

溶接ヒューム回収用静電処理集じん機の開発

Development of Welding Fume Collector by Corona Discharge

溶接ヒュームの捕集については古くから対策が講じられているが、微細な粒子(平均 $0.2\mu\text{m}$)であるため、フィルタが目詰まりし吸引風量の低下が著しい上に、フィルタからの吹抜けによる低集じん率などの問題をもっていた。

この集じん機は、従来のフィルタ方式を基本に、前段にコロナ放電による粒子の荷電部を設け、この荷電粒子による相互凝集と同時に、フィルタ面での静電的付着効果を利用したもので、微細なヒュームを99%以上の高集じん率で捕集可能であると同時に、フィルタ目詰まり寿命が従来のフィルタ方式に比べ約10倍に延長されたなどの特長をもっている。

大熊洋一郎* *Ôkuma Yôichirô*
 秋葉 勇* *Akiba Isamu*
 雪竹次太** *Yukitake Tsugihiro*

1 緒 言

職場の環境改善に対する意識が高まりつつある中で、特に最近溶接作業場の溶接ヒュームによる害が取り上げられ、ヒューム回収の需要が高い。溶接ヒュームによる害は、じん肺症状、金属熱症状などが挙げられ、更にこのヒューム中に有害物質が含まれると、その物質特有の症状が起ると言われている。

一方、法的規制の面からみると、普通鋼溶接ヒュームの許容濃度は 5 mg/m^3 以下(日本産業衛生協会)に定められているが、発生源に近い作業者のマスク付近では数十ミリグラム毎立方メートルに達するので、発生源から直接ヒュームを吸引して処理する必要がある。

溶接ヒュームは粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(平均 $0.2\mu\text{m}$)の微粒子のため、従来のフィルタによる濾過方式では、(1)フィルタの目を通過する確立が大きく集じん率が低い、(2)フィルタの目詰まりにより圧力損失が増大し吸引風量が低下する、(3)フィルタに付着した粒子の払い落とし効果が小さいなどの問題がある。

この集じん機は、これらの問題を解決するために、コロナ放電によりヒュームに電荷を与え、静電凝集により粒子を粗大化すると同時に、フィルタ面での静電的付着作用力を応用した新方式の溶接ヒューム用集じん機であり、以下その概要について紹介する。

2 溶接ヒュームの物性

2.1 形状及び粒度分布

濾紙で捕集した溶接ヒュームの電子顕微鏡写真を図1に示す。同図より溶接ヒュームの粒径は、 $0.2\mu\text{m}$ 前後の球状の微粒子であることが分かる。このような微細な粒子の粒度分布測定は非常に難しいとされているが、レーザを光源としたレーザダストモニタ(測定限界 $0.1\mu\text{m}$)及びランプを光源とした光散乱ダストモニタ(測定限界 $0.3\mu\text{m}$)を駆使して、浮遊している状態の粒度分布を測定した。その結果を図2に示す。これより明らかなように、溶接ヒュームの粒度は約90%が $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ である。

2.2 化学組成

溶接ヒュームの成分は溶接棒の種類により大きく異なるが、一例を表1に示す。一般に鋼材のアーク溶接の場合、ヒュー

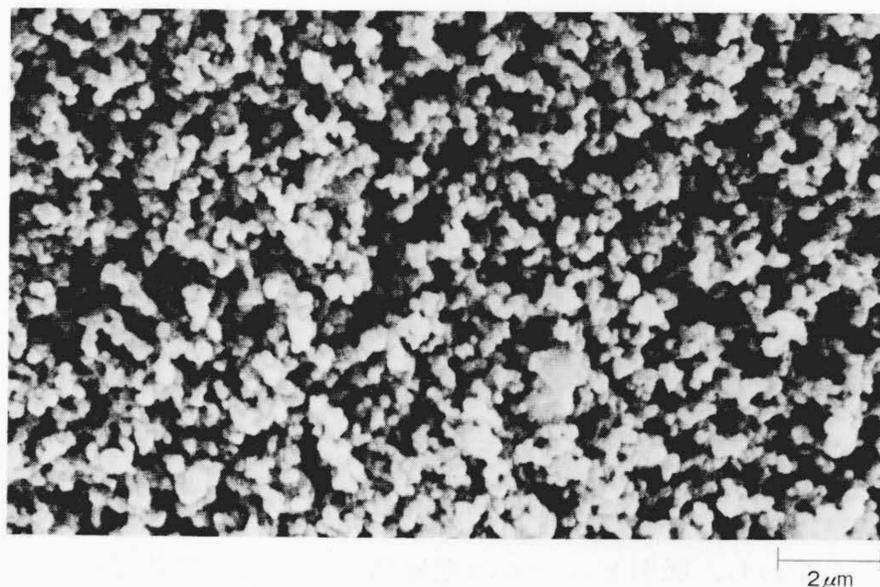


図1 溶接ヒュームの電子顕微鏡写真 ヒュームの粒径は、約 $0.2\mu\text{m}$ の球状の微粒子である。

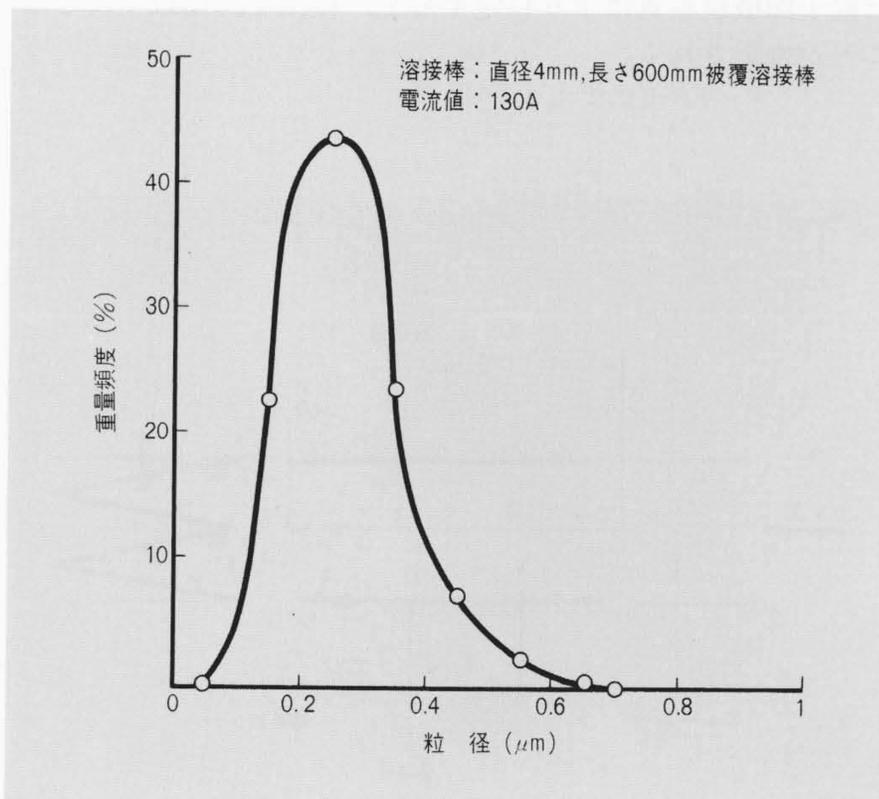


図2 溶接ヒュームの粒度分布 ヒュームの約90%は、 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ である。

* 日立製作所多賀工場 ** 日立製作所日立研究所

表1 溶接ヒュームの成分 一般に鋼材の溶接ヒュームは、酸化鉄(Fe₂O₃)が主成分である。

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	F	Cr ₂ O ₃	CuO	計
含有量 (重量%)	12.80	5.65	58.01	0.08	9.45	0.60	0.07	0.20	0.13	87.0

注：溶接条件=種類 CO₂アーク溶接 棒名 DW53A(φ1.6) 母材 SM材 電流 280~300A

ムの主成分は酸化鉄である。

2.3 ヒュームの発生量

ヒュームの発生量は、溶接棒の材質や太さ、溶接電流などの条件により異なるが、平均的には100mg/m³前後である。

3 ヒューム用集じん機の内容

3.1 溶接ヒューム前処理法の採用

溶接ヒュームを濾過方式で捕集する場合、前述のようにフィルタの目詰まりにより吸引風量が急激に低下するなどの問題がある。これを解決するには、なんらかの方法で粒子に前処理を施した後にフィルタで捕集する方法が得策である。

前処理法は機械的と電気的な方法があるが、この集じん機では効果が顕著な後者を採用した。すなわち、この方法は静電気を応用し、高電圧放電により発生した活性化イオンの作用を利用して吸引ヒュームを帯電粒子とし、凝集及び静電気力によりフィルタの捕集性能を向上させるものである。

図3は前処理法の概要を表わしたものであり、原理的には放電極と集じん極(接地極)とをもつ電気集じん機と同一である。電気集じん機との違いは、接地極に吸引ヒュームを集じんさせないことであり、吸引ヒュームは高速(20m/s以上)で電界域を通過する際に電荷を帯びるだけである。

すなわち、吸引ヒュームは電界域を通過する際荷電粒子となり、この荷電粒子同士の相互凝集によりある程度の凝集粗大化粒子となる。更に、電荷を帯びたままの状態フィルタに達した際、静電的に付着するため更に凝集粗大化が促進される。吸引されたヒュームが最終的にフィルタに付着した後は電子顕微鏡写真により判定すると、粒径で20倍以上になることが推定される。

3.2 構造

図4にこの集じん機の外観を、図5に概略構造を示す。

この集じん機は、前処理用として吸引ヒューム粒子に電荷を与える荷電装置と、フィルタ及びファンから成る集じん機本体から構成されている。荷電装置は、2個のブッシングで支えられたロッドを通して、直径0.2mmの放電線をガス流と平行に16本張縮し、高圧発生器(直流正極10kV)から給電される。

また集じん機本体への給電は、押しボタンスイッチにより吸引ファンの起動と同時に進行される。

いま、ガス流とともに導入される溶接ヒュームは、荷電装置で帯電されると同時に、静電凝集により粒子は粗大化され、後段のフィルタで捕集される。

この集じん機の仕様は、表2に示すとおりである。

3.3 集じん性能

この集じん機の集じん性能を求めるために、実機を実際の溶接作業現場に設置し、図6に示す方法で集じん性能を測定した。

3.3.1 溶接条件

被溶接物をターンテーブル上に乗せ自動溶接を行ない、発生したヒュームを回収するものであり、以下に溶接条件を示す。

- (1) 溶接棒：DW53A(φ1.6フラックス入りワイヤ)
- (2) 溶接電流：280~300A
- (3) 被溶接物：SM材

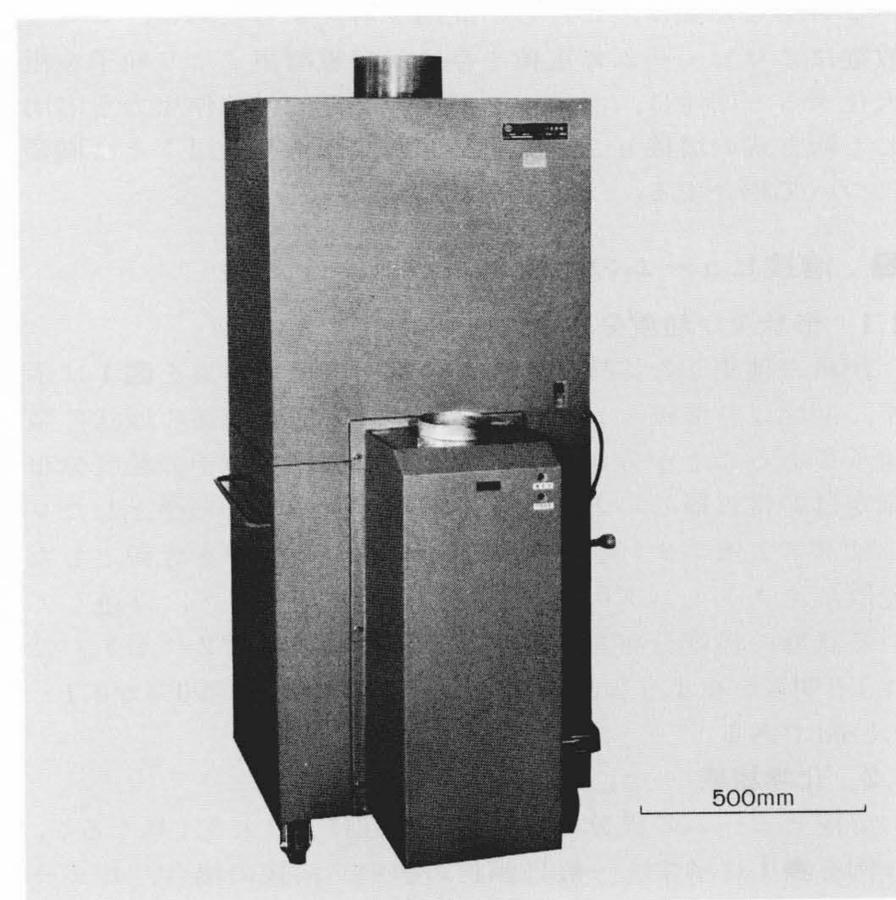
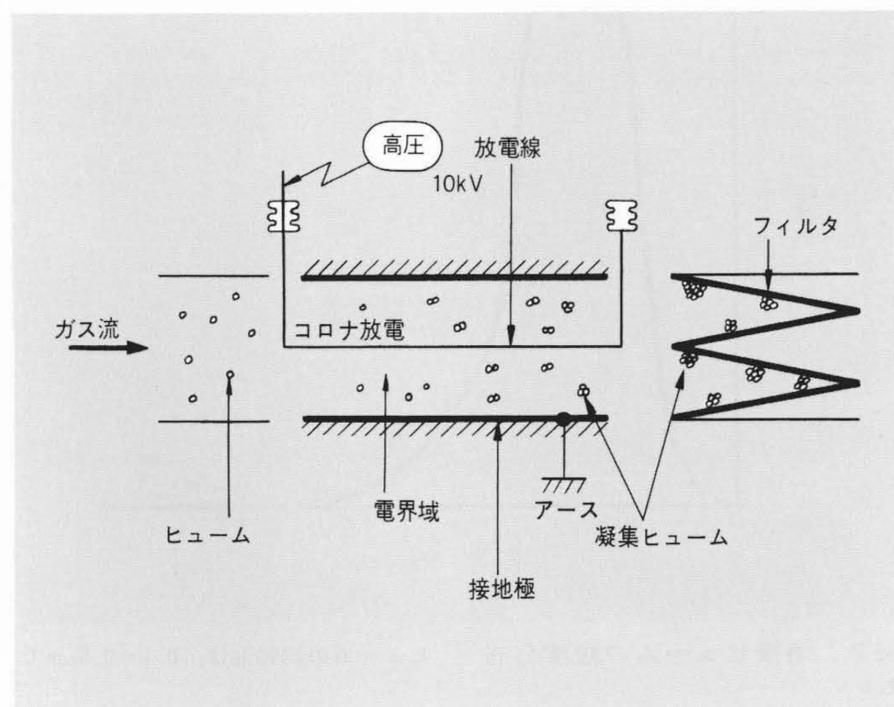


図4 ヒューム回収用集じん機の外観 ヒュームはフード、ダクトを介し荷電装置で帯電され、集じん機本体内のフィルタで捕集される。

図3 ヒューム前処理法 吸引された微細ヒュームは、電界域を高速で通過する際帯電粒子となり、相互凝集し、更にフィルタ表面で静電的付着効果により凝集粗大化する。

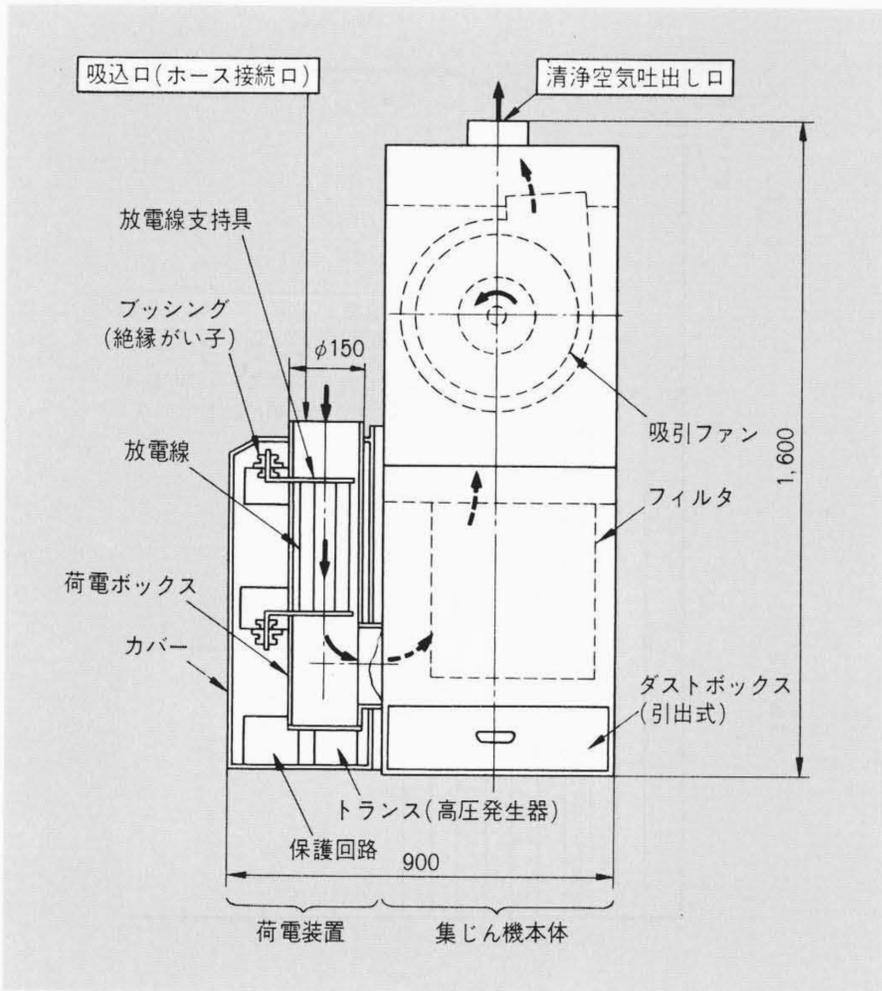


図5 概略構造 ヒュームの前処理用としての荷電装置と、吸引捕集用としての集じん機本体から構成される。

3.3.2 集じん性能

溶接ヒュームの吸引方法は溶接点から約50cm離れた位置にフードを設け、このフードと一体化したダクトを介して集じん機へ導入する構成となっている。この集じん機によるヒューム吸引状況を図7に示す。

この集じん機は、フィルタに捕集されたヒュームを払い落とすための払い落とし機構(レバー操作)が設けられており、通常作業終了時に1日1回操作すると機能の低下を来さないことを確認した。この試験では長時間運転でフィルタに目詰まりを起こさせ、フィルタへ捕集されたヒュームの脱じん状況をみるために、長時間にわたりヒュームを吸引し集じん性能を明らかにすることにした。

図8は稼動時間と集じん性能との関係を示す。集じん機本体の初期吸引風量を、約20m³/minにセットして試験を行なった。稼動時間が長くなるに従ってフィルタ面でのヒューム捕集量が増すために、圧力損失が上昇し吸引風量は低下してく

表2 溶接ヒューム回収用静電処理集じん機の仕様 吸引性能である風量、真空度は共に一般の集じん機とほぼ同一である。

項目	仕様
形式	EC-2200
電源	三相交流200V
出力	2.2kW
風量	22m ³ /min
真空度	300mmAg
集じん方式	静電凝集+フィルタ汚過
集じん容量	35l
概略重量	185kg
高圧発生器	10kV 5mA

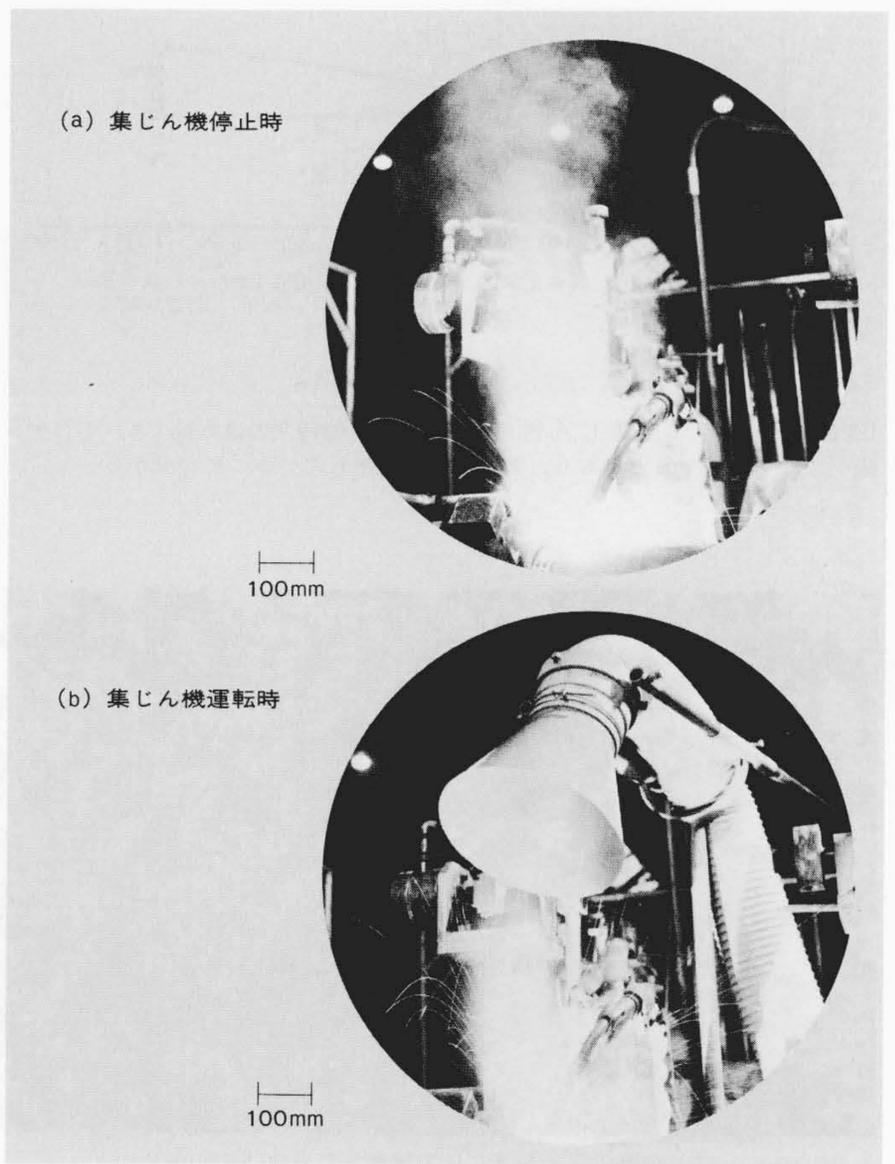
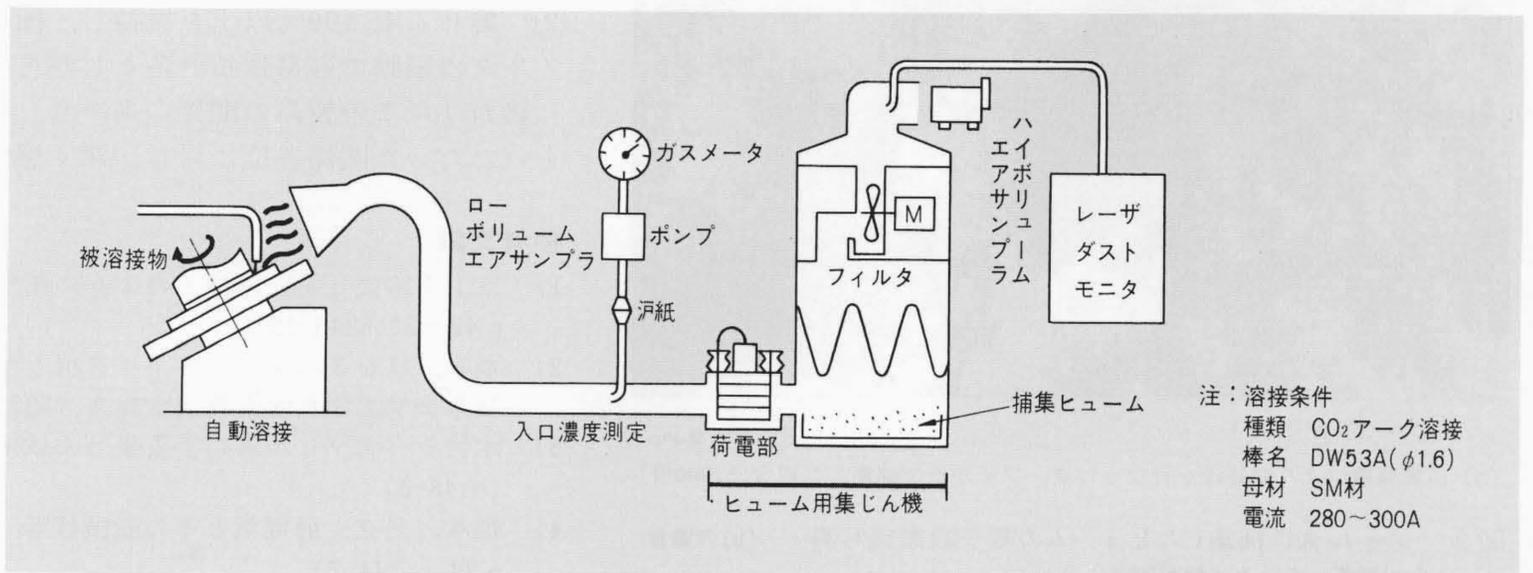


図7 ヒューム吸引状況 集じん機停止時と運転時とのヒュームの状態の差が、一目ではっきりと分かる。

図6 性能試験装置のフローシート 吸引ヒュームの入口濃度測定は、ローボリュームエアサンプラ、出口濃度測定は、ハイボリュームエアサンプラで濾紙法により行なった。



る。運転開始後約30時間経過した時点では、初期風量の70%まで低下したが、フィルタのヒューム払い落としを行なった結果、吸引風量はほぼ運転初期まで回復することが明らかとなった。これより毎日1回作業終了後払い落とし操作を行なうことによって、集じん機能を低下することなく安定した吸引ができる。

この集じん機のように、荷電装置による前処理を行なわずフィルタだけで捕集する方式では、数時間でフィルタが目詰まりし吸引不可能となる。これは前処理法により、フィルタに捕集したヒュームの性状が異なることによるもので、**図9**

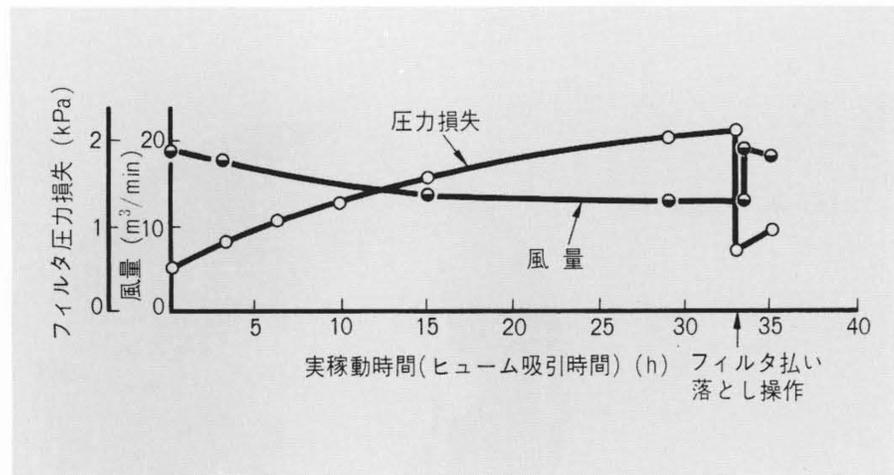


図8 稼動時間と集じん性能の関係 33時間の運転後でも、まだ十分吸引できる風量をもっており、集じん率も安定していることが分かる。

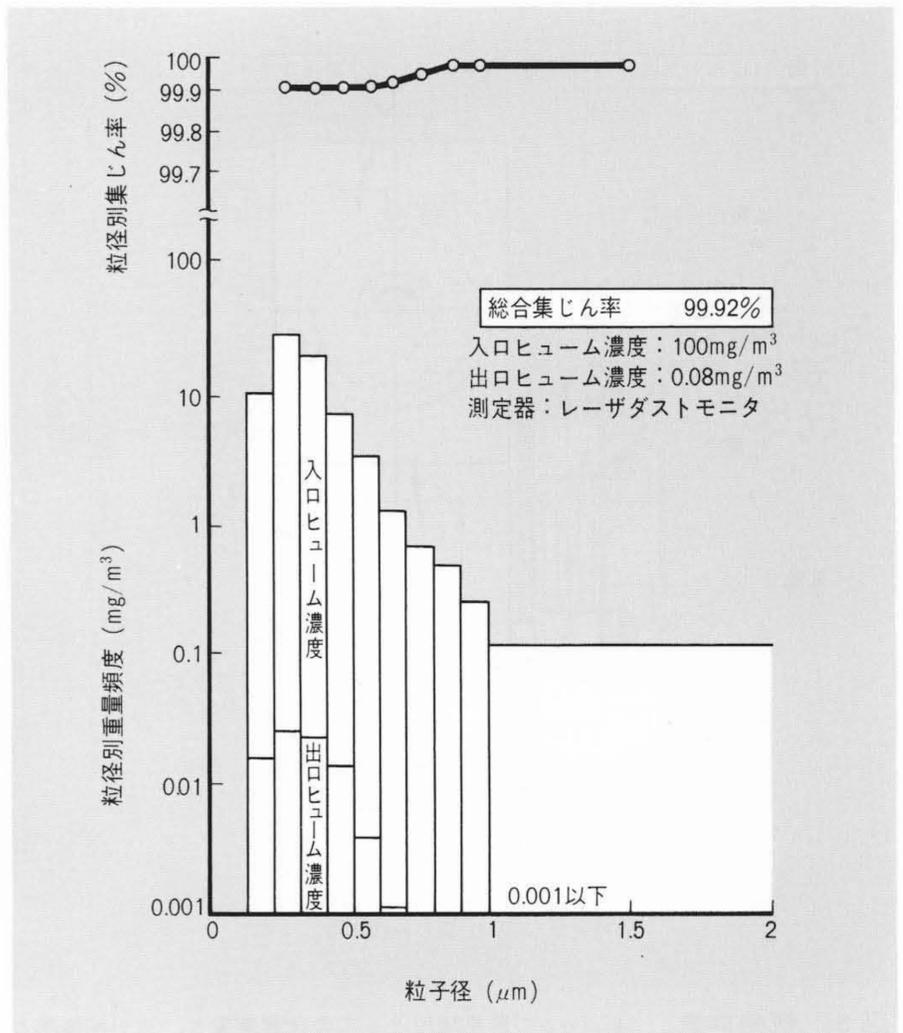
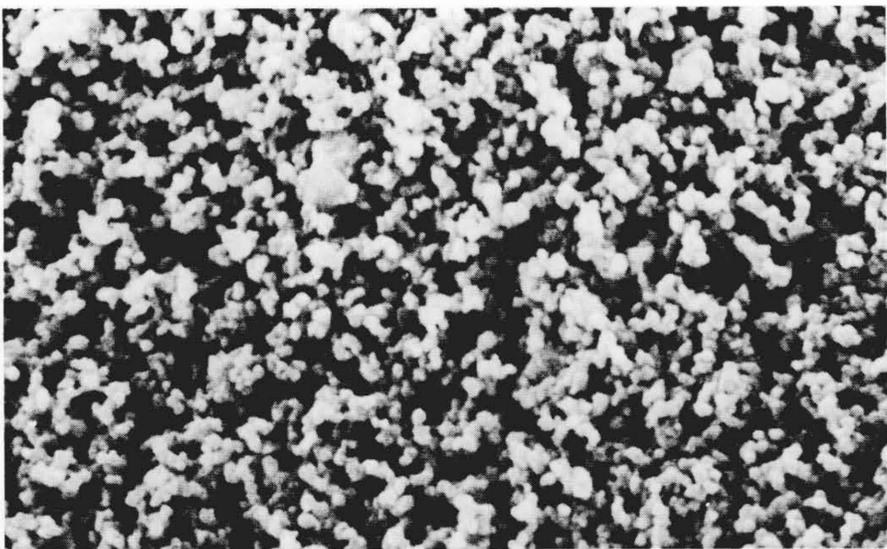


図10 ヒューム粒径別集じん性能 粒子の細かいものから粗いものまで、高集じん率でヒュームを捕集することができる。



(a) 従来のフィルタだけで捕集した場合(5,000倍)



(b) 荷電装置により前処理を行なった後、フィルタで捕集した場合(5,000倍)

図9 フィルタに捕集したヒュームの電子顕微鏡写真 (b)の場合、ヒュームが凝集している状態が顕著に分かる。

にその差を示す。

一方、集じん率は運転初期からほとんど変わりはなく、99.9%以上という高性能が得られた。またフィルタの払い落とし直後でも、集じん率の低下はほとんど認められなかった。

更に、集じん率をヒュームの粒子径別に測定した結果を**図10**に示す。この集じん機は静電的前処理とフィルタ通過とを組み合わせたため、**図10**に示すように、細かいものから粗いものまで平均に高集じん率が得られることが明らかである。

4 結 言

フィルタへ導入する溶接ヒュームの前処理法として、静電処理が極めて効果的であることを確認し、荷電装置をもつ新方式の溶接ヒューム回収用集じん機を開発した。これらをまとめると次に述べるようになる。

- (1) ヒュームに電荷を与え、フィルタで凝集通過する静電処理通過集じん法は、ヒュームによるフィルタの目詰まり度が低く、従来法に比べ運転時間を約10倍に長くすることができる。
- (2) 集じん率は99%以上を維持し、捕集されたヒュームはフィルタの振動で容易に払い落としが可能となった。

終わりにこの製品の開発に当たり、多大な御指導と御援助をいただいた関係各位に対し、深く感謝する。

参考文献

- 1) 三上：溶接ヒュームはどのように測定すべきか、溶接技術 p.49~53(昭45-12)
- 2) 池森、ほか3名：バグフィルタ用ろ布の除じん性能、第6回日本大学工学科学術講演会論文(昭32)
- 3) 木村：バグフィルタによる集じん技術、化学工学p.15~17(昭48-3)
- 4) 橋本、足立：静電気とその産機技術、東京電機大学出版局 p.74(昭44-7)