

太陽電池モジュールへの水蒸気の浸入経路と定量化の検討

Measuring method and quantification of moisture ingress into photovoltaic modules

太陽光発電技術研究組合(東レ)¹、産業技術総合研究所²

宮下正範¹、河合信次^{2,*}、増田 淳²

*:現所属 佐賀県工業技術センター

目的:

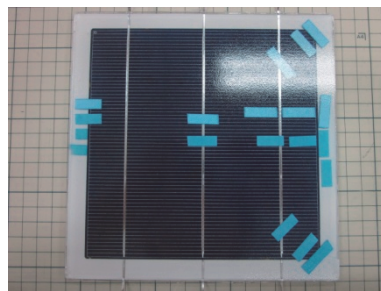
太陽電池モジュール内への水蒸気浸入経路を明確化する方法の開発

- モジュール内水蒸気浸入経路の探索におけるCoCl₂試験紙のセンシング材としての可能性について検討

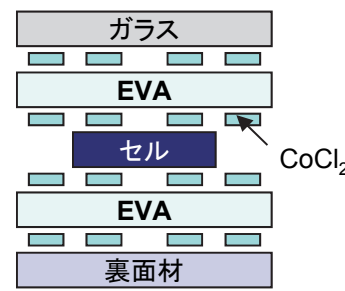
CoCl₂試験紙 ... 濃青色(無水物) → 薄紅色(六水和物)

調査方法:

- CoCl₂試験紙をモジュール構成部材界面に挿入したテストサンプルを作製(結晶系:単セルor4セル)
- 大気曝露(25°C,50%RH)、DH試験(85°C,85%RH)後の試験紙の変化を確認
- 端面、裏面材の封止性・透湿性が水蒸気の浸入に及ぼす影響について調査
- セル裏面の可視化のため透明な裏面材を使用 (ETFE,FEP,PCTFE)



サンプル外観写真 (CoCl₂使用)



サンプル断面図

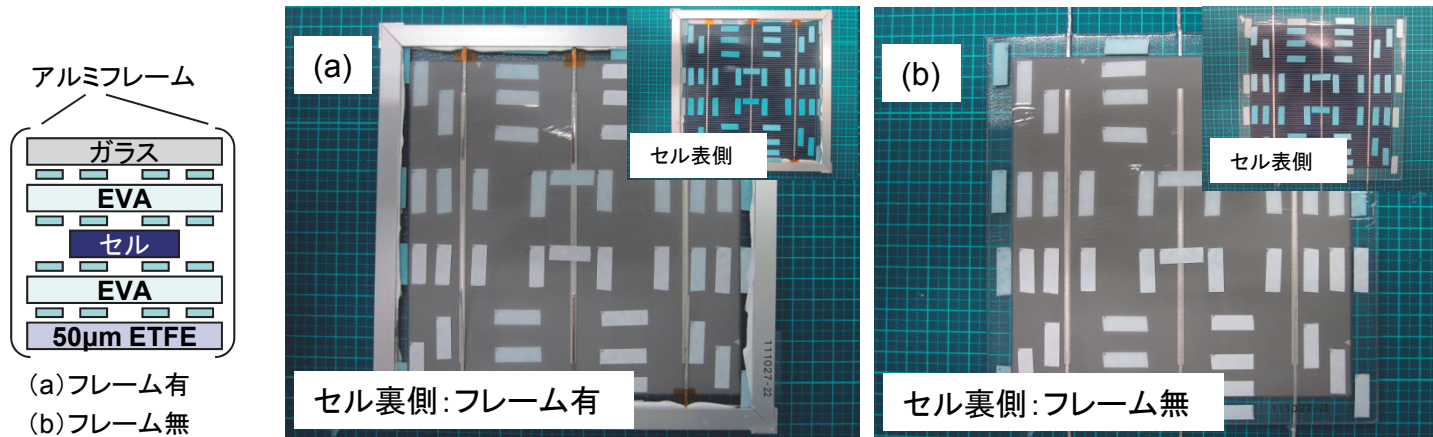
裏面材	水蒸気透過率@40°C,90%RH [g/m ² /day]	
ガラス	-	} 透明
Al箔入りBS	-	
TPT	2.0	
ETFE	14	
FEP	1.0	
PCTFE	0.1	

TPT: Tedlar(PVF)/PET/Tedlar(PVF)
ETFE: Ethylene tetra fluoro ethylene
FEP: Fluorinated ethylene propylene
PCTFE: Poly chloro trifluoro ethylene

端面封止の影響

- ・端面保護の有無に関わらず試験紙が一樣に変色 → 下図構成では裏面材からの浸入が支配的
- ・セル表側はほとんど変色無し → セル自体が水蒸気を遮断

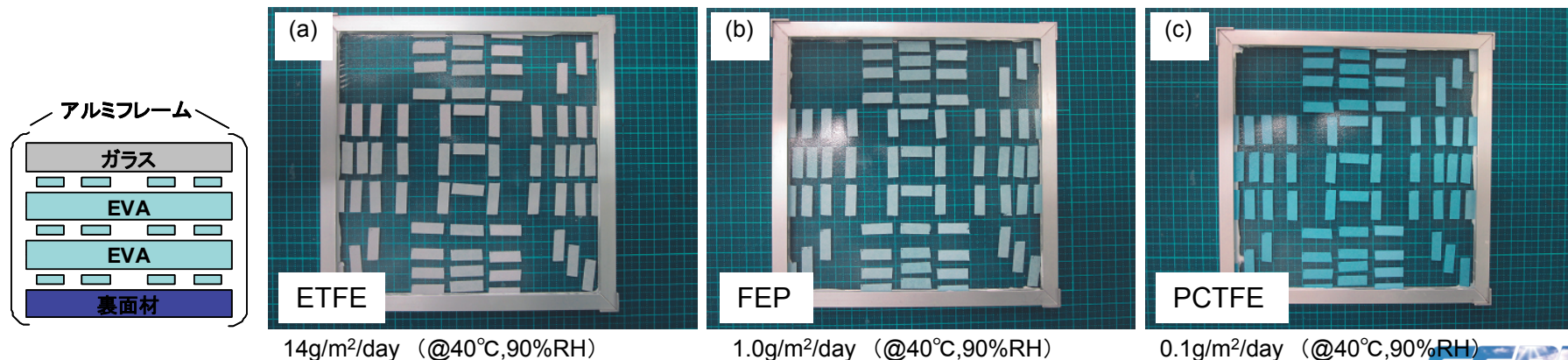
試験条件: 25°C, 50%RH 100時間 裏面材: ETFE (WVTR: 14g/m²/day @40°C, 90%RH) 端面: シリコン充填アルミフレームで保護



裏面材の水蒸気透過率の影響

- ・水蒸気透過率の低い裏面材で変色が小さい → モジュール内への水蒸気浸入は裏面材の水蒸気透過率に依存

試験条件: 25°C, 50%RH 430時間後 裏面材: ETFE、FEP、PCTFE

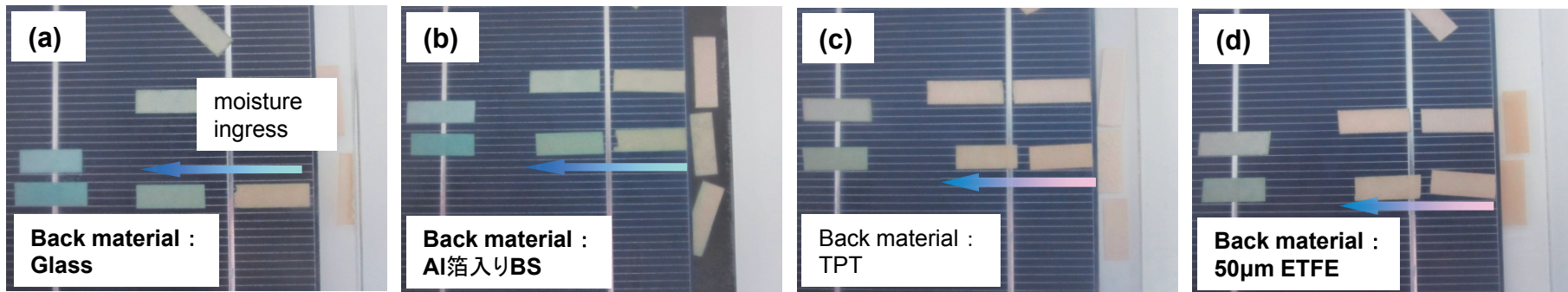


DH試験によるセル表面の試験紙の変化

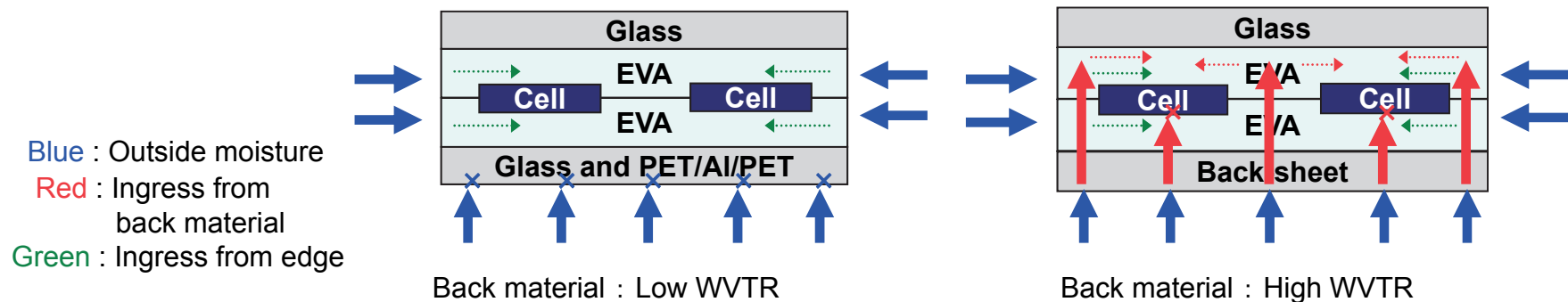
・水蒸気透過率の高い裏面材で変色が顕著

→ 裏面材の水蒸気透過率が高いほどモジュール内への浸入量が多いことを可視化

DH試験500時間後の外観変化

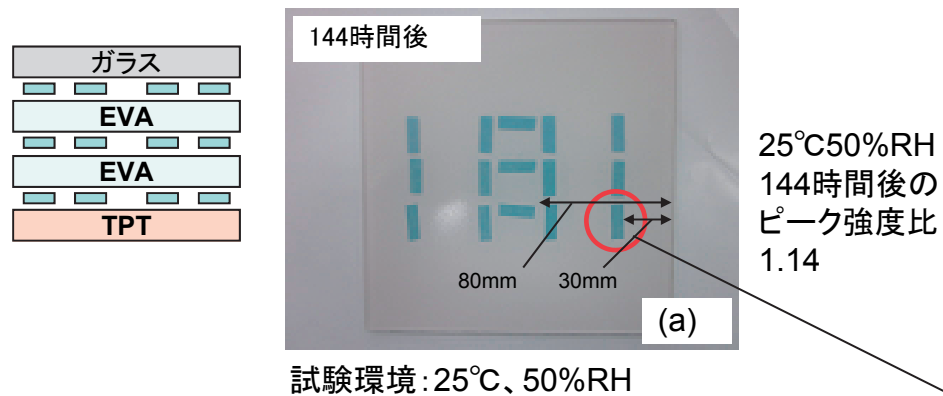


実験結果より類推される水蒸気浸入スキーム



定量化の検討

・CoCl₂試験紙の吸湿による質量変化と反射スペクトル変化より検量線を作成し、定量化を実施



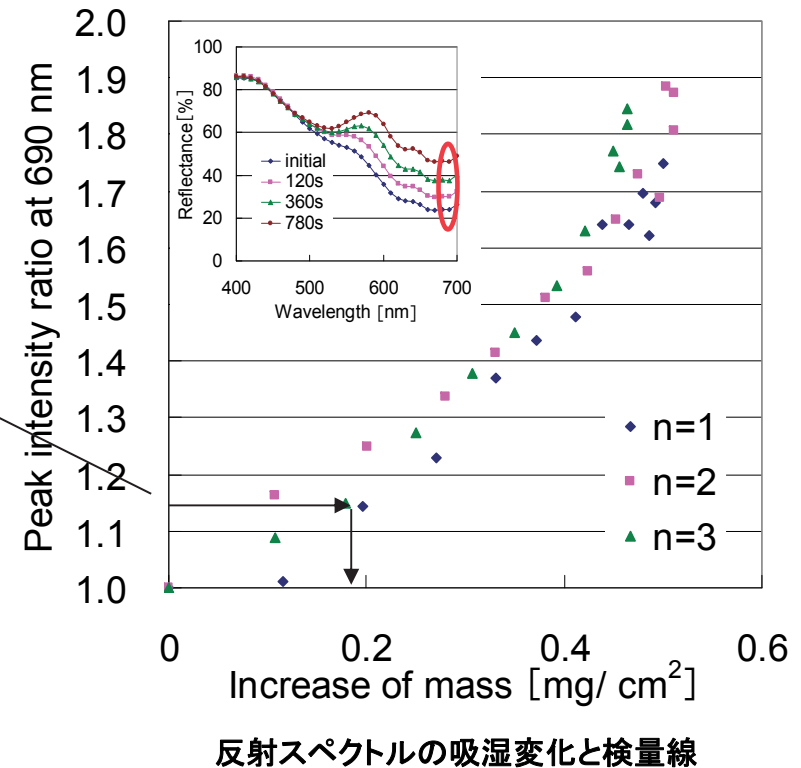
試験環境: 25°C、50%RH

検量線から得られた水蒸気透過量: 約0.2 mg / cm²

TPTの25°Cにおける水蒸気透過率(約0.5 g/m²/day)より

144時間後の水蒸気透過量: 0.3 mg / cm²

比較的近い値が得られ、CoCl₂試験紙のスペクトル変化より定量化が可能なが示唆される



反射スペクトルの吸湿変化と検量線

まとめ

- ・CoCl₂試験紙で裏面材、端部からの水蒸気浸入の可視化が可能であることを示した。
- ・CoCl₂試験紙のスペクトル変化より浸入水蒸気量の定量化の可能性を示した。

本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受けて実施されたものであり、関係各位に感謝致します。

太陽電池モジュールへの水蒸気の浸入経路と定量化の検討

Measuring method and quantification of moisture ingress into photovoltaic modules

宮下正範¹・河合信次^{2,*}・増田 淳²

1. 太陽光発電技術研究組合(東レ) 2. 産業技術総合研究所

*: 現所属 佐賀県工業技術センター

研究の目的

- 太陽電池モジュールにおける水蒸気浸入経路の明確化に向けて・・・
- 水蒸気のセンシング材としてCoCl₂を含浸させた試験紙に着目
- CoCl₂試験紙・・・濃青色(無水物)→薄紅色(六水和物)

CoCl₂試験紙での検討の利点

1. 明瞭な色の変化により容易に可視化
(特別な測定系のセットアップを必要としない)
2. 実際のモジュール構成での評価が可能
(結晶系でもセル割れなく、実態に近い状態で評価可能)

目的:

- 太陽電池モジュール内への水蒸気浸入経路を明確化する方法的開発
- モジュール内水蒸気浸入経路の探索におけるCoCl₂試験紙のセンシング材としての可能性について検討

実験

- CoCl₂試験紙をモジュール構成部材界面に挿入したサンプルを製作 (結晶系:単セルor4セル)
- 大気曝露(25°C,50%RH)、DH試験(85°C,85%RH)後の試験紙の変化を確認
- 端面、裏面材の封止性・透湿性が水蒸気の浸入に及ぼす影響について調査
- セル表面の可視化のため透明な裏面材を使用

(ETFE,FEP,PCTFE)

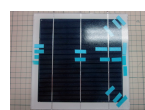
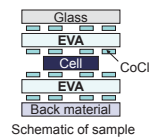


Fig.1. CoCl₂ paper included in test module.



裏面材	水蒸気透過率@40°C,90%RH [g / m ² / day]
ガラス	-
Al箔入りBS	-
TPT	2.0
ETFE	14
FEP	1.0
PCTFE	0.1

透明

結果

1. セル表面の水蒸気浸入の可視化と端面封止の影響

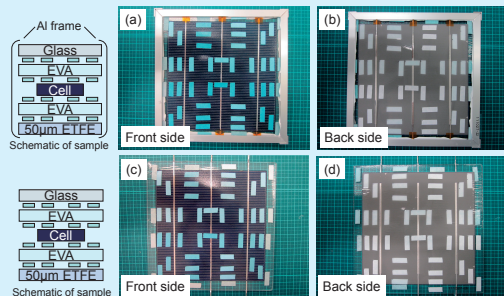


Fig.2. Photographs of CoCl₂ paper included in test module stored at about 25°C, 50%RH for 100 hours. The Al frame filled up with silicone was attached to the test module (a), (b). 50μm ETFE (WVTR: 14 g / m² / day @ 40°C, 90%RH) is used as back material.

- CoCl₂試験紙にてモジュール内への水蒸気浸入の可視化が可能
- アルミフレーム(シリコン充填)の有無に関わらず試験紙の変色は同程度
- 上記の構成ではガラス端面よりも裏面材からの水蒸気の浸入が支配的

2. 裏面材の水蒸気透過率の影響

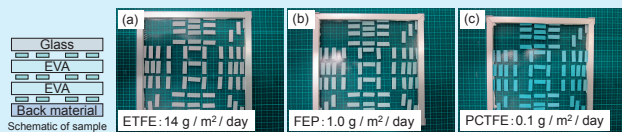


Fig.3. Photographs of CoCl₂ paper included in test module stored at about 25°C, 50%RH for 430 hours. WVTR of back materials is measured at 40°C, 90%RH.

- 水蒸気透過率の低い裏面材で変色が小さい
- モジュール内への水蒸気浸入は裏面材の水蒸気透過率に依存

3. DH試験によるセル表面の試験紙の変化

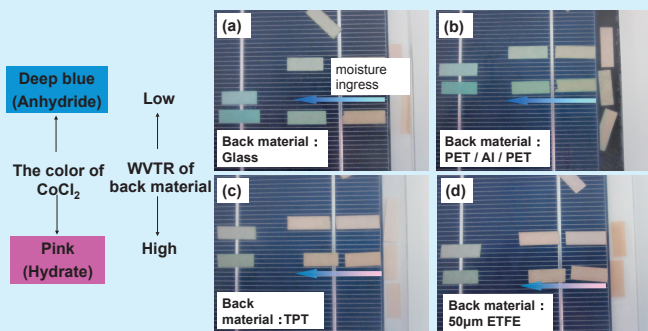


Fig.4. Photographs of CoCl₂ test paper included in test module after damp heat test (85°C 85%RH) for 500 hours. Back materials are (a) glass, (b) PET/Al/PET, (c) TPT (WVTR: 1.9 g / m² / day @ 40°C, 50%RH), (d) 50μm ETFE (WVTR: 14 g / m² / day @ 40°C, 50%RH).

- 端部からセル中央に向かって変色 → セル中央へ水蒸気が拡散
- 水蒸気透過率の高い裏面材で変色が顕著
- 浸入水蒸気量が裏面材の水蒸気透過率に依存することを可視化

4. 4セルモジュールでの検討

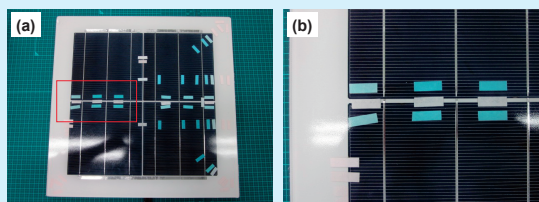


Fig.5. Photographs of CoCl₂ test paper included in 4 cells module stored at about 25°C, 50%RH for 240 hours. Back material is TPT.

- セルの隙間に配置した試験紙が変色
- セルの隙間からの水蒸気浸入を可視化

5. CoCl₂試験紙を用いた水蒸気浸入量の定量化の検討

- CoCl₂試験紙の吸湿による質量変化と反射スペクトル変化より検量線を作成し、定量化を実施

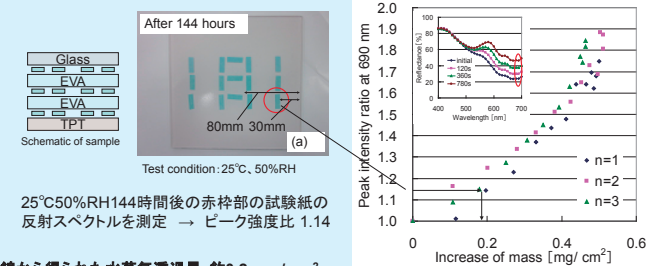


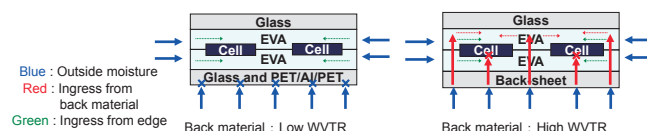
Fig.6. Calibration curve at 25°C, 50%RH. The results of three samples are shown. Inset graph is reflectivity spectrum of CoCl₂ paper. Spectrum is measured for 13 minutes after drying. Initial and after 120, 360, 780 seconds are shown.

- 検量線から得られた水蒸気透過量: 約0.2 mg / cm²
- TPTの25°Cにおける水蒸気透過率(約0.5 g / m² / day)より
- 144時間後の水蒸気透過量: 0.3 mg / cm²
- CoCl₂試験紙のスペクトル変化より
- 定量化の可能性を示唆

まとめ

- CoCl₂試験紙で裏面材、端部からの水蒸気浸入の可視化が可能であることを示した。
- 今回検討した部材では裏面材側から水蒸気が浸入しやすく、浸入量は裏面材の水蒸気透過率に依存することが示唆された。
- CoCl₂試験紙のスペクトル変化より浸入水蒸気量の定量化の可能性を示した。

実験結果より類推される水蒸気浸入スキーム



本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受けて実施されたものであり、関係各位に感謝致します。