

平成21年 5月18日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2008

課題番号：19205019

研究課題名（和文） 長寿命電荷分離系の革新的応用と光捕集系との融合

研究課題名（英文） Unification of Light Harvesting and Charge Separation Units and Innovative Applications

研究代表者

福住 俊一（FUKUZUMI SHUNICHI）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40144430

研究成果の概要：

これまでの超長寿命電荷分離分子の開発を基盤として、ポルフィリン、フタロシアニンをを用いた光捕集系と長寿命電荷分離系とを非共有結合（配位結合、水素結合、 $\pi$ - $\pi$ 相互作用）を用いて融合した超長寿命・高エネルギーを有する一連の光電荷分離超分子系を開発することに成功した。特にポルフィリン、フタロシアニンを配位結合および水素結合で連結した超分子ではそのX線構造およびフォトダイナミクスを明らかにした。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	19,200,000	5,760,000	24,960,000
2008年度	13,500,000	4,050,000	17,550,000
年度			
年度			
年度			
総計	32,700,000	9,810,000	42,510,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：人工光合成・電子移動・光捕集・電荷分離・光触媒

## 1. 研究開始当初の背景

近年特に深刻化を増すエネルギー・地球環境問題を解決するためには、人類が使用するエネルギーを従来の化石燃料に頼るのではなく、自ら生み出した分だけ使用する人工光合成型エネルギー変換システムを創製することが緊急の課題となっている。我々は、これまでに、光合成反応中心の電荷分離寿命に匹敵する光電荷分離分子の開発に成功し、電荷分離寿命の世界記録を次々と大幅に更新してきた。また、2004年には、電荷分離状態が

水の酸化を行なうのに十分な酸化力を有し、かつ、天然の光合成反応中心の電荷分離寿命をはるかに凌駕する光電荷分離分子を開発できた。次の段階としては、光合成と同様に光捕集系と長寿命電荷分離系とをいかに効率良く融合するかが重要な課題となっていた。

## 2. 研究の目的

本基盤研究では、これまでの超長寿命電荷分離分子の開発を基盤として、その一般化と

革新的応用を展開するとともに、光捕集系と長寿命電荷分離系とを非共有結合（配位結合、水素結合、 $\pi$ - $\pi$ 相互作用）を用いて融合した超長寿命・高エネルギーを有する光電荷分離超分子系を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

光捕集系と長寿命電荷分離系とを非共有結合を用いて連結した超分子の構造はX線構造解析により明らかにした。また、フェムト秒およびナノ秒レーザー近赤外過渡吸収測定装置を用いて、電荷分離状態の生成および減衰のダイナミクスを測定した。

### 4. 研究成果

$\pi$ - $\pi$ 相互作用と配位結合を用いた系としては、アミノ酸骨格を有するポルフィリンペプチドオリゴマー（例えばヘキサデカマー  $[P(\text{ZnP})_{12}]$ ）を光捕集アンテナモデルとして用い、電子アクセプターとして、ピリジル基もしくはイミダゾール基を有するフラレンおよびピリジルナフタレンジイミド(PyNIm)を用い、光捕集系と長寿命電荷分離系を融合させた。この超分子を用いた有機超分子太陽電池も開発し、エネルギー変換効率は2%近くに達した。

水素結合を利用した超分子としては、サドル型に歪んだドデカフェニルポルフィリンジカチオン( $\text{H}_4\text{DPP}^{2+}$ )とサドル型亜鉛(II)オクタフェニルフラロシアン( $\text{ZnOPPC}$ )をピリジナルボキシレート( $\text{PyCOO}^-$ )で結合させた( $\text{H}_4\text{DPP}$ )[ $\text{ZnOPPC}-(\kappa\text{N-PyCOO})_2$ ]がある。このX線結晶構造解析により、配位結合と水素結合による超分子構造を明らかにした(図1)。この結晶をベンズニトリル(PhCN)に溶かしても複合体構造が保たれていることがCV及び吸収スペクトルから示唆された。PhCN中で515 nmにて $\text{H}_4\text{DPP}^{2+}$ を選択的に励起すると、 $\text{ZnOPPC}$ から ${}^3(\text{H}_4\text{DPP}^{2+})^*$ への光誘起電子移動が効率よく進行することを見出した。

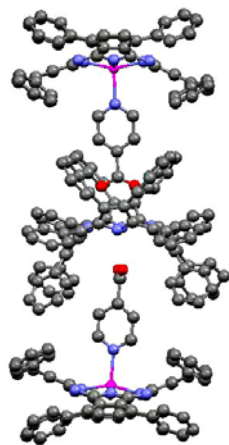


図1. ( $\text{H}_4\text{DPP}$ )[ $\text{ZnOPPC}(\kappa\text{N-PyCOO})_2$ ] $_2$ の結晶構造

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (33件 2007- 計117件)

1. Synthesis and Photoinduced Intramolecular Processes of Light-Harvesting Silicon Phthalocyanine-Naphthalenediimide-Fullerene Connected Systems, Mohamed E. El-Khouly, Jung Hoon Kim, Kwang-Yol Kay, Chan Soo Choi, Osamu Ito, and Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 15, 5301-5310 (2009). 査読有
2. Long Lived Charge-Separated Configuration of a Push-Pull Archetype of Disperse Red 1 End-Capped Poly[9,9-Bis(4-diphenylaminophenyl)Fluorene], Mohamed El-Khouly, Yu Chen, Xiaodong Zhuang, and Shunichi Fukuzumi, J. Am. Chem. Soc., 131, 6370-6371 (2009). 査読有
3. Enhanced Electron-Transfer Properties of Cofacial Porphyrin Dimers through  $\pi$ - $\pi$  Interaction, Atsuro Takai, Claude P. Gros, Roger Guillard, and Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 15, 3110-3122 (2009). 査読有
4. Water as an Oxygen Source in the Generation of Mononuclear Nonheme Iron(IV)-Oxo Complexes, Sunder N. Dhuri, Sarvesh C. Sawant, Jaeheung Cho, Yong-Min Lee, Minoru Kubo, Takashi Ogura, Shunichi Fukuzumi, and Wonwoo Nam, Angew. Chem., Int. Ed. 48, 1803-1806 (2009). 査読有
5. Reorganization Energies of Diprotonated and Saddle-Distorted Porphyrins in Photoinduced Electron-Transfer Reduction Controlled by Conformational Distortion, Tatsuaki Nakanishi, Takahiko Kojima, Kei Ohkubo, and Shunichi Fukuzumi, J. Am. Chem. Soc., 131, 577-584 (2009). 査読有
6. Proton Shift upon One-Electron Reduction in Ruthenium(II)-Coordinated Pterin, Soushi Miyazaki, Kei Ohkubo, Takahiko Kojima, and Shunichi Fukuzumi, Angew. Chem., Int. Ed., 47, 9669-9672 (2008). 査読有
7. (Pentamethylcyclopentadienyl)ruthenium  $\pi$ -Complexes of Metalloporphyrins: Platforms with Novel Photo- and Electrochemical Properties, Luciano Cuesta, Elizabeth Karnas, Vincent M. Lynch, Jonathan L. Sessler, Wiroaj Kajonkijya, Weihua Zhu, Min Zhang, Zhongping Ou, Karl. M. Kadish, Kei Ohkubo, and Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 14, 10206-10210 (2008). 査読有

8. Metal Quinolinolate - Fullerene(s) Donor-Acceptor Complexes: Evidence for Organic LED Molecules Acting as Electron Donors in Photoinduced Electron Transfer Reactions, Francis D' Souza, Eranda Maligaspe, Melvin E. Zandler, Navaneetha K. Subbaiyan, Kei Ohkubo, and Shunichi Fukuzumi, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 16959-16967 (2008). 査読有
9. Isolation and Crystal Structures of Both Enol and Keto Tautomer Intermediates in a Hydration of an Alkyne-Carboxylic Acid Ester Catalyzed by Iridium Complexes in Water, Hironobu Kanemitsu, Keiji Uehara, Shunichi Fukuzumi, and Seiji Ogo, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 17141-17147 (2008).
10. Sequential Electron-Transfer and Proton-Transfer Pathways in Hydride-Transfer Reactions from NADH Analogs to Non-Heme Oxoiron(IV) Complexes and *p*-Chloranil. Detection of Radical Cations of NADH Analogs in the Acid-Promoted Hydride-Transfer Reactions, Shunichi Fukuzumi, Hiroaki Kotani, Yong-Min Lee, and Wonwoo Nam, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 15134-15142 (2008). 査読有
11. Ruthenium(II)-Pyridylamine Complexes with Diimine Ligands Showing Reversible Photochemical and Thermal Structural Change, Takahiko Kojima, Tsuyoshi Morimoto, Taisuke Sakamoto, Soushi Miyazaki, and Shunichi Fukuzumi, *Chem.-Eur. J.*, 14, 8904-8915 (2008). 査読有
12. Highly Selective Synthesis of the Ring-B Reduced Chlorins by Ferric Chloride Mediated Oxidation of Bacteriochlorins: Remarkable Effects of the Fused Imide vs. Isocyclic ring in Photophysical and Electrochemical Properties, Chao Liu, Mahabeer P. Dobhal, Manivannan Ethirajan, Joseph R. Missert and Ravindra K. Pandey, Sathyamangalam Balasubramanian and Dinesh K. Sukumaran, Min Zhang and Karl M. Kadish, Kei Ohkubo and Shunichi Fukuzumi, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 14311-14323 (2008). 査読有
13. Corrole-Fullerene Dyads: Formation of Long-Lived Charge-Separated States in Non-Polar Solvents, Raghu Chitta, Kei Ohkubo, Mariusz Tasiar, Navaneetha K. Subbaiyan, Melvin E. Zandler, Daniel T. Gryko, Shunichi Fukuzumi, and Francis D'Souza, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 14263-14272 (2008). 査読有
14. Hydrogen Atom Abstraction and Hydride Transfer Reactions by Iron(IV)-Oxo Porphyrins, Yu Jin Jeong, Yaeun Kang, Ah-Rim Han, Yong-Min Lee, Hiroaki Kotani, Shunichi Fukuzumi, and Wonwoo Nam, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 47, 7321-7324 (2008). 査読有
15. A Discrete Supramolecular Conglomerate Composed of Two Saddle-Distorted Zinc(II)-Phthalocyanine Complexes and a Doubly Protonated Porphyrin with Saddle-Distortion Undergoing Efficient Photoinduced Electron Transfer, Takahiko Kojima, Tatsuhiko Honda, Kei Ohkubo, Motoo Shiro, Takahiro Kusakawa, Takamitsu Fukuda, Nagao Kobayashi, and Shunichi Fukuzumi, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 47, 6712-6716 (2008). 査読有
16. Ruthenium-Catalyzed Selective and Efficient Oxygenation of Hydrocarbons with Water as an Oxygen Source, Yuichirou Hirai, Takahiko Kojima, Yasuhisa Mizutani, Yoshihito Shiota, Kazunari Yoshizawa, Shunichi Fukuzumi, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 47, 5772-5776 (2008). 査読有
17. Androgynous Porphyrins. Silver(II) Quinoxalinoporphyrins Act as Both Good Electron Donors and Acceptors, Shunichi Fukuzumi, Kei Ohkubo, Weihua Zhu, Maxine Sintic, Tony Khoury, Paul J. Sintic, Wenbo E, Zhongping Ou, Maxwell J. Crossley, and Karl M. Kadish, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 9451-9458 (2008). 査読有
18. One-Step vs Stepwise Mechanism in Protonated Amino Acid-Promoted Electron-Transfer Reduction of a Quinone by Electron Donors and Two-Electron Reduction by an NADH Analogue. Interplay between Electron Transfer and Hydrogen Bonding, Junpei Yuasa, Shunsuke Yamada, and Shunichi Fukuzumi, *J. Am. Chem. Soc.*, 130, 5808-5820 (2008). 査読有
19. Switchable Antenna: a Star-Shaped Ruthenium/Osmium Tetranuclear Complex with Azobis(bipyridine) Bridging Ligands, Joe Otsuki, Arata Imai, Katsuhiko Sato, Dong-Mei Li, Mayumi Hosoda, Masao Owa, Tetsuo Akasaka, Isao Yoshikawa, Koji Araki, Tomoyoshi Suenobu, and Shunichi Fukuzumi, *Chem.-Eur. J.*, 14, 2709-2718 (2008). 査読有
20. Face-to-Face Held Pacman Type Porphyrin-Fullerene Dyads: Design, Synthesis, Charge Transfer Interactions and Photophysical Studies, Francis D'Souza, Eranda Maligaspe, Paul A. Karr, Amy Lea Schumacher, Maya El Ojaimi, Claude P. Gros, Jean-Michel Barbe, Kei Ohkubo, and

- Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 14, 674-681 (2008). 査読有
21. Contrasting Photodynamics between C<sub>60</sub>-dithiapyrene and C<sub>60</sub>-pyrene Dyads, Dirk M. Guldi, Fabian Späning, David Kreher, Igor F. Perepichka, Cornelia Van der Pol, Martin R. Bryce, Kei Ohkubo, and Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 14, 250-258 (2008). 査読有
  22. Accelerating and Decelerating Effects of Metal Ions on Electron-Transfer Reduction of Quinones Depending on Temperature in Relation with Binding Modes of Metal Ions to Semiquinone Radical Anions, Junpei Yuasa, Shunsuke Yamada, and Shunichi Fukuzumi, Chem.-Eur. J., 14, 1866-1874 (2008). 査読有
  23. Bioinspired Energy Conversion Systems for Hydrogen Production and Storage, Shunichi Fukuzumi, Eur. J. Inorg. Chem., (9), 1339-1345 (2008). 査読有
  24. Spectroscopic Characterization of Photolytically Generated Radical Ion Pairs in Single-Wall Carbon Nanotubes Bearing Surface-Immobilized Tetrathiafulvalenes, Herranz, M Angeles, Christian Ehli, Stephane Campidelli, Miriam Gutierrez, Gordon L. Hug, Kei Ohkubo, Shunichi Fukuzumi, Maurizio Prato, Nazario Martin, Dirk M. Guldi, J. Am. Chem. Soc., 130, 66-73 (2008). 査読有
  25. Fundamental Electron-Transfer Properties of Non-Heme Oxoiron(IV) Complexes, Yong-Min Lee, Hiroaki Kotani Tomoyoshi Suenobu, Wonwoo Nam, and Shunichi Fukuzumi, J. Am. Chem. Soc., 130, 434-435 (2008). 査読有
  26. OFF-OFF-ON Switching of Fluorescence and Electron Transfer Depending on Stepwise Complex Formation of a Host Ligand with Guest Metal Ions, Junpei Yuasa and Shunichi Fukuzumi, J. Am. Chem. Soc., 132, 566-575 (2008). 査読有
  27. Design and Synthesis of Polymetallic Complexes Based on *meso*-Calix[4]pyrrole: Platforms for Multielectron Chemistry, Luciano Cuesta, Dustin Gross, Vincent M. Lynch, Zhongping Ou, Wiroaj Kajonkijya, Kei Ohkubo, Shunichi Fukuzumi, Karl M. Kadish, and Jonathan L. Sessler, J. Am. Chem. Soc., 129, 11696-11697 (2007). 査読有
  28. A Dinuclear Ni( $\mu$ -H)Ru Complex Derived from H<sub>2</sub>, Seiji Ogo, Ryota Kabe, Keiji Uehara, Bunsho Kure, Takashi Nishimura, Saija C. Menon, Ryosuke Harada, and Shunichi Fukuzumi, Yoshiki Higuchi, Takashi Ohhara, Taro Tamada, and Ryota Kuroki, Science, 316, 585-587 (2007). 査読有
  29. Reversible Formation and Dispersion of Chiral Assemblies Responding to Electron Transfer, Junpei Yuasa and Shunichi Fukuzumi, J. Am. Chem. Soc., 129, 12912-12913 (2007). 査読有
  30. Porphyrin-Diones and Porphyrin-Tetraones: Reversible Redox units Being Localized within the Porphyrin Macrocycle and Their Effect on Tautomerism, Karl M. Kadish, Wenbo E, Riqiang Zhan, Tony Khoury, Linda J. Govenlock, Jognandan K. Prashar, Paul J. Sentic, Kei Ohkubo, Shunichi Fukuzumi, and Maxwell J. Crossley, J. Am. Chem. Soc., 129, 6576-6588 (2007). 査読有
  31. Intramolecular Electron Transfer within the Substituted Tetrathiafulvalene-Quinone Dyads: Facilitated by Metal Ion and Photomodulation in the Presence of Spiropiran, Hui Wu, Deqing Zhang, Lei Su, Kei Ohkubo, Chnxi Zhang, Shiwei Yin, Lanqun Mao, Zhigang Shuai, Shunichi Fukuzumi, and Daoben Zhu, J. Am. Chem. Soc., 129, 6839-6846 (2007). 査読有
  32. Direct ESR Detection of a Hydrogen-Bonded Complex between a Semiquinone Radical Anion and a Protonated Amino Acid and Electron Transfer Driven by the Hydrogen Bond, Junpei Yuasa, Shunsuke Yamada, and Shunichi Fukuzumi, Angew. Chem. Int. Ed., 46, 3553-3555 (2007). 査読有
  33. Modulation of Characteristics of a Ruthenium-Coordinated Flavin Analogue that Shows an Unusual Coordination Mode, Soushi Miyazaki, Takahiko Kojima, Kei Ohkubo, and Shunichi Fukuzumi, Angew. Chem., Int. Ed., 46, 905-908 (2007). 査読有
- [学会発表] (計 23 件 2007-計 24 8 件)
1. 福住俊一(阪大院工・SORST), “地球温暖化対策としての人工光合成”, 第 89 日本化学会春季年会: 日本大学船橋キャンパス, 2009. 3. 27-30.
  2. 福住俊一(阪大院工・SORST), “人工光合成材料”, SORSTシンポジウム(2) フレキシブルデバイス/マテリアルの未来像: コクヨホール (東京都港区港南 1-8-35), 2009. 2. 12-13.
  3. 福住俊一(阪大院工・SORST), “Artificial Photosynthetic Systems”, 太陽光エネルギーの有効利用に関するワークショップ: 大阪市立大学文化交流センター, 2008. 12. 15.
  4. 福住俊一(阪大院工・SORST), “人工光

- 合成の物理化学研究”，中部化学関係学協会支部連合秋季大会：名古屋大学，2008.11.8.
5. 福住俊一(阪大院工・SORST), “人工光合成の新展開と展望”, 日本化学会東海支部地区講演会：信州大学繊維学部，2008.10.9.
  6. Shunichi Fukuzumi, Kei Ohkubo(阪大院工・SORST), Luis Martín-Gomis, Javier Ortiz, Ana M. Gutiérrez, Fernando Fernández-Lázaro, Ángela Sastre-Santos (Universidad Miguel Hernández), “Photoinduced Electron Transfer in Metal Phthalocyanine-Fullerene and Perylenediimide Dyads and Triads”, The 214<sup>th</sup> ECS; Honolulu, Hawaii, 2008.10.12-17.
  7. 福住俊一 (阪大院工・SORST), “Photocatalytic Applications of Artificial Photosynthetic Systems”, The New South Wales Southern Highlands Conference, Peppers Manor House, Moss Vale, 2008.8.31-9.2.
  8. 福住俊一(阪大院工・SORST), “生体に学ぶ電子移動触媒反応系の構築とエネルギー変換と有機合成への応用”, 第18回万有福岡シンポジウム：九州大学医学部百年講堂（福岡市東区馬出3-1-1），2008.5.10.
  9. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), 生命環境化学グローバル教育研究拠点，第1回医工連携シンポジウム：名市大，2008.3.16.
  10. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Photofunctional Nanomaterials Composed of Multiporphyrins and Acceptors, 1st International Symposium on Photofunctional Devices: JST, Osaka, 2008.3.14-15.
  11. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Global Education and Research Center for Bio-Environmental Chemistry, GCOEBEC-1, EXPO Park Hotel, Osaka, 2008.1.27-29.
  12. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), 生命環境化学グローバル教育研究拠点，「物質・材料科学研究推進機構」講演会，2008.1.23.
  13. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), 太陽光による水素生産，新しい光触媒反応，JSTシンポジウム，2007.12.22.
  14. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Simplified Artificial Photosynthetic Systems and Applications, Weihnachtsskolloquium 2007, Heidelberg, 2007.12.10.
  15. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Bioinspired Artificial Photosynthesis, 第67回岡崎コンファレンス(分子科学とケミカルバイオロジーによる生体機能の理解)：岡崎コンファレンスセンター，2007.11.10-12.
  16. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Development of Materials for Bioinspired Artificial Photosynthetic Systems, The 2<sup>nd</sup> BK21 International Symposium on Materials Chemistry-2007, Department of Chemistry, Pusan National University; Grand Hotel, Haeundae, Busan, Korea, 2007.10.21-22.
  17. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), 地球温暖化対策としての人工光合成，理研シンポジウム，2007.10.17.
  18. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Bioinspired Electron-Transfer Systems for Solar Energy Conversion, 9<sup>th</sup> Latin-American Conference on Physical Organic Chemistry (CLAFQ09); Los Cocos, Córdoba, Argentina, 2007.9.30-10.5.
  19. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), ナノカーボン材料を用いた光合成モデル，日本化学会第1回関東支部大会：首都大学東京八王子キャンパス，2007.9.27-28.
  20. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Supramolecular Electron-Transfer Systems, International Seminar on the 60<sup>th</sup> Anniversary of Professor Helge Lemmetyinen; Tampere University of Technology, Kalevantie 4, 33014 University of Tampere, Finland, 2007.8.9.
  21. Shunichi Fukuzumi (阪大院工・SORST), Bioinspired Energy Conversion Systems between Water and Oxygen, 13<sup>th</sup> International Conference on Biological Inorganic Chemistry (ICBIC 13); the University of Vienna, Central Building, Dr. Karl Lueger Ring 1, A-1010 Vienna, Austria, 2007.7.15-20.
  22. Shunichi Fukuzumi, Kenji Saito, and Masataka Ohtani (阪大院工・SORST), Photosynthetic Models Composed of Porphyrins and Nanocarbon Materials, The 90<sup>th</sup> Canadian Chemistry Conference and Exhibition (CSC2007); The Winnipeg Convention Centre in Winnipeg, Manitoba, 2007.5.26-30.
  23. Shunichi Fukuzumi, Masataka Ohtani, and Kenji Saito, Novel Donor-Acceptor Nanohybrids Composed of

Size-Controlled Cup-Shaped  
Nanocarbons and Porphyrins, 211th ECS  
Meeting, Chicago, Illinois,  
2007. 5. 10-13.

〔図書〕(計 1 件)

1. 福住俊一 他、「有機薄膜太陽電池の高効率化と耐久性向上」, サイエンス&テクノロジー社,105-114(2009).

〔産業財産権〕

○出願状況(計 8 件)

1. 名称: 重水素 (D2) および重水素化水素(HD)の少なくとも一方を製造する方法、並びにこれに使用するギ酸分解用触媒

権利者: 大阪大学

発明者: 福住俊一、小林岳史、末延知義

種類: 特願

番号: 2009-060187

出願年月日: 2009年3月12日

国内外の別: 国内

2. 名称: キノリニウムイオン誘導体、キノリニウムイオン誘導体の製造方法、キノリニウムイオン誘導体を用いた製品、キノリニウムイオン誘導体を用いた還元方法および酸化方法

権利者: 大阪大学

発明者: 福住俊一、小谷弘明、大久保敬

種類: 特願

番号: 2009-533049

出願年月日: 2009年3月10日

国内外の別: 国内、PCT

3. 名称: カップ型ナノカーボンの製造方法およびカップ型ナノカーボン

発明者: 福住俊一、齋藤健二、大谷政孝

権利者: 大阪大学

種類: 特願

番号: 2008-523603

出願年月日: 2008年11月7日

国内外の別: 国内、PCT

4. 名称: 重水素 (D2) および重水素化水素 (HD) の少なくとも一方を製造する方法およびこれに使用するギ酸分解用触媒

権利者: 大阪大学

発明者: 福住俊一、小林岳史、末延知義

種類: 特願

番号: 2008-256900

出願年月日: 2008年10月1日

国内外の別: 国内

5. 名称: 新規 9-置換アクリジニウム誘導体、および 9-置換アクリジニウム誘導体を用いた芳香族アルデヒドと過酸化水素の同時製造方法

権利者: 東京化成工業株式会社

発明者: 大久保敬

種類: 特願

番号: 2008-255128

出願年月日: 2008年9月3日

国内外の別: 国内

6. 名称: 水素発生触媒

発明者: 福住俊一、小谷弘明、大久保敬、花崎亮

権利者: JST

種類: 特願

番号: 2007-247656

出願年月日: 2007年9月25日

国内外の別: 国内

7. 名称: 無機有機複合物質、無機有機複合物質の製造方法、無機有機複合物質を用いた製品

発明者: 福住俊一、伊藤彰規、末延知義

権利者: 大阪大学

種類: 特願

番号: 2007-246586

出願年月日: 2007年9月25日

国内外の別: 国内

8. 名称: ルテニウム錯体による有機系基質の触媒的酸素化反応

発明者: 小島隆彦、福住俊一、平井雄一郎

権利者: JST

種類: 特願

番号: 2007-274439

出願年月日: 2007年9月20日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福住 俊一(FUKUZUMI SHUNICHI)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 40144430

(2) 研究分担者

小島 隆彦(KOJIMA TAKAHIKO)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

研究者番号: 20264012

末延 知義(SUENOBU TOMOYOSHI)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 90271030

大久保 敬(OHKUBO KEI)

大阪大学・大学院工学研究科・特任研究員

研究者番号: 00379140

(3) 連携研究者