

酸性温泉水中での導電性高分子の合成に成功

ポリアセチレンに代表される導電性高分子は、電気を流すプラスチックとして研究が行われてきました。現在、導電性に加えて、発光や光の回転・吸収といった性質を付与した、無機材料に代わる新しい光学材料としての開発も進められています。その一つにポリアニリンがあります。ポリアニリンは染料化学の材料として広く利用されているアニリンを原料としており、簡便に大量の合成が可能です。通常、ポリアニリンの合成には硫酸が必要であるという課題がありました。硫酸はアニリン重合を活性化するとともに、ドーピング剤としてキャリアを発生する役割があります。

本研究では、硫酸の代わりに、天然の酸性温泉水を、合成溶媒（プロトン酸の供給源）および電気伝導を担うキャリアを発生するためのドーピング剤として用いて、導電性プラスチックポリアニリンの合成に成功しました。火山国である日本は温泉に恵まれ、温泉水は主に保養のために使われていますが、本研究により、その温泉廃水も工業的に利用できることが分かりました。

研究代表者

筑波大学数理物質系

後藤 博正 准教授

駒場 京花（大学院理工情報生命学術院 博士後期課程2年）

研究の背景

近年、導電性高分子は、導電性のみならず、発光や光吸収といったさまざまな性質についても研究が進んでいますが、金属ほどは高電力を流すことに適しておらず、主に、防錆材料や静電防止材料、センサーなどの用途に活用されています。導電性高分子のうち最も汎用性が高く、コストが低いのはポリアニリンです（図1）。ポリアニリンは水中での合成が可能であり、量産化が行われていますが、合成の過程で多量の硫酸もしくは塩酸を使うため、作業工程に注意を要するという課題がありました。

近年、グリーンケミストリー^{注1)}が注目されており、例えば、工業的なプラスチックの合成において、天然に存在する水を利用できると、コスト削減だけでなく、天然資源の有効活用にもつながります。とりわけ温泉水は、硫酸や塩酸が溶解しているにもかかわらず、安全に利用することができる資源だと考えることができます。入浴後の温泉廃水をそのまま工業利用できれば、新しい産業創造につながる可能性もあります。

研究内容と成果

本研究グループでは、ポリアニリンの新しい合成法について探索しており、今までに、ポリアニリン合成のためのプロトン剤^{注2)}としてさまざまな試薬を検討してきました。その中で、酸性の天然水である温泉水のポリマー合成への直接使用を着想しました。そこで各地の温泉を調査したところ、特に日本の酸性温泉がポリアニリンの合成に適していることが分かりました。温泉水のプロトン酸成分がアニリンと反応し、アニリン硫酸塩を作ります。ここに、酸化剤を加えることにより、連鎖的に反応が進行し、エメラルドグリーンのポリアニリンが生成します（図1）。ポリアニリンは通常、高濃度の硫酸を徐々に滴下し、発熱に気をつけながら合成します。強酸性の温泉水の成分は、すでに適切な合成条件と一致しているため、そのまま安全にポリアニリン合成に利用でき、従来の手法と同程度の収率でポリアニリンが得られます。同グループは日本各地の強酸性の温泉水を用い、ポリアニリンを合成しながら pH の変化、電気伝導性を調査しました。その結果、電子スピン共鳴により、電気伝導を担うチャージキャリアであるポーラロンの存在を確認し、その導電メカニズムが従来のポリアニリンと同様であることが分かりました。また、電気伝導度測定の結果、通常のポリアニリンと同程度の電気伝導度を示しました。また、温泉から得られる湯の花^{注3)}を蒸留水中に溶解した中で反応を行ったところ、温泉水中と同じようにポリアニリンが得られました。このことは、新しい天然資源への注目と、温泉排水の再利用の可能性をもたらすと考えられます（図2）。

今後の展開

今後、温泉水中での導電性高分子の合成に関して、ポリピロールなど他の高分子や、光学活性を持つ特殊な構造のポリアニリンなどについても検討を進める予定です。また、このようにして得られた導電性高分子の、防錆材料や静電防止材料への応用を試みます。

参考図

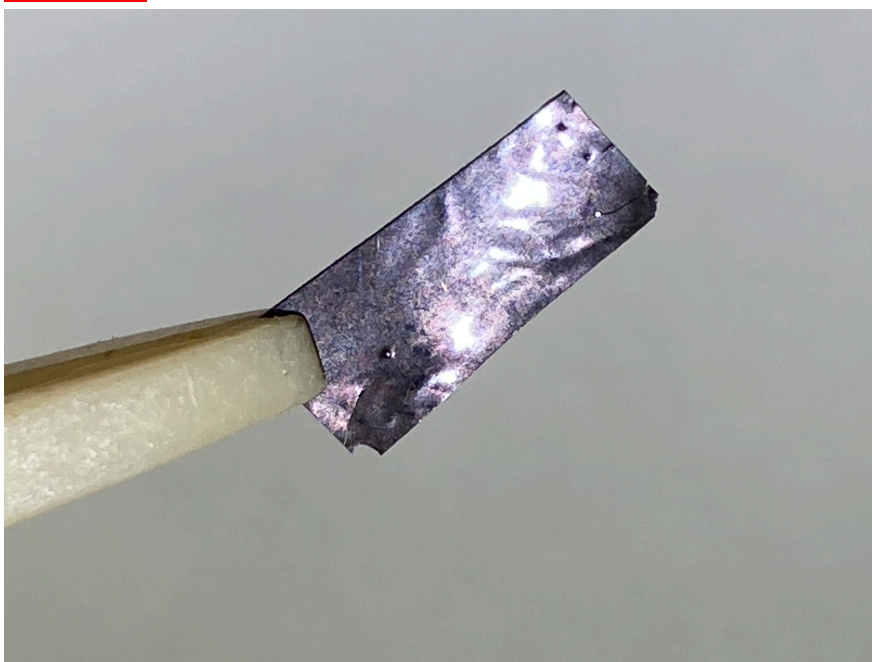


図 1. ポリアニリン（常法）薄膜

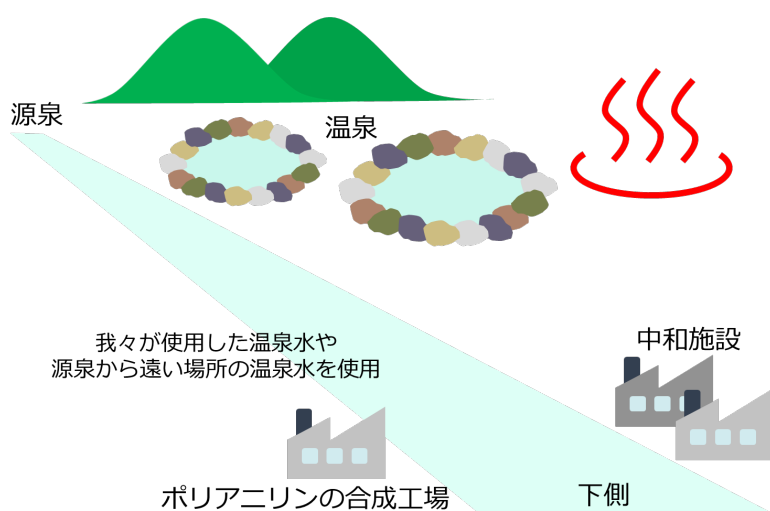


図 2. ポリアニリン合成における温泉水の有効利用イメージの一例

用語解説

注 1) グリーンケミストリー

原料の選択から製造、使用、廃棄までの化学物質の工業的利用の過程全体において、安全性の高い物質を使用したり、エネルギーや化学反応の効率を上げるなどによって、人体および環境への負荷を低減するための技術。

注 2) プロトン剤

水素イオンをもつ物質。有機合成の反応において酸触媒などとして用いられる。

注 3) 湯の花

温泉水中に析出する不溶性の物質（粉末）。硫黄が多く含まれる。水中に入れると温泉水のようになる。

掲載論文

- 【題 名】 Synthesis of polyaniline and polyaniline/fiber composites in geothermal water
(温泉水中でのポリアニリンおよびポリアニリン/繊維コンポジットの合成)
- 【著者名】 Kyoka Komaba, Hiromasa Goto
- 【掲載誌】 Journal of Water Chemistry and Technology
- 【掲載日】 2022年3月17日
- 【DOI】 10.3103/S1063455X23010046

問合わせ先

【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/

【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