

別添資料

別添 1

[註1] 太陽光発電コストと太陽電池セルのエネルギー変換効率	1
[註2] 一充電で 500Km 走る量子ドット太陽電池搭載電気自動車(ソーラーEV)	3
[註3] ソーラー家電製品、ソーラーモバイル製品等	4
[註4] 2050年に向けた太陽電池出荷量予測	5
[註5] 量子ドット太陽電池の価格見通し	6
[註6] パテントプール	8

別添 1

[註1]太陽光発電コストと太陽電池セルのエネルギー変換効率 (2004 年度 NEDO 試算に基づく)

$$\text{発電コスト(円/KWh)} = [\text{設備償却額(円/年)} + \text{修繕・保守費(円/年)}] \div \text{年間発電量(KWh/年)}$$

ここで、設備償却額 = P(KW) 出力の設備投資額 ÷ 耐用(償却)年数であり、

* 修繕・保守費 = 設備償却額の1%と仮定

* 太陽光発電モジュールの設備投資額に占める価格構成比率 = 65%と仮定

* P(KW)出力の設備に必要なモジュール面積: A(m²)、単位面積あたりモジュール単価: p(円/m²)と仮定

$$\begin{aligned}\text{発電コスト(円/KWh)} &= P(\text{KW}) \text{出力の設備投資額(円)} \times 1.01 \div \text{耐用年数(年)} \div \text{年間発電量(KWh/年)} \\ &= A \times p \times (1 + 35\%/65\%) \times 1.01 (\text{円}) \div \text{耐用年数(年)} \div \text{年間発電量(KWh/年)} \\ &= A \times p \times 1.55 (\text{円}) \div \text{耐用年数(年)} \div \text{年間発電量(KWh/年)}\end{aligned}$$

* 太陽電池セルのエネルギー変換効率が N 倍向上したとして、以下を仮定:

- ・太陽光発電モジュールのエネルギー変換効率向上は、N×98%(セルに対して2%ロス)
- ・セル性能向上に伴いシステムとしての年間発電量は、N×95%(セルに対して5%ロス)に増加
- ・セル性能向上に伴いモジュール面積を A/0.98N = 1.02A/N に削減
- ・単位面積あたりのモジュール単価、及び耐用年数(発電コスト試算では 20 年)は従来のまま据え置き

$$\text{発電コスト(円/KWh)} = (1.02A/N) \times p \times 1.55 (\text{円}) \div \text{耐用年数(年)}$$

$$\div [0.95N \times \text{従来の年間発電量(KWh/年)}]$$

$$= (1.67/N^2) \times A \times p (\text{円}) \div \text{耐用年数(年)} \div \text{従来の年間発電量(KWh/年)}$$

- ◆ 単位面積あたりモジュール単価及びシステム耐用年数を据え置く場合、2011 年度余剰電力買取価格 42 円/KWhを現状発電コストと見なし、将来発電コストを 14 円、7 円に低減する、即ち、1/3、1/6に低減するには、N=2.24、3.16
- ◆ セルのエネルギー変換効率向上として、夫々、2.3倍以上、3.2倍以上が必要

システムに必要なモジュール面積低減に伴い、性能劣化・故障等の発生頻度が低下することから、耐用年数が伸びることも想定される。NEDO 発電コスト試算における耐用年数20年が1.25倍の25年に伸びる場合、

$$\text{発電コスト(円/KWh)} = (1.34/N^2) \times A \times p (\text{円}) \div \text{従来の耐用年数(年)} \div \text{従来の年間発電量(KWh/年)}$$

- ◆ 将来発電コストを1/3、1/6に低減するには、N=2.00、2.83
- ◆ セルのエネルギー変換効率向上として、夫々、2.0倍以上、2.8倍以上が必要

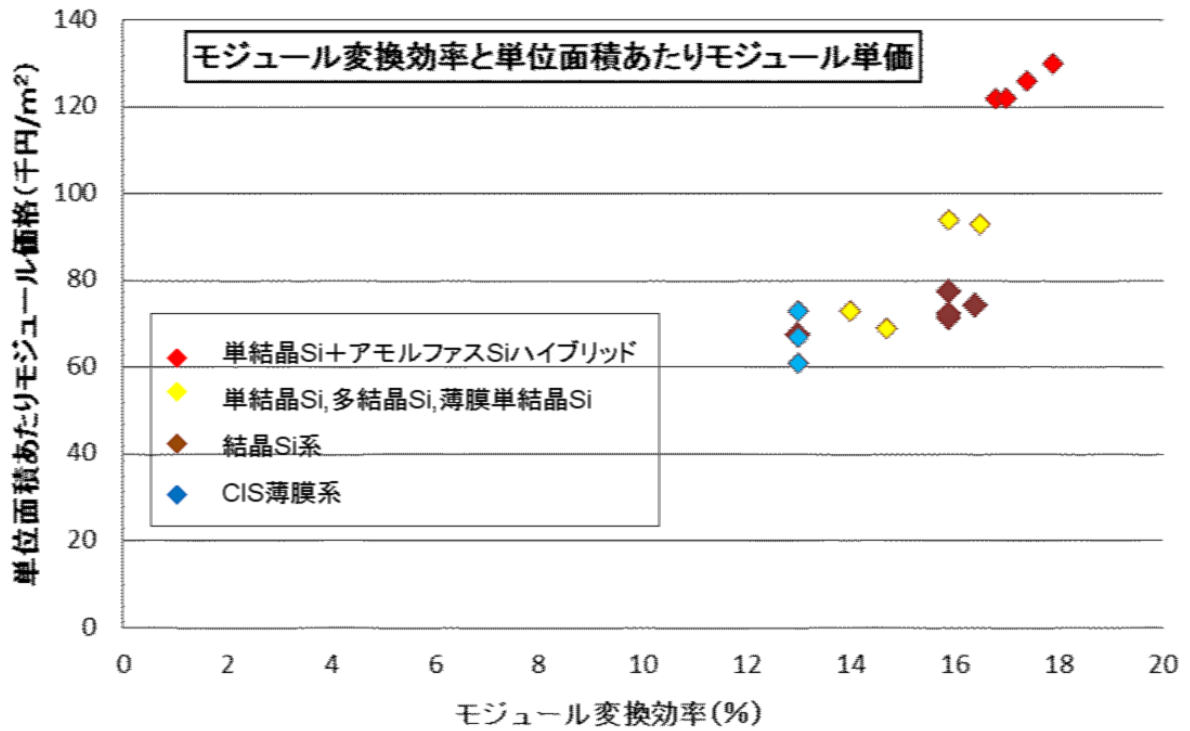
現在最もセルエネルギー変換効率の高い化合物3接合系は、近い将来、エネルギー変換効率向上率が2.17に達すると見込まれる。耐用年数が25年に伸びれば、発電コスト1/3が実現すると期待される。

他方、量子ドット太陽電池のセルエネルギー変換効率向上率は、2025 年頃3.60と見込まれ、耐用年数が 20 年のままでも発電コスト1/6が実現すると期待される。

現在住宅用には出力3~4KWの太陽電池が標準的に導入され、一日あたり平均8~10KWh発電電力量が得られるが、家庭での平均的使用電力量12~13KWh/日を賅うには至っていない。しかし、現状と同じ設置面積で現状に比べ3.6倍高性能の太陽電池を導入すれば(発電コストアップ5%強)、発電電力量は、30KWh超/日に達し、家庭用蓄電池との併用により、2日間強の電力を自給自足できると期待される。

更に、こうした戸建て住宅での電力需給を調整する為、太陽光発電と蓄電システムを組合せた地域/コミュニティレベルでの自律分散型電力システムの導入も促進されると期待される。

現状の日本ブランド太陽光発電モジュールの変換効率と単位面積あたり価格(2011年 メーカー希望小売価格)を下图に示す。



別添1

[註2]一充電で 500Km 走る量子ドット太陽電池搭載電気自動車(ソーラーEV)

- 車載量子ドット太陽電池モジュールの 1 日当り平均発電電力量:6KWh/日 (日本)
 =日本における全天日射量(全国平均)4KWh/m²
 ×太陽電池モジュールの車載許容面積 3m²
 ×量子ドット太陽電池モジュールのエネルギー変換効率 50% (非集光)
 [セルの変換効率 55%(非集光)、65%超(集光)]

【参考】オーストラリア、アフリカ等緯度が低い地域では全天日射量が日本の 2 倍で発電電力量は 12KWh/日

● 走行によるエネルギー消費

車両重量の 1/2 [1/3] 軽量化による走行エネルギー低減:3/4 [2/3]

《前提条件》

現状市販 EV の車体フォルム、ルーフトップ面積、原動機モーター出力(最高 80KW)、駆動系性能、タイヤ性能、減速時エネルギー回生効率等は将来も変わらず現状と同じと仮定。

太陽電池モジュール搭載及び蓄電池容量増強に伴う体積、重量増加は吸収できると推定。

諸元	電気自動車(EV)		iMiEV (三菱自動車工業(株))		LEAF (日産自動車(株))	
	現状 EV	2030 年～ 量子ドット太陽電池搭載EV	現状 EV	2030 年～ 量子ドット太陽電池搭載EV	現状 EV	2030 年～ 量子ドット太陽電池搭載EV
車両重量(Kg)	1110	1/2 軽量化[* 2]→555	1520	1/2 軽量化→760		
蓄電池総電力量(KWh) ①	16	約 2 倍(1.97 倍)容量増強→31.5	24	約 1.6 倍容量増強→39		
量子ドット太陽電池発電量(KWh) ②	0	6(日本)	0	6(日本)		
供給総電力量(KWh) ③=①+②	16	37.5←2.3 倍供給量増加[* 3]	24	45←1.9 倍供給量増加		
JC08 モード[* 1]一充電走行距離(Km) ④	160	3.125 倍伸長[* 4]→500	200	2.5 倍伸長→500		
電力量費(Km/KWh) ⑤=④/③	10.0	18.5%向上→13.3	8.3	33.4%向上→11.1		

[* 1]乗用車等の新燃費基準

[* 2]供給電力量が変わらず、車両重量が 1/2 軽量化すると、走行距離は、1.33(4/3)倍伸長

[* 3]供給総電力量増強による走行距離伸長

[* 4]=[* 2]による伸長×[* 3]による伸長

□ 太陽電池モジュール非搭載 EV の走行距離

現状LEAF一充電走行距離 200Km×39KWh/24KWh×(3/4)⁻¹=200Km×13/6=433Km

□ 太陽電池モジュール非搭載 EV で 500Km 走行する為の蓄電池総電力量:45KWh

→電費は現状市販 EV と変わらず

● EVに量子ドット太陽電池等を搭載するメリット

- ・EV購入者・保有者→電力量費の 18%～33%超アップ、又蓄電池と違いほぼ交換不要
- ・EV開発者→量子ドット太陽電池のようなエネルギー変換効率の高いエネルギー供給源の追加により、車体軽量化 1/2 及び蓄電池性能 1.6 倍～2 倍向上と実現性の高い目標設定から、EV 開発が加速し、導入・普及が促進

別添1

[註3]ソーラー家電製品、ソーラーモバイル製品等

現状の各製品消費電力から見積ると、カラープリンタ、液晶テレビ、冷蔵庫、モバイルPC、携帯電話等 モバイル製品は言うまでもなく、オフィス製品から家電製品まで、フレキシブル量子ドット太陽電池搭載/貼り付けにより、電源不要で利用できるようになると期待される。

即ち、量子ドット太陽電池モジュールのエネルギー変換効率50%に対して、フレキシブルモジュールでは25%として、現状市販されている主な製品について、現状の製品消費電力から、下【表】のようなフレキシブル量子ドット太陽電池の貼り付け面積を確保すれば、各製品は現状と同じ消費電力で利用できると見積られる。

製品 [発売時期]	消費電力 (W)	意匠面面積 (cm ²)	フレキシブル 量子ドット太陽電池 貼り付け面積(cm ²)	備考
デスクトップ PC [2007 年]	65～70(通常) 385(最大)	-	-	消費電力は仕様値
カラープリンタ 9600X2400dpi [2004 年]	13～14(通常) 22～25(最大)	筐体前面: 41X5 筐体上面: 41X25	筐体上面: 984	消費電力は仕様値
モバイル PC [2011 年]	10(最大)	カバー部: 27X19	カバー部: 18.4cm□	消費電力は仕様値
液晶テレビ 32 型 [2010 年]	～8 (*)	液晶パネル額縁部: 短辺: 4X39(X2)	液晶パネル額縁部: (四辺合計)542	(*)年間消費電力量 66KWh/年 から 12 時間稼働で算出
液晶テレビ 46 型 [2011 年]	～15 (*)	液晶パネル額縁部: 短辺: 5X57(X2)	液晶パネル額縁部: (四辺合計)1016	(*)年間消費電力量 132KWh/年 から 12 時間稼働で算出
冷蔵庫 515L [2011 年]	～26 (*)	筐体前面: 182X68	筐体前面: 30cm□	(*)年間消費電力量 230KWh/年 から 24 時間稼働で算出
リビング用エアコン [2010 年]	～218 (*)	-	-	(*)年間消費電力量 951KWh/年 から 12 時間稼働で算出
携帯電話 [2011 年]	0.168～0.252(通話時) 0.344(ワンセグ) (**)	カバー部: 10X5	カバー部: 3.4cm□～12 cm ²	(**)2 次電池容量 3.6V、350mAh に基づき最大使用時間から算出

【表】フレキシブル量子ドット太陽電池のオフィス製品、家電製品、モバイル製品等への応用可能性

別添 1

[註4]2050年に向けた太陽電池出荷量予測

現在85%の市場シェアを占める結晶 Si 系の日本ブランド太陽電池の現状及び 2030 年頃に本格普及が見込まれる日本ブランド量子ドット太陽電池の出荷量予測を下表に示す。

	2010 年	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
太陽電池世界出荷量 (GW/年) ①	24 (IEA 実績)	34 (*)	105 (*)	127 (*)	141 (*)
第 3 世代太陽電池の 世界市場シェア (%) ②	0	4 (**)	35 (**)	40 (**)	50 (**)
第 3 世代における量子ドット 太陽電池構成比 (%) ③	0	0	25 (☆)	40 (☆)	50 (☆)
量子ドット太陽電池の世界 市場シェア (%) ②×③=④	0	0	8.8	16	25
量子ドット太陽電池の日本 ブランド構成比 (%) ⑤	0	0	90 (☆)	85 (☆)	80 (☆)
日本ブランド量子ドット太陽 電池の世界市場シェア (%) ④×⑤=⑥	0	0	7.9	13.6	20
日本ブランド太陽電池 出荷量世界シェア (%) ⑦	10.6 (PV NEWS 実績)	25 (JPEA 予測)	33 (JPEA 予測)	34 (☆)	40 (☆)
日本ブランド太陽電池出荷量 (GW/年) ①×⑦ 【日本ブランド量子ドット太陽 電池出荷量】 ①×⑥	2.54 (JPEA 実績)	8.50 (①×⑦ 予測)	34.7 【8.3】	43.2 【17.3】	56.4 【28.2】
	【結晶 Si 系が 85%】	【薄膜 Si 含め Si 系が 81%】	[構成比率 24%]	[構成比率 40%]	[構成比率 50%]
モジュール出荷量(百万台/年) (★)	結晶 Si 系 13.4	-	14	30	49

【表】現状の日本ブランド太陽電池と将来の日本ブランド量子ドット太陽電池出荷量予測

(★)JPEA PV Outlook 2030(2011)の日本出荷量に基づき、モジュール公称最大出力 160W の多結晶 Si(42 セル構成)換算で算出。

(*)2020 年以降の太陽電池出荷量については、IEA Energy Technology Perspectives 2010 Solar PV roadmap milestones の世界出荷量予測。

(**)2020 年以降の第 3 世代太陽電池の世界市場シェアは、IEA Energy Technology Perspectives 2008 による。

(☆)2025 年頃から量子ドット太陽電池が市場投入されるとして、第 3 世代における構成比を設定。又、日本の強みを反映した量子ドット太陽電池の世界シェアを想定。

世界シェア10%強の日本に限っても、2010 年における結晶 Si 系のモジュール出荷量は、【表】から、標準的な多結晶 Si 系(公称最大出力160W)換算で年間 13 百万台を超えると見積られ、セルサイズが 150mm□~165mm□(~6"□)の Si 基板に換算すると月産 47 百万枚を超えると推計される。

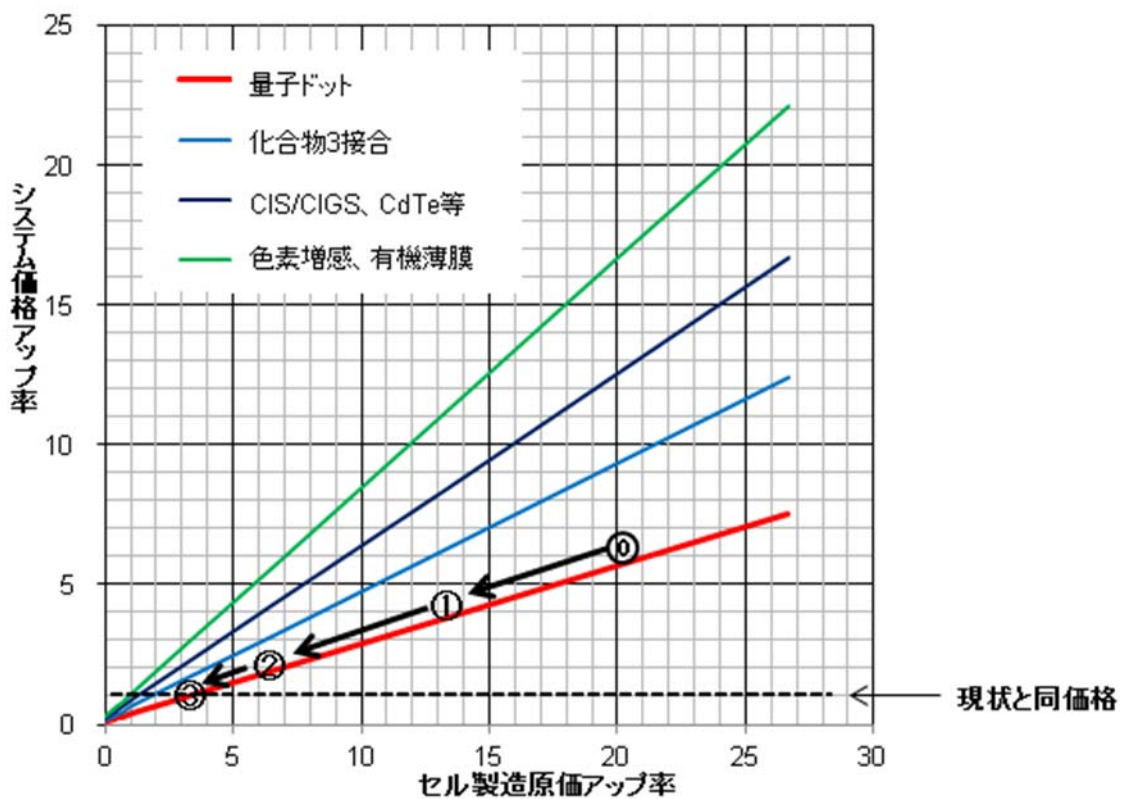
2030 年頃の量子ドット太陽電池市場拡大初期には、Si 基板に替わって GaN 等の化合物半導体による新しい基板材料が同量以上の月産 50 百万枚程度必要になると見込まれる。

以降市場が順調に拡大すれば 2040 年に月産1億枚超、2050 年には月産 1.7 億枚超が必要になると見積られる。

別添 1

【註5】量子ドット太陽電池の価格見通し

第 1.5～2 世代と目される CIS/CIGS、CdTe 等太陽電池、現状最高のエネルギー変換効率を達成している第 2.5 世代化合物 3 接合太陽電池、更に第 3 世代と言われる色素増感、有機薄膜、及び量子ドット太陽電池といった各方式において、現状標準的な多結晶 Si 太陽電池のセル製造原価に比べ各方式夫々のセル製造原価がどの程度アップするか(セル製造原価アップ率)に対して、現状と同じ発電出力のシステムを導入する際価格がどの程度アップするか(システム価格アップ率)の影響度を【図1】に示す。システム価格アップ率は、セル製造原価アップ率に対し、エネルギー変換効率向上率の逆数を傾きとしてリニアに変化する。即ち、システム価格アップ率を設定すると、エネルギー変換効率向上率の高い太陽電池程セル製造原価アップ率に対する許容度/マージンが大きい。エネルギー変換効率が高い量子ドット太陽電池は、セル製造原価アップ率に関らず他の方式に比べてシステム価格アップ率は最も低く抑えられる。



【図1】新世代の代表的太陽電池におけるシステム価格アップ率対セル製造原価アップ率

量子ドット太陽電池の市場投入、開拓期、拡大初期、本格拡大期等におけるシステム価格アップ率の目安となる【図1】中に示したマイルストーン①→③に対するセル製造原価アップ率を【表1】に纏める。

量子ドット太陽電池	システム価格アップ率	セル製造原価アップ率
④ 市場成熟期	2/3	2.06
③ 市場本格拡大期	1.02	3.33
② 市場拡大初期	1.94	6.67
① 市場開拓期	3.80	13.3
④ 市場投入初期	5.65	20.0

【表1】量子ドット太陽電池のシステム価格アップ率、セル製造原価アップ率マイルストーン

システム価格アップ率は、将来における単位出力あたりモジュール製造原価の対現状比に等しい。一方、モジュール製造原価は、セル材料費及びセル加工・組立費からなるセル製造原価と複数のセルをモジュールに組立てるモジュール加工・組立費に分けられる。新しい方式の太陽電池がデビューした場合でも、モジュール加工・組立費は殆ど変わらないと見込まれる為、セル材料費とセル加工・組立費が現状に対して夫々どの程度アップするかが重要になる。新しい方式毎のシステム価格アップ率に対応するセル製造原価における材料費及び加工・組立費の対現状比(コストアップ許容率)について、想定される組合せから代表的なものを【表2】に示す。

モジュールエネルギー 変換効率向上率	セル原材料費 コストアップ許容率	セル加工・組立費 コストアップ許容率	セル製造原価 アップ率	システム価格 アップ率
[第3世代] 量子ドット 3.60	5	4.7	3.3	1.0
	10	10	6.7	1.9
	20	20	13.3	3.8
	30	30	20.0	5.7
	40	40	26.7	7.5
[第2.5世代] 化合物3接合 2.17	2	4.3	7.8	1.0
	5	5	14.0	1.7
	10	10	27.8	3.2
	20	20	55.5	6.3
	30	30	83.1	9.4
[第2世代] CIS/CIGS CdTe等 1.62	0.8	0.5	2.8	0.5
	1.0	1.0	3.9	0.6
	1.5	1.7	6.0	0.9
	1.8	2.3	7.5	1.0

【表2】世代毎のセル製造原価における材料費、加工・組立費コストアップ許容率に対するシステム価格アップ率

(*)基準とする現状は、エネルギー変換効率 13.9%、公称最大出力 160W の多結晶 Si モジュール

将来のエネルギー変換効率として、量子ドットモジュール:50%、化合物3接合セル:36.9%、CIS/CIGSモジュール等は22.5%と仮定

化合物3接合モジュールのエネルギー変換効率向上率は、多結晶Siセル:17%に対するセルの比率:2.17を適用

第2.5世代と目される化合物3接合系において、現状の結晶Si系と同程度のシステム価格を実現する為には、セル材料費及びセル加工・組立費のアップ率を夫々2倍以下、4.3倍以下に抑える必要があるのに対して、第3世代量子ドット型では、夫々約5倍近くまでのアップ率が許容される。

【表2】を踏まえて、2025年頃と期待される量子ドット太陽電池の市場投入、開拓期から、市場立上げ期、拡大期、成熟期の2050年以降に至る各期において実現すべきセル製造原価のコストアップ許容率を【表3】に示す。GaN等新しい化合物半導体原材料を使用し、新しいセル加工・処理プロセスに立脚する為、セル製造コストが市場投入、開拓時は現状に対し30~20倍と予想され、システム価格アップ率は5.7~3.8倍と見積られるが、出荷量の大幅増加によるセル製造原価の低減が進めば市場拡大時には現状と同じシステム価格に収まると見込まれる。

量子ドット太陽電池	システム価格 アップ率	セル原材料費 コストアップ許容率	セル加工・組立費 コストアップ許容率
①、②2025年頃～市場投入、開拓期	①:5.7～②:3.8	30～20倍	30～20倍
③2030年代前半 市場拡大初期	③:1.9	10倍(▲50%)	10倍(▲50%)
④2030年代後半～市場本格拡大期	④:1.0	5倍(▲50%)	4.7倍(▲53%)
⑤2050年～市場成熟期	⑤:2/3	3倍(▲40%)	3.3倍(▲30%)

【表3】量子ドット太陽電池の市場展開に伴うセル製造原価のコストアップ許容率(現状比)

(*)基準とする現状は、エネルギー変換効率 13.9%、公称最大出力 160W の多結晶 Si モジュール

約 20 年先の量子ドットセル原材料費及びセル加工・組立費について、現状の多結晶 Si に対するコストアップ比率を夫々30 倍以下に抑えることが十分期待できるとしても、技術確立を要する多くの課題があり現状ではかなりハードルの高い目標値であることは否めない。今後新規母体材料の量産プロセスからセルの加工・組立プロセスに至る一貫したエンジニアリングの確立に向けて、今後 10 年間に亘る研究開発の達成状況を計る見極め指標の一つとして極めて重要である。

別添1

[註6]パテントプール

商品、デバイス、或いは一定範囲の技術分野における複数の特許権保有者が、保有する特許等を第三者評価による査定に基づいて、パテントプールに登録する仕組み。パテントプール内では、参加者各自の登録パテント数の多寡、有用性・有効性等に基づいて参加者の重み付け等がなされる場合もある。パテントプール非参加者の実施権許諾にあたり、関係する特許の保有者及び保有者以外のパテントプールメンバーにはルールに従い、ライセンス料が配分される仕組み。