

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23655072

研究課題名(和文) 金属ナノ粒子複合体の光機能デザインと超高感度センサ応用

研究課題名(英文) Design of Optical Function of Metallic Nanoparticle Composite and Application for Highly-Sensitive Sensor

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) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、金属ナノ粒子やナノ構造の配列・形状と光機能を化学的にデザインし、高感度の光駆動型バイオセンサ、局所的な温度センサ等を開発することを目的とした。基礎的成果として、金属ナノ粒子(Au, Ag)を樹脂ビーズ上に高密度固定すると大幅に線形・非線形の光応答が増強することを示した。また、同様の系で熱凝固反応の光制御ができることを解明し、ナノ・マイクロ空間での光検出型温度センサ開発のための重要な知見も得た。さらに、異種の金属ナノ構造をDNAを介して結合させると光散乱が減少・増強する波長域があることを実験的・理論的に解明し、白色光照射でもamol以下の微量DNAの検出ができる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we performed the chemical design of the arrangement of metallic nanoparticles and the shape of nanostructures for aiming at the development of highly sensitive optically-driven biosensor, the local temperature sensor and so on. As a fundamental achievement, it has been clarified that linear and nonlinear optical responses can be significantly enhanced by fixing metallic (Au or Ag) nanoparticles densely onto a plastic bead with binder molecules. Also, in the similar system, we have revealed that the optical control of heat coagulation, and we have obtained an important knowledge for the development of temperature sensor based on the optical detection in nano- and micro-spaces. Furthermore, we have clarified that light scattering decreases or increases at particular wavelength regions by binding heterogeneous metallic nanostructures via DNA. This result indicates the possibility that a small amount of DNA less than amol can be detected even by white light irradiation.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学 分析化学

キーワード：バイオセンサ 光検出 ラベルフリー 金属ナノ粒子

### 1. 研究開始当初の背景

従来法による酵素や抗体、DNAなどの検出には、ペルオキシダーゼ等で生体分子を標識し電気化学的に検出する手法や酵素反応による発色、蛍光の程度により目的物質を検出する方法が主に用いられている。しかし、これらの手法は生体分子への標識を必要とし、一連の作業に時間を要すると共に生体分子が有する高い認識能の阻害を招くことが問題であった。この様な現状を打破するため本研究では、ナノ構造の配列・形状と光機能を化学的にデザインし、非標識・高感度な光駆動型バイオセンサの開発が必要と考えた。

代表者の床波(実験 G)らは樹脂ビーズ上への金ナノ粒子を自己集合的に集積した構造体(金属ナノ粒子固定化ビーズ)の作製や [J. Electrochem. Soc. **156**, D558 (2009)], 多数の金ナノ粒子間に挟んだ DNA の電気抵抗検出型センサの開発にも成功してきている [Anal. Chem. **80**, 8071 (2008)]. 一方、分担者の飯田(理論 G)らはナノ粒子光操作の研究で多数の実績があり [PRL **90**, 057403 (2003), PRL **97**, 117402, (2006)など], 金属ナノ構造間に挟まれたと分子の相互作用により光学応答が特異な振舞いをするを明らかにしていた [APL **98**, 053108 (2011)]. そこで、上述のような背景とメンバーの実績から、金属ナノ粒子の集合構造全体に渡る局在表面プラズモン(LSP)の集団モードやデザインされた形状の金属ナノ構造中の LSP の光応答を実験・理論の共同作業により解明し、その光電場増強や、生体分子との結合系における線形・非線形光学応答の機構を解明すれば、高効率な光検出型バイオセンサ開発につながると着想した。

### 2. 研究の目的

金属ナノ粒子やナノ構造の配列・形状と光機能を化学的にデザインし、超高感度の光駆動型バイオセンサや光検出型の局所的圧力・温度センサを開発することが本研究の目的である。分析化学と光物性物理の異分野融合の共同研究により目的達成を狙った。特に、下記項目を中心とした。

- (1) 金属ナノ粒子固定化ビーズと金属ナノロッドの結合体による光バイオセンサ開発
- (2) 金属ナノ構造の協力効果による非線形光学応答の増強に基づくバイオセンサ開発
- (3) 金属ナノ粒子固定化ビーズによるナノ・マイクロ空間での光検出型温度センサ等の開発

これらの項目を実施することにより、低パワーのインコヒーレント光による極微量の検体の高感度計測や、ナノ・マイクロ空間の圧力・温度計測等の実現を目指した。

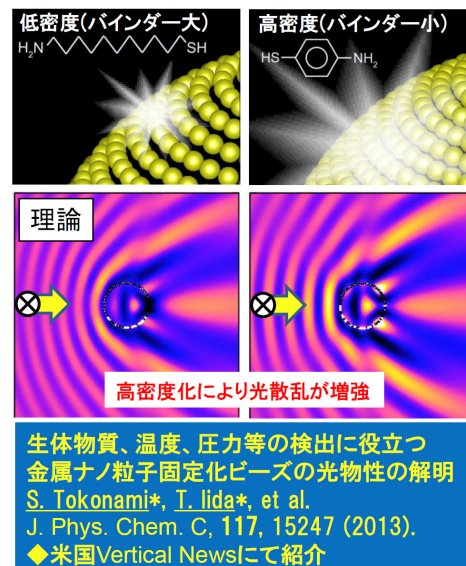
### 3. 研究の方法

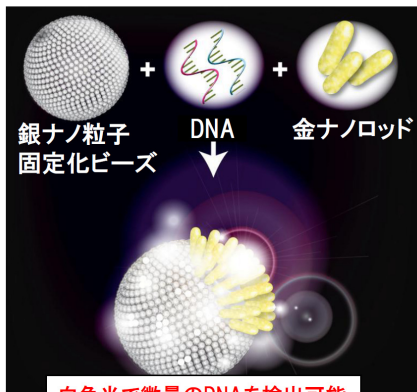
金ナノロッドと金ナノ粒子固定化ビーズ

結合体を利用したバイオセンサ開発において、表面の金ナノ粒子密度の最適化が必須であるため、バインダー分子の種類を変えることで密度制御を試みた。用いるナノロッドも生体分子検出に最適な吸収波長を有するものを自作した。これら作製した構造体の光吸収特性を評価し、理論 G との連携によりナノ構造の光応答特性のデザインを行った。特に、生体分子修飾を金ナノ粒子固定化ビーズなどに施し、新規バイオセンサの原理解明も行った。理論解析に当たっては離散双極子近似(DDA)を基礎に、高密度かつ膨大な数の金属ナノ粒子の光応答を取り扱える新手法の開発を行い、光応答デザインを後方支援した。また、金属ナノ粒子固定化ビーズの光応答の変化を利用したナノ・マイクロ領域での新型の温度・圧力センサの開発も試みた。さらに、非線形光学応答に基づく低分子センサ開発のため、金属ナノ構造間に生じる増強電場制御を様々なバインダー分子を用いて試みた。

### 4. 研究成果

研究の初期段階では、金属ナノ粒子を集積固定した基板材料の構築とその最適化に取り組んだ。チオール分子をバインダーとして用い、直径数マイクロメートルの球状樹脂ビーズへの金もしくは銀ナノ粒子固定化法の確立を行った。センサ応用において高い再現性を得るためには、光学特性にばらつきのない金属ナノ粒子固定化ビーズの作製が必須である。そこで、ナノ粒子を固定化する際のチオール添加量を最適化することでビーズ上へ金属ナノ粒子を高密度かつ均一に固定することに成功した [S. Tokonami, et al., J. Electrochem. Soc., **158**, D1 (2011)]. 計測光学系として暗視野顕微鏡の適切なセットアップを行い、作製した粒子固定化ビーズの観察および光計測を実施したところ、ナノ粒子を固定した単一のビーズから強い散乱光が観察





白色光で微量のDNAを検出可能

DNAを介した異種金属ナノ構造の特異な光学的結合状態を利用したバイオセンサ  
 S. Tokonami\*, T. Iida\*, et al.  
 J. Phys. Chem. C, 118, 7235 (2014)  
 ◆米国Vertical Newsにて紹介

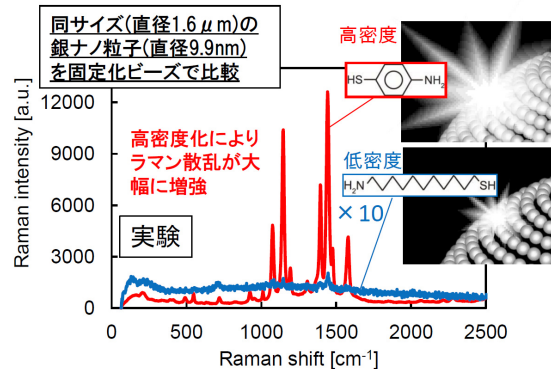
された。この光の散乱は金属ナノ粒子がビーズ表面に高密度固定されることで引き起こされた協力効果によると考えられる。

さらに、この協力効果の起源を明らかにするため、サイズが異なるチオール分子をバインダーとして用いた金属ナノ粒子固定化ビーズの光応答についても理論 G との連携により系統的に調べた。その結果、バインダー分子が小さく、金属ナノ粒子間の距離が小さな高密度な場合ほど光散乱スペクトルのブロード化と長波長シフトが顕著になり、ピーク強度も大きくなることが分かった。この現象は、個々の金属ナノ粒子中の局在表面プラズモンの誘起分極が光電磁場を介してお互いに相互作用することで強く光を放射する、「プラズモニック超放射」に由来することが理論解析で示され、高次の集団モードがその起源となっている可能性を示唆した[S. Tokonami, T. Iida et al., J. Phys. Chem. C **117**, 15247 (2013). 米国 VerticalNews でも紹介]。

これらの知見を受け、局在表面プラズモン (LSP) の協力現象を利用した線形・非線形の光バイオセンサ開発に関する研究を行った。まず線形の光バイオセンサに関する成果について述べる。非標識・高感度光駆動型バイオセンサ開発に向けて、異方的な形状のプローブ金属ナノ構造と球状基板としての金属ナノ粒子固定化ビーズとの間に被検出物質を捕捉した系の光応答特性を主に調べた。具体的には、基板としての銀ナノ粒子固定化ビーズおよびプローブとしての金ナノロッドに DNA を表面修飾し、これらの混合液にターゲット DNA を添加して光散乱スペクトルの変化を調べた。その結果、表面修飾した DNA と相補的な DNA をターゲットとして添加すると、近赤外域では光散乱が協力効果により増強し、逆に紫外域では減少することが分かった。EDX による組成分析もを行い、金ナノロッドがターゲット DNA を介して高密度に上

記基板粒子に固定化されていることを確認した。理論 G で開発したクラスター-DISC 法を用いた解析を行い、金ナノロッドの長軸方向の LSP の集団モードが近赤外域での増強の主な原因であり、一方で紫外域のインターバンド遷移が協力現象で強め合い銀ナノ粒子の LSP の集団モードと打ち消し合うことで紫外域での減少が生じる可能性を示した。また、ミスマッチ DNA 添加時にはほとんど変化が無いことから、異種 DNA の検出に成功したと考えられる。また、検出感度の理論限界を見積ったところ amol 以下の微量 DNA を白色光で検出できる可能性も分かった[S. Tokonami, T. Iida et al., J. Phys. Chem. C **118**, 7235 (2014); PCT/JP2011/078438, 米国 VerticalNews でも紹介]。

また非線形光学応答に関する成果の一例として、バインダー分子の長さを変えて作製した銀ナノ粒子固定化ビーズからのラマン散乱特性を調べた。結果として、分子サイズが小さな場合ほど強いラマン散乱が得られ、銀ナノ粒子間にナノギャップが形成されて局在光電場の顕著な増強が起こっている可能性を明らかにした[S. Tokonami, T. Iida et al., Res. Chem. Intermed. **40**, 2337 (2014) (2014)]. 銀ナノ粒子間の距離が数 nm 程度になると 2~3 ケタほどの電場増強が起こることを理論的にも確認し、実験との整合性を確認した。また、同様の系で赤外光照射による熱凝固性物質の凝固反応も確認しており、もう一つの目標だったナノ・マイクロ空間での光検出型温度センサ開発のための重要な知見も得た[特願 2013-096817, 特願 2011-268900]。



銀ナノ粒子固定化ビーズ表面のナノギャップによる非線形光学応答の増強  
 S. Tokonami\*, T. Iida\*, et al.  
 Res. Chem. Intermed., **40**, 2337 (2014)

##### 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 11 件)

1) S. Tokonami, K. Nishida, S. Hidaka, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida  
 "DNA-mediated Anomalous Optical Coupling of

Heterogeneous Metallic Nanostructures"  
J.Phys.Chem.C, 査読有, **118**,7235-7241,(2014)  
DOI: 10.1021/jp501613b  
# 米国 VerticalNews で紹介  
2) S. Tokonami, K. Nishida, Y. Nishimura S. Hidaka, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida  
"Enhanced collective optical response of vast numbers of silver nanoparticles assembled on a microbead" Res. Chem. Intermed., 査読有, **40**, 2337-2346 (2014)  
査読有, DOI:10.1007/s11164-014-1610-0  
3) M.Tamura, S.Ito, S.Tokonami, T.Iida  
"Theory for optical assembling of anisotropic nanoparticles by tailored light fields under thermal fluctuations" Res. Chem. Intermed., 査読有, **40**, 2303-2313 (2014)  
査読有, DOI:10.1007/s11164-014-1607-8  
4) S. Ito, H. Yamauchi, S. Hidaka, M.Tamura, H. Hattori, T. Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, T. Itoh, H. Miyasaka, T. Iida  
"Selective Optical Assembly of Highly Uniform Nanoparticles by Doughnut-Shaped Beams" Sci. Rep. (NPG) 査読有, **3**, 3047,1-7,(2013)  
DOI:10.1038/srep03047  
# 日刊工業新聞, Yahoo!ニュース等で紹介  
5) S. Tokonami, S. Hidaka, K. Nishida, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida  
"Multipole Superradiance from Densely Assembled Metallic Nanoparticles" J. Phys. Chem. C, 査読有, **117** (29), 15247-15252, (2013) DOI:10.1021/jp4028244  
#米国 VerticalNews で紹介  
6) S. Tokonami, Y. Yamamoto, H. Shiigi, T. Nagaoka  
"Synthesis and Bioanalytical Applications of Specific-Shaped Metallic Nanostructure" Anal. Chim. Acta, 査読有, **716**, 76-91 (2012)  
DOI:10.1016/j.aca.2011.12.025  
7) S. Tokonami, S. Shirai, I. Ota, N. Shibutani, Y. Yamamoto, H. Shiigi, T. Nagaoka  
"Electrical and Thermal Properties of Conducting Microbead Prepared by Green Electroless Plating Method Using Gold Nanoparticles" J. Electrochem. Soc., 査読有, **158**, D1-D5(2011)  
DOI:10.1149/2.022112jes

他 4 件

[学会発表] (計 50 件)

- 1) 田村守, 伊都将司, 床波志保, 飯田琢也  
「光誘起力ナノ・メトロポリス法による銀ナノ粒子の選択的光集合効果の理論解析」  
日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 30 日, 東海大学湘南キャンパス
- 2) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 服部祐徳, 濱田大地, 西田敬亮, 床波志保, 伊藤民武, 山内宏昭, 宮坂博, 伊都将司  
「揺らぎの下でのナノ光アセンブリングの理論」第 61 年応用物理学会春季大会, 2014 年 3 月 17 日, 青山学院大学

- 3) 西村勇姿, 西田敬亮, 日高慎平, 山本陽二郎, 伊都将司, 床波志保, 飯田琢也  
「プラズモニック発熱効果による微量生体物質検出法の開拓」  
第 61 年応用物理学会春季大会, 2014 年 3 月 17 日, 青山学院大学
- 4) K. Nishida, S. Hidaka, T. Iida, Y. Yamamoto, H. Nakao, S. Tokonami  
"Optical Property of Vast Numbers of Metallic Nanoparticles on a Microbead"  
The First OPU-TKU International Symposium, 2013 年 11 月 19 日, Osaka, Japan
- 5) 西田敬亮, 床波志保  
「粒子間距離を制御した金属ナノ粒子集積構造体の光散乱特性評価」  
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, 東北大学
- 6) 西村勇姿, 西田敬亮, 日高慎平, 山本陽二郎, 伊都将司, 床波志保, 飯田琢也  
「光誘起力と光発熱効果による金属ナノ粒子固定化ビーズの巨視的集積化」  
2013 年日本物理学会秋次大会,  
2013 年 9 月 27 日, 徳島大学
- 7) 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」, 日本分析化学会第 62 年会, 2013 年 9 月 10 日, 近畿大学 (招待講演).
- 8) 西田敬亮, 山本 陽二郎, 中尾秀信, 日高慎平, 飯田琢也, 床波志保  
「金属ナノ粒子集積構造体の光学特性評価」  
日本分析化学会第 62 年会,  
2013 年 9 月 10 日, 近畿大学
- 9) K. Nishida, S. Hidaka, T. Iida, Y. Yamamoto, H. Nakao, S. Tokonami  
"Immobilization of Vast Numbers of Metallic Nanoparticles on a Microbead and Its Optical Property"  
JASIS Conference 2013, 2013 年 9 月 5 日,  
幕張メッセ
- 10) Y. Nishimura, K. Nishida, S. Hidaka, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida  
"Photothermal assembling of metallic-nanoparticle-fixed bead for detecting biological analytes"  
ASIANALYSIS XII, 2013 年 8 月 22 日,  
九州大学
- 11) 飯田琢也, 西村勇姿, 西田敬亮, 日高慎平, 山本陽二郎, 伊都将司, 床波志保  
「金属ナノ粒子集積構造によるフォトサーマル・バイオセンサの創成」  
第 3 回光科学異分野横断萌芽研究会,  
2013 年 8 月 8 日, 強羅静雲荘
- 12) K. Nishida, S. Hidaka, T. Iida, Y. Yamamoto, H. Nakao, S. Tokonami  
"Optical Property of Densely Fixed Metallic Nanoparticles on a Microbead"  
JSAMA2013, 2013 年 8 月 2 日, Shanghai



13) 床波志保, 「一瞬の喜びを求めて」, 日本分析化学会近畿支部第7回夏季セミナー 2013年8月2日, 花王株式会社 有田研修所 (招待講演)

14) 飯田琢也, 床波志保, 「光と揺らぎによるプラズモニック材料の動的制御とセンサ応用への展開」、ナノフォトニクスシンポジウム「ナノフォトニクスにおける複雑性・多様性と機能」、2013年7月17日、慶応義塾大学 (招待講演)

15) 西田敬亮, 山本陽二郎, 中尾秀信, 日高慎平, 飯田琢也, 床波志保,

「粒子間ギャップを制御したナノ構造体の作製と光学特性評価」

第73回分析化学討論会,

2013年5月19日,

北海道大学函館キャンパス

16) 西村勇姿, 西田敬亮, 日高慎平, 山本陽二郎, 伊都将司, 床波志保, 飯田琢也,

「光による金属ナノ粒子固定化ビーズの巨視的集積化と分析応用」

第73回分析化学討論会,

2013年5月18日,

北海道大学函館キャンパス

17) 床波志保

「金ナノ粒子の自己組織化を利用した集積法の開発と分析化学的応用」

関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団 助成研究発表会,

2013年4月4日,大阪(招待講演)

18) 飯田琢也, 日高慎平, 西田敬亮, 山本陽二郎, 床波志保

「クラスターDDA法による異種金属ナノ集積構造の光応答解析」

日本物理学会第68回年次大会,

2013年3月27日,広島大学

19) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 西田敬亮, 床波志保,

「生体分子を模倣した新奇ナノ光選別技術とプラズモニック分析科学への展開」、レーザー学会関西支部第3回研究会「先端光計測技術」, 2012年11月30日, 島津製作所京都三条工場 (招待講演)

20) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 西田敬亮, 床波志保,

「揺らぎを利用した新奇ナノ光選別技術とプラズモニック・センサーの原理開拓」, 先端物質科学研究所セミナー, 2012年11月14日, 九州大学 (招待講演)

21) 西田敬亮, 床波志保

「金属ナノ粒子集積構造体の光散乱特性に基づくバイオ分析技術の開発」

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, 名古屋

22) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 西田敬亮, 床波志保,

「揺らぎの下でのプラズモニックナノ複合材料の光応答理論と新奇分析技術

への展開」第3回異分野融合先端研究コア(RCIS)研究セミナー, 2012年10月5日, 岡山大学異分野融合先端研究コア (招待講演)

23) 西田敬亮, 飯田琢也, 山本陽二郎, 中尾秀信, 床波志保

「金属ナノ粒子集積構造体の光学特性に基づくバイオ分析技術の開発」

日本分析化学会第61年会,

2012年9月19日, 金沢大学

24) S. Hidaka, Y. Yamamoto, S. Tokonami, T. Iida,

"Theoretical Analysis of Enhanced Optical Response from High Density Metallic Nanoparticles Assembled on a Microsphere"

The JSAMA2012, 2012年9月10日,

大阪府立大学

25) T. Iida, S. Hidaka, Y. Yamamoto, S. Tokonami

"Analysis of Enhanced Light Scattering from High Density Assembly of Gold Nanoparticles Fixed on Spherical Surface"

GOLD2012, 2012年9月6日,東京

26) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 西田敬亮, 床波志保

「揺らぎの下での金属ナノ粒子集合系の光応答理論と分析化学応用」

第2回光科学異分野横断萌芽研究会,

2012年8月7日,

岡崎コンファレンスセンター(招待講演)

27) 床波志保, 中土井祐, 西田敬亮, 椎木 弘, 長岡 勉, 日高慎平, 飯田琢也

「金属ナノ粒子集積化技術とバイオ分析」

第2回光科学異分野横断萌芽研究会,

2012年8月7日,

岡崎コンファレンスセンター(招待講演)

28) S. Hidaka, Y. Yamamoto, S. Tokonami, T. Iida

"Theory for Light-induced Cooperative Effect of Localized Surface Plasmon in High Density Shell-type Aggregate of Metallic Nanoparticles"

EXCON 2012, 2012年7月3日,

Groningen, Netherland

29) 西田敬亮, 床波志保, 飯田琢也, 山本陽二郎, 椎木弘, 長岡勉

「金属ナノ粒子集積構造体の作製とバイオ分析への応用」第72回分析化学討論会,

2012年5月20日, 鹿児島大学

30) 日高慎平, 西田敬亮, 山本陽二郎, 床波志保, 飯田琢也

「クラスターDDA法による金属ナノ粒子固定化ビーズとナノロッド結合系の光応答解析」第72回分析化学討論会

2012年5月20日, 鹿児島大学

31) 日高慎平, 濱田大地, 山本陽二郎, 床波志保, 飯田琢也

「金属ナノ粒子固定化ビーズの3次元モデルによる光応答解析」

日本分析化学会第 60 年会,  
2011 年 9 月 14 日, 名古屋大学  
他 19 件

[図書] (計 4 件)

1) 床波志保, 日高慎平, 西田敬亮, 山本陽二郎, 中尾秀信, 飯田琢也  
技術情報協会, 「金ナノ粒子固定化技術とセンサ応用」バイオセンサの先端科学技術と新製品への応用開発 第 4 章: 各固定化技術での製品高機能化と開発上の問題点の解決策 (2014) 総ページ数: 7.

2) 床波志保, 椎木弘, 長岡勉,  
シーエムシー出版「金属ナノ・マイクロ粒子の最新技術と応用」一応用編一第 4 章 1 金ナノ粒子間ナノギャップを利用した DNA 検出 (2013)

総ページ数: 7 (pp.218-224).

3) 飯田琢也, 田村守, 日高慎平, 床波志保  
シーエムシー出版「金属ナノ・マイクロ粒子の最新技術と応用」一基礎編一第 4 章 1 光誘起力ナノ動力学法と金属ナノ粒子集積系の光応答理論 (2013)

総ページ数: 10 (pp.102-111).

4) 飯田琢也, 床波志保, 「高密度金属ナノ粒子集積系の光機能デザイン-異分野融合による 21 世紀の持続可能社会の構築へ-」, 未来材料, 2013, **13** (1), 総ページ数: 3 (pp.58-60).

[産業財産権]

○出願状況 (計 5 件)

1) 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, 番号: 特願 2013-114312

出願年月日: 2013 年 5 月 30 日

国内外の別: 国内

2) 名称: 光熱変換素子およびその製造方法、  
光熱発電装置ならびに被検出物質の  
検出方法

発明者: 飯田琢也, 床波志保, 小菅厚子、  
山本陽二郎

権利者: 大阪府立大学

種類: 特許, 番号: 特願 2013-096817

出願年月日: 2013 年 5 月 2 日

国内外の別: 国内

3) 名称: 光熱変換素子およびその製造方法なら  
びに光熱発電装置

発明者: 飯田琢也, 山本陽二郎, 床波志保,  
小菅厚子

権利者: 大阪府立大学

種類: 特許, 番号: 特願 2012-109651

出願年月日: 平成 24 年 5 月 11 日

国内外の別: 国内

4) 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: 特願 2011-268900

出願年月日: 2011 年 12 月 8 日

国内外の別: 国内

5) 名称: 金属ナノ粒子集積構造体を利用した  
被検出物質の検出装置および方法

発明者: 床波志保, 飯田琢也, 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: PCT/JP2011/078438

出願年月日: 2011 年 12 月 8 日

国内外の別: 国外

[その他]

○メディア発表、プレスリリース(計 5 件)

1) Yahoo!ニュース, 「金属ナノ粒子の水溶液  
から均一な粒子だけを操作することに成  
功」, 2013 年 10 月 30 日(水).

2) 大阪府立大学、大阪大学共同プレスリリ  
ース, 「ドーナツビームと揺らぎの効果でナ  
ノ粒子の高均一化と配列に成功—医薬品  
の分離抽出、光エネルギー変換の革新に期  
待—」, 2013 年 10 月 25 日.

3) VerticalNews, “Researchers Submit Patent  
Application, “Device and Method Utilizing a  
Metallic Nanoparticle Assembly Structure for  
Detecting a Target Substance”, for Approval”,  
2013 年 10 月 14 日(月).

4) VerticalNews, “New Nanoparticles Findings  
from National Institute for Materials Science  
Discussed”, 2013 年 9 月 30 日(月).

5) 日経産業新聞『先端人「一瞬の喜び」糧に  
研究』2012 年 4 月 5 日

ホームページ等

[http://www.nanosq.21c.osakafu-u.ac.jp/ttsl/s\\_tokonami.html](http://www.nanosq.21c.osakafu-u.ac.jp/ttsl/s_tokonami.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

床波 志保 (TOKONAMI, Shihō)

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

飯田 琢也 (IIDA, Takuya)

大阪府立大学・21 世紀科学研究機構・講師  
研究者番号: 10405350

(3) 連携研究者

なし