



Tokyo Tech

平成 28 年 9 月 26 日

報道機関各位

東京工業大学広報センター長
岡田 清

超精密集積で新たな機能性材料に成功

－発光体やセンサー、医薬材料に期待－

【要点】

- ビスマスを利用した精密集積型発光分子を開発
- 発光強度が減少する濃度消光(用語 1)を抑えることで強度制御と固体発光を達成
- 発光要素の自在な出し入れで発光のスイッチング機能を発現

【概要】

東京工業大学 科学技術創成研究院 ハイブリッドマテリアル研究ユニットおよび化学生命科学研究所の山元公寿教授、神戸徹也助教らは、発光体を 1 つの分子内に最大 60 個まで導入した新たな発光体の開発に成功した。発光体は集積中にある濃度になると濃度消光を起こす問題があったが、これを解決し、発光強度の自在な制御や固体発光、スイッチング特性を持つ機能性の高い発光体を構築した。

この研究は発光分子の精密集積が機能性発光材料に応用できることを実証したものであり、本アプローチは今後の材料設計の有力な手法になると期待できる。

この研究は東京工業大学「ハイブリッドマテリアル研究ユニット（リーダー：山元公寿）」で実施した。研究成果は 9 月 22 日(現地時間)発行のドイツ化学誌「*Angewandte Chemie, International Edition* (アンゲヴァンテ・ケミー国際版)」オンライン版に掲載された。

●研究成果

東京工業大学の山元教授らの研究グループは、当グループが独自開発していた dendrimer (用語 2) と呼ばれる規則的に枝分かれを繰り返す樹状構造をした高分子を利用することで、発光体を精密に配置した分子を作ること成功した。分子内に配置する化学種として塩化ビスマスに着目した。この塩化ビスマスが dendrimer 内に精密に集積され発光特性を発現することで、制御可能な発光 dendrimer の構築が実現した。

この dendrimer は金属を取り込める場所を予め設計したものであり、塩化ビスマスを中心部から順番に、決められた場所に結合させて作った。これにより濃度消光を抑え、増やした分だけ発光強度を高めることに成功した(図 1)。構成要素であるビスマスの錯体(用語 3)は固体状態で濃度消光するのに対し、この発光 dendrimer は固体状態という極限の高濃度状態でも発光を保持した(図 2)。

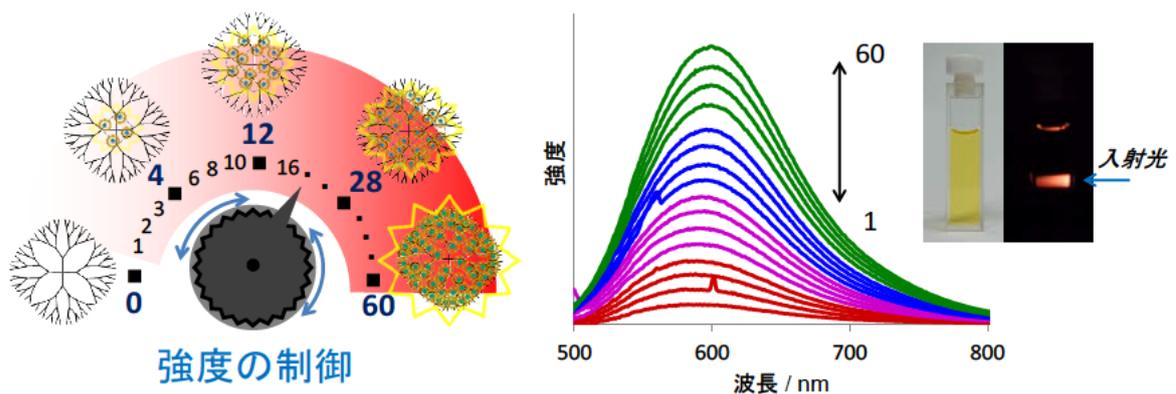


図 1 発光体の分子内精密集積による強度制御

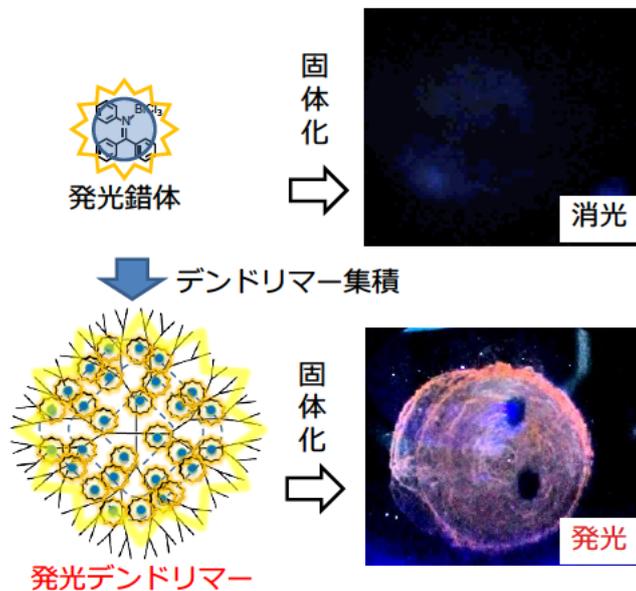


図 2 デンドリマー集積による固体状態での発光特性

この発光はデンドリマー内でビスマスの錯体を形成することで発現する。そのため、ビスマスとデンドリマーを自在に結合/切断することができる。この特性に基づき、ビスマス添加量の調整や酸化還元反応(用語 4)を駆使することで、発光強度の自在かつ可逆な制御を可能にした。またこの可逆性にはデンドリマーのカプセル特性が寄与していることが分かった。カプセル特性は内部に取り込んだ物質を外部の物質から保護する効果であり、本研究で利用したデンドリマーが取り込んだビスマスを外部から保護できることを見出した(図 3)。

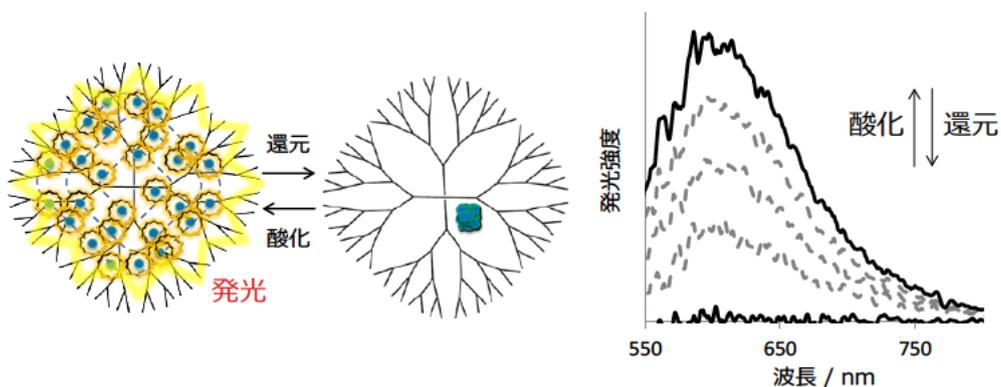


図 3 ビスマス錯体の可逆結合特性を利用した発光特性のスイッチング

●背景と研究の経緯

発光材料は基礎・応用共に活発に研究されている分野である。これまで様々な発光分子が開発されてきたが、今後はその機能化が求められている。例えば、我々

の日常では光を強くしたい場合、光源を複数集めればその発光強度は強くでき、集める個数により強さを制御できる。しかしこれを分子の世界で行うと単純には上手くいかない。望みの場所に配置出来ないことに要因がある。これは発光体それぞれの強度を制御できないだけでなく、発光分子間の距離が近すぎる場合に生じる濃度消光も引き起こす。即ち発光体を一つ一つ適切な場所に配置できれば濃度消光を抑制でき、強度制御可能な機能性発光体の構築が期待できる。

こうした研究背景に対して、山元教授の研究グループは中心部から段階的に精密に金属を配置できる独自開発した dendritic dendrimer が利用できると考えた。当グループはこれまでに白金や鉄、チタンなど様々な金属がこの dendritic dendrimer に精密に配置できることを見出してきた。今回はビスマスの特性を活かすことで、この精密 dendritic dendrimer に発光特性を持たせることを目的とした。さらに本 dendritic dendrimer は構造を制御して構築した画一的な樹状高分子であるのみならず、剛直な骨格を持っている。従って分子内に 1 つずつ独立して発光分子を配置できるため濃度消光が抑制でき、発光強度が制御できると期待された。

●今後の展開

ビスマスイオンの集積による発光体は、新発光材のみならずセンサーとしても利用できるため、生体の重金属解毒防御機能（メタロチオネイン）などの解明に役立つ。

さらにこの集積手法は種々の発光分子に応用でき、ガラスやポリマーへ塗布することで高輝度発光材料が作成できる。特に魅力的なのは、微弱発光の分子に対しても集積させることで強度を補強できる点である。これは光センサーや光スイッチの新たな構築法として期待できる。

【用語説明】

- (用語 1) **濃度消光**：発光体の濃度を上げていくと、ある一定の濃度以上で発光強度が減少する現象。
- (用語 2) **dendritic dendrimer**：コアと呼ばれる中心分子と、dendritic dendrimer と呼ばれる側鎖部分から構成される樹状構造をした高分子である。高分子であるが単一の構造を有するという特徴がある。本研究で利用した dendritic dendrimer は、dendritic dendrimer が金属を取り込めるように設計したものであり、内部から段階的に金属を取り込むことができる。
- (用語 3) **錯体**：金属塩と有機物からなる分子。
- (用語 4) **酸化還元反応**：電子の授受を伴う化学変化過程。電子を失う化学反応を酸化、電子を受け取る反応を還元と呼ぶ。

【論文情報】

掲載誌：Angewandte Chemie International Edition (アンゲヴァンテ・ケミー
国際版)

論文タイトル：Bismuth Complexes in Phenylazomethine Dendrimers:
Controllable Luminescence and Emission in the Solid State

(和訳：フェニルアゾメチン dendrimer 中のビスマス錯体：発光の制御と固体
発光)

著者：T. Kambe, A. Watanabe, T. Imaoka, K. Yamamoto

DOI：10.1002/anie.201607396

【問い合わせ先】

東京工業大学 科学技術創成研究院 教授 山元公寿

Email: yamamoto@res.titech.ac.jp

TEL: 045-924-5260

FAX: 045-924-5260

【取材に関すること】

東京工業大学 広報センター

Email: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975

FAX: 03-5734-3661