

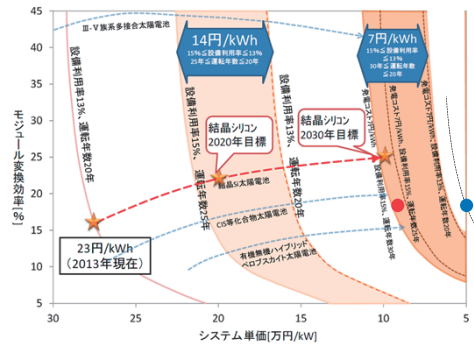
ペロブスカイト太陽電池モジュール 高耐久化に向けたコスト試算

小西正暉・村上拓郎・宮寺哲彦・佐山和弘・カザウイ サイ・近松真之・吉田郵司・増田淳・松原浩司
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

研究の背景と目的

NEDO・太陽光発電開発戦略¹⁾でも指摘している通り、発電コスト目標達成シナリオは一つではない。
例えばモジュール変換効率を18%と仮定すると、運転年数10数年程度でもシステム単価50円/Wであれば7円/kWhが達成できる(図中●印)。
一方、同じ変換効率でも運転年数を増やす(高耐久化する)ことができれば、システム単価が上昇しても7円/kWhが達成できる(図中●印)。
変換効率20%超²⁾・塗布プロセスで作製可能な低コスト太陽電池として期待の大きいペロブスカイト太陽電池では通常、低コスト化により7円/kWhを実現するアプローチ(●印)が取られるが、本検討では高耐久化によって7円/kWhを実現するアプローチ(●印)によるペロブスカイト太陽電池モジュールのコスト試算を行い、それに向けての研究開発項目の抽出を行った。
なお試算は、ケースⅠ・湿度フリーを達成する目的でダブルガラス+無機材料による端面封止を行った場合と、ケースⅡ・塗布プロセスを使える強みを生じたR2Rプロセス(基板PEN)について行った。また変換効率はモジュール18%(セル21~22%)と仮定した。

NEDO・太陽光発電開発戦略¹⁾より
(NEDO PV Challenges)



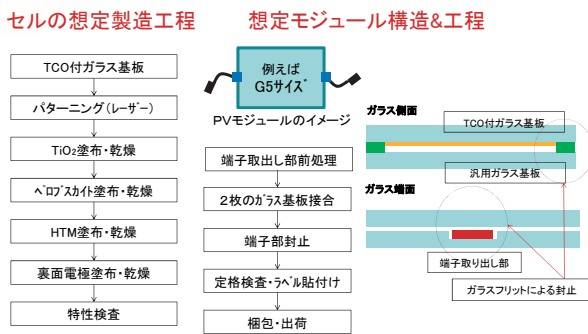
結果

想定素子構造³⁾

| | |
|--|------------------|
| 電極 | Ag or C |
| HTM | |
| TiO ₂ /CH ₃ NH ₃ PbI ₃ | |
| 透明導電膜 | TCO or 塗布膜 |
| 基板 | ガラス or プラスチックシート |

ケースⅠ コスト試算結果

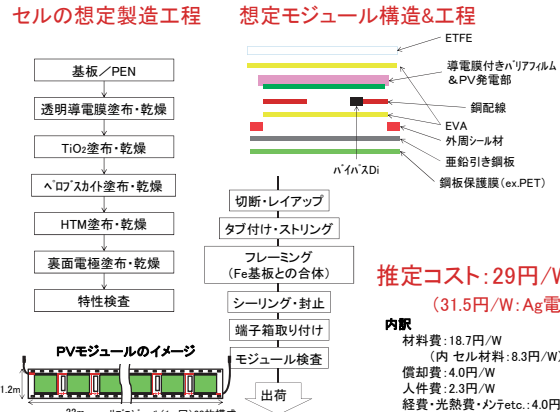
注) 参照データ: ダブルガラスタイプCIGS-PV⁴⁾



推定コスト: 39.5円/W (42円/W: Ag電極⁵⁾)
内訳 材料費: 22.8円/W (内TCO付ガラス: 11.1円/W)
償却費: 6.6円/W
人件費: 3.9円/W
経費・光熱費・メンetc.: 6.2円/W

ケースⅡ コスト試算結果

注) OPVの試算結果をベースに算出⁶⁾



推定コスト: 29円/W (31.5円/W: Ag電極)
内訳 材料費: 18.7円/W (内セル材料: 8.3円/W)
償却費: 4.0円/W
人件費: 2.3円/W
経費・光熱費・メンetc.: 4.0円/W

考察

ケースⅠの場合

右図参照の通り2014年Q1時点のコストが0.48~0.58\$/Wであるため、到達時点のコストで約40円/Wでは、市販されている太陽電池に比べ経済的な魅力は少ない。
ただし、安価なフレキシブルガラス基板が開発できるなら、R2Rによる更なる低コスト化が可能。

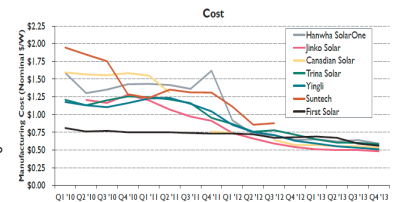
ケースⅡの場合なら7円/kWh達成の可能性大

本ケースの条件に、2013年後半のデータ⁷⁾「PVシステムコスト: PVモジュールコスト=3:1」を流用すると、PVシステムコストは約90円/Wとなるため、変換効率18%の場合だと●印となる(上記 NEDO PV Challenges 参照)。すなわちケースⅡの条件で7円/kWhが達成可能と考えられる。

低コスト化によるアプローチ

新規ペロブスカイト、新規HTM等の材料開発、界面制御技術、新規構造セル開発による高効率化、耐環境性向上に加え、汎用プラスチック基板等の利用、製造プロセスの簡易化、材料コストの低減等を行えば、モジュールコスト15円/W程度(●印)は可能と考えられる。

PVモジュールのコスト推移⁸⁾



* In Q1 '14 module costs were between \$0.48-\$0.58/W

結論

研究開発課題

- ◎ ケースⅠ・Ⅱ 共通課題
 - * 光電変換効率: セル21~22%、モジュール18%
 - * 発電層材料&HTM材料の安定化、低コスト化
 - * 裏面電極をAgナインクからC電極へ(試算値Ag: 2.8円/W, C: 0.3円/W)
 - * 量産性(歩留り、プロセススピード、面内分布の均一性等.)
- ◎ ケースⅠの課題 (フレキシブルガラスが開発された場合でも課題は同じ)
 - * 耐光・耐熱性25~30年(耐湿性はガラス封止でカバー)
 - * 上記を達成するための封止技術開発、特に電極取出し部
- ◎ ケースⅡの課題
 - * 耐光・耐熱性に加え耐湿性(バリアフィルムは使用するが)25~30年
 - * 塗布型透明導電膜の低抵抗化
 - * PENフィルムの耐熱温度を考慮したTiO₂低温成膜技術
 - * モジュール工程の検証

参考文献

- 1) NEDO, 太陽光発電開発戦略 (NEDO PV Challenges), p.89, 2014. <http://www.nedo.go.jp/content/100573590.pdf>
- 2) NREL, Best Research-Cell Efficiencies. http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg
- 3) J. Burschka et al., Sequential deposition as a route to high-performance perovskite-sensitized solar cells, Nature, 499, 316-320, 2013.
- 4) I. Luck, Competitiveness of CIGS technology in the light of recent PV developments, PV International, May, 69-72, 2014.
- 5) F. Machui et al., Cost analysis of roll-to-roll fabricated ITO free single and tandem organic solar modules based on data from manufacture, Energy Environ. Sci., 7, 2792-2802, 2014.
- 6) 小西正暉, 永井優, 塚原次郎, 増田淳, 吉田郵司, 小江宏幸, 高分子系有機薄膜太陽電池のコスト試算と技術課題, 太陽光発電工学研究センター成果報告会2012, 2012, 5, 24-25, つくば国際会議場.
- 7) 小西正暉, 齋均, 松井卓矢, 柴田肇, 増田淳, 松原浩司, 仁木栄, PVシステムのコストの試算から見えてくる研究開発の方向, AIST太陽光発電研究成果報告会2014, 2014, 6, 24-25, つくば国際会議場.
- 8) K. Ardani et al., U.S. PV Market Trends Update (as of end Q1 2014), <http://solararegon.org/SolarNow/snu-2014-presentations/kristen-ardani-us-pv-market-trends-update>