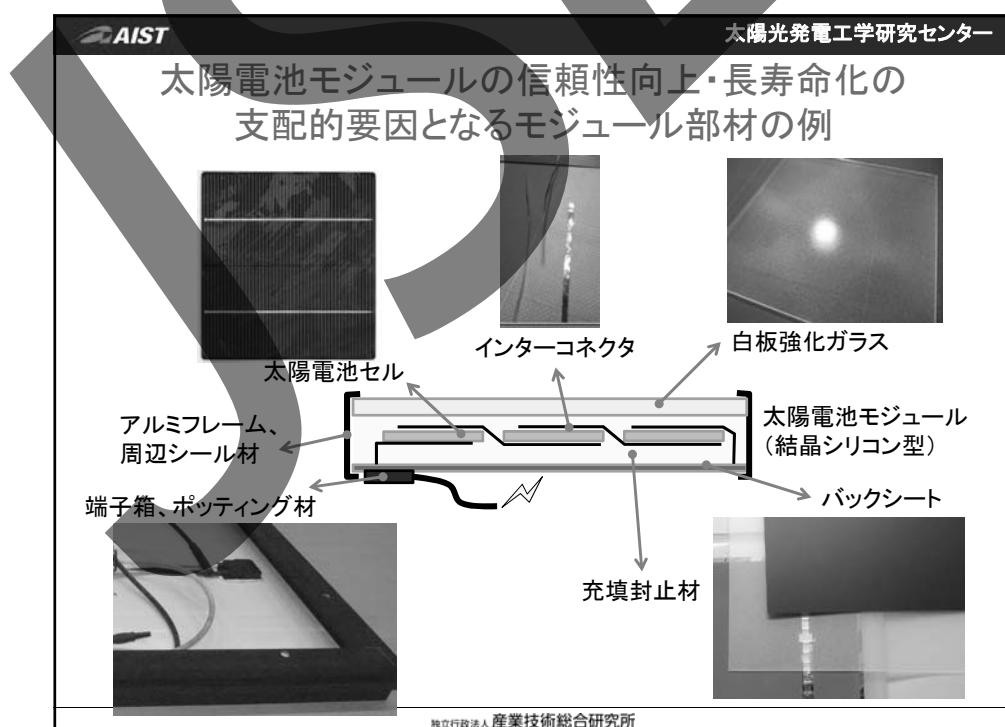
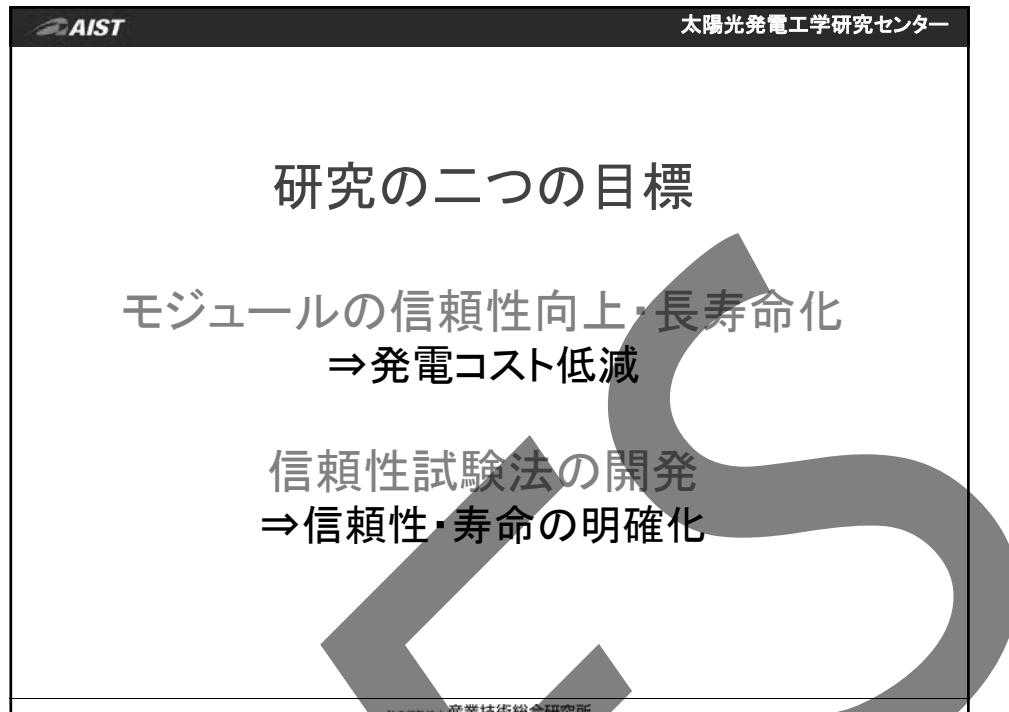


AIST 太陽光発電工学研究センター

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。

独立行政法人 産業技術総合研究所



AIST 太陽光発電工学研究センター

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いつ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。

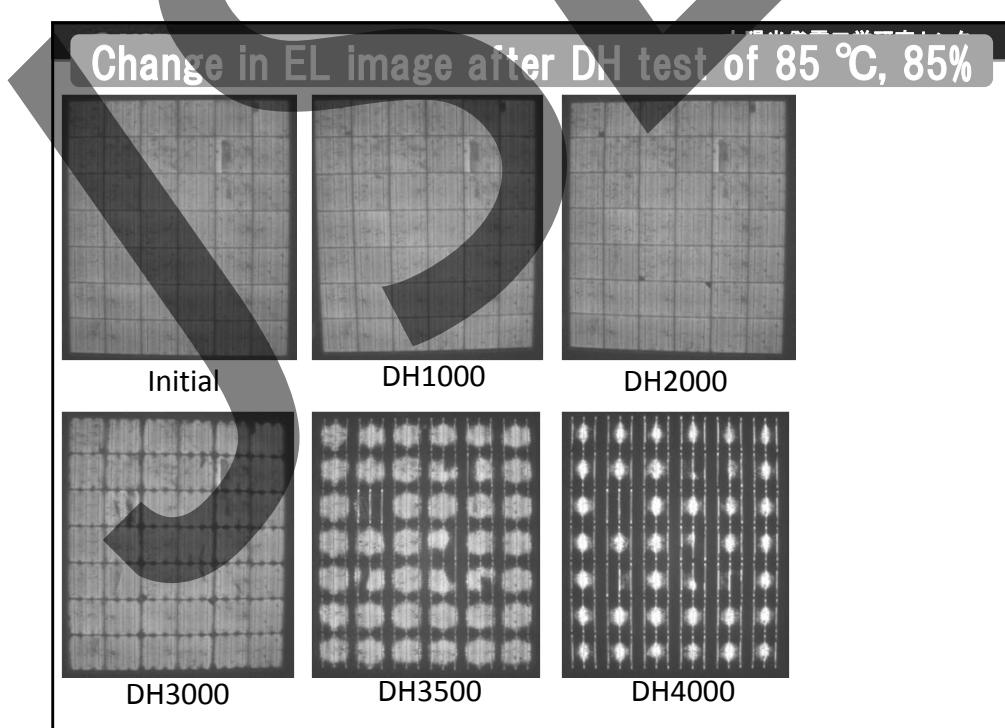
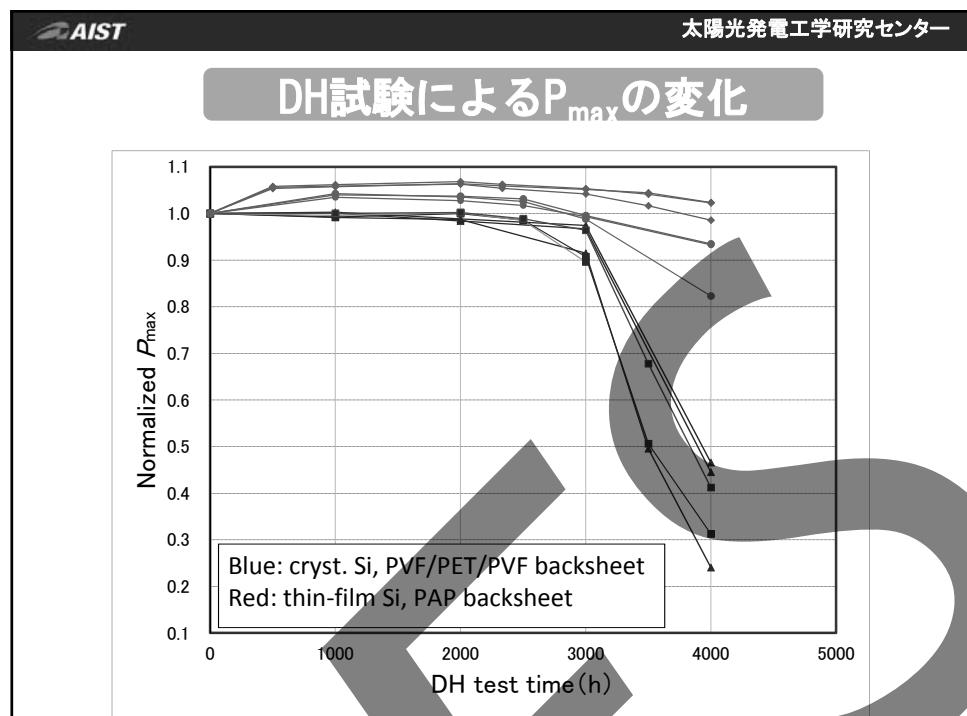
△= -5%: 合格ライン
Aクラス
特Aクラス
通常クラス

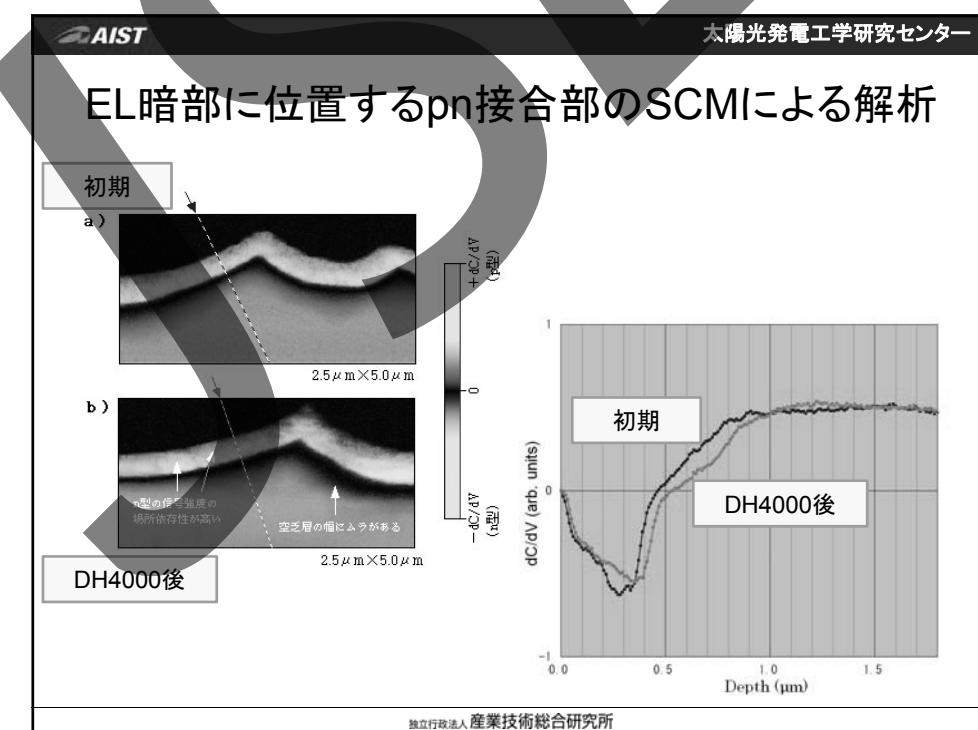
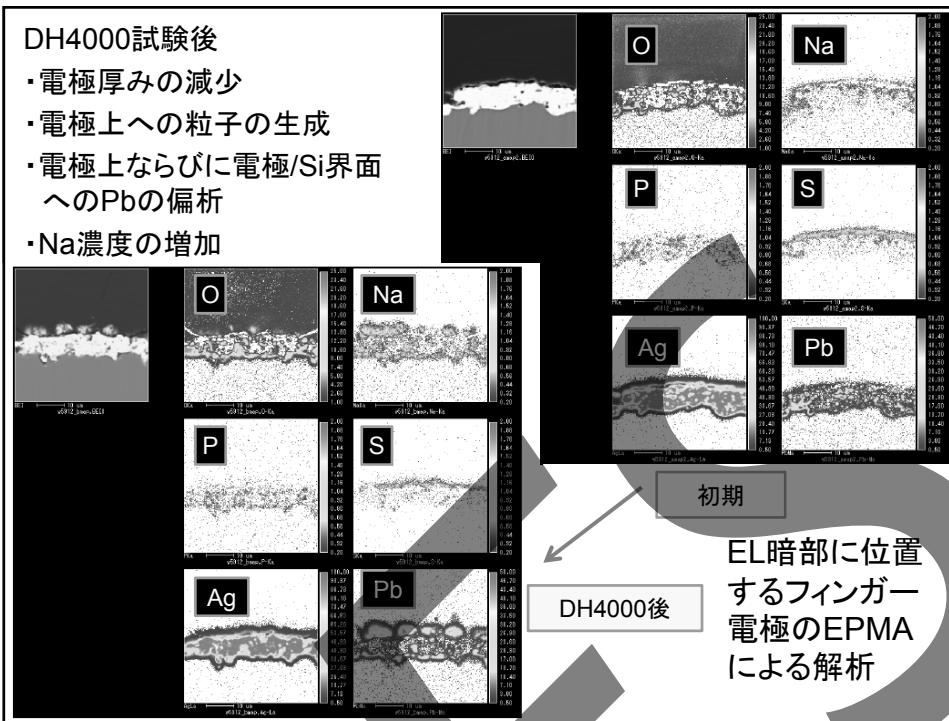
Damp Heat Exposure Time (h)	Aクラス (%)	特Aクラス (%)	通常クラス (%)
1000	-10	-10	-10
2000	-15	-15	-15
3000	-20	-20	-20
4000	-35	-35	-60
5000	-40	-40	-70

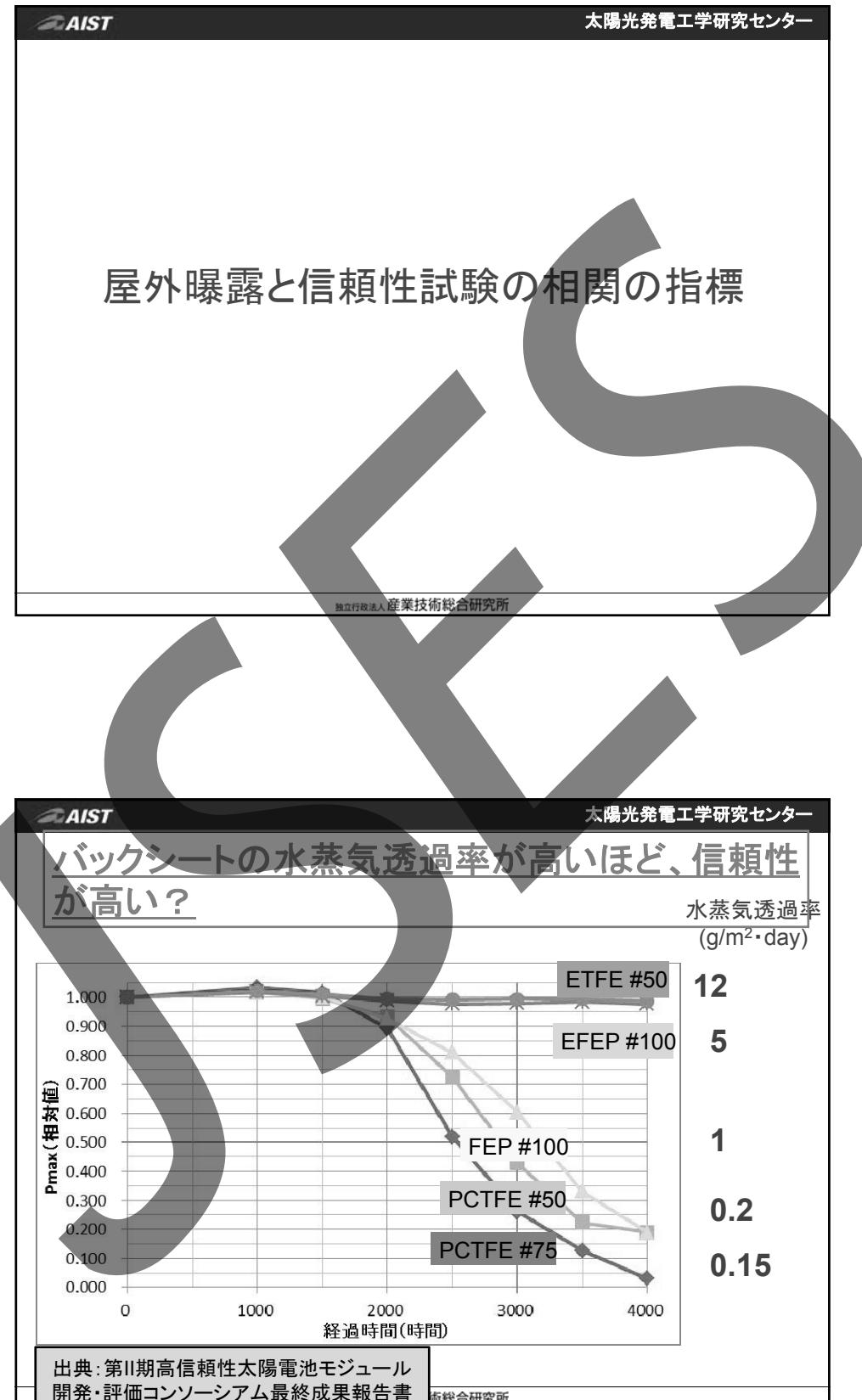
AIST 太陽光発電工学研究センター

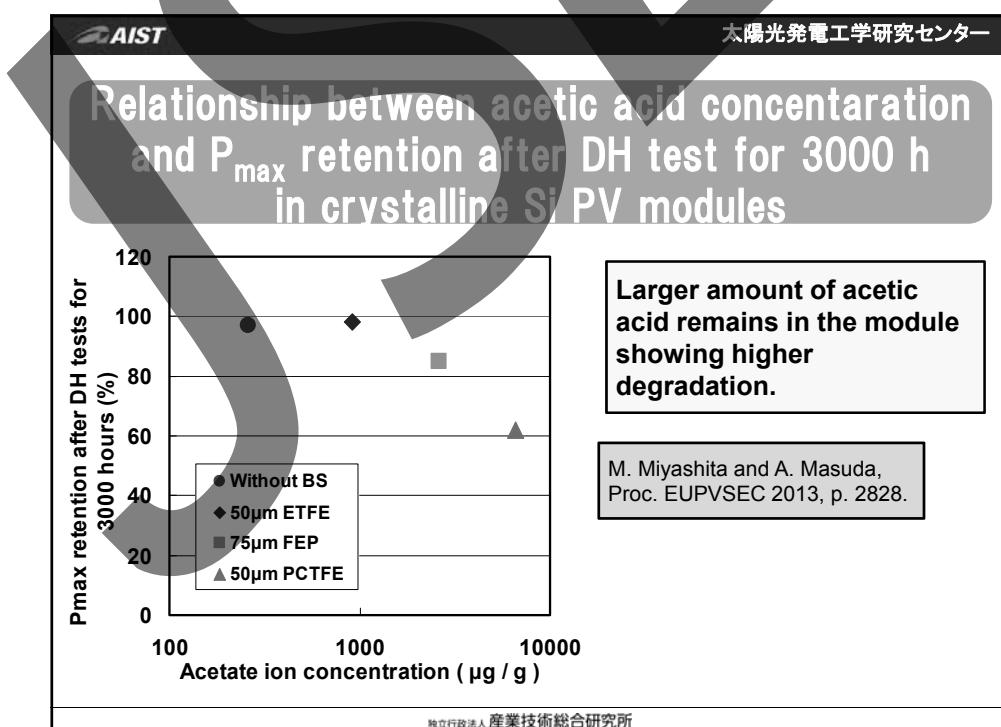
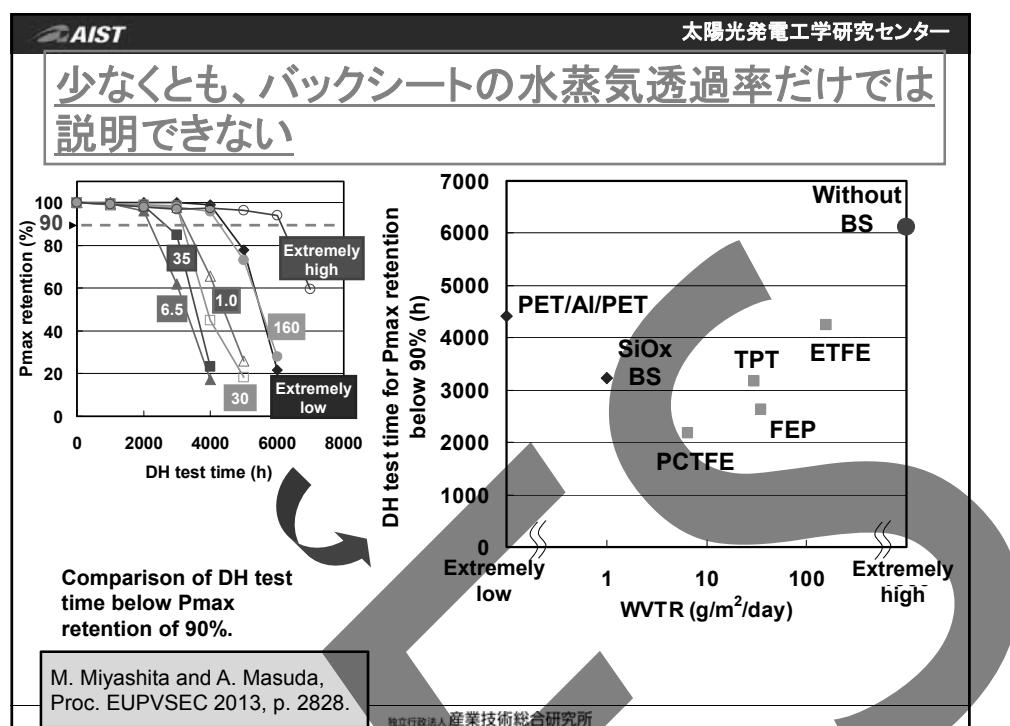
モジュールの劣化特性

独立行政法人 産業技術総合研究所









AIST 太陽光発電工学研究センター

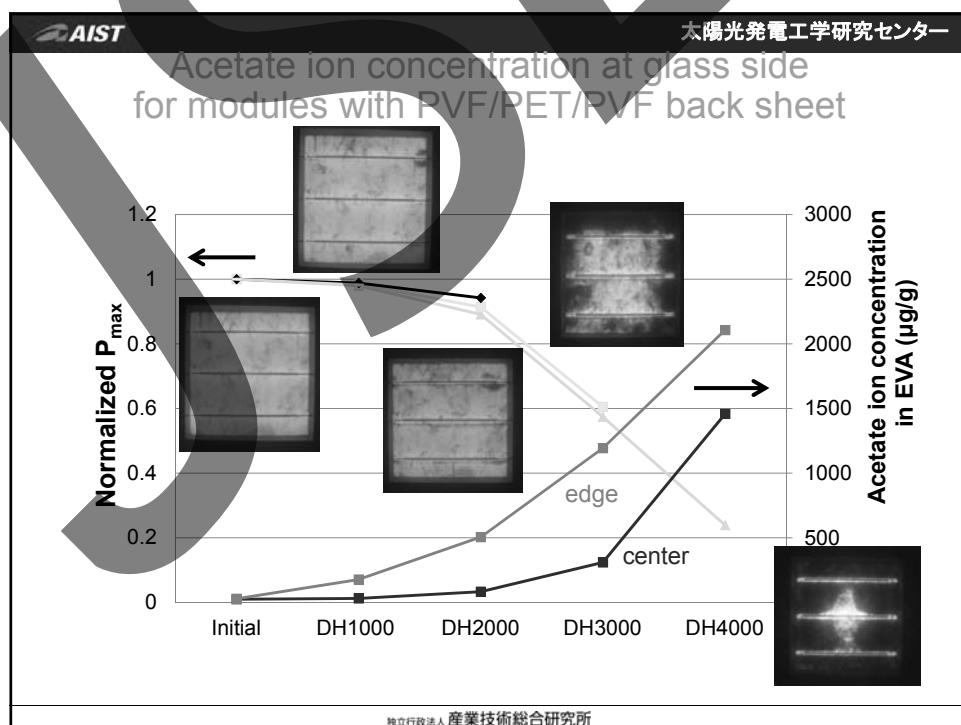
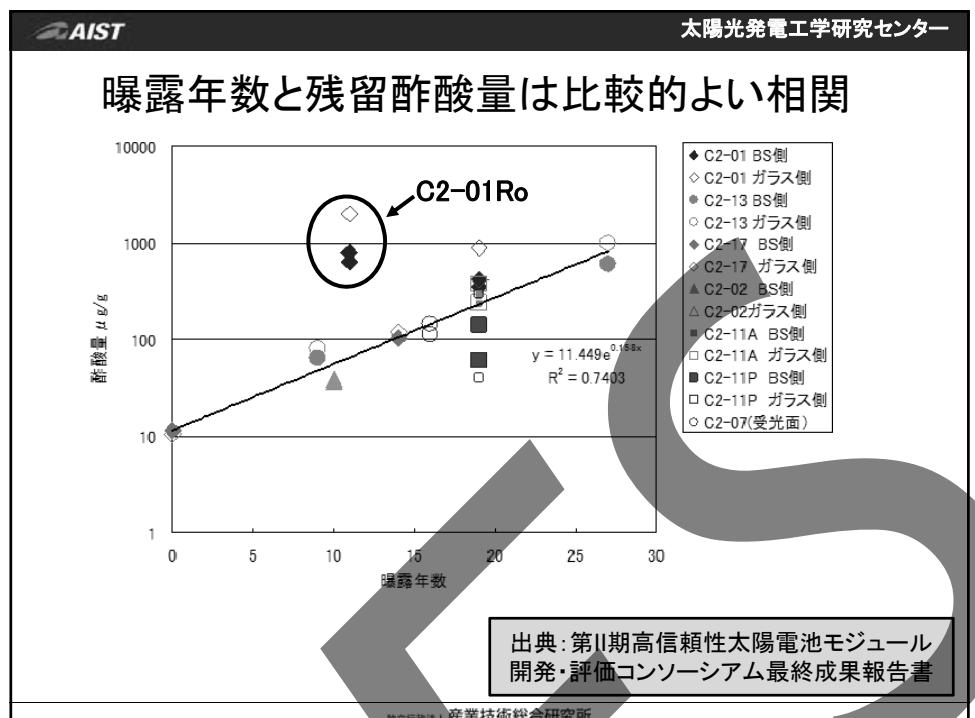
劣化の区別:物理的・機械的劣化と化学的劣化

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?

独立行政法人 産業技術総合研究所





AIST 太陽光発電工学研究センター

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

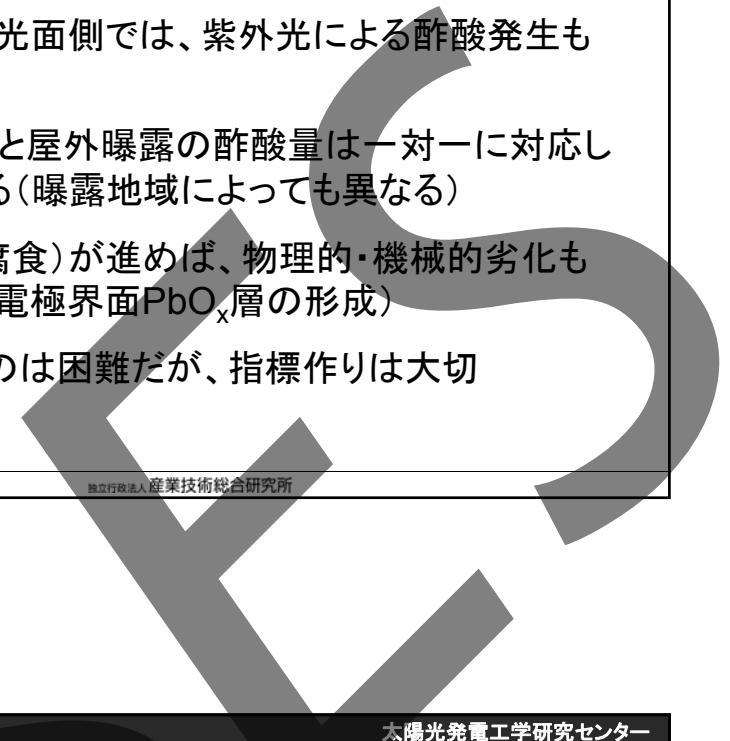
屋外曝露の受光面側では、紫外光による酢酸発生も生じる

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

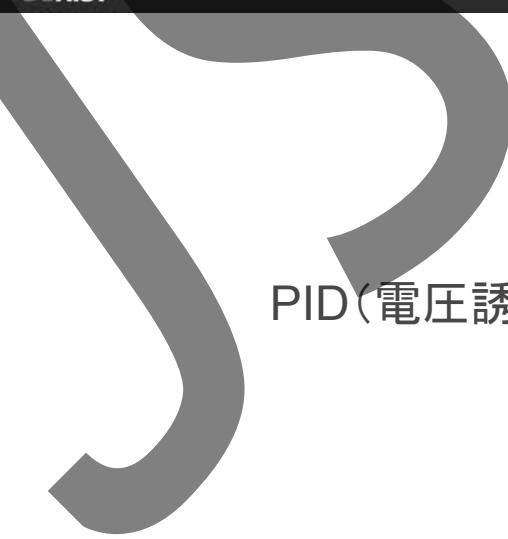
独立行政法人 産業技術総合研究所



AIST 太陽光発電工学研究センター

PID(電圧誘起劣化)

独立行政法人 産業技術総合研究所



AIST 太陽光発電工学研究センター

PID (Potential-Induced Degradation)

メガソーラーにおける太陽電池モジュール出力の大幅低下が顕在化

想定されている劣化メカニズム例

主な関連要因 メガソーラー

- ・メガソーラー(高システム電圧)
- ・水(湿度)
- ・高温
- ・ソーダライムガラス
- ・封止材(EVA)
- ・反射防止(AR)膜

ガラスから拡散したNaイオン等が主な原因?

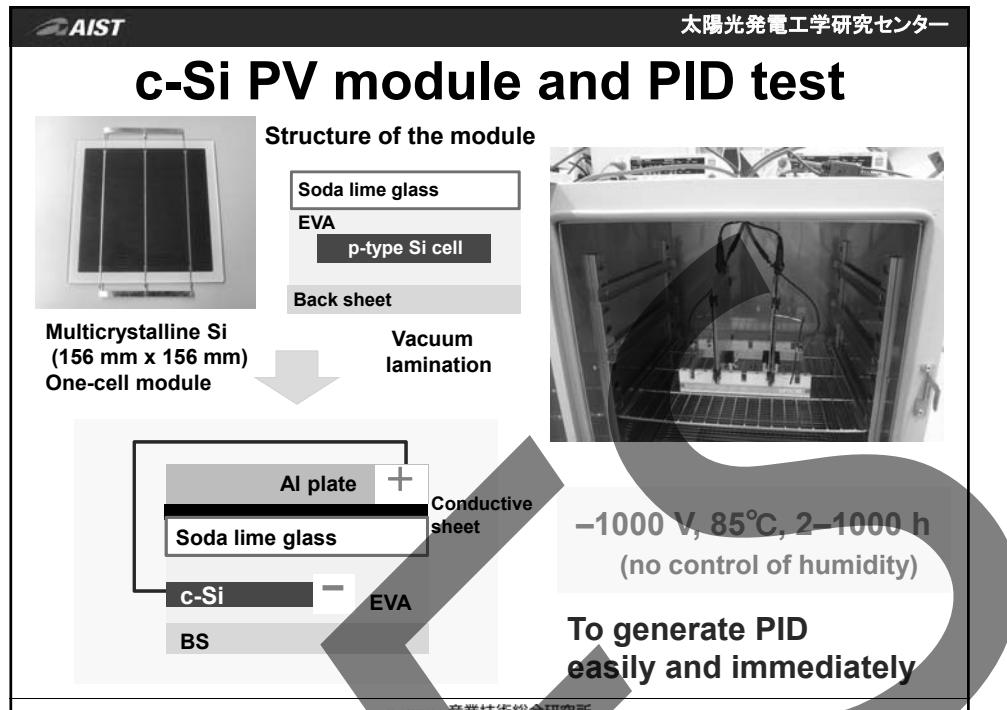
AIST 産業技術総合研究所

AIST 太陽光発電工学研究センター

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

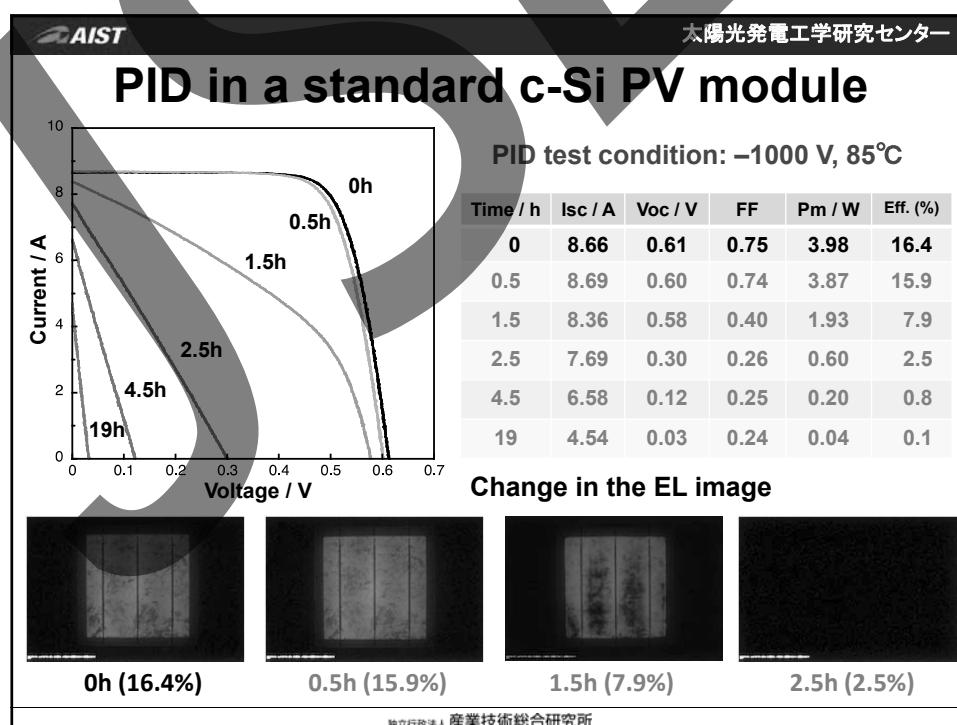
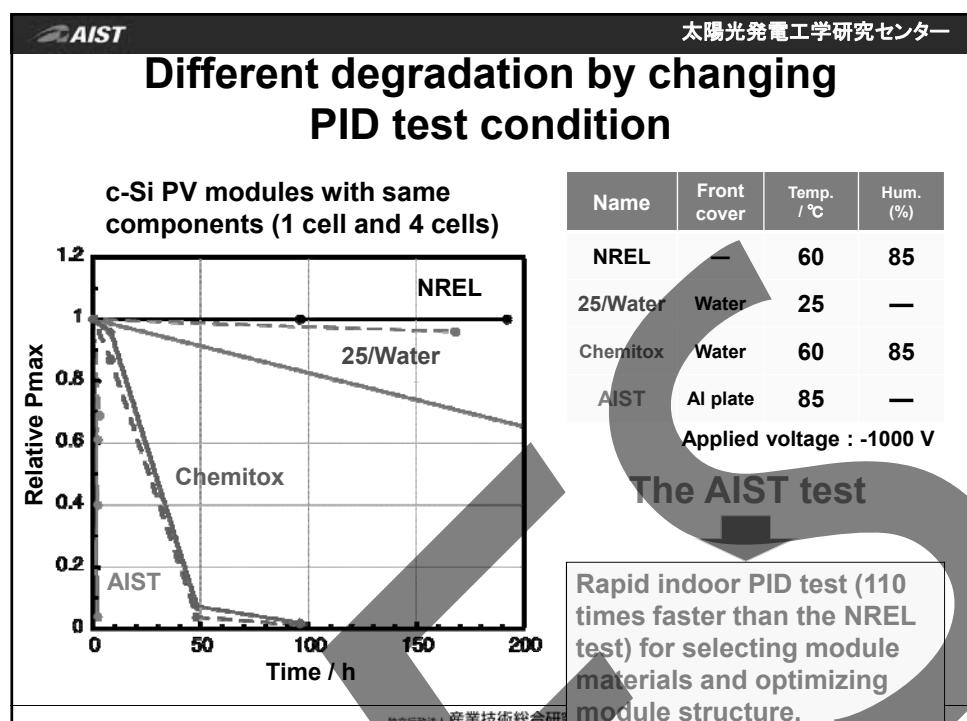
AIST 産業技術総合研究所

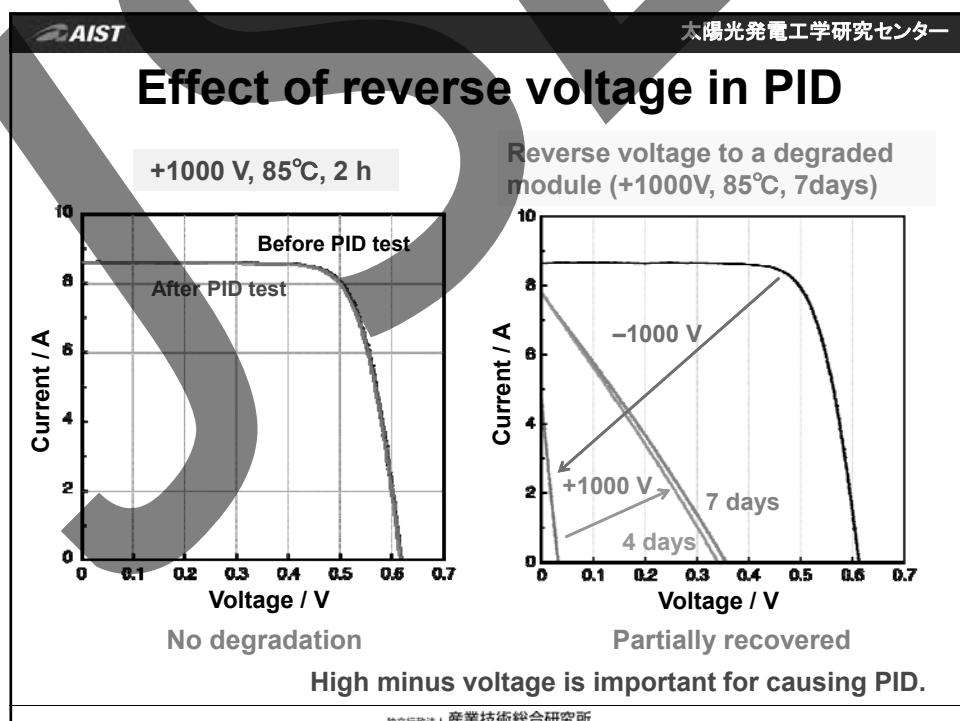
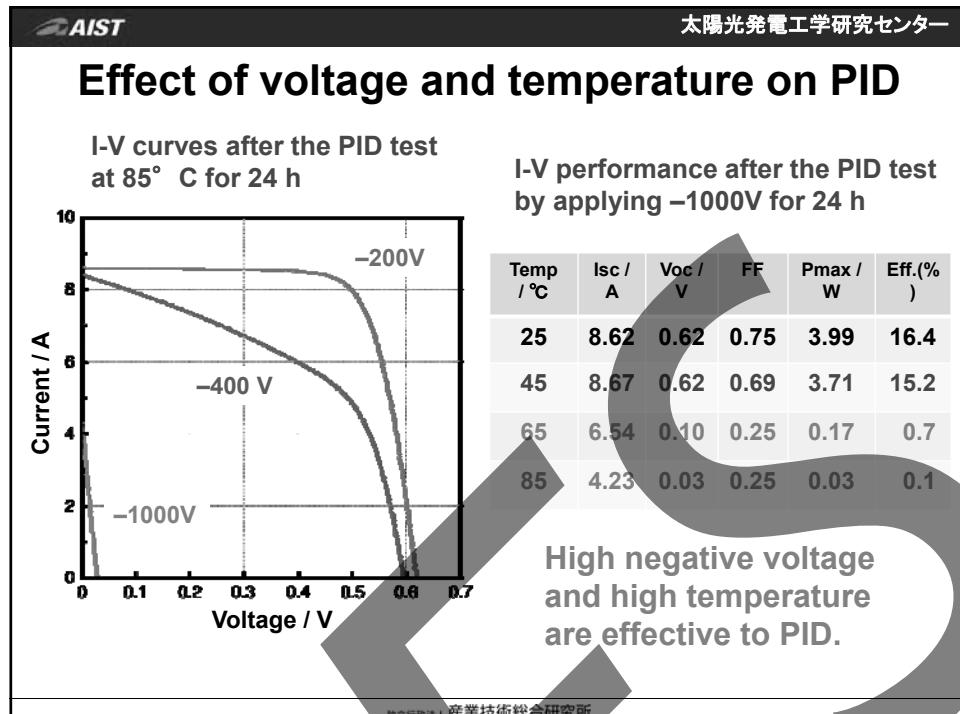


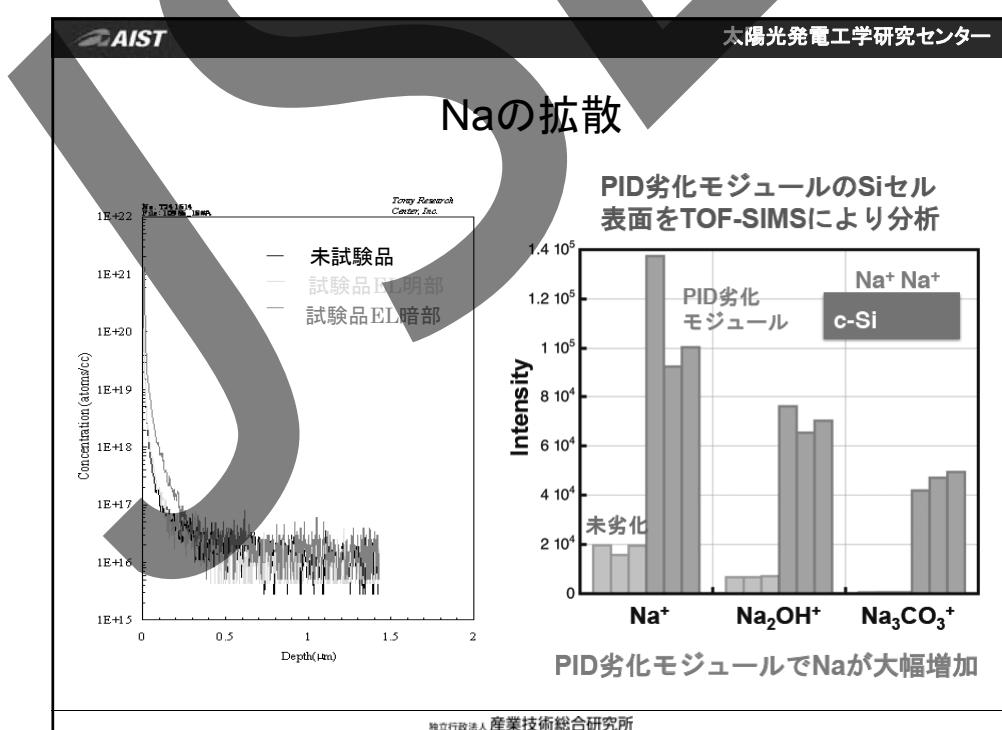
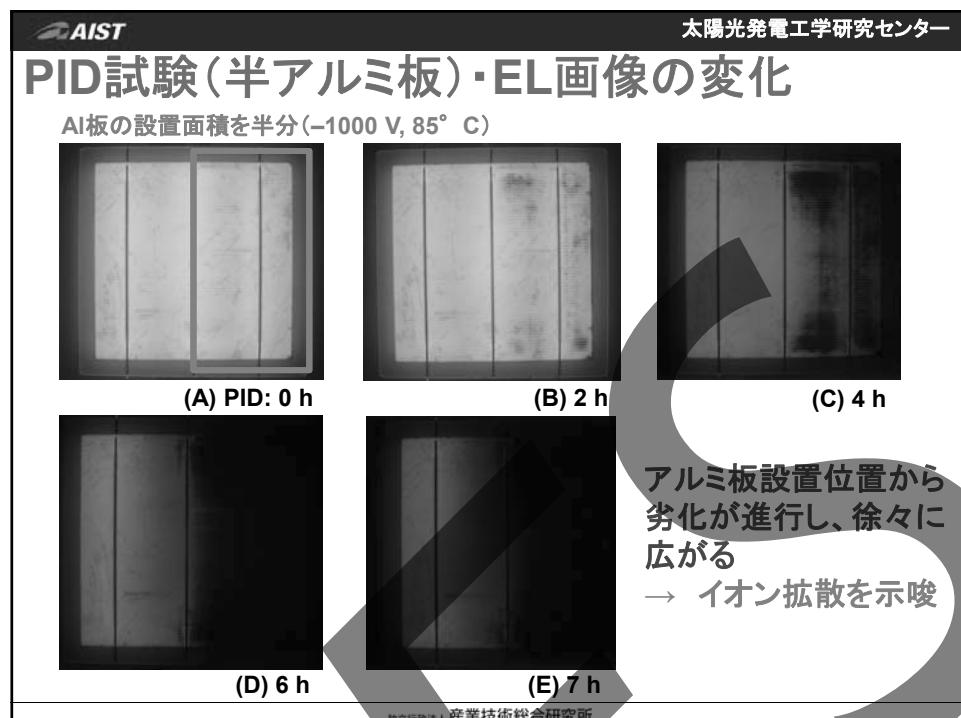
The conditions of several PID tests

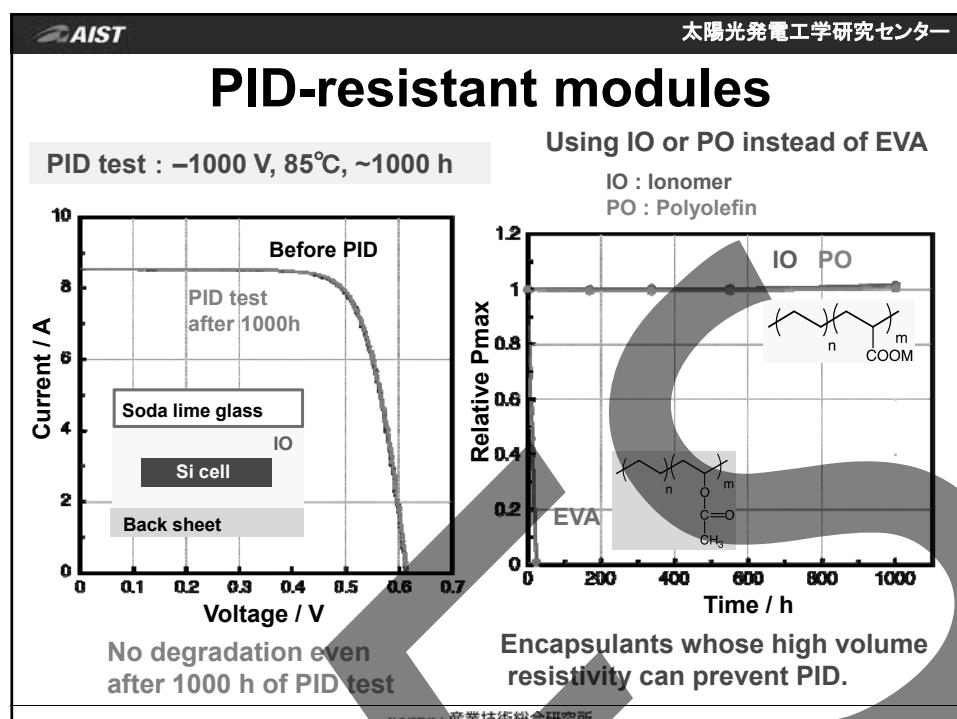
Institute	Front	Temp. / °C	Hum. (%)	Voltage / V	Time / h
Fraunhofer-CSP	Al foil	50	50	-1000	48
PI-Berlin	Al foil	85	85	Max S.V.	48
NREL (IEC)	—	60	85	Max S.V.	96
Schott	Al foil	25	—	-1000	168
Chemitox	Water	60	85	-1000	96
Sanvic	Al plate	65	—	750	21
AIST	Al plate	85	—	-1000	2–24

Max S.V. : Maximum system voltage









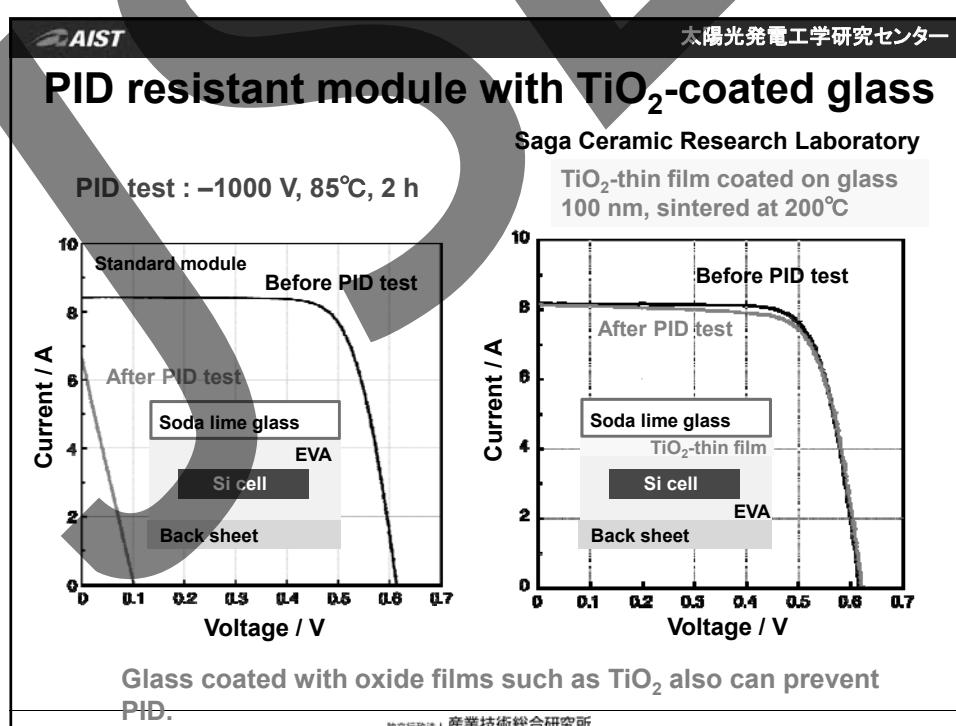
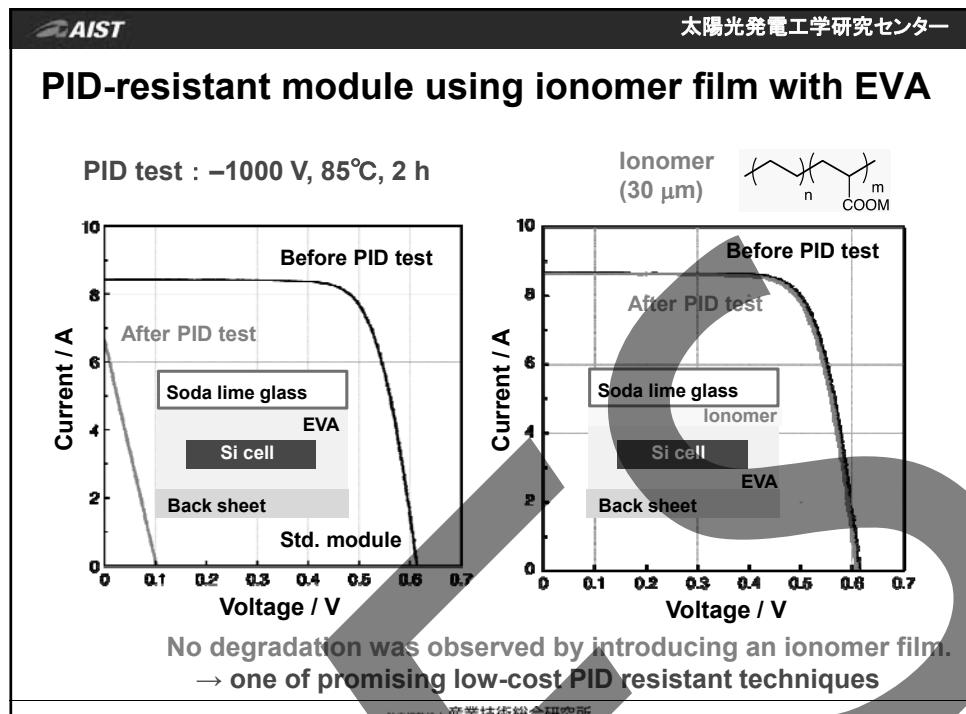
AIST 太陽光発電工学研究センター

Volume resistivity and leakage current

Polymer	Volume resistivity / Ω cm	Leakage current / μA
EVA	2.5×10^{14}	5.9–6.3
EVA	1.7×10^{14}	—
Ionomer	8.8×10^{16}	0.3–0.9
Polyolefin	10^{17}	<0.2

Leakage current during the PID test decreased with increasing volume resistivity of polymer.
Polymers which have high volume resistivity can prevent PID.

独立行政法人 産業技術総合研究所



AIST 太陽光発電工学研究センター

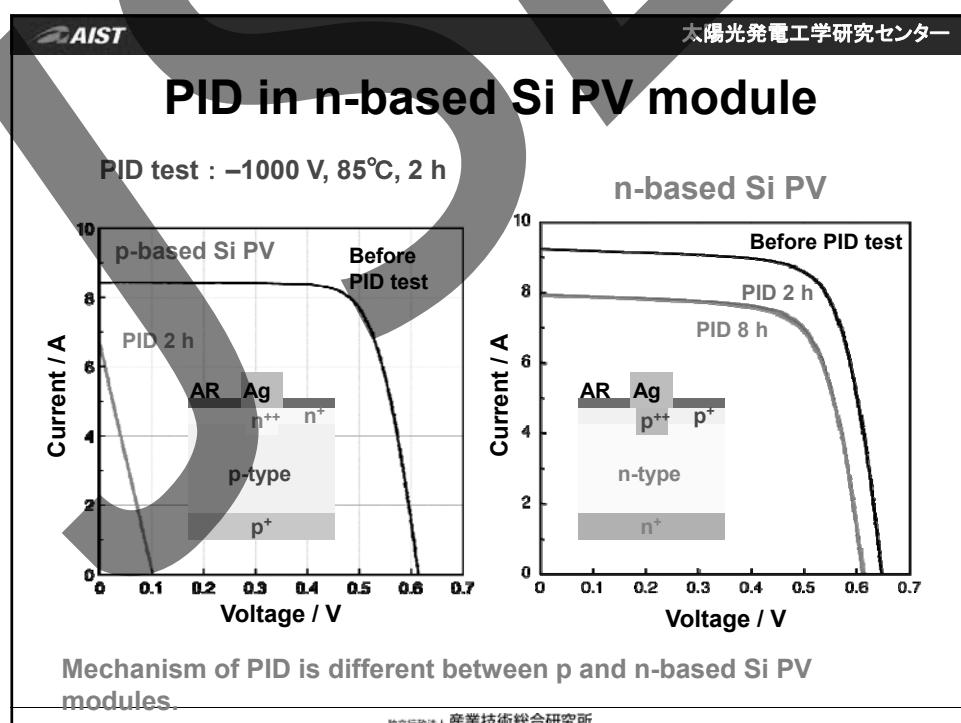
成果例：PID耐性軽量モジュール

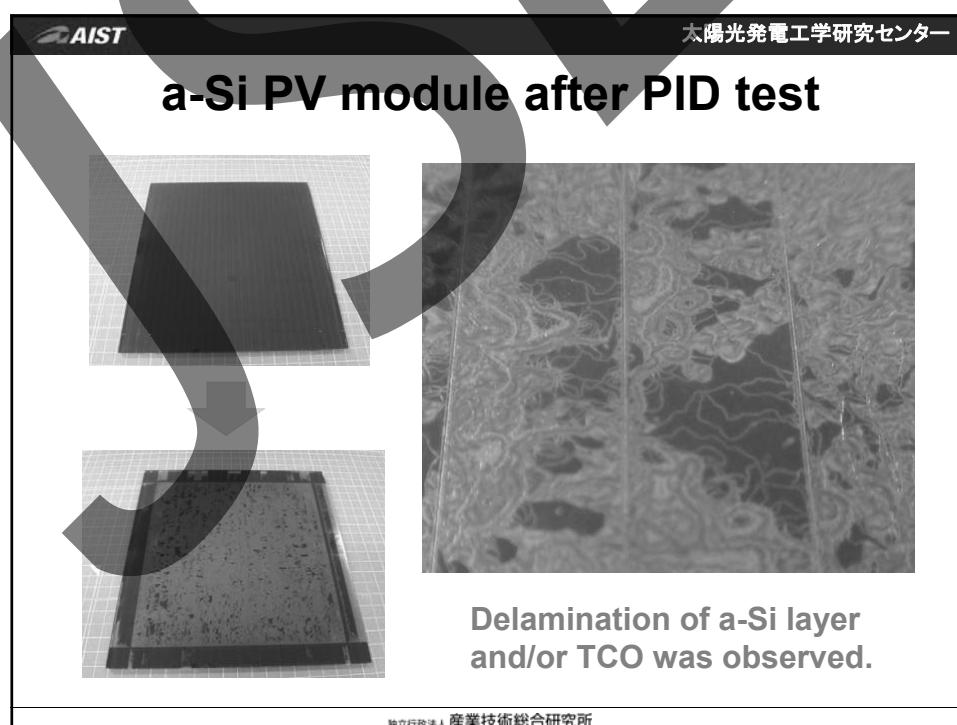
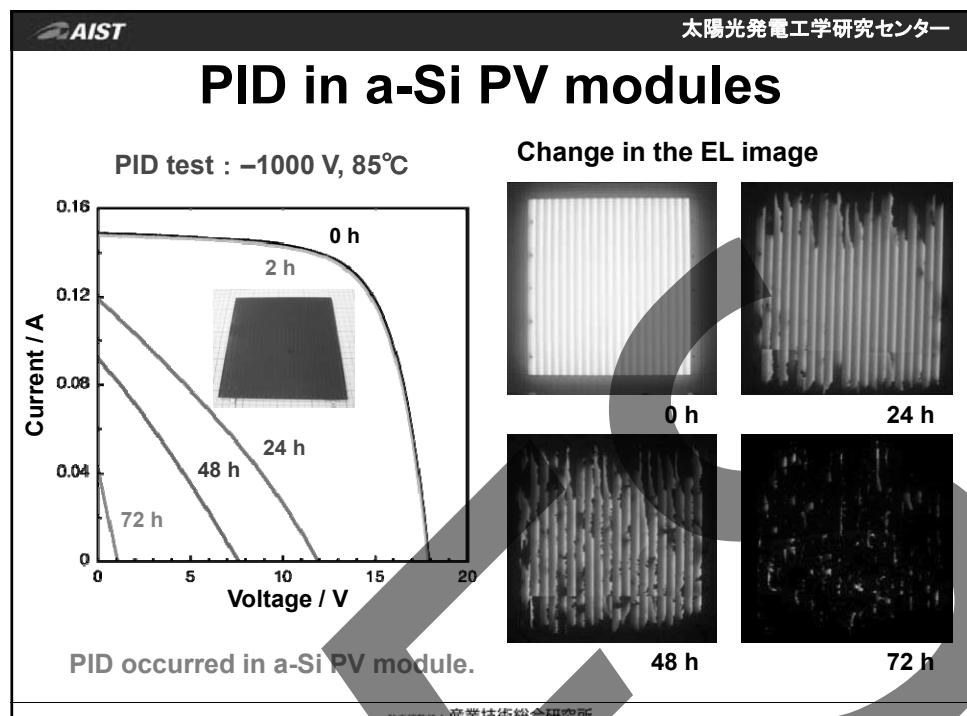
構成	試験前	24hr後			48hr後			
		Isc	Voc	FF	Pm	Isc	Voc	FF
A ガラス	[Image]	0.488	0.048	0.329	0.006	no data		
B アクリル シート	[Image]	0.995	0.999	1.000	0.993	0.997	1.003	1.001
C アクリル フィルム	[Image]	0.998	0.999	1.000	0.995	0.999	1.001	1.000

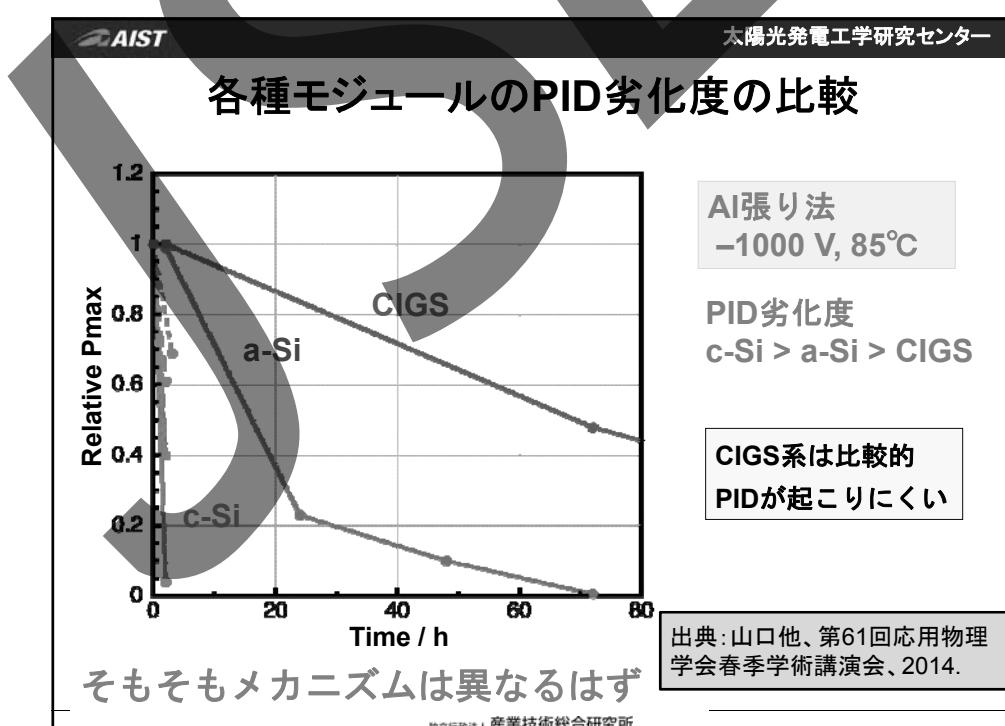
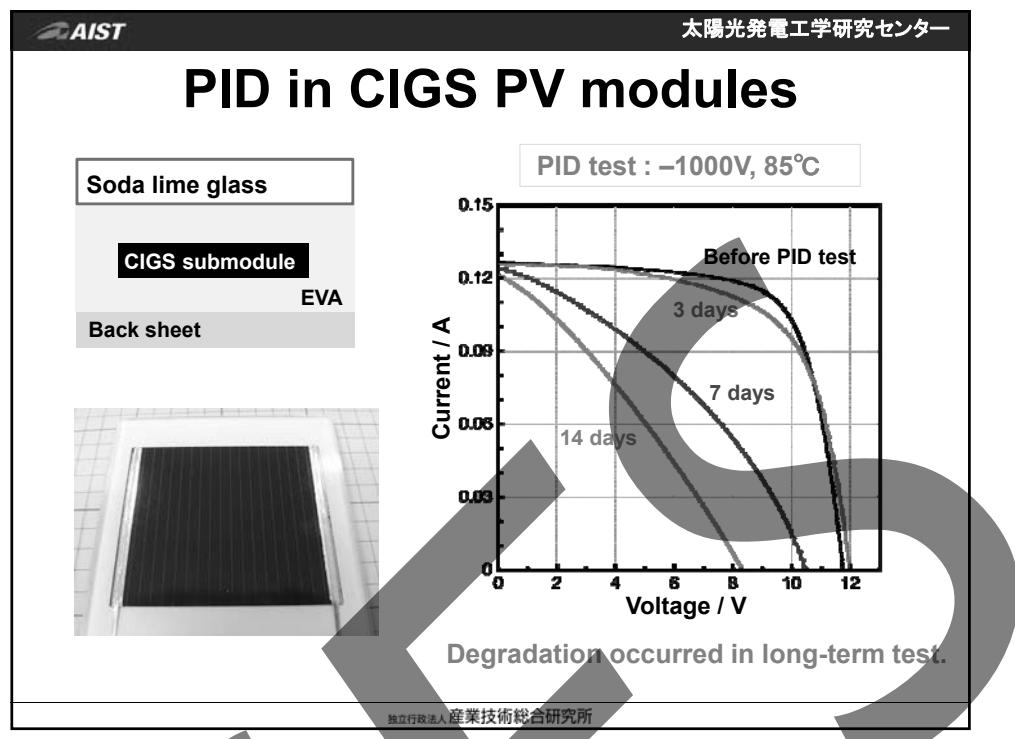
- ・カバーガラスをアクリル樹脂で代替
- ・フルサイズモジュールで重量を半減
- ・PID耐性も実証

(三菱レイヨン)

独立行政法人 産業技術総合研究所







AIST 太陽光発電工学研究センター

複合試験の有効性

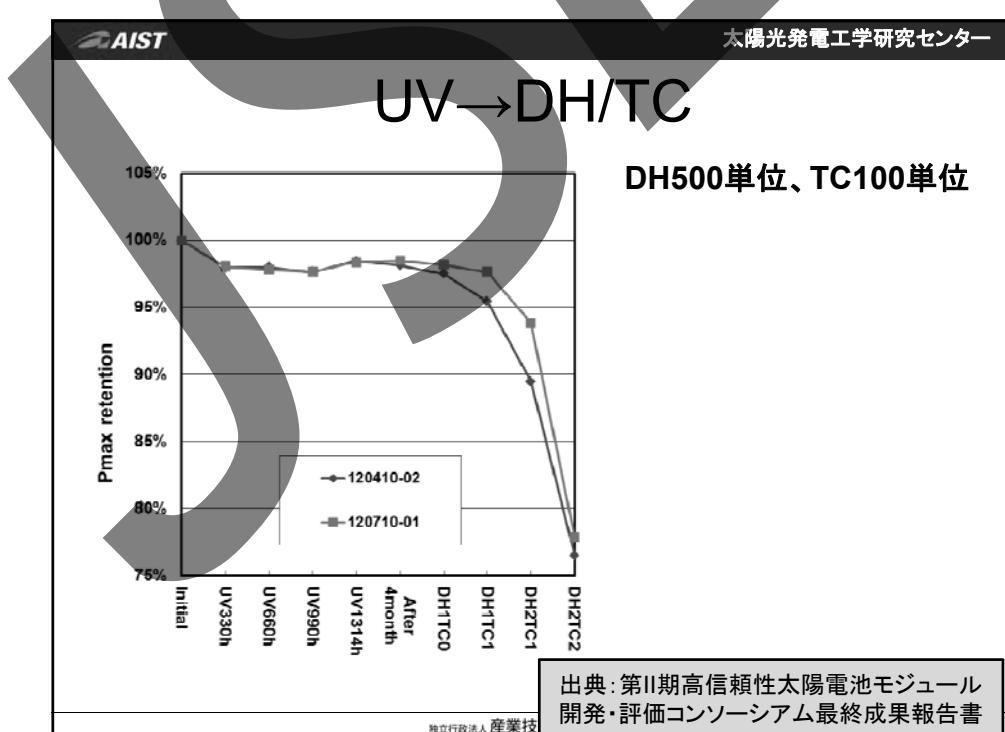
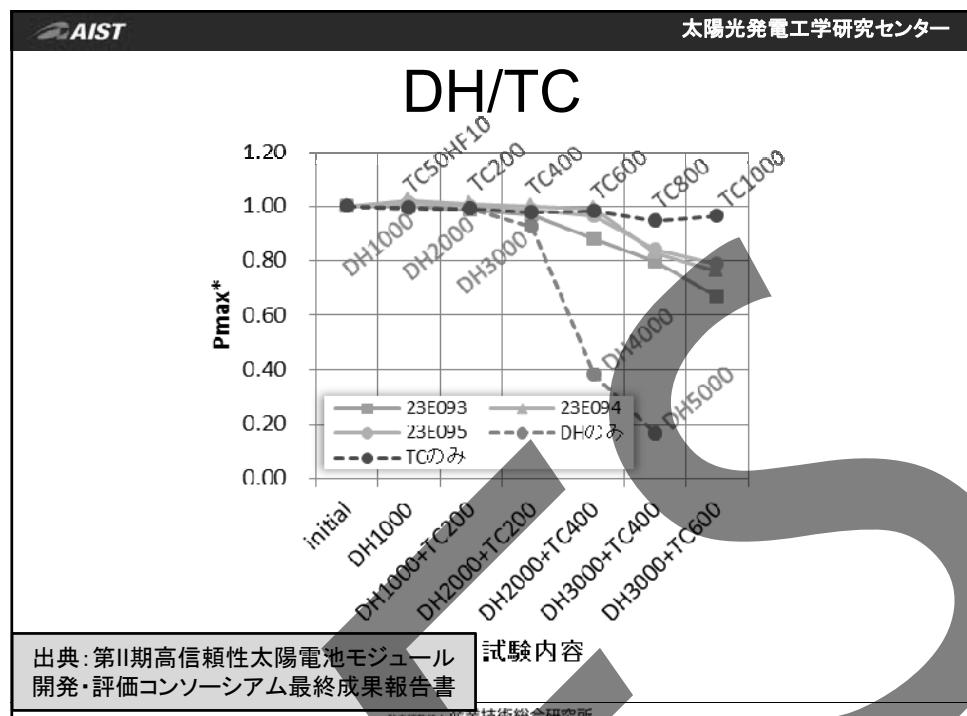
独立行政法人 産業技術総合研究所

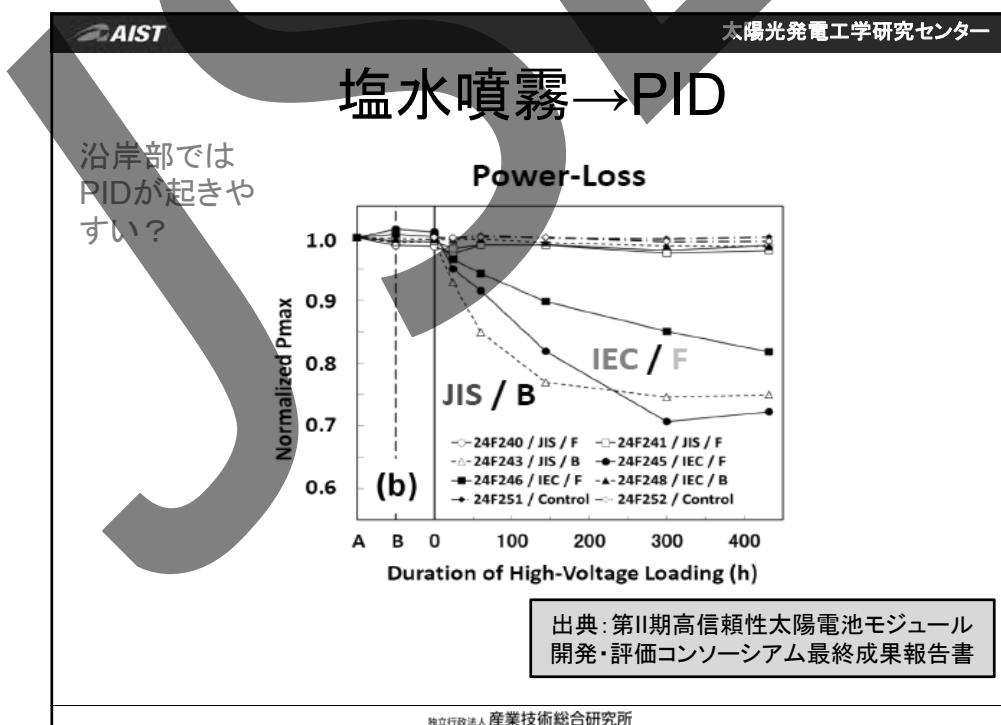
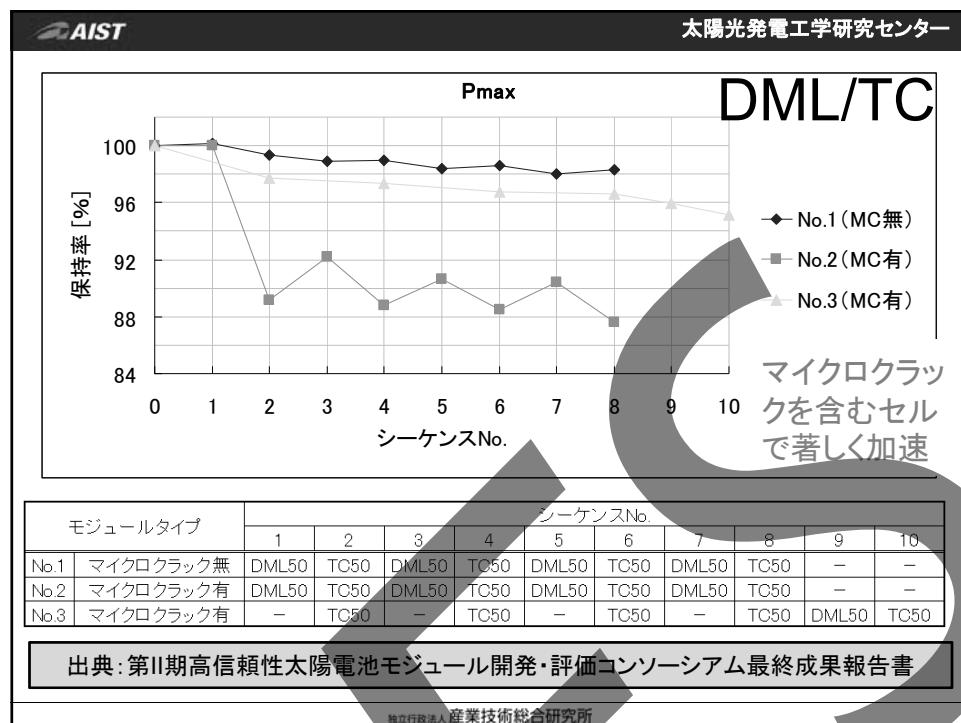
AIST 太陽光発電工学研究センター

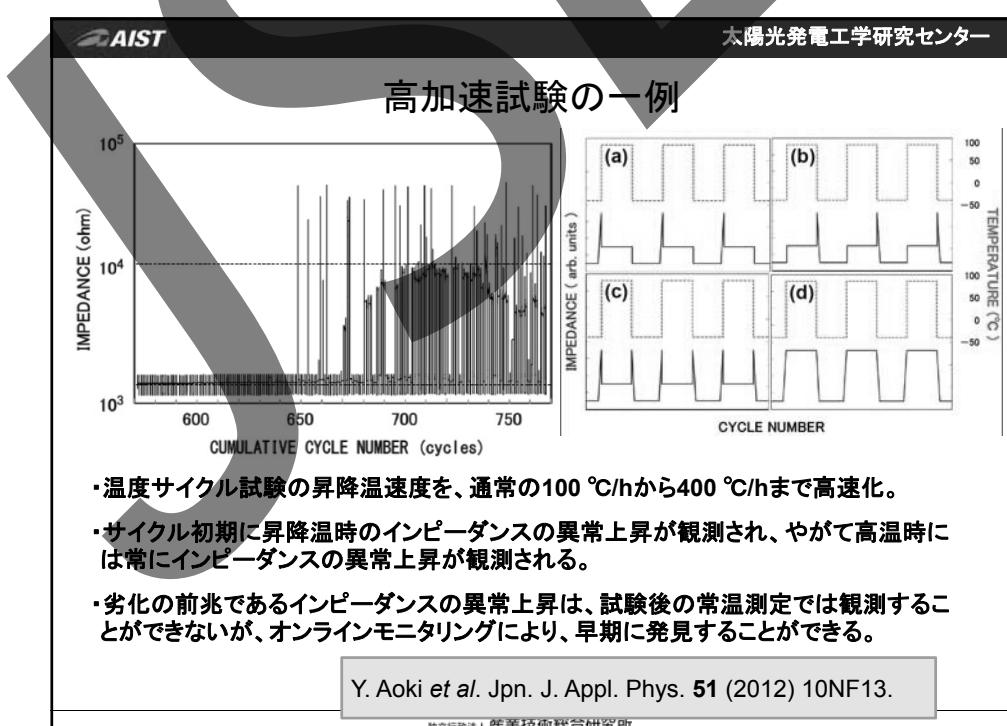
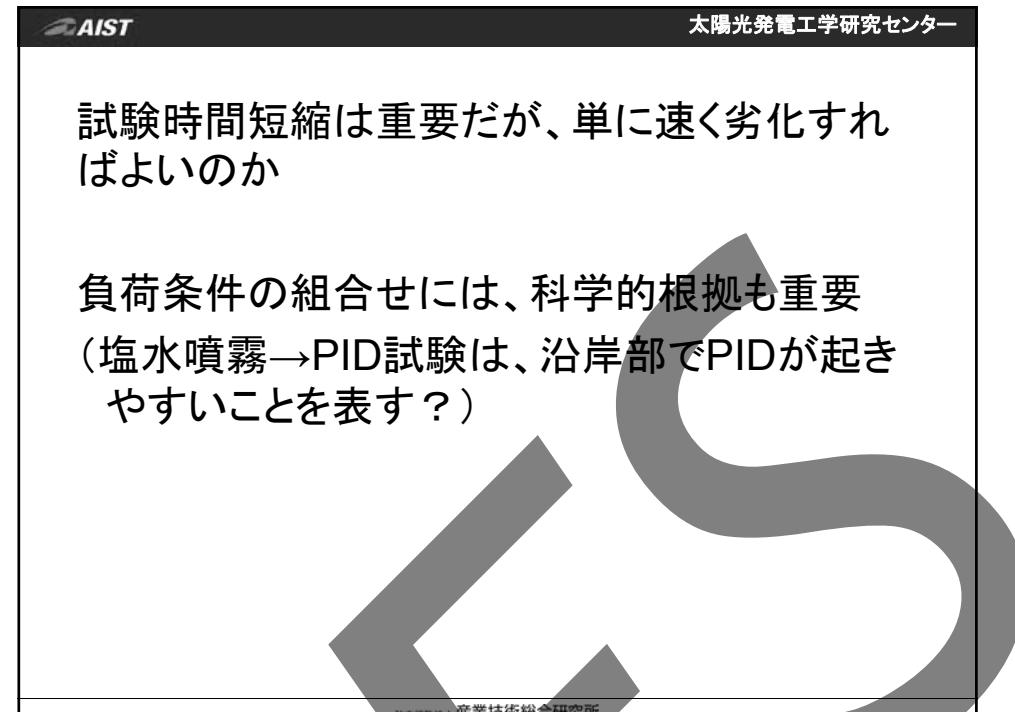
試験法開発の方針と具体的な内容

- 屋外曝露での劣化事例から劣化機構を推定し、その劣化機構を反映して試験法を開発。一方、劣化因子を想定して開発した試験の結果と屋外での劣化事例を対比。これら2つの手法を併用して試験法の妥当性を検証。
- 屋外曝露での劣化事例と信頼性試験での劣化事例の整合性の確認(例:長期曝露モジュールに対する信頼性試験での劣化加速の検証)
- 試験時間を短縮可能な高加速試験の開発(例:温湿度条件強化、昇降温速度強化)と妥当性の検証
- 屋外曝露環境に可能な限り近い条件での複合加速試験の開発(例:光照射の付与)
- 喫緊の課題であるPIDの機構解明と、機構に則した試験法開発

独立行政法人 産業技術総合研究所







AIST

太陽光発電工学研究センター

まとめ

- テストモジュールを用いた信頼性試験ならびに長期曝露モジュールの評価・分析により劣化要因の解明を試みた。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。
- 結晶シリコン系をはじめとする各種太陽電池モジュールのPID現象について解析するとともに、その抑止策を提案した。
- 高加速、複合加速等の新規信頼性試験法を検証した。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。

謝辞

本研究の一部は、高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムならびにNEDO委託研究の成果である。

独立行政法人 産業技術総合研究所

