

論 文

移動電極型電気集塵装置の運転実績と集塵性能評価

三 坂 俊 明*,¹, 大 浦 忠*, 山 崎 稔*

(2006年4月28日受付; 2006年9月22日受理)

Operation of the Moving Electrode Type Electrostatic Precipitator and Evaluation of a Performance Equation

Toshiaki MISAKA*,¹, Tadashi OURAS* and Minoru YAMAZAKI*

(Received April 28, 2006; Accepted September 22, 2006)

An exhaust gas, containing a high resistivity catalyst dust from an off-gas boiler of the fluid catalytic cracker, was studied using a pilot-scale moving electrode type electrostatic precipitator (MEEP). The MEEP was able to achieve the same collection efficiency with the specific collection area of less than 1/3 of the conventional fixed-electrode type electrostatic precipitator (FEESP). The experiment results indicated that the MEEP could be used as the retrofit unit downstream of the conventional FEESP. The performance equation having the combination of the FEESP and MEEP were developed using the field data of the MEEP for a coal fired boiler application.

1. はじめに

電気集塵装置は、ガス中に浮遊する微細なダストに対して直接的に静電気力を及ぼして電気的に捕集除去するので、集塵性能がダスト電気抵抗率の影響を受ける。特に高抵抗ダストで発生する逆コロナによる集塵性能の低下を克服することは重要な課題となっている¹⁾。電気集塵装置で逆コロナを抑制して集塵性能を高く保つ方法として、移動電極方式を開発した。移動電極方式では集塵板を短冊状に分割した集塵極エレメントをチェーンで連結して移動可能とし、集塵極エレメントに捕集したダストを回転ブラシで連続的に完全除去して集塵板を清浄に保っている。移動電極方式による電気集塵装置のダスト層付着力と払落し効果および主要稼動部品の信頼性向上については既に報告した^{2, 3)}。前報で、電気集塵装置のダスト層の付着力はダスト電気抵抗率が高くなると急激に増加して、集塵板の機械的槌打では払落し困難になることを明らかにした。また、高抵抗ダストをブラシで払落して集塵板表面を常に清浄に保てば、逆コロナを防止して高

抵抗ダストの集塵が可能であり、回転ブラシは集塵板に静電捕集したダストの払落し効果が優れていることを示した。主要稼動部品の信頼性向上については、集塵極エレメントの形状とダスト払落し用回転ブラシの磨耗量の関係、集塵極エレメントの駆動用チェーンに放電電流が流れることによる電気的損耗について述べた。

本論文ではこれまでの研究成果を応用した(1)移動電極方式の現地パイロット試験 (2)実装置への移動電極方式の適用 (3)固定電極方式と移動電極方式を組合せた場合の集塵性能評価方法の検討について報告する。

2. 石油接触分解ガス燃焼ボイラ排ガス処理系統への移動電極方式の適用

2.1 パイロット実験装置および実験方法

石油接触分解装置は高沸点の石油を、触媒の存在下で高温分解して高オクタン価ガソリン等を製造する設備である⁴⁾。図1に実験を行った石油接触分解装置および石油分解ガス燃焼ボイラの排ガス処理系統を示す。図中には実験に使用したパイロット集塵装置の設置場所および増設した移動電極方式電気集塵装置の配置を示した。

石油接触分解装置には、シリカ・アルミナを主成分とした球状の触媒が使われている。石油接触分解装置の排ガスは一酸化炭素を主成分とした可燃性のガスで、石油分解ガス燃焼

キーワード：電気集塵装置、高抵抗ダスト、逆コロナ、移動電極方式、石油流動接触分解装置、集塵性能式

* (株) 日立プラントテクノロジー (170-8466 東京都豊島区北大塚 1-13-2)

Hitachi Plant Technologies, Ltd. 1-13-2 Kita-Otsuka, Toshima-ku, Tokyo, 170-8466 Japan

¹ toshiaki.misaka sn@hitachi-pt.com

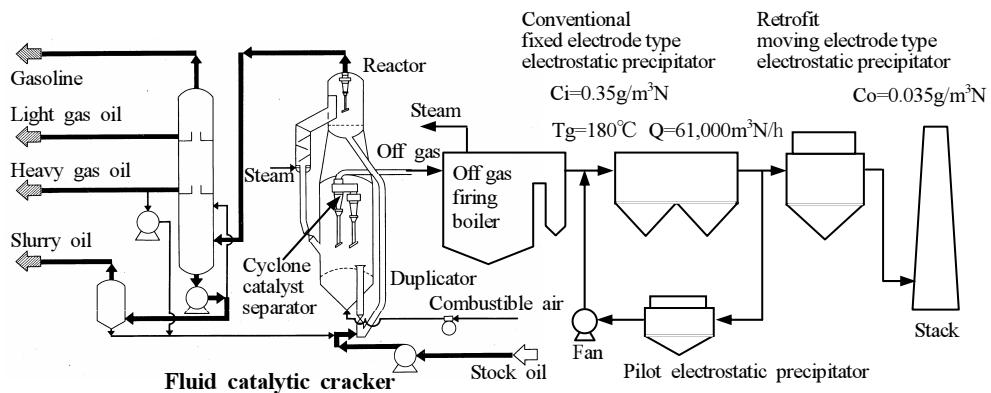


図1 石油流動接触分解装置分解ガス燃焼ボイラ排ガス処理系統
Fig.1 Schematic diagram for the exhaust gas treatment system of the off-gas firing boiler from the fluid catalytic cracker.

ボイラで熱回収している。石油分解ガス燃焼ボイラの排ガスには触媒の摩耗や破碎で発生した微粉末が触媒ダストとして含まれてために、電気集塵装置で除塵してから排出している。既設電気集塵装置は1室2区の固定電極方式である。触媒ダストは電気抵抗率が高く、電気集塵が困難なダストである⁵⁾。環境対策のために排煙のダスト濃度を更に低下させる要求があり、電気集塵装置の増設が必要となった。そこで高抵抗ダストの電気集塵用に開発した移動電極方式のパイロット集塵装置を用いて石油分解ガス燃焼ボイラ排ガスを対象に集塵実験を行い、移動電極方式における集塵率と集塵面積の関係を求めた。パイロット集塵装置の概要を図2に示す。またパイロット集塵装置の測定結果を用いて移動電極方式の電気集塵装置を設計し、既設電気集塵装置の下流に増設した。

2.2 既設電気集塵装置の運転状況

固定電極方式の既設電気集塵装置の運転状況について測定を行った。図3は既設電気集塵装置で捕集した触媒ダストを走査型電子顕微鏡で観測した粒子形状の写真である。触媒ダストは触媒の粉碎破片で不定形をしており、平均粒径は16

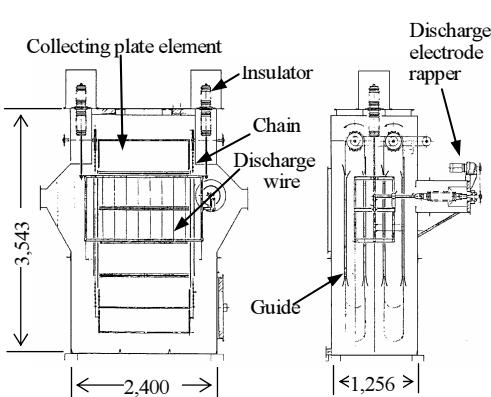


図2 移動電極方式パイロット電気集塵装置
Fig. 2 Pilot-scale moving electrode type electrostatic precipitator.

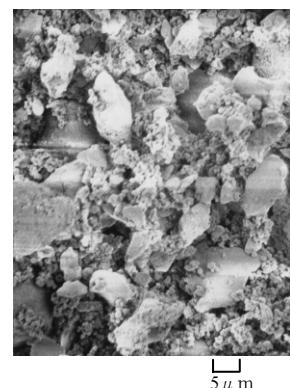


図3 触媒ダストの形状
Fig.3 Photograph of the catalyst dust.

μm であった。またダスト電気抵抗率は電気集塵装置のホッパードラストを実験室に持ち帰り、恒温層内で平行平板法⁶⁾で測定した。測定結果を図4に示す。図中の鎖線は恒温槽内の温度を150~250°Cに変化したときのダスト電気抵抗率を示している。図中に黒丸印で示している測定値は既設電気集塵装置の点検時にホッパーで採取したダストの4年間についての測定結果である。温度200°Cにおけるダスト電気抵抗率は $10^{14}\Omega\cdot\text{cm}$ を中心に1桁程度の変動幅を示している。ダスト抵抗率が測定時期によって変動しているのは、石油分解ガス燃焼ボイラの燃焼条件、石油接触分解装置の取扱う原料油の性状、触媒成分の微妙な変化などの影響を受けているものと思われる。

石油分解ガス燃焼ボイラ用電気集塵装置のガス温度は180~200°Cであり、このガス温度におけるダスト電気抵抗率は $10^{13}\Omega\cdot\text{cm}$ を超えており、このダスト電気抵抗率は激しい逆コロナが発生して電気集塵が困難な領域にある。

既設電気集塵装置の放電特性測定結果を図5に示す。据付完了時の常温空気負荷における放電特性とガス温度185°Cにおける運転状態での放電特性は大きく異なっている。通常の

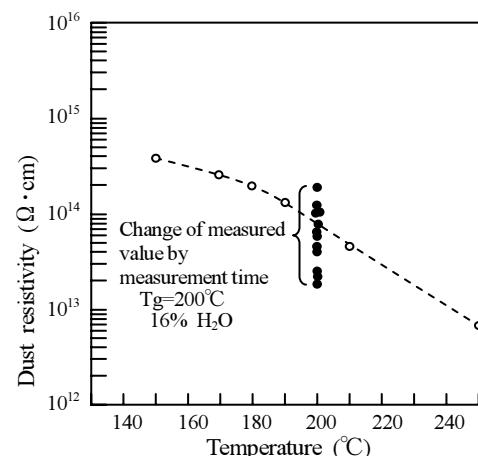


図4 触媒ダストの電気抵抗率
Fig.4 Resistivity of catalyst dust.

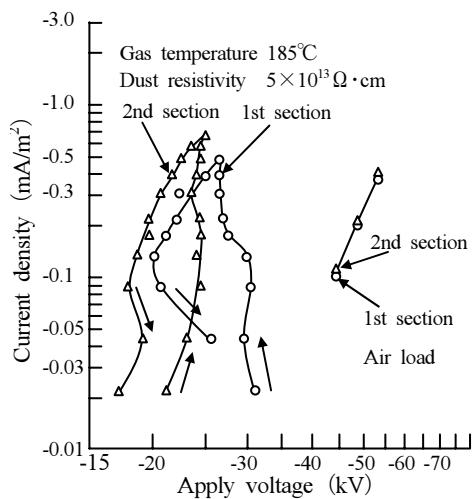


図 5 既設電気集塵装置の放電特性

Fig.5 V-I characteristic of the conventional electrostatic precipitator.

電気集塵可能なダスト電気抵抗率の範囲では、放電特性は荷電電圧を上昇しながら測定した電流値と電圧を下降しながら測定した電流値はほぼ同じ値を示す。しかしガス温度が185°Cのときは通常の荷電状態と異なり、既設電気集塵装置の放電電流を増していくと荷電電圧は低下した。また、放電電流を荷電装置容量の最大値から降低していくと電圧は徐々に低下していく、放電電流を増加したときと異なった値を示した。このように放電特性が顕著なヒステリシスカープを描くのは電気集塵装置内で逆コロナが発生している場合の典型例であり⁷⁾、触媒ダストの集塵では激しい逆コロナが発生していることがわかる。放電電流減少時の荷電電圧は第1区に比べて第2区の荷電電圧が低く、第2区で激しい逆コロナが発生していると思われる。

既設電気集塵装置の集塵率測定結果と集塵面積の関係を図6に示す。集塵率 η (-)は電気集塵装置の入口ダスト濃度 C_i (g/m³N)と出口ダスト濃度 C_o (g/m³N)の測定値を用いて式(1)で算出した。

$$\eta = (I - C_o / C_i) \quad (1)$$

電気集塵装置の集塵率と比集塵面積などの関係は式(2)のDeutschの式⁸⁾で求められる。

$$\eta = \exp(-\omega \times A/Q) \quad (2)$$

ここで、ダスト移動速度 ω (m/s)はガス性状、粒子の形状、粒径分布などを含む全てのプロセス要因を代表する設計パラメータである。 $A(m^2)$ は電気集塵装置の集塵極の全表面積、 $Q(m^3/s)$ は処理ガス量である。 A/Q は比集塵面積 $f(s/m)$ であり、単位処理ガス量あたりの集塵面積、すなわち電気集塵装置の大きさを表している。

石油分解ガス燃焼ボイラ用電気集塵装置の処理ガス量は石油接触分解装置の運転条件によって異なる。このため、横軸は集塵率測定時の比集塵面積 f を定格処理ガス量のときの

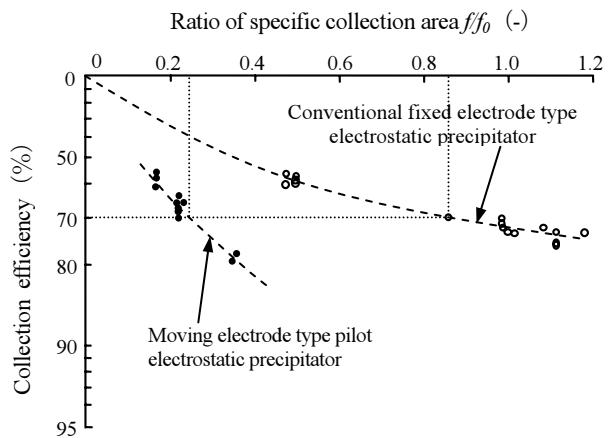


図 6 移動電極方式の比集塵面積率と集塵率
Fig.6 The ratio of specific collection area vs. collection efficiency for the moving electrode type electrostatic precipitator.

比集塵面積 f_0 で除した値(f/f_0)に規格化し、比集塵面積率として示した。比集塵面積率が1.0、すなわち定格処理ガス量における集塵率は73%程度である。比集塵面積率が0.5程度のときの集塵率は電気集塵装置の第1区を荷電し、第2区を無荷電としたときの測定値である。

2.3 移動電極方式パイロット集塵装置による現地実験

(1) 集塵率と集塵面積

パイロット集塵装置を用いて石油分解ガス燃焼ボイラの煙突出口ダスト濃度を低減するために増設する移動電極方式電気集塵装置の設計データを得ることにした。パイロット集塵装置で測定した処理ガス量と集塵率の関係を図6に併記する。横軸はパイロット集塵装置の比集塵面積を既設電気集塵装置の比集塵面積で除した値で整理した。移動電極方式の集塵性能を見ると、70%の集塵率を得るために固定電極方式の比集塵面積率0.85に対して移動電極方式では0.25になっている。これは同一の集塵率を得るのに、移動電極方式の電気集塵装置の集塵面積が固定電極方式の1/3程度の集塵面積でよいことを示している。触媒ダストのように高抵抗ダストで強い逆コロナが発生する場合に移動電極方式が有効なことが実験で示された。

(2) 集塵極のダスト払落し間隔

移動電極方式の場合、集塵極エレメントは集塵域を移動している間に集塵極エレメント表面にダストを捕集するため、ダスト層の厚さが増していく。集塵極エレメント表面の捕集ダスト層厚さはダスト濃度、集塵率、集塵域を集塵極エレメントが通過する時間などが関係する。移動電極方式のダスト払落しは集塵極エレメント表面に捕集したダスト層をホッパーに取付けた回転ブラシで搔き落す構造になっている³⁾。集塵極エレメント表面のダスト層を払落す時間間隔を求めることは集塵極エレメントの移動速度を設計するのに必要となる。そこで集塵極エレメント表面の捕集ダストを払落す

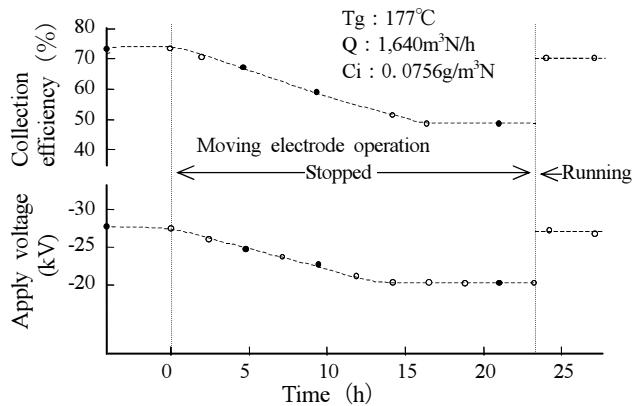


図7 移動電極の運転状態と集塵率変化
Fig.7 Change of the collection efficiency for the moving electrode operation.

時間間隔を検討するために、集塵極エレメントの移動とダストの払落しを停止したままの状態にして、集塵率を約2時間毎に測定した。測定結果を図7に示す。

集塵極エレメントの移動と回転ブラシによるダストの払落しを停止すると、集塵極エレメントにダストが捕集されるに従って集塵率は徐々に低下していく。このとき荷電電圧も同様に低下する。15時間経過すると、集塵率は低い値でほぼ一定になる。再び集塵極エレメントを移動させて回転ブラシでダスト層を掻き落すと荷電電圧は元に戻り、集塵率も高い値に戻る。

集塵極エレメントをチェーンで連結してキャタピラの形状にした集塵極レーン³⁾の周長を30m、集塵極エレメントの移動速度を0.5m/minとすると、集塵極エレメントは1時間毎にダスト層をブラシで掻き落すことになる。ダスト払落しがこの程度の間隔であれば、集塵率の低下はさほど大きくなく、高抵抗ダストの集塵に移動電極方式の適用が可能と考えた。

2.4 石油接触分解触媒ダスト集塵への移動電極方式の実機適用

パイロット集塵装置の実験結果をもとに石油分解ガス燃焼ボイラ用の移動電極方式電気集塵装置を設計して、既設電気集塵装置の下流に設置した。石油分解ガス燃焼ボイラの排ガスは図1に示すように固定電極方式の集塵室2区と移動電極方式の集塵室1区で集塵されてから排出される。

図8に移動電極方式の新設電気集塵装置および固定電極方式の既設電気集塵装置の集塵率測定結果を黒点で示す。図中の比集塵面積率 f/f_0 が0.4で集塵率が83%程度の測定結果は移動電極方式の新設電気集塵装置の入口煙道および出口煙道で測定したダスト濃度から算出した集塵率である。この測定結果を移動電極方式パイロット集塵装置による測定結果を比較すると、移動電極方式の新設電気集塵装置の集塵率はパイロット集塵装置で得られた比集塵面積率と集塵率の関

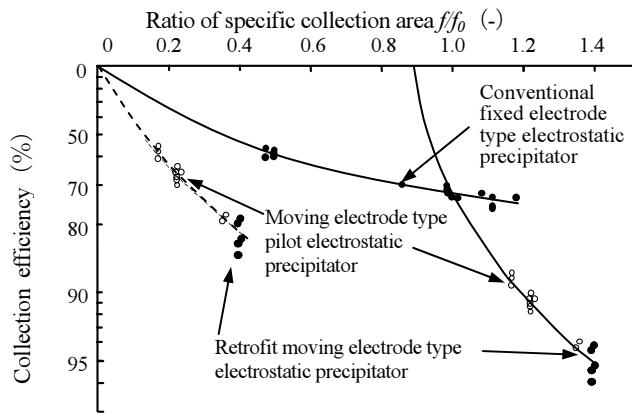


図8 移動電極方式の比集塵面積率と集塵率
Fig.8 The ratio of specific collection area vs. collection efficiency of the retrofit moving electrode type electrostatic precipitator.

係の延長線上にあり、良い一致を示している。

図中の比集塵面積率 f/f_0 が1.4で集塵率が95%程度の測定値は、固定電極方式の既設電気集塵装置と新設の移動電極方式電気集塵装置を組合せたときの集塵率である。集塵率は既設電気集塵装置の入口煙道と移動電極方式の新設電気集塵装置の出口煙道で測定したダスト濃度から算出した。比集塵面積率 f/f_0 が1.2以上で集塵率が90%以上の測定結果は固定電極方式の既設電気集塵装置と移動電極方式のパイロット集塵装置を組合せたときの集塵率を示している。固定電極方式の集塵室（以下固定電極部と略す）と移動電極方式の集塵室（以下移動電極部と略す）を組合せたときの集塵率の曲線は固定電極部と移動電極部で傾斜が大幅に異なり、折線となっている。

3. 固定電極方式と移動電極方式の組合せ集塵性能

3.1 集塵性能評価方法の検討

電気集塵装置の集塵率と集塵面積の関係など、集塵装置の設計には前述のDeutchの式に修正を加えた式(3)のMattsの修正式⁹⁾を用いている。このとき電気集塵装置の集塵率測定結果はMattsの修正式に適用してダスト移動速度と ωk 係数 k の実績値として求め、設計資料として蓄積し、活用している。

$$\frac{C_o}{C_i} = \exp\left\{-(\omega k \times f)^k\right\} \quad (3)$$

ここで ωk はMattsの修正式におけるダスト移動速度(m/s)である。 k はダストの粒径分布などで決まる定数で一般に0.5~0.75の値となり、石炭燃焼で発生するフライアッシュは0.5程度いわれている⁹⁾。

固定電極部と移動電極部を組合せた移動電極型電気集塵装置の比集塵面積と集塵率の関係の概念図を図9に示す。固定電極部のダスト移動速度 ωk_1 と移動電極部のダスト移動速度 ωk_2 は大きく異なるため、固定電極部と移動電極部を組合

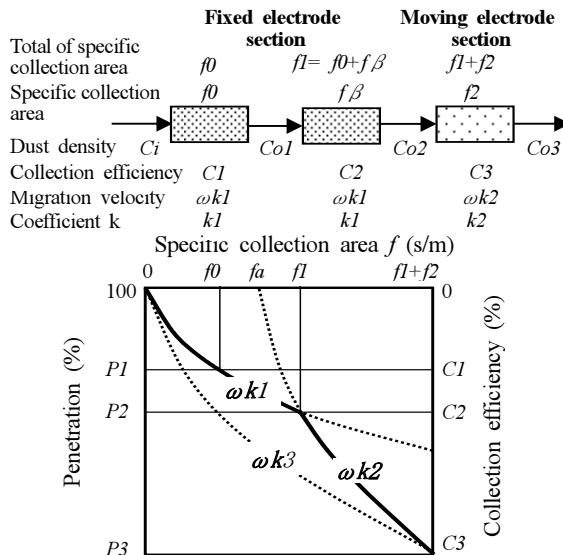


図9 固定電極部と移動電極部を組合せたときの比集塵面積と集塵率の関係

Fig.9 Relation of collection efficiency and specific collection area for the combination of the fixed electrode and the moving electrode sections.

せて測定した集塵率から求めた図9のダスト移動速度 ωk_3 は、 ωk_1 および ωk_2 とは異なっている。このため固定電極部と移動電極部の集塵面積が異なる新規の移動電極型電気集塵装置の集塵面積を ωk_3 と k の実績値から設計することは困難である。そこで従来から蓄積してきた ωk_1 と k を活用して固定電極部の集塵面積 f_1 を求めると共に、移動電極部の運転実績やパイロット試験によって得られる ωk_2 を用いて移動電極型電気集塵装置の設計ができる集塵性能評価方法を検討した。

式(3)の Matts の修正式と電気集塵装置の集塵率 $\eta(-)$ 、逸出率 $P(-)$ は式(4)の関係にある。

$$P = \frac{C_o}{C_i} = 1 - \eta \quad (4)$$

Matts の修正式では図9の概念図に示す比集塵面積が f_0 と f_1 における逸出率 P_1 と P_2 が求められている場合は、これらの値を式(3)に代入してダスト移動速度 ωk を式(5)、係数 k を式(6)で算出できる¹⁰⁾。

$$\omega k = \frac{(-\log P_2) \frac{1}{k}}{f_1} \quad (5)$$

$$k = \frac{\log \left(\frac{\log P_1}{\log P_2} \right)}{\log \frac{f_0}{f_1}} \quad (6)$$

移動電極型電気集塵装置は固定電極部と移動電極部の組合せであるから、固定電極部の出口ダスト濃度 C_{O2} は式(7)で求められる。

$$C_{O2} = C_i \times \exp \left\{ -(\omega k_1 \times f_1)^{k_1} \right\} \quad (7)$$

C_{O2} は移動電極部の入口ダスト濃度となり、移動電極部の出口ダスト濃度は式(8)で C_{O3} となる。

$$C_{O3} = C_{O2} \times \exp \left\{ -(\omega k_2 \times f_2)^{k_2} \right\} \quad (8)$$

式(7)を式(8)に代入して整理すると、移動電極部と固定電極を組合せた移動電極型電気集塵装置の出口ダスト濃度は式(9)となる。

$$C_{O3} = C_i \times \exp \left[- \left\{ (\omega k_1 \times f_1)^{k_1} + (\omega k_2 \times f_2)^{k_2} \right\} \right] \quad (9)$$

上記の式の展開では固定電極部と移動電極部の ωk_1 、 ωk_2 と k_1 、 k_2 が必要である。これらを求めるには、固定電極部と移動電極部について比集塵面積の異なる条件で集塵率を測定しなければならない。固定電極部は2区以上のガス流れ方向の集塵室をもつものが多く、そのうちの1区を荷電停止して固定電極部の ωk_1 と k_1 を求めることができる。しかし、移動電極部は一般に出口側の1区のみとなっている。このため、 ωk_2 と k_2 を求めるのは難しい。

藤村等の研究結果¹⁰⁾では、ダスト粒径が正規対数分布するとして粒径別に Deutsch の式で計算した集塵率は Matts の修正式の集塵率とほぼ一致している。すなわち Matts の修正式は Deutsch の式に粒径によるダスト移動速度の違いを反映した式と言える。

固定電極方式と移動電極方式におけるダスト移動速度の違いについて検討する。ダストの粒径別の帶電量は、固定電極方式では逆コロナで発生する正イオンと放電線のコロナ放電で発生する負イオンによる両極性荷電を考慮する必要がある。移動電極方式では逆コロナは発生していないので、放電線のコロナ放電で発生する負イオンによる帶電のみを考えればよい。ダストの帶電量は負イオンによる単極性荷電に比べて逆コロナ条件による両極性荷電では大きく低下する。両極性荷電の飽和帶電量 q (C) は式(10)で示される¹¹⁾。

$$q = 4\pi\epsilon_0 \frac{\epsilon_s}{\epsilon_s + 2} a^2 E \times \frac{I - \sqrt{\frac{i_+}{i_-}}}{I + \sqrt{\frac{i_+}{i_-}}} \quad (10)$$

ここで ϵ_0 は真空の誘電率 (F/m) であり、 ϵ_s は粒子の比誘電率である。 a は粒子半径 (m)、 E は電界強度 (V/m)、 i_+ , i_- は正負イオン電流密度 (A/m²) である。

両極性荷電の条件では帶電量が大きく低下するためにダ

スト移動速度 ωk は固定電極方式と移動電極方式で大きく異なる値となる。しかし粒子の帶電量が粒径の2乗に比例する関係は両極性荷電でも負イオンのみによる単極性荷電でも同じであるから、固定電極方式と移動電極方式で粒径によるダスト移動速度の違いは同一の傾向を示すことになる。すなわち粒径別のダスト移動速度は絶対値が正イオンの存在によって影響を受けるが、粒径による違いは固定電極方式でも移動電極方式でも同じとなる。このためダスト移動速度 ωk は固定電極方式と移動電極方式で異なるが、定数 k は固定電極部と移動電極部で同じ値になると考えられる。

上記の検討結果を検証するために、図8の石油接触分解装置における集塵率測定結果を用いて式(6)の定数 k と、式(5)のダスト移動速度定数 ωk を算出した。その計算結果から集塵率と比集塵面積率の関係を図中に実線で示した。図8を見ると計算結果と集塵率の測定結果は良い一致を示している。よって、移動電極方式での係数を固定電極方式で求めた係数 k と同一と考えた。

このとき、固定電極部である $0 < f < f1$ の範囲では式(3)は式(11)となる。

$$-\log \frac{Co}{Ci} = (\omega k 1 \times f)^k \quad (11)$$

比集塵面積と集塵率の関係を示す特性曲線が集塵率0の軸を横切る仮想の点を fa とすると、 $f1 < f < f2$ の範囲で式(3)は式(12)となる。

$$-\log \frac{Co}{Ci} = \{\omega k 2 \times (f - fa)\}^k \quad (12)$$

$f=f1$ で $Co=Co2$ であり、かつ $Co2/Ci=P2$ あるから、この関係を式(12)に代入すると式(13)が得られる。

$$-\log P2 = \{\omega k 2 \times (f1 - fa)\}^k \quad (13)$$

また $f=f1+f2$ で $Co3/Ci=P3$ の関係を式(12)に代入すると式(14)が得られる。

$$-\log P3 = \{\omega k 2 \times (f1 + f2 - fa)\}^k \quad (14)$$

式(14)から式(13)を差引き、 $\omega k 2$ について整理すると式(15)が求められる。

$$\omega k 2 = \frac{(-\log P3)_k - (-\log P2)_k}{f2} \quad (15)$$

$f=f1$ で $Co=Co2$ の関係を式(11)と式(12)に代入すると式

(16)の関係が求まる。

$$(\omega k 1 \times f1)^k = \{\omega k 2 \times (f2 - fa)\}^k \quad (16)$$

式(16)を fa について整理すると式(17)が得られる。

$$fa = f1 \times \left(1 - \frac{\omega k 1}{\omega k 2} \right) \quad (17)$$

式(17)を式(12)に代入すると式(18)となる。

$$-\log \frac{Co}{Ci} = \left[\omega k 2 \times \left\{ f - f1 \times \left(1 - \frac{\omega k 1}{\omega k 2} \right) \right\} \right]^k \quad (18)$$

$f=f1+f2$ において $Co=Co3$ であるから式(18)は式(19)となる。

$$-\log \frac{Co 3}{Ci} = \left[\omega k 2 \times \left\{ (f1 + f2) - \left(f1 - \frac{\omega k 1}{\omega k 2} f1 \right) \right\} \right]^k$$

$$-\log \frac{Co 3}{Ci} = (\omega k 1 \times f1 + \omega k 2 \times f2)^k \quad (19)$$

よって、固定電極部と移動電極部を組合せた移動電極型電気集塵装置の集塵性能式は式(20)と単純化できる。

$$\frac{Co 3}{Ci} = \exp \left\{ (\omega k 1 \times f1 + \omega k 2 \times f2)^k \right\} \quad (20)$$

式(20)では、これまで設計資料として蓄積してきた固定電極方式電気集塵装置でえられた実測値の ωk と k を $\omega k 1$ と k として用いることができるるので、パイロット試験や実機実測結果を用いて移動電極部の $\omega k 2$ を求めれば、固定電極部と移動電極部を組合せた移動電極型電気集塵装置の集塵面積の設計が可能となる。

3.2 集塵性能評価式の適用

(1) 石炭燃焼ボイラ用電気集塵装置における実験

式(20)の集塵性能評価式の適用を検討するために石炭燃焼ボイラに設置してある電気集塵装置を用いて集塵性能の測定をした。石炭燃焼ボイラの排ガス処理システムを図10に示す。このボイラは重油燃焼から石炭燃焼に転換されており、

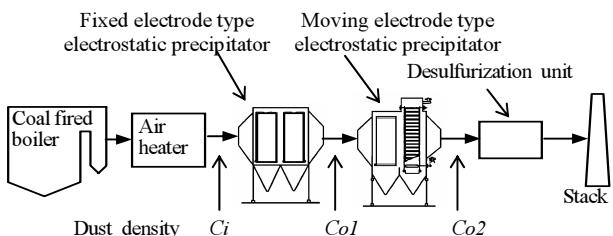


図10 石炭燃焼ボイラ排ガス処理システム
Fig. 10 Gas treatment system for the coal fire boiler.

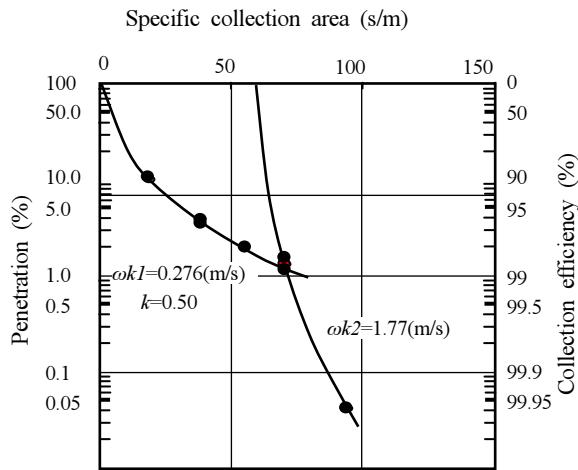


図 11 移動電極型電気集塵装置の固定電極部と移動電極部の比集塵面積と集塵率

Fig.11 Specific collection area vs. collection efficiency for the combination of the fixed electrode and the moving electrode sections.

そのときに固定電極方式の既設電気集塵装置(2区方式)の下流に固定電極方式1区と移動電極方式1区からなる移動電極型電気集塵装置を増設した。

ダスト濃度は図10の $C_i \sim C_{o2}$ の各点で測定した。また固定電極型電気集塵装置の第2区および移動電極型電気集塵装置の移動電極部の荷電を停止したときについても測定した。これらの測定データを用いて集塵面積と集塵率を求め、ダスト移動速度 ωk と係数 k を検討した。

(2) 石炭燃焼ボイラにおける実験結果と検討

固定電極型電気集塵装置と移動電極型電気集塵装置で測定した集塵率と比集塵面積を図11に示す。横軸の集塵面積が $75\text{s}/\text{m}$ 以下の集塵率測定結果は固定電極部の荷電停止したときの測定結果である。固定電極部の集塵率測定結果を式(5)と式(6)に適用して ωk_1 と k を算出した。また係数 k と移動電極部の集塵率測定結果を用いて ωk_2 を求めた。固定電極部の ωk_1 に比べて、移動電極部の ωk_2 は大幅に向上しており、移動電極部の集塵性能が高いことを示している。また、 k は 0.5となっていた。実線は実験結果から得られた ωk_1 , ωk_2 , k を用いて式(20)で計算した比集塵面積と集塵率の関係を示している。固定電極部の比集塵面積と集塵率の実測値は式(20)の計算結果と良い一致を示している。

以上の結果から、固定電極部と移動電極部を組合せた移動

電極型電気集塵装置の集塵性能は式(20)で示すことができ、従来から蓄積している固定電極部の ωk_1 と k の実績値を用い、これに移動電極部の ωk_2 を加えることで集塵率と比集塵面積を算出できるようになった。

4. まとめ

移動電極方式のパイロット集塵装置を用いて、ダスト電気抵抗率が高くて電気集塵の困難な触媒ダストを含む石油接触分解装置の石油分解ガス燃焼ボイラ排ガスを対象に現地実験を行った。その結果、移動電極方式は固定電極方式の $1/3$ 程度の集塵面積で同一の集塵率が達成できた。またパイロット集塵装置の実験結果をもとに既設電気集塵装置の下流に移動電極方式の電気集塵装置を増設した。移動電極方式の電気集塵装置の集塵率はパイロット集塵装置で得られた集塵面積と集塵率の関係の延長線上にあり、良い一致がみられた。

固定電極部と移動電極部を組合せた移動電極型電気集塵装置の設計に必要な集塵面積を算出するための集塵性能評価方法を検討して、移動電極型電気集塵装置の集塵性能式を導いた。集塵性能式の妥当性は石油分解ガス燃焼ボイラ排ガス用電気集塵装置と石炭燃焼ボイラ用電気集塵装置の集塵率と集塵面積の測定値を用いて確認した。

参考文献

- 静電気学会編：静電気ハンドブック, p. 507, オーム社 (1981)
- 三坂俊明, 大浦 忠, 有光武雄: 静電気学会誌, **30** (2006) 185
- 三坂俊明, 大浦 忠, 白丸信彦, 有光武雄: 静電気学会誌, **30** (2006) 128
- 通産省プロセス・フローシート研究会: 改訂製造工程図集 第3巻, p. 44, 化学工業社 (1978)
- H.J. White: *Industrial Electrostatic Precipitation*, p.309, Addison-Wesley Publishing Co. (1963)
- 水野 彰, 三坂俊明, 松本陽一: 静電気学会誌, **7** (1983) 42
- 静電気学会編：静電気ハンドブック, p. 482, オーム社 (1981)
- W. Deutsch : Ann. Der Phys., **68** (1922) 335
- S.A. Matts : Proc. CSIRO Conf. on ESP, p. 13-1 (1978)
- 藤村謙祐, 足立良宣: 静電気学会誌, **15** (1991) 27
- 静電気学会編：静電気ハンドブック, p. 502, オーム社 (1981)