

氏 名	ウォラポーン ティラチャイスパキツ Woraporn Theerachaisupakij
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2174 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 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	Particle-layer formation in aerosol flow by simultaneous deposition and reentrainment of fine particles (微粒子の沈着・再飛散同時現象によるエアロゾル流内粒子層形成)
論文調査委員	(主 査) 教 授 増 田 弘 昭 教 授 東 谷 公 教 授 小 森 悟

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、管内エアロゾル流において形成される沈着層について実験的に検討するとともに、シミュレーションおよび解析のモデル化によって現象の解明と予測ならびに沈着層の効率的な除去法について得られた成果をまとめたものであり、6章から成っている。

第1章は序論であり、本研究の背景、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、ミクロンおよびサブミクロン粒子を用いて、乱流場での沈着層の形成に関する実験を行っており、粒子層の形成過程および沈着と再飛散が平衡に達したときの沈着層の状態について詳細に述べてある。沈着層は、その外観から膜状沈着層と筋状沈着層に大別でき、粒子径および空気流速に大きく依存することが示されている。ミクロンサイズの粒子を用いると、低流速では膜状沈着層が形成されるが、流速を増加すると筋状沈着層に移行し、さらに流速を上げると沈着層は除去される。粒子径を小さくすると粒子の付着性が強くなり、サブミクロン粒子では膜状沈着層が形成される。沈着と再飛散が同時進行するときの平衡沈着量あるいは沈着層の厚さは、使用する粉体の付着特性および空気の平均流速によって複雑に変化する。これは、エアロゾル粒子が沈着するときの慣性の影響によって沈着構造が変化するので、沈着層の付着強度にも影響を及ぼすが、付着強度と分離強度に関係する要因を解析すると定量的に評価できる。

第3章では、筋状沈着層の形成に関して詳細に検討するため、数値シミュレーションを行っている。沈着層周辺の流れ場を計算したのち、粒子の微小変動に対してモンテカルロ法を適用したラグランジュ的粒子軌跡の計算から沈着位置を求めており、計算パラメータの影響について考察している。ミクロンサイズの粒子は、慣性の影響を強く受けながら気流とともに移動しており、沈着層が存在するとそれ自体が障害物として作用するため、下流には沈着しにくい領域がえられる。これが、筋状沈着層を形成する主要因である。サブミクロン粒子では慣性の効果が小さいため、明確な非沈着領域が現れないので筋状沈着層は形成されず膜状沈着層になる。ここでは、沈着層の高さ、幅、形状、空気の平均流速、重力の影響について考察しており、粒子の慣性をもっとも顕著に現れるのは、粒子径が大きく、かつ流速が速い場合であり、筋状沈着層の間隔は広くなる。

第4章では、沈着層が除去されるときメカニズムとして、付着力、重力、流体抵抗力、エアロゾル粒子が沈着層に衝撃するときの力、の各モーメントを考慮したモデルを立てて理論的な検討をしている。粒子の沈着位置に関する軌道計算では重力の影響は無視できないが、微粒子の重力は付着力に対して無視できる。計算の結果、サブミクロン粒子では、再飛散には流体抵抗力が支配的であるが、粒子径が数ミクロン以上では、流体抵抗力よりもエアロゾル粒子の沈着層への慣性衝突による力のモーメントが、重要であることを示している。粒子の慣性が大きくなると低流速でも沈着層を除去することが可能であり、このことは実験結果と計算結果において定量的に一致する。一般に、付着性微粉体では沈着層を除去することは難しいが、粗粒子を混入すると管内の清浄に非常に効果的であることが述べられている。

第5章では、粗粒子を混入する代わりに外部振動を加えて沈着層を除去する方法が提案されている。加振実験では、外部

振動は粒子の沈着・再飛散に対して、二つの異なる作用を及ぼすことが示されている。すなわち、外部振動が沈着層の分離除去に寄与する場合と、壁の振動によって浮遊するエアロゾル粒子を壁に接触する機会を増やして、逆に沈着量を増加させてしまうという相反する現象がある。分離強度が付着強度を越える条件に設定すれば、外部振動は粒子沈着層の除去に効果的であるが、その条件が満たされなければ、後者によって膜状沈着層が形成されることになる。理論的検討では、第4章で提案した力のモーメントによる均衡モデルに外部振動の効果を加えて計算を行っており、実験結果は計算結果とよく一致することが示されている。

第6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、管内エアロゾル流における最も基礎的な現象である、沈着・再飛散同時現象による微粒子沈着層の形成に着目して実験的に検討するとともに、シミュレーションおよび解析的モデル化によって現象の解明と予測を行ったものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. ミクロンサイズの粒子では、低流速において膜状沈着層が形成されるが、流速を増加すると筋状沈着層に移行する。一方、サブミクロン粒子は、通常の流速条件で筋状沈着層を形成せず、膜状沈着層となる。平衡沈着量あるいは沈着層の厚さは条件によって異なるが、付着強度と分離強度を解析的に解くことによって定量的な評価を行うことができる。

2. 沈着によって微小凝集体が形成されると、壁面近傍の流れを阻害する障害物として作用する。ミクロンサイズの粒子は慣性の影響を強く受けながら運動するので、微小凝集体の下流には沈着しにくい領域が現れる。これが、筋状沈着層の間隔に相当することを数値シミュレーションによって示している。

3. 付着力、重力、流体抵抗、エアロゾル粒子が沈着層に衝突するときの力の各モーメントを考慮して、沈着層が除去されときのメカニズムに関する理論的なモデルを立てており、サブミクロン粒子では、再飛散は主に流体抵抗に起因するが、数ミクロン以上の粒子では、エアロゾル粒子の沈着層への慣性衝突が支配的であることを示している。また、粒子の慣性衝突を利用した沈着層の除去法が提案されている。

4. 沈着層の除去に対して外部振動を利用することも可能である。上記モデルに振動の影響を加えると、振動による沈着層の除去条件を予測することができる。

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いて形成される沈着層の解明と、沈着層の効果的な除去法をまとめたものであり、得られた成果は、学術上、実際に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14年2月25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。