



## 太陽光発電の安全性の向上プロジェクト MLPE 推進マニュアル

日本の太陽光発電の安全性を向上する為に MLPE 製品  
(Module Level Power Electronics) を普及しましょう!!



Semiconductor integration  
and predictive control

2024 年 9 月 30 日



MLPE 推進協議会

URL: <http://www.mlpe.info>

- 目次 -

1. 脱炭素化における太陽光発電の方向性
2. MLPE 製品とは?
3. MLPE 製品の必要性?
4. MLPE 製品の種類
5. MLPE 製品の活用用途
6. ラビッドシャットダウン(RapidShutdown)とは?
7. 米国のラビットダウンの状況(NEC2017)
8. 日本における太陽光発電による火災事例
9. IEC63027(PV アーク保護)の規程と JIS 化
- 10.MLPE 製品の補助金(東京都)
- 11.安全性の高い MLPE 製品の今後
- 12.太陽光発電の安全性向上の提言
- 13.Microinverter 製品の今後の動向
- 14.Balcony Solar System(参考)
- 15.アーク・キャッチャー(参考: PV アーク保護装置)

# 1. 脱炭素化における太陽光発電の方向性

## (1) 2030 年に向けた脱炭素の目標設定

脱炭素は、地球温暖化の観点により益々拡大している。

⇒ 炭素排出量を 2013 年度比 46%削減

## (2) 太陽光発電の推移

第一フェーズ	第二フェーズ	第三フェーズ ( MLPE製品 )
1994年～	2012年～	2022年～
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>住宅用太陽光発電</b></li><li>• 補助金の開始(非常に高価)</li><li>• 2000年頃から量産効果により少し価格が下がる。</li><li>• 2009年より余剰電力買取制度開始。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>固定価格買取制度(FIT)</b></li><li>• 補助金や税制優遇により、投資目的も重なり事業用太陽光発電が急拡大。</li><li>• 野立ての事業者用太陽光発電の用地をめぐり、環境破壊等の指摘もあり問題化</li><li>• 設置の急拡大により、20年後から始まる廃棄太陽光パネルの処理方法に対し問題化される。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>脱炭素時代の到来</b></li><li>• 2030年CO2削減目標 ⇒ 2013年度比46%減</li><li>• <b>安全性の向上</b></li><li>• 感電・スパーク火災を防止し、災害時も標識や太陽光設備の情報により迅速な対応をサポートします。</li><li>• <b>発電効率の向上</b></li><li>• パネル単位の最適化技術で、最大の発電効率を提供します。</li><li>• <b>保守性の向上</b></li><li>• パネル単位の見える化により、発電不良などをパネル単位に把握できます。</li><li>• <b>循環型社会の実現</b></li><li>• 太陽光パネルの廃棄問題の解決</li></ul>

## (3) 2030 年に向けての課題

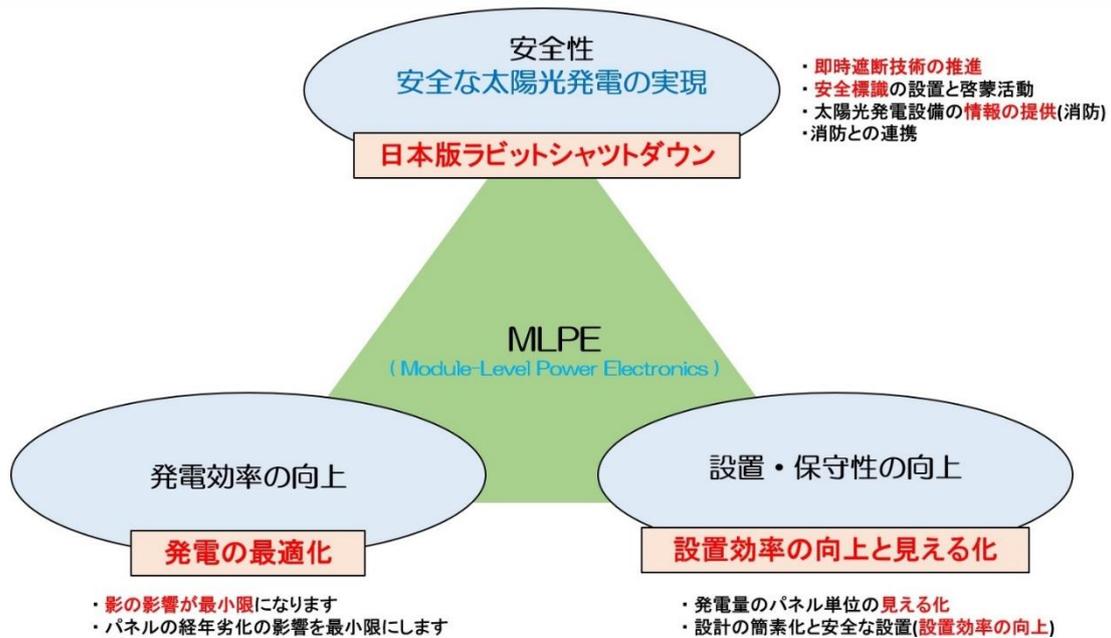
- 災害リスクの拡大(地震災害など)
- 大幅な屋根上太陽光発電の拡大によるアーク火災などのリスク
- 人で不足によるスキルの低下によるリスク(感電事故、アーク火災)
- 人で不足による保守効率の向上に対するニーズの高まり
- 脱炭素化の推進による発電効率の向上(PV パネル毎の発電の最大化)



**MLPE 製品の普及で解決します**

## 2. MLPE 製品とは？

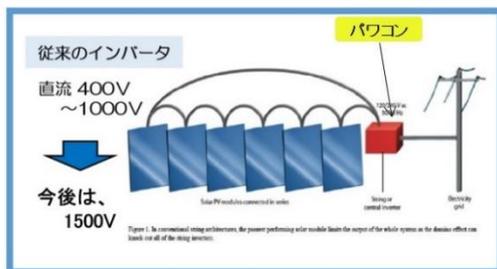
MLPE 製品とは、Module Level Power Electronics の略で安全性、発電効率、保守性などストリング方式に比べて非常に高い性能を有する製品となっています。



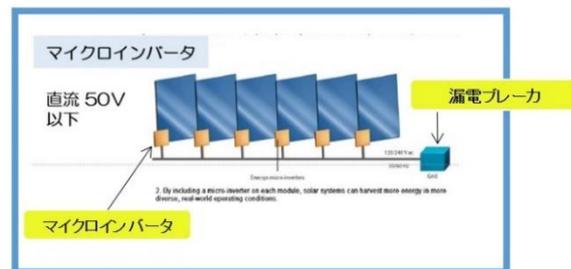
## 3. MLPE 製品の必要性

現在のストリング方式では、直流部分の遮断機能が無く、直流部の破断によるアーク火災や感電の危険性があるとされています。

直流部の即時遮断は、米国では住宅太陽光発電に対し2019年より義務化されており、MLPE 製品は世界中(北米、オーストラリア、EU、東南アジア)で利用が拡大しています。



ストリング方式



ラビットシャットダウン(即時遮断)方式

## 4. MLPE 製品の種類と機能

### (1) DC オプティマイザーとは？

DC Optimizer とは、PV 毎に MPPT により出力(DC 出力)を最適化します。  
また、コントローラとの通信により出力を遮断します。  
ソーラーエッジでは、Power Optimizer と呼ばれています。

- ソーラーエッジ
- HUAWEI
- ハンファジャパン株式会社



DC Optimizer

### (2) マイクロインバータとは？

小型インバータ(AC 出力)で PV 毎に取り付けます。  
MPPT により出力を最適化します。  
また、系統及び漏電遮断器の遮断により、出力を遮断します。  
漏電遮断器は、15~30mA 程度の漏電発生を検出し、0.1 秒以内に素早く電路を遮断する事で、感電事故の危険性を防ぐ事から Microinverter の利用は非常に有効です。

- Enphase
- NEP



Semiconductor integration  
and predictive control

Microinverter

## (2) MLPE 製品のメーカー別概要

### ★SolarEdge の概要

#### ■ SolarEdge( パワーオプティマイザ )



住宅用パワー  
オプティマイザ  
スマート シンプル 安全

Sシリーズ：スマート、シンプル、安全  
 スマート：リアルタイムのモニタリングアラート機能で問題を特定して解決  
 シンプル：配線の簡素化で、迅速に設置が可能  
 安全：Sense Connectテクノロジーによる信頼性の高い設置




#### ソーラーエッジの安全性の特徴



※ ソーラーエッジ社より資料借用



**SafeDC™**  
 システムで異常値が発生した際に短時間で安全な電圧レベルまで導体を高速で放電させることができます。



**アーク障害検知と遮断**  
 パワーコンディショナの停止によるアーク障害検出・遮断機能を搭載  
 \*産業用三相パワーコンディショナPPIシリーズにオプションで追加可能



**モジュールレベルのモニタリング**  
 システムの問題を自動通知し、潜在的な安全リスクを防止します。

### ★ハンファジャパン株式会社の概要

#### ■ハンファジャパン(DC Optimizer)



最先端の太陽光発電システムパッケージ  
**Re.ALISE™**  
 1枚単位の制御で屋根を最大活用

太陽光発電システム  
 新築住宅シェア  
**No.1!**

パワーオプティマイザ P401S440  
 パワーコンディショナ SE5500H AC5  
 太陽電池モジュール Re.RISE S 230 Re.RISE-G2 435

#### 日本市場限定 太陽光発電システムブランド

### Re.RISE

太陽電池モジュールラインナップ

住宅用  
 Re.RISE-G2 435 (標準仕様)  
 Re.RISE S 230  
 Re.RISE L-G2 580  
 Re.RISE L-G2 BFG 600 (標準仕様)

商用  
 Re.RISE L-G2 BFG 600 (標準仕様)

Re.RISE

#### ■製品の概要

- ①MLPE技術を採用した最先端の住宅太陽光発電システム**  
 MLPE技術の採用により、太陽電池モジュール1枚単位で最大電力に制御し、これまで設置が難しかった影の掛かる屋根面や狭小屋根面への設置も可能となり、太陽光発電システムを効率的で最大化した設置が可能となりました。
- ②多様な日本の屋根に対する太陽電池モジュールのラインナップ**  
 太陽電池モジュールは、多様な日本の屋根に対応するコンパクトな「Re.RISE S 230」とバックコンタクトセルを搭載した高出力・高効率の「Re.RISE-G2 435」を提供します。
- ③優れた安全性Safe DC**  
 太陽光発電システムは安全面でのリスクが小さい事が証明されています。MLPE技術で採用したソーラーエッジシステムは、その安全性をさらに高めるため、Safe DC機能を搭載しており、もしもの時にシステムの高い直流電圧を瞬時に安全なレベルまで下げることができ、太陽光発電システムの設置業者、消防士、そして家族を守ります。
- ④令和6年度 東京都上乗せ補助金の対象に!!**  
 「Re.RISE S 230」とパワーオプティマイザが令和6年度 東京都上乗せ補助金に認定されています。



## ★HUAWEI の概要

### ■ファーウェイ・ジャパン( DC Optimizer )



SUN2000-600W-P

※ HUAWEI社より資料提供

1 / オプティマイザは限られた屋根面積の最大限利用で発電量を5~30%向上へ



2 / 屋根面積を十分に活用、平均50%以上のパネルを設置



3 / 屋根0V電圧遮断、緊急時の消防安全を保証



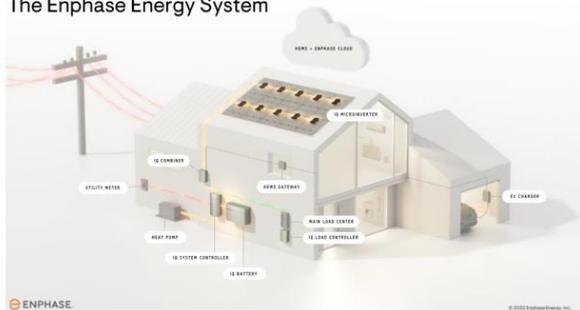
4 / パネルごと管理、障害の可視化、最適な発電をリアルタイムで実行



## ★Enphase の概要

### ■ Enphase( Microinverter )

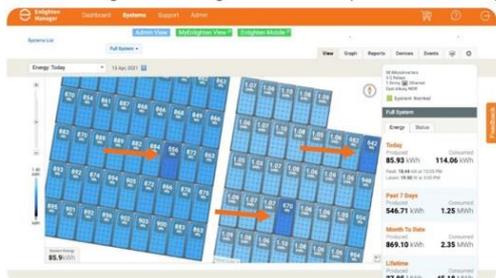
The Enphase Energy System



ENPHASE

© 2022 Enphase Energy, Inc.

Smarter Enlighten Manager - Installer System Monitoring



Semiconductor integration and predictive control  
Enphaseマイクロインバータ (IQ8)

Our core differentiation



★ NEP(Northern Electric & Power)の概要

■ NEPマイクロインバータ(Microinverter)

項目	仕様				備考
	型番	BDM250LV	BDM300	BDM600	
外観					※1 BDM300: 日本各電力会社 連系許可済み、国 内各地方での設置 実績有り。  ※2全機種米国最 新の安全基準NEC 2017に適合製品
最大直流開路電圧	60V	60V	60V	60V	
最大直流入力電流	12A	14A	14Ax2	17Ax2	※3 BDM600と BDM800: マイクロインバータ 1台/パネル2枚
MPPT 範囲	22V~55V	22V~55V	22V~55V	22V~55V	
定格交流出力	250W	300W	550W	800W	
公称系統電圧	100-140V	210V	210V	210V	
最大変換効率	95.0%	>95.5%	>95.5%	>95.5%	
保護等級	IP67	IP67	IP67	IP67	
通信	電力線 (PLC)	電力線 (PLC)	電力線 (PLC)	電力線 (PLC)	※4 特徴: ・高い安全性 ・高い信頼性 ・パネル毎監視
寸法 [L×W×H]mm	230×138×35	180×186×25	277×132×50	268×250×42	
重量 [Kg]	約2.0	約1.5	約2.9	約2.9	

## MLPE 製品の活用用途

### (1) 住宅太陽光発電

都心部の住宅は影の影響を大きく受けます。MLPE 製品は影の影響を最小限に抑える事が出来ます。また、太陽光発電パネルの1枚単位の発電量がクラウドで見える化でき保守性にも優れています。今後の人手不足の課題にも保守性など生産性を向上する事ができます。

また、災害時(火災、地震、台風)による破断時も、アーク火災の保護、感電の防止など安全性に優れています。

### (2) 太陽光発電付カーポート

両面太陽光発電パネルの価格が大幅に低下しており、発電効率の向上やコストパフォーマンスの向上に大きく貢献します。

また、災害時(火災、地震、台風)による破断時も、アーク火災の保護、感電の防止など安全性に優れています。



安泰ソーラ 提供

### (3) アグリソーラ

両面太陽光発電パネルの価格が大幅に低下しており、発電効率の向上やコストパフォーマンスの向上に大きく貢献します。

また、災害時(火災、地震、台風)による破断時も、アーク火災の保護、感電の防止など安全性に優れています。



一般社団法人 全国アグリソーラ協会 提供

(4) 水上太陽光発電

水上発電は、保守面での負担も大きく、また台風や小動物などの破断によるアーク火災や感電の危険性も考えられます。

また、最近では両面パネルの活用も進んできており、発電量の最大化にも寄与します。太陽光発電パネルの1枚単位の発電量がクラウドで見える化でき保守効率の向上も期待できます。



NEP マイクロインバーター株式会社 提供

(5) 垂直型太陽光発電

積雪地域などで、垂直型太陽光発電の需要が高まっていますが、両面パネルの発電量を最大化する事が出来ます。また、影の影響に対しても効果的に発電量を向上する事ができます。

また、災害時(火災、地震、台風)による破断時も、アーク火災の保護、感電の防止など安全性に優れています。



エア・ウォーター株式会社 提供

## 5. ラピッドシャットダウン(RapidShutdown)とは?

### (1) NEC2017 Article 690.12 とは?

NEC2017 Article 690.12 とは、全米防火協会が定める電気工事基準です。NFPA (National Fire Protection Association) 全米防火協会は、火災やその他災害の可能性と影響を最小限にする為に、300以上の基準(コード)を設けています。

その300以上ある基準(コード)、NFPA 1~8506、の中の一つが、NFPA70、National Electric Code (NEC)、米国電気工事基準です。

NECはChapter 1~Chapter 8に分かれ、Chapter 6 (Chapter 6 Special Equipment)にあるArticle 690.12 “RapidShutdown of PV Systems on Buildings. (建造物上の太陽光発電システム緊急遮断機能)”は、ラピッドシャットダウンの適用範囲や値などの内容を示しています。

### (2) NEC2017 Article 690.12 の目的

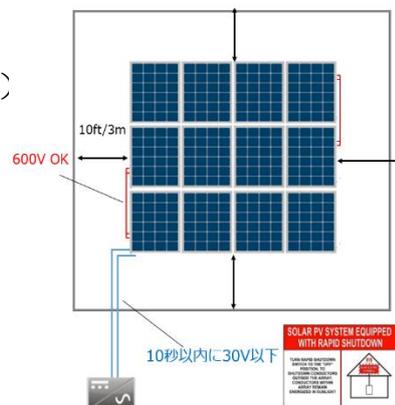
この新しいアーティクル 690.12 の焦点は、緊急対応者が迅速かつ容易に、アレイ内の太陽光発電システム回路をコントロールできるようにすることです。これによって、太陽光発電システムを搭載した建物で火災事故が起きた時、消防隊員等の消火活動において生じるリスクを低減させます。

### (3) NEC2014 Article 690.12

⇒ 建物範囲内の 1.5m 以上のケーブル、又は PV アレイの端から 3m 外の範囲のみに適用。

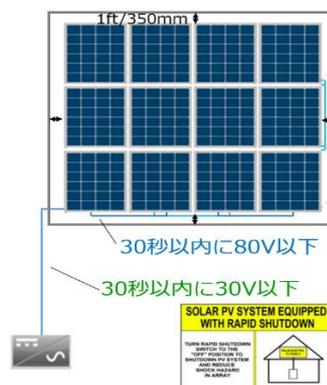
⇒ 10 秒以内に 30V 以下、240VA 以下

⇒ 米国内 4 州で施行中 (2022 年 1 月時点)



#### (4) NEC2017 Article 690.12

- ⇒ アレイの境界: アレイの端から 350mm/1 ft 内の規制が加わる。
- ⇒ アレイ境界の外側では、ケーブルは 30 秒以内に 30V 以下とする。
- ⇒ アレイ境界の内側では、ラベルを貼り付け、ケーブルは 30 秒以内に 80V 以下とする。
- ⇒ 米国内 26 州で施行中 (2022年 1 月時点)



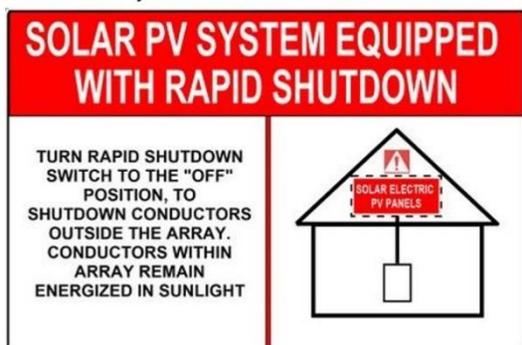
(参考)

- NEC2020 は、14 州で施行中 (2022年 1 月時点)
- 米国以外では、カナダ/オーストラリア/フィリピン/タイ/台湾/韓国など導入中。
- 欧州では、自主的にラビットシャットダウンを導入してる。

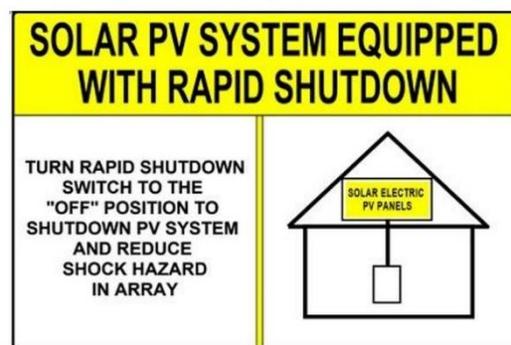
## 7. 米国のラビットダウンの状況(NEC2017)

米国では、2019 年より NEC2017(米国防火協会：ラビットシャットダウン)の規定が全米で義務化されました。

A public input was submitted to NFPA1, which is currently updating the IFC (International Fire Code) for 2018. This input is described below and also applies to the NEC 2017 revision so that there is consistency between both documents.



NEC 2014 年度版



NEC 2017 年度版

## 8. 日本における太陽光発電による火災事例

### (1) 台風による水上太陽光発電の火災事例

2019年9月9日に千葉県市原市の水上太陽光発電「山倉水上メガソーラー発電所」で台風15号による水上メガソーラーが損壊し火災が発生。



朝日新聞 提供

### (2) 野立て太陽光発電所の PCS 火災の事例

2020年5月1日群馬県内のメガソーラーのパワーコンディショナー（PCS）から出火する火災事故が発生。



日経 BP 総合研究所 提供

### (3) アーク火災による屋根上の火災事例



6月2日午前、熊本県益城町（ましきまち）の住宅から出火。  
火が完全に消し止められたのは通報から約4時間後のこと。  
消火活動中も太陽光パネルの発電が続いていたため、放水による感電の恐れがあった」消火活動を妨げたのは屋根に設置されていた太陽光パネルでした。  
NITE（製品評価技術基盤機構）製品安全センター 山崎 卓矢 広報課長  
「太陽光パネル自体というよりも、そこに接続するケーブルや機器に接続不良が発するとそこで熱を持ってしまって最終的には発火してしまう」「消火活動中も太陽光パネルの発電が続いていたため、放水による感電の恐れがあった」

2022年6月7日 TBS NEWS より

## 9. IEC63027(PV アーク保護)の規程と JIS 化

### (1) IEC63027 とは? (2023 年 5 月 3 日発行)

#### ■ IEC63027(PVアーク保護)とは?

##### JIS C 63207(案)

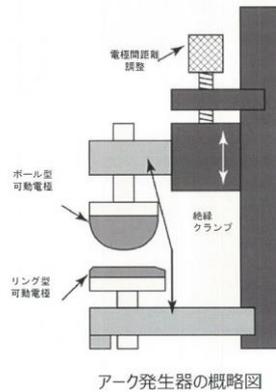
##### 太陽光発電システム - 直流アーク検出及び遮断

###### 規格の要求事項

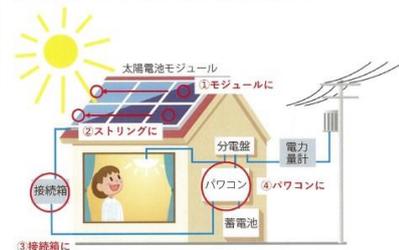
・ AFD (Arc Fault Detector, アーク故障検出器)  
アーク発生後2.5秒以内、又はアークエネルギーが750Jを超える前の、いずれか早いタイミングでアークを検出

・ AFPE (Arc Fault Protecting Equipment, アーク故障保護機器)  
アーク発生後2.5秒以内、又はアークエネルギーが750Jを超える前の、いずれか早いタイミングでアークを検出及び遮断

なお、AFPEが200Jを超える前、かつ2.5秒以内にアークを消弧させることができる場合、アーク検出の表示は必要ない。  
200J未満のアークの表示は、技術的な理由から必要ではないが、オペレータに注意を喚起する有用な情報を提供することができる。したがって、可能な場合には表示することが望ましい。



直流アーク検出器・遮断器設置場所の想定



※太陽光発電協会のシステム構成例に追記

IEC は、国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)

のことで、電気及び電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関で、各国の代表的標準化機関から構成されています。

### (2) IEC63027 の JIS 化作業

JEMA(日本電機工業会)の PV 用直流アーク検出器検討 SWG において、2025 年までに IEC63027(アーク保護)の JIS 化の発足を目標に作業を進めています。また、アーク保護の JIS 化にともない住宅太陽光発電などの安全性の向上に関する制度への反映についても検討を進めています。

### (3) IEC63027 の JIS 化の法規等への反映(検討中)

- ① 各ガイドラインへの反映
- ② 各規程への反映(内線規程、公共建築工事標準仕様書など)
- ③ 電気安全法、電気事業法、建築基準法、火災予防法令などへの反映

## 10. MLPE 製品の補助金(東京都)

MLPE 製品は、2023 年 4 月より以下の太陽光発電設備への補助事業において機能性 PV 補助金(上乘せ)として採択されました。

SolarEdge、HUAWEI、Enphase、NEP の MLPE 製品が認定されています。

### (1) 災害にも強く健康にも資する断熱・太陽光住宅普及拡大事業

- 新築/既存住宅への太陽光発電設備
- 陸屋根のマンション等への架台設置(上乘せ)
- 陸屋根の既築マンション等への防水工事(上乘せ)
- 機能性 PV 補助金(上乘せ) ⇒ MLPE 認定製品( SolarEdge,HUAWEI,NEP )
- 蓄電池補助金(SII 認定製品)

### (2) 東京ゼロエミ住宅導入促進事業

- 東京ゼロエミ住宅(※)を新築する方に対して、その経費の一部を助成する  
(※) 高い断熱性能の断熱材や窓を用いたり、省エネ性能の高い照明やエアコンなどを取り入れた都独自の住宅

### (3) 特定供給事業者再エネ設備等設置支援事業

- 令和 7 年 4 月に施行する建築物環境報告書制度に参加する事業者(特定供給事業者)を対象とした補助金

### (4) 住宅用太陽光発電初期費用ゼロ促進の増強事業(令和 6 年度新設)

- 住宅所有者の初期費用無しで太陽光発電を設置するサービスを提供する事業者に対し、設置費用の一部を助成します。

### (5) 賃貸住宅における省エネ化・再エネ導入促進事業(令和 6 年度新設)

## 11. 安全性の高い MLPE 製品の今後

2025 年の東京都の住宅太陽光発電の義務化や省エネ法による脱炭素化が進む中で、屋根上への太陽光発電設備の設置が期待されています。

今後、人手不足の課題もあり、スキル不足による設備不良の可能性などリスクの拡大が予想されます。また、日本は災害大国であり、台風や地震、水害による太陽光設備の破壊もあり、安全性の向上及び発電効率、保守効率の向上などが懸念されます。MLPE 製品はこれらの課題を解決できるソリューションであり、MLPE の認知度の向上が急務です。

## 12. 太陽光発電の安全性向上の提言

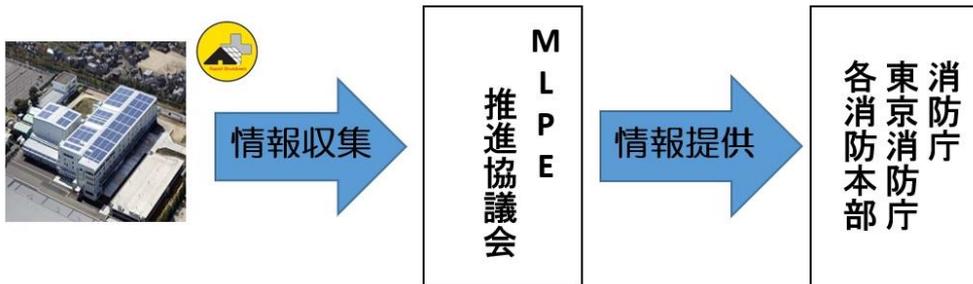
### (1) 消防庁への提言(標識による災害活動の迅速化)

屋上太陽光発電設備の標識(下記参照)により、災害時の迅速な対応を可能とします。標識の設置場所を明示し、消防署員に対応方法の教育を実施をする事により感電事故の防止及び迅速な災害対応が出来るように周知徹底をはかります。

標識の案(暫定版)	種別	品名	備考
	A	MLPE製品	系統の遮断により即時遮断
	B	MLPE製品	手動による即時遮断
	C		
	F	AFCI機能	アーク放電対策のみ
	Z	非対応	棒状放水禁止

### (2) 消防庁及び各消防本部への太陽光発電設備の情報提供

標識の配布時に太陽光発電設備の情報を収集し、MLPE 推進協議会でデータベース化します。MLPE 推進協議会でデータベース化した情報を消防庁に提供し、災害時の迅速な対応に役立てる事を計画しています。



### 13. Microinverter 製品の今後の動向

蓄電池もコントロールできる Microinverter が主流となる。

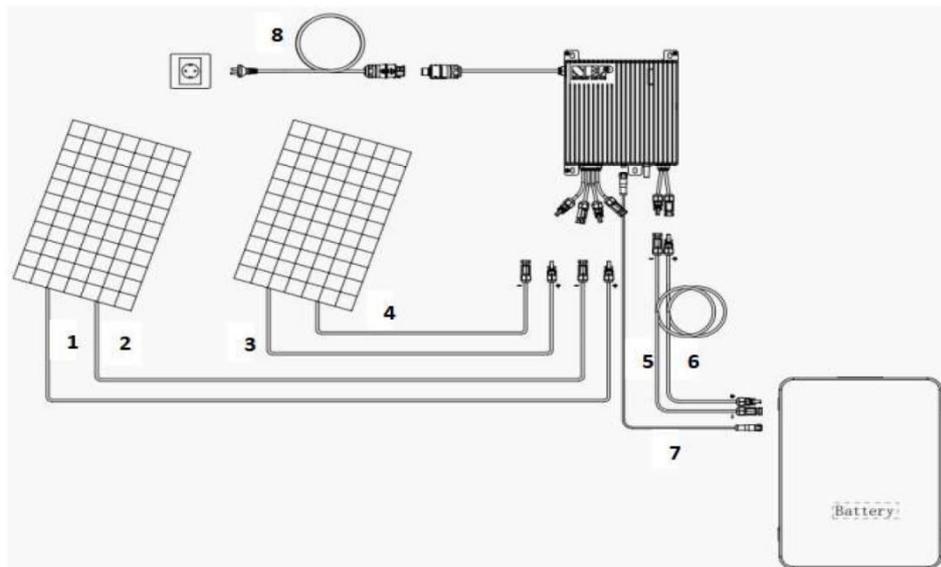
#### (1) Enphase Microinverter の動向

IQ8P(480w) ⇒ IQ9P( ? )



- 拡張性の高いシステムの構築
- 安全性の高いシステム(交流接続方式)

#### (2) Balcony Solar System



## 14. Balcony Solar System(参考)



フレキシブルパネル



Microinverter (800W)

マンションや狭い住宅にお住まいの方は、現在の太陽光発電では恩恵を受けることができないのが現状です。低コストで施工費も手軽に取り付ける事が可能な Balcony Solar System を実現する事で簡便な小電力ソリューションを実現します。但し、日本の規制として、コンセント接続は不可となっており、また電気工事士が必要となる。小出力な PCS (1kw 以下)への規制緩和が進むことを望んでいます。

## 15. アーク・キャッチャー(参考: PV アーク保護装置)

### ■ アーク・キャッチャーの紹介

( 戸上電機製作所製 )

#### ・ 用途

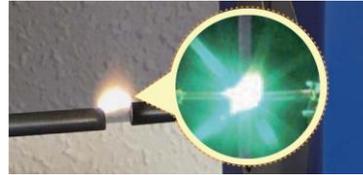
太陽光発電設備の直流回路の電流を常時監視し、アークフォルトによる装置焼損や構造物の火災リスクを低減します。集合住宅、戸建て住宅、屋根貸し施設、ビルなどに設置の太陽光発電設備のアークフォルト保護に最適です。

#### ・ 特長

- ・ 4ストリング同時監視可能
- ・ 独自の検出アルゴリズムによりアークフォルト発生ストリングの特定が可能  
(※ 特許登録済 特許第6958146号)
- ・ 2接点出力で遮断保護回路や警報回路などを構築可能
- ・ クランプ式センサにより後付け工事が容易

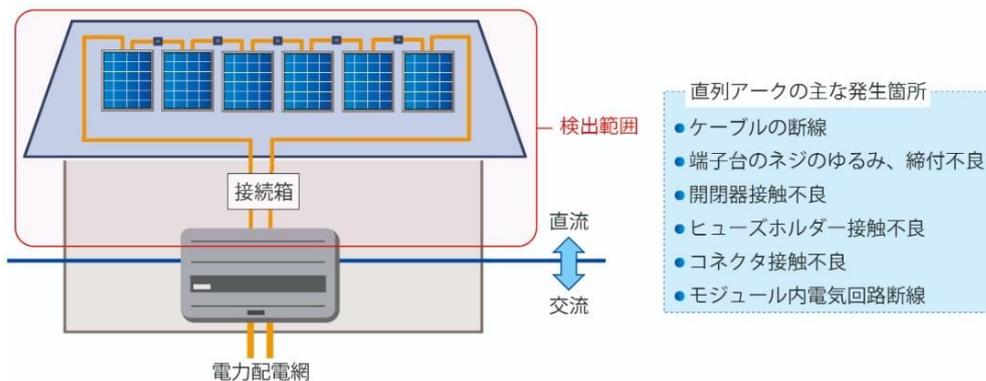
#### ・ アークフォルトとは？

直流電流が流れている回路で起こる放電現象による事故です。直流電流には、電流を遮断しにくい性質があります。この性質がアーク放電となって表れ、温度は数千度にも達し、最悪の場合は火災事故に繋がる恐れがあります。



### ■ アークフォルト保護範囲

保護範囲としては、太陽電池モジュールからパワーコンディショナまでの直流区間で、この間に発生した直列アークに対し検出を行います。並列アーク(ケーブルショート)や地絡アーク(+ケーブル、-ケーブルの2線地絡)には適用していません。



■ 外観表示

