

インターコネクタ接続不良に伴うセル発熱のシミュレーション分析

加藤亮輔¹・岡島敬一¹・加藤和彦²・宮本裕介³

¹筑波大学 大学院システム情報工学研究科

²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター システムチーム

³株式会社 関電工

研究背景

■ 実運用システムでセル焼損事例が発生

- ✓ BPC故障に起因するセル焼損プロセス
バイパスダイオードの開放故障の発生
不良部への電流の流入, セルの過熱・焼損

実際の焼損セル



✓ 本研究の対象事例

- バイパス回路が正常なPVモジュール
インターコネクタ接続不良に起因すると考えられるセル焼損が発生

研究目的, 概要

研究目的

バイパス回路に異常のないPVモジュールのインターコネクタ接続不良に起因するセル焼損を対象とした発熱分析

研究概要

回路シミュレーション

接続不良部における
抵抗値・発熱量の算出

伝熱シミュレーション

セル構成部材の温度上昇と
PVセル内の温度分布を分析

分析手法

回路モデルの構築 (LTspice)

✓ セルモデル

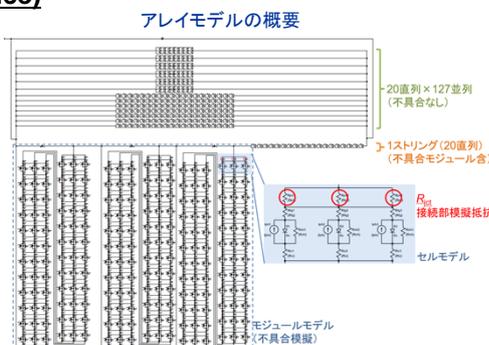
インターコネクタでの発熱算出のためセルを3分割

✓ モジュールモデル

セルを72直列接続し
295 Wモジュールを構築

✓ アレイモデル

モジュールを20直列・
128並列に接続し構築



➤ 回路モデルにおける発熱の計算

STC下において P_{max} で動作する場合における一つの接続部抵抗のジュール発熱を算出

1. 1セル内の3つの接続部抵抗が等しく増大する場合
2. インターコネクタが1本もしくは2本断線する場合

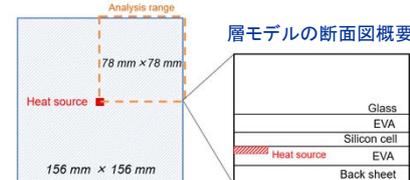
伝熱シミュレーションモデル (ANSYS)

- ✓ 回路シミュレーションで算出したジュール熱がPVセルの中心一点で発生することを仮定

→ モデルの対称性を考慮して, セルの1/4モデルを設計

- ✓ ガラス, EVA, セル, バックシートで5枚の層によるPVモジュールモデルを構成

熱解析モデルの概要



➤ セル構成部材への伝熱シミュレーション

表面温度25°C風速1 m/sにおいて回路シミュレーションで算出したジュール発熱を与えた場合の熱分布を算出

結果, 考察

回路シミュレーション結果

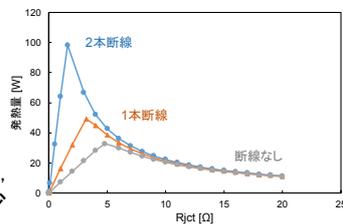
抵抗増大に対する, 接続不良一箇所における発熱量

✓ 発熱がピークを迎えるまで

→ バイパス回路への電流迂回せずセル回路へ流入

✓ 発熱がピークを超えた後

→ バイパス回路へ電流が流入, セル回路へ流入する電流値減少

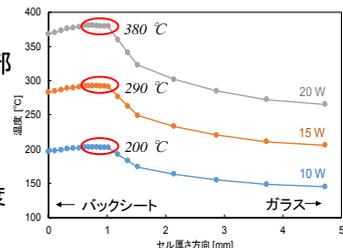


伝熱シミュレーション結果

発熱10~20 W 時のセル中央部厚さ方向の温度分布

✓ 10 W発熱時, セル中心温度は

200 °Cに達し,
20 W発熱時には, セル中心温度は380 °Cまで到達



抵抗増大に対する, セル中心温度の推移

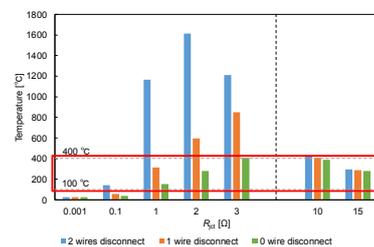
✓ EVAの分解温度に着目

- 酢酸ビニル系: 約 100 °C
- ポリエチレン系: 約 400 °C

✓ 抵抗値範囲: 0.1 - 3 Ω

→ 電流が分流しない範囲

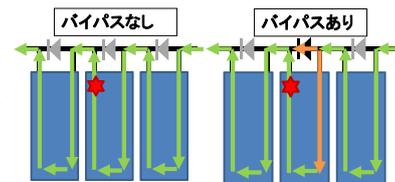
→ 初期不良および接続部劣化による発熱の可能性



✓ 抵抗値範囲: 10 Ω 以上

→ 電流が分流する範囲

→ 初期不良などの大きな接続部抵抗による発熱の可能性



電流がバイパスされるケースにおいても焼損に繋がる発熱可能性が示唆

まとめ

- ✓ 接続部抵抗が0.1-3 Ω : バイパス回路へ迂回せずセル回路へ電流が迂回
- ✓ 接続部抵抗が10 Ω 以上: バイパス回路へ電流が迂回しセル回路電流が減少

セル温度が100~400 °Cまで到達
→ EVAの分解が開始
→ セル焼損リスクの増大

➤ バイパス回路に異常がなく, 電流が分流する場合においてもセル発熱に繋がる可能性が示唆された