

# 封止材の複合化による結晶シリコン 太陽電池モジュールの高信頼性化

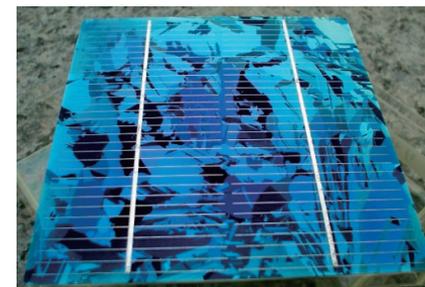
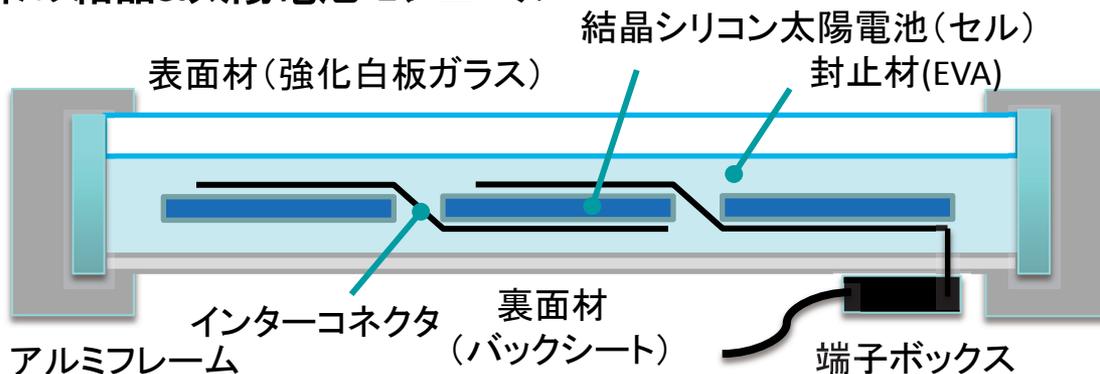
太陽光発電研究センター  
モジュール信頼性チーム  
(九州産学官連携センター)

原 浩二郎

# 研究の背景・目的

さらなる高効率・低コスト・高信頼性の太陽電池モジュールの実現

従来の結晶Si太陽電池モジュール



新型結晶Si太陽電池モジュール



さらなる技術革新

・高効率化

新規ヘテロ接合、バックコンタクト、波長変換 等

・低コスト化(BOS低減も含む)

セルの薄型化、新構造・部材低減、基板の軽量化 等

・信頼性・安全性の向上

高温・高湿度対策、PID対策、火災対策 等

# 本研究の内容

## 高効率・低コスト・高信頼性の太陽電池モジュール

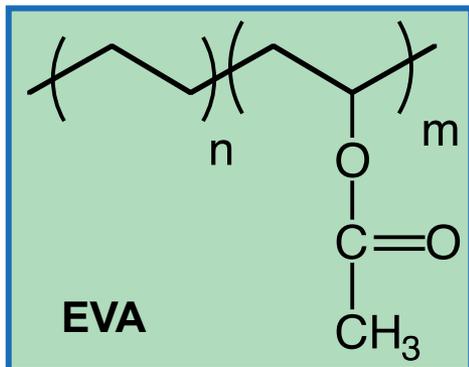
- ・新規封止材(複合化)、改質  
→ 耐高温高湿、耐PID
- ・酸化物のコーティング技術(ガラス、セル)  
→ 防汚、反射防止、耐高温高湿、耐PID
- ・新規部材、新構造 等



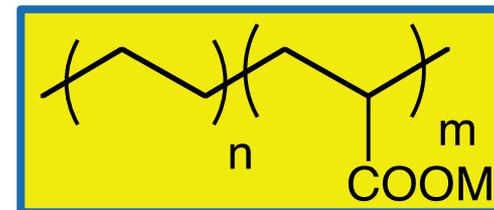
封止材の複合化による高信頼性化(耐PIDと耐DH試験)

# 封止材の複合化と改質

## 複合封止材

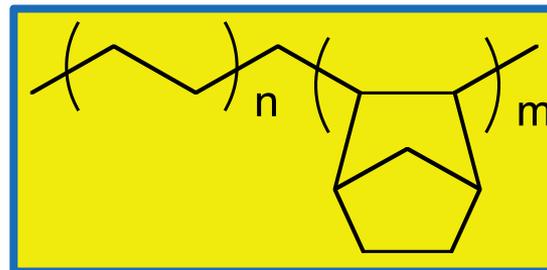


ポリエチレン (PE)



アイオノマー (IO)

+

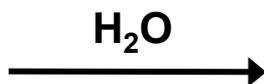
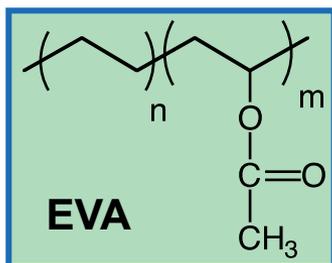


COC

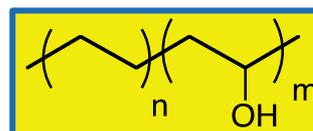
薄膜を導入

高体積抵抗率、低吸湿性、高水蒸気バリア性

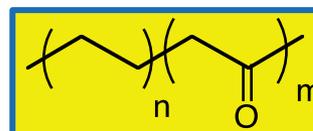
## EVAの改質



UV光  
183 nm, 254 nm



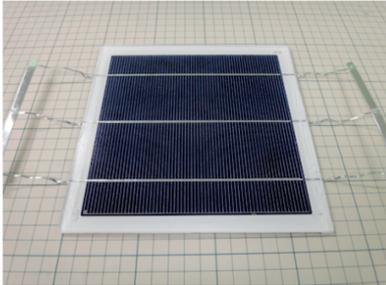
+ CH<sub>3</sub>COOH



+ CH<sub>3</sub>CHO

脱酢酸

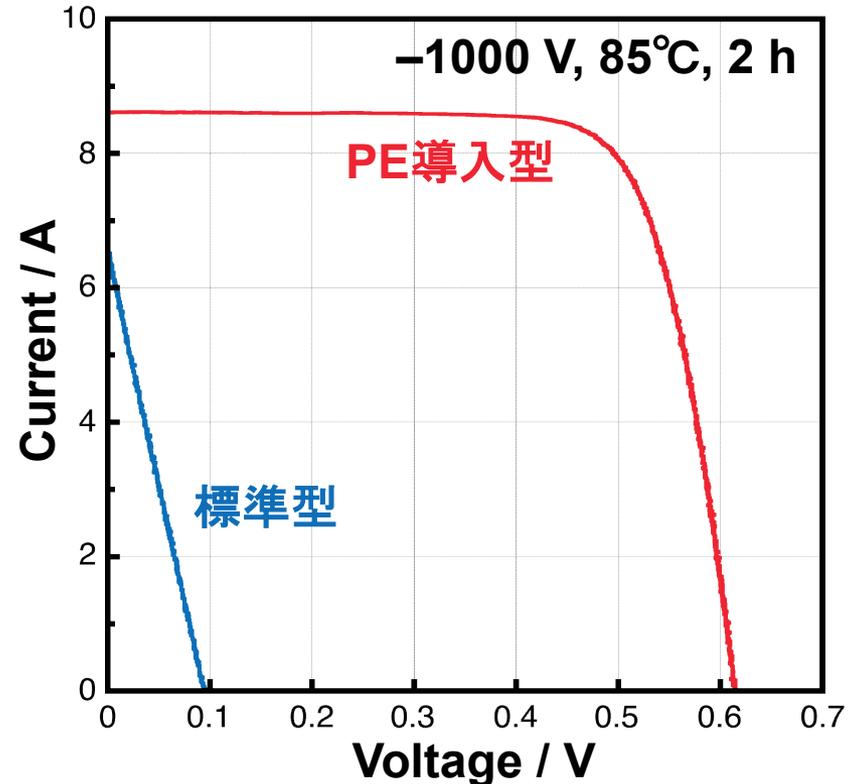
# PID試験・PE薄膜導入型



p型ベース多結晶Si PVセル (156mm角)



**-1000 V, 85°C, 2 h**  
(湿度の制御なし)



**PE導入型 → PID劣化なし (IO, COCも)**

# ポリマーの体積抵抗率とリーク電流値

ポリマー	体積抵抗率 / $\Omega \text{ cm}$	リーク電流 / $\mu\text{A}$
EVA	$1.5 \times 10^{14} \text{ a}$	5.9–6.3
Ionomer	$8.8 \times 10^{16} \text{ b}$	0.3–0.9
ポリエチレン (PE)	$1.8 \times 10^{17} \text{ a}$	<0.2

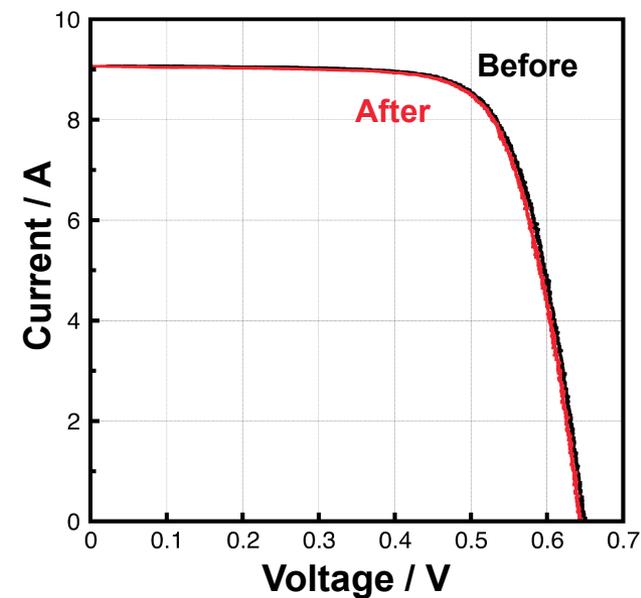
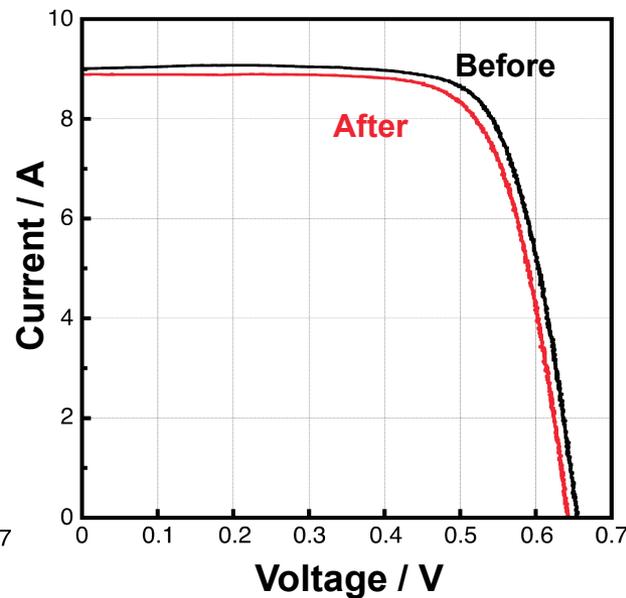
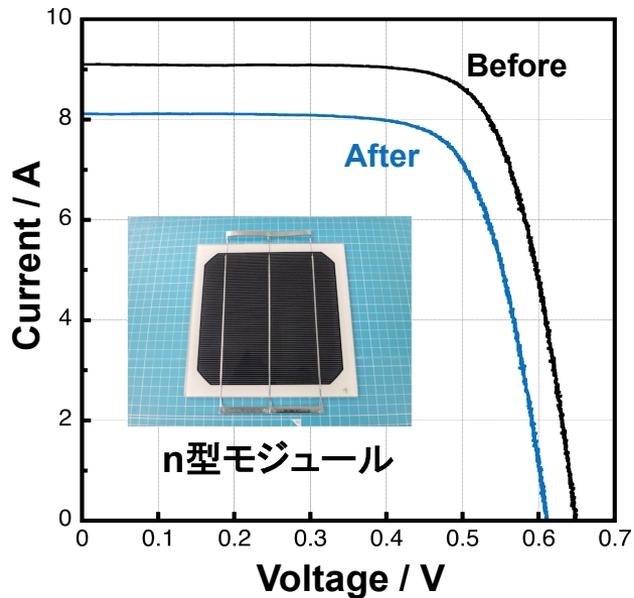
a Hara et al., RSC Advances, 5, 15017 (2015).

b 「太陽電池に用いられるフィルム、樹脂の高機能化とその応用」、技術情報協会、p.274.

リーク電流値は体積抵抗率に反比例

高体積抵抗率の薄膜導入によりPID抑制が可能 (p型)

# PID試験・n型Siセル (AIST法)



PID試験条件: -1000 V, 85° C, 2 h

PE、COC → PID劣化を抑制

# Damp-heat (DH)試験



環境試験機（エスペック製）

- ・ 試験モジュール  
c-Siセル（p型ベース）  
白板強化カバーガラス, EVA,  
バックシート (PVF/PET/PVF)  
（AIフレーム無し）
- ・ 試験条件  
温度85°C + 湿度85%, 4000 h

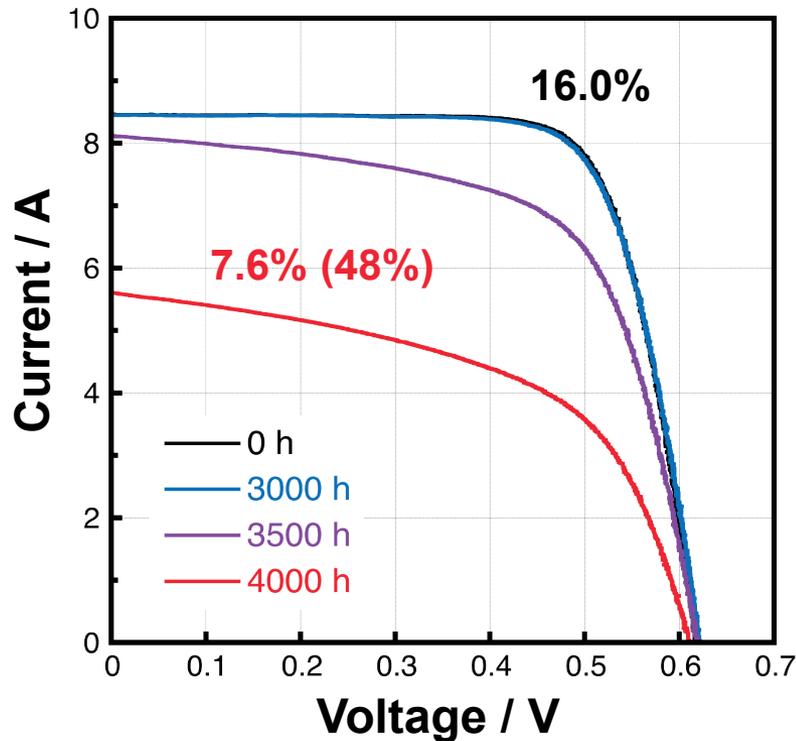
長期屋外曝露モジュールとの比較  
（モジュール中の酢酸生成量）



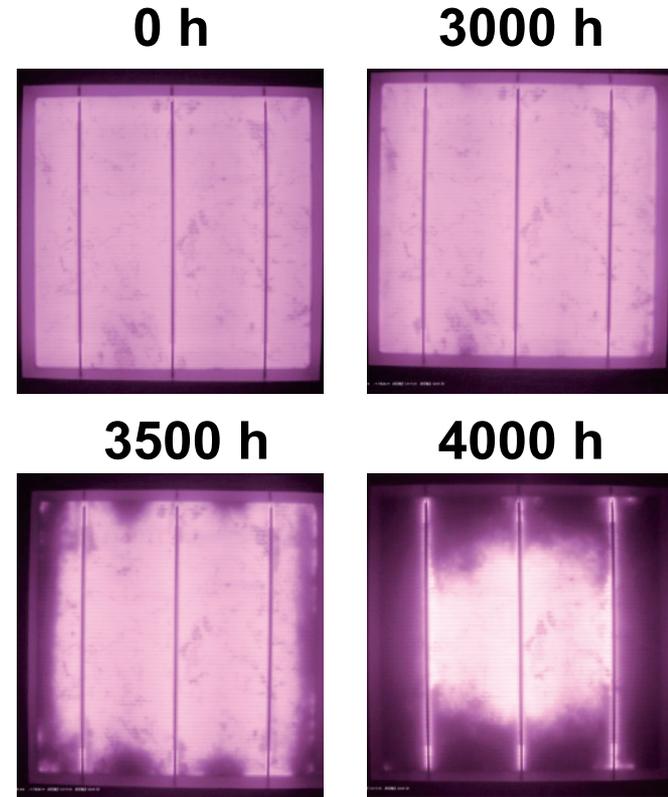
**DH 4000 h = 屋外曝露・約30年**

Masuda et al., Proc. 29th EU PVSEC, 2566 (2014).

# DH試験結果・標準型モジュール



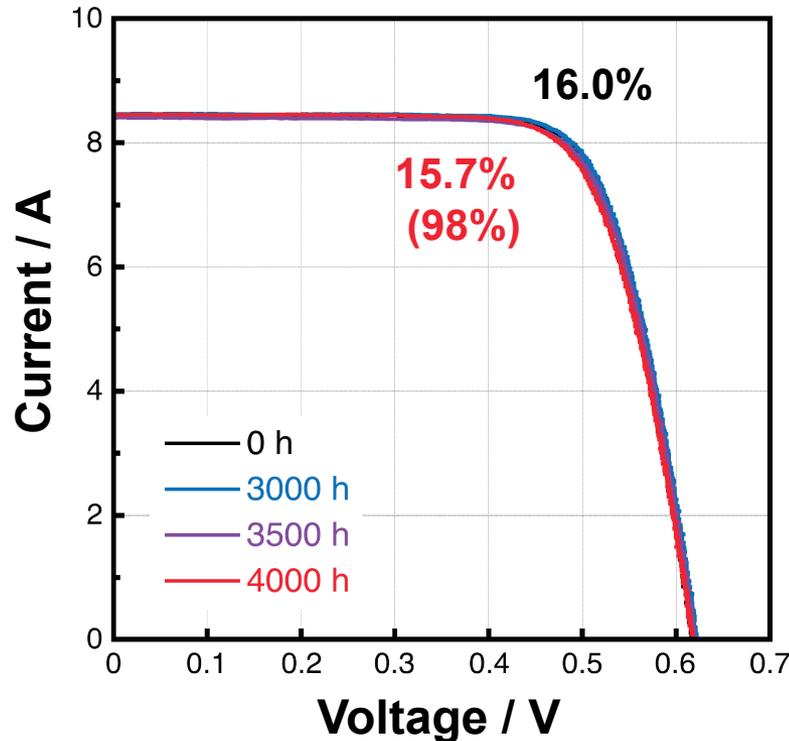
## EL画像の変化



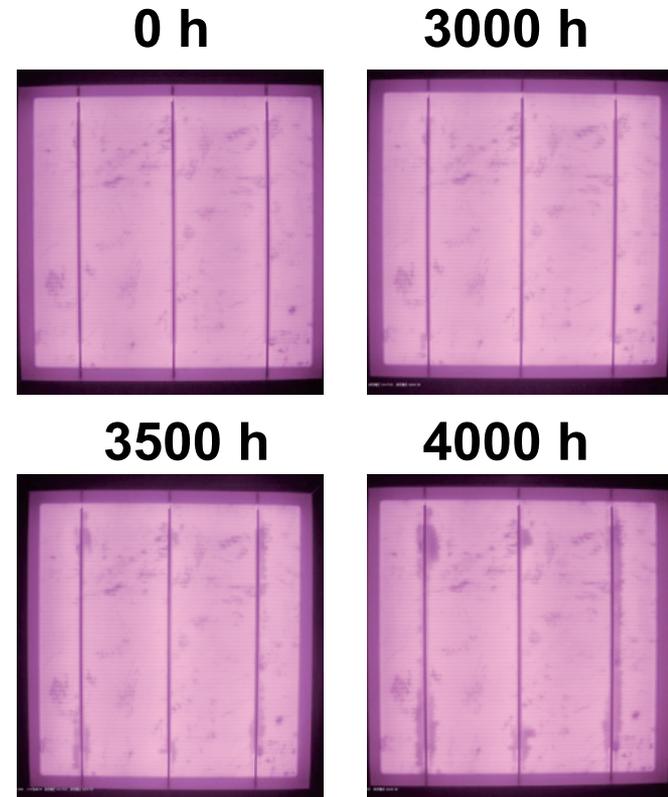
酢酸による電極の腐食が原因

Peike et al., SOLMAT 116, 49 (2013).

# DH試験結果・PE導入型モジュール

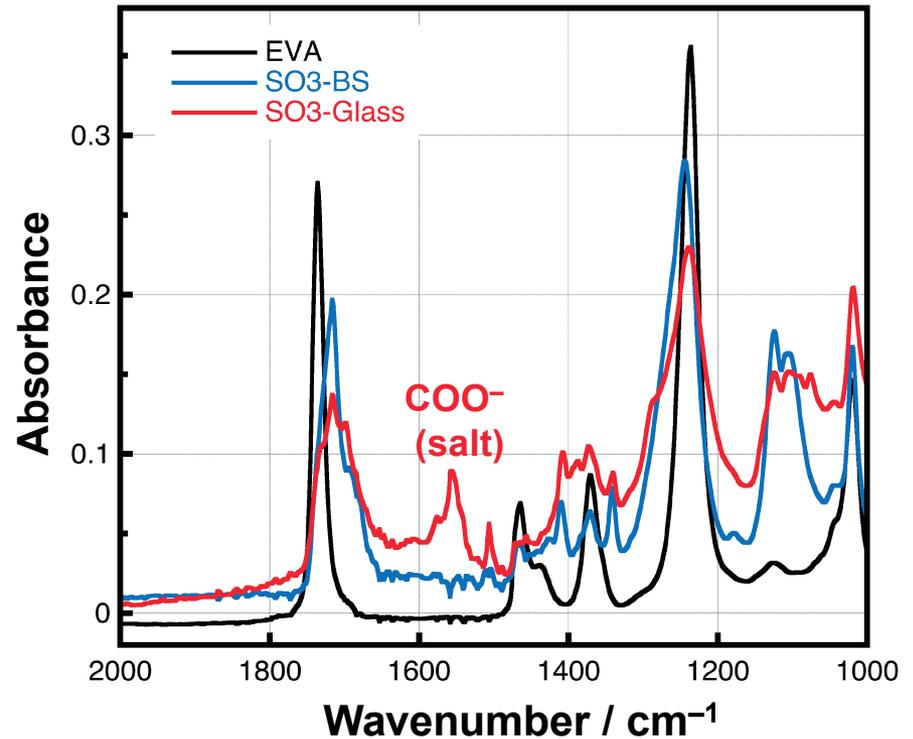
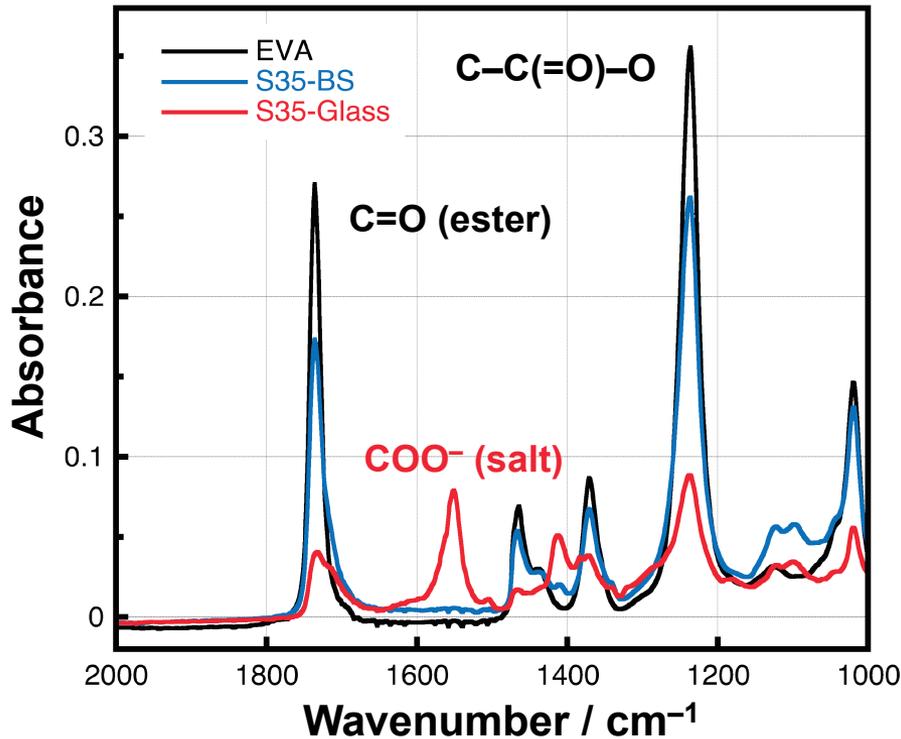
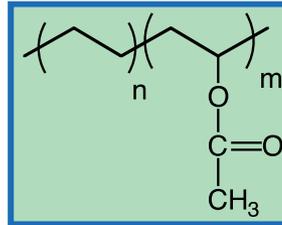


## EL画像の変化



**DH 4000でもほぼ劣化なし  
(屋外曝露の30年相当)**

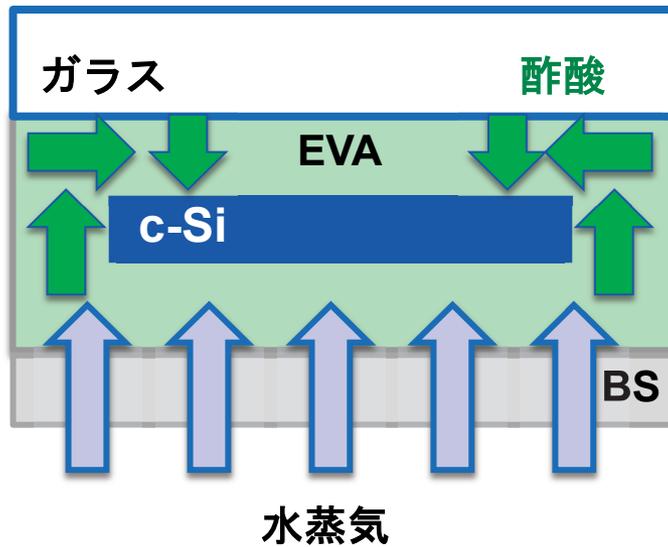
# ATR-FT-IR吸収スペクトル



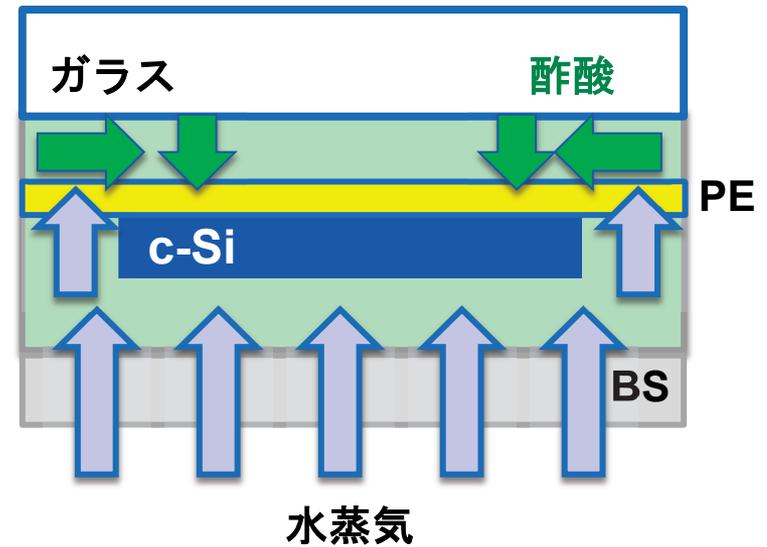
DH 4000 h → カルボン酸（酢酸）塩の生成を確認（ガラス側）

# DH試験・劣化メカニズム

(a) 標準型



(b) PE導入型



長期的にはバックシート (PVF/PET/PVF) から水蒸気が浸入

Kempe, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 90, 2720 (2006).

**PE薄膜が酢酸の電極への拡散を抑制か？**

# DH試験・加速劣化

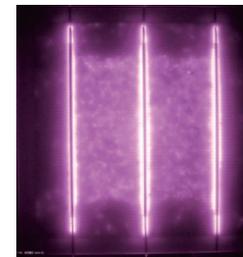
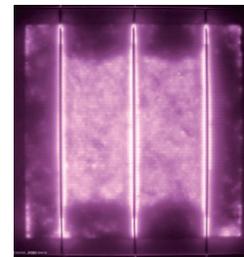
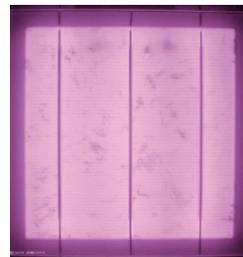
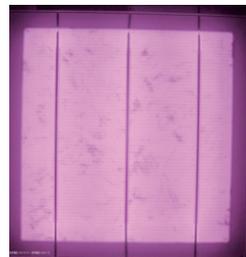
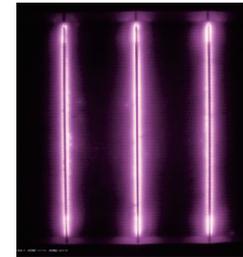
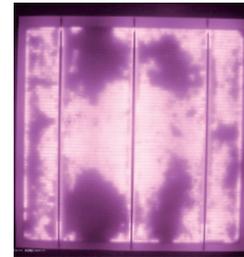
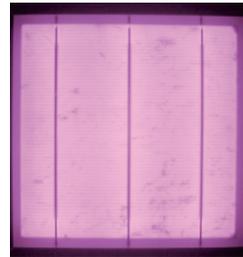
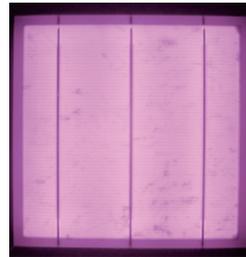
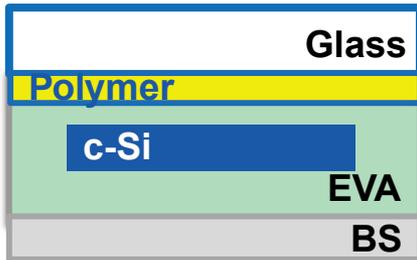
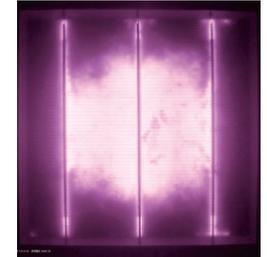
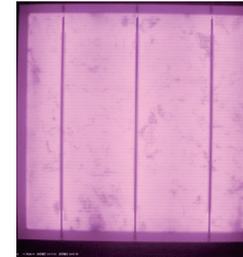
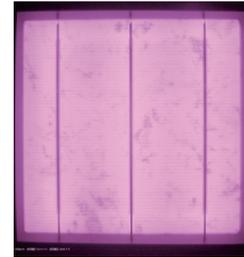
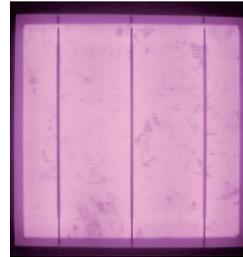
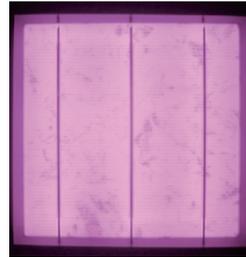
DH0

DH1000

DH2000

DH3000

DH4000



一部のポリマー薄膜導入、改質EVA → 劣化を加速

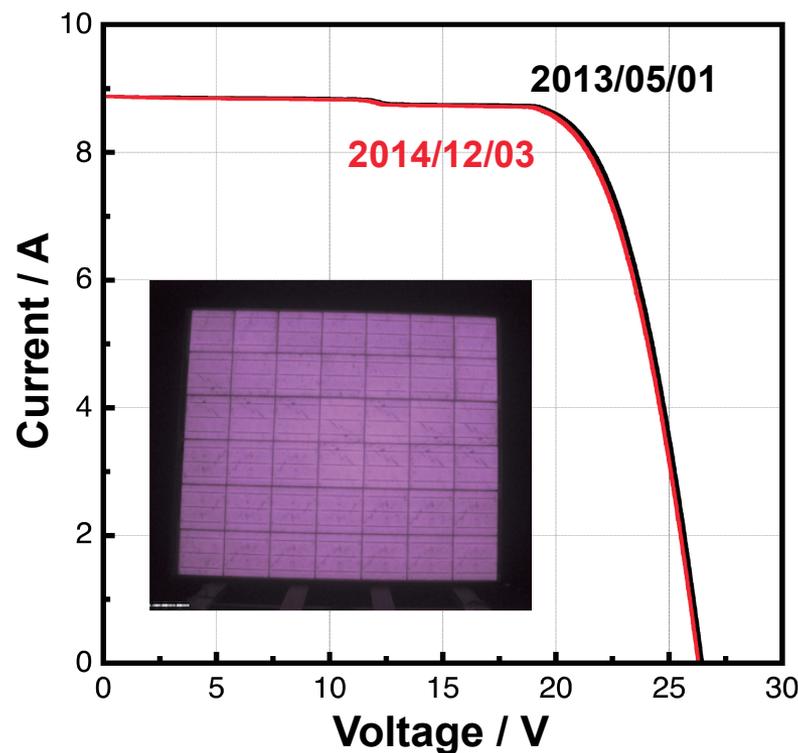


# 屋外曝露試験・ポリマー導入モジュール



各種ポリマー薄膜導入モジュール  
(部分的に導入)

屋外曝露での信頼性を確認



屋外曝露・約2年経過

→ 屋内DH試験と屋外曝露条件との相関関係の解明

# まとめ

## 封止材の複合化(PE薄膜などの導入)

- ・高いPID耐性
  - 高体積抵抗率により $\text{Na}^+$ 等の拡散を抑制
- ・高温高湿劣化を抑制(DH試験)
  - 酢酸の電極への拡散、腐食を防止
- ・一部のポリマー薄膜導入、改質EVA
  - 高温高湿劣化を加速



**低コストの信頼性向上技術の可能性**

他) 封止材EVAの代替(アイオノマー、シリコーンなど)

# 謝辞

- **タマポリ株式会社**  
但馬 洋平 氏、海部 昌志 氏  
(ポリエチレン、アイオノマーフィルムの提供)
- **日清紡メカトロニクス株式会社**  
仲濱 秀齊 氏 (COCフィルムの提供)
- **信越化学工業株式会社**  
大和田 寛人 氏、降旗 智欣 氏  
(シリコンフィルムの提供)
- **産業技術総合研究所**  
増田 淳 氏、城内 紗千子 氏、白澤 勝彦 氏