科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 5 日現在

機関番号: 14301

研究種目: 基盤研究(B)(一般)

研究期間: 2020~2022 課題番号: 20H02584

研究課題名(和文)ポリグリセロール修飾ナノ粒子の腫瘍選択的集積の原因究明と材料設計指針の再構築

研究課題名(英文) Investigation of nanomaterial design for preferential tumor accumulation

研究代表者

小松 直樹 (Komatsu, Naoki)

京都大学・人間・環境学研究科・教授

研究者番号:30253008

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文):ナノダイヤモンド(ND)と磁性酸化鉄ナノ粒子(SPION)をポリグリセロール(PG)で被覆し、さらにカルボキシ基、アミノ基、スルホン酸、ホスホニウムなどの各種官能基で修飾したナノ粒子に対し、まず、タンパク質コロナの生成量について検討を行った。その結果、負電荷をもつカルボキシ基は、タンパク質コロナの生成はなく、一方、正電荷をもつアミノ基には、タンパク質コロナの生成が認められた。それに伴い、細胞への取り込みも促進された。したがって、ポリグリセロール修飾ナノ粒子の腫瘍選択的集積には、負電荷をもつ官能基などを用いることで、タンパク質コロナの生成を制御することが重要であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義 ポリグリセロール修飾ナノ粒子の腫瘍選択的集積の原因が明らかになれば、それがナノ製剤の新たな設計指針となり、ナノ医療の分野にパラダイムシフトを起こすことが可能である。一方。この研究成果は、癌の早期発見や 治療にも繋がり、社会的にも経済的にも大きなインパクトがあると考えている。

研究成果の概要(英文): First, protein corona formation was examined for nanodiamond (ND) and magnetic iron oxide nanoparticles (SPION) coated with polyglycerol (PG) and further modified with various functional groups such as carboxy groups, amino groups, sulfonate, and phosphonium. The results showed that negatively charged groups such as carboxy one did not produce protein corona, while positively charged amino groups produced protein corona. The cellular uptake is found to be facilitated proportionally by the amount of corona proteins. Therefore, it is important to control the formation of protein corona by using negatively charged functional groups for tumor-selective accumulation of polyglycerol-functionalized nanoparticles.

研究分野:ナノ材料化学

キーワード: ナノ粒子 ポリグリセロール 癌 腫瘍

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1.研究開始当初の背景

近年、ナノ医療と呼ばれる新しい分野が、特にがん治療において 注目を集めている。一般に、ナノ粒子をキャリアとする腫瘍への抗 がん剤の送達においては、血流にのったナノ粒子が正常組織中の血 管からは遊出せず、腫瘍組織中の血管から遊出し、そこに滞留する という、EPR (enhanced permeation and retention) 効果(図1) により、抗がん剤の選択的送達が可能となり、副作用を抑制すると ともに、がん治療の効果を高めると言われてきた。しかしながら、 ごく最近、固形腫瘍へのナノ粒子の送達に関して、2005-2015 年 に発表されたデータを詳細に分析した総説が発表された(S. Wilhelm, et al., Nat. Rev. Mater., 2016)。そこでは、投与量に対し て平均 0.7% のナノ粒子しか腫瘍に到達していない、という衝撃 的な数字が報告された。その主な原因としては、生体内でナノ粒子 を制御することの困難さが挙げられている。その後、EPR 効果の 限界を主張する論文も発表されるなど (Y. Nakamura, et al., Bioconjugate Chem., 2016) 現在、ナノ医療は岐路に立たされて いるとも言える。

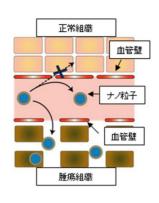
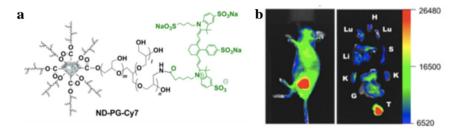


図1 EPR 効果による ナノ粒子の腫瘍への集

2.研究の目的

このような現状 において、申請者 らはごく最近、蛍 光ナノ粒子を用い た生体腫瘍イメー ジングに成功した (図2、F. Yoshino, N. Komatsu. et al., Small, 2019), 具体的には、まず、 申請者らが確立し た合成法に基づ き、ポリグリセロ ール (PG) で被覆 した、直径 50 nm のナノダイヤモン ド(ND)に近赤外 光 色 cyanine7(Cy7)を 結合させることに より、蛍光ナノ粒



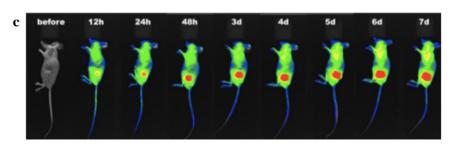


図 2 ND-PG-Cy7 の構造 (a) 、腫瘍の蛍光イメージングの in vivo 像 (b 左) と ex vivo 像 (b 右) 、腫瘍の蛍光画像の経時変化 (c)

(b) T: 腫瘍, Li: 肝臓, S: 脾臓, K: 腎臓, G: 胃腸, Lu: 肺, H: 脳

子 ND-PG-Cy7 (図 2 a) を合成した。これを担がんマウスの尾静脈より投与し、生体蛍光イメージング装置 (OPT, (株)島津製作所)により経時変化を追跡したところ、図 2 c に示すように、蛍光ナノ粒子が 1 週間にわたって、腫瘍に選択的に集積していく様子が観察された。これまでの研究では、ナノ粒子が肝臓や脾臓のマクロファージに貪食され、必ずこれらの臓器にも相当量のナノ粒子の集積がみられた。したがって、申請者らが用いた ND-PG-Cy7 は、これらの臓器、あるいはマクロファージによる捕捉を巧みに回避するステルス性を有していると結論づけられる。実際、ND-PG-Cy7 のマウスの血中における半減期は 58 時間と、他のナノ粒子に比べ著しく長く、これも ND-PG-Cy7 の優れたステルス性を反映した結果と考えられる(F. Yoshino, Y. Zou, N. Komatsu, et al., Small, 2019)。

以上のことを踏まえ、本研究では、なぜこのナノ粒子は腫瘍に選択的に集積したか、あるいは、それを可能とした主な要因と考えられる優れたステルス性はなぜ得られたか、について検討を行い、最終的には、ポリエチレングリコール(PEG)を基軸として考えられてきたがんの診断・治療におけるナノ粒子の設計指針の見直し、再構築を目指す。

3.研究の方法

本研究では、ND-PG-Cy7 で優れたステルス性が得られた要因を明らかにするため、ND や磁性酸化鉄ナノ粒子(SPION)などの各種ナノ粒子(NP)とそれらを PG,PEG で修飾した NP-PG, NP-PEG について、1) それらの合成と化学構造の定性・定量、2) 血漿、血清中でのタンパク質コロナの生成とその定性・定量、3) マクロファージによる捕食の有無とその定量、4) マウ

スの腫瘍、肝臓、脾臓などへの生体内分布、 に関して比較検討する。

まず、NP を、式1に従い PG で、ア ミド結合を介して PEG で修飾し、NP-PG、 NP-PEG を合成する(図3-1)。 合成した NP-PG, NP-PEG に対し、溶液 NMR、IR による定性分析と元素分析(京大元素分析 センター) TGA による定量分析を行う。 特に、TGA で決められる高分子層とコア (NP)の重量比を NP-PG と NP-PEG で 揃えるため、それに適した反応条件を模索 する。

このように合成した NP-PG, NP-PEG と NP を血漿、もしくは血清中に加え、 37°C で静置し、遠心分離の後、一部を水中 に分散させ、粒子径とゼータ電位につい て、コロナ形成前後で比較する(図3-2)。 残りは、表面に吸着したコロナタンパク質 を SDS (ドデシルスルホン酸ナトリウム) 水溶液中に溶かし出し、ポリアクリルアミ ド電気泳動 (SDS-PAGE)、BCA (bicinchoninic acid)分析、液体クロマトグ ラフィー質量分析 (LC/MS) により定性、 定量する。以上の実験により、NP-PG が NP-PEG, NP に比べ、タンパク質コロナの 生成をどの程度有効に阻害するのか、ま た、コアと高分子層の重量比とタンパク質 コロナ生成阻害との相関について明らか にする。

1) NP からNP-PG, NP-PEG の合成化学構造の定性・定量 но{о. NP **NP-PEG** NP-PG 2) 血漿、血清中でのタンパク質コロナの生成とその定性・定量 NP-PEG NP-PG 3)マクロファージによる捕食の有無とその定量 NP-PG NP-PEG NP 4) マウスの腫瘍、肝臓、脾臓などへの生体内分布 spleen fumor

本研究の概要: NP. NP-PG, NP-PEG の比較検討

NP

NP-PEG

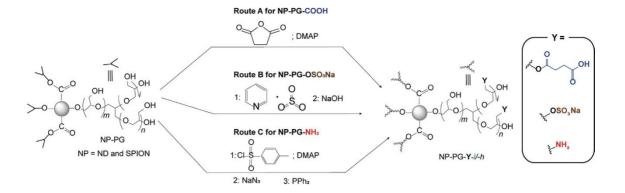
次に、NP-PG, NP-PEG, NP のステルス性

を評価するため、マクロファージによる捕食について、in vitro で検討する(図3-3)。先に合 成した NP-PG, NP-PEG と NP を血漿タンパク質、マクロファージと培養し、培養液を分離した のち、マクロファージを洗浄し、京大総合解剖センター所有の透過型電子顕微鏡(TEM)で観察 し、マクロファージに取り込まれたナノ粒子の多寡を評価する。また、マクロファージからの抽 出液中のナノ粒子を ND の場合は、光散乱による消光スペクトル、SPION などの含金属ナノ粒 子の場合は、京大ナノハブ拠点所有の誘導結合プラズマ質量分析計(ICP/MS)により定量する。 以上の in vitro 実験でステルス性が確認されたナノ粒子を担がんマウスの尾静脈より投与し、-定時間後に腫瘍、肝臓、脾臓などを取り出し、それらからナノ粒子を抽出し、in vitro の場合と 同様、消光スペクトル、あるいは、ICP/MS により定量することで生体内分布を明らかにする(図 3-4) 図3に示したように、NP-PG 上のタンパク質量は、NP, NP-PEG のそれに比べ著しく少 ないと予想され、それに伴って、マクロファージへの捕食も回避されると期待される。担がんマ ウスを用いた実験では、肝臓、脾臓をすり抜け、腫瘍に集積するという、図2の結果が再現され るものと確信している。

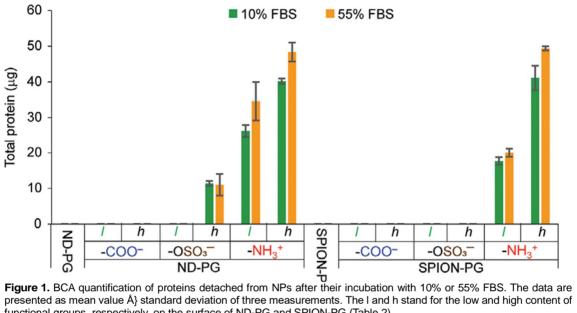
NP-PG

4. 研究成果

Scheme 1 に示したように、まず、ナノダイヤモンド(ND)と磁性酸化鉄ナノ粒子(SPION) をポリグリセロール(PG)で被覆し、さらにカルボキシ基、アミノ基、スルホン酸、ホスホニウ ムなどの各種官能基で修飾した。これらナノ粒子に対し、タンパク質コロナの生成量について検 討を行った。その結果、Figure 1 に示したように、負電荷をもつカルボキシ基は、タンパク質コ ロナの生成はなく、一方、正電荷をもつアミノ基には、タンパク質コロナの生成が認められた。 それに伴い、細胞への取り込みも促進された。したがって、ポリグリセロール修飾ナノ粒子の腫 瘍選択的集積には、負電荷をもつ官能基などを用いることで、タンパク質コロナの生成を制御す ることが重要であることを明らかにした。



Scheme 1. Functionalization of NP-PG with carboxy, sulfate and amino groups at low (*I*) and high (*h*) contents.



functional groups, respectively, on the surface of ND-PG and SPION-PG (Table 2).

5 . 主な発表論文等

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

1. 書名名 Konatsu Naoki 4. 巻 Konatsu Naoki 56 2. 論文禮鑒 Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 2023年 Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 106-116 3. 議議会 Accounts of Chenical Research 5. 最初と最後の目 106-116 お勧節念文のOOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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団鋼 5. 発行作 2023年 Nang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzukii Ninoru、Konatsu Naoki 5. 発行作 Polyglycarol Functionalized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Blmodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothernal Therapies 6. 最初と最後の目 2204044 -2204044 現職論文のOOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202240044	Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Poly(Glycerol) - Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine Sanoparticles for Cancer Nanoparticles for Cancer Nanoparticles for Cancer Nanoparticles	66 . 発行年 2023年 . 最初と最後の頁 106~116 売の有無 有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
Poly(sq)veror1)-Based Bionedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles For Cancer Nanoparticles For Cance	2. 論文標題 Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	. 発行年 2023年 . 最初と最後の頁 106~116 売の有無 有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3. 練誌名 Accounts of Chemical Research 6. 施砂と最後の頁 108~116 18数論文のDOI (デジタルオブジェクト観別子)	Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3 . 雑誌名 Accounts of Chemical Research 信載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 最議論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202204044 オーブンアクセス は . 著名名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 4 . 清さ名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 5 . 論文標題 Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	2023年 . 最初と最後の頁 106~116 . 売の有無 有 祭共著 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3. 練誌名 Accounts of Chemical Research 6. 施砂と最後の頁 108~116 18数論文のDOI (デジタルオブジェクト観別子)	Poly(Glycerol)-Based Biomedical Nanodevices Constructed by Functional Programming on Inorganic Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3 . 雑誌名 Accounts of Chemical Research 信載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 最議論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202204044 オーブンアクセス は . 著名名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 4 . 清さ名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 5 . 論文標題 Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	2023年 . 最初と最後の頁 106~116 売の有無 有 祭共著 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3	Nanoparticles for Cancer Nanomedicine 3 . 雑誌名 Accounts of Chemical Research 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 オーブンアクセス オーブンアクセス 1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 オーブンアクセス オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	. 最初と最後の頁 106~116 売の有無 有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
3 . 辞談名 Accounts of Chemical Research 「お讃談文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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 「・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3 . 雑誌名 Accounts of Chemical Research 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1 . 著者名 Wang Yuquan, Reina Giacomo, Kang Heon Gyu, Chen Xiaoxiao, Zou Yajuan, Ishikawa Yoshie, Suzuki Minoru, Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan, Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	高の有無 有 際共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
Accounts of Chemical Research 108-116 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日	Accounts of Chemical Research 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1. 著者名 Wang Yuquan, Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3. 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	高の有無 有 際共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1. 著名名 ***	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1.著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2.論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3.雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1.著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2.論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials	売の有無 有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1. 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Koratsu Naoki Winoru、Koratsu Naoki Winoru Winor	10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1.著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2.論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3.雑誌名 Small 「表者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 1.著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2.論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 香	有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044
10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1. 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Koratsu Naoki Winoru、Koratsu Naoki Winoru Winor	10.1021/acs.accounts.2c00615 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 1.著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2.論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3.雑誌名 Small 「表者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 1.著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2.論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 香	有 祭共著 - . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無
1 ・ 著名名 Wang Yuquan, Reina Giacomo, Kang Heon Gyu, Chen Xiaoxiao, Zou Yajuan, Ishikawa Yoshie, Suzuki Minoru, Konatsu Naoki Samali Sa	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 1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 最戦論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 直 「表替名」 「表替名」 「表替名」 「表述表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表	祭共著 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
1 ・著名名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Konatsu Naoki 12 ・論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 ・雑誌名 Small お離話名 Small 「表著名 Small Diagozeoutha Photothermal Therapies Diagozeoutha Photothermal Therapies Diagozeoutha	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 1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 信 「表者名 Small にデジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 「香載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査	- . 巻 8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無
1. 著名名 Nang Yuguan, Reina Giacomo, Kang Heon Gyu, Chen Xiaoxiao, Zou Yajuan, Ishikawa Yoshie, Suzuki Minoru, Komatsu Naoki 18	1 . 著者名 Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 信載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 オープンアクセス コープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 査 直 「表替名」 「表述の関連」 「表述の関	8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
Wang Yuguan, Reina Giacomo, Kang Heon Gyu, Chen Xiaoxiao, Zou Yajuan, Ishikawa Yoshie, Suzuki Minoru, Komatsu Naoki 2. 論文標題 Polyglycerol Functionalized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3. 雑誌名 Small ### ### ### ### ### ### ### ### ###	Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
Wang Yuguan, Reina Giacomo, Kang Heon Gyu, Chen Xiaoxiao, Zou Yajuan, Ishikawa Yoshie, Suzuki Minoru, Komatsu Naoki 2. 論文標題 Polyglycerol Functionalized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3. 雑誌名 Small ### ### ### ### ### ### ### ### ###	Wang Yuquan、Reina Giacomo、Kang Heon Gyu、Chen Xiaoxiao、Zou Yajuan、Ishikawa Yoshie、Suzuki Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	8 . 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
Minoru, Komatsu Naoki 2 . 論文標題	Minoru、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202204044 オープンアクセス 国 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials	. 発行年 2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
2. 論文標題 Probylycerol Functional ized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 2022年 Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 6. 最初と最後の頁 2204044 ~ 2204044	2.論文標題 Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3.雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 オープンアクセス エープンアクセス 国 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 1.著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2.論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 香	2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
Polyglycerol Functionalized 108 Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3. 雑誌名 Small お動詞文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文権理 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials ### ### ### ### ### ### ### ### ### #	Polyglycerol Functionalized 10B Enriched Boron Carbide Nanoparticle as an Effective Bimodal Anticancer Nanosensitizer for Boron Neutron Capture and Photothermal Therapies 3. 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 香養	2022年 . 最初と最後の頁 2204044~2204044 売の有無 有
3.雑誌名 6.最初と最後の頁 2204044 - 2204044 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sml1.202204044	3 . 雑誌名 Small 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smII.202204044 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査	2204044 ~ 2204044 売の有無 有
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 オープンアクセス 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 1. 著者名 Zou Yajuan, Ito Shinji, Fujiwara Masazumi, Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 相載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 加速などの表別では、文はオープンアクセスが困難 1. 著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro, Kang Heon Gyu, Cheng Guoqing, Wang Wei, Wang Yuquan, Komatsu Naoki 1. 著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro, Kang Heon Gyu, Cheng Guoqing, Wang Wei, Wang Yuquan, Komatsu Naoki 2. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3. 雑誌名 Molecular Pharmaceutics - 本の表別で表別の表別では、 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別である。 - 本の表別で表別である。 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別で表別である。 - 本の表別で表別である。 - 本の表別で表別である。 - 本の表別である。 - 本の表別で表別である。 - 本の表別である。 - 本の表	掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/smll.202204044 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 1.著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2.論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	売の有無 有
10.1002/smII.202204044 有 国際共著	10.1002/smll.202204044 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	有
10.1002/smII.202204044 有 国際共著	10.1002/smll.202204044 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	有
10.1002/smII.202204044 有 国際共著	10.1002/smll.202204044 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	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 - 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 32 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 5 . 発行年 2022年 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 1 . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 3 . 雑誌名 A . 巻 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 6 . 最初と最後の頁 2111077 ~ 2111077	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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	
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 1. 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 信. 最初と最後の頁 2111077 - 2111077 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 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 1. 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3. 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 「最初と最後の頁 2823~2832 「最勤論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 「直読の有無	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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	·····································
1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 6 . 最初と最後の頁 2111077~2111077 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 有 オープンアクセス 「エ著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 6 . 最初と最後の頁 2021年 「5 . 発行年 2021年 「5 . 発行年 2021年 「6 . 最初と最後の頁 2823~2832 「6 . 最初と最後の頁 2823~2832	1 . 著者名 Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査	<u>-</u>
Zou Yajuan, Ito Shinji, Fujiwara Masazumi, Komatsu Naoki322. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake5. 発行年 2022年3. 雑誌名 Advanced Functional Materials6. 最初と最後の頁 2111077~2111077掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077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 - 1・著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki4. 巻 182. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond5. 発行年 2021年 2021年 2021年 2021年 2823~2832掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	
Zou Yajuan, Ito Shinji, Fujiwara Masazumi, Komatsu Naoki322. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake5. 発行年 2022年3. 雑誌名 Advanced Functional Materials6. 最初と最後の頁 2111077~2111077掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077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 - 1・著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki4. 巻 182. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond5. 発行年 2021年 2021年 2021年 2021年 2823~2832掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	Zou Yajuan、Ito Shinji、Fujiwara Masazumi、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	<u>*</u>
2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 信託の有無 10.1002/adfm.202111077 描載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 11. 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond お・選挙を表している。 3. 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 5. 発行年 2022年 2022年 4. 巻 20111077 - 2111077 富読の有無 4. 巻 18 5. 発行年 2021年 6. 最初と最後の頁 2823~2832	2. 論文標題 Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3. 雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	
Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 6 . 最初と最後の頁 2111077 ~ 2111077 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 a 言読の有無 7 カープンアクセス 1 . 著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro, Kang Heon Gyu, Cheng Guoqing, Wang Wei, Wang Yuquan, Komatsu Naoki 2 . 論文標題 5 . 発行年 2021年 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 4 . 巻 2021年 18 章読の有無	Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	-
Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3 . 雑誌名 Advanced Functional Materials 6 . 最初と最後の頁 2111077 ~ 2111077 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 a 言読の有無 7 カープンアクセス 1 . 著者名 Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro, Kang Heon Gyu, Cheng Guoqing, Wang Wei, Wang Yuquan, Komatsu Naoki 2 . 論文標題 5 . 発行年 2021年 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 4 . 巻 2021年 18 章読の有無	Probing the Role of Charged Functional Groups on Nanoparticles Grafted with Polyglycerol in Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	 . 発行年
Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 信・最初と最後の頁 2111077~2111077 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 国際共著 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 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2.論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3.雑誌名 Molecular Pharmaceutics 「意読の有無 「意読の有無	Protein Adsorption and Cellular Uptake 3.雑誌名 Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	
Advanced Functional Materials 2111077 ~ 2111077 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有	Advanced Functional Materials 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111077 有 オープンアクセス 「本・プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 「・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査	
10.1002/adfm.202111077	·	<u>1111077</u> ~ 2111077
10.1002/adfm.202111077	·	
オープンアクセス 国際共著 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 1 . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 「表記の有無	10.1002/adfm.202111077	 売の有無
### 1. 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3. 雑誌名 Molecular Pharmaceutics - 4. 巻 18 2021年 2021年 2021年 2021年 2021年 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 2823~2832		有
### 1. 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2. 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3. 雑誌名 Molecular Pharmaceutics - 4. 巻 18 2021年 2021年 2021年 2021年 2021年 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 2823~2832		hr 11 ++-
1 . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 4 . 巻 18 2021年 2021年 2021年 2021年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 2823~2832		景 天者
Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 指載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無	カーフンアンヒヘしはない、又はカーフンアンヒヘル凶無	<u> </u>
Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Kang Heon Gyu、Cheng Guoqing、Wang Wei、Wang Yuquan、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 指載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無	1 . 著者名 4	 . 巻
2.論文標題 Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond5.発行年 2021年3.雑誌名 Molecular Pharmaceutics6.最初と最後の頁 2823~2832掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)査読の有無	Zou Yajuan, Nishikawa Masahiro, Kang Heon Gyu, Cheng Guoqing, Wang Wei, Wang Yuquan, Komatsu	8
Effect of Protein Corona on Mitochondrial Targeting Ability and Cytotoxicity of Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無		砂仁左
Triphenylphosphonium Conjugated with Polyglycerol-Functionalized Nanodiamond 3 . 雑誌名 Molecular Pharmaceutics 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無		
3.雑誌名 6.最初と最後の頁 Molecular Pharmaceutics 2823~2832 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無	Triphenylphosphonium Conjugated with Polyalycerol-Eupetionalized Nanodiamond	.021年
Molecular Pharmaceutics 2823~2832 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無		最初と最後の百
掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子)		
		
	担動や立のDOL/ごごクリナゴご-カト並叫フヽ	
10 1021/acc malpharmacout 1c00199		±0.5#
10.1021/acs.molpharmaceut.1c00188 有	10.1021/acs.morpharmaceur.rcooroo	
オープンアクセス 国際共著	オープンアクセス	売の有無 有
	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	有

1 . 著者名	4 **
	4 . 巻
Masahiro Nishikawa、Hideo Yagasaki、Shougang He、Naoki Komatsu	9
2	F 整件
2.論文標題 R. L. (Albert Albert A	5.発行年
Poly(glycerol-co-glyceric acid) Functionalized Nanodiamonds by Nitroxyl Radical-Catalyzed	2023年
Oxidation of Primary Alcohols in Poly(glycerol) as Scaffolds for Further Conjugation	c = 171 = 18.4 = 7
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
ChemNanoMat	in press
	* ** * * * **
曷載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1002/cnma.202300204	有
+	同 My ++ 本
ナープンアクセス	国際共著
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	-
. 著者名	4.巻
Zhang Yucai、Kang Heon Gyu、Xu Hua zhen、Luo Honghui、Suzuki Minoru、Lan Qing、Chen Xiao、	35
Komatsu Naoki, Zhao Li	
	5 . 発行年
Tumor Eradication by Boron Neutron Capture Therapy with ¹⁰ B enriched Hexagonal	2023年
Boron Nitride Nanoparticles Grafted with Poly(glycerol)	
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Advanced Materials	in press
B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1002/adma.202301479	有
⁻ ープンアクセス	国際共著
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	該当する
. 著者名	4 . 巻
Nishikawa Masahiro, Liu Ming, Yoshikawa Taro, Takeuchi Hidekazu, Matsuno Naoyoshi, Komatsu	205
Naoki	
2.論文標題	5 . 発行年
Thorough elucidation of synthesis and structure of poly(glycerol) functionalized nanodiamonds	2023年
1.3/3/2017	
	6.最初と最後の頁
3.雑誌名	6.最初と最後の頁 463~474
3.雑誌名	
3.雑誌名 Carbon	
. 雑誌名 Carbon attached by the state of the	463~474 査読の有無
3 . 雑誌名	463 ~ 474
3.雑誌名 Carbon 弱載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025	463~474 査読の有無 有
3.雑誌名 Carbon 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025	463~474 査読の有無
3.雑誌名 Carbon 引載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025	463~474 査読の有無 有
9.雑誌名 Carbon 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 エープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	463~474 査読の有無 有 国際共著
 雑誌名 Carbon 「載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 ープンアクセス	463~474 査読の有無 有 国際共著 - 4.巻
3.雑誌名 Carbon 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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)	463~474 査読の有無 有 国際共著
9.雑誌名 Carbon 載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 「一プンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki	463~474 査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 1
3.雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題	463~474 査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年
3.雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization	463~474 査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 1
3.雑誌名 Carbon	本読の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年 2022年
3.雑誌名 Carbon 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3.雑誌名	本読の有無 有 国際共著 - 4 . 巻 1 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
3.雑誌名 Carbon 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 エープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships	本読の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年 2022年
3.雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3.雑誌名	本読の有無 有 国際共著 - 4 . 巻 1 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
3.雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3.雑誌名 Carbon Reports	本語の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年 2022年 6.最初と最後の頁 70~78
3.雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1.著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3.雑誌名	本読の有無 有 国際共著 - 4 . 巻 1 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
B. 雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) I. 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki C. 論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships B. 雑誌名 Carbon Reports	本語の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年 2022年 6.最初と最後の頁 70~78
3 . 雑誌名 Carbon B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) 1 . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2 . 論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3 . 雑誌名 Carbon Reports B載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.7209/carbon.010204	本語の有無 有 国際共著 - 4.巻 1 5.発行年 2022年 6.最初と最後の頁 70~78
3.雑誌名 Carbon 記載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2023.01.025 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) . 著者名 Zou Yajuan、Nishikawa Masahiro、Komatsu Naoki 2.論文標題 Organic chemistry for nanodiamond: Controlled functionalization, quantitative characterization and structure-property relationships 3. 雑誌名	本読の有無 有 国際共著 - 4 . 巻 1 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 70~78

〔学会発表〕 計3件(うち招待講演 2	件/うち国際学会 2件)	
1.発表者名 小松直樹		
2 . 発表標題 Polyglycerol Grafted Nanodiamond	Avoids Protein Corona Formation, Evades Macrophag	e Uptake and Images Tumor Fluorescently
	Symposium NMO1)(招待講演)(国際学会)	
4 . 発表年 2020年		
1.発表者名 小松直樹		
2 . 発表標題 Carbon-Based Nanoparticles for Ca	ncer Theranostics: From Fundamental Chemistry to	Advanced Biomedicine
3.学会等名 European Materials Research Socie	ty (EMRS) 2022, Spring Meeting (Symposium A) (招待	寺講演)(国際学会)
4 . 発表年 2022年		
1.発表者名 小松直樹		
2 . 発表標題 Carbon-Based Nanoparticles for Ca	ncer Theranostics: From Fundamental Chemistry to	Advanced Biomedicine
3.学会等名 New Diamond and Nano Carbon (NDNC) 2022	
4 . 発表年 2022年		
〔図書〕 計0件		
〔産業財産権〕		
〔その他〕		
- 四次44姓		
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

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
---------	---------