

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.19 (1987) No.4

高炉乾式除塵設備の建設と操業

Construction and Operation of Dry Type Dust-Removal Equipment for Blast Furnace

田中 邦宏(Kunihiro Tanaka) 松本 敏行(Toshiyuki Matsumoto) 金綱 照夫(Teruo Kanatsuna) 吉田 克典(Katsunori Yoshida) 鎌野 秀行(Hideyuki Kamano) 牧 勇之輔(Yunosuke Maki)

要旨：

高炉の乾式除塵設備は、1986年9月、千葉・第6高炉に設置され、以来順調な稼働を継続している。除塵機にバグフィルタを使用しているが、水噴霧による独自の無段階温度制御システムにより、安定した操業を行っている。本方式の採用により、炉頂圧発電設備の出力が4.5kWh/tと約11%向上し、併せて高炉ガス加熱器およびその他付帯設備のランニングコストの低減が図られた。

Synopsis：

Dry type dust-removal equipment was installed at Chiba No.6 blast furnace in September 1986, and has been smoothly operating since the start of its operation. The dust-removal equipment uses a bag filter, which is under stable, continuous operation through the use of a unique and highly accurate temperature control system of water spraying. As a result of installing the dry type dust-removal equipment, generating electrical power by the top pressure recovery turbine increased by 4.5kWh/t (about 11%) and the running cost of the BF gas heater and others have been reduced.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Construction and Operation of Dry Type Dust-Removal Equipment for Blast Furnace



田中 邦宏

Kunihiko Tanaka

千葉製鉄所 設備技術
部機械技術室 主査(課
長)



松本 敏行

Toshiyuki Matsumoto

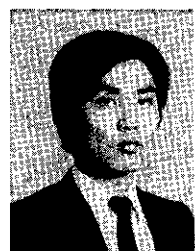
千葉製鉄所 製鉄部製
鉄課 課長



金網 照夫

Teruo Kanatsuna

本社 鉄鋼技術部高炉
改修計画室 主査(課
長)



吉田 克典

Katsunori Yoshida

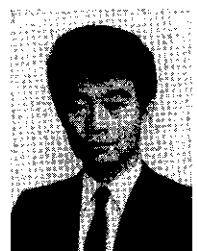
千葉製鉄所 エネルギ
ー部エネルギー技術室
主査(掛長)



鎌野 秀行

Hideyuki Kamano

千葉製鉄所 製鉄部製
鉄技術室



牧 勇之輔

Yunosuke Maki

千葉製鉄所 設備技術
部電気・計装技術室

1 結 言

日本の高炉では一般的に、付帯設備として炉頂圧発電設備 (TRT) を備え、排ガスからの圧力エネルギーを回収している。また、高炉排ガスの潜熱は、混入ダストを除去 (ガスの清浄化) し、製鉄所内のエネルギーとして有効に利用されている。しかし、その顕熱は、高炉の炉内変動や操業条件の変化により、ガスの温度が上昇したりガス量が増加するために、ガス清浄に湿式法を採用せざるを得ず、かならずしも有効には活用されていなかった。

最近、この高炉ガスの顕熱を回収する方策として、ガス清浄設備の乾式化が各社で積極的に研究されている。変動するガス性状を平常化する設備を併設した乾式除塵設備の設置により、TRT 出力の向上を図ろうとする手段をすでに一部の高炉で実施している¹⁻³⁾。

千葉製鉄所の第6高炉においては、1986年9月にバグフィルタ方式の乾式除塵設備を導入し、TRT 出力の向上を図るとともに TRT 前のガス昇熱を不要として、ランニングコストの低減を図っ

要旨

高炉の乾式除塵設備は、1986年9月、千葉・第6高炉に設置され、以来順調な稼働を継続している。

除塵機にバグフィルタを使用しているが、水噴霧による独自の無段階温度制御システムにより、安定した操業を行っている。

本方式の採用により、炉頂圧発電設備の出力が4.5 kWh/t と約11% 向上し、併せて高炉ガス加熱器およびその他付帯設備のランニングコストの低減が図れた。

Synopsis:

Dry type dust-removal equipment was installed at Chiba No. 6 blast furnace in September 1986, and has been smoothly operating since the start of its operation.

The dust-removal equipment uses a bag filter, which is under stable, continuous operation through the use of a unique and highly accurate temperature control system of water splaying.

As a result of installing the dry type dust-removal equipment, generating electrical power by the top pressure recovery turbine increased by 4.5 kWh/t (about 11%) and the running cost of the BF gas heater and others have been reduced.

た (Photo 1)。

以下に、乾式除塵設備および付帯設備の改善について、その概要を紹介する。

2 設備の目的と方式の選定

2.1 従来プロセス

従来の高炉ガス清浄および付帯設備のプロセスフローを Fig. 1 に示す。高炉ガス中には5 g/Nm³ 程度のダストが含まれており、TRT での圧力エネルギーの回収および所内のエネルギーとして使用するためには、ダストを5 mg/Nm³ 以下に低減させる必要がある。

ガス清浄設備としては、高炉の炉内変動による急激なガス温度の上昇およびガス量の変動に対応できる設備として、湿式除塵設備 (リングスリットワッシャおよびミストセパレータ) を用いていた。しかし、この設備は処理能力は大きい、系内の圧力損失は0.25 kg/cm² と大きかった。

また、付帯設備として、ガス圧力を電力として回収するための TRT およびガス中の水分による TRT トラブルの防止を図るためのガス加熱器が前段に設けられていた。

TRT は軸流型であるために、ガス中のダストと水分に敏感で、その含有量に制限があった。そのためにガス加熱器では TRT 入側ガスの一部 (約3%) を抽出して燃焼混合し、ガス温度を50°C から

* 昭和62年7月17日原稿受付



Photo 1 General view of the dry type dust-removal equipment

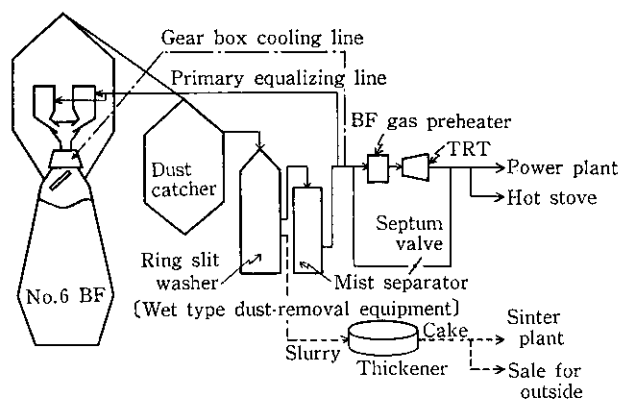


Fig. 1 Blast furnace gas dust-removal system before modification

125°Cまで加熱していた⁴⁾。

一方、清浄ガスの一部(約3%)を炉頂での原料装入装置の一次均圧用およびベルレス装入装置駆動用ギヤボックス内の加圧・冷却用として使用していた。

湿式除塵設備で捕集したダストは濃縮・脱水後、その一部を焼結原料として再利用していた。

そこで、ガス清浄設備の乾式化の目的は

- (1) ガス温度の上昇および系内圧力損失の低減による TRT 出力の向上
 - (2) ガス加熱器の停止、冷却ガス加圧ブロワの停止等によるランニングコストの低減
- をねらいとするものであった。

2.2 方式の選定

乾式除塵方式としては、電気集塵機方式とバグフィルタ方式とがある。しかし、電気集塵機方式の場合、以下のような問題があった。

- (1) 出口含塵量 5 mg/Nm³ 以下の確保が困難である。

- (2) ガスの異常高温に対する対策が必要であるが、温度の制御性やダスト対策に確信のもてる方式がない。

- (3) 内部機械品の故障または取替に長期休止が必要である。

- (4) 設置スペースが大きい。

一方、バグフィルタ方式の場合は、

- (1) ろ布に耐熱性の問題はあるが集塵効率が良い。ろ布の耐熱性については耐熱ナイロン(特殊加工品)を使用することにより、常用 204°C 以下、瞬時最高 370°C で、通常操業のガス温度域ではろ布の収縮、燃焼等の問題はない。

- (2) 異常高温対策については、前段で微小スプレー水による蒸発温度制御を行うことにより、常用範囲内へガス温度を低下させることができる。

- (3) ろ布の破損または離脱による急激な含塵量の増大が懸念されるが、バグフィルタ出側ダクト内に常時監視用ダストモニタを設置して、除塵性能の悪いチャンバのみ停止する方法で対処できる。

これらのことから、バグフィルタ方式を採用することにした。

3 乾式除塵システムの特徴

乾式除塵システムのフローを Fig. 2 に示す。

システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 乾式・湿式除塵ラインの併用と自動切替システムの採用
- (2) 水スプレーによるガス冷却方式の採用
- (3) 一次均圧ガス用冷却装置の設置
- (4) 炉頂装入装置駆動用ギヤユニットの水冷化
- (5) TRT 静翼の可変式
- (6) ダスト分級による高亜鉛含有ダストの分離と低亜鉛含有ダストの焼結原料への再利用

3.1 乾式除塵設備

乾式除塵設備の仕様を Table 1 に、また、バグチャンバ内部構造概念図を Fig. 3 に示す。

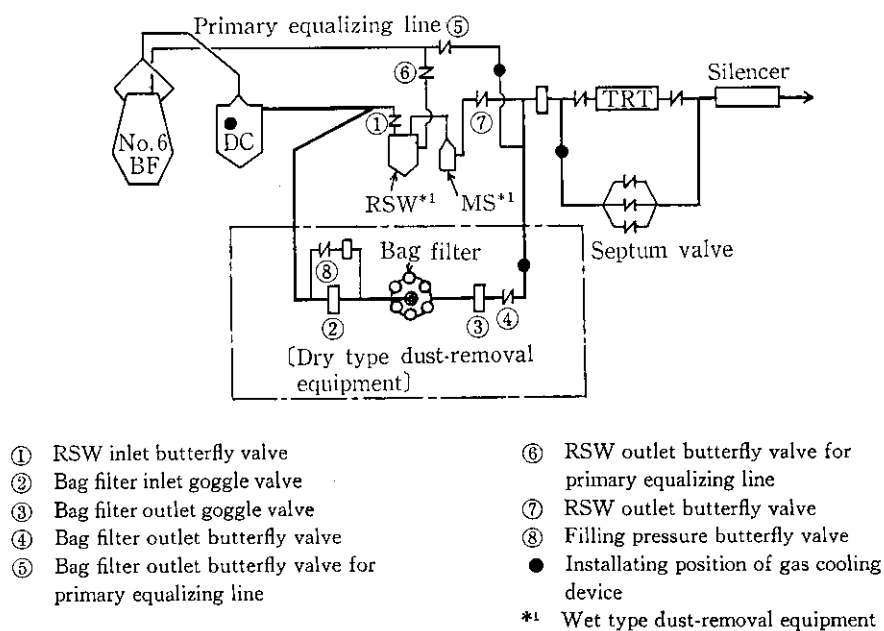


Fig. 2 Flow diagram of dry type dust-removal system for blast furnace gas

Table 1 Specifications of dry type dust-removal equipment

Item	Specification
Method	Bag filter
Type	Vertical type, cylindrical mild steel structure, 6 chambers
Gas volume (wet)	725 000 Nm ³ /h max.
Dust content	
Inlet	3.6 g/Nm ³ max.
Outlet	5 mg/Nm ³ or under
Filter	Heat resistance nylon with special treatment 306 mmφ×10 mL×648 pc's
Filtering velocity	1.172 m/min

設備の特徴を次に示す。

- (1) 常用のガス温度域を広めるために、耐熱ナイロン（特殊加工品）のろ布を使用している。
- (2) ダストの払い落とし時に操業変動をきたさないよう、バッグチャンバの分割数を多くしている。
- (3) ろ布寸法の長さ/直径比を考慮して、ろ布下部の摩耗防止を図っている。
- (4) ろ布張力範囲を設定して、ろ布のたるみまたは離脱を防止している。
- (5) ダストのレベル計測を温度計を使用して行っている。
- (6) ダスト排出はダストを浮上・流動化させて、その円滑化を図っている。

3.2 ダストキャッチャ内部ガス冷却装置

ダストキャッチャ内部ガス冷却装置はろ布を保護するとともに、ガスの過冷却を防止するために、大容量かつ高精度の温度制御機能をもたせている。装置のフローと制御系の構成を Fig. 4 に示す。

設備の特徴は次のとおりである。

- (1) 給水系を系統分けにし、ノズル特性を生かして使い分けることにより、広範囲のガス温度、ガス流量に応じ無段階にガス温度制御ができる。
- (2) 蒸発による冷却効果を最大限に生かすために、粒径の小さい水滴が噴霧できるノズルを採用している。水噴霧位置からろ布に到達する以前に蒸発が完了する水滴蒸発過程のメカニズムの検討結果から、ノズルの平均噴霧水滴径および範囲を決定している。
- (3) 噴霧量の変化に対して水滴径が変化しないノズルを採用している。給水量を一定にして、戻りラインの調節弁開度を制御することにより、噴霧量の調整ができるリターン方式を採用することによりこれを可能にしている。
- (4) ノズルの各噴霧量での噴霧範囲を計測し、その結果からノズル数およびガス流に対する噴射角度を決定した。

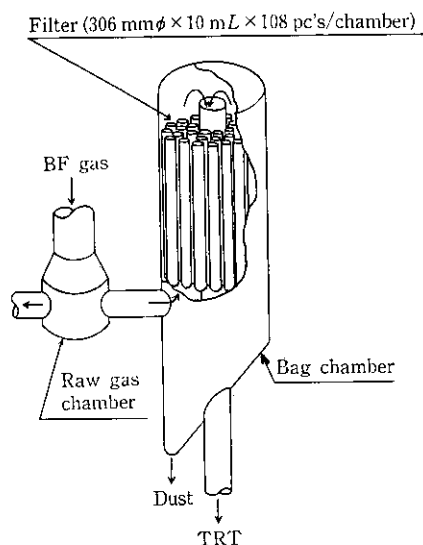


Fig. 3 Schematic drawing of inner structure of bag chamber

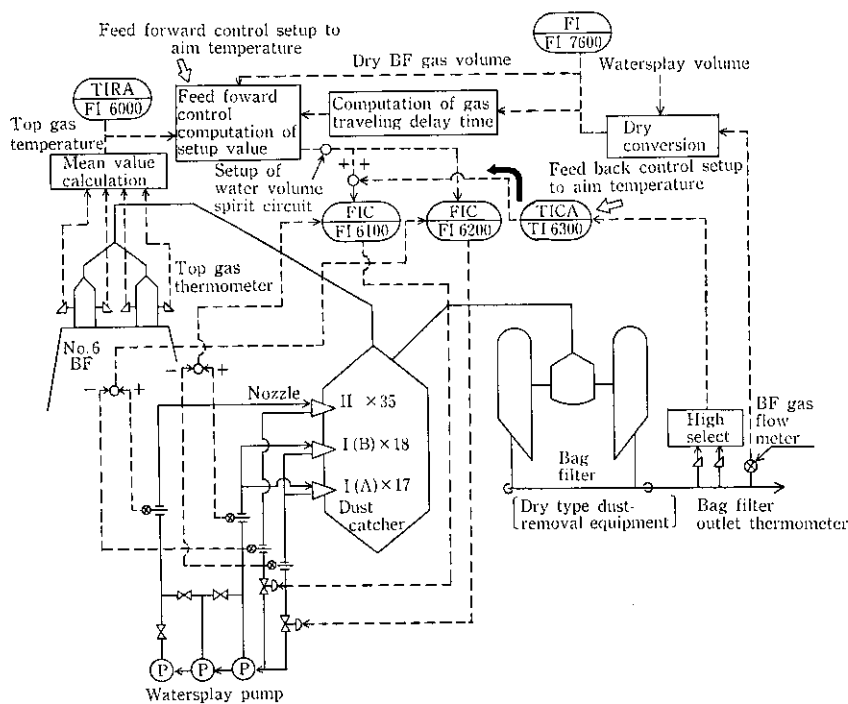


Fig. 4 Flow and control system configuration for dust catcher gas cooling device

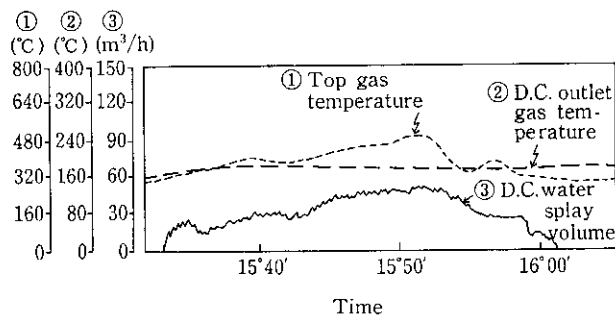


Fig. 5 Results of gas temperature control

(5) 水噴霧を行わない時には高炉ガスの逆流、ダストによるノズルの詰り等を防止するために、窒素ガスで常時加圧、噴出パージを行っている。

なお、本装置による温度制御結果の一例を Fig. 5 に示す。

3.3 ダスト分級設備

乾式除塵設備のダスト排出装置およびダスト分級設備のフローを Fig. 6 に示す。

特徴は次のとおりである。

- (1) 分級装置のロータ回転数を変更することにより、分級点を任意に選択することができる。

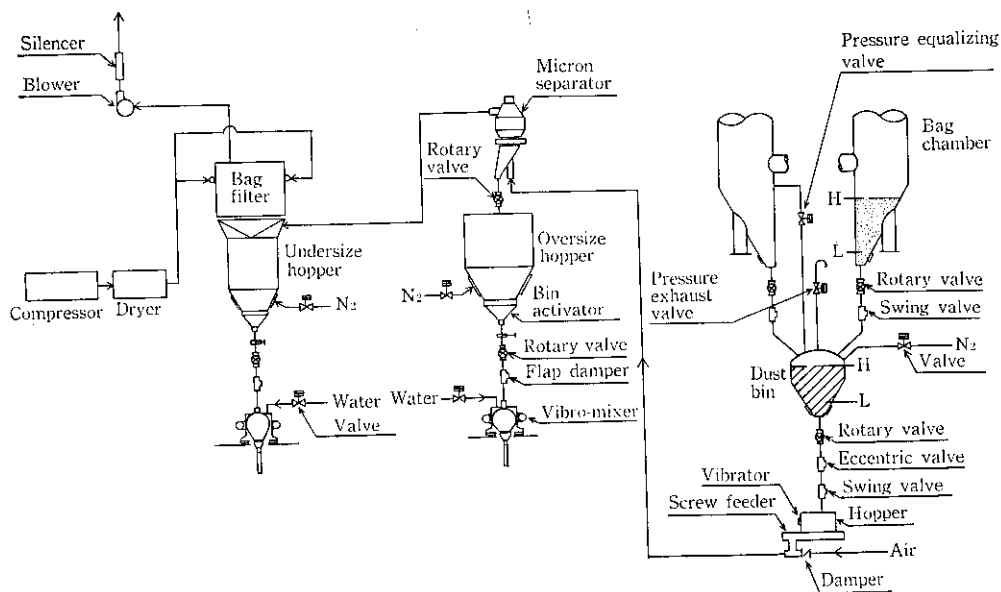


Fig. 6 Schematic diagram of dust discharge device and dust separating equipment

Table 2 Example of separated dust component

	Size (μm)	Chemical composition (%)		
		Zn	TFe	C
Oversize dust	44.5	1.17	41.9	27.8
Undersize dust	16.0	4.23	39.8	24.3

(2) (1)より、集塵ダスト中には鉄、炭素等の焼結原料としての有用成分が多く含まれているが、一方、高炉装入にあたり装入量の上限管理が必要な亜鉛も多く含まれている。しかし、集塵ダストは粒径が小さくなる程、亜鉛濃度は高くなる特長があるため、分級点を変更することにより焼結原料として再資源化される低亜鉛ダストの亜鉛濃度と量をコントロールすることができる (Table 2)。

4 操業状況

千葉製鉄所第6高炉の乾式除塵システムは1986年9月に稼働を開始した。稼働前後の操業推移を Fig. 7 に示す。

炉頂ガス量は稼働前後で変化はないが、除塵系内の圧力損失が 0.10 kg/cm^2 程度に低下するとともに、TRT 入側ガス温度の上昇により TRT 出力は約 11% 向上している。一方、休風前後の湿式除塵システムの運転時と、購入電力価格が高い平日昼間で TRT 出力に向上余裕がある時のみ高炉ガス加熱器は使用されるため、同加熱器の高炉ガス使用量は大幅に低減している。

乾式除塵設備および付帯設備は順調に稼働しており、除塵性能も Table 3 に示すとおり、除塵効率 99.96%、バグフィルタ出側ダスト濃度 0.7 mg/Nm^3 と良好な結果を得ている。

5 結 言

千葉製鉄所第6高炉は、バグフィルタ方式の乾式除塵設備を導入し、1986年9月から順調に稼働している。

水スプレー冷却によって高炉ガスの異常高温からフィルタを保護し、独自の無段階ガス温度制御システムの採用により、フィルタの耐熱温度近くでの操業が可能になり、エネルギー回収量の増大が図れている。稼働以来、TRT 入側温度の上昇および除塵系内圧力損失の低下により、TRT 出力を約 11% 向上させることができた。

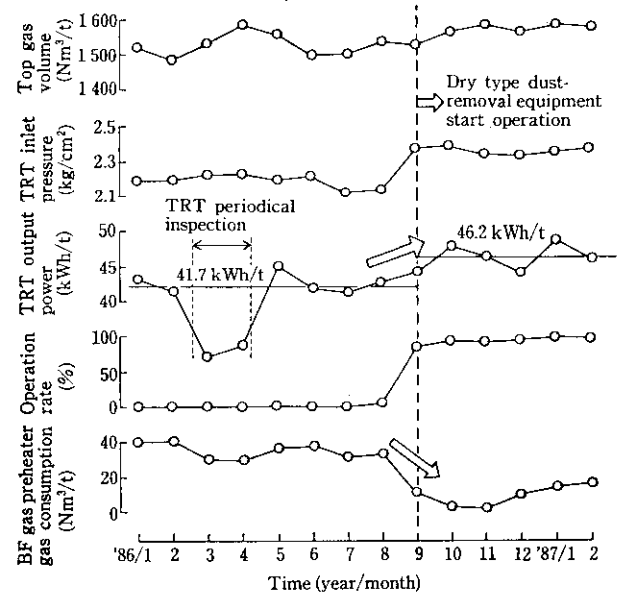


Fig. 7 Transition of operation before and after the start-up of dry type dust-removal equipment

Table 3 Dust-removal conditions of BF gas

Item	Result	Remarks
Dust-removal efficiency	99.96%	At performance test Inlet: 3.98 g/Nm^3 Outlet: 1.7 mg/Nm^3
Bag-filter-outlet dust content	3 mg/Nm^3 max 0.7 mg/Nm^3 ave	Sep. 1986 ~ Mar. 1987
Dust volume	About 1 200 t/month	Average from Sep. 1986 to Mar. 1987

また、従来必要としていた TRT 前でのガス昇熱を休止させることができるなど、付帯設備のランニングコストを大幅に削減することができた。

一方、捕集ダストの分級により、高亜鉛含有ダストを分離するとともに、焼結原料への資源化の増大が図れた。

参 考 文 献

- 住友金属工業 (株): 日本鉄鋼協会共同研究会第 64 回製鉄部会資料, (1984), 私信
- 日本鋼管 (株): 日本鉄鋼協会共同研究会第 67 回製鉄部会資料, (1985), 私信
- 新日本製鉄 (株): 日本鉄鋼協会共同研究会第 69 回製鉄部会資料, (1986), 私信
- 西山哲司, 菊池一成: 川崎製鉄技報, 10 (1978) 2・3, 47