

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 4 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400436

研究課題名(和文) DNA-カーボンナノチューブ複合体表面でのRecAらせん構造形成の試み

研究課題名(英文) Formation of RecA helical structures on hybrid surfaces of DNA and carbon nanotubes

研究代表者

梅村 和夫 (UMEMURA, KAZUO)

東京理科大学・理学部第二部物理学科・教授

研究者番号：60281664

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：DNAやポリマー等で被覆した各種カーボンナノチューブ(CNT)表面を利用して、RecA蛋白質、一本鎖DNA結合(SSB)蛋白質等のDNA結合蛋白質の反応実験を行い、RecAのらせん構造形成に代表される、蛋白質の分子認識能や分子間相互作用を調べた。蛋白質の吸着・結合様式はCNTの表面の状態によって大きく異なり、特に蛋白質とDNAとの相互作用と、蛋白質とCNTとの相互作用が競合していることが分かった。このことは、DNA結合蛋白質とDNAとの相互作用が極めて精密に制御されていること、CNTを用いたナノバイオデバイス等を作製する場合に、これら相互作用の制御が重要であることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：DNA binding proteins such as RecA proteins and single-stranded DNA binding (SSB) proteins were reacted with various carbon nanotube (CNT) surfaces that were wrapped with DNA and polymers in order to study bio-recognition functions of the protein molecules and interactions among the molecules. Styles of protein adsorption and binding was significantly changed due to surface conditions of CNTs. Especially, two different interactions were competitive. One is interactions between proteins and DNA, and the other is those between proteins and CNTs. This suggests that interactions of DNA and DNA binding proteins are well controlled. In addition, regulation of the two interactions is probably one of the important factors for developing nanobiodevices using CNTs.

研究分野：生物物理学

キーワード：DNA RecA DNA結合蛋白質 カーボンナノチューブ

1. 研究開始当初の背景

カーボンナノチューブ(CNT)を DNA 等の生体分子で被覆し、CNT を可溶化、さらに CNT の分離精製を行う研究が盛んにおこなわれていた。また、被覆する生体分子に着目して遺伝子検出、ドラッグデリバリー等を想定したナノバイオデバイス開発の研究も行われていた。本研究では、CNT への生体分子の吸着現象を、生体分子の分子認識能や分子間相互作用の研究のためのツールとして使うことを考えた。例えば DNA 結合蛋白質 RecA のらせん構造形成が CNT 表面で起こり得るのか、を調べることで、RecA 蛋白質の分子認識能や分子間相互作用に関する手掛かりが得られるのではないかとこの着眼である。このような視点での報告は申請者以外の研究グループからは見られていない。申請者のこれまでの研究では、RecA 分子が CNT 表面の DNA 分子を DNA と認識して結合することがわかっている。

2. 研究の目的

CNT 表面に生体分子、特に DNA および DNA 結合蛋白質を様々な条件で吸着・反応させ、自然現象としての DNA と DNA 結合蛋白質の反応との違いを検証することで、生体分子の分子認識能、分子間相互作用についての新たな知見を得る。

3. 研究の方法

単層 CNT(SWNT)、多層 CNT(MWNT)、表面修飾 CNT などに DNA、DNA 結合蛋白質等の生体分子を吸着・反応させ、そのふるまいを調べた。CNT 表面をポリマー等で被覆するなどにより CNT と生体分子の相互作用を制御することも行った。計測面では、原子間力顕微鏡(AFM)、蛍光顕微、紫外・可視・近赤外分光、ラマン分光、電気泳動等の手段を用いた。AFM 測定では、測定や非接触モードによる測定などを用いて精密に評価した。電気泳動や分光測定では、CNT を含む試料に最適な測定方法を検討した。

4. 研究成果

RecA のらせん構造形成に象徴される DNA 結合蛋白質等の特異なふるまいを、CNT を担体として用いて検証した結果、次のような結果が得られ、その知見のいくつかは既に論文発表にて報告した。

(1) DNA で被覆した SWNT (DNA-SWNT) に RecA を結合させる際に、RecA と DNA-SWNT の混合比を変えると、RecA が結合した DNA-SWNT の形状が、AFM 観察での評価では有意に変化することが分かった。ただし、これによってらせん構造が形成されることはなかった。

(2) DNA で被覆した SWNT と MWNT に、それぞれ RecA を反応させると、特定の MWNT を用いた場合に、RecA が結合したあとの DNA-MWNT の表面が SWNT の場合に比べて平坦になることがわかった。本研究で実施した AFM 観察で

はらせん構造が確認できておらず、観察方法等を改良する必要があるが、らせん構造が生じた可能性があると考えている。表面としてはいずれも DNA で被覆されていることに変わりないが、RecA 分子がある構造上の条件、または物性の条件によって、結合の仕方を変えていることが示唆される。

(3) 乾燥した試料を測定する場合、乾燥中に構造が変化する可能性があることから、AFM を用いた水溶液中観察を行った。その結果、DNA 等で被覆した SWNT に一本鎖 DNA 結合蛋白質(SSB)を反応させると、大気中観察の場合に比べ、SWNT 表面での SSB 分子の局在が観察された。水溶液中で見えている構造のほうは、SSB 分子と DNA-SWNT との結合の様子を正確に反映しているものと考えられる。

(4) より精密な評価方法を確立するため、AFM の非接触モードに大気中測定、微接触モードによる大気中測定、微接触モードによる水溶液中測定をそれぞれ行ったところ、観察される DNA-SWNT 等の形状がそれぞれ異なることが判明した。正確に違いを評価するため、同一分子を上記 3 つの測定方法で順次観察することで、1nm 以下のわずかな違いも議論することが可能になった。

(5) DNA 結合蛋白質と DNA-CNT との吸着実験を行う場合、蛋白質と DNA との相互作用と、蛋白質と CNT との相互作用が、競合するとの実験結果が得られた。これをより正確に評価するため、無修飾の SWNT に加え、ポリエチレングリコールで表面修飾した SWNT (PEG-SWNT)、アミド基で表面修飾した SWNT (amide-SWNT) を併用し、DNA で表面被覆する場合としない場合、DNA での表面被覆を自然吸着で行う場合と超音波処理で行う場合について、それぞれ RecA および SSB 蛋白質の反応実験を行った。ここで用いた表面修飾 SWNT は水溶性であるため、DNA で被覆しない場合を対照試料として作製できるのが大きなメリットである。その結果、amide-SWNT を用いた場合は特に、SWNT と蛋白質との相互作用が強く、DNA の有無にかかわらず、蛋白質が非特異的に吸着すること等が判明した。一方、PEG-SWNT のほうは、DNA と蛋白質との相互作用が明白だった。この結果は、DNA-CNT を用いたナノバイオデバイス等を作製する場合、蛋白質と DNA との相互作用と、蛋白質と CNT との相互作用をうまく制御する必要があることを示唆している。

(6) DNA の代わりに温度応答性ポリマーで被覆した SWNT を用いた DNA 結合蛋白質の反応実験を行ったところ、一般的には蛋白質が脱離すると知られている温度でも蛋白質の脱離が見られなかった。このことは、ポリマーで被覆した場合でも、蛋白質と SWNT との相互作用が強く働いていることを示唆していると思われる。

(7) 上述のさまざまな試料を評価するにあたり、計画当初考えていたよりも分光測定が有用であることが分かり、2 年目から最終年

度にかけては分光測定 of 比率を高くした。また、蛍光測定を活用するため、蛍光色素を導入した DNA や蛋白質分子を用いた。

(8) 上述の結果について、個別の論文発表を行うと同時に、2 報の英文総説を発表した。

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)

[雑誌論文](計 12 件)

1. Yu Ishibashi, Shusuke Oura, Kazuo Umemura. Adsorption of DNA binding proteins to functionalized carbon nanotube surfaces with and without DNA wrapping. *Eur. Biophys. J.*, 査読有, (in press), DOI:10.1007/s00249-017-1200-3
2. K. Umemura, K. Izumi, S. Oura. Probe Microscopic Studies of DNA Molecules on Carbon Nanotubes. *Nanomater.*, 査読有, 6, 10, 180(2016), DOI:10.3390/nano6100180
3. K. Umemura, K. Ishizaka, D. Nii, K. Izumi. Un-uniform binding of single-stranded DNA binding proteins on to hybrids of single-stranded DNA and single-walled carbon nanotubes studied by atomic force microscopy in air and in liquid. *Appl. Surf. Sci.*, 査読有, 388, 381-384(2016), DOI:10.1016/j.apsusc.2015.12.144
4. K. Umemura, K. Izumi, Y. Kumashiro, S. Oura, T. Okano. Protein adsorption on hybrids of thermoresponsive polymers and single-walled carbon nanotubes. *Int. J. Polymer Sci.*, 査読有, 2016, 3539609(2016), DOI:10.1155/2016/3539609
5. K. Izumi, Y. Kumashiro, S. Oura, T. Okano, K. Umemura. Removal of excess polymer from a suspension containing hybrids of thermoresponsive polymer and carbon nanotubes using aggregation phenomena. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 査読有, 55, 095003(2016), DOI:10.7567/JJAP.55.095003
6. K. Umemura, Y. Ishibashi, S. Oura. Physisorption of DNA molecules on chemically modified single-walled carbon nanotubes with and without sonication. *Eur. Biophys. J.*, 査読有, 45, 6, 483-489(2016), DOI:10.1007/s00249-016-1116-3
7. T. Hayashida, K. Umemura. Atomic Force Microscopy of DNA-wrapped Single-walled Carbon Nanotubes in Aqueous Solution. *Colloids Surf. B*, 査読有, 143, 526 - 531(2016), DOI:10.1016/j.colsurfb.2016.03.068
8. S. Oura, K. Umemura. Optimal conditions for decorating outer surface of single-walled carbon nanotubes with RecA proteins. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 査読有, 55, 3S2, 03DF04(2016),

DOI:10.7567/JJAP.55.03DF04

9. K. Umemura. Hybrids of Nucleic Acids and Carbon Nanotubes for Nanobiotechnology. *Nanomaterials*, 査読有, 5, 1, 321-350(2015), DOI:10.3390/nano5010321
10. S. Oura, M. Ito, D. Nii, Y. Homma, K. Umemura. Biomolecular recognition ability of RecA proteins for the DNA on the Single-Walled Carbon Nanotubes. *Colloids. Surf. B*, 査読有, 126, 496 - 501(2015), DOI:10.1016/j.colsurfb.2015.01.002
11. M. Ito, Y. Ito, D. Nii, H. Kato, K. Umemura, and Y. Homma. The Effect of DNA Adsorption on Optical Transitions in Single Walled Carbon Nanotubes. *Phys. Chem. C.*, 査読有, 119, 21141 - 21145 (2015), DOI:10.1021/acs.jpcc.5b05087
12. D. Nii, T. Hayashida, Y. Yamaguchi, S. Ikawa, T. Shibata, K. Umemura. Selective binding of single-stranded DNA-binding proteins onto DNA molecules adsorbed on single-walled carbon nanotubes. *Colloids. Surf. B*, 査読有, 121, 325-330 (2014), DOI:10.1016/j.colsurfb.2014.06.008

[学会発表](計 46 件)

1. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Yoshikazu Homma, and Kazuo Umemura, "Evaluation of DNA adsorption or hybridization on single-walled carbon nanotubes", 2017 年 3 月 17-20 日, 日本物理学会第 72 回年次大会 大阪大学豊中キャンパス.
2. 佐藤玄実, 梅村和夫, "蛍光色素カーボンナノチューブ複合体の光スイッチへの応用: DNA を用いた色素の吸脱着の制御", 2017 年 3 月 17-20 日, 日本物理学会第 72 回年次大会 大阪大学豊中キャンパス.
3. 堀井悠平, 梅村和夫, "DNA-単層カーボンナノチューブ複合体へのアクリジンオレンジの吸着", 2017 年 3 月 14 日, 第 6 回日本生物物理学会関東支部会 早稲田大学先端生命医科学センター.
4. 石橋融, 伊藤雅浩, 本間芳和, 梅村和夫, "近赤外分光法と DNA・単層カーボンナノチューブ複合体を用いた緑茶の還元計測", 2017 年 3 月 14 日, 第 6 回日本生物物理学会関東支部会 早稲田大学先端生命医科学センター.
5. Shizuma Sato, Gilbert Bustamante, Jing Yong Ye, Kazuo Umemura, "Observation of adsorption process of single stranded DNA to single-walled carbon nanotubes surfaces by fluorescence quenching", 11 to 15 Feb. 2017, Biophysical Society 61st Annual Meeting, New Orleans, Louisiana.
6. Ying Tan, Katsuki Izumi, and Kazuo Umemura, "Comparison of multi-dyes quenching by single-walled carbon nanotubes dispersion with single-stranded DNA and double-stranded DNA", 11 to 15 Feb.

2017, Biophysical Society 61st Annual Meeting, New Orleans, Louisiana.

7. Shusuke Oura, Katsuki Izumi, and Kazuo Umemura, "Comparison study on fluorescence quenching ability of DNA-wrapped single- and multi-walled carbon nanotubes", 11 to 15 Feb. 2017, Biophysical Society 61st Annual Meeting, New Orleans, Louisiana.

8. 大浦秀介, 梅村和夫, "Base sequence dependence for fluorescence intensity of fluorescent dye-labeled DNA on single- and multi-walled carbon nanotubes", 2016年11月25日-27日, 第54回日本生物物理学会年会, つくば国際会議場.

9. 譚穎, 和泉勝樹, 梅村和夫, "Comparison of Multi-Dyes Quenching by Single-Walled Carbon Nanotube Dispersion with Single Stranded DNA", 2016年11月25日-27日, 第54回日本生物物理学会年会, つくば国際会議場.

10. 佐藤玄実, プスタマンテ・ギルバート, イエ・ジンヤン, 梅村和夫, "Monitoring adsorption process of single stranded DNA to single-walled carbon nanotubes surfaces by fluorescence quenching", 2016年11月25日-27日, 第54回日本生物物理学会年会, つくば国際会議場.

11. Kazuo Umemura, "Unique responses of carbon nanotubes wrapped with biomolecules", 29-31 Oct., 2016, The 5rd International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering (ICNN 2016), Singapore, (招待講演).

12. Kazuo Umemura, Shusuke Oura, and Yu Ishizaka, "Hybrids of biomolecules and carbon nanotubes: nanodevices for biosensing", 28 to 30 Sep. 2016, International Conference of Nanomedicine and Nanobiotechnology 2016 (ICONAN 2016), University Pierre and Marie Curie, Paris, France.

13. Shusuke Oura, Kazuo Umemura, "Comparing quenching ability of DNA-wrapped single- and multi-walled carbon nanotubes", 4-7 Sep. 2016, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEF 2016), ACROS Fukuoka, Japan.

14. Yu Ishibashi, Masahiro Ito, Shusuke Oura, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, "Nanoscopic characterization of unique responses of carbon nanotubes wrapped with DNA and protein molecules", 4-7 Sep. 2016, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEF 2016), ACROS Fukuoka, Japan.

15. Kazuo Umemura, "Nanoscopic study of hybrid of biomolecules and carbon

nanotubes", 23-26 Aug. 2016, EMN Meeting on Smart and Multifunctional Material-2016, Germany, (招待講演).

16. 大浦秀介, 梅村和夫, "Quenching ratios of fluorescent dye-labeled DNA on DNA-wrapped single and multi-walled carbon nanotubes", 2016年3月14日, 合同若手研究会表面・界面現象の新展開: 吸着・物質移動・エネルギー散逸, 東京理科大学 森戸記念館.

17. 石橋融, 梅村和夫, "近赤外吸収によるDNA・単層カーボンナノチューブ複合体の酸化還元計測", 2016年3月14日, 合同若手研究会表面・界面現象の新展開: 吸着・物質移動・エネルギー散逸, 東京理科大学 森戸記念館.

18. Shizuma Sato, Gilbert Bustamante, Kazuo Umemura, Jing Yong Ye, "Correlation between Single-Walled Carbon Nanotubes Functionalized with Fluorophore-Tagged DNA and Sonication Conditions", 5 Mar., 2016, Third Annual Biomedical Research Symposium, Denman Ballroom at The University of Texas at San Antonio.

19. Katsuki Izumi, Yoshikazu Kumashiro, Kazuo Umemura, "Adsorption of DNA and RecA to conjugates of single-walled carbon nanotubes and poly(N-isopropylacrylamide) molecules", 27 Feb. to 2 Mar. 2016, Biophysical Society 60th annual meeting, Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California, USA.

20. Kazuo Umemura, Yu Ishibashi, Katsuki Izumi, and Shusuke Oura, "Selective Binding of Protein Molecules with DNA-Wrapped Carbon Nanotubes", 5-6 December, 2015, The 4rd International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering (ICNN 2015), Flora grand Hotel, Dubai, UAE.

21. 和泉勝樹, 熊代善一, 伊藤雅浩, 大浦秀介, 岡野光夫, 本間芳和, 梅村和夫, "Poly(N-isopropylacrylamide)で表面被覆した単層カーボンナノチューブの塩濃度応答性", 2015年12月1日-12月3日, 2015年真空・表面科学合同講演会、つくば国際会議場.

22. 大浦秀介, 伊藤雅浩, 本間芳和, 梅村和夫, "Functionalization of DNA-pretreated single-walled carbon nanotubes with fluorescent molecules", 2015年12月1日-12月3日, 2015年真空・表面科学合同講演会、つくば国際会議場.

23. 石橋融, 大浦秀介, 梅村和夫, "表面修飾単層カーボンナノチューブと一本鎖DNAの複合体に対する蛋白質の選択的吸着の評価", 2015年12月1日-12月3日, 2015年真空・表面科学合同講演会、つくば国際会議場.

24. 堀井悠平, 梅村和夫, "DNAで表面被覆

- した単層カーボンナノチューブ上での蛍光色素の消光検証”, 2015年11月13日, 日本表面科学会関東支部 第2回関東支部セミナー 表面界面を介したエネルギー・物質輸送の計測とシミュレーション研究の最前線, 東京理科大学 神楽坂キャンパス 森戸記念館.
25. 佐藤玄実, 梅村和夫, “単層カーボンナノチューブ存在下での蛍光修飾DNAの消光現象と超音波処理条件との相関”, 2015年11月13日, 日本表面科学会関東支部 第2回関東支部セミナー 表面界面を介したエネルギー・物質輸送の計測とシミュレーション研究の最前線, 東京理科大学 神楽坂キャンパス 森戸記念館.
26. 大浦秀介, 伊藤雅浩, 本間芳和, 梅村和夫, “Controlling quenching efficiency of single-walled carbon nanotubes for fluorescent dyes by using base-sequence regulated-DNA”, 2015年11月13日, 日本表面科学会関東支部 第2回関東支部セミナー 表面界面を介したエネルギー・物質輸送の計測とシミュレーション研究の最前線, 東京理科大学 神楽坂キャンパス 森戸記念館.
27. Kazuo Umemura, “Microscopic analysis of single walled carbon nanotubes wrapped with DNA molecules”, October 19-23, 2015, 3rd International Multidisciplinary Microscopy and Microanalysis Congress (InterM 2015), Oludeniz, Mugla, Turkey.
28. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, “Research on energy transfer from fluorescent dyes to DNA-wrapped single-walled carbon nanotubes”, 2015年9月13-15日, 第53回日本生物物理学会 (BSJ2015), 金沢大学 角間キャンパス.
29. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, “Controlling quenching phenomenon of fluorescent dyes using DNA-pretreated single-walled carbon nanotubes”, 3-6 Aug., 2015, International Workshop on Molecular Architectonics (IWMA2015), Hokkaido, Japan.
30. Kazuo Umemura, Reona Toyofuku, Shusuke Oura, Masahiro Ito, Yoshikazu Homma, “Double Step Hybridization of DNA Molecules on Single-Walled Carbon Nanotube Surfaces”, 27-30 July, 2015, 1st International Conference on Applied Surface Science (ICASS), Shanghai, China.
31. Yu Ishibashi, Shusuke Oura, Kazuo Umemura, “Regulation of adsorption of DNA and protein molecules on single-walled carbon nanotubes”, 22-24 Jun., 2015, Eighth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), Tokyo, Japan.
32. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Daisuke Nii, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, “Tolerance of biomolecular recognition ability of RecA proteins against hybrids of DNA and Single-walled carbon nanotubes”, 22-24 Jun., 2015, Eighth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), Tokyo, Japan.
33. Katsuki Izumi, Shusuke Oura, Yoshikazu Kumashiro, Teruo Okano, and Kazuo Umemura, “Controlling dispersion and precipitation of single-walled carbon nanotube coated with poly(N-isopropylacrylamide) by regulation salt concentration and temperature”, 9-12 May, 2015, 9th Asian Biophysics Association (ABA) Symposium, Hangzhou, China.
34. 和泉勝樹, 大浦秀介, 熊代善一, 岡野光夫, 梅村和夫, “塩濃度の調節による、温度応答性高分子で表面被覆した単層カーボンナノチューブの分散・沈殿制御”, 2015年3月21-24日, 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学 早稲田キャンパス.
35. 石橋融, 大浦秀介, 梅村和夫, “表面修飾単層カーボンナノチューブへの一本鎖DNA吸着現象の評価”, 2015年3月21-24日, 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学 早稲田キャンパス.
36. 豊福玲於奈, 大浦秀介, 伊藤雅浩, 本間芳和, 梅村和夫, “単層カーボンナノチューブ表面への一本鎖DNAの吸着/脱離条件の検討とアニールによる二本鎖DNA形成の試み”, 2015年3月21-24日, 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学 早稲田キャンパス.
37. 和泉勝樹, 大浦秀介, 熊代善一, 岡野光夫, 梅村和夫, “温度および塩濃度の調節による、poly(N-isopropylacrylamide)で表面被覆した単層カーボンナノチューブの分散・沈殿制御”, 2015年3月9-10日, 第4回日本生物物理学会関東支部会, 日本大学 文理学部キャンパス.
38. Kazuo Umemura, Nanoscopic study of hybrids of biomolecules and carbon nanotubes, “The 3rd International Conference on Nanostructures”, 26-28 Dec., 2014, Nanomaterials and Nanoengineering (ICNNE 2014), Empire Hotel, Hong Kong.
39. 梅村和夫, “DNA結合蛋白質を用いたDNA・カーボンナノチューブ複合体の評価”, 2014年11月25日, 東京理科大学総合研究機構ナノカーボン研究部門ワークショップ「実験と理論の協調によるナノ空間・ナノ物質研究の最前線」, 東京理科大学神楽坂キャンパス.
40. 豊福玲於奈, 大浦秀介, 梅村和夫, “単層カーボンナノチューブ表面への一本鎖DNA

の吸着/脱離条件の検討とアニールによる二本鎖 DNA 形成の試み”, 2014 年 11 月 25 日, 東京理科大学総合研究機構ナノカーボン研究部門ワークショップ「実験と理論の協調によるナノ空間・ナノ物質研究の最前線」, 東京理科大学神楽坂キャンパス.

41. 和泉勝樹, 大浦秀介, 熊代善一, 岡野光夫, 梅村和夫, “溶媒濃度の調節による、温度応答性高分子で表面被覆した単層カーボンナノチューブの分散・沈殿制御”, 2014 年 11 月 25 日, 東京理科大学総合研究機構ナノカーボン研究部門ワークショップ「実験と理論の協調によるナノ空間・ナノ物質研究の最前線」, 東京理科大学神楽坂キャンパス.

42. 石橋融, 大浦秀介, 梅村和夫, “表面修飾カーボンナノチューブへの一本鎖 DNA の吸着現象の評価”, 2014 年 11 月 25 日, 東京理科大学総合研究機構ナノカーボン研究部門ワークショップ「実験と理論の協調によるナノ空間・ナノ物質研究の最前線」, 東京理科大学神楽坂キャンパス.

43. 大浦秀介, 梅村和夫, “蛍光色素修飾 DNA を用いたカーボンナノチューブ表面の DNA の吸着様態の評価”, 2014 年 11 月 25 日, 東京理科大学総合研究機構ナノカーボン研究部門ワークショップ「実験と理論の協調によるナノ空間・ナノ物質研究の最前線」, 東京理科大学神楽坂キャンパス.

44. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, “Evaluation of biological function of DNA on the single-walled carbon nanotubes by using biomolecular recognition ability of RecA proteins”, 2014 年 9 月 25-27 日, 第 52 回日本生物物理学会年会, 札幌・札幌コンベンションセンター.

45. Shusuke Oura, Masahiro Ito, Daisuke Nii, Yoshikazu Homma, Kazuo Umemura, “Biomolecular recognition ability of RecA proteins for the DNA on the single-walled carbon nanotubes”, 3-7 Aug., 2014, 18th International Union of Pure and Applied Biophysics (IUPAB) Congress, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Australia.

46. Kazuo Umemura and Daisuke Nii, “Selective binding of single-stranded binding proteins to hybrids of DNA and carbon nanotubes”, 3-7 Aug., 2014, 18th International Union of Pure and Applied Biophysics (IUPAB) Congress, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Australia.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 蛍光検出方法及び蛍光検出装置
発明者: 梅村和夫、政池知子、佐藤玄実、横

田龍一
権利者: 梅村和夫、政池知子、佐藤玄実、横田龍一
種類: 特許
番号: 特許願 2017-044186 号
出願年月日: 2017 年 3 月 8 日
国内外の別: 国内

〔その他〕
ホームページ
https://www.facebook.com/UME_lab-Biophysics-TUS-311200375604135/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅村 和夫 (MEMURA, Kazuo)
東京理科大学・理学部・教授
研究者番号: 60281664