

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05377

研究課題名(和文) 化学反応過渡種としての超短寿命互変異性体の分子ダイナミクス

研究課題名(英文) Molecular dynamics of ultrashort-lived tautomers as transient species of chemical reactions

研究代表者

長澤 裕 (Nagasawa, Yutaka)

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：50294161

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)：フェムト秒時間分解分光により、以下の2つの研究成果を論文として発表した。
1) 色素フェノールブルーはプロトン供与性溶媒中で、励起状態より超高速の無輻射失活を起こし、吸収した光エネルギーを熱として放出し、溶媒との水素結合が開裂することを解明した。【C. Ota, et al., J. Phys. Chem. B, 125, 10832 (2021)】
2) インジゴ誘導体の光異性化反応について、トランス体よりもシス体の励起状態は、隣り合うC=O基の反発により不安定であることを解明した。【Y. Kihara, et. al., J. Phys. Chem. B, 126, 3539 (2022)】

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の光合成系では、光化学系反応中心において、水が酸化されて酸素が発生する。この際、水・アミノ酸残基間の水素結合がプロトン移動を媒介する。よって、光反応に付随した水素結合の挙動について検証することは非常に有意義な研究である。また、異性化反応は光合成とは直接の関連はないが、ハロバクテリアの光エネルギー変換機構として、バクテリオロドプシンによるプロトンポンピングの素過程として重要である。現在、環境問題の観点から、火力や原子力に代わるエネルギー源の開発が急務となっているが、新たな効率的な光エネルギー変換機構の開発には、光化学反応ダイナミクスの解明が重要であり、欠くことのできない基礎研究である。

研究成果の概要(英文)：The following two studies by femtosecond time-resolved transient absorption spectroscopy were published as peer reviewed papers.

- 1) A nonfluorescent solvatochromic dye, phenol blue, exhibits ultrafast nonradiative deactivation from the excited state. It was found that, in proton-donating solvents, when the absorbed light energy is released as heat during the nonradiative decay, the hydrogen bond with the solvent molecule is cleaved. [C. Ota, et al., J. Phys. Chem. B, 125, 10832 (2021)]
- 2) The photoisomerization reaction of indigo derivatives were studied, and it was clarified that the excited state of the cis-isomer is more unstable than that of the trans-isomer due to the Coulombic repulsion of adjacent C=O groups. Hence, the excited state lifetime of cis-form is shorter than that of the trans-form and the quantum yield of cis-to-trans isomerization is higher than that of the trans-to-cis isomerization. [Y. Kihara, et. al., J. Phys. Chem. B, 126, 3539 (2022)]

研究分野：物理化学

キーワード：超高速分光 時間分解分光 過渡吸収スペクトル 光異性化 無輻射失活 ソルバトクロミズム 互変異性化 コヒーレント振動

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

従来、化学反応の研究は、反応条件を最適化し、目的の生成物収量を高めることを主な目的とし、その途中段階でなにが起こっているか、あまり注目されてこなかった。このような化学反応の研究に時間の概念を導入し、反応ダイナミクスを測定して反応が実際にどのように起こるか解明しようという研究は、G. Porter らによるフラッシュフォトリス法の開発から始まった。その後、フェムト秒パルスレーザーの開発により時間分解能が飛躍的に向上し、分子運動と化学反応ダイナミクスの関係が直接観測できるようになった。その代表例としては、ヨウ化ナトリウム NaI の光乖離反応がある。NaI は、その結合長が伸縮振動により最長になると、原子状の Na と I に解離する。その結果、振動と連動して階段状に原子状の Na が生成していく様子が、フェムト秒超短レーザーパルスを用いた時間分解分光によって確認された【T. S. Rose, et al., *Chem. Phys.*, **88**, 6672 (1988)】。このように、化学反応と関連した分子運動を検出し、反応の過程で分子構造がどのように変化していくか解明することは、反応ダイナミクス解明のための核心的な「問い」である。

研究開始当初の背景として、観測困難な未知の超短寿命互変異性体(tautomer)の化学反応ダイナミクスへの関与を解明することが重要であり、白色 supercontinuum を用いた時間分解過渡吸収(TRTA)スペクトル分光を用いて研究を行うことを目的とした。今までに知られていない tautomer を検出し、互変異性化の分子運動ダイナミクスをコヒーレントな核波束運動の観測によって明らかにする。こうした互変異性化は、ソルバトクロミズムを示す phenol blue や光異性化反応を示すインジゴ色素で、励起状態の無輻射失活を促進し、化学反応を阻害することが知られている。そこで、これらの tautomer がどのように化学反応に関連しているかを解明する。

2. 研究の目的

互変異性体のなかには、通常の分光法では観測困難な超短寿命のものが多く存在する。たとえば、phenol blue (PhB)と呼ばれる無蛍光性の色素は、励起状態で電気双極子モーメントが増大することによりソルバトクロミズムを示す。そのため、溶媒和のプロブとして使用されてきたが、NMR 測定によりプロトン供与性溶媒である methanol 溶液中では tautomer が存在することが判明した【M. A. Webb, et al., *J. Phys. Chem. A*, **108**, 1515 (2004)】。この互変異性には、PhB 分子構造左側のキノイド部位のねじれ運動が関与していると考えられているが、tautomer 構造に関する詳細はまだ明らかではない。興味深いことに、ethanol や acetonitrile 等その他の溶媒では tautomer は同様な現象は観測されていない。つまり、PhB のソルバトクロミズムは、溶媒による吸収帯のシフトだけでなく、溶媒-溶質間の水素結合というミクロな溶媒和が寄与している可能性がある。そこで、PhB の ethanol 溶液でフェムト秒時間分解過渡吸収(TRTA)スペクトル測定を行い、NMR の時間分解能では観測不可能な超短寿命の tautomer を探索する。また、PhB は光励起後に無輻射失活を超高速で起こすので、無輻射失活と水素結合の関連を解明することも目的とする。このような短寿命互変異性体は、通常の分光法では測定困難なため研究が進展しておらず、TRTA スペクトル測定等の時間分解分光で独自の研究が必要となる。

プロトン移動や水素結合が異性化と競合している例としては、天然色素の indigo がある。indigo 自体は *trans-cis* 光異性化反応を示さないが、その誘導体である thioindigo 等は異性化を示す。indigo が光異性化反応を示さない理由としては、分子内水素結合により分子構造が *trans*-体に固定されており、これを光励起すると分子内プロトン移動を介して無輻射失活が高速で起こり *trans*-体に緩和するため、*cis*-体が生じないと理論計算から予想されている【S. Yamazaki, et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **13**, 1618 (2011)】。そこで、プロトン移動と光異性化反応の競合について、そのダイナミクスを解明するため TRTA スペクトル測定を行う。

3. 研究の方法

本研究では、白色 super continuum を用いた時間分解過渡吸収(TRTA)スペクトル分光という時間分解分光法を使用して、超高速の異性化ダイナミクスを検証する。この測定には、現有の再生増幅型フェムト秒超短パルス Ti: Sapphire レーザーと2台の非同軸光学パラメトリック増幅器(NOPA)を時間分解分光実験の光源として用いる。NOPA の発振波長の範囲は 500 ~ 1000 nm であり、その第2高調波の範囲は 250 ~ 500 nm なので、さまざまな反応系を光励起可能である。検出器としては、検出範囲が 350 ~ 950 nm の可視光領域と、1000 ~ 1500 nm の近赤外領域の2種類のものを使用できる。2台のうち1つの NOPA からの中心波長 1000 nm のパルスを、フッ化カルシウム板に集光することで、400 ~ 950 nm の広範囲にわたる白色光 super continuum を発生させることができる。さらに白色光の発生源を sapphire 板に変更することで、1000 ~ 1500 nm の近赤外領域の super continuum も発生させることができる。よって、非常に広い範囲にわたる TRTA スペクトルの観測が可能である。パルス幅は半値全幅 10 ~ 20 フェムト秒程度で、これは 1500 cm^{-1} よりも振動数の低い分子振動の半周期よりも短いフェムト秒パルスであるため、コヒーレントな核波束運動を誘起し、観測することが可能である。

4. 研究成果

色素 phenol blue (PhB) の可視吸収帯は、電荷移動 (CT) をともなう遷移に由来し、励起状態で電気双極子モーメントが増大する。そのため、極性の高い溶媒ほど吸収スペクトルが長波長にシフトする「正のソルバトクロミズム」を示す。さらに、基底状態への無輻射失活が逆 CT 過程として超高速で起こるため、PhB は無蛍光性でもある。プロトン NMR 測定によると、通常の有機溶媒中で、PhB のベンゾキノ側は回転していないが、ジメチルアニリン側はほぼ自由に回転していることが判明した。これらの測定結果は、対イオン構造よりもキノイド構造が基底状態では優勢であることを示している。ところが、プロトン NMR の結果より、メタノール (MeOH) 溶液中では、対イオン構造の寄与が大きくなり、ベンゾキノ側も緩やかに回転していることが判明している。このようなベンゾキノ側の緩やかな回転は、MeOH 特有のもので、エタノール (EtOH) を含むその他の溶媒では観測されないと報告されている。【M. A. Webb, et al., *J. Phys. Chem. A*, **108**, 1515 (2004)】プロトン供与性溶媒中では、溶媒との水素結合のため、対イオン構造の寄与が増大すると考えられるので、EtOH で同様な現象が起こっても不思議ではない。そこで、我々は PhB の EtOH 溶液について、NMR よりも高い時間分解能を有するフェムト秒過渡吸収 (TA) スペクトル測定で、PhB の可視吸収帯の短波長側 (550 nm) と長波長側 (650 nm) の 2 つの波長で、励起波長依存性の実験を行った。その結果、100 fs で < 550 nm の波長領域に現れる PhB の励起状態吸収帯は、超高速の無輻射失活により、サブピコ秒領域で減衰する。その結果、1.0 ps では、振動励起されたホットな基底状態による 660-900 nm の吸収帯が生じるが、数ピコ秒程度で熱拡散が起こり、PhB・溶媒分子間の水素結合が切断され、ミクロスコピックには低極性な環境内に存在する PhB が生じる。よって、10 ps 後に < 600 nm の短波長に新たな吸収帯が現れ、基底状態の吸収ブリーチ (GSB) は長波長シフトする。その後、30 ps 程度の時定数で水素結合が再生し、最終的に系は元の熱平衡状態に戻る。なお、GSB のシフトにはコヒーレントな分子内振動も寄与するが、その効果は溶媒極性の寄与に比べて小さいことが判明した。【C. Ota, et al., *J. Phys. Chem. B*, **125**, 10832 (2021)】

染料であるインジゴは分子内水素結合を有す色素であり、光異性化を示さない。その発色団は、中心の C=C 二重結合を挟んだ 2 対の NH 基とカルボニル基からなり、その形状から「H 型発色団」と呼ばれる。NH 基の水素原子を別の官能基で置換すると、吸収極大の波長が変化する。電子吸引性のアセチル基を付加した *N,N'*-diacetylindigo (DAI) では、短波長側に吸収極大がシフトするのに対し、電子供与性のメチル基を付加した *N,N'*-dimethylindigo (DMI) は長波長側にシフトすることから、アミノ基からカルボニル基への電荷移動がその発色に関連していることがわかる。インジゴの NH 基を硫黄原子で置き換えたチオインジゴ (ThI) もまた短波長側に吸収極大がシフトする。また、水素結合を切断されたインジゴ誘導体は、*trans* ⇌ *cis* 光異性化により溶液の色が変化するフォトクロミズムも示す。どの誘導体も *trans* 体に比べて *cis* 体の吸収極大が短波長側にあることより、カルボニル基同士の立体障害または静電的反発により励起状態が不安定化し、遷移エネルギーが大きくなっていると予想される。DAI と ThI に関しては時間分解分光測定が行われており、*trans*-DAI の励起状態寿命は 3.3±0.3 ns と報告されている。*trans*-DAI は水素結合性の溶媒中では励起状態寿命が短くなり、異性化を起こさなくなるので、異性化には長い寿命が必要であることが示唆される。とくに *trans*-ThI の異性化は、寿命が 150 ns の励起三重項状態を経由するとされる。そこで、これらのインジゴ誘導体よりも長波長に吸収極大のある *N,N'*-bis(*tert*-butyloxycarbonylmethyl)indigo (tBOMI) と *trans*-*N,N'*-dimethylindigo (DMI) についてフェムト秒過渡吸収 (TRTA) スペクトル測定を行い、励起状態寿命と光異性化が置換基にどのような影響を受けるか検討した。その結果、グローバル解析で得られた tBOMI の *trans* 体と *cis* 体の decay associated spectra (DAS) を見ると、ともにインジゴ誘導体の励起状態に特徴的な強い吸収帯が 650-670 nm に現れていた。ただし、*trans* 体には 465 nm にも弱い吸収帯が表れるので、*cis* 体と区別することができる。さらに、*trans* 体の励起状態寿命は 41 ps であるのに対し、*cis* 体のそれは 730 fs と有意に短く、その減衰曲線は明確に区別することができた。また、*trans*→*cis* と *cis*→*trans* 異性化の量子収率は、それぞれ 0.06 と 0.6 と報告されており、*cis*→*trans* のほうが圧倒的に高い。*cis* 体では、負に帯電したカルボニル基同士の距離が短く、クーロン反発も強く、分子が捻じれることによって、無輻射失活が促され、励起状態寿命が短くなり、異性化の量子収率も高くなると考えられる。TDDFT 計算の結果もこの結論を支持している。また、*trans*-DMI の励起状態寿命は 10 ps と *trans*-tBOMI よりもさらに短い。これらのことより、長波長に吸収帯があるインジゴ誘導体ほど励起状態寿命が短いという結論が得られた。つまり、電子供与基によりインジゴ骨格の H 型発色団におけるアミノ基からカルボニル基への電荷移動が促進されるほど、吸収帯は長波長にシフトし、励起状態寿命は短くなることが判明した。【Y. Kihara, et al. *J. Phys. Chem. B*, **126**, 3539 (2022)】

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 2件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Atsushi Toyo, Keita Sugihara, and Yutaka Nagasawa | 4. 巻 67 |
| 2. 論文標題 Nonradiative Decay and Vibrational Dephasing of Malachite Green in Trehalose Glass Monitored by Femtosecond Time-Resolved Transient Absorption Spectroscopy | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Cryobio. Cryotech. | 6. 最初と最後の頁 115-119 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20585/cryobolcryotechnol.67.2_115 | 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 Chikashi Ota, Akifumi Matsumoto, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Takahiro Teramoto, and Yutaka Nagasawa | 4. 巻 125 |
| 2. 論文標題 Ultrafast Dynamics of a Solvatochromic Dye, Phenol Blue: Tautomerization and Coherent Wavepacket Oscillations | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B | 6. 最初と最後の頁 10832-10842 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c07501 | 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 Yosuke Takahashi, Keita Sugihara, Yutaka Nagasawa | 4. 巻 403 |
| 2. 論文標題 Excited State dynamics of charge transfer complexes of fullerenes in an electron donating solvent | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry | 6. 最初と最後の頁 112861 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2020.112861 | 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 Yoshitaka Saga, Madoka Yamashita, Yuto Masaoka, Tsubasa Hidaka, Michie Imanishi, Yukihiro Kimura, and Yutaka Nagasawa | 4. 巻 125 |
| 2. 論文標題 Excitation Energy Transfer from Bacteriochlorophyll b in the B800 Site to B850 Bacteriochlorophyll a in Light-Harvesting Complex 2 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B | 6. 最初と最後の頁 2009-2017 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c09605 | 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 長澤 裕、豊 淳史、田中 丈朝、石川 宙 | 4. 巻 68 |
| 2. 論文標題 糖ガラス中の色素Auramine 0 が示すred-edge 効果 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 低温生物工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 49 ~ 53 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20585/cryobolcryotechnol.68.2_49 | 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 Kihara Yu, Tani Shuntaro, Higashi Yamato, Teramoto Takahiro, Nagasawa Yutaka | 4. 巻 126 |
| 2. 論文標題 Ultrafast Excited State Dynamics of Forward and Reverse trans-cis Photoisomerization of Red-Light-Absorbing Indigo Derivatives | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B | 6. 最初と最後の頁 3539-3550 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c00248 | 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44件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 16件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 長澤 裕、田中 丈朝、日高 翼、松本 誠史、太田 周志、寺本 高啓 |
| 2. 発表標題 ソルバトクロミズムを示す色素フェノールブルーの超高速無輻射失活過程と互変異性化 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松中 由有、山本 哲也、日名子 一起、邨井 孝行、石川 宙、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 SBP- ⁻ NPのフォトクロミズムにおける温度依存性と励起波長依存性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 邨井 孝行、日名子 一起、山本 哲也、石川 宙、松中 由有、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 cis-N,N'-ジアセチルインジゴにおける光異性化反応のダイナミクスと温度依存性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山本 哲也、日名子 一起、松中 由有、木原 優、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 SBP- ⁻ -NPが示すフォトクロミズムの温度依存性 |
| 3. 学会等名 第12回 CSJ化学フェスタ2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長澤 裕、木原 優、谷 駿太郎、東 岳斗、寺本 高啓 |
| 2. 発表標題 可視光長波長領域に吸収帯を有するインジゴ誘導体のtrans-cis光異性性の超高速ダイナミクス |
| 3. 学会等名 第16回 分子科学討論会 2022横浜 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中文朝、日名子一起、山本哲也、辻井遥、長澤裕 |
| 2. 発表標題 ポリマー中で超高速の無輻射失活を示す色素フェノールブルーの励起状態ダイナミクス |
| 3. 学会等名 第16回 分子科学討論会 2022横浜 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中 文朝、日名子 一起、辻井 遥、山本 哲也、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 ポリマー中にドーブされた無蛍光性色素フェノールブルーの超高速無放射失活 |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 辻井 遥、政岡 宥人、木原 優、日名子 一起、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 電子供与性溶媒中でのフラレン誘導体[60]PCBMの電荷移動錯体形成と光励起ダイナミクス |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 東 岳斗、木原 優、日名子 一起、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 ヘミインジゴ誘導体の超高速E-Z異性化反応 |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 豊 淳史、田中 文朝、石川 宙、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 糖ガラス中の色素Auramine 0が示すred-edge効果 |
| 3. 学会等名 第67回低温生物工学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yamato Higashi, Yu Kihara, Kazuki Hinago, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 E-Z isomerization dynamics of photochromic hemiindigo derivatives |
| 3. 学会等名 17th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP22) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Taketomo Tanaka, Kazuki Hinago, Haruka Tsujii, Tetsuya Yamamoto, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Ultrafast Nonradiative Deactivation Dynamics of Solvatochromic Dye Phenol Blue in Polymers |
| 3. 学会等名 17th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP22) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中文朝、日名子一起、辻井遥、山本哲也、長澤裕 |
| 2. 発表標題 ポリマー中における無蛍光性色素フェノールブルーの超高速無輻射失活ダイナミクス |
| 3. 学会等名 第43回光化学若手の会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中文朝、日名子一起、辻井遥、山本哲也、長澤裕 |
| 2. 発表標題 ポリマー中における無蛍光性色素フェノールブルーの超高速無輻射失活ダイナミクス |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yu Kihara, Yuto Masaoka, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Excited state dynamics of trans-cis isomerization of indigo derivatives |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tetsuya Yamamoto, Yusuke Kasai, Yu Kihara, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Comparison of Thermochromism and Photochromism of a Spiropyran derivative, SBP- -NP |
| 3. 学会等名 The 11th Asian Photochemistry Conference, APC 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yamato Higashi, Yu Kihara, Kazuki Hinago, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Photochromic E-Z isomerization dynamics of hemiindigo derivatives studied by time-resolve transient absorption spectroscopy |
| 3. 学会等名 The 11th Asian Photochemistry Conference, APC 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yu Kihara, Yamato Higashi, Shuntaro Tani, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Time-resolved transient absorption studies of trans-cis isomerization dynamics of indigo derivatives |
| 3. 学会等名 The 11th Asian Photochemistry Conference, APC 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山本 哲也, 笠井 友輔, 木原 優, 長澤 裕 |
| 2. 発表標題 SBP- ⁻ NPのサーモクロミズムとフォトクロミズム |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 木原 優、東 岳斗、谷 駿太郎、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 インジゴ誘導体のtrans-cis異性化フォトクロミズムのグローバル解析 |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 東 岳斗、木原 優、日名子 一起、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 コヒーレントな核波束運動をともなうヘミインジゴ誘導体の超高速E-Z異性化反応 |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yu Kihara, Yamato Higashi, Yuto Masaoka, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Excited state dynamics of trans-cis and cis-trans isomerization of an indigo derivative |
| 3. 学会等名 International Conference on Photochemistry (ICP2021) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Chikashi Ota, Akifumi Matsumoto, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Takahiro Teramoto, and Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Ultrafast nonradiative decay of a solvatochromic dye, phenol blue observed by femtosecond transient absorption spectroscopy |
| 3. 学会等名 International Conference on Photochemistry (ICP2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yamato Higashi, Yu Kihara, Kazuki Hinago, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 E-Z isomerization dynamics of photochromic hemiindigo derivatives |
| 3. 学会等名 Sixteenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP21) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tetsuya Yamamoto, Yusuke Kasai, Yu Kihara, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Thermochromism and Photochromism of a Spiropyran derivative SBP- -NP |
| 3. 学会等名 Sixteenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP21) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yu Kihara, Shuntaro Tani, Yamato Higashi and Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Dynamics of trans-cis isomerization of an indigo derivative studied by time-resolved transient absorption spectroscopy |
| 3. 学会等名 Sixteenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP21) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 豊淳史, 杉原敬太, 長澤裕 |
| 2. 発表標題 トレハロースガラス中の色素malachite greenの無輻射失活過程と振動位相緩和 |
| 3. 学会等名 第66回低温生物工学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 木原優、谷駿太郎、政岡宥人、日高翼、長澤裕 |
| 2. 発表標題 インジゴ誘導体のtrans cis、cis trans光異性化反応ダイナミクスの比較 |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 木原優、谷駿太郎、政岡宥人、日高翼、長澤裕 |
| 2. 発表標題 超高速時間分解分光によるヘミインジゴ誘導体の光異性化反応の解明 |
| 3. 学会等名 第10回 CSJ化学フェスタ 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 日高翼、杉原敬太、松本修史、太田周志、長澤裕 |
| 2. 発表標題 色素phenol blue類の超高速無輻射失活過程と互変異性化反応 |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 政岡宥人、日高翼、山下真花、佐賀佳央、長澤裕 |
| 2. 発表標題 部分的にB800を酸化したLH2の励起エネルギー移動メカニズム |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 日高 翼、杉原 敬太、松本 修史、太田 周志、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 ソルバトクロミズムを示す色素phenol blue類の超高速無輻射失活過程と互変異性化反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 木原 優、谷 駿太郎、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 フォトクロミズムを示すヘミインジゴ誘導体の励起状態ダイナミクス |
| 3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠井 友輔、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 短寿命金属錯体形成による対称型スピロピランのフォトクロミック制御 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shuntaro Tani, Yuto Masaoka, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Hirofumi Nakagawa, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Substituent Effect on Photochromic Isomerization Reaction of Indigo Derivatives |
| 3. 学会等名 3rd International Solar Fuels Conference (ISF-3) and International Conference on Artificial Photosynthesis-2019 (ICARP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Akira Iwamoto, Yusuke Yoneda, Hiroshi Miyasaka, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Solvation Dynamics Accompanying Photoinduced Polarity Decrease of Betaine Dye |
| 3. 学会等名 3rd International Solar Fuels Conference (ISF-3) and International Conference on Artificial Photosynthesis-2019 (ICARP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shuntaro Tani, Keita Sugihara, Tsubasa Hidaka, Yuto Masaoka, Hirofumi Nakagawa, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Effects of electron donating and accepting substituents on the photochromism of indigo derivatives |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Photochromism (ISOP'2019 Paris) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 日高 翼, 杉原 敬太, 松本 誠史, 長澤 裕 |
| 2. 発表標題 インドフェノールブルーの互変異性化反応: 過渡吸収測定による研究 |
| 3. 学会等名 第13回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩本 輝、米田 勇祐、宮坂 博、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 ベタイン色素の光励起極性低下に伴う高速な動的Stokesシフト |
| 3. 学会等名 2019年 光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠井 友輔、谷 俊太郎、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 スピロピランのフォトクロミック金属錯体形成：熱反応によるキレート形成 |
| 3. 学会等名 2019年 光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 谷 駿太郎、政岡 宥人、日高 翼、杉原 敬太、中川 博史、長澤 裕 |
| 2. 発表標題 インジゴ誘導体のフォトクロミック光異性化反応の置換基効果 |
| 3. 学会等名 2019年 光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Akifumi Matsumoto, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Ultrafast Nonradiative Deactivation Process of Indophenol Blue Monitored by Femtosecond Transient Absorption Spectroscopy |
| 3. 学会等名 15th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yusuke Kasai, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Formation of Metal Complex with Short Lifetime by Photochromic Spiropyran |
| 3. 学会等名 15th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shuntaro Tani, Yuto Masaoka, Tsubasa Hidaka, Keita Sugihara, Hirofumi Nakagawa, Yutaka Nagasawa |
| 2. 発表標題 Photochromic Reaction of Indigo Derivatives: Observation of Isomerization by Femtosecond Transient Absorption Measurements |
| 3. 学会等名 15th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019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 |
|---------|---------|
|---------|---------|