

高分子薄膜太陽電池のドナー／アクセプター界面構造制御

Controls of Donor/Acceptor Interfaces in Polymer Solar Cells

○但馬 敬介^{1,2} (1. 理研 CEMS, 2. JST-PRESTO)

○Keisuke Tajima^{1,2} (1. RIKEN CEMS, 2. JST-PRESTO)

E-mail: keisuke.tajima@riken.jp

有機薄膜太陽電池のドナー／アクセプター界面は、光照射下の電荷の生成と再結合の両方に密接に関係している。現在の高効率な太陽電池に用いられている混合バルクヘテロ接合構造では、その薄膜の内部構造は複雑であり、界面構造を分子レベルで分析・予測することは難しい。また混合形態の変化など望まない要因によって効率が変化しうるため、太陽電池性能と界面構造との相関を直接的に調べる事はさらに困難である。平滑なドナー／アクセプター界面を持つ二層型ヘテロ接合をモデルとして用いれば、混合形態の変化による因子を排除することができ、界面構造と電荷分離・電荷再結合を直接結びつけることができると期待される。さらに界面最近傍の構造のみを改変することができれば、バルクヘテロ接合でどのような界面構造を目指すべきかが分かるかもしれない。これらを達成するためには、構造が規定された平滑な界面の作成や、界面構造の改変を可能にする方法論が必要である。

我々は、高分子薄膜の転写^[1]と表面偏析単分子膜^[2]を組み合わせることでこれらの条件を達成し、二層型ヘテロ接合のドナー／アクセプター界面を研究してきた。これまでに、界面での分子ダイポールの影響^[3]、界面の絶縁層と色素を用いたエネルギー移動の影響^[4]、電荷カスケード構造の影響^[5]などについて報告している。特に電荷カスケード構造は、高い電荷分離効率と電荷再結合を抑制する構造として極めて有効であることが明らかになった。最近、インピーダンス分光法によってこのヘテロ界面での電荷蓄積の挙動を詳細に分析した^[6]。その結果、界面の電荷カスケード構造は確かに界面で生成した電子を第一層からバルクへと追いやる働きをしており、光照射下、開放電圧下ではドナー／アクセプター界面近傍には電子が枯渇している状況になっていることが明らかとなった。これは、同じ界面が電荷生成に関与していることを考えると驚くべきことである。現在、同様の手法を用いて、界面における分子の相対的な配向の影響や、ドナー／アクセプターが混合した層の影響などを調べている。このように、二層型構造をモデルとして用いる手法は、理想的な界面構造を探るための強力なツールとして有用である。

一方で、理想的な界面構造をバルクヘテロ接合中に作り出すためには、分子の自己組織化によるボトムアップのプロセスで構造形成し、薄膜中にナノメートルサイズで制御された構造（ナノ構造）を導入して界面を構築することが必要であると考えられる。我々は、ブロック共重合体を用いたナノ構造制御によってこれを達成するための検討を行っている^[7]。高分子合成化学による分子デザインの工夫で精密な構造制御がバルクヘテロ接合中で可能になれば、さらに高い効率を持つ有機薄膜太陽電池の開発につながるものと期待される。

【参考文献】 [1] Q. Wei, S. Miyanishi, K. Tajima, K. Hashimoto, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2009**, *1*, 2660. [2] Q. Wei, K. Tajima, Y. Tong, S. Ye, K. Hashimoto, *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 17597. [3] A. Tada, Y. Geng, Q. Wei, K. Hashimoto, K. Tajima, *Nature Mater.* **2011**, *10*, 450. [4] Y. Zhong, A. Tada, S. Izawa, K. Hashimoto, K. Tajima, *Adv. Energy Mater.* **2014**, *4*, 1301332. [5] S. Izawa, K. Nakano, K. Suzuki, K. Hashimoto, K. Tajima, *Adv. Mater.* **2015**, *27*, 3025. [6] T. Mayumi, K. Nakano, S. Izawa, K. Suzuki, K. Hashimoto, K. Tajima, *Submitted*. [7] S. Miyanishi, Y. Zhang, K. Hashimoto, K. Tajima, *Macromolecules* **2012**, *45*, 6424.