

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成22年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	フラーレン誘導体の合成を基盤とした化学的アプローチによる高効率有機薄膜太陽電池の開発
研究機関・ 部局・職名	国立大学法人東京大学・大学院理学系研究科・特任教授
氏名	松尾 豊

1. 当該年度の研究目的

2005年頃、約5%のエネルギー変換効率を与える標準構成の有機薄膜太陽電池(P3HT:PCBM)が確立されて以来、2010年までの5年で約3%の変換効率の伸びがあった。この変換効率の上昇は、ナローバンドギャップポリマーにみられるような優れた光吸収材料、BisPCBM やフラーレンインデンビス付加体 ICBA のような高 LUMO 材料の開発によるところが大きい。このように、材料設計、材料開発により特性の向上が可能になるのも有機半導体を用いる有機エレクトロニクスデバイスの特徴である。

本研究の初年度では、材料開発に軸足を置いた有機薄膜太陽電池の研究開発を開始する。新規化合物を合成するための新反応の開拓を行うと同時に、優れた特性をもつ新規フラーレン誘導体、新規 π 電子拡張アセン系電子供与体の開発を行う。また、素子作成が簡便に行え、耐久性が高く、電子が流れる方向も理にかなっている、いわゆる逆型素子の研究に注力し、素子評価の基盤を確立する。

2. 研究の実施状況

フラーレンの化学修飾を行うための新規反応の研究を行い、有機薄膜太陽電池に用いる各種新規電子受容体を開発した。特に、フラーレンに最小の炭素付加基であるジヒドロメタン基(CH_2)を導入する新規反応を開発し、各種ジヒドロメタンフラーレン誘導体を合成した。合成したジヒドロメタンフラーレン誘導体の電子特性、熱特性、結晶パッキング構造を調べて、有望な材料を化合物を見つけ出し、それを用いてバルクヘテロ接合型の有機薄膜太陽電池を作製して6.4%のエネルギー変換効率を得た。また、金属電極上に自己組織化単分子膜を形成する結合部位をもち、電子求引基や電子供与基を導入したフラーレン誘導体を各種合成し、分子の双極子モーメントが電極の仕事関数に与える影響を系統的に研究した。これにより、電極-有機層におけるポテンシャル制御界面の研究を開始した。また、平行にパイスタックし、高い溶解性をもつポルフィリン誘導体を合成することに成功した。また、長波長光を吸収する π 電子共役系を拡張したテトラセン誘導体を合成した。

有機半導体だけでなく、無機半導体(金属酸化物)を組み合わせた有機太陽電池の開発に新たに取り組んだ。電子受容体・電子捕集材料として酸化チタン TiO_x ($x = 1.1$) を用い、その上に新規フラーレン誘導体、電子供与体を積層し、有機半導体分子から酸化チタンへの電子の注入(色素増感太陽電池と同じメカニズム)に基づく有機/無機薄膜太陽電池を作製して、性能を評価した。1 cm²の受光面積をもつ素子で、比較的高い開放電圧と約3%の変換効率を得た。この太陽電池は大面積化を行いやすいという特徴をも

つ. 実際に, 20 cm 角の有機/無機薄膜太陽電池を作製した(図).

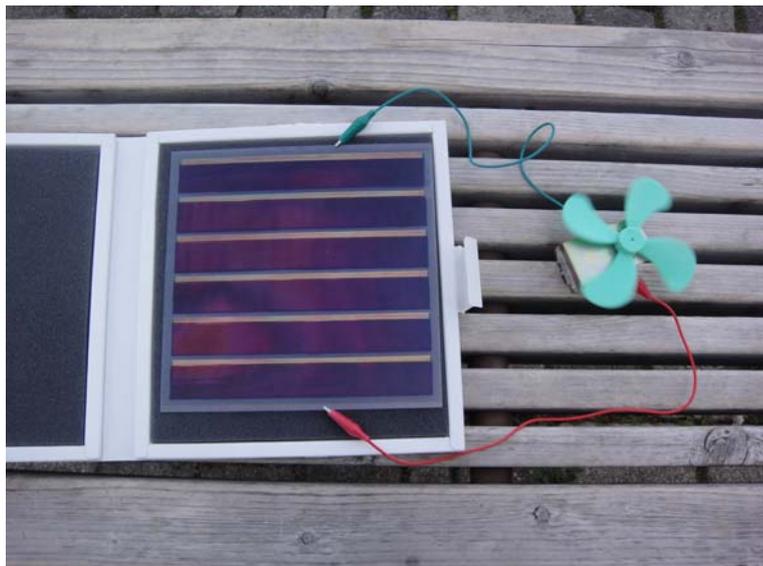


図. 有機/無機半導体を用いた新型有機薄膜太陽電池 (20 cm 角)

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計3件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計3件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Yoshimitsu Itoh, Bumjung Kim, Raluca I. Gearba, Noah J. Tremblay, Ron Pindak, <u>Yutaka Matsuo</u>, Eiichi Nakamura, Colin Nuckolls, "Simple Formation of C60 and C60-Ferrocene Conjugated Monolayers Anchored onto Silicon Oxide with Five Carboxylic Acids and Their Transistor Applications", <i>Chem. Mater.</i> 2011, <i>23</i>, 970-975. 2. <u>Yutaka Matsuo</u>, Ying Zhang, Iwao Soga, Yoshiharu Sato, Eiichi Nakamura, "Synthesis of 1,4-Diaryl[60]fullerenes by Bis-hydroarylation of C60 and Their Use in Solution-processable, Thin-film Organic Photovoltaic Cells", <i>Tetrahedron Lett.</i> 2011, <i>52</i>, 2240-2242. 3. Toshihiro Okamoto, Katsumasa Nakahara, Akinori Saeki, Shu Seki, Oh Joon Hak, Akkerman Hylke, Bao Zhenan, <u>Yutaka Matsuo</u>, "Aryl-Perfluoroaryl Substituted Tetracene: Induction of Face-to-Face π-π Stacking and Enhancement of Charge Carrier Properties", <i>Chem. Mater.</i> 2011, <i>23</i>, 1646-1649. <p>(掲載済み一査読無し) 計0件</p> <p>(未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計9件</p>	<p>専門家向け 計9件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zuo Xiao, <u>松尾 豊</u>, 中村栄一, 「アルキンとフラーレンプロミドの銅触媒を用いた形式的な[4+2]環化反応」, 日本化学会第91回春季年会, 神奈川大学, 平成23年3月26日-29日 2. Baolin Li, <u>松尾 豊</u>, 尾畑直樹, 田中秀幸, 中村栄一, 「五重付加型フラーレンC60Me5(Octyl)の結晶充填構造, 電気化学特性及び光電変換特性」, 日本化学会第91回春季年会, 神奈川大学, 平成23年3月26日-29日 3. Sebastian, Lacher, <u>松尾 豊</u>, 中村栄一, 「五重付加型[60]フラーレン自己組織化単分子膜による金属および金属酸化物電極の仕事関数制御と表面エネルギー変化」, 日本化学会第91回春季年会, 神奈川大学, 平成23年3月26日-29日 4. Ying Zhang, <u>松尾 豊</u>, 中村栄一, 「C60 およびC70 メタノフラーレンの新しい合成法」, 日本化学会第91回春季年会, 神奈川大学, 平成23年3月26日-29日 5. 丸山優史, 中村栄一, <u>松尾 豊</u>, 「特異的なボウル型空間を利用した新規4員環芳香族種の合成, 単離, 構造とその物性」, 日本化学会第91回春季年会, 神奈川大学, 平成23年3月26日-29日

様式19 別紙1

	<p>6. 鈴木 毅, 岡本敏宏, 田中秀幸, 松尾 豊, 「分子内ダイポールを有する両極性テトラセンイミドジスルフィド誘導体の分子集合体構造と有機薄膜太陽電池特性」, 日本化学会第 91 回春季年会, 神奈川大学, 平成 23 年 3 月 26 日-29 日</p> <p>7. 小島峻吾, 岡本敏宏, 松尾 豊, 「新規パイ共役系拡張テトラセン誘導体とその物性」, 日本化学会第 91 回春季年会, 神奈川大学, 平成 23 年 3 月 26 日-29 日</p> <p>8. 小津彩子, Zuo Xiao, 中村栄一, 松尾 豊, 「フラーレン誘導体SIMEFの酸化生成物の合成, 構造, 物性」, 日本化学会第 91 回春季年会, 神奈川大学, 平成 23 年 3 月 26 日-29 日</p> <p>9. 波多野淳一, 岡本敏宏, 松尾 豊, 「可溶性非対称メソアルキニル置換ポルフィリン誘導体の合成と物性」, 日本化学会第 91 回春季年会, 神奈川大学, 平成 23 年 3 月 26 日-29 日</p> <p>一般向け 計0件</p>
図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状況 計0件	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
Webページ (URL)	http://www.matsuo-lab.net/
国民との科学・技術対話の実施状況	日本科学未来館の方に, 空気中でも安定な有機薄膜太陽電池の作製の実習を行う予定がある.
新聞・一般雑誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成22年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額
直接経費	130,000,000	0	53,454,000	76,546,000
間接経費	39,000,000	0	16,036,200	22,963,800
合計	169,000,000	0	69,490,200	99,509,800

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度 執行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額
直接経費	0	53,454,000	0	53,454,000	749,826	52,704,174
間接経費	0	16,036,200	0	16,036,200	0	16,036,200
合計	0	69,490,200	0	69,490,200	749,826	68,740,374

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	737,706	実験試薬(nanom purple ST-A, nanom orange ST)等
旅費	0	
謝金・人件費等	0	
その他	12,120	学会参加登録費
直接経費計	749,826	
間接経費計	0	
合計	749,826	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
				0		
				0		
				0		