

# ナノ・エネルギー研究

研究代表者 朝日 透  
(先進理工学部 生命医科学科 教授)

## 1. 研究課題

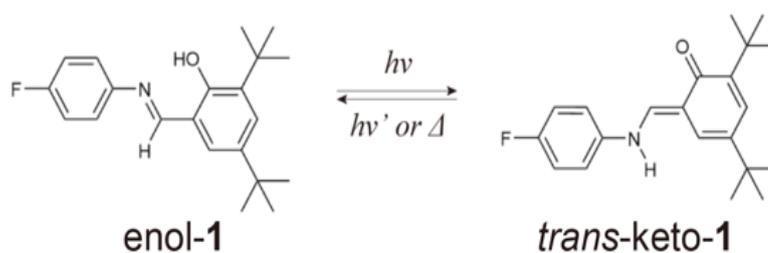
次々世代のエネルギー課題に対し、研究代表者らが本学で培ってきたナノ・エネルギー材料を活用して、解決に挑戦するいくつかの研究を推進する。研究組織としては、本学スーパーグローバル大学創成支援プログラムのナノ・エネルギー拠点でのグローバルかつ高水準の研究活動を起点に、リーディング理工学博士プログラム「エネルギー・ネクスト」研究などにおける若手人材育成を通じた研究展開も取り込み、国際的な共同研究にも力点を置き実施する。

## 2. 主な研究成果

代表的な3件の研究成果を以下に記す。

### (1) 光熱効果による高速結晶アクチュエーションと動きのシミュレーション

光を当てると屈曲などの巨視的な動きを示すフォトメカニカル結晶は基礎研究の面だけでなく、アクチュエータやソフトロボットへの応用面からも興味深い材料である[1]。フォトメカニカル結晶はこの十数年盛んに研究されてきたが[1-3]、その大部分はごく限られた結晶にしか起きない光異性化に基づいていた。また光異性化による屈曲は遅く(<5 Hz)、紫外光でしか動かせない、また厚い結晶は屈曲しないとといった欠点があった。2020年に本研究グループは、物質の光励起により急速に発熱する”光熱効果”で結晶を高速で屈曲させることに成功し、光を吸収するあらゆる結晶をあらゆる波長の光で高速で動かすことが可能になった[4]。しかしながら詳細な屈曲機構は不明であった。本研究では  $\sigma$ NH2 (**1**) を導入したサリチリデンアニリン誘導体 (Scheme 1) に注目し、光熱効果による高速屈曲の創出、及び屈曲シミュレー



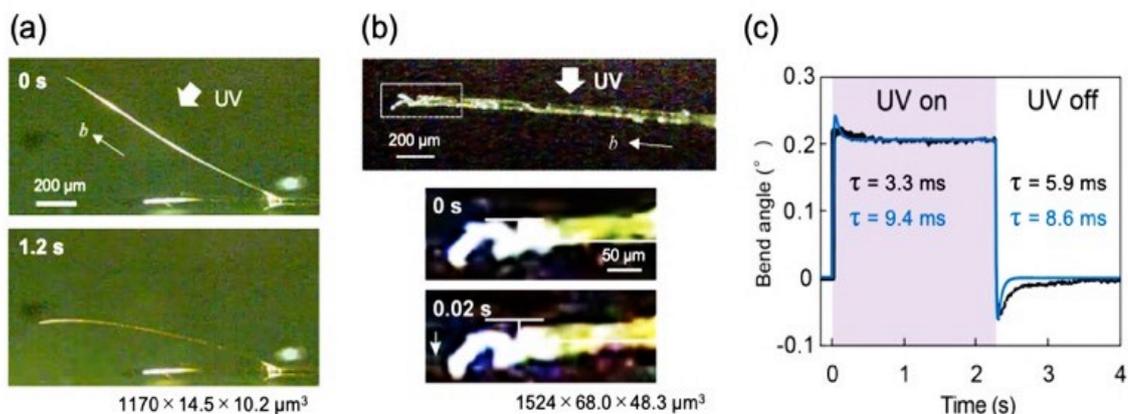
**Scheme 1.** Enol-keto photoisomerization of salicylideneaniline **1**.

ションによる屈曲機構の解明に成功した。

単結晶 X 線構造解析の結果、enol-1 結晶は *P*21 の空間群に属しておりアキラルな分子がキラルな結晶を形成していた。サリチル環とフェニル環の二面角は 35°であった。単結晶の吸収スペクトル測定の結果、紫外光 (365 nm) 照射により 510 nm 付近の吸光度が上昇し、enol 体から trans-keto 体へ光異性化することが分かった。異性化の時定数は光異性化 ( $\tau=0.4\text{s}$ )、熱逆異性化 ( $\tau=2.4\text{s}$ ) とともに既報のサリチリデンアニリン結晶[1,3,4]に比べ高速であった。

紫外光 (365 nm) を照射すると、薄い (<20  $\mu\text{m}$ ) 結晶は光異性化により光源から遠ざかる方向に 1.2 秒で 20° 屈曲した (Figure 1a)。紫外光を止めると 7.7 秒で元の形状に戻った。一

方で、厚い (>40  $\mu\text{m}$ ) 結晶は光熱効果により光源から遠ざかる方向に 20 ミリ秒で高速で屈曲したうえ (Figure 1b)、可視光 (488, 520 nm) でも屈曲した。最終的には紫外パルス光を照射することで 500 Hz の高速屈曲を達成した。光熱効果による屈曲機構を解明するため一



**Figure 1.** Bending of (a) a thin enol-1 crystal by photoisomerization and (b) a thick enol-1 crystal by photothermal effect. (c) Time dependence of measured (black) and simulated (blue) bend angle. The numbers indicate time constants.

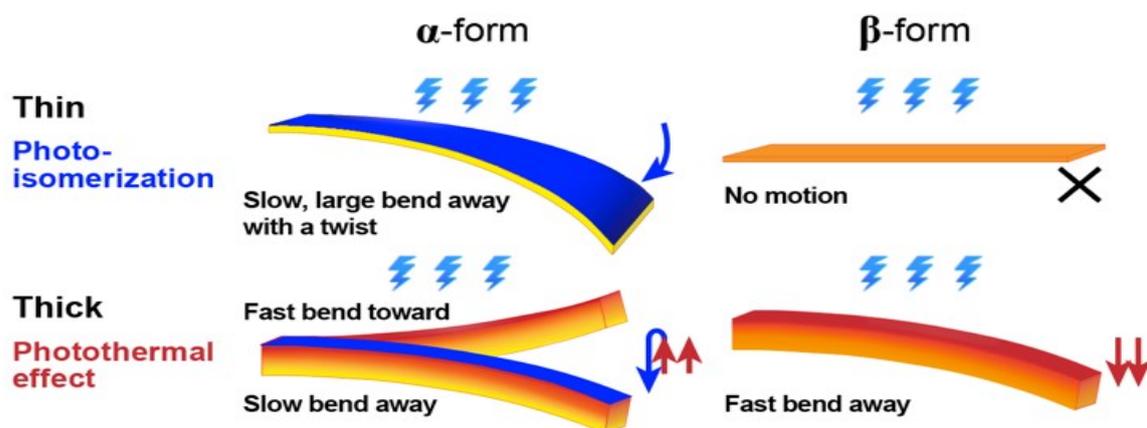
次元の非定常熱伝導方程式を用いて結晶内部の温度勾配を計算した。結果、屈曲角のシミュレーションに成功し (Figure 1c)、光熱効果による屈曲が厚さ方向の非定常な温度勾配により生じることを実証した[5]。

## (2) 光異性化と光熱効果に基づいた多形結晶の動きの多様化

我々のグループは過去 14 年間、主に光異性化[2,3]に基づいて様々なフォトメカニカル結晶を開発した。ごく最近には物質の光励起により急速に発熱する光熱効果を利用して、結晶を高速で屈曲させることに成功した[4,5]。このようなフォトメカニカル結晶の実用化にあたっては、動きの多様化が必要となる。本発表では、*p*-F (1) を導入したサリチリデンアニリン誘導体 (Scheme 1) の 2 種類の多形結晶 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) に注目し、4 通りの動きの創出に成功した。

単結晶 X 線構造解析の結果、 $\alpha$  結晶は *P*-1、 $\beta$  結晶は *Pna*21 の空間群に属しており、サリチル環とフェニル環の二面角はそれぞれ  $39.5^\circ$ 、 $20.9^\circ$ であった。 $\alpha$  結晶は結晶の長さ方向に負の熱膨張を示した一方、 $\beta$  結晶は正の熱膨張を示した。単結晶の吸収スペクトル測定の結果、紫外光照射により  $\alpha$  結晶は 480 nm 付近の吸光度が上昇し、enol 体から *trans*-keto 体へ光異性化した。一方、 $\beta$  結晶は  $20.9^\circ$ と小さな二面角のため光異性化を示さなかった。

紫外光を照射すると、薄い  $\alpha$  結晶は光異性化により光源から遠ざかる方向にねじれながら屈曲した。一方で、薄い  $\beta$  結晶は光異性化を示さないため屈曲しなかった。しかしながら厚い  $\beta$  結晶は光熱効果により光源から遠ざかる方向に高速で屈曲し、パルス光照射により 500 Hz の高速屈曲を達成した。さらに、厚い  $\alpha$  結晶は光異性化と光熱効果による 2 段階屈曲を示した。同一の分子から、4 種類の異なる動きを作り出すことに成功した (Figure 2) [6] 。



**Figure 2.** Diverse photomechanical motions of two polymorphic crystals of enol-1 upon UV light irradiation.

### (3) サリチリデンアミン結晶の光による変形機構の解明

有機結晶は有機分子からなる結晶材料であり、硬い金属材料と柔らかい高分子材料の中間にあたる力学特性を持つ。「結晶」というと硬いイメージをもつが、有機結晶は柔軟に変形できることが近年分かってきており、その柔軟性を生かした変形や物性に関する報告が年々増えている。例えば、有機結晶に力を加えると超弾性変形という特殊な変形が誘起される場合があり、有機結晶における新しい力学応答として注目を集めている。また、光や熱などの外部刺激を用いることで構造が変化し変形や力を発生させる有機結晶は、新しい駆動原理のアクチュエータとしての応用が期待されている。これまでの我々のグループの研究によって、光反応性のサリチリデンアミン結晶は、光によって光異性化反応だけでなく、相転移を発現することが分かっていた[3]。光によって起こる特異な相転移現象を「光トリガー相転移」と名付けており、光トリガー相転移によってサリチリデンアミン結晶がねじれを伴った複雑な変形挙動を示すことは分かっていた。しかし、変形挙動が複雑であるため定量的な変形の評価や変形機構の詳細理解には至っていなかった。

本研究では、サリチリデンアミン結晶のねじれ変形を解析し、変形機構を詳細に解明することを目指した。顕微鏡で結晶の先端方向から変形挙動を観察することで、変形を「ねじれ角」と「変位」に分解して評価した (Figure 3 a)。ねじれ変形の発生機構を理解するために変形シミュレーションを行い (Figure 3 b)、光照射後 1 秒以内に起こる素早いねじれ変形をシミュレーションで再現することができた (Figure 3 c)。また、変形自体は光照射下 5~10 秒で定常状態となり、光照射を止めると約 2 分で元の形状に戻るという繰り返し性がある。用いた光は波長 365 nm の紫外光であり、この波長の光でサリチリデンアミン結晶の光異性化反応が起きることが分かっている。

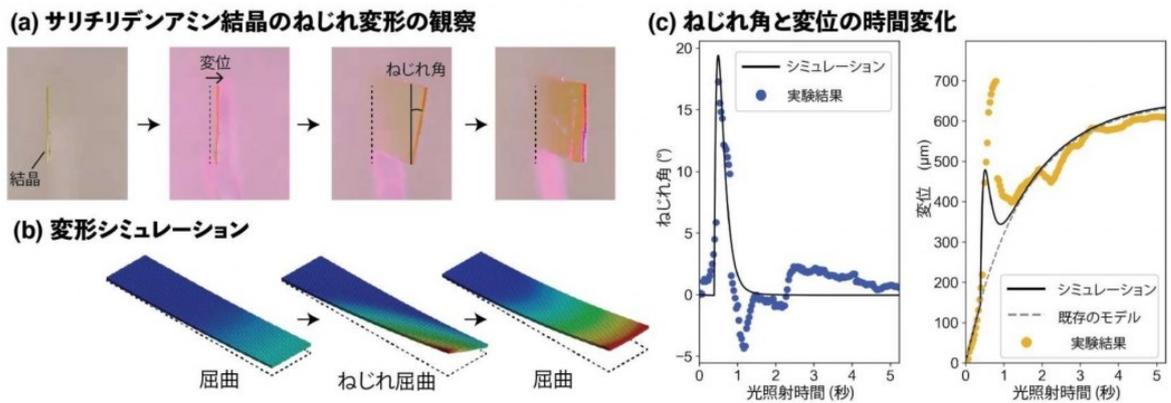


Figure 3. ねじれ変形の観察結果と変形シミュレーションの比較

変形シミュレーションおよび顕微鏡での相界面の観察により、光トリガー相転移によってサリチリデンアミン結晶で超弾性変形が起きることが明らかになった (Figure 4)。また、結晶中では光異性化反応によって発生する応力と、相界面によって発生する応力がある。このうち、相界面による応力が結晶構造の動的挙動に大きく影響していることが X 線回折を利用した解析により、明らかとなった。

以上の結果から、これまで力を加えることで超弾性変形が誘起されることはこれまで知られていたが、サリチリデンアミン結晶では光によって超弾性変形が発生することが分かった。これは、ひとつの結晶でねじれ変形と超弾性変形が起きるといふ特異な光応答現象と言うことができる。

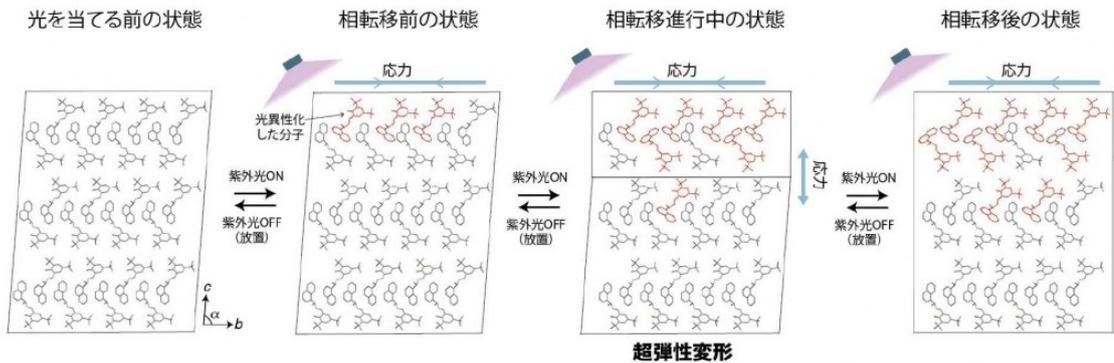


Figure 4. 超弾性変形の発生機構

変形シミュレーションを行うためには、サリチリデンアミン結晶の光異性化と相転移を反映した変形モデルを構築する必要がある。そこで、光異性化の層と相転移の層の厚みが照射時間によって変化する動的な多層モデルを構築した (Figure 5)。このモデルを使って変形シミュレーションを行うことで、複雑なねじれ変形を再現することができた。各層の厚みを変えてシミュレーションを行うことで、結晶中での光異性化と相転移の進み方を明らかにする

ことができた。また、結晶中の動的挙動を解析するために、回折 X 線ブリッキング法を用いた。この測定手法は、X 線回折画像を短い時間間隔で撮影し、特定の回折リング上の各ピクセルがもつ明暗情報を時系列データとして分析する手法である。この手法はこれまでタンパク質の動的挙動の測定に使われてきたが、今回初めて光異性化・相転移を示す結晶に適用することで、サリチリデンアミン結晶中の動的挙動を明らかにすることができた。これまで力によって発生していた超弾性変形が、光によって発生することを初めて確認できた [7]。

本研究によって明らかとなった変形機構の解析結果を基にして、光によって超弾性変形を発現する光応答性材料の開発が期待される。光を用いることの利点は、遠隔操作できることや、局所照射できることなどが挙げられ、このような光応答性結晶材料により、光によって操作できるセンシングやスイッチング、メモリ、アクチュエータの開発につながる可能性がある。

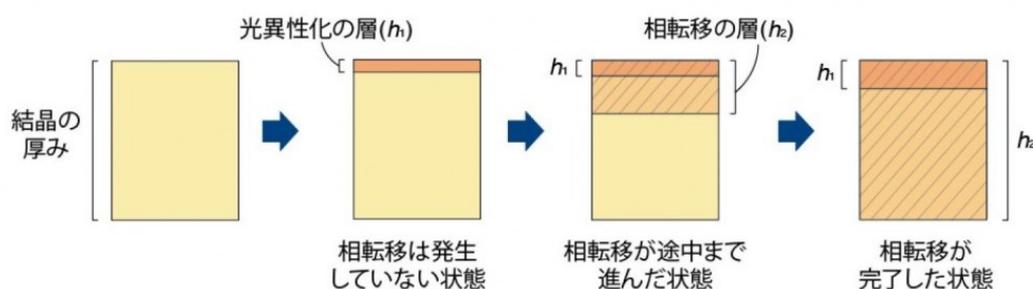


Figure 5. 変形シミュレーションで用いた動的多層モデル

[参考文献]

- [1] *Mechanically Responsive Materials for Soft Robotics*; Koshima, H., Ed.; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2020.
- [2] H. Koshima, N. Ojima, H. Uchimoto, *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 6890–6891 (2009).
- [3] H. Koshima, K. Takechi, H. Uchimoto, M. Shiro, D. Hashizume, *Chem. Commun.*, **47**, 11423–11425 (2011).
- [4] Y. Hagiwara, T. Taniguchi, T. Asahi, H. Koshima, *J. Mater. Chem. C*, **8**, 4876–4884 (2020).
- [5] S. Hasebe, Y. Hagiwara, J. Komiya, M. Ryu, H. Fujisawa, J. Morikawa, T. Katayama, D. Yamanaka, A. Furube, H. Sato, T. Asahi, H. Koshima, *J. Am. Chem. Soc.*, **143**, 8866–8877 (2021).
- [6] S. Hasebe, Y. Hagiwara, K. Takechi, T. Katayama, A. Furube, T. Asahi, H. Koshima, *Chem. Mater.*, **34**, 1315–1324 (2022).
- [7] T. Taniguchi, K. Ishizaki, D. Takagi, K. Nishimura, H. Shigemune, M. Kuramochi, Y. C. Sasaki, H. Koshima, T. Asahi, *Commun. Chem.*, **5**, 4 (2022).

[その他]

早稲田大学プレスリリース: <https://www.waseda.jp/top/news/73226>

早稲田大学プレスリリース(英語版): <https://www.waseda.jp/top/en/news/74686>

Eurekalert! : <https://www.eurekalert.org/news-releases/923720>

Youtube: <https://youtu.be/wE0ijVJpsxk>

### 3. 共同研究者

小柳津 研一 (先進理工学部 応用化学科 教授)

本間 敬之 (先進理工学部 応用化学科 教授)

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術論文

代表的な学術論文を以下に記する。

Yukana Terasawa, Takashi Ohhara, Sota Sato, Satoshi Yoshida, Toru Asahi, Single-crystal structure analysis of non-deuterated triglycine sulfate by neutron diffraction at 20 and 298 K: a new disorder model for the 298 K structure, *Acta. Cryst. E*, **78**, 306-312 (2022).

Yunqing Kang, Haoran Du, Bo Jiang, Hui Li, Yanna Guo, Mohammed A. Amin, Yoshiyuki Sugahara, Toru Asahi, Hexing Li, Yusuke Yamauchi, Microwave One-pot Synthesis of CNTs-Supported Amorphous Ni-P Alloy Nanoparticles with Enhanced Hydrogenation Performance, *J. Mater. Chem. A*, **10**, 6560-6568 (2022).

Akihiro Yamashita, Takahiro Nagata, Shinjiro Yagyu, Toru Asahi, Toyohiro Chikyow, Direct feature extraction from two-dimensional X-ray diffraction images of semiconductor thin films for fabrication analysis, *Sci. Tech. Adv. Mater.*, **2**, 25 (2022).

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Kyoko Takechi, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube, Toru Asahi, Hideko Koshima, Polymorph-Derived Diversification of Crystal Actuation by Photoisomerization and the Photothermal Effect, *Chem. Mater.*, **34**, 1315–1324 (2022).

Takuya Taniguchi, Kazuki Ishizaki, Daisuke Takagi, Kazuki Nishimura, Hiroki Shigemune, Masahiro Kuramochi, Yuji C. Sasaki, Hideko Koshima, Toru Asahi, Superelasticity of a photo-actuating chiral salicylideneamine crystal, *Commun. Chem.*, **5**, 4 (2022).

Kun Zhang, Masataka Matsumoto, Kenta Nakagawa, Azusa Matsuda, Genki Shino, Sota Sato, Takuji Ikeda, Toru Asahi, Giant Optical Anisotropy in High Temperature Superconducting Cuprate  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ , *J. Phys. Soc. Jpn.*, **90**, 113702 (2021).

Yunqing Kang, Bo Jiang, Victor Malgras, Yanna Guo, Ovidiu Cretu, Koji Kimoto, Aditya Ashok, Zhe Wan, Hexing Li, Yoshiyuki Sugahara, Yusuke Yamauchi, Toru Asahi, Heterostructuring Mesoporous 2D Iridium Nanosheets with Amorphous Nickel Boron Oxide Layers to Improve Electrolytic Water Splitting, *Small Methods*, **11**, 2100679 (2021).

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Jun Komiya, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Tetsuro Katayama, Daiki Yamanaka, Akihiro Furube, Hiroyasu Sato, Toru Asahi, Hideko Koshima, Photothermally Driven High-Speed Crystal Actuation and Its Simulation, *J. Am. Chem. Soc.*, **143**, 8866–8877 (2021)

Tsuneomi Kawasaki, Yoshiyasu Kaimori, Seiya Shimada, Natsuki Hara, Susumu Sato, Kenta Suzuki, Toru Asahi, Arimasa Matsumoto, Kenso Soai, Asymmetric autocatalysis triggered by triglycine sulfate with switchable chirality by altering the direction of the applied electric field, *Chem. Commun.*, **57**, 5999–6002 (2021).

Shodai Hasebe, Daisuke Matsuura, Takaaki Mizukawa, Toru Asahi, Hideko Koshima, Light-driven Crystal–polymer Hybrid Actuators, *Front. Robot. AI*, **8**, 684287 (2021).

Takuya Taniguchi, Miri Nakamura, Koichi Tsutao, Kohei Otogawa, Yoshiyuki Ogino, Toru Asahi, Reformation of Thalidomide from its Hydrolysis Compound via Intramolecular Dehydration, *Chem Lett.*, **50**, 1388–1391 (2021)

Akihiro Yamashita, Takahiro Nagata, Shinjiro Yagyu, Toru Asahi, Toyohiro Chikyow, Accelerating two-dimensional X-ray diffraction measurement and analysis with density-based clustering for thin films, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **60**, SCCG04 (2021).

#### 4.2 総説・著書

<Review Paper>Hideko Koshima, Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Toru Asahi, Mechanically Responsive Organic Crystals by Light, *Israel Journal of Chemistry*, **61**, 683-696 (2021).

#### 4.3 招待講演

Toru Asahi, “Applications of the Generalized High Accuracy Universal Polarimeter (G-HAUP) to Solid State Sciences” The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, March 11(2022).

#### 4.4 受賞・表彰

#### 4.5 学会および社会的活動

国際会議・国内学会における代表的な業績を記する。

(1) 日本化学会第 102 春季年会 (オンライン)

【口頭】 機械学習を活用した様々なヤング率のサリチリデンアミン結晶の設計と作製  
石崎 一輝, 朝日 透, 谷口 卓也, H301-1am-05, 2022/03/23, 09:40-09:50

【口頭】 サリチリデンアニリン結晶の光熱誘起固有振動による高速屈曲  
長谷部 翔大, 萩原 佑紀, 朝日 透, 小島 秀子, C204-1pm-06, 2022/03/23, 15:20-15:40

【口頭】 機械学習を活用した分子結晶における構造相転移の発現傾向の探索  
高木 大輔, 朝日 透, 谷口 卓也, A204-4am-05, 2022/03/26, 09:40-09:50

【口頭】 MI における有機固体の記述法の検討  
谷口 卓也, 細川 真由子, 朝日 透, A204-4am-10, 2022/03/26, 10:30-10:40

(2) Pacifichem 2021 (オンライン)

【Oral】 Crystal motion induced by photo-triggered phase transition

Yuki Hagiwara, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3417671, December 18, 2021, 10:15am-10:35am (JST)

**【Oral】** Polarity and chirality in ferroelectric alanine-doped triglycine sulfate crystals

Yukana Terasawa, Toshio Kikuta, Masaaki Ichiki, Sota Sato, Kazuhiko Ishikawa, Toru Asahi, 3431895, December 18, 2021, 1:45pm-02:05pm (JST)

**【Poster】** Crystal actuation induced by thermal phase transition and photothermal effect  
Yuki Hagiwara, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3411844, December 18, 2021, 02:00pm-04:00pm (JST)

**【Poster】** Difference of photomechanical behavior of polymorphic crystals of salicylideneaniline with 4-fluoro substituent

Shodai Hasebe, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3413901, December 18, 2021, 02:00pm-04:00pm (JST)

**【Oral】** Computational analysis of intermolecular interactions in the crystal with a structural phase transition

Daisuke Takagi, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, 3434533, December 19, 2021, 01:30pm-01:50pm (JST)

**【Poster】** Deflection and force of a photo-bending crystal modeled by machine learning-based regression

Kazuki Ishizaki, Yuki Hagiwara, Hideko Koshima, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, 3567579, December 19, 2021, 02:00pm-04:00pm (JST)

**【Oral】** Photomechanical behavior of polymorphic crystals of salicylideneaniline with 3-amide substituent

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3421664, December 20, 2021, 11:30am-12:00pm (JST)

**【Poster】** Photo-conversion of 3D self-assembly structure into continuous covalent structure via [2+2] cycloaddition reaction

Moeka Inada, Akihiro Udagawa, Sota Sato, Toru Asahi, Kei Saito, 3425926, December 20, 2021, 02:00pm-04:00pm (JST)

**【Poster】** Optical properties in chiral crystals of thalidomide

Mizuki Kira, Koichi Tsutao, Kun Zhang, Masahito Tanaka, Norio Shibata, Toru Asahi, 3591177, December 20, 2021, 02:00pm-04:00pm (JST)

**【Oral】** Photothermally driven crystal actuators

Yuki Hagiwara, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3410433, December 21, 2021, 08:05am-08:25am (JST)

**【Oral】** Actuation force and elastic properties of photomechanical crystals

Takuya Taniguchi, Kazuki Ishizaki, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3440813, December 21, 2021, 02:00pm-02:30pm (JST)

**【Oral】** Difference of photomechanical behavior of polymorphic crystals of salicylideneaniline with 3-carboxy substituent

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3411847, December 21, 2021, 01:00pm-01:20pm (JST)

**【Oral】** Actuation and mechanical properties of a crystal with the photo-triggered phase transition

Takuya Taniguchi, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3411855, December 22, 2021, 03:10pm-03:30pm (JST)

(3) 日本結晶学会 令和3年度年会 (オンライン)

**【口頭】** 光による結晶のねじれ発生と動的挙動解析

谷口 卓也, 石崎 一輝, 高木 大輔, 重宗 宏毅, 西村 一紀, 倉持 昌弘, 佐々木 裕次, 小島 秀子, 朝日 透, OB-I-04, 2021/11/19

**【口頭】** 硫酸トリグリシン結晶の中性子による構造解析

寺澤 有果菜, 大原 高志, 佐藤 宗太, 朝日 透, OB-I-11, 2021/11/19

**【ポスター】** 銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  における巨大な光学的異方性

チョウ コン, 中川 鉄馬, 松本 匡貴, 篠 元輝, 松田 梓, 池田 卓史, 佐藤 宗太, 朝日 透, PA-I-03, 2021/11/19

**【ポスター】** 機械学習を用いた多様なヤング率の光駆動結晶の設計と作製

石崎 一輝, 朝日 透, 谷口 卓也, PB-I-03, 2021/11/19

**【ポスター】** サリドマイドの単結晶育成および G-HAUP による光学的性質の測定

吉良 美月, 蔦尾 滉一, チョウ コン, 寺澤 有果菜, 佐藤 宗太, 吉田 知史, 柴田 哲男, 朝日 透, PB-I-20, 2021/11/19

(4) Asian Photochemistry Conference (APC) 2021 (Online)

**【Oral】** High-speed Crystal Actuation by Photoisomerization, Photothermal Effect, and Natural Vibration

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Jun Komiya, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Tetsuro Katayama, Daiki Yamanaka, Akihiro Furube, Hiroyasu Sato, Toru Asahi, Hideko Koshima, ThD1-05-05, November 4

**【Poster】** Photothermally Induced Fast Bending and Natural Vibration of Anisole Crystals  
Yuki Hagiwara, Shodai Hasebe, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Toru Asahi, Hideko Koshima, P-05-6, November 4

(5) 第42回日本熱物性シンポジウム (オンライン)

**【口頭】** 光熱駆動結晶アクチュエーションとそのシミュレーション

萩原 佑紀, 長谷部 翔大, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 片山 哲郎, 古部 昭広, 朝日 透, 小島 秀子, C111, 2021/10/25

(6) 第11回CSJ化学フェスタ (オンライン)

**【口頭】** 光熱効果と固有振動を用いた高速結晶アクチュエータの開発

萩原 佑紀, 長谷部 翔大, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 朝日 透, 小島 秀子, H2-17, 2021/10/20

**【ポスター】** 構造相転移を発現する分子結晶の分子間相互作用解析

高木 大輔, 朝日 透, 谷口 卓也, P1-074, 2021/10/19

**【ポスター】** 光熱効果と固有振動を用いた高速結晶アクチュエータの開発

萩原 佑紀, 長谷部 翔大, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 朝日 透, 小島 秀子, P2-082, 2021/10/19

**【ポスター】** 光異性化、光熱効果、固有振動を利用したサリチリデンアニリン結晶の高速アク

チュエータ

長谷部 翔大, 萩原 佑紀, 小宮 潤, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 片山 哲郎, 山中 大樹, 古部 昭広, 佐藤 寛泰, 朝日 透, 小島 秀子, P2-083, 2021/10/19

【ポスター】 機械学習を活用した多様なヤング率を持つ光駆動結晶の設計と作製  
石崎 一輝, 朝日 透, 谷口 卓也, P6-109, 2021/10/20

(7) 第 29 回有機結晶シンポジウム (Online)

【口頭】 光異性化、光熱効果、固有振動に基づくサリチリデンアニリン結晶の高速屈曲  
長谷部 翔大, 萩原 佑紀, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 片山 哲郎, 古部 昭広, 佐藤 寛泰, 朝日 透, 小島 秀子, O-2, 2021/09/27

【口頭】 光熱効果によるアニソール結晶の高速屈曲と固有振動  
萩原 佑紀, 長谷部 翔大, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 朝日 透, 小島 秀子, O-3, 2021/09/27

(8) 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 (Online)

【ポスター】 光熱効果と固有振動を利用した高速結晶アクチュエータの開発  
長谷部 翔大, 萩原 佑紀, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 片山 哲郎, 古部 昭広, 朝日 透, 小島 秀子, 23a-P02-1, 2021/09/23

【ポスター】 光熱効果による誘起・共振に基づく結晶の高速固有振動  
萩原 佑紀, 長谷部 翔大, 劉 芽久哉, 藤澤 弘樹, 森川 淳子, 朝日 透, 小島 秀子, 23a-P02-5, 2021/09/23

(9) 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス (Online)

【口頭】 光で曲がる有機単結晶の変位と発生力  
石崎 一輝, 萩原 佑紀, 小島 秀子, 谷口 卓也, 朝日 透, OS0305, 2021/09/15

(10) 2021 年光化学討論会 (Online)

【ポスター】 High-speed Bending of Anisole Crystals Based on Photothermal Effect and Natural Vibration  
Yuki Hagiwara, Shodai Hasebe, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Toru Asahi, Hideko Koshima, 1P50, 2021/09/14

【口頭】 High-speed Bending of Salicylideneaniline Crystals based on Photoisomerization, Photothermal Effect, and Natural Vibration.  
Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Jun Komiya, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Tetsuro Katayama, Daiki Yamanaka, Akihiro Furube, Hiroyasu Sato, Toru Asahi, Hideko Koshima, 3D01, 2021/09/16

(11) 第 70 回高分子討論会 (オンライン)

【ポスター】 シロキサンを有する 4 分岐架橋ポリマー/銀ナノ複合材料の作製と自己修復性評価  
稲田 萌花, 朝日 透, 齋藤 敬, 2Pe059, 2021/9/7

(12) IUCr 2021 (Prague, Czech Republic/Online)

【Oral】 Preferences of Chirality and Polarity in Triglycine sulfate Crystals  
Yukana Terasawa, Toshio Kikuta, Masaaki Ichiki, Sota Sato, Kazuhiko Ishikawa, Toru Asahi, MS-3, 15/Aug/2021, 18:45pm-19:05pm (JST)

【Poster】 Computational analysis of intermolecular interactions in a crystal with

structural phase transitions

Daisuke Takagi, Toru Asahi, Takuya Taniguchi, Poster-21, 18/Aug/2021, 00:10am-00:40am (JST)

【Poster】 Crystal growth and optical study of thalidomide

Mizuki Kira, Koichi Tsutao, Kun Zhang, Yukana Terasawa, Norio Shibata, Toru Asahi, Poster-19, 18/Aug/2021, 00:10am-00:40am (JST)

【Poster】 Symmetry breaking and Optical property of high-temperature superconductor  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$

Kun Zhang, Masataka Matsumoto, Kenta Nakagawa, Azusa Matsuda, Genki Shino, Toru Asahi, Poster-27, 19/Aug/2021, 00:40am-01:10am (JST)

【Poster】 Photothermal high-speed crystal actuation and the simulation

Shodai Hasebe, Yuki Hagiwara, Jun Komiya, Meguya Ryu, Hiroki Fujisawa, Junko Morikawa, Tetsuro Katayama, Daiki Yamanaka, Akihiro Furube, Hiroyasu Sato, Toru Asahi, Hideko Koshima, Poster-29, 19/Aug/2021, 00:10am-00:40am (JST)

【Poster】 Model construction of actuation performance of a photo-bending crystal using machine learning-based regression.

Kazuki Ishizaki, Yuki Hagiwara, Hideko Koshima, Takuya Taniguchi, Toru Asahi, Poster-38, 20/Aug/2021, 00:10am-00:40am (JST)

【Oral】 Crystal locomotion driven by photo-triggered phase transition

Yuki Hagiwara, Akifumi Takanabe, Toru Asahi, Hideko Koshima, MS-100, 21,22/Aug/2021, 23:50pm-24:10am (JST)

【Poster】 Preferences of Chirality and Polarity in Triglycine sulfate Crystals

Yukana Terasawa, Toshio Kikuta, Masaaki Ichiki, Sota Sato, Kazuhiko Ishikawa, Toru Asahi, Poster-53, 22/Aug/2021, 00:40am-01:10am (JST)

(13) 第70回高分子学会年次大会

【ポスター】 細胞外マトリックスを化学固定した PMDS 表面の伸展培養への応用と評価  
森 一明, 片岡 孝介, 秋山 義勝, 朝日 透 1Pa079, 2021/5/26

研究代表者の朝日透がチェコのプラハにおいてハイブリッドで開催された IUCr 2021 - XXV General Assembly and Congress of the International Union of Crystallography (2021年8月14日~8月22日: <https://www.iucr.org/iucr/cong/iucr-xxv>) の Microsymposium 「Crystal chemistry with emerging technology」 の Co-chair を務めた。

## 5. 研究活動の課題と展望

本研究プロジェクトで得た成果も活用して、新たなプロジェクト「SDGs 実現に向けた高機能性薄膜・結晶の開発とその機能発現機構の解明」を理工総研プロジェクト研究として展開する。