



独自開発の骨格により 極限環境に耐える 高効率発光液体を実現

岐阜大学 工学部 化学・生命工学科

助教 水野 翔太

2026年7月16日(木)

本研究での概要



様々な分野で応用が期待される『発光性イオン液体』を開発

固体材料に匹敵する発光効率 をもつ液体発光材料

純粋な液体状態で発光効率81%を達成。従来の発光性液体の上限35%を大きく超えた。

極限環境に耐える耐久性

熱分解400℃超、真空250℃で揮発せず発光、強酸・強塩基・連続UV照射にも安定。

“塗って作る”を実用へ

2段階・高収率で合成可能。電気化学発光セル(LEC)の弱点である耐久性を解く鍵となる。

発光材料の重要性

デジタル社会の高度化で、光・電子デバイスの省電力化と長寿命化は政策課題。
市場は今後も着実に拡大する見込み。
(2025年約200億ドル → 2030年約750億ドル)



大型化
(様々な場所での利用)



小型・省電力化
(長寿命・耐久性が要求される)

従来技術とその問題点①

光・電子デバイス
には『発光材料』
が必要不可欠



	液晶	量子ドット (2023年ノーベル賞)	有機EL
エネルギー効率	×	◎	○
耐久性	○	◎	△
加工性	△	×	○
化学安定性	○	◎	×

いずれも利点・欠点がありすべてを満足する技術はない
→ 『発光性イオン液体』と呼ばれる化合物が注目されている

発光性イオン液体について

イオン性物質

陽イオンと陰イオンからなる
(通常「固体」として存在する)



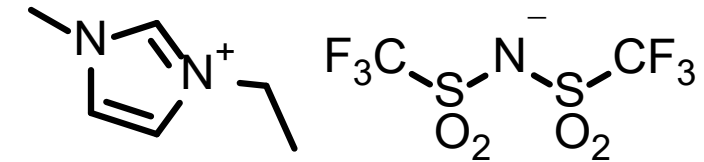
例：食塩（塩化ナトリウム）

固体として存在し、融点は約801℃

固く、もろい、化学的に安定、熱に強い

イオン液体

イオン性物質でありながら、融点
が100℃以下（室温で液体）



[EMIM][TFSI]

融点：-17℃

- ・幅広い温度範囲で液体
- ・化学的に安定、熱に強い
- ・難揮発性、難燃性
- ・電気を通す性質を持つ

高い耐久性や伝導性をもつイオン液体に『発光特性』を付与したもの
『発光性イオン液体』

従来技術とその問題点②

耐久性・汎用性が期待できる『**蛍光性イオン液体**』だが報告例が**極めて**少ない



液体であるには...

分子がよく動く必要がある

→ その激しい動きが、光るエネルギーを“熱”として逃がす(非輻射失活)



濃い状態では...

分子が重なり光が消える

→ 発光分子どうしの積み重なりで消光(凝集による濃度消光・ACQ)



流動性と明るさの“二律背反”

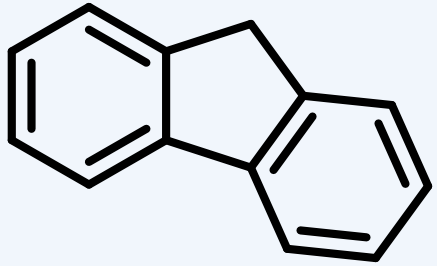
→ これまで、純粋な液体での発光効率は

35% が最高だった

本研究の目標:35%の壁を超え、効率70%超と200℃超の安定性を、液体の流動性を保ったまま実現する。

新技術の特徴①

- ・独自開発の『**N(窒素)-ドープフルオレン**』骨格



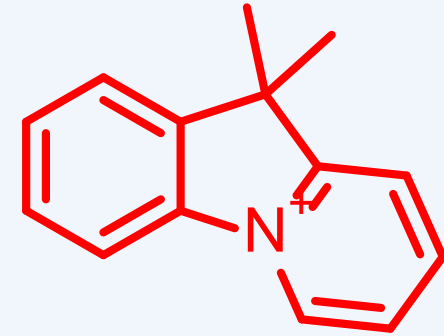
『フルオレン』

- ・高屈折率
- ・高耐熱性



スマートフォンのレンズ、ディスプレイ材料、半導体材料、接着剤など

窒素原子
導入

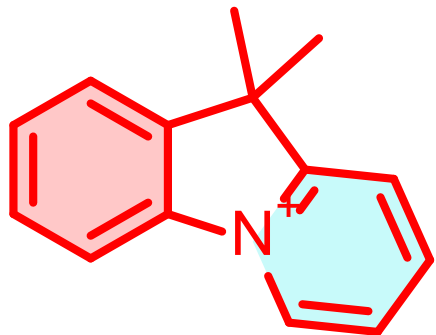


『**N-ドープフルオレン**』骨格

- ・固体で発光する(**AIE特性**)
- ・耐熱性 *New J. Chem* **2025**, 49, 19479.

- ・フルオレンと比較して電子状態を劇的に変化させる事が可能

Ph環
電子供与性



ピリジニウム環
電子求引性

中性分子 ⇒ **カチオン性分子**
(**アニオンを自由に選択できる**)

さらに、
N-ドープフルオレン自体が**ドナー・アクセプター分子**

新技術の特徴②

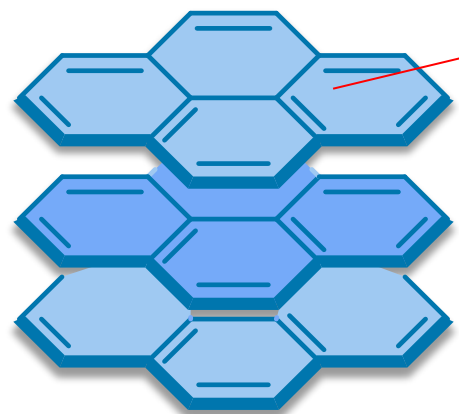
- 『液体AIE』という新しい概念を導入した『**蛍光性イオン液体**』
通常、発光分子は濃い状態（凝集状態）では【消光】する



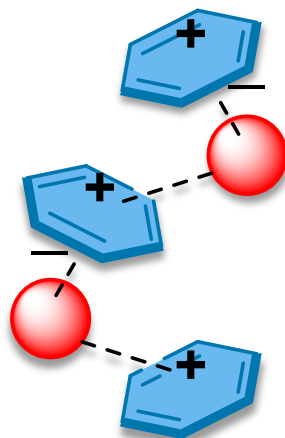
凝集状態（濃い状態、固体）で強く発光する現象：**凝集誘起発光（AIE）**

固体発光材料

蛍光分子



凝集状態 → 消光
(光らない)



アニオン- π^+ 相互作用
凝集状態で発光（AIE）

これまで固体材料で見られていた現象
液体材料に導入

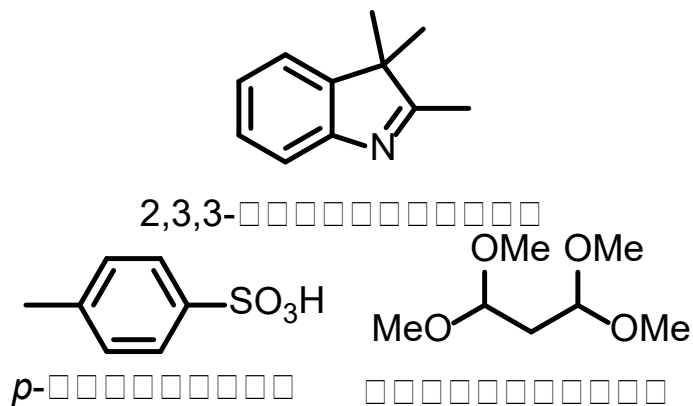


液体凝集誘起発光（液体AIE）
と名付けた

発光性イオン液体の合成法

原料

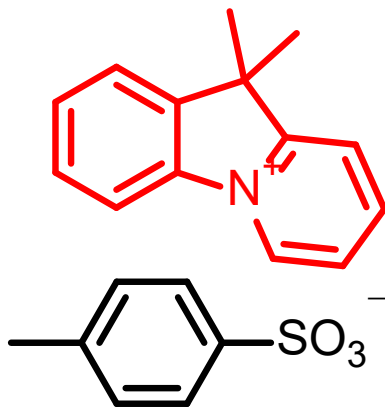
市販試薬



(すべて市販・入手容易)

STEP1

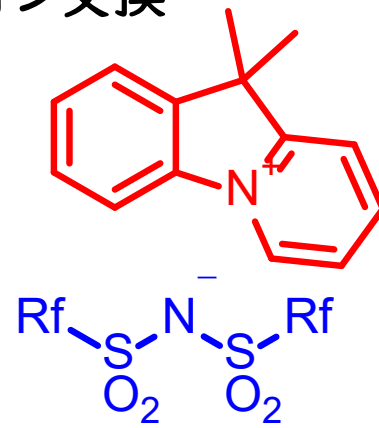
骨格構築



基本骨格を合成
(水と溶媒の分離操作のみ)

STEP2

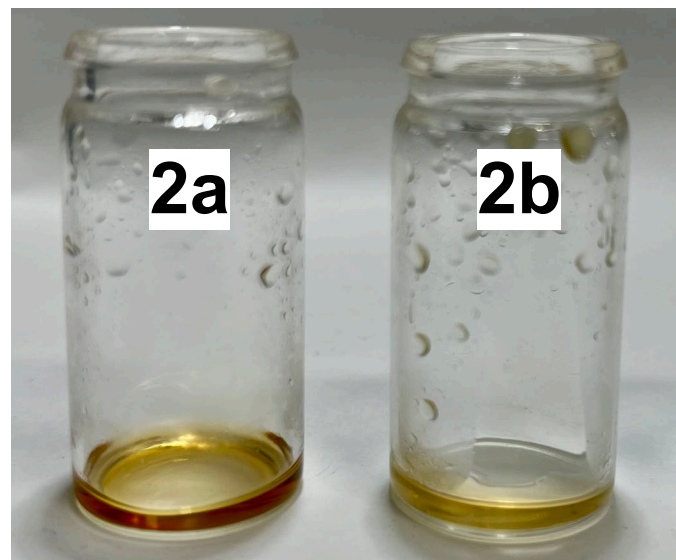
アニオン交換



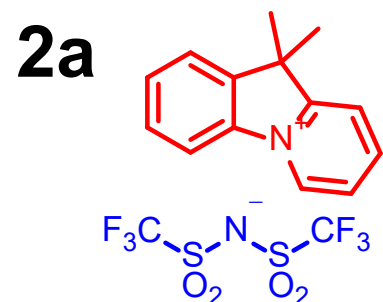
目的のフッ素アニオンへ交換し
発光性イオン液体を得る

複雑な多段階合成を必要とする従来の発光性液体と異なり、**シンプルな2工程**。
さらに、**複雑な操作（合成法、精製操作）が不要**なく、スケールアップがしやすい。

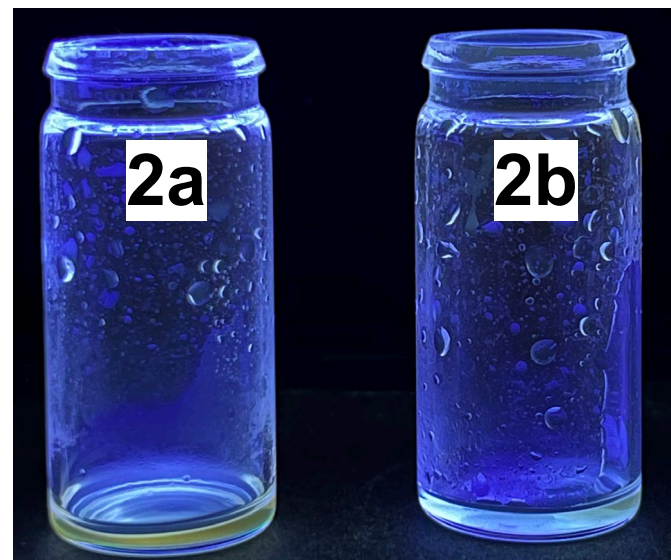
開発した発光性イオン液体



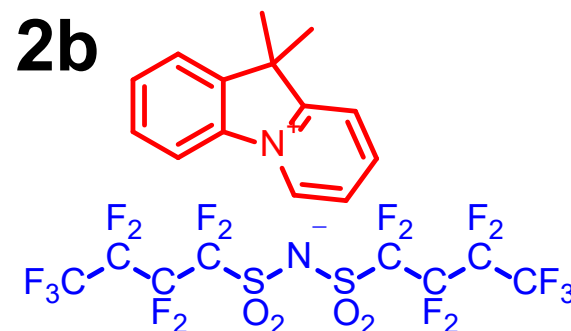
白色LED下



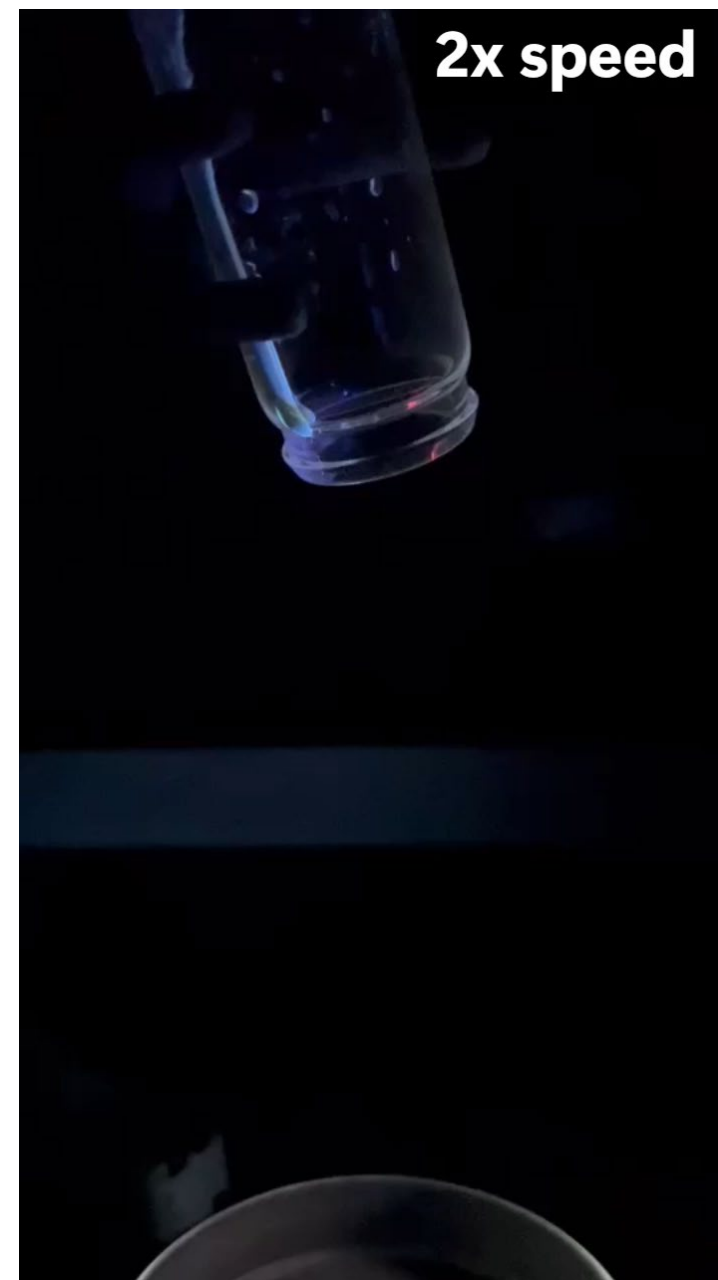
発光効率59%



UVライト照射下

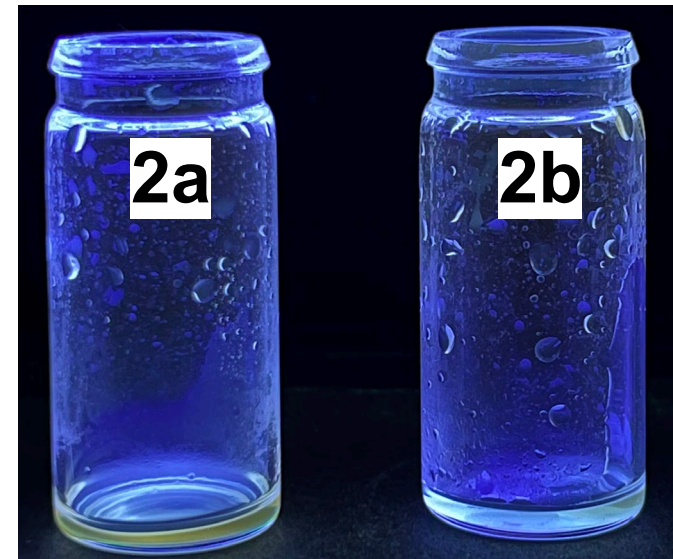
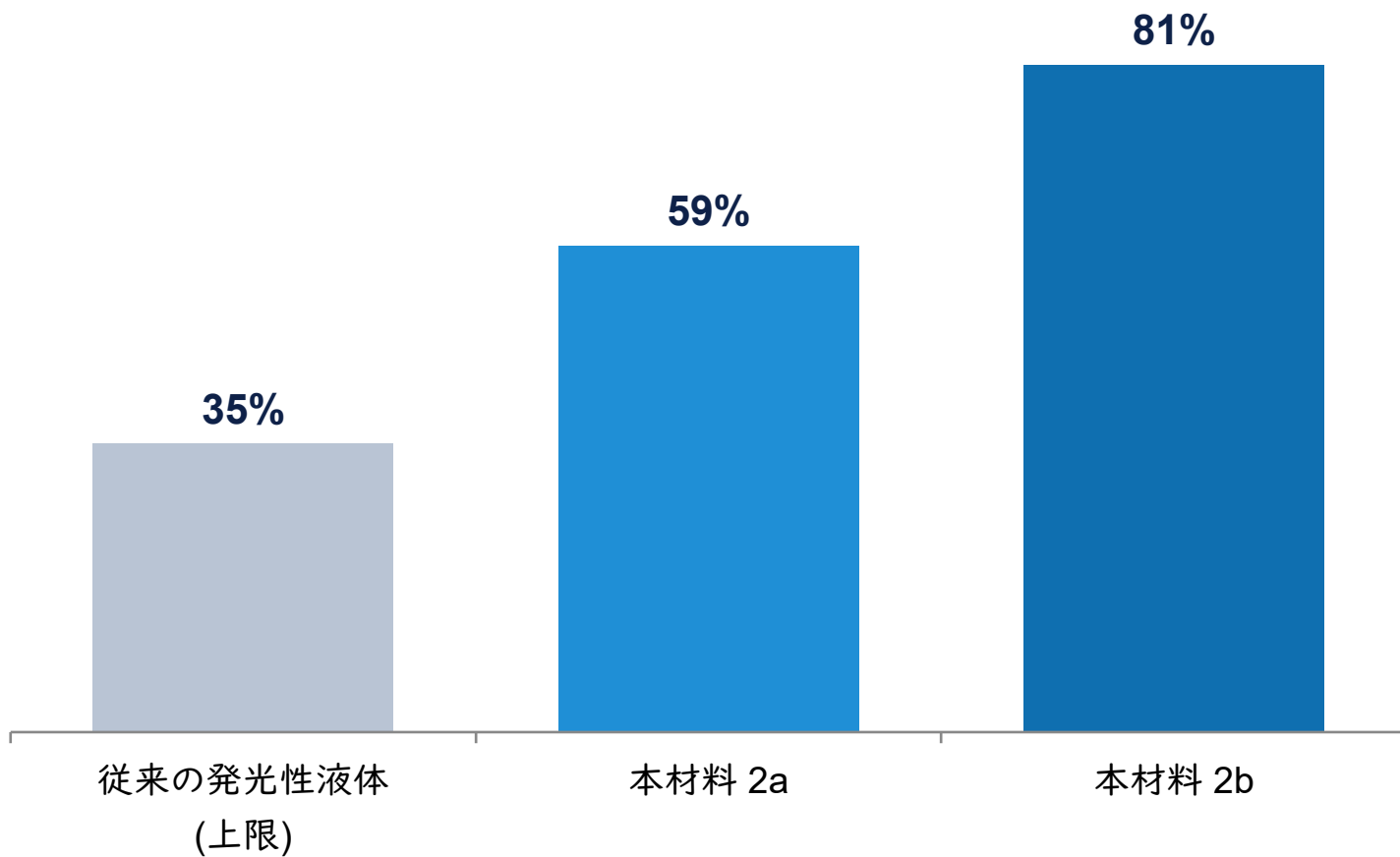


発光効率81%
(現状世界最高)

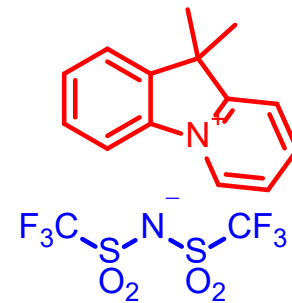


発光性イオン液体の発光効率

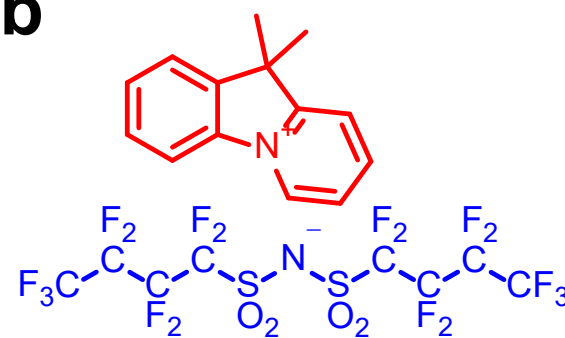
発光効率: 吸収した光を光として放出した割合



UVライト照射下



発光効率59%

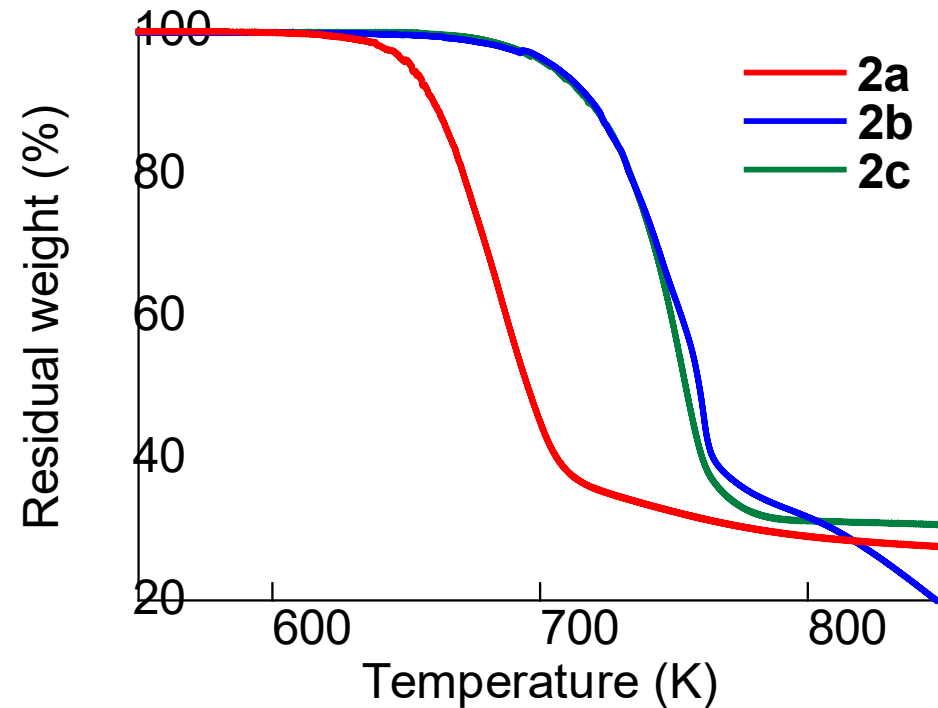


発光効率81%

(現状世界最高)

発光性イオン液体の耐久性①

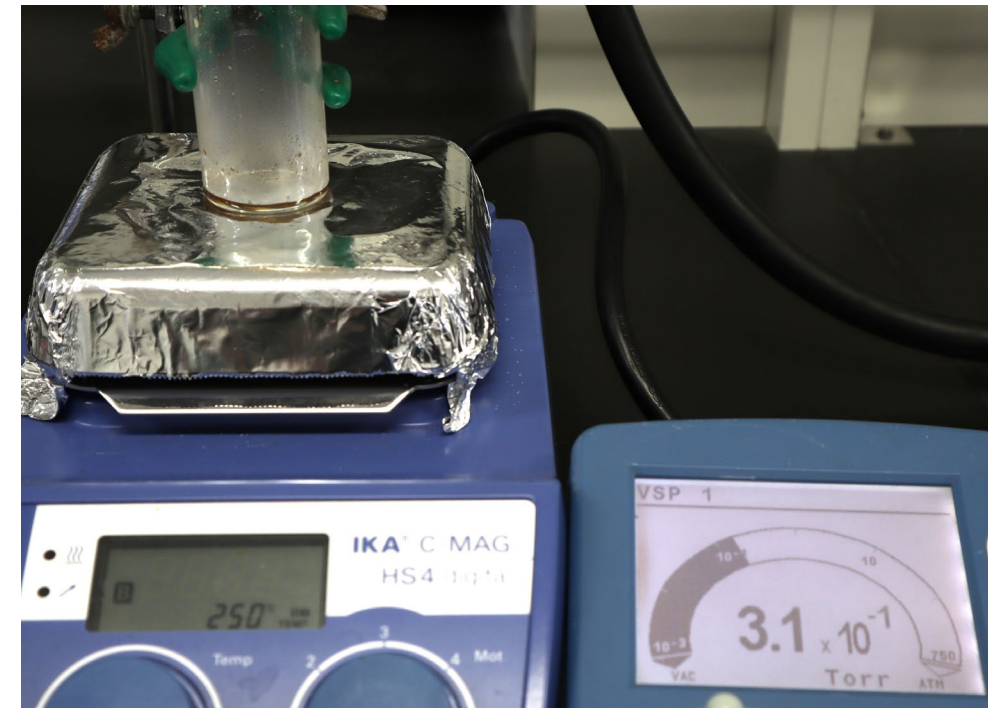
・熱耐性



分解温度が約400°C (700 K)

2a: 379 °C 2b: 432 °C

→ 有機材料としては驚異的な数字
(通常100~300°C)



真空ポンプで吸引し250°Cで加熱
→ 揮発せず

発光性イオン液体の耐久性②



化学(強酸・強塩基)

劣化0 %

HCl・NaOHを20当量加えても、吸収・蛍光スペクトルに変化なし。



光(連続UV)

残存率100 %

254 nm UVを15日間連続照射しても、吸光度はほぼ100%維持。



電気(電位窓)

約4 V

広い電気化学窓 約4V。
電気化学的劣化が起きづらい。

いずれも、劣化しやすい従来の有機色素では成立しない安定性。
安定なN-ドープフルオレン骨格に由来。

既存の発光材料との比較

	従来の発光性液体	固体蛍光体	本材料
液体での発光効率	≤ 35%	(固体)	81%
流動性・形状自由度	あり	なし	あり
耐熱性	< 200℃	高い	400℃超
化学安定性(強酸・塩基)	低い	様々	高い
合成・加工	多段階/複雑	蒸着等	2段階・塗布など

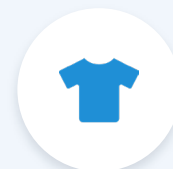
従来は「液体 = 発光効率が低い」「固体 = 発光効率・耐久性は高いが形状が固定」
本材料は両者の“いいところ取り”を実現

想定される用途



フレキシブル照明

発光性イオン液体を利用し、壁・天井・窓など曲面に貼れる大面積パネルへ。



ウェアラブル/スマート包装

塗り分け方式で、衣服や包装に印刷するフルカラー発光タグへ。



過酷環境センサー

400℃超の耐熱・耐薬品性を活かし、高温・腐食環境の異常検知センサーへ。

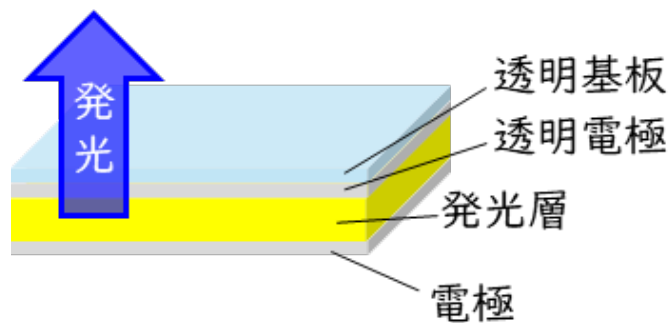


航空宇宙・高信頼デバイス

真空・高温でも揮発しない特性で、衛星部品など高信頼用途へ。

想定される用途: LEC

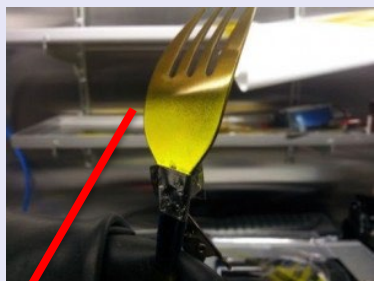
次世代のディスプレイ素子として注目されている: 電気化学発光セル (LEC)



現在主流の液晶や有機ELと比較して。。。。

【利点】

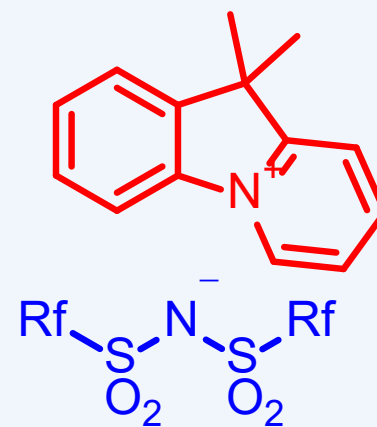
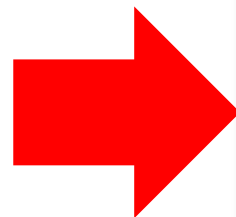
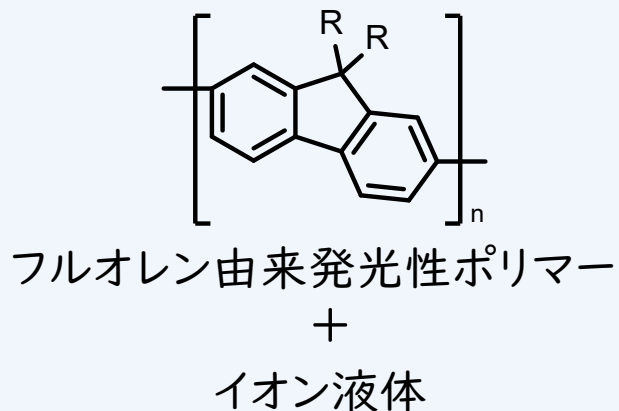
- ・かなり**単純な構造** (発光層を電極で挟むのみ)
- ・**加工性に優れる** (発光物質を塗るなどで様々利用できる)
→ コスト削減につながる
- ・有機分子からなるためレアアースなどの必要がない
→ 経済的リスクが少ない



塗布や印刷が可能

(図はフォークを電極とし、
デバイス化したLEC)

現在の発光層



窒素ドーピングフルオレン
骨格を持つ
蛍光性イオン液体

本材料のLECへの応用

利点の多い電気化学発光セル(LEC)だが、実用化に向けて問題がある



動作原理上、内部で激しい電気化学反応が繰り返される

既存の有機発光材料はこの環境に耐えられず、急速に劣化してしまう。

輝度半減寿命のギャップ

既存材料(最良研究)

 **1,000~2,100 時間**

実用に必要な水準

 **数万 時間**

開発した発光性イオン液体

化学的にきわめて安定な分子骨格

強酸・強塩基・連続UVに耐える

熱分解400℃超 + 電位窓 約4V

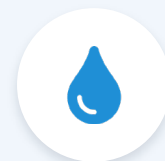
「耐久性・化学的安定性」というLEC実用化の課題を解決できる可能性

実用化に向けた課題



現状の課題①: 青色発光のみ

現在の発光は約390nm(深青)で、ディスプレイ規格の青(450~490nm)から外れている。まず青色化し、緑・赤も設計・合成する。



現状の課題②: 低い電気伝導性

強い相互作用ゆえに粘度が高く、イオン伝導率が汎用イオン液体($10^{-2} \sim 10^{-4}$ S/cm)を下回る。LEC駆動には伝導率の改善が必要。

必要な発光材料の波長



青 (B)

450–490 nm



緑 (G)

520–560 nm



赤 (R)

620–680 nm

イオン伝導率の目標

現在

0.57×10^{-5}
S/cm



最終目標

10^{-3}
S/cm

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組みについて
現在	・発光性イオン液体を開発	
1年後	・緑、青それぞれの発光を達成	大型研究費確保 企業との共同研究を実施
2年後	・赤色の発光を達成（最難関） ・電気伝導性の問題を解決	企業との連携により、量産化へ向けた生産方法策に着手
4年後	・試作デバイスを作成、評価 ・材料特性の最適化を実現	デバイス作成に向けてサンプル供試 評価基礎データの提供
5年後	・実デバイスに向けて評価（性能、安定性試験の実施） ・実用化に向けての最適化	試験データから実デバイスへの性能向上

企業への期待



電子部品・デバイスメーカー

- ・LECデバイス化に限定せず、応用用途先を提案いただきたい。
- ・ディスプレイやセンサーなどのデバイス作成のノウハウをお持ちの企業様と共同で実用化に導いていきたい。



化学・素材メーカー

- ・量産(スケールアップ)合成、安全な合成ルート、印刷用インク化・塗布条件の最適化を共同で行いたい。
(大学には無い企業からの視点を頂きたい)

企業への貢献、PRポイント

- 高効率な発光性イオン液体は新物質であるため、他企業との差別化（新事業）の候補になり得る。
- 確立した2段階・高収率の合成法や導入にあたっての技術指導
- 分子設計・MD/DFT計算による予測ノウハウ
- 用途に応じた物性のカスタム設計

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 発光性イオン液体
- 出願番号 : 特願2025-155320
- 出願人 : 東海国立大学機構
- 発明者 : 水野翔太、船曳一正

お問い合わせ先

東海国立大学機構 岐阜大学
学術研究・産学官連携推進本部
産学官連携推進部門

TEL:058-293-2025

FAX:058-293-2032

e-mail:sangaku@t.gifu-u.ac.jp