

外部環境に応じて発光が劇的に変化するゴム材料の開発

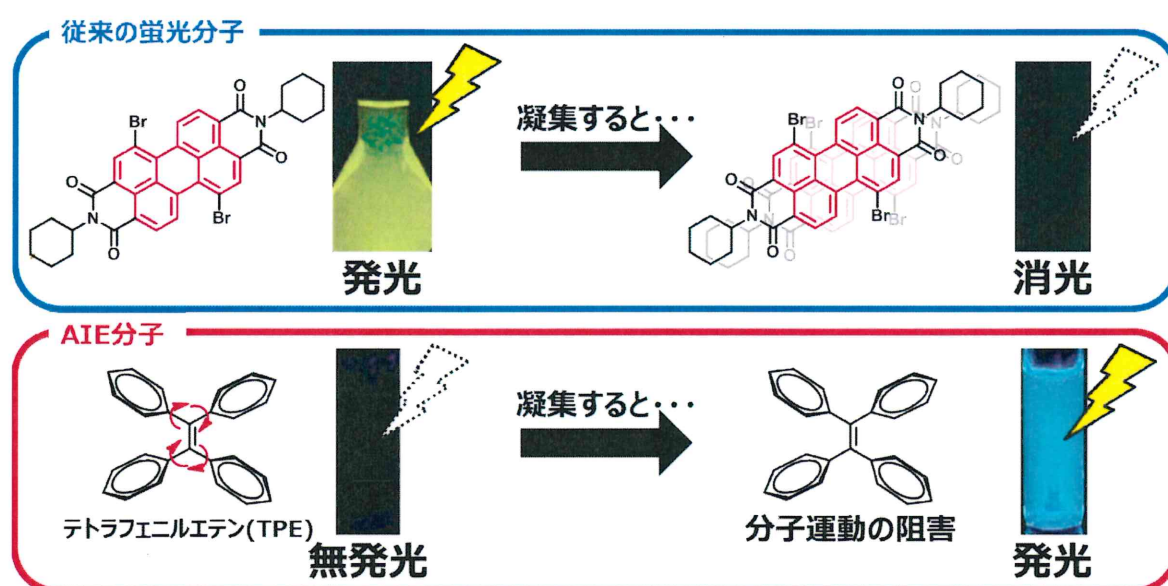
AIE 分子を架橋剤に用いたエラストマーの外部刺激による発光制御

(北大院総化) 谷口諒輔、山田泰平、○小門憲太、佐田和己

[2H11]

(Tel:011-706-3474)

北海道大学総合化学院の大学院生の谷口諒輔、山田泰平、小門憲太助教、佐田和己教授らのグループは、溶媒や温度などの外部環境によって発光強度が劇的に変化するゴム材料の開発に成功した。発光部位には、凝集誘起型発光(Aggregation-induced emission、AIE)という分子の運動性に起因する発光現象を示す分子骨格を用い、これを架橋剤としてゴム材料に導入した。この応答現象はさまざまな外部刺激に適用可能であり、刺激応答性ソフトマテリアルやセンサー材料を開発する上で重要な設計指針となることが期待される。



有機 EL や発光センサーに代表される有機発光材料は、軽量性、柔軟性、設計性などの観点から、近年非常に盛んに学術および応用研究が展開されている材料の一つである。中でも AIE 特性を持つ分子は、一般的な有機色素がしばしば濃度消光現象を示すのに対し、固体状態で発光効率が向上するという特性を示すため、材料開発への展開において大きな優位性を有している（上図参照）。AIE 特性は、テトラフェニルエテン(TPE)などの分子で顕著に発現するが、フェニル基の回転運動などの分子運動によって、溶液状態では発光を示さないが、固体や凝集状態など、分子運動を凍結させることによって発光を示すようになる。

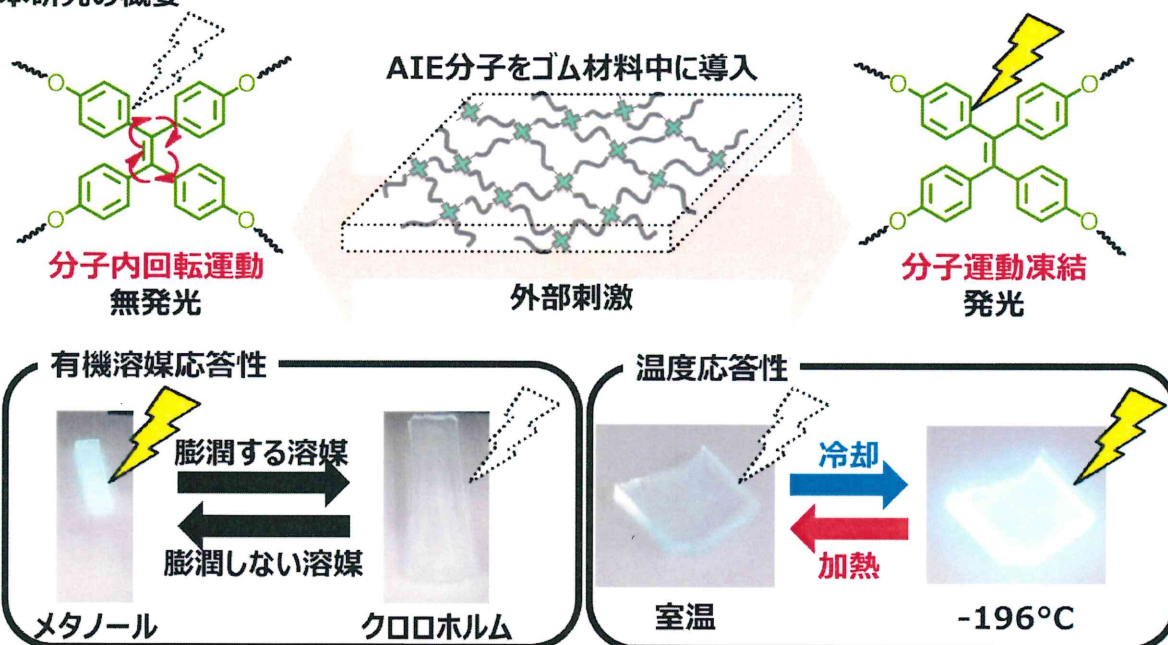
今回、我々は、ゴム材料の原料になるシリコン高分子を、AIE 特性を示す架橋剤で架橋することによって、AIE 部位が導入されたゴム材料を作製した（次項図参照）。架橋剤である TPE 誘導体の合成は既報を参考に 3 段階で達成した。架橋反応は、一般的にシリコン高分子の架橋などに用いられるヒドロ

ケイ素化反応を用い、シリコーン高分子と架橋剤を混合し、室温で 24 時間静置することで行なった。

得られたゴム材料は、ゴム材料が膨潤する溶媒(クロロホルム、THF など)に浸漬すると、膨潤とともに AIE 由来の発光が消失するのに対し、膨潤しない溶媒(メタノール、水など)に浸漬すると、膨潤を示すことなく強い発光が保持されたままであった。また、膨潤し終えたゴム材料を膨潤しない溶媒に浸漬することで、発光が回復する様子も確認できた。この現象は、溶媒によってゴム材料内部の分子鎖の広がりを変化することで、架橋剤である AIE 分子周りの運動性が変化したことによると考えられる。すなわち、収縮した状態(膨潤する前の状態)では、密にパッキングされたシリコーン高分子鎖によって AIE 分子骨格部位が束縛されて発光を示すのに対し、膨潤した状態ではそのような束縛がなく、自由に運動するために熱運動としてエネルギーを消費してしまい、発光を示さなくなったということである。

また、このゴム材料は温度に対しても発光強度が劇的に変化した。乾燥状態の低温環境下に付すと発光強度が著しく増大する様子が見受けられた。これも上記の溶媒応答性のように AIE 分子周りの運動性の変化の結果であると考えられる。すなわち、温度を下げることによって AIE 分子骨格部位およびゴム材料全体の運動性が低下したことにより、発光強度が増大したと言える。

本研究の概要



本研究の考え方を応用すると、さまざまな高分子材料に対し、自在に外部刺激応答性を付与できると考えられ、その適用範囲は非常に広い。また、AIE 分子骨格は有機化学的手法を用いて簡便に発光色などを変化させることも可能である。従来、溶液系に限定されてきた AIE 化合物の化学を材料化学分野に展開できることで、さまざまな刺激応答性ソフトマテリアルの構築が期待できる。

<適用分野>

有害溶剤検知用センサー、温度センサー