

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25288066

研究課題名(和文) 金ナノ粒子をプローブとして用いる Imaging-mass分析システムの構築

研究課題名(英文) Analytical System for Imaging Mass Spectrometry using Gold Nanoparticles as a Mass Probe

研究代表者

新留 康郎 (Niidome, Yasuro)

鹿児島大学・学術研究院理工学域理学系・准教授

研究者番号：50264081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：金ナノ粒子を投与したマウスの肝臓の組織切片を作成し、imaging-mass分析を行った。20マイクロメートルの厚さの切片であっても金イオンの脱離が可能であった。担癌マウスの腫瘍部位に集積する金ナノ粒子の存在も明らかにできた。腫瘍組織中の血流が存在する部分に金ナノ粒子が同在することがわかった。金ナノ粒子が生体内で質量分析プローブとして機能することを明らかにできた。メンブレンから脱離する金イオンを極めて高感度に検出できることを見出したが、ナノ粒子が大規模な凝集体を形成するとイオン化が起きにくいことがわかった。孤立分散金ナノロッドが優れたマスプローブとして機能することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Liver tissue sections were prepared from mice in which gold nanorods were intravenously injected. Desorption of Gold ions from a 20 micrometer-thick section was possible. Imaging mass spectrometry of gold ions revealed the distribution of gold nanoparticles in tumor tissues of tumor-bearing mice. Gold nanoparticles were found in the areas where blood flow existed. It was found that gold nanorods acted as a mass probe in a living body. Very sensitive detection of gold ions desorbed from polymer membranes was possible. However, large scale aggregation of nanoparticles suppressed the ionization/desorption of gold ions. Individually isolated gold nanorods were found to act as an efficient mass probe.

研究分野：コロイド界面化学

キーワード：金ナノロッド 質量分析 マスプローブ 質量分析イメージング

1. 研究開始当初の背景

Imaging Mass Spectrometry (Imaging-mass) はターゲット物質の 2 次元的な分布を質量分析によって分析する手法である。Imaging-mass で用いられる質量分析のプロセスは Matrix 支援レーザー脱離イオン化質量分析法 (MALDI-MS) である。これは紫外線パルスレーザー光 (337 or 355 nm) をサンプルに照射し、サンプル表面から脱離イオン化するターゲット物質を分析するものである。レーザー光は 1 μm 程度のスポットに集光できるので、サンプルを XY ステージで移動させながら質量分析を繰り返すことでターゲット物質の 2 次元的な分布を調べることができる。これが Imaging-mass の原理である。研究開始当初は、生体材料の組織切片内の複数の脂質やペプチドの分布を同時かつ高感度に Imaging する技術が確立し、一連の研究成果が新しい生体材料の分析法として大きな注目を浴び始めた時期である。Imaging-mass 法にはもちろん不都合な側面もあり、当時の状況では以下の様に整理できた。1.: Matrix 分子を切片表面に塗布する必要がある。切片内の物質の位置をあまり変えることなく Matrix 層に移動させなければならない。Matrix 溶液を細かい液滴にして塗布する方法が用いられる。2.: 膨大な種類の分子が脱離イオン化する。切片内には存在していても脱離イオン化が抑制され、そもそも計測できない分子がある。

特定の分子を効率良く識別する為に、脱離イオン化しやすい化合物を Mass-プローブ (あるいは Mass-Tag) として用いることは当時から知られていた。Mass-プローブを抗原抗体反応などによってターゲット物質に結合させた上で、Mass-プローブに相当する質量数をモニターすればターゲット分子の分布を検出することができる。ただし、MALDI-MS 測定では Mass-プローブ以外の分子も脱離イオン化する。同時にイオン化する物質の種類によっては Mass-プローブ分子が常に高効率で検出できるとは限らず、夾雑物質との分離の為に質量分析前の分離操作や高分解能の質量分析装置が必要である。さらに、生体内に用いる場合は生体毒性や分解の可能性にも配慮しなければならない。我々は、本研究の開始前に、金ナノロッドを ITO 基板の上に固定すると分子量 1300 程度のペプチド (アンジオテンシン I) が効率良く脱離イオン化することを見いだした (Nanoscale, 2011, **3**, 3793)。しかし、組織切片に同じ手法を適用した場合は脂質などの脱離はほとんど観察されず、SALDI-MS 分析用のプレートとしては全く機能しなかった。一連の実験では金イオン (Au^+) や金クラスター (Au_n^+) が常に検出されており、金クラスターが有機物の効率的な検出を阻害していると考えられた。金の脱離を完全に押さえることは難しいということは、逆に、金ナノ粒子が存在すれば、たとえ組織切片の中からも

金クラスターが必ず放出されることを意味している。すなわち、金ナノ粒子は Imaging-mass 測定のプロブ粒子として機能することが期待された。

一方で、申請者らは金ナノロッドを用いたドラッグデリバリー・光温熱治療システムの開発を目的として、金ナノ粒子の生体親和性・体内動態・腫瘍集積性の評価にも取り組んできた (例えば、Small, 2008, **4**, 1001; Langmuir, 2011, **27**, 14621)。本研究以前には、マウス体内に導入した金ナノ粒子の分布は臓器ごと王水で溶解し、ICP-MS で定量してきた。組織レベルで金ナノ粒子の分布を簡便かつ高感度に知る手法の実現が望まれていた。

2. 研究の目的

金ナノ粒子、特に金ナノロッド (棒状の金ナノ粒子) を用いた表面支援レーザー脱離イオン化質量分析 (SALDI-MS) 法の成果を踏まえて、金ナノ粒子を Mass-プローブとして用いる分析方法を実現することを研究の目標とした。

マウスに金ナノ粒子を血中投与し、肝臓や腫瘍の組織切片中の金ナノ粒子分布を明らかにする。また、抗体修飾金ナノ粒子を用いて組織切片を染色し、その分布を Imaging-mass によって明らかにする。組織切片中からの高効率な金クラスターの脱離イオン化を実現するために、金ナノ粒子のサイズ・形状・凝集状態を最適化する。さらに合金化あるいはサイズを変えることにより同時に複数のタンパク質を識別する「多色化」を実現する。

3. 研究の方法

金ナノロッドを血中投与し、各臓器の組織切片から金クラスターが検出できるかどうかを調べた。さらに金の分布の mass-imaging を行い、組織レベルで金ナノ粒子の分布を明らかにした。さらに腫瘍への金ナノロッドのターゲティングについても mass-imaging を用いた評価を行った。

組織切片の厚みと、レーザー強度を変えて、金クラスターの脱出限界を明らかにするために、基板に金ナノロッドを固定し、その上に樹脂包埋した組織切片 (厚さ 10 μm) を置いて、金イオンの検出を行った。

「多色化」を実現できるナノプローブとして、銀シェル金コアナノ粒子と銀コア金シェルナノ粒子を調製した。

4. 研究成果

銀シェル金コアナノ粒子の調製法を各種検討した。一般的な化学還元に加えて、電気化学的手法によるナノサイズの銀のシエルの制御に成功した。一連の成果は Journal of Physical Chemistry C (2013), Chemistry Letters (2013) 等に報告した。

健康なマウスに投与した金ナノロッドは

肝臓に蓄積する。肝臓の組織切片を作成し、imaging-mass 分析を行うことに成功した。腎臓などには金の蓄積が認められなかったことから、imaging-mass 分析が金の体内分布を知る有用な手法であることを確認できた。この成果は Chemistry Letters (2014) に速報として報告した。

金を含む切片と含まない切片を積層し、金イオンの脱離距離を実測した。少なくとも 20 μm の厚さの切片であっても金イオンの脱離が可能であることを確認した。金ナノ粒子が組織切片中でマスプローブとして機能することが明らかになった。一連の成果は MRS Proceedings (2015) に報告した。

担癌マウスの腫瘍部位に集積する金ナノ粒子をイメージング質量分析で明らかにする実験を行った。腫瘍組織中の金ナノ粒子の分布を投与直後と 72 時間後で明らかにした。いずれの場合も腫瘍が赤色に見える部分、すなわち血流が存在する部分に金ナノ粒子が局在することがわかった。金ナノ粒子が生体内で質量分析プローブとして機能することを明らかにできた。この成果は Chemistry Letters 誌(2015) に速報として報告した。

金ナノロッドを基板に固定し質量分析を行うと金イオンの脱離と SALDI プロセスによる近傍の有機物の脱離が起こる。SALDI 現象を詳細に解析し、金イオンの脱離と SALDI 現象の相関を議論した。一連の成果は Optical Materials Express に報告した。

金ナノロッド溶液をプロットングメンブレンにキャストし、メンブレンから得られる金イオンシグナルの金ナノロッド溶液濃度との相関を議論した。メンブレンは両面テープで ITO 基板に固定した。質量分析装置から電気的には絶縁された状態であるにも拘わらず、メンブレンから脱離する金イオンを極めて高感度に検出できることを見出した。メンブレンの画像解析から得られたナノ粒子の凝集状態とイオン化効率の相関から、ナノ粒子が大規模な凝集体を形成するとイオン化が起きにくいことがわかった。孤立分散金ナノロッドが優れたマスプローブとして機能することを明らかにできた。

銀コア金シェルナノ粒子の調製を目的として、クエン酸還元による銀ナノ粒子の調製と、その銀ナノ粒子を種粒子に用いた金シエルの付与反応を行った。分光特性はコアシェル構造の存在を示しており、質量分析装置のレーザー照射によって、金イオンと銀イオンの両方が同時に観察されることがわかった。生体親和性に優れた金のシェルを有し、金と銀のイオンによる「多色性」を有するマスプローブ粒子の調製に成功した。

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 12 件)

1. Anisotropic Gold-Based Nanoparticles: Their Preparation, Properties, and Applications
Yasuro Niidome, Aung Thu Haine, Takuro Niidome

Chemistry Letters (Highlight Review), in press, 査読あり

2. Assemblies of Gold Nanorods for Efficient SALDI Mass Spectrometry

Masanori Fujii, Naotoshi Nakashima, Yasuro Niidome

Optical Materials Express, 2016, Vol. 6, No. 4, pp. 1376-1383. DOI: 10.1364/OME.6.001376 (平成 28 年 3 月), 査読あり

3. 銀シェル金ナノロッドの分光特性と基板固定

新留康郎分光研究, 2015, Vol. 64, No. 5, pp. 514-521. (平成 27 年 1 1 月), 査読あり

4. Imaging Mass Spectrometry of Gold Nanorods Distributed in Tumor Tissues

Takuro Niidome, Masanori Fujii, Naotoshi Nakashima, Yoshiki Katayama, Yasuro Niidome

Chemistry Letters, 2015, Vol. 44, No. 7, pp. 931-933. DOI: 10.1246/cl.150258 (平成 27 年 7 月), 査読あり

5. Escape Depth of Gold Ions in Tissue Sections

Yasuro Niidome, Masanori Fujii, Naotoshi Nakashima, Takuro Niidome

MRS Proceedings, 2015, Vol. 1719. DOI: 10.1557/opl.2015.678 (平成 27 年 3 月), 査読あり

6. 銀シェル金ナノロッド固定 ITO 基板の顕微分光特性と SEM 観察

新留康郎・鶴由貴子・濱崎祐樹・中嶋直敏
分析化学, 2014, Vol. 63, No. 11, pp. 857-865. (平成 26 年 1 1 月), 査読あり

7. *In situ* observation of structural transformation of gold nanorods under pulsed laser irradiation in an HVEM

Nao Sumimoto, Koichiro Nakao, Tomokazu Yamamoto, Kazuhiro Yasuda, Syo Matsumura, and Yasuro Niidome

Microscopy, 2014, Vol. 63, 261-268. DOI: 10.1093/jmicro/dfu012 (平成 26 年 4 月), 査読あり

8. Imaging Mass Spectrometry of Intravenously Injected Gold Nanorods in Mice

Masanori Fujii, Naotoshi Nakashima, Takuro Niidome, and Yasuro Niidome

Chemistry Letters, 2014, Vol. 43, No. 1, pp. 131-133. DOI: doi:10.1246/cl.130864 (平成 26 年 1 月), 査読あり

9. CW/pulsed NIR irradiation of gold nanorods: effect on transdermal protein delivery mediated by photothermal ablation

Hengmin Tang, Hiroaki Kobayashi, Yasuro Niidome, Takeshi Mori, Yoshiki Katayama, and Takuro Niidome

Journal of Controlled Release, 2013, Vol. 171, No. 2, pp. 178-183. DOI: 10.1016/j.jconrel.2013.07.003 (平成 25 年 1 0

月), 査読あり

10. Spontaneous Temperature Control Using Reversible Spectroscopic Responses of PNIPAM-coated Gold Nanorods

Kohei Shimoda, Tsuyohiko Fujigaya, Naotoshi Nakashima, and Yasuro Niidome

Chemistry Letters, **2013**, Vol. 42, No. 10, pp. 1247-1249. DOI: 10.1246/cl.130457 (平成25年9月), 査読あり

11. Electrochemical Oxidation of Silver Shells on Gold Nanorods in Potassium Chloride and Phosphate Buffer Solutions

Yuki Hamasaki, Naotoshi Nakashima, Yasuro Niidome

Chemistry Letters, **2013**, Vol. 42, No. 9, pp. 1093-1095. DOI: 10.1246/cl.130350 (平成25年6月), 査読あり

12. Effects of Anions on Electrochemical Reactions of Silver Shells on Gold Nanorods

Yuki Hamasaki, Naotoshi Nakashima, Yasuro Niidome

Journal of Physical Chemistry C, **2013**, Vol. 117, No. 6, pp. 2521-2530. DOI: 10.1021/jp306469s (平成25年5月), 査読あり

[学会発表](計49件)

1. 新留 康郎, 向 大輝, ポリマーメンブレン中の金ナノ粒子から金イオンの脱離イオン化, 日本化学会第96春季年会, 同志社大学京田辺キャンパス(京都府京田辺市), 2016.3.24, 口頭

2. 井上 雄貴, カチオン性表面を有する球状金ナノ粒子の調製, 第5回サイエンスインカレ, 神戸国際会議場, 2016.3.5, 口頭

向 大輝, 質量分析による金ナノ粒子の定量分析, 第5回サイエンスインカレ, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市), 2016.3.5, ポスター

3. 菊田 朝美, 赤坂 舞子, イムノアフィニティクロマトグラフィーを再現する簡便な演示実験キットの作製, 第5回サイエンスインカレ, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市), 2016.3.5, ポスター

4. Yasuro Niidome, Daiki Muko, Masanori Fujii, Takuro Niidome, Gold Nanorods as a Mass Probe: Imaging Mass Spectrometry of Gold Ions Desorbed from Tissue Section, 6th Asian Conference on Colloid and Interface Science (ACCIS 2015), アルカス佐世保(長崎県佐世保市), 2015.11.26, 口頭

5. Takeharu Kitamura, Tomomi Kikuta, Yasuro Niidome, Gold-Silver Core-Shell Nanorods cast on a Plate: Aggregation and Orientation Depending on Surface Modification of a Plate, 6th Asian Conference on Colloid and Interface Science (ACCIS 2015), アルカス佐世保(長崎県佐世保市), 2015.11.26, ポスター

6. Daiki Muko, Yuki Inoue, Takuro Niidome, Yasuro Niidome, Imaging Mass

Spectrometry of Gold Nanoparticles in Blotting Membranes and Tissue Sections, 6th Asian Conference on Colloid and Interface Science (ACCIS 2015), アルカス佐世保(長崎県佐世保市), 2015.11.26, ポスター

7. Yuki Inoue, Yo Tsutamoto, Yasuro Niidome, Colloidal Gold Nanoparticles Prepared in

Hexadecyltrimethylammonium Bromide/Chloride Solutions, 6th Asian Conference on Colloid and Interface Science (ACCIS 2015), アルカス佐世保(長崎県佐世保市), 2015.11.26, ポスター

8. Yasuro Niidome, Daiki Muko, Masanori Fujii, Mass Spectrometry of Gold Colloids in Tissue Sections and Blotting Membranes, West Pacific Colloid Meeting 2015 (WPC2015), シュリムアップ(カンボジア), 2015.11.19, 口頭

9. 向 大輝, 井上 雄貴, 新留 康郎, プロテイングメンブレン中の金ナノ粒子の脱離・イオン化効率, 第66回コロイドおよび界面化学討論会, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 2015.9.12, ポスター

10. 菊田 朝美, 北村 雄春, 新留 康郎, 基板上の銀シェル金ナノロッドの分散状態と分光特性, 第66回コロイドおよび界面化学討論会, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 2015.9.12, ポスター

11. 井上 雄貴, 向 大輝, 蔦本 陽, 新留 康郎, カチオン性球状金ナノ粒子の調製とキャラクタリゼーション, 第66回コロイドおよび界面化学討論会, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市), 2015.9.12, ポスター

12. Yasuro Niidome, Masanori Fujii, Yuki Inoue, Daiki Muko, Takuro Niidome, Mapping of Gold Nanorods in a Liver Tissue Sections using Imaging Mass Spectrometry, Gold 2015, Cardiff (UK), 2015.7.28, 口頭

13. 向 大輝, 井上 雄貴, 蔦本 陽, 新留 康郎, 各種金ナノ粒子の金イオン脱離イオン化効率, 第52回化学関連支部合同九州大会, 北九州国際会議場, 2015.7.4, ポスター

14. 菊田 朝美, 北村 雄春, 新留 康郎, 液滴を載せることによって基板上に固定した銀シェル金ナノロッドの分光特性, 第52回化学関連支部合同九州大会, 北九州国際会議場(福岡県北九州市), 2015.7.4, ポスター

15. 井上 雄貴, 蔦本 陽, 向 大輝, 新留 康郎, カチオン性界面活性剤中で調製する球状粒子, 第52回化学関連支部合同九州大会, 北九州国際会議場(福岡県北九州市), 2015.7.4, ポスター

16. 向 大輝, 井上 雄貴, 新留 康郎, 組織切片・メンブレン・ITO 基板上的金ナノ粒子の脱離イオン化挙動, 質量分析総合討論会, つくば国際会議場(福岡県北九州市), 2015.6.18, ポスター

17. 新留 康郎、藤井 政徳、向 大輝、井上 雄貴、薦本 陽、中嶋 直敏、組織切片中に分布した金ナノロッドのイメージング質量分析、第75回分析化学討論会、山梨大学(山梨県甲府市)、2015.5.24、口頭

18. 新留 康郎、鶴 由貴子、中嶋 直敏、銀シェル金ナノロッド固定 ITO 基板の顕微分光特性と SEM 観察、第75回分析化学討論会、山梨大学(山梨県甲府市)、2015.5.24、ポスター

19. 薦本 陽、井上 雄貴、向 大輝、新留 康郎、カチオン性表面を有する球状金ナノ粒子の調製、ナノ学会第13回大会、東北大学(宮城県仙台市)、2015.5.12、ポスター

20. 新留 康郎、菊田 朝美、北村 雄春、基板上にキャストした銀シェル金ナノロッドの分光特性、ナノ学会第13回大会、東北大学(宮城県仙台市)、2015.5.12、ポスター

21. 新留 康郎、藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 琢郎、金ナノ粒子プローブによる組織切片のイメージング質量分析、第62回応用物理学会春季学術講演会、東海大学(神奈川県平塚市)、2015.3.14、口頭

22. Yasuro Niidome、Yuki Hamasaki、Naotoshi Nakashima、Electrochemical Formation and Dissolution of Silver Shells on Gold Nanorods、MRS 2014 Fall Meeting、Boston (USA)、2014.12.4、ポスター

23. Yasuro Niidome、Masanori Fujii、Naotoshi Nakashima、Imaging Mass Spectrometry of Gold Nanorods Distributing in a Liver Section of a Mouse、MRS 2014 Fall Meeting、Boston (USA)、2014.12.3、口頭

24. 濱崎 祐樹、中嶋 直敏、新留 康郎、銀シェル金ナノロッドの電気化学反応：銀シェルの還元生成、2014年電気化学秋季大会、北海道大学(北海道札幌市)、2014.9.27、口頭

25. Masanori Fujii、Naotoshi Nakashima、Yasuro Niidome、Gold-Nanorod Assisted Laser Desorption/Ionization of Oligopeptides、International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC XVII)、九州大学(福岡県福岡市)、2014.9.9、ポスター

26. Yuki Hamasaki、Naotoshi Nakashima、Yasuro Niidome、Electrochemical Reactions and Spectral Changes of Gold-Silver Core-shell Nanorods on ITO Plates、International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC XVII)、九州大学(福岡県福岡市)、2014.9.9、ポスター

27. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、金イオンの生体組織切片からのレーザー脱離挙動、第65回コロイドおよび界面化学討論会、東京理科大学大塚校舎(東京都新宿区)、2014.9.4、口頭

28. Masanori Fujii、Naotoshi Nakashima、Yasuro Niidome、Surface Enhanced

Desorption/Ionization Mass spectrometry using Gold Nanorod Aggregates、The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014)、福岡大学(福岡県福岡市)、2014.8.26、口頭

29. Yuki Hamasaki、Naotoshi Nakashima、Yasuro Niidome、Electrochemical Oxidation and Reduction of Silver Shells on Gold Nanorods、The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014)、福岡大学(福岡県福岡市)、2014.8.26、ポスター

30. 新留 康郎、銀シェル金ナノロッドの分光特性制御、第6回プラズモニク化学シンポジウム、早稲田大学(東京都新宿区)、2014.6.20、口頭、Invited

31. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 琢郎、新留 康郎、質量分析イメージングによる金ナノ粒子の体内分布解析、ナノ学会第12回大会、京都大学宇治キャンパス(京都府宇治市)、2014.5.23、口頭

32. 濱崎 祐樹、中嶋 直敏、新留 康郎、金ナノロッド上に成長する銀シェルの電気化学的制御、ナノ学会第12回大会、京都大学宇治キャンパス(京都府宇治市)、2014.5.22、口頭

33. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、異方性金ナノ粒子をプローブに用いるイメージング質量分析、第62回質量分析総合討論会、ホテル阪急エキスポパーク(大阪府吹田市)、2014.5.15、口頭

34. 濱崎 祐樹、中嶋 直敏、新留 康郎、金ナノロッド上に析出した銀シェルの電気化学的形狀変化、第94回日本化学会春季年会、名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市)、2014.3.27、口頭

35. Masanori Fujii、Naotoshi Nakashima、Yasuro Niidome、Aggregates of metal nanoparticles for efficient laser-induced desorption/ionization processes、The 4th Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-4)、National Taiwan University of Science and Technology、Taipei (Taiwan)、2013.10.23、口頭

36. Yasuro Niidome、Silver-Shelled Gold Nanorods Standing on an ITO Plate、The 4th Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-4)、National Taiwan University of Science and Technology、Taipei (Taiwan)、2013.10.23、口頭

37. Masanori Fujii、Naotoshi Nakashima、Takuro Niidome、Yasuro Niidome、Desorption of gold clusters from mouse tissue sections、The 4th Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-4)、Taipei (Taiwan)、National Taiwan University of Science and Technology、2013.10.23、ポスター

38. 濱崎 祐樹、新留 康郎、中嶋 直敏、銀シェル金ナノロッドの電気化学的酸化と形状

分変化、2013年電気化学秋季大会、東京工業大学(東京都目黒区)、2013.9.28、口頭

39. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、金属ナノ粒子の凝集状態がレーザー誘起脱離イオン化に与える影響、第64回コロイドおよび界面化学討論会、名古屋工業大学(愛知県名古屋市)、2013.9.18、口頭

40. 新留 康郎、濱崎 祐樹、鶴 由貴子、中嶋直敏、ITO基板上で配向・凝集した銀シェル金ナノロッドの分光特性、第64回コロイドおよび界面化学討論会、名古屋工業大学(愛知県名古屋市)、2013.9.19、口頭

41. 濱崎 祐樹、中嶋 直敏、新留 康郎、電気化学的酸化における銀シェル金ナノロッドの形状変化プロセスの解明、第64回コロイドおよび界面化学討論会、名古屋工業大学(愛知県名古屋市)、2013.9.20、ポスター

42. Yuki Hamasaki, Naotoshi Nakashima, Yasuro Niidome, Effects of Anions on Oxidation of Au-Ag Core-Shell Nanorods, JSAP-OSA Joint Symposia 2013 (The 74th JSAP Autumn Meeting 2013)、同志社大学京田辺キャンパス(京都府京田辺市)、2013.9.19、口頭

43. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、異方性金属ナノ粒子の凝集状態がSALDI脱離イオン化効率に与える影響、第61回質量分析総合討論会、つくば国際会議場(茨城県つくば市)、2013.9.11、口頭

44. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 琢郎、新留 康郎、肝臓組織切片からの金クラスターイオンの脱離イオン化、第61回質量分析総合討論会、つくば国際会議場(茨城県つくば市)、2013.9.12、口頭

45. Yasuro Niidome, Yukiko Tsuru, Naotoshi Nakashima, Spectroscopy of Silver-Shelled Gold Nanorods Standing on an ITO Plate, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-6)、神戸国際会議場(兵庫県神戸市)、2013.8.29、口頭

46. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、金属ナノ粒子の凝集状態が質量分析法の脱離イオン化に与える影響の検討、第50回化学関連支部合同九州大会、北九州国際会議場(福岡県北九州市)、2013.7.6、ポスター

47. 濱崎 祐樹、中嶋 直敏、新留 康郎、銀シェル金ナノロッドの溶解析出に与えるアニオンの影響、第73回分析化学討論会、北大函館キャンパス(北海道函館市)、2013.5.19、口頭

48. 藤井 政徳、中嶋 直敏、新留 康郎、異方性金属ナノ粒子の凝集状態とSALDI脱離イオン化の相関、第73回分析化学討論会、北大函館キャンパス、2013.5.19、口頭

49. 新留 康郎、鶴 由貴子、木谷 綾花、中嶋直敏、酵素反応を用いた銀シェル金ナノロッドの酸化制御、第73回分析化学討論会、北大函館キャンパス(北海道函館市)、2013.5.19、口頭

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.nanorod.net>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新留 康郎(Niidome, Yasuro)
鹿児島大学学術研究院理工学域理学系・准教授
研究者番号: 50264081

(2) 研究分担者

新留 琢郎(Niidome, Takuro)
熊本大学大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 20264210

(3) 連携研究者

なし