

論文の内容の要旨

論文題目 微小流路を用いた高機能マイクロカプセルの開発に関する研究

氏名 平間 宏忠

微小流路を用いて生成される機能性マイクロカプセルは生物学・医学・薬学分野などで重要である。当該分野では、機能性マイクロカプセルは、貴重かつ微量の試料を精密に操作する用途（例：ドラッグデリバリーシステム、ポイントオブケアテスト）で利用されている。またそれらは、微小流路を用いて作製することができるようになった。しかし、機能性マイクロカプセルは、研究・開発において以下の課題がある。

(1) マイクロカプセルの機能性の向上

応用する際に高い性能を実現するため、マイクロカプセルは高い機能性をもつ必要がある。具体的には、以下の技術的問題とその克服に着目した。

- 1) ゲル微粒子生成においては、次の技術的問題がある。(1) 生成されるゲル微粒子サイズは微小流路に依存するため、ゲル微粒子サイズを調製するには複数の微小流路を用意しなければならない。(2) 小さなゲル微粒子を生成するには径の小さな微小流路を用いる必要があるが、径の小さな微小流路は容易に閉塞する。(3) 微小流路内の流れの中で液滴をゲル化するため、ゲル微粒子は容易に変形し球形を保つことが困難。これらを解決するため、高機能マイクロカプセルとして利用できる新たなゲル微粒子とその生成法を開発する必要がある。
- 2) 1対1の細胞ペアの作製においては、以下の技術的問題がある。微細加工によって作製されたマイクロアレイデバイスを用いる従来法では細胞のペアを増やすため、デ

バイスを集積化するもしくはデバイス面積を大きくしなければならない。この問題を克服し 1 対 1 の細胞のペアを作製するため、高機能マイクロカプセルとして利用できる新たな液滴（1 対 1 カプセル化液滴）とその生成法を開発する必要がある。

（2）微小流路の rapid prototyping 手法の開発

高機能マイクロカプセルを生成するには、その生成装置である微小流路の検討が重要である。特に研究開発プロセスでは、フォトリソグラフィーで作製困難な形状を持つなどの新たな機能を持った微小流路を作製できる必要がある。また、設計・試作・試用を繰り返すため、微小流路を rapid prototyping により作製する必要がある。さらに微小流路の利用を発展促進するためにも、微小流路が rapid prototyping によって作製できることが望まれる。これらは、新たな高機能マイクロカプセルを開発する場合、マイクロカプセルの構造や組成によって必要となる微小流路の構造や組成も異なり、適した微小流路を作製する必要があるためである。

これらの課題を解決するためには、以下の 2 つの要素技術研究を行う必要があると考えた。

（1）新たな高機能マイクロカプセルの開発

（2）新たな微小流路の rapid prototyping 手法の開発

本研究では、生物学・医学・薬学分野などで利用されることを想定した高機能マイクロカプセル開発のために、以下の 2 つの要素技術開発を行った。

（1）高機能マイクロカプセルの開発

新規の高機能マイクロカプセルとして、液滴の収縮・ゲル化を用いた「ゲル微粒子生成法」と、「1 対 1 カプセル化液滴生成法」を開発した。ゲル微粒子は **single phase**、1 対 1 カプセル化液滴は **double phase** の機能性マイクロカプセルの開発として位置付けられる。

（2）微小流路の rapid prototyping 手法の開発

マイクロカプセル生成装置である微小流路の **rapid prototyping** 手法を開発した。本手法ではハイドロゲルを鋳型として利用することで、従来法（フォトリソグラフィ）では作製困難であった流路構造が簡単に作製可能になった。また、作製した微小流路における、マイクロカプセル（液滴）の生成性能を評価した。

生物学・医学・薬学分野において解決困難とされてきた課題を解決可能にするため、高い機能性を持った新たな材料を開発することは重要である。また、当該分野における研究開発には時間がかかるため、研究開発プロセス全体の迅速化が重要である。それら課題に対して、上記の要素技術開発は、マイクロカプセルの高機能化と迅速化に貢献すると期待できる。