

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02876

研究課題名（和文）トポロジー認識型ライトアップG4リガンドの創製

研究課題名（英文）Development of topology-selective light-up G4 ligand

研究代表者

長澤 和夫（Nagasawa, Kazuo）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：10247223

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：グアニン四重鎖(G4)構造はグアニンを豊富に含む核酸の1本鎖配列で「動的に形成」される核酸高次構造である。G4の形成はDNAの複製や遺伝子の転写等、多様な生命現象を制御するが生細胞でのG4形成と生命現象との関連は不明である。本研究では動的に形成されると考えられるG4を生細胞で観察するためのライトアップ型G4リガンドの創製を目的とした。これまでに開発してきたポリオキサゾール型G4リガンドにビニルナフチル誘導体を組み込むことで、G4に特有な三トポロジーのうちパラレル型G4と相互作用した時のみ蛍光を発するプローブを創製した。またG4の崩壊により蛍光が消失することも確認した。(G4の動的形成を可視化)

研究成果の学術的意義や社会的意義

G4は、転写、複製、翻訳、ゲノム安定性等、多様な生命現象に関与する。本研究で開発した新規プローブを用いることで、これまで不明だった生体内での「動的なG4形成に由来する生命現象」を解析するための新たな研究基盤が構築される。

これまでに報告されているG4由来の生物機能は、がんなどの難治性疾患と関連している。本研究の推進により、これら疾患のG4に由来した新たな発症メカニズムの解明と創薬分子標的の探索へ発展する。加えてG4以外の生細胞内で動的に形成される非B型DNAの高次構造も、転写調節を中心とする様々な生物機能を担うことが予想されている。本研究の成果は、他の非B型DNAの機能解明にも応用される。

研究成果の概要（英文）：The G-quadruplex (G4) structure is one of the higher-order structures of nucleic acids that are “dynamically formed” in single-stranded sequences of guanine-rich nucleic acids. G4 formation is believed to regulate various life phenomena such as DNA replication and gene transcription. However, the relationship between G4 formation and biological phenomena has remained unclear in live cells. In this study, we aimed to create a light-up G4 ligand to observe dynamically formation of G4 in live cells. We have developed a new ligand that incorporates a vinylnaphthyl derivatives into the polyoxazole-type G4 ligand which we have developed previously. One of the ligands was found to show fluorescence only when it interacts with parallel type G4 selectively among the characteristic three-topologies of G4. We were also confirmed that the fluorescence of the probe disappeared as G4 was de-formed.

研究分野：有機合成化学・ケミカルバイオロジー・創薬化学

キーワード：グアニン四重鎖 ライトアップ型プローブ G4リガンド G4トポロジー

1. 研究開始当初の背景

グアニン四重鎖（以下 G4）は、グアニンが豊富な核酸の一本鎖領域で動的に形成される、特殊な高次構造である。グアニン四分子からなる G-カルテット平面が 2~3 枚積層することで、G4 が形成される（図 1）。G4 形成可能な DNA 配列は、テロメア領域やがん関連遺伝子のプロモーター領域を中心に、約 70 万種見出されている。最近これらのいくつかは、G4 が形成されることで複製、転写、スプライシング、がん細胞のアポトーシス誘導などの多様な生命現象に関連していることが報告されている。これまでに、G4 形成の安定化や観察のために G4 リガンド（低分子）や G4 抗体の開発が検討されてきた。私達も独自の G4 リガンド類を開発し、これらを用いた G4 の安定化や可視化を報告してきた。しかし

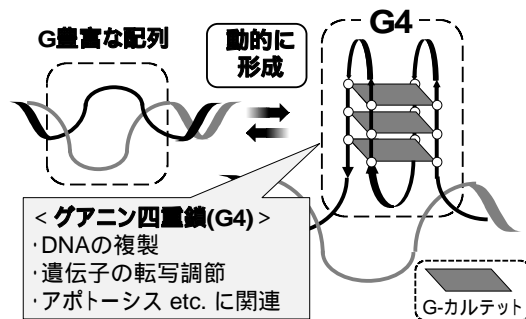


図 1 G4形成と関連生命現象

これら従来の研究では、in vitro または固定細胞内での G4 形成の確認に限られてきた。また生物機能発現に関連して G4 と結合するタンパク質との相互作用において、G4 構造の極めて重要な要素である「G4 のトポロジー」については、全く考慮されてこなかった。

G4 は、その形成配列や周辺環境に依存して、多様な構造「トポロジー」を形成する。これらは大きく三種類に分類される（図 2）。最近、G4 のトポロジーの違いにより G4 由来の生物活性が大きく影響されることが in vitro レベルで確認されている。

G4 由来の生命現象をトポロジーレベルで解析するためには、各トポロジーと選択的に相互作用する G4 リガンドの開発が必要である。そこで G4 由来の生物機能を解析するために、「生細胞内で動的に形成される G4 を標的とし G4 に特有な 3 つの各トポロジーを区別して選択的に可視化」する G4 リガンドの開発を計画した。

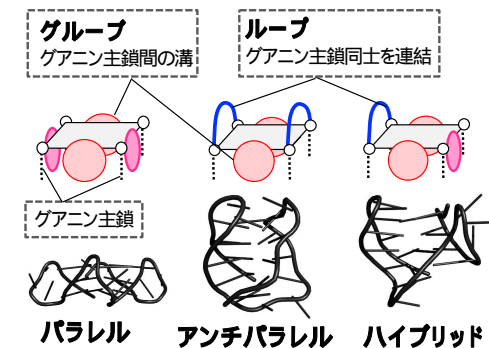


図2 G4が形成する三種のトポロジー

2. 研究の目的

本研究では「生細胞内で動的に形成される G4 を標的とし G4 に特有な 3 つの各トポロジーを区別して選択的に可視化」するために以下の 3 項目を課題として設定した。

- (1) ライトアップ型 G4 リガンドの設計指針の確立
- (2) G4 の 3 つの各トポロジーとそれぞれ「選択的」に相互作用するリガンドの開発
- (3) (1)、(2)で得られた知見を基にした、G4 のトポロジーをそれぞれ「選択的」に可視化する「トポロジー認識型ライトアップ G4 リガンド」の創製

3. 研究の方法

(1) ライトアップ型 G4 リガンドの設計と創製

私達はこれまで、天然の G4 リガンドであるテロメスタチンをリードに、ヘキサオキサゾール大環状化合物 60TD (Oxazoles Telomestatin Derivative) 類を G4 リガンドとして独自に開発してきた。60TD 類は、極めて強力かつ選択的に G4 と結合する。NMR を用い、60TD 誘導体の一つとテロメア領域で形成される G4 のモデル配列 (テロメア G4) との結合様式を解析した。その結果 60TD 類は、G4 の G-カルテット平面と π - π 相互作用を介してスタッキングしていることを明らかにした (図 3)。

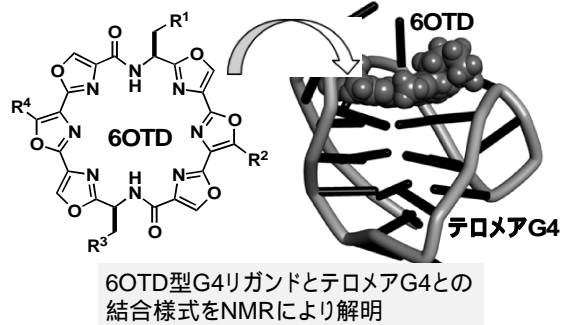


図3 60TDの構造とテロメアG4との結合様式

そこでこの相互作用様式をもとに、ライトアップ型 G4 リガンドとして、以下の設計を行なった (図 4)。

G4 を構成する G-カルテット平面との π - π 相互作用を介してねじれを解消し、平面構造を形成することで蛍光を発するリガンドの創製を計画した。具体的には、60TD 骨格中 (A に相当) の R2、に「G-カルテットとの相互作用を駆動力とするね

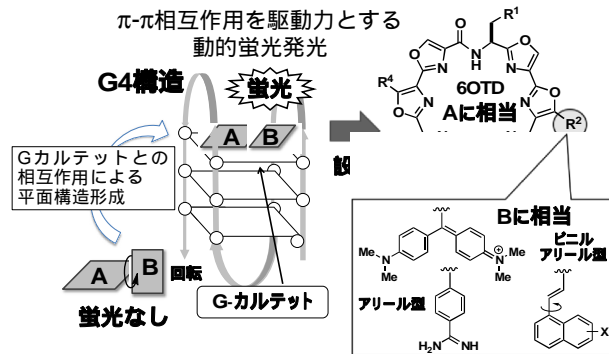


図4 ライトアップ型G4リガンドの設計コンセプト

じれ解消型蛍光基 (B に相当)」を導入したりガンドの合成を計画した。得られる化合物のライトアップ型 G4 リガンドとしての特性 (G4 への結合選択性、蛍光特性) を評価することとした。

(2) G4 の3つの各トポロジーとそれぞれ「選択的」に相互作用するリガンドの開発

G4 が形成する三種の基本トポロジーは、G-カルテット部分は互いに共通しているが、ループ (グアニン主鎖同士を連結) とグループ (グアニン主鎖間の溝) 構造がそれぞれ異なる。私達はこれまでにグループを標的とすることで、(i) 大環状 60TD 骨格が対称でかつ 4 本の側鎖を有するリガンドがパラレル型を、(ii) 大環状 60TD 骨格が非対称でかつ 2 本の側鎖を有するリガンドがハイブリッド型を、それぞれ認識することを見出している。一方アンチパラレル型への選択的なりガンド開発には至っていない。そこでアンチパラレル型と選択的に相互作用するリガンドの開発を計画した。

アンチパラレル型 G4 と選択的に相互作用するリガンドを創製するためには、G-カルテット、グループとの相互作用に加え、アンチパラレルに特異的なループ構造を認識する官能基の導入が必要だと考えた。そこで環状構造を有する 60TD 類とは異なり、鎖状系ポリオキサゾールを新たに設計することとした(図 6)。本設計では、R²、R⁴ にアンチパラレルに特異的なループ構造を認識し相互作用する官能基を導入することを計画した。

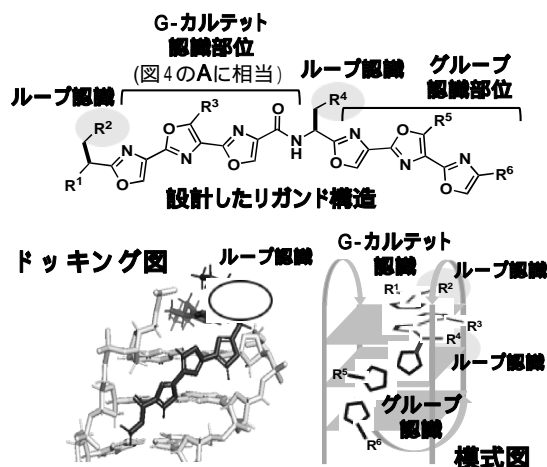


図6 新規設計したアンチパラレル型G4を標的としたリガンド構造とドッキング図

(3)(1)、(2)で得られた知見を基にした、G4 のトポロジーをそれぞれ「選択的」に可視化する「トポロジー認識型ライトアップ G4 リガンド」の創製

(1)、(2)の知見をもとにオキサゾールにビニルナフチル基を導入した化合物を系統的に合成した。この際、(2)で用いた六つのオキサゾール構造を有するリガンドから三つのオキサゾールを有する化合物に変更した。これは生細胞中での動的な G4 形成を観察するためである。3 オキサゾール型リガンドについて、詳細な構造展開を行うことで、トポロジー認識型ライトアップ G4 リガンドの創製を計画した。

4. 研究成果

(1) ライトアップ型 G4 リガンドの設計指針の確立

上述した研究方法に従い、60TD に種々の R2 を導入し、それらの蛍光特性を評価した。その結果、R2 としてビニルナフチル基を導入した化合物の場合、従来の 60TD 類と同様、G4 構造を選択的に相互作用し、また G4 と相互作用した時に化合物の蛍光特性が大きく変化することを見出した。

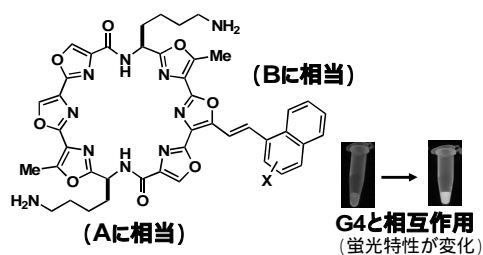
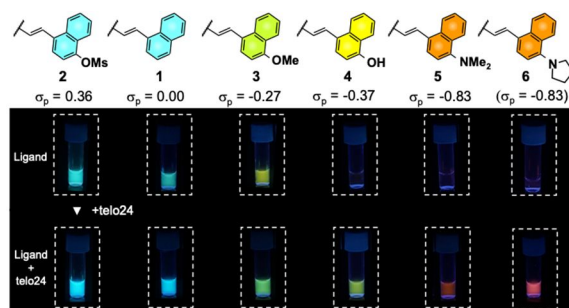


図5 ライトアップ型G4リガンドの創製

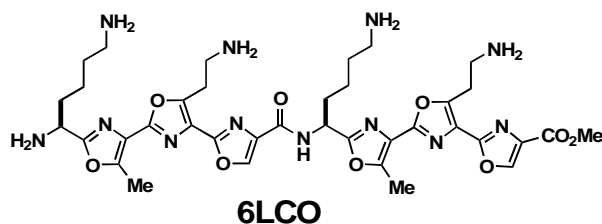
そこで X に種々の置換基を導入し、その蛍光特性を評価した。その結果、電子求引基を導入した 2 (OMs: $\sigma = 0.36$) は、1 (Np: $\sigma = 0.00$) と比較して色調 (蛍光波長) の変化はほとんど確認されなかった。一方電子供与基を導入した 3 (OMe: $\sigma = -0.27$)、4 (OH: $\sigma = -0.37$)、5 (NMe₂: $\sigma = -0.83$)、は電子供与能が強いほど、より長波長側で蛍光が観察された。なお電子供与能に差がない 5 と 6 では両者とも類似した蛍光特性が観察された。これらの結果から、Hammett 則に依じて蛍光は長波長シフトすることがわかった。また 1-3 は、リガンド単体の蛍光

と telo24 存在下での蛍光を比較した際にわずかに色調の変化が確認された。一方 4-6 ではリガンド単体の蛍光は見られず、telo24 を添加した際にのみ蛍光が観察されたことから、G4 と相互作用した時のみ蛍光を発する優れたライトアップ特性を有していることが明らかとなった。



(2) G4 の 3 つの各トポロジ-とそれぞれ「選択的」に相互作用するリガンドの開発

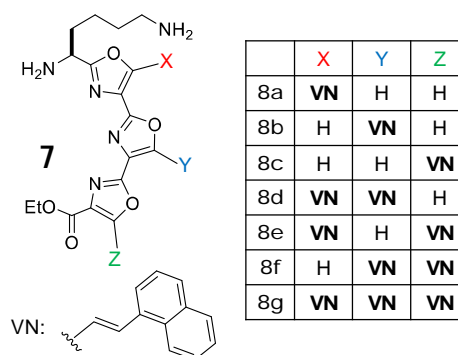
上述の分子設計方針に基づき、R²、R⁴ にさまざまな官能基を導入した化合物を合成し、その G4 相互作用能およびトポロジ-選択性について、評価を行った。



その結果、R²、R⁴ にアミノアルキル基を導入した 6LCO が、アンチパラレル型 G4 と優先的に相互作用することを見出した。

(3) (1)、(2) で得られた知見を基にした、G4 のトポロジ-をそれぞれ「選択的」に可視化する「トポロジ-認識型ライトアップ G4 リガンド」の創製

トリオキサゾール骨格 7 に対して、ビニルナフチル基を系統的に導入することで、トリオキサゾール型 8a-8g を合成した。合成した 8a-8g についてテロメア G4 との相互作用解析を CD を用いて行った。その結果、いずれのリガンドも G4 を添加することで蛍光強度が増大することがわかった。従って 8a-8g は、大環状構造を有する 60TD 1 と同様、ライトアップ型の G4 リガンドであることがわかった。創製したうち



8f は、高い蛍光強度特性に加え、G4 配列間でのトポロジ-選択性が観察された。そこで 8f についてさらに種々 G4 配列に対する選択性を評価した。その結果 8f は、パラレル型 G4 と相互作用した際に最も強い蛍光を示すことが分かった。さらに 8f は、対応する相補鎖を添加することで、蛍光の速やかな減少が観測された。これは G4 の巻き戻しに応じた G4 の動的形成を可視化したことを意味する。

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 2件）

1. 著者名 Sasaki Shogo, Ma Yue, Hirokawa Takatsugu, Ikebukuro Kazunori, Tera Masayuki, Nagasawa Kazuo	4. 巻 59
2. 論文標題 Regulation of thrombin activity by ligand-induced topological alteration in a thrombin-binding aptamer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8862 ~ 8865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC02308G	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 Tu Anh Thi Tram, Hoshi Kazuaki, Ma Yue, Oyama Taiji, Suzuki Satoko, Tsukakoshi Kaori, Nagasawa Kazuo, Ikebukuro Kazunori, Yamazaki Tomohiko	4. 巻 17
2. 論文標題 Effects of G-Quadruplex Ligands on the Topology, Stability, and Immunostimulatory Properties of G-Quadruplex-Based CpG Oligodeoxynucleotides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Chemical Biology	6. 最初と最後の頁 1703 ~ 1713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscchembio.1c00904	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 Pokhrel Pravin, Sasaki Shogo, Hu Changpeng, Karna Deepak, Pandey Shankar, Ma Yue, Nagasawa Kazuo, Mao Hanbin	4. 巻 649
2. 論文標題 Single-molecule displacement assay reveals strong binding of polyvalent dendrimer ligands to telomeric G-quadruplex	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytical Biochemistry	6. 最初と最後の頁 114693 ~ 114693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ab.2022.114693	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 Hasegawa Hijiri, Sasaki Ikkei, Tsukakoshi Kaori, Ma Yue, Nagasawa Kazuo, Numata Shusuke, Inoue Yuuki, Kim Yeji, Ikebukuro Kazunori	4. 巻 22
2. 論文標題 Detection of CpG Methylation in G-Quadruplex Forming Sequences Using G-Quadruplex Ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 13159 ~ 13159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms222313159	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 Ma Yue, Wakabayashi Yuki, Watatani Naruyuki, Saito Ryota, Hirokawa Takatsugu, Tera Masayuki, Nagasawa Kazuo	4. 巻 19
2. 論文標題 Vinylnaphthalene-bearing hexaoxazole as a fluorescence turn-on type G-quadruplex ligand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Org. Biomol. Chem	6. 最初と最後の頁 8035 ~ 8040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D10B01500A	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 Onizuka Kazumitsu, Ganbold Erchissaran, Ma Yue, Sasaki Shogo, Hazemi Madoka E., Chen Yutong, Sato Norihiro, Ozawa Mamiko, Nagasawa Kazuo, Nagatsugi Fumi	4. 巻 19
2. 論文標題 Selective alkylation of parallel G-quadruplex structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Org. Biomol. Chem	6. 最初と最後の頁 2891 ~ 2894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D00B02365E	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 Sasaki Shogo, Ma Yue, Ishizuka Takumi, Bao Hong-Liang, Hirokawa Takatsugu, Xu Yan, Tera Masayuki, Nagasawa Kazuo	4. 巻 10
2. 論文標題 Linear consecutive hexaoxazoles as G4 ligands inducing chair-type anti-parallel topology of a telomeric G-quadruplex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 43319 ~ 43323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA09413G	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 Yasuda Mizuho, Ma Yue, Okabe Sachiko, Wakabayashi Yuki, Su Dongdong, Chang Young-Tae, Seimiya Hiroyuki, Tera Masayuki, Nagasawa Kazuo	4. 巻 56
2. 論文標題 Target identification of a macrocyclic hexaoxazole G-quadruplex ligand using post-target-binding visualization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12905 ~ 12908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC04957C	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26件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 指田万奈帆, 笹沼博之, 正井久雄, 長澤和夫, 寺正行
2. 発表標題 グアニン四重鎖-タンパク質間を連結するリガンドの合成
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第17回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田春希, 綿谷成恭, 佐々木捷悟, 馬悦, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 トリオキサゾールを母骨格としたturn-on型蛍光リガンドの合成および種々G4に対する蛍光特性の比較
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第17回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田春希, 綿谷成恭, 佐々木捷悟, 馬悦, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 グアニン四重鎖の構造特異的な検出を目的とした新規蛍光リガンドの開発
3. 学会等名 先端モデル動物支援プラットフォーム 若手支援技術講習会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 清水祐汰, 森偉央, 小田木陽, 長澤和夫
2. 発表標題 グアニジウム/次亜ヨウ素酸塩触媒を用いたオキシインドール類の3位アリアル化反応の開発
3. 学会等名 第16回 有機触媒シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 指田万奈帆, 寺正行, 長澤和夫, 笹沼博之, 正井久雄
2. 発表標題 グアニン四重鎖特異的なタンパク質リクルート法の開発
3. 学会等名 第46回日本分子生物学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田春希, 綿谷成恭, 佐々木捷悟, 馬悦, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 新規ライトアップ型G4リガンドの合成とトポロジー選択性の評価
3. 学会等名 有機合成化学協会 第85回関東支部シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 RenaNohara, YuumaTanaya, YueMa, KazuoNagasawa, MasayukiTera
2. 発表標題 Development of PROTAC ligands for G-quadruplex binding proteins
3. 学会等名 第50回国際核酸化学シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鳥澤優莉, 佐々木捷悟, 馬悦, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 クリックケミストリーを用いたトポロジー選択的なG4リガンドの合成研究
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 藤田春希, 綿谷成恭, 佐々木捷悟, 馬悦, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 グアニン四重鎖のトポロジー選択的かつ動的な検出を目的としたライトアップ型蛍光リガンドの創製
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大山 彩, 佐々木捷悟, 三好大輔, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 大環状ヘキサオキサゾール型G4リガンド類による液滴内での化学反応評価
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 野原玲奈, 棚谷優磨, 馬悦, 長澤和夫, 寺正行
2. 発表標題 G4-PROTAC リガンドによる細胞内グアニン四重鎖結合タンパク質の分解
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 柳田和輝, 佐々木捷悟, 馬悦, 池袋一典, 広川貴次, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 テロメアグアニン四重鎖と選択的に共有結合する光架橋型ヘキサオキサゾール化合物の開発
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第16回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳田和輝, 佐々木捷悟, 馬悦, 池袋一典, 広川貴次, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 Synthesis and evaluation of the photo-reactive macrocyclic hexaoxazole probe for selective crosslinking with telomeric G-quadruplex
3. 学会等名 ISNAC2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石川遼, 佐々木捷悟, 安田瑞穂, 長澤和夫, 寺正行
2. 発表標題 Mechanistic study on the S1 nuclease cleavage of G-quadruplexes stabilized by their ligands
3. 学会等名 ISNAC2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳田和輝, 佐々木捷悟, 馬悦, 池袋一典, 広川貴次, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 光架橋基を有する二点認識型テロメアG4リガンドの開発
3. 学会等名 日本化学会 第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田 春希, 綿谷 成恭, 佐々木 捷悟, 馬 悦, 寺 正行, 長澤 和夫
2. 発表標題 グアニン四重鎖の動的挙動の解析を志向したケミカルプローブの開発
3. 学会等名 日本化学会 第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nohara Rena, Kazuki Yanagita, Nagasawa Kazuo, Tera Masayuki
2. 発表標題 Design and synthetic study on a covalent ligand for G-quadruplex binding to cereblon: covalent G4-PROTAC
3. 学会等名 Ubiquitin New Frontier from Neo-Biology to Target Protein Degradation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木 捷悟, 馬 悦, Hanbin Mao, 寺 正行, 長澤 和夫
2. 発表標題 テロメアグアニン四重鎖構造を標的とした多点認識型大環状ヘキサオキサゾール化合物類の創製
3. 学会等名 日本化学会 第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彩, 佐々木捷悟, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 大環状ヘキサオキサゾール二量体の合成と液-液相分離誘起能の評価
3. 学会等名 有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山彩, 佐々木捷悟, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 大環状ヘキサオキサゾール型G4リガンド類を用いた液-液相分離誘起能の解析
3. 学会等名 先端モデル動物支援プラットフォーム成果発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彩, 佐々木捷悟, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 大環状ヘキサオキサゾール型G4リガンド類による液-液相分離誘起能の解析
3. 学会等名 日本化学会 第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柳田和輝, 佐々木捷悟, 馬悦, 池袋一典, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 テロメアグアニン四重鎖と選択的に共有結合する光架橋型ヘキサオキサゾール化合物の開発
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第15回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳田和輝, 佐々木捷悟, 馬悦, 池袋一典, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 テロメアグアニン四重鎖と選択的に共有結合する光架橋型ヘキサオキサゾール化合物の開発
3. 学会等名 日本化学会 第102回春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山彩, 佐々木捷悟, 寺正行, 長澤和夫
2. 発表標題 グアニン四重鎖を安定化する大環状ヘキサオキサゾールオリゴマーの開発
3. 学会等名 日本化学会 第102回春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木 捷悟、馬 悦、寺 正行、長澤 和夫
2. 発表標題 鎖状型ヘキサオキサゾールを用いたグアニン四重鎖のトポロジー変化による結合タンパク質の活性制御
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会第15回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shogo Sasaki, Yue Ma, Kazunori Ikebukuro, Masayuki Tera, Kazuo Nagasawa
2. 発表標題 Regulation of thrombin activity by a linear hexaoxazole G-quadruplex ligand controlling thrombin-binding aptamer topologies
3. 学会等名 ISNAC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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