

色素型導電性高分子の合成

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

従来、プラスチックは電気を流さないものと定義されてきたが、ポリアセチレンの合成とそのドーピングにより、銅に匹敵する電気伝導度を示すことが発見された。それから50年近くが経過した今、導電性高分子は新たな展開を見せている。導電性高分子自体は金属材料のような大電流を流すことには適していない。また、導電機構は金属のような自由電子をもとにした伝導と似てはいるものの、その移動は一次元的であるとともに、化学構造の変化を伴いながらの電子移動によるものである。したがって、伝搬スピードは光速よりかなり遅いものである。しかし、その振る舞いはソリトンと呼ばれる互いに干渉しない導電キャリアであるため、単分子線の中を進む信号は独立したものを無限大に伝送することが可能であるとされている。したがって、光ファイバーのような光通信に代わる分子単線を経由した無限大とも思える情報通信に到達できる可能性がある。私は、このような未来技術を思い描き従来からあるパイ共役系の導電性高分子の構造に加え、豊富に電子をもち自ら発色する色素を導電性ポリマーの主鎖骨格に組み込んだ。

■ 活動内容

1. ポリマーの合成

ポリマーの骨格はブリリアントピンクRとポリアニリンの共重合体である。これを合成するために、ブリリアントピンクRにパラフェニレンジアミンを加え、ヨウ化銅を触媒としニトロベンゼン中で200℃に加熱し重合反応を行った。この反応は、ウルマン反応と呼ばれるもので、銅を触媒としたアミンとハロゲンとのカップリング反応である。反応終了後、ろ別し、得られたケーキ状の物質を大過剰のメタノールで洗浄し、さらにこれをろ過した。そののち、真空乾燥し、濃く着色した粉体を得た。この粉体は、ブリリアントピンクRに由来する濃い紫色を示していた。この構造は報告されていないため新しい骨格構造を持つ共役系高分子と定義できる。

2. 測定

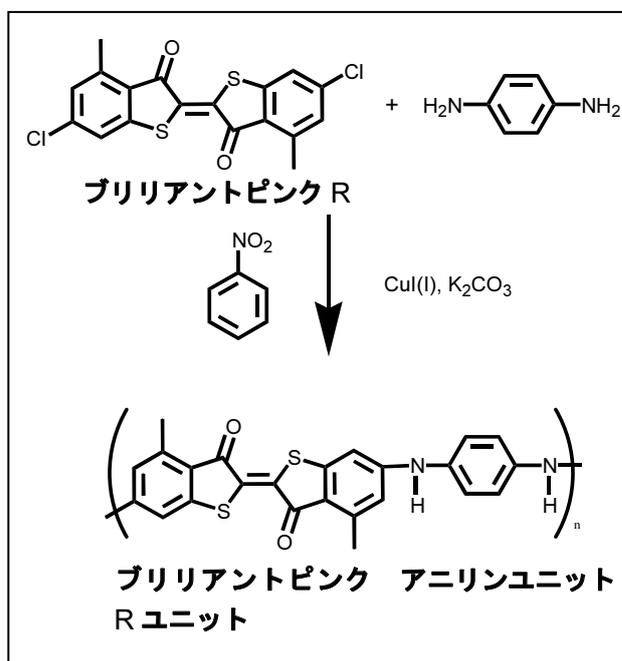
得られたポリマーの分子構造を赤外線吸収スペクトルで確認した。その結果ポリアニリンと色素が共重合したものであることが分かった。さらに、ヨウ素による気相でのアクセプタードーピングを行うことによりその電気伝導性を確認した。この電気伝導性を温度を変化させながら測定したところ部分的に $T^{-1/4}$ に比例した抵抗率の変化を確認した。これにより、三次元バリエブルレンジホッピング(3D-VRH)が生じていることがわかった。

この現象は、ポリマー骨格間における一種のトンネル現象であり、ネビル・モットーにより無機半導体で発見された考え方がそのまま高分子に適用できる。

3. 結論

高温化での化学反応により、ポリアニリンとブリリアントピンクRの分子構造をもつ新しい導電性高分子を作成した。この高分子はブリリアントピンクR内で発色団による高い電子密度をもつとともに、そのキャリアが一部ブリリアントピンクR内に局在し、さらに隣接したポリアニリンユニットに伝送される。この色素とポリアニリンとの連携により電気伝導性を示す。このような色素と導電性高分子を組み合わせるコンセプトは今までに導電性高分子の開発においてあまりなされてこなかった。

今後の目標は、古くから染色技術で用いられてきた色素を導電性高分子に適用し次世代型の導電性高分子を用いた、分子素子につなげることである。



代表発表者 徳嵩 葵 (とくたけ あおい)
所属 筑波大学 応用理工学類
問合せ先 〒305-8574 つくば市天王台 1-1-1
筑波大学物質工学域合成金属研究室
TEL:029-853-5474 FAX:029-853-5474

■キーワード: (1) 導電性高分子
(2) ブリリアントピンク R
(3) ソリトン
(4) ドーピング

■共同研究者: 筑波大学数理物質系
後藤博正 (指導教員)