

討 5

羽口コークスの劣化状況とコークスの品質評価

神戸製鋼所 中研 ○北村 雅司, 岡本 晋也, 中山 勝文
生産技術部 大鈴 克二

1. 緒 言

コークスは高炉内で重要な役割を果たしている。炉内を降下するコークスは、ガス化反応と熱の影響を受けながら次第に劣化が進行し、その細粒化は羽口近傍でもっとも激しく起ると考えられる。本報告は高炉の休風時に採取した羽口コークスの劣化状況を調査したものであり、特に、羽口コークスのマクロおよびマイクロ性状調査から、炉容の異なる高炉でのコークスの劣化状況や、鋳物銑および製鋼銑吹製時のコークス劣化状況を把握することに注目した。あわせて、机上実験によりガス化反応と高温加熱による劣化状況も調査した。これらはコークスの炉内における劣化機構の解明、さらには実操業での目標品位の設定や品質評価の上で大きな意味があると考えられる。

2. 羽口コークスの採取と処理方法

羽口コークスは、加古川2, 3号, 神戸1, 2号, 尼崎1号高炉の予定休風時に内径150mmφの鉄製パイプをそう入して採取したものである。採取は1980年10月~1982年12月の期間で、採取回数は各高炉について5~20回である。尼崎1号高炉では、同時に別の羽口2ヶ所からコークスを採取した。採取長さは簡易な方法をとったため、最長2.5mまでであった。試料の処理は、西らの方法に準じて、温度推定用にポイントサンプルを10cm間隔で採取したのち、羽口先端から長さ方向に約30cm間隔で数ブロックに分割する方法をとった。¹⁾ 内容物に混在するスラグ、メタルを選別したのち、コークスは粒度分布や粉率を調べ、特に20mmのコークスについて常温I型ドラム強度(I_{15}^{90})やマイクロ性状を測定した。

3. 羽口コークス採取時のコークス品質および高炉操業データ

Fig.1は、羽口コークス採取期間のコークス品質および関連する操業要因の推移(休風前4日間の平均値)を各高炉別に整理して示したものである。 DI_{15}^{90} および反応後強度(RSI)に注目すると、加古川コークスと神戸・尼崎コークスの間には、明らかに強度差が存在する。高炉操業面では炉容の差、或いは操業方法の差にもとずいて、通気性($V/\Delta P$)、送風エネルギー(Ek')に大きな差が現われている。特徴的なのは神戸2号高炉がSol. loss量が大きく、理論燃焼温度(Tf)の高いことである。尼崎1号高炉は、吹き分け操業を実施しており、製鋼銑操業時(B印)より、鋳物銑操業時(F印)の方が、Sol. loss量および Tf はともに低く、またコークスの炉内滞留時間は長い。

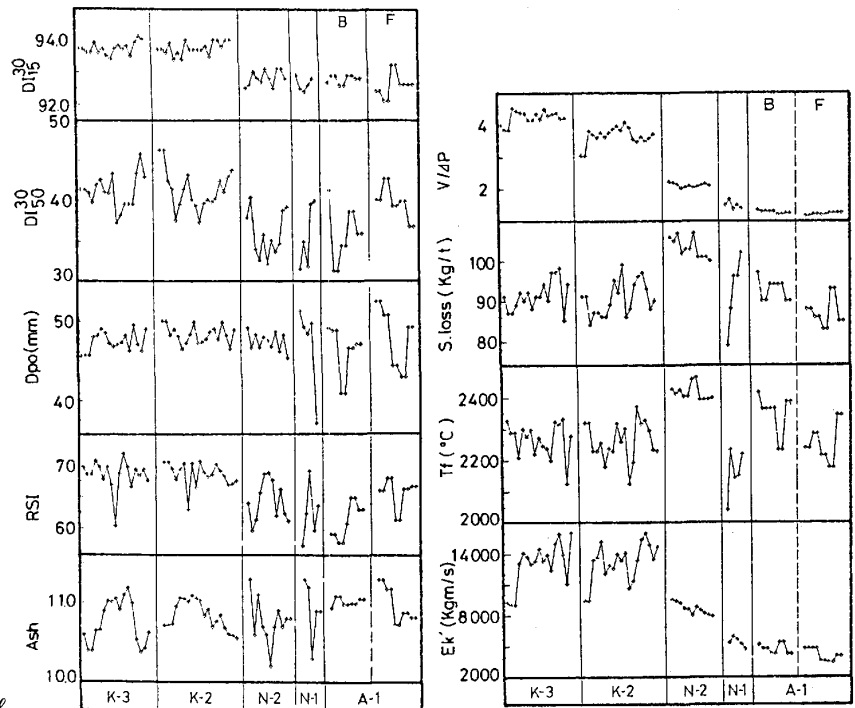


Fig.1 Coke quality and several operation factors of the five blast furnaces.
(K-3: 4500m³, K-2: 3850m³, N-2: 1618m³, N-1: 904m³, A-1: 721m³)

4. 実験結果

4.1 炉容の異なる高炉でのコークスの劣化状況

一般に、羽口コークスの平均粒径と-5mm粉率は、羽口先端から約1m付近に最小値を示すところがある。すなわち、粒径の比較的粗いコークスと粉の共存する羽口直前部と丸味をおびた細かいコークスの存在するレースウェイ内に2分割できる。両者の由来は異なり、前者は羽口部へ流入してきたコークスであり、後者はレースウェイ内で衝突旋回運動のあとに残留したコークスである。この現象は、今回の調査でも全高炉に共通して認められた。

Fig2は、羽口直前部のコークスを対象に、羽口コークスと装入前コークスの平均粒径比 (D_p/D_{p0}) および粉率の変化を各高炉ごとに示したものである。炉容の大きい高炉では D_p/D_{p0} が小さく、つまり粒径の低下が大きく、かつ粉の量は少ない傾向を示した。これに対して炉容の小さい高炉では D_p/D_{p0} が大きく、粉の量も多い傾向を示した。このことは、炉容が違えば炉内でのコークスの破壊・摩耗の状況に差が生じるためであり、見掛上、炉容の大きい高炉では体積破壊的、小さい高炉では、表面摩耗的なこわれ方を呈していた。

ところでFig3に示すように、羽口コークスの I_{10}^{600} は、装入前コークスに比べて明らかに低下しており、羽口コークスの劣化が進んでいることを示している。また、各高炉ごとの強度低下をみると、Fig4に示すように、炉容が大きいほど、装入前コークス品質が高いにもかかわらず強度低下が明らかに大きいことがわかる。これは、炉容の大きいほど炉内で受ける劣化割合の大きいことを意味している。ここで、装入前コークスの強度レベルが異なるため、羽口部と装入前の常温I型ドラム強度の比でみると、尼崎1号高炉を除いて強度低下比はほぼ等しく、現状の品質格差と炉容差がうまく対応していると考えられる。これを基準にすれば、尼崎1号高炉の鋳物鋸操業の場合には、装入前コークスの品質は現状より高く逆に、製鋼鋸操業の場合には、若干低く設定すべきことが示唆される。

4.2 鋳物鋸および製鋼鋸吹製時のコークスの劣化状況

Fig.5は、両操業時の羽口部におけるコークスの平均粒径と粉率の変化を示している。鋳物鋸操業時は、平均粒径が小さい側に、粉率は多い側に偏析する傾向にある。羽口コークスの I_{10}^{600} も鋳物鋸操業時の方が低下しており (Fig4)、コークスの劣化程度が、大きかったものと考えられる。その理由は、鋳物鋸操業時の熱レベルが高く、羽口部へ流入する以前の高温帯での滞留時間が長いことと関係しているものと推察される。鋳物鋸操業時の今一つの特徴は、推定

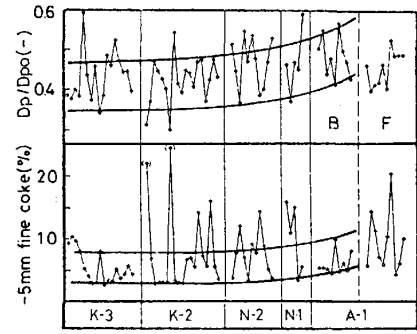


Fig2 Mean size and -5mm fine coke at tuyere level in the five blast furnaces.

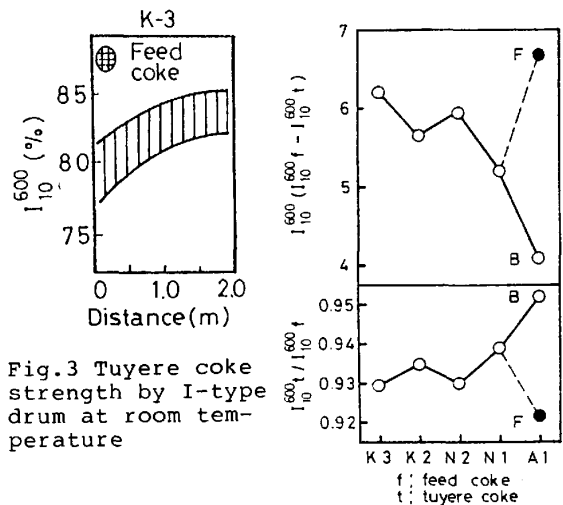


Fig.3 Tuyere coke strength by I-type drum at room temperature

Fig.4 Difference and ratio of I-type drum strength between feed coke and tuyere coke

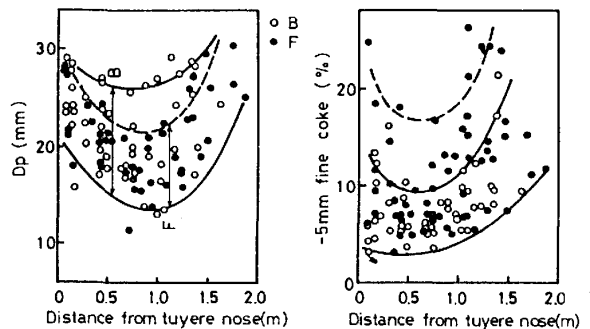


Fig.5 Mean size and -5mm fine coke at tuyere level in Amagasaki No.1BF.

温度分布にも現われた。Fig.6に一例を示すが、製鋼鉄操業の場合、羽口1 mから奥で急に温度低下を示すのに対し、鋳物鉄操業時の場合は、ほとんど温度低下が見られない。これは炉内の熱レベルが高いことと関係しており、その影響を受けて炉芯側コークスのマイクロ気孔や灰分中アルカリ量にも明確に差が現われていた。

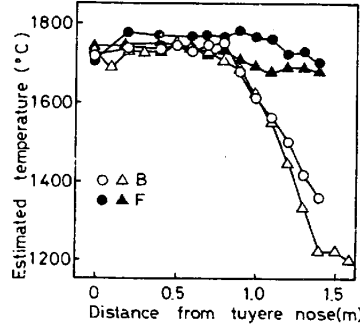


Fig.6 Change in estimated temperature at tuyere level in Amagasaki NO.1BF.

4.3 コークスのマイクロ性状評価

羽口コークスと机上実験処理後コークス（ガス化反応と高温加熱処理）のマイクロ性状を対比させることにより、炉内でのコークス劣化状況を推察した。

(1) 気孔特性

Fig.7は、気孔率と I_{10}^{600} との関係を示す。気孔率が高いほど I_{10}^{600} は低下しており、装入前コークスレベルからの多孔化が炉内コークスの劣化と密接な関係にある。羽口コークスの気孔率は、全般的に上昇しているが、各種コークスのマイクロ気孔容積を示した Fig.8から明らかなように、マイクロ気孔容積も上昇している。気孔率およびマイクロ気孔容積の増加は、ガス化反応と高温加熱されたことに依存するが、マイクロ気孔径分布に限れば、羽口コークスのそれは、高温加熱処理コークスに酷似していた。

(2) コークス組織

Photo.1は、代表的な羽口コークスの一例である。装入前コークスの組織に比べて、気孔壁厚みの減少と多孔化が進み、一見して脆弱化していることがわかる。羽口コークスの組織の特徴は、①異方性組織の発達度により分類される組織成分の構成割合が変化すること、②各組織成分そのもの変質が認められることである。①については、組織の減少を示すのは等方性であり、他成分は相対的に増加していた。これは CO_2 ガスの選択反応の結果と考えられるが、わずかな痕跡を残しているにすぎない。一方、②については、モザイク組織の変質が目立ち、組織の均質性が失われる傾向にあるのに対し、他成分、特に等方性組織の変質程度は小さいようであった。この変化は黒鉛化性の難易度と関係しているようである。これらの組織変化は、机上実験による高温加熱処理コークスにも同様に認められた。

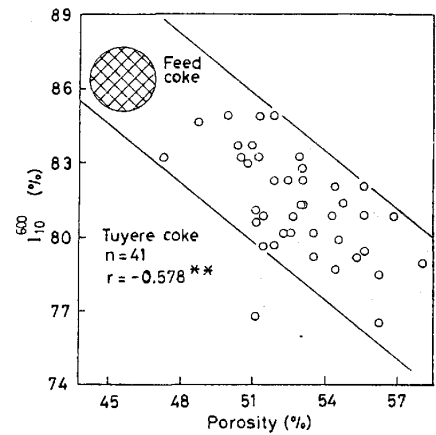


Fig.7 Relation between porosity and I-type drum strength of coke at tuyere level.

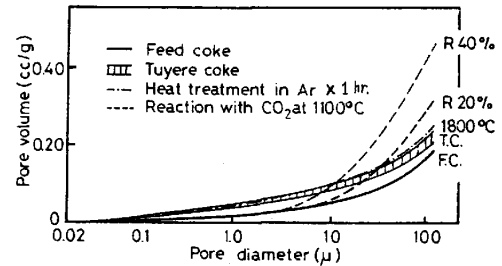


Fig.8 Property of micro pore in various coke.

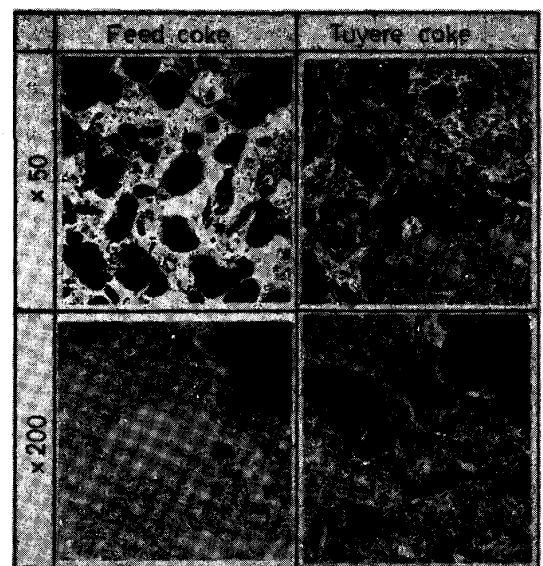


Photo.1 Comparison of feed coke with tuyere coke structure.

(3) 灰分特性

羽口コークスの灰分量，組成の変化は，ガス化反応による灰分の濃縮や高温での還元揮発などのコークス内部変化だけで決まるはずであるが，スラグ，メタル，アルカリ成分などの付着，侵入などの外来要因が強く影響し，真値を求めることは困難である。Fig.9には，約40mmの羽口コークスの半径方向の灰分とSiO₂，アルカリの変化を示した。半径方向で大きな濃度差が認められる。灰分量が表層部で多いのは明らかにメタル，スラグの影響である。SiO₂は，装入前コークスに比べて大幅に低下しているが，一部はSiCとしてコークスに残留している。一方，アルカリ成分は，温度の高い羽口前，レースウェイ内ではほとんど存在しないが，炉心側の温度の低い個所では多量に存在し，灰分量を見掛上増加させている。

ところで，外来要因が全く影響しない高温処理コークスの灰分特性の変化は，Fig.10で示すように温度の上昇とともに灰分量が減少し，マイクロ気孔容積が増加することが認められた。すなわち，灰分特性の変化はコークスの多孔質化と密接な関係にあるものと考えられる。

このように羽口コークスは，ガス化反応による影響が希釈されており，高温に加熱されたことによる影響が強く現われている。

5. 羽口コークスの劣化状況とコークスの品質評価

炉容の異なる5基の高炉を対象として，羽口コークスのマクロおよびマイクロ性状の劣化状況を把握することができた。そして，炉内でコークスが，どのように劣化するか推理するための理解を深めることができた。I型ドラム強度の劣化度は，装入コークスの品質，炉内履歴，送風条件などによって支配されており，炉容の大きい高炉ほど劣化度が大きいので，高品質のコークスが必要なことは容易に理解できるが，劣化度を少なくする方法としての適正な送風条件および炉内履歴のあり方は，今後さらに追求する必要がある。羽口コークスのマイクロ性状調査からは，装入前コークスと比較して気孔，灰分，組織の劣化度合を知ることができた。その劣化状況から，コークスがどのような個所を通過したかの炉内履歴を推定する糸口になるものと考えられる。しかし，同時に羽口部に限定された調査には，一つの限界があることもわかった。今後は，羽口採取コークスのマイクロ性状調査を中心として，さらにソリューションロス反応領域から採取したコークスの性状調査も合わせ，総合的に評価することにより，炉内コークスの劣化挙動解明に一歩せまることができると考える。

6. 結 言

羽口コークスの劣化状況を把握する上で，常温I型ドラム強度やマイクロ性状の調査が有効である。これらの知見から炉内劣化の推定が可能であり，コークスの高炉内劣化の抑制，防止策の指標となり得るものと考えられる。

参 考 文 献

1) 西，原口，美浦，桜井，斧，彼島 : 鉄と鋼，66(1980)，P. 1820

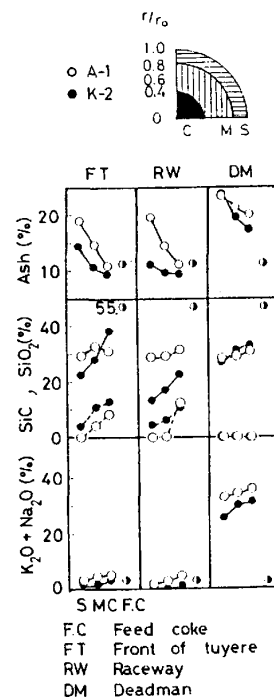


Fig.9 Change in ash content and components through the radius in tuyere coke particle.

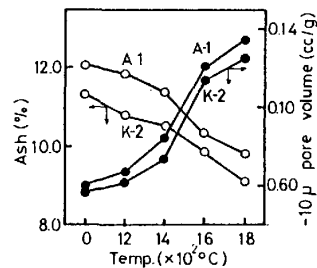


Fig.10 Relation between ash content and micro pore volume of coke treated at high temperatures.