

2025 年 9 月 3 日



分野: 自然科学系

キーワード: 発光材料、りん光、液体、レアメタルフリー

高効率な室温りん光を示す分子液体を開発 —高速りん光が拓く、レアメタルフリーな柔らか発光材料—

【研究成果のポイント】

- ◆ 室温で高効率なりん光^{※1}を示す有機分子液体^{※2}の開発に成功
- ◆ これまで、レアメタル^{※3}を含まない有機分子では効率の良いりん光は得られないことや、液体状態の有機分子では高効率なりん光を得ることが難しいという課題があったが、独自開発した高速りん光^{※4}を示す分子骨格を液体化することで、レアメタルを使わず、従来に比べて大幅な効率向上が可能に
- ◆ フレキシブルディスプレイやウェアラブルデバイスなど柔軟性が不可欠な発光素子への応用に期待

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の大島祐也さん(研究当時:大学院生)、岡田りかさん(研究当時:大学院生)、谷洋介助教(研究当時)(現:名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所・特任准教授)らの研究グループは、同研究科・井上正志教授らのグループ、同研究科・中野元裕教授らのグループ、九州大学大学院理学研究院の宮田潔志准教授らのグループと共同で、室温で液体状態の有機分子から世界最高効率のりん光を得ることに成功しました(図1)。りん光は、有機EL^{※5}やバイオイメージングなどに有用な発光現象の一種です。

これまで高効率なりん光を得るには、イリジウムや白金などのレアメタルを使うことが必要と考えられていましたが、レアメタルは安定供給に課題があります。また、有機分子でも、結晶状態であれば高効率なりん光を示す例が報告されていましたが、自由な形態をとることができる液体状態の有機分子では、高効率なりん光を得ることは困難でした。

今回、研究グループは、独自に開発した高速りん光を示す分子を液体化することで、世界最高効率の室温りん光を示す有機分子液体を開発しました。これにより、高速りん光に基づく材料開発の有効性が示され、変形に強い発光材料が必要なフレキシブルディスプレイなどへの応用が期待されます。

本研究成果は、英国王立化学会の「Chemical Science」に、9月3日(水)18時(日本時間)に公開されました。

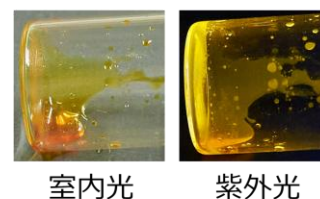
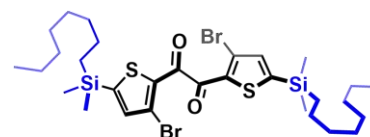


図1

開発した分子液体の分子構造と、室内光および紫外光を当てた時の写真。

【谷助教のコメント】

身の回りの材料の多くは固体ですが、流動性をもった液体の方が適している場面も多くあります。今回は、最近我々が見つけた高速りん光が、液体材料の開発に役立つことを明らかにできました。しかし、分子液体の合成・精製や性質の評価には苦労も多く、多くの共同研究者の助けが必要不可欠でした。この場を借りてお礼申し上げます。

❖ 研究の背景

りん光は有機 EL やバイオイメージングに有用な発光機能の 1 つで、古くから研究されてきました。これまでは、室温で高効率なりん光を得るにはイリジウムや白金などを使うことが重要であり、それらレアメタルを含まない有機分子では効率の良いりん光は得られないと考えられていました。近年になって、有機分子でも、結晶状態であれば高効率なりん光を示しうることが認識され始めましたが、自由な形態をとることができる液体状態の有機分子では、高効率なりん光を得ることは依然として困難でした(図 2)。

谷助教らの研究グループはこれまでに、有機分子のりん光は極めて“遅い”現象であり、これが効率低下の要因であると考え、従来より一桁以上高速なりん光を示す有機分子「チエニルジケトン」を開発しました。この分子自体は固体でしたが、これを溶媒に溶かした溶液状態とすることで、世界最高効率の室温りん光を示すことができました。

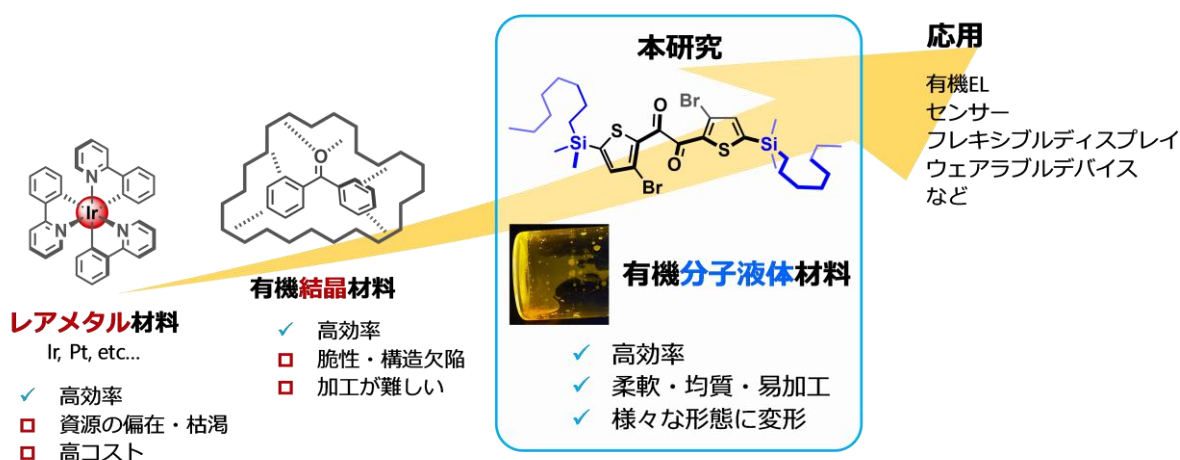


図 2

研究の背景と本研究の位置づけ

❖ 研究の内容

研究グループでは、高速りん光を示すチエニルジケトン骨格に、2つのジメチルオクチルシリル基^{※6}を導入することで、室温で実質的に安定^{※7}な分子液体を合成することに成功しました。

さらに同分子液体は、室温・空気中で 5.6%、酸素を除いたアルゴン雰囲気下では 25.6%という高効率な室温りん光を示しました。これは従来の分子液体の室温りん光よりはるかに高効率です。詳細な評価の結果、そのりん光速度定数^{※8}は $6,900 \text{ s}^{-1}$ と、元の分子同様の高速りん光であることがわかりました。またこの分子は、非常に高濃度である液体状態でも、希薄な溶液状態とほとんど同じ発光スペクトルを与えました(図 3)。その結果、吸収スペクトルと発光スペクトルのピークトップの差は、250nm を超える大きな値が得られました。一般的に、凝集状態では分子の発光特性は損なわれることが多いため、この結果はジメチルオクチルシリル基の導入の有効性を示すものと言えます。

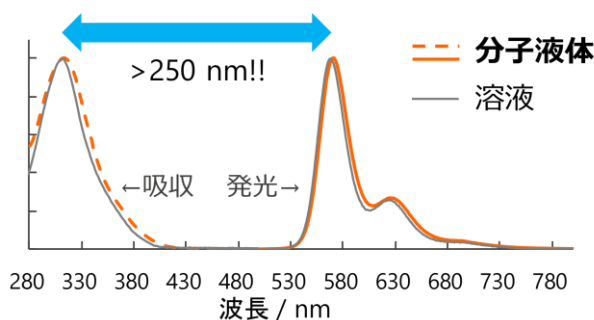


図 3

開発した分子液体およびその溶液状態の吸収(左)および発光(右)スペクトル。

❖ **本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)**

本研究成果により、レアメタルを用いずに高効率なりん光を示す有機分子液体の開発が加速され、高い柔軟性が求められるフレキシブルディスプレイやウェアラブルデバイスなどへ応用されると期待されます。

❖ **特記事項**

本研究成果は、2025 年 9 月 3 日(水)18 時(日本時間)に英国王立化学会の「Chemical Science」(オンライン)に掲載されました。

タイトル: “Fast and efficient room-temperature phosphorescence from metal-free organic molecular liquids”

著者名: Yosuke Tani, Yuya Oshima, Rika Okada, Jun Fujimura, Yuji Miyazaki, Motohiro Nakano, Osamu Urakawa, Tadashi Inoue, Takumi Ehara, Kiyoshi Miyata, Ken Onda, and Takuji Ogawa

DOI: <https://doi.org/10.1039/D5SC03768>

なお、本研究は、JSPS 科研費(23H03955, 22H02159)、泉科学技術振興財団、矢崎科学技術振興記念財団、豊田理化学研究所の支援により実施されました。

❖ **用語説明**

※1 りん光

発光の一種。高エネルギー状態の分子が、電子スピン(自転のようなもの)の向きを変えながら発する光をりん光と呼ぶ。りん光を示す有機分子はごく限られているが、発光が長く続く・酸素センサーとしてはたらく・有機 EL の理論効率が高いなど、優れた特徴をもつ。

※2 分子液体

特に室温付近で固体(結晶)ではなく液体状態をとる分子。分子が溶媒に溶けた溶液と区別するため、分子液体と呼ぶことがある。

※3 レアメタル

イリジウムや白金などの一部の金属は、電子機器などの重要資源である一方、産出量が少なく、特定の国に偏在しているため、レアメタルと呼ばれる。安定供給が課題で、リサイクルや代替材料の開発が求められている。

※4 高速りん光

りん光の速さとは、りん光の生じやすさ(頻度)の指標であり、光の速度(一秒間に進む距離)とは異なる概念。正確には、りん光速度定数とよぶ。一般的に有機分子のりん光速度定数は 1 秒間にたかだか 1~100 回程度であるが、研究グループは最近、1 秒間に 5,000 回程度という高速りん光を示す分子を開発した。

※5 有機 EL

電圧をかけることで発光する素子のうち、有機物を含むもの。ディスプレイや照明に使われる。りん光は、より一般的な発光である蛍光に比べて、電力を光に変換する効率(の理論的な上限)が高いという利点がある。しかし、実用化されているりん光材料はイリジウムを含んでおり、代替材料の開発が求められている。

※6 ジメチルオクチルシリル基

炭素 8 つからなるオクチル基という長い炭素鎖を含む、ケイ素置換基。

※7 実質的に安定

融点が室温より高い温度に見られれば、室温付近では液体相が熱力学的に安定と言える。一方、明確な融点が見られない場合、液体状態が過冷却かどうかを断言するのは難しい。今回の分子は様々な熱測定によっても結晶化しなかったが、融点も明確でないため、実質的に安定と表現している。

※8 リン光速度定数

リン光の生じやすさの指標。※3参照。

❖ 参考 URL

谷 洋介 特任准教授 researchmap

URL <https://researchmap.jp/tani-y/>

名古屋大学 機能有機化学研究室

URL <https://orgreact.chem.nagoya-u.ac.jp/members/tani-yosuke/index.html>

井上 正志 教授 researchmap

URL https://researchmap.jp/rheology_1

中野 元裕 教授 researchmap

URL <https://researchmap.jp/moto nakano>

宮田 潔志 准教授 researchmap

URL <https://researchmap.jp/kiyoshimiyata>

九州大学 分光分析化学研究室

URL <http://www.chem.kyushu-univ.jp/Spectrochem/>

❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関するお問い合わせ>

名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所

特任准教授 谷 洋介(たに ようすけ)

TEL: 052-789-5248 FAX: 0526-789-5947

E-mail: tani.yosuke.y1@f.mail.nagoya-u.ac.jp

<広報に関するお問い合わせ>

大阪大学 理学研究科 庶務係

TEL: 06-6850-5280 FAX: 06-6850-5288

E-mail: ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp

九州大学 広報課

TEL: 092-802-2130 FAX: 092-802-2139

E-mail: koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

❖ **配信先 報道機関**

大阪大学から 大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会

九州大学から 九州大学記者クラブ