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

－その２：市販モジュールに対する塩水噴霧複合サイクル試験とアンモニアガス腐食試験－

材料環境部
河合信次　福元　豊
玉井富士夫

2012 年 7 月の再生可能エネルギー固定価格買取制度の開始に伴い，大規模太陽光発電システム施設（メガソーラ）が急速に普及している．今後は沿岸地域や家畜場等畜産施設周辺でのメガソーラ建設の可能性も高く，これらの設置環境を考慮した太陽電池モジュールの耐腐食性を評価することが必要となっている．そこで本研究では，市場に流通する 15 種類のモジュールに対して塩水噴霧を含む複合サイクル試験とアンモニアガス腐食試験を実施し，太陽電池モジュールの耐腐食性の評価を行った．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の結果，実施した全モジュールについて，腐食による劣化は確認されなかった．

１．はじめに

2012 年 7 月 1 日の再生可能エネルギー全量固定価格買取制度開始に伴い，住宅用システムに加え，大規模太陽光発電システム施設（メガソーラ）が急速に普及し始めている．周辺を海に囲まれたわが国では，メガソーラを沿岸地域にも建設することになり，太陽電池モジュールの塩害に対する信頼性が求められている．また，わが国には牧草地や家畜場も多く，これらの周辺部に太陽電池モジュールを設置する可能性も高く，モジュールのアンモニアに対する耐腐食性を評価することも求められている．

このような背景から，佐賀県工業技術センターでは，太陽光発電技術研究組合（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，IEC 規格準拠の加速劣化試験の延長試験の実施と併せて，太陽電池モジュールの沿岸部と家畜場周辺部での使用を想定した塩水噴霧を含む複合サイクル試験とアンモニアガス腐食試験を 15 種類の市場流通モジュールに対して実施し，モジュールの耐腐食性の評価を行った．

２．実験方法

2.1 供試モジュール

購入した 15 種類の市販モジュール，A-1, B-1, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O に対して，アンモニアガス腐食試験を実施した．また，塩水噴霧複合サイクル試験は 9 種類の市販モジュール，A-1, B-1, C, D, E, F, G, H, L に対して実施した．A-1, B-1, C, E, G, H, I, J, K, M, N, O は多結晶 Si モジュール，F は単結晶 Si モジュールである．また，D と L はアモルファス Si（a-Si）/微結晶 Si（μc-Si）の 2 接合型構造を有する薄膜 Si モジュールである．なお，モジュール I, J, K, M, N, O の塩水噴霧複合サイクル試験は前出の JET で実施した．

2.2 モジュール特性評価

(1) 外観試験

各モジュールに表れる劣化を巨視的に見つけるために外観試験を行った．各モジュールの受光面側ではセル割れ，セル間配線部，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した．その際，試験の影響によって劣化した部位と各モジュールの受光面側，裏面側の全体の写真撮影を行った．

(2) 絶縁抵抗試験

モジュール通電部とフレーム部が十分に絶縁されているかを調べるために試験実施の前後で絶縁抵抗試験を行った．絶縁抵抗試験器は，菊水電子工業製 TOS7200（高温高湿試験機付属）を使用した．

(3) 電流－電圧（I-V）特性評価

擬似太陽光光源（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/m^2，スペクトル Air Mass（AM）1.5G，デバイス温度 25 ℃ で行った．ソーラシミュレータはパルス光型で（測定時のパルス幅は 25 msec），シャープ製 SHSS-01（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，JET 所属）を使用した．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の等級は最上位のAである．I-V 測定は初期状態および各試験実施後に行い，モジュールの性能変化を評価した．

(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)製CEP-M1000（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, JET 所属）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吸収帯を表している．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て評価した[1)-3)]．

2.3 腐食環境試験

(1) 塩水噴霧複合サイクル試験

[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 回繰返す「きびしさ 5」の試験を行った[4)]．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（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）を使用した．図 1 に複合サイクル試験機の外観を示す．

(2) アンモニアガス腐食試験

アンモニアは常用ガス濃度 6700 ppm を最大とし，DIN 規格のガス種をアンモニアに変えて試験を行った．試験機は図 1 に示したスガ試験機（株）製複合サイクル試験機/塩水噴霧試験機を使用した．

図 1　複合サイクル試験機の外観

3．結果および考察

(1) 外観試験および乾式絶縁抵抗試験

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実施後の外観試験結果を表 1，乾式絶縁抵抗試験結果を表 2 にそれぞれ示す．試験を実施した全モジュールで金属フレームや裏面の端子箱，ケーブルに外観上の変化は認められなかった．また，絶縁抵抗値も測定装置の最大可能測定値である 5 GΩ 以上であった．

表 1　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実施後の外観試験結果

モジュール種類_記号	外観試験結果（○：変化を認めず、△：一部変化あり、×：重大な変化あり）	
	複合サイクル試験「きびしさ5」試験後	アンモニアガス腐食試験後
A-1（多結晶Si）	○	○
B-1(多結晶Si)	○	○
C（多結晶Si）	○	○
D（薄膜Si）	○	○
E（多結晶Si）	○	○
F(単結晶Si)	○	○
G（多結晶Si）	○	○
H（単結晶Si）	○	○
I（多結晶Si）	JET担当分	○
J（多結晶Si）	JET担当分	○
K（多結晶Si）	JET担当分	○
L（薄膜Si）	○	○
M(多結晶Si)	JET担当分	○
N(多結晶Si)	JET担当分	○
O(多結晶Si)	JET担当分	○

表2　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実施後の乾式絶縁抵抗試験結果

モジュール種類_記号	乾式絶縁抵抗試験結果（測定装置の最大測定可能抵抗値：5GΩ）	
	複合サイクル試験「きびしさ5」試験後	アンモニアガス腐食試験後
A-1（多結晶Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
B-1(多結晶Si)	5GΩ以上	5GΩ以上
C（多結晶Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
D（薄膜Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
E（多結晶Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
F(単結晶Si)	5GΩ以上	5GΩ以上
G（多結晶Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
H（単結晶Si）	5GΩ以上	5GΩ以上
I（多結晶Si）	JET担当分	5GΩ以上
J（多結晶Si）	JET担当分	5GΩ以上
K（多結晶Si）	JET担当分	5GΩ以上
L（薄膜Si）	測定実施せず（ダブルガラス構造でアルミフレームなしのため）	
M(多結晶Si)	JET担当分	5GΩ以上
N(多結晶Si)	JET担当分	5GΩ以上
O(多結晶Si)	JET担当分	5GΩ以上

表 3 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実施後の劣化状況

腐食環境試験後の劣化状況まとめ		
○：劣化を認めず、△：劣化あり（5%未満の軽微な劣化、数字 劣化枚数/全枚数） ×：5%以上の劣化あり（数字 劣化枚数/全枚数）		
モジュール種類_記号	複合サイクル試験「きびしさ5」試験後	アンモニアガス腐食試験後
A-1（多結晶Si）	○	○
B-1(多結晶Si)	○	○
C（多結晶Si）	○	○
D（薄膜Si）	○	○
E（多結晶Si）	○	○
F(単結晶Si)	○	○
G（多結晶Si）	○	○
H（単結晶Si）	○	○
I（多結晶Si）	JET担当分	○
J（多結晶Si）	JET担当分	○
K（多結晶Si）	JET担当分	○
L（薄膜Si）	○	○
M(多結晶Si)	JET担当分	○
N(多結晶Si)	JET担当分	○
O(多結晶Si)	JET担当分	○

(2) I-V 測定

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後の I-V 測定における最大出力（Pmax）の劣化状況を表 3 に示す．実施した全てのモジュールで劣化は認められなかった．薄膜 Si モジュールの D および L では，いずれも試験後に出力が 1～2%の増加を確認したが，これは薄膜 Si 太陽電池のアニール効果に起因していると考えられる．

4．おわりに

太陽電池モジュールの塩害，腐食性を評価するために塩水噴霧を含む複合サイクル試験とアンモニアガス

腐食試験を市場に流通する 15 種類のモジュールについて（複合サイクル試験は JET との分担によって 9 種類のモジュール）実施したが，試験した全てのモジュールで，外観，絶縁，I-V 特性全ての項目で劣化は認められなかった．今後の検討事項として，よりきびしい加速環境下での試験実施が挙げられる．

最後に，本研究事業は経済産業省・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 et al., MRS Symposia Proceedings, **862** (2005), 579-590.

3) Y. Tsuno et al., Proceedings of 23rd EUPVSEC, Valencia (2008), 2723-2727.

4) JIS C 0024: 2000.