

IEC規格に準拠した延長試験結果の統計量評価 と劣化解析

土井卓也¹⁾, 河合信次²⁾, 内田泰徳³⁾, 井上昌尚¹⁾,
増田幸治³⁾, 加藤宏³⁾, 浅野好邦³⁾, 福元豊²⁾,
増田淳¹⁾, 芝田克明³⁾, 近藤道雄¹⁾

1)産総研太陽光発電工学研究センター

2)佐賀県工業技術センター

3)電気安全環境研究所

目的:劣化の進行に対して,ばらつきはどう振る舞うか ⇒ 高信頼モジュール

試験内容

- ・高温高湿試験(DH1000), 温度サイクル試験(TC200):
規格要求を各3回繰り返し
- ・評価タイミング:
[DH]: 初期・各試験毎 = DH0, DH1000, DH2000, DH3000
[TC]: 初期・各試験毎 = TC0, TC200, TC400, TC600
- ・評価項目:
外観(目視, IR), 絶縁性能(乾燥, 湿潤), I-V特性

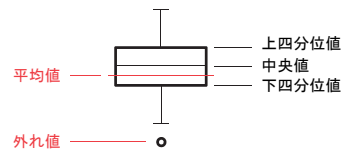
試験体

モジュールA: 多結晶Si, 48 cells, Isc 8.5 A, Voc 29.7 V
モジュールB: 多結晶Si, 60 cells, Isc 8.3 A, Voc 36.6 V

試験結果概要

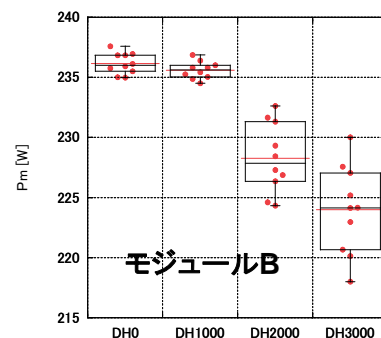
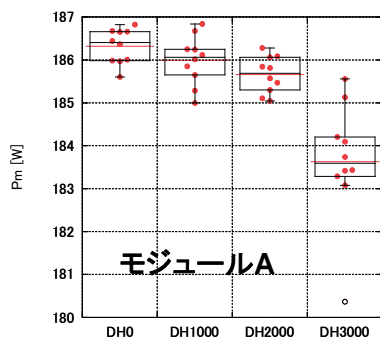
- 規格要求の範囲(DH1000, TC200)では不適合になった試験体は無し。
- 規格の3倍の試験後も発電不能となった試験体は無し。
- IR撮影において全ての試験体で局所的な異常発熱は認められなかった。
- 絶縁性能が低下した試験体があった(湿潤条件)。

統計量評価



$$P_m \text{低下率} = \{P_{m_av}(\text{初期}) - P_{m_av}(\text{試験x後})\} / P_{m_av}(\text{初期})$$

$$\text{ばらつき比} = \text{標準偏差}(\text{試験x後}) / \text{標準偏差}(\text{初期})$$

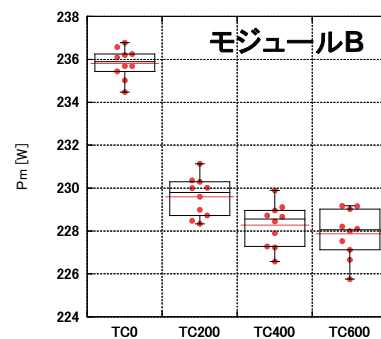
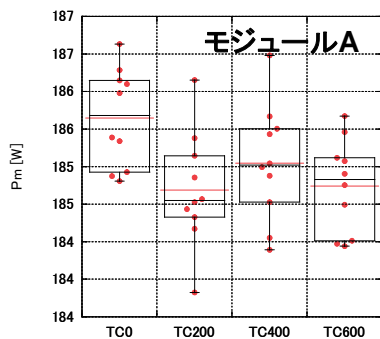


DH A	DH0	DH1000	DH2000	DH3000
平均	186.3	186.0	185.7	183.6
標準偏差	0.383	0.542	0.405	1.33
Pm低下率 [%]	0.00	0.18	0.35	1.44
ばらつき比	1.00	1.42	1.06	3.47

DH B	DH0	DH1000	DH2000	DH3000
平均	236.2	235.6	228.3	224.0
標準偏差	0.831	0.688	2.77	3.51
Pm低下率 [%]	0.00	0.23	3.33	5.15
ばらつき比	1.00	0.83	3.33	4.22

DHx試験の解析結果

★モジュールBはDH2000後にPm低下率, ばらつき比ともに顕著に増大



TC A	TC0	TC200	TC400	TC600
平均	186.1	185.2	185.5	185.2
標準偏差	0.627	0.723	0.737	0.590
Pm低下率 [%]	0.00	0.52	0.32	0.49
ばらつき比	1.00	1.15	1.18	0.94

TC B	TC0	TC200	TC400	TC600
平均	235.8	229.6	228.3	227.9
標準偏差	0.672	0.881	0.960	1.07
Pm低下率 [%]	0.00	2.64	3.20	3.37
ばらつき比	1.00	1.31	1.43	1.59

TCx試験の解析結果

★モジュールAはPm低下率, ばらつき比ともに小さく保たれている。

まとめ

- 市販モジュール2型式について、IEC規格に準拠した延長試験(DHx, TCx)を試験体数各10台で実施した結果の統計量評価を行った。
- P_m 低下率に加え、ばらつき比を評価指標として取り込む必要性が示唆された。

【謝辞】本研究は経済産業省アジア基準認証推進事業補助金(テーマ: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)を太陽光発電技術研究組合, 電気安全環境研究所, 佐賀県の共同受託にて実施した。規格準拠延長試験と試験前後のモジュール特性の測定は(株)UL Japanに依頼した。関係各位へ感謝する。

IEC規格に準拠した延長試験結果の統計量評価と劣化解析

土井卓也¹⁾, 河合信次²⁾, 内田泰徳³⁾, 井上昌尚¹⁾, 増田幸治³⁾, 加藤宏³⁾,
浅野好邦³⁾, 福元豊²⁾, 増田淳¹⁾, 芝田克明³⁾, 近藤道雄¹⁾

1)産業技術総合研究所, 2)佐賀県工業技術センター, 3)電気安全環境研究所

研究の目的

既存規格試験では、一つの試験シーケンスに対して、 $n=2$ で評価がなされており、試験体のばらつきがほとんど考慮されていない。

そこで、 $n=10$ で既存規格の延長試験を行い、劣化の進行に対して、ばらつきの振る舞いを把握するとともに、高信頼モジュールのための評価指標を考える。

試験内容

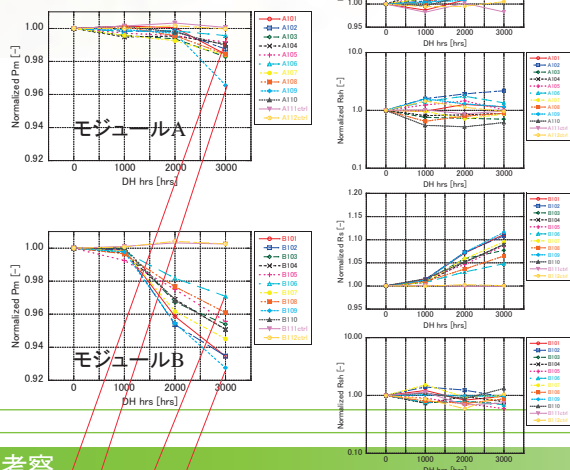
- ・高温高湿試験(DH1000)、温度サイクル試験(TC200)：規格要求を各3回繰り返し
- ・評価タイミング：
[DH]：初期・各試験毎=DH0, DH1000, DH2000, DH3000
[TC]：初期・各試験毎=TC0, TC200, TC400, TC600
- ・評価項目：
外観(目視, IR), 絶縁性能(乾燥, 湿潤), I-V特性

試験体

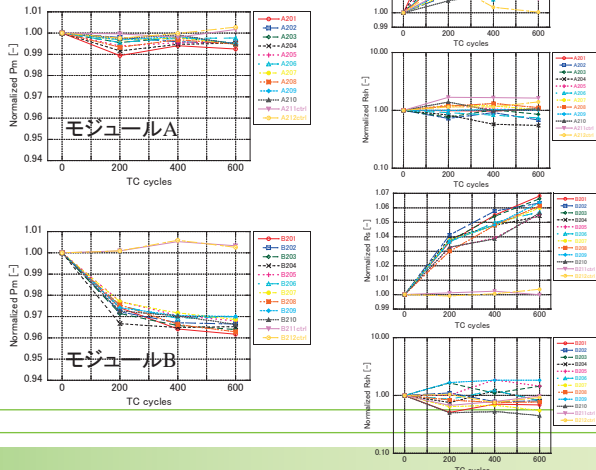
モジュールA: 多結晶Si, 48 cells, I_{sc} 8.5 A, V_{oc} 29.7 V
モジュールB: 多結晶Si, 60 cells, I_{sc} 8.3 A, V_{oc} 36.6 V

結果

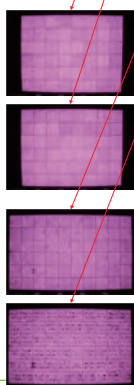
DHx試験の結果



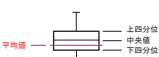
TCx試験の結果



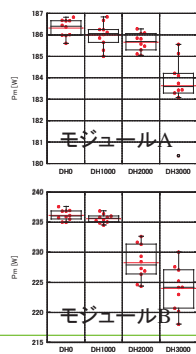
考察



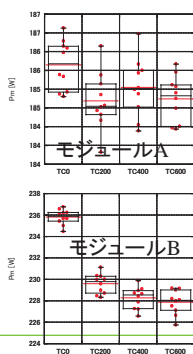
【EL画像観察】
モジュールBのPm低下率最大のは全面にわたりバスター間に暗部が見られた。直列抵抗増加に起因していると考えられるがモジュールAでは起こっていない。



DHx試験



TCx試験



$$P_m \text{低下率} = \frac{P_{m,av}(\text{初期}) - P_{m,av}(\text{試験後})}{P_{m,av}(\text{初期})}$$

$$\text{ばらつき比} = \frac{\text{標準偏差}(\text{試験後})}{\text{標準偏差}(\text{初期})}$$

DH A	DH0	DH1000	DH2000	DH3000
	平均	186.3	186.0	185.7
標準偏差	0.383	0.542	0.405	1.33
Pm低下率 [%]	0.00	0.18	0.35	1.44
ばらつき比	1.00	1.42	1.06	3.47

DH B	DH0	DH1000	DH2000	DH3000
	平均	238.2	235.6	228.3
標準偏差	0.831	0.888	2.77	3.51
Pm低下率 [%]	0.00	0.23	3.33	5.15
ばらつき比	1.00	0.83	3.33	4.22

TC A	TC0	TC200	TC400	TC600
	平均	198.1	185.2	185.5
標準偏差	0.627	0.723	0.737	0.890
Pm低下率 [%]	0.00	0.52	0.32	0.49
ばらつき比	1.00	1.15	1.18	0.94

TC B	TC0	TC200	TC400	TC600
	平均	235.8	229.6	228.3
標準偏差	0.672	0.881	0.960	1.07
Pm低下率 [%]	0.00	2.64	3.20	3.37
ばらつき比	1.00	1.31	1.43	1.59

★モジュールBはDH2000後にPm低下率、ばらつき比とも顕著に増大

★モジュールAはPm低下率、ばらつき比とも小さく保たれている。

結論

- 市販モジュール2型式について、IEC規格に準拠した延長試験(DHx, TCx)を試験体数各10台で実施した結果の統計量評価を行った。
- P_m 低下率に加え、ばらつき比を評価指標として取り込む必要性が示唆された。
- EL画像の暗部出現の差異については、破壊分析による検討が必要である。

謝辞

本研究は経済産業省アジア基準認証推進事業補助金(テーマ: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)を太陽光発電技術研究組合、電気安全環境研究所、佐賀県の共同受託にて実施した。規格準拠延長試験と試験前後のモジュール特性の測定は(株)UL Japanに依頼した。関係各位へ感謝する。

参考文献

- (1) Osterwald C.R., "Terrestrial Photovoltaic Module Accelerated Test-to-failure Protocol", Technical Report NREL/TP-520-42893, (2008)
- (2) Hacke P, "Test-to-Failure for Long-Term Performance Assessment", PV Module Reliability Workshop 2010