

ダスト濃度監視技術

～ 摩擦を利用したダストモニタの開発 ～

Dust Concentration Monitoring Technology ~ Development of Dust Monitor using friction charge ~

株式会社松島機械研究所 重枝 季伸
Toshinobu SHIGEEDA

1. はじめに

近年の産業界では、粉粒体が数多く取り扱われており、集塵を要する工程の中でも資源を無駄にしないという観点から排出ガス中のダスト回収が行われている。また、大気汚染防止という観点からも、排出ガスはもとより各種燃焼ガスからのダスト回収も必要になっている。いずれの場合においても排ガスを大気還元する前にバグフィルタなどのフィルタによりダストを回収する必要性という点で共通している。この回収を効率的に行う上で排ガス中のダストの連続濃度監視が重要視されてきている。今回は、フィルタの二次側で必要とされるダスト監視技術について紹介する。

2. ダスト濃度監視機器（技術）の種類

まず、ダスト濃度監視機器にはどのようなものがあるのか簡単に紹介する。

2-1 光透過式ダスト濃度計

この方式は、**図-1**のように投光器と受光器から構成される。お互いを対向して取り付けることで投光器と受光器間の透過率（減衰率）を電気信号に変換し、ダスト濃度の監視を行う方式である。

この方式の利点は、光学式としては比較的安価

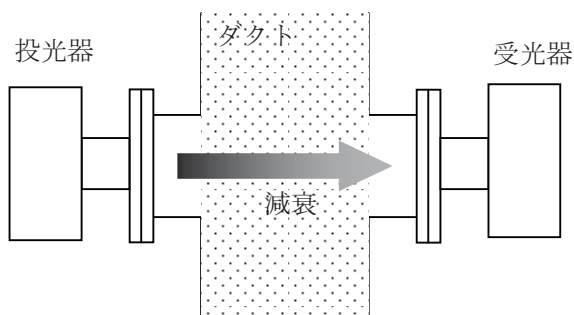


図-1 透過式ダスト濃度計の原理

にシステムが構成できるという点が挙げられる。

欠点として低濃度の煤塵に対しての感度が低いこととメンテナンスに手間がかかる点が挙げられる。

左下図（**図-1**）の他に、投光器受光器一体型で、対面に反射板を設置するタイプもある。

2-2 光散乱式ダスト濃度計

この方式は、**図-2**のようにサンプリングプローブを挿入し、プローブの測定部を通過するダストに対して投光し、ダストにより拡散した光を電気信号に変換してダスト濃度の監視を行う方式である。この方式の利点は、低濃度のダストに対しても比較的安定して測定できる点が挙げられる。

欠点としてシステムが高価であり、透過式同様にメンテナンスに手間がかかる点が挙げられる。

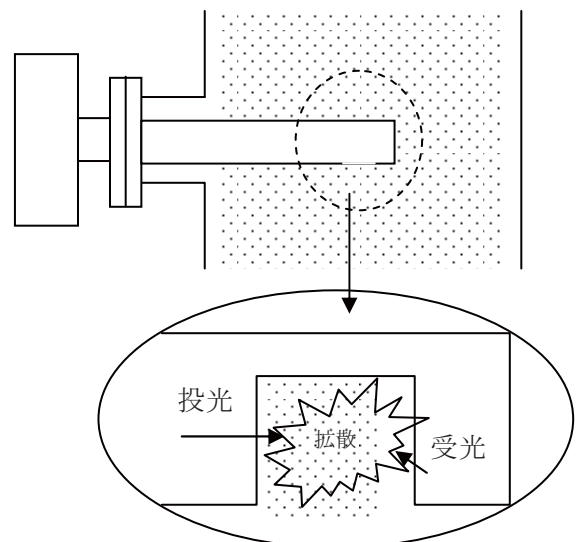


図-2 光散乱式ダスト濃度計の原理

上図（**図-2**）の他にサンプリングプローブにより吸引するタイプや測定プローブを挿入せずに大きめの投受光器を設置するタイプなどがある。

2-3 摩擦電荷方式

この方式は当社で採用している方式で、**図-3**のようにダクト内に検出電極を挿入し、ダストが電極に衝突する際に発生する移動電荷を電気信号として濃度監視を行う方式である。この方式の利点は、光学式で必要となる光軸調整などの難しいノウハウがなくても取り付けが容易に行え、また、安価でシステムが構成できる点が挙げられる。

ただし、電荷の移動を信号として測定するため、電気集塵機での使用に限っては、ダストに強制的に電荷が付加されるため誤差が生じる場合がある。

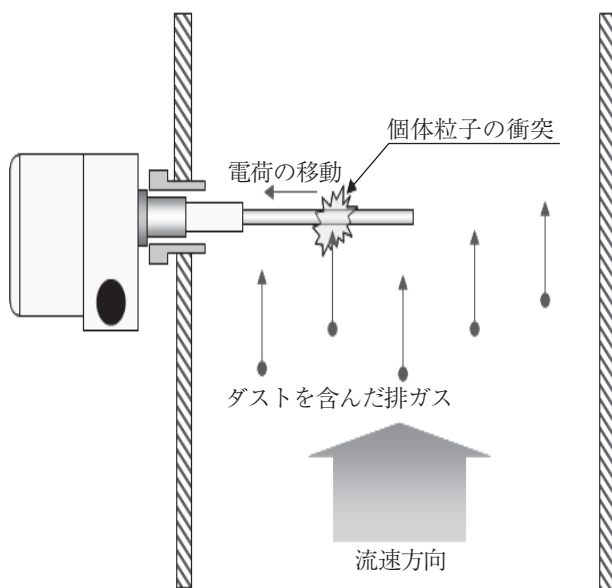


図-3 摩擦電荷方式の原理

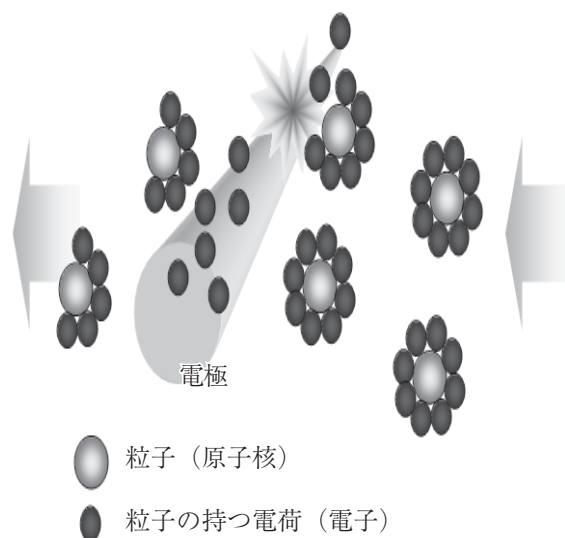


図-4 電荷移動のイメージ

3-1 何故相対値なのか

前述の通り、摩擦電荷方式とはダストの電極への衝突に伴う電荷の移動量を信号として測定する機器であるため、測定環境の変化により同じダストを測定しても、その測定結果に差が生じる。

この差は測定環境がある程度一定であれば一定の差として現れるため、絶対値に対する一定幅の差を持った相対信号（相対値）として読み取ることができる。

図-5は摩擦電荷方式（当社ダストモニタ）で同じ濃度の粉体を測定した際の検出結果である。この結果から、繰り返し測定に於ける再現性があることが解る。

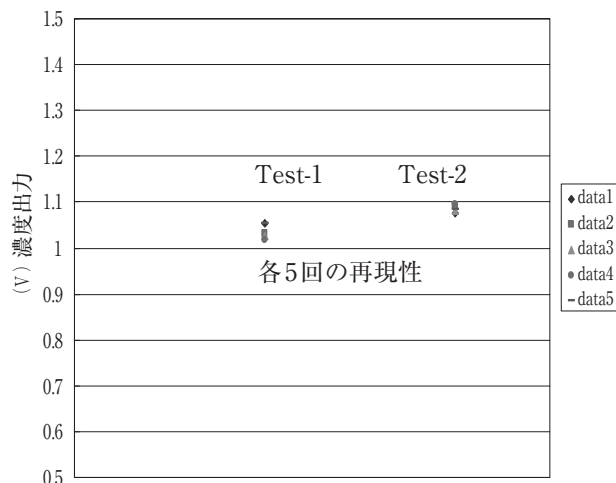


図-5 再現性データグラフ

3. 摩擦電荷を利用したダスト監視技術

前段でダスト濃度の監視技術について紹介したが、ここからは当社で採用している摩擦電荷を利用したダスト濃度監視技術について、より詳しく紹介していく。

摩擦電荷方式とは、文字通り摩擦により発生する電荷の移動を信号とすることを意味している。ダストを含め、物体は必ず「原子核」とそれを取り巻く「電子」を持っている。電子は負の電荷(-)を持っており、物体同士が摩擦を起こすと結合の弱い電子がもう一方の原子核を構成している陽子(+)に引き寄せられ移動する。これが電荷の移動である（イメージ：**図-4**）。この移動のない状態が帯電であり俗に言う静電気である。

この方式は、電極をダクト内に挿入し、この電極にダストが衝突する際に発生する電荷の移動量を電氣的に測定し、ダクト内のダスト濃度を相対的に測定する方式である。

3-2 移動電荷量に影響する因子

移動電荷量に影響する因子の代表的なものとして以下が挙げられる。

- ・ダストの種類

- ・ダスト径
- ・流速

3-2-1 ダストの種類と移動電荷量の関係

ダクト内を流れるダストの種類が異なれば、流速や粒子径が同じでもその測定結果は変化する。これはダスト自体が持つ固有差で、比重や電荷移動の起こしやすさなどの違いによるものである(図-6参照)。

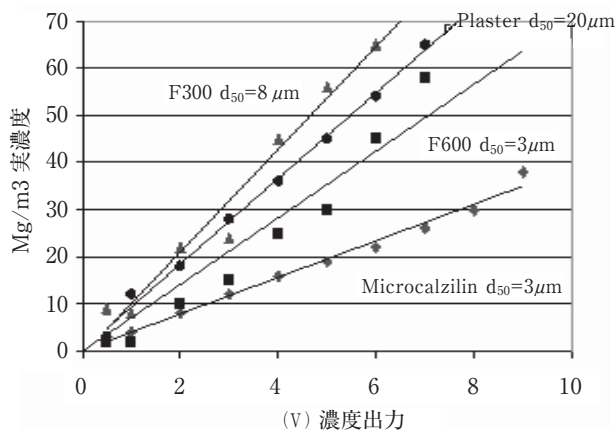


図-6 粒子種別信号差グラフ

3-2-2 ダスト径の違いと移動電荷量の関係

全く同じダストでも粒子径が異なるとその他の因子が同じでも測定結果は変化する。例えば2倍の粒子径のダストであれば同じ衝突力(摩擦力)で電極に接触しても、小さな粒子が2つ衝突したものと同じだけの移動量があるためである(図-7参照)。

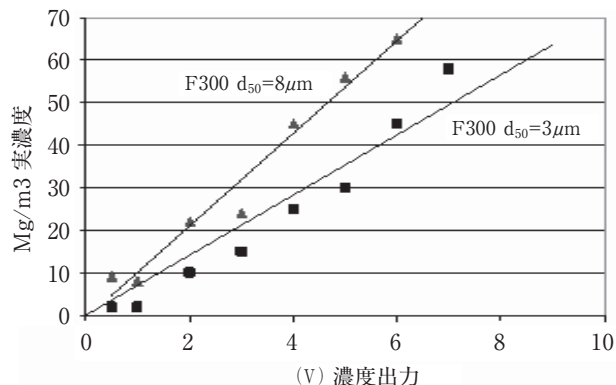


図-7 粒子径別信号差グラフ

3-2-3 流速と移動電荷量の関係

流速が変化するとダストの衝突力(摩擦力)が変化する。これは、衝突の強さにより電極に引き寄せられる電荷の量が変化するためである(図-8参照)。

現実的な使用に際しては、環境条件が変化することはほとんど無く、前述のような影響が生じるケースは極めて異例である。

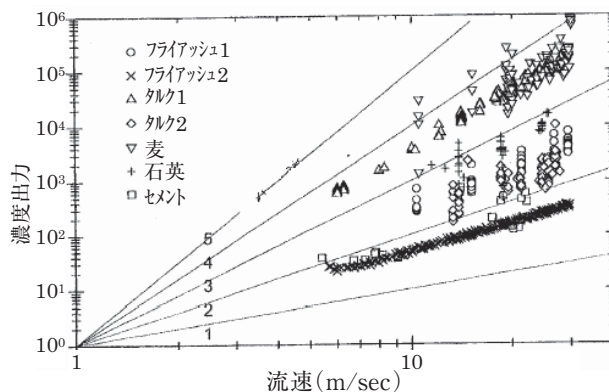


図-8 流速変化に伴う各粒子の信号変化グラフ

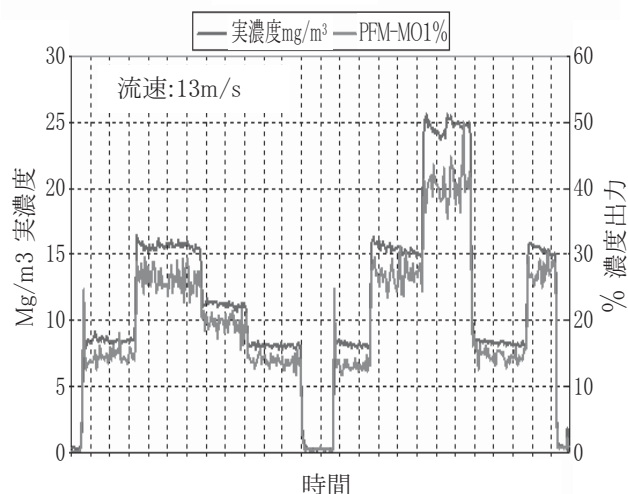


図-9 実濃度と摩擦電荷方式の信号対比グラフ

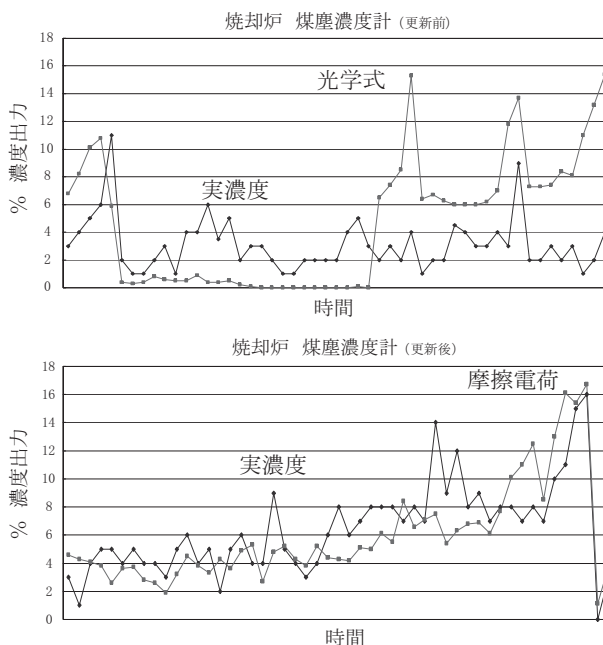


図-10 実濃度と光学式/摩擦電荷方式の信号対比グラフ

3-3 摩擦電荷の安定性と光学式との比較

摩擦電荷の場合、測定環境が違っていても一定の環境下であれば一定の比率で再現性があるというのは前述の通りであり、これは別法でも検証されている(図-9参照)。

図-10は実際に摩擦電荷方式と光学式の測定を

比較したものである。

このテストの結果では、光学式の測定結果より摩擦電荷方式の測定結果の方が実濃度に近似した結果となった。このことから言えるのは、摩擦電荷方式でもアプリケーションに対してのマッチングさえとれていれば高価な光学式と大差のない測定結果が得られるということである。

3-4 摩擦電荷方式の優位性

摩擦電荷方式の優位性として以下が挙げられる。

- ・測定が安定している
- ・メンテナンス性がよい
- ・コストパフォーマンスが良い

摩擦電荷方式は、複雑なパーツを持たないため比較的安価であるにもかかわらず安定した測定が実現でき、かつ光学式のような光軸調整やレンズ、光源、反射板などの清掃も必要ない（電極への付着を拭き取るだけ）。

3-5 摩擦電荷方式ダストモニタの現状

近年の大気汚染防止、排ガス中のダスト回収などの観点から、煤塵の監視は非常に重要な位置づけとして認識されてきている。このため、大気還元される直前の排ガスの監視が重要視されるケースが多い。このような背景から、バグフィルタなどの集塵機の二次側（大気還元側）の排ガス中ダスト濃度測定としてその技術が利用されている。

3-5-1 バグフィルタの破れ監視1

バグフィルタの二次側のダスト濃度を測定することで、フィルタの劣化、破れを早期に発見するためには、バッチ式での測定ではタイムラグが生じるため好ましくない。このため、連続監視が必要となり、フィルタの一次側と二次側の差圧を監視したり、従来であれば高価な光学式を使用して監視を行っていた。近年では、摩擦電荷方式のダ

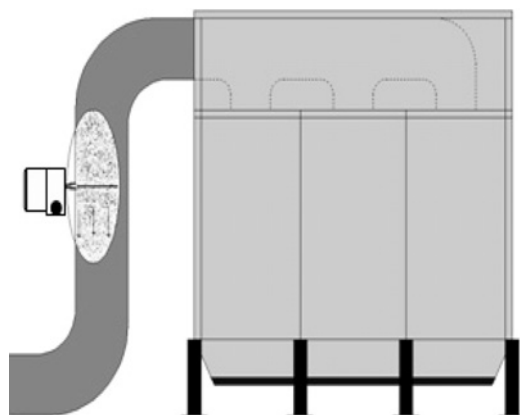


図-11 集塵機取り付けイメージ図

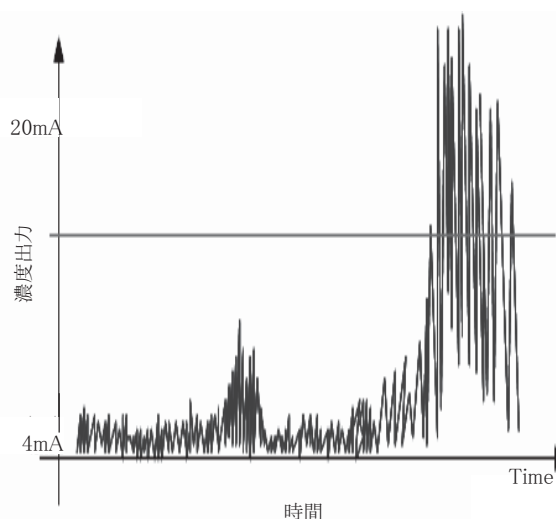


図-12 フィルタ監視トレンドイメージ1

ストモニタがこの分野の監視機器として活躍の場を広げている（図-11）。図-12は、実際にバグフィルタを監視している際のトレンドである。途中で発生しているピークは、フィルタバッグのエア洗浄（逆洗）の際に発生する微量ダストの漏れを検知しているものである。この洗浄による漏れの監視が非常に重要な役割を持っている。例えば、平常時は一定の高さのピークが発生しているはずのものが、あるタイミングを境にピークが高くなり始めたとする。これは明らかにフィルタの一部に破れが生じたなど、異常の現れである（図-12参照）。

3-5-2 バグフィルタの破れ監視2

フィルタをエアにてパルス洗浄する場合、このインパルス回路からトリガを得ることで何列目のフィルタにエア洗浄をしているのかを知ることができる。この情報とトレンドデータをリンクさせることで何列目のフィルタに損傷があるのかを特

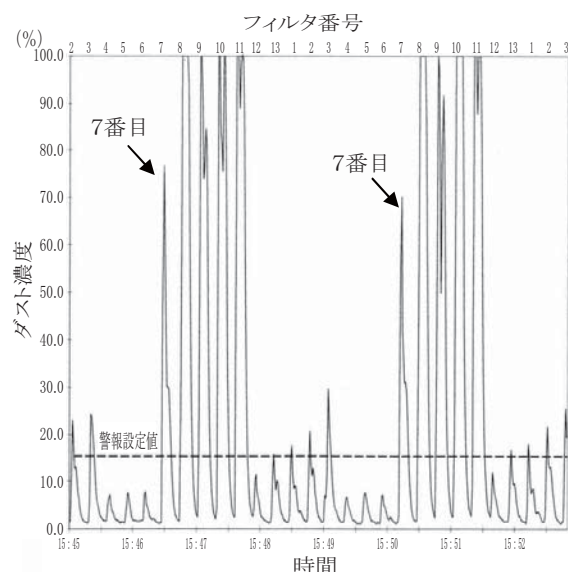


図-13 フィルタ監視トレンドイメージ2

定することができるようになる（図-13 参照）。

3-6 ダストモニタの展望

開発当初は、低濃度領域で $33\text{mg}/\text{m}^3$ までの濃度測定が最高感度であったが、現在では $2\text{mg}/\text{m}^3$ までの低濃度が測定できるようになった。また、単なる相対濃度測定だけではなく、より実濃度に近似するように濃度補正も可能になった（図-14 参照）。

しかし、従来の監視機器と比べ小さくなってい

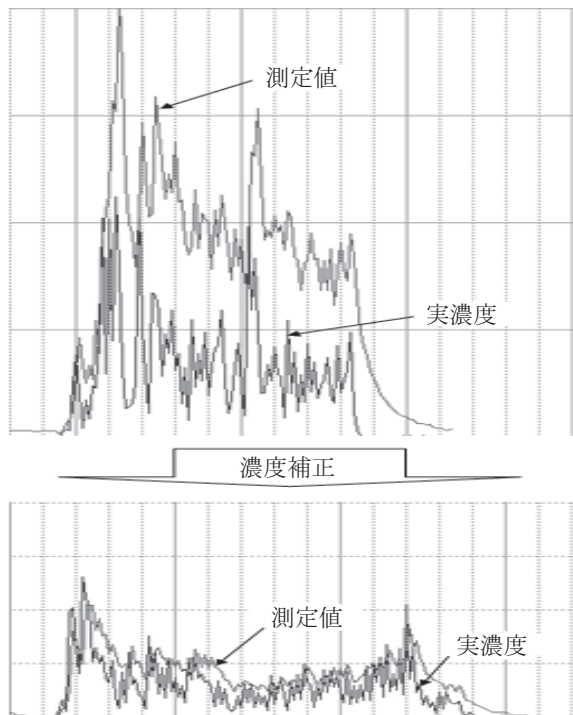


図-14 濃度出力補正イメージ



図-15 ダストモニタ

るとはいえ現在のままでは、大型の集塵機（工場設備としてのバグフィルタ）にしか使用することができない。今後は、さらなる小型化、ローコスト化を図り、新分野でのアプリケーション開拓を狙っていく。また、より簡単に正確な測定ができる信頼性における機器として差別化を図っていき



図-16 ダストモニタ設置例

いと考える。

4. おわりに

従来のダスト監視は高価な光学式が主流であり設置コストやメンテナンスコストがネックとなっていた。しかし摩擦電荷式ダストモニタの技術の進歩により従来からの技術転換が可能になった。これにより、大幅なコスト削減ができるようになり、現在では集塵設備の監視機器として確実にシェアを拡大している。図-15 にダストモニタの製品を、図-16 にダストモニタの設置例を示す。今回紹介させて頂いた当社ダストモニタ PFM シリーズは日本で初の完全国産の機器である。数年前までは海外製が主流であった摩擦電荷方式において完全国産のメリットは非常に大きく、他社とは違ったサービス体制で多くのお客様に支持を頂いている。また、この製品の開発、改良を行うプロセスの中で確実にコア技術を得ることができており、当社としても今後伸ばしていきたい技術の一つに成長している。今後もフィールドにおけるニーズを吸収しながら、自社製ならではのより良い製品開発と改良を行う所存である。



しげだ としのぶ
重枝 季伸
（株）松島機械研究所 技術部
電気・制御 Gr 係長

〒807-0831 福岡県北九州市八幡西区大字則松461
TEL: 093-691-3731 FAX: 093-691-3735
E-mail: t-shige@matusima.co.jp