

洗浄集塵における蒸気噴射効果に関する研究

(第1報 粒子径による影響)

上野 五郎*・門脇 重道**・荒谷 秀治***

An Experimental Study on Steam Injection Effects into The Wet Dust Scrubber

—1st Report Effects of Particle Size—

Gorō UENO, Shigemichi KADOWAKI and Hideharu ARATANI

Abstract

In many cases, it is extremely difficult for the dust scrubbers to catch submicron particles. It needs that those are collected perfectly in social environment.

The authors tried and succeeded to improve the scrubber performance with steam injection into a wet dust one in M company. The aim of this study is to investigate the collection mechanism. In this report effects of particle size is described.

Experimental evidence shows that the talk as particles do not improve the scrubber performance with steam injection but the whitecarbon remarkably.

1. 緒 言

大気汚染をはじめとして、水質汚濁・騒音・振動・悪臭等による公害は、人間の生活環境を著しく破壊しつつくそうとしている。これらが経済政策によって増巾されたことは疑いないが、直接的には技術の奇形化によるものであるから、技術の正常な姿への復帰が必要であり、具体的には公害防止技術の研究・開発が現代技術の再編成における一つの課題と言えよう。

金属溶融炉から発生する金属ヒュームや放射性廃棄物の燃焼炉からのバイ塵等は環境に排出されてはならない物質を含んでいる。しかしこれらのヒュームやバイ塵は 1μ 以下の微粒子を多く含んでいるため、一般の集塵器では捕集が困難で、コットレル集塵器やバッグフィルタ集塵器・ベンチュリスクラバ等が用いられることになる。これらの装置は設備費や運転費が高いという難点がある。従って 1μ 以下の微粒子を容易に捕集可能な集塵器の開発が望まれている。

この目的に沿うものとして、P.J. Shauer¹⁾は Wil-

sonの霧箱の原理を応用して、蒸気エゼクタによる集塵に関する実験を行なっている。彼は蒸気エゼクタのノズル形状が蒸気の凝縮状態を左右すると述べ、蒸気エゼクタが最適形状のとき、 0.3μ の粉塵を使用して99.8%の捕集効率を得ている。ただし、蒸気エゼクタを用いるため消費蒸気量に比して処理空気量が少ないことや、蒸気圧力も比較的高い必要があることから、特殊な場合以外には使用できない。

これにたいして筆者らはM社の重金属溶融炉からの排煙に用いられている充填塔集塵器に工場の廃蒸気を噴射させることによって捕集効率70~80%のものを96.8~98.6%に向上させることができた。この試みでは蒸気消費量は少なく、蒸気圧力も低いため、一般的にも使用が可能である。

この捕集機構が明らかになれば、微粒子の捕集が可能な低圧損、低廉な集塵器の開発ができると考えられる。そこでM社の集塵器のモデル装置を作製し、捕集機構を明らかにするための実験を行なった。ここでは粉塵の粒子径が捕集効率におよぼす影響を調べるため、粉体としてタルクとホワイトカーボンを用いて実験を行なった。

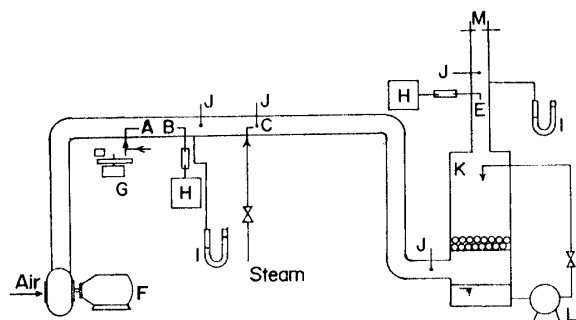
* 徳山工業高等専門学校

** 機械工学科

*** 石川島播磨重工業 K.K.

2. 実験装置および実験方法

実験装置を Fig.1 に示す。ブローアから送られた空気は A 点で粉塵供給装置からの粉塵と混合し、B 点では粉塵濃度測定のための吸引が行なわれる。その下流の C 点で蒸気の噴射が行なわれ、蒸気と混合した空気は充填塔の下部から入り、水面に衝突した後、反転して水にぬれた充填層を通り、洗浄を受けた後エリミネータを通り戸外へ排出される。E 点では再び粉塵濃度測定のための吸引があり、M 点では空気流量の測定が行なわれる。



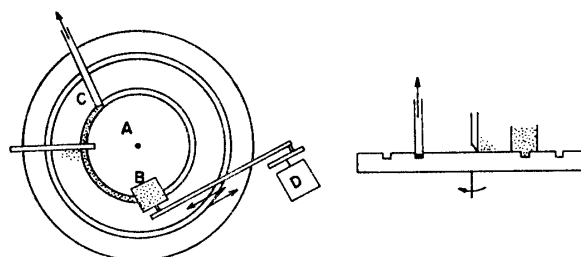
- A: Dust injection point
- B: Dust sampling point
- C: Steam injection point
- E: Dust sampling point
- F: Blower
- G: Dust supply device
- H: Dust suction device
- I: Manometer
- J: Thermometer
- K: Spray tower
- L: Pump
- M: Orifice plate flow meter

Fig. 1 Layout of apparatus

空気が送られる管は内径 107 mm の硬質塩化ビニール製の円管で、蒸気噴射ノズルは内径 9 mm である。充填塔は内径 600 mm、高さ 2600 mm で材質はステンレスであり、塔底部から 1100 mm のところに直径 37 mm のプラスチック球が約 150 mm の厚さに充填されている。

Fig. 2 には粉塵供給装置を示す。溝を有する円盤が低速で回転し、そこへ往復運動をする箱によって粉塵が充填される。この充填された粉塵がアスピレータによって吸引されて、管内に吹き込まれる。この供給装置は、筆者らが考案し製作したものであるが、これによって微量の粉塵の供給が連続的にしかも定量的に行なうことが可能となった。

使用粉塵のタルクは JIS Z 8901 に試験用粉塵第 4 種と規定されており、白色で弱吸湿性である。平均粒子径は約 10μ で真比重 2.7~2.8 である。ホワイトカーボンは同様に白色、弱吸湿性であるが平均粒子径が



- A: Rotary disk
- B: Dust charging box
- C: Dust suction tube
- D: Motor

Fig. 2 Dust supply device

$1.6 \times 10^{-2}\mu$ と非常に微細な粉体である。真比重は 1.9~2.0 で JIS に試験用粉塵と規定されているケイ砂粉と化学組成はほぼ同じである。

実験条件は M 社の実装置の値を参考にして以下のように設定した。管内平均風速 10, 20, 25 m/s 粉塵濃度 15, 25, 35, 50 mg/Nm³ 充填塔洗浄水量 2, 6, 10, 14 l/m³ 水蒸気量 6, 13, 20 g/m³。

粉塵濃度の測定は円筒口紙を用いて JIS Z 8808 により行なった。

3. 実験結果および考察

3.1 粉体としてタルクを用いた場合

充填塔の洗浄水量が捕集効率に及ぼす影響を表わしたのが Fig. 3 である。粉塵濃度は 30~50 mg/Nm³ であるが、管内平均風速がいずれの場合においても洗浄水量の増加によって捕集効率が上昇しており、特に

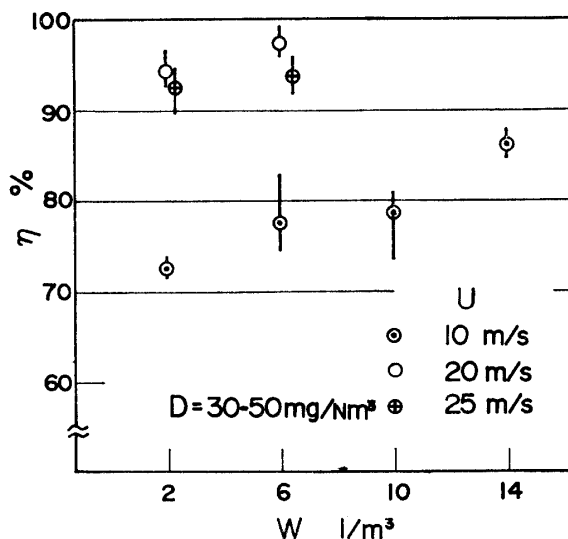


Fig. 3 Relationship between spray water rate and scrubber performance for various mean flow rates

10 m/s の場合において著しい。同じ洗浄水量で効率が大きく異っているのは、絶対水量の大きさが影響しているものと思われる。さらに風速 20 m/s と 25 m/s では 20 m/s の方が効率は良くなっていて 20 m/s, 洗浄水量 6 l/m³ で 96.3% の最高値を示している。

洗浄水量が 6 l/m³ の時、粉塵濃度が捕集効率におよぼす影響を表わしたのが Fig. 4 である。平均風速 10 m/s では、粉塵濃度の小さいところで、効率に大きなばらつきが見られ、はっきりした傾向はつかめない。これは粉塵量の絶対値が小さいため測定精度が十分でないことからくるものと考えられる。20, 25 m/s は 10 m/s に比較して効率が著しく大きいのは Fig. 1 と同様であるが、粉塵濃度の増加と共に、集塵効率の上昇がみられる。しかも 20 m/s の方が 25 m/s に比して効率がやや大きい。

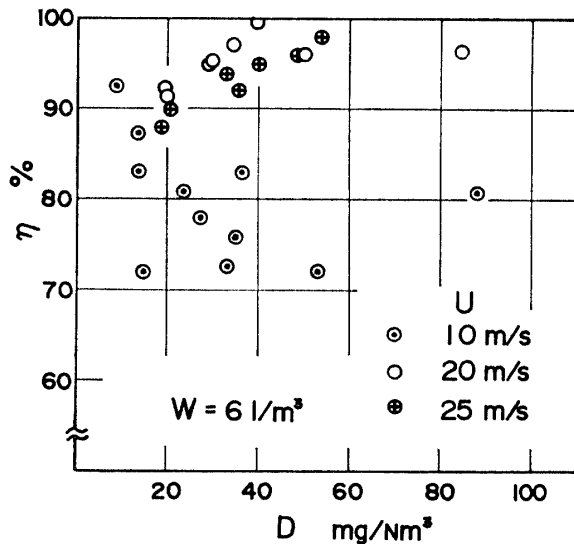


Fig. 4 Relationship between dust loading and scrubber performance for various mean flow rates

ここで蒸気噴射を行ない、捕集効率におよぼす影響を表わしたのが Fig. 5, Fig. 6 である。Fig. 5 の風速 10 m/s では Fig. 4 と同様、捕集効率のばらつきで蒸気噴射の効果があるかどうか断定しがたい。粉塵濃度の大きいところでやや上昇している傾向がみられる。また Fig. 6 の風速 20 m/s でも同じように蒸気噴射によって捕集効率が上昇していると言いがたい。粉塵濃度の小さいところで蒸気噴射によって捕集効率がやや上昇している傾向がみられる。

Fig. 6 では蒸気量が 6~20 mg/m³ の範囲で変化しているので、蒸気量を粉塵濃度で除して無次元化したものと、捕集効率との関係を Fig. 7 に示す。この図によると S/D の値いかんにかかわらず、捕集効率はほ

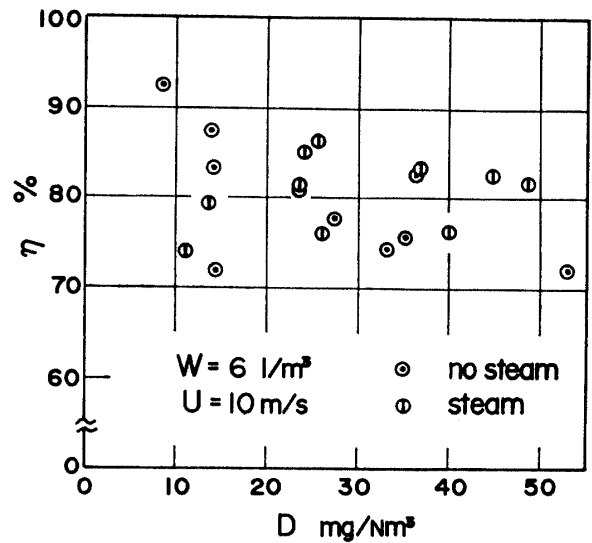


Fig. 5 Comparison of scrubber performance with steam injection and no steam injection

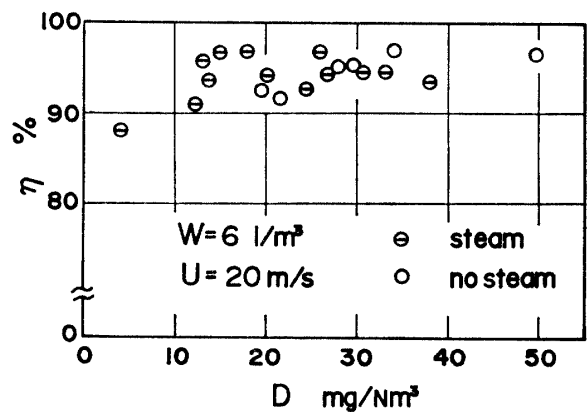


Fig. 6 Comparison of scrubber performance with steam injection and no steam injection

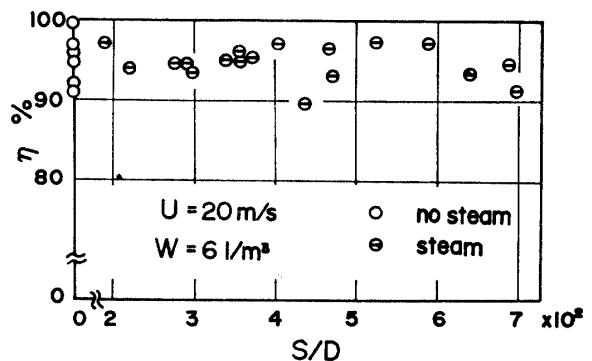


Fig. 7 Relationship between steam injection rate and scrubber performance. Steam injection rate expressed as grams of steam per grams of dust

ぼ一定値を示しており、蒸気量の割合は捕集効率に影響をおよぼしていない。

さらに蒸気噴射によって空気中の湿度の変化が考えられるが、ここでは噴射蒸気と空気が完全に混合し、充填塔入口温度の空気になると考えて、物質収支の式より充填塔入口の飽和度を算出した。飽和度と捕集効率との関係を Fig.8 に示す。ここでも同様に飽和度のいかにかわらず、捕集効率は影響を受けていない。

以上の結果より、粉体としてタルクを用いた場合には、蒸気噴射の効果はほとんど認められない。

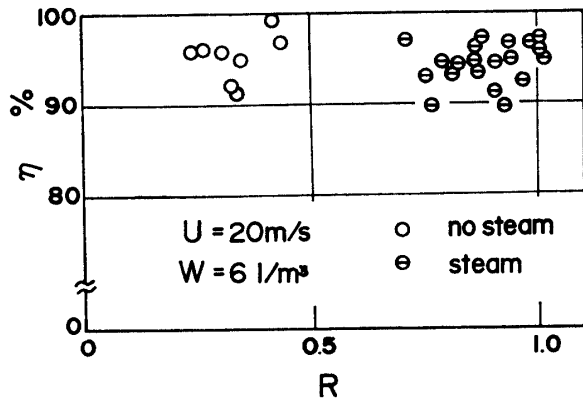


Fig. 8 Relationship between saturation value in front of spray tower and scrubber performance

3.2 粉体としてホワイトカーボンを用いた場合

洗浄水量が集塵効率におよぼす影響を表わしたのが Fig. 9 である。粉塵濃度は 30~60 mg/Nm³ の範囲であり、各々の風速において洗浄水量が増加すると捕集効率が上昇するのはタルクの場合と同様である。しか

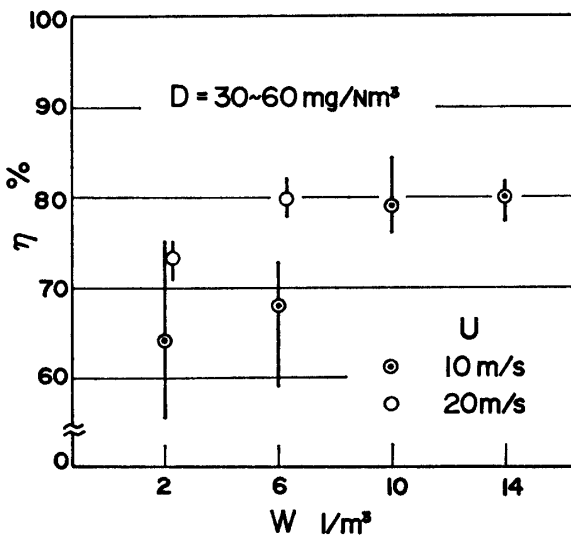


Fig. 9 Relationship between spray water rate and scrubber performance for various mean flow rates

し全体にタルクに比較して効率は低下しており、特に 20 m/s の場合タルクに比して 15% 以上の低下がみられる。20 m/s, 6 l/m³ の時の効率が 10 m/s で 10, 14 l/m³ とほぼ同程度の値を示していることもタルクと大きく異なる点である。これは洗浄水量の絶対量がほぼ等しい時は捕集効率も同程度であることを意味し、風速の影響はあまり受けないことを表わしているものと思われる。すなわち捕集機構において慣性衝突による捕集のしめる割合が非常に小さいものと考えられる。これはホワイトカーボンの粒径が非常に小さいために、この様な現象が表われたものと思われる。

洗浄水量 6 l/m³ の時の粉塵濃度と捕集効率との関係を Fig. 10 に示す。10 m/s の場合測定点が少ないが各々の風速では、粉塵濃度のいかにかわらず効率はほぼ一定を示している。

ここで蒸気噴射を行なった結果を Fig. 11, Fig. 12 に示す。Fig. 11 では蒸気噴射によって約 10% 程度の捕集効率の上昇がみられ、Fig. 12 では約 7% 程度の捕集効率の上昇がみられる。

蒸気を粉塵濃度で無次元化したものと捕集効率との関係を Fig. 13 に示す。これによると各々の風速において S/D の増加とともに効率は上昇して一定値に近づく。すなわち 10 m/s では S/D が 300 付近まで捕集効率の上昇があり、20 m/s では S/D が 200 付近まで上昇している。すなわち噴射蒸気量が増加するにつれて効率は上昇していくが、ある一定値になると、それ以上蒸気を噴射しても捕集効率の上昇がみられなくなる。

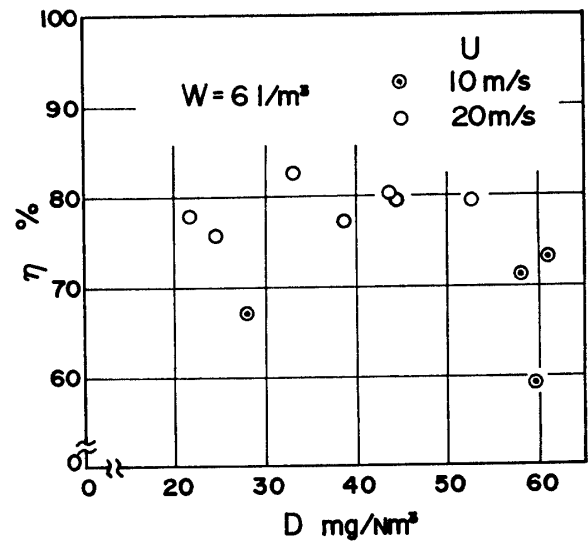


Fig. 10 Relationship between dust loading and scrubber performance for various mean flow rates

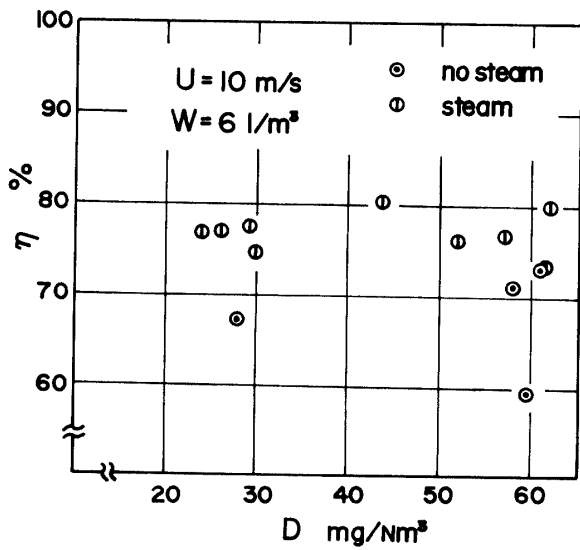


Fig. 11 Comparison of scrubber performance with steam injection and no steam injection

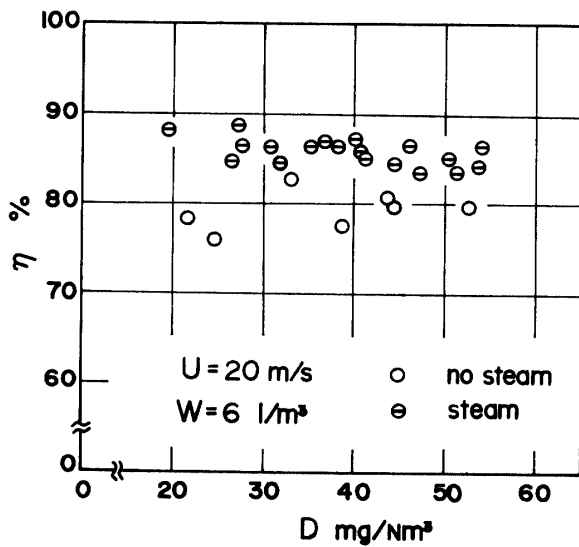


Fig. 12 Comparison of scrubber performance with steam injection and no steam injection

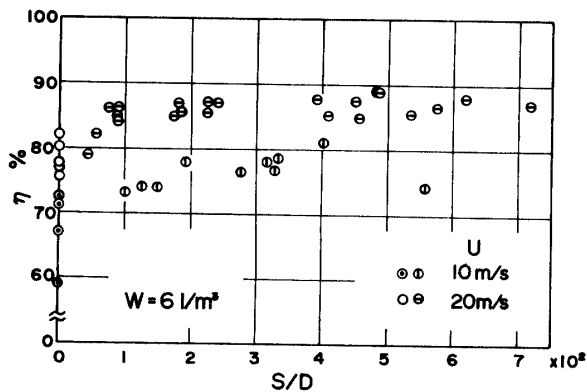


Fig. 13 Relationship between steam injection rate and scrubber performance for various mean flow rates. Steam injection rate expressed as grams of steam per grams of dust

20 m/s, 6 l/m³ の時の充填塔入口飽和度と捕集効率との関係を Fig. 14 に示す。飽和度の上昇とともに連続的に捕集効率の上昇がみられる。すなわち蒸気噴射のない場合に比較して蒸気噴射がある場合は、飽和度が大きくなりそれにつれて捕集効率も上昇している。

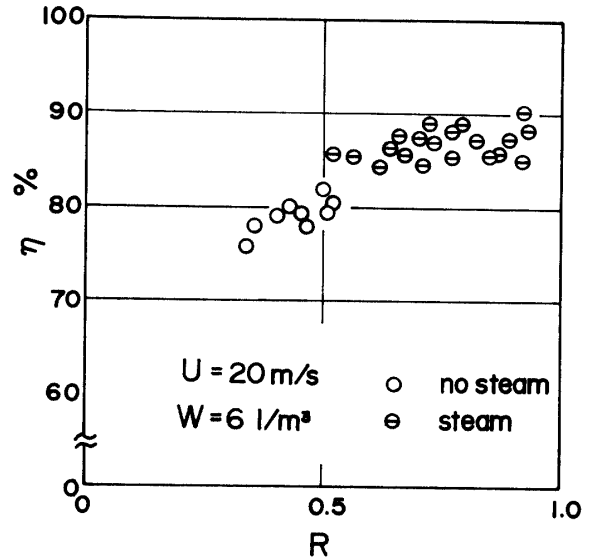


Fig. 14 Relationship between saturation value in front of spray tower and scrubber performance

以上の結果より、粉体にホワイトカーボンを用いると蒸気噴射により捕集効率が上昇することがわかる。

蒸気噴射が粉体にどのような影響を与えるかを観察するため顕微鏡写真撮影を行なった。蒸気噴射から下流 500 mm の所で蒸気噴射の有無による粉体の顕微鏡写真の一例を示す。Fig. 15 は蒸気噴射の無い場合のもので、ホワイトカーボンが小さく分散されている様子がわかる。Fig. 16 は蒸気を噴射した時のもので、油の中に捕集した水滴の写真である。蒸気の凝縮により小さな水滴が発生し、その中に粉体がとりこまれている様子がわかる。また Fig. 17 は蒸気噴射の時のものであるが、ガラスの表面の水分を蒸発させたものである。これによると、蒸気の凝縮によって発生した水滴を媒体として、粉体の凝集が行なわれ、粉体の粒子径が増大していることが判明する。このようにホワイトカーボンを含んだ空気に蒸気を噴射すると、蒸気の凝縮により水滴が発生し、その中に粉体がとりこまれることにより、粒子の径が増大する。そして水滴を媒体として粉体どうしの凝集も進む。この蒸気の凝縮効果によりミリミクロン単位の粉体の粒径が増大することによって捕集効率の上昇がもたらされることが確認された。

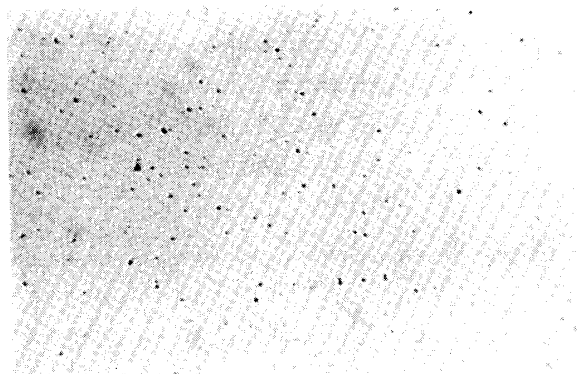


Fig. 15 Micro photograph of whitecarbon caught behind a point C in Fig. 1 without steam injection

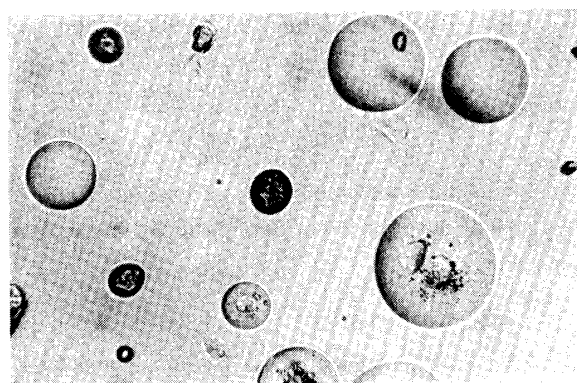


Fig. 16 Micro photograph of condensate caught behind a point C in Fig. 1 with steam injection

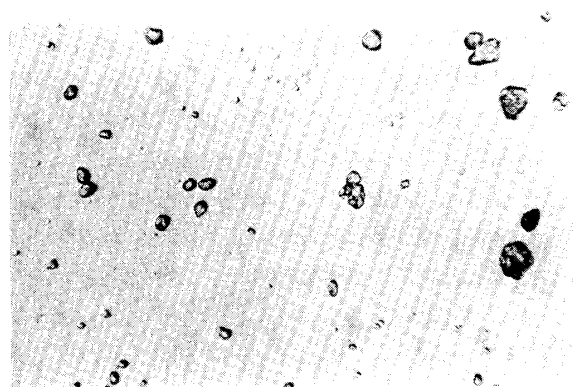


Fig. 17 Micro photograph of whitecarbon caught behind a point C in Fig. 1 with steam injection

4. 結 論

1) 粉体としてホワイトカーボンを用いると、蒸気噴射により捕集効率の上昇がみられるが、タルクではみられない。

2) ホワイトカーボンにおける蒸気噴射による捕集効率の上昇は、蒸気の凝縮によりホワイトカーボンが水滴にとりこまれることによる。

おわりに、この研究の装置製作や実験に協力された大坪正之・長井 寛・野口輝年の諸君に感謝します。

また粉体材料の便をはかっていただいた藤井健一氏(東洋曹達工業 K.K.) と日本シリカ K.K. に感謝いたします。

使用記号

D : 粉塵濃度 mg/Nm^3

S : 蒸気量 g/m^3

W : 洗浄水量 l/m^3

U : 管内平均風速 m/s

R : 充填塔入口飽和度

η : 捕集効率

参 考 文 献

- 1) P.J. Shauer: Ind. Eng. Chem., **43**, 1532 (1951)
- 2) 吉田 哲夫: 化学工学, **31**, 647 (1967)
- 3) 井伊谷鋼一: 集塵装置, 日刊工業 (1974)

(昭和51年4月15日 受理)