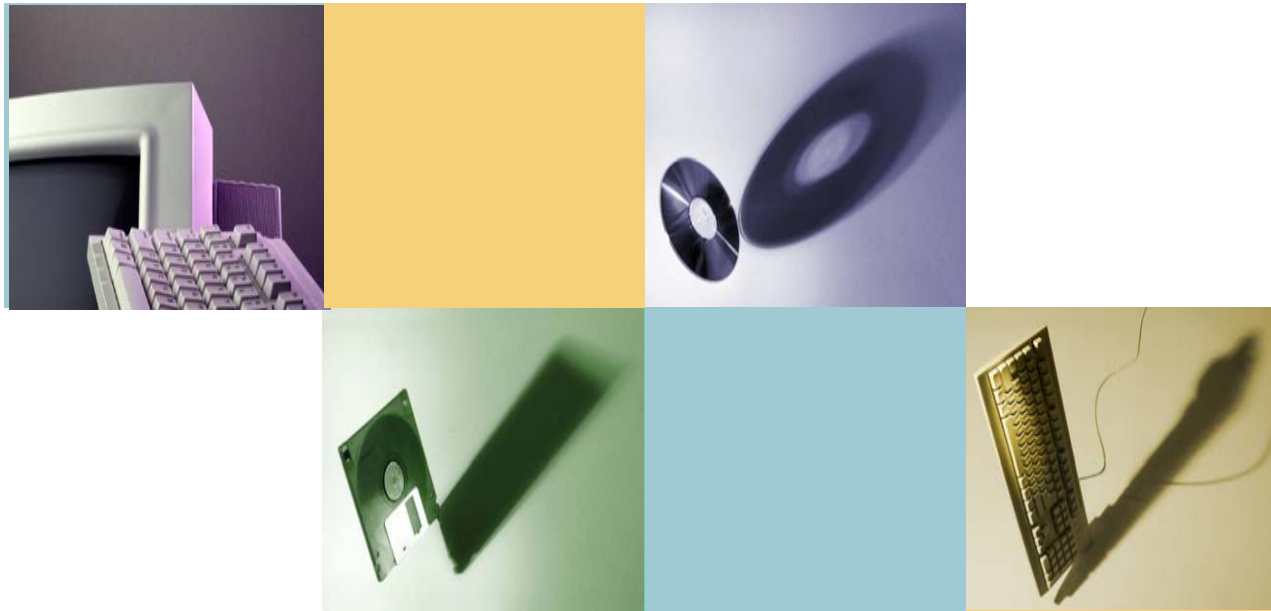


# 太陽電池産業における日中逆転



丸川知雄(東京大学社会科学研究所)  
中国経済学会2009年6月20日

## はじめに

2007年まで日本は世界の太陽電池生産のトップを走ってきた。

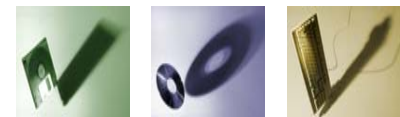
だが、中国が毎年生産を倍増する勢いで急成長し、2008年に一気に日本を追い抜いた。

表1 世界の主要な太陽電池生産国

(単位: MW)

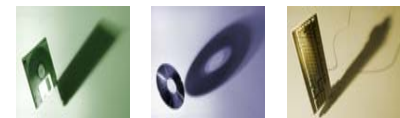
	2004	2005	2006	2007	2008
日本	601.5	833.0	926.4	923.5	1229.0
ヨーロッパ	312.3	473.1	673.3	1064.0	1877.9
中国	40.0	128.3	341.8	837.8	1848.4
アメリカ	138.7	153.1	177.6	270.6	428.8
台湾	39.3	88.0	169.5	377.0	744.9
その他	67.0	106.9	169.9	236.6	694.4
合計	1198.8	1782.4	2458.5	3709.5	6823.4

(出所) PV News Vol.28, No.4, 2009



## 本報告が明らかにしたいこと

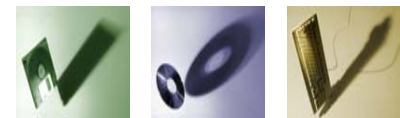
- なぜ太陽電池産業における日中の逆転が起きたのだろうか？
- 太陽電池産業における日中逆転には日本と中国の産業の特徴(丸川2007)が反映されているのではないだろうか？
- 今後、日本と中国、および世界の太陽電池産業はどのように展開していくのだろうか？



# 1. 世界の太陽光発電の現状

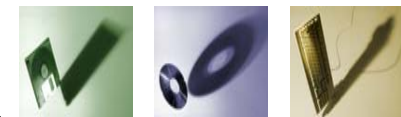
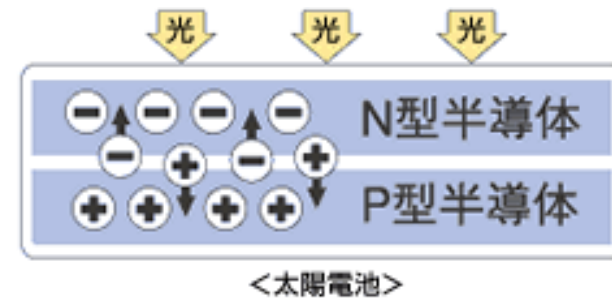
## 地球温暖化と太陽エネルギー

- 地球温暖化をもたらす温室効果ガス
- 二酸化炭素を減らす方策：バイオ燃料、再生可能エネルギー、地中への二酸化炭素の埋め込み、省エネ。
- 再生可能エネルギーとして水力、太陽光、太陽熱、地熱、風力、波力、バイオマス等
- 地球に降り注ぐ太陽エネルギーは人類の消費するエネルギー総量の5000倍



# 太陽電池とは何か？

- ・ 太陽電池は技術的にはICとほぼ同じ
- ・ シリコン(Si)の結晶に、リン(P)を少量入れるとN型半導体、ホウ素(B)を少量入れるとP型半導体になり、両者を接合すると光エネルギーを電気に変換する。
- ・ 太陽電池によってエネルギー&温暖化問題が(まだ)解決できない理由は光を電気に変える変換効率が低いこと



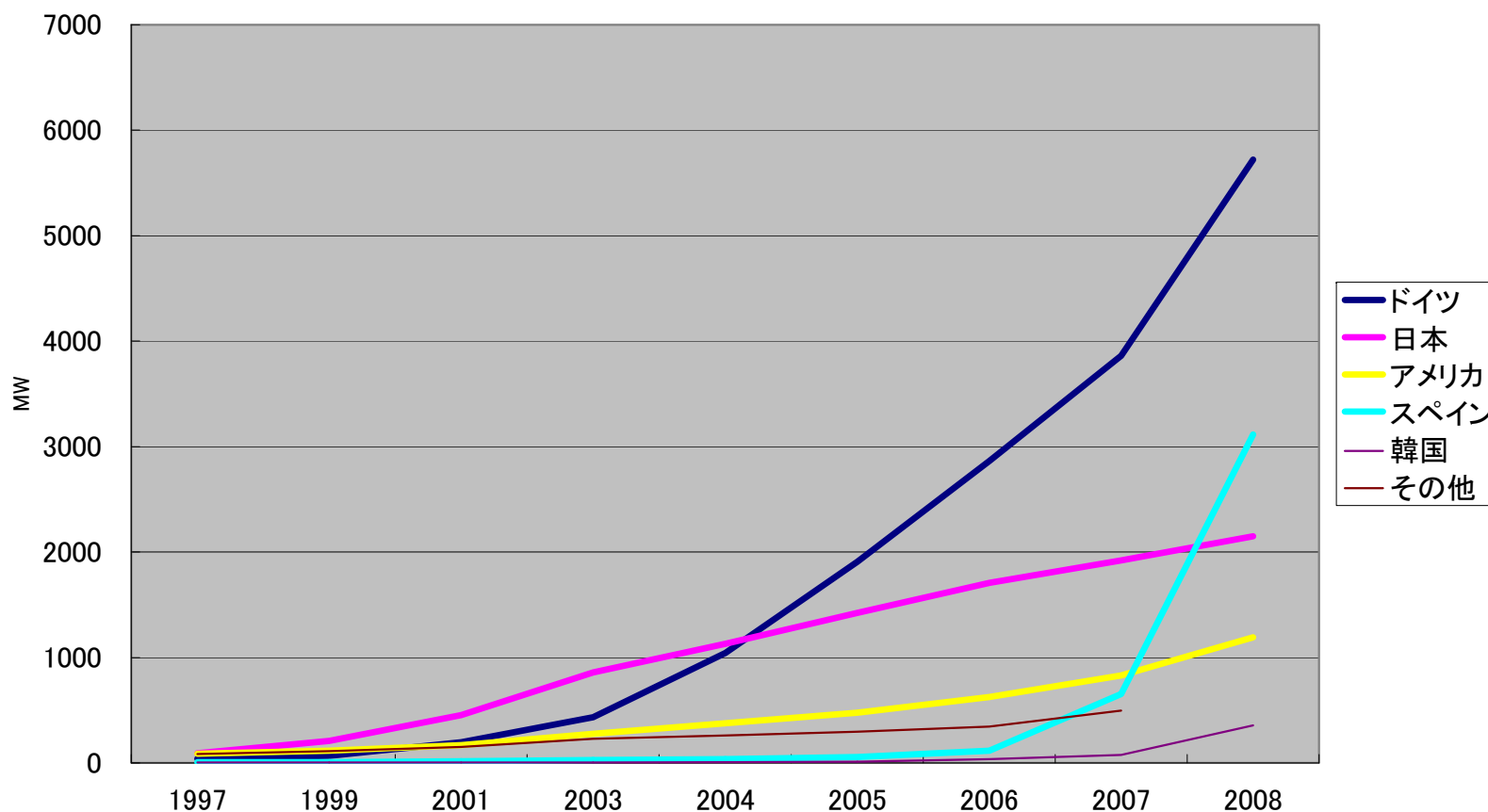
## 太陽光発電はまだビジネスとして自立できない

- 太陽光発電のコストは原子力発電や火力発電の数倍であるため、そのままではビジネスとして自立できない。
- しかし、太陽電池の技術が進歩すれば2012年頃には日本や南欧など太陽光に恵まれた地域では自立の可能性があるとされる。技術進歩を促すのは市場の拡大である。よって、政府が補助金を出して市場を拡大する意味がある。
- 日本(1994～2005年)、ドイツ、スペインが補助政策等を実施した。そのため世界の太陽電池市場はとても偏った構造になっている。



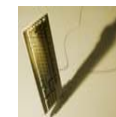
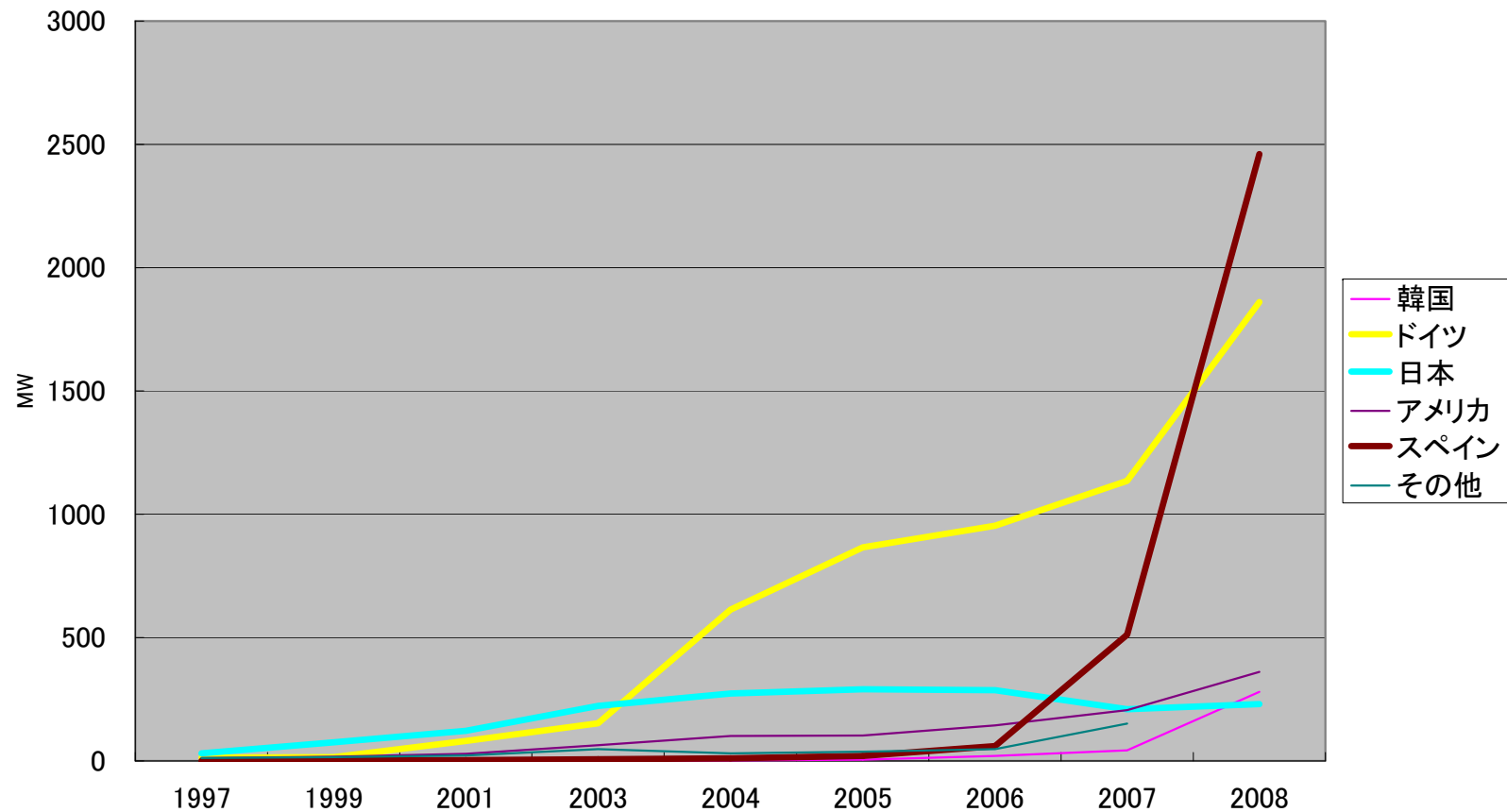
# 2004年まで日本が太陽電池導入量でトップだったが、翌年ドイツに追い越された。

太陽電池導入量(累計)



# 2008年はスペインが爆発的に拡大

太陽電池導入量(単年)





# 日本の太陽電池導入促進策



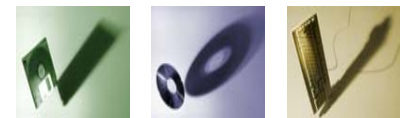
- 1994～2005年に補助制度。1340億円を投じ、934MW分を補助。経済産業省の他、地方自治体や東京電力なども実施。自家使用しなかった分の余剰電力を通常の電力価格なみで電力会社が買い取ってくれる。

- 上の写真は、補助を得て、住宅の屋根に太陽電池を設置した例。出力5.1kW。シャープ製。



## ドイツとスペインの政策

- ドイツ: 2000年に再生可能エネルギー法。  
電力会社に太陽光、風力によって発電された電気を**すべて**高価格で買い取ることを義務づける。  
(フィード・イン・タリフ制度) 2006年現在、太陽光電力の買い取り価格は0.518ユーロ/kWh。通常の電力料金は0.18ユーロ/kWh。20年間この価格で買い取る。
- スペインは2007年からフィード・イン・タリフ制度を開始。予想外に太陽電池導入が進んだことから07年秋から政策変更を検討。検討している間に駆け込みで大量の導入が行われ、市場の爆発をもたらす。2009年には大幅に縮小する。



## 2. 太陽電池生産における日中逆転

表2 世界の太陽電池メーカーの生産量 (単位: MW)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Q-Cells(独)	0	8	28	75	166	253	389	570
Firstsolar(米独)	0	0	3	6	20	60	207	504
尚徳電力(中)	0	0	0	28	82	158	327	498
シャープ(日)	75	123	198	324	428	434	363	473
京セラ(日)	54	60	72	105	142	180	207	290
保定英利(中)	0	0	0	0	10	35	143	282
JA Solar(中)	0	0	0	0	0	25	113	277
Motech(台)	4	8	17	35	60	102	176	275
SunPower(米フイ)	0	0	0	0	23	63	100	237
三洋電機(日)	19	35	35	65	125	155	165	215
Trina Solar(中)	0	0	0	0	0	7	37	210
三菱電機(日)	14	24	42	75	100	111	121	148
SchottSolar(米独)	21	29.5	42	63	95	93	79	145
カネカ(日)	8	7.5	13.5	20	21	28	43	52
計	371	542	749	1199	1782	2459	3710	6823

(出所) PV News Vol.28, No.4, 2009

急成長する新興ドイツ、中国、アメリカメーカー。  
成長の鈍い日本メーカー

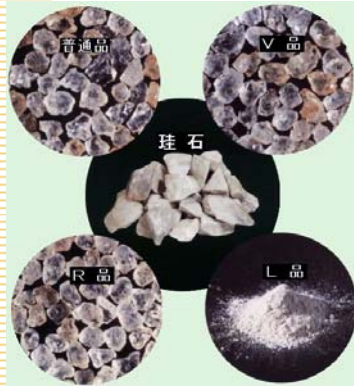


### 3. なぜ日本メーカーは新興中国メーカー等に 追い抜かれたのか？

- 日本での補助政策の終了が原因？ しかし、日本メーカーは国内出荷210MW, 輸出701MW (2007年)と、輸出比率は高い。
- 技術？ 実はまだ日本勢が優勢。単結晶シリコンを用いたものでは三洋の変換効率19.7%に対して尚徳電力は17.5%、多結晶シリコンのものでは京セラ17.5%に対してQ-Cellsは16.4%
- 企業構造の違い Q-Cellsと尚徳電力の共通点は新興の太陽電池専門メーカーとして株式を公開。日本4社はいずれも総合メーカーであり、長い太陽電池生産の歴史を持つ。

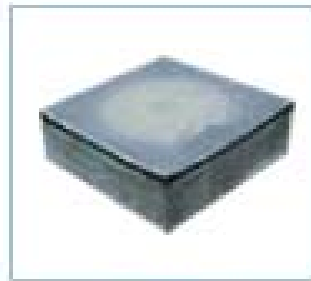


# 注: 太陽電池の製造工程



•珪石 (SiO<sub>2</sub>) → 金属シリコン(純度95-99%) → (ガス化) → 多結晶シリコン(純度99.99999%以上)

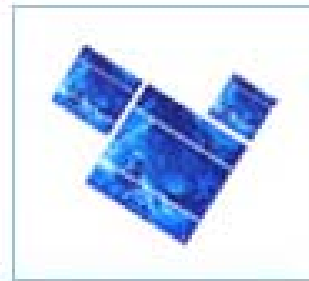
この工程が非常に資本・技術集約的で、世界で10社程度しか作れなかった



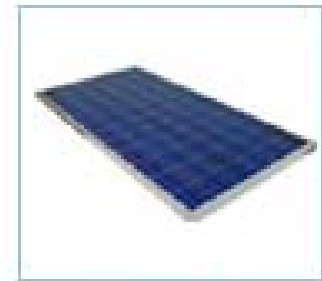
铸錠  
インゴット



硅片  
ウエハー



電池片  
セル



組件  
モジュール



光伏应用系统工程 システム

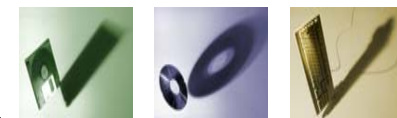
セルの生産量をもって、「太陽電池の生産量」と数えている

## Q-Cellsと尚徳電力(Suntech)台頭の要因

- ・ 垂直統合的日本企業(製造装置、セル、モジュール、システム、販売まで担う)

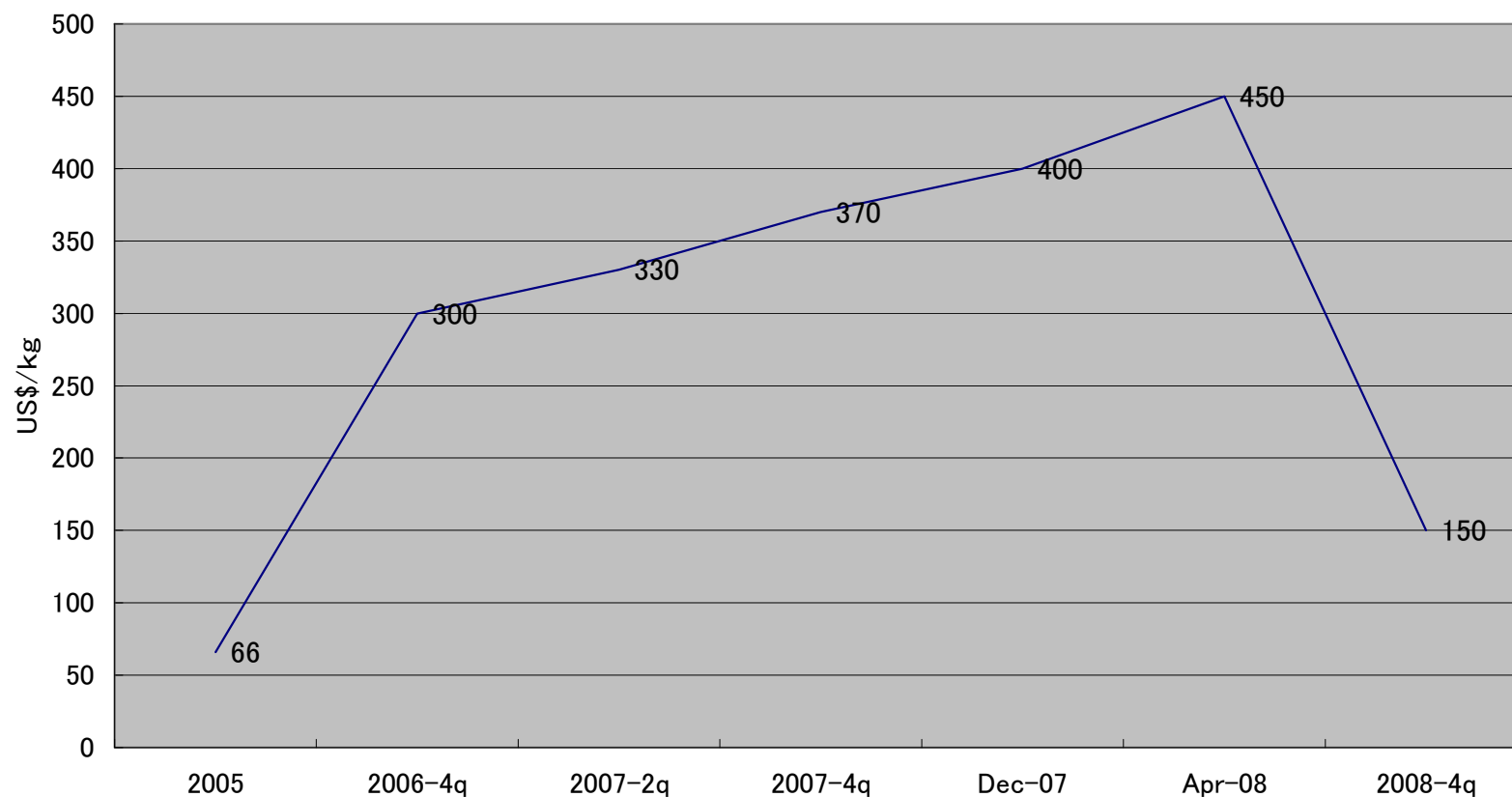
VS

- ・ 垂直分裂的新興企業(Suntech=セルとモジュールに集中、Q-Cells=セルに集中、原料に出資)の競争(丸川2007参照)
- ・ かつては社内で開発しなければ得られなかった製造技術が、今はアルバック、Applied Materialsなどの企業が設備をワンセットで提供してくれるようになり、参入障壁が低下。
- ・ 2007-2008年のドイツ、スペインでの太陽電池ブームのなか、原料の多結晶シリコンが不足し、価格が高騰。株式市場で資金を集めて多結晶シリコンを確保した中国勢、Q-Cellsに対して日本メーカーは動きが鈍かった。

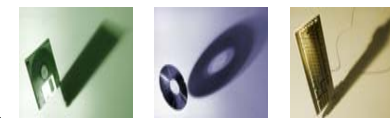


# 太陽電池用多結晶シリコンのバブル

## 太陽電池用多結晶シリコン価格の推移



(出所)『21世紀経済報道』2009年2月20日



## 4. 急拡大した中国の太陽電池産業

表3 中国の太陽電池メーカー(上位7社)

(単位:MW)

企業略称	英文略称	2004	2005	2006	2007	2008
尚徳電力	Suntech	28	82	158	327	498
保定英利	Baoding Yingli	0	10	35	143	282
晶澳太陽能	JA Solar	0	0	25	113	277
常州天合光能	Trina Solar	0	0	7	37	210
江蘇林洋	Solarfun	0	0	25	88	173
江蘇CSI阿特斯	Canadian Solar	0	0	0	8	168
南京中電	Sunergy	0	7	54	80	111

(出所)PV News Vol.28, No.4, 2009

- 中国の太陽電池メーカー(=セル工程を持っている企業)はすでに50社以上。
- モジュール工程を担う企業は2007年の200社から2008年には400社に急増。20-30%の粗利に惹かれて靴メーカーなども転業。2008年秋にスペインのバブルが崩壊し、300社が倒産・生産停止とも伝えられる。





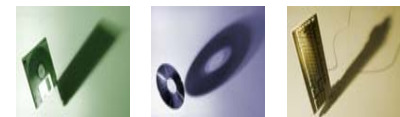
## 中国の太陽電池産業の垂直分裂的構造

- インゴットとウエハーの生産には70社が参入し、最大のメーカーは江西賽維LDK
- 国内市場は小さい(2007年の導入量は20MWで日本の10分の1)ので、生産の98%は輸出。
- 原料の多結晶シリコンの生産量は2006年に287トンで、大部分輸入に頼っていたが、08年に4300トンに急増。10年には10万トンの生産能力になるとも言われる。ただ、品質が悪く、09年に欧米市場の縮小に見舞われ生産能力に陥った。
- 尚徳電力の施正栄、江西賽維LDKの彭小峰など数々の「太陽電池長者」が誕生するなど、「貨殖主義」(村松祐次)に突き動かされた発展。



## 5. 中国と対照的な日本の太陽電池産業

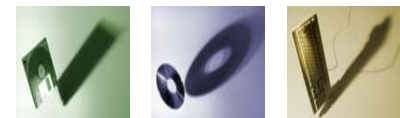
- 「研究を始めてから太陽電池は25年間赤字だった（京セラ副社長）」（日経ビジネス、09年6月8日）
- 2007-2008年のドイツ、スペインでのブームへの反応も鈍く、むしろ新技術に希望を託す。
- シャープ：薄膜型に期待。結晶型の場合、ウエハーの厚さは200ミクロン、薄膜型の場合はシリコンの厚さは2ミクロンなのでシリコン必要量は100分の1で済む。
- 三洋電機：薄膜型と結晶型を結合したハイブリッド
- カネカ：世界最高の変換効率(12%)の薄膜型
- シリコン以外の材料の模索：CIGS（銅、インジウム、ガリウム、セレン）など。
- 「技術重視」「儲け度外視？」



## 6. スペイン・バブル崩壊後の太陽電池産業の展望

巻き返しを狙う日本の政策：

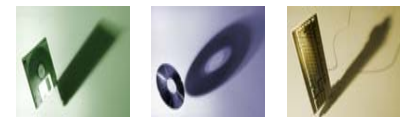
- 今後3-5年で家庭用太陽光発電の設置費用を半額にする。
- 余剰電力買い取り価格の倍増
- 設置補助金の復活（国および地方自治体）
- メーカー（シャープ）が自らイタリアに太陽光発電所を設置



## 今後の展望

外需依存体質からの打開を目指す中国の政策:

- 2009年3月、財政部がビル等での太陽電池1Wあたり20元の補助政策を出すと発表。2009年に200MWを補助。
- 敦煌では10MWの太陽光発電所プロジェクトを公開入札。国投電力・英利が落札？
- 江蘇省は2009-2011年に260MWの太陽電池設置を補助すると発表。浙江省も100万の屋根に載せると発表。
- 尚徳電力など13社は09年4月に2012年までに発電コスト1元/kWhまでの引き下げを実現すると宣言



## 結論

- 2007-2008年のドイツ、スペインでのバブルの影響を中国の太陽電池産業は良くも悪くも受け、日本は良くも悪くも受けなかった。
- 日本、中国とも太陽電池の内需拡大により、自国産業の拡大を目指す方向が鮮明。
- 米・欧の自然エネルギー政策、そして太陽電池の技術進歩、コスト低下により、他のエネルギー源と競争可能になるにつれ、太陽電池産業は再び拡大する。
- 日本メーカーは拡大の風を帆に受けられる態勢を作るべきだ。(太陽電池産業の分社化)
- 中国メーカーは品質に対する信頼性を勝ち取るかどうかの問題だ。(太陽電池は20年以上稼働することで投資が回収できる。)



## 参考文献

- 和田木哲哉『爆発する太陽電池産業』東洋経済新報社、2008年
- 丸川知雄『現代中国の産業』中央公論新社、2007年
- 「決戦前夜太陽電池」『日経ビジネス』2009年6月8日
- 「なぜ盛り上がる？太陽電池は日本を救うのか」『ウェッジ』2009年5月
- International Energy Agency, 2008, *Trends in Photovoltaic Applications*, Report IEA-PVPS T1-16:2008, International Energy Agency
- 産業タイムズ社(2007)『太陽電池産業総覧2007』産業タイムズ社
- 日経マイクロデバイス／日経エレクトロニクス編『太陽電池2008/2009 急拡大する市場と新技術』日経BP社、2008年
- 『21世紀経済報道』
- 『経済参考報』

