

論 文

広極間集じん装置とその性能評価について

滝 本 健*

(1979年3月19日受理)

Wide Spacing Precipitator and Its Performance Study

K. TAKIMOTO*

(Received March 19, 1979)

This paper shows the new method of data analysis procedure for performance study of electrostatic precipitator. Individual migration velocity is applied to Deutsch formula and many performance data are normalized by multiplying correction coefficient to the individual migration velocity. This procedure is also available on performance study of wide spacing system. The result shows that the migration velocity is directly proportional to the spacing. This paper also shows the features and application of wide spacing precipitator.

1. 緒 言

従来、工業用電気集じん装置においては、電極間隔（極間）が狭いほど全体の装置をコンパクトにできるといわれ、製作精度の制約等から主として200~250 mmの極間が採用されてきた。このような極間が主流を占めるに至った理由の一つとして、高電圧発生装置の技術的制約から、高い直流電圧を安定して供給することが困難であったという点も見逃すことができない。

近年、高電圧絶縁材料、高耐圧整流素子、サイリスタ制御技術等の飛躍的進歩により、200 kVに及ぶ高電圧を供給する電気集じん装置用高電圧発生装置が実用化されるに及び、従来よりも高い電圧、広い極間を採用したいわゆる広極間システムによる電気集じん技術の実用化が現実のものとなってきた。

当社では数年の開発期間を経て、1972年より広極間電気集じん装置の具体的営業活動を開始し、現在までに60機に及ぶ納入実績を数えるに至っている。

広極間システムを採用することにより従来よりも高い保全性と信頼性が得られることから、近年斯界の注目を集めることとなり、すでにいくつかの研究成果が発表されている。また広極間システムの実行化については、いまのところ公害先進国といわれるわが国が他国に一歩先んじている形であるが、米国、西独、スウェーデン等においても着々と研究が進んでいるようであり、外国にお

いて広極間システムの実用機が納入されるのも時間の問題と思われる。

ここで、当社の広極間システムの概要、応用例等を簡単に紹介するとともに、その性能評価の考え方、データ解析の方法等について述べてみたい。

2. 広極間システムとは

広極間システム（ワイドスペーシングシステムまたはラージスペーシングシステムともいわれる）とは、極間距離（ここでは対向する集じん極と集じん極の間隔を指す）を従来の電気集じん装置よりも広げたものを意味する。従来の電気集じん装置の極間は200~250 mm程度であるのに對し、通常広極間システムとは極間が400 mm以上のものを指す。

広極間システムと印加電圧の関係についてはいろいろな考え方があるようだが^{1,2)}、当社の場合広極間システムにおいても電界強度をできるだけ大きくとることを基本にしている。したがって印加電圧は極間に比例して高くなるわけで、厳密には広極間高電圧システムと呼ぶべきものである。極間を広げても全体の大きさは従来型と変わらないため、後述するようにいくつかの特徴がある。

3. 広極間システムの特徴

広極間システムには、主として極間が広いことに起因して以下のような利点がある。

- (1) 高電圧印加部（放電極）と接地部（集じん極）の間隔の変動が、印加電圧に与える影響が少ない。これは狭い極間のものと比べ、絶対値として同じ量だけ変動したとしても、極間が広い分だけ変動率は小

* 住友金属鉱山株式会社工務本部 (105 東京都港区新橋 5-11-3)

Engineering Division, Sumitomo Metal Mining Co., Ltd., 5-11-3, Shimbashi, Minato-ku, Tokyo 105, Japan

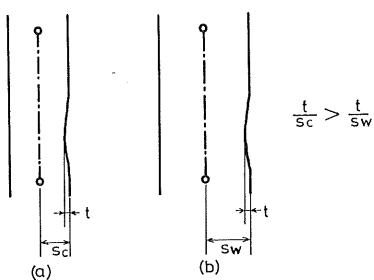


図 1 広極間 EP (b) と従来型 EP (a) の比較

Fig. 1 Comparison of wide spacing EP (b) and conventional EP (a).

さいためである(図1参照)。したがって熱応力、ダスト付着等による影響を受けにくく、長期間にわたって初期の性能を維持できる。

- (2) 同様の理由で、湿式電気集じん装置においては水滴に起因するスパークが発生しにくいため、安定した荷電が可能で、性能を維持するうえで有利である。
- (3) 集じん極、放電極の数が大幅に減少すると同時に、払し装置のような付属品の数も少なくなる。したがって全体の構造が簡略化され、トラブル発生が少くなり、保守が容易になる。また集じん極の間隔は、そのあいだに人がはいれるほど広いため、保守、点検のうえで有利である。
- (4) 全体の重量を軽減できるため、コストダウンをはかれるのみならず、建屋搭載システムを設計するうえでも有利である。
- (5) 集じん部における粒子の凝集粗大効果が有効に作用するため、重金属酸化物のような微粒子を集めうるうえで有利である。

一方広極間システムには以下のような欠点もある。

- (1) 高電圧発生機の価格が割高で、電気集じん装置の容量が小さいほど、高圧電源のコストが全体のコストに占める比率が高くなる。
- (2) 高電圧系統支持部の絶縁システムに工夫が必要である。とくにエアバージ用いる場合、必要なバージエア量が多くなる。

これらの特徴を考慮したうえで、当社の標準的極間としては 400~600 mm の範囲が主体になっている。

4. Deutsch の式について

電気集じん装置の性能式として、一般的に Deutsch の式がよく用いられる³⁻⁵⁾。

$$\eta = (1 - \alpha) \times 100 \quad (1)$$

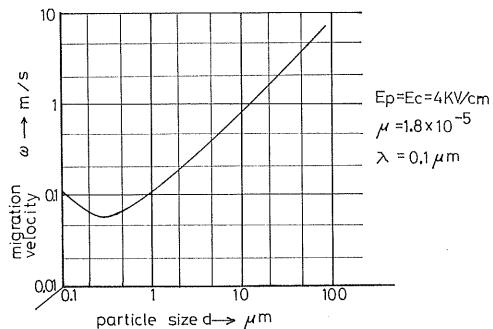


図 2 Cochet の式による粒子移動速度

Fig. 2 Migration velocity by Cochet equation.

$$\alpha = \exp(-\omega \times SCA) \quad (2)$$

ただし

$$SCA = A/Q$$

粒子移動速度 ω を求める理論式としては、集じんに作用する力としてクーロン力のみを考え、これとストークスの粘性抵抗の平衡点ということで次のような式が提案されている。

$$\omega = q \cdot E_p \cdot C / 3\pi\mu d \quad (3)$$

ただし

$$C = 1 + 2.5\lambda/d + (0.84\lambda/d) \cdot \exp(-0.435d/\lambda) \quad (4)$$

粒子の得る電荷 q については、電界射突による荷電と拡散による荷電の双方を考える必要がある。前者については Pauthenier、後者については White により理論式が与えられているが、Cochet はこれら二つの荷電プロセスをまとめた式を与えている。

$$q = [(1 + 2\lambda/d)^2 + 2/(1 + 2\lambda d)] \pi \epsilon_0 E_C d^2 \quad (5)$$

この式は $0.1 \mu\text{m}$ 以上の粒子については前 2 者の式により得られた結果とよく一致する。(3)~(5)式を用いて算出した ω の例を図 2 に示す。

ところで Deutsch の式(2)は電気集じん装置の性能測定データから総括粒子移動速度 ω_T を求め、集じんの難易を判定する場合にはきわめて便利な式である。しかしながら、あらかじめ ω_T の値を想定して(2)式により集じん装置の性能を推定するにはいろいろと難点がある。その理由は、実際のダストはそれぞれ異なる粒径分布をもっており、さらに粒子の移動速度は粒径により異なるために、ダストが集じん部を通過する過程で粒径分布が異なってくるためである。したがって ω_T の値は集じん部を通過する過程で、SCA の関数として変化することになる。実際の電気集じん装置においては加えて次のよ

うな要素も考慮しなければならないので、理論的解析をいっそり困難にする⁶⁾。

- (1) 逆電離の発生
- (2) イオン風による気流の擾乱
- (3) ダストの凝集粗大化
- (4) 空間電荷による電場の変形およびコロナ抑制効果
- (5) ダストの再飛散
- (6) 集じん部のガス流速分布のばらつき

とりあえずこれらの外乱要因を無視して考えるにしても、Deutsch の式をそのままの形で用いるには、それぞれの粒径別に個別粒子移動速度 ω_i を定義し、それぞれの粒径についての通過率を求める Deutsch の式と粒径分布を表現する式とを合成して積分する必要がある。しかしこの積分の解を求ることは容易ではないため、Deutsch の式自体を修正して粒径分布の要素を取り除く試みがいろいろとなされている。

その一つは Matts と Ohnfeldt の提案によるもので⁷⁾,

$$\alpha = \exp(-\omega_k \cdot SCA)^k \quad (6)$$

ここで ω_k はダストの種類により経験的に求められ、この値は集じん装置入口の粒径分布に依存するが、式のなかでは一応粒径に関係ない定数として扱われる。また k の値についてはフライアッシュの場合 0.5 が適当であるといわれている。

Feldman はこの式をさらに変形し、次のような式を提案している⁸⁾.

$$\alpha = C^{(\omega_i + SCA)^m} \quad (7)$$

ここで修正粒子移動速度 ω' は粒径に関係しない定数として求め、 C と m は与えられた入口粒径分布について一定の定数として経験的に求める。

ところでこのように Deutsch の式を変形する方法も手軽に集じん効率を推定する方法として有効であるが、筆者らはさらにデータ解析を容易にする手段として、これらの試みとは観点を異にする方法を考案した。これは総括粒子移動速度 ω_T のかわりに経験的に求めた個別粒子移動速度 ω_i を採用し、この ω_i に補正係数を乗じ、粒径ごとに Deutsch の式に基づいて計算した通過率を累積して総合的な集じん効率を算出することにより、いろいろと異なる集じん条件の下で得られた性能データを規準化するものである。この方法によれば異なるダスト、異なる集じん条件から得られた性能データを比較することが容易であり、データ解析を行なううえで有効である。

5. 粒径分布と個別粒子移動速度

粒径別の粒子移動速度を取り扱うためには、粒径分布を数式化して取り扱うほうが便利である。一例として図 3 に示すような RRS (Rosin-Rammler-Sperling) 線図を用いると、累積ふるい上重量%は以下のよう Rosin-Rammler の式で比較的簡単な形で表現される。

$$R_i = g(d_i) = \exp(-\ln 2 \times (d_i/d_{50})^n) \quad (8)$$

$$n = \tan \alpha$$

(α はグラフ上にプロットされた線の傾斜角であるが、グラフ上のポールをとおり、プロットされた線と平行

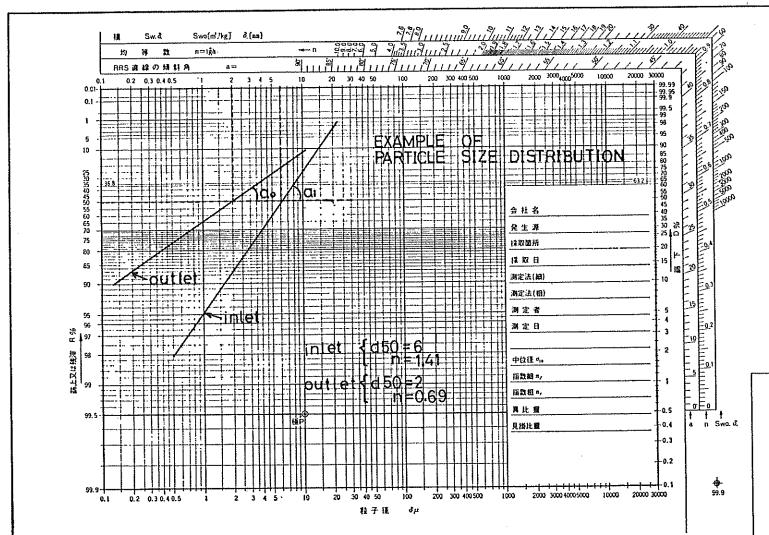


図 3 粒度分布の例

Fig. 3 Example of particle size distribution.

な線を描けば、その延長上で n の値を直接読みとれる)

またある粒径範囲の粒子の相対重量%は

$$P_i = R_i - R_{i+1} \quad (9)$$

として表わされる。

次に個別粒子移動速度を求める方法について述べてみる。まず最初に、特定のダストの特定な集じん条件における粒径別の粒子移動速度を求めてみる。このためには、集じん効率（または通過率）と集じん装置の入口部および出口部でのダストの粒径分布が必要である。この粒径分布については、アンダーセンスタックサンプラ、または最近米国において評価されている MRI サンプラのような、フライングダストの粒径分布を測定できる装置で測定する必要がある。

仮に集じん装置の入口部および出口部の粒径分布が図 3 のような形で得られたとする。この図から中位径 d_{50} と均等数 n を読み取れば、以後粒径分布を式(8)で取り扱うことができる。この際グラフ上に描かれた線をいくつかに分割し、たとえば粒径 $5 \mu\text{m}$ のダストとは粒径 $4 \mu\text{m}$ 以上 $6 \mu\text{m}$ 以下のダストを代表するものであるという具合に表現し、(9)式により相対重量 % を求める。

集じん装置の総合通過率は

$$\alpha_{T0} = D_{T-outlet} / D_{T-inlet} \quad (10)$$

特定の粒径についての入口部および出口部でのダスト濃度はそれぞれ

$$\Delta D_{i-inlet} = D_{T-inlet} \times P_{i-inlet} \quad (11)$$

$$\Delta D_{i-outlet} = D_{T-outlet} \times P_{i-outlet} \quad (12)$$

したがって特定の粒径のダストについての部分通過率は

$$\begin{aligned} \Delta \alpha_i &= \Delta D_{i-outlet} / \Delta D_{i-inlet} \\ &= \alpha_{T0} \times P_{i-outlet} / P_{i-inlet} \end{aligned} \quad (13)$$

Deutsch の式(2)を変形すると

$$\omega = -\ln \alpha / SCA \quad (14)$$

となり、大きさ係数 SCA がわかっていれば特定のダストについての個別粒子速度 ω_i を求めることができる。

$$\begin{aligned} \omega_i &= -\ln \Delta \alpha_i / SCA \\ &= -\ln \{\alpha_{T0} \times (R_i - R_{i+1})_{outlet} / (R_i - R_{i+1})_{inlet}\} / SCA \end{aligned} \quad (15)$$

このようにして、集じん装置の入口部、出口部のダストの粒径分布、通過率および大きさ係数がわかれば、特定のダストの特定の集じん条件における粒径別の移動速度を求めることができる。通常このようにして得られた

粒子移動速度は、前述した理論計算により求めた値とは一致しないことがふつうである。

6. 性能推定式について

次に、このようにして求めた粒子移動速度をもとにしても、集じん条件を変えたときの性能を推定する方法について考えてみる。仮にあるダストの特定の集じん条件について前述の計算を行なった結果、図 4 に示すような結果が得られたとする。ここで、この曲線を数式化しておくとデータ処理のうえで便利である。これは理論式の形にこだわらずに、最小自乗法を用いれば容易に導き出すことができる。 ω_i は粒径の関数として表わされ、

$$\omega_i = f(d_i) \quad (16)$$

粒径分布の式を取り扱ったときと同様に(16)式についてもいくつかに分割して、その部分の代表値として個別粒子移動速度を定義することにする。

各粒径別の通過率は Deutsch の式より

$$\Delta \alpha_i = \exp(-\omega_i \times SCA) \quad (17)$$

次に集じん装置入口部での粒径別ダスト濃度は(11)式より、

$$\Delta D_{i-inlet} = D_{T-inlet} \times P_{i-inlet}$$

したがって出口部での粒径別ダスト濃度は

$$\Delta D_{i-outlet} = \Delta D_{i-inlet} \times \Delta \alpha_i \quad (18)$$

これを積算すれば出口部での総ダスト濃度が求まる

$$D_{T-outlet} = \sum [\Delta D_{i-inlet} \times \Delta \alpha_i] \quad (19)$$

これより総合通過率 α_T は

$$\begin{aligned} \alpha_T &= D_{T-outlet} / D_{T-inlet} \\ &= \sum [P_{i-inlet} \times \Delta \alpha_i] \\ &= \sum [P_{i-inlet} \times \exp(-\omega_i \times SCA)] \end{aligned} \quad (20)$$

このようにして集じん装置の入口粒径分布より、特定の SCA における通過率を求めることができる。図 5 に

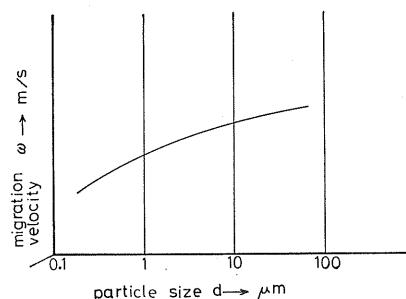


図 4 経験的粒子移動速度

Fig. 4 Practical migration velocity.

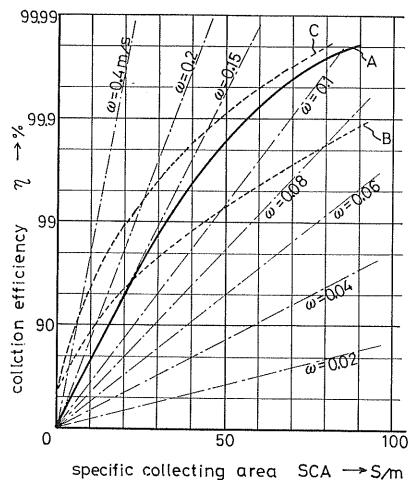


図 5 SCA と効率の関係

Fig. 5 Relationship between SCA and efficiency.

(20)式により計算したものと、Matts らの提案による(6)式により計算したものの比較を示す。図において、実線 A は特定の条件を与え上述の方法により求めたもの、破線 B および C は(6)式により得たもので、B は $\omega_k = 0.5$ 、C は $\omega_k = 1.0$ の場合である。また一点鎖線はオリジナルな Deutsch の式(2)をそのまま適用した場合を示す。

ところで、(6)式については一般に大きさ係数 SCA が小さい場合には精度が悪いといわれ、一定の集じん効率より上についてのみ適用する等の操作が必要である。それに対して、ここに紹介した方法によれば広い範囲で良い結果が得られ、フィールドテスト、パイロットプラントテスト等で SCA をパラメータとした集じんテストを実施し、実測値とよく一致することが確認されている。またこの方法によれば、粒径分布を含むすべてのデータを数式化して扱えるため、コンピュータを用いてデータ処理するうえで有利であり、また後述するように異なるダスト、異なる集じん条件(極間、電界強度その他)で得られた性能データを解析するうえで有利である。

7. 広極間システムのデータ解析

7.1 極間と粒子移動速度

極間をパラメータとして集じんテストを実施するにあたって、まず集じん条件をいかに設定するかが問題となる。ここでは同じ風量を同じ大きさの集じん装置で処理することを念頭に置いて、集じん装置内の滞留時間を同じレベルに設定することにする。次に荷電条件であるが、平均電界強度を同じと考え、また放電線のピッチに関する電界分布の相似性を考慮し、極間にに対するピッ

チ比 p/B を一定として考え、同じ径の放電線を用いる。

$$p/B = \text{const.}$$

当然コロナ放電の条件は極間ににより異なり、集じん極電流密度 J_p を一定に保つことはできない。従来集じん極電流密度が一つの重要なパラメータとして扱われてきたが、これは同じ極間の場合についてのみいえることで、極間をパラメータとしたときには意味をもたない。

平均電界強度およびピッチ比 (p/B) が一定の条件では、極間が広くなるにしたがって放電線単位長さあたりの放電电流 J_c は増加し、集じん極電流密度 J_p は減少する。図 6, 7 にエアロードにおける極間と J_c 、極間と J_p との関係を示す。ただしガスロードにおいては極間により空間電荷効果の影響が異なるため、図 6, 7 とは若干異なる傾向を示す。

このようにして一定の条件設定を行なったうえで、フィールドテストを実施して得られた結果の例を図 8 に示す。

図中の粒子移動速度は集じん効率を実測し、Deutsch

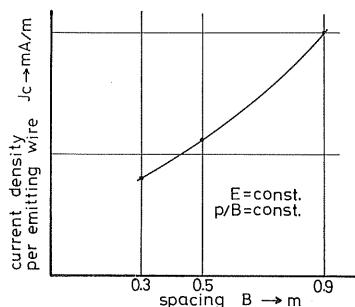


図 6 極間と放電線長さあたり電流密度の関係

Fig. 6 Relationship between spacing and current density per emitting wire.

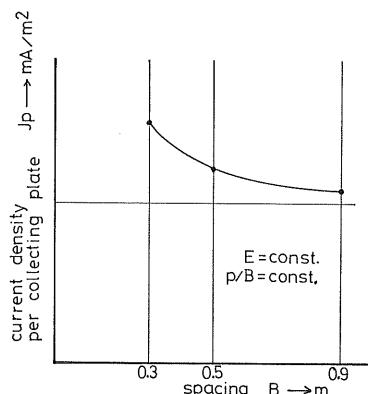


図 7 極間と集じん極電流密度の関係

Fig. 7 Relationship between spacing and current density per collecting plate.

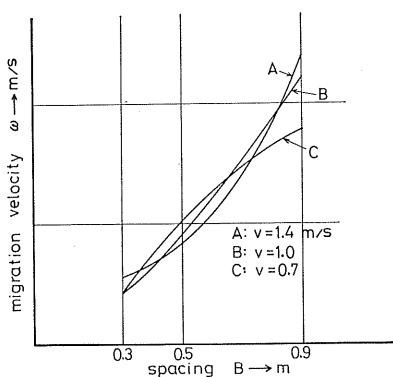


図 8 極間と粒子移動速度の関係

Fig. 8 Relationship between spacing and migration velocity.

の式より求めた総括粒子移動速度を示す。フィールドテストに用いた電気集じん装置は有効集じん高さ 1.7 m、有効集じん長さ 8 m の水平流 EP で、当社東予製錬所の操業現場に持ち込んで長期間にわたるテストを実施した。排ガスの条件は次のとおりである。

ガスの種類：銅精鉱ドライヤ排ガス

入口ダスト濃度： $1.3 \sim 4.3 \text{ g/Nm}^3$

入口ガス温度： $70 \sim 115^\circ\text{C}$

排ガス中の水分量：8 vol%

ダスト粒度： $d_{50}=4.0 \mu\text{m}$, $n=1.07$

テスト装置の処理風量は、極間および SCA により異なるが、 $2,142 \sim 8,813 \text{ m}^3/\text{h}$ の範囲にわたっている。またほとんどの性能データが逆電離の発生していない状態で採取されている。

以上に述べたフィールドテストの結果、極間 B と総括粒子移動速度 ω_T の関係については図 8 のような傾向が得られた。図より B と ω_T が比例関係にあることがわかる。また本テストの結果では、EP 内のガス流速が早い (SCA が小さい) ほうがその比例係数が大きくなっているが、これは普遍的な傾向であるというわけではない。この傾向はダストの種類、集じん条件等により異なってくるので、数多くのフィールドテスト、実機の経験の蓄積により、設計条件を見いだす必要がある。

ところで特定のダストに関し、自由に集じん条件を設定できるフィールドテストにおいてはデータ解析も比較的容易であるが、実機においてはいろいろと条件が異なり、性能比較は容易でない。これらの異なる条件の下で採取された性能データを比較するために、前項で述べたような方法を応用してデータを規準化する方法について述べてみる。

7.2 データ解析

ここで述べる方法は、異なる集じん条件で得られた性能データを比較する際、個別粒子移動速度 ω_i にある補正係数を乗じることによりデータの規準化をはかるものである。

まず特定の集じん条件においてベースとなる個別粒子移動速度 ω_{i0} を仮定し、(16)式のように数式化する。次に集じん装置の入口部の粒径分布と、特定の集じん条件における性能データのわかっているものについて、(20)式を用い特定の SCA における計算上の総合通過率 α_{T1} を算出する。このようにして得られた計算上の通過率 α_{T1} と実測の通過率 α_{T0} とを比較する。これらの値が一致しなければ、補正係数 K_0 を ω_i に乘じ、 ω_{i0} を $\omega_{i1}=K_0 \cdot \omega_{i0}$ なる ω_{i1} に置き換えて再計算し、両者の値が一致するまで収束計算を行なう。このようにして最終的に $\alpha_{T0}=\alpha_{T1}$ となるような補正係数 K_0 を求める。ここで仮に $K_0=1$ ならば、当初設定した ω_i がそのまま実測データに一致するということになるが、集じん条件が異なれば当然 K_0 の値は 1 にはならないのがふつうである。

ここで仮に極間 B のみをパラメータとし、他の集じん条件はすべて共通なデータを抽出したとする、 K_0 は極間の相違を補正する係数として考えることができる。このようにして、極間補正係数を

$$K_1=h_1(B) \quad (21)$$

として定義すると、極間を補正した個別粒子移動速度 ω_{i1} は

$$\omega_{i1}=K_1 \cdot \omega_{i0}=h_1(B) f(d_i) \quad (22)$$

として表現される。

同様にして、電界強度、その他の集じん条件についても補正係数を定義し、これらの補正係数をすべて乗じると

$$\omega_{i1,2,3,\dots,n}=K_1, K_2, \dots, K_n \cdot \omega_{i0} \quad (23)$$

ここで

$$K_1, K_2, \dots, K_n=K_0$$

となればデータは完全に規準化されたということになる。

実際には、集じん装置内部で起こる諸現象はあまりにも複雑であり、すべてのデータを規準化することは不可能に近いが、共通項を多く含むデータを抽出すればある程度の規準化は可能である。

このようなデータ解析を行なうにあたって、直観的に判断しやすい表現の方法として図 9、10 に示すような散布図を用いる方法がある。このためには(23)式で示すよ

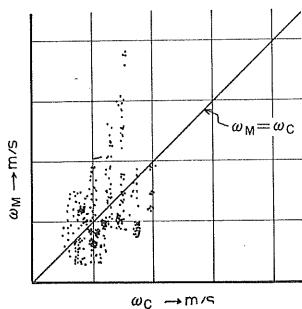


図 9 原データの散布図

Fig. 9 Scattering graph of original data.

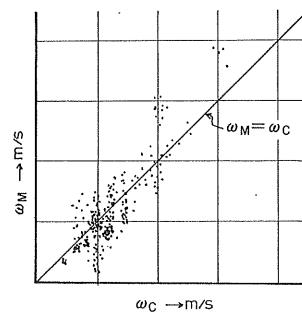


図 10 規準化されたデータの散布図

Fig. 10 Scattering data of normalized data.

うな補正された個別粒子移動速度を用い、(20)式より補正された総合通過率 α_{TC} を求める。次に Deutsch の式 (14) より補正された総括粒子移動速度 ω_{TC} を求める。ここで、実測された総括粒子移動速度 ω_{TM} と ω_{TC} を用いて散布図を作成すると、上述の補正が妥当かどうか視覚的にとらえることができる。

図 9 は補正係数を乗じる前の状態であり、図 10 は補正係数を乗じた後の状態を示す。ここですべてのデータが $\omega_M = \omega_C$ の線上に乗れば完全な規準化がなされたということがいえるが、実際の集じん性能データはばらつきが大きいため、確率論的にとらえる必要がある。図 9 と図 10 を比較すれば、この状態でもある程度の規準化に成功していることがわかる。

このようなデータ解析の結果、極間と粒子移動速度との比例関係が実証され、しかも筆者らの得たデータはかなり広い範囲の極間について比例関係が成立することを示している。

8. 広極間システムの集じん理論

ところで粒子移動速度が極間に比例するという現象については、クーロン力による集じん作用についてのみ考

えたのでは説明がつかない。この現象を理論的に解明しようという試みが現在盛んに行なわれているが、いままでに発表されているものは、

- (1) 集じん域の乱流によるダストのバックフローが大きな要素であるというもの (Cooperman⁹⁾, Matts⁷⁾
- (2) 集じん域の電界分布とダスト濃度勾配に起因するというもの (三坂¹⁰⁾)

等がある。筆者らは、そのほかに集じん域での凝集作用の役割が大きいと推察しているが、高電圧が印加されている電界内におけるダストのダイナミックな挙動を把握することは容易でなく、いまのところ理論的説明を組み立てる段階に至っていない。

9. 広極間システムの応用例

現在（昭和 54 年 3 月）当社で製造している広極間システムによる電気集じん装置には大別して次の 3 機種がある。

- (1) SPC：横型水平流タイプで、乾式、湿式双方がある。
- (2) MIC：縦型垂直流タイプで湿式が主体になっている。とくに腐蝕性ガスを扱う場合には導電性 FRP を用いた電気集じん装置が実用化されている。
- (3) MONITOR：建屋塔載型の電気集じん装置で、地上設置のバグフィルタに比べ電力費を大幅に節約することができる。

また納入先を業種別に見ると以下のとおり多岐にわたっている。

鉄 鋼	9
銅製錠・伸銅	8
アルミ製錠	3
その他非鉄製錠	12
製紙、合板	4
ガス、石油、化学	7
セメント	5
各種焼却プラント	7
そ の 他	3

上記には建屋塔載型電気集じん装置 3 機、導電性 FRP を用いた電気集じん装置 9 機が含まれている。

当社の広極間システムに関しては、今まで述べたようなデータ解析の手法を用い、数多くのフィールドテスト、実機より得られた性能データを慎重に解析したうえで、現在の設計基準を確立している。これらデータの採取にあたっては多くのユーザの方々のご協力をいただいたので、ここに感謝の意を表すしたいである。

記号説明

η : 集じん効率	(%)	ΔD_i : 特定の粒径における部分ダスト濃度	(g/Nm ³)
α : 通過率		$\Delta \alpha_i$: 特定の粒径における部分通過率	
SCA : 大きさ係数 ($= A/Q$)	(S/m)	p : 放電線ピッチ	(m)
ω : 見掛け粒子移動速度	(m/s)	B : 極間距離 (集じん極～集じん極)	(m)
A : 集じん面積	(m ²)	ϵ_0 : 真空の誘電率 = 8.85×10^{-12}	(F/m)
Q : 処理風量	(m ³ /s)	J_P : 集じん極面積あたり電流密度	(A/m ²)
q : 粒子の得る電荷	(C)	J_C : 放電線長さあたり電流密度	(A/m)
E_P : 集じん域の電界強度	(V/m)		
E_C : 荷電域の電界強度	(V/m)		
μ : ガスの粘性係数	(N·s/m)		
d : 粒子直径	(m)		
C : カニンガムの補正係数			
λ : ガス分子の平均自由行程	(m)		
d_i : 粒径	(μm)		
d_{50} : 中位径	(μm)		
n : 均等数 ($= \tan \alpha$)			
α : RRS 線図上の傾斜角	(°)		
R_i : 積積ふるい上重量%	(%)		
P_i : 相対重量%	(%)		
D_T : 総合ダスト濃度	(g/Nm ³)		

参考文献

- 1) 向田 邦: 化学プラント技術会議資料, S-7 (1974).
- 2) 伊藤 孜: 同上, S-7 (1974).
- 3) H.J. White : *Industrial Electrostatic Precipitation*, Addison-Wesley, Massachusetts (1963).
- 4) 井伊谷鋼一: 集塵装置の性能, 産業技術センター(1976).
- 5) 公害対策電気技術専門委員会: 電気学会技術報告, II 部, 45号, 電気学会(1976).
- 6) 足立宜良: 電気学会論文誌, 93-B (1973), 273.
- 7) S.A. Matts : *CSIRO Conference on Electrostatic Precipitation*, Australia (1978).
- 8) P.L. Feldman : *APCA Annual Meeting Paper*, No. 75-02-3 (1975).
- 9) P. Cooperman : *ibid.*, No. 76-42-2 (1976)
- 10) 三坂俊明: 静電気学会講演論文集, p. 45 (1977).