



## 世界初！光でほどけるらせん状人工ナノ線維の開発に成功 人工細胞からドラッグデリバリーまで幅広い分野への応用に期待

千葉大学大学院工学研究科の矢貝史樹准教授を中心とした研究チームは、光を当てることで「らせん構造」がほどける人工のナノ線維の開発に成功しました。

この成果は、思い通りのタイミングで内包した物質を放出したり、あるいは物質を取り込んだりすることができるナノ材料の開発へと発展することが期待されます。

### ■ 背景 — 微小線維とは —

微小線維とは、細胞内に存在し、細胞形状の維持、形の制御、さらには細胞内での物質移動を担っている線維状ナノ構造体です。主にアクチンと呼ばれる粒子状のタンパク質がユニットとなり、らせん状に結合することで形成されます。生体系に見られるような精緻な構造を持つ線維状の微小材料を人工分子で構築することは挑戦的な課題であり、世界中で活発に研究されています。人工の材料を使い様々な機能を持った分子をユニットとして用いることで、生体系にはない独自の機能を実現することができます。

### ■ 本研究の成果

研究チームは、今回世界で初めて、光でらせん構造がほどける人工のナノ線維（太さはわずか10ナノメートル！）の開発に成功しました。線維の見かけの長さ（末端から末端までの直線距離）は2マイクロメートル程度から10マイクロメートルまで大きく変化することもわかりました（図1）。

この新しいナノ線維は、光で折れ曲がる性質を持ったアゾベンゼン分子が結合することで形成されます（参考図参照）。研究チームは、アゾベンゼン分子を水素結合によって6個集め、「ロゼット」（注1）と呼ばれる根生葉の形にすると、ロゼットが次々と連なり、らせん状のナノ線維（超分子ポリマー（注2）とも呼ぶ）を形成することを発見しました。ロゼットの「葉」が全て開いている時は、ロゼットは一定の湾曲率を保ちながら結合してゆき、らせん状の線維を形成します。光をあてるとアゾベンゼン分子が異性化するためにロゼットの「葉」が部分的に折れ曲がり、その結果、湾曲性が損なわれます。この局所的な構造変化がらせん構造全体で起こるため、らせん構造がほどけて伸びきった線維へと構造変化するのです。このようなナノ線維の構造の変化は、高エネルギー加速器研究機構のX線小角散乱測定装置などによる計測により明らかになりました。

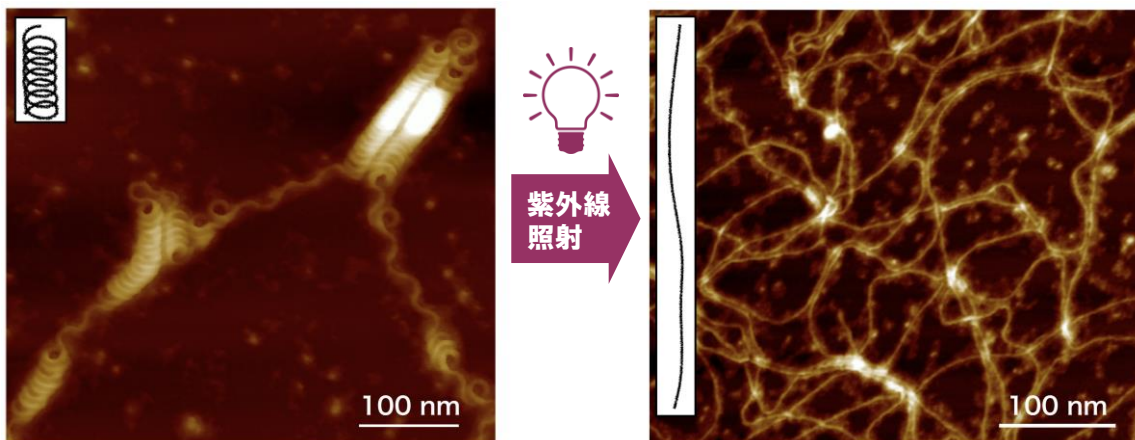


図 1. 紫外線照射による線維構造の変化 (原子間力顕微鏡による観察)

## ■今後の展望

近年、様々な刺激を用いて分子の形状を制御することが可能になってきています。しかし、分子より少し大きなサイズ、すなわちナノメートルスケールの物体の形状を外部刺激によって変化させることは未だ困難な課題であり、身近な現象である光の照射によってこれを可能にするという本成果は画期的といえます。

今後は、らせん構造内に内包された薬剤などを患部へ任意のタイミングで放出するドラッグデリバリーシステムや、コンパクトに折りたたまれたらせん構造から網目のような線維ネットワークを一気に広げて物質を捕捉するナノシステムなど、生体機能を高度なレベルで模倣したスマートナノマテリアルへの発展が期待できます。

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・新学術領域研究『 $\pi$ 造形科学』(領域代表: 福島孝典)における研究課題「複合アセンブリー $\pi$ 造形システム」(研究代表者: 矢貝史樹)の一環として行われました。また、本研究の成果はNature Communications (DOI: 10.1038/NCOMMS15254)にて日本時間2017年5月10日(水)午後6時に公開されます。

## 【発表論文概要】

研究論文名:

Light-induced unfolding and refolding of supramolecular polymer nanofibres

著者: Bimalendu Adhikari\*1、山田 裕樹\*1、山内 光陽\*1、脇田 健吾\*1、Xu Lin\*1、新津 啓介\*1、大場 友則\*2、唐津 孝\*1、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

\*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 School of Chemical and Physical Sciences, Keele University

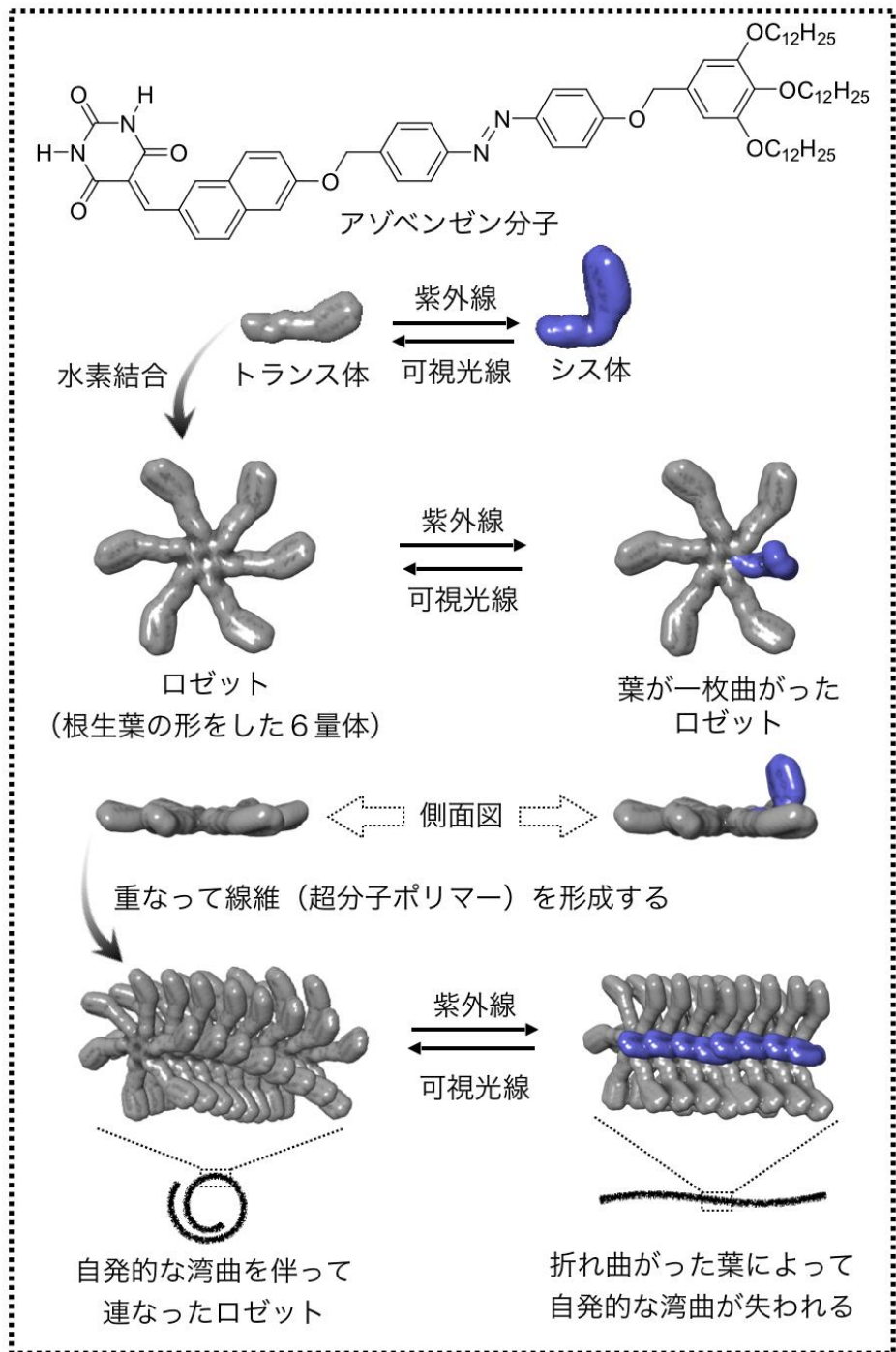
\*4 高エネルギー加速器研究機構

公表雑誌: Nature Communications (DOI: 10.1038/NCOMMS15254)

解禁日: 日本時間(現地時間) 2017年5月10日(水) 午後6時

(英国5月10日 午前10時)

■ 参考図



■ 語句説明

注1) ロゼット：タンポポのように、根生葉が水平・放射状に広がったもの。分子がこの様な形に集合したものはロゼットと呼ばれる。

注2) 超分子ポリマー：従来のポリマー（高分子）は、モノマー分子が「共有結合」によって連結されることで作られる。一方、モノマー分子が水素結合やファンデルワールス力などの「弱い結合」で連結して形成される高分子は超分子ポリマーと呼ばれる。モノマー同士の結合の可逆性や内部構造の秩序性によって豊かな刺激応答性や構造特異性を示すため、近年非常に注目を集めるナノ材料である。

## ■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：『 $\pi$ 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 $\pi$ 造形システム  
研究代表者：矢貝 史樹（千葉大学大学院工学研究科）  
研究課題：放射光X線を用いた $\pi$ 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：独立行政法人日本学術振興会  
科学研究費補助金 基盤研究B  
研究課題：メカノセンシティブナノ集積システムの創製  
研究代表者：矢貝 史樹（千葉大学大学院工学研究科）  
研究期間：平成27～29年度

3) 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 特別研究員奨励費  
研究課題：刺激応答性発光ナノファイバーのデザインとバイオ領域への応用  
研究代表者：矢貝 史樹（千葉大学大学院工学研究科）  
研究期間：平成27～28年度

研究に関するお問い合わせ

千葉大学大学院工学研究科 矢貝 史樹  
Tel : 080-4452-2587 Fax : 043-290-3401  
E-mail : yagai@faculty.chiba-u.jp

報道に関するお問い合わせ

千葉大学 企画総務部渉外企画課広報室  
Tel : 043-290-2018 Fax : 043-284-2550  
E-mail : bag2018@office.chiba-u.jp

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
広報室長 引野 肇  
Tel : 029-879-6047 Fax : 029-879-6049  
E-mail : press@kek.jp