

電気集塵装置の保守〔1〕

Maintenance of Electrostatic Precipitator

橋本清隆*
Kiyotaka Hashimoto

〔I〕 緒言

電気集塵器 EP (Electrostatic Precipitator) は集塵装置の中でも最も広い利用範囲をもっている。しかるに一般には高価で取扱いがむづかしいという昔ながらの観念が今日なお残つていて生産あるいは生活の合理化が躊躇されているむきが少なくない。かような考え方が一擲されない責任の一端が装置メーカーの PR 活動の下手際にあることを顧みて、ここに EP の理解と上手な取扱い要領について資料を提供することにした。

〔II〕 EP の特長と利用範囲

EP の利用計画をすすめるにはまずその利用価値が他種集塵器に比して高い理由を知らねばならない。

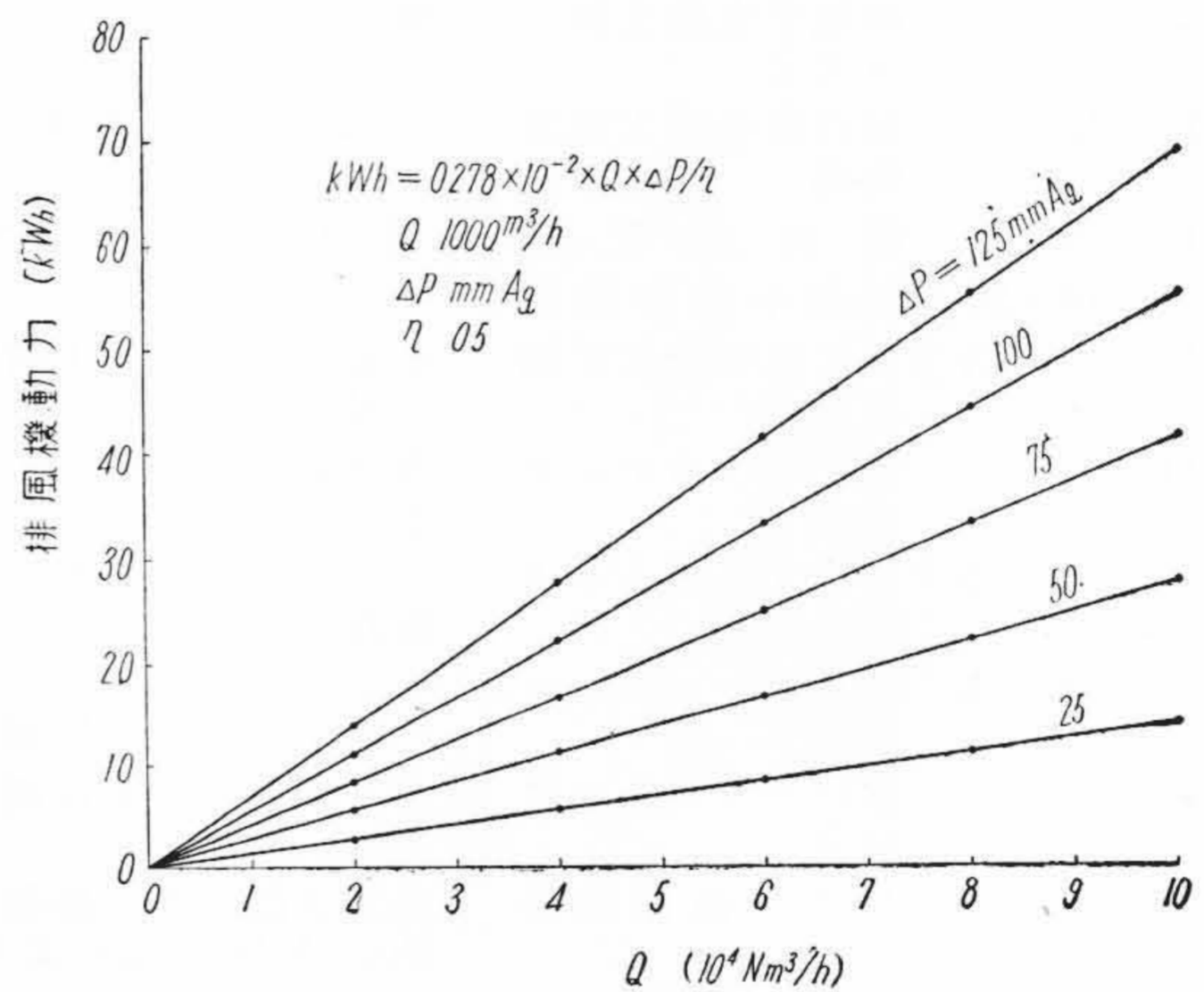
(A) 通風損失が少ない

最近の発電設備のように単位装置の処理ガス量が 1,500 km³/h 以上にもなると合理化された運転経費における通風力損失の影響は大きい。たとえば EP では出入口のガス調整器まで含めて通風損失がわずか 20 mmAq 程度であるが他種集塵器ではこの数倍を要する。このために必要な昇圧機の容量は概略第 1 図のようである。さらに EP では運転経過に伴つて通風抵抗がほとんど増加しないので通風調整が容易で生産操業に与える利益が大きい。

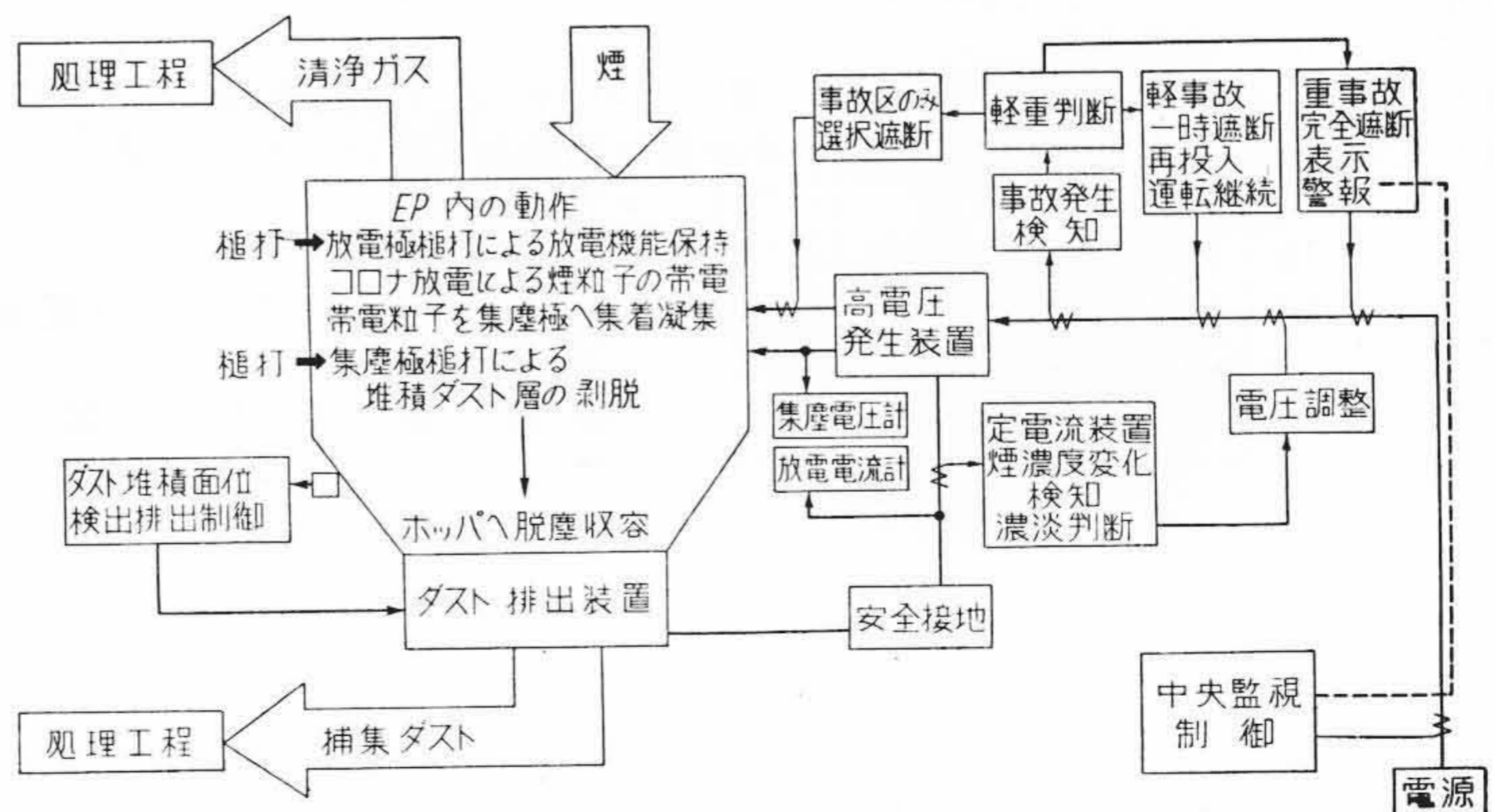
(B) 集塵率が高い

EP では実用的に 100% までの任意の集塵率が得られる。たとえばサイクロンでは 90% を得るに 100 mmAq 以上の通風損が必要で高温になるとさらに困難になる。ベンチュリスクラバーでは 90% で 500 mmAq, 95% では 800 mmAq 以上の動力を必要とする。

しかも補集物を廃水から回収しようとする総合集塵率は 60% 程度を出でなくなる。すなわちごく微細なダストを回収する場合には EP だけの容積と経費とを費しても他の方法では同等の効果を経済的に収

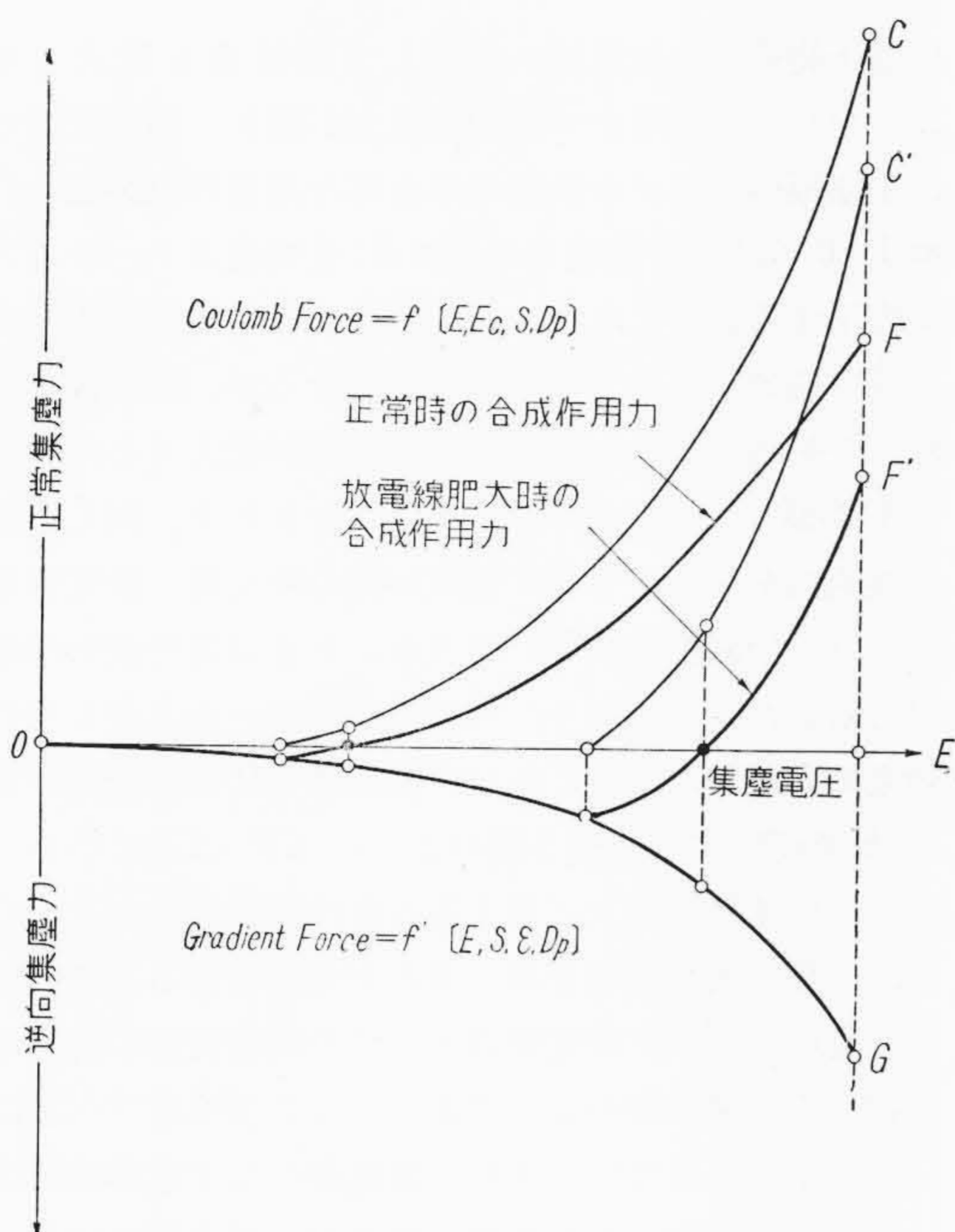
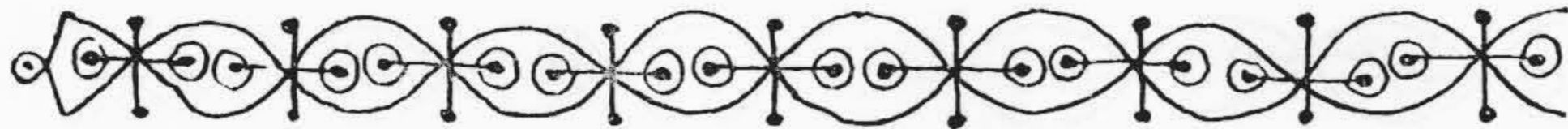


第 1 図 集塵器の通風損失を補うに必要な昇圧機の容量



第 2 図 最近の EP 動作機構と装置の要素

* 日立製作所日立工場



第3図 EP内における電氣的集塵作用力

めることができない。さらに微細なダストまたはミストを 100 mg/m^3 以下 1 mg/m^3 程度まで除去するにはEPでなくてはならない。

(C) 取り扱えるガス状態の幅が広い

温度、気圧、湿度、成分組成、濃度などに取扱上の制限がほとんどない。

(D) 最近のEPは進歩している

第2図に概要を示したように最近の日立EPは遠方操作あるいは自動制御によりガス状態の変化にかかわらず常時最良の運転状態が保持されるので、EP自体が経済容量で設計され、運転も簡易かつ安全で高集塵率が得られ、しかも中央監視制御が容易で合理化されている。

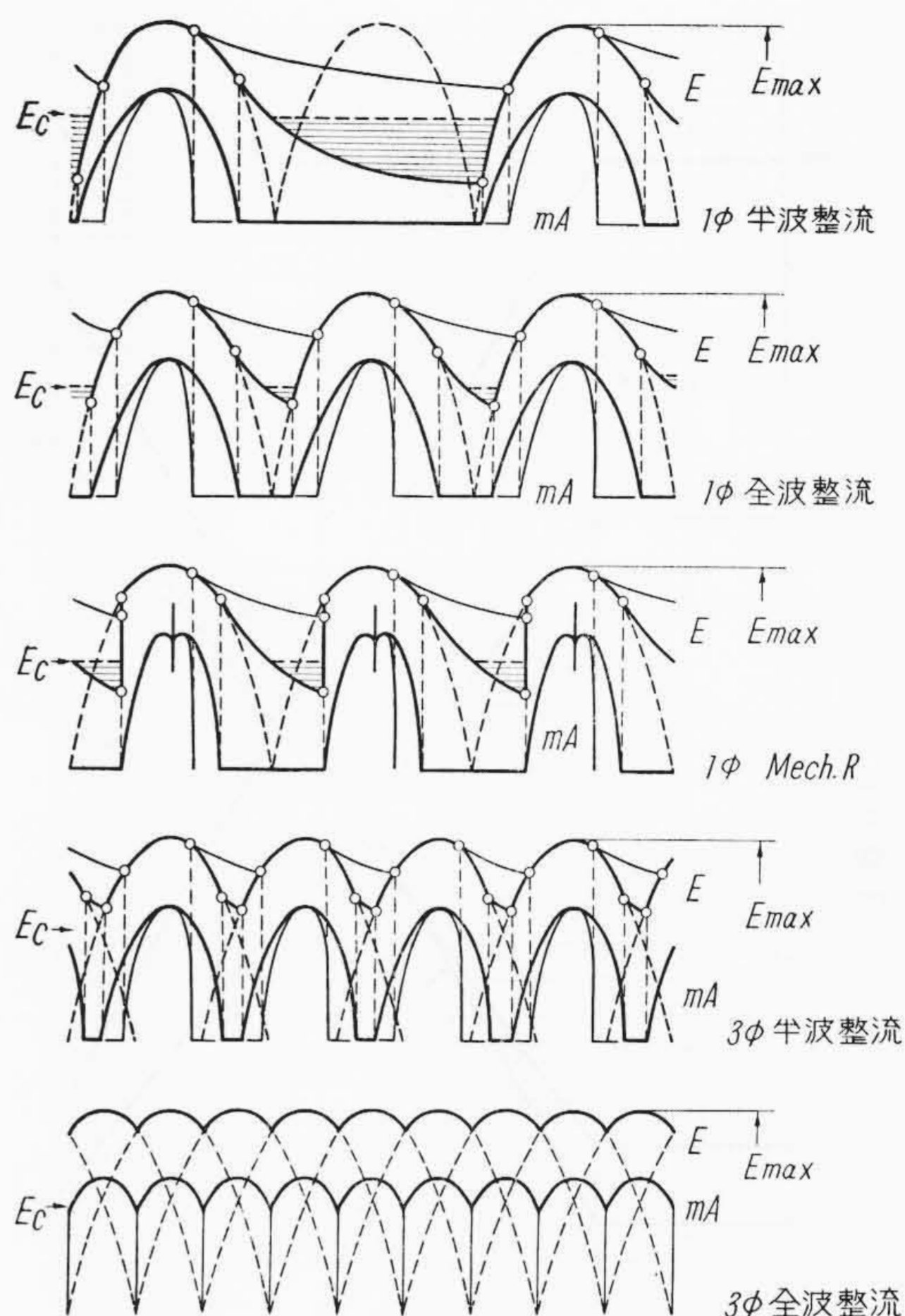
(E) 単位容量に制限がない

小は計器保護あるいは計測用の数 dl/h から大は $1,500 \text{ km}^3/\text{h}$ 以上が実用されている。

(F) 不適當な場合

EPはコロナ放電によつて微粒子を帯電させ電気力でこれをガス中から吸引分離するのであるからコロナ放電が安定に保持できない状況下では利用できない。その範囲は実用的には概ねガス温度では $1,000^\circ\text{C}$ 以上、ガス圧力では 100 mm Hg (abs.) 以下である。この状況はまたガスの種類によつても異なる。かような場合でも誘電力集塵が可能であるが能率的でない。

次にごく粗い粉塵またはミストたとえば $50\sim 100 \text{ミ}$



第4図 E_{max} を一定としたときの各種整流型式の電圧波形、電流波形とEPの時定数との関係

クロン以上のみの分離にはEPよりも他の機械的集塵器を用いる方が経済的である。

(G) 利用範囲の例

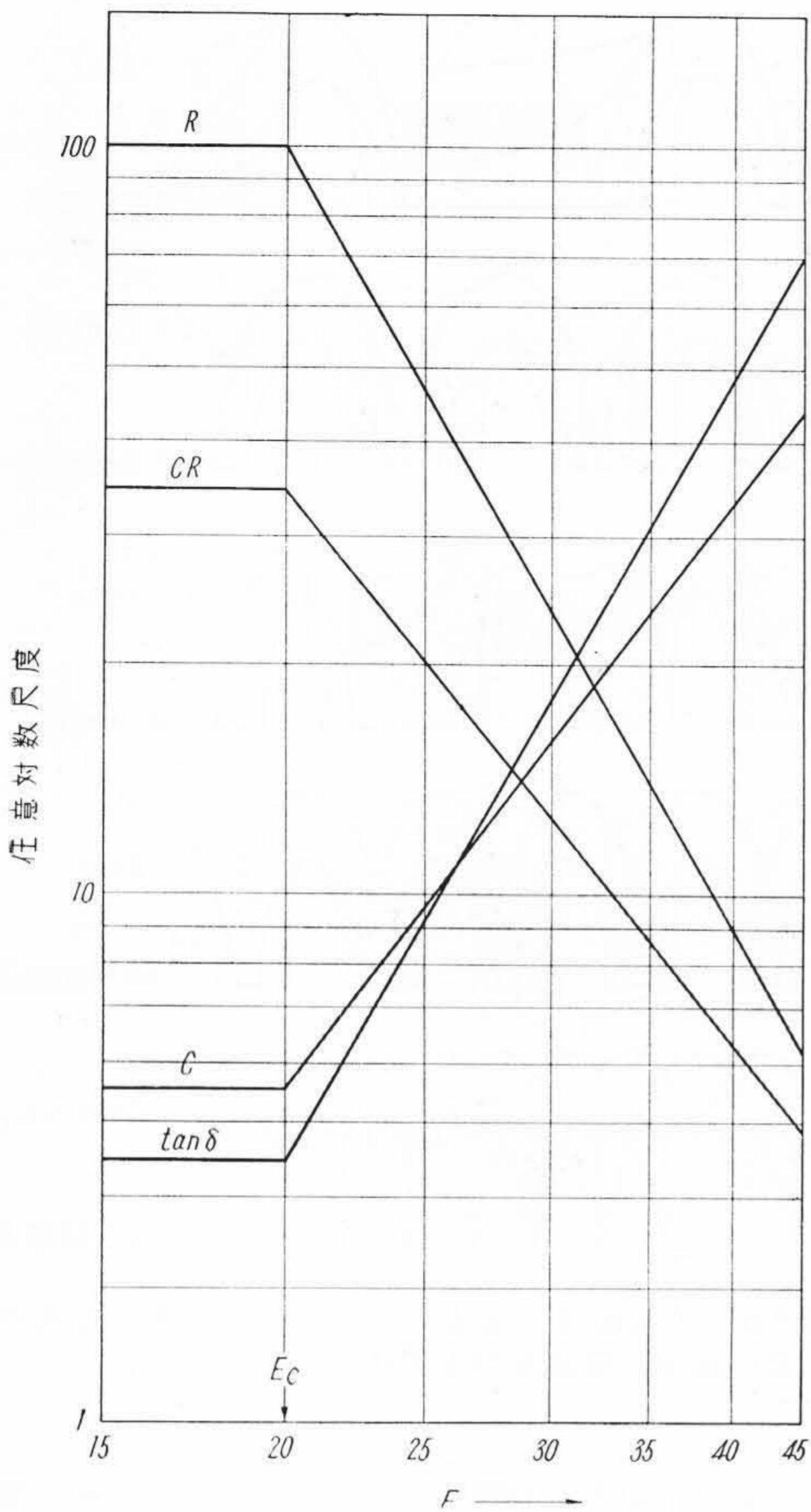
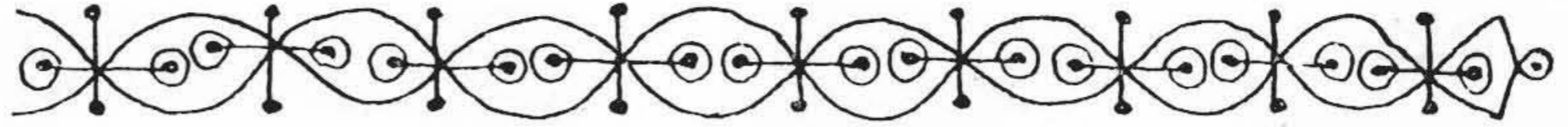
ほとんどあらゆる分野に用いられているがその主なものをあげると次のようである。

製鉄、製鋼、発電、製酸、製肥、パルプ製造、合成ガス工業、石炭化学工業、金属製錬、紡績、製薬、精油、窯業、空気浄化、その他

〔III〕 集塵理論の概略と装置の要素

(A) 放電電流による微粒子の帯電

微粒子の帯電量は概念的にいうと、定まつた集塵器にあつては (放電電流 mA) \times (集塵電圧 E) \times (粒子の大きさ D_p)ⁿ に比例する。 mA および E は放電極および集塵極の形状寸法、配置および集塵電圧によつて定まる。そして集塵作用力は $mA \times E \times D_p^n$ に比例する。また $mA \propto E(E - E_c)^m$ で示される。結局EPの集塵作用は、 $E > E_c$ (コロナ始発電圧) のときに正常で、 $E < E_c$ では逆になる。すなわち第3図のようにEP内での集塵力は重力および流体力学的要素ならびに電氣的凝集作用のほか、2種類の電気力が作用しており、



第5図 集塵電圧によるEPの等価CRの変化

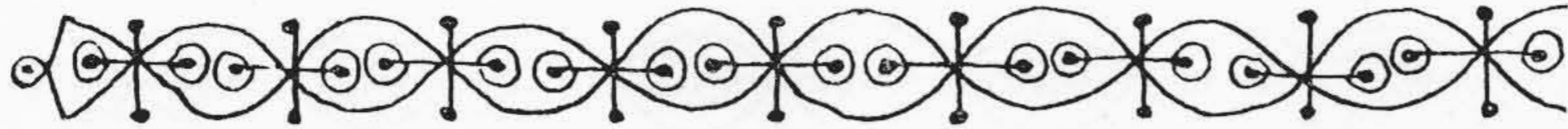
低電圧範囲では放電極へ集塵して放電線を肥大させ E_c を高める作用をする逆集塵力が働き、高電圧域では集塵極へダストを吸着する正常な集塵作用が働く。 $mA=0$ では前者誘電力が、 $mA>0$ で後者クーロム力が作用するようになる。第4図のように集塵電圧発生装置の種類によつて電圧波形が異なるが、影線部 $E < E_c$ の瞬時を含むときは漸次放電線が肥大するに伴い mA が減少して集塵率 μ の低下をきたす。同じ形式の整流機を用いても EP 電気回路の時定数 (誘電容量 C) \times (等価漏洩抵抗 R) が大きいときは電圧波形が細線で示したようになり、三相電源を用いたときとその効果に大差がない。しかし一般には EP を十分高い電圧 E で使用すると第5図のように CR は逆に小さくなるから CR を過大に考えることは実情にそわないので、三相全波整流器を用いるのが無難である。このような見地から EP 荷電装置としての諸整流器の特長を比較すると第1表のようである。ここで注意すべきは一般に用いられている EP の電極群のなす電界事情は一様であるから、この電界にガスを一様の速さで導くことが EP 全体を能率よく使用する上に肝要である。このため EP の入口および出口にガス分布調整器を設けるが、少ない通風抵抗で良好な調整効果を得るため設計上の工夫がなされる。

(B) 集塵の器外取出

集塵装置の役目はダストを集塵極へ集めるだけでは終わらない。これを再飛散させぬように上手に電極から剥脱してホッパに收容しさらにこれを器外に排出せね

第1表 EPの電気設備の特長比較

比較事項	Mech R		Se R		Valve R		
	単相全波	三相全波	単相全波	三相全波	単相全波	三相全波	
構成	同期整流機 PS IR, R, CC. 特高端子 5-6 個		Tr 内蔵油入タンク R 特高端子 1 個		加熱 Tr 内蔵 バルブ 4 個 6 個		
波高率 E_{max} 小さいが良い	1.36	1.11	1.25	1.03	1.20	1.03	
E_{min} 大きい方が良い							
屋外設備	不可	不可	可	可	不可	不可	
寿命	保守が良ければ半永久的		半永久的		数 kh 電圧変動の影響大		
配電電圧の影響	ない		ない		定電流とせねば寿命に影響重大		
電波障害	適当なフィルタを用いて支障ない		ない		ない		
過電流耐量	かなり大きい		大きい		小さい		
過電圧耐量	かなり大きい		大きい		小さい		
閃絡が弧絡になったとき	消え易い		R, X では消えにくい 再投入制御で確実消弧		消えにくい 保護回路必要		
保守	取扱	やや面倒: 位相調整		簡易		注意を要する	
	温度, 湿度, 塵埃	調湿防塵に注意清掃頻度大		簡易 清掃頻度小		調湿, 防塵に注意清掃頻度大	
	予備品	整流板, 杵, 爪, 稀に CC, R		不要		かなり多数必要大容量バルブは国産なし	
	環境	O_3, NO が出る適度の換気要す		良好		フィラメントの輝度過度低加熱で軟X線出る	



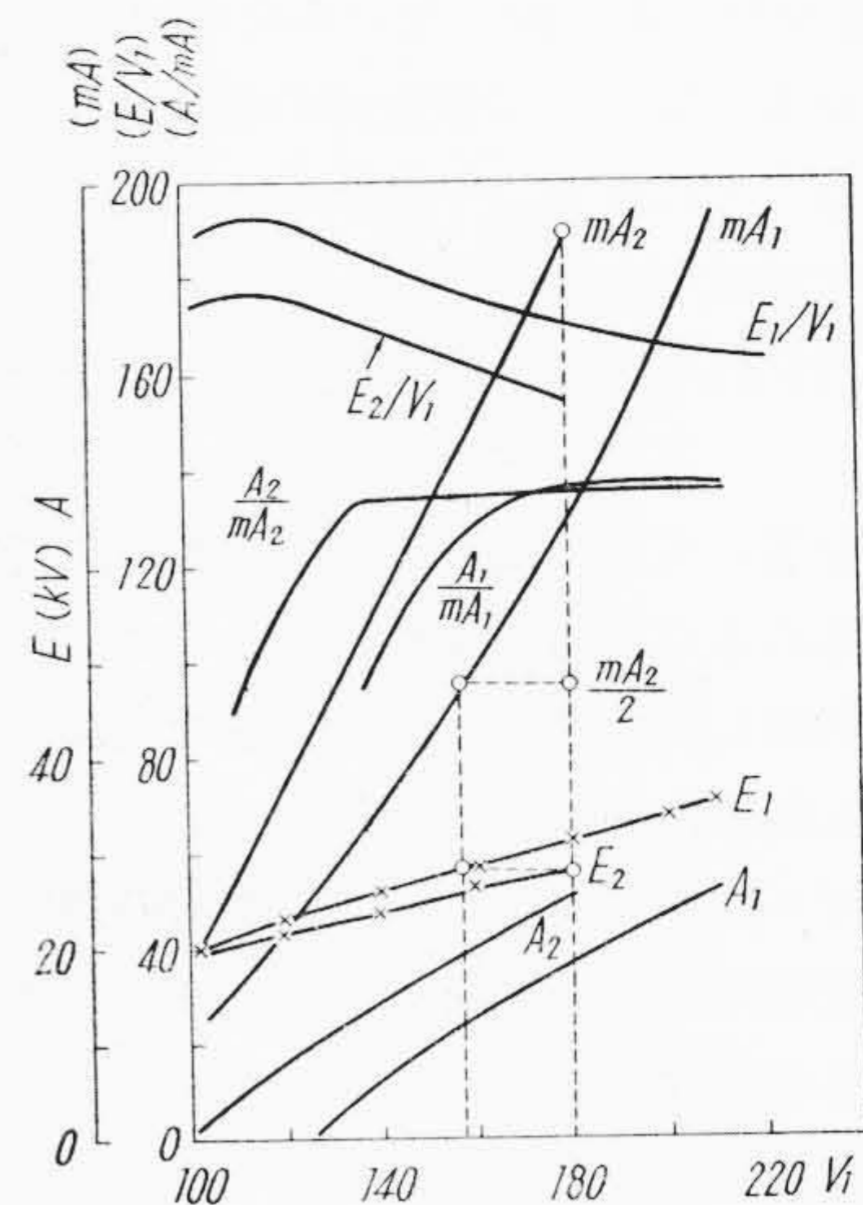
ばならない。このため電極の構成に調和した槌打装置およびダスト閉塞を起さない排出装置がガス漏洩を防止した構造で設けられる。すなわち EP の入口、出口および槌打排出部の構造は EP の集塵率に重大な影響をもつものであるから、これらは EP 要素として一貫した設計範囲に属すべきものである。さらに EP の入口、出口に連なる煙道の形状、寸法はガス分布調整器の設計上重要な要素となるからなおざりに付すべきでない。

(C) 放電電流 mA および集塵電圧 E

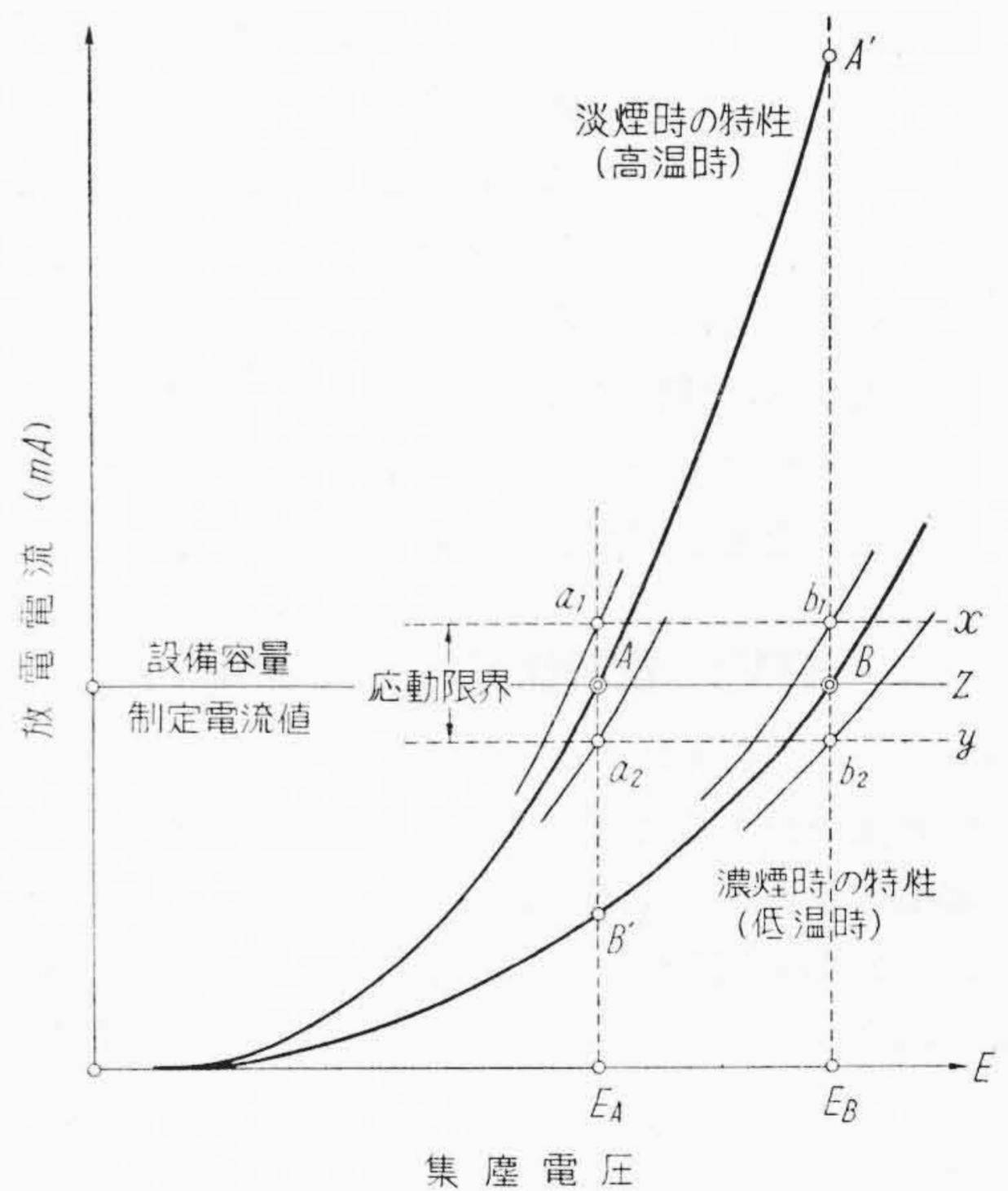
定まつた集塵器と整流器との組合せにおいては mA と E を左右する要素はガスの状態である。またガス状態によつて電極間の火花閃絡電圧 E_{max} が定まるから、これと集塵電圧波形とによつて E および mA が定まる。

- (a) ガス温度が高くなると概ねガス密度に逆比例して mA が増し、与え得る E_{max} したがつて E は低下する。
- (b) ガス圧が高くなると前項(a)とは逆に mA は減少するが E_{max} および E は高くとることができる。
- (c) ガスの成分組成によつて mA および E の絶対値のみならず放電特性 mA/E も著しく異なる。
- (d) 含塵量または含ミス量が大になると同じ E における mA は減少する。これは負イオンおよび電子流として運ばれる電荷量に比して低易動度のダストまたはミス粒子によつて運ばれる電荷量が増す必然の結果である。

一般に EP は(A)節の理由によつて、可及的に高い E で運転されるので極間閃絡を起しやすい状態におかれる。閃絡時における放電極断線あるいは電気設備の焼損事故を防止するため回路のインピーダンスを大に計画されているので、同じ一次電圧 V_1 の下においては、並列荷電電極数が減るかあるいは含塵量が増加して mA が減少すると E は逆に増加する。この変化は顕著でたとえば第6図はセレン整流器で1電極群または2電極群を荷電したときの特性で、集塵電圧 E が等しい場合についてみると負荷電流 mA は2群荷電したときは正しく1群荷電の2倍を示している。しかし V_1 から E の換算あるいは A から mA の換算は、EP ならびにセレン整流器の等価抵抗がそれぞれ E , mA , V_1 の非直線函数であるから不可能である。したがつて合理的な EP 管理を行うには mA および E を直接測定するほかはない。日立 EP にはそれぞれ mA および E の直読計あるいは記録計が付属されている。

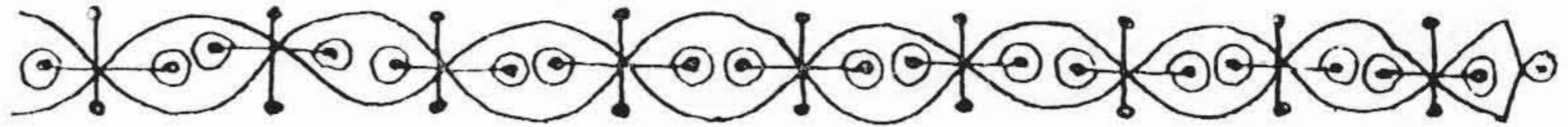


第6図 一定一次電圧 V_1 において EP 負荷が倍半分になったときの E , mA の変化と回路定数の E/V_1 および A/mA 比に及ぼす影響



第7図 煙の濃度による EP の放電特性 mA/E の変化と定電流制御による自動高能率運転要領

余談にわたつたが集塵器の使用目的からいつて、含塵量が増して煙が濃くなつたときはできるだけ集塵電圧 E を高めて集塵率をあげたいわけであるが、この状況に適當した電圧 V_1 あるいは E_B に調整しておく、含塵量が減つて淡煙になつた際に mA が異常に増加して過負荷 (第7図で A') となり電気機器の焼損あるいは過負荷継電器の作動による EP 停電をきたすので、保守員としては煙の濃度に応じて



V_1 調整を行う煩に耐えないから第7図のような変動範囲をもつ場合には安全側の低電圧 E_A に固定して用いることになる。すなわち濃煙時には E_B の高集塵率で使用できる EP であるにもかかわらず E_A で運転が行われるので $(E_A/E_B)^2$ 倍容量に EP を殺して使用していることになる。日立 EP では定電流制御装置を用いてこの間の調整を自動的に行い煙の状態の変化に応じて常に EP 容量いっぱい運転するように計画しているから低設備費で高集塵率が得られしかも保守に手数がかからない。

(e) ガス状態の変化または集塵層の剥脱その他の原因で電極間に火花閃絡が起るとこれが電弧橋絡に発展する可能性がある。このような場合機械整流機が用いられていると、半サイクルごとに高圧側の回路が断路されるので電弧が消滅しやすく比較的安定な運転ができる特長がある。セレンまたはバルブ整流器を用いた回路では集塵電圧波形が改善される反面、このような場合には比較的電弧が消滅しがたい傾向がある。しかもいつたん電弧が発生するとリアクトルや高抵抗を回路に挿入することによって電圧を降下させるぐらいでは消滅効果が不確実である。セレン整流器を用いた日立 EP では、この対策として機械整流器におけると同様にいつたん回路を低圧側で遮断し、確実に電弧を消滅させてのちただちに荷電を継続する自動再開方式を用いているので高電圧で安全運転が可能である。

〔IV〕 設計諸元と見積要項

以上のことから EP の設計にあたって考慮されねばならない諸元がわかるように、EP の見積にあたっては次の諸事項を明らかにする必要がある。

- (A) ガスの状態： (a) 処理ガス量 Q (m^3/h) または Q_0 (Nm^3/h) (b) 動粘性係数 μ (c.p.) と温度 Tg ($^{\circ}C$)

- (c) 静圧 Pg ($\pm mmAq$) (d) 湿度 RH (%) または (% Vol.) あるいは水分量 (t/h), (g/m^3) (e) 成分組成 (f) 含塵量 Wi (g/Nm^3) (g) 以上諸元の変動の幅と速さ

- (B) 含塵の性質： (a) 成分組成 (b) 粒径分布 (c) 付着凝集性 (d) 比重 (e) 価値 (f) 電気的諸性質

- (C) 計画集塵率： (a) 施設場所と環境 (b) 施設目的 (c) 経済収支と予算

- (D) 付帯条件： (a) 用水, 動力などの便と制限 (b) 捕集物または浄化ガスの処分工程 (c) 許容地積 (d) 設備計画 (e) 許容風圧損失 ΔP ($mmAq$)

- (E) 備考 (a) 関連設備工程と操業の概要 (b) 前後装置の関係 (c) 原料の種類, 成分, 使用量およびその流れと状態変化の概要 (d) 増設など将来の計画これらが提示されることによつて EP 設計上に次の事からの顧慮が容易になる。したがつて設備計画に対し適切な提案ないし忠告をすることが可能になる。

- (e) 施設目的に応じて特長ある型式の選定：他型式集塵器との特性の組合せ, 乾式または湿式の採用など (f) 防腐, 防爆, 汚水処理, ガス調湿, 凝着防止などの考慮 (g) 重要度により自動運転, 警報, 予備容量, 荷電方式, 自動制御方式などの考慮 (h) 事故処理方法

しかし新規計画においてはこれらの事がらを明示し兼ねる場合も少なくはない。このような場合には多くの経験から未詳事項に適切な仮定を設けるが、設備計画に齟齬を与えるおそれのある重大事項については類似の既設装置について実測を行いこれを参考とする措置がとられる。

以下後報

- 5. 事故現象の診断と保守要領
- 6. 結 言

訂 正

日立評論 Vol. 39 No. 11 P. 108 掲載の日立製作所社員社外講演一覧中、講演者氏名に誤りがありましたので下記のように訂正いたします。

記

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
10. 21	質量分析研究会	質量分析計によるウラン同位体存在比の測定について (第1報)	中央研究所	岡 本 潤 一
10. 21	質量分析研究会	高分子の γ 線照射の発生ガスについて	中央研究所	河 合 鱗次郎 川 松 俊 治 原 田 豊