

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K05180

研究課題名(和文) 錯体修飾ナノ粒子を用いる細菌検出・捕集法の開発

研究課題名(英文) Development of bacteria detection method using metal-coordinated nanoparticles

研究代表者

橋本 剛 (Hashimoto, Takeshi)

上智大学・理工学部・准教授

研究者番号：20333049

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)：研究は「新規応答機構による、細菌の選択的検出または短時間捕集が可能な金属錯体型機能性ナノ粒子を開発する」ことを目的に開始された。機器分析における定量測定のうち、化学反応を直接電気信号に変える最もシンプルな測定手段である電気化学的手法を用い、ナノ粒子表面での増幅機構を応用し高感度検出を行った。本研究の実績は、1) 二点認識型複合体シクロデキストリンプローブによるアデノシン三リン酸(ATP)あるいはアデノシン二リン酸(ADP)の選択的検出、2) 鉄錯体/シクロデキストリン包接複合体を用いた電気化学的検出、3) ルテニウム錯体修飾金ナノ粒子を用いた糖の電気化学検出が主なものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的独自性・創造性は、以下3点にある。

1) 電気化学測定において、抗原や抗体など天然化合物を用いた「サンドイッチ型センサー」に対する研究報告は数多くあるが、本手法は人工の化合物のみでこれと同等以上の成果を目指すものである。2) 高分子との凝集による検出法の中で、分離による検出という概念を用いている点である。3) 金属錯体、電気化学、超分子分析化学、生物学、物理化学といった多くの分野の境界領域に位置し、本手法の確立により原理面・応用面ともに幅広い展開が期待できる点である。

研究成果の概要(英文)：This research was initiated to develop metal complex-type functional nanoparticles with a novel response mechanism for selective detection and short-time collection of bacteria. The electrochemical method, which is the simplest method of quantitative measurement in instrumental analysis that directly converts chemical reactions into electrical signals, was used to achieve highly sensitive detection by applying an amplification mechanism on the surface of the nanoparticles. Our achievements include: 1) selective detection of adenosine triphosphate (ATP) or adenosine diphosphate (ADP) using a two-point recognition complex cyclodextrin probe, 2) electrochemical detection using an iron complex/cyclodextrin inclusion complex, and 3) electrochemical detection of sugars using ruthenium complex-modified gold nanoparticles.

研究分野：分析化学

キーワード：金属ナノ粒子 細菌認識 ジピコリルアミン フェニルボロン酸 デンドリマー 電気化学測定

1. 研究開始当初の背景

我々は超分子複合体や金属錯体化合物を用い、糖類やアルカリ金属イオン、さらには ATP などのリン酸誘導体に関する分光化学/電気化学的な応答を種々に報告してきた。上記の系はシクロデキストリン (CyD; 6 分子以上のグルコースで構成される環状デキストリン) 化合物による包接が鍵であり、プローブ分子と CyD 分子の 2 : 1 包接複合体形成による動的かつ柔軟な超分子センサーを構成し、多点認識によりターゲット分子/イオンに対する特異的応答を実現している(図 1)。本研究ではこれら研究のターゲット分子を**細菌表面の分子に拡張し、包接の柔軟性をナノ粒子上の修飾に置換することで、新規な細菌認識超分子系の実現**を考えた。これが本研究課題の発想の経緯である。

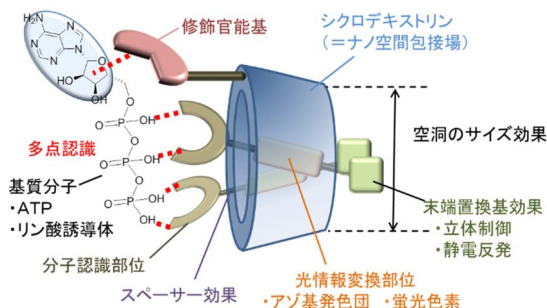


図 1 超分子認識による選択的 ATP 検出

2. 研究の目的

本研究の目的は「**新規応答機構による、細菌の選択的検出または短時間捕集が可能な金属錯体型機能性ナノ粒子を開発する**」ことである。細菌は μm オーダーの大きさであり、肉眼では見えないが、これを凝集させることにより 100~1000 倍にできれば、肉眼での定性的検出が可能となる。機器分析における定量測定のうち、化学反応を直接電気信号に変える電気化学的手法は最もシンプルな測定手段であり、ナノ粒子表面でのシグナル増幅機構を応用し高感度検出を目指す。

本研究の学術的独自性・創造性は、以下 3 点にある。

- 1) 電気化学測定において、抗原や抗体など天然化合物を用いた「サンドイッチ型センサー」に対する研究報告は数多くあるが、本手法は人工の化合物のみでこれと同等以上の成果を目指すものである。
- 2) 高分子との凝集による検出法の中で、分離による検出という概念を用いている点である。
- 3) 金属錯体、電気化学、超分子分析化学、生物学、物理化学といった多くの分野の境界領域に位置し、本手法の確立により原理面・応用面ともに幅広い展開が期待できる点である。

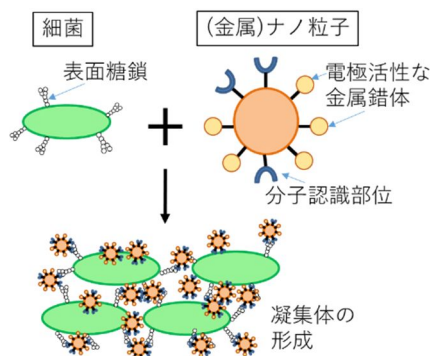


図 2 本研究の概念図

3. 研究の方法

本研究では、以下の 3 つの項目に分けて研究を実施した。

(1) 錯体修飾金属ナノ粒子の電気化学検出機構の解明

当初金属ナノ粒子を用いた系での電気化学応答機能のメカニズム解明を中心に実験を行っていたが、確定的な理論を構築できなかったため、複数の分子認識部を CyD でつないだ包接複合体を開発し、多点認識相互作用によるイオン/分子/細菌認識能をさらに向上させた系の開発に取り組んだ。具体的には電気化学測定で可逆な酸化還元電極反応を示す金属錯体と、分子認識部位を修飾した CyD との組み合わせを検討し、その包接複合体の電気化学応答及び単糖添加時の電流値変化に着目して認識能の評価を行った。

(2) 電気化学による細菌の高感度検出

複合金ナノ粒子を修飾した修飾複合電極作成過程における金ナノ粒子の析出条件およびルテニウム錯体の修飾条件の検討を行った。まず、電解析出時の塩化金酸濃度を変化させて作製した金ナノ粒子修飾電極表面を SEM により評価し、金ナノ粒子の修飾条件を決定した。次に、修飾に用いるエタノール溶液中のルテニウム濃度を変化させながら電極を複数作製し、これらを作電極として用いた電気化学測定(パルポルタンメトリー)による糖検出能の比較を行うことで、電極作成条件の最適化を行った。

(3) 選択的細菌凝集能を持つナノ粒子の開発

我々は既に、ポリアミドアミン (PAMAM) デンドリマーの末端アミノ基の一部にフェニルボロン酸をアミド結合により修飾した B-PAMAM を用いて、グラム陽性菌選択的な凝集応答の系を確立している。この開発した B-PAMAM に数種類の官能基を追加修飾し、分子間相互作用やリン酸認識能がボロン酸の細菌認識に対して与える影響を検討した。分子間相互作用については、細菌表面が負の電荷を持ち、さらに疎水性環境が存在することを踏まえて静電相互作用と疎水性相互作用を検討した。具体的には、動的光散乱等の分光法や各種顕微鏡法(蛍光顕微鏡, SEM/TEM 等)により評価した。

4. 研究成果

(1) 錯体修飾金属ナノ粒子の電気化学検出機構の解明

研究方法で述べた通り，分子認識部位となる金属錯体のデザインを工夫することにより，より高感度な分子認識系が構築できる。検討を重ねた結果，ルテニウムおよびフェロセン錯体/CyD 包接複合体を用いた電気化学的単糖あるいは ATP 検出の系を開発することに成功した。具体的にはフェロセン自身の β -CyD 包接能を活用し，フェロセンに糖認識部位としてフェニルボロン酸を，CyD にも単糖認識部位としてジピコリルアミンを修飾した化合物を組み合わせた系である。包接複合体に糖が相互作用することで，フェロセンの酸化電流が減少する現象を利用したセンシングに成功した。特に，フェロセン及びシクロデキストリンそれぞれにフェニルボロン酸を導入した系では，グルコースの選択的認識に成功した（図3）。

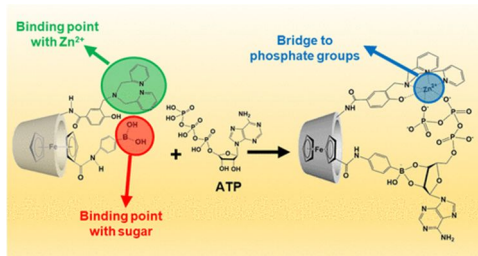


図3 包接複合体による糖認識

(2) 電気化学による細菌の高感度検出

金ナノ粒子修飾電極表面の SEM 画像を図5に示す。これより，電極表面に粒径約 500 nm の金ナノ粒子の生成が確認できた。各修飾段階の電極を用いた電気化学測定より，ルテニウム錯体及びフェニルボロン酸部位の修飾が確認できた。また，ポルタンメトリーピーク電流値の安定性を観察したところ，15 回程度繰り返し測定することで，ルテニウム錯体還元によるピーク電流値が一定になり，電流値の再現性が確認できた。この電極にフルクトースを 1~100 μ M の濃度範囲で添加したところ，糖の添加に伴う還元電流ピークの減少が確認できた。この電流値減少は認識した糖分子によりルテニウム錯体部位の還元が阻害されることに起因すると考えられる。系の最適化を行った際のフルクトース検出範囲は 10-200 μ M，検出限界は $4.05 \pm 0.02 \mu$ M となった。

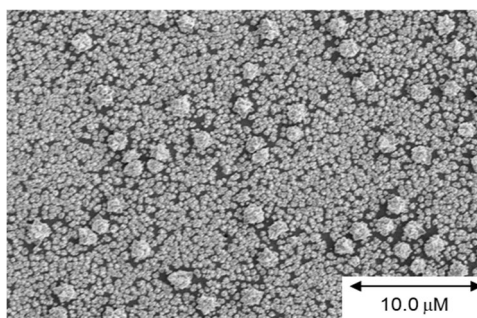


図4 修飾電極表面の SEM 写真

(3) 選択的細菌凝縮能を持つナノ粒子の開発

実験方法に示した検討の結果から，特定の分子をターゲットとしない静電的及び疎水性の二種の分子間相互作用は，ボロン酸の認識力を向上させるものの，グラム陽性菌に対する選択性を失わせることが明らかとなった。一方で，リン酸認識部位であるジピコリルアミノ基の銅(II)錯体を追加修飾した Cu-dpa-B-PAMAM を用いると，ボロン酸の認識力を向上させつつグラム陽性菌選択性を保つことが出来た（図5）。また Cu-dpa-B-PAMAM は，B-PAMAM よりも幅広い pH 領域下で細菌認識が可能であり，高感度かつ汎用的な細菌認識法の確立に有効であることが強く示唆された。

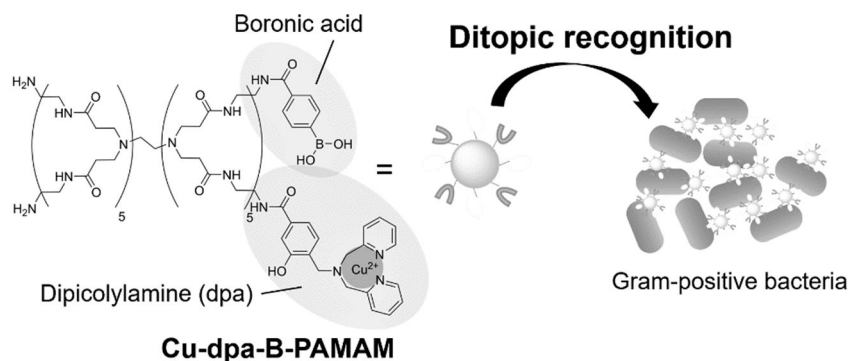


図5 ジトピック型デンドリマー分子による細菌認識のイメージ

以上のように，本基盤研究を通して，配位結合/疎水性相互作用/水素結合/静電相互作用など，多くの分子間相互作用の組み合わせに基づく細菌認識の系を構築することができた。これらの系は，超分子化合物複合体の柔軟でユニークな特徴を生かした大変興味深い系であり，今後の発展が見込まれる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Cesari Andrea, Casulli Maria Antonietta, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 23
2. 論文標題 NMR Investigation of the Supramolecular Complex Formed by a Phenylboronic Acid-Ferrocene Electroactive Probe and Native or Derivatized α -Cyclodextrin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 6045 ~ 6045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms23116045	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 HASHIMOTO Takeshi, TABUCHI Naoto, HAYASHITA Takashi	4. 巻 71
2. 論文標題 Phosphate Derivative Recognition Using Polyamide Amine Dendrimer Reagent Modified by Dipicorylamine Ligand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 167 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.71.167	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 Suzuki Yota, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Ratiometric fluorescence sensing of α -D-glucopyranosyl-1,2:5,6-di-O-isopropylidene- α -D-glucopyranoside using an inclusion complex of β -cyclodextrin with a benzoxaborole-based probe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 12145 ~ 12151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ra00749e	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 Mikagi Ayame, Manita Koichi, Yoyasu Asuka, Tsuchido Yuji, Kanzawa Nobuyuki, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 27
2. 論文標題 Rapid Bacterial Recognition over a Wide pH Range by Boronic Acid-Based Ditopic Dendrimer Probes for Gram-Positive Bacteria	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 256 ~ 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules27010256	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 Minagawa Shohei, Fujiwara Shoji, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 22
2. 論文標題 Supramolecular Zn(II)-Dipicolylamine-Azobenzene-Aminocyclodextrin-ATP Complex: Design and ATP Recognition in Water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 4683 ~ 4683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22094683	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 Mikagi Ayame, Tsurufusa Riho, Tsuchido Yuji, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 21
2. 論文標題 Fast and Sensitive Bacteria Detection by Boronic Acid Modified Fluorescent Dendrimer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3115 ~ 3115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21093115	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 TSUCHIDO Yuji, KOJIMA Shohei, SUGITA Ko, FUJIWARA Shoji, HASHIMOTO Takeshi, HAYASHITA Takashi	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of Spacer Length in Pyrene-Modified-Phenylboronic Acid Probe/CyD Complexes on Fluorescence-based Recognition of Monosaccharides in Aqueous Solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 721-726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20SCP08	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 Casulli Maria Antonietta, Taurino Irene, Hashimoto Takeshi, Carrara Sandro, Hayashita Takashi	4. 巻 4
2. 論文標題 Electrochemical Sensing of Adenosin Triphosphate by Specific Binding to Dipicolylamine Group in Cyclodextrin Supramolecular Complex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	6. 最初と最後の頁 3041 ~ 3045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbm.1c00166	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 Casulli Maria Antonietta, Taurino Irene, Hashimoto Takeshi, Carrara Sandro, Hayashita Takashi	4. 巻 16
2. 論文標題 Electrochemical Assay for Extremely Selective Recognition of Fructose Based on 4 Ferrocene Phenylboronic Acid Probe and Cyclodextrins Supramolecular Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2003359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202003359	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 Aoki Kazusa, Osako Ryuji, Deng Jiahui, Hayashita Takashi, Hashimoto Takeshi, Suzuki Yumiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Phosphate-sensing with (di-(2-picolyl)amino)quinazolines based on a fluorescence on/off system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 15299 ~ 15306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra01455a	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 Takeshi Hashimoto, Mio Kumai, Mariko Maeda, Koji Miyoshi, Yuji Tsuchido, Shoji Fujiwara, and Takashi Hayashita	4. 巻 14
2. 論文標題 Structural Effect of Fluorophore on Phenylboronic Acid Fluorophore/Cyclodextrin Complex for Selective Glucose Recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front. Chem. Sci. Eng.	6. 最初と最後の頁 53-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11705-019-1851-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 Sugita Ko, Tsuchido Yuji, Kasahara Chisato, Casulli Maria Antonietta, Fujiwara Shoji, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Selective Sugar Recognition by Anthracene-Type Boronic Acid Fluorophore/Cyclodextrin Supramolecular Complex Under Physiological pH Condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 806-812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2019.00806	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 Tsuchido Yuji, Horiuchi Ryosuke, Hashimoto Takeshi, Ishihara Kanako, Kanzawa Nobuyuki, Hayashita Takashi	4. 巻 91
2. 論文標題 Rapid and Selective Discrimination of Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria by Boronic Acid-Modified Poly(amidoamine) Dendrimer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 3929 ~ 3935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.8b04870	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 Goto T., Kitamoto Y., Matsui K., Kuroe H., Endo A., Hashimoto T., Hayashita T., Iguchi S., Sasaki T.	4. 巻 55
2. 論文標題 Low-Temperature Magnetism of Gold Nano Particles Contained in Electrochemical Sugar Recognition System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2872134	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 Fujiwara Shoji, Nonaka Kentaro, Yamaguchi Mai, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 54
2. 論文標題 Structural effects of ditopic azoprobe/cyclodextrin complexes on the selectivity of guest-induced supramolecular chirality	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12690 ~ 12693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC02242A	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 TSUCHIDO Yuji, YAMASAWA Aya, HASHIMOTO Takeshi, HAYASHITA Takashi	4. 巻 34
2. 論文標題 Metal and Phosphate Ion Recognition Using Dipicolylamine-modified Fluorescent Silica Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1125 ~ 1130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18P153	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 HASHIMOTO Takeshi	4. 巻 29
2. 論文標題 Development of Supramolecular and/or Metal-Complex Analytical Reagents Possessing Ion-Exchange or Molecular Recognition Function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 176 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.29.176	査読の有無 無
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 KITAMURA Aya, KASAI Yuna, TSUCHIDO Yuji, HASHIMOTO Takeshi, HAYASHITA Takashi	4. 巻 29
2. 論文標題 Design and Function of Fluorescent Silica Nanoparticles for Bacteria Detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 121 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.29.121	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89件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Takeshi Hashimoto, Maria Antonietta Casulli, Shoji Fujiwara, Yuji Tsuchido, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Selective sugar recognition using phenylboronic acid conjugated fluorophore/cyclodextrin complexes (3412880)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayame Mikagi, Riho Tsurufusa, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Novel convenient and sensitive detection for bacteria by fluorescent labeled dendrimers with boronic acid (3419999)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koichi Manita, Asuka Yoyasu, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design of dipicolylamine/quaternary dendrimer complexes and their bacteria discrimination function (3420878)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Iwai, Kouta Sagehashi, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Control of Surface Charge of Cyclodextrin Nanogels Modified with Phenylboronic Acid for Bacteria Discrimination (3582602)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuho Tagami, Hiromichi Shinono, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Synthesis of (beta-Diketonato)ruthenium complex with phenyl groups and electrochemical sugar recognition (3584318)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiko Yoshida, Maria Antonietta Casulli, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Detection of phosphate derivatives by boronic acid type ferrocene probe/cyclodextrin complex (3584319)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yotaro Takahashi, Koichi Manita, Asuka Yoyasu, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design of PAMAM Dendrimer Modified with Pyridiniumboronic Acids for Bacteria Discrimination (3587701)
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平原 裕也・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 スペーサーを導入したアントラセン型糖認識蛍光プローブ/シクロデキストリン複合体の単糖への応答機能評価 (PI-09)
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会, 西日本総合展示場, 2021年10月21日~22日(北九州)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 益子 征景・芦埜 知岳・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジピコリルアミン型蛍光プローブ/ボロン酸修飾シクロデキストリン複合体の設計とスペーサー効果 (PI-10)
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会, 西日本総合展示場, 2021年10月21日~22日(北九州)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Hashimoto, Yuji Tsuchido, Shoji Fujiwara, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Structural Effect on Phenylboronic Acid Fluorophore/Cyclodextrin Complex for Selective Sugar Recognition (I-44)
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences 2021 (ASIANALYSIS XV), National Taiwan University, October 16-18, 2021 (Taipei, Taiwan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 剛・皆川 昌平・石田 真幸・堤 恭平・早下 隆士
2. 発表標題 ニトロ基を持つアゾベンゼン型ジピコリルアミンプローブ金属錯体 / シクロデキストリン包接化合物のATP認識機能 (P3113)
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会, オンライン, 2021年9月22日 ~ 24日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中条 瞳・Maria Antonietta Casulli・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ルテニウム錯体 / ジピコリルアミン修飾シクロデキストリン包接複合体の合成及びリン酸誘導体の電気化学的検出 (Y3005)
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会, オンライン, 2021年9月22日 ~ 24日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠野 裕通・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ルテニウム錯体 / シクロデキストリン複合体修飾金ナノ粒子による電気化学的糖検出 (P1-02)
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム, オンライン開催, 2021年09月02日 ~ 03日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Casulli Maria Antonietta・吉田 和彦・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 超分子シクロデキストリン複合体を用いる水中での生理活性物質の電気化学検出 (P1-05)
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム, オンライン開催, 2021年09月02日 ~ 03日.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 益子 征景・芦埜 知岳・海老沢 優・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン型蛍光プローブ/フェニルポロン酸修飾シクロデキストリン複合体によるリン酸誘導体検出 (P1-09)
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム, オンライン開催, 2021年09月02日~03日.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 剛・竹本 良樹・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン型アゾプローブ超分子複合体の金属イオン認識に対する構造効果 (1B04)
3. 学会等名 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム, オンライン開催, 2021年06月26日~27日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 剛・北本千紘・早下 隆士
2. 発表標題 金ナノ粒子複合体を用いた電気化学的細菌検出センサーの開発 (D1001)
3. 学会等名 第81回分析化学討論会, オンライン開催, 2021年05月22日~23日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 提箸 弘大・小松崎 舞佳・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン修飾シクロデキストリンナノゲルの細菌認識機能評価 (Y1052)
3. 学会等名 第81回分析化学討論会, オンライン開催, 2021年05月22日~23日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 提箸 弘大・小松崎 舞佳・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 超微細シクロデキストリンナノゲルの化学修飾と細菌認識機能評価 (P8-007)
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早川 明寛・遠藤 美和・海老沢 優・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ニトロ/フルオロフェニルボロン酸型蛍光プローブ導入ベシクルの設計と糖認識機能評価 (P9-025)
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦埜 知岳・石川 俊・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジピコリルアミン型アゾプローブ/シクロデキストリン複合体の設計と機能評価 (P9-020)
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉澤 賢太郎・岸 弓乃・北本 千紘・佐藤 広基・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 Ru/金ナノ粒子修飾 ITO 電極を用いた糖の電気化学的検出 (P9-024)
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Maria Antonietta Casulli・Takeshi Hashimoto・Takashi Hayashita
2. 発表標題 Supramolecular Cyclodextrin Complexes for Electrochemical Detection of Metabolites in Water (A06-4pm-06)
3. 学会等名 日本化学会第101回春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三ヶ木 彩芽・鶴房 莉帆・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ダンシル蛍光団を有するフェニルボロン酸 dendリマーを用いた高感度細菌認識法の開発 (A06-4pm-05)
3. 学会等名 日本化学会第101回春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田頭 一穂・篠野 裕通・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 フェニル基を持つ(-ジケトナト)ルテニウム錯体の合成と表面修飾による電気化学的糖認識 (P01-3vn-02)
3. 学会等名 日本化学会第101回春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土戸 優志・池野 知・鶴房 莉帆・堀内 良介・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸修飾 dendリマーの細菌識別機能評価 (A1008R)
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 与安 明日香・喜多村 文・池野 知・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸型プローブ/デンドリマー複合体による細菌検出におけるベタイン導入効果 (Y1036)
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉澤 賢太郎・岸 弓乃・橋本 剛・遠藤 明・早下 隆士
2. 発表標題 ルテニウム修飾金ナノ粒子固定化電極による糖の電気化学的検出 (Y1026)
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鄧 嘉恵・青木 和佐・鈴木 由美子・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 リン酸誘導体を認識するジピコリルアミン型蛍光プローブ/シクロデキストリン複合体の開発 (1P31)
3. 学会等名 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 剛・石田 真幸・藤原 章司・早下 隆士
2. 発表標題 フェニルボロン酸修飾シクロデキストリンを用いた高感度ADPセンサーの設計と評価 (B22)
3. 学会等名 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北本 千紘・佐藤 広基・遠藤 明・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 金ナノ粒子複合体修飾電極の作成とその細菌認識機能評価 (Y2011)
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○藤澤 真友子・福島 学・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸型蛍光プローブ修飾ポリマーによるバイオフィルム検出能評価 (Y1144)
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○鶴房 莉帆・池野 知・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 デンドリマー型フェニルボロン酸細菌検出プローブの分子設計 (Y1142)
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○土戸 優志・鶴房 莉帆・与安 明日香・池野 知・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 細菌種の簡易識別を可能としたボロン酸修飾デンドリマーの分子設計と機能評価 (L2002)
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○竹本 良樹・岡田 崇佑・藤原 章司・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン型アゾプローブ超分子複合体における置換基、及びスパーサーの差異による金属イオン応答の変化 (L2001)
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○金内 優奈・赤城 美帆・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミンを認識部位に有する蛍光プローブ/シクロデキストリン複合体の設計と機能評価 (P1-18)
3. 学会等名 第36回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原 千聖・水田 祐司・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ピレン型蛍光プローブ/シクロデキストリン複合体の構造効果 (P1-15)
3. 学会等名 第36回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 海老沢 優・遠藤 美和・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン型蛍光プローブ導入ベシクルの設計とアニオン認識機能評価 (IP-17)
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小松崎 舞佳・竹内 聡弥・相馬 涼佳・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ポロン酸を有するシクロデキストリンナノゲルの合成と機能評価 (IP-13)
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○藤澤 真友子・福島 学・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ポロン酸型蛍光プローブ修飾ポリマーによる細菌及びバイオフィルム検出 (IP-12)
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 剛・石田 真幸・土戸 優志・早下 隆士
2. 発表標題 ジピコリルアミン金属錯体/フェニルポロン酸修飾シクロデキストリン複合体によるアデノシンニリン酸の高選択的認識 (I0-02)
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉澤 賢太郎・岸 弓乃・北本 千紘・佐藤 広基・橋本 剛
2. 発表標題 ルテニウム修飾GNP固定化電極を用いた糖の電気化学的検出 (1E1-58)
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 与安 明日香・喜多村 文・池野 知・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ポロン酸型プローブ/デンドリマー複合体による細菌認識とベタイン導入効果 (1E1-59)
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Tsuchido, Aya Kitamura, Yuna Kasai, Hiroyuki Kobayashi, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita,
2. 発表標題 Development of Functional Nanoparticles for The Detection of Bacteria (YS6)
3. 学会等名 2018 Fall Meeting of The Korean Society for Biomaterials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Hashimoto, Shohei Minagawa, Yuji Tsuchido, Akira Endo, Takashi Hayashita, Shoji Fujiwara
2. 発表標題 ATP-Recognition of Zinc-coordinated Dipicolylaminoazoprobe/Modified-Cyclodextrin Supramolecular Complexes (AT-1)
3. 学会等名 7th International Conference on Ion Exchange 2018 (ICIE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aya Kitamura, Yuna Kasai, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design and Function of Fluorescent Silica Nanoparticles for Bacteria Detection (AT-3P)
3. 学会等名 7th International Conference on Ion Exchange 2018 (ICIE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Sato, Yumino Kishi, Yuji Tsuchido, Akira Endo, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Electrochemical Bacteria Recognition Using Gold Nanoparticles Modified with Ruthenium Complexes and Phenylboronic Acid (AT-7P)
3. 学会等名 7th International Conference on Ion Exchange 2018 (ICIE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Ishida, Naoto Tabuchi, Anna Koshino, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Evaluation of Phosphoric Acids Detection for Co ²⁺ -Coordinated Dipicolylamine Dendrimer Sensor (AT-11P)
3. 学会等名 7th International Conference on Ion Exchange 2018 (ICIE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaru Ikeno, Ryosuke Horiuchi, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 The Effect of Modification Ratio to Bacteria Detection Using Dendrimer/Phenylboronic Acid Complexes (AT-18P)
3. 学会等名 7th International Conference on Ion Exchange 2018 (ICIE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土戸 優志・堀内 良介・池野 知・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸修飾デンドリマーを用いたグラム陽性菌の選択的認識 (A-06)
3. 学会等名 第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鶴房 莉帆・池野 知・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 アゾ基を有する dendrimer 型フェニルボロン酸による細菌認識 (1P-20)
3. 学会等名 第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北本 千紘・佐藤 広基・遠藤 明・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 電気化学的糖認識を目的としたフェニルボロン酸とルテニウム錯体を修飾した金ナノ粒子の修飾比評価 (Y1059)
3. 学会等名 第78回分析化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤澤 真友子・福島 学・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸型蛍光プローブ修飾ポリマーの設計とバイオフィルム検出 (Y1060)
3. 学会等名 第78回分析化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuhiko Hattori, Kentaro Nonaka, Shoji Fujiwara, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design and Supramolecular Chirality Function of Cyclodextrin Complexes with Ditopic Type Probe Possessing Phenylboronic Acid Recognition Sites (P52)
3. 学会等名 The 19th International Cyclodextrin Symposium (ICS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shohei Kojima, Yuji Mizuta, Ko Sugita, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Spacer Effect of Pyrene Phenylboronic Acid Fluorescent Probe/CyD Complexes for Saccharides Recognition in Water (P63)
3. 学会等名 The 19th International Cyclodextrin Symposium (ICS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Ishida, Yuji Tsuchido, Shoji Fujiwara, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Phosphate Derivatives Recognition by Supramolecular Complex Sensor Based on Phenylboronic Acid-Modified Cyclodextrin (P66)
3. 学会等名 The 19th International Cyclodextrin Symposium (ICS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shoji Fujiwara, Tatsuru Yamada, Kyohei Fujita, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Development of dipicolylamine Probe Modified Cyclodextrin for ATP Sensing in Water (P73)
3. 学会等名 The 19th International Cyclodextrin Symposium (ICS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maika Komatsuzaki, Shoji Fujiwara, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design and Function of Fluorescent Probe/Cyclodextrin Complexes Possessing Metal-iminodiacetate Binding sites (P83)
3. 学会等名 The 19th International Cyclodextrin Symposium (ICS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 被験物質の検出方法、検出試薬組成物、検出装置、精製水製造設備、注射用水製造設備、 精製水製造方法及び注射用水製造方法	発明者 木本 洋・飯山 真 充・海老沢 優・橋 本 剛・早下 隆士	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-035810	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>上智大学 分析化学研究グループHP 論文・学術誌一覧 http://www.mls.sophia.ac.jp/~analysis/publications.html 上智大学 分析化学研究グループHP 学会発表一覧 http://www.mls.sophia.ac.jp/~analysis/presentations.html</p>

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	早下 隆士 (Hayashita Takashi) (70183564)	上智大学・理工学部・教授 (32621)	
研究協力者	カスリ マリア・アントニエッタ (Casulli Maira Antonietta)	上智大学・理工学部・博士研究員 (32621)	
研究協力者	鈴木 陽太 (Suzuki Yota)	上智大学・理工学部・博士研究員(学振PD) (32621)	
研究協力者	土戸 優志 (Tsuchido Yuji)	早稲田大学・先進理工学部・講師	

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