

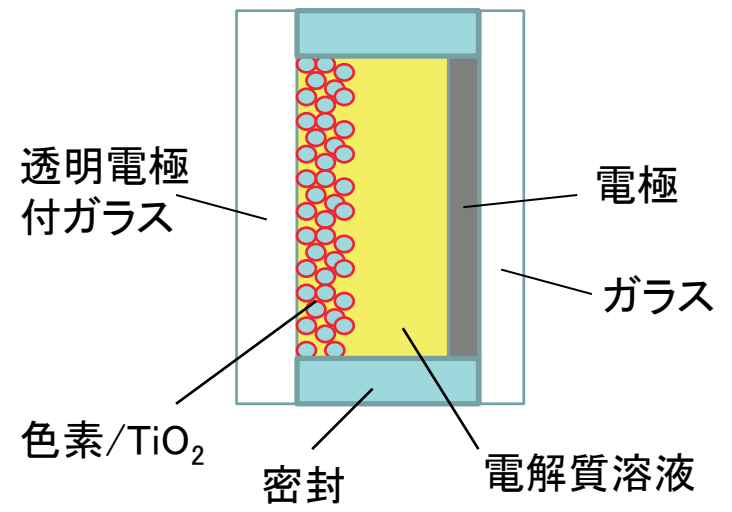
研究分野紹介 有機系太陽電池

太陽光発電研究センター
有機系薄膜チーム
近松 真之

有機系

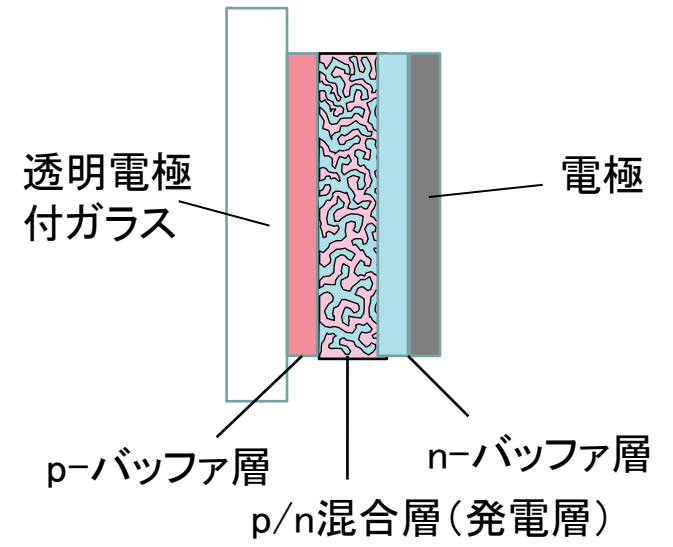
色素増感太陽電池

- ◆ 電気化学反応を用いた湿式セル
- ◆ 厚さ数10 μ m程度
- ◆ 液漏れ対策のため固体化の動きもあり

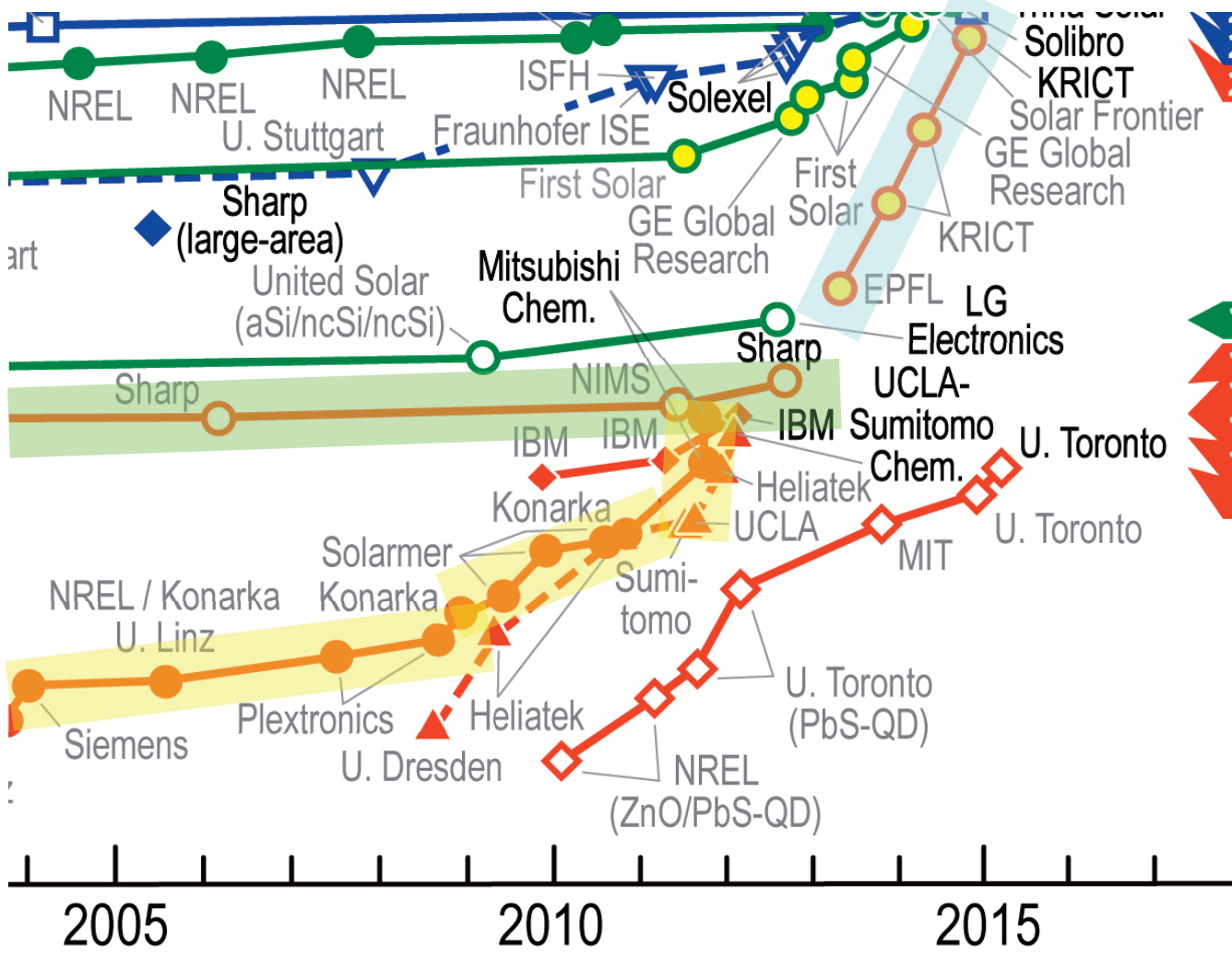


有機薄膜太陽電池

- ◆ 半導体物理に則した固体セル
- ◆ 厚さ100~300nm程度



有機無機ハイブリッド太陽電池(ペロブスカイト太陽電池)



ペロブスカイト
20.1% (KRICT, 韓国)

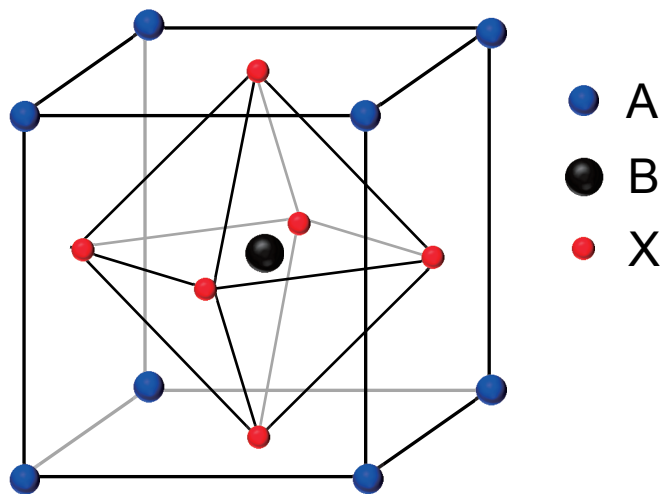
色素増感
11.9% (シャープ)

有機薄膜
11.1% (三菱化学)

- Dye-sensitized cells
- Perovskite cells (not stabilized)
- Organic cells (various types)

NRELのBest Research-Cell Efficiencies
より抜粋 (2015.4.27版)

http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg



ペロブスカイトは結晶構造の名前
ロシア人科学者Lev Perovskiiに由来
地殻の鉱物に多数存在している

ペロブスカイト構造材料の応用例

- ・超電導材料 (YBCO → 超電導送電線)
- ・圧電材料 (チタン酸ジルコン酸鉛 → 超音波振動子)
- ・強誘電体材料 (チタン酸バリウム → コンデンサー)

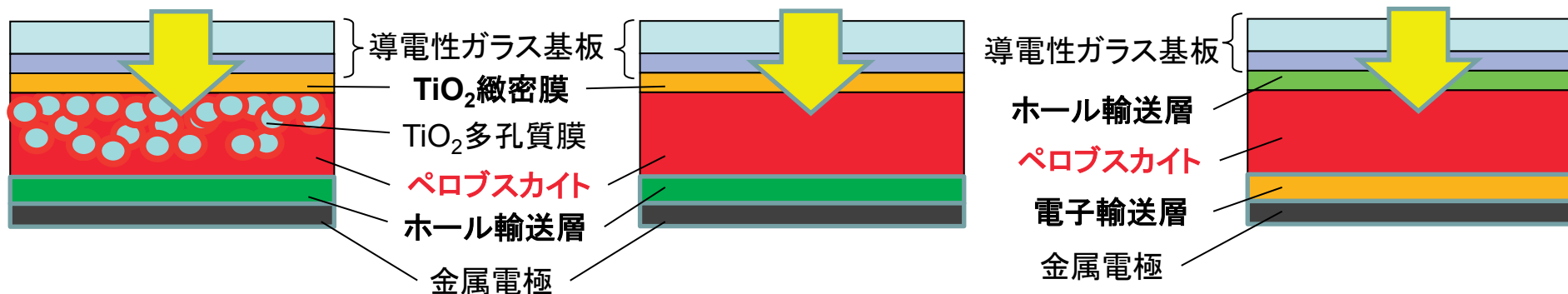


ペロブスカイト太陽電池の一般的な組成

Meso-porous型

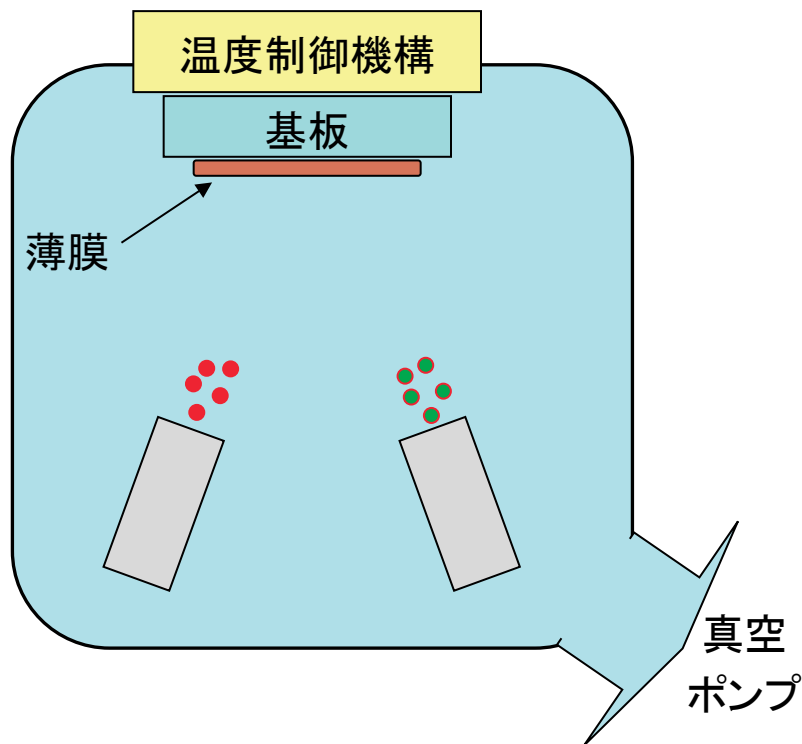
Planar型

Planar (OPV) 型



真空蒸着法

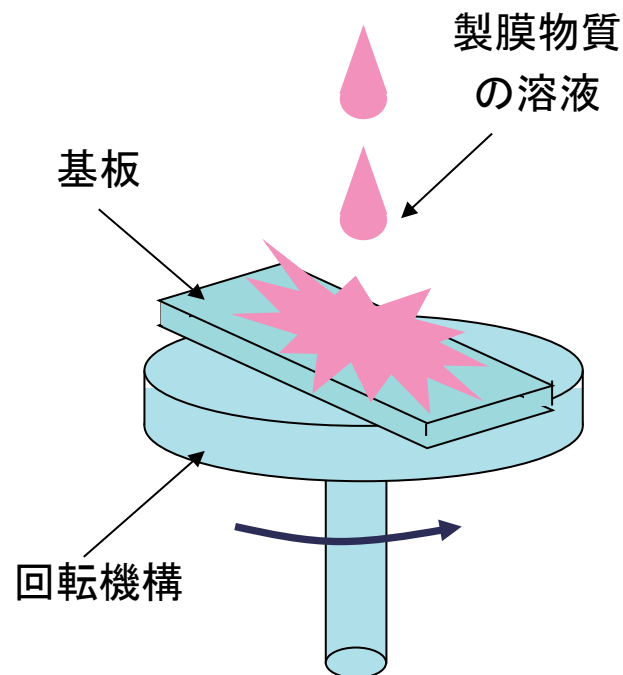
共蒸着法



$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{X}$ と PbX_2 を共蒸着し、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X} = \text{I}, \text{Cl}$) 薄膜を作製

塗布法

スピンドコート法



$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{X}$ と PbX_2 を溶媒に溶かして塗布製膜・乾燥後、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X} = \text{I}, \text{Cl}$) 薄膜が形成

※ 先に PbX_2 薄膜を作製し、その上に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{X}$ を塗布してペロブスカイトを作製する方法 (2段階溶液法) などもあり

2009年 ・宮坂ら: J. Am. Chem. Soc. 131, 6050 (2009)
PCE=3.8%, 色素の代わりにペロブスカイト結晶を使い光電変換成功。



湿式

2012年 ・Grätzel, Parkら: Scientific Reports 2, 591 (2012)
PCE=9.7%, Meso-porous型 (塗布MAPbI₃, meso-TiO₂)
・Lee, 宮坂、村上、Snaithら: Science 338, 643 (2012)
PCE=10.9%, Meso-porous型 (塗布MAPbI₂Cl, meso-Al₂O₃)



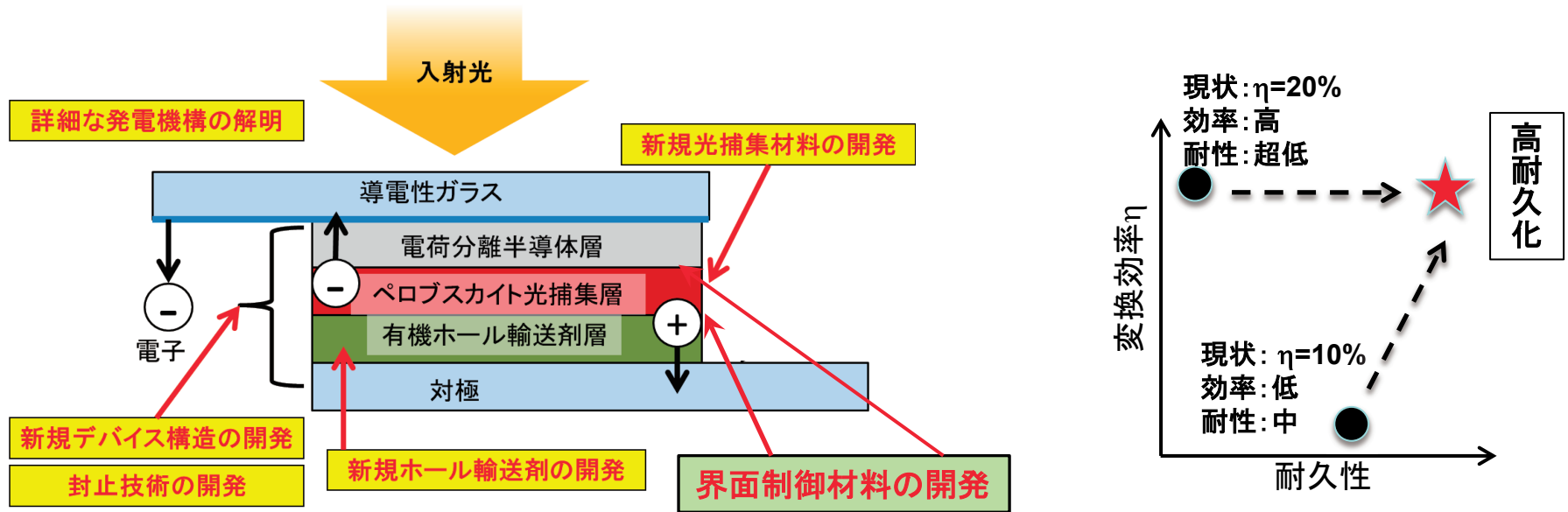
全固体

2013年 ・Grätzelら: Nature 499, 316 (2013)
PCE=15.0%, Meso-porous型 (2段階溶液法MAPbI₃, meso-TiO₂)
・Snaithら: Nature 501, 395 (2013)
PCE=15.4%, Planar型 (蒸着MAPbI_{3-x}Cl_x)

2014年 ・Seokら: Nature Materials 13, 897 (2014)
PCE=16.2%, Meso-porous型 (塗布MAPbI_{3-x}Br_x, meso-TiO₂)
・Yang Yangら: Science 345, 542 (2014)
PCE=19.3%, Planar型 (塗布MAPbI_{3-x}Cl_x)

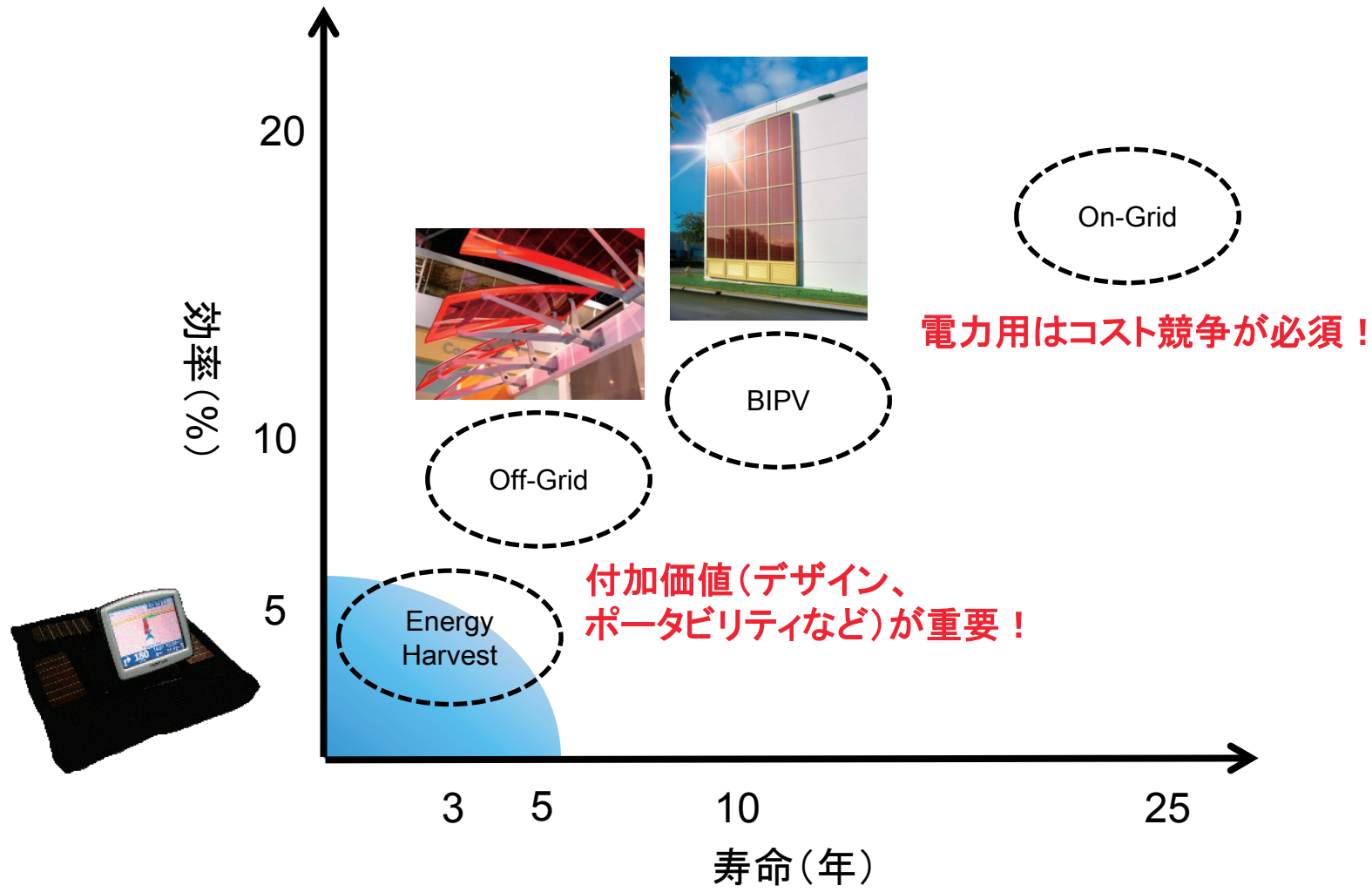
2015年 ・Seokら: Nature 517, 476 (2015)
PCE=18.4%, Meso-porous型 (塗布(FAPbI₃)_{1-x}(MAPbBr₃)_x, meso-TiO₂)
・Burn, Meredithら: Nature Photonics 9, 106 (2015)
PCE=16.5%, Planar(OPV)型 (蒸着MAPbI₃)

ペロブスカイト太陽電池の高耐久化技術開発



- ◆ これまで培ってきた色素増感、有機薄膜および化合物半導体太陽電池の研究ノウハウを融合して開発を推進。
- ◆ 太陽電池の2030年目標 (7円/kWh, NEDO太陽光発電開発戦略) に向けて、革新的な低コスト化技術と高耐久化技術開発を行う。

必要とされるスペック



Energy Harvesting(環境発電)、Grid(電力網)、
BIPV; Building Integrated PhotoVoltaic Modules(建材一体型太陽光発電)

既存市場

屋外用途
(オングリッド)

メガソーラー、ルーフトップ、
建材一体(BIPV)

→ 大規模供給電源



BIPVでの応用例

新規市場

屋外用途
(オフグリッド)

サインボード、自動車、
農業ハウス、ドーム屋根

→ 照明、空調補助電源



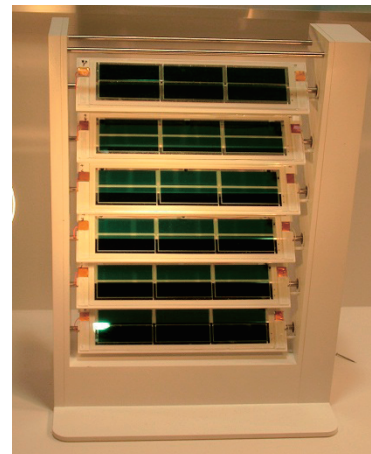
農業ハウスでの応用例

新規市場

屋内用途

カーテン、ブラインド、
透明窓材、壁材

→ センサー、電子タグ



ブラインドでの応用例

新規市場

携帯電源用途

電子機器一体(EIPV)、
巻き取り・折り畳み型、
衣服、調度品

→ 電子ペーパー、他



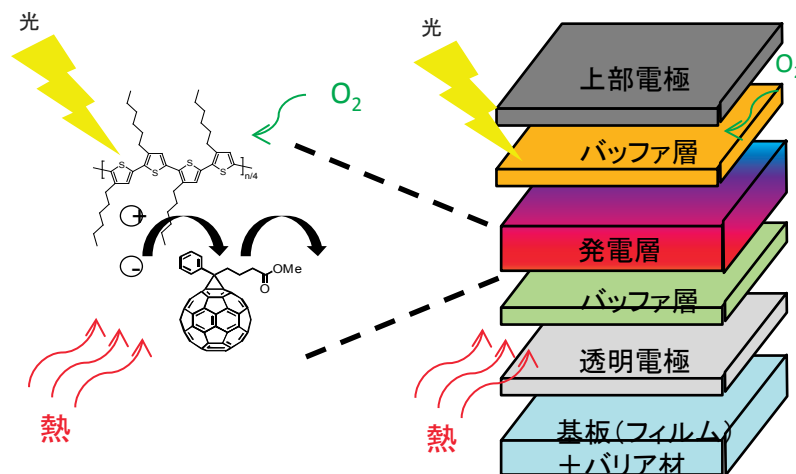
調度品での応用例

ペロブスカイト

有機薄膜・色素増感

有機薄膜太陽電池の高耐久化

劣化機構を理解した上で、
総合的アプローチで
耐久性向上を目指す。



有機半導体 × 素子構造 × 素子封止

材料安定性

- ・耐光酸化劣化の分子構造導入
- ・抗 O_2 -材料
- ・ラジカル捕獲

素子安定性

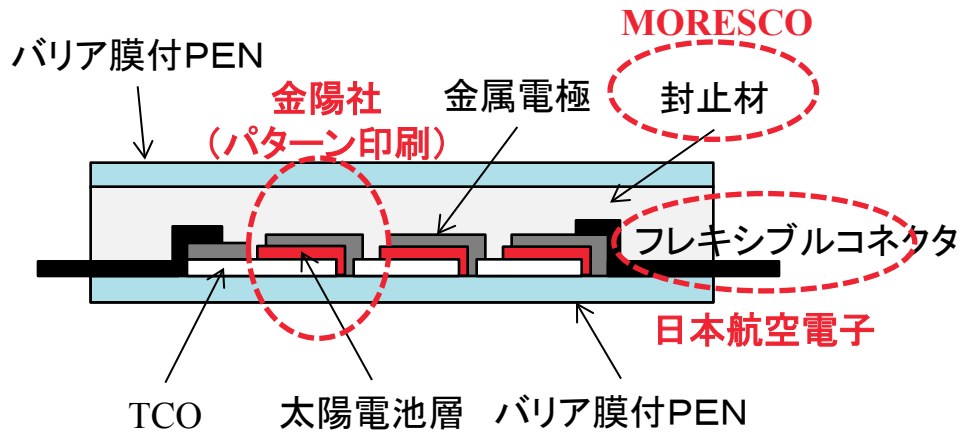
- ・逆構造 (カソード電極の保護)
- ・金属酸化物バッファ層
- ・ハイブリッド化

高封止性

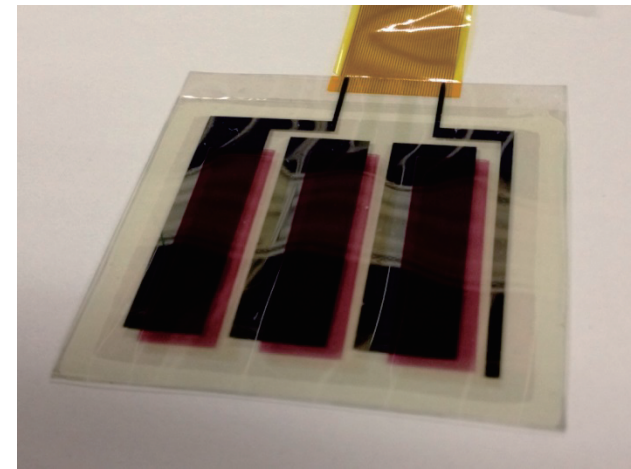
- ・ダム材・フィル材封止
- ・バリア膜付基板

印刷フレキシブルモジュールの開発

- ・実用化に向けて、印刷プロセスおよび周辺部材の開発が不可欠
- ・中小企業の技術シーズを組み合わせたモジュール試作
(産総研を拠点、**一技術一企業**、企業研究員の相互連携)
- ・工程削減を目指して、フレキシ印刷(パターン印刷)を導入
(従来はコーティング+スクライビング)



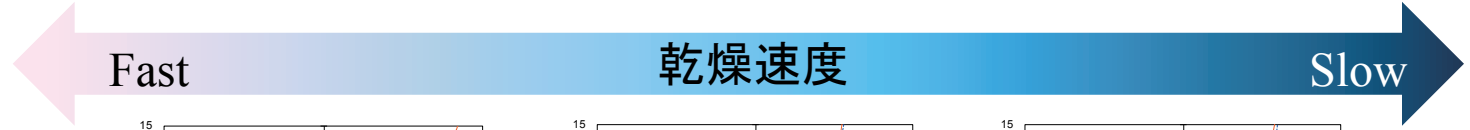
印刷フレキモジュールの断面図



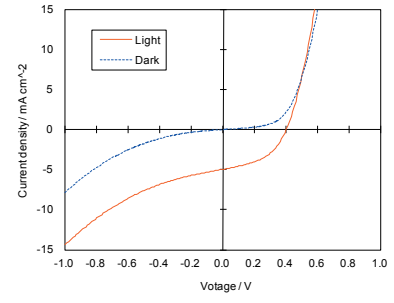
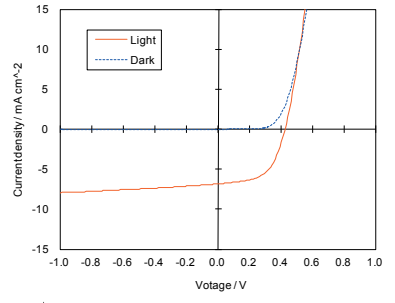
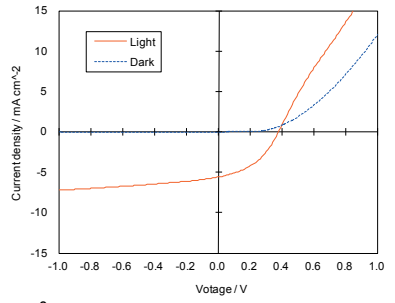
フレキシ印刷で試作したモジュール
(2013年オープンラボ)

高性能化に向けた塗布乾燥プロセスの制御 (放射光施設SPring-8)

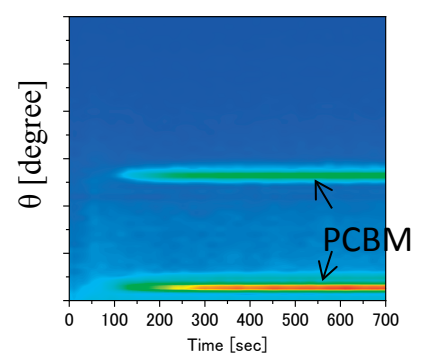
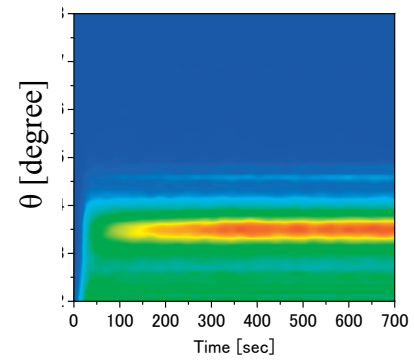
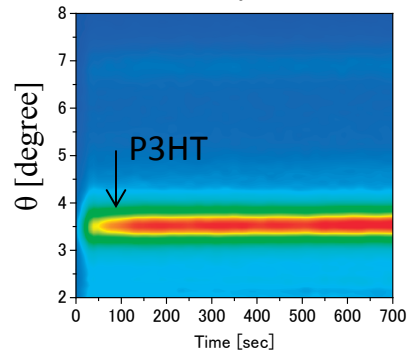
溶媒雰囲気制御チャンバーの開発により、成膜時の乾燥速度の制御とその場観察を可能とした。



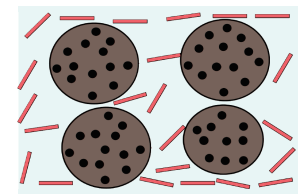
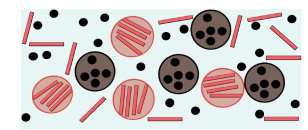
太陽電池
特性



In-situ
GIWAXS



BHJ構造



乾燥速度制御および観察は世界初

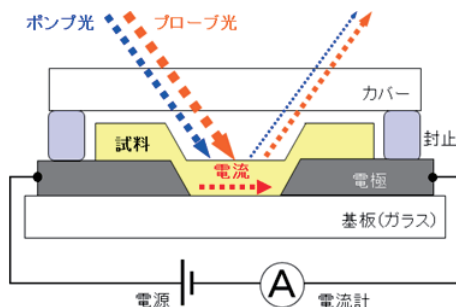
Sasaki et al., Appl. Phys. Express, 2013, 6, 041601.

セル内部の電荷トラップ評価

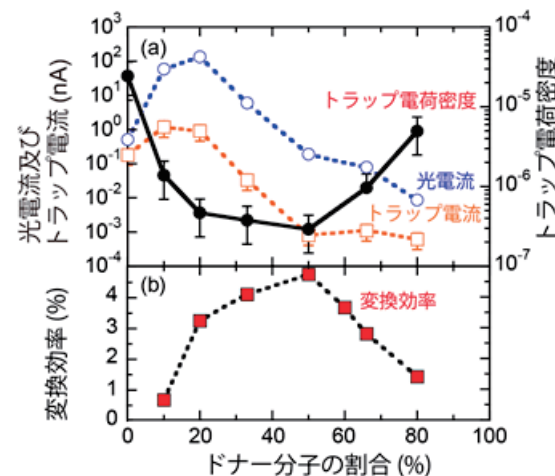
関連する発表:ポスター番号1

発電層内の輸送障壁に捕捉された電荷を定量的に評価する手法を開発

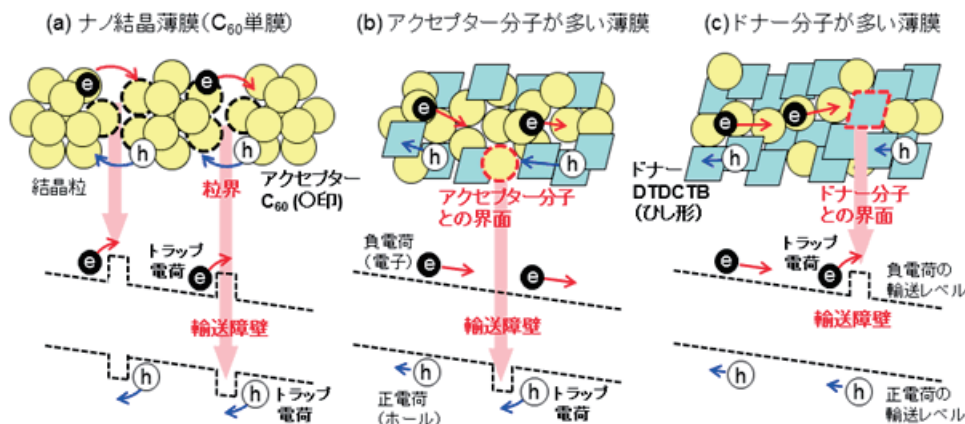
新規開発した評価手法



太陽電池特性と電荷輸送特性



有機半導体薄膜の電荷の輸送と捕捉



トラップ電荷密度が低い時に高い変換効率を示した。

ペロブスカイト太陽電池にも適用可能

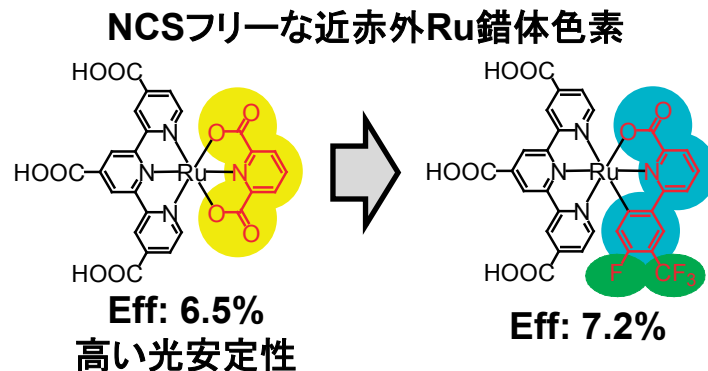
産総研プレスリリース 2014/10/17

Nunomura et al., Adv. Mater., 2014, 26, 7555.

産総研の色素増感太陽電池の研究

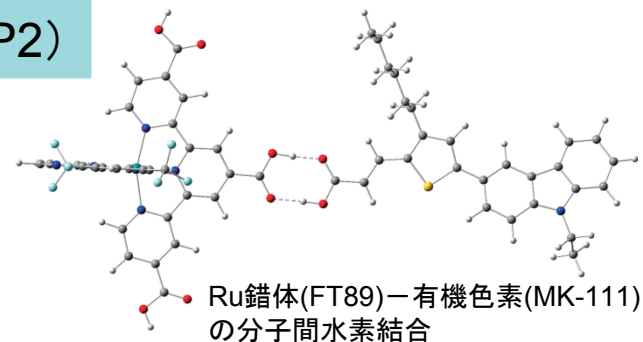
耐久性向上のためのRu錯体色素開発(P4)

高効率と高耐久を両立するには、安定性の高い色素開発や劣化のメカニズム解明が不可欠である。そこで、NCSフリーな近赤外Ru錯体色素を新たに合成し、光安定性を評価した結果、基準色素とは劣化メカニズムが大きく異なることがわかった。



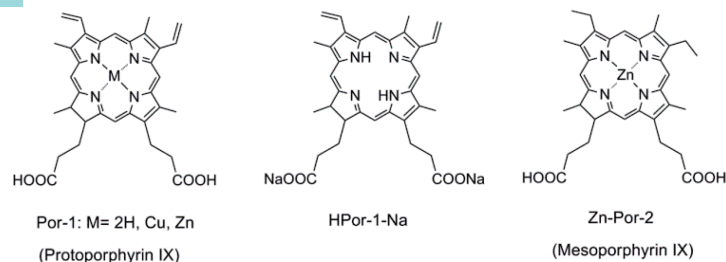
Ru錯体-有機色素共増感太陽電池の計算化学的研究(P2)

色素二量体、及び色素複合体における分子間相互作用を計算化学的手法にて検討し、FT89-MK-111共増感による太陽電池性能向上の要因を解明した。



クロロフィル関連色素を用いた色素増感太陽電池(P3)

より安価なクロロフィル関連色素を取り上げ理論化学的に電子状態を検討し、太陽電池の効率がHOMOLレベルで説明できることを明かにした。



ペロブスカイト

- ・蒸着法では、クリーンな環境での組成精密制御および結晶成長技術を開発し、高品質な薄膜作製および最高効率を目指す。
- ・塗布法では、印刷プロセスに適用可能な材料・プロセス開発を行い、既存の太陽電池の製造コストを大きく下回る、低コスト化を目指す。
- ・いずれのプロセスにおいても、高耐久化に向けたデバイス開発は必須。

有機薄膜・色素増感

- ・軽量、フレキシブル、意匠性等の特徴を活かした、用途開拓が必要。
- ・材料・プロセス開発に関しては、ペロブスカイトにも転用可能なDual-use技術を中心に行う。