

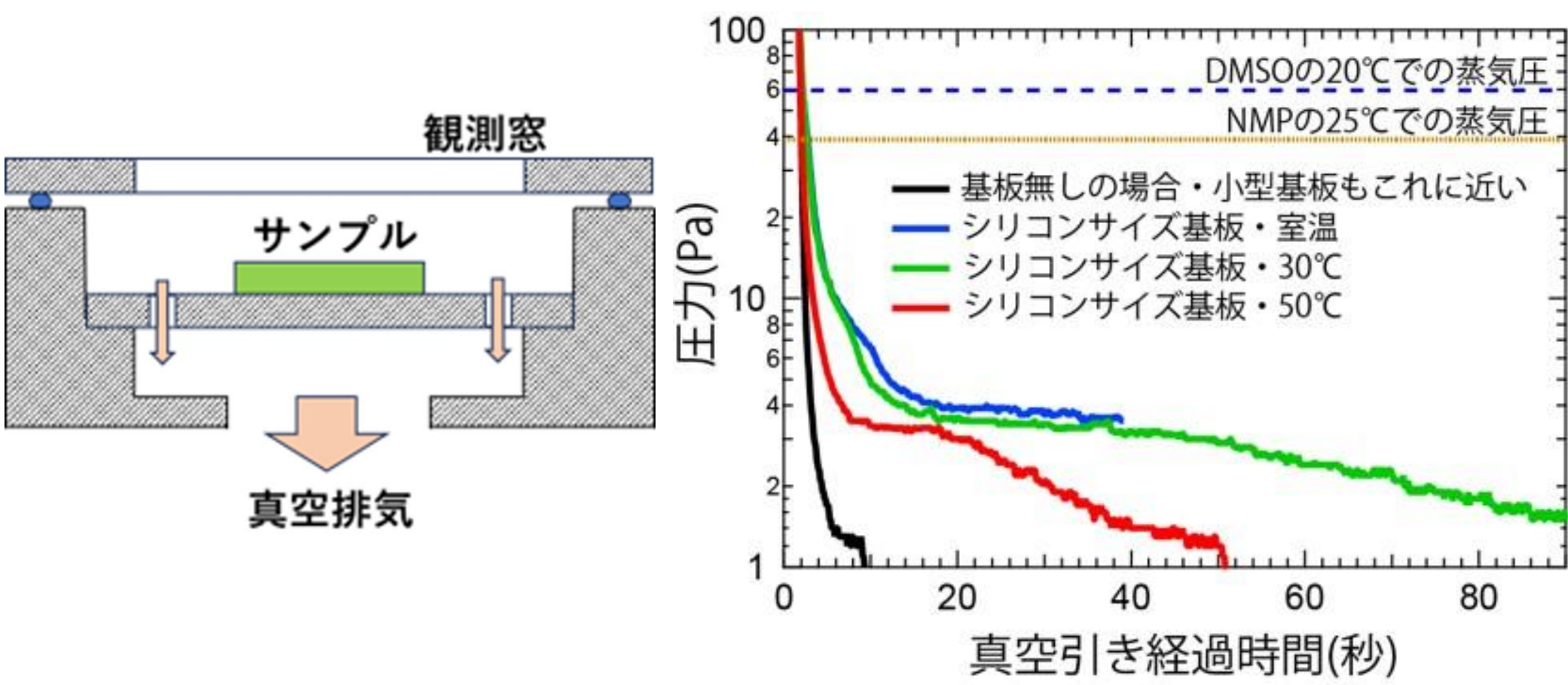
■事業の目的・目標

実用サイズペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池実現のため、Siウェハサイズ基板に適用可能なペロブスカイトトップ層の構造やその作製方法およびペロブスカイト層の評価方法の確立を図る。

■2024年の主な成果

1. 貧溶媒法に代わる真空クエンチ法の開発および大面積基板への適用

- Siウェハサイズガラス基板（157 mm角）にスロットダイコーターによるペロブスカイト層の塗布と、真空クエンチ法による結晶化の手法を適用し、より大面積での塗布方法および真空クエンチ法における結晶化条件を見出した。
- 環境負荷に配慮したDMFフリー溶媒を使用したペロブスカイト溶液と真空クエンチ法を用いたセル作製方法を確立した。
- DMFフリーペロブスカイト溶液にPEAIを直接添加することで真空クエンチ法におけるパッシベーション効果を明らかにした。
- ワイドバンドギャップ（1.68～1.69 eV）Cs_{0.05}(FA_{0.76}MA_{0.24})_{0.95}Pb(I_{0.76}/Br_{0.24})₃ の構造を有するペロブスカイト膜を形成



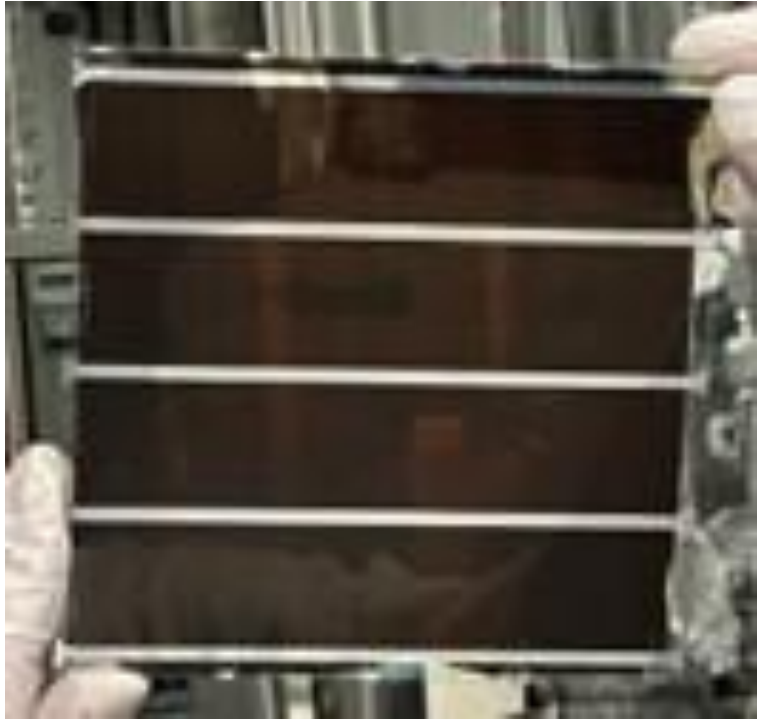
真空クエンチ法によるペロブスカイト層作製方法

スピコート塗布⇒真空クエンチ

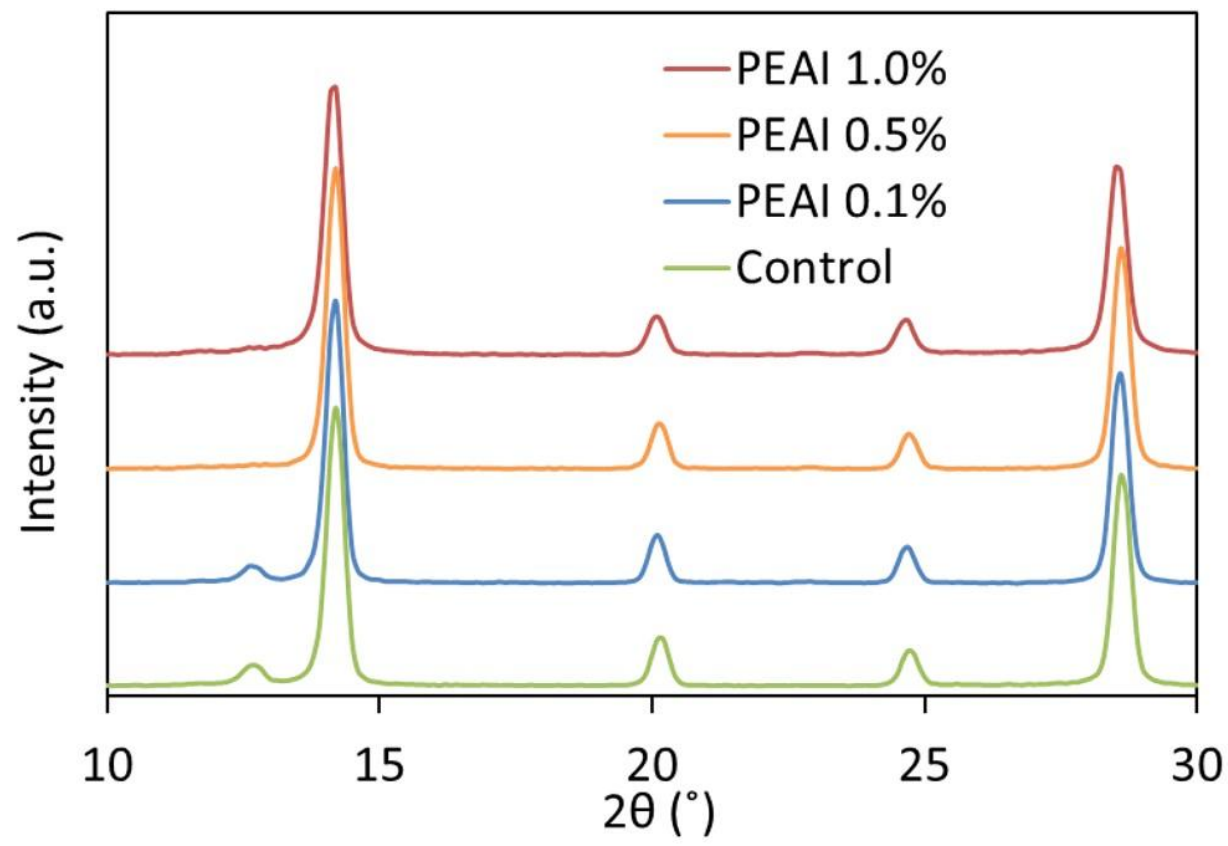
	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF (%)	PCE (%)
順方向	18.5	1.21	82	18.1
逆方向	18.5	1.22	81	18.4

逆型セル：
ガラス/ITO/MeO-4PACz/PVK/C₆₀/BCP/Ag
(面積：1.04 cm²)
DMFフリー溶媒溶液中にPEAI添加
+ PEAIによる表面パッシベーション
⇒V_{oc}=1.22V, 変換効率18.4 %を達成

スロットダイコータ塗布⇒真空クエンチ



157 mm角ガラス基板全面塗布
3mm角セルを25個作製
V_{oc}=1.12V, 変換効率18.4 %を達成
(基板内セルでの最高値)

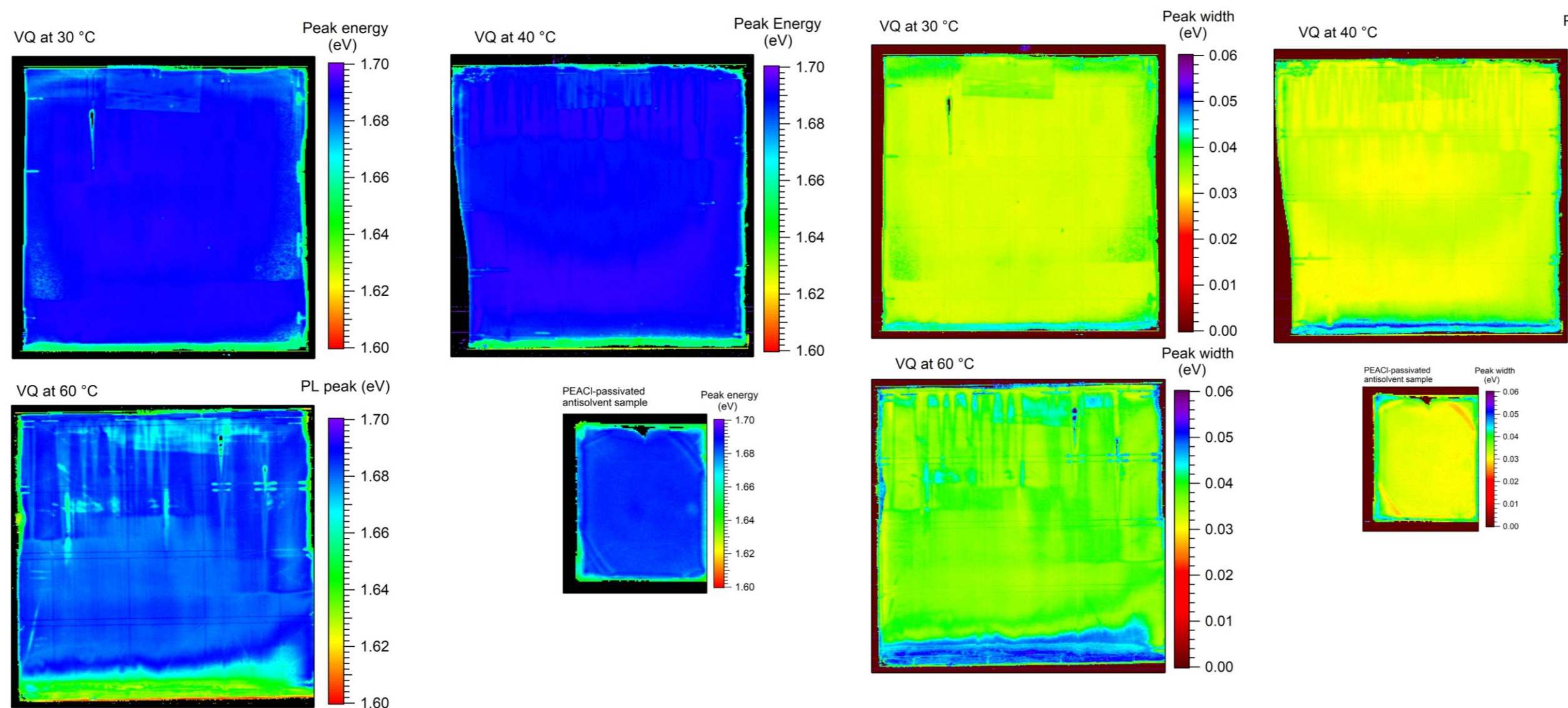
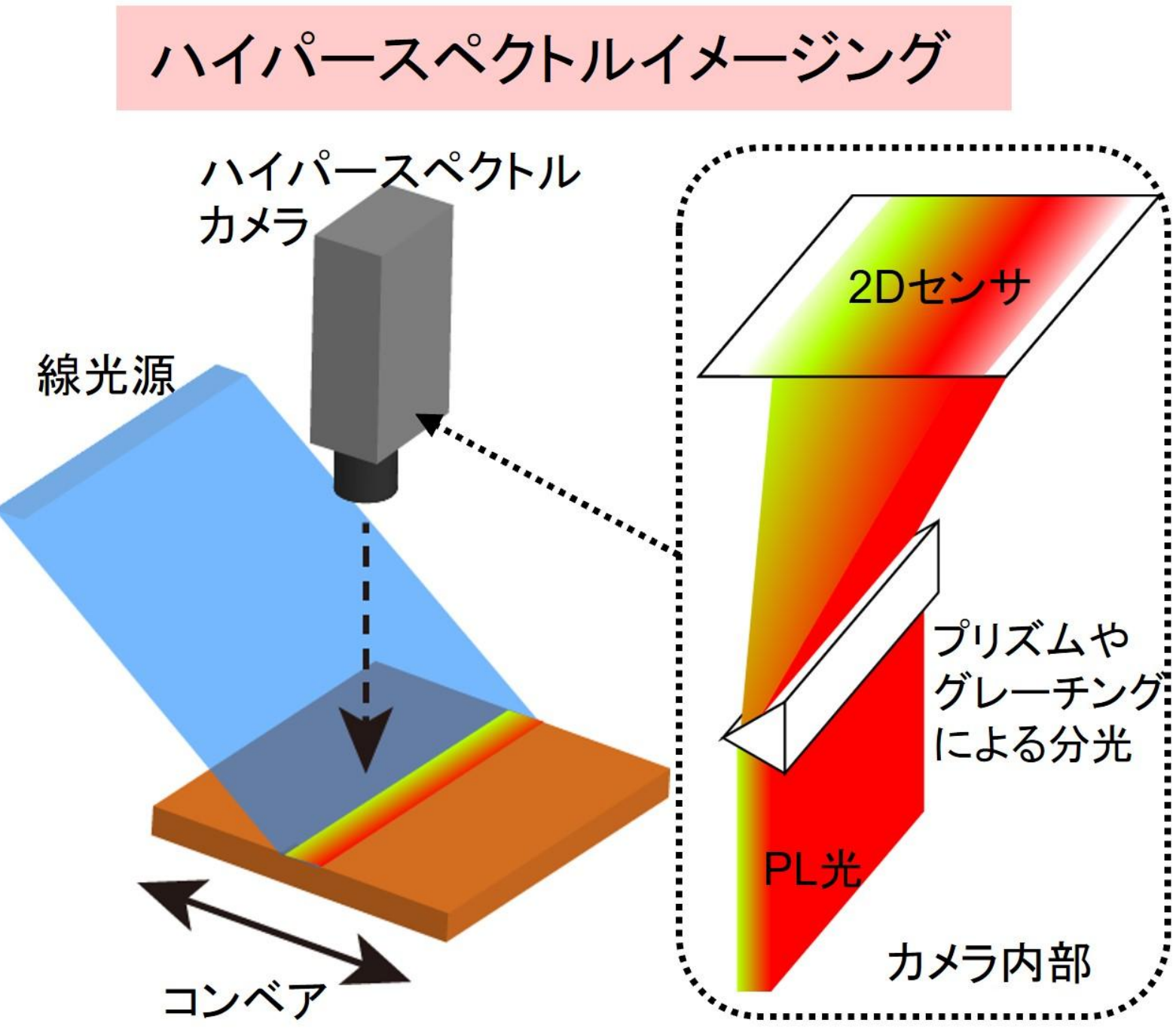


PEAI添加効果

PEAI添加により、PbI₂の析出が抑制

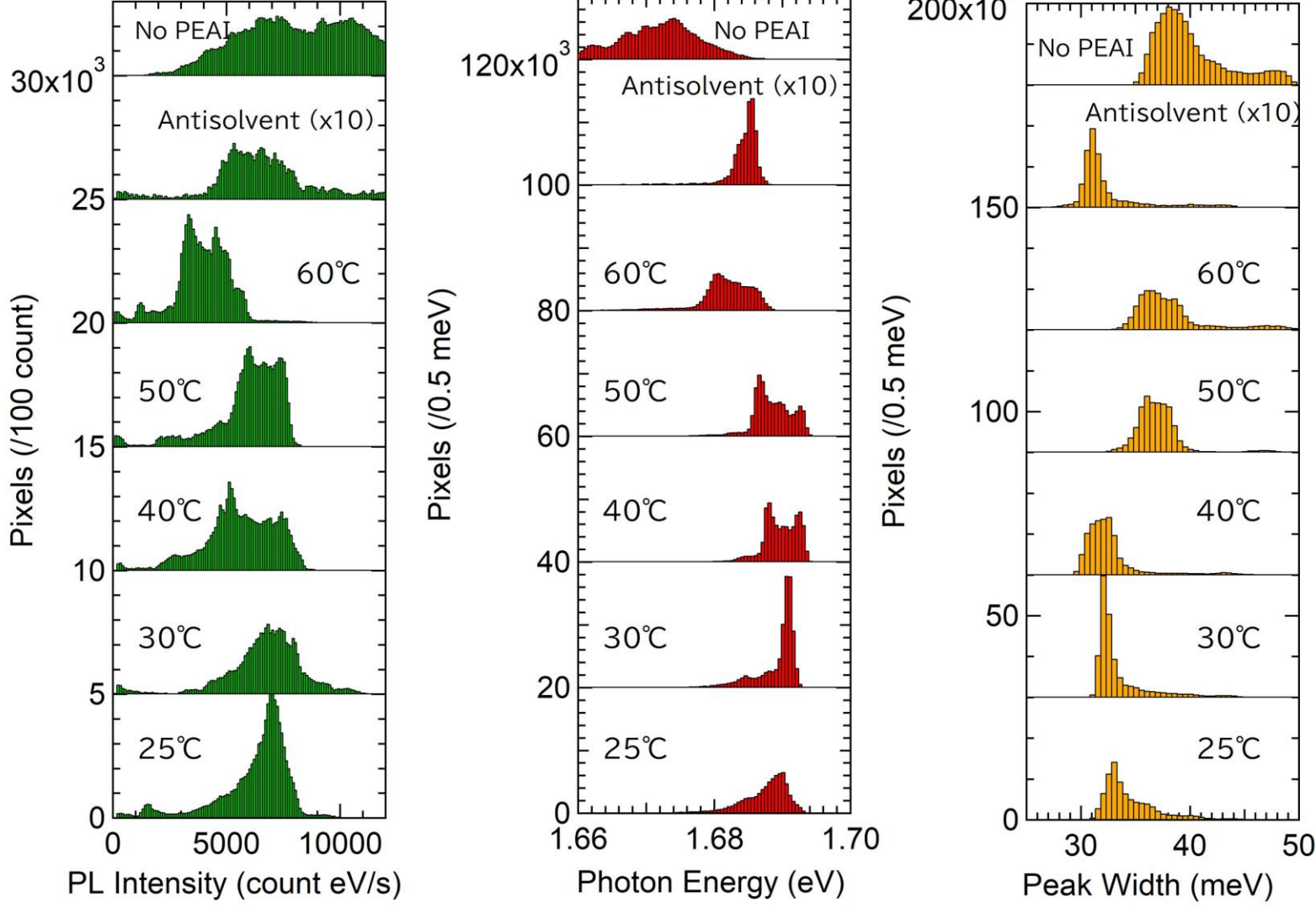
2. ハイパースペクトルカメラを用いたPL評価法の開発

- ハイパースペクトルカメラを用いたペロブスカイト層のPL評価法を初めて開発した。
- 本手法を用いることで、PLの強度だけではなく、PLのピーク位置(～バンドギャップ)やピーク幅の試料全面（各ピクセルごと）での分布を短時間で可視化することが可能となった。



Pピーク位置(～バンドギャップ)

PLピーク幅



ピーク面積、ピーク位置、ピーク幅のヒストグラム

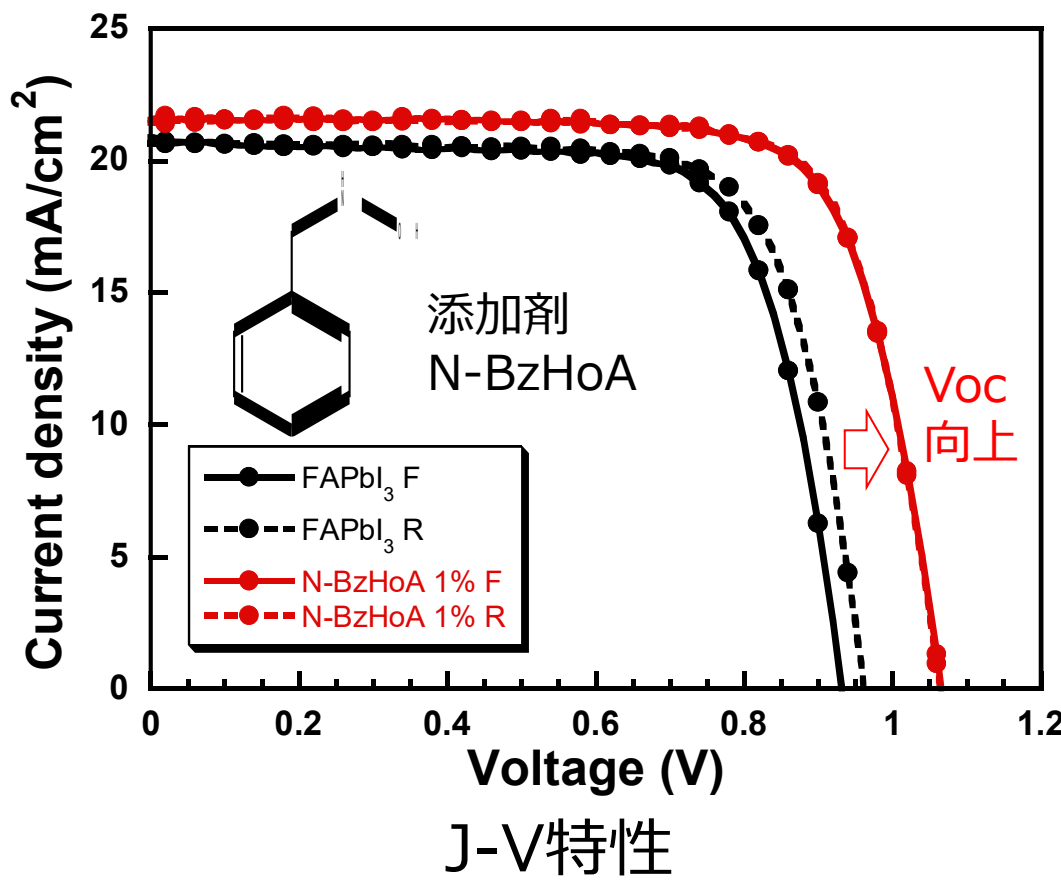
真空クエンチ法（157 mm角基板）および貧溶媒法（2X2.5cm基板）で作製したペロブスカイト層の評価

3. ペロブスカイトトップセル作製基盤技術（材料技術）の開発

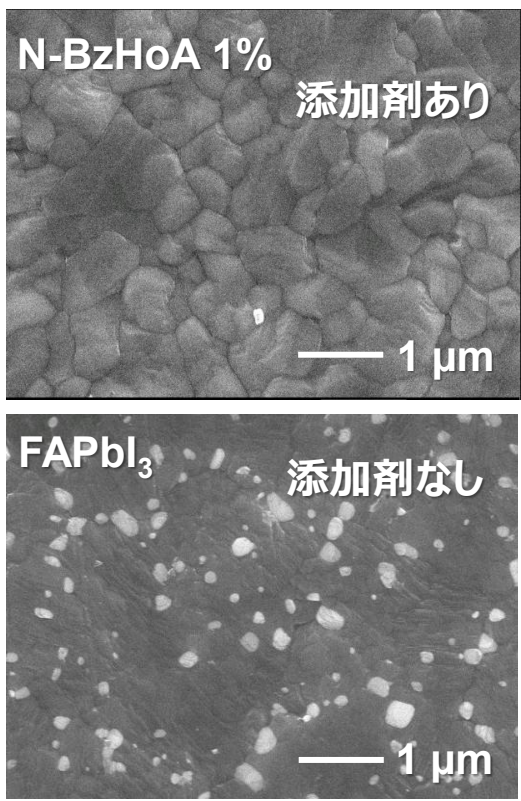
- 新規添加剤（N-BzHoA）によるアディティブエンジニアリング（活性層改良）により、ペロブスカイト膜の膜質と安定性を向上させた。
- 自己組織化単分子膜（HTL界面）+パッシベーション（ETL界面）の組合せにより、開放電圧 1.23 V以上（0.07 V向上）を実現した。

Ag (70 nm)
BCP (8 nm)
C ₆₀ (20 nm)
FAPbI ₃ + Additive
MeO-2PACz
ITO
Glass

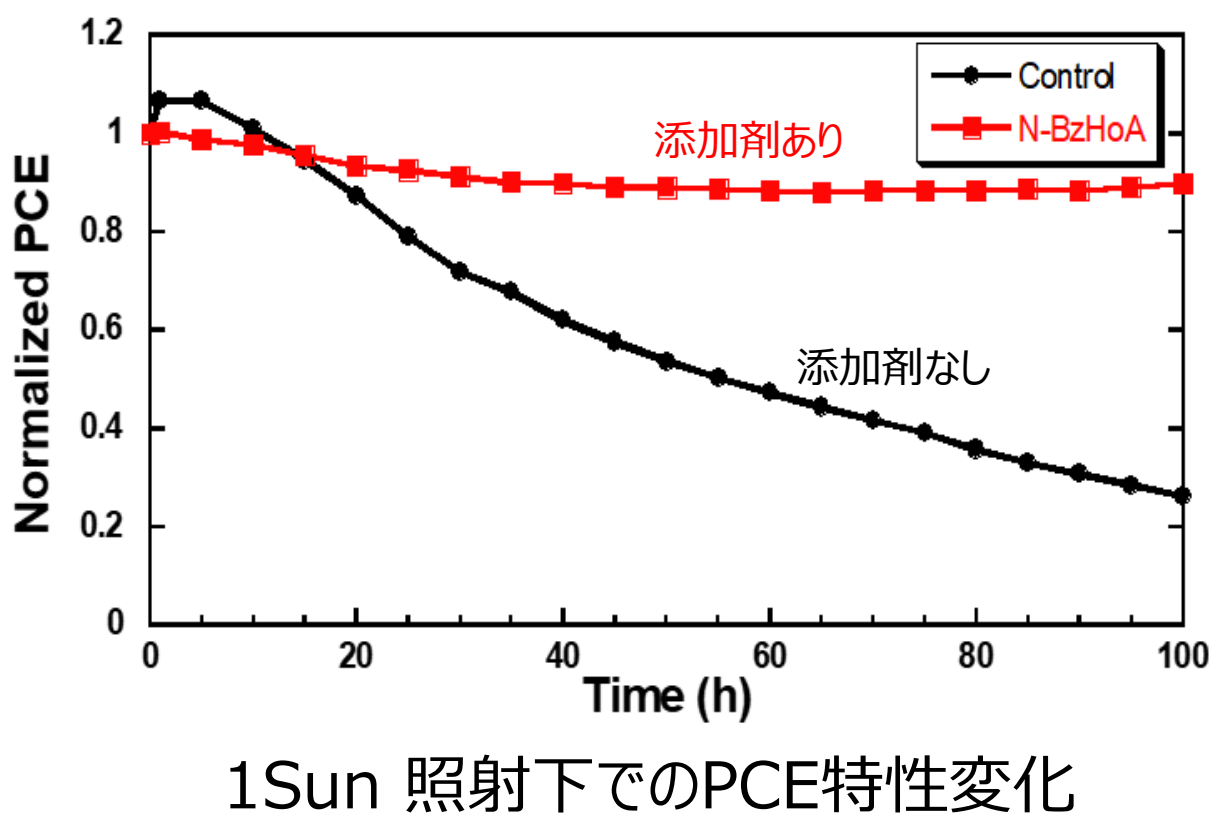
素子構造



J-V特性



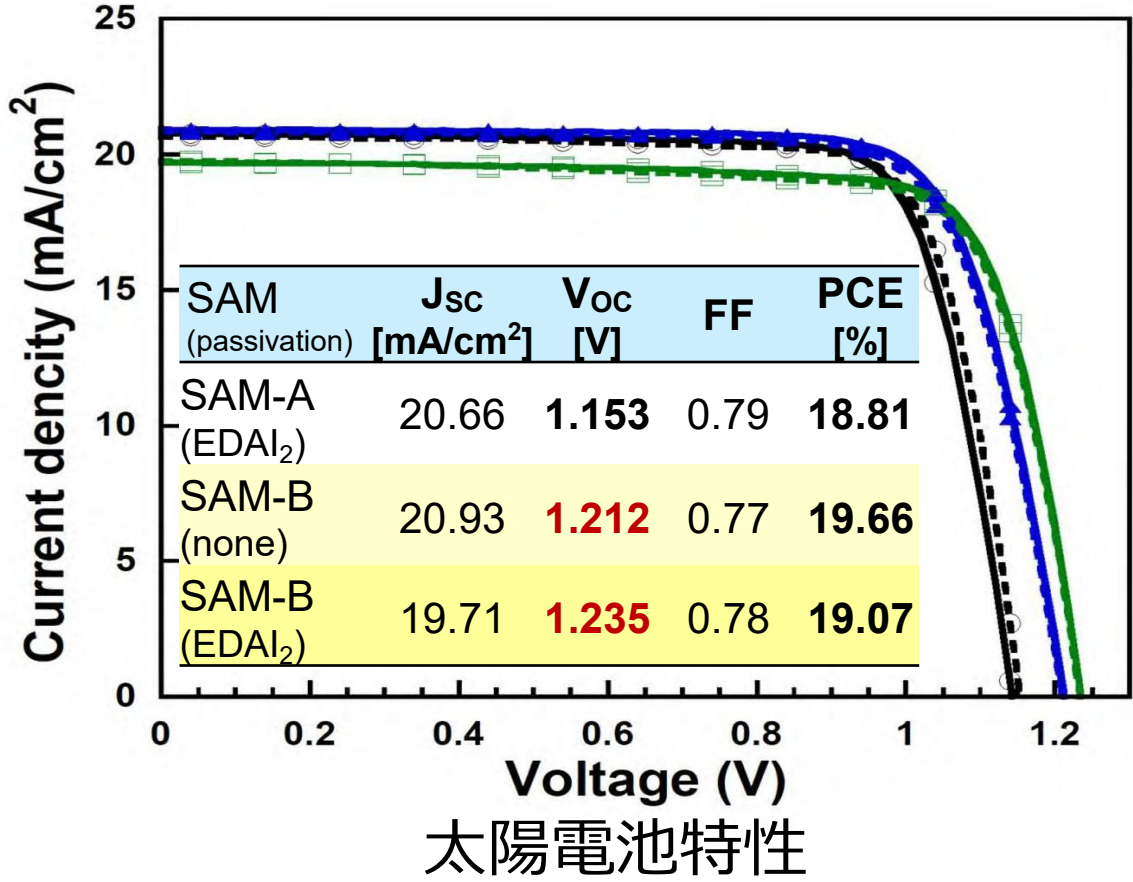
表面SEM



1Sun 照射下でのPCE特性変化

Ag (70 nm)
BCP (8 nm)
C ₆₀ (20 nm)
Passivation layer
Cs _{0.05} (FA _{0.76} MA _{0.24}) _{0.95} Pb(I _{0.74} Br _{0.26}) ₃
SAM
ITO
Glass

素子構造



太陽電池特性

【特許出願・論文掲載】 1) 特願2022-018518 (山形大学) 2) 特願2023-031926 (山形大学) 3) Adv. Mater. Interfaces 2024, 11, 2300449. 4) Appl. Phys. Express 2024, 17, 034001.

■課題と今後の取組

- ペロブスカイトセルの長期安定性を確保するための材料・セル構造のより詳細な検討および信頼性評価。
- タンデムセルのトップセルとして、透明導電膜を含めたセル構造の最適化を図るとともに、ハイパースペクトルカメラを用いたPL評価法の高度化を進める。
- 見出した材料技術をハイブリッド2段階法など、タンデムセル作製に特化した製造プロセスにも展開し、さらなる高効率化・高信頼性化を図る。

■実用化の見通し

- 真空クエンチ法は大面積セル作製も可能なため、貧溶媒法に代わるペロブスカイト層作製方法として有望。
- ハイパースペクトルカメラを用いたPL評価方法は、製造工程でのインライン検査用としても期待される。
- 添加剤や自己組織化単分子膜技術は開放電圧等の特性向上に有効であり、実用レベルの信頼性確保に寄与できるか見極める。

- この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP20015)の結果得られたものです。