

有機色素とコバルト錯体レドックスを用いた 色素増感太陽電池の高効率化

○村上拓郎 ・ 甲村長利

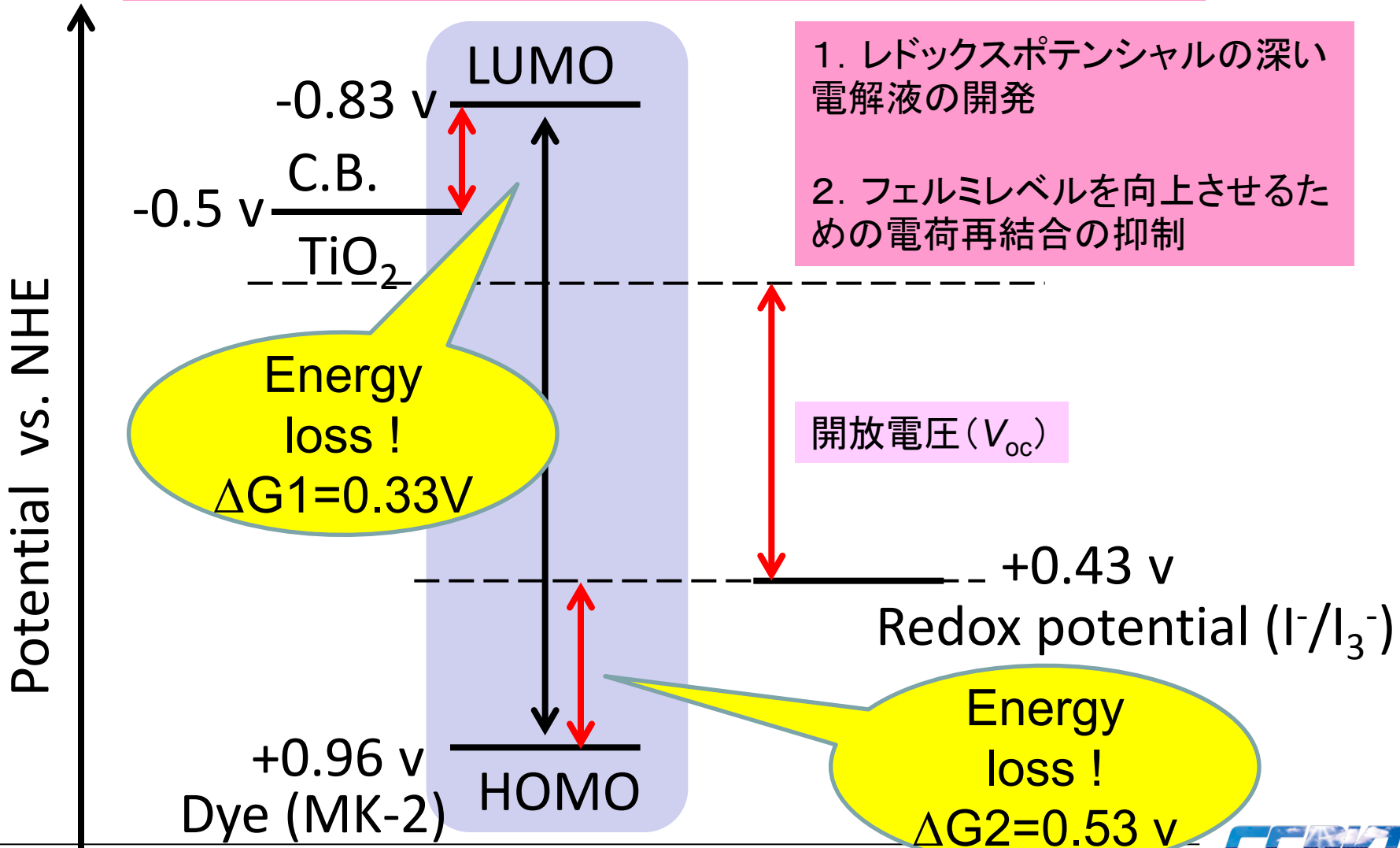
先端産業プロセス低コスト化チーム

コバルト錯体電解液を用いた色素増感太陽電池の高効率化

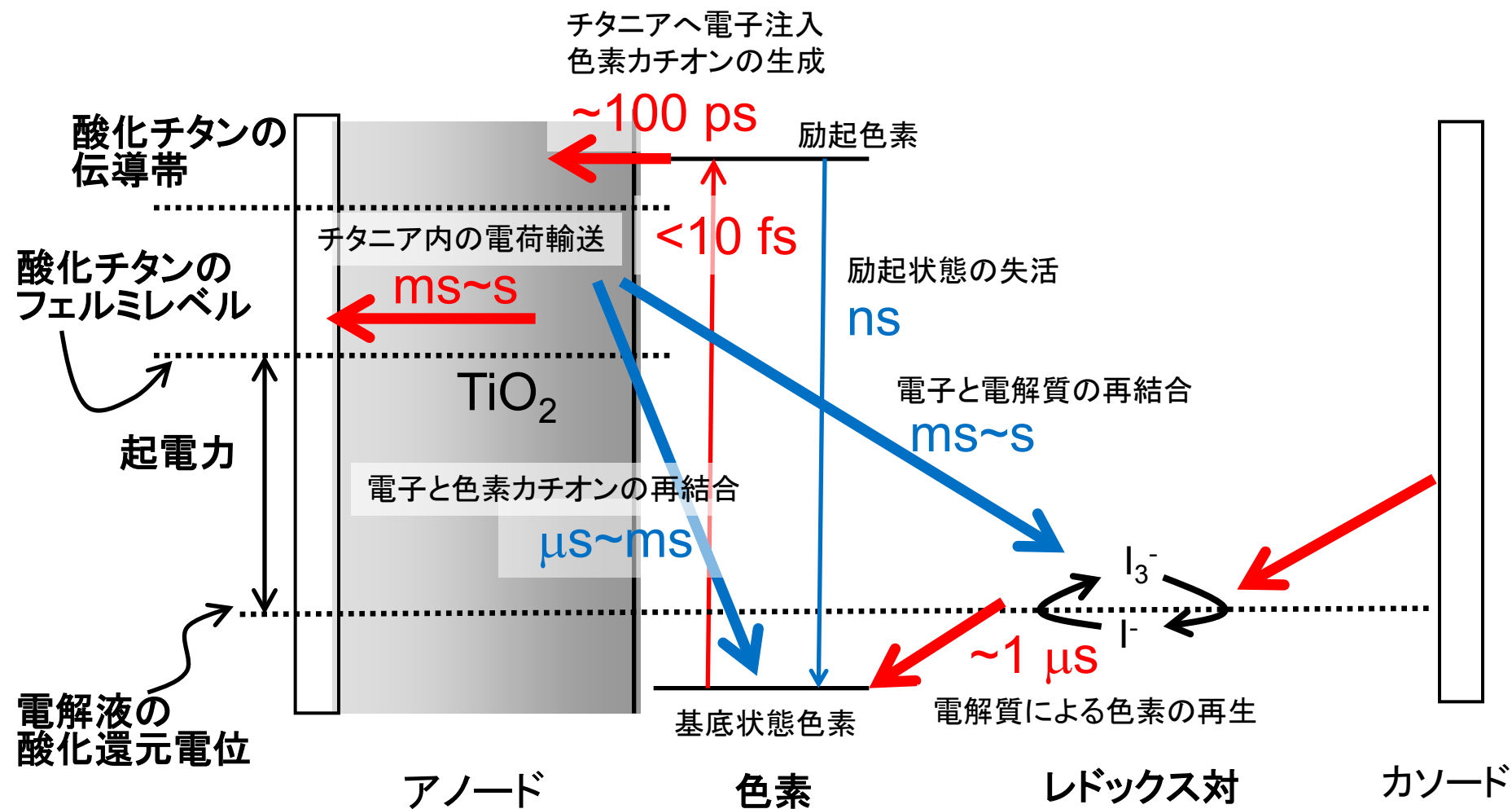
- ▶有機色素へ再結合抑制機能を付与する為の適切な立体障害の探索
- ▶色素ドナー構造が電子寿命へ与える影響を調査、高効率ドナーの探索

コバルト錯体レドックスの可能性

開放電圧 = 半導体フェルミレベル - 電解液レドックスポテンシャル

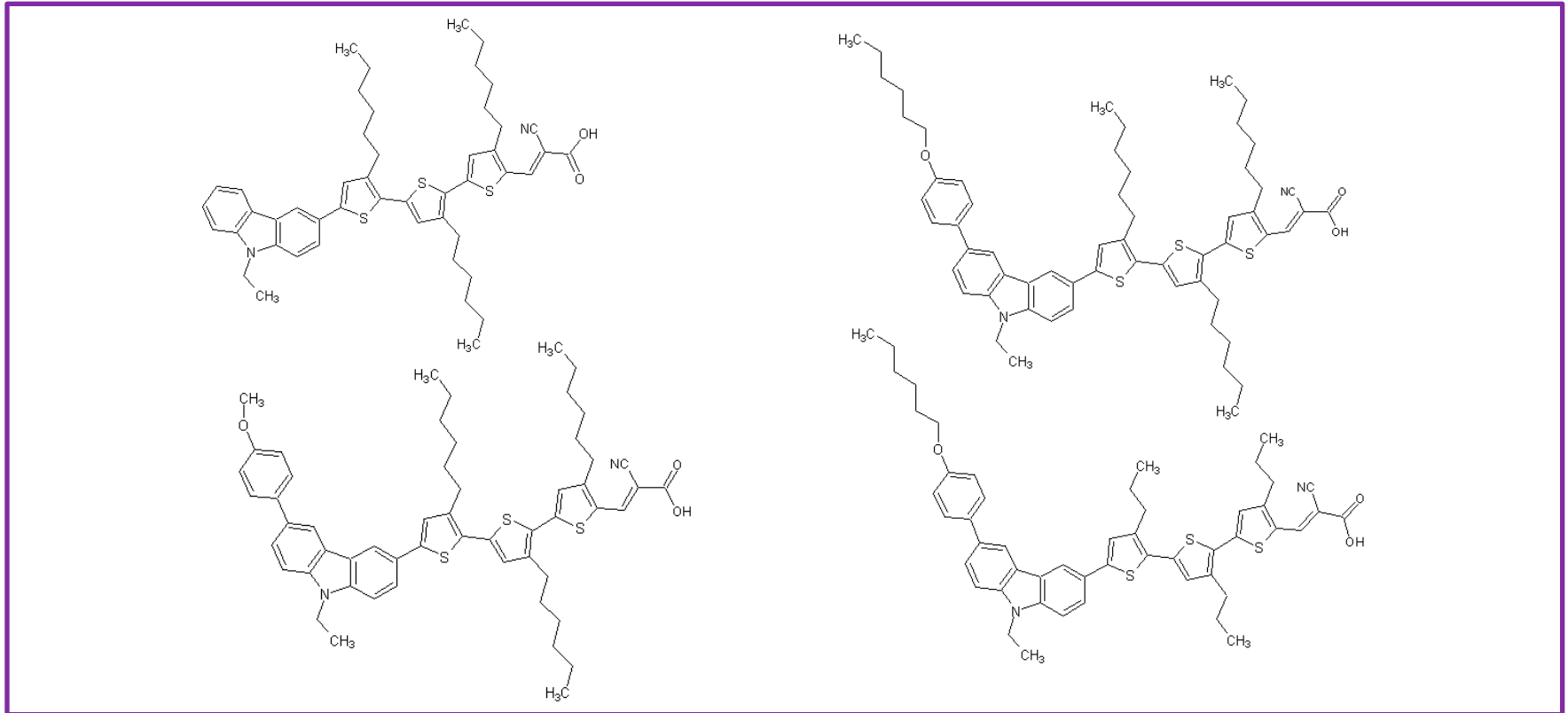


電子移動過程とタイムスケール



A. Listorti, B. O'Regan, and J. Durrant, *Chem. Mater.*, 2011, 23, 3381

立体障害の異なるカルバゾール色素



電解液 (Co-bpy):

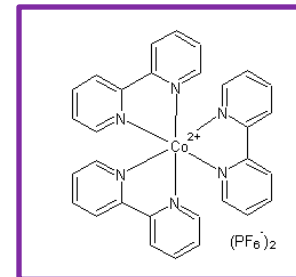
0.2M Tris (2,2'-bipyridine)cobalt(II) (PF₆)₂:

0.02M Tris (2,2'-bipyridine)cobalt(III) (PF₆)₃

0.1M LiClO₄

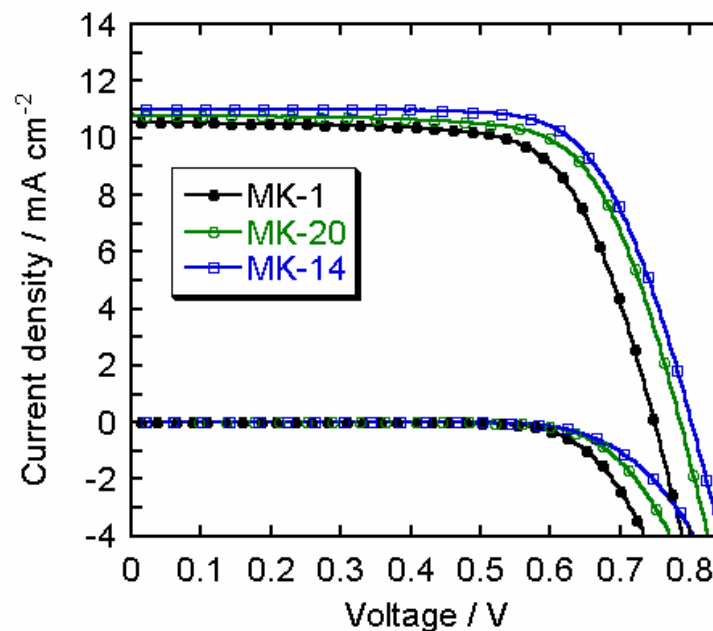
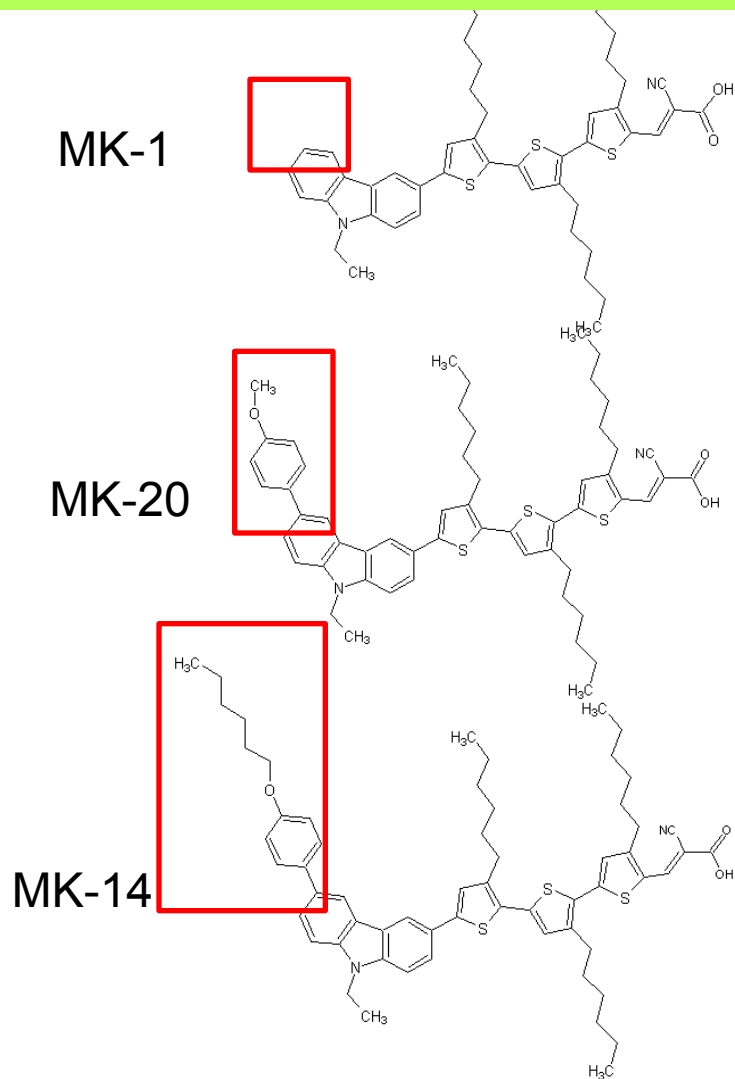
0.2M Tert-butyl pyridine

Solvent: Acetonitril



ドナーに対する立体障害導入の効果

アルキル鎖を伸ばした効果

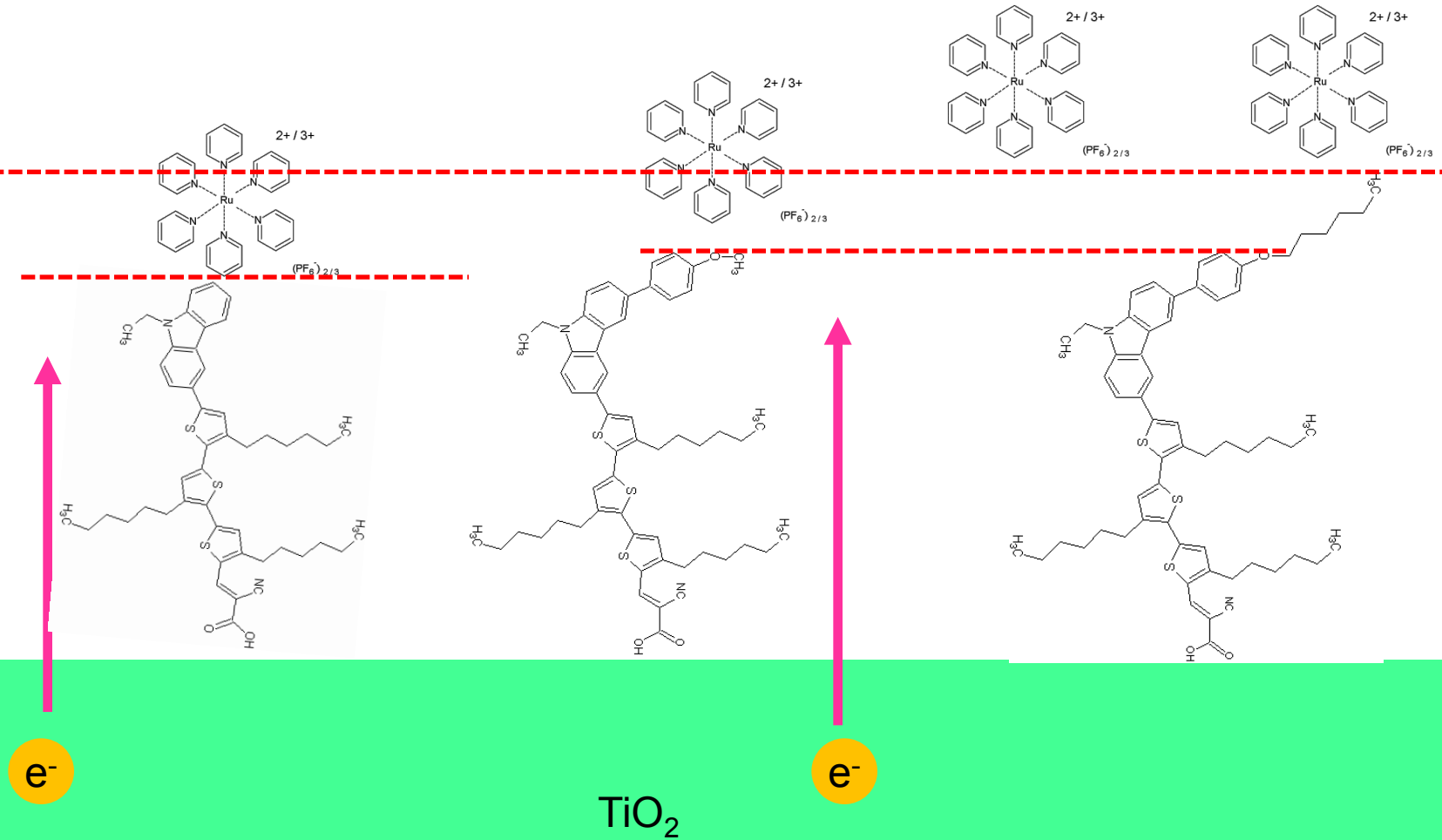


Dye	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE. / %
MK-1	10.5	0.748	0.70	5.5
MK-20	10.8	0.785	0.71	6.0
MK-14	11.0	0.802	0.71	6.3

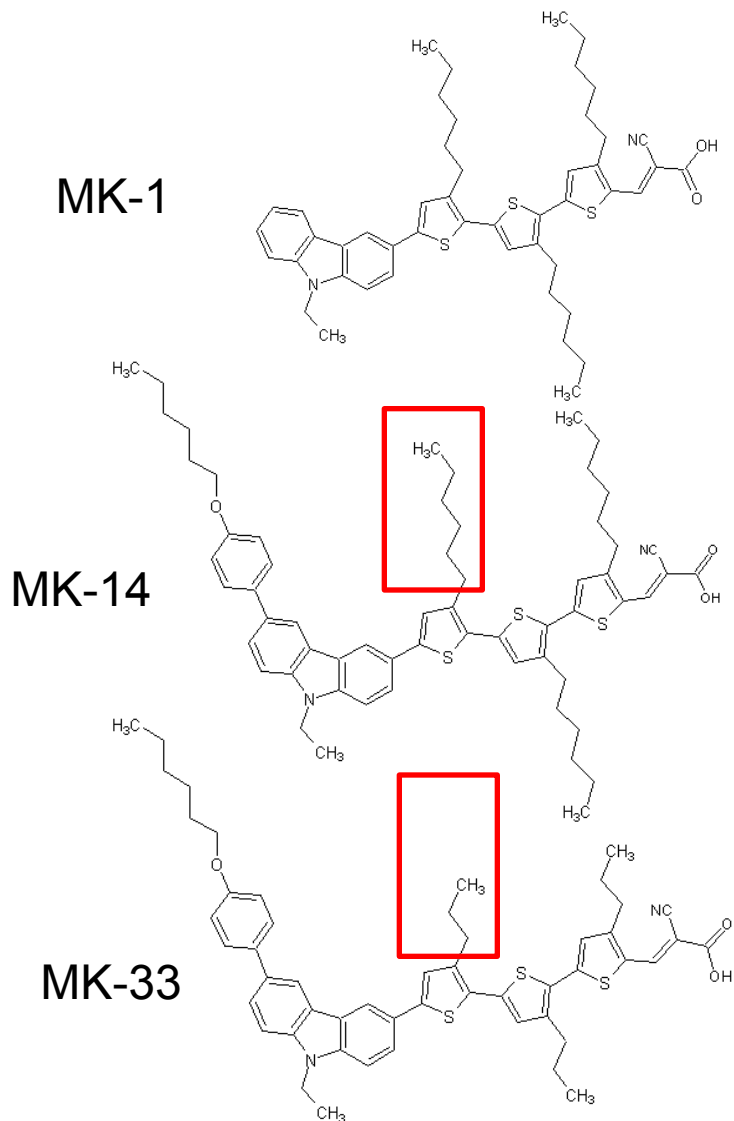
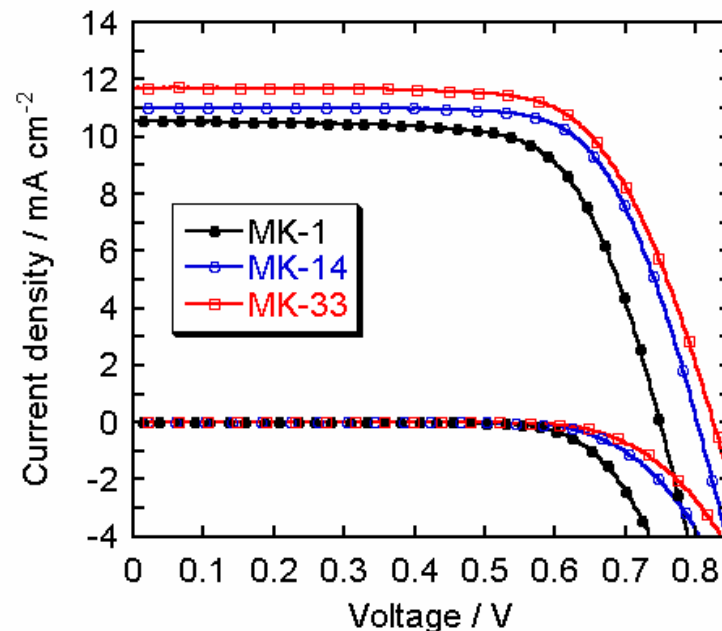
TiO₂ layer thickness: 4μm
Aperture area: 0.16 cm²

ドナー置換基の効果

ドナー立体障害の効果: コバルト錯体がチタニア表面にアクセスできる距離が保たれる



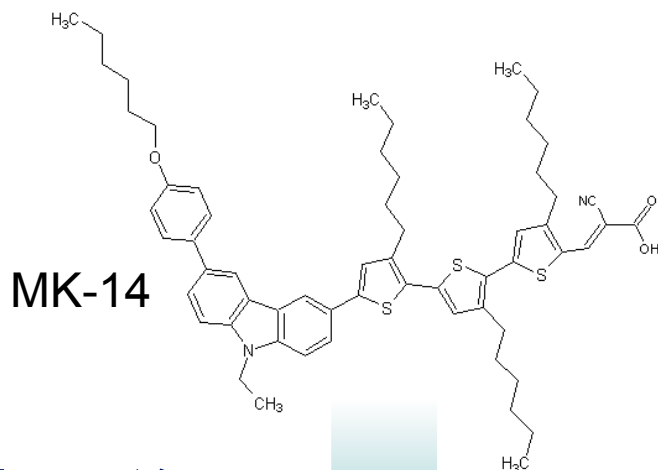
アルキル側鎖の効果



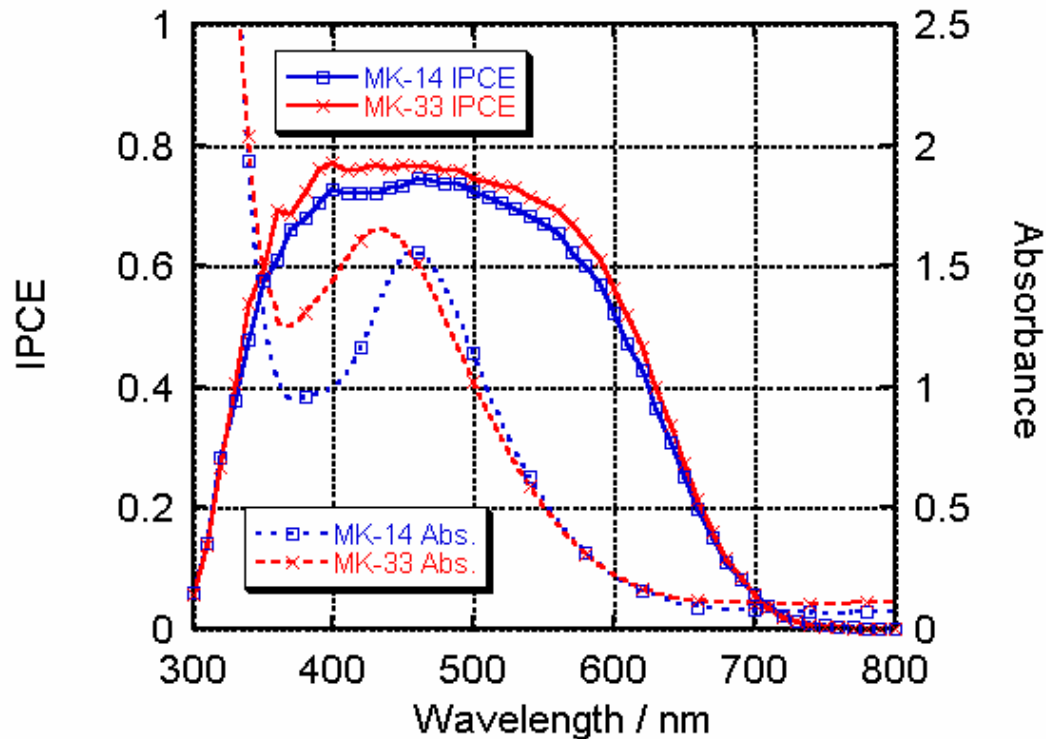
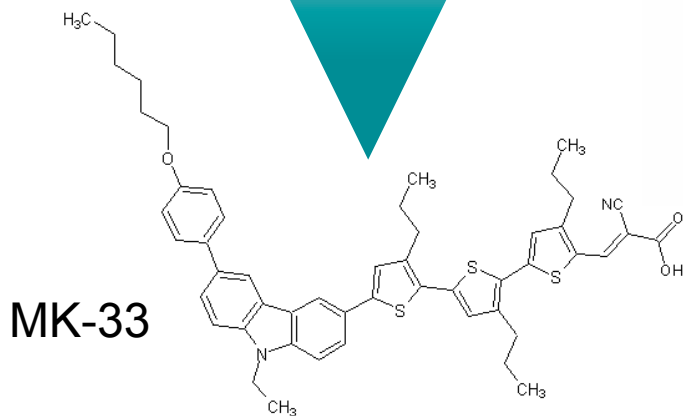
Dye	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE. / %
MK-1	10.5	0.748	0.70	5.5
MK-14	11.0	0.802	0.71	6.3
MK-33	11.7	0.825	0.69	6.4

TiO₂ layer thickness: 4 μm
Aperture area: 0.16 cm²

側鎖アルキル鎖長による外部量子収率と吸光スペクトルの変化

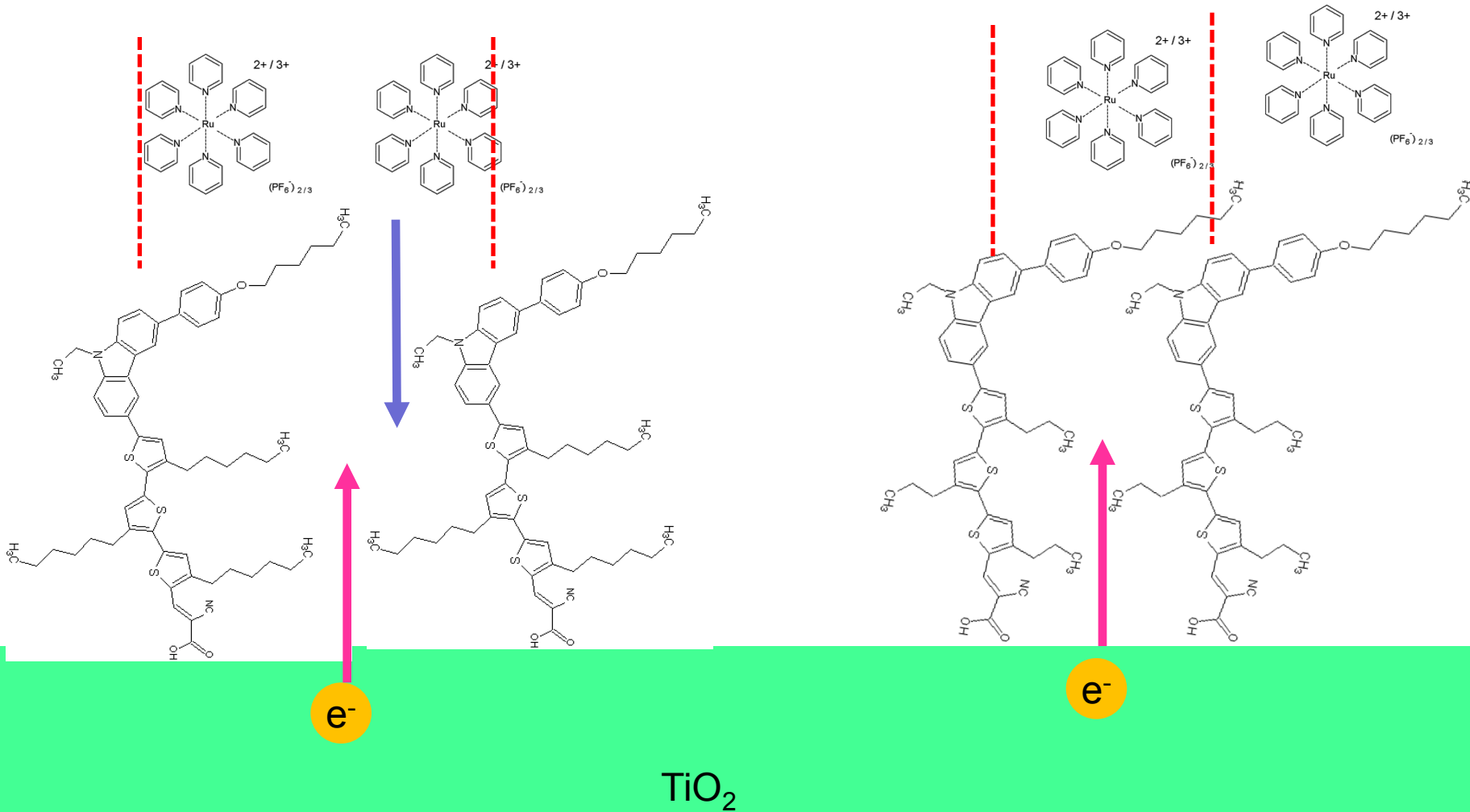


色素吸着量
17%増加

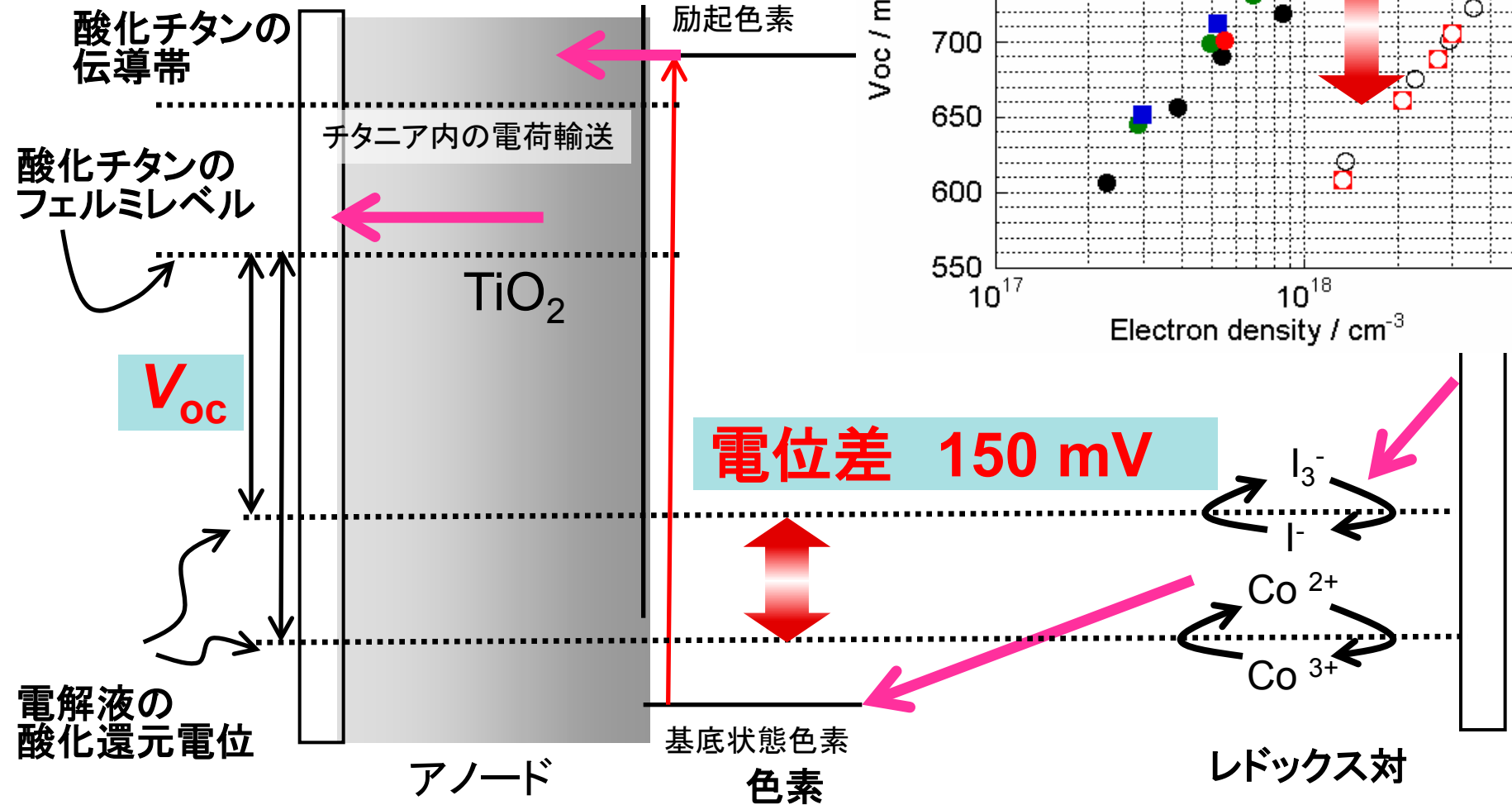
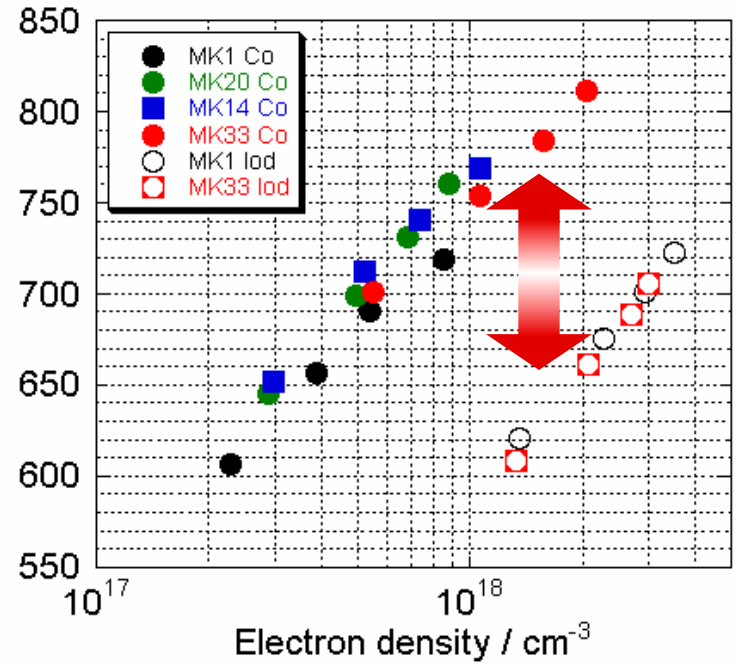


チオフェン部アルキル鎖長の効果

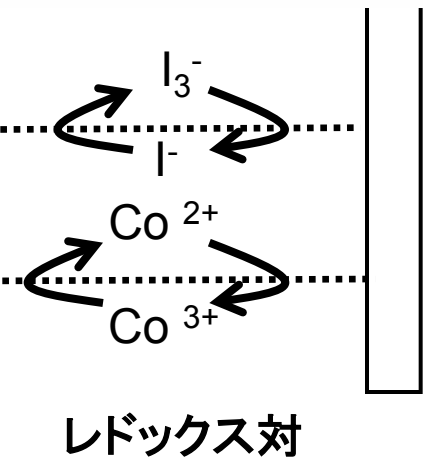
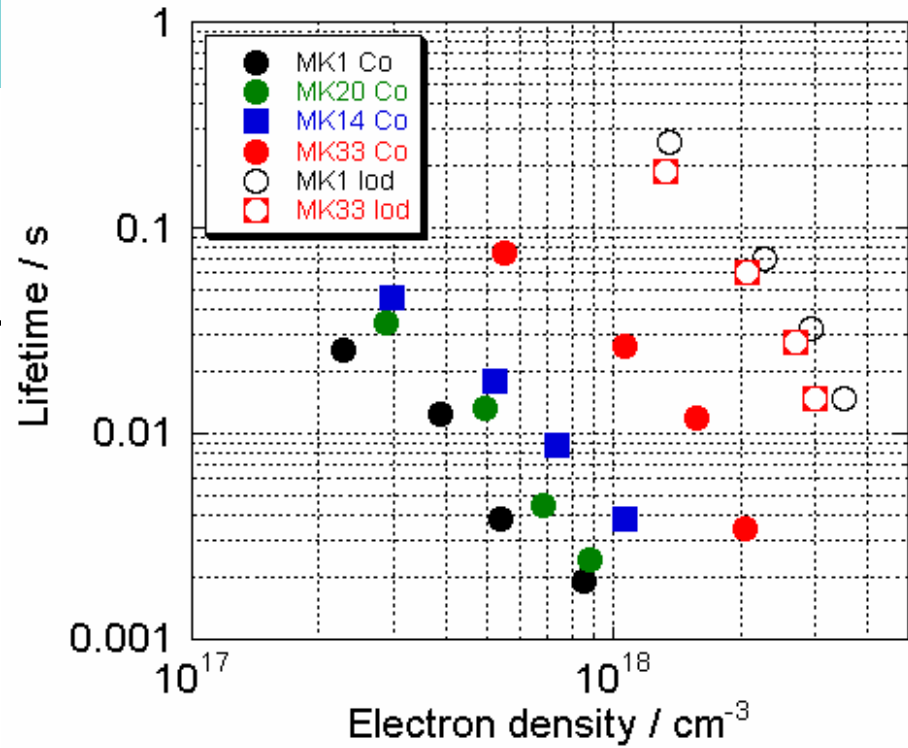
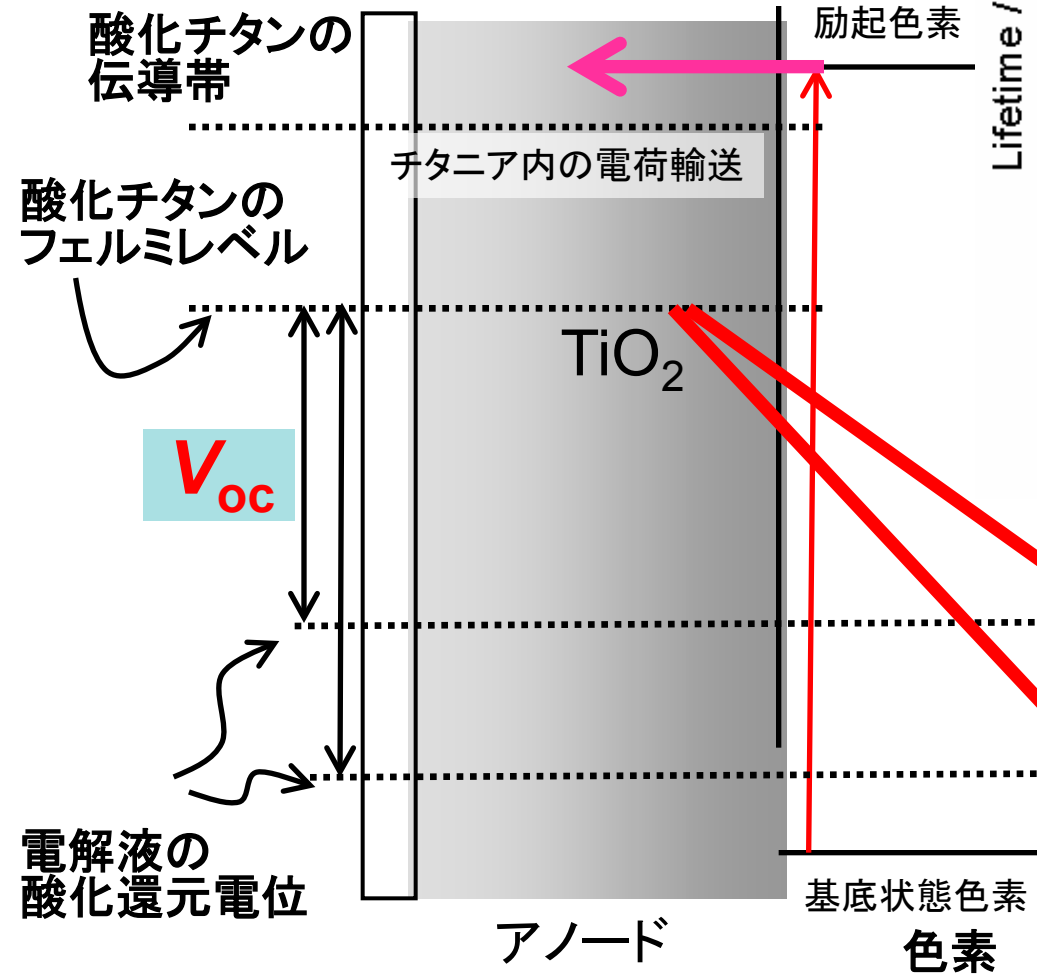
パッキングの効果: コバルト錯体がチタニア表面にアクセスできる確率が減少する



電子密度と開放電圧 (V_{OC}) の関係



電子密度と電子寿命の関係



ヨウ素系電解液とコバルト系電解液の性能比較

ヨウ素系電解液

Dye	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE. / %
MK-1	11.4	0.712	0.70	5.6
MK-2	11.6	0.709	0.68	5.6
MK-33	11.2	0.695	0.67	5.2

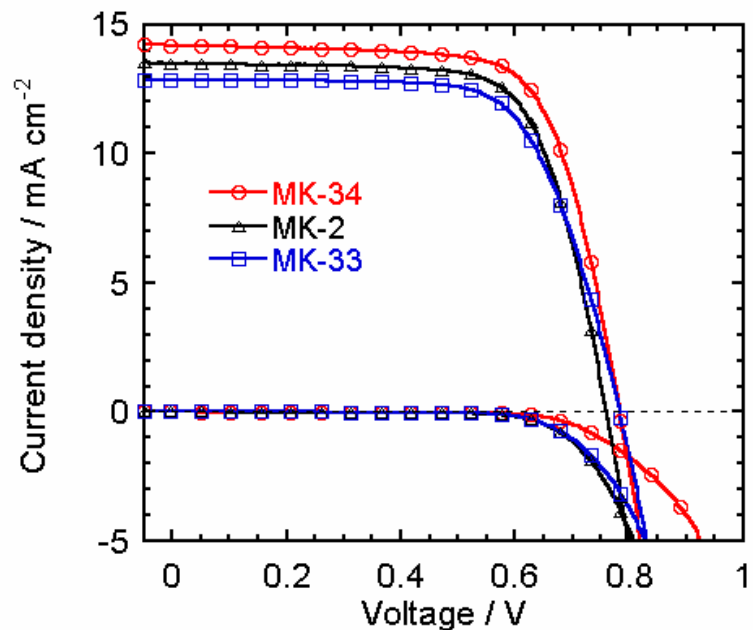
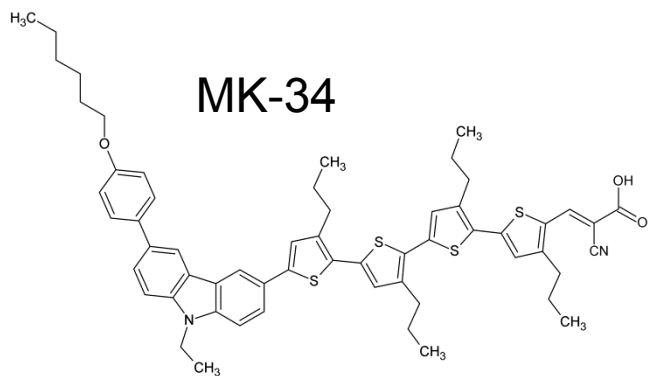
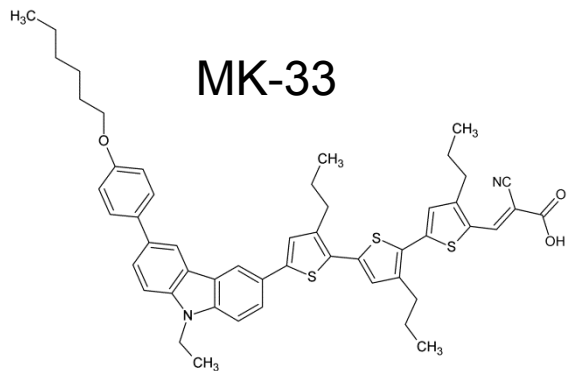
コバルト系電解液

Dye	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE. / %
MK-1	10.5	0.748	0.70	5.5
MK-2	11.1	0.792	0.71	6.2
MK-33	11.7	0.825	0.69	6.4

光電変換効率
23%向上



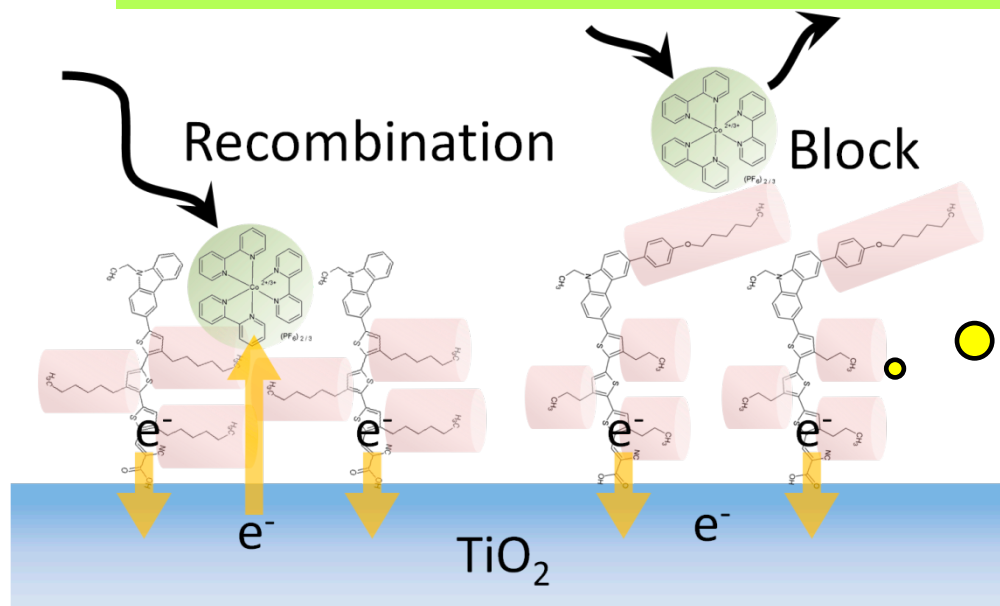
チタニア電極に光散乱層を導入し最適化



Dye	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE. / %
MK-2	13.5	0.758	0.71	7.3
MK-33	12.9	0.785	0.68	6.9
MK-34	14.7	0.790	0.69	7.9

まとめ

- 色素ドナーに立体障害を持つ置換基を導入することで電子寿命を延ばし電圧が向上する
- 色素リンカー部分の立体障害を減少させたプロピルチオフェンを導入することで短絡電流が増加する
- 立体障害を持つドナーは逆電子移動を抑制する



7.9%を達成!

T. N. Murakami, N. Koumura, T. Uchiyama, Y. Uemura, K. Obuchi, N. Masaki, M. Kimura, S. Mori, *J. Mater. Chem. A*, 2013, 1, 792
 T. Uchiyama, T. N. Murakami, N. Yoshii, Y. Uemura, N. Koumura, N. Masaki, M. Kimura, S. Mori, *Chem. Lett.* 2013, 42, 453

謝辞

本研究は次の方々の協力を受けて遂行しました。

信州大学

森 正悟 先生、木村 睦 先生、正木 成彦 先生

筑波大学大学院

博士課程3年 植村 由 氏

産総研

原 浩二郎 氏、吉田 英里 氏

本日紹介した研究はNEDOの受託研究により遂行されました。