

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12691

研究課題名(和文) 自己組織化型ハイブリッド核酸ナノデバイスによる中分子医薬のピンポイント送達

研究課題名(英文) Self-assembling hybrid nucleic acid nanodevices for pinpoint delivery of middle-molecule drugs

研究代表者

西川 元也 (Nishikawa, Makiya)

東京理科大学・薬学部薬学科・教授

研究者番号：40273437

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)：本研究では、核酸医薬などの中分子医薬の標的へのピンポイント送達を実現するために、核酸の自己組織化により構築した核酸ナノデバイスに、標的化のためのリガンドを結合した自己組織化型ハイブリッド核酸ナノデバイスを開発した。自然免疫を活性化するCpGオリゴに対し、血清アルブミンとの結合親和性が高いステアリン酸あるいはマンノースをリガンドとして修飾し、これを自己組織化により構築した核酸ナノデバイスに搭載することで、CpGオリゴを標的の抗原提示細胞にピンポイントで送達できることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

核酸医薬をはじめとする中分子医薬の開発には、膜透過の改善による投与経路の拡大と体内動態制御による有効性および安全性の向上が求められる。本研究の成果は、核酸医薬の有効性を高めるうえで、核酸ナノ構造体とリガンド修飾を組み合わせた自己組織化型ハイブリッド核酸ナノデバイスが有効であることを示すものである。本成果をもとに核酸医薬をピンポイントで標的細胞に送達可能となれば、開発が進む核酸医薬品の実用化を加速する点で社会的意義も大である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a self-assembling hybrid nucleic acid nanodevice in which a targeting ligand is combined with a nucleic acid nanodevice constructed by self-assembly of nucleic acids to realize pinpoint delivery of middle-molecule drugs such as nucleic acid drugs to the target. The CpG oligodeoxynucleotides (CpG oligos) that activate innate immunity were modified with stearic acid or mannose, which have high binding affinity with serum albumin, as ligands, and these ligands were loaded onto the self-assembled nucleic acid nanodevices. We demonstrated that CpG oligos can be delivered to target antigen-presenting cells with pinpoint accuracy by loading them onto self-assembled nucleic acid nanodevices.

研究分野：生物薬剤学

キーワード：核酸 中分子医薬 標的化 リガンド修飾 タンパク結合 体内動態

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

核酸は、すべての生物種で遺伝情報の保存や伝達などの役割を担う生命活動に必須の分子であり、その情報は塩基配列に格納されている。相補的な塩基配列間の水素結合により遺伝情報の翻訳やスプライシングが制御可能なことから、アンチセンスオリゴヌクレオチド (antisense oligonucleotide: ASO) や短鎖干渉 RNA (small interfering RNA: siRNA) などが核酸医薬品として上市されている。これらの核酸医薬品は、次世代創薬モダリティの本命として注目されており、臨床応用された品目数は増加傾向にはあるものの、*in vivo* において送達可能な細胞種はおもに肝細胞と筋ジストロフィー患者の骨格筋細胞に限定され、これら標的細胞への送達効率は依然として低い。近年では、ASO や siRNA を対象に、肝細胞に特異的に発現するアジアロ糖タンパク質レセプター (ASGPR) のリガンドである N-アセチルガラクトサミン (GalNAc) 修飾核酸が実用化され、標的細胞である肝細胞への送達効率の向上が実現された。しかしながら、標的以外の腎上皮細胞などへの分布は解消されておらず、副作用を惹起する原因となることが懸念される。また、膵臓など肝細胞以外への選択的送達を向上する試みも検討されているものの、その多くは成功していないのが現状である。

核酸の標的部位への選択的送達の実現には、リガンド修飾による標的への指向性向上が必須である。核酸医薬品の標的指向化には各種リガンド修飾が試みられているものの、核酸医薬とリガンドとの結合比率はほとんどの場合 1 : 1 である。リガンドを利用した標的指向化においては、リガンド数の増加に伴い結合親和性が飛躍的に増大するクラスター効果が認められる場合が多いため、効率的な標的指向化には複数リガンドでの修飾が望ましい。実際に、臨床応用された GalNAc 修飾 siRNA では 3 分岐型 GalNAc 糖鎖が修飾に用いられている。しかしながら、このような複雑な修飾基は、送達には有効な反面、合成過程の複雑さに加えて合成コストの高さが問題である。

研究代表者は、部分的に互いに相補的な塩基配列の複数種類のオリゴデオキシヌクレオチド (ODN) を設計し、その自己組織化により多足型 DNA ナノ構造体を高純度かつ高収率で作製することに成功するとともに、様々な核酸分子を自在に搭載できることを明らかにした。さらには、多足型 DNA ナノ構造体を基本ユニットとした自己組織化により、DNA のみで構成されたハイドロゲル (DNA ハイドロゲル) の開発にも成功している。また、糖修飾を利用した薬物送達システムの開発研究においては、分子表面の局所的な糖密度を高めることで標的細胞への非常に効率的な送達にも成功している。以上より、自己組織化により形成可能で、複数のリガンドでの修飾が可能な DNA ナノ構造体に、標的部位への選択的送達のための分子を修飾することで、細胞相互作用および体内動態を精密に制御し、標的部位への効率的な送達を可能にする核酸ナノシステムを開発できると考えられる。これを、体内動態の制御が必要な核酸医薬品や抗原タンパク質・抗原ペプチドに適用することで、これら中分子医薬の有効性の飛躍的増強が期待される。

2. 研究の目的

本研究では、核酸医薬品の標的部位への効率的送達の実現を目的に、細胞相互作用および体内動態を精密に制御可能な核酸ナノシステムを新たに開発する。核酸ナノシステムの基本ユニットには、研究代表者がこれまでに開発してきた多足型 DNA ナノ構造体とグアニン四重鎖 DNA などの多分岐型 DNA 構造体を採用し、標的指向化のためのリガンドとの組み合わせにより、代表的な中分子医薬である核酸医薬品の体内動態最適化を実現する。具体的な目的は以下に示す 3 点とした。

(1) ステアリン酸修飾による CpG オリゴのリンパ節への標的指向化 : CpG オリゴデオキシヌクレオチド (CpG ODN) の標的細胞である抗原提示細胞は、リンパ節に豊富に存在する。皮下などに投与された化合物の血管あるいはリンパ管への振り分けはおもに分子量・粒子サイズに依存し、分子量 20,000 を超える分子はリンパ系に移行することが報告されている。そこで、分子量約 66,000 の血清アルブミンとの結合親和性が高いステアリン酸 (SA) をリガンドとして CpG ODN に結合し、これを核酸ナノ構造体に搭載したハイブリッド核酸ナノデバイスを開発することで、CpG ODN のリンパ節への標的指向化を試みた。

(2) マンノース修飾による CpG ODN の抗原提示細胞への標的指向化 : CpG ODN の標的細胞である抗原提示細胞には、マンノースレセプターが発現していることから、これまでにマンノース (Man) 修飾 CpG ODN を多足型核酸ナノデバイスに搭載することで、抗原提示細胞へのデリバリーが可能であることを報告した。また、グアニン四重鎖 (guanine quadruplex: GQ) が抗原提示細胞に効率良く取り込まれることも見出した。そこで、Man 修飾と GQ 構造の組み合わせによる送達効率の向上を試みた。

3. 研究の方法

(1) SA-CpG の合成 : Stearic acid N-hydroxysuccinimide ester と 5' 末端にアミノ基を有する NH₂-CpG ODN (TCCATGACGTTCCCTGATGCT) を反応させることにより、SA-CpG を合成した。得られた化合物の質量は MALDI-TOF-MS により確認した。

- (2) SA-CpG 搭載核酸ナノデバイスの作製：CpG ODN (CpG) と部分的に相補的な配列の ODN を用いて、3 本足または 6 本足の多足型核酸ナノデバイス (polypodna) である tripodna (Tri)、hexapodna (Hexa) を設計した。これに CpG または SA-CpG を添加し、アニーリングすることで CpG または SA-CpG 搭載 polypodna (CpG/Tri、SA-CpG/Tri、CpG/Hexa、SA-CpG/Hexa) を作製した。各種核酸ナノデバイスの形成は、ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (PAGE) により評価した。
- (3) ウシ血清アルブミン (BSA) および血漿タンパク質との結合性の評価：各種 ODN を BSA 溶液またはマウス血漿に添加し、PAGE を用いて結合を評価した。
- (4) CpG による免疫賦活化：マウスマクロファージ様細胞株 RAW264.7 細胞に各種 ODN を添加し、8 時間後の培養上清中 tumor necrosis factor- α (TNF- α) 濃度を ELISA 法により測定した。
- (5) 血中およびリンパ節におけるサイトカイン産生の評価：マウス尾根部に各種 ODN を 10 nmol/mouse の投与量で皮下注射し、0、1、3、8 時間後の血漿中 interleukin-6 (IL-6) 濃度を ELISA 法により測定した。また、投与 8 時間後に鼠径リンパ節を回収し、IL-12 濃度を ELISA 法により測定した。
- (6) GQ 構造化 CpG ODN の作製：5 個のグアニンが連続する塩基配列 (G5) を付加した CpG ODN を設計した。GQ の形成は PAGE により評価した。
- (7) Man 修飾 CpG ODN の合成：Man-G5-CpG および G5-CpG-Man は既報に従い合成した。得られた化合物の質量は MALDI-TOF-MS により確認した。
- (8) マウス腹膜マクロファージの単離：C57BL/6 マウスにチオグリコール酸培地を腹腔内注射し、その 3 日後に誘発マクロファージを腹腔から採取した。細胞を RPMI1640 に懸濁し、37°C、5% CO₂ を含むインキュベーターで培養した。細胞培養ディッシュに付着した細胞を腹膜マクロファージとみなし、実験に用いた。
- (9) マウス腹膜マクロファージからの TNF- α 産生：マウス腹膜マクロファージに各種 ODN を添加し、上清中 TNF- α 濃度を ELISA 法により測定した。
- (10) 統計解析：統計的有意差検定は、一元配置分散分析 (one way ANOVA) によって評価し、多重検定については Tukey's 検定、2 群間の検定については Student's t-test を用いた。また、有意水準が 0.05 未満の場合に統計的に有意であるとみなした。

4. 研究成果

- (1) SA-CpG の合成：SA-CpG は 2 段階反応により合成した。Stearoyl chloride と NHS を反応させて得た SA-NHS と、NH₂-CpG ODN のアミノ基とを反応させることで SA-CpG を合成した。MALDI-TOF-MS で測定した SA-CpG の分子量は 6504.0 であり、理論値の 6504.6 にほぼ等しいことを確認した。
- (2) SA-CpG の BSA との結合：CpG の場合、0~40 当量の BSA と混合した全てのレーンにおいて、非結合型 CpG のバンドが検出された。一方、非結合型 SA-CpG のバンドは BSA 濃度の上昇に伴い薄くなり、40 当量の BSA ではバンドがほぼ消失した。バンドの強度を定量し、BSA 非存在下の CpG または SA-CpG を基準として非結合型の割合を算出した結果、SA-CpG の BSA への結合性は CpG よりも有意に高いことが示された。
- (3) SA-CpG 搭載核酸ナノデバイスの作製：Tri および Hexa と比較して、SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa は PAGE 上の泳動度が低下したことから、設計通りに SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa が形成されたと判断した。SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa は、CpG/Tri および CpG/Hexa と同程度の収率で得られた。このことから、SA は SA-CpG の polypodna への搭載を阻害しないと考えられる。また、SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa の SA 分子はナノ構造化 DNA から突出するように設計しており、血中タンパク質との相互作用に適していると考えられる。
- (4) SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa の血漿タンパク結合：CpG/Tri は 20% 血漿中においても非結合型 CpG/Tri のバンドが検出されたのに対し、SA-CpG/Tri では非結合型のバンドは検出されず、ローディングウェルにバンドが検出された。また、CpG/Hexa は 1.3% 血漿中においても非結合型のバンドが検出されたのに対し、SA-CpG/Hexa は非結合型のバンドは検出されなかった。これらの結果から、SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa は、SA 非修飾体と比較して血漿タンパク質に効率良く結合することが示された。
- (5) SA-CpG/Tri および SA-CpG/Hexa による免疫賦活化：いずれの場合も、SA-CpG を含む核酸ナノデバイスは、CpG または SA-CpG と比較して RAW264.7 細胞からの TNF- α 産生を効率的に誘導した。これより、ナノ構造化は SA 修飾 CpG にも有用であることが示された。また、マウスへの投与では、CpG を含むナノ構造化 DNA が血中 IL-6 産生を誘導したのに対し、SA-CpG を含む核酸ナノデバイスは鼠径リンパ節において効率的に IL-12 産生を誘導した。以上より、SA 修飾による CpG のリンパ節へのデリバリー効率の向上が示された。
- (6) Man 修飾 GQ 構造化 CpG ODN の合成：5'-または 3'-末端 NH₂ 修飾 CpG ODN と Man を混合し、加水分解を行うことにより、Man-G5-CpG および G5-CpG-Man の合成に成功した。PAGE 解析の結果、Man-G5-CpG および G5-CpG-Man はいずれも GQ 構造を形成していた。また、Man-G5-CpG は GQ 単量体を形成し、G5-CpG-Man は GQ 二量体を形成することが示された。
- (7) Man 修飾 CpG ODN 添加後のマウス腹膜マクロファージからの TNF- α 産生：RAW264.7 細胞では、細胞表面に Man レセプターの発現がみとめられなかったことから、検討には細胞表面に Man レセプターを発現するマウス腹膜マクロファージを用いることとした。また、予備的検討において、腹膜マクロファージは CpG ODN の添加により IL-6 をほとんど産生しなかったことから、免

疫賦活化の指標として TNF- α を選択した。NH₂-G5-CpG は G5-CpG よりもわずかに高い TNF- α 産生を誘導し、Man-G5-CpG はわずかに低い TNF- α 産生を誘導した。一方、G5-CpG-Man は他の群と比較して有意に高い TNF- α 産生を誘導した。これらの結果は、GQ 構造を持つ CpG ODN への Man 修飾の位置が、CpG ODN の免疫賦活化の増強に重要であることを示唆するものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takumi Tanifuji, Moeka Nishimura, Kosuke Kusamori, Makiya Nishikawa	4. 巻 354
2. 論文標題 Intradermal delivery of Cryj1 loaded in CpG DNA hydrogel for inhibiting allergic reactions in mice	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Controlled Release	6. 最初と最後の頁 429-438
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jconrel.2023.01.029	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 Makoto Nagaoka, Wenqing Liao, Kosuke Kusamori, Makiya Nishikawa	4. 巻 23
2. 論文標題 Targeted delivery of immunostimulatory CpG oligodeoxynucleotides to antigen-presenting cells in draining lymph nodes by stearic acid modification and nanostructurization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Science	6. 最初と最後の頁 1350
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijms23031350	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 Tan Mengmeng, Makiguchi Natsuki, Kusamori Kosuke, Itakura Shoko, Takahashi Yuki, Takakura Yoshinobu, Nishikawa Makiya	4. 巻 19
2. 論文標題 Tuning CpG motif position in nanostructured DNA for efficient immune stimulation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biotechnology Journal	6. 最初と最後の頁 2300308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/biot.202300308	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 Makanai Hiroki, Nishihara Tatsuya, Nishikawa Makiya, Tanabe Kazuhito	4. 巻 25
2. 論文標題 Hoechst Modification on Oligodeoxynucleotides for Efficient Transport to the Cell Nucleus and Gene Regulation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemBioChem	6. 最初と最後の頁 e202300645
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/cbic.202300645	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 Takakusa Hideo, Iwazaki Norihiko, Nishikawa Makiya, Yoshida Tokuyuki, Obika Satoshi, Inoue Takao	4. 巻 33
2. 論文標題 Drug Metabolism and Pharmacokinetics of Antisense Oligonucleotide Therapeutics: Typical Profiles, Evaluation Approaches, and Points to Consider Compared with Small Molecule Drugs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nucleic Acid Therapeutics	6. 最初と最後の頁 83~94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/nat.2022.0054	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 今井峻司, 深野泰史, 庭山裕孝, 田村直美, 三好美佳, 福原 慶, 小平浩史, 岩崎紀彦, 山中陽介, 宮澤憲浩, 高草英生, 角辻賢太, 後藤昭彦, 島田俊介, 吉田徳幸, 小比賀聡, 西川元也, 井上貴雄	4. 巻 55
2. 論文標題 既承認核酸医薬品の組織分布及び血漿/血清タンパク結合評価に関する調査と考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 医薬品医療機器レギュラトリーサイエンス	6. 最初と最後の頁 208-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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22件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 牧口夏輝, 吉岡志剛, 草森浩輔, 山本俊輔, 岩崎慎治, 平林英樹, 楠原洋之, 永田哲也, 横 隆徳, 西川元也
2. 発表標題 コレステロール修飾DNA/RNAヘテロ二本鎖核酸の細胞取り込みにおける血清アルブミンの影響
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川元也
2. 発表標題 CpGオリゴのナノ構造化による高機能化とDDS
3. 学会等名 JSSX-APDD合同ワークショップ (第七回) (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川 元也、草森 浩輔
2. 発表標題 核酸および細胞を利用したがん治療用 DDS の開発
3. 学会等名 日本患者由来がんモデル学会・学術集会2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西川元也、草森浩輔
2. 発表標題 オリゴ核酸を基盤とする免疫アジュバントの立体構造の最適化
3. 学会等名 東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 (RIST) データサイエンス医療研究部門・核酸創薬研究部門合同シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横山裕子、長岡 誠、廖 文卿、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 ステアリン酸修飾とナノ構造化による CpG ODN の抗原提示細胞への効率的なデリバリー
3. 学会等名 東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 (RIST) データサイエンス医療研究部門・核酸創薬研究部門合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牧口夏輝、吉岡志剛、全 嫣然、草森浩輔、山本俊輔、岩崎慎治、平林英樹、楠原洋之、永田哲也、横田隆徳、西川元也
2. 発表標題 ヘテロ二本鎖核酸の体内動態および肝細胞取り込みにおける血清タンパク結合の影響
3. 学会等名 東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 (RIST) データサイエンス医療研究部門・核酸創薬研究部門合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田桜奈、金 健、草森浩輔、小林範行、西川元也
2. 発表標題 皮内投与デバイスを用いた抗原投与による抗原特異的免疫応答の誘導とDNAハイドロゲルの併用による免疫応答の増強
3. 学会等名 遺伝子・デリバリー研究会 第21回シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷藤拓未、西村萌伽、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 自己ゲル化免疫賦活CpG DNAハイドロゲルを用いた抗原の放出制御と抗原特異的免疫応答の効率的誘導
3. 学会等名 日本核酸医薬学会 第7回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牧口夏輝、吉岡志剛、全 嫣然、草森浩輔、山本俊輔、岩崎慎治、平林英樹、楠原洋之、永田哲也、横田隆徳、西川元也
2. 発表標題 ヘテロ二本鎖核酸の体内動態および細胞取り込みにおけるタンパク結合の影響
3. 学会等名 日本核酸医薬学会 第7回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jian Jin, Kosuke Kusamori, Makiya Nishikawa
2. 発表標題 Elucidation of how the structural properties of DNA hydrogel-constituting DNA units influence the function of the hydrogel
3. 学会等名 9th International Postgraduate Conference on Pharmaceutical Sciences 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西川元也
2. 発表標題 リガンド修飾とナノ構造化による核酸医薬品の体内動態制御
3. 学会等名 日本薬学会第37年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷藤拓未、西村萌伽、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 スギ花粉抗原Cryj1内包免疫賦活化DNAハイドロゲルを用いた花粉症に対する有効性の高い皮内免疫療法の開発
3. 学会等名 日本薬学会第37年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 健、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 DNAハイドロゲルの免疫アジュバント・投与部位滞留性最適化のためのゲル構成ユニットの構造活性相関
3. 学会等名 日本薬学会第37年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makiya Nishikawa
2. 発表標題 DNA-based nanosystems for the targeted and controlled delivery of immunostimulatory agents and antigens
3. 学会等名 4th International Conference on Pharma Research & Development（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西川元也、草森浩輔
2. 発表標題 タンパク結合を利用した核酸医薬品の標的指向化
3. 学会等名 東京理科大学研究推進機構総合研究院 (RIST) 核酸創薬研究部門第5回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄司有輝、長岡 誠、遠藤政幸、杉山 弘、佐藤一樹、和田 猛、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 グアニン四重鎖をコアとする多足型DNAナノ構造体の構築
3. 学会等名 第65回日本薬学会関東支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長岡 誠、廖 文卿、草森浩輔、西川元也
2. 発表標題 リンパ節の免疫細胞標的化を目的としたステアリン酸修飾多足型DNAナノ構造体の開発
3. 学会等名 第37回日本DDS学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Makiya Nishikawa
2. 発表標題 Structural optimization of oligonucleotide therapeutics for targeted or sustained delivery
3. 学会等名 Asian Federation for Pharmaceutical Sciences 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川元也
2. 発表標題 構造最適化による核酸医薬品の体内動態制御
3. 学会等名 日本薬物動態学会38年会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川元也
2. 発表標題 DNAハイドロゲルを利用した核酸・タンパク質の体内動態制御
3. 学会等名 第8回 核酸創薬研究部門シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川元也
2. 発表標題 核酸を基盤とするナノ医薬・DDSの開発
3. 学会等名 薬物動態談話会 9月例会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西川 元也、板倉 祥子、草森浩輔
2. 発表標題 DNA ハイドロゲルを利用した薬物・細胞送達システムの開発
3. 学会等名 第21回東京理科大学DDS シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京理科大学薬学部 生物薬剤学 | Nishikawa Lab.
https://www.rs.tus.ac.jp/nishikawa_lab/index.html

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	草森 浩輔 (Kusamori Kosuke) (90707407)	東京理科大学・薬学部薬学科・講師 (32660)	

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