

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05078

研究課題名(和文) ナノ粒子のレーザー誘起凝集を利用した球状サブミクロン粒子の作製

研究課題名(英文) Preparation of submicron-sized spherical particles using laser-induced agglomeration of nanoparticles

研究代表者

辻 剛志 (Tsuji, Takeshi)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授

研究者番号：50284568

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：・サブミクロン粒子粒径の保護剤濃度依存性：以前の研究より、原料ナノ粒子コロイドの保護剤濃度が高くなると、ナノ粒子の残留量が増加し、サブミクロン粒子の粒径分布が広くなることを我々は観察していた。本研究では、この現象が、レーザー照射を行ったときに、粒径が小さいナノ粒子の加熱が不十分になることによって起こることを明らかにした。

・白金サブミクロン粒子の作製：白金サブミクロン粒子は優れた導電材料であるが、その作製方法は、化学還元法等の既存の手法では困難であった。本研究では、金サブミクロンの作製方法を応用することによって、始めて作製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

球状サブミクロン粒子(SMP)は、高い分散性など、ナノ粒子にはない特性を持つ優れた機能材料であるが、ナノ粒子と比べると作製は容易ではない。最近液中のナノ粒子にレーザー光を照射して溶解を誘起し、SMPを作製する、液中レーザー溶解法が注目されている。本研究は、ナノ粒子が溶解に至る前の凝集過程を詳しく調べ、その制御法を提案するために行ったものである。

今回の研究を通して、保護剤の影響など、SMPを効率よく作製するために必要な知見が得られた。さらに、白金SMP作製への応用など、この方法を幅広く利用するために必要な知見も得られた。

研究成果の概要(英文)：1. Influence of stabilizer concentration on the submicrometer-sized particles (SMP): In the former researches we have known that increase in the concentration of stabilizing reagent of the source nanoparticle colloids leads to the increase in the amount of the nanoparticle residue and broadening of the SMP size distribution. In this research, we have clarified that this phenomenon is caused by the insufficient heating of smaller nanoparticles during laser irradiation.

2. Preparation of submicrometer-sized platinum particles: platinum SMP is a promising conductive material. However, preparation of platinum SMP using conventional methods such as chemical reduction method is difficult. In this research we have successfully prepared platinum SMP by applying the method used for the preparation of gold SMP.

研究分野：ナノ物質科学

キーワード：レーザー ナノ粒子 コロイド 導電材料

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

球状サブミクロン粒子(以下 SMP)は、ナノ粒子よりも光散乱効率が高く、ハンドリングが良い等の理由から、光散乱体、接合材等機能材料としての利用が期待されている物質である。しかしながら、SiO₂ 等一部の材料を除けば、化学還元法を用いればナノ粒子が簡単に得られるでは貴金属類ですら、SMP の作製方法は確立されていなかった。

最近提案された「液中レーザー溶融法」は、コロイド状のナノ粒子をレーザー照射によって溶融して SMP を作製する方法である[1]。これまでにない簡便性、汎用性を持つことから非常に注目されている。一方、操作が簡便である分、SMP 生成のメカニズムは興味深い。我々は特に、ナノ粒子の凝集に注目して研究を行ってきた。ナノ粒子から、それよりも粒径が大きい SMP が生成するためには、複数のナノ粒子が凝集する必要があるからである。これまでの研究で、保護剤で安定化したナノ粒子に対してレーザー照射を行うと「レーザー誘起凝集」が起きることを発見し、SMP の効率的作製、粒径制御に利用出来る可能性を見出した[2]。しかしながら、レーザー誘起凝集過程にはまだ不明な点が残されており、さらに研究を進める必要があった。

2. 研究の目的

本課題では、レーザー誘起凝集をより有効に SMP 作製に利用するために必要な、レーザー誘起凝集のメカニズムの解明、生成効率を向上させるために必要な因子の解明、これまでサブミクロン粒の作製が行われてこなかった金属種への応用を行うことを目的にした。

3. 研究の方法

基本的には、これまでに構築してきた手法、装置を用いて研究を進めた。液中レーザーアブレーション法で作製したコロイド状原料ナノ粒子に対して、ナノ秒パルスレーザー光を照射し、球状サブミクロン粒子を作製する。ただし、今回の課題では、ナノ粒子の粒径の影響を調べるために、粒径分布の非常に狭い化学還元法で作製した原料ナノ粒子の利用や、本予算で購入した遠心分離機を用いた、コロイド溶液に含まれる保護剤の濃度調整、粒径選別を行う手法の導入を行った。

4. 研究成果

(1)金 SMP 粒径への保護剤濃度の影響の解明 [3]

この課題では、化学還元法で作製された、粒径分布が狭い金ナノ粒子(図 1a)を原料を用い、保護剤として含まれているクエン酸ナトリウムの濃度を遠心分離を繰り返すことによって元の 1/50, 1/250, 1/1250 に調整した。図 1b~d に、クエン酸ナトリウム濃度を調整したナノ粒子にレーザー照射を行った結果を示す。クエン酸ナトリウム濃度が 1/50 の場合はほとんど粒径に変化がなかったが、クエン酸ナトリウム濃度を 1/250 以下に調整した場合には SMP の生成が見られた。また、1/250 の試料と 1/1250 の試料を比較すると、1/1250 の試料の方が平均粒径が大きく、粒径分布が狭い(小径粒子が少ない)ことが分かる。このような保護剤濃度と SMP 粒径および粒径分布との関係は以前の研究でも見出されてきたが[4]、SMP 粒径制御に対して重要な事実であるにも関わらず、これまでその原因を明らかにすることは出来なかった。今回の課題では、この問題を解くことに取り組んだ。

問題を解く鍵となったのは、レーザー照射後の試料には、照射前の試料には含まれない粒径 50 nm 以下のナノ粒子が点である。また、含まれるナノ粒子の量は、クエン酸ナトリウム濃度の増加と共に増加していることが分かる。このような小ナノ粒子は、原料ナノ粒子に、液中レーザーアブレーション法で作製した粒径分布の広いものを用いていたときには原料ナノ粒子と区別がつかず、原料ナノ粒子が残留したものとされてきたが、今回、粒径分布の狭い原料ナノ粒子を用

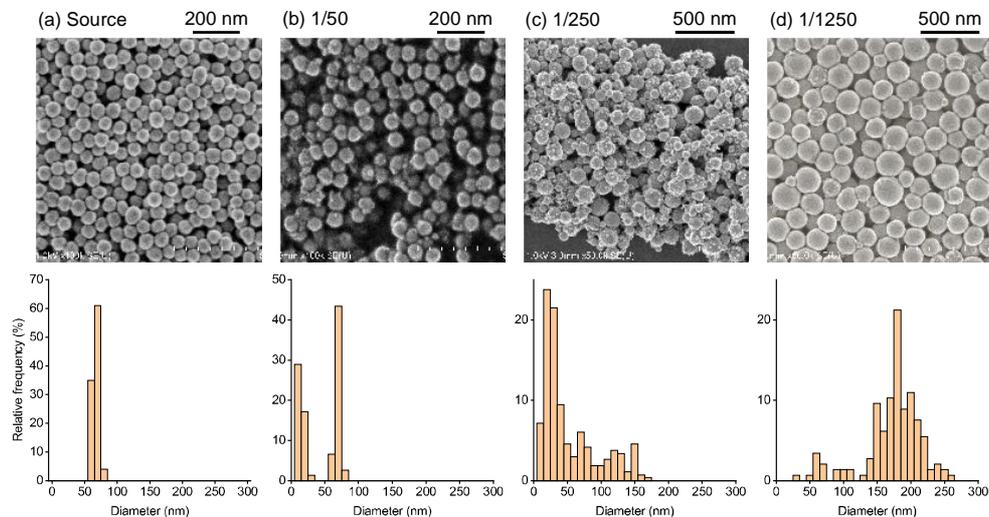


図 3 : 遠心分離で濃度を調整したクエン酸ナトリウム水溶液中の金ナノ粒子を用いて作製した金 SMP の SEM 像(上段)および粒径分布(下段)。レーザーフルエンス: 60 mJ/cm^2 , レーザー照射時間: 30 分。

いたことによって,その生成が明らかになった。このようなナノ粒子の生成メカニズムとして推定されるのは,レーザー照射によって加熱された金ナノ粒子表面の蒸発である[5]。このようにして生成したナノ粒子は,保護剤濃度が高い溶液中では,保護剤によって安定化される可能性が高い。そのため,LMLの次の段階では,共に保護剤で安定化された粒径約 10 nm の粒子と約 60 nm の粒子が混在して存在するコロイド溶液に対してレーザー照射が行われることになる。

レーザー照射が行われたときのナノ粒子の温度を計算によって見積もったところ,60 nm のナノ粒子の温度が金の融点に到達したにもかかわらず,10 nm の粒子の温度は水の沸点にすら到達しておらず,10 nm の粒子に付着した保護剤は,レーザー加熱によってほとんど脱離しないと考えられる。つまり,図 1b,c に見られる小ナノ粒子は,保護剤が脱離しないために凝集が起きず,最後まで残ったものと考えられる。この場合,ナノ粒子の残留によって SMP 粒径の減少と粒径分布の増加が起きる。一方,保護剤濃度を下げた場合には,蒸発によって発生したナノ粒子も保護剤の付着が少ないために凝集して SMP へと成長するため,ナノ粒子の残留が少なく,SMP 粒径の増加,粒径分布の減少が起きると考えられる。

つまり,以前の研究では考慮していなかった原料ナノ粒子の粒径による加熱,凝集効率の違いを考慮することによって,保護剤濃度と SMP 粒径,粒径分布との関係を明らかにすることが出来た。さらに,今回考え出したメカニズムは,SMP 作製において幅広く適用できるものであり,今後の研究でも活用する予定である。

(2)白金 SMP の作製 [6]

白金 SMP は,金,銀,銅よりも融点が高いことから,高温環境での利用に適した導電材料であると考えられる。ところが,白金ナノ粒子については,化学還元,マイクロ波,レーザー等を用いた様々な作製方法が確立されているが,白金 SMP についてはこれまで有効な方法は示されていなかった。数 100 nm の白金粒子の作製を行ったとの報告もあったが(6),実際にはナノ粒子の凝集体が形成されているに過ぎない。そこで本研究では,これまで我々が金等の SMP を作製する方法として確立してきた,液中レーザー溶融法を用いた白金 SMP の作製に取り組んだ。特に,金 SMP 作製に用いた,レーザー誘起凝集を利用した作製が行えるか検討した。

この課題では,クエン酸ナトリウムで保護した白金ナノ粒子を液中レーザーアブレーション法で作製し,これに白金ナノ粒子の吸収効率が高い,波長 266 nm のレーザー光を照射した。

検討の結果,金 SMP 作製に用いたものと同様条件で,白金ナノ粒子や白金 SMP が作製

出来ることが分かった。さらに、白金 SMP は白金ナノ粒子のレーザー誘起凝集によって生成することが分かった。

図 2 に、得られた白金 SMP を示す。粒径 100~180 nm の白金 SMP が生成し、その粒径はレーザー強度と共に増加することが分かる。つまり、金 SMP 作製の手法を応用することによって真の白金 SMP の作製に始めて成功した。

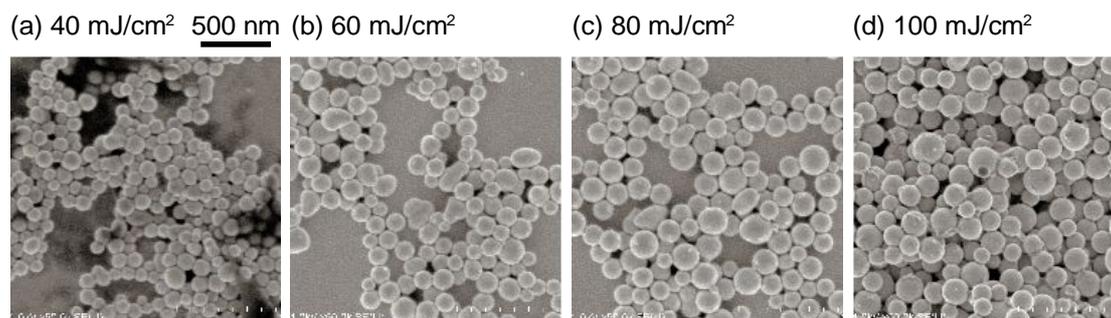


図 2: クエン酸ナトリウム水溶液中の白金ナノ粒子に対してレーザー照射を行って作製した白金 SMP の SEM 像および、照射レーザー強度による粒径変化。(a) 115 nm, (b) 134 nm, (c) 154 nm, (d) 176 nm.

引用文献

- [1] Y. Ishikawa, Q. Feng, N. Koshizaki, Appl. Phys. A, **99**, 4, 797 (2010).
- [2] T. Tsuji, T. Yahata, M. Yasutomo, K. Igawa, M. Tsuji, Y. Ishikawa, N. Koshizaki, Physical chemistry chemical physics, **15**, 9, 3099 (2013).
- [3] T. Tsuji, S. Sakaki, H. Fujiwara, H. Kikuchi, M. Tsuji, Y. Ishikawa, N. Koshizaki, J. Phys. Chem. C, **122**, 37, 21659 (2018).
- [4] T. Tsuji, I. Takade, M. Tsuji, Y. Ishimawa, N. Koshizaki, J. Laser Micro/Nano Eng., **10**, 3, 329 (2015).
- [5] M. Strasser, K. Setoura, U. Langbein, S. Hashimoto, J. Phys. Chem. C, **118**, 44, 25748 (2014).
- [6] 辻 剛志, 鈴木 優太, 榊 祥太, 石川 善恵, 越崎 直人, 2019 年度電気学会 C 部門大会要旨集

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsuji Takeshi, Sakaki Shota, Fujiwara Hideki, Kikuchi Hirotsugu, Tsuji Masaharu, Ishikawa Yoshie, Koshizaki Naoto	4. 巻 122
2. 論文標題 Stabilizer-Concentration Effects on the Size of Gold Submicrometer-Sized Spherical Particles Prepared Using Laser-Induced Agglomeration and Melting of Colloidal Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 21659 ~ 21666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b05911	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsuji Masaharu, Matsuda Kanako, Tanaka Mayu, Kuboyama Satsuki, Uto Keiko, Wada Nozomi, Kawazumi Hirofumi, Tsuji Takeshi, Ago Hiroki, Hayashi Jun-ichiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Enhanced Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Au/TiO ₂ Nanoparticles under Neutral and Acidic Solutions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 1432 ~ 1438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201702664	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sakaki Shota, Ikenoue Hiroshi, Tsuji Takeshi, Ishikawa Yoshie, Koshizaki Naoto	4. 巻 435
2. 論文標題 Influence of pulse frequency on synthesis of nano and submicrometer spherical particles by pulsed laser melting in liquid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 529 ~ 534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2017.10.235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsuji Takeshi, Kikuchi Makoto, Kagawa Takuya, Adachi Hiroaki, Tsuji Masaharu	4. 巻 529
2. 論文標題 Morphological changes from spherical silver nanoparticles to cubes after laser irradiation in acetone/water solutions via spontaneous atom transportation process	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 33 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2017.05.078	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakaki Shota, Ikenoue Hiroshi, Tsuji Takeshi, Ishikawa Yoshie, Koshizaki Naoto	4. 巻 18
2. 論文標題 Pulse-Width Dependence of the Cooling Effect on Sub-Micrometer ZnO Spherical Particle Formation by Pulsed-Laser Melting in a Liquid	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemPhysChem	6. 最初と最後の頁 1101 ~ 1107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.201601175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsuji Masaharu, Matsuda Kanako, Tanaka Mayu, Kuboyama Satsuki, Uto Keiko, Wada Nozomi, Kawazumi Hirofumi, Tsuji Takeshi, Ago Hiroki, Hayashi Jun-ichiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Enhanced Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Au/TiO ₂ Nanoparticles under Neutral and Acidic Solutions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 1432 ~ 1438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201702664	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Tsuji, M. Kaneko, M. Fujiwara, D. Atarashi, H. Miyazaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Formation of Unique Nanoparticle Agglomerates During Laser Ablation of CaO Powders in Ethanol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Laser Micro/Nanoengineering	6. 最初と最後の頁 147 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2961/jlmm.2019.02.0006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyazaki Hidetoshi, Mimar Yu, Makinose Yuki, Tsuji Takeshi, Yamada Hirotohi, Mutai Toshiki	4. 巻 60
2. 論文標題 Improvement of the Cycle Property of Binder-Free LiCoO ₂ Positive Electrode Film Deposited via the Pulsed Electrophoretic Deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 2576 ~ 2579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 辻 正治、有村 優奈、田中 茉優、松田 佳奈子、河濱 博文、宇都 慶子、林 潤一郎、吾郷 浩樹、辻 剛志	4. 巻 3
2. 論文標題 マイクロ波加熱で合成した Au/TiO ₂ , Ag/TiO ₂ 光触媒ナノ粒子によるメチルオレンジの分解	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本電磁波エネルギー応用学会論文誌	6. 最初と最後の頁 14 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32304/jemeajournal.3.0_14	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsuji M., Miyano M., Kamo N., Kawahara T., Uto K., Hayashi J., Tsuji T.	4. 巻 16
2. 論文標題 Photochemical degradation of acrolein using VUV excimer lamp in air at atmospheric pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Science and Technology	6. 最初と最後の頁 7229 ~ 7240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13762-019-02404-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kataoka Yusuke, Yano Natsumi, Kohara Yoshihiro, Tsuji Takeshi, Inoue Satoshi, Kawamoto Tatsuya	4. 巻 11
2. 論文標題 Experimental and Theoretical Study of Photochemical Hydrogen Evolution Catalyzed by Paddlewheel Type Dirhodium Complexes with Electron Withdrawing Carboxylate Ligands	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 6218 ~ 6226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201901534	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 辻 剛志, 榊 祥太, 石川善恵, 越崎直人
2. 発表標題 液中レーザー溶融法による球状金サブミクロン粒子の作製と生成機構
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 剛志, 榊 祥太, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 液中レーザー溶融法におけるナノ粒子の凝集効率の粒径依存性を考慮したサブミクロン粒子生成過程の新規モデルと粒径制御への利用
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 剛志, 藤原英樹, 菊池裕嗣
2. 発表標題 様々な液中レーザープロセスを組み合わせた球状サブミクロン粒子作製法の開発
3. 学会等名 第8回物質・デバイス領域共同研究拠点活動報告会及び平成29年度ダイナミック・アライアンス成果報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 剛志, 榊 祥太, 越崎 直人, 石川 善恵, 藤原 英樹, 菊池 裕嗣
2. 発表標題 コロイド状ナノ粒子のレーザー誘起凝集過程の解析と制御 -保護剤が球状サブミクロン粒子の粒径分布に与える影響-
3. 学会等名 電子材料研究会「先端電子材料とプロセッシング」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安達 泰精, 辻 剛志, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 金ナノ粒子のレーザー誘起凝集過程における保護剤の吸脱着ダイナミクスの解析
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 剛志, 安達 泰精, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 ナノ粒子のレーザー誘起凝集の制御による球状サブミクロン粒子の作製
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安達 泰精, 辻 剛志, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 レーザー誘起凝集過程における保護剤吸脱着ダイナミクスの解析
3. 学会等名 レーザー学会第513回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻 剛志, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 コロイド状ナノ粒子のレーザー誘起凝集を利用した球状サブミクロン粒子の作製
3. 学会等名 電子材料研究会 「物質生成・材料合成を目指した高エネルギープロセス」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻 剛志, 安達 泰精, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 コロイド状ナノ粒子のレーザー誘起凝集を用いた球状サブミクロン粒子の作製
3. 学会等名 レーザー学会第509回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Tsuji, N. Yamada, F. Kitagawa, Y. Ishikawa, N. Koshizaki
2. 発表標題 Preparation of submicron-sized spherical particles of gold using laser melting in liquids: Improvement of the formation efficiency and size control by utilizing laser-induced agglomeration of colloidal nanoparticles
3. 学会等名 COLA 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻 剛志, 金子 美貴, 藤原 萌豊, 新 大軌, 宮崎 英敏
2. 発表標題 液中レーザーアブレーションによるナノ粒子ゲル状凝集体の生成とこれを利用したナノコンポジットの作製 (2)
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻 剛志, 金子 美貴, 藤原 萌豊, 新 大軌, 宮崎 英敏
2. 発表標題 液中レーザーアブレーションを用いたゲル状構造体, ナノコンポジットの作製
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻 剛志, 植山 大将, 小椋 真輔, 藤原 英樹, 笹木 敬司, 菊池 裕嗣
2. 発表標題 金サブミクロン粒子の局所レーザー加熱を用いた空間選択的なZnOロッドアレイの作製
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻 剛志, 金子 美貴, 藤原 萌豊, 新 大軌, 宮崎 英敏
2. 発表標題 液中レーザーアブレーションによるナノ粒子ゲル状凝集体の生成とこれを利用したナノコンポジットの作製
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻 剛志, 金子 美貴, 藤原 萌豊, 新 大軌, 宮崎 英敏
2. 発表標題 コロイド状CaOナノ粒子のレーザー誘起凝集によるゲル状構造体の生成
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻 剛志, 鈴木 優太, 榊 祥太, 石川 善恵, 越崎 直人
2. 発表標題 液中レーザー溶融法を用いた白金サブミクロン粒子の作製
3. 学会等名 2019年 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Tsuji, Ryo Antatsu, Miki Kaneko
2. 発表標題 Formation of unique nanoparticle agglomerates during laser ablation of CaO powders in liquids
3. 学会等名 The 8th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻 剛志
2. 発表標題 レーザー照射によるナノ粒子の凝集制御と球状サブミクロン粒子の作製
3. 学会等名 先端錯体工学研究会ミニシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考