

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 5 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（S）
 研究期間：2005～2009
 課題番号：17105005
 研究課題名（和文） 光機能性DNAのナノサイエンス
 研究課題名（英文） Nanoscience of Photofunctionalized DNA
 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）：様々な光機能性クロモフォアを修飾した DNA を用いて、DNA 内の光電荷分離、電荷移動機構を明らかにし、高効率・長寿命電荷分離を実現した。さらに、光機能性 DNA 分子ワイヤー、光エネルギー変換などの光電変換デバイスや、高効率 DNA 損傷法への展開を行い、DNA 光ナノサイエンスの創製を試みた。

研究成果の概要（英文）：Photoinduced charge separation and transfer mechanisms in DNA were clarified by using photofunctionalized DNA modified with various chromophores and high efficient and long-lifetime charge separation was established. Development of photoelectric energy conversion devices such as DNA molecular wire and light energy conversion units and highly effective DNA damage methods and creation of DNA photo-nanoscience was tried.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	46,400,000	13,920,000	60,320,000
2006年度	14,800,000	4,440,000	19,240,000
2007年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
2008年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2009年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
総計	82,400,000	24,720,000	107,120,000

研究分野：光化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：DNA、光機能性、電荷分離、電荷移動、DNA 光損傷

1. 研究開始当初の背景

DNA が電気伝導体かどうかは、古くから検討されて来た。DNA フィルムとしての電気伝導度測定や単一分子レベルでの測定などさまざまな測定結果に基づいて、良好な電気伝導体から不導体まで正反対の性質が報告されてきた。1993 年 Barton らは DNA の両端に電子ドナーとアクセプターを結合することで長距離電子移動が起こることを確認した。その後、Lewis と Wasielewski らのフェムト秒過渡吸収測定を用いた研究、Giese らのアデニン (A) 間ホールホッピングによる長距離電荷移動などの研究展開があり、近年最も注

目されている研究分野の一つである。我々も過渡吸収測定等を用いることで DNA 内電荷移動の検討を進め、ホールホッピングが 100 Å 以上の長距離で起こることを明らかにした。

DNA は B-, Z-, A 型など塩基配列および環境条件により種々の構造をとる。さらにナノ構造を形成する際の構成ブロックとして用い、格子構造や三角柱などの構造が構築できる。我々はポルフィリンを結合した DNA タイルを用いたチューブ構造の構築を示した。また、DNA と RNA または PNA との複合体形成や、TiO₂ ナノ粒子やカーボンナノチューブなどと DNA との複合体も報告されている。このよう

に、DNA は高度な自己認識能を有し、自己集合によって高次構造を形成する性質を有している。さらに、一電子酸化反応によって発生する正電荷（ホール）は、DNA 内部を自由に移動する性質も併せ持つ。このように、DNA はナノスケールでの配線を実現する新しいナノ材料として期待されている。さらには DNA の情報伝達機能と DNA 内の電荷移動の関連も注目される。DNA 内の電荷移動速度がその配列に依存することから DNA 配列の検出が期待できることと、DNA の酸化還元過程が DNA 切断の初期プロセスに含まれ、これらの制御による医療応用が考えられる。

2. 研究の目的

光によって進行する DNA 内の電荷分離および電荷移動過程は、DNA 光ナノサイエンスの最も基本的かつ重要な反応であると同時に、光電変換、分子ワイヤーなどの応用のみならず、生体内における DNA 塩基損傷にも関連する重要な光誘起プロセスである。そこで、DNA に種々の光機能性クロモフォアおよびナノ粒子を修飾した光機能性 DNA を反応場として電荷分離・電荷移動系を構築してその機構を解明し、DNA の構成ブロックとしての性質を巧みに利用し、DNA 光電変換デバイスや、高効率 DNA 損傷法への展開を試みた。これらの研究課題の遂行により DNA を基盤とした光ナノサイエンスの創製を目指した。

3. 研究の方法

光励起によって進行する反応初期過程を調べるために、ナノ秒からフェムト秒までの時間分解能を有する過渡吸収および過渡発光レーザー測定法、光電流計測のための電気化学測定システムを用いた。また、DNA 一分子レベルの電荷移動挙動を明らかにするため、蛍光分子修飾 DNA の全反射顕微鏡による測定法（単一分子蛍光分光法）を用いた。

4. 研究成果

光機能性を有する様々な有機分子を位置特異的に修飾した DNA を設計し、各種分光法ならびに時間分解測定を用いて光誘起反応の評価を行った。特に、光励起によって進行する電荷分離および電荷移動に焦点を当て、レーザーパルス光を用いた時間分解過渡吸収法を用いてそれらの基礎的研究を進めた。光電荷分離は、生物学的に重要な反応である光酸化損傷と密接な関係があり、それらの反応の速度論的研究を進めた。

励起状態が強い酸化力を有する分子を DNA に修飾することで、光照射によって DNA 内にホールを発生できる。ホールの発生効率、発生したホールの移動を実時間観測によって調べ、それらの配列依存性を詳細に調べた。A 塩基が連続した配列をターゲットとすることで、長い寿命を持つホールが効率よく発生することを明らかとした。また、発生したホールの移動の観測は別途修飾したプローブ

分子の吸収変化から行い、移動速度は配列に依存してナノ秒からマイクロ秒の時間領域で変化することを見出した。温度変化測定から、グアニン(G)間のホールの移動速度は再配向エネルギーの変化に関係していることと、塩基部位からの脱プロトン化過程が重要であることが明らかとなった。

次に、生物学的に重要な反応である DNA の光酸化損傷過程に関する速度論的研究を行った。一電子酸化反応において損傷するのは G であると通常考えられていたが、G が単独する配列よりも、A が連続した配列において高い効率で酸化損傷が起ることを明らかにした。酸素と光増感剤との間の電子移動反応が、酸化損傷を大幅に促進することも明らかとなり、これに基づく光線力学療法への展開が期待できる。また、テロメア構造 DNA は特定の波長の紫外光を選択的に吸収し光酸化分解することも見出した。

DNA 光デバイスの基礎的評価に関する検討を行った。よりすぐれた光デバイスを作製するためには、光電荷分離効率の向上が不可欠である。そこで、電子移動理論に基づき逆電子移動の推進力が大きくなるように設計された分子を用い、電荷分離効率の向上を試みた。要求を満たす分子としてジフェニルアセチレン誘導体を選択し、電荷分離効率を時間分解測定により評価を行ったところ、マイクロ秒の寿命を持つ電荷分離状態が 20%程度の高い収率で生じることが明らかとなった。

A 間上のホールの移動が非常に速いことを利用して、高速長距離ホール移動の実現を達成した。A 連続配列を有する DNA を設計し、両末端にドナー・アクセプター分子を修飾し、ホール移動速度について調べ、ホールの移動が 30 塩基まで実際に観測され、速度定数としては 10^9 s^{-1} 以上と見積もられた。A 連続配列を用いることで高速電荷輸送系が DNA で構築できることを明らかとした。

A およびチミン(T)に電子的置換基を導入して塩基の酸化還元電位を変化させること（電位勾配）によって、DNA 中の高効率、高速電荷分離を実現した。また、可視光吸収を有する色素を電子アクセプターとした DNA を用いて、DNA 中の光電荷分離を実現できた。

配列認識能に基づいてプログラムされた DNA 集合体におけるホール移動系について検討した。ドナーおよびアクセプターを修飾した二つの DNA と、ブロックとなる DNA とを組み合わせて一つの DNA を形成させ、ブロック部分の DNA を変える事で、様々な DNA のホール移動を簡単に観測することに成功した。スティッキーエンドにより構成された DNA ナノ構造体中での光誘起電荷移動は、スティッキーエンドの連結部分により阻害されることがなく進行し、その配列の相補性が重要であることが明らかとなった。

DNA 中の一塩基ミスマッチ (SNP、一塩基多型) の検出法は重要である。そこで、SNP を有する DNA での電荷移動速度は著しく減少することを見出し、逆に、電荷移動速度から SNP を検出できることを明らかにした。

DNA 中の電荷移動を一分子レベルで観測することに成功した。一分子計測法は非常に優れた技術であるが、これまで DNA 中のホール移動の研究には適応されてこなかった。そこで、ホール移動による蛍光色素の酸化反応を利用することで、一分子レベルでの DNA 中のホール移動の観測法を確立することに成功した。DNA の末端に電子アクセプターとなる NI、逆の末端に蛍光色素 (TMR もしくは Alexa532) をラベルした DNA を合成した。UV 光照射によって NI を励起すると DNA 中にホールが注入され、生じたホールが蛍光色素まで到達すれば色素は酸化されて酸化物となり発光しなくなる。すなわち発光シグナルが on から off へと変化すると予測される。この原理に基づいて、蛍光色素の蛍光応答から DNA を移動するホールを一分子レベルで検出した。修飾 DNA は、ビオチン-アビジン結合を通じてガラス基板に固定し、全反射蛍光顕微鏡を用い単一分子蛍光イメージングを行った。また、DNA マッチ配列に比べて、ミスマッチを有する DNA では蛍光色素の退色の大幅な抑制が観測された。そこで、このミスマッチ検出法を用いて、乳がんに関与する BRCA1 の SNP の識別を行ったところ、実際のターゲット DNA の SNP 検出が可能であることがわかった。以上、ホール移動によって蛍光色素の酸化反応を誘起し、DNA 中のホール移動の検出が一分子蛍光測定により可能であることがわかった。

DNA 塩基配列に依存せず電荷が高速に移動する DNA の合成に成功した。DNA は G-C、A-T の二種類の塩基対の並び方によって、遺伝情報を保管する通常の 2 本鎖構造に留まらず、世界地図や立方体と言った様々な 2 次元、3 次元のナノ構造の形成に利用することができる。DNA が導線として働けば様々なナノ配線が可能となると期待されたが、電荷が主に G-C 塩基対を介して運ばれるため A-T 塩基対の存在により電荷移動効率が低下することがわかった。DNA を用いて自在に 2 次元、3 次元構造を構築するには、様々な塩基対の並び方を持つ DNA を使う必要があるため、DNA を用いてナノ配線を達成することはできなかった。そこで、A-T 塩基対の A の一つの窒素原子を炭素原子と水素原子の組み合わせに置き換え (Z=デアザアデニン)、A-T 塩基対の電子によって占有されている分子軌道のうち最もエネルギーの高い軌道のエネルギー (HOMO レベル) を G-C(シトシン) 塩基対の HOMO レベルに近づけることにより、DNA の持つ情報を失わずに A-T 塩基対も電荷を運べる

ように設計した DNA を合成し、G-C と A-T 塩基対の並び方に関係なく電荷移動速度の高速化に成功した。つまり、A-T 塩基対を Z-T 塩基対に置き換えることによって、1000 倍以上電荷移動効率を上昇させ、G-C 塩基対により構成された DNA と同等、あるいはそれ以上の電荷移動効率を得ることに成功した。本研究の成果は、DNA を利用したナノデバイスの開発につながると期待される。

5. 進捗状況と計画

当初の計画通り、DNA を反応場とした光電荷分離系の構築ならびに電荷移動機構の解明に関する研究が進展させた。今後は、ナノ粒子 DNA 複合体における光電荷分離系の構築と併せて、光電変換デバイス、ナノセンサーとしての評価をさらに進展させ、加えて、DNA 酸化損傷機構の解明と光力学療法への展開を検討していく予定である。

6. 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 43 件)

1. K. Kawai, H. Kodera, and T. Majima, Long-Range Charge Transfer through DNA by Replacing Adenine with Diaminopurine, *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, 132(2), 2010, 627-630.
2. K. Kawai, E. Matsutani, and T. Majima, 8-Oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine Produces a Long-Lived Charge-Separated State During the Photosensitized One-Electron Oxidation of DNA Resulting in Efficient and Exclusive Degradation, *Chem Commun.* 査読有, in press.
3. K. Kawai, H. Kodera, Y. Osakada, and T. Majima, Sequence-independent and rapid long-range charge transfer through DNA, *Nature Chem.* 査読有, 1(2), 2009, 156-159.
4. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Importance of protonation state of guanine radical cation during hole transfer in DNA, *ChemPhysChem*, 査読有, 10(11), 2009, 1766-1769.
5. T. Takada, Y. Takeda, M. Fujitsuka, and T. Majima, "Signal-On" Detection of DNA Charge Transfer at the Single Molecule Level, *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, 131(19), 2009, 6656-6657.
6. K. Kawai and T. Majima, Kinetic Studies of Long-Range Hole Transfer through DNA, *Nucleic Acids Symp. Series*, 査読無, 53(1), 2009, 77-78.
7. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Charge Separation in

- Acridine- and Phenothiazine-Modified DNA, *J. Phys. Chem. B*, 査読有, 112(7), 2008, 2144-2149.
8. T. Tachikawa, Y. Asanoi, K. Kawai, S. Tojo, A. Sugimoto, M. Fujitsuka, and T. Majima, Photocatalytic Cleavage of Single TiO₂/DNA Nanoconjugates, *Chem. Eur. J.* 査読有, 14(5), 2008, 1492-1498.
 9. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Mechanism of Charge-Separation in DNA via Hole Transfer through Consecutive Adenines, *Chem. Eur. J.* 査読有, 14(12), 2008, 3721-3726.
 10. Y. Osakada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Charge transfer in DNA assembly: effects of sticky end, *Chem. Commun.* 査読有, 23, 2008, 2656-2658.
 11. Y. Osakada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Kinetic of charge transfer in DNA containing a mismatch, *Nucleic Acids Res.* 査読有, 36(17), 2008, 5562-5570.
 12. M. Endo, M. Fujitsuka, and T. Majima, Diastereochemically Controlled Porphyrin Dimer Formation on a DNA Duplex Scaffold, *J. Org. Chem.* 査読有, 2008, 73(3), 1106-1112.
 13. M. Endo, M. Fujitsuka, and T. Majima, Conformational regulation of porphyrin dimers on geometric scaffold of duplex DNA, *Tetrahedron*, 査読有, 2008, 64(8), 1839-1846.
 14. 真嶋哲朗、DNA デバイス—DNA 中で起こる電荷移動を利用する、*化学*、査読無、63(1), 2008, 38-40.
 15. 高田忠雄、真嶋哲朗、DNA デバイス—DNA 中で起こる電荷移動を利用する、*生産と技術*、査読無、60(1), 2008, 55-60.
 16. 高田忠雄、真嶋哲朗、DNA 内電荷移動とバイオセンサーへの応用、*BIO INDUSTRY*、査読無、25(3)、2008、61-71.
 17. 真嶋哲朗、DNA 中の電荷移動、*化学と生物*、査読無、46(8)、2008、520-522.
 18. T. Takada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Single-Molecule Observation of DNA Charge Transfer, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 査読有, 104(27), 2007, 11179-11183.
 19. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Hole Transfer in DNA and Photosensitized DNA Damage: Importance of Adenine Oxidation, *J. Phys. Chem. B* 査読有, 111(9), 2007, 2322-2326.
 20. T. Takada, C. Lin, M. Fujitsuka, and T. Majima, Relationship between Charge Transfer and Charge Recombination Determines Photocurrent Efficiency through DNA Films, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, 46(35), 2007, 6681-6683.
 21. K. Kawai, Y. Osakada, A. Sugimoto, M. Fujitsuka, and T. Majima, Hole transfer rates in A-from DNA/2'-OMeRNA hybrid, *Chem. Eur. J.* 査読有, 13(8), 2007, 2386-2391.
 22. T. Kimura, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Monitoring G-Quadruplex Structures and G-Quadruplex-ligand Complex by 2-Aminopurine Modified Oligonucleotide, *Tetrahedron*, 査読有, 63(17), 2007, 3585-3590.
 23. 真嶋哲朗、DNA 中の電荷移動速度と情報との関係を明らかにしたい、*化学*、査読無、62(1), 2007, 23-24.
 24. M. Endo, M. Fujitsuka, and T. Majima, Photochemical Properties of Porphyrin-attached Tobacco Mosaic Virus, *Photomed. Photobio.* 査読無, 29, 2007, 19-20.
 25. M. Endo and T. Majima, Photochemical Control of Enzymes Using Photoresponsive Compounds on the Basis of the Interaction Mechanism, *Photomed. Photobiol.* 査読無, 29, 2007, 14-15.
 26. M. Endo and T. Majima, Thermodynamic properties of branched DNA complexes with full-matched and mismatched DNA strand, *Chem. Commun.* 査読有, 2006, 2329-2331.
 27. T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Rapid Long-Distance Hole Transfer through a Consecutive Adenine Sequence, *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, 128(27), 2006, 11012-11013.
 28. T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, High Yield Generation of Long-Lived Charge-Separated State in Diphenylacetylene-Modified DNA, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, 45(1), 2006, 120-122.
 29. Y. Osakada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Charge Transfer through DNA Nanoscaled Assembly Programmable with DNA Building Blocks, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 査読有, 2006, 103(48), 18072-18076.
 30. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Effects of reaction rate

- of radical anion of a photosensitizer with molecular oxygen on the photosensitized DNA damage, Chem. Commun. 査読有, 2006, 3918-3920.
31. T. Kimura, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Detection of G-quadruplex-TMPyP4 Complex by 2-Aminopurine Modified Human Telomeric DNA, Chem. Commun. 査読有, 2006, 401-402.
 32. T. Kimura, K. Kawai, and T. Majima, Probing of microenvironments in the grooves of Z-DNA using dan-modified oligonucleotides, Chem. Commun. 査読有, 2006, 1542-1544.
 33. K. Kawai, T. Kimura, H. Yoshida, A. Sugimoto, S. Tojo, M. Fujitsuka, and T. Majima, Formation of Pyrene Dimer Radical Cation at the Minor Groove of DNA, Bull. Chem. Soc. Jpn. 査読有, 2006, 79(2), 312-316.
 34. 真嶋哲朗、DNA 中の電荷移動と DNA ナノサイエンス、現代化学、査読無、11(11), 2006, 25-29.
 35. K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Selective guanine oxidation by UVB-irradiation in telomeric DNA, Chem. Commun. 査読有, 2005, 1476-1477.
 36. T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Contributions of the Distance-Dependent Reorganization Energy and Proton Transfer Process to Hole Transfer in DNA, Chem. Eur. J. 査読有, 11(13), 2005, 3835-3843.
 37. K. Kawai, H. Yoshida, A. Sugimoto, M. Fujitsuka, and T. Majima, Kinetics of Transient End-to-End Contact of Single-Stranded DNAs, J. Am. Chem. Soc. 査読有, 127(38), 2005, 13232-13237.
 38. M. Endo, N. C. Seeman, and T. Majima, DNA Tube Structures Controlled by a Four-Way Branched DNA Connector, Angew. Chem. Int. Ed. 査読有, 44(37), 2005, 6074-6077.
 39. K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Consecutive adenine sequence are potential targets in photosensitized DNA damage, Chem. Biol. 査読有, 12(9), 2005, 1049-1054.
 40. T. Kimura, K. Kawai, and T. Majima, Monitoring of Microenvironmental Changes in the Major and Minor Grooves of DNA by Dan Modified Oligonucleotides, Org. Lett. 査読有, 7(26), 2005, 5829-5832.
 41. M. Endo, S. Uegaki, and T. Majima, Programmable DNA translation system using cross-linked DNA mediators, Chem. Commun. 査読有, 2005, 3153-3155.
 42. M. Endo and T. Majima, Structural Arrangement of DNA Constrained by a Cross-linker, Org. Biomol. Chem. 査読有, 3(19), 2005, 3476-3478.
 43. K. Kawai and T. Majima, Photosensitized one-electron oxidation of DNA, Pure Appl. Chem. 査読有, 77(6), 2005, 963-975.
[学会発表] (計 18 件)
 1. T. Majima, DNA Electronics, 2009 Asian Symposium on Organic Materials for Electronics and Photonics (ASOMP 2009) and 7th International OLED and PLED Materials Workshop in Taipei, December 13-15, 2009, National Taiwan University, Taipei, Taiwan
 2. 真嶋哲朗、光増感DNA損傷、2009光生物学協会年会(岡崎)、2009年8月19-20日、自然科学研究機構、岡崎
 3. T. Majima, Charge Transfer in DNA, Kyudai International Symposium on Photo and Supramolecular Chemistry, March 7, 2009, Kyushu University, Fukuoka
 4. T. Majima, Charge Transfer in DNA, 2008 Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience, September 24-27, 2008, Jeju, Korea
 5. K. Kawai, M. Fujitsuka, and T. Majima, Charge Transfer in DNA, 2nd Asia-Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2008), August 29-September 1, 2008, Waseda University, Tokyo
 6. T. Majima, K. Kawai, and M. Fujitsuka, Charge Transfer in DNA, 236th ACS National Meeting, August 17-21, 2008, Philadelphia, PA, USA
 7. T. Majima, Charge Transfer in DNA, 10th International Workshop on Radiation Damage to DNA, June 8-13, 2008, Kitashiobara-Mura, Fukushima
 8. T. Majima, DNA Devices Based on Charge Transfer in DNA, The 3rd CNU-SANKEN Joint Symposium on Advanced Materials Science, February 27-28, 2008, Daejeon, Korea
 9. T. Majima, Charge Transfer in DNA, 2007 Photochemistry Gordon Research Conference, July 8-13, 2007, Bryant University, Smithfield, Rhode Island, USA

10. 真嶋哲朗、DNAのビーム機能化学、日本化学会郡山地区講演会、2006年11月17日、日本大学工学部、郡山、福島
 11. T. Majima, Charge Transport in DNA, CLUSTOXDNA Meeting on the Chemistry and Biochemistry of Oxidative DNA Damage, Oct. 28-Nov 1, 2006, Gandia, Valencia, Spain
 12. T. Majima, Photosensitized one electron oxidation of DNA towards photodynamic therapy, International Symposium on Radical Ion Reactivity, July 2-6, 2006, Monteporzio, Rome, Italy
 13. K. Kawai Y. Osakada, M. Fujitsuka, and T. Majima, Mechanism of Photosensitized DNA Damage: Hole Transfer in DNA and the Role of Oxygen, 21st IUPAC Symposium on Photochemistry, April 2-7, 2006, Kyoto
 14. T. Majima, Hole transfer in DNA studied by laser flash photolysis of chemically modified DNA, PACIFICHEM 2005, December 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, USA
 15. T. Majima, Construction of DNA supramolecules, First Joint symposium between College of Natural Science, National Taiwan Normal University and Osaka University, November 26-27, 2005, Taipei, Taiwan
 16. T. Majima, Construction of artificially controlled nano-scale DNA structures, First Joint symposium between the College of Natural Sciences of CNU and the SANKEN of Osaka University on Advanced Materials Science, October 31-November 3, 2005, Daejeon, Korea
 17. T. Majima, Photosensitized one-electron oxidation of DNA, 2005 Annual Meeting Korean Society of Photoscience (12th Photoscience Symposium), June 9-10, 2005, Daejeon, Korea
 18. T. Majima, Direct Observation of Hole Transfer through Double Helical DNA over 100 Å, 4th Asian Photochemistry Conference (APC-2005), January 5-10, 2005, Taipei, Taiwan
- [図書] (計3件)
1. K. Kawai and T. Majima, Radicals in Nucleic Acids, Volume 2 in the Wiley Series of Reactive Intermediates in Chemistry and Biology, Kinetics of Long-Range Oxidative Electron Transfer through DNA, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2009, 191-210.
 2. K. Kawai and T. Majima, Nova, New research on DNA damage, 2009, 221-236.
 3. K. Kawai and T. Majima, Wiley-VCH, Charge Transfer in DNA, 2005, 117-132.
- [産業財産権]
- 出願状況 (計3件)
1. 名称：一塩基多型の検出方法
発明者：真嶋哲朗、川井清彦
権利者：大阪大学
種類：特許
番号：特願 2010-9822.
出願年月日：22年1月20日
国内外の別：国内
 2. 名称：二本鎖DNAの電荷移動を利用したDNA一分子蛍光測定による一塩基多型の検出法
発明者：真嶋哲朗、高田忠雄、川井清彦、藤塚守
権利者：大阪大学
種類：特許
番号：特願 2007-6829.
特開 2008-173015.
出願年月日：18年1月16日
国内外の別：国内
 3. 名称：核酸微小ブロックを利用した核酸エレクトロニクス
発明者：真嶋哲朗、川井清彦、小阪田泰子、藤塚守
権利者：大阪大学
種類：特許
番号：特願 2006-291734.
特開 2008-104422.
出願年月日：18年10月26日
国内外の別：国内
- [その他]
- ホームページ等
<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/mec/index.html>
7. 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
遠藤 政幸 (ENDO MASAYUKI)
大阪大学・産業科学研究所・特任准教授
研究者番号：70335389
平成17年度～平成19年度
 - (3)連携研究者
該当なし