

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23550097

研究課題名(和文) 逆ミセルを活用する金ナノ粒子 - ポリアミドのナノ複合体形成と分光特性

研究課題名(英文) Formation of a gold nanoparticle-polyamide nanohybrid by using reverse micelles and its spectroscopic characterization

研究代表者

藤原 照文 (FUJIWARA, Terufumi)

広島大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80127703

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：水溶液及び逆ミセル溶液を用いて迅速に均一な金ナノ粒子を調製する方法を検討した。次に、フロー系を組み入れたその場顕微測定のための装置を開発し、そのフローセルのガラス窓板上に、吸着させた逆ミセルをマイクロ反応場として界面重合によりポリアミドのナノ構造体を生成させた。そのナノ構造体に金ナノ粒子を固定化してナノ複合体を簡便に形成させた。顕微散乱や顕微蛍光測定及び原子間力顕微鏡測定を行って、ポリアミド及び金ナノ粒子とのナノ複合体の生成を観測した。現在、そのナノ複合体を基にした新しいセンサーの開発のために、金ナノ粒子の分光特性に関する研究を進めている。

研究成果の概要(英文)：A rapid method for preparing uniform gold nanoparticles in aqueous and reversed micellar solutions has been first examined. Then, an instrument combined with a flow system was developed for in situ microscopic measurements. On glass surfaces of the flow cell, the nanostructure of polyamide was produced by the interfacial polymerization using reverse micelles adsorbed as microreactors. By immobilization of Au nanoparticles on the polyamide nanostructure, the Au-polyamide nanohybrid was formed simply. Light scattering and fluorescence microscopic measurements and atomic force microscope measurements were carried out to observe the formations of the polyamide nanostructure and the nanohybrid. For the purpose of development of novel sensors based on the Au-polyamide nanohybrid, work is now in progress on spectroscopic characterization of the nanohybrid.

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：逆ミセル 金ナノ粒子 顕微蛍光測定 顕微散乱法 界面固定化 ポリアミド ナノ複合体 吸着

1. 研究開始当初の背景

近年、ナノテクノロジーの著しい発展とともに、種々の異相界面など、ナノメートルサイズの微小領域を対象とする先端的な研究が急速に進められている。そのような特異な微小領域（界面場）を有する系の一つである逆ミセルを化学発光のナノ反応場として活用して、新規なフロー分析法を開発すると共に、そのナノ微小域の特異機能を明らかにしてきた。さらに、逆ミセルがシリカ表面に吸着することを見だし、その吸着界面場を界面重合のナノ反応場として使い、シリカゲル表面にポリアミドのナノ構造体の層を形成することに成功した。

一方、申請者らが報告した逆ミセル中での塩化金酸・ルミノール系化学発光反応をヒントに、金ナノ粒子の調製法が報告された。金ナノ粒子は、例えば、可視～近赤外域の光を照射した際に表面プラズモンが発生する。この特異な光現象は、近傍の光と共鳴する（Surface Plasmon Resonance: SPR）ことにより、局所的に増強した電場を誘起することが知られている。その分光特性を活用したセンサーは生体分子の検出などにおいて注目されている。しかし、金ナノ粒子をガラス基板などへ固定化する際に、凝集により微小粒子特有の光学特性が失われないようにすることが課題となる。ナノ粒子の固体基板への固定化条件についても未知の点が多いのが実状で、その固定化法に関しても多くの研究が行われている。申請者らは、金ナノ粒子が上記のように生成したポリアミドのナノ構造体に強固に結合することを見だし、逆ミセルの特性を活用してシリカ表面にナノ複合体を構築することを着想した。

2. 研究の目的

本研究課題においては、逆ミセルの特性を活用して、均一な金ナノ粒子をポリアミドのナノ構造体に化学的に界面固定化することによってシリカ表面にナノ複合体を形成させることを構想し、その金ナノ粒子の分光特性について究明して、分析への応用を図ることをめざし、以下のことを目的とした。

(1) 逆ミセルサイズを制御し、water pool 中の特異な反応活性を利用して、均一にサイズ制御した金ナノ粒子を簡便かつ迅速に調製するための最適条件、及びシリカ表面に形成したポリアミドのナノ構造体への金ナノ粒子の固定化の最適条件を確立し、そのナノ複合体の形成挙動を明らかにする。

(2) ナノ構造体への界面固定化における相互作用について解明するとともに、固定化した金ナノ粒子の分光特性について究明し、それらの結果をもとに、主としてセンシングとしての分析的応用の可能性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 逆ミセルを用いる金ナノ粒子の調製に関する検討：

逆ミセルを用いて均一な金ナノ粒子を迅速調製するための諸条件の最適化について検討する。逆ミセルを反応場として活用する場合に考慮する必要がある界面活性剤の種類と濃度、界面活性剤と水の濃度比、バルク有機相の組成等、種々のパラメータについて、均一なサイズの高純度金ナノ粒子を迅速に生成するための最適条件を確立する。生成した金ナノ粒子の粒径は、SPR に特徴的な吸収ピークを計測し、そのデータから決定する。

(2) シリカ表面に形成したポリアミドのナノ構造体への金ナノ粒子の固定化に関する検討：

まず、逆ミセルがシリカ表面に吸着するという特性を活用して、そのミセル中に生成した金ナノ粒子を、シリカ表面に形成させたポリアミドのナノ構造体へ固定化させ、それに伴う重量増加を、水晶振動子秤量法（QCM）を用いて調べ、界面固定化挙動を明らかにする。このとき、使用する水晶振動子の片側の金電極表面にシリコン薄膜を蒸着させ、加熱によってシリカ表面を作成する。また、本法による固定化の最適条件についても検討する。一方、シリカ微粒子表面に形成させたポリアミド層へ固定化した金ナノ粒子は、王水で溶解後、その吸着量を原子吸光度法により決定する。シリカ上のポリアミドについては、その生成量を熱重量測定により求める。また、可溶化能をもつ溶媒を用いて全て脱離し、GPC により分子量分布を測定する。水分量はクーロメトリー水分測定装置を用いて求める。

次に、石英板などの平板状の固体表面に形成させたポリアミド層へ金ナノ粒子を固定化する。その構造形成に関する情報を得るために AFM 測定を行い、固定化に伴うポリマー鎖の伸長などの構造変化を明らかにする。また金ナノ粒子の吸着量は上記と同様に原子吸光度法により決定する。

さらに、全内部反射・顕微散乱法を用いて、石英基板上に形成させたポリアミド層への金ナノ粒子の固定化挙動を可視化することにより、その固定化の過程を究明する。本手法には、図1の装置システムを用いる。直角

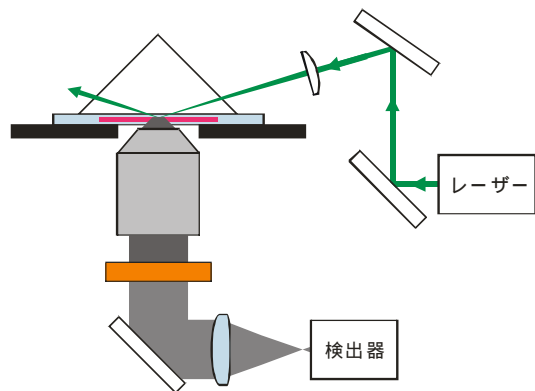


図1 全内部反射 - 顕微散乱測定装置

プリズムの底面にポリアミド層を形成させた石英基板を接着させ、その基板を自作した石英製の薄層セルの上面に設置し、レーザー光を全内部反射条件で照射し、セル内に注入した金ナノ粒子の付着に伴う散乱光像の変化を下から高倍率の対物レンズを用いて観察する。この方法を用いて金ナノ粒子の固定化挙動を可視化することにより、その固定化の過程を究明する。

(3) ガラス表面に形成した金ナノ粒子 ポリアミドのナノ複合体の表面プラズモン特性と散乱特性に関する検討：

まず、図1と類似の装置システムに自作のガラス製薄層フローセルを設置し、フローシステムを用いて、そのセルのガラス表面にポリアミド層を形成させた後、金ナノ粒子を固定化する。そのセル内に屈折率の異なる溶媒を注入して、その吸収スペクトル変化を調べ、固定化した金ナノ粒子の表面プラズモン特性について明らかにする。また、その金ナノ粒子による散乱光のスペクトルを測定し、散乱特性についても調べる。

次に、ガラス表面に形成した金ナノ粒子 ポリアミドのナノ複合体に蛍光分子をプローブとして吸着させ、図1と同様な装置システムを用いて、レーザー光を照射し、蛍光分光の特性を明らかにする。

さらに、逆ミセルを用いてシリカ表面上のポリアミドとナノ複合体を形成させた金ナノ粒子に、Eu()を錯形成により協同的に結合させ、散乱光のスペクトルを上記と同様に測定し、その散乱特性について究明する。さらに、その協同的結合による共鳴散乱増強効果について、アミノ酸分析への応用をめざす。また、金ナノ粒子の化学発光増幅効果について、フローセルあるいはその中に充填したガラスビーズの表面にポリアミドとのナノ複合体を形成させ、フローシステムを用いて究明するとともに、その増幅効果の結果をもとに高感度のフローインジェクション化学発光定量法の開発を行う。

上記において得られた光学特性に関する結果をもとに、ポリアミドのナノ構造体に固定化した金ナノ粒子のセンシングとしての応用の可能性について検討する。

4. 研究成果

(1) 金ナノ粒子の調製に関する検討：

まず、金ナノ粒子を迅速調製するための諸条件について、通常の水溶液系で塩化金酸をクエン酸ナトリウムで還元して合成する方法を用いて検討した。生成した金ナノ粒子の粒径は、SPRIに特徴的な吸収ピークを計測し、そのデータから決定した。また、チオール基を有するアミノ酸を添加することで金ナノ粒子が凝集することを吸収分光測定により確認した。さらに、光学顕微鏡を用いて、水溶液中に生成した金ナノ粒子の散乱光を観測し、その特徴について考察した。また、液液界面における還元反応による金ナノ粒子の生成挙動

に対する可視レーザー光照射の影響について *in situ* 顕微測定を行って検討し、主としてレーザー光照射が金(III)の還元反応を促進する機構について究明した。これらの検討結果は、以下の逆ミセル系を用いた金ナノ粒子調製法の研究を進めるにあたって有益な情報を与えた。

次に、逆ミセル系を用いて均一にサイズ制御した金ナノ粒子を簡便かつ迅速に調製するための最適条件に関して、逆ミセルを反応場として活用する場合に考慮する必要がある界面活性剤の種類と濃度、界面活性剤と水の濃度比、バルク有機相の組成等の条件を最適化した。その際、生成したナノ粒子の粒径は上記と同様にSPRIに特徴的な吸収ピークの計測データから決定した。さらに、金属ナノ粒子の純度を決定するためのICP-原子発光スペクトル分析法を開発し、銀ナノ粒子について混在する微量の不純物を直接定量する方法を確立した。この分析法は、金ナノ粒子へも適用できることを確認した。

(2) シリカ表面に形成したポリアミドのナノ構造体への金ナノ粒子の固定化に関する検討：

逆ミセル中に生成した金ナノ粒子を、シリカ表面に形成させたポリアミドのナノ構造体へ固定化させ、ナノ複合体を調製する方法の検討においては、まず、図1と同様な顕微測定システムにフロー系を組み入れた図2

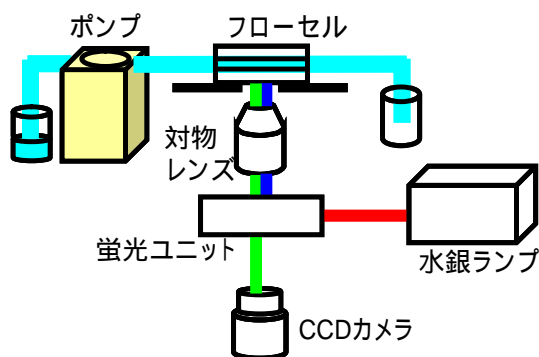


図2 フロー系を組み入れた顕微測定装置

の装置を開発し、セルのガラス窓板表面への逆ミセルの吸着挙動について、蛍光プローブとしてフルオレセインを用いて、顕微蛍光測定により計測した。

次に、その界面固定化挙動を明らかにするために水晶振動子秤量法による測定も行ったが、感度の点で問題があり、十分な情報は得られなかった。一方、図2のフロー系を組み入れた顕微測定システムにおいて、セルのガラス窓板が容易に脱着可能なフローセルを新たに設計・作製した。そのセルのガラス窓板表面へ逆ミセルを吸着させる方法を確立し、その吸着条件の最適化を行った。その最適条件を用いてガラス基板上にポリアミド層を形成させる方法について検討した。(i) 光学顕微鏡による位相差観察を行い、層形成を確認し

た。また、全反射吸収赤外分光法による測定を行って、それがポリアミドであるという確証を得た。(ii) そのポリアミドの末端基がアミノ基であることは、蛍光ラベル化剤を用いて明らかにした。(iii) 顕微散乱法を用いて、生成したポリアミドの量的情報を得る方法を確立した。そのポリアミドのナノ構造体の形状における特徴は、AFM測定を行って明らかにした。さらに、そのポリアミドに金ナノ粒子を固定化させ、ナノ複合体を調製した。その生成量に関する情報を顕微散乱法により得た。また、金ナノ粒子の固定化は図3のように目視でも確認できた。



図3 ガラス表面に形成された金ナノ粒子-ポリアミド複合体(赤色部分)

さらに、AFM測定を行い、金ナノ粒子の担持によるナノ構造体の高さの変化はほとんど起こらないことを明らかにした。この結果から、金ナノ粒子がポリアミド

層の中に埋め込まれた構造が形成されることが示唆され、金ナノ粒子は互いに接触することなく個々にポリアミドで包まれていると推測された。それゆえ、ポリアミドの種類や相互作用を制御することによって、光電場増強に最適化な粒子間ギャップを得ることが可能になると期待される。

(3) 今後、得られた金ナノ粒子-ポリアミド複合体の表面プラズモン特性や散乱特性などの分光特性に関する研究を進める。

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. Bunji Hashimoto, Hidehiro Daidoji, Hiroshi Uchihara, Kunihiro Iwasaki, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Determination of Trace Chlorine in Fine Ceramics by Icp-Aes Using Tungsten Boat Furnace Vaporizer and Exchangeable Sample Cuvette System as a Direct Solid Sampler, *Analytical Letters*, 査読有, 46巻, 2013, 1299-1305.
2. Satoshi Tsukahara, Tsuyoshi Tsuruta and Terufumi Fujiwara, Surface tension determination through measurements of resonance oscillation of a small surface using dielectric force by a localized alternating current electric field, *Analyst*, 査読有, 138巻, 2013, 2110-2117.
3. Tomoyuki Yamamoto, Yusuke Tsunemine, Fumio Hayakawa, Tamer H. A. Hasanin, Yasuaki Okamoto, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara,

Flow Chemiluminescence Determination of Antimony(III,V) Using a Rhodamine B-Cetyltrimethylammonium Chloride Reversed Micelle System Following Liquid-Liquid Extraction, *Analytical Sciences*, 査読有, 29巻, 2013, 73-77.

4. Satoshi Tsukahara, Yuji Matsumoto, Singo Urasaki, Masanori Muramatsu, Terufumi Fujiwara, Charge Simulation Method Calculation of the Inhomogeneous Electric Field near the Dodecane/Water Interface Generated by Two Needle Electrodes, *Solvent Extraction Research and Development, Japan*, 査読有, 19巻, 2012, 29-39.

5. Tetsuhiro Shinoda, Nobuyoshi Miyamoto, Tohru Kuromoto, Kazuaki Ito, Hisashi Morikawa, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Takeshi Hirokawa, Pyrohydrolysis Coupled to Ion Chromatography for Sensitive Determination of Iodine in Food-Related Materials, *Analytical Letters*, 査読有, 45巻, 2012, 862-871.

6. Tamer H. A. Hasanin, Yusuke Tsunemine, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Chemiluminescence from Oxidation Reaction of Rhodamine B with Cerium (IV) in a Reversed Micellar Medium of Cetyltrimethylammonium Chloride in 1-Hexanol-Cyclohexane/Water, *Analytical Sciences*, 査読有, 27巻, 2011, 297-304.

7. Satoshi Tsukahara, Kazuaki Mukai, Shota Watanabe, Terufumi Fujiwara, In Situ Fluorescence Microscopic Measurements of the Phase Transition Behavior of Dipalmitoyl Phosphatidylcholine Monolayers Prepared at Hydrocarbon/Water Interfaces, *Solvent Extraction Research and Development, Japan*, 査読有, 18巻, 2011, 149-158.

8. Satoshi Tsukahara, Yuichi Shishino, Terufumi Fujiwara, Microscope Measurements for the Transient Formation of W/O Emulsions of Sodium Bis(2-ethylhexyl) Sulfosuccinate in the Dodecane/Water Interfacial Region, 査読有, 27巻, 2011, 7392-7399.

〔学会発表〕(計 73件)

1. 山本智之, 石坂昌司, 岡本泰明, 藤原照文, オンライン抽出-逆ミセル系ローダミンB化学発光検出によるアンチモン(III,V)定量法の開発と応用, 平成26年度広島地区分析技術講演会, 2014年3月4日, 広島大学学士会館, 東広島
2. Tomoyuki Yamamoto, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara, Reversed micellar mediated chemiluminescence determination of antimony(III,V) using rhodamine B following on-line extraction, The 10th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 14-15, Dec 2013, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima
3. 大崎由里加, 山本智之, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文, 固相抽出と逆ミセル系化学発光検出を組み合わせたオキシ銅の定量法,

- 2013 年日本化学会中国四国支部大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 広島大学, 東広島
4. 石川朋己, 石坂昌司, 藤原照文, 蛍光相関分光法を用いたエアロゾル微小水滴の粘度計測, 2013 年日本化学会中国四国支部大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 広島大学, 東広島
5. 片山慶一, 石坂昌司, 藤原照文, 光誘起微小水滴のレーザー捕捉・顕微ラマン分光, 2013 年日本化学会中国四国支部大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 広島大学, 東広島
6. 山本智之, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文, ローダミン B を用いたオンライン抽出 - 逆ミセルメディア化学発光検出による微量アンチモン(III,V)の定量法と実試料への応用, 2013 年日本化学会中国四国支部大会, 2013 年 11 月 16-17 日, 広島大学, 東広島
7. 岩崎邦祐, 中田健一, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文, ETV-ICP-AES による固体試料中のスカンジウムとイットリウムの直接定量, 日本分析化学会第 62 年会, 2013 年 9 月 10-12 日, 近畿大学, 東大阪
8. 橋本文寿, 大道寺英弘, 内原 博, 岩崎邦祐, 岡本泰明, 藤原照文, 電気加熱気化導入 - ICP 発光分析法によるファインセラミックス及び環境水中微量塩素の定量, 日本分析化学会第 62 年会, 2013 年 9 月 10-12 日, 近畿大学, 東大阪
9. 片山慶一, 石坂昌司, 藤原照文, レーザー捕捉・顕微ラマン分光法を用いた気相における光誘起微小水滴発生機構に関する検討, 2013 年光化学討論会, 2013 年 9 月 11-13 日, 愛媛大学, 松山
10. 石川朋己, 石坂昌司, 藤原照文, ロウソクのススを原料として調製した蛍光性炭素ナノ粒子の光化学物性, 2013 年光化学討論会, 2013 年 9 月 11-13 日, 愛媛大学, 松山
11. Keiichi Katayama, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara, A laser trapping and Raman spectroscopy study on photo-induced water droplets formation in the air, RSC Tokyo International Conference 2013 "Analytical Biochemistry & Biophysics", Sep. 5-6, 2013, Makuhari Messe, Chiba
12. Tomoki Ishikawa, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara, Photochemical properties of fluorescent carbon nanodots derived from candle soot, RSC Tokyo International Conference 2013 "Analytical Biochemistry & Biophysics", Sep. 5-6, 2013, Makuhari Messe, Chiba
13. Satoshi Tsukahara, Tsuyoshi Tsuruta, Terufumi Fujiwara, Surface Tension Determination through Measurements of Resonance Oscillation of a Small Surface Using Dielectric Force by a Localized Alternating Current Electric Field, The 33rd International Conference on Solution Chemistry, July 7-12, 2013, Kyoto Terrsa, Kyoto
14. Jiang Ma, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara, A laser trapping-spectroscopy study on mass transfer processes across a single micro-droplet/air interface, The 33rd International Conference on Solution Chemistry, July 7-12, 2013, Kyoto Terrsa, Kyoto
15. 山本智之, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文, ローダミン B を用いたオンライン抽出 - 逆ミセル系化学発光検出による銅電解液中のアンチモン(III,V)の定量, 第 73 回分析化学討論会, 2013 年 5 月 18-19 日, 北海道大学, 函館
16. 石川朋己, 石坂昌司, 藤原照文: ロウソクのススを原料とした蛍光性炭素ナノ粒子の光化学物性, 第 73 回分析化学討論会, 2013 年 5 月 18-19 日, 北海道大学, 函館
17. 奥野 諒, 石坂昌司, 岡本泰明, 藤原照文, 逆ミセル吸着界面反応場を用いたガラス表面におけるポリアミドのナノ構造体形成の顕微観測, 平成 24 年度広島地区分析技術講演会, 2013 年 2 月 26 日, 広島大学学士会館, 東広島
18. Jiang Ma, Shoji Ishizaka, Terufumi Fujiwara, A laser trapping-spectroscopy study on mass transfer processes across a single micro-droplet/air interface, The 9th Nano Bio Info Chemistry Symposium and The 6th Japanese-Russian Seminar, Dec. 8-9, 2012, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima
19. 藤原照文, 化学発光法を用いた新規フローインジェクション微量分析法の開発, 第 176 回周南コンビナート分析研究会周南地区講演会, 2012 年 12 月 7 日, 周南
20. 豊川裕也, 塚原 聡, 岡本泰明, 藤原照文, Aerosol OT/水/イソオクタン系におけるトリプシンの溶媒抽出と構造変化, 第 31 回日本溶媒抽出討論会, 2012 年 11 月 16-17 日, 石川県文教会館, 金沢
21. 奥野 諒, 石坂昌司, 岡本泰明, 藤原照文, フロー法を用いた逆ミセル吸着界面におけるポリアミドナノ構造体形成と顕微観測, 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, 徳島
22. 中田健一, 岡本泰明, 岩崎邦祐, 石坂昌司, 藤原照文, 加熱気化 - 高周波誘導結合プラズマ発光分析法による銀ナノ粒子中不純物の直接定量, 日本分析化学会第 61 年会, 2012 年 9 月 20 日, 金沢大学, 金沢
23. 橋本佑介, 塚原 聡, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文, 液液界面へのレーザー光照射による金ナノ粒子の生成挙動の in situ 顕微測定とその解析, 日本分析化学会第 61 年会, 2012 年 9 月 21 日, 金沢大学, 金沢
24. Eri Tatsumoto, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Aggregation of Gold Nanoparticles with Cysteine in Aqueous Solutions Measured by Absorption Spectroscopy, The 6th International Conference on Gold Science, Technology and its Applications, Sep. 5-8, 2012, Keio Plaza Hotel Tokyo, Tokyo
25. 立本絵里, 塚原 聡, 岡本泰明, 藤原照文, チオール基を有する化合物によって凝集し

た金ナノ粒子の吸収分光測定, 日本分析化学会近畿支部第 6 回夏期セミナー ぶんせき秘帖~巻ノ六~, 2012 年 8 月 3-4 日, グリーンビレッジ交野(交野市)

26. 山本智之, 常峰裕介, 早川不男, 岡本泰明, 石坂昌司, 藤原照文: ローダミン B を用いた溶媒抽出 - 逆ミセル系化学発光検出による微量アンチモン(III,V)の定量法, 第 72 回分析化学討論会, 2012 年 5 月 19-20 日, 鹿児島大学, 鹿児島

27. 石坂昌司, 山内邦裕, 馬 姜, 喜多村 昇, 藤原照文, レーザー捕捉・顕微分光法を用いたエアロゾル液滴の物理化学特性の計測, 第 72 回分析化学討論会, 2012 年 5 月 19-20 日, 鹿児島大学, 鹿児島

28. 藤原照文, 逆ミセルのナノ界面反応場の特異性とその分析化学的应用, 2011 年日本化学会西日本大会, 2011 年 11 月 13 日, 徳島大学, 徳島

29. 常峰裕介, 岡本泰明, 塚原 聡, 藤原照文, セリウム-ローダミン B 化学発光反応に対する CTAC 逆ミセル効果, 2011 年日本化学会西日本大会, 2011 年 11 月 13 日, 徳島大学, 徳島

30. 橋本佑介, 塚原 聡, 岡本泰明, 藤原照文, 液液界面での還元反応による金コロイドの生成挙動の *in situ* 顕微測定, 日本分析化学会第 60 年会, 2011 年 9 月 15 日, 名古屋大学, 名古屋

31. 奥野 諒, 藤原照文, 岡本泰明, 塚原 聡, 蛍光色素を用いた逆ミセルのガラス表面への吸着挙動の顕微蛍光測定, 日本分析化学会第 60 年会, 2011 年 9 月 14 日, 名古屋大学, 名古屋

32. 豊川裕也, 塚原 聡, 岡本泰明, 藤原照文, Aerosol OT/水/イソオクタン系における水溶性色素の抽出に及ぼす塩濃度の影響, 日本分析化学会第 60 年会, 2011 年 9 月 14 日, 名古屋大学, 名古屋

33. Naoki Shinomori, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Microscopic Measurements of Lateral Diffusion of Rhodamine B at Liquid/Liquid Interfaces by Total Internal Reflection-Fluorescence Recovery after Photobleaching, International Association of Colloid and interface Scientists Conference, May 14-18, 2012, Sendai International Center, Sendai

34. Kazuya Katayama, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara: *In Situ* Fluorescence Microscope Measurements of Conformations and Phase Transfers of Single DNA molecules in Aqueous Two-Phase System, International Association of Colloid and interface Scientists Conference, May 14-18, 2012, Sendai International Center, Sendai

35. Satoshi Tsukahara, Shota Watanabe, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, *In Situ* Measurements of Reversible Adsorptions of Single Protein Molecules to Phospholipid Monolayers Prepared at Hexadecane/Water Interface by Total

Internal Reflection Fluorescence Microscopy, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, May 23, 2011, Kyoto International Conference Center, Kyoto

36. Daiki Nakai, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Microscopic Measurements and Analysis of Velocity Profiles of Laminar Flow Formed near Interfaces, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, May 23, 2011, Kyoto International Conference Center, Kyoto

37. Naoki Shinomori, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, Microscopic Measurements of Lateral Diffusion of Rhodamine B at Liquid/Liquid Interfaces by Total Internal Reflection-Fluorescence Recovery after Photobleaching, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, May 23, 2011, Kyoto International Conference Center, Kyoto

38. Kazuya Katayama, Satoshi Tsukahara, Yasuaki Okamoto, Terufumi Fujiwara, *In Situ* Fluorescence Microscopic Measurements of Phase Transfers of Single DNA Molecules in Aqueous Two-Phase System, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, May 23, 2011, Kyoto International Conference Center, Kyoto

39. Yusuke Tsunemine, Tamer H. A. E. Hasanin, Yasuaki Okamoto, Satoshi Tsukahara, Terufumi Fujiwara, Flow-Injection Method for Determination of Antimony(V) Based on Cerium(IV) - Rhodamine B Chemiluminescence Using a Reversed Micelle System of Cetyltrimethylammonium Chloride Following Extraction, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011, Kyoto International Conference Center, Kyoto

1. [図書](計 1 件)

1. 横山晴彦, 三共出版, 錯体化学会選書 8 錯体の溶液化学, 2012, 157-165.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 照文 (FUJIWARA TERUFUMI)
広島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 80127703

(2) 研究分担者

塚原 聡 (TSUKAHARA SATOSHI)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 50207338

岡本 泰明 (OKAMOTO YASUAKI)
広島大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号: 40213988