

審査の結果の要旨

氏名 西迫 貴志

本研究は、互いに親和性の低い2種類以上の液体が不均一に混合した、いわゆる液-液分散系において、サイズの均一性に優れた微小液滴を生成でき、且つ希望する任意のサイズに液滴径を制御できる技術に関するものである。近年、機械的分散法の改良や膜乳化技術の開発などにより、均一サイズの液滴（単分散液滴）を生成できることが報告されている。しかしながら、液滴サイズを柔軟且つ精密に制御することは困難な課題とされてきた。

本研究では、均一サイズの液滴を生成することができ、且つ液滴サイズを幅広く変化させられる技術の開発を目的とし、微細流路の分岐構造を利用した微小液滴生成法を開発した。さらにこの手法を応用し、(1) 単分散ポリマー微粒子の調製、(2) 二色ポリマー微粒子の調製、(3) 多相エマルションの生成、(4) サテライト滴の連続分離、の各手法について研究を行った。

まず、アクリル樹脂 (polymethylmethacrylate, PMMA) や合成石英、パイレックスガラスなどの材料に、各種加工法を用いてマイクロチャンネルの分岐構造を製作し、Water-in-Oil (W/O)型液滴、Oil-in-Water (O/W) 型液滴の生成試験を行った。各種検討により、液滴生成現象の特徴を以下のように明らかにした。(1) 均一サイズの液滴が規則正しい周期で連続生成、(2) 液滴生成流量範囲を明らかにした、(3) 流量操作による液滴サイズの操作範囲の解明、(4) マイクロチャンネル表面の濡れ性の影響の解明、これら知見をもとに、粒径予測式を立てることが出来た。

続いて電子ペーパー用二色微粒子を効率よく生産する研究を実施した。マイクロチャンネル内で、サイズの揃った二色液滴を生成し、これを固化することで単分散二色微粒子を生産する手法を考案した。マイクロチャンネルは、(a) 分散相の二色並行流を形成するためのY字路、(b) 連続相のシーズフローによる流体抵抗力で二色液滴を生成するための十字路部から構成される。分散相として白または黒顔料を超音波分散したアクリルモノマー、連続相としてPVA水溶液を用いた。その結果、CV値2%前後の単分散二色微粒子を得留ことに成功し、得られた微粒子は電界によって反転させることができ、表示素子として使用可能であることを示した。

単分散多相エマルションの生成への取り組みとして、本研究では、互いに異なる濡れ性をもつマイクロチャンネルの分岐構造を連続して配置し、単分散多相エマルションを生成する手法を考案した。1チップ集積型ガラスチップを用いたW/O/Wエマルションの生成実験では、第1生成部（幅60 μm 、深さ25 μm 、疎水化处理済み）にて規則正しい周期（毎秒約22個）で生成された内水相液滴（直径52 μm 、CV=2.7%）が、第2生成部で生成される油滴（直径83 μm 、CV=2.8%）に1個ずつ正確に内包される様子が確認された。また、内水相、中間相、外水相の流量をそれぞれ操作し、内包液滴サイズ、外部液滴サイズ、内

包液滴個数を柔軟に変化させることが可能であった。2チップ連結型を用いた試験では、内包液滴個数の精密な制御には難があったものの、単分散多相エマルションを生成できることを示した。

サテライト滴分離法の開発では、マイクロチャンネルの構造を利用し、主滴とサテライト滴を連続的に分離および回収する手法を考案した。マイクロチャンネル装置は、(1) 液滴生成用のT字路、およびその下流域に設けられた(2)ディフューザ部、(3) 分岐部から主に構成される。PMMAに加工したマイクロチャンネルを用いた試験では、分散相（純水）と連続相（とうもろこし油）の流量調節により、主滴（直径 70 μm ）とサテライト滴（直径 1, 3, 5 μm ）の間隔がディフューザ部にて拡大され、全てのサテライト滴が分岐路に列を成して流入していく様子が観察された。一方、サテライト滴自体もサイズごとに異なる経路を流動する様子を確認した。この結果は、サテライト滴同士の分級を行うことで直径数 μm 以下の単分散エマルションを 100 μm オーダのマイクロチャンネルを用いて生成できることを示すことが出来た。ガラスチップについても同様な結果を得た。

以上により、微細流路を用いた液滴・微粒子製作技術を確立することが出来た。

よって本論分は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。