

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20340161

研究課題名(和文) バイオポリマー材料の低温プラズマプロセス技術の開発

研究課題名(英文) Development of Plasma Processing Technology of Bio-Polymer Materials at Low-temperature

研究代表者

永津 雅章 (NAGATSU MASAOKI)

静岡大学・創造科学技術大学院・教授

研究者番号：20155948

研究成果の概要(和文)：

本研究では、プラズマ科学とバイオ・テクノロジーを融合したバイオ・医療分野における革新的技術の創出および新規学際的研究分野の創成を目的として、低圧力マイクロ波プラズマおよび大気圧誘電体バリア放電などの熱的非平衡プラズマを用いたバイオポリマー材料表面における物理的・化学的反応を利用した低温表面プロセスに関する研究を実施した。具体的に 3年間にを行った研究実施項目は以下の通りである。(1)プラズマ化学修飾によるポリマー表面の官能基修飾、(2)プラズマ修飾によるキトサンなどのバイオ高分子材料のアミノ基修飾、(3)微生物細胞とプラズマとの表面相互作用および不活化メカニズムの解明、および(4)プラズマを用いたバイオ分子の機能制御。

研究成果の概要(英文)：

In the present research, we aim at developing and creating the new scientific research fields and innovative technology combined the new bio-medical research fields with the plasma science. We have carried out the researches of low-temperature surface modification of biopolymer through physical and chemical interaction between plasma and polymer surface using thermal non-equilibrium plasmas, such as low-pressure microwave plasma or atmospheric dielectric barrier discharge. During 3 years, we have studied the following subjects; that is, (1) Functional group introduction onto the polymer surface by plasma modification, (2) Amino group addition onto the biocompatible materials by plasma modification, (3) Interaction between plasma and microorganisms and clarification of inactivation mechanism of microorganisms, and (4) Control of biological function of biomaterials by plasma processing.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 8,100,000 | 2,430,000 | 10,530,000 |
| 2009年度 | 4,000,000 | 1,200,000 | 5,200,000 |
| 2010年度 | 2,700,000 | 810,000 | 3,510,000 |
| 総計 | 14,800,000 | 4,440,000 | 19,240,000 |

研究分野：プラズマ理工学

科研費の分科・細目：プラズマ科学、プラズマ科学

キーワード：プラズマ応用

1. 研究開始当初の背景

プラズマを用いたポリマー材料とのプラズマ重合に関する国内外での研究の歴史は古く、すでに 1960 年代から研究が行われている。しかしながら、主として化学工学の立場から行われた研究が多く、プラズマは単なるツールとして用いられ、プラズマ科学の立場に立ったポリマー材料プロセスに関する体系的な研究は充分に行われていないように思われる。

我々は、平成 16 年度より 3 年間、科研費基盤研究 B の採択を受け、「マイクロ波プラズマを用いた低温プラズマ滅菌技術の開発および医療分野への応用展開」を行ってきた。それらの研究成果は、平成 18 年度より採択された特定領域研究（公募研究）「マイクロホローカソードアレイを用いた大気圧放電プラズマの滅菌応用」へと継続展開している。さらに、マイクロ波プラズマを用いた医療用滅菌装置の実用化に向けた研究については、平成 16 年度～17 年度に採択された経済産業省・地域新生コンソーシアム「有毒物質を用いない非加熱医療用滅菌機の開発」および平成 19 年度～21 年度採択の科学技術振興機構・地域イノベーション創出事業育成研究「簡易型プラズマ低温滅菌機の開発」へと展開している。これらの研究開発と並行して、これまでに我々は、低圧力マイクロ波プラズマを用いて、カテーテルなどのポリウレタン材料表面の親水性向上を目的としたアミノ基修飾に関する研究や、血液凝固剤の開発を目的としたキトサン粉末のアミノ基修飾に関する研究を平成 18 年度より独自に実施してきた。

これらの非熱的平衡プラズマを用いた低温滅菌技術やポリマー表面のプラズマ化学修飾技術の知見を生かして、様々なプラズマの物理的・化学的反応過程を利用したポリマー材料、ペプチドやタンパク質などのバイオポリマー材料、さらに微生物などの低温プラズマプロセス技術の開発に関する本研究申請の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、申請者がこれまで行ってきた医療器具用プラズマ滅菌およびポリマー表面の低温プラズマ化学修飾に関する研究成果をさらに展開し、低圧力および大気圧下における非熱的平衡プラズマを用いた安全・安心社会の実現に向けたバイオポリマー材料の低温プロセス技術の開発を行うことを目的としている。本研究で対象とするバイオポリマー材料は、(1)医療器具として広く用いられるポリエチレン、ポリウレタンなどのポリマー材料、(2)医療用など様々な用途に用いられているキチン、キトサンなどの多糖類

材料、(3)低温プラズマ滅菌に用いられる非病原性大腸菌や枯草菌などの微生物、(4)アミノ酸が複数結合したペプチドやタンパク質などのバイオ材料などである。

3. 研究の方法

本研究では、プラズマとバイオポリマー材料とのナノスケールレベルでの相互作用に関する先進的なプラズマ物理・化学に関する研究を実施し、医学・理学分野を融合した新学際的研究領域の創成を実現することを目的としている。このため、本研究の目的を達成するため、学内より創造科学技術大学院・統合バイオサイエンス部門の田中滋康教授および理学部・藤原健智教授にペプチド、タンパク質の構造解析および機能評価の連携協力をお願いし、また学外の浜松医科大学の小出教授には滅菌評価の担当をお願いした。

本研究では、3 年間の研究期間において、以下の研究項目を計画し、実施した。

(1)プラズマ化学修飾によるポリマー表面の官能基修飾；(平成 20～22 年度)

・プラズマ化学修飾におけるポリマー表面のチャージアップの効果。

・イオン衝撃を利用したポリマー分子結合の解離と官能基修飾率の改善。

(2)プラズマ修飾によるキトサン等の生体適合材料のアミノ基修飾；(平成 20～22 年度)

・アンモニアプラズマ処理によるアミノ基修飾、血管塞栓材料としての特性評価。

(3)微生物細胞とプラズマとの表面相互作用および不活化メカニズムの解明；(平成 20～22 年度)

・真空紫外域放射、酸素ラジカル、OH ラジカル等による不活化メカニズムの解明。

・滅菌処理後の菌の遺伝子解析による滅菌要因との相関を調査。

(4)プラズマ処理によるペプチド、タンパク質などの機能制御；(平成 20～22 年度)

・簡単な構造のペプチドを用いたプラズマ相互作用による分子結合の解離および官能基修飾。

・プリオン不活化を目的としたイオンエネルギー制御によるタンパク質の機能不活化の検証。

(5)プラズマを用いたアミノ酸結合分子操作による新物質創成と新機能発現；(平成 21～22 年度)

・簡単な構造のペプチドを用いたプラズマ相互作用による結合解離の検証。

・プラズマ化学修飾による新構造のバイオ分子の創製。

4. 研究成果

本研究では、低圧力マイクロ波放電プラズマおよび大気圧誘電体バリア放電などの熱

的非平衡プラズマを用いたバイオポリマー材料表面における低温プロセス研究に関する研究を実施し、ほぼ当初の目的を達成することができた。以下では、紙面の都合上、各年度の主な研究成果を列記することとし、詳細については後述の発表論文に譲りたい。

平成20年度

平成20年度の主な研究成果は以下のとおりである。

(1) プラズマ化学修飾によるポリマー表面の官能基修飾：ポリマー材料表面の密着性および医療用各種ポリマー材料の生体適合性を向上させるためのプラズマ化学修飾に関する研究を実施し、OH基修飾によるポリマー表面の密着性の向上を確認した。また、アミノ基修飾によるヘパリンの固定化を実験的に検証した。

(2) プラズマ修飾によるキトサンなどの生体適合材料のアミノ基修飾：生体適合性の優れたキトサンを用い、プラズマプロセスによるアミノ基修飾率導入に関する研究を実施した。アミノ基修飾に与えるイオン及び紫外線照射の効果を一明らかにした。

(3) 微生物細胞とプラズマとの表面相互作用および不活化メカニズムの解明：低圧力放電プラズマ滅菌実験により波長200nm以下の真空紫外域放射の効果を確認した。真空中と空気模擬ガス雰囲気中における真空紫外線照射による滅菌特性の比較より、ガス雰囲気では、紫外線励起により生成されたラジカルが相乗的に作用している可能性を示した。

(4) プラズマ処理によるペプチドなどの分子操作：簡単な構造のペプチドを用いたプラズマ相互作用による機能不活化の検証実験を実施した。プラズマ処理によりペプチドの生物活性が失われることを確認し、分子組成との関係をXPS、NMRおよびTOF-MSにより明らかにした。

(5) 研究成果の発表：上記研究で得られた成果は、学術論文に15編（掲載可も含む）、国際会議に12件、国内学会に39件、発表を行った。

平成21年度

昨年度の研究成果を踏まえて、低気圧放電プラズマを用いたポリマー材料の化学修飾実験、ポリマー表面のアミノ基修飾によるヘパリンの固定化実験、および枯草菌の滅菌メカニズムの解明に関する研究を実施した。

以下に、平成21年度の実施項目を列記する。

(1) プラズマ化学修飾によるポリマー表面の官能基修飾：ポリマー表面のアミノ基修飾率におけるイオン衝撃による効果およびプラズマ照射時間依存性を調べた。さらにポリマー表面への官能基修飾の効果、表面粗さの効

果によりポリマーと金属薄膜の密着性が向上することを明らかにした。

(2) プラズマ修飾によるポリマー表面へのヘパリンの固定化：ポリマー表面へのヘパリン固定化による抗血液凝固特性の改善を目的として研究を実施した。アミノ基修飾率に比例してヘパリンの固定化量が増加することを明らかにした。また、血液凝固特性の測定の結果、通常のポリマー表面では7分程度で血液凝固するのに対して、ヘパリン固定化により28時間以上でも凝固しないことを確認した。

(3) 微生物細胞とプラズマとの表面相互作用および不活化メカニズムの解明：低圧放電による芽胞菌のプラズマ不活化の関係を調べるため、四重極質量分析器を用いて実験を行った。酸素プラズマ照射により二酸化炭素などの副産物が増加することから、酸素ラジカルにより菌細胞壁がエッチングされ、コア部の損傷により死滅したものと考えられる。

(4) プラズマ処理によるペプチドなどの分子操作：構造の簡単なアミノ酸やペプチドを用いた低圧力プラズマ照射実験を行った。高エネルギーイオン衝撃などの物理的反応や酸素ラジカルなどの化学的反応によるペプチド結合の分離やアミノ酸の分解を確認した。

(5) 研究成果の発表：上記研究で得られた成果は、学術論文に14編（掲載可も含む）、国際会議に13件、国内学会に33件、発表を行った。

平成22年度

以下に、平成22年度の主な実施項目を列記する。

(1) プラズマ化学修飾によるポリマー表面の官能基修飾：密着性に関する表面粗さの効果、修飾を行う官能基の種類の効果、さらにポリマーに密着させる金属薄膜との関係など、前処理として行うイオン衝撃エネルギー制御の効果と密着性との関係について実験的に明らかにした。

(2) プラズマ修飾によるキトサンなどの生体適合材料のアミノ基修飾：キトサンの血管塞栓材料としての特性向上を目的とし、血液凝固特性の最適化に関する研究を実施した。また、これまで行ってきた低圧力プラズマによる表面修飾技術を用い、アミノ基修飾したポリマー材料表面にシステインの固定化の最適化を行った。

(3) 微生物細胞とプラズマとの表面相互作用および不活化メカニズムの解明：低圧力放電および大気圧放電プラズマを用いて処理した微生物細胞の表面解析のため、質量分析装置によるエッチング生成物の検出、およびSEM装置を用いて滅菌処理後の微生物の細胞組織の表面解析を行い、滅菌特性との関係について検討を行った。

(4) プラズマ処理によるペプチド、タンパク質などの機能制御および分子操作：簡単な構造のペプチドを用いた低圧力放電プラズマ処理を行い、高エネルギーイオン衝撃などの物理的反応や酸素ラジカルなどの化学的反応によるペプチド結合の分離やアミノ基などの官能基を化学修飾する実験を行い、処理した試料の生物機能や TOF-MS、NMR 解析による分子結合の変化を実験的に示した。

(5) 研究成果の発表：研究成果として、学術論文に 14 編(うち査読有 12 編、掲載可も含む)、著書 1 編、国際会議に 18 件、国内学会に 17 件の発表を行い、1 件の特許出願を行った。また、1 件の特許査定を受けた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 33 件)

1. Zhenyi Shao, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Immobilization of L-Cysteine onto Polyethylene Glycol Polymerized by Surface-wave Plasma", Jpn. J. Appl. Phys. accepted for publication (2011). 査読有
2. Iuliana Motrescu, Akihisa Ogino, Shigeyasu Tanaka, Taketomo Fujiwara, Shinya Kodani, Hirokazu Kawagishi, Gheorghe Popa, Masaaki Nagatsu, "Effects of Nitrogen and Oxygen Radicals on Low-temperature Bio-molecule Processing", Jpn. J. Appl. Phys. accepted for publication. (2011). 査読有
3. Ying Zhao, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Effects of N₂/O₂ gas mixture ratio on microorganisms inactivation in low-pressure surface wave plasma", Jpn. J. Appl. Phys. accepted for publication. (2011). 査読有
4. Iuliana Motrescu, Akihisa Ogino, Shigeyasu Tanaka, Taketomo Fujiwara, Shinya Kodani, Hirokazu Kawagishi, Gheorghe Popa, and Masaaki Nagatsu, "Mechanism of peptide modification by low-temperature microwave plasma", Soft Matter, 7 (2011) pp. 4845-4850. 査読有
5. Ying Zhao, Akihisa Ogino, and Masaaki Nagatsu, "Mass Spectrometric Study on Inactivation Mechanism of Spore-forming Bacteria by Low-pressure Surface-wave Excited Oxygen Plasma", Appl. Phys. Lett. 98 (2011)191501(3pages). 査読有
6. Teguh E. Saraswati, Takafumi Matsuda, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Surface Modification of Graphite Encapsulated Iron Nanoparticles by Plasma Processing", Diam. Relat. Mater. 20 (2011) pp. 359-363. 査読有
7. Zhenyi Shao, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Pre- and Post-Plasma Treatments of Polyethylene Glycol Polymerization on Polymer Surface for Immobilization of L-cysteine", J. Photopolym. Sci. Technol., Vol.23, No.4, (2010) pp.561-566. 査読有
8. Dadong Shao, Guodong Sheng, Jun Hu, Jiaxing Li, Changlun Chen, Xiangke Wang, Masaaki Nagatsu, "Removal of polychlorinated biphenyls from aqueous solutions using β -cyclodextrin grafted multiwalled carbon nanotubes" Chemo- sphere 79 (2010) pp.679-685. 査読有
9. Iuliana Motrescu, Akihisa Ogino, Shigeyasu Tanaka, Taketomo Fujiwara, Shinya Kodani, Hirokazu Kawagishi, Gheorghe Popa and Masaaki Nagatsu, "Modification of Peptide by Surface Wave Plasma Processing", Thin Solid Films 518 (2010) pp. 3585-3589. 査読有
10. Ryota Kakei, Akihisa Ogino, Futoshi Iwata, Masaaki Nagatsu, "Production of Ultrafine Atmospheric Pressure Plasma Jet with Nano-capillary", Thin Solid Films 518 (2010) pp. 3457-3460. 査読有
11. Ying Zhao, Mrityunjai K. Singh, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Effects of VUV/UV Radiation and Oxygen Radicals on Low-temperature Sterilization", Thin Solid Films 518 (2010) pp. 3590-3594. 査読有
12. Changlun Chen, Di Lu, Bo Liang, Akihisa Ogino, Xiangke Wang, and Masaaki Nagatsu, "Amino Group Introduction onto Multiwall Carbon Nanotubes by NH₃/Ar Plasma Treatment", Carbon, 48 (2010) pp.939-948. 査読有
13. C. Chen, A. Ogino, B. Liang, X. Wang, and M. Nagatsu, "Plasma treatment of multiwall carbon nanotubes for dispersion improvement in water", Appl. Phys. Lett. 96 (2010) 131504 (3pp). 査読有
14. 永津 雅章；"Tyvek 包装された芽胞菌の低温プラズマ滅菌技術", 防菌防黴, Vol.38, No.10 (2010) pp.687-692. 査読無
15. 永津 雅章,"プラズマナノ界面のバイオ応用", 第 153 委員会第 96 回研究会資料「プラズマナノ界面の学理と産業応用」(2010) pp.31-38. 査読無
16. Iuliana Motrescu, Takuya Hara, Akihisa Ogino, Shigeyasu Tanaka, Taketomo Fujiwara, Hirokazu Kawagishi, Shinya Kodani, Gheorghe Popa, Masaaki Nagatsu, "Investigation of low temperature plasma capabilities to modify the structure and function of bio-polymers", J. of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems, Vol. 3 (2009) pp.150-152. 査読有
17. C. L. Chen, B. Liang, A. Ogino, X. Wang and M. Nagatsu, "Oxygen Functionalization of Multiwall Carbon Nanotubes by Microwave Excited Surface-Wave Plasma Treatment", J. Phys. Chem. C 113 (2009) pp. 7659-7665. 査

- 読有
18. Masaaki Nagatsu, Mrityunjai K. Singh, Ying Zhao, Yuya Fujioka, Akihisa Ogino, "Study of Low Temperature Inactivation of Spores Using Microwave Excited Air Plasma", J. of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems, Vol. 3 (2009) pp.108-111. 査読有
 19. Akihisa Ogino, Suguru Noguchia, Masaaki Nagatsu, "Effect of Plasma Pretreatment on Heparin Immobilization on Polymer Sheet", Journal of Photopolymer Science and Technology, 22 No. 4 (2009) pp.461-466. 査読有
 20. Mrityunjai K. Singh, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu and Lei Xu, "Sterilization Efficiency of Inactivation Factors in a Microwave Plasma Device", J. of Plasma and Fusion Research Series, Vol. 8 (2009) pp.560-563. 査読有
 21. Lei Xu, Yuya Fujioka, Akihisa Ogino and Masaaki Nagatsu, "Generation Technique and Sterilization Application of Microwave-Excited Plasma inside a Medical Container", J. of Plasma and Fusion Research Series, Vol. 8 (2009) pp.564-567. 査読有
 22. Hiroyuki Eto, Yoshihito Ono, Akihisa Ogino and Masaaki Nagatsu, "Sterilization of Tubular Medical Instruments Using Wire-Type Dielectric Barrier Discharge", J. of Plasma and Fusion Research Series, Vol. 8 (2009) pp.568-572. 査読有
 23. M. K. Singh, A. Ogino and M. Nagatsu, "Inactivation Factors of Spore Forming Bacteria Using Low-pressure Microwave Plasmas in N₂ and O₂ Gas Mixture", New J. Phys. 11 (2009) 115027. 査読有
 24. C. L. Chen, X. K. Wang, M. Nagatsu, "Europium Adsorption on Novel Multiwall Carbon Nanotube / Iron Oxide Magnetic Composites in the Presence of Polyacrylic Acid", Environ. Sci. Technol. 43 (2009) pp.2362-2367. 査読有
 25. M. K. Singh, L. Xu, A. Ogino, M. Nagatsu, "Study of Inactivation Factors in Low Temperature Microwave Plasma Sterilization", IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials Vol.129, No.1 (2009) pp.30-34. 査読有
 26. 安澤栄気, Martin Kral, 荻野明久, 永津雅章, "酢酸添加表面波励起アルゴンプラズマを用いた樹脂表面親水性の向上", 電気学会論文誌 A, Vol. 129, No. 2 (2009) pp.103-107. 査読有
 27. Hiroyuki Eto, Yoshihito Ono, Akihisa Ogino and Masaaki Nagatsu, "Low- Temperature Sterilization of Wrapped Materials Using Flexible Sheet-Type Dielectric Barrier Discharge", Appl. Phys. Lett. 93 (2008) 221502. 査読有
 28. A. Ogino, M. Kral, M. Yamashita, M. Nagatsu, "Effects of Low Temperature Surface-wave Plasma Treatment with Various Gases on Surface Modification of Chitosan", Appl. Surf. Sci. 255 (2008) pp.2347-2352. 査読有
 29. M. Kral, A. Ogino, M. Nagatsu, "Effects of Ar and N₂ plasma pretreatment with biased sample holder on amino group introduction onto polyethylene sheet treated by ammonia plasma", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 47, No. 9 (2008) pp.7346-7348. 査読有
 30. Masaaki Nagatsu, Martin Kral, Eiki Anzawa, Suguru Noguchi, Akihisa Ogino, "Functionalization of Polymers Surfaces Using Microwave Plasma Chemical Modification", J. Photopolym. Sci. Technol. Vol.21, No.2 (2008) pp.257-262. 査読有
 31. H. Zhou, L. Xu, A. Ogino, M. Nagatsu, "Investigation into the Antibacterial Property of Carbon Films", Diam. Relat. Mater. 17 (2008) pp.1416-1419. 査読有
 32. M. Kral, A. Ogino, M. Nagatsu, "Effect of Hydrogen on Amino-group Introduction onto the Polyethylene Surface by Surface-wave Plasma Chemical Modification", J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 105213 (6pp). 査読有
 33. H. Eto, Y. Ono, A. Ogino and M. Nagatsu, "Low Temperature Internal Sterilization of Medical Plastic Tubes Using Linear Dielectric Barrier Discharge", Plasma Processes and Polymers 5 (2008) pp.269-274. 査読有
- [学会発表] (計 133 件)
1. Iuliana Motrescu, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Influence of Bio-Molecules Properties under Exposure to Low-Temperature Reactive Plasma", 3rd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, Nagoya Institute of Technology (2011.3.6-9).
 2. Akira Tsukasaki, Y. Zhao, Akihisa Ogino, Masaaki Nagatsu, "Experimental Verification of Etching of Spore Forming Bacteria by Surface-wave Excited Oxygen Plasma", 3rd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, Nagoya Institute of Technology (2011.3.6-9).
 3. Akihisa Ogino, Teguh E. Saraswati, Kosuke Kawamura, Masaaki Nagatsu, "Surface Modification and Functionalization of Graphene Layer-Encapsulated Magnetic Nanoparticles by RF Plasma Processing for

Medical Application"(Invited talk), 2nd Workshop on Plasma - Nano Interfaces & Plasma Diagnostics, Cerklji, Slovenia (2011.3.1-4) pp.28-29.

4. M. Nagatsu, T. E. Saraswati, K. Kawamura, A. Ogino, "Plasma Surface Modification of Magnetic Nanoparticles for Medical Application", International Joint Symposium on Emerging Technologies in Nano-Bioscience, Shizuoka Univ., Japan (2011.2.28).
5. M. Nagatsu, Y. Zhao, A. Tsukasaki, A. Ogino, "Optical and Mass Spectrometric Studies on Inactivation of Spore-forming Bacteria by Low-pressure Surface-wave Excited Oxygen/Nitrogen Plasma"(Invited talk), The 12th International Workshop of Advanced Plasma Processing and Diagnostics, Centennial Hall Kyushu University School of Medicine, Japan (2011.1.4-6).
6. Masaaki Nagatsu, "Advanced Plasma Technology for Environmental and Biomedical Application"(Invited talk), The 2010 Korean - Japanese Student Workshop, Pusan National University, Korea (2010.11.2-3).
他 127 件

[図書] (計 3 件)

1. 永津雅章 (分担執筆), "大気圧プラズマの技術とプロセス開発", 担当部分; 第V編 第1章プラズマ滅菌, シーエムシー出版 (2011. 6 発行予定).
2. M. Nagatsu (分担執筆), "Sterilization and disinfection by plasma: Sterilization mechanisms, biological and medical applications", Eds. A. Sakudo and H. Shintani, 担当部分; Chapter 3.3, "Sterilization and disinfection by N₂ and O₂ gas plasmas", pp.123-138, Nova Science Publishers, Inc. New York, (2010. 10).
3. 永津雅章 (分担執筆), "大気圧プラズマ基礎と応用", 日本学術振興会 プラズマ材料科学第153委員会編, 担当部分; 第3章 3.4 高周波放電, pp.96-113, 第6章 6.8.3 滅菌, pp.381-387, オーム社 (2009. 10).

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 組成物, フィルター, 滅菌方法, 及び菌検出方法

発明者: 永津雅章

権利者: 国立大学法人静岡大学、富士化学株式会社

種類: 特許

番号: 特願 2011 - 48219

出願年月日: 23年3月4日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: マイクロ波プラズマ滅菌方法および装置

発明者: 永津 雅章

権利者: 科学技術振興機構

種類: 特許

番号: 特願 2006-511261

取得年月日: 2011. 3. 23 (特許査定)の連絡)

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.eng.shizuoka.ac.jp/~plasma/japan/lab/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永津 雅章 (NAGTSU MASA AKI)

静岡大学・創造科学技術大学院・教授

研究者番号: 20155948

(2) 研究分担者

荻野 明久 (OGINO AKIHISA)

静岡大学・創造科学技術大学院・准教授

研究者番号: 90377721

(3) 研究連携者

田中 滋康 (TANAKA SHIGEYASU)

静岡大学・創造科学技術大学院・教授

研究者番号: 90146233

藤原 健智 (FUJIWARA TAKETOMO)

静岡大学・理学部・教授

研究者番号: 80209121

小出 幸夫 (KOIDE YUKIO)

浜松医科大学・医学部・教授

研究者番号: 30126809

区 瓊栄 (OU KEIEI)

静岡大学・イノベーション共同研究センター

・研究員 (平成 20 年 3 月中国帰国)

研究者番号: 50464110