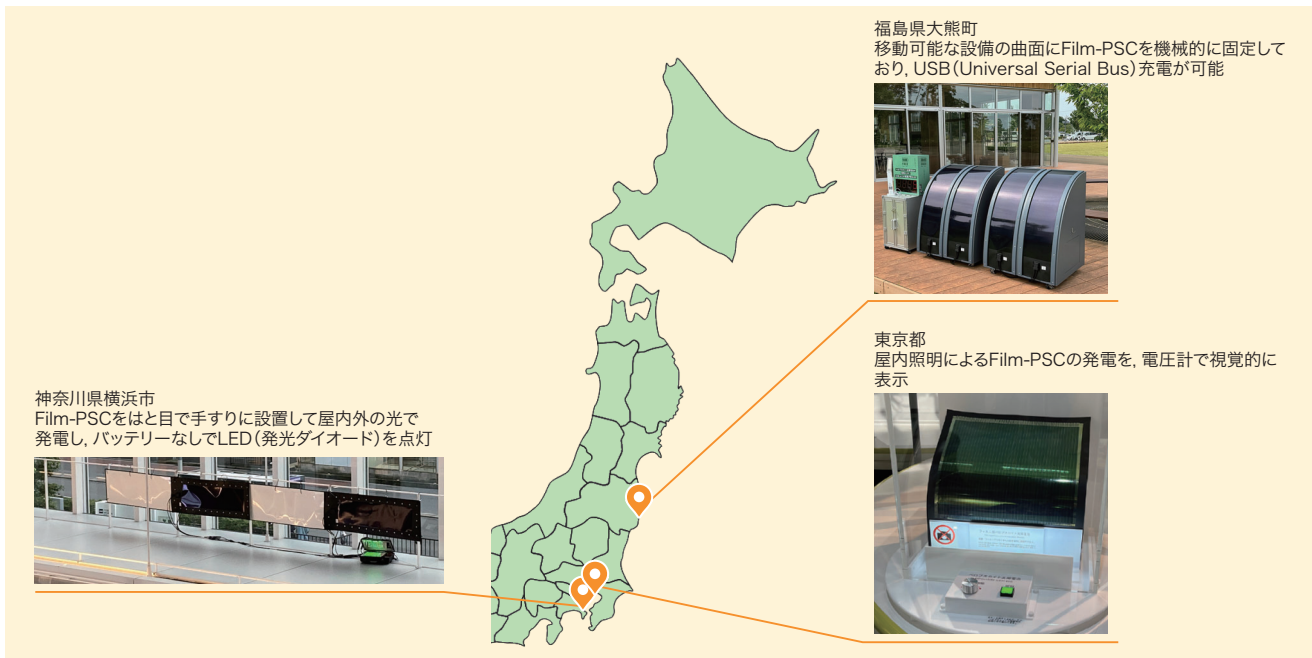


## ペロブスカイト太陽電池の社会実装に向けた自治体との連携による実証実験の推進



各自治体でのペロブスカイト太陽電池の実証実験  
Demonstration experiments of perovskite solar cells for municipalities

再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）の普及に向けて、これまでメガソーラーなどに結晶シリコン太陽電池などが設置されてきた。しかし、急峻な地形が多い国内では適地が少なく、従来技術の延長では、現状以上の普及が難しい。

フィルム型ペロブスカイト太陽電池 (Film-PSC : Film-based Perovskite Solar Cells) は、2009年に基本原理が発表された。結晶シリコン太陽電池と同程度の効率を見込めるポテンシャルと、軽量・柔軟という特長を持つため、従来は困難であった場所への設置が可能で、次世代太陽電池として期待されている。

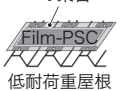
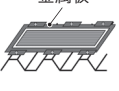
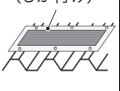
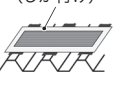
Film-PSCの応用技術は、発表から10年以上たった現在でも確立されていない。発電量や、耐久性、設置方法、電気の利活用法、メンテナンス方法など、数多くの課題に対して技術開発や提案を行っていく必要がある。一方で、各自治体で再エネの導入に向けた制度整備に取り組むために、Film-PSCに関する見識を深めたいという要望がある。今回、再エネの普及に特に力を入れている複数の自治体と連携して、次のような実証実験を開始した。

- (1) 福島県大熊町 役場内のガラスの内側や屋外のひさし周辺などに設置したFilm-PSCによる発電電力の小容量電力への利用可能性検証
- (2) 神奈川県横浜市 はと目を利用した新たなFilm-PSCの設置方法の検証と、市庁舎の周囲環境（時間、天候、影）を考慮した発電量評価
- (3) 東京都 都市部の施設インフラ室内にFilm-PSCを設置した場合の発電継続性（劣化）評価

自治体における実証実験を通じて、課題解決のヒント獲得や新たな用途開拓を行い、応用技術を確認していく。また、Film-PSCを使った新しい発電の形態を示すことで、社会一般を啓発し、本格的な社会実装につなげていく。

東芝エネルギーシステムズ (株)

## ■ 軽量性・メンテナンス性・安全性を同時に満たす フィルム型ペロブスカイト太陽電池の設置方法

評価項目	透明樹脂板による機械固定	金属板による機械固定(金属フレーム含む)	はと目による機械固定(モジュールじか付け)	接着固定(モジュールじか付け)
メーカー例	東芝エネルギーシステムズ(株)	他社	他社	他社
施工性	◎	○	○	△
軽量性	○	×	○	◎
メンテナンス性(保守交換)	◎	◎	○	×
安全性(風圧・積雪荷重への耐性)	○(見込み)	◎	△	△
設置イメージ				

◎:良好 ○:良 △:少し不良 ×:不良  
  :改善が必要な項目

### Film-PSCの設置方法の比較

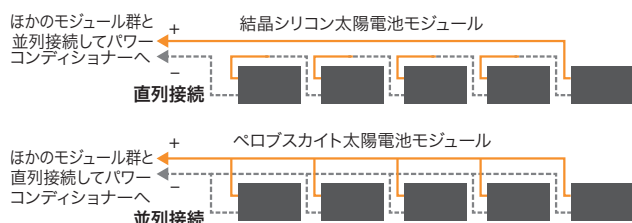
Comparison of installation methods for film-based perovskite solar cells (Film-PSC)

Film-PSCは、軽量で柔軟という特長を持つため、RE100 (Renewable Energy 100%)の実現を目指す企業などから次世代太陽電池として低耐荷重屋根への設置を期待されている。その設置方法として、金属板による機械固定、はと目による機械固定、接着固定(接着剤・両面テープなど)の三つが検討されてきた。これらのうちどの方法も、軽量性・メンテナンス性・安全性を同時に満たすことが難しい。

そこで、新たに四つめの設置方法として、軽量の透明樹脂板による機械固定を提案・開発している。この方法では、Film-PSCを透明樹脂の架台の裏面に貼り付ける。架台は取り付け金具で低耐荷重屋根に固定されており、Film-PSC全体が機械固定される。これにより、金属板による機械固定に比べ、メンテナンス性を損なわずに30%以上の質量軽減を図り、軽量性・メンテナンス性・安全性を確保していく。

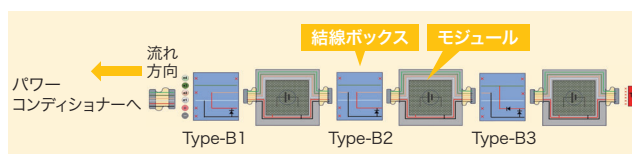
東芝エネルギーシステムズ(株)

## ■ ペロブスカイト太陽電池の配線接続方法の簡略化



### 太陽電池モジュールの配線接続方法の比較

Comparison of crystal silicon and perovskite solar module connection methods



### 開発した配線接続方法

Development of new connecting technology

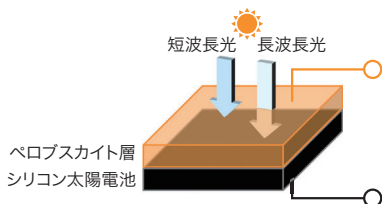
軽量で柔軟なペロブスカイト太陽電池は、従来は設置が困難だった耐荷重の弱い屋根や壁面などへの適用が望まれている。実現のためには、各モジュール間の配線接続方法の簡略化が必要である。結晶シリコン太陽電池はモジュール当たり10Aなど高電流であるため、モジュール間を直列接続することが多い。一方、ペロブスカイト太陽電池は1モジュール当たり1A以下など低電流であるため、モジュール間を並列接続する。配線数は、結晶シリコン太陽電池と比べて数~数十倍で、設置場所に合わせた特注仕様の並列ケーブルが必要になり、作業の複雑化、及び質量・コストの増加の原因となっている。

そこで、隣接する太陽電池モジュールを接続するだけで、自由に並列接続・直列接続を構成できる、モジュール及び結線ボックスを開発した。試作品を使った検証で、太陽電池の正常な動作を確認した。この方法により、設置場所ごとに並列ケーブルを準備する必要がなくなる。

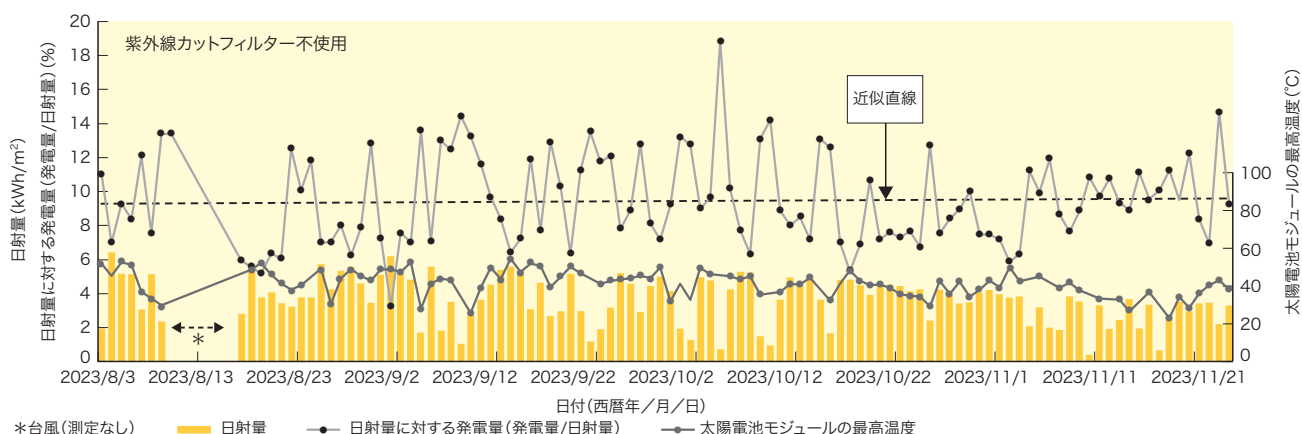
新たな配線接続方法は、モジュールを直線的に接続できるため、幅方向はモジュール幅分のスペースだけで施工可能である。現在、省スペース化、及び防塵(ぼうじん)・防水化を進めている。

東芝エネルギーシステムズ(株)

# ペロブスカイト／シリコンタンデム太陽電池の長寿命化



2端子型タンデム太陽電池の模式図  
Basic principle of two-terminal perovskite/silicon tandem solar cells



タンデム用シースルーペロブスカイト太陽電池の屋外運転試験の結果  
Outdoor test of transparent perovskite solar cell for perovskite/silicon tandem solar cells

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、再エネである太陽電池への期待が高まっている。当社は、次世代太陽電池として、2端子ペロブスカイト／シリコンタンデム太陽電池（以下、タンデム太陽電池と略記）を開発している。タンデム太陽電池は、太陽光のエネルギーを、波長によって複数の発電材料で分担することで、トータルのエネルギー変換効率（PCE）を引き上げる技術である。タンデム太陽電池は、高いPCEを生かし、従来の太陽電池を置き換えることで、国内の発電量の増強が期待されている。2023年に、PCEが27.5%に向上したことを報告済みである。

一方で、社会実装を実現するためには、シリコン太陽電池と同等の25年程度の寿命が望まれる。タンデム太陽電池では、ペロブスカイトに透明電極をスパッタ成膜する際に、ペロブスカイトにダメージが加わる特有の短寿命化の影響がある。

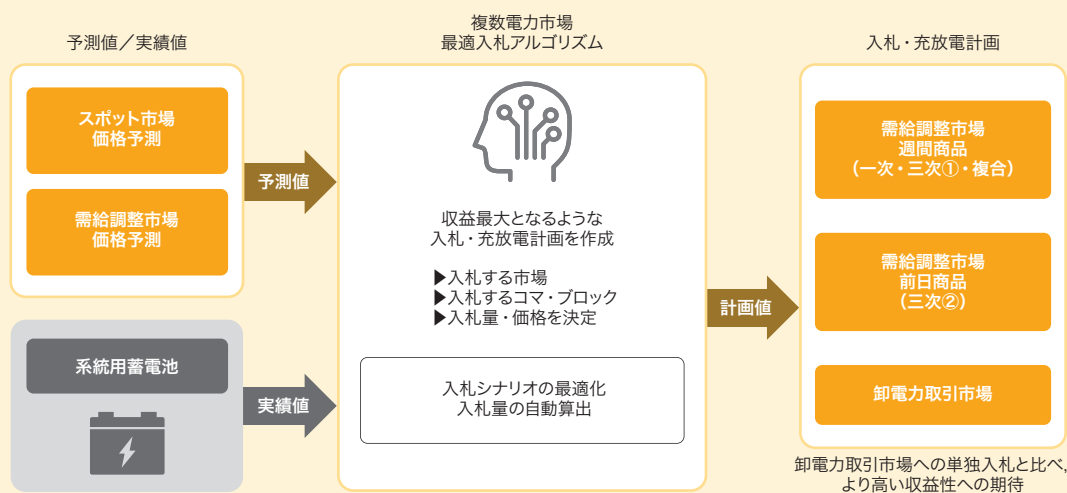
これを解決するために、ペロブスカイトにダメージを与えにくい透明電極成膜条件を適用することで、劣化の原因を抑える技術を開発している。2023年には、従来のタンデム太陽電池で、疑似太陽光を用いた1,000時間の試験を行い、劣化率10%以内の光安定性を確認した。

今回は、寿命のボトルネックであるトップセル部分を、正負両極が透明電極になるようにガラス基板上に成膜したシースルーペロブスカイト太陽電池を作製し、夏季を含む4か月間の屋外運転を行った。1日の日射量は0.39～6.44 kWh/m<sup>2</sup>、晴天時のモジュール温度は最高59℃に達した。面積当たりの1日の日射量に対する発電量を変換効率として、日射時間（日）と変換効率の関係の近似直線を求めた結果、傾きがほぼゼロであり、経時変化が少ないことが分かった。実環境に近い屋外運転で、タンデム太陽電池の先行研究を上回る安定動作を確認できた実績を元に、2024年9月に環境省の委託事業「令和6年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業」に採択された。

長寿命の高効率太陽電池の早期実用化のための開発を進め、再エネの導入拡大に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ（株）

# 系統用蓄電池向け 複数電力市場への最適入札支援機能



## 複数電力市場への最適入札支援機能の概要

Overview of support functions for optimal bidding in multiple electricity markets

近年、カーボンニュートラル実現のために再エネの導入が進み、天候の変化による発電量の予測外れや、急激な発電出力の変化などに対応するために、調整力の必要性が増している。調整力は主に火力発電所などが担っており、今後不足する懸念がある。その有効な対策として、系統用蓄電池の導入が進んでいる。

系統用蓄電池は、卸電力取引市場や需給調整市場などの複数電力市場の中で、収益性の高い市場と取り引きすることが重要となる。そこで、蓄電池の容量を考慮しながら各市場への入札計画の作成を支援するアルゴリズムを開発した。

このアルゴリズムは、当社独自の気象予測データや市場実績データに基づいて卸電力取引市場や需給調整市場の価格予測を実施し、この価格予測に基づく期待収益がより高い商品を選定して入札計画を導き出す。また、取り引きする商品によって異なる計画を作ることも特長であり、週間商品への入札では、運用者が設定した入札価格の上下限値の範囲で各商品の期待収益を比較することで、最適な入札価格を決定したり、指し値が設定された場合には約定確率などを考慮しながら最適な入札計画を導き出したりできる。

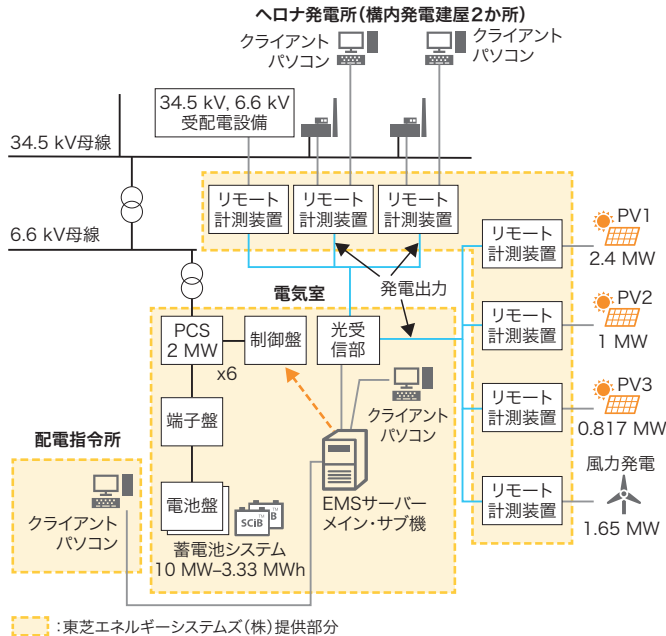
前日商品や卸電力取引市場への入札では、週間商品で利用している蓄電池の容量を考慮して、前日時点で利用できる容量に対して、期待収益が最大となるよう各市場への入札計画を最適に作成する。このアルゴリズムにより、系統用蓄電池を導入する事業者は、投資回収期間をより短くすることも可能となる。

開発したアルゴリズムは、複数電力市場への入札を支援する最適入札支援機能を構成要素として、VPP (Virtual Power Plant) システムへの搭載を完了した。

VPPシステムはクラウド上で実現されているため、制度変更など今後の様々な変化に対応したアルゴリズムに、容易に変更できる。

東芝エネルギーシステムズ(株)

# JICA キューバプロジェクト 島嶼向け系統安定化システムの運用開始



## EMS・蓄電池システムの概要

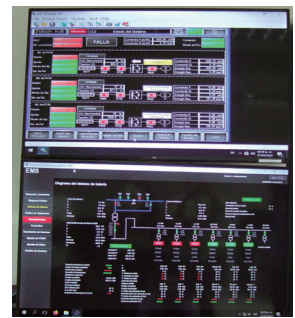
Overview of energy management system (EMS) and battery system at the Union Electrica (UNE) power plant on the Isle of Youth, Cuba



電気室と蓄電池コンテナ



電気室の蓄電池制御盤(手前)とEMSサーバー(奥)



配電指令所の蓄電池制御盤画面(上)とEMS監視操作画面(下)

## 外観

External view

当社は、JICA(独立行政法人 国際協力機構)「青年の島における電力供給改善計画」のプロジェクトにおいて、キューバ電力公社UNE(Union Electrica)が管轄する青年の島にあるヘロナ発電所の敷地内に、島嶼(とうしょ)向け系統安定化システムとして、EMS(エネルギー管理システム)及び大型の蓄電池システムを納入した。現地調整試験でシステムの機能・性能を確認して、2024年4月に客先に引き渡しを完了し、運用が開始された。このプロジェクトは、日本政府とキューバ政府の経済協力の一環として、我が国の技術でキューバのエネルギー問題を解決することを目的としており、2国間の友好関係構築という意味でも極めて重要である。

EMSは、蓄電池システムの遠方監視操作機能、リモート計測装置を介した太陽光発電(PV)・風力発電の出力監視機能、天気予報データを使用したPV出力予測機能、 $\Delta F$ (周波数変動抑制)制御機能、及び発電機バックアップ機能を持つ。 $\Delta F$ 制御機能は、周波数が $60 \pm 0.2$  Hzから外れた場合に周波数の逸脱を戻すように蓄電池システムに有効電力指令を与える。発電機バックアップ機能は、発電機の出力が脱落した場合に蓄電池の出力で電力をバックアップする。

蓄電池システムは、2 MVAのPCS(Power Conditioning System)と東芝リチウムイオン二次電池SCiB™を搭載(45 Ahモジュール36直列)した蓄電池盤を多並列化した構成であり、定格出力10 MW-3.33 MWhである。この機器構成は、実案件として当社初である。コンテナパッケージに効率良くレイアウトし、省スペース、高出力、応答性に優れた蓄電池システムを実現している。蓄電池システムには、再エネの急峻な出力変動と逆方向の有効電力を出力して、系統の電力変動をなだらかにする $\Delta P$ (電力変動抑制)制御機能を実装した。

収めた系統安定化システムは、UNEとして初であり、2030年までに青年の島における総発電量の再エネ比率を5%から30%に引き上げる方針の実現に、貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

