

多環芳香族炭化水素を正孔輸送層に用いた 長寿命ペロブスカイト太陽電池

有機・炭素ナノ材料ユニット (成田明光 准教授)
エネルギー材料と表面科学ユニット (ヤビンチー 教授)
グループリーダー 研究員 大野ルイス勝也



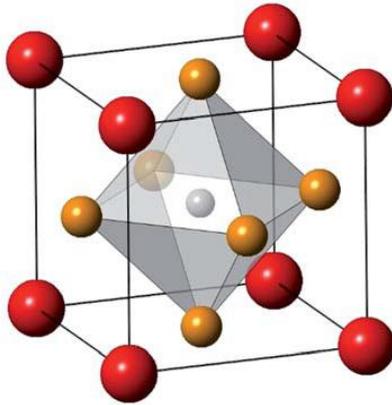
OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY

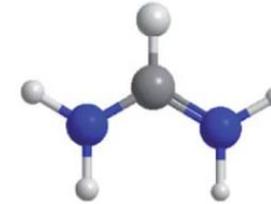
沖縄科学技術大学院大学

ハロゲン化ペロブスカイト： イオン結晶性を持つ半導体

結晶組成： ABX_3



Methylammonium



Formamidinium

- A サイト： $CH_3NH_3^+$, $HC(NH_2)_2^+$, Cs^+
- B サイト： Pb^{2+} , Sn^{2+}
- X サイト： Cl^- , I^- , Br^-

D. Weber, Z. Naturforsch. B **33** (1978) 862.

G.E. Eperon, H.J. Snaith *et al.*, Energy Environ. Sci. **7** (2014) 982.

特徴：

- ✓ 組成 (A, B, X) の組み合わせで吸収波長、電子正孔移動度、変換効率、耐久性に影響を及ぼす
- ✓ 溶液塗布法 (印刷) と気相法でペロブスカイト薄膜が作れる
(例：スピコーティング、ブレードコーター、真空と科学蒸着法など)
- ✓ 低温度 (100-150°C) で合成できる

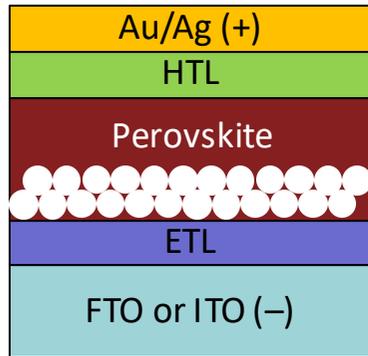
A. Kojima, T. Miyasaka *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **131** (2009) 6050.

H.S. Kim, N.G. Park *et al.*, Sci. Rep. **2** (2012) 591.

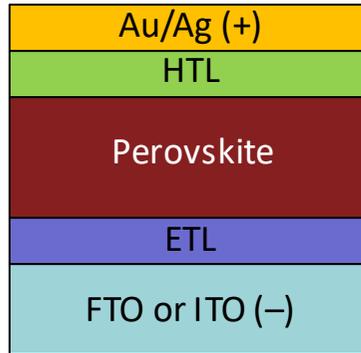
M.M. Lee, T. Miyasaka, H.J. Snaith *et al.*, Science **338** (2012) 643.

ペロブスカイト太陽電池の層構成

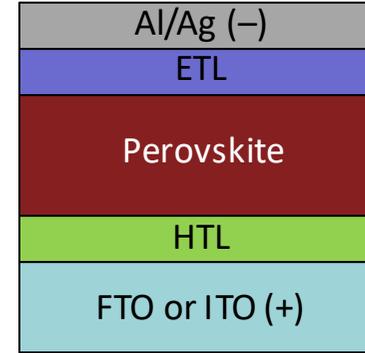
メソポラス構造



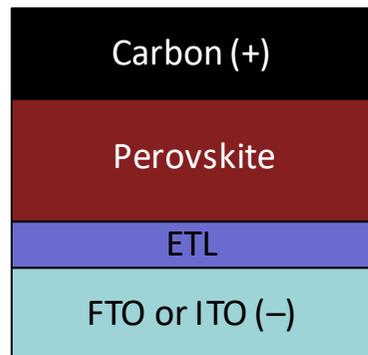
プラナー構造



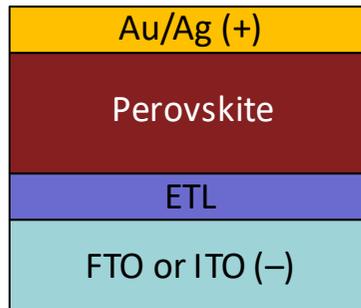
逆型プラナー構造



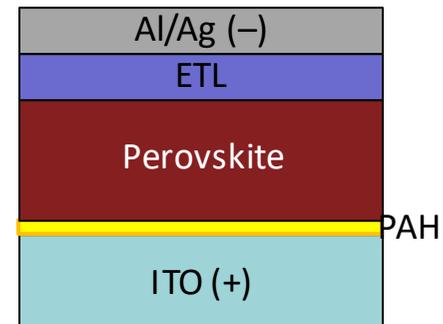
カーボン電極を用いた構造



HTLの無い構造



PAHをHTLとして用いた
逆型プラナー構造

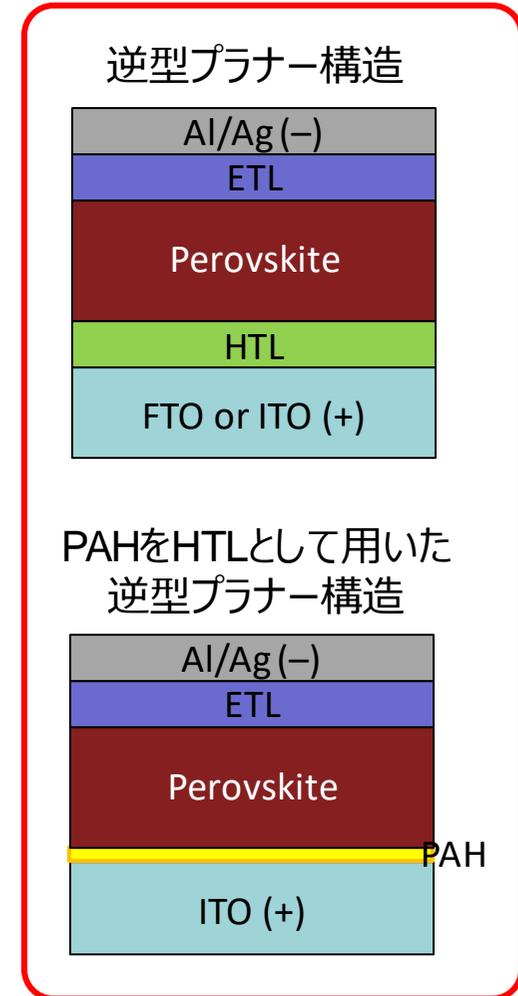
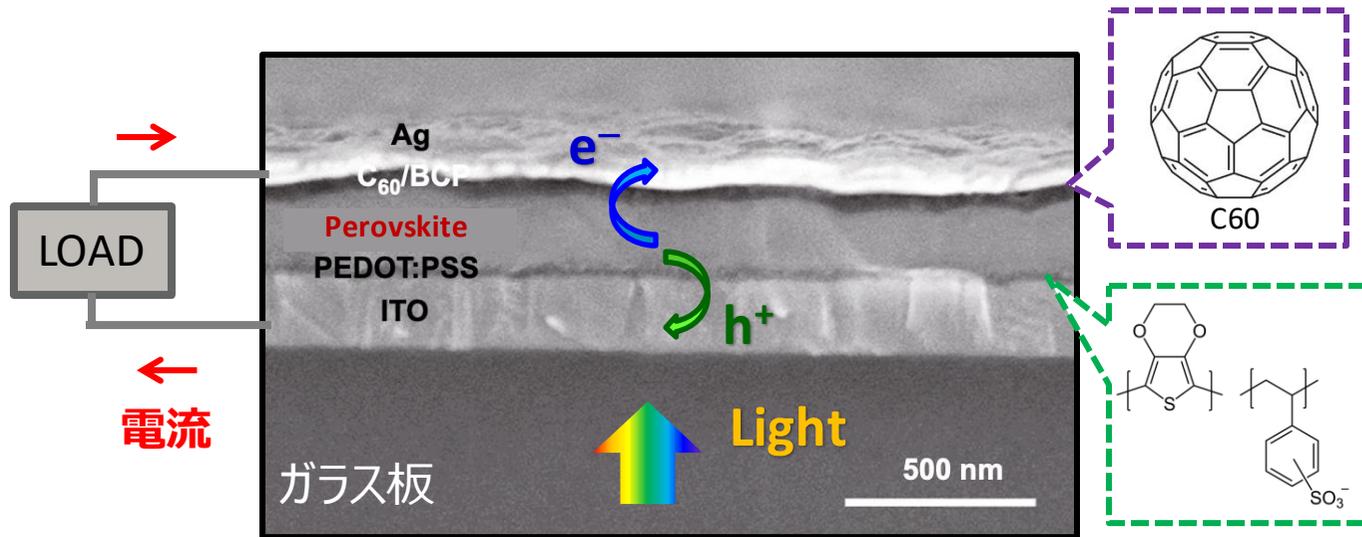


- ITO: インジウムスズ酸化物
- FTO: フッ素ドーパ酸化物

- HTL(Hole transport layer): 正孔輸送層
- ETL(Electron transport layer): 電子輸送層

- PAH(Polycyclic aromatic hydrocarbon): 多環芳香族炭化水素

ペロブスカイト太陽電池の層構成



逆型プラナー構造の特徴:

- ✓ プラナー構造より動作寿命が高い
- ✓ 溶液塗布法と気相法で作れる
- ✓ 正孔輸送材料の選択肢が増える

- ITO: インジウムスズ酸化物
- FTO: フッ素ドーブ酸化スズ

- HTL(Hole transport layer): 正孔輸送層
- ETL(Electron transport layer): 電子輸送層

- PAH(Polycyclic aromatic hydrocarbon): 多環芳香族炭化水素

新技術の特徴

RESEARCH ARTICLE

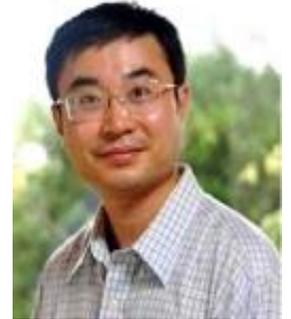
ADVANCED
MATERIALS
www.advmat.de

Graphene-Like Conjugated Molecule as Hole-Selective Contact for Operationally Stable Inverted Perovskite Solar Cells and Modules

Tianhao Wu, Xiushang Xu, Luis K. Ono, Ting Guo, Silvia Mariotti, Chenfeng Ding, Shuai Yuan, Congyang Zhang, Jiahao Zhang, Kirill Mitrofanov, Qizheng Zhang, Saurav Raj, Xiao Liu, Hiroshi Segawa, Penghui Ji, Tongtong Li, Ryota Kabe, Liyuan Han, Akimitsu Narita,* and Yabing Qi*

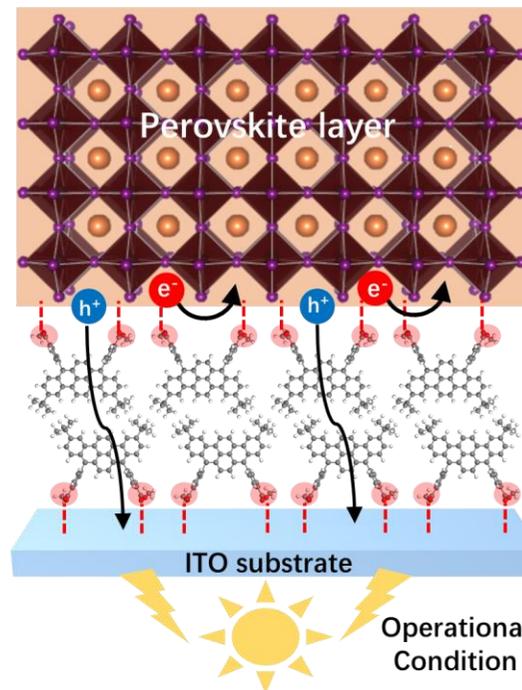
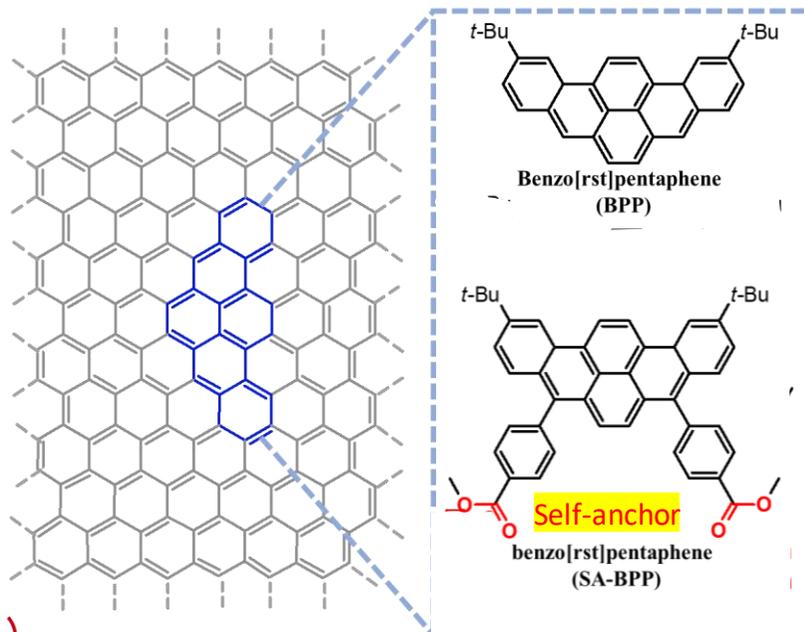


成田明光 准教授



ヤビンチー 教授

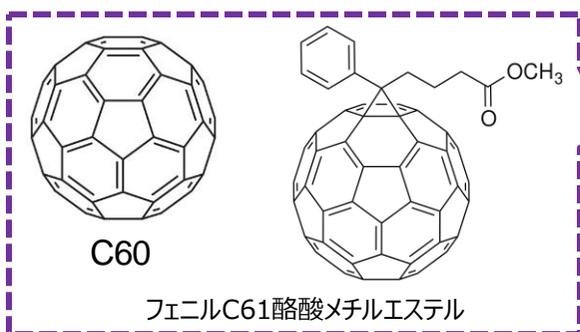
Graphene-like conjugated hole-selective structure



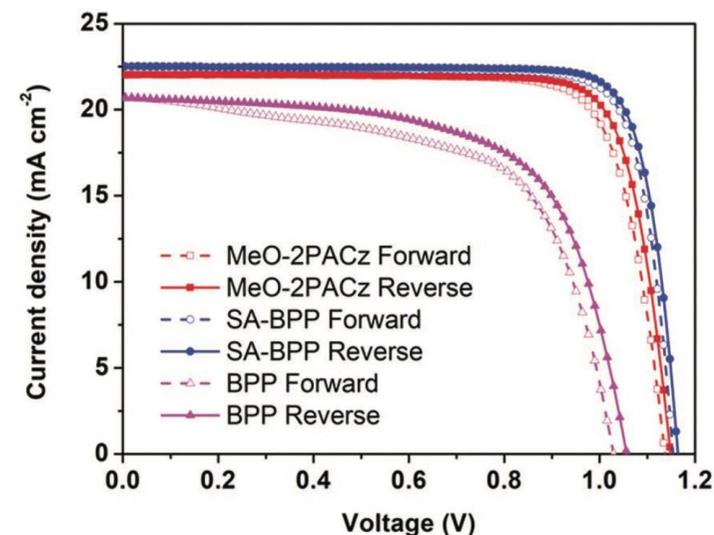
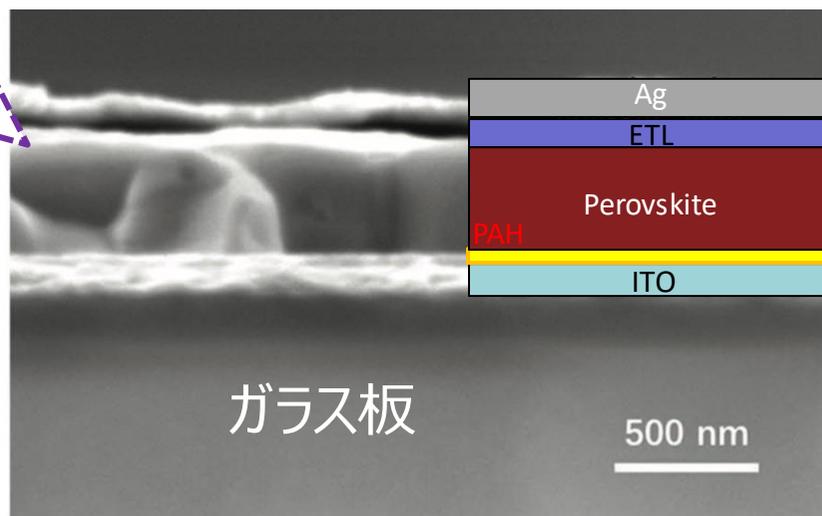
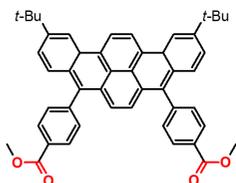
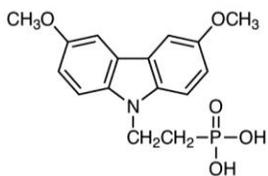
- ✓ **Self-anchor** : PAHのカルボキシ基が酸化インジウムスズ (ITO)層に配置することで、強い結合が発生する
- ✓ 良好な光安定性
- ✓ 大面積ソーラーモジュールに対応

PAHを用いた 逆型ペロブスカイト太陽電池の特徴 1

● ペロブスカイト太陽電池の高性能化 (22%)



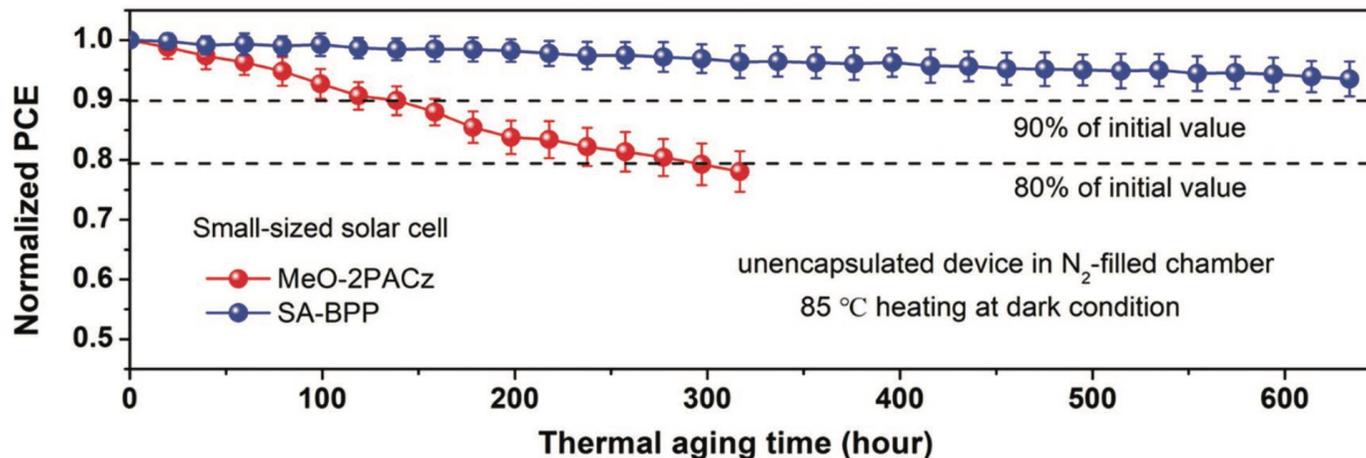
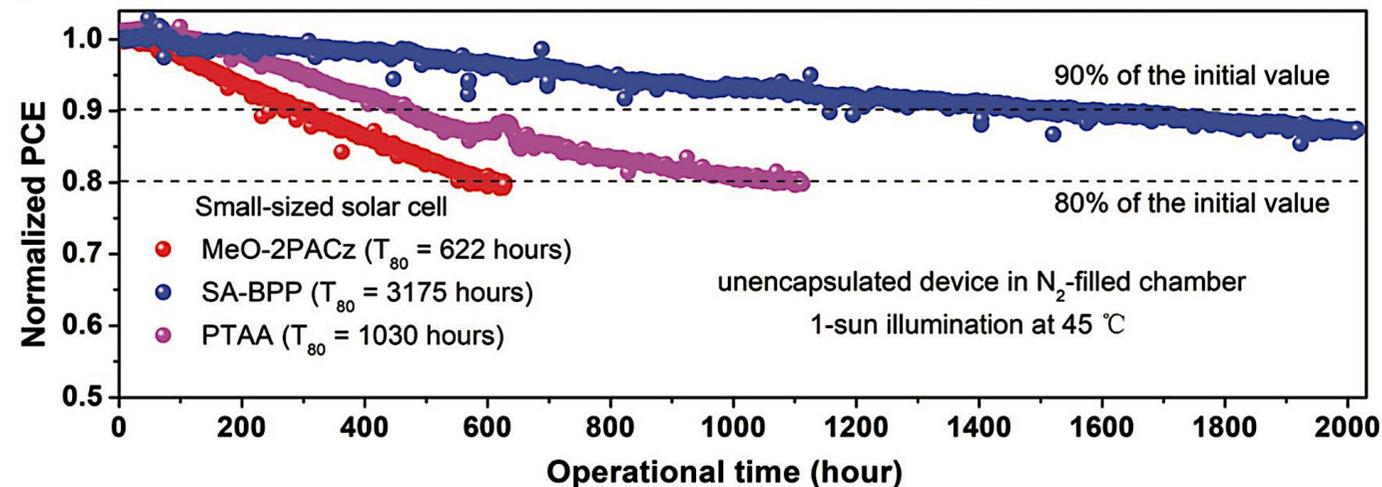
[2-(3,6-ジメトキシ-9H-カルバゾール-9-イル)エチル]
ホスホン酸
東京化成工業株式会社



contact	J_{SC} [mA cm ⁻²]	V_{oc} [V]	FF [%]	PCE [%]
MeO-2PACz	22.14	1.14	79.78	20.14
	22.11	1.15	80.89	20.57
SA-BPP	22.57	1.16	82.09	21.49
	22.55	1.17	83.50	22.03
BPP	20.71	1.03	63.18	13.48
	20.65	1.06	66.31	14.51

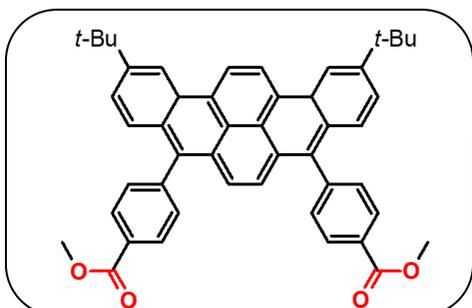
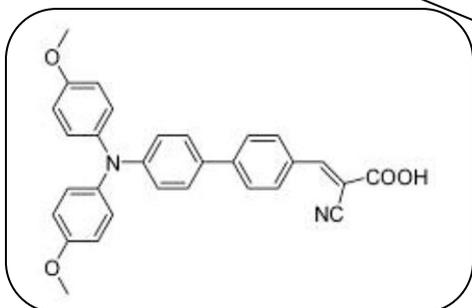
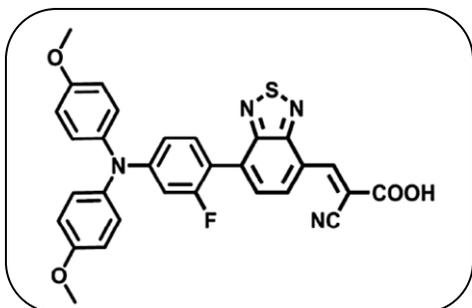
PAHを用いた 逆型ペロブスカイト太陽電池の特徴 2

- ペロブスカイト太陽電池の長寿命化 (3175時間のT80動作寿命)



PAHを用いた 逆型ペロブスカイト太陽電池の特徴 3

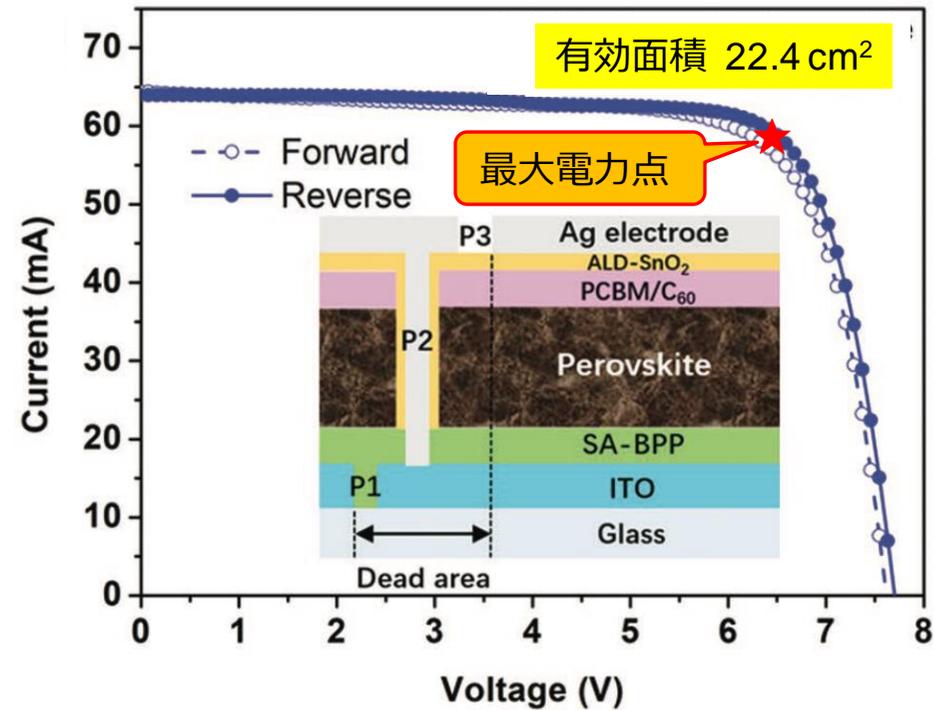
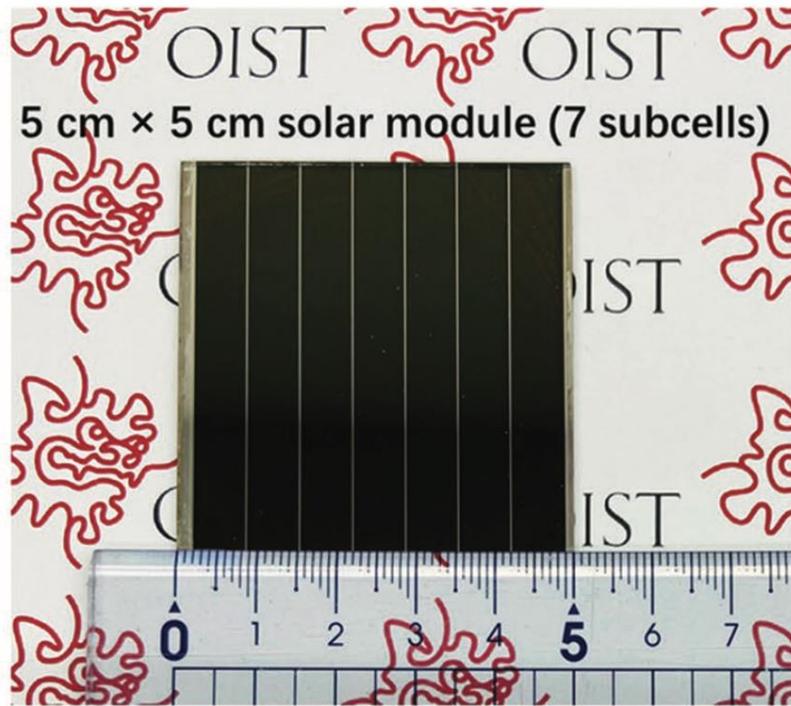
ホール注入層	変換効率 (%)	動作時間 (hour)	平均劣化率 (% hour ⁻¹)	参考文献
Poly-TPD	20.1	1010	0.0198	<i>Science</i> 2020, 369 , 96
PTAA	23.0	1500	0.0187	<i>Science</i> 2022, 376 , 416
P3CT-N	21.8	600	0.0373	<i>Science</i> 2022, 375 , 434
TPADPP	21.6	500	0.0260	<i>CCS Chemistry</i> 2022, 4 , 3084
FMPA-BT-CA	22.3	1200	0.0079	<i>ACS Appl. Mater. Interfaces</i> 2022, 14 , 43547
EADRO4	21.0	250	0.0160	<i>Energy Environ. Sci.</i> 2021, 14 , 3976
MeO-2PACz	21.3	400	0.0500	<i>ACS Materials Letters</i> 2022, 4 , 1976
MPA-Ph-CA	22.5	800	0.0063	<i>ACS Materials Letters</i> 2022, 4 , 1976
SA-BPP	22.0	2000	0.0063	This work
MeO-2PACz	20.6	630	0.0324	This work
PTAA	20.2	1050	0.0192	This work



シリコン太陽電池の経年劣化率は年間で0.3~0.5% (5.7×10^{-5} % hour⁻¹)

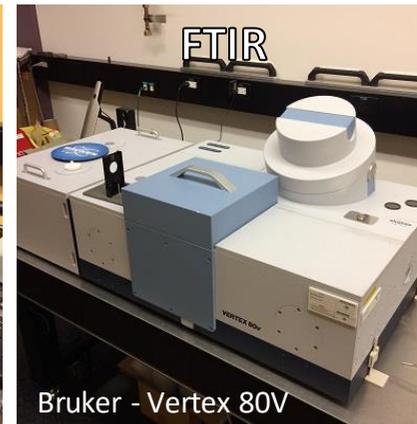
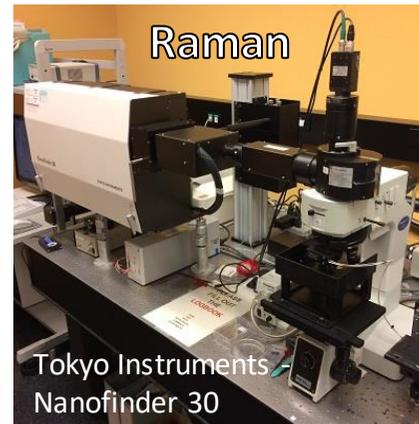
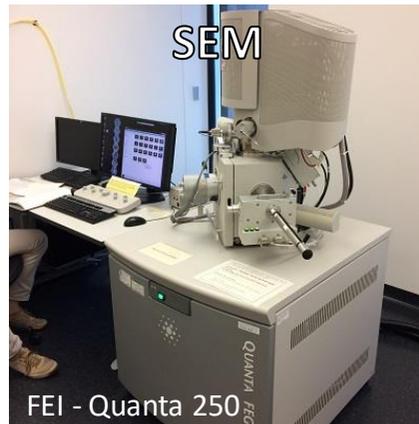
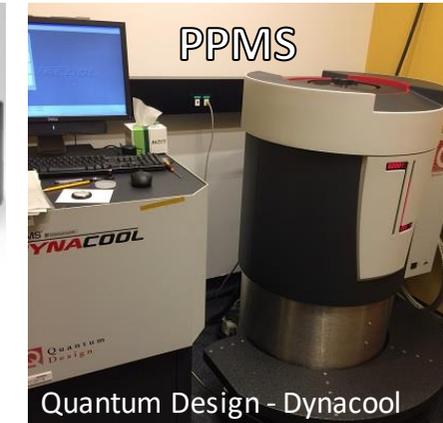
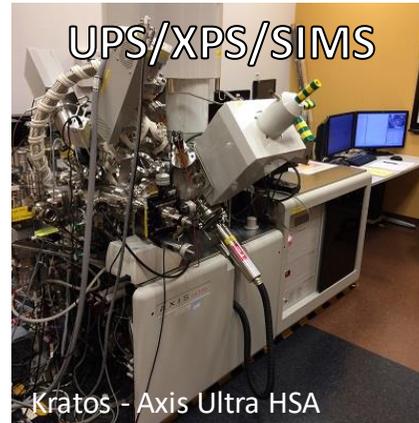
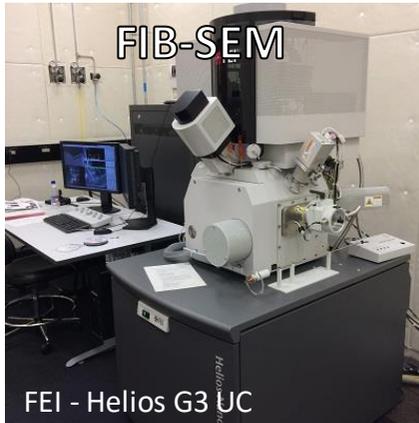
実用化に向けて

- 大面積太陽電池モジュールにも適用可能



Hole-selective contact	Scan direction	J_{sc} [mA cm ⁻²]	V_{oc} [V]	FF [%]	PCE [%]
SA-BPP (22.4 cm ² solar module)	forward	2.88	7.59	75.06	16.41
	reverse	2.87	7.68	77.51	17.08

OIST研究機器・分析装置



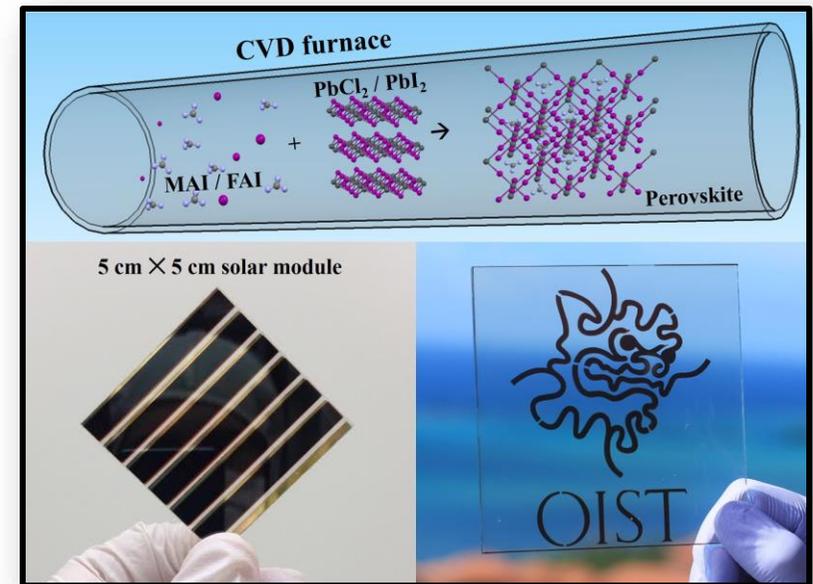
<https://groups.oist.jp/prs/>

企業への期待

OISTのペロブスカイト太陽電池の技術ポートフォリオ

- 成膜技術
- 測定技術
- その他周辺技術 多数あり

OIST独自の化学蒸着法 (CVD)



**成膜技術、周辺技術等、
全9特許あり**

本技術に関する知的財産権

発明の名称： 正孔選択性コンタクト材料、光電変換デバイス 及び 多環芳香族炭化水素化合物

原題「Hole-selective Contact Material, Photoelectric Conversion Device and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Compound」

出願番号： 特願2023-030557

出願人： 沖縄科学技術大学院大学学園

発明者： ヤビンチー、成田 明光、ウー ティンハオ、シュウ シューシャ、
嘉部 量太、大野 ルイス 勝也、マリオッティ シルビア、
ラジ サウラヴ、吉岡 蓮吾

お問い合わせ先

沖縄科学技術大学院大学

OIST | **Innovation**

TEL : 098-966-8937

FAX : 098-982-3424

E-mail : tls@oist.jp



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
沖縄科学技術大学院大学