

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05200

研究課題名(和文)高分子表面改質によるセルフ抗菌サイクル

研究課題名(英文)Self-antibacterial cycle by polymer surface modification

研究代表者

金 善南 (Kim, Sunnam)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・助教

研究者番号：00612532

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：パッケージ本来の良さを保持して、安全かつ持続的な抗菌効果のある食品パッケージの開発を目的として、表面改質法により殺菌・除去機能を併せ持つ抗菌フィルムを作製する。高濃度の抗菌部位を持つ高分子鎖を表面に固定することで、高い抗菌効果が期待され、抗菌剤が食品へ転移しないために安全性が高く、抗菌剤の選択性が広がる。抗菌効果の持続性をより高めるために、殺菌・除去の抗菌サイクルが自発的に駆動するように、高分子構造を設計する。細菌の付着・脱離による局所的pH変化に応答する刺激応答性高分子を用いることで、外部刺激の要らない抗菌システムを構築する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

持続性の高い抗菌効果を得るために、汚染防止と殺菌の両方の機能を併せ持つ表面を作製する必要があると考えた。本研究では、局所的なpH変化に応答する刺激応答性高分子を用い、細菌の付着及び脱離により、殺菌作用のあるカチオン性表面と汚染防止機能の親水性表面に切り替わる構造を設計した。このような独自の外部刺激の要らないセルフ抗菌システムの構築により、半永久的に持続可能な抗菌効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：With the aim of developing food packaging with safe and sustained antibacterial effects while retaining the inherent advantages of the packaging, an antibacterial film with both sterilization and removal functions is produced using a surface modification method. By fixing polymer chains with a high concentration of antibacterial moieties to the surface, a high antibacterial effect is expected, and since the antibacterial agent does not transfer to food, it is safe and the range of antibacterial agents can be expanded. To further increase the durability of the antibacterial effect, the polymer structure is designed so that the antibacterial cycle of sterilization and cleaning is driven spontaneously. By using a stimuli-responsive polymer that responds to local pH changes due to the attachment and detachment of bacteria, a sustained antibacterial system that does not require external stimuli is constructed.

研究分野：polymer chemistry

キーワード：antimicrobial hyperbranch polymer cationic polymer hydrophilic surface

1. 研究開始当初の背景

流通食品の腐敗による食中毒の発生が社会的な問題となり、包装食品の抗菌処理について、多方面で試みられている。ポリ塩化ビニリデンやポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレートなどの汎用高分子は、透明性、柔軟性、軽量、低コスト、腐食しにくい、割れにくい、切断面や破片によるケガが少ないなどのメリットから扱いやすく、ガラス容器や缶瓶などの容器を代替する主な食品パッケージ材として使用されている。しかし、ガスバリア性が低く、プラスチックの疎水性表面は細菌が繁殖しやすい問題がある。本研究では、抗菌剤による抗菌処理に焦点を絞った。

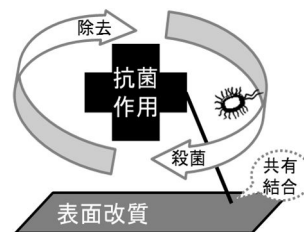


図1 抗菌サイクル

パッケージ用の高分子表面は反応基を持たないため化学的修飾による機能性付与は困難である。従って、パッケージへの塗り込みや塗布する方法で抗菌剤を添加する方法が一般的である。優れた抗菌効果がある有機系抗菌剤は即効果を示せるが、抗菌物質の食品への転移など安全性に関わる問題が懸念されている。また、加工時の熱処理による抗菌剤の異変性、配合によるパッケージの機械的特性の弱化などの問題を総合的に考慮する必要があり、使用できる抗菌剤は非常に制限される。

一方、物理的表面改質法としてプラズマ処理は常に短時間で容易に親水化が可能であり、汚染防止機能が簡単に付与できる。これは高いエネルギーを表面に当てた際に、分子鎖が切断され発生するラジカルの反応性を利用する。しかし、表面に生成した親水層(極性基)は内部反転または分解により経時的に減少し、表面の親水性が退行する性質がある。多数の官能基を持つ高分子鎖を導入すれば、より長時間機能性が保持できると思った。

物理処理による一時的な表面の反応性を利用して、表面グラフトできる。高分子のグラフト重合法としては、大きく“Grafting to 法”と“Grafting from 法”に区分される(図2)。“Grafting to 法”は反応体の立体障害により、特に親水性物質(汚染防止機能)は疎水性の表面への接近が難しく、高い密度で導入するには不利である。一方、表面上で高分子鎖が成長する“Grafting from 法”を用いると高密度の高分子が導入できる。

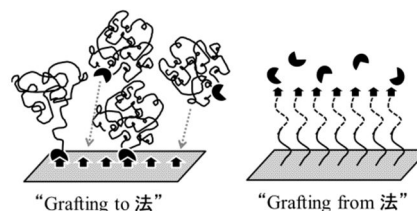


図2 表面グラフト法の分類

近年、抗菌ペプチドのナイシンや多糖高分子のキトサンなどの抗菌物質をプラズマ処理したプラスチック表面に固定する研究が報告されている。(Shin et al., 2016; Theapsak et al., 2012; Pandiyaraj et al., 2015) 一部の高分子をグラフトすることにより、高分子の表面親和性が向上するが、主な抗菌作用は抗菌剤が食品に転移することで得られるものであり、使用できる抗菌剤はキトサンのような無害な抗菌剤に限られる。また、表面に付着した細菌の残害を除去しなければ、新しい細菌がその残害の上に付着して繁殖するため、パッケージが汚染される問題がある。

そこで、申請者は、持続性の高い抗菌効果を得るために、汚染防止と殺菌の両方の機能を併せ持つ表面を作製する必要があると考えた。また、安全かつ効果的な抗菌作用を得るために、高密度の高分子ブラシを表面にグラフトする必要があり、細菌の付着に反応して、殺菌・除去サイクルが自発的に駆動するシステムを構築することで、抗菌効果が半永久的に持続できると考えた。

2. 研究の目的

効果的な抗菌パッケージの開発を目的とした本研究では、局所的な pH 変化に反応する刺激応答性高分子を用い、細菌の付着及び脱離により、殺菌作用のあるカチオン性表面と汚染防止機能の親水性表面に切り替わる構造を設計する。本研究の独自の外部刺激の要らないセルフ抗菌システムの機構は以下のように提案する。

重合体の空間的制御により、親水性表面と内部に刺激応答性カチオン部位を有するフィルムを作製する。通常、親水性表面であるため細菌に対して防御的であり、汚染防止機能をする。しかし、

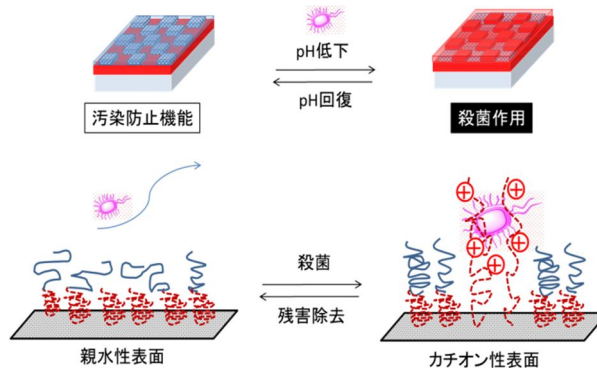


図3 pH 応答性高分子の挙動と殺菌・除去の抗菌機構

細菌が付着すると、細菌の代謝により、細菌の周辺が弱酸性になる。弱酸性領域でプロトン化し、カチオン性になる pH 応答性高分子ブラシが伸び、殺菌作用する。細菌の細胞壁はアニオン性であり、カチオン性高分子は細胞壁と相互作用し、膜破壊や酵素活動を邪魔する機構により、殺菌作用（毒性を示す）することがよく知られている。細菌が膜破壊により死に至ると、代謝活動の停止とともに、細胞内の物質が漏れ出す。細胞を構成する主成分は水であり、細胞内の環境は中性であるため、pH が回復すると思う。殺菌後に pH が回復するとカチオン性高分子は疎水性になり、脱水・収縮する。従って、表面は再び親水性に戻るため、殺菌後の残害が脱離しやすくなる。細菌の付着及び脱離をトリガーとする抗菌システムは、自発的に駆動し、抗菌効果は半永久的に保持できる。重合体の空間制御により、表面機能をスイッチングさせ、積極的に抗菌作用するフィルムを開発を本研究の目的としている。

3. 研究の方法

当初は、表面開始リビングラジカル重合法により表面改質を行う方針であった。重合体の空間制御に関しては、2 種類の pH 応答性高分子と親水性高分子を光重合により、グラフト反応を空間制御する方針であった。しかし、グラフト密度の制御が難しいことから、多分岐高分子を用いた重合体の空間制御を行った。多分岐高分子は、豊富な末端基と内部空洞を有するため、緻密な親水性表面と、刺激応答性殺菌機能の高分子鎖を内包した高次構造を設計できる。低 pH に反応するカチオン性高分子鎖を導入した親水性の高い多分岐高分子を合成した。高分子の pH 応答性及び表面構造の解析を行い、細胞毒性を検討した。

4. 研究成果

(1) 親水性多分岐高分子の合成

疎水性の高い薬剤として知られているクルクミンを、高分子骨格に導入した親水性多分岐高分子 (Cur-HBP) を合成した。図 4 に示すように、クルクミンを 70wt%以上含みながらも高い親水性を示す高分子粒子が得られた。また、クルクミンの分解安定性とクルクミン由来の細胞毒性を確認した。[Yusuke Nakayama, Yutaro Ito, Tsuyoshi Fukaminato, Wei Xu, Takuro Niidome, Seiji Kurihara, Sunnam Kim, “Water-soluble hyperbranched polymer with high curcumin content”. Journal of Applied Polymer Science, Chemistry Letters, 2023, 140, e54673.]

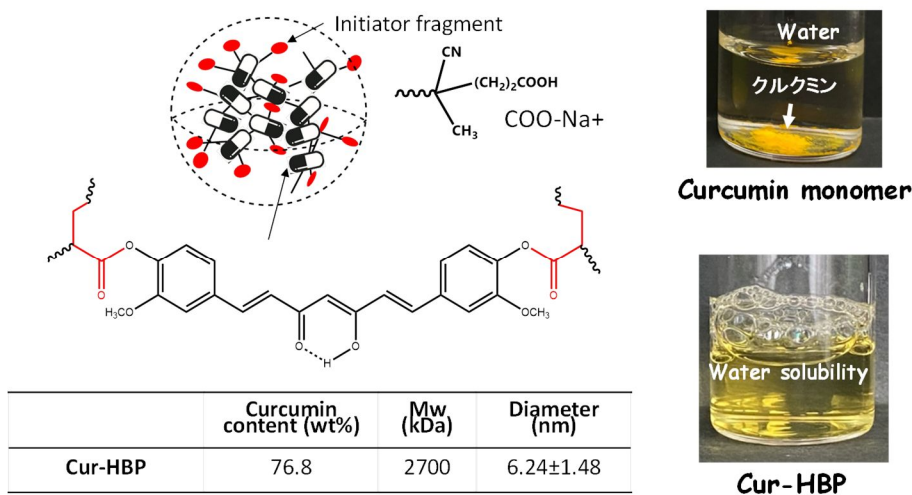


図 4 クルクミン骨格の親水性多分岐高分子の分子構造と水溶性

(2) 水溶性の pH 応答性多分岐高分子の合成

水溶性の pH 応答性 HBP を作製し、表面電位の pH 依存性を調べた。図 5 に示すように、pH 応答部位 (DPA) の含有率を制御することで、pH6 付近でカチオン性になる多分岐高分子が合成できた。

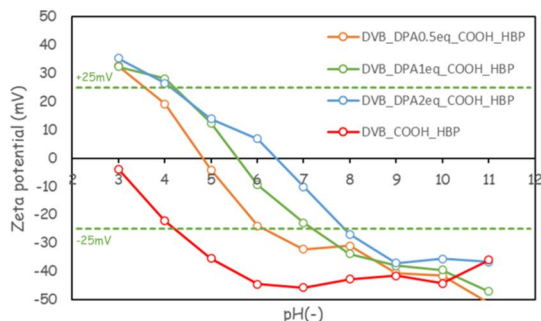


図 5 pH3~11 における 電位測定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shinohara Mai, Ashikaga Yuya, Xu Wei, Kim Sunnam, Fukaminato Tuyoshi, Niidome Takuro, Kurihara Seiji	4. 巻 7
2. 論文標題 Photochemical OFF/ON Cytotoxicity Switching by Using a Photochromic Surfactant with Visible Light Irradiation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 6093 ~ 6098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c06473	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 Kobayashi Ayumu, Yamaguchi Yoshihiro, Maruki Sakura, Kim Sunnam, Arakawa Yoshichika, Kurihara Seiji	4. 巻 315
2. 論文標題 Size, functional group effects and inhibition mode of graphene oxide for IMP-1 metallo- lactamase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 131901 ~ 131901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2022.131901	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 Shinohara Mai, Xu Wei, Kim Sunnam, Fukaminato Tsuyoshi, Niidome Takuro, Kurihara Seiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Photo-control of Cellular Uptake by the Selective Adsorption of Spiropyran Derivatives on Albumin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 594 ~ 597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220082	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 Mokhtar Ashkan, Morinaga Ryuki, Akaishi Yuji, Koinuma Michio, Kim Sunnam, Kurihara Seiji, Kida Tetsuya, Fukaminato Tuyoshi	4. 巻 50
2. 論文標題 Luminescence Photoswitching of Colloidal CsPbBr ₃ Nanocrystals by Photochromic Diarylethene Ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1534~1538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210254	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 Nakayama Yusuke, Ito Yutaro, Fukaminato Tsuyoshi, Xu Wei, Niidome Takuro, Kurihara Seiji, Kim Sunnam	4. 巻 140
2. 論文標題 Water soluble hyperbranched polymer with high curcumin content	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Polymer Science	6. 最初と最後の頁 e54673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/app.54673	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 Kim Sunnam, Usuki Akira, Kurihara Seiji, Fukaminato Tsuyoshi	4. 巻 xxx
2. 論文標題 Multicolor Display Constructed by Combining Structural and Dye Colors	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Applied Optical Materials	6. 最初と最後の頁 4c00136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaom.4c00136	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 Usuki Akira, Kim Sunnam, Sakanishi Asami, Nabetani Shunta, Maehashi Ryota, Kamikubo Maki, Sato Fuminori, Ohta Yoshimi, Kurihara Seiji, Fukaminato Tsuyoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Design and Synthesis of a Black Photochromic Diarylethene for Bioinspired Display Applications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Applied Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 1122 ~ 1130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaenm.4c00102	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 Taruno Koya, Ikariko Issei, Taniguchi Taku, Kim Sunnam, Fukaminato Tsuyoshi	4. 巻 128
2. 論文標題 Internal Heavy-Atom Effect on Visible-Light-Induced Cyclization Reaction in Diarylethene?Perylenebisimide Dyads	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 273 ~ 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c06746	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 Fukaminato Tuyoshi, Kato Tomoe, Hashimoto Takuma, Matsumoto Yuka, Kim Sunnam, Kurihara Seiji	4. 巻 22
2. 論文標題 Non-volatile optical memory based on cooperative orientation switching: improvement of recording speed and contrast by utilizing out-of-plane orientation mode	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 857 ~ 865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43630-022-00357-2	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 Ikariko Issei, Kim Sunnam, Hiroyasu Yae, Higashiguchi Kenji, Matsuda Kenji, Hirose Takashi, Sotome Hikaru, Miyasaka Hiroshi, Yokojima Satoshi, Irie Masahiro, Kurihara Seiji, Fukaminato Tuyoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 All-Visible (>500 nm)-Light-Induced Diarylethene Photochromism Based on Multiplicity Conversion via Intramolecular Energy Transfer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 7429 ~ 7436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c01903	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 Ikariko Issei, Kim Sunnam, Hiroyasu Yae, Higashiguchi Kenji, Matsuda Kenji, Yokojima Satoshi, Kurihara Seiji, Fukaminato Tsuyoshi	4. 巻 51
2. 論文標題 Boosting Visible Light-induced Photocyclization Quantum Yield of a Diarylethene-perylenebisimide Dyad by Introducing a Ketone Spacer Group	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1095 ~ 1098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220404	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 Kim Sunnam, Moriya Sho, Maruki Sakura, Fukaminato Tuyoshi, Ogata Tomonari, Kurihara Seiji	4. 巻 8
2. 論文標題 Adsorption and release on three-dimensional graphene oxide network structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 201585 ~ 201585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.201585	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 Yamasaki Shinya, Ishida Sanae, Kim Sunnam, Yamada Mihoko, Nakashima Takuya, Kawai Tsuyoshi, Kurihara Seiji, Fukaminato Tuiyoshi	4. 巻 57
2. 論文標題 Efficient NIR-I fluorescence photoswitching based on giant fluorescence quenching in photochromic nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5422 ~ 5425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC01389K	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

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 碓木晶、坂西麻美、栗原清二、深港豪、金善南
2. 発表標題 黒色フォトクロミック分子による構造色の制御
3. 学会等名 第59回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松下勇人、篠原真衣、金善南、徐 薇、深港豪、新留琢朗、栗原清二
2. 発表標題 光応答性界面活性剤の細胞取り込みに関する研究
3. 学会等名 第59回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 合志凜太郎、足利友弥、金善南、徐 薇、深港豪、新留琢郎、栗原清二
2. 発表標題 光応答性界面活性剤の細胞毒性の光制御
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 松下勇人、金善南、深港豪、栗原清二
2. 発表標題 加水分解によってカチオン性基を有する化合物の合成と細胞との相互作用に関する研究
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 中山裕介、金善南、深港豪、栗原清二
2. 発表標題 DDSに向けたクルクミンハイパーブランチポリマーの作製
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 小林歩、金善南、深港豪、山口佳宏、栗原清二
2. 発表標題 複核金属酵素を阻害するナフトレンジカルボン酸誘導体の合成と評価
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 碓子 壱成、金善南、栗原清二、深港豪
2. 発表標題 複核金属酵素を阻害するナフトレンジカルボン酸誘導体の合成と評価
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山内 翔梧、深港 豪、金 善南、坂井 李帆、佐藤 文紀、太田 最実、上久保 真紀、鍋谷 俊太、栗原 清二
2. 発表標題 ピナフチルキラル分子の合成とそのねじり力に関する研究
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shogo Yamauchi, Tsuyoshi Fukaminato, Sunnam Kim, Riho Sakai, Fuminori Sato, Yushimi Ota, Maki Kamikubo, Shunta Nabetani, Seiji Kurihara
2. 発表標題 Development of Novel Chiral Molecules with High Helical Twisting Power
3. 学会等名 Optics in Liquid Crystal Conference 2021(OLC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SHINOHARA, Mai, XU, Wei, KIM, Sunnam, FUKAMINATO, Tsuyoshi, NIDOME Takuro, KURIHARA, Seiji
2. 発表標題 Control of cell membrane permeation based on selective adsorption of a photoactive surfactant on albumin
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠原 真衣・足利 友弥・合志 凜太郎・徐 薇・金 善南・深港 豪・新留 琢朗・栗原 清二
2. 発表標題 細胞膜と光応答性両親性化合物の相互作用と細胞毒性
3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 碓子 宥成、金善南、深港豪
2. 発表標題 反応点でエステルを介してペリレンビスイミドを連結したジアリールエテンの可視光フォトクロミズム
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊 義之、河野陽、金善南、深港豪
2. 発表標題 分子内電子移動を利用したTurn-on型蛍光スイッチング分子の開発
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 瀧田 有紗、石田沙奈恵、金善南、深港豪
2. 発表標題 ジアリールエテン/蛍光色素の混合型ナノ粒子の作製とその蛍光スイッチング挙動
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷口大玖、碓子 宥成、金善南、深港豪
2. 発表標題 ペリレン色素連結ジアリールエテンの可視光応答性
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 碓木晶、坂西麻美、金善南、深港豪
2. 発表標題 黒色フォトクロミック分子による多層膜構造色の光制御
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松下勇人、伊東雄太郎、金善南、深港豪、栗原清二
2. 発表標題 メロシアン色素の加水分解による細胞毒性の制御
3. 学会等名 第60回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 碓子宥成、金善南、東口 顕示、松田 建児、横島 智・深港 豪
2. 発表標題 Visible light photochromism of diarylethene-perylenebisimide dyads having ester and ketone spacer groups
3. 学会等名 The 31st International Conference on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 碓子宥成、金善南、深港豪
2. 発表標題 ペリレンビスイミド連結ジアリールエテンの可視光フォトクロミズムの反応性に及ぼす影響
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 碓子 孝成、金善南、東口 顕示、松田 建児、横島 智・深港 豪
2. 発表標題 Boosting Visible Light Photochromism of Diarylethene-Perylenebisimide Dyads by Introducing a Ketone Spacer
3. 学会等名 10th International Symposium on Photochromism (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊義之、河野陽、金善南、深港豪
2. 発表標題 ジアリールエテンのフォトクロミズムに伴う幾何構造変化を利用した蛍光スイッチング
3. 学会等名 2023年光化学討論会
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
研究協力者	深港 豪 (Fukaminato Tsuyoshi)		
研究協力者	栗原 清二 (Kurihara Seiji)		

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