

Weidmüller 

## ヒューズ付接続箱の設計の考え方

一般社団法人日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第9回セミナー  
「太陽光発電システムの火災リスク対策における現状と課題（2）」  
平成26年4月25日（金）

日本ワイドミュラー株式会社  
商品技術部 中村 淳



Ver. 1.0 April, 2014

Copyright© 2014 Nihon Weidmüller Co., Ltd. All Rights Reserved.

## 目次

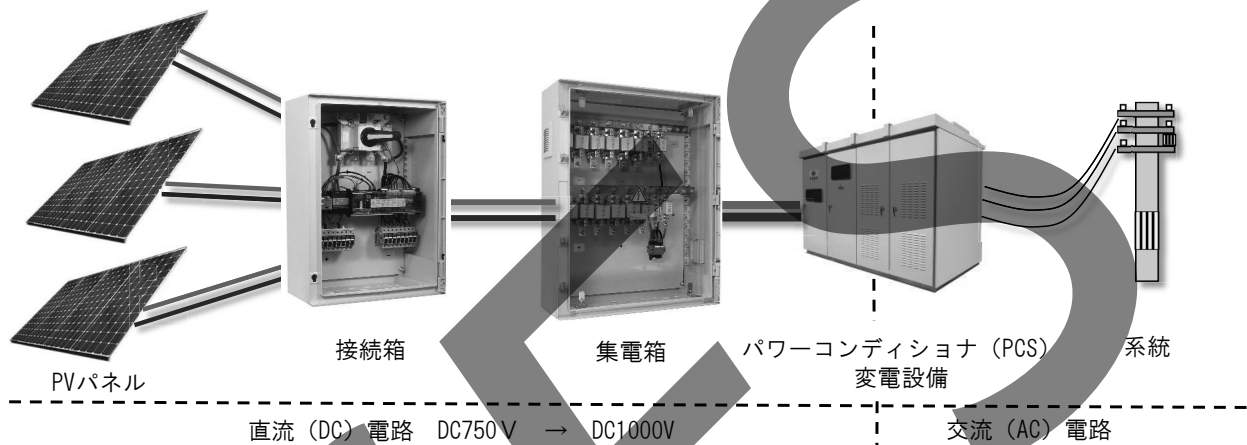
Weidmüller 

1. 目的
2. IEC規格適合接続箱概要
3. 国内接続箱との相違点
4. 適用規格
5. システム設計のポイント
6. 保護協調
7. IEC規格適合接続箱の注意事項
8. まとめ

太陽光発電所はPVモジュールが発電する直流（DC）電力をパワーコンディショナ（PCS）で交流（AC）に変換したのち昇圧し系統に連系します。

これまでPVモジュールからPCS 間のDC 電圧は750V以下が一般的でしたが、2013 年よりDC1000V化が急速に進んでいます。

これは、従来、日本では電気設備技術基準によりDC750Vが事実上の上限となっていました。この基準が改定され更に解釈が明確になったことにより、海外で既に一般的なDC1000Vシステムを日本に導入することが可能となったためです。



国内大手PVパネルメーカー、PCSメーカー、更に、電線メーカーは既にDC1000V 対応製品の販売を開始しており、DC1000V化の流れは今後さらに加速するものと考えられます。

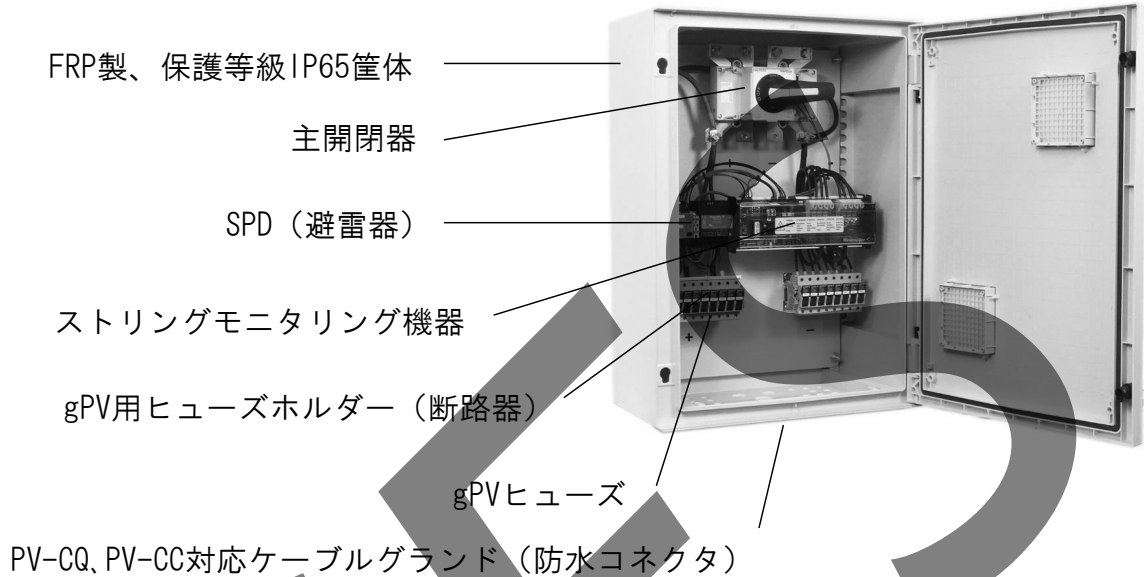
本稿ではDC1000Vシステムで使用されるIEC規格適合接続箱について、国内で使用されていた従来型の接続箱との相違点を明確にし、システム設計のポイント、保護協調の考え方、施工時およびメンテナンス時の注意点などの概要を説明することを目的とします。なお、設置環境としては高圧または特別高圧連系する設備容量1MW以上の野立て太陽光発電所（メガソーラー）を前提とします。

#### 免責事項

本稿内容は日本ワイドミュラー株式会社として保証するものではありません。実際の接続箱の選定に際しては、本稿では省略する詳細検討が必要となります。詳しくは、弊社営業担当までお問い合わせ下さい。

日本ワイドミュラー株式会社  
営業部 電話 03-6711-5301



- 適用規格：IEC61439-2
- 回路数：カスタム（DC1000Vシステムの場合14回路程度が最適）
- 定格電圧：DC1000V（DC600V、DC750Vでも使用可能）
- 定格電流：最大約20A（薄膜系2アレイ1回路入力、結晶系2ストリング1回路入力対応）
- 部品構成：



## 国内接続箱との相違点

	IEC規格	国内
適用規格	IEC61439-2	JEM1493
定格電圧	DC1000V	DC750V
筐体	FRP製	金属製
絶縁クラス	クラスII	クラスI
保護等級	IP55以上	IP44
SPD	クラスII	設置義務なし
開閉器	主幹1個	各ストリング
過電流遮断器	gPVヒューズ	設置義務なし
逆電流過負荷保護	保護協調	ダイオード

	主開閉器		ダイオード
	ヒューズホルダー （断路器）		ストリング開閉器
	gPVヒューズ		

## FRP筐体

- ・ IEC61439-2では感電防止の観点から接続箱は2重絶縁が必要 → 感電保護
- ・ 耐衝撃試験 (IK等級) → 金属筐体より50%軽量、架台負荷小、施工時間削減
- ・ 防塵防水試験 (IP等級) → 屋外設置、土埃、結露防止、海岸設置可能
- ・ 耐燃焼試験 (960°C グローワイヤー) → 延焼防止
- ・ 耐UV試験 → 屋外設置 (設計寿命20年以上)
- ・ 耐腐食性試験 → 無塗装で重耐塩仕様

## gPVヒューズのダイオードに対するメリット

- ・ 省電力 → gPVヒューズ1.5W、ダイオード7W (発電ロス低減)
- ・ 省スペース → ヒートシンク必要なし (筐体小型化、箱内温度低く長寿命)
- ・ コストセービング → IEC規格部品使用可 (大量生産によるコストメリット)
- ・ 火災リスク → 過電流遮断器 (本質安全設計)
- ・ 感電リスク → 筐体が2重絶縁構造 (本質安全設計)
- ・ 雷 (誘導雷) 対策 → ダイオードは短絡故障。gPVヒューズは溶断 (本質安全設計)

### 備考

ストリンググループが適切でない場合、正、負極間に高いサージ電圧が発生しダイオードが短絡故障する場合があります。対策としては各ストリング毎にSPDの設置が必要となる場合があります。

## 適用規格

JEM1493は、JIS C 8480 (IEC60439-3: 交流300V以下で一般人が操作する分電盤の規格) を基にしているため、住宅用太陽光発電向け接続箱には適した規格と解釈できます。

メガソーラーでは住宅用とは異なり、高電圧・大電流を扱い、更にはその敷地が広大であるため落雷 (誘導雷) への対応などが必要となることから、「電気設備の技術基準の解釈」に発電所として適合する必要がありますが、接続箱への直接的な規定はないため、「電気設備の技術基準の解釈」に基づく施工を行えばIEC61439-2に適合する接続箱は「電気設備に関する技術基準を定める省令」に適合すると解釈できます。

「電気設備の技術基準の解釈」の第219条では、IEC61936-1への適合も認めていますが、DC1500V以下の太陽光発電所の場合はIEC60364-7-712となり、接続箱はIEC60439-3ではなく、IEC60439-1への適合が必要となります。なお、IEC60439-1は改定されIEC61439-2となっています。

「電気設備の技術基準の解釈」の「電気使用場所の施設及び小出力発電設備」の場合でも、第200条には「太陽電池モジュールを並列に接続する電路には、その電路に短絡を生じた場合に電路を保護する過電流遮断器その他の器具を施設すること」とあり、gPVヒューズを採用するIEC61439-2に適合する接続箱は第200条を満たします。

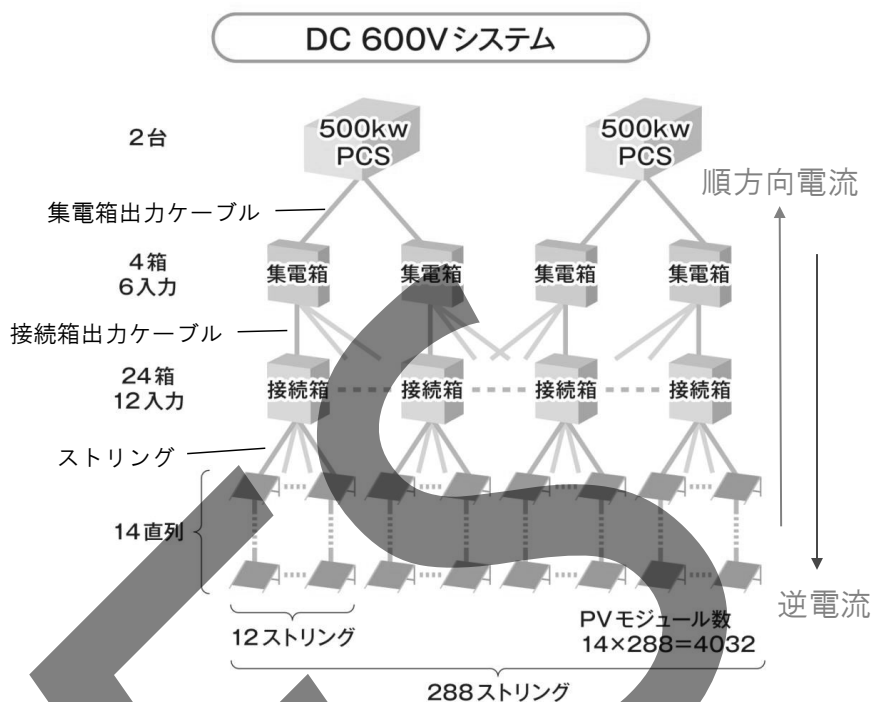
第218条では、需要場所に施設する低圧で使用する電気設備は、JIS C 0364-7-712 (建築電気設備-第7-712部: 特殊設備又は特殊場所に関する要求事項-太陽光発電システム) への適合も認めています。JIS C 0364-7-712では、接続箱はIEC60439-3ではなく、IEC60439-1への適合を要求しています。上述した通りIEC60439-1は改定されIEC61439-2となっています。

以上により、IEC61439-2に適合する接続箱は、「電気設備に関する技術基準を定める省令」の発電所および需要場所、どちらに対しても問題なく使用が出来ると解釈できます。

## 1MW級メガソーラ具体例

PVモジュール直列数：14直列  
 接続箱回路数：12回路  
 接続箱数：24箱  
 集電箱回路数：6回路  
 集電箱数：4箱  
 PCS数：500kW級2台

ストリング数：288本  
 PVモジュール数：4,032枚



## 順方向過電流遮断器

PVモジュールはその特性上順方向の過電流は短絡電流 $I_{sc}$ の1.25倍程度しか流れません。そのため、この電流値がケーブルの連続許容電流以下であれば、順方向用の過電流遮断器は省略可能です。

一般的な結晶系PVモジュールの $I_{sc}$ は9A以下となります。1.25倍は11.25Aとなりますが、これはストリングで使われる $3.5\text{mm}^2$ のPVケーブル (CV、PV-CQ、PV-CC) の連続許容電流に対し十分なマージンがあります。

接続箱出力ケーブルの公称断面積は、 $I_{sc} \times 1.25 \times \text{接続箱回路数}$ に、温度やダクト内電線数などのマージンを加えて決定するため、ストリングと同様に順方向の過電流遮断器は必要ありません。集電箱の出力ケーブルについても同様です。

## DC回路特有の注意点

DC回路ではアーク消弧が重要となりますので必ずDC用機器を使用して下さい（欧州でもAC用SPD、AC用ヒューズの誤使用による火災事故が報告されています）。また、電路の接続部は緩み止めの策を講じ、バットコネクションや直列アークを防止します。DC電路での短絡（並列アーク）は重大事故となるため、基本的にDC電路はフローティングとしPVモジュール、ケーブル、接続箱、集電箱等全てを2重絶縁構造とします。1線地絡が発生した場合には、早急な保全処置が出来るように地絡検知措置を講ずる必要があります。

## 逆電流（過電流遮断器無し）

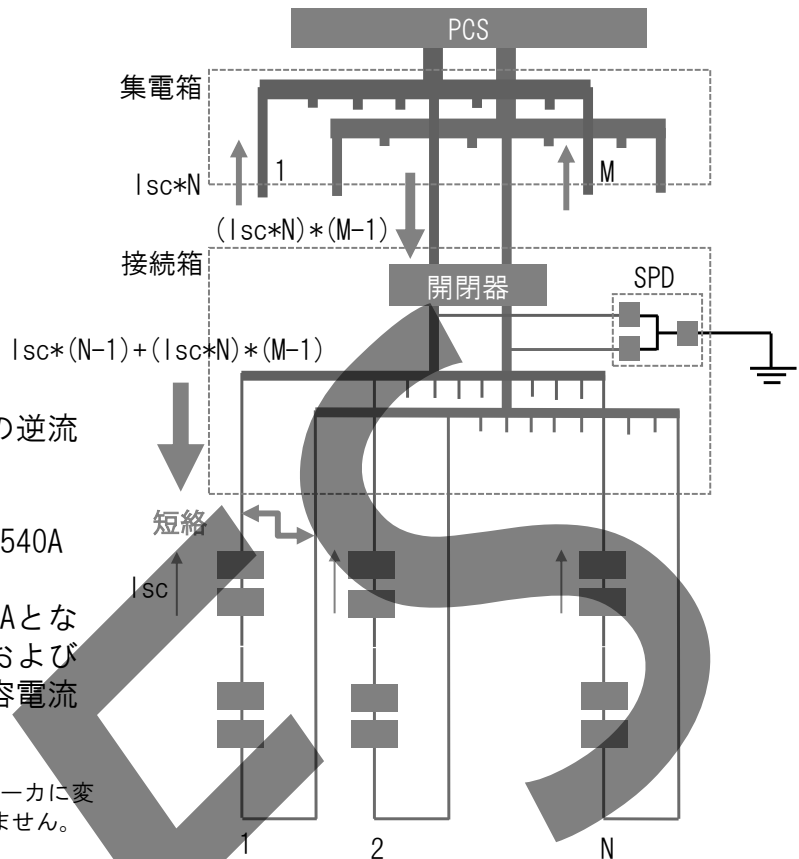
上記500kW級PCSの1回路に注目

PVモジュール直列数：14枚  
 接続箱回路数：N = 12回路  
 接続箱数：6箱  
 集電箱回路数：M = 6回路  
 集電箱数：1箱  
 短絡電流  $I_{sc}$ ：9Aの場合

同一接続箱内ストリングからの逆流  
 $I_{sc} * (N-1) = 9 * (12-1) = 99A$   
 集電箱を通しての逆流  
 $(I_{sc} * N) * (M-1) = (9 * 12) * (6-1) = 540A$

短絡事故点への逆流電流は639Aとなり、これは通常、ストリングおよび接続箱出力ケーブルの連続許容電流を超えます。

備考：接続箱の開閉器を逆接続対応ブレーカに変更しても99Aの逆流は止めることが出来ません。



## 逆電流（過電流遮断器無し）

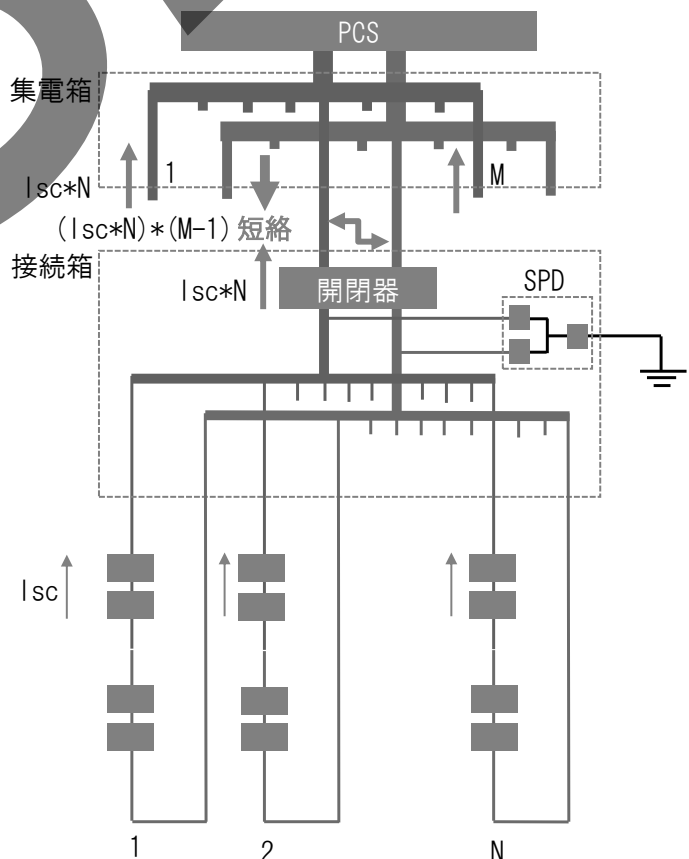
接続箱出力ケーブル短絡事故の場合

PVモジュール直列数：14枚  
 接続箱回路数：N = 12回路  
 接続箱数：6箱  
 集電箱回路数：M = 6回路  
 集電箱数：1箱  
 短絡電流  $I_{sc}$ ：9Aの場合

集電箱内の別回路を通しての逆電流  
 $(I_{sc} * N) * (M-1) = (9 * 12) * (6-1) = 540A$

接続箱出力ケーブルは、  
 $I_{sc} * 1.25 * 12 = 135A$   
 より、38mm<sup>2</sup>や60mm<sup>2</sup>が使用されますが、540Aは連続許容電流以上となります。

備考：接続箱の開閉器を逆接続対応ブレーカに変更しても540Aの逆流は止めることが出来ません。



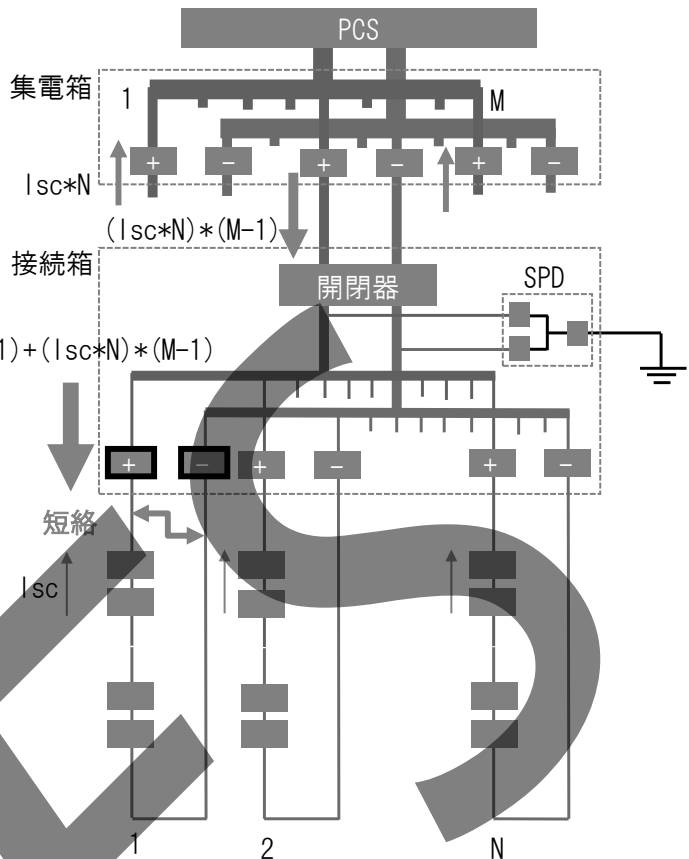
## 逆電流（過電流遮断器有り）

IEC規格の要求により過電流遮断器を設置すると、通常、接続箱内に15AのgPVヒューズ、集電箱内に200AのgPVヒューズが選定されます。

同一接続箱内ストリングからの逆流  
 $I_{sc} * (N-1) = 9 * (12-1) = 99A$

集電箱を通しての逆流  
 $I_{sc} * (N-1) + (I_{sc} * N) * (M-1)$   
 $(I_{sc} * N) * (M-1) = (9 * 12) * (6-1) = 540A$

gPVヒューズの溶断特性より、約0.1秒で正極、または負極のgPVヒューズが溶断し、短絡が発生したストリングが主回路から瞬時に切り離されます。このため集電箱内の200AのgPVヒューズは溶断しません。



## 逆電流（過電流遮断器有り）

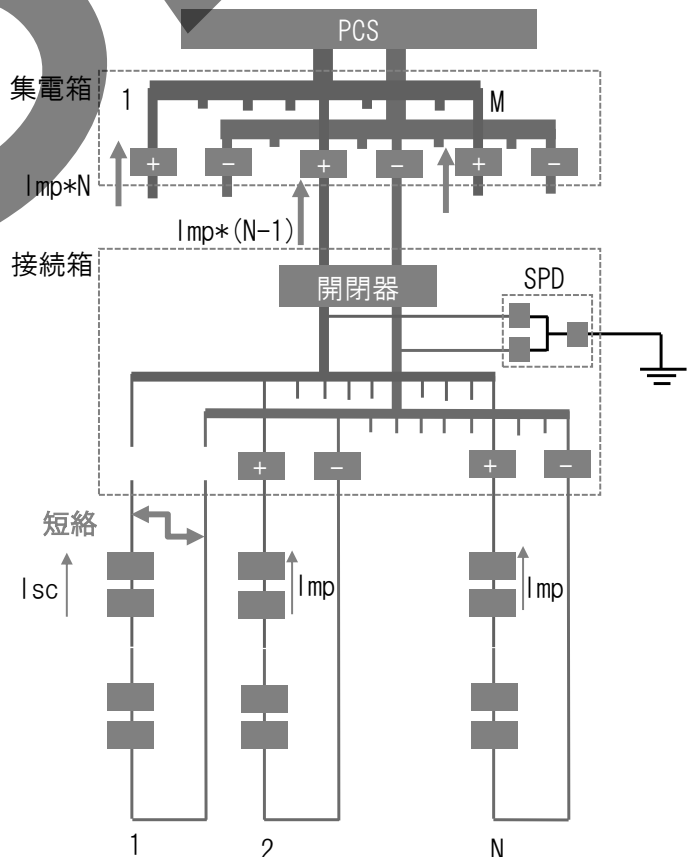
15AのgPVヒューズ溶断後も事故点の下流からは $I_{sc}$ の電流が供給され続けますので、早急の保全処置が必要となります。

PCS入力モニタリングでは本短絡現象の検知は困難です。

集電箱入力モニタリングの場合は、接続箱の特定は可能です。

接続箱ストリングモニタリングの場合は、短絡事故が発生したストリングを即座に特定しての警報発砲が可能です。

欧州のメガソーラでストリングモニタリングが一般的な理由が、この短絡事故検知機能です（事後保全）。

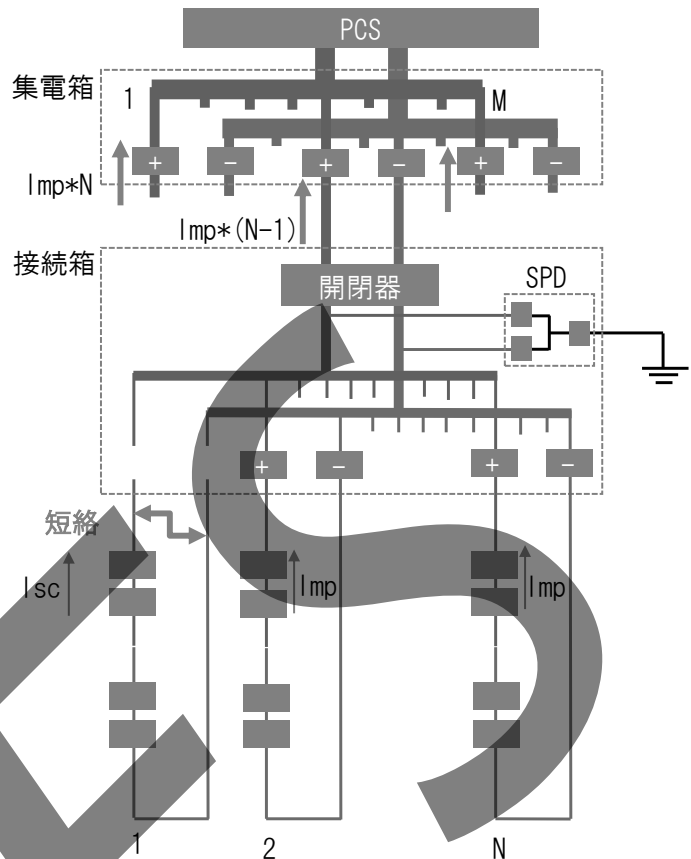


## 逆電流（過電流遮断器有り）

集電箱の入力電流に注目すると、電流の約8%のアンバランスが発生しています。

集電箱の各入力にダイオードではなく、gPVヒューズが設置されているため逆電流が発生するようになりますが、実際は逆電流は発生しません。これは、ストリングが影になった場合でもダイオード無しで逆電流が発生しないのと同じ理由です。

詳細はMPPT制御（最大電力点追従）の項で説明します。



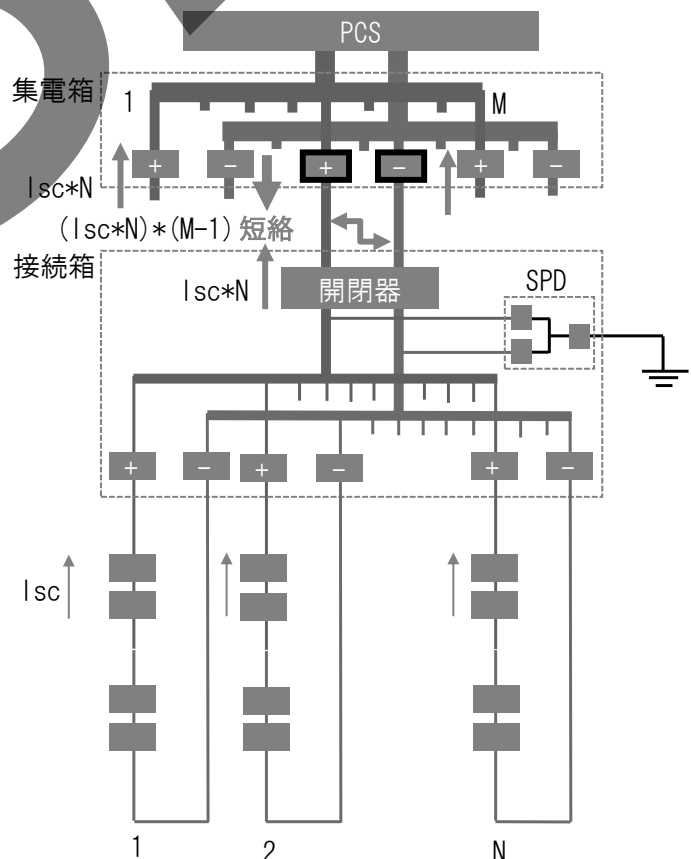
## 逆電流（過電流遮断器有り）

接続箱出力ケーブル短絡事故の場合もストリングでの短絡事故と同様です。

この場合は、  
 $(I_{sc} * N) * (M-1) = (9 * 12) * (6-1) = 540A$   
 の逆電流が200AのgPVヒューズに流れるため、約5分で溶断します。

但し、この場合も、事故点より下流からは、 $I_{sc} * N = 9 * 12 = 108A$ の順方向電流が流れ続けるため早急な保全処置が必要です。

PCS入力、集電箱入力、ストリングモニタリング全ての方法で本事故を検知可能です（事後保全）。

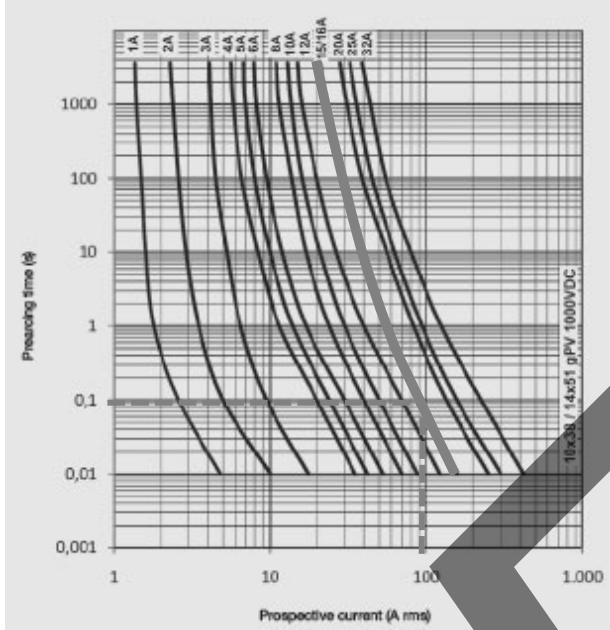




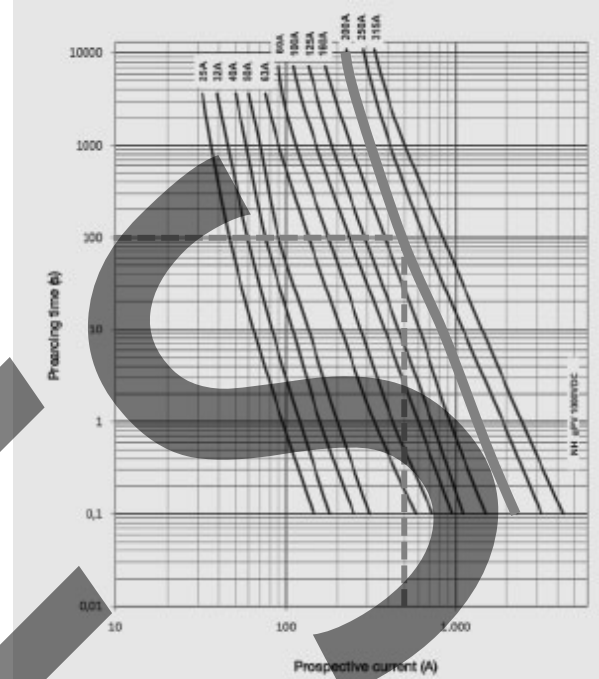
## gPVヒューズ溶断特性

出典：DF社データシート

- ・ gPV15Aヒューズに逆電流99Aが流れた場合の溶断時間は0.1秒
- ・ gPV200Aヒューズに逆電流540Aが流れた場合の溶断時間は300秒（5分）



接続箱内gPVヒューズ溶断特性



集電箱内gPVヒューズ溶断特性

## 代表的な結晶系PVモジュールのIV曲線

標準試験条件（STC）：日射強度1000W/m<sup>2</sup>、AM1.5、アレイ代表温度 25℃の試験条件

短絡電流 I<sub>sc\_1000</sub> : 8.6A

開放電圧 Voc<sub>1000</sub> : 37.8V

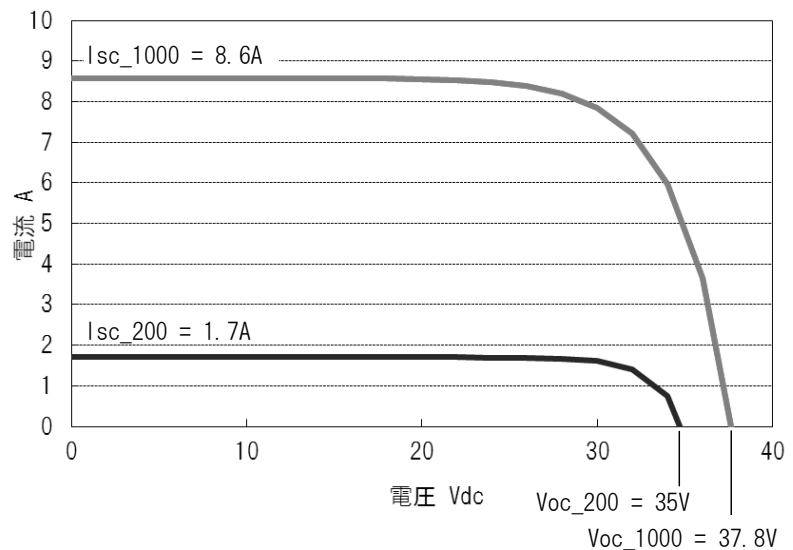
PVモジュールが影となった場合：日射強度200W/m<sup>2</sup>（代表例）

短絡電流 I<sub>sc\_200</sub> : 1.7A

開放電圧 Voc<sub>200</sub> : 35V

影の影響で日射強度が20%となると短絡電流値も20%となりますが、開放電圧は93%にしか下がりません。

この事実は、実際の太陽光発電所で、早朝と夕方の、薄暗い状態でも、システム電圧が通常発電時と同等に上昇することから経験されている方も多いと思います。

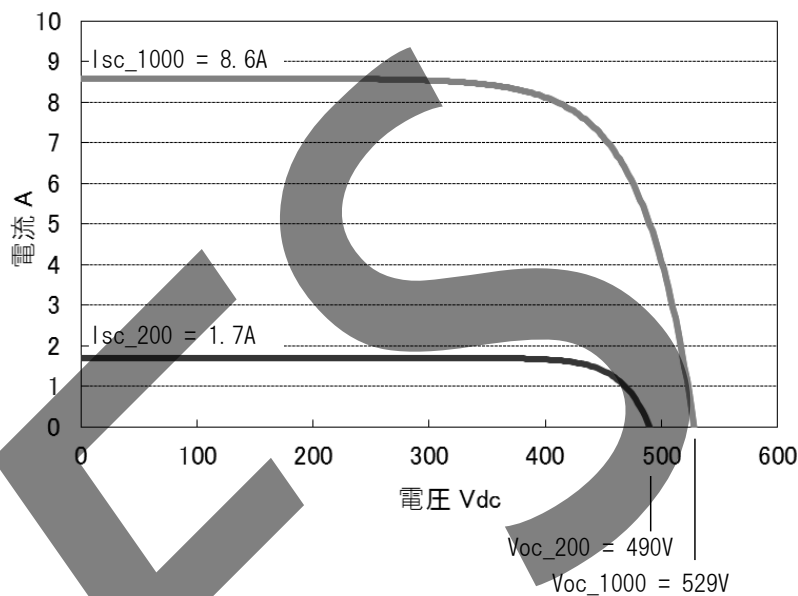


## ストリングのIV曲線

PVモジュール1枚では電圧が低いため複数枚を直列に接続してシステム電圧を得る必要があります（本例では14直列）。

短絡電流  $I_{sc\_1000}$  : 8.6A  
 開放電圧  $V_{oc\_1000}$  :  $37.8V \times 14 = 529V$

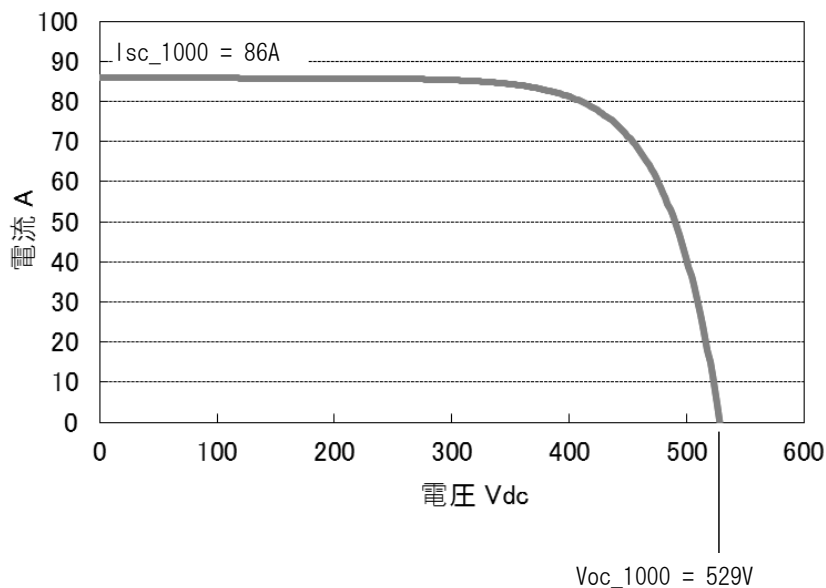
短絡電流  $I_{sc\_200}$  : 1.7A  
 開放電圧  $V_{oc\_200}$  :  $35V \times 14 = 490V$



## 接続箱出力ケーブルのIV曲線

ストリング1本では電流が低いため複数本を並列に接続します（本例では10並列）。

短絡電流  $I_{sc\_1000}$  :  $8.6A \times 10 = 86A$   
 開放電圧  $V_{oc\_1000}$  : 529V



## MPPT制御（最大電力点追従）

議論を簡単にするため、PCSに接続箱が1箱だけ接続されているとします。MPPT制御とは、PCSが接続箱出力ケーブルのIV曲線上で最も電力が取り出せる電流 $I_{mp}$ と電圧 $V_{mp}$ で発電を行うことです。

$$I_{sc\_1000} = 8.6A \times 10 = 86A$$

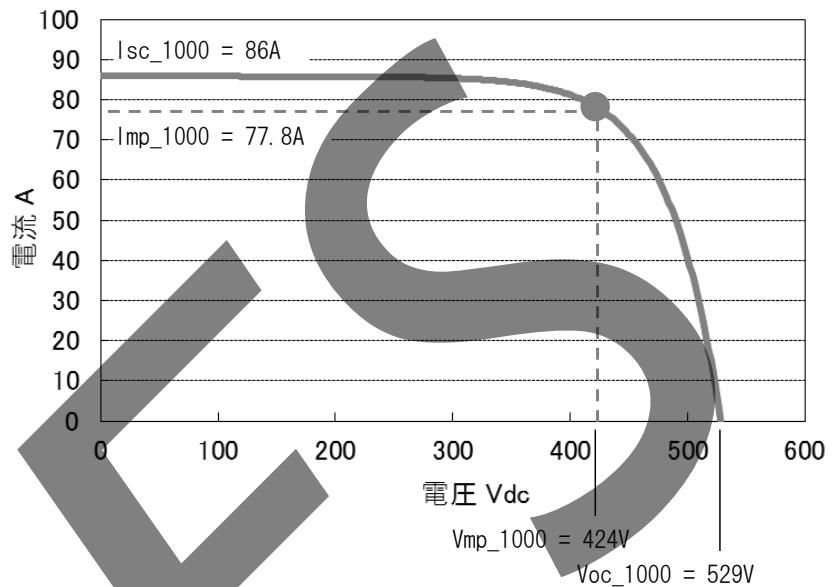
$$V_{oc\_1000} = 37.8V \times 14 = 529V$$

$$I_{mp} = 77.8A$$

$$V_{mp} = 424V$$

$$P_{mp} = 77.8 \times 424 = 33kW$$

PCSは、MPPT制御として $V_{mp}$ を定期的に変化させて、変化後の $P_{mp}$ の増減を確認しています。 $P_{mp}$ が増加した場合は、更に電圧を変化させて $P_{mp}$ の増減を確認します。この繰り返しにより、常時最大電力で発電します。



## 1ストリングが影となった場合

$$I_{sc\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 8.6A \times 9 + 1.7A \times 1 = 79.1A$$

$$V_{oc\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 525V \text{ (9ストリングは} 0.63A \text{順方向、1ストリングは} 5.7A \text{逆電流)}$$

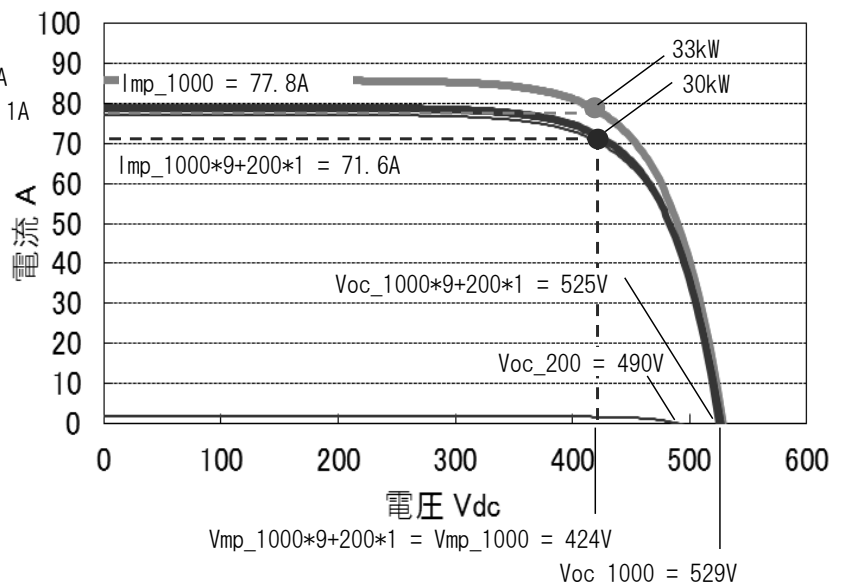
$$I_{mp\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 71.6A$$

$$V_{mp\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 424V \text{ (9ストリングは} 7.78A \text{、1ストリングは} 1.60A \text{で逆電流無し)}$$

$$P_{mp\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 71.6 \times 424 = 30kW$$

$$I_{sc\_1000} = 86A$$

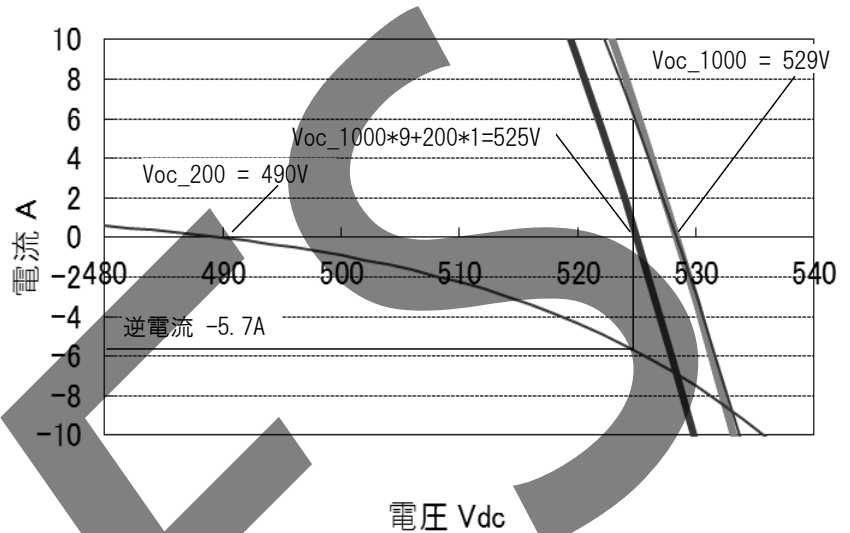
$$I_{sc\_1000 \times 9 + 200 \times 1} = 79.1A$$



備考  
PCSが影になったストリングの $V_{oc\_200} = 490V$ 以上で発電する場合は、このストリングに逆電流が流れた状態となりますが、MPPT制御により、その様なことにはなりません。

## 1ストリングが影となった状態でPCSが停止した場合

PCSへの電流はゼロですが、9ストリングから順方向に各0.63A、合計5.7Aが、影となっている1ストリングに逆流します。しかし、この程度の逆電流にはIEC規格に適合したPVモジュールであれば耐えられるため問題ありませんし、15AのgPVヒューズは5.7Aが流れても溶断しません。詳細は保護協調の項で説明します。

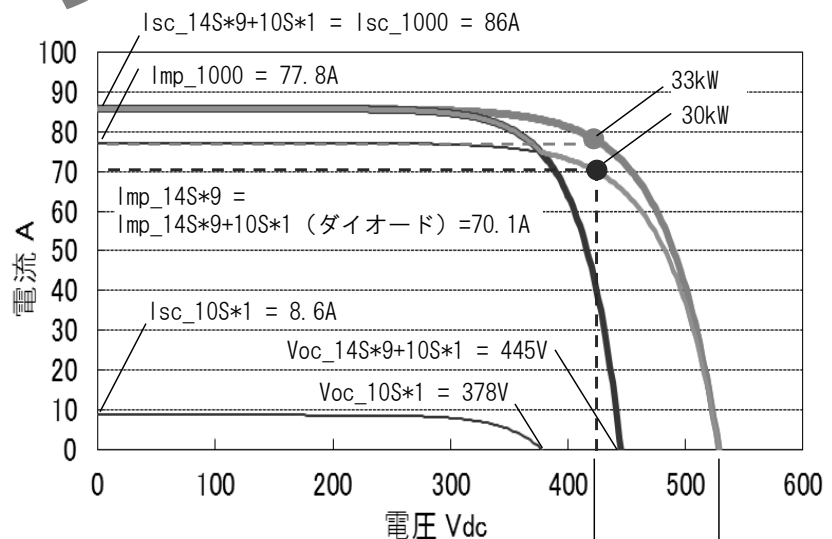


## 1ストリング14枚のPVモジュールの内4枚分が短絡故障した場合

$I_{sc\_10S*1} = 8.6A$   
 $V_{oc\_10S*1} = 37.8V*10 = 378V$   
 $I_{sc\_14S*9+10S*1} = 8.6A*9 + 8.6A*1 = 86A$   
 $V_{oc\_14S*9+10S*1} = 445V$  (9ストリングは7.29A順方向、1ストリングは65.6A逆電流)

4枚PVモジュールが短絡故障する前は  $V_{mp\_1000}=424V$  であったと仮定すると、短絡故障ストリングへは、-29.36Aの逆流。

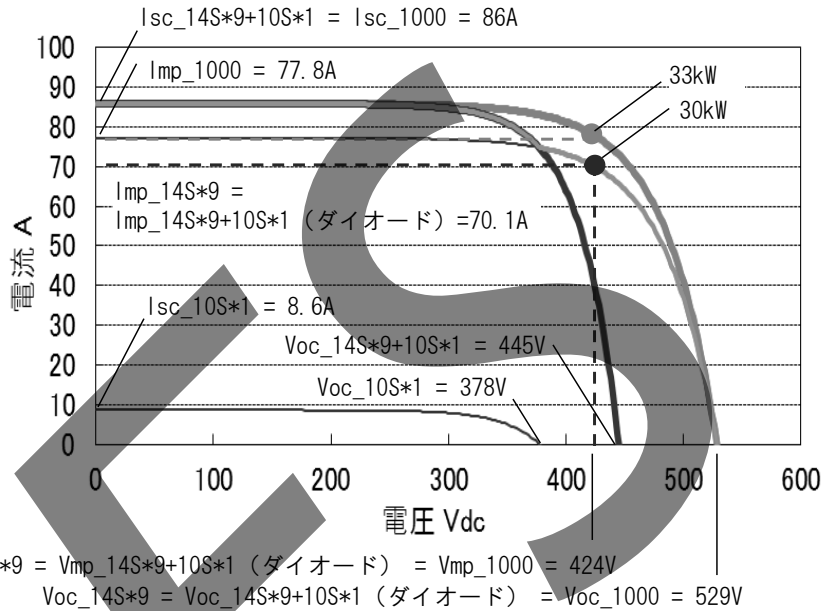
この逆電流はPVモジュールが許容できる逆電流値を超えており、通常は、PCSのMTTP制御により逆電流が解消される前に、15AのgPVヒューズが溶断します。



$V_{mp\_14S*9} = V_{mp\_14S*9+10S*1}$  (ダイオード) =  $V_{mp\_1000} = 424V$   
 $V_{oc\_14S*9} = V_{oc\_14S*9+10S*1}$  (ダイオード) =  $V_{oc\_1000} = 529V$

以上より、1ストリング14枚のPVモジュールの内4枚分が短絡故障する事故が発生した場合は、短絡故障ストリングのgPVヒューズが溶断し、主回路から切り離されることにより安全性を確保し、その後、残りの9ストリングでの発電を継続します。

一方、gPVヒューズの代わりにダイオードを使用した場合も9ストリングでの発電を継続しますが、短絡故障ストリングを主回路から切り離すことは出来ないため、早急に手動にて当該ストリングの切り離しを行う必要があります。このため、保安上、各ストリングの電流値をモニタリングすることが必要です。



## 保護協調

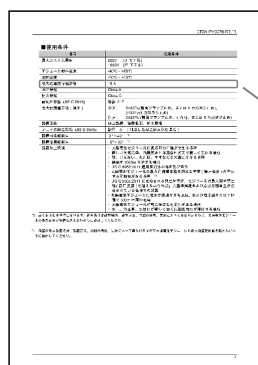
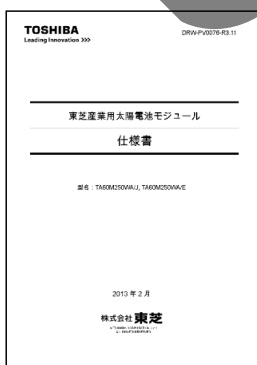
### 逆電流からのPVモジュールの保護

IEC規格では、上述した通り軽微な逆電流がPVモジュールに流れることを認めています（PCS停止時：重故障、早朝と夕方の運転可能電圧範囲外など）。

一方、重度の逆電流に対しては安全性確保の観点から、gPVヒューズが溶断し、逆電流が発生しているストリングを主回路から完全に切り離す必要があります。

逆電流が軽微か重度かはPVモジュールの性能により決まり、IEC61730-1（JIS C 8992-1）の最大過電流保護定格以下の逆電流を軽微、それ以上を重度と考えます。

最大過電流保護定格は、IEC61730-2（JIS C 8992-2）の逆電流過負荷試験によって決定されます。



#### ■使用条件

項目	使用条件
最大システム電圧	600V (J モデル) 1000V (E モデル)
モジュール動作温度	-40°C ~ +85°C
周囲温度	-20°C ~ +40°C
最大過電流保護定格	15 A
適用等級	Class A

#### 備考

最大過電流保護定格は、直列ヒューズ定格と呼ばれる場合もあります。

### 逆電流過負荷試験

目的：逆電流条件において、過電流遮断器が回路を遮断する前に、エネルギーを熱として強制的に放散させなければならない。

手順：最大過電流保護定格の135%の逆電流を2時間強制通電する。

判定：火災のリスクがないこと。感電の危険性がないこと。

以上より、最大過電流保護定格の135%の逆電流が発生しても2時間以内にgPVヒューズが溶断すれば安全上問題がないこととなります。

### gPVヒューズ

PVモジュールを逆電流から保護するために使用される過電流遮断器です。

IEC60269-6に適合するgPVは、ヒューズ定格の145%の電流が流れた場合に1時間以内に溶断します（135%で2時間に相当）。UL2579にも適合しているgPVヒューズの場合は、135%で1時間以内に溶断します。

よって、PVモジュールの最大過電流保護定格に一致するgPVヒューズを各ストリングに直列に設置することにより、重度の逆電流が発生した場合にも、安全に逆電流が発生しているストリングを主回路から切り離すことが可能となります。

IEC60269-6が制定された2010年以前は、AC用ヒューズが誤って使用される場合があり、溶断時にヒューズ内アークが消弧されないことによる発火現象が報告されています。このため、現在は太陽光発電用過電流遮断器として、IEC60269-6に適合したgPVヒューズの使用が必須となっています。

過電流遮断器として各ストリングにブレーカを設ける場合は、逆接続対応で、PVモジュールの最大過電流保護定格の135%で2時間以内にトリップし、更に、最悪時の逆電流に耐えられる遮断容量を選定する必要があります（gPVヒューズは数十kA以上を確保）。

#### 備考

gPVヒューズの選定には接続箱内の温度雰囲気によるディレーティングを考慮する必要があります。

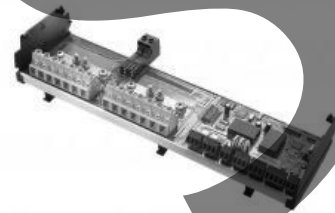
## 軽微な逆電流

PVモジュールの特性ばらつきにより、早朝、PCSが起動する前に軽微な逆電流が流れるのが一般的です。PCS起動後は、MPPT制御により逆電流は解消されますが、日射が安定する前は、各ストリングの電流は順方向の範囲で大きくばらつきます。

日射が安定した後も各ストリング電流のばらつきが解消されない状況が発生した場合は、PVモジュールに軽微な不具合（セルの劣化、ホットスポットなど）が発生している可能性があります。この状況は、発電効率（経済性）の観点から好ましくありませんし、重度の逆電流の発生につながる危険性を含んでいます。

gPVヒューズでは、この状況を検出することが出来ないため（ダイオードでも不可）、欧州では予防保全の観点から各ストリングの電流値をモニタリングするのが一般的です。常時、各ストリングの電流値とシステム電圧をモニタリングすることにより、重大事故につながる可能性のあるPVモジュールの劣化を事前に検知可能となります。

備考  
PCS入力、集電箱入力モニタリングでは、本予防保全は困難です。



ストリングモニタリング機器

## IEC規格適合接続箱の注意事項

### 一般的注意事項

gPVヒューズ用ヒューズホルダーは断路器のため電流が流れている状態での開閉は禁止です。必ず、主開閉器をOFFにしてから操作します。

### 施工時の注意事項

主開閉器OFF、ヒューズホルダー開放状態で、ストリングを結線します。各ストリングの開放電圧を測定し、ばらつきが許容範囲内であることを確認したのちヒューズホルダーを閉じます。PCS入力同一回路上の全ての接続箱のヒューズホルダーを閉じたのち各接続箱の主開閉器を順にONします。

備考  
欧州において、接続箱に関連する事故のうち最も頻度が高いものは、外線端子台の締付けトルク不足（バットコネクション）による発煙、発火です。結線に際しては写真のような専用工具セットを使用しトルク管理を必ず行ってください。また、弊社ストリングモニタリング機器には、温度センサーが内蔵されており接続箱内の異常温度上昇を検知して発煙、発火前に保全処置をとることが可能です。



専用工具セット

### 「電気設備の技術基準の解釈」の絶縁抵抗測定（低圧）

IEC61439-2に適合している接続箱は全数出荷前に絶縁抵抗が $1\text{M}\Omega$ （弊社は $5\text{M}\Omega$ ）以上であることを検査してありますが、接続箱も含めたDC回路全体で測定する場合は、接続箱内のSPDのカートリッジ、及びストリングモニタリング機器のシステム電圧測定用コネクタを外すことをお勧めします。SPD及びストリングモニタリング機器の内部抵抗の影響で本来計測すべき回路の絶縁性能の影響が見え難くなるためです。

### 「電気設備の技術基準の解釈」の耐圧試験（高圧又は特別高圧）

IEC61439-2に適合している接続箱はDC3, 110V（5秒）の耐圧試験をクリアしていますが、接続箱も含めたDC回路全体にDC1, 500Vを10分を印加する場合は、SPDのカートリッジ、及びストリングモニタリング機器のシステム電圧測定用コネクタを必ず外して下さい。

### メンテナンス時の注意事項

主開閉器OFF後、各ストリングの電流値をクランプメータで測定して下さい。逆電流が計測された場合、順方向電流の小さいストリングよりヒューズホルダーを開放して下さい。最終的に全てのヒューズホルダーを開放したのちメンテナンスを行って下さい。その場合でも、接続箱出力ケーブル端子台とヒューズホルダーのストリングが結線されている端子台は高電圧となっていますのでご注意下さい。

## まとめ

1. JEM1493は住宅用太陽光発電接続箱に適した規格。
2. 大規模な太陽光発電所用接続箱は「電気設備に関する技術基準を定める省令」に適合する必要があるため、具体的にはIEC61439-2への適合が適している。
3. 逆電流は軽微なものと重度のものに分類される。軽微な場合は、MTTP制御によりgPVヒューズでも逆流はしない。
4. 重度な場合は、PVモジュールの逆電流の保護協調が考慮されているIEC61730-1とIEC60269-6により、gPVヒューズが溶断しPVモジュールの安全性が確保される。但し、事故点への順方向電流は継続するため、ストリングモニタリングにより事故点を特定し、早急な保全処置を講ずる必要がある。
5. ダイオードを使用する場合は重度な不具合を検知するためのストリングモニタリングが必要（PCS入力、集電箱入力モニタリングでは不十分）。また、雷（誘導雷）対策として各ストリングのダイオードの直前にSPDの設置が望まれる。
6. 発電効率（経済性）だけでなく、予防保全の観点からも、gPVヒューズ、ダイオードどちらの場合でもストリング電流のばらつきを常時監視することが重要（PCS入力、集電箱入力モニタリングでは不十分）。
7. IEC規格適合接続箱では、ヒューズホルダー（断路器）を開放する前に必ず主開閉器をOFFすること。
8. IEC規格適合接続箱施工時には、専用工具セットを使用し外線端子台のトルク管理を確実にすること。