

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05646

研究課題名(和文) ボロニウム錯体の分子構造および分子集合構造と光応答挙動の相関解明

研究課題名(英文) Investigation on correlations between molecular structures and molecular assembly structures of boronium complexes and their photoresponsive behavior

研究代表者

吉野 惇郎 (Yoshino, Junro)

富山大学・学術研究部理学系・助教

研究者番号：70553353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ビピリジン-ボロニウム錯体のホウ素上の置換基が第二級アルキル基だけでなく第一級アルキル基の場合も固相光応答着色挙動を示すこと、およびホウ素上の置換基がフェニル基の場合は光応答性を示さないことを明らかにした。さらに、ビピリジン-ボロニウム錯体の分子構造の変化が分子集合構造の変化を介してどのように光着色体の吸収波長に影響するかを、カチオン部分のかさ高さを変化させた化合物およびアニオン部分のかさ高さを変化させた化合物の合成、結晶構造解析、および光照射実験から明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光応答性化合物は、光によってその色、構造、およびその他の性質を制御して切り替えることができることから、調光材料、分子スイッチ、あるいは情報記録媒体への応用が期待されている。本研究は、ボロニウム錯体のもつ特性のうち、これまで十分な注意が払われていなかった側面である光応答性に焦点をあてて、光応答性発現に及ぼす分子構造および分子集合構造の影響を明らかにしたものであり、ボロニウム錯体の化学の新展開を押し進めるものである。また、本研究の成果を活用することで、新規な光応答素材の開発において的確な分子設計および分子集合構造設計ができるようになり、メモリーデバイス等の新素材の開発を促進できると期待される。

研究成果の概要(英文)：Solid-state photoresponsive coloring capability of bipyridine-boronium complexes bearing primary alkyl groups on the boron atom was revealed as well as those bearing secondary alkyl groups. By contrast, those bearing phenyl groups did not show any photoresponsive coloring behavior. Synthesis, crystallography, and photoirradiation experiments of the boronium compounds with various sizes of cation and anion parts revealed how modification of the molecular structures of them influenced the absorption wavelengths of the corresponding photoproducts through the change of the structures of their molecular assemblies.

研究分野：有機化学

キーワード：感光性物質 フォトクロミズム カチオン性ホウ素 構造-物性相関 分子集合構造 結晶構造

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 化学種が光の作用により色、すなわち吸収スペクトルの異なる 2 つの状態間で可逆的に異性化する現象は、フォトクロミズムとして知られている。フォトクロミズムを示す化合物は、光によってその色、構造、およびその他の性質を制御して切り替えることができることから、調光材料、分子スイッチ、あるいは情報記録媒体への応用が期待されている。そのため、これまでに多数のフォトクロミック化合物が開発されてきた。その中でも光酸化還元型有機フォトクロミック化合物は、光を当てると色が変わる他に、電荷移動状態を安定に保持できる等の他のフォトクロミック化合物にはない特性をもつ。そのため、スマート素材の広い分野に応用可能性がある重要な化合物クラスである。ピオロゲンは、その代表的存在であるが、光応答中心の分子構造に修飾・調節を施す余地がほとんどなく、有機材料の利点である分子修飾による機能性の精密制御の可能性が損なわれている。それ故この化合物クラスのスマート素材としての研究は他のフォトクロミック化合物と比べていまひとつ遅滞していた。一方で、4 配位カチオン性ホウ素錯体すなわちボロニウム錯体は、ピオロゲンに類似した高い電子受容性が注目され、近年、電子貯蔵材料などを指向した研究がなされている化合物群である。しかし、筆者らの報告以前にはフォトクロミズムを含む光反応性の報告はなかった。

(2) 筆者らはこれまでに、2,2'-ビピリジンと 9-BBN 骨格を有するボロニウム錯体 **1** が固体状態でフォトクロミズム様挙動を示すことを発見している。すなわち、**1** の固体粉末に対して紫外光を照射すると、固体の色が無色から赤橙色に変化すること、およびこの光着色は暗所で時間とともに徐々に退色し最終的には元の無色の状態に戻ることを見出した(図 1)。筆者らは化合物 **1** の類縁体の分子構造と光応答着色挙動の関係解明を目的として研究を進め、ビピリジン配位子上の置換基変更により光反応生成物の色を調節できることなどを報告した(科学研究費若手研究(B)15K21012)ほか、ビピリジン配位子に代えてピリジン-イミン型二座配位子を用いても光応答着色挙動が発現することなどを見いだした(科学研究費若手研究(B)17K17751)。[1][2]

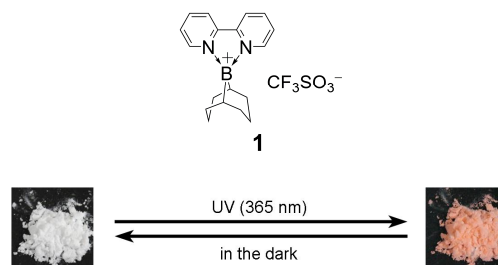


図 1. 化合物 **1** の構造式および光照射前後の粉末固体の写真

2. 研究の目的

ボロニウム錯体は光応答中心の近傍での分子修飾が容易であることから、光応答性ボロニウム錯体でピオロゲンを置き換えることで、ピオロゲンの長所を引き継ぎつつ機能性の精密制御も可能になると期待できる。しかし、誘導体の開発応用展開にあたっては光応答性と構造の相関は分子設計指針の根幹をなすにもかかわらず、ボロニウム錯体のその研究はまだ始まったばかりで知見の蓄積が不足しており、その全体像を明らかにすることは急務である。特に、ホウ素上の置換基構造と光応答性の関係では、光応答性を決定する構造上の制限条件はまだ明らかでない。さらに、これまでに観測されたボロニウム錯体の光応答挙動のなかには、単分子レベルの構造の違いだけでは説明がつかない挙動があることから、結晶構造等の分子集合構造が光応答挙動にどのように影響を与えているか明らかにすることも重要な課題である。そこで本研究課題では、ビピリジン-ボロニウム錯体のホウ素上の置換基構造、および分子集合構造が光応答挙動に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ビピリジン-ボロニウム錯体のホウ素上の置換基構造が光応答挙動に及ぼす影響を明らかにするために、**1** のホウ素上の有機基を第二級アルキル基から第一級アルキル基やアリール基に取り替えた化合物を合成し、その光物性および固体状態における光応答性を調べた。

(2) ビピリジン-ボロニウム錯体の分子集合構造が光応答挙動に及ぼす影響を明らかにするために、**1** のビピリジン配位子上に種々の炭素数のアルコキシメチル基が置換した化合物および種々の有機基を有する有機スルホン酸イオン、テトラアリールホウ酸イオン、およびジ(オルガノスルホニル)イミドイオンを対アニオンとする化合物を合成し、その光物性および固体状態における光応答性を調べた。さらに、X 線結晶構造解析によりそれらの結晶構造を決定し、結晶中の分子集合構造と光着色体の吸収波長の関係を解析した。

4. 研究成果

(1) ホウ素上の置換基として第一級アルキル基を有する化合物 **2** および **3** ならびにフェニル基を有する化合物 **4** を、2,2'-ピピリジンと対応するジオルガノハロポランとの反応と引き続きトリフルオロメタンスルホン酸銀(I)を用いた対アニオンの交換によって合成した(図2)。**2-4**のアセトニトリル溶液の紫外可視吸収スペクトルを測定したところ、**2-4**に共通して300-316 nmに極大をもつ強い吸収帯が観測され、さらに**2**および**3**ではこの吸収帯の裾として350-360 nm付近に吸収端を有する弱い吸収帯を観測した。固体拡散反射スペクトルを測定したところ溶液中の吸収スペクトルとほぼ同じ波長に吸収帯が観測された。固体は何れも無色であった。**2**および**3**の固体粉末に紫外光(波長365 nm)を照射したところ、それぞれ橙色および黄色に固体色が変化した。**4**では照射波長365 nmおよび320 nmのどちらでも、また空気中および減圧による酸素排除状態のどちらでも光照射前後で変化は観測されなかった。**2**および**3**の光着色は固体拡散反射スペクトルによって可視領域に新たな吸収帯の出現としても観測された。これまでに光応答着色挙動を示したピピリジン-ポロニウム錯体のホウ素上の有機基構造は第二級アルキル基のみであったが、今回、1,4-ブタンジイルホウ素構造およびジ(2-フェニルエチル)ホウ素構造を持つ錯体も固体状態で紫外光照射することにより着色する光応答着色挙動が見いだされたことから、ホウ素上の有機基構造として第一級アルキル基が置換した化合物においても光応答着色挙動を示すことがわかった。その一方で、フェニル基が直接ホウ素に置換した場合は光応答着色を示さないことから、ホウ素上の置換基構造が固相光応答着色の有無を決定する要因の一つであることがわかった。

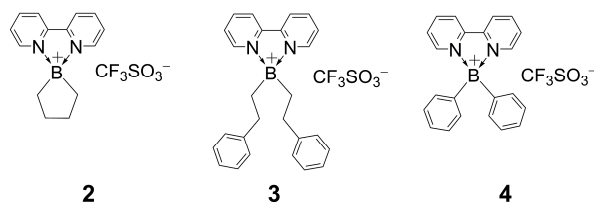


図2. 化合物 **2-4**

(2) 化合物 **5a-d** ならびに化合物 **6a** および **6b** をそれぞれ対応するピピリジン誘導体と *B*-(トリフルオロメタンスルホンニルオキシ)-9-ポラビシクロ[3.3.1]ノナンとの反応により合成した(図3)。アセトニトリル溶液の紫外可視吸収スペクトルおよび固体拡散反射スペクトルから、化合物 **5a-d**、**6a** および **6b** は化合物 **1** とほぼ同じ吸収波長を示すこと、ならびにアルコキシメチル基の炭素数の違いは吸収波長に影響せず、カチオン部分の電子的性質を揃えて立体的かさ高さを変えた一連の化合物群が得られたことがわかった。これに対して、化合物 **5a-d**、**6a** および **6b** の固体に紫外光(波長365 nm)を照射後に拡散反射スペクトルで出現した光着色体の吸収ピーク波長は539-585 nmの範囲で異なる波長を示した。X線結晶構造解析により化合物 **5a-d**、**6a** および **6b** の結晶構造を決定したところ、結晶中でのカチオン部分の部位間距離が短いほど、光着色体の吸収波長が長波長シフトする相関関係があることがわかった。

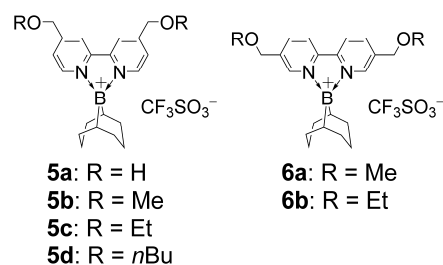


図3. 化合物 **5a-d**, **6a**, および **6b**

(3) 化合物 **1** の対アニオンを、4-メチルベンゼンスルホン酸イオンおよび4-クロロベンゼンスルホン酸イオンに取り替えた化合物 **7a** および **7b** を、**1** を出発原料として、対応するアリールスルホン酸銀(I)を用いて合成した(図4)。X線結晶構造解析で結晶構造を決定したところ、**7a** の結晶と **7b** の結晶は同形結晶であることがわかった。両化合物の固体に紫外光(365 nm)を照射した後固体拡散反射スペクトルを測定したところ、光着色体の吸収ピーク波長はそれぞれ539 nm, 533 nmに観測されてずれが生じた。両化合物は同形結晶を与えることから、イオン間の距離や配向などの分子集合構造はほぼ同一と考えることができるため、光着色体の吸収波長に及ぼすアニオン上の置換基の電子的効果の度合いを分子集合構造の影響から切り離して見積もることができたといえる。

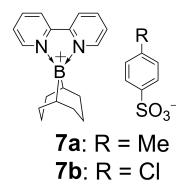


図4. 化合物 **7a** および **7b**

(4) 化合物 **1** の対アニオンを、かさ高さの異なる種々の有機基をもつ有機スルホン酸イオン、テトラアリールホウ酸イオン、およびジ(オルガノスルホニル)イミドイオンに取り替えた化合物 **8a-c**、**9a-e**、および **10a-d** を **1** を出発原料として複分解反応により合成した(図5)。**8a-c**、**9a-e**、および **10a-d** はいずれも固体状態で紫外光(365 nm)照射により光応答着色挙動を示し、固体拡散反射スペクトルで光着色体の吸収ピークが466-543 nmに観測された。これらの化合物の結晶構造

はX線結晶構造解析により決定した。分子集合構造の評価のために、最近接同符号イオン間距離および最近接反対イオン間距離を、ホウ素カチオンの位置はホウ素原子の位置、スルホン酸イオン、ホウ酸イオン、イミドイオンの位置はそれぞれ酸素原子、ホウ素原子、窒素原子の位置で代表させることにより計測した。その結果、有機スルホン酸を対アニオンとして有する **1**,

7a, および **8a-c** では最近接カチオン-カチオン間距離と光着色体の吸収極大波長に負の相関が、最近接反対イオン間距離と光着色体の吸収極大波長には正の相関が観測された。その一方で、テトラアリアルホウ酸イオンを対アニオンとして有する **9a-e** およびジ(オルガノスルホニル)イミドイオンを対アニオンとして有する **10a-d** で近接反対イオン間距離と光着色体の吸収極大波長には正の相関が観測され、最近接カチオン-カチオン間距離と光着色体の吸収極大波長には相関はほとんど観測されなかった。このことから、ピピリジン配位子および9-BBN骨格を有するボロニウム錯体においては、光着色体の吸収波長に分子集合構造が及ぼす影響のうち、最近接カチオン-アニオン間距離の影響が最も基本的な要素であることがわかった。

(5) 以上をまとめると、本研究では、ピピリジン-ボロニウム錯体のホウ素上の置換基にどのような構造を有すれば光応答着色特性を発現するか明らかにできたことに加え、ピピリジン-ボロニウム錯体の分子構造の変化が分子集合構造の変化を介してどのように光着色体の吸収波長に影響するか、具体的な相関関係を明らかにできた。このことは、新規な光応答素材の開発において的確な分子設計および分子集合構造設計ができるようになることでメモリーデバイス等の新素材の開発を促進すると期待している。

<参考文献>

- [1] Yoshino, J.; Sekikawa, T.; Hatta, N.; Hayashi, N.; Higuchi, H. *Tetrahedron Lett.* **2016**, *57*, 5489.
 [2] Yoshino, J.; Hirono, Y.; Akahane, R.; Higuchi, H.; Hayashi, N. *Photochem. Photobiol. Sci.* **2020**, *19*, 1517.

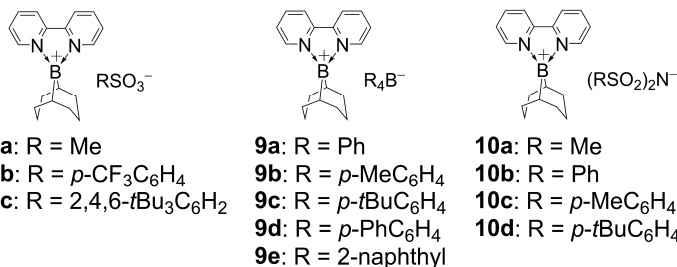


図 5. 化合物 **8-10**

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshino Junro, Hirono Yoshito, Akahane Ryota, Higuchi Hiroyuki, Hayashi Naoto	4. 巻 19
2. 論文標題 Effects of π -conjugation on the solid-state photoresponsive coloring behavior of bipyridine π -boronium complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 1517 ~ 1521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PP00296H	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 Kamoto Taku, Xinwen Lyu, Yoshino Junro, Hayashi Naoto	4. 巻 2020
2. 論文標題 Preparation of solid solution and crystal-glass composite consisting of stable phenoxy radical and its phenol analogue	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Arkivoc	6. 最初と最後の頁 58 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24820/ark.5550190.p011.346	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 Yoshino Junro, Kawaguchi Shusei, Takata Shinya, Hayashi Naoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Triarylboranes bearing a benzimidazole or quinoline ring attached to the boron atom: Synthesis, π -conjugation, and fluorescence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Results in Chemistry	6. 最初と最後の頁 100342 ~ 100342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rechem.2022.100342	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30件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大矢隼士・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 ビビリジン - ジ(2 - フェニルエチル)ポロニウム錯体の合成、結晶構造、および性質
3. 学会等名 第29回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井亮哉・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 種々のテトラアリアルホウ酸イオンをもつピリジン-ポロニウム錯体の合成、結晶構造、および性質
3. 学会等名 第29回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大矢隼士・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 第一級アルキル基がホウ素に結合したピリジン ポロニウム錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田新哉・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 キノリン環形成反応を活用したねじれ電子ドナーアクセプター構造トリアリアルボランの合成研究
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻弘昭・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 N ヘテロ環状カルベンとピリジン部位からなる二座配位子を有するポロニウム錯体の合成研究
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水口萌音・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 同形結晶の構成を目指したピピリジン - ボロニウム錯体の合成研究
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井亮哉・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 種々のテトラアリアルホウ酸イオンをもつピピリジン - ボロニウム錯体における結晶構造と光応答挙動の相関
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 呂信文・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 トリアリアルフェノキシル部位を2つもつ分子の合成とその固化挙動の検討
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 段業明・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 フェノキシラジカルの二量体反応に及ぼす2,4,6位のtert-ブチル基の影響
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平りくか・吉野惇郎・林直人・宮崎章
2. 発表標題 固相磨砕により調製したトリアリールフェノキシルとその二量体からなるアモルファス固体中におけるフェノキシルの含有率
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤佳輔・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 フェノールオリゴマーの合成と光酸としての挙動
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荻原明日香・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 キラルな側鎖を有するトリアリールフェノキシルの合成
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮前朱里・吉野惇郎・林直人
2. 発表標題 p-シアノフェノール三量体-アミン錯体の合成の試み
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2021年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大矢隼士, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 ジ(アリーールアルキル)ホウ素骨格を有するピビリジン ポロニウム錯体の合成研究
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2020年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾崎仁, 佐藤信, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 テトラアリーールフルオランテンにおいてテトラアリーールベンゾ部位が結晶構造及び蛍光挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2020年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呂信文, 小嵐元気, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 アリーール基の3位のtert-ブチル基の置換数がトリアアリーールフェノキシルのアモルファス固化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2020年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻弘昭, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 NHCとビリジン部位からなる二座配位子を有するポロニウム錯体の固相光応答着色
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平りくか, 吉野惇郎, 林直人, 宮崎章
2. 発表標題 異なる固化条件により調製したトリアリールフェノキシルとその二量体からなるアモルファス固体の多形
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻弘昭, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 NHCを配位子にもつポロニウム錯体の固相光応答着色挙動
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井亮哉, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 異なる外形の対アニオンをもつピリジン - ポロニウム錯体の合成と固相光着色挙動
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村南結, 水口萌音, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 ピリジン-ポロニウム錯体の固相光応答着色挙動の同形結晶間での比較
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 明野有沙, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 ビビリジン-ジ(2-アリアルエチル)ポロニウム錯体の合成
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田新哉, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 キノリン環を有するねじれ電子ドナーアクセプター構造トリアリアルボランの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呂信文, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 濃縮法と磨砕法を用いたトリアリアルフェノキシル/2量体系のアモルファス固化における置換基の影響
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平りくか, 吉野惇郎, 林直人, 宮崎章
2. 発表標題 異なる条件で調製したトリアリアルフェノキシルからなるアモルファスの磁化率と熱的挙動
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田将暉, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 アモルファス固化挙動の検討に向けた非対称トリアリールフェノールの合成
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大嶋京, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 2,4,6-トリアリールフェノキシルとそのフェノール類縁体からなるアモルファスの調製
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚紗樹, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 エステル置換基をもつフェノール三量体-アミン錯体における特異なフェノキシドC-O結合長
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山室友梨華, 林直人, 吉野惇郎
2. 発表標題 2,4,6-トリアリールフェノキシルからなるアモルファス固化へのTEMPOLの導入
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井亮哉, 吉野惇郎, 林直人
2. 発表標題 ピビリジン-ポロニウム錯体の固相光着色挙動におよぼす対アニオンの構造の影響
3. 学会等名 第49回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2022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	林 直人 (Hayashi Naoto) (90281104)	富山大学・学術研究部理学系・教授 (13201)	

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