

時間と空間で分子を制御するマイクロフロー超分子化学の可能性

京都府立大学大学院 准教授 沼田宗典

生命の分子集積システムをお手本として、複雑性と階層性を内在させた高機能物質群を創出していくためには、外部エネルギー消費と分子集積化が直接連動する非平衡超分子システムの構築が必須である。光照射や化学反応などの定常的なエネルギー供給が作り出す非平衡条件下において多様な超分子形成を達成させようとする試みが近年活発に行われるようになってきている^{1,2}。分子構造や化学的性質に関係なく、あらゆる分子を標的として階層を縦断した分子組織化を達成するための方法論の開拓が急務となっている。

こうした背景の中、我々はマイクロチャンネル内の流れを利用して、従来のボトムアップ型分子集積をトップダウン的に制御されたフロー空間内で展開する新たな階層性分子集積システムを提案してきた³。これは、アボガドロ数分子集団の相加平均を扱うこれまでの溶液化学から脱却して、マイクロ空間を通過する全分子の振る舞いをピコリットル空間に分割して正確に理解・制御しようとする試みである。これまで、①迅速かつ均質な溶媒拡散による分子間相互作用の瞬間的なON/OFF制御、②それによる精緻なマイクロ構造体の創製および③分子集積ダイナミクスの空間制御など、マイクロフロー空間による新たな超分子制御の可能性を簡単なモデル分子を用いて実証してきた。マイクロフロー空間に沿って分子集積のダイナミクスを精密に制御することにより、従来の溶液プロセスでは不可能であったユニークな超分子構造の創製が可能となっている。本講演では様々なパイ共役系分子や高分子の集積化をモデルとして、マイクロフロー空間における分子間相互作用の精密制御にスポットを当てながら、最近の当グループの成果を中心に報告する。

[参考論文]

1. Recent reviews on non-equilibrium self-assembly; (a) E. Mattia, S. Otto, *Nat. Nanotechnol.* **10**, 111 (2015). (b) A. Sorrenti, J. Leira-Iglesias, A. J. Markvoort, T. F. A. de Greef, T. M. Hermans, *Chem. Soc. Rev.*, **46**, 5476 (2017).
2. (a) N. Koumura, R. W. J. Zijlstra, R. A. van Delden, N. Harada, B. L. Feringa, *Nature*, **401**, 152 (1999). (b) R. Klajn, P. J. Wesson, K. J. M. Bishop, B. A. Grzybowski, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **48**, 7035 (2009). (c) M. Emond, T. L. Saux, J.-F. Allemand, P. Pelupessy, R. Plasson, L. Jullien, *Chem. Eur. J.*, **18**, 14375 (2012).
3. (a) M. Numata, R. Nogami, A. Kitamura, *Chem. Nano. Mat.*, **4**, 175 (2018). (b) M. Numata, N. Hirose, *RSC Adv.*, **6**, 65619 (2016). (c) M. Numata, *Chem. Asian J.*, **10**, 2574 (2015) (FOCUS REVIEW). (d) M. Numata, A. Sato, R. Nogami, *Chem. Lett.*, **44**, 995 (2015). (e) M. Numata, R. Sakai, *Chem. Lett.*, **43**, 577 (2014). (f) M. Numata, R. Sakai, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **87**, 858 (2014) (BCSJ Award Article). (g) M. Numata, T. Kozawa, *Chem. Eur. J.*, **20**, 6234 (2014). (h) M. Numata, Y. Takigami, N. Hirose, R. Sakai, *Org. Biomol. Chem.*, **12**, 1627 (2014). (i) M. Numata, T. Kozawa, *Chem. Eur. J.*, **19**, 12629 (2013). (j) M. Numata, D. Kinoshita, N. Hirose, T. Kozawa, H. Tamiaki, Y. Kikkawa, M. Kaneshato, *Chem. Eur. J.*, **19**, 1592 (2013). (k) M. Numata, Y. Takigami, M. Takayama, T. Kozawa, N. Hirose, *Chem. Eur. J.*, **18**, 13008 (2012). (l) M. Numata, D. Kinoshita, N. Taniguchi, H. Tamiaki, A. Ohta, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **51**, 1844 (2012).