

有機薄膜太陽電池の電子状態間のエネルギー差と電荷生成効率の相関

Correlation between the energetic difference of the electronic states and charge generation efficiency in organic solar cells

理研 CEMS¹, 千葉大院工², °中野恭兵¹, Chen Yujiao¹, Han Weining², Huang Jianming¹, 吉田弘幸², 但馬敬介¹

RIKEN CEMS¹, Chiba Univ.², °Kyohei Nakano¹, Yujiao Chen¹, Weining Han², Jianming Huang¹, Hiroyuki Yoshida², Keisuke Tajima¹

E-mail: kyohei.nakano@riken.jp

有機薄膜太陽電池の効率的な電荷生成には、電子ドナー (D) とアクセプタ (A) の LUMO レベルに約 0.3 eV の差が必要という経験則が提唱されている。LUMO の差を使うのは光吸収の小さいフラーレンアクセプタが多用されたためだが、近年活発に開発されている非フラーレンアクセプタは光吸収も大きく、LUMO レベルの差だけでは電荷生成は議論できない。また文献によってエネルギーレベルの測定法が異なる、混合バルクヘテロ接合 (BHJ) ではエネルギーレベルが変化する可能性がある、といった問題がある。そのため、D/A 界面の電子状態間のエネルギー差と電荷生成効率の関係についての定量的な議論は、分野でも未だ見解の一致が得られていない。

電子状態のエネルギー差と電荷生成効率を曖昧さなく論じるためには、分子の MO レベルではなく、素子構造での一重項励起状態 (S_1) と電荷移動 (CT) 状態・自由電荷状態 (CS) のエネルギーを用いるのが適当であると考えた。そこで本研究では、これら電子状態間のエネルギー差と電荷生成効率の相関を、16 個の平面積層型素子 (PHJ) を用いて系統的に調べた。

Figure1 a,b は素子の内部量子収率を、 S_1 と CT 状態のエネルギー差 ($E_g^{\text{opt}} - E_{\text{CT}}$) および CS と CT 状態のエネルギー差 ($E_{\text{CS}} - E_{\text{CT}}$) でプロットした図である。内部量子収率は $E_g^{\text{opt}} - E_{\text{CT}}$ に依存し、エネルギー差が約 0.2 eV より小さくなると低下した。この結果は、 S_1 から D-A の CT 状態になる過程が電荷生成効率に大きな影響を有しており、これを効率的に進めるには約 0.2 eV のエネルギー差が必要ということを示している。対照的に、 E_{CS} と E_{CT} の差、すなわち CT 状態の束縛エネルギーは内部量子収率と相関を持たず、電荷生成効率への影響が小さかった。

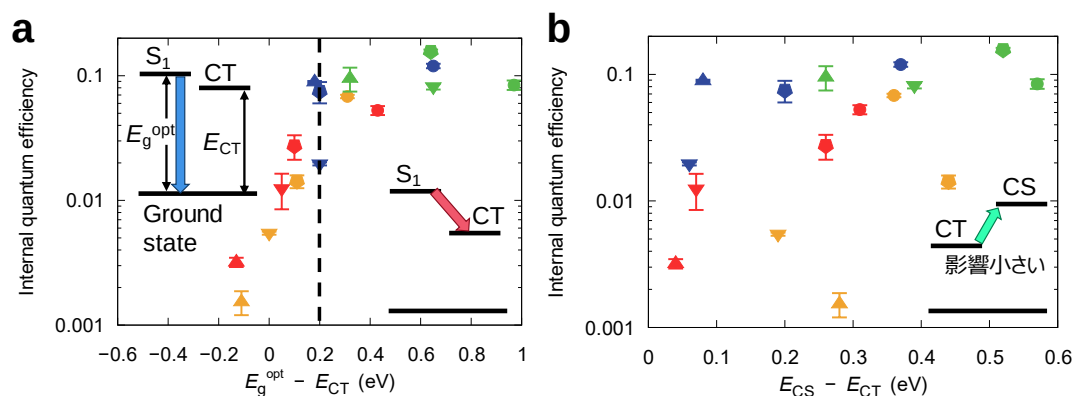


Figure1. Internal quantum efficiency of sixteen planar heterojunctions plotted against (a) $E_g^{\text{opt}} - E_{\text{CT}}$, (b) $E_{\text{CS}} - E_{\text{CT}}$.