

電荷移動錯体を活用した新型有機熱電素子

Organic thermoelectric devices based on CT complexes

九州大 OPERA¹, 九州先端科学技術研究所 (ISIT)², GCE インスティテュート³○(M2)近藤 駿¹, 八尋 正幸^{1,2}, L. M. Andersson³, 後藤 博史³, 安達千波矢¹Kyushu Univ. OPERA¹, ISIT², GCE Institute³○Shun Kondo¹, Masayuki Yahiro^{1,2}, L. M. Andersson³, Hiroshi Goto³, and Chihaya Adachi¹

E-mail: s-kondo@opera.kyushu-u.ac.jp

現在、未利用エネルギーの有効活用が幅広く求められており、その中でも工場や自動車などから排出される膨大な量の廃熱の再利用が期待されている。現在、廃熱を利用した温度差発電は一部実用化には至っているものの、材料コストや設置条件の制限から幅広い普及には至っていない。そこで、本研究では電荷移動 (CT : Charge transfer) 錯体を活用し、廃熱や再生エネルギーの一つである室温程度の環境にありふれた熱エネルギーを用いて CT 錯体の電荷生成と移動を制御した“新型熱電発電素子”を提案する。

ITO 基板上に CT 錯体を形成するドナー/アクセプター材料の組み合わせとして CuPc と F₁₆CuPc、電荷輸送材料として C₆₀ と BCP、そして Al を対向電極として用いた積層型素子を真空蒸着にて作製した。CuPc と F₁₆CuPc の組み合わせは高い電荷輸送性に加えて、図 1 に示すように、CuPc の HOMO と F₁₆CuPc の LUMO のエネルギー差が小さいことから、界面において電荷分離効率の高い CT 錯体を形成する^[1]。また、C₆₀ の LUMO は F₁₆CuPc の LUMO と Al の仕事関数の中間に位置することから、電子輸送のエネルギー障壁を減らすことができると期待される。加えて、BCP は自発配向分極 (SOP) を持ち、電子取り出し方向に電界を形成することで効率的な電荷取り出しが期待される^[2]。図 2 に長時間酸素曝露した状態での素子の J-V 特性を示す。実験は遮光・遮蔽ボックスを用いて、熱以外の外部刺激を遮蔽した環境で行った。本研究で作製した新型有機熱電素子では、開放電圧 (V_{OC}) : 0.18 V、短絡電流密度 (J_{SC}) : 2.0×10⁻⁵ mA/cm²、最大出力 (P_{max}) : 0.9 nW/cm² の出力が得られた。また、図 3 に 20-90°C における J_{SC} の温度変化を示す。BCP のガラス転移温度付近の 52°C を境目に二つの近似直線が得られ、アレニウスの式から、20-50°C と 56-90°C の範囲でそれぞれ E_a=59.8 meV と 20.4 meV の活性化エネルギーが算出された。室温付近の熱エネルギーは、25.3 meV (T=20.0°C) であり、本素子の活性化エネルギーを十分に超えられることが分かった。以上の結果から、室温程度のエネルギーによって CT 界面での電荷分離が促進され、SOP 等の内部電界によって電荷が対極まで輸送され、熱電素子として機能していることが考えられる。

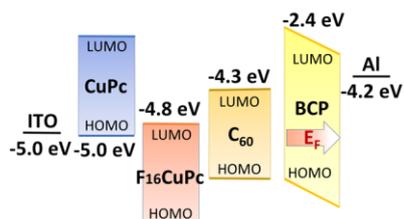
1. W. Chen, *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **106**, 064910 (2009) 2. Y. Noguchi, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 203306 (2013)

図1. 素子のエネルギー準位図

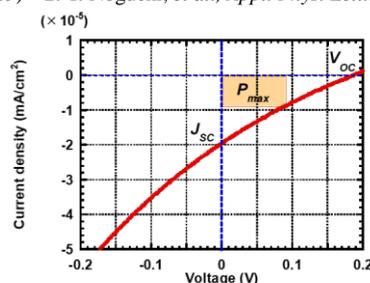
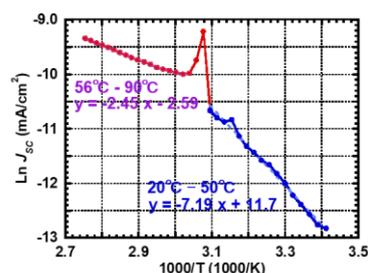


図2. J-V 特性

図3. J_{SC} の温度特性