

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32202

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06372

研究課題名(和文) X線分子動画撮影法を用いたソフトクリスタルにおける外場応答過程の観測

研究課題名(英文) Observation of a structural transition induced by external-field in the softcrystals using X-ray molecular movie method.

研究代表者

佐藤 文菜 (Sato, Ayana)

自治医科大学・医学部・講師

研究者番号：50717709

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,500,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトクリスタル群の定常状態・励起状態の構造及び電子状態、またその相転移の過程を、放射光を用いたX線結晶構造解析、X線吸収分光などにより詳細に観測した。化学発光(熱反応で励起分子を生成して発光する現象)を示す2種の異性体分子について、粉末回折パターンの経時変化を観測した。強発光性ソフトクリスタルの時間分解単結晶X線結晶構造解析を行い、微小な構造変化を観測した。水蒸気やアルコール蒸気などに反応して可逆的に色が変化するベイボクロミズム錯体について、蒸気にさらす前後でのX線吸収分光測定を行った。この他にも多くの領域内外との共同研究を行い、それぞれ学術論文としてまとめ、成果を公表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学発光基質の粉末X線回折その場観察では、化学発光特性と速度論が結晶構造に依存することが明らかとなった。これは、分子の並び方の違い、即ち「結晶」という微視的な「場」を用いることによって、有機低分子系においても化学反応の速度を「巨視的に制御できる」ことが判明したと言え、さらなる応用研究に発展する可能性が見込まれる。強発光性ソフトクリスタルの時間分解実験では、通常の構造解析では観測できない微小な構造変化を、差フーリエ電子密度マップを用いることにより抽出しており、こちらも他の系への適用が期待される。ベイボクロミズムの系では、反応分子が水蒸気であることから、環境に配慮した系での応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：The structure and electronic state of the softcrystals in the steady state and excited state, and the process of the phase transition were observed in detail by X-ray crystal structure analysis and X-ray absorption spectroscopy using synchrotron radiation. We observed changes in the powder diffraction pattern over time for two isomer molecules that exhibit chemiluminescence, which is a phenomenon in which excited molecules are generated by thermal reaction and emit light. Time-resolved single crystal X-ray crystal structure analysis of strongly luminescent softcrystals was performed, and small structural changes were unveiled. For the vapochromism complex whose color changes reversibly in response to water vapor or alcohol vapor, X-ray absorption spectroscopy was performed before and after exposure to the vapor. In addition, we conducted joint research with both inside and outside of the field, summarized each as an academic paper, and published the results.

研究分野：生物物理学

キーワード：X線結晶構造解析 X線吸収分光 時間分解測定 化学発光 ベイボクロミズム ルミノクロミズム

1. 研究開始当初の背景

一般に『結晶』は、硬く安定で構造の変化が小さい物質であるという認識が持たれている。しかし 2000 年代に入って以降、この認識を覆す現象・物質群が、光をプローブとした研究により相次いで発見された。これらの新物質群は、規則正しい結晶構造・周期構造を維持したまま、外部刺激によってその構造や特性が劇的に変化し、独特の性質や光機能を示すという特徴をもつ。例えば、気体などの小分子に触れるだけで構造と発光特性が変化する結晶 (M. Kato *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2002**, *41*, 3183.)、表面に対するわずかな機械的刺激で全体の構造と発光色が変わる結晶 (Y. Sagara *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **2007**, *129*, 1520.)、表面に別の構造をもつ結晶に触れるだけでその相の構造が「伝染する」結晶 (H. Ito *et al.*, *Nature Commun.* **2013**, *4*, 2009.) などに代表される興味深い系及び関連する興味深い現象が、分野を横断して同時多発的に発見された。これまで研究されてきた『結晶』は、構成単位が熱力学的に安定で堅固な集合状態、周期構造にあるため、本質的に変化しにくい性質をもつものに対し、これら新しい物質群では、構成単位である分子にゆらぎがあり、安定に単離できながら特定の低強度の刺激により構造変化しやすいことが特徴である。この新しい物質群を『ソフトクリスタル』とよび、このような分子性結晶の生成機構と転移現象を解明することは、挑戦的な課題の一つであった。

2. 研究の目的

本研究の目標は、それらソフトクリスタル群の定常状態・励起状態の構造及び電子状態、またその相転移の過程を、放射光を用いた X 線結晶構造解析、X 線吸収分光などにより詳細に観測し、その機構の解明の一助とすることである。

3. 研究の方法

放射光 X 線は、実験室系の X 線装置と比べてはるかに輝度が高く、ソフトクリスタルの構造を原子レベルで決定するために必要な X 線回折データセットを取得するのに有利である。X 線結晶構造解析では、ソフトクリスタルの分子構造だけでなく、結晶内の分子の並び方や原子間距離なども 3 次元的に直接決定することが可能である。また、実験室系では使用できる X 線の波長が限られており、たとえば金属を含む系において、その X 線吸収波長を避けるなどは不可能であるが、その点、放射光 X 線は連続的な波長の X 線が利用できるため、任意の波長での測定が可能である。本研究では、各種ソフトクリスタルの状態により、単結晶 X 線結晶構造解析と、粉末 X 線結晶構造解析 (または回折パターンの観測) を共に用いる。

また、放射光 X 線の多波長性を用いて、X 線吸収分光測定を行う。X 線吸収分光測定では、着目した元素の電子状態、即ち、価数とスピン状態を観測することが可能である。また、着目した元素の周辺に限られるが、粉末状の微結晶試料に対しても、配位構造などを動径分布として明らかにすることができる。

多様な性質を持つソフトクリスタル群の放射光実験を行うためには、継続的なマシンタイムの確保が不可欠である。そこで、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設 Photon Factory における、長期優先課題である S2 区分に実験課題を申請し、有効期間の 3 年間、集中的に実験を行う。この実験課題では、X 線結晶構造解析、X 線吸収分光、時間分解 X 線測定にそれぞれ特化したビームラインを、各ソフトクリスタル試料の性質に合わせて選択し、横断的に利用する。S2 型実験課題の有効期限後は、新たに複数の一般型 (G 型、有効期間 2 年) 課題を実験項目ごとに申請し、引き続き継続的に実験を行う。

時間分解測定とは、その名の通り、時間経過と共に分子構造や電子状態の変化する系において、ある時間領域を切り出して構造解析データ等を取得する方法である。その時間領域をずらしていけば、分子構造変化を動画のように撮影することができる。こちらは、放射光 X 線とフェムト秒パルスレーザーを組み合わせて実験を行う。他に、フェムト秒レーザーを用いた光電子顕微鏡を用いて、励起状態の電子を抽出、観測する。また、微小結晶用の顕微分光システムを立ち上げ、放射光測定前に外場印加条件の決定を行う。

4. 研究成果

(1) 多孔性材料に担持させた Pt 錯体の配位環境の観測 (A01-01 班との領域内共同研究)

ベイポクロミズムを示す Pt 錯体は、メタノール蒸気にさらすことで赤色発光を示す。この試料は、多孔質材料であるメソポーラスシリカに担持させることで Pt-Pt 間相互作用を促進させているため、単結晶を得ることは困難である。そこで、Pt に着目した X 線吸収分光測定を行い、Pt 周辺環境を可視化した。その結果、Pt の配位環境は、モデル化合物である [Pt (ppy) (bpy)]PF₆ (ppy: フェニルピリジン、bpy: ビピリジン) の Pt サイトの配位環境と類似の構造を取っていることが示唆された (H. Matsukawa *et al.*, *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 15151.)。

(2) 超弾性結晶の X 線観測 (A01-02 班との領域内共同研究)

テレフタルアミドの単結晶は、外から加えられた機械的な刺激に対して、超弾性応答を示す、

珍しい系である。ここでの超弾性とは、加えられた力によって変形が起こり、力を加えるのをやめると、その変形がもとに戻ることである。テレフタルアミドの結晶は、変形の最中も結晶状態、即ち、分子配列の規則性を保っている点が大きな特徴として挙げられる。また、その変形前の状態を母相、変形後の状態を娘相、と呼ぶことにすると、それらはお互いに双晶の関係であることが示唆された。本研究では、放射光 X 線を用いた結晶構造解析と、実験室系の X 線源を用いた X 線結晶構造解析を相補的に利用して、超弾性結晶の母相と娘相の生成起源を考察した (S. Sakamoto *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2019**, *58*, 13722-13726.)。

(3) 常温りん光結晶の構造解析 (A03-01 班との領域内共同研究)

分子内一重項分裂を起こし、長寿命の励起子を生成するテトラセン系分子に関して、今後の光照射結晶構造解析実験に向け、まずは基底状態での結晶構造を決定した (Y. Matsui *et al.*, *J. Phys. Chem.*, **2019**, *123*, 18813-18823.)。

(4) 化学発光基質の粉末 X 線回折その場観察 (A02-02 班、公募 A01 班との領域内共同研究)

化学発光は熱反応で励起分子を生成して発光する現象であり、反応の進行を光検出でリアルタイム追跡できるためソフトクリスタル中で起こる各種反応の追跡に利用可能である。本実験では、比較的安定性の高いアダマンチリデンアダマンタン 1,2-ジオキセタンと蛍光団を連結させた誘導体とその検証に用いられた。同じ分子から成る 2 種の誘導体、Syn と Anti は互いに異性体同士であり、異性体は基本的な反応性が類似するため、結晶構造の違いによる反応性の変化を検討できる利点がある。Syn と Anti について、それぞれ粉末回折パターンの経時変化を観測した (図 1)。その結果、結晶化学発光特性と速度論が結晶構造に依存することが明らかとなった (C. Matsushashi *et al.*, *Chem. Comm.*, **2020**, *56*, 3369-3372.)。

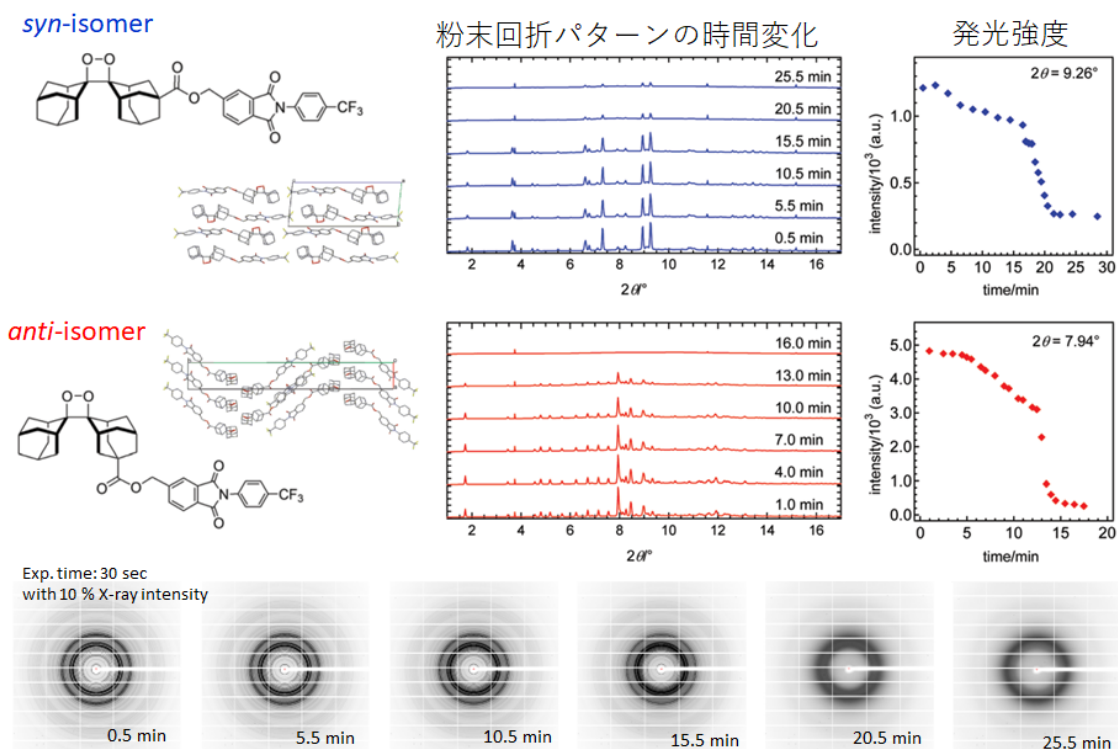


図 1. 化学発光基質の回折パターンと発光強度の時間変化

(5) 生体高分子のリガンド輸送観測 (領域外共同研究)

光照射をトリガーとした生体高分子内での低分子輸送、および分子内の局所構造変形の観測に成功した (N. Shibayama *et al.*, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **2020**, *117*, 4741-4748.)。

(6) 強発光性ソフトクリスタルのポンプ-プローブ測定 (A01-01 班との領域内共同研究)

励起状態で分子内プロトン移動 (ESIPT: Excited-state intramolecular proton transfer) を示す強発光結晶、6-Cyano-2-(2'-hydroxyphenyl)imidazo[1,2-a]pyridine (6-CN) 単結晶の光誘起構造の観測を試みた。6-CN は、結晶中での分子パッキングの違い (結晶多形) により紫外線励起による発光波長がそれぞれ異なることが知られている。この発光は、ESIPT 後の励起状態 Keto 体分子と隣接する分子の Enol 体分子とのヘテロエキシマーによるものであることが報告されており、ナノ秒程度の緩和時間を持つことが時間分解分光実験により報告されている。しかしながら、6-CN の基底状態は通常の結晶構造解析により報告されているものの、6-CN の励起状態の構造詳細は実験的には明らかになっていない。我々は、高繰り返し化した時間分解結晶構造解析法により 6-CN の光励起構造の観測を行った。まずは黄色の発光色を持つ Y 体の 6-

CN 結晶を用いて実験を行った。レーザー照射による温度上昇を抑えるため、レーザーの周波数を、X線の繰り返し周波数 794 kHz の 4 分の 1 分周である 199 kHz (測定間隔: 5.04 マイクロ秒) に設定し、検出器の計測周波数も 199 kHz に設定した。図 2 に結晶内の 6-CN の励起後 150 ピコ秒の F_0 (観測された構造因子) と励起前の F_0 の差フーリエ電子密度マップを示す。電子密度の減った部分を赤色、増えた部分を緑色で示してある。これは、赤色から緑色の方向へ原子位置の変位が観測されたと解釈することができ、6-CN 分子が光励起により僅かに湾曲している様子がうかがえる (佐藤文菜 他, 日本結晶学会誌, 2021, 63, 24-30.)。

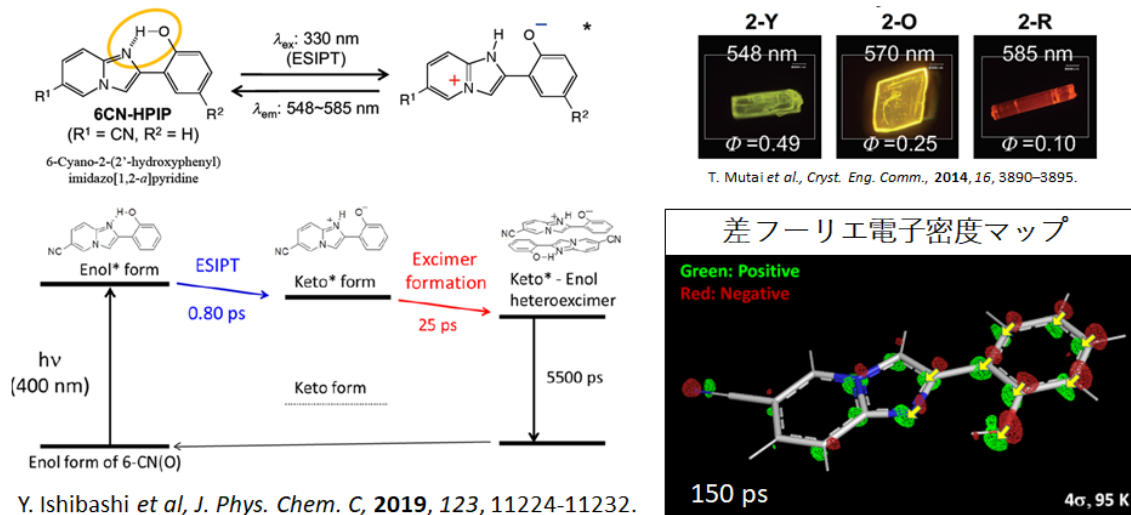


図 2. 6-CN の分子構造と反応スキーム、多形による発光色の違い、差フーリエ電子密度マップ

(7) 水脱着に伴う配位環境の変化の観測 (A01-01 班との領域内共同研究)

水蒸気やアルコール蒸気などに反応して可逆的に色が変化するペイポクロミズム Ni 錯体について、蒸気にさらす前後での X 線吸収分光測定を行った。図 3 下部の 1-MeOH という Ni 錯体は、メタノール蒸気に対して選択的に反応し、メタノールの脱離に伴って Ni 周辺構造が 6 配位状態から 4 配位状態へと変化し、それに伴ってスピン状態も変化することが確認できた。一方、図 3 上部の 2-H₂O という Ni 錯体は、水蒸気を含む複数の蒸気と反応することが可能である。また、2-H₂O は水蒸気を脱離させた後も、磁化率の測定からスピンの変化しないことが示されている。本研究での X 線吸収分光測定により、この系では確かにスピンは変化しないことが再確認され、溶媒の脱離に伴って分子の再配置が起こるような新しい系であることが示唆された (図 3)。この研究成果は Dalton Transactions に掲載され、バックカバーにも選出された (R. Yano et al., *Dalton Trans.*, 2021, 50, 8696-8703)。

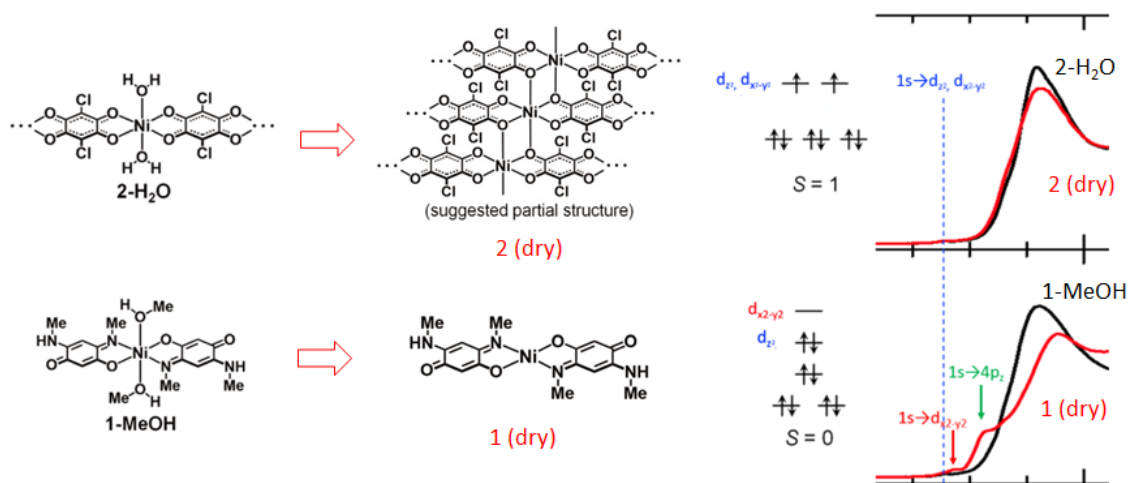


図 3. 1-H₂O と 2-MeOH の構造と X 線吸収分光測定の結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Matsuhashi Chihoro, Oyama Hironaga, Uekusa Hidehiro, Sato-Tomita Ayana, Ichiyonagi Kouhei, Maki Shojiro, Hirano Takashi	4. 巻 24
2. 論文標題 Crystalline-state chemiluminescence reactions of two-fluorophore-linked adamantylideneadamantane 1,2-dioxetane isomers accompanied by solid-to-solid phase transitions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 3332 ~ 3337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ce00266c	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 Yano Ryota, Yoshida Masaki, Tsunenari Takahiro, Sato-Tomita Ayana, Nozawa Shunsuke, Iida Youhei, Matsunaga Noriaki, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 50
2. 論文標題 Vapochromic behaviour of a nickel(<sc>ii</sc>)-quinonoid complex with dimensional changes between 1D and higher	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8696 ~ 8703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT00269D	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 SATO-TOMITA Ayana, UMEMA Yasufumi, ICHIYANAGI Kouhei, FUKAYA Ryo, HIKTA Masahide, MATSUGAKI Naohiro, MUTAI Toshiki	4. 巻 63
2. 論文標題 Time-Resolved X-ray Crystallography Using Synchrotron Radiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nihon Kessho Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 24 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5940/jcrsj.63.24	査読の有無 無
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 佐藤文菜	4. 巻 74
2. 論文標題 放射光X線をプローブとしたソフトクリスタル構造解析～ポンプ-プローブ結晶構造解析と差フーリエ電子マップ～	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 627-628
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 無
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 Matsuhashi Chihiro, Ueno Takuya, Uekusa Hidehiro, Sato-Tomita Ayana, Ichianagi Kouhei, Maki Shojiro, Hirano Takashi	4. 巻 56
2. 論文標題 Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence property of an adamantylideneadamantane 1,2-dioxetane with a phthalimide chromophore	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3369 ~ 3372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC10012A	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 Shibayama Naoya, Sato-Tomita Ayana, Ohki Mio, Ichianagi Kouhei, Park Sam-Yong	4. 巻 117
2. 論文標題 Direct observation of ligand migration within human hemoglobin at work	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 4741 ~ 4748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1913663117	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 Ang Artoni Kevin Roquero, Sato-Tomita Ayana, Shibayama Naoya, Umena Yasufumi, Happo Naohisa, Marumi Riho, Kimura Koji, Matsushita Tomohiro, AKAGI Kazuto, Sasaki Takahiko, Sasaki Yuji C., Hayashi Kouichi	4. 巻 59
2. 論文標題 X-ray fluorescence holography for soft matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 10505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab5d55	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 Matsukawa Hiroki, Yoshida Masaki, Tsunenari Takahiro, Nozawa Shunsuke, Sato-Tomita Ayana, Maegawa Yoshifumi, Inagaki Shinji, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 9
2. 論文標題 Fast and stable vapochromic response induced through nanocrystal formation of a luminescent platinum(II) complex on periodic mesoporous organosilica	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-51615-w	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 Matsui Yasunori, Kawaoka Shuhei, Nagashima Hiroki, Nakagawa Tatsuo, Okamura Naoki, Ogaki Takuya, Ohta Eisuke, Akimoto Seiji, Sato-Tomita Ayana, Yagi Shigeyuki, Kobori Yasuhiro, Ikeda Hiroshi	4. 巻 123
2. 論文標題 Exergonic Intramolecular Singlet Fission of an Adamantane-Linked Tetracene Dyad via Twin Quintet Multiexcitons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 18813 ~ 18823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b04503	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 Sakamoto Shunichi, Sasaki Toshiyuki, Sato Tomita Ayana, Takamizawa Satoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Shape Rememorization of an Organosuperelastic Crystal through Superelasticity?Ferroelasticity Interconversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13722 ~ 13726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201905769	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 Ichiyanagi Kouhei, Takagi Sota, Kawai Nobuaki, Fukaya Ryo, Nozawa Shunsuke, Nakamura Kazutaka G., Liss Klaus-Dieter, Kimura Masao, Adachi Shin-ichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Microstructural deformation process of shock-compressed polycrystalline aluminum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-43876-2	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 該当する

1. 著者名 Fukumoto Keiki, Seyhan Ayse, Onda Ken, Oda Shunri, Koshihara Shin-ya	4. 巻 115
2. 論文標題 Comparison of picosecond electron dynamics in isolated and clustered Si quantum dots deposited on a semiconductor surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 053105 ~ 053105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5097611	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 Takagi Sota, Ichiyangi Kouhei, Kyono Atsushi, Nozawa Shunsuke, Kawai Nobuaki, Fukaya Ryo, Funamori Nobumasa, Adachi Shin-ichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Development of shock-dynamics study with synchrotron-based time-resolved X-ray diffraction using an Nd:glass laser system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 371 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577519016084	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 Ayana Sato-Tomita, Hiroshi Sekiguchi, Yuji C. Sasaki	4. 巻 87
2. 論文標題 Progressing of 3D Protein Structure and Dynamics Measurements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 061015-(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.061015	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 Ayana Sato-Tomita, Naoya Shibayama	4. 巻 7
2. 論文標題 Size and Shape Controlled Crystallization of Hemoglobin for Advanced Crystallography	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 282 ~ 282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst7090282	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47件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 Observation of a structural transition induced by external-field in the softcrystals using synchrotron radiation
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Soft Crystals (the 3rd ISSC) joint with the 4th International Symposium on Photofunctional Chemistry of Complex Systems (ISPCCS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chihiro Matsushashi, Hironaga Ohyama, Hidehiro Uekusa, Hiroki Fujisawa, Meguya Ryu, Junko Morikawa, Ayana Sato-Tomita, Kouhei Ichianagi, and Takashi Hirano
2. 発表標題 Thermal Reaction-Induced Phenomena in Soft Crystals Found with 1,2-Dioxetane Chemiluminescence
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Soft Crystals (the 3rd ISSC) joint with the 4th International Symposium on Photofunctional Chemistry of Complex Systems (ISPCCS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kouhei Ichianagi, Ayana Sato-Tomita, Masahide Hikita, Naohiro Matsugaki, Sota Takagi, Ryo Fuakya, Rie Haruki, Shunsuke Nozawa, Toshiki Mutai
2. 発表標題 Development of picosecond time-resolved X-ray crystallography for observing the photo-induced structural change of softcrystals
3. 学会等名 Cooperative phenomena in framework materials: Faraday Discussion (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Hiroki Matsukawa, Takahiro Tsunenari, Shunsuke Nozawa, Ayana Sato-Tomita, Yoshifumi Maegawa, Shinji Inagaki, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Fast and Stable Vapochromic Response Induced Through Nanocrystal Formation of a Luminescent Platinum(II) Complex on Periodic Mesoporous Organosilica
3. 学会等名 Cooperative phenomena in framework materials: Faraday Discussion (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chihiro Matsushashi, Takuya Ueno, Hidehiro Uekusa, Ayana Sato-Tomita, Kouhei Ichianagi, Junko Morikawa, Meguya Ryu, Shojiro Maki, Takashi Hirano
2. 発表標題 Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence properties of 1,2-dioxetanes with a phtahlimide chromophore
3. 学会等名 Cooperative phenomena in framework materials: Faraday Discussion (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野真之介, 石川忠彦, 田久保耕, 沖本洋一, 腰原伸也, 東亮介, 宮脇敦大, 高橋一志, 佐藤文菜, 一柳光平, 深谷亮
2. 発表標題 スピントロニクスオーバー相転移を示す複合磁性材料における、励起波長依存性をもった2つの光誘起状態
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下智裕, 橋本由介, 佐藤文菜, 八方直久, 木村 耕治, 林好一
2. 発表標題 蛍光X線ホログラムからのリバースモンテカルロ法による像再生
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末延知義, 荒堀郁也, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 立川貴士, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 岩佐豪
2. 発表標題 環境応答性銅錯体結晶性分子のゼロエミッション発光多色化
3. 学会等名 第9回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiki Moroto, Tomoyoshi Suenobu, Mitsuharu Suzuki, Ken-ichi Nakayama, Hiroi Sei, Norimitsu Tohnai, Kohei Ichianagi, Ayana Sato-Tomita, Shunsuke Nozawa Takashi Tachikawa, Takeshi Iwasa, Hidetaka Kasai, Eiji Nishibori, Kenta Kato, Tomohiro, Seki, Hajime Ito
2. 発表標題 Photochromic "OFF-ON-OFF" -Type Luminescence Response of Crystalline Au(I) Complexes Bearing an Anthryl Moiety in the Ligands
3. 学会等名 2020年度光科学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 恒成高弘、吉田将己、佐藤文菜、野澤俊介、小林厚志、加藤昌子
2. 発表標題 メソポーラス材料に担持した発光性白金(II)錯体の蒸気応答
3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 ソフトクリスタル群の微小外場誘起構造相転移におけるX線・UV-VIS同時in-situ測定
3. 学会等名 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ(第12回MLFシンポジウム/第38回PFシンポジウム)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoyoshi Suenobu, Kota Kitagawa, Ken-ichi Nakayama, Hidetaka Kasai, Eiji Nishibori, Kohei Ichiyangi, Ayana Sato-Tomita, Naofumi Nakayama, Hitoshi Goto
2. 発表標題 Structural and Mechanistic Studies on Polymorphic Manganese(II) Complexes Exhibiting Luminochromism
3. 学会等名 The 2nd International Symposium of Soft Crystals (Pre-symposium of ISPPCC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji C. Sasaki, Masahiro Kuramochi, Kazuhiro Mio, Hiroshi Sekiguchi, Ayana Sato-Tomita, Naoya Shibayama
2. 発表標題 PROTEIN CRYSTAL MOTIONS FROM TIME-RESOLVED DIFFRACTED X-RAY BLINKING
3. 学会等名 64th Annual Meeting of the Biophysical Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Artoni Kevin R. Ang, Tomohiro Matsushita, Naohisa Happo, Masaki Mizuguchi, Ayana Sato-Tomita, Naoya Shibayama, Yasufumi Umena, Yuji C. Sasaki, Koji Kimura, Hiroshi Daimon, and Kouichi Hayashi
2. 発表標題 Site-Selective X-ray Fluorescence Holography using a Hybrid 2D X-ray Detector
3. 学会等名 ACSIN14&ICSPM26 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuya Arahori, Tomoyoshi Suenobu, Mitsuharu Suzuki, Ken-ichi Nakayama, Norimitsu Tohnai, Hidetaka Kasai, Eiji Nishibori, Kohei Ichiyonagi, Ayana Sato-Tomita, and Shunsuke Nozawa
2. 発表標題 Luminescent Crystalline Cu(I) Complexes Breathing Solvent Vapors
3. 学会等名 The Asian Pacific Society for Materials Research (APSMR) Annual Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuya Arahori, Tomoyoshi Suenobu, Mitsuharu Suzuki, Ken-ichi Nakayama, Norimitsu Tohnai, Hidetaka Kasai, Eiji Nishibori, Kohei Ichiyonagi, Ayana Sato-Tomita, and Shunsuke Nozawa
2. 発表標題 Change in luminescence property and crystal structure of trinuclear copper(I) complexes in fast response to organic vapors
3. 学会等名 The 2nd International Symposium of Soft Crystals (Pre-symposium of ISPPCC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 諸戸良紀, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 施宏居, 藤内謙光, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 立川貴士, 岩佐豪
2. 発表標題 金(I)イソシアニド錯体結晶の光照射下での構造相転移を伴った発光増強
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 諸戸良紀, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 施宏居, 藤内謙光, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 立川貴士, 岩佐豪
2. 発表標題 光照射下で構造相転移により発光増強を示すOFF-ON 型光記録ソフトクリスタル
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 中川達央, 加藤隆二
2. 発表標題 発光性多核銅(I)錯体の外部刺激に応答する可逆的分子構造変化と構造相転移
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 立川貴士, 中川達央, 加藤隆二
2. 発表標題 異なる溶媒蒸気に応答して発光色が変化する三核銅(I)錯体結晶
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介
2. 発表標題 三核銅(I)錯体の溶媒蒸気下での結晶構造変化と発光性バイポクロミズム
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田大介, 石川忠彦, 沖本洋一, 腰原伸也, 佐藤文菜, 一柳光平, 深谷亮, 宮脇敦大, 高橋一志
2. 発表標題 赤外線域光学スペクトルからみたスピントロニクス相転移を起こす複合磁性材料における光誘起状態
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川忠彦, 西田大介, 沖本洋一, 腰原伸也, 佐藤文菜, 一柳光平, 深谷亮, 宮脇敦大, 高橋一志
2. 発表標題 スピントロニクス相転移を起こす複合磁性材料における光誘起状態の構造解析
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 末延知義, 荒堀郁也, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介
2. 発表標題 平面型三核銅錯体の結晶構造変化を伴う高速応答発光ペロブスカイト
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 立川貴士, 中川達央, 加藤隆二
2. 発表標題 外部刺激により多様な発光色の発現が可能なソフトクリスタル
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Artoni Kevin R. Ang, Ayana Sato-Tomita, Naoya Shibayama, Yasufumi Umena, Yuta Yamamoto, Yuji C. Sasaki, Naohisa Happo, Koji Kimura, Kouichi Hayashi
2. 発表標題 Valence-sensitive X-ray fluorescence holography of the Mn-cluster of Photosystem II (PSII) S2
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野亮太, 吉田将己, 佐藤文菜, 野澤俊介, 小林厚志, 加藤昌子
2. 発表標題 ニッケル(II)配位高分子のベイボクロミック特性と磁氣的性質
3. 学会等名 CSJ科学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介
2. 発表標題 複素環配位子を有する平面型三核銅錯体の発光ベイボクロミズムと結晶構造変化
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 諸戸良紀, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介
2. 発表標題 光照射による金(I)錯体結晶の発光増強
3. 学会等名 第31回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒堀郁也, 末延知義, 鈴木充朗, 中山健一, 藤内謙光, 笠井秀隆, 西堀英治, 一柳光平, 佐藤文菜, 野澤俊介, 中川達央, 加藤隆二
2. 発表標題 平面型三核銅(I)錯体への結晶中溶媒配位と発光ダイナミクス
3. 学会等名 第31回 配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiki Fukumoto
2. 発表標題 Influence of carbon-implantation on carrier density and carrier lifetimes using time, space, and spectral resolutions
3. 学会等名 International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kouhei Ichiyanagi
2. 発表標題 In situ observation of microstructure deformation in shock compressed polycrystalline aluminum using synchrotron source based time-resolved X-ray diffraction
3. 学会等名 4th International conference in Matter and Radiation at Extremes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 Capturing a protein reaction triggered by laser photolysis in crystals
3. 学会等名 the AsCA 2018/CRYSTAL 32 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 タンパク質分子の蛍光X線ホログラフィー
3. 学会等名 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 光応答性有機低分子および生体高分子結晶の動的構造解析
3. 学会等名 第90回 大阪府立大学応用化学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北川 康太、末延 知義、中山 健一、笠井 秀隆、西堀 英治、一柳 光平、佐藤 文菜、中川達央、加藤 隆二
2. 発表標題 マンガン2価錯体の結晶多形とルミノクロミズム
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 Hiroki Matsukawa, Masaki Yoshida, Ayana Sato-Tomita, Shunsuke Nozawa, Yoshifumi Maegawa, Shinji Inagaki, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Fast Vapochromic Response Induced by Nano-crystal Formation of a Luminescent Platinum(II) Complex on Periodic Mesoporous Organosilica
3. 学会等名 錯体化学会 第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Artoni Kevin. R. Ang , Tomohiro Matsushita, Yusuke Hashimoto , Naohisa Happo, Yuta Yamamoto, Masaki Mizuguchi, Ayana Sato-Tomita, Naoya Shibayama, Yuji C. Sasaki, Koji Kimura, Munetaka Taguchi, Hiroshi Daimon and Kouichi Hayashi
2. 発表標題 Valence Sensitive X-ray Fluorescence Holography of Magnetite
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 ソフトクリスタル群の微小外場誘起構造相転移におけるX線・UV-VIS同時in-situ測定
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 タンパク質 配位子相互作用における動的構造解析と新規イメージング技術
3. 学会等名 東京大学物性研究所機能物性セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤文菜
2. 発表標題 ヘモグロビンの酸素親和性調節に関わる分子構造変形の動的観測
3. 学会等名 第16回 自治医大シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 First X-ray fluorescence holographic imaging of iron environments in heme proteins
3. 学会等名 第54回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 Capturing metal active-site in myoglobin and hemoglobin by X-ray fluorescence holography
3. 学会等名 Swedish-Japanese Workshop on Nano-Structure Science by Novel Light Sources (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 Direct observation of a ligand-migration pathway in heme proteins
3. 学会等名 Japan-China Young Women Scientists Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ayana Sato-Tomita
2. 発表標題 Application of X-ray fluorescence imaging to protein crystals
3. 学会等名 Atomic Level Characterization (ALC) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiki Fukumoto
2. 発表標題 Imaging of photogenerated electron dynamics on a semiconductor surface
3. 学会等名 The 5th Advanced Electromagnetics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiki Fukumoto
2. 発表標題 Imaging of carrier dynamics by time-resolved PEEM
3. 学会等名 7th FOCUS PEEM Workshop (招待講演) (国際学会)
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
研究分担者	福本 恵紀 (Fukumoto Keiki) (20443559)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特任准教授 (82118)	

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