

ふりがな	とが しんじ
氏名	梅 伸司
学位	博士（工学）
学位記番号	新大院博（工）第278号
学位授与の日付	平成 20年 3月 24日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名	水分散系コロイドの微小孔流れに関する研究

論文審査委員	主査 教授	長谷川富市
	副査 教授	田中真人
	副査 教授	藤澤延行
	副査 准教授	鳴海敬倫
	副査 准教授	松原幸治

#### 博士論文の要旨

微小孔すなわち小オリフィスから流体が噴出する現象は、工業上数多く見られ、その中で液体がサブミクロンの粒子を含有するコロイドである場合も多い。特に、希薄なコロイドでは、分散する粒子間に働く静電的斥力とファンデルワールス引力の2つの相互作用が流動性に大きな影響を与え、特異な流動性を示す場合も多い。しかし、このような系の研究例はたいへん少なく不明な点も多い。

本研究では、蒸留水および2種類の希薄な水分散系コロイドに着目し、微小なオリフィスを通過する場合の流量の変動特性を明らかにし、特に静電的斥力の制御による流れの安定化現象についてそのメカニズムを解明することを目的としている。また、コロイドの微小孔流れの応用として、コロイドを電場内におかれた多孔質膜に通ずる構造の微小流量マイクロポンプを提案し、印加する電界強度によるマイクロポンプの可制御性を立証することも目的としている。

本論文は5章から構成され、その概略は以下の通りである。

第1章「緒論」では、本研究の背景と目的、従来の研究ならびに本研究の概要について述べている。

第2章「Newton 流体が微小なオリフィスを通る流れ」では、微小孔流れの基礎として、蒸留水が微小なオリフィスを通る場合の流動特性に関する研究結果について述べている。まず、ある特定のレイノルズ数付近でのみ異常な流量の変動（以下、特異な不安定現象）が生じることを実験的に見いだしている。そして、この現象について可視化実験および速度分布の測定を行い、その特徴を明らかにしている。さらに、従来から示されている流れの変動現象の特徴との比較から、この特異な不安定現象は従来のメカニズムでは説明することの出来ない現象であることを示している。

第3章「水分散系コロイドがオリフィスを通る流れ」では、希薄な水分散系コロイドのオリフィス流れの研究結果について述べている。本章の実験では、静電氣的斥力の顕著なポリスチレン球状粒子とファンデルワールス引力の顕著なシリカ球状粒子（いずれも平均粒子径が約100nm）を用い、それぞれ蒸留水中に分散させたコロイドを用いている。まず、体積分率1%のポリスチレン粒子分散系とシリカ粒子分散系について、脱塩処理された場合の流量の時間変動を示し、さらに徐々に塩を添加した結果を示している。具体的には、ポリスチレン粒子分散系では、脱塩および低塩濃度において、大きな流動不安定性を示し、蒸留水でみられた特異な流動不安定が発生することが示されている。一方、シリカ粒子分散系では、どの塩濃度においても流動は比較的安定しているが、特異な不安定だけは低塩濃度でのみ発現することを見いだしている。そして、いずれの分散系についても流動の不安定性が、ある塩濃度を境に劇的に抑制されることを明らかにしている。続いて、この安定・不安定性と粒子表面間相互作用の関係について、コロイド粒子の凝集挙動などで重要な役割を果たす粒子表面間ポテンシャルの二次極小距離の計算を行い、分散粒子の静的な空間自由度を反映した粒子表面間の平均距離と比較している。その結果から、二次極小距離が表面間平均距離以下となることが安定化の条件であることを種々のコロイド系で確認している。

第4章「水分散系コロイドと多孔質膜を用いたマイクロポンプ」では、微小な流量を駆動するマイクロポンプに関する研究結果について述べている。まず、コロイドの水分散系で満たした流路内にニッケル製多孔質膜を流れの方向に垂直に配置し、この多孔質膜を二枚の電極で挟み、電圧を印加する実験を行っている。電極間に3~10Vの定電圧を印加した実験結果から、この範囲では流量が印加する電圧に比例して変化することを見いだしている。そして、二次生成物の泡も発生しないことから、微小流量を駆動するポンプとしての有効性を明らかにしている。

第5章「結論」では、本研究で得られた結果について総括し、さらに今後の展望を述べている。

#### 審査結果の要旨

本論文は、本研究で初めて明らかになった水および水分散系コロイドの流動不安定性と塩濃度による流動の安定化現象を実験的理論的に解明している。さらに、水分散系コロイドを応用したマイクロポンプの有効性も明らかにしており、工学・工業上重要な知見を多く得ている。また、この研究成果は権威ある学術雑誌に二編の論文として掲載されており、国際会議においても発表されている。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められた。