

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K09616

研究課題名(和文) 赤外照射による外部刺激応答性を持つ低侵襲インテリジェントDDSの開発

研究課題名(英文) Development of intelligent drug-delivery systems controlled under external stimulation with NIR irradiation

研究代表者

阿部 薫明 (ABE, Shigeaki)

長崎大学・医歯薬学総合研究科(歯学系)・准教授

研究者番号：40374566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：外部刺激によりゾル-ゲル相転移を起こすハイドロゲル複合材料を開発した。試作したポリ アクリルアミド系ハイドロゲル複合材料は過熱-冷却過程により、可逆的なゾル-ゲル相転移を示した。この相転移制御用外部刺激として赤外光利用のために、効果的な光熱変換特性を持つことが知られているカーボンナノチューブ(CNT)へと親水化処理を施し、ハイドロゲルとの複合材料を作製した。この材料は、赤外光照射により効率的にゾル化し、可逆的なゾル-ゲル相転移を示した。ゾル化によりモデル薬剤の放出も確認された。これらの結果から、赤外光照射によりゾル-ゲル相転移を示し、薬剤の放出を可能とする新規材料の試作に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果として得られた赤外光照射により薬剤徐放を可能とする新規ハイドロゲル複合材料は、薬剤の投与を必要とするタイミングに、開腹などの外科的な侵襲を与えず、且つ大型の装置の使用を必要とせずに、小型の赤外光源を用いることで簡便に薬剤の放出を可能とする材料である。用いた材料は既に医療材料として使用されている化合物や、安全性の検討がなされている物質であり、医療応用への展開も期待できる。この技術により、歯科のみならず医学領域においても、非侵襲的に効果的な薬剤の投与を可能とするため、患者のQOLの向上への貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have investigated a hydrogel composite that undergoes a sol-gel phase transition under external stimulation. Obtained polyacrylamide-based hydrogel composite showed a reversible sol-gel phase transition during the heating-cooling process. In order to use infrared light as an external stimulus for controlling the phase transition process, we prepared hydrophilic carbon nanotubes (CNT) derivatives with surface chemical modification because CNTs are known to have effective photothermal conversion properties. Then we prepared a composite material with hydrogel. The obtained material indicated efficiently sol transition by infrared light irradiation and exhibited a reversible sol-gel phase transition. Release of the model drug was also confirmed by the transition. Based on these results, we succeeded in prototyping a novel material that exhibits a sol-gel phase transition upon irradiation with infrared light and enables drug release.

研究分野：バイオマテリアル

キーワード：薬剤徐放 ゾル-ゲル 赤外照射 外部刺激

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、外部刺激としての赤外光に反応して「必要なタイミング」で「必要な量」の薬剤を放出可能な薬剤徐放材料の開発を試みる。

インプラント周囲炎のような感染症治療には抗菌薬(抗生物質)投与が有効であるが、耐性菌の問題から長期使用は禁忌である。一方、塩化セチルピリジニウム(CPC)のような殺菌剤は長期使用が可能であるが、非特異的であるため高濃度では周囲の粘膜に有害作用を及ぼす。持続的に薬剤が放出されるDDS材料には、閾値のある薬剤や薬剤耐性菌の発生が懸念される薬剤の徐放には不向きである。そのため、もしも「必要なタイミング」で、「必要量」の薬剤を放出できるDDS材料があれば、より効果的な治療が可能になると考えられる。「必要なタイミング」における薬剤放出を、迅速・簡便かつ低侵襲で実現するには、外部刺激に反応して「必要な量」の薬剤を放出可能なDDS材料の開発が期待される。この問題を解決するため、例えばインプラント手術の際に同時に埋入し、その後、外部刺激を与える事により「必要なタイミング」に「必要量」の薬剤を放出する「赤外照射による外部刺激応答性を持つ低侵襲インテリジェントDDS」の開発を試みた。

### 2. 研究の目的

本研究では、外部刺激としての赤外光に反応して「必要なタイミング」で「必要な量」の薬剤を放出可能な薬剤徐放材料の開発を試みる。典型的な温度応答性ポリマーとは異なり、温度上昇によりゾルへの相転移を示す、Upper Critical Solution Temperature (UCST) 型のポリマーを用いる事で、加温により内包した薬剤が放出されるシステムを構築する。このシステムを外部刺激により効率的に動作するため、赤外光照射に対して高い発熱応答を示すカーボンナノチューブと融合する事により、赤外光を照射した部分のみが速やかにゾル状態へと相転移を示し、薬剤を放出する「赤外照射による外部刺激応答性を持つ低侵襲インテリジェントDDS」を開発する。

### 3. 研究の方法

本研究では、温度上昇によりゾルへの相転移を示す複合材料の合成とその温度応答性の検討、照射赤外光の熱変換効率向上のためのカーボンナノチューブの発熱特性の検討を試みる。始めに、ポリエチレングリコールに、N-イソプロピルアクリルアミドを加え重合し、得られた材料を用いて、温度応答性の検討を行う。ゾル-ゲル相転移温度域として50-60℃を目指し、各成分の配合を調整する。外部刺激として赤外光照射を用いるために、CNTの発熱特性を他のカーボン材料(グラファイト等)と比較し、温度応答制御のための赤外による外部刺激の適正条件を検討する。上記の計画を通して、外部刺激応答性を持つ低侵襲インテリジェントDDSの開発を試みる。

### 4. 研究成果

#### ・ポリアクリルアミド系ゲルの熱応答

任意の割合で混合したアクリルアミド、N-イソプロピルアクリルアミドとポリエチレングリコール(PEG)水溶液、タングストリン酸を氷冷下で攪拌し、N,N-メチレンビスアクリルアミド(架橋剤)、過硫酸カリウム(重合開始剤)を加え、70℃で

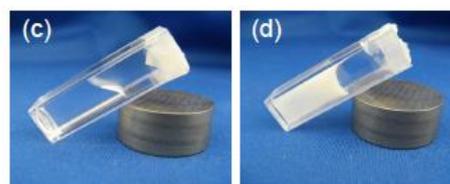


図1 作成したハイドロゲル  
(左)加熱後、(右)冷却後

3時間重合を行い、その後、放冷した。

得られた水ゲルを加熱すると、図1(左)に示すようにゾル化し透過率の上昇が見られた。一方、このゾルを冷却すると、白濁したゲルへと転換され(図1(右))、その透過率も急激に低下した。このゲルの温度変化に伴う相転移は可逆的に進行し、繰り返し耐久性を示した(図2)。また、この複合ゲルの相転移温度は、作成時のポリエチレングリコール(PEG)の配合比により制御可能であった。図3に示すように、PEGの配合比率を上昇させると、相転移温度の低下が見られた。

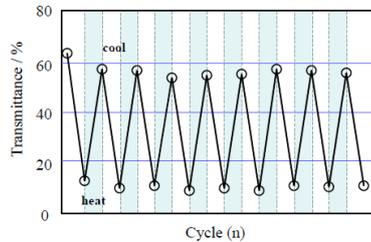


図2 作成した水ゲルのゾル-ゲル相転移の繰り返し特性

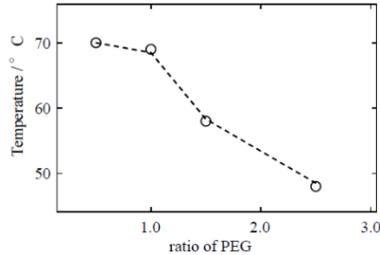


図3 水ゲルの相転移温度へのPEG配合量の影響

#### ・CNTの光-熱転換応答

赤外光照射によるCNTの光-熱転換応答についての検討を行うため、CNT含有量の異なる(a: 50 mg, b: 10 mg)水ゲルを作成した。コントロールとして、CNTを含有しない試料(d)、およびグラファイト50 mg含有試料(c)を各々作製した。図4に示すようにCNT含有試料は未含有試料(d)と比較して、赤外光照射による急速な温度上昇が見られ、また到達温度にも大きな差異が見られた。また、この温度上昇応答はCNT含有量に応じて向上した。

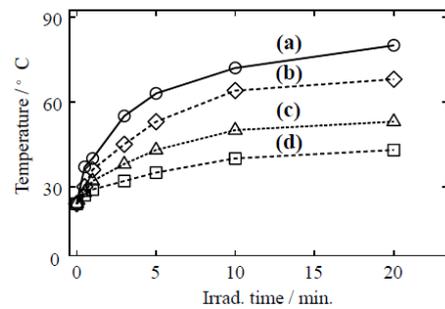


図4 赤外光照射下でのCNTの発熱特性

更にグラファイト含有試料(c)と比較すると、グラファイトに比べてCNTの光-熱転換効率が優れていることが示された。CNT10 mg含有の試料(c)は、グラファイト50 mg含有の試料(c)よりも、迅速な温度上昇が観察されており、この結果から、同じ炭素材料であるグラファイトと比較して、CNTが優れた光-熱転換能を持つことが示された。

#### ・表面化学処理による親水性CNT(CNT-COOH)の作製

水ゲルへと均一に混合するためには、CNTの親水性の向上が必要とされる。そこで、CNTへと化学修飾を行い、その表面へのカルボキシ基(-COOH)の提示を試みた。CNT/ジクロロベンゼン懸濁液へと過酸化コハク酸を過剰量投与し、10日間還流を行った。図5

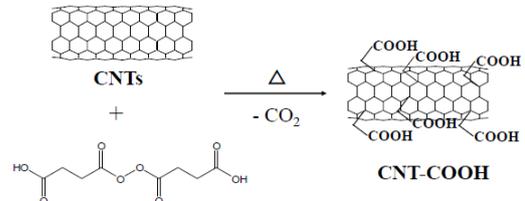


図5 CNT親水化のため表面修飾

その結果、その表面に多数のカルボキシ基が導入された

された親水性を示すCNT誘導体(CNT-COOH)を得ることに成功した。表面修飾反応の進行は、FT-IR測定および中和滴定により評価した。

#### ・CNT-COOH導入ポリアクリルアミド系ゲルの光応答

上記で得られた CNT-COOH を上述のポリアクリルアミド系ゲルへと添加した。黒色を呈した透明なゲルが得られた (図6)。得られたゲルへと赤外線照射したところ、ゾル化に伴う透過率の向上が見られた。これは、赤外光照射下で混入した CNT-COOH が光-熱転換を行い発熱し、この複合ゲルのゾル-ゲル相転移を促進したためと考えられる。一方、照射停止後には、相転移による透過率の低下が見られた。上述のポリアクリルアミド系ゲルと同様に可逆的に進行する事が示された。図7

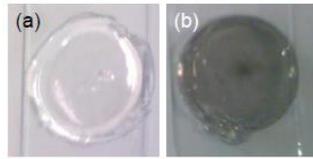


図6 CNTの有無による hidroゲルの様子、左: CNT無、右: CNT有

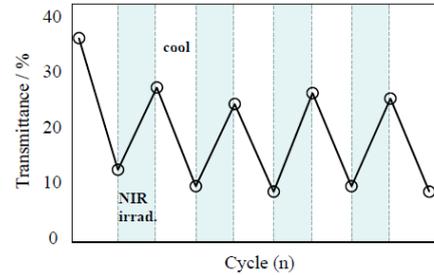


図7 CNT含有 hidroゲルの赤外光照射下でのゾル-ゲル相転移の繰り返し特性

これらの結果から、外部刺激として赤外光照射によりゾル-ゲル相転移を示す hidroゲル複合材料の試作に成功した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 24件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 KODAMA Kouta, VALANEZHAD Alireza, KHODAEI Mohammad, SAFAEE Sirius, JAFARNIA Shiva, NESABI Mahdis, ABE Shigeaki, WATANABE Ikuya, MURATA Hiroshi	4. 巻 40
2. 論文標題 A novel coating layer on zirconia using modified zinc phosphatizing method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 870～876
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2020-253	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 SAFAEE Sirius, VALANEZHAD Alireza, NESABI Mahdis, JAFARNIA Shiva, SANO Hideaki, SHAHABI Sima, ABE Shigeaki, WATANABE Ikuya	4. 巻 40
2. 論文標題 Fabrication of bioactive glass coating on pure titanium by sol-dip method: Dental applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 949～956
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2020-323	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 Jafarnia Shiva, Valanezhad Alireza, Shahabi Sima, Abe Shigeaki, Watanabe Ikuya	4. 巻 63
2. 論文標題 Physical and mechanical characteristics of short fiber-reinforced resin composite in comparison with bulk-fill composites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Science	6. 最初と最後の頁 148～151
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2334/josnugd.20-0436	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 Nesabi Mahdis, Valanezhad Alireza, Safaee Sirius, Odatsu Tetsurou, Abe Shigeaki, Watanabe Ikuya	4. 巻 124
2. 論文標題 A novel multi-structural reinforced treatment on Ti implant utilizing a combination of alkali solution and bioactive glass sol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 1048(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jmbbm.2021.104837	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 Endo Ryoshun, Nakanishi Ko, Bando Yosuke, Abe Shigeaki, Maruoka Haruhi, Nakamura Mariko, Akasaka Tsukasa, Yoshida Yasuhiro, Sato Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Ion Capture and Release Ability of Glass Ionomer Cement Containing Nanoporous Silica Particles with Different Pore and Particle Size	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 5742 ~ 5742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14195742	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 Valanezhad Alireza, Odatsu Tetsuro, Abe Shigeaki, Watanabe Ikuya	4. 巻 22
2. 論文標題 Bone Formation Ability and Cell Viability Enhancement of MC3T3-E1 Cells by Ferrostatin-1 a Ferroptosis Inhibitor of Cancer Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 12259(1-12)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms222212259	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 H. Tamaki, S. Abe, S. Yamagata, Y. Yoshida, and Y. Sato	4. 巻 20
2. 論文標題 Self-assembled monolayer formation on a dental orthodontic stainless steel wire surface to suppress metal ion elution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coatings	6. 最初と最後の頁 367(1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/coatings10040367	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 E. Seitoku, S. Hoshika, T. Ikeda, S. Abe, T. Tanaka, and H. Sano	4. 巻 13
2. 論文標題 Bonding performance of a hydrophilic amide monomer containing adhesive to occlusal and cervical dentin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 4727(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma13214727	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. Takada, Y. Kitamura, S. Takakuwa	4. 巻 128
2. 論文標題 Fabrication of infrared-responsive carbon nanotube coating on glass surface through covalent bond formation using photoreactive silane coupling agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1066-1071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20152	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. Takada	4. 巻 295
2. 論文標題 Thermoresponse of poly(acrylamide-co-butyl methacrylate)/polyacrylic acid/MWCNT composite hydrogels obserbed by infrared irradiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 TANSO	6. 最初と最後の頁 135-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7209/tanso.2020.135	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 Tomoya Takada, Ryoga Ushiomura, Takuto Fushiki	4. 巻 25
2. 論文標題 Fractal dimensional analysis on dispersion/aggregation state of MWCNT in poly(4-chloromethyl)styrene: effect of UV-induced polymer-MWCNT chemical bond formation and its influence in electrical conductivity of their composites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Polymer Analysis and Characterization	6. 最初と最後の頁 252-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/1023666X.2020.1783079	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 H. Oguma, E. Seitoku, M. Mutoh, S. Yoshizawa, K. Nakanishi, Y. Bando, Y. Era, T. Kiba, P. Saikaew, M. Tamai, T. Akasaka, M. Nakamura, T. Kusaka, Y. Yoshida, Y. Sato, H. Sano, S. Abe, A. Valanezhad, I. Watanabe, S. Inoue, and T. Takada	4. 巻 20
2. 論文標題 Size- and morphology- controlled preparation of surface-modified waterdispersible fullerene nanoparticles for bioapplications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 2668-2674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2020.17473	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 該当する

1. 著者名 T. Kitabayashi, T. Asashita, N. Satoh, T. Kiba, M. Kawamura, Y. Abe, K.H. Kim	4. 巻 699
2. 論文標題 Fabrication and characterization of microcavity organic light-emitting diode with CaF <sub>2</sub> /ZnS distributed Bragg reflector	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 137912(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.137912	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 N. Iijima, M. Ugajin, T. Kiba, M. Kawamura, Y. Abe, K.H. Kim, A. Higo, J. Takayama S. Hiura, A. Murayama	4. 巻 700
2. 論文標題 Size dependence of emission enhancement of Tris(8-hydroxyquinolino) aluminum with plasmonic Al nanostructure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 137920(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.137920	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 T. Kataoka, S. Abe, and M. Tagaya	4. 巻 11
2. 論文標題 Surface-engineered design of efficient luminescent europium(III) complex-based hydroxyapatite nanocrystals for rapid HeLa cancer cell imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 8915-8927
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.8b22740	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 K. Nakamura, S. Abe, H. Minamikawa, and Y. Yawaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Calcium charge and release of conventional glass-ionomer cement containing nano porous silica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1295(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma11081295.	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 H. Tamaki, S. Tsuchiya, Y. Sakurada, S. Yamagata, A. Hyono, K. Kaneko, K. Kawai, S. Abe, Y. Yoshida, and J. Iida	4. 巻 660
2. 論文標題 Chemical modification to suppress metal ions elution of dental orthodontic wire surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Crystals and Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 163-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15421406.2018.1457279	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 A. Matsumoto, S. Yamagata, S. Abe, T. Akasaka, Y. Yoshida, and J. Iida	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical and chromatic evaluation of fluorescent orthodontic bonding materials doped with a europium -diketonate complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 3-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.10.3	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 M. Nishimoto, S. Abe, and T. Yonezawa	4. 巻 42
2. 論文標題 Optical and chromatic evaluation of fluorescent orthodontic bonding materials doped with a europium -diketonate complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New J. Chemistry	6. 最初と最後の頁 14493-14501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NJ01747F	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 M. Tagaya, S. Abe, K,i Shinozaki, and T. Kataoka	4. 巻 122
2. 論文標題 Preparation of calcium phosphate nanoparticles hybridized with europium(III) complex for novel luminescent organic-inorganic systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 218-226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpcs.2018.06.031	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 S. Yamagata, T. Yamamoto, Y. Sato, S. Abe, T. Akasaka, and Y. Yoshida	4. 巻 10
2. 論文標題 Fabrication of light-curing type fluorescent orthodontic bonding materials using europium- diketonate complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 53-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.10.53	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19件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Shigeaki Abe, Yuko Era, Alireza Valanezhad, Mariko Nakamura, Tomoya Takada, and Ikuya Watanabe
2. 発表標題 Development of thermos responsible composite hydrogels using Carbon Nanotube derivatives
3. 学会等名 KJF-ICOMEF 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sirus Safaee, Mahdis Nesabi, Shiva Jafarnia, Alireza Valanezhad, Yuko Era, Shigeaki Abe, and Ikuya Watanabe
2. 発表標題 Sustainable drug-release property of dental resin composite using nano-porous silica particles
3. 学会等名 第78回日本歯科理工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部薫明, 遠藤諒俊, Mahdis Nesabi, Sirus Safaee, Shiva Jafarnia, 岩沼健児, 成徳英理, 中西 康, 江良祐子, Alireza Valanezhad, 中村光一, 高田知哉, 佐藤嘉晃, 渡邊郁哉
2. 発表標題 薬剤徐放能を持つ歯科用コンポジット材料の開発
3. 学会等名 第43回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部薫明, 江良裕子, 中西 康, Valanezhad Alireza, 渡邊郁哉
2. 発表標題 温度応答により薬剤徐放性を示すハイドロゲルコンポジット材料の開発
3. 学会等名 第75回日本歯科理工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田知哉、早坂勇輝、阿部薫明
2. 発表標題 ポリアクリルアミド/ポリアクリル酸/MWCNT複合ハイドロゲルの作製と赤外線応答性
3. 学会等名 日本化学会第101回春年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片岡卓也、阿部薫明、多賀谷基博
2. 発表標題 Eu(III)錯体を含有したハイドロキシアパタイトナノ粒子の合成と葉酸修飾による細胞標識機能化
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江良裕子, 阿部薫明, 赤坂司, 吉田靖弘
2. 発表標題 カゴ状ナノシリカ粒子を用いた薬剤徐放性歯科材料の開発
3. 学会等名 第73回;日本歯科理工学会学術講演
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tamaki, S. Abe, S. Yamagata, Y. Yoshida, J. Iida and Y. Sato
2. 発表標題 Multifunctional surface modification on dental orthodontic wire surface: Suppression of metal ions elution and antibacterial property
3. 学会等名 Nano Korea 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江良裕子, 中西 康, 阿部薫明, 玉井美保, 赤坂 司, 吉田靖弘
2. 発表標題 ナノポーラス物質含有による歯科用シーラント材料から薬剤徐放特性の検討
3. 学会等名 第74回日本歯科理工学会学術講演
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Era, F. Farhana, S. Iwata, S. Abe, M. Nakamura, I. Watanabe, and Y. Yoshida
2. 発表標題 Drug release behavior from dental/medical materials using nanoporous silica
3. 学会等名 Chitose International Forum 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤諒俊, 中西 康, 坂東洋祐, 松本愛子, 阿部薫明, 山方秀一, 吉田靖弘, 佐藤嘉晃
2. 発表標題 ナノ多孔質シリカの孔サイズがもたらすイオン放出能への影響
3. 学会等名 第78回日本矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 E. Seitoku, K. Nakanishi, Y. Bandoh, Y. Era, S. Iwata, S. Abe, M. Nakamura, I. Watanabe, and H. Sano
2. 発表標題 Model drug-released behavior from medical materials using nanoporous silica
3. 学会等名 19th Asian BioCeramics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成徳英理、江良裕子、阿部薫明、佐野英彦
2. 発表標題 ナノ多孔質物質を用いた薬剤徐放能を持つ新規な歯科修復材料の開発
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2020年冬季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Abe, T. Kataoka M. Tagaya
2. 発表標題 Photoluminescent and biocompatible property of folic acid derivative immobilized apatite/Eu-complex hybrid particles for biomedical tool
3. 学会等名 NanoKorea 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 E. Seitoku, S. Abe, Y. Banjo, K. Nakanishi, S. Kakuda, J. Iida, Y. Yoshida, H. Sano
2. 発表標題 Cytocompatibility of nano-porous silica using for novel controlled drug-release materials
3. 学会等名 IADR-PER 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. ERA, E. SEITOKU, S. ABE, T. KIBA, M. NAKAMURA, Teruo KUSAKA,, S. INOUE, Y. YOSHIDA, H. SANNO, and T. TAKADA
2. 発表標題 Size- and morphology- controlled preparation of surface-modified water-dispersible fullerene nanoparticles for bioapplications
3. 学会等名 KJF2018 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江良裕子, 中西康, 阿部薫明, 玉井美保, 赤坂司, 吉田靖弘
2. 発表標題 多孔質シリカを用いた選択的薬剤徐放を実現する歯科用材料の開発
3. 学会等名 第72回歯科理工学秋季学術討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 E. Seitoku, Y. Era, S. Abe, M. Nakamura, T. Kusaka, S. Inoue, Y. Yoshida, H. Sano
2. 発表標題 Controlled drug release property of nano-porous silica micro particles and their cytocompatibility
3. 学会等名 Bioceramics 30 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeaki Abe, Ikuya Watanabe, and Hiroto Tachikawa
2. 発表標題 Molecular design of organic radical-functionalized graphene: Density functional theory (DFT) study
3. 学会等名 MNC2022 ( 国際学会 )
4. 発表年 2022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
研究分担者	高田 知哉 (TAKADA Tomoya) (00342444)	公立千歳科学技術大学・理工学部・准教授  (20106)	
研究分担者	兵野 篤 (HYONO Atsushi) (20554299)	旭川工業高等専門学校・物質化学工学科・助教  (50104)	
研究分担者	木場 隆之 (KIBA Takayuki) (40567236)	北見工業大学・工学部・助教  (10106)	
研究分担者	玉井 美保 (TAMAI Miho) (20619704)	北海道大学・歯学研究院・助教  (10101)	
研究分担者	江良 裕子 (ERA Yuko) (00825309)	埼玉県立大学・保健医療福祉学部・助教  (22401)	
研究分担者	成徳 英理 (SEITOKU Eri) (00829393)	北海道大学・歯学研究院・学術研究員  (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------