

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23245029

研究課題名(和文) フォトシステム - 分子ワイヤハイブリッド型光エネルギー変換系の創製

研究課題名(英文) Fabrication of Photosystem II-Molecular Wire Hybrid-Type Light Energy Conversion System

研究代表者

西原 寛(Nishihara, Hiroshi)

東京大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70156090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,100,000円

研究成果の概要(和文)：PSIIに再構成可能な新規分子ワイヤ-白金ナノ粒子ユニットを作製した。この分子ワイヤはPSI中のキノンポケットでビタミンK1と置き換わることでPSIを再構成できる。同様に、PSIIに再構成可能な分子ワイヤ-白金ナノ粒子ユニットを作製した。上記ユニットを用いてPSIおよびPSIIの再構成を行った。PSI-分子ワイヤ-白金ナノ粒子を用いて犠牲試薬存在下で光誘起水素発生を確認した。PSII-分子ワイヤ-白金ナノ粒子では、PSIIへの分子ワイヤ導入には成功したが、再構成プロセスでマンガングラスタ-除去が確認された。今後マンガングラスタ-の再構成により光誘起水分解システムの構築が可能となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Molecular wire - Pt nanoparticle(PtNP) unit for PSII has been newly developed. This molecular wire can be exchanged with vitamin K1 in the quinone pocket of photosystem I (PSI). Similarly, molecular wire - PtNP unit for PSII was newly developed. PSI and PSII were reconstituted with these units. Photoinduced hydrogen evolution occurred with PSI-molecular wire - PtNP using sacrificial reagent. The molecular wire - PtNP unit was successfully introduced to PSII, however, Mn cluster was removed from PSII in the reconstitution process. In the achievement of water-splitting reaction with PSII-molecular wire - PtNP, reconstitution of the Mn cluster will be necessary.

研究分野：錯体化学、ナノテクノロジー、触媒、分子ワイヤ

キーワード：白金 ナノ粒子 光化学系 I 光化学系 II 触媒 水素発生

1. 研究開始当初の背景

水の可視光分解は、生物が行っている光 - 化学エネルギー変換プロセスであり、化石燃料の消耗、クリーンエネルギーの利用の観点から、人類が早急に取り組むべき大きな課題である。現在、植物利用および人工的な光による様々な水素発生系が、世界中で活発に研究されている。それらは、無機半導体系 (InTaO₄ (Arakawa et al 2001), Ta₃N₅ (Domen et al., 2004) BiVO₄ (Kudo et al. 2004)など)と分子系に大別される。分子系は生体コンポーネントを用いる系として1980年代後半から光合成系の光受容体であるフォトシステムI (PSI)、フォトシステムII (PSII)を利用する系(Tsygankov et al., Tamagnini et al., etc.) やそれに人工錯体分子を入れた系 (Loll et al., Murray et al., Allakhverdiev et al., etc.) が研究され、人工系として1970年代後半から、錯体および錯体 - 金属系 (Lehn and Sauvage, etc.) で顕著な成果が報告されている。しかし、生体系と人工系の利点を組み合わせたアプローチは少ない。

申請者らは、これまで生体部品としては藍色細菌 *Synechococcus elongatus* の PSI を用い人工分子と組み合わせたバイオ共役フォトセンサーの開発を行ってきた。我々のアプローチは、レドックス階段の途中のキノン部位(ビタミン K₁ (フィロキノン))を適切な官能基を組み込んだ類似分子で再構成し、その官能基を分子ワイヤと接合してさらに電極表面と結合することによって、キノン部位から電子を分子ワイヤに横取りする方法である。PSI の電子移動過程に分子ワイヤを直接組み入れることによって、電子を 50 ps で外に取り出すことができる。これまで数種の分子ワイヤの系を開発してきた (BBA-Bioenerg. 2007, J. Nanophys. Nanochem. 2009, Angew. Chem. 2009 (Prerelease, Nature-Asia Pacific, Featured highlight), Chem. Commun. 2010 (Headline article, Nature-Asia Pacific, Featured highlight))。

また、申請者らは電極表面に構築した直線形および樹状型の金属錯体分子ワイヤの電子移動・電子輸送特性の研究を行い、新しい分子ワイヤレドックス伝導機構や長距離電子輸送能などを解明した (Chem. Lett. 2004, Chem. Commun. 2007, Chem. Asian J. 2007, 2009 (Front Cover), J. Am. Chem. Soc. 2010)。金属ナノ粒子の合成、表面配列、物性、触媒能や水素吸蔵能に関する研究 (Langmuir 2001, 2002, 2003, Chem. Commun. 2001, 2002, 2008, 2010, J. Phys. Chem. B, 2003, Chem. Eur. J. 2006, PCCP 2001, 2008, Angew. Chem. 2008, 2010) も行ってきた。

2. 研究の目的

本研究では、上記の成果を基盤として、生体コンポーネントとして、PSI よりもレドッ

クス電位が全体的に正側にシフトしており水から酸素ガス(O₂)を発生できる PSII を対象とし、レドックス階段の途中の高エネルギーレベルの電子を分子ワイヤを通して水素ガス発生触媒に移動させることによって、可視光照射による水からの水素 (H₂)と酸素 (O₂)の発生を可能にするシステムを構築することを目的とした。具体的には PSII のレドックスサイト(キノン部位)と水還元触媒(白金ナノ粒子など)を分子ワイヤで連結した系をつくり、それを光エネルギー変換触媒として水の可視光分解を達成することを目的とした。

3. 研究の方法

第一段階として、水還元触媒である白金ナノ粒子を合成した。両親媒性の保護基で保護された白金ナノ粒子を合成し、キノン誘導体で白金ナノ粒子表面の保護基の一部を置換することで、PSI, PSII に再構成可能な分子ワイヤ - 白金ナノ粒子ユニットを合成した。

第二段階として、PSI に分子ワイヤ - 白金ナノ粒子を再構成し、犠牲試薬存在下でその複合体を用いた可視光照射水分解 (水素発生) を行った。

第三段階として、PSII に分子ワイヤ - 白金ナノ粒子を再構成し、その複合体を用いて可視光照射水分解を行った。

上記と並行して、分子ワイヤ末端をピオロゲン誘導体とした系、および PSI, II の代わりにポルフィリンを用いた人工系での光応答評価を行った。

4. 研究成果

(1) 白金ナノ粒子付分子ワイヤで再構成した PSI, II を用いた光化学システムの開発

両親媒性の白金ナノ粒子を保護基の種類を工夫することにより新たに開発し、PSI に再構成可能な新規分子ワイヤ - 白金ナノ粒子ユニットを作製した。この分子ワイヤは PSI 中のキノンポケットに存在するビタミン K₁ と類似の構造を持つメチルナフトキノン誘導体を有し、キノンポケット中でビタミン K₁ を分子ワイヤと置き換えることで PSI の再構成を可能にした。同様に、PSII に存在するプラストキノンと類似の構造を持つ分子ワイヤを新たに開発し、PSII に再構成可能な分子ワイヤ - 白金ナノ粒子ユニットを作製した。上記ユニットを用いて *Thermosynechococcus elongatus* の PSI および PSII の再構成を行った。

PSI - 分子ワイヤ - 白金ナノ粒子を用いて犠牲試薬存在下で光誘起水素発生を確認した。また、電子供与剤を、アスコルビン酸ナトリウムから生体分子であるシトクローム C に変更することで水素発生量が増加することを確認した。

PSII - 分子ワイヤ - 白金ナノ粒子では、クロロフィル蛍光にて分子ワイヤへの光電子移動を確認したことから、PSII への分子ワイ

ヤの導入には成功したが、分子ワイヤを PSII に再構成するプロセスで、マンガンクラスターが抜けてしまったため、犠牲試薬を用いない光誘起水分解を確認するところまでは至らなかった。今後の展望として、PSII の種類等を変更することによって、マンガンクラスターを再構成し、光誘起水分解システムの構築が可能となると考えられる。

(2) 生体系から連想した FET 基板上に固定化したポルフィリン修飾金ナノ粒子の光応答
光合成での光電子移動を模倣した系を、FET 基板上にポルフィリン修飾金ナノ粒子を固定化することで作製し、この系を用いた光応答を観測した。

(3) PSI にピオロゲン誘導体つき分子ワイヤを再構成した際の光電流増大

分子ワイヤ末端に 2 種類の異なる電位を持つピオロゲン誘導体を導入することにより再構成 PSI 固定化電極での光電流増大を観測した。

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)

"A Photofunctional Bottom-up Bis(dipyrrinato)zinc(II) Complex Nanosheet", R. Sakamoto, K. Hoshiko, Q. Liu, T. Yagi, T. Nagayama, S. Kusaka, M. Tsuchiya, Y. Kitagawa, W.-Y. Wong, H. Nishihara, *Nature Commun.* **2015**, *6*, 6713. DOI:10.1038/ncomms7713 (査読有)

"Crystal Structure of (Z)-1-(ferrocenylethynyl)-10-(phenylimino)anthracen-9(10H)-one from Synchrotron X-ray Powder Diffraction", E. Nishibori, S. Aoyagi, M. Sakata, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Acta Cryst.* **2014**, E70, 573-576. (査読有)

「機能性「ボトムアップ型」ナノシート」
坂本 良太、永山 達夫、西原 寛、化学工業 2014, 65, 944-948. (査読無)

"Water Exchange in Manganese-based Water-oxidizing Catalysts in Photosynthetic Systems: From the Water-oxidizing Complex in Photosystem II to Nano-sized Manganese Oxides", M. M. Najafpour, M. A. Isaloo, J. J. Eaton-Rye, T. Tomo, H. Nishihara, K. Satoh, R. Carpentier, J.-R. Shen, and S. I. Allakhverdiev, *Biochimica et Biophysica Acta, Bioenergetics* **2014**, 1837, 1395-1410. DOI:10.1038/ncomms7713 (査読有)

" π -Conjugation Modification of Photochromic and Redox-active

Dimethyldihydropyrene by Phenyl and ethynyl-terpyridines and Ru(bis-terpyridine) complexes", S. Muratsugu, H. Nishihara, *New J. Chem.* **2014**, *38*, 6114-6124.

DOI: 10.1039/C4NJ01462F (査読有)

"Redox Control and High Conductivity of Nickel Bis(dithiolene) Complex π -Nanosheet: A Potential Organic Two-Dimensional Topological Insulator", T. Kambe, R. Sakamoto, T. Kusamoto, T. Pal, N. Fukui, T. Shimojima, Z. Wang, T. Hirahara, K. Ishizaka, S. Hasegawa, F. Liu, H. Nishihara, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 14357-14360.

DOI: 10.1021/ja507619d (査読有)

"Luminescence, Stability, and Proton Response of an Open-Shell (3,5-Dichloro-4-pyridyl)bis(2,4,6-trichlorophenyl)methyl Radical", Y. Hattori, T. Kusamoto, H. Nishihara, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 11845-11848.

DOI: 10.1002/anie.201407362 (査読有)

"Steric Interference on the Redox-Conjugated Pyrimidine Ring Rotation of Mono- and Di-nuclear Copper Complexes with (4-Methyl-2-pyrimidinyl)imine Ligands", Y. Hattori, M. Nishikawa, T. Kusamoto, S. Kume, H. Nishihara, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 1037-1039.

DOI.org/10.1246/cl.140238 (査読有)

"Ordered Alignment of a One-Dimensional π -Conjugated Nickel Bis(dithiolene) Complex Polymer Produced via a Liquid-Liquid Interfacial Reaction", R. Matsuoka, R. Sakamoto, T. Kusamoto, T. Kambe, K. Takada, H. Nishihara, *Chem. Commun.* **2014**, *50*, 8137-8139.

DOI: 10.1039/C4CC02022G (査読有)

"Asymmetric Dinuclear bis(dipyrrinato)zinc(II) Complexes: Broad Absorption and Unidirectional Quantitative Exciton Transmission", M. Tsuchiya, R. Sakamoto, S. Kusaka, Y. Kitagawa, M. Okumura, H. Nishihara, *Chem. Commun.* **2014**, *50*, 5881-5883.

DOI: 10.1039/C4CC01573H (査読有)

"Structures and Optical Properties of Tris(trimethylsilyl)silylated Oligothiophene Derivatives", H. Inubushi, Y. Hattori, Y. Yamanoi, H. Nishihara, *J. Org. Chem.* **2014**, *79*, 2974-2979.

DOI: 10.1021/jo500029f (査読有)

"Photoelectric Signal Conversion by Combination of Electron-Transfer Chain Catalytic Isomerization and Photoisomerization on Benzodimethyldihydropyrenes", M. Kishida, T. Kusamoto, H. Nishihara, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 4809-4812.
DOI: 10.1021/ja412528d (査読有)

"Luminescent Heteroleptic Tris(dipyrrinato)indium(III) Complexes", S. Kusaka, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2014**, *53*, 3275-3277.
DOI: 10.1021/ic500326u (査読有)

"Reactivity and Electronic Properties of a Ferrocene Molecule Bearing an N,C-chelate BMes₂ Unit", Y. Rao, T. Kusamoto, R. Sakamoto, H. Nishihara, S. Wang, *Organometallics* **2014**, *33*, 1787-1793.
DOI: 10.1021/om500138f (査読有)

"Regulation of the Rate of Dinucleation of a Monocopper(I) Complex Containing Bipyrimidine Rotary Units by Restricted Double Pyrimidine Rotation", Y. Hattori, M. Nishikawa, T. Kusamoto, S. Kume, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2014**, *53*, 2831-2840.
DOI: 10.1021/ic500074c (査読有)

"Coordination Programming-A Concept for the Creation of Multifunctional Molecular Systems", H. Nishihara, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 388-395.
DOI: org/10.1246/cl.140010 (査読有)

"Surface Junction Effects on Interfacial Electron Transfer Between Bis(terpyridine)iron(II) and Hydrogen-Terminated Silicon(111) Electrode", H. Maeda, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Chem. Eur. J.* **2014**, *20*, 2761-2764.
DOI: 10.1002/chem.201304588 (査読有)

"Fabrication of Dense and Multi-Layered Films of the Nickel Bis(dithiolene) Nanosheet By Means of the Langmuir-Schaefer Method", K. Hoshiko, T. Kambe, R. Sakamoto, K. Takada, H. Nishihara, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 252-253.
DOI: org/10.1246/cl.130882 (査読有)

"Bio-inspired Photoresponse of Porphyrin-attached Gold Nanoparticles on a Field-effect Transistor", M. Miyachi, Y. Yamanoi, K. Nakazato, H. Nishihara,

Biochim. Biophys. Acta - Bioenerg. **2014**, *1837*, 1567-1571.
DOI: 10.1016/j.bbabi.2013.11.012(査読有)

"Synthesis and Hydrogen Storage Properties of Palladium Nanoparticle-Organic Frameworks", Y. Yamamoto, M. Miyachi, Y. Yamanoi, A. Minoda, S. Maekawa, S. Oshima, Y. Kobori, H. Nishihara, *J. Inorg. Organomet. Polym. Mater.* **2014**, *24*, 208-213.
DOI: 10.1007/s10904-013-9925-7 (査読有)

㊦ 「 共役金属ジチオレン錯体の新次元展開」, 草本 哲郎, 神戸 徹也, 西原 寛, 日本結晶学会誌 2013, *55*, 323-330.
DOI: org/10.5940/jcrsj.55.323 (査読有)

㊧ "Substituent-Dependent Spin-Density Distribution and Coexistence of Fe 3d and π Spins on Ferrocene-Tetrathiafulvalene Hybrids", T. Kusamoto, H. Nishihara, R. Kato, *Inorg. Chem.* **2013**, *52*, 13809-13811.
DOI: 10.1021/ic4022678 (査読有)

㊨ "Comparative Study of Photochromic Ferrocene-conjugated Dimethyldihydropyrene Derivatives", S. Muratsugu, M. Kishida, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*, 17314-17327.
DOI: 10.1002/chem.201303456 (査読有)

㊩ "Coordination Programming: Science of Molecular Superstructures towards Chemical Devices", H. Nishihara, H. Oshio, *Dalton Trans.* **2013**, *42*, 15825.
DOI: 10.1039/C3DT90157B (査読有)

㊪ "Pd-catalyzed Synthesis of Symmetrical and Unsymmetrical Siloxanes", Y. Kurihara, Y. Yamanoi, H. Nishihara, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 11275-11277.
DOI: 10.1039/C3CC46294C (査読有)

㊫ "Equatorenes: Synthesis and Properties of Chiral Naphthalene, Phenanthrene, Chrysene, and Pyrene Possessing Bis(1-adamantyl) Groups at the Peri-Position", K. Yamamoto, N. Oyamada, S. Xia, Y. Kobayashi, M. Yamaguchi, H. Maeda, H. Nishihara, T. Uchimaru, E. Kwon, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 16526-16532.
DOI: 10.1021/ja407800e (査読有)

㊬ "Structural Modification on Copper(I)-pyridylpyrimidine Complexes for Modulation of Rotational Dynamics, Redox Properties, and Phototriggered

Isomerization”, M. Nishikawa, Y. Takara, Y. Hattori, K. Nomoto, T. Kusamoto, S. Kume, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2013**, *52*, 8962-8970.

DOI: 10.1021/ic4011295 (査読有)

⑳ ”Nanoparticle Assemblies via Coordination with a Tetrakis(terpyridine) Linker Bearing a Rigid Tetrahedral Core”, Y. Yamanoi, Y. Yamamoto, M. Miyachi, M. Shimada, A. Minoda, S. Oshima, Y. Kobori, H. Nishihara, *Langmuir* **2013**, *29*, 8768-8772.

DOI: 10.1021/ic400110z (査読有)

㉑ 「界面配位プログラミングによる電子機能ナノ構造体の構築」, 松岡 亮太、坂本 良太、山野井 慶徳、西原 寛、ナノ学会会報 2013, 11, 63-69. (査読有)

㉒ ”-Conjugated Trinuclear Group-9 Metalladithiolenes with a Triphenylene Backbone”, R. Sakamoto, T. Kambe, S. Tsukada, K. Hoshiko, Y. Kitagawa, K. Takada, M. Okumura, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2013**, *52*, 7411-7416.

DOI: 10.1021/ic400110z (査読有)

㉓ ”A bis(terpyridine)iron Network Polymer on Carbon for a Potential Energy Storage Material”, K.-H. Wu, H. Maeda, T. Kambe, K. Hoshiko, E. J. H. Phua, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Dalton Trans.* **2013**, *42*, 15877-15880. (selected as the cover)

DOI: 10.1039/C3DT51186C (査読有)

㉔ ”1,4-Bis(4-ferrocenylphenylethynyl)anthraquinone by Synchrotron X-ray Powder Diffraction”, M. Sachiko, E. Nishibori, M. Yoshida, S. Aoyagi, M. Sakata, M. Takata, M. Kondo, M. Murata, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Acta. Cryst.* **2013**, *C69* 696-703. (selected as the cover)

DOI: 10.1107/S 0108270113013978 (査読有)

㉕ ”Synthesis of Diazenido-Ligated Vanadium Nanoparticles”, M. Miyachi, Y. Yamamoto, Y. Yamanoi, A. Minoda, S. Oshima, Y. Kobori, H. Nishihara, *Langmuir* **2013**, *29*, 5099-5103.

DOI: 10.1021/la400102q (査読有)

㉖ ”Orthogonal Bis(terpyridine)-Fe(II) Metal Complex Wires on a Tripod Scaffold: Rapid Electron Transport”, R. Sakamoto, Y. Ohirabaru, R. Matsuoka, H. Maeda, S. Katagiri, H. Nishihara, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 7108-7110.

DOI: 10.1039/C3CC42478B (査読有)

㉗ ”Metal Complex Oligomer and Polymer Wires on Electrodes: Tactical Constructions and Versatile Functionalities”, H. Maeda, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Polymer* **2013**, *54*, 4383-4403.

DOI: 10.1016/j.polymer.2013.04.019 (査読有)

㉘ ”Stimuli-responsive Pyrimidine Ring Rotation in Copper Complexes for Switching their Physical Properties”, M. Nishikawa, S. Kume, H. Nishihara, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2013**, *15*, 10549-10565.

DOI: 10.1039/C3CP44710C (査読有)

㉙ ”Coordination Programming of Photofunctional Molecules”, R. Sakamoto, S. Kusaka, M. Hayashi, M. Nishikawa, H. Nishihara, *Molecules* **2013**, *18*, 4091-4119.

DOI: 10.3390/molecules18044091 (査読有)

㉚ ”Triarylamine-Conjugated Bis(terpyridine)-Fe(II) Complex Wires: Rapid and Long-Range Electron Transport Ability”, R. Sakamoto, S. Katagiri, H. Maeda, H. Nishihara, *Chem. Lett.* **2013**, *42*, 553-555.

DOI: org/10.1246/cl.130083 (査読有)

㉛ ”-Conjugated Nickel Bisdithiolenes Complex Nanosheet”, T. Kambe, R. Sakamoto, K. Hoshiko, K. Takada, M. Miyachi, J.-h. Ryu, S. Sasaki, J. Kim, K. Nakazato, M. Takata, H. Nishihara, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 2462-2465.

DOI: 10.1021/ja312380b (査読有)

㉜ ”Bis(E-2,6-di(1H-pyrazol-1-yl)-4-styrylpyridine)iron(II) Complex: Relationship Between Thermal Spin Crossover and Crystal Solvent”, Y. Hasegawa, R. Sakamoto, K. Takahashi, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2013**, *52*, 1658-1665.

DOI: 10.1021/ic302640m (査読有)

㉝ ”Efficient Electronic Communication in 4,9-Bis(ferrocenylethynyl)dimethyldihydro pyrene”, M. Kishida, S. Muratsugu, R. Sakamoto, T. Kusamoto, H. Nishihara, *Chem. Lett.* **2013**, *42*, 361-362.

DOI: org/10.1246/cl.121264 (査読有)

㉞ ”meso-Alkynyl BODIPYs: Structure, Photoproperty, -Extension, and Manipulation of Frontier Orbitals”, S. Kusaka, R. Sakamoto, Y. Kitagawa, M. Okumura, H. Nishihara, *Chem. Asian*

J. **2013**, *8*, 723-727.

DOI: 10.1002/asia.201201176 (査読有)

④ "Triarylamine-Conjugated Bis(dipyrrinato)zinc(II) Complexes: Impact of Triarylamine on Photochemical Property and Multi-Redox Reaction", M. Tsuchiya, R. Sakamoto, S. Kusaka, J. Kakinuma, H. Nishihara, *Electrochemistry* **2013**, *81*, 337-339.
DOI: org/10.5796/electrochemistry.81.337 (査読有)

⑤ "Solvated-Ion-Pairing-Sensitive Molecular Bistability Based on Copper(I)-Coordinated Pyrimidine Ring Rotation", M. Nishikawa, K. Nomoto, S. Kume, H. Nishihara, *Inorg. Chem.* **2013**, *52*, 369-380.
DOI: 10.1021/ic302141z (査読有)

⑥ "Terminal Redox Site Effect on the Long-Range Electron Conduction of Fe(tpy)₂ Oligomer Wires on Gold Electrode", S. Katagiri, R. Sakamoto, H. Maeda, Y. Nishimori, T. Kurita, H. Nishihara, *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*, 5088-5096.
DOI: 10.1002/chem.201203913 (査読有)

⑦ "Direct Synthesis of Alkylsilanes by Platinum-catalyzed Coupling of Hydrosilanes and Iodoalkanes", H. Inubushi, H. Kondo, A. Lesbani, M. Miyachi, Y. Yamanoi H. Nishihara, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 134-136.
DOI: 10.1039/C2CC35150A (査読有)

⑧ "Bis(terpyridine) metal complex wires: Excellent long-range electron transfer ability and controllable intrawire redox conduction on silicon electrode", R. Sakamoto, S. Katagiri, H. Maeda, H. Nishihara, *Coord. Chem. Rev.* **2013**, *257*, 1493-1506.
DOI: 10.1016/j.ccr.2012.08.025 (査読有)

⑨ "Cyclodextrin-supported Organic Matrix for Application of MALDI-MS for Forensics. Soft-ionization to Obtain Protonated Molecules of Low Molecular Weight Compounds", T. Yonezawa, T. Asano, T. Fujino, H. Nishihara, *Chem. Phys.* **2013**, *419*, 17-22.
DOI: 10.1016/j.chemphys.2012.10.003 (査読有)

⑩ "Two-Way Linkage Photoisomerization of [Ru(2,2':6',2''-terpyridine)(6-((methylsulfinyl)methyl)picolinate)]BF₄", S. Suzuki, R. Sakamoto, H. Nishihara, *Chem.*

Lett. **2013**, *42*, 17-18.

DOI: org/10.1246/cl.2013.17 (査読有)

[雑誌論文] (計 71 件)

[学会発表] (計 105 件)

"Photoelectron Conversion Using Combination of Bio-Components with Artificial Molecules", H. Nishihara, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability 2014 (Pushchino, Russia), Jun. 6, 2014

"Construction of a Photochemical System using PSII and a Molecular Wire equipped with a Platinum Nanoparticle", S. Ikehira, M. Miyachi, K. Okuzono, Y. Yamanoi, T. Tomo, H. Nishihara, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability 2014 (Pushchino, Russia), Jun. 3, 2014

"Photoelectrochemical Properties of Photosystem I Modified with Viologen Derivatives", M. Miyachi, Y. Yamanoi, N. Terasaki, Y. Inoue, H. Nishihara, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability 2013 (Baku, Azerbaijan), Jun. 7, 2013

"PSI Reconstitution Using a Molecular Wire Equipped with a Platinum Nanoparticle", K. Okuzono, M. Miyachi, Y. Yamanoi, T. Tomo, H. Nishihara, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability 2013 (Baku, Azerbaijan), Jun. 7, 2013

"Photoelectron Conversion Systems Based on PSI-molecular Wire Combination", H. Nishihara, International Conference Photosynthesis Research for Sustainability 2013 (Baku, Azerbaijan), Jun. 5, 2013

[その他]

ホームページ等

<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/~inorg/>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

西原 寛 (NISHIHARA, Hiroshi)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号 : 7 0 1 5 6 0 9 0

(3) 連携研究者

宮地 麻里子 (MIYACHI, Mariko)
東京大学・大学院理学系研究科・特任助教
研究者番号 : 6 0 6 2 0 8 2 0