

令和 6 年 5 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05117

研究課題名(和文) ボロン酸に関する基礎研究を基盤とするジボロン酸型糖比色および蛍光センサーの開発

研究課題名(英文) Development of diboronic acid-based saccharide colorimetric and fluorescent sensors based on basic research on boronic acids.

研究代表者

石原 浩二 (Ishihara, Koji)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：20168248

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)：D-グルコースを効率的に定量可能な二つの等価なボロン酸からなるジボロン酸型センサーが開発されているが、このジボロン酸では、糖混合物からD-グルコースを選択的に定量することは困難である。そのため、pKaが異なる二つの非等価なボロン酸からなる種々のジボロン酸型化学センサーの合成を行い、その性能の評価を行った。また、より高性能な糖化学センサーの開発のための基礎化学情報を得るため、従来の等価なジボロン酸型化学センサーおよびそれらの構成要素であるモノボロン酸によるD-グルコースのセンシングの詳細なメカニズムを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ボロン酸(RB(OH)₂)がジオール類と反応することを利用するボロン酸型糖化学センサーは、今日まで有機・生命化学分野において数多く開発されている。しかし、これらの開発研究ではボロン酸のRの化学的修飾に主眼が置かれており、センシング効率の鍵となる「ボロン酸の反応性および反応機構」に関する基礎研究は疎かにされてきた。そのため、我々は基礎化学的手法を用いて「ボロン酸の反応そのもの」に関する基礎研究を行い、その成果に基づき、D-グルコースの特異的センシングのための化学センサーを設計した。また、その性能評価を行うことにより、より効率的なボロン酸型糖化学センサーの設計指針を当該分野に提供した。

研究成果の概要(英文)：Diboronic acid-based saccharide sensors consisting of two equivalent boronic acids that can efficiently quantify D-glucose have been developed, but it is difficult to selectively quantify D-glucose from a sugar mixture with these diboronic acids. Therefore, various diboronic acid-based chemosensors consisting of two non-equivalent boronic acids with different pKa were synthesised and their performance was evaluated. The detailed mechanisms of D-glucose sensing by the conventional equivalent diboronic acid-based chemosensors and their component monoboronic acids were also clarified to obtain fundamental chemical information for the development of higher-performance glucose-sensors.

研究分野：分析化学、溶液化学、無機反応化学

キーワード：化学センサー D-グルコース ジボロン酸 反応性 メカニズム

1. 研究開始当初の背景

ホウ酸 ($B(OH)_3$) やその一置換体であるボロン酸 ($RB(OH)_2$) は、糖類を含む多くのジオール類と可逆的に反応し、安定なキレート錯体 (エステル) を生成する。この反応は、無機分析化学におけるホウ素の定量法や、有機・生命化学分野における糖類検出のためのボロン酸型糖化学センサーに応用されており、多くの専門書に記載されている。とりわけ、D-グルコースを選択的に定量可能なボロン酸センサーは、従来の酵素をベースとした糖センサーよりも安定かつ再現性に優れている。しかし、この分野の研究は高感度センシングに向けた検出部位周辺 (R) の分子設計に主眼が置かれ、反応そのものを理解しようという基礎研究は近年まで全く行われて来なかった。ボロン酸を利用するこの分野では、反応機構に関する研究は疎か反応活性種 (実際にセンサーとして働いている化学種) の特定も行われていなかった。

我々は、当該分野に対して分析化学・溶液化学の基礎的考え方を徹底させるべく、長年にわたる無機溶液反応の平衡論的・速度論的研究の経験を生かして、種々のボロン酸とジオール類との反応の反応活性種の特定と詳細な反応機構の解明を行ってきた。その結果、ボロン酸とジオール類 (H_2L) との反応において、ジオール類はより多くのプロトンを有するほど反応が速く ($L^{2-} < HL^- < H_2L$)、一方、ボロン酸は三配位ボロン酸 ($RB(OH)_2$) とその共役塩基のボロン酸イオン ($RB(OH)_3^-$) が共に反応活性であることがわかった。当該分野では「ボロン酸型センサーは pH 10 以上の塩基性水溶液中のみで機能するため、センシング反応の活性種はボロン酸イオンのみである」という、“定説”があったが、我々の研究はこの定説を覆す成果となった。

ボロン酸とジオール類との反応は特異な反応であり、ボロン酸-ジオール錯体 (エステル) の生成量は pH の上昇と共に増加するが、pH が十分に高くなると減少に転じる。その後の基礎研究より、このような現象はキレート滴定の基礎である Ringbom による条件生成定数の概念を用いて完全に説明できることがわかった。すなわち、三配位ボロン酸の反応 $RB(OH)_2 + H_2L \rightleftharpoons RB(OH)(L)^- + H_3O^+$ を主反応と考えることにより、ボロン酸の反応の溶液内平衡を完全に記述することができる。pH 5-11 における条件生成定数 (K') は、ボロン酸とジオール類の pK_a をそれぞれ pK_a^B と pK_a^L とすると、 K' が $[H^+] = (K_a^B K_a^L)^{1/2}$ において極大になる。そのため、生成平衡を生成物 ($RB(OH)(L)^-$) 側に片寄らせてボロン酸センサーの感度を高めるためには、単純に溶液の pH を高くすれば良いわけではなく、pH をボロン酸とジオール類の pK_a の相加平均に等しい値 ($pH = (pK_a^B + pK_a^L)/2$) に設定する必要がある。しかし、ボロン酸型センサーによるグルコース ($pK_a = 12.5$) のセンシングの場合のように $pK_a^B \ll pK_a^L$ であるときには、Fig. 1 のように K' の値は pH が ($pK_a^B + 1.0$) から ($pK_a^L - 1.0$) の範囲の値のとき、極大値 ($K'_{max} = K_1/K_a^B$) をとり続ける。したがって、生理学的 pH (7.4) において、ボロン酸型センサーを用いてグルコースを最も高感度にセンシングするためには、 pK_a^B が 6.4 よりも低く、 K_1 ができるだけ大きいボロン酸を用いることが感度向上の鍵となる。

一方、D-グルコースの 5 種類の異性体のうち、 β -D-glucopyranose は二箇所のジオール部位で二分子のボロン酸と結合することが知られており、これを利用し、一分子中に同種の二つのボロン酸部位を有する D-グルコースに選択的なジボロン酸型センサーが開発されている。

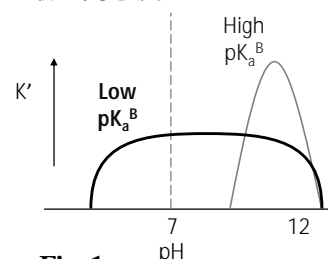


Fig. 1.

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)ボロン酸のジオールとの反応に関する長年の基礎研究の成果に基づいて考案した、 pK_a の異なる二種類のボロン酸から構成されるジボロン酸型糖比色および蛍光化学センサーを開発することである。この化学センサーは、糖混合物中から D-グルコースのみを検出・定量可能であると期待される。また、(2)従来のジボロン酸型糖センサーによる D-グルコースのセンシングのメカニズムの詳細を明らかにすることである。

3. 研究の方法

ボロン酸が糖と反応する際にボロン酸の発光や吸収が変化することを利用して D-グルコースを定量しようとするとき、二つの等価なボロン酸からなるジボロン酸では、例えば D-グルコースと D-フルクトースの混合物と反応させた場合、両方の糖と反応して変色してしまうため、D-グルコースを選択的に定量することは困難である。D-グルコースに対する選択性を実現するためには、 pK_a の異なる二種類のボロン酸からなるジボロン酸を合成して、 pK_a の低い方のボロン酸との最初の反応の際には変色が起こらず、二番目に反応する pK_a の高いボロン酸と反応するときに変色するという工夫する必要がある (Fig. 2)。

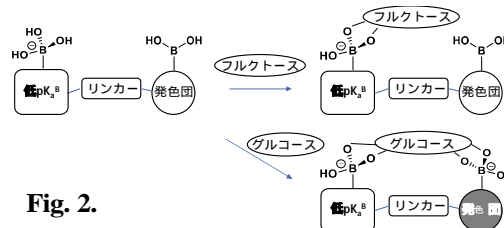


Fig. 2.

このような基本方針に従い分子設計を行うとき、 pK_a の低い方のボロン酸 (補足部位) としてはピリジルボロン酸、ベンゾオキサボロール、*o*-アミノメチルフェニルボロン酸などが候補になり、 pK_a が高くモル吸光係数の大きい有色のボロン酸 (発色部位) としては *o*-アゾフェニルボロン酸が、

pK_a が高く発光性のボロン酸(発色部位)としては、ナフタレンボロン酸やキノリンボロン酸等が適切であると考えられる。水を含む溶媒に、*o*-アゾフェニルボロン酸を溶解すると、アゾ基とホウ素中心の間に水分子が挿入された擬四面体の化学種が形成され、吸収スペクトルが大きく変化する。この化学種が D-フルクトースと反応すると、挿入された水分子が放出されるため、顕著な色調変化が生じる。センシングのメカニズムから考案した、反応性が高く大きな色調変化を示す高性能な *o*-アゾフェニルボロン酸型センサーの設計指針に基づいて、*o*-アゾフェニルボロン酸とピリジルボロン酸を、最適と思われる二種類の長さのリンカーで連結し、二つのボロン酸部位の pK_a が大きく異なる比色ジボロン酸型センサーを合成したところ、本申請時点において、D-グルコースや D-ガラクトースに対する反応性の向上が観測されている。

4. 研究成果

本研究課題の主な成果を以下に記す。

(1) 同種類のボロン酸を、長さの異なる三種類のメチレン鎖リンカー(メチレン鎖の数 $n = 4, 6, 8$)で架橋したオルトアミノメチルジボロン酸を合成し、D-グルコースに対する反応の詳細な反応機構を明らかにすることにより、D-グルコースの選択的センシングに適した架橋炭素鎖の長さを検討した。 pK_a の測定結果より、これらのジボロン酸中のボロン酸部位は完全に等価であり、ボロン酸間に電子的相互作用が全くないことがわかった。 $n = 6$ や $n = 8$ ではリンカーの長さが長すぎるため、ジボロン酸中のそれぞれのボロン酸部位に別々の D-グルコース分子が反応するが、 $n = 4$ のジボロン酸ではリンカーの長さが適切であるため、二つのボロン酸部位がそれぞれ D-グルコース分子中のジオール部位とトリオール部位に結合し、環状エステルを生成することがわかった。すなわち、 $n = 4$ のジボロン酸のみが D-グルコース分子中の二箇所のジオール部位と結合し、D-グルコース選択性を発現する可能性が高いことがわかった。(ChemistrySelect 2022, 7, e202200603.)

(2) 捕捉部位の 3-ピリジルボロン酸と、発色部位の 2-アゾ-5-ヒドロキシフェニルボロン酸誘導体又は 2-アゾ-5-アミノフェニルボロン酸誘導体を、*p*-キシレンで架橋した二種類のジボロン酸を合成し、これらのジボロン酸のキャラクタリゼーションを行った後、D-フルクトース、D-ガラクトース、及び D-グルコースに対する反応性や反応機構を明らかにし、それらのセンサーとしての性能を評価した。前者のジボロン酸では、D-グルコースとの反応により顕著な色調の変化は観測されなかったが、後者のジボロン酸は、濃青色から紫色への顕著な変化が観測され、比色試薬としての有用性が確認された。

(3) モノボロン酸型センサーとして、四種類の発光性 BF_2 - β -diketonate ボロン酸を新規合成し、検出限界、定量限界等の性能評価を行い、捕捉部位としての可能性を検討した。(ChemPhotoChem 2023, e202200271.)

(4) ボロン酸型糖センサーの性能評価は、しばしば生理学的 pH (7.4)で行われるため、Good 緩衝液やリン酸緩衝液が用いられることが多い。これまで、Good 緩衝剤の陽イオンがセンシング反応を加速することを確認しているが、本研究では、速度論的研究により、リン酸緩衝液にもセンシング反応の促進効果が有ることを確認した。また、 1H NMR により、加速効果をもたらすリン酸の化学種を特定した。(ChemistrySelect 2023, 8, e202302600.)

(5) アントラセン架橋のビス(アミノメチルボロン酸)(以下ジボロン酸)は、D-グルコースの 5 種類の異性体のうち、 β -D-glucofuranose と特異的に反応し、1,2-ジオール部位と 3,5,6-トリオール部位で結合した環状化合物を生成することが分かっている。また、この環状化合物の生成反応は一段階で進行し、律速段階はボロン酸部位が D-グルコースと最初に反応する過程であり、環化は速い過程であることもわかっている。本研究では、ジオール部位とトリオール部位のどちらが先に反応するのかわ、1,2-ジオール部位のみ、3,5,6-トリオール部位のみを持つ種々の 5 員環型モデル化合物を用いて、分光学的に検討し、詳細な反応機構を構築した(Scheme 1)。

同条件で測定したフェニルボロン酸(PhB)とモデル化合物の反応の UV スペクトルの一部を Fig. 1 に示す。PhB と *cis*-1,2-cyclopentanediol との反応(Fig. 3(a))では、反応前後で吸収極大波長はシフトしないが、PhB と 1,2-*O*-isopropylidene- α -D-glucofuranose (α -D-glucofuranose の 1,2-diol 部位をエステル化した化合物, 3,5,6-トリオール)との反応(Fig. 3(b))では、短波長側にシフトしていることが分かる。PhB と α -D-glucofuranose との反応(Fig. 3(c))の結果は、Fig. 3(b)と同様であった。また、他のモデル化合物の結果もこれらと全く同様であった。以上の結果は、3,5,6-トリオール部位が優先的にジボロン酸と反応することを示す。(ChemistrySelect 2024, 9, e202304924.)

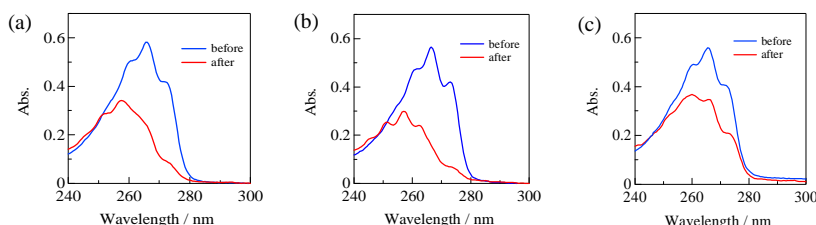
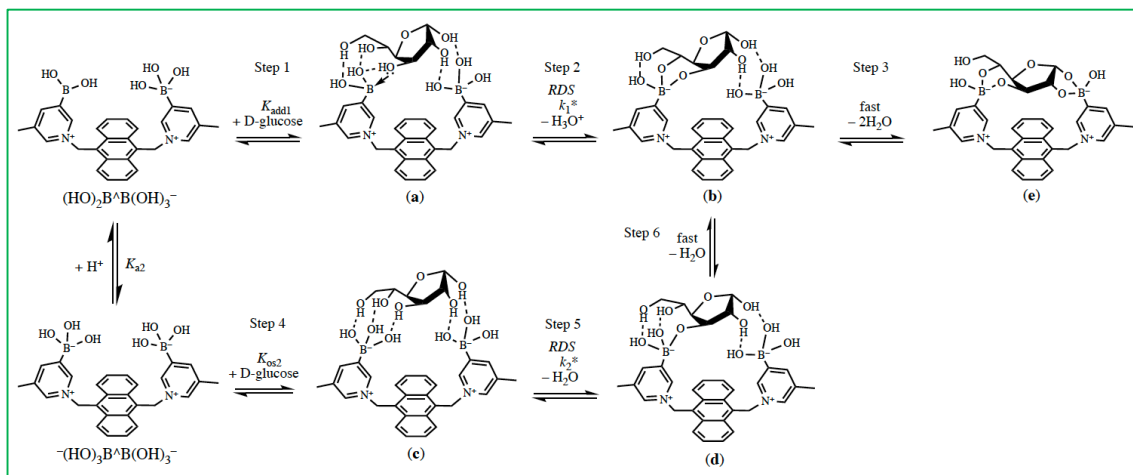


Fig. 3. UV spectra before and after the reactions of PhB(OH)₂ with (a) *cis*-1,2-cyclopentanediol, (b) 1,2-*O*-isopropylidene- α -D-glucofuranose, and (c) D-glucose.



Scheme 1. Reaction mechanism of the diboronic acid with D-glucose in basic aqueous solution.

(6)

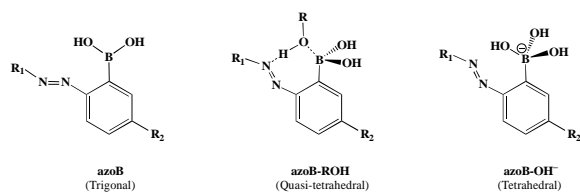


Fig. 4. Structures of azoB, azoB-ROH, and azoB-OH⁻

o-アゾフェニルボロン酸は、非プロトン性溶媒中では平面三配位構造(azoB)、塩基性溶液中では四面体構造(azoB-OH⁻)、プロトン性溶媒(ROH)中ではazoB分子内にROHが挿入された擬四面体構造(azoB-ROH)をとり(Fig. 4)、azoB-ROHが糖やジオール類との反応における顕著な色調変化の原因であることが分かっている。一方、*o*-アミノメチルフェニルボロン酸も、プロトン性溶媒中で擬四面体構造をとり、この構造がジオール類との反応の速度定数や生成定数の増大の原因となっている。本研究では、混合溶媒中でazoB, azoB-ROH, azoB-OH⁻の*cis*-1,2-cyclopentanediolやD-glucoseに対する相対的反応性を評価した。

その結果、相対的反応性は、azoB > azoB-ROH, azoB-OH⁻であり、azoB-ROHとazoB-OH⁻に反応性の違いは殆ど無かった。このことは、擬四面体のazoB-ROH中のROHは、azoB中になりにかなり強固に捕捉され、ホウ素中心周りは完全な四面体構造になりに近い構造をとっていることを示す。

(Int. J. Chem. Kinet. 2024, DOI: 10.1002/kin.21726)

(7) 発光性のナフタレンボロン酸を有する2種類のジボロン酸(Fig. 5)を合成し、D-glucoseに対する反応性の評価を行った。pH 9.0において、ジボロン酸 1, 2 にD-glucoseを添加したとき、蛍光スペクトルに大きな変化は見られなかった。しかし、 γ -シクロデキストリン(g-CyD)の存在下では、ジボロン酸 2 の場合には、ナフタレン部位のエキシマ形成に起因すると考えられる顕著な変化が見られた。また、この場合、ジボロン酸 2 はD-glucoseと1:1で反応していることがわかった。ジボロン酸 2 によるD-glucoseの検出限界(LOD)と定量限界(LOQ)は、それぞれ0.33 mM, 1.10 mMであった。ジボロン酸 2 はg-CyD内で、おそらく分子間二量体を形成しており、D-glucoseと1:1で反応することによりp-pスタッキングが解消し、蛍光が消光すると予想される。

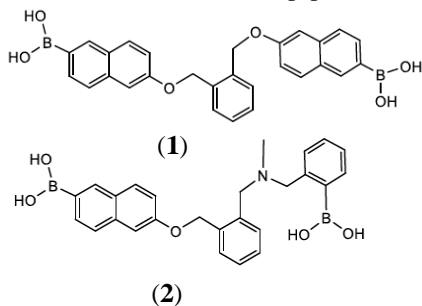


Fig. 5. Structures of the synthesized diboronic acids

本研究は、具体例の幾つか(上記の本研究の成果)を示すことにより、化学センサーの開発分野に対して、溶液中の反応を扱う上で基本となる分析化学・溶液化学の基礎的考え方を理解徹底させることを副目的として行ったものである。本研究の成果は、基礎化学的アプローチの重要性をセンサー開発という応用的分野に再認識させる契機となることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tanaka Rei, Matsuo Keigo, Suzuki Shota, Mikami Gento, Suzuki Yota, Sugaya Tomoaki, Iwatsuki Satoshi, Inamo Masahiko, Ishihara Koji	4. 巻 9
2. 論文標題 Detailed Reaction Mechanism of Anthracene Bridged bis (3 Pyridiniumboronic Acid) Chemosensor with D Glucose	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.202304924	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 Kuroda Azusa, Suzuki Yota, Shintani Yoshihisa, Sugaya Tomoaki, Ishihara Koji	4. 巻 -
2. 論文標題 Reactivity and detailed reaction mechanism of quasi tetrahedral azophenylboronic acid	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Chemical Kinetics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/kin.21726	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 Imaminato Keiju, Kusuyama Daisuke, Suzuki Shota, Sugaya Tomoaki, Ishihara Koji	4. 巻 8
2. 論文標題 Influence of Phosphate Buffer on the Reaction of 3 Nitrophenylboronic Acid with Alizarin Red S	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.202302600	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 Yuki Ohno, Rei Tanaka, Yota Suzuki, Tomoaki Sugaya, Satoshi Iwatsuki, Masahiko Inamo, Koji Ishihara	4. 巻 7
2. 論文標題 Detailed Reaction Mechanism of Bis-(o-Aminomethylphenylboronic Acid)-based Receptors with Various Length Methylene-chain Linkers with D-Glucose	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.202200603	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 Hitomi Saito, Yukika Sobue, Tomoaki Sugaya, Satoshi Iwatsuki, Masahiko Inamo, Koji Ishihara	4. 巻 -
2. 論文標題 Twisted Intramolecular Charge Transfer-Based Fluorometric Detection of D-fructose by Boronic Acid-Containing BF ₂ -Diketonate Complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemPhotoChem	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.202200271	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 Yukika Sobue, Ikumi Imanishi, Tomoaki Sugaya, Satoshi Iwatsuki, Masahiko Inamo, Koji Ishihara	4. 巻 4
2. 論文標題 Colorimetric and fluorometric determination of boron using -diketone-BF ₂ compounds containing catechol moiety	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Talanta Open	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talo.2021.100076	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 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 祖父江ゆき香, 保戸田滉樹, 石井歩, 日下部幸祐, 大田隼, 高橋瑠里子, 加藤範行, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 カチノン系化合物とコカインの識別を指向した呈色試験法の検討
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺翔太, 村上理子, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 条件生成定数の大きいピナンジオールとボロン酸の反応・反応機構
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本りか, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 検出場としてAza-crown ether部位をもつジチオカルバミン酸配位子を有するPt(II)錯体の合成と金属イオンとの反応性
3. 学会等名 第73錯体化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古市紫野, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 フェニルピリジン誘導体およびピリジンジオールを配位子とするIr(III)錯体のAl ³⁺ に対する反応性と発光特性の評価
3. 学会等名 第73錯体化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木翔大, 田中玲衣, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 Anthraceneにより架橋されたジボロン酸と D-グルコースとの反応のメカニズム
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本りか, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 Aza-Crown部位をもつジチオカルバミン酸型配位子を有するPt(II)錯体の合成と金属イオンへの応答性の評価
3. 学会等名 第72錯体化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今西郁巳, 鈴木陽太, 廣岡晴嗣, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 Pb(II)イオンを選択的に認識可能なクラウンエーテル配位子を有するIr(III)錯体の発光特性
3. 学会等名 第72錯体化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木翔大, 田中玲衣, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 Anthraceneにより架橋されたジボロン酸と D-グルコースとの反応のメカニズム
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今西郁巳, 鈴木陽太, 廣岡晴嗣, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 クラウンエーテル配位子を有するシクロメタレート型発光性Ir(III)錯体による金属イオン認識
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中玲衣, 鈴木陽太, 菅谷知明, 岩月聡史, 稲毛正彦, 石原浩二
2. 発表標題 Anthraceneにより架橋されたジボロン酸とD-グルコースの反応に関する速度論的研究と反応活性種の特定
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有村祐美, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 高い酸性度のボロン酸を骨格内に有する種々のジボロン酸型比色糖化学センサーの評価
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木翔大, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 o-アミノメチルフェニルボロン酸とD-フルクトースとの反応に関する速度論的研究
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今西郁巳, 鈴木陽太, 廣岡晴嗣, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 クラウンエーテル配位子を有するシクロメタレート型発光性Ir(III)錯体による金属イオン認識
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中玲衣, 鈴木陽太, 菅谷知明, 岩月聡史, 稲毛正彦, 石原浩二
2. 発表標題 Anthraceneにより架橋されたジボロン酸とD-グルコースの反応に関する速度論的研究と反応活性種の特定
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有村祐美, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 高い酸性度のボロン酸を骨格内に有する種々のジボロン酸型比色糖化学センサーの評価
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木翔大, 鈴木陽太, 菅谷知明, 石原浩二
2. 発表標題 o-アミノメチルフェニルボロン酸とD-フルクトースとの反応に関する速度論的研究
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ikumi Imanishi, Yota Suzuki, Harutsugu Hirooka, Tomoaki Sugaya, Koji Ishihara
2. 発表標題 Reactivity and emission properties of Ir(III) complexes bearing a crown ether ligand for the detection of metal ions
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yumi Arimura, Yota Suzuki, Tomoaki Sugaya, Koji Ishihara
2. 発表標題 Novel diboronic acid-based colorimetric saccharide sensors with different boronic acid moieties
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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	稲毛 正彦 (Inamo Masahiko) (20176407)	愛知教育大学・教育学部・特別教授 (13902)	
研究分担者	菅谷 知明 (Sugaya Tomoaki) (30633367)	千葉工業大学・工学部・教授 (32503)	
研究分担者	岩月 聡史 (Iwatsuki Satoshi) (80373033)	甲南大学・理工学部・教授 (34506)	

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