

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2012

課題番号：22245022

研究課題名（和文）高励起状態化学の分子素子や環境問題、ナノおよびバイオテクノロジーへの応用

研究課題名（英文）Higher Excited State Chemistry Towards Molecular Device, Environmental Chemistry, and Nano- and Biotechnologies

研究代表者

真嶋 哲朗 (MAJIMA TETSURO)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：00165698

研究成果の概要（和文）：高励起状態からのみ進行する化学反応を検討することで、高励起状態を介した分子素子の開発、環境問題への応用、ナノおよびバイオテクノロジー応用へと展開可能な知見を得ることを目的として研究を行った。本研究では超高速分光および放射線化学的手法を主たる測定手段として用い、機能分子励起状態における高速構造緩和過程の解明、ラジカルイオン励起状態過程の解明、DNA 内電子移動過程の解明などが主たる成果として得られた。

研究成果の概要（英文）：The present research project aimed at application of higher excited state chemistry to molecular devices, environmental problem, and nano- and bio-technologies. Reaction processes through the higher excited states were investigated by various ultrafast spectroscopic methods and radiation chemical methods. The main achievements of this research project are clarification of ultrafast structural relaxation processes in the excited state, understandings of reaction processes from the excited radical ions, estimation of dynamics of excess electron in DNA, and so on.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	16,100,000	4,830,000	20,930,000
2011 年度	16,500,000	4,950,000	21,450,000
2012 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
総計	37,300,000	11,190,000	48,490,000

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：分子素子、励起状態、マルチレーザー、超高速分光、電子移動、環境汚染物質、DNA、レーザーフラッシュホトリシス

1. 研究開始当初の背景

溶液中で励起分子の反応は通常最低励起状態から進行する。これは Kasha 則として良く知られた光化学の一般的なルールであり、高励起状態から最低励起状態への内部転換が極めて高速なため、ほとんどの場合二分子反応が無視できることを示している。しかし、高励起状態からも種々の反応が進行することが知られており、特に、高速分光法の適用により種々の反応が報告されるようになって来た。以前よりわれわれは高励起状態化学

を検討しており、その特長を生かすことにより分子素子、環境問題、さらにはナノおよびバイオテクノロジーに応用可能な知見が得られるものと考え本研究を提案した。

2. 研究の目的

本研究計画では、高励起状態からのみ進行する化学反応を検討することで、高励起状態を介した分子素子の開発、環境問題への応用、ナノおよびバイオテクノロジー応用へと展開可能な知見を得ることを目的と

した。

3. 研究の方法

励起状態から進行する反応過程はフェムト秒からミリ秒にわたる過渡吸収測定および時間分解蛍光測定を用いることで検討した。ラジカルイオン励起状態の反応過程はパルスラジオリシスとレーザーフラッシュホトリシスを組み合わせることで検討した。

4. 研究成果

本研究課題で得られた主たる成果は以下にまとめたとおりである。

(1) 機能分子励起状態における高速緩和過程の解明

共役系高分子オリゴマーの蛍光物性は共役長に大きく影響を受けることが知られている。励起直後の構造から緩和により最低励起状態に至るプロセスは共役長の変化などをもたらすため重要である。本研究ではフェムト秒過渡吸収測定および蛍光アップコンバージョンを二次元状オリゴフルオレン(図1)に適用することで構造緩和過程を検討した。過渡吸収では共役長変化にともなうピークシフトが観察され、その時定数は10-30 psであった。同様の過程は蛍光プロファイルからも確認された。さらに、理論計算から緩和過程では隣接するフルオレン間の平面化が重要であることを見出した。

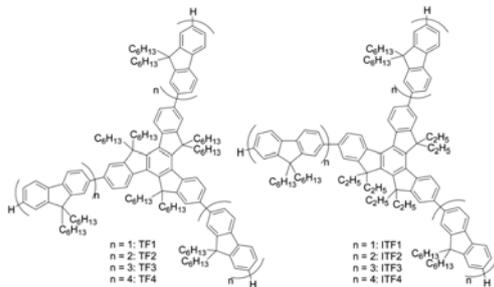


図1. 二次元状オリゴフルオレンの分子構造

同様の励起状態における構造緩和過程をシクロパラフェニレンからも確認した。

(2) ダイマーラジカルイオン励起状態からの解離過程の解明

ダイマーラジカルカチオンは近赤外領域に電荷共鳴に基づく吸収を示すことが知られている。われわれはパルスラジオリシスとレーザーフラッシュホトリシスを組み合わせることにより、ダイマーラジカルカチオンの励起緩和過程について検討を行った。ピレンダイマーラジカルカチオンの電荷共鳴帯を選択励起すると、ダイマーラジカルカチオンの減少と、モノマーラジカルカチオンの増加が確認されたことより、励起状態での解離

過程(図2)が確認された。

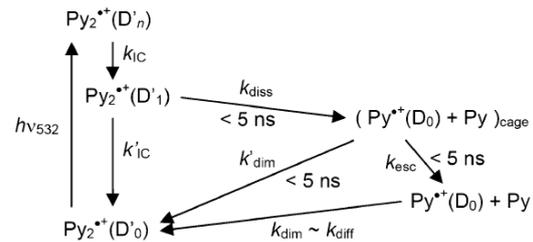


図2. ピレンダイマーラジカルカチオンの励起状態からの解離過程

そのほかにもポリアリルエチレン内での不電荷非局在過程などを明らかにした。

(3) DNA内の過剰電子移動過程の解明

DNA内の電子移動過程はDNAの損傷および修復過程において重要であるとともに、DNAのナノエレクトリックデバイス応用の面からも関心を集めている。従来得られている知見の多くは正電荷であるホール移動に関するものであった。われわれはDNA内の過剰電子移動速度の直接観測を行った。具体的にはオリゴチオフェンおよびジフェニルアセチレンをDNAに修飾し、オリゴチオフェンを励起することで過剰電子をDNA内に注入し、ホッピングの後に生じるジフェニルアセチレンのラジカルアニオンの生成速度を超高速分光で求めることで、核酸塩基間のホッピング速度を導出した(図3,4)。過剰電子移動速度はホール移動速度より高速であることを始めて明らかにした。さらに、高速な過剰電子移動はジメチルピレンをドナーとしたヘアピンDNAからも確認された。また、DNAシーケンス等の過剰電子移動速度への影響も明らかにした。

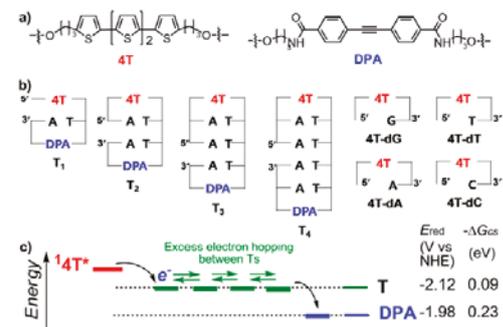


図3. DNA内過剰電子移動速度導出に用いたDNAシーケンスおよびエネルギーダイアグラム

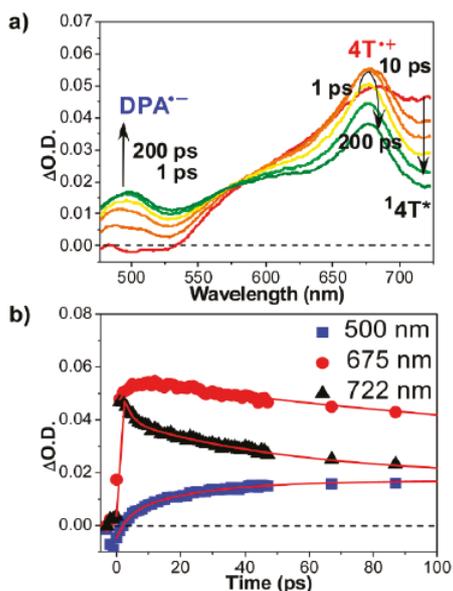


図4. T_3 を400 nm励起して得られた過渡吸収スペクトル。4Tからの電荷分離および過剰電子にともなうDPAの還元が確認できる。

(4)その他

ラジカルイオン励起状態や高励起三重項状態などの高励起状態からの電子移動過程の解明や環境汚染物質の光触媒による分解過程の解明を行った。

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)

[雑誌論文] (計39件)

- (1) M. Fujitsuka, Y. Hisaeda, T. Majima (計7名, 7番目), Photoinduced Electron Transfer in Supramolecular Donor-Acceptor dyad of Zn Corrophycene, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 査読有, 15, 5677 - 5683 (2013). DOI: 10.1039/C3CP43795G.
- (2) Y. Osakada, K. Kawai, T. Majima, Kinetics of Charge Transfer through DNA across Guanine-Cytosine Repeats Intervened by Adenine-Thymine Base Pair(s), *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 査読有, 86, 25 - 30 (2013). DOI: 10.1246/bcsj.20120224.
- (3) S. Samori, M. Fujitsuka, T. Majima, Photochemical Dissociation of Pyrene Dimer Radical Cation, *Res. Chem. Intermed.*, 査読有, 39, 449 - 461 (2013). DOI: 10.1007/s11164-012-0662-2.
- (4) J. Choi, M. Fujitsuka, T. Majima (計8名, 8番目), Hole-Trapping of G-Quartets in a G-Quadruplex, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有, 52, 1134 - 1138 (2013). DOI: 10.1002/anie.201208149.
- (5) Y. Park, T. Tachikawa, T. Majima (計6名, 5番

目), Role of Interparticle Charge Transfers in Agglomerated Photocatalyst Nanoparticles: Demonstration in Dye-Sensitized TiO_2 System, *J. Phys. Chem. Lett.*, 査読有, 4, 189 - 194 (2013). DOI: 10.1021/jz301881d.

(6) T. Tachikawa, T. Yonezawa, T. Majima, Super-Resolution Mapping of Reactive Sites on Titania-Based Nanoparticles with Water-Soluble Fluorogenic Probes, *ACS Nano*, 査読有, 7, 263 - 275 (2013). DOI: 10.1021/nm303964v.

(7) M. Fujitsuka, S. Yamago, T. Majima (計5名, 5番目), Size-dependent fluorescence properties of [n]cycloparaphenylenes (n = 8-13), hoop-shaped pi conjugated molecules, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 査読有, 14, 14585 - 14588 (2012). DOI: 10.1039/C2CP42712E.

(8) M. Fujitsuka, K. Kawai, T. Majima (計5名, 5番目), Excess Electron Transfer Dynamics in DNA Hairpins Conjugated with N,N-Dimethylaminopyrene as a Photosensitizing Electron Donor, *Chem. Commun.*, 査読有, 48, 11008 - 11010 (2012). DOI: 10.1039/C2CC36054C.

(9) Z. Bian, T. Tachikawa, T. Majima, Superstructure of TiO_2 Crystalline Nanoparticles Yields Effective Conduction Pathways for Photogenerated Charges, *J. Phys. Chem. Lett.*, 査読有, 3, 1422 - 1427 (2012). DOI: 10.1021/jp309683f.

(10) M. Fujitsuka, M. M. Haley, T. Majima, (計5名, 5番目), Dimerization Reaction of Regioisomeric Bis(phenylethynyl)benzene Radical Anions during Pulse Radiolysis, *ChemPlusChem*, 査読有, 77, 682 - 687 (2012). DOI: 10.1002/cplu.201200110.

(11) H. Kim, T. Tachikawa, T. Majima (計14名, 11番目), Selective Oxidative Degradation of Organic Pollutants by Singlet Oxygen-Mediated Photosensitization: Tin Porphyrin versus C_{60} Aminofullerene Systems, *Environ. Sci. Technol.* 査読有, 46, 9606 - 9613 (2012). DOI: 10.1021/es301775k.

(12) S. Tojo, M. Fujitsuka, T. Majima, Intramolecular Charge Resonance in Dimer Radical Anions of Di-, Tri-, Tetra-, and Pentaphenylalkanes, *J. Org. Chem.*, 査読有, 77, 4932 - 4938 (2012). DOI: 10.1021/jo300144r.

(13) Z. Bian, T. Tachikawa, T. Majima, Superstructure of TiO_2 Crystalline Nanoparticles Yields Effective Conduction Pathways for Photogenerated Charges, *J. Phys. Chem. Lett.*, 査読有, 3, 1422 - 1427 (2012). DOI: 10.1021/jz3005128.

(14) J. Choi, M. Fujitsuka, T. Majima (計4名, 4番目), Folding Dynamics of Cytochrome c Using Pulse Radiolysis, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 134, 13430-13435 (2012). DOI:

10.1021/ja304904p.

(15) K. Kawai, M. Hayashi, T. Majima, Hole Transfer in LNA and 5-Me-2'-deoxyzebularine-Modified DNA, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 134, 9406 - 9409 (2012). DOI: 10.1021/ja302641e.

(16) M. Fujitsuka, K. Kawai, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Excess-Electron Injection and Transfer in Bithiophene-Modified DNA: Bithiophene as a Photosensitizing Electron Donor for Thymine, Cytosine, and Adenine, *Chem. Eur. J.*, 査読有, 18, 2056 - 2062 (2012). DOI: 10.1002/chem.201103663.

(17) K. Kawai, T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 7 名, 7 番目), Generation of Singlet Oxygen during Photosensitized One-Electron Oxidation of DNA, *Chem. Eur. J.*, 査読有, 18, 1060 - 1063 (2012). DOI: 10.1002/chem.201101964.

(18) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Interfacial electron transfer dynamics in dye-modified graphene oxide nanosheets studied by single-molecule fluorescence spectroscopy, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 査読有, 14, 4244 - 4249 (2012). DOI: 10.1039/C2CP23317G.

(19) D. W. Cho, M. Fujitsuka, T. Majima (計 7 名, 6 番目), S₂ emission from chemically modified BODIPYs, *Chem. Commun.*, 査読有, 48, 3424 - 3426 (2012). DOI: 10.1039/C2CC30569K.

(20) T. Tachikawa, T. Majima, Photocatalytic oxidation surfaces on anatase TiO₂ crystal revealed by single-particle chemiluminescence imaging, *Chem. Commun.*, 査読有, 48, 3300 - 3302 (2012). DOI: 10.1039/C2CC30597F.

(21) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 5 名, 5 番目), Single-molecule charge transfer dynamics in dye-sensitized p-type NiO solar cells: influences of insulating Al₂O₃ layers, *Chem. Sci.*, 査読有, 3, 370 - 379 (2012). DOI: 10.1039/C1SC00552A.

(22) K. Kawai, M. Hayashi, T. Majima, HOMO Energy Gap Dependence of Hole-Transfer Kinetics in DNA, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 134, 4806 - 4811 (2012). DOI: 10.1021/ja2109213.

(23) M. Fujitsuka, D. W. Cho, T. Majima (計 5 名, 5 番目), Structural Relaxation in the Singlet Excited State of Star-Shaped Oligofluorenes having a Truxene or Isotruxene as a Core, *J. Phys. Chem. B*, 査読有, 115, 13502 - 13507 (2011). DOI: 10.1021/jp2074336.

(24) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 5 名, 5 番目), pH-induced Intramolecular Folding Dynamics of i-motif DNA, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 133, 16146 - 16153 (2011). DOI: 10.1021/ja2061984.

(25) K. Kawai, E. Matsutani, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Probing the Charge-Transfer Dynamics in DNA at the Single-Molecule Level, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 133, 15568 - 15577 (2011). DOI: 10.1021/ja206325m.

(26) M. Fujitsuka, K. Kawai, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Direct Measurement of the Dynamics of Excess Electron Transfer through Consecutive Thymine Sequence in DNA, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 133, 15320 - 15353 (2011). DOI: 10.1021/ja2068017.

(27) T. Tachikawa, S. Yamashita, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Evidence for Crystal-Face-Dependent TiO₂ Photocatalysis from Single-Molecule Imaging and Kinetic Analysis, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 133, 7197 - 7204 (2011). DOI: 10.1021/ja201415j.

(28) J. Choi, M. Fujitsuka, T. Majima (計 5 名, 5 番目), Unfolding dynamics of cytochrome c revealed by single-molecule and ensemble-averaged spectroscopy, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 査読有, 13, 5651 - 5658 (2011), DOI: 10.1039/c0cp02689a.

(29) M. Fujitsuka, H. Shimakoshi, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Reorganization energy of supramolecular donor-acceptor dyad of octaethylporphyrin isomers and axial-coordinated acceptor: Experimental and computational study, *J. Photochem. Photobio. A: Chem.*, 査読有, 217, 242 - 248 (2011), DOI: 10.1016/j.jphotochem.2010.10.016.

(30) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Photoinduced electron transfer in a quantum dot-cucurbituril supramolecular complex, *J. Phys. Chem. C*, 査読有, 115, 1824 - 830 (2011), DOI: 10.1021/jp1110828.

(31) Y. Eda, M. Fujitsuka, T. Majima (計 6 名, 6 番目), Synthesis and properties of fullerene (C₇₀) complexes of 2,6-bis(porphyrin)-substituted pyrazine derivatives bound to a Pd(II) ion, *Supramol. Chem.*, 査読有, 22, 517 - 523 (2010), DOI: 10.1080/10610278.2010.487566.

(32) M. Fujitsuka, T. Nakatani, T. Majima (計 5 名, 5 番目), Electron transfer from oligothiophenes in the higher triplet excited states, *J. Phys. Chem. A*, 査読有, 114, 10789 - 10794 (2010), DOI: 10.1021/jp106056e.

(33) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Europium-based metal-organic framework as a photocatalyst for the one-electron oxidation of organic compounds, *Langmuir*, 査読有, 26, 10437 - 10443 (2010), DOI: 10.1021/la101770h.

(34) K. Kawai, Y. Osakada, T. Majima (計 4 名, 4 番目), Charge Separation and Photosensitized Damage in DNA Mediated by Naphthalimide, Naphthalidiimide, and Anthraquinone, *J. Phys.*

- Chem. B*, 査読有, 114, 10195 - 10199 (2010). DOI: 10.1021/jp102483k
- (35) M. Fujitsuka, K. Kawai, T. Majima (計4名、5番目) Sequence Dependence of Excess Electron Transfer in DNA, *J. Phys. Chem. B*, 査読有, 114, 14657 - 14663 (2010). DOI: 10.1021/jp1024685.
- (36) S. Tojo, M. Fujitsuka, T. Majima, Site-Selective Bimodal Absorption and Emission of Distonic Radical Cation, *J. Org. Chem.*, 査読有, 75, 3618-3625 (2010). DOI: 10.1021/jo1003949.
- (37) T. Tachikawa, N. Wang, T. Majima (計5名、5番目), Design of a Highly Sensitive Fluorescent Probe for Interfacial Electron Transfer on a TiO₂ Surface, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有, 46, 8593 - 8597 (2010). DOI: 10.1002/anie.201004976.
- (38) T. Tachikawa, M. Fujitsuka, T. Majima (計6名、6番目), Photophysical properties of Zn-substituted Cytochrome c investigated by single-molecule and ensemble-averaged spectroscopy, *Chem. Commun.*, 査読有, 46, 9155 - 9157 (2010). DOI: 10.1039/C0CC03056B.
- (39) K. Kawai, H. Kodera, T. Majima, Photocatalytic Formation of I-I Bonds Using DNA Which Enables Detection of Single Nucleotide Polymorphisms, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 132, 14216 - 14220 (2010). DOI: 10.1021/ja105850d
[学会発表] (計44件)
- (1) 藤塚 守, N,N-ジメチルアミノピレン修飾ヘアピンDNA内過剰電子移動, 日本化学会第93春季年会, 2013.3.22-25, 滋賀県
- (2) 藤塚 守, 二次元状オリゴフルオレンのラジカルイオン, 日本化学会第93春季年会, 2013.3.22-25, 滋賀県
- (3) 川井 清彦, DNA内ホール移動における電荷非局在化, 日本化学会第93春季年会, 2013.3.22-25, 滋賀県
- (4) 立川 貴士, TiO₂メソ結晶における位置選択的光還元反応, 日本化学会第93春季年会, 2013.3.22-25, 滋賀県
- (5) K. Kawai, Single molecule level DNA analysis based on charge transfer measurement, The First International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2012), 2012.11.28-29, 東京都
- (6) 立川 貴士, 酸化チタン光触媒反応における結晶面依存性の単一分子蛍光観察, 第31回固体・表面光化学討論会, 2012.11.21-22, 大阪府
- (7) K. Kawai, Hole-transfer dynamics determined by DNA flexibility, The 39th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry (ISNAC 2012), 2012.11.16, 愛知県
- (8) K. Kawai, Hole Transfer through DNA: Mechanism and Single-Molecule Level Analysis, Japan-India Bilateral Seminar on Supramolecular Nanomaterials for Energy Innovation, 2012.10.15-16, 香川県
- (9) T. Majima, Single-Molecule, Single-Particle Approaches for Exploring the Structure and Kinetics of Nanocatalysts, Japan-India Bilateral Seminar on Supramolecular Nanomaterials for Energy Innovation, 2012.10.15-16, 香川県
- (10) T. Majima, Single-Molecule, Single-Particle Approaches for Exploring the Structure and Kinetics of Nanocatalysts, 2012 RCAS-ANNA Symposium on "Recent development in nanomaterials-structures, dynamics and applications", 2012.10.4-5, Taiwan
- (11) 藤塚 守, オリゴチオフェン修飾DNAの過剰電子注入および移動過程, 2012年光化学討論会, 2012.9.12-14, 東京都
- (12) 川井 清彦, DNAの柔軟性がホール移動速度に与える影響, 2012年光化学討論会, 2012.9.12-14, 東京都
- (13) 立川 貴士, TiO₂メソ結晶中における高効率粒子間電荷移動の観測, 2012年光化学討論会, 2012.9.12-14, 東京都
- (14) 川井 清彦, DNA内ホール移動速度の核酸塩基HOMOレベル依存性, 第6回バイオ関連化学シンポジウム, 2012.9.6, 北海道
- (15) T. Majima, Single Molecule Imaging of TiO₂ Photocatalytic Reactions, 18th International Workshop on "Single Molecule Spectroscopy and Ultra Sensitive Analysis in the Life Sciences", 2012.9.5-7, Germany
- (16) T. Majima, Hole and Excess Electron Transfer in DNA, Gordon Research Conference on "Radiation Chemistry", 2012.7.31. USA.
- (17) T. Majima, Charge Transfer in DNA, 24th IUPAC Photochemistry, 2012.7.16, Portugal.
- (18) 川井 清彦, DNA内電荷移動速度のHOMOレベルギャップ依存性, 日本化学会第92春季年会, 2012.3.26, 神奈川県
- (19) 立川 貴士, 酸化ニッケルナノ粒子上における色素増感電荷移動反応の単一分子蛍光観測, 日本化学会第92春季年会, 2012.3.25, 神奈川県
- (20) 藤塚 守, シクロパラフェニレンの蛍光の環サイズ依存性, 日本化学会第92春季年会, 2012.3.25, 神奈川県
- (21) T. Majima, Crystal-Face-Dependent TiO₂ Photocatalysis, 8th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience 2011, 2011.10.31, Korea.
- (22) M. Fujitsuka, Excess Electron Transfer in Tetrathiophene-Conjugated DNA, 8th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience 2011, 2011.10.30, Korea.
- (23) 川井 清彦, 蛍光分子を光増感剤とするDNA内電荷分離, 2011年光化学討論会, 2011.

9.8, 宮崎県
(24) 藤塚守, DNA 過剰電子移動の直接観測, 2011 年光化学討論会, 2011. 9. 7, 宮崎県
(25) 立川貴士, 多孔性有機-金属構造体における光誘起電子移動反応, 2011 年光化学討論会, 2011. 9.6, 宮崎県
(26) T. Majima, Single-Molecule Imaging of TiO₂ Photocatalytic Reaction, 15th International Conference on Photochemistry, 2011.8.8, China
(27) T. Majima, Photoinduced Electron Transfer in a Quantum Dot-Cucurbituril Complex, 2nd International Conference on Cucurbiturils, 2011.7.1, UK.
(28) T. Majima, DNA wire, 4th Inter WCU Symp Nanobio Materials & Electronics (WCU-04), 2011.5.7, Germany.
(29) 藤塚守, オリゴチオフェン高励起三重項状態からの電子移動, 日本化学会第 91 春季年会, 2011. 3.27, 神奈川県
(30) 立川貴士, CdTe 量子ドット-ククルビットウリル超分子錯体における電子移動反応, 日本化学会, 第 91 春季年会, 2011. 3.27, 神奈川県
(31) 川井清彦, 一分子レベル蛍光観測による DNA 内電荷分離寿命の測定, 日本化学会第 91 春季年会, 2011. 3.26, 神奈川県
(32) T. Majima, Photochemistry for Noble Metal Nanoparticles, 2011 Spring Symposium of Photochemistry Association in Taiwan, 2011.2.15, Taiwan.
(33) T. Majima, DNA Charge Transfer, 2010 International Forum on Photoenergy Future (IFPEF 2010), 2010.12.21. U.S.A.
(34) T. Tachikawa, Single-Molecule Fluorescence Imaging of TiO₂ Photocatalytic Reactions, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010.12.20, U.S.A.
(35) K. Kawai, Rapid long-range charge transfer through DNA, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010.12.18, U.S.A.
(36) T. Majima, Efficient Photo-electronic Devices by Supramolecular Chemistry, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010.12.16, U.S.A.
(37) T. Majima, Photoinduced Charge-Transfer Processes on Metal-Organic Framework, 6th Asian Photochemistry Conference, 2010.11.18, New Zealand.
(38) T. Majima, Probing Photocatalytic Active Sites on a Single Titanosilicate Zeolite with a Redox-Responsive Fluorescent Dye, 2010 KJFP, 2010.10.26, Korea.
(39) M. Fujitsuka, Electron Transfer in Supramolecular Donor-Acceptor Dyads of Porphyrin Isomers, 2010 KJFP, 2010.10.26, Korea.

(40) 藤塚守, ポルフィリンおよび異性体の超分子内電荷分離過程, 2010年光化学討論会, 2010.9.10.千葉県
(41) 立川貴士, 単一分子蛍光分光法による Au/TiO₂複合ナノ粒子の光触媒活性評価, 2010 年光化学討論会, 2010.9.10.千葉県
(42) 川井清彦, 光触媒的ヨウ素生成反応を利用したDNA一塩基多型の検出, 2010年光化学討論会, 2010.9.8.千葉県
(43) M. Fujitsuka, Electron Transfer in Supramolecular Donor-Acceptor Dyads of Porphyrin Isomers, IUPAC Photochemistry, 2010.7.14. Italy.
(44) T. Majima, Inter and Intramolecular Energy Transfer from Higher Triplet State toward Molecular Devices, IUPAC Photochemistry, 2010.7.14. Italy.
〔図書〕(計 6 件)
(1) M. Fujitsuka, T. Majima, John Wiley & Sons, Inc., Supramolecular Chemistry: From Molecules to Nanomaterials, (2012), 2365-2395.
(2) M. Fujitsuka, T. Majima, John Wiley & Sons, Inc., Encyclopedia of Radicals in Chemistry, Biology and Materials, (2012), 1397-1424.
(3) M. Fujitsuka, T. Majima, John Wiley & Sons, Inc., Supramolecular Photochemistry Controlling Photochemical Processes, (2011), 517-546.
(4) 藤塚守, 真嶋哲朗, 化学同人, 核酸化学のニュートレンド, (2011), 116-123.
(5) T. Tachikawa, T. Majima, CRC Press, Taylor & Francis Group, Handbook of Luminescent Semiconductor Materials, (2011), 391-410.
(6) K. Kawai, T. Majima, Springer-Verlag, Inc., Berlin, Topics in Current Chemistry: Electronic and magnetic properties of chiral molecules and supramolecular architectures, (2011), 129-142.
〔その他〕
ホームページ等
[http:// www.sanken.osaka-u.ac.jp](http://www.sanken.osaka-u.ac.jp)

6. 研究組織

(1)研究代表者

真嶋 哲朗 (MAJIMA TETSURO)
大阪大学・産業科学研究所・教授
研究者番号：00165698

(2)研究分担者

藤塚 守 (FUJITSUKA MAMORU)
大阪大学・産業科学研究所・准教授
研究者番号：40282040
川井 清彦 (KAWAI KIYOHICO)
大阪大学・産業科学研究所・准教授
研究者番号：50314422
立川 貴士 (TACHIKAWA TAKASHI)
大阪大学・産業科学研究所・助教
研究者番号：20432437