

令和 3 年 5 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01205

研究課題名(和文) 動的共有結合化学を利用する繰り返し駆動型メカノクロミック高分子の創製

研究課題名(英文) Repeatable Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry

研究代表者

大塚 英幸(Otsuka, Hideyuki)

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：00293051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高分子鎖中の特定の炭素-炭素共有結合が力学的な刺激によって選択的かつ可逆的に切断することで発生する炭素ラジカルに由来した着色・発光挙動を示すメカノクロミックポリマーの開発と設計指針の確立を実現した。空気中에서도比較的高い安定性を有する特殊な炭素ラジカル種を生成し、平衡条件に供することで炭素ラジカルが再結合して元の分子骨格に戻る多様な反応性高分子群を創製することに成功した。また、鍵となるメカノクロミック分子の構造と力学的刺激による高分子反応との相関関係を解明することで、高分子メカノケミストリーの学術基盤を構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、力学的な刺激によって共有結合が開裂し安定なラジカル種が生成して様々な色に着色し、ラジカル種が再結合することで元の分子骨格に戻るというプロセスを定量的に解析し、多くの高分子科学者が夢見てきた新材料の実現に繋がる研究成果が得られた。特に、炭素-炭素結合を有するメカノクロミック分子の高い潜在能力に注目し、動的共有結合化学に基づき繰り返し駆動可能なメカノクロミック高分子の構築を実現できたことは、学術的に大きな意義があるだけでなく、安心・安全な社会の実現に向けて、高分子の寿命予測や危険予知にも繋がる重要かつ特徴的な研究成果である。

研究成果の概要(英文)：In this project, we have established design guidelines for repeatable mechanochromic polymers that exhibit color change and fluorescent emission originated from the generated carbon-centered radicals based on polymer reactions in which specific carbon-carbon covalent bonds in polymer chains are selectively and reversibly cleaved by mechanical stimuli. We have succeeded in developing various reactive polymers by generating unique carbon-centered radicals that have relatively high stability even in air. By subjecting the mechanochromic polymers to equilibrium conditions, the carbon-centered radicals recombine to return to their original molecular skeletons. Furthermore, by investigating the relationship between the structures of mechanochromic molecules and the polymer reactions induced by mechanical stimuli, we were able to establish an academic foundation for polymer mechanochemistry.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子反応 動的共有結合化学 メカノクロミズム 高分子合成 高分子構造・物性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、圧縮や延伸などの力学的刺激によって色調が変化するメカノクロミズム現象が注目を集めている。高分子系では主に3つのアプローチによる研究展開がなされており、1)構造色系、2)蛍光色素系、3)化学反応系、に分類できる(図1)。特に化学反応系に関しては、イリノイ大学のグループによってスピロピラン骨格を主鎖中に導入した高分子が、力学的な刺激によりメロシアンニン骨格に異性化して

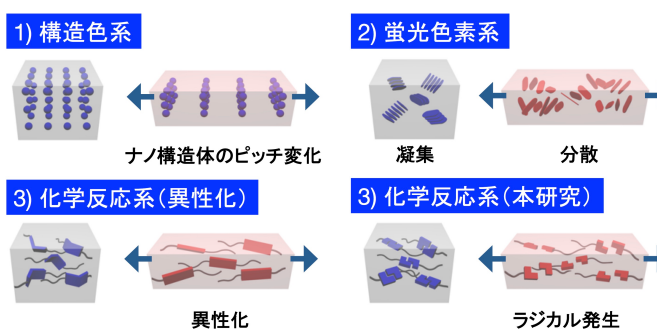


図1 メカノクロミック高分子の設計アプローチ

顕著な色調変化を示すことが報告され(Nature, 2009)、この分野のブレークスルーとなった。こうした力学的な刺激により色調が変化する発色団(メカノクロモフォア)を利用することで、高分子が受ける力学的なストレスを視覚的に検出可能であるが、研究開始当初はまだ多くの例は報告されておらず、未開拓な領域であった。

研究開始時点までに、研究代表者は、ジアリールビベンゾフラン骨格(DABBF、図2)に代表される開裂付加平衡系の炭素-炭素共有結合を有する分子骨格を利用して自己修復性高分子の研究(Angew. Chem. Int. Ed., 2012 など)を行ってきたが、その過程でDABBF骨格がメカノクロミック特性を発現することを偶発的に見出した(Angew. Chem. Int. Ed., 2015 など)。このDABBF骨格の特徴をヒントにして、新たなメカノクロモフォアを分子設計・合成することで、高分子反応へと展開可能なメカノクロモフォアのライブラリーを構築でき、さらに多彩な高分子設計と組み合わせることによる相乗効果により、高分子化学分野の未踏領域に対して確固たる研究戦略をもって開拓できるとの着想に至り、本研究の計画を立案した。

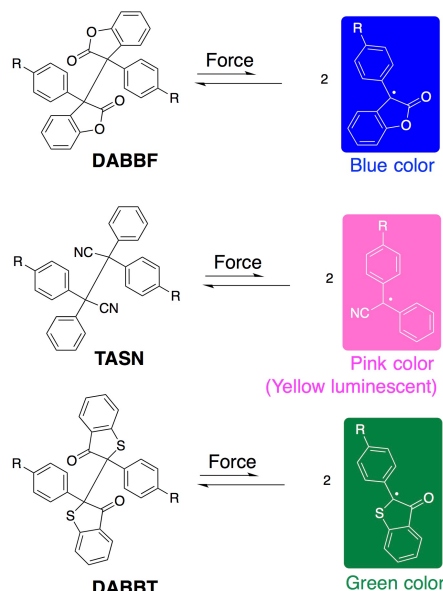


図2 メカノクロモフォアの例

2. 研究の目的

本研究では、力学的な刺激により高分子鎖中の特定の炭素-炭素共有結合が選択的かつ可逆的に切断する高分子反応を基盤として、発生する炭素ラジカルに由来した着色・発光挙動を示すメカノクロミックポリマーの開発とそれらの設計指針の確立を目的とした。空気中でも比較的高い安定性を有する特殊な炭素ラジカル種を生成し、平衡条件に供することで炭素ラジカルが再結合して元の分子骨格に戻る多様な反応性高分子群を創製することを計画した。また、鍵となる平衡系を有する分子骨格における電子状態と力学的刺激による高分子反応との相関関係を解明することで、これまで系統的な研究が行われてこなかった高分子メカノケミストリーの学術基盤の構築を目指した。

3. 研究の方法

当初計画通り、以下の3つのステージを柱として研究を進めた。

- ・ステージ1: メカノクロモフォアライブラリーの構築
- ・ステージ2: メカノクロミック高分子の合成と評価
- ・ステージ3: メカノクロミック高分子のマルチカラー化

ステージ1では、研究代表者が小スケールでの合成に成功したテトラアリールスクシニトリル(TASN、図2)およびジアリールビベンゾチオフェノニル(DABBT、図2)のジオール誘導体およびテトラオール誘導体の効率的合成法を確立した。さらに磨り潰しによって蛍光発光も示すTASN誘導体に関しては、置換基の異なる一連の誘導体を合成し、これまで全く検討がなされて来なかったメカノクロモフォアの置換基効果を系統的に明らかにした。置換基を系統的に変えることで、i)力学的刺激に対する炭素-炭素結合の開裂挙動がどのように変化するか、ii)色調変化や発光挙動がどのように変化するか、の2点に関して知見を得ることができた。

ステージ2では、DABBF、TASN、DABBTの3系統の高分子を合成し、力学的刺激による反応性すなわちメカノクロミック挙動を調査した(図3)。また、これまでに多くの知見が得られているDABBF系の高分子に関しては、高分子の結晶性やガラス転移温度を変えることで、メカノクロミック挙動がどのように変化するかを明らかにし、分子鎖の自由度と力学応答性との相関関係を解明することに成功した。さらに、多様な高分子を系統的に合成し、引張試験、圧縮試験、電子スピン共鳴(ESR)測定、紫外可視分光(UV-Vis)測定などを駆使して、定性的のみならず定量的な解析を行い、動作原理の解明および普遍的な分子設計指針を確立した。

ステージ3では、DABBF、TASN、DABBTの3系統のポリマーが異なる色調を有することを利用して、メカノクロミック高分子のマルチカラー化を行った。多彩な色に着色するメカノクロミック高分子材料を作製するだけでなく、特定の位置に異なるメカノクロモフォアを導入することで、分子レベルでどの部位に応力が集中しているかを解明した。空気中でも高い安定性を有するラジカル種を生成することで、高分子に印加される応力を色彩変化として検出可能にし、一定時間が経過した後は再結合して元の分子骨格に戻ることで、繰り返し駆動もできるようなマルチカラーメカノクロミック高分子の創製へと繋げることができた。

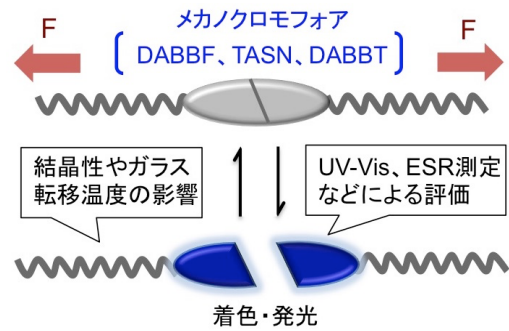


図3 メカノクロモフォアをもつ高分子の反応

4. 研究成果

初年度はメカノクロモフォアライブラリーの構築を目指すステージ1（メカノクロモフォアライブラリーの構築）から研究を着手した。当初計画していた、ジアリールビベンゾフラン（DABBF）、テトラアリールスクシニトリル（TASN）、ジアリールビベンゾチオフェニル（DABBT）の3系統の全てメカノクロモフォアに関して、水酸基を2つ有するジオール誘導体をターゲットとして合成を検討した結果、反応条件や精製方法を精査することで、グラムスケールで効率的に合成する手法を確立することに成功した。さらに、磨り潰しによって発光挙動も示すTASN誘導体に関しては、メトキシ基、メチル基、ブロモ基、ニトロ基、さらに無置換の誘導体など、置換基が異なる一連の誘導体を合成した。得られたメカノクロモフォアライブラリーは、低分子状態で磨り潰し試験を行い、力学応答挙動の観察を行い、メカノクロモフォアの構造に応じて、全く異なる着色・発光挙動を示すことが明らかとなった。また、色調変化の観察だけでなく、電子スピン共鳴（ESR）測定を利用して、ラジカル種の発生挙動の定性および定量評価を行い、さらには温度可変 ESR 測定を駆使して、結合開裂のエネルギー算出を行った。一部の誘導体に関しては、計算化学によるシミュレーションを行い、力学的な結合開裂挙動の解析を実施した。これらの結果、同一のTASN誘導体においては、置換基の電子特性により、系統的に力学応答性が変化することを見出した。

2年度目は、初年度に着手したメカノクロモフォアライブラリーの構築と評価（ステージ1）に関して当初計画をほぼ完了した。初年度に、3種類のメカノクロモフォアのジオール誘導体、およびポリスチレン誘導体の合成を完了しており、TASNに関しては様々な置換基を有する一連の誘導体の合成にも成功していたが、さらに2年度目は複数のメカノクロモフォアを新たに開発して、メカノクロモフォアライブラリーの構築拡充と評価を行った。

また、メカノクロミック高分子の合成と評価（ステージ2）に関しても、初年度に引き続き、ポリスチレン、アクリル系ポリマー、セグメント化ポリウレタン、などを合成し、メカノクロミック特性の評価を行い、新たな知見が数多く得られた。特に、このステージ2については大きな進展があり、メカノクロミック高分子の合成と構造解析の実施に必要な大型解析装置を購入して、メカノクロミック高分子の合成と評価に関する研究を大きく加速させることができた。特に大きな進展は、幅広いモノマーを重合可能なラジカル重合によってメカノクロミック高分子を簡便に合成できるようになったことである。さらに、メカノクロミック高分子のマルチカラー化（ステージ3）に関しては、当初の計画では2年度目から着手予定であったが、すでに初年度において、ポリスチレン系でマルチカラーメカノクロミズムの検討を前倒して実施し、7色のメカノクロミックポリスチレンの構築に成功している。2年度目は、これまでに得られた知見をもとに、本格的にマルチカラーメカノクロミックポリマーに関する研究を推進し、力学的な強度の違いによって多段階の色彩変化を示すメカノクロミックポリマーの開発に成功した。

3年度目は、2年度目までに進めてきたメカノクロモフォアライブラリーの構築と評価（ステージ1）において新たに開発したメカノクロモフォアを利用して、高分子化およびそのメカノクロミック特性評価を基礎的かつ学術的な視点を重視して検討した。具体的には、新たに開発に成功したジアリールビインドリノン（DABI）やジフルオロエニルスクシニトリル（DFSN）などの新規メカノクロモフォアを用いて、メカノクロミック高分子の合成と評価（ステージ2）を行った。2年度目に引き続き、ポリスチレン、アクリル系ポリマー、セグメント化ポリウレタン、などを合成し、これらのメカノクロモフォアを架橋点に導入した架橋高分子の合成も行うことに成功した。メカノクロミック高分子のマルチカラー化（ステージ3）に関しては、2年度目に予算の前倒しを行い研究が加速したおかげで、2年度目までにいくつかのメカノクロミックポリマーの開発に成功していたが、3年度目は、別の設計指針に基づいて、これまでの知見をもとにマルチカラーメカノクロミックポリマーに関する研究を推進した。

最終年度は、3年度目までに進めてきたメカノクロモフォアライブラリーの構築と評価（ステ

ージ1)において新たに開発したメカノクロモフォアをさらに拡張して、高分子化およびそのメカノクロミック特性評価を基礎的かつ学術的な視点を重視して検討した。特に、DABBF および DASN 骨格を利用して、ハイブリッド型のメカノクロモフォアを開発し、新たな様々なメカノクロミック高分子の合成と評価(ステージ2)にも成功した。さらに、樹状高分子である dendrimer、非共有結合による会合を利用した超分子ポリマー、などを合成し、高分子のサイズや相互作用がメカノクロミズムに及ぼす影響を系統的に明らかにすることができた。また、メカノクロミック高分子のマルチカラー化(ステージ3)に関しては、3年度目までにいくつかのメカノクロミックポリマーの開発に成功しているが、最終年度は、メカノクロモフォアに連結する高分子の分子量を変えることで、逐次的に色彩が変化するメカノクロミック高分子の実現に成功した。これまでの知見をもとに、さまざまなタイプのマルチカラーメカノクロミックポリマーに関する知見を得ることができた。得られた研究成果を体系化し、学術的な価値を積極的に発信した。新型コロナウイルスによる影響で学会(特に国際学会)の延期や中止が相次いだため、特に論文発表を重視した。

一連の研究は、研究協力者として青木大輔氏が参画することで効率的に進めることができ、研究成果は当初計画よりも遥かに多くなった。研究の過程で新たに見いだされた現象の解明など、今後の更なる学術発展に貢献できる結果が数多く得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Aoki Daisuke, Yanagisawa Moeko, Otsuka Hideyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Synthesis of well-defined mechanochromic polymers based on a radical-type mechanochromophore by RAFT polymerization: living radical polymerization from a polymerization inhibitor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 4290 ~ 4296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0py00590h	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 Xu Hao, Suzuki Nao, Takahashi Akira, Ohishi Tomoyuki, Goseki Raita, Xie Xu-Ming, Otsuka Hideyuki	4. 巻 21
2. 論文標題 Structural reorganization and crack-healing properties of hydrogels based on dynamic diselenide linkages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 450 ~ 460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2020.1783967	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 Sakai Hio, Aoki Daisuke, Seshimo Kota, Mayumi Koichi, Nishitsuji Shotaro, Kurose Takashi, Ito Hiroshi, Otsuka Hideyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Visualization and Quantitative Evaluation of Toughening Polymer Networks by a Sacrificial Dynamic Cross-Linker with Mechanochromic Properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1108 ~ 1113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.0c00321	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 Ishizuki Kuniaki, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 42
2. 論文標題 Mechanochromic Polymers That Recognize the Duration of the Mechanical Stimulation via Multiple Mechanochromism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecular Rapid Communications	6. 最初と最後の頁 2000429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/marc.202000429	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 Kato Sota, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Postmodification of Polymer Networks via the Freezing-Induced Generation of Radicals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 594 ~ 598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.0c01195	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 Kato Sota, Furukawa Shigeki, Aoki Daisuke, Goseki Raita, Oikawa Kazusato, Tsuchiya Kousuke, Shimada Naohiko, Maruyama Atsushi, Numata Keiji, Otsuka Hideyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Crystallization-induced mechanofluorescence for visualization of polymer crystallization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-20366-y	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 Yanada Kosaku, Kato Sota, Aoki Daisuke, Mikami Koichiro, Sugita Hajime, Otsuka Hideyuki	4. 巻 57
2. 論文標題 Non-symmetric mechanophores prepared from radical-type symmetric mechanophores: bespoke mechanofunctional polymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2899 ~ 2902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC08048A	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 Watabe Takuma, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 54
2. 論文標題 Enhancement of Mechanophore Activation in Mechanochromic Dendrimers by Functionalization of Their Surface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 1725 ~ 1731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.0c02497	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 Kida Jumpei, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Self-Strengthening of Cross-Linked Elastomers via the Use of Dynamic Covalent Macrocyclic Mechanophores	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 558 ~ 563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.1c00124	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 大塚英幸, 青木大輔	4. 巻 69
2. 論文標題 高分子反応を利用したメカノクロミックポリマー	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 515 ~ 517
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 Kato Sota, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Introducing static cross-linking points into dynamic covalent polymer gels that display freezing-induced mechanofluorescence: enhanced force transmission efficiency and stability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 2636 ~ 2640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9py00204a	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 Watabe Takuma, Ishizuki Kuniaki, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 55
2. 論文標題 Mechanochromic dendrimers: the relationship between primary structure and mechanochromic properties in the bulk	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6831 ~ 6834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC03011E	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 Kosuge Takahiro, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 177
2. 論文標題 Network reorganization in cross-linked polymer/silica composites based on exchangeable dynamic covalent carbon-carbon bonds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 10 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2019.05.046	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 Hoshino Fumika, Kosuge Takahiro, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Mechanofluorescent polymer/silsesquioxane composites based on tetraarylsuccinonitrile	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 2681 ~ 2685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9qm00535h	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 Kawasaki Kazuma, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 41
2. 論文標題 Diaryliindolinones as Substituent Tunable Mechanochromophores and Their Application in Mechanochromic Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Macromolecular Rapid Communications	6. 最初と最後の頁 1900460 ~ 1900460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/marc.201900460	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 Lu Yi, Aoki Daisuke, Sawada Jun, Kosuge Takahiro, Sogawa Hiromitsu, Otsuka Hideyuki, Takata Toshikazu	4. 巻 56
2. 論文標題 Visualization of the slide-ring effect: a study on movable cross-linking points using mechanochromism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3361 ~ 3364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC09452K	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 Kato Sota, Ishizuki Kuniaki, Aoki Daisuke, Goseki Raita, Otsuka Hideyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Freezing-Induced Mechanoluminescence of Polymer Gels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1087 ~ 1091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.8b00521	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 Kida Jumpei, Imato Keiichi, Goseki Raita, Aoki Daisuke, Morimoto Masakazu, Otsuka Hideyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 The photoregulation of a mechanochemical polymer scission	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3504 (1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-05996-7	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 Suzuki Nao, Takahashi Akira, Ohishi Tomoyuki, Goseki Raita, Otsuka Hideyuki	4. 巻 154
2. 論文標題 Enhancement of the stimuli-responsiveness and photo-stability of dynamic diselenide bonds and diselenide-containing polymers by neighboring aromatic groups	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 281 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.09.022	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 Sakai Hio, Sumi Toshikazu, Aoki Daisuke, Goseki Raita, Otsuka Hideyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Thermally Stable Radical-Type Mechanochromic Polymers Based on Difluorenylsuccinonitrile	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1359 ~ 1363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.8b00755	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 Kida Jumpei, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Photoinduced Regulation of the Heat Resistance in Polymer Networks with Diarylethene-Conjugated Reversible Covalent Cross-Links	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.8b00876	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 Kosuge Takahiro, Zhu Xiaolei, Lau Vivian M., Aoki Daisuke, Martinez Todd J., Moore Jeffrey S., Otsuka Hideyuki	4. 巻 141
2. 論文標題 Multicolor Mechanochromism of a Polymer/Silica Composite with Dual Distinct Mechanophores	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1898~1902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b13310	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 Sumi Toshikazu, Goseki Raita, Otsuka Hideyuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Tetraarylsuccinonitriles as mechanochromophores to generate highly stable luminescent carbon-centered radicals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 11885~11888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC06913H	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 Takahashi Akira, Goseki Raita, Ito Kohzo, Otsuka Hideyuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Thermally Healable and Reprocessable Bis(hindered amino)disulfide-Cross-Linked Polymethacrylate Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1280~1284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.7b00762	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 Ishizuki Kuniaki, Oka Hironori, Aoki Daisuke, Goseki Raita, Otsuka Hideyuki	4. 巻 24
2. 論文標題 Mechanochromic Polymers That Turn Green Upon the Dissociation of Diarylbibenzothiophenonyl: The Missing Piece toward Rainbow Mechanochromism	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 3170 ~ 3173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201800194	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 Imato Keiichi, Otsuka Hideyuki	4. 巻 137
2. 論文標題 Reorganizable and stimuli-responsive polymers based on dynamic carbon-carbon linkages in diarylbibenzofuranones	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 395 ~ 413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.01.038	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 Kida Jumpei, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Mechanophore activation enhanced by hydrogen bonding of diarylurea motifs: An efficient supramolecular force transducing system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aggregate	6. 最初と最後の頁 e50: 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/agt2.50	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 Kato Sota, Aoki Daisuke, Otsuka Hideyuki	4. 巻 50
2. 論文標題 Toughening of Polymer Networks by Freezing-induced Monomer Insertion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1223 ~ 1225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210142	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88件（うち招待講演 27件 / うち国際学会 39件）

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合を利用した自己修復性高分子の開発と異種架橋高分子の融合
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合化学を基盤とするメカノファンクショナル高分子の設計
3. 学会等名 第95回高分子若手研究会[関西]（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 メカノクロミズムの物理化学と力学多機能高分子材料創製
3. 学会等名 AISTUS-SMee構造材料電子的エンジニアリング第4回研究会「材料の破壊と電子構造」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 築田耕作・加藤颯太・青木大輔・大塚英幸
2. 発表標題 異なるラジカル種を発生する非対称メカノクロモフォアを有するメカノクロミックポリマーの創製
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤颯太、青木大輔、及川和聡、土屋康佑、嶋田直彦、丸山厚、沼田圭司、大塚英幸
2. 発表標題 蛍光性メカノクロモフォアによる高分子結晶化の可視化
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡部拓馬・青木大輔・大塚英幸
2. 発表標題 メカノクロミックデンドリマーの表面官能基変換による力学応答特性の向上
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 重合禁止剤として働くラジカル系メカノフォア骨格を有する RAFT剤の開発とその重合挙動
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本拓実、加藤颯太、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 固体状態におけるポリマーメカノラジカルの検出を志向した蛍光分子プローブの開発
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 築田耕作, 加藤颯太, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 二種類のラジカルを発生する非対称ラジカル系メカノフォアを有するメカノクロミックポリマー
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本拓実, 加藤颯太, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 高分子固体中のポリマーメカノラジカルの検出を志向した蛍光分子プローブの開発
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬下滉太, 酒井飛鷹, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 力学的刺激により架橋ネットワークを形成する反応性高分子の開発
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kota Seshimo, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Segmented Polyurethane Elastomers with Mechanochromic and Self-strengthening Functions
3. 学会等名 3rd G'Lowing Polymer Symposium in Kanto (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Yamamoto, Sota Kato, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Detection and Quantitative Evaluation of Polymer Mechanoradicals Using Fluorescent Molecular Probes in Bulk State
3. 学会等名 3rd G'L'owing Polymer Symposium in Kanto (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kosaku Yanada, Sota Kato, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Asymmetric Radical-type Mechanochromophores toward the Design of Controlled Mechanofunctional Polymers
3. 学会等名 3rd G'L'owing Polymer Symposium in Kanto (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木田淳平, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 高分子メカノケミカル反応を制御可能なメカノフォア設計に関する研究
3. 学会等名 関東高分子若手研究会 2020 年度学生発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本拓実, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 高分子の破壊に伴い発生するメカノラジカルを可視化可能な蛍光性ポリスチレンの開発
3. 学会等名 関東高分子若手研究会 2020 年度学生発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本拓実, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 蛍光分子プローブを用いた高分子主鎖切断に伴い発生するメカノラジカルの可視化
3. 学会等名 関東高分子若手研究会 2020 年度学生発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田里穂, 渡部拓馬, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 メカノクロミック特性を有するボトルブラシポリマーの合成
3. 学会等名 関東高分子若手研究会 2020 年度学生発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤颯太, 青木大輔, 及川和聡, 土屋康佑, 嶋田直彦, 丸山厚, 沼田圭司, 大塚英幸
2. 発表標題 蛍光性メカノクロモフォアを用いた高分子の結晶化ならびにネッキング現象の可視化
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 木田淳平, 青木大輔, 大塚英幸
2. 発表標題 環状メカノフォアを有する架橋高分子のメカノケミストリー
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 大塚英幸
2. 発表標題 自己修復および危険予知を目指した高分子の設計
3. 学会等名 CERI公開講座「ゴム・プラスチックの安全、安心 - 身の回りから先端材料まで - 」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Self-healing and Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 2019 US-Japan Symposium on Polymer Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Dynamic Covalent Chemistry Approaches toward Self-healing and Mechanochromic Polymers
3. 学会等名 The 7th Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 PSK (Polymer Society of Korea) Fall Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合が拓くソフトマテリアル化学
3. 学会等名 第28回ポリマー材料フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanofunctional Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 16th Pacific Polymer Conference (PPC16) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanofunctional Polymers for Self-healing and Stress Visualization Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部拓馬、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 異なる末端・分岐構造を有するメカノクロミック dendrimer
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Seshimo, Hio Sakai, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis and Mechanochemical Reactions of Difluorenylsuccinonitrile-containing Mechanochromic Polyurethanes
3. 学会等名 7th International Conference on Self-Healing Materials
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumika Hoshino, Takahiro Kosuge, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanoresponsive (Polymer/Silica) Composites with Tetraarylsuccinonitrile
3. 学会等名 7th International Conference on Self-Healing Materials
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanochromic Dendrimers: The Relationship between Chemical Structure and Mechanochromic Property in the Bulk
3. 学会等名 MechanoChemBio 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部拓馬、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 様々な表面置換基を導入したメカノクロミックデンドリマーの力学応答性評価
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬下滉太、酒井飛鷹、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 力学的刺激による高分子架橋反応とその可視化
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 築田耕作、加藤颯太、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 非対称ラジカル系メカノクロモフォアの開発と高分子反応への展開
3. 学会等名 第9回 CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加曾利亮祐、渡部拓馬、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 静電相互作用を利用するメカノクロミックポリマーの設計
3. 学会等名 第13回超分子若手懇談会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumika Hoshino, Takahiro Kosuge, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanofluorescent (Polymer/Silica) Composites with Tetraarylsuccinonitrile
3. 学会等名 16th Pacific Polymer Conference (PPC16)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis and Mechanochemical Reactions of Diarylbibenzofuranone-Cored Dendrimers
3. 学会等名 16th Pacific Polymer Conference (PPC16)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Seshimo, Hio Sakai, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Force-induced Cross-linking Reaction in a Radical-Type Mechanochromic Polyurethane with Polymerizable Side Chains
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jumpei Kida, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Photoregulation of the Heat Resistance in Network Polymers with Diarylethene-conjugated Diels-Alder Cross-links
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤颯太、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 架橋高分子ゲルの凍結誘起ラジカル生成を利用する高分子修飾
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小菅孝浩、ロブ マックスウェル J.、ハルメス アピゲイル J.、ラウ ビビアン M.、青木大輔、ムーア ジェフェリー S.、大塚 英幸
2. 発表標題 2つのメカノフォアから成る多色性メカノクロミック(高分子・無機)コンポジット材料
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木田淳平・青木大輔・大塚英幸
2. 発表標題 熱解架橋性および熱再成形性を光制御可能な反応性架橋高分子の開発
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡部拓馬、石附邦彬、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 ジアリールビベンゾフラノン骨格をコアとするメカノクロミック dendrimer の合成と力学応答性評価
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井飛鷹、鷺見聡一、後閑頼太、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 熱に安定なメカノフォアを有するメカノクロミックポリマーの合成と特性評価
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤颯太、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 静的および動的な共有結合を架橋点に有する高分子ゲルの凍結誘起メカノルミネッセンス
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 自己修復性や力学応答性を示す機能性動的共有結合ポリマーの設計
3. 学会等名 山形大学GMAPセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Thermally Healable and Reprocessable Polymer Networks Based on Dynamic Covalent Chemistry of Bis(hindered amino)disulfides
3. 学会等名 Polymer Networks and Gels 2018 (PNG2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井飛鷹、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 熱に安定なメカノクロミックポリマーの合成および電子スピン共鳴法による特性評価
3. 学会等名 第22回ESRフォーラム研究会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Kuniaki Ishizuki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Diarylbibenzofuranone-based Mechanochromic dendrimers
3. 学会等名 Japan-Korea Joint Symposium on Polymer Science 2018 (JKJS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Kato, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Freezing-Induced Mechanoluminescence: Dynamic Behaviors and Post-Modification via Radical Generation
3. 学会等名 Japan-Korea Joint Symposium on Polymer Science 2018 (JKJS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hio Sakai, Tosikazu Sumi, Raita Goseki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Thermally Stable Mechanochromic Polymers Having Difluorenylsuccinonitrile
3. 学会等名 256 th ACS National Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junpei Kida, Keiichi Imato, Daisuke Aoki, Raita Goseki, Masakazu Morimoto, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Photoregulation of Mechanochemical Polymer Scission with Diarylethene-conjugated Diels_Alder adduct
3. 学会等名 256 th ACS National Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Kato, Kuniaki Ishizuki, Raita Goseki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Freezing-Induced Mechanoluminescence of Cross-Linked Polymer Gels Based on Mechanocleavable Dynamic Carbon-Carbon Covalent Bonds
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (ECS Student Chapter) (4DMS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Kato, Kuniaki Ishizuki, Raita Goseki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Freezing-Induced Mechanoluminescence of Cross-Linked Polymer Gels Based on Mechanocleavable Dynamic Carbon-Carbon Covalent Bonds
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (4DMS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junpei Kida, Keiichi Imato, Daisuke Aoki, Raita Goseki, Masakazu Morimoto, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Photoregulation of Mechanochemical Polymer Chain Scission Using Photoregulatable Mechanophore
3. 学会等名 MoDeSt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hio Sakai, Tosikazu Sumi, Raita Goseki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanochromic Polymer Having Thermostable Mechanophore
3. 学会等名 MoDeSt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Kato, Kuniaki Ishizuki, Raita Goseki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Freezing-Induced Mechanoluminescence of Cross-Linked Polymer Gels Based on Machanocleavable Dynamic Covalent Bonds
3. 学会等名 MoDeSt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Kuniaki Ishizuki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanochromic Dendrimers Based on Radical-Type Mechanophore
3. 学会等名 MoDeSt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Functional Dynamic Covalent Polymers with Self-healing and Mechanochromic Properties
3. 学会等名 Department Seminar, Department of Chemistry, Hanyang University, Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry,
3. 学会等名 2018 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium (JTBPS2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Kuniaki Ishizuki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanochromic Dendrimers: Dendrimers with a Radical-Type Mechanochromophore at the Core
3. 学会等名 2018 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium (JTBPS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡部拓馬、石附邦彬、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 ラジカル系メカノクロモフォアをコアとするメカノクロミックデンドリマーの力学応答性
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星野文香、小菅孝浩、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 着色・蛍光を示すメカノクロモフォアを導入した力学応答性（ポリマー/シリカ）コンポジットの開発
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎和将、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 ジアリールビンドリノン骨格の合成、特性評価とメカノクロミックポリマーへの展開
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 OIST Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Functional Dynamic Covalent Polymers with Self-healing and Mechanochromic Properties
3. 学会等名 The Ninth International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals (IFOC-9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 International Symposium on Functional Soft Material (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuma Kawasaki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis and Characterization of Structure-Tunable Diarylbiindolinone-Based Mechanochromic Polymers
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Moeko Yanagisawa, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis of Well-defined Mechanochromic Polymers by RAFT Polymerization
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hio Sakai, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis and Characterization of Mechanochromic Block Copolymer with a Thermostable Mechanophore
3. 学会等名 IPC2018 The 12th SPSJ International Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hio Sakai, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Synthesis and Characterization of Mechanochromic Polymers with a Thermostable Mechanophore
3. 学会等名 IPC2018 The 12th SPSJ International Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jumpei Kida, Keiichi Imato, Daisuke Aoki, Masakazu Morimoto, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Photoregulation of a Mechanochemical Polymer Reaction
3. 学会等名 1st Glowing Polymer Symposium in Kanto (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuma Watabe, Kuniaki Ishizuki, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanochromic Dendrimers: Generation Effect on Mechanochemical Activation
3. 学会等名 1st Glowing Polymer Symposium in Kanto (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jumpei Kida, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Photo-induced Regulation of the Heat Resistance in Polymer Networks with Diarylethene-conjugated Reversible Covalent Cross-links
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yamagata University (IPONY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumika Hoshino, Takahiro Kosuge, Daisuke Aoki, Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Mechanofluorescence of Organic-Inorganic Composites with Tetraarylsuccinonitrile
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yamagata University (IPONY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合ポリマーによるメカノクロミズム
3. 学会等名 新物質・新材料による革新的なセンシング機能のインフラ構造分野への応用 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井飛鷹、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 ジフルオレニルスクシノニトリル骨格を架橋点に有するメカノクロミックポリマーの合成と特性評価
3. 学会等名 精密ネットワークポリマー研究会 第12回若手シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 メカノクロミズムを示す機能性動的共有結合ポリマーの設計
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019、開殻性分子種：ファジーボンドが拓く新たな化学（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木田淳平、青木大輔、大塚英幸
2. 発表標題 水素結合による力学的な共有結合切断の活性化
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 Hideyuki Otsuka, Keiichi Imato, Raita Goseki
2. 発表標題 Self-healing and Mechanochromic Polymers Based on Dynamic C-C Covalent Chemistry
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017 (ISPAC 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka, Takahiro Kosuge, Akira Takahashi, Raita Goseki
2. 発表標題 Self-healing and Mechanochromic Polymers with Dynamic Covalent Bonds
3. 学会等名 6th International Conference on Self-Healing Materials (ICSHM 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka, Raita Goseki, Daisuke Aoki
2. 発表標題 Dynamic Covalent Approaches toward Self-healing and Mechanochromic Polymers
3. 学会等名 Hokkaido University-ImPACT Joint Symposium on Advanced Soft Matter: From Single Molecule to Tough Polymers (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka, Akira Takahashi, Keiichi Imato, Raita Goseki
2. 発表標題 Functional Dynamic Covalent Polymers with Self-healing and Mechanochromic Properties
3. 学会等名 254th ACS National Meeting and Exposition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka, Keiichi Imato, Daisuke Aoki, Raita Goseki
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 The 17th IUPAC International Symposium on Macromolecular Complexes (MMC-17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚英幸、青木大輔
2. 発表標題 平衡系の共有結合を基盤とするメカノクロミックポリマーの設計
3. 学会等名 第2回 ソフトロボット・メカニカル材料シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合化学を基盤とするメカノクロミック高分子の設計
3. 学会等名 日本ゴム協会東海支部 2017年度セミナー -高分子系自己修復材料の最前線- (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideyuki Otsuka
2. 発表標題 Design of Mechanochromic Polymers Based on Dynamic Covalent Chemistry
3. 学会等名 New Frontiers of Supramolecular Chemistry in Non-equilibrium Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚英幸
2. 発表標題 動的共有結合化学に基づく自己修復性高分子およびメカノクロミック高分子の設計
3. 学会等名 第11回日本化学連合シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京工業大学 物質理工学院 大塚研究室 ホームページ
<http://www.otsuka-cap.mac.titech.ac.jp>

東京工業大学 物質理工学院 大塚研究室 研究紹介動画
<https://www.youtube.com/watch?v=56jz-g7zb5g>

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
研究協力者	青木 大輔 (Aoki Daisuke)		

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		
米国	イリノイ大学	スタンフォード大学	