

氏 名	まつ さか しゅう じ 松 坂 修 二
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2722 号
学位授与の日付	平 成 5 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	微粉体の再飛散現象に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 増田弘昭 教授 東谷 公 教授 高橋幹二

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、壁面に付着した微粉体の再飛散現象の解明と再飛散を予測するためのモデル化に関する研究をまとめたもので、9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、微粉体層表面から凝集粒子が再飛散するときの機構を解明するために、応力バランスを基礎とするモデルを立て、分離強度と付着強度のそれぞれについて理論式を導出している。また、矩形空気流路を用いて再飛散実験を行い、飛散凝集粒子径を測定するとともに、飛散開始流速および飛散限界気流せん断応力を求めている。さらに、提出した再飛散モデルの理論式にしたがって、飛散限界気流せん断応力と粉体層引張破断強度との関係を明らかにしている。

第3章では、電気炉による高温再飛散の実験結果を、第2章で提出したモデルを用いて解析している。温度により粒子表面の吸着水分量や粗さが変化することに着目し、飛散実験から求めた粒子間付着力と、ファン・デル・ワールス力から推算した粒子間付着力とを比較検討して再飛散の温度依存性を説明している。

第4章では、飛散フラックスの経時変化を予測するために、飛散凝集粒子と粉体層との付着強度分布、凝集粒子の飛散に伴う粉体層表面の更新効果、および気流の時間的変動による飛散の時間的な遅れを考慮した数学的モデルを提出している。定常流に達するまでの気流の加速状態についても検討し、平均流速の増加とともに飛散可能量が増えて新たな飛散が生じることを、重ね合わせの原理を用いて定式化する方法について述べている。さらに、定常流に達したあとの飛散の経時変化を計算し、実験結果と比較検討してモデルの妥当性を確認している。

第5章では、気流加速時の再飛散現象を第4章で提出したモデルを用いて詳細に検討するとともに確認実験を行い、飛散フラックスならびに飛散開始流速に及ぼす気流加速度の影響について明らかにしている。

第6章では、円管内で乱流沈着と再飛散が同時に進行するとき形成される沈着層の形状変化について述べている。沈着層の厚さについては粘性底層内の速度分布を考慮して解析し、沈着量の経時変化について

ては沈着フラックスと飛散フラックスの大きさを比較することにより解析している。

第7章では、円管内壁に形成させた微粉体層に対して気流のみによる再飛散実験および気流中に粗粒子を添加した固気二相流による再飛散実験をそれぞれ行い、飛散開始流速、飛散の経時変化および飛散状態について両者を比較し、固気二相流の飛散促進効果について明らかにしている。

第8章では、これまでに得られた知見を活かして、様々な粉体の飛散に関する特性を評価する方法について述べている。すなわち、気流速度を一定の割合で増加することにより、壁面上に付着した粉体を分離強度に応じて飛散させ、飛散粒子の連続測定結果を計算機に自動サンプリングして飛散率と壁面気流せん断応力との関係などを演算処理させる試験システムについて述べている。また、JISの試験用ダストの他に金属や高分子などを含む21種類の粉体について再飛散実験を行い、粒子の付着・凝集性と関係づけて粉体特性を評価している。

第9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

気相中における粉体操作では、沈着粒子量の増加に伴って凝集粒子が再飛散する現象が多く見られるが、これに関する研究はほとんど行われていない。本論文は、粒子再飛散現象の解明と、再飛散を予測するためのモデル化に関する研究をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 気流によって粉体層表面の微小突出部に働く分離強度と粒子付着強度の応力バランスを基礎とするモデルを提出し、飛散限界気流せん断応力がファン・デル・ワールス力に基づく Rumpf の粉体層引張破断強度とよく対応することを見いだした。また、本モデルは粒子間付着力の温度依存性を考慮すれば、高温においても成立することを明らかにした。

2. 微粉体層内の粒子付着強度分布、凝集粒子の飛散に伴う粉体層表面の更新効果、および飛散の時間的な遅れを考慮した数学的モデルを提出した。本モデルは、加速流および気流の加速を停止した後の定常流のいずれにも適用可能であり、加速度が飛散フラックスおよび飛散開始流速に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

3. 沈着・再飛散同時現象において形成される平衡沈着層の厚さは、粘性底層内の気流速度分布によって決まることを見いだした。また、沈着と飛散のバランスにより沈着層の成長速度が最大になるような気流速度が存在することを示し、さらに、エアロゾル流は空気流に比べて再飛散を促進する効果があることを明らかにした。

4. 様々な粉体の再飛散に関する特性を評価するための試験システムを開発し、飛散プロフィールを求めることに成功した。また、積算飛散率と壁面気流せん断応力との関係から、壁面付着粉体量をコントロールするための気流条件を決定することを可能にした。

以上要するに、本論文は、微粉体プロセスにおける粒子再飛散現象について、その機構および支配要因を解明し、再飛散の予測を可能にしたものであり、得られた成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成5年3月18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。