

## 審査の結果の要旨

氏名 鈴木佐夜香

本論文は「すす粒子の熱泳動現象に関する研究」と題し、凝集体の熱泳動現象における凝集体形状と熱泳動挙動の関係について実験および理論的解析の双方から論じており、全5章からなる。

第1章は緒言であり、研究の背景について述べている。まず、熱泳動現象の原理および熱泳動現象に関する既往の研究内容についてまとめている。次に熱泳動現象が、温度勾配のある場で微小粒子を扱う際に考慮すべき重要な要因のひとつである一方で、微小粒子は凝集しやすく、また既往の研究が球形の単一粒子を対象とした研究がほとんどであることから、現実の場で問題となる凝集体の熱泳動挙動に関する知見が不足していることを述べている。

第2章では、本研究の目的と方針について述べている。凝集体形状が熱泳動挙動及ぼす影響を解明することを目的に、実験および理論により解析する方針を示している。

第3章では、本研究に用いた実験装置や実験手順、実験結果とその解析など実験全般に関して記している。本研究では、粒子の移動速度と凝集体全体の大きさの同時測定を可能とする実験装置を作製し、それをを用いることで熱泳動挙動解析に有用なデータの取得を可能としている。凝集体の熱泳動挙動に影響する種々の要因に関して整理して実験を実施しているが、特に凝集体形状を系統的に変化させるため、試料粒子としては、すす粒子の代表物質としてのカーボンブラック粒子および真密度の効果の確認のため真密度の小さいアクリル樹脂粒子を用いている。結果の解析において、凝集体粒子の形状を表す特性値として、一次粒子サイズ、凝集体サイズ、真密度、かさ密度、DBP吸着量、窒素吸着比表面積などを用い、それらの特性値と熱泳動挙動の特性値である熱泳動速度との関係を詳細に検討している。凝集体中の隙間の体積割合を示す新たな特性値として無次元密度（かさ密度を真密度で除したもの）を導入することにより、無次元密度と熱泳動速度のグラフ上で全ての測定データがほぼ一つの線上に乗ることを見いだしている。熱泳動速度は、無次元密度が小さくなると増加するが、無次元密度が0.05程度以下になるとほぼ一定値となり、その値は自由分子流れ領域の粒子の熱泳動速度とほぼ等しくなっている。このような結果に

ついて、無次元密度が小さく隙間の多い凝集体構造では自由分子流れ領域に相当するサイズである一次粒子の熱泳動挙動が現象を支配し、無次元密度が大きく隙間の少ない構造となると凝集体全体のサイズでの熱泳動挙動が支配的になってくるためであると考察している。

第4章では、本研究で行った理論的解析について述べている。ここでは一次粒子が非常に微小で自由分子流れ領域の仮定が成り立つとして凝集体をモデル化し、その熱泳動挙動を計算している。一次粒子が数個でかつ幾何学的に単純な形状の凝集体から解析を開始し、熱泳動速度と凝集体形状の関係について論じている。さらにその結果を基にして充填率を変化させて解析をおこない、無次元密度と熱泳動速度の関係について推定している。これらの理論的解析で得られた結果と実験結果に関して比較検討を行い、それらが定性的に一致していることを示し、実験結果について一定の理論的な説明が可能であることを論じている。

第5章では、第1章から第4章の総括を述べている。特に、本研究の結果は、熱泳動挙動が凝集体の無次元密度から算出できるという工学的にも大変有意義なものであることを述べている。

以上のように本論文では、すす粒子を対象とする凝集体の熱泳動挙動に及ぼす凝集体形状の影響に関して、実験と理論的解析の双方から検討した成果に関して述べている。凝集体の熱泳動挙動に影響を及ぼす因子に関して詳細に検討した結果、凝集体の隙間の割合を表す無次元密度に対して定量的な関係があることを明らかにし、理論的解析においても計測された結果と同様の傾向を得ている。このように本論文で得られた結果は、温度勾配のある場で微小粒子の凝集体を扱う際にその粒子の挙動を解析するために非常に重要であり、燃烧学、化学流体力学、化学システム工学への貢献が大きいものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。