

我が国における建物一体型太陽光発電  
(BIPV) 関連産業の形成条件：  
太陽光発電 (PV) ガラスに搭載する太陽電池  
の動向とBIPVとの関係を踏まえて

令和6年9月24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

- 調査研究の背景と目的 3
- BIPVの定義と世界のBIPV市場 7
- 欧州と中国のBIPV推進の背景 14
- 国内企業のBIPV（PVガラスを含む）技術・製品の特長 20
- 国内大学のPVガラスに関する研究開発の状況 29
- 日本と海外の主要企業のBIPV関連特許の調査 34
- 欧州のBIPV政策、プロジェクト等の状況 41
- わが国におけるBIPV関連産業の形成条件 48
- 我が国がBIPV産業を育成していくうえで必要な方策 51

# ◆ 調査研究の背景と目的

# 調査研究の背景(1)

- 太陽光発電ガラス（以下、PVガラスと表記）は、太陽電池を搭載した、光を電気に変換する建材一体型太陽光発電設備（以下、BIPVと表記）の一種である。
  - ▶そういった中で、PVガラスは、わが国ではエネルギー価格の高騰と脱炭素社会の実現を見据え、建物のZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化を進めるための切り札として注目され始めている。
- 我が国ではBIPVは、戸建て住宅の屋根材については既に実用化されているが、いわゆるビルディングの外壁部を利用した建物一体型太陽光発電設備についての多くは、実証段階かそれ以前の開発段階にある。
- 我が国ではBIPVの語は、新たに事業化すべき新規産業領域のことを意味すると認識されることが多い。その際、「外壁部」は「窓ガラス」と文字通りの「外壁材」に区別される。

# 調査研究の背景(2)

- 一方、BIPVが既に産業化されている欧米では、BIPVの語はより包括的な概念として用いられている。欧州では屋根一体型に加え高層ビルの外壁部の活用が目指されている。
- 特に欧州では、伝統的なビルの外観を維持した一体型部材の開発や新規高層ビルの場合でも色彩を加えたファッショナブルなビルや美観に配慮したデザインに開発の重点が置かれている。
- 中国では、BIPVは屋根一体型が中心である。韓国では、夜間、ビル全体を広告塔とする発光機能を付加した建物一体型が開発され、さらに外壁部の新たな活用方式として発光強度の高いLEDの開発に伴い昼間でもデザインされた動画映像をまとった巨大ビルも出現している。

# 調査研究の目的

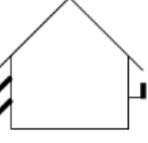
- わが国のPVガラス関連産業（サプライチェーン等）自体の国際競争力は決して高いとは言えない。また、欧米では、高層ビルを含めたBIPV市場が確立されつつある中で、日本ではBIPV市場が確立されておらず、BIPVの産業化には程遠い状況にある。
- このような背景から、本調査研究では、文献調査及び事例調査に基づいて、わが国のBIPV関連産業の技術・市場動向を踏まえて今後の成長条件を析出することで、脱炭素社会の実現とわが国における新産業創出に寄与することを目的とする。

# ◆ BIPVの定義と世界のBIPV市場

# BIPVの定義(1)

- BIPVの定義は国によって異なる。
- BIPVに関する「標準的な」定義は存在しないが、欧州規格であるEN 50583 が、最も一般的で国際的に受け入れられている定義である。現在、EN 50583を基に、国際規格であるIEC63092が提案されている。
- 当該規格では、本質的に建材と太陽光発電設備が一体化しているか否かに焦点が置かれており、ルーバー、バルコニー、手摺等もBIPVに分類されている。また、構成部材についても、合わせガラス・モジュールのような透過性のある部材だけではなく、多様な部材もBIPVの対象になっている。  
⇒次スライド参照。
- 建築外皮を覆う機能材と一体化している太陽光発電設備であれば、いかなる構造、工法及び用途であっても、「BIPV」と呼称される。

# BIPVの定義(2)

カテゴリ	概要	BIPVモジュール取り付けのイメージ
カテゴリA	傾斜面屋根一体型で建物内からアクセス不可。BIPVモジュールが、水平面から0~75°の傾斜角で、建物の外皮に取り付けられる。その下に、大きなガラス片が落下するのを防ぐため、バリアが設置される。	
カテゴリB	傾斜面屋根一体型で建物内からアクセス可能。BIPVモジュールが、水平面から0~75°の傾斜角で、建物の外皮に取り付けられる。	
カテゴリC	非傾斜(垂直)外皮一体型で建物内からのアクセス不可。BIPVモジュールは、水平面から75~90°の傾斜角度で、建物の外皮に取り付けられる。大きなガラス片が落下するのを防ぐため、後部にバリアが設置される。	
カテゴリD	非傾斜(垂直)外皮一体型で建物内からのアクセス可能。BIPVモジュールは、水平面から75~90°の傾斜角度で、建物の外皮に取り付けられる。	
カテゴリE	外部統合型で、建物内部からアクセス可能または不可。BIPVモジュールは建物に取り付けられ、その外皮(バルコニーの手すり、シャッター、日よけ、ルーバーなど)の外側に付加的な機能の層を形成する。	

左図 BIPVアプリケーション・カテゴリ別のBIPVモジュール取り付けの形態とイメージ

出典：「IEA Task 15, “Categorization of BIPV applications,” Report IEA-PVPS T15-12, 2021.」より、「石井, “BIPVモジュールのシステムおよびモジュールの国際標準化に向けた建築的課題”, GBRC技術報告、2019年。」を参考にして、未来工学研究所が和訳・編集。

# 世界のBIPV市場

- BIPVの世界市場は用途別にセグメント化されている。
    - **屋根材**（屋根板（roofing shingles）、屋根瓦（roofing tiles）、立ち上げ継ぎ目金属屋根（standing seam metal roofing）、単層膜屋根（single-ply membrane roofing））、**ファサード**（facades）、**グレージング**（Glazing）、**建築用遮光**（Architectural Shading）などがある。
      - ✓ グレージング（Glazing）：窓、カーテンウォール、天窗、風除室等が含まれる。
      - ✓ 欧米では、BIPVグレージングは、高級建築用ガラスと比較した場合、既に競争力のある価格となっているため、PV窓やBIPVの用途では価格面での制約は少ない。
- ⇒ 次スライド参照。

# 世界のBIPV市場：BIPV用途別（単位：100万米ドル）

BIPV の用途	2019 年	2020 年	2021 年	2023 年	2025 年	CAGR (2020～2025 年)
立ち上げ継ぎ目金属屋根 (Standing seam metal roofing)	955.4	951.6	1,098.3	1,582.8	2,438.4	20.7%
屋根瓦 (Roofing tiles)	396.9	420.4	516.2	844.2	1,482.1	28.7%
単層膜屋根 (Single-ply membrane roofing)	305.5	330.3	413.5	700.1	1,267.7	30.9%
屋根板 (Roofing shingles)	331.8	350.7	429.8	700.5	1,225.9	28.4%
グレーシング (Glazing)	788.6	806.2	956.5	1,463.6	2,411.3	24.5%
ファサード (Facades)	702.4	695.2	797.9	1,139.8	1,746.8	20.2%
建築用遮光 (Architectural shading)	314.7	306.6	345.9	475.6	696.9	17.8%
合計	3,795.3	3,861.0	4,558.1	6,906.6	11,269.1	23.9%

出典：  
Kristen Johnson, Eliza Gough and Jenny C. Servo, “Building Integrated Photovoltaics,” A report prepared for Department of Energy’s Solar Energy Technologies Office, May 2021.

- ✓ 2019年を基準年として、2020～2025年の市場額を推定。
- ✓ CAGR (Compound Annual Growth Rate)：年平均成長率

# 世界のBIPV市場：地域別（単位：100万米ドル）

地域	2019年	2020年	2021年	2023年	2025年	CAGR (2020~2025年)
アジア・太平洋	1,490.10	1,521.30	1,792.30	2,702.70	4,384.70	23.60%
欧州	1,081.40	1,089.70	1,281.60	1,927.90	3,124.40	23.50%
北米・中米・南米	841.8	866.4	1,036.60	1,613.90	2,706.80	25.60%
中東・アフリカ	382	383.6	447.6	662.1	1,053.20	22.40%
合計	3,795.30	3,861.00	4,558.10	6,906.60	11,269.10	23.90%

出典：  
Kristen Johnson, Eliza Gough and Jenny C. Servo, “Building Integrated Photovoltaics,” A report prepared for Department of Energy’s Solar Energy Technologies Office, May 2021.

- ✓ 2019年を基準年として、2020~2025年の市場額を推定。
- ✓ CAGR（Compound Annual Growth Rate）：年平均成長率

# 世界のBIPV市場：地域別/建物クラス別（単位：100万米ドル）

## 住居用建物

地域	2019年	2020年	2021年	2023年	2025年	CAGR (2020~2025年)
欧州	380.2	380.0	443.3	656.0	1,045.4	22.4%
アジア・太平洋	270.2	286.0	348.9	562.2	970.6	27.7%
北米・中米・南米	255.8	266.3	322.3	513.2	880.0	27.0%
中東・アフリカ	134.5	137.0	162.0	246.1	401.8	24.0%
合計	1,040.7	1,069.3	1,276.5	1,977.5	3,297.8	25.3%

## 商業用建物

地域	2019年	2020年	2021年	2023年	2025年	CAGR (2020~2025年)
アジア・太平洋	579.2	595.3	706.2	1,079.2	1,773.9	24.4%
北米・中米・南米	289.1	296.0	352.2	542.4	899.7	24.9%
欧州	285.9	289.1	341.1	516.6	842.8	23.9%
中東・アフリカ	77.4	78.6	92.9	140.7	229.1	23.9%
合計	1,231.6	1,259.0	1,492.4	2,278.9	3,745.5	24.4%

## 工業用建物

地域	2019年	2020年	2021年	2023年	2025年	CAGR (2020~2025年)
アジア・太平洋	579.2	595.3	706.2	1,079.2	1,773.9	24.4%
北米・中米・南米	289.1	296.0	352.2	542.4	899.7	24.9%
欧州	285.9	289.1	341.1	516.6	842.8	23.9%
中東・アフリカ	77.4	78.6	92.9	140.7	229.1	23.9%
合計	1,231.6	1,259.0	1,492.4	2,278.9	3,745.5	24.4%

出典：  
Kristen Johnson, Eliza Gough and  
Jenny C. Servo, “Building  
Integrated Photovoltaics,” A  
report prepared for Department  
of Energy’s Solar Energy  
Technologies Office, May 2021.

- ✓ 2019年を基準年として、  
2020~2025年の市場額を推  
定。
- ✓ CAGR (Compound Annual  
Growth Rate)：年平均成長  
率

# ◆ 欧州と中国のBIPV推進の背景

# 欧州のBIPVの状況:用途別

- 欧州は、屋根瓦の普及率、その交換サイクル、既存構造物との調和を求める地域の条例、BIPV屋根への地域的な重点の置き方など、すべてが太陽電池屋根瓦市場に寄与している。
  - 欧州では、エネルギー効率の高い平らな金属屋根の増加が、BIPVの市場の機会を生みだしている。
- BIPVの伝統的な歴史的建造物（Traditional Historical Buildings: THB）に関する主な問題は、太陽電池の色による視覚的な影響であり、既に、高集積度で視覚的な影響が殆どみられないBIPVのアプリケーションが市場に出ているとされる。
  - 窓一体型太陽光発電（Window-Integrated Photovoltaics: WIPV）やその他のガラス面も、THBに組み込むべき重要な製品であるとされている。

BIPV の用途	2019 年	2020 年	2021 年	2023 年	2025 年	CAGR (2020~2025 年)
屋根	514.2	539.7	656.9	1,056.7	1,827.1	27.6%
ファサード	326.4	321.0	366.1	516.2	780.9	19.5%
建築遮光	138.0	136.3	156.1	220.6	332.2	19.5%
グレーディング	102.8	92.7	102.5	134.4	184.2	14.7%
合計	1,081.4	1,089.7	1,281.6	1,927.9	3,124.4	23.5%

出典：  
Kristen Johnson, Eliza Gough and Jenny C. Servo, "Building Integrated Photovoltaics," A report prepared for Department of Energy's Solar Energy Technologies Office, May 2021.

- ✓ 2019年を基準年として、2020~2025年の市場額を推定。
- ✓ CAGR（Compound Annual Growth Rate）：年平均成長率

# 欧州のBIPV推進の背景

- 欧州グリーン・ディールの発表（2019年12月）
  - EUを近代的で資源効率に優れ、競争力のある経済へと変革する。
- 気候中立（climate-neutral）目標
  - 2050年までにEUの温室効果ガス排出量を実質ゼロにする。
- 欧州気候法（European Climate Law）の公布
  - 2030年までに同排出量を1990年比で55%以上削減する目標を法定化。
- 「再生可能エネルギー指令」の目標
  - 2030年までに42.5%に引き上げることが提案。
- 「建物エネルギー性能指令」の改正
  - 2030年に、**建築部門における再生可能エネルギーの利用を49%**にするという目標が示された。
  - EUでは、**BIPVがこの目標の達成に最も重要な役割を果たすものとして位置づけられた。**

# 欧州のBIPV推進の背景

- 欧州各国がBIPVの設置に有利なFIT（再エネ電気の固定価格買取）制度を策定。
- 建築会社、タイルメーカー、施工会社とのパートナーシップや提携が、BIPV市場における重要な成功要因となっている。
- EUでは、BIPVを設置する地域ごとに、BIPVを設置する建物の部位や材料別のインセンティブが異なる。欧州のPVメーカーや研究機関は、数十年にわたりPV技術を建築環境に融合させる方法を考案してきた。欧州がPV新素材開発の中心地となっていることが広く認められている。
  - ▶ 既存の建物の外観に製品を視覚的にマッチさせる企業や、BIPVシステムの新しい、広く適用可能な形態を発明する企業が、最高の業績を上げると考えられている。

# 中国のBIPV推進の背景

- 太陽光発電年間導入量で世界首位を独走（2021年：54.9GW）。
  - 2位の米国は26.9GW。
- 太陽電池の生産のシェア：75%。
- 中国ではBIPVを「光伏建筑一体化」と称している。
  - BIPVの性能的意義を「太陽光発電プラス（光伏+）」としており、既存の太陽光発電パネルに建築部材としての性能を付加したもののとして捉えられている。
- 中国太陽光発電産業協会によると、2021年の中国のBIPV（新築）市場規模は約1300億元以上に達した。
- 華経産業研究院（华经产业研究院）の分析によると、中国のBIPV（屋上設置）市場規模は2022年に917億2,600万元に達し、2027年には3,667億7,300万元に達すると予想されている。

# 中国のBIPV推進の背景

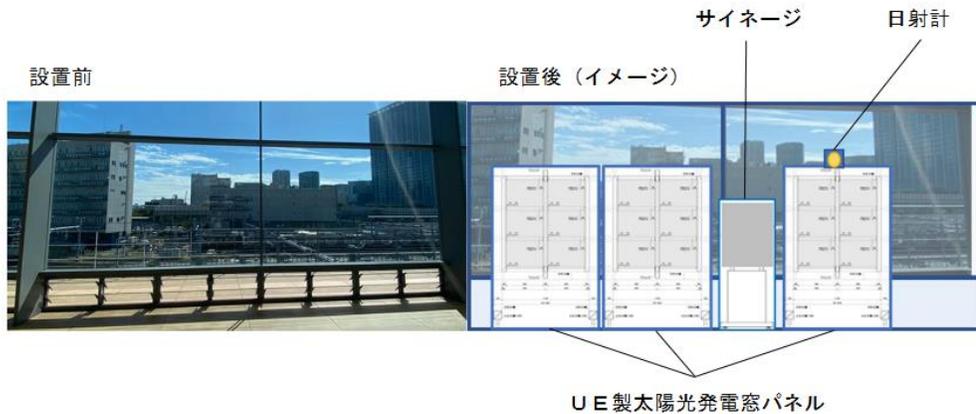
- 省エネ・排出削減を踏まえたBIPVの導入
  - 中国の建築物のエネルギー消費量は46.7%と高く、グリーン建築物の導入が求められている。BIPVは、中国の将来の建築物の発展方向として、徐々にグリーン建築物の「標準」となりつつある。
- BIPVに関連する補助金政策
  - 中国では、2009年からBIPV設置への補助が政策として実施された。
    - ✓都市部における再生可能エネルギー建築一体化のモデル建設に対する補助政策も規定された。

# ◆国内企業のBIPV（PVガラスを含む）技術・製品の特長

# 今回調査した企業・企業連合

- 米ユビキタスエナジー(UE社)/ENEOSホールディングス/日本板硝子
- 大成建設/カネカ
- AGC
- パナソニック・ホールディングス

# UE社/ENEOS-HD/日本板硝子の技術・製品の特長

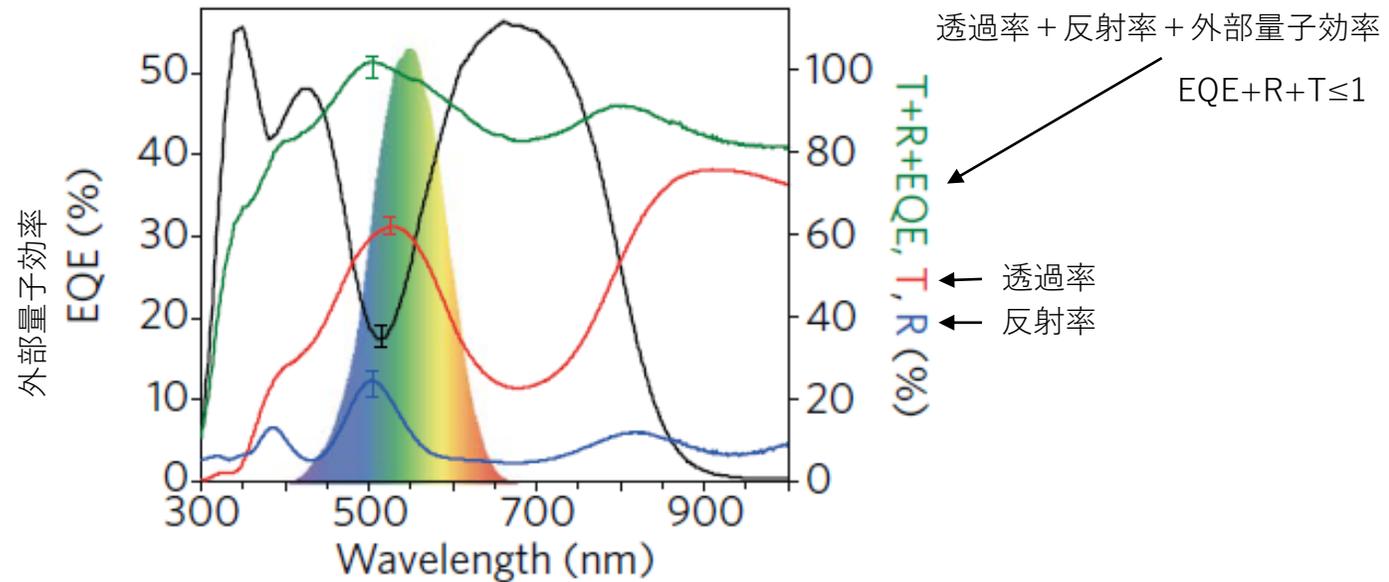


特長：可視光を透過し、紫外線・赤外線で発電する太陽電池  
 用途：発電する窓ガラスとしての用途が有力

< UE製太陽光発電窓パネルの特徴 >



出所：「高輪ゲートウェイ駅構内における透明太陽光発電窓パネルを使用した実証実験の開始について」(2023/4/26)



出所：T.J.Traverse, et al, "Emergence of highly transparent photovoltaics for distributed applications" (2017) に筆者加筆

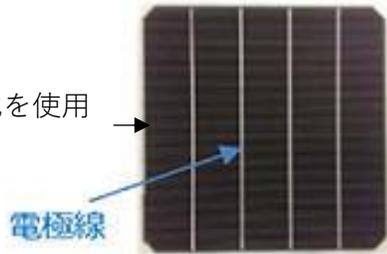
太陽電池タイプ：有機系太陽電池（文献調査からの推測）  
 セル変換効率：ラボレベルで10%程度（文献調査とほぼ一致）  
 性能保証期間：公表数値なし。（実証実験の結果はまだ公表されていない）

# 大成建設/カネカの技術・製品の特長

## ①ソリッドタイプ（外壁部）

【従来型】

単結晶型シリコン太陽電池を使用  
セル変換効率は20%超



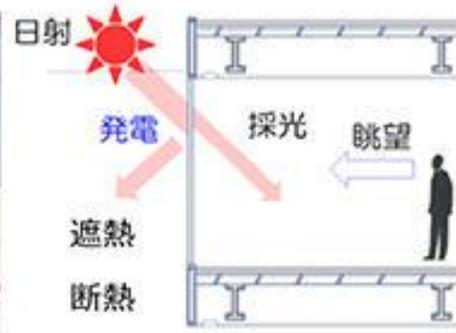
【ソリッドタイプ】

電極線が外観から  
見えないセル構造

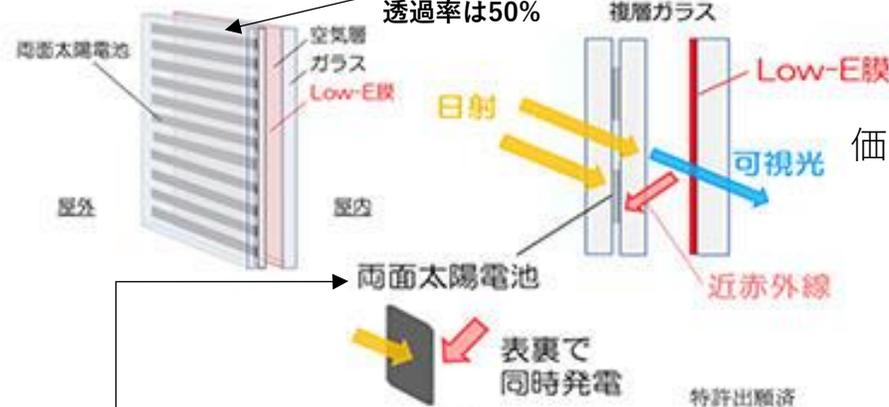


高い意匠性を有する太陽電池

## ②シースルータイプ（窓部）



太陽電池をスリット上に配置  
透過率は50%



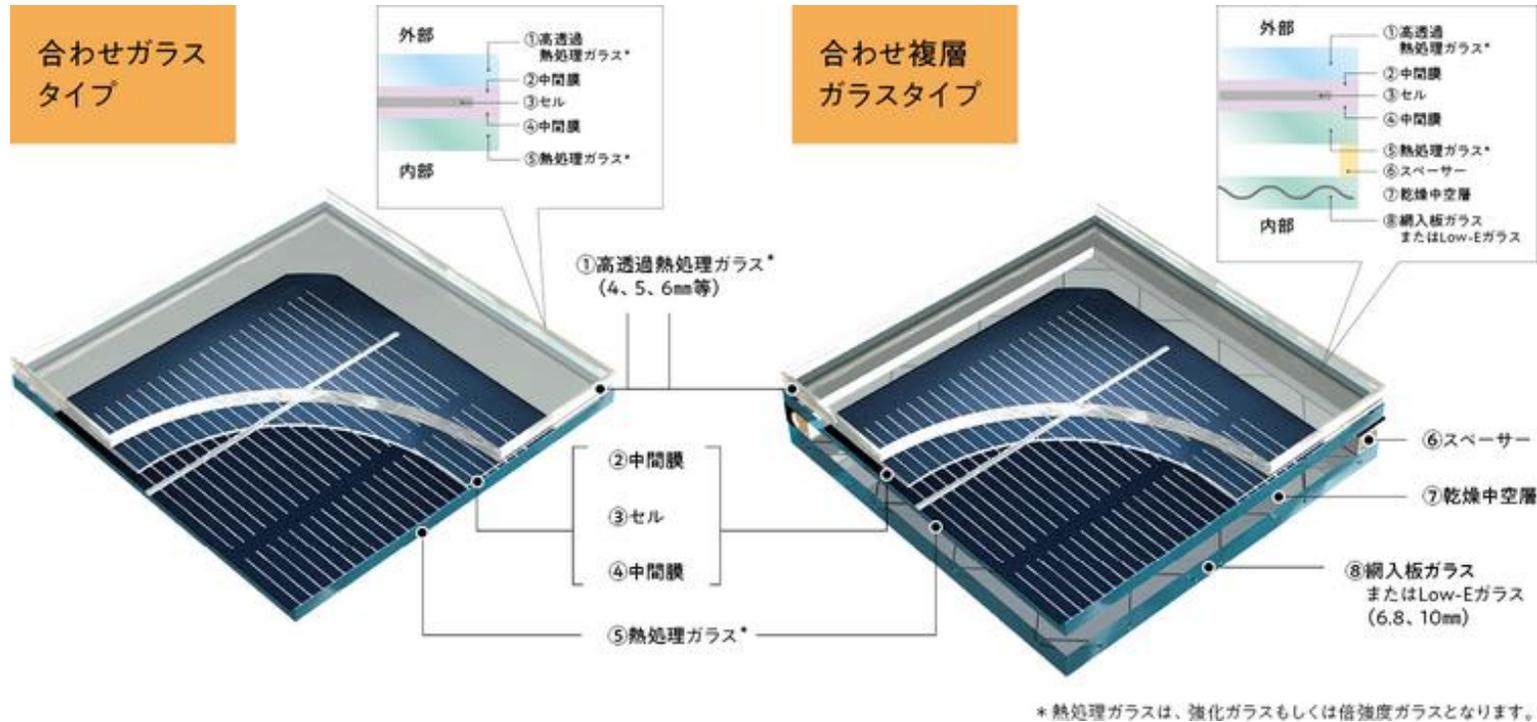
高い透過率を有する太陽電池

両面受光型のヘテロ接合型シリコン太陽電池を使用  
セル変換効率は20%以上

- 太陽電池タイプ：単結晶シリコン  
ヘテロ接合型単結晶シリコン  
セル変換効率：20%超  
発電出力性能保証：以下の通り
- 太陽電池モジュールの発電出力保証は25～30年
  - ビル外壁PVとしての発電出力性能は、設置後
    - ～10年：>90%
    - ～20年：>80%
    - ～30年：>70%

価格：シースルータイプはソリッドタイプの5倍

# A G C の技術・製品の特長



スクエアタイプ



シースルータイプ



太陽電池タイプ：単結晶シリコン太陽電池を使用。  
 セル変換効率：公表数値なし。（セル変換効率は20%程度と予想）  
 性能保証期間：発電のメーカー保証は1年。それ以降はユーザー判断で交換。

出所：AGC・商品情報

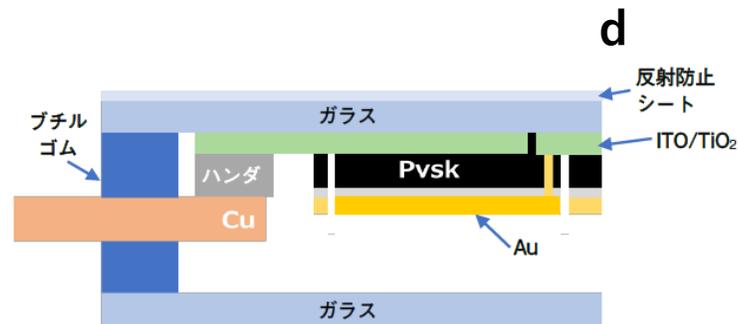
<https://www.asahiglassplaza.net/products/sunjoule/special1/>

# パナソニックHDの技術・製品の特長



太陽電池タイプ：ペロブスカイト型（PSC）太陽電池  
セル変換効率：ラボレベルで18.1%  
性能保証期間：耐久性20年、80%保証が目標

その他特長：顧客の要求仕様に合わせて透過率を調整  
シリコン系で足りないところをPSCで補う戦略



第10図 作製したペロブスカイト太陽電池モジュールの封止部の断面模式図

出所：パナソニックHDプレスリリース（2023/8/31） - a,b,c  
パナソニック技報Vol.68 No.1（2022/5/） - d

# 国内企業のBIPV製品開発と事業展開に関する考察

- シリコン系太陽電池を用いたBIPV製品の課題
  - 技術的には安定しており、既に実用化済み。
  - 変換効率をできるだけ落とさないカラー化。これが実現できれば欧州市場への参入機会が広がる。
- ペロブスカイト型太陽電池を用いたBIPVの課題
  - BIPV製品としての耐久性の実現。
  - フィルム型で建物内部からガラス面に貼り付けるなど、実用方法の考案。
- 可視光透過型太陽電池を用いたBIPV製品の課題
  - 変換効率および耐久性に対する実証。
- BIPV製品の共通課題
  - 建物の耐用年数を30年以上とする場合、どの太陽電池を用いても途中で交換が必要。交換ができる建物の構造設計およびBIPV製品の標準化などが課題。

# 参考：シリコン太陽電池モジュールの劣化要因

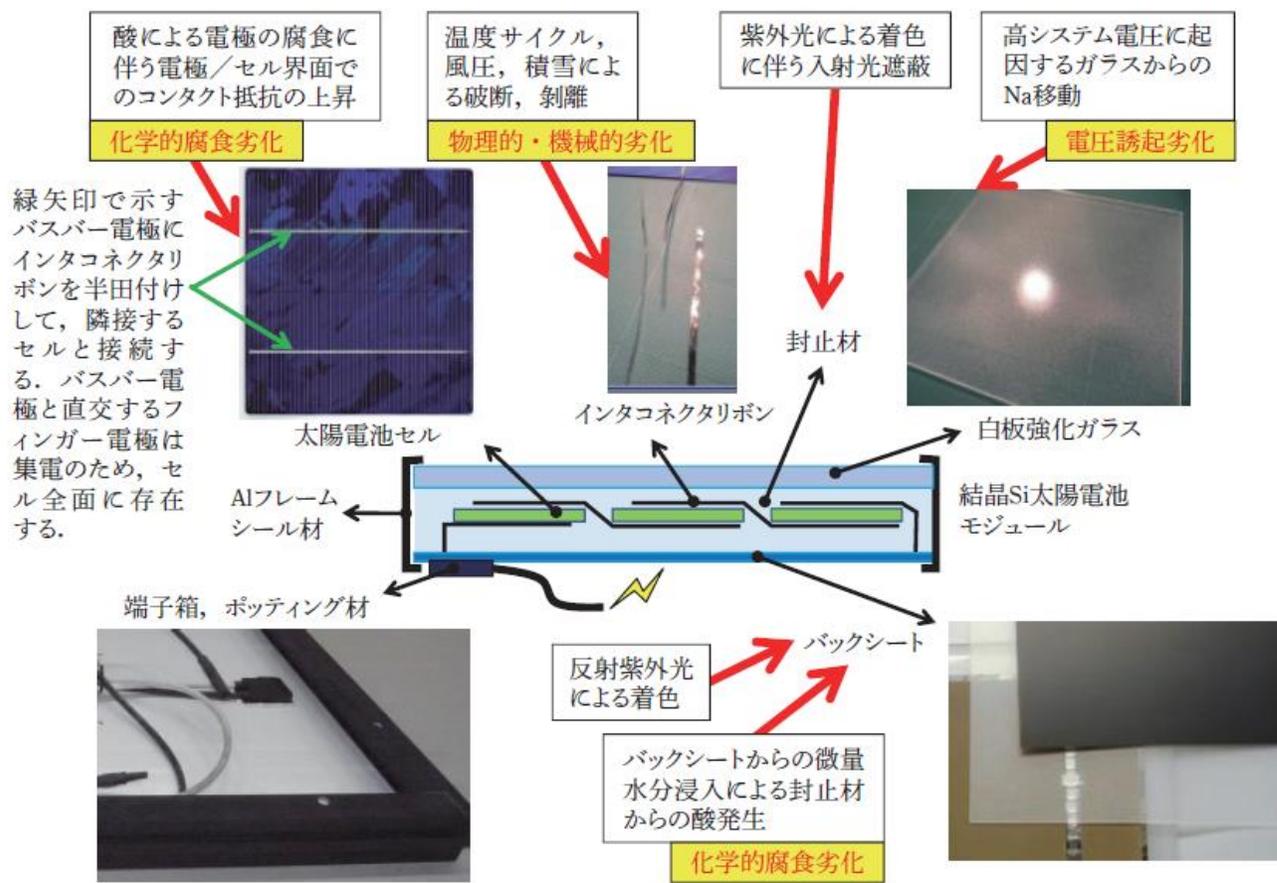


図1 結晶Si太陽電池モジュールの断面構造図と使用されている材料に起因する主要な劣化要因。

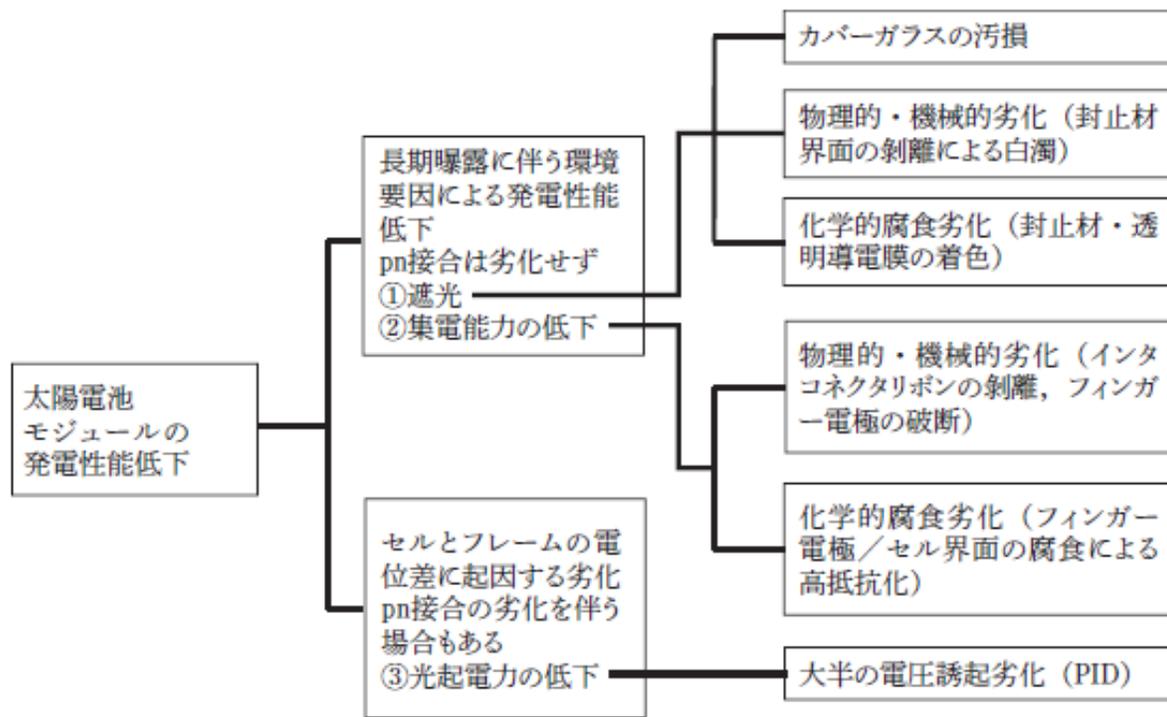
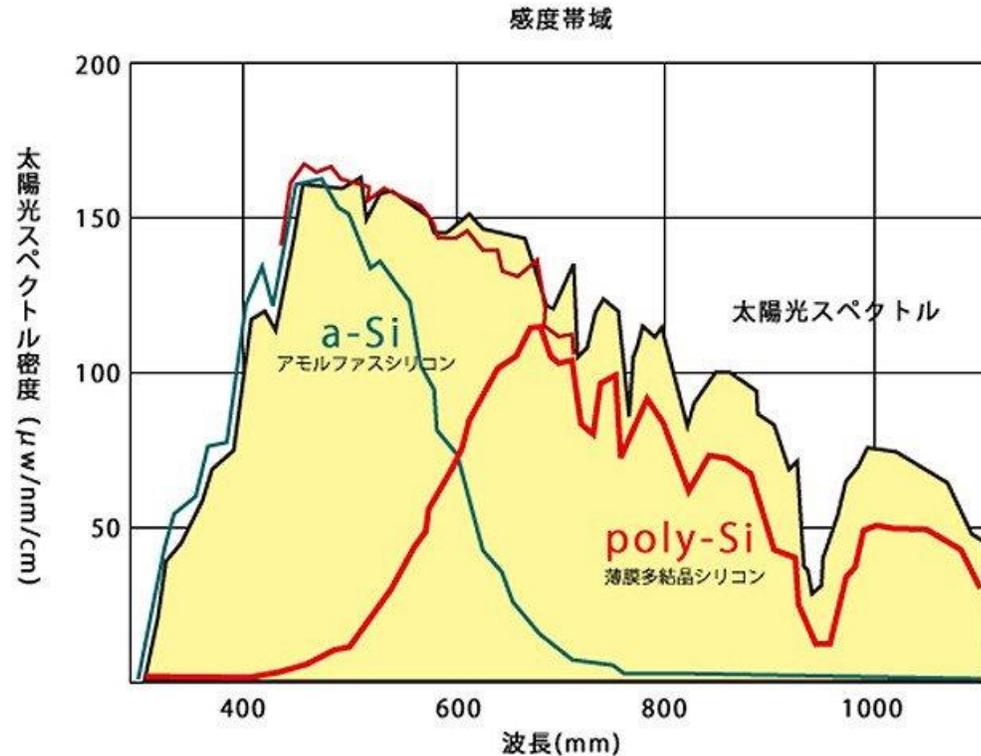


図2 太陽電池モジュールの発電性能低下要因の分類。

# 参考：シリコン系太陽電池の特性

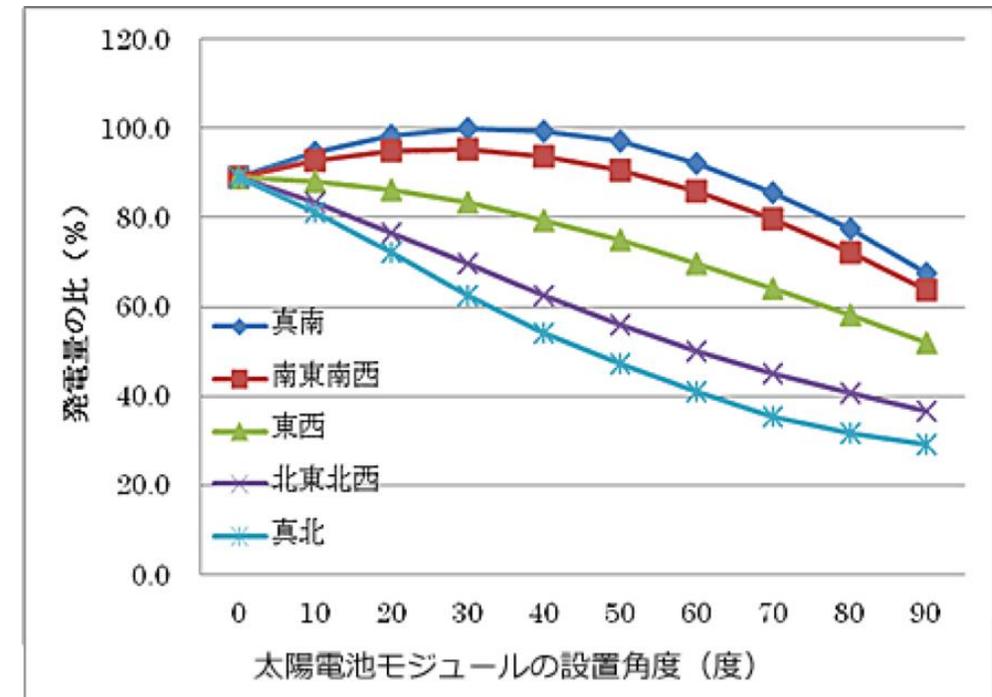
太陽光の波長ごとの吸収効率



※黄色部は代表的な太陽光スペクトル。アモルファスシリコン及び薄膜多結晶シリコンで示した部分は、太陽光スペクトル中で各太陽電池が光電変化する感度帯域を表しています。

出所：NEDO「太陽電池市場の有望技術「新ハイブリッド」型太陽電池」（2009/3）

太陽光入射角ごとの発電量比較



出所：太陽光発電協会<<https://www.jpea.gr.jp/faq/590/>>

# ◆国内大学のPVガラスに関する研究開発 の状況

# 今回調査した大学

- 桐蔭横浜大学（宮坂力特任教授）
- 東京大学（瀬川浩司教授）
- 公立諏訪東京理科大学（渡邊康之教授）

# 桐蔭横浜大学（宮坂力特任教授）

<インタビュー内容> ※宮坂教授ペロブスカイト型太陽電池（PSC）の発明者

- 今後中国等の海外企業からの追従を許さないための方法
  - ▶PSCはヨウ素をはじめとして、日本に豊富に産出される原材料を活用。
  - ▶太陽電池をシステム化・複雑化する技術で先行し、高性能品を生産。
- PVガラス技術を実用化する（大量生産体制の構築等）ための課題
  - ▶耐久性と原料に使われる鉛の扱い（鉛代替材料の開発or鉛回収方法）。
- 実現できている発電効率など、技術的なブレークスルーの成果
  - ▶PSCのセル変換効率は26%以上を実現。

# 東京大学（瀬川浩司教授）

<インタビュー内容> ※瀬川教授は有機系太陽電池の研究者

- 今後中国等の海外企業からの追従を許さないための方法
  - ▶ 経営者や研究開発者の評価・処遇を変えて競争力を高めるべき。
  - ▶ 国プロ等の研究開発については、もっと技術がわかる人を審査員にすべき。
- PVガラス技術を実用化する（大量生産体制の構築等）ための課題
  - ▶ 大規模投資による一貫生産体制を構築することが必要。
- 実現できている発電効率など、技術的なブレークスルーの成果
  - ▶ このような質問は、文系の経営者から良く頂く。技術が理解できないので、単純な質問しかできないのであろう。

# 公立諏訪東京理科大学（渡邊康之教授）

<インタビュー内容> ※渡邊教授は「営農型太陽光発電」用有機薄膜太陽電池の研究者

## ●今後中国等の海外企業からの追従を許さないための方法

▶基礎研究段階で先行しているペロブスカイト系の我が国の利点を活かし、実用化に取り組む業界団体を構成すべき。（有機系太陽電池技術研究組合は設立済）

## ●PVガラス技術を実用化する（大量生産体制の構築等）ための課題

▶建築基準法や防火・消防関連の規制など種々の規制の問題を整理しながら、省庁の壁を取り払っていく必要がある。

## ●実現できている発電効率など、技術的なブレークスルーの成果

▶有機薄膜太陽電池は、概ね1年で発電効率が1%程度改善している状況であり、2025年にはペロブスカイトの発電効率に追いつく可能性がある。

# ◆日本と海外の主要企業のBIPV関連特許の調査

# BIPV関連特許調査の目的、調査方法等

## ●特許調査の目的

- 欧州、米国、中国、韓国等のPVガラスやBIPVの技術開発に力を入れている国及び日本の主要企業のBIPVの最新の動向や未来のトレンドを把握する。

## ●調査方法

- 欧州特許庁（EPO）データベースである、Espacenet（エスパスネット）を利用して特許検索を実施した。
  - ✓ 日本の特許庁（JPO）や米国特許商標庁（USPTO）などもEspacenetに情報を提供している。Espacenetは、欧州各国の特許庁、EPO、JPO、USPTO、世界知的所有権機関（World Intellectual Property Organization: WIPO）の特許情報のフルテキストを収録するとともに、基本的な検索機能と分析機能を備えている。

# Espacenetの検索条件

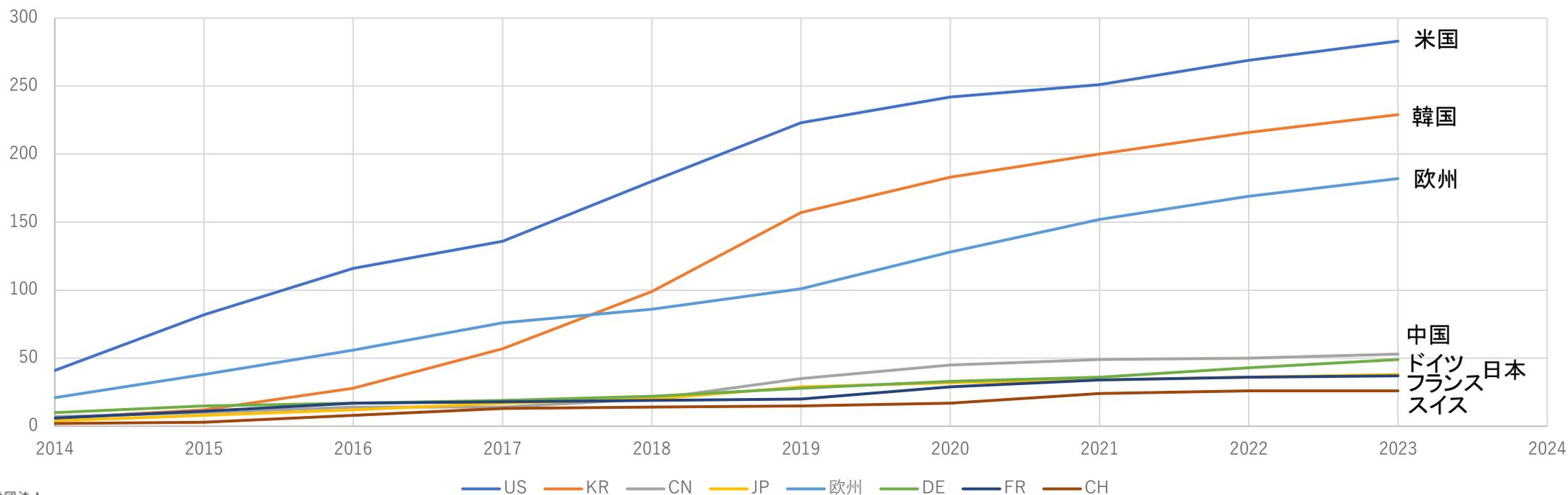
- 国際特許分類（IPC）に基づく。BIPV関連特許を網羅すると考えられる検索条件式を設定し、BIPV関連特許をピックアップ。
- 2014年から2023年の10年間を対象として、特許出願数が多い国を抽出。

項目	標記	説明
選定したIPC分類の標記	H01L31/00	赤外線、可視光、短波長の電磁波、または粒子線放射に感応する半導体装置で、これらの放射線エネルギーを電気的エネルギーに変換するか、これらの放射線によって電気的エネルギーを制御かのどちらかに特に適用されるもの／それらの装置またはその部品の製造または処理に特に適用される方法または装置／それらの細部。
	H02S20/21	道路に特に適合したもの（例：防音壁と一体化したもの）。
	H02S20/22	建物に特に適合したもの。
	H02S20/23	屋根構造に特に適合したもの。
	H02S20/24	平らな屋根に特に適合したもの。
	H02S20/25	屋根用タイル要素（例：瓦）。
	H02S20/26	PVモジュールと一体化した建材（例：ファサード要素）。
検索条件	H01L31/00 and (H02S20/21 or H02S20/22 or H02S20/23 or H02S20/24 or H02S20/25 or H02S20/26)	

# 10年間のBIPV関連特許の推移

- 米国（US）及び韓国（KR）が積極的にBIPV関連特許を出願している。欧州全体のBIPV関連特許出願件数も、米国、韓国に次いで多い。日本（JP）と中国（CN）は、米国、韓国と比較すると1/4～1/5程度。
- ドイツ、フランス、スイス、オランダ及びイギリスの五ヵ国で、欧州主要国全体のBIPV関連特許の約80%を占めている。

国別BIPV関連特許件数（10年累積）



# 米国、韓国、欧州、日本及び中国の特許に表れている特徴

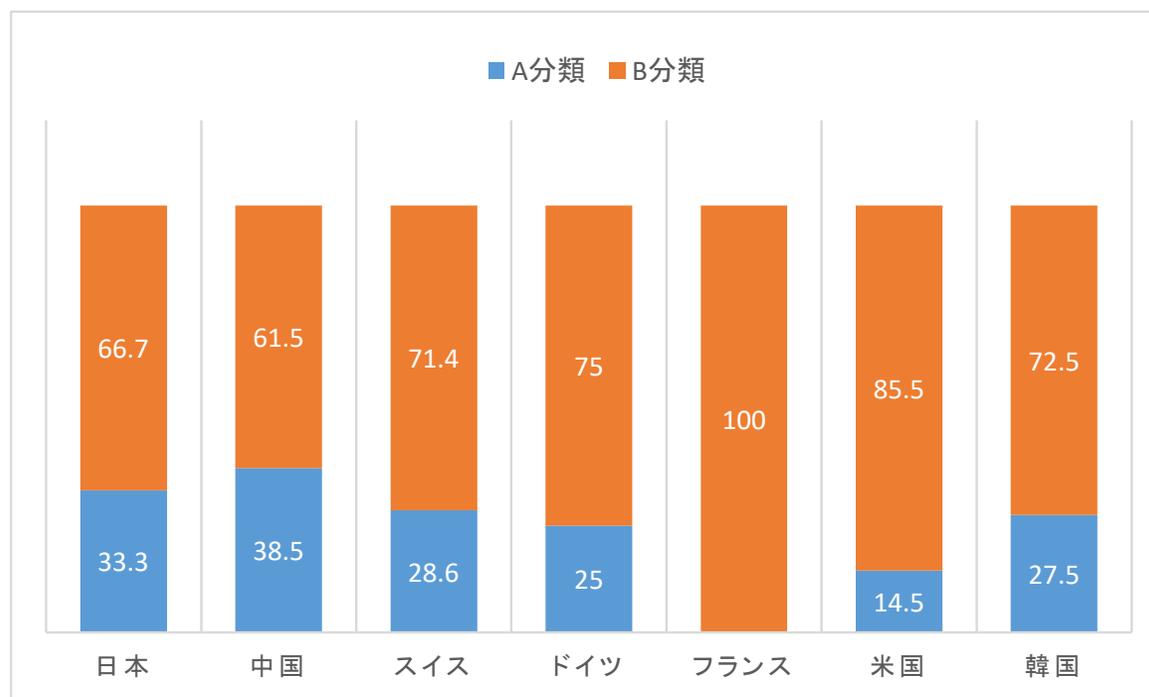
- 直近3年間（日本については10年間）について、特許内容を、「PVモジュール（単体）の技術的革新を主体とするもの（A分類）」と、「PVモジュール（システム）の実装を促進することを主体とするもの（B分類）」の2つに焦点を置いて分析。

BIPV関連特許において 着目した特徴	代表的な事例
PVモジュール（単体）の技術的革新を主体とするもの： <b>A分類</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• PVモジュールの発電効率や耐久性の向上</li><li>• PVモジュールの新しい素材や処方の開発</li><li>• PVモジュールの新しい製造方法</li></ul>
PVモジュール（システム）の実装を促進することを主体とするもの： <b>B分類</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• PVモジュールを設置する工夫</li><li>• PVモジュールの意匠性の向上</li><li>• PVモジュール配線の工夫</li></ul>

# 米国、韓国、欧州、日本及び中国の特許に表れている特徴

## ● 全体的特徴

- 米国及びフランスは、他の欧州国、日本、中国等と比較して、A分類よりも、B分類に関連するBIPV関連特許の割合が高い傾向にある。
- 一方、中国及び日本は、米国及び欧州主要国と比較すると、B分類に関連するBIPV関連特許の割合が少ない。



# 米国、韓国、欧州、日本及び中国の特許に表れている特徴

- 欧州主要国（ドイツ、フランス、スイス）、米国及び韓国では、BIPV関連特許から、BIPVの社会実装の面に重きが置かれ、BIPVを社会に広く普及させようという段階にあると考えられる。
- 一方、中国や日本は、BIPVの発電効率の向上や耐久性・信頼性の向上など、PVモジュールの技術革新に重点を置いており、BIPVを社会に広く普及させるという段階には至っていない。

国名	BIPV関連の特許の特徴
欧州主要国 (ドイツ、フランス、スイス)	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 既存の街並みの外観に合うような装飾積層をPVモジュールに組込む。</li><li>・ 着色したPVモジュールによって、美観を向上させる。</li><li>・ PVモジュール設置方法を工夫する。</li></ul>
米国	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 意匠性・美観を向上する。</li><li>・ 電氣的な施工を容易にさせる。</li></ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 火災予防機能や安全装置機能を付加する。</li><li>・ 屋上設置するPVモジュールに広告用ディスプレイ機能を持たせる。</li></ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 発電効率を向上させる。</li><li>・ 高い適用性や信頼性および長い耐久性を向上させる。</li></ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 長期耐久性や発電効率を向上させる。</li><li>・ 出力を安定させる。</li></ul>

# ◆ 欧州のBIPV政策、プロジェクト等の状況

# EUがBIPVを推進する狙いと戦略

- EUにおいては、2030年の気候目標を達成するためには、建築物のエネルギー効率を高め、再生可能エネルギーを利用する必要があるとしている。
- EUは、その一環として、建築環境において太陽光発電することにより、建物を分散型エネルギー生産施設に変えることで、EUの目標達成を支援し、同時に土地や景観を保護することができるとして、BIPVが技術的、エネルギー的、そして美観的な要件も満たすことで、目標達成の成功要因になり得るとしている。

# EUの2030年気候目標と建築部門における再生可能エネルギー利用・建物改築促進策

## ● 欧州グリーン・ディール（European Green Deal）

- 2050年までにEUの温室効果ガス排出量を実質ゼロにする気候中立（climate-neutral）目標を達成。
- 2030年までに同排出量を1990年比で55%以上削減する目標を法定化する「欧州気候法（European Climate Law）」が公布。
- 「再生可能エネルギー指令」の改正案
  - ✓ 2030年までにEU全体のエネルギーミックスに占める再生可能エネルギー源の割合を32%から少なくとも42.5%に引き上げる。
- 「建物エネルギー性能指令（Energy Performance of Buildings Directive）」の改正を提案
  - ✓ 建物の改築は、断熱材の設置、古くなった窓やドアの交換、暖房システムの向上、太陽電池パネルの設置など、多くの個別対策によって達成することができるとされる。
  - ✓ 2030年に、建築部門における再生可能エネルギーの利用を49%にするという目標が示された。

# EUにおけるBIPV技術の位置づけ

- EUの2030年気候目標の達成の一環として建築部門に求められている、再生可能エネルギーの利用を49%にするという目標
  - BIPVが最も重要な役割を果たす。
  - 今後10年間で建物の改築率を少なくとも2倍にする。
- EUにおけるBIPV技術の位置づけ
  - 太陽光発電の出力を増加させ、屋根タイル、ファサードの被覆材、窓といった新しい利用可能な表面を解放することで、建物の外壁全体に太陽光発電を拡大するもの。
  - BIPVは、非常に革新的で、地域に根ざしたもので、市場の見通しが明るく、EUの産業のフラッグシップとなりうる。
  - BIPVは、特に産業への展開と革新的な製造プロセスにおいて、間もなく欧州の主流建材となる可能性がある。
  - BIPV製品の循環性を担保するための産業戦略（特にBIPV製品のリサイクルとライフサイクル・アセスメント）が必要であり、それが、BIPV製品の市場への引き込みを補完する必要性がある。

# EUのBIPVプロジェクトの狙い

- EUのBIPV関連のプロジェクトは、2016年から、EUの研究・イノベーション枠組み計画である「Horizon 2020」を構成するプロジェクトの一環として実施された。
  - 「安全でクリーンかつ効率的なエネルギー」の開発と社会的実装という形で、明確に位置づけられている。
  - 「BIPV市場の新しいセグメントへの初期の市場参入を成功させ、その後、第2段階として、製品の多様化と応用の拡大を図る」というEUのBIPV産業化政策を強力に推進することを狙いとする。
- 「Horizon 2020」のBIPVプロジェクトのコーディネータ
  - 欧州の太陽光発電と建設産業のバリューチェーンに対して世界的な市場を創出するには、高効率で多機能なエネルギー生産建材を開発することを目的として、欧州産業界の総力を結集する必要がある。

# EUの代表的なBIPVプロジェクト

プロジェクト名	プロジェクト実施期間／予算	研究のフェーズ	プロジェクトの目的	成果の例
PVSITES	<ul style="list-style-type: none"> <li>2016年1月～2020年6月</li> <li>8億4676万ユーロ</li> </ul>	実証研究	欧州内外にBIPV技術の認知度を高め、BIPV技術を適用できる建物の数やキャパシティを増加させることで、欧州のBIPV及び建築業界を強化できることを実証し、BIPV技術を大規模な市場展開に導く。	<ul style="list-style-type: none"> <li>結晶シリコンおよびCIGS BIPVモジュールのテストに成功し、PVおよび建設基準への適合性を実証した</li> <li>建物のエネルギー性能とBIPVシステム生産を実際の運用条件で共同シミュレーションするためのソフトウェア・プラットフォームを開発。</li> </ul>
BIPVBOOST	<ul style="list-style-type: none"> <li>2018年10月～2023年5月</li> <li>11億4345万ユーロ</li> </ul>	実装・生産技術研究	BIPVアプリケーションを促進するための技術的ソリューションを開発し、BIPVシステムの生産コストを下げ、BIPVシステムの柔軟かつ自動化された製造ラインを開発し、標準化を行うことで、迅速にBIPVの市場導入に持っていく。	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動化された柔軟性のあるBIPVモジュール製造ラインを開発し、工程に沿った大幅なコスト削減を実現。</li> <li>幅広い用途（カーテンウォール、手すり、ウォークブル・フロア、換気ファサード）に対応し、美観、性能、コストの面で優れたバランスにとれた製品を提供。</li> </ul>
IMPRESSIVE	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019年1月～2022年6月</li> <li>2億9291万ユーロ</li> </ul>	新興技術開発	可視光域を除く紫外光と近赤外光を選択的に変換する光起電力セルを開発し、無色で完全に透明なデバイスを実現する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハイブリッド・タンデム型UV（紫外線）・ペロブスカイト太陽電池がPCE（電力変換効率）10%以上、AVT（平均可視透過率）約60%に達することを実証。</li> </ul>

# EUにおけるBIPV推進の成功要因

- BIPV市場は、BIPV技術に対する本質的な魅力の増大と、より有利な市場条件に基づいて駆動されているとされている。
  - PVシステム部品の低価格化
  - 競争力向上につながる体系的なイノベーション（太陽電池の効率の向上、システム損失の低減、BIPV要素の信頼性向上など）
  - BIPV製品の美観の向上とカスタマイズの可能性
  - 幅広い製品メーカーによる競争の活性化
  - 建物の持続可能性を高めることを目的とした規制の圧力
  - 建物の所有者や居住者による、「グリーン」で持続可能なエネルギーに関する、価値観の高まり

# ◆わが国におけるBIPV関連産業の形成条件

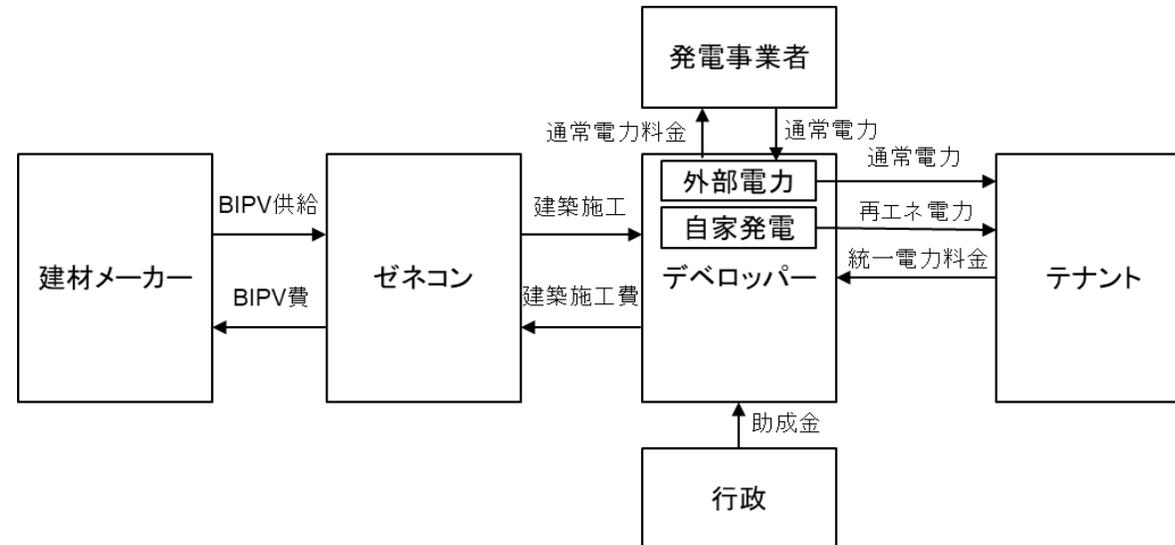
# 技術的・実用化の課題

- 太陽電池としての寿命と建築物の寿命のミスマッチへの対応
  - BIPV製品のメンテナンス性や交換設置性の向上
- 今後期待の太陽電池（PSC太陽電池および可視光透過型太陽電池）を用いたBIPV実用化の課題
  - 耐久性（シリコン系の20年に達しない場合でも交換性が高ければ実用化に近づく可能性あり）
  - 変換効率の向上
  - 低コスト化

# 事業化及び産業化に向けた課題

## ●BIPV設置事業者へのインセンティブ付与

➤PVの劣化による発電効率の低下や交換費用も試算に組み入れることが必要。



BIPVを導入した商用ビルの簡易的なビジネスフロー（未来工学研究所作成）

## ●初期投資負担の軽減措置

➤BIPV導入加速化支援事業の拡充等

# ◆ 我が国がBIPV産業を育成していくうえで必要な方策

## 我が国がBIPV産業を育成していくうえで必要な方策（提言）

- 国は、PSC（ペブロスカイト）を用いた建材一体型のBIPV（高層ビルの側壁を焦点に置く）に関する研究開発を推進する。
- 上記の研究開発を推進していくため、高層ビルの建設にかかわる設計、建設、資材製造、材料開発等の企業群に加え、施主やディベロッパー等のニーズ側の核心を握る事業者も加えたBIPV企業団体と、関連省庁の実務者さらにはシンクタンク等の関連研究者やコンサルタント等の知的支援者とが一体的に情報共有と意見交換が可能な開かれた場を設定し、独自の開発体制を構築する。
- 国の関与は、研究開発プロジェクトの大きな方向性の設定と経費の一部の負担に留める。実務性の高い具体的な内容は関係事業者の作業が円滑に進む方式に委ねる。