

氏名	金岡千嘉男 かな おか ち か を
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第334号
学位授与の日付	昭和48年7月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科化学工学専攻
学位論文題目	エアロゾル粒子の挙動と捕集に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 吉岡直哉 教授 井伊谷鋼一 教授 水科篤郎

### 論文内容の要旨

本論文はエアロゾルが種々の環境下において流動する場合に粒子が示す挙動を、理論的・実験的に検討した結果を述べたもので2編5章よりなっている。

第1編においては円管内を流れるエアロゾル粒子の管壁への沈着現象についてのべている。一般に直管内にエアロゾルを流した時には、流れに平行な管壁への粒子の付着量は大きなものではない。しかしながら管が水平である時は重力沈降による沈着が当然起り、また乱流状態においては流体の乱れに伴う粒子の運動により、相当量の沈着を生ずる。この後者の場合、管壁附近には層流底層が存在し、拡散係数の小さいエアロゾル粒子では単純な拡散のみによる移動量は無視できるので、通常のガス分子とは異った機構によってこの部分を通過すると考える必要がある。このような粒子の沈着機構についての研究は、エアロゾルの移動現象の基礎的な理解のためにも、また種々のエアロゾル測定装置の配管壁への沈着に伴う測定誤差や、腐食閉塞などの実用的意義からも重要であり、すでに2・3の研究者により検討されているが、未だ十分な説明は与えられていない。

第1章においては、著者は水平管内に乱流状態で金属粒子のエアロゾルを流して実験を行い、流れが乱流であっても重力による沈降が全沈着量に対してかなりの寄与をする場合のあることを確かめた。次に垂直管に対するFriedlanderの解析方法に重力沈降の影響を加えることによって、水平・垂直・傾斜いずれの管にも適用できる沈着速度式を導き、実験結果と比較してかなりよい一致をえた。

しかしながらFriedlanderの解析においては、エアロゾル粒子の乱流中における拡散係数を気体のそれに等しいとしており、これは実際と異なる仮定である。そのために層流底層部を通過して管壁に達するのに必要な粒子の打出し速度を、実験に合致するように管壁より一定距離はなれた点の流体の乱れ速度に等しいと定めざるを得なかった。著者は第2章において、より実際に即した粒子の沈着機構を明らかにするために、乱流中の粒子の乱れ運動をモンテカルロ法によりシミュレートし、さらに壁近傍の速度勾配にもとづく揚力をも考慮して粒子の乱流拡散係数を算出し、これより粒子の沈着速度を求めて実験に近い結果

を得た。

また第3章では実用面で重要な、一定の長さをもつ管路系での粒子沈着率を第1章の結果を利用して求め、水平・垂直組み合わせ管などにおける粒子沈着率を層流から乱流までの全流速範囲で推定し、剪断速度、粒子終末沈降速度、管長比などの関数として与えた。また水平管の場合、沈着率を最小とする流動条件は乱流下でおこり、この時の剪断速度は粒子の終末速度のみの関数で与えられることを確かめ実験式を与えている。

第2編においては気流中に物体を挿入することによって粒子と流体間に強制的に相対速度を作り出し、粒子を分離捕集する操作のうち、洗浄集塵の基礎としての単一捕集球と、粒子の捕集がほとんどその表面のみでおこる多孔板状フィルターをとりあげ、粒子捕集性能の解析と実験による確認を行っている。

まず第1章では洗浄集塵（例えばベンチュリスクラバー）において実際におこっていると考えられる捕集球基準レイノルズ数200以下の種々の場合について捕集効率を計算した。この場合球まわりの流れとしては境界層理論と Jenson の数値解を利用している。また球表面の角度による捕集量分布も理論から求めている。これらの結果を上記の仮定の満たされる条件下の固定された球による捕集実験の結果と比較し、効率および分布のいずれも理論と一致することを確かめた。この方面の従来の研究は、球まわりのレイノルズ数が十分大きいものとしてポテンシャル流の仮定の下に行われることが多かったが、著者のこの研究により広範囲で実際に即した計算が可能となった。

また第2章では多孔板フィルターによる粒子捕集の機構を明らかにするため、まず多孔板を等価な円管内単孔厚肉オリフィスでモデル化し、これを通る流れを数値計算により求め、その結果を用いて圧力損失および粒子の軌跡を計算し、フィルター表面における捕集効率を算出した。これらの結果を8ミクロンの均一細孔を有する特殊フィルターによる実験結果などと比較し、よい一致を示すことを確かめている。

### 論文審査の結果の要旨

この論文は、エアロゾルが種々の環境下において流動する時、その中に含まれる微小懸濁粒子が示す挙動についての理論的、実験的研究の結果をまとめたもので、エアロゾル粒子の管壁への沈着現象や分離法に関する基礎的な知見についてのべている。得られた結果の主なものを要約すると次の通りである。

i) 水平管内に乱流状態で金属粒子のエアロゾルを流し、管壁への粒子の沈着速度を種々の条件の下に実測し、従来無視されることの多かった重力による沈降量が、相当な流速まで全沈着量に対して相当な寄与をする場合のあることを確かめた。

次に垂直管を流れるエアロゾルの管壁への沈着速度に関する Friedlander の解析方法に重力沈降の影響を加えることによって、水平・垂直いずれにも適用できる沈着速度式を導き、上記の実験結果と比較してかなりの一致を得ることを示した。

ii) しかしながら上記の Friedlander の解析法は粒子の乱流拡散係数が流体のそれに等しいという実際と異なる仮定に基づいており、その結果壁附近の層流底層を貫通するための粒子の打出し速度に関して、実験結果と一致させるための特殊な仮定を必要とした。著者はこの点に関し、より実際に即した粒子の沈着機構を明らかにするために、乱流中における粒子の乱れ運動をモンテカルロ法によりシミュレートし、

さらに、壁附近の速度勾配に伴う揚力を考慮して統計的に粒子の各位置における乱流拡散係数を求め、これより粒子の沈着速度を計算して実際に近い結果を得た。さらに以上の結果を用いて、層流から乱流までの全流速範囲における水平・垂直管へのエアロゾル粒子の沈着率を推定する方法を提案し、この沈着率を最小とする条件を与えた。

iii) 気流中に液体を噴霧してダスト粒子を液滴面に捕集する洗浄集塵法においては、液滴球へのダスト粒子の衝突効率が集塵効果を支配する因子となる。この方面の従来の研究では球まわりのレイノルズ数が十分に大であるとしてポテンシャル流の仮定の下に衝突効率の計算がなされて来たが、著者はレイノルズ数が200以下の、実際に近い種々の値において、境界層理論とJensonの数値解を使って衝突効率を求め、また球表面の角度による粒子の捕集量分布をも算出した。これらの結果を微小な固定球による捕集実験の結果と比較してその妥当性を確かめた。

iv) 薄膜に極めて微小な一様な孔を多数穿ったメンブランフィルターと称するものが近時流体の高度の清浄化に応用されつつあるが、孔径より小さい粒子に対する捕集効率の予測の方法がなかった。著者は多孔板フィルタを通る流れを、等価な仮想円管に設けられた厚肉オリフィスを通る流れで近似し、その流線などを数値計算法で求めるとともに、圧力損失および粒子の軌跡の計算を行い、フィルター表面での理論捕集効率を求めた。これらの結果を8ミクロンの均一孔径をもつ特殊フィルターによる実験値などと比較して理論およびモデルの妥当性を確かめた。

以上要するにこの論文は管内を流れるエアロゾル粒子の管壁への沈着現象、ならびに球形物体と多孔板フィルターへの衝突効率について理論的解析を行ない、その結果を実験と比較検討してその妥当性を証したものであって、エアロゾル粒子の移動現象についての基礎的な理解を深め、またその分離法の解析に新しい知見を加えたもので、工学上、応用上寄与する処が少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。