

ディビジョン番号	6
ディビジョン名	有機化学

大項目	11. 新合成手法
中項目	11-4. マイクロリアクター
小項目	

#### 概要（200字以内）

「マイクロリアクター」とよばれる反応器を用いた有機合成化学の新しい潮流が出現してきた。「高速混合」、「精密温度制御」、「精密滞留時間制御」などの特長により、より理想に近い反応環境で反応を行うことが可能である。最近では、通常のフラスコを用いた方法では実質的に不可能な高い収率や選択性が発現する例も報告されはじめています。この分野は工業的な物質製造においても重要な役割を果たすものと考えられる。



#### 現状と最前線

これまで有機合成化学者は、基質と反応剤をフラスコ内で混合することにより、さまざまな反応開発を行ってきた。この際、反応容器の形状や大きさが反応の収率や選択性に大きな影響を与える場合が、しばしばあることには気づきながらも、反応容器自身を開発したり改良したりすることに対しては、一般的に無頓着であった。これに対して、昨今の微細加工技術の急速な進歩により製作が可能となった「マイクロリアクター」（マイクロメートルオーダーの微細構造をもつ反応器）とよばれる反応器を用いた合成化学の新しい潮流が出現してきた<sup>1-3)</sup>。一般に、反応容器を小さくすればするほど、反応環境の制御は容易になるため、マイクロリアクターを用いることで理想的な反応環境に近づけ、合成反応を行うことが可能であるといえる。もちろん、反応の本質はフラスコでもマイクロリアクターでも変わらないが、①マイクロ流路を利用して強制的に小さな溶液塊をつくり拡散距離を小さくすることによって可能となる「高速混合」、②単位体積（容積）あたりの表面積が非常に大きいことから可能となる「精密な温度制御」、③マイクロフロー系内で達成される反応溶液の「精密滞留時間制御」、などの特長により、より理想に近い反応環境で反応を行うことが可能である。

最近では、マイクロリアクターを用いることにより、通常のフラスコを用いた方法では実質的に不可能な高い収率や選択性が発現する例も報告されはじめている。例えば、炭素カチオンと芳香族化合物をマイクロ高速混合することにより達成された選択的 Friedel-Crafts 型モノアルキル化反応は、マイクロリアクターの高速混合の特長が顕著に発揮された例である。また、マイクロリアクター内での精密な温度制御・滞留時間制御の特長を生かすことにより、フラスコでは低温で行わなければならない Swern-Moffat 酸化を用いた反応を室温で行うことが可能となった。また、気-液-固などの多相系反応、例えばパラジウム固定化リアクターにおける水素添加反応などにおいてもマイクロリアクターが反応の著しい効率化をもたらすことが報告されている。

- 1) 吉田潤一編, ロボット・マイクロ合成最前線, 化学同人 (2004).
- 2) W. Ehrfeld ら, Microreactors, Wiley-VCH (2000).
- 3) P. Watts ら, Chem. Commun., 443 (2007).

#### 将来予測と方向性

##### ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

マイクロリアクターは合成化学の研究・開発において重要なツールになると考えられる。たとえば、不安定な活性種を瞬時に発生させ、これを即時に別の場所に移動、反応させるなどといった形式の反応は有機化学に変革をもたらすであろう。また、工業的な物質製造においても、リアクターのナンバリングアップによるスケールアップの迅速化や、通常では制御困難な大発熱を伴う反応の企業化などで重要な役割を果たすものと考えられる。

##### ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

ツールとして使いやすいマイクロリアクターの提供 (市販)  
マイクロリアクターを用いて企業化を行うための人材育成  
化学工学や物理化学などの他研究分野との連携

#### キーワード

マイクロリアクター・マイクロ化学・高速混合・滞留時間・多相系反応

(執筆者: 菅 誠治)