

J125

多段階液滴分割による単分散液滴生成のための微小流路構造の開発

(千葉大院工) ○ (学) 森谷 樹・(正) 山田 真澄・(正) 関 実*

【緒言】

単分散のエマルションは食品、医薬品、化粧品など様々な分野で用いられている。また、それらを重合することで得られる微粒子の用途も幅広く、需要は大きい。エマルションは主に、攪拌翼やホモジナイザー等による機械的攪拌により生成されるが、単分散で生成することは困難であり、分級操作が必要不可欠なものとなっている。

そのため近年、高い単分散性を有する液滴を容易に生成する手段としてマイクロ流体デバイスが注目を集めており、研究が盛んに行われている[1]。マイクロ流路を用いた液滴生成の場合、単一の流路で液滴サイズを幅広く変化させることは困難であるため、そのサイズをチューニングする技術は非常に重要となる。当研究グループでは、液滴を分割することでサイズを幅広く変化させることのできる手法を提案してきた[2]。分割により生成される液滴サイズは、分岐流路への流量分配比に依存するため、分配比を変化させることで液滴径を調節することが可能となる。本研究では、一つの液滴を多段階で分割することにより、多数の単分散微小液滴生成を可能とする流路構造を提案する。

【原理】

本実験で用いた流路構造は、T字型の合流部とメイン流路に対して垂直に存在する複数の枝流路構造から構成されている。まず、T字型合流部においてサイズの大きな液滴を生成する。そして液滴が、メイン流路下流における複数の分岐点を通る際、液滴の一部が枝流路に引き込まれることにより分割が起こり、より小さな液滴が多数同時に生成される(図1)。この際、枝流路の抵抗値を制御することで、全ての枝流路で均一なサイズの液滴が生成されるようになっている。

【実験方法】

メイン流路幅 100 μm 、枝流路幅 25 μm 、流路深さ 20 μm 、枝流路本数 5 本の液滴分割デバイスを、PDMS を用いて作製した。連続相と分散相として、オリーブ油と精製水をそれぞれ用いた。メイン流路と枝流路への流量分配比の違いによる生成液滴径の変化を観察した後、枝流路に初流量の 10% が分配されるように設計されたデバイスを用い、線速度と界面張力の影響の評価を行った。なお、界面張力の影響を調べる際は、オリーブ油に界面活性剤である Span80 を添加することで界面張力を変化させた。また、更なる多段階の試みとして、6 段階以上の液滴分割構造の設計も行った。

【結果】

枝流路の抵抗値を制御した結果、全ての枝流路で均一なサイズの液滴を生成することが可能であった。枝流路に分配される流量比と生成液滴径との関係を調べた結果、枝流路に分配される流量比がある一定以上で液滴の分割が起こり、その値は界面張力により変化することが明らかになった。また、液滴のサイズは分配流量比が増加するに従って、大きくなることが確認された。線速度、界面張力についても、生成液滴径に影響を与えることが明らかになり、線速度、界面張力を増加させた条件下において液滴径の微小化が確認された。更に、多段階の試みとして、枝流路本数を 6 本以上設置した場合、連続相不足による液滴の合いが生じた。そのため、連続相の供給流路を設け、適宜補充することにより液滴の合いを防ぎ、6 段階以上の多段階分割を可能とした。

【結言】

流路の抵抗値を制御した多段階液滴分割によって、単分散液滴を並列的に生成可能であることが示された。このようなマイクロ流体デバイスは機能性食品や精密微粒子材料の製造に役立つものと期待される。また現在、この流路構造を用いて、多分散液滴の単分散化を試みている。

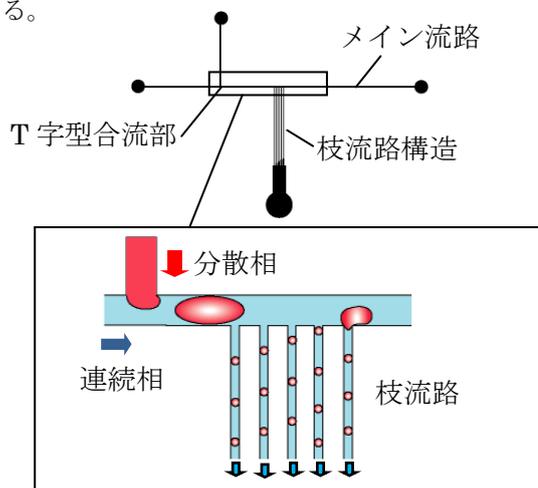


図1. 流路デザインと液滴分割の様子

【参考文献】

- [1] H. Song, J. D. Tice, R. F. Ismagilov, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **42**, 768-772 (2003).
 [2] M. Yamada, S. Doi, H. Maenaka, M. Yasuda, and M. Seki, *J. Colloid Interf. Sci.*, **321**, 401-407 (2008).

*TEL: 043-290-3436

E-mail: mseki@faculty.chiba-u.jp