

太陽光発電の技術動向

平成20年12月5日(金)

有限責任中間法人 太陽光発電協会
幹事 杉本完蔵

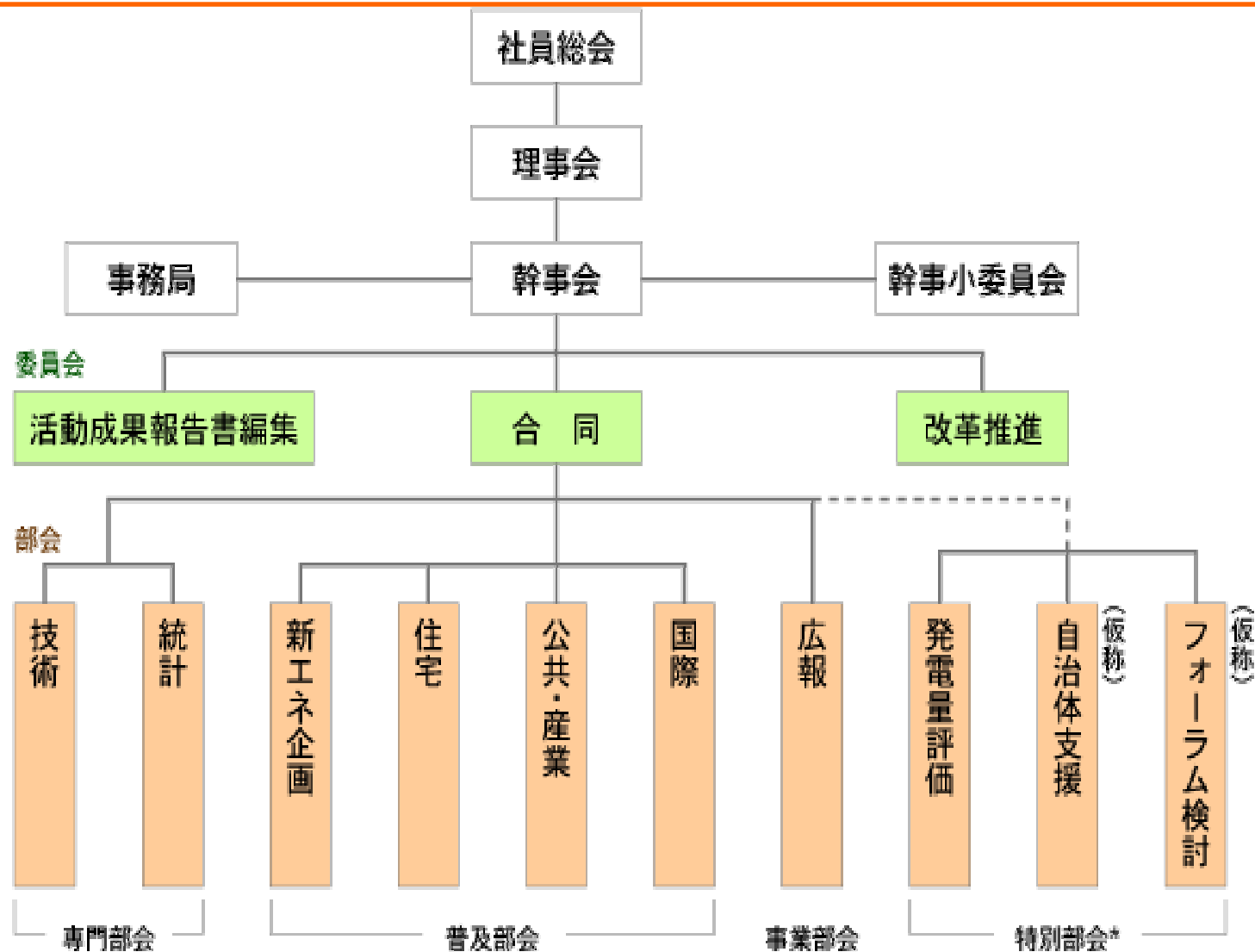
-
1. 太陽光発電協会について
 2. 太陽光発電システム市場動向
 3. 太陽電池の基本特性について
 4. 太陽電池の技術開発状況
 5. 太陽光発電システム設計のポイント
 6. 様々な設置形態・事例の紹介
 7. 新しいビジネスモデル
 8. まとめ

太陽光発電協会(JPEA)のご紹介

- 名称 有限責任中間法人 太陽光発電協会
Japan Photovoltaic Energy Association (JPEA)
- 設立 1987年4月23日
- 目的
 - 太陽光発電の技術開発及び利用等に関する調査・研究、情報の収集・提供
 - **太陽光発電の普及活動**の企画・推進
 - 太陽光発電の利用技術の確立及び導入普及の促進
 - 太陽光発電に関する国民意識の向上と関連企業の健全な発展と国民生活の向上
- 構成 現在の**会員は、74団体、事業者**
 - ・ 太陽電池関連 企業(セル、モジュール、周辺機器、素材メーカー)
 - ・ ゼネコン・住宅関連企業(建築、販売会社等)
 - ・ 電力会社等



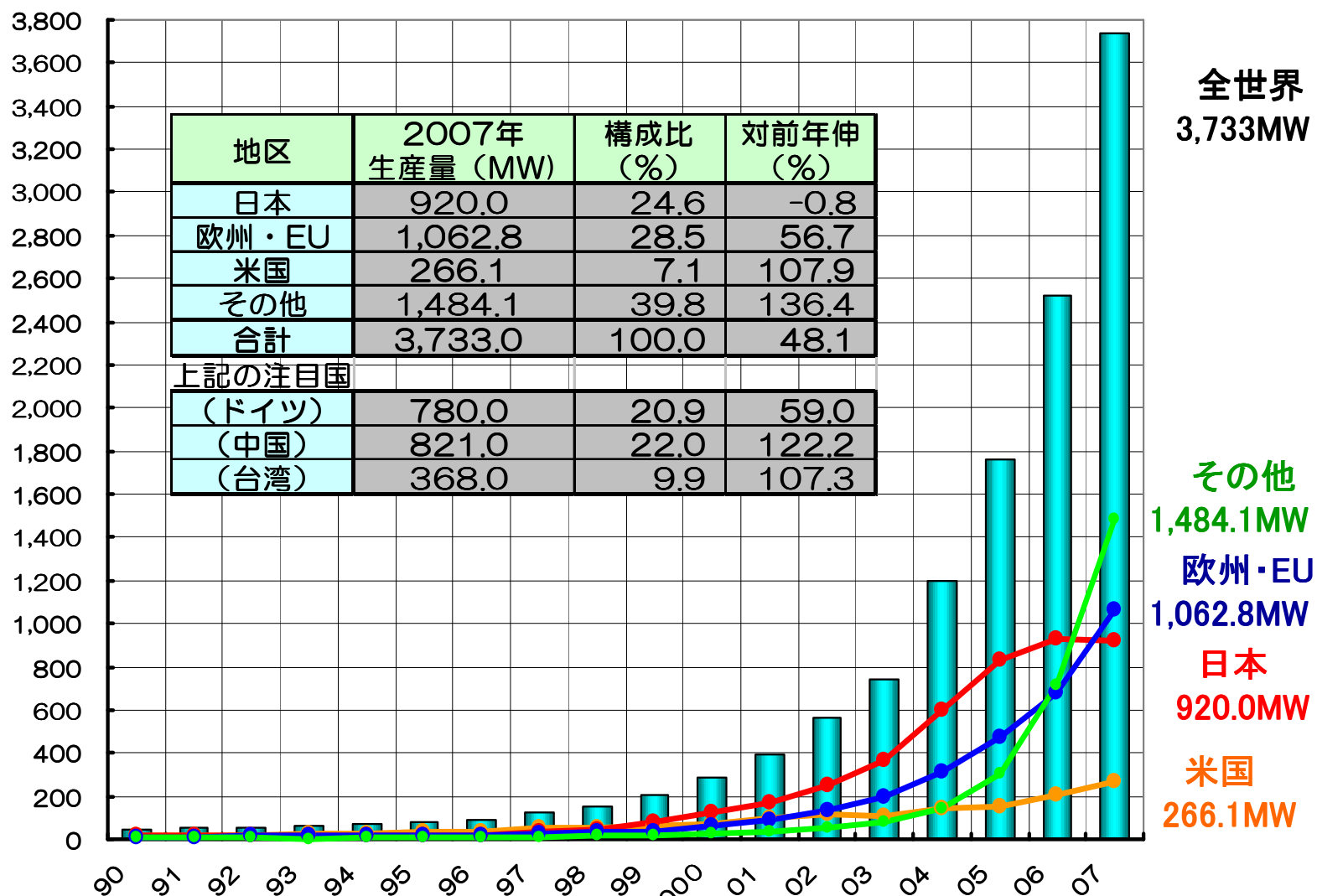
平成20年度太陽光発電協会(JPEA)の組織体制



-
1. 太陽光発電協会について
 2. 太陽光発電システム市場動向
 3. 太陽電池の基本特性について
 4. 太陽電池の技術開発状況
 5. 太陽光発電システム設計のポイント
 6. 様々な設置形態・事例の紹介
 7. 新しいビジネスモデル
 8. まとめ

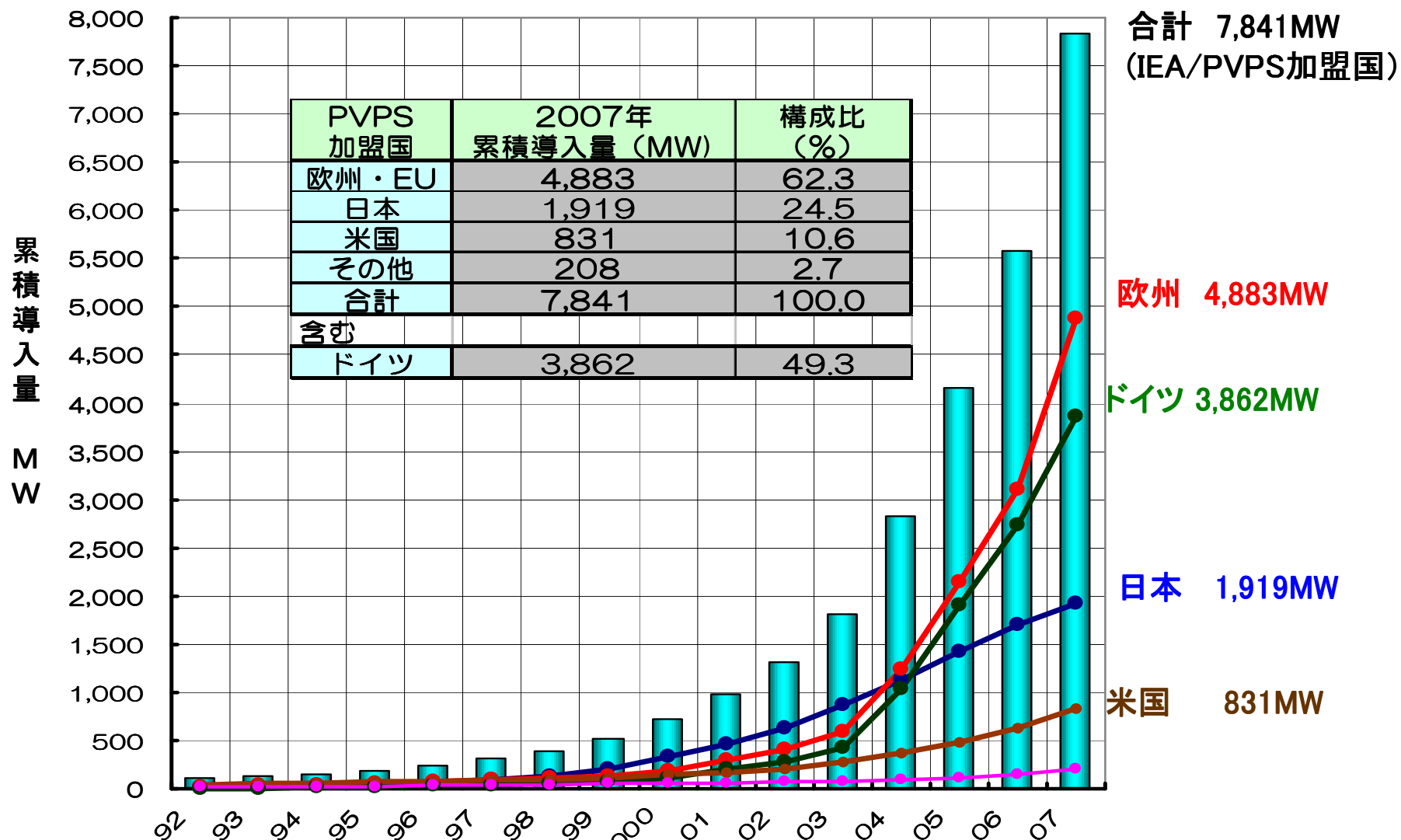
世界の太陽電池生産量推移(1990-2007年)地域別

生産量
MW



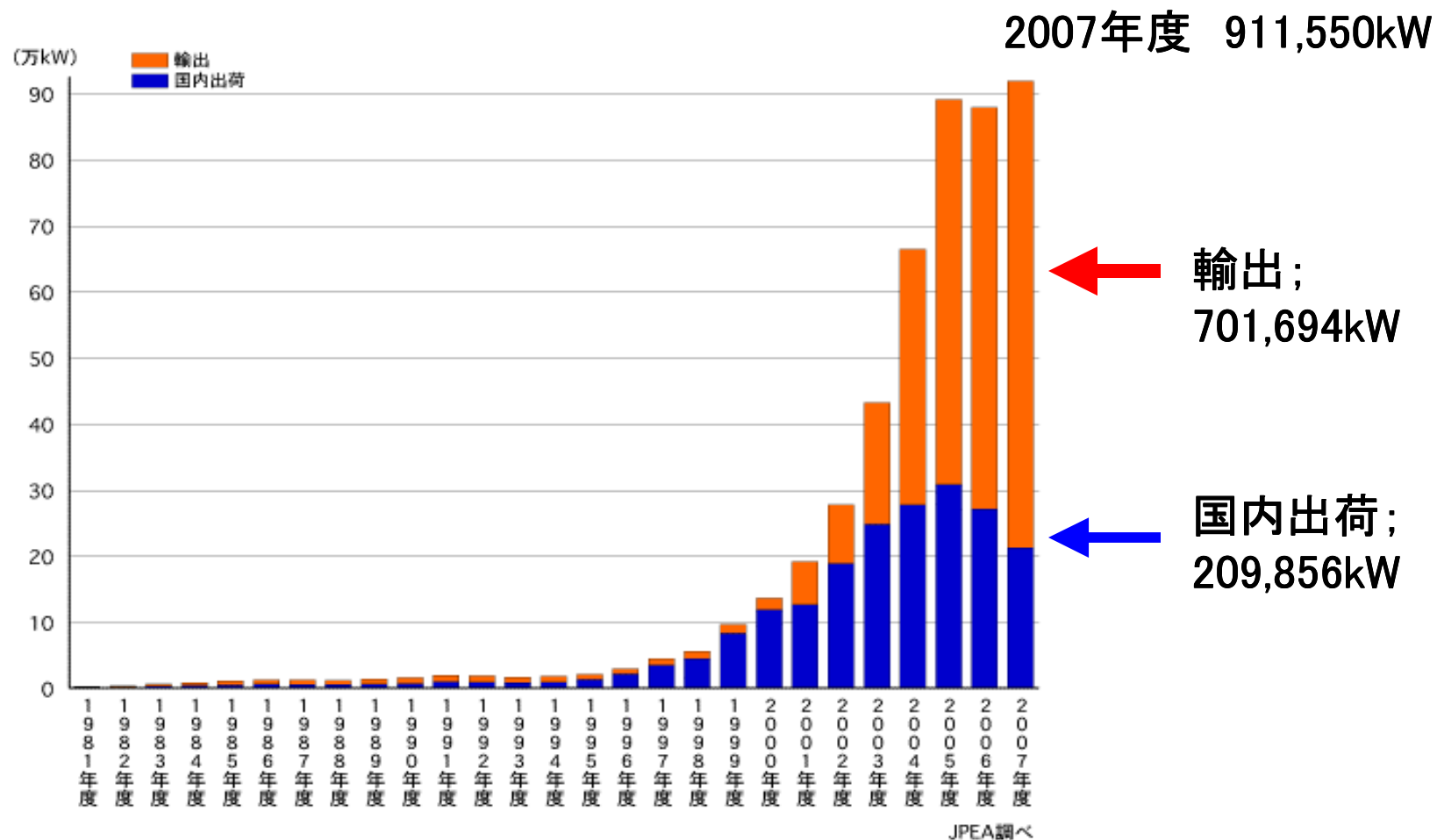
出典: 2008年PVニュース3/4月 および(株)資源総合システムの取りまとめを参考にJPEA作成

先進国の太陽光発電システム累積導入量(IEA/PVPS加盟国合計)

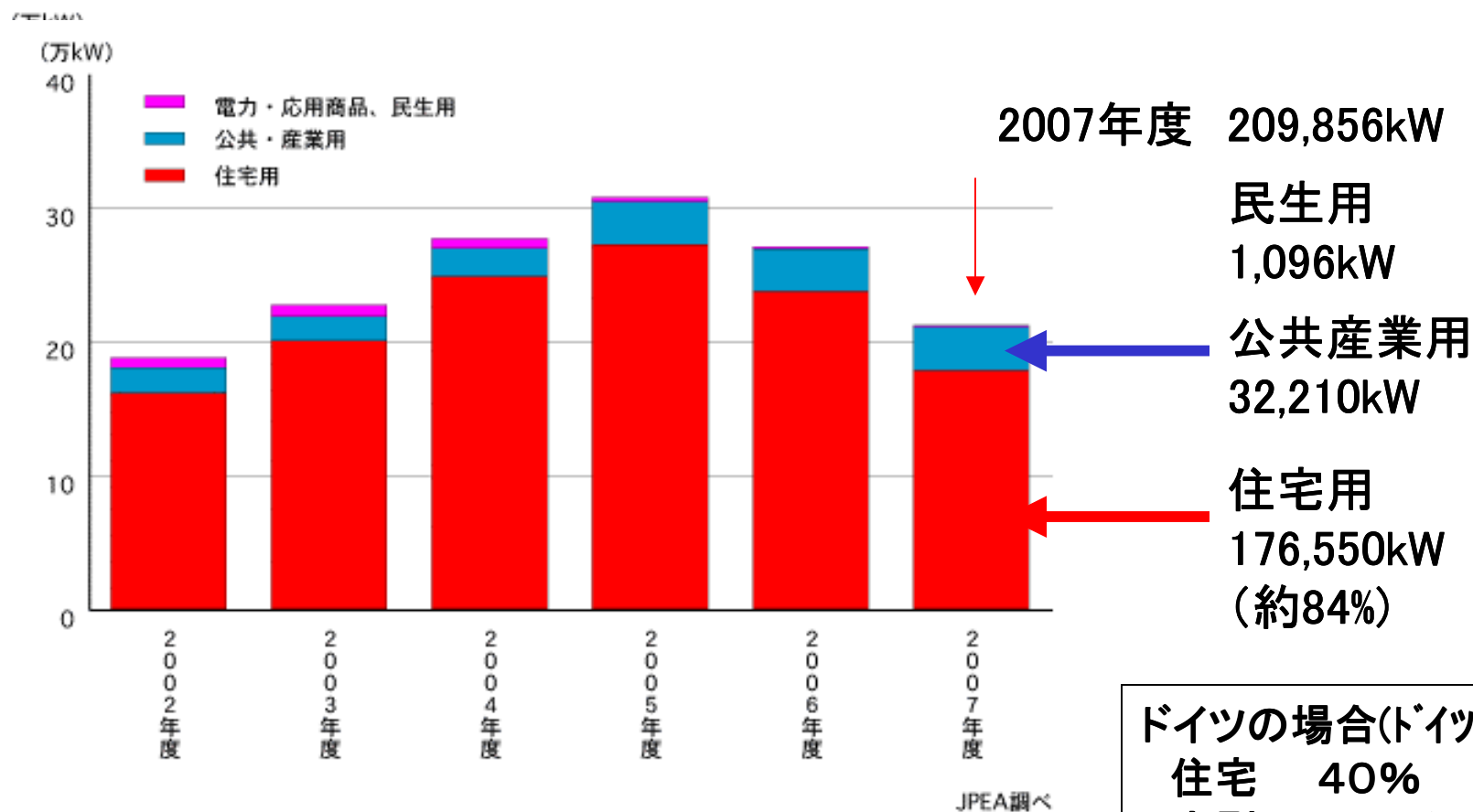


出典: IEA/PVPS 報告書2008年9月発表 IEA/PVPS加盟国の太陽光発電累積設置量

日本の太陽電池出荷量(輸出+国内)推移



国内出荷量 市場分野別推移動向

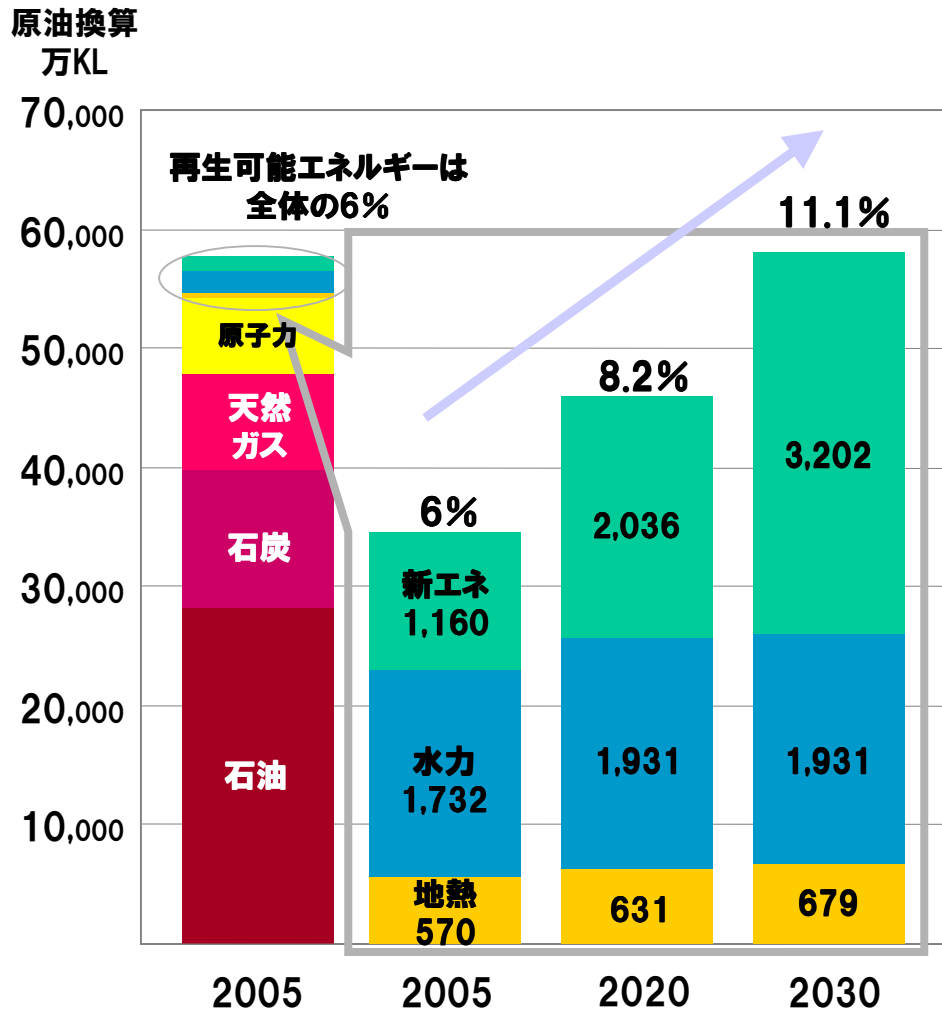


ドイツの場合(ドイツBSW調査)

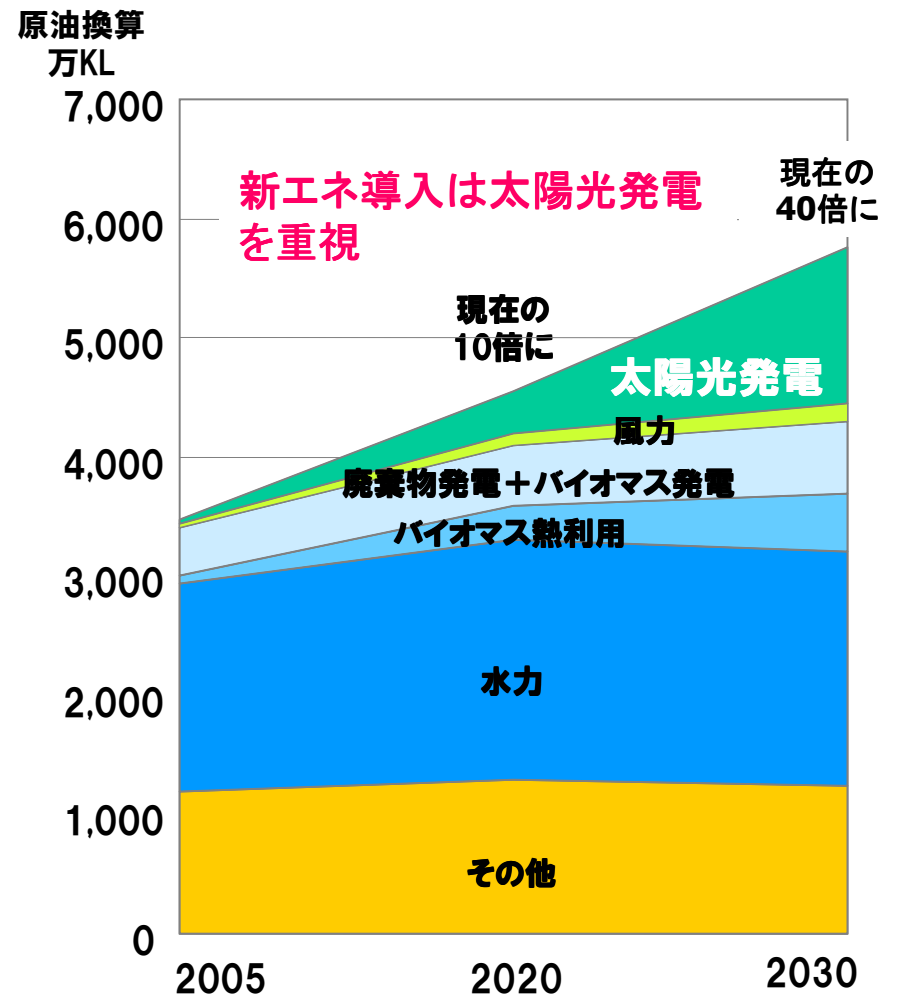
住宅	40%
大型	50%(100kW以上)
発電	10%(500kW以上)

2008年長期エネルギー見通し 再生可能エネルギーの導入拡大と太陽光発電への期待

日本の一次エネルギー供給と長期導入目標



将来の再生可能エネルギーの導入量



出典: 総合資源エネルギー調査会



「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」の公表

平成20年11月11日

国土交通省、経済産業省、文部科学省及び環境省では、政府の「低炭素地域づくり行動計画」(平成20年7月閣議決定)等において目標となっている太陽光発電の導入に関し、家庭・企業・公共施設等への拡大に向けた関係者の取組みを促進するため、当面の具体的な措置として「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」(別添参照)をとりまとめましたので公表致します。

※ なお、本案件については、関係4省庁において、同時にプレスリリースをしています。

「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」

平成20年11月11日
経済産業省
文部科学省
国土交通省
環境省

1. 趣旨

太陽光発電は、再生可能エネルギーの中でも特に潜在的な導入可能量が多く、エネルギー自給率の低い我が国にとって、国産エネルギーとして重要な位置付け。

政府の「低炭素社会づくり行動計画」(平成20年7月閣議決定)において、①太陽光発電の導入量を2020年に10倍、2030年に40倍にすること、②3～5年後に太陽光発電システムの価格を現在の半額程度にすること等を目標とするとともに、「安心実現のための緊急総合対策」(平成20年8月政府・与党とりまとめ)においても、低炭素社会の実現に向けた新エネ技術の抜本的導入のための具体的施策として、家庭・企業・公共施設等への太陽光発電の導入拡大が位置付けられているところ。このような方向性をより確実なものにするため、太陽光発電の導入拡大のための当面の具体的な措置の第一弾として「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」をとりまとめ、広く関係者の迅速な取組みを促すべく、ここに公表する。今後、関係省庁との連携を拡大し、本アクションプランの取組みの更なる深化・具体化を図ることとする。

2. 具体的な取組み

(1) 供給サイド及び需要サイドにおける取組み

低価格・高性能の太陽光発電システムの提供という「供給サイド」の取組みと、家庭・企業・公共施設をはじめとする各分野における太陽光発電システムの導入促進という「需要サイド」の取組みが、互いに相乗効果を発揮しながら進展することを通じた導入量の拡大、機器システムの価格低下、市場の拡大を促す。

①供給サイドの取組み

- 大容量の電力が必要な公的施設向けの太陽光発電も含め、材料・素材・モジュール等の技術開発を着実に実施し、機器システムの低コスト化・発電効率向上を推進するとともに、設置コスト低減のため、機器システムの軽量化及び設置の簡易化を推進
- 太陽光発電と併せた蓄電池技術開発の推進 / ○ 新たなビジネスモデルの展開
- 家庭向けの展示場等におけるPR、デザイン性や耐久性を兼ね備えたパネル等の開発・普及についての太陽電池メーカーと住宅メーカーの連携
- 標準的な「施工ガイドライン」の策定 / ○ 中東諸国、アジア・太平洋地域等における国際展開
- 太陽光発電システムの検査・評価方法の確立と国際標準化

②需要サイドの取組み

<家庭分野>

- 住宅用太陽光補助金等による価格低下を通じた導入の飛躍的拡大 / ○ グリーン電力証書やエコ・アクション・ポイントを活用した太陽光発電システムの導入促進

＜企業分野＞

- 事業者による太陽光発電システムの導入の拡大
- 中小企業における導入の重点的な拡大
- 事業者と地方公共団体の連携を通じた「メガ・ソーラー」(大規模太陽光発電所)の建設の促進

＜公的施設分野＞

- **道路、鉄道、港湾、空港などの公的施設**における一層の導入促進を図るため、これらの施設所有者や関連事業者に対して、内外の導入事例を基に具体的な情報提供を実施
- **施設所有者、道路事業者、鉄道事業者、倉庫業者、ターミナル業者等と太陽光発電関連事業者との情報共有の推進**
- より多くの公的施設への導入促進を図る(公的施設に対する公的支援の充実)
- グリーン購入法における品質確保等に係る新たな基準等の見直し・公表による公的主体への導入促進

＜教育機関＞

- **小学校、中学校、高校、大学等における太陽光発電の導入拡大**
- 太陽光発電を環境教育等へ活用することを促進し、これらの学校をモデル校に認定

＜地域展開＞

- 太陽光発電をはじめとする新エネルギーについて「国民が見て触れる機会」として提供するための「次世代エネルギー・パーク」の整備・充実
- 太陽光発電をはじめとする新エネルギーの導入をまちづくりと連携しつつ「面的に展開」するための「新エネルギー・コミュニティ構想」(仮称)の推進
- 地球温暖化対策推進法上の地方公共団体実行計画に基づく地域における太陽光発電の導入の促進

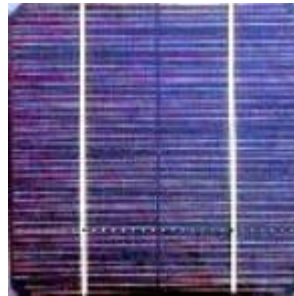
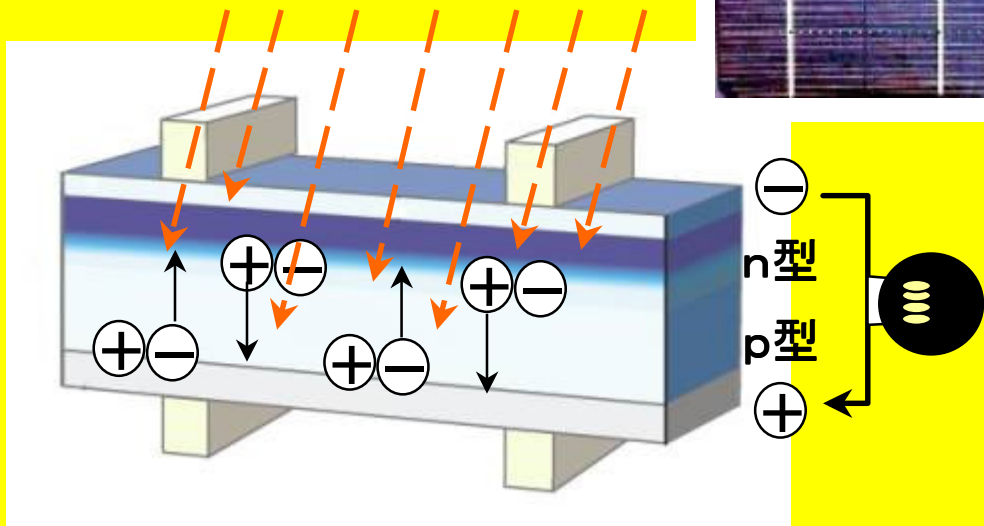
-
1. 太陽光発電協会について
 2. 太陽光発電システム市場動向
 3. **太陽電池の基本特性について**
 4. 太陽電池の技術開発状況
 5. 太陽光発電システム設計のポイント
 6. 様々な設置形態・事例の紹介
 7. 新しいビジネスモデル
 8. まとめ

太陽電池の基本原理

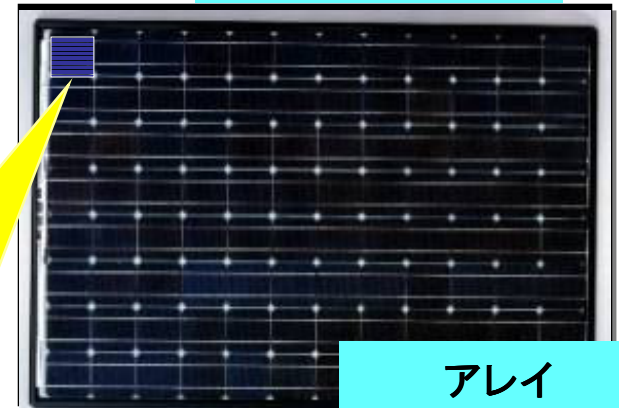
太陽電池の原理

セル

半導体の光電効果
光 → 電気



モジュール



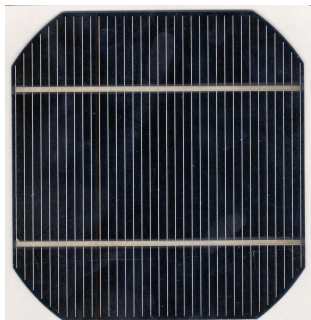
アレイ



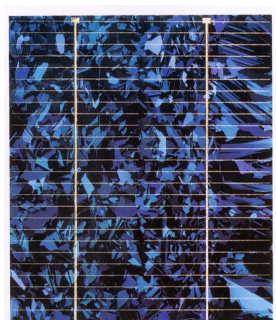
太陽電池の種類

太陽電池 の種類	シリコン系	結晶系	単結晶Si、多結晶Si
		ハイブリット	単結晶Si+a-Si
		薄膜系	多結晶薄膜(タンデム)、アモルファス
	化合物半導体系	Ⅲ－Ⅴ族	GaAs、AlGaAs、InP
		Ⅱ－Ⅳ族	Cds、CdTe、Cu ₂ S
		その他	CuInSe ₂
	その他	有機系	色素増感型

単結晶



多結晶



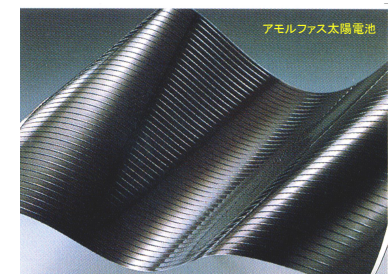
CIS



タンデム

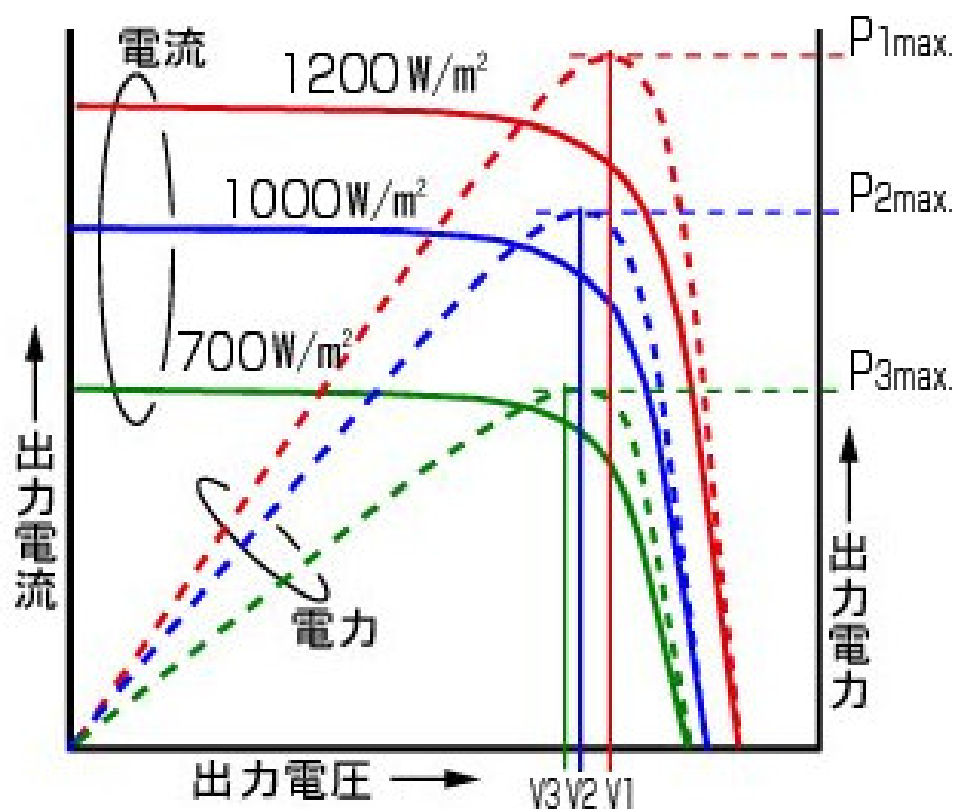


アモルファス



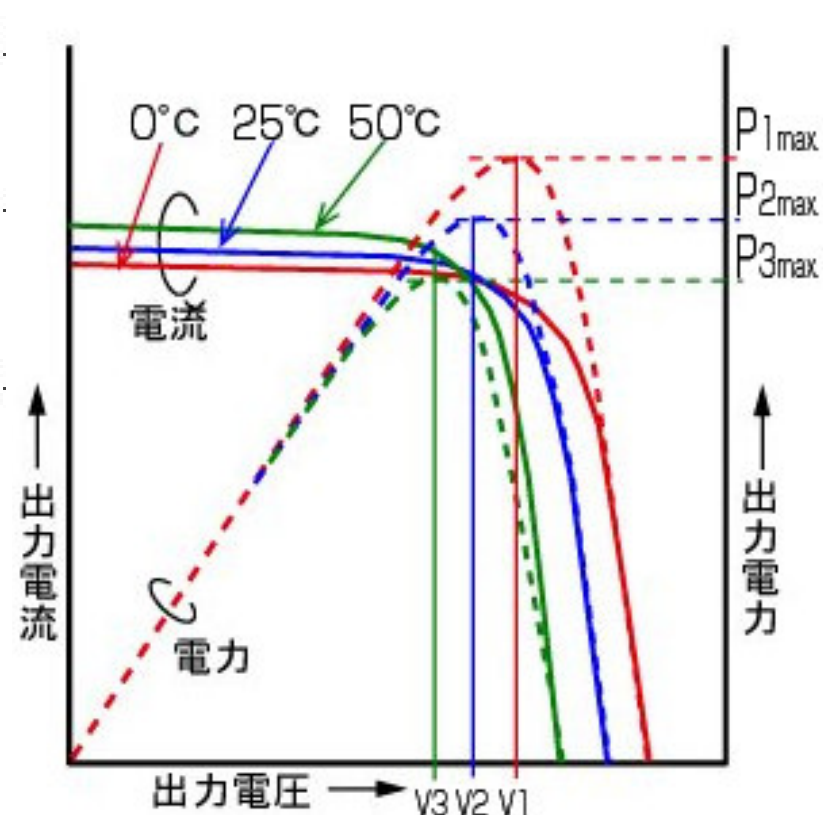
結晶系太陽電池の日射と温度変化の特性

日射強度依存性



太陽電池と日射

温度依存性

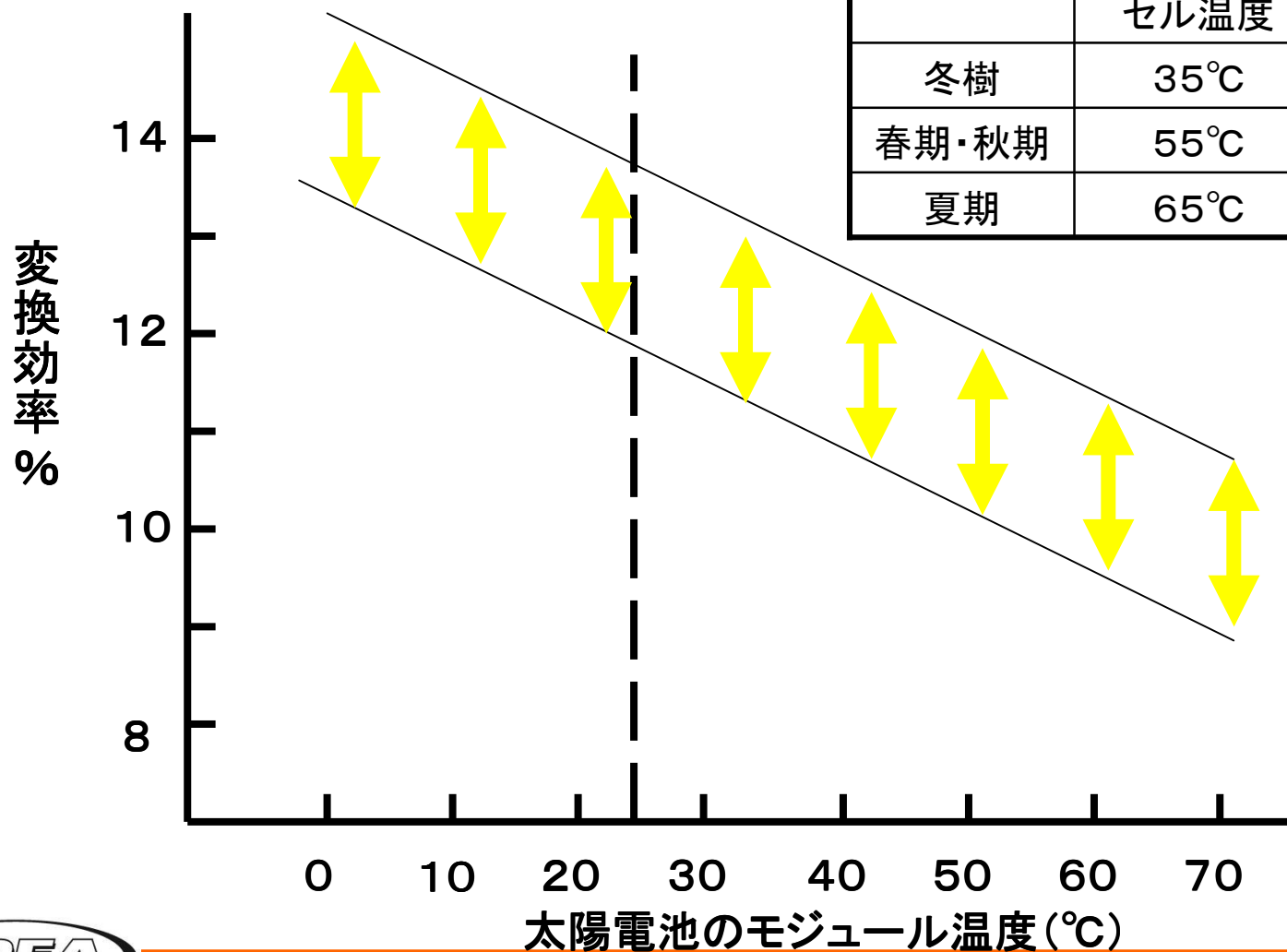


太陽電池と温度

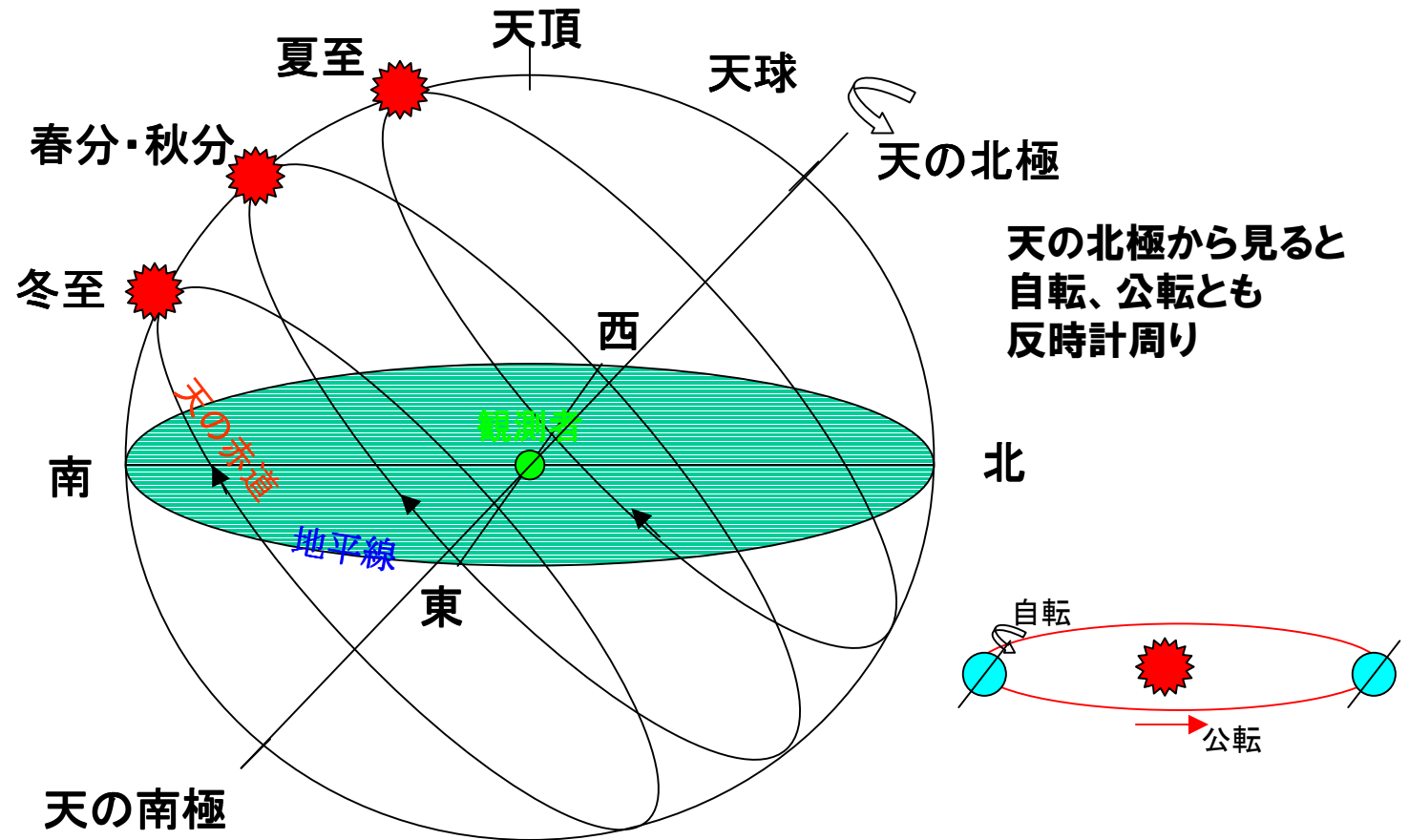
結晶系太陽電池の出力と温度特性について

標準状態25℃に対する一般例

	セル温度	低減率
冬樹	35℃	-4.5%
春期・秋期	55℃	-13.5%
夏期	65℃	-18.0%

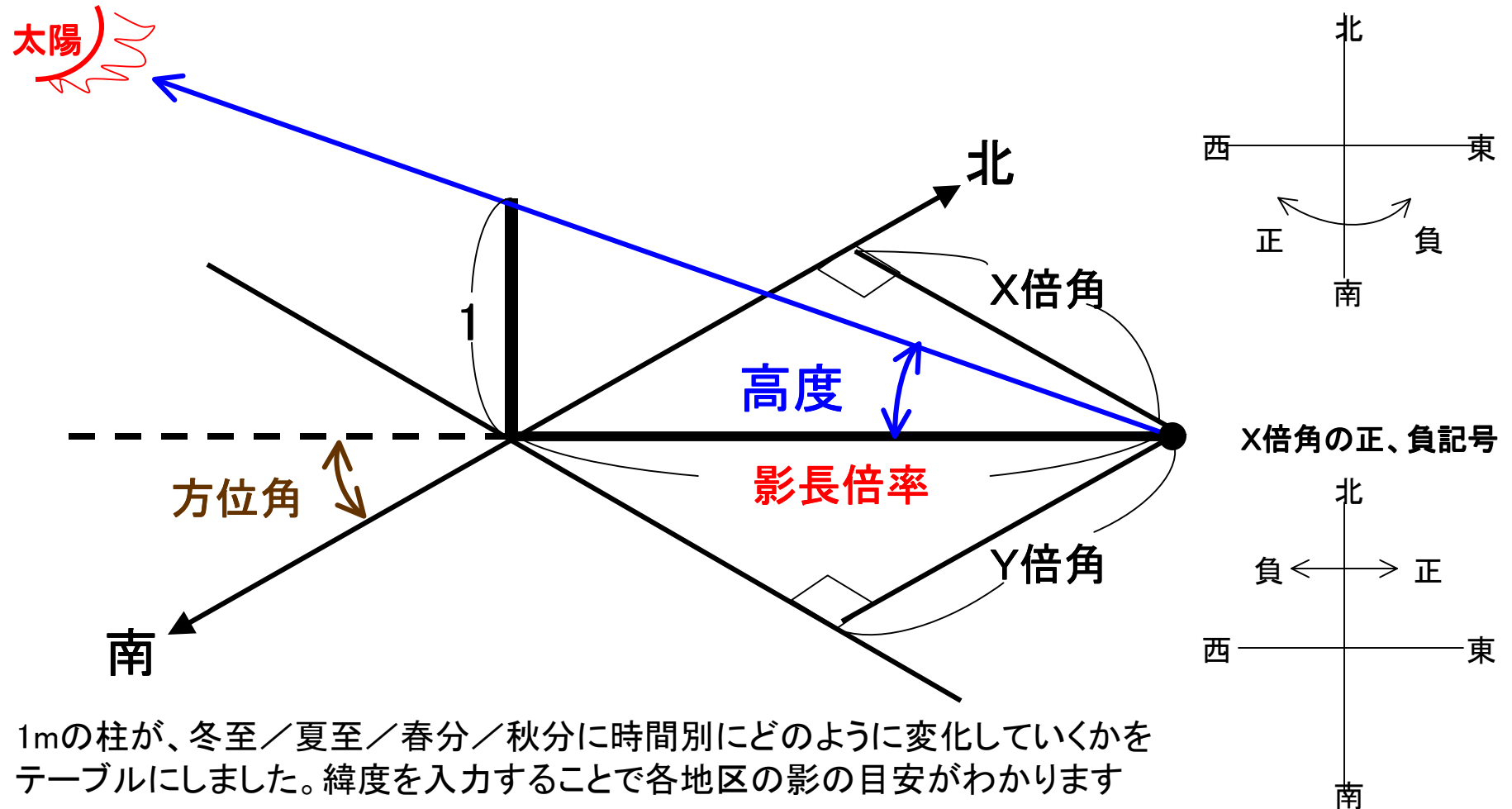


太陽の位置の季節変化



地球は毎日24時間で一周(自転)しています。また、太陽の周りを365日で一周します(公転)。地球の地軸は、赤道面で公転面に対して23度26分傾いている。自転軸の傾斜によって、太陽高度と、日照時間が変わり、もっとも影が長い日が冬至になります。

太陽高度と日影の発生イメージ図



太陽高度と日影の発生イメージを簡単にエクセルで表にできます

北緯	35.5	(緯度を入力してください。)			
太陽が真南に来た時刻を12時としています。					
		冬至			
時刻	高度	方位角	影長倍率	X倍率	Y倍率
8	8.184	-53.386	6.953	-5.581	4.147
9	17.279	-42.794	3.215	-2.184	2.359
10	24.565	-30.288	2.188	-1.104	1.889
11	29.363	-15.81	1.777	-0.484	1.71
12	31.05	0	1.661	0	1.661
13	29.363	15.81	1.777	0.484	1.71
14	24.565	30.288	2.188	1.104	1.889
15	17.279	42.794	3.215	2.184	2.359
16	8.184	53.386	6.953	5.581	4.147
単位	度	度	倍	倍	倍

関東地区(北緯35.5°)で、冬至の9時と15時の影の長さが、アレイ高さの約3倍になることがわかります。

たとえば、エクセルで表の各カラムの数式は

	A	B	C	D	E	F
18	北緯	35.5	(緯度を入力してください。)			
	太陽が真南に来た時刻を12時としています。					
			冬至			
	時刻	高度	方位角	影長倍率	X倍率	Y倍率
23	8	8.184	-53.386	6.953	-5.581	4.147
24	9	17.279	-42.794	3.215	-2.184	2.359
25	10	24.565	-30.288	2.188	-1.104	1.889

$=\text{ROUND}(\text{ASIN}(\text{SIN}(\$B18 * \text{PI}() / 180) * \text{SIN}(-23.45 * \text{PI}() / 180) + \text{COS}(-23.45 * \text{PI}() / 180) * \text{COS}((15 * (A23 - 12)) * \text{PI}() / 180) * \text{COS}((\$B18) * \text{PI}() / 180)) * 180 / \text{PI}(), 3)$

$=\text{ROUND}(\text{ASIN}(\text{COS}(-23.45 * \text{PI}() / 180) * \text{SIN}((15 * (A23 - 12)) * \text{PI}() / 180) / (\text{COS}(B23 * \text{PI}() / 180))) * 180 / \text{PI}(), 3)$

$=\text{ROUND}(1 / \text{TAN}(B23 / 180 * \text{PI}()), 3)$

$=\text{ROUND}(D23 * \text{SIN}(C23 / 180 * \text{PI}()), 3)$

$=\text{ROUND}(D23 * \text{COS}(C23 / 180 * \text{PI}()), 3)$

方位と傾斜角度の影響

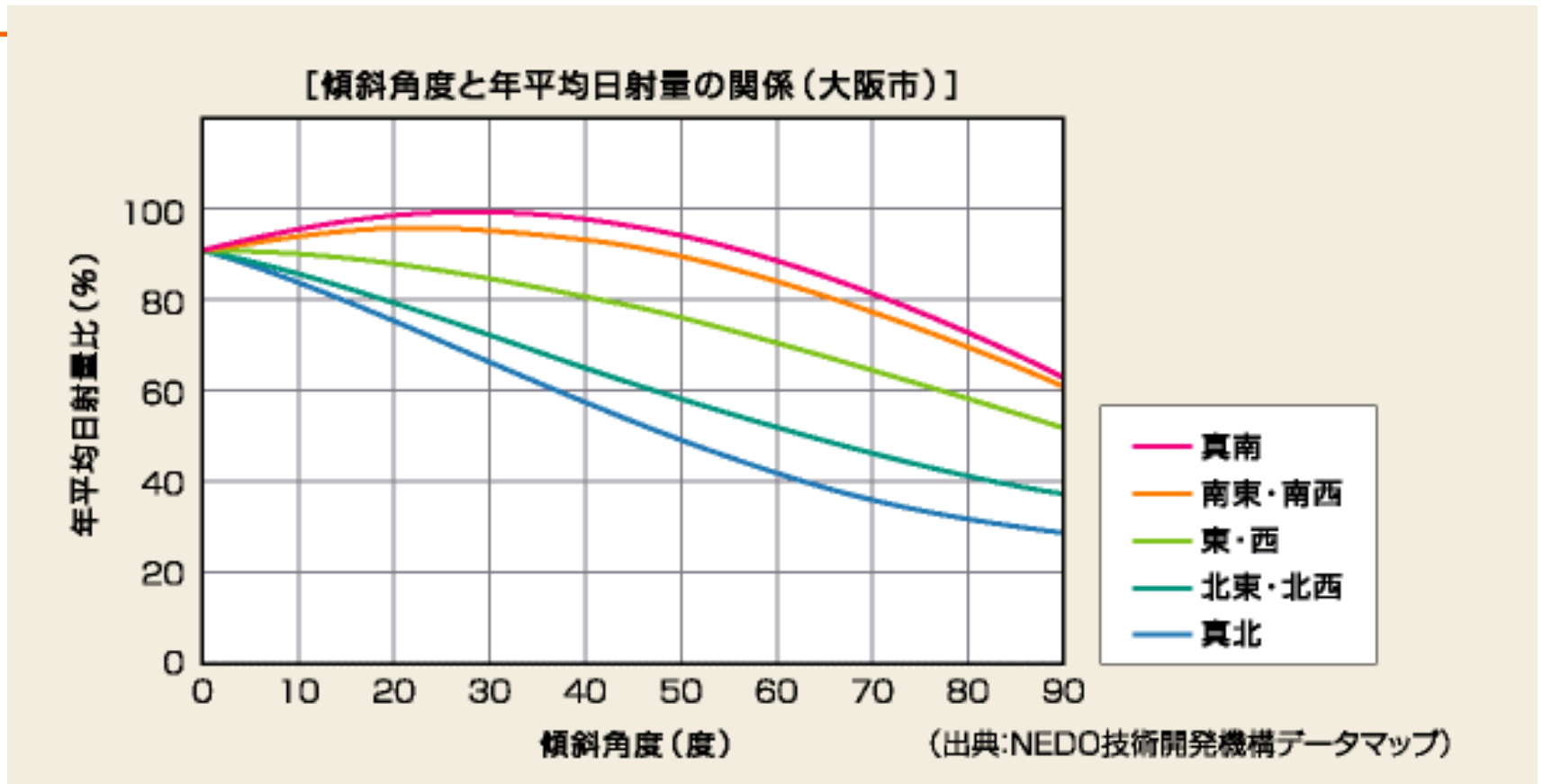
真南30度を1として規格化した場合の方位別日射量

方角/ 屋根勾配	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
0°	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
10°	0.81	0.83	0.88	0.93	0.95	0.93	0.88	0.83
15°	0.74	0.77	0.85	0.92	0.95	0.92	0.85	0.77
20°	0.69	0.74	0.84	0.94	0.98	0.93	0.84	0.74
25°	0.65	0.70	0.83	0.94	0.99	0.94	0.83	0.70
30°	0.60	0.67	0.81	0.94	1.00	0.94	0.81	0.67
45°	0.48	0.56	0.75	0.92	0.99	0.92	0.75	0.56
60°	0.38	0.47	0.68	0.86	0.94	0.86	0.68	0.48
75°	0.31	0.40	0.59	0.76	0.83	0.76	0.59	0.40
90°	0.28	0.34	0.50	0.64	0.69	0.64	0.50	0.35

数値は東京都でのデータです。数値は、地域・設置環境などにより変動します。

(METPV2データの東京における1990年から1999年の実測平均値を使用)

方位角と日射量の関係

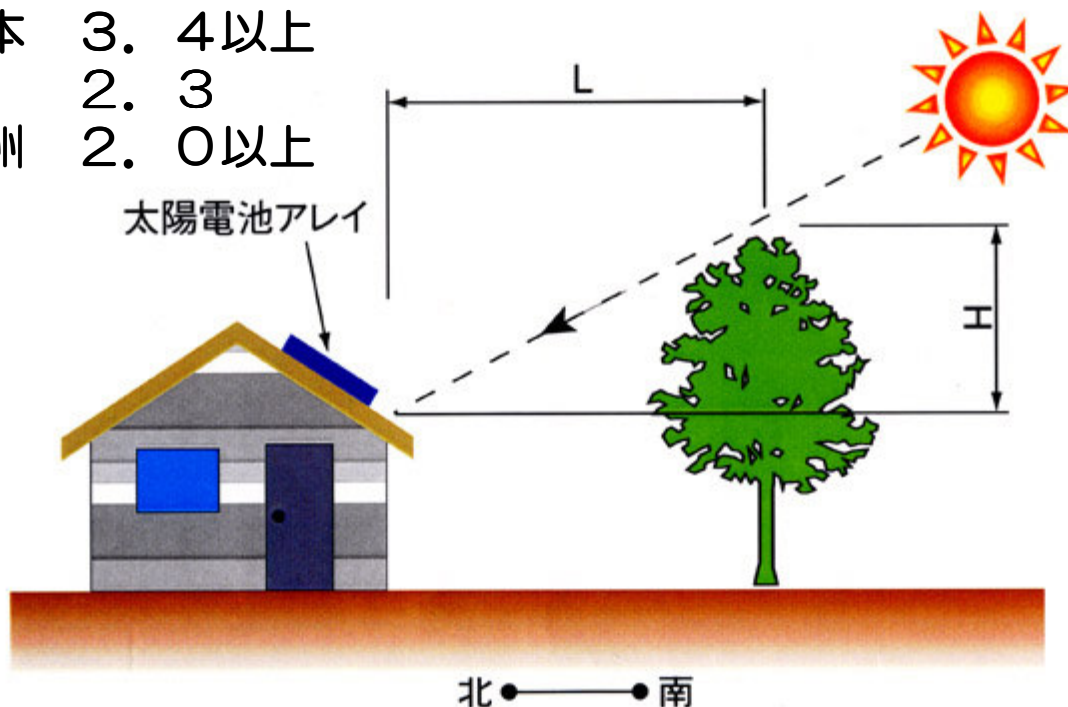


- 設置方位は真南が理想、実際は振れている場合が多い。真南(方位角0度)から、南西・南西(45度)に向くと、発電量は約10%の低下、真東・真西(90度)でも約20%低下。
- 設置の傾斜角についても、日本の家屋の屋根傾斜は、ほとんどが15～45度に納まっている。また、傾斜角の変化は、方位の変化より発電量に与える影響が少なく、約10%程度
架台設計では、コスト・強度保持に重量化などの問題も配慮が必要
- 年間最適日射を得るには、ほぼ設置場所の緯度(札幌43度、東京35度、大阪34度)に該当

日影の影響

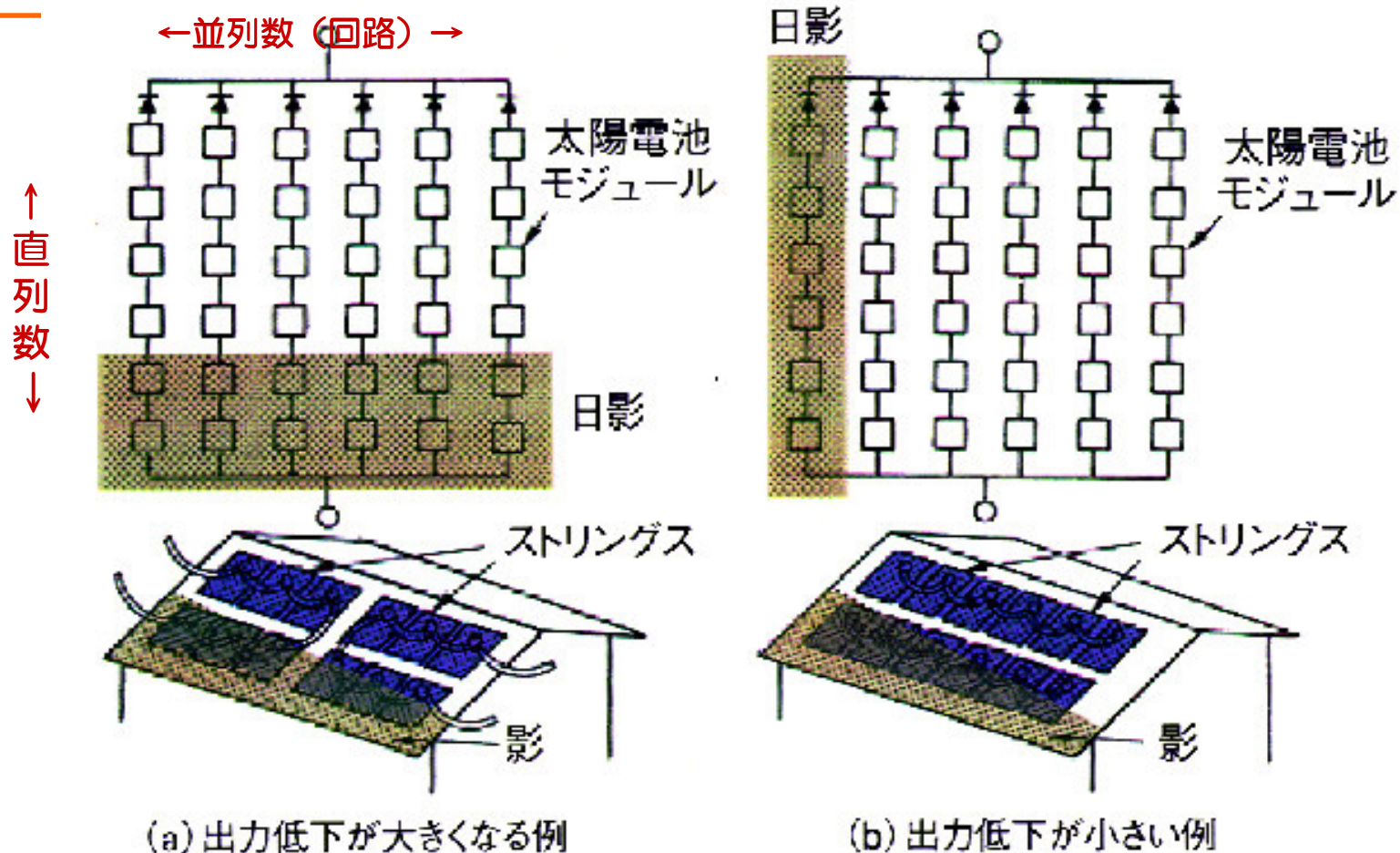
影の概略判断方法

$L / H >$	
北日本	3. 4以上
東京	2. 3
南九州	2. 0以上



■アレイへの陰の長さは、設置場所の緯度、経度、季節、時刻によって異なりますが、最も陰が長くなる冬至の午前9時から午後3時の間に陰がかからなければ、太陽電池出力にはほとんど影響ないことから、設計では、冬至の午前9時・午後3時の日陰を確認します。

日影発生のパターン



A. 出力低下が大きくなる例

B. 出力低下が小さくなる例

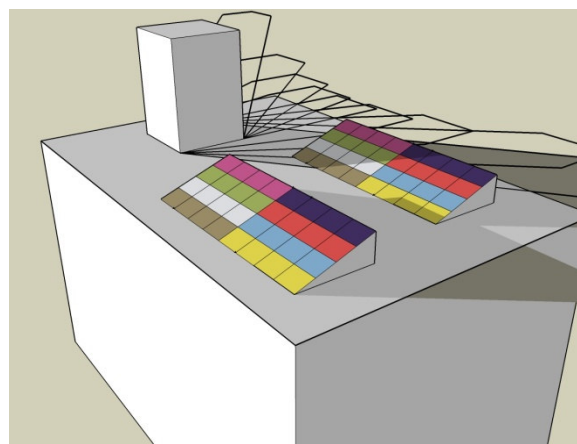
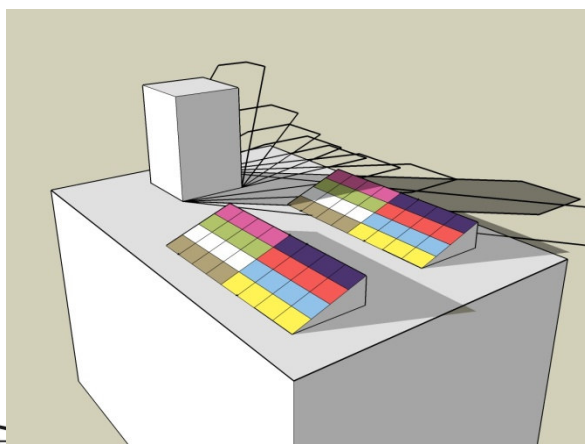
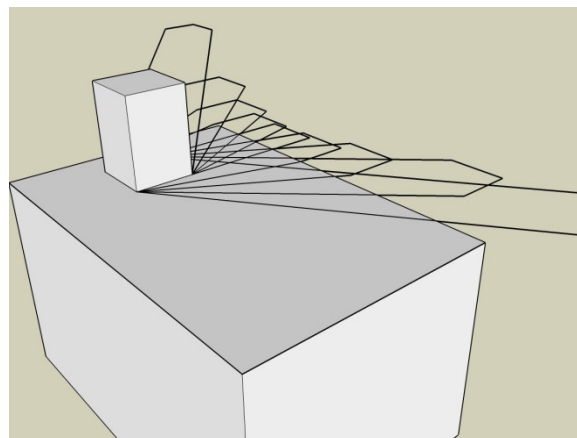
■ あらかじめ、アレイに陰が発生することが避けられない場合には、太陽電池モジュールの配線の工夫で、陰の発生による影響を少なくすることができます。

どうしても影がさけられない場合の対策

設置検討の事前調査で、屋上ペントハウス、パラペット、フェンス、などのほか、近隣建物等の影や、広告塔、パーキングタワーなどの日陰が発生する可能性が高い場合には事前に日陰図を作成し、あらかじめ陰を避ける対策が必要です。

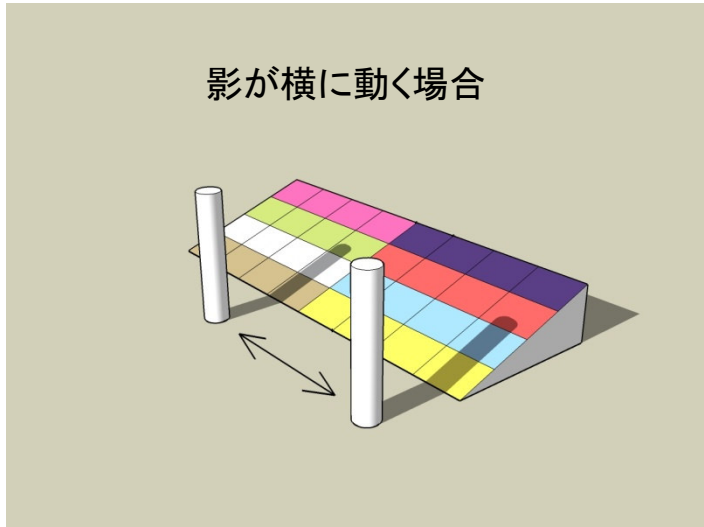
■アレイ配置面での対策

日陰に添ったアレイ配列を行い、陰の影響を排除。但し、屋上などは構造面での基礎部分にも留意

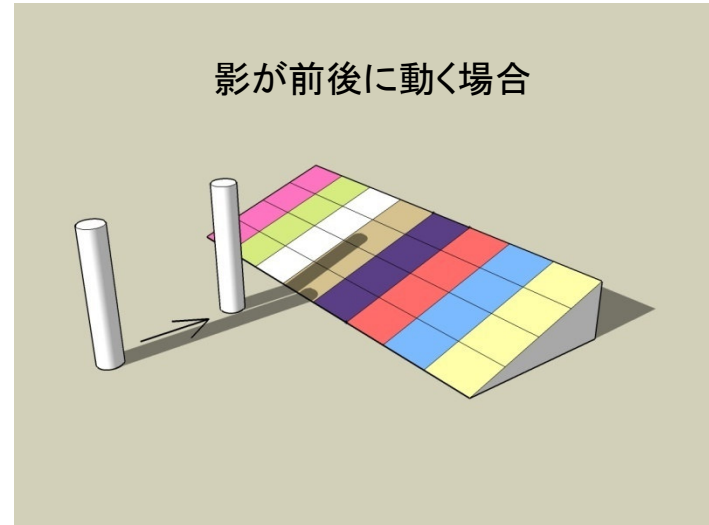


どうしても影がさけられない場合の対策（配線で影響を最小化）

影が横に動く場合



影が前後に動く場合

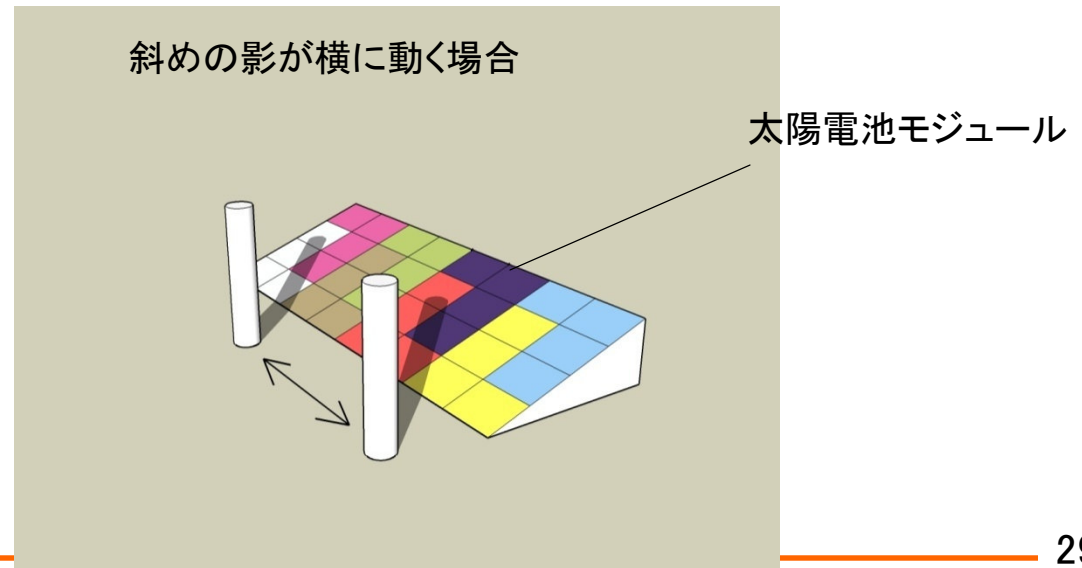


■ 配置回路面での対策

陰の影響を受けにくい配線
回路を検討する

下図の同色モジュールで
アレイを構成します（例）

斜めの影が横に動く場合



発電電力量の計算(1)

想定発電電力量kWh／日＝

各月の日射量×太陽電池容量×温度補正係数×パワーコンディショナ効率×その他損失

各月の日射量(kWh／m²・日)：NEDO/日本気象協会「全国日射量データマップ」より

太陽電池容量(kW)：太陽電池モジュール公称最大出力×太陽電池モジュール台数

温度補正係数：放射照度(結晶系シリコン太陽電池の屋根置き設置の場合)

12～2月……………0.90

3～5月、9～11月……………0.85

6～8月……………0.80

パワーコンディショナ効率：0.90～0.95(機器性能に応じて設定)

その他損失：0.90～0.95(配線、受光面の汚れ、逆流防止ダイオードによる損失等)

JIS C8907:2005 「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」

※…太陽光発電システムは常時、容量分の出力が出るわけではありません。

実際には、様々な要因(地域、季節、時刻、設置角度、温度、受光面の汚れ、及びインバータ変換効率等による損失)のために出力が低下するので、発電量計算には補正係数が必要です。

従って、晴天時でも最大出力は**太陽電池容量の約70～80%**が目安となります。

発電電力量の計算式(2)

《計算例》

10kWシステムの場合 (直列数と並列数の決定が設計では重要)

10直列(280V)x8回路
=80台x125W=10KW

- (1) 太陽電池容量:モジュール出力125W × 80台 = 10,000W = 10kW
インバータの入力電圧にあわせて、直列数を決定 (10直列x 8並列(8回路))
(2) 方位:南向き, (3) 傾斜角:30°, (4) 場所:東京

太陽電池モジュール例

・最大出力	125W
・最大出力動作電圧	28V
・インバータ入力電圧	300V

①1月の1日当りの計算

想定発電電力量kWh/日 = $3.67 \times 10 \times 0.90 \times 0.92 \times 0.95 = 28.87\text{kWh/日}$

②1月の計算

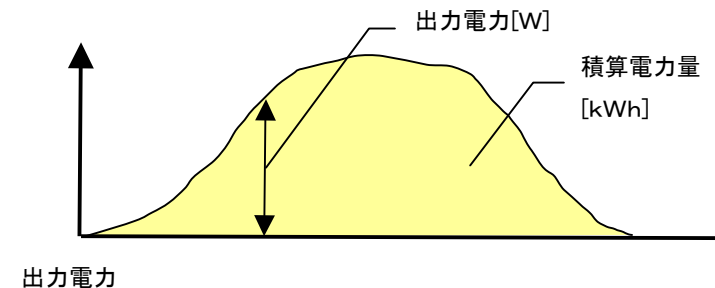
想定発電電力量kWh/月 = $28.87 \times 31 = 894.97\text{kWh/月}$

③その他の月 ①→②の要領で各月毎に算出しまとめる。

月	日射量 kWh/m ² ・日	日発電量 kWh/日	1月の日数 日	月発電量 kWh/月
1	3.67	28.78	31	895
2	3.73	29.34	28	822
3	4.14	30.76	31	954
4	4.12	30.61	30	918
5	4.39	32.61	31	1,011
6	3.77	26.36	30	791
7	3.74	26.15	31	811
8	4.22	29.51	31	915
9	3.39	25.18	30	755
10	3.32	24.66	31	764
11	3.10	23.03	30	691
12	3.29	25.88	31	802
合計	平均3.74	平均27.74	365	10,129

※発電電力量

太陽光発電システム出力(瞬時値)を積算して得られる電気量です。
年間想定発電電力量は太陽光発電システム出力の1年間の積算値を計算式により求めたものです。



-
1. 太陽光発電協会について
 2. 太陽光発電システム市場動向
 3. 太陽電池の基本特性について
 - 4. 太陽電池の技術開発状況**
 5. 太陽光発電システム設計のポイント
 6. 様々な設置形態・事例の紹介
 7. 新しいビジネスモデル
 8. まとめ

太陽光発電産業のサプライチェーン

■結晶型太陽電池

- ・シリコン原料の長期供給契約から、川上から川下までの一貫供給体制の傾向
- ・垂直統合、事業統合、サプライチェーンへの資本参加なども活発



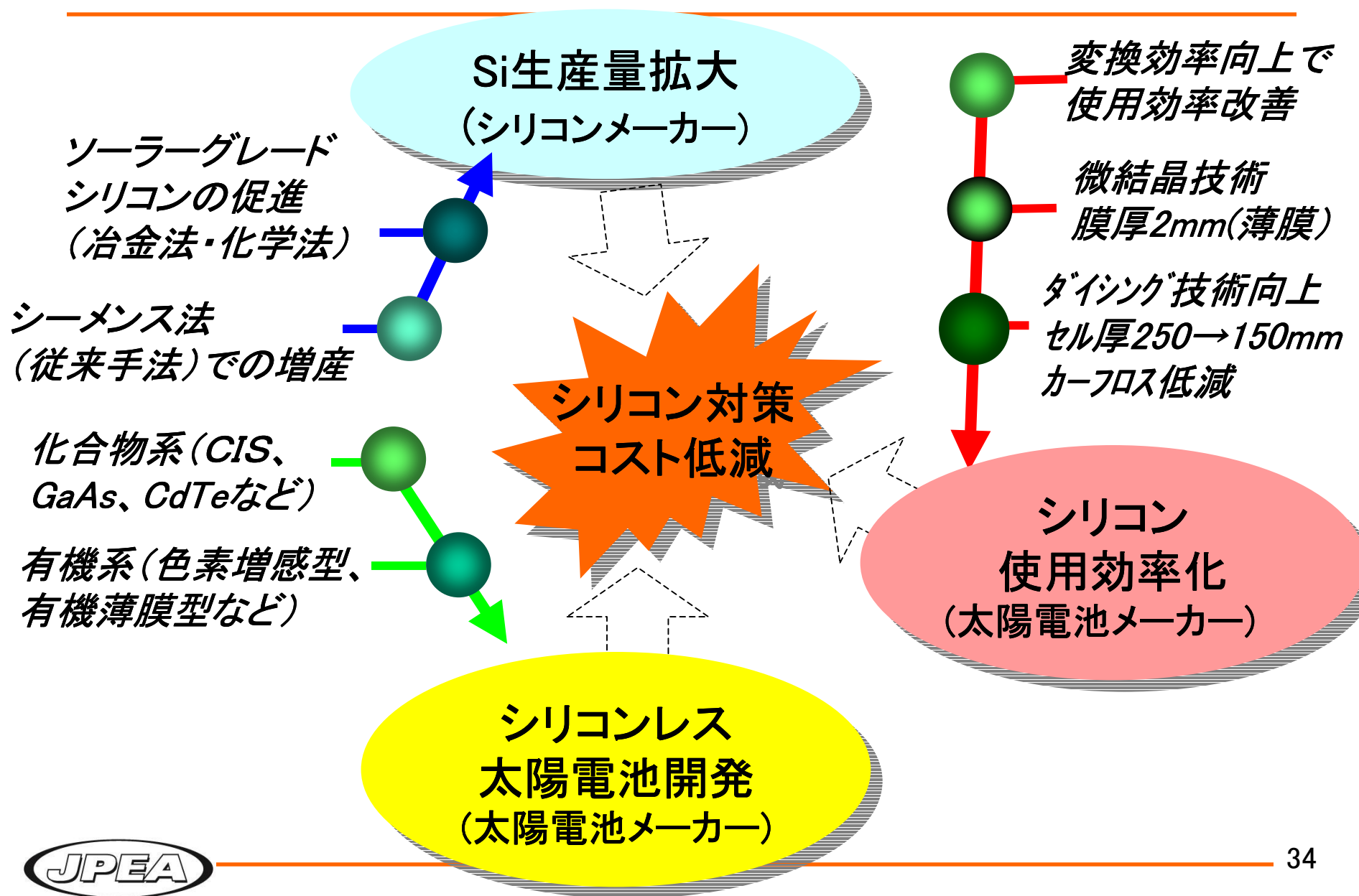
■薄膜型太陽電池（アモルファス、微結晶タンデム、CIS、CdTe）

- ・モジュール化までの一貫体制（技術開発ならびにプロセス技術による高性能化）
- ・フルターンキーメーカーによる、従来技術による薄膜太陽電池の生産
- ・ベンチャー企業による新技術や、薄膜製造メーカーと太陽電池メーカーの共同開発



シャープ、カネカ、三菱重工、富士電機システムズ、昭和シェルソーラー、ホンダソルテック、FirstSolar、MoserBear、NexPower、QCells、SchottSolar、Nanosolar、MeaSolar

シリコン原料対策と様々なコスト低減化

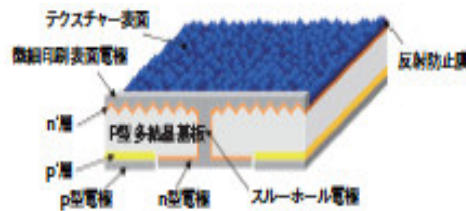


結晶太陽電池の高効率化・薄型化

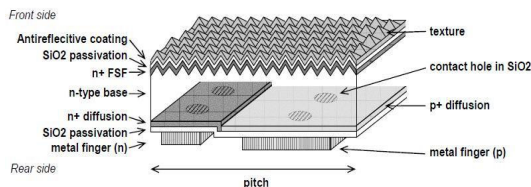
■結晶太陽電池の高効率化

太陽電池の高効率化により、原料使用の効率化
および設置面積の低減を実現（太陽電池メーカー各社）

○バックコンタクト型太陽電池

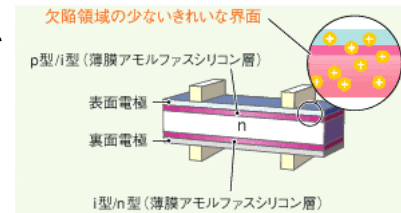


- ・表面で発生する電流をスルーホール電極を通して裏に回し、裏面の電極に流す「バックコンタクト構造」（京セラ）



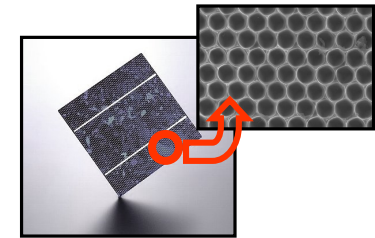
- ・受光面電極を廃止することで受光量を増加(米SUNPOWER)

○HIT型太陽電池



- ・アモルファスシリコンと結晶シリコンのハイブリッド構造により高効率化（三洋電機）

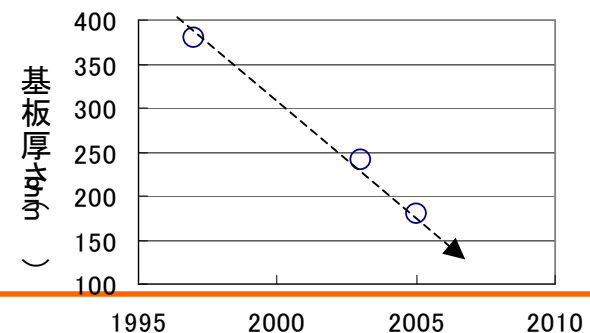
○ハニカムテクスチャー構造



- ・レーザーパターニングと湿式エッチングによりセル表面反射率の低減化による高効率化(三菱電機)

■結晶太陽電池の薄型化

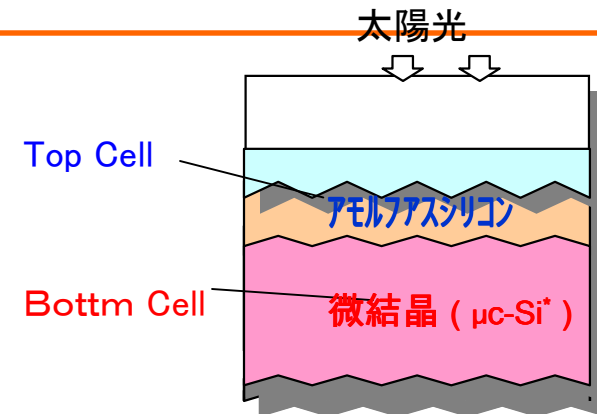
シリコン使用量を低減することで低コスト化を実現
（太陽電池メーカー各社）



新しい薄膜型太陽電池モジュール

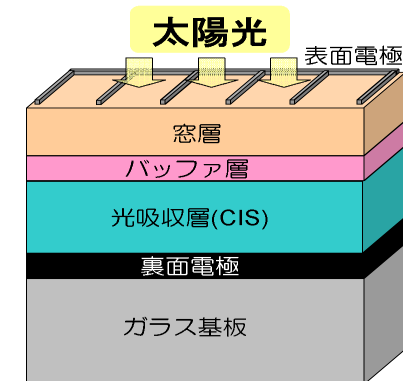
■タンデム型薄膜太陽電池

アモルファスと微結晶のタンデム構造
にすることで変換効率を向上
(カネカ・三菱重工業・シャープ)



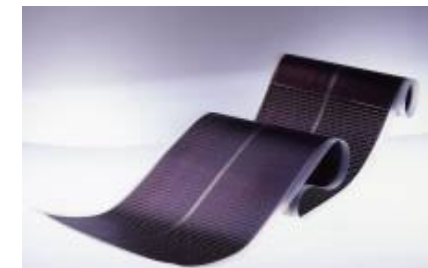
■CIS型薄膜太陽電池

化合物型構造による新しい太陽電池
(昭和シェルソーラー・ホンダソルテック)



■フレキシブルフィルム型薄膜太陽電池

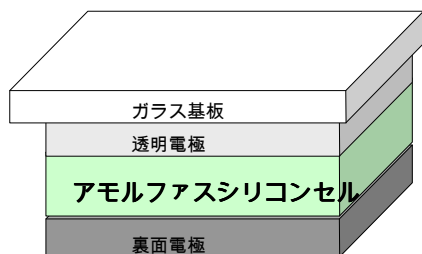
アモルファスとフィルム型の特性を
もつ構造(富士電機システムズ)



薄膜太陽電池の高効率化と集光型電池の効率向上

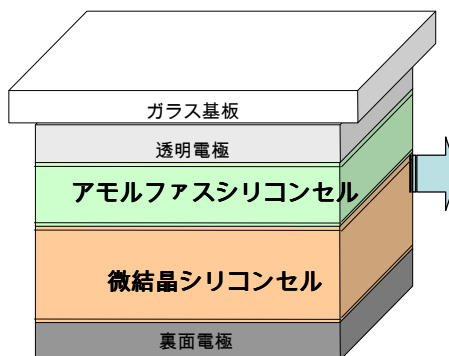
■集積型薄膜太陽電池 (シャープ)

従来のアモルファス型
薄膜太陽電池



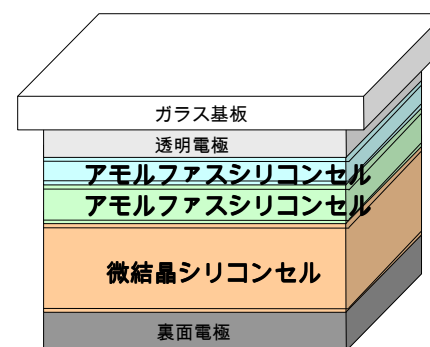
6%

結晶薄膜太陽電池 (タンデム型)



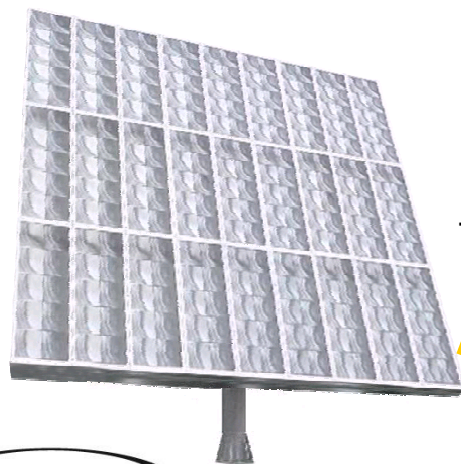
8~9%

トリプル型 薄膜太陽電池

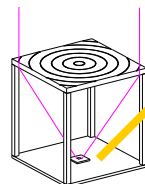


>10% (モジュール効率)

■集光型太陽電池 (シャープ)

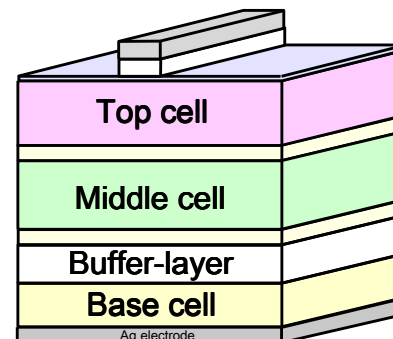


モジュール
フレネルレンズ集中装置



26%

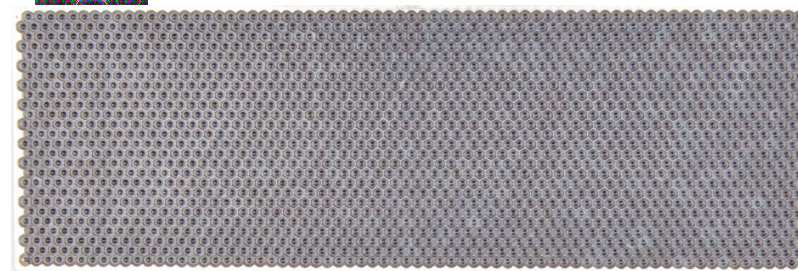
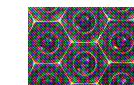
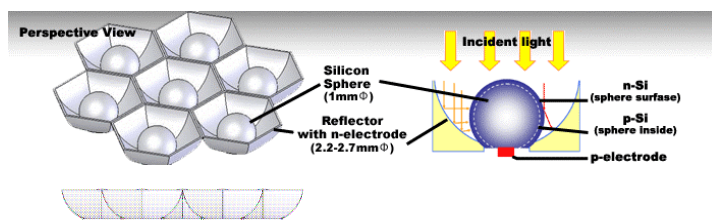
(モジュール効率)



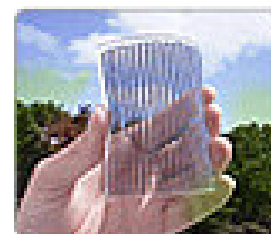
40% (集光時セル効率)

球状シリコン型・色素増感型 太陽電池

■球状シリコン型薄膜太陽電池



ルツボ内でシリコンを溶融、加圧落下し表面張力で球状化、球状シリコン回りの間隙と集光板にアルミフォイルを活用するモジュールや直接利用する方法がある。(CV21、京セミ、京セラなど)



■色素増感型薄膜太陽電池

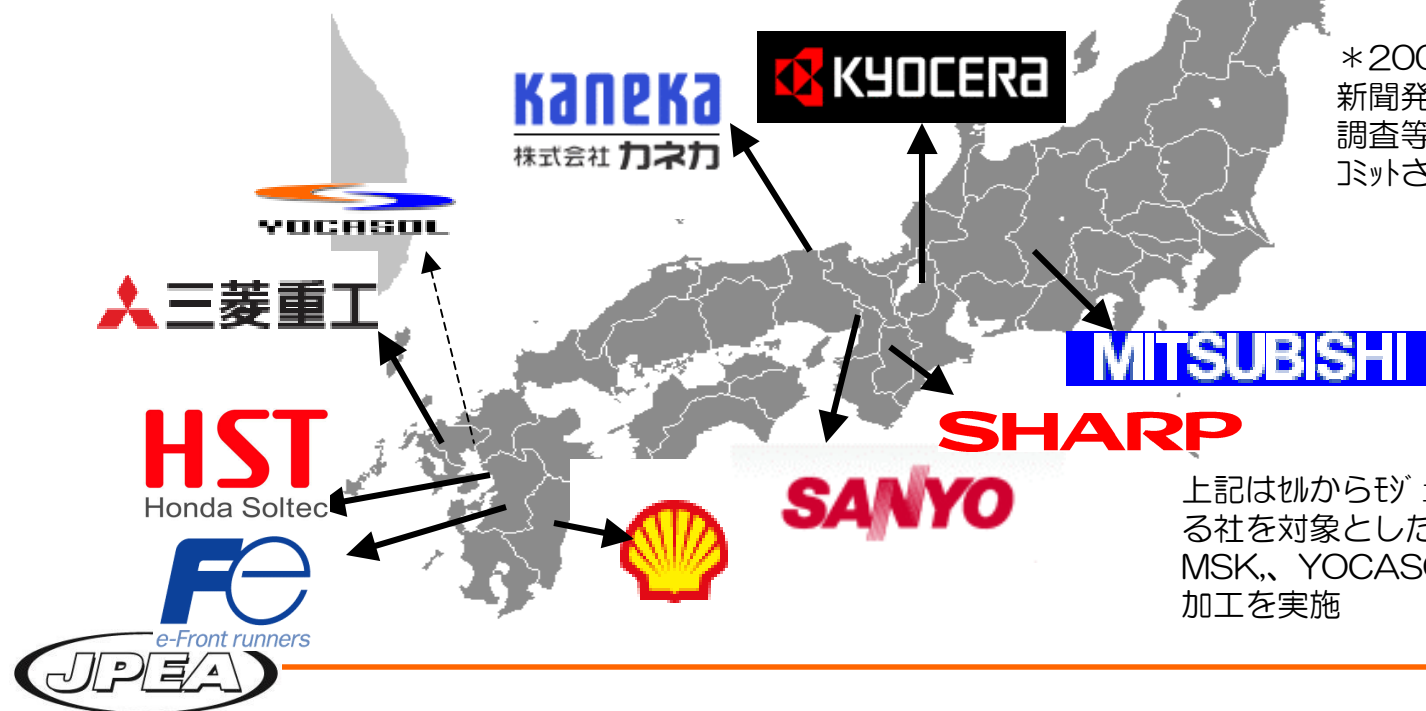
色素増感太陽電池は、半導体の光電気化学反応を色素で分光増感することで電力を取り出すしくみ。
(基礎研究から試作まで各社、様々な企業・大学・研究機関が取組開発中)



参考：国内太陽電池メーカーの拡張計画（新聞発表等）

太陽電池メーカー	モジュールタイプ	主拠点	2007 生産能力	2008 生産能力	2008年以降の拡張計画*
シャープ	単/多/薄	葛城市	710.0	855	2010年の堺新工場で薄膜含む 1335MW
京セラ	多結晶	八日市	240.0	240	2010年に500MW
三洋電機	単-As複合	貝塚市	265.0	355	2010年に650MW
三菱電機	多結晶	飯田市	150.0	220	2012年に550MW
カネカ	As/微結晶	豊岡市	55.0	70	2010年に130MW
三菱重工	As/微結晶	諫早市	54.0	68	2010年に128MW
日立製作所	単結晶	日立市	10.0		2008年で設備売却
富士電機システムズ	マルチ結晶As	熊本県	12.0	30	2009年に40MW, 2011以降更に150MW
昭和シェルソーラー（昭和シェル）	CIS	宮崎県	20.0	20	2009年に80MW, 2011年に1000MW目標
ホダソーラテック（本田技研）	CIGS	熊本県	27.5	27.5	
合 計			1,543.5	1,885.5	

*2008年以降の拡張計画は、新聞発表、ならびに資源総合システム調査等から、引用したものでコミットされた計画ではありません。



上記はセリからモジュールまでの生産を行っている社を対象としたが、CV21、スーパーハイゲージ、MSK、YOCASOL、プレミアムなども製造加工を実施