

論文内容要旨 (和文)

平成17年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学専攻

氏 名 忠政 明彦



論文題目 攪拌槽内における球状シリカ微粒子凝集体の細分化に関する研究

本研究は、小型翼を用いた攪拌系における凝集シリカ粒子の細分化過程を実験及び理論の両面から明らかにし、高品質なフィラー分散系電子材料を製造するための新規攪拌プレ分散工程の実現の可能性を探索するとともに、そのための操作の指針を得ようとしたものである。

第1章は緒論であり、本研究の目的と期待される成果について論じるとともに、小型翼による固液攪拌に関する既往の研究について調査した。

第2章では、一次粒子径がサブミクロンの球状シリカについて、球状シリカ凝集体の造粒方法を検討した。その結果、圧力と湿度と温度を管理した圧縮造粒法を開発し、凝集力が一様なシリカ凝集体を得た。これは乾式衝突実験および4章の攪拌槽内の小型翼による凝集粒子の細分化状況から間接的に凝集力が一様であることを示される。次にシリカ凝集粒子の乾式せん断破壊実験および乾式衝突破壊実験を行い、細分化特性を得た。その結果は、5章の数値解析結果と合わせて考察する。乾式衝突による凝集粒子の重量変化は衝突エネルギーが大きいほど大きくなるが、重量変化率は衝突エネルギーと相関がない。このことから衝突細分化メカニズムは、凝集体における衝突部位周りに局所的に衝突エネルギーがかかり、その衝突点中心にして衝突エネルギーの大きさに応じた細分化が生じると考えられることを示した。

第3章では、速度ベクトルデータを1平面に集約する手法、および動的なオーバーサンプリング手法を考案し、統計的手法によって実験で得た3次元データを有効に活用することができ、トレーサが1つのPTVにおいても、十分なデータを比較的短時間で得ることができる3D-PTVシステムを開発した。これにより、実験的に翼の違いや攪拌条件の違いによる粒子滞留時間分布やせん断速度分布を比較し、いずれの条件でも翼の吐出領域翼の吐出領域で流速が早く、強攪拌部であることを確認した。また3D-PTVシステムを応用して、2章で得たシリカ凝集粒子が翼領域を循環する頻度を調査し、攪拌速度に比例することを示した。またラッシュトタービン翼のほうがエッジドタービン翼より翼領域を循環する頻度が大きいことを示した。

第4章では、凝集シリカ粒子の小型翼による細分化状態を調査した。その結果、シリカ凝集粒子が比較的長い時間をかけ、翼領域への循環回数も十分多い状態で、徐々に凝集粒子径が減少していくことを明らかにし、凝集破壊の形態は侵食破壊であることを示した。単位動力あたりの凝集粒子細分化速度は、エッジドタービン翼のほうがラッシュトタービン翼より大きいことを明らかにし、同一所要動力条件で流れから受ける凝集粒子の最大せん断応力は同一であることから、本研究における細分化は衝突作用が主要因であることを示した。また単位動力あたりの凝集粒子細分化速度は、攪拌速度が上昇するにつれて大きくなるが、攪拌速度が高すぎると小さくなることを明らかにした。これは攪拌速度が上昇すれば衝突の要素である衝突エネルギーと衝突確率が増加して細分化速度が大きくなるが、攪拌速度が大きくなりすぎると、単位動力あたりの翼領域循環頻度が減少するため、単位動力あたりの細分化速度が小さくなるため生じることを示した。さらに翼領域への循環頻度あたりの凝集粒子細分化速度は、特にエッジドタービ

ン翼の高攪拌速度のときに、攪拌速度が高いと大きくなることを明らかにした。これは上述したように衝突作用である衝突エネルギーと衝突頻度が攪拌速度の関数であるためである。翼の最大衝突エネルギーが同じときに衝突作用の比較を行い、エッジドタービン翼はラッシュトタービン翼より、衝突力が高い部位への衝突確率が高いと考えられることを示した。

第5章では、攪拌槽の数値解析を行い、攪拌槽内のせん断速度分布および翼周りの液流れ、粒子の浮遊と衝突を検討した。短い攪拌時間であれば時間分解能や空間分解能を高く設定しても計算負荷が高くないため、3章で実施したPTVと比較して、CFDは翼近傍の高速領域における液流動解析に有利である。また粒子周りのレイノルズ数が1未満、つまり層流とみなせると条件で、解析による粒子浮遊が可能であるが、粒子周りが遷移域または乱流では粒子の流動を表現することは困難であることを明らかにした。数値解析で得た攪拌槽内せん断応力は翼外径端で最も高いが、2章の凝集粒子せん断実験で得た凝集粒子破壊強度と比べると数百分の1と小さく、せん断応力によって凝集粒子が破壊しないことを証明した。数値解析で得た液流速の回転方向成分から最大衝突エネルギーを求め、2章で得た乾式衝突実験の衝突エネルギーと同等と仮定すると、攪拌槽内の衝突によって、凝集粒子が細分化したことを証明した。

第6章は総論であり、本研究の成果と今後の研究課題について総括した。

(注) ① タイプ、ワープロ等を用いてください。10pt 2,000字程度（2頁以内）とします。

② 論文題目が英文の場合は、題目の下に和訳を（ ）を付して併記してください。

論文内容要旨 (英文)

平成17年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学専攻

氏 名 忠政 明彦



論文題目 Subdivision of Aggregated Silica Particle by Small Impeller
in an Agitated Vessel

Nano particles and submicron particles have already formed aggregates, before applying to liquid, and after injection, distributing and stabilizing in liquid has been performed in various industrial fields. The equipment of high local energy consumption (high share) device is used for obtaining the goal of particle diameter near the primary particle diameter. At the stage before high share, wetting or initial subdivision are performed by the impeller in the agitating vessel. In recent years, it turns out that according to the particles diameter distribution before the high share device, the efficiency and particle size distribution change a lot. The agitating design of initial subdivision in the vessel is essential for efficient solid-liquid mixing. However, fundamental research of the subdivision in the agitating vessel was a few and applying to industrial operation was not performed.

The solid-liquid mixing, especially subdivision of an aggregated particle of which consisted of submicron spherical silica particles was researched both experimental method and numerical method. In Chapter 2, an aggregated particle was formed stably by compressive increasing grain method. In Chapter 3, for measuring the particle motion in the stirred vessel, convenient 3D-PTV was originally developed and adopted for measuring the frequency of the particle which was passing through the impeller swept region. The general flow and particle motion in the vessel were experimentally visualized.

In Chapter 4, the subdivision of an aggregated silica particle by the small impeller was precisely investigated. It indicated that the subdivision mechanism was erosion. By comparing the efficiency of subdivision with several impeller types, it was clear that abrasion is not by share flow but by blade-particle collision. In Chapter 5, numerical flow analysis of the agitating vessel was simulated. The velocity or share stress distribution in the vessel or in near blade region were acquired, and were well explained the experimental result of previous Chapters. The limit of attempting to the precise solid-liquid numerical simulation was explained. Chapter 6 was summarized about the result of this research, and the future research task.

(注) ① タイプ, ワードプロ等を用いてください。12ptシングルスペース300語程度とします。

② 論文題目も英文としてください。