

分子機能研究部門

平 本 昌 宏（教授）（2008 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：有機半導体，有機太陽電池，有機エレクトロニクスデバイス

A-2) 研究課題：

- a) ショックレー・クエーサー限界に達する開放端電圧を示す有機太陽電池
- b) 有機太陽電池のキャリア飛程のインピーダンス分光による決定

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 超高速キャリア移動度有機半導体による有機太陽電池が，太陽電池の理論限界値（ショックレー・クエーサー（SQ）限界）に達する開放端電圧を示すことを見出した。これまでの有機太陽電池の開放端電圧は，すべて SQ 限界より 0.5 V 以上小さく，これは分子振動にエネルギーが散逸する無輻射再結合によるロスである。今回の有機半導体は長鎖アルキルを有し，ファスナー効果によって分子振動が抑制されて高速移動度を示す。そのため，分子振動による無輻射再結合も抑制されていると考えている。これは，有機太陽電池の開放端電圧を増大させる指針となる成果である。
- b) 有機太陽電池の光キャリア発生層である，フラレーン（C₆₀）とフタロシアニン（H₂Pc）の共蒸着膜のキャリア移動度，寿命，飛程を，ホールオンリー，電子オンリーデバイスを用いてインピーダンス分光で評価した。飛程は両者の混合比に対して一定で，キャリアがトラップへの捕獲と脱出を繰り返しながら移動する Multiple Trapping Model で説明できた。また，ホールと電子の飛程は，0.34，9.4 μm で，典型的な有機太陽電池の膜厚約 0.1 μm よりもはるかに長く，再結合が無い条件下では各電極まで十分にキャリアを取り出せることが分かった。逆に言えば，有機太陽電池の性能向上にはキャリア再結合の抑止が不可欠である。

B-1) 学術論文

M. KIKUCHI, K. TAKAGI, H. NAITO and M. HIRAMOTO, “Single Crystal Organic Photovoltaic Cells Using Lateral Electron Transport,” *Org. Electron.* **41**, 118–121 (2017).

C. OHASHI, S. IZAWA, Y. SHINMURA, M. KIKUCHI, S. WATASE, M. IZAKI, H. NAITO and M. HIRAMOTO, “Hall Effect in Bulk-Doped Organic Single Crystal,” *Adv. Mater.* **29**, 1605619 (6 pages) (2017).

N. SHINTAKU, S. IZAWA, K. TAKAGI, H. NAITO and M. HIRAMOTO, “Hole- and Electron-Only Transport in Ratio-Controlled Organic Co-Deposited Films Observed by Impedance Spectroscopy,” *Org. Electron.* **50**, 515–520 (2017).

B-3) 総説，著書

M. HIRAMOTO, “Organic Solar Cells,” in *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials (2nd Edition)*, S. Kasap, P. Capper, Eds., Springer International Publishing AG; Switzerland, Part E Novel Materials and Selected Applications, Chapter E. 54, pp. 1239–1338 (2017).

M. HIRAMOTO, “Effects of Impurity Doping at ppm Level in Photovoltaic Organic Semiconductors,” in *Organic Solar Cells: Advances in Research and Applications*, M. Voronov, Ed., NOVA Science Publishers, Inc.; New York, Chap. 1, pp. 1–50 (2017).

M. HIRAMOTO, “Energetic and Nanostructural Design of Small-Molecular-Type Organic Solar Cells,” in *Advances in Chemical Physics*, S. A. Rice, A. R. Dinner, Eds., John Wiley & Sons. Inc., Vol. 162, pp. 137–204 (2017).

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

M. HIRAMOTO, “Band Gap Science for Organic Solar Cells,” 16th World Nano Conference, Milan (Italy), June 2017.*
(Keynote Speaker)

M. HIRAMOTO, “Effects of Impurity Doping at ppm Level in Photovoltaic Organic Semiconductors,” EMN Bali Meeting 2017, Energy Materials Nanotechnology, Bali (Indonesia), June 2017.

M. HIRAMOTO, “pn-Control of Organic Semiconductors and Application to Organic Solar Cells,” BIT’s 7th Annual World Congress of Nano Science & Technology-2017 “Welcome to a New Era of Nano-Level,” Session 402: Metals, Semiconductors, and Junction Device, Fukuoka (Japan), October 2017.

M. HIRAMOTO, “Hall effect in Bulk-Doped Organic Single Crystals,” 9th Electronic Structure and Processes at Molecular-Based Interfaces (ESPMI 2017), National University of Singapore, Singapore, November 2017.

M. HIRAMOTO, “Effects of Impurity Doping at ppm Level in Photovoltaic Organic Semiconductors,” The 27th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-27), Area 4, 4ThO3.1, Organic and Dye-sensitized Solar Cells, Otsu (Japan), November 2017.

平本昌宏, 「有機半導体のpn制御と太陽電池への応用」, 電子情報通信学会 OME 報告会有機エレクトロニクス, 日間賀島アイランドホテル, 南知多, 2017年1月.

平本昌宏, 「有機半導体におけるドーピングによるpn制御と太陽電池応用」, 日本学術振興会情報科学用有機材料第142委員会C部会(有機光エレクトロニクス)第74回合同研究会, 東京理科大, 東京, 2017年3月.

伊澤誠一郎, 「有機半導体薄膜中のナノ構造制御と有機太陽電池への応用」, SPring-8次世代先端デバイス研究会, 東京, 2017年3月.

B-6) 受賞, 表彰

平本昌宏, 応用物理学会第11回フェロー表彰(2017).

嘉治寿彦, 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会奨励賞(2013).

嘉治寿彦, 第31回(2011年秋季)応用物理学会講演奨励賞(2011).

平本昌宏, 国立大学法人大阪大学教育・研究貢献賞(2006).

平本昌宏, 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会論文賞(2006).

平本昌宏, JJAP(Japanese Journal of Applied Physics) 編集貢献賞(2004).

平本昌宏, 電子写真学会研究奨励賞(1996).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会幹事(1997–1998, 2001–2002).

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会年会講演プログラム委員(2002–2003).

Korea-Japan Joint Forum (KJF)—Organic Materials for Electronics and Photonics, Organization Committee Member (2003–).

「有機固体における伝導性・光伝導性および関連する現象」に関する日中合同シンポジウム組織委員 (2007–).

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会年会講演プログラム委員長 (2008–2009).

Fifth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5)(Miyazaki), Organization Committee Member (2009).

東京大学物性研究所2011年度後期短期研究会「エネルギー変換の物性科学」オーガナイザーメンバー (2011).

有機薄膜太陽電池サテライトミーティング世話人代表 (2009–2014).

The 37th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS2010) “Organic Semiconductor Materials and Devices,” 31 May–4 June 2010, Takamatsu Kagawa, Japan, Programm Committee Member of the Session (2010).

The 40th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS 2013), “Organic Semiconductors and Flexible Materials,” Kobe Convention Center, Kobe, Japan, May 19–23, Program Committee Member (2013).

The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6), Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan, Nov. 23–27, Program Committee Member and Chairman (2014).

27th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-27), Shiga, Japan, 12–17 Nov., Area: Organic and Dye-sensitized Solar Cells, Area Chair (2017).

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会幹事 (2017–2018). (伊澤誠一郎)

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

科学技術交流財団(財)「有機半導体の基礎科学と有機太陽電池への応用に関する研究会」座長 (2009–2011).

京都大学化学研究所全国共同利用・共同研究拠点連携基盤専門小委員会委員 (2011–2012).

ERATO (戦略的創造研究推進事業) 追跡評価評価委員(評価委員長: 阿知波首都大学東京名誉教授) (中村活性炭素クラスタープロジェクト(2004–2009) 追跡評価) (2015.7–10).

NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構)「次世代材料評価基盤技術開発／有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発」研究評価委員会(分科会) 委員(中間評価) (2015.8.19–11.4).

NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構)「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」中間評価分科会分科会長代理 (2017.8–).

学会誌編集委員

Japanese Journal of Applied Physics (JJAP) 誌編集委員 (2001–2002, 2004–2007).

Japanese Journal of Applied Physics (JJAP) 誌ゲストエディター (2005).

競争的資金等の領域長等

東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究「有機半導体デバイスの基礎と応用」研究代表者 (2003–2005).

さががけ「太陽光と光電変換」研究領域 領域アドバイザー (2009–).

戦略的創造研究推進研究(CREST)「低エネルギー, 低環境負荷で持続可能なものづくりのための先導的な物質変換技術の創出(ACT-C)」研究領域 領域アドバイザー (2012–).

その他

岡崎ビジネス大賞評価委員 (2012).

岡崎ものづくり協議会学識委員 (2011–).

B-8) 大学での講義、客員

大阪大学ナノ高度学際教育研究訓練プログラムナノ社会人教育夜間講義(平成 28 年度), 大阪大学中之島センター, 「有機太陽電池(I)(II)」, 2017 年 1 月 10 日.

名古屋大学大学院理学研究科, グリーン自然科学国際教育研究プログラム(リーディングプログラム)集中講義「自然科学連携講義1」, 「太陽電池, 有機半導体, 有機エレクトロニクス」, 2017 年 12 月 5 日, 12 日.

B-9) 学位授与

大橋知佳, 「Effects of Impurity Doping at ppm Level in Organic Semiconductors」, 2017 年 3 月, 博士(理学).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C)(2), 「高効率有機3層接合型固体太陽電池の開発」, 平本昌宏(2006 年–2007 年).

科学技術振興機構産学共同シーズイノベーション化事業顕在化ステージ, 「高効率有機固体太陽電池の実用化試験」, 平本昌宏(2006 年–2007 年).

NEDO 「太陽光発電システム未来技術研究開発」, 「超階層ナノ構造を有する高効率有機薄膜太陽電池の研究開発」, 平本昌宏(分担)(2006 年–2009 年).

科学技術振興機構CREST 研究, 「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」, 「有機薄膜太陽電池の高効率化に関する研究」, 平本昌宏(分担)(2008 年–2009 年).

科研費基盤研究(B)(2), 「有機半導体のイレブンナイン超高純度化による 10% 効率有機薄膜太陽電池の開発」, 平本昌宏(2009 年–2012 年).

科研費挑戦的萌芽研究, 「直立超格子ナノ構造を組み込んだ高効率有機太陽電池」, 平本昌宏(2009 年–2010 年).

科研費挑戦的萌芽研究, 「クロスドーピングによる有機薄膜太陽電池」, 平本昌宏(2012 年–2013 年).

科学技術振興機構CREST 研究, 「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出研究領域」, 「有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス」, 平本昌宏(2009 年–2015 年).

科研費基盤研究(B), 「共蒸着膜の pn 制御による 15% 効率有機タンデム太陽電池の開発」, 平本昌宏(2013 年–2016 年).

NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構), エネルギー・環境新技術先導プログラム「pn 制御有機半導体単結晶太陽電池の開発」, 平本昌宏, (2015 年–2016 年).

科研費基盤研究(B) (一般), 「有機単結晶エレクトロニクス」, 平本昌宏(2017 年–2020 年).

科研費挑戦的研究(萌芽), 「超バルクヘテロ接合有機太陽電池の開発」, 平本昌宏(2017 年–2019 年).

科研費研究活動スタート支援, 「混合膜中の界面構造制御による有機薄膜太陽電池の高効率化」, 伊澤誠一郎(2016 年–2017 年).

C) 研究活動の課題と展望

科研費「有機単結晶エレクトロニクス」(代表: 平本)の遂行のために, 研究員1名(菊地)を雇用している。昨年度開発した有機単結晶ドーピング技術を突破口として, 有機単結晶エレクトロニクス分野を開拓する。昨年度着任した伊澤助教は, 有機太陽電池の開放端電圧の決定要因に関する研究を強力に推進し, 成果をあげつつある。2週に1度, 1日かけて研究報告とディスカッションを強力に行っている。

また, 博士課程学生2名(大橋(D3)2017.3卒業, 新宅(D3), および, 国際インターンシップ生, インドバナラシヒンドゥ大 Nitish Rai (M1, 2017.5–2017.8), タイ国チュラロンコン大 Sureerat Makmuang (M2, 2017.11–2018.4) が在籍している。海外の学生の確保が軌道に乗りつつある。