

産総研メガ・ソーラタウン全数調査の結果速報

太陽光発電研究センター・システムチーム

池田一昭

研究背景

- ・ 太陽電池モジュール (mdl) の不具合・故障とは？
 - … 明確な定義がない
- ・ 不具合・不良をどのように調べれば良いのか？
 - … 確立された手法はない
- ・ 調べた結果をどのように解釈すれば良いのか？
 - … 容易ではない

「漠然とした理解」「根拠のない定説」「安易な推測」により混沌としている

→ **整理整頓** が急務

(技術用語, 事象, 測定手法, 電磁気学的・物理学的解釈, etc.)

本研究の目的

- ・ 「約10年間の実運用を経た太陽光発電システム, モジュールの調査」をすることで,
 - システム, モジュールに発生している事象 (**イベント**) を把握する
 - 多様な 計測装置 を利用して, システムやモジュールの状態 (**特性**) を把握する
 - ・ ソーラーシミュレータ (屋内), IVカーブトレーサ (屋外)
 - ・ エレクトロルミネッセンス観察装置 (EL), 赤外線カメラ (IR), カメラ (vsb)
 - ・ 電流・電圧測定器, 絶縁抵抗測定器, 配線路探査機
 - 「イベント」と「特性」の 相関 を明らかにする
- ・ 太陽光発電システム, モジュールの「出力低下・故障」について,
 - 「**定義**」の確立につながる知見の獲得
 - 「**診断 (観察・測定) 結果の正しい解釈**」につながる知見の獲得
 - 「**診断手法**」の考案・確立
 - 要因となる不具合・不良の「**発生および進展のメカニズム**」を解明

全数調査の概要

モジュール1枚ごとの外観および電気的特性を調査

- | | | | |
|-------|-------------------|-----|-------------|
| (屋外) | - 絶縁性診断 | ... | 絶縁抵抗測定器 |
| | - バイパスルート & 配線診断 | ... | 配線路探査機 |
| | - 熱画像観察 (発電時) | ... | 赤外線カメラ |
| (屋内) | - IV 測定 (標準・基準状態) | ... | ソーラーシミュレータ |
| | - エレクトロルミネッセンス測定 | ... | EL測定システム |
| | - 熱画像観察 (順電流注入) | ... | 赤外線カメラ |
| (屋内外) | - 外観目視観察 | ... | 目視, デジタルカメラ |

調査の対象

産総研メガ・ソーラタウン (MST)

〈産総研つくば中央地区〉



エネルギーセンター <地上部>

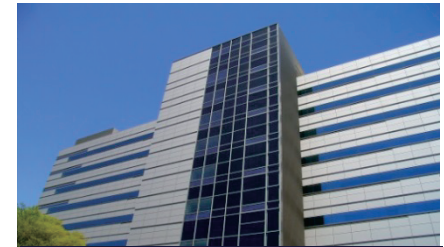


エネルギーセンター

第7事業所 屋上, 駐車場



第1事業所 屋上, バス停



第2事業所 本部情報棟 壁面



第2事業所 駐車場

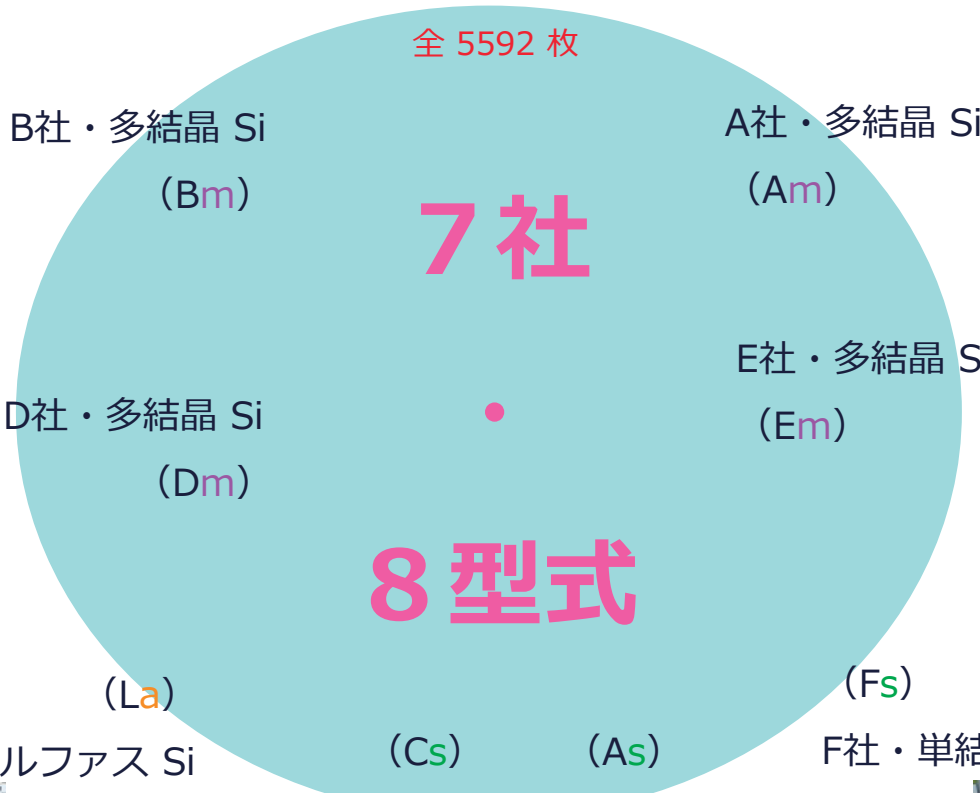
第2事業所OSL 屋上, 壁面



第3事業所 PVパビリオン, 屋上

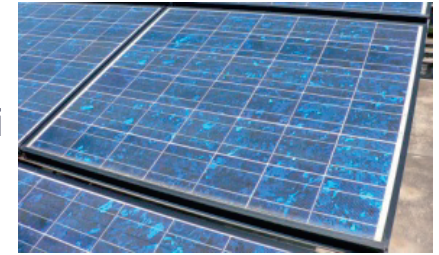
- ・ 総設備容量 : 1MW
 - PCS : **[4kW × 211台]** + **[10kW × 14台]**
 パワーコンディショナ 869kW (2003年度設置) 160kW (既設)
- ・ 太陽電池モジュール数 : **約5,600枚** + α
- ・ 2012年の年間発電量 = **859,000 kWh** + α
 < 340kWh / 月 / システム >

MST モジュール



EC-TOP, -SL, 3-5

B社・多結晶 Si
(Bm)



OSL

A社・多結晶 Si
(Am)



EC-G, 3-5, 3-9

D社・多結晶 Si
(Dm)



3-5,
7-3A, -3B, -3D, -4, -5, -6

E社・多結晶 Si
(Em)

L社・アモルファス Si



3-5

(La)

(Fs)

(Cs)

(As)

F社・単結晶 Si

C社・単結晶 Si



1-A, -B, 3-5

A社・単結晶 Si



EC-G, 3-5



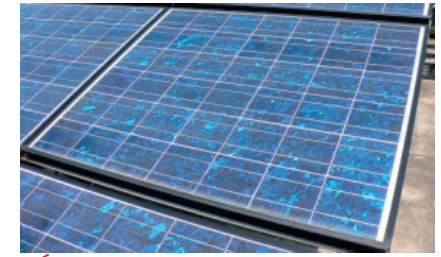
2-, 3-, 7-Parking

モジュールの屋内測定数

< 2014/08/28 完了 >



EC-TOP, -SL, 3-5



OSL



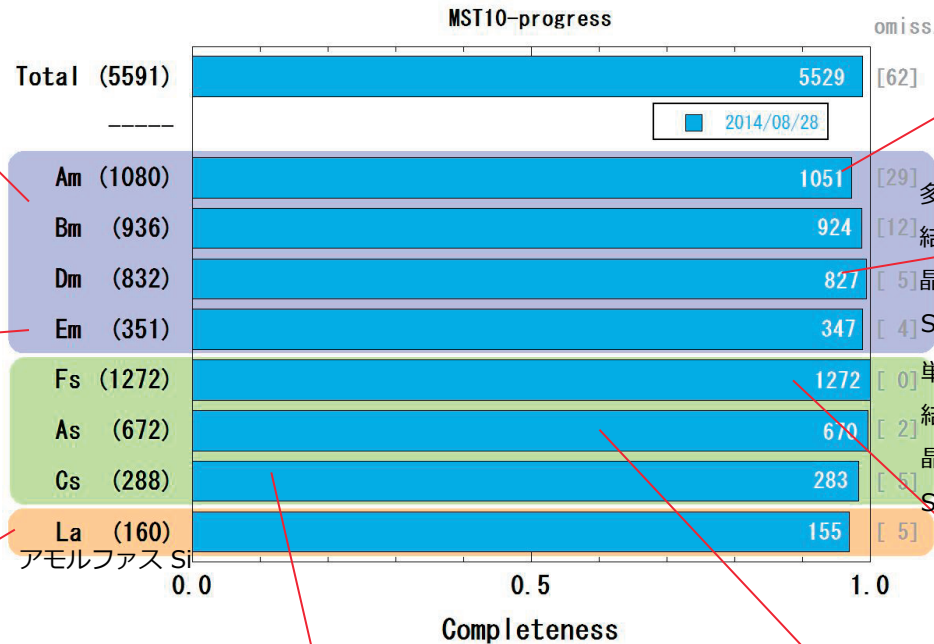
EC-G, 3-5, 3-9



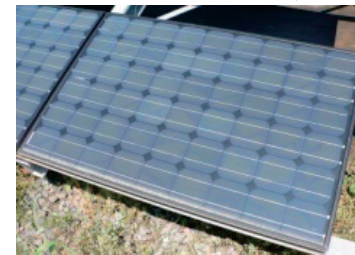
3-5,
7-3A, -3B, -3D, -4, -5, -6



3-5



1-A, -B, 3-5



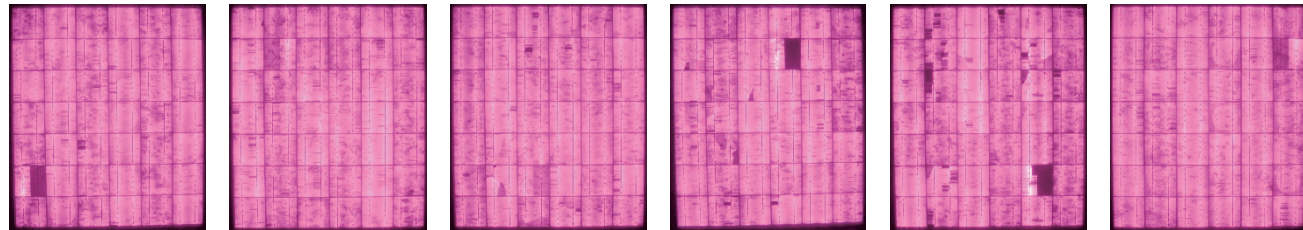
EC-G, 3-5



2-, 3-, 7-Parking

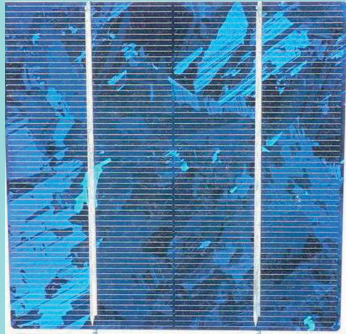
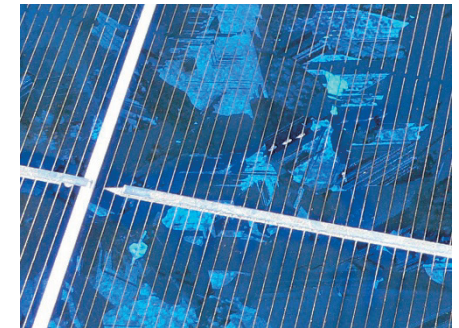
A社・多結晶 Si

- ・インターコネクタの接続不備 : 50 mdls / 1080 mdls
 - {7n + 2}番セル : 49 mdls
 - 16番セル (n = 2) : 41 mdls → 発熱 → EVAの黄変, 剥離



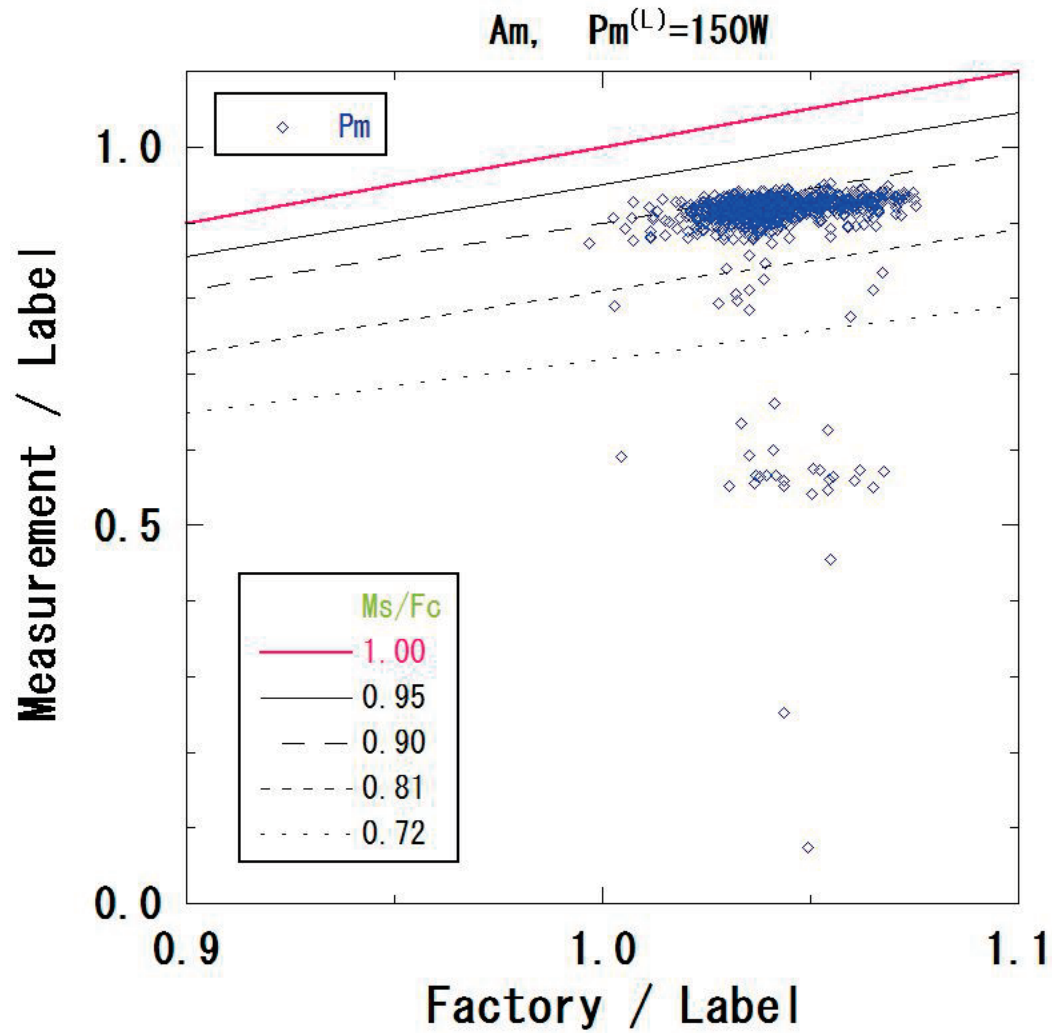
- ・バイパスルートの開放故障
 - 38 mdls (1-clst : 23, 2-clst : 7, 3-clst : 8)

- ・セル割れでスネイルトレイルが出現する
 - セル割れに沿ってEVAが透明に見えるタイプ
 - 10年目以降に顕著に出現
 - セル割れに沿って剥離も出現し始めた



<フィンガー電極分離型セル>

最大出力



A社・単結晶 Si

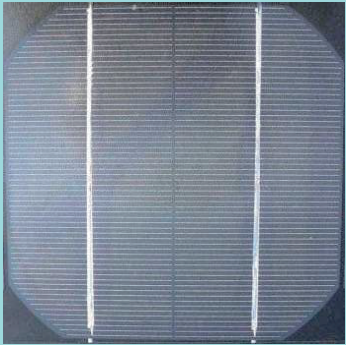
- ・インターコネクタの接続不備 : 176 mdl / 672 mdl
 - セル位置は広く分布 (若干の偏りあり)
 - 経年により増加している (と感じる) → 発熱 → EVAの黄変, 剥離
 - 両側のインターコネクタ不備が発生 : 2 mdl

- ・バイパスルート開放故障
 - 1 mdl (1-clst)

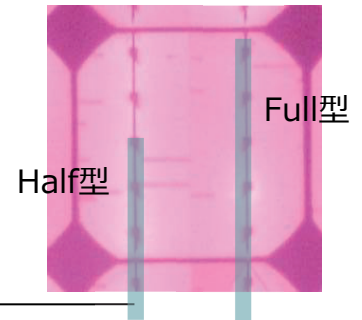
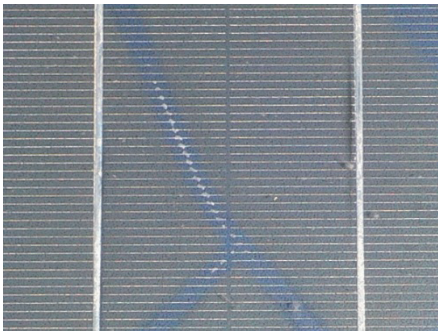
- ・セル割れでスネイルトレイルが出現する
 - セル割れに沿ってEVAが透明に見えるタイプ → 発熱 → EVAの黄変, 剥離
 - 5, 6年目以降に顕著に出現
 - セル割れに沿って剥離も出現し始めた (10年目以降)

- ・裏面インターコネクタの仕様が2種類 (Half型, Full型)
 - Half型のmdlはセル割れが顕著

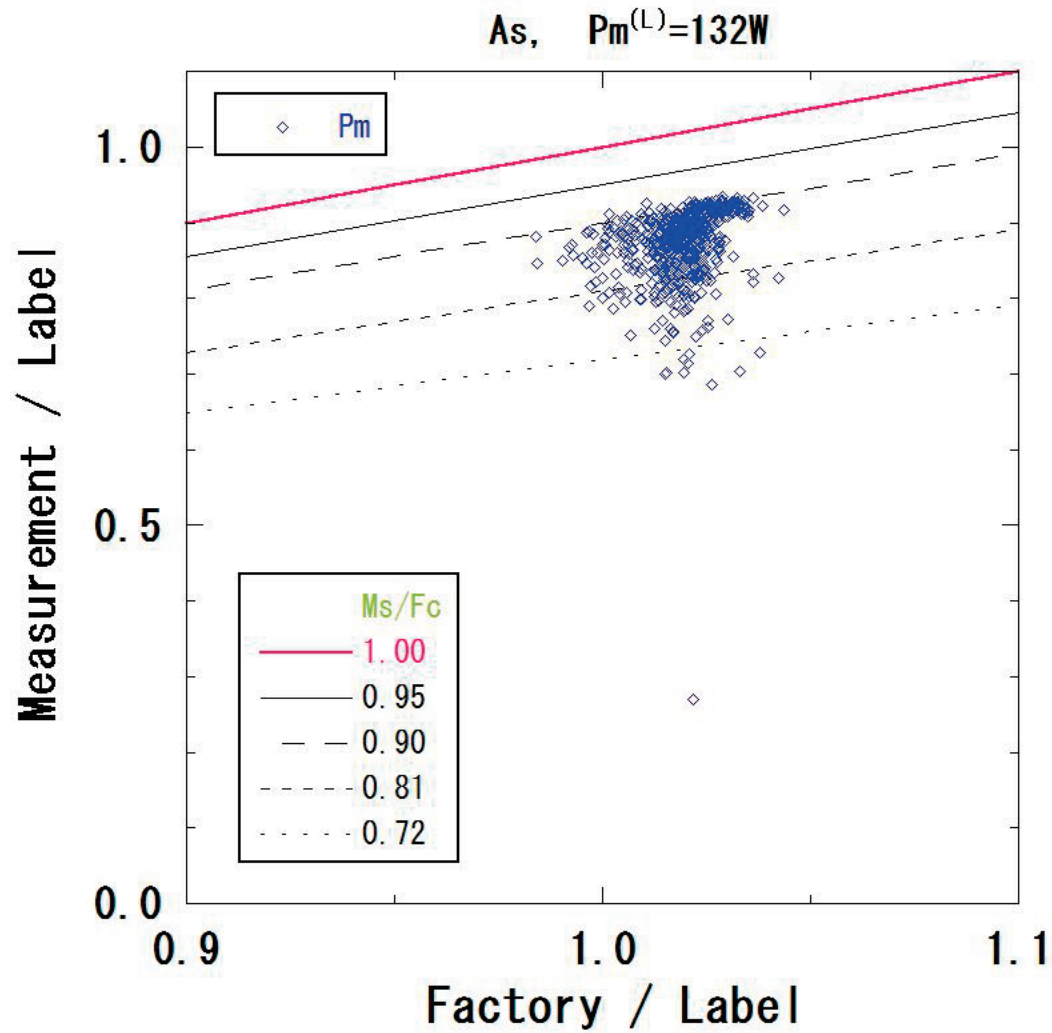
- ・剥離 : 小規模が多数
 - EVA-セル, EVA-ガラス



<フィンガー電極分離型セル>

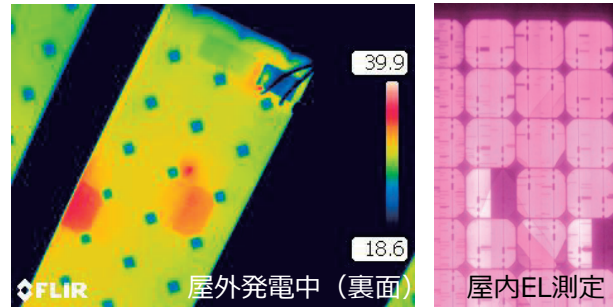


最大出力



F社・単結晶 Si

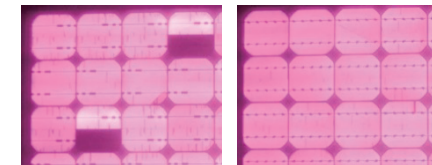
- ・インターコネクタの接続不良



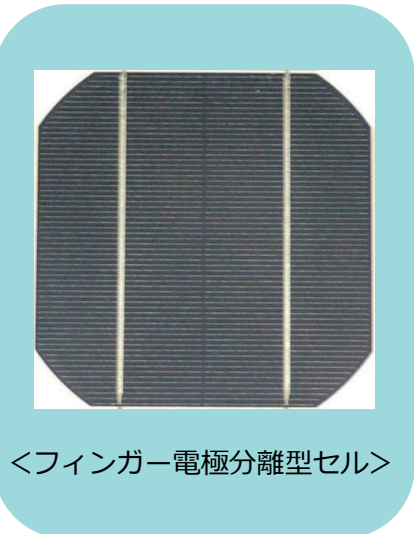
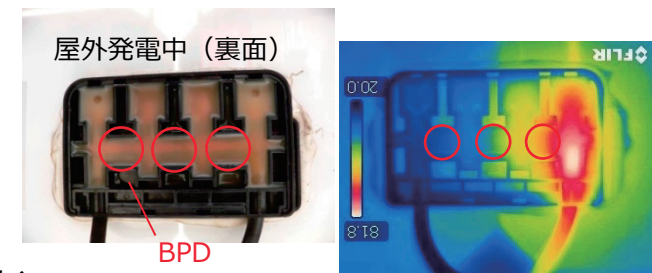
→ BPR開放故障（短絡故障になったケース：1件）

- ・バイパスルートの開放故障 :
 - 861 mdl / 1272 mdl (1-clst : 561, 2-clst : 271, 3-clst : 29)

- ・裏面インターコネクタの仕様が2種類（Half型, Full型）
 - Half型のセル割れが顕著



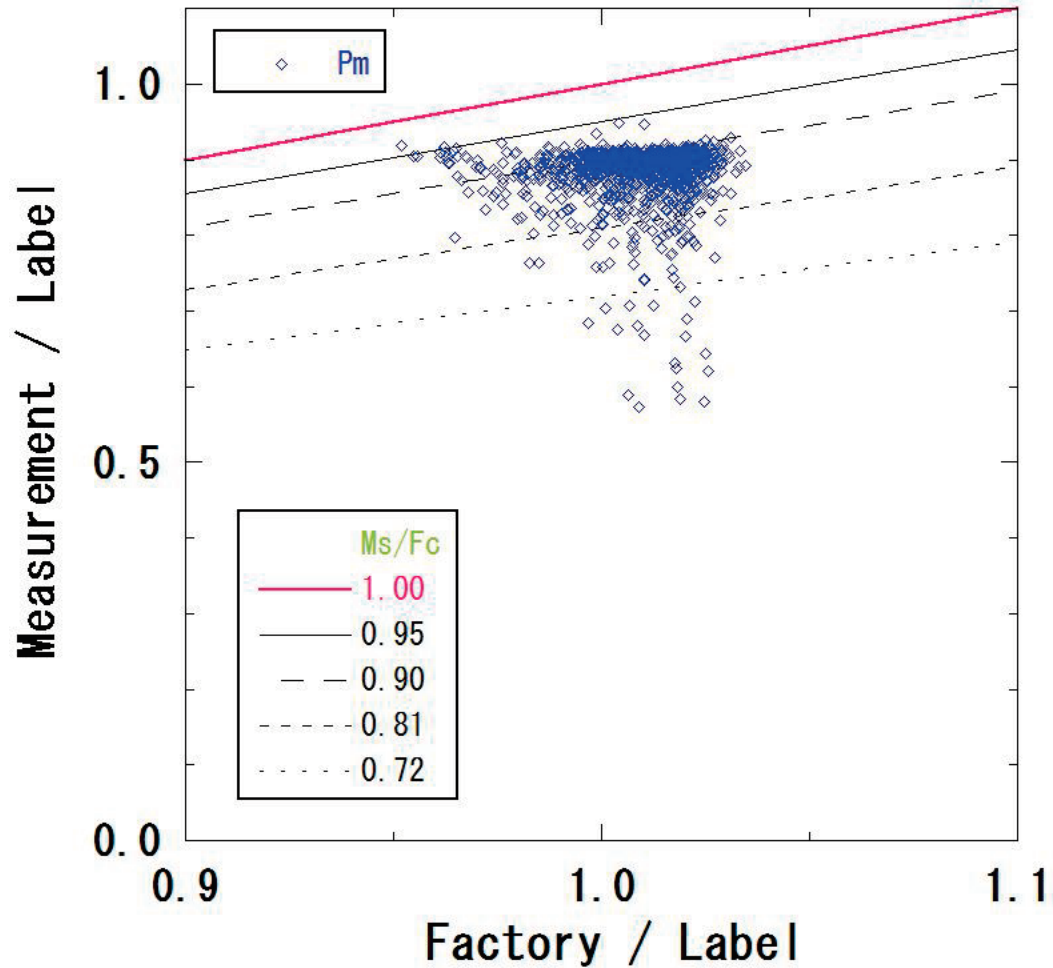
- ・端子箱の不良
 - ケーブル接続部の抵抗値増加 →
- ・セル割れでもスネイルトレイルは出現しない



<フィンガー電極分離型セル>

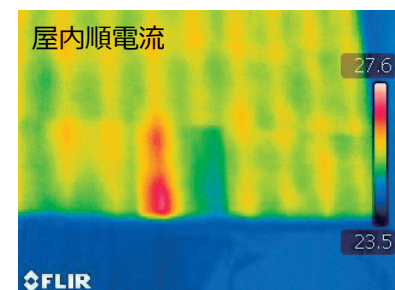
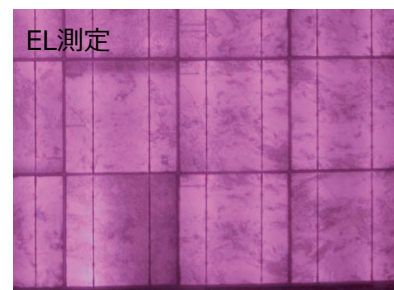
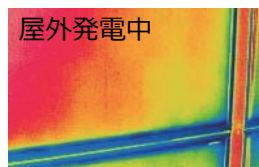
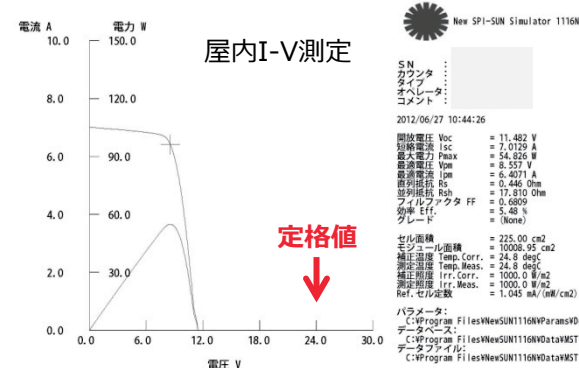
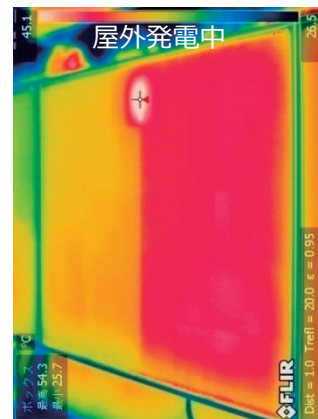
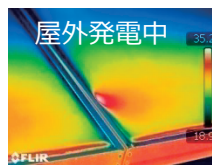
最大出力

$F_s, P_m^{(L)}=180W$

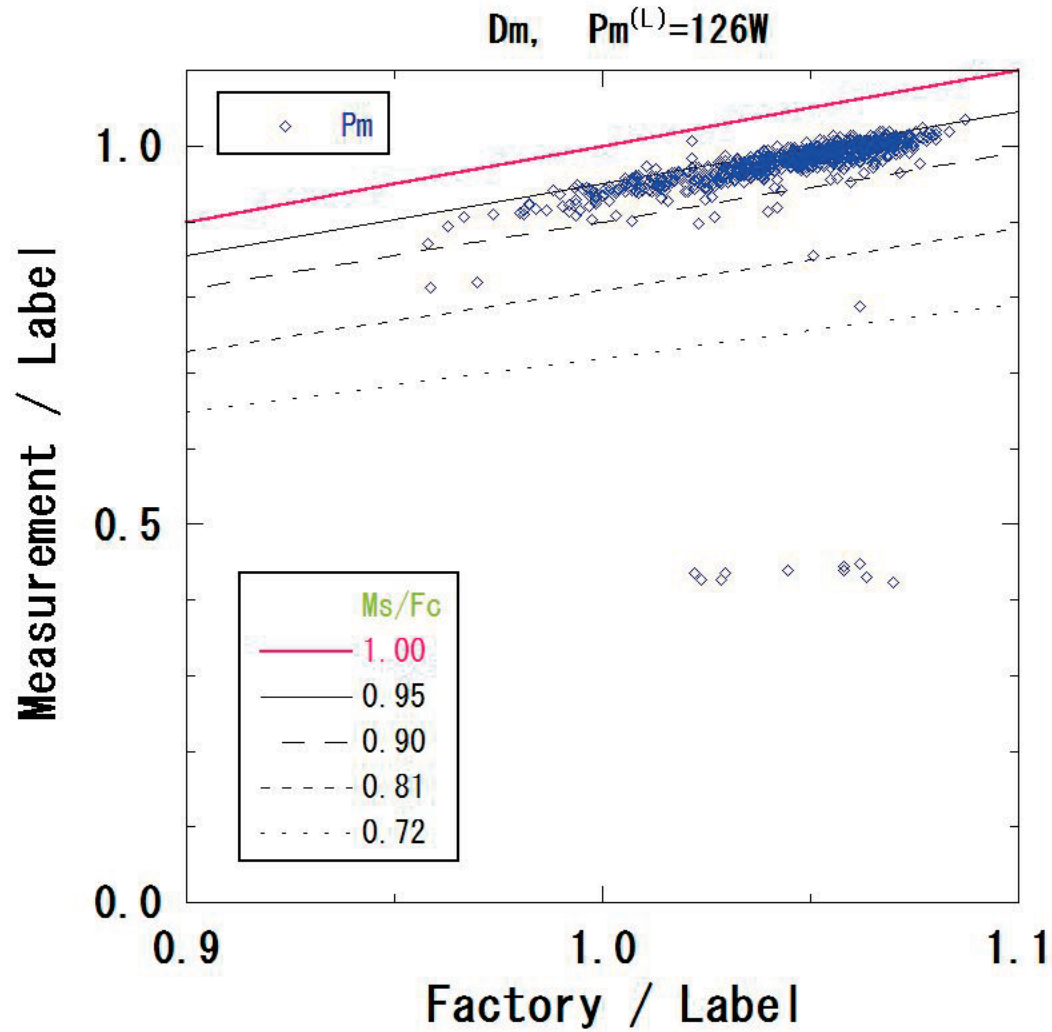


D社・多結晶 Si

- ・バスバー発熱
 - 直列抵抗値が 100 mΩ 程度増加
- ・バスバー断線
 - 開放電圧値の減少
(高抵抗で繋がっている場合あり)
- ・スネイルトレイル
 - セル割れ ⇨ スネイルトレイル (EL) (外観)
 - 2色
 - ・黄：セル割れに沿ってEVAの変色
 - ・白：フィンガー電極周辺
セル割れに沿ってセル-EVA間の剥離
 - ・2色が混在するモジュールは観察されていない
- ・インターコネクタの接続不良多数
 - 発電中は検出不可



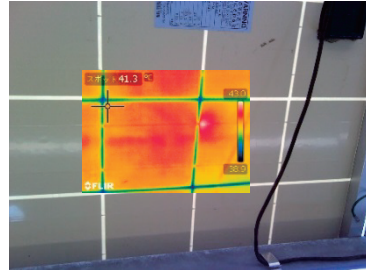
最大出力



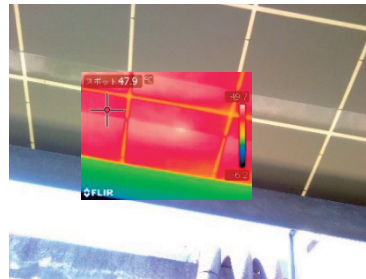


B社・多結晶 Si

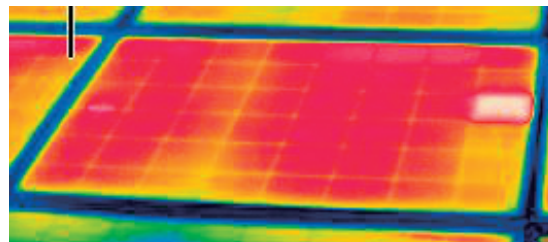
- ・ 外観的不具合は特になし
- ・ インターコネクタの接続不備（と思われる）： 数件



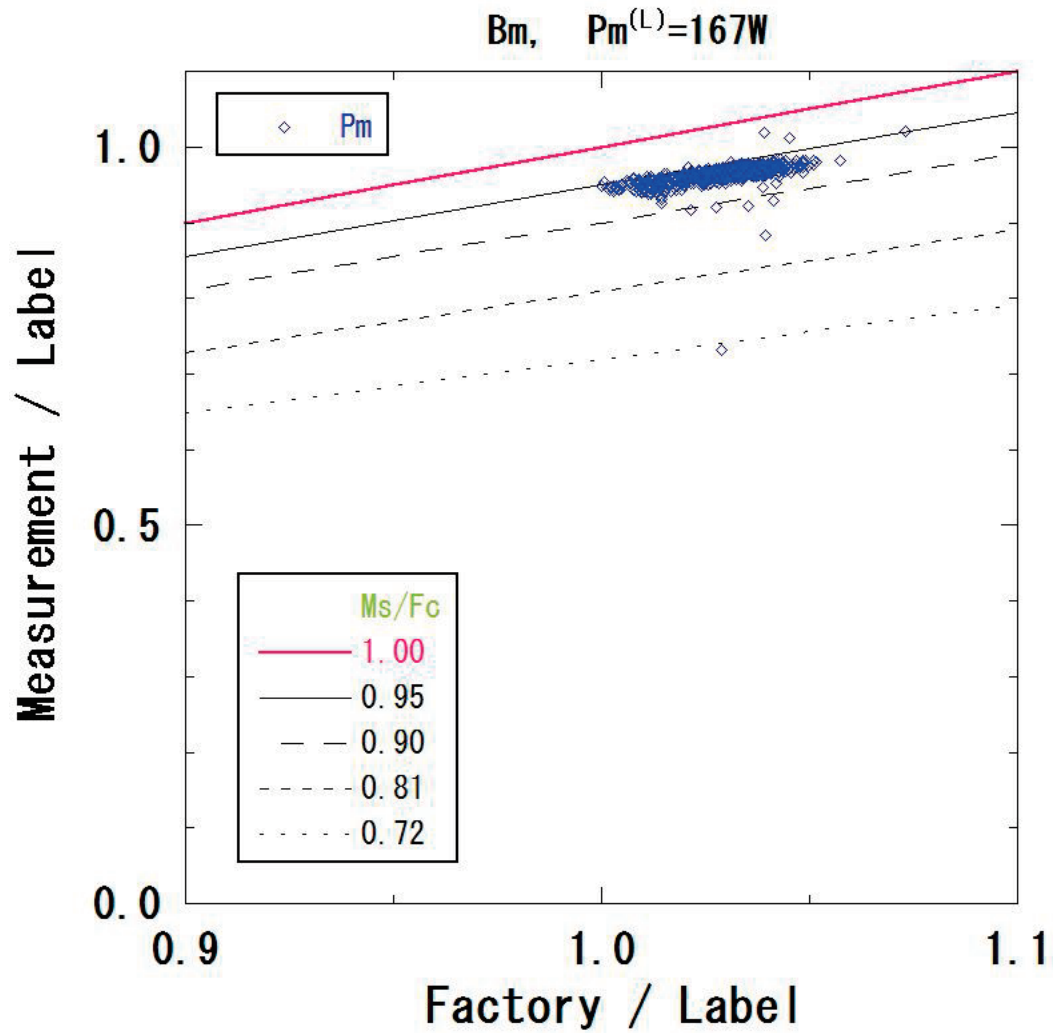
- ・ セル割れに起因すると考えられる発熱



- ・ 924枚 中でホットセルを有するモジュール 1枚 が観察されている
 - セル割れによる電流不足に起因した逆バイアス電圧の印加



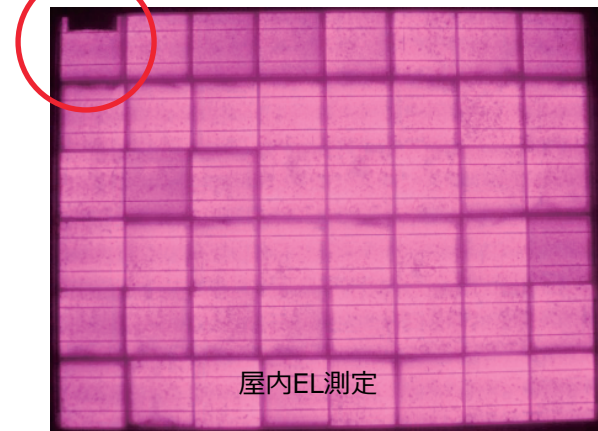
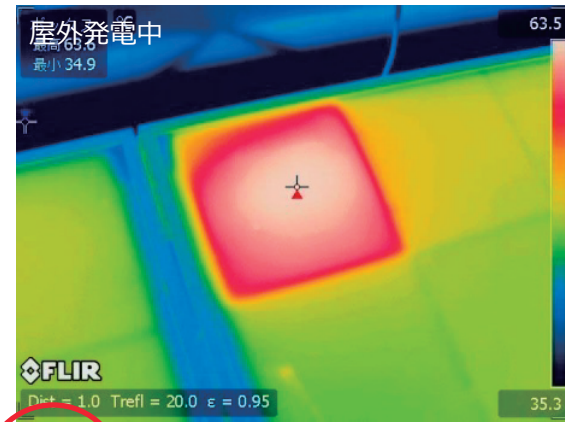
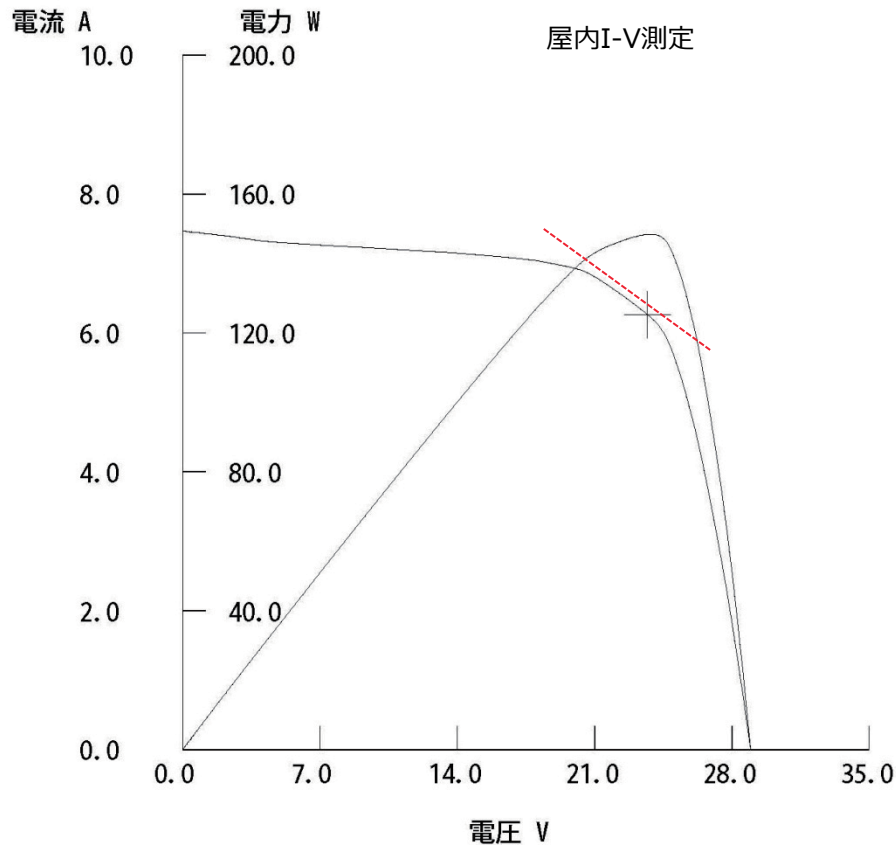
最大出力



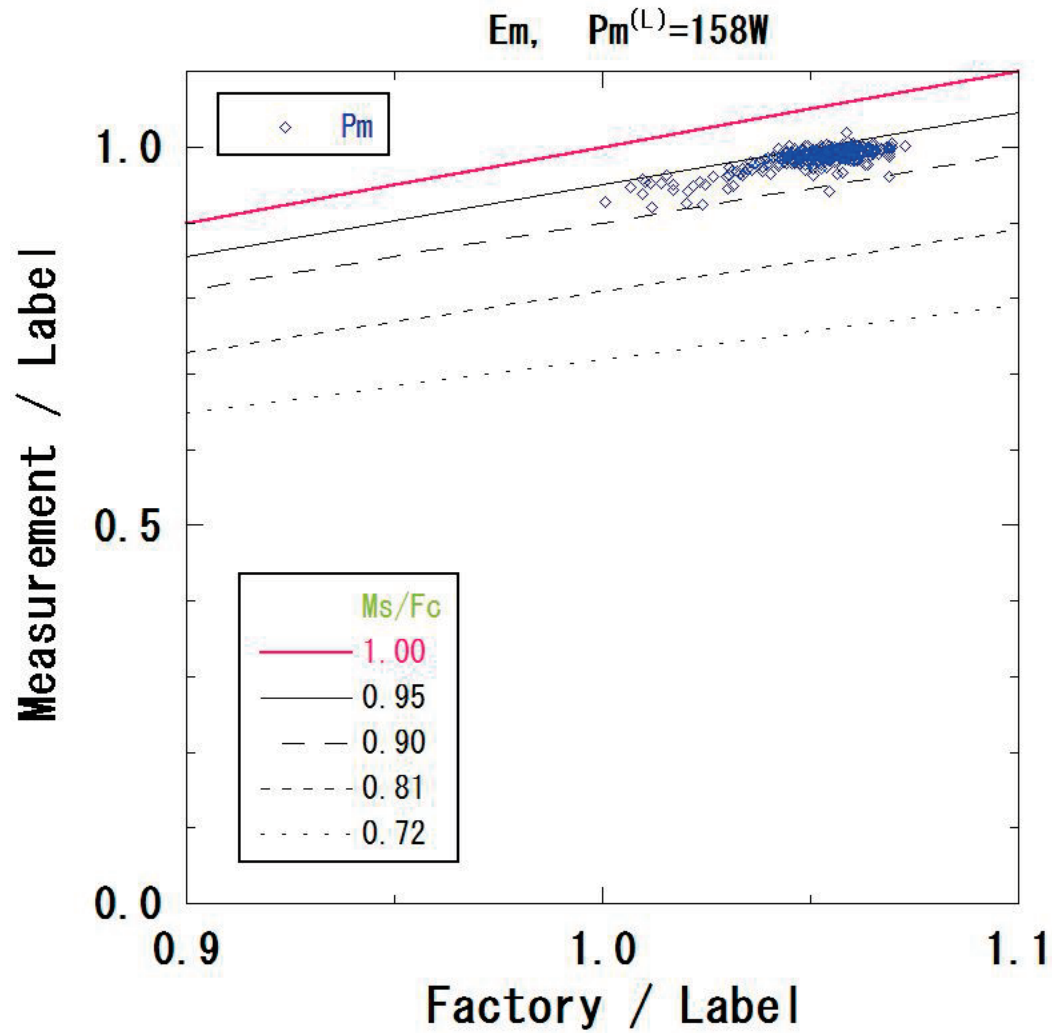


E社・多結晶 Si

- ・ 外観的不具合は特になし
- ・ 347枚 中でホットセルを有するモジュール 7枚 が観察されている
 - セル割れによる電流不足に起因した逆バイアス電圧の印加

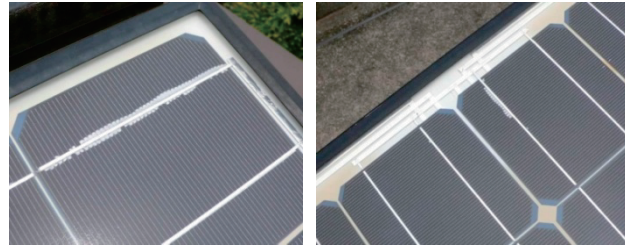


最大出力

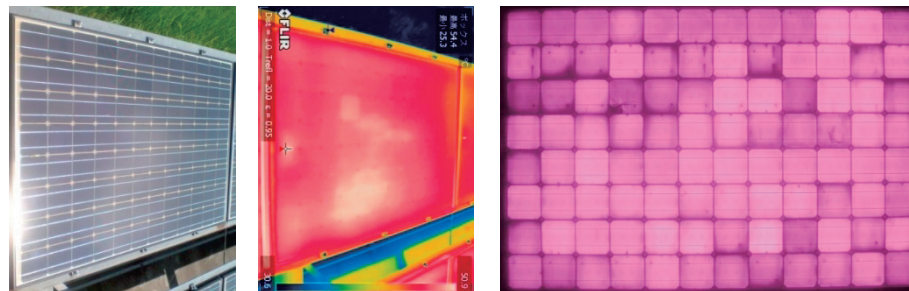


C社・単結晶 Si

- ・ EVA—セル間の剥離 (D_{EC})
 - フレームおよび端子箱の近傍のセルのみ

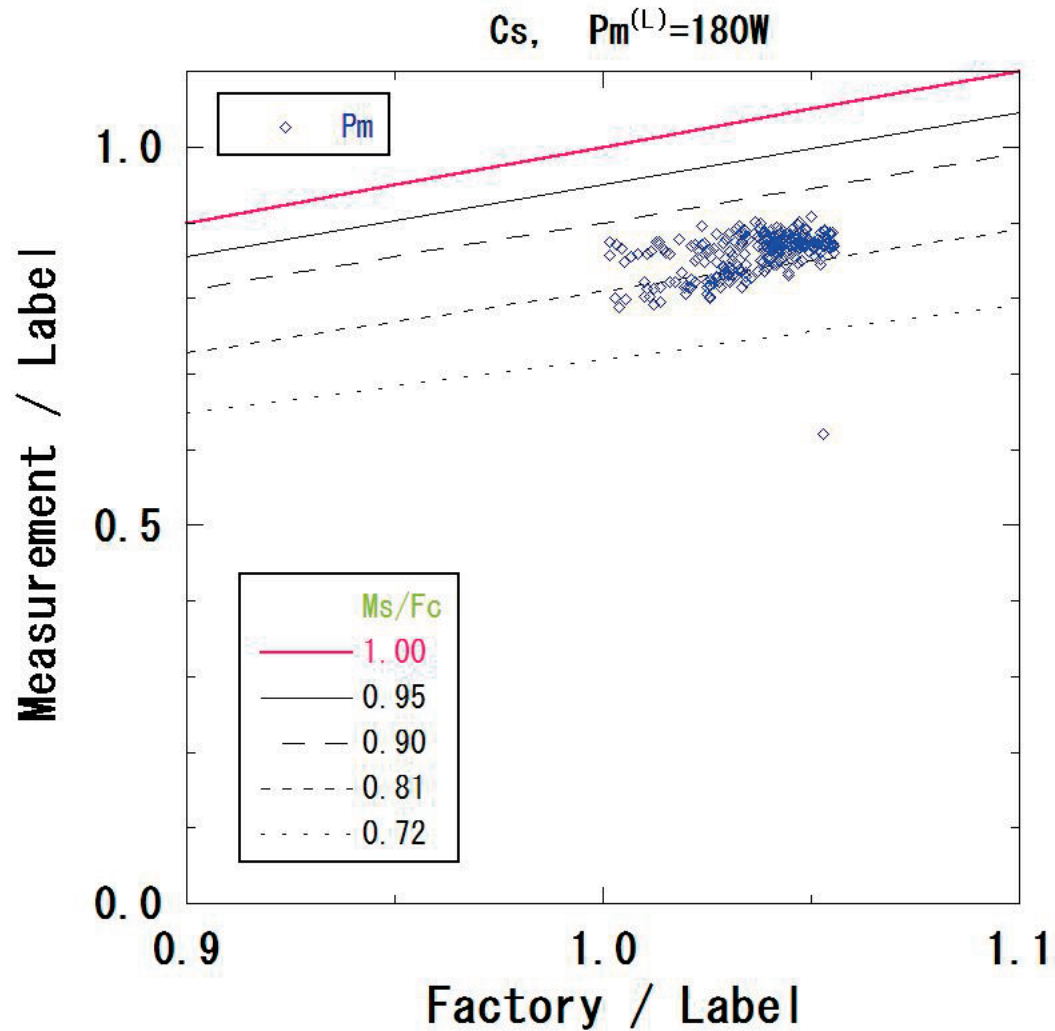


- ・ フレーム, 端子箱, およびBS裂傷部の近傍以外のEVAの黄変
- ・ その他
 - 以前にホットセルだった箇所を含むクラスタでストリング断線
 - ホットセル: セル割れ や セル特性 に起因する電流不足による逆バイアス電圧



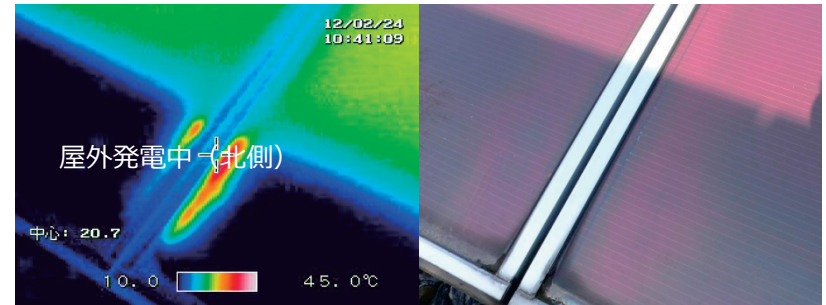
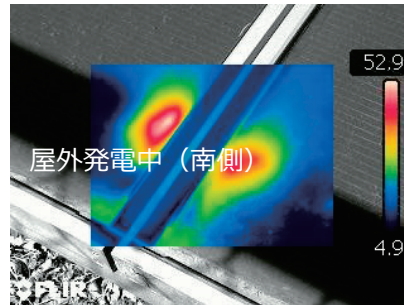
- ・ 電氣的応答性に起因する測定誤差

最大出力

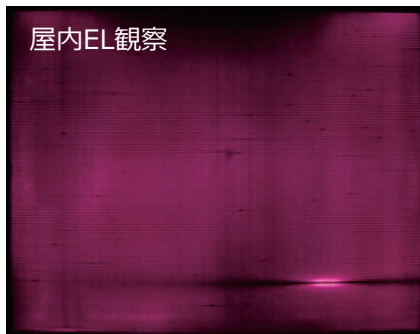
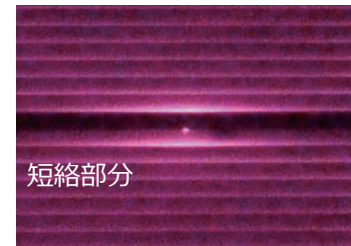
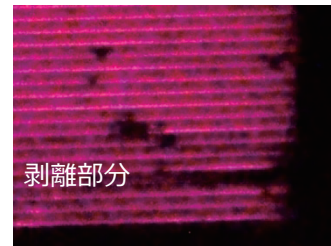


L社・アモルファス Si

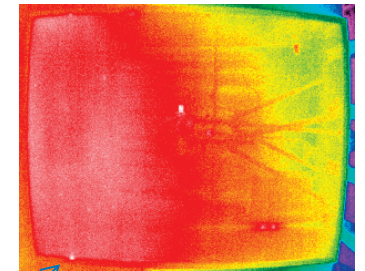
- ・剥離（薄膜－ガラス間？）：冬期の陰の影響によると考えられる
 - 4段配列の一番下段のさらに下端近傍のみ（北側，南側ともに）



- ・EL観察により剥離部分と電極が短絡している箇所が観察できていた



- ・155枚 中でモジュール内断線 3枚 が観察されている
 - I-V測定も，EL測定も実施できなかった
 - 断線箇所の詳細はまだ調査していない

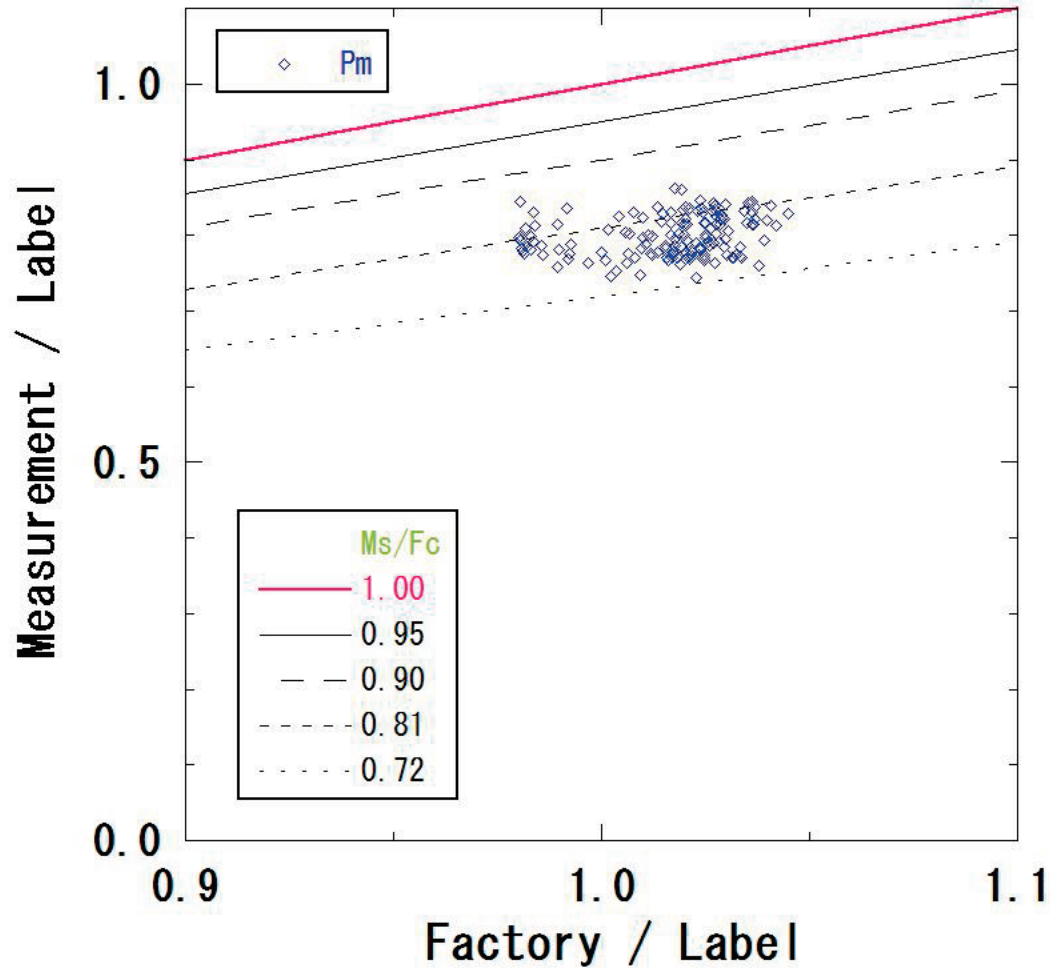


- ・屋内の順電流サーモグラフィである特定箇所の発熱が 多数枚 観察されている

- ・ **スペクトルミスマッチによる測定誤差**

最大出力

La, $P_m^{(L)}=100W$



まとめ と 今後

- 産総研MSTの全数調査について
 - 屋内でのモジュール特性測定が完了
 - ・ IV測定, EL測定, 順電流IR (一部)
 - 屋外での測定
 - ・ バイパスルート検査, モジュール内断線検査 : 完了

- 結果はほぼ全てケーススタディ
 - 同形式のモジュールですら、仕様（特性）の異なるものがある

- 特性値等の解析作業を進める – 観察されているイベントとの定量的な相関の調査
- 細部（症状や不具合の発生機構）に関する追加調査の実施
- 「出力低下」「故障」「不具合」「不良」などの言葉の交通整理
- ストリングIV測定, モジュール観察・追加測定

共同研究者

加藤和彦・チーム長, 高島工・主任研究員

謝辞

- ・本調査研究は、太陽光発電工学研究センターの運営費交付金により実施されました。
- ・筑波大・長谷川渉さん, 関口大介さん, 中川航至さん, 劉笑塵さん, エスペック・鈴木聡さんには、屋内測定の実施においてご協力をいただきました。

心より感謝を申し上げます。