

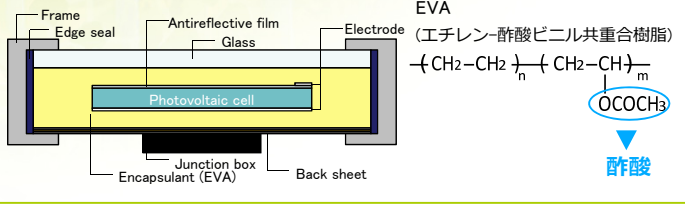
# 有限要素解析ソフトCOMSOLによる 太陽電池モジュール内酢酸生成・拡散解析

○岩見 健太郎<sup>1</sup>, 浅野 正太<sup>1</sup>, 森本 考紀<sup>1</sup>  
 城内 紗千子<sup>2</sup>, 原 由希子<sup>2</sup>, 増田 淳<sup>2</sup>, 梅田 倫弘<sup>1</sup>  
 1. 東京農工大学, 2. 産業技術総合研究所

## 背景：太陽電池(PV)モジュール内部に発生する酢酸

- 内部への水分浸入によりEVA封止材が加水分解して酢酸が発生
- 酢酸がセル電極の銀ペーストを腐食し、発電性能が低下<sup>[1]</sup>

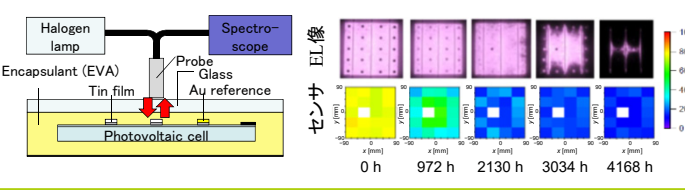
⇒ 錫薄膜センサによる実時間酢酸生成・反応解析方法を提案<sup>[2]</sup>



## 目的：シュミレーションによるセンサ応答の検証

- 酢酸の発生経路・発生量を明確化・定量化したい
- 湿熱劣化試験やUV照射複合試験における酢酸挙動を理解する必要性

⇒ 商用有限要素法ソフトによる解析



## 解析モデル

- COMSOL Multiphysics 5.1を利用 (希釈種輸送フィジクス)
- 連立反応拡散方程式を時間領域で解く
 
$$\frac{\partial c_{H_2O}}{\partial t} = D_{H_2O} \nabla^2 c_{H_2O} - a c_{H_2O} + b c_{HAC}$$

$$\frac{\partial c_{HAC}}{\partial t} = D_{HAC} \nabla^2 c_{HAC} + a c_{H_2O} - b c_{HAC}$$

拡散項      水からの酢酸生成      酢酸から水へ戻り
- モデル寸法
- 境界条件
- メッシュ (450k DOF)

c: 濃度, D: 拡散係数, a, b: 反応係数, HAC: 酢酸  
 EVA中の水の飽和濃度  $c_{H_2O}^{sat} = 5.6 \text{ kg/m}^3$  (@85degC, [3])  
 EVA中の水の拡散係数  $D_{H_2O} = 5.98 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$  (@EVA 85degC, [3])

- 濃度一定境界
 

EVAバルク	空気層 (相対湿度RH%)
端部水分濃度 $c_{H_2O}$	水の飽和蒸気圧 $P_{H_2O}^{sat}$
EVAへの水の飽和濃度 $c_{H_2O}^{sat}$	水蒸気分圧 $P_{H_2O}$
	全圧 $p$

ヘンリーの法則から

$$c_{H_2O} = c_{H_2O}^{sat} \times \frac{p_{H_2O}}{p} \times \frac{RH}{100}$$

$$= c_{H_2O}^{sat} \times \frac{p_{H_2O}}{p}$$
- 反応パラメータ同定
 

$a = A[RCH_3COO] \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$  と設定  
 EVA濃度は水濃度に比べ十分高く一定と仮定

  - $E_a$  は 90 kJ/mol [4]
  - 逆反応は無視 ( $b=0$ )

化学反応係数  $A[RCH_3COO]$  の探索

$3.2 \times 10^5$  を採用

## 解析結果

- 85°C/85%RH 湿熱試験4500 hの解析
  - セル表面の水分濃度
  - 水分濃度 500 h
  - 酢酸濃度
  - 酢酸濃度 4500 h

酢酸濃度は当初周辺部から立ち上がり、やがて中央部が高い値となる
- 酢酸濃度分布の湿度依存性の検討 (85°C, 0~1500 h)
 

1500 hにおける酢酸発生量はおおむね相対湿度に比例
- 水分濃度・酢酸濃度の時間変化に対する湿度の影響
 

Center部において、30%RHでの1500 hによる酢酸発生量は、85%RHでの500~700 hと同程度になると思われる。UV照射試験(浅野ら、P63参照)における2%RH, 30%RH湿度負荷の影響を示唆

## 結論

- COMSOL Multiphysicsを用いて、湿熱劣化試験中におけるPVモジュールへの水分浸入と酢酸生成・拡散のシミュレーションを行った
- 水分浸入および酢酸生成量の湿度依存性を計算した
- UV照射試験中の30%RH湿度負荷による劣化加速を裏付ける結果が得られた

## 謝辞

本研究は、NEDO「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の委託により実施された。解析には東京工業大学TSUBAME 3.0を利用させていただいた。

## 参考文献

[1] A. Masuda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **54**, 04DR04 (2015).  
 [2] R. Hamaoka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **57**, 08RG16 (2018).  
 [3] M. D. Kempe, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, **90**, 2720 (2006).  
 [4] M. D. Kempe *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, **91**, 315 (2007).