

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18860

研究課題名（和文）ナノ/マイクロ光応答液体による革新的フルイドロジスティクスの開拓

研究課題名（英文）Exploration of Innovative Fluid Logistics with Nano/Micro Photoresponsive Liquids

研究代表者

則包 恭央（Norikane, Yasuo）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・研究グループ付

研究者番号：50425740

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）：本研究では、光応答液滴をキャリアとして利用することで、流路や電極が不要な、光による物質運搬技術として、革新的な物質輸送集積技術（フルイドロジスティクス）を開拓することを目的として研究を実施した。その結果、光応答液滴と蛍光微粒子（量子ドット）を混合した系において、光応答液滴によって微粒子を運搬させることに成功した。また、照射時間を制御することで微粒子の位置の制御が可能であることを示した。さらに、光応答液滴としての分子デザインの指針として、移動特性にはアルキル鎖長が大きな影響を与えることが明らかになった。液滴の運動・移動のメカニズムについて、表面張力およびラプラス圧によるモデルを用いて提唱した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、マイクロ流体デバイスの発展により、微量の試料による分析技術や化学合成技術が発展している。一方で、マイクロ流体デバイスでは流路設計や製作、ポンプの接続などシステム設計が複雑になることが課題である。一方で、本研究で目的とした、光応答液滴をキャリアとした光による物質運搬技術が進展することにより、流路、電極やポンプが不要な、これまでにない革新的な物質輸送集積技術（フルイドロジスティクス）への道が開拓されると期待される。さらに、本研究によって液滴をキャリアとした光による物質運搬が実現すれば、光による微量領域での物質操作技術として、分子・粒子の任意の2Dおよび3D集積化技術としての発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted research with the aim of developing an innovative material transport integration technology (fluid logistics) using light-responsive droplets as carriers, thus eliminating the need for flow channels and electrodes and enabling material transport via light. As a result, we successfully transported microparticles using light-responsive droplets in a system mixed with fluorescent microparticles (quantum dots). Additionally, we demonstrated that by controlling the irradiation time, the position of the microparticles could be controlled. Furthermore, as a guideline for the molecular design of light-responsive droplets, it was revealed that the alkyl chain length significantly affects the movement characteristics. We proposed a mechanism for the movement and transport of the droplets using models based on surface tension and Laplace pressure.

研究分野：光機能性材料化学

キーワード：光異性化反応 アゾベンゼン 光応答性材料 液滴

1. 研究開始当初の背景

固体表面上で液滴を任意の方向に動かすためには、通常は表面の微細構造や化学組成の勾配を利用し、液滴の濡れ性(接触角)を連続的に変化させる手法が用いられる(例えば X.Deng *et al.*, *Nat. Mater.* **18**, 936 (2019)). しかし特殊な表面を作製する必要があり、液滴の移動方向は表面勾配で決まるため移動方向の転換ができない。一方で、エレクトロウェットティング技術(S.Arcscott, *RSC Adv.* **4**, 29223 (2014))では、電極と液滴に電圧を加えることで基板の濡れ性を変化させ液滴を動かすことができる。しかし複雑な電極パターンと表面処理が必要で、しかも高電圧(約 100 V)を印加するため基質や媒体の電気分解が避けられない。

一方で研究代表者らは、表面処理を施していないガラス基板上において、アゾベンゼン誘導体の結晶が光照射で移動する現象(光誘起結晶移動現象)を発見した(E. Uchida, Y. Norikane, *et al.*, *Nat. Commun.* **6**, 7310 (2015).)。紫外光と可視光を異なる方向から同時に照射すると、結晶が変形しながら紫外光から遠ざかる方向に移動する。さらに近年、単一の可視光での結晶移動にも成功している(K. Saito, Y. Norikane, *et al.*, *Chem. Commun.* **55**, 9303 (2019).)。光源にはレーザーは不要で、LED 等の光源位置を固定したままサンプル全体を照射することで継続的に観測される。固体基板上を光で物質を任意の方向に動かすことができる画期的な方法であり、実際に結晶による蛍光ナノ粒子の運搬を確認している(研究開始当初は未発表)。一方、結晶移動の速度は約 2 $\mu\text{m}/\text{分}$ と遅いことが課題であった。

そのような状況下、結晶ではなく液滴が 100 倍以上の速度(約 300 $\mu\text{m}/\text{分}$)で移動し、しかも、光を照射している間は継続的に液滴が移動し続けるという現象を、本科研費の申請時に先行的な知見を得ていた(当時は未発表、図 1)。この発見は、光誘起結晶移動における上記課題を克服すると同時に、移動現象を示す液滴中に他の分子やナノ粒子を運搬させれば、光によって移動方向を任意に制御しながら物質を配列させるプロセス技術へ展開できると着想し本研究課題の開始に至った。

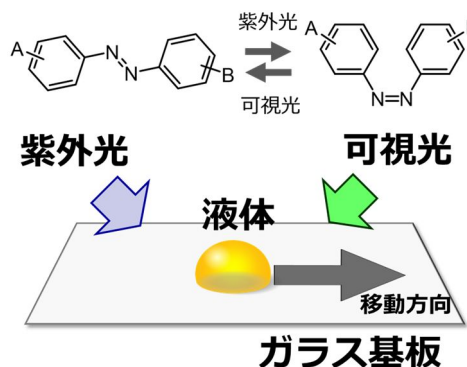


図 1 本研究構想の概念図

2. 研究の目的

本研究では、光応答液滴をキャリアとして利用することで、流路や電極が不要な、光による物質運搬技術として、これまでにない革新的な物質輸送集積技術(フルイドロジスティクス)を開拓することを目的とする。

従来、分子や微粒子の規則的な配列のためには、ディップコーティング、ディウェットティングやラビング等の手法が考案されてきた。しかし、従来の方法では基板上的特定の位置への任意パターンの形成は困難だった。本研究によって液滴をキャリアとした光による物質運搬が実現すれば、分子・粒子の任意の 2D および 3D 集積化技術として発展が期待される。

ここで取り扱う光応答液滴の移動現象は、申請者らが開始当時見出したもので、光照射によって数十マイクロサイズの液滴が固体基板上を移動する現象である。これは単純な実験装置で実現可能であることが特徴である。光異性化をすることで知られるアゾベンゼンの誘導体の液滴に、二つの光(LED 光)を同時に照射すると基板上を移動し、光源の位置を変化させることで移動方向の制御も可能である。そこで本研究課題では、液滴移動を用いた物質の運搬、分子系の開拓、機構の解明、3つの研究目標を設定し研究を実施した。

3. 研究の方法

1) 液滴移動を用いた物質の運搬 キャリアとなるアゾベンゼン誘導体と、運搬される物質を混合し光照射による液滴移動による物質運搬を検討した。被運搬物質として有機色素および微粒子を検討した。運搬現象の観察については、各種顕微鏡を活用したが、特に、蛍光顕微鏡観察下において移動現象と蛍光物質の輸送を同時に観察可能な戦略を検討した。

2) 分子系の開拓 光応答性分子の設計、合成、基板表面のデザインを検討した。置換基によって異性化に伴う極性変化が大きく異なり、また結晶状態での光応答性も異なるため、効率的に移動させるための分子設計指針について検討した。

3) 機構の解明 液滴の移動と運搬の様子の詳細を観察することで機構の解明を行った。液滴移動現象は、液滴内の異性体分布の勾配に起因する液滴の接触角の非対称性と、液滴内の対流によって起きていると予想された。ここでは、特に、研究室内で独自に開発した、液滴を横から直接観察ができる光学系を用いて、移動と運搬の様子について詳細の観測を行った。

4. 研究成果

液滴の光照射による移動

ここでは、メタ位置にメチル基を持ち、パラ位置に酸素原子を介して結合した2つの長いアルキル鎖 ($n = 6-10$) を有するアゾベンゼン誘導体 (CnAB) を用いた (図 2(a))。これらは、光照射によって光異性化反応で誘起される固液相転移 (光融解) を示す化合物として、研究代表者らによって最初に開発された。これらの化合物は、紫外光または可視光 (青色光) を照射することにより、それぞれ溶融または結晶化する。しかし、粒子サイズが小さい場合には、可視光照射によっても結晶化しにくく、液滴のままで残る。

図 2(b) に示された実験装置の下で、親水性ガラス上にて光融解した液滴に対して、紫外光と可視光を両方に同時に照射すると、並進運動が観察された (図 2(c))。液滴は 10 秒で約 $50 \mu\text{m}$ 移動したが、先に報告した結晶移動の移動速度は $4 \mu\text{m}/\text{分}$ よりも速い。

さらに、光照射中は液滴が紫外線光源から遠ざかり、かつ可視光源の方に移動し、ほぼ継続的に動いた。したがって、結晶が移動する場合と類似した移動方向を示した。

ここで、顕微鏡の視野全体にわたって、多くの液滴が同時に移動したことが特徴的である。二つの液滴が互いに遭遇すると (図 3(a))、それらは合体して移動を続けた。これらの移動する液滴が大きな結晶に衝突すると、その中に捕捉され一部となった (図 3(b))。移動が他の結晶等によって妨げられない場合、液滴は顕微鏡の視野内を連続的に移動した。図 3(c) は、代表的な 6 つの液滴の移動距離を示す。液滴の速度は $250 \sim 300 \mu\text{m}/\text{分}$ の範囲であり、したがってこれらの液滴は結晶移動現象よりも 100 倍程度速く、今回の現象が以前に報告されたものとは完全に異なることを示す。図 3(d) は、一つの動画中の視野内の全ての液滴と結晶を分析した結果、サイズと速度の関連を示す。興味深いことに、直径が $10 \mu\text{m}$ 未満の液滴のみが移動を示し、極端なサイズ選択性を示していることが明らかになった。この傾向の再現性を調査するために、他のサンプルについても検討を行ったところ、同じ傾向が観察された。光学顕微鏡の解像度のため、正確に下限サイズを決定することは困難であったが、図 3(d) のグラフは $3 \mu\text{m}$ 未満の液滴が移動できないことを示している。

ジグザグ運動の実現

光源の位置を変化させることにより、液滴をジグザグ運動させることに成功した (図 4)。試料を左側から紫外線、右側から可視光で照射すると、液滴は右方向に移動した (図 4(d-e))。光源の位置を前後に変更すると、移動方向が 90° 変化し、後方に移動した (図 4(e-f))。光源の方向を繰り返し変更することで、ジグザグ運動が

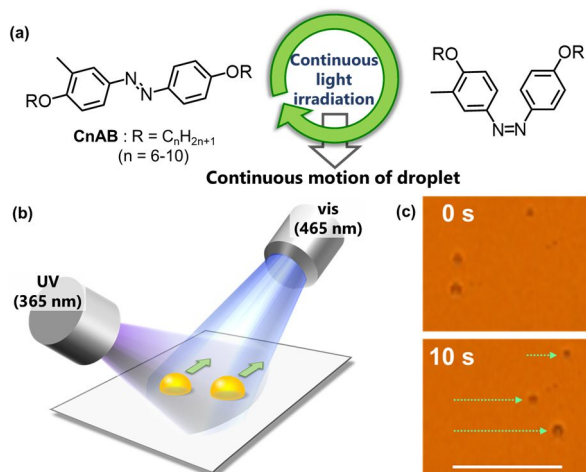


図 2 本研究で用いた化合物群(a)、実験の模式図(b)、液滴移動現象の光学顕微鏡写真

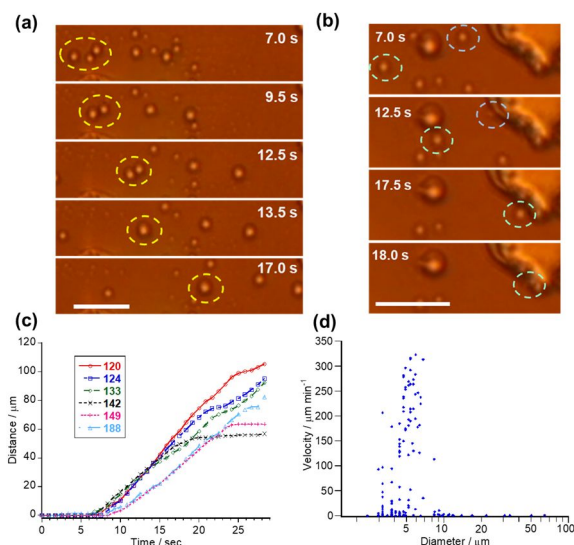


図 3 液滴同士が衝突する様子(a)、液滴が結晶に衝突して補足される様子(b)、代表的な個別の液滴の位置の時間変化(c)、液滴移動のサイズ依存性(d)

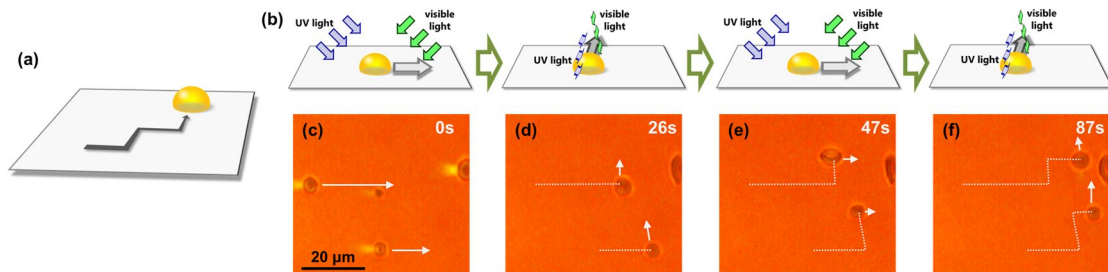


図 4 ジグザグ運動の模式図(a)、光照射条件の模式図(b)、ジグザグ運動の光学顕微鏡写真(c)

継続し、光源が液滴の動きを遠隔操作できることを示した。興味深いことに、移動中には液滴形状の変形が観察された。液滴は移動方向に沿って収縮し、移動方向と垂直方向に伸びた（図 4(d-g)）。これは接触角の変化に起因する可能性があり、詳細は後述する。

液滴形状

液滴の形状に関する追加情報を得るために、独自に準備した光学系を用いて側面から動きを観察した。興味深いことに、液滴は光照射下で非対称の形状を持つことが判明した（図 5(a)）。サンプルに紫外光および可視光を照射して動きを誘導すると、図 5(a)の液滴は少し動いてから停止した。液滴の非対称形状は、液滴の左側（紫外光に向かう側）の接触角が右側（可視光に向かう側）よりも大きいことが確認されました。この変形は、液滴が移動方向に対して収縮した観察結果と一致した。

この液滴変形を図 5(b)に示す。液滴は後方（紫外光側、 θ_B ）と前方（可視光側、 θ_A ）でそれぞれ接触角が高い側と低い側を持つ非対称の形状をしていた。したがって、ラプラス圧は後端でより大きくなり、液滴は右に移動する。このような液滴運動の原理は文献でも報告されている（例えば、G. M. Whitesides *et al.*, *Science*, **256**, 1539–1541 (1992)）。しかし、研究代表者らの知る限り、固体/空気界面で液滴自体の光反応によって駆動される液滴運動の報告はこれが初めてである。非対称の液滴形状は、2つの光源によって誘導されるトランス/シス異性体の濃度勾配に起因する。各波長の光の浸透深さは液滴表面の場所に依存して異なり、異性体比の勾配を作り出す。これは結晶系での議論に類似している（E. Uchida, Y. Norikane, *et al.*, *Nat. Commun.* **6**, 7310 (2015)）。観察されたサイズ選択的運動に関しては、両方の光源の浸透深さの増加や流体力学的抵抗の増加に起因して、小さな液滴では勾配が不明瞭になる可能性が考えられる。

現在の状況では、単一の液滴の特定の位置での異性体分布を理解することは非常に困難である。しかし、液滴が斜め方向からの単一光源によって照射されると、液滴内部の対流によって異性体分布が迅速にある値に平衡化すると考えられる。この平衡化は、小さな液滴サイズのため迅速に起こるはずである。異性体分布の勾配があったとしても、それだけでは非対称形状を生み出すには不十分である。一方、液滴が二つの光源で照射されると、異なる異性体分布が確立され、その分布は継続的な照射によって「固定」されることが可能となる。

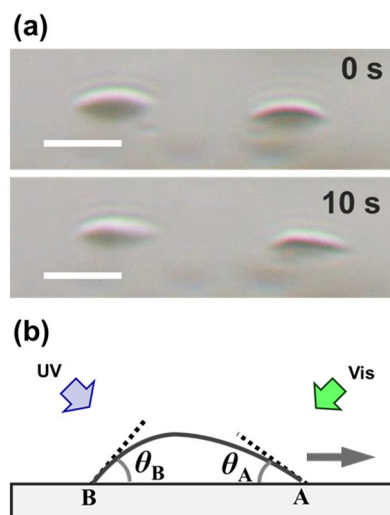


図5 光照射に伴う液滴の形状変化(a)、液滴の変形の模式図(b)

物質輸送

一般的に、アゾベンゼンは量子収率が低く、異性化や内部転換といった高速の非放射的過程と競合するため、蛍光を発しないことが知られている。本研究で用いる光源によって、液滴運動を誘起させるだけでなく、蛍光プローブ物質を励起することが可能である。その結果、液滴の運動と同時に蛍光を観察することが可能である。ここでは、CdSe/ZnS コアシェル型の量子ドットを選択した。これは、蛍光量子収率 (≥ 0.50) が比較的高く、発光波長 (655–675 nm) がアゾベンゼンと重ならないことが特徴である。ガラス基板に、C8AB と量子ドットの混合物を乗せ、上記の実験と類似の条件下で二つの光源を照射したところ、赤色の発光が観察された。これはC8AB液滴内の量子ドットに起因する。さらに、赤色発光する液滴が光照射により移動した。これにより、図 6 に模式図として示すように量子ドットが C8AB によって運搬されていることが明らかに示された。ここでは、量子ドットを含まない液滴と同様のサイズ選択傾向が見られた。

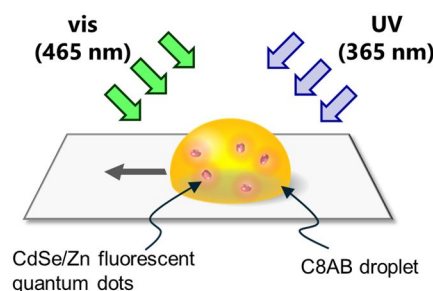


図6 液滴移動による量子ドットの運搬の模式図

まとめ

光応答性分子の液滴を、光照射することで連続的な動きと複数の液滴の同時操作を達成した。本研究の主な発見は、照射中における連続的な運動であり、速度は約 300 $\mu\text{m}/\text{min}$ で、従来報告してきた結晶移動系よりも大幅に高速である。運動の方向は光源の位置によって決定され、液滴は

紫外光源から遠ざかる方向に移動した。光源の位置を変えることで液滴の方向を変更することが可能であることを示した。特に、直径が 10 μm 未満の液滴がこの特異な運動を示し、そのサイズ依存性が顕著であることを見出した。表面張力の可逆的な変化により非対称な変形と液滴の運動が引き起こされる。光制御可能な液滴によって、蛍光量子ドットの輸送に成功した。本研究で得られた知見は、流路等を必要とせずに開放的な表面上で液滴を操作する方法の開発に貢献すると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Saito Koichiro, Ichiyangi Kouhei, Nozawa Shunsuke, Haruki Rie, Fan Dongxiao, Kanazawa Tomoki, Norikane Yasuo	4. 巻 10
2. 論文標題 Transportation of Nano/Microparticles via Photoinduced Crawling of Azobenzene Crystals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Materials Interfaces	6. 最初と最後の頁 2202525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/admi.202202525	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 Kwaria Dennis, McGehee Keegan, Liu Suyi, Kikkawa Yoshihiro, Ito Shotaro, Norikane Yasuo	4. 巻 1
2. 論文標題 Visible-Light-Photomelttable Azobenzenes as Solar Thermal Fuels	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Optical Materials	6. 最初と最後の頁 633 ~ 639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaom.2c00189	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 Kikkawa Yoshihiro, Nagasaki Mayumi, Norikane Yasuo	4. 巻 24
2. 論文標題 Two-dimensional self-assemblies of azobenzene derivatives: effects of methyl substitution of azobenzene core and alkyl chain length	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 29757 ~ 29764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CP05097H	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 Gao Minghao, Kwaria Dennis, Norikane Yasuo, Yue Youfeng	4. 巻 3
2. 論文標題 Visible light switchable azobenzenes: Molecular design, supramolecular systems, and applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Natural Sciences	6. 最初と最後の頁 1-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ntls.20220020	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 Okii Osamu, Yamagishi Hiroshi, Morisaki Yasuhiro, Inoue Ryo, Ogawa Kana, Miki Nanami, Norikane Yasuo, Sato Hiroyasu, Yamamoto Yohei	4. 巻 377
2. 論文標題 Synchronous assembly of chiral skeletal single-crystalline microvessels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 673 ~ 678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abm9596	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 Norikane Yasuo, Ohnuma Mio, Kwaria Dennis, Kikkawa Yoshihiro, Ohzono Takuya, Mizokuro Toshiko, Abe Koji, Manabe Kengo, Saito Koichiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Photo-controllable azobenzene microdroplets on an open surface and their application as transporters	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Materials Horizons	6. 最初と最後の頁 1495 ~ 1501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d3mh01774e	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 Saito Koichiro, Ichiyangi Kouhei, Fukaya Ryo, Haruki Rie, Nozawa Shunsuke, Sasaki Daisuke, Arai Tatsuya, Sasaki Yuji C., McGehee Keegan, Saikawa Makoto, Gao Minghao, Wei Zhichao, Kwaria Dennis, Norikane Yasuo	4. 巻 24
2. 論文標題 Visualization of the Dynamics of Photoinduced Crawling Motion of 4-(Methylamino)Azobenzene Crystals via Diffracted X-ray Tracking	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 17462 ~ 17462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms242417462	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 McGehee Keegan, Saito Koichiro, Kwaria Dennis, Minamikawa Hiroyuki, Norikane Yasuo	4. 巻 26
2. 論文標題 Releasing a bound molecular spring with light: a visible light-triggered photosolient effect tied to polymorphism	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 6834 ~ 6843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CP04691E	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 Liu Suyi, Norikane Yasuo, Kikkawa Yoshihiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Two-dimensional molecular networks at the solid/liquid interface and the role of alkyl chains in their building blocks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 872 ~ 892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjnano.14.72	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 -

[学会発表] 計24件(うち招待講演 3件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 則包 恭央
2. 発表標題 アゾベンゼンにおける光誘起結晶移動現象の基板表面効果による制御
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齊川 誠、大沼 未央、吉川 佳広、真部 研吾、齋藤 滉一郎、則包 恭央
2. 発表標題 低接触角ヒステリシス表面におけるアゾベンゼン結晶の光誘起移動
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 則包 恭央、大沼 未央、Kwaria Dennis、吉川 佳広、大園 拓哉、溝黒 登志子、安部 浩司、真部 研吾、齋藤 滉一郎
2. 発表標題 アゾベンゼン誘導体の微小液滴の基板上での移動現象
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kwaria Dennis、Mcgehee Keegan、劉 蘇義、吉川 佳広、伊藤 祥太郎、則包 恭央
2. 発表標題 Development of Visible-Light Photomelttable Azobenzenes and Their Application as Solar Thermal Fuels
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 齊川 誠、大沼 未央、吉川 佳広、真部 研吾、齋藤 滉一郎、則包 恭央
2. 発表標題 Photo-Induced Crawling Motion of Azobenzene Crystals on a Liquid-Like Surface and its Application for Object Transportation
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 則包 恭央
2. 発表標題 Photochemically Induced Crystal-Liquid Phase Transition: Crawling Motion, Solar Energy Storage and Beyond
3. 学会等名 14th International Symposium on Modern Optics and Its Applications (ISMOA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 則包 恭央
2. 発表標題 アゾベンゼン結晶における光誘起結晶移動現象
3. 学会等名 第24回液晶化学研究会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 則包 恭央
2. 発表標題 光化学誘起固液相転移と光で移動する結晶・液滴
3. 学会等名 高分子学会 超分子研究会 23 - 2超分子研究会「光が関わる動的超分子」(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 齊川 誠、真部 研吾、齋藤 滉一郎、吉川 佳広、則包 恭央
2. 発表標題 Liquid-like表面におけるアゾベンゼン結晶の光誘起移動と微粒子運搬
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 則包 恭央
2. 発表標題 Photochemically Induced Crystal-Melt Transition: Crawling Motion, Solar Energy Storage and Beyond
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism (ISOP 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kwaria Dennis、McGehee Keegan、劉 蘇義、吉川 佳広、伊藤 祥太郎、則包 恭央
2. 発表標題 High Energy Density Solar Thermal Fuel based on Visible-Light Photomeltable Azobenzenes
3. 学会等名 The 14-th International Symposium on Modern Optics and Its Applications (ISMOA) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 McGehee Keegan、Kwaria Dennis、齋藤 滉一郎、南川 博之、則包 恭央
2. 発表標題 A Visible Light Chromophore Bound in a Loaded Spring Conformation: The Photosalient Effect of trans Tetra-ortho-Bromo Azobenzene
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism (ISOP 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋川 誠、真部 研吾、齋藤 滉一郎、吉川 佳広、則包 恭央
2. 発表標題 Particle Transport by Crawling Azobenzene Crystal
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism (ISOP 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kwaria Dennis、McGehee Keegan、劉 蘇義、吉川 佳広、伊藤 祥太郎、則包 恭央
2. 発表標題 Heterogenously Halogenated Azobenzenes Showing Visible-Light Photoisomerization-induced Crystal-Liquid Transition
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism (ISOP 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋藤 滉一郎、一柳光平、野澤俊介、春木理恵、深谷亮、新井達也、佐々木大輔、佐々木裕次、則包 恭央
2. 発表標題 Dynamics of photoinduced crawling motion of azobenzene crystals containing nano/microparticles
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism, ISOP2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kwaria Dennis、McGehee Keegan、劉 蘇義、吉川 佳広、伊藤 祥太郎、則包 恭央
2. 発表標題 Visible Light PCLT (Photoisomerization-induced crystal-liquid transition) Azobenzene for Solar Thermal Fuel Applications
3. 学会等名 CEMSupra 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 McGehee Keegan、Kwaria Dennis、齋藤 滉一郎、南川 博之、春木 理恵、深谷 亮、野澤 俊介、則包 恭央
2. 発表標題 Visible-light Triggered Photosalient Effect of Tetra-ortho-Bromo Azobenzene
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋藤 滉一郎、則包 恭央
2. 発表標題 光照射下におけるアミノアゾベンゼン結晶の移動現象と微粒子の運搬
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 McGehee Keegan、Kwaria Dennis、齋藤 滉一郎、南川 博之、春木 理恵、深谷 亮、野澤 俊介、則包 恭央
2. 発表標題 Photosalient Effect of a Polymorph of trans Tetra-ortho-Bromo Azobenzene
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齊川 誠、真部 研吾、齋藤 滉一郎、吉川 佳広、則包 恭央
2. 発表標題 光誘起移動性アゾベンゼン結晶を用いた微粒子運搬系の構築
3. 学会等名 第31回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kwaria Dennis、McGehee Keegan、則包 恭央
2. 発表標題 Alkyl Chain Length Dependence on Azobenzenes showing Visible Light Photochemically Induced Crystal-Liquid Transition
3. 学会等名 第31回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高 明昊、Kwaria Dennis、内田 江美、南川 博之、春木 理恵、熊井 玲児、則包 恭央
2. 発表標題 Reversible crystal stretching by thermal phase transition in azobenzene with long alkoxy chains
3. 学会等名 第31回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 魏 志超、Kwaria Dennis、McGehee Keegan、高 明昊、則包 恭央
2. 発表標題 Photochemically Induced Crystal-Liquid Transition in para-Alkoxy Azobenzenes
3. 学会等名 第31回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 McGehee Keegan、Kwaria Dennis、齋藤 滉一郎、南川 博之、春木 理恵、深谷 亮、野澤 俊介、則包 恭央
2. 発表標題 The Visible Light Activated Photosolient Effect of a Polymorph of trans Tetra-ortho-Bromo Azobenzene
3. 学会等名 第31回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2023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
研究分担者	吉川 佳広 (Kikkawa Yoshihiro) (30373294)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・研究グループ長 (82626)	
研究分担者	真部 研吾 (Manabe Kengo) (80848656)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・主任研究員 (82626)	

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