

氏名	インドラ アディウィジャヤ Indra Adhiwidjaja
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1849号
学位授与の日付	平成11年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4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	エアロゾル微粒子の沈着・再飛散同時現象に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 増田弘昭 教授 荻野文丸 教授 東谷 公

論文内容の要旨

本論文は、エアロゾル微粒子の沈着と再飛散が同時に進行するときの沈着層の形成に着目して、沈着・再飛散同時現象を解明するための実験的および理論的検討を行った結果をまとめたもので、7章から成っている。

第1章は序論であり、本研究の背景と研究の目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、エアロゾル微粒子の沈着と再飛散が同時に進行すると、規則的パターンの筋状沈着層が形成されることを見出し、その構造を詳しく検討している。沈着層の厚さは、実験開始後、時間とともに急増するが、沈着と再飛散が平衡状態になるとほぼ一定になり、沈着層の形状が筋状に変化する。この厚さの変化は、単位時間あたりの沈着量の増加が、実際の沈着量と平衡状態の沈着量の差に比例するとしたモデルにより指数関数の式で表すことができる。また、厚さは平均空気流速の増加にともなって減少するが、その変化は筋状沈着層が形成されると緩やかになることを見出している。なお、粒子径を小さくすると、全体として高流速側に移行し、しかも筋状沈着層を形成する流速範囲は広がる。一方、筋状沈着層の間隔は、平均流速または粒子径とともに大きくなる。これは、筋状沈着層が下流に対して微小障壁として作用し、筋状沈着層の形成パターンがエアロゾル粒子の慣性沈着に支配されるためであることを示している。

第3章では、沈着層形成過程の観察および画像解析を行うことにより、沈着層の形成機構を検討し、移動モデルを提案している。筋状沈着層は、斑点状の沈着層が斜め後方に延びることにより成長する。また、沈着層は定位置で成長するのではなく、形状によらずほぼ一定速度で流れ方向にゆっくりと移動する。これは、沈着層の前面では主に微小凝集粒子が再飛散し、後部では新たに沈着層が形成される結果として生じる現象であることを見出している。このとき、エアロゾル粒子の衝突が再飛散に対して重要な役割を果たしており、移動速度は粒子沈着フラックスを用いて近似的に説明できることを示している。

第4章では、中位径の異なる微粉体を用いて、第3章で提案した沈着層の移動機構に関する実験的検討を行っている。筋状沈着層の移動速度は、粉体種および粒子径によらず、壁面に向かう粒子フラックスにほぼ正比例することを明らかにしている。また、一個の粒子の衝突によって再飛散する凝集粒子の大きさは、筋状沈着層の移動速度と個数基準粒子フラックスの比例関係から推定できることを示し、一次粒子径の減少あるいは流速の増加にともなって小さくなることを明らかにしている。

第5章では、筋状沈着層の形成過程に及ぼす壁面の材質と表面粗さの影響に関して、理論的および実験的検討を行っている。筋状沈着層の形成は、導電性の壁面では、その種類によらないが、表面粗さに影響される。すなわち、一定の空気流速では、表面粗さが大きくなると、筋状沈着層の厚さ、間隔と移動速度が小さくなる。さらに表面粗さがある一定値以上になると、筋状沈着層が形成されなくなることを示している。なお、筋状沈着層に及ぼす表面粗さの影響は、沈着層への粒子の衝突による分離力、ならびに凝集粒子と壁面間の付着力に基づいたモーメントバランスモデルにより説明できることを示している。

第6章では、単極荷電装置を用いて粒子帯電量を制御するとともに、円管の外部から電界を掛けたときに形成される沈着層について実験的に検討している。その結果、リング状電極では、粒子の帯電符号と外部印加電圧の符号が同じときだけでなく、異なる場合でも膜状沈着層が形成されることを明らかにしている。膜状沈着層の単位面積あたりの沈着量は、印加電圧にかかわらず経過時間とともに指数関数的に増加するが、印加電圧によっては、粒子沈着量の増加速度が異なる。また、粒子帯電量とともに増加する。なお、電極の幅を広げる、あるいは螺旋状にすることによって膜状沈着層を抑制できることを示している。

第7章は結論であり、本研究で得られた知見を各章ごとにまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、エアロゾル微粒子の沈着と再飛散が同時に進行するときの沈着層の形成に着目して、沈着・再飛散同時現象を解明するための実験的、理論的検討を行った結果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. エアロゾル微粒子の沈着と再飛散が同時に進行すると、流路が水平か鉛直かにかかわらず、また、流路の断面形状が円形か矩形かにかかわらず、ある流速の範囲において規則的パターンの筋状沈着層が形成されることを見出している。沈着層の厚さは流速の増加にともなって減少し、間隔は次第に広がる。これは、沈着層が下流に対して微小障壁として作用するためであることを示している。

2. 沈着層の形成機構を画像解析等を用いて詳細に検討した結果、筋状沈着層は、形状によらずほぼ一定速度で流れ方向に移動しながら成長することを見出している。移動速度は粉体種および粒子径によらず壁面に向う粒子フラックスにほぼ正比例し、したがって、一個の粒子の衝突によって飛散する凝集粒子の大きさが推定できることを示している。

3. 筋状沈着層の形成は、導電性の壁面では、その種類によらないが、壁面粗さの影響を受けることを明らかにし、その影響は、沈着層への粒子の衝突による分離力、ならびに凝集粒子と壁面間の付着力を考慮したモーメントバランスモデルにより説明できることを示している。

4. 静電気の影響があると、筋状沈着層の他に膜状沈着層が形成されることを示しており、粒子帯電量と外部電界を制御することによって、膜状沈着層を抑制できることを明らかにしている。

以上要するに、本論文は、エアロゾル微粒子の沈着・再飛散同時現象における沈着層形成の機構を解明し、その予測と制御に応用した結果をまとめたものであり、得られた成果は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文の内容は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。