



2017 Intellectual Property
Strategy Conference
2017.5.18.
Kyoto University

低コスト & 高効率 塗って作れる フィルム型太陽電池

Low Cost & Highly Efficient Printable Film Solar Cells

Atsushi Wakamiya
Institute for Chemical Research, Kyoto University
wakamiya@scl.kyoto-u.ac.jp

塗って作れる低コスト & 高効率フィルム型太陽電池



若宮淳志
化研 准教授

京都大学：学術的研究

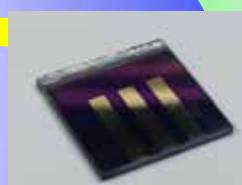
「独自の分子設計 & 材料開発」
ペロブスカイト材料開発
半導体層材料開発



材料として市販化



成膜法開発



世界トップクラスの
光電変換効率を達成

社会実装

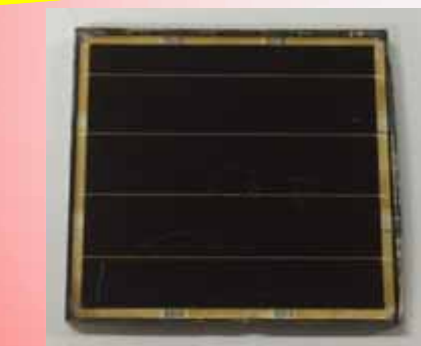
ソーラービークル



ポータブル電源

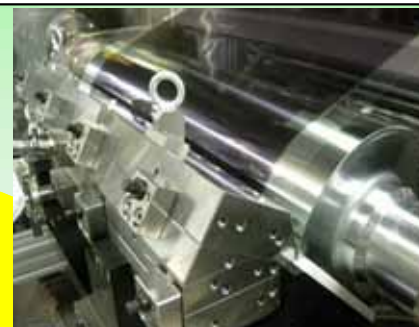


災害時発電テント



太陽電池モジュール

企業との連携研究



塗布技術開発
ロールtoロール

京大 COI
尾池工業
東洋紡
テクノスマート
プラスコート
フジプレミアム
堀場製作所、他



フィルム型太陽電池

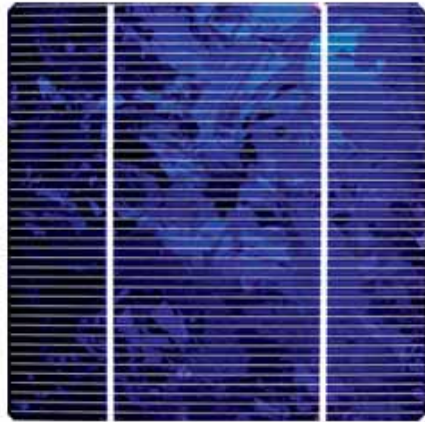


実用化：ベンチャーの起業

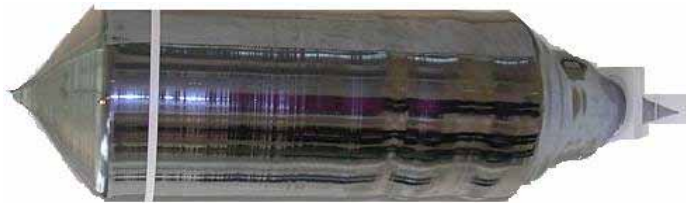
京大インキュベーションプログラム
第1期採択事業 (H28年11月～)

Next Generation Solar Cells

Si-based Solar Cells

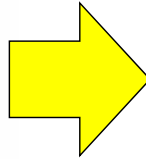


Feed-in Tariff (Japan, 2012-)



Silicon ingot

High power conversion efficiency
(PCE) ~25.6% (HIT, Panasonic)
High fabrication cost



Printable Solar Cells



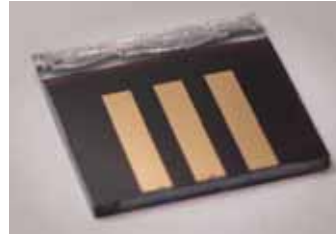
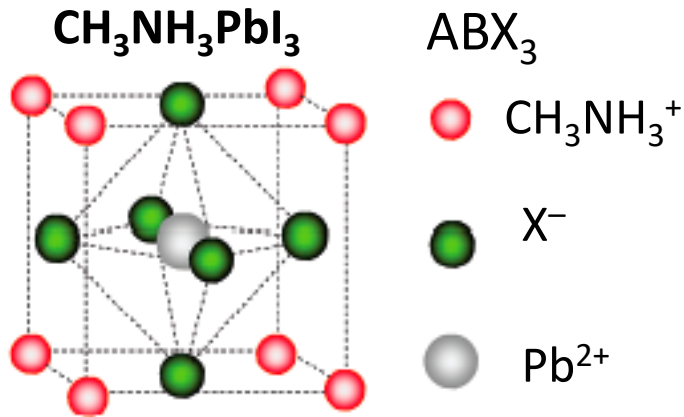
- Organic photovoltaics (OPV)
- Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)
- **Perovskite Solar Cells**

Features : 1) **Fabricated by solution process**
→ **Low-cost fabrication**
2) **Film-type solar cells**
→ **Light & flexible**

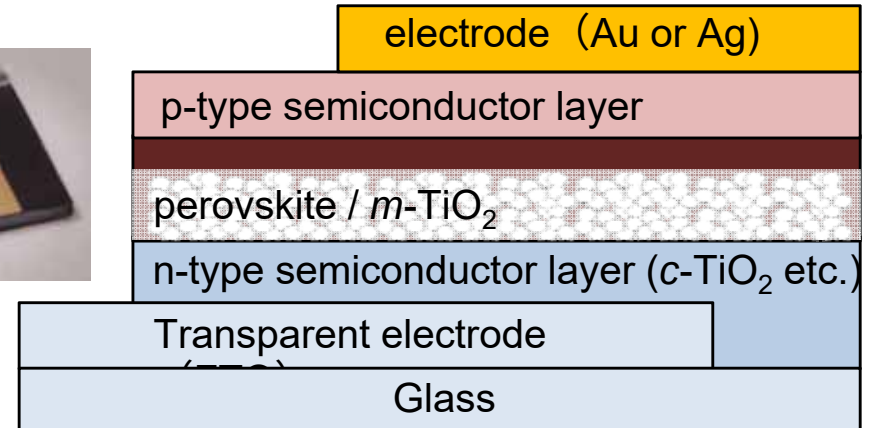


Perovskite Solar Cells

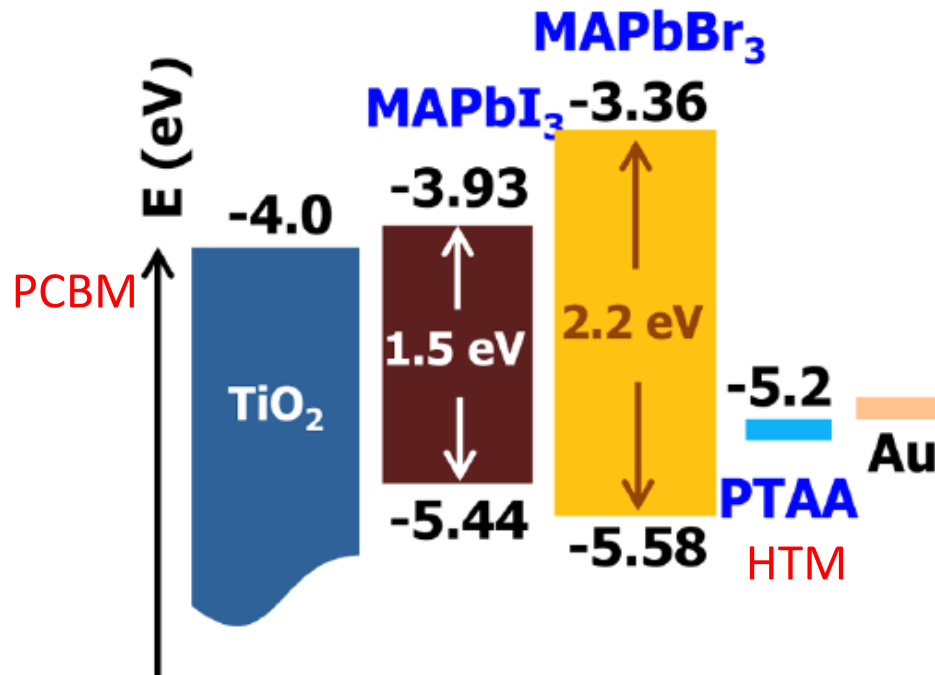
Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells



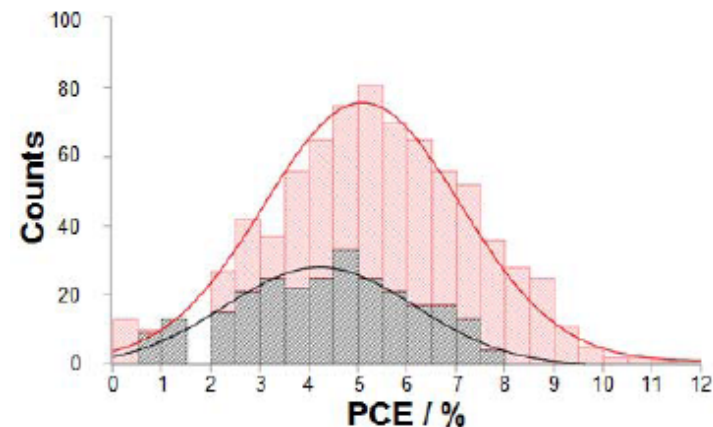
Printable solar cells



T. Miyasaka, et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, 131 6050.
 H. J. Snaith, et al. *Science*, **2012**, 338, 643.



Large variation in PCEs



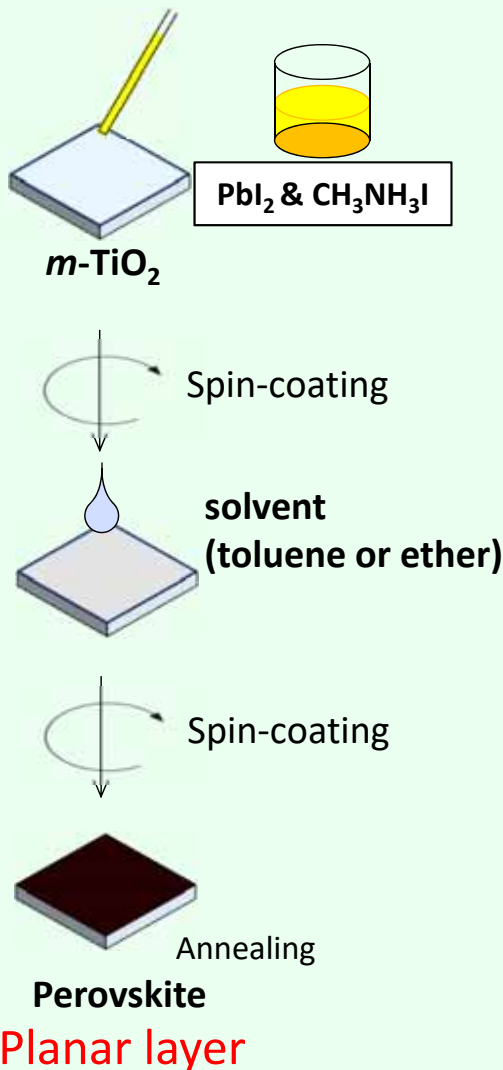
H. J. Snaith, T., et al. *Science*, **2012**, 338, 643.

Fabrication Methods for Perovskite Layer

1) Solution deposition (Spin-coating)

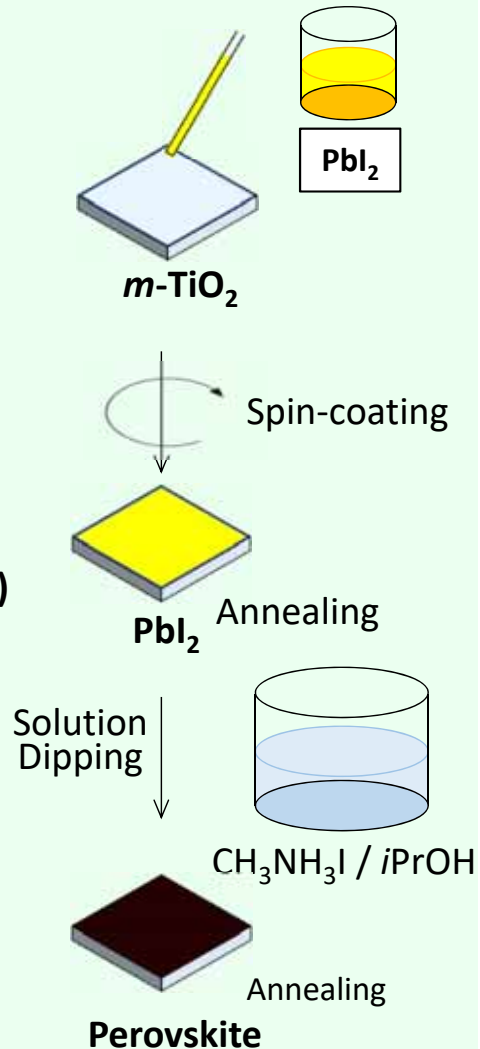
1-1) One-Step Method

Seok et al. *Nat. Mat.* **2014**,
Nature **2015**, *Science*, **2015**
Cheng et al. *ACIE*, **2014**
Park et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2015**



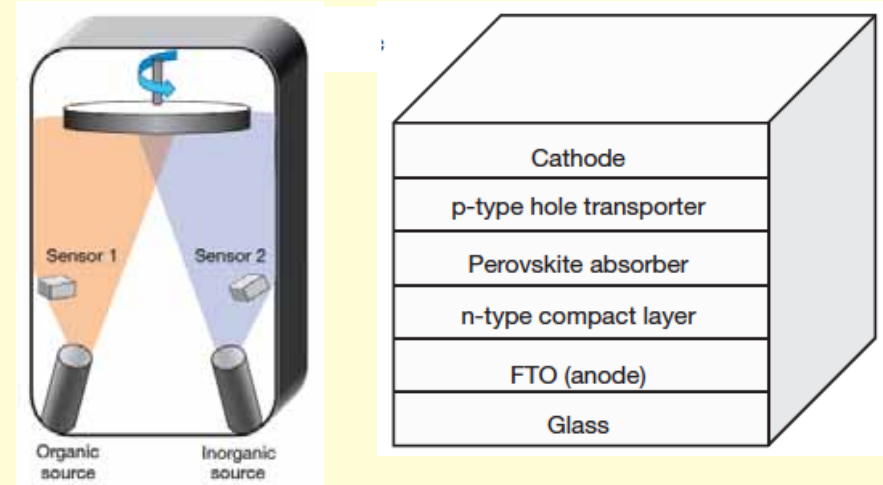
1-2) Two-Step Method

M. Grätzel et al.,
Nature, **2013**, 499, 316.



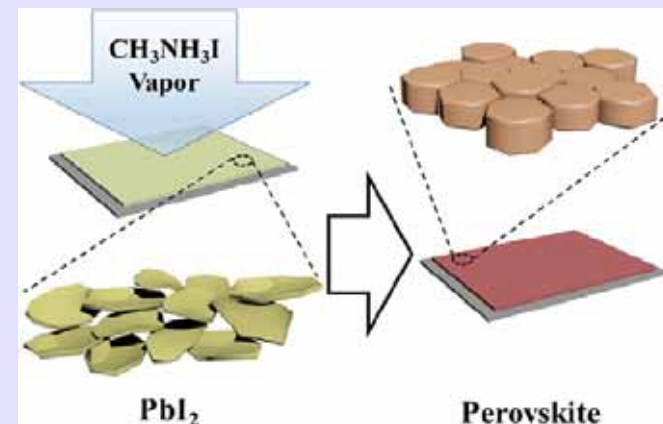
2) Vapor deposition

H. J. Snaith et al., *Nature*, **2013**, 501, 395.



3) Vapor-assisted solution process

Y. Yang et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **2014**, 136, 622.



New

Search on web → **PbI₂ & TCI & Perovskite**

See also; A. Wakamiya, et al.

Chem. Lett. **2014**, 43, 711. (Free Access)



Reagent for Perovskite Solar Cells: Purified Lead(II) Iodide

Advantages

- Lead(II) iodide with extremely low water quantity for preparing a concentrated clear DMF solution.
- Fabricates efficient perovskite solar cell devices (PCE > 10%) with high reproducibility.

Comparison of an existing product and [L0279]

PbI₂-DMF Solution

99.999%
(trace metal basis)

H₂O:
2000 ppm



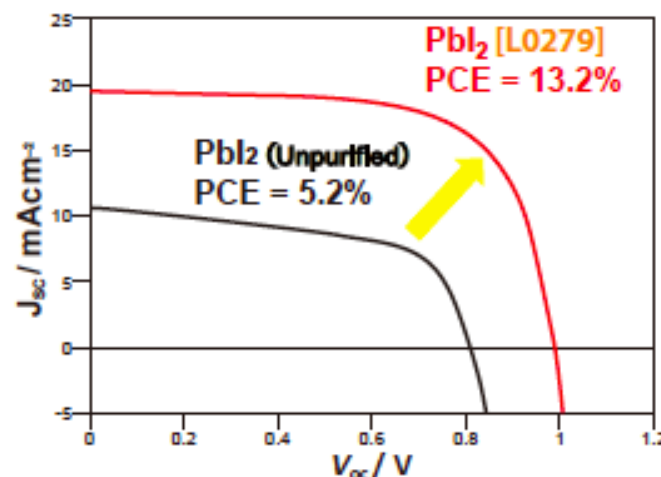
An existing product
(Cloudy)



[L0279]
(Clear, 1M)

H₂O:
<100 ppm

PCE



化学工業日報

2015年(平成27年)
11月18日 水曜日

第23207号(日刊、土・日・祝日除く)

2015年11月18日
化学工業日報 1面

土
中央区日本橋浜町 3-16-8
〒103-8363-7931(代)
大阪支社 〒556-0030-0022
名古屋支社 〒462-0000-2050
シンガポール支社 〒5324-0078
バンコク支社 〒2309-3520
上海支社 〒21-50730001
北京支社 〒21-50730001

化学工業日報社 2015
www.kagaku-kogyo-nippo.com

ペロブスカイト太陽電池

ハロゲン化物も品揃え

東京化成工業は、ペロブスカイト太陽電池向け材料の量産を本格化する。高純度ヨウ化鉛は従来の1.5倍と5.5倍に加工して25gを製品化したほか、キログラムスケールの製造にも成功した。また、関連製品として臭化鉛や塩化鉛をラインアップに加えた。これらハロゲン化鉛と組み合わせる各種有機アンモニウム塩については、100ppm以下の低水分グレードを達成した。関連製品を拡充することで、日本発の次世代型太陽電池として実用化が待たれるペロブスカイト太陽電池の市場に対応する。

高純度ヨウ化鉛 大容量の製品投入

東京化成、関連材料を拡充



TCI 岡田氏 田邊氏

精製 PbI_2
25 g 品も販売
Kg スケールでも
供給可能

東レ・ユニクロ連携さらに強く

5カ年で取引

市場開発へデ

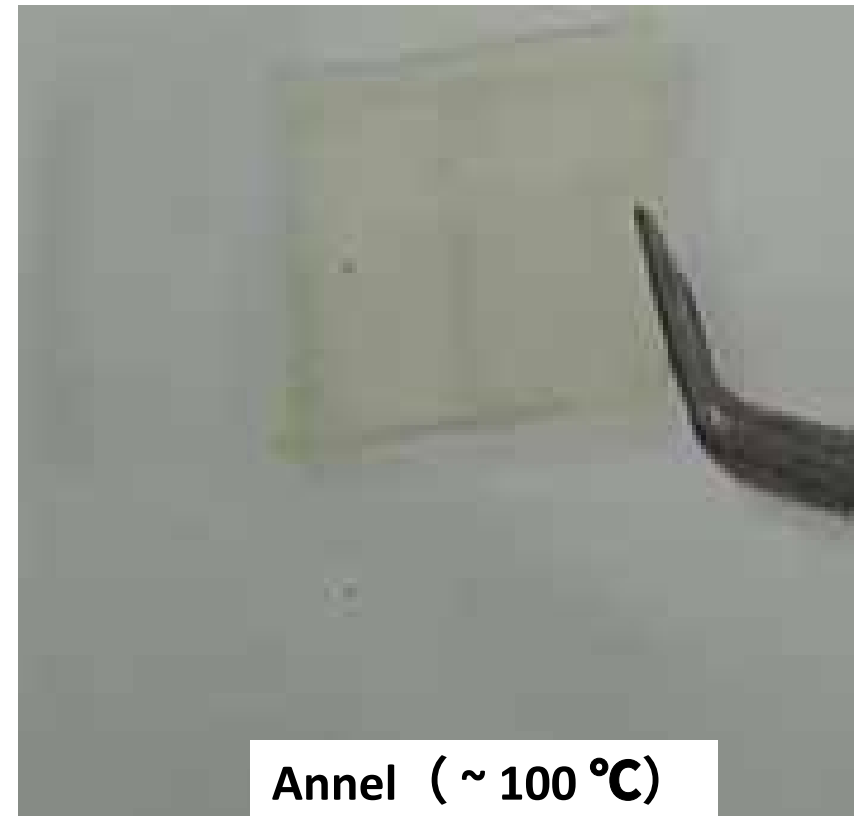
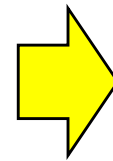
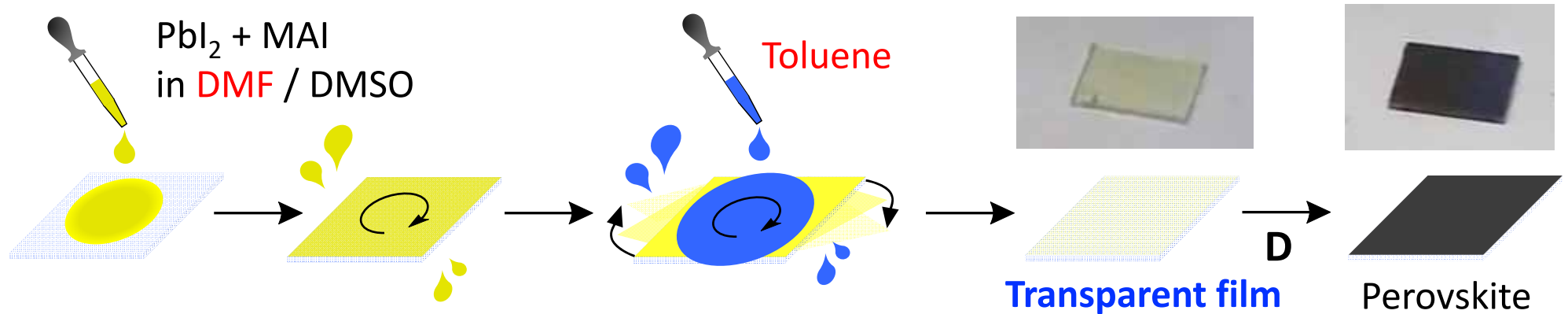


会見に臨んだ東レの日袋社長(左から2人目)とユニクロの柳井会長兼社長(同3人目)

効率がシリコン系に迫いついておらず実用化にいたっていない。
有機無機ハイブリッド構造の結晶を用いるペロブスカイト太陽電池は、有機系と同程度のコストで無機系同等の性能を揮うのが特徴。最近海外の実験では20%の

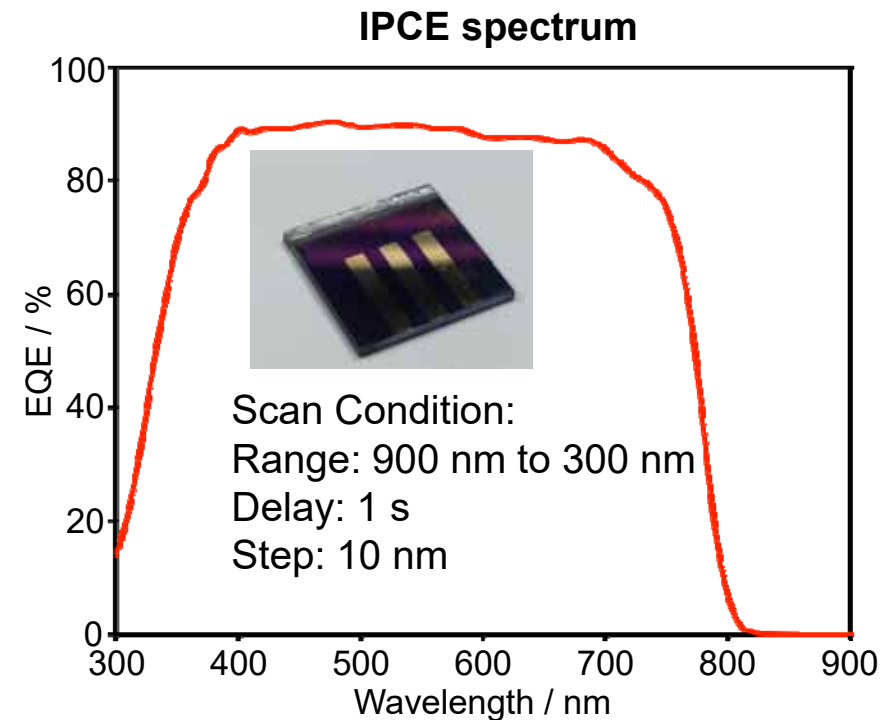
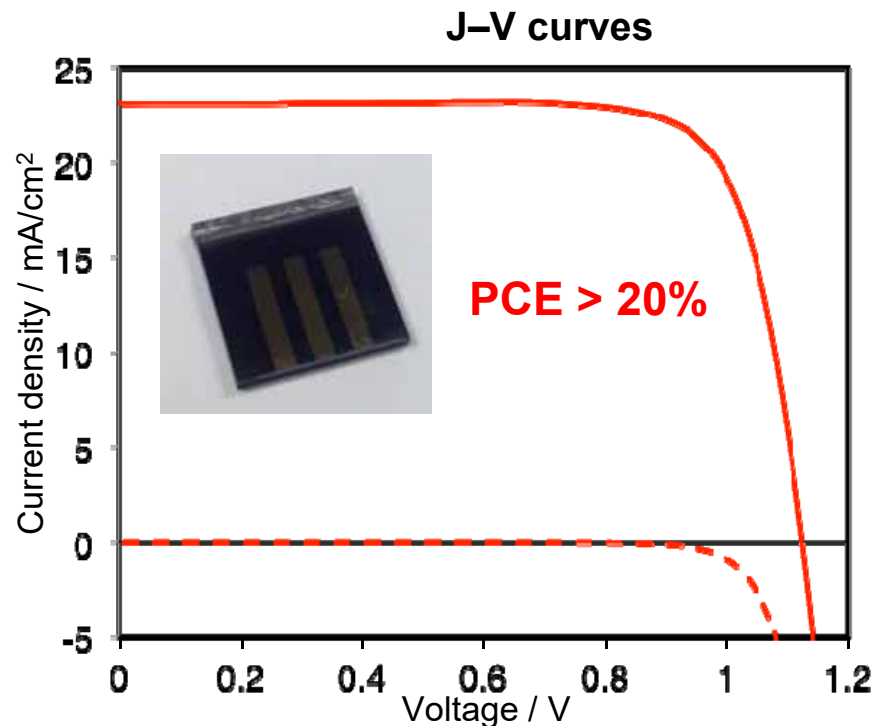
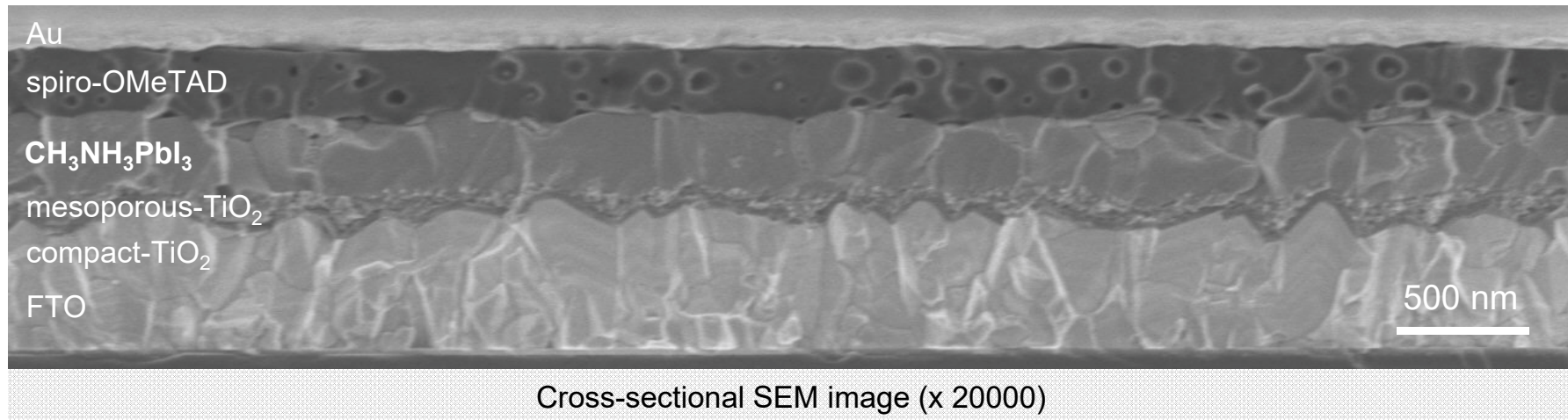
ペロブスカイト太陽電池は、ハロゲン化物・金属・有機材料で構成されるペロブスカイト結晶が光吸収層として機能する。東京化成工業は京都大学の若宮淳志教授と共同開発したヨウ化鉛「LO299」を昨午市場に投入。5g容量を9500円で販売しており、このほか25g容量を3万5100円に設定して販売を開始した。若宮教授は高純度のヨウ化鉛を用いて高エネルギー変換効率の太陽電池デバイスを作製している。ペロブスカイト結晶はハロゲン部位を変えると吸収波長が変化する。同社ではヨウ化鉛のほか、臭化鉛「LO298」、塩化鉛「LO291」「LO292」を新たに発売した。有機アンモニウム塩ではヨードノジラクトン、ホルムアミジン臭化水素酸塩などを取り揃えており、ラボでのさまざまな組み合わせに対応できる体制を整えている。太陽電池は素材の性質により有機系と無機系に大きく分けられる。無機系に含まれるシリコン系が主流となっているが、製造にかかる費用が高い。有機系では、低コストで簡便に製造できる有機薄膜太陽電池(OPV)や色素増感型太陽電池(DSSC)などの研究開発が進んでいるものの、変換

Facile Preparation by Printing Technology

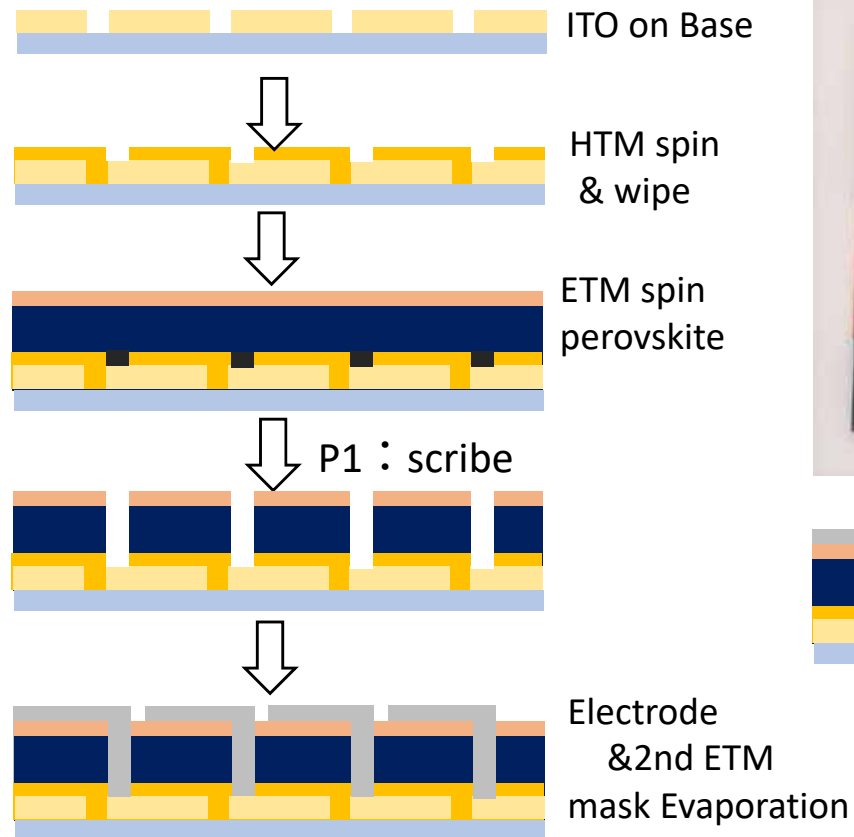


高効率ペロブスカイト太陽電池の作製

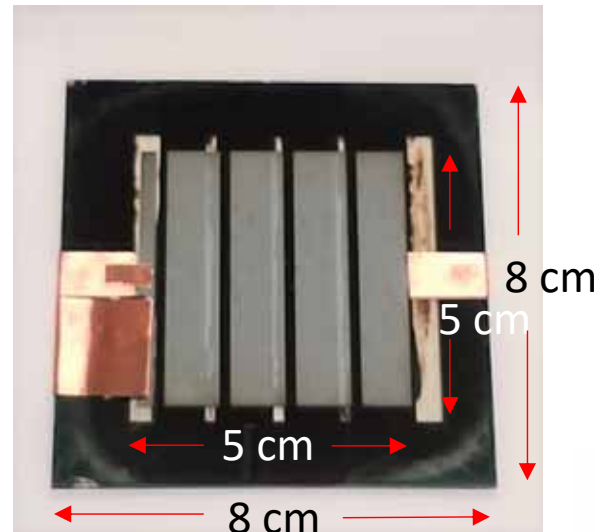
再現性よく高効率セルを作製できる塗布法を確立：国内でもリード



Fabrication of Sub-Module & Film Cells



Sub-Module

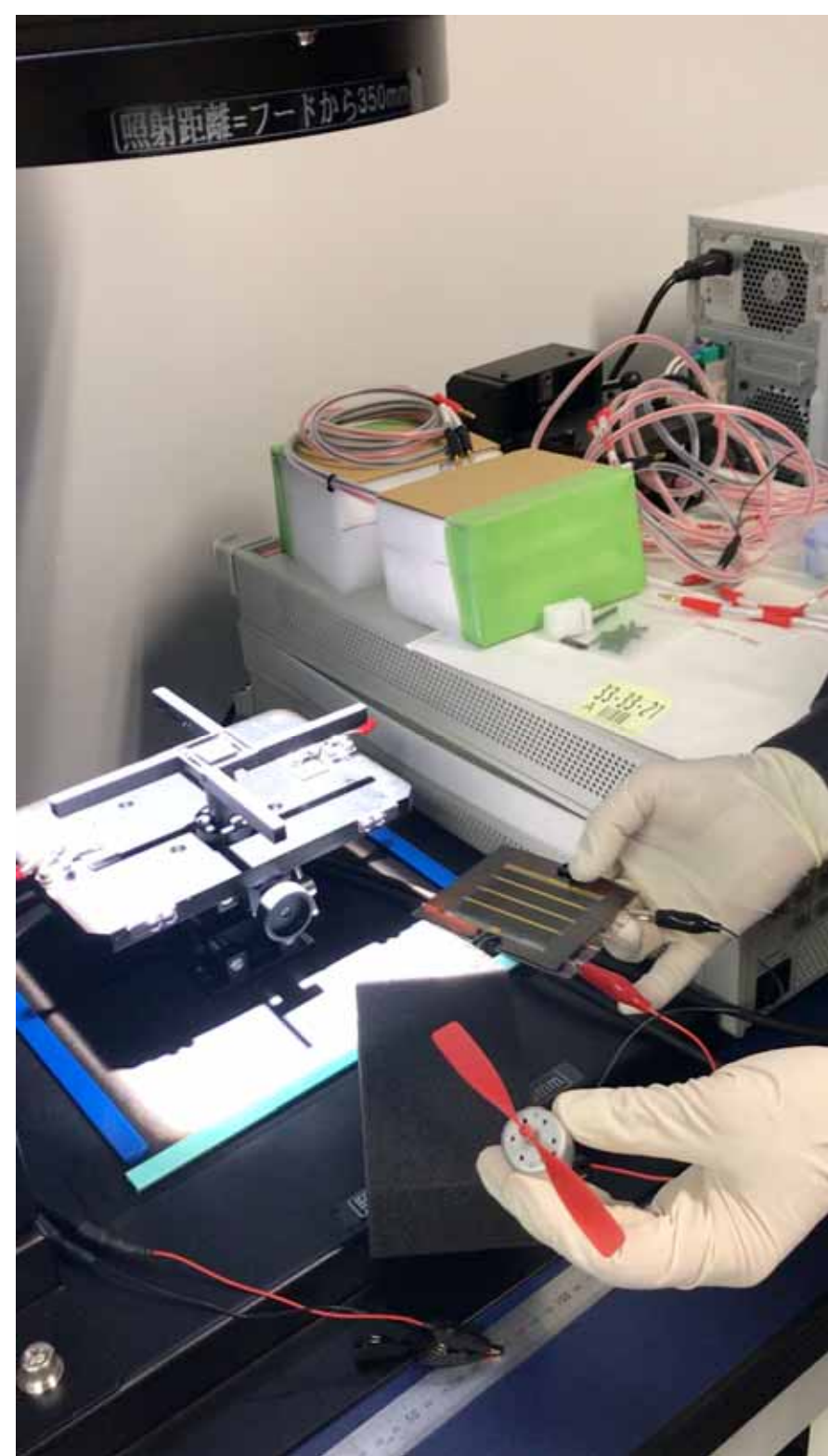


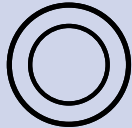
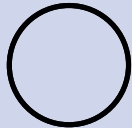
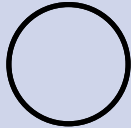
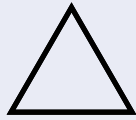
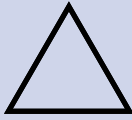
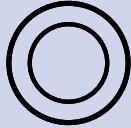
4 cells-module

$$V_{OC} = 4.07 \text{ V} \\ (> 1.0 \text{ V} \times 4)$$

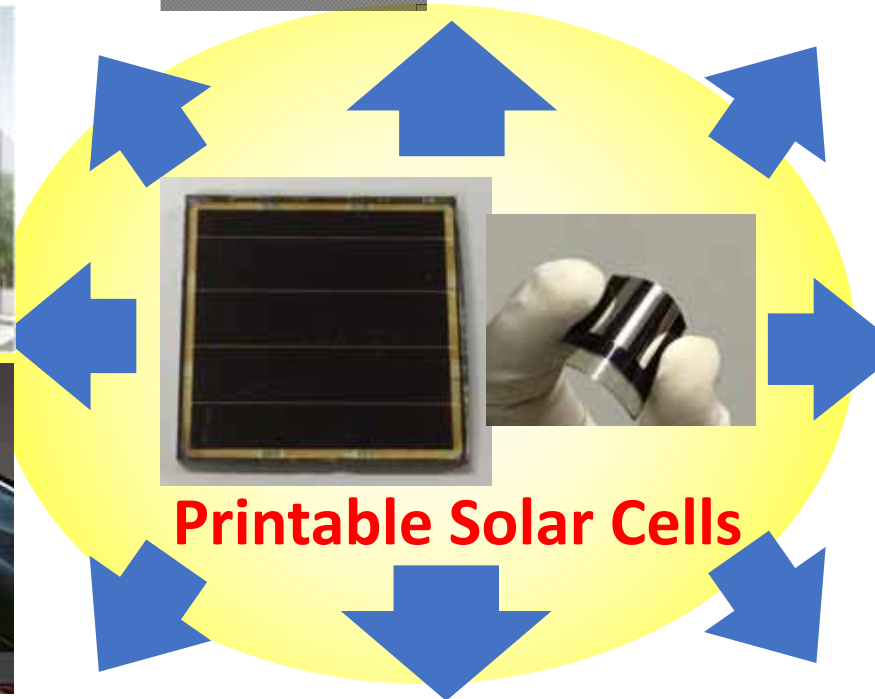
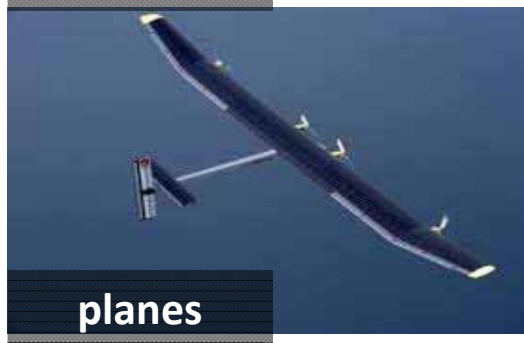
Film





	P P F			従来型シリコンパネル
加工し易さ	フィルム状で <u>薄く軽い</u> ため <u>切る・折る・貼る・曲げる</u> といった加工が容易			パネル状で固く、重いため 加工が困難
設置場所	<u>鉛直面や曲面</u> でも 自由自在			原則として平面上
光電変換効率	実験室レベルで <u>20%超</u> を達成			普及品ベースで おおむね15%～20%程度
製造コスト	ロールtoロールによる 印刷技術確立により <u>大幅低減の可能性</u> あり			多数の企業の参入により 大幅に低減したが、限界あり
耐久性	5年の報告があるが <u>耐久性のさらなる向上</u> が 今後の課題			高い（20年以上）

Applications



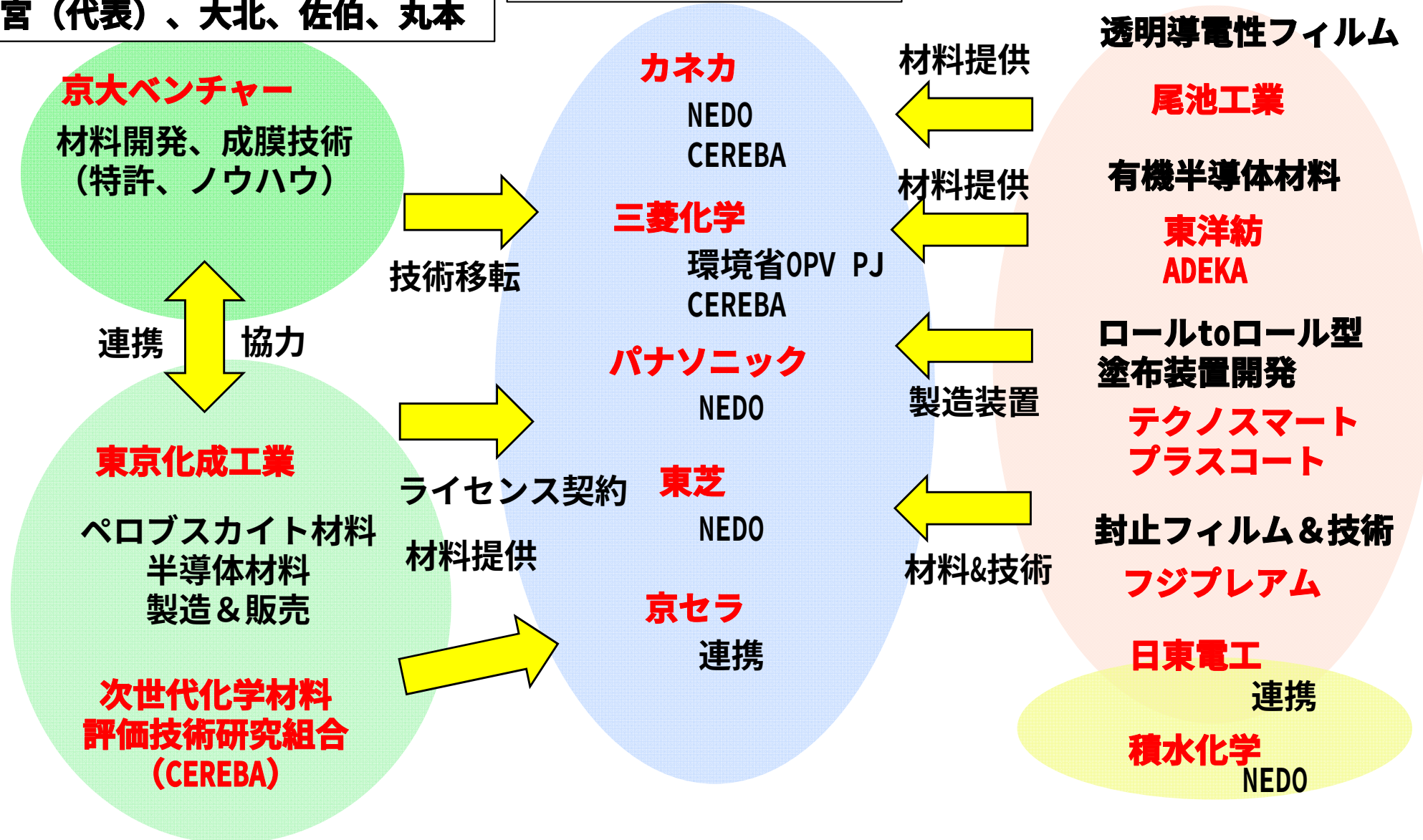
実用化までの計画：産学連携／技術移転の見通し

鉛フリー化プロジェクト
(JST-ALCA)

若宮（代表）、大北、佐伯、丸本

モジュール製造企業
(大規模製造ライン)

京大 COI STREAM 参画企業
(フィルム型太陽電池プロジェクト)



補足資料等

日経エレクトロニクス4月号

Sources of innovation
日経エレクトロニクス
NIKKEI ELECTRONICS

2017年4月号

▶ 目次

▶ 記事一覧

Emerging Tech

ペロブスカイト太陽電池、「格安で超高性能」を実現へ

野澤 哲生 2017/03/17 00:00 1/13ページ

f シェア

0

t

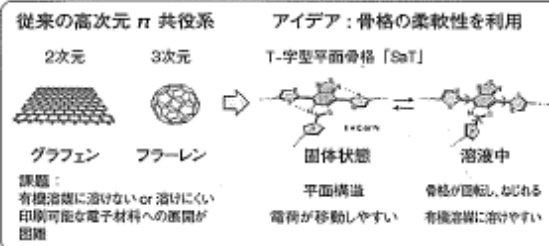
2006年に日本で産声を上げたペロブスカイト太陽電池。全個体セルの変換効率は2008年の0.4%から4年で10.9%、さらに3年後には22%を超えた。今から数年後には、GaAs系太陽電池並みの高効率発電を、Si系太陽電池の数分の1の価格で実現できる可能性がある。その成否は、日本や世界のエネルギー問題を大きく左右しそうだ。

「これは本物」―。京都大学 准教授の若宮淳志氏は、太陽電池の“期待の大型新人”であるペロブスカイト⁺太陽電池（Perovskite Solar Cell：PSC）をこう評価する。同電池の最大の特徴は、極めて発電性能が高く、しかも格安で製造できる太陽電池になる可能性が高いことだ（図1）。

これまでの成果～新聞報道等～

2014年3月26日

太陽電池・有機EL向け有機材



溶けやすい骨格開発

京大

【京大】京大化学研究所の若宮淳志教授、佐藤基大先生、村田晴次郎教授らの研究グループは、有機半導体材料を開発した。

ペロブスカイト単結晶

京大、光の振る舞い解明

【京大】京大化学研究所の若宮淳志教授、佐藤基大先生、村田晴次郎教授らの研究グループは、有機半導体材料を開発した。

ペロブスカイト単結晶

京大、光の振る舞い解明

2015年9月3日

20社以上の企業から
研究者が訪問

2012年2月28日

2014年10月22日

2014年(平成26年)11月11日(火曜日)

ペロブスカイト太陽電池

塗布で変換効率10%超

東京化成 ヨウ化鉛精製品発売

塗料添加剤を 高耐熱シリ

エポキシ

科学技術・大学

ペロブスカイト太陽電池 効率化

若宮淳志氏

京大化学研究所の若宮淳志教授、佐藤基大先生、村田晴次郎教授らの研究グループは、有機半導体材料を開発した。

ペロブスカイト単結晶

京大、光の振る舞い解明

【京大】京大化学研究所の若宮淳志教授、佐藤基大先生、村田晴次郎教授らの研究グループは、有機半導体材料を開発した。

ペロブスカイト単結晶

京大、光の振る舞い解明

2014年11月11日

2014年5月1日

先端技術

テク トレンド

日経産業新聞
2016年2月12日
先端技術（テクノトレンド）
で紹介

テク トレンド

日本生まれの新型太陽電池に注目が集まっている。

有機材料を主に使う「ペロブスカイト太陽電池」と呼ぶタイプで、エネルギー変換効率が過去2年間で10%近くも上昇した。軽く、簡単に曲げられる利点を生かして幅広い用途も期待できる。研究で先頭を走る日本は産学官が協力して実用化を急ぐが、海外勢との競争も激しくなってきた。

「昨年から民間企業の担当者がすごい勢いで相談に来るようになった」。京都大学の若宮淳志准教授は悲鳴を上げる。若宮准教授は

大阪大学や米ボストンカレ

ッジと共同で、変換効率が16・5%と高いペロブスカイト太陽電池を開発した。にペロブスカイト太陽電池は、立方体の中に8面体が入るような結晶構造（ペロブスカイト）を持つ。光が

変換効率

主な太陽電池のエネルギー変換効率
(実験レベル)

太陽電池の種類	変換効率の最高値(%)	研究機関
4層多接合型	46	独ブラウンホーファー研究機構
3層多接合型	44.4	シャープ
ガリウムヒ素単結晶型	27.5	韓国LGエレクトロニクス

ペロブスカイト太陽電池

日本生まれの新型太陽電池に注目が集まっている。有機材料を主に使う「ペロブスカイト太陽電池」と呼ぶタイプで、エネルギー変換効率が過去2年間で10%近くも上昇した。軽く、簡単に曲げられる利点を生かして幅広い用途も期待できる。研究で先頭を走る日本は産学官が協力して実用化を急ぐが、海外勢との競争も激しくなってきた。

「昨年から民間企業の担当者がすごい勢いで相談に来るようになった」。京都大学の若宮淳志准教授は悲鳴を上げる。若宮准教授は大阪大学や米ボストンカレ

ペロブスカイト太陽電池

“Manga” (Nikkan Kougyou)

15

2015年(平成27年)4月13日 月曜日

日刊工業新聞

2015.4.13.~

キラリ研究開発

漫画・はやのん理系漫画制作室
第166回・ペロブスカイト型
太陽電池研究開発の最前線(前編)
はやのん理系漫画制作室WEBサイト <http://www.hayanon.jp>

最先端の研究開発の現場を
レポートする漫画
「キラリ研究開発」は
連載8年目に突入しました!

今回は
これまでもたびたび
テーマ
最新
お話を

私の研究グループは
もともとは有機化学を専門として
太陽電池の材料開発に取り組んで
きたのですが

近年注目が高まってきた
「ペロブスカイト型太陽電池」
と呼ばれる
有機-無機ハイブリッド型の
新しい太陽電池の開発に
乗り出すことにしたんです

研究を始めた当初は
ペロブスカイト型太陽電池は
すでに最大で12パーセントもの
光電変換効率が報告されて
いました

この数値は
すでにある有機太陽電池を
上回るものではありませんが

その一方で
作製する太陽電池の特性には
大きなばらつきがあり

従来の太陽電池は
大きく分けて
無機化学材料のものと
有機化学材料のものに
分かれています

現在普及している太陽電池は
シリコンなどの無機材料が
ベースになっているものです

エネルギー変換効率が
高いため
使われていますが
製造コストが高いことが
問題です

有
機
無
機
低
利

ペロブスカイト型太陽電池の魅力は
低コストで加工がしやすく
しかも高い光電変換効率を持っている
という点にあります!

しかし
いったいなぜ効率が低いのか?
その太陽電池の中で
何が起きているのか?
の理解は進んでいませんでした

京都大学化学研究所
物質創製化学研究系 構造有機化学領域
石宮淳志 准教授

測定に使える純度の高い
ペロブスカイト材料の
薄膜試料の作製が
困難であった……というのが
理由のひとつでした

しかしわれわれの
研究グループで開発した
信頼性の高いペロブスカイトの
薄膜試料を使うことで
太陽電池の中の
電子と正孔のようすを
とらえることに成功しました!

このしくみが
わかったことによって
さらに研究が
進みそうです

(2014年)

さらに
効率の高い太陽電池を
つくるには
どうしたらいいか!

つぎに私たちが目をつけたのは
ペロブスカイト型太陽電池の中で
つくり出すことができた電荷を
それぞれの電極までどう運び出すか
という部分でした

シリコンなどの
従来の無機材料に比べて
有機材料はこの
「電荷輸送特性」に問題が
あるのが悩みです

しかし
有機分子の形を
デザインすることで
弱点を見極めようと
試み続けています!

よりよい分子設計が
新材料開発のカギと
なるはずです



科学技術・大学

京都大学化学研究所
物質創製化学研究系 構造有機化学領域
石宮淳志 准教授

5月11日