



自発的に折りたたまれるポリマー材料の開発に成功

-タンパク質の機能を模倣する新素材への応用に期待-

千葉大学グローバルプロミネント研究基幹の矢貝史樹教授を中心とした研究チームは、外部から刺激を与えなくても自ららせん状に巻き上がるポリマーの開発に成功しました。

この成果は、タンパク質の機能を模倣した新素材の開発へと発展することが期待されます。

■背景—超分子ポリマーとは—

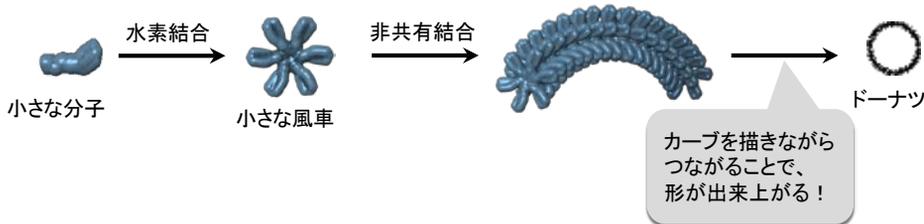
分子が共有結合と呼ばれる強い結合で鎖状につながったものはポリマーと呼ばれ、プラスチックに代表されるように私たちの生活を支える重要な材料です。近年、分子が容易に脱着可能な弱い力（非共有結合）でつながることのできるポリマー（超分子ポリマー）が注目されています。超分子ポリマーは、分子が弱い力でつながっているため、外部の刺激に敏感に応答したり、結合が切断されても自己修復できるなど、従来のポリマーにはない性質を持つ次世代ポリマー材料としてその応用が期待されています。一方超分子ポリマーは、分子の鎖（主鎖）がとる形を制御しにくい、という欠点がありました（参考図1）。ポリマーから狙った性質や機能を引き出すためには、主鎖がとる形を制御することが非常に重要です。事実、生体ポリマーであるタンパク質は、決められた数のアミノ酸からなるにもかかわらず、様々な形に折りたたまれることで、実に多様な機能を有します。



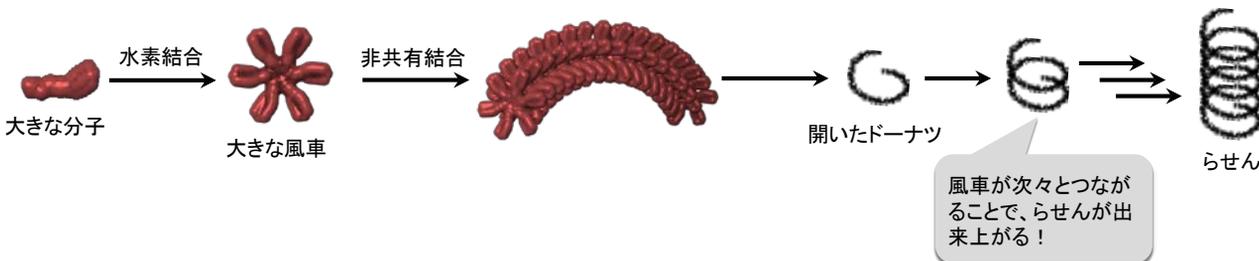
参考図1. 従来の超分子ポリマーの模式図

■本研究の成果

今回研究者らは、自ららせん構造に折りたたまれる性質を持った超分子ポリマーの開発に成功しました。この新しい超分子ポリマーは、従来の超分子ポリマーのように小さな分子が直接鎖のようにつながるのではなく、分子がまず水素結合と呼ばれる相互作用で大きな風車構造を形成します（参考図2）。そして、この風車がカーブを描きながら弱い力で積み重ねることで超分子ポリマーを形成します。研究者らは以前に、風車を形成することでドーナツのように環を巻く分子（小さな分子）の開発に成功していました。今回、このドーナツを開いて次々つなげたような構造、すなわち“らせん構造”を作ることを目的として、風車がより長くつながると予想される大きな分子の開発を進めました（参考図3）。

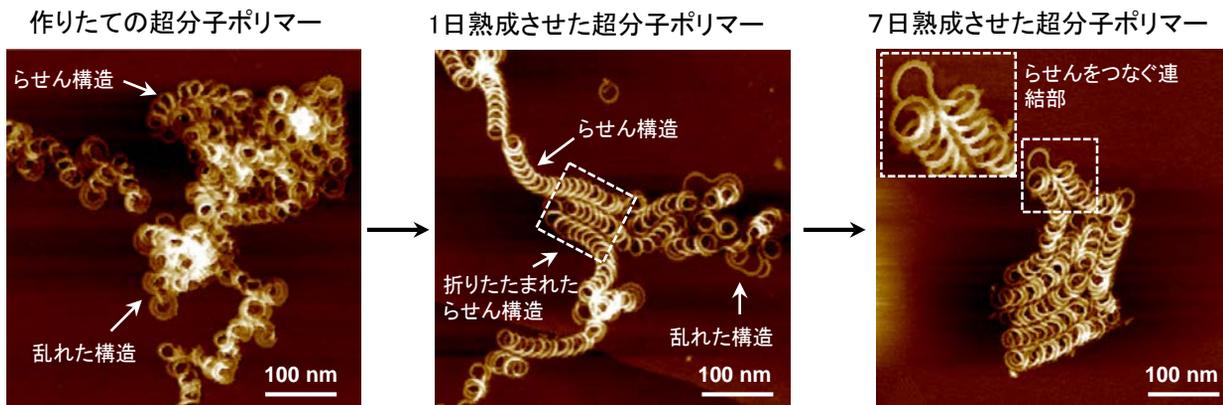


参考図2. 以前に開発した、ドーナツのように環を巻く超分子ポリマーの模式図



参考図3. 今回開発した、らせんを形成する超分子ポリマーの模式図

新しく作った大きな分子は、予想通りらせん状の超分子ポリマーを形成しました。しかし、らせんは主要な構造ではなく、ランダムにねじれて乱れた構造が多く見られました（参考図4左）。その構造は、さながら熱などによって変性したタンパク質のようでした。そこで、この乱れた超分子ポリマーの溶液を室温で1週間熟成させたところ、乱れた構造は次第にらせん構造へと変化し（参考図4左⇒中央）、最終的にらせん構造が何重にも折りたたまれた構造へと変化することがわかりました（参考図4中央⇒右）。さらに、時間をかけて折りたたまれるメカニズムが、「鑄型効果」と呼ばれる、乱れて配列した分子が同じ鎖内に存在する正しく配列した分子にならって整っていく現象によって説明できることを見出しました。この超分子ポリマーの構造変化は、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 フォトンファクトリーBL-6AおよびBL-10CでのX線小角散乱測定装置によっても明らかになりました。



参考図4. らせんが何重にも折りたたまれた構造からなる超分子ポリマーの原子間力顕微鏡(AFM)像

■今後の展望

外部から刺激を与えなくとも自ら整った構造へと折りたたまれる現象は、フォールディングと呼ばれるタンパク質の折りたたみ現象に酷似しています。今後、分子の構造を少しずつ変化させることや、異なる分子を混ぜることによって、形だけでなく、認識、触媒、貯蔵、転写、エネルギー変換など、タンパク質の多様な機能までも模倣できる新素材への発展が期待されます。そのような新素材は、分子コンピュータから医療まで、幅広い分野への応用が期待できます。

本研究の成果は、*Science Advances* (DOI: 10.1126/sciadv.aat8466)にて日本時間2018年9月8日(土)午前4時に公開されます。

本件に関するお問い合わせ

千葉大学グローバルプロミネント研究基幹 矢貝史樹

Tel : 043-290-3169 Fax : 043-290-3169

E-mail : yagai@faculty.chiba-u.jp

※ 土曜・日曜のお問い合わせはメールにてご連絡ください。また、電話がつながらない場合は、メールにて簡単にご連絡いただけましたら折り返しお電話いたします。

■本研究について

本研究成果は、以下の支援により得られた。

1) 支援団体：独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金 新学術領域研究
研究領域：『 n 造形科学』
領域代表：福島孝典（東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所）
研究課題：複合アセンブリー n 造形システム
研究代表者：矢貝史樹（千葉大学グローバルプロミネント研究基幹）
研究課題：放射光X線を用いた n 造形システムの構造物性
研究代表者：足立 伸一（高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所）
研究期間：平成26～30年度

2) 支援団体：公益財団法人長瀬科学技術振興財団
平成30年度 研究助成
研究課題：かたちの制御が切り拓くあたらしい超分子ポリマーの創製
研究代表者：矢貝史樹（千葉大学グローバルプロミネント研究基幹）
研究期間：平成30年度

3) 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 フォトンファクトリー共同利用実験課題
Proposal No. 2015PF-22, 2015PF-29, 2016PF-04

【発表論文概要】

研究論文名：Self-Folding of Supramolecular Polymers into Bioinspired Topology
著者：Deepak D. Prabhu*1、新津敬介*1、北本雄一*5、大内隼人*1、大場友則*2、Martin J. Hollamby*3、清水伸隆*4、高木秀彰*4、春木理恵*4、足立伸一*4、矢貝史樹*1,5

- *1 千葉大学大学院工学研究科共生応用化学専攻
- *2 千葉大学大学院理学研究科化学コース
- *3 Keele大学
- *4 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所
- *5 千葉大学グローバルプロミネント研究基幹

公表雑誌：Science Advances (DOI: 10.1126/sciadv.aat8466)
解禁日：日本時間（現地時間）2018年9月8日（土）午前4時
（米国東部標準時間9月7日 午後2時）

本リリース配布先：

千葉県政記者クラブ（投込）、文部科学記者会（掲示）、科学記者会（掲示）、筑波研究学園都市記者会（投込）

**Embargoed: Not for Release
Until 2:00 pm U.S. Eastern
Time Friday, 07 September.**