

太陽光発電における信頼性・品質試験方法に関する国際標準化

ー市販モジュールに対する IEC 規格に準拠した延長試験ー

材料環境部
河合信次 福元 豊
副所長
玉井富士夫

太陽光発電システムの市場拡大に伴い、現行の IEC 規格を補完する 20 年～30 年の信頼性を保証できる新たな試験方法の確立が望まれている。市販モジュールに対して IEC 規格に準拠した延長試験を実施し、ふるい分け条件の検討を行う。今年度は、時間的制約から現行規格と同様の高温高湿試験および温度サイクル試験を実施したが、結晶 Si、薄膜 Si モジュールのいずれにおいても発電特性等に明確な劣化は認められなかった。また、塩水噴霧複合サイクル試験およびアンモニアガス腐食試験を薄膜 Si モジュールに対して行ったが、同様に劣化は認められなかった。

1. はじめに

太陽光発電システムの急速な市場拡大と国際価格競争の激化に伴う粗製乱造とその結果懸念される利用者の経済的損失を低減するための客観的、中立的、かつ技術的に有意義である新たな認証基準の確立が、国際的に求められている。現在、太陽電池モジュールの信頼性の評価用の規格として、IEC、JIS、UL で各々規定されており、その代表的なものに IEC61215、61646、61730-1&2 が存在する。しかしながら、これら規格での試験は新品モジュールのスクリーニング試験にとどまっており、製品として最低限適合すべき要求事項を定めているにすぎない。そして、これら規格試験に適合した太陽光モジュールは、実使用環境下で 5 年～10 年の性能寿命に適合できると一般的には言われており、多くの海外メーカーが 25 年の性能保証を謳っている現状からは、物足りない規格となっている。太陽光モジュールの寿命に関しては、ユーザーからも 20 年以上、時には 30 年以上の寿命が期待されており、このような長寿命に対応する新たな加速評価試験手法の確立が望まれている。さらに、一部海外メーカーでは、量産モジュールが必ずしもすべて規格適合品と同等でないというケースも散見され、市場に流通する粗悪なモジュールをふるい分けることができる新たな適合性認証制度の確立も急務となっている。

このような背景から、佐賀県工業技術センターでは、太陽光発電技術組合(PVTEC、以下 PVTEC

という)、一般財団法人電気安全環境研究所(JET 以下、JET という)の 3 者で経済産業省のアジア基準認証推進事業の補助金交付を受け、太陽光モジュールの 20 年以上の寿命に対応する認証基準作りに向けた試験研究事業に着手する。今年度は、分担試験内容である市販太陽光モジュールに対する IEC 規格に準拠した延長試験を実施し(今年度は時間的制約から、現行の IEC 規格と同様の試験内容に留まっている)、ふるい分け条件を検討する。併せて、今後沿岸地域等でのメガソーラ設置の可能性を鑑みた長期塩水噴霧複合サイクル試験およびアンモニアガス腐食試験による太陽光モジュールの信頼性評価を行う。

2. 実験方法

2.1 供試モジュール

4 種類の市販モジュールである A1、B1、C、D に対して加速劣化試験、塩水噴霧複合サイクル試験、アンモニアガス腐食試験を行った。A1、B1、C は結晶 Si モジュール、D は薄膜 Si モジュールである。各モジュールの短絡電流(I_{sc})、開放電圧(V_{oc})、最大出力(P_{max})は以下の通りである。A1 は $I_{sc}=8.57A$ 、 $V_{oc}=29.7V$ 、 $P_{max}=192.5W$ 、B1 は $I_{sc}=8.3A$ 、 $V_{oc}=36.62V$ 、 $P_{max}=230W$ 、C は $I_{sc}=8.26A$ 、 $V_{oc}=37V$ 、 $P_{max}=230W$ 、D は $I_{sc}=2.75A$ 、 $V_{oc}=77V$ 、 $P_{max}=135W$ である。尚、D はアモルファス Si(a-Si)/微結晶 Si(μc -Si)の 2 接合型構造である。

2.2 モジュールの特性評価

(1) 外観試験

外観試験は、各モジュールの欠陥を巨視的に見つけることを目的とする。各モジュールの受光面側ではセル割れ、セル間のインターコネクタ部、気泡、剥離等の有無、裏面側ではバックシートの変色の有無等を目視でそれぞれ観察する。その際、各モジュールの受光面、裏面のいずれについても外観写真を撮影した。

(2) 絶縁特性試験

絶縁特性試験は、モジュール通電部とフレーム間が十分に絶縁されているかを調べることを目的としている。絶縁抵抗試験器は菊水電子工業製 TOS7200 を使用した。モジュール端子間を短絡させ、正極側端子に接続し、負極側端子にフレームを接続した状態で電圧を印加して 2 分間保った。その後、絶縁抵抗を測定した。印加電圧は A1 と D が 600V、B1 と C が 1000V とした。

(3) 電流-電圧(I-V)特性試験

疑似太陽光照射(ソーラシミュレータ)により、モジュールの I-V 測定を行った。測定時の条件は標準測定条件(Standard Test Conditions: STC)である入射光放射照度 1000 W/m²、スペクトル Air Mass (AM) 1.5G、デバイス温度 25°C で行った。用いたソーラシミュレータはパルス光型の(測定時のパルス幅は 25msec)シャープ製 SHSS-01 である。光源は Xe ランプ 2 灯、Ha ランプ 16 灯で構成されている。SHSS-01 のスペクトル合致度、放射照度場所むら、放射照度時間変動率はいずれも IEC60904-9 の等級は最上位 A である。I-V 測定は初期状態および各環境試験実施後に行い、性能の変化を評価した。

(4) 分光感度特性評価

モジュールの分光感度は、分光計器(株)の CEP-M1000 を用いて評価した。分光感度特性は、太陽電池の短絡電流の波長依存性を表しており、本研究ではモジュールの一部に単色光を照射する部分照射法を用いた¹⁾⁻³⁾。

2.3 加速環境試験

(1) 高温高湿試験

85°C、85%RH 状態での連続運転により高温高湿(DH)試験を行った。DH 試験機はエスベック(株)の TBR-2H20A6PAXS を使用した。図 1 に装置の外観を示す(平成 22 年度経済産業省アジア基準認証推進事業補助金物件)。本研究では、最長 3000 時間までの試験を行うが、本報告では時間的制約から 1000 時間までの試験を行った⁴⁾。

(2) 温度サイクル試験

-40°C~85°Cの温度の繰返し試験(TC 試験)を 200 回行った⁴⁾。前項と同様、最長 600 回の試験を行うが、時間的制約から 200 回までの試験を行った。また、サイクル中においてモジュール温度が 25°C 以上では直流電源装置(菊水電子工業製 PWR1600(LLC))を用いて STC ピーク出力電流 7.9A をモジュール A1 に注入した⁴⁾。TC 試験機はエスベック(株)の MS-4050 を使用した。図 2(a), (b)に TC 試験機と直流電源装置の外観をそれぞれ示す(平成 22 年度経済産業省アジア基準認証推進事業補助金物件)。



図 1 高温高湿試験機の外観。



(a)



(b)

図 2 温度サイクル試験機(a)と直流電源装置(b)の外観。

(3) 複合サイクル試験

[塩水噴霧(35℃, 5%塩水)×2時間-湿潤(40℃/95%RH)×22時間, これを4サイクル繰り返した後, 乾燥(23℃, 45~55%RH)×72時間], 以上を1サイクルとし, これを4回繰り返す「きびしさ5」の試験を行った⁵⁾. 試験機はスガ試験機(株)の複合サイクル試験機/塩水噴霧試験機を使用した. 図3に複合サイクル試験機の外観を示す(平成22年度経済産業省アジア基準認証推進事業補助金物件).



図3 複合サイクル試験機の外観.

(4) アンモニアガス腐食試験

アンモニアは封入ガス濃度 6700ppm とし, DIN規格のガス種をアンモニアに変えた湿潤(40℃, 95%RH)環境下で試験を行った. 試験機は図3に示すスガ試験機(株)の複合サイクル試験機/塩水噴霧試験機を使用した.

3. 結果および考察

3.1 環境試験前のモジュール特性

図4にモジュールA1の受光面および裏面の外観を示す. これらは典型的な結晶Siモジュールの外観であり, モジュールB1, Cも同様の外観である. 図5にモジュールDの受光面および裏面の外観を示しているが, Dはダブルガラス構造である.

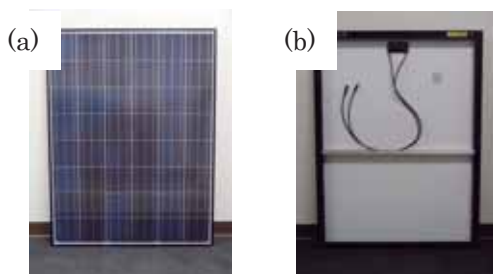


図4 結晶SiモジュールA1の外観. (a):受光面側, (b):裏面側.

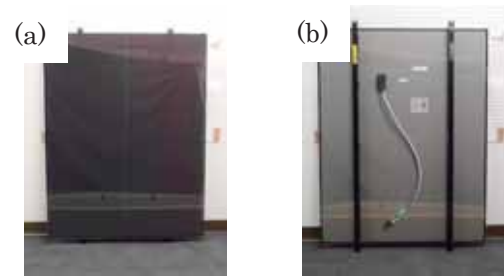


図5 薄膜SiモジュールDの外観. (a):受光面側, (b):裏面側.

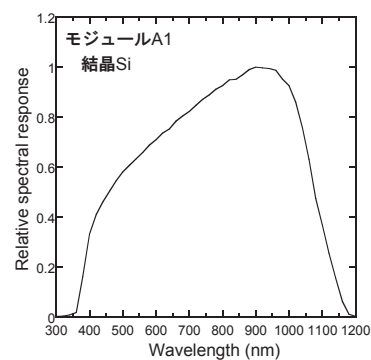


図6 モジュールA1(結晶Si)の分光感度特性.

モジュールA1, B1, C, Dの絶縁抵抗はいずれも絶縁抵抗試験器の測定限界である5GΩ以上であった.

モジュールA1の分光感度特性を図6に示す. B1およびCの分光感度特性も同様のスペクトルを示し, これは典型的な結晶Si太陽電池の分光感度特性である.

A1, B1, C, Dの環境試験前のPmaxのばらつきは試験後の変化を示した表1~4に標準偏差として示す. 各モジュールについて1枚をコントロールとし, そのIscによりソーラシミュレータの放射照度を1000W/m²に調整後, I-V特性を測定する. また, 測定開始および終了時にコントロールモジュールの性能評価を行い, ソーラシミュレータ自体の信頼性の確保を担保する.

3.2 環境試験実施後のモジュール特性

(1) 高温高湿試験の影響

表1にA1, B1, C各モジュールのDH試験/1000時間(DH1000)前後のPmaxの変化を示す. いずれも特性に劣化は認められなかった.

表 1 モジュール A1, B1, C の DH 試験 1000 時間前後の Pmax 変化(表中の Contr.はコントロールモジュールを示す).

A1	Pm (W)			B1	Pm (W)			C	Pm (W)		
	初期	DH1000	劣化率 (%)		初期	DH1000	劣化率 (%)		初期	DH1000	劣化率 (%)
Contr.	186.46	185.94	0.28	Contr.	231.42	231.44	-0.01	Contr.	227.23	227.68	-0.20
1	186.25	185.87	0.20	1	229.95	227.40	1.11	1	232.33	231.18	0.49
2	188.26	187.36	0.48	2	230.58	228.75	0.80	2	232.40	232.22	0.08
3	185.23	184.69	0.29	3	230.12	228.76	0.59	3	230.90	230.53	0.16
4	188.63	187.04	0.84	4	229.50	227.81	0.73	4	227.20	226.74	0.21
5	188.89	188.11	0.41	5	228.64	226.43	0.97	5	226.57	225.50	0.48
6	187.94	186.59	0.72	6	230.06	228.02	0.89	6	227.97	226.94	0.45
7	187.31	186.34	0.52	7	230.47	228.53	0.84	7	227.58	225.45	0.94
8	187.05	186.42	0.34	8	229.90	228.12	0.77	8	228.12	225.51	0.27
9	185.67	185.46	0.11	9	229.76	227.85	0.83	9	229.31	228.14	0.51
10	188.40	187.67	0.38	10	231.45	229.18	0.98	10	229.07	227.98	0.48
平均	187.36	186.56	0.43	平均	230.04	228.08	0.85	平均	228.95	228.02	0.40
標準偏差	1.287	1.041		標準偏差	0.733	0.792		標準偏差	2.281	2.496	

(2) 温度サイクル試験の影響

表 2 にモジュール A1 の TC 試験/200 サイクル (TC200)前後の Pmax の変化を示す. 表 2 に示すように, 特性の劣化は確認されなかった.

表 2 モジュール A1 の TC 試験 200 サイクル前後の Pmax 変化(表中の Contr.はコントロールモジュールを示す).

A1	Pm (W)		
	初期	TC200	劣化率 (%)
Contr.	186.46	185.94	0.28
1	186.92	185.63	0.69
2	188.04	186.32	0.92
3	187.04	185.89	0.62
4	186.89	185.69	0.64
5	185.96	185.29	0.36
平均	186.97	185.76	0.65
標準偏差	0.739	0.379	

(3) 複合サイクル試験の影響

表 3 にモジュール D の「きびしさ 5」での複合サイクル試験前後の Pmax の変化を示す. 表 3 に示すように, 塩水噴霧の影響はなく, 特性の劣化は確認されなかった.

表 3 モジュール D の塩水噴霧を含む複合サイクル試験前後の Pmax 変化(表中の Contr.はコントロールモジュールを示す).

D	Pm (W)		
	初期	DH1000	劣化率 (%)
Contr.	184.28	184.08	0.11
1	153.07	153.23	-0.10
2	153.96	154.91	-0.62
平均	153.52	154.07	-0.36
標準偏差	0.629	1.190	

(4) アンモニアガス腐食試験の影響

表 4 にモジュール D のアンモニアガス腐食試験前

後の Pmax の変化を示す. 本試験は家畜場等周辺での太陽電池モジュールの使用を考慮した試験であるが, 表 4 に示すように, 特性の劣化は確認されなかった.

表 4 モジュール D のアンモニアガス腐食試験前後の Pmax 変化(表中の Contr.はコントロールモジュールを示す).

D	Pm (W)		
	初期	DH1000	劣化率 (%)
Contr.	184.28	184.08	0.11
1	152.49	152.55	-0.04
2	155.01	155.57	-0.36
平均	153.75	154.06	-0.20
標準偏差	1.783	2.134	

4. おわりに

今年度は, IEC 規格延長試験の途中経過として IEC 61215, 61646 の DH 試験/1000 時間および TC 試験/200 サイクルを結晶 Si, 薄膜 Si モジュールについて行った結果について検討した. その結果, いずれも外観試験, 絶縁特性, I-V 特性の全てにおいて, 劣化は確認されなかった. また, 薄膜 Si モジュールについて, 塩水噴霧を含む複合サイクル試験「きびしさ 5」およびアンモニアガス腐食試験を行ったが, 同様に劣化は確認されなかった. 今後, これらの IEC 規格に準拠した延長試験として, DH 試験を 2000 時間, 3000 時間実施し, 各試験時間後に性能評価を行う. 併せて, TC 試験を 400 サイクル, 600 サイクルまで延長し, 各サイクル後に性能評価を行う. また, 塩水噴霧を含む複合サイクル試験, アンモニアガス腐食試験についても結晶 Si モジュールで試験を行い, 性能評価を行う.

最後に, 本研究事業は平成 22 年度経済産業省・アジア基準認証推進事業補助金により実施されたものである.

参考文献

- 1) M. Meusel et al., Prog. Photovol: Res. Appl. **11** (2003), 499-514.
- 2) Y. Hishikawa, MRS Symposia Proceedings, **862** (2005), 579-590.
- 3) Y. Tsuno, Y. Hishikawa, Proceedings of 23rd EUPVSEC, Valencia (2008), 2723-2727.
- 4) IEC 61215 Edition 2.0: 2005.
- 5) JIS C 0024: 2000.