

令和 2 年 6 月 7 日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19221

研究課題名(和文)レドックス応答型色素を活かした核酸脱メチル化反応の蛍光検出

研究課題名(英文)Fluorometric Detection of Nucleic Acid Demethylations Assisted by Redox-Responsive Dyes

研究代表者

岡田 洋平 (Okada, Yohei)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80749268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：核酸やタンパク質などの生体分子は、自身が分子量数万から数十万におよぶ巨大な構造であるにも関わらず、極めて小さな「メチル基」の有無によってその機能が制御されている。本研究では、このような質量分析法や電気泳動法のような現行の技術では識別することが困難な僅かな構造の変化を蛍光検出することができる新たな色素の開発に取り組んだ。その結果、単一のベンゼン環を主骨格とした、様々な水溶性の蛍光色素を見出している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

核酸やタンパク質などの生体分子のメチル化ならびに脱メチル化は様々な疾病との関連が報告されており、これらの修飾を受けた生体分子や、これらの修飾を触媒する酵素の研究開発は生命科学や医学領域にとって極めて重要な課題となっている。これらの領域における現代の研究には生体分子の蛍光標識が必要不可欠な技術であり、目的や用途に応じた色素の開発が求められている。本研究成果は蛍光標識技術の発展に貢献し得るものである。

研究成果の概要(英文)：Although their molecular weights are several tens or hundreds of thousands, the functions of biomolecules such as nucleic acids and proteins are regulated by the presence of a minimal "methyl" group. In this study, we focused on the development of novel fluorometric dyes that can detect such a small structural difference, which was otherwise difficult to discriminate. As a result, several water soluble dyes constructed with a single benzene were realized.

研究分野：生物有機化学

キーワード：レドックス応答型色素 核酸脱メチル化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

タンパク質や核酸などの多くの生体分子は、自身の分子量が数万から数十万に及ぶ高分子であるにも関わらず、いわば最小の官能基であるメチル基の有無によってその機能を制御していることが知られている。これに伴い、生体分子のメチル化や脱メチル化を触媒する様々な酵素が見出され、その機能が解析されてきた。生体分子の目印としてメチル基が使われる例や、特定の疾病との関連が報告されるなど、現在も広く研究が進められている。しかしながら、たった一つの炭素からなるメチル基の分子量は僅か15に過ぎず、質量分析法に基づいて生体分子がメチル化されているか、あるいは脱メチル化されているかを調べることは極めて困難である。もともとの分子量が数万に及ぶ高分子では、分子量の15の増減を正確に検出することはほぼ不可能である。また、構造変化そのものが僅かであるために、メチル化されたものとされていないものを分離することもまた、技術上の課題に直面する。

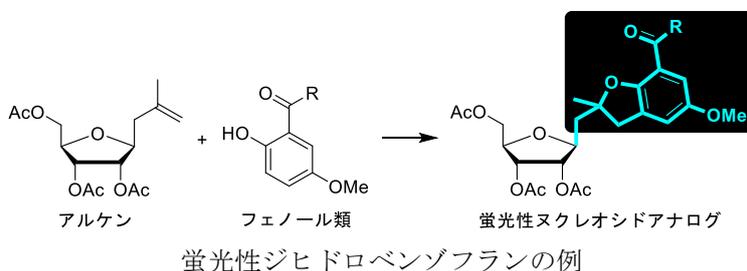
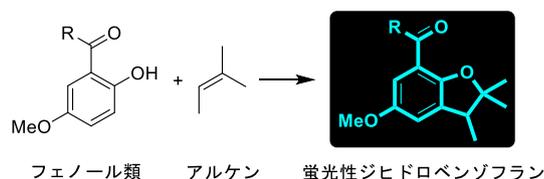
様々な生化学プロセスを研究する上で、蛍光色素の活用が必要不可欠な技術となっている。多くの生化学反応は直接観察することはできないため、蛍光色素で標識することによって初めてその挙動を「観る」ことができるようになる。特に、酵素の活性を標的とした蛍光プローブは酵素反応によって無蛍光のプローブが発光する、あるいは発光波長がシフトすることを利用したものであり、目的とする酵素の発現量・発現部位をリアルタイムで知ることができる。このため、様々な酵素の反応を標的とした蛍光プローブの研究が進められている。生体分子のメチル化や脱メチル化を標的とした蛍光プローブを開発することができれば、これらのプロセスの理解を飛躍的に推進することができると期待されている。

2. 研究の目的

蛍光プローブの機能においては、標的とする酵素反応を受けて無蛍光であったものが高度な蛍光を発する、「ターンオン型」が望ましい。これを実現するために、多くの蛍光プローブでは蛍光色素本体とクエンチャーを繋ぎ合わせる手法によって、その機能を設計している。すなわち、クエンチャーによってマスクされていた蛍光色素本来の発光特性が、クエンチャーと色素が切り離されることによって本来の特性を回復する原理に基づくものである。しかしながら、この手法は標的とする酵素が何らかの結合を切り離すものであれば直接的に適用できるものの、多くの酵素はこの限りではない。メチル化反応や脱メチル化反応によって色素とクエンチャーを切り離す戦略は極めて困難である。このような背景を踏まえて、我々はクエンチャー戦略に依らず、色素自身の僅かな構造変化にตอบสนองして蛍光特性が変わる新たな化合物群の研究開発に取り組んで来た。特に、電気化学的手法によって合成したジヒドロベンゾフラン誘導体において、置換基の種類・位置・数を制御することによって高度な蛍光特性がチューニングできることを見出している。これらは基本的に電子供与基と電子求引基の組み合わせによる「プッシュプル」戦略に基づくものであり、分子設計において共役系を伸ばす必要がないため、水溶性が求められる酵素反応プローブでの応用に適している。そこで本研究では、我々がこれまでに研究開発を推進してきた電気化学的手法を採り入れて、ジヒドロベンゾフラン骨格を中心とした、僅かな構造変化で蛍光特性を大きく変えることのできる、新しい色素の開発を目的とした。このような蛍光色素によって、従来の蛍光プローブでは検出が困難であった生体分子のメチル化反応や脱メチル化反応に対応した、新たな蛍光プローブの設計を可能にすることが目的である。

3. 研究の方法

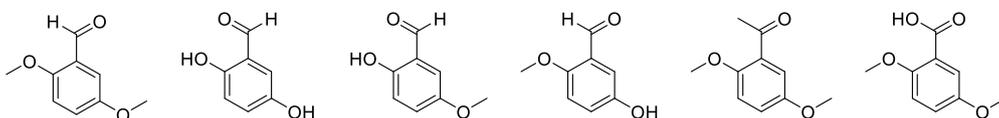
電気化学的手法によって、パラ位にメトキシ基を有するフェノール類と様々なアルケンとの間で[3 + 2]様式の付加環化反応が進行し、ジヒドロベンゾフランを与えることが見出されている。ジヒドロベンゾフラン環の分子サイズがプリン塩基と類似していることから、これまでの研究においてリボース骨格上に取り付けた反応点を活かして、蛍光性のヌクレオシドアナログを設計・合成している。



これらの反応ではいずれも、出発原料となるフェノール類およびアルケンにはほとんど、あるいは全く蛍光性が見られないものの、当該反応の進行に伴って高度な蛍光を発するようになることが確認されている。この反応では、構築されたジヒドロベンゾフラン環によって分子全体の運動性が制約されることが蛍光性の獲得に繋がっていると考えられるものの、この反応はフェノールのアルキル化を伴っていると見なすこともできる。そこで本研究では、僅かな構造変化で蛍光性のチューニングを実現することを目指して、ジヒドロベンゾフラン化合物を起点として、蛍光化合物の構造機能相関についての研究を行った。これを理解することによって、新たな蛍光プローブの設計が可能になると期待される。なお、リボース骨格上へ蛍光性の核塩基アナログを導入する手法は、予め合成しておいた核塩基アナログを合成後期にリボースへと取り付ける手法と、リボース上に予め取り付けておいた反応点を活かしてリボース上で核塩基構造を組み立てる手法に大別される。本研究では、特に後者の手法に着目して研究を行った。ここで必要となるのは、リボース骨格へ立体選択的に反応点を導入できる手法の確立である。

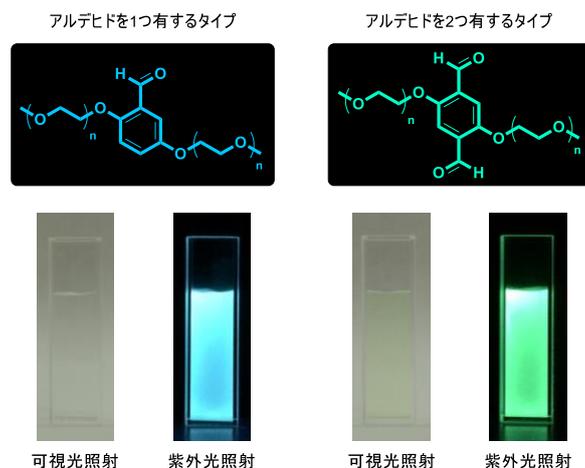
4. 研究成果

様々な基質を設計・合成して蛍光特性を評価した結果、フェノール類をアルキル化することによって、ジヒドロベンゾフラン環を持たなくとも高度な蛍光を発する化合物群が見出された。しかし、これらの化合物では蛍光特性に強い溶媒効果が見られることも合わせて確認された。ジヒドロベンゾフラン環を有する化合物群では高極性・低極性どちらの溶媒中でも広く蛍光性を示すものの、今回新たに蛍光性が確認されたものではプロトン性の溶媒中でのみ高い蛍光特性を示すことが確認されている。また、フェノールに対してオルト位に電子求引性のカルボニル置換基が必須であり、中でも特にアルデヒド基が蛍光特性に効果的であることが示された。



蛍光特性を調べた化合物群の例

さらに、電子求引基として 2 つ目のアルデヒド基を導入したところ、蛍光特性が大幅に改善されることが見出された。一方で、2 つのアルデヒドによって色素の溶解性が著しく低下してしまうことも確認されたため、エチレングリコール構造を活かした可溶化を行った。その結果、アルデヒドを 1 つ有するものならびに 2 つ有するものいずれにおいても大幅に溶解性が改善され、水中においても高度な蛍光性が発現することが見出された。特にアルデヒドを 2 つ有する色素では、単一のベンゼン環にも関わらず水中で緑色に近い蛍光特性を示すことが明らかとなった。いずれの色素もアルデヒド基が重要な役割を果たしており、アルデヒドの酸化度に応じて蛍光特性が大きく変化することを確認している。すなわち、アルデヒドをベンジルアルコールに還元することで蛍光性は大きく低減し、カルボン酸へ酸化することによっても発光波長や量子収率に大きな影響を及ぼす。これらは、僅かな構造変化によって蛍光特性を変えることのできる、新たな「ターンオン型」蛍光プローブの設計指針となることが期待される。



発光特性の例

また、リボース骨格への反応点の導入についても様々な条件を検討し、アルケンやアルキンなどの置換基を立体選択的に導入する条件を見出している。反応の立体選択性はリボースの保護基による効果も大きいことが確認された。これらの反応点を活かした付加環化反応によってリボース上で蛍光核塩基アナログを組み立てることにより、新たな指針に基づく蛍光プローブの設計・合成が可能になると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Maeta, N.; Kamiya, H.; Okada, Y.	4. 巻 85
2. 論文標題 Radical-Cation Vinylcyclopropane Rearrangements by TiO ₂ Photocatalysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6551-6566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c00544	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 Imada, Y.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 7
2. 論文標題 Electrochemical Formation of Cinnamaldehyde by the Electrolyte System N,N-Diisopropylethylamine and 1,1,1,3,3,3-Hexafluoropropan-2-ol	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 1619-1622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.202000275	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 Shida, N.; Imada, Y.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Mechanistic Insights on Concentrated Lithium Salt/Nitroalkane Electrolyte Based on Analogy with Fluorinated Alcohols	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 570-574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201901576	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 Okada, Y.; Takasawa, R.; Kubo, D.; Iwanaga, N.; Fujita, S.; Suzuki, K.; Suzuki, H.; Kamiya, H.; Chiba, K.	4. 巻 23
2. 論文標題 Improved Tag-Assisted Liquid-Phase Peptide Synthesis: Application to the Synthesis of the Bradykinin Receptor Antagonist Icatibant Acetate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Process Research & Development	6. 最初と最後の頁 2576-2581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.oprd.9b00397	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 Maeta, N.; Kamiya, H.; Okada, Y.	4. 巻 21
2. 論文標題 Probing Intramolecular Electron Transfer in Redox Tag Processes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8519-8522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b02808	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 Taniguchi, D.; Handa, A.; Kodama, R.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 31
2. 論文標題 Redox Denaturation of Proteins: Electrochemical Treatment of Egg Plasma	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electroanalysis	6. 最初と最後の頁 2299-2302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/elan.201900057	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 Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 77
2. 論文標題 Redox Tag-Guided Radical Cation Cycloadditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 442-451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi.77.442	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 Ozaki, A.; Yamaguchi, Y.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 37
2. 論文標題 Radical Cation Diels-Alder Reactions of Non-Conjugated Alkenes by Electrocatalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chinese Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 561-564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cjoc.201900054	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 Imada, Y.; Shida, N.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 37
2. 論文標題 A Novel Thermomorphic System for Electrocatalytic Diels-Alder Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chinese Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 557-560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cjoc.201900053	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 Nakayama, K.; Maeta, N.; Horiguchi, G.; Kamiya, H.; Okada, Y.	4. 巻 21
2. 論文標題 Radical Cation Diels-Alder Reactions by TiO ₂ Photocatalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2246-2250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00526	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 Okada, Y.; Yamaguchi, Y.; Chiba, K.	4. 巻 6
2. 論文標題 Substitution Pattern-Selective Olefin Cross-Couplings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 4165-4168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201900184	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 Shida, N.; Imada, Y.; Nagahara, S.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 2
2. 論文標題 Interplay of arene radical cations with anions and fluorinated alcohols in hole catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 Article # 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-019-0125-4	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 Okada, Y.	4. 巻 84
2. 論文標題 "Snapshots" of Intramolecular Electron Transfer in Redox Tag-Guided [2 + 2] Cycloadditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1882-1886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.8b02861	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 Shoji, T.; Fukutomi, H.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Artificial bioconjugates with naturally occurring linkages: the use of phosphodiester	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1946-1955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.14.169	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 Okada, Y.; Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.	4. 巻 83
2. 論文標題 TiO ₂ Photocatalysis in Aromatic "Redox Tag"-Guided Intermolecular Formal [2 + 2] Cycloadditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4948-4962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.8b00738	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 Maeta, N.; Kamiya, H.; Okada, Y.	4. 巻 34
2. 論文標題 Direct Monitoring of Molecular Events at the Surface: One-Step Access to Flexibly Stable Colloidal Ag Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5495-5504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b03870	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 Shimizu, R.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Stepwise radical cation Diels-Alder reaction via multiple pathways	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 704-708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.14.59	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 Imada, Y.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Investigating radical cation chain processes in the electrocatalytic Diels-Alder reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 642-647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.14.51	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 Ogami, K.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 47
2. 論文標題 A Pot-Economical Liquid Phase PNA Synthesis Enabled by a Soluble Tag-Assisted Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 138-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170971	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 Okada, Y.; Ishikawa, K.; Maeta, N.; Kamiya, H.	4. 巻 24
2. 論文標題 Understanding the Colloidal Stability of Nanoparticle-Ligand Complexes: Design, Synthesis, and Structure-Function Relationship Studies of Amphiphilic Small-Molecule Ligands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 1853-1858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201704306	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 Wakamatsu, H.; Okada, Y.; Sugai, M.; Hussaini, S. R.; Chiba, K.	4. 巻 6
2. 論文標題 Photo-Triggered Fluorometric Hydrophobic Benzyl Alcohol for Soluble Tag-Assisted Liquid-Phase Peptide Synthesis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1584-1588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201700401	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 Okada, Y.; Asama, H.; Wakamatsu, H.; Chiba, K.; Kamiya, H.	4. 巻 2017
2. 論文標題 Hydrophobic Magnetic Nanoparticle-Assisted One-Pot Liquid Phase Peptide Synthesis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5961-5965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201700697	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 Ozaki, A.; Yamaguchi, Y.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 4
2. 論文標題 Bidirectional Access to Radical Cation Diels-Alder Reactions by Electrocatalysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 1852-1855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201700286	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 Imada, Y.; Yamaguchi, Y.; Shida, N.; Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 53
2. 論文標題 Entropic electrolytes for anodic cycloadditions of unactivated alkene nucleophiles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3960-3963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cc00664k	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 Okada, Y.; Chiba, K.	4. 巻 118
2. 論文標題 Redox-Tag Processes: Intramolecular Electron Transfer and Its Broad Relationship to Redox Reactions in General	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Reviews	6. 最初と最後の頁 4592-4630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrev.7b00400	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 Chiba, K.; Okada, Y.	4. 巻 2
2. 論文標題 Electron-Transfer-Induced Molecular Reactions: Electrode Processes in Organic Synthesis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Current Opinion in Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 53-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coelec.2017.03.014	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58件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 高澤理子, 岡田洋平, 久保大輔, 岩永なつみ, 藤田秀司, 鈴木康介, 鈴木秀明, 神谷秀博, 千葉一裕
2. 発表標題 大量合成に適したペプチド液相合成法の開発
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山上紗弓理, 岡田洋平, 北野克和, 千葉一裕
2. 発表標題 ペプチドの分子内環化反応を促進する反応場の構築
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okada, Y.; Maeta, N.; Kamiya, H.
2. 発表標題 Oxidative Electron Transfer-Induced Vinylcyclopropane Rearrangements
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永原紳吾, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 可溶性タグを利用した電気化学的ペプチド合成法の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 信田尚毅, 今田泰史, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 ニトロアルカン溶媒中のリチウム塩の会合状態がもたらす特異なラジカルカチオン安定化効果：分光学的解析に基づく溶液構造の考察と電解合成への応用
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山海衣, 前田尚也, 堀口元規, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 界面電子移動反応による極性変換ディールスアルダー反応
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀口元規, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 エノールエーテルの電気化学的特性評価と[2+2]環化付加反応
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田洋平
2. 発表標題 電子移動制御による炭素 - 炭素結合形成反応に関する研究
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Maeta, N, Kamiya, H, Okada, Y.
2. 発表標題 Radical cation vinylcyclopropane rearrangements by TiO2 photocatalysis
3. 学会等名 ACS Fall 2019 National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Okada, Y, Nakayama, K, Maeta, N, Horiguchi, G, Kamiya, H.
2. 発表標題 Electron-catalyzed Diels-Alder reactions by TiO2 photocatalysis
3. 学会等名 ACS Fall 2019 National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口元規, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 Redox-TAG で制御する[2+2]環化付加反応の開発
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山海衣, 前田尚也, 堀口元規, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 酸化チタン光触媒を活かしたラジカルカチオン付加環化反応
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田尚也, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 界面電子移動によるビニルシクロプロパン転位反応
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口元規, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 エノールエーテルの1電子酸化を起点とした[2+2]環化付加反応の開発
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒瀬佑馬, 今田泰史, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 芳香族系レドックス応答性脱離基を用いたプロリン誘導体の電気化学的修飾
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺平裕哉, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 間接電解酸化による保護基選択的ジスルフィド結合形成を利用した β -コノトキシンの合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Okada, Y.; Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.
2. 発表標題 Probing Intramolecular Electron Transfer in Redox Tag Processes
3. 学会等名 The 98th CSJ Annual Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永原紳吾, 信田尚毅, 今田泰史, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 ラジカルカチオンが触媒する反応におけるアニオンおよびフルオロアルコールの影響
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山海衣, 前田尚也, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 ホール酸化を活かしたラジカルカチオンディールスアルダー反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村達哉, 山下翔平, 須藤達也, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 酸化チタンナノ粒子分散系における分散剤の構造機能相関
3. 学会等名 化学工学会第84年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakayama, K.; Maeta, N.; Kamiya, H.; Okada, Y.
2. 発表標題 Titanium Dioxide Photocatalysis-Assisted Radical Cation Diels-Alder Reactions
3. 学会等名 ISOR-13 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.; Okada, Y.
2. 発表標題 TiO ₂ Photocatalytic Intermolecular [2 + 2] Cycloaddition Reactions
3. 学会等名 ISOR-13 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okada, Y.; Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.
2. 発表標題 Olefin Cross-Couplings Enabled by TiO ₂ Photocatalysis
3. 学会等名 ISOR-13 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今田泰史, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 電極選択的スチレン誘導体の機能化
3. 学会等名 2018年電気化学秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 信田尚毅, 今田泰史, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 有機ラジカルカチオン種に共存するアニオンの効果とフルオロアルコールを用いた反応性の向上
3. 学会等名 2018年電気化学秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村達哉, 浅田佳祐, 前田尚也, 石川晃大, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 材料応用に向けたナノ粒子の凝集分散制御
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下翔平, 浅間仁美, 小池菜摘, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 二相溶媒系を利用したナノ粒子界面の配位子交換現象の解析
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保大輔, 金井和昭, 荒木里之, 岩永なつみ, 鈴木康介, 鈴木秀明, 嶋一郎, 藤田秀司, 山崎貴史, 伊藤優, 遠藤真代, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 疎水性タグを用いたIcatibant Acetateの合成
3. 学会等名 日本プロセス化学会2018サマーシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Asama, H.; Yamashita, S.; Okada, Y.; Kamiya, H.
2. 発表標題 Ordering molecular bindings at the surface enabled by phase transfer of nanoparticles via ligand exchange processes
3. 学会等名 ICCCI 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田洋平, 前田尚也, 中山海衣, 神谷秀博
2. 発表標題 界面電子移動による分子間オレフィンクロスカップリング
3. 学会等名 第42回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永原紳吾, 若松弘起, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 過塩素酸リチウム/ニトロメタン系における光励起による環化反応
3. 学会等名 第42回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田洋平
2. 発表標題 レドックスタグ戦略に基づく分子間炭素 炭素結合形成反応
3. 学会等名 第42回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山海衣, 前田尚也, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 酸化チタン光触媒によるRadical Cation Diels-Alder反応の開発
3. 学会等名 第42回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田尚也, 中山海衣, 神谷秀博, 岡田洋平
2. 発表標題 酸化チタン光触媒による[2+2]付加環化反応の開発
3. 学会等名 第42回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Nagahara, S.; Wakamatsu, H.; Okada, Y.; Chiba, K.
2 . 発表標題 Cycloaddition Reaction Assisted By Photoinduced Electron Transfer in a Lithium Perchlorate-Nitromethane System
3 . 学会等名 233rd ECS Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Okada, Y.; Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.
2 . 発表標題 TiO ₂ Photocatalysis in the Aromatic "Redox Tag"-Guided Intermolecular Formal [2 + 2] Cycloadditions
3 . 学会等名 233rd ECS Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hussaini, S. R.; Chiba, K.; Okada, Y.; Imada, Y.; Wang, Z.; Ozaki, A.; Pal, A.; Yamaguchi, Y.; Paramel, M.
2 . 発表標題 Metal-Initiated/Catalyzed Diels-Alder Reaction between Electron Rich Dienes and Dienophiles
3 . 学会等名 233rd ECS Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Okada, Y.; Ozaki, A.; Yamaguchi, Y.; Chiba, K.
2 . 発表標題 Umpolung Diels-Alder Reactions By Electrocatalysis
3 . 学会等名 233rd ECS Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 上坂温子, 前田尚也, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 柔軟な分散性を有するコロイドナノ粒子の一段階合成
3. 学会等名 粉体工学会2018年度春期研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okada, Y.; Maeta, N.; Nakayama, K.; Kamiya, H.
2. 発表標題 TiO ₂ Photocatalysis in the Aromatic "Redox Tag"-Guided Intermolecular Formal [2 + 2] Cycloadditions
3. 学会等名 Beilstein Organic Chemistry Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okada, Y.
2. 発表標題 Redox Tag-Assisted Radical Cation Diels-Alder Reactions
3. 学会等名 The 98th CSJ Annual Meeting (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永原紳吾, 若松弘起, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 過塩素酸リチウム/ニトロメタン系における光励起による環化反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田洋平, 菅井正枝, 千葉一裕
2. 発表標題 水素結合によって誘起されるベンズアルデヒド型蛍光色素
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森川栄美, 若松弘起, 菅井正枝, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 蛍光機能をもつ疎水性ベンジルアルコールの開発と液相ペプチド合成への応用
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅間仁美, 山下翔平, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 相間移動を活かしたナノ粒子-リガンド間の吸着強度の可視化評価
3. 学会等名 化学工学会第83年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅田佳祐, 石川晃大, 前田尚也, 岡田洋平, 神谷秀博
2. 発表標題 機能性ナノ粒子分散ポリマー複合体のための粒子界面設計
3. 学会等名 粉体工学会2017年度秋期研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡田洋平, 石川晃大, 前田尚也, 神谷秀博
2. 発表標題 構造機能相関的アプローチに基づくナノ粒子の凝集分散制御
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chiba, K.; Imada, Y.; Shoji, T.; Okada, Y.
2. 発表標題 Efficient Anodic Reactions in Entropic Electrolyte Systems
3. 学会等名 7th GJSE Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Okada, Y.; Yamaguchi, Y.; Ozaki, A.; Chiba, K.
2. 発表標題 Radical Cation Diels-Alder Reactions by Electrocatalysis
3. 学会等名 7th GJSE Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 清水涼, 山口勇将, 岡田 洋平, 北野克和, 千葉一裕
2. 発表標題 エノールエーテルを用いた電解酸化で進行するディールス・アルダー反応の研究
3. 学会等名 2017年電気化学秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 尾崎惇史, 山口勇将, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 有機電解反応を利用した炭化水素化合物のラジカルカチオンDiels-Alder反応の開発
3. 学会等名 2017年電気化学秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 レドックスタグで制御する分子間炭素-炭素結合形成反応
3. 学会等名 2017年電気化学秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡田洋平, 石川晃大, 浅田佳祐, 神谷秀博
2. 発表標題 界面分子構造設計によるナノ粒子の分散挙動の制御
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chiba, K.; Shoji, T.; Okada, Y.
2. 発表標題 Synthesis of Azanucleosides by Anodic Oxidation in a Lithium Perchlorate-Nitroalkane Electrolyte Solution
3. 学会等名 68th Annual Meeting of ISE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 清水涼, 山口勇将, 岡田洋平, 北野克和, 千葉一裕
2. 発表標題 エニロキシベンゼンを電子豊富オレフィンとして用いたラジカルカチオンディールス・アルダー反応
3. 学会等名 第41回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今田泰史, 山口勇将, 信田尚毅, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 Entropic Electrolytes for anodic cycloadditions of unactivated alkene nucleophiles
3. 学会等名 第41回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 尾崎惇史, 山口勇将, 岡田洋平, 千葉一裕
2. 発表標題 電解反応による炭化水素化合物のラジカルカチオンDiels-Alder反応
3. 学会等名 第41回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡田洋平, 石川晃大, 前田尚也, 神谷秀博
2. 発表標題 構造機能相関に基づくリガンドーナノ粒子複合体の分散制御
3. 学会等名 粉体工学会2017年度春期研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 岡田洋平, JITSUBO株式会社	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 8
3. 書名 中分子創薬に資するペプチド・核酸・糖鎖の合成技術	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----