

転炉オンラインダスト測定装置

On-line Dust Measurement System for BOF

鷺見 郁宏	総合材料技術研究所 製鋼研究部 主任研究員	Ikuhiro Sumi
菊地 良輝	総合材料技術研究所 製鋼研究部 主幹	Yoshiteru Kikuchi
川畑 涼	福山製鉄所 製鋼部	Ryo Kawabata
小平 悟史	福山製鉄所 製鋼部 統括スタッフ	Satoshi Kohira
井澤 智生	京浜製鉄所 製鋼部 統括スタッフ	Tomoo Isawa

転炉吹錬中の炉内反応状況を把握する手段として、オンラインダスト発生速度測定装置を開発した。排ガス中の転炉ダストは、湿式集じん装置にて集じん水として除去されるため、集じん水濃度を測定することによりダスト発生速度が求められる。本ダスト測定装置は、集じん水を希釈し光透過法を適用することで、ダスト発生速度のオンライン連続測定を可能とした。また、本装置により、吹錬条件の最適化および、ランスの変更に伴う迅速な操業評価が可能となった。

On-line measurement system of the dust generation rate for BOF has been developed. In the BOF exhaust system, a wet type dust collector removes the dust from the exhaust gas into the dust collecting water. Therefore dust generation rate is obtained by measuring the concentration of the dust collecting water. The developed system enabled the on-line continuous measurement of the dust generation rate by applying the colorimetric method with dilution of the dust collecting water. This system was used for optimization of the operational conditions and rapid evaluation of top blowing lance design.

1. はじめに

鉄鋼業でのスラグ発生量の低減は環境調和型プロセスの構築という観点から重要な課題となってきた。近年、製鋼プロセスにおける溶銑予備処理技術の発達により、発生スラグ量は低位となってきたが、当社ではこのプロセスを更に展開し、スラグ発生量を極小化する NKK ゼロスラグ新製鋼プロセス (ZSP) の開発に成功している¹⁾。ZSP の開発では、スラグ量の極小化に起因する転炉吹錬中の鉄飛散、ダスト発生速度の増大などの課題を克服するため、低ダスト化に向けた新たなランスの開発が必要であるが、これらランスの開発には、吹錬中の炉内状況を知るためにダスト発生挙動を把握することが重要となる。ダスト発生機構については従来から多くの報告²⁾がなされているが、吹錬中におけるダスト測定の困難さから、実転炉における大量かつ長期間のダストデータ採取は課題であり、ダスト発生挙動詳細の把握はいまだ不十分と言えよう。そのため、ダスト測定技術の開発は極めて重要な意味を持つ。

ダスト測定装置については、種々の手法が報告されている³⁾。その多くが乾式測定方法であり、これらは排ガスダクト内のダスト濃度をレーザ透過光、もしくは散乱光にて測定するものであるが、メンテナンスや装置の複雑さなどが課題となっている。そこで、新たな測定手法を検討した結果、転炉ダスト集じん水の利用により簡易に自動測定が

可能であることがわかった。本開発では、この転炉ダスト集じん水を利用し、光透過法による吸光度測定を行うことで、転炉吹錬中におけるダスト発生速度をオンラインで連続測定することに成功した。本稿では、測定に関する基礎実験および実機測定試験について述べる。

2. 測定原理および予備実験

2.1 オンラインダスト測定装置の開発概要

転炉排ガス系統における、転炉ダストおよび排ガスの流れを Fig.1 に示す。転炉吹錬においては、上吹き酸素によって生じる鉄の酸化反応、火点での鉄の蒸発および鉄の飛散によって生じる微細粒子に起因する大量のダストが生成する^{4),5)}。これらのダストは溶鉄の脱炭反応によって発生するガスとともに炉口から排出され、それらのほとんどが排ガス処理系に設置された湿式集じん装置によって集じん水として排ガスから分離される。この集じん水は集じん装置の下部水槽を経由して以降の工程でダスト処理される。このように、転炉吹錬中に発生するダストは、ほとんどが集じん水中に分離されるため、下部水槽から集じん水を採取し、集じん水中のダスト濃度を測定することによってダスト発生速度の測定が可能となる。

集じん水中のダストは微細な粒鉄もしくは酸化鉄の状態であり、溶解することなく懸濁している。このような液体中懸濁粒子の濃度を測定する方法としては、代表的なもの

として光透過法による吸光度の測定が挙げられるが、転炉ダストの集じん水は光透過法が適用される濃度に比べて極めて高濃度であることや、ダストの比重が高く沈降速度が大きいためすぐに沈降分離してしまうことから光透過法を転炉集じん水に直接適用することは困難であった。本開発では、これらの課題を以下のように克服した。まず、高濃度の転炉集じん水を、光透過法で測定可能な濃度域まで希釈した。そして、ダストの沈降分離を防止するため、転炉集じん水を連続的に測定系へ導入することによって測定系での混合状態を維持した。その結果、高濃度の転炉集じん水を連続測定し、オンラインで吹錬中のダスト発生速度を得ることに成功した。本システムの測定フローは以下のように構成される。

- (1) 転炉集じん水のサンプリング
 - (2) 集じん水の希釈
 - (3) 希釈集じん水の測定部への導入
 - (4) 比色計による希釈集じん水の吸光度測定
 - (5) 吸光度からダスト発生速度を演算
- これらのフローは連続的に行われる。

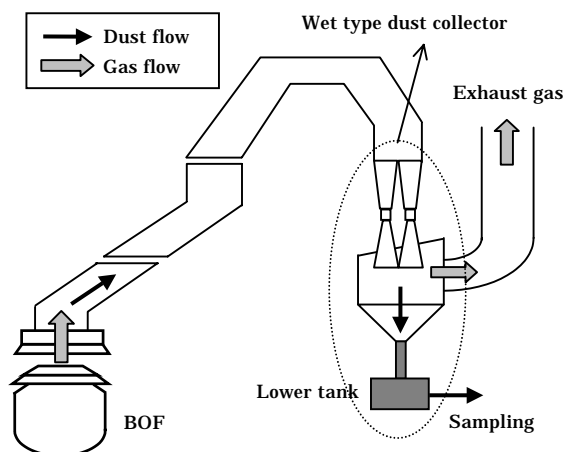


Fig.1 Dust and gas flow in the BOF exhaust system

2.2 測定予備実験

実転炉用オンラインダスト測定装置の開発に先立ち、実験室レベルでの予備測定実験を行った。実験装置の構成を Fig.2 に、測定条件を Table 1 に示す。

転炉集じん水を、種々の吹錬条件、吹錬タイミングで前記湿式集じん装置の下部水槽からサンプリングした。転炉集じん水中のダストは経時的に凝集するため、測定前に超音波分散による前処理を施し、サンプリング後のダストの凝集を極力抑えた。前処理後の集じん水を容器内で十分攪拌しながら連続的に採取した。そして、同時に連続供給された純水と合流・混合させた後、比色計内の測定ガラスセルに連続導入させ、希釈後のダスト集じん水の吸光度を連続測定した。測定時間は 60 秒とし、その間の平均値を測定値とした。

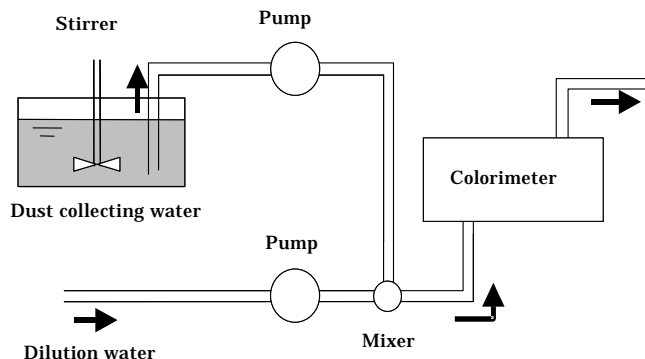


Fig.2 Schematic diagram of the experimental device

Table 1 Experimental conditions

Dust collecting water Flow rate	9 mL/min.
Dust concentration	~ 22 kg/m ³
Dilution water Flow rate	250 mL/min.
Measuring time	60 sec

測定に使用した集じん水は、別途、フィルターろ過法によるダスト濃度測定に供し、フィルターろ過法の測定結果と比色計の測定出力値から集じん水中ダスト濃度の検量を実施した。結果を Fig.3 に示す。ろ過法によるダスト濃度と比色計による測定出力との間には良い相関が得られ、本システムの妥当性が確認された。

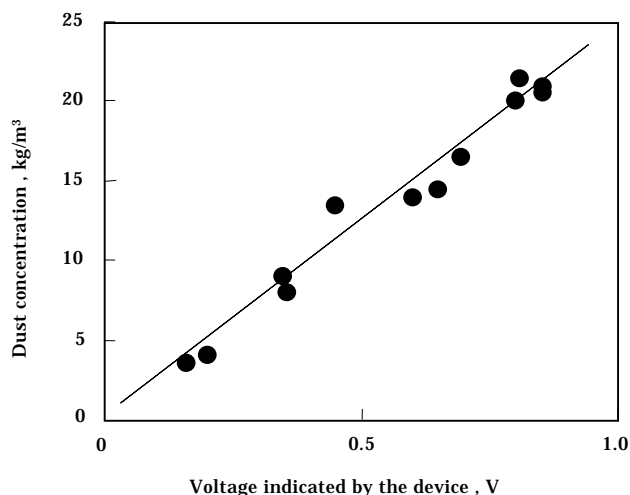


Fig.3 Relation between the indicated voltage and the dust concentration measured by filtration method

実際の転炉吹錬におけるダスト発生速度は、湿式集じん装置で処理される集じん水流量および希釈倍率から式(1)で求めることができる。ここで式(1)の k は Fig.3 の傾きおよび希釈倍率から求められる。

$$Wd = \quad \times E \times D \times W \quad \dots\dots(1)$$

ただし、

Wd : ダスト発生速度 (kg/min)

 : 定数 (kg/m³・V)

E : 比色計出力 (V)

D : 希釈倍率 (-)

W : 集じん水流量 (m³/min)

ここで、実際に本測定システムを適用する場合には、標準溶液を用いて適宜検量線の確認をすることが必要である。標準溶液には、測定対象と同じもの、すなわち、転炉ダストの懸濁液を使用することが望ましい。しかしながら、転炉ダストの場合には長期間の保存によってダストの凝集が生じる場合があり、また、ダスト中鉄分の酸化などによる変質の可能性もあるため、安定性が要求される標準溶液として転炉ダストの懸濁液を用いることは不相当である。そのため、異なる懸濁物質を使用することが望ましいが、本システムにおいては、色調がダスト同等であり、安定した標準懸濁溶液が作製可能な粉末活性炭を懸濁物質として用いた。

3. 実機測定試験

3.1 実転炉用オンラインダスト測定装置

予備測定実験から得られた結果を基に、実転炉用オンラインダスト測定装置を開発し、当社福山製鉄所、第3製鋼工場300トン転炉設備(NK-CB)に設置した。実機における測定システムの概要をFig.4に示す。

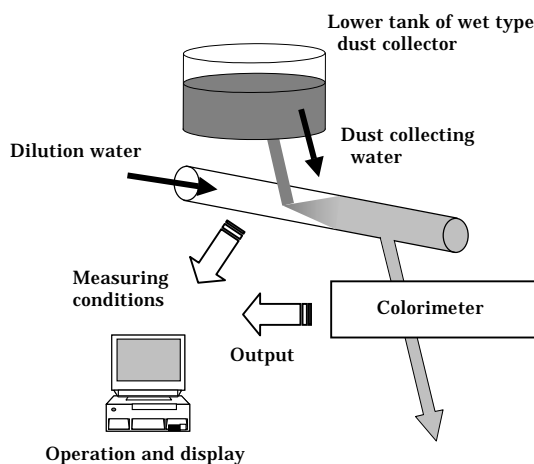


Fig.4 Schematic view of the on-line dust measurement system for BOF

湿式集じん装置で処理された集じん水は、下部水槽を経由して以降の処理工程に移送されるが、下部水槽では強撹拌状態が維持されるため下部水槽内での集じん水濃度はほぼ均一と考えられる。また、滞留時間も短く経時的な濃度変化に対する応答性も良いことがわかった。そこで、この下部水槽より測定用の集じん水を連続的に取り出し、希釈

用工水を流した配管内に導入する。集じん水はこの希釈用工水の配管内で混合され、光透過法で測定可能な濃度領域まで希釈される。十分混合されたところで希釈集じん水の一部を連続採取し、比色計に導入する。導入された希釈集じん水は連続的に比色計内の測定セルを通過するため、希釈集じん水の濃度が連続的に測定され、比色計から得られた出力、すなわち吸光度の測定値と、集じん水・希釈用工水流量などの測定条件から式(1)によりダスト発生速度が演算される。演算結果は転炉指令室にオンライン表示される。ここで、測定に供されなかった希釈集じん水および測定後の希釈集じん水は集じん水処理系に戻され、ダスト処理工程にて処理される。

3.2 測定例

本ダスト測定装置を用い、予備処理溶銑を用いた吹錬時間約10分の脱炭吹錬について、転炉吹錬中ダスト発生速度の測定試験を実施した。測定条件をTable 2に、結果の一例をFig.5に示す。

Table 2 Measuring conditions

Dust collecting water Flow rate	1 t/hr
Dust concentration	~ 20 kg/m ³
Dilution ratio	10 ~ 20 times
Diluted dust collecting water Flow rate for measurement	~ 1 L/min.

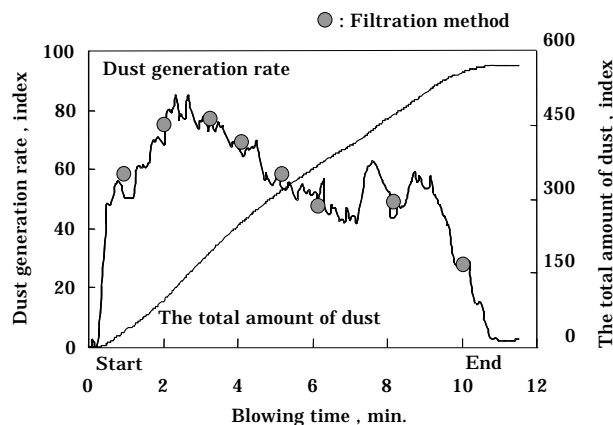


Fig.5 Example of the dust behavior measured by the dust measurement system

図には、測定されたダスト発生速度およびダスト発生量の積算値について吹錬中の経時変化が示されており、これらの情報が種々の操業条件とともに転炉指令室にオンライン表示される。ダストの発生は吹錬開始とともに急激に増加し最大値を示した後、吹錬中期で安定し、吹錬末期から吹錬終了にかけて低下している様子がよくわかる。このように、本測定システムによって、転炉吹錬中のダスト発生速度が連続的に得られた。

同一吹錬において、別途、転炉集じん水をバッチサンプリングし、吹錬終了後にフィルター過法にてダスト発生速度を求め、図中に同時に示すが、本測定システムの結果とろ過法による結果はよく一致しており、本測定システムの妥当性が確認された。

4. 適用例

本測定システムの開発により、転炉吹錬中のダスト発生挙動がオンラインで把握可能となり、送酸パターンなどの操業条件最適化に役立っている。また、複数の吹錬間で測定することで、吹錬ごとの長期間にわたる大量のダストデータを蓄積することが可能となり、長期的なダスト発生状況を把握する重要なツールとなる。後者の適用例として、低ダスト化を目的とした、ランス改善へ適用した結果を示す。

連続した約 250 の吹錬について本ダスト測定システムを適用し、吹錬ごとの総ダスト発生量について調査した測定試験を行った。測定結果を Fig.6 に示す。測定試験の途中で、低ダスト化を目的とした試験ランスに変更した吹錬を約 50 実施しているが、従来ランスでのダスト発生量が大きくばらついているのに対し、試験ランスではダスト発生量が低位に推移していることがわかる。

このように、明確な結果を出すために長期間の試験が必要であったランス特性の評価が、本システムを用いることにより極めて迅速に行え、開発・操業改善のスピードアップに大きくつながっている。

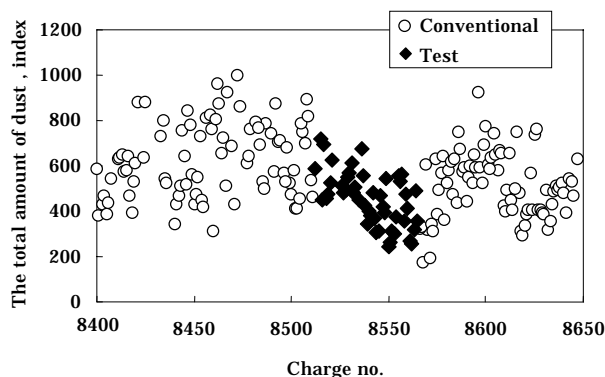


Fig.6 Amount of the generated dust of each BOF operation with two different lances

5. おわりに

転炉吹錬中にダスト発生速度を連続測定可能とする転炉オンラインダスト測定装置を開発した。転炉集じん水は高濃度であるため、従来では光透過法による測定が困難であったが、測定可能濃度域まで希釈することにより、光透過法による連続ダスト濃度測定を可能とした。本システムの開発により吹錬パターンの最適化、ランス特性の迅速評価に効果を上げている。

参考文献

- 1) 田中秀栄ほか. “ゼロスラグ新製鋼法の確立”. NKK 技報. No.169, pp.6-10(2000).
- 2) 川畑涼ほか. “レススラグ吹錬でのダスト発生挙動”. CAMP-ISIJ. Vol.10, p.777(1997).
- 3) 多田睦ほか. “ステンレス鋼精錬における高ランスハイト操業の効果”. CAMP-ISIJ. Vol.2, p.1192(1989).
- 4) 川上公成. “転炉法の酸素ジェット火点における蒸発現象”. 鉄と鋼. Vol.74, No.5, pp.79-86(1988).
- 5) 平居正純ほか. “転炉におけるダスト発生の機構”. 鉄と鋼. Vol.74, No.10, pp.66-73(1988).

<問い合わせ先>

総合材料技術研究所 製鋼研究部

Tel. 0849 (45) 4149 鷲見 郁宏

E-mail address : isumi@lab.fukuyama.nkk.co.jp

福山製鉄所 製鋼部

Tel. 0849 (45) 3452 川畑 涼

E-mail address : Ryo_Kawabata@ntsgw.fukuyama.nkk.co.jp