

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05761

研究課題名(和文)エキシマー中の非局在励起電子の移動をともなう分子振動の超高速赤外分光

研究課題名(英文)Ultrafast infrared spectroscopic measurements on molecular vibrations accompanied by shared electron transfer in excimers

研究代表者

坂本章(SAKAMOTO, Akira)

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：90262146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：(1) ビフェニルをアルキル鎖で連結した共役二量体分子を、既報よりも高い収率で合成した。これを還元しながら電子吸収測定と共鳴ラマン分光測定を行い、アニオン種の生成メカニズムを明らかにした。(2) ベンゼン二量体型ラジカルカチオンの近赤外共鳴ラマン分光を行い、非局在電子と大振幅振動の相互作用を解明した。(3) 市販の様々な溶液セルを着脱可能なモーター一体型赤外透過液体回転セルを製作した。(4) ベンゼンの様々な同位元素置換体のラマン分光測定と密度汎関数法計算に基づく解析、光応答性金属錯体や高速フォトクロミック分子の超高速赤外分光測定も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

共役二量体分子のイオン種を中心に、非局在電子と分子振動の相互作用を詳細に解析した。得られた知見は、共役分子や共役高分子を用いた分子デバイスの機能のさらなる向上に役立つ可能性がある。また、超高速時間分解分光によって明らかにした光機能性分子・錯体の励起状態ダイナミクスは、これらの分子・錯体の機能発現に直結する知見である。

研究成果の概要(英文)：(1) A dimer molecule in which two biphenyls were linked by alkyl chains was synthesized in a higher yield than previously reported. While reducing this molecule, electronic absorption measurements and resonance Raman spectroscopy were performed to clarify the mechanism of anion species formation. (2) Near-infrared resonance Raman measurements on radical cation of benzene dimer were performed to elucidate the interaction between a delocalized electron and large-amplitude molecular vibrations. (3) We manufactured a motor-integrated infrared transmission liquid rotary cell to which various commercially available solution cells can be attached. (4) Raman measurements and analyses based on density functional theory calculations on various isotope-substituted benzenes, and ultrafast infrared spectroscopic measurements of photoresponsive metal complexes and high-speed photochromic molecules were also performed.

研究分野：分子光学

キーワード：共役二量体分子 時間分解赤外分光 電子-分子振動相互作用 赤外分光 ラマン分光 振動解析

1. 研究開始当初の背景

共役二量体分子の電子励起状態はエキシマーとよばれる特異な励起状態を形成する。エキシマーでは、励起された電子は2つの共役分子部に非局在化している。エキシマーの最大の特徴である“蛍光の大きなストークス・シフト(長波長シフト)”は、この励起電子の非局在化によると考えられている。エキシマーは、共役分子や共役高分子を用いた分子デバイスなどで重要な役割を果たすだけでなく、DNAなどの生体分子内における芳香族分子間でも形成が確認されている。

これまで、エキシマーの電子状態とダイナミクスに関する研究は、時間分解電子吸収分光法や時間分解蛍光分光法を用いて国内外で行われている。しかし、分子構造や分子振動に関する研究は、気相・クラスター中の小さな分子(ベンゼンなど)の二量体以外には行われていない。

研究代表者はこれまでに、エキシマー状態と同様に分子内に弱く束縛された電子を有する共役分子のラジカルイオンと2価イオンの赤外吸収スペクトルを測定するいくつかの方法を開発した。そして、これらのイオン種では、分子内電子移動を引き起す振動モードが非常に大きな赤外吸収強度を持つこと(電子-分子振動相互作用)を明らかにした(*J. Phys. Chem. A*, **112**, 1180 (2008)など)。さらに、研究代表者は、このような電荷移動を引き起す振動モードの測定と解析を、共役二量体分子に拡張し、[34](1,2,4,5)シクロファン¹のラジカルカチオンの赤外吸収測定とその解析から、2つのベンゼン環の間の電荷移動を誘起する振動モードが大きな赤外吸収強度で観測されることを見出した(*Chem. Phys.*, **419**, 266 (2013))。

一方、研究代表者はこれまでに、ピコ秒やフェムト秒といった超高速時間分解赤外分光システムを製作し、共役 π 電子系高分子や高速フォトクロミック分子の光励起ダイナミクスを明らかにしてきた(*J. Am. Chem. Soc.*, **137**, 5674 (2015)など)。

上述の研究の過程で、共役分子2個をアルキル鎖で結合した二量体分子の電子励起状態(すなわちエキシマー)では、分子振動によって誘起される2つの共役分子間での励起電子のやり取りが、赤外吸収強度の増大として観測されるのではないかと考えた。なぜなら、このような共役分子のエキシマーでは、分子内に弱く束縛されている励起電子を2つの共役分子部でもち合い、それが分子振動にともない分子間を行き来すると考えられるからである。このような励起電子のやり取りを誘起する振動モードは、研究代表者がイオン種で明らかにしてきた“電子-分子振動相互作用”によって大きな双極子モーメント変化を引き起こし、大きな強度で時間分解赤外吸収スペクトルに観測されると考えられる。

短寿命過渡分子種の分子構造とダイナミクスに関する情報を同時に得ることができる時間分解振動分光法は、エキシマーの構造論的研究に有用と考えられる。時間分解赤外分光法は、同じ振動分光法であるラマン分光法に比べて、エキシマー蛍光による妨害を受けにくいだけでなく、前述のように、分子振動により誘起される2つの共役分子間での励起電子のやり取りを、その振動バンドの赤外吸収強度として直接的に観測できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの共役分子とその二量体のイオン種における電子-分子振動相互作用バンドの観測と解析を、電子励起された共役分子およびその二量体に拡張し、様々な電子状態における“電子と分子振動の相互作用”を統一的に解明することを目的とした。

具体的には、共役 π 電子系高分子オリゴマーをはじめとする種々の共役分子とその二量体分子のフェムト秒時間分解赤外吸収スペクトルを測定し、光励起にともなう分子構造の変化とそのダイナミクス、光励起された電子(励起電子)が分子振動を介して2つの共役分子部の間でやり取りされる様子(“励起電子-分子振動相互作用”)を直接的に観測することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ベンゼン二量体型ラジカルカチオンの近赤外共鳴ラマン測定と電子-大振幅振動相互作用の解析

[34](1,2,4,5)シクロファンを溶液中で FeCl_3 (酸化剤)を用いて酸化してラジカルカチオンを調製した。その785 nm励起の共鳴ラマンスペクトルを測定し、量子化学計算を用いてスペクトルの解析を行った。

(2) 超高速赤外分光のためのモーター一体型赤外透過液体回転セルの製作

高精度中空モーター(回転数:100~1500 rpm)に装着でき、市販の様々な試料セルが簡単に着脱可能なアダプターを新たに設計、製作することで、汎用性の高いモーター一体型赤外透過液体回転セルを製作した。

(3) 共役二量体分子の合成とそのラジカルアニオンとジアニオンの振動分光分析

2つの共役分子(ビフェニル)をアルキル鎖で連結した共役二量体分子[3,3](4,4')ビフェニロファン(BPP)を、既報よりも高い収率で合成した。4,4'-ジメチルビフェニル(DMBP)とBPPを脱水・脱気したTHF中で金属Kと接触還元させアニオン種を調製した。接触時間を変えて、反応溶液の電子吸収スペクトルおよび785 nm励起のラマンスペクトルを測定した。

(4) ベンゼンの対称性と呼吸振動の有無

ベンゼンの様々な位置の水素(H)を重水素(D)で置換した多様な同位元素置換ベンゼンのラマンスペクトル測定と密度汎関数法計算を行い、ベンゼン環に特徴的な環呼吸振動に着目して、詳細に振動解析を行った。

(5) 光応答性金属錯体の光誘起準安定状態の同定と超高速ダイナミクスの解明

光照射によって分極やスピン、プロトン移動などを複合的に制御できる光応答性金属錯体を対象に、極低温光照射赤外分光測定を行うことで光誘起準安定状態を同定し、超高速時間分解赤外分光測定を行うことで、その生成ダイナミクスを解析した。

(6) フォトクロミック分子の超高速ダイナミクスの解明

2つのフォトクロミック分子を対象にフェムト秒時間分解赤外分光測定を行った。

4. 研究成果

(1) ベンゼン二量体型ラジカルカチオンの近赤外共鳴ラマン測定と電子-大振幅振動相互作用の解析

2つのベンゼン環を4本の炭素鎖で架橋した[34] (1,2,4,5)シクロファンは、ベンゼン二量体のモデルとなる。この二量体型分子のラジカルカチオンは、1つの電子を2つのベンゼン環で共有し、2つの環に非局在化した電子をもつ。本研究では、このラジカルカチオンの非局在電子に由来する近赤外領域の電子吸収に共鳴させたラマン分光測定を行い、非局在電子と強く相互作用する低振動数領域の大振幅振動の選択的観測と解析を行った。

(2) 超高速赤外分光のためのモーター一体型赤外透過液体回転セルの製作

回転セルは、時間分解分光において励起光による試料の光損傷を軽減させたり、偏光赤外分光において試料の配向解析を容易にしたり、また振動円二色性(VCD)分光において試料の配向に依存した偽信号の低減を可能にするなどの利点がある。製作した回転セルを図1に示す。使用した高精度中空モーターはPC制御により試料を任意の角度で保持することや一定の速度で連続回転させることが可能である。回転セルの効果を評価するため、L-セリンのKBr錠剤のVCD測定を行った。連続回転させながらVCD測定することで、試料由来の偽信号を取り除き、純粋なVCDスペクトルを再現性良く取得できることを実証した。

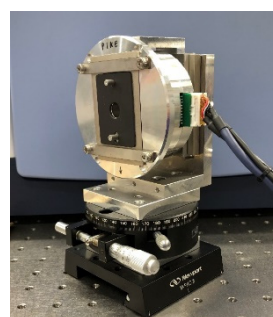


図1 製作したモーター一体型赤外透過液体回転セル

(3) 共役二量体分子の合成とそのラジカルアニオンとジアニオンの振動分光分析

2つの共役分子(ビフェニル)をアルキル鎖で連結した共役二量体分子[3,3] (4,4')ビフェニロファン(BPP)を、既報よりも高い収率で合成した。BPPは、鎖内の共役と鎖間での相互作用の両方の性質をあわせもつ。鎖間での相互作用のないBPPの単量体モデル分子である4,4'-ジメチルビフェニル(DMBP)との比較も行った。

BPPを金属Kで接触還元した反応溶液の電子吸収スペクトル及び785 nm励起ラマンスペクトルの接触時間依存性を多変量解析(特異値分解と独立成分分析)した結果、時間挙動の異なる4種(電子吸収)及び2種(ラマン)の成分が得られた。各成分について、時間挙動及び、量子化学計算によるアニオン種のスペクトル予測との比較をもとに帰属を行なった。

電子吸収スペクトルは、双指数関数に従う減衰を示す中性種成分、長時間接触後まで残る最終生成物成分に加え、中性種の2つの減衰時定数とそれぞれ一致する単一指数関数で立ち上がりその後減衰を示す2つの過渡成分(図2a, b)が得られた。これら過渡成分のスペクトルはそれぞれBPPのラジカルアニオン(RA)及びジアニオン(DA)の計算スペクトルと対応し、DMBPのRAのスペクトル(図2c)とも異なっていた。以上の結果より、THF中ではスペクトルで区別のできない2種のBPP中性種が共存しており、金属KによりそれぞれからRAとDAが並列的に生成したと結論した。

785 nm励起ラマン散乱では、異なる速度で立ち上がる2成分が得られ(図3a, b)、その時間挙動が電子吸収の過渡成分と対応したことから、これらをRA及びDAの共鳴ラマン散乱と帰属した。それらを鎖間の相互作用

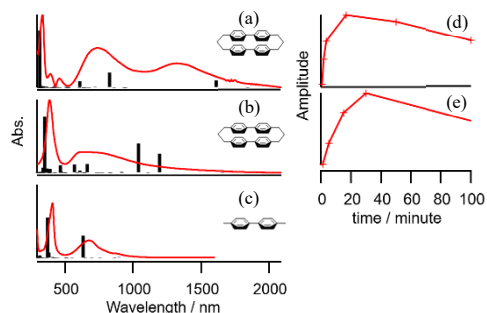


図2 BPPのRA(a)とDA(b)の電子吸収スペクトルとその時間挙動(d, e)およびDMBPのRAの電子吸収スペクトル(c) [赤線: 実測, 縦棒: 計算]

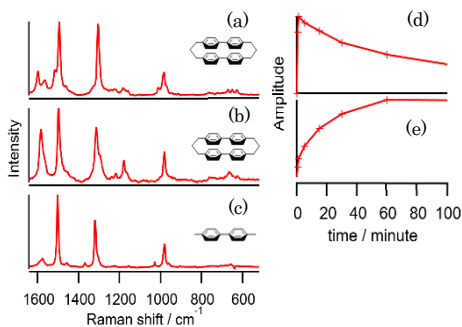


図3 BPPのRA(a)とDA(b)のラマンスペクトルとその時間挙動(d, e)およびDMBPのRAのラマンスペクトル(c)

用のない DMBP の RA の共鳴ラマンスペクトルと比較したところ、どちらもよく似ていたことから、BPP の RA は片側のみ、DA は両方のビフェニルが還元された構造をとっていると考えられる。以上の結果から、BPP の 2 つのアニオン種は鎖内の共役の影響が強く、鎖間の相互作用の影響が弱いことが示唆された。

また、BPP のラジカルアニオンでは、共役分子(ビフェニル分子)内だけでなく 2 つの共役分子の間で電荷のやり取りを誘起する振動モードの赤外吸収強度が増大することを DFT 計算から明らかにした。

(4) ベンゼンの対称性と呼吸振動の有無

ベンゼンの様々な同位元素置換体のラマンスペクトルの測定と密度汎関数法計算に基づく解析から、“ベンゼン環の対称性”と“呼吸振動の有無および強度”の関係を解析した。

(5) 光応答性金属錯体の光誘起準安定状態の同定と超高速ダイナミクスの解明

極低温 (~7 K) 光照射赤外分光測定では、室温では容易に失活する準安定状態の熱戻り反応を抑制して定常的な振動分光測定を実現し、光誘起準安定状態の同定を行った。また、時間分解赤外分光測定では、光照射直後の赤外スペクトルをピコ秒オーダーの時間分解能で測定し、光誘起準安定状態に至る生成ダイナミクスを追跡した。

(6) フォトクロミック分子の超高速ダイナミクスの解明

光照射によって分子構造が変化し、吸収スペクトルの異なる構造異性体を生成する 2 つのフォトクロミック分子を対象にフェムト秒時間分解赤外分光測定を行い、その構造変化ダイナミクスを分析した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wu Shu-Qi, Liu Meijiao, Gao Kaige, Kanegawa Shinji, Horie Yusuke, Aoyama Genki, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Baker Michael L., Huzan Myron S., Bencok Peter, Abe Tsukasa, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Xu Wenhua, Kou Hui-Zhong, Sato Osamu	4. 巻 11
2. 論文標題 Macroscopic Polarization Change via Electron Transfer in a Valence Tautomeric Cobalt Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15988-1	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 Usui Ryosuke, Yamamoto Katsuya, Okajima Hajime, Mutoh Katsuya, Sakamoto Akira, Abe Jiro, Kobayashi Yoichi	4. 巻 142
2. 論文標題 Photochromic Radical Complexes That Show Heterolytic Bond Dissociation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10132 ~ 10142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c02739	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 Nakanishi Takumi, Hori Yuta, Wu Shuqi, Sato Hiroyasu, Okazawa Atsushi, Kojima Norimichi, Horie Yusuke, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Sato Osamu	4. 巻 59
2. 論文標題 Three Step Spin State Transition and Hysteretic Proton Transfer in the Crystal of an Iron(II) Hydrazone Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14781 ~ 14787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202006763	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 Kuramochi Hikaru, Aoyama Genki, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Kanegawa Shinji, Sato Osamu, Takeuchi Satoshi, Tahara Tahei	4. 巻 59
2. 論文標題 Femtosecond Polarization Switching in the Crystal of a [CrCo] Dinuclear Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15865 ~ 15869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202004583	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 Sotome Hikaru, Okajima Hajime, Nagasaka Tatsuhiro, Tachii Yuka, Sakamoto Akira, Kobatake Seiya, Irie Masahiro, Miyasaka Hiroshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Geometrical Evolution and Formation of the Photoproduct in the Cycloreversion Reaction of a Diarylethene Derivative Probed by Vibrational Spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemPhysChem	6. 最初と最後の頁 1524 ~ 1530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.202000315	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 Nakanishi Takumi, Hori Yuta, Sato Hiroyasu, Wu Shu-Qi, Okazawa Atsushi, Kojima Norimichi, Yamamoto Takashi, Einaga Yasuaki, Hayami Shinya, Horie Yusuke, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Sato Osamu	4. 巻 141
2. 論文標題 Observation of Proton Transfer Coupled Spin Transition and Trapping of Photoinduced Metastable Proton Transfer State in an Fe(II) Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14384 ~ 14393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07204	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 Nishigaki Shuhei, Shibata Yu, Nakajima Atsuya, Okajima Hajime, Masumoto Yui, Osawa Taisei, Muranaka Atsuya, Sugiyama Haruki, Horikawa Ayano, Uekusa Hidehiro, Koshino Hiroyuki, Uchiyama Masanobu, Sakamoto Akira, Tanaka Ken	4. 巻 141
2. 論文標題 Synthesis of Belt- and Moebius-Shaped Cycloparaphenylenes by Rhodium-Catalyzed Alkyne Cyclootrimerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14955 ~ 14960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b06197	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 Furuya Kazuhiko, Sakamoto Akira, Tasumi Mitsuo	4. 巻 92
2. 論文標題 Anharmonic Vibrational Analysis of Dihalogenomethanes and Dihalogenoethanes by Density-Functional Theory Calculations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1993 ~ 2003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190226	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 Furuya Kazuhiko, Sakamoto Akira, Tasumi Mitsuo	4. 巻 93
2. 論文標題 Anharmonic Vibrational Analysis of Ethylene, Butadiene, and Longer Conjugated Alkenes by Double-Hybrid Density-Functional Theory Calculations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 647 ~ 654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200032	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 Yuka Motohashi, Yumi Yakiyama, Fumitaka Mafune, Hajime Okajima, Akira Sakamoto, Toshihiko Shimizu, Yuki Minami, Nobuhiko Sarukura, Sakurai Hidehiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Liquid Phase Pulsed Laser Ablation on Pyrite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 -

1. 著者名 Yamamoto Katsuya, Gomita Isshu, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Mutoh Katsuya, Abe Jiro	4. 巻 55
2. 論文標題 Electrochromism of fast photochromic radical complexes forming light-unresponsive stable colored radical cation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4917 ~ 4920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC00455F	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 Okajima Hajime, Shinmyozu Teruo, Sakamoto Akira	4. 巻 20
2. 論文標題 Selective resonance Raman enhancement of large amplitude inter-ring vibrations of [34](1,2,4,5)cyclophane radical cation; a model of -stacked dimer radical ions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 3395 ~ 3402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP06720H	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 Kotani Ryota, Sotome Hikaru, Okajima Hajime, Yokoyama Soichi, Nakaike Yumi, Kashiwagi Akihiro, Mori Chigusa, Nakada Yuki, Yamaguchi Shigehiro, Osuka Atsuhiko, Sakamoto Akira, Miyasaka Hiroshi, Saito Shohei	4. 巻 5
2. 論文標題 Flapping viscosity probe that shows polarity-independent ratiometric fluorescence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5248 ~ 5256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7TC01533J	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 Kobayashi Yoichi, Okajima Hajime, Sotome Hikaru, Yanai Takeshi, Mutoh Katsuya, Yoneda Yusuke, Shigeta Yasuteru, Sakamoto Akira, Miyasaka Hiroshi, Abe Jiro	4. 巻 139
2. 論文標題 Direct Observation of the Ultrafast Evolution of Open-Shell Biradical in Photochromic Radical Dimer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6382 ~ 6389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b01598	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 M. Nara, H. Morii, A. Sakamoto, T. Miyakawa, M. Tanokura	4. 巻 2016
2. 論文標題 ATR-FTIR Study on Synthetic Peptide Analogues of the Ca ²⁺ -binding Sites of Ca ²⁺ -binding Proteins	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Peptide Science	6. 最初と最後の頁 113 - 114
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37件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 白石 隼矢, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 [3,3](4,4')ピフェニロファンのラジカルアニオン種の赤外分光分析
3. 学会等名 2020年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 イミダゾリウム系イオン液体の精密化学合成の顕微ラマンイメージング：分子変換と反応温度のその場観測
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 正成, 寺田 知美, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 ラマンフローイメージングによる1,2-ジクロロエタンの混合回転異性化の分析
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryosuke Sugiura, Hajime Okajima, Akira Sakamoto
2. 発表標題 Construction of a Femtosecond Laser-Based System for Infrared Reflection Absorption Spectroscopy
3. 学会等名 The Seventh Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (TISRS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yotaro Matsumoto, Hajime Okajima, Fuyuki Ito, Akira Sakamoto
2. 発表標題 Crystal Formation in Amorphous 4,4'-Di-tert-Butyldibenzoylmethanatorboron Difluoride Observed by Low-Frequency Micro-Raman Spectroscopy
3. 学会等名 The Seventh Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (TISRS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉浦 良輔, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 パルスレーザーを用いた赤外反射吸収分光 (IRRAS) システムの製作と定常光による IRRAS システムとの比較
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 宏樹, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 近赤外ナノ秒過渡ラマン分光による1,1'-ピナフチルの電子励起状態の溶媒依存性
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019 名古屋
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 陽太郎, 岡島 元, 伊藤 冬樹, 坂本 章
2. 発表標題 蛍光性メカノクロミック錯体ジベンゾイルメタンフッ化ホウ素誘導体の急冷凝固アモルファス中に生じるマイクロ結晶のラマン分光分析
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019 名古屋
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白石 隼矢, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 [3,3](4,4')ピフェニロファンの合成とその振動分光分析
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 中川 裕貴, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 錠剤法によるアミノ酸の簡便な振動円二色性分光
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 奈良 雅之, 森井 尚之, 坂本 章, 宮川 拓也, 田之倉 優
2. 発表標題 赤外分光によるEFハンドモチーフのCa ²⁺ 配位構造解析: アミノ酸置換による12位グルタミン酸への影響
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 波多野 さや佳, 田邊 千佳, 安倍 学, 石橋 千英, 朝日 剛, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 キノイド構造を有するノルボルネン誘導体の光反応
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 Hajime Okajima, Akira Sakamoto
2. 発表標題 In situ quantitative observation of flow microreaction by Raman microspectroscopy
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 五味田 一柊, 岡島 元, 焼山 佑美, 東林 修平, 櫻井 英博, 坂本 章
2. 発表標題 ラマン分光電気化学によるスマネントリオンのアニオン種の分析
3. 学会等名 平成30年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 陽太郎, 岡島 元, 伊藤 冬樹, 坂本 章
2. 発表標題 低振動数顕微ラマン分光法による 4,4' -ジ-tert-ブチルジベンゾイルメタンフッ化ホウ素の蒸発結晶生成過程の観測
3. 学会等名 平成30年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 宏樹, 高取 美佳, 岡島 元, 東林 修平, 櫻井 英博, 坂本 章
2. 発表標題 電子励起されたスマネンの近赤外過渡ラマン分光測定と解析
3. 学会等名 平成30年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Matsumoto, H. Okajima, F. Ito, A. Sakamoto
2. 発表標題 Evaporative Crystallization of 4,4' -Di-tert-Butyldibenzoylmethanatorboron Difluoride Observed by Low-Frequency Micro-Raman Spectroscopy
3. 学会等名 The 26th International Conference on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Sato, M. Takatori, H. Okajima, S. Higashibayashi, H. Sakurai, A. Sakamoto
2. 発表標題 Near-infrared Transient Raman Spectroscopy of Electronic Excited Sumanen
3. 学会等名 The 26th International Conference on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 将也, 岡島 元, 坂本 章, 武藤 克也, 阿部 二朗
2. 発表標題 アリアル架橋型高速フォトクロミックラジカル複合体のエレクトロクロミック特性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018 福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五月女 光, 岡島 元, 長坂 龍洋, 立井 佑果, 坂本 章, 宮坂 博
2. 発表標題 ジアリアルエテン誘導体の開環反応ダイナミクス: 紫外及び赤外時間分解吸収分光による開環体生成の直接観測
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018 福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 敦也, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 錠剤試料の振動円二色性分光と真空低温測定への適用
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018 福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀江 優佑, 岡島 元, 中西 匠, 佐藤 治, 坂本 章
2. 発表標題 赤外分光法によるプロトン移動結合スピン転移鉄()錯体の光誘起準安定状態と超高速ダイナミクスの解明
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018 福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本橋 優香, 焼山 佑美, 真船 文隆, 岡島 元, 坂本 章, 清水 俊彦, 南 佑輝, 猿倉 信彦, 櫻井 英博
2. 発表標題 液中レーザーアブレーションを用いた鉄錯体形成
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018 福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉浦 良輔, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 フェムト秒赤外パルス光を用いた反射吸収測定システムの製作
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奈良 雅之, 森井 尚之, 坂本 章, 宮川 拓也, 田之倉 優
2. 発表標題 EFハンドモチーフのCa ²⁺ 配位構造-特異的同位体ラベル合成ペプチドアナログの赤外分光によるアプローチ
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡島 元, 寺田 知美, 山田 志織, 坂本 章
2. 発表標題 顕微ラマン分光によるマイクロリアクター中の溶液混合過程の複合的定量解析
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okajima and A. Sakamoto
2. 発表標題 Near-infrared Resonance Raman Spectroscopy of Excited Triphenylene, a Symmetric Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
3. 学会等名 The Fifth Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 G. Aoyama, H. Okajima, A. Sakamoto
2. 発表標題 Femtosecond Time-resolved Infrared Absorption Study on Photoexcited Dynamics of Regioregular Poly(3-hexylthiophene) in Solutions
3. 学会等名 The Fifth Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Itami, H. Okajima, A. Sakamoto
2. 発表標題 Determination of absolute configurations of binaphthyl derivatives in solution by Raman optical activity spectroscopy
3. 学会等名 The Fifth Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 I. Gomita, H. Okajima, A. Sakamoto
2. 発表標題 Development of Raman spectroelectrochemical system for tracing formation processes of radical ions
3. 学会等名 The Fifth Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Shimomura, H. Okajima, A. Sakamoto
2. 発表標題 Measurements and analyses of infrared absorption spectra of the anionic species of benzophenone derivatives
3. 学会等名 The Fifth Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青山 元気, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 フェムト秒時間分解赤外分光法による溶液中及びフィルム中での立体規則性ポリ(3-ヘキシルチオフェン)の光励起ダイナミクス
3. 学会等名 第11回分子科学討論会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡島 元, 山田 志織, 望月 眞馬, 坂本 章
2. 発表標題 顕微ラマンイメージングを用いたマイクロリアクター内の液液混合過程の定量観察
3. 学会等名 第11回分子科学討論会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五味田 一柁, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 In situラマン分光電気化学によるアントラセン誘導体のラジカルアニオンの構造解析
3. 学会等名 第11回分子科学討論会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊丹 瀬怜奈, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 ラマン光学活性分光法による溶液中のピナフチル誘導体の二面角の決定
3. 学会等名 第11回分子科学討論会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五味田 一柁, 岡島 元, 坂本 章
2. 発表標題 ラジカルイオン種の生成過程を追跡するためのラマン分光電気化学システムの開発
3. 学会等名 平成29年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本 章
2. 発表標題 これまでに行ってきたこと, これから行いたいこと: 不安定な分子種を中心として
3. 学会等名 平成29年度 日本分光学会年次講演会 「分光学夢シンポジウム」(招待講演)
4. 発表年 2017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
---------	---------