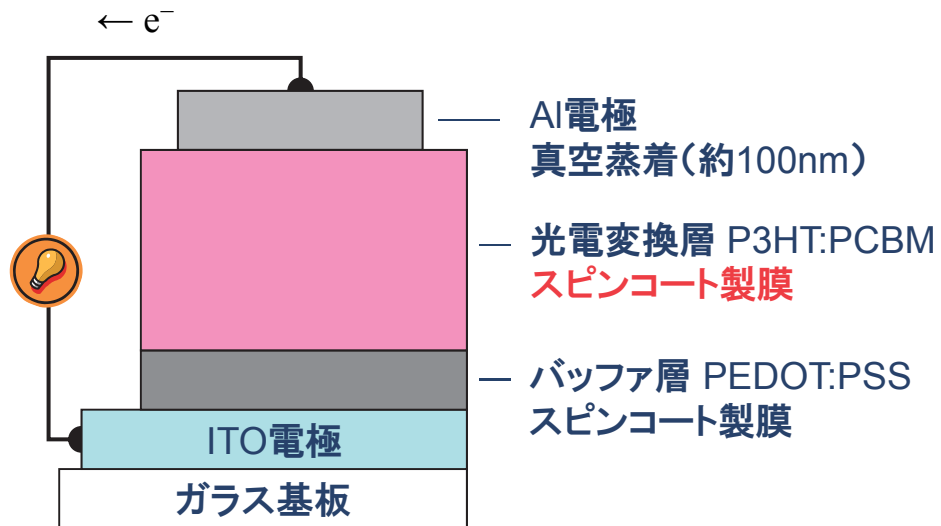


高分子系有機薄膜太陽電池の 研究開発

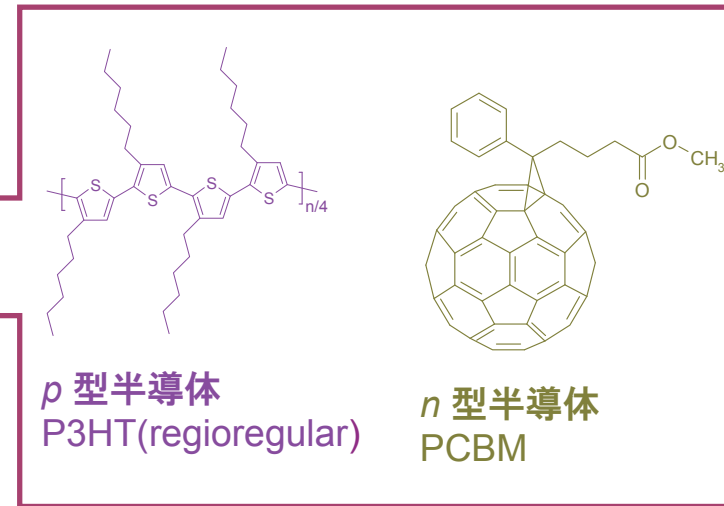
太陽光発電工学研究センター
先端産業プロセス・低コスト化チーム

山成敏広

高分子系有機薄膜太陽電池




 ソーラーシミュレータ
 AM 1.5 G, 100 mW/cm²



塗布型有機薄膜太陽電池

☆ 塗るだけで作製できる → 低コスト

● エネルギー変換効率

➤ 約8% (Liang et al. *Adv. Mater.* 2010, 22, 1-4)

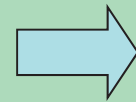
● 安定性(耐久性)

➤ 劣化要因も含めて未解明

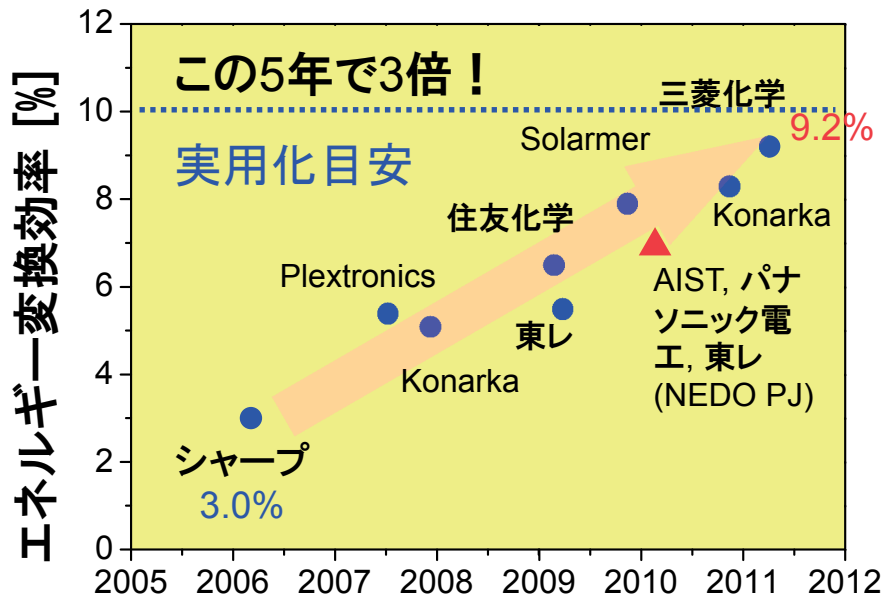
有機薄膜太陽電池研究開発の動向

トレンド: 新規材料開発による高効率化

国内企業の研究開発への参入も活発化
 実用化の目安となる10%の達成も間近



「実用化へ」
 高まる期待



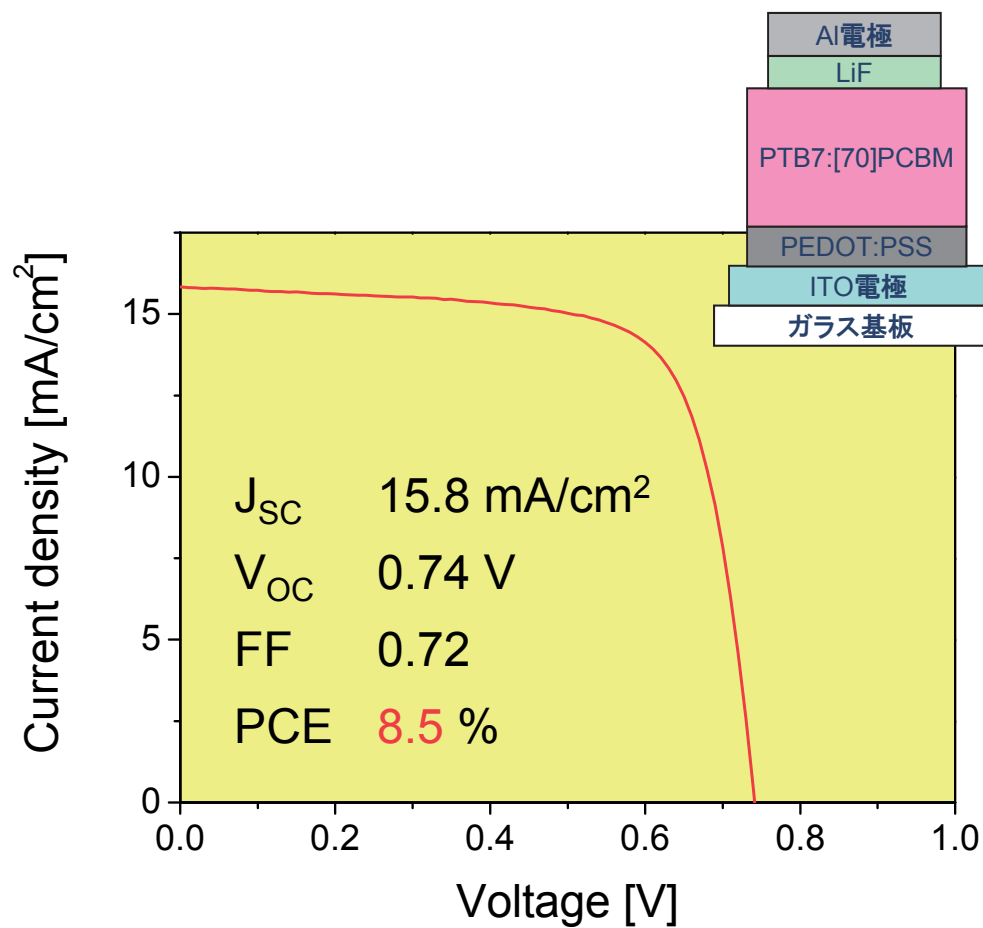
米国・ベンチャー

Konarka 8.3% (2010.11)
 Solarmer 7.9% (2009.11)
 Plextronics 5.4% (2007.7)

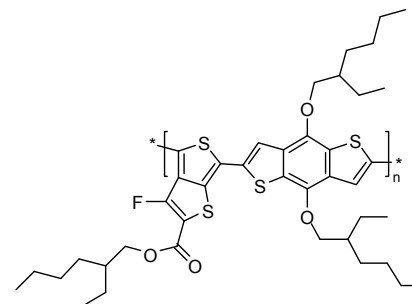
日本

三菱化学 9.2% (2011.4)
 住友化学 6.5% (2009.2)
 東レ 5.5% (2009.3)

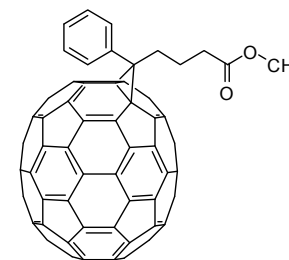
新規高分子材料の導入 PTB7:[70]PCBMセル



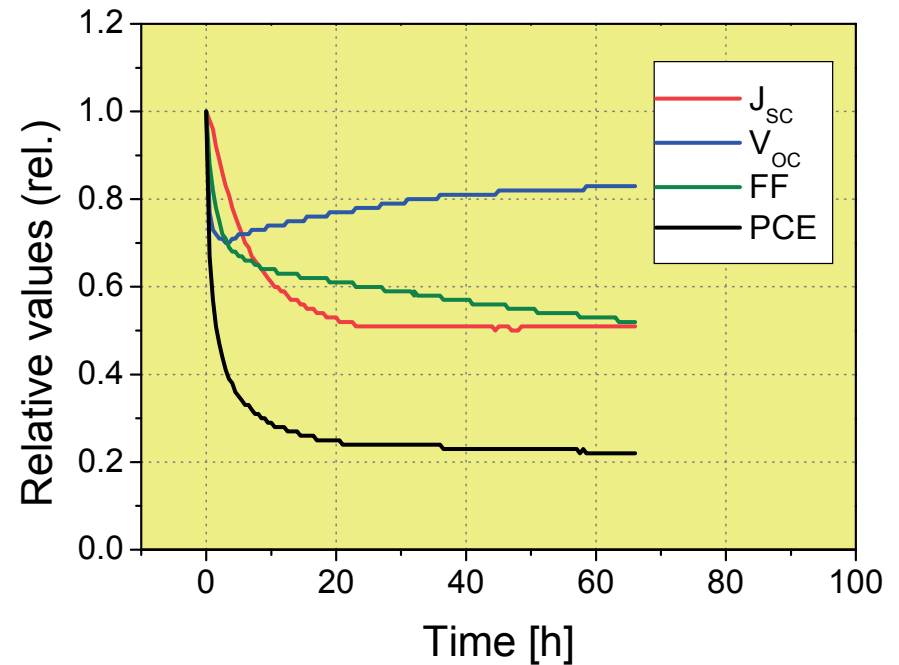
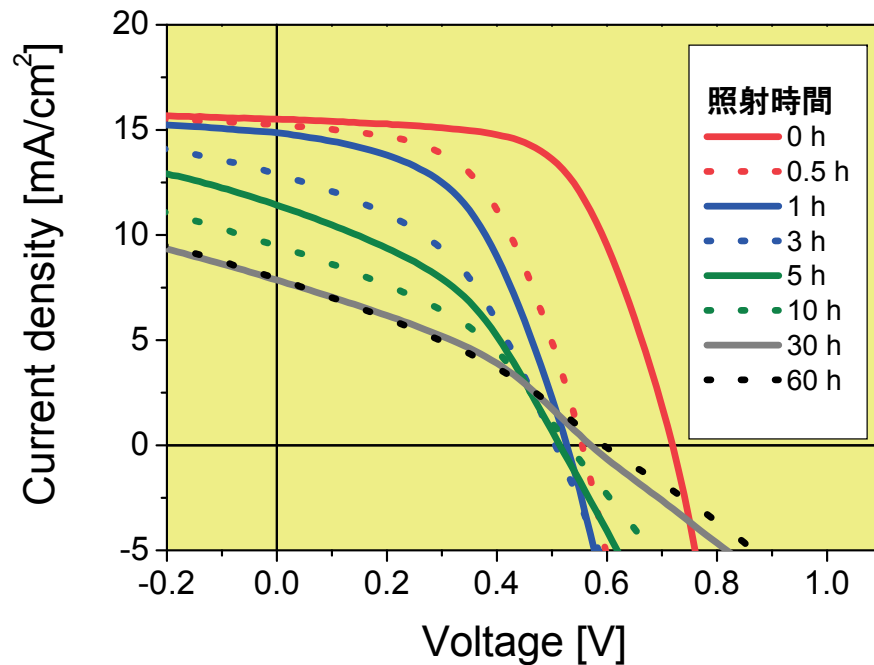
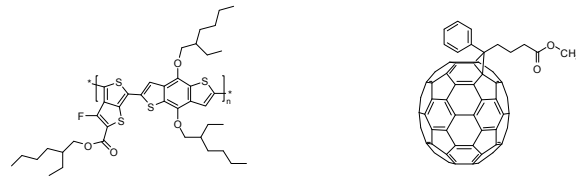
PTB7 (Solamer社開発高分子)



[70]PCBM



PTB7:[70]PCBMセル 光安定性



疑似太陽光照射30時間で初期の20%にまで変換効率が低下。
 高効率ではあるが、安定性は低い。 → 実用化には高耐久化が必須。

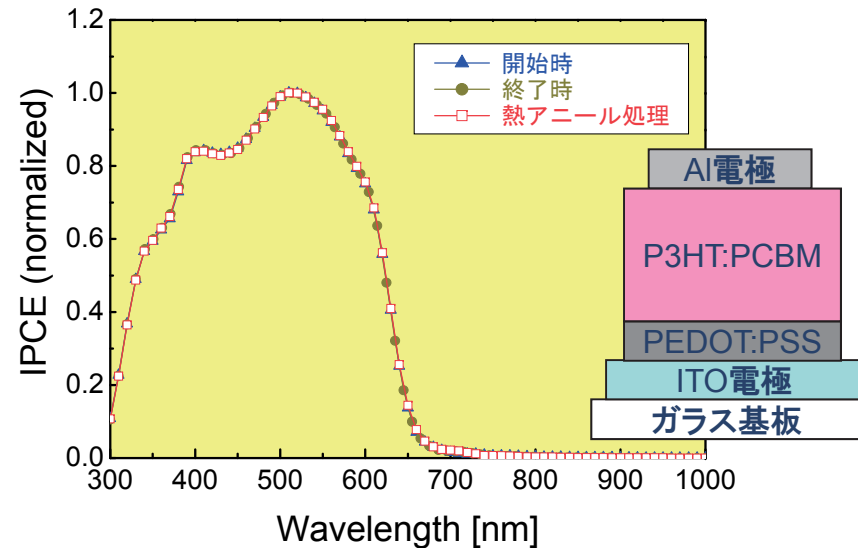
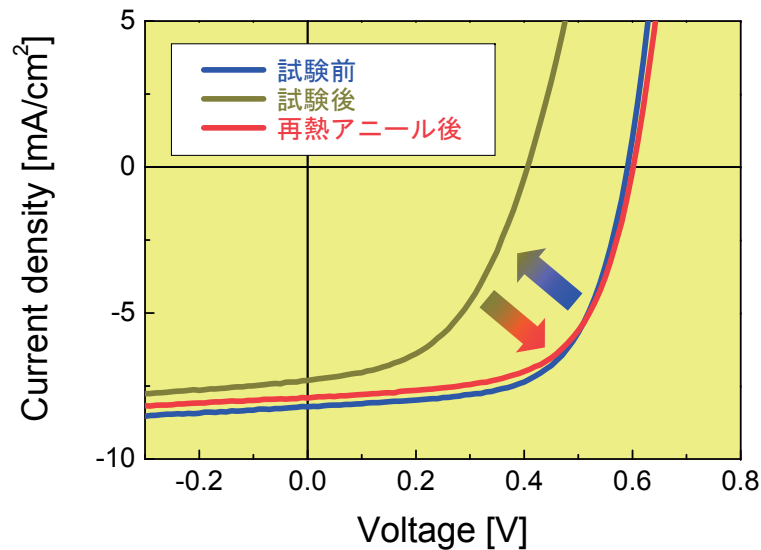
光照射による特性低下の研究

1. 光照射(AM1.5G, 1sun)による劣化

2. 照射光波長依存性

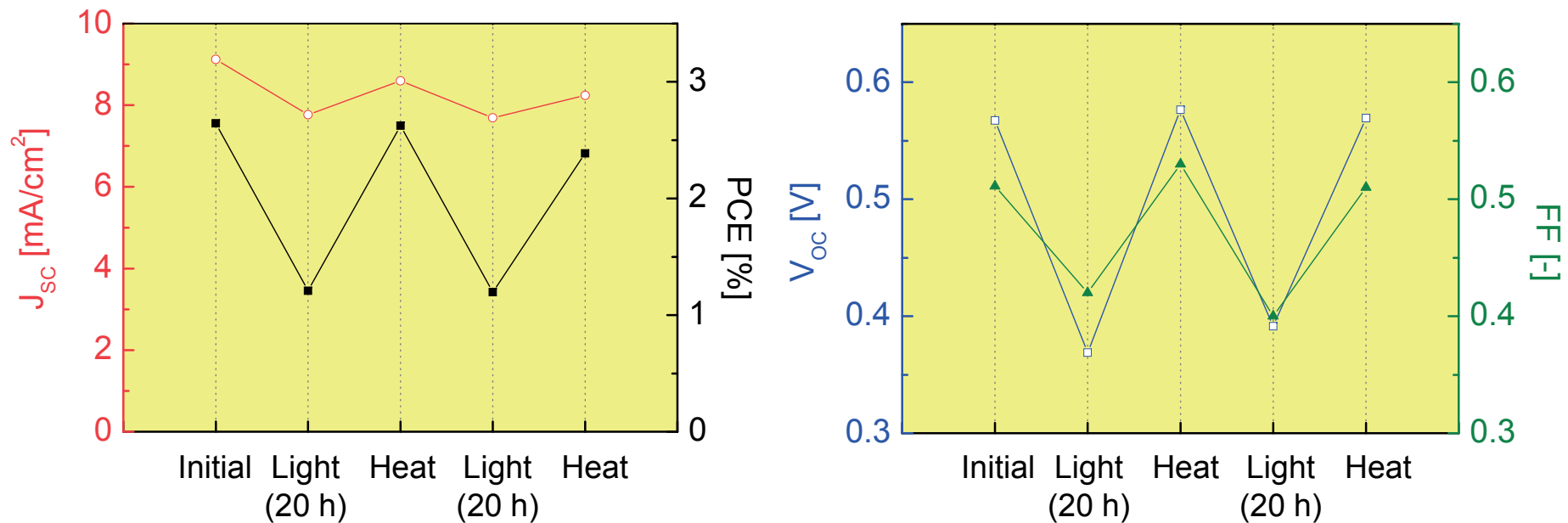
- 単色光照射による波長依存性の評価
- カラーフィルタによる特性低下の抑制

P3HT:PCBMセルの光照射による発電特性低下と、熱処理による特性回復



- N₂雰囲気下、試験50時間で変換効率(PCE)は約40%まで低下した。
- V_{OC}とFFの低下が顕著であり、J_{SC}の低下は軽微であった。
- 試験終了後に**熱アニール処理**を行うと、ほぼ完全に**太陽電池特性が回復した**。
- IPCEスペクトルの形状は変化が見られなかった。→**有機分子自身の分解はない**。

P3HT:PCBMの光照射効果：疲労(回復)特性



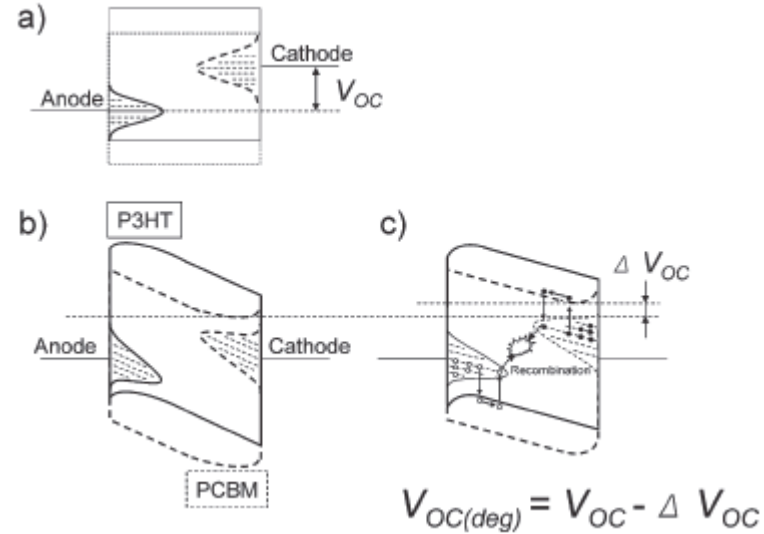
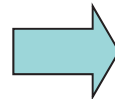
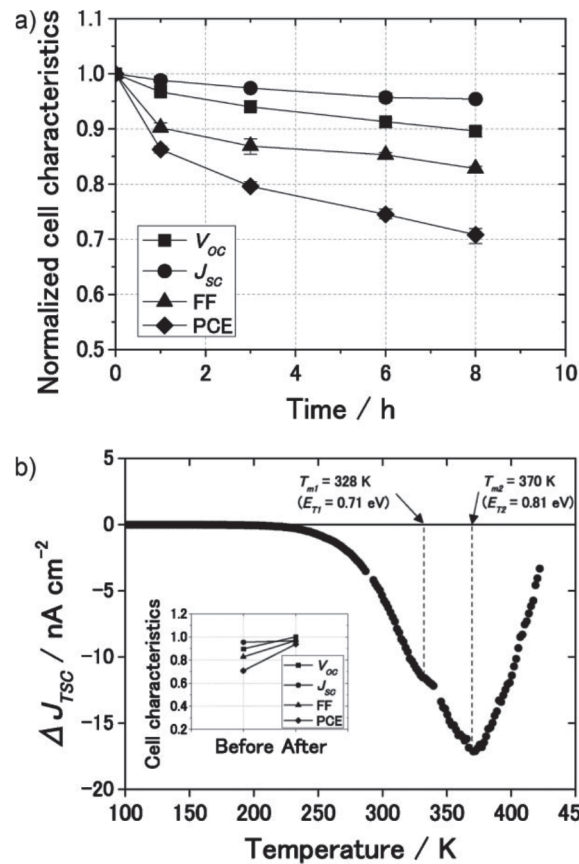
- 特性低下(光照射)→特性回復(熱処理) の現象は繰り返し観察される(可逆的)。
- ※常温(25°C付近)では回復は起こらない。

Yamanari et al., Conference Record of the 2010 IEEE 35th PVSC, 001628-001631 (2010)

熱刺激電流 (TSC) 測定によるトラップ解析

Kawano and Adachi, *Adv. Funct. Mater.* **2009**, 19, 3934-3940

[Glass/ITO/PEDOT:PSS(40nm)/P3HT:PCBM(1:0.7, 100nm)/Al(80nm)]

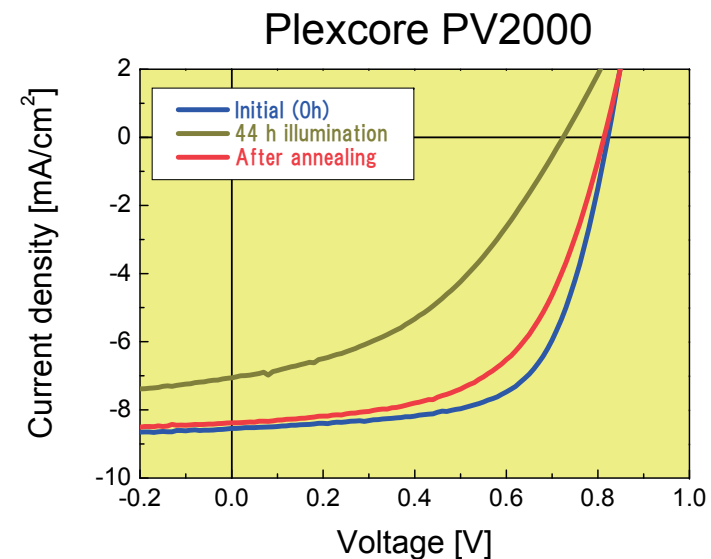
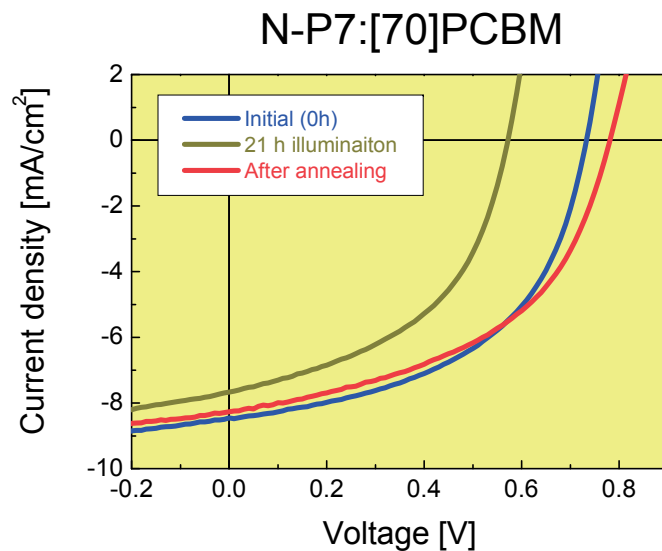
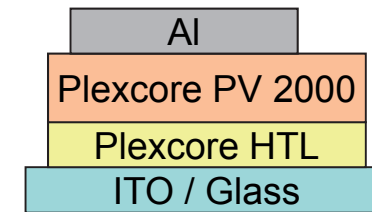
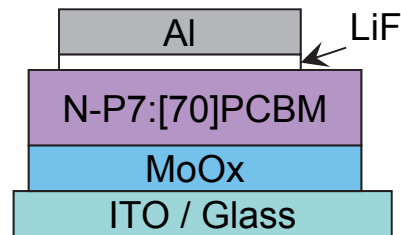
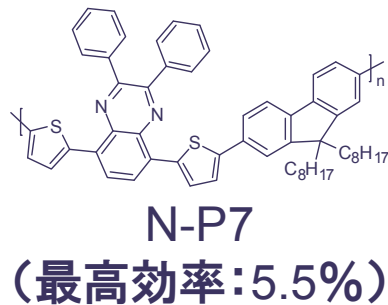


- ◆ 蓄積電荷量と発電効率低下に相関
- ◆ 界面トラップへの電荷蓄積によるVoc低下

P3HT:PCBM以外の材料系での光照射効果

光照射による特性低下と、熱処理による回復現象は同様に起こる。

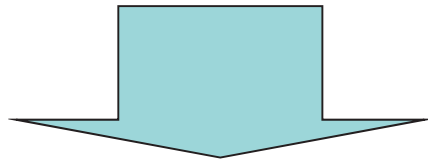
Yamanari et al., Conference Record of the 2010 IEEE 35th PVSC, 001628-001631 (2010)



照射光波長依存性

光照射による発電特性の低下に対する照射光の質(波長)の影響を調べる。

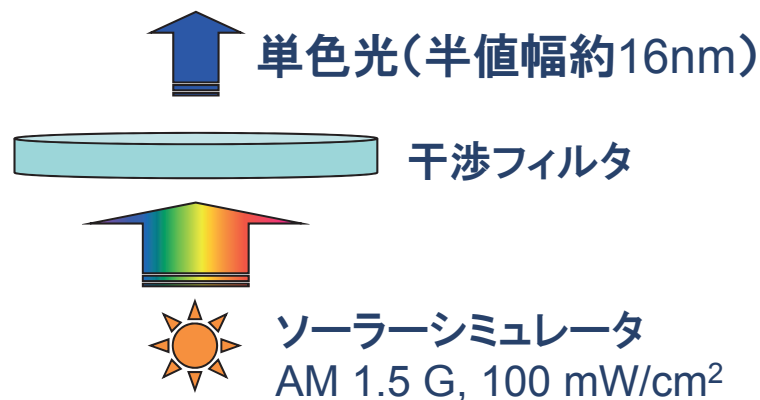
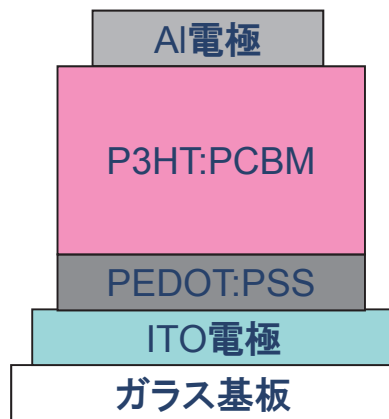
- 紫外線照射による有機分子の分解？
- 波長依存性はなく、発生したキャリアがトラップサイトに蓄積することで特性が低下？



- 単色光照射による波長依存性
- カラーフィルタによる照射光波長の選択(カットオフ)

実験方法 – 単色光照射試験

初期効率: 2.5-3.1%



干渉フィルタを用い、各波長の単色光を照射した。

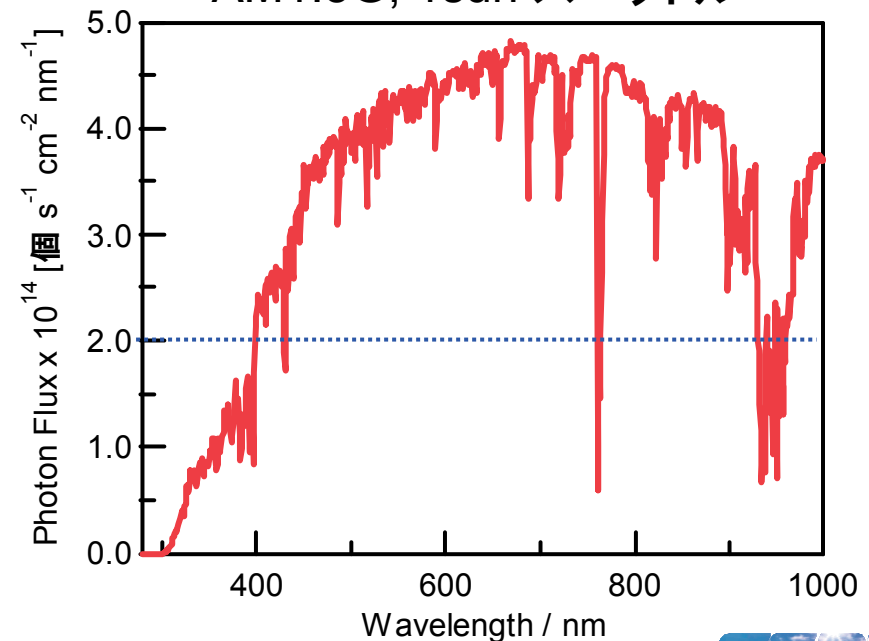
波長: 350, 410, 455, 505, 625, 740nm

照射光強度: 2×10^{14} 個/s/cm²/nm (80uW/cm²@500nm)

照射時間: 20時間

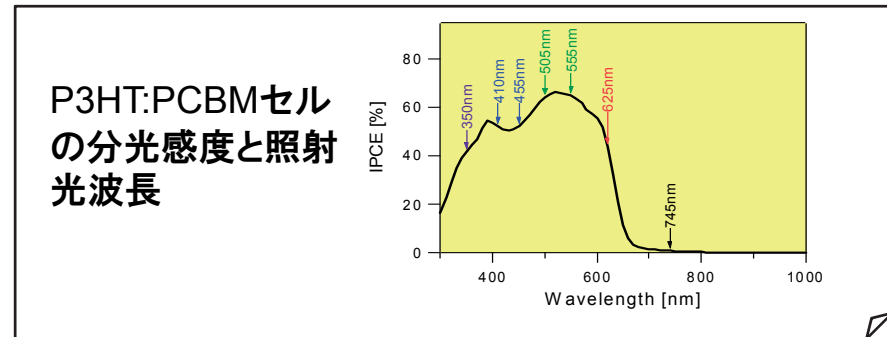
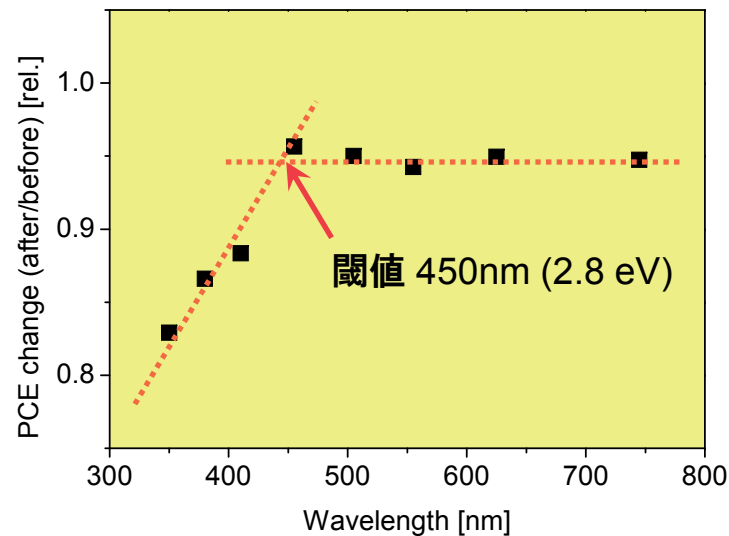
環境: 窒素ガス雰囲気、温度調整なし(30-35°C)

AM1.5G, 1sun スペクトル

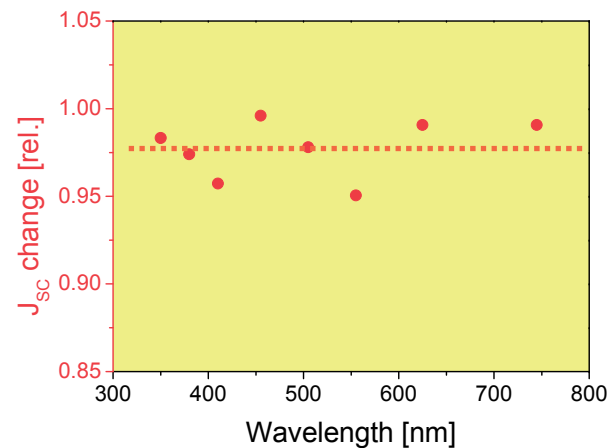
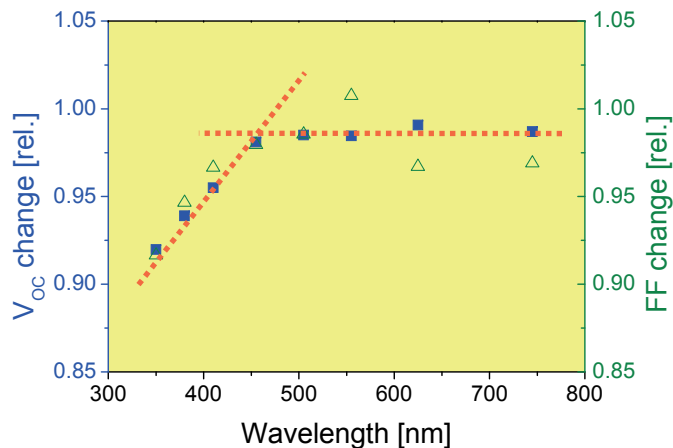


単色光照射によるセルの特性低下

変換効率PCEの低下率

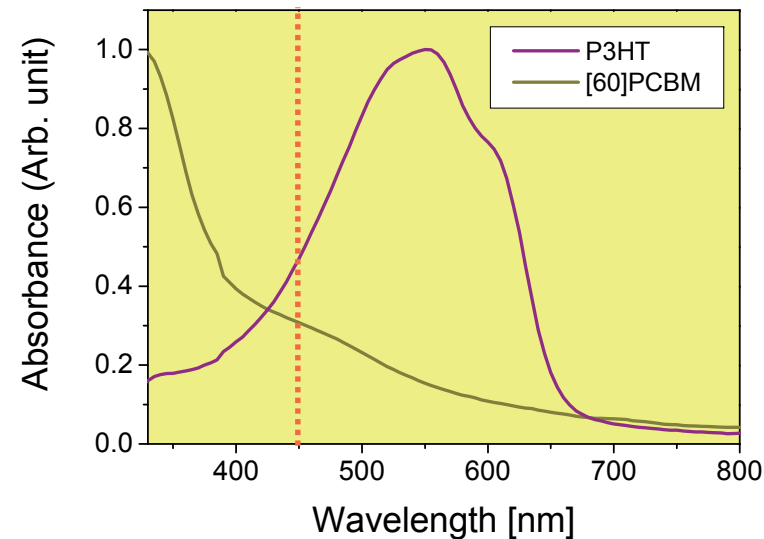
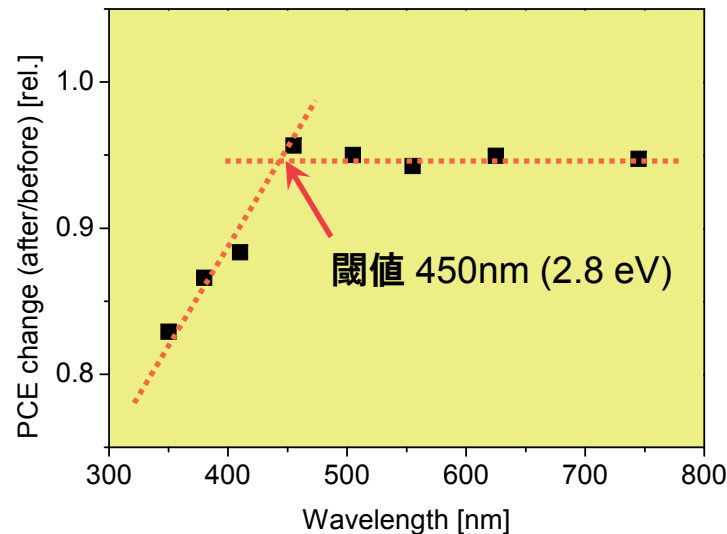


- 特性低下を引き起こす波長に閾値が見られた。
- J_{SC} の低下は波長依存性なし
 - 主にAl電極酸化による劣化



単色光照射によるセルの特性低下

変換効率PCEの低下率



- フラーレン誘導体[60]PCBMの吸収が強い領域の光を照射することによって、特性低下が起こっている可能性がある。
 - 紫外光照射によって[60]PCBMに化学変化が起こっているか確認が必要。
 - 特性低下が起こる閾値の材料依存性の評価が必要。

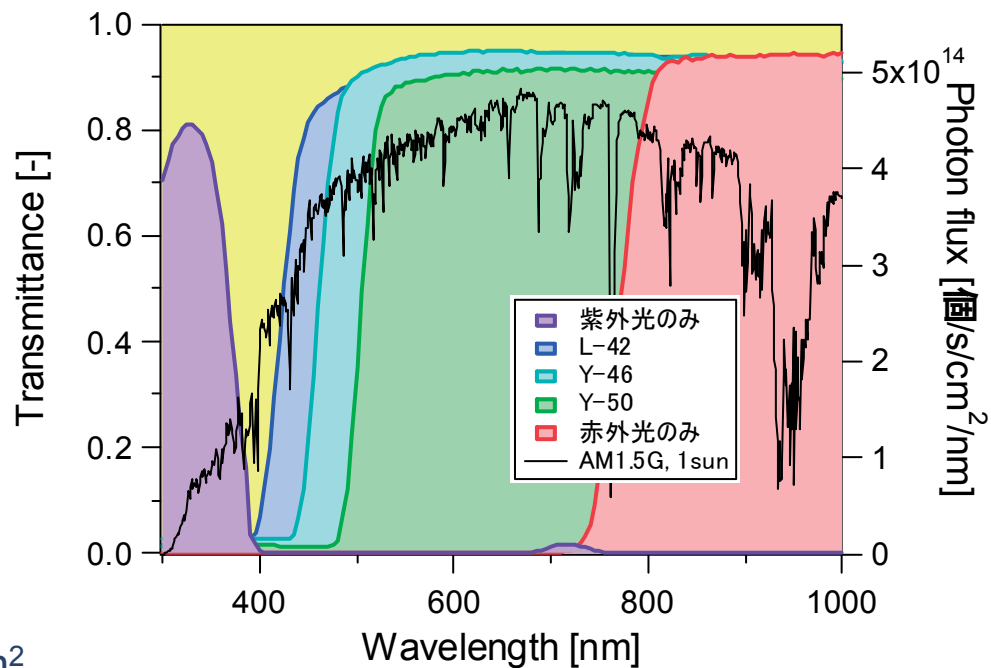
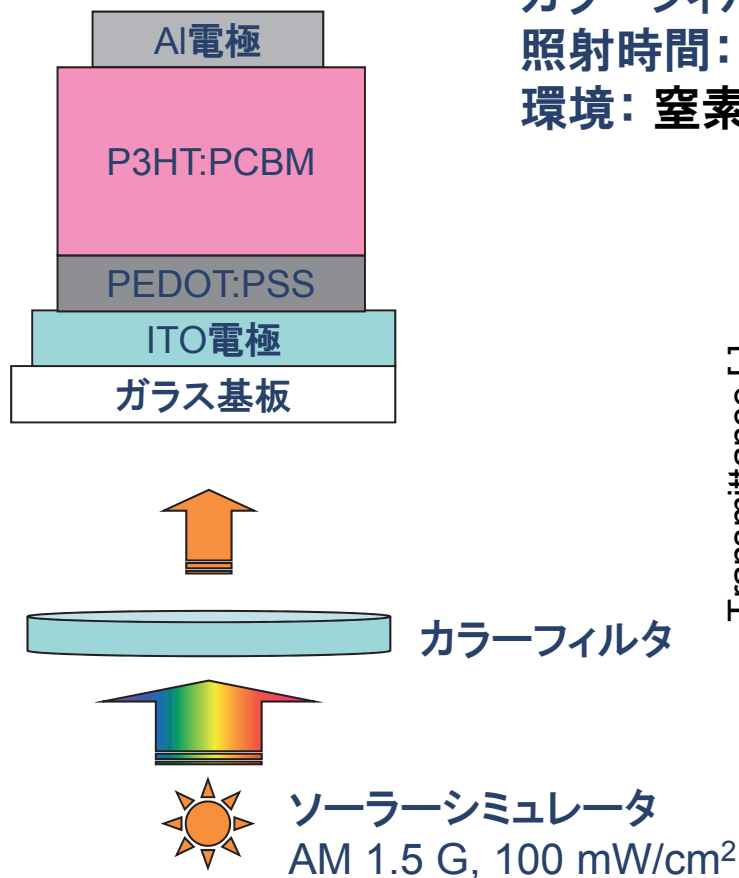
実験方法 – カラーフィルタによる照射波長制御

カラーフィルタを用いて、疑似太陽光の一部を照射した。

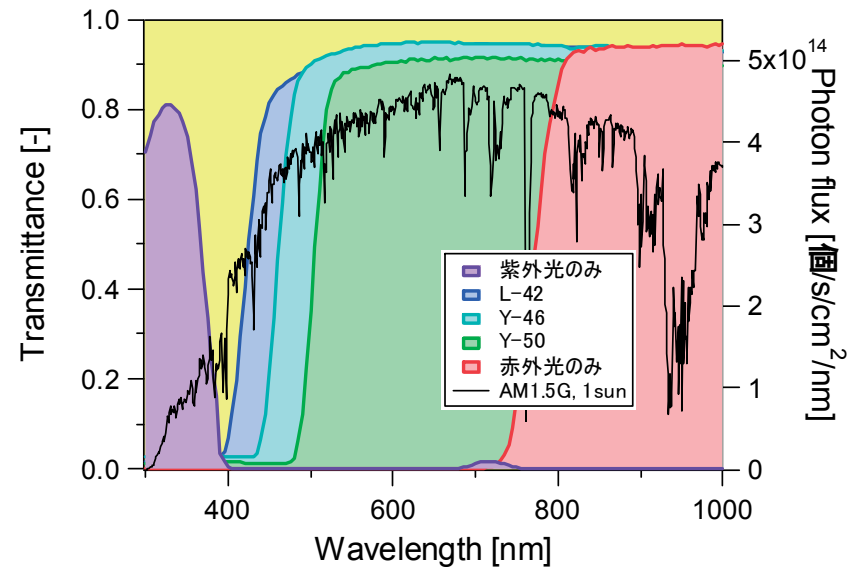
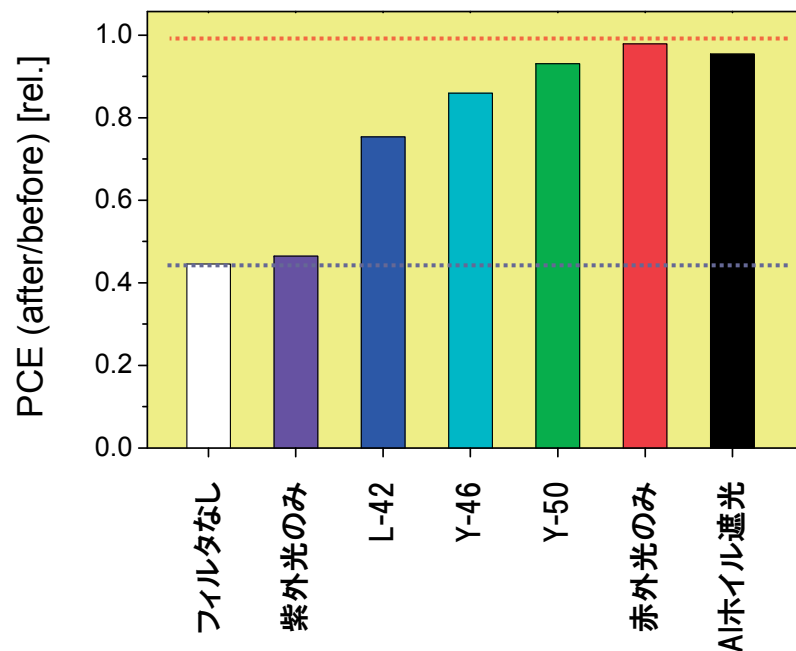
カラーフィルタ: 紫外光のみ, L-42, Y-46, Y-50, 赤外光のみ

照射時間: 20時間

環境: 窒素ガス雰囲気、温度調整なし(30-35°C)



カラーフィルタによる特性低下の抑制



1. 紫外光のみの照射により疑似太陽光照射時と同程度まで特性が低下した。
2. 閾値以下の波長をカットすることで、特性低下を劇的に抑制することが出来た。
3. 赤外光は特性低下に影響しなかった。

まとめ

1. 疑似太陽光照射による特性低下は、熱処理によって回復する。この現象は材料によらず観測された。
 - セル内へのキャリア蓄積が主要因と考えられる。
2. P3HT:PCBM系セルの光照射による特性低下には波長依存性があることが明らかとなった。閾値は <450 nm。

[今後の展開]

□ 波長依存性の起源解明

- 波長 <450 nmの光によってトラップサイトが生成→セル内へのキャリアの蓄積→特性低下