

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	1. 高分子の合成
中項目	1-9. 環境適合型重合
小項目	1-9-3. マイクロリアクターでの重合

概要（200字以内）

マイクロリアクターがバッチ型リアクターに替わる反応器として注目されており、近年その特長（高速混合、精密温度制御、精密滞留時間制御、界面制御）を活かして様々な重合反応への試みが行われている。特に、バッチ型リアクターでは制御困難な超高速重合系において分子量分布の精密制御、ブロックコポリマー合成などが可能であるなど顕著な効果が見られる。今後、マイクロリアクターを用いた新規機能性高分子の創製などが期待される。

：マイクロミキサー
—：マイクロチューブリアクター

現状と最前線

近年、マイクロフローリアクター（以下マイクロリアクター）が高分子合成化学に更なる技術革新をもたらそうとしている。マイクロリアクターとはマイクロメートルオーダーの微細流路をもつ化学反応のための装置のことであり、図1に示すように、

長さ	1	1/100
表面積	1	1/10000
容積	1	1/1000000
表面積/容積	1	100

1. 高速混合
2. 精密温度制御
3. 精密滞留時間制御
4. 界面利用反応の制御

図1 マイクロリアクターの特長

リアクターに比べて、様々な特長を有している。

マイクロリアクターによる高分子合成の試みは、大きく三つに分類できる。

一つめは、不均一系の重合反応への適用で、界面制御の特徴を生かして液滴のサイズ、ポリマーの粒子サイズを制御する試みである。例えば、スチレンとジビニルベンゼンとのけん濁重合において、マイクロリアクターを用いた混合により液滴のサイズを均一にすることができ、その結果、得られるポリマーの粒子サイズの制御が可能となっている。

二つめは、従来の均一系の重合反応のマイクロリアクターへの適用であり、リビングラジカル付加重合、リビングカチオン付加重合、配位重合、縮重合などの多数の試みがなされている。その

中でも、付加重合反応の研究が盛んに行われ、例えば、発熱が大きなブチルアクリレートのラジカル重合をマイクロリアクター中で行うと、比較的分子量分布が狭いポリマーが得られることが報告されている。他にも、フロー系の特長を活かすことで、コンビナトリアル高分子ライブラリーのハイスループット合成にも有効であることが報告されている。

三つめは、バッチ型リアクターでは制御困難な超高速重合系において、マイクロリアクターの特徴を生かして反応を制御しようという試

1. 不均一系重合反応
 - ・ 粒子径サイズの制御（界面制御）
 - ・ 液滴サイズの制御（界面制御）
2. 均一系重合反応
 - ・ 分子量・分子量分布の改善（精密温度制御）
 - ・ ハイスループットコンビナトリアル合成（フロー系）
3. 均一系超高速重合反応
 - ・ 分子量分布の制御（高速混合、精密温度制御、滞留時間制御）
 - ・ ブロックポリマー合成（滞留時間制御、フロー系）

図2 マイクロリアクターによる重合

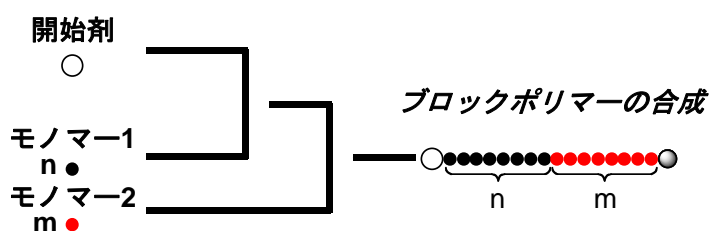


図3 多段マイクロフローシステムによるブロック重合

みである。例えば、非常に活性な開始剤（*N*-アシルイミニウムイオンやトリフルオロメタンスルホン酸等）とビニルエーテルモノマーとを、マイクロフローシステムを用いて高速混合し、滞留時間を短く制御して重合することにより、分子量および分子量分布の制御が達成されている。活性種とドーマント種との平衡がないため重合は非常に高速である。また、図3に示す多段マイクロフローシステムを用いることによりブロックコポリマーの合成や末端官能基化も可能である。

今後マイクロリアクターによる新規機能性高分子の創製ならびに工業的な高分子製造への応用が期待される。

（参考文献） Nagaki, A.; Kawamura, K.; Suga, S.; Ando, T.; Sawamoto, M.; Yoshida, J. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 14702-14703.

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による各種超高速重合系の制御

オリゴマーなどの配列制御

工業的高分子製造への応用

・ 10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による重合反応でのみ合成可能な新規機能性高分子の創製

キーワード

マイクロリアクター、高速混合、精密温度制御、滞留時間制御、界面制御、分子量分布制御、超高速重合系、ブロックポリマー合成、新規機能性高分子

（執筆者：吉田潤一、永木愛一郎）