

鉛を含まない ペロブスカイト太陽電池

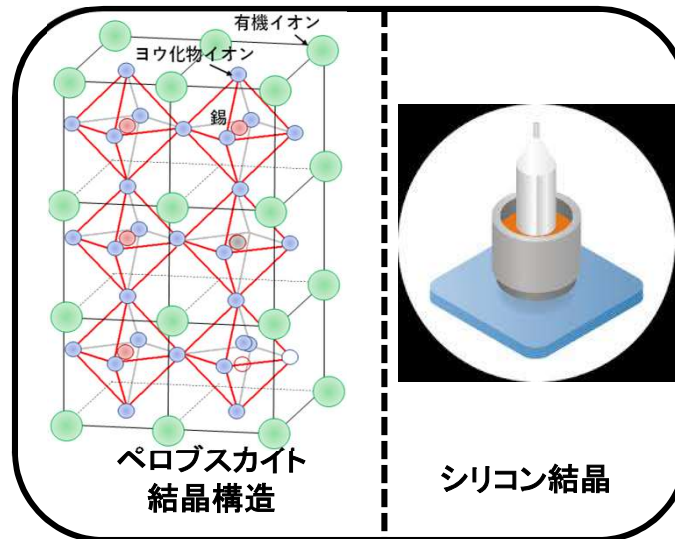
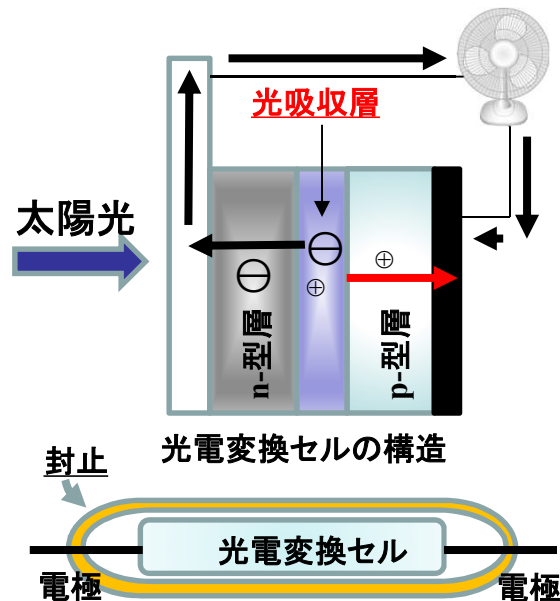
電気通信大学

i-パワードエネルギー・システム研究センター
特任教授 早瀬修二

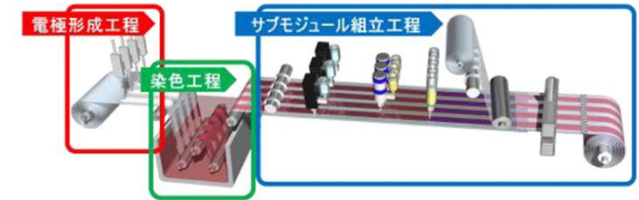
2021年5月28日

従来技術とその問題点

ペロブスカイト太陽電池の構造と特徴：高効率・フレキシブル・軽量



ペロブスカイトPV作製の利点
ロールtoロール印刷プロセス



https://www.sekisui.co.jp/news/2017/1302064_29186.html

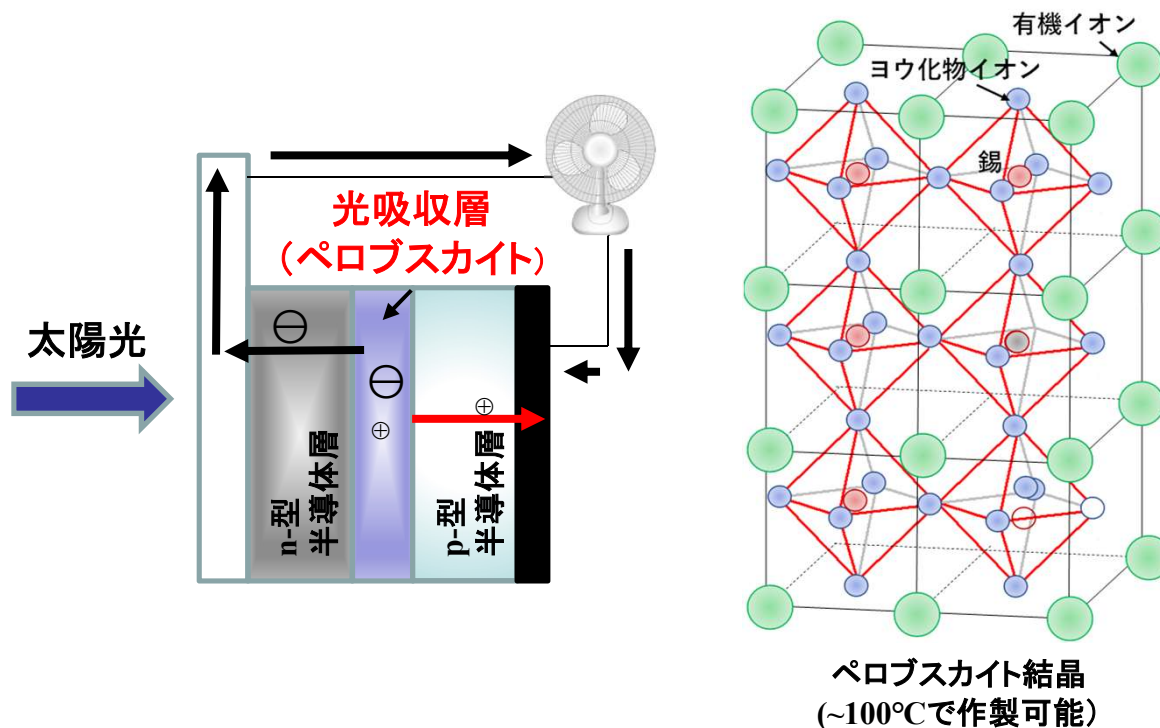
<https://ferrotec-silicon.com/ja/product/method/>

種類溶液	光吸収層	効率	プロセス温度	基板
ペロブスカイト太陽電池(含鉛)	ペロブスカイト(インキ) (0.2-0.5μm)	25.5%	100℃ (溶液塗布)	プラスチック基板 (軽量・フレキシブル) (1-4kg/m ²)
シリコン太陽電池	シリコン (200-300μm)	26.7%	1500℃ (熔融)	ガラス基板 (12-15kg/m ²)

新技術の特徴・従来技術との比較

これまでのペロブスカイト太陽電池の課題(鉛を含有)と解決方法

ペロブスカイト層に鉛イオン(Pb^{2+} 、重量比 30%)が含まれている。
環境問題、リサイクルが複雑



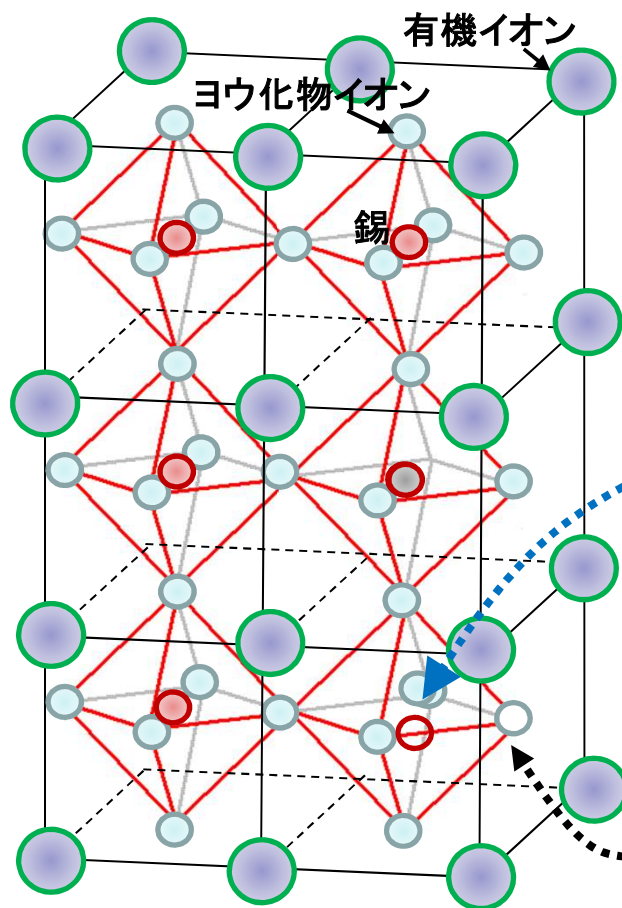
Pb^{2+} 鉛 $\Rightarrow$ Sn^{2+} 錫

錫ペロブスカイト
太陽電池を提案
問題点: 効率がまだ低い
原因: 不純物、結晶欠陥

RoHS指令

電気・電子製品に使用することを原則禁止: 鉛・水銀・六価クロム・カドミウム……

性能を低下させる格子欠陥と性能向上のための独自技術



一般式: ABX_3

A: 有機アンモニウムイオン $MeNH_3^+$ 、無機イオン Cs^+ など

B: Pb^{2+} , Sn^{2+}

X: I, Br, Cl

錫イオンの欠損防止

- Ge^{2+} イオンのドーピングにより欠陥密度の減少に成功
J. Phys. Chem. Lett., 2018, 9, 1682–1688,
Nano Energy 2019, 58, 130–137
- バンドエネルギーの最適化により深い電荷トラップ密度を低減することに成功
Nano Energy, 2020, 74, 104858,
ACS Appl. Mater. Interfaces, 2019, 11, 31105–31110.

ヨウ素イオンの欠損防止

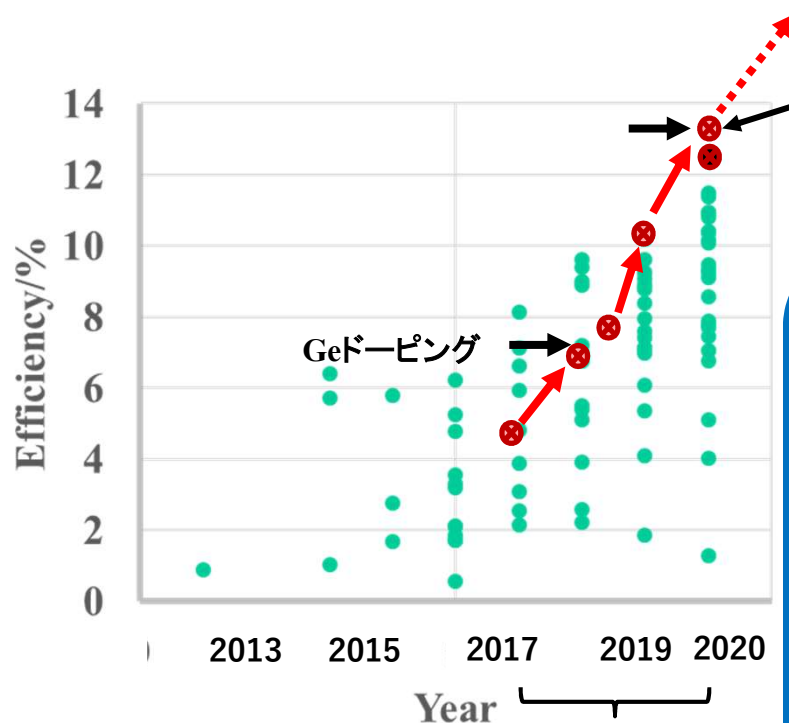
- 粒界を $NH_2-(CH)_2-(CH)_2-NH_2$ でパッシベーションし欠陥密度の減少に成功
J. Phys. Chem. Lett. 2019, 10, 5277–5283.

結晶欠陥密度減少

世界の(鉛フリー)スズペロブスカイト太陽電池効率と電通大技術

鉛フリーペロブスカイト太陽電池の
光電変換効率向上推移と独自技術

JST 未来社会創造・探索研究・
地球規模課題である低炭素社会の実現・成果



3年で5%→13%に向上

特性(光電変換効率)でも世界をリード

鉛フリー型太陽電池開発の最先端技術により
世界最高値(13.2%)を達成(2020年)

電通大特許提案

WO2019/139153

ペロブスカイト化合物およびこれを用いた光電変換素子

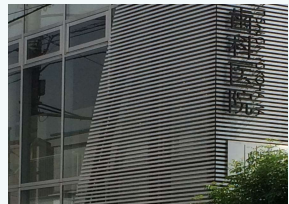
鉛を含まないペロブスカイト太陽電池の課題は高効率化である。錫イオンを含むペロブスカイト太陽電池の光電変換層にGeイオンをドーピングすることにより、安定性、効率を向上させることができる。

独自技術の「高純度化技術」、「プロセス技術」、「結晶欠陥密度減少技術」をさらに発展させ20%を達成する。技術課題は鉛ペロブスカイトと同じであり、同様の効率向上が期待できる。

想定される用途

軽量・フレキシブルで達成される太陽電池の新たな市場

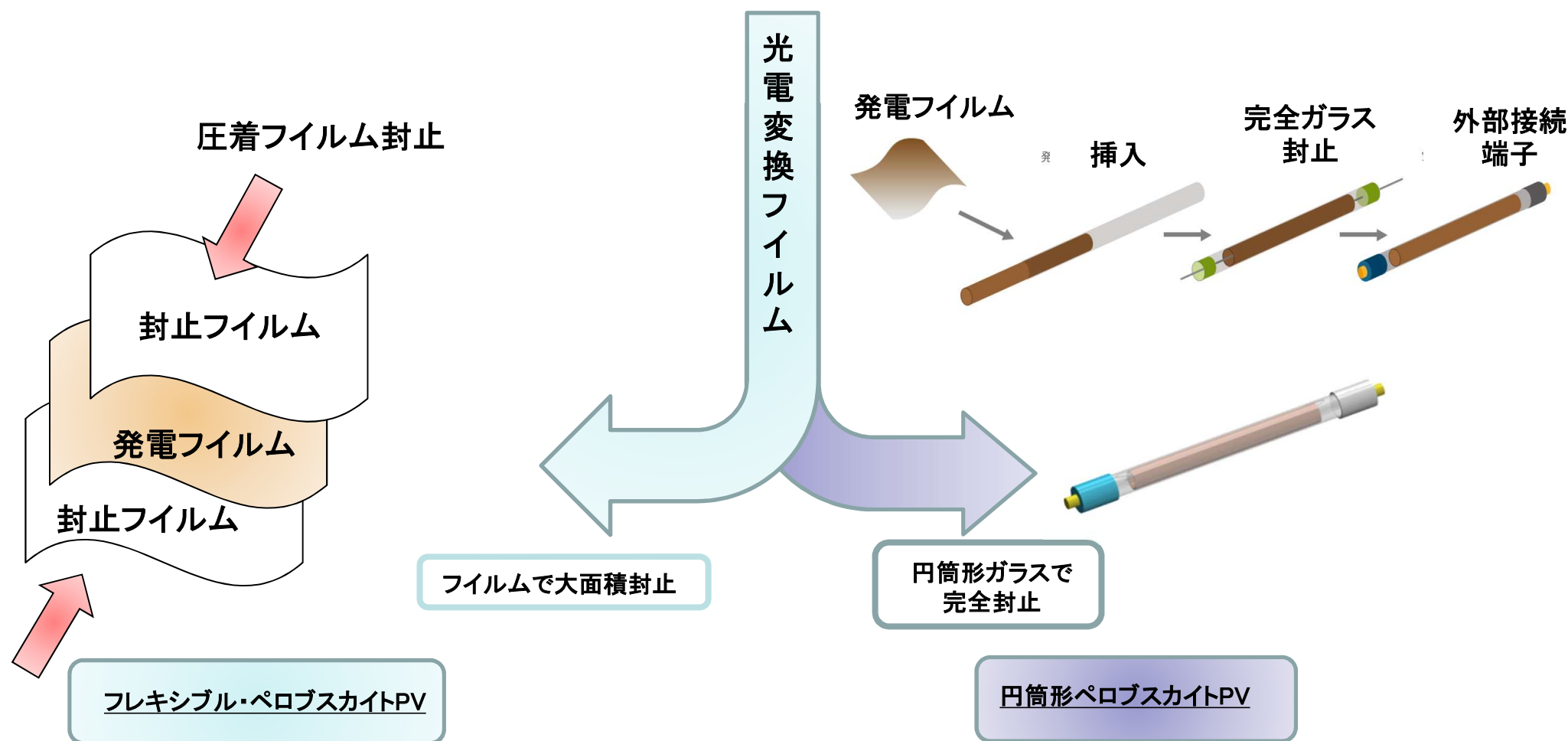
参考 太陽電池の累積導入量(日本):63GW (20019);大型タービン発電一基 1GW

応用分野	具体例	内容	市場規模	参照
<u>ソーラーシェアリング</u>		* ソーラー シェアリング (農電併産)	日本市場:1.2兆円 農地の0.5%を利用 と仮定	低炭素社会戦略センター太陽光 発電システム(Vol.5)
<u>壁面設置 (シースルー)</u>		集合住宅の壁 (垂直設置)	日本市場:30GW (約1-2兆円) (システム価格)	屋上設置(15GW)
<u>移動体</u>		** 車載用電源 ハイブリッド車	世界市場:500万台 (2025年)約1兆円 以上	

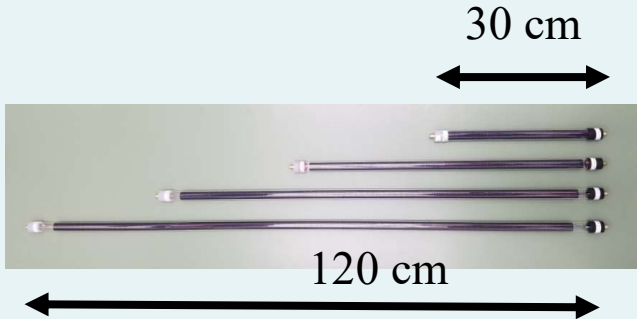
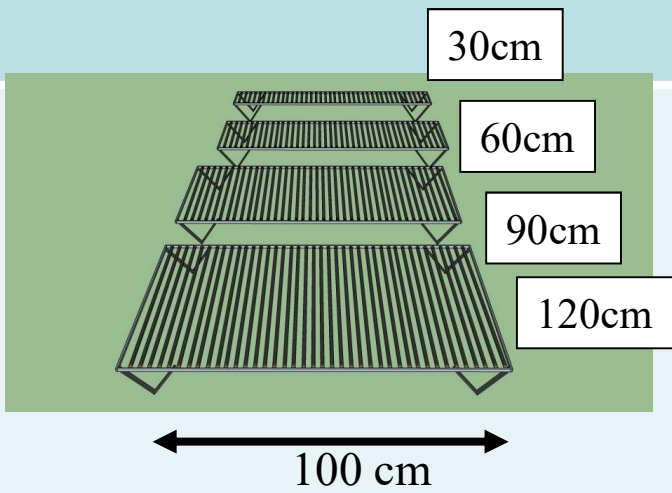
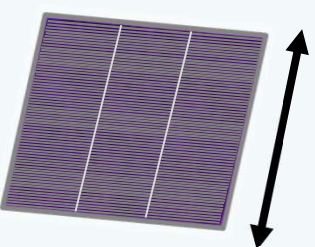
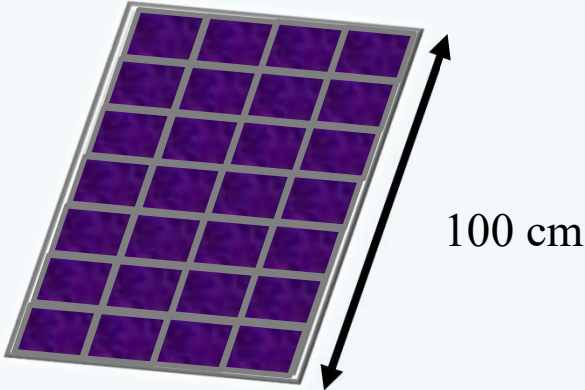
*J. Phys.: Conf. Ser. 379 012002,(2012)

**<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/28781301.html>

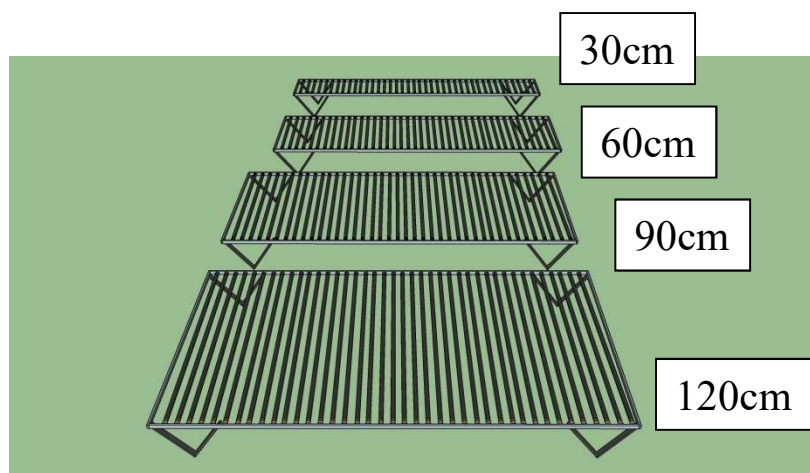
封止形態の違い フレキシブル太陽電池と円筒形太陽電池



円筒形太陽電池とは

	Cell	Module
Cylindrical solar cell	 30 cm 120 cm	 30cm 60cm 90cm 120cm 100 cm
Flat solar cell (Conventional)	 15-20 cm	 100 cm

モジュールサイズと出力



Now

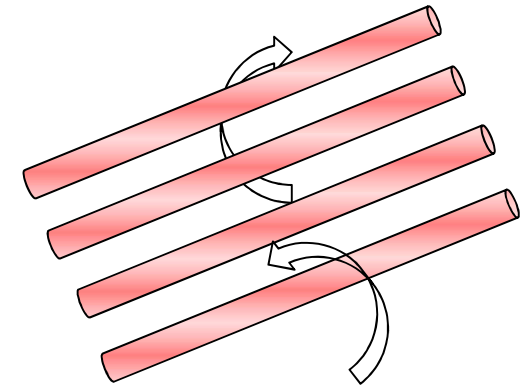
Length (cm)	Output (W)	Module size(m ³)
30	20	$1.6 \times 0.38 \times 0.05$
60	40	$1.6 \times 0.68 \times 0.05$
90	60	$1.6 \times 0.98 \times 0.05$
120	80	$1.6 \times 1.28 \times 0.05$

Target on our project

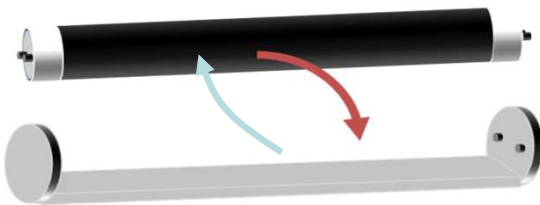
Length (cm)	Output (W)	Module size(m ³)
30	60	$1.6 \times 0.38 \times 0.05$
60	120	$1.6 \times 0.68 \times 0.05$
90	180	$1.6 \times 0.98 \times 0.05$
120	240	$1.6 \times 1.28 \times 0.05$

円筒形太陽電池の利点

	Flat Si solar cells	Cylindrical solar cells
Module weight (kg/m²)	12~16	4.2
Durability to wind and snow	×	○
Mount	Heavy	Light
Installation	Hard	Easy



Wind pressure



**Installed and changed easily
just like Fluorescent light**

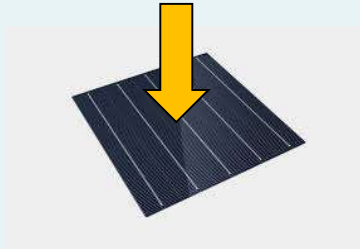
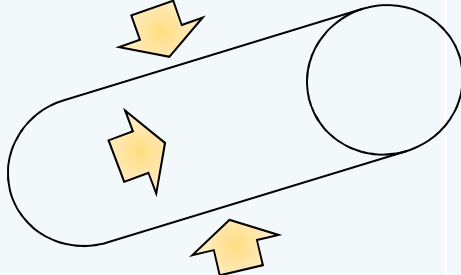


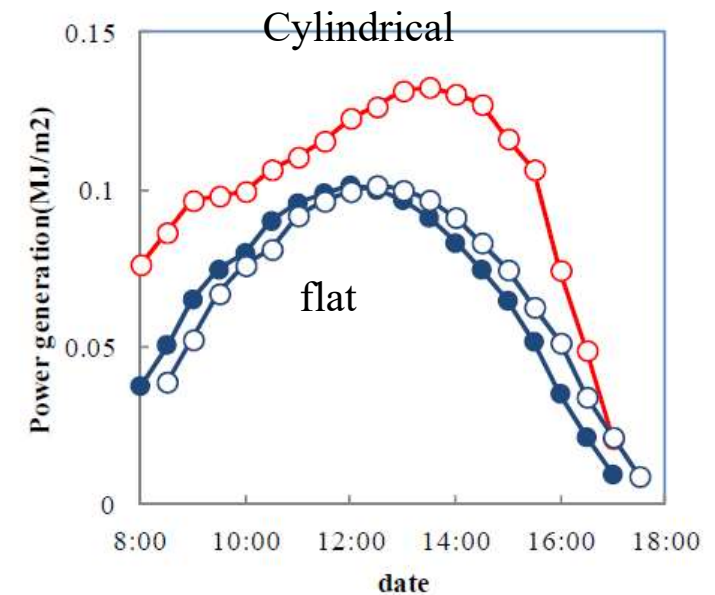
**Mount for cylindrical
solar cells**

J. Phys.: Conf. Ser.
379 012002,(2012)

円筒形太陽電池の利点

一日の全発電量が平板型太陽電池よりも多い

	Direction of incident light generating electric power	Total electric power in a day (relative)
Flat solar cells (Conventional)	Only light from upside 	1.0
Cylindrical solar cells	Light from all angles 	1.5



Electric power generation in a day
(Cells with the same efficiency (8%))

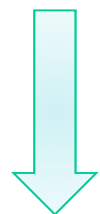
実用化に向けた課題と企業への期待

小面積セルの高効率化
電気通信大学



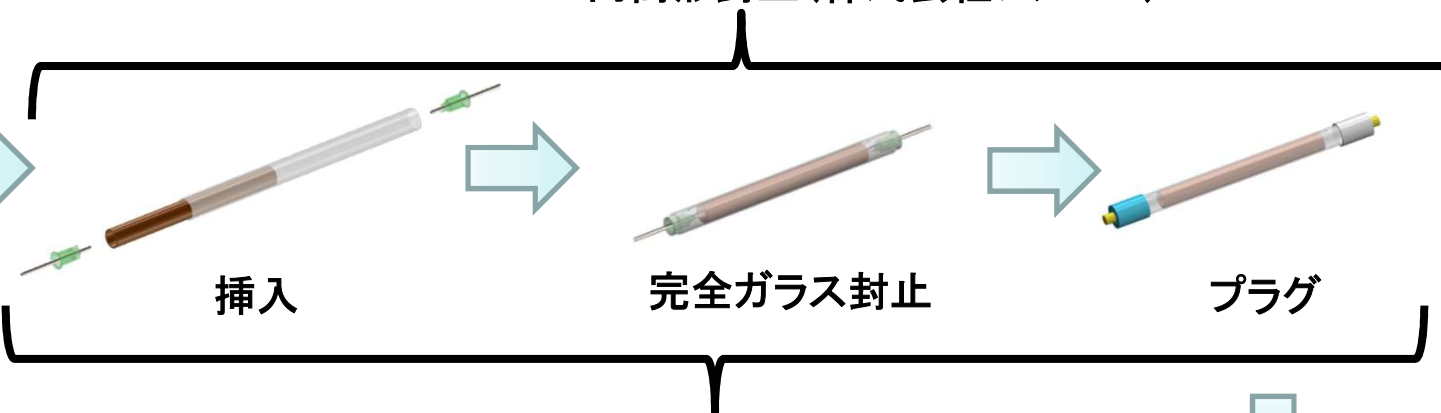
フレキシブル
光電変換シート

大面積化
(求・産学連携)



フィルム封止
フレキシブル太陽電池

円筒形封止(株式会社フジコー)



半自動円筒形太陽電池セル製造装置
(CKD 株式会社)



新市場



モジュール

J. Phys.: Conf. Ser.
379 012002,(2012)

太陽電池システム
(ウシオ電機株式会社)

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ペロブスカイト化合物およびこれを用いた光電変換素子
- 出願番号 : WO2019/139153
- 出願人 : 電気通信大学
- 発明者 : 早瀬修二

お問い合わせ先

**電気通信大学 産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス**

T E L 042-443-5871

e-mail onestop@sangaku.uec.ac.jp