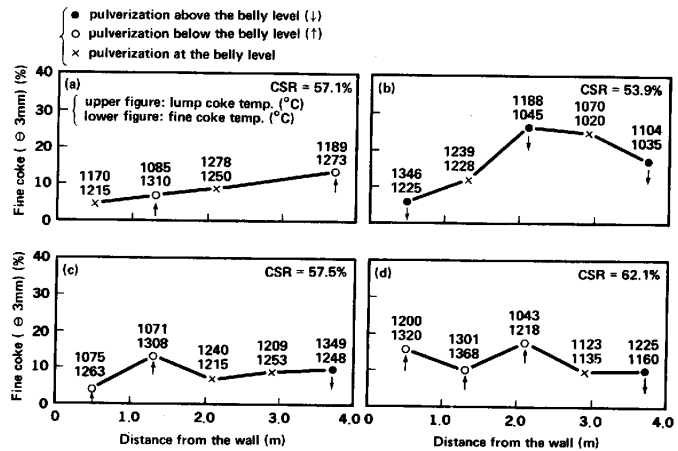


Fig. 4. Movement of fine coke at the belly level (Kimitsu No. 3 BF).

らはずれるデータをレースウェイと区分し両者の境界までをレースウェイ深度と定義して示してあるが、CSRが54%に低下してもレースウェイは浅くなっておらず、57.5%に回復してから非常に浅くなっている。また62%に上昇すると非常に深くなっており、CSRの羽口部への影響には時間遅れのあることがわかる。

Fig. 6にCSRおよびレースウェイ深度、羽口コークス粒度の推移を示すが、CSRの変化に対して、7~22日の遅れをもってレースウェイ深度の変化が対応しており、CSR変化の大きいときは遅れが短い。コークス粒度にも対応関係が認められるが、CSRが62%に上昇しても粒度は上昇していない。これは、レースウェイが深くなりレースウェイ内で旋回滞留する時間が長く消耗が激しくなることを示していると思われる。

羽口コークス強度に影響を及ぼす要因について解析したが、炉腹コークスと異なり、コークス温度、CSR、K₂O含有量との関係がみられず、レースウェイ内コークス強度はスラグ、メタル量の多いほど低下し、炉芯コークス強度はJIS反応性の高いほど低下している。すなわち、羽口部でのコークスは、スラグ、メタルとの接触により劣化すること、コークス基地の反応性の高いものは劣化しやすいことがわかる。

CSRの低いコークスは炉腹部では強度劣化を招くが、羽口部では強度差のなくなる現象は、当社生産技術研究所の実験結果と一致している (Fig. 7 参照)。

7. 羽口部におけるコークス粉の移動

羽口部における同じサンプリング位置の塊コークスと粉コークスの温度を比較し、

- ① 粉の温度の高いもの (> 1750℃) はレースウェイを通過したものとする。
- ② レースウェイを通過した粉のうちで、粉 > 塊の場合はレースウェイ内で発生したもの、逆の場合は羽口部より上方で発生して落下したものとする。
- ③ レースウェイを通過しないものは上方で発生して落下したものとする。

という基準で考えると、Fig. 8に示すように、レースウェイ内で発生した粉に比べて羽口部より上方で発生して落下した粉

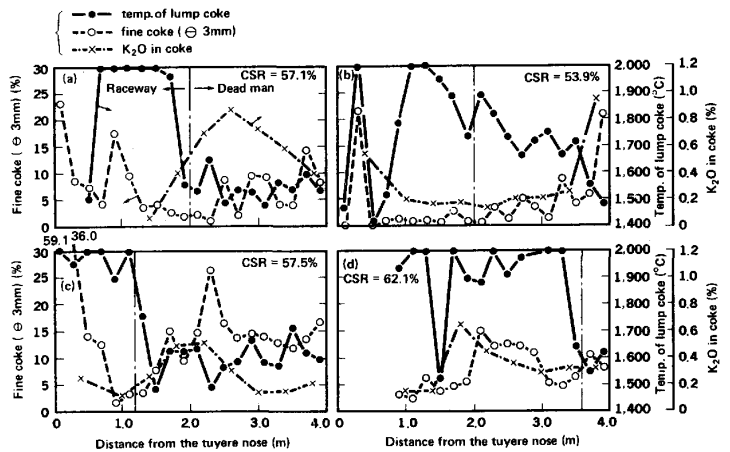


Fig. 5. Radial distributions of coke temperature, fine coke and K₂O content in coke at the tuyere level (Kimitsu No. 3 BF).

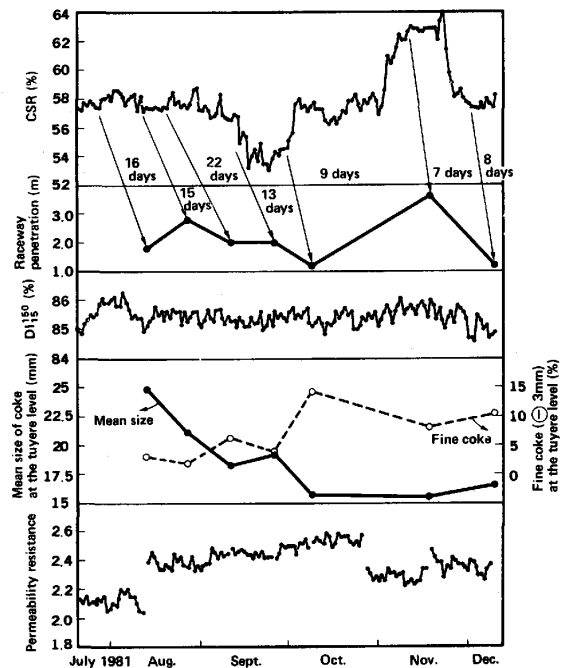


Fig. 6. Relation between change of CSR and raceway penetration (Kimitsu No. 3 BF).

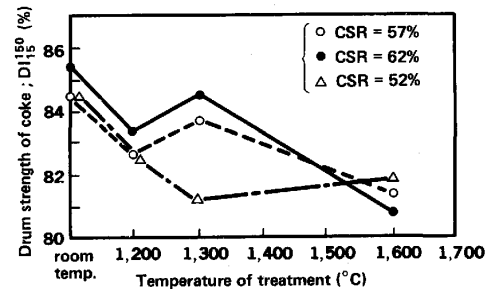


Fig. 7. Effect of CSR on the drum strength of coke (laboratory test).

の量が多いこと、CSRの低いコークスがレースウェイ内での粉化が多いとは限らないことがわかる。

CSRの低いコークスは炉腹部での粉化が激しいことは前述したとおりであるが、このときレースウェイに流入するコークスの小さいことがレースウェイ観察結果から確かめられている⁴⁾。

8. 羽口部におけるコークス粉の除去方法

高炉の通気抵抗に影響を及ぼす要因の効果を重回帰分析で求めると、羽口部におけるコークス粒度の大きいほど、レースウェイが深いほど通気抵抗は低下し通気抵抗の変化はほとんど炉下部の変化である。すなわち、羽口部におけるコークス粉の除去は高炉を安定して操作するために必要であり、Fig. 1に示すように、風湿の増加、CSRの上昇により通気抵抗が低下している。また、君津3高炉吹卸し前に、特定羽口の風湿を増加させたサンプリング結果によっても、通常コークス粉の多い羽口(No.19)の粉の除去は明らかである(Fig. 9参照)。

さらに、当社基礎研究所のモデル実験によってもFig. 10に示すように、蒸気添加によりコークス粉の減少が確認されている⁵⁾。

9. 結 言

CSRを変化させたコークスを装入し、高炉内コークスをサンプリングしその性状変化を調査することにより、高炉内におけるコークスの挙動について次のような仮説をたてることができた。

コークスの反応速度が上昇すると(CSRの低いコークスの装入、K₂Oの増加等)、炉腹部でコークス強度が低下して粉が発生し、この粉はガス流速の遅い場所に蓄積するためスリップ、ドロップが発生する。蓄積された粉は次第に羽口部へ落下し、ある期間経過後にレースウェイが浅くなり高炉の通気抵抗が上昇する。羽口部の粉は風湿増加により消耗させることができる。

今後はこの仮説の妥当性を検証するために、さらに長期間の操業試験および高炉内コークスサンプリングを実施するとともに、高炉におけるコークスの最適評価指数を作ること为目标としたい。

(参考文献)

- 1) 阿部他：鉄と鋼，68(1982)，S745.
- 2) 阿部他：鉄と鋼，69(1983)，S48.
- 3) 阿部他：鉄と鋼，69(1983)，S90.
- 4) 阿部他：鉄と鋼，69(1983)，S85.
- 5) 杉山他：鉄と鋼，68(1982)，S802.

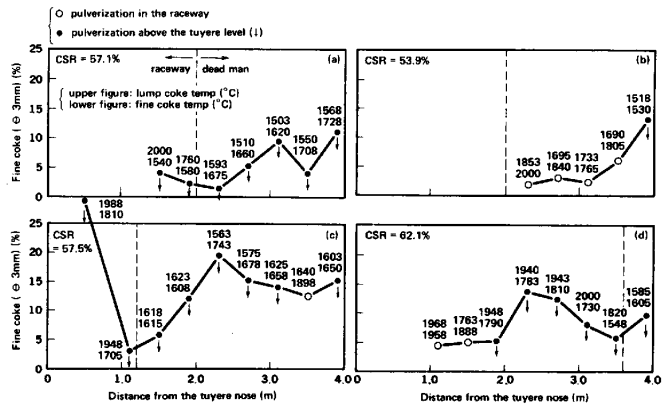


Fig. 8. Movement of fine coke at the tuyere level (Kimitsu No. 3 BF).

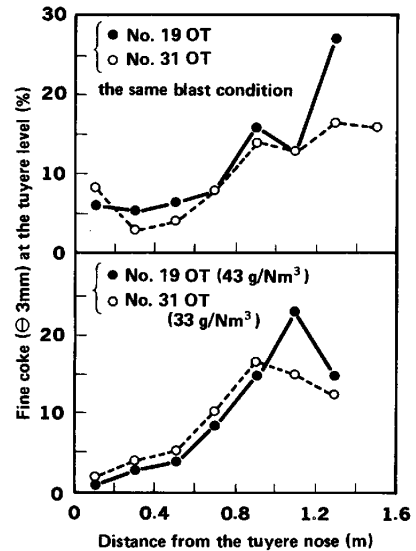


Fig. 9. Effect of blast humidity on coke pulverization in combustion zone (Kimitsu No. 3 BF).

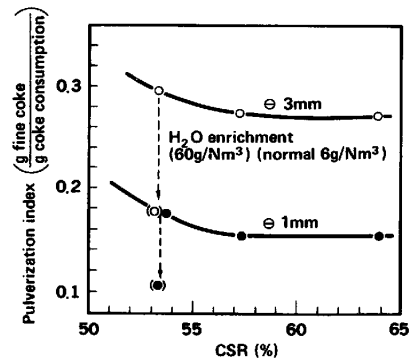


Fig. 10. Effect of CSR and water injection on coke pulverization in combustion zone (laboratory test).