

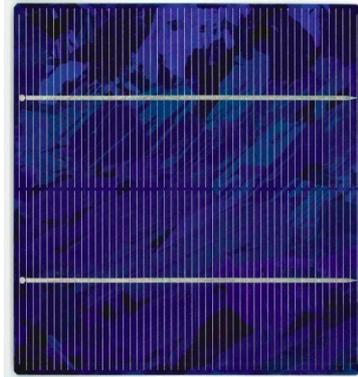
研究分野紹介 モジュール技術

太陽光発電工学研究センター
太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体
増田 淳

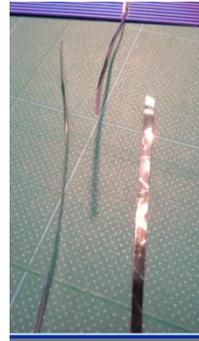
モジュール技術

- 固定価格買取制度も始まり、太陽電池の初期特性ばかりでなく、長期信頼性にも大きな関心が寄せられている。
- 太陽電池の長期信頼性を主に支配するのは、モジュール部材ならびにモジュール構造である。
- モジュールの劣化機構を解明するとともに、長期信頼性を有するモジュールを開発することは喫緊の課題である。
- モジュールの信頼性を正確に評価可能な試験法の開発も重要である。

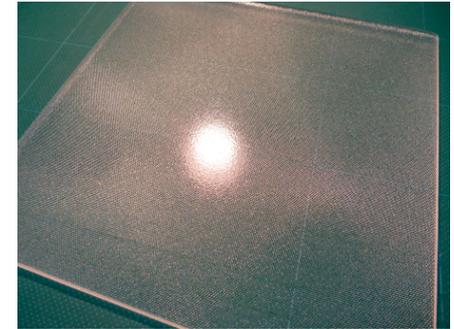
太陽電池モジュールの信頼性向上・長寿命化の 支配的要因となるモジュール部材の例



太陽電池セル



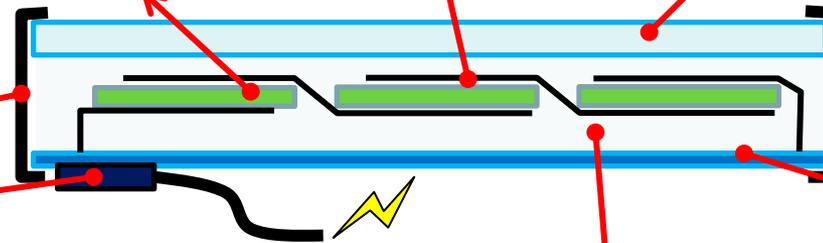
インターコネクタ



白板強化ガラス

アルミフレーム、
周辺シール材

端子箱、ポッティング材



太陽電池モジュール
(結晶シリコン型)

バックシート

充填封止材



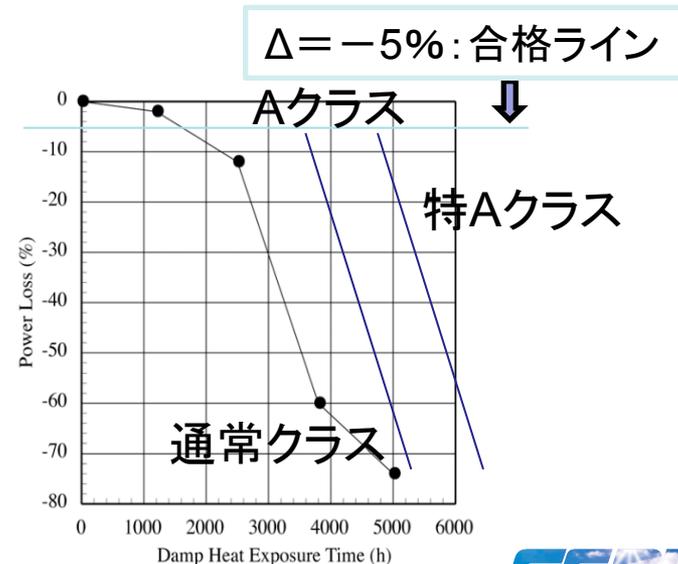
研究の二つの目標

モジュールの信頼性向上・長寿命化
⇒発電コスト低減

信頼性試験法の開発
⇒信頼性・寿命の明確化

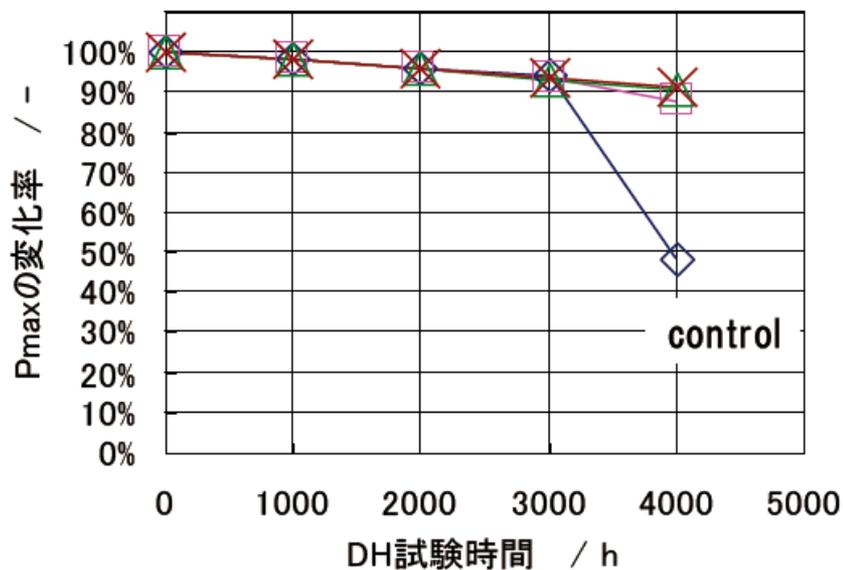
新規信頼性試験法開発の重要性

- 現在の認証試験に用いられているIEC61215等の試験は、初期故障の検出を想定しており、長期信頼性を担保できるものではない。モジュールの信頼性の良否に関わらず同様の結果となる。
- メーカーが謳う保証期間に科学的根拠を持たせるとともに、信頼性の高いモジュールを正当に評価できる試験法の開発が重要である。
- 屋外曝露で発現する劣化が信頼性試験では必ずしも再現できない。屋外環境での劣化要因を組み合わせた複合加速試験の開発が求められている。
- 厳しい信頼性試験に耐えたとしても必ずしも長期信頼性が担保されるわけではない。単なるオーバースペックの可能性もある。
- 試験時間を短縮可能な高加速試験の開発も求められている。



モジュールの信頼性向上

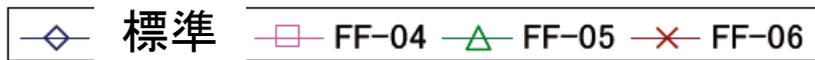
成果例：バックシート



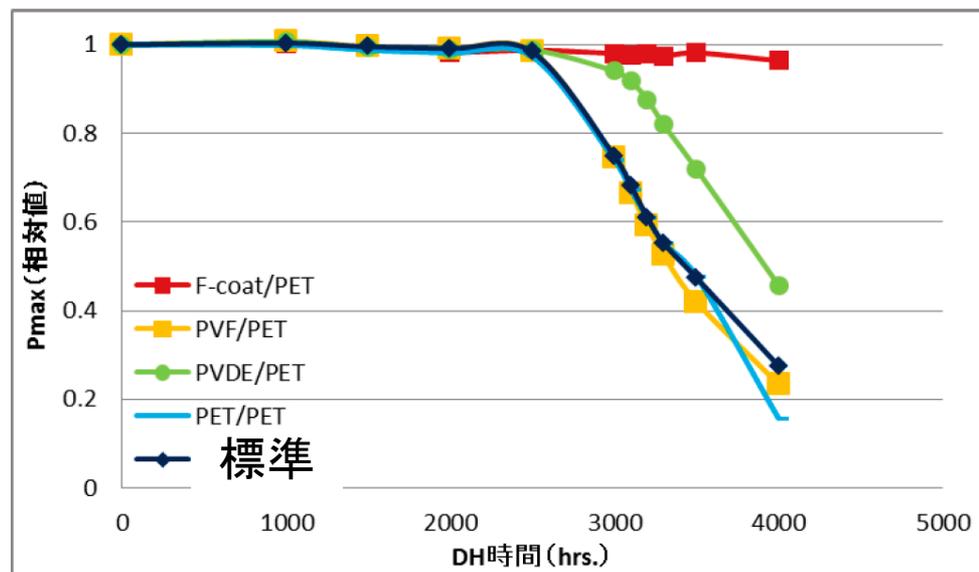
蒸着PET系バックシートの優位性実証(富士フィルム)



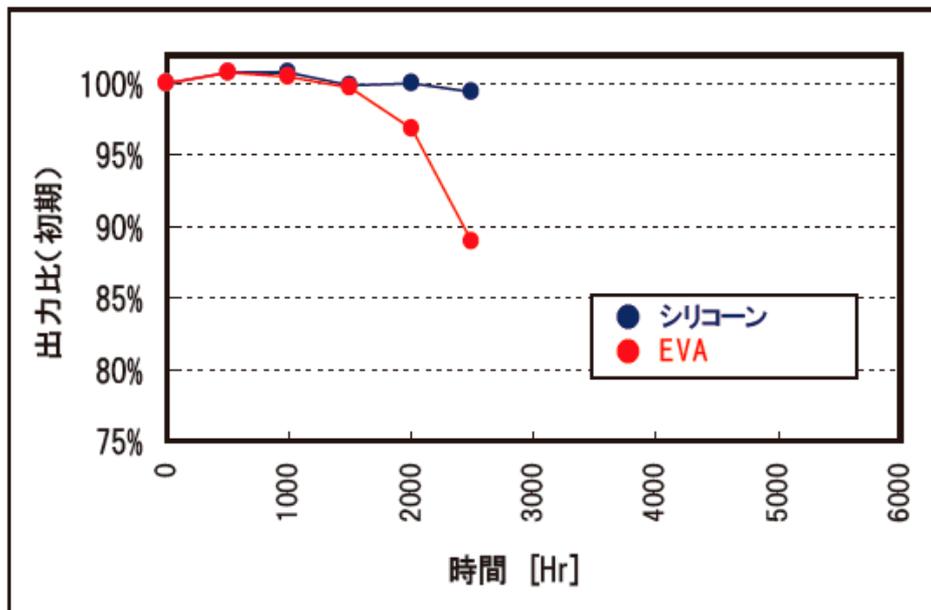
出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム最終成果報告書



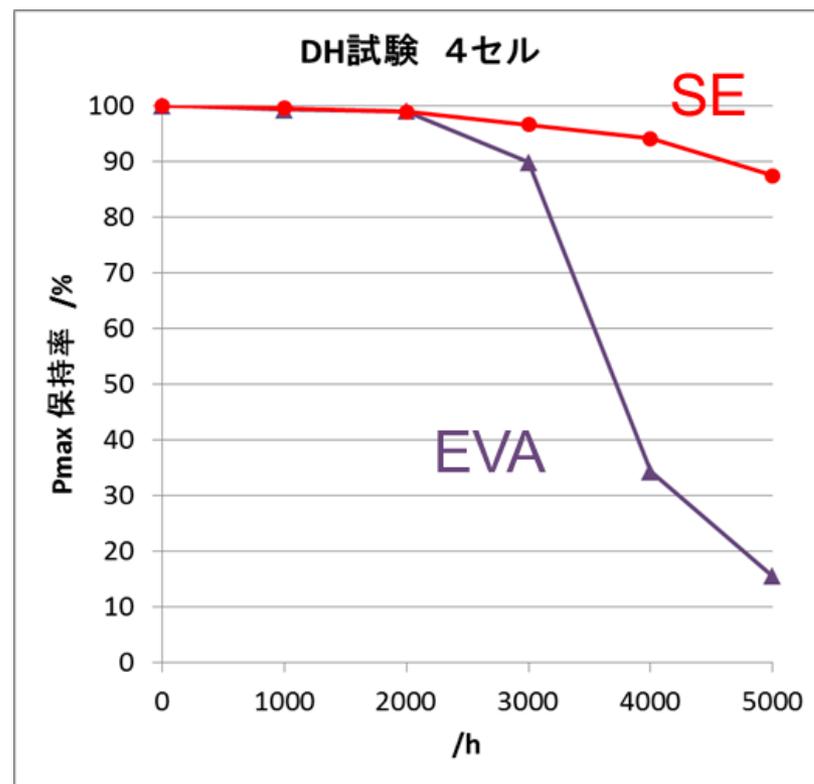
フッ素コートバックシートの優位性実証(ダイキン工業)



成果例：封止材



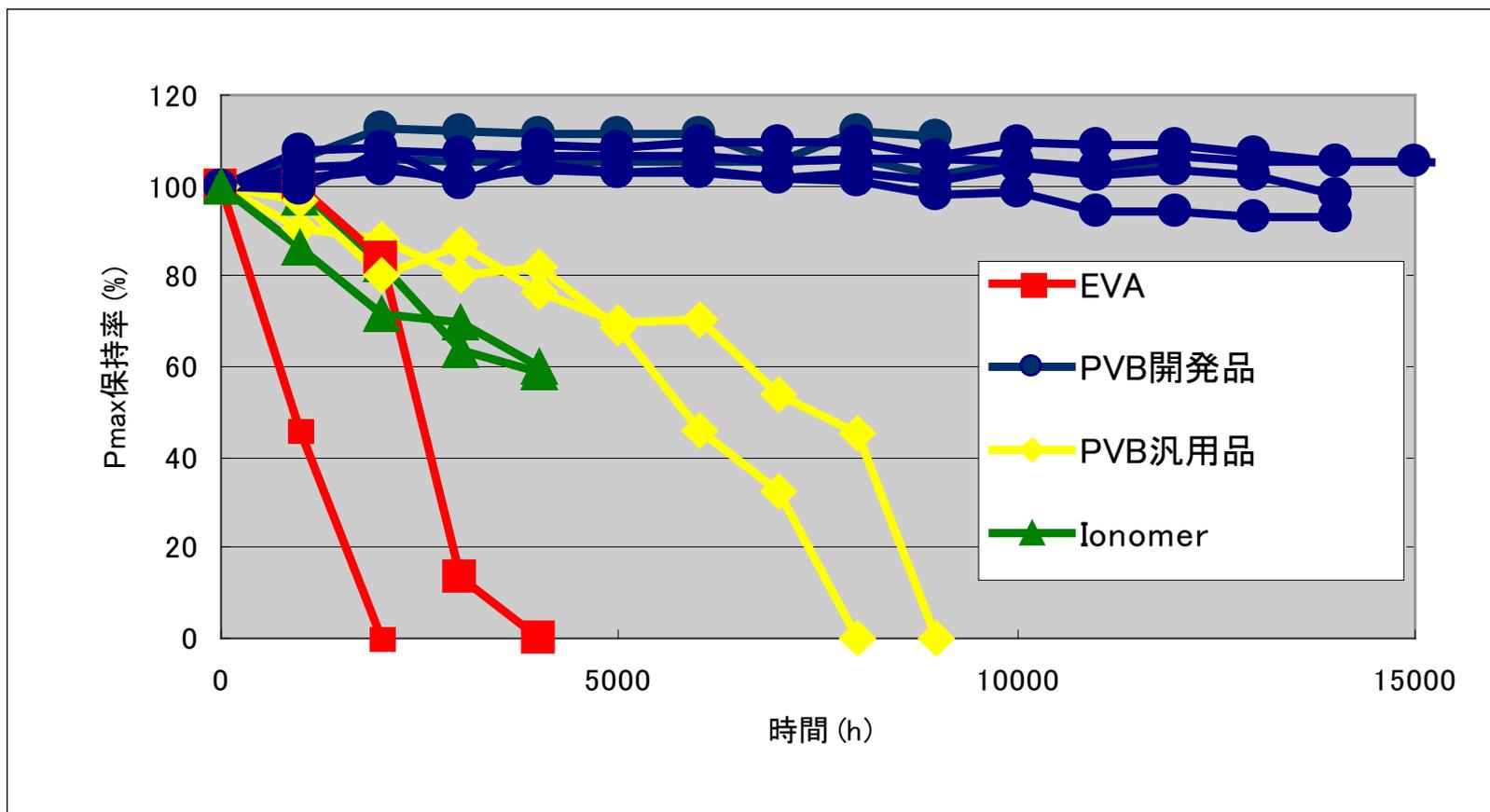
シリコン系封止材の優位性実証 (信越化学工業)



炭化水素系ブロック共重合体封止材の優位性実証 (電気化学工業)

出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

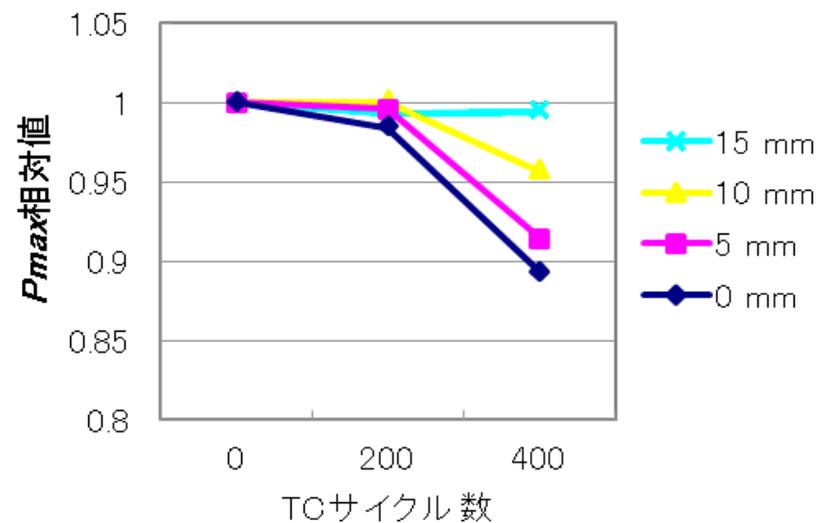
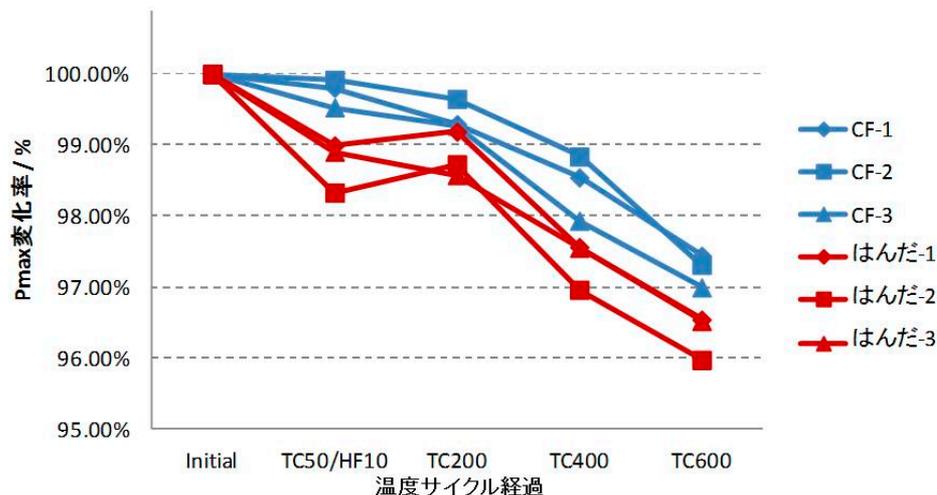
成果例：封止材



アモルファスシリコンモジュールにおいて、
PVB系封止材の優位性実証(クラレ)

出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

成果例：配線材

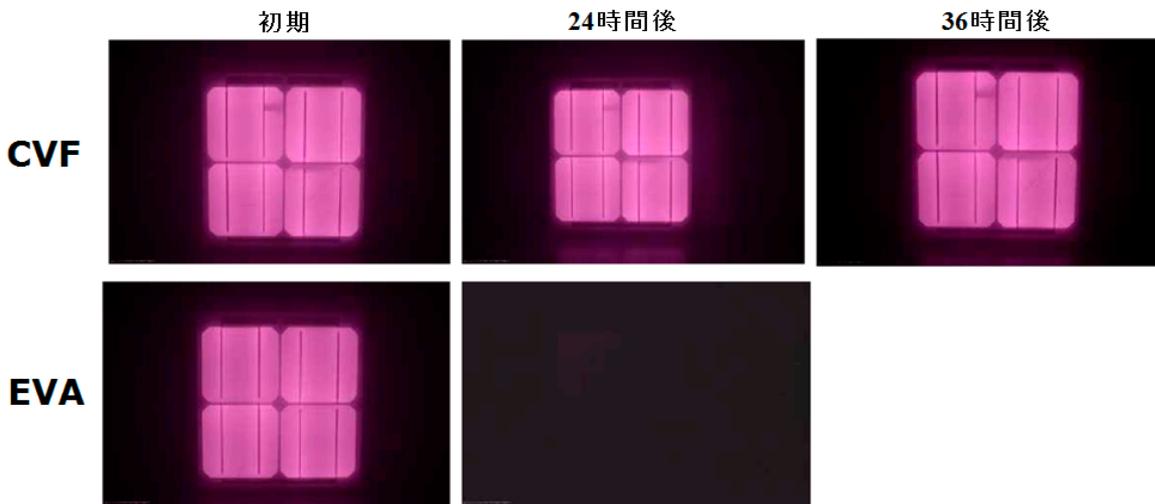


導電性フィルムを用いた配線の
優位性実証
(デクセリアルズ)

導電性フィルムを用いた配線に
おいて、非接続部を設けることにより、信頼性を向上
(日立化成)

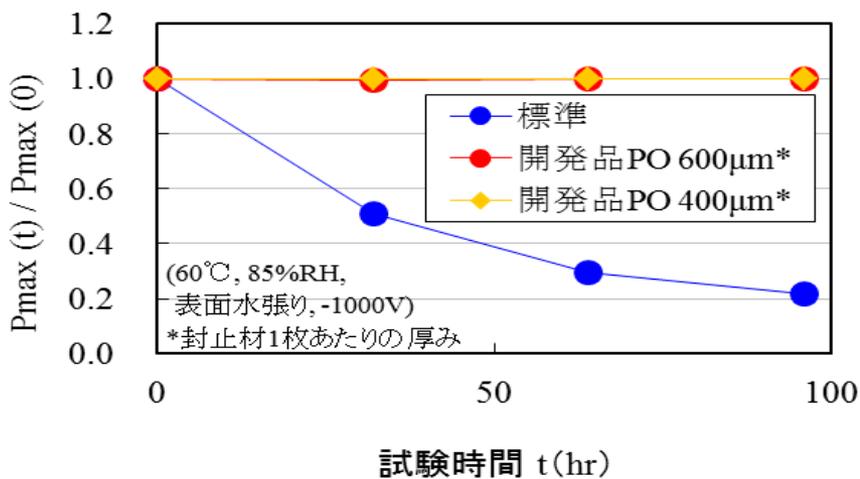
出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

成果例:PID耐性



オレフィン系封止材の優位性実証(大日本印刷)

PID発生試験



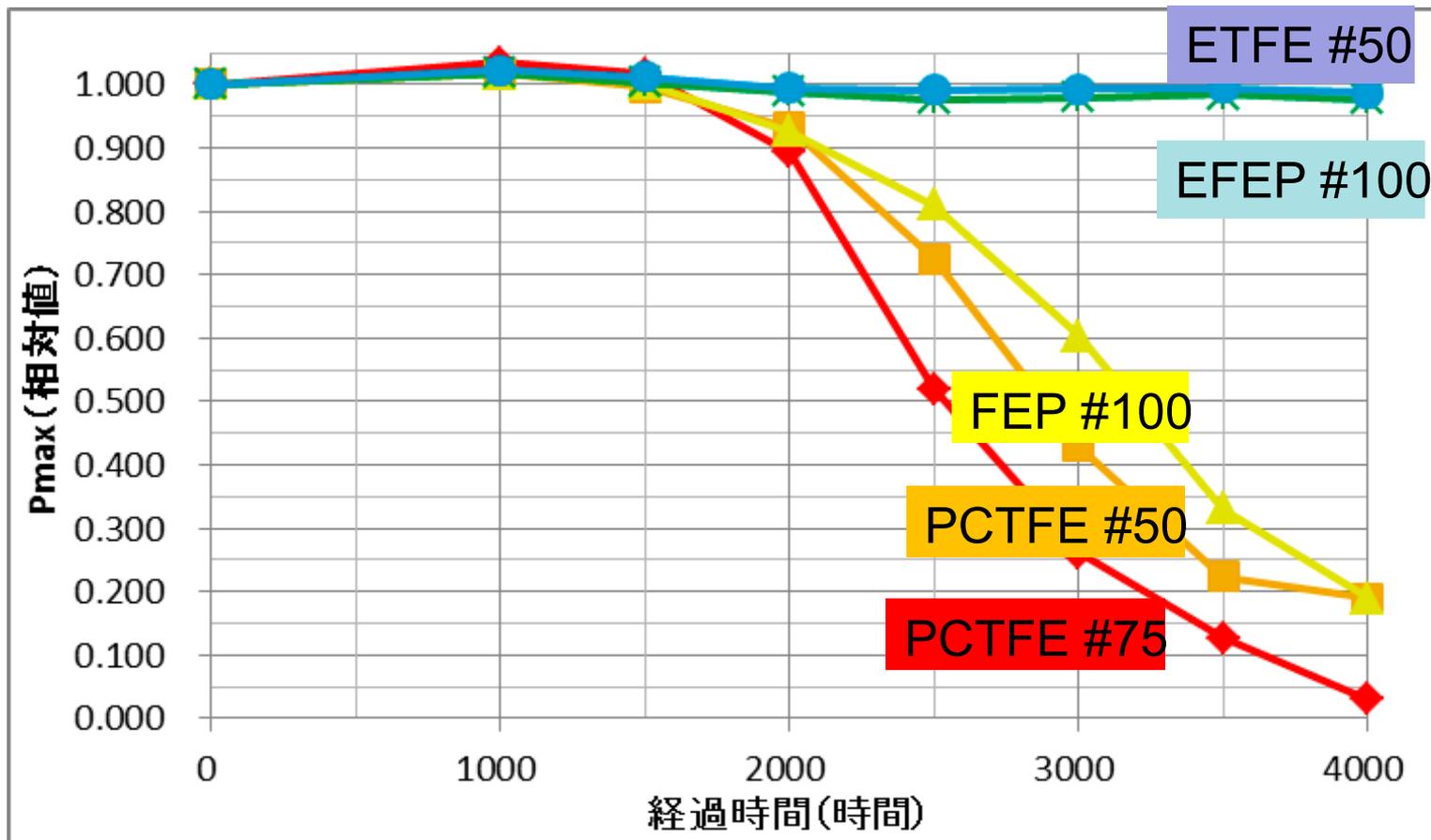
ポリオレフィン系封止材の優位性実証(旭化成)

出典: 第II期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

屋外曝露と信頼性試験の相関の指標

バックシートの水蒸気透過率が高いほど、信頼性が高い？

水蒸気透過率
($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)



12

5

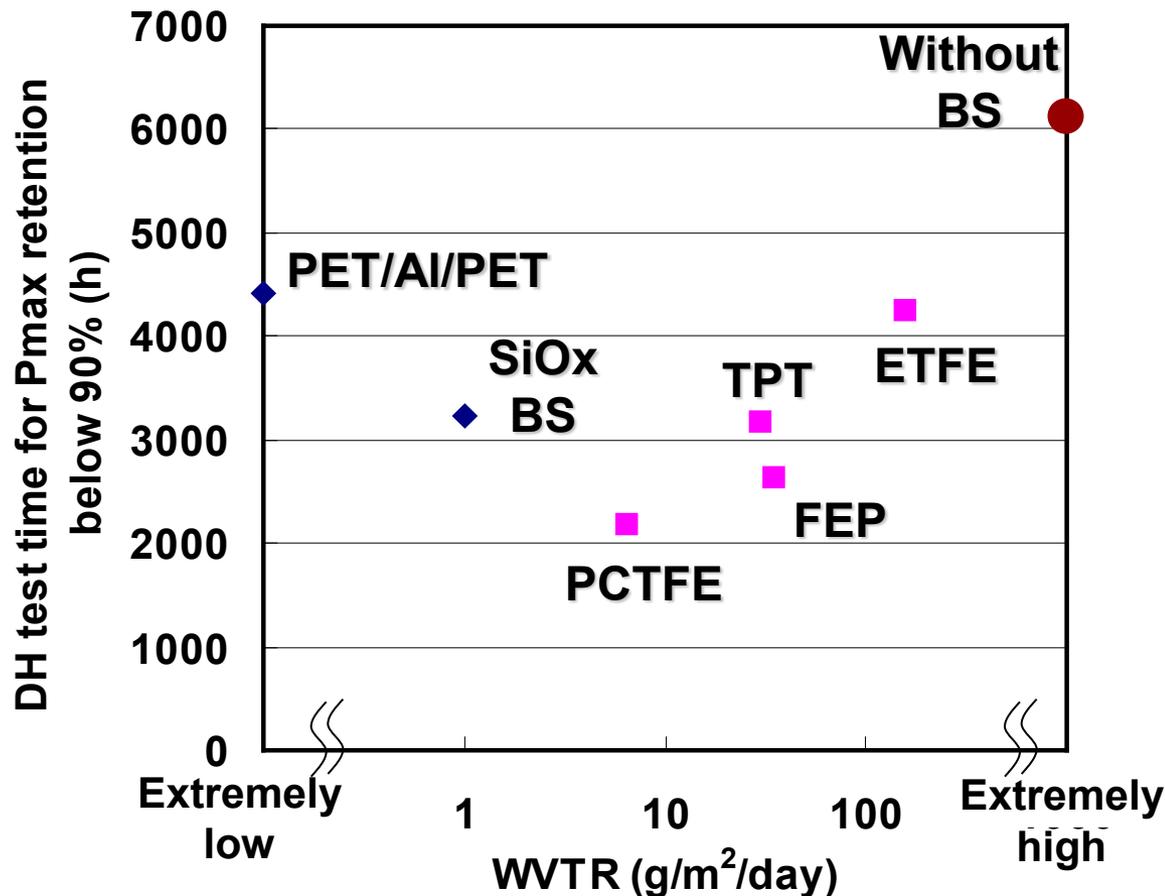
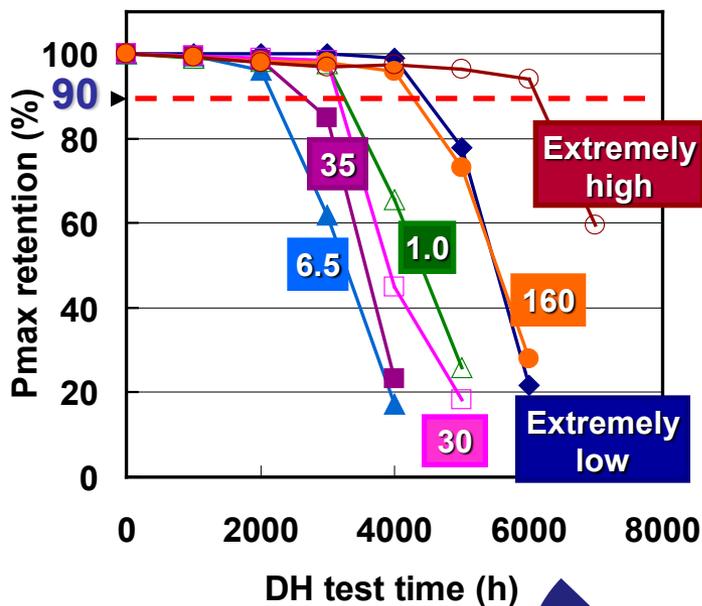
1

0.2

0.15

出典: 第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

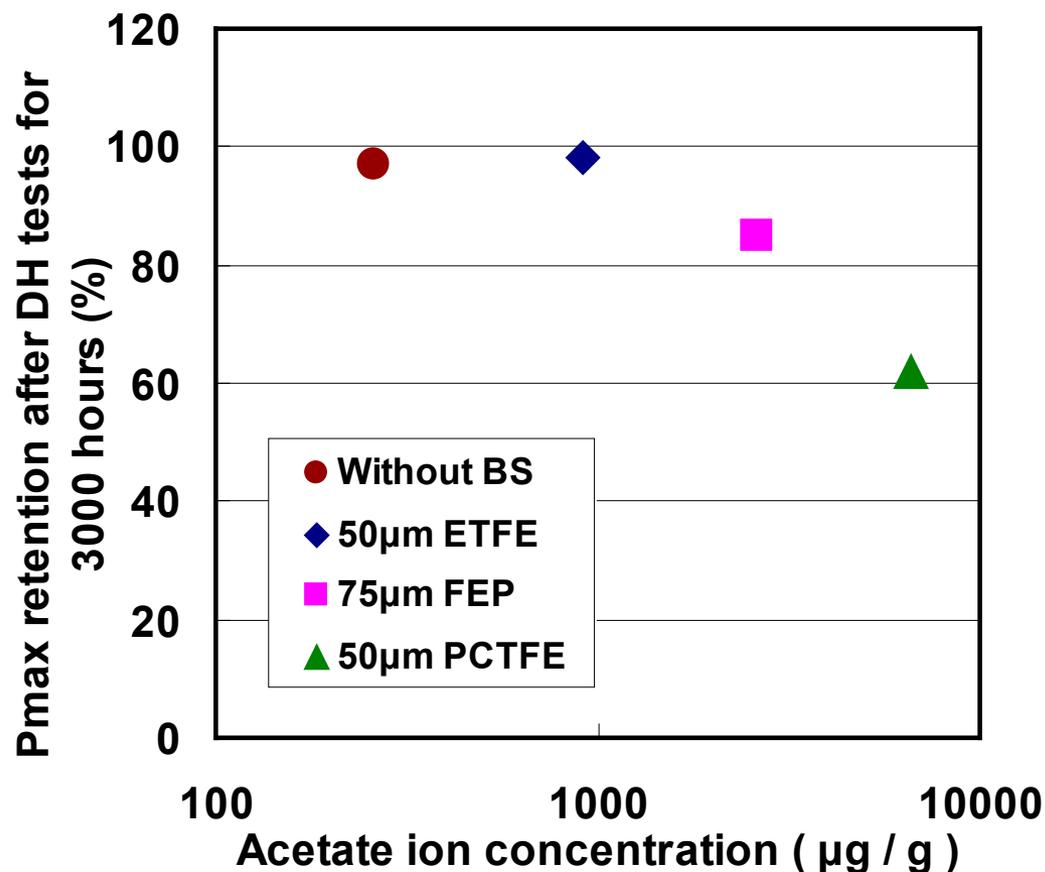
少なくとも、バックシートの水蒸気透過率だけでは説明できない



Comparison of DH test time below Pmax retention of 90%.

M. Miyashita and A. Masuda,
Proc. EUPVSEC 2013, p. 2828.

Relationship between acetic acid concentration and P_{max} retention after DH test for 3000 h in crystalline Si PV modules



Larger amount of acetic acid remains in the module showing higher degradation.

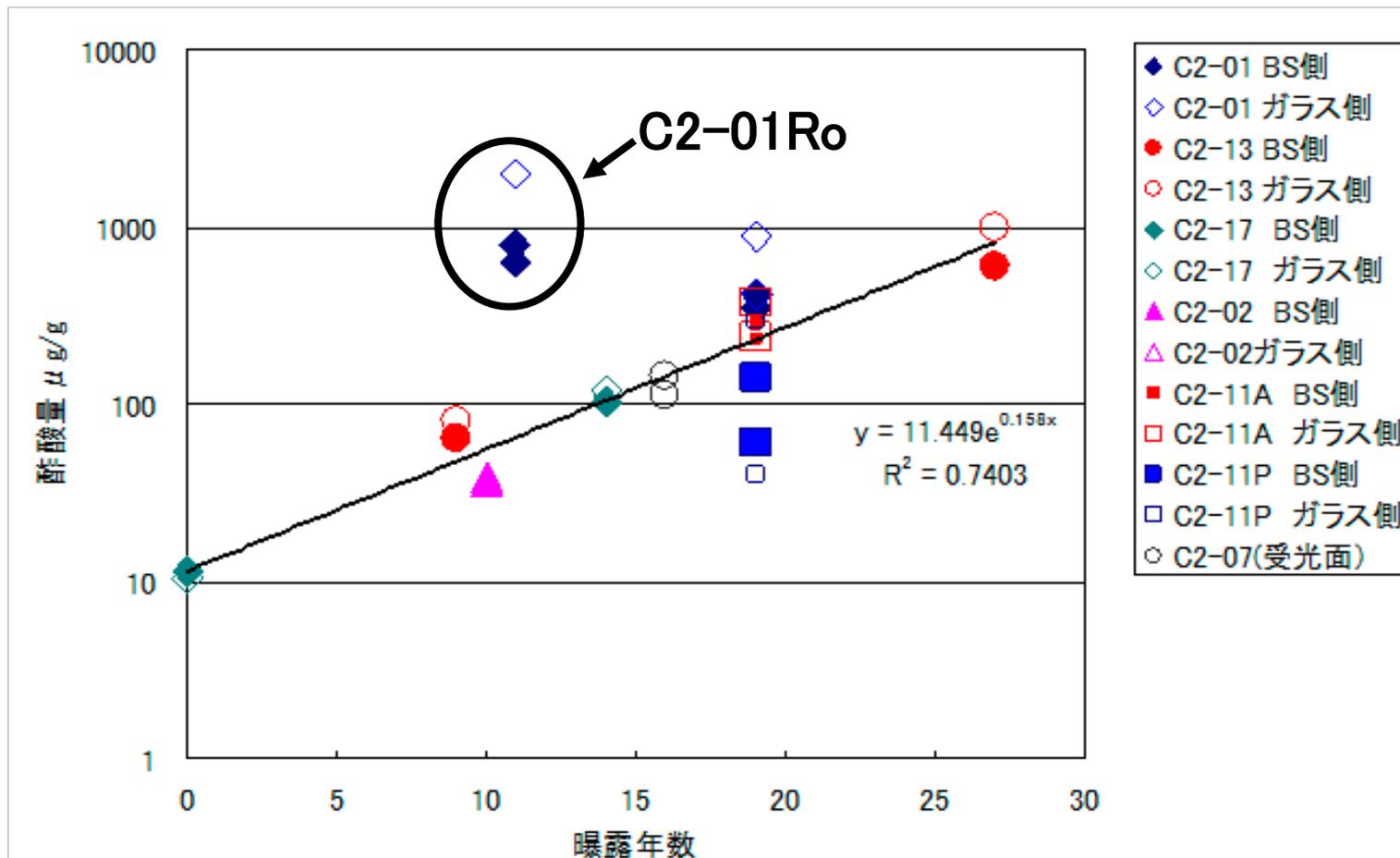
M. Miyashita and A. Masuda,
Proc. EUPVSEC 2013, p. 2828.

劣化の区別：物理的・機械的劣化と化学的劣化

化学的劣化の指標は酢酸？

残留酢酸量と発生酢酸量、滞留時間は？

曝露年数と残留酢酸量は比較的よい相関



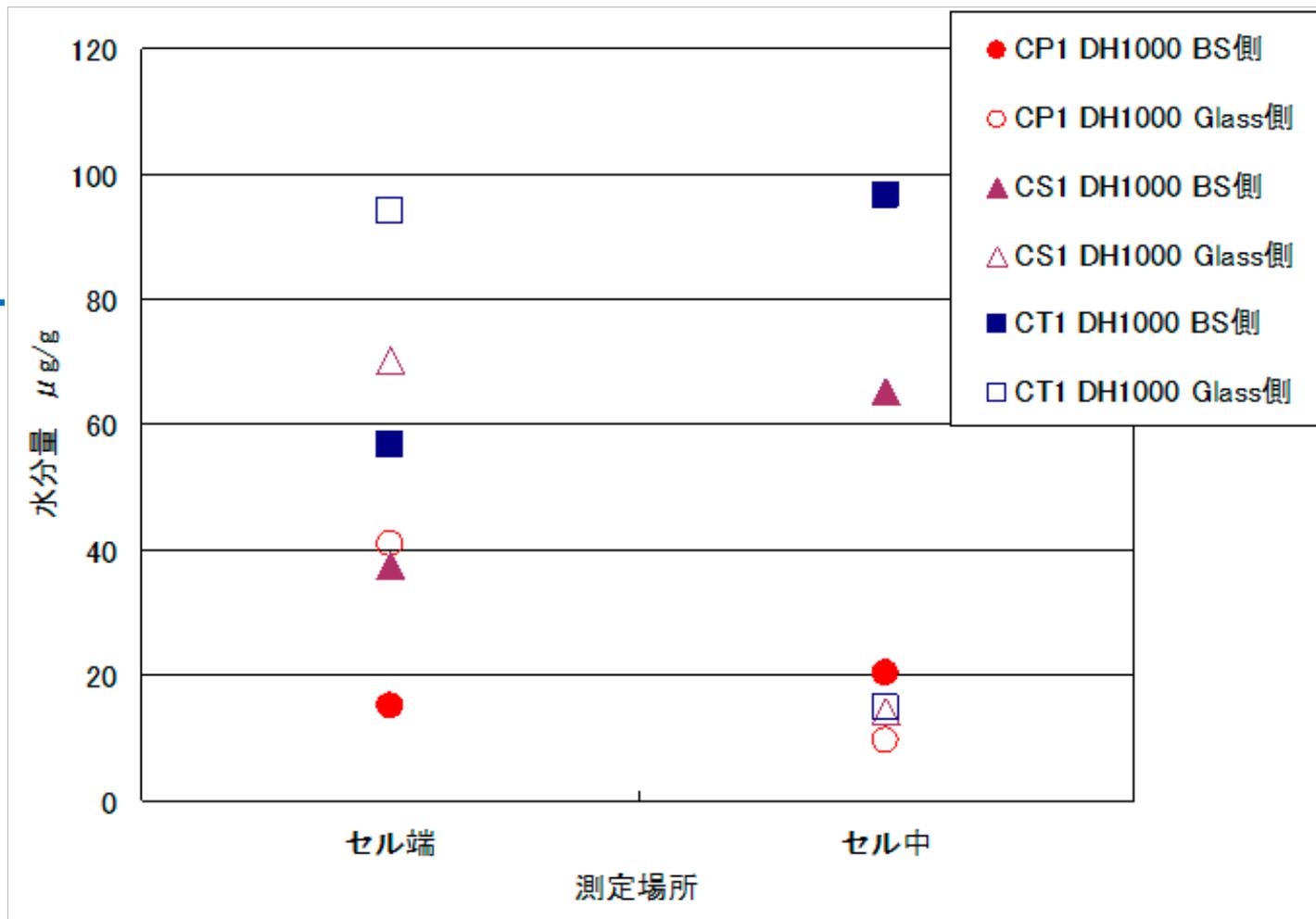
出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

【DH1000】

CP:アルミBS

CS:シリカBS

CT:PVF/PET
/PVF BS

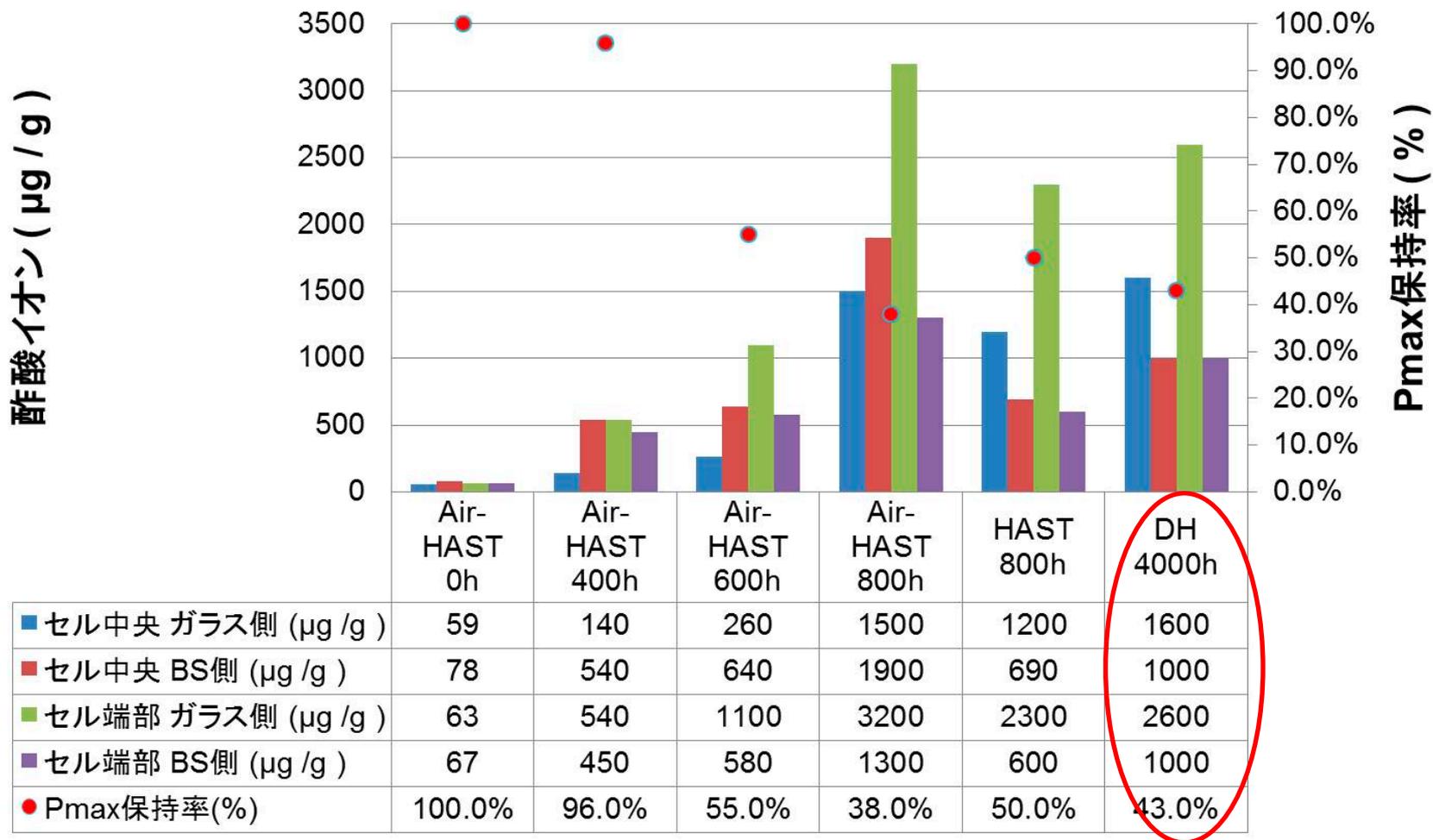


■ 酢酸量 CT > CS > CP

■ セル中ガラス側が最も少ない → まだ水蒸気が浸透中？

出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

酢酸イオン残留量とPmax保持率の関係



出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

DH4000が概ね屋外曝露30年に相当？

結晶シリコン太陽電池の化学的劣化には、少なくとも
1000 $\mu\text{g/g}$ のオーダーの残留酢酸イオンが必要

屋外曝露の受光面側では、紫外光による酢酸発生も
生じる

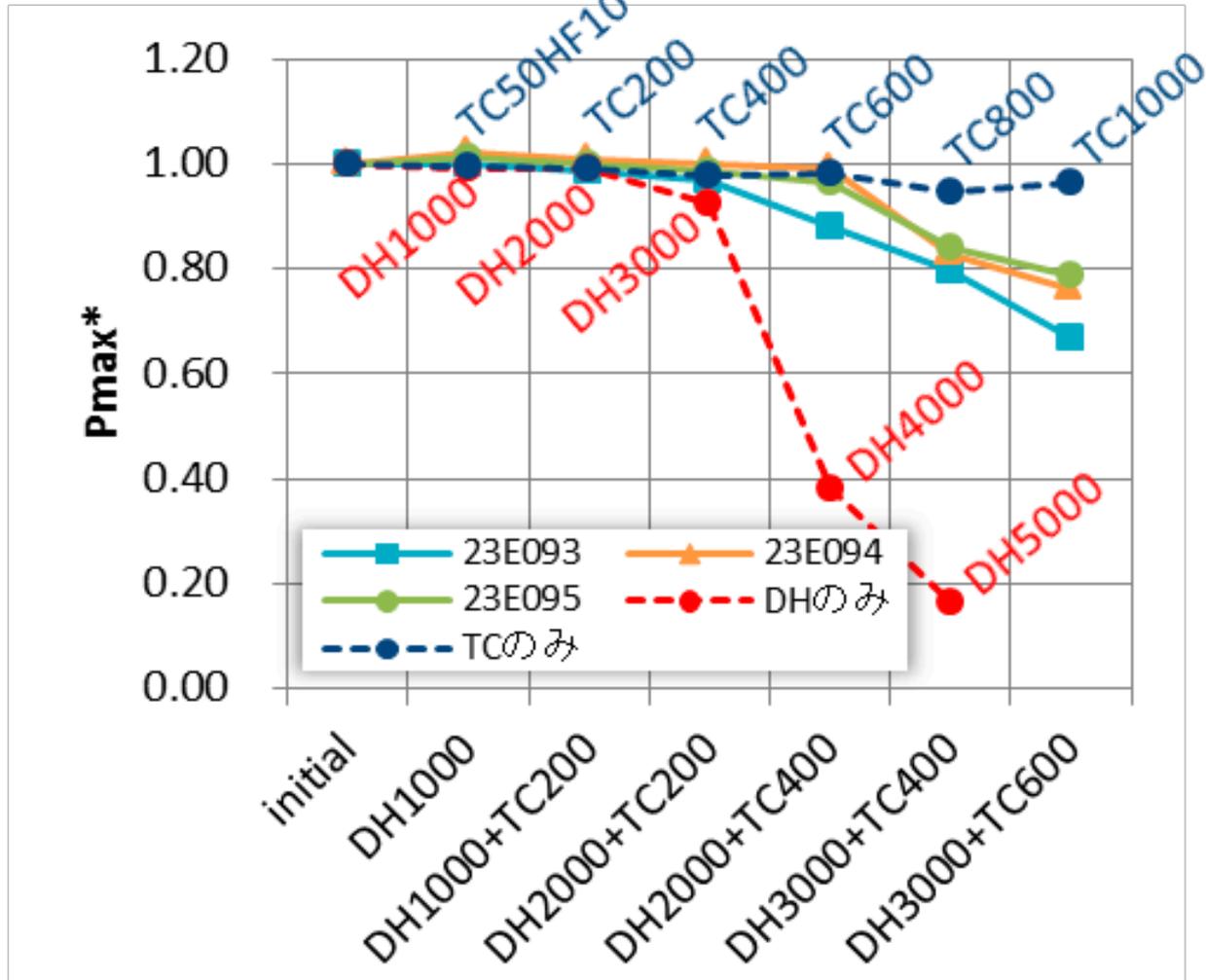
本来、DH試験と屋外曝露の酢酸量は一対一に対応し
ないはずである(曝露地域によっても異なる)

化学的劣化(腐食)が進めば、物理的・機械的劣化も
起こり易い？(電極界面 PbO_x 層の形成)

完璧を求めるのは困難だが、指標作りは大切

複合試験の有効性

DH/TC

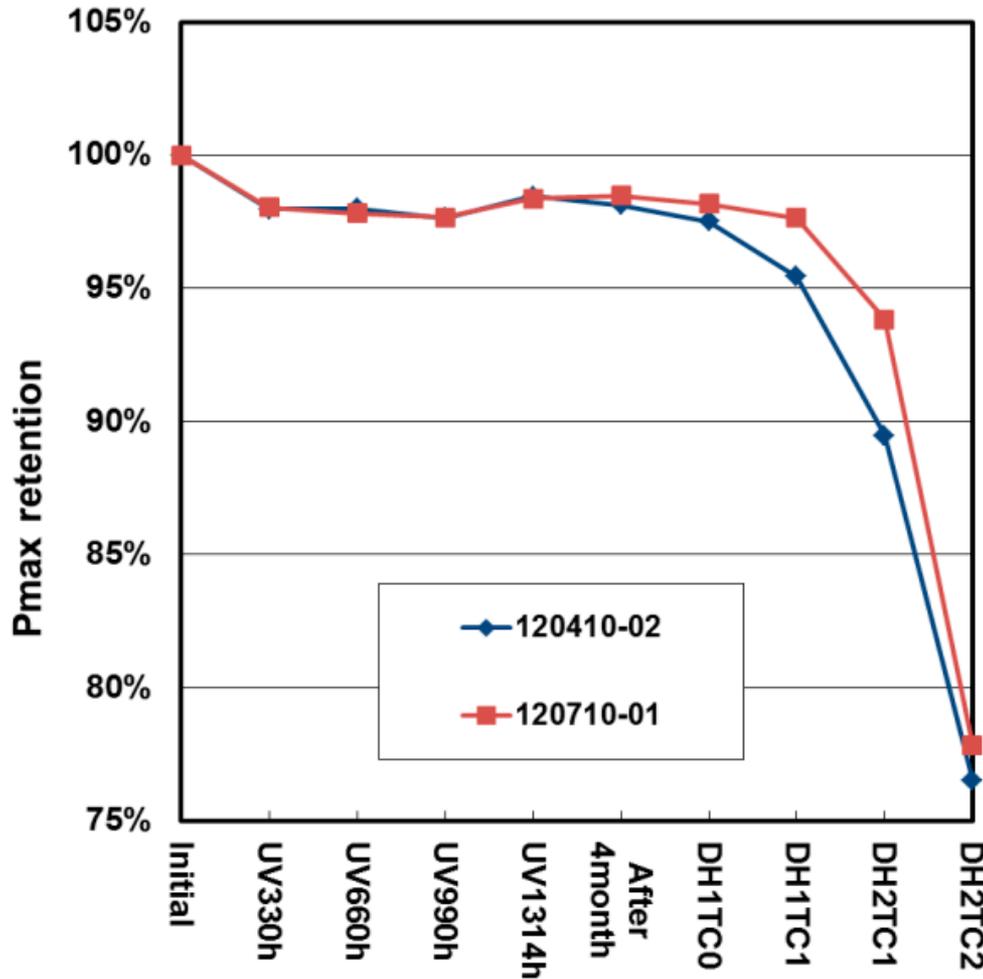


出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

試験内容

UV → DH/TC

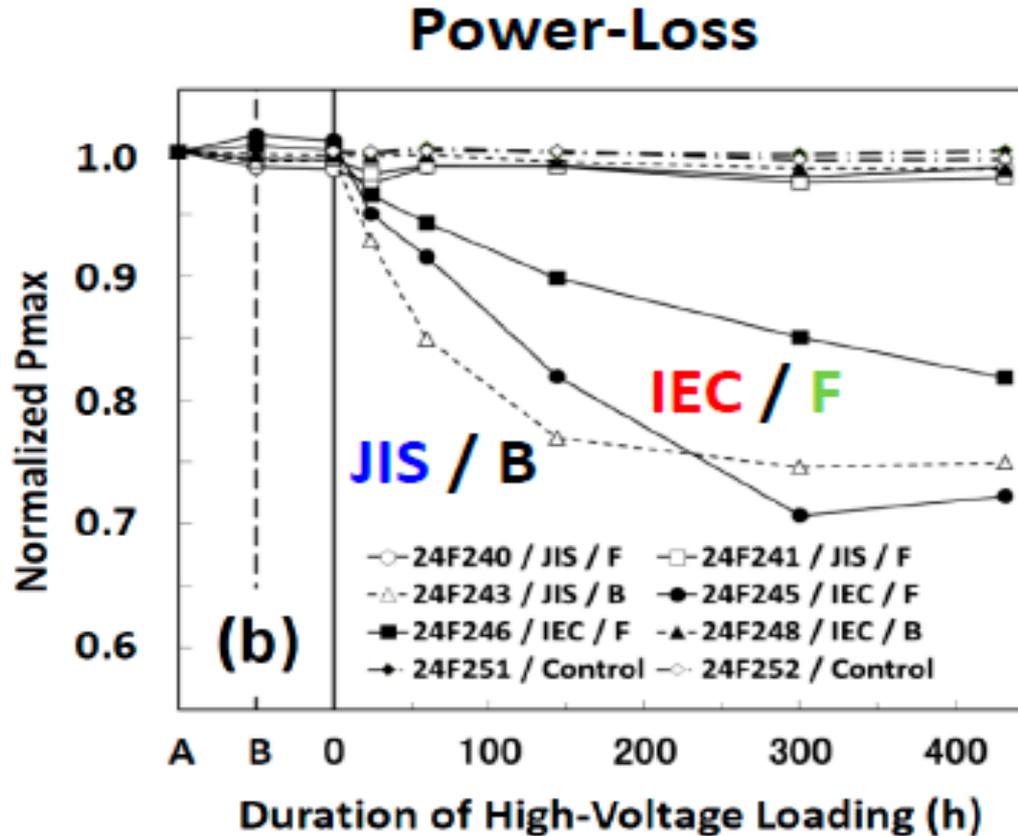
DH500単位、TC100単位



出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

塩水噴霧→PID

沿岸部では
PIDが起きや
すい？



出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

試験時間短縮は重要だが、単に速く劣化すればよいのか

負荷条件の組合せには、科学的根拠も重要
(塩水噴霧→PID試験は、沿岸部でPIDが起きやすいことを表す?)

PIDの研究の重要性

原 浩二郎:トピックス講演参照(6月25日)

PIDの研究課題

• メカニズムの解明と対策

ガラスからのNa拡散→無アルカリガラス、化学強化ガラス
封止材→体積抵抗率、アイオノマー他
反射防止膜→組成、透明導電膜
太陽電池の種類→p型、n型、薄膜系(薄膜Si、CIGS)

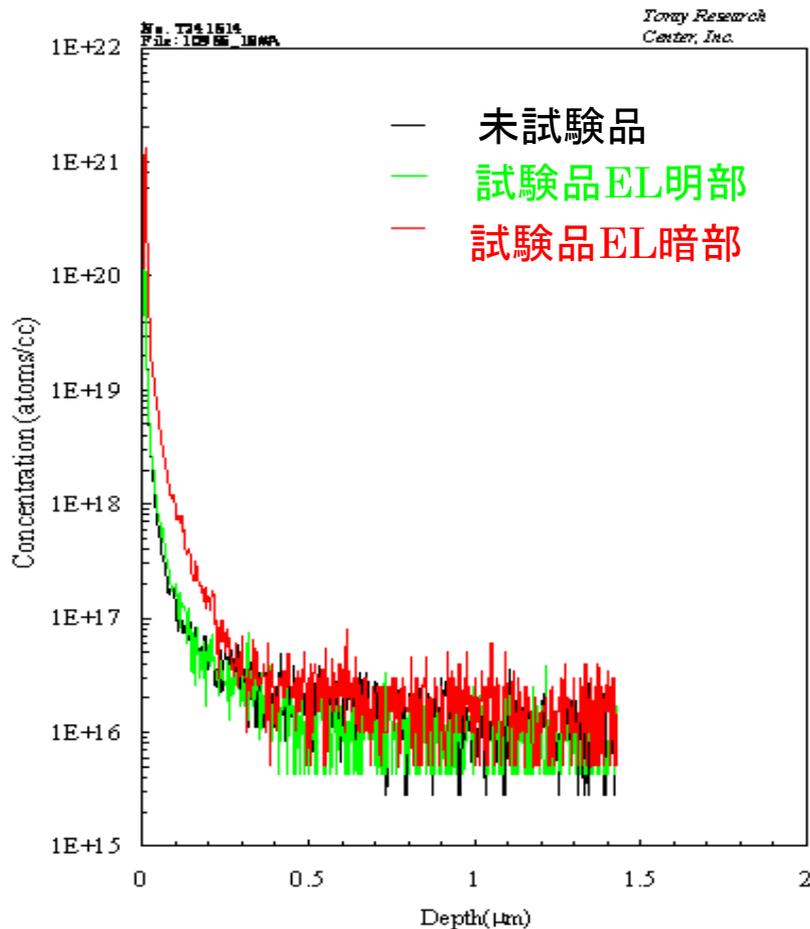
• 試験法、試験条件

チャンバー法、水張り法、アルミ張り法
温度、湿度、印加電圧、時間
屋外での発生事例との比較検討

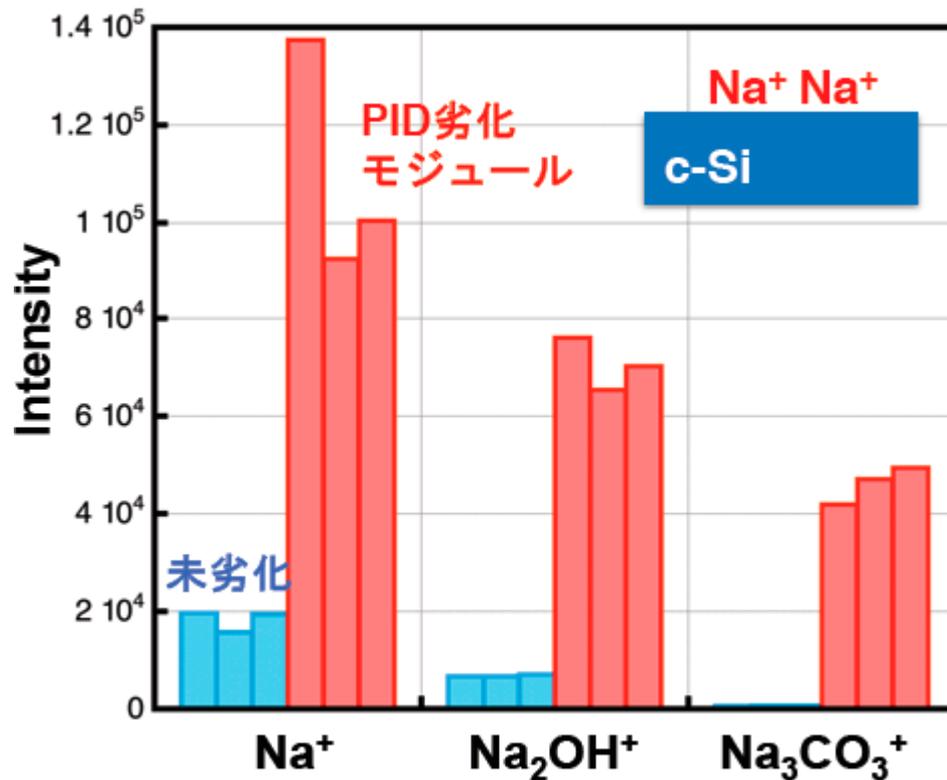
• 回復

完全回復、部分回復、自然回復、逆電圧印加による回復

Naの拡散

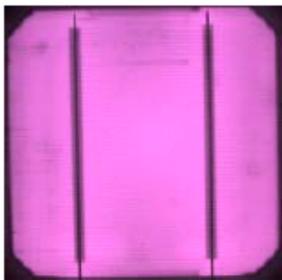


PID劣化モジュールのSiセル表面をTOF-SIMSにより分析



PID劣化モジュールでNaが大幅増加

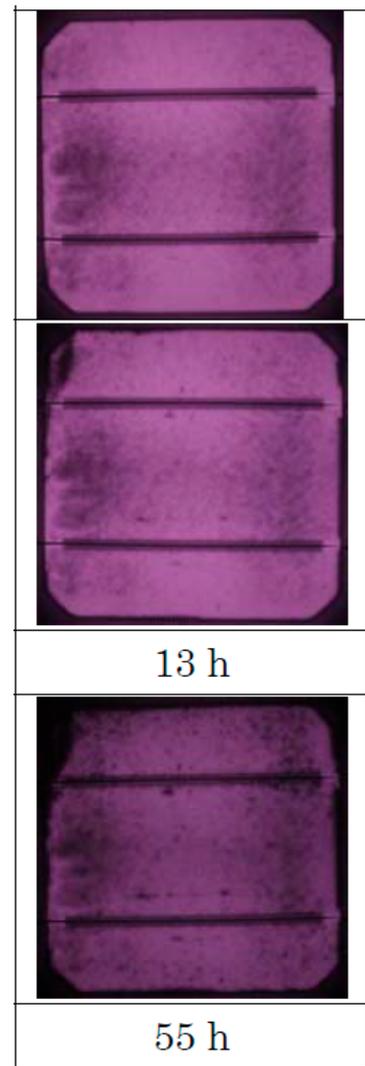
表面テクスチャなしセルはPID劣化しにくい？

テクスチャ有 (アルミ板法)	
初期	2 h 後
	

テクスチャあり

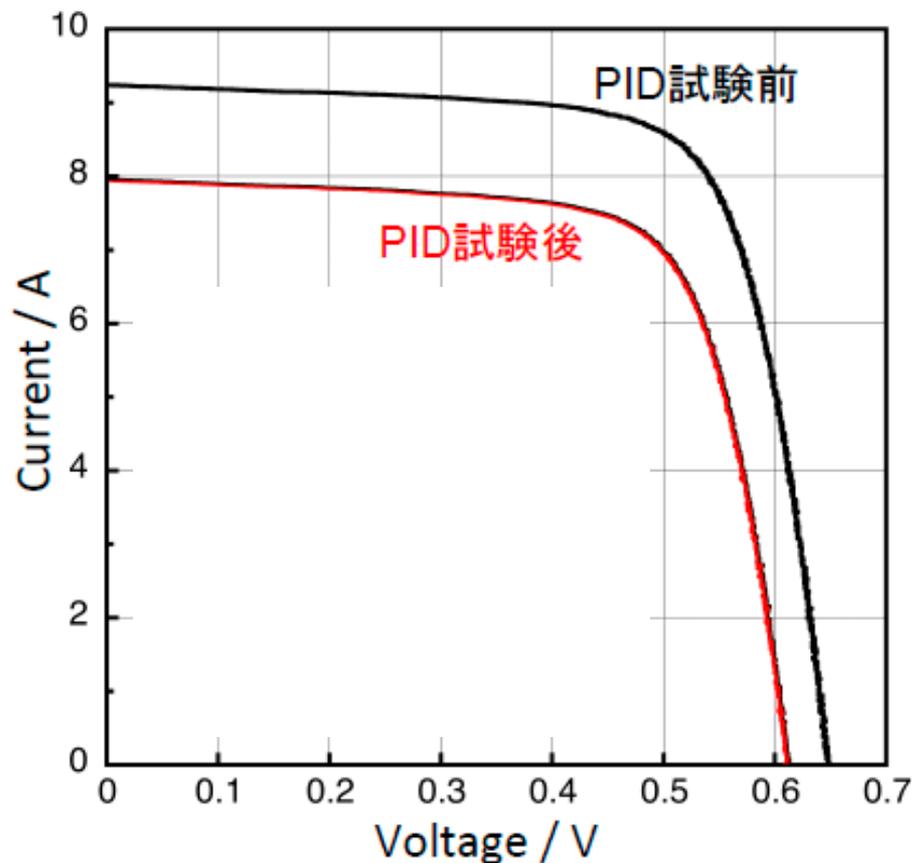
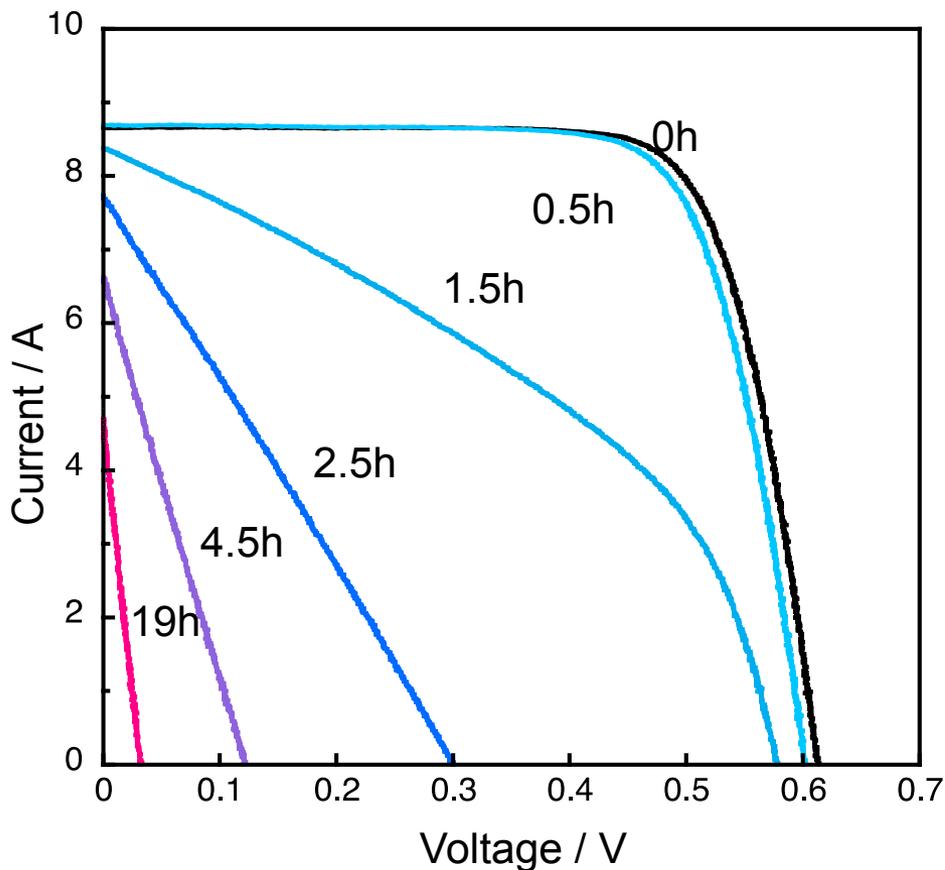
アルミ板法、85°C、
湿度無制御

出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書



テクスチャなし

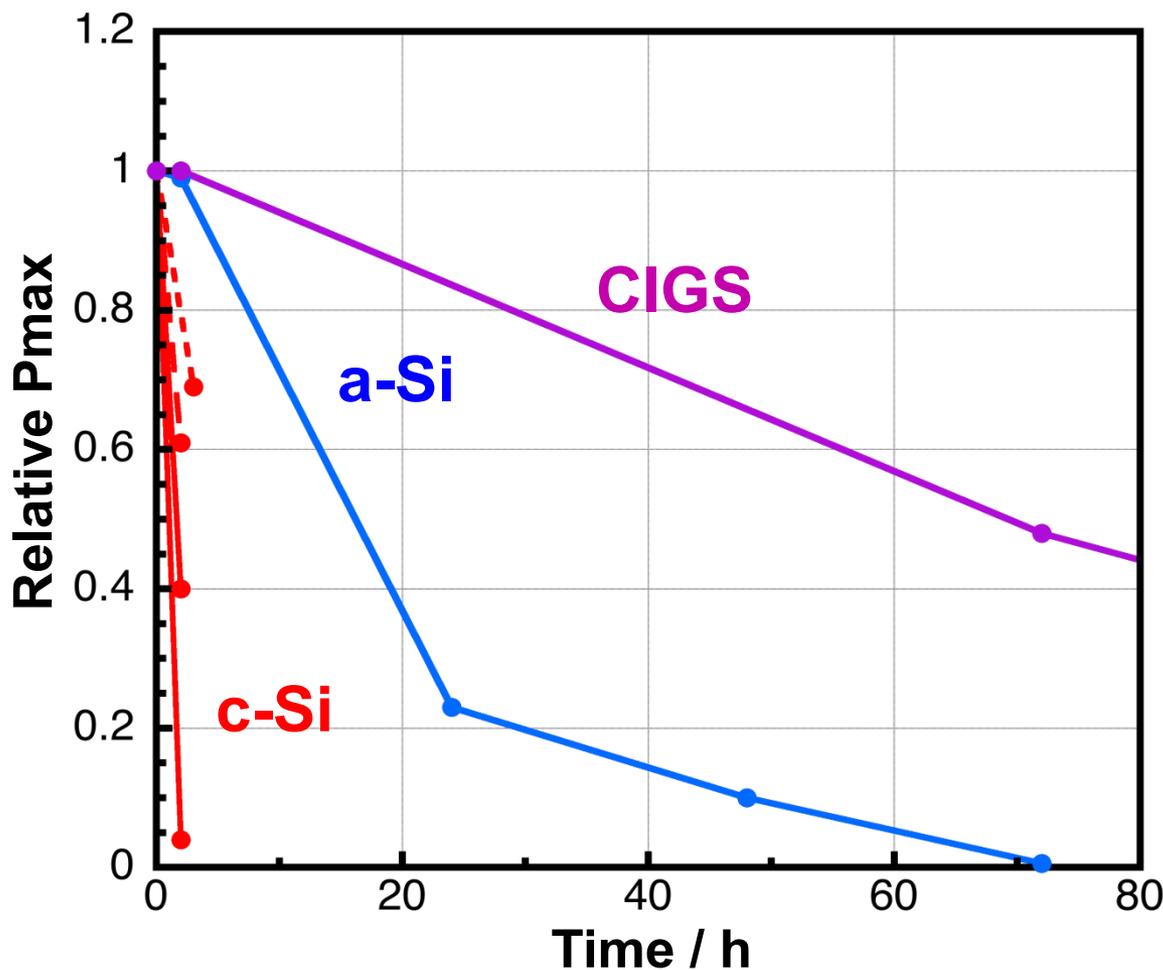
結晶シリコン系におけるp型とn型のPIDの差異



p型：並列抵抗とVocが低下

**n型：FFを概ね維持
IscとVocが低下**

各種モジュールのPID劣化度の比較



AI張り法
-1000 V, 85°C

PID劣化度
c-Si > a-Si > CIGS

CIGS系は比較的
PIDが起こりにくい

出典: 山口他、第61回応用物理学学会春季学術講演会、2014.

そもそもメカニズムは異なるはず

まとめ

- 各種テストモジュールの試作により、新規部材の有効性を検証し、モジュールの信頼性向上が期待される結果を得た。
- 結晶シリコン系モジュールにおける長期屋外曝露と高温高湿試験の相関性の指標として、モジュール内残留酢酸量の有効性が示唆された。
- 複合試験がモジュールの信頼性試験の加速に有効なことが示唆された。
- PIDは未だに解決された現象ではなく、さらなる研究開発が必要である。