



# Power Beyond Solar



両面発電(両面受光)製品群のご紹介  
2022年8月

- 両面発電モジュールは、**表面と裏面から光を受光**して発電。両面受光とも言われる場合もある
- 両面発電モジュールの性能は、設置環境・条件に依る依存性が高い  
例：設置環境の散乱光/反射率(ALBEDO)、アレイ・架台設計、設置方法など…
- 従来のバックシート構造モジュールと比較したメリット：  
①より**高い発電量**の確保 ②高**信頼性**、高**耐久性** ③部材コスト（BOS）削減  
➔同じ設置面積で過積載をしていると同等の効果が得られる

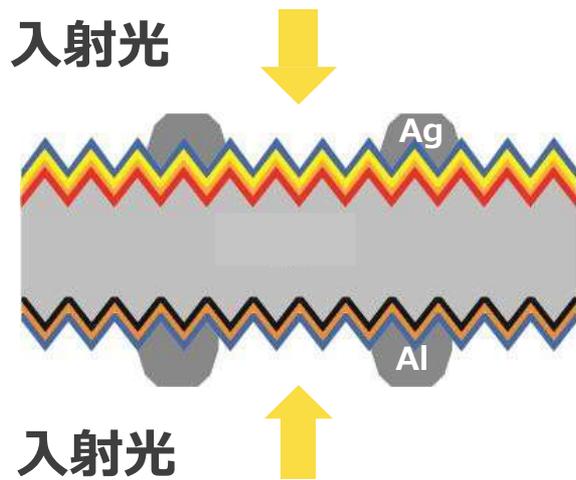


図1. 両面受光セルの断面図

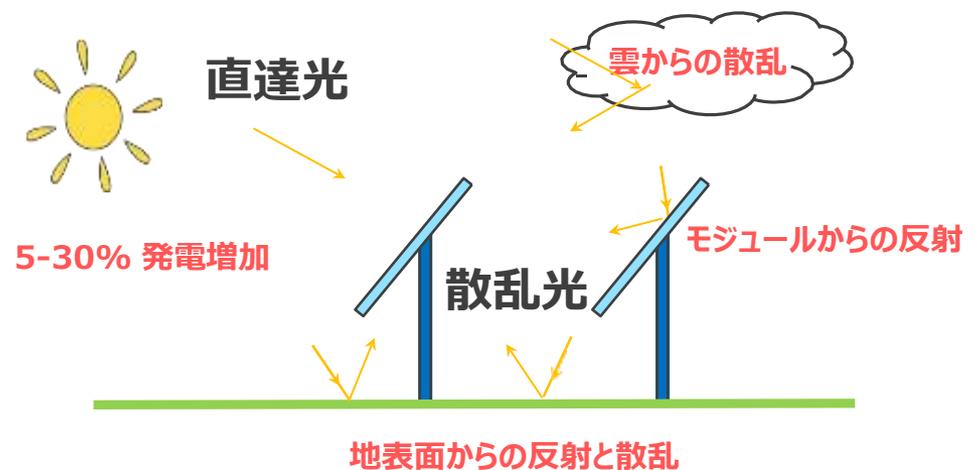
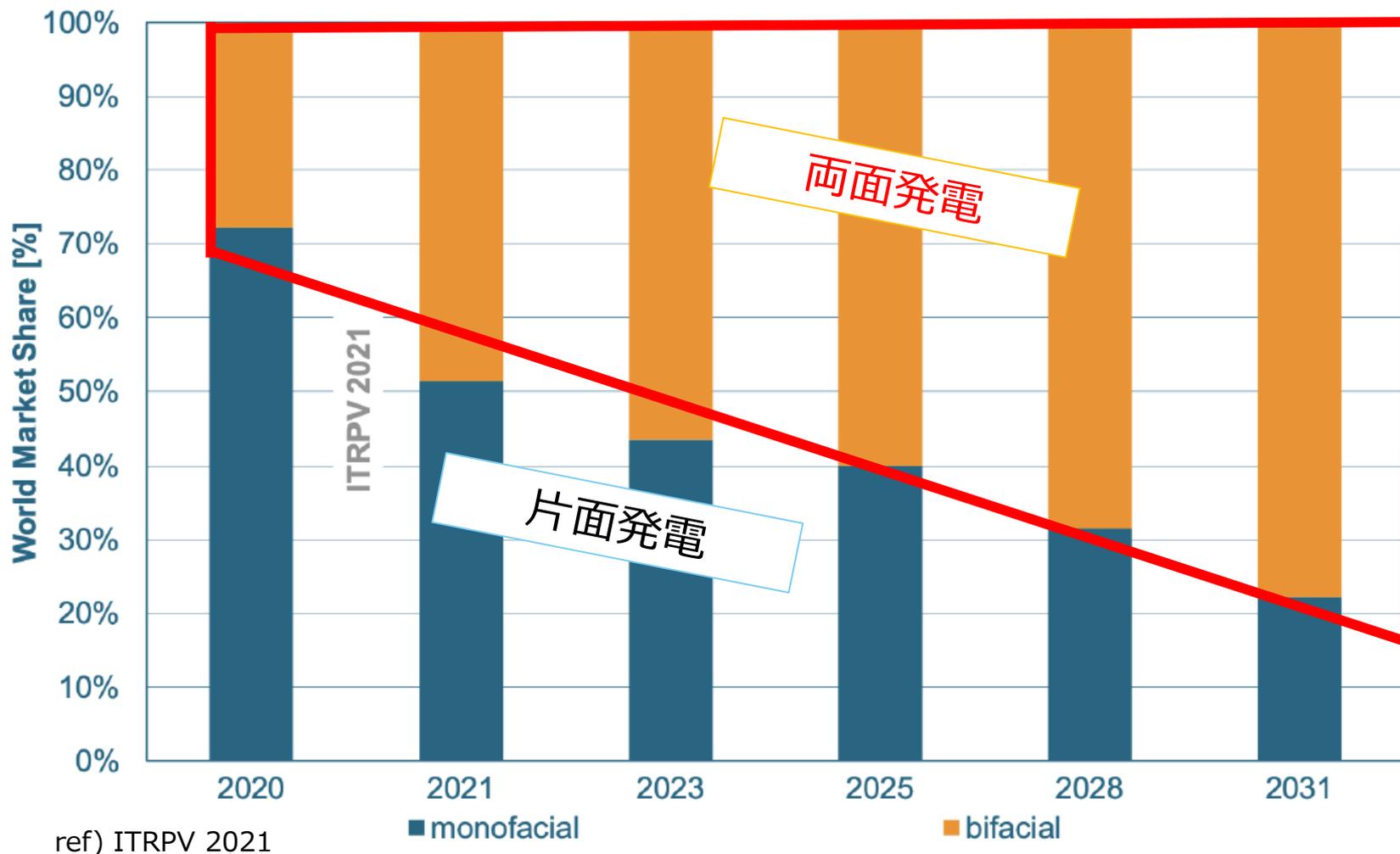


図2. 両面発電モジュールの概念図

# 両面発電モジュールの市場動向



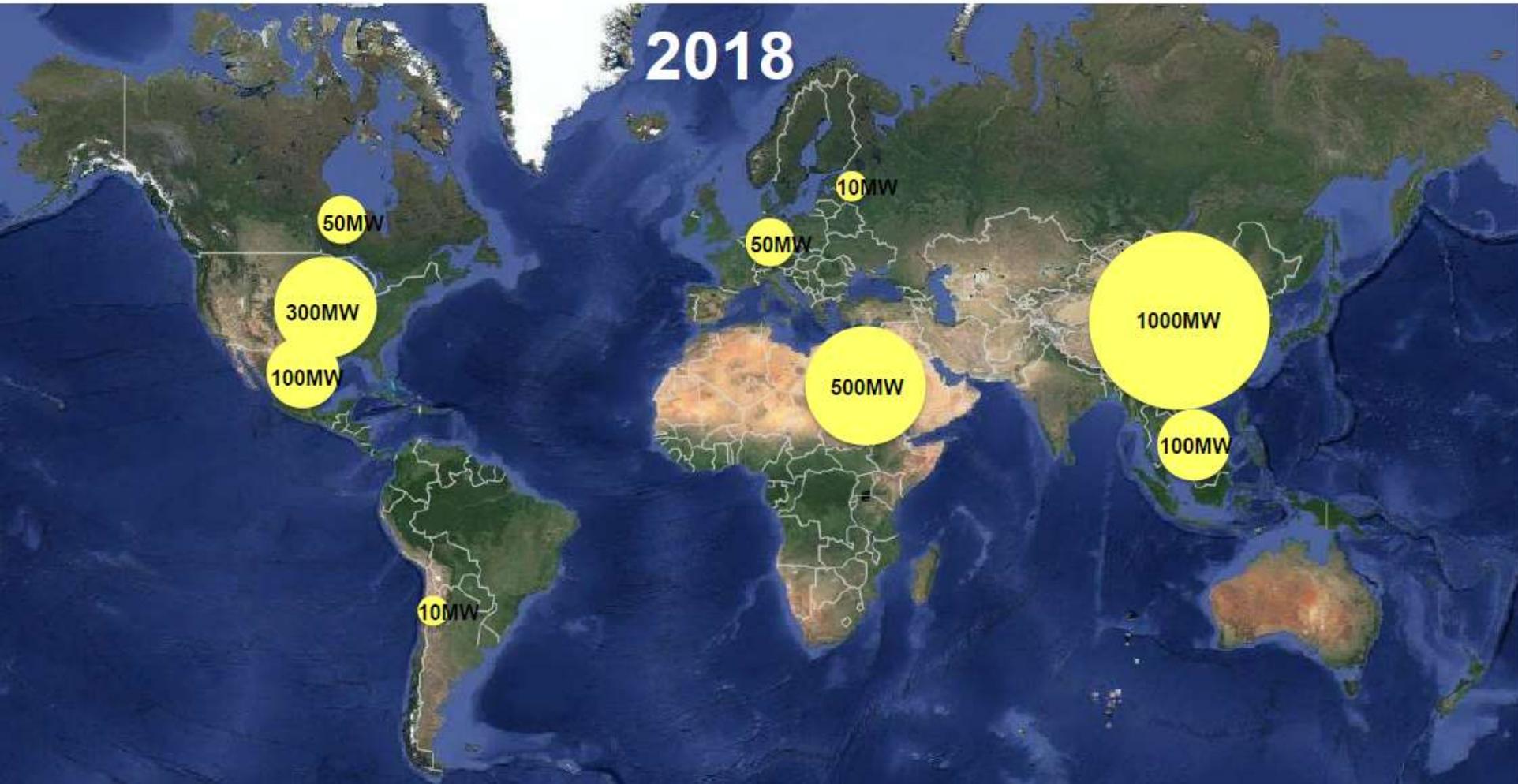
両面発電モジュールが増えると予測されています

## Status of Bifacial Installations 2019



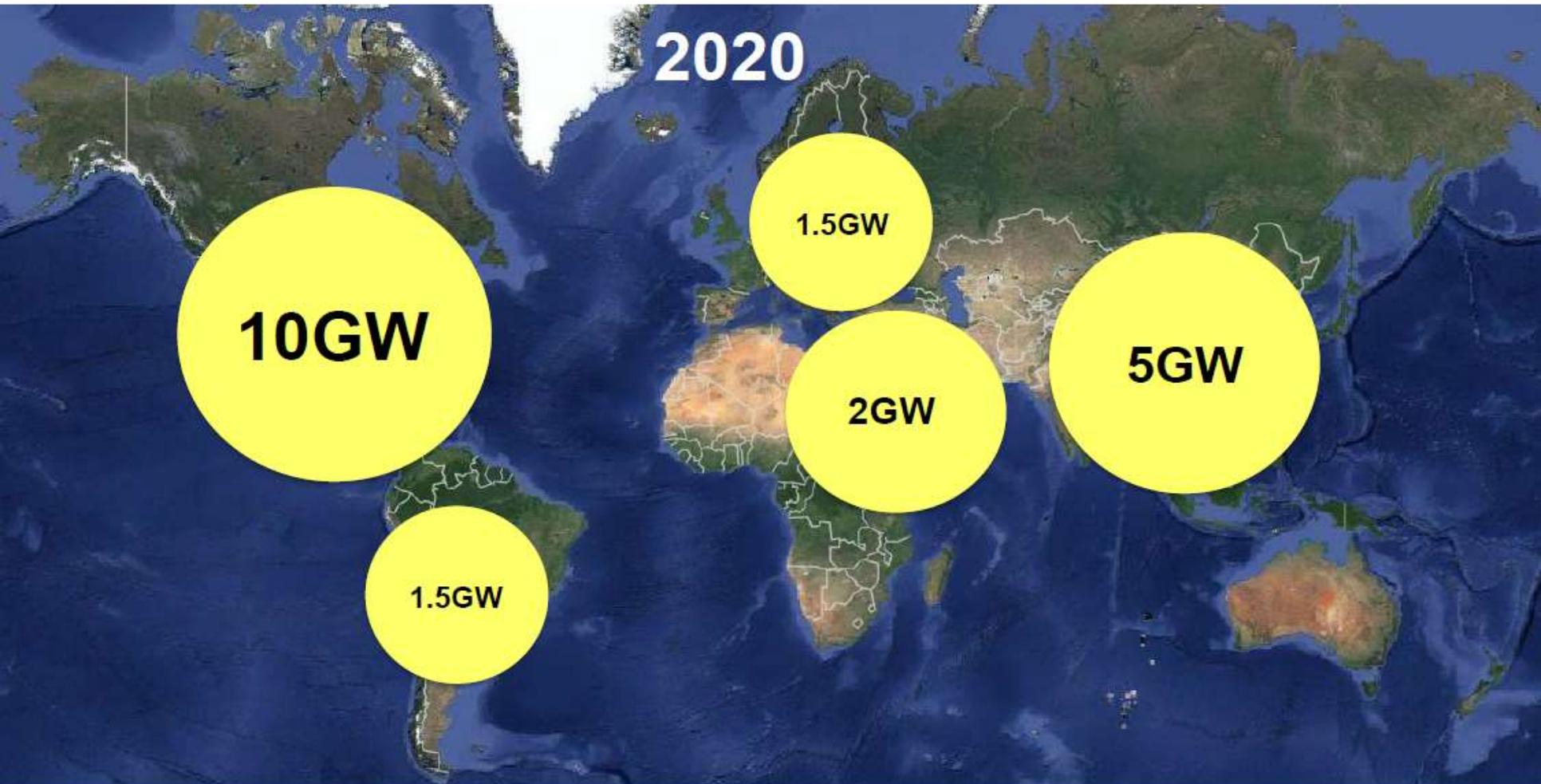
# 両面発電モジュールの市場動向

2018: 2GW+ bifacial PV installations

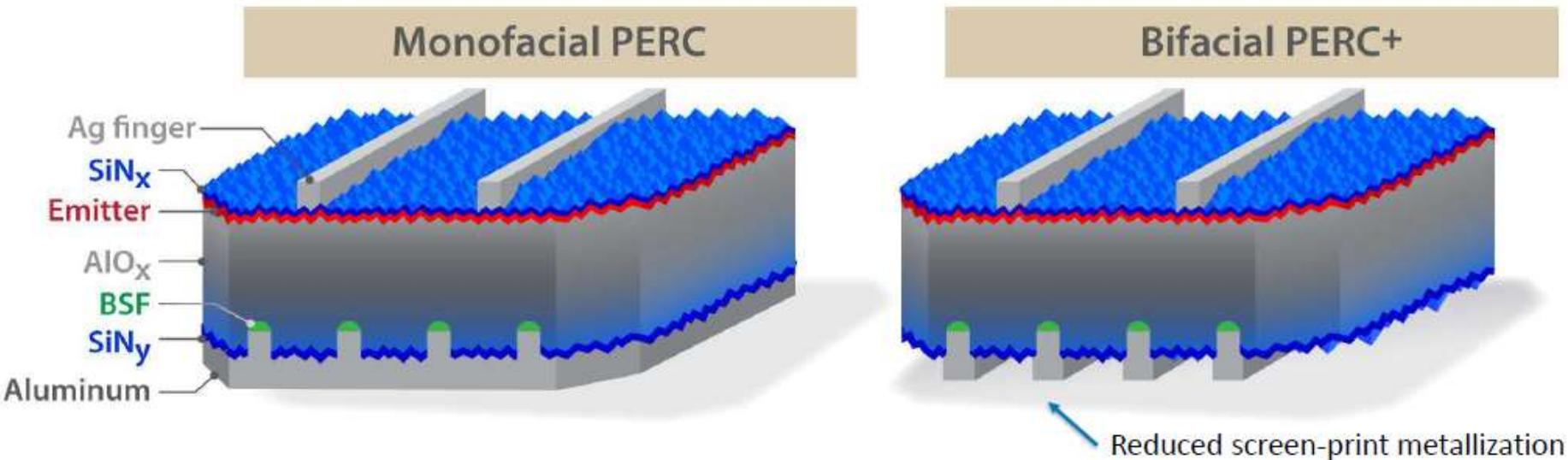


# 両面発電モジュールの市場動向

2020: 20GW bifacial PV forecast



# 両面発電モジュールセル構造



Module bifaciality  $\phi = \frac{P_{Rear}}{P_{Front}} =$

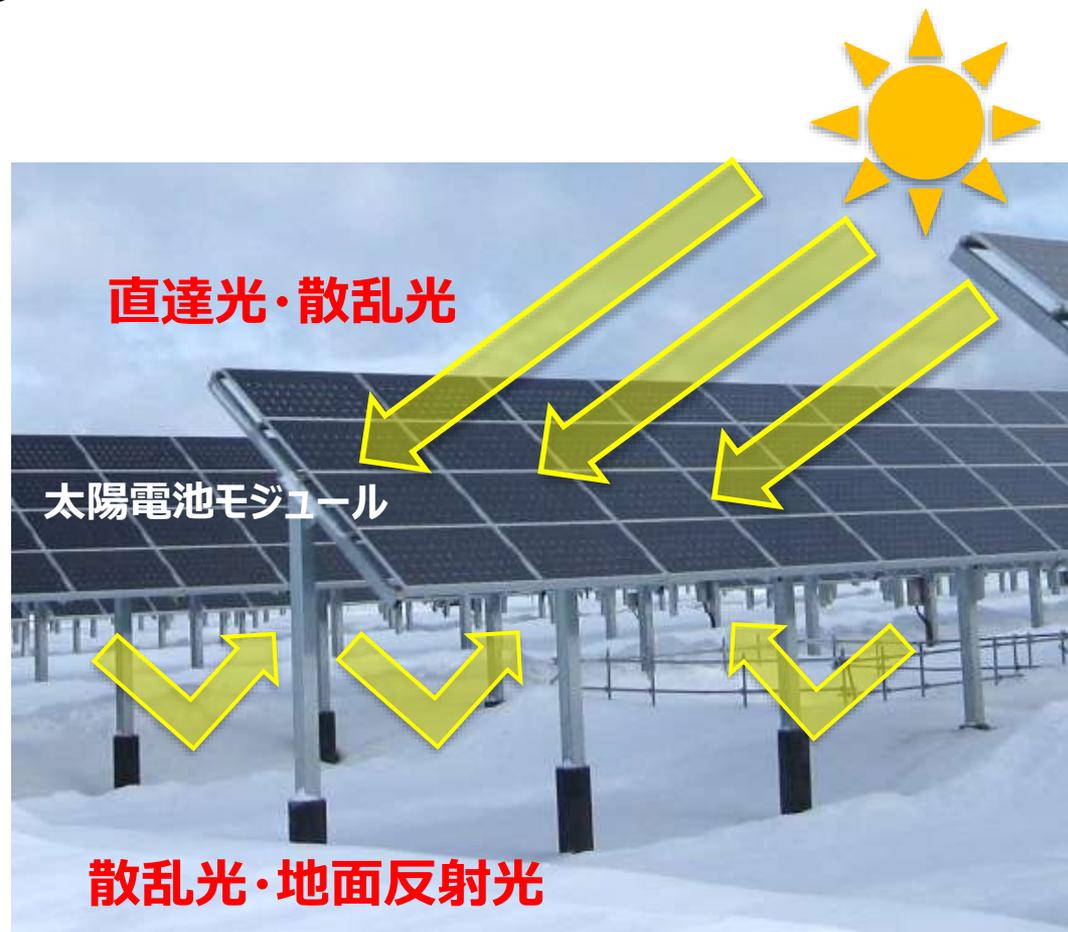
|                       |                       |                                    |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 0.65-0.80<br>(p-PERC) | 0.75-0.90<br>(n-PERT) | 0.85 – 0.95<br>(Si Heterojunction) |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|

Thorsten Dullweber et al. PERC+: industrial PERC solar cells with rear Al grid enabling bifaciality and reduced Al paste consumption, Prog. Photovolt: Res. Appl. (2015)

**PERC構造セルであれば、裏面アルミ電極を薄膜化、若しくはエッチングするだけで両面受光構造となる**

# 特徴1：両面受光セル技術 (Bifacial Technology)

- 表面と裏面の両方で受光可能な構造のセルを搭載
- モジュール表面は直達光や散乱光を受光し、裏面は散乱光や反射光を受光！
- 設置面が積雪や白色屋根の場合、反射光が大きくなり、最大20%程度※の発電量アップを実現している事例も出てきている



## 両面発電のイメージ

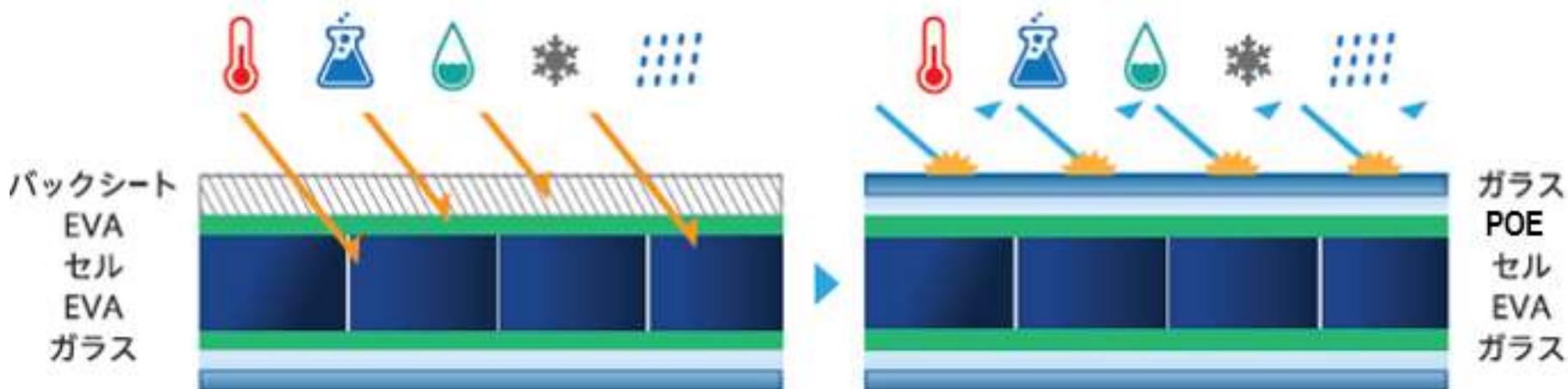
※ 設置環境（場所、架台高さ、形状等）により、発電量は変動致します

# 特徴2:両面ガラス構造に依り

## 高い耐久性・信頼性を実現

両面ガラスにより劣化要素となる物質 / 条件をブロック！

化学物質・アルカリ・酸・温度・熱サイクル・湿度・機械的摩耗など



従来型



DUOMAX: ○ 高耐性

# 特徴2-1:両面ガラス構造に依り

## 高い耐久性・信頼性を実現 耐火性 最高レベル **Class A**

### 両面ガラスモジュールが認定を受けている試験

▶ **IEC61730 : クラスA**

国際電気標準会議により規定された  
太陽電池モジュールの安全性に関する国際認証規格

▶ **UL1703 : クラスA**

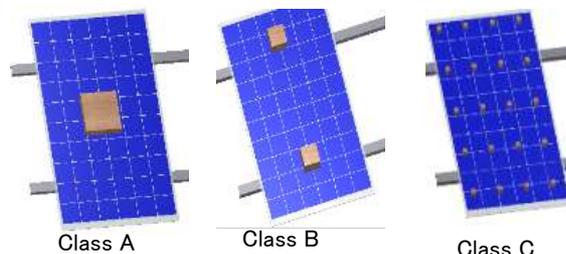
フラットプレート型太陽電池モジュールの  
米国安全性認証規格

▶ **IEC61701 : レベル6**

塩害対応の最高レベルとされる  
IEC塩霧テストレベル6



- ✓ **燃焼ブランド試験:**  
それぞれサイズの燃焼をモジュール上に設置し、判定基準として燃焼の拡大、モジュールからの燃焼落下物、モジュールの穴あき等がないことが要求されます



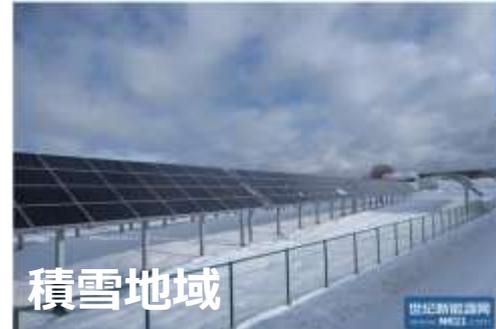
- ✓ **火炎テスト:**  
ガスバーナーを使用し、風で煽った704°Cの炎をモジュール表面に接炎する  
軒下からの火災に対する安全性能を評価する試験  
横方向への燃焼の拡大、およびモジュールからの燃焼落下物等がないことが  
要求されます

# 長期限定保証 (Limited warranty)

※ PVモジュール製品に関する保証 特に下記表の数値が重要  
 ⇒両面ガラス構造の高耐久性、信頼性に依り従来のガラス・バックシート構造より長期保証を実現  
 ⇒更に、N型セル搭載製品群はセルの特性上、初年度・経年劣化率共に改善

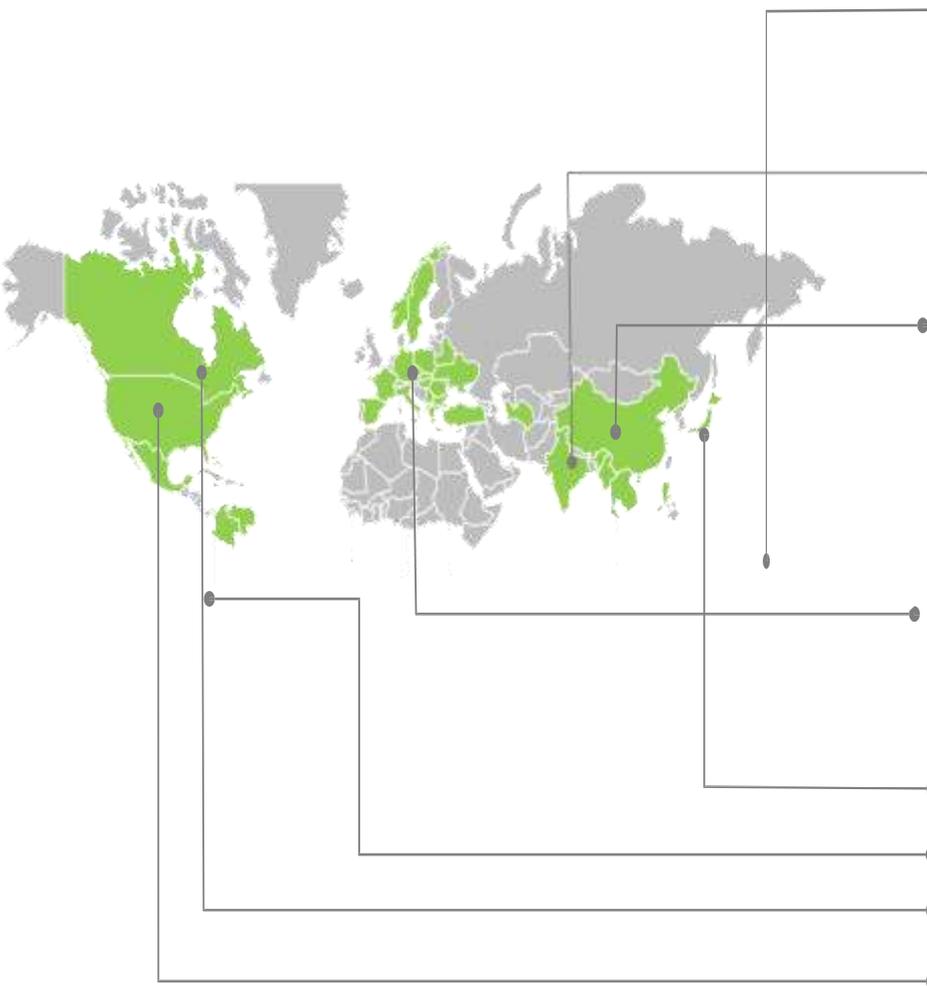
| 製品構造                                       | 結晶分類 | 製品保証                     |     | 出力保証   |       |
|--|------|--------------------------|-----|--------|-------|
|  |      |                          |     | 初年度劣化率 | 2年目以降 |
| バックシート                                     | 単結晶  | 12年                      | 25年 | 2%     | 0.55% |
| 両面ガラス<br>(両面受光含む)                          | 単結晶  | 12年                      | 30年 | 2%     | 0.45% |
| バックシート<br>Vertex S<br>DE09R.08<br>DE09R.05 | 単結晶  | 15年                      | 25年 | 2%     | 0.55% |
| N型セル搭載<br>両面ガラス<br>シリーズ<br>(両面受光含む)        | 単結晶  | 12年<br>25年*<br>(48セルモデル) | 30年 | 1%     | 0.4%  |

# 広範囲な使用環境で使用可能



# 世界両面発電モジュール納入実績

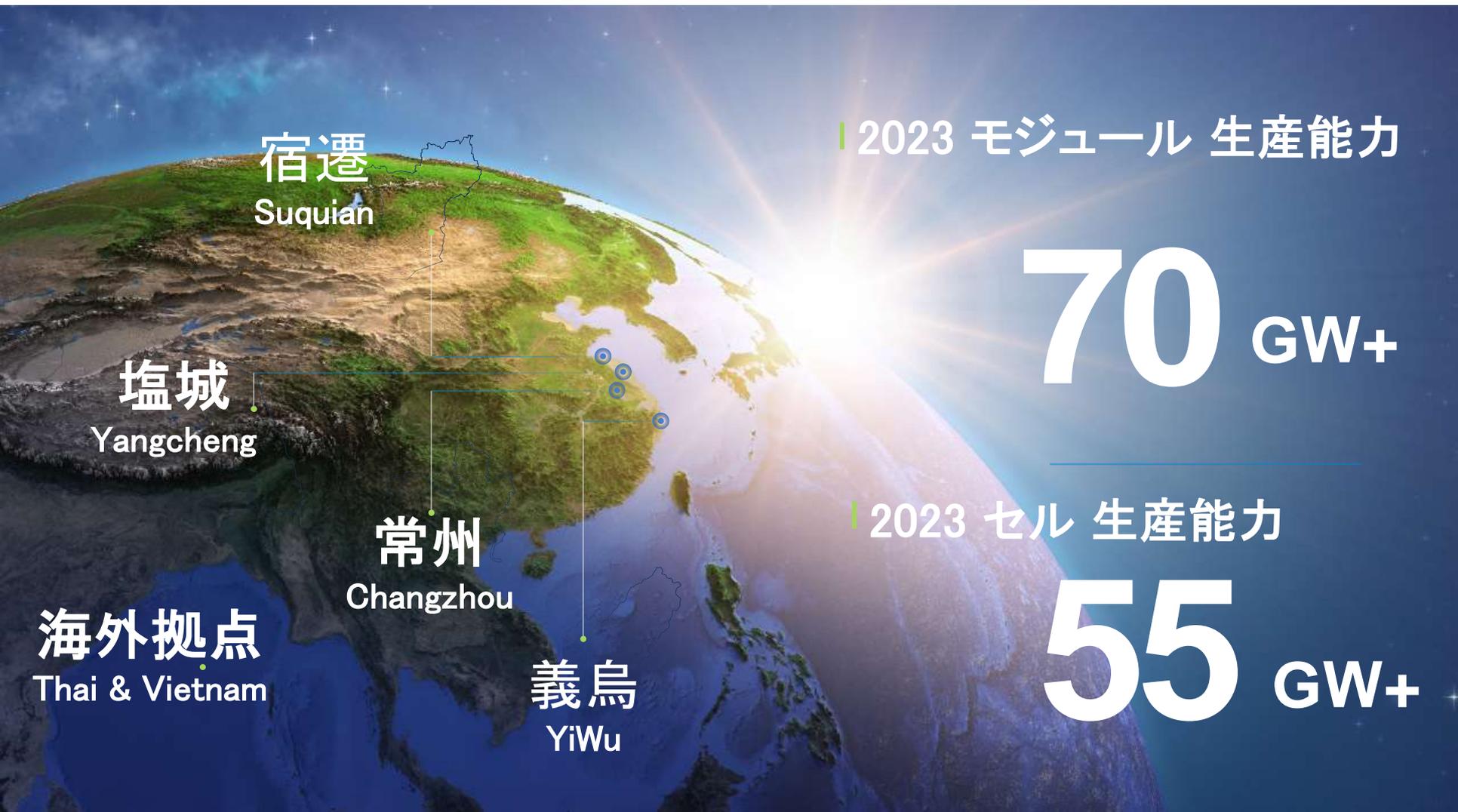
世界中での導入が進んでいます



| 地域    | 国                   | 顧客名                               | 製品名                |
|-------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
| APME  | AUS                 | Powercor Network Services Pty Ltd | DEG14C.07(II)      |
| APME  | AUS                 | REID TECHNOLOGY LIMITED           | DEG5C.07(II)       |
| APME  | AUS                 | Solar Juice Pty Limited           | DEG5C.07(II)       |
| APME  | AUS                 | YHI (NEW ZEALAND) LTD             | DEG5C.07(II)       |
| APME  | EM-SEA              | BRIGHT FOUNDATION ASBL            | DEG5C.07(II)       |
| APME  | EM-SEA              | Eigen Energy Pte Ltd              | DEG14C.07(II)      |
| APME  | India               | Purenergy Pvt Ltd                 | DEG5C.07(II)       |
| APME  | New Zealand         | Roof Top factory                  | DEG5C.07(II)       |
| APME  | Oman                | Shell                             | DEG14C.07(II)      |
| CHINA | CHN                 | 河北广鑫新能源科技有限公司                     | DEG14C.27(II)      |
| CHINA | CHN                 | 黑河英大新能源科技有限责任公司                   | DEG5C.20(II)       |
| CHINA | CHN                 | 慧利达新能源科技有限公司                      | DEG14C.27(II)      |
| CHINA | CHN                 | 威海源华太阳能发电有限公司                     | DEG5C.07(II)       |
| CHINA | CHN                 | 虞城县光通新能源有限公司                      | DEG14C.07(II)      |
| CHINA | CHN                 | 广东爱康太阳能科技有限公司                     | DEG5C.07(II)       |
| CHINA | CHN                 | 国家电投集团西安太阳能电力有限公司                 | DEG14C.07(II)      |
| CHINA | CHN                 | 国家电投集团西安太阳能电力有限公司                 | DEG14C.27(II)      |
| CHINA | CHN                 | 江苏政成物流股份有限公司                      | DEG14C.07(II)      |
| CHINA | CHN                 | 江苏政成物流股份有限公司                      | DEG14C.27(II)      |
| CHINA | CHN                 | 通威渔光一体科技(江门)有限公司                  | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | AKUO FLOATING SOLUTIONS SAS       | DEG14C.27(II)      |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Apulia 8 S.r.l.                   | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Baywa r.e. Solar Systems Srl      | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Fankhauser Solar AG               | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Greening Components B.V.          | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | NCLAVE Renewable, S.L             | DEG14C.20(II)      |
| EU    | EU Union(EU 28)     | TFM Energia Fotovoltaica, S. A.   | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU-Non UT(EU non28) | SolarMarkt GmbH                   | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Lightsource Trading Limited (UK)  | DEG5C.07(II)       |
| EU    | EU Union(EU 28)     | Solar Market GMBH( Holand )       | DEG5C.07(II)       |
| JAP   | JPN direct sales    | Fuji IT Corp                      | DEG5C.07(II)       |
| JAP   | JPN direct sales    | SB Energy                         | DEG5C.07(II)       |
| JPN   | JPN direct sales    | GK Univergy 75                    | DEG5C.07(II)       |
| JPN   | JPN direct sales    | Smart Solar                       | DEG5C.07(II)       |
| JPN   | JPN direct sales    | DENKEN                            | NEG16MC.20(II)     |
| LATAM | Chile               | Atlas Renewable Energy Chile SpA  | DEG14C.07(II)      |
| LATAM | Chile               | GREENERGY.RENOVABLES.S.A.         | DEG14C.07(II)      |
| NA    | Canada              | German Solar Corporation          | DEG14C.07(II) Perc |
| NA    | Canada              | Solar Flow-Through (2017) Ltd     | DEG14C.07(II) Perc |
| NA    | Channel             | Concept Clean Energy              | DEG5C.07(II) Perc  |

□ トリナは1GWを超える出荷設置実績があり、業界全体の出荷量は10GWを超えました。

# 生産能力：設備投資計画



## 両面発電モジュールに対する最強のR&D革新能力

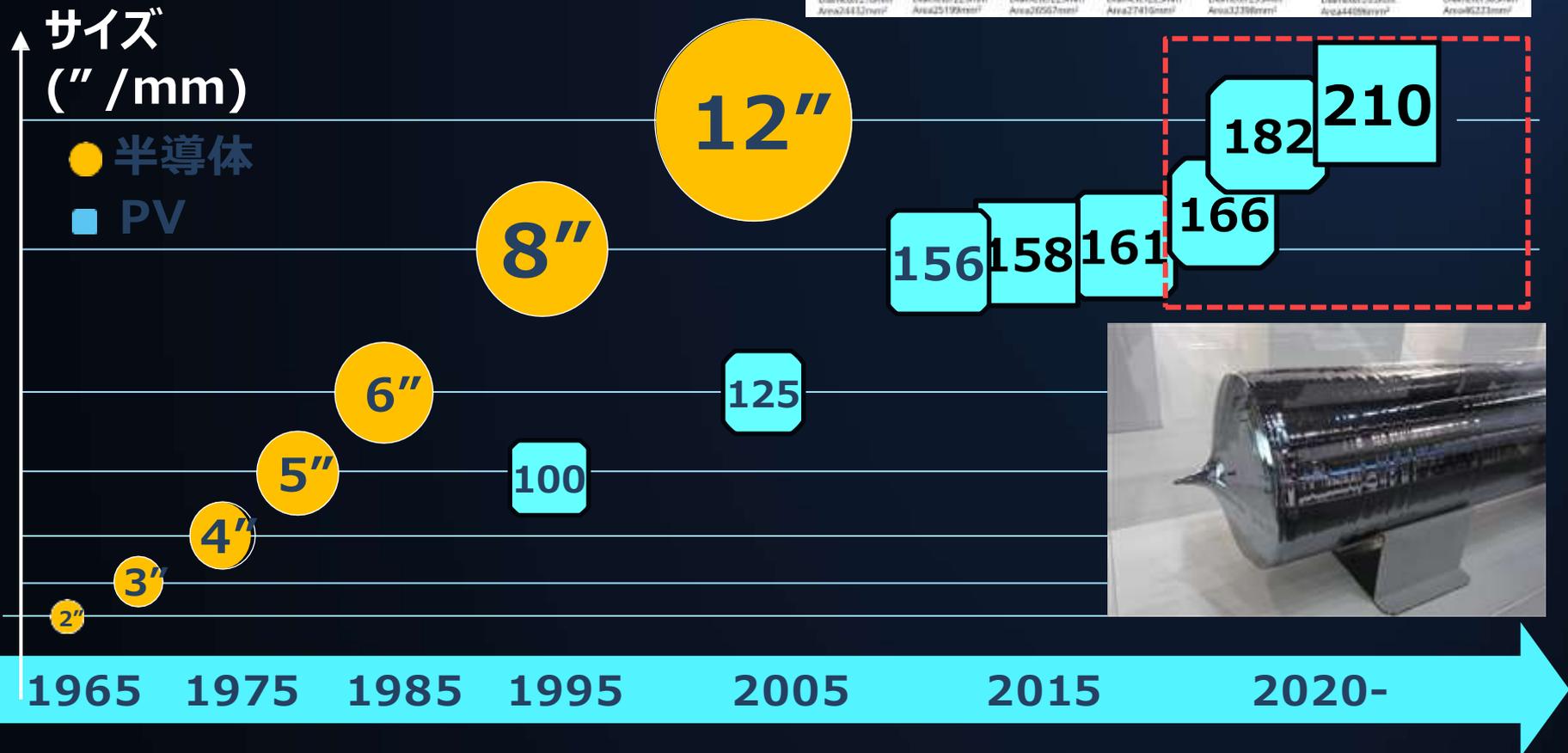
- 両面ガラスモジュールに対して、**20**以上の特許を所有
- **3**つの国際規格への標準化活動を推進 (IEC/SEMI 規格など).



# ウェハサイズ標準化の戦い

- 太陽光業界に於いても数種類のウェハサイズが存在
- 166~210mmサイズでの世代交代

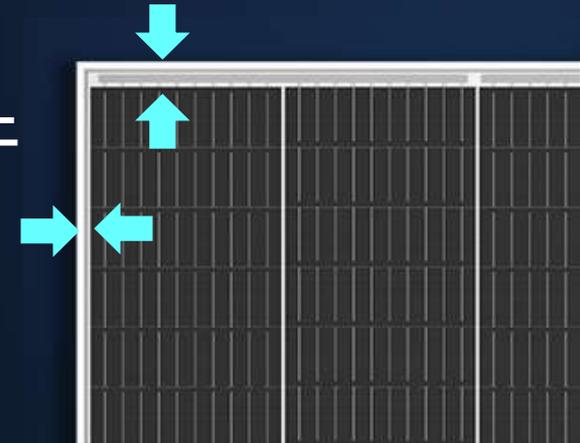
|   |   |   |  |   |   |  |
|---|---|---|--|---|---|--|
| <b>M2</b><br>edge 156.75mm<br>Diameter 210mm<br>Area 24413mm <sup>2</sup> | <b>G1</b><br>edge 156.75mm<br>Diameter 223mm<br>Area 25199mm <sup>2</sup> | <b>M4+</b><br>edge 163mm<br>Diameter 223mm<br>Area 26567mm <sup>2</sup> | <b>M6</b><br>edge 166mm<br>Diameter 223mm<br>Area 27415mm <sup>2</sup> | <b>M10</b><br>edge 180mm<br>Diameter 253mm<br>Area 32398mm <sup>2</sup> | <b>G12</b><br>edge 210mm<br>Diameter 255mm<br>Area 44099mm <sup>2</sup> | <b>G12+</b><br>edge 217mm<br>Diameter 303mm<br>Area 62333mm <sup>2</sup> |
|---|---|---|--|---|---|--|



今後2~3年間は166mm~210mm角ウェハでの世代交代が進む

# 大型セルの優位性 166mm < 182mm < 210mm

- ★ 受光面積が拡大する
  - モジュール化した際の **デッドスペースが少なくなる**
- ★ 搭載ウェハを大きく薄く、更にバスバー本数増で、放熱特性が向上
  - **高温時や低照度下での発電量向上**
- ★ 受光面積を増やす事で、影の影響を軽減
  - ゴミや異物に依る **発電量ロスの軽減**  
(TVやカメラの画素数同様高精細の方が良いが受光面積とのバランスが重要!!)



## バスバー本数イメージ

166mm (9本) < 182mm (9~11本) < 210/210R (9~12本)



約6W強



約7W強



約10W強

# モジュール構造に依る製品分類

| カテゴリ   | 特徴  | 用途   | イメージ   |
|--|---|--|--|
| <b>バックシートタイプ</b><br><b>高出力</b><br><b>高効率重視</b> | 現在最も普及<br><br>表面のみ受光発電<br><br>表面はガラス<br>裏面はバックシート構造 | 一般的な地上設置<br>屋根設置等  |   |
| <b>両面発電 (両面ガラス) タイプ</b><br><b>耐久性重視</b>        | 表面/裏面の両方で発電<br>表面/裏面ともにガラスで<br>有害物質を透過しにくい          | 両面受光により、<br>トータル発電量を向上<br><br>BIPV (建材一体型)<br>営農型,カーポート, 追尾式,<br>水上フロート用途など<br><br>塩害地域など耐久性が<br>求められる特殊環境用途 |  |

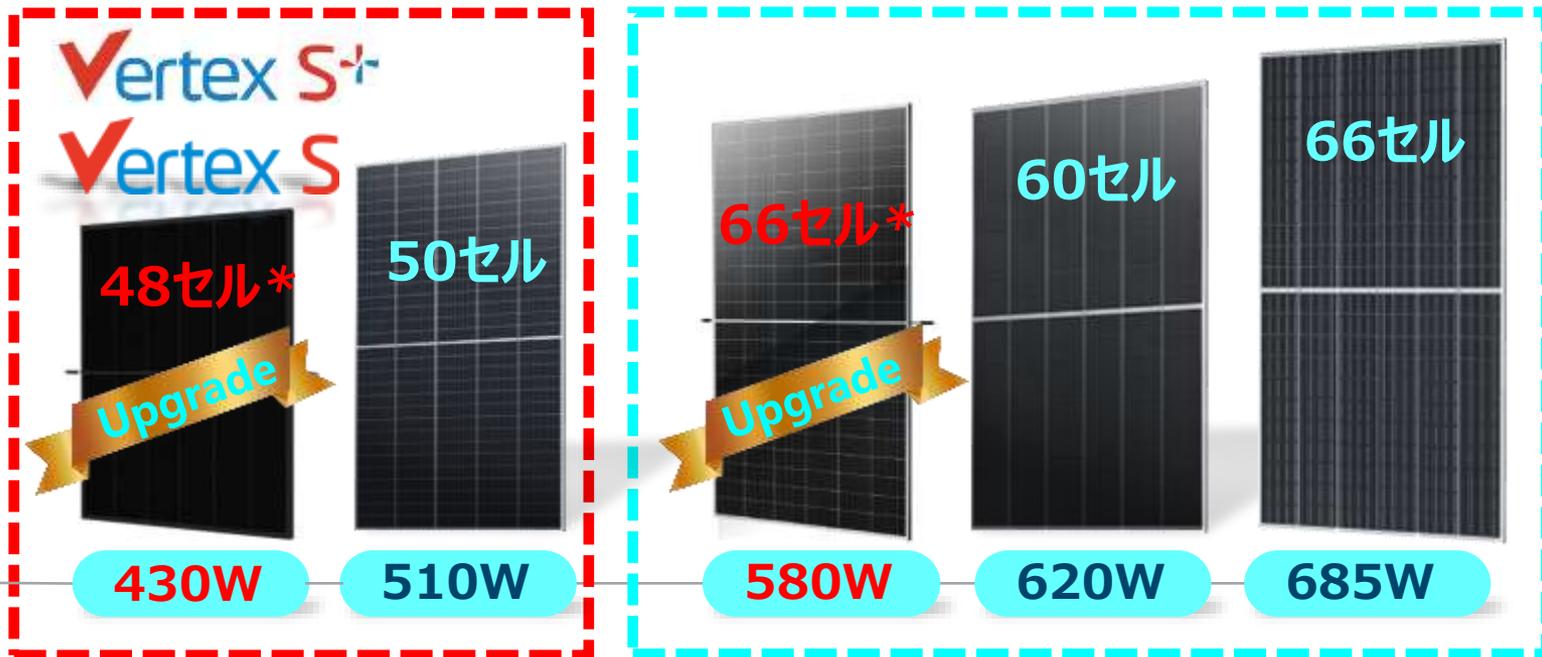
# 2022～2024用途別製品ラインアップ

屋根上設置用途：小型高出力製品群

大規模発電所用途：大型高出力製品群

最先端210mmセル  
搭載モデルを

Vertex  
シリーズ



## 5種類のプラットフォームサイズより用途別に展開

\*210Rセル（210mm \* 182mm Rectangular 48セル、66セル搭載品にアップグレード）

2022年6月現在ラインアップ

# 2022～2024用途別製品ラインアップ

屋根上設置用途：小型高出力製品群

大規模発電所用途：大型高出力製品群

最先端210mmセル  
搭載モデルを

Vertex  
シリーズ

Vertex S<sup>+</sup>  
Vertex S

48セル\*      50セル

Upgrade

430W      510W

DE09R  
DE09R.08  
DE09R.05  
(NEG9R.20\*)  
(NEG9R.28\*)  
(NEG9RC.27\*)

DE18M (II)  
DEG18MC.20(II)

66セル\*      60セル      66セル

Upgrade

580W      620W      685W

DE19R  
DEG19RC.20  
NE19R  
(NEG19RC.20\*)

DE20  
DEG20C.20  
NEG20C.20

DE21  
DEG21C.20  
NEG21C.20

\* (210R、N型セル製品群ラインアップは現時点の暫定です)

# 型式定義

210R 48Cell: Code 9R (144 1/3 cell)

210 50Cell: Code 18 (150 1/3 cell)

210R 66Cell: Code 19R (132 half cell)

210 60Cell: Code 20 (120 half cell)

210 66Cell: Code 21 (132 half cell)

MBB(マルチバスバー) + Multi Cut : Code "M"

Bifacial\*: Code "C"

\*Bifacial:両面受光モデル

\*MBB : マルチバスバー

210Cellより標準搭載につき50cell以外はM削除

\*N型セル搭載製品 : Code "N"

\*PERCセル搭載製品 : (II)

210Cellより標準搭載につき50cell以外は (II) 削除

\*N型セル搭載製品 : Code "N"

\*DEG●●.2● : 両面Glassフレーム仕様

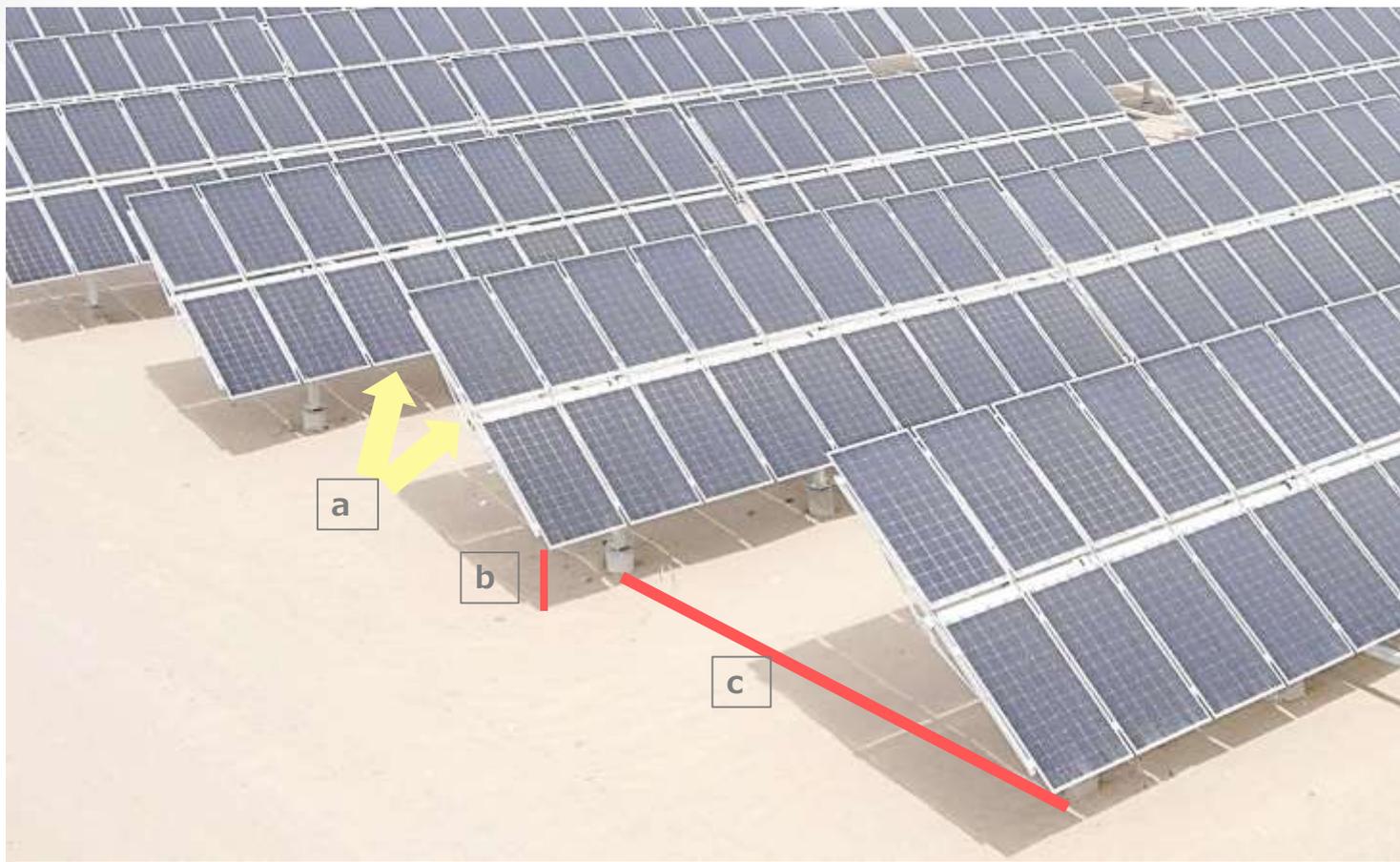
\*末尾.●5 : ブラックフレーム、ブラックバックシート仕様

\*末尾.●7 : 透明充填剤仕様

\*末尾.●8 : ブラックフレーム仕様

| Type                |                        | Code Name      | Cell Size(mm)     |
|---------------------|------------------------|----------------|-------------------|
| PERC 48セル           | バックシート<br>シルバースタイル     | DE09R          | 210R<br>Or<br>210 |
| PERC 48セル           | ブラックバックシート<br>ブラックフレーム | DE09R.05       |                   |
| PERC 48セル           | バックシート<br>ブラックフレーム     | DE09R.08       |                   |
| N型48セル              | 両面ガラス<br>シルバースタイル      | NEG9R.20       |                   |
| N型48セル              | 両面ガラス<br>ブラックフレーム      | NEG9R.28       |                   |
| N型48<br>両面受光セル      | 両面ガラス<br>透明充填剤モデル      | NEG9RC.27      |                   |
| PERC 50セル           | バックシート                 | DE18M(II)      |                   |
| PERC 50<br>両面受光セル   | 両面ガラス                  | DEG18MC.20(II) |                   |
| PERC 66セル           | バックシート                 | DE19R          |                   |
| PERC 66<br>両面受光セル   | 両面ガラス                  | DEG19RC.20     |                   |
| N型66<br>両面受光セル      | 両面ガラス                  | NEG19RC.20     |                   |
| PERC 60セル           | バックシート                 | DE20           |                   |
| PERC 60セル<br>両面受光セル | 両面ガラス                  | DEG20C.20      |                   |
| N型60セル<br>両面受光セル    | 両面ガラス                  | NEG20C.20      |                   |
| PERC 66セル           | バックシート                 | DE21           |                   |
| PERC 66<br>両面受光セル   | 両面ガラス                  | DEG21C.20      |                   |
| N型66セル<br>両面受光セル    | 両面ガラス                  | NEG21C.20      |                   |

# 設置ガイド



➤ 架台部分:

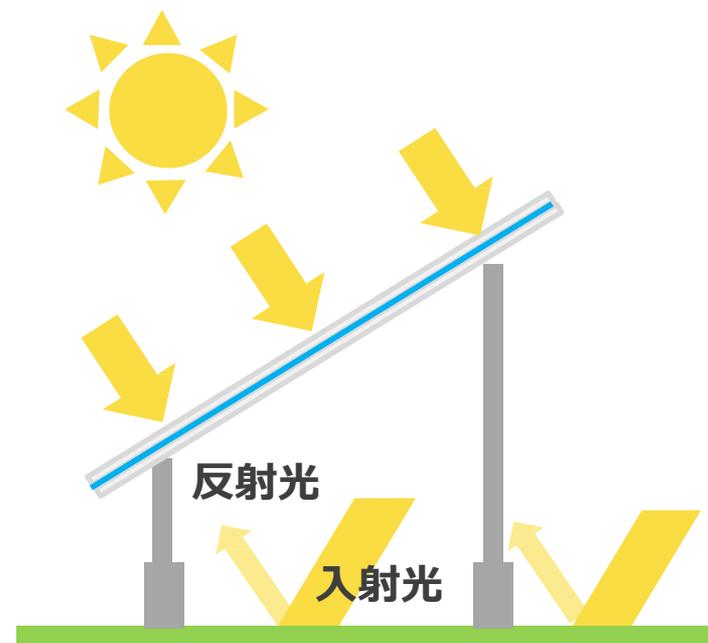
a. アルベド; b. モジュールの高さ; c. アレイ間ピッチ (GCR) ; d. 縦置きもしくは横置き; e. 影; f. トラッカー

➤ 電気設計: パワコンの電氣的容量

- 地上面のアルベドは、両面発電モジュールの発電量を増やす主要素です。アルベドの定義は、以下の式で示されます：

$$\text{アルベド} = \frac{\text{入射光}}{\text{反射光}}$$

- 図3に示すように、モジュールの裏面に入射する主要な太陽光は周りの地表面からの反射光です。



## 異なる地表面のアルベド：



砂地 R: 3%-5%



草地 R: 10%-25%

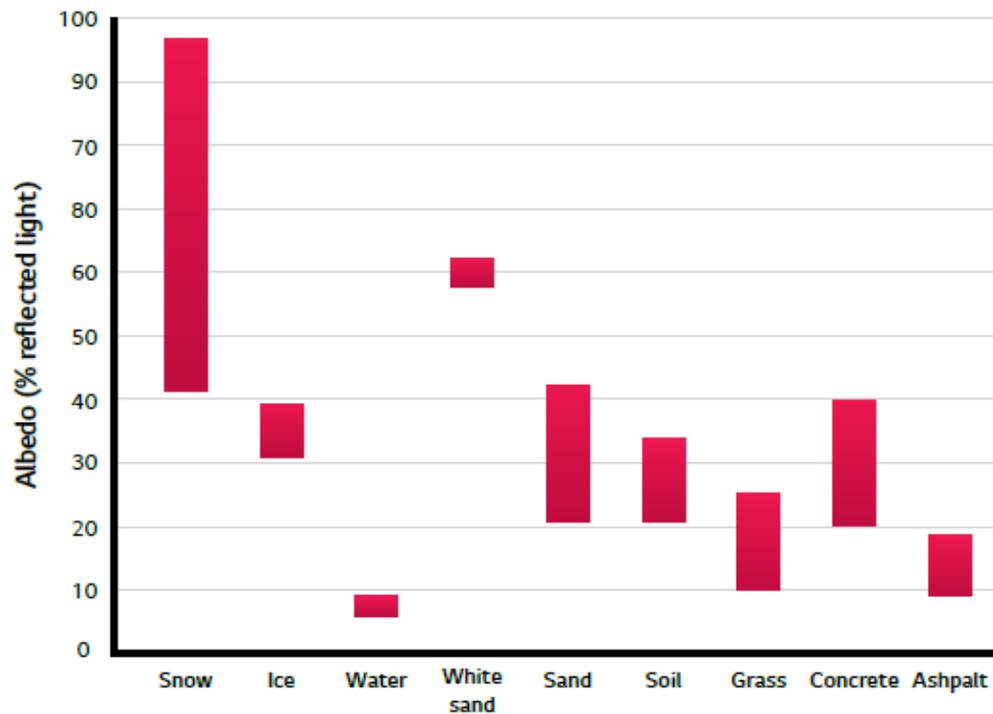


雪地 R: 75%-90%

図3. モジュール裏面への反射光に依る発電

# 架台部分—アルベド

Albedo range for a variety of surface



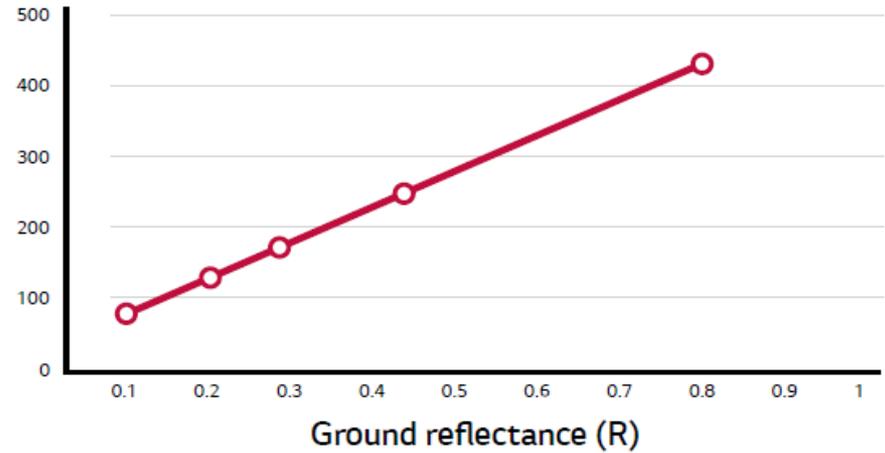
\* Source : Helmholtz Alfred-Wegener Institute and the National Renewable Energy Laboratory (NREL)



Albedometer

$$\text{Albedo} = \frac{I_{SC \text{ ground}}}{I_{SC \text{ sky}}}$$

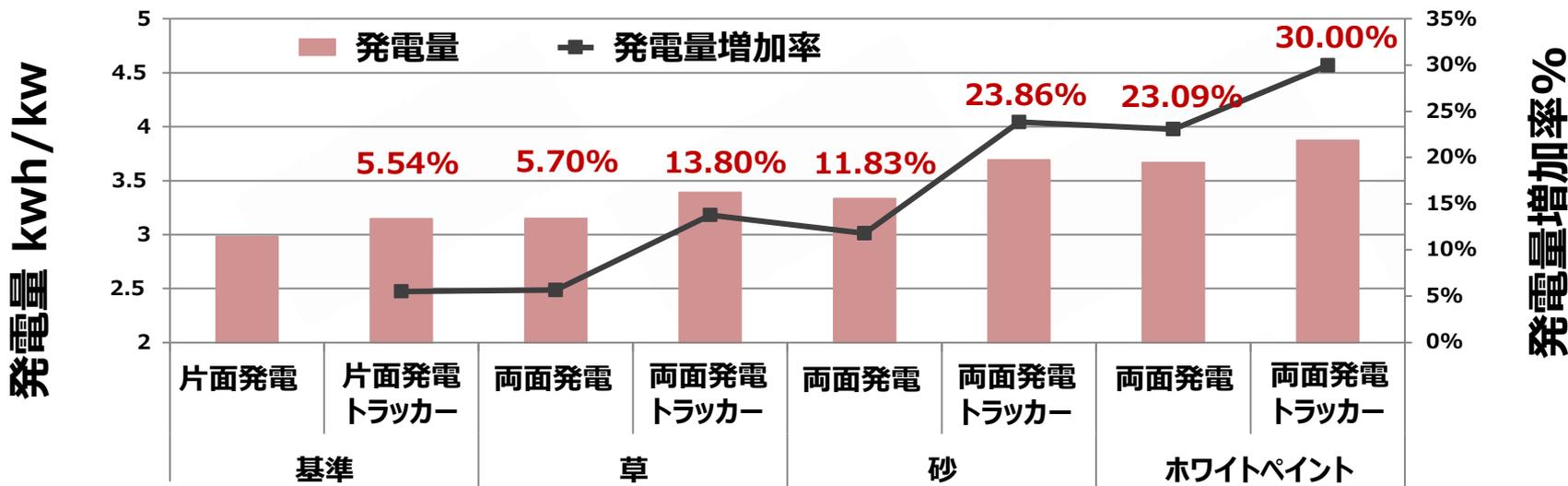
Relation of albedo and irradiation on backside



| Material               | Reflectance*(R) | Great at 1000Wm <sup>-2</sup> front |
|------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Asphalt                | 0.1             | 70 Wm <sup>-2</sup>                 |
| Light soil             | 0.21            | 130 Wm <sup>-2</sup>                |
| Concrete               | 0.28            | 170 Wm <sup>-2</sup>                |
| Beige built-up roofing | 0.43            | 250 Wm <sup>-2</sup>                |
| White EPDM roofing     | 0.8             | 430 Wm <sup>-2</sup>                |

\* Source : Deline et al, IEEE PVSC 2016; Deline et al, IEEE JPV (submitted) (National Renewable Energy Laboratory)

## 異なる地表面での両面発電出力：雪、砂、草 異なる地表面での発電量と増加率



### プロジェクト情報

設置場所：中国常州、北緯31°

サンプル：それぞれの設置方法に対して5枚ずつ

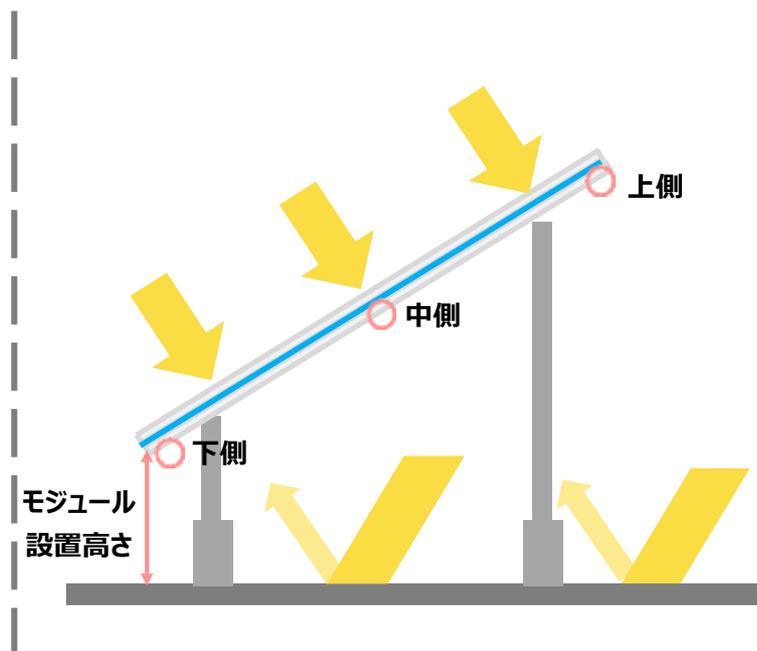
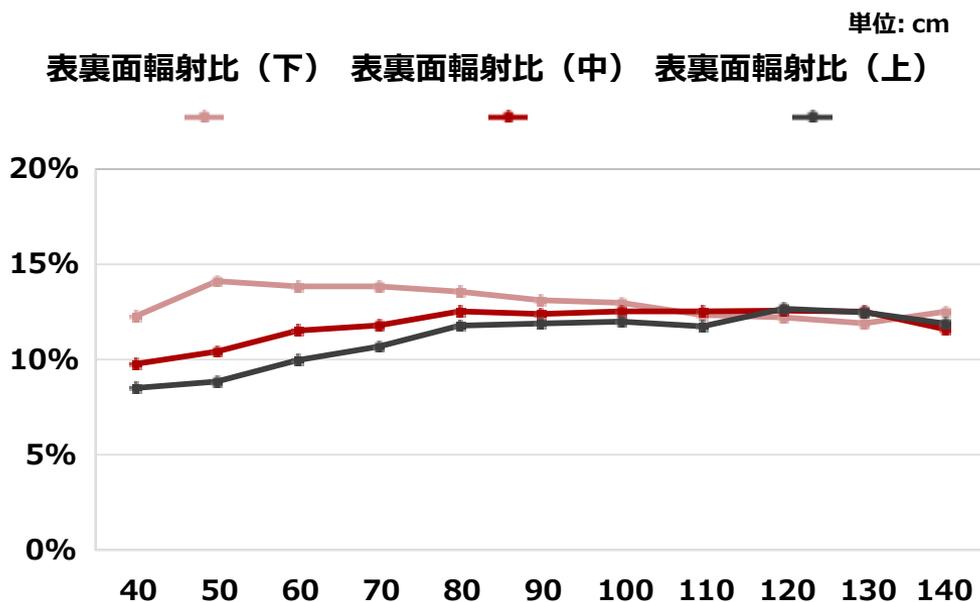
設置角度：27°固定と一軸トラッカー

期間：2017.02-2017.08



- モジュールの設置高が低くなるほど、裏面への輻射量が低下します。これは、両面発電の発電量に影響を与える主要ファクターになります。
- モジュール高さが1.1m以上あれば、裏面上、中及び下側の輻射がほとんど均一になります。

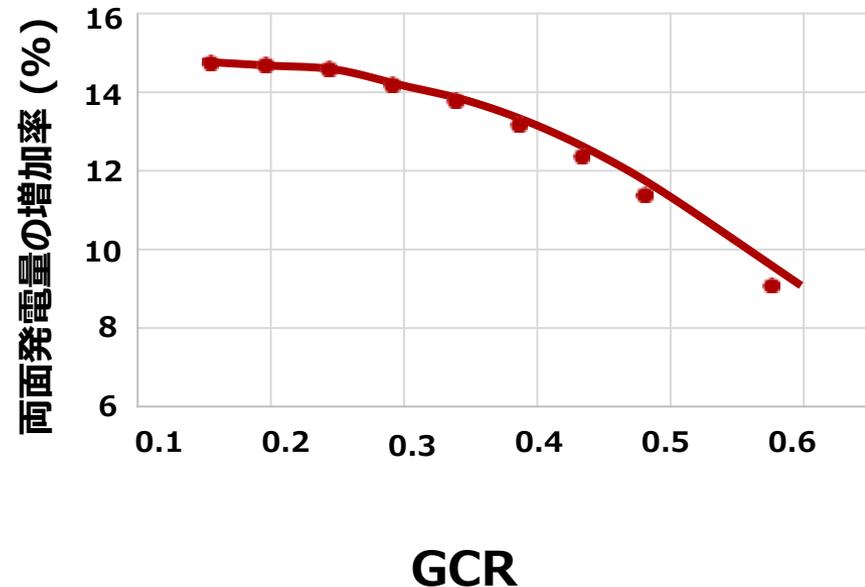
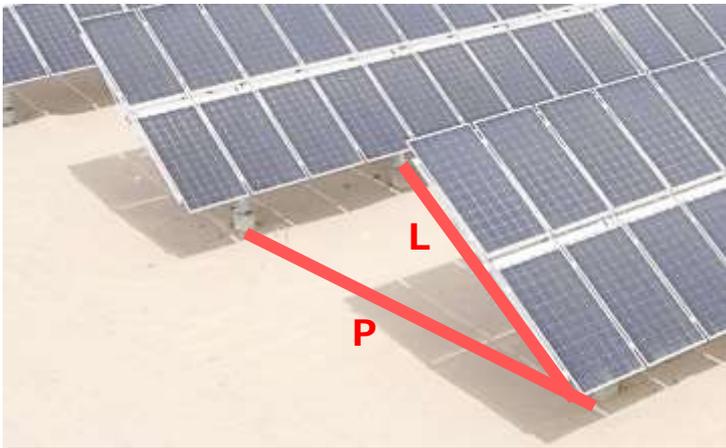
異なる設置高さでの表面と裏面の輻射の比率



- アレイ間ピッチは、前後のアレイ間の距離です。アレイ間ピッチは、グランドカバーレジシオ（GCR）と相関性があります。

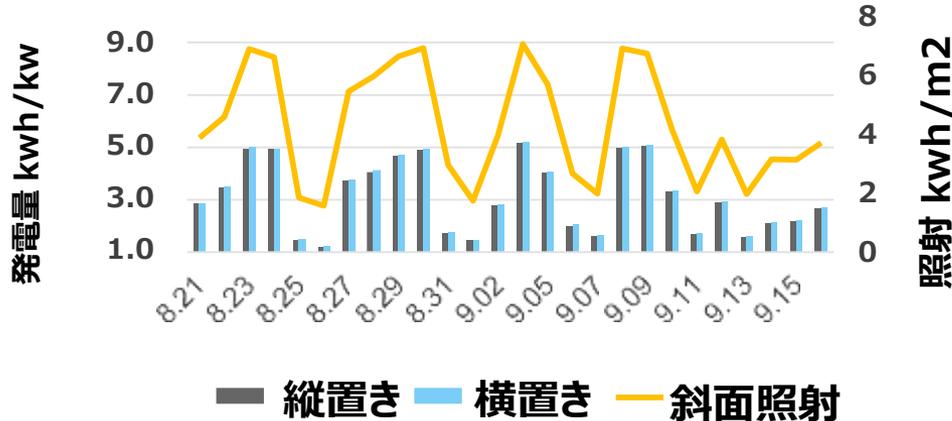
$$GCR = \frac{\text{モジュール領域}}{\text{地表領域}} = \frac{L}{P}$$

- GCRが増加するにつれて、両面発電の発電量増加率が減少します。  
一方、GCRの減少は土地、ケーブルなどのコストの増加になるかもしれません。



- 横置き設置の方が、縦置き設置に比べて1.23%程度発電量が高い結果となった。
- 1日の日射量が5kwh/m2以上の場合、横置き設置が縦置き設置より0.95%程度高い結果となった。

## 横/縦置きの日毎の発電量 (kwh/kw)



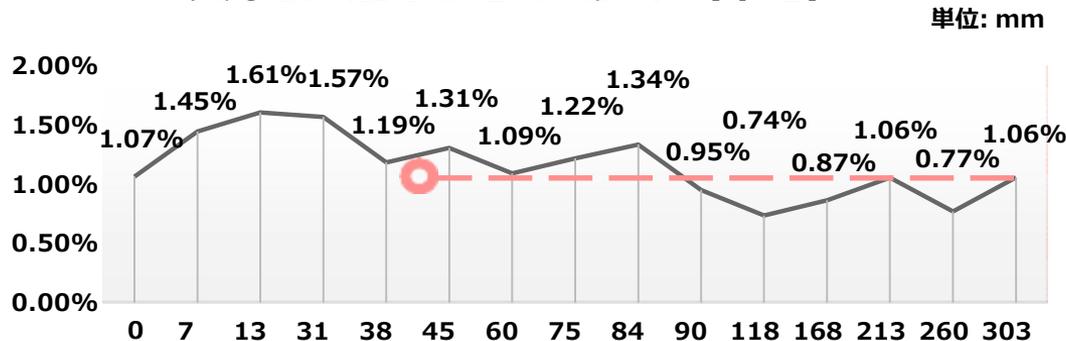
### プロジェクト情報

- 周囲: 草地
- サンプル: 両面発電モジュール 60枚
- 設置: 縦置き及び横置きそれぞれ5枚ずつ
- 高さ: 1.7m(縦置き)、2m(横置き)
- 接続: インバーター
- 期間: 2018.8.21-2018.9.26(9.3を除く)

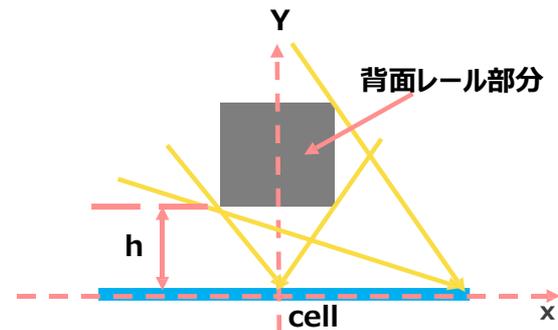
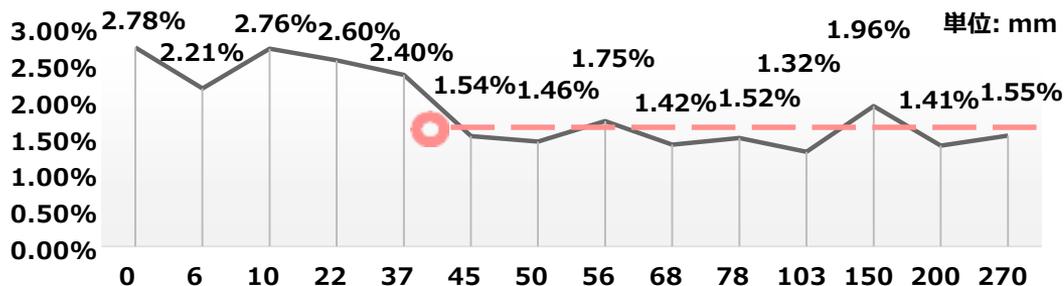
|                 | (kWh/kW)     | 好天日<br>(照射≥5kwh/m2)<br>(kWh/kW) |
|-----------------|--------------|---------------------------------|
| 縦置き             | 81.50        | 46.47                           |
| 横置き             | 82.50        | 46.91                           |
| <b>横vs縦置き比較</b> | <b>1.23%</b> | <b>0.95%</b>                    |

- 背面レールがある場合、背面レールとモジュール間距離“h”が40mm以上あれば裏面照射における影の影響は飽和する結果となった。
- 背面レールに依る影の影響を低減するために、hを40mm以上にすることを推奨します。

### 異なる距離での電流減少率（草地）



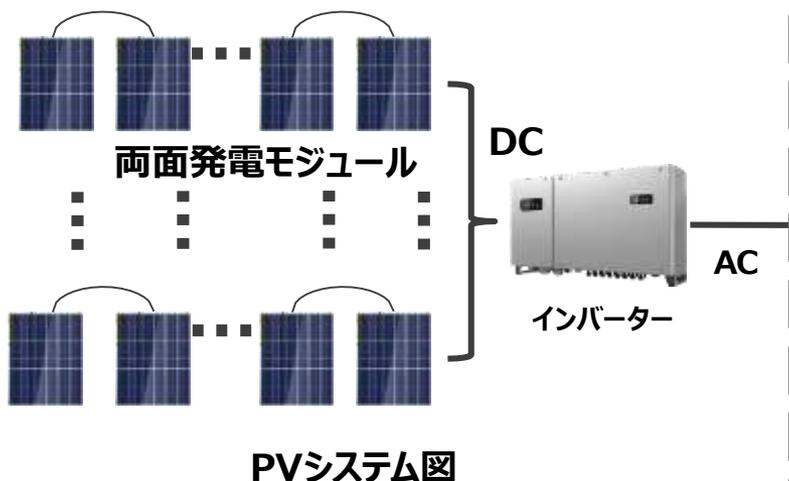
### 異なる距離での電流減少率（ホワイトグラウンド）



注：電流の減少は、発電能力を反映します。すなわち、電流減少率が少なければ、発電量が増加します。

- ▶ 両面発電モジュールの電流値は、裏面出力が増えるにつれ増加します（以下参照）、依ってインバーターの最大入力電流値が増加後の両面発電モジュールの電流より大きいことを確認要。

## 例：裏面より25%出力アップ想定時の電気特性



例えば、TSM-DEG17MC.20(II)にSUN2000-4.95KTLのインバーターを選択する場合、インバーターの最大DC入力電流（16A）が両面発電モジュールの裏面出力が25%のときのIsc（14.15A）よりも大きくなる様にシステム設計をする事を推奨します。

### 両面発電PVシステムの電気特性

| 電気特性          | 単位 | 17MC.20 | 裏面出力増加率 |       |       |
|---------------|----|---------|---------|-------|-------|
|               |    |         | 10%     | 15%   | 25%   |
| 最大出力          | W  | 445     | 490     | 512   | 556   |
| 最大出力動作電圧-VMPP | V  | 41.4    | -       | -     | -     |
| 最大出力動作電流-IMPP | A  | 11.32   | 11.82   | 12.36 | 13.44 |
| 開放電圧-VOC      | V  | 49.3    | -       | -     | -     |
| 短絡電流-ISC      | A  | 11.32   | 12.45   | 13.02 | 14.15 |

### インバーターの最大入力電流

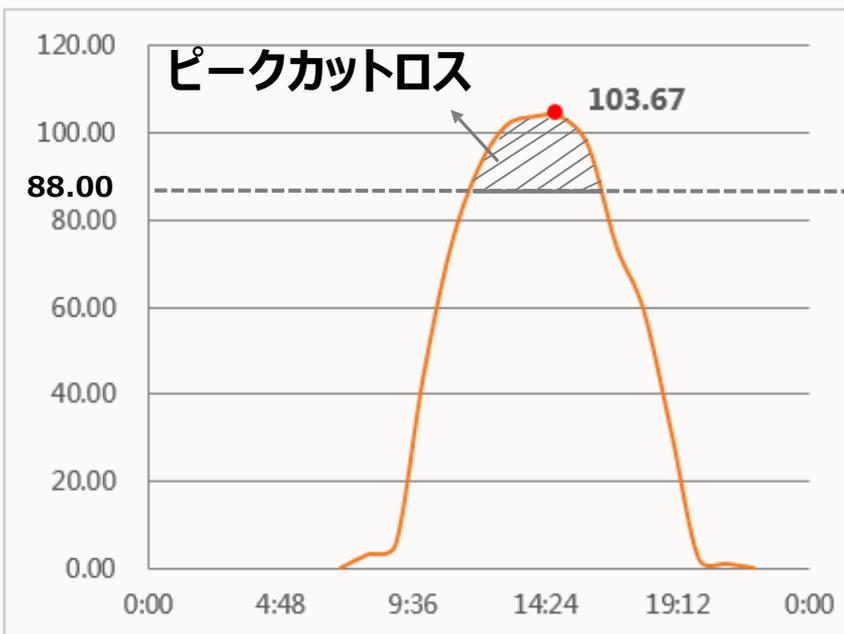
| 電気特性              | 単位   | SUN2000-4.95KTL-JPL |
|-------------------|------|---------------------|
| 過負荷容量             | -    | 110%                |
| 最大DC入力電流(MPPT回路毎) | A    | 16A                 |
| MPPT回路数           | 回路   | 2                   |
| 最大入力回路数           | 入力回路 | 2/4(分岐並列入力)         |

**注) 並列接続は電流値が倍になるのでNG**

- PVモジュールアレイのDC出力がインバーターの最大容量を超える場合（過積載）インバーターの飽和（ピークカット）が発生します、インバーターに依ってDC電圧の調整に依りDC出力を下げる調整がされます。インバーターを選定する際に、過積載率とピークカットを考慮する必要があります。両面発電モジュールは過積載と同じ効果と考える事が出来ます。ピークカット率を低減するには、以下二つの方法があります：

- 1.過積載率を下げる；
- 2.より高い容量を持つインバーターを選択

単位：kW



インバーターの最大入力出力  
(過負荷要用：1.1)  
88kwインバータの場合

- 輸送、梱包、開梱、保管等に加えて、設置手順等が記載されたマニュアル
- 本マニュアル記載内容を遵守しないと限定保証の対象外になる恐れがあります
- 現在、下記のユーザーマニュアル（和文・英文）があります。
  - 166mmセル製品群 バックシート版、Duomax Twin版
  - 210mmセル製品群



# 最先端210mm角セル搭載 Vertex 納入事例

TrinaSolar



大柴旦(Da Chaidan), 青海省, 中国

## CNE 120MW 大規模発電所プロジェクト

协合新能源



210 Vertex  
670W 両面受光  
モジュール



規模  
120MW



2021  
連系



ゴビ  
塩-アルカリ土壌



協合新能源: 発電事業者



Q&A

Trina solar