

建屋搭載形電気集塵システム

Roof Type Electrostatic Dust Collecting System

従来、製鋼工場での建屋上部から排出される煤煙は、建屋頂部に設置された集煙フードにより吸引し、ダクトで地上の集塵装置に導き煤塵除去を実施してきた。

この方式は、ダクト、大形ファン、煙突など集塵装置以外の設備及び敷地を必要とした。

そこで、電気集塵装置にこれらの機能を一体に組み込み、建屋上に直接搭載すれば、これら付帯設備が不要となり、かつ運転経費が低減することに着目し、実用化したものが建屋搭載形電気集塵システムである。

この論文では、日立プラント建設株式会社が開発した建屋搭載形乾式集塵システムの概要とその仕様、構造上の特長、出口ダスト濃度 $6 \text{ mg/m}^3\text{N}$ 以下の高性能を発揮した試験結果などについて述べる。

柳谷直和* Yanagiya Naomasa

渋谷貞雄** Shibuya Sadao

1 緒言

ボイラ、キルン、焼却炉などから排出される煤煙は、その発生源から大気への排出口までを気密煙道内に導かれるため、外部への漏洩はない。しかし、転炉、電気炉、金属溶解炉などでは、炉への原料装入や出鋼などの炉作業時に建屋内へ煤煙を放出することがあり、従来は建屋頂部の開口部から大気へ排出していた。

近年、環境改善の観点から、これら建屋から排出される煤煙の防止、及び従業員の作業環境改善の目的で建屋内の煤煙

及び熱気の影響が強く要望され、このため、建屋そのものをひとつの煤煙発生施設とみなし「建屋を密閉化して煤煙及び熱気を吸引し、これを集塵装置によって清浄化した後、大気に排出する建屋集塵システム」が採用されている。

しかし、今まで設置されたシステムの大半は、建屋頂部の換気モニタにフードを取り付けダクトにより地上設置のバグフィルタに煤煙を吸引し、これによりダストを分離捕集するものであった。

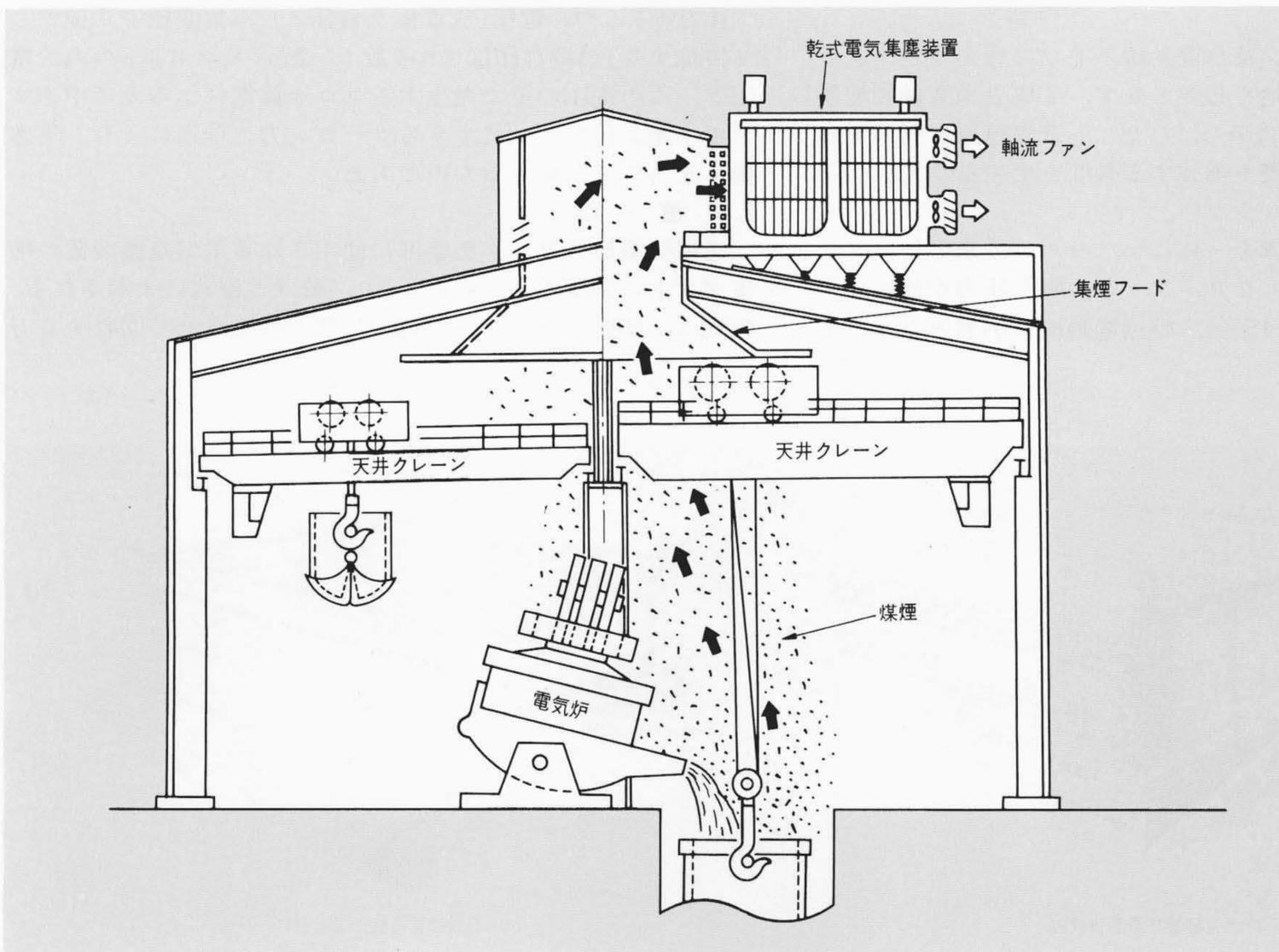


図1 電気炉用建屋搭載形乾式EP 電気炉工場の建屋集塵装置として、建屋搭載形乾式EPを設置する場合のシステムを示す。

* 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

この方式は汙過集塵によるため、ダスト除去効率が高く装置の製作も容易ではあるが、建屋と別置されるため広い敷地が必要となり、また長いダクトで吸引するため大形ファンが必要となり、大量の電力を消費する。更に、汙布の定期交換を行わなければならないため、運転維持費がかさむことがユーザーの大きな悩みであった。

日立プラント建設株式会社でも、今までこのようなバグフィルタ方式を納入して既に10年を経過し、約20基の納入実績をもっている。その間、このシステムの簡素化や省電力制御方法の採用などでユーザーの要望にこたえてきた。

しかし、地上設置という点では変わりはなく、ユーザーの要望に対しては十分ではなかった。

昭和50年、従来の吸引方式で開発された日立プラント建設株式会社独自の集塵フードと既存の電気集塵技術とを組み合わせ、建屋に直接搭載する建屋搭載形電気集塵システム(以下、建屋搭載形EPと略す)を開発した。以下、日立建屋搭載形EPについて述べる。

2 概要

2.1 建屋搭載形EPの特長

建屋搭載形EPが、集塵部分とダスト捕集部分との組合せから成る点は従来の地上設置方式と同一であるが、その特長は図1の例に示すように、中間の長いダクトと大形吸引ファンが省略され、集塵フード、電気集塵装置及び小形ファンが一体に組み合わされ、建屋に搭載する方式を採っていることである。

このため、地上設置方式に比較して次に述べるような特長がある。

(1) 建屋に搭載するため、各種機器用の敷地と基礎が不要である。

集塵装置、大形ファン及び電動機、並びに煙突及びダクト支持架台を設置する敷地を必要とせず、工場立地条件や配置計画の決定に当たり簡単に済む。ただし、既設建屋を利用する場合は、建屋やその基礎を補強する必要を生ずることもある。

(2) ファンの所要動力が少ない。

集塵フードと集塵装置を一体にしたため、従来の長いダクトによる圧力損失がなくなり、ファンの吸引圧力が極めて小さく(従来のものの10~15%)、駆動電動機が小形となり所要

表1 日立建屋搭載形EPにおける乾式と湿式の比較 乾式と湿式の一般的適用区分と特徴を示したものである。

項目	日立建屋搭載形乾式EP	日立建屋搭載形湿式EP
1. 適用区分	ダストの電気固有抵抗が比較的低い下記発塵源の工場 (1) 普通鋼溶解電気炉 (2) 高炉 鋳床 (3) 鋳湯場 (4) セメント工場建屋	ダストの電気固有抵抗が高い発塵源の工場、又は水蒸気を多量に含む気流を排出する工場 (1) 特殊鋼溶解電気炉 (2) 製鋼用転炉 (3) 製鋼用平炉 (4) コークス炉
2. 特徴	(1) 集塵フード、集塵装置及び複数個の低圧ファンを有機的に組み合わせたシステム(特許公開中) (2) 複数個のファンと集塵装置用高電圧電源の運転台数制御による省電力運転システム (3) プレス成形の特殊角波無ひずみ電極板及びクランプ継手方式の無ひずみ均一振動力分布放電極使用による安定高電界の維持	(1) 二重屋根式フード(特許申請中)による含塵気流の集塵と電気集塵装置全体への含塵気流の均等分配及び排水の集合 (2) 二重構造フード(特許申請中)の採用で水漏れに対する二重安全の確保 (3) 広角フラットノズルの採用により、集塵板洗浄水量の低減と均一水膜の形成(特許申請中)

動力が少なく(従来の $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$)で済む。

(3) 消耗品が減少する。

地上設置方式では集塵部分にバグフィルタを使用しているが、建屋搭載形では電気集塵装置となるため汙布のように定期的に交換する消耗品がない。

2.2 原理

一般に電気集塵装置での集塵原理は、集塵部の空間に設置されている二つの電極(放電極を負極とし、集塵極を正極として接地する)の間に印加される数十~数百キロボルトの直流電圧と、この電圧の下で発生するコロナ放電によるガス中ダストのイオン化によって生ずるクーロン力の作用により、集塵極にダストを捕集するものである。

2.3 種類

建屋搭載形EPは、集塵部に使用される電気集塵装置の捕集ダストの剥離方法の違いにより、乾式と湿式に大別される。乾式は、捕集したダストを乾燥状態で剥離させて回収する方

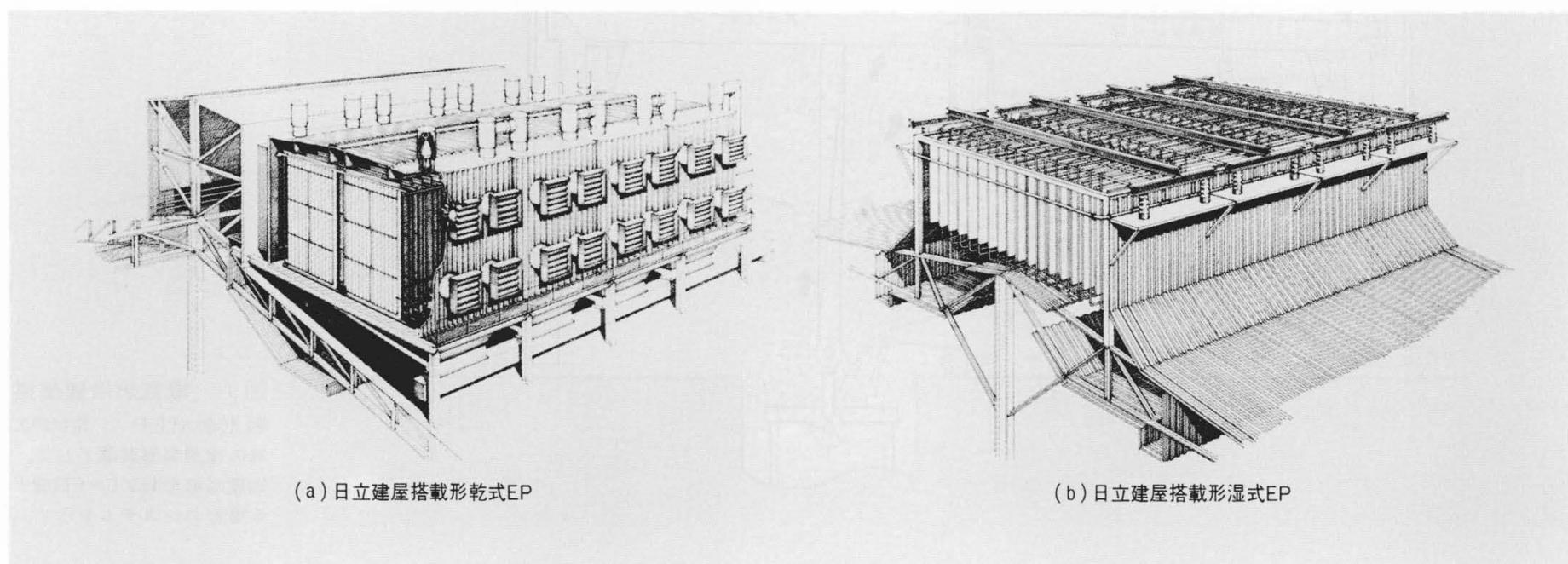


図2 日立建屋搭載形EPの種類 日立建屋搭載形EPには、乾式と湿式の2種類あるが、その構造を示したものである。

式である。湿式は、捕集したダストを集塵極表面に水を流し、ダストを流下させて回収する方式である。

そのため、構造上異なった形状をとる。図2にその構造を示す。

両式の選定は、取扱いガスやダストの性状、設備の経済性、保守の難易などを比較して決定する必要があるが、一般的な適用区分と両式の特徴を挙げると表1に示すようになる。

3 日立建屋搭載形乾式EP

3.1 仕様

日立建屋搭載形乾式EPは、処理風量に合わせて選択ができるように、集塵部分がユニット方式となっている。表2に各ユニットの標準仕様を、表3にこの中のSOHP-50Mユニットを使用して実施したシステムの仕様を示す。

3.2 システムの構成

表3の実施例の断面概要を、図3に基づきシステムの構成について以下に説明する。

(1) 集煙フード

集煙フードは工場内のAOD炉(アルゴン酸素精錬炉)から発生する煤煙を巻き込んだ熱上昇風を捕捉し、システムに吸引する機能を果たす。そのため、下面寸法は熱上昇風の広がりより大きくなるように配慮し、取り付け位置は天井クレーンの運転に支障とならぬ範囲でできるだけ炉に近づける。特に、良好な集煙を行なうために、(1)熱気流が衝突したとき起こす壁面流の緩和、(2)フード近辺からの空気巻込防止、を考慮して下面吸引開口部に工夫を凝らしてある。構造は、建屋に搭載するため軽量化を図ることが絶対条件であるため、軽量形鋼と薄鋼板によって構成してある。また、これらの固定は、建屋梁を利用した簡潔なつりサポートによって行なっている。図4にその実施例を示す。

表2 日立建屋搭載形乾式EPの集塵ユニット標準仕様 日立建屋搭載形乾式EPに使用される集塵ユニットの標準仕様を示したものである。

仕様	形式	SOHP-40M	SOHP-45M	SOHP-50M
仕様項目		標準仕様	標準仕様	標準仕様
処理風量 (m³/min)		1,600	1,800	2,000
処理温度 (°C)		大気温度~150	大気温度~150	大気温度~150
集塵率 (%)		入口0.5g/m³N以上で90	入口0.5g/m³N以上で90	入口0.5g/m³N以上で90
EP電源容量 (kVA)		60	65	70
ファン静圧 (mmAq)		15	15	15
ファン動力 (kW)		3.7×4台	3.7×4台	3.7×4台
槌打動力 (kW)		0.4×4台	0.4×4台	0.4×4台
ダスト排出動力 (kW)		0.75	0.75	0.75

表3 日立建屋搭載形乾式EP実施例仕様 日立建屋搭載形乾式標準ユニット(SOHP-50M)を使用したAOD炉用建屋集塵の実施システムの仕様を示す。

No.	仕様項目	内容
1	用途	AOD炉用建屋集塵
2	形式	建屋搭載形乾式EP(SOHP-50M)
3	集煙方式	(集中フード)+(通気調整用固定式ルーバ)+(仕切壁)
4	集塵方式	SOHP-50Mユニットワイドピッチ乾式EP×3台並列配置
5	処理風量	集塵運転時6,000m³/min, 換気運転時8,000m³/min
6	処理温度	大気温度~60°C
7	集塵率	(1) 入口ダスト濃度0.1g/m³N以下時で 出口ダスト濃度0.01g/m³N以下 (2) 入口ダスト濃度0.5g/m³N時で90%以上
8	EP電源装置	100kV×1,500mA, 三相全波整流屋外形変圧器 1台
9	ファン	軸流ファン×18台/3ユニット
10	ダスト排出装置	スクリーコンベヤ5台, 集合用ケースコンベヤ, ロータリバルブ各1台

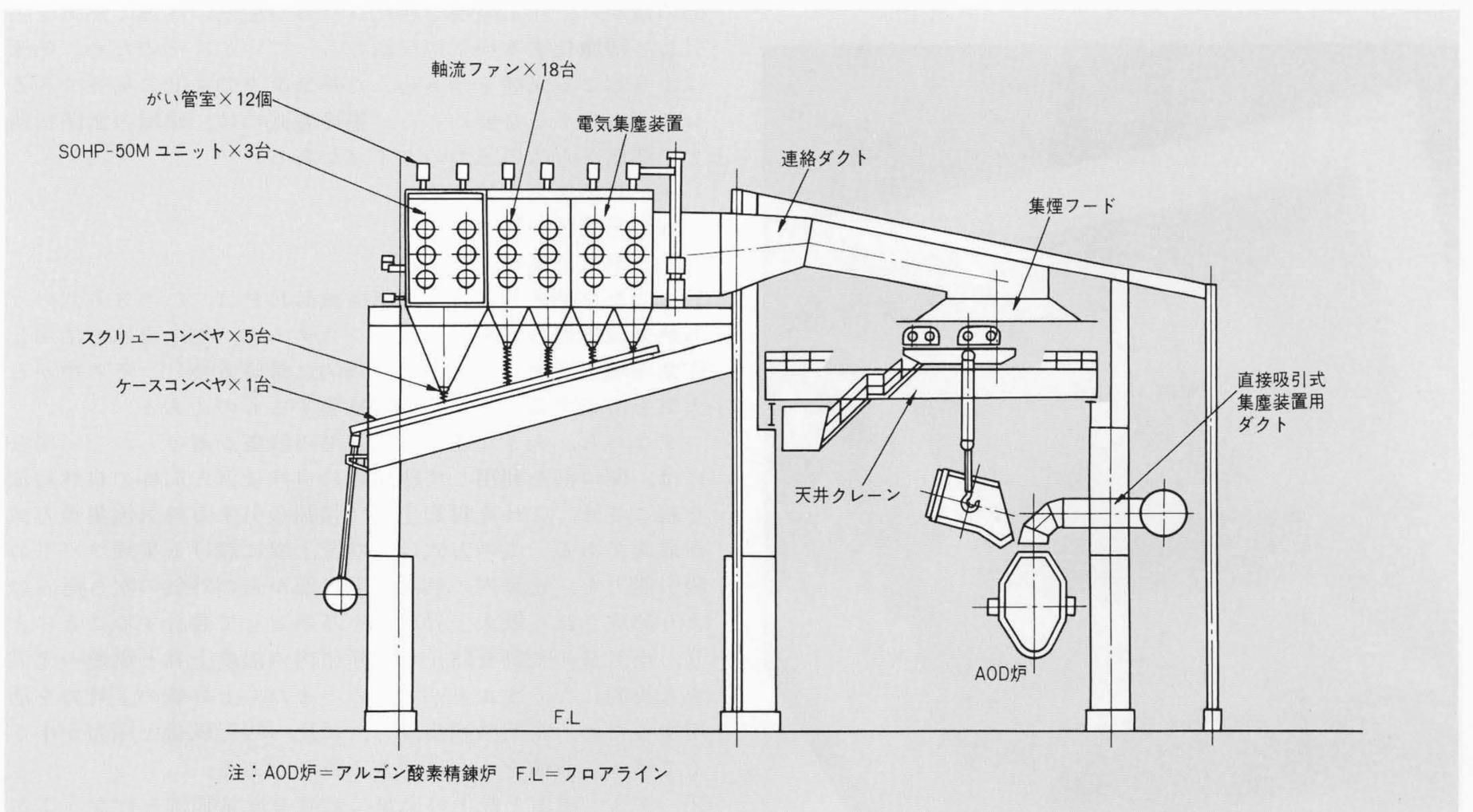


図3 AOD炉用日立建屋搭載形乾式EP AOD炉用建屋集塵として日立建屋搭載形乾式EPを適用した実施例の断面略図を示す(数量は3ユニット系を示す)。

(2) 連絡ダクト

集煙フードから吸引された煤煙を、後段の集塵装置まで外部に漏洩することなく、かつ大きな圧力降下を与えずに整流状態で移送する機能を果たす。そのため、形状は平滑な内面をもつ密閉された長方形で、必要に応じて内部に整流板を取り付ける。また、軽量で十分な強度を得るために、骨格部材に軽量形鋼、外装材に波形薄鋼板を使用している。

更に、外気に接する部分には、耐候性や耐食性をもたせるため耐候塗装を施している。

(3) 電気集塵装置

煤煙からダストを分離捕集し、清浄化した後大気に排出する主要機能であり、基本的には通常の電気集塵装置と同様の構造であるが、このほかに特に清浄ガスを排出する複数個の小形ファンが内蔵されている。

また、軽量化という必須条件から、集塵極間ピッチは従来の250mmよりも広い500mmの間隔としたワイドピッチの電極配置を採用し、内部重量の大幅な軽減を図っている。また、しゃへい物が少ない高所に設置されるため、電極間のスパークによる電波障害、騒音及び暴風雨による内部漏水の防止を目的に密閉構造にするとともに、集塵装置の骨格部材と外装材は、軽量形鋼や波形鋼板との組合せにより軽量化を図っている。しかし、強度的には地震、風圧などの他に特に建屋内の天井クレーンによって生ずる振動に対しても十分耐えられるように考慮した。図5にその全景を示す。

(4) ダスト排出装置

電気集塵装置により捕集されたダストを、機外に排出するダスト排出装置は、ホップからダストを抜き出すスクリーコンベヤと、これを集合して装置外に搬出するケースコンベヤで構成している。その運転方法は連続とし、ホップ内にダストの貯留をさせず、常時排出して建屋に重量の負担を加えないように考慮している。

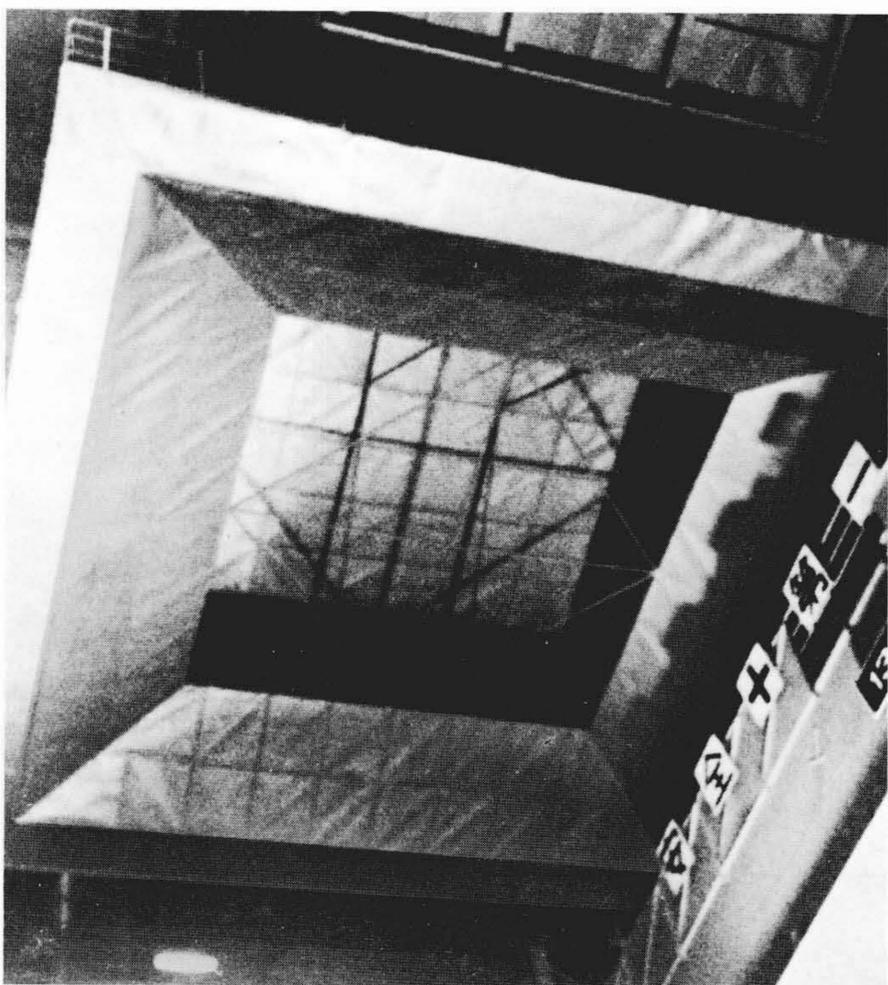


図4 集煙フード 操業面から見た集煙フードの形状と、天井クレーンとの位置関係を示したものである。

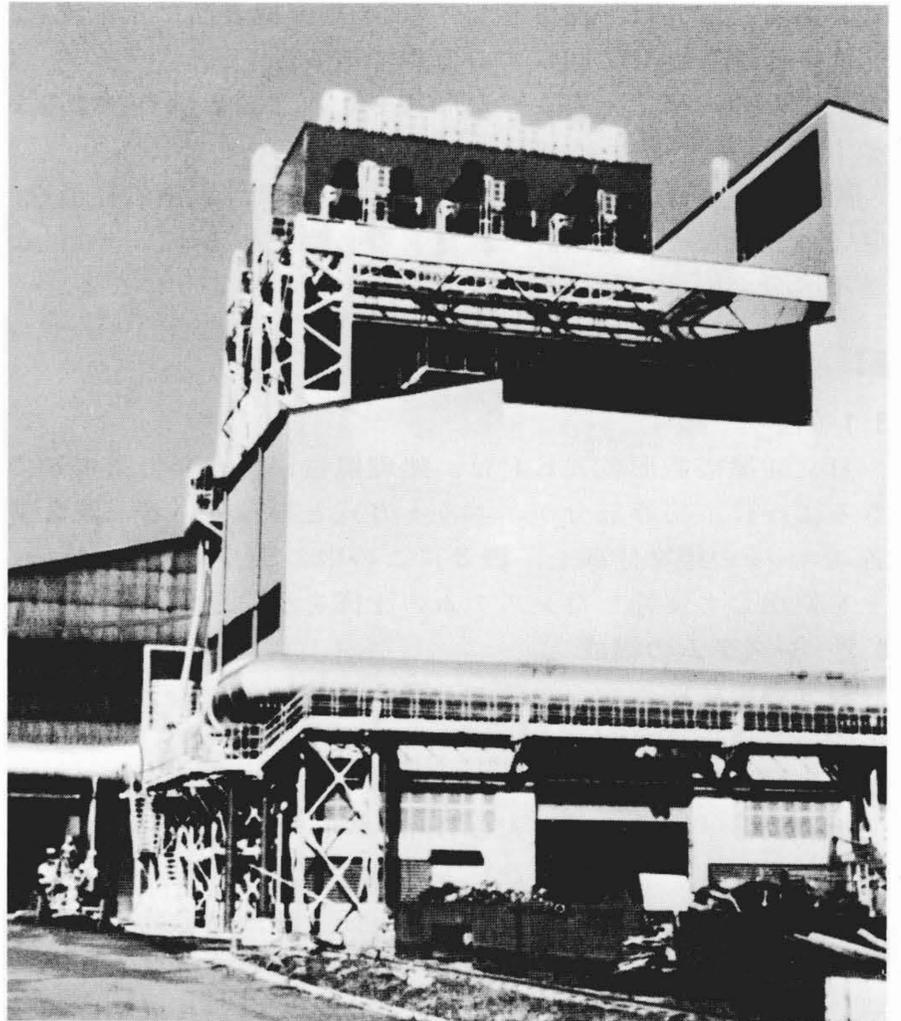


図5 日立建屋搭載形乾式EPの集塵装置部の全景 建屋上に搭載された日立電気集塵装置の実例を示す。

3.3 特長

日立建屋搭載形EPは、建屋に搭載するという観点から、システム構成及び構造上下記の特長をもっている。

(1) 熱気流集煙方式の採用

建屋搭載形EPは、ダストの大気中への排出を防止する目的のほかに、作業環境を悪化させる建屋内の煤煙と熱気を吸引し、清浄化する換気の役割ももっている。そのため、熱源により起こる煤煙を巻き込んだ熱気流を効果的に集煙できるシステムとする必要がある。集煙方式には、建屋の密閉状態との関連から次の三つのタイプがある。

- (a) 自然換気集煙方式
- (b) 密閉強制集煙方式
- (c) 熱気流集煙方式

このたび納入した日立建屋搭載形EPは、この3方式のうち熱気流集煙方式を採用したシステムで、熱上昇風を活用し作業環境上必要な換気量を入為的に常時置換し、その中から大気を汚染するダストを分離捕集するものである。

すなわち、大きな建屋で開口部の設置が避けられない場合には、開口部を利用して建屋内に自然換気と同様の自然対流を起こさせ、これを対流上端で強制吸引する熱気流集煙方式が最適である。この方式は、対流上端に設ける集煙フードの吸引能力を、建屋内の熱源と開口部からの外気の吹き込みにより形成される最大上昇風量を基準として設計することにより、換気量の変動を防止し、建屋内の温度上昇と煤煙の充満を人為的になくすことができる。また、上昇風の上昇力を活用するため、密閉強制集煙方式に比べ吸引風量と圧力が小さくて済み、設備を小形にできる長所がある。

(2) ダスト濃度と熱上昇風量に最適な風量制御を行なうことができ、省電力を図っている。

熱源により起こる熱上昇風量とその中に含まれるダスト量は、

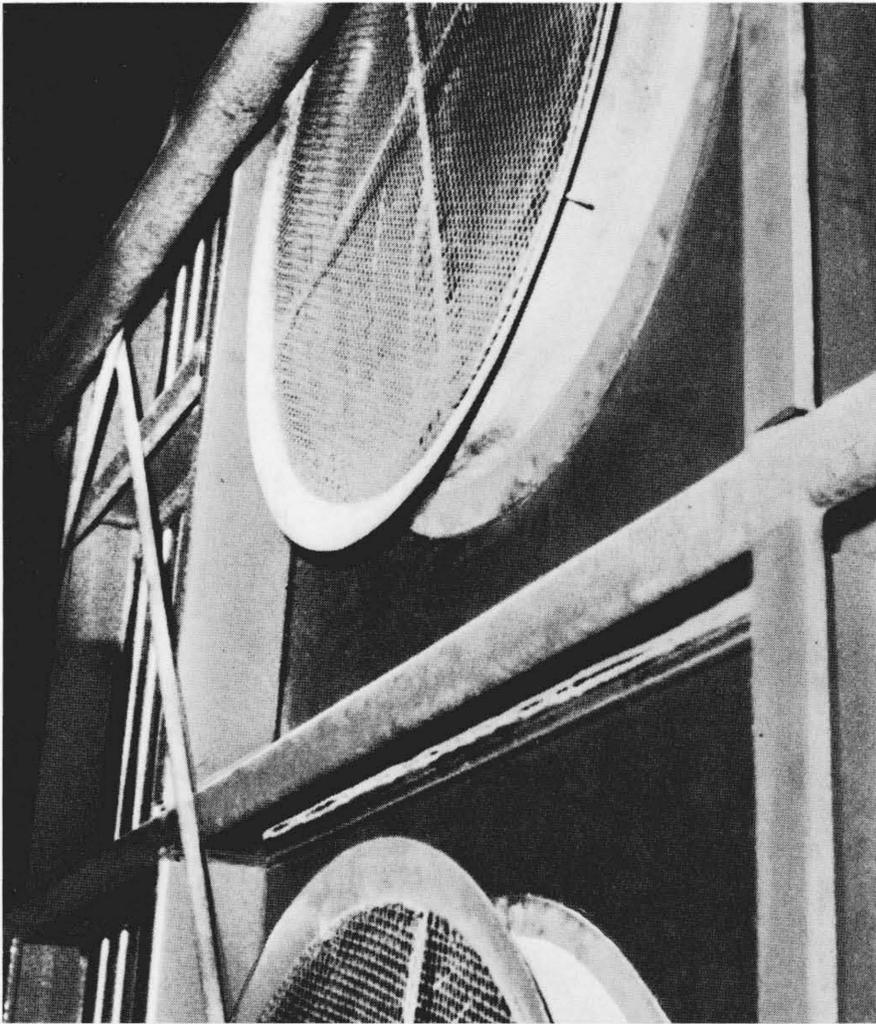


図6 障害電波漏洩防止用金網 集塵装置内のスパークにより起こる電波を機外に漏洩させぬように、ファンの吸引口手前に付けられた防止用金網の取付状況を示す。

炉の操業工程に応じて変動する。したがって、これに対応した換気と集塵とを行なうことが理想的である。日立建屋搭載形EPは、電気集塵装置に内蔵される小形ファンを複数台に分割して配列し、それらの台数制御により、処理風量の段階制御を行ない装置の小形化と省電力を図っている(日立プラント建設株式会社特許)。

すなわち、溶解、精錬時などでは直接吸引式集塵装置が効果を発揮し、炉外に排出される煤煙量は非常に少ない。しかし、操業時間が長くなり炉体からの発熱が作業環境を悪化させる。そのため、集塵効率より換気量の増大に重点を置いて電気集塵装置の荷電を停止し、小形ファンの運転台数を増加させ、処理風量を大きくする。また、材料装入、還元、出鋼時などの煤煙は直接吸引式集塵装置には操業上流入しにくい。そのため、短時間ではあるがダスト濃度の高い煤煙が建屋内に排出される。この場合は、建屋搭載形EPに設置されている小形ファンの運転台数を適正に制御し、高い集塵効果を発揮させるシステムとしてある。

表3の実施例では、ダストの発生パターンを分析し、簡潔な操作ができるように考慮して、 $8,000\text{m}^3/\text{min}$ の換気運転と $6,000\text{m}^3/\text{min}$ の集塵運転との2段階を手動切替による小形ファンの台数制御を実施している(特許申請中)。

(3) シャへい度を高め騒音と障害電波の漏洩を防止

建屋搭載形EPは、高所に設置されるため、電気集塵装置のダスト剥離のための槌打や小形ファンからの騒音、あるいは処理ガス中のダスト濃度や性状の変化で起こるスパークによる電波障害などの二次的環境障害を考慮する必要がある。

このため、日立建屋搭載形EPは機能上閉鎖できない集塵フード以外は鋼板による完全シャへい構造を採用し、小形ファン吸込側には電波漏洩防止用スクリーンの設置、吐出し側

にはルーバダンパを付けるなどの考慮を払って、これら二次的環境障害の防止を図っている。図6に構造の実施例を示す。

(4) 軽量特殊波形集塵極板をワイドピッチに配列し捕集ダストの再飛散を低減

ダスト濃度が低い領域での集塵効率は、集塵極板に捕集されたダストの再飛散量により大きな影響を受ける。

そのため、日立建屋搭載形EPには、高効率集塵領域で再飛散の少ないかねて開発済みのワイドピッチEPを採用している。

すなわち、表3に示した実施例では集塵極板を500mmの間隔で配置している。

(5) 耐食性に優れ、軽量の構造を採用

外気と処理ガス中の腐食成分に対する耐食性と耐候性をもたせ、保守の簡素化を図るため、屋外露出部分は焼付塗装した上に塩化ビニル被覆を施し、屋内及び装置内面は亜鉛めっきを施している。また、集塵フード、連絡ダクト、電気集塵装置とも、構造体骨格部分には軽量形鋼、外装材には薄鋼板を使用して装置の軽量化を図っている。

(6) ブロック工法による現地据付工期の短縮

日立建屋搭載形EPは、前述のように標準ユニットのブロック構成を基本としている。このことは、同時にユニットごとの地上全装備を可能とし、そのまま建屋頂部へつり上げ組み立てる構造であり、現地据付工期の短縮に大いに寄与している。図7に、EP本体ユニットのつり上げ状況を示す。

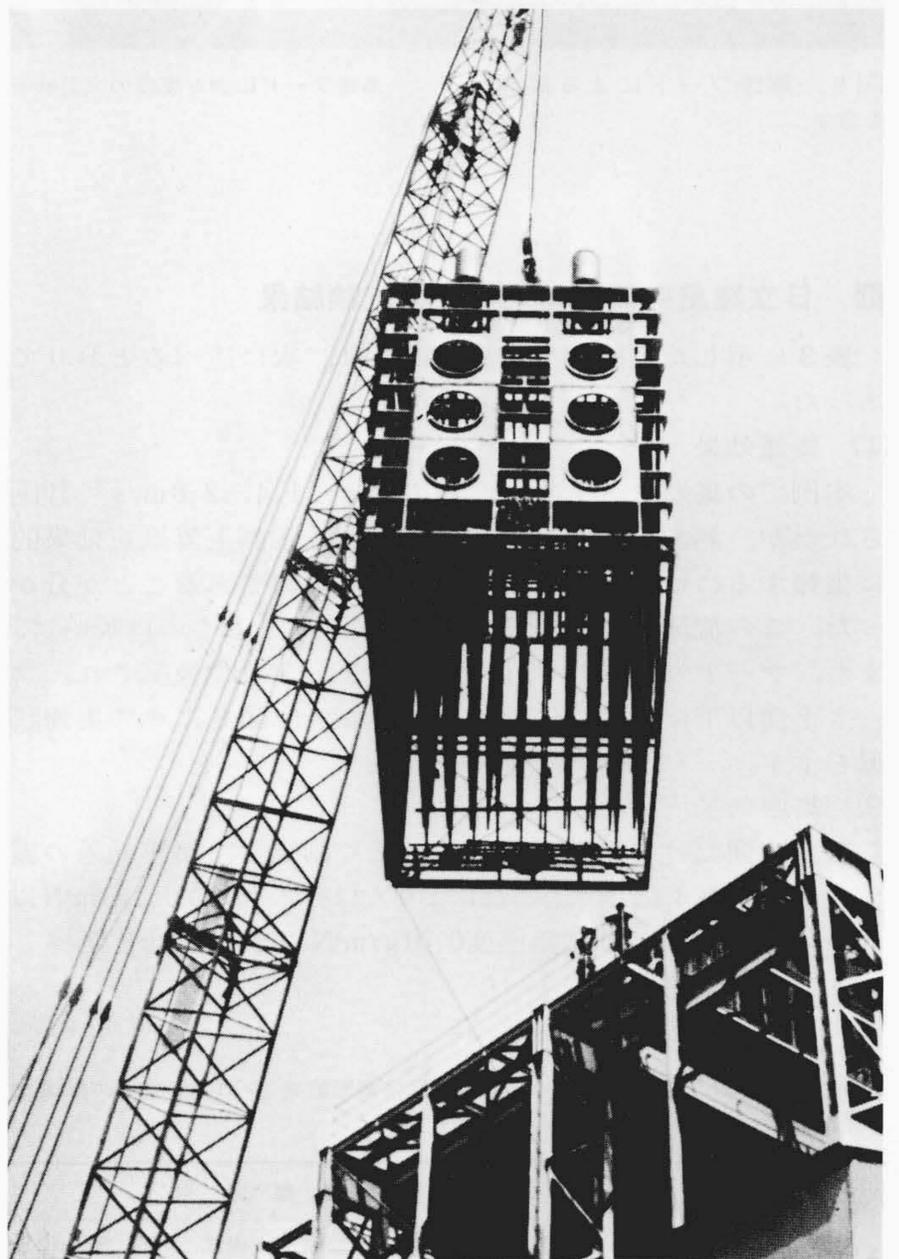


図7 ユニットのつり上げ 日立建屋搭載形乾式EPの集塵部分は、地上でユニットに組み立てられ、その後つり上げて据え付けられる。この図はそのユニットのつり上げ状況を示す。

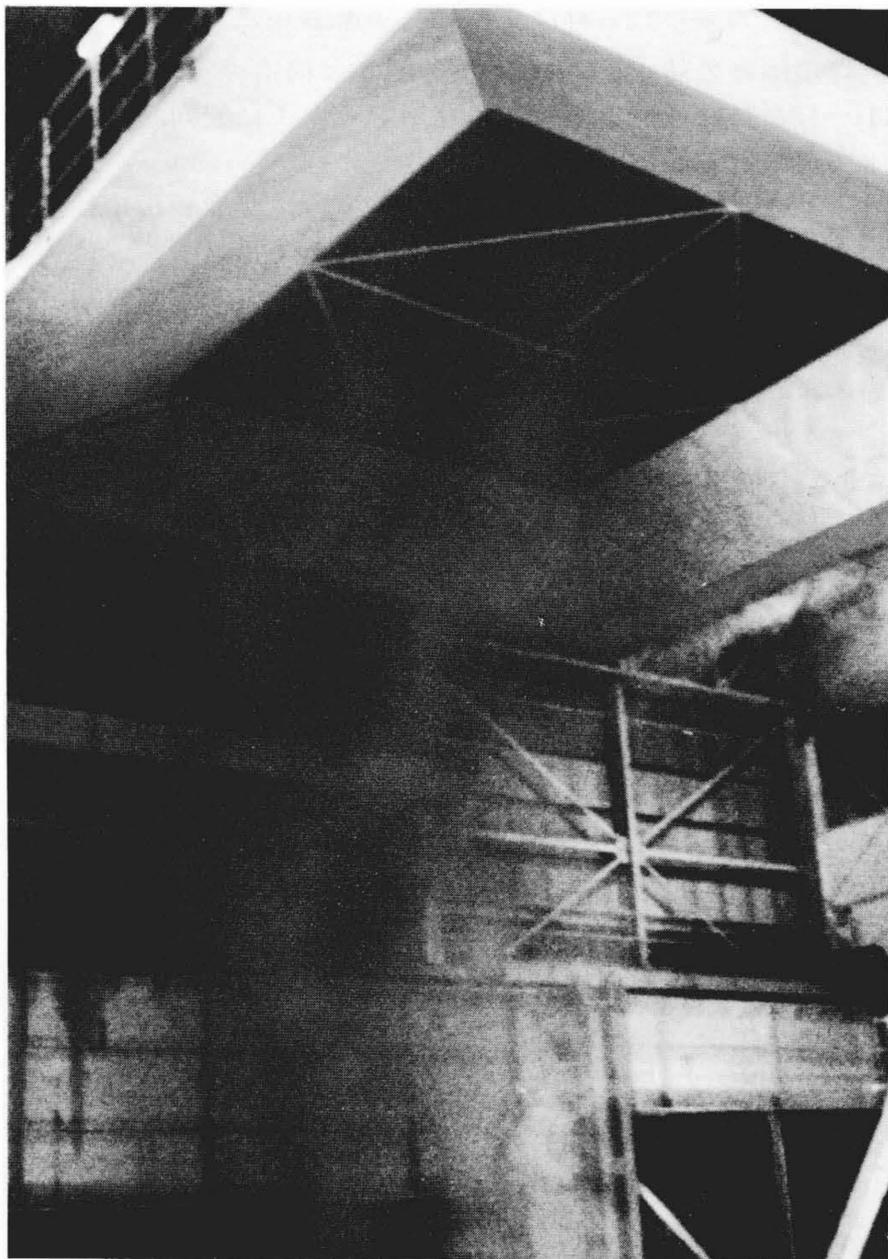


図8 集煙フードによる集煙状況 集煙フードによる煤煙の吸引状況を示す。

4 日立建屋搭載形乾式EPの試験結果

表3に示した実施例での試験結果は、次に述べるとおりであった。

(1) 集煙効果

本例での集煙フード吸引面の流速は、1.4~2.8m/sで計画されたが、熱源と建屋開口部により起こる熱上昇風を効果的に集煙するには、2m/s以上の流速が適切であることが分かった。この流速では、集煙フード内に到達したものは瞬時に、また、フード外に拡散されたものは2~3分で換気され、フード下面以下に煤煙の停滞は起こらない。図8にその集煙状況を示す。

(2) 集塵効果

発塵時間だけを積算吸引する方法で測定した集塵効果の実測結果を、表4に示す。これにより入口ダスト濃度0.1g/m³N以下の条件下で、出口煤塵濃度0.01g/m³N以下の性能を発揮し

表4 集塵効果実測結果 日立建屋搭載形乾式EPの集塵効果の実測値を示す。

処理風量 (m ³ /min)	処理温度 (°C)	EP集塵効果		
		入口ダスト濃度 (mg/m ³ N)	出口ダスト濃度 (mg/m ³ N)	集塵率 (%)
6,400	39~42	平均 34	平均 5.5	83.8

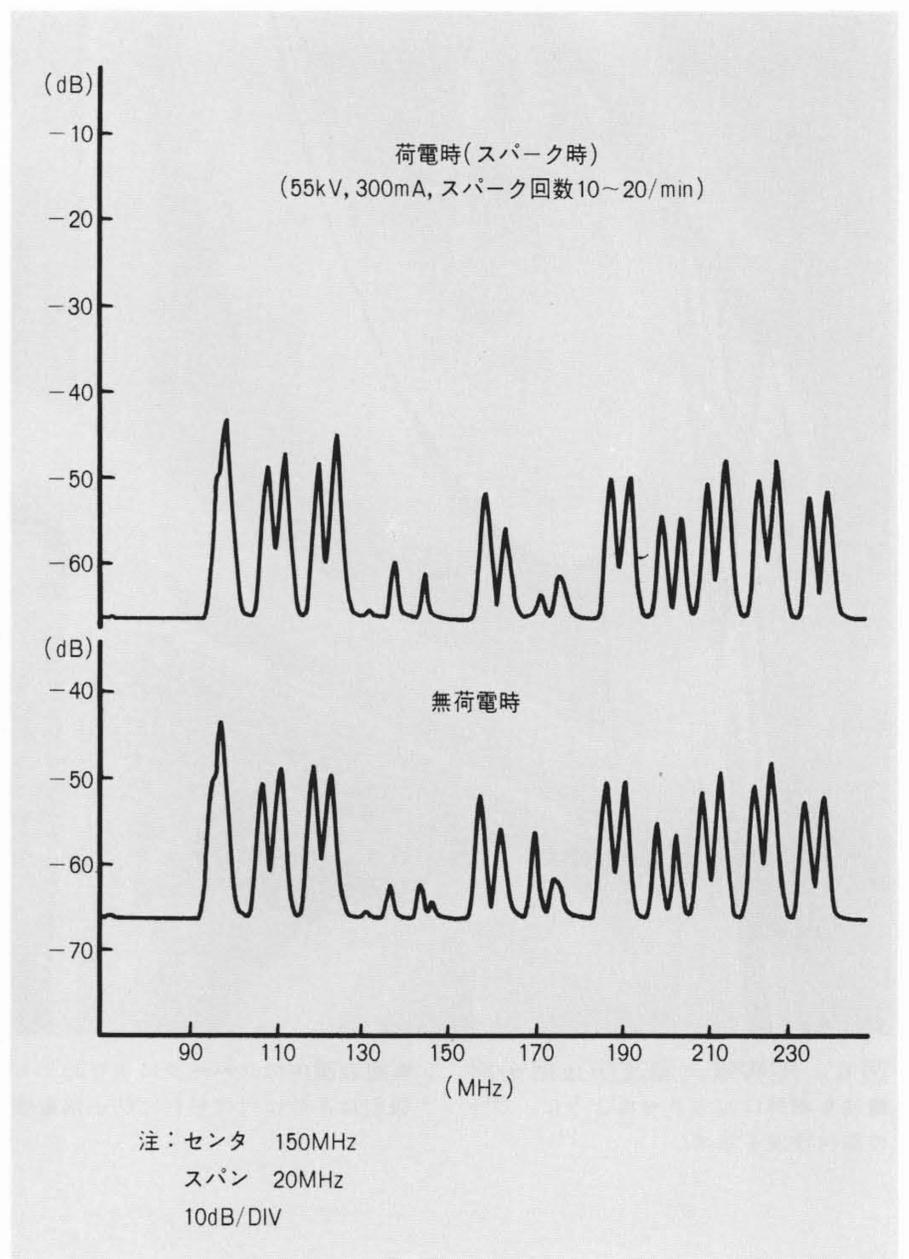


図9 電波障害の有無の測定結果(150MHz帯) 集塵装置内でのスパークによる電波障害の有無について、集塵装置の荷電停止時とスパーク時とを比較して示したもので、測定値がほぼ同一で障害のないことを示している。

ていることが確認された。

(3) 電波障害

電気集塵装置内でのスパークによる電波障害は、建屋頂部設置なるがゆえの重要な環境障害要因であるが、30MHzから200MHzの広帯域で調査した結果、いずれも全く問題のないことが分かった。図9にその測定の一例を示す。

5 結 言

建屋搭載形EPは、電気集塵装置を建屋上に直接搭載するシステムのため、(1)集塵装置、大形ファン及び電動機、並びに煙突、ダクトを設置するための敷地を必要としない。(2)小形ファンのため所要動力が少ない。(3)定期的に交換する消耗品が少ないなどの特長がある。そのため、転炉、電気炉、金属溶解炉などの建屋集塵の対応策として、設備投資と運転維持の費用低減の面で、従来システムよりも優れている。一般的特長のほかに、日立建屋搭載形EPは、建屋搭載という点を考慮して、特に軽量、高性能、据付工期短縮など数々の特長をもっている。

今後、大気汚染防止と作業環境改善、更には省資源、省動力の観点から、生産プロセスの一環として、より多くの産業施設の環境改善設備として役立てたいと考える。

最後に、このプロセス実現に当たり、計画から現地試験まで種々御指導をいただいた日本冶金工業株式会社の関係各位に対し、厚く謝意を表わす次第である。