

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26610089

研究課題名(和文) フォトサーマル・フルイディクスの原理開拓とナノバイオ応用

研究課題名(英文) Development of Principle for Photothermal Fluidics and Nano-bio application

研究代表者

飯田 琢也 (Iida, Takuya)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10405350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：ナノ粒子集合系内部の電子励起状態の集団モードの特性を光発熱効果を通じて「マクロな流れ」に変換するための原理解明とナノバイオ分野への応用を目指した。球殻状金属ナノ粒子集積構造体の分散液に卵白と卵黄それぞれの希釈分散液を添加してレーザー照射することで、構造体中の局在表面プラズモンの協力効果で増強した光発熱効果により、含まれるタンパク質を熱凝固して迅速に検出できる可能性を示した。特に、各試料中の成分に依存してバブル発生や熱凝固に要する時間も異なることを示した。また、金ナノ粒子を内包した有機ナノカプセルの分散液にレーザーを照射することで、狙った場所に高密度集積するための条件も明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We have tried to clarify a principle to convert the characteristics of collective modes of electronic excited states in a nanoparticle-assembled system into "macroscopic flow" via photothermal effect, and aimed at the application to nano-bioscience. When each dispersion liquid of diluted egg white or egg yolk was added into the dispersion liquid of spherical-shell type metallic nanoparticle-assembled structures, laser was irradiated with each mixture and included proteins were detected via thermal solidification due to enhanced photothermal effect arising from collective effect of localized surface plasmon therein. Particularly, the required time for bubble generation and thermal solidification was different depending on the component in each sample. Also, we have clarified the condition for the assembling organic nanocapsules including gold nanoparticles into the aimed position in their dispersion liquid by laser irradiation.

研究分野：光物性物理

キーワード：光物性 表面・界面物性 流体工学 分析科学 薬学

1. 研究開始当初の背景

近年、加工食品中のアレルギー物質等の微量検査のためのバイオセンサー開発や、患部への選択的薬剤投与のためのドラッグデリバリーシステム(DDS)の開発は、一般市民の安全・安心の確保や、予防医療・前臨床試験などへの応用が期待され、現在も多数の研究者が果敢に取り組んでいる重要課題である。本課題では、これらの応用に新たな選択肢を与えるため、光により非接触・非破壊に被検出物質を観測部位に集積したり、薬剤を狙った場所に集積化するための原理開拓に注目した。

代表者の飯田らは、光誘起力で多数の金属ナノ粒子を高密度に配列すると局在表面プラズモン(LSP)の協効効果で輻射緩和率が配列粒子数に比例増大し、光応答スペクトルが大幅にブロード化する「プラズモニック超放射」を動的に制御できる可能性を独自の「光誘起力ナノ動力学法(LNDM)」を駆使した理論的アプローチにより示してきた[T.Iida*, JPC-Lett 2012]。また、分担者の床波 G との共同研究により、金属ナノ粒子を有機ビーズ表面に高密度集積した球殻状の「プラズモニック・メソ構造」を対象として、上記理論と対応して紫外・可視光全域をカバーする非常にブロードな光学スペクトルの観測にも成功し[S.Tokonami*, T.Iida*, et al. JPCC 2013]、児島 G との共同研究により、ナノカプセル中に生成した金属ナノ粒子の光発熱効果についても報告していた[C. Kojima, T. Iida*, et al. 2011]。これらの実績に加え、数秒～数十秒間、赤外レーザーを照射するだけでサブ mm オーダーの光誘起バブルを生成し、表面への微小物体の集積化や微量のタンパク質を内包する基礎実験にも成功していた[特願 2013-096817]。これらの予備的成果から、光誘起バブルの生成機構を解明して生体分子検出や薬剤搬送カプセルの作製などのバイオ応用に展開する本計画の着想に至った。

2. 研究の目的

流体中に分散したナノ粒子集合系内部の電子励起状態の集団モードの特性を、光発熱効果を通じて「マクロな流れ」や「光誘起バブル」に変換する原理を解明することが目的である。さらに、これらの粒子集団や混合した微小物質を効率良く集積化するための条件を探索することや、生体関連物質の分析法開発や、DDS 等のバイオ応用の可能性を探ることも重要課題である。

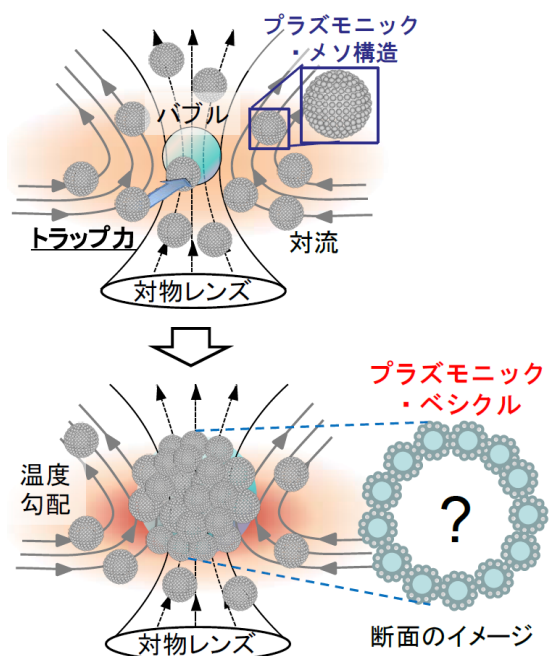
3. 研究の方法

前記目的の達成を目指し、LSP の集団モード励起下で生じる対流や、光誘起バブルの発生機構の解明に、顕微鏡下での「その場」分光的手法を駆使して挑み、プラズモニック・メソ構造の巨視的集積化の最適条件の探索も行った。さらに、タンパク質を混合した分

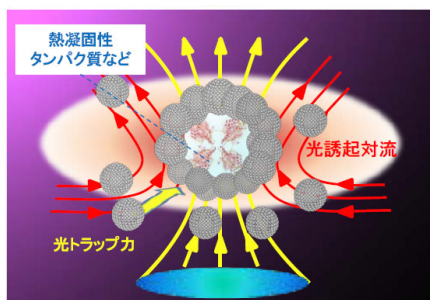
散液中でのベシクル状構造の形成過程における熱凝固反応を利用した新規バイオセンシングの原理開拓を行うため実サンプルを用いた検討も行った。さらに、DDS 用に開発された有機高分子から成るナノカプセルにおける金ナノ粒子の内包の有無による光誘起集積化現象の解明にも取り組んだ。

4. 研究成果

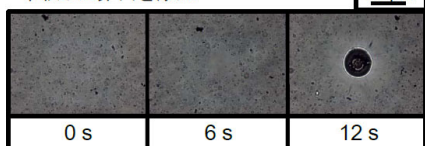
これまでの予備的実験の成果を発展させ、常温水中に分散した球殻状銀ナノ粒子集積構造体にレーザーを照射した際に光誘起力でトラップされた構造体を核としてサブ mm オーダーの巨視的なバブルと激しい対流が発生することを詳細な観察により明らかにした。特に、この取組により、フラクタル状の銀ナノ粒子の集積構造体である「プラズモニック・ベシクル」(下記概念図)の形成可能性を示唆し、熱力学的理論を援用してバブルの生成過程を解析し、初期の膨張過程では分散媒である水が蒸発して水蒸気となりサイズ増大に寄与した可能性が高いことを示した。さらに、球殻状銀ナノ粒子集積構造体の濃度を変えて、卵白の主成分であるアルブミンを添加した実験も行い、高濃度の場合の方が早くレーザースポット近傍で熱凝固が起こり、数秒程度で pg オーダーの微量検出ができる可能性を示唆した[米国化学会 JPCC 2014 に掲載]。



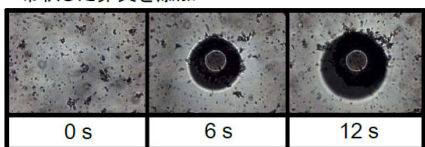
この成果に基づき、生体分子検出の課題に関して、実サンプルを用いた実験結果の吟味も行った(次頁 1 つ目の図)。具体的には、アルブミンを主成分とする卵白と、リポビテリンを主成分とする卵黄を希釈した分散液に球殻状銀ナノ粒子集積構造体を導入してレー



希釈した卵白を添加 25 μ m



希釈した卵黄を添加

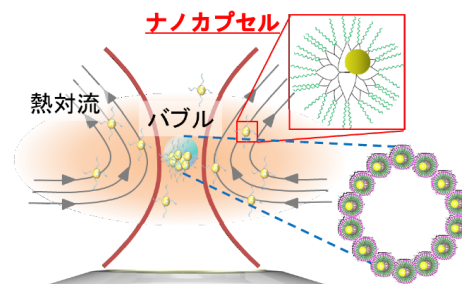


卵由来タンパク質の光発熱集合による検出
 Y. Nishimura, S. Tokonami*, T. Iida*, et al.,
 J. Phys. Chem. C 118, 18799 (2014);
 ケミカルエンジニアリング, 60(10), 52 (2015)

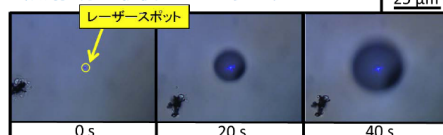
レーザー照射することで、マイクロ領域であっても卵黄の方が早く熱凝固することを示した。これは、熱応答特性の違いによって生体物質の種類の違いを検出できる可能性を期待させる成果である。

さらに、水中に分散した球殻状銀ナノ粒子集積構造体にレーザー照射をすることでマクロな光誘起バブルが発生することは初年度に明らかにしていたが、その寿命が条件によっては30分以上に及ぶことも明らかにした[2016年3月の応用物理学会で発表]。また、集積構造体の濃度によって、その安定性が変化することも分かった。これは本研究の重要コンセプトの一つでもある「プラズモニク・ベシクル」の安定化に向けた大きな前進であると考えている。

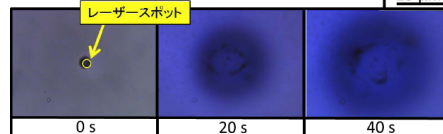
さらに、金ナノ粒子を内包した有機高分子から成るナノカプセルの分散液にレーザー照射することで、狙った場所への高密度集積にも成功し、光集積型のドラッグ・デリバリーシステム(DDS)に適用できる可能性を明らかにした[特願: 2016-113754、**右上図参照**]。さらに、ポルフィリン系の分子を有機溶媒に分散した液滴を光吸収性基板上に滴下してレーザー照射した場合に、光誘起バブルの周囲に数十 μ m以上の大きさのマクロな結晶構造が形成して放射状に配列することも明らかにし、照射前に比べて光学的特性が明瞭に変化することも分かった[Pacificchem 2015で発表]。この他、同様の光吸収性基板上に μ mオーダーの構造体をレーザー照射により集積化できることも明らかにし、金属ナノ粒子とマイクロ粒子の混合系の光集積化のた



熱変性しない分子で修飾
 (照射7分38秒後にバブル発生) 25 μ m



熱変性する分子で修飾
 (照射とほぼ同時にバブル発生) 25 μ m



ナノカプセル(金ナノ粒子内包 dendrimer)を光で集積
 特許: 飯田、床波、児島、西村、特願2016-113754

めの初歩的知見も得た[米国光学学会 Opt. Mater. Exp. 2016, PCT/JP2015/063364、特願 2014-097055]。さらに、球殻状金ナノ粒子集積構造体を高密度集積した薄膜に白色光をデフォーカスした状態で照射した場合に数分で 70°C近くまで温度上昇する条件があることも明らかにし、光吸収性基板による光発熱集合の高効率化に繋がる知見も得た[英国王立化学会 Nanoscale 2015 に掲載]。

これらの成果は、本課題の主題でもあるフォトサーマルフルイディクスの新分野開拓に繋がる多数の重要な知見を与えるものであり、バイオ分析や DDS、化学合成など広範な分野への応用可能性と多大な波及効果を期待させるものである。

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 8 件)

- [1] 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), 査読有
DOI: 10.1364/OME.6.001280
- [2] 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 Thermoelectric Conversion", Nanoscale; 7, 7580-7584 (2015), 査読有

DOI: 10.1039/C5NR00943J

- [3] D. Fukushima, U. H. Sk, Y. Sakamoto, I. Nakase, C. Kojima*, "Dual stimuli-sensitive dendrimers: photothermogenic gold nanoparticle-loaded thermo-responsive elastin-mimetic dendrimers", *Colloid Surf. B-Biointerfaces*, 132, 155-160 (2015), 査読有 DOI: 10.1016/j.colsurfb.2015.05.012
- [4] 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), pp.52-58. (2015), 査読無
- [5] 床波志保*、飯田琢也、椎木弘、長岡勉、「Detection of Biomaterials and Bacteria Using Functionalized Nano-and Micro-Spaces」/「機能性ナノ・マイクロ空間を利用したバイオ関連物質および細菌検出」、*BUNSEKI KAGAKU / 分析化学 総合論文*, Vol.64, No.10, pp.727-736 (2015), 査読有 DOI: 10.2116/bunsekikagaku.64.727
- [6] 飯田琢也、田村守、西村勇姿、床波志保、「光誘起力と非平衡過程によるナノ物質の集合制御とバイオ応用」、*一般社団法人電気学会、光・量子デバイス研究会誌、OQD-14-044*, p.15-18 (2014), 査読無
- [7] Y. Nishimura, K. Nishida, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami*, and T. Iida*, "Control of Submillimeter Phase Transition by Collective Photothermal Effect", *The Journal of Physical Chemistry C*; Vol. 118, No. 32, 18799-18804 (2014), 査読有
- [8] Shinya Okamoto, Kazuhiro Inaba, T. Iida, Hajime Ishihara, Satoshi Ichikawa, Masaaki Ashida*, "Fabrication of single-crystalline microspheres with high sphericity from anisotropic materials", *Scientific Reports (Nature Publishing Group) Vol. 4*, 5186(1-4) (2014), 査読有

[学会発表] (計 38 件)

- [1] 山本靖之、清水恵美、西村勇姿、床波志保、飯田琢也、「光発熱集合効果を用いた高速細菌数測定法の原理構築」、第 63 回応用物理学会春季学術講演会、2016/3/19-22、東京工業大学大岡山キャンパス、東京都目黒区。
- [2] 上田一輝、西村勇姿、山本陽二郎、床波志保、飯田琢也、「光発熱効果により生成されたプラズモニック・バブルの安定性評価」、第 63 回応用物理学会春季学術講演会、2016/3/19-22、東京工業大学大岡山キャンパス、東京都目黒区。
- [3] T. Iida, S. Tokonami, S. Ito, "Laser-induced Assembling of Nanomaterials and Biomaterials", *BIT's 2nd Annual World Congress of Smart Materials-2016 (WCSM2016)*, 2016/3/4-6, Grand Copthorne Waterfront Hotel, Singapore,

Singapore. 《招待講演》

- [4] Y. Nishimura, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida, "Control of photothermal effect in metallic nanoparticle-assembled system for detecting biochemical substances", *The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem2015)*, 2015/12/15-20, The Sheraton Waikiki Hotel Honolulu, Hawaii, USA.
- [5] Y. Yamamoto, Y. Nishimura, Takayuki Tanaka, Hideaki Yorimitsu, Atsuhiko Osuka, S. Tokonami, T. Iida, "Photothermal assembling of porphyrin dimers", *The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015(Pacifichem2015)*, 2015/12/15-20, The Sheraton Waikiki Hotel Honolulu, Hawaii, USA.
- [6] 宮井萌、西村勇姿、床波志保、飯田琢也、「金ナノ粒子-マイクロ粒子混合系におけるレーザー光誘起集合化」、第 26 回光物性研究会、2015/12/11-12, 神戸大学百年記念会館, 兵庫県神戸市。
- [7] Moe Miyai, Y. Yamamoto, Y. Nishimura, S. Tokonami, T. Iida, "Optical Assembling of Light-Absorbing Nanoparticles and Microparticles", *28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2015)*, 2015/11/10-13, Toyama International Conference Center, Toyama, Japan.
- [8] T. Iida, Y. Nishimura, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, "Collective photothermal effect of high-density metal nanoparticles for detection of allergen proteins", *Innovations in Food Packaging, Shelf Life and Food Safety*, 2015/9/15-17, Stadthalle Erding Centre, Munich, Germany.
- [9] T. Yoshikawa, M. Tamura, N. D. Vy, S. Tokonami, T. Iida, "Modulated Extraordinary Optical Transmission by Random Metallic Nano-spikes and Trapping Effect", *The 10th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNFO10)*, 2015/7/7-10, Hakodate Research Center for Fisheries and Oceans, Hakodate, Hokkaido, Japan.
- [10] Y. Yamamoto, Y. Nishimura, S. Tokonami, T. Iida, "Assembling of heterogeneous microparticles by photothermal effect of metallic nano-film", *The 10th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNFO10)*, 2015/7/7-10, Hakodate Research Center for Fisheries and Oceans, Hakodate, Hokkaido, Japan.
- [11] 山本靖之、清水恵美、西村勇姿、床波志保、飯田琢也、「バクテリアの場所選択的光集積の原理開拓」、第 75 回分析化学討論会、2015/5/23-24、山梨大学甲府キャンパス、山梨県甲府市。
- [12] 宮井萌、山本靖之、西村勇姿、床波志保、飯田琢也、「金属ナノ粒子-マイクロ粒子混合系における高速光集積現象と分析応用」、第 75 回分析化学討論会、2015/5/23-24、山梨大学甲府キャンパス、山梨県甲府市。
- [13] T. Iida, M. Tamura, Y. Nishimura, S. Tokonami, "Optical Response of Nonequilibrium Nanosystem

- with Biomaterials", 11th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (Excon2015), 2015/5/18-22, Polytechnique Montreal, Montreal, Canada. 《招待講演》
- [14] C. Kojima, "Preparation of Artificial Temperature-sensitive Proteins Based on Dendrimer and Their Biomedical Application" 2015 Spring Meeting of the Polymer Society, 2015/4/8-10, Daejeon, Korea. 《招待講演》
- [15] 飯田琢也, 床波志保, 伊都将司, 「ナノ環境における揺らぎの下での光誘起ダイナミクスの理論と応用」 2015年 第62回応用物理学会春季学術講演会、『3 光・フォトン シンポジウム: 散逸ゆらぎ制御ナノ電子フォトン系の理論とデバイス構築』, 2015/3/11-14, 東海大学湘南キャンパス, 神奈川県平塚市. 《招待講演》
- [16] 飯田琢也, 山本靖之, 「フォトサーマルアセンブリの含窒素平面分子の高密度集積化への展開」, π 電子系分子の化学と物理 分野融合セミナー, 2015/2/19, 京都大学理学研究科 6号館, 京都市左京区. 《招待講演》
- [17] 飯田琢也, 田村守, 西村勇姿, 床波志保, 「光集合効果によるバイオマテリアルの高感度検出法の開拓」, 応用物理学会・量子エレクトロニクス研究会「バイオ・メディカルフォトンクス II～量子エレクトロニクスはいかに医生物学に貢献できるか～」, 2014/12/19-21, 上智大学軽井沢セミナーハウス, 長野県北佐久郡軽井沢町. 《招待講演》
- [18] T. Iida, S. Tokonami, "Light-induced Dynamics and Anomalous Optical Coupling of Plasmonic Nanostructures with Biomaterials", OPU-FZU Joint International Symposium on Photocatalysis, Photo-Functional Materials and Nano-Science & Technology, 2014/12/4-5, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, Japan. 《招待講演》
- [19] M. Tamura, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida, "Theoretical Analysis of Selective Optical Assembling Based on Light-induced-force Nano Metropolis Method", P01, International Symposium on Recent Progress of Photonic Devices and Materials, 2014/11/13-14, Kobe University, Kobe, Japan.
- [20] T. Yoshikawa, M. Tamura, N. D. Vy, S. Tokonami, T. Iida, "Control of Optical Response of Nano-hole Array with Random Plasmonic Structure and Biological Application", International Symposium on Recent Progress of Photonic Devices and Materials, 2014/11/13-14, Kobe University, Kobe, Japan.
- [21] Y. Yamamoto, Y. Nishimura, S. Tokonami, T. Iida, "Development of Local Optical Fabrication Method for Photonic Structure with Heterogeneous Microparticles", P11, International Symposium on Recent Progress of Photonic Devices and Materials, 2014/11/13-14, Kobe University, Kobe, Japan.
- [22] 飯田琢也, 床波志保, 「金属ナノ構造と生体物質複合系の光誘起ダイナミクス」, 応用物理学会関西支部平成 26 年度第 2 回講演会「シミュレーションが先導するエレクトロニクス・フォトンクス研究～関西発イノベーションと若手からの発信～」, 2014/11/1 日, 神戸大学瀧川記念学術記念交流会館, 兵庫県神戸市. 《招待講演》
- [23] 飯田琢也, 田村守, 西村勇姿, 床波志保, 「光誘起力と非平衡過程によるナノ物質の集合制御とバイオ応用」, 光・量子デバイス技術委員会 研究会平成 26 年度第 2 回「ナノサイエンスからナノバイオロジーへの発展機構の解明の糸口を探して」, 2014/10/7, 岡山理科大学, 岡山県岡山市. 《招待講演》
- [24] Y. Nishimura, K. Nishida, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida, "Control of Macroscopic Phase Transition by Collective Plasmonic Photothermal Effect for Biological Application", 2nd TKU-OPU & 4th TKU-ECUST-OPU-KIST International Symposium, 2014/9/25-27, Tamkang University, Tamsui, Taiwan.
- [25] 吉川貴康, 田村守, ヴィ ウエンドユイ, 西田敬亮, 床波志保, 飯田琢也, 「ランダムプラズモニク構造による異常透過の制御とバイオ応用」, 第 75 回応用物理学会秋季大会, 2014/9/17-20, 北海道大学札幌キャンパス, 北海道札幌市.
- [26] 山本靖之, 西村勇姿, 床波志保, 飯田琢也, 「レーザー照射による異種マイクロ粒子の局所的集積化」, 第 75 回応用物理学会秋季大会, 2014/9/17-20, 北海道大学札幌キャンパス, 北海道札幌市.
- [27] T. Iida, S. Ito, S. Tokonami, C. Kojima, "Biomimetic Optical Control of Nanomaterials under Light and Fluctuations", IUMRS-ICA 2014, 2014/8/24-30, Fukuoka University, Fukuoka, Japan. 《招待講演》
- [28] T. Iida, M. Tamura, Shimpei Hidaka, Hironori Hattori, Taichi Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, Tamitake Itoh, Hiroaki Yamauchi, Hiroshi Miyasaka, S. Ito, "Bio-inspired selective assembling of plasmonic nanoparticles under designed light and fluctuations", The 25th IUPAC Symposium on Photochemistry, 2014/7-13-18, The Congress Center, Bordeaux, France.
- [29] Y. Nishimura, K. Nishida, Shimpei Hidaka, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida, "Photothermal assembling of high density shell-type aggregate of plasmonic nanoparticles and biological application", P305, The 25th IUPAC Symposium on Photochemistry, 2014/7-13-18, The Congress Center, Bordeaux, France.

- [30] 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、「ドーナツビームと揺らぎによる金属ナノ粒子の高精度分離分析」、第 74 回分析化学討論会、2014/5/24-25、日本大学工学部郡山キャンパス、福島県郡山市。
- [31] 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、「金属ナノ粒子固定化ビーズの光発熱効果による微量生体物質の検出」、第 74 回分析化学討論会、2014/5/24-25、日本大学工学部郡山キャンパス、福島県郡山市。
- [32] 山本靖之、西村勇姿、床波志保、飯田琢也、「レーザー照射による異種微粒子の集積化と分析応用」、第 74 回分析化学討論会、2014/5/24-25、日本大学工学部郡山キャンパス、福島県郡山市。
- [33] 吉川貴康、田村守、西田敬亮、床波志保、飯田琢也、「ナノホールアレイ光センサにおける表面構造のデザイン」、第 74 回分析化学討論会、2014/5/24-25、日本大学工学部郡山キャンパス、福島県郡山市。
- [34] 飯田琢也、伊都将司、床波志保、児島千恵、「非平衡過程を利用した「生体模倣ナノ光エンジニアリング」の創成」、フォトニック材料学セミナー、2014/5/14、神戸大学、兵庫県神戸市。《招待講演》
- [35] T. Iida, M. Tamura, S. Hidaka, H. Hattori, T. Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, T. Itoh, H. Yamauhi, H. Miyasaka, S. Ito, "Theory for Bio-inspired Optical Manipulation under Fluctuations", Optical Manipulation Conference'14 OMC '14, 2014/4/22-25, Pacifico Yokohama, Kanagawa Prefecture, Japan.

他 3 件

〔図書〕(計 2 件)

- [1] T. Iida, S. Ito, S. Tokonami, C. Kojima, Springer-Verlag, Progress in Nanophotonics III, Gap.5: "Nano-optomechanics by tailored light fields under fluctuations", 2015, 208(167-202).
- [2] 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、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 6 節金ナノ粒子固定化技術とセンサ応用」、2014, 534(155-161).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 3 件)

- [1] 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、シャープ株式会社

種類：特許

番号：PCT/JP2015/063364

出願年月日：2015 年 5 月 8 日

国内外の別：国外

- [2] 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、ならびに被分離物質の分離装置

発明者：飯田琢也、床波志保

権利者：大阪府立大学、シャープ株式会社

種類：特許

番号：特願 2014-097055

出願年月日：2014 年 5 月 8 日

国内外の別：国内

- [3] 名称：ナノカプセルの高密度集積化法
発明者：飯田琢也、床波志保、児島千恵、西村勇姿

権利者：大阪府立大学

種類：特許

番号：特願 2016-113754

出願年月日：2016 年 6 月 7 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

生体光物理グループ

<http://www.p.s.osakafu-u.ac.jp/~T.Iida/>

「光」を「熱」に迅速・高効率に変換するフィルムの開発に成功

<http://www.osakafu-u.ac.jp/info/publicity/release/2015/pr20150414.html>

〈新聞・メディア発表〉

成果の一部 [Nanoscale; 7, 7580-7584 (2015)] が月刊「コンバーテック」(2016 年 2 月号)、月刊「Solvisto」(2015 年 5 月号)、日経産業新聞(2015 年 4 月 28 日)等で紹介された(他 5 件)。

〈受賞〉

若手講演ポスター賞、第 75 回分析化学討論会(2015 年 5 月、於：山梨大学甲府キャンパス) 受賞論文：「金属ナノ粒子・マイクロ粒子混合系における高速光集積現象と分析応用」
発表者：宮井萌、山本靖之、西村勇姿、床波志保、飯田琢也 [受賞者：宮井萌]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯田 琢也 (IIDA, Takuya)

大阪府立大学理学系研究科・准教授

研究者番号：10405350

(2) 研究分担者

床波 志保 (TOKONAMI, Shiho)

大阪府立大学工学研究科・准教授

研究者番号：60535491

児島 千恵 (KOJIMA, Chie)

大阪府立大学工学研究科・准教授

研究者番号：50405346