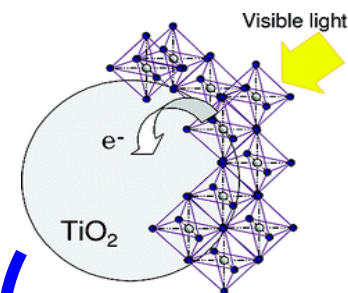
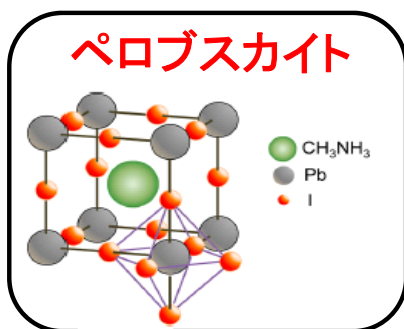


# 産学連携で進める再エネ新技術開発 — 世界と勝負するために

## 東京大学 瀬川浩司



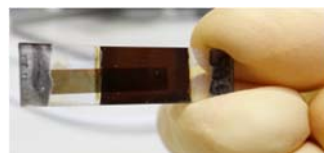
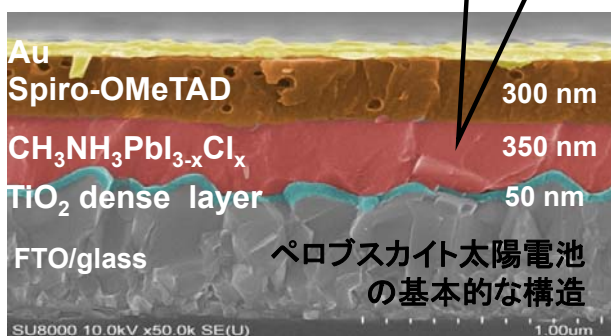
高性能材料・セル製造技術開発



モジュール(7円/kWhに向けて)



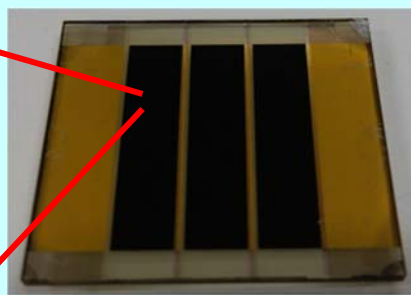
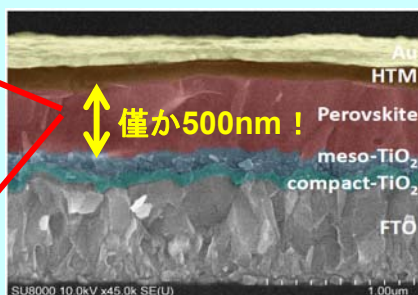
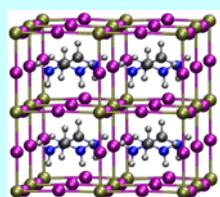
モジュール製造技術開発



高性能セル(25%に向けて)

## 東京大学 瀬川研究室: 次世代高性能太陽光発電の研究開発

### 有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池(PSC)



高効率Kドープセル(24.1%)

高効率3直列モジュール(20.7%)

- 高性能化に向けた研究(組成や理論)
- 結晶構造や界面構造の精密な制御
- 多励起子生成などの励起子物性制御

- NEDOの大型研究プロジェクト
- 東芝等の企業連携で実用化へ
- フランスCNRS等と国際連携も

●太陽光発電と同時に蓄電もできる蓄電機能内蔵太陽電池

●SDGsとRE100の達成に向けて環境エネルギー政策研究



●メガソーラーPV  
高効率低コストPV



●BIPV  
ZEB, ZEH向けPV



●車載用PV  
EV用超高効率PV



●フレキシブルPV  
センサーIoT向け  
Energyハーベスト



# 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 教授 瀬川浩司

研究 東京大学先端科学技術研究センター 併任

同 附属産学連携新エネルギー研究施設長(2010-2016)

FIRST(最先端研究開発支援プログラム)2009-2014

「低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」中心研究者

NEDO (エネルギー環境新技術先導プログラム)2014-2017

「低炭素社会構築に向けたオフグリッドエネルギーハーベストデバイスの開発」PL

NEDO (高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発)2015-現在

「ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発」PL

RATO「有機系太陽電池技術研究組合」理事

MITI 大型蓄電システム実証事業 第三者委員会 委員長

教育 NEDO特別講座「新環境エネルギー科学創生特別部門」2007-2011

MITI 再生可能エネルギー関連事業を推進する人材育成のための知識体系の整理

東京大学教養学部 附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門長

政策 総務省政策評価・独立行政法人評価委員会独立行政法人評価分科会 臨時委員

NEDO 太陽光発電技術戦略検討委員会 委員(NEDO PV Challenges)

JST 研究開発戦略センター(CRDS)環境・エネルギー研究戦略会議 委員

日本学術会議 東日本大震災復興支援委員会エネルギー供給問題検討分科会 委員

MEXT 第9期環境エネルギー科学技術委員会 委員



## 2009年～ FIRST「低炭素社会に資する有機系太陽電池の研究開発」

### サブテーマ① 色素増感太陽電池

サブテーマリーダー：瀬川 浩司(東京大学)  
分科会長：豊田 竜生(アイシン精機(株))

### サブテーマ② 有機薄膜太陽電池

サブテーマリーダー：伊藤 紳三郎(京都大学)  
分科会長：塚本 遵(東レ(株))

#### 産業技術総合研究所

(独)産業技術総合研究所 ①-3  
杉原研究員、佐山グループ長、ほか  
●超高効率色素増感太陽電池を  
目指した新規色素の探索

(独)産業技術総合研究所 ②-2  
吉田チーム長、山成研究員、ほか  
●有機系太陽電池の劣化機構の  
解明と高耐久セル開発の支援

住友化学(株) ②-4  
土居GM、北野主研、ほか  
●高耐久性材料・モジュールの開発

東レ(株) ②-3  
塚本フェロー、北澤主研ほか  
●有機薄膜太陽電池の高効率  
材料・デバイス化技術開発

京都大学 ②-1 ③-4  
伊藤教授、大北准教授、  
辨天助教、ほか  
●有機薄膜太陽電池の物性解析  
●増感色素を用いた高効率  
有機薄膜太陽電池の開発

#### 東京先端研 環境エネルギー研究棟



早稲田大学 ③-1  
西出教授、小柳津准教授、加藤助教、ほか  
●新型湿式太陽電池創出のための複合技術をもつドックスポリマー開発

#### 東京大学先端科学技術研究センター 附属産学連携新エネルギー研究施設 施設長：瀬川浩司(東京大学)

ソニー(株) ①-6  
東大先端研3S-4F SONYラボ  
小倉研究員、ほか  
●高効率化のための材料・モジュール開発

JX日鉱日石エネルギー(株) ②-5  
東大先端研3S-4、5F ENEOSラボ  
朝野GM、内田担当マネージャー、ほか  
●高効率・高耐久集積構造サブモジュールの開発

東京大学 ①-1-2  
東大先端研3S-2、4、5、6F 集中研究室  
瀬川教授、久保特任教授、内田特任教授、  
藤沢特任准教授、中嶋助教、木下特任助教、ほか  
●新規色素・電解質材料の開発、  
有機無機ハイブリッド太陽電池、光二次電池  
島津製作所(株) 中山研究員 東大先端研3S-6F

東京大学 ①-1-2  
東大先端研3S-6F  
三嶋特任講師、ジャコモ特任助教、  
●理論化学による太陽電池の発電原理究明

御国色素所(株)RCASTラボ  
東大先端研3S-4、5F  
瓦家研究員、林田研究員、ほか

東京大学 富田研究室 ④-1  
東大先端研3S-2F 国際戦略企画室  
富田特任教授、松山研究員、ほか  
●IEC国際標準化活動の推進

桐蔭横浜大学 宮坂研究室 ③-2  
東大先端研3S-4F 宮坂研究室  
石井特任助教、三好研究員、ほか  
●有機系ハイブリッド接合を用いる  
固体薄膜太陽電池の開発

(財)神奈川科学技術アカデミー ④-2  
高木顧問、馬飼野専務理事、齊藤研究員、  
酒井研究員、ほか  
●計測法の開発と国産標準化推進

(株)リコー ③-3  
上田室長、八代ES研究員、堀内S研究員、ほか  
●色素増感太陽電池の高効率化と  
完全固体化のための研究開発

東京理科大学 ④-2  
藤嶋学長・中田研究員、ほか

北陸電力㈱  
松本統括課長ほか

九州電力㈱  
山田グループ長ほか

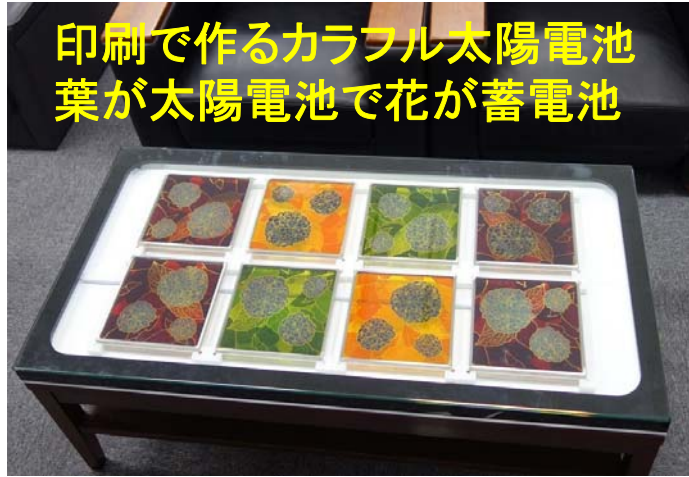
### サブテーマ④ 計測法・標準化

サブテーマリーダー：富田 孝司(東京大学)  
分科会長：高木克彦((財)神奈川科学技術アカデミー)

### サブテーマ③ ハイブリッド太陽電池

サブテーマリーダー：西出 宏之(早稲田大学)

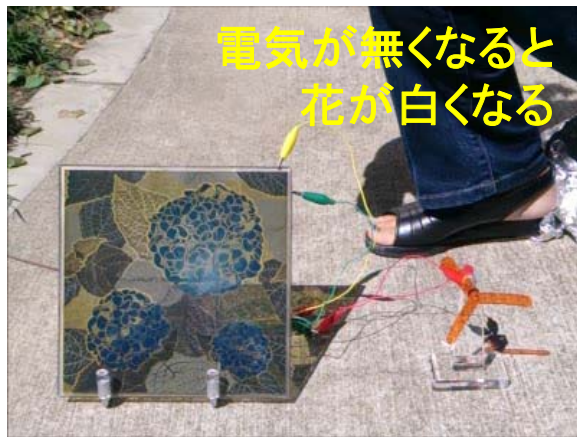
# 東京大学瀬川研究室で開発した蓄電機能内蔵太陽電池パネル



印刷で作るカラフル太陽電池  
葉が太陽電池で花が蓄電池



環境発電でスマホの充電



電気が無くなると  
花が白くなる



色、形、サイズは  
自由自在に作れる

# 蓄電機能内蔵太陽電池Annabelle(アナベル)は世界で報道

NEWSPLAY DE  
AKTUELLE TOP-VIDEOS AUS GANZ DEUTSCHLAND



## Japan: Design-Solarblumen zur Stromgewinnung

Tokio, 20.08.14: Annabelle soll nicht nur schön aussehen, sondern auch Strom produzieren. Die Blüten der Solarblume fangen Sonnenlicht auf und speichern die Energie in ihrem Inneren ab. Erfunden hat sie Hiroshi Segawa von der Universität Tokio.

In diesem Video finden Sie Informationen über Vermischtes, Technologie und Hiroshi Segawa. Sonstige Beiträge handeln von Pflanzenwelt, Klima und Design. Einige weitere Hintergründe wie Solar, Solarzelle und Forschung werden betrachtet.

News

## Florales ou présidentielles, des cellules solaires atypiques pour doper l'énergie verte

21  
2014

0  
Tweet

0  
Gefällt mir

0  
LÄSST

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

0  
+1

## Japan: Design-Solarblumen zur Stromgewinnung

BESCHREIBUNG: Tokio, 20.08.14: Annabelle soll nicht nur schön aussehen, sondern auch Strom produzieren. Die Blüten der Solarblume fangen Sonnenlicht auf und speichern die Energie in ihrem Inneren ab. Erfunden hat sie Hiroshi Segawa von der Universität Tokio.

In diesem Video finden Sie Informationen über Vermischtes, Technologie und Hiroshi Segawa. Sonstige Beiträge handeln von Pflanzenwelt, Klima und Design. Einige weitere Hintergründe wie Solar, Solarzelle und Forschung werden betrachtet.

KEYWORDS: wissenschaft technk forschung, Klima, Solar, Pflanzenwelt, Reportage, Solarenergie, Solarzelle, Sonne, Vermischtes, Technologie, Tokio, Umwelt, Universität Tokio, JPN, Hiroshi Segawa, Energie, Design, Alternative Energie, Forschung, Blume

TRANSKRIPT: ... speichern die Energie ihrem inneren ... auf der Solarzelle ist auch ... mit der Blume aushalten mittel ... immer mehr Blau wirken die ... wirklich hatte Mützeener See blasses zum ... sagte der Wissenschaftler Hiroshima gab ... produziert auch Strom erfolgen sagte ... die als Vorbild die HighTech ... mit der Zeit immer mehr ... blasses zum Beispiel den Meer ... dass die Welt sich auch ... nutzen versichert Professor sich ab ... den langsamem Licht auf und ... der ihre Zunge an mehreren ... der Wissenschaftler Hiroshima gab war ... Appell an Merkel sei nicht ...

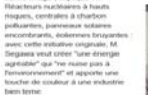
Video - Metadaten durch Spracherkennung und Semantik von **veeseo**



AFP / Yonkaku Tsuno

Hiroshi Segawa, professeur à l'université de Tokyo, présente le 24 août 2014 ses cellules photovoltaïques à l'occasion de la conférence française organisée au sein de l'Institut de la culture japonaise à Paris.

d'un bloc, le bien que l'ensemble permet de recharger deux fois un téléphone portable. De plus, la fleur résistante blanche, comme la soeur Annabelle des jardins, est un vœu de son énergie. Son inventeur, Hiroshi Segawa, a également mis au point des cellules photovoltaïques à l'échelle du président français François Hollande au sein de l'Institut de la culture japonaise. "Photovoltaïque de design japonais, portables de genre élevé et plus efficaces, elles ont" les possibilités d'observer sans dommages, selon ce chercheur de l'université de Tokyo. "Établissement antigéant".



AFP / Yonkaku Tsuno

Hiroshi Segawa, professeur à l'université de Tokyo, présente le 24 août 2014 ses cellules photovoltaïques à l'occasion de la conférence française organisée au sein de l'Institut de la culture japonaise à Paris.



日本新式发电调查

12:11 澳元兑人民币 5.7347 荣之联 24.18 -1.71% 佛慈制药 20.36 +0.89% 博尔达特 阴 14-24°C 烟台万润 12.50 +1.30% 华宏科技 15.05 +3.22%

布鲁塞尔会见来访的乌克兰总统波罗申科时表示,欧盟将增加对乌克兰的人道主义援助。

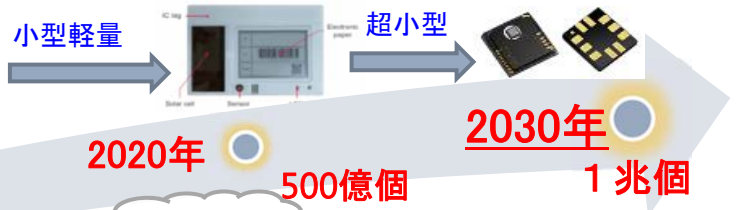


日本新式发电调查

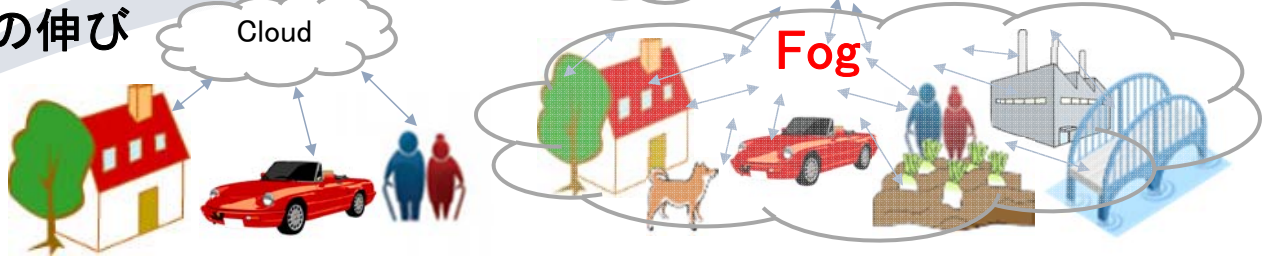
12:12 加元兑人民币 5.6472 奇峰股份 10.43 +0.28% 信联电机 51.50 西安 阴转小雨 19-24°C 普邦园林 13.09 +0.08% 德航节能 39.67 大基建设备投资等举措,提振意大利经济。 加拿大统计局29日公布数据显示

# オフグリッドエネルギーハーベストデバイス

## としての次世代太陽電池の開発



### センサー数の伸び



エネルギー源	エネルギー密度	補足
光 (太陽光・環境光)	100mW/cm <sup>2</sup> (直射日光下) 100μW/cm <sup>2</sup> (室内環境下)	多接合太陽電池は非集光で37%、有機系太陽電池は室内光で26%超の変換効率、高性能小型蓄電池との組み合わせ
熱 (熱電変換素子)	60μW/cm <sup>2</sup>	ΔT<40℃の条件下の典型的な熱電素子の効率は1%以下
振動 (振動発電素子)	4μW/cm <sup>3</sup> (人間の動作) 800μW/cm <sup>3</sup> (機械の動作)	1cm <sup>3</sup> の大きさの発電素子に対する予測値 大きな構造物ほどより大きな出力密度

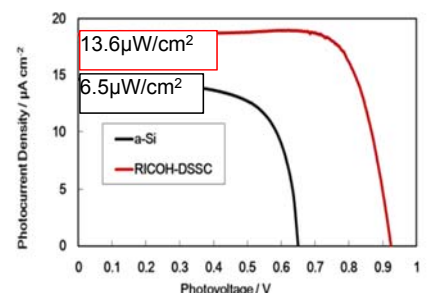
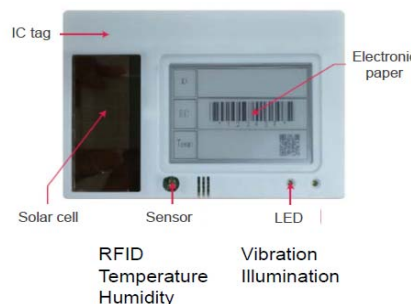
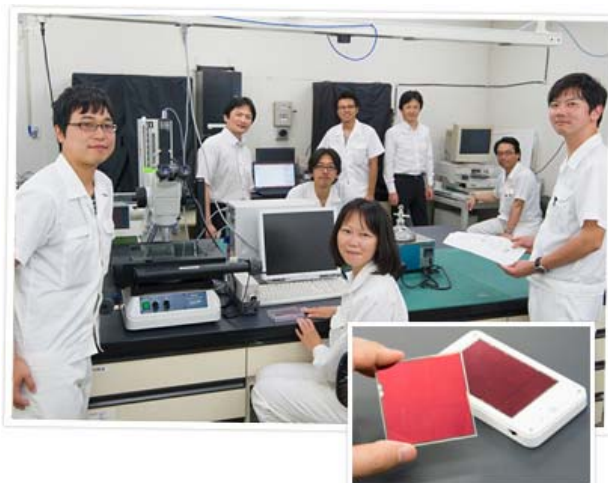
## リコー:IoT向け高性能全固体型DSSCの開発に成功(2014)

2014年6月11日

imagine. change.

**室内光変換効率26%を達成!**

室内光に適した高性能の完全固体型色素増感太陽電池の開発に成功  
～ 安全性・耐久性の確保と、従来比2倍以上の発電能力を実現 ～

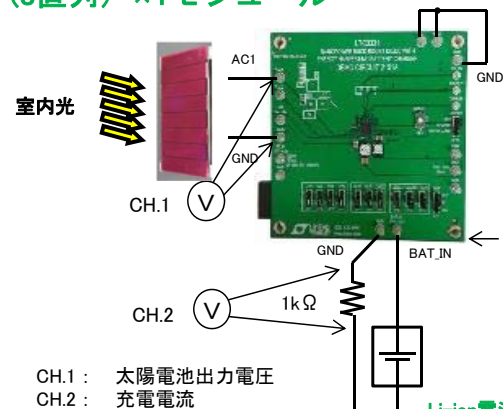


### 固体型色素増感太陽電池の特性 (200Lux@白色LED)

# リコー:IoT向け高性能全固体型DSSCの応用に成功(2016)

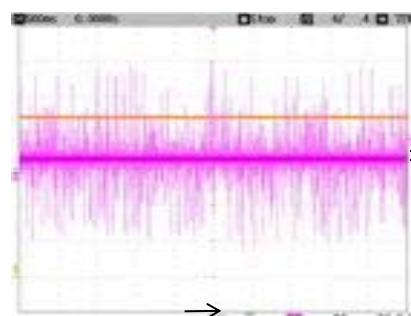
～Nanotech2016出展～

色素増感太陽電池  
(8直列) × 1モジュール

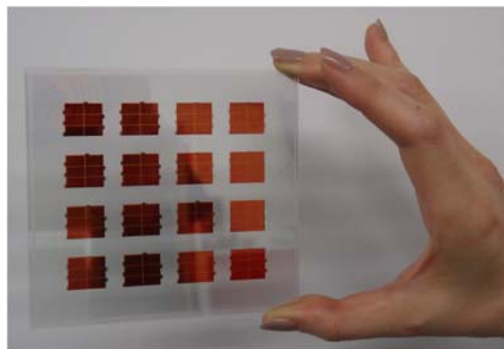


CH.1: 太陽電池出力電圧  
CH.2: 充電電流

← LTC3331評価ボード  
(但し、CR電池とスーパーキャパシタは取り外し)  
UVLO Rising: 5V  
UVLO Falling: 4V  
Li-ion電池

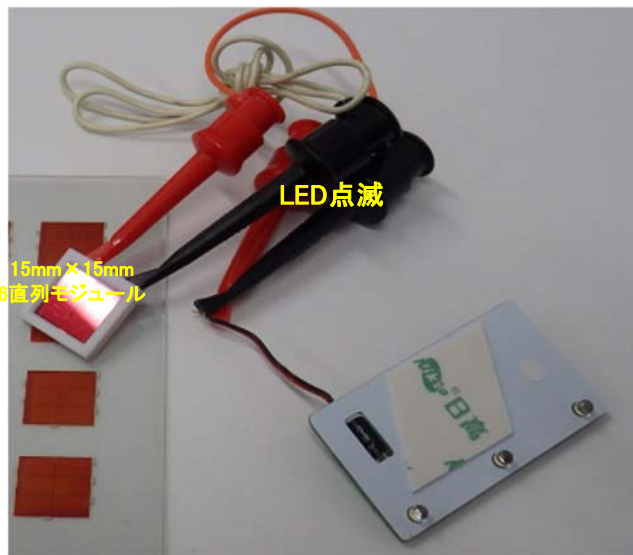


27 μA



一次コイン電池  
同等のサイズ

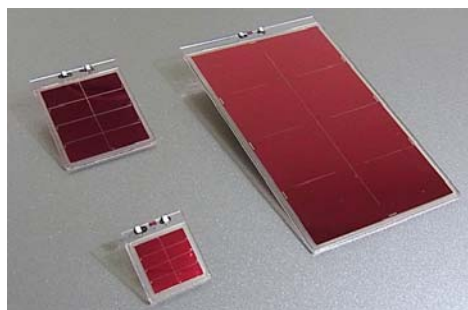
↓  
小型化により  
ウェアラブル市場  
参入も可能



15mm × 15mm  
6直列モジュール

# リコー:IoT向け高性能全固体型DSSCの量産に成功(2020)

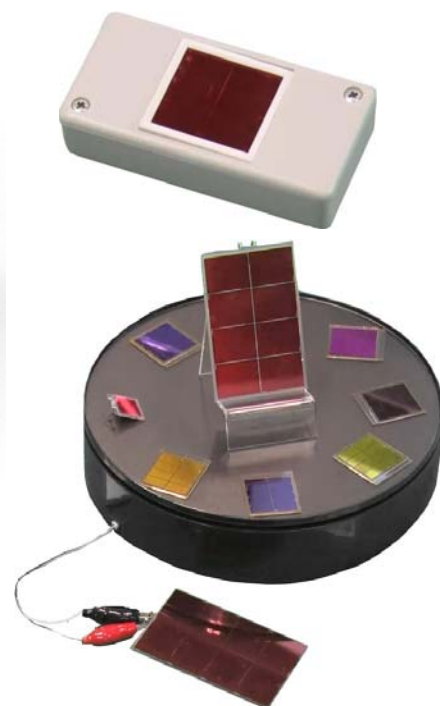
リコーは、室内照明のような微弱な光でも高い発電性能を発揮する、世界初の全固体型色素増感太陽電池モジュール「RICOH EH DSSCシリーズ」を2月下旬から順次販売する。



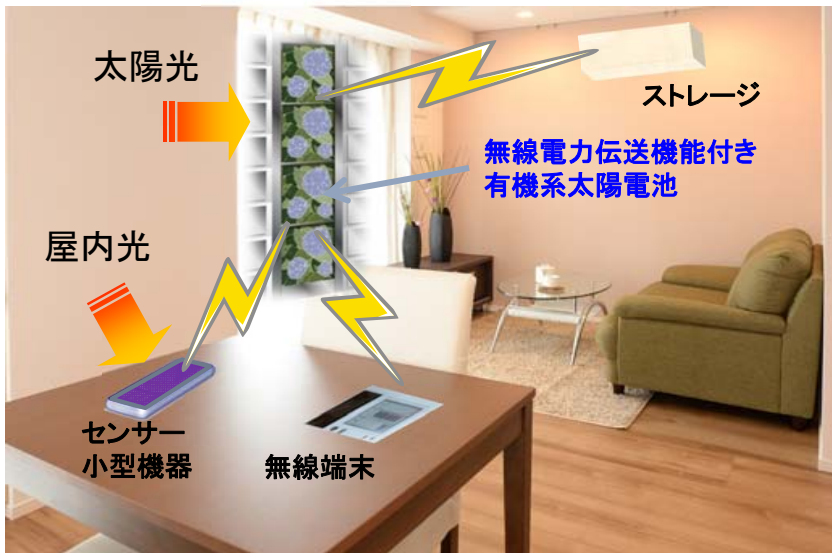
サイズ (mm)	17 × 19	28 × 32	52 × 84
直列数	8	8	8
Pmax (μW)	>15	>52	>300



RICOH EH DSSCシリーズ



# 低炭素社会構築に向けたオフグリッドエネルギーハーベストデバイスの開発



## 本研究の期待される成果

- ・屋内光では動作させられなかった機器を動作可能にできる。
- ・光が当たらない環境下でも、太陽光発電電力が利用可能になる。
- ・研究開発が進めば、配線不要な太陽光発電が実現できる。



- ・太陽電池モジュールの設置コスト低減
- ・配線による設置障壁の克服
- ・BIPVを含め設置場所を選ばない太陽電池モジュールによるPVの普及拡大。

## 太陽電池セルに一体化



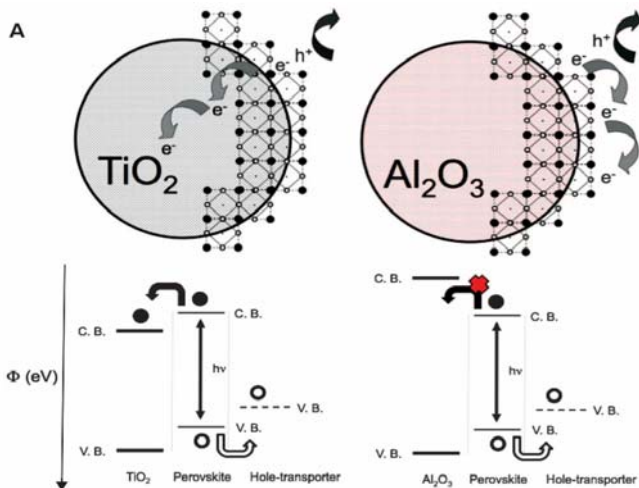
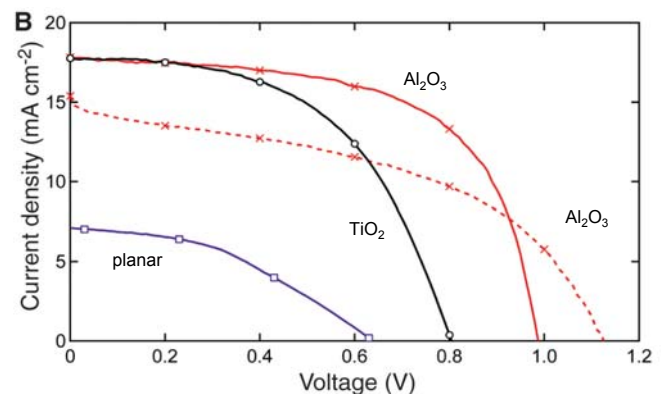
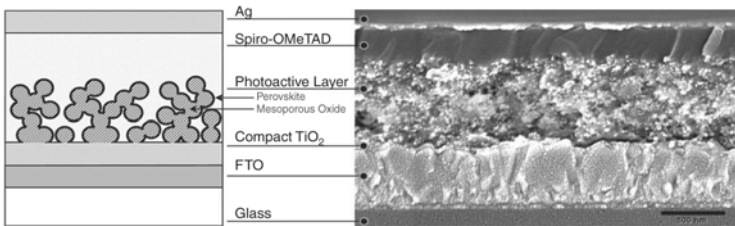
用途(窓、携帯機器、ICタグ等)に合わせてカスタマイズした蓄電機能内蔵太陽電池の幅広い実用化で、創エネルギー、エネルギー貯蔵、および省エネルギーの観点から、多様化する社会ニーズに沿って、エネルギー利用の無駄を徹底的に排除する低炭素社会の構築に貢献。規格化電源(1.5V等)として各種電池の代替になり、省エネ機器としてCO<sub>2</sub>削減にも貢献。多くのモバイル機器などの多彩な製品に標準的に搭載させることが期待でき、その市場創出効果は大きい。また、無線給電等との組み合わせによりライフスタイルを変えるインパクトがある。

# 全固体有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池(2012)

M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T. Murakami, H.J. Snaith

“Efficient hybrid solar cells based on meso-superstructured organometal halide perovskites” *Science* 2012, 338, 643-647.

**10.9%**



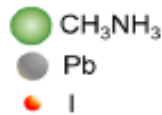
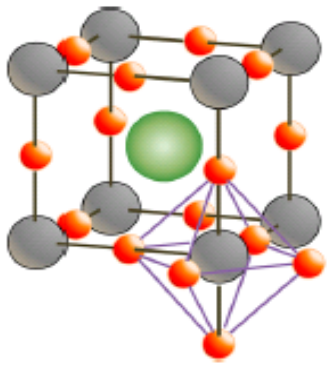
**Acknowledgments:** Supported by the European Research Council (HYPER project no. 279881), the Strategic International Research Cooperative Program of the UK Engineering and Physical Sciences Research Council, and the Japan Science and Technology Agency. T.M. thanks the funding program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology (FIRST Program), Japan, for hybrid solar cell research. We thank the New Energy and Industrial Technology Development Organization for support. M.M.L. is grateful for support from the Simms Bursary granted by Merton College, Oxford.

# MAPbI<sub>3</sub>(CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>) Ambipolar Character (2013)

G. Giorgi, J. Fujisawa, H. Segawa, K. Yamashita

*J. Phys. Chem. Lett.*, 2013, 4, 4213–4216, DOI: 10.1021/jz4023865

the electronic properties of the 3D MAPbI<sub>3</sub>, (frontier orbitals nature; bandstructure analysis; the impact of SOC).

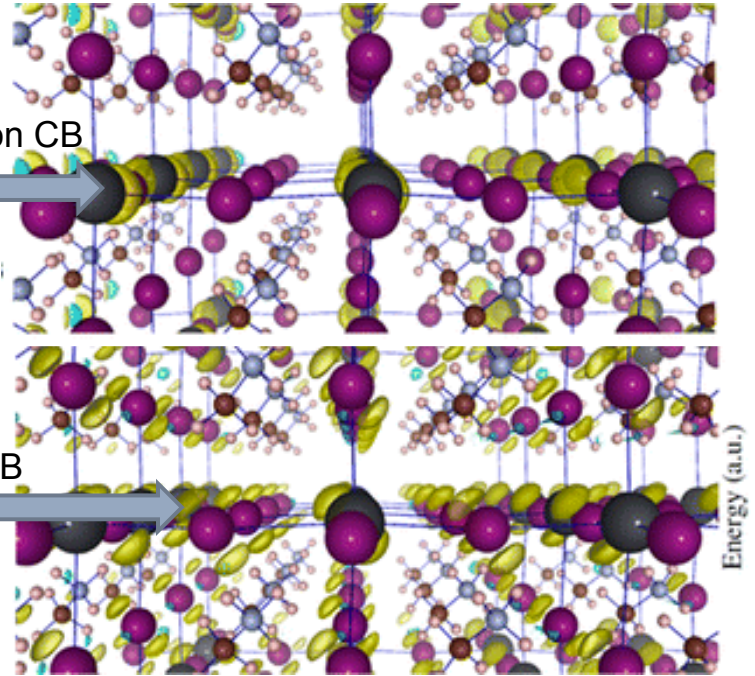


At DFT+SOC  
 $m_e^* = 0.228 m_0$   
 $m_h^* = 0.293 m_0$

CB: Pb 6p + I 5s electron  
VB: Pb 6s + I 5p hole  
↓  
Good separation of pathway

Electron on CB

Hole on VB



## ペロブスカイト太陽電池の標準的な作製プロセス

### ペロブスカイト膜の作製方法

①ガラス基板上に、右に示す組成のペロブスカイト前駆体溶液を6000rpm、30s 条件でスピコート。スピコート終了5s前に150ulのクロロベンゼンを滴下。

②ホットプレートで、100°C 60分アニール

\* 全行程N<sub>2</sub>グローブボックス内で実施

### ペロブスカイト前駆体溶液



溶媒: DMF:DMSO=4:1(v/v)  
溶質: PbI<sub>2</sub>(1.1M)  
PbBr<sub>2</sub>(0.2M)  
FAI(1.0M)  
MABr(0.2M)  
CsI(必要量添加)

### ペロブスカイト太陽電池の作製方法

①FTO付ガラス基板上に、titanium diisopropoxide bis(acetylacetonate) in anhydrous ethanol溶液をスプレーコート、450°Cでアニールして緻密TiO<sub>2</sub>形成

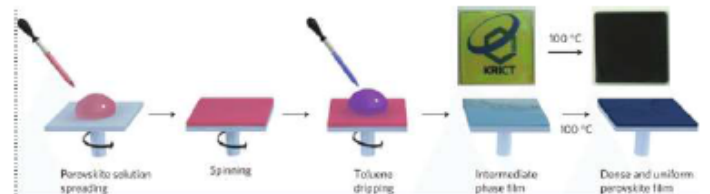
②緻密TiO<sub>2</sub>上にTiO<sub>2</sub>ナノ粒子分散液(Dyesol 30 NR-D)を塗布、500°Cでアニールしてmesoporous-TiO<sub>2</sub>形成

③上記方法でペロブスカイト膜を形成

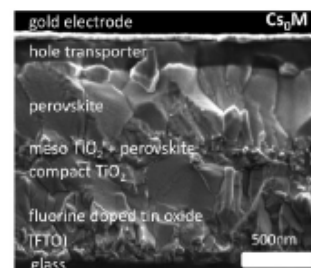
④Spiro-OMeTAD又はPTAAのクロロベンゼン溶液(添加剤としてLiTFSIとtBPを含む)をスピコート

⑤80nmのAuを真空蒸着

### Anti-Solvent法



*Nature Materials* volume 13, 897–903 (2014)



ペロブスカイト太陽電池の断面SEM像

# 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発 (2014)

## — 有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池 —

### 2014年 PV Challenges

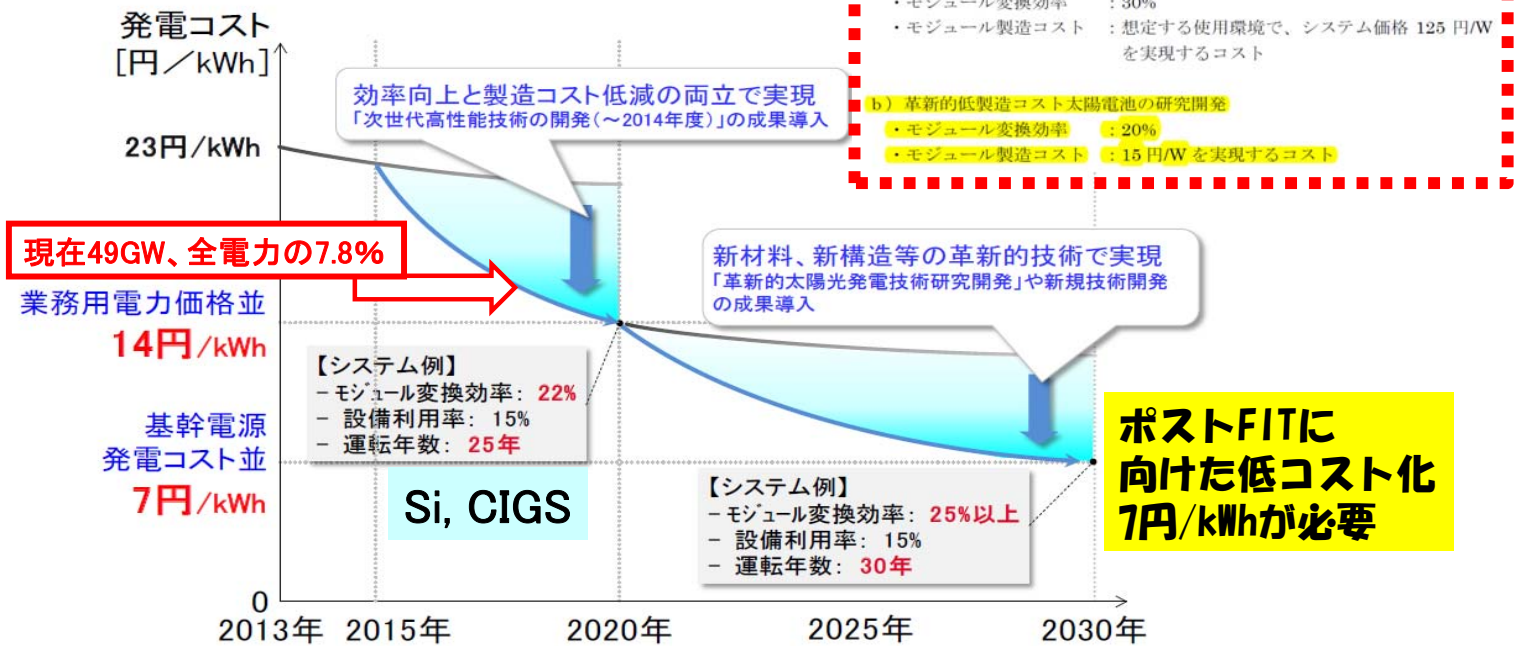
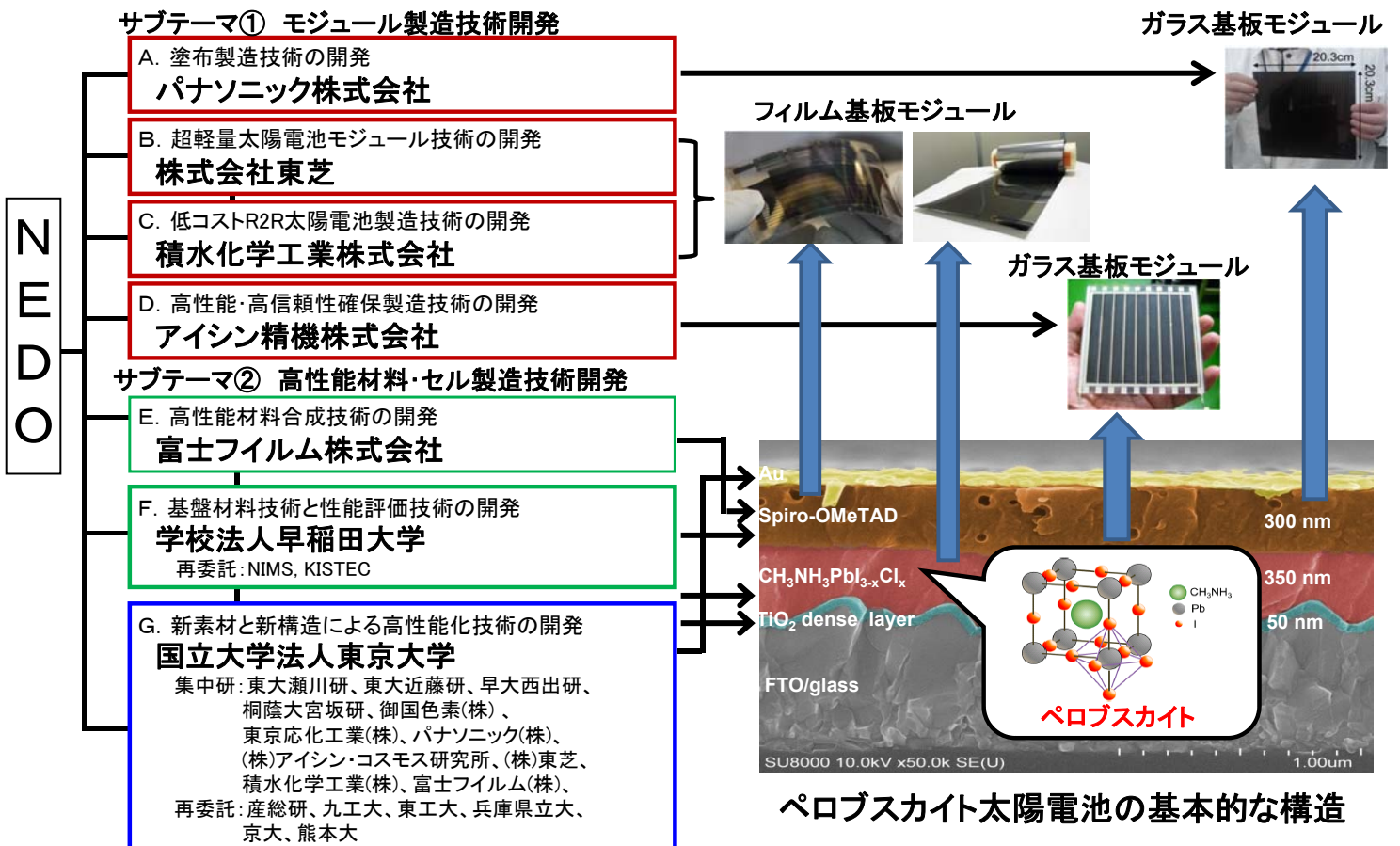


図 1-1 非住宅用システムの発電コスト目標と低減シナリオ

NEDO 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発

## ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発





# NEDOペロブスカイト太陽電池プロジェクトは世界的注目

Spray-on solar cells could be a reality soon, thanks to a material called perovskite

News-analysis (/category/news-analysis) Nimish Sawant  
(/author/nimish) Mar. 21 2017 11:37:11 IST

Comment 0 Share 0

(https://twitter.com/share?text=Spray-on solar cells could be a reality soon, thanks to a material called perovskite)

## FIRSTPOST

Solar energy is getting **more affordable by the day** (<https://blogs.scientificamerican.com/plugged-in/the-price-of-solar-is-declining-to-unprecedented-lows/>), and a new technology could really disrupt the field. Today, solar panels are made using silicon, but somewhere in the near future you could **spray on or print solar cells directly onto surfaces!** (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-03-21/the-wonder-material-that-may-make-spray-on-solar-cells-a-reality>)

Thanks to a material called perovskite, which includes a range of materials that could be used to harvest light when turned into a crystalline structure. Perovskites can be mixed in liquid solutions and could be deposited on a range of surfaces. This throws up a lot of possibilities of using this material to harness solar energy, in ways that traditional silicon made solar photovoltaic cells could find limiting.

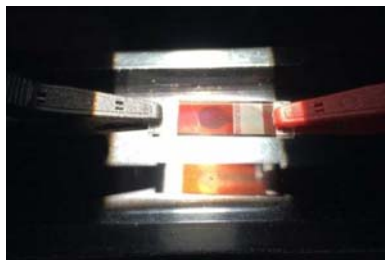
According to *Bloomberg*, one British company is planning to have a thin-film perovskite solar cell ready for commercial sale by the end of 2018.

**Hiroshi Segawa, a professor with University of Tokyo, is leading a five-year project which is being funded by the Japanese govt., to propel the development of the perovskite technology. Even Japanese companies such as Panasonic and Fujifilm are invested in this. Segawa calls this technology as the front-runner for low-cost solar cell technology.**

### Advantages Perovskite offers over traditional solar PVs

Perovskite offers solutions to the limitations one faces with silicon based photovoltaic cells. Now while silicon is available abundantly, extracting it from sand is a process that requires a lot of energy. It takes temperatures as high as 1500-2000 degrees C to melt silicon dioxide in an electrode arc furnace, which limits the production of silicon PV cells while adding to the greenhouse gas emissions from their manufacture.

Perovskite is a class of wide-ranging materials in which the organic molecules, made from carbon and hydrogen, bind with metals such as lead and a halogen such as chlorine to form a three dimensional lattice structure. Production of this is much cheaper than extracting silicon from sand. Manufacturers can use liquid solutions of perovskites and deposit a thin layer of it over surfaces of any shape. This also takes care of the rigidity aspect of the solar PV cells, which limits its use cases.



Bloomberg  
で配信された

Japanese researchers, firms part of global effort to develop spray-on solar panels

BY CHISAKI WATANABE  
BLOOMBERG

Japan Times

ARTICLE HISTORY | MAR 23, 2017

Imagine a future when solar cells can be sprayed or printed onto the windows of skyscrapers or atop sport utility vehicles — and at prices potentially far cheaper than today's silicon-based panels.

It's not as far-fetched as it seems. Solar researchers and company executives think there's a good chance the economics of the \$42 billion industry will soon be disrupted by something called perovskites, a range of materials that can be used to harvest light when turned into a crystalline structure.

The hope is that perovskites, which can be mixed into liquid solutions and deposited on a range of surfaces, could play a crucial role in the expansion of solar energy applications with cells as efficient as those currently made with silicon. One British company aims to have a thin-film perovskite solar cell commercially available by the end of 2018.

**"This is the front-runner of low-cost solar cell technologies," said Hiroshi Segawa, a professor at the University of Tokyo who's leading a five-year project funded by the government that groups together universities and companies such as Panasonic Corp. and Fujifilm Corp. to develop perovskite technology.**

## 2016年4月19日「エネルギー・環境イノベーション戦略」

- ①これまでの延長線の取組ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
- ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
- ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の総力を結集すべき技術
- ④日本が先導できる技術、日本が優位性を発揮し得る技術

### エネルギーシステム統合技術

○革新技术を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化して、デマンドレスポンスを含めてシステム全体を最適化。AI、ビッグデータ、IoT等を活用。

### システムを構成するコア技術

- 次世代パワエレ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造
- 革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー
- 多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

### 省エネルギー



- 1 革新的生産プロセス
- 2 超軽量・耐熱構造材料

- 高温高压プロセスの無い、革新的な素材技術  
➢ 分離膜や触媒を使い、20~50%の省エネ
- 材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上  
➢ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用

### 蓄エネルギー



- 3 次世代蓄電池
- 4 水素等製造・貯蔵・利用

- リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池  
➢ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行
- 水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発  
➢ CO<sub>2</sub>を出さずに水素等製造、水素で発電

### 創エネルギー



- 5 次世代太陽光発電
- 6 次世代地熱発電

- 新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電  
➢ 発電効率2倍、基幹電源並みの価格
- 現在は利用困難な新しい地熱資源を利用  
➢ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大

### 7 CO<sub>2</sub>固定化・有効利用

- 排出されるCO<sub>2</sub>を分離し、CO<sub>2</sub>利用産業を実現  
➢ 分離コスト半減、有効利用する量や効率の飛躍的向上

次世代太陽光発電では「現在普及している太陽光発電の2倍の変換効率」と「製造・設置コストの低減、発電効率の大幅向上により、基幹電源並みの発電コスト(7円/kWh)を実現する」と明記。革新技术としては、現在の太陽電池とはまったく異なる新構造・新材料を利用したものとして、「量子ドット太陽電池」と「ペロブスカイト太陽電池」を挙げた。

分野別革新技术

# 世界が注目する研究テーマランキング

## 2018年12月31日 日本経済新聞1面

成の30年 のさきに

外交総決算ヤマ場 北方領土や対米交渉 ㊴

ブラジル 議会の壁 新大統領、あす就任 ㊴

# 日本経済新聞

12月31日 月曜日

発行所 日本経済新聞社  
東京本社 電話(03)3270-0251  
千原支店 東京千代田区千代田1-3-7  
大阪本社 電話(06)7639-7111  
名古屋支店 電話(052)243-3311  
西部支店 電話(092)473-3300  
札幌支店 電話(011)281-3211

Daiwa Lease  
大和リースグループ

リースを通じて、未来をつなぐ。

大和リース株式会社  
www.daiwalease.co.jp

注目されている研究テーマランキング

順位	研究テーマ	カテゴリー	論文数の国別順位 (カテゴリー内は国別の論文シェア%)		
			中国	米国	日本
1位	ペロブスカイト	電池	1位(41.4)	2位(21.5)	4位(6.9)
2	単原子層	半導体	1(35.1)	2(32.5)	4(6.6)
3	ナトリウムイオン電池	電池	1(58.1)	2(17.4)	4(7.8)
4	ニッケルや鉄酸化物の触媒	新材料	1(54.2)	2(19.2)	8(3.6)
5	ジカウイルス感染症	医療バイオ	3(9.1)	1(40.2)	20(1.0)
6	リチウム硫黄電池	電池	1(59.9)	2(23.7)	7(2.8)
7	ゲム編集	医療バイオ	2(22.6)	1(43.9)	3(8.0)
8	有機薄膜太陽電池	電池	1(31.8)	2(14.3)	6(3.8)
9	電気二重層コンデンサー	電池	1(65.3)	4(7.5)	10(2.0)
10	免疫療法	医療バイオ	5(7.8)	1(43.3)	3(9.2)
11	酸化還元	化学	1(63.5)	2(14.1)	4(5.2)
12	光触媒	新材料	1(78.3)	2(5.3)	8(2.6)
13	水素発生触媒	新材料	1(69.4)	2(15.7)	9(2.5)
14	核酸を標的にしたがん治療	医療バイオ	1(72.6)	2(15.7)	4(2.1)
15	腸内細菌	医療バイオ	2(16.8)	1(31.1)	11(3.8)
16	カーボン量子ドット	新材料	1(61.5)	3(8.8)	13(1.3)
17	フレキシブル材料	新材料	1(36.0)	2(29.2)	4(5.9)
18	放射化分析	化学	1(45.6)	2(12.8)	4(7.7)
19	細胞間シグナル伝達	医療バイオ	2(22.7)	1(33.4)	4(6.0)
20	光熱療法	医療バイオ	1(69.8)	2(18.0)	15(1.0)
21	二酸化炭素の有効利用	化学	2(27.9)	1(34.0)	3(10.0)
22	微生物燃料電池	電池	1(37.2)	2(18.0)	9(3.1)
23	光電気化学	新材料	1(34.8)	2(23.7)	5(5.4)
24	コンデンサーへの炭素の利用	電池	1(60.6)	2(11.1)	5(3.8)
25	有機金属錯体	化学	1(38.4)	2(18.8)	7(4.5)
26	レーザー溶融	新材料	2(20.0)	1(22.9)	12(2.5)
27	バイオ炭	環境	1(42.1)	2(19.3)	24(1.3)
28	ナノ発電機	新材料	1(50.9)	2(31.5)	9(2.0)
29	リチウムイオン電池	電池	1(41.6)	2(27.1)	5(5.7)
30	セルロースナノクリスタル	新材料	1(19.5)	2(16.4)	9(5.3)

### ハイテク覇権米が警戒

調査は2013～18年。テーマ設定はない。エッセイが持つ学術的価値は約170万件で、内訳は中国が約290万件、米国が約390万件、日本が約77万件だった。調査対象とした論文数は約170万件で、内訳は中国が約290万件、米国が約390万件、日本が約77万件だった。調査対象とした論文数は約170万件で、内訳は中国が約290万件、米国が約390万件、日本が約77万件だった。

注目研究テーマ第一位が「ペロブスカイト太陽電池」中米が1、2位、日本は4位だが他の分野より検討

## 先端技術研究 中国が先行

### 30テーマ本紙調査 8割で首位

別ランキングもその結果、4位中国が独占したほか、米国でも23位のトップとなった。光触媒(12位)酸を標的にしたがん治療(14位)は全世帯を超えていた。米国は「ジカウイルス」による感染症(5)と「免疫療法」(10)とテーマで首位。日本は「免疫療法」(10)と「酸化炭素の有効利用」(21)など3テーマで首位が米中に次いだ。順位が米中に次いだ。順位が米中に次いだ。

## 未来型再生可能エネルギー発電技術の創造

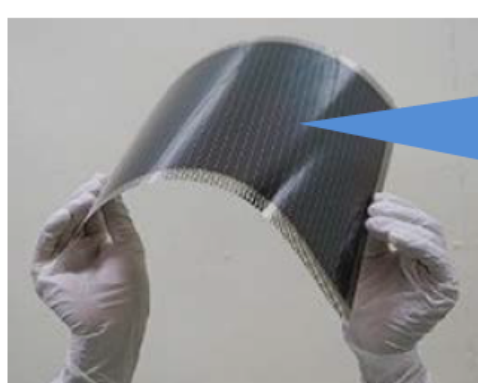
246億円(214億円)

### <主な事業の例>

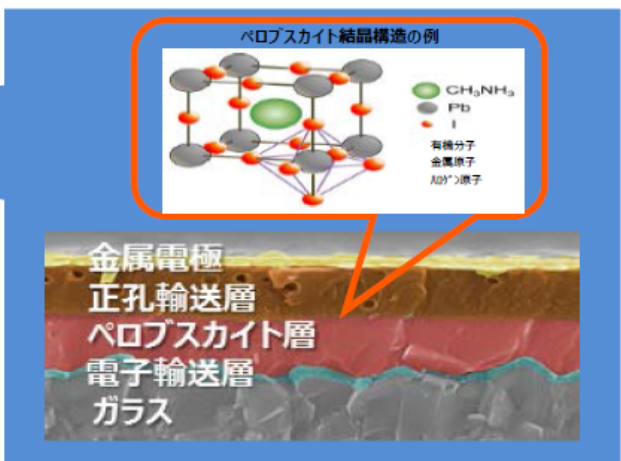
①設置制約を克服する超軽量の革新型太陽電池や、超臨界地熱発電に関する探査・要素技術など、再生可能エネルギー主力電源化に向けた技術開発

1. 太陽光発電のコスト低減や信頼性向上に向けた技術開発事業 49.0億円(54.0億円)

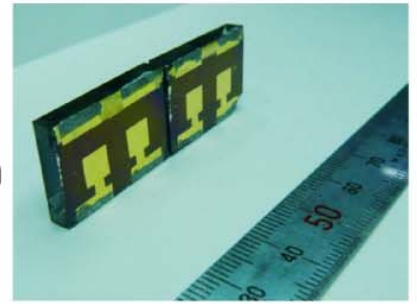
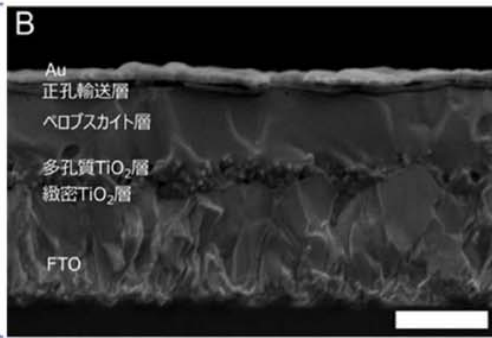
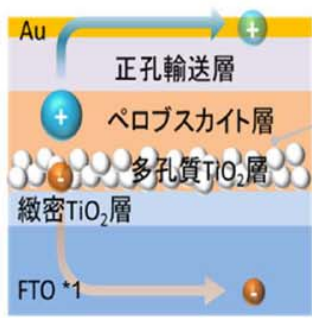
我が国発の太陽電池であり設置制約を克服する超軽量の革新型太陽電池として期待されているペロブスカイト太陽電池等の新市場の開拓に向けたコスト低減や高付加価値化のための技術開発を行うとともに、太陽光発電の主力電源化に向け、長期安定電源化に不可欠な信頼性評価技術や安全設計・施工のためのガイドラインの構築などの課題解決につながる要素技術の開発を行う。



ペロブスカイト太陽電池



# ペロブスカイト太陽電池の基本的な構造



ペロブスカイト太陽電池の構造

\*1 フッ素ドーパ酸化スズ (透明電極)

断面電子顕微鏡 (SEM) 写真

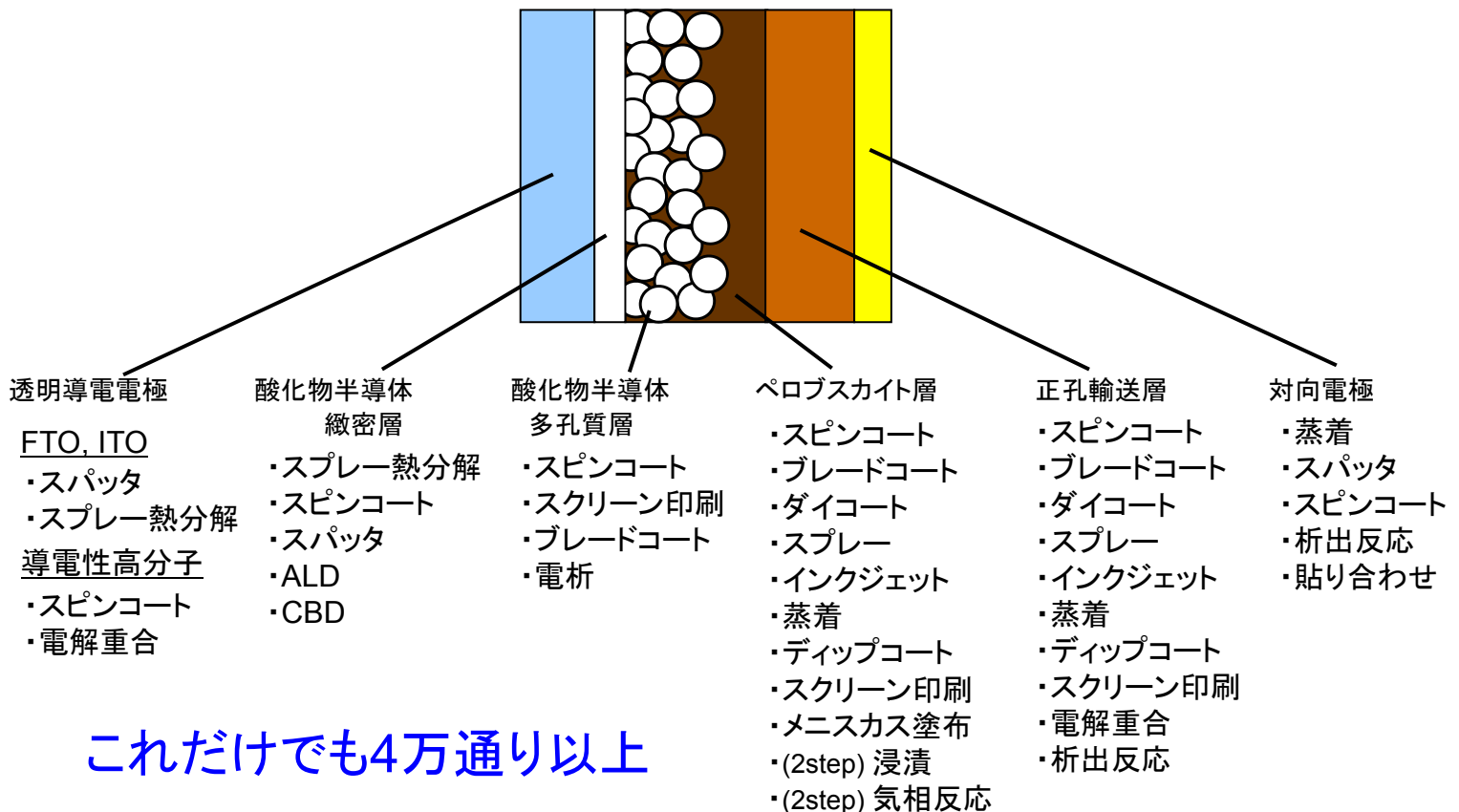
サンプル外観

- ・近年、シリコン太陽電池に迫る変換効率25.2%を記録
- ・塗布、低温プロセスで形成できる→低プロセスコスト、基材自由
- ・光吸収係数が高く、薄膜で高い変換効率→材料費が安い、フレキシブル



太陽光発電の低電力コスト化や未利用地(曲面、重量制限、意匠性)への設置を可能とする、新たな太陽電池として期待されている

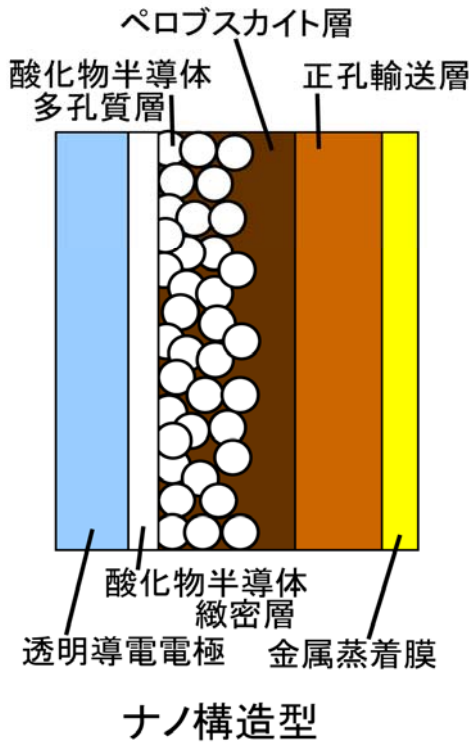
## ペロブスカイト太陽電池の各層の材料と製法



# 主なペロブスカイト太陽電池のセル構造

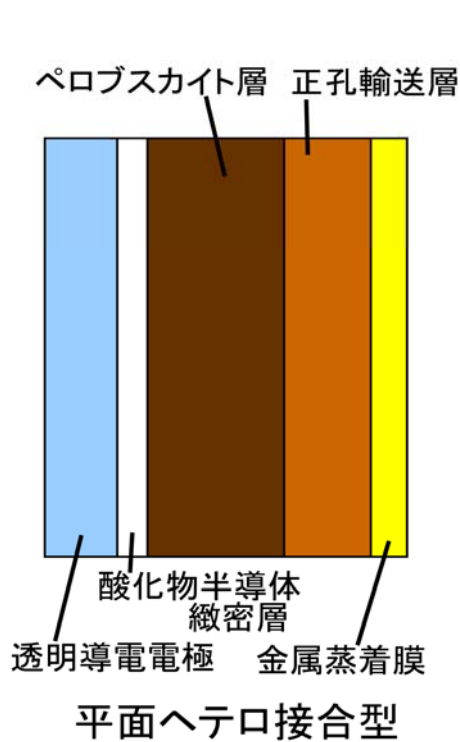
(1) ナノ構造型

"mesoscopic"  
perovskite solar cell



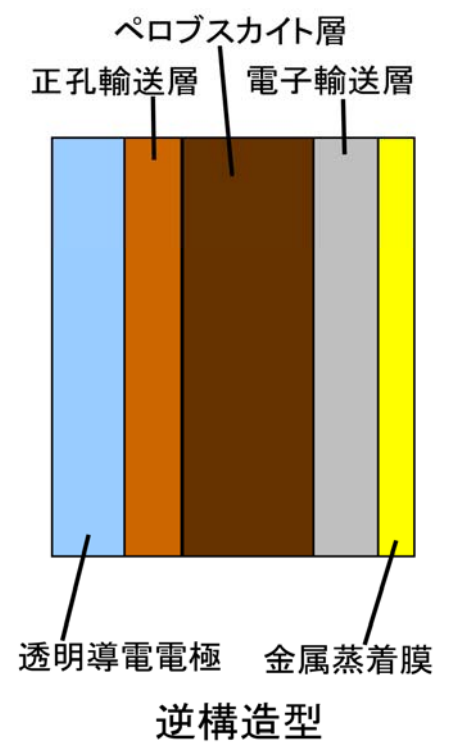
(2) 平面ヘテロ接合型

"planar"  
perovskite solar cell

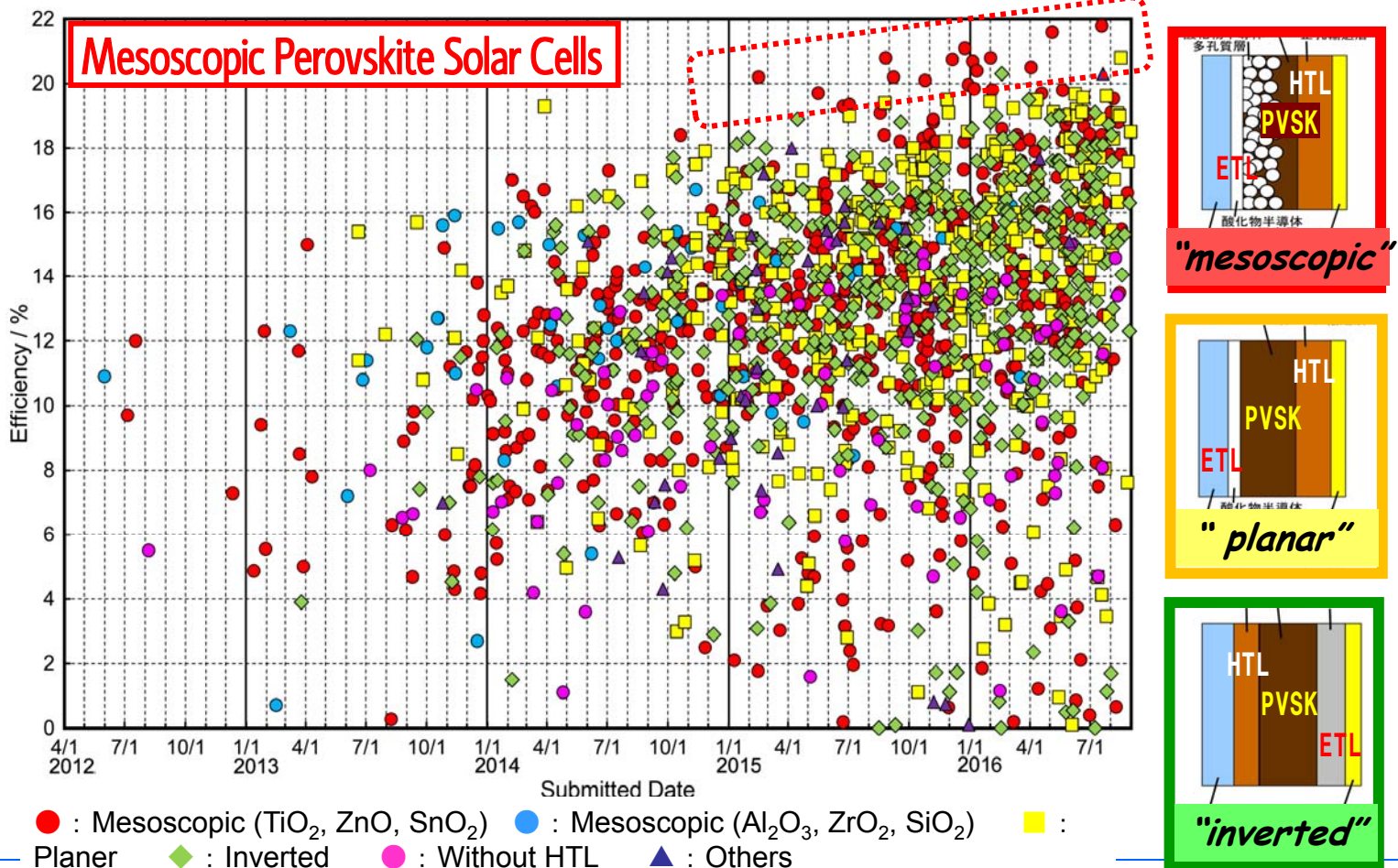


(3) 逆型(有機薄膜類似)

"inverted"  
perovskite solar cell



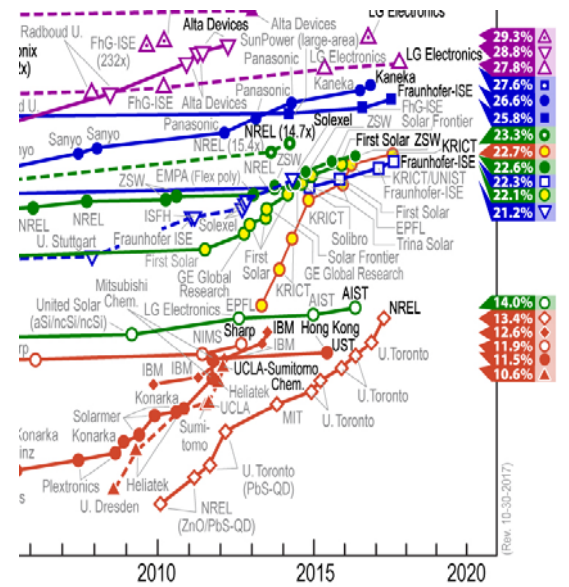
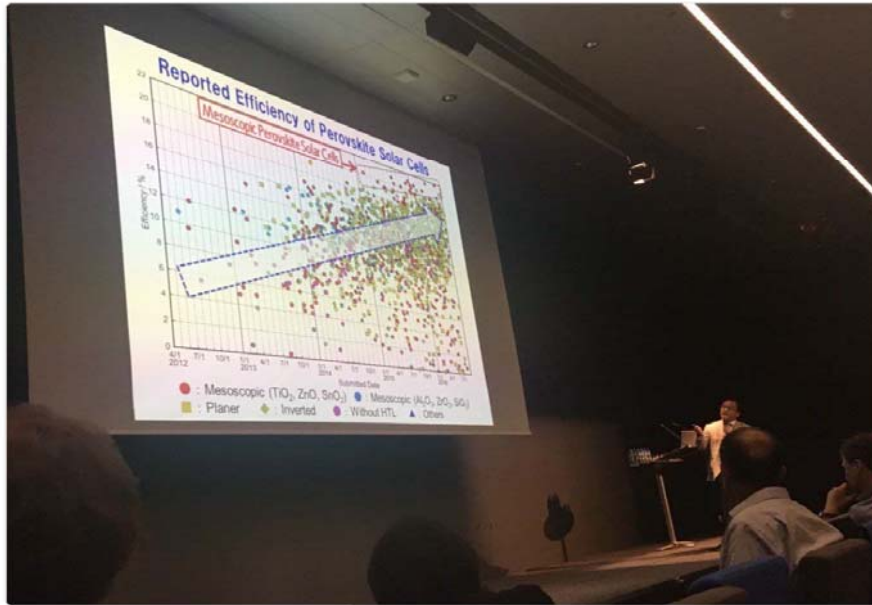
## PSCの変換効率: 構造依存性 (2012~2016)



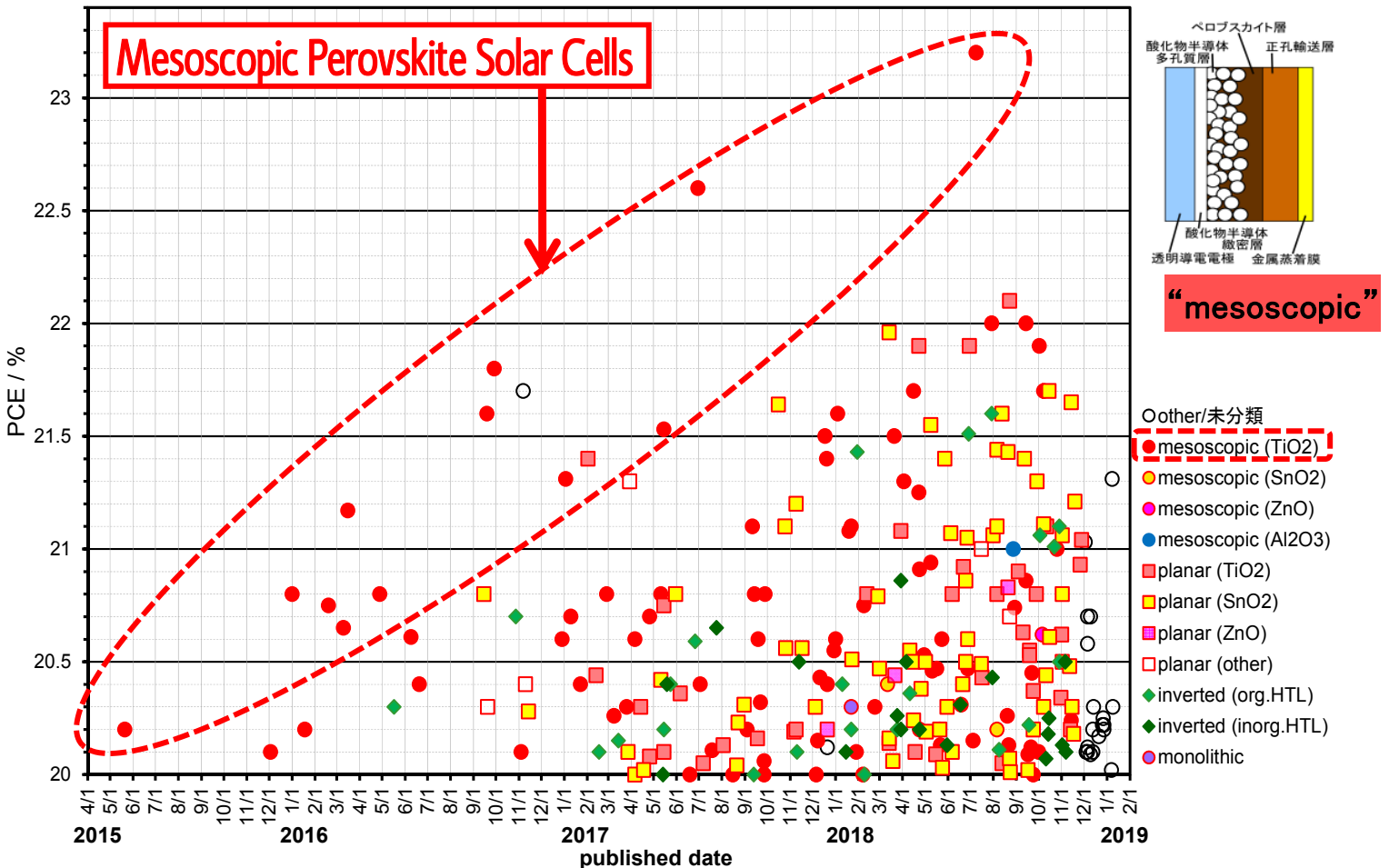
# ペロブスカイト太陽電池に関する東大の発表はJouleのHPに



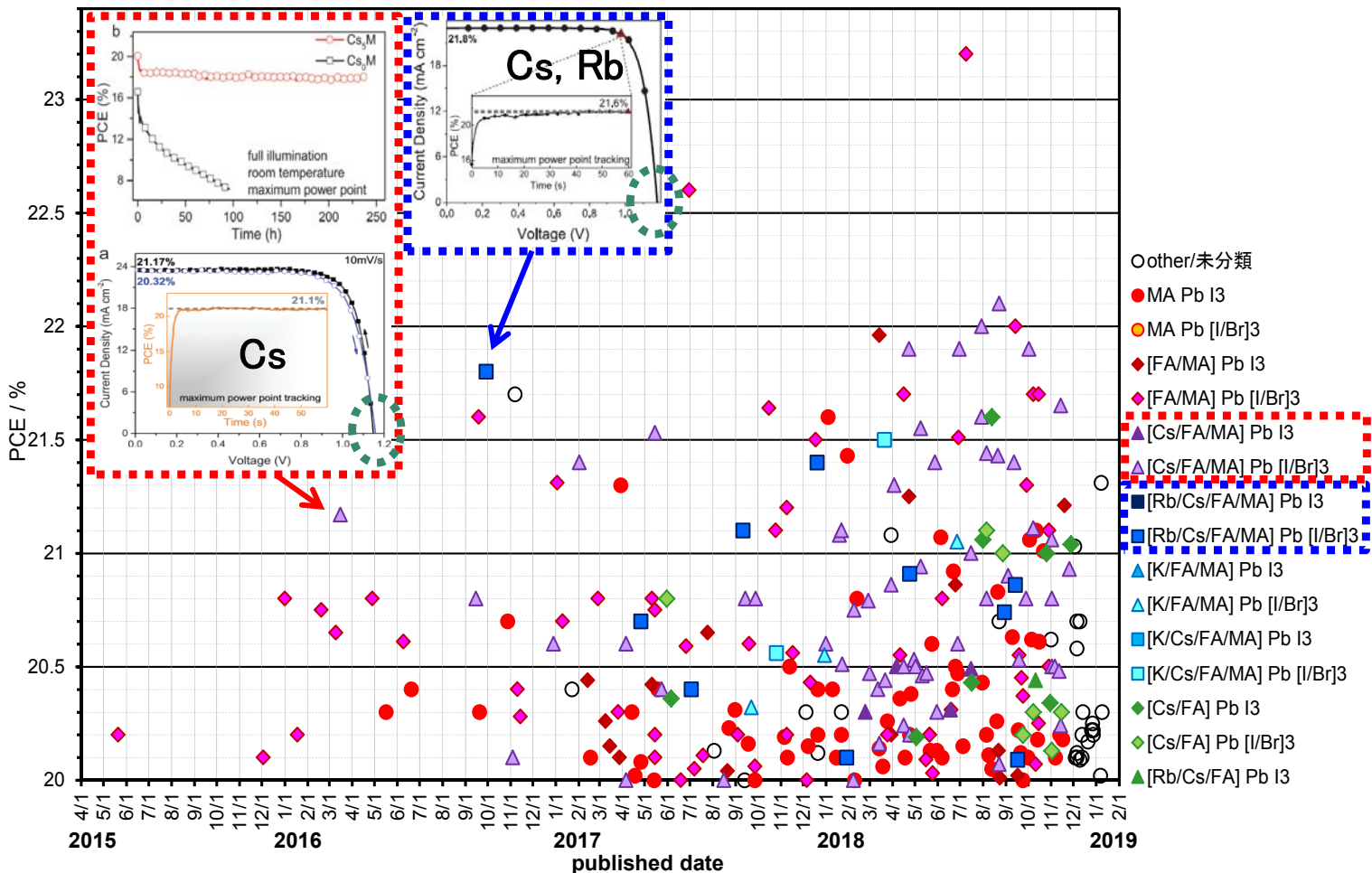
Nice plot! Recent development of #perovskite solar cells reported at #HOPV2017 by Prof. Hiroshi Segawa @UTokyo\_News



## PSCの変換効率: 20%以上 (2015~2019) 構造



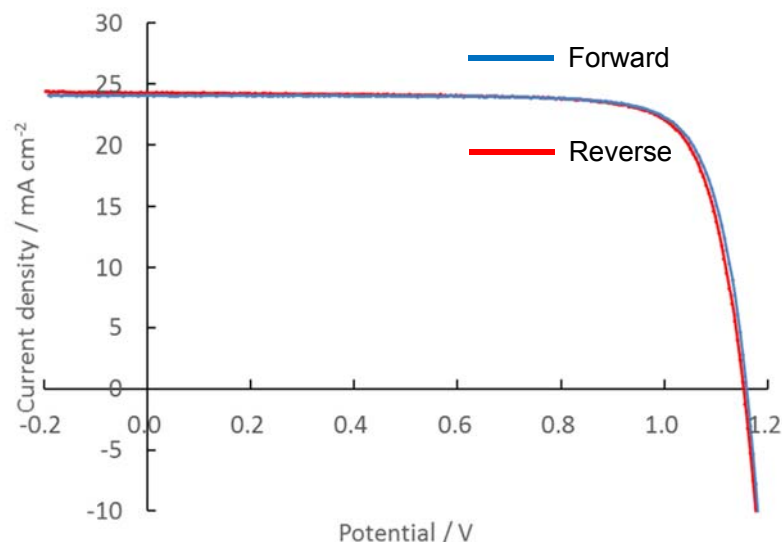
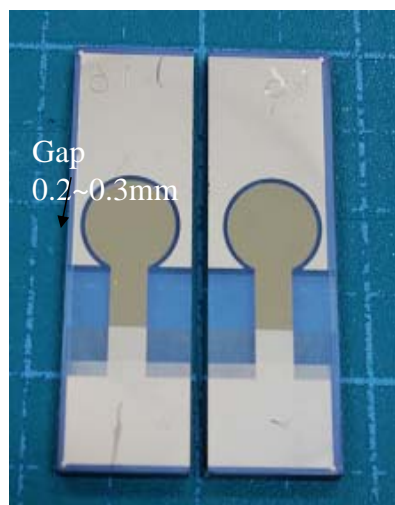
# PSCの変換効率:20%以上(2015~2019) 組成



## The Abundance of Elements in Earth's Crust

Element	Abundance in crust <i>(Barbalace, Kenneth. "Periodic Table of Elements")</i>		Annual production Tonnes / Year
O	46.60%	474,000 ppm	100,000,000 tons
Si	27.72%	277,100 ppm	3,880,000 tons 5000 tons electronic grade
K	<b>2.59%</b>	<b>21,000 ppm</b>	KI ¥15/g <b>36,000,000 tons</b>
Ti	0.44%	5,600 ppm	99,000 tons
Rb	<b>0.03%</b>	<b>90 ppm</b>	RbI ¥1150/g <b>9 tons</b> ←
Pb		<b>14 ppm</b>	<b>2,800,000 tons</b>
Cs		<b>3 ppm</b>	CsI ¥368/g <b>20 tons</b> ←
I		<b>0.14 ppm</b>	<b>30,000 tons</b>

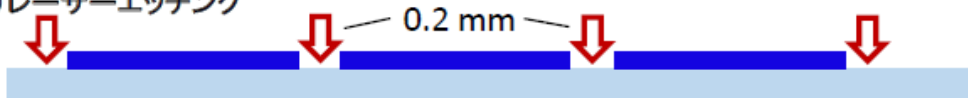
## カリウムドープペロブスカイト太陽電池の性能向上

PCE=22.3% for 0.187 cm<sup>2</sup> (ap) cells

Scan	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	$V_{oc} / \text{V}$	FF	PCE / %	HF
Forward	24.29	1.153	0.790	22.1	0.009
Reverse	24.07	1.159	0.800	22.3	

## カリウムドープPSCの3直列モノリシックミニモジュール

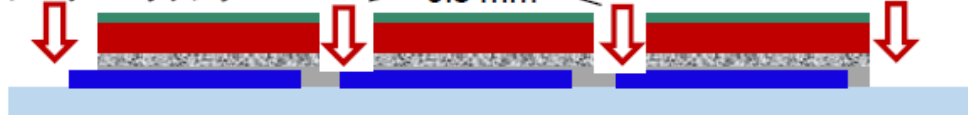
(1)レーザーエッチング



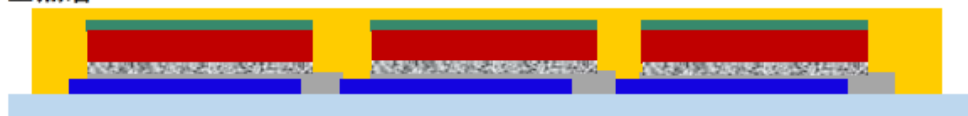
(2)緻密層・メソポーラス層・ペロブスカイト・HTL製膜



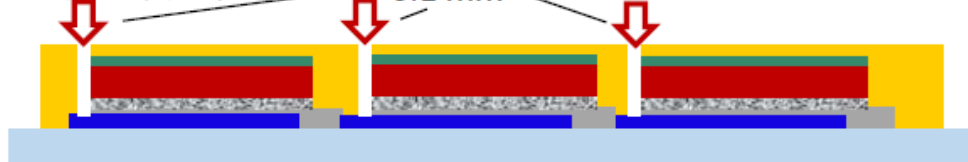
(3)レーザーエッチング



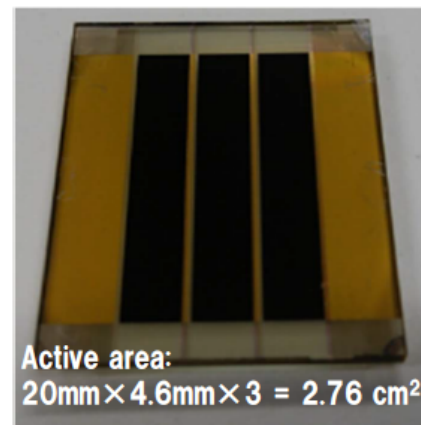
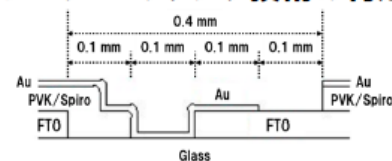
(4)金蒸着



(5)レーザーエッチング

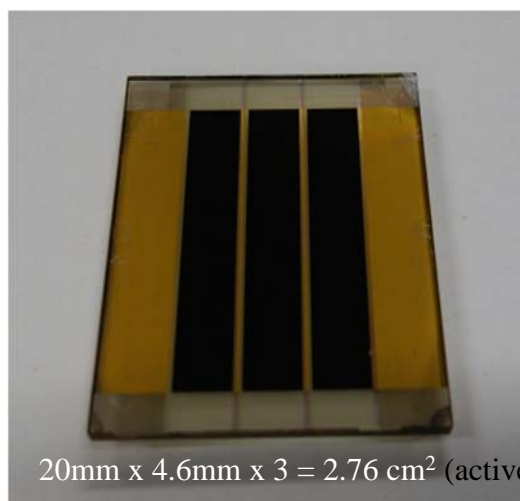
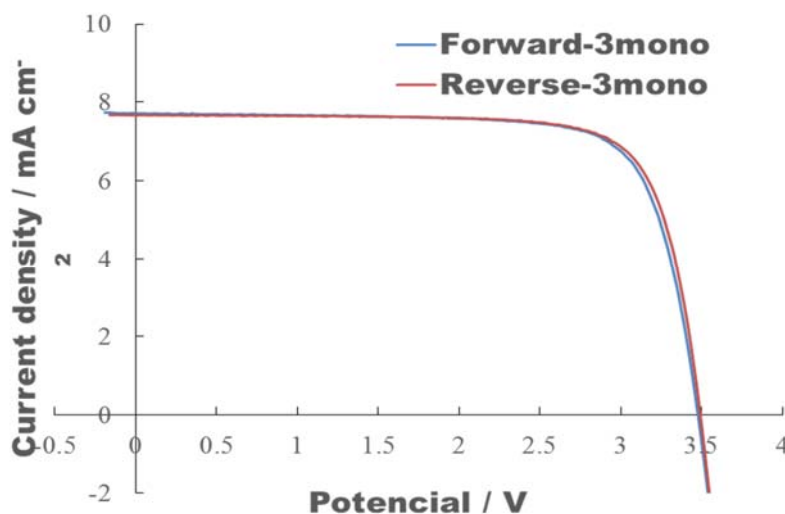


レーザーエッチング技術の利用

Active area:  
20mm×4.6mm×3 = 2.76 cm<sup>2</sup>20mm × 4.6mm × 3 = 276mm<sup>2</sup>  
20mm × 0.4mm × 2 = 16mm<sup>2</sup>  
開口率95%

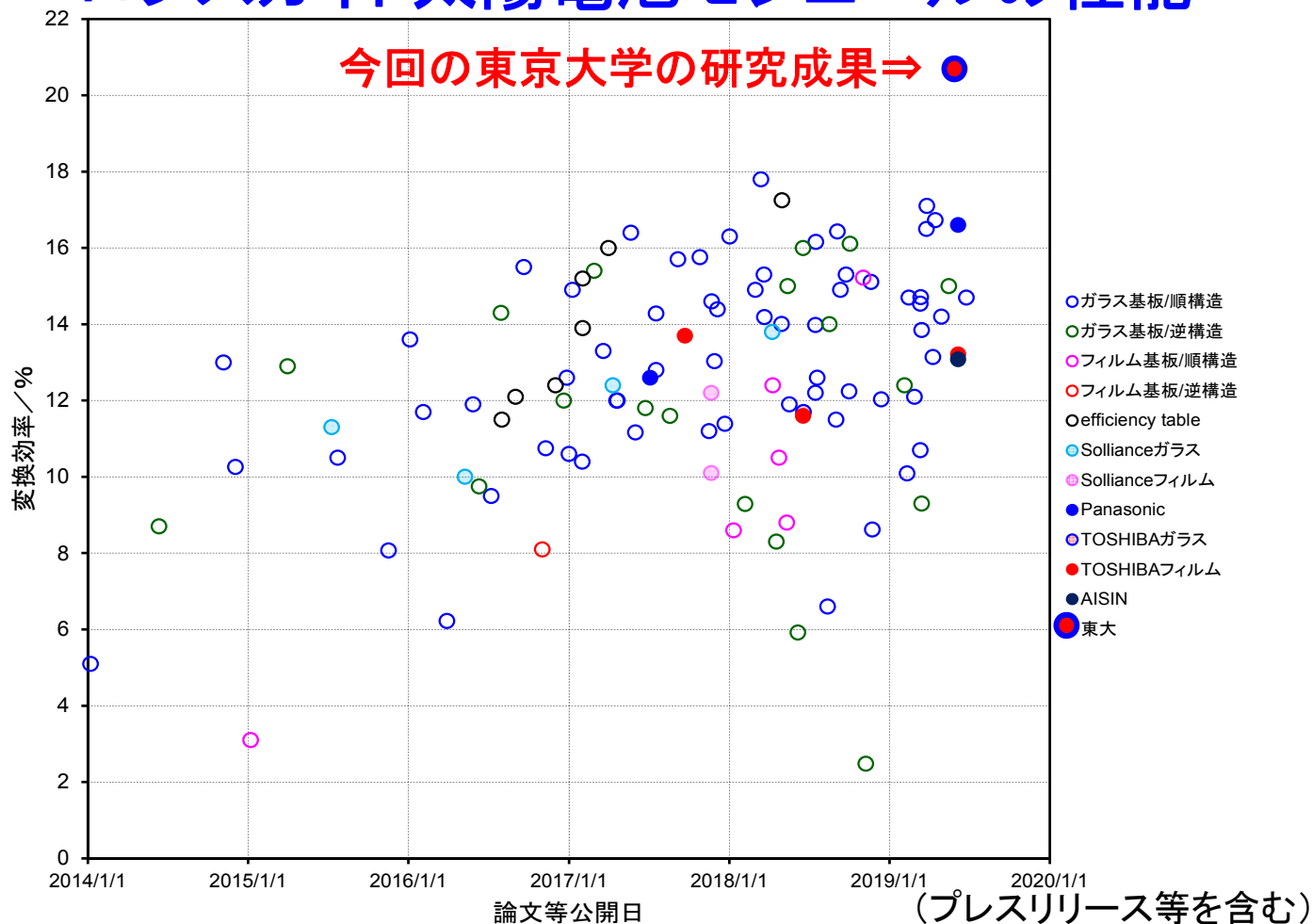
# カリウムドープPSCの3直列モノリシックミニモジュール

## PCE > 20.5% for 2.76 cm<sup>2</sup> monolithic mini-module

20mm x 4.6mm x 3 = 2.76 cm<sup>2</sup> (active area)

Scan	$J_{sc}$ / mA.cm <sup>-2</sup>	$V_{oc}$ / V	FF	PCE / %	HF
Forward	7.717	3.477	0.763	20.5	0.011
Reverse	7.667	3.492	0.773	20.7	

## ペロブスカイト太陽電池モジュールの性能

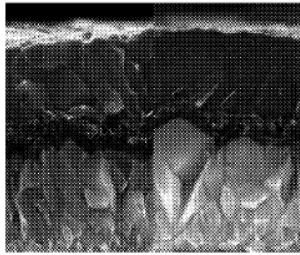
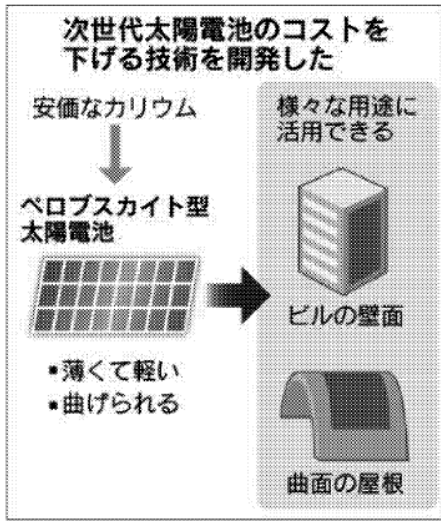




# 曲がる太陽電池安く製造

## 東大、カリウム代用し開発

東京大学の瀬川浩司教授らは薄く曲げられるペロブスカイト型太陽電池を安価に製造する技術を開発した。希少金属（レアメタル）を地球に豊富に存在する安価なカリウムに置き換えた。光を電気に変換する効率は20%を超えており、高い性能を維持した。数年後に実用化のメドとなる約30センチ角の大型の試作を目指す。



## 高性能を維持 耐久性に課題

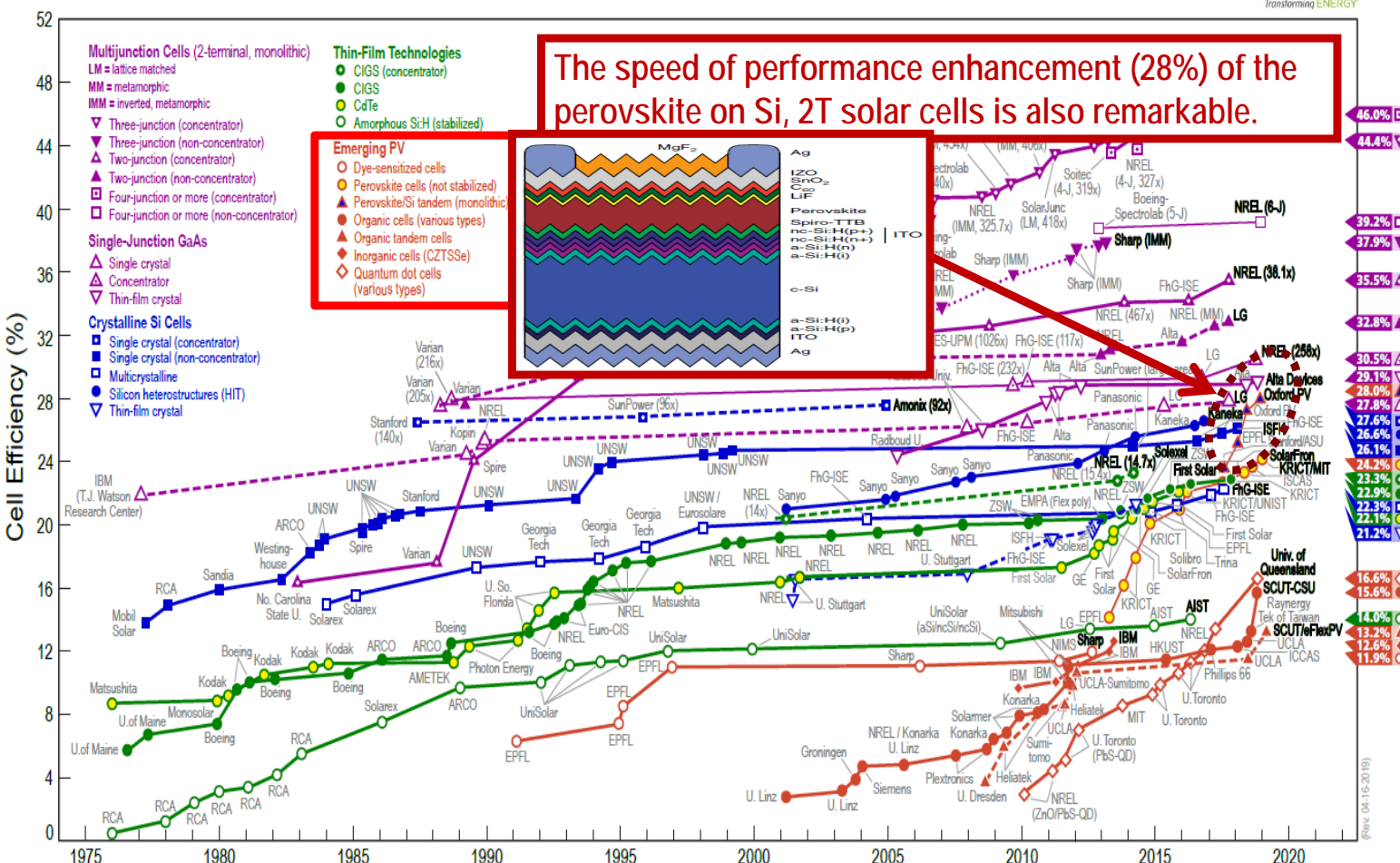
ペロブスカイト型太陽電池は、ペロブスカイトという結晶構造をもつ特定の物質などを基板に印刷するだけで簡単に作製できる。薄く曲げられる様々な場所に利用できる安価な次世代の太陽電池として期待されている。光を電気に変換する材料に、これまではルビジウムやセシウムなどの希少金属を混ぜることで、変換効率や耐久性を高めていた。研究チームはルビジウムやセシウムに性質が似たカリウムに注目した。カリウムを混ぜた最上層の材料には亀裂がなく、電子などが動きやすい。東大の瀬川教授提供

# 世界で加熱する「ペロブスカイト太陽電池開発競争」




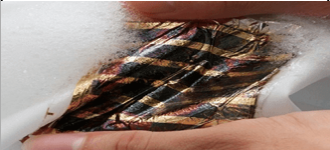
## Best Research-Cell Efficiencies



The speed of performance enhancement (28%) of the perovskite on Si, 2T solar cells is also remarkable.



# 次世代太陽電池の出口戦略

用途	系統連携 vs オフグリッド	要求項目	ペロブスカ イト単セル	ペロブスカイト系 タンデム	競合技術
メガソーラー向けPV 	系統連系	低価格、 高効率、 高耐久性、 耐環境性	大面積化、 耐久性向上 などが課題	ペロブスカイト/ Si ペロブスカイト/ CIGS	既存SiPV 高効率化で差 別化できるか
住宅向けPV・BIPV 	系統連系 オフグリッド	施工の容易さ、 軽量性、 安全性、 高効率・小面積	フレキシブルペロ ブスカイトの 実用化	ペロブスカイト/ CIGS ペロブスカイト/ ペロブスカイト	薄膜PV、OPV 軽量・安全・高 効率PVで市場 開拓
車載・移動体PV 	オフグリッド	強度、 安全性、 デザイン、 高効率	塗布製造技 術が課題	ペロブスカイト/ CIGS ペロブスカイト/ ペロブスカイト	バッテリーの高 性能化、無線充 電 技術開発の速 度で対抗
IoT向け超小型PV 	オフグリッド	ICチップサイズ (超小型)	デバイスと の親和性、 使い捨て	ペロブスカイト/ ペロブスカイト	振動発電・温度 差発電・DSC 利用範囲の広さ、 価格、性能で対 抗

## 技術研究組合 田中千秋理事長

住所：〒153-8904東京都目黒区駒場4-6-1  
 東京大学 先端科学技術研究センター  
 産学連携新エネルギー研究施設内  
 有機系太陽電池技術研究組合  
 (環境エネルギー研究棟 4階 458号室)

E-mail : rato@solarcells.jp

URL : <http://www.solarcells.jp/>



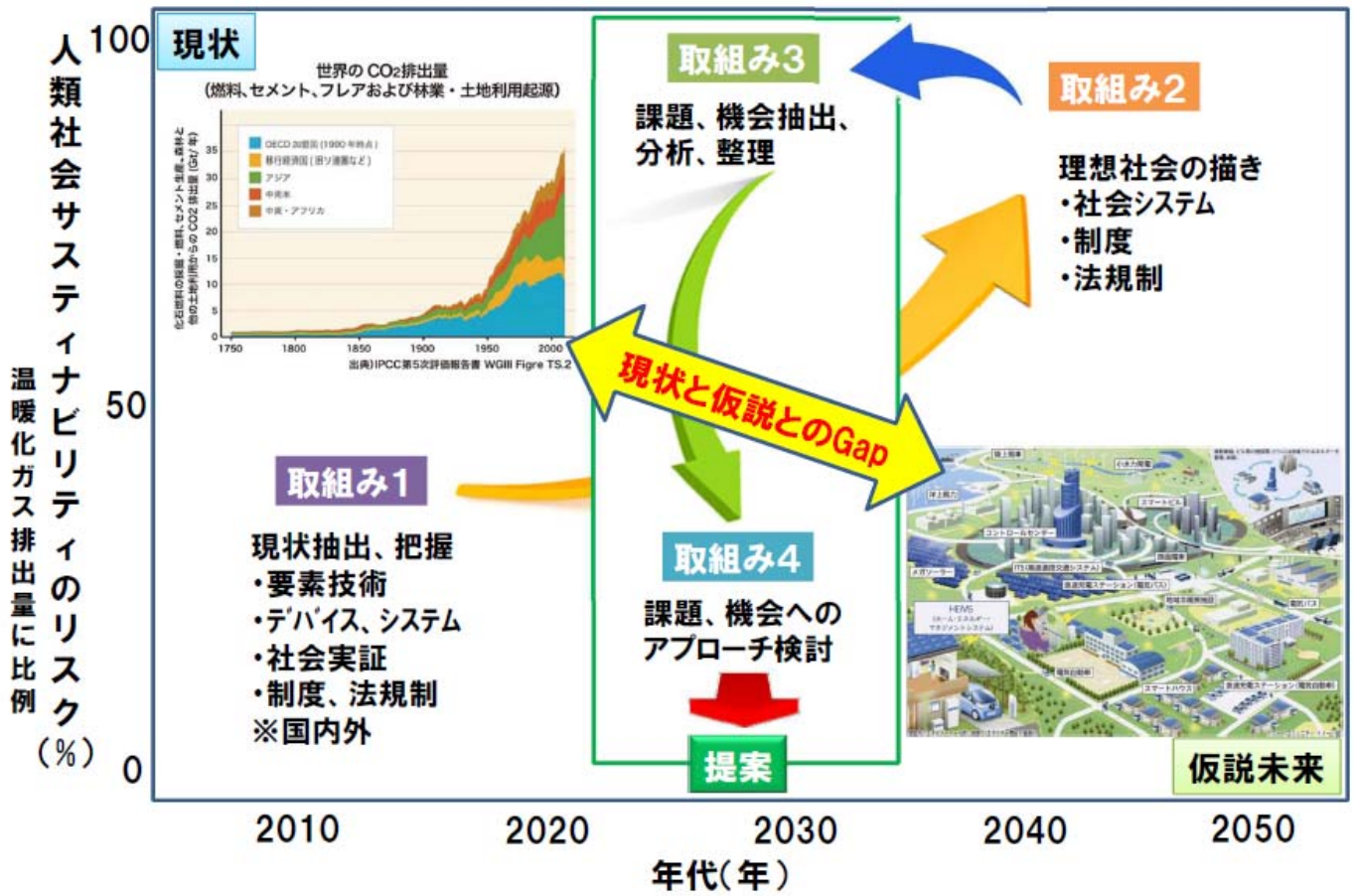
東京大学駒場リサーチキャンパス

# RATO

Research Association for Technology Innovation of Organic Photovoltaics

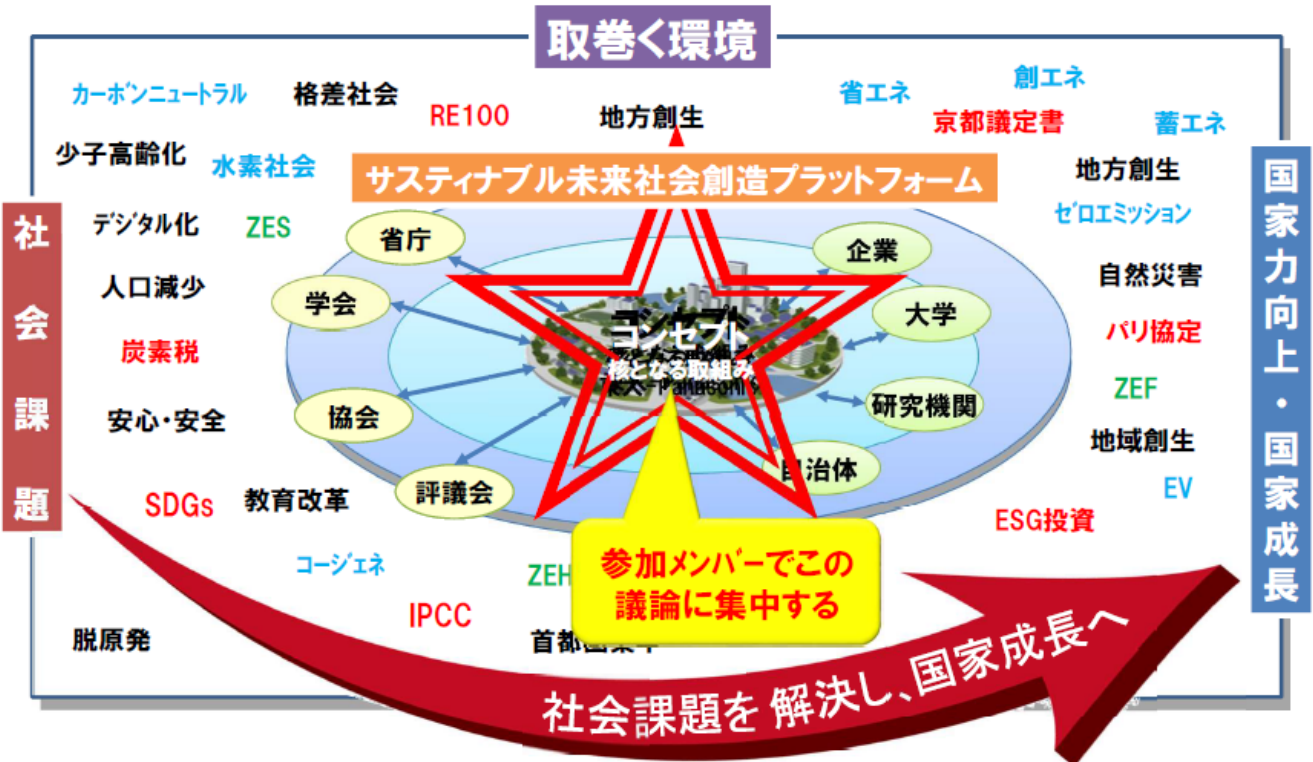
## 有機系太陽電池技術研究組合

# 東京大学ーパナソニック 未来社会創造プラットフォーム

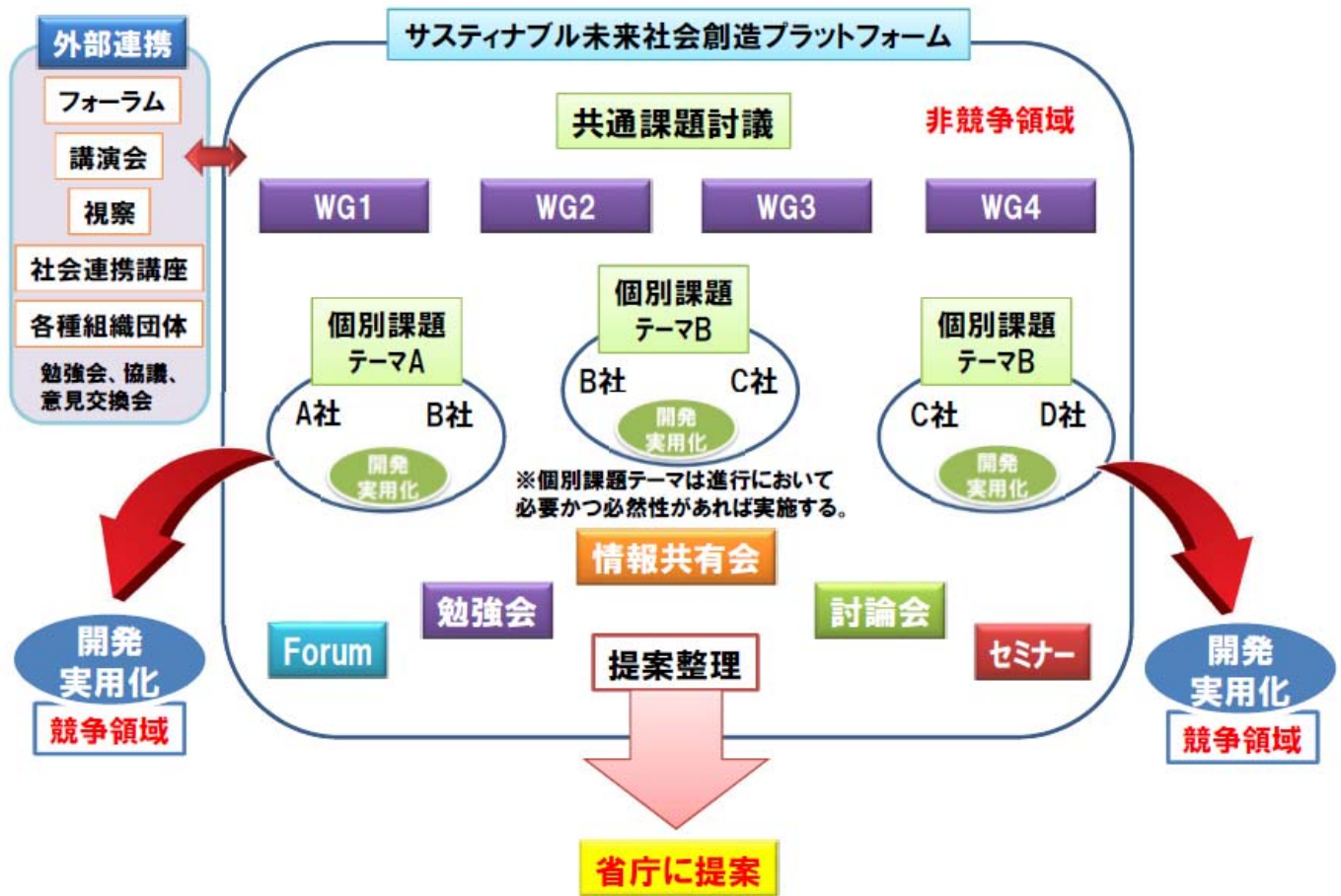


# 東京大学ーパナソニック 未来社会創造プラットフォーム

1. 日本のエネルギーシステムのあるべき姿の追究と実現
2. 地域創生を機軸とした日本のあるべき姿の追究と実現



# 東京大学ーパナソニック 未来社会創造プラットフォーム



# 東京大学ーパナソニック 未来社会創造プラットフォーム

