

マイクロ流路を用いた単分散液滴・ 微粒子生産技術の発展

Recent Advances in Microfluidic Production of Monodisperse Emulsion Droplets and Particles

西迫 貴志

キーワード：マイクロ流路、単分散、ヤヌス粒子、多相エマルション、ナンバリングアップ
Keywords: Droplet Microfluidics, Monodisperse Emulsion, Janus Particle, Double Emulsion,
Numbering up

1. はじめに

水と油のように互いに混ざりにくい2液体において、一方が他方中に微細な液滴として分散した系はエマルションと呼ばれ、さまざまな食品、化粧品、医薬品等として我々の身の回りで日常的に使用されている。また、エマルションは多くの化学製造プロセスにおいて使用され、例えば懸濁重合法によるポリマー微粒子の製造過程において前駆体として広く用いられている。産業分野におけるエマルション製造方法としては、ホモジナイザー、コロイドミル等による機械的分散法が一般的であるが、液滴径分布は広く多分散となりがちであり、サイズの均一なエマルション滴を得ることは困難とされる。

近年、半導体製造技術などを応用して基板上に作製した微細な流路（マイクロ流路）の交差構造を利用し、従来手法に比べて著しくサイズの揃ったエマルション滴（単分散エマルション）を生成する技術が、世界中で研究されている¹⁾。また、本技術を利用した、これまでにないさま

ざまな機能性液滴・微粒子の調製事例が数多く報告されるようになってきている²⁾。本稿では、マイクロ流路を用いた液滴・微粒子生成技術の最近の研究動向と、これまでに著者の関わった研究成果について紹介する。

2. マイクロ流路を用いた単分散エマルション生成技術

2.1 技術の概要と特徴

マイクロ流路の分岐構造を利用した単分散エマルション生成法は、平面基板上に製作したT字、十字といった微細溝の分岐構造に、液滴となる相（＝分散相）および液滴を取り囲む相（＝連続相）を別々に導入、合流させて単分散エマルションを得る手法である。主に使用される型としては、1つの分散相流れに対して1つの連続相流れを作用させるT字・クロスフロー型³⁻⁵⁾（図1a）や、1つの分散相流れに対して両脇から包み込むように連続相を合流させる十字・シースフロー型（またはフローフォーカシング型^{6,7)}、図1b）がある。これらの流路は幅、深さが数十～数百マイクロメートルのものが良く使用されており、機械加工、レーザー加工、ウェットエッチング、ドライエッチング、ソフトリソグラフィ等のさまざまな微細加工技術を用いて、