

2018 年度高分子研究奨励賞を受賞して

附属中性子科学研究施設 柴山研究室 助教 Li Xiang

この度は、「2018 年度高分子学会研究奨励賞」を受賞しましたので、ここに報告させていただきます。高分子学会研究奨励賞は、高分子学会での発表、学術雑誌への論文発表、特許出願、国際会議での発表など、顕著な研究活動をしているものを対象とし、高分子若手研究者の活発な研究を奨励するとともに、将来、高分子科学の発展のために貢献する人材を育成することを目的し、年齢満 37 歳未満の若手研究者へ与えられる賞です。毎年、高分子学会員から 15 名ほど選ばれています。私の場合は物性研究所に着任してから精力的に行ってきた「量子散乱によるモジュールゲルの構造とダイナミックスの解析」について認められ、受賞しました。

私は 2015 年に東京大学のバイオエンジニアリング専攻の博士課程を修了しており、博士課程中は主にハイドロゲル内での物質拡散やゲルのバルク分解に関する研究を行っていました。同年に物性研究所附属中性子科学研究施設柴山研究室に助教として着任してからは、研究手法を大きく転換し、光・X 線・中性子線などの量子ビームを用いて、高分子溶液・ゲル・エラストマーの微細構造やそのダイナミックスに関する研究を進めてきた。着任初年度および次年度は残念ながら思うようには成果を出すことができず、原著論文を一本も発表することなく時が過ぎて行ったが、3 年度目以降はそれまで粘り強く行ってきた研究が芽を結び、多くの論文を発表するに至りました。

研究対象となる高分子材料は多岐に渡り、ウイスキー内の有機クラスター構造、理想網目を有する高分子電解質ゲル、ガス分離用のイオン液体含有ポリイミド膜、自己修復性のイオンゲル、生体条件下で膨潤しない温度応答性高分子ゲル、人工硝子体として利用可能な低浸透圧ハイドロゲル、透明化したマウスの脳など様々な高分子材料について散乱実験を行い、構造・ダイナミックスの解析を行ってきました。

一連の研究の中でも私は特に高分子ゲルの物理に興味を持ち、多分岐高分子の自己組織化によって形成され、シンプルな構造を持つモジュール型高分子ゲルに関する研究を精力的に行っています。このように合成される高分子ゲルは網目構造がしっかりと規定されており、解析しやすい特

徴を持つ。例えば、親水性 4 分岐高分子と温度応答性 4 分岐高分子から合成される温度応答性高分子ゲルが相転移点付近で示す特異的な構造変化を小角中性子散乱とアンサンブル平均動的散乱法によって詳細に解明しました(1-3)。また、私は屈折率マッチングプローブ散乱という手法を開発し、それを用いてモジュール型高分子のゲル化過程を詳細に追跡しました。その結果、ゲル内には平均場近似では記述できないゾルプールが存在し、そのゾルプール内の局所粘度はゲル化反応の進行とともに減少することを初めて発見しました(4, 5)。さらに、モジュール型高分子を用いて系統的にゲル化臨界クラスター(パーコレーションする直前の高分子クラスター)を合成し、小角中性子散乱実験によって臨界クラスターの空間相関がクラスター分布と濃度揺らぎを同時に取り入れた Bastide Candau 理論に従うことを初めて実証しました(6)。受賞後の業績ではあるが、直近の論文ではゲル化臨界クラスターのダイナミックスとして一般的に観測されていた、散乱ベクトル q の 3 乗に従う謎なダイナミックスが、高分子の内部運動モード(Zimm mode)ではなく、臨界クラスターの並進運動の足し合わせであることを明らかにしました(7)。モジュール型高分子を用いた研究は今まさに佳境に入っており、これらの研究を通じて高分子物理の基礎的な理解へ大きな貢献ができると考えております。



- (1) S. Nakagawa *et al.*, Microscopic Structure of the “Nonswellable” Thermoresponsive Amphiphilic Conetwork. *Macromolecules*. **50**, 3388–3395 (2017).
- (2) S. Nakagawa *et al.*, Insight into the Microscopic Structure of Module-Assembled Thermoresponsive Conetwork Hydrogels. *Macromolecules*. **51**, 6645–6652 (2018).
- (3) M. Ohira *et al.*, Dynamics of thermoresponsive conetwork gels composed of poly(ethylene glycol) and poly(ethyl glycidyl ether-co-methyl glycidyl ether). *Polymer*. **155**, 75–82 (2018).
- (4) X. Li, N. Watanabe, T. Sakai, M. Shibayama, Probe Diffusion of Sol–Gel Transition in an Isorefractive Polymer Solution. *Macromolecules*. **50**, 2916–2922 (2017).
- (5) N. Watanabe, X. Li, M. Shibayama, Probe Diffusion during Sol–Gel Transition of a Radical Polymerization System Using Isorefractive Dynamic Light Scattering. *Macromolecules*. **50**, 9726–9733 (2017).
- (6) X. Li, K. Hirosawa, T. Sakai, E. P. Gilbert, M. Shibayama, SANS Study on Critical Polymer Clusters of Tetra-Functional Polymers. *Macromolecules*. **50**, 3655–3661 (2017).
- (7) X. Li, T. Noritomi, T. Sakai, E. P. Gilbert, M. Shibayama, Dynamics of Critical Clusters Synthesized by End-Coupling of Four-Armed Poly(ethylene glycol)s. *Macromolecules*, [acs.macromol.9b01066](https://doi.org/10.1021/acs.macromol.9b01066) (2019).