

## 文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

### 第135回 京都大学 化学研究所 (2025.11.21)

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 12:05 – 12:10(5分)  | : 化学研究所の概要<br>所長、島川 祐一                                    |
| 12:10 – 12:25(15分) | : 「高性能ペロブスカイト太陽電池のための<br>多脚型電荷回収単分子膜材料の開発」<br>助教、チョン ミンアン |
| 12:25 – 12:45(20分) | : 質疑応答  |



# 京都大学 化学研究所



京都大学化学研究所は2026年10月4日に創立100周年を迎えます

Institute for Chemical Research, Kyoto University





# 100年の沿革と研究拠点体制

- 1926年：京都大学初の附置研究所として設立  
設立理念「化学に関する特殊事項の学理及び応用の研究」  
  
国立科学博物館「重要科学技術史資料」2件  
日本化学会「世界に誇る我が国の化学関連の文化遺産」4件
- 2010年共同利用・共同研究拠点に認定（第1期）
- 2016年共同利用・共同研究拠点に認定（第2期）  
「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際研究拠点」
- 2018年：国際共同利用・共同研究拠点に認定（第1期）
- 2022年：国際共同利用・共同研究拠点に認定（第2期）  
「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際  
グローバル研究拠点」

## 京都大学総合博物館

南館2階企画展示室

2026年10月7日（水）  
～11月29日（日）



博物館ウェブサイト

### 「化学研究所 100年の物語がここに！」

- ◆ 日本を代表する化研の化学者たち
- ◆ 歴史的な実験装置と貴重資料の数々
- ◆ 京都の地における企業発祥や発展との繋がり

創立以来100年にわたる化学研究所の歴史と成果をわかりやすく紹介し、化学がもたらした科学技術の進展や社会への貢献について考察します。また、特にこの京都という地において、化学研究所の研究が企業の発祥や発展にどのように寄与してきたのか、その繋がりなども紐解きます。

主催：京都大学化学研究所 共催：京都大学総合博物館



化学研究所は2026年10月4日に創立100周年を迎えます！



京都大学化学研究所 100周年  
化学研究所

お問い合わせ：京都大学化学研究所 広報企画室  
0774-38-3328 koho@sci.kyoto-u.ac.jp

京都大学化学研究所創立100周年記念特別展

京都の化学・化研の歴史



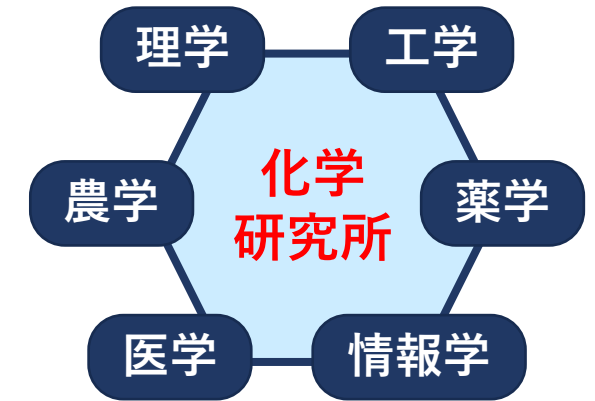
100周年特設  
ウェブサイト

## 新たな知への挑戦

探究・連携・融合



化学を中心とする  
新たな学際領域の開拓



学内の全ての自然科学系研究科  
との協力講座関係

構成員 (内 女性/外国人)

教授 25 (2/0) 准教授 26 (2/3) 助教 44 (5/8) 計 95 (9/11)  
研究員 63 (25/17) 修士・博士学生 244 (54/73) 事務 51 (48/1)

合計 453 (147/102)

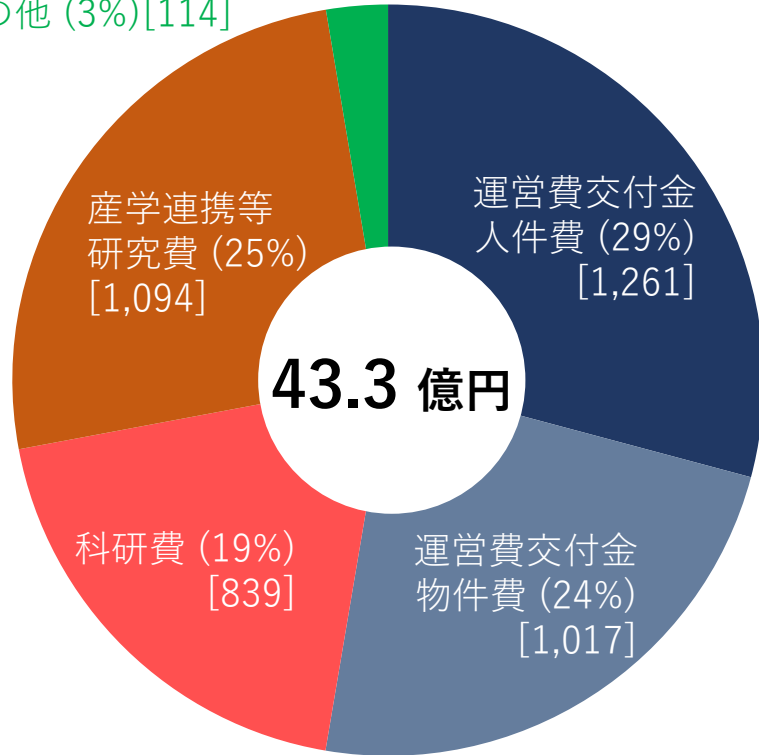
2025年度に女性限定公募を行い、  
准教授1名、助教2名の採用を決定

若手 (35歳以下) 教員比率: 39%

学生の30%が外国人留学生

## 2024年度研究費 [百万円]

その他 (3%)[114]



科研費 (138)

特別推進 (1), 新学術・学術変革 (8)

基盤S (6), 基盤A (9), 基盤B (25), 若手 (26)

## 学術成果

発表論文数 / **Top10%被引用論文数** (2018-2024.9)

1854 報 / **214 報 (12%)**

化学・工学 (76), 材料化学 (39), 生命科学 (22)

インフォマティクス (17), 物理・環境 (59)

国際共著論文割合 : **34.8%**

*Nature* (3), *Science* (2), *Cell* (2)

*Nat. Materials* (6), *Nat. Chemistry* (2), *Nat. Nanotech.* (3), *Nat. Physics* (2)

*Nat. Electronics* (2), *Nat. Photonics* (2), *Nat. Biotechnology* (1)

*Nat. Plants* (2), *Nat. Ecology & Evolution* (1), *Nat. Communications* (45)

*J. American Chemical Society* (35), *Angew. Chemie Int. Ed.* (43)

## 産学連携成果

2016 ペロブスカイト太陽電池研究が京都大学インキュベーションプログラムに採択

2018 京大発ベンチャーキャピタル「(株)エネコトテクノロジーズ」を設立

2021 バイオマスプロダクトリ-産学共同研究部門を(株)ダイセルと設立



# 国内・国際連携研究プロジェクト

## 国際共同利用・共同研究拠点「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際グローバル研究拠点」

2024年度は235件の応募から137件（国内70件、海外67件）を採択（採択率58%）

### 学内連携プロジェクト（抜粋）

- ・ 京都大学研究連携基盤
- ・ 学際融合教育研究センター



### 国内連携プロジェクト（抜粋）

- ・ 学際統合物質科学研究機構  
名古屋大学・北海道大学・九州大学との共同プロジェクト
- ・ スピントロニクス学術研究連携基盤と連携ネットワーク  
東京大学・慶応義塾大学・東北大学・大阪大学との共同研究プロジェクト
- ・ 学際領域展開ハブ形成プログラム「スピン生命フロンティア」  
分子研・生理研・大阪大学・新潟大学・量研機構との共同研究プロジェクト
- ・ MEXT「光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)」
- ・ MEXT「マテリアル先端リサーチインフラ事業 (ARIM)」
- ・ AMED「ワクチン・新規モダリティ研究開発事業」
- ・ NEDO「グリーンイノベーション基金事業」



### 国際連携プロジェクト（抜粋）

- ・ JSPS 研究拠点形成事業 (Core-to-Core) イギリス・カナダ・ドイツ / 韓国・中国・シンガポール・インド
- ・ JST先端国際共同研究推進事業 (ASPIRE) イギリス / アメリカ・ドイツ



# 若手支援等、化研独自プログラム

## 国際共同研究推進（抜粋）

- ・ 部局間国際学術交流協定の締結：70機関
- ・ 2024年度に招へい外国人学者（外国人客員教授/准教授）：4名
- ・ 2024年度に来所した外国人研究者：26か国から329名
- ・ 2024年度に研究所教員が主催した国際学会・シンポジウム・講演会：12件
- ・ 京都大学海外On-site Laboratory（上海ラボ／インテリジェント化学生命情報学にシフト）に参画
- ・ **化研若手研究者国際短期派遣事業：3名、受け入れ事業：12名（2024年度）**

随時、申請を審査・採択する柔軟性・機動性を重視した海外連携支援



## 若手人材育成プログラム（抜粋）

- ・ 化学研究所研究発表会                      ・ 大学院生研究発表会
- ・ 「化研らしい融合的・開拓的研究」の公募
- ・ 「京大化研奨励賞」、「京大化研学生研究賞」表彰
- ・ SPRINGに加えて独自資金によるRF（リサーチフェロー）制度での学生の生活支援
- ・ **Talent-Spot Event**

アジアのトップ校から優秀な留学生をリクルート  
（2024年度はインド・ムンバイで開催）

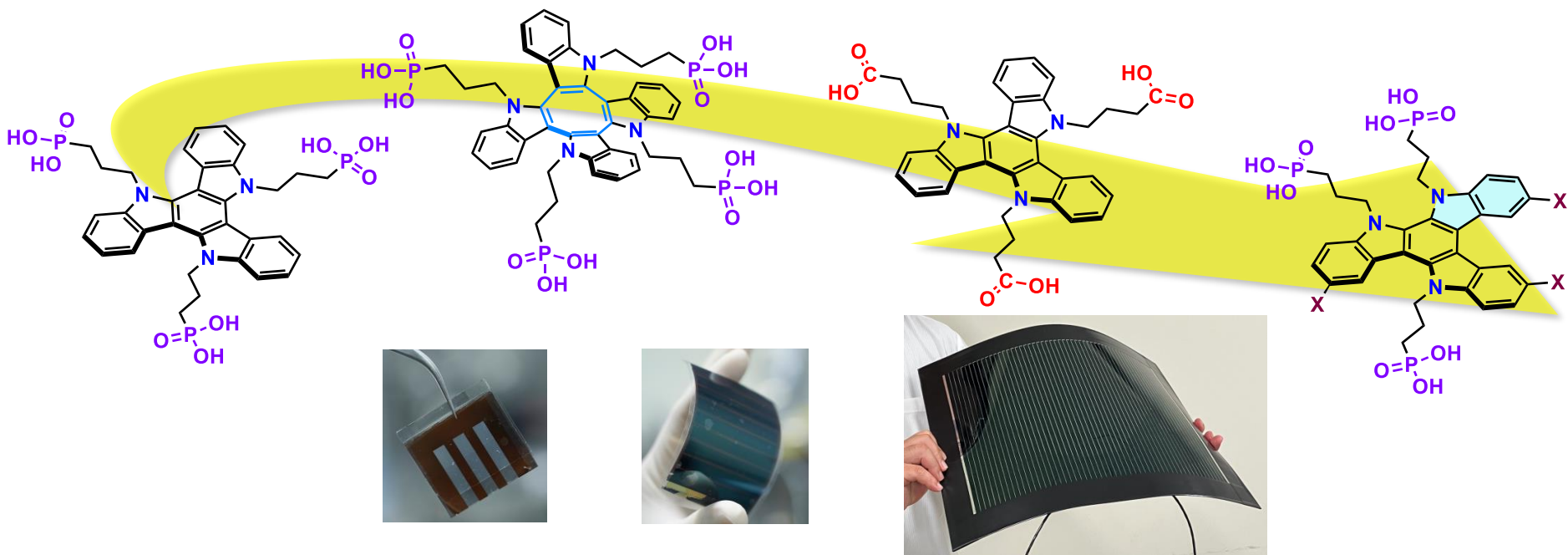


## 社会活動（抜粋）

- ・ 宇治キャンパス公開
- ・ 研究所見学    ・ 中学/高校へ出張授業



# 高性能ペロブスカイト太陽電池のための 多脚型電荷回収単分子膜材料の開発



京都大学・化学研究所  
分子集合解析研究領域・若宮研究室  
助教 チョンミンアン



1986/09	生まれ（ハノイ, ベトナム）
2006/04	日本留学（日本政府（文部科学省）奨学生）
2007/04－2011/03	東京大学・学部生・野崎研究室（中野グループ） 「有機電界効果トランジスタのための梯子型 $\pi$ 共役系分子の合成」
2011/04－2013/03	東京工業大学・修士課程・上田研究室 「有機薄膜太陽電池のためのポリチオフェン誘導体の合成」
2013/04－2016/03	東京農工大学・博士課程・中野研究室 「有機電界効果トランジスタのための梯子型 $\pi$ 共役系分子の合成」
2016/04－2017/09	東京工業大学（現：東京科学大学）・PD・戸木田研究室 「ポリペプチドからなるジブロック共重合体の構造解明」
2017/10－2019/12	京都大学・学振PD・若宮研究室 「ペロブスカイト太陽電池のための正孔輸送性材料の開発」
2020/01－	京都大学・助教・若宮研究室
2025/08－	NEDO（太陽光発電導入拡大等技術開発事業） 研究代表者（兼務）

【専門】 有機合成, 有機電子機能性材料（トランジスタ, 太陽電池など）

## 化研国際共共拠点若手海外派遣

2025/7/1–2025/9/30

アメリカ、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB)  
Centre for Polymers and Organic Solids (CPOS)  
Thuc-Quyen Nguyen教授の研究室

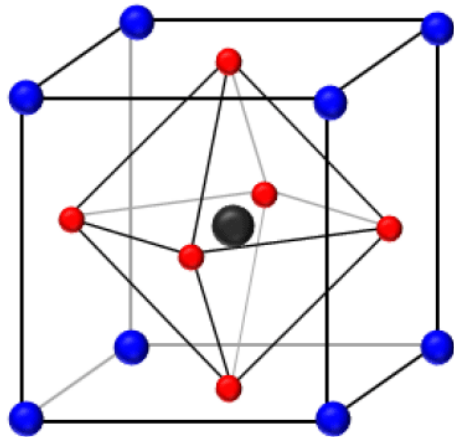


Quyen先生と研究室メンバーと



Alan Heeger先生(2000年のノーベル化学賞)と

ペロブスカイト（灰チタン石）は、化学組成  $\text{CaTiO}_3$  の鉱物でロシア人科学者 Lev Perovski にちなんで名づけられた。  
ペロブスカイトと同じ結晶構造をペロブスカイト構造と呼ぶ。



● A	立方体の頂点	$\frac{1}{8} \times 8 = 1$
● B	立方体の中心	1
● X	立方体の面	$\frac{1}{2} \times 6 = 3$

組成式  $\text{ABX}_3$  (例:  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ )

A: メチルアンモニウム(MA)等の(有機)カチオン  
B: 鉛・スズ・ビスマス等の金属カチオン  
X: ヨウ素・臭素・塩素等ハロゲンアニオン

ペロブスカイト太陽電池には典型的に有機・無機のハイブリッド材料（有機金属ハライドペロブスカイト）が用いられる。

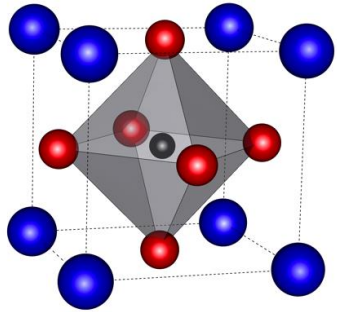
Lev Perovski



Born	9 September 1792
Died	21 November 1856 (aged 64)
Alma mater	Imperial Moscow University



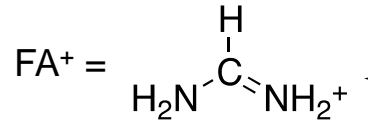
## ABX<sub>3</sub>型ペロブスカイト半導体材料



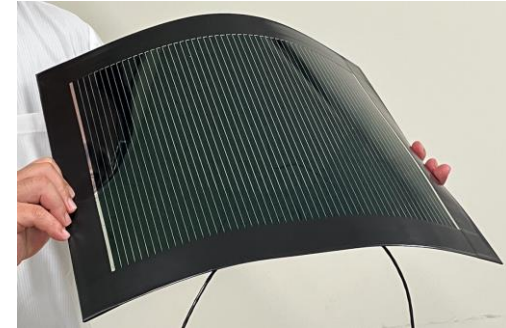
● : A: MA<sup>+</sup>, FA<sup>+</sup>...

● : B: Pb<sup>2+</sup>, Sn<sup>2+</sup>...

● : X: I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>...



本研究で開発した材料を用いて作製した  
太陽電池モジュール(京大・エネコート社製)

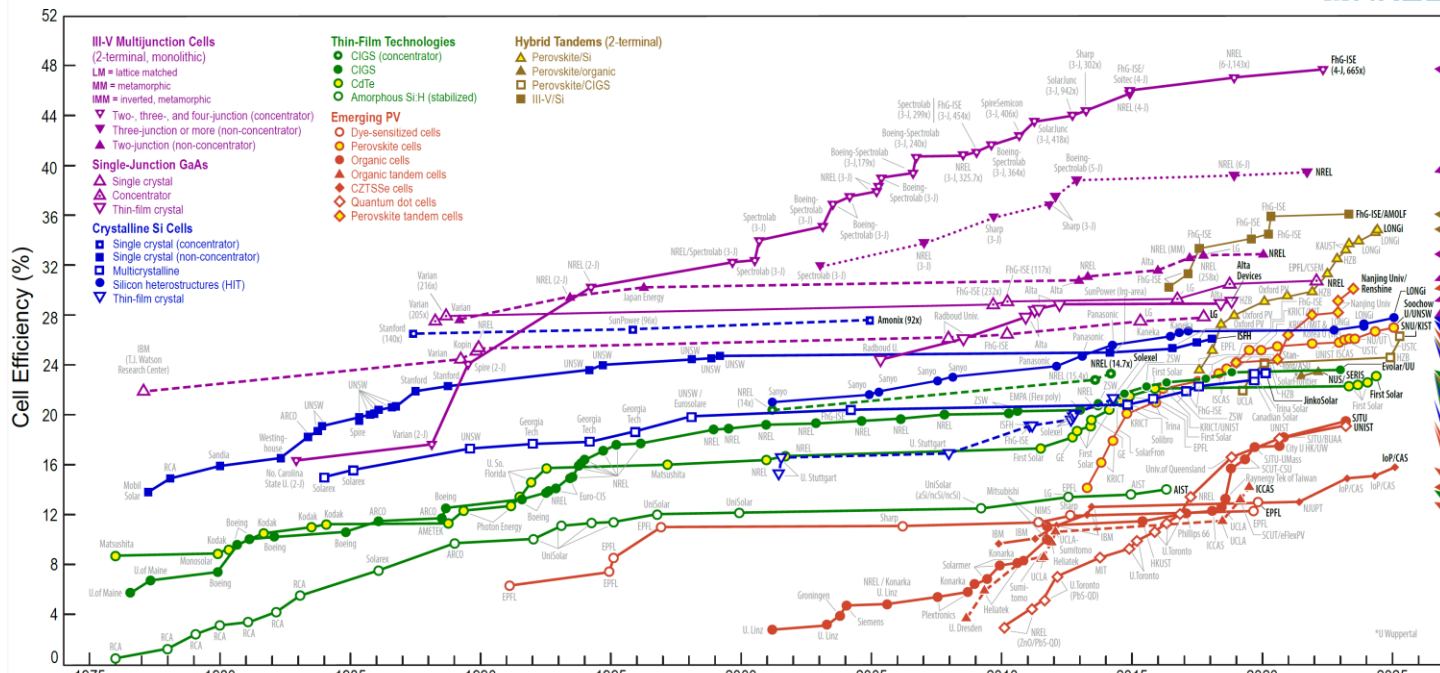


✓ 高い光電変換効率 (PCE)

✓ 軽量、低コスト、溶液法で作製可能

## Best Research-Cell Efficiencies

NREL

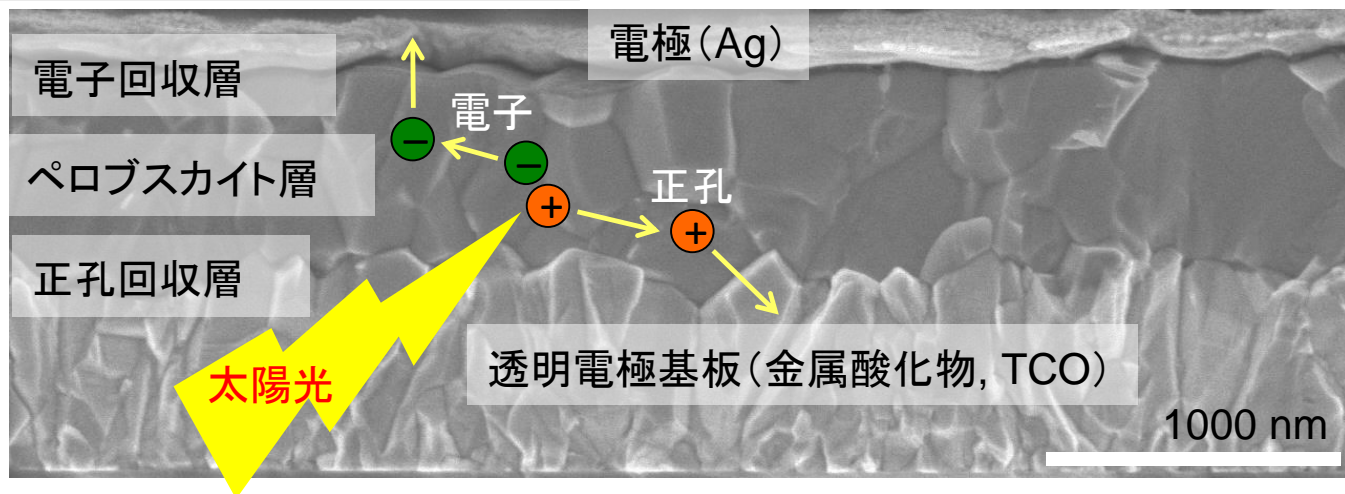


シリコン系太陽電池  
PCE = 27.8%

ペロブスカイト太陽電池  
PCE = 27%

# 正孔回収材料：従来 vs 本研究

## ペロブスカイト太陽電池：デバイス構造(p-i-n)

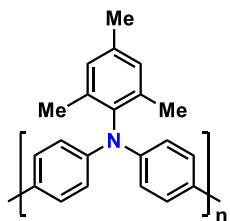


## バルク材料

× 厚い膜 (> 10 nm)

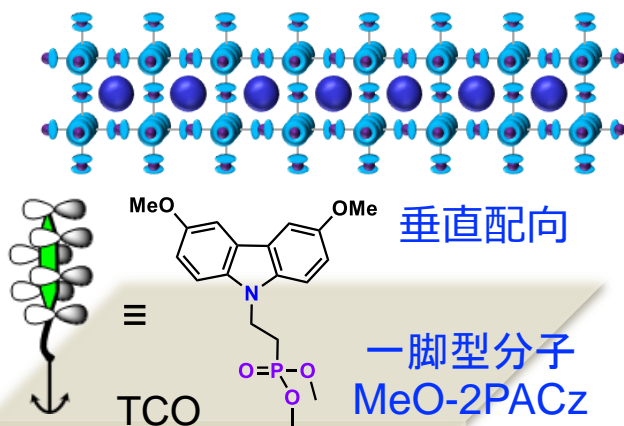
× 低伝導性

× 低光透過性



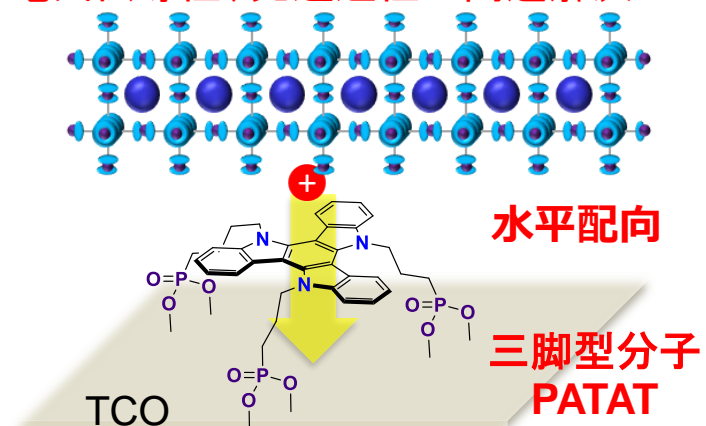
ポリトリアリールアミン  
(PTAA)

## 単分子膜材料



V. Getautis, S. Albrecht, *et al.*,  
*Science* **2020**, 370, 1300.

✓ 薄い膜 (< 2 nm 単分子)  
✓ 電気伝導性、光透過性の問題解決

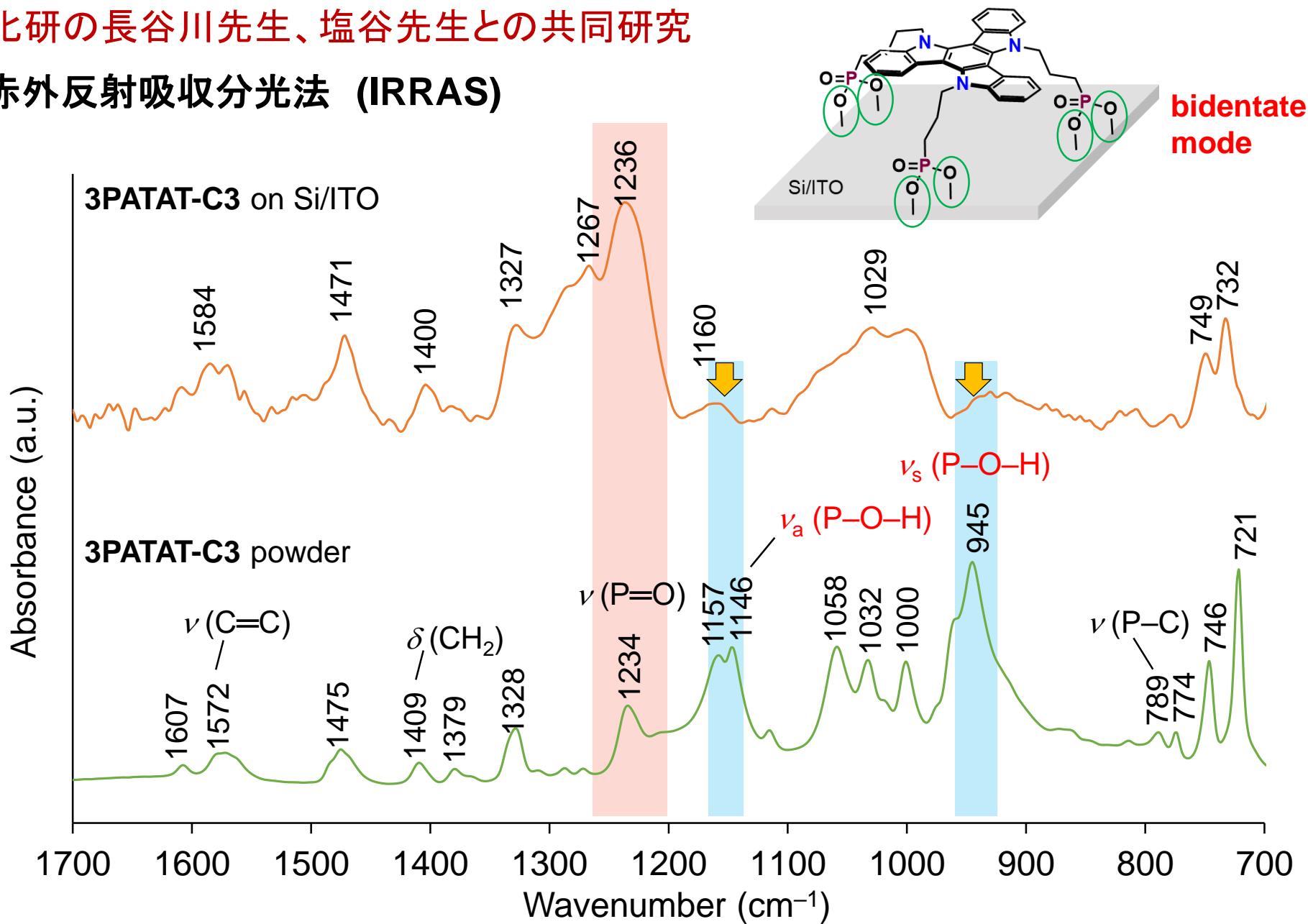


M. A. Truong, A. Wakamiya, *et al.*,  
*J. Am. Chem. Soc.* **2023**, 145, 7528.  
(Top 1% Highly Cited Paper)

# 吸着様式の確認

化研の長谷川先生、塩谷先生との共同研究

赤外反射吸収分光法 (IRRAS)

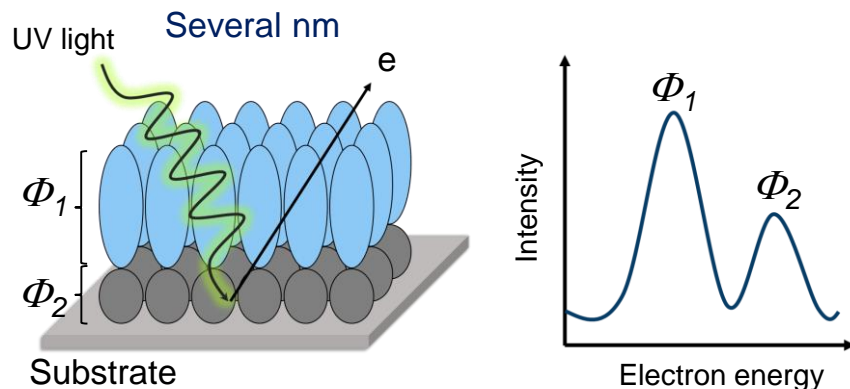




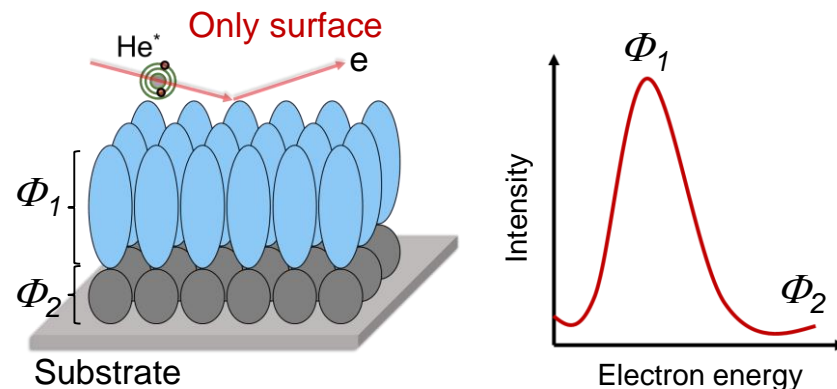
# 単分子膜での分子配向の確認

千葉大の吉田先生、赤塚君との共同研究

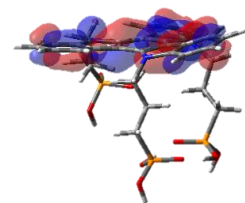
## 紫外光電子分光法 (UPS)



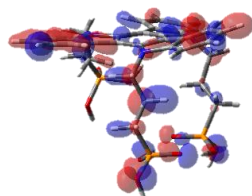
## 準安定原子電子分光法 (MAES)



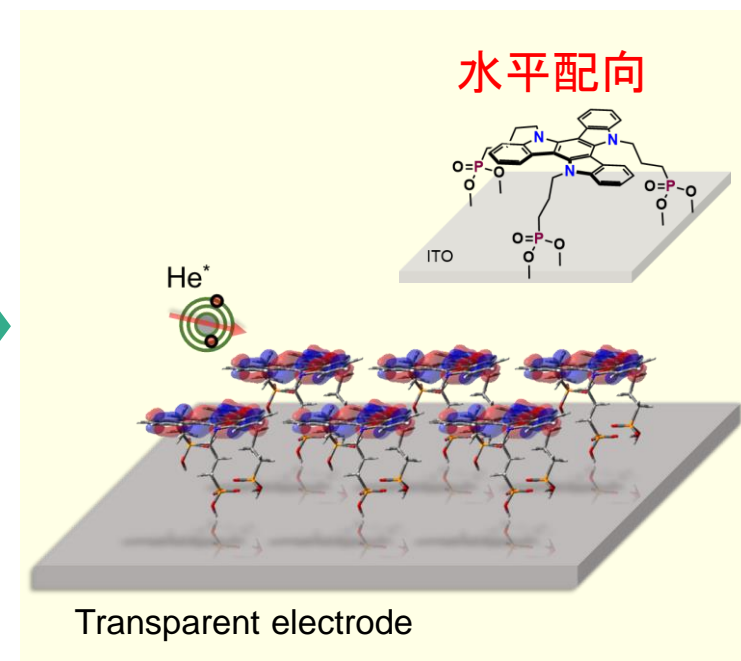
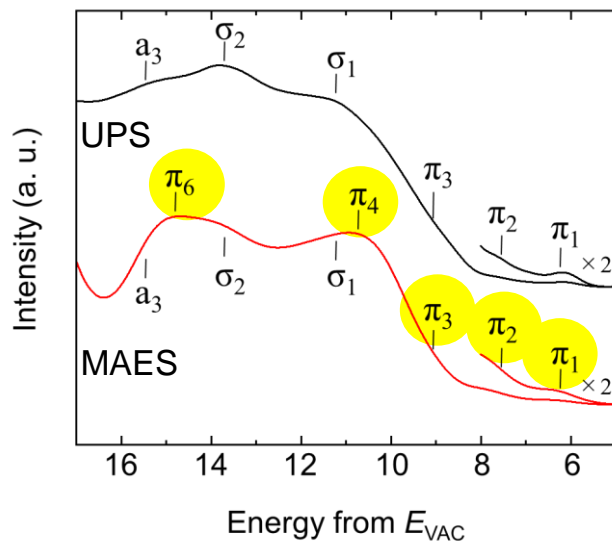
H. Yoshida, et al., *Adv Mater.* **2021**, 33, 2004981.



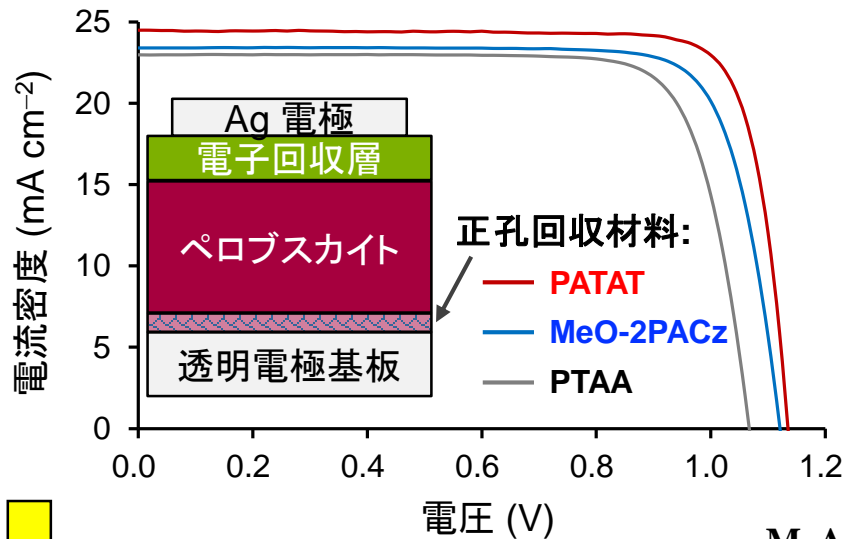
$\pi$  orbitals of TAT



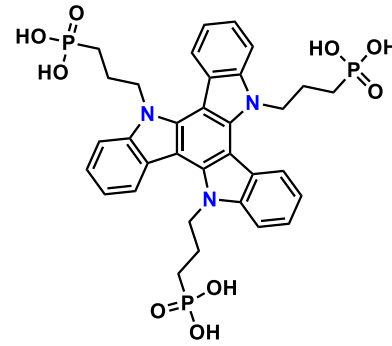
$\sigma$  orbitals of TAT and anchors  
(B3LYP/6-31G(d))



## ガラス基板

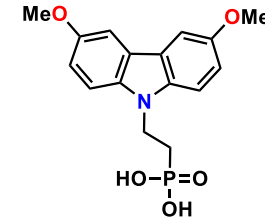


## 単分子膜材料



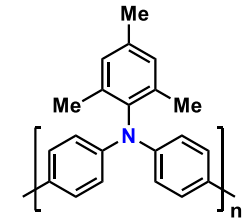
**PATAT**

PCE = 23.0%  
(現在 **25.0%**達成)



**MeO-2PACz**

21.0%



**PTAA**

19.4%

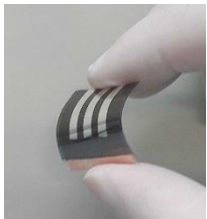
M. A. Truong, A. Wakamiya, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, 145, 7528.

## フレキシブル化

## フィルム基板

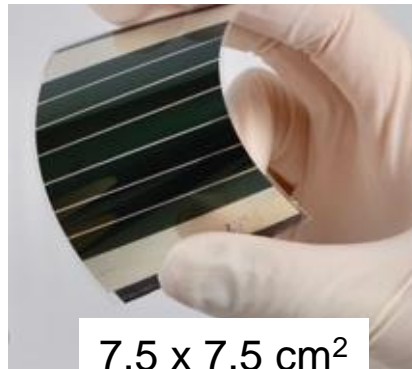
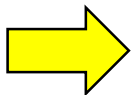
フィルムモジュール  
PCE = **21.7%**  
(世界最高値 達成)

ミニセル  
PCE = 22.0%



0.1  $\text{cm}^2$

## 大面積化



7.5 x 7.5  $\text{cm}^2$

## 試薬メーカーから製品化、世界中に普及

New

特許第7575140号

MATERIALS

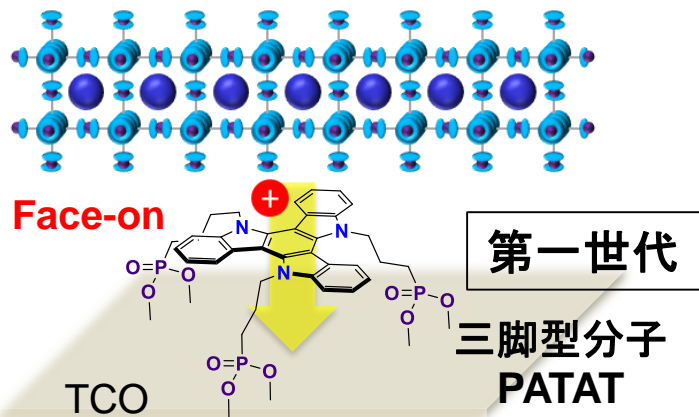
TGI

### SAM Formation Reagent with Face-on Orientation to Substrate Surface 3PATAT-C3

3PATAT-C3  
500mg  
[P31721]

**Advantages**

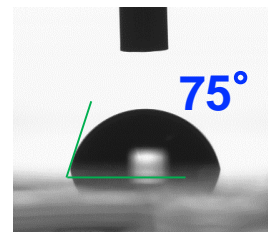
- Strongly binds to the ITO layer via three phosphonic acid groups
- Covers the ITO layer with high coverage
- Efficient charge recovery from the perovskite layer
- Available with high purity / in large quantities



M. A. Truong, A. Wakamiya, *et al.*,  
*J. Am. Chem. Soc.* **2023**, 145, 7528.

すべてのアンカー基が透明電極基板に吸着し  
単分子膜は疎水的になってしまう

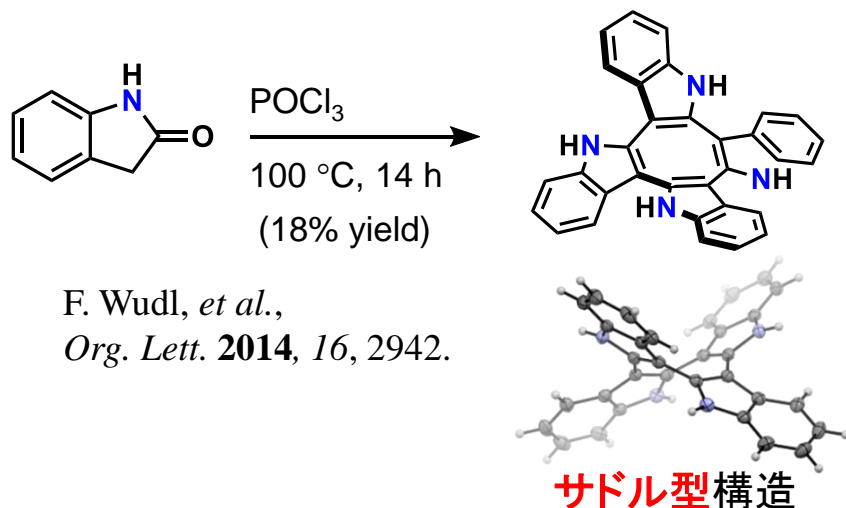
→ ペロブスカイトインクがはじき塗りにくい



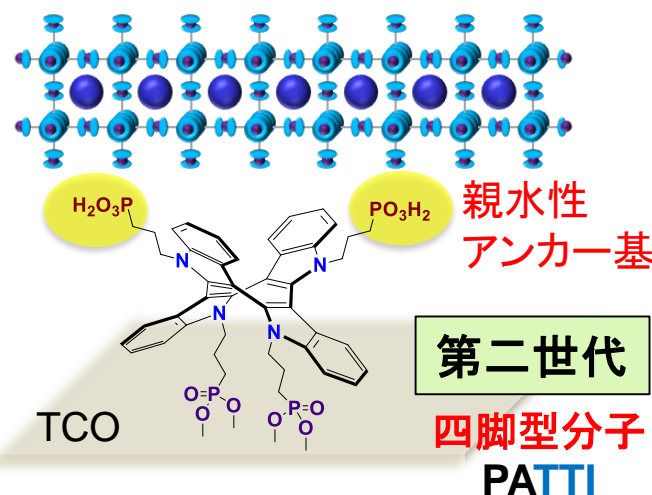
単分子膜は疎水的

ペロブスカイト膜

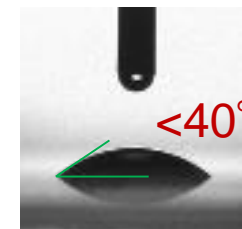
シクロオクタテトラインドール骨格を用いた四脚型正孔回収単分子膜材料



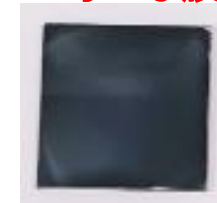
F. Wudl, *et al.*,  
*Org. Lett.* **2014**, 16, 2942.



親水性が向上



均一な膜



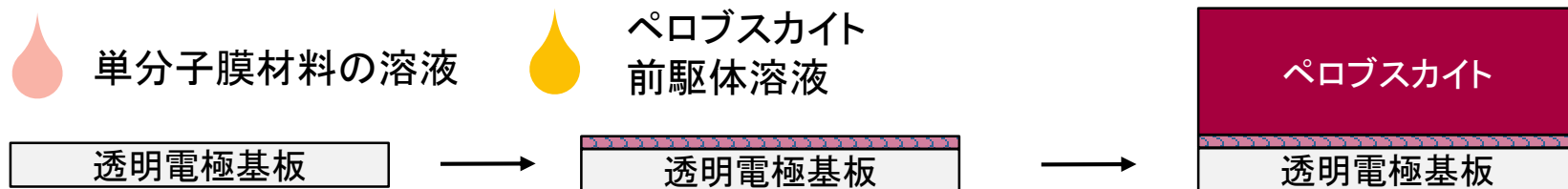
ペロブスカイト膜

M. A. Truong, A. Wakamiya, *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2024**, 63, e202412939.  
(Selected as a Hot Paper)

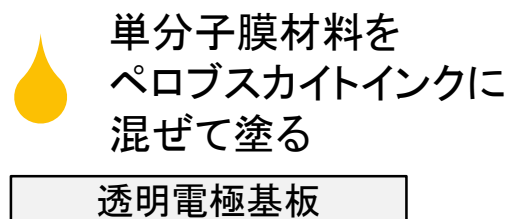


## 積層塗布法 (2段階、従来法)

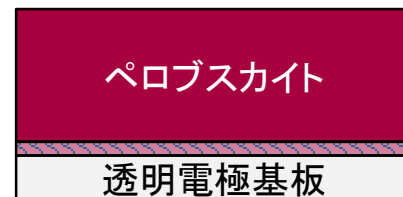
M. A. Truong, A. Wakamiya, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 2797.



## 共堆積法 (1段階、新手法)

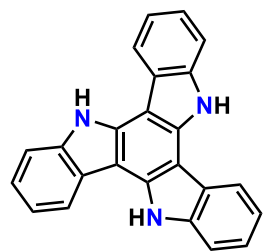


実用化のための要望:  
製造工程数を減らしたい

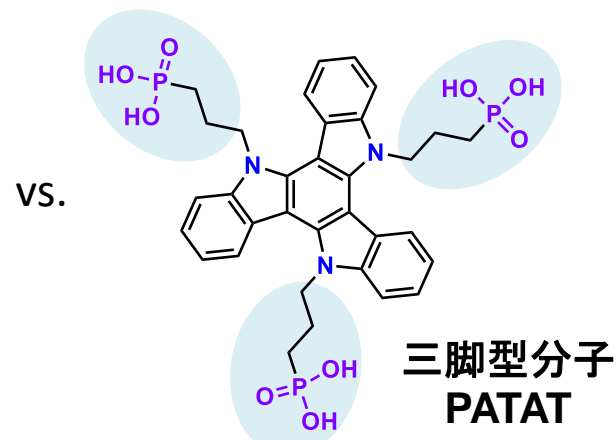
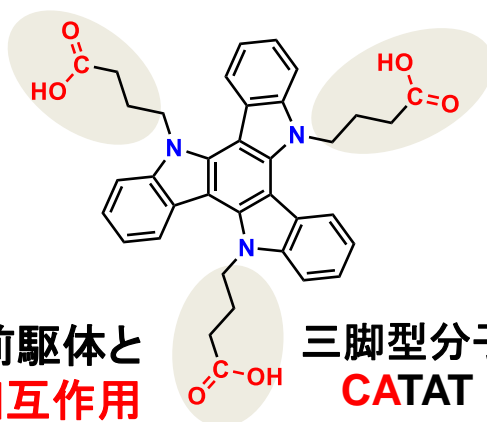


第三世代

第一世代



1. NaH, Br(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CO<sub>2</sub><sup>t</sup>Bu  
DMF, 50 °C, 18 h  
(77% yield)
2. CF<sub>3</sub>COOH, rt, 24 h  
(73% yield)



共堆積法: PCE = 20.8% (最適化後 23.1%)

共堆積法: PCE = 17.3%

## オールペロブスカイトタンデム型

複数のセルを積み重ねる

(直列につないで電圧を最大化する)

ことで、さらに高効率化が実現できる。

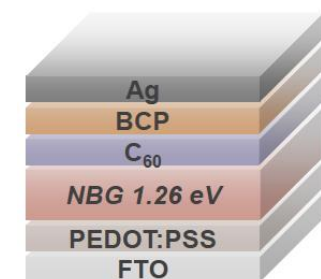
我々のデバイス作製技術を用いて、

**世界最高効率 29.7%**を達成 (*Nature* 2025)。

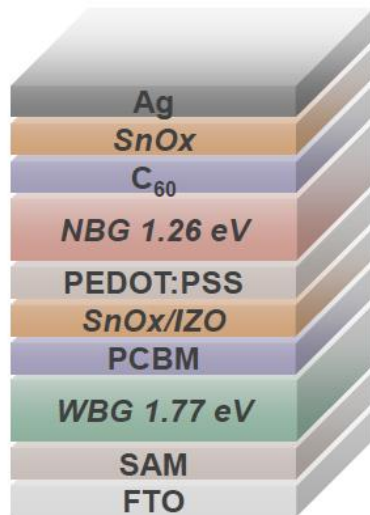
イギリスOxford大学との共同研究

単セル

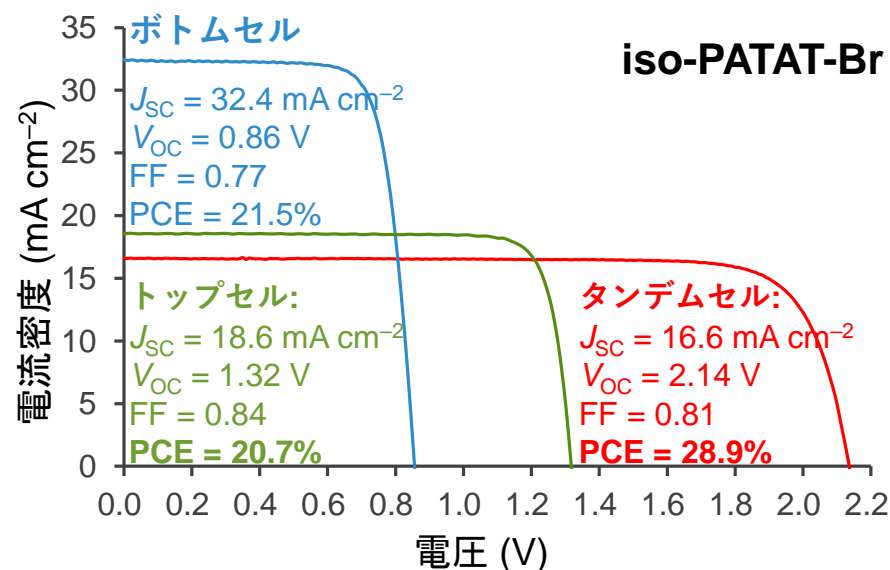
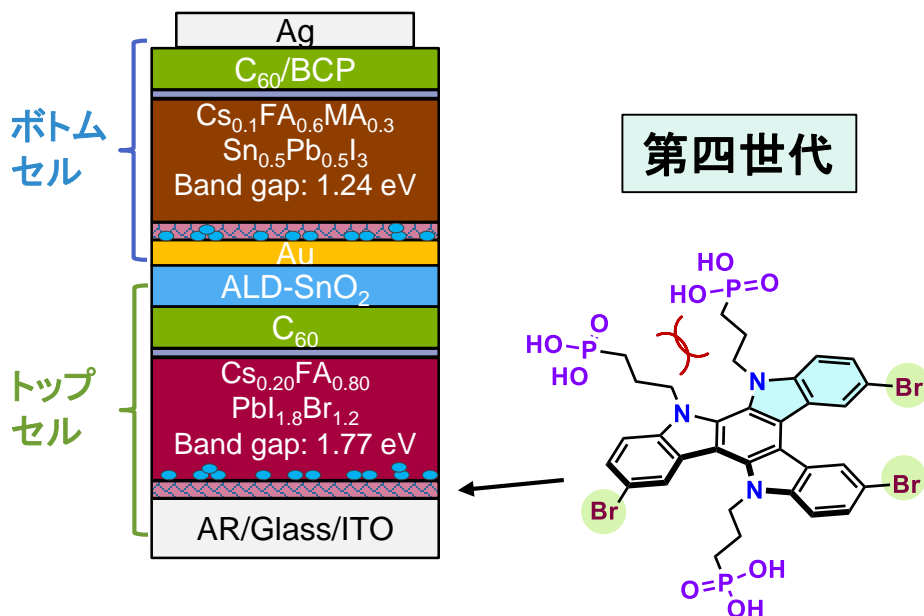
2接合タンデム



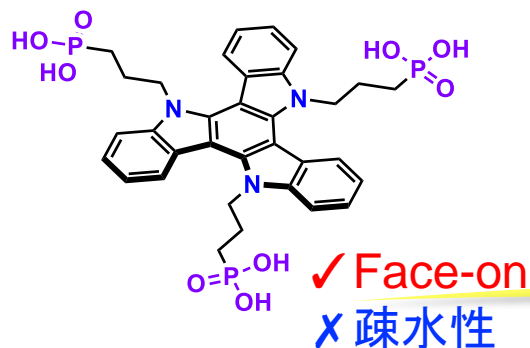
高品質SnPb混合  
ペロブスカイト  
**23.9%**



**29.7%**



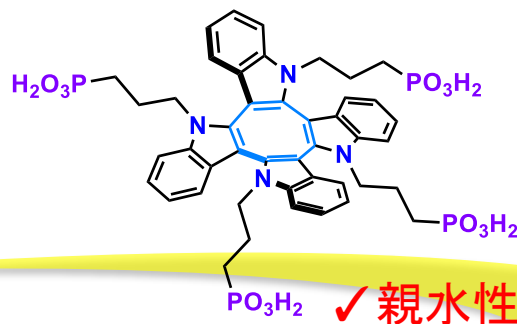
## 第一世代



**PATAT**

M. A. Truong,\* A. Wakamiya,\* *et al.*,  
*J. Am. Chem. Soc.* **2023**, 145, 7528.  
(Top 1% Highly Cited Paper)

## 第二世代

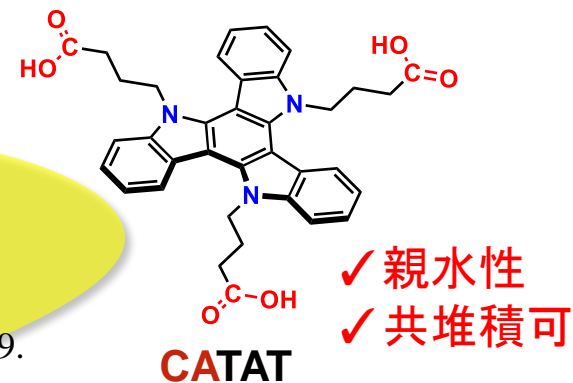


**PATTI**

M. A. Truong,\* A. Wakamiya,\* *et al.*,  
*Angew. Chem., Int. Ed.* **2024**, 63, e202412939.  
(Selected as a Hot Paper)

## 第三世代

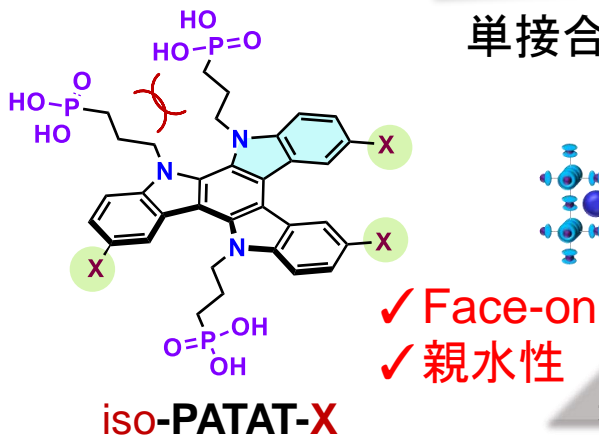
ペロブスカイト前駆体材料と  
弱い相互作用→速い拡散



**CATAT**

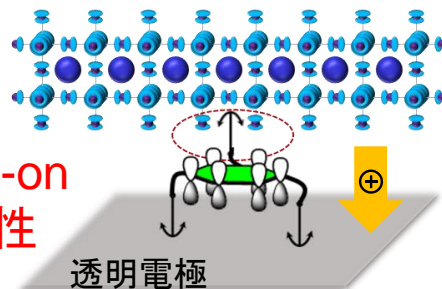
M. A. Truong,\* A. Wakamiya,\* *et al.*,  
*J. Am. Chem. Soc.* **2025**, 147, 2797.

## 第四世代



**iso-PATAT-X**

単接合型ミニセル: **25.8%**  
タンデム: **28.9%**



M. A. Truong,\* A. Wakamiya,\* *et al.*, *Manuscript in Preparation*

主要な論文 23 報 (計41 報, 国際共著11報)  
特許 3件、招待講演 7件  
受賞 10件 (学生受賞 5件含む):  
- Innovative PV賞 (2021)  
- 有機合成化学協会  
  富士フィルム和光純薬研究企画賞 (2022)  
- 第28回京大化研 研究奨励賞 (2023)  
- 日本化学会 若い世代の特別講演証 (2026)  
- 有機合成化学奨励賞 (2026), etc.