

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24685013

研究課題名(和文) 分子鑄型を用いた迅速かつ特異的なバクテリア検出法の開発

研究課題名(英文) Development of Rapid and Specific Bacterial Sensing Method Using Molecularly Imprinted Polymer

研究代表者

床波 志保 (TOKONAMI, Shiho)

大阪府立大学・21世紀科学研究機構・講師

研究者番号：60535491

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、検出目的であるバクテリアの形状および表面化学構造を記憶した機能性高分子膜を作製し、これまでにない新しいタイプのバクテリア検出法の開発を試みた。電気化学的手法を利用してポリピロール膜へのバクテリアの取り込みと吐き出しを行うことで標的バクテリアの鑄型膜作製に成功した。このバクテリア鑄型膜と誘電泳動法を組み合わせた検出を試みたところ、グラム陰性菌、グラム陽性菌の種類を問わず様々なバクテリアを数分以内と極めて迅速かつ特異的に検出することに成功した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to develop a novel bacterial detection method in which target bacterial surface chemical structures are precisely transferred at a molecular level. The bacterial cavities were successfully created on the polypyrrole film by doping and dedoping bacteria via electrochemical technique. The combination of this film with dielectrophoresis allowed us to detect both gram-positive and gram-negative bacteria specifically within minutes.

研究分野：分析化学

キーワード：バクテリア 迅速検出 センサ 分子鑄型 機能性高分子

1. 研究開始当初の背景

バクテリアの迅速検出は食中毒や院内感染防止の観点からも非常に重要である。従来のバクテリア検出には培養法が用いられているが、バクテリアの培養には時間がかかるため、結果が得られるまでに1~数日を必要とするだけでなく、培地の調製や滅菌処理等の操作が煩雑であるという問題点が指摘されている。これらの問題を解決するため近年では、酵素免疫測定法 (ELISA 法) による特異性の高い検出や生命体のエネルギー源であるアデノシン三リン酸 (ATP) を検出することで間接的ではあるが迅速にバクテリアの有無を検出する方法の開発が行われている。しかし、バクテリアの種類までを迅速に特定することのできる検出法は未だ開発されていない。この様な現状を打破するため本研究では、標的バクテリアの形状および表面化学情報を記憶した機能性高分子膜を作製し、これまでにない新しいタイプのバクテリア特異検出法の開発を試みた。

2. 研究の目的

導電性高分子であるポリピロールにより形成される分子鑄型膜を利用して、蛍光分子などの標識物質を用いることなく直接、迅速かつ簡便にバクテリアの特異的検出を可能にする検査システムを開発することが本研究の目的である。下記項目を中心とする検討を行うことで目的の達成を目指した。

- (1) バクテリア (グラム陰性菌、グラム陽性菌) の鑄型膜作製技術の確立
- (2) バクテリア鑄型膜と誘電泳動法を組み合わせた検出法の開発および検出時のバクテリア挙動追跡
- (3) 実試料分析への適応可能性模索

3. 研究の方法

ピロールは電解重合する際に陰イオンを取り込むことが知られている [S. Tokonami et al., *Anal. Chim. Acta*, **641**, 7-13, 2009.]。バクテリアの表面にあるリン酸などの官能基が溶液中で解離することでバクテリア自体が負に帯電する。したがって、バクテリア分散液中でピロールの重合を行い、ポリピロール膜へのバクテリアの取り込みを試みた。バクテリアの表面化学構造を精巧に転写するためには、いかに膜にダメージを与えずバクテリアを膜から取り除く (脱ドープ) かが鍵となる。そのため、過酸化処理前にバクテリア細胞壁のペプチドグリカン分解酵素であるリゾチームを用いて溶菌処理を行い、過酸化による脱ドープを容易にさせることで短時間での鑄型形成を目指した。また、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて過酸化前後におけるポリピロール膜の表面観察を行った。バクテリア検出は、バクテリア鑄型膜と誘電泳動法を組み合わせた新規手法を取り入れた。具体的には、サンプル溶液添加後、誘電泳動作用下での共振周波数変化を追跡す

ることでバクテリア検出を行った。さらに、検出対象のバクテリアをあらかじめ蛍光染色しておき、誘電泳動を作用させた際のバクテリア挙動を蛍光顕微鏡観察することでバクテリアの鑄型への取り込みの確認を行った。一方、リンゴジュース、魚肉ソーセージ、牛ブロック肉を使用した実試料分析に関する検討も合わせて行った。

4. 研究成果

研究の初期段階では、グラム陰性菌を中心としたバクテリアのポリマー膜への取り込みと吐き出しによるバクテリア鑄型膜作製に取り組んだ。グラム陰性菌である緑膿菌を用い、緑膿菌を含むピロール溶液中で定電位電解を行った。電解後の電極にはピロールの重合に起因する黒い薄膜が析出した。この膜の SEM 観察結果を図 1a に示す。数多くの緑膿菌が一定方向に取り込まれた状態でポリピロール (PPy) 膜が形成されている様子が確認された。バクテリアは、表面に存在するリン酸基などが溶液中で解離することにより全体的に負に帯電している。したがって、カチオン性ポリマーであるポリピロールが重合される際、負電荷を有するバクテリアが静電的に取り込まれながら重合が進行したものと考えられる。この膜に溶菌および過酸化処理を施すと膜内に取り込まれていた緑膿菌の約 90% が取り除かれ、結果的に緑膿菌鑄型を膜中に作製することに成功した (図 1b)。また、緑膿菌だけではなく大腸菌やアシネトバクター菌などにおいても同様の現象が見られたことから、バクテリアの表面電荷が負電荷過剰の状態であればバクテリアの鑄型形成が可能であることが示唆された。

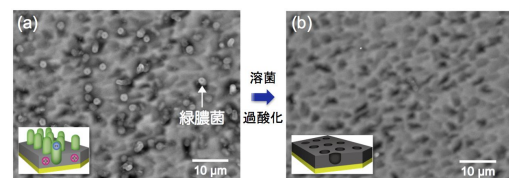


図 1 (a) 緑膿菌/ポリピロール膜, (b) 緑膿菌鑄型膜の SEM 観察像

バクテリア鑄型膜と誘電泳動法を組み合わせた新しいタイプの検出法を適用し、実際に緑膿菌鑄型を持つポリピロール膜を使用した検出を行った。サンプル溶液中に検出対象の緑膿菌が存在する場合、誘電泳動を作用させると数分以内に周波数が大幅に減少した (図 2a)。一方、同じサンプルでも誘電泳動を作用させない場合ではバクテリアの入っていないブランクと同様、ほとんど周波数変化が起こらなかった。バクテリアの中には自身が運動性を持つものも存在するため、センシングを可能にするためには検出膜へバクテリアを誘導する必要があると考えられる。したがって、本検出法において誘電泳動が重要であることが明らかになった。さらに、

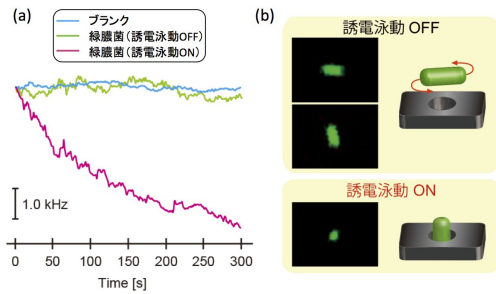


図 2 (a) バクテリア検出における共振周波数変化, (b) 検出時のバクテリア挙動追跡

検出時のバクテリア挙動を蛍光顕微鏡により追跡したところ、自由に動いていたバクテリアが誘電泳動の作用により次々と垂直に鑄型へ捕捉される様子が観察された(図 2b)。よって、検出時に得られた周波数変化はバクテリアが鑄型へ取り込まれることにより引き起こされたものと考えられる。

検出膜のセンサ特性評価を行うため、緑膿菌鑄型膜を用い、形状の類似した異なる 4 種類の細菌(緑膿菌、アシネトバクター菌、セラチア菌、大腸菌)の検出を行った(図 3)。検出対象である緑膿菌を含む 4 種類のバクテリア混合溶液に対しては大きな周波数変化(2.1 kHz)が得られたが、緑膿菌を含まない 3 種類のバクテリア混合溶液に対しては変化が極端に小さく(0.42 kHz)、明らかな差が見られた。よって、異なるバクテリアの混合溶液中であっても、バクテリア鑄型膜を用いることで検出対象であるバクテリアを特異的に検出できることが明らかになった。また、

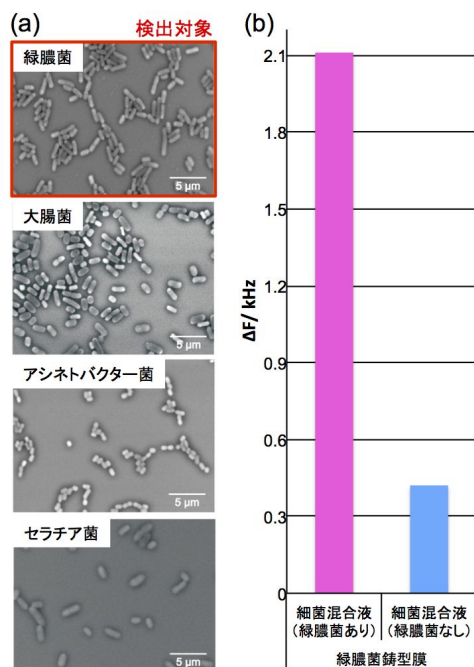


図 3 (a) 検出に使用したバクテリアの SEM 像, (b) 各サンプル溶液に対する周波数変化量

バクテリアのサイズに着目すると、用いた 4 種類のバクテリアのサイズはほぼ同じであるため、全てのバクテリアが鑄型に取り込まれる可能性があると言える。それにも関わらず、鑄型膜が標的の緑膿菌のみを選択的に検出していることから、本検出メカニズムは、単にバクテリア鑄型がバクテリアのサイズを認識しているだけでなく、バクテリアの表面化学構造の認識に基づくものであると考えられる[S. Tokonami et al., *Anal. Chem.*, **85**, 4925-4929, 2013.; PCT/JP2014/56143, 特願 2013-069739, 日経新聞, 日経産業新聞, 月刊化学, 米国 Vertical News でも紹介]。

これらの結果を踏まえ、グラム陰性菌だけでなくグラム陽性菌の鑄型膜作製と検出を試みた。グラム陽性菌である黄色ブドウ球菌や枯草菌の高分子膜への取り込みおよび吐き出しが SEM により観察されたことから、負電荷を持つ細菌であれば、その形状、表面化学構造の違い(グラム陰性菌、グラム陽性菌)に関わらずバクテリア鑄型形成が可能であることが示唆された。黄色ブドウ球菌鑄型膜を検出膜として、黄色ブドウ球菌、大腸菌、緑膿菌、枯草菌に対する検出を行ったところ、鑄型と適合する黄色ブドウ球菌に対してのみ大きな周波数変化が得られた。このことから、高分子膜に刷り込まれたバクテリア鑄型が特異的にバクテリアを認識していることが明らかになった[S. Tokonami et al., *Res. Chem. Intermed.*, **40**, 2327-2335, 2014.]。また、同様の膜作製方法および検出方法を特に迅速な検出が要求される食中毒菌(腸管出血性大腸菌 O157)の検出に適応したところ、数分以内の検出に成功した。さらに、センサ特性評価を行うため、食中毒菌として代表的なサルモネラ、ピブリオ、黄色ブドウ球菌を非検出対象としてセンサ応答の比較を行った。結果として、腸管出血性大腸菌 O157 に対する応答が非検出対象のバクテリアに対して 10 倍以上大きかったことから、センサ膜が高い検出特異性を持つことが明らかになった。一方、実サンプルを用いた検出では、リンゴジュース、魚肉ソーセージ、牛ブロック肉に検出対象の大腸菌を添加し一定時間放置後に検出を行った。採取したどのサンプルからも周波数応答が得られたことから、本センサ膜が実サンプル分析に適応可能であることが示唆された。

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 9 件)

- [1] S. Tokonami, T. Iida, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Detection of Biomaterials and Bacteria Using Functionalized Nano-and Micro-Spaces", *Bunseki Kagaku*, 査読有, in press, 2015.
- [2] S. Tokonami, T. Nishino, H. Shiigi, T.

- Nagaoka, "Development of Bacteria Sensor Using Overoxidized Polypyrrole Molecularly Imprinted Film and Its Application", *Chemical Sensor*, 査読有, 58, 115-117, 2015.
- [3] L. Q. Dung, M. Takai, S. Suekuni, S. Tokonami, T. Nishino, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Development of an Observation Platform for Bacterial Activity Using Polypyrrole Films Doped with Bacteria²", *Analytical Chemistry*, 査読有, 87, 4047-4052, 2015. DOI: 10.1021/acs.analchem.5b00544
- [4] H. Shiigi, M. Fukuda, T. Tono, K. Takada, T. Okada, L. Q. Dung, Y. Hatsuoka, T. Kinoshita, M. Takai, S. Tokonami, H. Nakao, T. Nishino, Y. Yamamoto. T. Nagaoka, "Construction of nanoantennas on the bacterial outer membrane", *Chem. Commun.*, 査読有, 50, 6252-6255, 2014. DOI: 10.1039/c4cc01204f
- [5] S. Tokonami, Y. Nakadoi, H. Nakata, S. Takami, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Recognition of gram-negative and gram-positive bacteria with a functionalized conducting polymer film", *Research on Chemical Intermediates*, 査読有, 40, 2327-2335, 2014. DOI: 10.1007/s11164-014-1609-6
- [6] S. Tokonami, Y. Nakadoi, K. Saimatsu, M. Takahashi, M. Ikemizu, T. Kadoma, L. Q. Dung, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Label-Free and Selective Bacteria Detection Using a Film with Transferred Bacterial Configuration", *Anal. Chem.*, 査読有, 85(10), 4925-4929, 2013. DOI: 10.1021/ac3034618
- [7] H. Shiig, S. Tokonami, Y. Yamamoto, T. Nagaoka, "Placement of Nanospace on Electrode for Biosensing", *Anal. Sci.*, 査読有, 28, 1037-1048, 2012. DOI: 10.2116/analsci.28.1037
- [8] T. Nagaoka, H. Shiig, S. Tokonami, K. Saimatsu, "Entrapment of Whole Cell Bacteria into Conducting Polymers", *J. Flow Injection Anal.*, 査読有, 29(1), 7-10(2012)
- [9] S. Tokonami, K. Saimatsu, Y. Nakadoi, M. Furuta, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Vertical Immobilization of Viable Bacilliform Bacteria into Polyrrole Films", *Anal. Sci.*, 査読有, 28(4), 319-321, 2012.
- [10] Y. Hastuoka, M. Fukuda, T. Kinoshita, S. Tokonami, H. Nakao, T. Nishino, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Formation of Nanoantenna on a Bacterium", 13th European Vacuum Conference, 2014年9月8日-12日, Aveiro (Portugal)
- [11] L. Q. Dung, H. Shiigi, T. Nishino, S. Tokonami, T. Nagaoka, "Bacteria Imprinted Conducting Polymers for Applications to Bacteria Monitoring Platforms and Sensors", 13th European Vacuum Conference, 2014年9月8日-12日, Aveiro (Portugal)
- [12] 中田啓之, 沼田紘志, 高見星司, 門真哲也, 椎木弘, 長岡勉, 床波志保, 「微生物形状転写技術の開発とセンサ応用」, 第74回分析化学討論会, 2014年5月24日-25日, 日本大学工学部郡山キャンパス (福島)
- 第82回大会, 2015年3月17日, 横浜国立大学 (横浜)
- [3] 田村守, 中田啓之, 床波志保, 飯田琢也, 「誘電泳動と細胞鋳型膜による選択的捕捉機構の理論解析」, 第62回応用物理学会春季学術講演会, 2015年3月11日-14日, 東海大学湘南キャンパス (神奈川)
- [4] 長岡勉, 床波志保, 西野智昭, 椎木弘, L. Q. Dung, 「バクテリア・テンプレート細孔を有する導電性ポリマ膜の作製とバクテリア検出への応用」, "Bacterial Sensors Fabricated with Conducting Polymers Doped with Template Bacteria", 第24回日本MRS年次大会, 2014年12月12日, 横浜開港記念会館 (横浜)
- [5] H. Nakata, T. Iwanami, S. Miyata, T. Fujikawa, H. Shiigi, T. Nagaoka, S. Tokonami, "Preparation of Bacteria-Responsive Polymer Membranes and Their Sensing Abilities", ICFIA19 (第19回フローインジェクション分析国際会議), 2014年11月30日-12月5日, アクロス福岡 (福岡)
- [6] L. Q. Dung, T. Nishino, S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Electrochemical Characteristics of Poly(3,4-Ethylenedioxythiophene) Doped with Bacteria", ICFIA19 (第19回フローインジェクション分析国際会議), 2014年11月30日-12月5日, アクロス福岡 (福岡)
- [7] 床波志保, 「分子構造転写技術を利用した細菌検出法」《招待講演》, 第27回研修会「大阪府立大学の技術シーズ紹介」, 2014年10月17日, 大阪府立大学 (大阪)
- [8] H. Nakata, S. Tokonami, "Highly-selective bacteria detection using conductive polymer film", 4th TKU-ECUST-OPU-KIST International Symposium, 2014年9月25日-27日, Tamkang University (Taiwan)
- [9] 中田啓之, 藤岡一志, 山中幹宏, 原圭太, 椎木弘, 長岡勉, 床波志保, 「微生物応答性高分子膜の作製とセンシング」, 日本分析化学会 第63年会, 2014年9月17日, 広島大学東広島キャンパス (広島)

〔学会発表〕(計 37件)

- [1] L. Q. Dung, 床波志保, 西野智昭, 椎木弘, 長岡勉, 「細菌を吸着させた電極のポルタンメトリ」, 電気化学会第82回大会, 2015年3月17日, 横浜国立大学 (横浜)
- [2] 床波志保, 西野智昭, 椎木弘, 長岡勉, 「過酸化ポリピロール分子鋳型膜を用いた細菌センサの開発と応用」, 電気化学会

- [13] S. Tokonami, H. Nakata, M. Ikemoto, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Rapid and Selective Bacteria Detection Using Conductive Polymer Films", ISEAC38 (38th International Symposium on Environmental Analytical Chemistry), 2014年5月17日-20日, Lausanne (Switzerland)
- [14] S. Tokonami, "High-Resolution Bacterial Outer Structure Transfer for Bacteria Recognition", The First OPU-TKU International Symposium, 2013年11月18日-19日, Osaka Prefecture University (大阪)
- [15] H. Nakata, S. Tokonami, "Label-free Bacteria Sensor Using Polymer Film and Its Application to Real Samples", The First OPU-TKU International Symposium, 2013年11月18日-19日, Osaka Prefecture University (大阪)
- [16] L. Q. Dung, 細末健太, 床波志保, 椎木弘, 長岡勉, "Electrochemical Devices using Conducting polymer films doped with bacteria", 第51回フローインジェクション分析講演会, 2013年11月8日, 熊本大学工学部百周年記念館 (熊本)
- [17] 中田啓之, 床波志保, 「過酸化ポリピロールを利用した細菌検出と実分析への展開」, 生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究部会 若手の会 2013 せんだい研究会, 2013年10月13日-14日, 東北大学 (仙台)
- [18] 細末健太, 陶国智史, 床波志保, 椎木弘, 長岡勉, 「ポリピロールに固定化したバクテリアの呼吸活性の電気化学的評価」, 2013年電気化学秋季大会, 2013年9月28日, 東京工業大学大岡山キャンパス (東京)
- [19] S. Tokonami, S. Takami, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Bacteria Detection Using a Film with Transferred Bacterial Configuration", ICFIA2013, 2013年9月17日, Porto (Portugal)
- [20] L. Q. Dung, H. Shiigi, S. Tokonami, T. Nagaoka, "Bacteria-imprinted conducting-polymer based sensors/detectors", ICFIA2013, 2013年9月17日, Porto (Portugal)
- [21] L. Q. Dung, K. Saimatsu, S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Immobilization of bacteria into conducting polymer film", ICFIA2013, 2013年9月17日, Porto (Portugal)
- [22] 床波志保, 「機能性ナノ・マイクロ空間を利用したDNAおよび細菌検出法の開発」《招待講演》, 日本分析化学会第62年会, 2013年9月10日-12日, 近畿大学東大阪キャンパス (大阪)
- [23] 中田啓之, 高見星司, 門真哲也, 椎木弘, 長岡勉, 床波志保, 「細菌形状を転写した高分子膜による細菌検出と実分析への展開」, 日本分析化学会第62年会, 2013年9月10日-12日, 近畿大学東大阪キャンパス (大阪)
- [24] 細末健太, L. Q. Dung, 陶国智史, 床波志保, 椎木弘, 長岡勉, 「菌体複合ポリピロール膜によるバイオテンプレートの開発」, 日本分析化学会第62年会, 2013年9月10日-12日, 近畿大学東大阪キャンパス (大阪)
- [25] H. Nakata, S. Takami, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, S. Tokonami, "Label-free Bacteria Sensor Using an Overoxidized Polypyrrole Film", JASIS Conference 2013, 2013年9月5日-6日, Makuhari messe (Tokyo)
- [26] L. Q. Dung, K. Saimatsu, Y. Hatsuoka, S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Immobilization of Bacteria into Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) Film", ASIANALYSIS XII, 2013年8月22日-24日, 九州大学馬出キャンパス (福岡)
- [27] H. Nakata, S. Takami, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, S. Tokonami, "Fabrication of Functionalized Micro-Spaces for Label-Free Bacteria Detection", JSAMA2013, 2013年8月2日-3日, 上海 (中国)
- [28] 床波志保, 「一瞬の喜びを求めて」《招待講演》, 日本分析化学会近畿支部第7回夏季セミナー「ぶんせき秘帖巻ノ七」, 2013年8月2日-3日, 花王株式会社有田研究所 (和歌山)
- [29] 中田啓之, 中土井祐, 高橋茉莉, 池水麦平, 門真哲也, 椎木弘, 長岡勉, 床波志保, 「導電性高分子を利用した細菌検出」, 第73回分析化学討論会, 2013年5月18日-19日, 北海道大学函館キャンパス (北海道)
- [30] S. Tokonami, Y. Nakadoi, H. Nakata, M. Takahashi, M. Ikemizu, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, "Creation of Functional Micro-Spaces for Sensor Applications", The Second NanoSquare Week, 2013年2月4日-5日, 大阪府立大学 (大阪)
- [31] 床波志保, 中土井祐, 中田啓之, 細末健太, 椎木弘, 長岡勉, 「細菌検出のためのテーラード型マイクロ空間の創成」, 第50回フローインジェクション分析講演会, 2012年11月16日, 徳島大学薬学部 徳島大学蔵本キャンパス (徳島)
- [32] 中土井祐, 床波志保, 高橋茉莉, 池水麦平, 門真哲也, 細末健太, 椎木弘, 長岡勉, 「微生物形状認識型センサの開発」, 第33回日本食品微生物学会学術総会, 2012年10月25日-26日, アクロス福岡 (福岡)
- [33] 中田啓之, 床波志保, 「微生物形状認識型迅速センサの開発」, 生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究部会 若手の会 in 名古屋, 2012年10月14日-15日, SUNPLAZA SEASONS (名古屋)
- [34] 中土井祐, 床波志保, 高橋茉莉, 池水麦平,

門真哲也, 細末健太, 椎木 弘, 長岡 勉,
「ポリピロール膜を利用した微生物検出
の選択性」, 日本分析化学会第 61 年会,
2012 年 9 月 19 日-21 日, 金沢大学角間キ
ャンパス (金沢)

- [35] S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka,
“Label-Free and Rapid DNA Analysis Using
Open Bridge-Structured Gold Nanoparticle
Array”, GOLD2012, 2012 年 9 月 5 日-8 日,
京王プラザホテル (東京)
- [36] S. Tokonami, Y. Nakadoi, K. Saimatsu, H.
Shiigi, T. Nagaoka, “Label-Free Bacteria
Detection by Using Overoxidized Polypyrrol
Film”, MIP2012, 2012 年 8 月 26 日-31 日,
Agro Paris Tech Centre de Paris Claude
Bernard (France)
- [37] 中土井祐, 床波志保, 高橋茉莉, 池水麦平,
門真哲也, 細末健太, 椎木弘, 長岡勉,
「菌体形状認識センサ膜の開発」, 第 72
回分析化学討論会, 2012 年 5 月 19 日-20
日, 鹿児島大学郡元キャンパス (鹿児島)

〔図書〕(計 3 件)

- [1] 椎木弘, 床波志保, 長岡勉, NTS Inc., 導
電性ポリマー材の高機能化と用途開発最
前線 第 2 編 第 3 章:「導電性高分子を
用いて分子の鑄型センサを作る一分子か
ら細菌までの計測」, 286 (195-201),
2014.
- [2] 椎木弘, 床波志保, 陳智棟, 長岡勉, (株)
技術情報協会, 導電性ポリマを用いる鑄
型センサの作製と桿菌センサへの応用第
4 章 第 1 節:「バイオセンサの先端科学技
術と新製品への応用開発」286 (131-135),
2014.
- [3] 床波志保, 中田啓之, 椎木 弘, 長岡 勉,
(株)技術情報協会, 製品中に含まれる(超)
微量成分・不純物の同定・定量ノウハウ
「マイクロ空間を有するチップを用いた
細菌の検出」, 818 (679-684), 2014.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 3 件)
- [1] 名称: 微生物検出用センサー、その製造方
法、およびポリマー層
発明者: 池水麦平, 床波志保, 椎木弘, 長
岡勉
権利者: 大阪府立大学, シャープ株式会
種類: 特許権
番号: PCT/JP2014/56143
出願年月日: 2014 年 3 月 10 日
国内外の別: 国外
- [2] 名称: 被検出物質の検出装置および方法
発明者: 飯田琢也, 床波志保
権利者: 大阪府立大学
種類: 特許権
番号: 特願 2013-114312
出願年月日: 2013 年 5 月 30 日
国内外の別: 国内
- [3] 名称: 微生物検出用センサー、その製造方

法、およびポリマー層
発明者: 池水麦平, 床波志保, 椎木弘, 長
岡勉
権利者: 大阪府立大学, シャープ株式会社
種類: 特許権
番号: 特願 2013-069739
出願年月日: 2013 年 3 月 28 日
国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等
http://www.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/tokonami_lab/index.html

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
床波 志保 (TOKONAMI, Shiho)
大阪府立大学・21 世紀科学研究機構・講師
研究者番号: 60535491
- (2) 研究分担者
なし
- (3) 連携研究者
なし