



## 太陽光発電をめぐる最近の動向

- 激しさを増す国際競争と開発が進む薄膜系 -

### 1. 太陽光発電の需給動向 ~世界一の座を降りる日本~

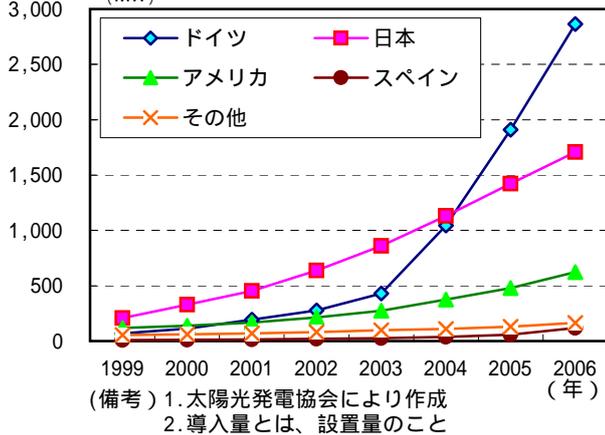
#### (1) 国別の太陽光発電の導入量・生産量の推移

- 太陽電池の需要は、地球温暖化問題や原油高を背景に徐々に増加し、2004年以降急拡大した。これは、ドイツで太陽光発電の買い上げ制度（フィード・イン・タリフ [ F I T ] ）が強化され、急速に拡大が進んだことによる。
- 太陽電池の導入量（累積）（図表1）は、2004年まで日本が先行していたが、2005年に導入量の牽引役であった住宅補助制度が打ち切られたことにより、2005年にドイツに抜かれその差が拡大している。米国では、環境意識の高まりから太陽光の導入が進展しつつある。
- 世界の太陽電池生産量（図表2）は、このところ4～5割増のペースで拡大し、2007年に前年比50.9%の増加となった。欧州を中心に市場が急拡大し、欧州や「その他(アジア諸国等)」の生産量が大幅に増加。日本は、太陽電池セルの原料であるシリコン需給が逼迫するなか原料の手当に遅れが生じ、欧州、「その他(アジア諸国等)」の生産量を下回り前年比0.8%の減少に転じた。生産シェアも前年の37.5%から24.6%へ大きく下げた。

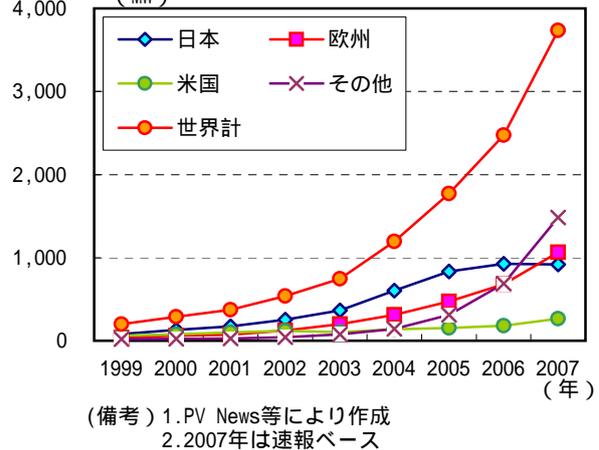
#### (2) 太陽電池メーカーの生産量動向

- メーカー別の生産量（図表3）をみると、7年連続首位であったシャープがシリコン調達の不調により2007年に前年比16.4%の減少となり、2位となった。
- 2005年以降急拡大を続けてきた海外の新興メーカーは、2007年も引き続き大きな伸びを示した。ドイツのQ-Cellsが首位となった他、中国のSuntech、米国のFirst Solar、台湾のMOTECが順位を上げた。
- 米国では新技術による太陽電池生産を行うベンチャー企業が続々と登場している。

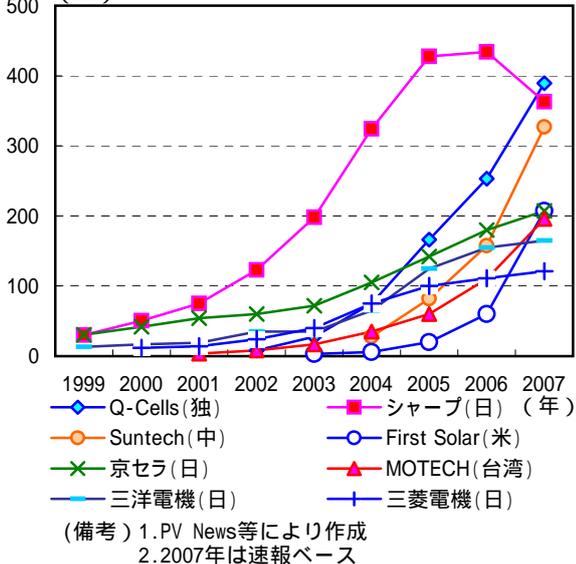
図表1【国別】太陽電池導入量（累積）の推移 (MW)



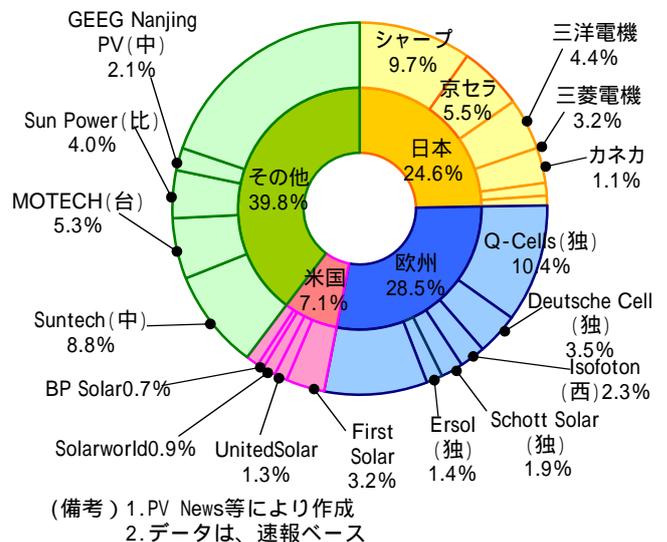
図表2【国別】太陽電池生産量の推移 (MW)



図表3【メーカー別】太陽電池生産量の推移 (MW)



図表4【国別・メーカー別】2007年の太陽電池生産量のシェア





2. 太陽電池向けシリコンの需給動向 ～2010年頃には逼迫感解消か～

(1) シリコン需給逼迫と価格上昇

・太陽電池は、単結晶・多結晶シリコンを主にシリコンを使用する太陽電池の割合が約9割を占めているが、太陽電池市場の拡大に伴い、原料となるシリコンの需要が増加。これに伴いシリコン需給が逼迫し、2005年以降シリコン価格が上昇し、2007年は前年より20%程度値上がりした(図表5)。

(2) 多結晶シリコンの設備投資状況

・シリコンメーカーは、ITバブル崩壊後設備投資を控えていたが、太陽電池市場の拡大により設備の増強を開始。設備投資は、既存技術(シーメンス法)による能力投資がメインであるが、異業種からの新規参入による新技術(冶金法など)を活用した低コストなソーラーグレード用の設備投資も含まれている。  
・シリコンの需給逼迫感は、2010年頃には解消に向かうとの見方が多い(図表6・7)。中国メーカーは既存技術を使った大規模な設備投資を実施しており、今後の需給動向は中国メーカーの技術確立如何や新技術である冶金法による設備稼働状況が変動要因となるため、その点に留意する必要がある。

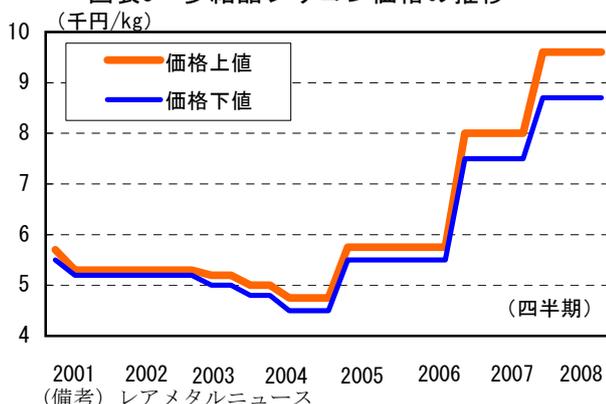
(3) 多結晶シリコンの製造技術

・多結晶シリコンは、珪素と塩素を反応させた物質で、高純度で使用される半導体向けと、半導体向けよりグレードの低い太陽電池向けがある。太陽電池用の純度は、99.9999%を要するが半導体用に比べ10万分の1の純度である。  
・「ソーラーグレードシリコン」の量産に向けた取り組みは、冶金法やトクヤマが開発中のVLD法といった新技術により活発化しているが、現状ではシーメンス法による生産がほとんどである。

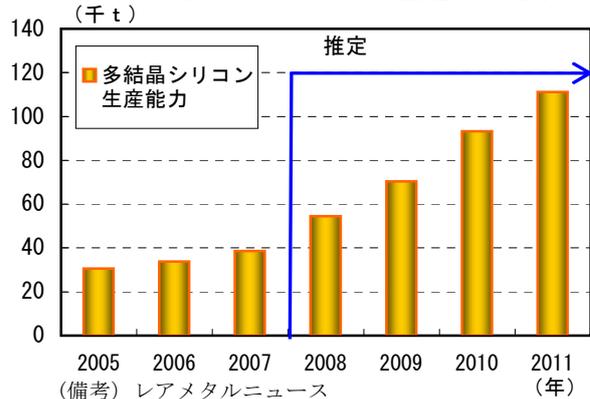
(4) 太陽電池メーカーによるシリコン不足への取り組み

・太陽電池メーカーは、太陽電池パネルを作る際に生じるシリコン片等を再利用し始めている他、太陽電池セルの製造時にシリコンの使用量を削減する技術やシリコンを使用しない新技術の開発を進めている。

図表5 多結晶シリコン価格の推移



図表6 多結晶シリコン生産能力の推移



図表7 各社のシリコン増産などの取り組み

社名	既存・新規(新技術)	取り組み	社名	既存・新規(新技術)	取り組み
Hemlock(米)	既存メーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2009年に1.9万トン、2011年に3.6万トンへ増強(うち太陽電池向け約4割)</li> <li>・出資比率:ダウコーニング63.25%、信越化学工業24.5%、三菱マテリアル12.25%</li> </ul>	LDK Solar(中)	新規参入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽電池用多結晶シリコンプラント建設中</li> <li>・2005年設立</li> <li>・2007年にニューヨーク証券取引所(NYSE)に上場</li> </ul>
			Hoku Materials(米)	新規参入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2008年後半までに生産を開始予定(アイダホ州・多結晶Si)</li> <li>・燃料電池メーカーHokuScientific社の子会社</li> </ul>
Wacker(独)	既存メーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2010年に2.15万トンへ増強</li> <li>・2008年末太陽電池用Si製造プラント新設(年産650トン)</li> </ul>	JFEスチール(日)	新規参入(冶金法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年10月太陽電池向け多結晶Siの生産を開始(08年計画年産400トン)</li> <li>・精錬技術等を活用した製法</li> </ul>
REC(ノルウェー)	既存メーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2010年に2万トン、2014年に4万トンへ増強</li> <li>・コマツから米国工場を買収し2000年設立</li> <li>・太陽電池用専業で急成長</li> </ul>	NSソーラーシステム(日)	新規参入(冶金法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年10月参入(初期年産能力480トン)</li> <li>・精錬技術等を活用した製法</li> <li>・新日鉄マテリアルズの子会社</li> </ul>
トクヤマ(日)	既存メーカー(VLD法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2009年春に、8,200トンへ増強(うち太陽電池向け1,040トン)</li> <li>・太陽電池向けの熔融析出法(VLD)を開発中</li> </ul>	日本ソーラーシリコン(日)	新規参入(CSS技術)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2008年6月をめどに、量産化技術の確立を目指す</li> <li>・2007年1月多結晶Si生産へ参入</li> <li>・CSS(亜鉛還元法)技術を共同開発(初期年産能力100トン)</li> <li>・出資比率:チッソ50%、新日鉄ホールディングス30%、東邦チタニウム20%</li> </ul>
三菱マテリアル(日)	既存メーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2010年までに日本と米国の工場を増強し4,300トンへ</li> <li>・2007年4月に三菱マテリアルポリシリコンを吸収合併</li> </ul>	シャープ(日)	新規参入(冶金法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年12月本格稼働(年産1,000トン)</li> <li>・太陽電池パネルを作る際のシリコン片等を再利用</li> </ul>

(備考) 各種発表資料より作成

### 3. 活発化する薄膜系太陽電池の開発

#### (1) 薄膜太陽電池について

- 太陽電池は単結晶・多結晶シリコンを使用する「バルクシリコン系」が約9割を占めるが、シリコン不足等を背景にシリコンの使用量を大幅に削減した「薄膜系」の技術開発が進んでいる。ここ1, 2年の「薄膜系」のシェア拡大は化合物系原料(CdTe)を使用している米国のFirst Solarの伸びに負うところが大きい(図表8)。
- 薄膜系は、結晶系に比べ温度が高い状態での出力低下が少ないことやガラスまたは金属等の基板上で薄膜を形成できるため製造工程がシンプルになり低コスト化が図れる特徴がある。また、薄くて軽いことから建材一体化による用途の拡大も期待されている。

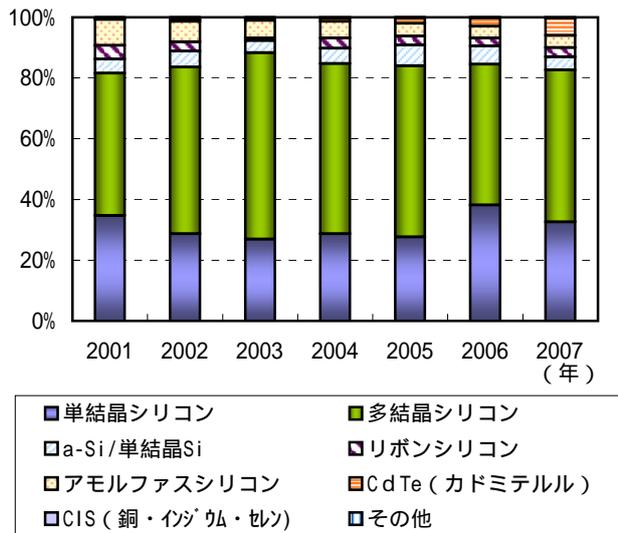
#### (2) 省シリコン(シリコン系)の薄膜太陽電池

- シリコンを使用する薄膜系は、結晶系に比べシリコン使用量が100分の1程度少ない。
- シリコン系薄膜太陽電池としてアモルファスシリコンが開発された。変換効率が低い点が課題(図表9)であったが、太陽電池セルを2層(タンデム)、3層(トリプル)にすることで変換効率を上げる取り組み(図表10)が実績を上げてきている。日本メーカーが主な開発の担い手である。

#### (3) シリコンを使用しない(化合物系)薄膜太陽電池

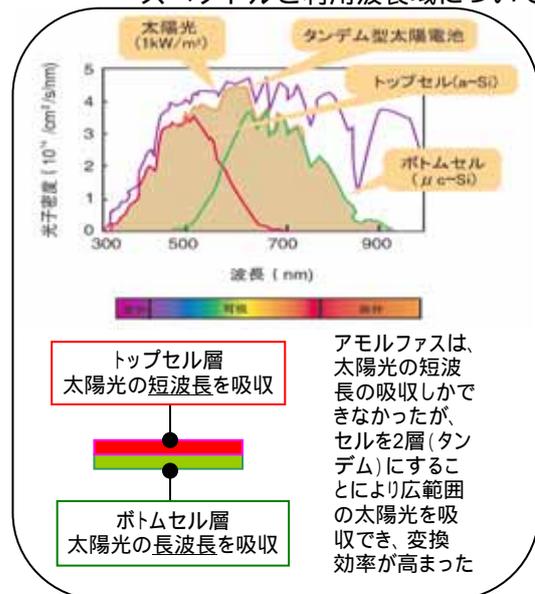
- シリコンを全く使用しない化合物系の薄膜太陽電池の開発も進んでいる。化合物系は、銅(Cu)、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、セレン(Se)を原料とするCIGSとカドミウムテルル(CdTe)太陽電池の2種類に分類される。
- CIGS開発に取り組むメーカーが多い中、First SolarはCdTe方式を採用しその生産シェアを大幅に伸ばしている。カドテルは毒性が懸念されていたが製品のリサイクルを前提に販売を実施。
- 化合物系は、異業種からの参入やベンチャー企業の参入が相次いでいる(図表11)。

図表8 太陽電池生産種類別シェア



(備考) PV News等により作成

図表10 薄膜タンデム(2層)の太陽光スペクトルと利用波長域について



図表9 太陽電池の種類と変換効率

(備考) 三菱重工業資料、各種発表資料より作成

主材料	製法	種類	シェア	変換効率
シリコン系	バルクモジュール	単結晶Si	83%	13~15%
		多結晶Si		
	HIT	単結晶Si/アモルファスSi	4%	16~18%
化合物系	薄膜モジュール	アモルファスSi	10%	a-si 6~8%
		CIGS		タンデム型 9~12%
		CdTe(カドミウムテルル)		9~12%
色素有機		色素増感型		-

(備考) 1. 各種発表資料より作成

2. シェアは、リボンシリコン(バルクシリコン系)などを除いた数値

3. 変換効率は、モジュール変換効率



図表11 各メーカーの薄膜太陽電池の取り組み状況

主材料	会社名	種類	基板	備考	主材料	会社名	種類	基板	備考
シリコン系	カネカ	a-Si	ガラス	・タンデム型(2層):アモルファスSiと薄膜多結晶Siを積層 ・2層構造に透明な中間層の積層が効率向上に寄与	化合物系	昭和シェル	CIS	ガラス	・Se(セレン)の一部をS(硫黄)で置換
	三菱重工業	a-Si	ガラス	・タンデム型 ・トリプル型(3層)も開発中		ホンダ	CIGS	ガラス	・自動車メーカーとして初めて太陽電池事業参入
	シャープ	a-Si	ガラス	・タンデム型:アモルファスSiと微結晶Siの2層 ・トリプル型:アモルファスSi(2層)と微結晶Si(1層)の3層		Nanosolar(米)	CIGS	金属フィルム	・プリント ・ロール・ツー・ロール製法 ・フレキシブル
	富士電機システムズ	a-Si	プラスチックフィルム	・2層:アモルファスとa-SiGe(アモルファスSiゲルマニウム) ・ロール・ツー・ロール製法 ・フレキシブル		Global Solar(米)	CIS	ステンレス	・商業ラインで10%の変換効率を記録 ・蒸発・気化技術
	Q-Cells(独)	a-Si	ガラス	・薄膜太陽電池(タンデム)を開発中		First Solar(米)	CdTe	ガラス	・製造コストが薄膜Si型より25~30%安い ・ガラス基板を投入後約2.5時間でモジュール完成 ・Cdを使用するため、使用後済製品を引き取る
	United Solar(米)	a-Si	金属フィルム	・3層 ・ロール・ツー・ロール製法 ・フレキシブル		Antec Solar(独)	CdTe	ガラス	・CdTeモジュール製造販売を実施 ・ベンチャー企業、株式上場を予定

(備考)各種発表資料より作成

#### 4. 太陽光発電の今後の動向 ~カギを握る投資戦略:能力増が効率性向上か~

##### (1) 国内市場の動向について

- ・国内向け生産量は、2005年に住宅補助制度が打ち切られたことを主因に、2007年に前年比26.3%の減少に転じた(図表12)。
- ・輸出は、欧州向けを中心に堅調に推移し2007年は前年比0.8%の増加となった。輸出シェアは前年の68.8%から75.1%へ拡大。
- ・国内市場の普及を図るため東京都や政府は、新たな普及策の導入を検討しているところ。
- ・政府は、2030年に向けた太陽光発電技術開発のロードマップを作成(図表13)し、現在の発電コストを電力と同程度まで下げること目標としている。この目標達成には、従来の結晶シリコンに加え薄膜太陽電池の技術開発の進展が折り込まれている。

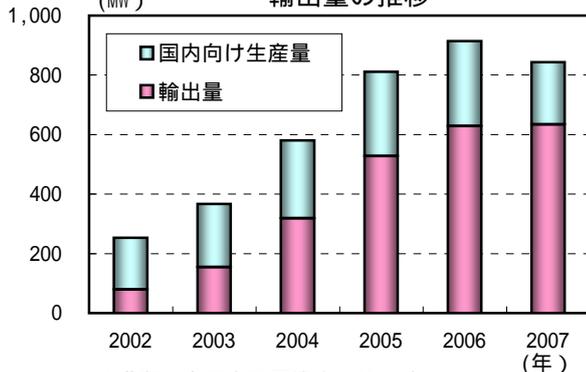
##### (2) 各国政府の取り組み状況

- ・各国でも太陽電池の導入拡大に向けた政策が打ち出されている(図表14)。新エネルギー導入への機運が生じつつある米国やエネルギー需要が拡大している中国、インドといった国での導入拡大が見込まれる。
- ・シンガポールやインドでは、太陽電池産業を重点育成する方針を発表したところ。特にシンガポールでは、欧州メーカーを中心に太陽電池関連産業の進出表明が相次いでいる。

##### (3) 太陽電池メーカーの能力増強の動き

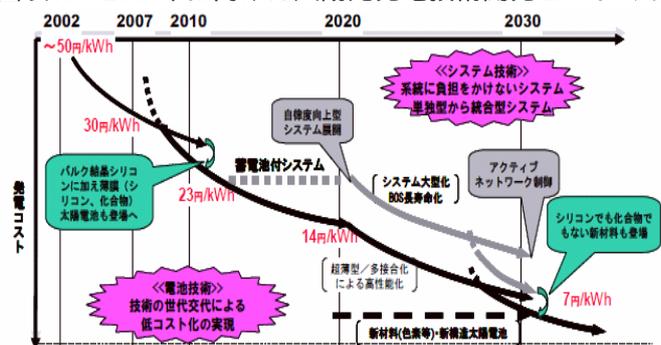
- ・太陽電池はメーカーによる能力増強の動きが活発化(図表15)しており、2010年前後に1GWクラスの生産を見込むメーカーが多数出てきている。新技術を活用した薄膜系の大規模生産設備の稼働も予定されており、薄膜系の生産動向や低コスト化の進展状況が注目される。
- ・中長期的には太陽光の需要は増加していくが、ここ数年は供給過剰となる可能性も否定できず(図表16)、太陽電池メーカーの合従連衡が進むことも考えらる。いずれにしても地球温暖化対策としてクリーンエネルギー需要が高まるなか、太陽電池が担う役割は大きく、太陽電池業界の新技術開発や低コスト化へ向けた流れは一段と進むであろう。

図表12 太陽電池の国内向け生産量・輸出量の推移



(備考)太陽光発電協会より作成

図表13 2030年に向けた太陽光発電技術開発ロードマップ



(備考)NEDO技術開発機構「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)(2004年6月)」



図表14 各国政府の取り組み

政府	普及支援策
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1994年 住宅設置への補助金制度導入(2005年終了)</li> <li>・2004年 NEDO「PV2030」:電力供給量の10%を太陽電池で賄うことを前提</li> <li>・2006年 「新・国家エネルギー戦略」:2030年に太陽光に要するコストを火力発電並みとする</li> <li>【東京都】2007年:2008年度より「太陽光発電利用拡大連携プロジェクト」開始</li> <li>・2008年1月 資源エネルギー庁:専門チームを発足し、新エネルギー政策を強化</li> </ul>
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年 DOE「ソーラーアメリカ計画(SAI)」:2015年までに電力の市場での競争力達成を目指す</li> <li>【カリフォルニア州議会】2006年8月 「100万戸ソーラー・ルーフ計画」可決</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>【EU】・2007年 欧州委員「再生可能ロードマップ」:2020年までに全エネルギー消費の20%を再生可能エネルギーとする</li> <li>【ドイツ】・2000年 フィード・イン・タリフ(太陽電池電力の買い取り制度)導入</li> <li>・2004年 改正再生可能エネルギー法制定により買い取り価格を引き上げ</li> <li>・2007年~08年 太陽光発電の買い取り価格を5%下げ、2009年~10年には下げ幅を7%とする見直しを予定</li> <li>【スペイン】・1999年 フィード・イン・タリフ導入</li> <li>・2007年 フィード・イン・タリフの上限額引き上げ(300MW 1.2GW)</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2006年 「再生可能エネルギー法」:電力会社が再生可能エネルギー由来の電力を一定の価格で買い取ることや農村における再生可能エネルギー発展計画を策定</li> </ul>
インド	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年 2012年までに再生可能エネルギーの発電電力を、全体の10%まで引き上げる目標を発表(太陽電池製造を支援)</li> </ul>
シンガポール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2007年 次世代を担う新たな製造業を重点育成する方針を発表(太陽電池、燃料電池、風力発電、カーボントレーディングの4分野をクリーンエネルギー産業と定義)。優遇税制や人材育成支援などを通じて企業誘致活動を展開</li> </ul>

(備考)各種発表資料より作成

図表15 太陽電池の能力増強の取り組み状況

社名	太陽電池の種類	2007年末生産能力	スケジュール	年産能力(予定)
シャープ	薄膜[2層、3層] 多結晶	710MW	2010年(堺) 2008年(葛城) 2010年(欧州)	480MW(堺) 710MW(葛城) (内薄膜160MW) 日欧合計で1,000MW(薄膜)
Q-Cells(独)	多結晶 (薄膜:開発中)	516MW	2010年	1,100MW (内薄膜 500MW)
First Solar(米)	CdTe	277MW	2009年	910MW
Suntech(中)	多結晶 (薄膜:開発中)	540MW	2008年 2010年	1,000MW 2,000MW (内薄膜 50MW)
REC(ノルウェー)	結晶シリコン	50MW	2012年	1,400MW

(備考)1.各種発表資料より作成  
2.2007年末生産能力は、見込み値もあり

図表16 太陽光発電需給見通し(世界)

	(MW, %)		
	2008	2009	2010
供給(年末能力)	12,199	16,697	22,666
需要(平均)	3,786	5,523	7,400
需要/供給能力	-	45.3	44.3

(備考)1. Seeking Alphaにより作成  
2. 供給は生産能力、需要は主要シンクタンク等の平均値  
3. 需要/供給能力の供給能力は前年末の数値を採用

[調査部 山家 公雄、植村 佳代]

お問い合わせ先 日本政策投資銀行調査部

Tel: 03-3244-1840

E-mail: report@dbj.go.jp