

令和元年6月25日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H03010

研究課題名(和文) 生体構造転写型ポリマー膜による細菌・細胞の革新的検出システム開発

研究課題名(英文) Development of innovative detection system for bacteria and cells using biostructure-imprinted polymer film

研究代表者

床波 志保 (TOKONAMI, Shiho)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60535491

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：検出目的物質の表面構造を3次元的にメモリした「生体構造転写型ポリマー膜」を開発し、非標識かつ数分程度で迅速・簡便に少数の病原性細菌や癌細胞などの特異検出を実現する革新的検出システムの創成につなげることが本研究の目的であった。

生体構造転写型ポリマー膜への細菌・細胞の選択的トラップの機構を実験・理論の両アプローチで解明した。この機構を用いて、白血病細胞の一種の鋳型膜や食品中の大腸菌の鋳型膜を作製して特異検出に成功し、1000 cells/mL程度の希薄な場合でも高感度検出できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、細菌・細胞表面の糖鎖などの表面化学構造がポリマー膜に転写されて選択的な捕捉ができることを物理化学的アプローチで解明できたことであり、化学・生命科学・臨床医学など多分野に渡るインパクトがあると考えている。さらに、病原性細菌・腫瘍細胞の迅速かつ高感度な検出システムの基礎構築に社会的意義があり、発展研究が推進されることで医療分野・食品業界への多大な波及効果が今後期待される。

研究成果の概要(英文)：Our aim in this study was the creation of an innovative detection system to realize the rapid and easy specific detection of small amount of pathogenic bacteria and cancer cells in a few minutes by developing a "biostructure-imprinted polymer film", where the surface structure of the detection target is three-dimensionally memorized.

We elucidated the mechanism of selective trapping of bacteria and cells into the biostructure-imprinted polymer films based on both experimental and theoretical approaches. Based on this mechanism, by producing cell-imprinted films of leukemia cells and bacteria-imprinted films of coliform group, we have succeeded in the specific detection of them and clarified that highly sensitive detection was possible even in the case of low concentration around 1000 cells / mL.

研究分野：分析科学

キーワード：バイオセンサ 分子認識 細菌 細胞 機能性高分子

1. 研究開始当初の背景

代表者の床波らは細菌などの検出対象の表面分子構造を精巧に転写した高分子膜を用いた高感度検出法を世界に先駆けて開発してきた [Anal. Chem., 85, 4925 (2013)]. 上記の高分子膜の材料となるピロールは電解重合する際に陰イオン物質を取り込む性質を持つ [Anal. Chim. Acta, 641, 7 (2009)]. このため、表面官能基の多くが負に荷電している細菌を分散した液中でピロールを重合すると細菌が取込まれた状態でポリピロール (PPy) 膜が形成され、さらに過酸化処理することにより過酸化ポリピロール (OPPy) 膜から細菌を吐き出して細菌の鋳型を膜上に形成できる。この細菌鋳型膜は、適切に設計すれば極めて高い細菌認識能力を有し、標的細菌を選択的に検出できる。この技術を発展させ、標的物質の形状、サイズ(マイクロ・メソ・マクロ)を問わないテーラーメイド型のセンサ膜が構築できれば、癌細胞、細菌など多様な検体に適用でき、医療機関、食品産業などにおいて安価で簡便に使用できる迅速かつラベルフリーな検出システムが構築できるはずと考えるに至った。

特に、医療応用での先行技術に目を向けると、従来の癌診断は、陽電子放射断層撮影 (Positron Emission Tomography: PET) 法、コンピュータ断層撮影 (Computed Tomography: CT) 法などで行われるが、放射線被曝の危険性に加え検査に多くの時間・費用を要し大掛かりな装置を必要とするなど多くの問題点が指摘されている。このため、近年、蛍光染色剤や抗原マーカーのような標識物質を用いて血液中に循環する腫瘍細胞 (Circulating Tumor Cell: CTC) を検出する CTC 検査法が注目されている。臨床現場において上記の鋳型膜を細胞に応用した検出法を開発して利用することで血中 CTC を直接、高感度に検出できれば、癌治療の予後調査だけでなく、一般的な健康診断などの血液検査に癌診断を組み込んだ早期癌診断法の開発への展開が期待できるはずと着想した。また、食品からの抽出物を対象として細菌鋳型を用いた検出を行うことで培養による数日単位の検査時間を省略して、大量の輸入食品の迅速・ハイスループット検査法にも繋がると着想した。

2. 研究の目的

上記背景と着想に基づいて、検出目的物質の表面構造を3次的にメモリした「生体構造転写型ポリマー膜」を開発し、非標識かつ数分程度で迅速・簡便に少数の病原性細菌や癌細胞などの特異検出を実現する革新的検出システムの創成が本研究の目的である。さらに、ナノ・マイクロ系の電磁応答理論に基づく「分子認識メトロポリス法」を開発して、鋳型を用いた検出プロセスで不可欠な細菌・細胞の特異的トラップ過程解明やフロー系での検出システム構築にも挑む。特に、上記技術と知見をベースに癌細胞吸着システムによる癌診断技術の創出や、食品製造工場でのリアルタイム衛生管理法へと展開することが将来的な狙いである。これらの取組により医療・食品分野での新機軸を打ち出し「安全かつ豊かで質の高い国民生活」の実現への貢献を目指した。

3. 研究の方法

導電性ポリマーの電解重合プロセスを利用し、検出対象とする病原性細菌・腫瘍細胞の生体構造を転写した鋳型膜を作製し、これら検出システムの開発を行った。また、独自開発して来たのモンテカルロ法ベースの理論手法を拡張し、検出対象と鋳型膜の間の特異的結合も含めて取扱える「分子認識メトロポリス法」を開発し、誘電泳動中の細菌や細胞が鋳型膜に選択的にトラップされる過程や鋳型形成過程の解明を試みた。このような実験・理論の共同作業よりフィードバックを掛け合い、検出システム構築に欠かせない、細胞・細菌などの検体の膜への取り込みや鋳型膜からの脱離のための溶解処理における最適条件探索を行った。特に、血中循環腫瘍細胞の選択的検出技術の開発や食品中の細菌の選択的検出技術の開発を行った。

4. 研究成果

細胞を対象とした鋳型作製時の電解重合のための最適条件探索を行い、カチオン性のポリマー膜にドーパントアニオンとしての負電荷の表面化学構造を持つ白血病細胞を取り込み、脱ドーピングして細胞鋳型膜を作製するための条件を見出した (図1)。また、水晶振動子マイクロバランス測定法(QCM測定法)により、細胞鋳型作製時に用いた標的細胞を選択的に高い効率で捕捉できることも確認し、理論解析(図2)とのフィードバックをかけながら複数種類の浮遊細胞でQCMの振動数に差異が現れることも実験的に確認し、鋳型膜による選択性を確認した(図3)。

まず、理論解析の成果について具体的に説明する。物質間の電磁気学的相互作用を自己無撞着に決定して光などの振動電磁場の下での微小物質のエネルギー的な安定・準安定状態を分子認識などの化学結合も含めてシミュレートできる「分子認識メトロポリス法(MRMM)」を駆使し、細菌や細胞などのミクロンオーダーの構造体に

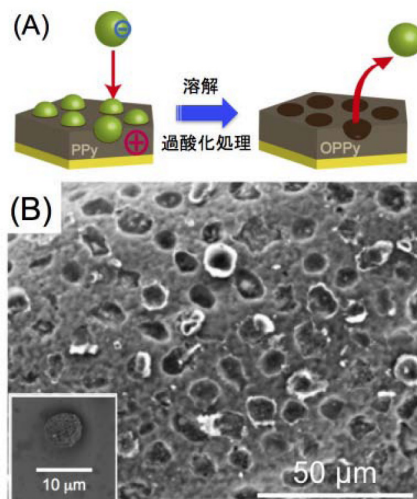


図1 (A)細胞鋳型膜の作製方法
(B)白血病細胞の鋳型膜のSEM像

も適用できるように最適化を行った。この手法により、細胞の表面化学構造と相補的な空間配置の分子認識サイトを備えた細胞鋳型膜を想定した場合、この鋳型に対してミスマッチな空間配置の細胞を想定した場合のシミュレーションを行った(図2)。特に、誘電泳動の下で電場強度の高い細孔付近に細胞を引きつける力が生じることを確認し、相補的な表面化学構造を持つ細胞の方が特異的に鋳型膜にトラップされる確率が高いことを確認し、実験で観測された選択的な細胞トラップの結果との整合性を確認した。

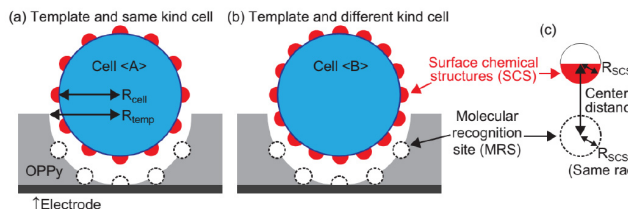


図2 細胞鋳型膜の選択性解明のための理論

次に、白血病細胞の一種である CCRF-CEM を用いて作製した鋳型膜で検出を行った実験結果について説明する(図3)。検出対象である CCRF-CEM を含む4種類の癌細胞混合液をサンプルとして用いた場合でも、ターゲットの有無により周波数応答に違いが見られたことから、作製した癌細胞鋳型膜が高い選択性を有していることが明らかとなった。特に、CCRF-CEM をターゲットとした場合に、他の同程度の大きさのミスマッチな細胞をサンプルとして用いた場合に比べて8倍以上の高い選択性が得られることが分かった。また、検量線も得ることができ 1000 cells/mL 以下の希薄な場合も含む高感度検出の可能性も示唆した。また、上述の細胞鋳型膜のシミュレーションにおいて、分子認識サイトの細胞上の場所や、細胞のサイズにばらつきがある場合でも特異的結合が起こり得ることを理論的に確認し、細胞鋳型の高選択性の機構解明における重要な知見を得た。

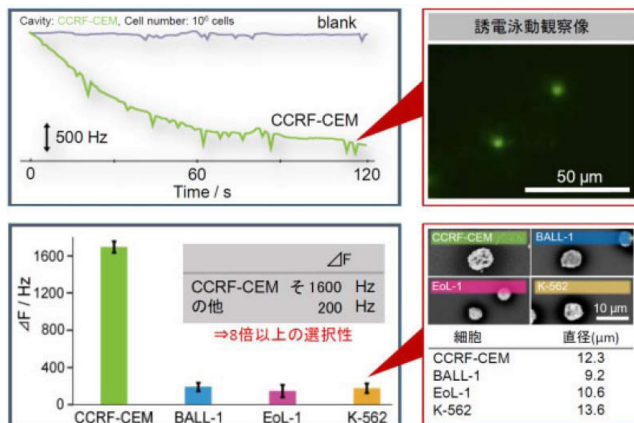


図3 細胞鋳型膜の特異検出の実験

さらなる取組として、接着性の癌細胞を用いた鋳型膜作製にも取り組み、正常細胞との顕著な応答の違いを見出し、接着性の細胞鋳型膜においても高い検出選択性を示すことが明らかになった。さらに、マイクロ流体チップ中での光誘導システムの構築により、細胞と同程度の 10 μm 程度の大きさの構造を非熱的にトラップできる可能性も示し、フロー系での細胞検出システムの基礎構築に成功した。以上のことから、本手法は白血病細胞のような浮遊細胞だけでなく、様々な形態の細胞の検出が可能であることが示唆され、当初想定以上の成果を得ることができたと考えている。

また、食品中の細菌検出に関しても著しい成果が得られた(図4) [(英国 Scientific Reports の2017年の化学分野のTOP100に選出、日本農業新聞など多数のメディアで紹介)]。たとえば、複数種類の細菌の表面構造を転写した混合細菌鋳型膜を電極上に設置した QCM を用い、その周波数変化から大腸菌の血清型の特異認識にも成功した。さらに、牛ミンチ、レタスなどの食品を対象とし、試料に含まれる大腸菌群の表面構造を転写した混合細菌鋳型膜による実試料分析にも成功した。特に、紫外光(UV)、加熱、抗生物質によりダメージを与えた細菌に関して、正常細菌を用いて作製した鋳型膜での検出を試みた。結果として、表面にダメージを与える UV 処理と加熱処理の場合は周波数変化が非常に小さく、ダメージを与えずに膜透過する抗生物質の場合は正常細菌と同程度の周波数変化が見られることを確認した。これは、細菌の表面化学構造と鋳型中の分子認識サイトを仮定した上記の理論解析との整合性を示す結果であり、選択性の物理化学的機構のナノレベルでの解明につながる重要な成果と言える。

以上のことから、当初目標であった細胞および細菌を対象とした革新的検出システム創生のための要素技術の原理構築と開発に関するほぼ全ての項目を達成し、医療・食品分野の幅広い応用に波及効果がある重要な成果を得ることができた。

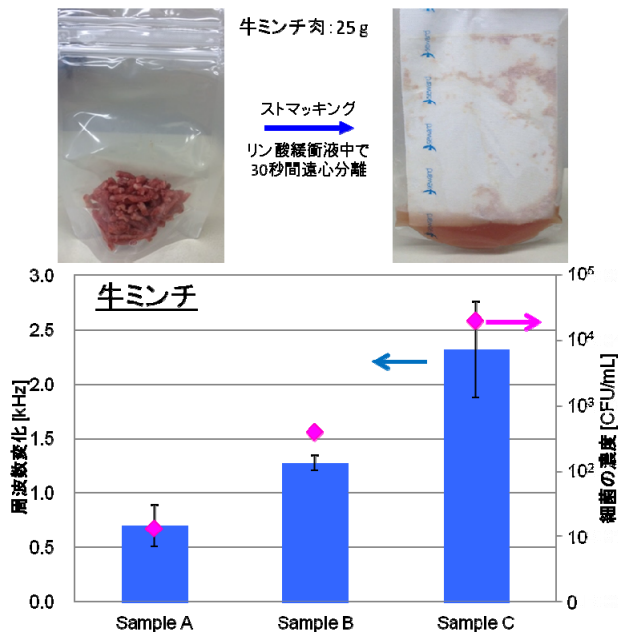


図4 牛ミンチ中の大腸菌の鋳型膜による選択検出

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

1. S. Tokonami*, E. Shimizu, M. Tamura, T. Iida*, “Mechanism in External Field-mediated Trapping of Bacteria Sensitive to Nanoscale Surface Chemical Structure”, *Scientific Reports* 7, Article number: 16651 (2017). DOI: 10.1038/s41598-017-15086-1
2. S. Tokonami*, T. Iida*, “Review: Novel Sensing Strategies for Active Bacterial Detection Driven by External Field”, *Analytica Chimica Acta*, Vol.988, Pages 1-16 (2017). DOI: 10.1016/j.aca.2017.07.034
3. T. Iida*, Y. Nishimura, M. Tamura, K. Nishida, S. Ito, S. Tokonami, “Macroscopic assembly by optical control of zmol-level DNA hybridization”, *Proc. SPIE 10252, Optical Manipulation Conference, 102520J* (April 18, 2017). (Proceedings) doi:10.1117/12.2275108
4. T. Iida*, Y. Nishimura, M. Tamura, K. Nishida, S. Ito, S. Tokonami*, “Submillimetre Network Formation by Light-induced Hybridization of Zeptomole-level DNA”, *Scientific Reports*, 6, Article number: 37768 (2016). DOI: 10.1038/srep37768
5. T. Yoshikawa, M. Tamura, S. Tokonami*, T. Iida*, “Optical Trap-Mediated High-Sensitivity Nanohole Array Biosensors with Random Nanospikes”, *J. Phys. Chem. Lett. (ACS Publications)*, 2017, 8, 370–374(2017). DOI: 10.1021/acs.jpcllett.6b02262
6. Y. Yamamoto, E. Shimizu, Y. Nishimura, T. Iida*, S. Tokonami*, "Development of a rapid bacterial counting method based on photothermal assembling", *Optical Materials Express*, Vol. 6, Issue 4, pp. 1280-1285 (2016). DOI: 10.1364/OME.6.001280
7. D. Q. Le, S. Tokonami, T. Nishino H. Shiigi, T. Nagaoka*, “Electrochemical Evaluation of Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) Films Doped with Bacteria Based on Viability Analysis”, *Bioelectrochem.*, 105, 50-55 (2015). DOI: 10.1016/j.bioelechem.2015.05.003
8. S. Tokonami, H. Zhang, Y. Cao, L. Lu, Z. Cheng, S. Zhang, “Catalytic Activities for Glucose Oxidation of Au/Pd Bimetallic Nanoparticles Prepared via Simultaneous NaBH₄ Reduction”, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 15(8), 5785-5793(9) (2015). DOI: 10.1166/jnn.2015.10292
9. D. Q. Le, A. Morishita, S. Tokonami, T. Nishino, H. Shiigi, M. Miyake, T. Nagaoka, “Voltammetric Detection and Profiling of Isoprenoid Quinones Hydrophobically Transferred From Bacterial Cells”, *Anal. Chem.*, 2015, 87 (16), pp 8416–8423 (2015). DOI: 10.1021/acs.analchem.5b01772
10. A. Kosuga*, Y. Yamamoto, M. Miyai, M. Matsuzawa, Y. Nishimura, S. Hidaka, K. Yamamoto, S. Tanaka, Y. Yamamoto, S. Tokonami, T. Iida*, “A High Performance Photothermal Film with Spherical Shell-type Metallic Nanocomposites for Solar”, *Nanoscale*, 7, pp.7580-7584 (2015). DOI:10.1039/C5NR00943J

〔学会発表〕(計93件)(以下、招待講演16件のみ掲載)

1. 床波志保, 機能性ナノ/マイクロ構造デザインと新規バイオ分析技術の創生, 日本化学会第98 春季年会 2018 女性化学者奨励賞受賞講演, 日本大学理工学部 船橋キャンパス(千葉県船橋市), 2018/3/20-3/23 《招待》
2. 床波志保, 迅速医療診断を可能にする外場誘導型バイオセンサの開発, 「メディカル ジャパン 2018」研究成果企業化促進セミナー, インテックス大阪(大阪府住之江区), 2018/2/21-23 《招待》
3. 飯田琢也, 床波志保, 光マニピュレーションに基づく分子認識の光誘導加速, 第225回フォトポリマー講演会, 大阪府立大学 I-site なんば(大阪府大阪市浪速区), 2018/1/26 《招待》
4. 床波志保, ポリマー材料を利用した細胞・細菌の迅速検出, (株)日立ハイテクノロジーズ講演会, 2017/8/30 《招待》
5. S. Tokonami, "Novel Analytical Methods Based on the Creation of Nano- and Micro-Spaces", The 10th NanoSquare Workshop, Science Hall, Bldg. A12, Osaka Prefecture University (Sakai, Osaka, Japan), 2016/11/4 《招待》
6. 床波志保, ポリマー材料を利用した細菌／細胞の迅速検出, はりま産学交流会 10月創造例会, 姫路商工会議所(兵庫県姫路市), 2016/10/21 《招待》
7. M. Tamura, S. Tokonami, T. Iida*, "Self-consistent Simulation Method to Evaluate the Optically Manipulated Nanoparticles based on Metropolis Method", OPU-KIST Joint Symposium on Next Generation Photochemistry and Photophysics: From Materials to Applications, KIST, Seoul, South Korea, 2016/9/25-28 《招待》
8. 床波志保, 椎木弘, 長岡勉, 中瀬生彦, 田村守, 飯田琢也, 分析空間創成に基づく迅速検出法の開発, 日本分析化学会第65年会, 北海道大学工学部(北海道札幌市), 2016/9/14-9/16 《招待》
9. 飯田琢也, 床波志保, ナノ物質中電子系の光誘起協力現象とフォトサーマル・フルイディクス, 第77回応用物理学会周期学術講演会, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市), 2016/9/13-16 《招待》
10. 床波志保, 「分析対象に適した空間創成に基づく迅速・高感度検出」, 第124回分析技術研究会, パナソニックリゾート大阪, 2016/6/16 《招待》
11. T. Iida, S. Tokonami, S. Ito, “Laser-induced Assembling of Nanomaterials and Biomaterials”, BIT’s 2nd Annual World Congress of Smart Materials-2016 (WCSM2016), (Singapore, March 4-6, 2016) 《招待》
12. 床波志保, ナノ～マイクロ構造体を対象としたテララーメイド型検出法の開発, 第98回テ

- クノラボツアー「大阪府立大学ナノアライアンスセンター設立記念研究会」, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス, 《招待》2015/12/10
13. 床波志保, 高感度検出のためのセンサ材料, 応用化学科特別講義Ⅱ・Ⅲ, 山口東京理科大学, 2015/11/26-27 《招待》
14. 床波志保, ナノ・マイクロ空間の創生とバイオセンサ開発, 第238回コロキウム, 山口東京理科大学, 2015/11/26-27 《招待》
15. T. Iida, M. Tamura, T. Yoshikawa, S. Tokonami, "Nano optical assembling for the control of collective modes and novel highly-sensitive nano-hole array optical biosensor", 日本学術振興会 日伊-二国間交流事業, Italy-Japan Workshop at CNR in Rome, Rome Italy, 2015/7/13-14 《招待》
16. T. Iida, M. Tamura, Y. Nishimura, S. Tokonami, "Optical Response of Nonequilibrium Nano-system with Biomaterials", 11th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (Excon2015), Montreal Canada, 2015/5/18-22 《招待》

〔図書〕(計3件)

1. 飯田琢也, 床波志保, 伊都将司, 光と揺らぎによるナノ物質の動態制御と生体模倣エンジニアリング/Dynamics Control of Nanomaterials by Light and Fluctuations and Biomimetic Engineering, 光学, 46(3), 104 (2017).
2. 川口諒太郎, 沼田紘志, 田村守, 中瀬生彦, 飯田琢也, 床波志保, 微量で安全かつ迅速ながん細胞検出法の開発, 日本分析化学会第65年会「展望とトピックス」, pp 14, 2016. 2016/8/31
3. 西村勇姿, 西田啓亮, 山本陽二郎, 伊都将司, 床波志保, 飯田琢也, 金属ナノ粒子の集団的光発熱効果による新規バイオ分析法の開拓, ケミカルエンジニアリング, 60(10), 52-58, (2015).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計10件)

1. 名称: 微小物体の集積装置、および、それに用いられる集積容器ならびに微小物体の集積方法
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 山本靖之、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: PCT/JP2018/007608、出願年: 2018年、国内外の別: 海外
2. 名称: 電気化学デバイスおよびその製造方法
発明者: 床波志保, 飯田琢也、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2018-035851、出願年: 2018年、国内外の別: 国内
3. 名称: 微小物体の捕集装置および捕集キットならびに微小物体の捕集方法
発明者: 床波志保, 飯田琢也、権利者: 大阪府立大学、
種類: 特許、番号: PCT/JP2017-017934、出願年: 2017年、国内外の別: 海外
4. 名称: 微小物体の集積装置および集積方法
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 山本靖之、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2017-037316、出願年: 2017年、国内外の別: 国内
5. 名称: ナノカプセルの集積方法および集積装置
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 児島千恵、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: PCT2017-20883、出願年: 2017年、国内外の別: 海外
6. 名称: インピーダンス測定システムおよびインピーダンス測定方法ならびに被検出物質の検出システム
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 山本靖之, 西村勇姿, 田村守、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2017-95715、出願年: 2017年、国内外の別: 国内
7. 名称: 被検出物質の検出キットおよびそれを備えた検出システム、ならびに、被検出物質の検出キットの製造方法
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 田村守, 山本靖之、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2017-095849、出願年: 2017年、国内外の別: 国内
8. 名称: 電気化学デバイスおよびその製造方法、並びに微生物燃料電池
発明者: 飯田琢也, 床波志保、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2017-37649、出願年: 2017年、国内外の別: 国内
9. 名称: 微小物体の捕集装置および捕集キットならびに微小物体の捕集方法
発明者: 床波志保, 飯田琢也、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特願2016-1160558、出願年: 2016年、国内外の別: 国内
10. 名称: 集積装置および集積方法、微小物体集積構造体の製造装置、微生物の集積除去装置、被検出物質の検出装置、被分離物質の分離装置、ならびに被導入物質の導入装置
発明者: 飯田琢也, 床波志保, 中瀬生彦, 西村勇姿, 山本靖之、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: PCT/JP2015/063364、出願年: 2015年、国内外の別: 海外

○取得状況 (計3件)

1. 名称: 微小物体の捕集装置および捕集キットならびに微小物体の捕集方法
発明者: 床波志保, 飯田琢也、権利者: 大阪府立大学
種類: 特許、番号: 特許第6375578号(特願2016-095494, 特開2017-202446)
取得年: 2018年、国内外の別: 国内

2. 名称：金属ナノ粒子集積構造体を利用した圧力検出装置、温度検出装置、圧力検出方法、および温度検出方法

発明者：飯田琢也，床波志保，山本陽二郎，椎木弘，長岡勉、権利者：大阪府立大学

種類：特許、番号：特許第 5854350 号(特願 2011-268900)

取得年：2015 年、国内外の別：国内

3. 名称：金属ナノ粒子集積構造体を利用した圧力検出装置、温度検出装置、圧力検出方法、および温度検出方法

発明者：飯田琢也，床波志保，山本陽二郎，椎木弘，長岡勉、権利者：大阪府立大学

種類：特許、番号：特許第 5822239 号(PCT/JP2011/078438, W02012/077756)

取得年：2015 年、国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

床波研究室：http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/tokonami_lab/index.html

LAC-SYS 研究所：<http://www.p.s.osakafu-u.ac.jp/~t-iida/LAC-SYS/>

<受賞>7 件（主要なもののみ掲載）

1. 第 6 回女性化学者奨励賞，日本化学会 第 98 春季年会（2018 年 3 月，於：日本大学理工学部 船橋キャンパス），受賞論文：機能性ナノマイクロ構造デザインと新規バイオ分析技術の創生，[受賞者：床波志保]

2. 2017 堀場雅夫賞、(株)堀場製作所（2017 年 10 月，於：京都大学 芝欄会館）、受賞研究題目：「水中細菌計測のための細菌表面構造転写技術の開発」[受賞者：床波志保]

3. Best Paper Award (The 4th Optical Manipulation Conference 2017 (OMC'17)), 2017/4/19-21, Yokohama, Japan, 受賞論文：“Macroscopic Assembly by Optical Control of zmol-level DNA Hybridization”

著者：T. Iida, Y. Nishimura, M. Tamura, K. Nishida, S. Ito, S. Tokonami [受賞者：T. Iida]

4. The Second Place Award, S. Kurita, Y. Nisumura, Y. Yamamoto, O. Karthaus, T. Iida, S. Tokonami, Bacterial trapping Using Photothermal Convection, 2016 4th TKU-OPU Joint Symposium, Tamkang University, Taiwan, 2016/11/20-21 [受賞者: S. Kurita]

<新聞・メディア発表>29 件(主要なもののみ掲載)

1. 床波志保, 田村守, 清水恵美, 飯田琢也「食中毒判定 5 分で検出 大阪府立大 シート使い大幅短縮」, 日本農業新聞 朝刊 2 面, 2018/1/9

2. 床波志保, 田村守, 清水恵美, 飯田琢也「食中毒菌, 5 分で検出 大阪府立大 分子鑄型技術ベースに」, 化学工業日報 朝刊 5 面, 2017/12/19

3. 吉川貴康, 田村守, 床波志保, 飯田琢也, 「ウイルス・細菌を低コストで高感度検出—大阪府立大が原理構築」, 日刊工業新聞, 2017/1/23

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：飯田 琢也

ローマ字氏名：IIDA, Takuya

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：理学系研究科

職名：准教授

研究者番号（8 桁）：10405350

(2) 研究分担者

研究分担者氏名：中瀬 生彦

ローマ字氏名：NAKASE, Ikuhiko

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：理学系研究科

職名：准教授

研究者番号（8 桁）：40432322

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。