

7.6 集塵装置

7.6.1 はじめに

集塵とは、処理ガス中に含まれる粒子を分離・捕集する操作をいう。集塵装置は、一般に生産プロセスの最終段階で用いられ、大気汚染防止装置と呼ばれているが、作業環境の保全、排ガスの浄化、有用粒子の回収、プロセスの高純度化など異なる目的を持って様々な分野で活用されている。通常、集塵の対象となるものには、燃焼過程から発生する煤塵のほか、粉碎等の機械的操作に伴って発生する粉塵もあり、これらは総称して「ダスト」と呼ばれる。ここでは、排ガス中ダストの最近の集塵技術について概説する。

7.6.2 日本における集塵技術の変移

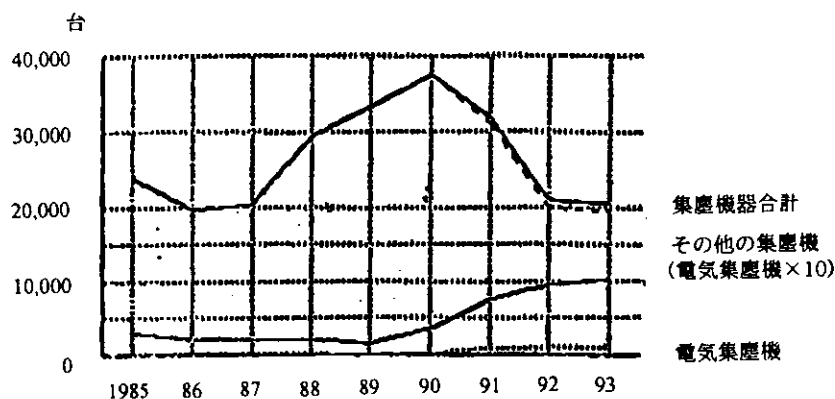
集塵技術は戦後大きく発展してきた技術であり、現在ではサブミクロンの微粒子までの分離・除去を可能とした技術である。大気汚染防止が重要視されるようになり、幾度となく煤塵の排出基準が強化され、それに呼応した形で集塵技術が向上した。集塵技術には原理的に分離捕集可能な粒子（とくに粒径）、集塵率などに制約がある^{1, 2)}。すなわち、従来はサイクロンなどの遠心力集塵装置やスクラバなどの洗浄集塵装置でダストの排出基準をクリアーできたが、現在の厳しい基準ではバグフィルタなどのろ過集塵装置や電気集塵装置（ESP:electrostatic precipitator）など高性能な装置を適用しなければならぬ状況となった。さらに、近年廃熱利用などによる省エネルギー効果を目指す高温高压技術として、セラミックフィルタや充填層フィルタなどの新しい高温集塵装置技術が登場するようになった^{3, 4, 5)}。

7.6.3 集塵装置の分類

集塵装置は、排ガス中からダストを分離してダストホップに捕集するため、重力、慣性力、熱力、拡散力、電気力などを、一つあるいは幾つかを同時に利用している。主体となる集塵作用力によって分類すると、1) 重力集塵装置、2) 慣性力集塵装置、3) 遠心力集塵装置（サイクロン）、4) 洗浄集塵装置（スクラバ）、5) ろ過集塵装置（バグフィルタ）及び6) 電気集塵装置（ESP）となる⁶⁾。表7.6.1はこれらの装置の主な特徴をまとめたもので、一般に、1)～3)の集塵装置は、高濃度ダストの前処理（一次集塵）や粗大ミストの分離捕集の目的として、4)～6)は排出基準を達成する目的で使用される。図7.6.1は我が国における集塵装置の生産台数の推移を表わしたもので、トータル台数は景気の動向を反映して1990年を頂点に減少しているが、数千台のESPとその他の集塵装置の中でバグフィルタが増加傾向にある。

表 7.6.1 各種集じん装置の実用範囲

分類名	形式	取り扱われる 粒度 (μm)	圧力損失 ($\text{mm H}_2\text{O}$)	集じん率 (%)	設備費	運転費
重力集じん装置	沈 降 室	1,000~50	10~15	40~60	小 程 度	小 程 度
慣性力集じん装置	ルーハー形	100~10	30~70	50~70	"	"
遠心力集じん装置	サイクロン形	100~3	50~150	85~95	中 程 度	中 程 度
洗浄集じん装置	ベンチュリースクラバー	100~0.1	300~900	80~95	"	大 程 度
音波集じん装置		100~0.1	60~100	80~95	中程度以上	中 程 度
ろ過集じん装置	バグフィルター	20~0.1	100~200	90~99	"	中程度以上
電気集じん装置		20~0.05	10~20	90~99.9	大 程 度	小~中程度



出典：通産省：「機械統計年報」

図 7.6.1 集塵機器の生産台数の推移

7.6.4 新技術の開発

(1) ろ過集塵技術

①セラミックフィルタ⁹⁾

セラミックフィルタは、300~1,300℃、数気圧~10気圧以上といった高温高圧排ガス中のダストの集塵のため、シリカ、アルミナ、ジルコニア、シリコンカーバイドなどを基盤材質にしている。形状は織布製や不織布製、多孔性の円筒型、またろ過面積を非常に大きくとることができる図 7.6.2 に示すような十字流型 (cross flow) などがある。装置は極めてコンパクトとなる利点があるが、ダストの払い落とし特性、ダストの目詰まりによる圧力損失の増大、寿命などの点で課題が残されている。

②粒子充填層フィルタ

粒子捕集機構として、慣性力、拡散力、遮り力、重力の他、高温排ガスと移動する充填層粒子との温度差に伴う熱力 (熱泳動力) が働く。高温高圧集塵のために開発された装置で、ろ過材として数 mm

程度の砂、砂利、セラミックなどの粒状物を用い、500℃程度の高温排ガスに適応される。集塵率は粒径は1 μ m程度のダストに対して約93%、圧力損失は従来のバグフィルタと同程度とされている。

③エレクトレットフィルタ¹⁰⁾

これまでのフィルタの機械的粒子捕集機構において粒子の捕集に有効に作用しない0.1 μ m 付近の粒径がある。半永久的に分極した電荷をもつ繊維からなるエレクトレットフィルタでは、機械的粒子捕集機構に加えて、無帯電粒子では誘気力、帯電粒子では電気力（クーロン力）と誘気力が作用するので、この粒径範囲の粒子でも効率よく捕集できるうえ、従来のフィルタと同じ圧力損失でその他の粒径の粒子をも高効率で捕集できる。圧力損失が低く高集塵率が実現できる省エネルギー型のフィルタといえる。

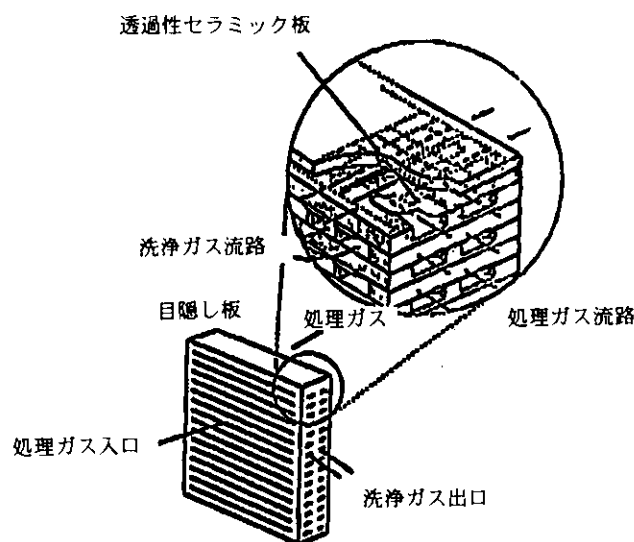


図 7.6.2 セラミック製十字流フィルタの形状

(2) 電気集塵技術

①パルス荷電型

電気集塵装置においてとくに問題になることは、石炭燃焼ダストのような高電気抵抗ダストの捕集で、逆コロナや逆電離現象が生じ、集塵率を著しく低下することである。この対策の一つとして開発されたものが、パルス荷電型 ESP である。従来の ESP は直流高電圧を採用しているが、この装置ではパルス高電圧を用いる。パルス荷電ではコロナ電流の分布が均一であり、かつパルス頻度の調整により印加電圧を下げずにコロナ電流の広範囲な設定ができるので、高電気抵抗ダストに応じて、逆コロナが生じないコロナ電流で適宜運転でき、安定した集塵、消費電力の削減など省エネが期待できる。

②移動電極型

図 7.6.3 に示すように、集塵極を常時移動させて集塵面を清浄に保つことによって、集塵極の付着ダスト層に形成される電界をできるだけ小さくし、逆電離現象を抑制する。電極は上から下にゆっくり

りと移動し、付着したダストは下部の非電界域において回転ブラシによって剥離され、電極の清浄化を図っている。

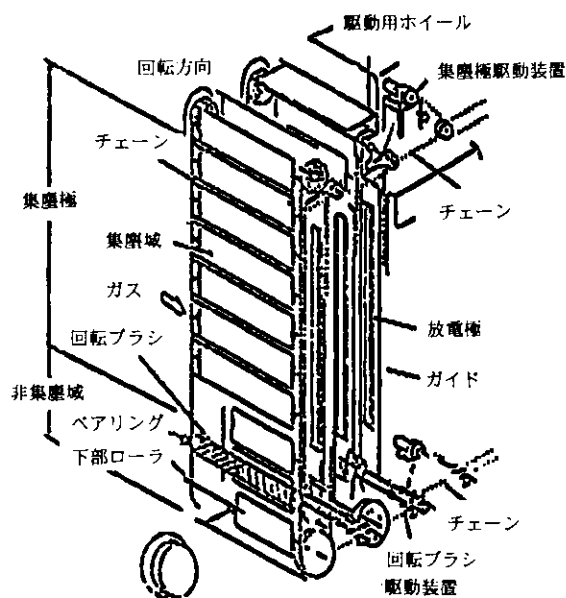


図 7.6.3 移動電極型電気集塵装置の構造

③高流速湿式型¹¹⁾

図 7.6.4 に示すように、放電極を挟んで隣り合った集塵極の間隔、すなわち集塵極間隔を狭めて処理ガスの流速を速め、装置の小型化を図ったものである。基本処理ガス流速を従来 (2~3 m/s) の 2 倍以上とし、放電電流密度を従来 (0.3 mA/m²) の数倍以上にすることによって、集塵面積を 1/2 以下と大幅に縮小している。

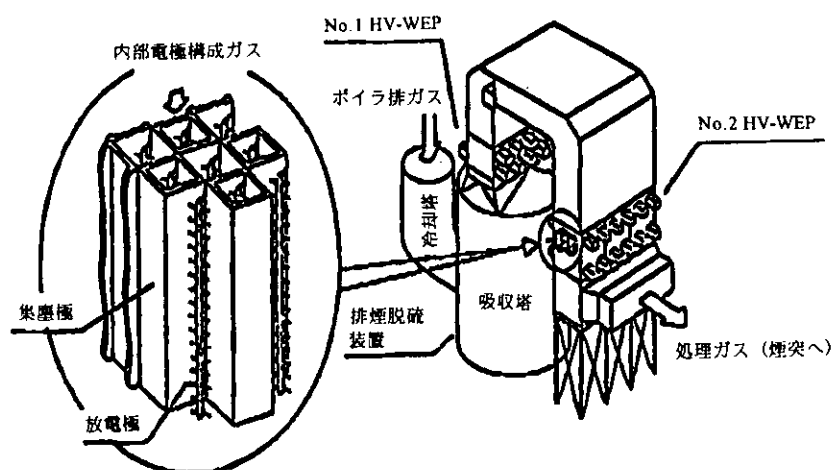


図 7.6.4 高流速湿式電気集塵装置の概要

7.6.5 おわりに

各種集塵装置の特徴を比較したものは、上記の表 7.6.1 に示した。これらの装置の選択は、発生するばい煙の性状、装置の特性、設備費、経済性などを十分考慮して決定する必要がある。新しい集塵技術は日進月歩で、上述の他にも多数あるが、ここにあげた参考文献や関連工業規格などを参照されたし。

我が国の集塵技術は世界的に見てかなりの高い技術レベルに達しているが、今後も新たなる技術開発が重要で、より高性能化を図りつつ、省エネルギー型あるいは省資源型といった集塵技術の確立を期待したい。また、環境保全の観点から膨大に発生する集塵ダストの減容化や再資源化についても併せて検討する必要があるだろう。