

石炭火力発電所用電気式集塵装置

Electrostatic Precipitator for Coal-Fired Power Station

エネルギー政策の転換により、石炭火力発電が再び脚光を浴びようとしているが、その重要な課題の一つに、燃焼排ガス中のダスト対策がある。このダストを十分捕集する高性能電気式集塵装置を計画するには、ダストの粒径及び見掛け電気抵抗率に関連する化学成分などのダスト物性を把握するとともに、見掛け粒子移動速度を決定しなければならない。

日立グループでは、昭和9年以来135基に上る石炭火力用電気式集塵装置を納入してきた。しかし、昭和40年代はじめからは重・原油燃焼が主流になったが、引き続き石炭の物性調査検討や基本構成部分の電極の構成などに新技術を採用し、技術の改良を続けてきた。

本論文ではフライアッシュの物性を中心に、石炭火力発電所用高性能電気式集塵装置計画の現状技術と技術開発について述べる。

藤崎芳男* *Yoshio Fujisaki*

浅野 弘* *Hiroshi Asano*

渋谷貞雄** *Sadao Shibuya*

大塚馨象*** *Keizô Ôtsuka*

1 緒 言

我が国の火力発電は、昭和40年代のはじめから石炭に代わって重油や原油燃焼が主流となり、全エネルギーに占める石油の割合は昭和52年度実績では74.5%にも達している。しかし、周知のとおりオイルショック以来、再び石炭が見直され、昭和70年代には現状の約8倍の発電量の石炭火力発電所の建設が計画されている。

石炭火力発電では、 SO_x (硫黄酸化物) や NO_x (窒素酸化物) などの除去対策のほかに、フライアッシュの発生量が多いため、環境汚染防止の面から高成能集塵装置の設置が不可欠である。

日立グループでは、石炭火力発電所用としてのEP (電気式集塵装置) の経験は古く、昭和9年に1号機を製作以来、昭和40年代はじめの重油燃焼切替えまで、135基 (出力約800万kW相当) に達する納入実績をもっている。また、現在建設

中の北海道電力株式会社苫東厚真発電所向けのEP^{2),3)}は、空気予熱器の前段に設置される、いわゆる石炭燃焼ボイラ用高温EPとして、我が国では最初の実用機となるため業界の注目するところとなっている。このような豊富な経験と実績に加え、更に最近のニーズに対応する高効率集塵装置の技術確立と今後増大する外国炭燃焼ボイラへの対応など、新しい技術の開発、改良に積極的に取り組んでいる。

本論文では、輸入炭など多種多様の石炭に対するフライアッシュの物性の把握、それによるEPの集塵性能、集塵極へのダストの付着力など、最近の技術成果について紹介する。

2 フライアッシュの物性値とEPの性能

EPでフライアッシュを集塵する際、入口含塵濃度以外に粒子の大きさ、及びその見掛け電気抵抗率が集塵性能への重要な因子となる。このうち前者は、ダストが集塵電極に捕集されるまでの時間 (= 極間距離 / 移動速度) に関係し、粒子が小さいほど電気力による粒子移動速度は小さく、EP性能を低下させる。また後者は、石炭の炭種によるフライアッシュの化学成分に大きく影響される。

2.1 フライアッシュの粒径

図1にEP入口及び出口のフライングダストの粒径分布の実測例を示すが、これは9 μm 以下の微粒子は、カスケードインパクトと日立製作所の研究所で開発したレーザダストモニタとを組み合わせた方法で測定したものである。

図1に示すように、EP出口粒子の粒径分布は入口から当然細かくなっているが、前述したように細かい粒子ほどEPでは捕集されにくい傾向を示している。

2.2 フライアッシュの見掛け電気抵抗率

見掛け電気抵抗率は、EPの集塵性能に直接的に関係する指標である。図2にフライアッシュの見掛け電気抵抗率と集塵率の関係を示すが、見掛け電気抵抗率 ρ が $10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ のところを境に性能が大幅に変化し、これより ρ が低い領域では良好な集塵が可能であるが、これより高い領域では、荷電不安定や逆電離現象が生じ集塵性能が極端に低下する。

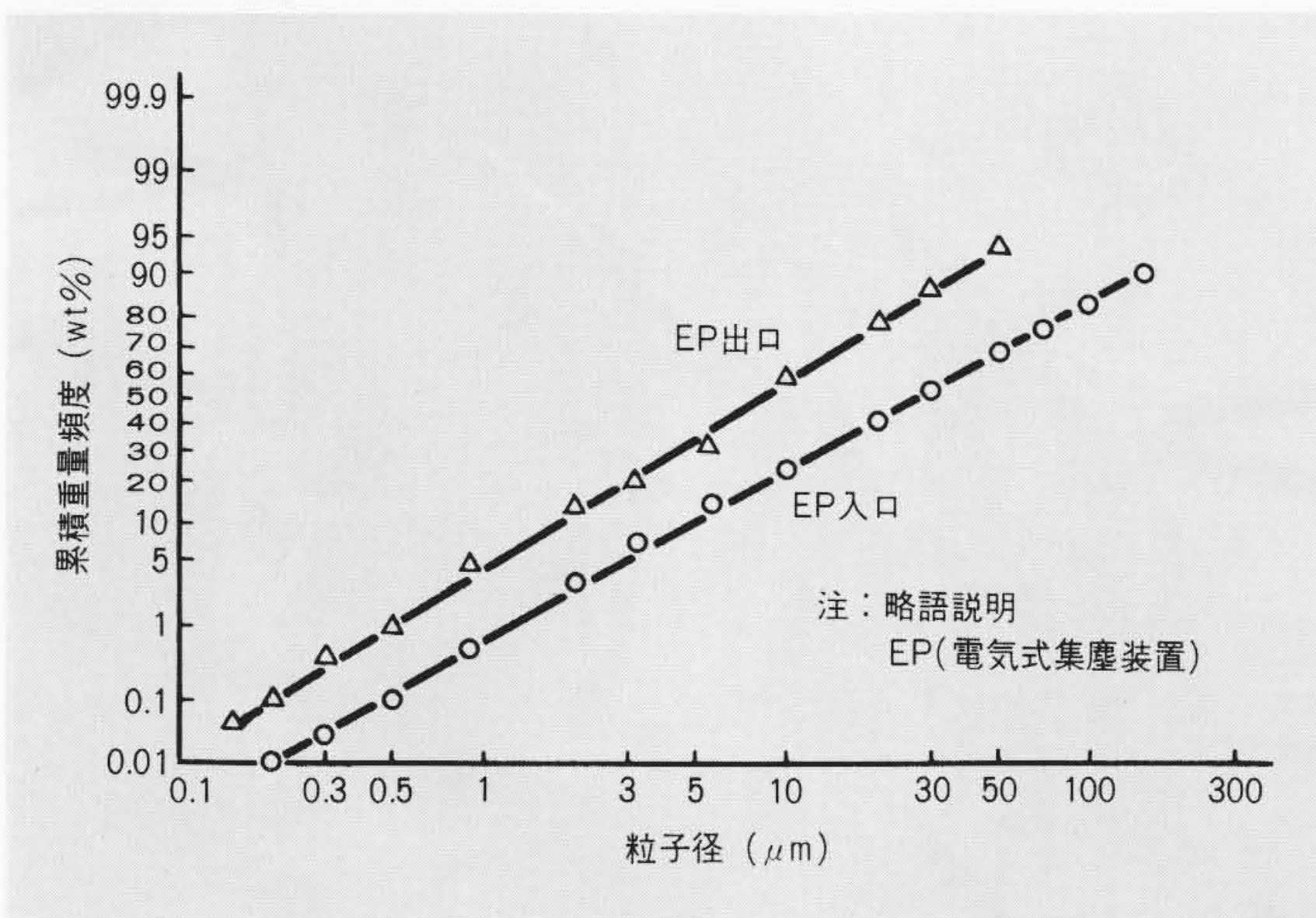


図1 フライングダストの粒径分布 石炭火力排ガス中に含まれるフライングダストの粒径分布を、EPの入口及び出口で測定したものを示す。測定法は、カスケードインパクト+レーザダストモニタによる。

* 日立プラント建設株式会社

** 日立プラント建設株式会社研究所

*** 日立製作所日立研究所

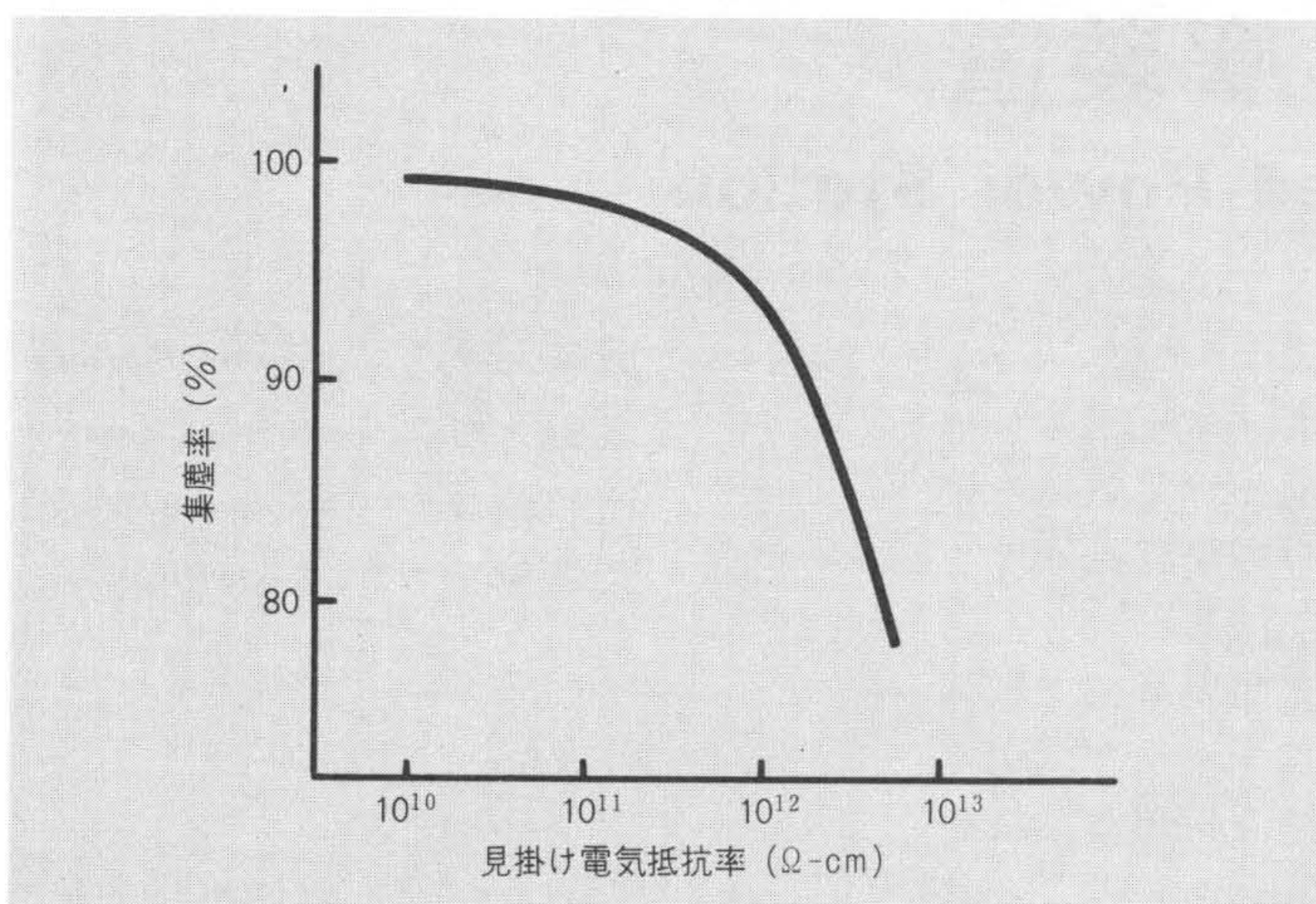


図2 集塵率に及ぼす見掛け電気抵抗率の影響 見掛け電気抵抗率が $10^{11} \sim 10^{12} \Omega\text{-cm}$ のところで、EPの集塵率は急激に低下する。

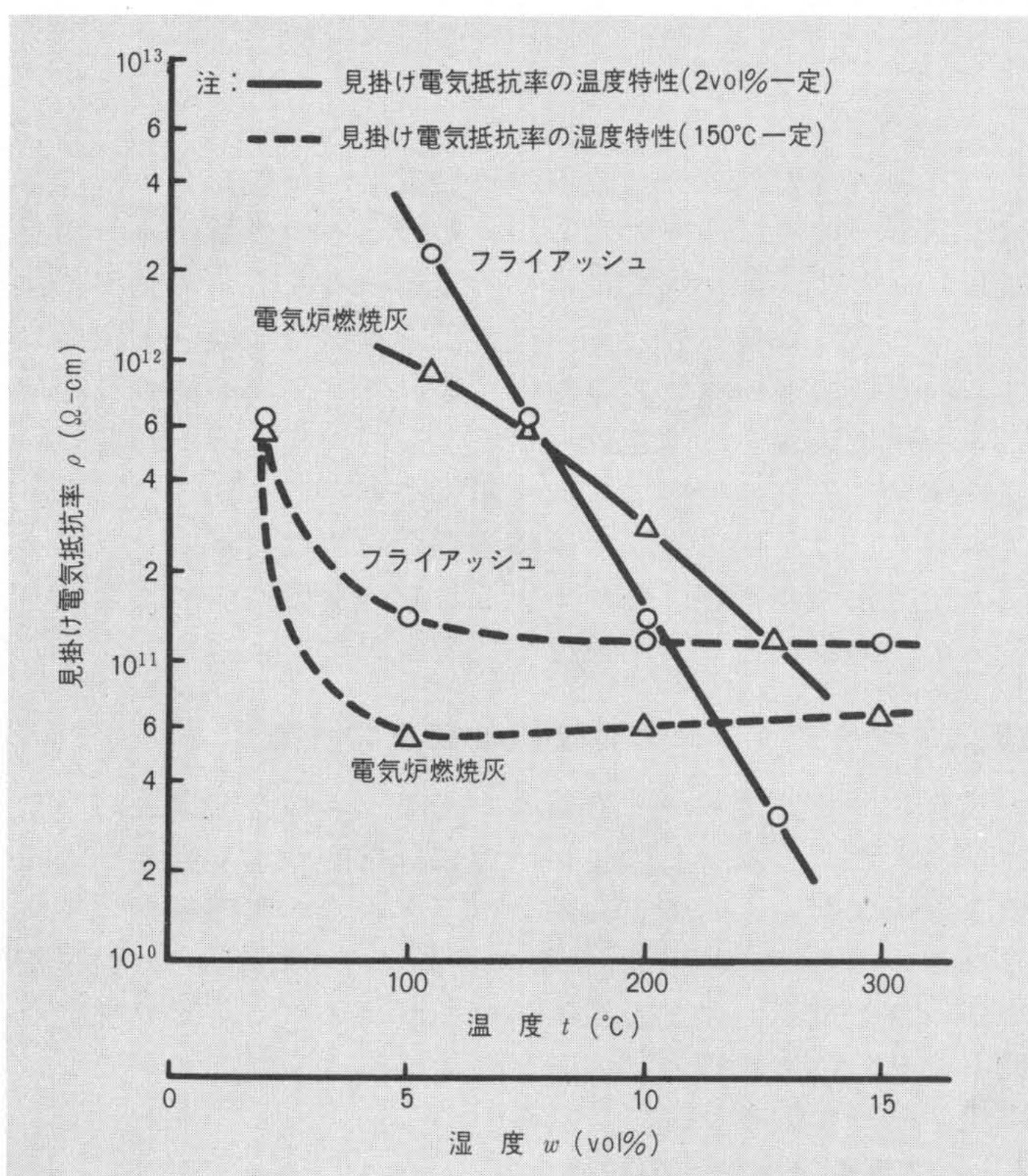


図3 電気炉燃焼灰とフライアッシュの見掛け電気抵抗率 電気炉燃焼灰とフライアッシュの見掛け電気抵抗率は、ほぼ類似しており、電気炉燃焼灰でフライアッシュの電気抵抗特性を推定することが可能である。

日立グループでは使用実績のない石炭からこの見掛け電気抵抗率を推定する手段として、電気炉を用いて実験的に作った燃焼灰と実機ボイラからのフライアッシュの相関性について、早くから検討を進めてきたが、特に見掛け電気抵抗率については、図3に示すように両者の値はほぼ類似しており、使用実績のない石炭のフライアッシュの見掛け電気抵抗率が推定できる可能性を示している。

2.3 フライアッシュ集塵特性の評価

フライアッシュのEPでの集塵特性は炭種による影響を大きく受けるが、ボイラの低NO_x化燃焼などを含む燃焼状態の変化についても十分考慮を払う必要があり、数多くの経験と実証実験が欠かせないところである。

したがって、新しく導入される外国炭については今後とも数多くデータを整理し、その物性値を基に集塵装置の計画を行なう必要がある。

日立グループでは表1に示す五つの方法により、フライアッシュの集塵特性を評価している。

第一のパイロットテスト法は、石炭火力発電所内にパイロットEPを持ち込み、実ガス、実ダストにより集塵特性を把握するもので、例えば既設ボイラにサンプル炭を試験的に燃焼させてみる場合であり、実プラントの運転条件に合わせた特性評価が可能である。

第二の模擬ガステスト法は、石炭燃焼排ガスが得られずフライアッシュだけ入手可能な場合、例えばテスト用の重油燃焼ボイラ排ガス中にそのダストを投入して、モデルEPで特性評価を行なう方法である。

これらの方法を用いて、高温サイドでのEPの特性把握や低温サイドでのEPの逆電離現象の把握、及び調質技術の検討、電極間隔及び形状の検討など、既に多くの成果を取めている。

第三の方法は、2.2で述べた電気炉を用いて実験的に石炭灰を作り集塵性能を推定するもので、実プラントでのフライアッシュとの化学成分、見掛け電気抵抗率の比較を行ない、表2に示すような集塵指数により集塵性能の評価を得る方法である。

第四、第五の方法は、燃焼方法によるフライアッシュの性

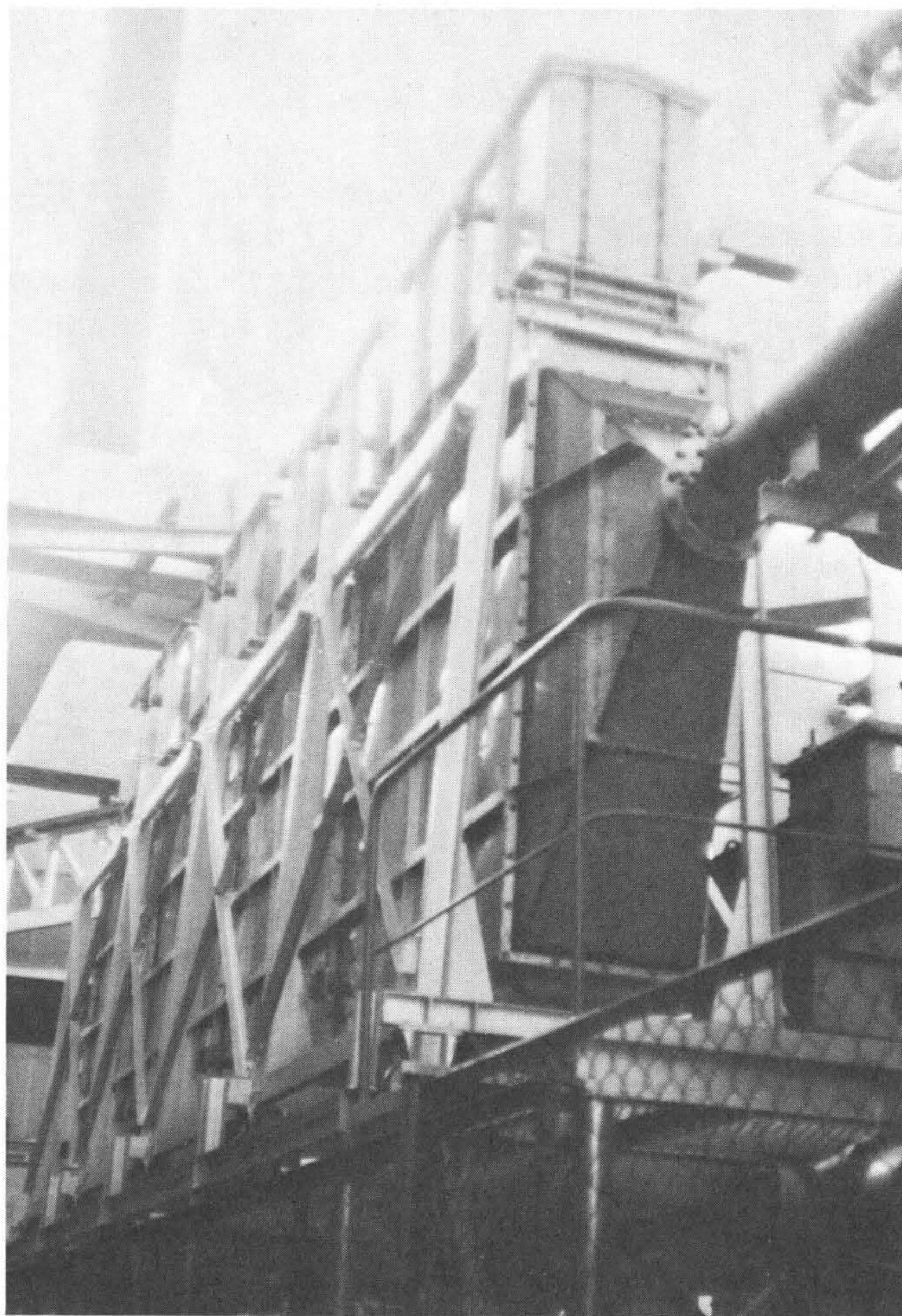


図4 石炭燃焼炉用パイロットEP 石炭3t/hの燃焼能力をもつ燃焼炉に、3,000 m³/hのEPを設置している。

表1 フライアッシュの集塵特性評価法 フライアッシュの集塵特性を確認するため、日立グループで実施の五つの方法を示している。

No.	方 式	系 統 図	目 的
1	パイロットテスト法		(1) 実ガス、ダストによる集塵性能把握 (2) 実プラント運転特性評価
2	模擬 ガステスト法		(1) 各種ダスト評価 (2) 最適寸法の検討
3	石炭 灰 分 評 価 法		(1) 各種石炭の評価 (2) 石炭からの集塵性能の推定法検討
4	小形石炭燃焼炉法		各種石炭による集塵難易度・ダスト特性評価
5	大形石炭燃焼炉法		同 上

表2 フライアッシュの化学成分による集塵指数とEP捕集性
石炭の灰成分から、EPの捕集性を推定する。低温EPとは、エアヒータの後段に設置されるEP、高温EPとは、エアヒータの前段に設置されるEPである。

EP 捕集性	低 温 EP	高 温 EP
1. 良いもの	低温集塵指数> 3 石炭中のS分≧1% フライアッシュ中のNa ₂ O ≧ 1%	高温集塵指数≦15 SiO ₂ + Al ₂ O ₃ < 90%
2. 良くはない がEP適用可能なもの	1 < 低温集塵指数 < 3 0.1% < 石炭中のS分 < 1%	15 < 高温集塵指数 < 40 SiO ₂ + Al ₂ O ₃ < 90%
3. 悪いもの	低温集塵指数 < 1 石炭中のS分 < 0.1% フライアッシュ中のNa ₂ O < 0.1%	高温集塵指数 ≧ 40 SiO ₂ + Al ₂ O ₃ > 90%

注：高温集塵指数 = (Fe₂O₃ + CaO + MgO + K₂O + Na₂O) / Na₂O
低温集塵指数 = Na₂O + MgO

状を変化させ、最適集塵性能を得る目的で行なうものである。特に、第五の大形石炭燃焼炉法は、バブコック日立株式会社の工場内に設置された3t/h石炭燃焼試験炉にパイロットEPを組み合わせたもので、多種燃料の燃焼試験、排ガス環境対象の総合試験などを目的とした燃焼排ガストータルシステム試験設備である。図4にパイロットEPの外観を示す。

以上述べたような各種の方法によりフライアッシュの見掛けの移動速度を推定し、石炭ボイラ用EPの基本計画、すなわちサイジングを行なっている。

2.4 フライアッシュの付着力

EP性能を安定して発揮させるためには、集塵極に付着するダストを定期的に払い落として、集塵極表面を常に清浄に保っておく必要がある。払い落としが十分でない場合は、図

5に示すように荷電電圧又は放電電流が減少し、集塵性能が低下する。したがって、フライアッシュの付着力は集塵装置の計画上極めて重要な要素である。

日立グループではダスト付着による性能低下を解決する手段として、モデルEPを用い集塵極表面に付着したフライアッシュをつち打はく離させ、そのときの集塵極への衝撃力、振動加速度、ダストのはく離量などを測定し、フライアッシュの種類による付着力の差異、はく離性の難易度などの調査検討を行ない、幾多の興味深いデータを取得している。図6はこのデータのうち、付着力、ダスト払い落とし時EP電界強度、ダストの見掛け電気抵抗率の関係を示すもので、見掛

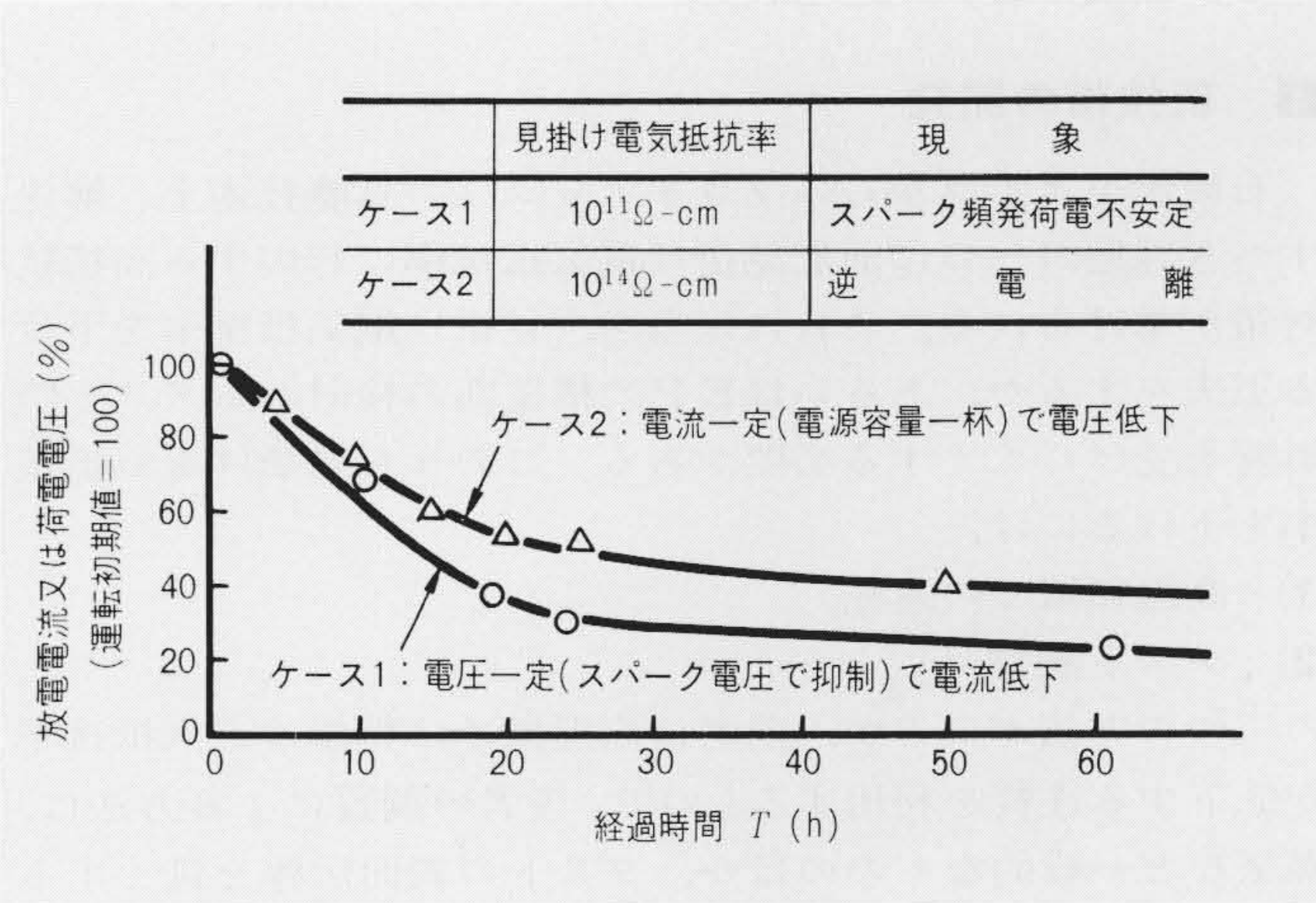


図5 EP運転の経時変化 集塵極に付着したフライアッシュを十分に払い落としてできない場合は、放電電流又は荷電電圧が低下して、良好な集塵性能が発揮できなくなる。

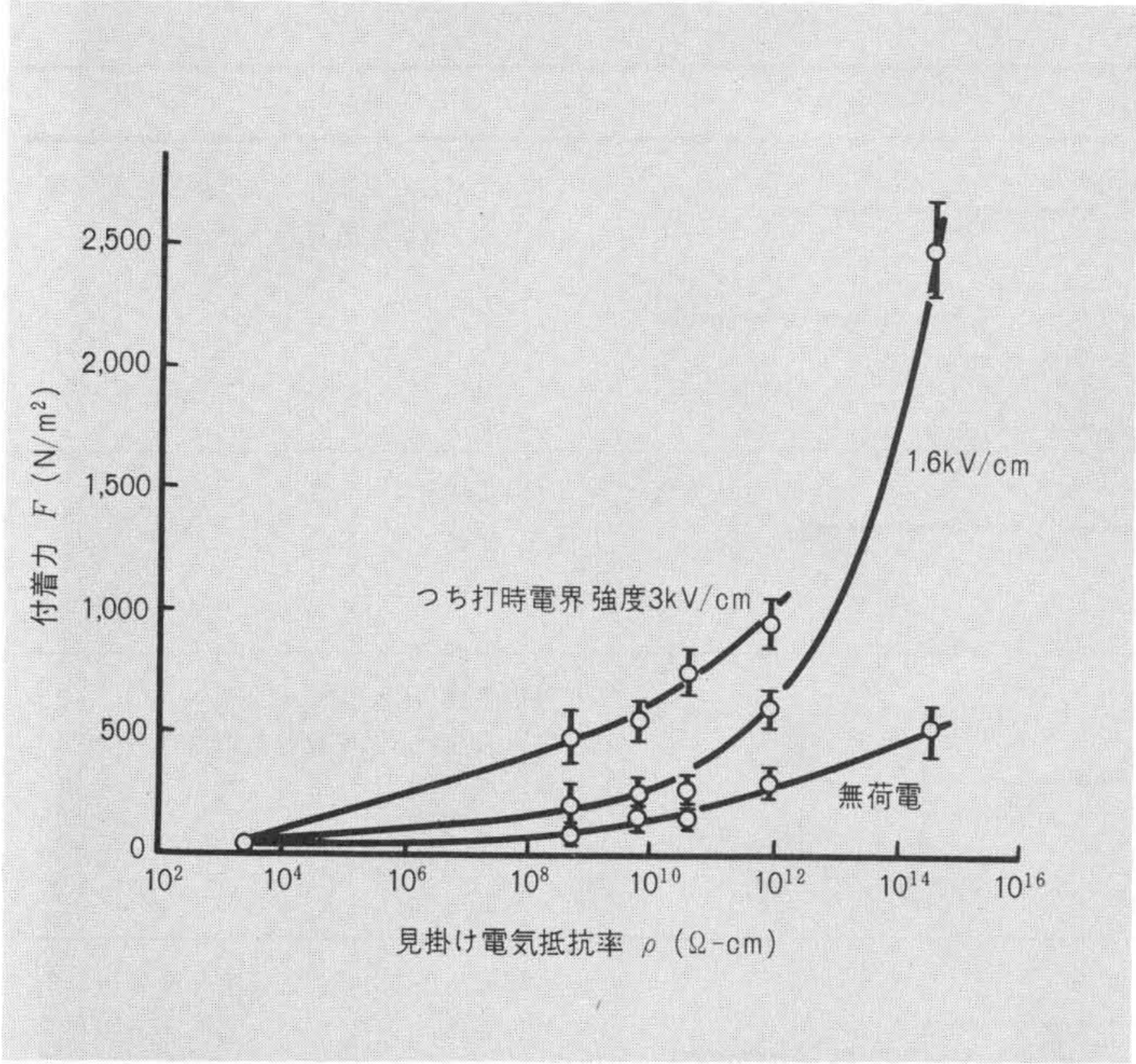


図6 フライアッシュの付着力に及ぼす見掛け電気抵抗率の影響
見掛け電気抵抗率が高いほど電気力が働き付着力は大きい。また、つち打時の電界強度が高いほど付着力は大きくなる。

け電気抵抗率の大きいダストの場合は、EPの荷電を停止した、いわゆる無荷電つち打の有効性を示している。

3 集塵性能

EPの性能を決定する要素のうち、EPに対する荷電電圧及び放電電流の大きさが最重要要素であり日立グループは種の基礎研究の結果と実用設備の運転実績から、電圧と電流の相関関係を加味した見掛け移動速度の下記算出式を提案した。

すなわち、
$$\omega = K_1 \cdot d \cdot E \cdot \sqrt{i}$$
ここに ω : ダストの見掛け移動速度
 E : 平均電界強度
 i : 平均電流密度
 d : ダストの粒子径
 K_1 : 係数

これにより、EPの性能に及ぼす電圧と電流の影響を明確にし、今後のEPの運転制御に対する新しい指標とした。

4 新技術の開発

石炭燃焼ボイラからのフライアッシュの集塵技術上、解決すべき課題の一つに前記見掛け電気抵抗率に起因する高抵抗対策が挙げられる。これには当然、見掛け電気抵抗率を下げる工夫をするか、あるいはEPの構造面の検討からダストの影響を受けにくくする必要がある。このうち見掛け電気抵抗率を下げるには、

- (1) 高温領域での運転
- (2) ダスト調質

の二つの方法があるが、前者は高温域では見掛け電気抵抗率が低下する性質を利用するもので、後者の調質による方法は、蒸気など一般的なもののほか、ダストの表面伝導を良くするSO₃、あるいはCやNa化合物など電氣的導電性物質の添加などがあり、ほかにアンモニア、トリエチルアミンなどについてもその効果の確認を行なった。図7は石炭火力用EPでの

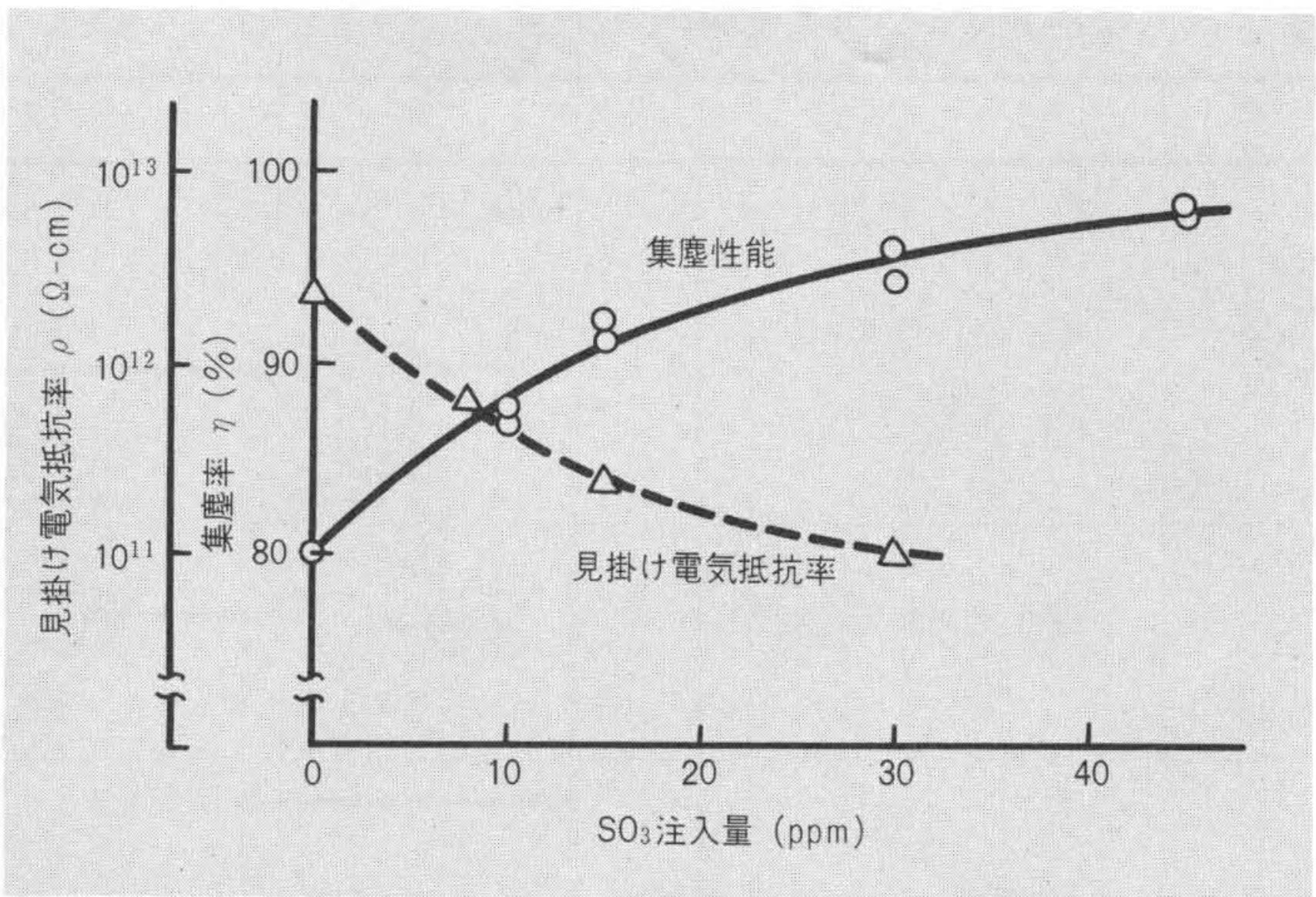


図7 SO₃注入が見掛け電気抵抗率及び集塵性能に及ぼす影響
実缶排ガス用EPに対して実験したデータを示すもので、SO₃の注入によりフライアッシュの表面伝導が良くなり、電気固有抵抗が下って集塵性能が向上する。

SO₃調質試験の結果であり、SO₃量30ppm程度でダストの見掛け電気抵抗率が大幅に低下し、集塵性能向上に寄与した一例である。

その他、パルス荷電による放電電流の制御⁶⁾、2ステージEP、移動電極式EP、更には高抵抗かつサブミクロン領域に属する微細なダストの捕集用に静電バグフィルタ⁷⁾の開発など、新しい技術に対し積極的に研究開発を進めており、このうちの一部についてはユーザーと一体となった共同研究も鋭意推進中である。

5 結 言

高性能集塵装置を計画、設計するに当たっては、処理すべきダストの物性を十分把握しなければならない。特に、将来の火力発電プラントでは外国炭の使用が必至となるため、集塵器側だけにとどまらず、ボイラ燃焼やガス処理システムとの関連性を追求し最適条件を明確にしていく必要があるとともに、今後の環境条件に備えて、より高性能、高信頼性の集塵システムを確立し、その実用化の促進を図らねばならないと考える。日立グループは、ユーザーの積極的な支援のもとに、これらの早期開発を進めるため、鋭意努力を続けている。

参考文献

- 1) 大森, 外: 石炭焚き火力発電プラント用環境設備, 日立評論, 60, 787~792 (昭53-11)
- 2) 今西, 外: 石炭燃焼ボイラ用高温集じん装置, 火力原子力発電, 28, 37~44 (昭52-10)
- 3) 大滝, 外: 石炭焚きボイラ用高温電気集じん装置について, 昭和52年電気学会全国大会, No.1023 (昭52-7)
- 4) 大塚, 外: 電気集じんに及ぼすTEA添加効果, 昭和54年度静電気学会全国大会 (昭54-10)
- 5) Misaka, et al.: Electric Field Strength and Collecting Efficiency of EP (Wide Pitch EP), CSIRO Conference of EP (Nov. 1978)
- 6) 山口, 外: パルス荷電による電流制御性, 昭和54年度静電気学会全国大会 (昭54-10)
- 7) 大熊, 外: 溶接ヒューム回収用静電処理集じん機の開発, 日立評論, 61, 147~150 (昭54-2)