

建材一体型太陽電池（BIPV）のご紹介

AGC ASIA PACIFIC PTE., LTD.
Senior Director, Smart Glass Division,
林 真行



はじめに

近年、持続可能なエネルギーの重要性が高まる中、建物に一体的に統合された太陽光発電（BIPV）が注目を集めています。BIPVモジュールは一般的な建築用のガラスと同様、建物の外装材として機能しながら電力を生成する技術で、従来の太陽光パネルに比べて美観と機能性を兼ね備えています。本稿では、このBIPVについてのご紹介をしたいと思います。

脱炭素化の動きとBIPV

いま、世界中で気候変動対策としての脱炭素化が急速に進行しています。多くの国々が再生可能エネルギーへの移行と、炭素排出量の削減を宣言しています。これは、地球温暖化を1.5度以下に抑えるというパリ協定の目標に向けた重要な取り組みです。

シンガポールもまた、このグローバルな動きに積極的に参加しています。シンガポール政府は2050年までにCO2排出量を実質ゼロ（ネットゼロ）とする野心的な目標を設定しています。シンガポールは、その高密度な都市環境と熱帯気候を利用して、エネルギー効率を向上させ、太陽光発電を含む再生可能エネルギーの利用を拡大することで、これらの目標を達成しようとしています。

その中でも特に、建材一体型太陽光発電（BIPV）は、シンガポールの都市環境における再生可能エネルギーの重要な源として期待されています。BIPVは、建築物の一部として太陽光発電システムを統合

することで、美観と機能性を兼ね備えると共に、炭素排出を削減することができます。このような取り組みを通じて、シンガポールは地球全体の脱炭素化の取り組みに積極的に貢献し、その結果として世界的なグリーンエネルギーのリーダーとしての地位を確立することを目指しています。

シンガポールでは都市部のスペースが限られているため、BIPVは特に有望な解決策です。商業ビルや住宅に導入することで、エネルギーコストを削減し、環境負荷を低減することができます。また、政府は再生可能エネルギーの普及を促進しており、今後、より多くの建物に取り入れられることが期待されます。

BIPVとは？

そもそもBIPVとは『Building Integrated Photovoltaic』の略で、日本語に訳すと『建材一体型太陽電池』となります。BIPVは、建築物の各部分（例えば窓、ファサード（壁）、屋根など）を太陽光発電システムとして機能させる技術です。一般的な太陽電池パネルが建物の外郭上に取り付けられるのとは対照的に、BIPVは建築物の設計段階から太陽電池を建築そのものの一部として組み込みます。これによりBIPVは建築物の一部としてシームレスに統合され、美観性を損なうことなく太陽エネルギーを享受することが可能になります。

建築物統合型太陽光発電（BIPV）の中でもガラス+ガラスタイプのモジュールは、その耐久性と美観性から特に注目を浴びています。ガラス+ガラス

タイプのBIPVモジュールは、太陽電池セルが2枚のガラスの間に封入されており、これにより優れた保護機能と長寿命が提供されます。このタイプのBIPVモジュールは、ガラスが太陽電池を物理的な損傷や環境要因から保護するだけでなく、太陽電池の寿命を延ばす役割も果たします。ガラス+ガラスタイプのBIPVモジュールは他のタイプのモジュールよりも劣化が遅く、その性能は長期間にわたり安定しています。

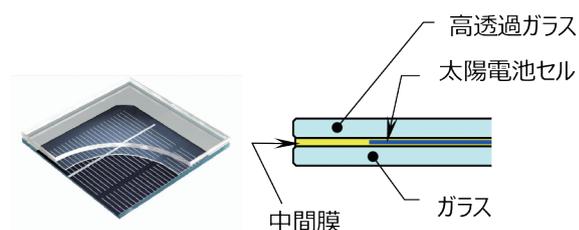


図1 BIPVモジュールの基本構造

また、ガラス+ガラスタイプのBIPVモジュールは透明性、透光性を持つため、自然光を室内に取り入れることができます。これにより、建築物の内部環境の質を向上させるだけでなく、照明に必要なエネルギーの消費を減らすことが可能です。

さらに、ガラス+ガラスタイプのBIPVモジュールは、その美観性・カスタマイズ性から建築デザインにおける新たな可能性を開きます。このタイプのモジュールは、サイズ、形状、ガラス板厚などのほか、色、パターン、透光性などをカスタマイズすることが可能で、これにより建築物の外観に独自性と特徴を付け加えることができます。加えて、複層ガラス構造とすることで、遮熱・断熱性能といった熱的性能も向上させることができます。

これらの特性は、ガラス+ガラスタイプのBIPVモジュールが、都市環境における持続可能なエネルギー解決策としてだけでなく、次世代の建築デザインの一部としても重要な役割を果たすことを可能にしています。

一般的な太陽電池モジュールとの違い、BIPV採用のメリット

建材一体型太陽電池（BIPV）と一般的な太陽電池モジュールとの間には、いくつかの重要な違いがあります。一般的な太陽電池モジュールは、通常、既存の建築物の既存の屋根や壁に取り付けられ、建物が既に完成した後の段階で追加されることが一般的です。それに対して、BIPVシステムは、建築物の設計と建設の初期段階から計画され、実際の建築部材として組み込まれます。

この統合的なアプローチは、BIPVが一般的な太陽電池モジュールよりも多くのメリットを提供する理由の一つです。まず、BIPVは建物の一部として働くため、追加のスペースを必要とせず、土地利用効率を向上させます。これは、特にシンガポールの様な土地が限られている都市環境において重要です。

また、BIPVは建築物の美観にも貢献します。一般的な太陽電池モジュールは、しばしば建物の外観を損なうと見なされることがありますが、BIPVは建築物の設計にシームレスに統合され、その美観を向上させることができます。

さらに、BIPVは建物の遮熱・断熱性能を向上させ、冷暖房のためのエネルギー消費を減らすことができます。また、BIPVのガラスパネルは自然光を室内に取り込むことができ、照明に必要なエネルギーを削減します。

これらのメリットにより、BIPVは持続可能な建築と都市計画において重要な役割を果たしています。これは、エネルギー効率と環境持続性を追求する現代の建築設計の要求に対応するための重要な手段です。

シンガポール、東南アジア地域におけるBIPVの採用事例

日本や欧州ではこれまでも多くのBIPVの採用事例がありましたが、2021年頃から始まった世界的な脱炭素化への関心の高まりを背景に、シンガポールをはじめとする東南アジアにおいてもBIPVの採用事例が少しずつ増えてきました。ここでは、

私たちがシンガポールをはじめとした東南アジアの地域で携わったBIPV案件について代表的な事例をご紹介します。

(1) Dulwich College “The Greenhouse”



写真1 Dulwich College “Greenhouse” 全景¹

Dulwich College “The Greenhouse”は、シンガポールにある私立のインターナショナル・スクールのキャンパス内に新しく建設された校舎です。キャンパス内で得られた再生可能エネルギーの活用によって、シンガポール建築建設庁（Building and Construction Authority (BCA)）が認定するグリーンマーク制度の「Platinum Zero Energy (PZE)」取得しています。

BIPVは当施設の屋上庭園を覆うガラスルーフと北側ファサードの水平フィンに採用され、総エネルギー消費量の約40%相当分の発電に貢献しています。ガラスルーフでは、ガラス本来の特徴である自然採光により明るく心地よい室内空間を作り出すために、屋上庭園の部分ごとに異なる光透過率にモジュールを設計することで、発電機能とデザイン性を両立しています。なお、本物件はそのサステナビリティへの取り組みと意匠設計の卓越した融合性が評価され、2024年10月にシンガポール建築建設庁（BCA）のProject of the Year 2024（Institution部門）を受賞しています。



写真2 “Greenhouse” 屋上庭園のBIPVルーフ²

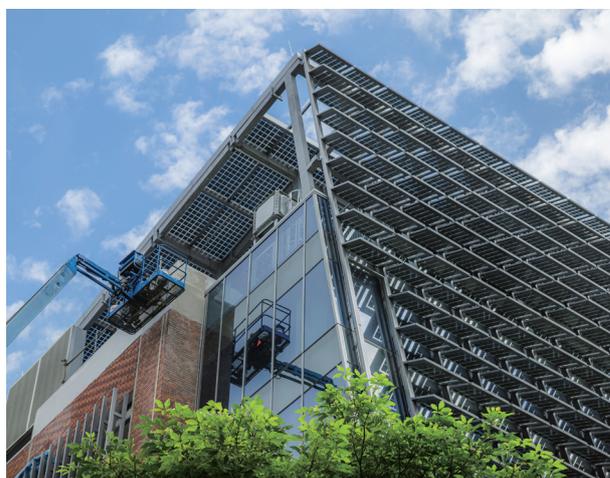


写真3 “Greenhouse” 北側ファサードのBIPV水平フィン

(2) シンガポール工科大学 プンゴル新キャンパス

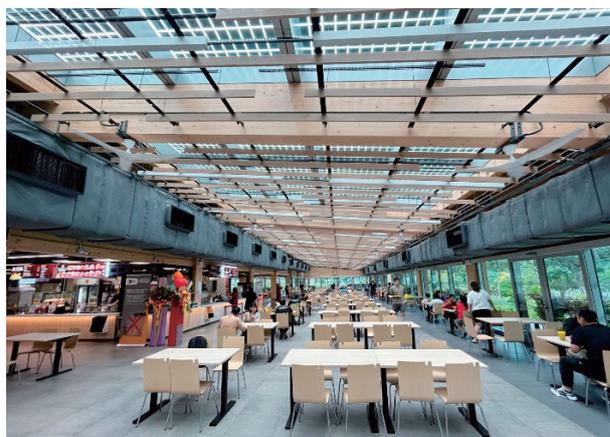


写真4 シンガポール工科大学フードコート内観

シンガポール工科大学のブンゴル新キャンパスは、シンガポール建築建設庁（BCA）によって設けられたSLE（Super Low Energy）認証（従来の建物で必要なエネルギーを省エネと創エネで40%以上を削減した建物に与えられる認証）の取得を目指し、エネルギーの供給元を分散化して地域の再生可能エネルギーの有効活用を可能にするマルチ・エネルギー・マイクログリッドを、東南アジアで初めて設置しました。同キャンパスのフードコートのトップライト部分に設置されたBIPVは、このエネルギー源の一つとして活用され、同キャンパスの大規模発電所への依存度低減に貢献するとともに、ガラス本来の特長である自然採光も可能となり、明るい空間を演出しています。

また、SLE認証を実現するためには発電機能のほかに優れた遮熱・断熱性能も必要となります。本物件に採用されたBIPVモジュールはLow-E複層ガラス構造で、優れた遮熱・断熱性能を実現し、SLE認証取得に大きく貢献しています。



写真5 フードコートのBIPVトップライト

(3) クアラ・ルンプール大学（UniKL） Sustainable Energy Living Lab（SELL）



写真6 クアラ・ルンプール大学SELL全景³

クアラ・ルンプール大学（UniKL）のSustainable Energy Living Lab（SELL）は、その名前の通り再生可能エネルギー活用の実証実験棟として建設されました。Energy Plus建築、すなわち総消費エネルギーに対して115%以上の再生可能エネルギーを創出することができるこの建物には、BIPVが、約1,000㎡の屋上広場の屋根全面と、加えて階段室の外壁やサイネージの部分にも採用されており、年間で約220MWhの電力を創出します。

BIPVで創出したエネルギーを有効に活用するためのエネルギー貯蔵設備として、150kWhの容量を持つ蓄熱設備、384kWhの容量を持つ蓄電設備を建物内に備えています。

一方で省エネルギーのための工夫・設備として、BIPVルーフを通して得られる自然採光の活用や積極的な自然換気を考慮した建築設計に加え、高効率空調・照明設備や、冷却パイプをスラブに埋め込んだ放射型温調設備などが採用されています。この様に、BIPVの採用は発電機能はそのままに自然光の活用も可能にし、かつサイネージの様なこれまでには発電は不可能だった部分においてもエネルギー創出が可能になります。各種の省エネルギー技術と組み合わせられることで、その真価を発揮します。



写真7 クアラ・ルンプール大学 SELL 全景
(実際の写真)

東南アジアにおける BIPV 普及への課題

様々なメリットを持つ BIPV ですが、シンガポールやアジアの他の地域で BIPV の普及を進めるには、まだいくつかの重要な課題を解決する必要があります。

(1) コスト

BIPV システムは従来の太陽電池パネルと比べて導入コストは高めですが、その分、建材と一体化した美観や建物全体のエネルギー効率の向上など、独自のメリットが得られます。コスト効率の向上には製造技術の改善やスケールメリットの活用が期待され、政府による補助金やインセンティブの提供がさらに普及を後押しするでしょう。

(2) 設計、施工の煩雑さ

BIPV の設計・施工には複雑さが伴いますが、これにより建築家やエンジニアは新しい技術を活用し、より高度で洗練された設計が可能になります。建築設計、設備設計、フレーム設計が一体となることで、プロジェクト全体の一貫性や統合的な美観が実現できるため、結果として高品質な建築物が完成します。これらのプロセスを通じて、関係者のスキルも向上し、より専門的な知識が蓄積されるチャンスが広がります。

(3) 複雑な認証制度と規制

また、認証制度や規制の面でも、シンガポールや他のアジア諸国で BIPV の普及をさらに進めるためには、建築規制やエネルギー規制の柔軟な見直しが必要です。具体的には、建築コードの更新や再生

可能エネルギー推進政策の導入が求められます。一方で、建築において安全性を確保することは重要であり、規制の見直しと安全性のバランスを図ることで、BIPV の導入がより円滑に進む可能性があります。

(4) 社会的な受け入れ

最後に、社会的な受け入れも重要な要素です。BIPV の利点と可能性を広く理解してもらい、既存の建築やエネルギーインフラに BIPV を統合するための戦略を開発し、市場への広い認知を図ることが求められます。これらの課題は挑戦的ではありますが、それらを乗り越えることで、BIPV の普及が促進され、アジア全体の脱炭素化と持続可能なエネルギーの未来の実現に貢献できるでしょう。

おわりに

BIPV は、シンガポールとアジア全体の脱炭素化と持続可能なエネルギー供給に対する解決策の一つとして注目されています。現在の採用事例はその可能性を示していますが、その普及にはまだ課題が残されています。それにもかかわらず、これらの課題を解決する努力を通じて、BIPV は地域全体のエネルギーインフラストラクチャーに革新をもたらす可能性を秘めています。これは、我々が持続可能な未来を構築するための重要な一歩と言えるでしょう。私たちもその役割の一端でも担うことができればと願っています。

< 訳注 >

- 1 DP Architect 提供
- 2 DP Architect 提供
- 3 UniKL 提供

執筆者氏名

林 真行 (はやし まさゆき)

経歴

1996年 横浜国立大学大学院修士課程 (建設工学) 修了後、旭硝子 (現・AGC) 入社。以降、特殊ガラスファサード設計業務や日本国内における BIPV ビジネスに従事。2021年4月よりシンガポールにて東南アジア全域の BIPV ビジネスを担当。一級建築士。
masayuki.hayasi@agc.com