

氏 名	え 江 ま 間 あき 秋 ひこ 彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2293 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 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	粒子の金属ターゲットへの衝突により移動する電荷量に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 増 田 弘 昭 教 授 東 谷 公 教 授 田 門 肇

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、粒子の金属ターゲットへの衝突により移動する電荷量に着目し、これに影響を及ぼす因子について実験的に検討するとともに、その機構についてモデル化を行い、現象の解明を行うことにより得られた成果をまとめたものであり、7章から成っている。

第1章では、本研究の背景、これまでの研究からみた本研究の位置づけおよび本論文の構成について述べている。

第2章では、粉体粒子を傾斜金属ターゲットに連続的かつ定量的に衝突させることにより移動する電荷量の時間変化と、金属表面のあらさの時間変化との関係について検討し、さらに表面あらさが電荷移動量におよぼす影響について実験的に検討している。粉体粒子—金属ターゲット間の電荷移動により金属ターゲットからアースに流れる電流値は、時間の経過に伴って減少し、ある値に近づくことを明らかにし、その際、粉体粒子の衝突によりターゲット表面のあらさが増加することを明らかにした。この結果をもとに、電荷移動に影響をおよぼす因子として表面あらさに着目し、表面を研磨する砥粒の粒子径を変えることで表面あらさを变化させた金属ターゲットを作製して実験を行ない、ターゲットの表面あらさの増加に伴い電荷移動量が減少することを明らかにした。また、以上の実験結果をもとに電荷移動量を推算したところ、表面あらさの時間変化を考慮することにより、電荷移動量の時間変化の傾向をよく表現できることを示した。

第3章では、第2章の結果を踏まえ、粉体粒子—金属ターゲット間の電荷移動におよぼす表面のコンタミネーションの影響に着目して検討を行なっている。表面の研磨がコンタミネーションに与える影響について検討した結果、鉄ターゲットでは約15%程度であるが、アルミニウムターゲットでは表面の研磨により最大約40%のコンタミネーション成分が付着することを明らかにした。さらに、窒素中で金属ターゲットに粉体粒子を衝突させると、鉄ターゲットでは約15%、アルミニウムターゲットでは約50%のコンタミネーション成分が付着することを明らかにした。一方、空気中では、定常状態における電荷移動量は初期における電荷移動量の約15%にまで減少し、粒子衝突に伴うコンタミネーション成分も増加して約60~85%になることを明らかにした。さらに、金属ターゲット表面がコンタミネーション成分により被覆され、これにより電荷移動量が減少するとのモデルにより検討したところ、粉体粒子の衝突により移動する電荷量の時間変化の傾向をよく説明できることを示した。

第4章では、粉体粒子の衝突速度の垂直成分が一定の条件下で、衝突速度の水平成分が電荷移動量におよぼす影響を明らかにするために、金属ターゲットを回転させることで粉体粒子—金属ターゲット間の相対運動を変化させ、これにより衝突速度の水平成分を変化させるという手法により実験を行なった。その結果、衝突速度の垂直成分が一定の条件下では、粉体粒子—金属ターゲット間における電荷移動量は衝突速度の水平成分の増加に伴い増加し、衝突速度の水平成分がさらに大きくなると減少することを明らかにした。さらに、この傾向は、用いた金属の種類によらずほぼ同じであることを明らかにした。

第5章では、粉体粒子の衝突により金属ターゲット表面に生じる衝突痕の大きさと電荷移動量との関係について検討して

いる。衝突角度を一定とし、落下距離を増加させて実験を行なった結果、衝突痕の大きさと電荷移動量とがほぼ正比例することを明らかにした。一方、衝突速度の垂直成分を一定とし、水平成分を変化させた場合には、衝突速度の水平成分がある限界速度までは衝突速度の水平成分の増加に伴い衝突痕の大きさが増加して電荷移動量が増加するが、衝突速度の水平成分がこの限界速度を超えると衝突痕の大きさが増加するにもかかわらず電荷移動量が減少することを明らかにした。

第6章では、衝突速度の水平成分が電荷移動におよぼす影響について、第4章、第5章の結果を踏まえて、衝突速度の水平成分の増加に伴い、表面における粒子の運動が回転状態から滑り状態に移行すると考えて検討している。粉体粒子—金属ターゲット間の電荷移動量が極大値（最大値）をとる衝突角度は衝突速度の垂直成分にかかわらずほぼ一定であり、極大値（最大値）は衝突速度の垂直成分に依存し、規格化された電荷移動量の形は衝突角度により決定されることを明らかにした。また、衝突速度および反発速度を測定した結果、粒子の金属ターゲットへの衝突により失われる併進運動エネルギーの割合は、電荷移動量が極大値を示す衝突角度付近まではほぼ一定で、この角度を超えると直線的に減少していくことを明らかにした。そこで、衝突角度がこの角度を超えると接触状況が回転状態から滑り状態に移行すると考え、これをもとに金属ターゲット上での粒子の回転および滑りの影響を考慮した電荷移動モデル（rolling-slipping model）を考案した。このモデルによる計算結果は、衝突角度の増加に伴って電荷移動量が極大値（最大値）を持つとする実験結果とよく一致した。

第7章では、本研究で得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、粉体プロセスにおいて基礎的かつ重要な現象である粉体粒子の静電気帯電現象について、粉体粒子が金属壁面に衝突することによって移動する電荷に着目し、これに影響を及ぼす種々の因子について実験的に検討するとともに、その機構についてモデル化を行い現象の解明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. 粉体粒子が衝突する金属ターゲット表面の状態と電荷移動量との関係について検討し、電荷移動量はターゲット表面の粒子径に比べて十分小さいあらさの増加に伴って減少することを明らかにした。また、衝突に伴うターゲット表面のコンタミネーションの増加によっても電荷移動量は減少することを見出した。
2. 粉体粒子の金属ターゲットに対する衝突速度の水平成分の影響について検討し、水平成分を増加させると電荷移動量が増加して極大値を持ち、さらに水平速度成分を増加させると、電荷移動量は逆に減少するという特異な実験結果を得ている。また、この傾向は用いた金属の種類によらずほぼ同じであることを示した。
3. 衝突速度の水平成分と粉体粒子の金属ターゲットへの衝突により生じる衝突痕の形・大きさと電荷移動量との関係並びに粉体粒子の反発挙動の関係について、粒子のターゲット上での運動が水平速度成分の増加に伴って回転状態から滑り状態に変化することから説明できることを示した。
4. 電荷移動におよぼす衝突速度の水平成分の影響について、ターゲット表面上で生じる粒子の回転および滑りが電荷移動に有効な接触面積を変化させることを考慮したモデルを作成して検討を行い、実験結果とよく一致する結果を得ている。

以上要するに、本論文は、粉体粒子が金属壁面へ衝突することによって生じる静電気帯電現象について、電荷移動量を決定する主な因子およびその機構を明らかにしており、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15年2月24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。