

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：36102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13734

研究課題名(和文)単分子電気伝導度測定に基づく導電性DNAナノワイヤー創製

研究課題名(英文)Generation of long metallo-DNA nanowire: Toward a conductive molecular wire

研究代表者

田中 好幸 (Tanaka, Yoshiyuki)

徳島文理大学・薬学部・教授

研究者番号：70333797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：金属イオンの一次元配列を内包したメタロDNA分子の結晶構造を決定した。なおこの結晶構造の重要な点として、一次元金属配列を内包したDNA分子が連続した二重らせん構造を結晶内で形成されていた。このことにより、結晶の端から端まで連続した金属イオンの一次元配列を作成することができたことを意味する。これまでこの分野で作成方法が探索されてきたが誰もなし得なかった、目視できる長さの一次元金属配列の作成に成功したことを意味する。今後、この結晶を利用して、一次元金属配列の導電性に関する電気物性を検証するための材料を世界に先駆けて報告することができた。

研究成果の概要(英文)：We have determined three-dimensional structure of a metallo-DNA with uninterrupted one-dimensional (1D) metal-array. In this crystal structure, the DNA duplexes containing a 1D metal-array further formed a pseudo-continuous duplex according to the crystal symmetry. This means that 1D metal-array is continuously formed from one edge of the crystal to another edge. We succeeded in creating a 1D metal-array of a visible length. It should be also mentioned that none could obtain such a long metallo-DNA until now, although many researchers have made a lot of trials all over the world. From now on, using this crystal, we were able to examine electrical properties like a conductivity of a 1D metal-array in the long metallo-DNA. In conclusion, we were able to report truly long molecular nanowire made of metallo-DNA molecule, for the first time.

研究分野：生物構造化学

キーワード：核酸関連化学 生物無機化学 生物構造化学

1. 研究開始当初の背景

近年 CPU 回路の集積度が限界に達しており、CPU の演算速度が頭打ちとなっている。これは、回路の導線の細密化が限界にきていることが原因といわれている。即ち原子レベル (nm オーダー) の太さの微細ワイヤーの作製が、この問題の解決のために必須となっている。しかしながらこのような導電性ナノワイヤーは存在しなかった。

一方研究代表者の田中は、核酸塩基が金属イオンを介したメタロ塩基対を形成することを見いだしている (図 1 左) (*J. Am. Chem. Soc.*, 128, 2172-2173 (2006.))。このメタロ塩基対が連続したメタロ DNA 分子は、DNA 二重らせん内部に金属イオンの一次元配列を内包する (図 1 右)。また、DNA 二重らせん分子は直径約 2 nm の天然のナノワイヤーである。従って、上述のようなメタロ DNA 分子はエレクトロニクス上求められている素材候補として有望である。

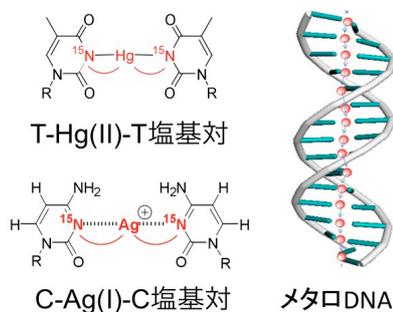


図 1. メタロ塩基対とメタロ DNA

しかしながら金属イオンの一次元配列を内包した長鎖メタロ DNA 分子は、世界中の多くの研究者が作製を試みているがいまだに成功例がない、極めて作製が難しい物質である (図 2)。

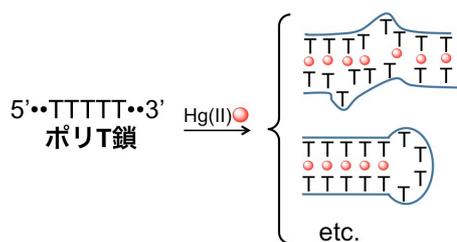


図 2. 長鎖メタロ DNA 作製の困難さの例示

なお、過去の結晶内一次元金属イオン配列の導電性の研究例から、一次元金属配列に導電性を付与する方策も見いだされている。即ち、金属イオンの一次元配列を内包した長鎖メタロ DNA 分子の創製が喫緊の課題であった。

2. 研究の目的

本研究課題では、上述の「研究開始当初の背景」に基づき、金属イオンの一次元配列を内包した長鎖メタロ DNA 分子の創製

を目的とする。

併せて、基本ユニットであるメタロ塩基対の構造および物性について解析を行う。これらに解析結果に基づき、効率的な長鎖メタロ DNA 分子の創製を試みる。

3. 研究の方法

a) T-Hg(II)-T 塩基対の溶液 NMR 構造解析

T-Hg(II)-T 塩基対の化学構造は、研究代表者の過去の研究により構造決定されている (Tanaka et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 129, 244-245 (2007.))。しかしながら、水銀原子の状態解析に必要な直接のスペクトル情報は得られていない。そこで ^{15}N 標識チミジンと水銀イオンの複合体を作製し、 $^{199}\text{Hg} / ^{15}\text{N}$ NMR スペクトル測定を行った。

b) C-Ag(I)-C 塩基対の溶液 NMR 構造解析

C-Ag(I)-C 塩基対の溶液内の構造 (塩基対様式) は確定していなかった。そこで $^{109}\text{Ag} / ^{15}\text{N}$ NMR スペクトルにより、DNA 二重らせん内部での塩基対様式の決定を行った、さらに C-Ag(I)-C 塩基対を含む DNA 二重らせん分子の三次元構造を二次元 $^1\text{H}-^1\text{H}$ NOESY スペクトルをもちいて決定した。

また塩基対様式の解析にあたっては、メタロ塩基対由来のシグナルを選択的に観測するために、DNA polymerase を利用して、DNA 分子の一残基標識体を作製した。

c) C-Ag(I)-C 塩基対の結晶構造解析

C-Ag(I)-C 塩基対の二重らせん分子内での本塩基対の構造 (塩基対様式) の決定を目指して、結晶構造解析を行った (上智大理工・近藤次郎准教授との共同研究)。C-Ag(I)-C 塩基対の塩基対様式決定にあたっては DNA 分子内のみでなく、RNA 二重らせん分子内の構造決定も試みた。

4. 研究成果

a) T-Hg(II)-T 塩基対の溶液 NMR 構造解析

メタロ DNA 分子内に形成された金属配列の導電性を議論するためには、T-Hg(II)-T 塩基対内における水銀イオン及びリガンドであるチミン塩基の電子状態の解析が不可欠である。これらの電子状態解析に必要な直接的な、T-Hg(II)-T 塩基対の $^{199}\text{Hg} / ^{15}\text{N}$ NMR スペクトル測定を行った。

これにあたり、 ^{15}N 標識チミジンと水銀イオンの複合体の作製を行った。なお通常の水溶液内で NMR 測定を行う場合は、リガンドのチミジン (Thy) と水銀イオンの解離会合平衡により、 $^{199}\text{Hg}-^{15}\text{N}$ 間の *J-coupling* が消失する懸念があった。即ち、より多くの NMR パラメーターを得るためには、有機溶媒中 (DMSO) での測定が不可欠であった。この目的を達成するためには、水銀イオンのカウンターイオンを含まないサンプルを調製する必要がある。従っ

て、Thy-Hg(II)-Thy 錯体を以下の無機錯体形成反応を利用して作製した (図 3)。なおこの反応で複製する水分子は、サンプルを真空乾固することで除去した。

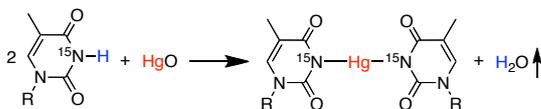


図 3. Thy-Hg-Thy 錯体形成反応

この経路での Thy-Hg(II)-Thy 錯体作製により、カウンターイオンを含まない Thy-Hg(II)-Thy 錯体のみを DMSO 溶液で作製した。以下に Thy-Hg(II)-Thy 錯体の ^{199}Hg NMR 測定の結果を以下に示す (図 4)。

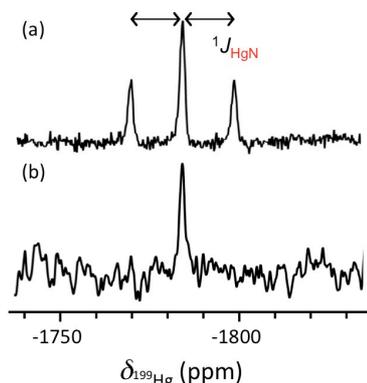


図 4. Thy-Hg-Thy 錯体の ^{199}Hg NMR スペクトル
(a) 1D ^{199}Hg NMR spectrum (ストレート測定)
(b) 1D ^{15}N -decoupled ^{199}Hg NMR spectrum

スペクトル測定の結果、Thy-Hg(II)-Thy 錯体から ^{199}Hg NMR シグナルを観測できた (図 4)。さらに重要な結果として、 ^{199}Hg - ^{15}N 間の J -coupling ($^1J_{\text{HgN}}$) の観測に成功した。サンプル調製の工夫が功を奏した結果と考えられる。なお $^1J_{\text{HgN}}$ の実測値は 1050 Hz という巨大な値を示した。この $^1J_{\text{HgN}}$ 値は、過去に観測された値の最大値の 2 倍以上の値であり、現在知られている $^1J_{\text{HgN}}$ 値の最大値である。さらに $^1J_{\text{HgN}}$ 値の観測から、Hg-N 結合の共有結合性が実証された。

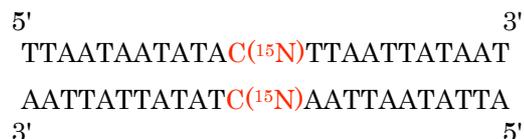
また、 ^{199}Hg シグナルの化学シフト値は -1784 ppm であり、最も高磁場側にシグナルが出る化合物群に属することが解った。この高磁場側の化学シフト値は、本錯体中における水銀の高いイオン性を反映したものと考えている。Thy-Hg(II)-Thy 錯体中の Hg-N 結合は共有結合であるが、イオン結合性の割合が高い結合であると考えられる。

このように、T-Hg(II)-T 塩基対内の水銀イオンの状態解析を達成できた。

b) C-Ag(I)-C 塩基対の溶液 NMR 構造解析

C-Ag(I)-C 塩基対の溶液内の構造 (塩基対様式) を、 $^{109}\text{Ag}/^{15}\text{N}$ NMR スペクトルにより決定を試みた。塩基対様式の解析にあたっては、メタロ塩基対由来のシグナルを選択的に観測するために、DNA polymerase を利用

して、DNA 分子の一残基標識体を作製した。また、 ^{109}Ag - ^{15}N 間の J -coupling ($^1J_{\text{AgN}}$) を観測するため、銀イオン源として $^{109}\text{AgNO}_3$ をもちいた。



この DNA polymerase を利用した DNA 分子の一残基標識法により、シチジン残基のみが一残基標識された DNA 分子を得ることに成功した。DNA 分子の一残基標識体を酵素法で作製した希少なデータである。

次に、C-Ag(I)-C 塩基対を含む DNA 二重らせん分子の $^{109}\text{Ag}/^{15}\text{N}$ NMR スペクトルを測定した (図 5)。

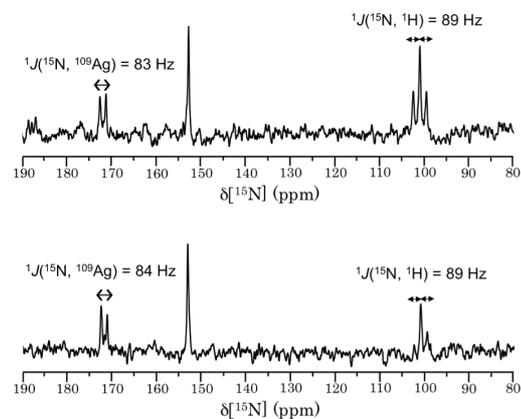


図 5. C-Ag(I)-C 塩基対の ^{15}N NMR スペクトル
おのおのシトシン塩基由来の ^{15}N NMR シグナルが観測された (図 5)。本スペクトルよりシトシン 3 位窒素原子の ^{15}N シグナルが 170 ppm 付近に観測され、そのシグナルで、 ^{109}Ag 核との $^1J_{\text{AgN}}$ が検出された。この $^1J_{\text{AgN}}$ 値はいずれも 80 Hz 程度であった。加えて、4 位窒素原子のシグナル (100 ppm 付近) がプロトンとの J -coupling により triplet に分裂していた。即ち、シトシン塩基の 4 位窒素原子はアミノ基 (-NH₂) の形で存在していることが判った。これらのことより、C-Ag(I)-C 塩基対の化学構造は以下の通りであることが決定できた (図 6)。

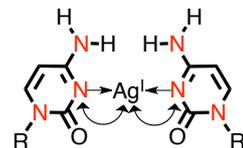


図 6. C-Ag(I)-C 塩基対の化学構造

C-Ag(I)-C 塩基対の化学構造が決定されたことを受けて、次に C-Ag(I)-C 塩基対を含む DNA 二重らせん分子の三次元構造解析を行った。二次元 ^1H - ^1H NOESY スペクトルより得られた距離の束縛条件に基づいて三次元構造を決定した (図 7)。

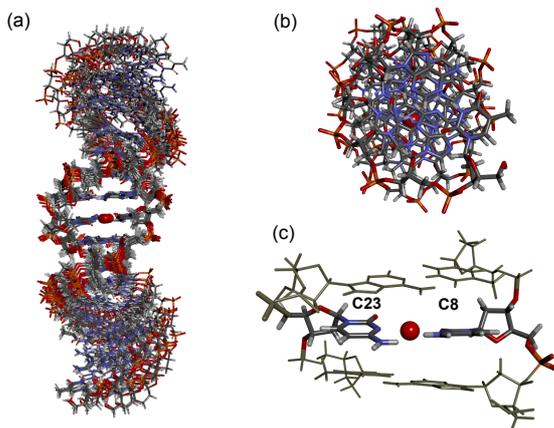


図7. C-Ag(I)-C塩基対を含むDNA二重らせん分子の三次元構造（溶液内構造）

c) C-Ag(I)-C塩基対の結晶構造解析

上述の C-Ag(I)-C 塩基対の二重らせん分子の溶液構造に加えて、本塩基対を含む RNA 及び DNA 二重らせん分子の結晶構造解析を行った。その結果、RNA 二重らせん分子内で C-Ag(I)-C 塩基対が形成されていた。なお塩基対様式は、上述の溶液構造と同様な構造であった。さらに C-Ag(I)-C 塩基対では、向かい合うアミノ基同士の間で立体反発を避けるために、塩基対が大きなプロペラツイストしていることが示された。

次に DNA 配列でも結晶が得られた。得られた構造を以下に示す（図 8）。

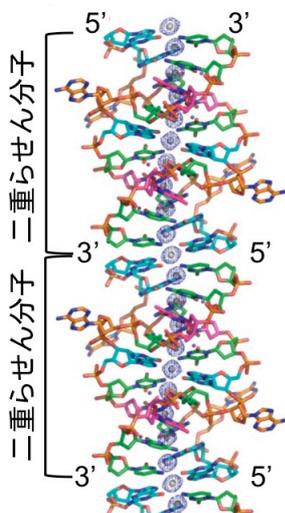


図8. C-Ag(I)-C塩基対を含むRNA二重らせん分子の三次元構造（結晶構造）

驚くことに、本結晶では DNA 二重らせん分子のすべての塩基対がメタロ塩基対となっていた（図 8）。加えて、形成された二重らせん分子同士が結晶中で連続した二重らせん分子を形成していた（図 8）。このことにより、結晶の端から端まで、切れ目の無い一次元銀イオン配列が形成されていた。

これまでの実験例では、メタロ DNA 中に形成された一次元金属イオン配列で最長のものは金属イオン 10 個である（メタロ塩基対の連続数が 10 塩基対）。それと比較すると、今回結晶中で形成された一次元金属イオン

配列は桁違いに長い。原子レベルのスケールからすると、事実上無限長ともいえる長鎖メタロ DNA の作製に成功した。「研究開始当初の背景」で述べた通り、長鎖メタロ DNA の作製は、多くの研究者がその作製を試みてなし得なかった夢の物質である。しかし研究代表者と共同研究グループによって、目に見える長さの長鎖メタロ DNA の創製が達成された。

重要なこととして、本結晶の出現により、メタロ DNA が導電性ナノワイヤーとして機能するかどうかを調べるための素材を手にしたことになる。本結晶を利用することで、メタロ DNA ナノワイヤーの導電性研究が大きく前に進むと期待される。このように化学および分子エレクトロニクスに大きなインパクトを与える結果であったため、本結果は驚きを持って迎えられ、その成果は *Nature Chemistry* への掲載を得た。

総括として、本研究で目的とした「T-Hg(II)-T/C-Ag(I)-C メタロ塩基対の精密構造決定および金属イオンの状態解析」を達成した。また、導電性ナノワイヤーの開発につながる「長鎖メタロ DNA の創製」を達成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 17 件）

1. Jiro Kondo, Yoshinari Tada, Takenori Dairaku, Hisao Saneyoshi, Itaru Okamoto, Yoshiyuki Tanaka, Akira Ono, High-resolution crystal structure of Ag^I-RNA hybrid duplex containing Watson-Crick-like C-Ag^I-C metallo-base pairs. *Angewandte Chemie International Edition*, 54, 13323-13326 (2015). (German Edition : DOI : 10.1002/ange.201507894 International Edition : DOI : 10.1002/anie.201507894)
2. Takenori Dairaku,[#] Kyoko Furuita,[#] Hajime Sato,[#] Jakub Šebera,[#] Daichi Yamanaka, Hiroyuki Otaki, Shoko Kikkawa, Yoshinori Kondo, Ritsuko Katahira, F. Matthias Bickelhaupt, Célia Fonseca Guerra, Akira Ono, Vladimír Sychrovský, Chojiro Kojima, and Yoshiyuki Tanaka, Direct Detection of the Mercury-Nitrogen Bond in the Thymine-Hg^{II}-Thymine Base-pair with ¹⁹⁹Hg NMR Spectroscopy. *Chemical Communications*, 51, 8488-8491 (2015). (DOI: 10.1039/c5cc02423d)
3. Yoshiyuki Tanaka, Jiro Kondo, Vladimír Sychrovský, Jakub Šebera, Takenori Dairaku, Hisao Saneyoshi, Hidehito Urata, Hidetaka Torigoe and Akira Ono, Structures, physicochemical properties, and applications of T-Hg^{II}-T, C-Ag^I-C, and other metallo-base-pairs. *Chemical*

- Communications*, 51, 17343-17360 (2015). (DOI: 10.1039/C5CC02693H)
4. Takenori Dairaku, Kyoko Furuita, Hajime Sato, Yoshinori Kondo, Chojiro Kojima, Akira Ono and Yoshiyuki Tanaka, Exploring a DNA sequence for the three-dimensional structure determination of a silver(I)-mediated C-C base pair in a DNA duplex by ¹H NMR spectroscopy. *Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids*, 34, 877-900 (2015). (DOI:10.1080/15257770.2015.1088160)
 5. See Kei Lee, Marius Buerkle, Ryo Yamada, Yoshihiro Asai, and Hirokazu Tada, Thermoelectricity at the Molecular Scale: Large Seebeck Effect in Endohedral Metallofullerenes. *Nanoscale*, 7, 20496-20502, (2015). (DOI: 10.1039/C5NR05394C)
 6. Yutaka Ie*, Kazunari Tanaka, Aya Tashiro, See Kei Lee, Henrique Rosa Testai, Ryo Yamada*, Hirokazu Tada*, and Yoshio Aso*, Thiophene-based Tripodal Anchor Units for Hole Transport in Single-Molecule Junctions with Gold Electrodes. *The Journal of Physical Chemistry Letter*, 6, 3754–3759, (2015). (DOI: 10.1021/acs.jpcelett.5b01662)
 7. Takenori Dairaku, Kyoko Furuita, Hajime Sato, Jakub Šebera, Katsuyuki Nakashima, Jiro Kondo, Daichi Yamanaka, Yoshinori Kondo, Itaru Okamoto, Akira Ono, Vladimír Sychrovský, Chojiro Kojima and Yoshiyuki Tanaka, The Structure Determination of Ag^I-mediated Cytosine–Cytosine Base Pair within DNA Duplex in Solution with ¹H/¹⁵N/¹⁰⁹Ag NMR Spectroscopy, *Chemistry - A European Journal*, 22, 13028-13031 (2016). (DOI: 10.1002/chem.201603048)
 8. Martin Dračínský, Michal Šála, Blanka Klepetářová, Jakub Šebera, Jiří Fukal, Veronika Holečková, Yoshiyuki Tanaka, Radim Nencka, and Vladimír Sychrovský,* Benchmark Theoretical and Experimental Study on ¹⁵N NMR Shifts of Oxidatively Damaged Guanine, *The Journal of Physical Chemistry B*, 120, 915-925 (2016). (DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b11428)
 9. Vladimír Sychrovský, Jakub Šebera, Yoshiyuki Tanaka, Akira Ono, The effect of chemical modification of DNA base on binding of Hg^{II} and Ag^I in metal-mediated base pairs, *Inorganica Chimica Acta*, 452, 199-204 (2016). (DOI: 10.1016/j.ica.2016.03.007)
 10. Takenori Dairaku, Kyoko Furuita, Hajime Sato, Jakub Šebera, Katsuyuki Nakashima, Akira Ono, Vladimír Sychrovský, Chojiro Kojima, and Yoshiyuki Tanaka, Hg^{II}/Ag^I-mediated base pairs and their NMR spectroscopic studies, *Inorganica Chimica Acta*, 452, 34-42 (2016). (DOI: 10.1016/j.ica.2016.03.018)
 11. Kazuki Ishii, Noriko Saito-Tarashima, Masashi Ota, Seigi Yamamoto, Yasuko Okamoto, Yoshiyuki Tanaka, Noriaki Minakawa, Practical synthesis of 4'-selenopurine nucleosides by combining chlorinated purines and 'armed' 4-selenosugar. *Tetrahedron*, 72, 6589-6594 (2016). (doi: 10.1016/j.tet.2016.08.071)
 12. Masatoshi Toda, Shinji Kajimoto, Shuichi Toyouchi, Toshihiro Kawakatsu, Yohji Akama, Motoko Kotani, Hiroshi Fukumura, Phase behavior of a binary fluid mixture of quadrupolar molecules. *Physical Review E*, 94, 052601(16 pages) (2016).
 13. Takashi Tamaki, Tatsuhiko Ohto, Ryo Yamada, Hirokazu Tada, and Takuji Ogawa, Analysis of Single Molecule Conductance of Heterogeneous Porphyrin Arrays by Partial Transmission Probabilities. *Chemistry Select* 2, 7484-7488 (2017). (DOI: 10.1002/slct.201701015)
 14. Sang Kyu Park, Jin Hong Kim, Tatsuhiko Ohto, Ryo Yamada, Andrew Jones, Dong Ryeol Whang, Illhun Cho, Sangyoon Oh, Jeffrey Hong, Ji Eon Kwon, Jong H. Kim, Yoann Olivier, Roland Fischer, Roland Resel, Johannes Gierschner, Hirokazu Tada, Soo Young Park, Highly Luminescent 2D-type Slab Crystals Based on a Molecular Charge-Transfer Complex as Promising Organic Light-Emitting Transistor Materials. *Advanced Materials* 29, 1701346 (2017). (DOI: 10.1002/adma.201701346)
 15. Masaki Shimada, Yoshinori Yamanoi, Tatsuhiko Ohto, Song-Toan Pham, Ryo Yamada, Hirokazu Tada, Kenichiro Omoto, Shohei Tashiro, Mitsuhiko Shionoya, Mineyuki Hattori, Keiko Jimura, Shigenobu Hayashi, Hikaru Koike, Munekata Iwamura, Koichi Nozaki, Hiroshi Nishihara, Multifunctional Octamethyltetrasila [2.2] cyclophanes: Conformational Variations, Circularly Polarized Luminescence, and Organic Electroluminescence. *Journal of the American Chemical Society* 139,

- 11214-11221 (2017) (DOI: 10.1021/jacs.7b05671)
16. Jakub Šebera, Yoshikazu Hattori, Daichi Sato, David Řeha, Radim Nencka, Takashi Kohno, Chojiro Kojima, Yoshiyuki Tanaka, and Vladimír Sychrovský, The mechanism of the glycosylase reaction with hOGG1 base-excision repair enzyme: Concerted effect of Lys249 and Asp268 during excision of 8-oxoguanine. *Nucleic Acids Research*, 45, 5231-5242 (2017). (DOI: 10.1093/nar/gkx157)
 17. Jiro Kondo, Yoshinari Tada, Takenori Dairaku, Yoshikazu Hattori, Hisao Saneyoshi, Akira Ono and Yoshiyuki Tanaka, A metallo-DNA nanowire with uninterrupted one-dimensional silver array. *Nature Chemistry*, 9, 956-960 (2017). (DOI: 10.1038/NCHEM.2808)

〔学会発表〕 (計 10 件)

1. ○多田能成, 田中好幸, 小野晶, 他 4 名, Structure of C-Ag(I)-C metallo base pair in RNA duplex, 42th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry 2015 年 9 月 23-25 日, 姫路 (国際会議・ポスター),
2. ○古板恭子, 児嶋長次郎, 田中好幸, 他 1 名, NMR structure of a DNA duplex containing a silver-mediated C-C base pair, 42th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2015 年 9 月 23-25 日, 姫路 (国際会議・ポスター)
3. ○古板恭子, 児嶋長次郎, 田中好幸, 他 1 名, C-Ag(I)-C 塩基対を含むメタロ DNA のリットラ構造解析, 2015 年 11 月 6-8 日, 習志野市 (口頭発表)
4. ○服部良一, 大木出, 山口拓実, Ying Zhang, 古板恭子, 池上貴久, 小林直宏, 深田はるみ, 白川昌宏, 加藤晃一, 亀田倫史, 田中好幸, 藤原敏道, 児嶋長次郎, タンパク質の化学修飾を用いた安定同位体標識および常磁性金属標識による NMR 解析, 第 43 回生体分子科学討論会, 2016 年 6 月 24 日・25 日, 名古屋 (口頭発表)
5. ○Yoshiyuki Tanaka, Kaichiro Haruta, Ikumi Kawahara, Yuta Ashihara, Daichi Yamanaka, Chojiro Kojima, Jakub Šebera, Vladimír Sychrovský, "Spectroscopic and Theoretical Approaches to the Mechanism of RNA Cleavage Reaction Catalyzed by Hammerhead Ribozyme" **The 27th International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems (ICMRBS)**, 2016 年 8 月 21 日～26 日, 京都. (国際会議・ポスター)
6. Jakub Šebera, Yoshiyuki Tanaka, Chojiro Kojima, Katsuyuki Nakashima, Yoshikazu Hattori, Radim Nencka, Jiří Fukal, ○Vladimír Sychrovský, The Excision of OxoG Base with hOGG1 BER Enzyme; Towards Validation of the Catalytic Pathway employing NMR

- spectroscopy" **The 27th International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems (ICMRBS)**, 2016 年 8 月 21 日～26 日, 京都. (国際会議・ポスター)
7. ○Yoshikazu Hattori, Jakub Šebera, Vladimír Sychrovský, Kyoko Furuita, Toshihiko Sugiki, Izuru Ohki, Takahisa Ikegami, Naohiro Kobayashi, Yoshiyuki Tanaka, Toshimichi Fujiwara, and Chojiro Kojima, The Salt Bridge on Protein Surface: Characterization Using the ¹³CH₃ NMR Probe, **The 27th International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems (ICMRBS)**, 2016 年 8 月 21 日～26 日, 京都. (国際会議・ポスター発表)
 8. ○服部良一, David Heidenreich, 横山敬一, 鈴木榮一郎, 田中好幸, 藤原敏道, 児嶋長次郎, 化学修飾によるタンパク質の新たな安定同位体標識法の開発, 第 55 回 NMR 討論会, 2016 年 11 月 16 日～18 日, 広島 (ポスター発表)
 9. ○田中好幸, 山田光博, 遺伝子治療薬の構造的分子設計, 日本薬学会第 137 年会 物理系薬学部会シンポジウム, 2017 年 3 月 24 日～27 日, 仙台 (招待講演・口頭発表)
 10. ○田中好幸, HFSP 若手研究者 Grant, 日本化学会第 97 年会 AMED・HFSP シンポジウム, 2017 年 3 月 16 日～19 日, 横浜 (招待講演・口頭発表)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://p.bunri-u.ac.jp/lab05/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 好幸 (TANAKA, Yoshiyuki)

徳島文理大学・薬学部・教授

研究者番号: 70333797

(2) 研究分担者

梶本 真司 (Kajimoto Shinji)

東北大学・大学院薬学研究科・講師

研究者番号: 80463769

(3) 連携研究者

山田 亮 (Yamada Ryo)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授

研究者番号: 20343741

(4) 研究協力者 (海外研究協力者)

Vladimír Sychrovský (Vladimír Sychrovský)