

# 色素増感太陽電池のための シクロメタル化ルテニウム錯体色素の開発

革新材料チーム

船木 敬・船越 裕美・小野澤 伸子・春日 和行・杉原 秀樹・佐山 和弘

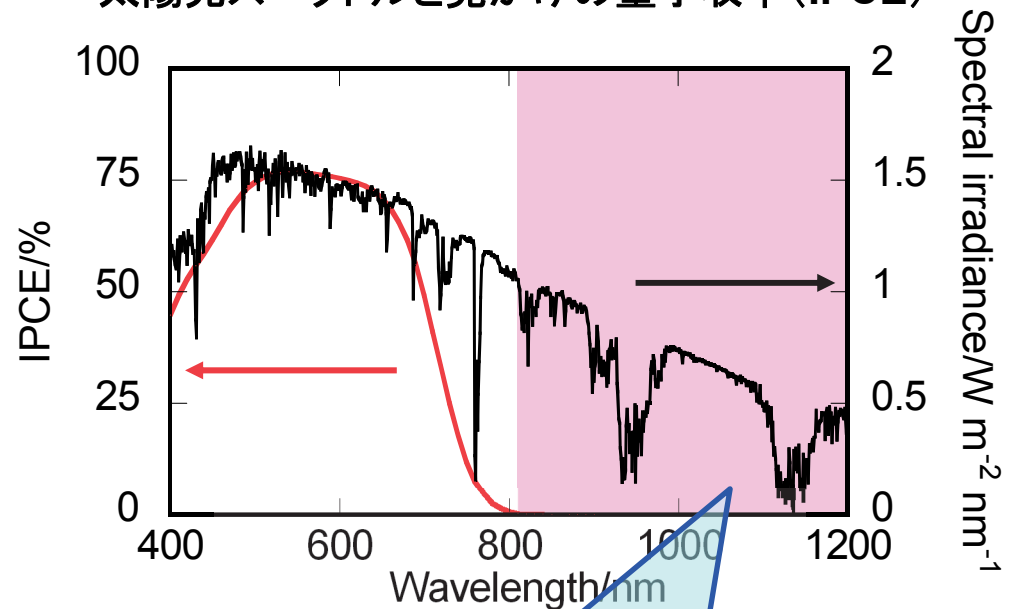
## 目的

色素増感太陽電池の効率を大幅に向上するためには高性能色素の開発が必要

これまでに報告されている色素の多くは800 nm以上の光を有効に活用できていない

光電変換が可能な領域を長波長化して可視光だけでなく**近赤外光を高効率に利用**することが不可欠

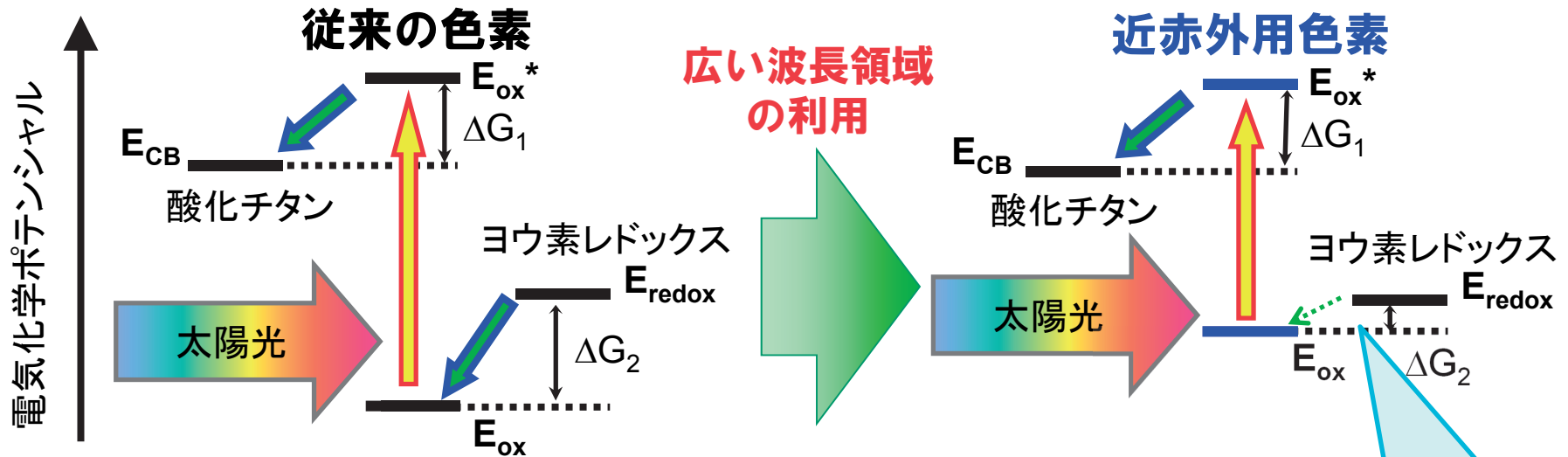
太陽光スペクトルと見かけの量子収率 (IPCE)



近赤外光の有効利用

# 色素のエネルギー準位の最適化

## 色素増感太陽電池で生じる光誘起電子移動



近赤外光用増感色素は電子移動のためのオーバーポテンシヤル ( $\Delta G_1$ ,  $\Delta G_2$ ) に余裕が少ない

$E_{ox}^*$  と  $E_{ox}$  を適切な値にファインチューニングすることが高い変換効率を実現する必須条件

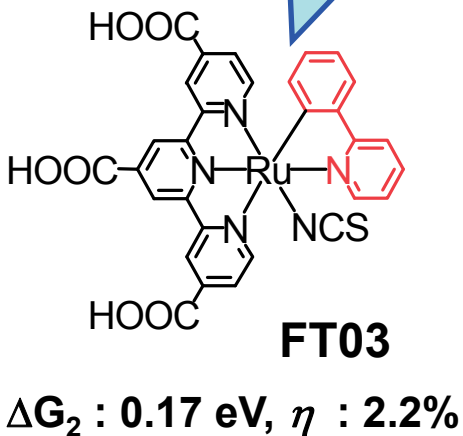
速やかな電子移動が起こらない

高い変換効率は期待できない

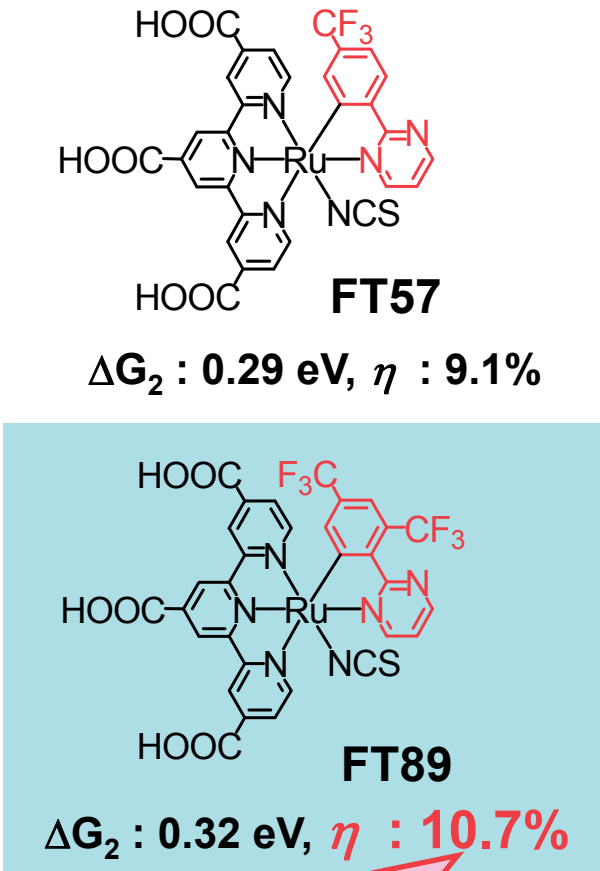
# シクロメタル化ルテニウム錯体色素を用いた検討

$\Delta G_2$ の増大に伴い変換効率が向上

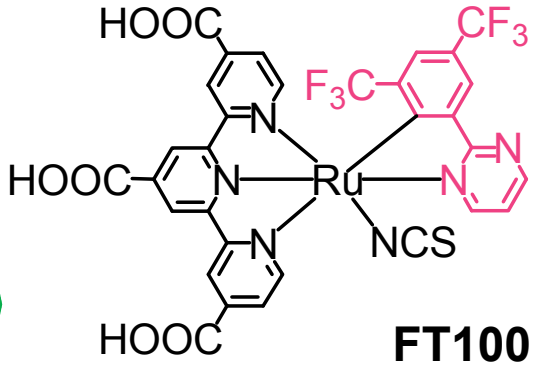
ヨウ素レドックスとの  
電位差が小さいため、  
変換効率が低い



構造修飾



構造修飾

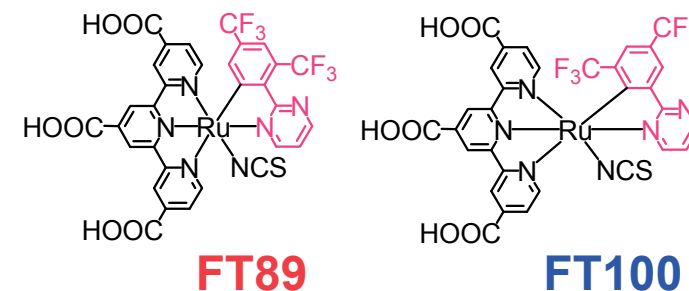
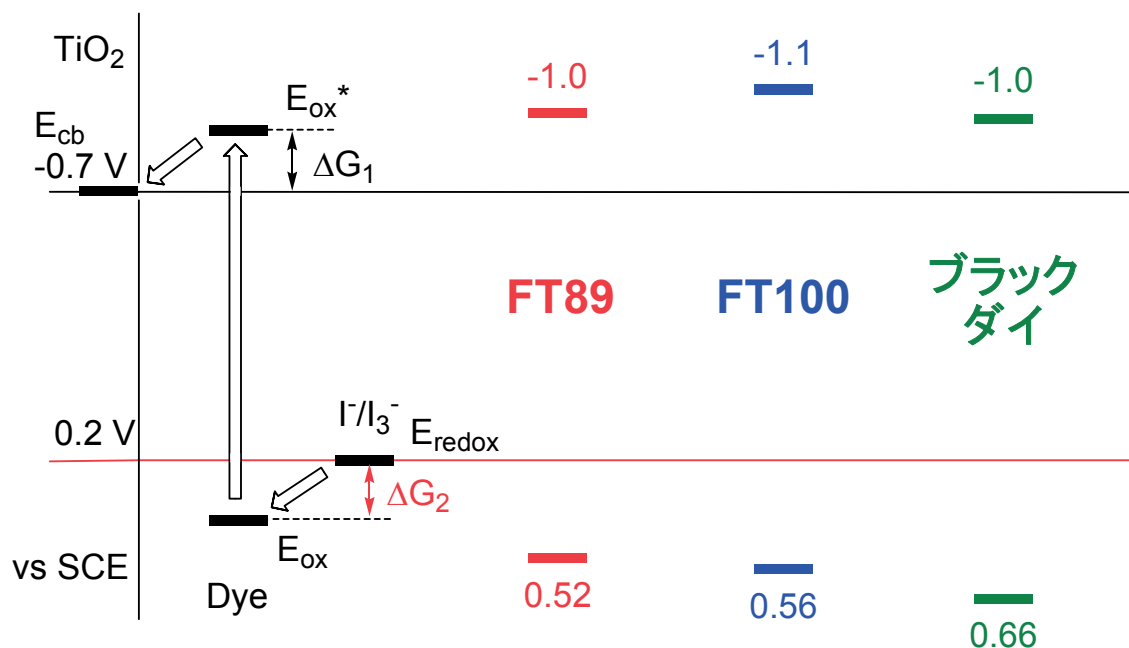


エネルギー準位のファ  
インチューニングによる  
更なる高効率化

トリフルオロメチル基の  
導入位置が与える影響  
を評価

同一条件の評価でブラックダイの  
効率(10.1%)を十分に上回る値

# エネルギーダイアグラム



色素のエネルギー準位のチューニング  
 ↓  
 置換基の種類だけでなく置換基導入位置を変化させることも可能

# 電池性能

Dye	$\eta/\%$	$J_{sc}/\text{mA cm}^{-2}$	$V_{oc}/\text{V}$	$ff$	$\text{IPCE}_{\text{max}}/\%$	$\text{IPCE}_{\text{max}}/\text{nm}$
<b>FT89</b>	10.7	20.8	0.72	0.71	75	590
<b>FT100</b>	9.5	19.3	0.70	0.70	75	580
ブラックダイ	10.1	19.8	0.71	0.72	70	610

# 色素増感太陽電池のための シクロメタル化ルテニウム錯体色素の開発

船木 敬<sup>1,2</sup>・船越 裕美<sup>2</sup>・小野澤 伸子<sup>1,2</sup>・春日 和行<sup>2</sup>・杉原 秀樹<sup>2</sup>・佐山 和弘<sup>1,2</sup>

産業技術総合研究所

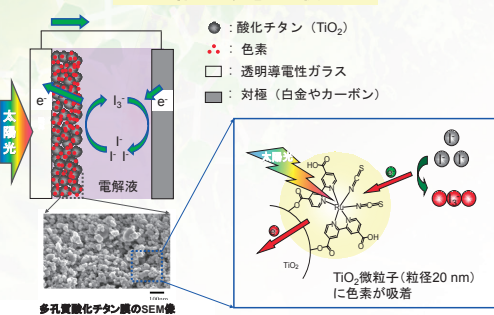
<sup>1</sup>太陽光発電工学研究センター 革新材料チーム

<sup>2</sup>エネルギー技術研究部門 太陽光エネルギー変換グループ

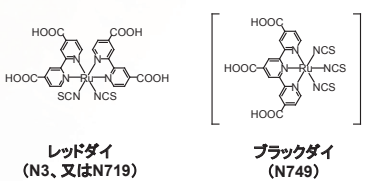
## 研究の目的

色素増感太陽電池は従来の太陽電池に比べて安価に製造できるなどの利点から、次世代の太陽電池として期待されており、さらなる高性能化をめざした研究が進められている。我々は、光電変換効率の更なる向上を目指し、近赤外光を利用できる新規ルテニウム錯体色素を設計・合成し、電池性能を評価している。

### 色素増感太陽電池の模式図

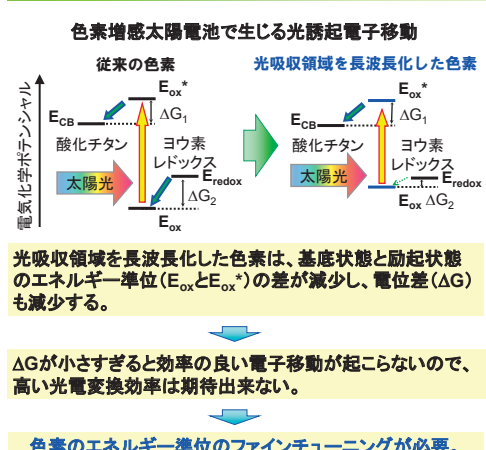


### 代表的なルテニウム錯体色素



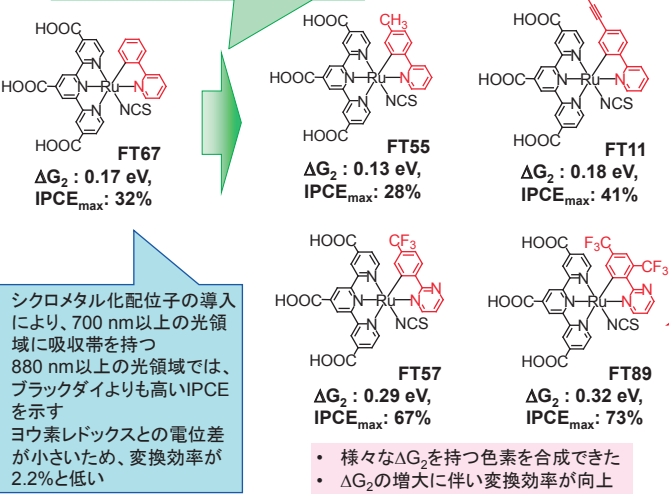
光電変換効率を大幅に向上させるためには、可視光だけでなく近赤外光を有効に利用することが重要であるが、800 nm以上の近赤外光を利用できる色素で10%以上の効率を示すものはわずか7例しか報告例がない

## 色素のエネルギー準位のチューニング



## シクロメタル化ルテニウム錯体色素の構造と性質

### シクロメタル化配位基に置換基を導入

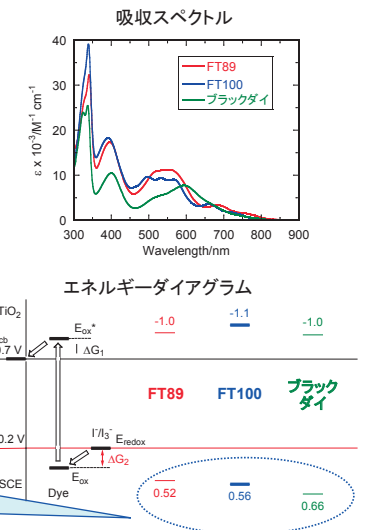


### エネルギー準位のファインチューニング

10.7%と世界最高レベルの変換効率が得られた。

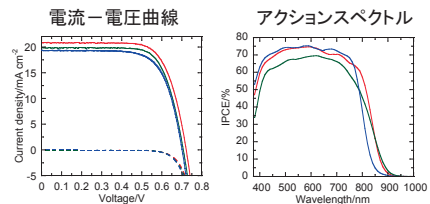
同一条件の評価でブラックダイの効率(10.1%)を充分に上回る値

置換基の種類だけでなく導入位置を変化させることで色素のエネルギー準位を調節できる

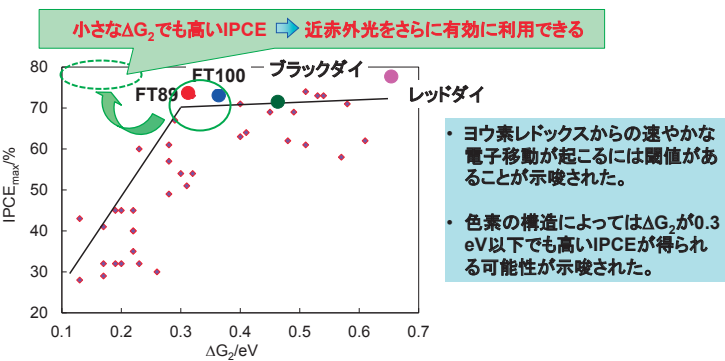


## シクロメタル化ルテニウム錯体色素の電池特性

Dye	ΔG <sub>2</sub> / eV	η <sub>p</sub> / %	J <sub>sc</sub> / mA cm <sup>-2</sup>	V <sub>oc</sub> / V	ff	IPCE <sub>max</sub> / %	IPCE <sub>max</sub> / nm
FT89	0.32	10.7	20.8	0.72	0.71	75	590
FT100	0.36	9.5	19.3	0.70	0.70	75	580
ブラックダイ	0.46	10.1	19.8	0.71	0.72	70	610



## ΔG<sub>2</sub>とIPCE<sub>max</sub>の関係



## まとめ & 謝辞

- フェニルピリミジナト配位基にトリフルオロメチル基を二個導入したシクロメタル化ルテニウム錯体を合成し、置換基導入位置が錯体の特性に与える影響を評価した。
- 置換基の種類だけでなく導入位置を変えることで、錯体の吸収スペクトルやエネルギー準位などを変化できることを確認した。
- FT100は9.5%と高い光電変換効率を示した。
- 今後、エネルギー準位のファインチューニングによる更なる効率向上を目指して、電子吸引性基の導入位置、種類、組合せを検討する予定である。
- 本研究の一部は、日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラムにより、助成を受けたものである。