

審査の結果の要旨

氏名 松田 聡

本論文は、「超微粒子の流動層に関する研究」と題し、粒子径が数ナノメートルから数十ナノメートルのナノ粒子やサブミクロンの超微粒子について、超微粒子そのものを流動層の流動媒体に用いた場合の流動特性や反応器としての応用、さらに高重力場を利用した新たな超微粒子流動化技術の開発を扱っている。本論文の構成は7章から成っている。

第1章は序論であり、超微粒子流動層の研究の経緯と背景が述べられている。また、高重力場を利用することによって、超微粒子の凝集を抑制しつつ流動化できるというアイデアを提案している。

第2章では、超微粒子流動層の流動特性を扱っている。まず超微粒子の流動層について今までに提案されている凝集体径推算法をまとめている。二次元流動層を用いてナノ粒子を流動化させ、層膨張や凝集体の観察、凝集体径およびその層軸方向分布の測定を行った。その結果、一次粒子径が小さいほど凝集体径は大きく、表面が滑らかで固い構造の凝集体が形成され、大きな層膨張が起こることを見いだした。これは、超微粒子の凝集体の空隙率が非常に大きいので、流動化ガスが凝集体内部にまで入り込んでいるためと考え、実測した凝集体径と最小流動化速度から求めた凝集体径の差から流動化ガスが入り込む厚みの凝集体半径に対する比率を推算し、層膨張の違い等を説明した。

第3章では、超微粒子が持つ高い反応性に着目し、超微粒子流動層を用いた光触媒による脱硝試験と二酸化チタンの還元・酸化反応を実験し、その応用可能性を調べている。超微粒子光触媒は凝集体を形成して流動化し、紫外光を照射する事により気相中のNO_xを酸化処理し硝酸の形で回収できることを示した。光触媒の粒径が小さいほど、単位重さあたりの触媒で処理できるNO_xの量は増加し、その値は比表面積にほぼ比例することを見いだした。プロセスは、光触媒反応によりNO_xを酸化させ硝酸にする過程と、生成した硝酸の吸着の二段階からなると考えられ、生成した硝酸の吸着が律速であるとした。

第4章では、超微粒子光触媒流動層を用いた脱硝反応モデルを構築している。これに基づき、処理量の増大および処理時間の長期化のためには、一次粒子径を小さくする、反応に関与する凝集体表面の厚みを厚くする、および凝集体径を小さくすることが有効であることを導いている。

第5章では、高重力場での流動層の流動挙動を取り扱っている。高重力場に

における流動層の流動特性として、層圧力損失、最小流動化速度、粒子終末速度、Geldart マップ、気泡径、および気泡上昇速度について、それぞれに及ぼす重力加速度の影響を理論的あるいは実験的に検討している。

第6章では、高重力場における超微粒子流動層の流動特性について検討している。まず、従来の超微粒子の凝集体径推算モデルを比較検討し、フォースバランスモデルが個々の凝集体として流動化できる限界最小径を推算していることを示し、高重力場ではこの限界最小径が小さくなること、すなわち、より小さな凝集体も流動化できるようになることを示した。さらに、流動層内で凝集体が粉砕されると考え、流動層内の凝集体径は層内の粉砕に使い得るエネルギーと単位重さあたりの凝集体を粉砕するのに要するエネルギーとが釣り合って決まるとするモデルを提案している。単位重さあたりの凝集体を破砕するのに要するエネルギーは、高重力場では凝集体密度が増加する傾向が見られるため、わずかに増加する。一方、粉砕に使い得るエネルギーは高重力場では増加する。層内の凝集体径はこの両者のエネルギーのつり合いで決まるため、高重力場では凝集体径は小さくなることが説明できるとした。

また、実際に遠心流動層を用いて超微粒子の流動特性を調べ、超微粒子流動層において高重力場にすることによって、凝集体径は高重力場では小さくなっていくことが実験的に確かめられた。また、微粒子の飛び出しを抑えるとともに、気泡径を小さくし均一流動状態を維持できることを明らかにした。

第7章は、総括の章であり、超微粒子の流動層に関して行った基礎的研究を総括するとともに、今後の課題と展望が示されている。

以上に示すように、本論文は、超微粒子の流動層に関して基礎的研究を行い、超微粒子の流動化技術として高重力場の利用を提案したものである。ここで得られた知見は、ナノ粒子バルクハンドリング、ナノ粒子の反応工学的応用などに資するものであり、流動工学および化学システム工学に大きな貢献をするものである。

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。