

有機太陽電池の種類

- 色素増感太陽電池
 - 酸化チタン粒子に有機色素を吸着させる：ウェットなシステム
- 有機薄膜太陽電池
 - 有機半導体材料の薄膜を利用：ドライなシステム

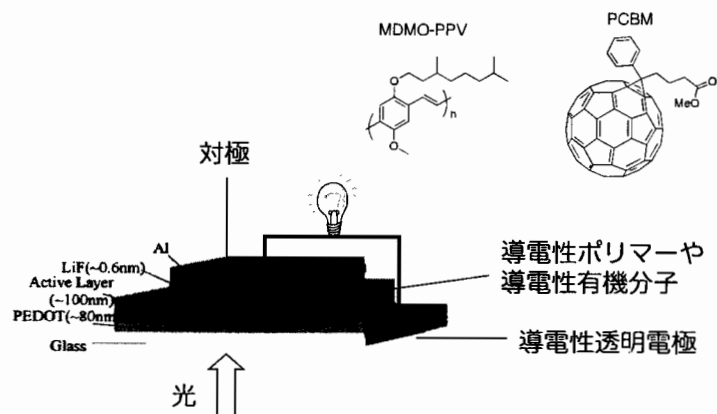
11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

25

有機薄膜太陽電池の構造

- 有機導電性薄膜の利用
 - プラスチック製太陽電池
 - サンドイッチ型太陽電池



11.9.16

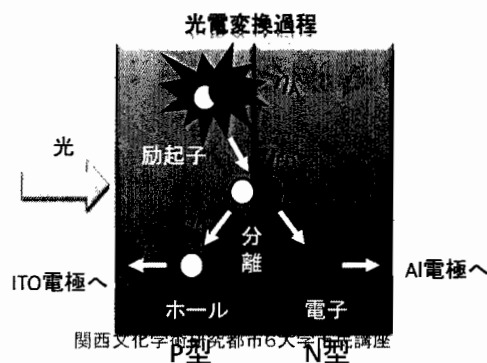
関西文化学術研究都市6大学市民講座

26

有機薄膜太陽電池の効率を決める4つの因子

➤ 光電変換効率 $\eta_{EQE} = \eta_A \cdot \eta_{ED} \cdot \eta_{CT} \cdot \eta_{CC}$

- ドナー(D)あるいはアクセプター(A)が光を吸収する効率(η_A)
- 光を吸収した分子(励起子)が、相手の分子と出会う効率(η_{ED})
- D/A界面での電荷分離による電荷キャリアの生成効率(η_{CT})
- 電荷キャリアの各電極への輸送と電極への注入効率(η_{CC})

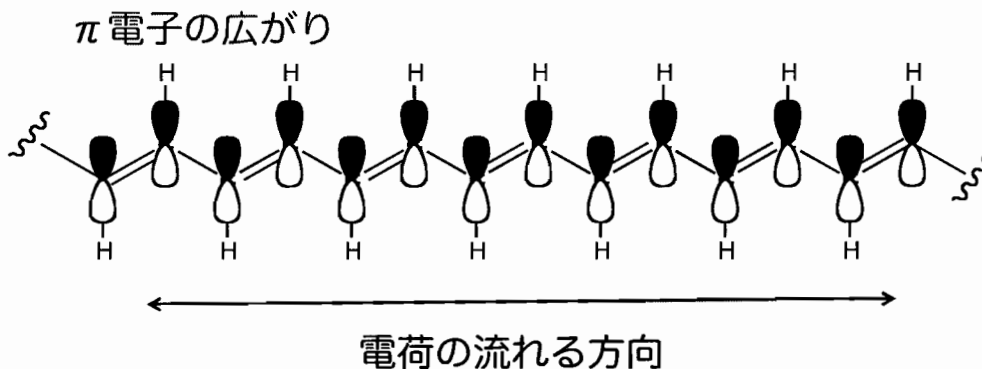


11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

27

導電性高分子



- 白川英樹先生、A. Heeger、A. MacDiarmid
- 2000年ノーベル化学賞
- 長所：塗布可能
- 短所：構造が一定でない

11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

28

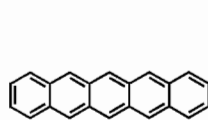
低分子有機半導体材料

P型半導体

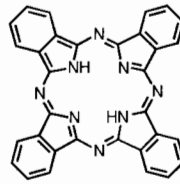
光があたると電子を渡しやすい

N型半導体

光があたると電子を受け取りやすい



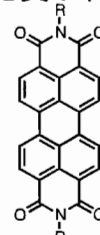
ペンタセン



フタロシアニン



フラーレン



ペリレンビスイミド

分子間の $\pi-\pi$ 相互作用

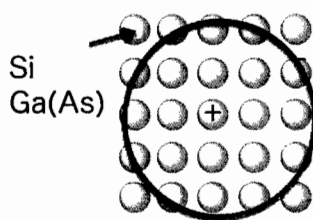


電荷の流れる方向

長所：高純度、分子構造が一定
結晶性薄膜、安定
短所：溶けない、塗布できない

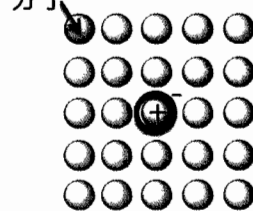
無機半導体 vs 有機半導体

ワニエ型
(無機半導体)



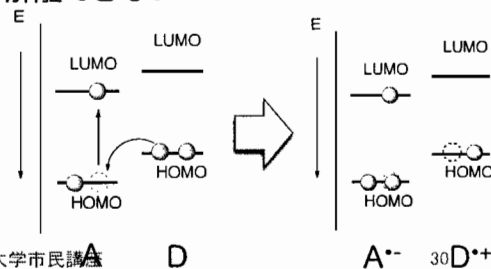
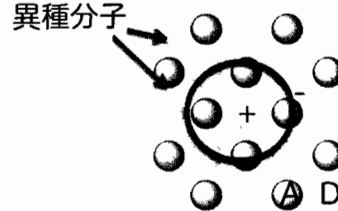
励起子軌道半径 16 nm
自由キャリアへ解離できる

フレンケル型
(有機半導体)



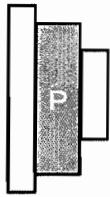
励起子軌道半径 1 nm
自由キャリアへ解離できない

電荷移動型
(有機半導体)



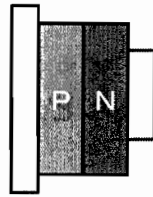
有機薄膜太陽電池開発の歴史

第1世代
ショットキー
接合型



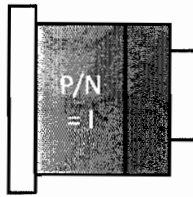
1964年
(Delakote)
~1%

第2世代
平面ヘテロ型
(pn型)

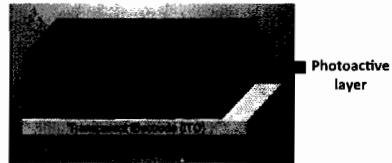


1986年
(Tang)
~3%

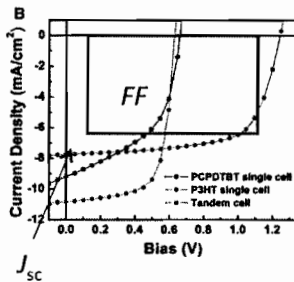
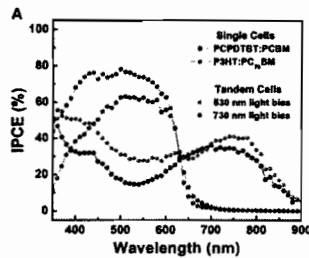
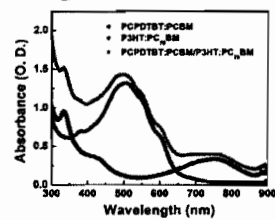
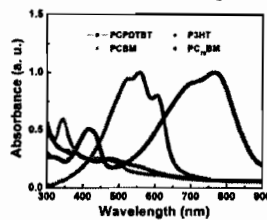
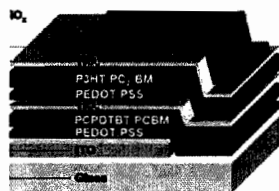
第3世代
バルクヘテロ型



1991年
(Hiramoto)
~8%



タンデム型太陽電池 by Heeger



$J_{sc} = 7.8 \text{ mA/cm}^2$, $V_{oc} = 1.24 \text{ V}$,
 $FF = 0.67$, $\eta = 6.5\%$

Science, 2007, 317, 222-225

世界最高の変換効率

- 5-6%を理論値20% (実質10-15%) に
 - Polymerの改良：エネルギーギャップを太陽光にあわせる ×1.5
 - モルフォロジーの改良 ×1.25
 - V_{oc} を上げる (HOMOレベルを上げる) ×1.5
 - タンデムセルにする ×1.5

本日の内容

- 奈良先端大の紹介
- 太陽電池の現状
- 有機太陽電池とは
- 私たちの研究

11.9.16

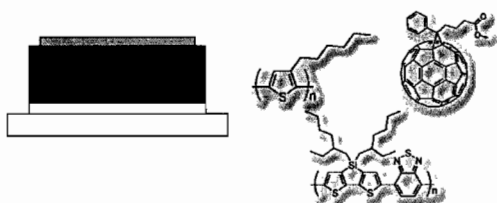
関西文化学術研究都市6大学市民講座

33

高分子 vs 低分子

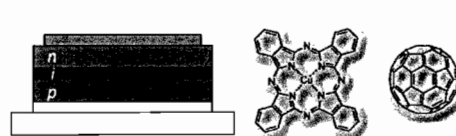
高分子 塗布系

バルクヘテロ構造



低分子 蒸着系

p-i-n 構造



→現在の主流はバルクヘテロ構造

- ・緻密な構造制御が難しい
- ・結晶性が低く、移動度が低い

→電荷移動度が高い

- ・難溶性のため蒸着法が主流
- ・バルクヘテロ構造の制御が困難
- ・材料が限定されている
- ・塗布法は数例のみ

11.9.16

実用化には 10~15%が必要

関西文化学術研究都市6大学市民講座

34

低分子有機薄膜太陽電池への期待

- ▶ tailor-madeで設計・作製可能な新たなナノ構造薄膜作製技術の確立
- ▶ 精密な構造制御が可能
- ▶ 無限の化合物シリーズ
 - フタロシアニン, フラーレン以外の様々な材料が可能
 - 自由な分子設計

大きな飛躍には化合物のブレークスルーが必要

11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

35

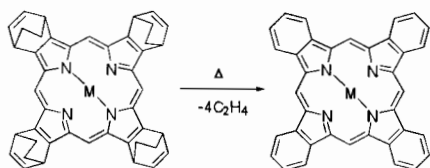
前駆体法による塗布型低分子材料

- ▶ 可溶性前駆体の利用～顔料としての利用

変換型の特徴

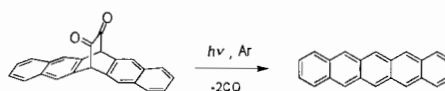
- ▶ 熱または光の作用により構造と機能の変換を伴う
- ▶ 顔料の結晶性薄膜が塗布で得られる
- ▶ 積層構造デバイスの作成が可能

熱で変換可能なベンゾポルフィリン前駆体



S. Ito and N. Ono *et al.*, *Chem. Comm.* 1998, 1661

光で変換可能なペンタセン前駆体



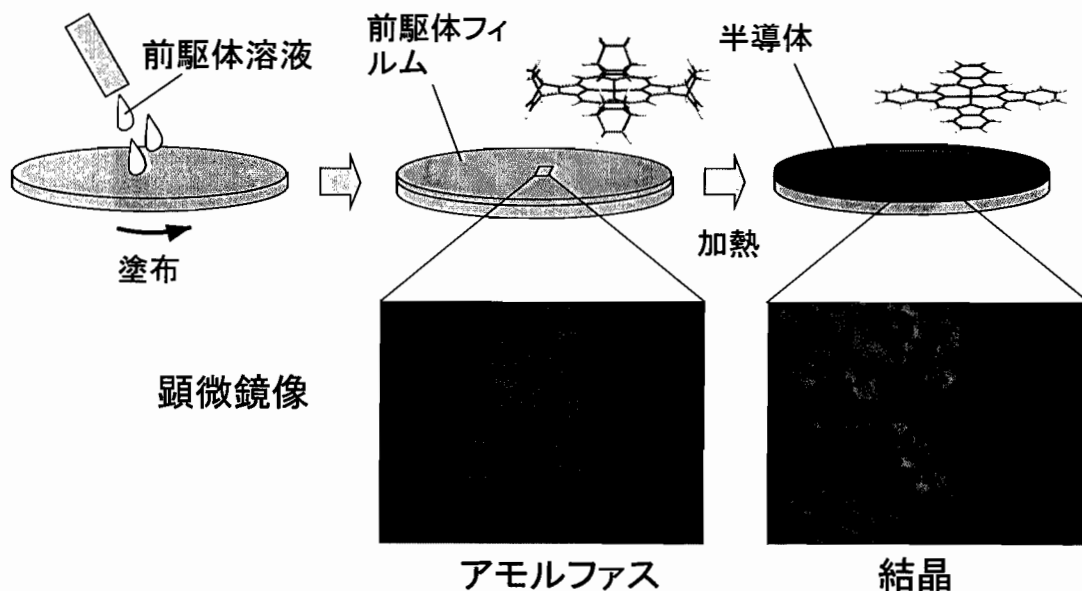
H. Uno *et al.*, *Tetrahedron Lett.* 2005, 49, 1981.
H. Yamada *et al.*, *Chem. Eur. J.* 2005, 11, 6212.

11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

36

塗布による薄膜形成

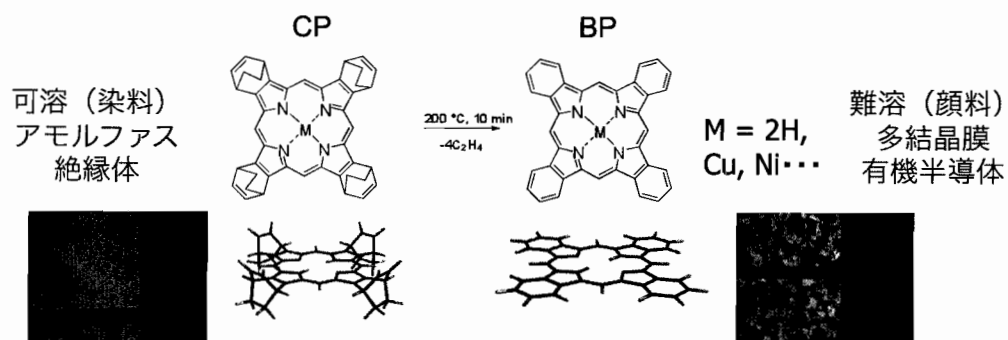


11.9.16

関西文化学術研究都市6大学市民講座

37

溶液塗布によるBPのOTFT特性



Materials	$\mu / \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$	V_{th} / V	I_{on}/I_{off}
2H-BP	0.06	4	$>10^5$
Cu-BP	0.92 (best 1.4)	6	2×10^5
Ni-BP	0.4	9	3×10^4
Zn-BP	0.013	12	5×10^2
Pd-BP	1.1×10^{-3}	39	3×10^1

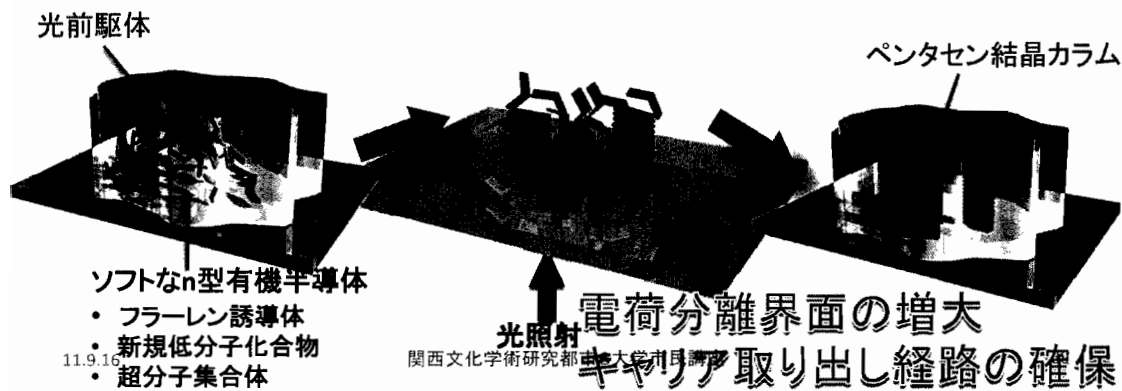
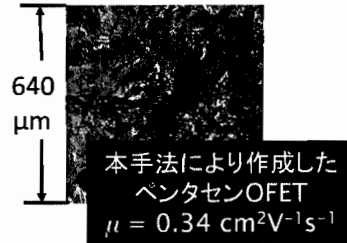
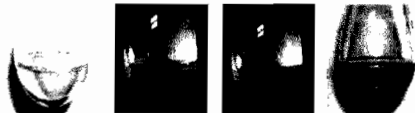
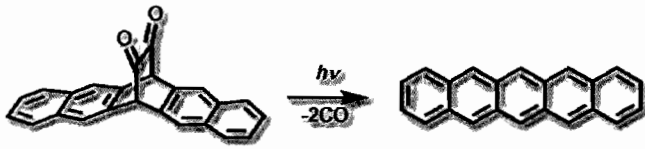
S. Aramaki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 2004, 84, 2085

11.9.16

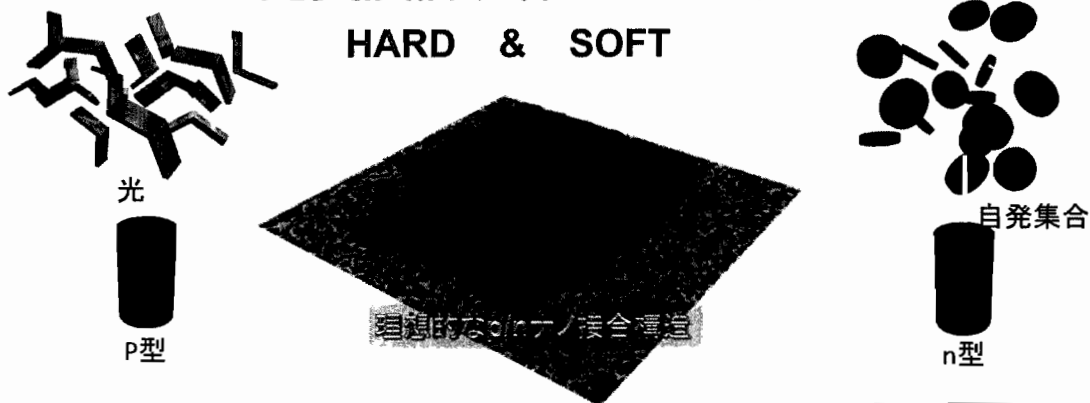
関西文化学術研究都市6大学市民講座

38

光変換型前駆体法によるバルクヘテロ構造の構築



光変換前駆体 + 超分子



just casting!

n型超分子半導体

自発的垂直配向

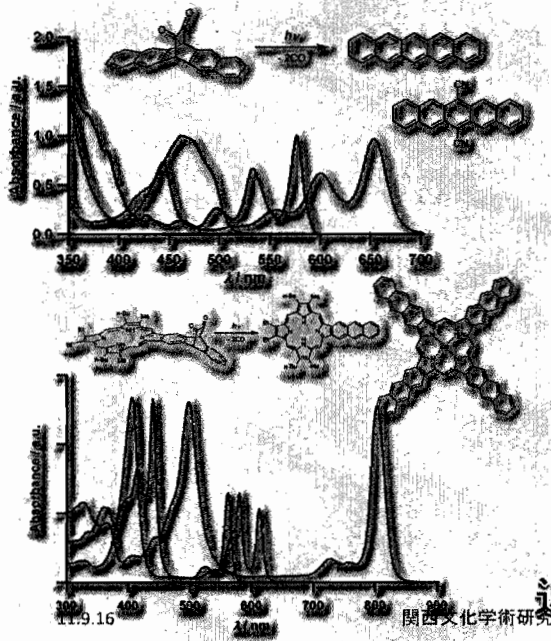
水素結合によって円盤化されたペリレンジイミド

11.9.16

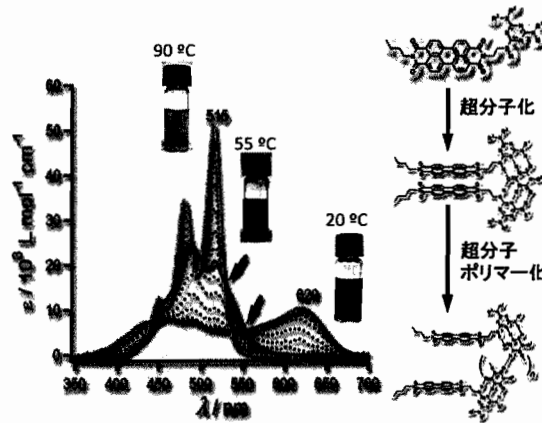
関西文化学術研究都市大学市民講座

吸収波長領域の長波長化

光反応によるπ共役拡張

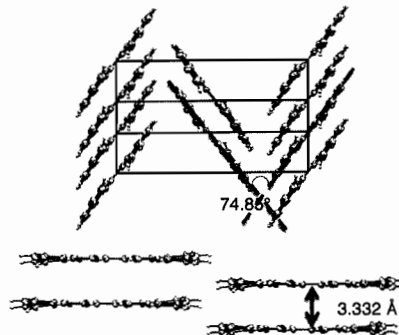
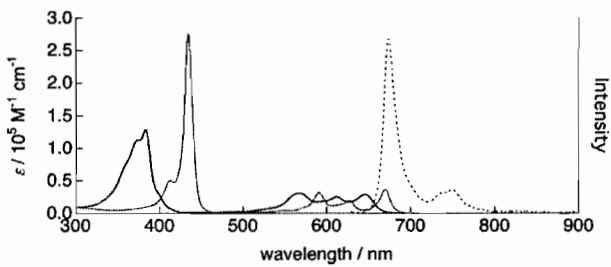
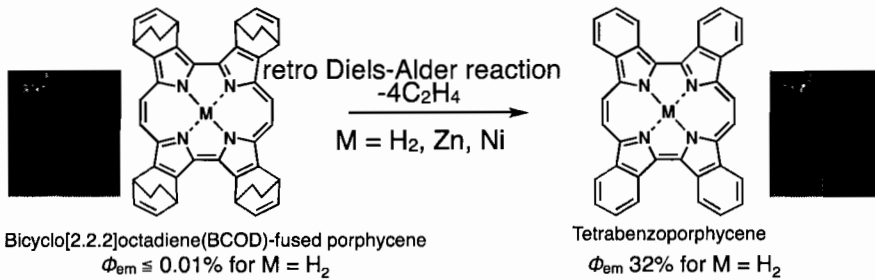


超分子会合体



近赤外領域の光を有効利用！

ベンゾポルフィセン



D. Kuzuhara, H. Yamada *et al.*, *Chem. Eur. J.*, 2009, 15, 10060.
 関西文化学術研究都市6大学市民講座