

**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 25 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	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

有機系太陽電池として有機薄膜太陽電池, 色素増感太陽電池, 有機金属ペロブスカイトを用いたハイブリッド太陽電池があるが, それぞれに利点と欠点がある。有機薄膜太陽電池は変換効率面では他の2つに比べ劣るが, コスト面と安定性の優位性がある。その中で, ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)を用いた有機薄膜太陽電池は, ローバンドギャップポリマーを用いたそれよりもコスト面と安定性の優位性が顕著で, 最も実用化に近い。その P3HT をドナーとして用いた場合のアクセプター材料の最適化を目指した。

本年度は最終年度ということもあり, これまで得られた成果をさらに発展させると同時に整理し, 高性能有機薄膜太陽電池を与える材料開発と素子作製, およびそれらの成果を相互にフィードバックさせる研究を行うことを目的とした。具体的な検討項目としては, 高開放電圧を与え高い電子移動度を持つフラーレンアクセプター材料の探索, 広い吸収波長と高い吸光係数を持つドナー分子(ポルフィリンおよびテトラセン誘導体)の合成, リチウム内包フラーレンや酸化物薄膜など新規材料を用いた中間層形成による太陽電池素子の効率化, 得られた材料についての素子作製条件検討とフィードバック, のそれぞれについて検討を行った。

### 2. 研究の実施状況

P3HT に対して最も優れたアクセプターであるメタノインデンフラーレンを開発することに成功しているが, その類縁体の系統的合成を行い, それらの高い電子移動度を明らかにし, 電子アクセプターの標準材料としての足場を固めた(Adv. Mater. 2013, 25, 6266.). また, PCBM や C60 より低い LUMO 準位をもつフラーレン誘導体を開発することにも成功し, 低 LUMO フラーレンでは最高の変換効率(5.2%)を得て, フラーレンアクセプター開発の新たな方向性を切り拓いた(Chem. Lett. 2013, 42, 1525.). さらに, [60]PCBM と [70]PCBM の混合物(約 85:15)である mix-PCBM は, [60]PCBM に比べ, コスト的に優位であり, 高い変換効率, 素子安定性を与えることを明らかにした(Appl. Phys. Lett. 2013, 103, 073306.). 高移動度を示すフラーレン誘導体として, 単結合でフラーレン同士が結合したフラーレンダイマーを開発した(J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 3366.). 加熱することで, フラーレン間の単結合が熱的に解離し, ドープ効果により電子移動度が向上することが示された。

また, 関連する成果として, 有機フラーレンを鋳型として用いて 1000nm 以上の波長の光を吸収するコバ

## 様式19 別紙1

ルト硫黄( $\text{Co}_8\text{S}_{15}$ )クラスターの選択的合成に成功した(J. Am. Chem. Soc. 2013, 135, 10914.). フラーレン金属錯体における酸化還元反応前後の分子集合形状の変化の単分子レベルの観察に成功し(J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 3184.), 電子移動反応の直接観察に道を拓いた.

自然界の葉緑素にならったマグネシウムポルフィリン錯体の電子ドナーの開発に取り組んでいる. 本年度は, ポルフィリンユニット2つとアクセプターユニット1つからなる D-A-D 型のジポルフィリンを合成し, 吸収波長の 70 nm 程度の長波長シフトと変換効率向上に成功した.

同じく低分子ローバンドギャップドナーであるテトラセンイミドジスルフィドについて, 白金錯体(Chem. Commun. 2013, 49, 10394.)およびパラジウム錯体(論文投稿中)を合成し, 吸収波長の長波長化に成功した. とくにパラジウム三核錯体は 2000 nm 以上の赤外領域にも電子遷移に由来する吸収をもち, 太陽電池以外の新たな研究展開も期待される.

リチウム内包フラーレンを ITO 電極上に堆積させ, 中間層として用いる検討はまだ途上であるが, その検討過程でその反応性について興味深い知見を得た, 非常に低い LUMO 準位をもつリチウムイオン内包フラーレンは, 空のフラーレンに比べ Diels-Alder 反応において反応速度が 1000 倍以上になることがわかった(Org. Lett. 2013, 15, 4466.).

その他, 社会との対話も推進し, 駅に設置していた有機薄膜太陽電池を日本科学未来館に設置して, 子供向け実験教室を開催した.

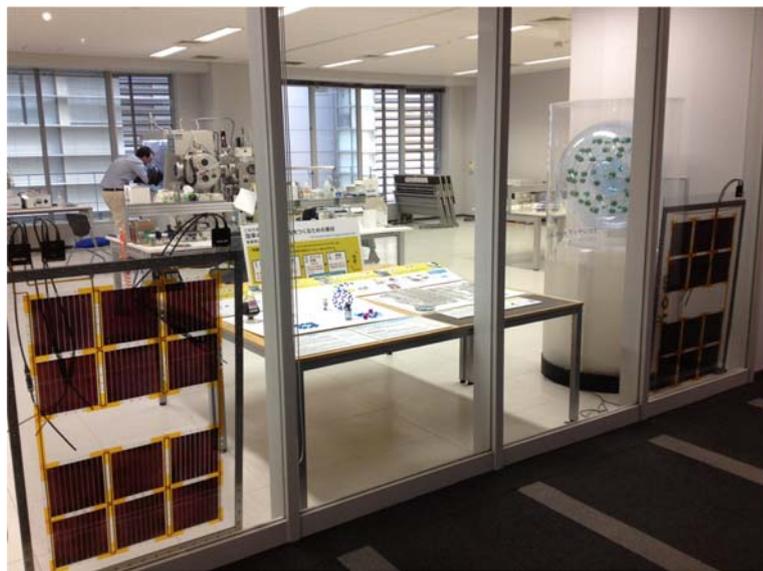


図. 日本科学未来館に設置した有機薄膜太陽電池モジュール

### 3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計 20 件
計 26 件	1. Magnetic Properties of Decamethyl Fullerenes: Radical Spin Interactions in Chemically Functionalized Fullerenes Haruna Nitta, <u>Yutaka Matsuo</u> , Eiichi Nakamura, Susumu Okada* Appl. Phys. Express 2013, 6, 045102. [DOI: 10.7567/APEX.6.045102]
	2. Application of Sputter-deposited Amorphous and Anatase $\text{TiO}_2$ as Electron-collecting Layers in Inverted Organic Photovoltaics

- Kee Sheng Yeo, Shoichiro Nakao, Yasushi Hirose, Tetsuya Hasegawa, Yutaka Matsuo\*  
Org. Electron. 2013, 14, 1715–1719. [DOI: 10.1016/j.orgel.2013.04.007]
3. Regioselective [2 + 2] Cycloaddition of Fullerene Dimer with Alkyne Triggered by Thermolysis of Inter-fullerene C–C Bond  
Zuo Xiao, Yutaka Matsuo\*, Masashi Maruyama, Eiichi Nakamura\*  
Org. Lett. 2013, 15, 2176–2178. [DOI: 10.1021/ol400713t]
4. Solution-Phase Synthesis of Dumbbell-Shaped C<sub>120</sub> by FeCl<sub>3</sub>-Mediated Dimerization of C<sub>60</sub>  
Masahiko Hashiguchi\*, Hiroshi Inada, Yutaka Matsuo\*  
Carbon 2013, 61, 418–422. [DOI: 10.1016/j.carbon.2013.04.101]
5. First-principles Investigation on Structural and Optical Properties of M<sup>+</sup>@C<sub>60</sub> (where M = H, Li, Na, and K)  
Yoshifumi Noguchi\*, Osamu Sugino, Hiroshi Okada, Yutaka Matsuo  
J. Phys. Chem. C 2013, 117, 15362–15368. [DOI: 10.1021/jp4041259]
6. Addition of Dihydromethano Group to Fullerenes for Improving the Performance of Bulk Heterojunction Organic Solar Cells  
Yutaka Matsuo\*, Junya Kawai, Hiroshi Inada, Takafumi Nakagawa, Hitoshi Ota, Saika Otsubo, Eiichi Nakamura\*  
Adv. Mater. 2013, 25, 6266–6269. [DOI: 10.1002/adma.201302607]
7. Selective Synthesis of Co<sub>8</sub>S<sub>15</sub> Cluster in Bowl-shaped Template of the Pentaary[60]fullerene Ligand  
Masashi Maruyama, Kenta Imoto, Matthias König, Dirk M. Guldi\*, Shin-ichi Ohkoshi, Eiichi Nakamura, Yutaka Matsuo\*  
J. Am. Chem. Soc. 2013, 135, 10914–10917. [DOI: 10.1021/ja405045t]
8. Mixture of [60] and [70]PCBM Giving Morphological Stability in Organic Solar Cells  
Yoshihide Santo, Il Jeon, Kee Sheng Yeo, Takafumi Nakagawa, Yutaka Matsuo\*  
Appl. Phys. Lett. 2013, 103, 073306. [DOI: 10.1063/1.4818726]
9. Efficient Diels–Alder Addition of Cyclopentadiene to Lithium Ion Encapsulated [60]Fullerene  
Hiroki Kawakami, Hiroshi Okada, Yutaka Matsuo\*  
Org. Lett. 2013, 15, 4466–4469. [DOI: 10.1021/ol4020046]
10. Synthesis, Photophysical Properties, and Excited State Dynamics of Platinum Complex of Tetracene Imide Disulfide  
Takafumi Nakagawa, Tsuyoshi Suzuki, Matthias König, Dirk M. Guldi\*, Yutaka Matsuo\*  
Chem. Commun. 2013, 49, 10394–10396. [DOI: 10.1039/C3CC46068A]
11. 56π-Electron Hydrofullerene Derivatives as Electron Acceptors for Organic Solar Cells  
Yoko Abe, Rieko Hata, Yutaka Matsuo\*  
Chem. Lett. 2013, 42, 1525–1527. [DOI: 10.1246/cl.130753]
12. Low-LUMO 56π-Electron Fullerene Acceptors Bearing Electron-withdrawing Cyano Groups for Small-Molecule Organic Solar Cells  
Yoko Abe, Takamichi Yokoyama, Yutaka Matsuo\*  
Org. Electron. 2013, 14, 3306–3311. [DOI: 10.1016/j.orgel.2013.09.012]
13. Friedel–Crafts Functionalization of the Cyclopentadienyl Ligand in Buckymetalloenes  
Yutaka Matsuo\*, Yoichiro Kuninobu, Shingo Ito, Masaya Sawamura, Eiichi Nakamura\*  
Dalton Trans. 2014, 43, 7407–7412. [DOI: 10.1039/C3DT52002A]
14. Solvent-dependent Morphology of Thermally Converted Copper Phthalocyanine for Solution-processed Small Molecule Organic Photovoltaic Devices  
Huihui Wang, Takamitsu Fukuda, Naoto Ishikawa, Yutaka Matsuo\*

Org. Electron. 2014, 15, 139–143. [DOI: 10.1016/j.orgel.2013.10.023]

15. *cis*-Substituted Tetraethynylporphyrin Derivatives for Small Molecule Organic Solar Cells  
Yutaka Matsuo\*, Junichi Hatano, Takafumi Nakagawa  
 J. Phys. Org. Chem. 2014, 27, 87–93. [DOI: 10.1002/poc.3241]

16. Acceleration of Tri-addition to [70]Fullerene by "Nanom Black" Fullerene Soot  
Yutaka Matsuo\*, Shigeo Yasuda, Koji Suemura, Eiichi Nakamura  
 Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures 2014, 22, 196–201.  
 [DOI:10.1080/1536383X.2013.798727] (Prof. Akasaka special issue).

17. Anion Exchange of  $\text{Li}^+@C_{60}$  Salt for Improved Solubility  
 Hiroshi Okada, Yutaka Matsuo\*  
 Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures 2014, 22, 262–268.  
 [DOI:10.1080/1536383X.2013.812639] (Prof. Akasaka special issue).

18. Divergent Synthesis and Tuning of the Electronic Structures of Cobalt–Dithiolene–Fullerene Complexes for Organic Solar Cells  
Yutaka Matsuo\*, Keisuke Ogumi, Masashi Maruyama, Takafumi Nakagawa  
 Organometallics 2014, 33, 659–664. [DOI: 10.1021/om400796p]

19. Direct Probing of the Structure and Electron Transfer of Fullerene/ Ferrocene Hybrid on Au(111) Electrodes by in Situ Electrochemical STM  
 Ting Chen, Dong Wang\*, Li-Hua Gan, Yutaka Matsuo\*, Jing-Ying Gu, Hui-Juan Yan, Eiichi Nakamura, Li-Jun Wan\*  
 J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 3184–3191. [DOI: 10.1021/ja411813r]

20. Mobility of Long-Lived Fullerene Radical in Solid State and Nonlinear Temperature Dependence  
 Yoko Abe, Hideyuki Tanaka, Yunlong Guo, Yutaka Matsuo\*, Eiichi Nakamura\*  
 J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 3366–3369. [DOI: 10.1021/ja500340f]

(掲載済み一査読無し) 計 4 件

21. 月刊ディスプレイ, テクノタイムズ社, 2013 年, vol. 19, No. 8, p68–73.  
 「酸化されたフラーレン誘導体が有機薄膜太陽電池特性に及ぼす影響」, 松尾 豊

22. 化学工業, 化学工業社, 2013 年, vol. 64, No. 8, p57–64.  
 「分取 HPLC によるフラーレン誘導体の分離と精製」, 稲田 寛, 松尾 豊

23. 機能材料, シーエムシー出版, 2014 年, vol. 34, No. 1, p46–51.  
 「有機薄膜太陽電池に用いる新規フラーレン誘導体メタノインデンフラーレンの開発」, 松尾 豊

24. 和光純薬有機化学情報誌 Organic Square, 2014 年, No. 47, p8–9.  
 「リチウムイオン内包フラーレン  $\text{Li}^+@C_{60}$  の基礎と応用 その1」青柳 忍, 松尾 豊

(未掲載) 計 2 件

25.  $\text{FeCl}_3$ -Mediated Retro-Reactions of Fullerene Derivatives to  $C_{60}$   
 Masahiko Hashiguchi,\* Takao Ueno, Yutaka Matsuo\*  
 Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, in press.  
 [DOI:10.1080/1536383X.2012.742429]

26. 1,8-Diazabicycloundecene-mediated Separation of Singly bonded Fullerene Dimer and Application to Facile Preparation of  $C_{61}H_2$   
 Yoko Abe, Yutaka Matsuo\*  
 Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, in press.

様式19 別紙1

<p>会議発表 計 50 件</p>	<p>専門家向け 計 49 件 (アンダーラインは発表者) &lt;国内学会&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>「ボウル型フラーレン配位子の内部における四員環芳香族系の構築および <math>\text{Co}_8\text{S}_{15}</math> クラスターの精密合成」 <u>松尾 豊</u> 新学術領域研究会「メゾスコピックアーキテクチャーの化学」 東京大学(東京都文京区), 2013 年 5 月 1 日, 依頼講演</li> <li>「有機材料化学を基盤とする光電変換科学」 <u>松尾 豊</u> 有機薄膜太陽電池講演会 物質・材料研究機構(つくば市), 2013 年 5 月 15 日, 依頼講演</li> <li>「ボウル型フラーレン鑄型配位子の内部での <math>\text{Co}_8\text{S}_{15}</math> クラスターの精密合成」 <u>松尾 豊</u>, 丸山優史 ナノ学会第 11 回大会, 特別企画講演 東京工業大学(東京都目黒区), 2013 年 6 月 6 日-8 日, 依頼講演</li> <li>「有機半導体の光機能設計に基づく有機薄膜太陽電池の開発」 <u>松尾 豊</u> 第 34 回光化学若手の会 神戸セミナーハウス(神戸市北区), 2013 年 6 月 28 日-30 日, 依頼講演</li> <li>「有機材料化学に基づく光電変換科学」 <u>松尾 豊</u> 第 45 回 構造有機化学若手の会 夏の学校 道後プリンスホテル(愛媛県松山市), 2013 年 8 月 4 日-6 日, 依頼講演</li> <li>「Chemical Modifications of Lithium-Ion-Encapsulated [60]Fullerene: <math>[\text{Li}^+\text{C}_{60}(\text{CpH})]\text{PF}_6^-</math> and <math>[\text{Li}^+\text{C}_{60}(\text{CPh}_2)]\text{PF}_6^-</math>」 川上裕貴, 岡田洋史, <u>松尾 豊</u> 第 45 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム 大阪大学(大阪府豊中市), 2013 年 8 月 5 日-7 日, 口頭発表</li> <li>「Synthesis of New <math>[\text{Li}^+\text{C}_{60}]</math> Salts for Improved Solubility」 岡田洋史, <u>松尾 豊</u> 第 45 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム 大阪大学(大阪府豊中市), 2013 年 8 月 5 日-7 日, ポスター発表</li> <li>「合成化学を基盤とする光電変換科学」 <u>松尾 豊</u> 筑波大学 TIA サマースクール 筑波大学(つくば市), 2013 年 8 月 30 日&lt;依頼講演&gt;</li> <li>「テトラセニンミドジスルフィドの三核金属錯体化による近赤外吸収分子の創製」 Creation of Infrared Absorbing Molecules by Trinuclear Metallation of the Tetraceneimide Disulfide <u>鈴木 毅</u>, 中川貴文, <u>松尾 豊</u> 第 24 回基礎有機化学討論会 学習院大学(東京都豊島区), 2013 年 9 月 5 日-7 日, 口頭発表</li> <li>「五重付加型フラーレンコバルトジチオレン錯体の合成と有機薄膜太陽電池への応用」 Synthesis of Penta(aryl)[60]fullerene Cobalt-Dithiolene Complexes for Organic Solar Cells <u>小汲佳祐</u>, 中川貴文, <u>松尾 豊</u> 第 24 回基礎有機化学討論会 学習院大学(東京都豊島区), 2013 年 9 月 5 日-7 日, ポスター発表</li> <li>「テトラセニンミドジスルフィド白金錯体の合成と時間分解光学特性」 Synthesis and Time-resolved Optical Properties of Tetraceneimido Disulfide Platinum Complex</li> </ol>
------------------------	--

	<p>中川貴文, 鈴木 毅, Matthias König, Dirk M. Guldi, 松尾 豊  第24回基礎有機化学討論会  学習院大学(東京都豊島区), 2013年9月5日-7日, ポスター発表</p> <p>12. 「[60]および[70]フラーレン誘導体混合物を用いることによる逆型有機薄膜太陽電池における安定性の向上」Stability Enhancement in Inverted Organic Photovoltaic Cells by Using Mixed [60] and [70]Fullerene Derivatives  田 日, 山東誉英, Yeo Kee Sheng, 中川貴文, 松尾 豊  第24回基礎有機化学討論会  学習院大学(東京都豊島区), 2013年9月5日-7日, ポスター発表</p> <p>13. 「リチウムイオン内包フラーレンに対するシクロペンタジエンおよびジアゾアルカンの付加反応」Addition Reaction of Cyclopentadiene and Diazoalkane to Lithium-Ion-Encapsulated [60]Fullerene  川上裕貴, 岡田洋史, 松尾 豊  第24回基礎有機化学討論会  学習院大学(東京都豊島区), 2013年9月5日-7日, ポスター発表</p> <p>14. 「The Evaluation of Stability and Structure of Organic Solar Cell Using Mixed PCBM」  Il Jeon, 山東誉英, Kee Sheng Yeo, 中川貴文, 松尾 豊  第74回応用物理学会  同志社大学(京都市京田辺市), 2013年9月16日-20日, 口頭発表</p> <p>15. 「五重付加フラーレンコバルトジチオレン誘導体を用いた有機薄膜太陽電池」  中川貴文, 小汲佳祐, 松尾 豊  第74回応用物理学会  同志社大学(京都市京田辺市), 2013年9月16日-20日, ポスター発表</p> <p>16. 「パラジウム多核錯体化によるテトラセニイミドジスルフィドの共役系拡張」  鈴木 毅・中川貴文・松尾 豊  第3回CSJ化学フェスタ2013  タワーホール船堀(東京都江戸川区), 2013年10月21日-23日, ポスター発表</p> <p>17. 「[60]PCBMと[70]PCBMの混合物の利用による有機薄膜太陽電池特性の向上」  Il Jeon, 山東 誉英, Yeo Kee Sheng, 中川 貴文, 松尾 豊  第3回CSJ化学フェスタ2013  タワーホール船堀(東京都江戸川区), 2013年10月21日-23日, ポスター発表</p> <p>18. 「フラーレン誘導体を配位子としたコバルトジチオレン錯体の合成及び有機太陽薄膜電池における電子受容体としての応用」  小汲佳祐, 中川貴文, 松尾 豊  第3回CSJ化学フェスタ2013  タワーホール船堀(東京都江戸川区), 2013年10月21日-23日, ポスター発表</p> <p>19. 「リチウムイオン内包フラーレンへのシクロペンタジエンおよびジフェニルジアゾメタンの付加反応」  川上裕貴, 岡田洋史, 松尾 豊  第3回CSJ化学フェスタ2013  タワーホール船堀(東京都江戸川区), 2013年10月21日-23日, ポスター発表</p> <p>20. 「新規フラーレン誘導体開発を基盤とする有機薄膜太陽電池の高効率化研究」  次世代化学材料評価技術研究組合(CEREBA) 第1回有機薄膜太陽電池講演会  松尾 豊  産業技術総合研究所(つくば市), 2013年10月22日, 招待講演</p> <p>21. 「有機半導体の合成化学を基盤とする高効率有機薄膜太陽電池の開発」  奈良女子大学講演会  松尾 豊  奈良女子大学(奈良市), 2013年10月30日, 招待講演</p>
--	---

22. 「有機材料化学に立脚する光電変換科学と有機薄膜太陽電池の開発」  
真空・表面科学合同講演会  
松尾 豊  
つくば国際会議場(つくば市), 2013年11月26日, 招待講演
23. 「Chemical Vapor Deposition of MoS<sub>2</sub> on Carbon Nanotube for Organic Thin Film Solar Cells」  
Il Jeon, Dai Kutsuzawa, Yu Hashimoto, Takashi Yanase, Taro Nagahama, Toshihiro Shimada, Yutaka Matsuo  
第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム  
東京大学(東京都文京区)2014年3月3日-5日, ポスター発表
24. 「A Novel Ligand-free ZnO Particle for Fullerene:Polymer Inverted Organic Solar Cell」  
Il Jeon, James Ryan, Kee Sheng Yeo, Tafu Nakazaki, Yuichi Negishi, Yutaka Matsuo  
第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム  
東京大学(東京都文京区)2014年3月3日-5日, ポスター発表
25. 「有機薄膜太陽電池への応用に向けたコバルトジチオレンフラーレン錯体の合成」  
小汲 佳祐, 中川 貴文, 松尾 豊  
第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム  
東京大学(東京都文京区)2014年3月3日-5日, ポスター発表
26. 「Photoinduced Charge Separation in Supramolecules between Lithium-ion-encapsulated 47 PCBM Fullerene and Anionic Porphyrins」  
川島 雄樹, 大久保 敬, 岡田 洋史, 松尾 豊, 福住 俊一  
第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム  
東京大学(東京都文京区)2014年3月3日-5日, ポスター発表
27. 「リチウムイオン内包フラーレン修飾体とその分析」  
岡田 洋史, 川上 裕貴, 松尾 豊  
ナノテクノロジープラットフォーム「分子・物質合成」平成25年度シンポジウム  
つくば国際会議場(つくば市), 2014年3月10日,11日, 口頭発表
28. 「アンスリル基を有するテトラエチニルポルフィリン誘導体の合成とその太陽電池特性および添加剤による特性向上」  
中川貴文, 波多野淳一, 松尾 豊  
第61回応用物理学会春季学術講演会  
青山学院大学相模原キャンパス(神奈川県相模原市)2014年3月17日-20日(木), ポスター発表
29. 「Application of Silylmethyl Fullerene Derivatives in Small Molecule Bulk Heterojunction Organic Solar Cells for High Open-Circuit Voltage」  
James W. Ryan, Takafumi Nakagawa, Yutaka Matsuo  
第61回応用物理学会春季学術講演会  
青山学院大学相模原キャンパス(神奈川県相模原市)2014年3月17日-20日(木), 口頭発表
30. 「フラーレン誘導体の合成化学と有機薄膜太陽電池」  
松尾 豊  
向研会ドクター会  
名古屋大学(名古屋市)2014年3月26日, 招待講演
31. 「光電子機能分子の合成と光電変換素子への応用」  
松尾 豊  
日本化学会第94回春季年会  
名古屋大学(名古屋市)2014年3月27日-30日, 招待講演
32. 「リチウムイオン内包 PCBM フラーレンとアニオン性ポルフィリンの超分子における長寿命光誘起電荷分離状態生成」  
川島 雄樹, 大久保 敬, 岡田 洋史, 松尾 豊, 福住 俊一

	<p>日本化学会第94回春季年会 名古屋大学(名古屋市)2014年3月27日-30日, 口頭発表</p> <p>&lt;国際会議等&gt;</p> <p>33. "Functionalized Fullerenes for Organic Thin-Film Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Photovoltaic Technical Conference 2013 Aix-en-Provence, France, 2013.5.22-5.24, Oral Presentation</p> <p>34. "Design, Synthesis and Properties of Fullerenes Derivatives for Organic Thin-film Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at TIMCAL Ticino, Switzerland, 2013.5.28, Oral Presentation</p> <p>35. "Synthetic Chemistry of Fullerenes for Organic Thin-film Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Inter group seminar at ETH Zurich, Switzerland, 2013.5.30, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>36. "Functionalization of Fullerenes for Organic Photovoltaic Devices" <u>Yutaka Matsuo</u> UT-SNU-NTU Chemistry Department Joint Symposium 2013 Seoul National University, Seoul, Korea, 2013.6.9-6.11, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>37. "Precise Synthesis of Co<sub>9</sub>S<sub>15</sub> Cluster inside the Bowl-shaped Templating Fullerene Ligand" <u>Yutaka Matsuo</u> Japan-China Young Scientist Symposium "Frontier of Coordination Chemistry at the Interface of Nano and Micro" Institute for Molecular Science, Okazaki, 2013.6.13-6.15, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>38. "Functionalization of Fullerenes for Organic Photovoltaic Devices" <u>Yutaka Matsuo</u> The 3rd ACIKITA International Conference on Science &amp; Technology 2013 (AICST 2013) Jakarta, Indonesia, 2013.8.25-27, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>39. "Development of High-performance Organic Solar Cells Based on Synthesis of Organic Semiconductors" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences Beijing, China, 2013.10.10, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>40. "Development of Functionalized Fullerenes for High-performance Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at Jilin University Changchun, China, 2013.10.11, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>41. "Synthesis and Electronic Structure of Bis(Tetracene Carboxylic Imide Disulfide) Tripalladium Complex" <u>Tsuyoshi Suzuki</u>, Takafumi Nakagawa, Yutaka Matsuo 4th Asian Conference on Coordination Chemistry Jeju, Korea, 2013.11.4-7, Poster Presentation</p> <p>42. "Organic Solar Cells Using Functionalized Fullerenes" <u>Yutaka Matsuo</u> UTokyo Forum at Catholica University Santiago, Chile, 2013.11.8, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>43. "Functionalization of Fullerenes for High-performance Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u></p>
--	--

様式19 別紙1

	<p>Seminar at South China University of Technology Guangzhou, China, 2013,11,22, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>44. "A Novel Ligand-free ZnO Particle for Solution-processed Inverted Organic Solar Cells" <u>Il Jeon</u>, James W. Ryan, Kee Sheng Yeo, Tafu Nakazaki, Yuichi Negishi, Yutaka Matsuo 23rd Annual Meeting of MRS-J Yokohama, 2013.12.9-11, Oral Presentation</p> <p>45. "Addition of Dihydromethano Group to Fullerenes for Improving the Performance of Bulk Heterojunction Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> 12th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (12th ICFPAM) Auckland, New Zealand, 2013.12.12, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>46. "Functionalization of Fullerene for Organic Solar Cell Application" <u>Yutaka Matsuo</u> NZ-Japan Symposium on Supramolecular Nanomaterials Queenstown, New Zealand, 2013.12.16, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>47. "Development of Fullerene Derivatives for Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at Changchun Institute of Applied Chemistry Changchun, China, 2014.3.18, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>48. "Development of Fullerene Derivatives for Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at Northeast Normal University Changchun, China, 2014.3.18, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>49. "Development of Fullerene Derivatives and Small-molecule Donors for Organic Solar Cells" <u>Yutaka Matsuo</u> Seminar at Peking University Beijing, China, 2014.3.21, Oral Presentation &lt;Invited Lecture&gt;</p> <p>一般向け 計 1 件</p> <p>50. 「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」 <u>松尾 豊</u> 最先端研究開発支援プログラム FIRST シンポジウム「科学技術が拓く 2030 年」へのシナリオ ベルサール新宿グランド(東京都)2014 年 2 月 28 日-3 月 1 日, ポスター発表</p>
<p>図 書 計 12 件</p>	<p>[書籍監修]</p> <p>1. "Metal-Molecular Assembly for Functional Materials" Edited by Y. Matsuo et al. Springer, 2013.</p> <p>2. 「フラーレン誘導体・内包技術の最前線」(松尾 豊 監修), シーエムシー出版 2014 年 (ISBN 978-4-7813-0937-8)</p> <p>[チャプター執筆]</p> <p>3. 高次 <math>\pi</math> 空間の創発と機能開発, シーエムシー出版, 2013 年 「有機薄膜太陽電池に用いる高機能フラーレンの設計と合成」, 松尾 豊, pp. 178-182.</p> <p>4. CSJ カレントレビュー 未来材料を創出する <math>\pi</math> 電子系の科学, 化学同人, 2013 年 「有機薄膜太陽電池の <math>\pi</math> 電子科学」, 松尾 豊, pp. 138-145.</p> <p>5. 電気化学/インピーダンス測定ノウハウと正しいデータ解釈, 技術情報協会, 2013 年 「有機薄膜太陽電池のキャリア移動度測定」, 中川貴文, 松尾 豊, pp. 455-458.</p>

様式19 別紙1

	<p>6. 人工光合成, シーエムシー出版, 2013 年 「革新的有機薄膜太陽電池」, 松尾 豊, pp. 221-228.</p> <p>7. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「代表的なフルラーレン誘導体」, 松尾 豊, pp. 19-30.</p> <p>8. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「塩化第二鉄を用いるフルラーレン修飾反応」, 松尾 豊, pp.31-39</p> <p>9. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「リチウムイオン内包フルラーレンの合成と精製」, 岡田洋史, 松尾 豊, 河地和彦, 笠間泰彦, pp. 103-109</p> <p>10. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「リチウムイオン内包フルラーレンの有機化学修飾」, 松尾 豊, 岡田洋史, pp. 110-116.</p> <p>11. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「有機薄膜太陽電池に用いるメタノインデンフルラーレンの構造と光電変換特性」, 松尾 豊, pp. 163-169.</p> <p>12. フラーレン誘導体・内包技術の最前線, シーエムシー出版, 2014 年 「低い LUMO 準位をもつフルラーレン誘導体」, 安部陽子, 松尾 豊, pp. 170-177.</p>
産業財産権 出願・取得状 況 計 1 件	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 1 件 特願 2013-142323 「フルラーレン誘導体およびその製造方法並びに光電変換素子」 発明者: 松尾 豊, 岡田洋史</p>
Webページ (URL)	<p>Matsuo Group Website <a href="http://www.matsuo-lab.net/">http://www.matsuo-lab.net/</a></p>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	<p>日本科学未来館の光電変換プロジェクトラボにて素子作製・評価を行うとともに、有機薄膜太陽電池やフルラーレンに関する科学コミュニケーションを行っている。「Miraikan ラボ」というイベントにおいて太陽電池を作製する子供向けの体験教室を行ったほか、「クラブ Miraikan」会員向け実験教室も開始に向けて準備している。また、仙台で行われる科学イベント「サイエンス・デイ」において、JR 東日本旅客鉄道株式会社が行う有機薄膜太陽電池に関する出展プログラムの開発に協力している。</p>
新聞・一般雑 誌等掲載 計 0 件	なし
その他	

4. その他特記事項

松尾が 2013 年 10 月に“Visiting Professorships for Senior International Scientists”(Chinese Academy of Sciences, 中国), 2013 年 12 月に“Thieme Chemistry Journal Award 2014”(Thieme Publishing Group, ドイツ)を受賞した。

## 実施状況報告書(平成25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	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	130,000,000	94,291,000	35,709,000	0	0
間接経費	39,000,000	28,287,300	10,712,700	0	0
合計	169,000,000	122,578,300	46,421,700	0	0

## 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	当該年度返還 額
直接経費	8,211,045	35,709,000	0	43,920,045	43,920,045	0	0
間接経費	12,251,100	10,712,700	0	22,963,800	22,963,800	0	0
合計	20,462,145	46,421,700	0	66,883,845	66,883,845	0	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	18,175,643	リサイクル分取HPLC LC-9160II NEXT、 Buckyprep パックドカラム等
旅費	3,639,920	国際学会への参加、講演、研究打合せ等
謝金・人件費等	19,534,625	特任研究員、事務補佐員、講義謝金、講演謝金
その他	2,569,857	実験廃棄物処理経費等
直接経費計	43,920,045	
間接経費計	22,963,800	
合計	66,883,845	

## 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
リサイクル分取HPLC LC-9160II NEXT	日本分析工業㈱	1	3,600,000	3,600,000	2013/12/25	日本科学未来 館
Buckyprep パックドカ ラム	ナカライテスク㈱	1	21,420,000	21,420,000	2014/1/31	東京大学
送液ユニット LC-20 AT	島津製作所	1	682,500	682,500	2014/1/31	日本科学未来 館
分取カラム JAIGEL -2HH,JAIGEL-2. 5HH	日本分析工業㈱	1	1,100,000	1,100,000	2014/2/14	東京大学