

BIPV の現在と今後の普及拡大に向けて

Initiative to drive the growth of BIPV market

中島昭彦*

1. はじめに

エネルギー基本計画では、「2050年にストック平均でのZEH・ZEB基準の水準の省エネルギー性能の確保を目指し、これに至る2030年度以降に新築される住宅・建築物はZEH・ZEB基準の水準の省エネルギー性能の確保を目指す」との目標を掲げており、建築物省エネ法などの規制と支援措置を一体的に活用しながら、省エネルギー性能の向上及び再生可能エネルギーの導入拡大を進めている。

今後、都市部を中心とし、建築物への太陽光発電システムの高密度度普及によるPV主力電源化、カーボンニュートラル化、電力系統安定化への貢献を目指した取組みが加速すると期待される。

現状、太陽光発電システムの普及には以下の課題がある。

- ・メガソーラーの適地が減少しているが、太陽光発電システムの2050年目標値と現状の値には、まだ大きな乖離がある。
- ・メガソーラーの増加により、電力供給における予測誤差や変動成分が増加し、配電系統内で局所的な電圧上昇が起きるなど電力系統が不安定化しつつある。
- ・メガソーラーの増加により、中間期（春、秋）の昼間に卸電力価格が0.01円/kWhになる現象が発生し、更に長時間化しつつある。

以上の問題を解決するために、以下の解決策が考えられる。

- ・都市部の既存の建築物の外壁に太陽光発電システムを大量に導入できるポテンシャルがあり、2050年目標値に貢献できる。
- ・建築物に設置した太陽光発電システムで生成される発電分は建物で自家消費でき、系統不安定化を抑止すると共に、革新的な太陽光発電システムを

設計開発し系統運用にも貢献する。

- ・建物壁面での垂直設置型の太陽光発電システムでは、昼間の発電分が小さく、朝方、夕方に発電分が大きくなるため、系統余剰とならず、kWh価値が高くなる。

一方で、建物垂直面への太陽光発電システムの導入においては、建築の外壁面を構成する建築部材としての機能が必要となることに加えて建物毎に寸法や仕様が異なるためBIPVモジュール及び設置コストが高くなることや、既存の地上設置用の太陽電池モジュールでは建物外壁での高所設置において要求される耐風圧強度が不十分であること、その意匠が周囲の建物との親和性を図れる外観を満たさず景観条例に適應できない等の課題があり、本格的な普及拡大には至っていない。

本稿では、建築物への太陽光発電システムの導入を拡大するための株式会社カネカのこれまでの取組みと今後の計画について述べる。

2. 次世代 BIPV の開発

株式会社カネカと大成建設株式会社は共同で、建築物の外装に実装可能な次世代BIPVとしてT-Green® Multi Solar^{1, 2, 3, 4)}（以下、T-GMS）を開発した。窓等の開口部には両面受光ヘテロ接合太陽電池セルをストライプ状に分割して半透明化したT-GMSシースルータイプを開発した。開口部の断熱性⁵⁾を向上させるためにLow-Eガラスとの複層構造とし、省エネ性能を確保しつつセルの隙間から透過した太陽光をセルの裏面で発電可能な構造とした。表1に示した通り熱貫流率U値は通常のLow-E複層ガラスと同等の性能が得られた。

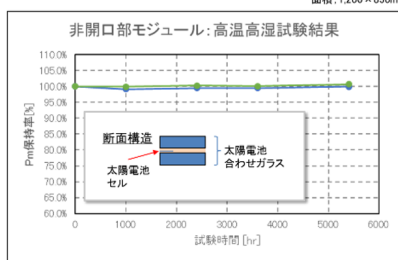
建物の非開口部向けには外観意匠性に優れた

*株式会社カネカ PV & Energy management Solutions Vehicle G.G.Energy グループリーダー

表1 シースルータイプの複層構造と断熱性能

	合せガラス (シースルー)	複層/通常ガラス	複層/LowEガラス (日射遮蔽型)	複層/LowEガラス (日射取得型)
構造				
U値 【W/(m ² ・K)】	5.9	2.9	1.9	1.9
G値	0.67	0.51	0.25	0.28

高温高湿試験 出力低下1.4%<5%、絶縁抵抗1,000MΩ>39.2MΩ(40MΩ・m2)



接続方式: 新規開発方式(セル裏面塗布)

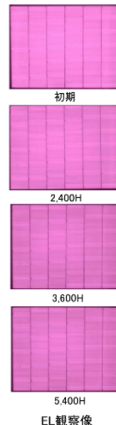


図1 ソリッドタイプの長期信頼性試験の一例

T-GMS ソリッドタイプを開発した。建物外装のスパンドレル部への設置を想定し、通常の地上設置の太陽電池で見られるようなインコネ線が無いシングリング接続によるセル間接続を用い、太陽電池の意匠性と高出力を両立させた。シースルータイプもソリッドタイプも両面ガラス封止構造により40年相当の長期耐久性と耐風圧強度を確保している。BIPVは建築物の外装を構成するため耐用年数として建物相当の耐久性が求められる。図1はソリッドタイプの85℃ 85% RH 高温高湿試験結果の一例⁶⁾である。IEC 61215 規格要求の1,000時間の耐久性に対して、5,000時間以上の耐久性が実証されている。1,000時間を10年相当と仮定すると、40年以上の耐久性に相当する。

3. 次世代 BIPV の導入

今回開発した BIPV は通常の建築用ガラスと同様の工法でサッシ枠への実装が可能であり、建物の外装を構成する建築部材としての機能を有する。すでにいくつかの建物への設置も進められており、一見して太陽電池が組み込まれているとは気付かれない優れた意匠性を有するとの市場評価を受けている



図2 開成学園高等学校校舎廊下部分の窓に導入したT-GMS シースルー (ガラスの下部にシースルー太陽電池のストリングセルを配置。)



図3 KUBOTA Precision Machinery (タイ) の工場の壁部へ導入した T-GMS ソリッド (サッシ枠に通常のガラスと併用した実装形態。環境省「コ・イノベーション」による脱炭素技術創出・普及事業) により設置。)



図4 東京大学先端研に導入した低反射ソリッド (太陽電池パネル表面の微小凹凸により太陽光の直接反射を抑えられる。景観条例適合。)

(図2, 図3, 図4 参照)。

都市部において壁面設置太陽光発電システムの普及を推進するためには、周辺近隣への太陽光の反射

を抑制する低反射タイプの BIPV の導入も必要となる。図 4 は、国立大学法人東京大学先端研 3 号館の西壁に設置した BIPV の導入事例である。ガラス表面に防眩処理を施したソリッドタイプで構成される 50kW の壁面太陽光発電システムであり、建物での午後の電力消費を節減するために自家消費の実証を行っている。2023 年 11 月竣工以来、周辺民家からの光害に関するクレーム等は発生していない。また、自治体の景観条例へも適合した意匠となっている。

4. BIPV の発電価値 (Wh 価値)

建築物の垂直壁面に設置した太陽光発電システムの発電電力は、屋上等への平面設置の太陽光発電システムに比べて、受光面の方位によって発電ピークをシフトさせることが可能である。図 5 は国立大学法人宮崎大学で実施した壁面設置太陽光発電システム⁷⁾の実証結果である。建物の東西壁面に薄膜シリコンシースルー太陽電池 (Single) と次世代 BIPV シースルータイプ (BF) を、建物の南面に両面受光ヘテロ接合型太陽電池モジュールを設置し発電データを取得した。2019 年 8 月 1 日に計測したデータでは、東壁面に設置した太陽光発電システムからは午前 8 時をピークとする発電電力が得られ、西壁面に設置した太陽光発電システムからは午後 5

時をピークとする発電電力が得られた。南面に設置した太陽光発電システムからは南中時にピークを迎えるが、太陽高度が高いため太陽電池パネルへの入射角が大きくなるので発電電力は小さくなる。また、東面に設置した次世代 BIPV の壁面には太陽光反射用の白板を太陽電池の背面に設置した効果で、Single (片面発電) と BF (両面発電) の相違による両面受光発電効果で発電量が 30% 向上することが実証された。

壁面設置太陽光発電システムの電力価値 (Wh 価値) の一つとして JEPX スポット市場取引価格と東京大学先端研 3 号館西壁に設置した太陽光発電システムによる発電データを図 6 で比較した。

2023 年 12 月 29 日の約定価格は、いずれの電力管内でも南中時に対して午後の取引価格が 3 倍以上に上昇した。東京大学西側壁面に設置した太陽光発電システムによる発電は午後を中心としており、取引価格の上昇に同期していることが確認される。

導入者の利益においては、南中時を中心とした再エネ電力は市場調達し、電力価格変動や建物電力需要とのバランスから壁面設置太陽光発電システムの運用の最適化が重要になる。蓄電池などの運用も合わせて、アグリゲーションビジネスを志向することが期待される⁸⁾。

5. ZEB 実現に向けて

2024 年の省エネ法の改正においては、延床面積 2,000m² 以上の非住宅建築物の省エネ基準が引き上げられた。新築及び増改築を行った場合に、従来基準に比べて BEI (Building Energy Index) 基準値として建物用途別に 15 ~ 25% (工場等の BEI 基準値: 0.75, 事務所等の BEI 基準値: 0.80, 病院等の BEI 基準値: 0.85) まで一次エネルギー消費量を削減する必要がある。

図 7 に示すように建築物の一次エネルギー消費量には、空調設備や換気設備、照明設備、給湯設備、

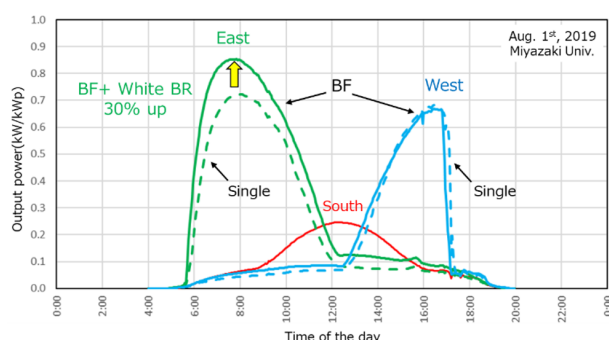


図 5 宮崎大学建物壁面での発電量評価の一例

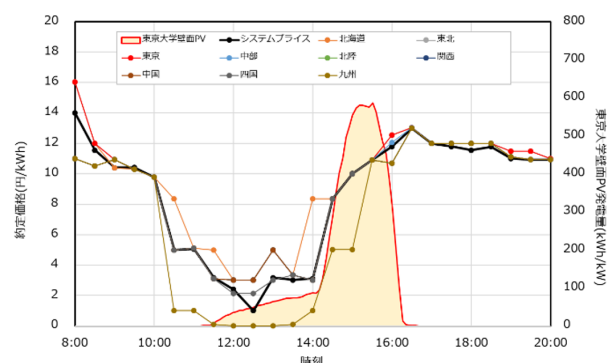


図 6 壁面 PV 発電とスポット市場価格の比較

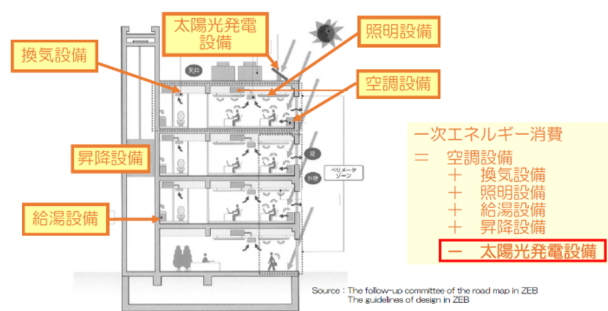


図 7 建築物の一次エネルギー消費量

昇降設備によるエネルギー消費が含まれるが、太陽光発電設備は一次エネルギー消費量の削減に寄与するので、建築物向けの太陽光発電システムの需要も大きくなると考えられる。

図8は、2023年に省エネ改修が行われた大成建設株式会社横浜支店の外観写真である。都市型ZEB化リニューアル⁹⁾として、竣工後50年を迎える中規模オフィスビルに対し、外皮性能の向上、新技術を含む省エネ設備機器の設置、T-GMS（新規開発のカラーソリッド防眩タイプ含む）の設置を行い、BELS認証を取得、ZEB Ready（BEI値：0.39）を達成したものである。本省エネ改修にあたり、太陽光発電設備として、建物のスパンドレル部にカラーT-GMSソリッドタイプを32.7kW、窓部にT-GMSシースルータイプを6.8kW、屋上塔屋の外壁にT-GMSソリッドタイプを31.2kW、最上階フロアの外壁にT-GMSソリッドタイプを1.0kWの計71.7kWを導入している。Nearly ZEBの達成には、建物壁面へ高密度にT-GMSを導入する必要がある。東西南面の3面への導入によりBEI値0.20以上の削減に寄与し、省エネ技術も合せてNearly ZEBを達成することが可能と考えられる。

当社は、さらにnet-ZEBの実現に向けて、T-GMSを含めた次世代BIPVの高出力化と太陽電池パネルと設置工法のコストダウンを通じて、新たなBIPV市場の形成と普及拡大を推進する。



図8 T-GMSを導入した大成建設横浜支店ビル

6. まとめ

建築物の外装と一体化し環境性能（断熱性、低反射性、意匠性、景観条例適合等）を付与した次世代BIPVを開発した。導入した施設における壁面設置太陽光発電システム固有の発電データを検証し、Wh価値評価を行い系統での需給制約解消に有効であることが確認された。建築物の一次エネルギー消費量の削減にも寄与し、大成建設株式会社横浜支店での省エネ改修（グリーンリニューアル）では、省エネ及び創エネ合わせて、BEI基準値として0.39が実証された。

今後、Nearly ZEB及びZEB（net-ZEB）の実現を目指して、BIPVの出力向上と導入コスト削減を推進する。

謝辞

本成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 梅田和彦：BIPVへの取り組み 創エネ外装システム“T-Green® Multi Solar”，日本太陽光発電学会，第17回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム，2020年10月
- 2) 門田直樹，前田賢吾，蔵岡明弘，牧野司，中島昭彦，梅田和彦，小林信郷，山口亮：ZEB実現に向けた外装一体型太陽電池モジュールの開発（その1）シースルー型太陽電池の基本性能，日本太陽エネルギー学会講演論文集，2020年11月
- 3) 梅田和彦，山口亮，小林信郷，門田直樹，前田賢吾，蔵岡明弘，牧野司，中島昭彦：ZEB実現に向けた外装一体型太陽電池モジュールの開発（その2）シースルー型の発電と日射遮蔽の屋外検証結果，日本太陽エネルギー学会講演論文集，2020年11月
- 4) 山口亮，村瀬宏典，梅田和彦：外壁・窓で発電する創エネ外装システム，建築設備と配管工事，2021年1月
- 5) 石井久史，環境対応型ファサードに要求される設計要件，日本建築学会PD資料，2016.8.
- 6) 前田賢吾，Long-term reliability of new BIPV

modules over 40 years, SAYURI-PV workshop,
2024 年 11 月

- 7) 中島昭彦, 結晶シリコン太陽電池技術の今後
(カーボンニュートラル実現に向けて), 第 69
回応用物理学会春季学術講演会, 2022 年 3 月
- 8) 宇佐美 章, BIPV による電力ネットワークコス
ト削減と普及拡大, 太陽光発電協会第 41 回太
陽光発電シンポジウム, 2024 年 11 月
- 9) 大成建設横浜支店ビルグリーンリニューアル,
[https://www.taisei-techsolu.jp/solution/
tdw_2023/post_204.html](https://www.taisei-techsolu.jp/solution/tdw_2023/post_204.html)

著者略歴



中島 昭彦 (ナカジマ アキヒコ)
株式会社カネカ PV & Energy
management Solutions Vehicle G. G.
Energy グループリーダー
1987 年 3 月 金沢大学大学院理学研究
科理論化学専攻修士課程
修了

1987 年 4 月 株式会社カネカ (旧鐘淵化学工業株
式会社) 入社

2004 年 3 月 立命館大学工学博士学位取得

2007 年 4 月～立命館大学大学院客員教授

2017 年 8 月～2024 年 3 月 BIPV 事業開発グルー
プリーダー

2022 年 4 月～理事 BIPV 事業開発グルー プリー
ダー

2024 年 4 月～理事 G. G. Energy グループリーダー

2024 年 4 月～G. G. Energy 株式会社 取締役