

# 次世代太陽電池

## ペロブスカイト

### 太陽電池について

ガラス発電へ活用を推進

2023年6月30日作成

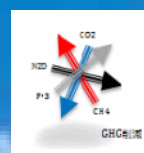
ガラス発電アドバイザー資格教材

ガラス発電アドバイザー資格	
登録番号	20230601
氏名	発電 太郎
生年月日	1990/0/0
資格階級	初級、中級、上級
所得年月日	2023年6月1日
有効年月日	2026年6月1日

写真

ZEB PLANNER  
一般社団法人 沖縄CO2削減推進協議会  
Okinawa CO2 Reduction Promotion Conference

おきなわSDGsパートナー



一般社団法人  
沖縄CO2削減推進協議会  
Okinawa CO2 Reduction Promotion Conference

---

まえがき	1
A.天然のペロブスカイト	2
1、天然ペロブスカイトとは	2
B、ペロブスカイト太陽電池	2
1、発明者は	2
2、発明内容は	3
3、構造は	3
4、良い特徴	4
5、課題	4
6、近い将来に設置場所	5
C、日本政府は	5
D、メーカーの開発動向	6
E、大学や研究所の開発動向	7
F、各種太陽電池の分光感度	9
G、太陽電池の種類	10
H、太陽光発電世界シェア	18
I、太陽光電池の比較	19
J、発電ガラス事例	21
K、Low-E複層ガラスについて	24
L、BIPV（建築物一体型太陽電池）について	25
M、各種燃料による発電コスト比較	25

資 料

## まえがき

- ①昨今の電気料金高騰により、地産地消の電源として誰でも自由に使えるエネルギー太陽光発電が、注目されています。（太陽光エネルギー 1時間で世界の1年分の電気使用量を賄う事が出来る）
- ②経済産業省は、2030年までに、再生可能エネルギーの電源構成比率で、目標22～24%から36～38%に引き上げた。（2022年再エネ太陽光・太陽熱・風力・地熱、バイオマスで15.7%）
- ③環境省は2030年度の太陽光発電の導入目標に約2000万キロ・ワット分を積み増す方針を決め、原子力発電所20基分に相当する。（1基100万KW）
- ④2023年4月4日、岸田首相が、次世代太陽電池のペロブスカイト型太陽電池を2030年までに、普及させる方針を打ち出した。
- ⑤ペロブスカイト太陽電池は、印刷などで製造でき、薄くて、軽く、安価、変換効率が高く、曲げられる事から、今まで使用できなかった、軽量建築の屋上やビルの壁面、EV車など、あらゆる場所に設置できる、また、低い光でも、発電することから、曇りや雨天、また室内のLEDでも発電できる優れた太陽電池で、発明者はノーベル賞候補の呼び声もあがっている。
- ⑥ペロブスカイト太陽電池で2035年には8300億円まで市場規模となる見込み。
- ⑦主な原料であるヨウ素は、日本は、世界2位、埋蔵量は、世界1位です。
- ⑧東京23区内の建物屋上と壁面の一部に設置すると、原発2.5基分の発電が可能という。（変換効率20%を想定）
- ⑨協議会及び会員の沖華産業、モリベニは、ペロブスカイト太陽電池をLow-E複層ガラスに組み込み、ガラス発電として活用します。
- ⑩中国では、量産を行っていて、ガラス基板型で変換効率18.2～19.7%（日本は17.93%で量産まだ）で、量産品では、最高変換効率です。

この資料は、ガラス発電アドバイザー資格の教材としても使用する

作成者：瑞慶覧

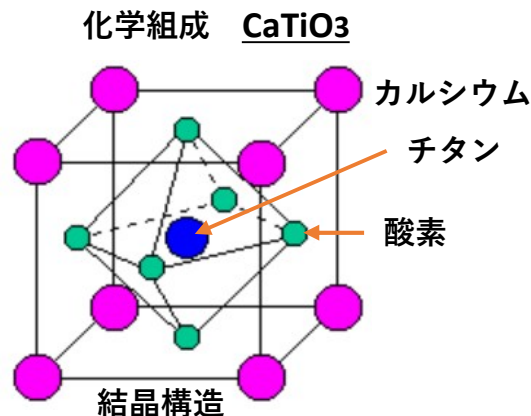
## A.天然のペロブスカイト

### 1、天然ペロブスカイトとは

ロシアのウラル山脈で、ロシアの鉱物学者レフ・ペロブスキー氏が、1839年に47才のころに、発見した天然の鉱物（灰チタン石で鉱物名はチタン酸カルシウム）で、珍しい特殊な結晶構造を持ち、この結晶構造をペロブスカイト構造と呼ばれる。



灰チタン石



## B、ペロブスカイト太陽電池

### 1、発明者は

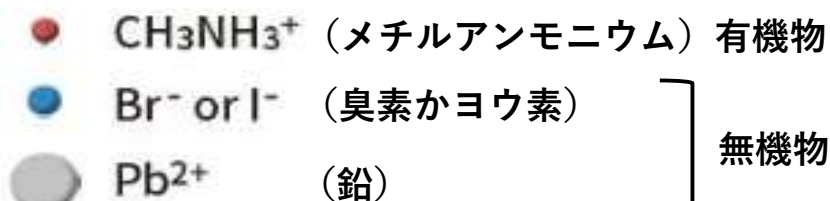
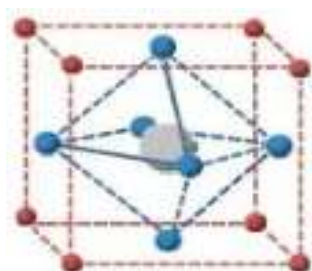
・桐蔭横浜大学の宮坂力特任教授が2009年に発明し、当初の変換効率は3%程度で、注目されていませんでしたが、現在では、次世代の最有力として注目を浴びています、また、研究者数も数名だったのが、3万人（中国人1.5万人、日本1000人）となり、面積703m<sup>2</sup>（フィルム状）変換効率も15%以上と、急激に開発されています。（色素増感太陽電池を携わっていて、その材料をペロブスカイトに変えて実験を始めたのは2006年）

### 2、発明内容は

・天然のチタン酸ペロブスカイト（変換効率が相当低い）の酸素をハロゲン（ハロゲン族からヨウ素を使用）に置き換えた人工的な合成物質で、化学組成は、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ （メチルアンモニウムヨウ化鉛）です。

（その他に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 、 $\text{CsPbBr}_3$ 、 $\text{FASnI}_3$ 、 $\text{FACsPbI}_3$ 、 $\text{FAPbI}_3$ 、 $\text{CsFAPbI}_3$ ）

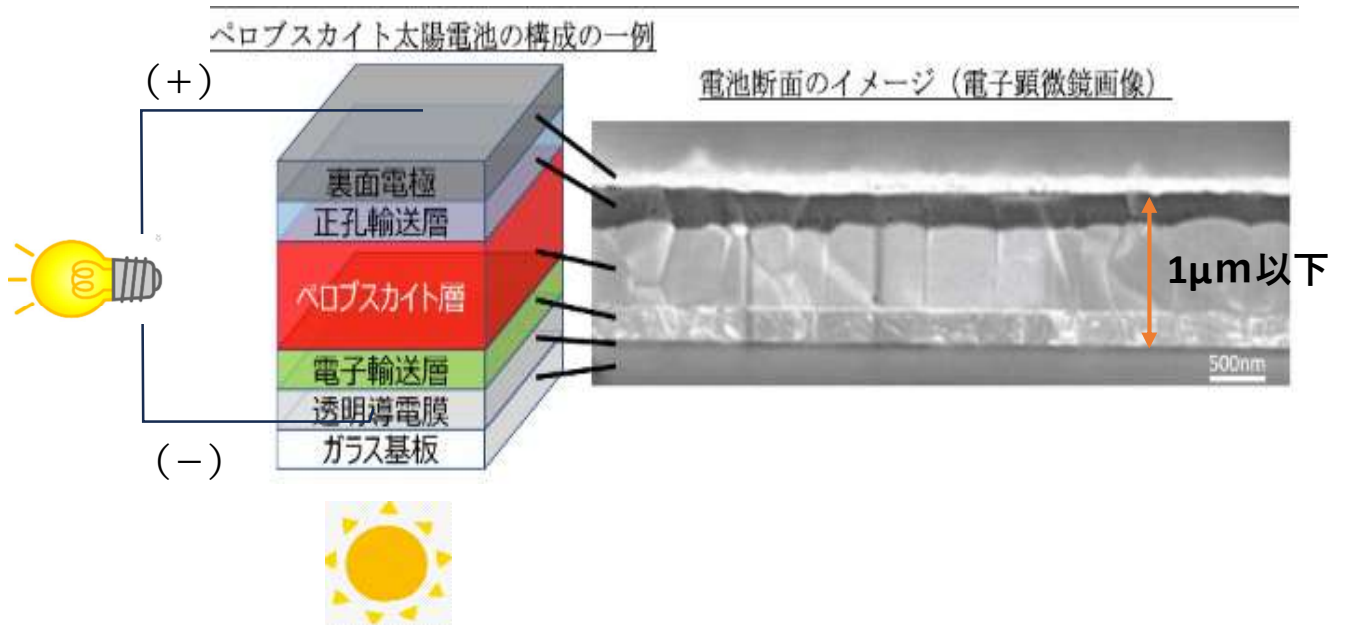
・種類は有機物に属しているが、有機無機ハイブリットのハロゲン化金属ペロブスカイトで、ヨウ化鉛ペロブスカイトとも言われる。



・種類は有機物に属しているが、有機無機ハイブリットのハロゲン化金属ペロブスカイト有機物と無機物でヨウ化鉛ペロブスカイトとも言われる。

### 3、構造は

・太陽光入射側（トップ側）から透明導電膜→電子輸送層（酸化亜鉛や酸化チタンを積層）→中央にペロブスカイト層→正孔（ホール）輸送層（Spiro-OMeTAD）→裏面電極を積層により電池となる、厚さは $1\sim 2\mu\text{m}$ で、電子輸送層とペロブスカイト層と正孔輸送層で $1\mu\text{m}$ 以下となる。

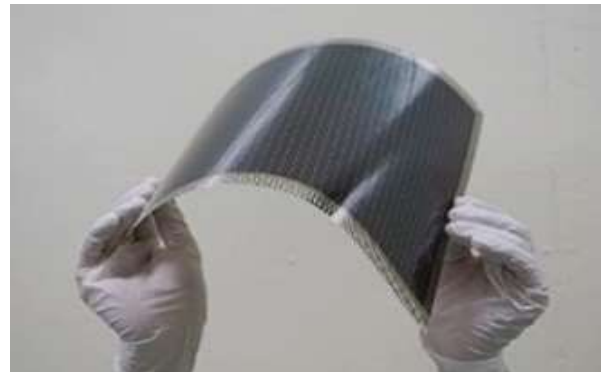


### 4、良い特徴

・フィルム状に、塗布や印刷することにより薄く ( $1\mu\text{m}$ )、安く製造できる。

・フィルム状の為、軽く、自由に曲げらる為、重量 ( $2\text{kg}/\text{m}^2$ ) で設置できない屋根や、湾曲の場所や壁面などあらゆる場所に設置できる。

(シリコン系は $10\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ )



・光の吸収効率が良い為、雨天でも、室内のLED（変換効率34%）でも発電できる。



- ・当初数パーセントだった変換効率が、東芝703cm<sup>2</sup>で15.1%（世界最高）で、1cm<sup>2</sup>では、20%以上と、飛躍的に変換効率が向上している。
- ・主材料がヨウ素と鉛の為、日本で調達でき、ヨウ素については、埋蔵量は世界最大で、生産量はチリにつき2位で世界の約30%を占めており日本（千葉県）から輸出できる貴重な国産天然資源とされている。
- ・製造時に100°Cの低温製造の為、CO2排出が低い。（シリコン系は1400°C）
- ・ペロブスカイト膜は、光透過性が有る為、ガラス窓などに使用できる。
- ・ペロブスカイトは材料を変えることにより色（黒、黄色、オレンジ、赤など）を自在に変えられる。
- ・近い将来で量販ができ、寿命が20年とすると発電コストが、石炭発電の12円/kWhに対して6~7円/kWhとなる。（低コスト出来る）

## 5、課題

- ・原料は、ヨウ化鉛（毒性・発がん性があり、また血液、肝臓、神経に障害が出る）とヨウ化メチル（咳・咽頭痛・吐き気・嘔吐・下痢・頭痛・めまい・嗜眠・脱力感・痙攣・錯乱・死、症状は遅れて現われることがある）を使用しており、安全性に問題あり。（スーパーコンピューター京で代替材料としてAサイト3種類、Bサイト49種類、Xサイト3種類を探索され、現在研究中）
- ・面積を大きくすることが、難しく、性能にバラツキが出る。
- ・ペロブスカイトは、吸湿性が有る為、水分と反応し劣化し発電効率が下がる。
- ・赤外線（熱）や紫外線に、弱い性質が有り、ペロブスカイトの組成が混合ハロゲンの場合連続光放射において、結晶層の分相（ヨウ素化物と臭素化物の分相する）が、おこることが有り、結晶が劣化し発電性能が、落ちる。

※以上の問題点は、改善される見込みです。

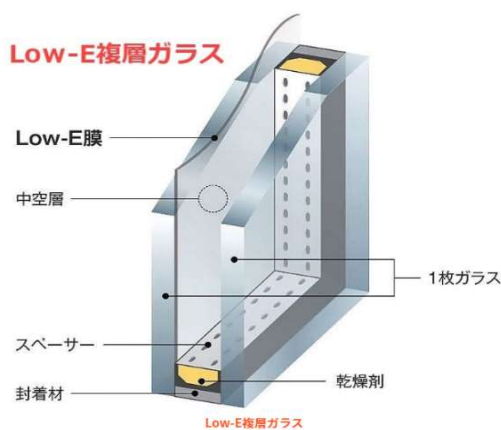


## 6、近い将来に設置場所

- ・シリコン系などは重い為（ $10\sim 15\text{Kg}/\text{m}^2$ ）設置できない場所（軽量屋根など）でも、軽い（ $約2\text{Kg}/\text{m}^2$ ）ため設置できる。
- ・低い光量でも、発電できるため、外壁、窓ガラス、ブラインド、ベランダ、屋根北斜面、室内（机、内壁など）にでも設置出来る。
- ・曲げられるため、湾曲した場所にも設置できる。
- ・EV自動車、農事用ハウスなど、あらゆる場所へ設置できる。

※現状は、課題とする、耐久性をクリアーする必要が有ります。

- ・現在使用できる場所は、耐久性（水分や熱の影響）の課題が有り、**室内の内壁**や、屋外は、**Low-E複層ガラスにペロブスカイト太陽電池**を挟み込み使用することが考えられる。



## C、日本政府は

- ・2023年4月4日、岸田首相が「再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」で、「ペロブスカイト型太陽電池」と呼ばれる次世代パネルを2030年までに普及させる方針を打ち出した。この「ペロブスカイト太陽電池」、開発したのは日本人、宮坂力博士とその弟子だ。薄くて軽量、曲げることもできる。宮坂博士には、ノーベル賞候補の呼び声もあがっている。日本の発明なのに、実は世界はすでに大きく動き出し、中国では大量生産への動きも具体化している。

- ・ペロブスカイト太陽電池で2035年には8300億円まで市場規模となる見込み。
- ・東京23区内の建物屋上と壁面の一部に設置すると、原発2.5基分の発電が可能という。（変換効率20%を想定）
- ・環境省は2030年度の太陽光発電の導入目標に約2000万キロ・ワット分を積み増す方針を決めた。原子力発電所20基分に相当する。

## D、メーカーの開発動向

メーカー	型	変換効率		その他
		現在	将来	
積水化学（NEDO基金、産学官との連携、東大、立命館大）	フィルム	<b>30cm角 15%</b>		耐用年数は、樹脂でパッケージで10年、製造法はロールツーロール、大阪うめきた駅の広場に2025年設置する。 <u>東京都と協定締結</u> し実証事業（下水道施設に9㎡太陽電池設置）で2025年まで実施
東芝（NEDO基金、産学官との連携、東大、立命館大）	フィルム	<b>703cm<sup>2</sup>で 15.1%</b>	900cm <sup>2</sup> で 18%以上	製造法はステップメスカス塗布、2025年めどに事業化、フィルム型では、最高効率
アイシン（NEDO基金、産学官との連携、東大）	フィルム	<b>30cm角（50直列） 13.08%</b>	30cm角で 20%以上	製造法はスプレー法で2025年に自社工場で実証
エネコートテクノロジー（NEDO基金、産学官との連携、京大）	フィルム	<b>11.5%</b>		2024年にパネル大での量産
パナソニック	ガラス	<b>804cm<sup>2</sup>で 17.93%</b>	20%	
サウレ・テクノロジーズ（ポーランド）	フィルム	<b>15.74cm<sup>2</sup>で 10.5%</b>		2021年5月に5000㎡工場を開設、IoT端末向け、100メガワット精算ライン
オックスフォードPV（英国）				シリコン型と合わせた電池の工場を建設
大正微納科技（中国）				22年7月から大型パネルを量産を開始、23年には、10倍とする
WuxiUcmostLightTechnology（中国）	ガラス	<b>63.95cm<sup>2</sup>で 20.5%</b>		
<b>中国</b>	<b>ガラス</b>	<b>7200cm<sup>2</sup>で 18.2%</b>		サイズ1200×600×7で量産化している、このサイズでの商品では最高効率



## E、大学や研究所の開発動向

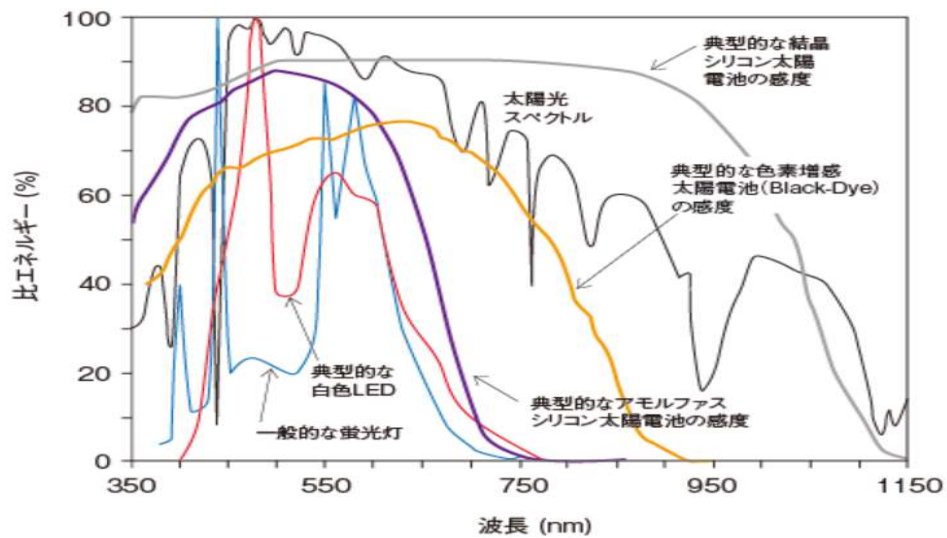
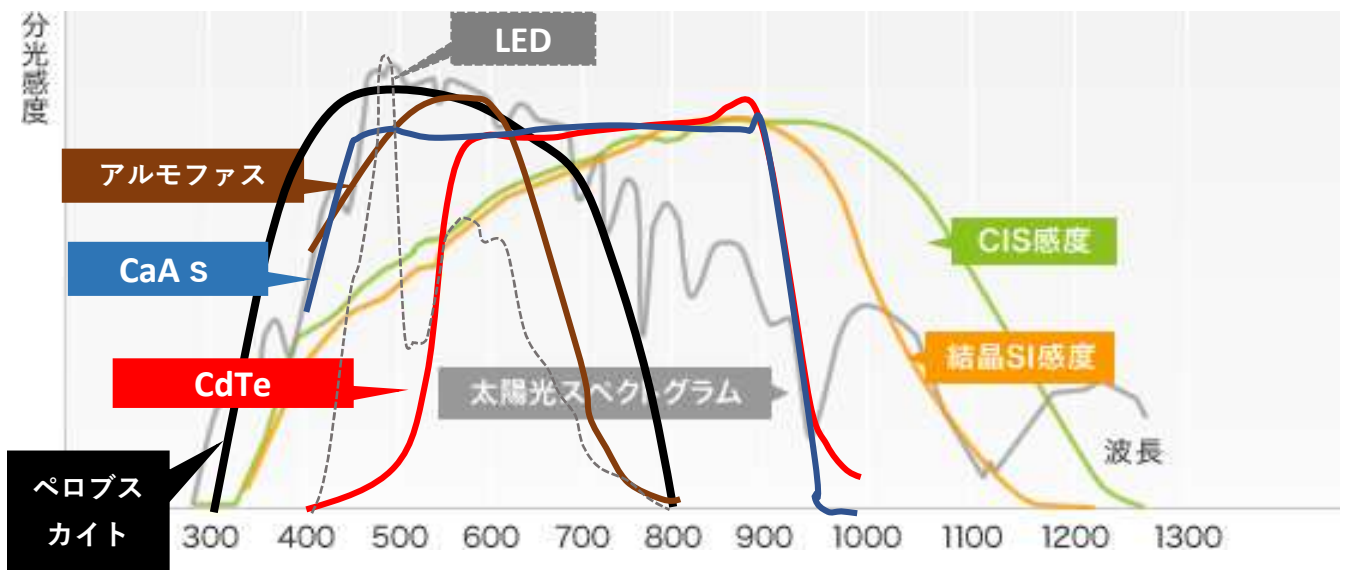
大学や研究所	開発動向
宇宙航空研究開発機構	宇宙用PSCを開発
沖縄科学技術大学院大学	PSCモジュール面積22.4cm <sup>2</sup> (5cm角) 2000 h 光照射後の性能86%を維持した (産業技術総合研究所では変換効率16.6%を達成、今後大型化を図り商業化を目指す)
京都大学	スタートアップ企業エネコートテクノロジーを立ち上げスズ系PSCを開発、 <b>スズ系</b> PSCで変換効率11.5%だった。15~20%の変換効率は見えてきた。(CH <sub>3</sub> NH <sub>3</sub> SnI <sub>3</sub> )
金沢大学	PSCの高性能電子輸送層を開発、変換効率30%は可能している
筑紫大学	PSCの劣化機構を解明
電気通信大学	円筒型PSCモジュールを開発、鉛フリー (スズ系) で世界最高の13.2%を達成
桐蔭横浜大学	PSCのパイオニアで、自動成膜装置を開発。 鉛フリーでは <b>AgBi<sub>2</sub>I<sub>7</sub></b> に注目している。 <b>横浜市は、桐蔭横浜大学と連携</b> を発表。
東京工業大学	PSCを光無線給電に応用。成膜プロセスを簡素化し安定した高品質の成膜を行うため <b>CsPbBr<sub>3</sub></b> 粉末を用いシングルソース蒸着と言う新たな新たな成膜プロセスを検討。
東京都立大学	光無線にPSCを応用 ( <b>CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub></b> )
山形大学	逆構造のPSCを開発
オーストラリア国立大学	PSCタンデム型を開発、 <b>27.7%</b>
スイス連邦工科大学	グアニジウムイオンを添加で1000 h で7割低下を維持、変換効率は <b>19%前後</b> を維持
英国ケンブリッジ大学	PSCタンデム型の高耐久化を実現
フランス国立太陽エネルギー研究所	フレキシブルPSCで800 h で初期効率90%を維持 (33mm <sup>2</sup> )
ドイツヘルムホルツセンター・ベルリン研究所	PSCタンデム型の高効率技術を開発、 <b>FASnI<sub>3</sub></b> スズ系PSCで世界最高変換効率9.1%で、また高い耐久性を維持。
国際研究所imec	PSCタンデム型を開発、PSCとCIGSのタンデムで変換効率24.6%を達成
ドイツ非営利研究機関ISFH	PSCとシリコンのタンデム型を開発、SiとPSCのタンデムで30%以上を目指す
韓国のKAIST	PSCタンデム型を開発、SiとPSCのタンデムで30%以上を目指
サウジアラビア王立科学技術大学	PSCタンデム型を開発 PSC変換効率23.8%を達成
独カールスルーエ工科大学	PSCベースのタンデム型を開発
リトアニア カウナス工科大学	PSCの新規正孔輸送材料を開発
華中科技大学	PSCの大面積技術を開発 ( <b>FACsPbI<sub>2</sub>Br</b> )
マサチューセッツ工科大学	PSCの長寿命化を開発

シンガポールナンヤン工科大学	<b>CsFAPb (I, Br) 3</b> 薄膜で成膜平均効率16.35%で最高18% (アクティブエリア0.09cm <sup>2</sup> )、また未封止でも80°C700 hで高い耐久性を示す。
米国再生可能エネルギー研究所	オールPSCタンデム開発
豪クイーンズランド大学	<b>CsFAPbI<sub>3</sub></b> で変換効率16.6%を達成
ローマ トルヴェルガタ大学	PSCとSiのタンデム型で26%超
陝西師範大学センセイハン	電子輸送層にユウロピウムイオンを添加したPSCの変換効率は20.14%。
オランダ アイトホフェン	PSCとCIGSのタンデム型で変換効率28.7%
台湾国立大学	36.6cm <sup>2</sup> でモジュール変換効率16.06%。
韓国UNIST	<b>FAPbI<sub>3</sub></b> 薄膜で、照明下で25.8%を達成
豪ニューサウスウェールズ	高耐久のPSCを開発
独ZSW	PSCとCIGSのタンデム型を開発

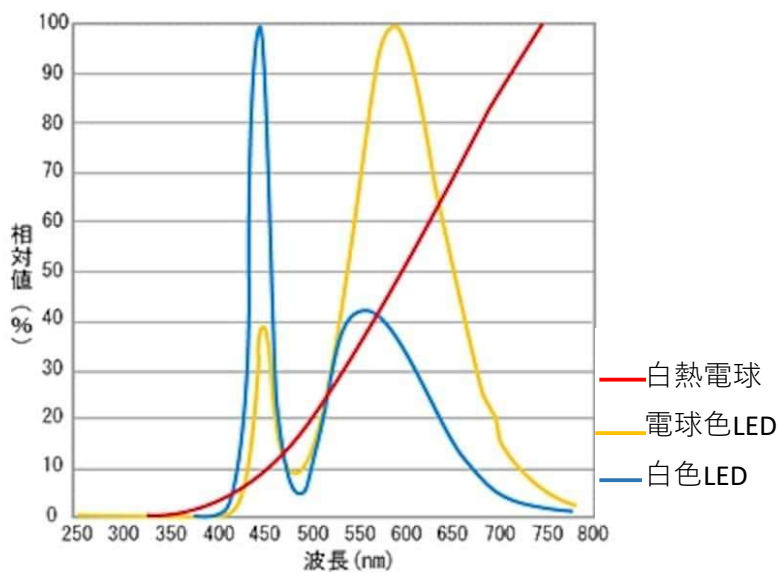
※FAはホルムアミジニウム

## F、各種太陽電池の分光感度

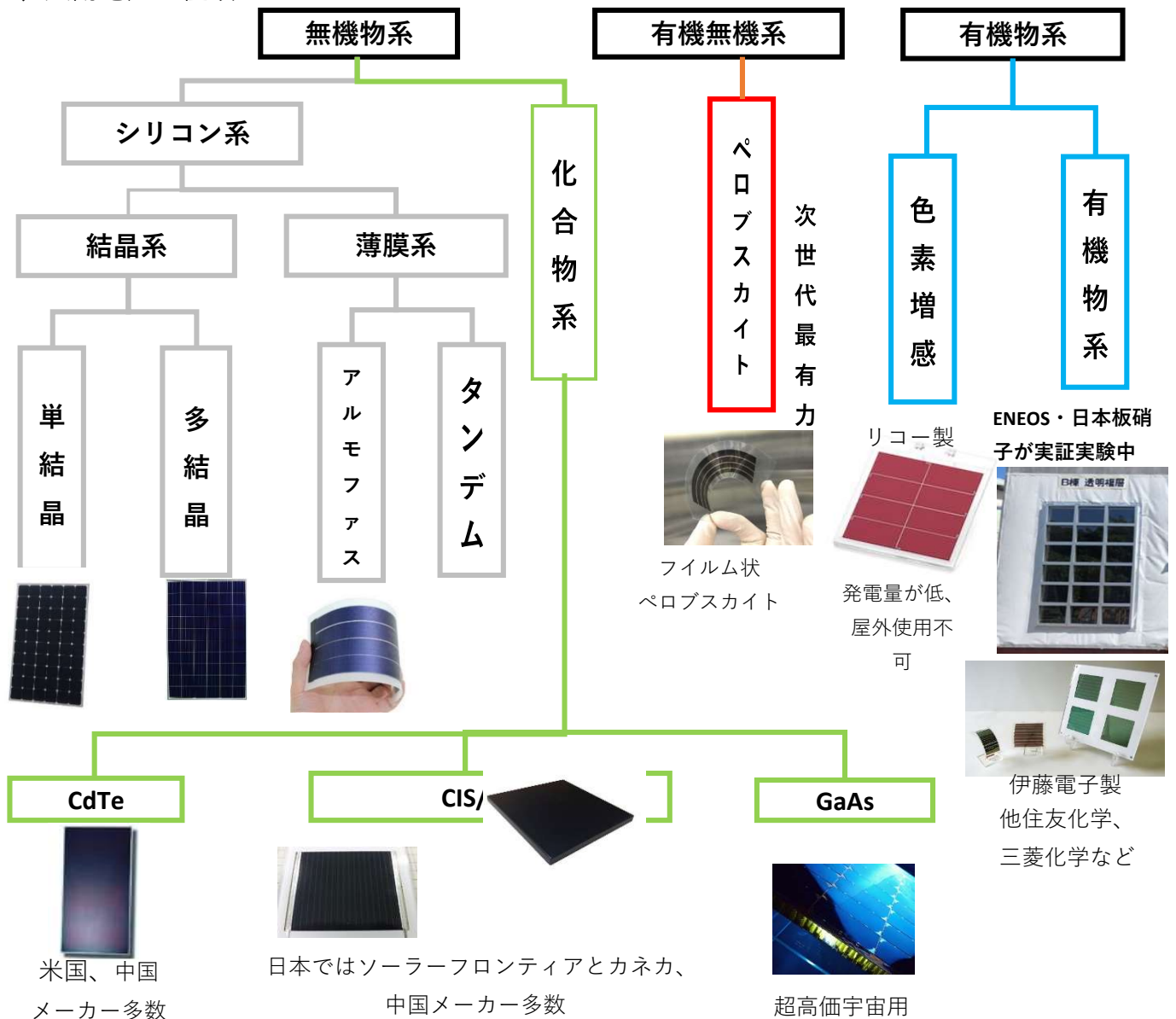
### 1、太陽光と太陽電池の感度スペクトログラフ



### 2、照明の波長



## G、太陽電池の種類



### 1、太陽電池の大別すると

①無機物系のシリコン系（単一元素）と化合物系（複数元素）と有機無機ペロブスカイト有機物系の有機物と色素増感に分けられます。

### 2、シリコン系（Siケイ素）の種類と特徴

#### ①単結晶型（c-Si）

- ・発電効率が約20%以上と高く、希少物質を使用しない事から世界シェア82%。
- ・製造時に砂溶解に2000°Cでポリシリコン溶解に1400°Cの熱量が必要の為、製造コストが高く環境に相当悪い。
- ・光吸収係数が低い為、PN接合の厚みが150~200  $\mu$ mと厚い（多結晶も同様）
- ・住宅や小規模施設に多く使用される。
- ・熱損失が15~20%と悪い。（多結晶も同様）
- ・P型半導体はSiに、不純物ホウ素（B）をドーピング（添加）し正孔（ホール）が発生、N型半導体はリン（P）ドーピングし自由電子が生まれる。

## ②多結晶型 (p-Si)

- ・発電効率が約15%~18% (原子が規則正しく配列していない) やや低いが、世界シェア14%で単結晶と合わせると96% (2020年)。
- ・単結晶シリコンを作る際にできたシリコン粒などを利用し作られるため、製造コストが安い。
- ・大規模施設に多く使用される。

## ③アモルファス型 (非結晶a-Si)

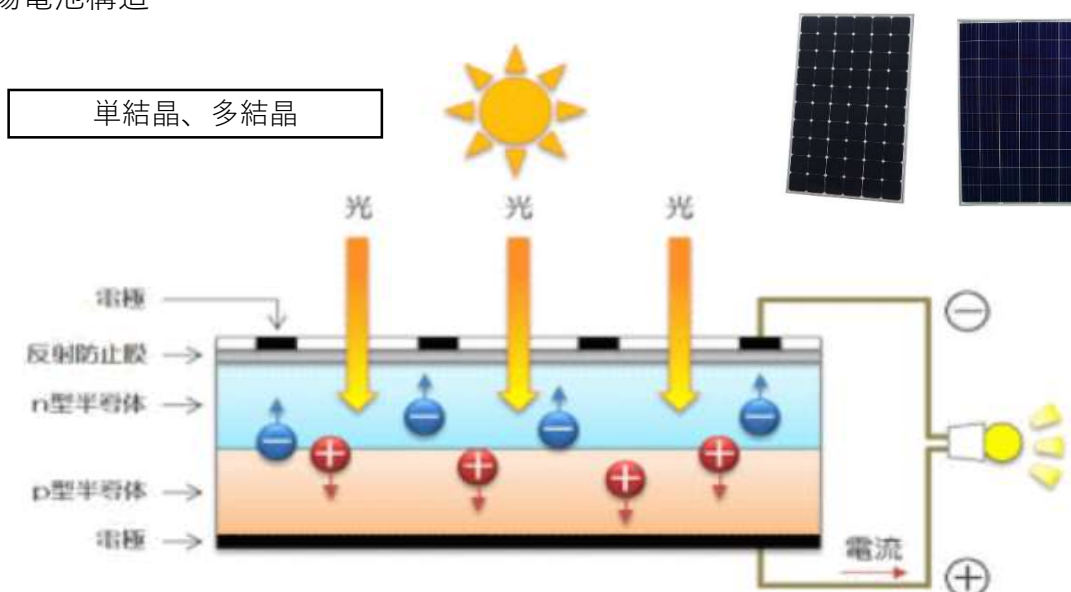
- ・発電効率は10%前後で、初期劣化が10%と悪いが、急激に冷やすことで非結晶となり、光吸収率が上がり、結合後の厚みが1 $\mu$ m以下と薄くできる。(結晶型シリコンの200分の1以下)
- ・原料となるシランガスをガラス板などに直接吹き付けてミクロン単位の膜として形成する為、高温でシリコンを溶解する必要のある結晶系シリコンと比べて、原材料の製造コストが低い。(200°Cで良い)
- ・熱損失は11%と良いが、直射日光など、強い光にあてることで内部の水素結合が切れることがある。

## ④タンデム型 (ハイブリット型)

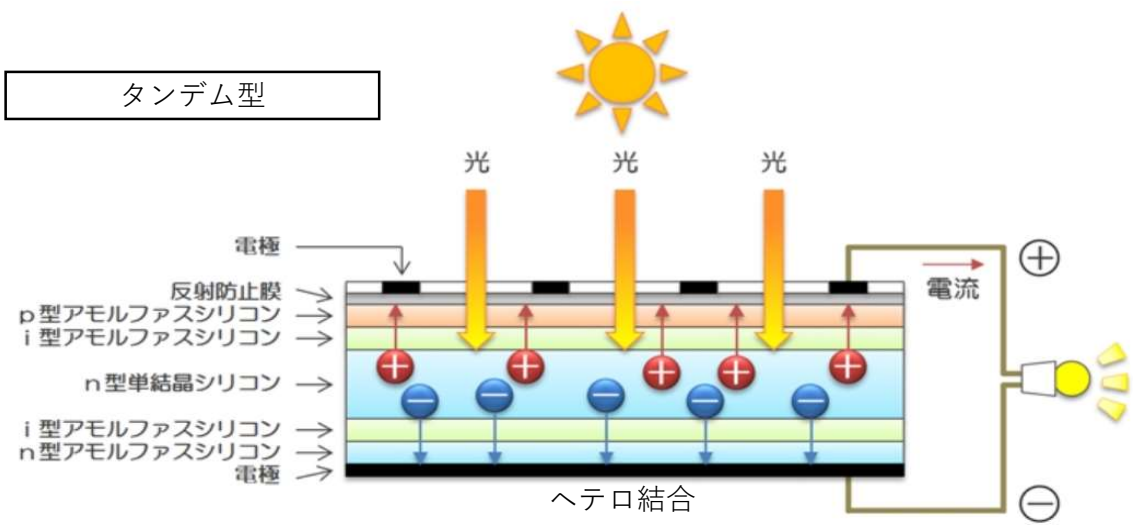
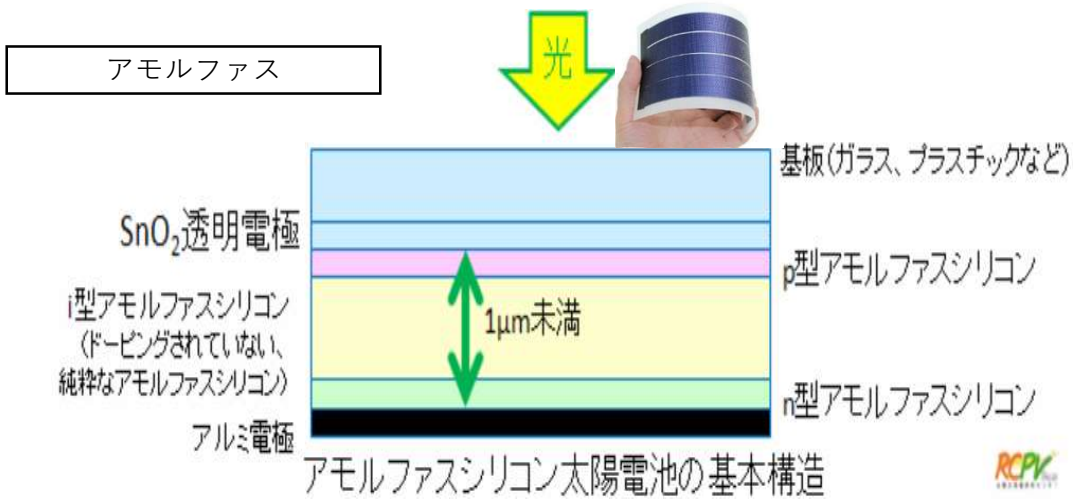
- ・単結晶型とアモルファス型をヘテロ結合したハイブリット型です。
- ・アモルファスの短い波長と単結晶の長い波長で幅広い波長を光吸収し発電効率20%。
- ・構造が複雑で、製造コストが非常に高い。
- ・アモルファスの優れた熱損失を取り入れ、5~10%で、実質発電が多くなる。
- ・タンデム型はパナソニックのHITが代表的です。

## 3、シリコン系 (Siケイ素) の構造と製造工程

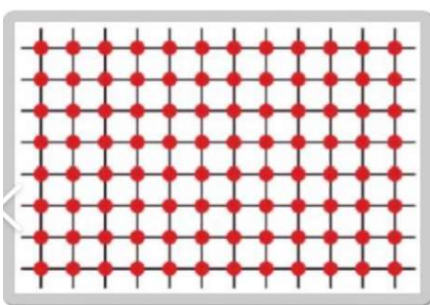
### ①太陽電池構造



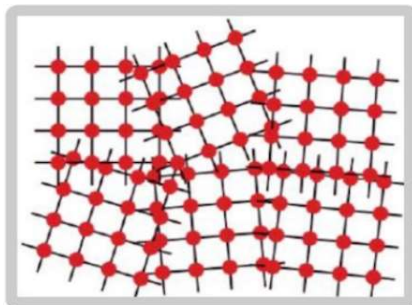




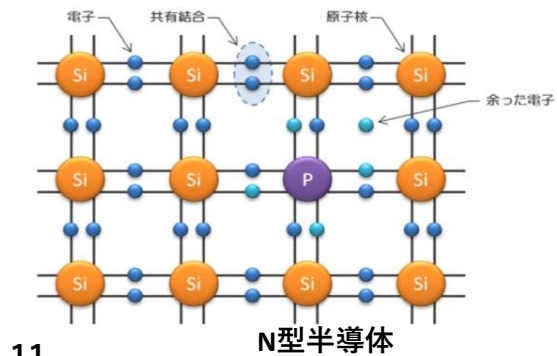
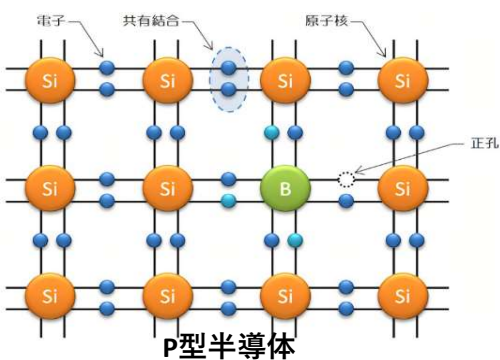
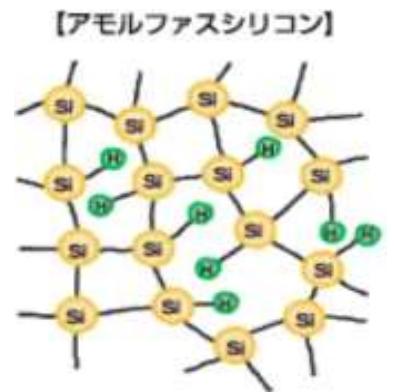
②シリコン系の原子構造



単結晶



多結晶

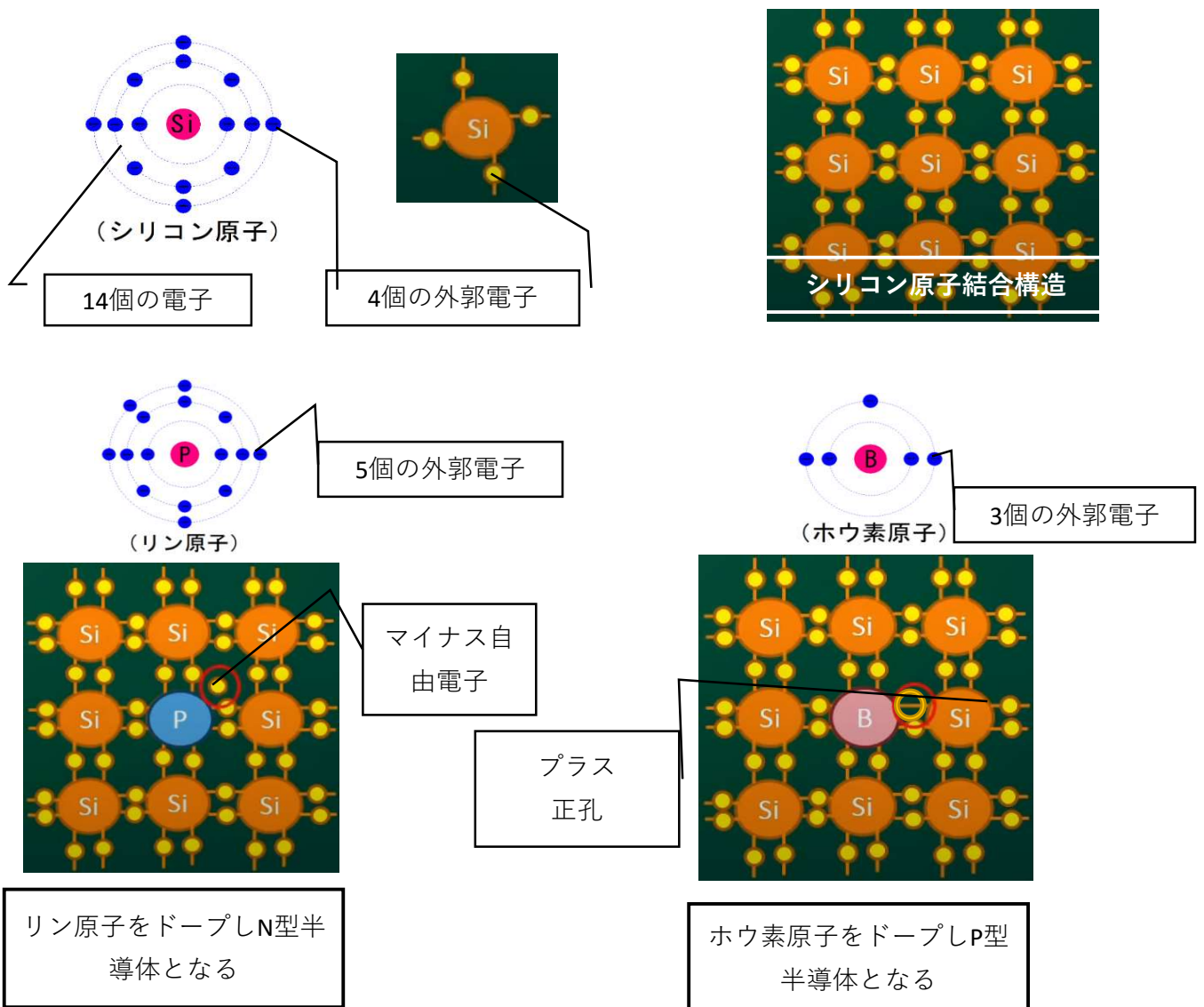


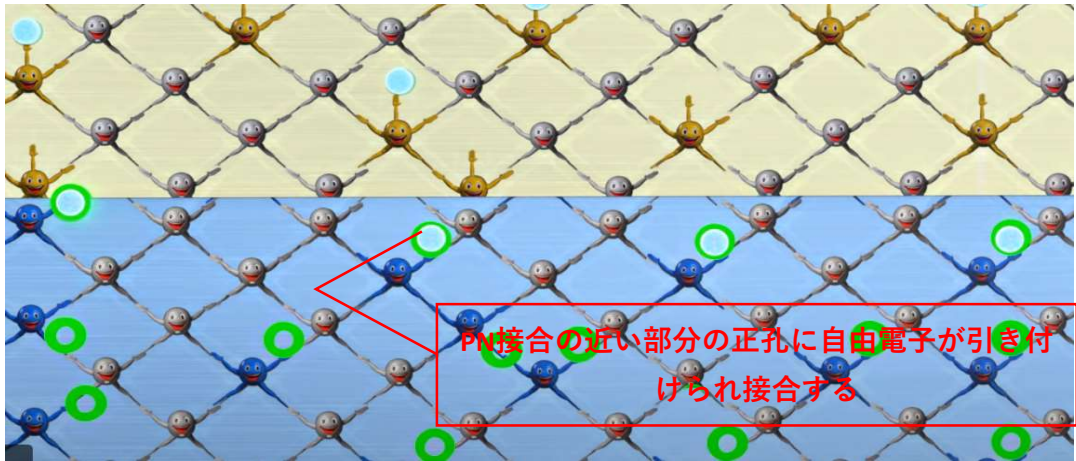


### ③シリコン製造工程



### 4、太陽光発電の発電原理

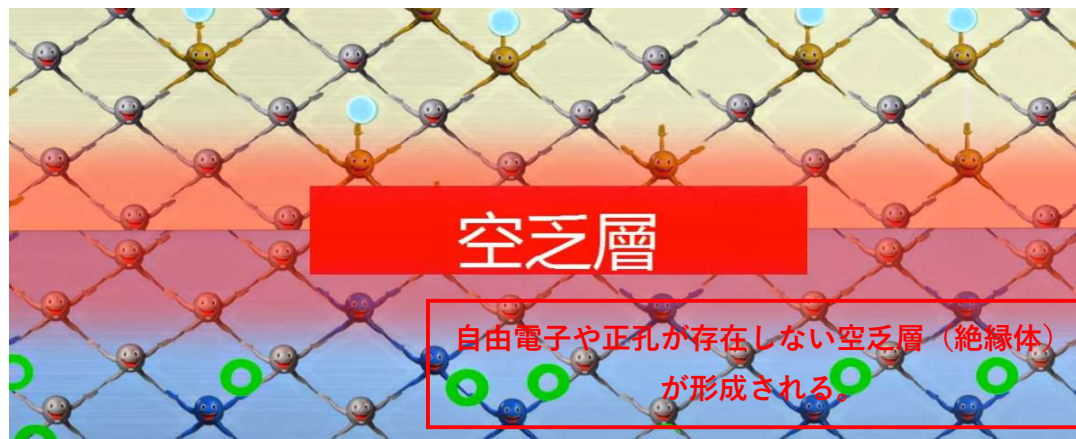




N型

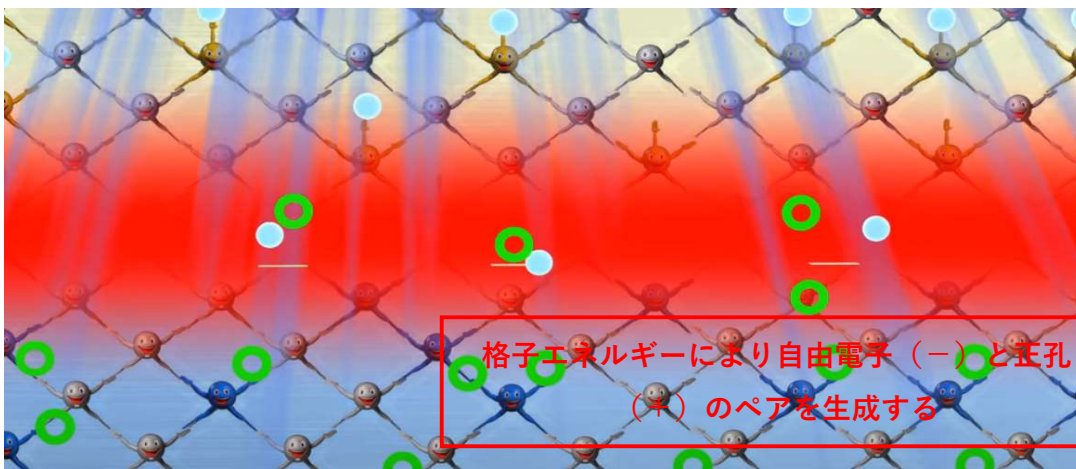
P型

PN接合の近い部分の正孔に自由電子が引き付けられ接合する

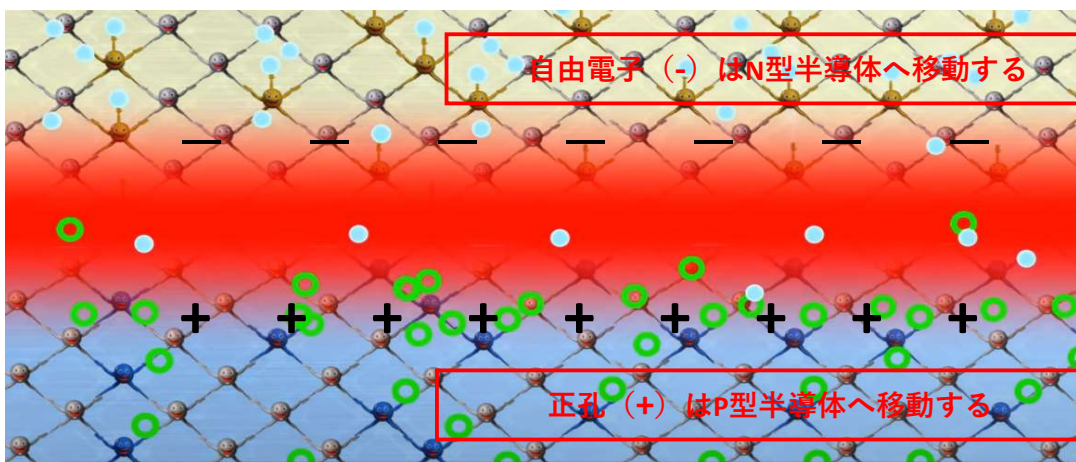


空乏層

自由電子や正孔が存在しない空乏層（絶縁体）が形成される。



格子エネルギーにより自由電子（-）と正孔（+）のペアを生成する



自由電子（-）はN型半導体へ移動する

正孔（+）はP型半導体へ移動する

電位差が発生し負荷を繋ぐと電流が流れます



## 5、無機化合物系について

### ①CdTe太陽電池（カドミウム、テルル）

- ・モジュール発電効率が約15%~17%程度（米ファーストソーラー）で、希少物質のテルル（Te）を使用している。
- ・毒性が懸念されるカドミウム（Cd）を使用してる。
- ・成膜工程を比較的低温（400~650℃）で短時間で行うことができ、非常に低コストで環境負荷も低い。
- ・熱損失が5%と良く、実際には、発電量が、多くなる。
- ・P型半導体はCdTe、N型半導体はCdS（硫黄）
- ・発電ガラスとして使用可能です。
- ・発電ガラス大型化実現（最大1200mm×3000mm）
- ・現在販売されている、透過率0%、20%、40%、80%



ガラスに内蔵した事例

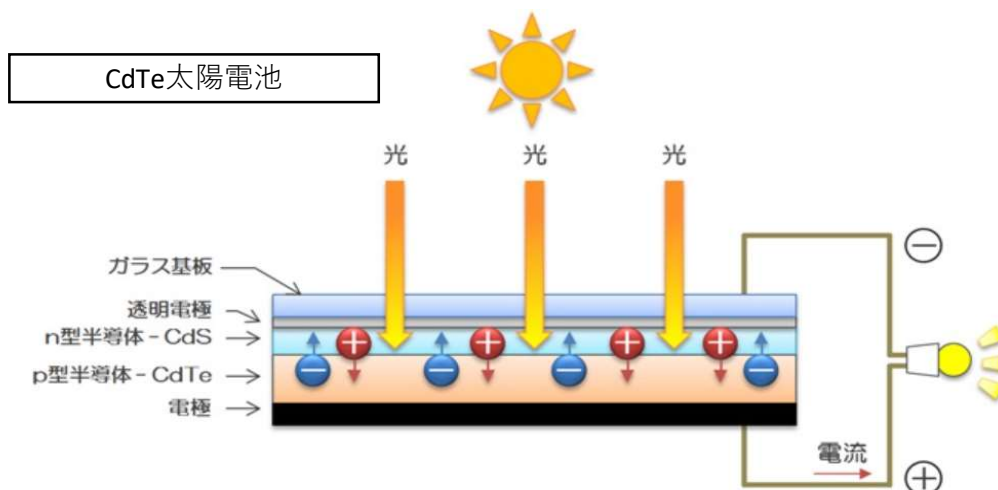


### Low-E複層発電ガラス仕様

型式	中空層	ASP-INS-T0-100	ASP-INS-T20-80	ASP-INS-T40-60	ASP-INS-T80-20
	真空層	ASP-SNS-T0-100	ASP-SNS-T20-80	ASP-SNS-T40-60	ASP-SNS-T80-20
可視光透過率		0%	20%	40%	80%
公称最大電力(Pm)/W		100W	80W	60W	20W
開回路電圧(Voc)/V		123.5	123.5	123.5	123.5
短絡電流(Isc)/A		1.24	0.99	0.74	0.25
動作電圧(Vm)/V		91.7	91.7	91.7	91.7
動作電流(Imp)/A		1.09	0.89	0.65	0.22
モジュール変換効率		15.1%	12.1%	9.1%	3.0%
外形寸法 (mm)	1200*600* (空気層厚み21mm, 真空厚み17mm)、フレーム無し				
面積	ガラス0.72㎡ 発電モジュール0.661㎡				
質量	空気層22kg 真空層31kg				
発電材料	テルル化カドミウム(CdTe)				
構成	中空層	3.2cell+0.76pvb+3.2T+9A+5TLow-e			
	真空層	3.2cell+0.76pvb+3.2T+0.4SEF+5TLow-e+0.15真空+5T			
熱貫流率 (W/㎡・K)		中空層1.94 真空層0.65			
日射熱取得率 (%)	中空層	0.11	0.16	0.26	0.44
	真空層	0.06	0.10	0.16	0.19
雪負荷/耐風圧	雪負荷5400Pa (IEC) / 耐風圧4500Pa (IEC)				
連続運転温度/保護階級	-40℃から+85℃ / IP67 / 燃焼レベルA2				
温度係数	Pmpp-0.21%/℃ Voc-0.31%/℃ Isc0.06%/℃				
認証番号	太陽光発電TUV(44 780 21 406749-080) JIS R3209 複層ガラス				
太陽光製造メーカー	Advanced SOLAR POWER(HANGZHOU) JINC (龍炎エネルギー科学杭州有限公司)				
ガラス製造メーカー	信義玻璃工程有限公司				
販売総代理店	アモイソーラーファーストエネルギー有限公司 (廈門晶晟エネルギー有限公司) 日本総代理店 モリベニ株式会社				

※この商品は、日射遮蔽、断熱、防犯に優れ、更に発電までします。

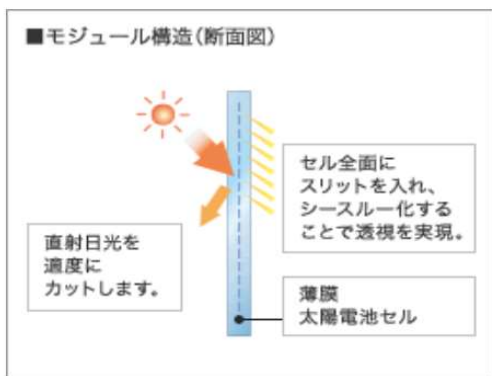
### ①-1、CdTe太陽電池の構造



②CIGS太陽電池（銅、インジウム、セレン、ガリウム）について

- ・発電効率が約13%程度で、希少物質（In、Se、Ga）を使用している。
- ・成膜工程を比較的低温で短時間で行うことができ、非常に低コストで環境負荷も低い。
- ・バッファ層にCdSで毒性のあるカドミウムが使用されている。
- ・熱損失が5%と良く、実際には、発電量が、多くなる。
- ・カネカのモジュール発電効率は9%です。
- ・実際シャープやカネカが販売している発電ガラス商品は、透過率10%で、両メーカー共モジュール発電効率7%程度です。

(シャープ)



鈴鹿市庁舎様（三重県鈴鹿市）

開口率イメージ

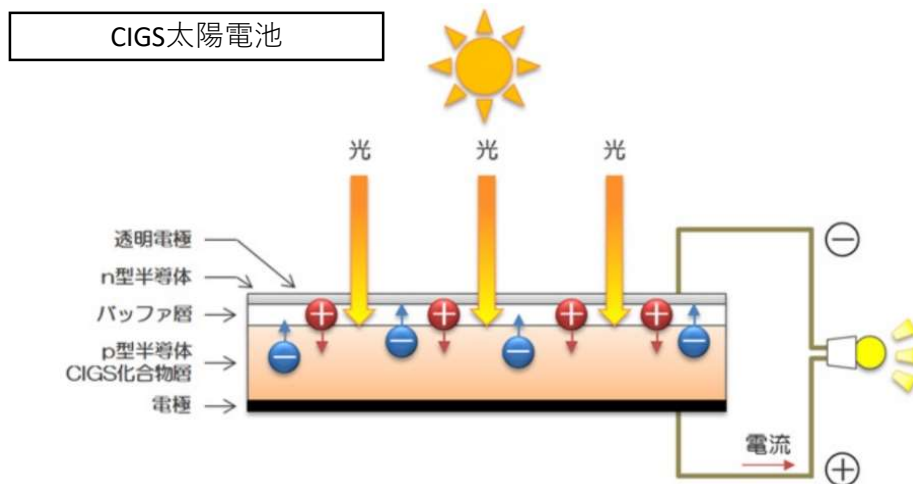
【開口率10%】	【開口率20%】	【開口率30%】
拡大写真	拡大写真	拡大写真

開口率が大きいほど、より多くの太陽光が通過します。

(KANAKA)



## ②-2、CIGS（カルコパイライト）太陽電池の構造



## ③GaAs太陽電池（ガリウム（Gaレアメタル）とV族のヒ素（As））について

- ・ 発電効率が約28%と相当高く、希少物質GaとAsを使用している。
- ・ 光吸収係数が大きく薄く軽量である。
- ・ 高温時の出力低下が少なく集光用による高温化でも高い変換効率が期待できる
- ・ 耐放射線性を有している為宇宙での使用に適している
- ・ 原材料となるGaAs単結晶ウェハが高価
- ・ 原材料に希少金属（レアメタル）であるガリウムを含んでいる
- ・ 原材料に毒性元素であるヒ素を含んでいる

## 6、有機物系薄膜太陽電池について

①ENEOSと日本板硝子が、ユビキタスエネジー社（マサチューセッツ工科大学の大学発ベンチャー企業）が、開発した、無色透明発電（ポリマー有機薄膜）ガラスの実証実験を1年間（2021年9月から2022年8月31日まで）行い、実環境で、性能低下を確認する。

- ・ 原材料は、ポリフェニレンビニレン、銅フタロシアニン、カーボンフラーレンです。
- ・ 紫外線と赤外線のみで発電する。
- ・ 可視光は40%～80%としている。
- ・ 発電効率は、ラボレベルで10%を達成した。  
透明率は不明。
- ・ 1.5×3mと大型化している。
- ・ 有機薄膜太陽電池には、低寿命という問題があります。

※現在開発中で、2024年には、販売開始予定。



②東レも、同様のポリマー有機薄膜太陽電池を2013年に開発し変換効率10%を実現したが、大型化することは出来ていない。



③伊藤電子工業の透明発電ガラスは、緑色で無色ではない。

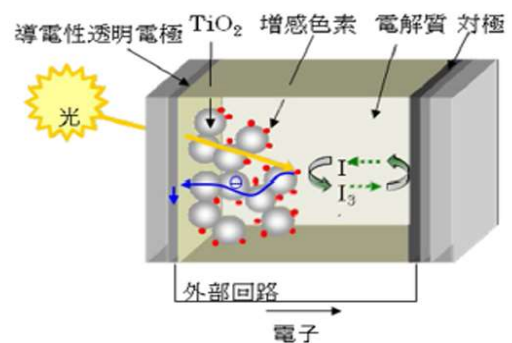
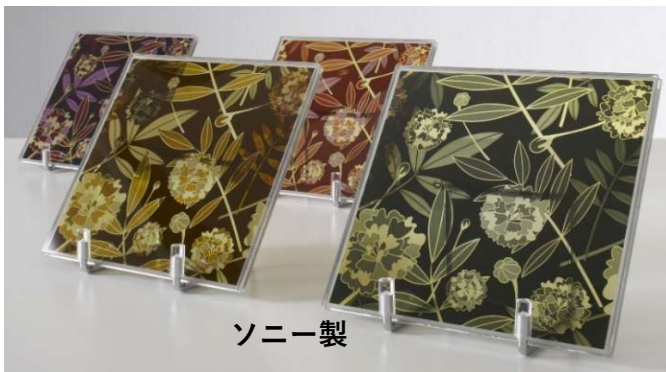
④inQ株式会社が発明した無色透明発電ガラスを、NTT-APが販売を開始した。

- ・ 二酸化ケイ素の微粒子を使った太陽電池で新技術です。
- ・ 紫外線と赤外線のみで発電する。（日射遮蔽が有る）
- ・ 発電効率が1%未満で、非常に低く、発電で使用するのには厳しい。
- ・ 大型化は未だです。



⑤色素増感太陽電池（Dye Sensitized Solar Cell DSC、またはDSSC）について

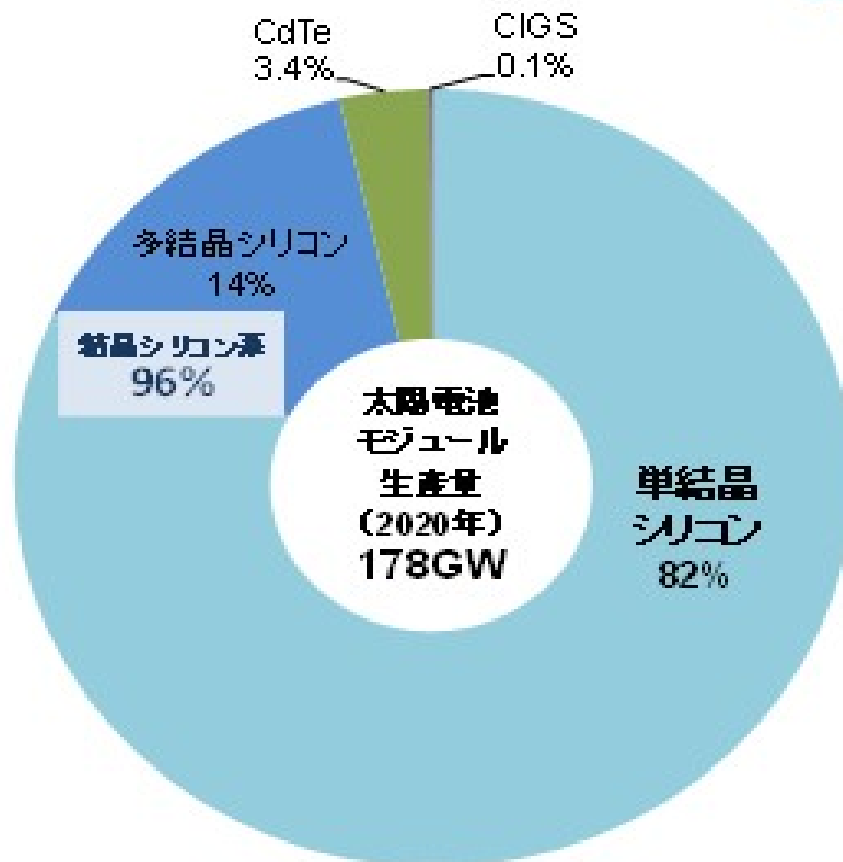
- ・ 酸化物半導体（酸化チタン、酸化亜鉛など）の表面に色素を吸着させる。
- ・ 低照度環境での発電能力が高く
- ・ デザイン設計（カラー、絵柄模様、フレキシブルなど）が可能です。
- ・ 発電効率が低く、ラボレベルで11~12%です。





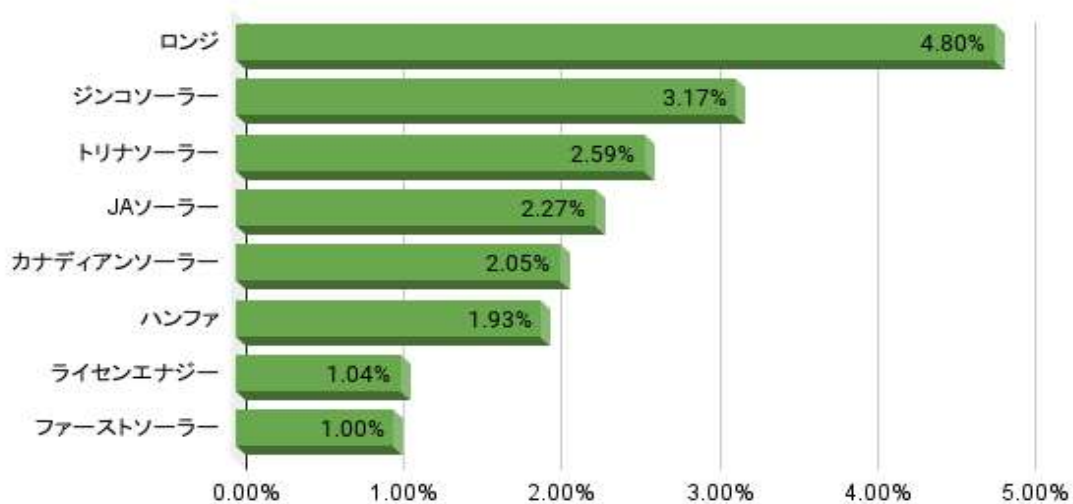
## H、太陽光発電世界シェア

### 1、発電種類による世界シェア



### 2、メーカーによるシェア

#### 太陽光パネルの世界シェア(2020年)



# 1、太陽電池の比較

## 1、太陽電池の種類と特徴

項目		シリコン系	無機系化合物系	有機系	備考
		単結晶型	CdTe	ペロブスカイト	
特徴		信頼性が高い	欧米中心に普及	自由に曲げられる	
変換効率		18~22%	15~17%	703cm <sup>2</sup> で15.1%	
発電素子厚み		150~200μm	3μm程度	1μm	
高温時出力低下率		15~20%	5%	大きい	
室内発電		無理	少々	大きい	
影の影響		大きい	小さい	小さい	
製造コスト		高い	低い	低い	
実用化		◎	◎	開発中	
環境負荷	温暖化	高い	中	少ない	
	製造温度	1400℃	400~650℃	100℃	
	有害物質	鉛、アンチモン	カドミウム	鉛	
主原料		ケイ素	カドミウム、テルル	鉛、ヨウ素	
耐久性	現状	20~30年	20~30年	3年ほど※	※開発中
	近将来			15~20年	
波長範囲		300~1150nm	500~900nm	300~800nm	
限界値		29%	30%	研究中	
備考		世界シェア82%	ガラス発電に使用	次世代最有力	

## 2、太陽光発電で東西南北の壁面の発電量比較

月	屋上20°	北壁面		東、西壁面		南壁面	
	発電量	発電量	壁/屋根	発電量	壁/屋根	発電量	壁/屋根
1月	47	15	31.9%	<b>23</b>	48.9%	39	83.0%
2月	47	16	34.0%	<b>23</b>	48.9%	33	70.2%
3月	56	20	35.7%	<b>30</b>	53.6%	34	60.7%
4月	64	23	35.9%	<b>35</b>	54.7%	30	46.9%
5月	71	28	39.4%	<b>39</b>	54.9%	28	39.4%
6月	68	28	41.2%	<b>38</b>	55.9%	24	35.3%
7月	82	28	34.1%	<b>45</b>	54.9%	24	29.3%
8月	78	23	29.5%	<b>43</b>	55.1%	29	37.2%
9月	76	20	26.3%	<b>42</b>	55.3%	39	51.3%
10月	70	18	25.7%	<b>35</b>	50.0%	48	68.6%
11月	54	15	27.8%	<b>27</b>	50.0%	44	81.5%
12月	51	15	29.4%	<b>25</b>	49.0%	45	88.2%
合計	764	249		<b>405</b>		417	
壁/屋上	100%	32.6%		<b>53.0%</b>		54.6%	

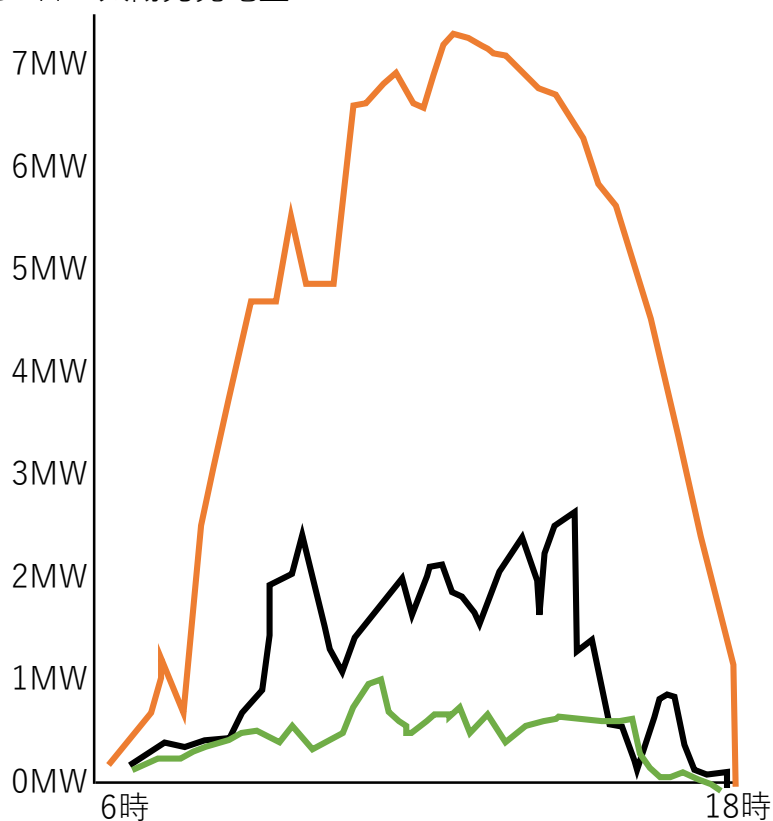
※設置容量は0.72kW

### 3、シリコン系と化合物系の実際の発電量の比較

メーカー	種類	変換効率	4 kW当りの		30㎡当りの	
			発電量	倍率	発電量	倍率
ソーラーフロンティア	CIS	<b>9.64%</b>	5443	113%	4126	82%
三菱電機	多結晶	<b>12.68%</b>	4960	103%	4972	99%
パナソニック	HIT	<b>16.92%</b>	4945	103%	6649	132%
現代	単結晶	<b>13.61%</b>	4778	99.2%	5311	106%
シャープ	多結晶	<b>13.44%</b>	4763	98.9%	5112	102%
東芝	単結晶	<b>15.89%</b>	4647	96.5%	5884	117%
京セラ	多結晶	<b>12.88%</b>	4576	95.0%	4175	83%
サンテック	単結晶	<b>14.01%</b>	4538	94.2%	5199	103%

※CIS（化合物系）は、変換効率は低いが、高温時の発電量の低下率が低く、影の影響を受けにくく、曇りでも発電量が若干大きくなる事から、発電量は増えるが、CSIは、製造を中止している。

### 4、天気による1日の太陽光発電量



## J、発電ガラス事例など

### 1、中空層Low-E複層ガラスに薄型CdTe太陽電池を内蔵した商品

①発電効率は、透過率0%で15.1%、透過率20%で12.1%、透過率40%で9.1%で、他社に比べても高い。



沖縄県南城市に設置

### 2、中空層Low-E複層ガラスにペロブスカイト太陽電池を内蔵した商品

①中国では量産製造できる状態まで来ている

②単ガラスは、量産を開始している。（サイズは、1200mm×600mm×7mm、最大電力は120W、変換効率は18.2%）※量産商品では、世界トップ。

### 2、inQ製をNTT-APが海城学園の屋上温室へ発電ガラス取付け

①勉強用として設置。

②発電効率は30センチ角で数十mWと低い。（100分の1以下）



海城学園様 サイエンスセンターイメージ



屋上温室への発電ガラス取り付けイメージ

### 3、AGCは、サンジュールSUDAREを設置

①1セルユニットのサイズ：156mm × 77.9mm

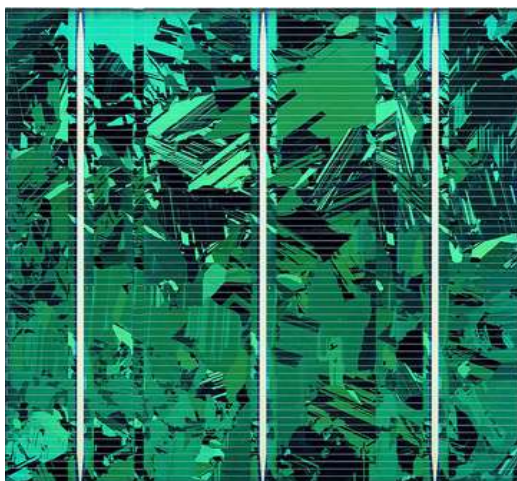
- ・外観：・ 開口率 約57%（セル部分）のシースルー。
- ・ 単結晶シリコンセルを使用し、発電効率を維持しながら、シースルーを実現



### ②、AGCは、サンジュールGRを設置

・ 1セルのサイズ：156mm × 156mm

- ・ 外観： 森林を思わせる爽やかなグリーン色の多結晶片面シリコンセルを使用





4、株式会社カネカは大成建設と共同開発したシースルー発電ガラス

- ・エコガラスにCISやCIGS太陽電池を内蔵した。
- ・2021年にGOODデザイン賞を受賞した。



「Green® Multi Solar (シースルータイプ)」

5、シャープのシースルー太陽電池

- ・旭電業第二ビルに設置 (開口率10%を使用、発電効率6.77%で低い)



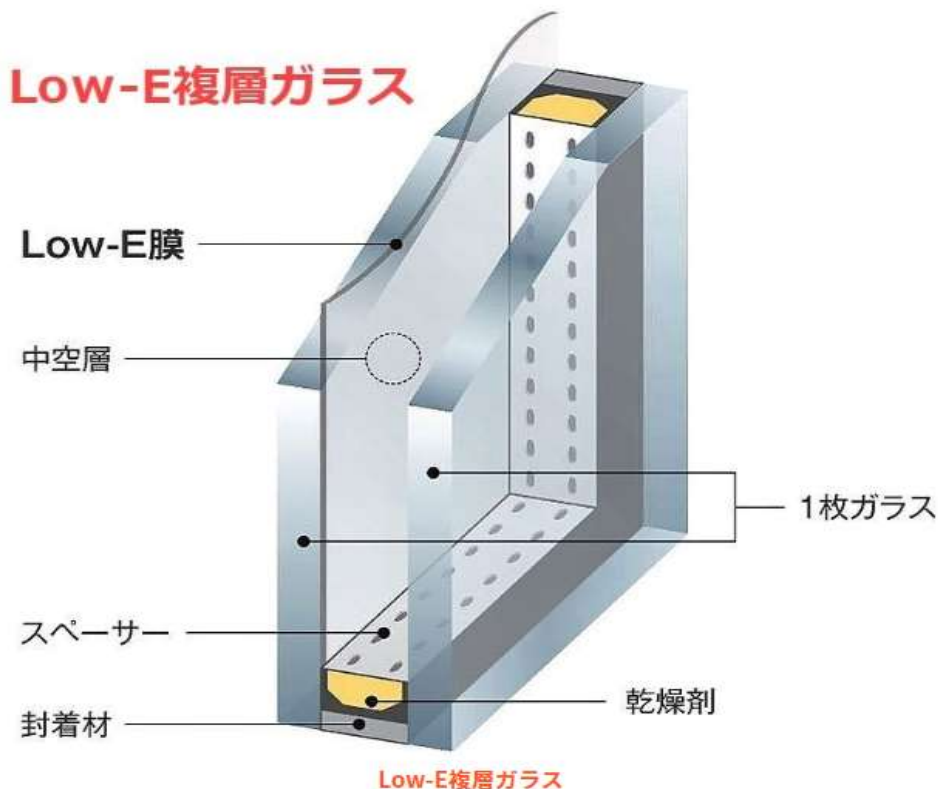
■仕様

品名	シースルー太陽電池モジュール					
形名	NA-B07A	NA-B07B	NA-B11A	NA-B11B	NA-B14B	NA-B0955/ (従来)
公称最大出力	46W	39W	77W	66W	80W	95W
開口率	10%	20%	10%	20%	20%	10%
公称最大出力動作電圧	43.3V	41.5V	43.3V	41.5V	41.5V	42.7V
公称最大出力動作電流	1.07A	0.94A	1.78A	1.60A	1.93A	2.23A
公称開放電圧	56.9V	57.0V	56.9V	57.0V	57.0V	56.9V
公称短絡電流	1.30A	1.20A	2.20A	2.00A	2.40A	2.70A
外形寸法※ (幅×奥行×高さ)	701×1,001 ×9.5mm	701×1,001 ×9.5mm	1150×1,001 ×9.5mm	1150×1,001 ×9.5mm	1402×1,001 ×9.5mm	1402×1,001 ×9.5mm
質量	約17kg	約17kg	約28kg	約28kg	約33kg	約33kg



## K、Low-E複層ガラス（エコガラス）について

### 1、中空層タイプの構造



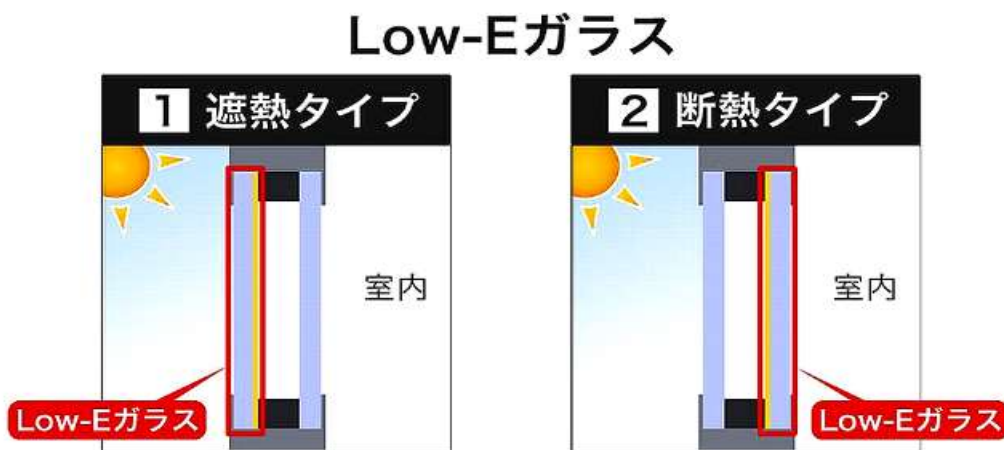
①ガラスのコーティングは、Low-E膜のコーティングのことです。

「Low-E」は「ローイー」と読み、英語の「Low Emissivity（ロー・エミシビティー）」の頭文字をとって表記されています。

「Low Emissivity」とは「**低放射**」という意味で、**放射を低くする（下げる）**という意味になります。

そして、ガラスにコーティングされた「Low-E膜」が、**太陽の熱や、部屋を暖房で暖めた熱を吸収、反射（赤外線、紫外線をカットする）**してくれるのです。

その効果として、夏の暑さを和らげ、冬の暖房効率を高め、室内の快適さを高めてくれるのです。



「遮熱タイプ」と「断熱タイプ」

## L、BIPV（建築物一体型太陽電池）について

1、建築物の外壁に、太陽電池を張り付けた建物です。



## 2、BIPVの世界市場規模

・2020年で39億ドルと推計され、今後2025年段階では113億ドルへと急速な拡大が予測されます、また2027年には、516億米ドルに達する。

## M、各種燃料による発電コスト比較

電源	石炭火力	LNG火力	原子力	陸上風力	太陽光		ペロブスカイト
					事業用	住宅	
発電コスト（円/kWh）	12.5	10.7	<b>11.5～</b>	19.8	12.9	17.7	<b>6～7</b> ※1
設備利用率	70%	70%	<b>70%</b>	25.4%	17.2%	13.8%	—
稼働年数	40年	40年	<b>40年</b>	25年	25年	25年	—

※1、量販体制が整い、耐用年数が20年とした場合

電源	洋上風力	小水力	地熱	バイオマス		コージェネ	
				混焼50%	専焼	ガス	石油
発電コスト（円/kWh）	30	25.3	<b>16.7</b>	13.2	29.8	9.3～ 10.6	19.7～ 24.4
設備利用率	30%	60%	<b>83%</b>	70%	87%	72.3%	36%
稼働年数	25年	40年	<b>40年</b>	40年	40年	30年	30%

## N、世界のヨウ素の埋蔵量と生産量(H29年)

国名	チリ	日本	米国	トルクメニスタン	アゼルバイジャン	インドネシア	ロシア
生産量（万トン）	2.12	1.6	—	0.5	0.21	0.015	—
埋蔵量（万トン）	70	500	<b>25</b>	7	17	10	12