

日立 MC-EP 型集塵装置の性能について

小川電三郎*

A Study on the Efficiency of Hitachi Dust Collecting Equipment

By Denzaburō Ogawa

Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

There are at present two types of dust collecting equipment, the mechanical type such as the multiclone and the cyclone systems, and the electrical system as exemplified by the Electric Precipitator. These are used for different purposes.

The Hitachi MC-EP type dust collector introduced here, combines the best points of the multiclone and electric precipitator systems, and besides being high in dust collecting efficiency and low in construction cost, possesses many important performance features. In other words, when the gas volume fluctuates, the dust collecting efficiency advances as the gas volume increases in the multiclone, and decreases in the electric precipitator, but not much change can be observed on the overall efficiency of the Hitachi MC-EP type dust collector due to variations in gas volume.

According to the selection of the individual dust collecting ratio, the multiclone and electric precipitator systems, they can be designed for any of three following performance characteristics (see Fig. 10 in the text):

- When the gas volume increases — Dust collecting efficiency rises
- When the gas volume decreases — Dust collecting efficiency drops
- When the gas volume fluctuates — Dust collecting efficiency is almost uniform

Next, the writer compares the collecting efficiency for classified particle size, points out the variation of each system in relation to range of particle size, and gives the calculation methods of collecting efficiency for classified particle size.

〔I〕 緒 言

ガス中の微細粒子を捕集する方法として、大きく分類すると

機械的方法によるもの

電気的方法によるもの

の両者に別れる。機械的方法とは遠心力を利用するマルチクロン、サイクロンあるいは濾過法によるバグフィルタであり、電気的方法とは電気集塵装置すなわちコットレルである。

日立製作所では大正 13 年以來もつぱら後者すなわち

* 日立製作所日立工場

コットレルを製作してきたのであるが、数年以來マルチクロン(MC)コットレル(EP)を組合した MC-EP 型集塵装置を各所に納入した。結果は両者それぞれの長所を發揮して非常に好成績であつた。以下主として性能につき考察を加える。

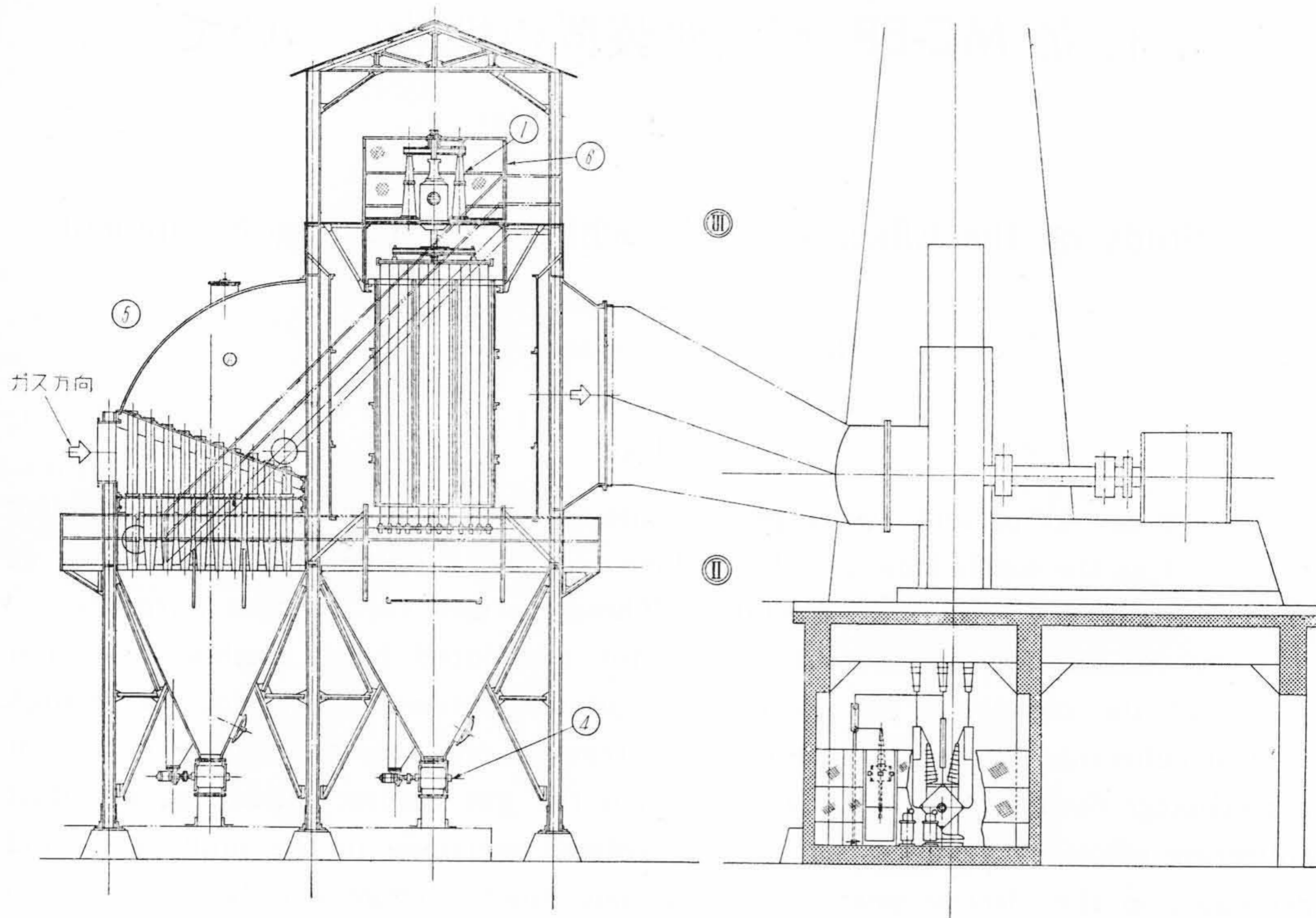
〔II〕 MC-EP 型集塵装置の構造

第 1 図および第 2 図(次頁参照)は中国電力株式会社三幡発電所納めの汽罐排ガス清浄用で

ガ ス 量.... 134,400 m³/h at 157°C

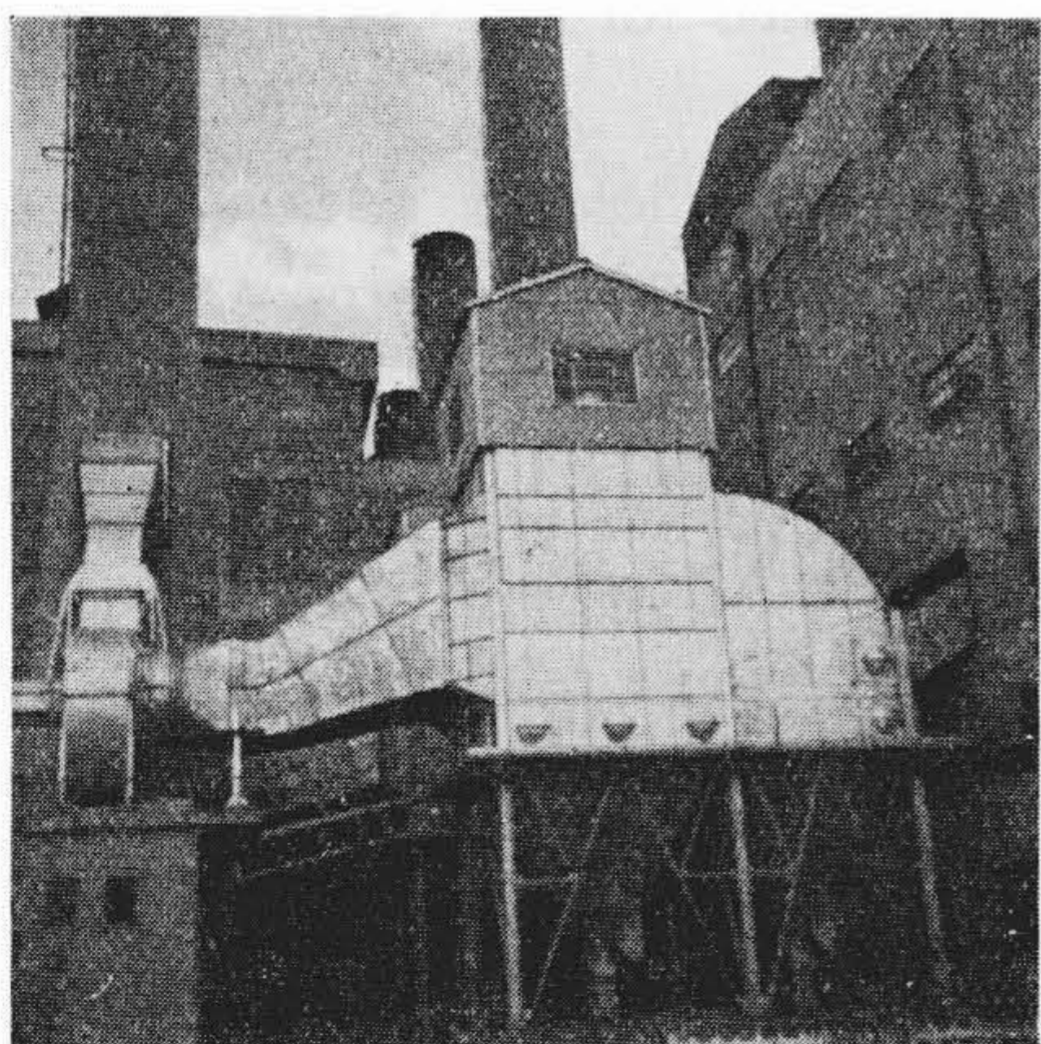
集 塵 効 率.....96%

のものである。



第 1 図 MC-EP 型 集 塵 装 置 組 立 図 (中国電力三幡発電所)

Fig.1. General View of Dust Collector, Type MC-EP, Sanban Power Plant



第 2 図 MC-EP 型 集 塵 装 置 外 観 (中国電力三幡発電所)

Fig.2. Outside View of Dust Collector, Sanban Power Plant

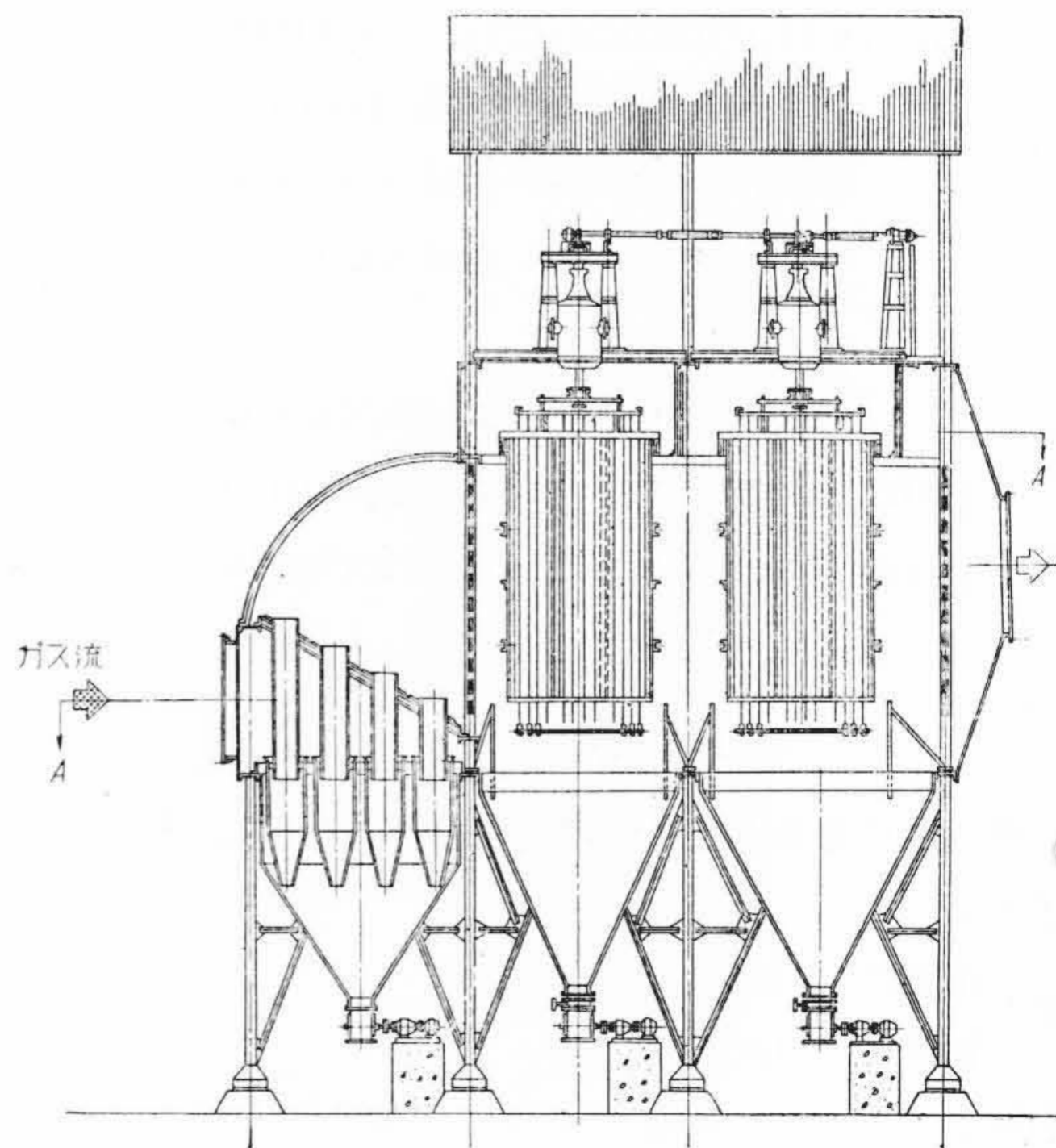
第 3 図は磐城セメント株式会社浜松工場納めの原料ドライヤ排ガス清浄用で

ガ ス 量.... 150,000 m³/h at 100°C

集 塵 効 率.....97%

である。

いずれもガスはまずマルチクロンに入り、ここで除塵



第 3 図 MC-EP 型 集 塵 装 置 組 立 図 (磐城セメント浜松工場納)

Fig.3. General View of Dust Collector, Type MC-EP, Hamamatsu Cement Factory

されて垂直流となりつぎに適当なる整流板により水平流に変更して最後にコットレルに流入する。マルチクロンとコットレルをガス道により連結するのでなく、両者を構造的に一体となしかつガスの整流上有機的に結合したものである。

〔III〕 MC-EP 型集塵装置の性能

マルチクロンの性能

マルチクロンによる 100% 捕集可能最小粒径は*

$$\delta_0 = \sqrt{\frac{18 \mu a_2}{(\rho_s - \rho) u_z \phi \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_2} - 1 \right) \right]}}$$

ここに ρ_s, ρ : 微粒子ならびにガスの密度
 u_z : ベーン入口におけるガス速度
 μ : ガスの絶対粘性係数
 ϕ, F_1, F_2, a_2 : いずれも単位マルチクロンのベーンの形状により決まる数
 δ_0 : 100% 捕集可能の最小粒径

である。

いま特定のマルチクロンについて考えれば

$$\delta_0 = \sqrt{\frac{\mu}{(\rho_s - \rho) u_z}} \times K_1$$

同一ガス状態にてガス量のみ変動する場合は

$$\delta_0 = \frac{K_2}{\sqrt{u_z}} \quad \text{あるいは} \quad \delta_0^2 u_z = K_2 \dots \dots (1)$$

(1) 式は δ_0 を縦軸とし u_z を横軸とすれば一種の双曲線である。

第 4 図にこれを示す。

マルチクロンの集塵効率は、100% 捕集可能粒径の大小により決定し、同一粒度分布を持つダストに対しては δ_0 の小さい程集塵効率 η_{MC} は大きい。

いま $\eta_{MC} = \frac{K_3}{\delta_0}$ とすれば

これを (1) 式に代入して

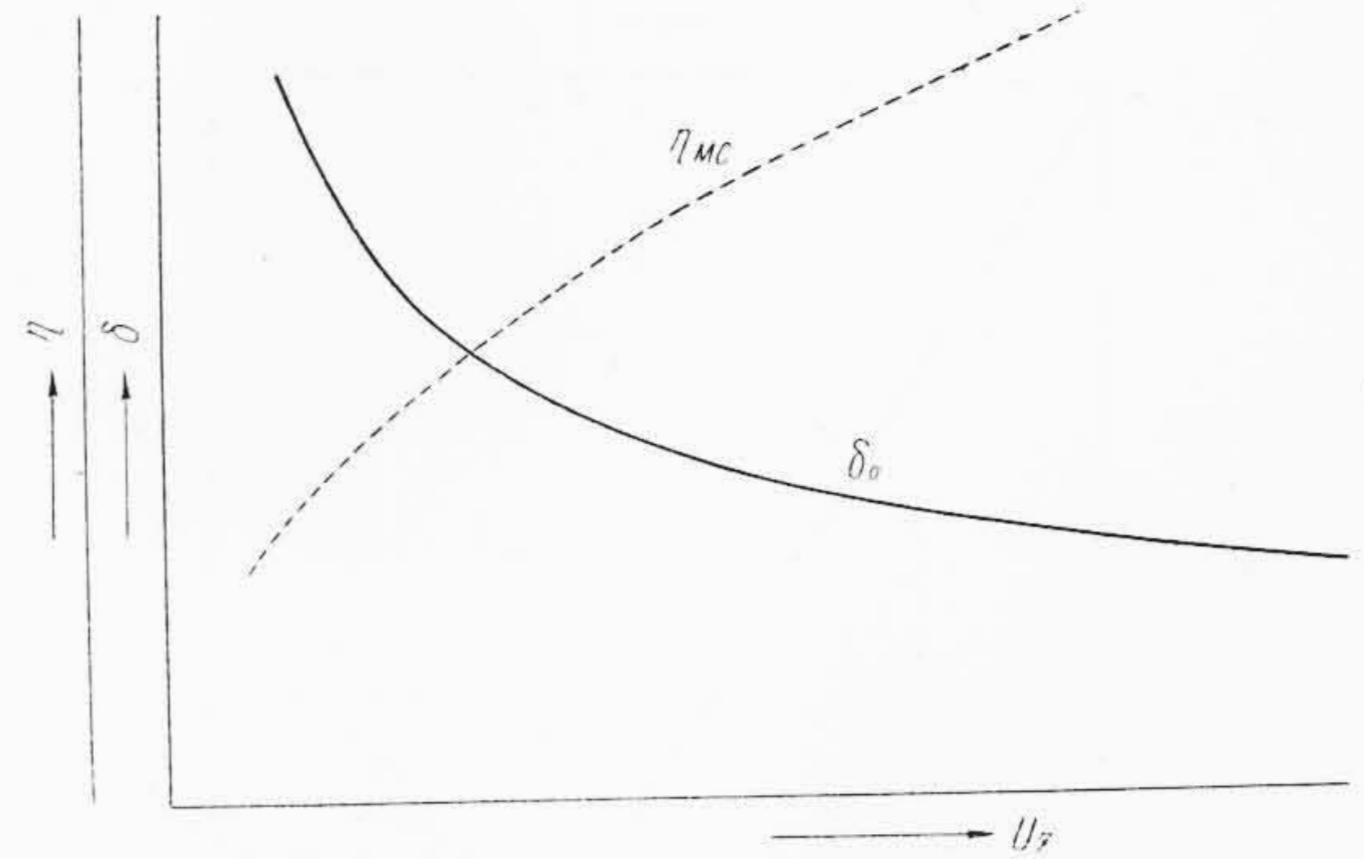
$$\eta_{MC}^2 = K_4 \cdot u_z \dots \dots \dots (2)$$

これは η_{MC} を縦軸とし、 u_z を横軸とすれば拋物線であり第 4 図にこれを示す。すなわちガス速度したがってガス量の増加に伴い集塵効率は増加する。

つぎにマルチクロンの粒度別集塵率 ${}_{MC}\eta_\delta$ を求める。

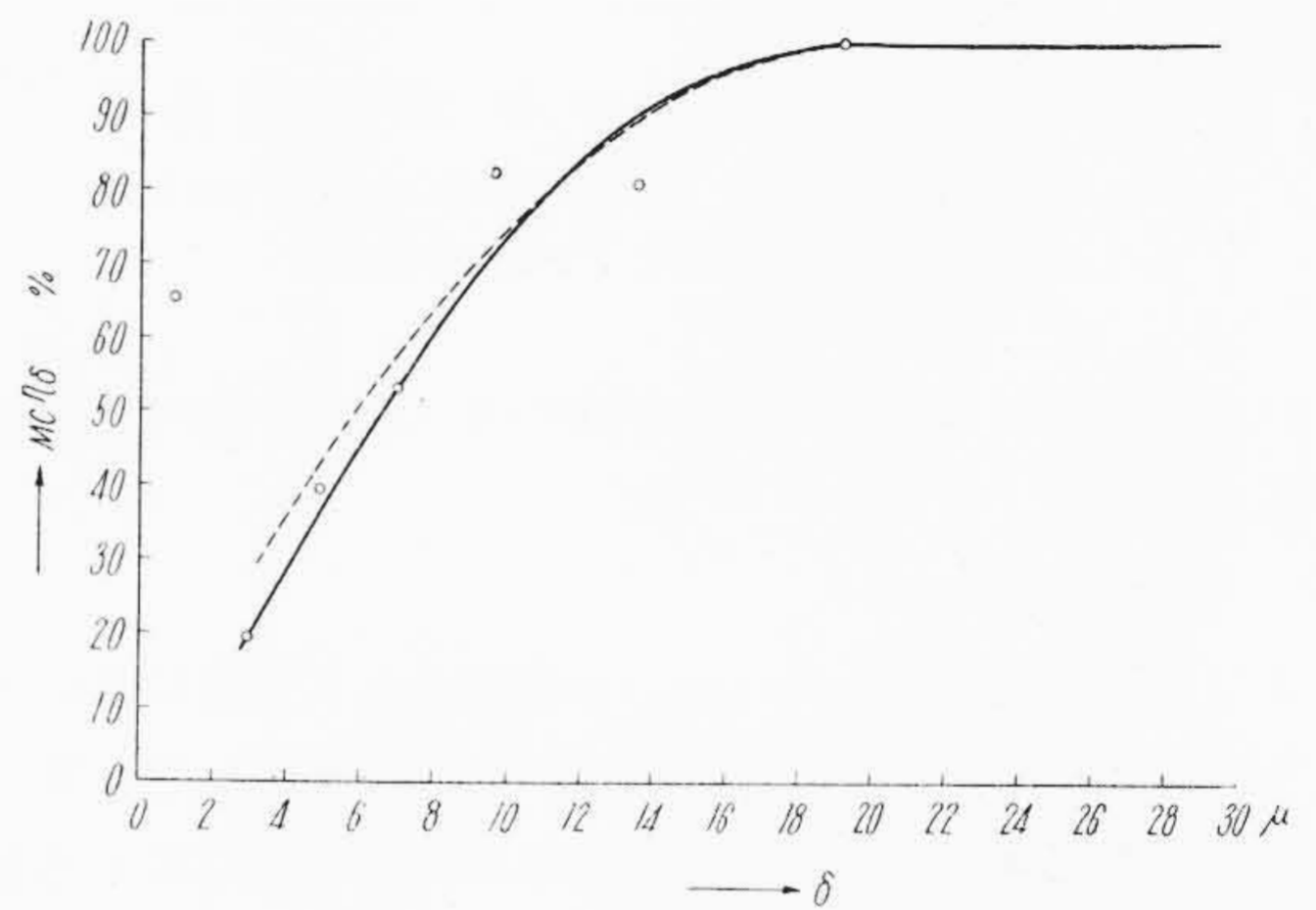
第 5 図は中国電力三幡発電所に設置した MC-EP 型集塵装置のマルチクロンの粒度別集塵率を、ホッパーに溜ったダストの粒度より求めたものである。

いま ${}_{MC}\eta_\delta$ を粒径 δ に対する粒度別集塵率とすれば ${}_{MC}\eta_\delta$ を縦軸とし δ を横軸とする拋物線を δ_0 軸につき変換して



第 4 図 マルチクロンにおけるガス速度と 100% 捕集可能最小粒径および集塵効率との関係

Fig. 4. Relations between Gas Speed and Min. Particle Size 100% Collectable and Collection Efficiency



第 5 図 マルチクロンの粒度別集塵率

Fig. 5. Collection Efficiency and Particle Size, Multiclone

$$(\delta_0 - \delta)^2 = \delta_0^2 (1 - {}_{MC}\eta_\delta)$$

$${}_{MC}\eta_\delta = 1 - \left(1 - \frac{\delta}{\delta_0} \right)^2 \quad \text{ただし} \quad \delta < \delta_0 \dots \dots (3)$$

をうる。この式で計算せるものが第 5 図点線であり比較的よく一致する。

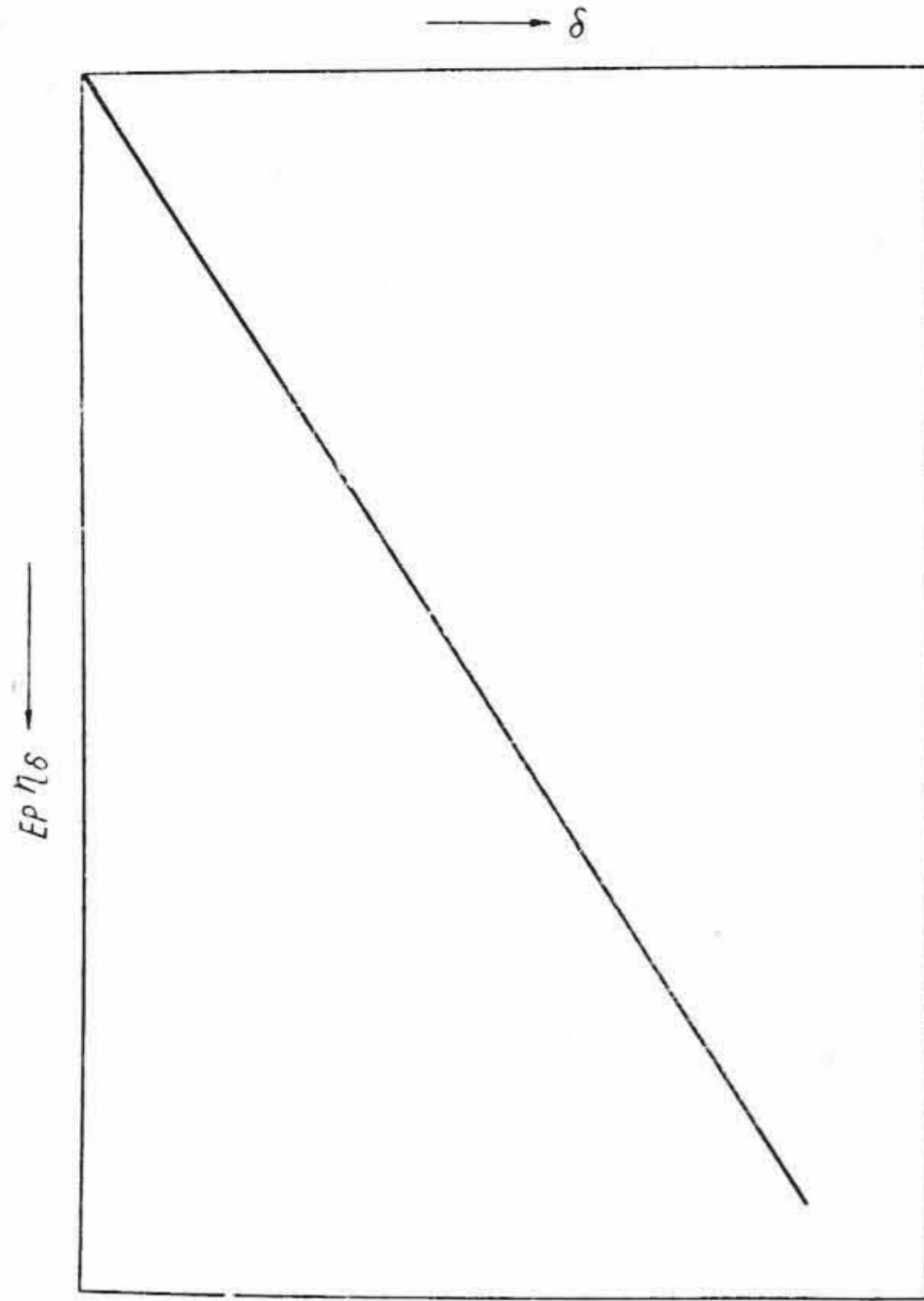
コットレルの性能

コットレルの粒度別集塵率は実験的につぎの式が用いられる

$${}_{EP}\eta_e = 1 - e^{-\frac{\phi \cdot E_0^2 \cdot L_e \cdot \delta \cdot K_m}{12 \pi \mu \cdot P_e \cdot V_g}} \dots \dots \dots (4)$$

ここに ϕ : ダストの誘電率に関する数
 E_0 : 放電電極に加圧される実効電圧
 μ : ガスの粘性係数
 V_g : ガスの集塵室内流速
 P_e, L_e : 集塵電極ならびにその組合せにより決まる数
 K_m : ストークスカニンガムの補正係数
 ${}_{EP}\eta_e$: コットレルの粒度別集塵率

* 日本大学工学研究所彙報第 4 号



第 6 図 コットレルの粒度別集塵率
Fig. 6. Collection Efficiency and Particle Size, Electric Precipitator

いま特定のコットレルにつき同一ガス状態，同一実効電圧とすれば，

$$EP\eta_{\delta} = 1 - e^{-K_{\delta}\delta}$$

よつて第 6 図のごとく $EP\eta_{\delta}$ を縦軸として対数目盛にとり，粒径 δ を横軸にとれば上式は直線にて現わされる。したがつてコットレルの集塵効率は代表粒度に対する集塵率を以て現すことができる。

いま代表粒度を δ としガス状態，実効電圧が同一であるとすれば

$$\eta_{EP} = 1 - e^{-\frac{K_{\delta}}{V_g}}$$

ここに η_{EP} : コットレルの集塵効率

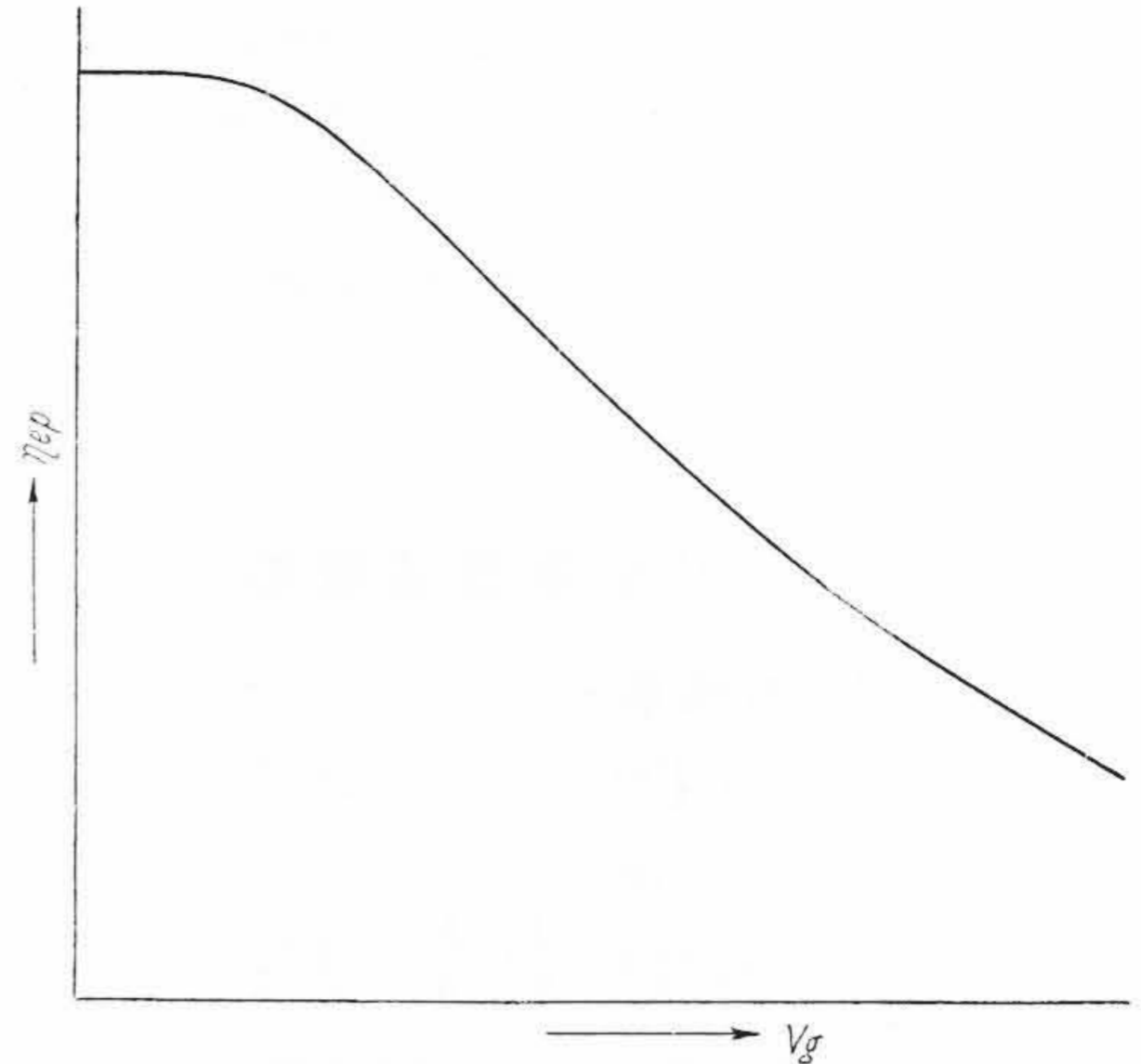
第 7 図にこの関係を示す。すなわちガス速度の増加したがつてガス量の増加に伴い，集塵効率は図のごとく減少する。(効率を対数目盛で縦軸にとり，ガス速度を横軸にとれば双曲線となる)

MC-EP 型集塵装置の性能

(1) 集塵効率

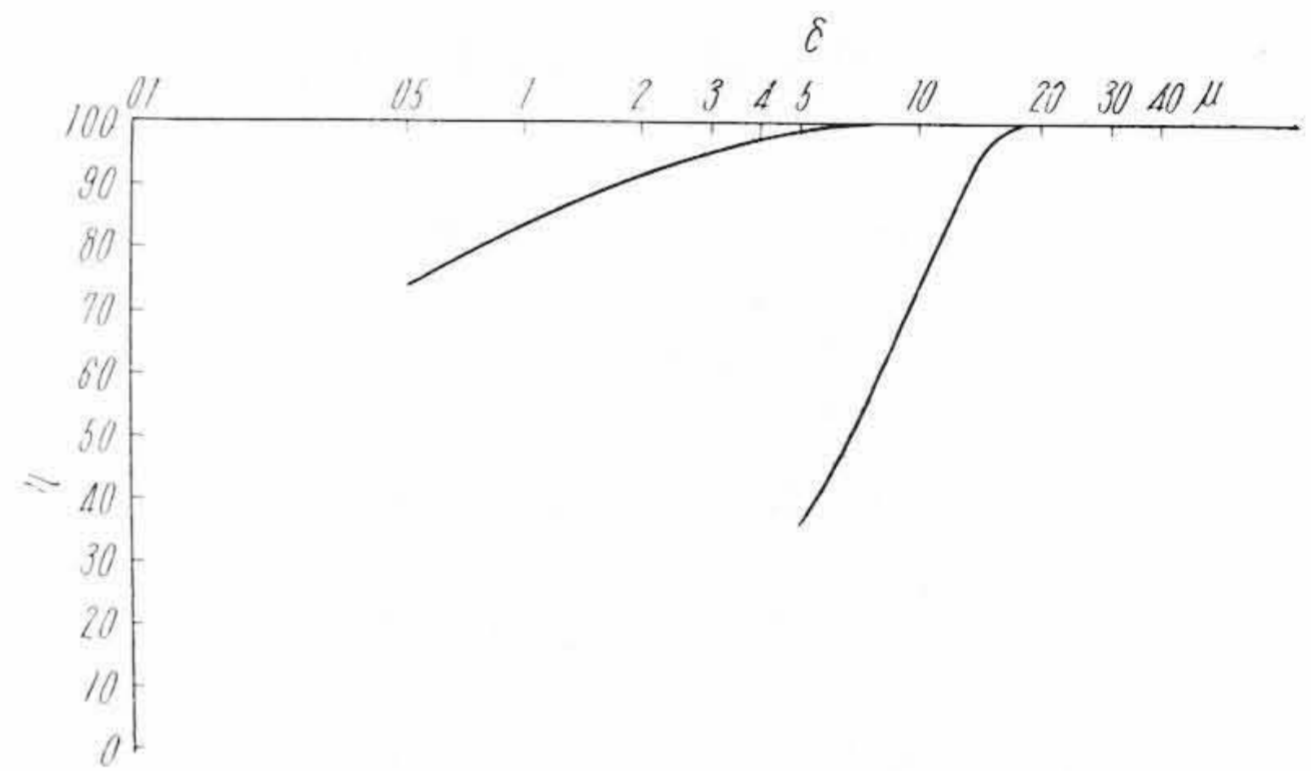
第 8 図はマルチクロンとコットレルそれぞれの粒度別集塵率の一例を比較したものである。マルチクロンは大体 15μ 以上の粒子に対しては有効であるがそれ以下の粒子に対しては，(3) 式よりあきらかなごとく粒度別集塵率は粒径の二乗に比例するため曲線は急傾斜を以つて減少する。コットレルは 1μ 程度にても十分に集塵効果がありかつ (4) 式にてもあきらかなごとく粒径の一条に比例する対数曲線であるためその傾斜は緩かである。

第 8 図にてあきらかなことは，マルチクロンにて捕集



第 7 図 コットレルにおけるガス速度と集塵効率の関係

Fig. 7. Collection Efficiency and Gas Speed, Electric Precipitator



第 8 図 粒度別集塵率の比較
マルチクロン，コットレル

Fig. 8. Comparison of Collection Efficiency and Particle Size, between Multiclone and Electric Precipitator

しうる粒子はコットレルにては勿論捕捉するが，逆にコットレルにては捕捉するがマルチクロンでは捕捉でない粒度の範囲があることである。

よつて MC-EP 型集塵装置においてはまずマルチクロンにて捕集できる粒度はマルチクロンにて捕集し，残りをコットレルにて集塵するごとく配列してある。

MC-EP 型集塵装置の総合効率は次式にて表わされる。

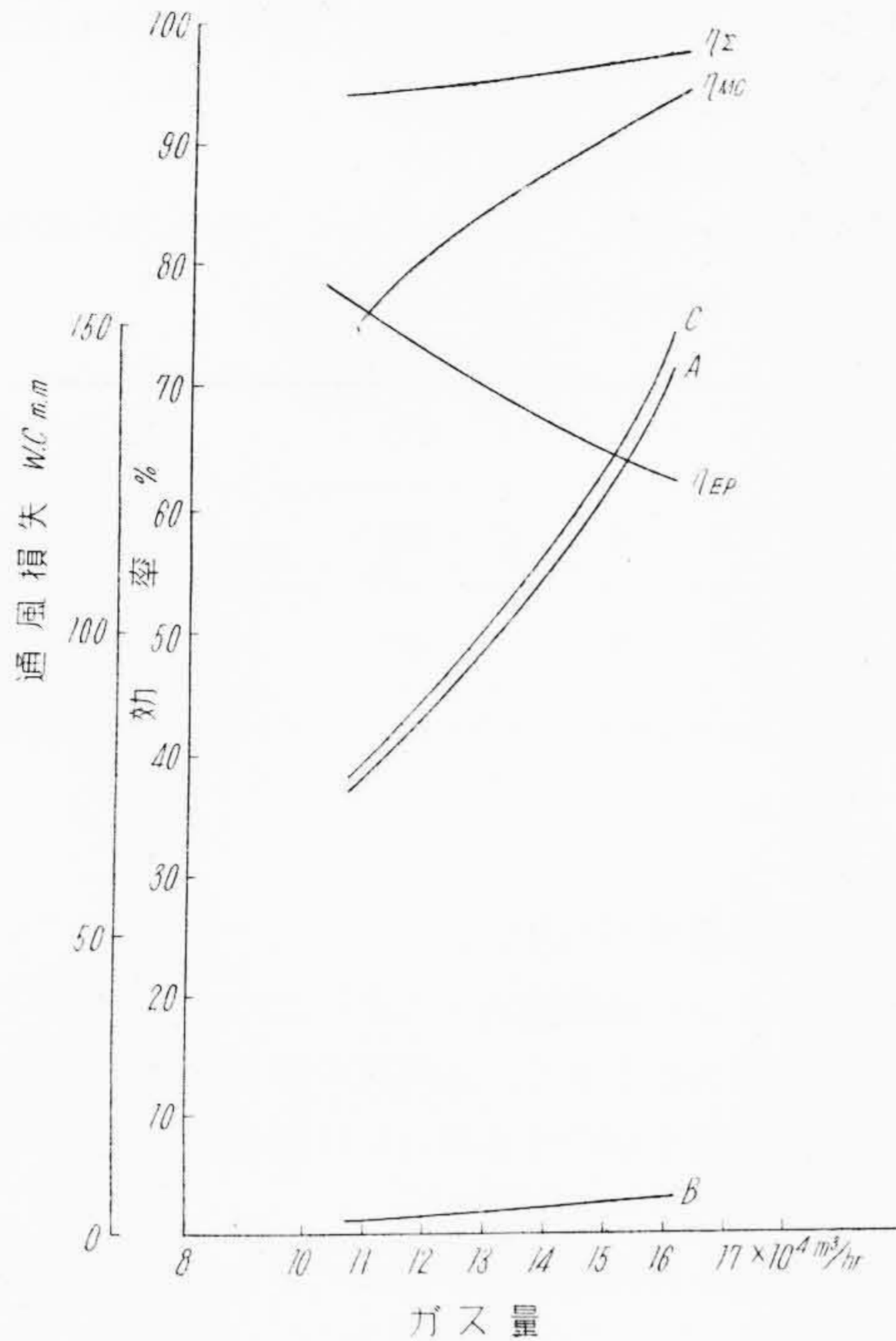
$$\eta_{\Sigma} = 1 - \{(1 - \eta_{MC})(1 - \eta_{EP})\}$$

ここに η_{Σ} : 総合効率

η_{MC} : マルチクロン単独の集塵効率

η_{EP} : コットレル単独の集塵効率

第 9 図は中国電力三幡発電所納め MC-EP 型集塵装置の性能曲線である。 η_{Σ} は実測総合効率， η_{MC} ， η_{EP} は



第9図 MC-EP型集塵装置性能曲線 (三幡発電所)

Fig. 9. Character of Dust Collector, Type MC-EP, Sanban Power Plant

η_{Σ} 計算をにより分解したものである。

ガス量の変化に対し η_{MC} , η_{EP} は急激に変化するが総合効率 η_{Σ} はその割に変化しないことは注目値する。

第9図の場合はコットレルの集塵効率がマルチクロンに比べ低かつたため、ガス量の減少に伴い総合効率は減少する傾向にあるが、コットレルとマルチクロンとそれぞれの集塵効率の採り方いかんによつては、総合効率の傾向はどのようにもすることができる。

すなわち MC-EP 型集塵装置においては、その総合効率はガス量の変動に対し

- ガス量増大する場合総合効率も増大する 第10図(A)
 - ガス量増大する場合総合効率は減少する (B)
 - ガス量変動するも総合効率はほぼ一定である (C)
- 以上三様のいずれにも設計することができる。

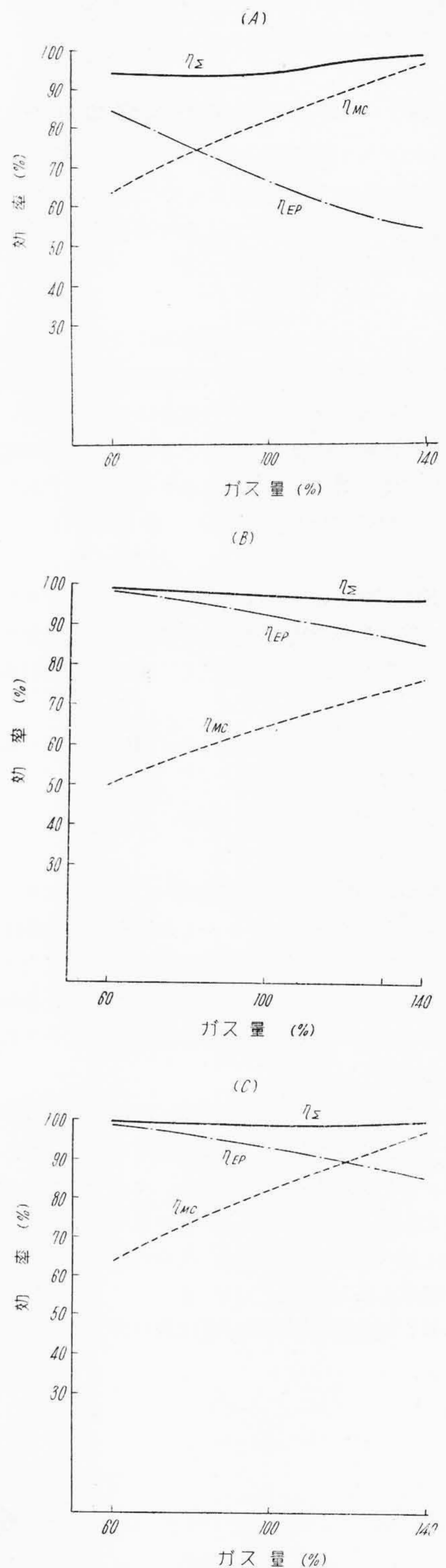
(2) 通風損失

マルチクロンもコットレルも通風損失はガス流速の二乗に比例するのであるが

マルチクロンの場合....ベーン出口のガス流速は 15 ~ 40 m/s

コットレルの場合....集塵室内のガス流速は 0.5~2 m/s

であるためそれぞれの絶対値には大きな差がある。



第10図 MC-EP型集塵装置の効率曲線の型
Fig. 10. Type of Collection Efficiency Curve, MC-EP Type Dust Collector

第 9 図 A はマルチクロンのみの通風損失, B はコットレルのみ, C は総合通風損失である。

〔IV〕 MC-EP 型集塵装置の特長

ガス中のダストの粒度分布が 1μ のオーダより 10μ のオーダあるいは 100μ 以上のものにわたる場合, MC-EP 型集塵装置は前記のごとく高性能を発揮するのであるが, つぎに利害得失を検討する。

利 点:

(a) コットレルとして最高効率にて運転できる。

実測の結果はコットレルの内部閃絡電圧, したがって上げうる最高電圧はガス中の含塵量に逆比例する。含塵量が少い程運転電圧は高くすることができ, 運転電圧が高くなれば実効電圧も高くなるゆえ (4) 式にてあきらかなごとく集塵効率は実効電圧の二乗に比例して向上する。

MC-EP 型集塵装置においてはまずマルチクロンにてダストを集塵しその残りの含塵量の少くなつたガスがコットレルに入るため, 上述のごとく高効率運転が容易となる。

特に含塵量の高いガスの場合は, MC-EP 型が集塵装置として最も適当である。

(b) 入口ガス道の配置, 傾斜に対し影響される割合が非常に少い。

コットレルの集塵効率は集塵室内におけるガスの流速分布に左右される。コットレルとしてその物自体はいかに完璧であつても, ガス道が集塵装置入口にて上下または左右に斜傾しておる場合, 集塵室内の流速分布が不均一となりしたがって集塵効率は計画値より大分下廻つたものになる。

MC-EP 型集塵装置においては, ガスはまず通風損失の多いマルチクロンに入りここで流速を均一化されてつぎのコットレルに入ることになる。マルチクロンの通風損失は先に述べたごとくコットレルあるいはガス道の通風損失に比べ格段に多いため, 入口の影響による流速不均一を吸収してしまう。

MC-EP 型集塵装置においては入口ガス道の影響はあ

る程度無視することができ, 配置, 配管よりくる拘束が少くなる。

(c) 建設費が低下する。

総合効率 95~97%, マルチクロンの効率 75~80% の場合, 建設費を比較すればつぎのごとし。

	EP	MC-EP 型
製 品 重 量	100	80
製 品 価 格	100	75

(注) EP とはマルチクロンを併用しないコットレルだけの場合である。

欠 点:

(d) 通風損失が大きい。

マルチクロンの通風損失が大きいため, MC-EP 型全体としての損失が大きく, 送風機の容量が増大する。特に既設の送風機を利用する場合には慎重なる検討が必要である。

(e) ダストの粒度分布が偏つている場合は不向きである。

粒度分布が 10μ 以下に偏つている場合はマルチクロンが効果を発揮せず, 逆に 20μ 以上ばかりのときは, コットレルの効果が少い。したがっていかなる場合にも有効であるというわけではない。

〔V〕 結 言

従来機械的集塵装置 (マルチクロン, サイクロン) を使用する場合は電気集塵装置は併用せず, 電気集塵装置を使用する場合はそれ一本で機械的集塵装置に眼を向けなかつた傾向がある。両装置を併用した日立 MC-FP 型集塵装置においては前述のごとく種々の特長があり特にガス量の変動する場合特色を発揮する。

すでにセメント工業, 火力発電所などの排ガスについては MC-EP 型集塵装置を実施して好結果をえており, 従来のマルチクロン一本あるいはコットレルだけという集塵装置は再検討さるべきであると考えられる。

