

# MLPE の優位性と市場状況 —ソーラーエッジシステムを中心に

MLPE, its advantages and market status  
- with a focusing on SolarEdge System

永沢 健\*

## 1. はじめに

IEA-PVPS によると世界の太陽光発電システムの導入量は 2018 年単年で 103.2GW、累積で 512.3GW に上る。日本国内でも前年からは減少したとは言え、2018 年単年で 6.7GW、累計で 56.2GW の導入に上る<sup>(1)</sup>。各国政府による補助はあるものの、特に太陽電池モジュールを中心とした大量生産と技術革新による、いわゆるワット単価の下落が太陽光発電システムの収益性を拡大し、さらに導入が進むという相乗効果で太陽光発電システムの導入は進んでいる。

太陽光発電システムの応用としては主に、日射が優れかつ土地費用の安い場所に大規模の発電所を建設する所謂ユーティリティスケールの応用と、住宅を含めた建物の屋根や農地、工場の敷地内など、需要地に隣接する分散型電源としての応用がある。前者では米ドルで 1kWh あたり 3 セントを切るような売電契約も出てきており、火力など他の発電設備に対し発電コストでも優位に立てるプロジェクトも出てきている。また後者に関しては、可動部も燃料も不要という他の発電方式にはない大きな特徴を生かし、住宅向けおよび産業向けに普及が進んでいる。さらに近年では太陽光発電のコストの低下から、これまでの Feed in Tariff (FIT) 制度などを利用した売電目的の発電だけでは無く、自家消費目的の設置も進んでいる。

このような太陽光発電の拡大と並行して、北米や欧州を含む海外では Module Level Power Electronics (MLPE) と呼ばれる機器が普及してきている。

MLPE は一般的なインバータ (日本ではパワーコンディショナ、PCS と呼ばれる) と比較して、発

電量に優れる、設計の自由度が高まる、遠隔監視がモジュールレベルで行える、さらには MLPE でなければ達成が困難なレベルの安全機能が付与できる、といった特長がある<sup>(2)</sup>。

本稿では、MLPE の種類およびその優位性について概説するとともに、最新の市場状況についても紹介する。

## 2. MLPE とは

MLPE には大きく分けてマイクロインバータとパワー最適化の 2 種類がある (図 1)。

マイクロインバータとはモジュール 1 枚分の小型太陽光インバータであり、欧米ではこのマイクロインバータをモジュール裏面にに取り付けて AC モジュールとして販売されているケースも多い。

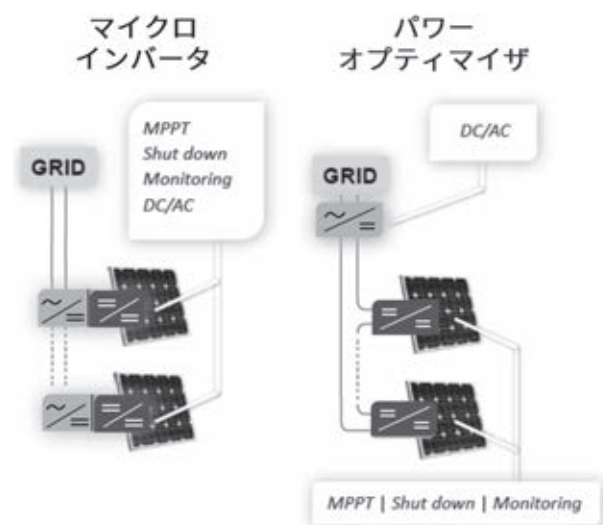


図 1 マイクロインバータとパワー最適化のトポロジー

\* ソーラーエッジテクノロジージャパン株式会社

マイクロインバータの特長はモジュール1枚単位で交流出力を行うため、特に小規模システムへの応用に優れる。その一方、一台一台が太陽光インバータのすべての機能を備えているため、システムサイズが大きくなるとその冗長性からコスト面で不利になる。また、日本市場の場合は系統要件に適合させるための実務上の困難を伴う場合がある。

これに対してオプティマイザは Maximum Power Point Tracking (MPPT) を含めた直流・直流変換機能を有する機器を意味する。このオプティマイザをモジュールごとに設置し、さらにこれを直列に接続した回路をインバータに接続する。つまり、MPPT を含めた直流・直流変換はオプティマイザで行い、直流から交流への変換はインバータで行うよう機能を分離している。オプティマイザもモジュールに取り付け、スマートモジュールとして販売されているケースもある。

オプティマイザは電力変換機能をオプティマイザとインバータに分離しているため機能の重複が少なく大規模システムにも適応可能である。日本国内でも 20MW を超える特別高圧の発電所などでの採用実績もある<sup>(3)</sup>。また、適切なオプティマイザを採用することで、市場で入手可能な様々なタイプ・大きさのモジュールへの適応が可能となる。さらに、専用のインバータと組み合わせることで、機能的、コスト的に最適なシステムを構成することも可能である。一方マイクロインバータと比べると、最小のモジュール設置数がインバータに依存するため、モジュール2-3枚の小型案件には対応できない場合がある。

### 3. MLPE の優位性

ここでは、一般的なストリングインバータに対する MLPE の優位性についてソーラーエッジシステムを中心に解説する。

#### 3.1 安全機能

先に述べたように、MLPE の大きな利点はモジュールレベルで安全機能を付加することができることである。一般的な太陽光システムには様々な安全機能がついており、例えば停電時の単独運転を防止する機能や、地絡を検知してインバータを停止・解列する機能などが付加されている。しかし、一般的なインバータに直流回路を制御する機能はなく、モジュールに光が照射されればモジュールが発電し直流回路の電圧は上昇する。そしてこれを制御することは出来ない。一般的なインバータを用いた住宅

用太陽光システムの場合、この直流回路の電圧は、交流回路の開閉やインバータのオン・オフに関わらず、日射がある限り直流電圧が 400V 前後に達する。また産業用システムであれば、システム電圧によって 1,000V から 1,500V 近くの高電圧となる。この直流回路の制御が太陽光発電システムに残された安全面の課題の一つといえる。

ソーラーエッジシステムでは、その発電動作として、オプティマイザを動作させるための起動信号が、インバータからオプティマイザへ直流回路を通して常に送られる。この起動信号を受信している間のみパワーオプティマイザは発電を行い、起動信号が受信できなくなると各オプティマイザがその出力電圧を 1V に降圧する。従い、停電時やインバータの停止時、および直流回路が開回路になっている場合など、各オプティマイザの出力電圧は 1V になる。これにより直流回路の電圧は接続されているオプティマイザの数と同じ電圧になる。一般的に 1 ストリングに接続されるオプティマイザの数は 20 台から 25 台であるので、発電時以外の直流回路の電圧はおおよそ 20 - 25V になる。

米国では消防士の安全のため、屋根上太陽光システムのある範囲を 30 秒以内に 30V もしくは 80V 以下に下げなければいけないという規定 (National Electric Code 2017 で規定されている所謂ラピッドシャットダウンという要求)がある。この規定にソーラーエッジをはじめ多くの MLPE は準拠している。

さらに地絡検知やアーク検知機能の付いたインバータの場合、これらの検知により直流回路も安全電圧に降圧されるため、太陽光発電システムからの発火などのリスクを低減することができる。

日本でも、洪水時に水没し絶縁性が低下したインバータが、後日天候回復によってモジュールが発電しインバータ内に高圧が印加されたことにより、出火がみられたことも報告されている<sup>(4)</sup>。MLPE を用いたシステムであれば、このような発火も防ぐことができる。

これら非常時に限らず、施工時、メンテナンス時を含め直流電圧を安全電圧まで降圧できる機能は MLPE の大きな特長であり、今後の分散化電源としての太陽光発電システムに必要な要素のひとつである。

#### 3.2 発電量の増大、ミスマッチロス低減

従来型のインバータではモジュールが直列に接続されたストリングが複数並列に入力されている。MPPT はその合成された電流電圧カーブに対して

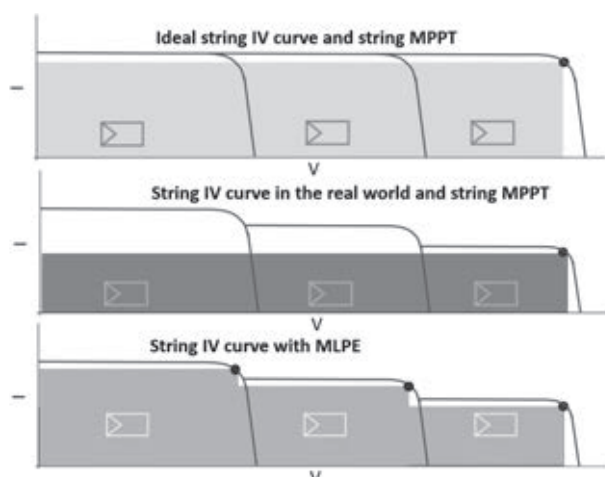


図2 スtring mismatches と MLPE. 曲線がモジュール3枚が直列につながったStringのIVカーブを示し、黒丸が最大電力点、四角のシェード部分が取り出せる電力を示す。

最大電力点をトレースしている。すべてのモジュールが理想的な電流電圧カーブを有していれば問題はないが、現実にはそれぞれの電流、電圧ともばらつきが出るため、個々のモジュールの発電量を適切に取り出せていない。

例えば、同一String内のモジュールの発電電流量が異なると、Stringに接続されている個々のモジュールの最大電力を取り出すことができない。これを mismatches 損失と呼ぶ。MLPEはモジュールレベルでMPPTを行うため、この損失を最小限に抑えることができ、結果的にシステムの発電量を増加させることが可能となる(図2)。

### 3.3 設計自由度の増大

MLPEはモジュールレベルでMPPTを行うことにより、MLPE単位であれば、異なる発電量のモジュールを同一Stringに接続することが可能になる。これにより、接続されているモジュールの設置方位や角度が異なる場合でも mismatches ロスを抑えることが可能になり、複雑な形状の設置面、特に屋根面などをより有効に利用することが可能となる。また、異種モジュールの利用も可能であり、システム設置後のモジュール交換も容易になる。

加えて、一般的なStringインバータの場合、入力電圧は主にStringに接続されているモジュールの数に依存するため、Stringあたりのモジュール数を同一数にそろえる必要がある。しかし、ソーラーエッジシステムの場合、パワーオプティマイザとインバータが連携してインバータの入力電圧を、モジュールやオプティマイザの数や種類によらず、一定にする固定String電圧という機能を

有している。したがって、各Stringに接続されるモジュール枚数が必ずしも一定である必要はない。このような設計上の自由度もMLPEの大きなメリットの一つである。

### 3.4 モジュールレベルの遠隔監視

MLPEの4点目のメリットはモジュールレベルで遠隔監視が可能となることである。太陽光発電システムを長期にわたり健全に運用していくためにはシステムのメンテナンスが欠かせない。そのための検査ツールも開発され販売されてきているが、それらのツールを使用するためには現場に訪問する必要がある。現場での検査・診断はシステムの詳細を把握するためにもっとも優れた方法である一方、コスト面で大きな負担となる。

MLPEはその名のとおり、モジュールレベルで機器が接続されているため、それらの機器が収集したデータを遠隔で監視できるシステムを備えている場合が多い。たとえばソーラーエッジシステムの場合、オプティマイザ単位で接続されたモジュールの最大電力点における電流および電圧をクラウドに記録している。クラウド上にあるモニタリングプラットフォームにアクセスするだけで、現場に訪問することなく、例えばモジュールのバイパスダイオードショートやPotential Induced Degradationなども発見することが可能となる。これによりO&M(Operation & Maintenance)の計画を立てやすくなり、またメンテナンス時における現地での滞在時間の短縮にもつながる。さらに、屋根上や水上などモジュールへのアクセスに困難を伴うシステムについてはよりその効果が期待できる。

## 4. 市場動向

系統要件への適合の困難さもあり、日本ではMLPEの市場参入が遅れている。このため、日本ではいまだにMLPEは高価なニッチ向け製品であるという理解が見受けられる。

しかし欧米を含む海外ではすでにメジャーな製品となっており、特に米国の住宅用インバータ市場ではMLPE2社(ソーラーエッジとマイクロインバータのエンフェーズ)で約80%のシェアを獲得するに至っている<sup>(5)</sup>。

北米だけではなく、世界の市場でもMLPEの位置は高い。世界の単相インバータの出荷ランキング(容量ベース)ではソーラーエッジが1位、エンフェーズが7位にランクされており、単相三相合わせたすべてのインバータの売り上げベースのランキ



表1 世界の単相パワーコンディショナの出荷ランキング (MW, 四半期出荷量ベース)

Source: IHS PV Inverter Market tracker Q3, 2019

Rank	COMPANY
1	SolarEdge
2	SMA
3	Growatt
4	Omron
5	Ginlong
6	Goodwe
7	Enphase Energy
8	Fronius
9	Panasonic
10	Sungrow

表2 世界の太陽光パワーコンディショナメーカーランキング (\$, 四半期収益ベース)

Source: IHS PV Inverter Market tracker Q3, 2019

RANK	COMPANY
1	SolarEdge
2	SMA
3	Huawei
4	Sungrow
5	Power Electronics
6	Fronius
7	Delta
8	Enphase Energy
9	ABB
10	Omron

ングでもソーラーエッジは1位、エンフェーズが8位にランクされている(表1-2)<sup>(6)</sup>。市場調査の方法や定義により順位は変動するとは言え、MLPEが世界で最も売れているインバータのひとつであることは疑いがない。ちなみに、ソーラーエッジの米国への出荷は全体の半数以下であり、米国の規制のみがそのマーケットシェアの原因ではない。

ソーラーエッジおよびエンフェーズの出荷数に関して2019年第四四半期の実績を見ても、ソーラーエッジが1.6GW相当のシステムを出荷(インバータが18.7万台、オプティマイザが4.5百万台)しており<sup>(7)</sup>、エンフェーズも677MW(2.1百万台)のマイクロインバータを出荷している<sup>(8)</sup>。

このように、少なくともMLPEの主要サプライヤーにとってはすでに規模の経済が十分に働く量産レベルに入っており、もはや高価なニッチ向け製品ではなく、技術的合理性に加え、価格も含めた競争力で優位に立っているメジャーな製品となっていることがわかる。

## 5. まとめ

MLPEはその名のとおりモジュールレベルで発電量を最大化できることに加え、モジュールレベルの遠隔監視と安全機能の付加を可能にするなどその技術的合理性はあきらかである。

特に太陽光発電システムの世界的な普及により、これまで以上に重要となってきた安全性に関しても、モジュールレベルで直流電圧を低下することができ米国のNEC2017にも適合できるなど、従来のストリングインバータでは達成が困難なレベルの安全性を提供できる点でMLPEにはおおきなアドバンテージがある。

一方、課題であったシステム当たりの部品点数の増加によるコスト増も、他の工業製品と同じく量産が進むことにより克服されており、すでに問題ではない。その結果、世界の市場ではすでにメジャーな位置におり、とくに米国の住宅用インバータ市場ではMLPEの寡占状態にある。

MLPEの日本市場への導入は他国に比べて遅れたが、上述してきた優位性により今後拡大していくものと思われる。

本報ではMLPEとしての側面のみ述べたが、ソーラーエッジインバータは米国カリフォルニア州やハワイ州のグリッドコードにも準拠した、いわゆるスマートインバータである。また蓄電池やEV充電器を含むHEMS機器もラインアップしており、さらにVPPを含めたグリッドサービスなどへの応用も展開している。これらの日本国内への展開を通じ、太陽光発電を用いた分散型電力システムの実現に貢献して行きたいと考えている。

## 6. 参考文献

- 1) IEA Photovoltaic Power Systems Programme (2019). Trends 2019 in Photovoltaic Applications. Report IEA PVPS T1-T36: 2019. [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org).
- 2) Department of Energy. 2015. "Building America Case Study: Photovoltaic Systems with Module-Level Power Electronics." DOE/GO-102015-4755 <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64876.pdf>
- 3) Ken Nagasawa, MLPE for Megawatt Scale PV Projects, Grand Renewable Energy 2018, 35, Yokohama, Japan [https://doi.org/10.24752/gre.10\\_35US](https://doi.org/10.24752/gre.10_35US).

- 4) 太陽光発電で火災や感電事故が発生!? 必要な安全対策とは? SOLAR JOURNAL vol.29 (2019年春号)  
<https://solarjournal.jp/solarpower/29771/2/>
- 5) SolarEdge and Enphase Now Control 80% of the US Residential Solar Inverter Market December 18, 2019  
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/solaredge-technologies-and-enphase-control-80-of-us-residential-solar-marke>
- 6) IHS PV Inverter Market tracker Q3, 2019
- 7) SolarEdge's Q4 2019 Earnings Call Quarter Ended December 31, 2019 Slides <https://investors.solaredge.com/static-files/351020eb-43f4-4284-bc4d-37d51ed09048>
- 8) Enphase Energy revenue, shipments jump again in Q4 as firm readies coronavirus contingencies, Feb 19, 2020, <https://www.pv-tech.org/news/enphase-energy-revenue-shipments-jump-again-in-q4-as-firm-readies-coronavir>

#### 著者所属

SolarEdge Technologies Japan Co., Ltd.  
Assistant Director, Technical Marketing  
4-5-24 Chigasaki-Higashi, Tsuzuki-ku, Yokohama,  
224-0033, Japan  
ken.nagasawa@solaredge.com  
ソーラーエッジテクノロジージャパン株式会社  
アシスタントディレクター, テクニカルマーケティング  
神奈川県横浜市都筑区茅ヶ崎東 4-5-24  
ken.nagasawa@solaredge.com

#### 著者略歴



永沢 健 (ナガサワ ケン)  
1989年千葉大学工学研究科修士課程  
修了. 同年シチズン時計株式会社入社.  
その後テュフラインランドジャパン株  
式会社 PV ラボ, サンパワージャパン  
株式会社などを経て 2016年より現職.