

建屋集じんシステム

Inside-Shop Dust Collecting System

Dust and smoke from the shops of electric arc furnaces, convertors and induction furnaces have been thrown away to the outside without processing.

The inside-shop dust collecting system is to prevent heated soiled air of these shops from escaping outside by enclosing the whole shop building and collect it for disposal within the shop so that the working environment of the shop is not deteriorated.

This article clarifies the design criteria of this dust collecting system, covering the calculation of the volume of heated upstreaming air to be caught, matters about the design of hood for drawing upstreaming air and some examples of dust collecting plans for electric arc furnace and convertor shops.

狩野 武* Takeshi Kano

高橋英雄** Hideo Takahashi

渋谷貞雄** Sadao Shibuya

Ⅰ 緒 言

集じんシステムは集煙部分とダストの捕集部分の組合せから成る。集煙部分はばい煙発生施設から発生するばい煙を吸引集合する部分であり、施設に直接吸引口を設けて集煙する直接集煙装置や、施設近傍に取り付けてその開口部より排出されたばい煙を集煙する局所集煙装置では、流体力学や熱力学の面から検討が加えられ各ばい煙発生施設に最適の方式が選定されている。また捕集部分は、ダストによって導かれたばい煙からダストを分離捕集する部分であり、大気汚染防止の強化に伴いいろいろな開発や性能向上が図られている。

しかしながら、操業上挙動や移動を伴うばい煙発生施設や作業においては、上記集煙装置だけでは挙動や移動に追従できず、また追従できるような装置を計画しようとしても作業上の制約や天井クレーンなどの機器の制約によって取付け不可能となる。このため材料装入などの挙動時や溶湯の移し替えなどの移動時にはやむを得ず発生したばい煙をいったん建屋内に立ち昇らせ、これを建屋上部のモニタから大気中に排出していた。

これに対処するための建屋集じんシステムは、建屋そのものをひとつのばい煙発生施設とみなし、建屋を密閉化することによってばい煙の大気排出を防止しようとするものである。この場合建屋内に立ち昇ったまま逃げ場を失ったばい煙や熱気が建屋内に充満して作業環境を悪化させないようになんらかの方法で処理しなければならない。ここで建屋集じんシステムを定義づければ「建屋を密閉化してばい煙の大気排出を防止し、かつ作業環境を悪化させるばい煙および熱気を吸引し、これを集じん装置によって清浄化した後に大気中に排出するシステム」ということができる。

したがって建屋集じんシステムで最も重要なことは作業環境を悪化させるばい煙および熱気の量から吸引量を的確に算定し、これを効果的に集める集煙技術である。また實際上、設備を合理化するために、吸引量を必要最小限度にとどめる

技術も重要である。以下にこれらの問題を中心として述べる。

Ⅱ 建屋集じん装置の処理風量

本論では特にばい煙発生施設が同時に熱源である場合について述べる。このような施設において多量のダストを建屋モニタからばい煙として排出する原動力は熱源による対流である。なぜならば原料の燃焼や溶解によって発生するガス量は比較的少なく、また材料投入の際の投入衝撃による乱気流もモニタから排出するだけのエネルギーを持たないためである。

建屋の上部と下部に開口がある場合、建屋は煙突と同じ効果を示し、建屋内には熱源上に熱上昇風を生じ建屋外の大気との間に対流サイクルを形成している。このとき、熱源またはその付近でダストが発生していれば、熱上昇はこのダストを巻き込み建屋外に排出してしまう。逆に建屋を密閉した場合は、建屋内部に対流サイクルが形成されて巻き込まれたダストは建屋内に充満し、またこの対流サイクルは建屋内の温度と熱源の温度が等しくなるまで続くので、建屋内部温度も作業不能になるほど上昇することになる。したがって熱源上に形成された熱上昇風と等しい量を吸引してやれば建屋内の温度上昇とダストの充満はなくなると考えてよい。すなわち建屋集じん装置の風量算出の対象は熱上昇風であり、この量を算出することが装置計画の基準となる。

2.1 実測による熱上昇風量の把握(はあく)

熱上昇風量は熱源からの高さによって大幅に異なるため測定にあたっては、天井クレーンやその他機器の制約を考慮したフードを想定し、このフードの吸引面に相当する高さでの風量を測定する。また熱上昇風のような不可視気流を測定するためには、熱源付近に発煙筒の煙のような粒径や比重が小さい可視ダストを浮遊させ、これが熱上昇風に巻き込まれることを応用して、可視気流として対処するのがよい。

図1に示すように測定高さ H の所に n 個の風速計を配置して上昇速度 V_n を測る。熱上昇風の場合は内部にうず流れが発

* 日立プラント建設株式会社集塵輸送装置事業部 工学博士 ** 日立プラント建設株式会社集塵輸送装置事業部

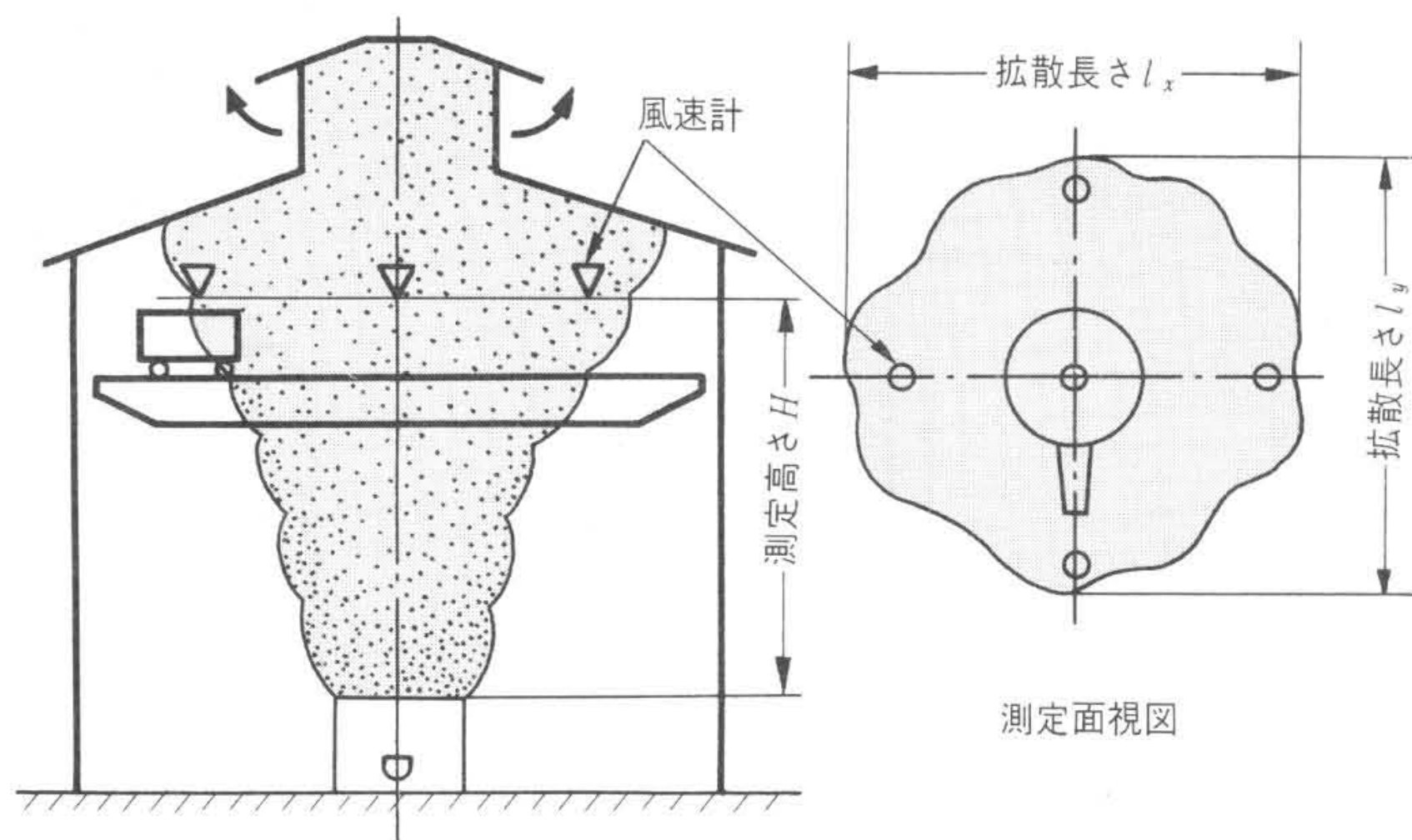


図1 熱上昇風測定要領 熱源からの高さHにおける熱上昇風量の測定要領を示したものである。

Fig. 1 Heated Upstreaming Air Measuring Method

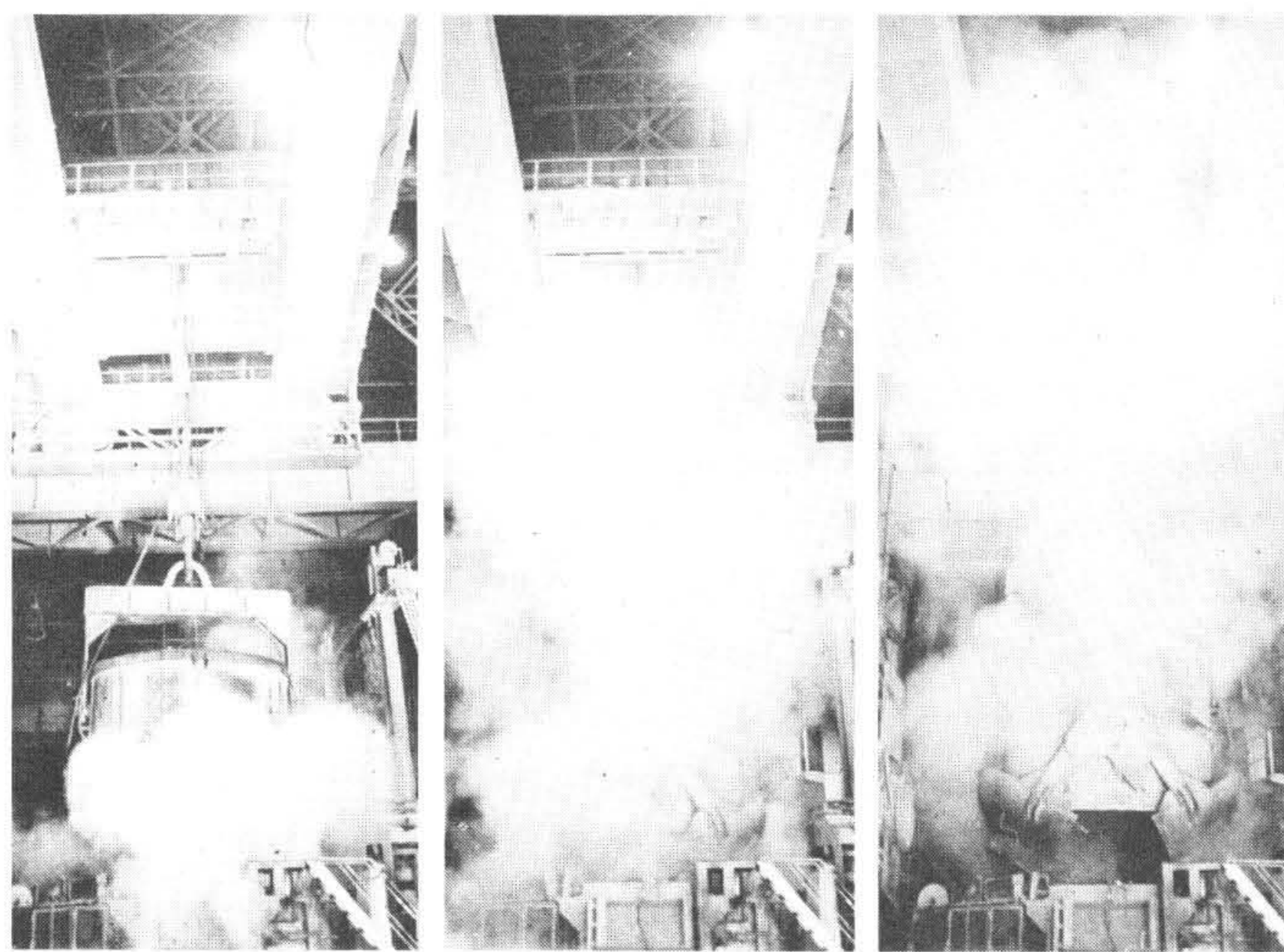
生しており、一概に中央部の速度が最大とはいえないため熱上昇風の拡散範囲内に速度計を等間隔に配置し、その単純平均をそのときの速度としてよい。次に拡散面積はHの高さにおける可視気流の広がり長さ l_x 、 l_y を目測し、長円の面積として近似的に求めても大きな違いはない。この場合、Hの高さに目測用スケールをあらかじめ取り付けしておくことと便利である。これによって熱上昇風の風量は、

$$Q = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} \cdot \frac{\pi}{4} l_x l_y \quad \dots\dots\dots(1)$$

で計算される。またこの測定はばい煙発生施設操業の1サイクルに渡って一定時間ごとに行ない、風量計画の基本となる時間および風量曲線を求める。

2.2 写真解析による熱上昇風状態の把握

熱上昇風の上昇状態をさらに詳しく調べるためには写真解析の方法がある。熱上昇風中に可視ダストを間欠的に混入し、一定間隔ごとに撮影したフィルムを、撮影時の角度遠近によるひずみを更正した目盛上に投影して、その先端の上昇高さおよび広がり幅を読む。熱源からある高さでの上昇速度は可視ダストの先端がその高さを通過する直前のフィルムと直後のフィルムから読む上昇高さの差と時間差から計算できる。



(a) 材料装入直後 (b) 材料装入4秒後 (c) 材料装入7秒後
図2 電気炉材料装入時におけるばい煙の拡散 ダストを含む熱上昇風が時間とともに変化する様子を示したものである。

Fig. 2 Diffusing Conditions of Smoke and Dust at the Electric Arc Furnace

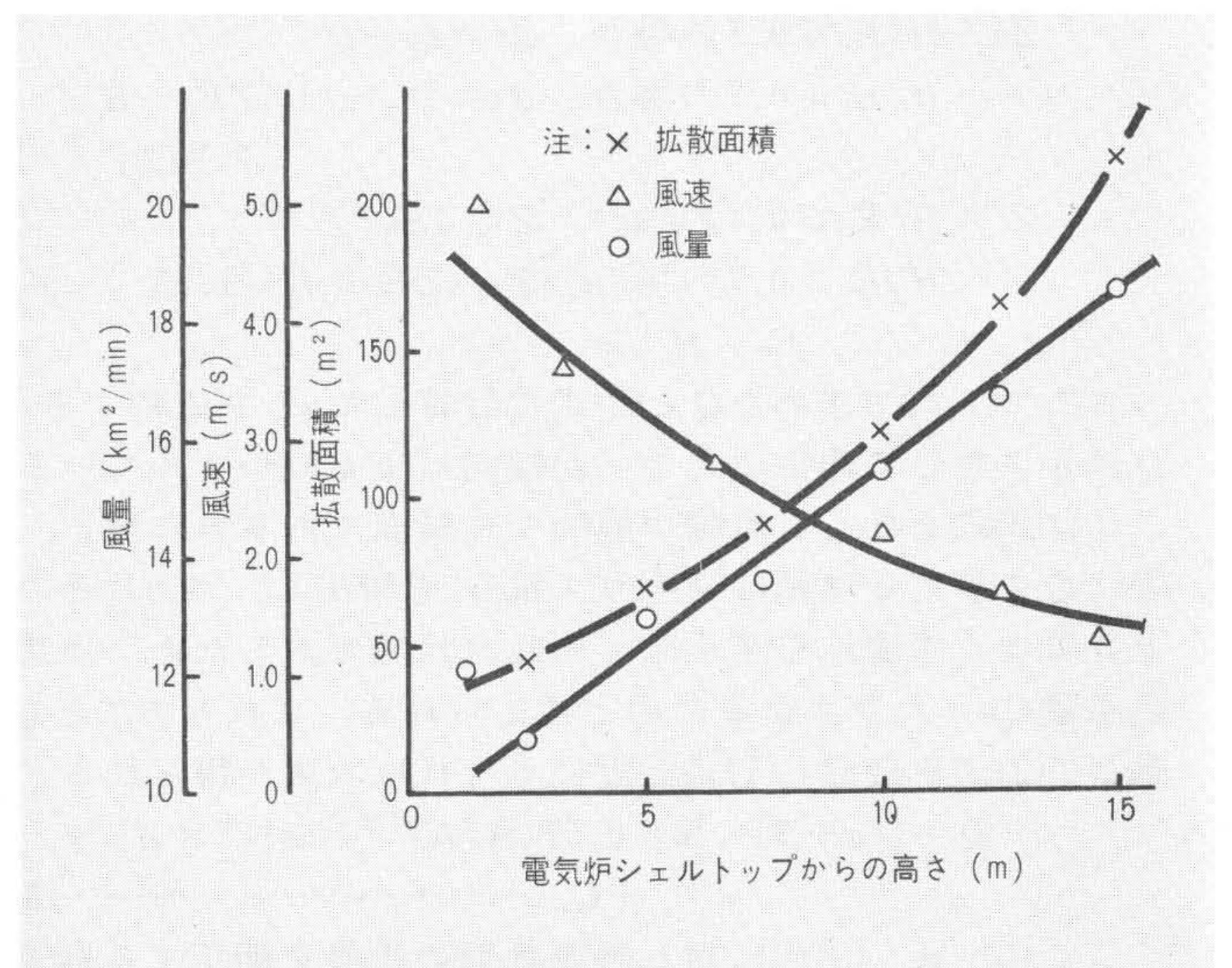


図3 写真解析による電気炉排煙の風速、風量拡散状態 熱源からの高さに対応する熱上昇風の風速、風量拡散面積の変化を示したものである。

Fig. 3 Photo-Analysed Diffusing Conditions of Heated Upstreaming Soiled Air

また拡散面積は、そのときの広がり幅を直径とした円の面積として求めることができる。図2は電気炉における熱上昇風の状態を示す写真である。図3は上記のようにして求めた風速、拡散面積および風量の高さによる変化の一例であるが、風量はほぼ高さに比例していることがわかる。

2.3 数式計算による風量算出

建屋からばい煙を排出させる原動力は熱上昇風であるという考え方に基づき熱気流の式^{(注)1}を導入する。

いま、図4に示すように代表寸法 E_0 、温度 t_0 の熱源が周囲温度 t 、高さ H なる面に与える熱気流量^{(注)2}は次式で表わされる。

$$q = N \times 0.57 (A/N)^{1/3} \times \Delta t^{4/9} \times Z^{3/2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、

q : 熱気流の量 m^3/min

N : 熱源のアスペクト比 ≥ 1 円形熱源の場合は $= 1$

A : 熱源の表面積 m^2

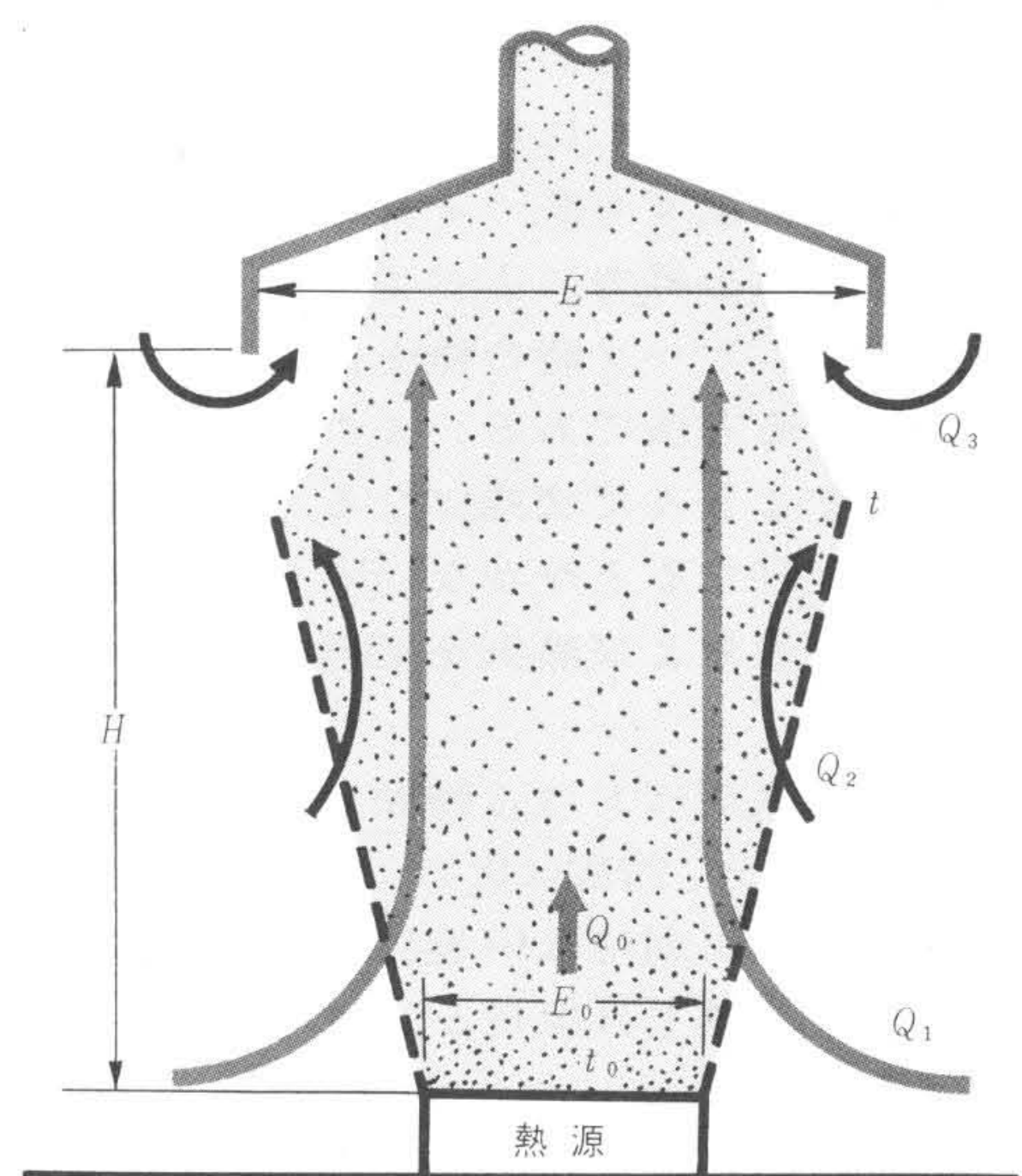


図4 建屋集じん装置の風量構成 建屋外にばい煙を排出する気流の構成を示す。

Fig. 4 Structural Sketch of Exhaust Air

$$\begin{aligned} \Delta t : H/E_0 \leq 0.7 \text{ の場合 } & \Delta t = t_0 - t \\ H/E_0 > 0.7 \text{ の場合 } & \Delta t = (t_0 - t) \{ (ZE_0 + H) / 2.7 E_0 \}^{-\frac{5}{3}} \\ Z : H/E_0 \leq 0.7 \text{ の場合 } & Z = ZE_0 \\ H/E_0 > 0.7 \text{ の場合 } & Z = (ZE_0 + H) / 1.35 \\ t, t_0 : ^\circ\text{C}, E_0, H : m \end{aligned}$$

ここで(1)式で求めた Q と(2)式で計算した q とを比較すると、 Q は q に対して非常に大きい傾向はよく似かよっている。これは(2)式を与える熱源が静的な金属面であるのに対し、実際に Q を与える熱源は発生ガス量 Q_0 を排出し、さらにその熱上昇風はうず流れを伴うほどの乱流状態であるため、当然巻込風量 Q_2 も大きくなるためと考えられる。これらのことを考慮して(2)式を変形し(1)式と近似させれば次式が得られる。

$$Q = \{ (\alpha + \beta) \times N \times 0.57 (A/N)^{1/3} \times \Delta t^{4/9} \times Z^{3/2} \} + Q_0 \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 α : (2)式に対し熱源状態の相異を補正する数値
 β : 建屋構造および天井クレーンなどによる拡散を補正する数値

であり α は大きさの異なる数種類の電気炉における実測によって、同種の熱源であればその大きさに無関係に一定であることが明らかとなった。また、 β の値はあまり大きくないが建屋構造やクレーンの大きさによってかなり差があり、これらの関数として与えられる値である。

(注)1. 空気調和衛生工学誌(昭45-6) 林 太郎, 桜井 寛: 換気に関する労働衛生法則と工学的対策

(注)2. 本来は筆者の用いた熱上昇風と同義語と考えるが、ここでは(注)1に従って熱気流という用語を用いた。

2.4 建屋集じん装置の処理風量

(3)式で得られる風量は溶融金属面がむき出しになるような熱源、たとえば電気炉では非常に膨大なものとなる。また一般的に集じん装置の容量は風量に比例して大きくなるため装置の処理風量を低減することが望ましい。その方法としては(3)式における熱源温度 t_0 を下げるのが最も良い。具体的には熱源の表面を水冷して表面温度を下げるとか、金属溶融面がむき出しにならないように密閉状態のまま材料投入を行なう装置を取り付けるなどの方法がある。

これらの方法に対し発生熱上昇風はそのままにして吸引する側で風量を小さくする方法として平均熱上昇風量を吸引するという方法がある。すなわち、操業サイクルの一時期短時間だけ金属溶融面がむきだしになり熱上昇風も多くなるが、他の時期は熱源の表面温度も低くそれほど熱上昇風も多くないといった場合は、熱上昇力によってダストが建屋上部に滞留する現象を応用し、ピーク時の熱上昇風の一部を建屋上部に滞留しつつ処理する方法である。この方法でもダストが沈降を始め建屋全体がよどんだ状態になるとか、作業床付近の温度が限定以上に上昇するとかがない限り、作業環境を悪化しない必要量のばい煙および熱気を処理するという定義にかなっている。

図5に示す電気炉における時間および風量曲線に基づいて具体的に説明すると、曲線は次の二つのパターンに分けられる。

(1) 材料装入時、出鋼時は炉蓋(ふた)開の状態では溶融面がむき出しとなり、熱上昇風量が大きくダストも多い。

風量 Q_c , 時間 t_c

(2) 溶解時、精錬時は炉蓋閉の状態では炉蓋表面温度による少ない熱上昇風が発生しており、ダストは直接吸引装置により出ない。風量 Q_m , 温度 t_m

またダストの滞留可能時間、すなわちダストが作業上問題と

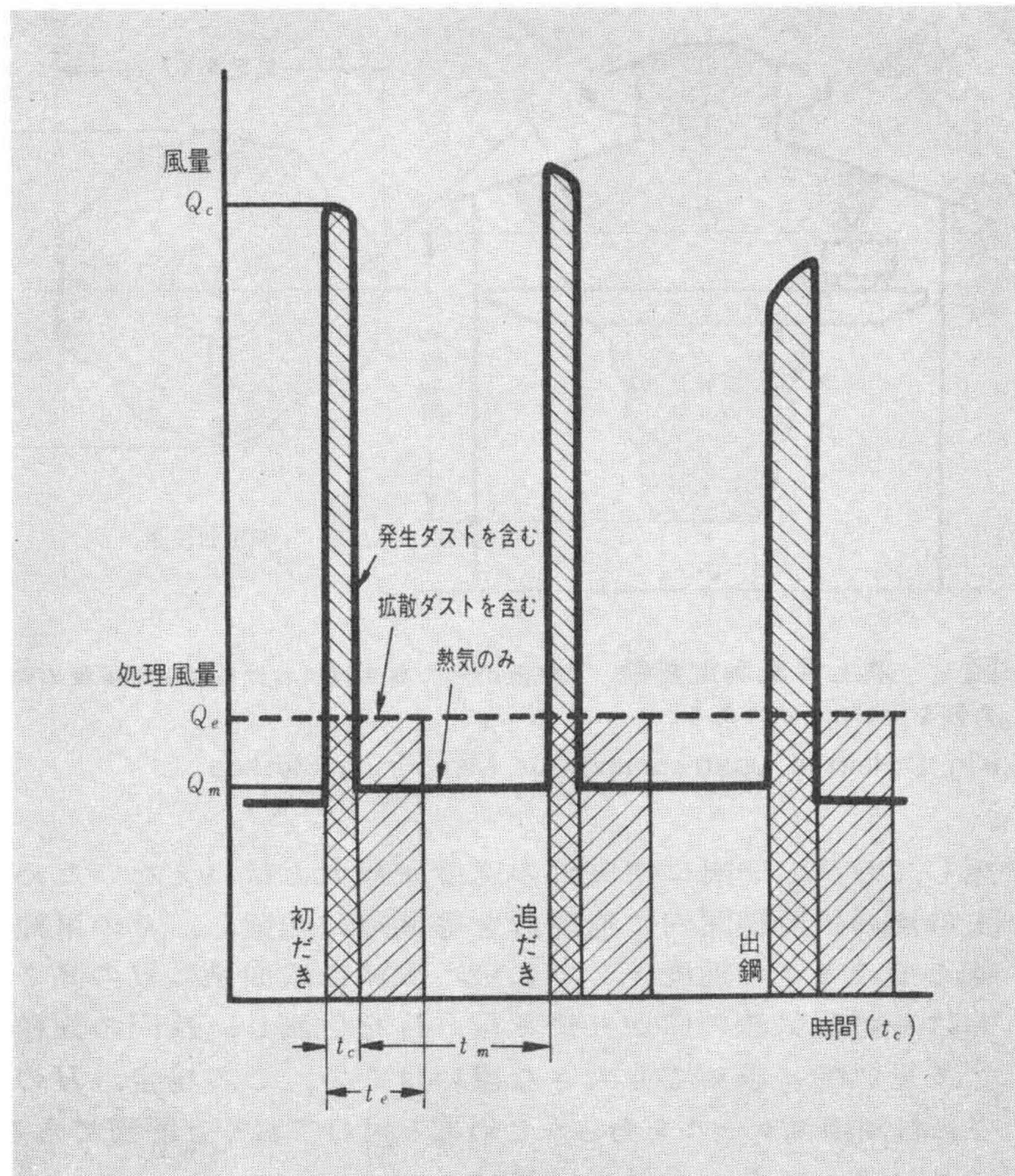


図5 電気炉の時間風量曲線 電気炉操業1サイクルにおける熱上昇風量の変化。

Fig. 5 Time-Wise Air Exhausting Conditions Curve of Electric Arc Furnace

ならない高さまで沈降してくる時間を t_e とすれば装置の処理風量 Q_e は次式で求めることができる。

$$Q_e = \frac{Q_c t_c + Q_m (t_e - t_c)}{t_e} \dots \dots \dots (4)$$

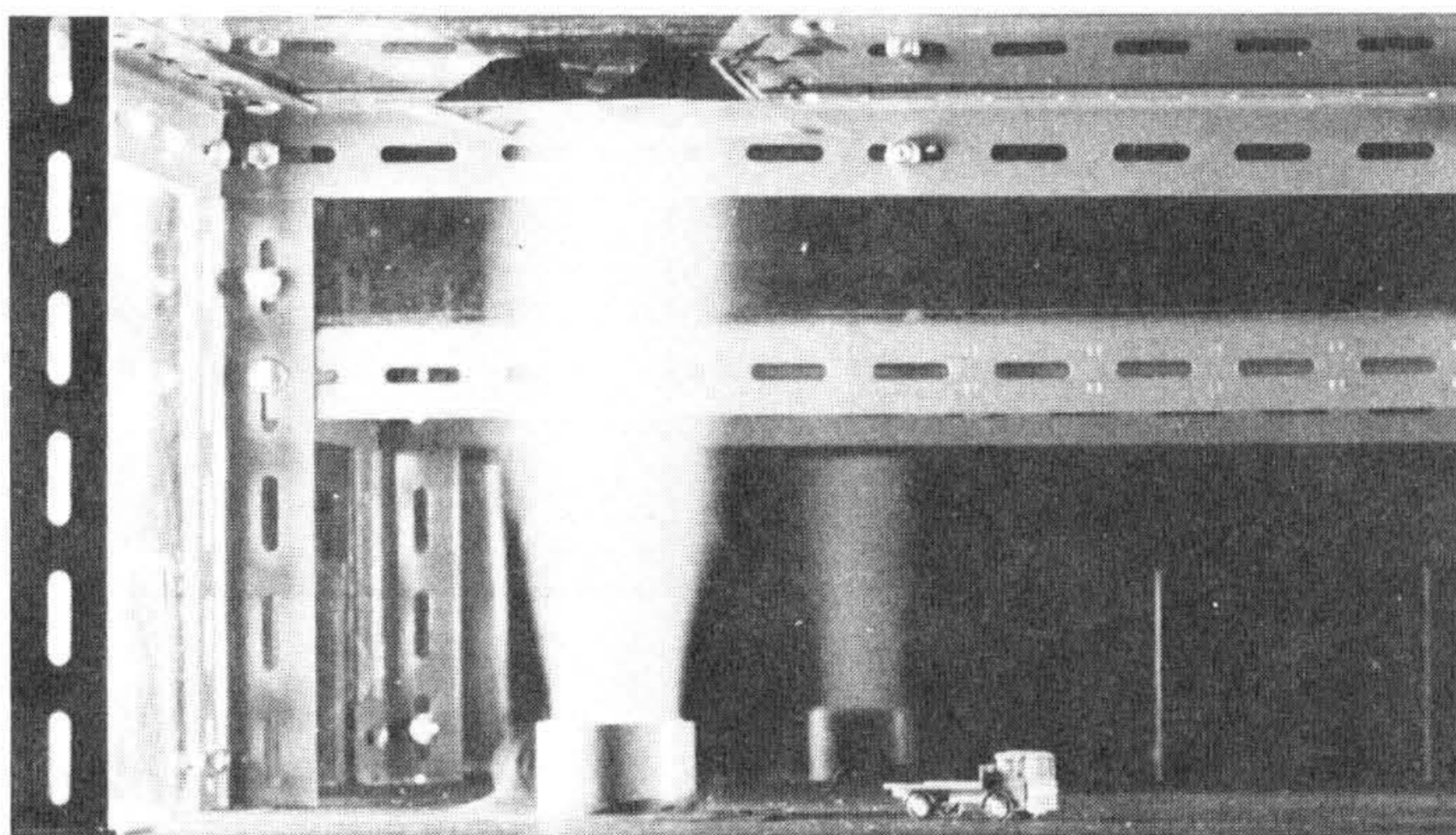
また建屋の貯留可能容積、すなわち作業上問題とならない高さより上部の建屋容積を V とすれば、 Q_e は次式を同時に満足しなければならない。

$$V \geq (Q_c - Q_e) t_c \dots \dots \dots (5)$$

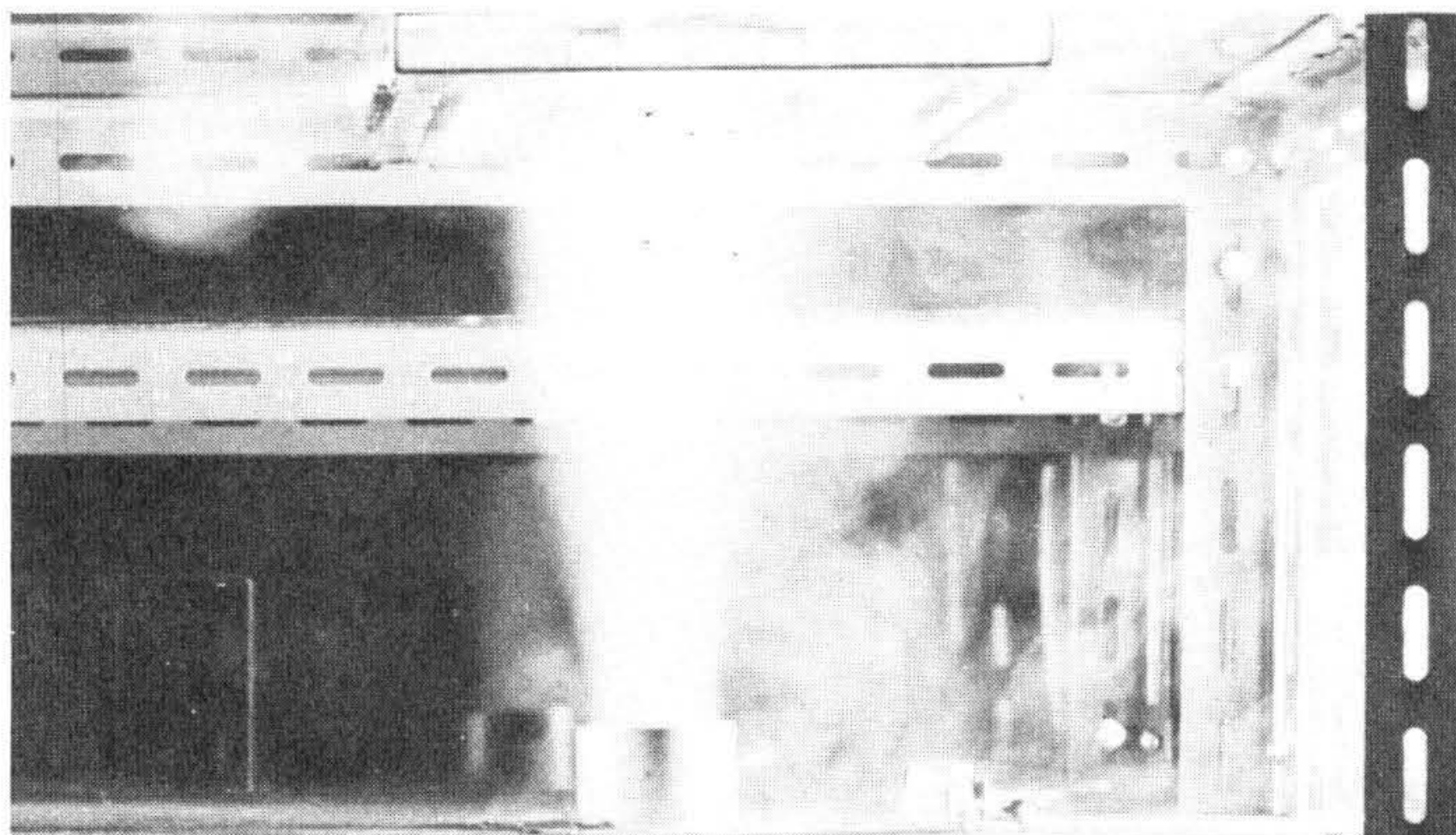
(4), (5)式により Q_e は Q_c の $1/3 \sim 1/4$ 程度で済み、また操業方法を変えて材料装入時間や出鋼時間 t_c を短くすることによってかなり Q_e を小さくすることができる。

3 フードの計画

建屋全体をひとつの密閉されたばい煙発生施設とみなして内部の熱上昇風を処理する場合でも、フードを取り付けることによって集煙効果は非常に良くなる。一般に密閉体の内部からばい煙を吸引する場合には、その1個所に吸引口を設け単にダクトを接続するだけでよい。これは密閉体内部のばい煙濃度が均一である場合は、1個所から吸引しても、内部にフードを設けて吸引しても、ダクトに導かれるばい煙濃度は同じになるからである。これに対し建屋集じん装置の場合は、ばい煙発生施設直上付近の濃度と周囲の濃度との間に極端な差があり、理想的には施設上の濃度の高い部分だけを吸引することが望ましい。また2.4に述べたような貯留の方法をとるため、ばい煙が拡散され濃度が均一化される場合でも、先に濃度の高いものをできるだけ吸引してしまえば、拡散濃度が薄くなり、(4)式に示す貯留可能時間 t_e が長くなるので処理風量 Q_e が小さくなる。またフードの形状によっては図5に示すフード形状による巻込風量 Q_3 が小さくなり、濃度の高い部分だ



(a) 集中フードの場合



(b) 分散フードの場合

図6 モデル実験による集煙状況 フード形状による集煙状況の違いをモデル実験で示す。

Fig.6 Upstreaming Soiled Air Collecting Conditions Under Model Test

けを効果的に吸引できる。

3.1 集中フードと分散フード

吸引フードを大別すれば、ばい煙発生部近傍に取り付けてできるだけ拡散しないうちに集煙しようとする集中フードと、すでに拡散してしまったものを集煙するため、拡散範囲に分布して取り付けられる分散フードとがある。

ここで熱上昇風のように速度のある気流に対して、集中フードと分散フードがどのような集煙状態を示すかをモデルによって実験してみると図6のようになる。集中フードはかなりきれいな集煙状態を示すが、分散フードは集煙するというよりも拡散させてしまう傾向にある。このことは熱上昇風を形成する熱源とフードの関係がプッシュ・プル体系と同じ関係となっており、プッシュ側よりの吹出し気流の到達速度に対しプル側の吸引速度が等しいかまたは大きい場合は良好

な吸引状態を示し、小さい場合はその速度差分だけ反発力となって逆向きの気流を生ずるという現象と同じである。すなわち集中フードの場合はフードの吸引面における速度分布と熱上昇風の速度分布とが調和しているため、集煙効果が良く、また多少吸引速度が小さい場合でもその速度差が小さいときは反発力も小さくなるため、集煙できない風量はあふれ出すといった感じで拡散される。これに対し分散フードの場合は、単一フード間のスペースが固定壁となって吸引速度がゼロとなっているため、この部分に到達した熱上昇風は、そのままの速度で逆方向に転換し、大きな拡散速度で広い範囲に拡散されることになる。

次に速度をもたず広い範囲に拡散したばい煙に対して、集中フードはフード吸引面に大きな吸引速度を与えても、その速度分布は広い範囲に分布せず中央部だけ速度が大きくなるため、遠く離れた位置のばい煙を吸引することは困難である。分散フードの場合は単一フード自身の速度分布がある程度の広がりをもち、これが拡散範囲に分散して配置してあるため、良好な集煙状態を示すことになる。またこの場合の吸引速度は、ダストの浮遊速度よりもわずかに大きい程度でよい。

3.2 建屋集じん装置のフード

建屋集じん装置、特にピーク時の熱上昇風を一部建屋上部に貯留しつつ処理する場合のフードは、3.1に示す集中フードと分散フードを合理的に組み合わせたものが最も効果的な集煙ができる。すなわちダストを多量に含んだピーク時の熱上昇風を拡散させずにできるだけダストの濃度が高い状態で集煙するためにばい煙発生施設直上に熱上昇風の上昇速度と見あった集中フードを取り付け、集中フードからあふれ出して建屋上部に拡散滞留している熱上昇風を集煙するために、貯留している範囲にダストの浮遊速度よりも多少大きい吸引速度をもった分散フードを取り付けると効果的である。

この考え方を具体的に実用化したものとして、モニタフードがある。これは既設建屋のようにあらかじめフード積載荷重を計画していない建屋用として開発されたもので、建屋のモニタ壁をそのままフードケーシングとして利用し、モニタ内部に図7に示すような間隔を適切に持った整流板と、その先端にスプリットダンパとを設けたものである。そしてこのスプリットダンパの調整によりばい煙発生施設直上の吸引風量を大きくし、吸引速度を大きくしているためこの部分が集中フードとなり、その他の部分は吸引速度がダストの浮遊速度より多少大きくなるような風量を与えられて分散フードの性質を有している。ただし、このフードの場合は集中フード部の吸引面高さが、たとえば天井走行クレーンに障害とならない高さよりも高い位置になるため、カーテンなどによって吸引面高さをばい煙発生施設に近づけてやるのが望ましい。

また、図8に示すようにばい煙発生施設を有する建屋には

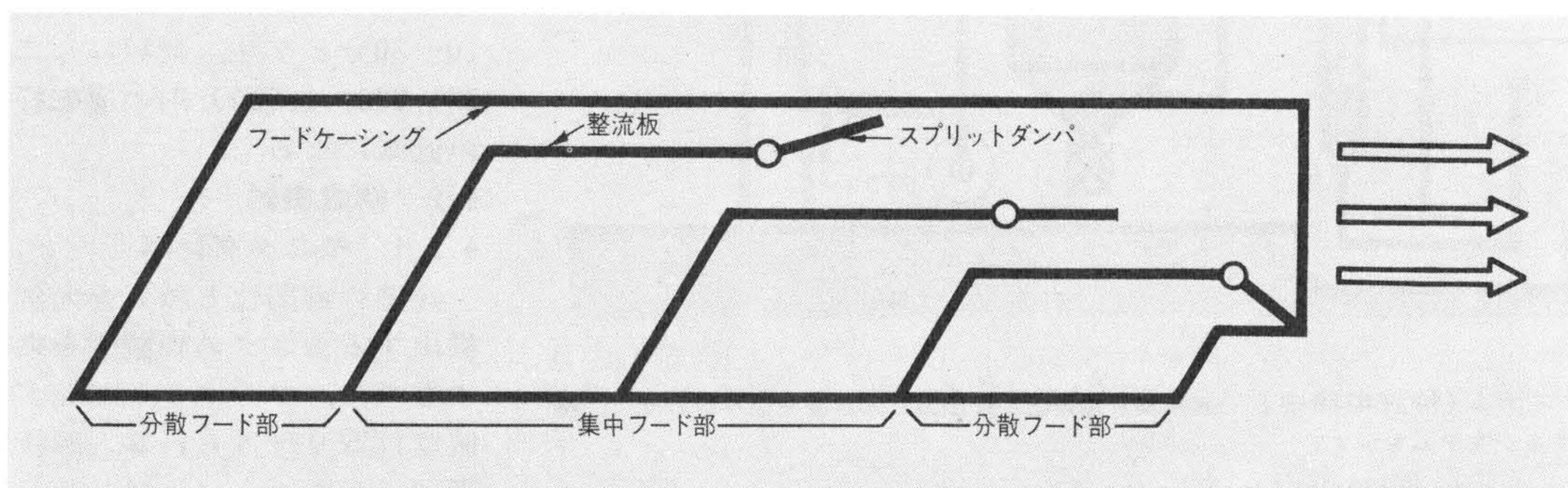


図7 モニタフード（特許申請中） 建屋モニタに取り付けられ、集中フードと分散フードの特性をあわせ持つフードの構造を示す。

Fig. 7 Roof-Monitor Hood

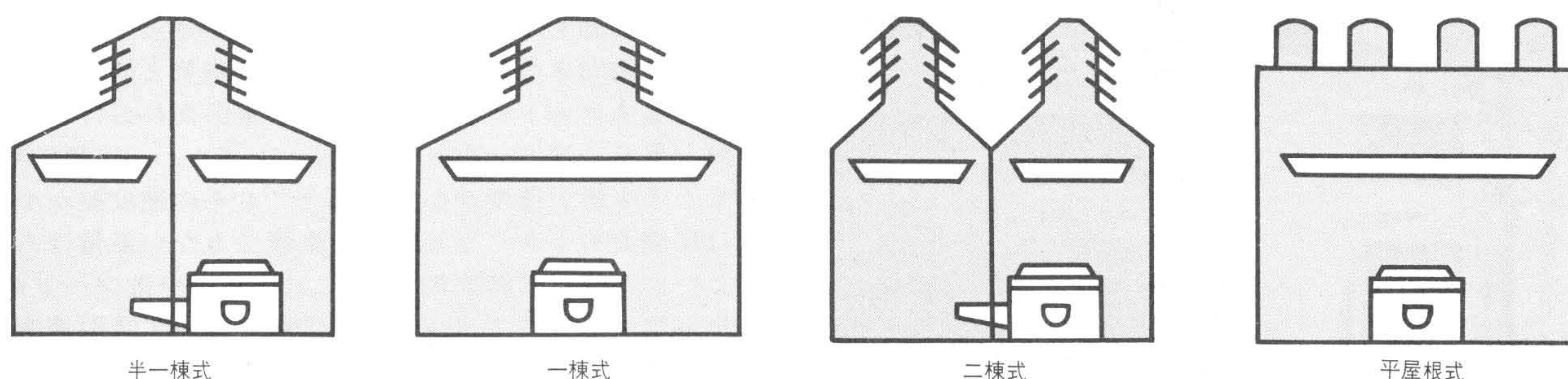


図8 電気炉建屋の形状 電気炉を内蔵する建屋の種々の形状を示す。

Fig. 8 Structural Shapes Arrangements for Building of Electric Arc Furnace

いろいろの形状のものがあるが、フードとしてはその建屋形状に最適なものを選定する必要がある。たとえば、半一棟(とう)式や二棟式の建屋では各棟の境界に間仕切りを行ない操業期に応じて集煙棟を切り替えれば、集煙対象建屋の容積が小さくなるので拡散範囲が小さく、効果的な集煙ができる。また平屋根式の場合は、前述の集中フードと分散フードを理論どおりに取り付けることができる。さらに転炉用建屋のように転炉が柱スパンの中央に配置されている場合は、熱上昇風のほとんどがその柱スパン内で拡散するように、転炉両サイドの柱を利用して操業用機器の作動に即応できるような間仕切りを行なえばよい。熱上昇風による巻込風量 Q_2 が少なくなるので小さい処理風量ですむようになる。この場合は、転炉の据え付けられた柱スパンと他の建屋の部分が間仕切りによって独立した形となるので部分建屋集じん装置ということもできる。

4 電気炉用建屋集じんシステムの実例

4.1 集じんシステム

製鋼用電気炉の発生ばい煙を全操業周期にわたって処理するためには、直接集じん装置を主体として考え、ばい煙が建屋外に排出される時期だけ建屋集じん装置が稼動するように

限定したほうが経済的なシステムになる。なぜならば建屋集じん装置の容量は非常に大きく、その運転経費も膨大なものになるためであり、また建屋集じんを必要とする時間は限られた短時間であるためである。

この考えに基づいた集じんシステムのフローを示すと図9のようになる。

4.1.1 溶解時、精錬時

この時期は炉体は定位置にあって直接吸引式集じん装置が効果的な集煙を行なうことができるので、発生ばい煙をほぼこの装置で処理させて建屋外にはダストを排出させない。

炉上エルボで吸引されたばい煙は、クーラで冷却され①バッグフィルタでダストが分離された後、①ファンによって清浄空気だけが大気中に放出される。ただしこの場合、炉体の表面温度によってダストを含まない熱上昇風が生じているのでモニタダンパが開放され熱気のみが大気に排出される。

4.1.2 材料装入時および出鋼時

この時期は炉蓋が旋回して定位置にないかまたは炉体が傾動しており、発生ばい煙は熱上昇風とともに建屋外に排出されるので建屋集じん装置を稼動する。あらかじめ炉体の挙動を検知し、モニタダンパが閉じ、②ファンが運転を始め、①および②切換ダンパが作動して、モニタフードで集煙した熱上昇風から①バッグフィルタおよび②バッグフィルタでダストを分離し、大気中に排出する。炉体が定位置に戻り炉上エルボからの直接吸引が可能となった信号で切換ダンパが作動し、直接集じんと建屋集じんの2系列運転となり、さらに工場内ダスト濃度が設定値以下になったことを検知して建屋集じん系統は運転をやめ、モニタダンパは開放される。このような運転により全操業時間を90分とした場合、建屋集じん装置の運転時間は10～30分となり、金額にして年間1,300～1,800万円の運転経費の低減になる。

4.2 構成機器

4.2.1 モニタダンパ

建屋の密閉化と熱気を大気に排出するモニタの両機能を果たすもので、フードケーシングの側壁に取り付けられる。形状は図10に示すようにエアシリンダ

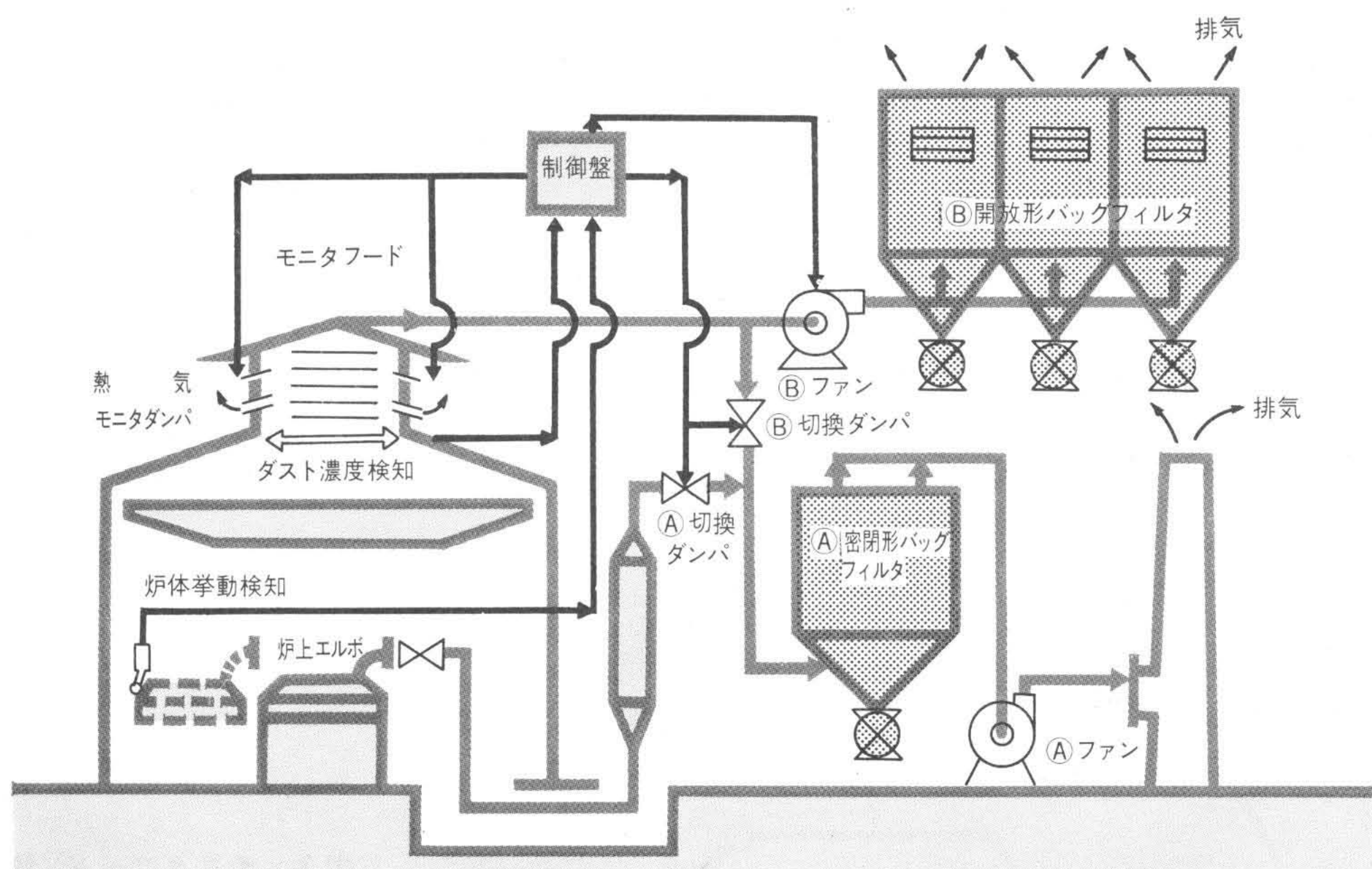


図9 電気炉用建屋集じんシステム(特許申請中) 直接集じん装置と建屋集じん装置を組み合わせ、操業全周期にわたってばい煙を処理するシステムを示す。

Fig. 9 Dust-Collecting System Inside Electric Arc Furnace Shop

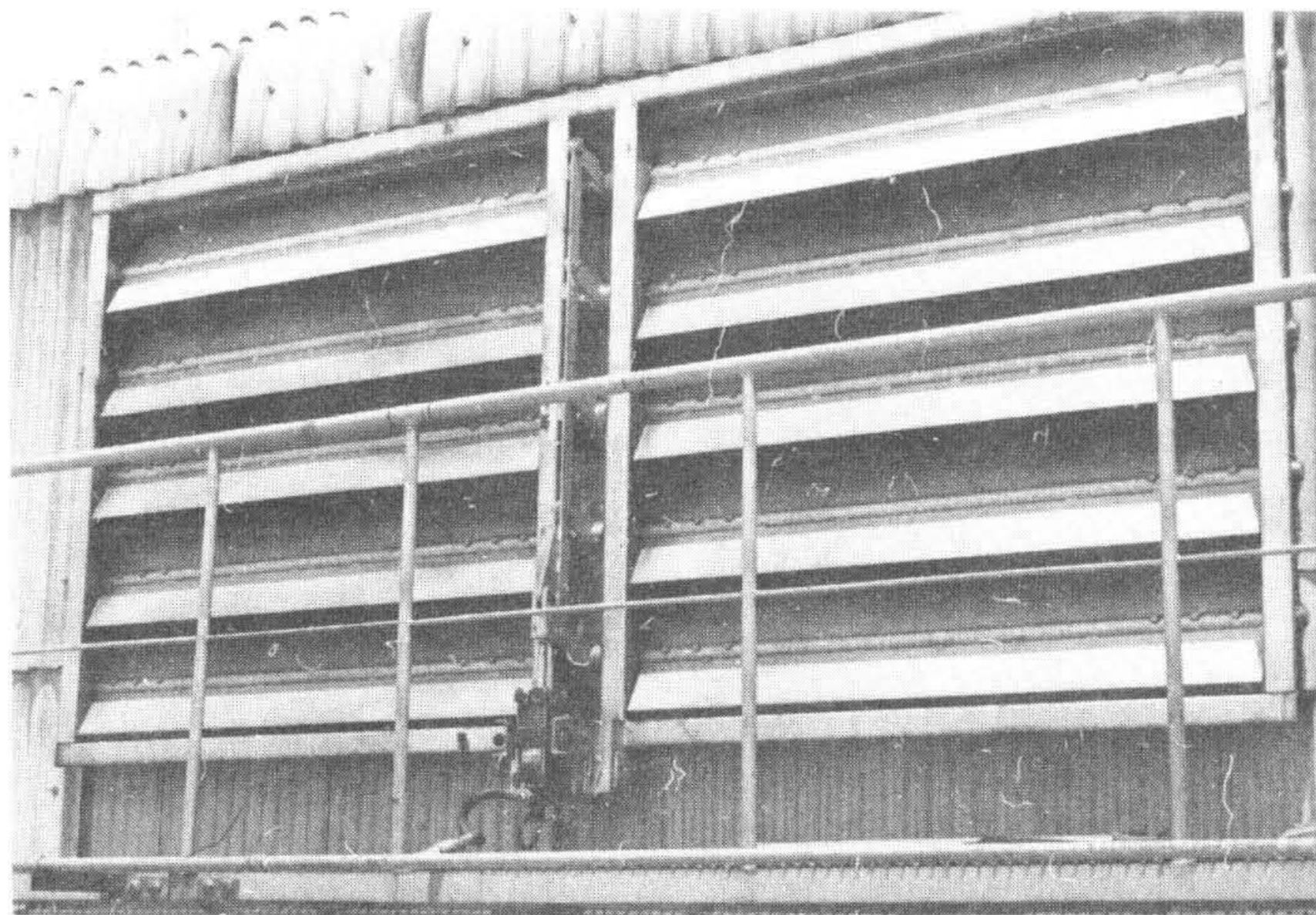


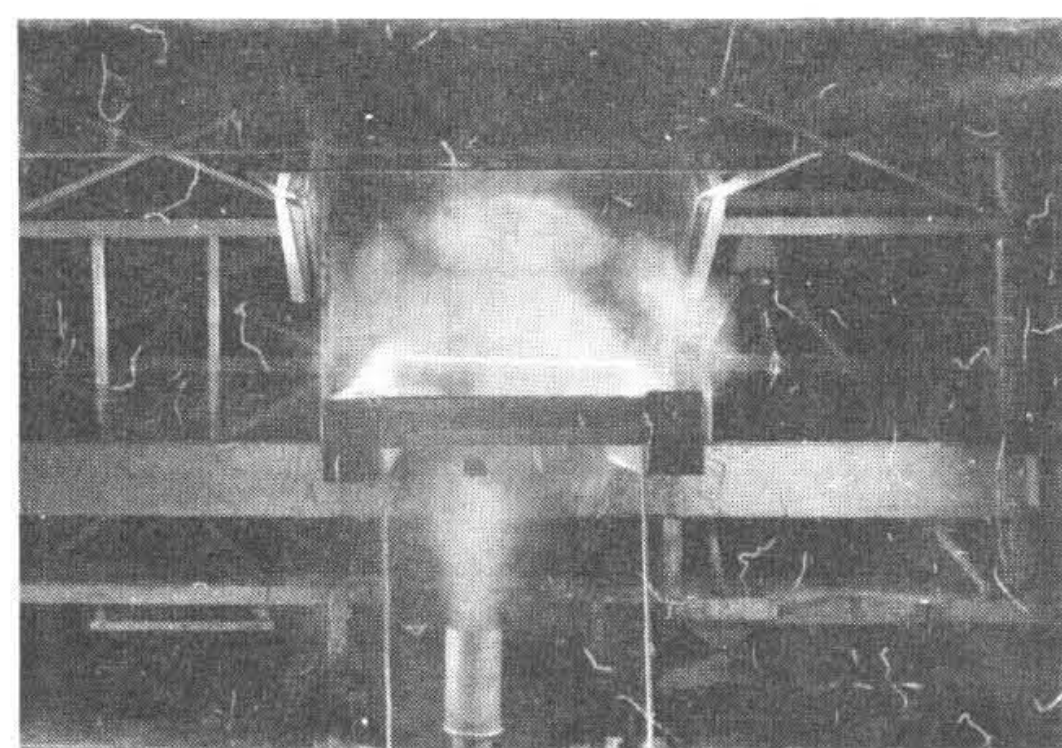
図10 モニタダンパ モニタ側壁に取り付けて建屋の密閉開放を行なうルーバ形ダンパを示す。

Fig. 10 Roof-Monitor Dumper

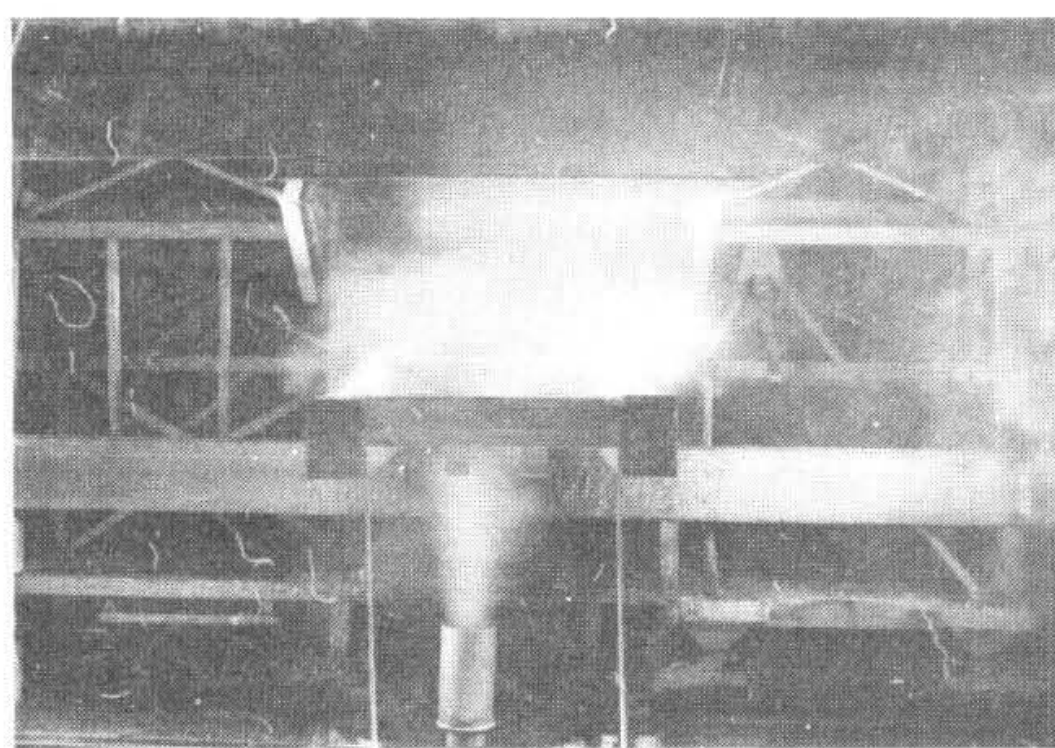


図11 集じん装置部分全景 直接集じん装置用密閉丸形バッグフィルタおよび建屋集じん装置用開放角形バッグフィルタを示す。

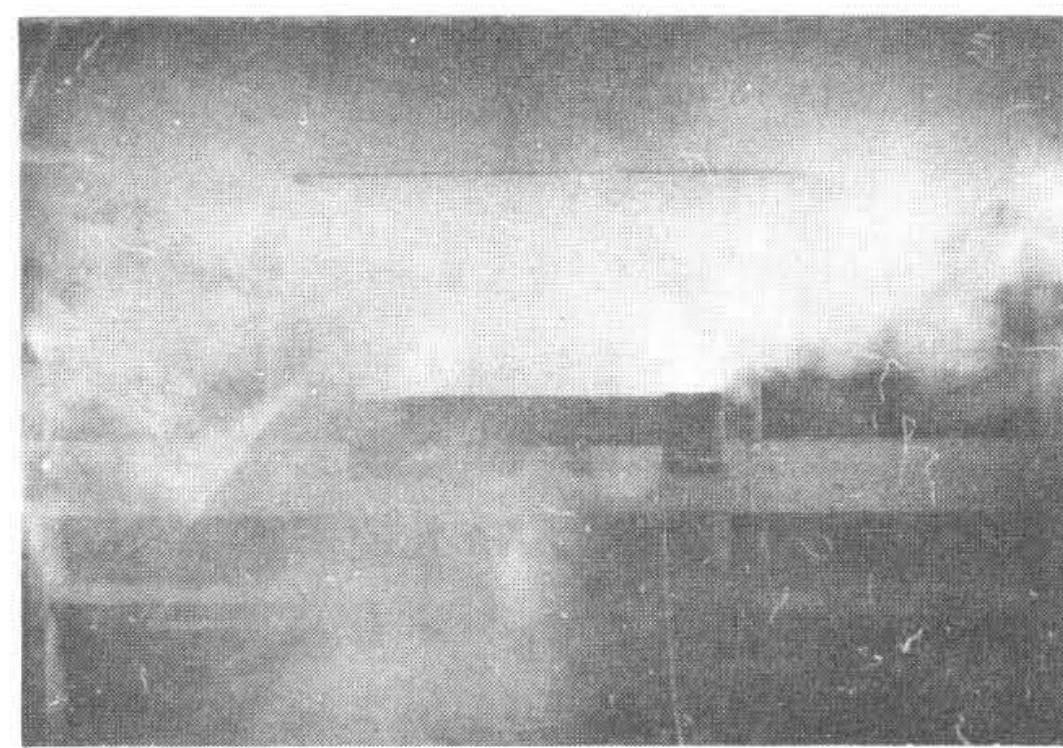
Fig. 11 View of Dust-Collectors and Dust-Collecting Systems Installed



(a) 両サイドに間仕切りがある場合



(b) 左側の間仕切りがない場合



(c) 両サイドの間仕切りがない場合

図12 モデル実験による転炉建屋の集煙状況 集煙状況が間仕切りによって大きく影響されることをモデル実験で示す。

Fig. 12 Upstreaming Soiled Air-Collecting Conditions Inside Converter Shop Under Model Test

駆動のルーバダンパ式となっている。

4.2.2 バッグフィルタ

① バッグフィルタは処理するばい煙のダスト濃度が高いため、ファンを保護する意味から密閉吸引形のものが用いられる。② バッグフィルタはダスト濃度の低いものを処理するため、ろ過速度を大きくとることができ、またファンの摩耗の心配もないので経済的な開放押込形のものをを用いる。

4.2.3 ファンおよび電動機

③ ファンはスタートストップのひん度が大きいのでひん繁な起動、停止に耐えるファンを用いる。電動機には起動電流が小さく電源側に大きな負担をかけない巻線形電動機を用いる。

5 転炉用建屋集じんシステムの実際

建屋集じんを必要とする時期やシステムについては転炉の場合も電気炉の場合とはほぼ同じである。

転炉の場合は、ランスパイプの関係で転炉の据え付けられている転炉棟の高さが非常に高いため、煙突効果が大きくしたがってモニタから排出される熱上昇風の量が非常に大きい。このような場合は熱上昇風による巻込風量 Q_2 をできるだけ少なくすることが肝要である。

Q_2 を少なくするための具体的な方法としては、フード開口面をできるだけ転炉に近づけ、転炉の据え付けられている柱スパンを間仕切りによって他のスパンから独立させればよい。このようにすることによって熱上昇風に巻き込まれようとして他のスパンから流入してくる空気がシャ断されるので Q_2 は

少なくなり、処理風量も少なくてすむようになる。ただしこの場合の間仕切りは、操業用機器の作動に障害となるようなものであってはならないのでシャッタ式間仕切りとか、カーテン式間仕切りといった構造を考えるべきである。

間仕切りの影響を調べるためモデル実験を行なってみると図12の(a)に示すように両サイドに間仕切りのあるものは良好な集煙を示し、(c)のように両サイドともないものはほとんど集煙しない。特に(b)は、片サイドだけ間仕切りのある場合であるが、左側の間仕切りがないほうから多量の Q_2 が流れ込み、ばい煙が間仕切りのある右側に流されているのがよくわかる。

以上の実験によってもわかるように、転炉の場合は特に間仕切りが重要であり、いろいろな方法を講じても取り付けるべきものである。

6 結 言

建屋集じん装置はややもすると大がかりな設備となるため、ばい煙の発生状況に応じた処理風量を算出し、建屋構造に応じたフードの形状および操業状態に応じたシステムを総合的に考察して、一方にかたよらないものを計画すべきである。

また今後の課題としては、ばい煙発生施設の操業や建屋構造まで含めたひとつの生産工場プロセスとして、ばい煙処理対策を考えていくことである。

最後に本装置実現に多大のご指導を賜った大阪府立大学工業短期大学部の林 太郎教授ならびに現地測定などの便を図っていただいた関係顧客の各位に厚く謝意を表する。