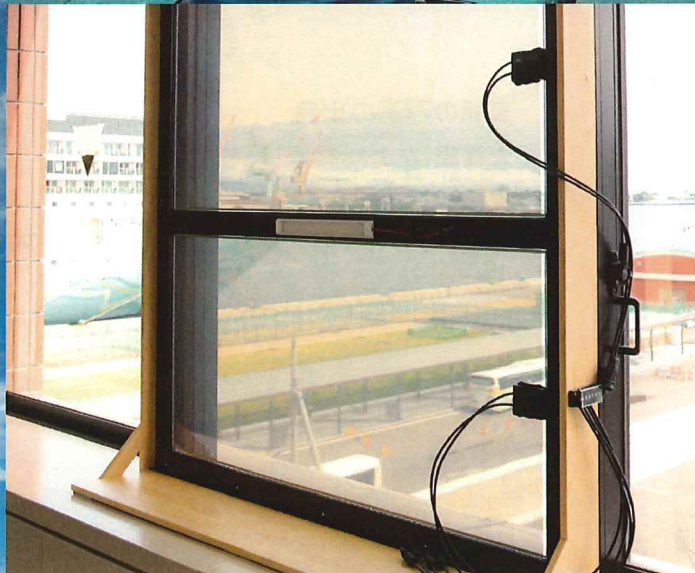
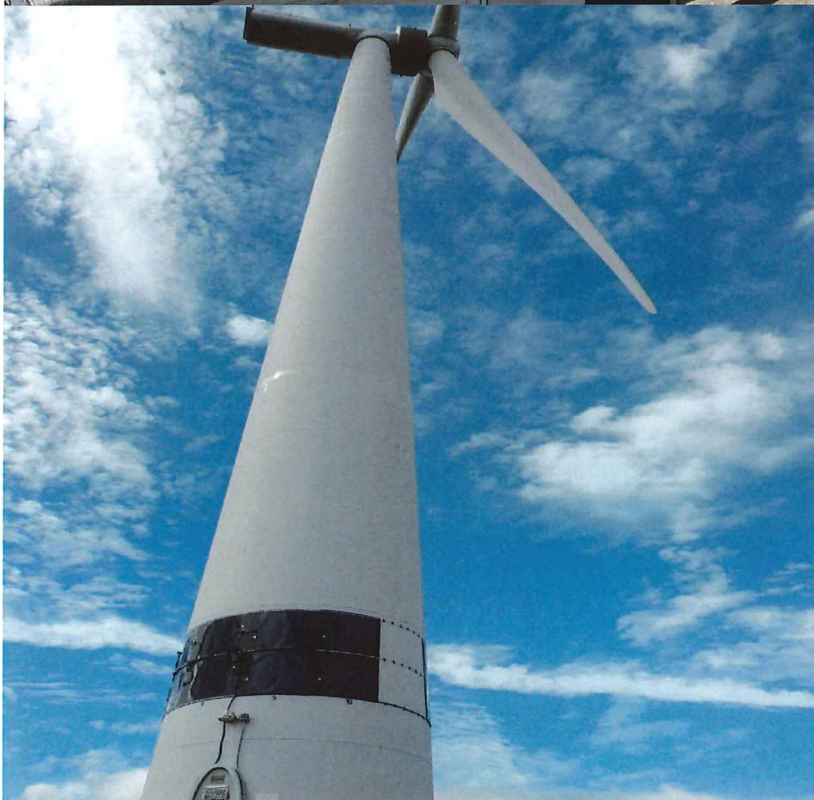
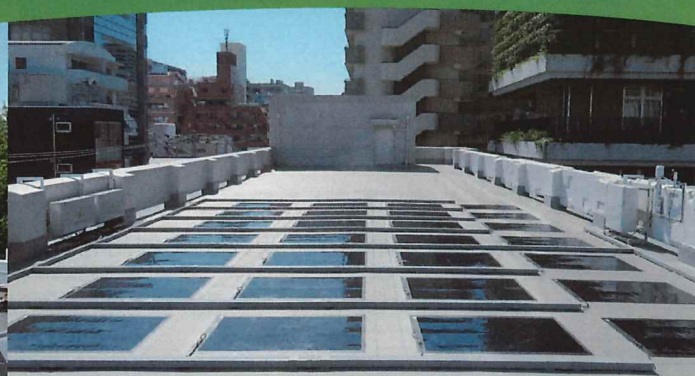




ペロブスカイト太陽電池の 導入場所が広がる

新たな設置方法でコスト低減へ

2025年10月



謝辞

本報告書の作成にあたっては、関連分野の専門家の方々から多くの示唆をいただきました。ここに感謝の意を記します。

執筆担当者

尾身 悠一郎 自然エネルギー財団 上級研究員

免責事項

本報告書に記載した情報の正確性については万全を期しておりますが、自然エネルギー財団は本報告書の情報の利用によって利用者等に何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。

公益財団法人 自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故を受けて、2011 年 8 月に設立されました。自然エネルギーを基盤とした安全・安心な社会を構築すること、気候危機を回避する持続可能なエネルギーシステムと経済を実現することを目的として活動しています。

表紙の写真の出典

大林組(左上)、福岡市(右上)

神戸市(右中)

自然エネルギー財団撮影(左下)、YKK AP(右下)

目次

はじめに	3
第1章 高層ビルから道路まで導入拡大	5
1. 軽さを生かしてビルの壁面や窓、駅の屋根に	5
●事例 1 高層ビルの壁面：内側から設置可能	5
●事例 2 既存ビルの窓：内窓として後付けで設置	7
●事例 3 耐荷重の低い屋根：限られた工期にも対応	8
2. 薄型で柔軟な特性を生かしてインフラ施設や農地に	10
●事例 4 高速道路や空港：防草シートと一体化	10
●事例 5 通信基地局や風車タワー：フィルム型を円筒に	12
●事例 6 営農型発電所：細長いパネルでも追加コストなし	13
第2章 設置方法や封止材の開発でコストを低減	16
1. 設置方法の工夫で工事コストを 35%削減	16
2. リプレースを前提とする製品と一体化	20
3. バリアフィルムや封止材の開発で 20 年の耐久性を実現	22
第3章 ペロブスカイトの早期普及に向けた 3 つの施策	24
1. 普及に向けた課題：コストと法規制	24
2. 国や自治体の対策：生産拡大、導入ロードマップ、ガイドライン策定	27
●対策 1 生産ライン投資と技術開発でコスト削減を加速	27
●対策 2 ロードマップの公表で需要を創出	28
●対策 3 ガイドライン整備と規制緩和	29

はじめに

政府は第 7 次エネルギー基本計画(第 7 次エネ基)において、2040 年までにペロブスカイト太陽電池を 20GW(ギガワット=100 万キロワット)導入する目標を掲げた。太陽光発電全体では 2040 年までに 200~280GW が目標で、1 割程度をペロブスカイト太陽電池が担う。

目標を達成するためには、建物や農地などの導入ポテンシャルが大きな場所を活用することが不可欠である。従来のシリコン太陽電池による厚くて重いパネルでは設置がむずかしい場所にペロブスカイト太陽電池を導入する。高層ビルの外壁や内窓、建物の屋根、道路などのインフラ施設や風車タワー、農地など、これまで太陽光発電の導入がむずかしかった場所で実証実験が始まっている。

建物の壁面や窓には建材一体型の BIPV(Building-Integrated Photovoltaics)の形態でペロブスカイト太陽電池の導入が可能だ。太陽光発電協会の試算によると、住宅と非住宅を合わせて BIPV の導入ポテンシャルは 83GW と見込まれている。2024 年度の国全体の太陽光発電の導入量(77GW)を上回る規模がある。

道路や空港などのインフラ施設には、交通機能の妨げになるとしてシリコン太陽光パネルの設置が禁止されている場所がある。しかし高速道路の斜面や空港の草地などで使用する防草シートにフィルム型のペロブスカイト太陽電池を組み合わせることで、交通機能の妨げにならない形で導入を試みる実証実験が始まっている。

一方でペロブスカイト太陽電池はコスト面で課題が残る。政府による 2040 年の発電コストの予測は 15.3~16.4 円/キロワット時(kWh)である。事業用のシリコン太陽光パネル(6.6~8.8 円/kWh)の 2~3 倍になる見通しだ。

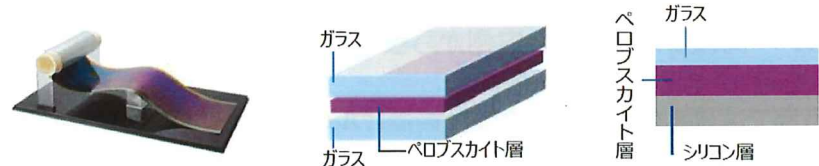
さらに耐久性も課題である。現時点で稼働年数は 10~15 年と、シリコン太陽光パネル(25~30 年)の約半分にとどまる。稼働年数が短いほど、発電電力量あたりのコストも高くなる。

コストや耐久性の問題を克服するための実証実験や技術開発が進んできた。設置方法の工夫により工事コストを削減できるほか、耐久性の課題を克服するための技術開発にも進展が見られる。

本報告書の第 1 章では、建物の屋根や壁面、交通インフラや農地などで始まった実証実験を紹介する。第 2 章では、ペロブスカイト太陽電池のコスト削減を実現するための技術開発を取り上げる。第 3 章では、ペロブスカイト太陽電池の普及に向けた課題を整理し、政府や自治体を実施すべき対策をまとめた。

ペロブスカイト太陽電池には、フィルム型、ガラス型、タンデム型の 3 種類がある。このうち国内ではフィルム型とガラス型の開発が先行している。

図 1 ペロブスカイト太陽電池の種類



	フィルム型	ガラス型	タンデム型
構造	発電層をフィルムに塗布	発電層をガラスで挟む	シリコン型太陽電池に重ねる
特徴	軽くて薄く、曲げられる	耐久性を確保しやすい	変換効率を高めやすい
想定用途	建物の壁面、耐荷重性の低い屋根	窓ガラス・バルコニー	既存シリコン型の置き換え

出典：積水化学工業

本報告書では実証実験と開発が先行するフィルム型とガラス型を中心に取り上げる。本文中では 3 つの種類を区別して表記し、技術全体を指す場合には「ペロブスカイト太陽電池」と記載する（ペロブスカイト太陽電池の基礎的な情報については、自然エネルギー財団の報告書「ペロブスカイト太陽電池に高まる期待」を参照）。

第1章 高層ビルから道路まで導入拡大

1. 軽さを生かしてビルの壁面や窓、駅の屋根に

●事例 1 高層ビルの壁面：内側から設置可能

都市部では建物の屋根だけでなく、高層ビルの壁面にも大きな導入ポテンシャルがある。東京の都心部で、新築高層ビルの外壁にメガソーラー級のフィルム型ペロブスカイトを設置する計画が進んでいる。

東京都港区の「内幸町一丁目街区南地区第一種市街地再開発事業」は、プロジェクトで建設する地上 46 階建ての高層ビルに約 1MW(メガワット=1000kW)のフィルム型ペロブスカイトを設置する予定だ。実現すれば世界初の「ペロブスカイトによるメガソーラー発電機能を実装した高層ビル」になる。東京電力ホールディングスと積水化学工業が共同でペロブスカイトの導入を担当する。

再開発事業の一環で建設する「サウスタワー(仮称)」の外壁部分のうちスパンドレル部(各階の窓の間の外壁部分)にフィルム型のペロブスカイト太陽電池を設置する(図 2)。サウスタワーは 2025 年 4 月に建設工事を開始しており、2028 年度に竣工する予定だ。

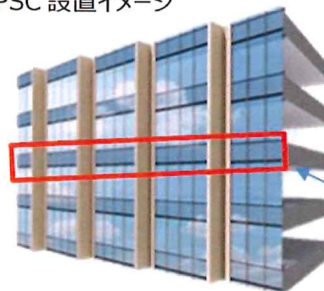
図 2 高層ビルの外壁にペロブスカイト太陽電池(PSC)を設置

内幸町一丁目街区南地区第一種市街地
再開発事業完成イメージ



フィルム型ペロブスカイト太陽電池 (PSC)

PSC 設置イメージ



スパンドレル部外壁面内部

出典：東京電力ホールディングス

この計画では屋内からスパンドレル内部にフィルム型のペロブスカイトを設置する。内側からの設置であれば、ビル外壁で大がかりな工事を必要としない。耐風圧や防水性能、外から見たときの意匠性といった課題にも対応しやすく、設備更新も簡単だ(図 3)。東京電力ホールディングスを中心とする開発企業は、スパンドレル部の内部空間での設置方法に関して特許を出願している。

図3 スパンドレル部の内部にペロブスカイト太陽電池を設置

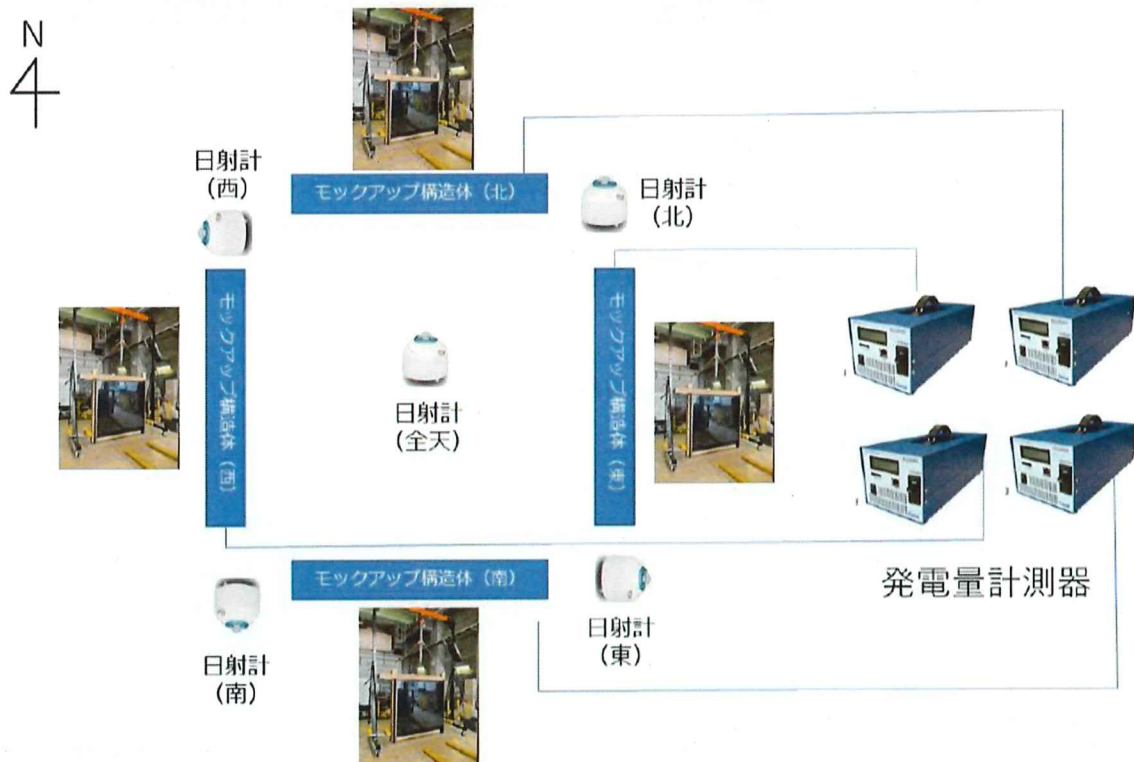


出典: 東京電力ホールディングス

高層ビルスパンドレル部は周辺に遮蔽物がなく、長時間の日射を直接受けるため、内部が高温になる場合がある。この問題の影響を検証するため、2025年7月から実際のスパンドレル部と同じ寸法と構造の模型(モックアップ)にフィルム型ペロブスカイトを挿入し、東西南北に垂直に設置する試験を開始した(図4)。

各方角の発電電力量や日射量の計測のほか、湿度や温度がペロブスカイト太陽電池の性能や寿命に与える影響を分析する。28年度のサウスタワー竣工までに、最適な設置・更新方法の確立を目指す。

図4 直射日光による高温状態の影響を検証するモックアップ試験

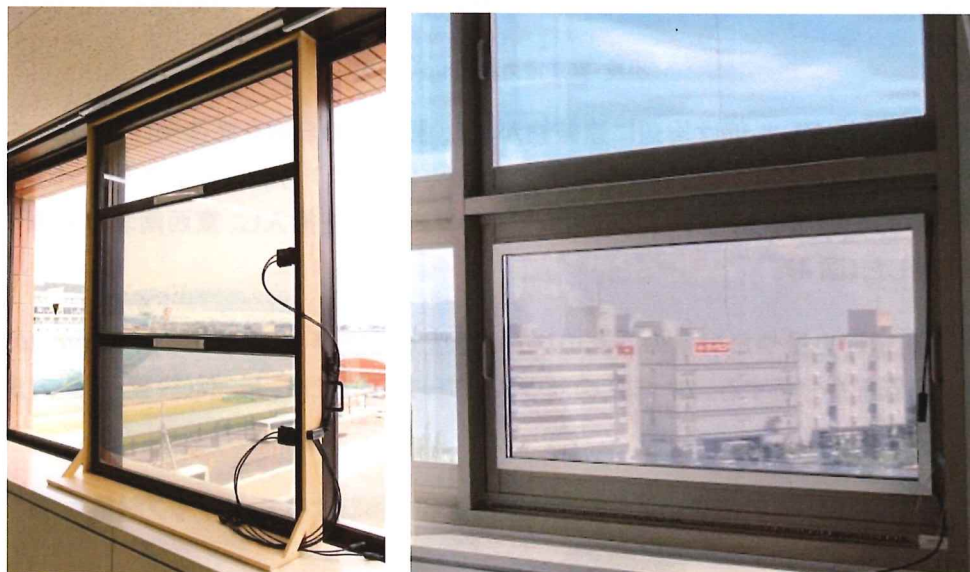


出典: 東京電力ホールディングス

●事例 2 既存ビルの窓:内窓として後付けで設置

新築だけでなく既存の高層ビルでも、ペロブスカイト太陽電池を導入できるポテンシャルは大きい。YKK AP は新築や既存のビルに設置できる「内窓タイプ」の製品を開発している。ペロブスカイトの発電層を窓ガラスで挟み込むことで、内窓として設置できるガラス型ペロブスカイトだ。高い透過性があり、外の景色も見ることができる(写真 1)。

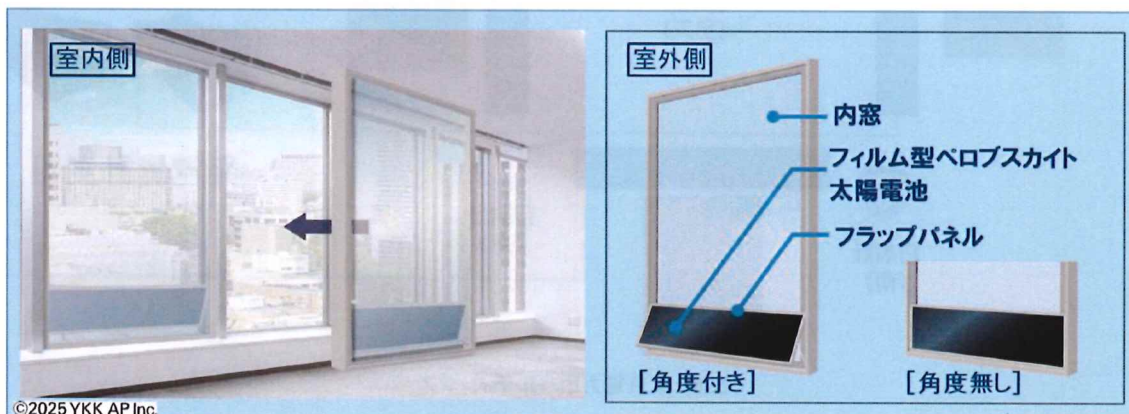
写真 1 内窓タイプのガラス型ペロブスカイト
内窓のうち下 2 枚(左)、下 1 枚(右)が発電層を含むガラス



出典: YKK AP

YKK AP は 2025 年 8 月から、東京都港湾局、東芝エネルギーシステムズ、関電工、東京レポートセンターと連携し、東京都江東区の臨海副都心にあるテレコムセンタービルで、BIPV による内窓の実装検証を開始した。フィルム型ペロブスカイト付きのパネルを内窓に装着することで、窓ガラスに直接貼らずにペロブスカイト太陽電池を設置する(図 5)。BIPV としての長期使用を想定した設置方法を検証する。

図 5 内窓タイプのフィルム型ペロブスカイト



出典: YKK AP

この実証ではビルの外窓に使われている熱線反射ガラスの発電性能への影響を検証する。熱線反射ガラスは太陽光を反射して熱の透過を抑制することで室内の温度上昇を軽減する窓ガラスで、1990年代ごろまでに建設されたビルの半分近くが使用している。熱線反射ガラス越しで、どの程度発電に影響するかを確認する。フィルム型ペロブスカイトを10枚、ガラス型ペロブスカイト2枚、薄型シリコン太陽電池2枚を設置し、方位や角度ごとの発電電力量の比較を行う(写真2)。

写真2 BIPVによる内窓での実装検証(室内の状況)



出典: YKK AP

●事例3 耐荷重の低い屋根:限られた工期にも対応

フィルム型ペロブスカイトは軽量で施工しやすい。鉄道駅のホーム上にある屋根のように、耐荷重が低くて工事の時間が限られている場所にも適している。

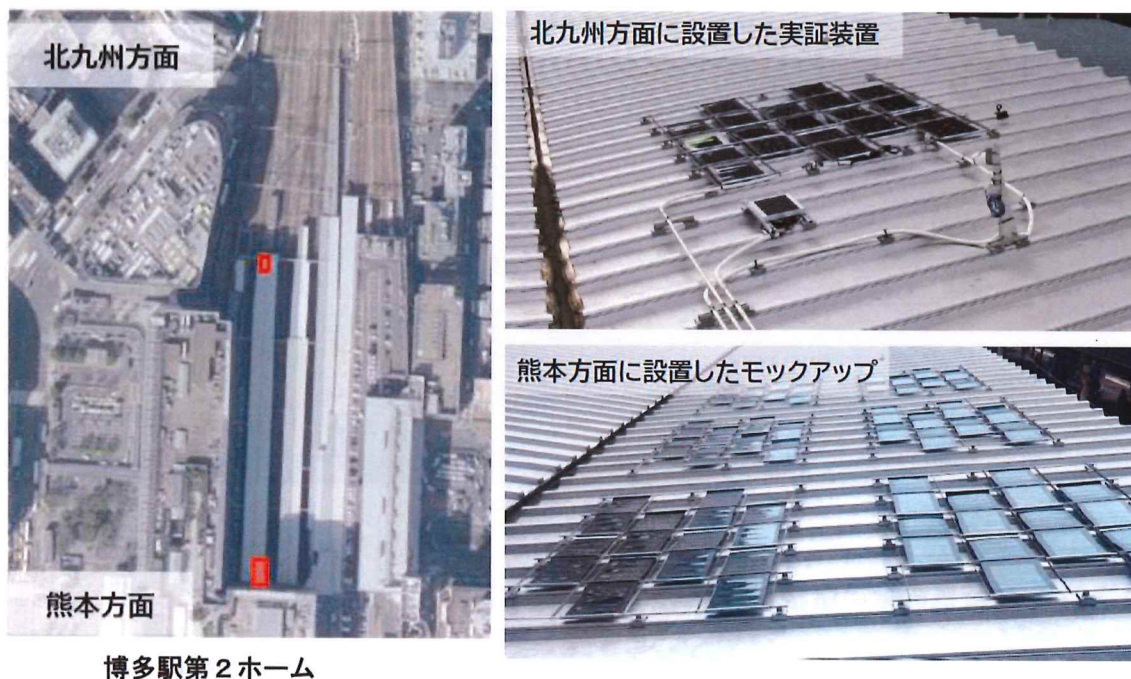
JR九州(九州旅客鉄道)は京都大学発のスタートアップ企業であるエネコートテクノロジーズ製のフィルム型ペロブスカイトを福岡県の博多駅ホームの屋根に設置する。出力は50~80Wで、発電電力量や施工性を2025年10月から検証する。

駅は災害時でも電力を供給する必要があるため、太陽光発電を設置するニーズは大きい。しかし、既存のホーム上の屋根は耐荷重が低く、設置には柱や梁の補強が必要なケースも多い。耐荷重が $5\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の屋根もあり、補強しても従来のシリコン太陽光パネルでは設置が困難な場合が多くある。

フィルム型ペロブスカイトであれば耐荷重や強度が低くても設置が可能だ。博多駅ホームの屋根の耐荷重は $3\text{kg}/\text{m}^2$ と想定している。シリコン太陽光パネルだと、軽量・薄型の製品でも架台を含めると重量は $5\text{kg}/\text{m}^2$ 前後になる。博多駅に設置するフィルム型ペロブスカイトの重量は架台になるシートを含めても $2\sim 3\text{kg}/\text{m}^2$ で、耐荷重の問題をクリアできる。

駅ホームの屋根に設置する工事は、鉄道を運行しない夜間に通電を停止して実施する必要があるため、2～3 時間以内に完了しなければならない。設置方法は日揮の「シート工法」(第 2 章で説明)を採用して、限られた工事時間で設置できるようにした。フィルム型ペロブスカイトの実証装置のほか、モックアップも屋根の上に設置して鉄道通過時の振動の影響を分析する(写真 3)。

写真 3 博多駅のホーム屋根上の実証実験



出典：JR 九州

同様に屋根の耐荷重が足りないケースとして、学校などの体育館の屋根がある。福岡県福岡市や香川県観音寺市では、学校の体育館の屋根にフィルム型のペロブスカイトを設置した(写真 4)。福岡市の香椎浜(かしいはま)小学校の実証実験では、1m×1.5m 幅の積水化学工業製のフィルム型ペロブスカイトを導入した。

写真 4 体育館の屋根に設置したフィルム型ペロブスカイト



出典：福岡市(左)、観音寺市(右)

香椎浜小学校の実証実験は設置面積が約 200 m²で、金属屋根への設置としては全国でも最大規模を誇る。屋根に金属フレームの架台を設置して、その上からフィルム型ペロブスカイトを固定した。フィルム型ペロブスカイトは、従来のシリコン太陽光パネルよりも持ち運びが容易で大がかりな足場を必要としないため、工事中も通常通り体育館を使用できた。

2. 薄型で柔軟な特性を生かしてインフラ施設や農地に

●事例 4 高速道路や空港：防草シートと一体化

高速道路の両側に設けた斜面（法面、のりめん）に、フィルム型のペロブスカイトを設置することを想定した実証実験が進んでいる。

法面のような傾斜地に従来のシリコン太陽光パネルを設置する場合、重機の搬入がむずかしく、施工コストが高くなる。さらに豪雨による土砂侵食で法面が太陽光パネルの重量を支えきれず、土砂災害の原因になるおそれもある。

国土交通省の道路局は、「道路における太陽光発電設備の設置に関する技術面の考え方」において、高速道路の法面に太陽光発電を設置することを「原則不可」としている。設置が認められる場合でも、交通機能に影響を及ぼさない限られた場所に限定している。

この課題を解決すべく、法面の土砂の流出を抑える防草シートの上からフィルム型ペロブスカイトを設置する試みが始まっている。重機を使わずに施工や設備の更新が可能で、太陽光パネルの重量による法面への負担も軽減できる。

福島県は積水化学工業と積水ソーラーフィルム（ペロブスカイトの製品設計・製造・販売を担う積水化学工業の子会社）の 3 者は共同で、県内 3 カ所での実証実験を行っている。このうちサッカーのナショナルトレーニングセンターである J ヴィレッジでは、センターハウス前ロータリーの芝生面で実験中だ。設置面積は防草シートを含めて 60 m²。芝生面に防草シートを設置して、その上からペロブスカイトを固定している（写真 5）。

実証実験を通じて、耐風性や安全性、発電性能などで問題がなければ、防草シートと一体化したフィルム型ペロブスカイトを高速道路等の法面に導入することが可能になる。実証期間は 2025 年 3 月から 4 年程度。防草シートを含めた耐久性、雑草が発電を阻害しないこと、安定設置に必要な耐風性能などを検証する。

写真5 芝生面の防草シートとフィルム型ペロブスカイトを組み合わせた実証実験



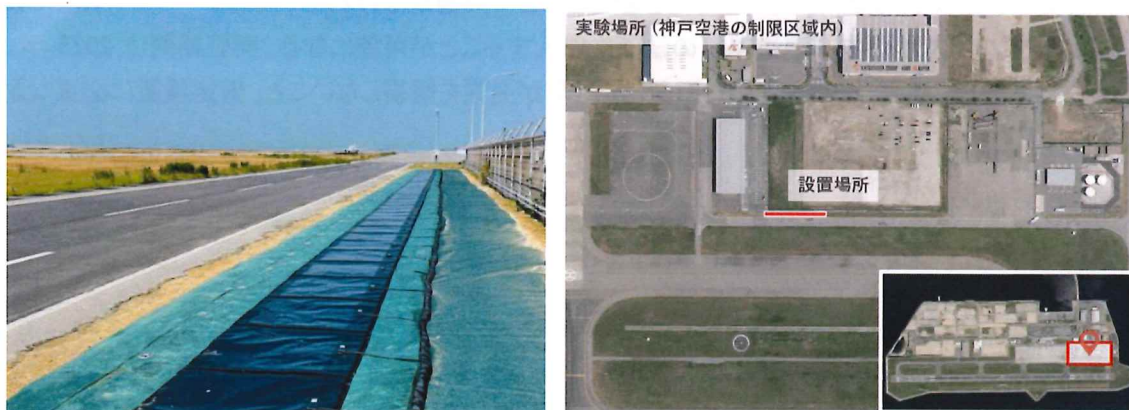
出典: 福島県

防草シートと組み合わせて導入できる場所として空港の滑走路が挙げられる。神戸市は積水化学工業と共同で神戸空港の制限区域内にフィルム型ペロブスカイトを設置した。滑走路脇の空き地に防草シートを設置し、その上からペロブスカイトを固定している。

航空機の安全を確保するため、航空法では滑走路周辺に障害物となる施設や物件の設置を禁止している。この規定により、制限区域内ではシリコン太陽光パネルを設置できない。防草シートと一体化させたフィルム型ペロブスカイトであれば、航空機の運航に支障を及ぼすおそれがなく、航空法上も障害物として扱われないため、制限区域内でも設置が可能になる。

神戸空港の実証実験では、防草シートの上から縦 1m、横 1m のフィルム型ペロブスカイトを設置（写真 6）。2025 年 6 月に実証を開始し、2027 年 3 月末まで実施する。施工方法や耐久性、発電効率のほかに、空港特有の耐風性能についても検証する。

写真6 神戸空港の制限区域における実証実験



出典: 神戸市

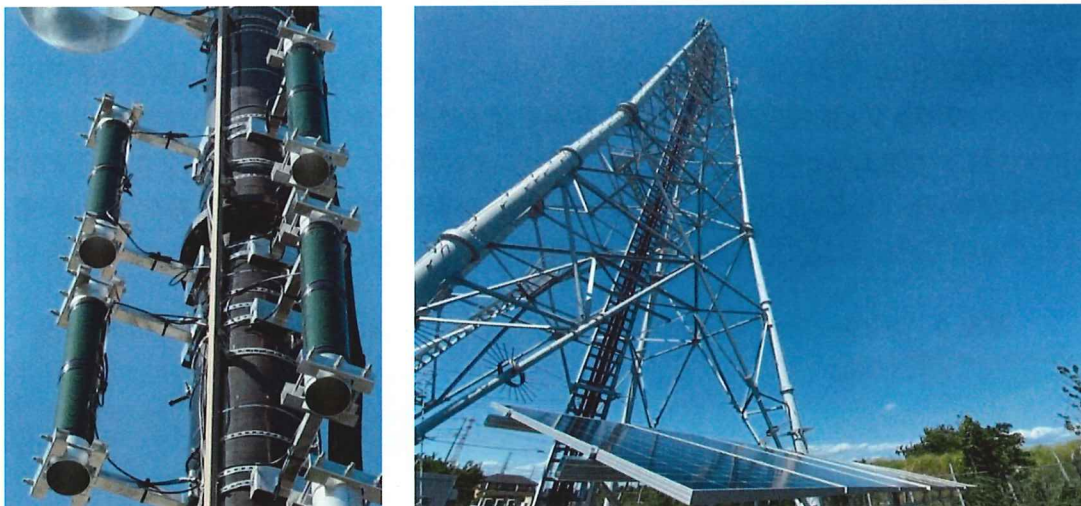
●事例 5 通信基地局や風車タワー:フィルム型を円筒に

フィルム型のペロブスカイトは円筒状に巻き付けて設置することもできる。この点で実証実験が進んでいる場所として、携帯電話の通信基地局や風力発電所の風車タワーなどがある。

KDDI は通信基地局にフィルム型ペロブスカイトを設置した。エネコートテクノロジーズ製を採用し、発電電力量や耐久性を検証している。金属ポールにフィルム型ペロブスカイトを巻き付けて基地局に固定する方法を採用した(写真 7)。円筒状に巻き付けることで太陽光を効率的に受光し、高所でも耐風性が向上する。

従来のシリコン太陽光パネルでは、基地局の周辺に設置しなければならなかった。この方法では基地局周辺の敷地面積が限られ、十分な電力が得られないケースが多かった。フィルム型ペロブスカイトを巻き付けた金属ポールを最大限に設置すれば、基地局の消費電力すべてをまかなえる想定だ。停電時にも通信機能を維持でき、地域のレジリエンス強化に寄与する。

写真 7 太陽光発電を設置する通信基地局
フィルム型ペロブスカイト(左、緑色の円筒)、シリコン太陽光パネル(右、地上)



出典:KDDI

風車タワーに設置する試みもある。四国電力グループの四電エンジニアリングと、その子会社である頼娃(えい)風力発電所が積水化学工業と共同で実証実験を実施している。風車タワーは円柱状に見えるが、実際は上に向かって直径が小さくなるテーパ構造になっている。縦 1m、横 1m のサイズのフィルム型ペロブスカイトを設置すると、タワーの表面から上下で数ミリの隙間ができる。この差を調整しつつ、隙間を埋めながら設置する方法を検証することが実験の目的の 1 つだ(写真 8)。

風車タワーの南北方向に 10 枚ずつ、合計 20 m²のフィルム型ペロブスカイトを設置。頼娃風力発電所は鹿児島県南九州市にあり、北側は桜島に面しているため、火山灰や塵に対する防汚性能を検証する。台風が多い地域でもあり、強風や豪雨に対する耐久性も検証の対象だ。

写真 8 風車タワーに設置したフィルム型ペロブスカイト



出典：自然エネルギー財団撮影

●事例 6 営農型発電所：細長いパネルでも追加コストなし

農地は建物やインフラ施設よりも大きな導入ポテンシャルがある。千葉県匝瑳（そうさ）市では、ソーラーシェアリング（営農型太陽光発電）事業を運営する市民エネルギーちばのグループ会社 TERRA が積水化学工業と共同で、ソーラーシェアリングの架台にフィルム型ペロブスカイトを設置する実証実験を行っている。曲面レンズ型の縦長パネルの表裏の両面に合計 12 枚のフィルム型ペロブスカイトを貼り付けることで、太陽の直接光と地面からの反射光の両方で発電できる（写真 9）。

写真 9 ソーラーシェアリング用の架台に設置したフィルム型ペロブスカイトの試作品



出典：市民エネルギーちば

農作物の栽培に必要な日射量を確保するために、ソーラーシェアリングは太陽光パネルによる遮光率を35%程度に留めることが一般的だ。通常の大きさのシリコン太陽光パネルを設置すると適切な遮光率を確保することがむずかしいため、ソーラーシェアリング専用には細長いパネルを使用することが多い。パネル1枚のコストは通常よりも高くなる。

フィルム型のペロブスカイトは幅30cmや1mで製造できるため、ソーラーシェアリング専用には製品を作る必要がなくなる。現在のシリコン太陽光パネルを設置する方法よりもコストを低減できる可能性がある。

いま全国各地でソーラーシェアリングの事例が拡大しているが、課題の1つが太陽光発電設備の設置コストである。ペロブスカイト太陽電池によって設置コストを低減できれば、導入にはずみがつく期待は大きい(ソーラーシェアリングの詳細については自然エネルギー財団の報告書「ソーラーシェアリングで農業を再生」を参照)。

表 1 主な実証実験の概要

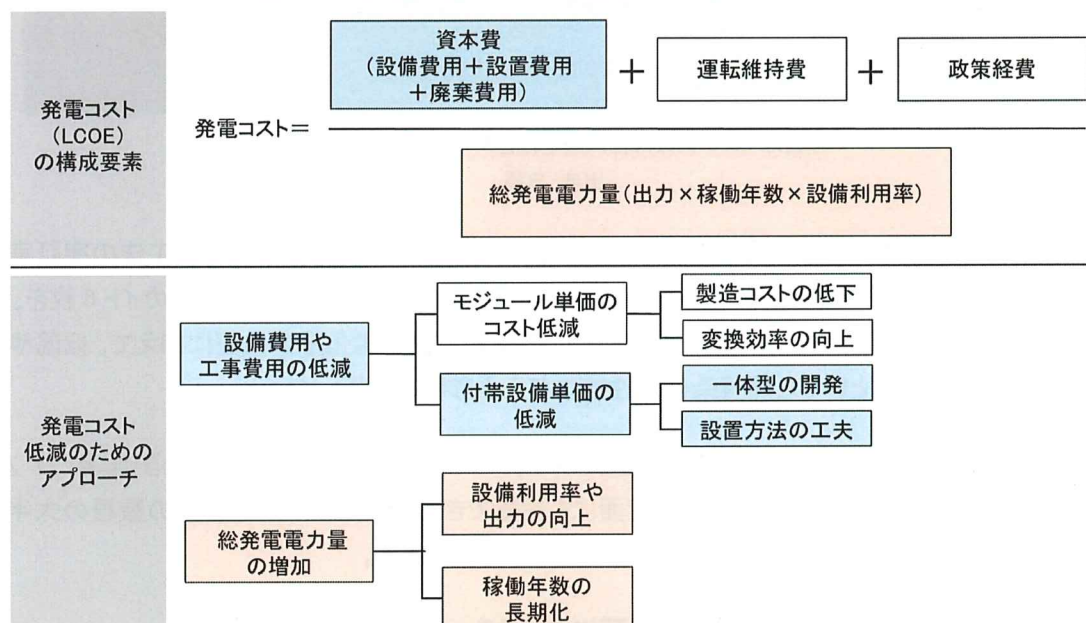
実施主体	実証実験の詳細	
東京電力ホールディングス	設置場所・方法	サウスタワー(仮称)スパンドレル内部、内側から設置
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型
	出力	1000kW
	実施期間	2025 年 7 月～2028 年 3 月(2028 年 4 月竣工予定)
YKK AP/東京都港湾局/東芝エネルギーシステムズ/関電工/東京テレポートセンター	設置場所・方法	テレコムセンタービルに建材一体型太陽光発電(BIPV)の内窓として、直接貼り付けずに設置
	ペロブスカイト	YKK AP 製 BIPV 内窓、装着するフィルム型ペロブスカイトは東芝エネルギーシステムズ製
	設置枚数	フィルム型 10 枚(うち 9 枚は約 1100mm×約 300mm、1 枚は約 900mm×約 300mm) ガラス型 2 枚、薄型シリコン太陽電池 2 枚
	実施期間	2025 年 8 月～2026 年 1 月
日揮/JR 九州	設置場所・方法	博多駅ホーム屋根、シート工法
	ペロブスカイト	エネコートテクノロジーズ製 フィルム型 370mm×470mm
	設置枚数・出力	発電用 5 枚、モックアップ 50 枚、50～80W
	実施期間	2025 年 10 月～当面の間
福岡市	設置場所・方法	福岡市立香椎浜小学校体育館屋根、金属架台に固定
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型 1m×1.5m
	設置面積	約 200 m ²
	実施期間	2025 年 4 月～2026 年 3 月
福島県/ 積水ソーラーフィルム	設置場所・方法	J ヴィレッジ センターハウス前ロータリー芝生面 防草シートの上から固定
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型
	設置面積	約 60 m ²
	実施期間	2025 年 3 月から 4 年間程度
神戸市	設置場所・方法	神戸空港制限区域内草地、防草シートの上から固定
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型 1m×1m
	実施期間	2025 年 6 月～2027 年 3 月
KDDI/ KDDI 総合研究所	設置場所・方法	通信基地局、金属ポールに巻き付けて設置
	ペロブスカイト	エネコートテクノロジーズ製 フィルム型
	設置枚数	8 枚(金属ポール 1 本につき 2 枚×4 本)
	実施期間	2024 年 2 月～2025 年 2 月
四電エンジニアリング /颯娃風力発電所	設置場所・方法	颯娃風力発電所風車タワー3号機、直接貼り付け
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型、1m×1m
	設置枚数	20 枚、約 20 m ²
	実施期間	2025 年 2 月より 4 年間
TERRA	設置場所・方法	ソーラーシェアリング架台、レンズ型パネルに直接貼り付け
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型
	設置枚数	表側 6 枚、裏側 6 枚
	実施期間	2025 年 8 月～

第2章 設置方法や封止材の開発でコストを低減

ペロブスカイト太陽電池を普及させるうえで、最大の課題はコストの高さである。ペロブスカイト太陽電池の稼働年数は10～15年で、シリコン太陽光パネルの25～30年と比べて半分程度だ。稼働年数が短いほど発電電力量の総和が少なくなるため、発電電力量あたりのコストが高くなってしまふ。運転維持費や廃棄費用に関しては、ペロブスカイト太陽電池とシリコン太陽光パネルでほとんど変わらない。

コストを低減させるためには、設備費用や工事にかかる設置費用を抑えるか、出力や稼働年数を増やすことで総発電電力量を増やす必要がある(図6)。ペロブスカイト太陽電池の設備費用の低下や出力の向上は、メーカーの技術開発や生産拡大による。メーカー以外の取り組みとして、工事費用を削減する試みや稼働年数を改善させる技術の開発が進んでいる。

図6 太陽光発電のコスト構造とコスト低減アプローチ



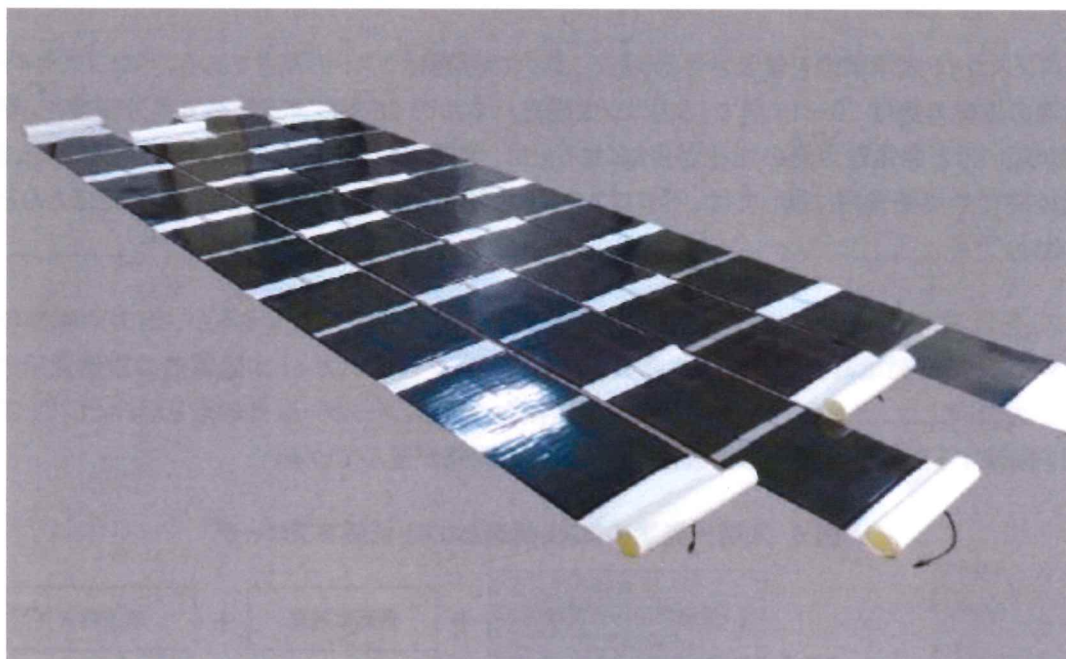
出典：日本政策投資銀行や各種委員会の公表資料を参考に自然エネルギー財団が作成

1. 設置方法の工夫で工事コストを35%削減

工事費用の削減は新たな設置方法の開発で可能になってきた。日揮が産業関連施設向けに開発した「シート工法」は、設置工事のコストを35%削減するめどを立てている。断熱材として使われる遮熱シートに薄型太陽電池を接着し、シートごと建物に固定する設置方法だ。

現状のシート1列の面積は2.5㎡、重量は5kg前後だ。遮熱シートをグリッパーと呼ぶ筒状の金属金具で挟み込んで固定する。遮熱シートの厚みは約1mmで、重量も1kg/㎡以下と軽い。耐風性や防災性能の認証を受けた遮熱シートを採用しており耐久性も高い(写真10)。

写真 10 遮熱シートに薄型太陽電池を接着して設置する「シート工法」



写真は CIGS 系の薄型太陽電池をシートに接着したもの。

出典：日揮

日揮は 2024 年 4 月から北海道苫小牧(とまこまい)市の苫小牧埠頭で、シート工法の実証実験を行っている。370mm×470mm のエネコートテクノロジーズ製のフィルム型ペロブスカイト 6 枚を、倉庫の屋根と壁面に設置した。出力は 100～200W。発電電力量や劣化率の検証に加えて、低温や積雪、港湾エリアの塩害といった環境条件が性能に与える影響を分析している。

金属の折板屋根の凸部にシートの端を置き、グリッパーで挟み込むことで固定する(写真 11 左)。シート工法を使えば、凸部のない建物の壁面にも設置できる(同右)。産業用施設の屋根の大半に設置することが可能だ。汎用性の高さがシート工法の特徴である。

写真 11 苫小牧埠頭におけるシート工法の実証実験
折板屋根(左)、凸部のない壁面(右)



出典：日揮

フィルム型ペロブスカイトをシートに接着する時に電気配線を連結させているため、現場の電気工事の工数を大幅に減らすことができる。従来のシリコン太陽光パネルは電気工事にかかる工数が多く、電気工事士の人件費がかかる。日揮の担当者によれば、太陽光発電設備の設置工事費のうち 6～7 割が電気工事費である。シート工法のような連結モジュールであれば、配線作業の工数を減らすことで、電気工事にかかるコストを削減できる。

日揮は 2025 年 4 月からベンチャー企業の PXP が開発する薄型の CIGS 系太陽電池（シリコンの代わりに銅・インジウム・ガリウム・硫黄・セレンの化合物で作る太陽電池。カルコパイライト系、CIS 系とも呼ばれる）を用いたシート工法の実証実験を開始している（写真 12）。PXP 製の薄型太陽電池は厚さが 1mm 以下で、遮熱シートと合わせても重量は 2kg/m²である。フィルム型ペロブスカイトと同様に耐荷重の低い屋根にシート工法で設置できる。

実証実験では作業員 1 人が CIGS 系太陽電池を載せたシートを 4 列設置するために必要な時間を計測した。作業員 1 人で 1 日あたり 100 m²を設置できることがわかった。1 列の面積を大型化して工数を減らすことで、1 人あたり 200 m²/日の設置も可能になるという。日揮の担当者によれば、電気工事費の削減と工期の短縮により、従来のシリコン太陽光パネルと比較して工事コストを 35%削減できる。

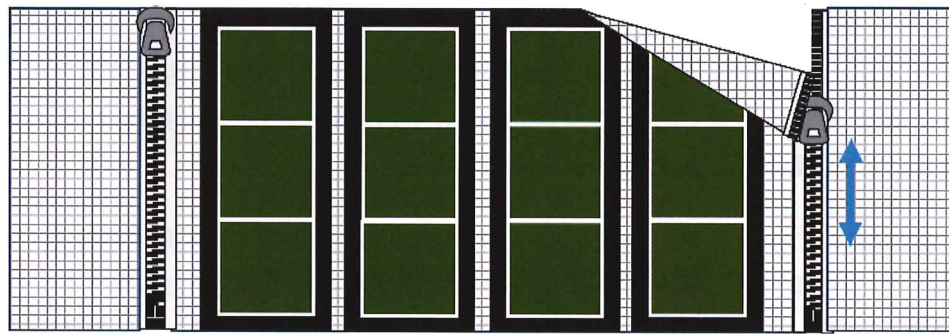
写真 12 CIGS 系太陽電池を用いたシート工法の実証実験



出典：日揮

大林組が開発する「ファスナー取り外し式工法」も、施工性を向上させて工期を短縮できる。ペロブスカイトを 4 枚 1 組でファスナー付きのメッシュシートに固定し、ファスナー付きの別のシートと連結させる仕組みだ（図 7）。設置する屋根や壁面に固定用のメッシュシートを取り付ければ、シート同士をファスナーで連結するだけで設置が完了する。

図 7 「ファスナー取り外し式工法」の設置イメージ



出典:アイシン、大林組

大林組は 2025 年 6 月からアイシンと共同で、ファスナー取り外し式工法の実証実験を開始した(写真 13)。ペロブスカイト太陽電池はアイシンが製造する薄ガラス基板のものを採用した。薄ガラス基板を用いることで、ガラス型の耐久性とフィルム型の軽量性や柔軟性を両立させる。アイシンは 2026 年度までに 30cm 角サイズで変換効率 20%、重量 3kg/m^2 の太陽電池モジュールの開発を目指している。

ファスナー取り外し式工法は、使用中の建物にも設置可能で、部分的な更新やメンテナンスも簡単にできる点が特徴だ。ペロブスカイト太陽電池を固定したメッシュシートの重量は 1 枚 5kg 以下で、作業員 2 人がシートの両端を持って運搬できる。大林組の担当者によれば、実際の設置作業は約 2 時間で、そのうちファスナーを使った屋根上の連結作業は数分で完了したという。

写真 13 「ファスナー取り外し式工法」の実証実験の様子
ファスナーでシートを連結(左)、ファスナーでシートの両端を固定(右)



比較のために南向き 30 度で設置したもの(右中段)と、面積あたりの発電量を最大化する実験(右上段)も実施。

出典:アイシン、大林組

2. リプレースを前提とする製品と一体化

ペロブスカイト太陽電池の稼働年数が短いことを前提に、リプレース（設備更新）を前提とした製品開発が進んでいる。交換時期が近い製品とペロブスカイト太陽電池を一体化することで、付帯設備の設置にかかる工数や工事費を削減するアプローチだ。

積水化学工業は、福岡市の公共施設の屋上で「防水材一体型ペロブスカイト太陽電池」を設置する全国初の実証実験を行っている。ビルの屋上に用いる防水シートにペロブスカイト太陽電池を一体化させたもので、積水化学工業が開発中の製品である。設置面積は防水材の部分を含めて80㎡、設置枚数は28枚（写真14）。

防水シートは雨水が染み込むのを防ぐために屋根に貼り付ける製品で、15～20年に1度の貼り換えが必要である。防水シートの上にシリコン太陽光パネルを設置する場合、パネルが1枚20kgと重いため、クレーンでパネルを移動させてからシートを貼り換えなくてはならない。防水材一体型であれば2つの製品を同時に交換できて、コストと手間を省くことができる。防水材の更新時期にペロブスカイト太陽電池を設置するチャンスになる。

福岡市の実証実験では、屋上に敷き詰めた防水シートの上からフィルム型ペロブスカイトを設置し、配線をまとめてジャンクションボックス（太陽電池を接続する端子ボックス）につないでいる。本来は防水シートとフィルム型ペロブスカイトを接着した状態で出荷する製品だが、建築基準法の規制があり、現時点ではペロブスカイト太陽電池と一体となった防水シートは防水材として設置できない（第3章で説明）。

写真14 防水材一体型ペロブスカイト太陽電池の実証実験

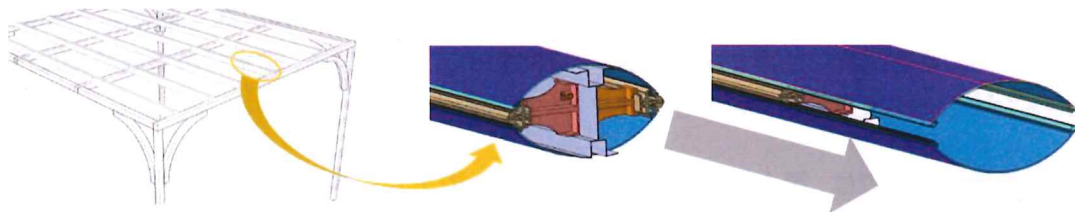


出典：福岡市

第1章で紹介した TERRA のソーラーシェアリング用の架台もリプレースを前提とした設計である(図8)。フィルム型ペロブスカイトの設置部分は着脱分離が可能で、交換しやすい設計になっている。ペロブスカイト太陽電池の開発状況に応じて最新型に交換することも可能だ。現在のペロブスカイト太陽電池には鉛が含まれているが、鉛フリーの製品開発も進んでおり、将来は環境負荷の低い製品にリプレースすることもできる。

ソーラーシェアリングの場合には、シリコン太陽光パネルの重量が架台の設置本数に影響する。シリコンパネルは $11\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ と重く、それを支えるために支柱の本数や強度が必要になり、コスト増加の要因になる。軽量のペロブスカイト太陽電池であれば、架台の強度を抑えて、支柱の本数を減らすことが可能になる。支柱の本数を減らせると、太陽光パネルの下で農作業用の機械を動かしやすくなるメリットもある。

図8 レンズ型ソーラーシェアリング専用架台の構造



出典: 市民エネルギーちば、TERRA

表2 設置方法に関する主な実証実験の概要

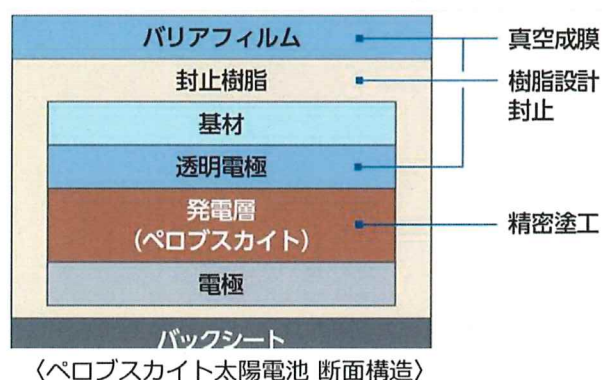
実施主体	実証実験の詳細	
日揮/ 苫小牧埠頭	設置場所・方法	苫小牧埠頭の倉庫屋根と壁面、シート工法
	ペロブスカイト	エネコートテクノロジーズ製 フィルム型 370mm×470mm
	設置枚数・出力	発電用6枚、100～200W、モックアップ100枚
	実施期間	2024年4月～2026年3月
日揮/ PXP	設置場所・方法	日揮グループ所有施設内、シート工法
	ペロブスカイト	PXP製 薄型 CIGS 系太陽電池 500mm×1000mm
	設置枚数・面積	20枚、10㎡
	実施期間	2025年4月～2026年3月
大林組	設置場所・方法	大林組技術研究所屋上、ファスナー取り外し式工法
	ペロブスカイト	アイシン製 薄ガラス基板型
	設置枚数・面積	8枚、4㎡(メッシュシートを含む)
	実施期間	2025年6月～2026年5月
福岡市	設置場所・方法	公共施設ビル屋上、防水材一体型
	ペロブスカイト	積水化学工業製 フィルム型
	設置枚数・面積	28枚、80㎡(防水材を含む)
	実施期間	2025年4月～2026年3月

3. バリアフィルムや封止材の開発で 20 年の耐久性を実現

ペロブスカイト太陽電池の耐久性を向上させる技術の開発も進んでいる。耐久性を高めて稼働年数を長くできれば、総発電電力量が増加するため、発電電力量あたりのコスト低減につながる。

ペロブスカイト太陽電池の発電層に含まれる結晶構造は、大気中の水分に触れると分解して劣化するため、変換効率や耐久性が大きく低下してしまう。この課題を克服するには、発電層に水分が浸透することを防ぐための保護膜（バリアフィルム）や封止樹脂の性能を向上させる必要がある（図 9）。

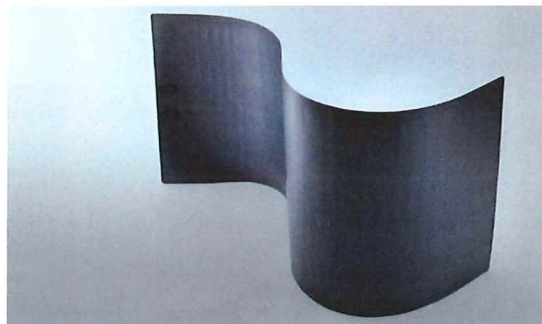
図 9 ペロブスカイト太陽電池の構造



出典：経済産業省

東洋製罐グループホールディングスは 2025 年 4 月に、薄型太陽電池の防水性能を高める「超水分バリアフィルム」の開発を公表した（写真 15）。水分の浸透を防ぐ性能は非常に高く、1 日のうちに 1 m²あたり 10 のマイナス 6 乗グラムの極めて少ない水分量しか通さない。このフィルムを貼ることで発電層が空気中の水分に触れにくくなり、性能の劣化を防ぐことができる。

写真 15 東洋製罐の「超水分バリアフィルム」（左）、薄型太陽電池に搭載するイメージ（右）



出典：東洋製罐グループホールディングス

フィルム型ペロブスカイトや CIGS 系などの薄型太陽電池に使用すれば、稼働年数を 20 年に向
上させることが期待できる。ペロブスカイト太陽電池に搭載した実績はまだないが、CIGS 系の薄型
太陽電池では 20 年近い稼働年数を実現している。

東洋製罐グループホールディングスは、当面のあいだ量産技術が確立している CIGS 系薄型太
陽電池向けにバリアフィルムを供給するが、将来に向けてフィルム型やタンデム型のペロブスカイト
太陽電池に搭載することも目指している。

このほかにコニカミノルタ、麗光、アイ. エス. ティ、フジプレアムなど複数の企業が、薄型太陽電
池の耐久性を改善する封止材の開発を進めている。技術開発の進展によって耐久性とコストを両
立させたバリアフィルムや封止樹脂の登場が待たれる。

第3章 ペロブスカイトの早期普及に向けた3つの施策

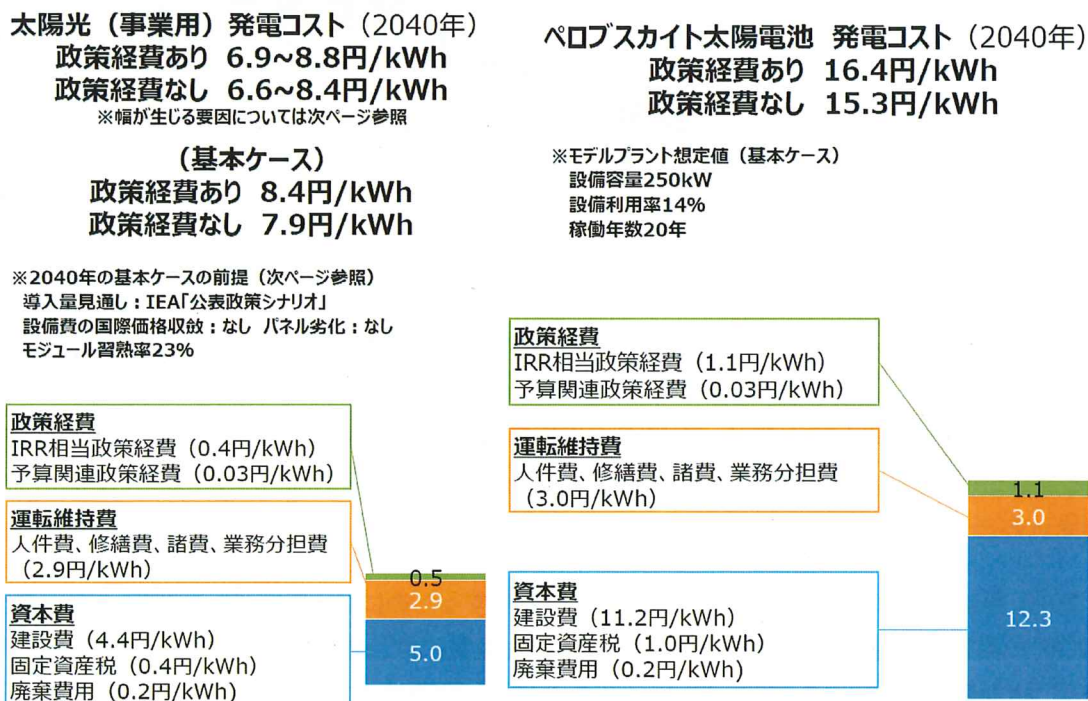
ペロブスカイト太陽電池の実証実験は全国で進展しているが、普及のためには乗り越えなければならないハードルがある。最も大きな課題がコストだ。合わせて耐久性や生産量の問題がある。新しい技術であるため、法規制に関する課題も残る。

早期の普及を目指す政府や自治体は、製造ラインの拡大や建物への導入に対して、経済的な支援制度を整備しつつある。さらに安全基準や設置方法を示すガイドラインを作成するなど、製品の流通に先んじて具体的な対策を進めている。

1. 普及に向けた課題:コストと法規制

第7次エネ基では、2040年までにペロブスカイト太陽電池の発電コストを10～14円/kWhに低減させる目標を掲げている。しかし政府の発電コスト検証ワーキンググループの試算では、2040年のペロブスカイト太陽電池の発電コストを15.3～16.4円/kWhと予測していて、エネ基の目標よりも高い。一方で、事業用のシリコン太陽光パネルの発電コストは6.6～8.8円/kWhと予測している。2040年の時点でも、ペロブスカイト太陽電池はシリコンパネルよりも発電コストが2倍以上も高いことになる(図10)。

図10 発電コスト検証ワーキンググループによる太陽光発電のコスト予測



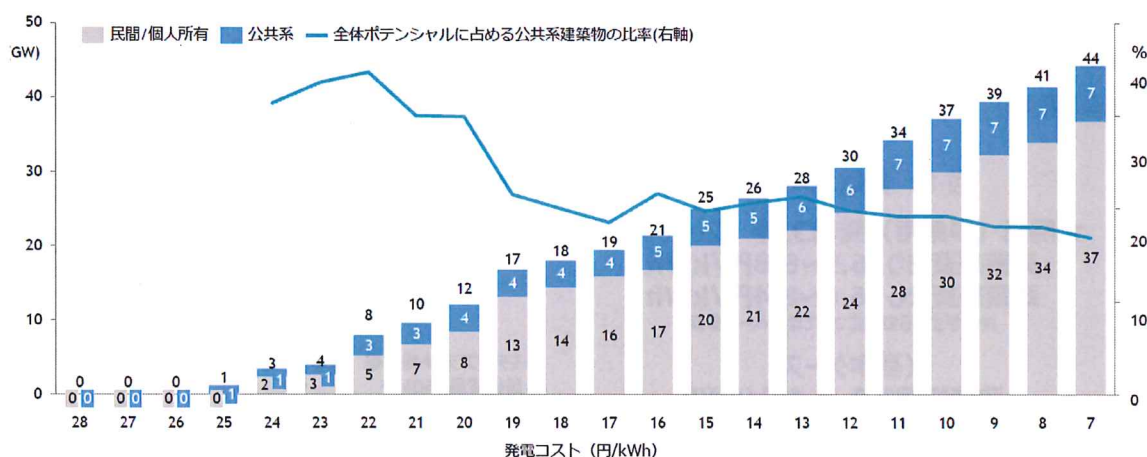
出典：資源エネルギー庁

フィルム型ペロブスカイトの基板に使用するバリアフィルムや封止樹脂は、シリコン太陽光パネルに使うガラスと比べるとコストがかかる。シリコン太陽光パネルの稼働年数が25年～30年であるのに対して、フィルム型ペロブスカイトの稼働年数は10～15年と現時点では半分程度だ。設備本体の価格が高く、発電する総電力量も小さいため、kWhあたりのコストが高くなってしまふ。

コストが下がるまでは、中央省庁や自治体の公共施設が需要を牽引することが望ましい。「次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会」(官民協議会)の議論をふまえて政府が作成した「次世代型太陽電池戦略」では、発電コストが20円/kWhを下回るまでのあいだ、需要の3～4割を公共系の建物が担うと予測している(図11)。

民間の需要は発電コストが低下するにつれて増加し、公共セクターの占める割合も低下していく想定である。発電コストが16円/kWhに到達すると21GWの国内需要が生まれ、さらに10円/kWhになると37GWの需要が生まれる。政府の導入目標(2040年に20GW)を達成するには、大幅な発電コストの低下が不可欠だ。

図11 導入先別の需要推計

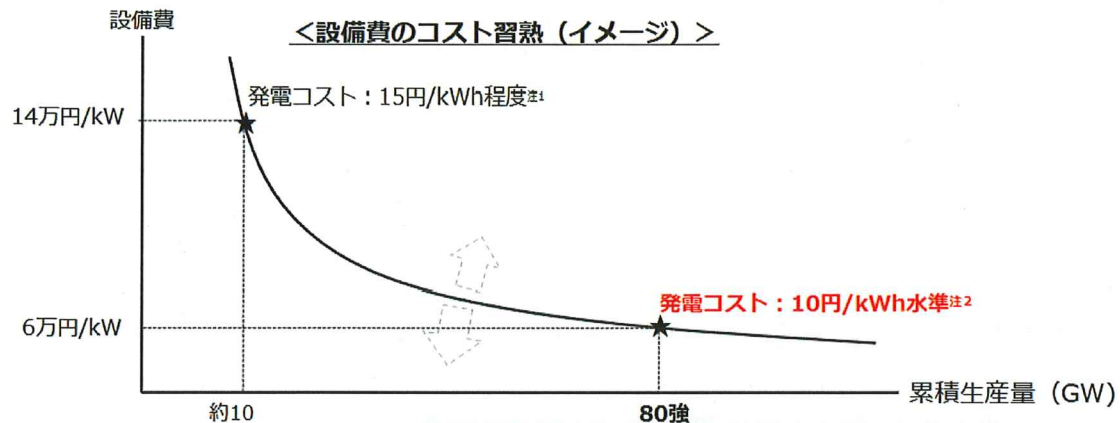


出典: 次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会

発電コスト10円/kWhを実現するためには、累積生産量の増加による生産コストの低減(習熟効果)が必要になる。「次世代型太陽電池戦略」では、2030年にGW級の生産ラインを確立した後に同水準の生産が続いた場合には、2040年までの累積生産量は10GW、発電コストは15円/kWhにとどまると予測している。累積生産量が80GWに到達すると、ようやく発電コストが10円/kWhになる見込みだ(図12)。

2040年までに発電コスト10～14円/kWhを実現するためには、最低でも10GW以上、最大で80GWの累積生産量が必要になる。80GWの累積生産量には、単純計算で2030年から8GW/年の生産ラインを確保しなければならない。そのためには、国内外で大規模な生産設備の投資が不可欠だ。生産規模の拡大がなければ発電コストの大幅な低下は見込めず、発電コストの低下がなければ国内需要が頭打ちになってしまう。

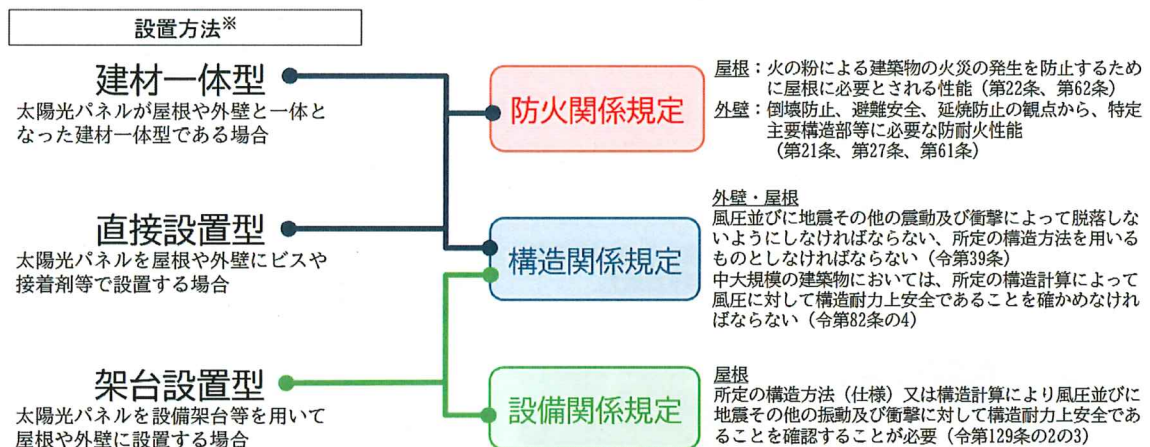
図 12 発電コストの低減に必要な累積生産量



出典：次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会

コストの問題に加えて、建築基準法への適合という法規制上の課題もある。ペロブスカイト太陽電池を建物に設置する場合、建築基準法が定める防火・耐風・耐震性能、構造耐力の基準に適合しなければならない。設置する方法や場所によって法規制の内容や基準も異なる(図 13)。

図 13 設置方法や設置場所ごとの建築基準法の扱い



※なお、具体的な、建築基準法の適用については、当該太陽光パネルの仕様や設置方法に応じ、個別判断が必要。

出典：国土交通省

フィルム型の場合、延焼や飛び火を防ぐ必要があるため消防法も関わってくる。消防庁を所管している総務省の判断が必要になるが、各地の消防機関を管理しているのは自治体である。そのため、消防法上のペロブスカイト太陽電池の取り扱いは自治体ごとで判断が変わることも想定される。

今後もさまざまな設置方法の開発が進み、それに応じて設置可能な場所も増えてくる。ビスや接着剤など固定方法によっても法規制上の扱いが変わるため、建築基準法の適合については個別の判断が必要になる。

たとえば第2章で取り上げた福岡市と積水化学工業が進める防水材一体型ペロブスカイトは、防水材として設置できない。建設省告示 1365 号で屋上に設置できる防水材の種類を規定しているが、この規定には防水材一体型ペロブスカイトが含まれていない。

設置場所や設置方法ごとで基準が異なり、具体的なケースでは個別の判断が必要となると、導入する側にとってはハードルが高い。建築許可を出す自治体側の負担も大きくなる。社会実装の早期実現を目指すのであれば、さまざまな状況を想定した全国共通のガイドラインが必要だ。

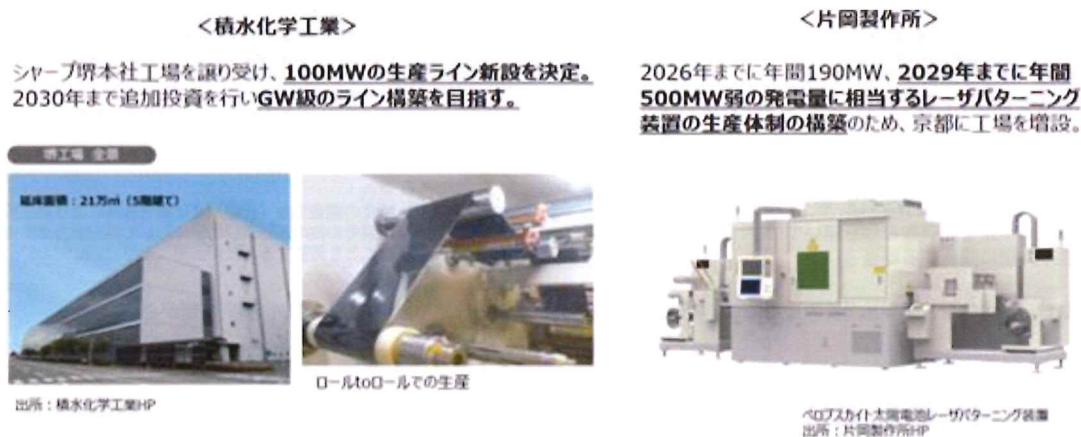
2. 国や自治体の対策：生産拡大、導入ロードマップ、ガイドライン策定

●対策1 生産ライン投資と技術開発でコスト削減を加速

コストや法規制の問題に対して、大別すると3つの対策が進んでいる。コスト対策としては、まず大規模な生産ラインの確保が重要だ。

政府はグリーントランスフォーメーション(GX)戦略の一環として、ペロブスカイト太陽電池の生産設備に大規模な投資支援を実施している。2024年12月、GX サプライチェーン構築支援事業として、積水化学工業の生産ライン新設事業を採択した。1GW級の生産ラインの建設にかかる投資額(3145億円)の2分の1をGX事業として補助する。補助対象期間は2024年11月から2029年2月末までの予定だ(図14)。

図14 GX サプライチェーン構築支援事業による生産ライン拡大への支援



出典：次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会

これを受けた積水化学工業は、2025年1月にペロブスカイト太陽電池の第1弾の生産ライン構築と2027年度の稼働を公表した。大阪府堺市にあるシャープ本社工場の建物などを譲り受け、ペロブスカイト太陽電池の製造設備を導入し、量産を開始する。投資総額は建物の購入費と生産設備費で約900億円を見込む。100MW規模の製造ラインとして2027年4月から稼働する予定だ。

第2章で見たように、発電コストを低下させるためには大量生産以外のアプローチも重要だ。工期の短縮や他の製品と一体化するなどの工夫により、工事費用や付帯設備のコストを低減できる。バリアフィルムや封止樹脂の開発によって稼働年数を向上させることも必要だ。

NEDOは次世代型太陽電池や設置場所に応じた太陽光発電システムの開発を目的として、2025年9月に24件のプロジェクトを「太陽光発電導入拡大等技術開発事業」の支援事業に採択した。シート工法など新たな設置方法の開発プロジェクトも含まれている。今後は耐久性を向上させるためのバリアフィルムや封止材の開発に対する支援拡大も期待される。

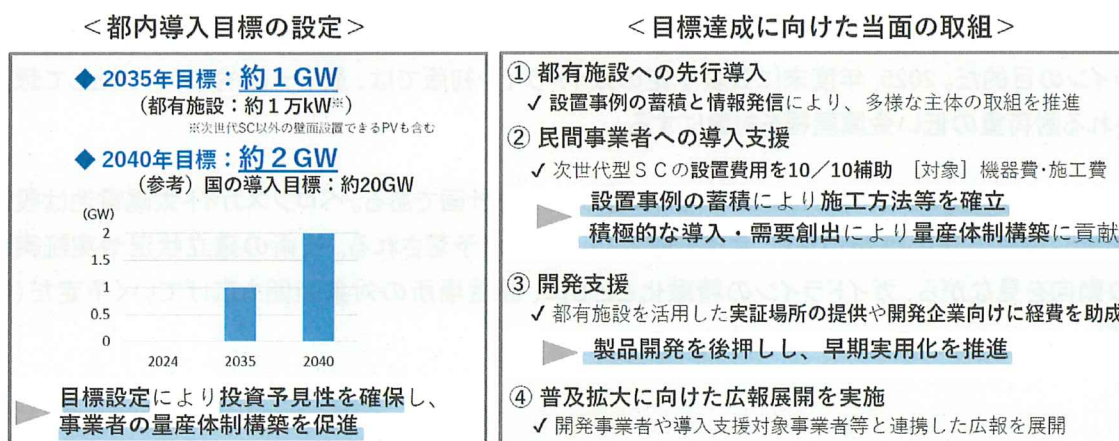
●対策2 ロードマップの公表で需要を創出

コスト低下が実現するまでの対策として、公共系建築物の率先導入によって初期需要を牽引する必要がある。国や自治体が導入目標とロードマップを公表すれば、メーカーによる生産設備への投資を後押しできる。

モデルケースとなるのは東京都である。2025年3月、都は「次世代型ソーラーセルの普及拡大に向けたロードマップ」を公表した。普及に向けた都の役割を「早期実用化支援、需要創出による量産体制構築の後押し、普及啓発等」と位置づけている。2035年に都内で1GW、2040年に2GWのペロブスカイト太陽電池を導入する目標を掲げている。都有施設には2035年までに約1万kWを導入する計画だ(図15)。

目標達成に向けて、都有施設の先行導入だけでなく、民間事業者に対する導入支援として設置費用を100%補助する支援メニューを用意している。国の2040年の目標である20GWのうち、公共建築物の需要は5GWを想定している。都の目標は40%に相当する。

図15 東京都が掲げるペロブスカイト太陽電池の導入目標



出典：東京都

これほど大きな目標でなくても、都市部で太陽光発電の導入場所が限られている自治体はペロブスカイト太陽電池の導入目標を設定することが望ましい。実際の導入が2030年以降になったとしても、ロードマップと導入目標を公表することでメーカーによる生産設備への投資を後押しできる。

国はさらに踏み込んで、第 7 次エネ基の 2040 年の目標を具体化するための詳細なロードマップを作成すべきだ。現状では太陽光発電を 2040 年までに 200～280GW、そのうちペロブスカイト太陽電池を 20GW 導入するという大きな枠組みの目標しか設定していない。

2040 年までにシリコン太陽光パネル 180～260GW、ペロブスカイト太陽電池 20GW を、どこに、どれだけのペースで、どのような形態で設置するのか、道筋を示すロードマップを早急に策定すべきだ。農地、建物の屋根や壁面といったポテンシャルが大きい場所に導入する方針を示すことで、需要創出と生産設備の投資を促すことができる。

表 3 第 7 次エネルギー基本計画における太陽光発電の導入目標(AC=交流ベース)

区分	2024 年度実績	2030 年度目標	2040 年度目標
太陽光発電全体の導入目標	77.3GW	103.5～117.6GW	200～280GW
シリコンパネルの年間導入量	3.5GW/年	4.3～6.71GW/年	6.24～15.65GW/年
ペロブスカイト太陽電池の導入目標	—	GW 級の生産ラインの確保	国内 20GW 海外 500GW

出典：自然エネルギー財団が作成

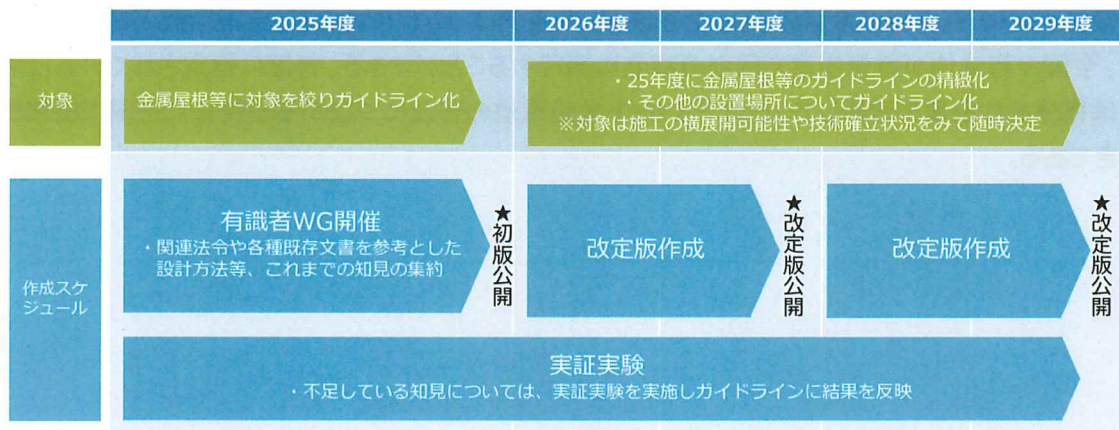
●対策 3 ガイドライン整備と規制緩和

設置場所や設置方法によって異なる法規制の問題は、ガイドラインの整備によってある程度は解決できる。政府が主導する官民協議会は 2025 年度末までに、ペロブスカイト太陽電池を含む「フレキシブル太陽電池の設置・施工に関するガイドライン」を策定する予定だ。

建築基準法上の位置づけを明確にして、安全性を確保するための設置方法を示すことがガイドラインの目的だ。2025 年度末に公表予定のガイドライン初版では、最も一般的なケースとして想定される耐荷重の低い金属屋根を対象にする。

2025 年度以降も 2 年ごとにガイドラインを改定する計画である。ペロブスカイト太陽電池は設置場所や設置方法の種類が多く、今後も増えていくことが予想される。技術の確立状況や実証実験の動向を見ながら、ガイドラインの精緻化とともに、設置場所の対象範囲も広げていく予定だ(図 16)。

図 16 「フレキシブル太陽電池設置・施工ガイドライン」の策定・改定スケジュール

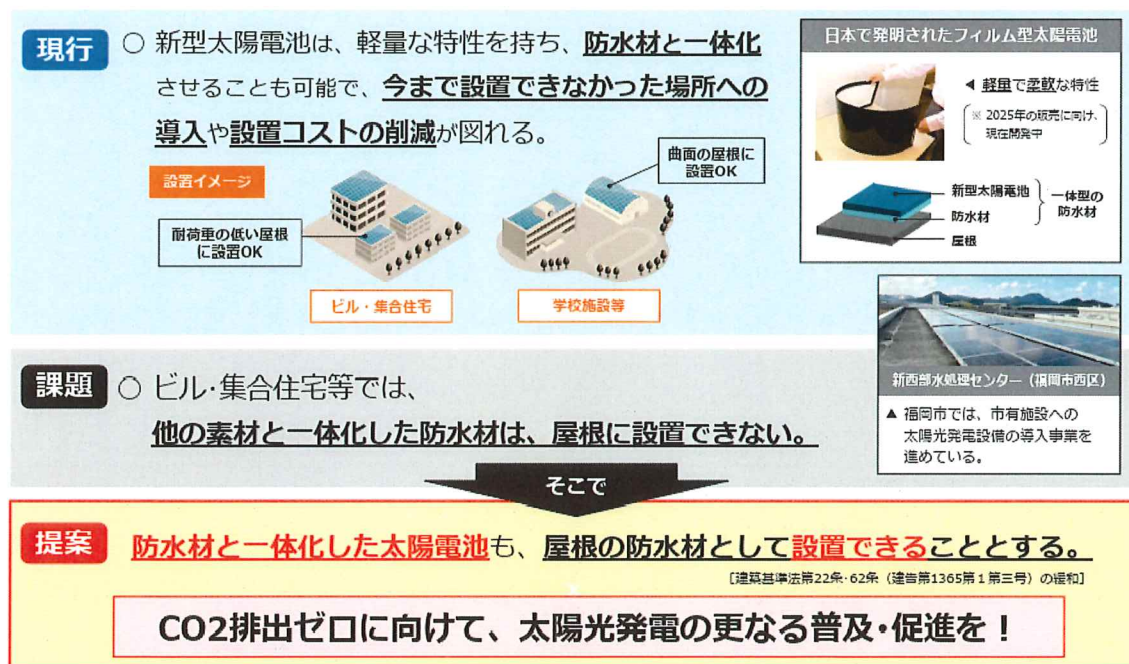


出典：次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた実装加速連絡会

ただしガイドラインが整備されたとしても、個別の事例では検討が必要なケースもある。現行法の基準に適合していない場合には、技術的には設置可能であっても法的には設置できない。既存の法律がハードルになるようであれば、必要に応じて規制緩和を進める。

たとえば福岡市は防水材一体型ペロブスカイトを設置するために、国家戦略特別区域制度（国家戦略特区）を活用して国に建築基準法の規制緩和を求めている（図 17）。国家戦略特区は産業や経済の国際競争力の確保を目的として、地域や分野を限定した形で税制面の優遇や規制緩和が可能な経済特別区である。指定区域内では規制緩和の提案や、提案によって実現した特例措置を新規事業で実施することができる。

図 17 福岡市による規制緩和の提案



出典：福岡市

国家戦略特区による規制緩和の重要な点は、特例措置を全国展開できることである。国家戦略特区による 62 件の特例措置のうち、全国展開した事例は 32 件におよぶ。全国展開が認められれば、全国の自治体が特例措置を個別の事業に適用することができる。特区に指定されている自治体は積極的に制度を活用して、ペロブスカイト太陽電池の普及につながる規制緩和を国に提案すべきである。

ペロブスカイト太陽電池の導入場所が広がる
新たな設置方法でコスト低減へ

2025年10月

公益財団法人 自然エネルギー財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門1丁目ビル 11F TEL:03-6866-1020(代表)

info@renewable-ei.org
www.renewable-ei.org