

## ウイルスを利用した導電性高分子の合成に成功

ウイルスにはさまざまな形態があり、細菌に感染するウイルスの一種であるfdファージは液晶性を持っています。本研究では、これを化学反応場として用いて導電性高分子の合成に成功しました。

得られた高分子はファージ液晶がもつネットワーク状の分岐構造とキラルらせん構造を転写しています。また、この高分子の磁氣的性質を調べたところ、導電性高分子に典型的な性質は示さない一方、磁石に反発する反強磁性的な挙動を示しました。無機磁性体では、らせん磁性が反強磁性を示すことが報告されていますが、有機体に関する同様の報告例は本研究が初めてです。

本研究成果は、ウイルスを鋳型として分子テンプレートを作成し、ウイルスを捕獲し閉じ込める機能をもつ高分子の作成などへの応用が期待されます。

### 研究代表者

筑波大学大学院数理物質系

後藤 博正 准教授

## 研究の背景

ウイルスにはさまざまな形状があります。例えばコロナウイルスは球状をしていますが、細菌に感染するウイルスの一種であるファージには、線状のものから複雑な形状をしたものまで存在し、結晶性や液晶性をもつものもあります。人工的な合成反応によりウイルス自体を化学物質と結合させることは、今のところできませんが、結晶化または液晶化したウイルスをテンプレートとして用いて高分子を合成すると、ウイルスの結晶状態や液晶状態を写し取った秩序のある形態をもつものが得られます。従って、ウイルスを合成高分子を作るための分子容器として用いることが可能です。

## 研究内容と成果

本研究では、触媒を使った化学重合法<sup>注4)</sup>と電気を印加することによる電解重合法<sup>注5)</sup>を組み合わせたダブルステップ重合を用いて、ウイルス液晶の集合構造を転写することにより、導電性高分子ポリピロロール<sup>注2)</sup>を合成しました。このポリピロロールは、神経細胞のニューラルネットワーク<sup>注3)</sup>にも似た分岐構造をもっています (図1)。また、このウイルス液晶はキララらせん構造をもつことから、生成したポリピロロールの分子ワイヤーもウイルスのキラリティーを転写しており (図2)、その内部も、ウイルスと同じらせん構造を形成しています (図3)。

得られた高分子について、電子スピン共鳴による磁気測定を行ったところ、導電性高分子に典型的な「パウリの常磁性 (温度変化によらず一定の磁化率をもつ現象)」と呼ばれる性質は示さず、反強磁性的な挙動 (磁石に近づくと反発する性質) を示しました。無機磁性体では、らせん磁性が反強磁性的性質を示すことが報告されていますが、有機体に関する同様の報告例は本研究が初めてです。

## 今後の展開

今回得られた導電性高分子を細い分子ケーブルとして活用することで、神経をモデルにした信号伝達を担う人口神経<sup>注6)</sup>作成の可能性が考えられます。また、本研究成果は、ウイルスを鋳型として分子テンプレートを作成し、球状ウイルスなどを捕獲し閉じ込める機能をもつ高分子の作成にも応用でき、観察のために球状ウイルスの固定化を行ったり、死滅させることにもつながると期待されます。

## 参考図

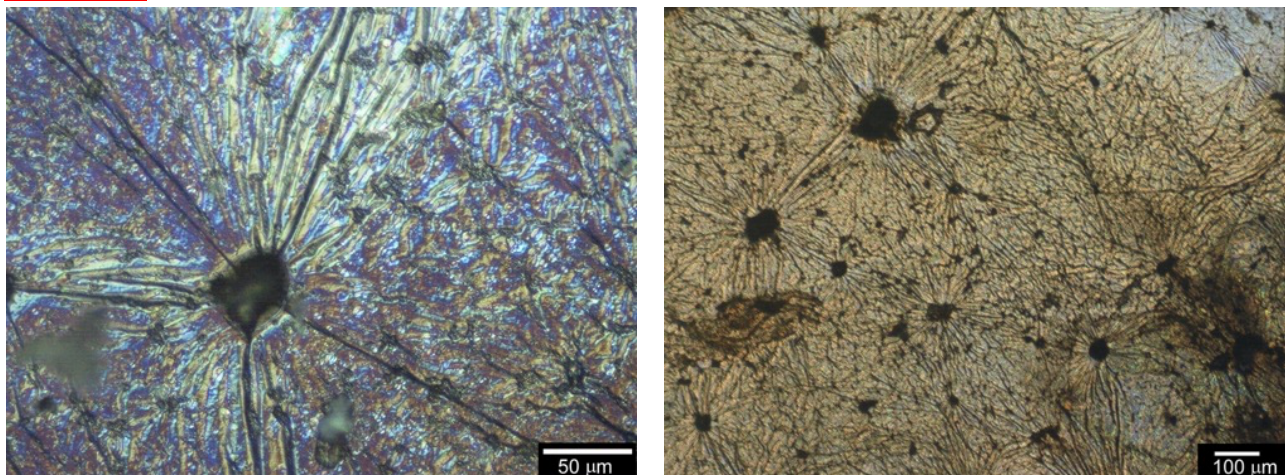


図1 ウイルスの液晶状組織上で合成したポリピロロールの微分干渉顕微鏡写真 (左) と顕微鏡写真 (右)

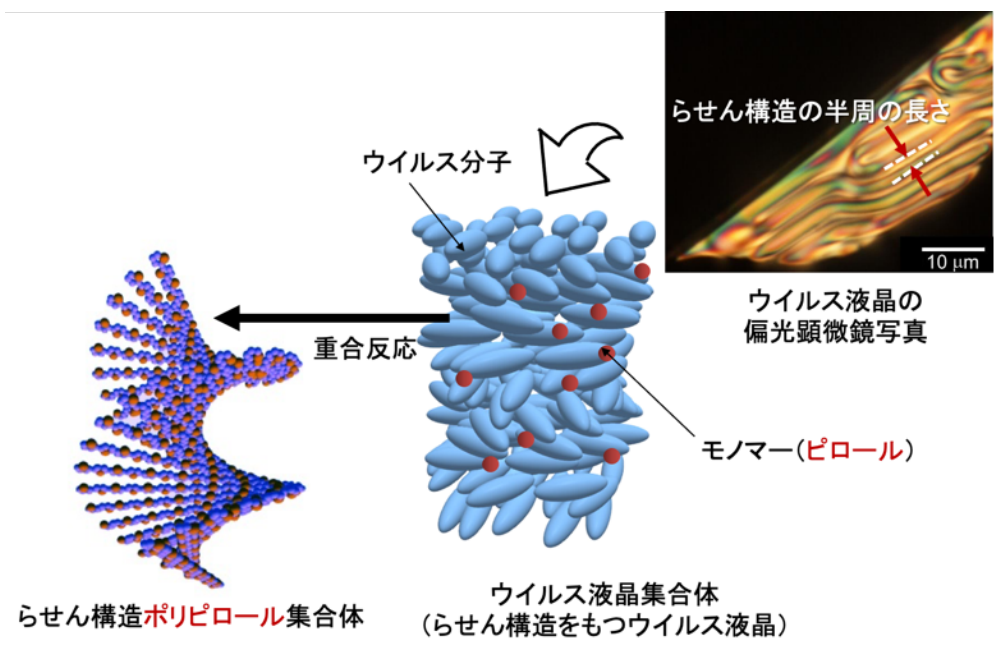


図2 ウイルスの液晶状組織上で合成したピロールの重合機構

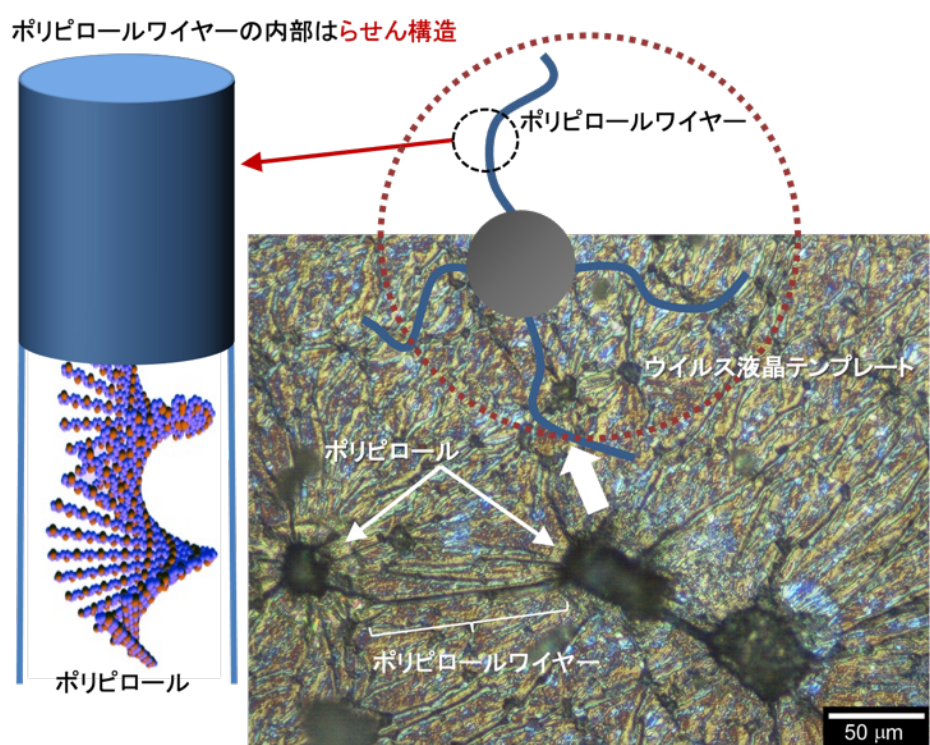


図3 ウイルスの液晶組織上で合成したポリピロールの分子ワイヤーの内部の構造

用語解説

注1) fd ファージ

直線状の形をした細菌に感染する直鎖状のウィルス（ファージ）。適切な条件下で液晶性を示す。この液晶は低倍率の光学顕微鏡でも観察可能である。偏光顕微鏡下では虹のような発色を示す。

注2) ポリピロール

導電性高分子の一つ。窒素原子を一つ含む五角形のピロール環が多数連なり、直線状のポリマーの形

状をもち、電気はこの直線状に沿って流れる。パソコンや携帯電話のチップ型コンデンサーとして応用されている。

注3) ニューラルネットワーク

樹状突起から枝分かれしてニューロン繊維が伸び、重なった構造。ニューロン繊維のお互いの接触により多数の信号が伝達されるとともにその接続の形式によりさまざまな役割を担う。

注4) 化学重合

触媒を使って高分子を合成する方法。本研究では触媒としてルイス酸である塩化鉄を用いている。

注5) 電解重合

電解質に溶解したモノマーに電位をかけることにより高分子を得る方法。本研究では電解質にウイルスを用いている。

注6) 人口神経

神経の電気信号伝達を人工的な物質で行う試み。導電性高分子は、人工的なニューラルネットワークを構築するのに適していると考えられている。

### 研究資金

本研究は、科研費 (No. 20K05626, No. 17K05985) の研究プロジェクトおよび JST ERATO 野村集団微生物制御プロジェクト (JPMJER1502) の一環として実施されました。

### 掲載論文

【題名】 A Possibility of Polaron Vortex Magnet of Polypyrrole Prepared in Virus Liquid Crystal  
(ウイルス液晶中で合成したポリピロールのポーラロン渦状マグネットの可能性)

【著者名】 Hiromasa Goto, Kyoka Komaba, Naoto Eguchi, Masanori Toyofuku, Nobuhiko Nomura  
(後藤博正、駒場京花、江口直人、豊福雅典、野村暢彦)

【掲載誌】 Journal of Polymer Science

【掲載日】 2021年10月26日

【DOI】 10.1002/pol.20210585

### 問い合わせ先

【研究に関すること】

後藤 博正 (ごとう ひろまさ)

筑波大学数理物質系物質工学域 准教授

URL: [http://www2.ims.tsukuba.ac.jp/~gotoh\\_lab/](http://www2.ims.tsukuba.ac.jp/~gotoh_lab/)

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)