

# pH感受性蛍光色素センサによる太陽電池モジュール内酢酸の拡散解析

○岩見 健太郎<sup>1</sup>、長崎 秀昭<sup>1</sup>、板山 知広<sup>1</sup>、  
山本 千津子<sup>2</sup>、原 由希子<sup>2</sup>、増田 淳<sup>2</sup>、梅田 倫弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京農工大学 大学院工学府 <sup>2</sup>産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

## 研究の目的

◆太陽電池モジュール内酢酸の非破壊・非接触測定法

我々は、pH感受性蛍光色素を用いた酢酸検出センサによる酢酸濃度分布計測方法を提案している [1, 2]

酢酸発生 → pH変化 → 2波長の蛍光強度比が変化

◆課題: 酢酸検出センサの寿命と感度の両立が困難

◆目的: PTFE担体センサによる4000時間測定  
酢酸分布経時変化の解析

## 実験

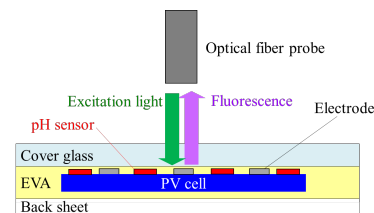


図1 センサ封入モジュールの構造

モジュール: □180 mm  
PVセル: □156 mm

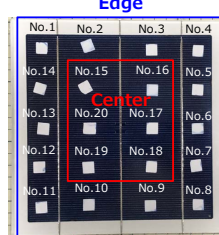


図2 試験モジュール

◆Damp Heat (DH)試験 (85°C, 85%RH)

## 結果

蛍光強度比FIR (Fluorescent Intensity Ratio; 強度<sub>587nm</sub>/強度<sub>650nm</sub>)をpH指標に利用

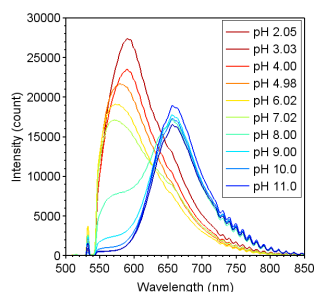


図3 蛍光スペクトルのpH依存性

- 計測範囲=pH5~8 (FIR値=0.08~2.78)
- pH4以下ではFIRが低下

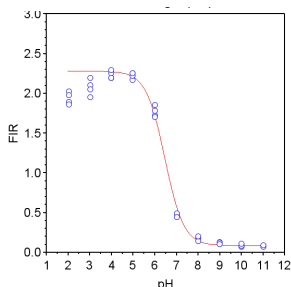


図4 FIR-pH検量線

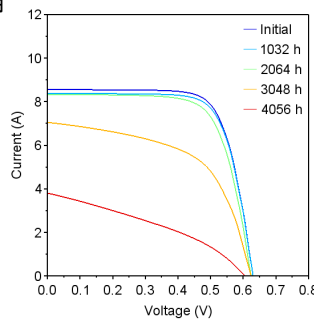


図5 I-V特性

- 4056時間で蛍光強度は初期値の12%程度を維持
- FIRは2000時間程度で減少に転じる(pH5以下と推測)

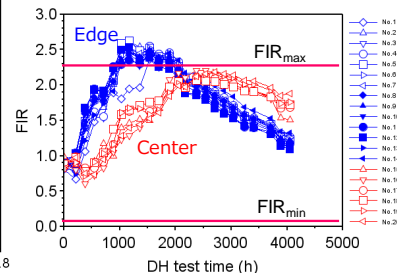


図6 FIRの時間変化

## 考察

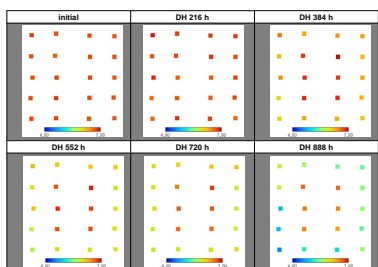


図7 FIRから換算したpH分布

- pH分布の時間変化を可視化

反応拡散方程式による解析

$$\begin{cases} \frac{\partial [H_2O]}{\partial t} = \lambda_w \left( \frac{\partial^2 [H_2O]}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 [H_2O]}{\partial y^2} \right) - a \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) [H_2O] \\ \frac{\partial [AA]}{\partial t} = \lambda_{aa} \left( \frac{\partial^2 [AA]}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 [AA]}{\partial y^2} \right) + a \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) [H_2O] \end{cases}$$

AA: Acetic Acid

境界条件(18cm□モジュール端部)

[H<sub>2</sub>O]: EVAへの水の飽和溶解度[3]

[AA]: 0 (滞留せず抜けると仮定)

初期条件

[H<sub>2</sub>O], [AA]両者とも0

拡散係数: 水は文献値[3, 4],

酢酸は水の1/10を仮定

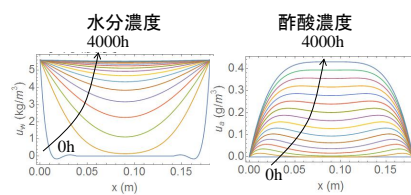


図8 水分濃度(左)・酢酸濃度(右)の時間変化(プロットは0-4000h, 250h毎)

- Center部の傾向は一致
- Edge部では理論値と計算値にかい離

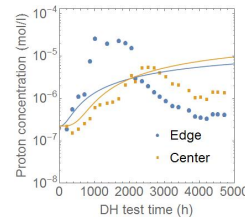


図9 pHの実験値(点)と理論値(線)の比較

## 結論

- PTFE担体酢酸センサによって、DH試験4000時間後も蛍光強度を維持。しかし色素自体のpH計測範囲が狭く、センサ応答はEdge部で1000時間程度、Center部では2000時間程度で増加から減少に転じる。
- PVモジュール内のpH分布を可視化し、DH試験の初期過程における酢酸生成を早期に検出できた。
- 反応拡散方程式による現象の理論解析を行い、Center部では一致が見られた。しかし、Edge部にはずれがあり、パラメータの同定が不十分と考えられる。

## 参考文献

- [1] T. Asaka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **54**, 08KG07 (2015).
- [2] 梅田倫弘 他, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 16p-211-8 (2017).
- [3] M. D. Kempe, Solar Energy Materials & Solar Cells, **90**, 2720 (2006).
- [4] M. D. Kempe *et al.*, Solar Energy Materials & Solar Cells, **91**, 315 (2007).

## 謝辞

本研究はNEDOプロジェクト「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の委託の下行われました。解析について、明治大学理工学部教授 永井一清先生に有益なご議論をいただきました。