

18年 2月 17日

環境・生命工学専攻	学籍番号	993200
申請者氏名	中野 道彦	

指導教員氏名	桂 進司 水野 彰
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	油中水滴型マイクロリアクターの作成と1分子反応系への応用
------	------------------------------

(要旨 1, 200字程度)

油中水滴型マイクロリアクターを構築するための要素技術の開発および1分子のDNA分子を取り扱う応用技術について検討を行った。油中水滴型マイクロリアクターは、従来型のマイクロチャンネル内全体を反応場とするものとは異なる。これは、マイクロチャンネル内を油相で満たし、その中に水滴を分散させて、その水滴をマイクロリアクターとして機能させることで、ひとつのマイクロチャンネル内で複数種類の反応を実現しようとするものである。

その要素技術として、まず、マイクロチャンネル内での液滴の生成法について検討した。PDMSによるガラス表面の疎水化法を用いて、チャンネル内に親水性の部分と疎水性の部分を作成した。この異なるぬれ性の部分を利用して、チャンネル内で水-油界面を形成した。水溶液の部分に直流高電圧を印加して、界面部分から静電霧化現象を起こして水滴を作り出した。この方法は、これまでのマイクロチャンネル中での液滴生成方法とは異なり、外部ポンプを一切使用しないという特徴がある。また、マイクロチャンネル中に導入された液滴のマニピュレーションのひとつとして、液滴のサイズ変化に取り組んだ。形成する液滴のサイズをコントロールする方法については、様々に検討されているが、チャンネル内に導入された後のコントロール法については、ほとんど検討されていない。液滴を交流高電界場にさらすと、その液滴から微小な液滴が噴出されて元の液滴のサイズが小さくなった。噴出された液滴は数 μm オーダーであった。また、この方法はマイクロチャンネルを用いた乳化方法としても利用できることを示した。油中水滴を扱う一方で、水溶液を作動流体とするマイクロポンプの検討を行った。ここでは、レーザー照射と交流電界によって生じる流れ、OEMV(opto-electrostatic micro-vortex)を応用してマイクロポンプ機構とした。レーザー焦点を電極近傍に置くことで、数百 $\mu\text{m}/\text{sec}$ の流れを形成することができた。また、この流れが電気熱的流れ(electro-thermal flow)であることを検討した。

DNA分子を取り扱う応用技術として、DNAの伸張方法の開発と1分子PCRを行った。OEMVを利用して、その流れによってDNA分子を伸張することができた。この方法は、DNAを基板に固定することがなく、また、DNA分子に対して新たに修飾を施す必要もない。また、基板上に設置させる装置は蒸着した電極だけでよい。1分子PCRを行うために、W/O(water-in-oil)エマルジョンを利用した。W/Oエマルジョン中の液滴にDNA分子を閉じ込めることで、通常では困難な1分子からのPCR増幅を可能にした。また、別のアプローチとしてホモ・プライマーを用いた1分子PCRも行った。

最後に、交流電界を用いた乳化方法について検討した。この方法は、非常に微量の試料溶液を乳化することができる。また、乳化装置と試料溶液が接触することがないなど、コンタミネーションを防ぐ方法として極めて有効な手法である。

ここで述べられている様々な検討課題は、W/Oエマルジョンを応用すること、静電気的作用を応用することというこの2点で共通している。ここで検討した結果は、油中水滴(W/Oエマルジョン)の利用をさらに広めるとともに、静電気効果の有効性を指し示すひとつの標識になると考えている。