

第487回機振協セミナー プレゼンテーション資料

次世代型太陽電池産業における サプライチェーンの構築と課題

令和7年8月26日

公益財団法人 未来工学研究所

多田浩之、井上敬介

講演内容

1. 調査研究の背景と目的
2. 太陽光発電における日本の取組みとペロブスカイト太陽電池の位置付け
3. ペロブスカイト太陽電池の開発動向と量産化の動きについて
4. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの現状、課題等に関する調査
5. ペロブスカイト太陽電池の建築物への設置可能面積の推計に基づく20GW以上の需要創出が可能なシナリオの検討
6. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンを構築していくための戦略分析
7. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーン構築・強化並びにペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策の検討
8. まとめ

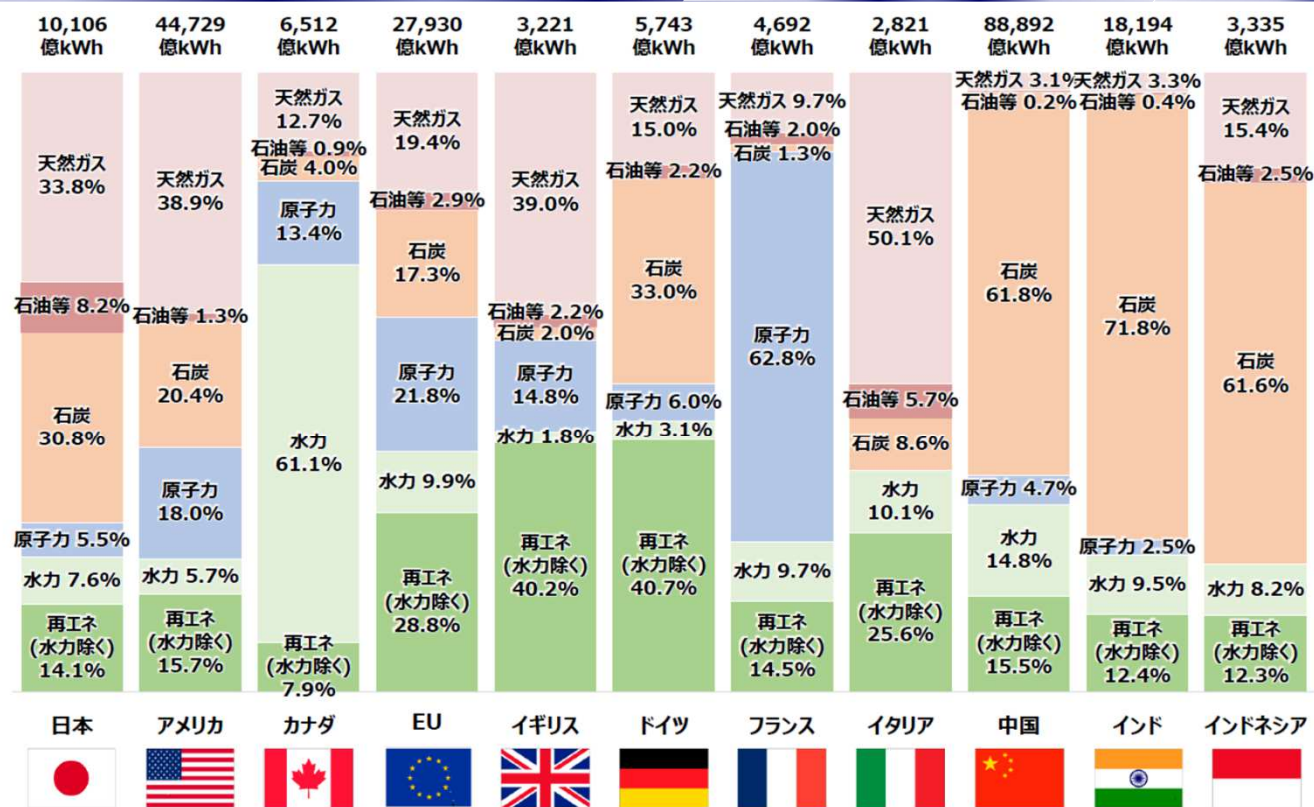
1. 調査研究の背景と目的

調査研究の背景と目的

- 日本は1973年のオイルショックを契機に太陽光発電の技術開発を進めたが、シリコン系太陽電池では2005年以降、中国などの海外勢に押されてシェアが低下した。
- 現在の日本はペロブスカイト太陽電池の技術開発で世界をリードしており、特にフィルム型では大型化や耐久性の面で優れているといわれている。
- 今後、日本がペロブスカイト太陽電池で国際的なシェアを確保するためには、早期の社会実装と生産体制の整備が重要である。また、使用済み太陽光発電設備のリサイクル技術と体制の確立も必要である。
- 本調査研究では、ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの現状を調査し、強固なサプライチェーンを構築するための課題を分析・整理するとともに、ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化及び普及・市場確保に必要と考えられる支援策について検討することを目的とした。

2. 太陽光発電における日本の取組みとペ ロブスカイト太陽電池の位置付け

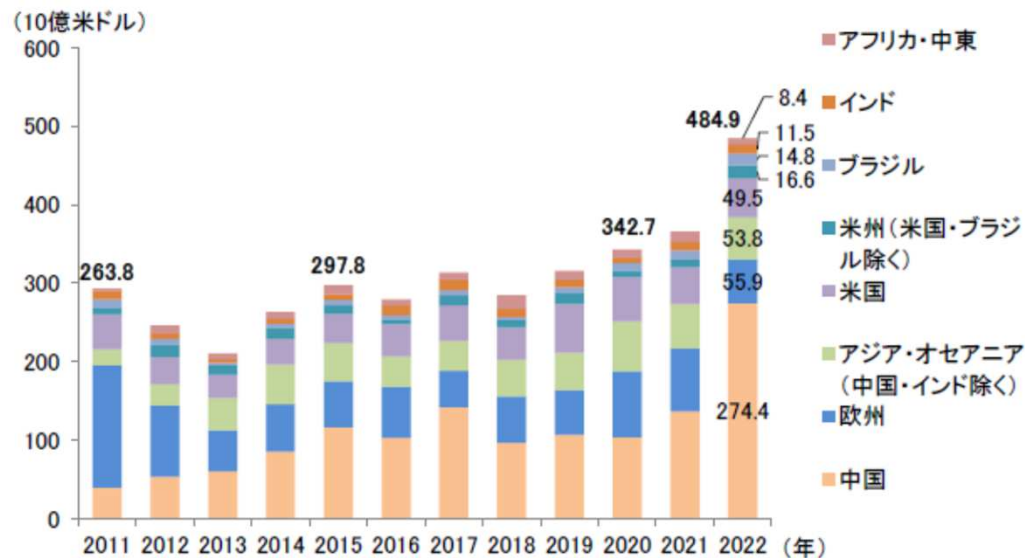
各国の電源構成の比較



出典：IEA World Energy Balances（各国2022年の発電量）、総合エネルギー統計（2022年度確報）をもとに資源エネルギー庁作成

再生可能エネルギーへの投資の推移

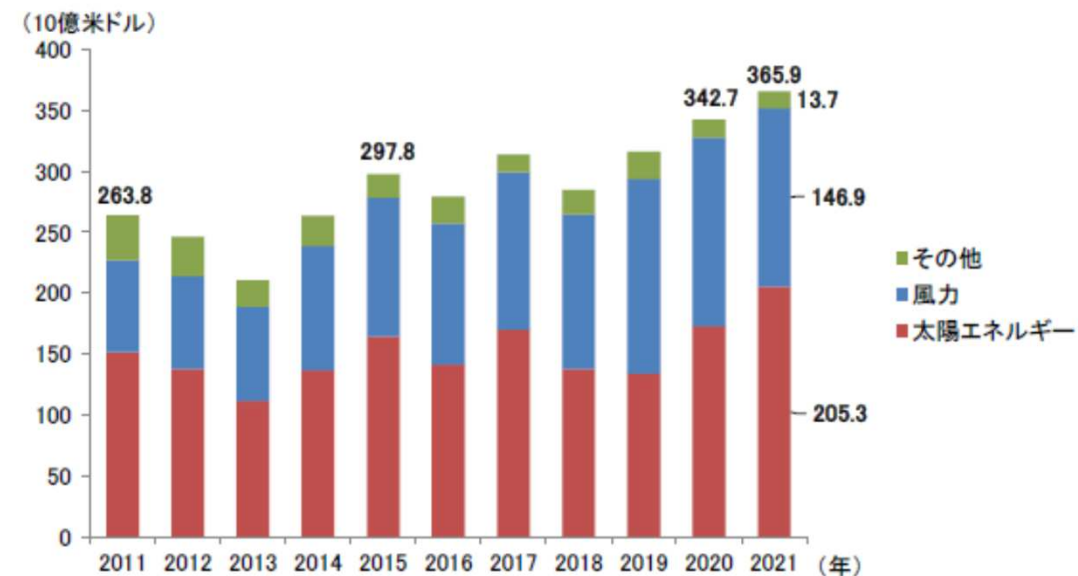
地域別



(注) 大型水力発電を除く。

資料：REN21「Renewables 2022 Global Status Report」、「Renewables 2023 Global Status Report-Energy Supply Module」を基に作成

発電方式別

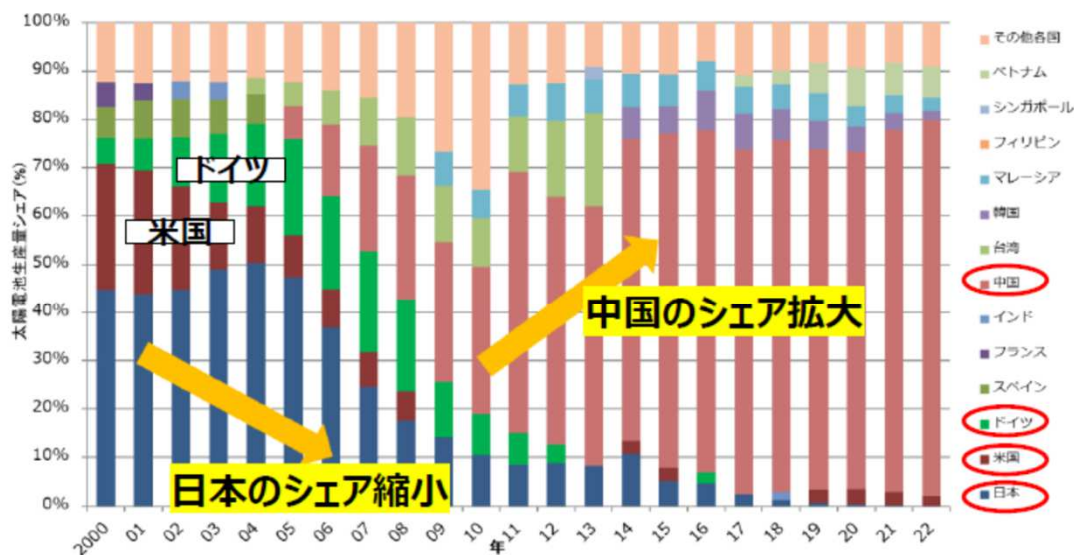


(注) 発電方式別の内訳は、2021年のデータが最新の値。

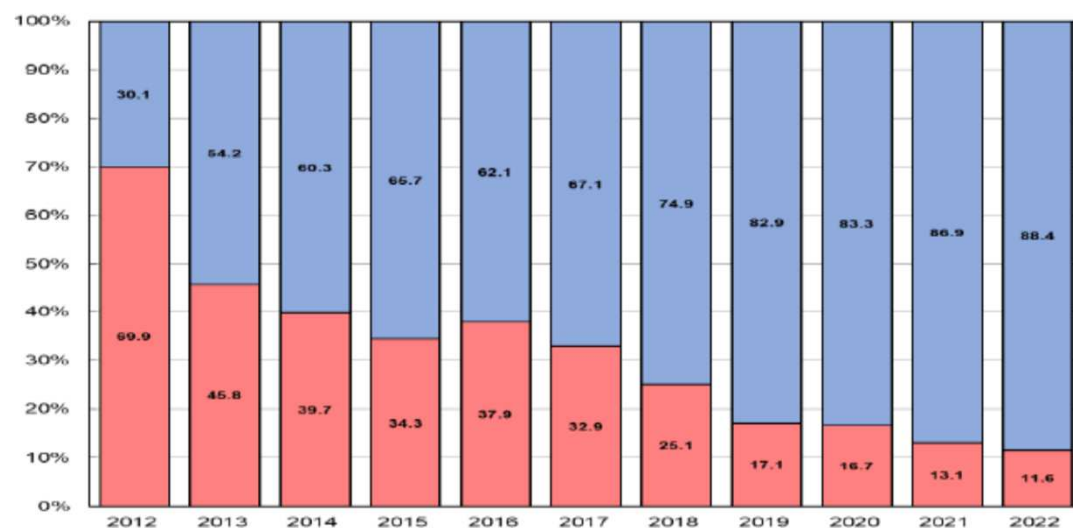
資料：REN21「Renewables 2022 Global Status Report」を基に作成

太陽光パネルの日本メーカーのシェア縮小

太陽光パネルの国際シェアの動向



太陽光パネルの国内シェアの動向



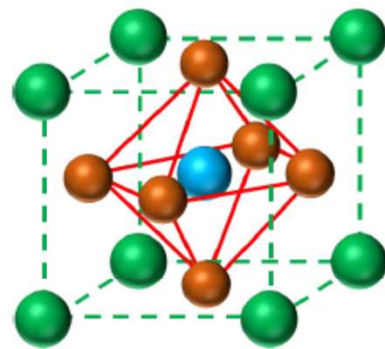
凡例 赤棒：国内生産／国内出荷量 青棒：海外生産／国内出荷量

(出典) (一社) 太陽光発電協会 出荷統計

3. ペロブスカイト太陽電池の開発動向と 量産化の動きについて

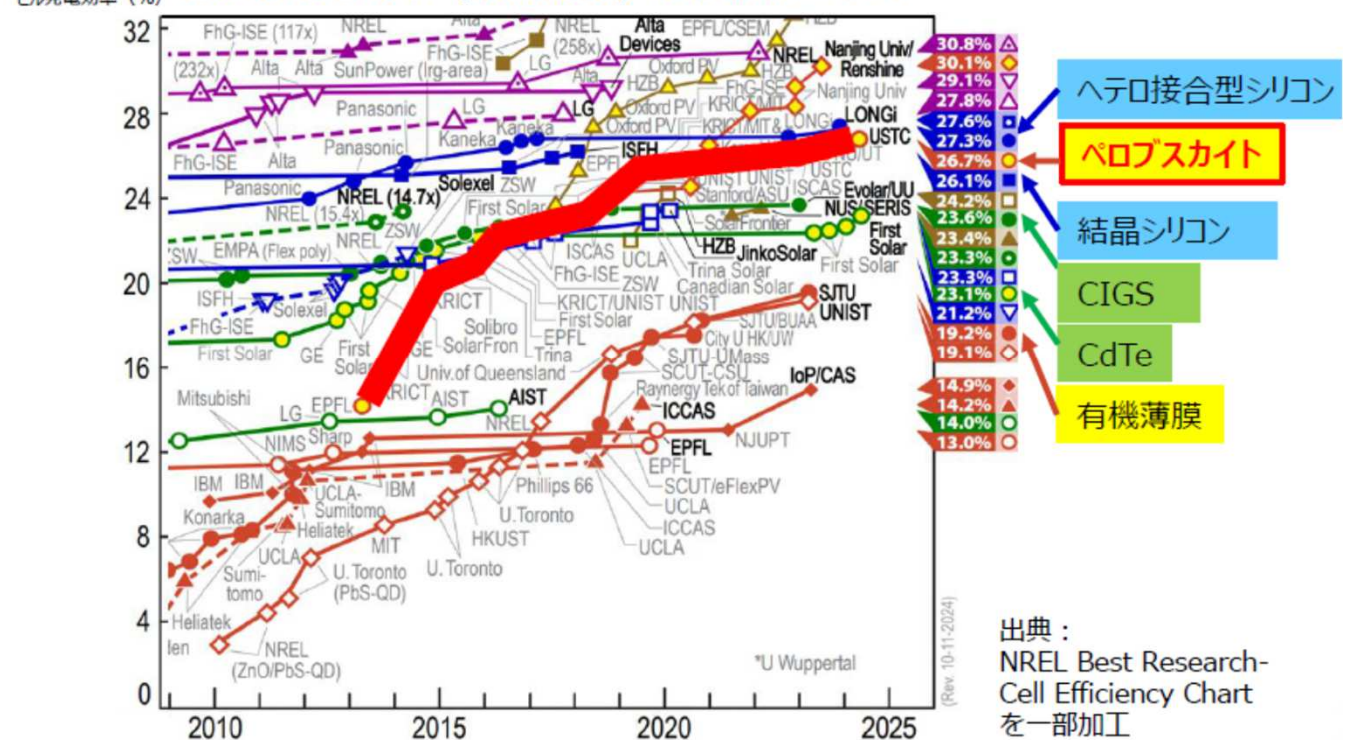
ペロブスカイト結晶構造とセル発電効率の推移

ペロブスカイト結晶構造
(一般式: ABX_3)



- A: 有機アンモニウム
- B: 鉛
- X: ヨウ素

セルの発電効率 (最高記録) の推移について



出所: 経済産業省「次世代型太陽電池戦略」(2024年11月28日)

各種太陽電池の特徴

	ペロブスカイト	有機薄膜	結晶シリコン	化合物（CIGS）
変換効率（セル）	~27%	~19%	~27%	~24%
コスト	○→◎	◎	◎	○
耐久性	△→○	○	◎	◎
軽量性	◎	◎	△	○
柔軟性	◎	◎	×	△
透過性	◎	◎	△	△

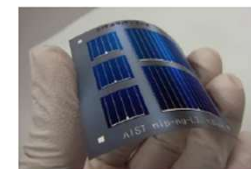
出所：各種資料より未来工学研究所作成



シースルー型ペロブスカイト
太陽電池(AIST)



フレキシブル有機薄膜太陽
電池モジュール(AIST)



フレキシブルSiヘテロ
接合太陽電池(AIST)



フレキシブルCIGS太陽
電池モジュール(AIST)

出所：（国研）産業技術総合研究所「ペロブスカイト太陽電池の研究開発動向」（2019年）

ペロブスカイト太陽電池の種類

フィルム型



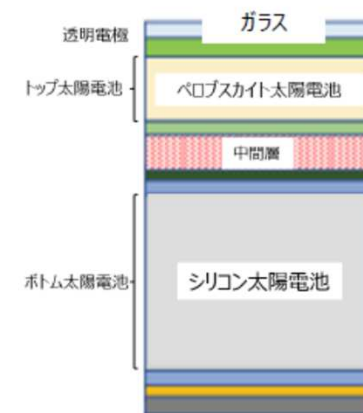
(出典) 積水化学工業 (株)

ガラス型



(出典) パナソニックHD(株)

タンデム型 (ガラス)



(出典) (株) カネカ

ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けた耐久性の課題と対策

●耐熱性の課題

➤材料の組成やセル構造の最適化による対策

●耐光性の課題

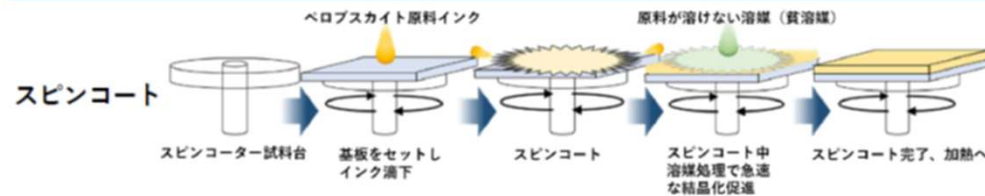
➤耐光性を向上する材料や構造等の開発、あるいは紫外線（UV）をカットするフィルムの貼付などで対策

●耐湿性の課題

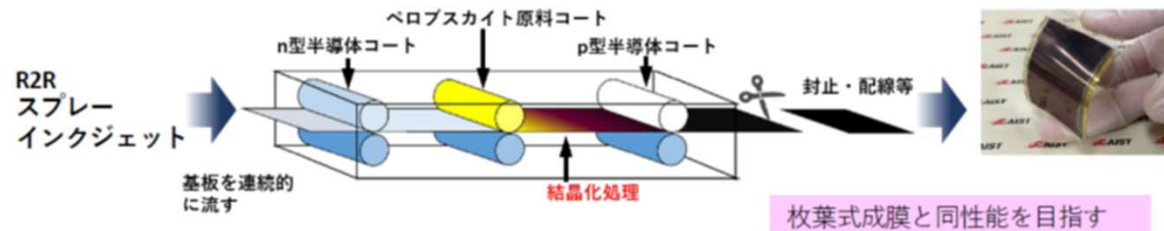
➤バリアフィルムのコストパフォーマンス最適化などで対策

量産化に向けた成膜技術

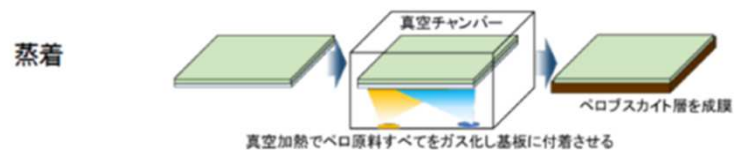
これまで枚葉式でペロブスカイトを成膜し高性能化



ペロブスカイトを連続成膜する溶液を原料とする手法

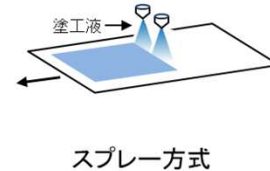
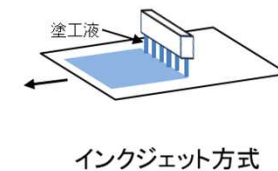
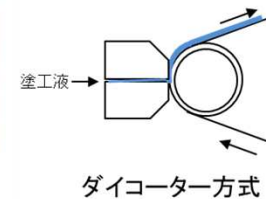


ペロブスカイトを蒸着で成膜する手法



出所：(国研)産業技術総合研究所・村上拓郎氏

塗工方式の主な種類



海外企業における開発動向

	フィルム型		ガラス型		タンデム型		
	大正微納 (中国)	Saule Technologies (ポーランド)	極電光能 (中国)	万度光能 (中国)	G C L (中国)	仁燦光能 (中国)	OxfordPV (イギリス)
変換効率	13~15%	12.0%	1.2×0.6m : 17% (2024年内目標値 : 20%超) 1.2×2.3m : 18% (目標値)	18% (実験効率)	1.0×2.0m : 19.04% 1.2×2.4m : 27% (目標値)	18% (2024年内目標値 : 20%)	28.6%
サイズ	1.0×0.6m	9 cm、1 m	1.2×0.6m 1.2×2.3m	不明	1.0×2.0m 1.2×2.4m	1.2×0.6m	16.6×16.6cm
耐久性	不明	1,000時間 ※連続発電時の耐久性	~10年	不明	10~15年	不明	10~15年の見込み
生産能力	100MW ※建設中	約100MW ※建設予定	150MW 1GW(建設中) ※2026年末までに10GWまで拡張予定	200MW ※1.2GW建設中のほか、拡張計画あり	100MW ※1GW建設中のほか、拡張計画あり	150MW ※2024年に1GW級建設予定	100MW ※稼働率50%以下
生産開始	稼働予定 (2024年~2025年)	建設予定 (2026年)	2022年12月	稼働中 (時期不明)	2021年	2024年1月	2023年

出所：経済産業省「次世代太陽電池戦略」（2024年11月28日）

日本の国際パテントファミリー(IPF)件数はトップ ～一方で中国の件数が急増～

出願人国籍・地域別IPF件数推移及び比率（出願年（優先権主張年）：2009-2022年）



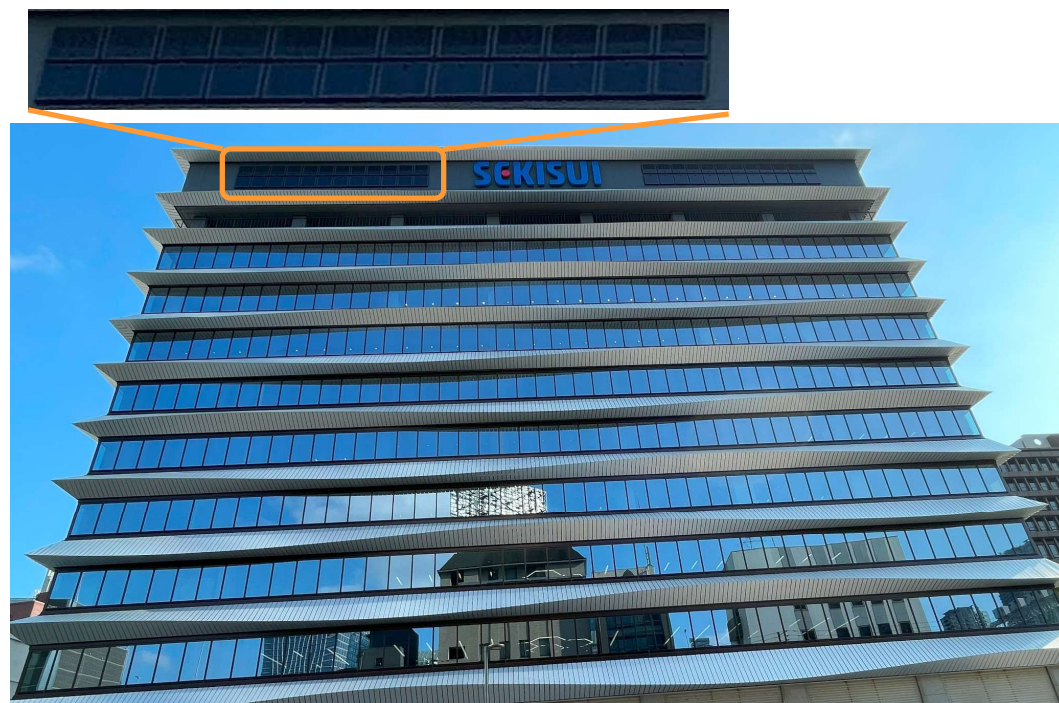
出所：特許庁「令和6年度分野別特許出願技術動向調査結果」（2025年4月）
<https://www.ipa.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/2024theme.html>

建築物側壁設置での実証実験例

NTTデータのオフィスビル(品川)



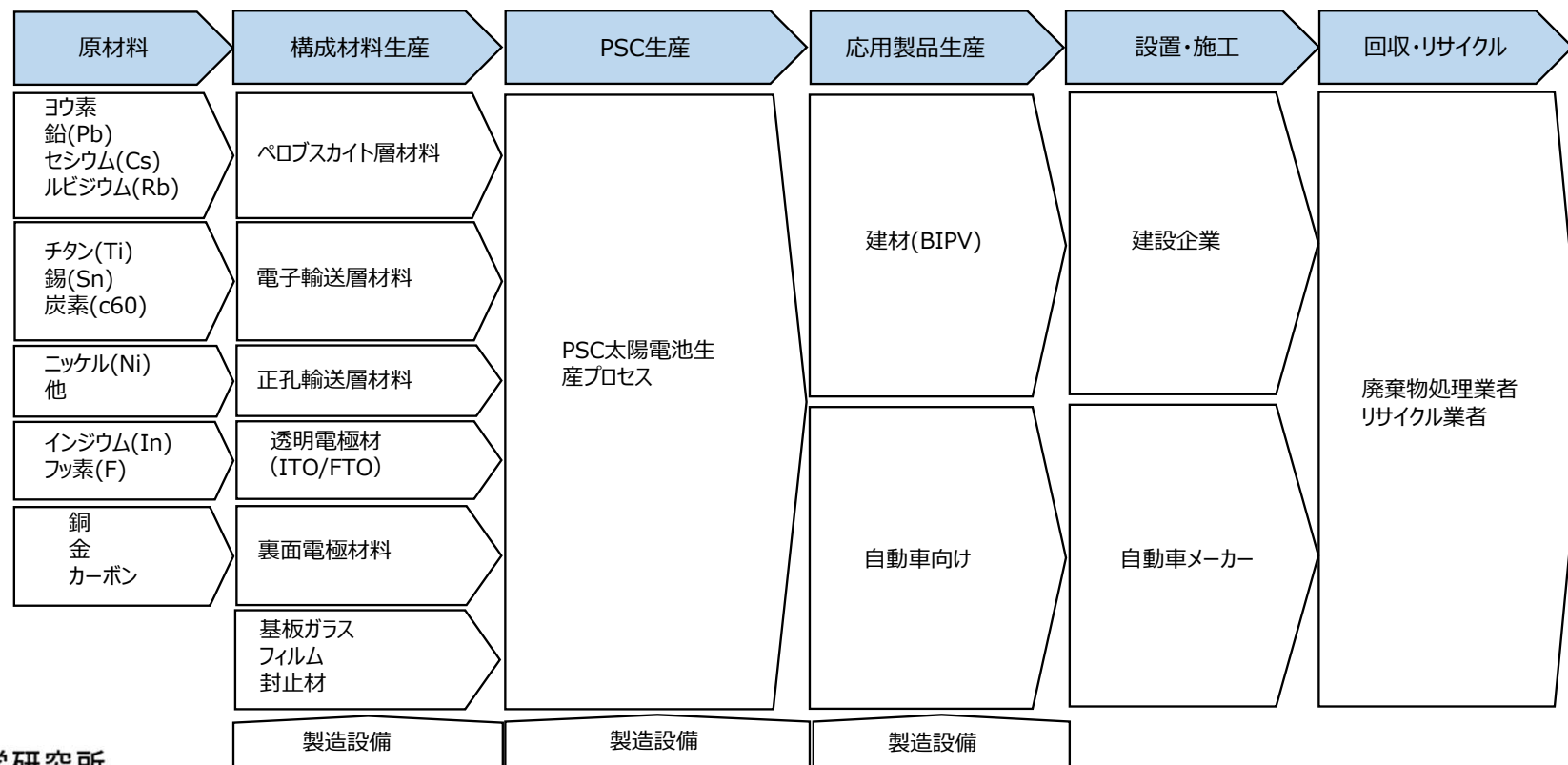
積水化学本社ビル(大阪市)



4. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの現状、課題等に関する調査

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンのプロセスと流れ

下記のサプライチェーンの流れに沿ってヒアリングした。



今回ヒアリングさせて頂いた企業・団体

企業・団体名 (企業に関しては匿名)	ペロブスカイト太陽電池の取組みに関する特徴
A社	光電変換の広い技術領域をにらんで事業展開する技術開発ベンチャー。
B社	ビル用のガラス建材一体型ペロブスカイト太陽電池の開発に取り組んでいる大手企業。
C社	ペロブスカイト単体型とタンデム型のペロブスカイト太陽電池の開発に取り組んでいる大手企業。
D社	薄板ガラス型のペロブスカイト太陽電池の開発に取り組んでいる大手企業。
E社	建材一体型ペロブスカイト太陽電池の製品化を推進している大手建材メーカー。

今回ヒアリングさせて頂いた企業・団体

企業・団体名 (企業に関しては匿名)	ペロブスカイト太陽電池の取組みに関する特徴
特定非営利活動法人 日本住宅性能検査協会	ペロブスカイト太陽電池活用研究会を設立。太陽電池の活用に関するアドバイスやサポートを提供する専門家の資格認定機関。
有機系太陽電池技術研究組合（注）	ペロブスカイト太陽電池を含めた有機系太陽電池の事業化を目指している企業をコアとして、各企業が共通に取り組むべき技術課題に対して対処し、開発を加速することを目的とする。

（注）次世代型太陽電池の研究に取り組まれており、有機系太陽電池技術研究組合の理事でおられる、東京大学 瀬川浩司教授のご意見としてヒアリングさせて頂いた。

サプライチェーンとしての原材料の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

鍵となる原材料	ヒアリングにおける全体的な意見	主な意見等
ヨウ素	サプライチェーンの観点からペロブスカイト太陽電池の構成材（部素材）の原料として問題は無いという意見が多かった。	20～40GW の発電規模の場合でも、ペロブスカイト太陽電池に使用するヨウ素は、日本の年間のヨウ素の生産量の2～4%であり、ヨウ素がペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンに大きな顕著な影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。
インジウム	インジウムは、ペロブスカイト太陽電池の部材の原料としてサプライチェーンのボトルネックになる可能性が高いという回答が多く、インジウムに代わる物質に関する研究に期待しているようである。	インジウムは、LCD やOLED といったフラットパネル・ディスプレイにも使われており、ペロブスカイト太陽電池が大量に生産されるようになると不足するかもしれない。ガラス基板ではFTO などの代替材料を検討している。

サプライチェーンとしての構成材（素部材）生産の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

- 基板（フィルム及びガラス）、封止材・バリアフィルム、ペロブスカイト層、電子・輸送層及び透明・裏面電極別にヒアリングを行った。
 - 基盤ガラス基板及びペロブスカイト層については、サプライチェーンに関して問題とする意見はなかった。
 - 一方、封止材については、「シリコン系太陽電池用を中国が抑えているので、それがペロブスカイト太陽電池にも影響するのではないか」といった懸念や、バリアフィルムについては、「現在の供給量が少ないので、キャパシティ拡大の投資が必要である」といった意見があった。
 - 構成材全体のサプライチェーンに関する経済安全保障上の懸念として、「良い発電層材料を開発しても中国に真似される恐れがある」可能性を指摘。

サプライチェーンとしての構成材（素部材）生産の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

構成材	主な意見（例）
基盤フィルム	- 基板フィルムに高品質のPET またはPEN（ポリエチレンナフタレート）を使用している。フィルム基板材となるポリイミドは価格が高すぎて使用できない。 - 企業規模が小さいメーカーでは、ITO 膜を施したフィルムの生産能力が低い。今後、ギガワットレベルのペロブスカイト太陽電池の生産を行う上で、ITO 膜を施したフィルムの生産能力を高めるのであれば、一桁以上の設備投資をしないと供給のボトルネックになる。
封止材	中国がペロブスカイト太陽電池向け以外の封止材を押さえていることから、中国が特許でペロブスカイト太陽電池に適した封止材を押さえてしまう可能性がある。
バリアフィルム	バリアフィルムは、製造のキャパシティが小さいため、量産に向けた投資をしないと供給のボトルネックになる。
電子・正孔輸送層材	電子輸送層や正孔輸送層に使われる有機系材料のコストが高い。各社で材料の構造や仕様が異なるので量産効果が出せないことが一因である。
透明・裏面電極材	- ITO は透明電極に多量に使われており、LCD やOLED 等にも使われているので、ボトルネックになる材料かも知れない。 - ペロブスカイト太陽電池が大量に生産されるようになると不足するかもしれない。

サプライチェーンとしてのペロブスカイト太陽電池生産の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

(1) ペロブスカイト太陽電池の塗布・成膜技術について

- ヒアリングした企業は、ガラス型、薄板ガラス型、タンデム型（ガラス型）のペロブスカイト太陽電池を開発している企業であるが、いずれも、ペロブスカイト太陽電池の量産に向けた、他社が真似をすることができない、レベルの高い独自の塗布・成膜技術を開発していることが伺えた。

サプライチェーンとしてのペロブスカイト太陽電池生産の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

(2) ペロブスカイト太陽電池の量産技術について

- $1\mu\text{m}$ 以下の厚さのペロブスカイト層を、均一に、しかも大量に塗布するための技術及びペロブスカイト結晶を形成するドライプロセスを制御する技術が、企業間の共通の課題として挙げられた。
- また、経済安全保障の観点から、ペロブスカイト太陽電池製造技術やノウハウの流出について、輸出規制を含め、国の対策を求めるコメントもあった。

サプライチェーンとしてのペロブスカイト太陽電池生産の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

(3)ペロブスカイト太陽電池の量産に対する設備投資の規模と生産キャパシティについて

- 企業としては、中国との価格競争を含めた事業化の見通しが不透明なため、ペロブスカイト太陽電池の大量生産に向けた設備投資について安易に考えるわけにはいかないという心情を伺うことができた。

サプライチェーンとしての応用製品の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

- ペロブスカイト太陽電池の応用は、ビル、工場、倉庫等の窓や側壁を利用したBIPV 向けの製品が最初であり、自動車等への応用はその後になると考えられる。
 - BIPV 向け製品の実用化においては、ペロブスカイト太陽電池の耐久性の課題や製品の価格の問題（決して安くはない）があるため、ビル、工場、倉庫等の窓や側壁を利用した普及可能なBIPV 向け製品の開発には時間を要すると考えられる。
 - ペロブスカイト太陽電池のEV 車への応用であるが、高効率のタンデム型ペロブスカイト太陽電池をEV 車に活用した場合、太陽光発電のみで、1 日の走行距離20～30km を賄えるようになる可能性があると考えられている（産業技術総合研究所マガジン（2024 年7 月24 日）より）。

サプライチェーンとしての設置・施工の現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

●BIPV 向け製品

- ガラス型、フィルム型を問わず、ペロブスカイト太陽電池をBIPV 向け製品としてビル、工場、倉庫等の側壁や窓ガラスに設置・施工する場合に、現在の建築基準法や消防法等の規制に抵触する可能性があることについて、各社共通して懸念している。

●自動車向け製品

- 自動車に搭載する場合、ボンネットは運転席の前にあるので、ボンネット（前側部分）に薄板ガラス型のペロブスカイト太陽電池を貼り付けるのは、衝突安全性の点から難しい（別途、強度試験をクリアしなければならない）。よって、車体の天井や側面、或いは後部（リアパネル）に貼り付けることになる。

サプライチェーンとしての回収・リサイクルの現状と課題に関する意見（ヒアリングより）

●原料の回収・リサイクル

➤ヨウ素

- ✓ヨウ素のリサイクルについては、それほど大きな問題として捉えていない。

➤インジウム

- ✓溶解してインジウムを回収するのが現実的ではないか、ペロブスカイト太陽電池からインジウムを除去する技術が必要ではないか等という意見があった。

➤鉛

- ✓鉛の回収・リサイクルができる状態にあるので大きな問題ではないという意見や、鉛の回収に関する技術開発が必要であるという意見があり、見解が分かれた。

●BIPV 向け製品の回収・リサイクル

➤ペロブスカイト太陽電池の応用

- ✓ヒアリングから、製品の回収・リサイクルに関する技術及び方法については、まだ具体的な検討が始まっていないようである。

5. ペロブスカイト太陽電池の建築物への設置 可能面積の推計に基づく20GW以上の需要 創出が可能なシナリオの検討

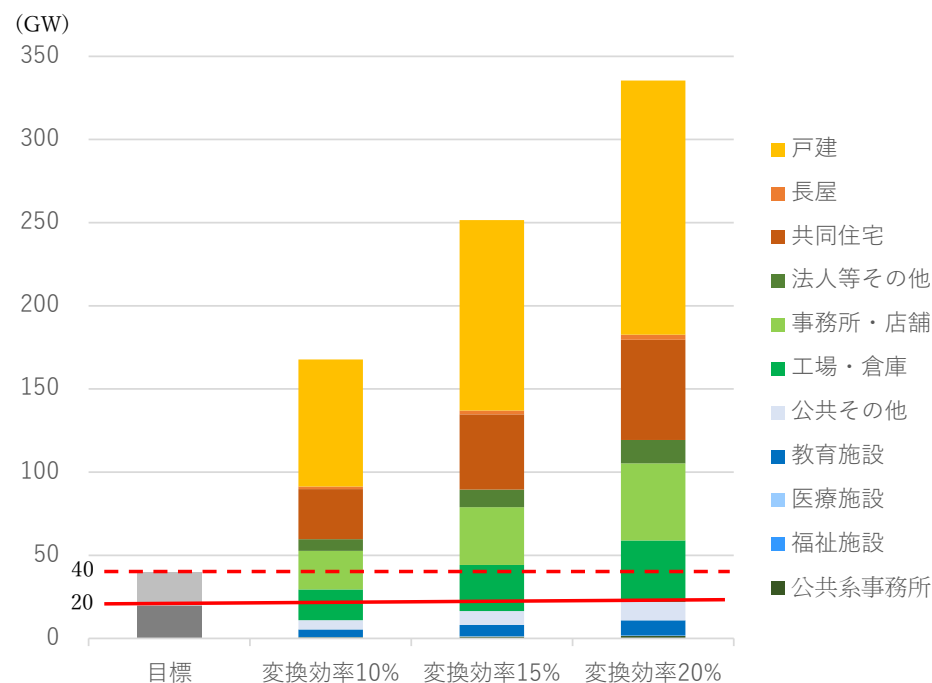
試算の前提

- ペロブスカイト太陽電池の特長である軽量性、柔軟性に着目し、設置場所を建築物に限定
- 建築物の設置可能面積推計は、先行調査*の前提条件を一部採り入れながら総務省統計局が公表している「平成30年住宅・土地統計調査」のデータを用いて計算
- 「次世代太陽電池戦略」の中で目標とした発電容量20GWが、この設置可能面積から試算した最大発電容量に対してどの程度の比率になるのかを把握するために、変換効率をパラメータとして感度分析を実施

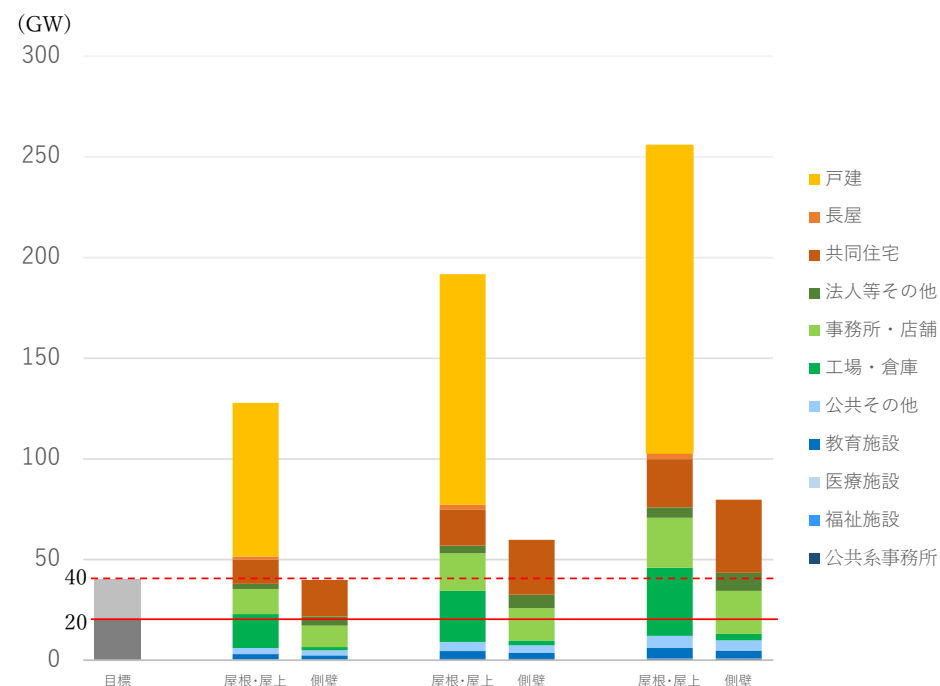
*みずほ情報総研「平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能性に関する調査)調査報告書」(2012年3月)

建築物のみに設置した場合の目標発電量に対する必要面積試算

全ての建築物にペロブスカイト太陽電池を設置したと仮定した場合の変換効率別(10%、15%、20%)の最大発電量



屋根・屋上に設置した場合と側壁に設置した場合の変換効率別(10%、15%、20%)の最大発電量の比較



6. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンを構築していくための戦略分析

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンのSWOT分析

サプライチェーンのプロセス		内部要因	
原材料		日本の強み	日本の弱み
		【ヨウ素】 - 世界第2位のヨウ素産出量（世界の30%）。 - ヨウ素の埋蔵量は世界一。 【インジウム】 - 家電リサイクルによりFPDの回収再利用が進んでいる。 - ITOターゲットの回収再利用が進んでいる。	【インジウム】 インジウム需要の3分の1を輸入に依存。
外部要因	機会	強みを活かして機会を捉える戦略	弱みを克服して機会を捉える戦略
	【ヨウ素】 産出量世界一のチリのヨウ素生産が安定。	【ヨウ素】 国内生産量と輸入量のバランスを取り供給を安定化する。	
	脅威	強みを活かして脅威を回避する戦略	弱みを克服して脅威を回避する戦略
	【ヨウ素】 - 急激なかん水汲上げは、地盤沈下リスクを増加させる。 【インジウム】 - 主要産出国（中国、韓国等）が輸出規制を行なう。	【ヨウ素】 - 地盤沈下リスクを引き起こさない生産計画をを実行。 - ヨウ素の回収・リサイクルの仕組みを確立。 【インジウム】 - 国内での回収・リサイクル品生産を加速する。	

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンのSWOT分析

サプライチェーンのプロセス		内部要因	
		日本の強み	日本の弱み
構成材（基板フィルム／基板ガラス）生産		【基板フィルム】 • PETフィルムは国内で安定生産可能。 • より高耐熱性の高機能ポリイミドが日本で上市。 【基板ガラス】 • BIPV向け基板ガラスは国内で安定生産可能。 • 薄板ガラスも国内で安定生産可能。	
外部要因	機会	強みを活かして機会を捉える戦略	弱みを克服して機会を捉える戦略
	【基板フィルム】 • フィルム型ペロブスカイト太陽電池の需要拡大。 【基板ガラス】 • 薄板ガラス基板の製品の需要拡大。	【基板フィルム】 • 安定した生産体制と適正価格を維持。 【基板ガラス】 • 早期に薄板ガラス基板の製品の市場を押さえる。	
	脅威	強みを活かして脅威を回避する戦略	弱みを克服して脅威を回避する戦略
	【基板フィルム】 • インジウムの供給逼迫によるITO電極付PETフィルム基板の生産量が制限。	【基板フィルム】 • 高機能透明ポリイミド・フィルムの増産により、FTOが使えるようにする。	

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンのSWOT分析

サプライチェーンのプロセス		内部要因	
ペロブスカイト太陽電池生産		日本の強み	日本の弱み
		【製造技術】 ・日本は擦り合わせの技術が得意。 【量産体制】 ・一部（金属類）を除いて、ほぼ全ての材料加工が国内で可能。	【量産体制】 ・インフラコスト（人件費、エネルギー費、土地・建築物など）が高く製品コスト高となる。
外部要因	機会	強みを活かして機会を捉える戦略	弱みを克服して機会を捉える戦略
	【製造技術】 ・GI基金事業が進行中。 【量産体制】 ・GXサプライチェーン支援事業が進行中。	【製造技術】 ・国内企業同士で擦り合わせて製造ノウハウを蓄積 【量産体制】 ・政府の補助性を活用した量産体制の構築。 ・国内需要を喚起し、着実に量産化が進むよう計画。	【量産体制】 ・歩留まりの向上、生産効率向上による低コスト化。
	脅威	強みを活かして脅威を回避する戦略	弱みを克服して脅威を回避する戦略
	【製造技術】 ・ターンキーソリューションの登場。 【量産体制】 ・巨大資本による大規模工場の登場。	【製造技術】 ・製造装置は標準化するが、レシピ・材料は秘匿。 ※オープン・クローズ戦略 【量産体制】 ・国内のサプライチェーンを強化。 ・低コスト技術の開発。	

SWOT分析からのサプライチェーン上の課題

- 原材料はインジウムを除いてチョークポイントとなるものはなさそう
 - インジウムはリサイクル品の活用により供給逼迫が抑えられる可能性あり
 - ガラス基板の太陽電池はインジウムを使わないFTOを積極使用
- 構成材料（フィルム基板、ガラス基板など）は国内製造しているため経済安全保障のリスクはないが、バリアフィルムについては量産投資が必要になるかもしれない
- 生産についても国内製造であるため経済安全保障のリスクはないが、生産ノウハウの国外流出については注意すべき

7. ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーン構築・強化並びにペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策の検討

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化に必要な支援策

- ペロブスカイト太陽電池実用化・製品化の鍵を握る技術開発に対する支援
- ペロブスカイト太陽電池生産のサプライチェーンに関する情報の流通速度の強化
- ペロブスカイト太陽電池の重要技術の海外流出対策

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化に必要な支援策

【ペロブスカイト太陽電池実用化・製品化の鍵を握る技術開発に対する支援】

技術開発項目	概要
代替材の開発	● 透明電極に使用されるITO に含まれるインジウムの代替材（銀ナノワイヤやカーボンナノチューブを含む）の開発
封止材・バリアフィルムの性能向上	● 20 年の耐久性の確保に向けたペロブスカイト太陽電池用の封止材・バリアフィルムの性能向上
量産に向けた製造技術の確立	● 1 μm 以下の厚さのペロブスカイト層を、大量に均一に塗布するための技術の確立 ● ペロブスカイト結晶を形成するドライプロセスを制御する技術の確立

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化に必要な支援策

【ペロブスカイト太陽電池生産のサプライチェーンに関する情報の流通速度の強化】

- 無駄のないサプライチェーン網を構築することが鍵となる。
 - 中国や台湾は、EMS（Electronics Manufacturing Service）により、広大な敷地に部材毎の工場では材料から製品までの一貫生産を行い、在庫や物流リードタイムを短縮。規模の経済性を発揮したサプライチェーン強化戦略である。
- 日本では、中国や台湾と同様の戦略を採ることはできない。在庫や物流リードタイムを圧縮して海外の大企業に対抗する戦略を採ることが必要。
- 日本では経済産業省主導でウラノス・エコシステムが動いている。ペロブスカイト太陽電池についても、早期にこの情報流通プラットフォームを活用して、リードタイムの短縮や生産性の向上につなげていくことが必要。

ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化に必要な支援策

【ペロブスカイト太陽電池の重要技術の海外流出対策】

- ペロブスカイト太陽電池の実用化・製品化の鍵を握る重要技術に関する情報が海外に流出しないように防護していくことが必要。これは、ペロブスカイト太陽電池の製造に係わるシステムも同様。
 - シリコン太陽電池開発技術がメーカーから製造装置メーカーに移っていき、製造装置メーカーが太陽電池生産に必要な装置一式を「ターンキー・ソリューション」として提供するようになり、中国の新興太陽電池メーカーが「ターンキー・ソリューション」を積極的に導入し、シリコン太陽電池モジュールの大量生産を加速していった経緯がある。
- 政府は、経済安全保障の観点から、インジウム の代替材、フィルム型ペロブスカイト太陽電池用の封止材、塗布技術、ドライプロセス制御技術等のペロブスカイト太陽電池の実用化・製品化の鍵を握る重要技術に加えて、ペロブスカイト太陽電池の製造・量産に関わる装置も対象として、輸出管理について本格的に検討を開始する必要がある。

ペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策

- ユーザーの視点を踏まえたペロブスカイト太陽電池の普及策
- 法規制の整備
- 蓄電池とのセットによるペロブスカイト太陽電池の普及策
- 税控除方式の導入
- ペロブスカイト太陽電池のリサイクル技術及びリサイクルシステムの開発
- 分散型エネルギーモデルを踏まえた地域再生のビジョンの策定

ペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策

●ユーザーの視点を踏まえたペロブスカイト太陽電池の普及策

- 太陽電池だけではなく、パワーコンディショナーや蓄電池、効率的な電力制御を含めた電力供給システムを構築して、付加価値の高いサービスにつなげていくことが重要。

●蓄電池とのセットによるペロブスカイト太陽電池の普及策

- ペロブスカイト太陽電池は、市町村ベースで分散電源化することが可能であり、日本の電力レジリエンスに大きく貢献することができる。政府は、建築物にペロブスカイト太陽電池と定置型蓄電池を組み込み、各地域で太陽光発電を軸とした分散電源化を推進していくことが重要。

●法規制の整備

- 今後、ペロブスカイト太陽電池・BIPV 製品の実装において、建築基準法への適合や消防法への対応が必要になる。早急に、ペロブスカイト太陽電池・BIPV 製品の設置や施工に関連する法規制の整備を進めていく必要がある。

ペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策

●税控除方式の導入

- 令和6年度税制改正による「再生可能エネルギー発電設備に係る課税標準の特例措置」の考え方を踏まえ、例えば、ペロブスカイト太陽光発電＋蓄電池にかかる固定資産税を軽減することで、導入する側に大きなメリットを与えることができると思われる。

●ペロブスカイト太陽電池のリサイクル技術及びリサイクルシステムの開発

- ペロブスカイト太陽電池に含まれる鉛の処理・回収に加えて、ペロブスカイト太陽電池を効率的にリサイクルする技術の開発を進めていくことが必要。
- 「成長志向型の資源自律経済戦略」の一環として、再利用、リサイクル等を念頭に置いた、ペロブスカイト太陽電池及びその応用製品の設計に関する技術開発を推進していくことが望ましい。

ペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保に必要な支援策

- 分散型エネルギーモデルを踏まえた地域再生のビジョンの策定
 - 「大規模電源と需要地を系統でつなぐ従来の電力システム」から「分散型エネルギーリソースも柔軟に活用する新たな電力システム」へという流れ。
 - 地方の衰退が進んでいる。地域に賦存するエネルギー資源を有効に活用し、需給一体型の電力モデルを構築することは、生活に必要なライフラインの維持と国土強靱化に繋がり、エネルギーの地産地消は、地域経済の活性化に大きく資すると考えられる。
 - ペロブスカイト太陽電池と蓄電システムを軸とする、地域分散型エネルギーモデルを踏まえた地域再生のビジョンを描いていくことが必要。

8. まとめ

サプライチェーン上の課題と対策

- 透明電極に使われるインジウムなどの希少金属の確保
 - リサイクル品の活用
 - FTOなど代替材料の使用
- バリアフィルム等の構成材料の生産キャパ不足
 - 積極投資によるキャパ拡大
- 国外への生産技術漏洩
 - 生産ノウハウの秘匿強化

今後の重点政策

- ペロブスカイト太陽電池のサプライチェーンの構築・強化
 - ペロブスカイト太陽電池生産のサプライチェーンに関する情報の流通速度の強化
 - ペロブスカイト太陽電池の重要技術の海外流出対策
- ペロブスカイト太陽電池の普及・市場確保
 - 蓄電池とのセットによるペロブスカイト太陽電池の普及
 - ペロブスカイト太陽電池のリサイクル技術及びリサイクルシステムの開発
 - 分散型エネルギーモデルを踏まえた地域再生のビジョンの策定

APPENDIX

ペロブスカイト太陽電池の構造

ペロブスカイト太陽電池の構造と断面写真

ペロブスカイト太陽電池の主な構造型

メソポーラス型

裏面電極
正孔輸送層
ペロブスカイト層
電子輸送層
透明導電膜
基板

順構造

プレーナー型

裏面電極
正孔輸送層
ペロブスカイト層
電子輸送層
透明導電膜
基板

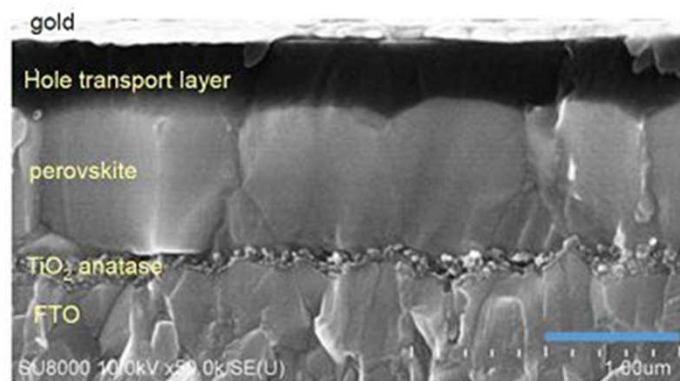
順構造

プレーナー(OPV)型

裏面電極
電子輸送層
ペロブスカイト層
正孔輸送層
透明導電膜
基板

逆構造

断面写真

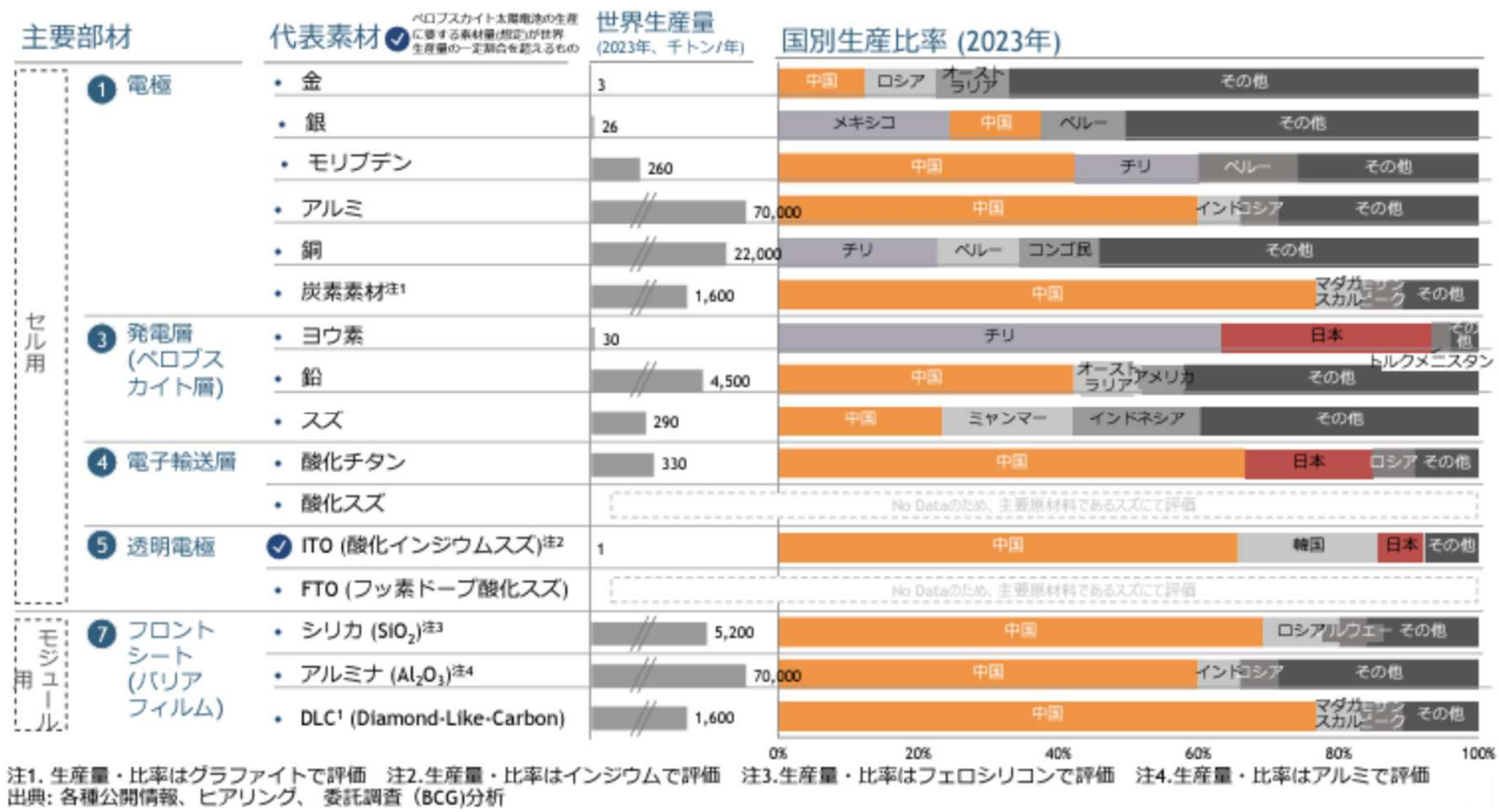


出所：科学技術振興機構「ペロブスカイト型太陽電池の開発」(2017)
<https://www.jst.go.jp/seika/bt107-108.html>

構造図(順構造)

裏面電極(+)	モリブデン/銅	80~150nm
正孔輸送層	Spiro-OMeTAD PTAA	100~300nm 30~100nm
ペロブスカイト層	$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ / $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$	300~500nm
電子輸送層	TiO_2 /SnO ₂	20~80nm
透明導電膜(-)	ITO/FTO	100~200nm
基板	ガラス フィルム	0.3~1.1mm 0.1~0.3mm

ペロブスカイト太陽電池の部素材となる原料の主要生産国と生産比率



出所：経済産業省「次世代型太陽電池戦略」（2024年11月28日）

ペロブスカイト太陽電池を構成する主要な構成材（部材）に必要な1m²当たりの素材量と原料（鉱物等資源）の量

主要部材	代表素材	必要素材量(1m ² あたり)×	鉱物等資源の含有率	必要鉱物等資源量(1m ² あたり)
			鉱物等資源 含有率(重量比)	
バックシート	• PET	270.0 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
	• PVF	340.0 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
封止材	• EVA樹脂	71.3 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
	• POE系樹脂	63.8 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
電極	• モリブデン	1.2 g	モリブデン	100% 1.2 g
	• 銅	1.0 g	銅	100% 1.0 g
正孔輸送層	• Spiro-MeOTAD	0.3 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
	• PTAA	0.1 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
発電層 (ペロブスカイト層)	• CH ₃ NH ₃ PbI ₃	1.6 g	ヨウ素	61.4% 0.98 g
			鉛	33.4% 0.53 g
	• CH ₃ NH ₃ SnI ₃	1.5 g	ヨウ素	71.6% 1.1 g
			スズ	22.3% 0.34 g
電子輸送層	• SnO ₂	0.3 g	スズ	78.8% 0.27 g
	• TiO ₂	0.2 g	チタン	59.9% 0.13 g
透明電極	• ITO※1	1.1 g	インジウム	74.4% 0.80 g
			スズ	7.9% 0.09 g
	• FTO	1.1 g	スズ	78.8% 0.83 g
基板 (ガラス/樹脂)	• ガラス(SiO ₂)	1920.0 g	シリカ	100% 1920.0 g
	• 樹脂	270.0 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
封止材	• EVA樹脂	71.3 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
	• POE系樹脂	63.8 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	
フロントシート (バリアフィルム)	• SiO ₂	440.0 g	シリカ	100% 440.0 g
	• Al ₂ O ₃	780.0 g	アルミニウム	52.9% 412.8 g
	• DLC	700.0 g	一般的に鉱物等資源は含まれない	

注1. ITOはIn₂O₃とSnO₂が9:1の重量比で組成
出典: 各種公開情報、ヒアリング、委託調査 (BCG)分析

出所: 経済産業省「次世代型太陽電池戦略」(2024年11月28日)

中国各社のペロブスカイト太陽電池量産状況

企業	工場所在地	生産能力 (MW)			量産モジュール			稼働開始時期など
		稼働中	建設中	計画中	変換効率 (%)	基板タイプ	サイズ (m)	
万度光能	湖北省・鄂州市	200		1,800	n/a	ガラス	不明	長期的に2,000MWに拡張する予定
	安徽省・阜陽市		1,200		n/a	ガラス	不明	2025年内稼働開始の予定
	安徽省・阜陽市			1,800	n/a	ガラス	不明	上記建設中事業の2期目として計画中
極電光能	江蘇省・無錫市	150			17%	ガラス	1.2×0.6	2022年12月稼働開始。2024年内変換効率20%超を目指す
	江蘇省・無錫市		1,000		18%	ガラス	1.2×2.3	2024年3Qに竣工、順次に生産開始の予定。変換効率は目標値
仁燦光能	江蘇省・蘇州市	150			18%	ガラス	1.2×0.6	2024年1月稼働開始。2024年内変換効率20%達成を目指す。単接合とタンデム型両方が生産可能
昆山協鑫光電材料 (注1)	江蘇省・昆山市	100			19%	ガラス	1.0×2.0	2021年稼働開始。2024年4月変換効率が19.04%超達成
	江蘇省・昆山市		1,000		27%	ガラス	1.2×2.4	2025年3月竣工する予定。変換効率は量産するタンデム型の目標値
	江蘇省・昆山市			1,000	27%	ガラス	1.2×2.4	上記建設中事業の2期目として計画中
織納光電 (注2)	浙江省・衢州市	100			12%	ガラス	1.2×0.6	2022年時から稼働開始
	浙江省・衢州市		1,000		12%	ガラス	1.2×0.6	2024年後半稼働開始の予定
合特光電	浙江省・杭州市	100			28%	ガラス	不明	タンデム型の試作はまだ成功していない
大正微納科技	福建省・アモイ市		100		13~15%	フィルム	1.0×0.6	2024~2025年稼働開始の見込み
合計		800	4,300	4,600				

注1：一部報道によるとまず500MWを建設しており、稼働が順調に滑り出したら残りの500MWを建設するとの計画

注2：フィルム基板採用のフレキシブル製品も開発しているが、量産品はガラス基板を採用の模様

出所 各社公開情報、報道から三井物産戦略研究所作成