

薄膜太陽電池モジュールの PID試験規格の検討

櫻井 啓一郎¹, 富田 仁², シュミッツ ダーシャン²,
徳田 修二², 小川 錦一¹, 柴田 肇¹, 増田 淳¹

¹産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター,

²ソーラーフロンティア

概要

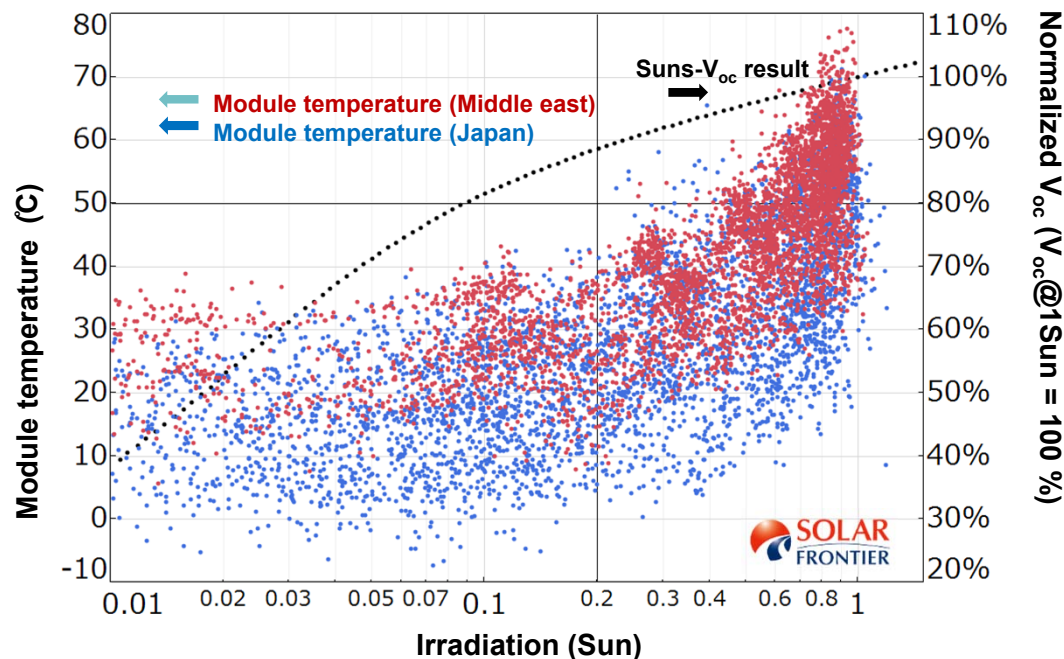
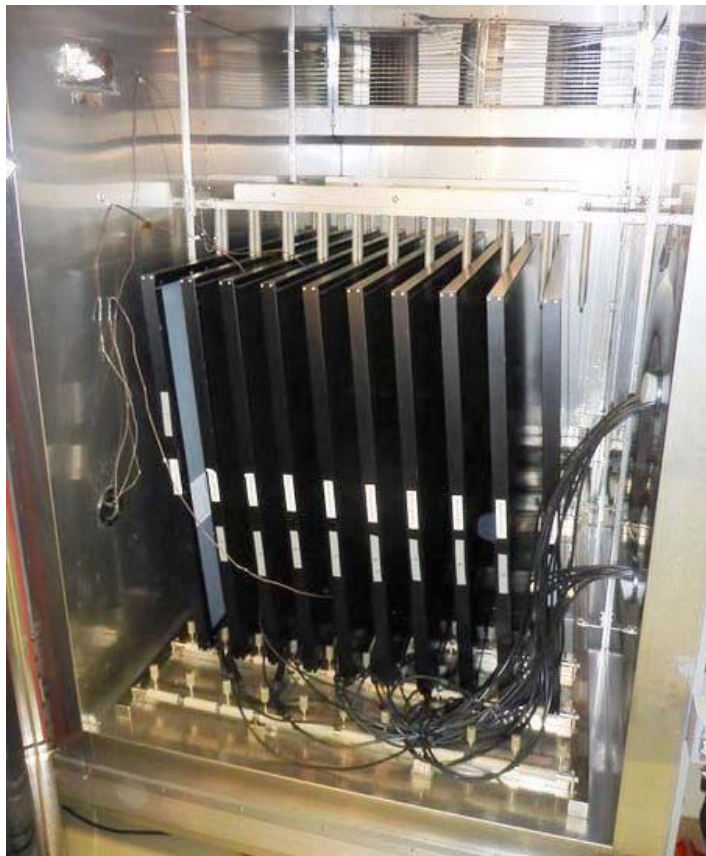
- ・背景説明
- ・CIGSモジュールのPID試験における光照射およびバイアス印加の影響
- ・CIGSモジュールの屋外PID試験における散水の効果、および屋内試験との比較

背景

- PVモジュールの信頼性・耐久性向上のため、IEC TC82において、関連IEC規格の大規模な改訂作業が進行中。
- 目下、薄膜太陽電池の高電圧誘起劣化(potential induced degradation, PID)耐性のIEC標準試験規格の策定作業が進められているが、結晶シリコン太陽電池に比較して参考になる調査事例が少なく、適切な試験条件を定めるためのデータ収集が進められている。
 - ・光照射やバイアス電圧印加は必要か？
 - ・すべて同じ条件での試験で良いのか？
 - ・屋外曝露に対して、どのぐらいの加速係数にできるのか？

環境試験チャンバー vs 実環境

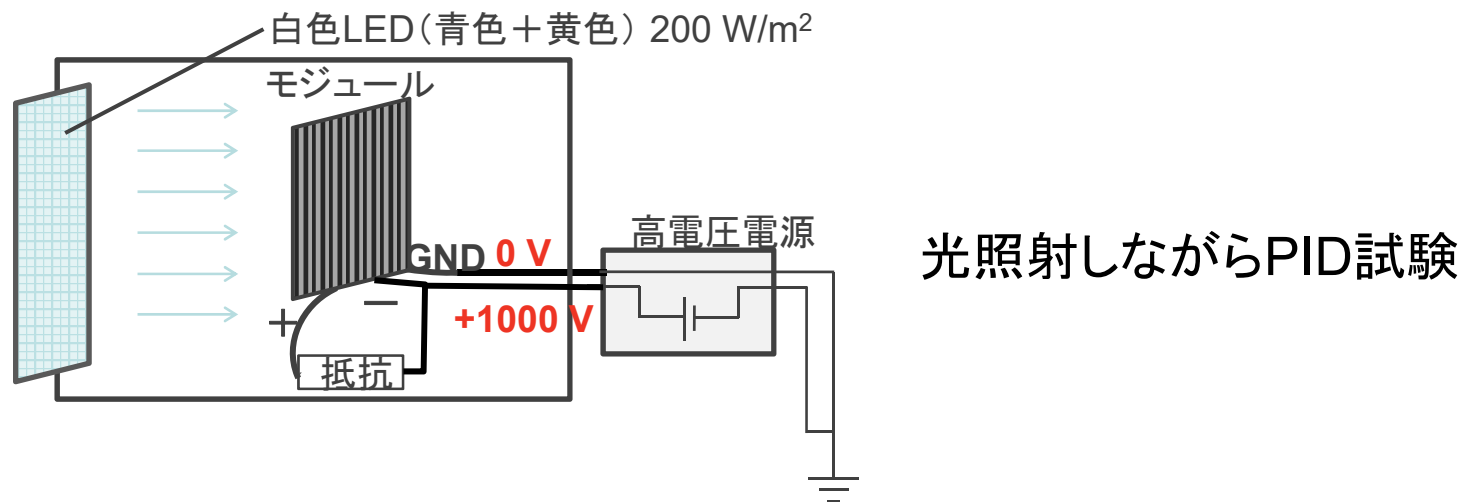
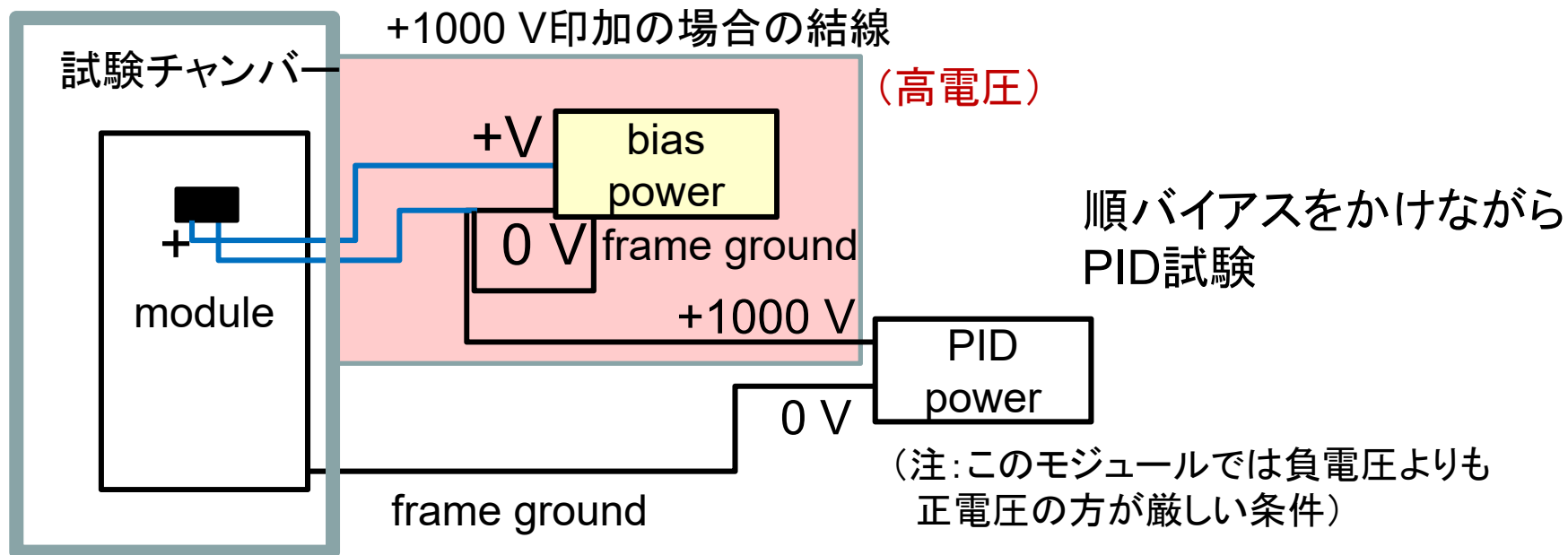
日本と中東における、1時間ごとの日射量と温度の測定例



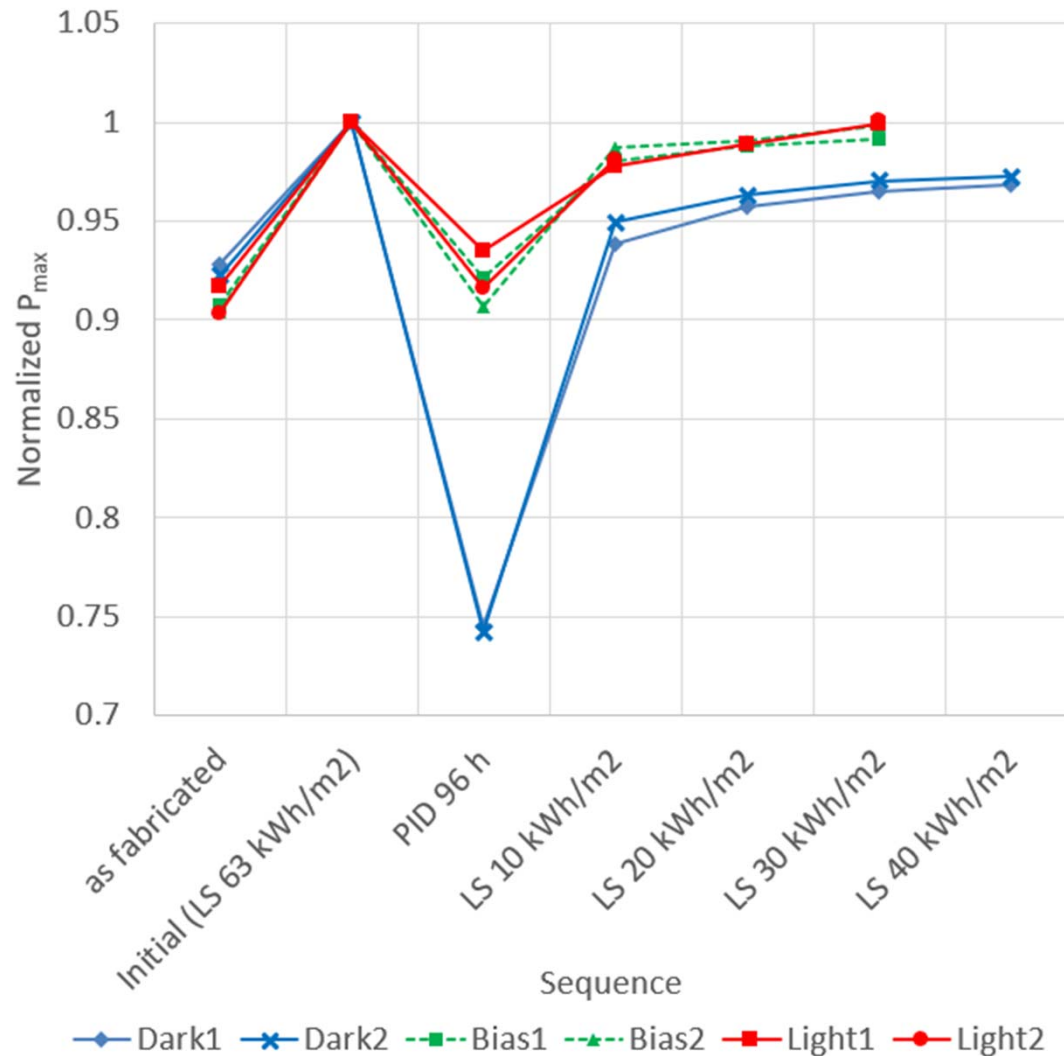
チャンバーでの加速試験：
例えば85°C、85% r.h.で試験
(暗所・短絡)

しかし実環境でモジュールが高温になる時は
必ずある程度の日射がある
(「暗所+高温」は実環境では通常発生しない)
→ 実環境では発生しない劣化を引き起こし得る

実環境に近付けて試験



光照射／順バイアス印加の効果 (SF製CIGSモジュール)



- ・暗所、無バイアスで試験する
→試験特有の劣化
(Test-specific degradation, TSD) が残る
- ・弱い光照射、もしくは順バイアス印加下で試験
(実環境に近付ける)
→Light soaking (LS) で当初出力まで回復

少なくともこのモジュールでは、PID試験時は光照射、もしくは順バイアス印加が望ましいと考えられる。

K. Sakurai et al., Jpn. J. Appl. Phys.,
57, 08RG02, (2018).

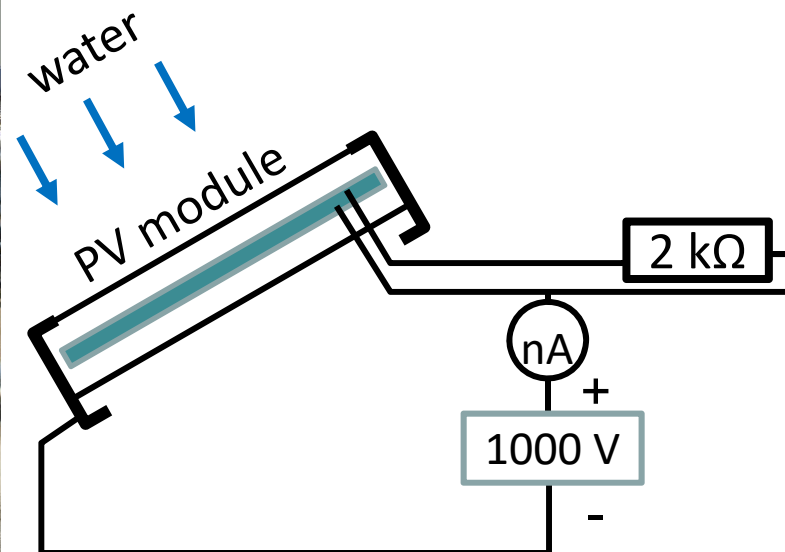
T. Weber and J. Berghold,
Photovoltaics International, 27, 72, (2015).

P. Hacke et al., WCPEC-7 preprint.

- ・PIDが起こる場合は漏洩電流が指標になるらしい(分かっている範囲では)
- ・型式やマウント方法等で加速係数が大きく異なる
- 一律の試験条件・時間を適用するのは難しい。屋外との比較が必要
- ・PIDが起こらないケースの漏洩電流のデータも必要

屋外(+散水)での漏洩電流測定

屋外曝露PID設備@鳥栖



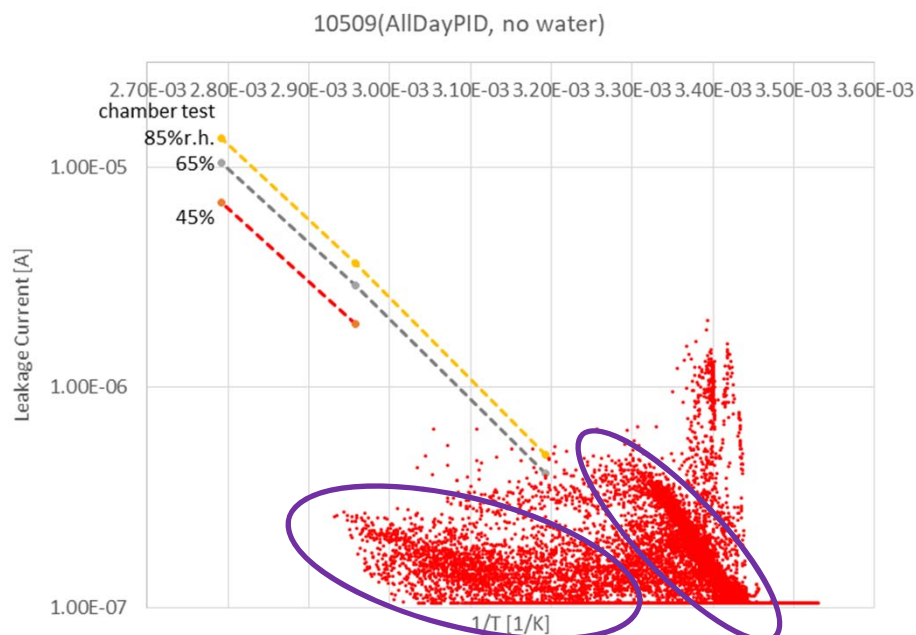
(注:このモジュールでは負電圧よりも正電圧の方が厳しい条件)

フレームに対して+1000 V印加(全体を対地で絶縁)
30分毎に1分間散水(漏洩電流を増加させる)

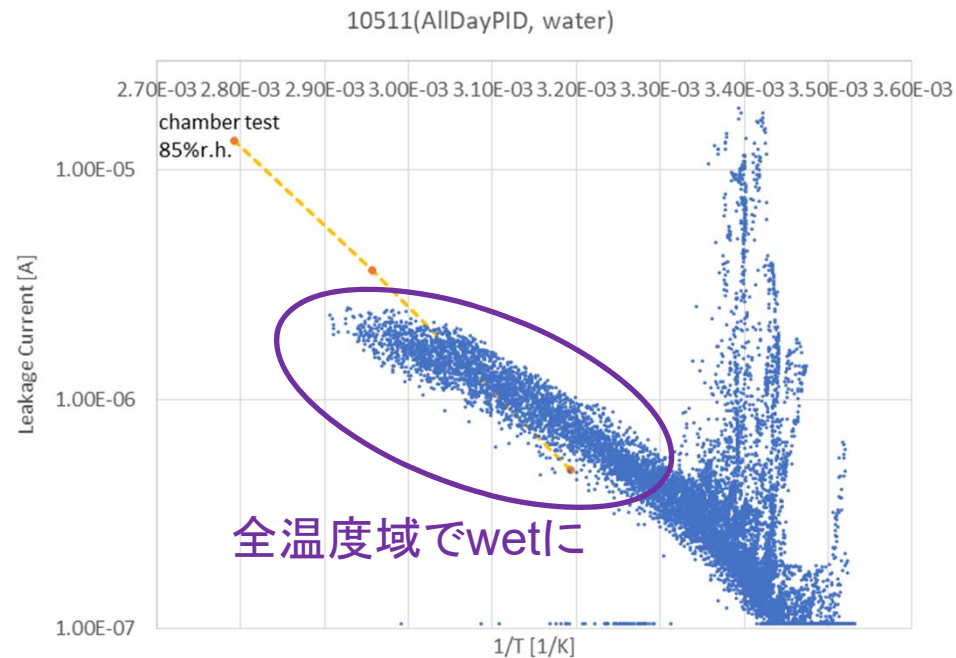
漏洩電流の温度特性と散水の効果

非散水

散水



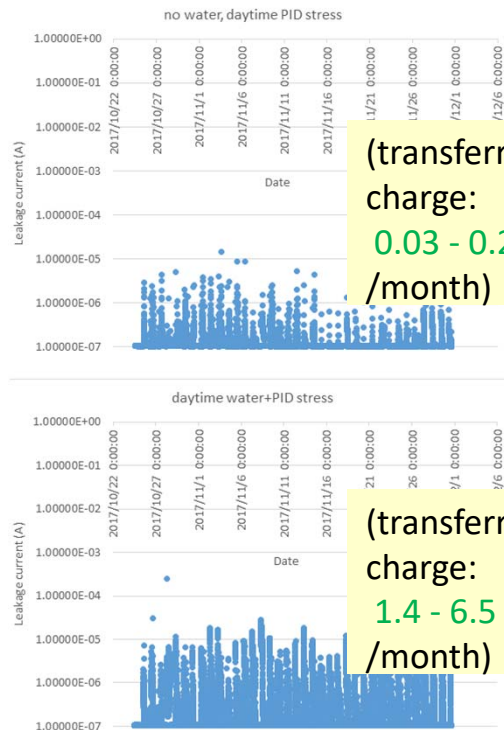
hot&dry $E_a = 0.30 \text{ eV}$ cool&wet $E_a = 0.93 \text{ eV}$



全温度域でwetに

非散水時は他報告同様、hot&dry / cool&wet に2極化
散水によって全温度域でwet状態に

屋外での計測例



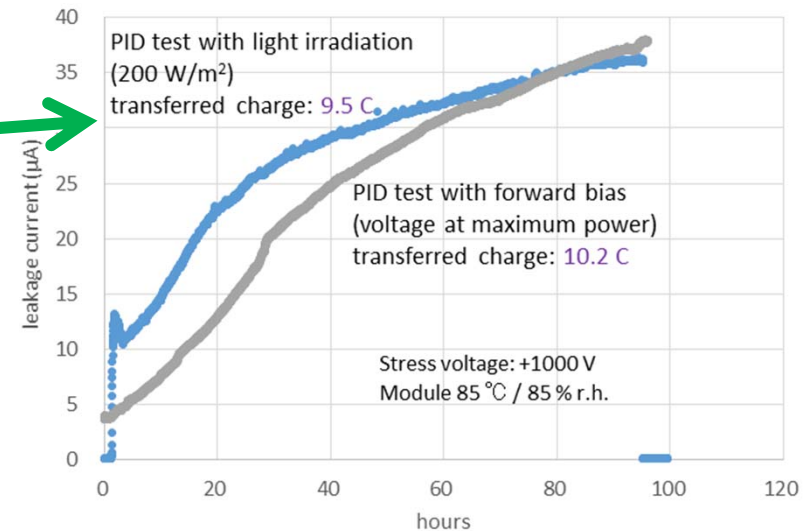
(transferred charge:
0.03 - 0.2 C
/month)

(transferred charge:
1.4 - 6.5 C
/month)

96 hours indoor =
> 4 years outdoor?

散水で7-80倍増加
(降雨状況等で変化)

屋内試験96時間(光照射PID試験)



- ・散水で漏洩電流が7~80倍程度増加(降雨状況等で変化)
鳥栖でこれまで4ヶ月試験した限り、劣化は観測されず
- ・(このモジュールの場合)屋内での96時間の試験では屋外曝露4年分以上に相当する漏洩電流、やはり劣化なし
- これまでのデータを見る限りでは、屋内・屋外の比較指標に漏洩電流を用いることに問題は見当たらない(今後、より長期間のデータで確認が必要)
- 屋内試験における光照射もしくはバイアス電圧印加の必要性を裏付け

まとめ

市場で最もメジャーなCIGS製品を用いて、PID耐性の標準試験方法を検討。

- Damp Heat 試験規格(IEC61215-1-4)同様、試験特有の劣化(TSD)の発生を防ぐため、試験中に順方向バイアス印加もしくは光照射を行う必要性が示唆される。
- 漏洩電流を屋外vs屋内の比較指標に用いることに対し、これまで集まったデータ(他社含む)では肯定的な結果(より長期間のデータでの確認が必要、現在継続中)。
今回試験したモジュールの場合、屋内での96時間の試験は屋外曝露4年以上に相当?
- 散水による屋外試験における漏洩電流増加効果は天候に依存するが、概して10~数十倍の増大が可能。
→ 屋外試験が必要となった場合、試験期間短縮の手段になり得る。

課題

- 他社製品や他形式の太陽電池でのデータがまだ不足。継続調査中
(日米欧の研究機関・企業等、10組織前後が参加してデータ収集中)。
- 光照射／順方向バイアス効果の機構の解明: 分析用クーポンを作製、現在進行中
SIMS等破壊的分析へ。