

令和 6 年 5 月 27 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02772

研究課題名（和文）細菌識別機能を有する超分子ナノ構造体の開発

研究課題名（英文）Development of Supramolecular Nanomaterials for Bacteria Discrimination

研究代表者

早下 隆士（HAYASHITA, Takashi）

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：70183564

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、蛍光測定を導入により細菌識別法の高感度化に取り組む他、細菌認識のメカニズムを検討し、表面構造を制御することでボロン酸型 dendrimer probe (B-PAMAM) が様々な細菌選択性を与えることを明らかにした。また、dendrimer の表面構造を変化させ、静電相互作用及び疎水性相互作用の影響を検討し、B-PAMAM の正電荷と細菌表面の負電荷間での静電相互作用がボロン酸による糖認識に寄与することで、B-PAMAM がグラム陽性菌を選択的に識別できることを明らかにした。さらにボロン酸の認識ターゲットが、グラム陽性菌特異的なリポテイコ酸であることも解明し、新しい細菌識別法の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年薬剤耐性菌が世界的な問題となっており、新たな細菌認識法が求められている。現行の細菌認識法は、数日以上培養を要したり抗体等の高価な資材を必要としたりするため改善が望まれている。そこで、細菌表面には種々の糖鎖が存在することに着目し、ナノ構造体である樹状高分子 PAMAM dendrimer の表面にフェニルボロン酸を修飾し、グラム陽性菌選択的な細菌認識に成功し、その機構を明らかにした。ボロン酸による細菌認識メカニズムは世界的にも詳細な報告がほとんど存在しないため、メカニズム解明は新しい細菌識別法として新しい方法論を与えたと言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, in addition to increasing the sensitivity of bacterial identification methods by introducing fluorescence measurement, we also investigated the mechanism of bacterial recognition, and by controlling the surface structure, boronic acid dendrimer probes (B-PAMAM) was found to discriminate various bacteria. Furthermore, by changing the surface structure of the dendrimer, the electrostatic interaction between the positive charge of B-PAMAM and the negative charge on the bacterial surface contributed to the sugar recognition of boronic acid. Based on these recognition mechanism, B-PAMAM can selectively identify Gram-positive bacteria. The recognition target of boronic acid was revealed to be lipoteichoic acid, which is specific to Gram-positive bacteria surface, and succeeded in developing a new bacterial discrimination method.

研究分野：分析化学、超分子化学

キーワード：細菌識別 超分子ナノ構造体 dendrimer フェニルボロン酸 ジピコリルアミン 蛍光観察

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

国内/海外を問わず、食品や水の安全確保、食品・飲料工場、病院など様々な現場環境の衛生管理は、汚染原因究明やバイオハザード等の観点から極めて重要な課題である。その中で、集団食中毒原因菌である大腸菌(*E. coli*, 0-157) 院内感染菌として知られる緑膿菌(*P. aeruginosa*) や黄色ブドウ球菌(*S. aureus*)等の病害性細菌の簡易検出の重要性はますます高まっている。現在、細菌検出の公定法である培養法は、操作(培地調製や滅菌処理等)が煩雑な上、結果が得られるまで2-10日程度を必要とする。対象が病原菌の場合に対応が遅れてしまう可能性が高く、簡便かつ迅速な細菌検出/識別技術が切望されている。そこで本研究では、ソフト形状からハード形状までのナノ構造体として、ベシクル、デンドリマー、シリカナノ粒子、および金属ナノ粒子に着目し、その表面にジピコリルアミン金属錯体やフェニルボロン酸など様々な分子認識部位を導入した超分子ナノ構造体を設計し、その構造と凝集に基づく細菌識別機能の関係を明らかにする。また特定遺伝子を破壊した大腸菌の変異株群を用いて細菌表面の分子認識部位を特定することで、細菌種に依存する凝集メカニズムを解明し、新しい細菌識別・捕集技術を確立する。

## 2. 研究の目的

従来の細菌検出法は、正確な検査に費用と時間がかかることから、抗生物質の過剰投与が行われており、近年、抗生物質のきかない薬剤耐性細菌の出現が社会問題となっている。我々はこれまでに、蛍光シリカナノ粒子とジピコリルアミン金属錯体の複合体が、黄色ブドウ球菌などの細菌と凝集体を形成し、目視で細菌を検出できる事を見いだしている。またポリアミドアミンデンドリマー(樹木状高分子)の表面にフェニルボロン酸を導入したナノ構造体では、黄色ブドウ球菌と大腸菌とを識別して黄色ブドウ球菌のみを選択的に凝集させることに成功した。本研究では、様々な分子認識部位を導入した超分子ナノ構造体を開発し、その細菌に対する選択的識別メカニズムを明らかにするとともに、細菌種を簡易・迅速に識別できる新しい検出・捕集技術を開発し、研究期間内の実用化を目的とした。

## 3. 研究の方法

### 3-1. 各種プローブの pH 応答性の評価

デンドリマーに修飾したジピコリルアミン銅錯体とフェニルボロン酸の各細菌認識部位が1種類の場合と2種類の場合について、それぞれプローブを合成し、pH変化に伴う細菌検出能の変化について評価した(Fig. 1)。また、第4世代のPAMAMデンドリマーの表面にピリジニウムボロン酸を修飾したプローブとベンゾキサポロールを修飾したプローブを合成した。用いた細菌は、グラム陽性菌 *S. aureus* IMA1011 及び、グラム陰性菌 *E. coli* K12W3110 である。評価には、濁度(紫外可視吸収スペクトルの600 nmにおける吸収: OD<sub>600</sub>)測定を用いた。

濁度測定: プローブ溶液と細菌懸濁液を等量混合し、刺激を与えることで凝集体を形成・沈殿させることによる溶液の濁度の変化率で評価した。

### 3-2. ジピコリルアミン修飾シクロデキストリンナノゲルの設計と機能評価

ジピコリルアミンと4-ヒドロキシ安息香酸より dpa-HB を合成し、これを 3-NH<sub>2</sub>- $\gamma$ -CyD に修

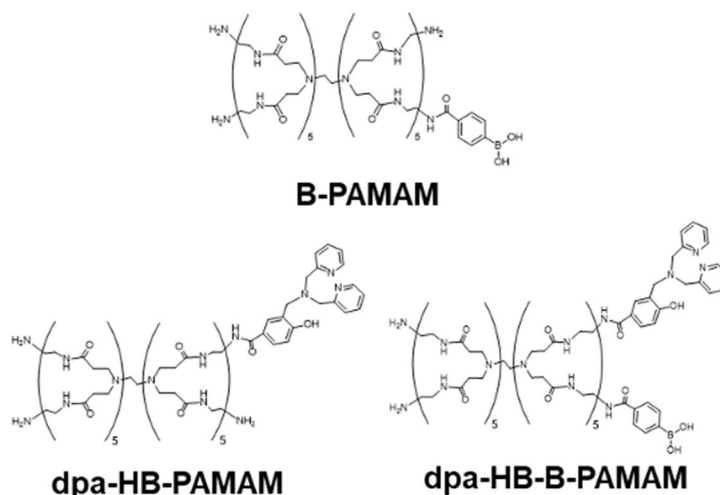


Fig. 1 Structure of dendrimer probes.

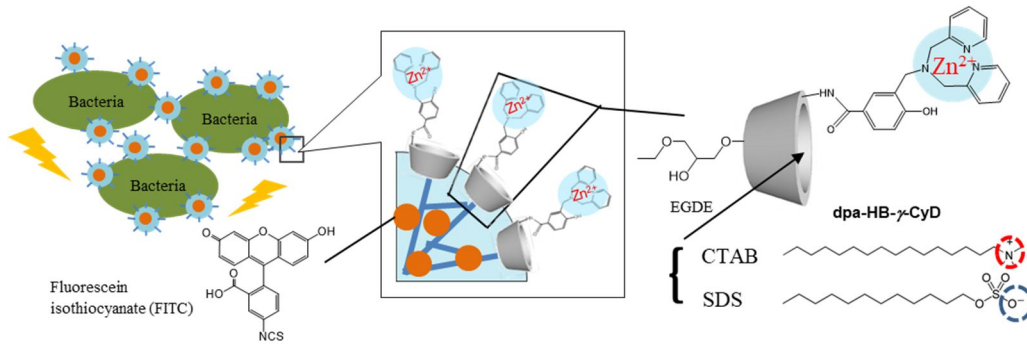


Fig. 2 Design of dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogel

飾させることで **dpa-HB- $\gamma$ -CyD** を合成した。この **dpa-HB- $\gamma$ -CyD** と架橋剤 EGDE (ethylene glycol diglycidyl ether), 乳化剤 DDAB (dilauryldimethylammonium bromide) とを用いた逆乳化法によって, フルオレセイン蛍光団 FITC (fluorescein isothiocyanate) を導入したナノゲルを作製した。ジピコリルアミンと 4-ヒドロキシ安息香酸より **dpa-HB** を合成し, これを 3-NH<sub>2</sub>- $\gamma$ -CyD に修飾させることで **dpa-HB- $\gamma$ -CyD** を合成した。この **dpa-HB- $\gamma$ -CyD** と架橋剤 EGDE (ethyleneglycol diglycidylether), 乳化剤 DDAB (dilauryldimethylammonium bromide) とを用いた逆乳化法によって, フルオレセイン蛍光団 FITC (fluorescein isothiocyanate) を導入したナノゲルを作製した。このナノゲル表面のシクロデキストリン空洞部に, 陽イオン性界面活性剤である CTAB (cetyltrimethylammonium bromide) や陰イオン性界面活性剤である SDS (sodium dodecyl sulfate) や, フェニルボロン酸型およびジピコリルアミン型蛍光プローブを包接させることで界面電荷制御を行い, 細菌検出能の変化について評価した (Fig. 2)。

### 3-3. 様々な細菌種による選択性評価

細菌の濁度測定において広範囲の pH 条件で *S. aureus* IMA1011 を沈殿させることがわかった **Benzo-PAMAM** を用いて細菌の選択性を調査した。5 種類のグラム陽性菌と 3 種類のグラム陰性菌を使用して細菌選択性の確認を行った。実験はすべて生理的条件の pH 7.4 で行い, 評価方法や測定のプロトコルは濁度測定を用いた。蛍光顕微鏡: 濁度測定と同様のプロトコルの後, 凝集体の有無, その大きさや数を観察することで評価した。

## 4. 研究成果

### 4-1. pH 応答性から見た各種 PAMAM プローブの凝集

pH 変化に伴う濁度の変化率の測定結果を Fig. 3 に示した。図中の縦軸は濁度の変化率を示し, 下に行くほど濁度が減少したことを表す。0 の場合, 刺激の前後で変化がないことを示す。pH 変化に対する凝集能の変化はプローブごとに大きく異なっていた。先行研究でもあるフェニルボロン酸のみを修飾した **B-PAMAM** では, 中性付近でのみ *S. aureus* 選択的な濁度減少を示した (Fig. 3(A))。次に, ジピコリルアミン銅錯体とフェニルボロン酸が修飾した **Cu-dpa-HB-B-PAMAM** では, 特に pH 7 から pH 10 において *S. aureus* が著しい濁度減少を示した (Fig. 3(B)) のに対して, 銅錯体のない **dpa-HB-B-PAMAM** では, pH 7 から 9 において, 両方の細

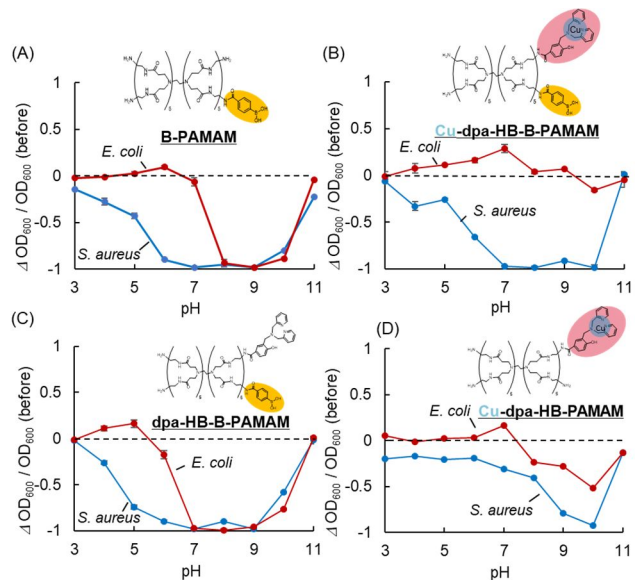


Fig. 3 Changing ratio of OD<sub>600</sub> in addition of (A) **B-PAMAM** to bacteria in PBS buffer, (B) **Cu-dpa-HB-B-PAMAM**, (C) **dpa-HB-B-PAMAM** and (D) **Cu-dpa-HB-PAMAM** to bacteria in HEPES (pH 3-9) or CAPS buffer (pH 10-11). [Probes] =  $3.3 \times 10^{-6}$  M, [Bacteria] =  $2.3 \times 10^8$  CFU mL<sup>-1</sup>, [buffer] =  $5.0 \times 10^{-3}$  M).

菌で著しい濁度減少が見られた (Fig. 3 (C))。また,ジピコリルアミン銅錯体のみ修飾の **Cu-dpa-HB-PAMAM** では,中性から pH 10 付近にかけて *S. aureus* でより大きな濁度減少が見られた (Fig. 3 (D))。従って, **Cu-dpa-HB-B-PAMAM** では,先行研究の **B-PAMAM** より広範囲の pH で *S. aureus* 選択的な検出に成功した。これは,ボロン酸とジピコリルアミン銅錯体両方の細菌認識機構が同時に働き,ジピコリルアミン銅錯体によって,より強い *S. aureus* 選択性が生じたと考えている。

**m-Pyd-B-PAMAM** では,中性条件付近で細菌とプローブの凝集体形成を確認したが,濁度の減少幅は他と比較すると小さなものであった (Fig. 4 (B))。最も *S. aureus* と *E. coli* を顕著に識別したのはベンゾキサポロールを修飾した **Benzo-PAMAM** であった。先行研究で達成された中性条件での識別だけでなく,より酸性条件でも沈殿が生じることがわかった (Fig. 4 (C))。さらに **Benzo-PAMAM** は,塩基性条件においても *E. coli* で濁度減少が起こらないことから, **B-PAMAM** より優れた識別機能を持っている。検出可能な pH 範囲の拡大は,ボロン酸の酸解離定数の大きさに起因していると考えている。

#### 4-2. B-PAMAM が示すグラム陽性菌識別機能のメカニズム解明

細菌識別機能の解明を目的として,デンドリマーの表面構造を変化させ,静電相互作用及び疎水性相互作用の影響を検討し, **B-PAMAM** の正電荷と細菌表面の負電荷間での静電相互作用がボロン酸による糖認識に寄与することで,広い pH 範囲で **B-PAMAM** がグラム陽性菌を認識出来ることを明らかにした。さらに抗体法を用いることで,ボロン酸の認識ターゲットが,グラム陽性菌特異的な表面構造であるリポタイコ酸であることを解明することができた (Fig. 5)。

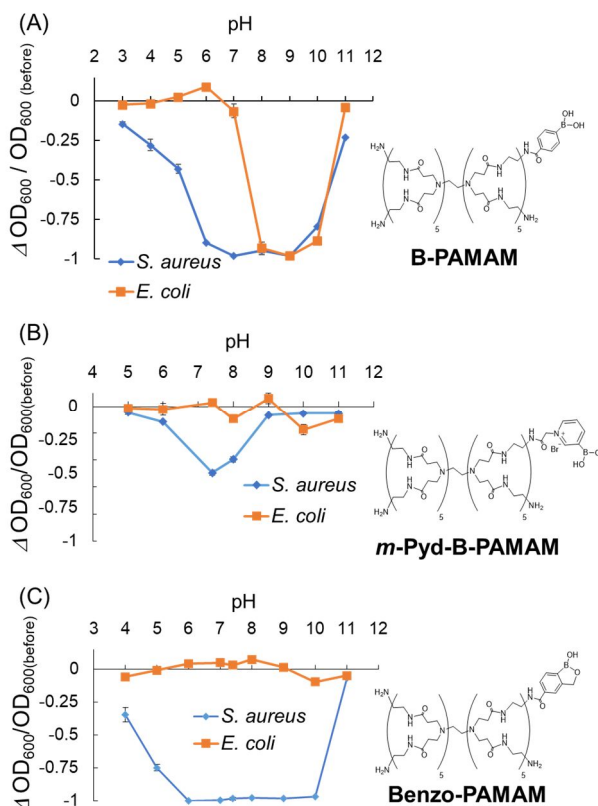
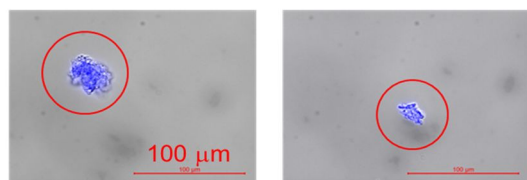


Fig. 4 Changing ratio of OD<sub>600</sub> in addition of (A) **B-PAMAM**, (B) **m-Pyd-B-PAMAM**, and (C) **Benzo-PAMAM** to bacteria in PBS buffer (pH 3-9). [Probes] = 3.3 μM, [Bacteria] = 2.3 × 10<sup>8</sup> CFU mL<sup>-1</sup>.

A) Control (Normal IgG)



B) Bacteria with Blocked LTA

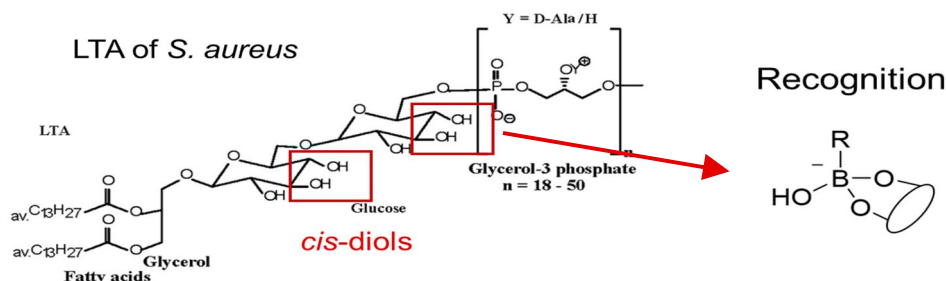
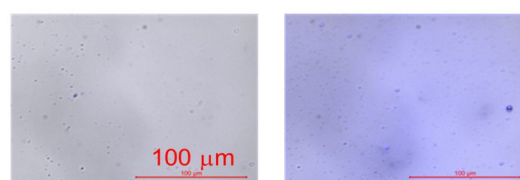


Fig. 5 Recognition mechanism for gram-positive bacteria.



### 4-3. ジピコリルアミン修飾シクロデキストリンナノゲルの細菌識別機能

#### (1) 陽イオン性界面活性剤 (CTAB) の効果

dpa-HB- $\gamma$ -CyD ナノゲルのみでは細菌との凝集能は確認されず (Fig. 6 (1)),  $Zn^{2+}$  イオンを配位させると両菌種ともに濁度の減少が観測された (Fig. 6 (2))。よって, ナノゲルのジピコリルアミン金属錯体が細菌と相互作用を起こして凝集したと考えられる。さらに陽イオン性界面活性剤である CTAB をナノゲルに加えると, 元々減少率がほぼ 100%であった *S. aureus* では変化が見られなかったが, *E. coli* のサンプルで大きな濁度減少が見られた (Fig. 6 (3))。また, 蛍光顕微鏡で観察すると, ナノゲルと  $Zn^{2+}$  イオンのみの時と比べて, CTAB を加えたサンプルで凝集が顕著に起こっていることが確認できた。これは, シクロデキストリン空洞部に CTAB が包接されてナノゲル自体の電荷が

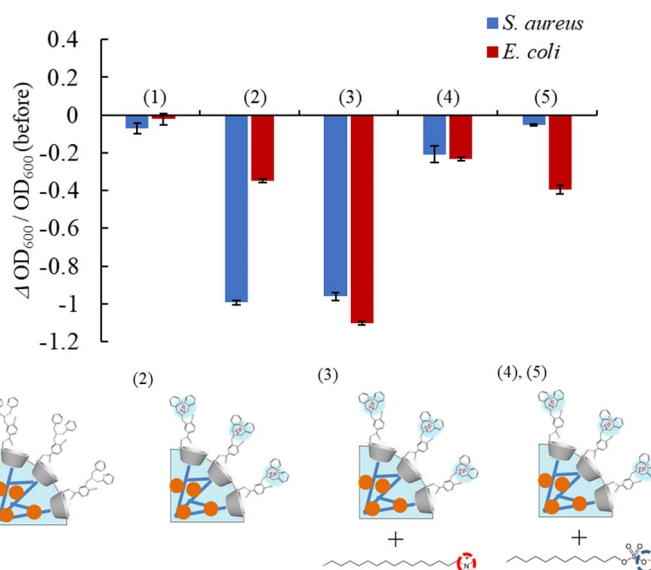


Fig. 6 Decreasing ratio of  $OD_{600}$  in addition of (1) dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogels only (2) dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogels +  $Zn^{2+}$  (3) dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogels +  $Zn^{2+}$  + CTAB (4) and (5) dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogels +  $Zn^{2+}$  + SDS to *S. aureus* and *E. coli* in PBS buffer (pH 7.4) ( $n = 3$ ). [dpa-HB- $\gamma$ -CyD nanogels] = 0.356 mg  $cm^{-3}$ , [ $Zn^{2+}$ ] = 200  $\mu M$ , [CTAB] = 50  $\mu M$ , [SDS] = (4) 1.5 mM, (5) 2.5 mM, [Bacteria] =  $1.0 \times 10^8$  CFU  $cm^{-3}$ .

増加することで, 負に帯電した細菌との静電引力が強まり, 結果としてナノゲルの細菌との凝集能の向上につながったと考えられる。よって, 細菌とプローブとの凝集には静電相互作用が強く影響することが示唆された。しかし CTAB では, 凝集能が上がるだけで菌種の識別には繋がれないという結論に達した。

#### (2) 陰イオン性界面活性剤 (SDS) の効果

次に陰イオン性界面活性剤である SDS をナノゲルに加えると, *E. coli* では濁度変化があまり見られないのに対して, *S. aureus* で顕著な濁度上昇が確認された (Fig. 6 (2), (4), (5))。蛍光顕微鏡の結果を見てみると, *S. aureus* でのみ凝集体の数が少なくかつ大きさも小さくなっているのが確認された。これは, SDS が包接されることによってナノゲル自体の電荷が減少し, 静電反発力が生じたためと考えられる。*S. aureus* 及び *E. coli* はともに表面が負に帯電しており, 両菌種ともに静電反発力の影響を受けていると考えられるが, グラム陰性菌である *E. coli* は多層構造をとるため, 静電反発力の影響を受けづかったことが要因であると考えられる。

### 4-4. 総括

本研究では, 糖鎖を認識するフェニルボロン酸に加え, ペタインやカルボキシル基など表面電荷を制御できる官能基を第四世代 PAMAM デンドリマーに化学修飾し, グラム陽性菌とグラム陰性菌の識別能の表面電荷による制御を行った。得られた結果に基づき中性的な電荷を有するプローブを合成し, 新たにグラム陰性菌の一種である大腸菌に特異的な認識に成功した。さらにその認識選択性は, グラム陰性菌特異的な表面構造であるリボポリサッカライドの組成の違いに基づいており, 株選択性をも与えることを明らかにした。また, デンドリマーに代えて包接機能を有するシクロデキストリンナノゲルにフェニルボロン酸やジピコリルアミンの金属錯体を化学修飾し, さらにイオン性界面活性剤の導入で界面電荷を制御することにより, 界面活性剤/修飾シクロデキストリンナノゲル複合体を用いた細菌種選択的な識別機能が得られることを明らかにした。

以上のように, 本基盤研究を通して 細菌や細菌由来のエンドトキシン の 識別・検出法として, 新しい超分子ナノ構造体の開発に成功した。様々なシクロデキストリンやナノ構造体との組み合わせに基づくナノ空間での多彩な分子認識機能の発現は, 超分子分析試薬のユニークな特徴と言えるだろう。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Manja Kubeil, Yota Suzuki, Maria Antonietta Casulli, Rozy Kamal, Takeshi Hashimoto, Michael Bachmann, Takashi Hayashita, Holger Stephan	4. 巻 13
2. 論文標題 Exploring the Potential of Nanogels: From Drug Carriers to Radiopharmaceutical Agents	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advanced Healthcare Materials	6. 最初と最後の頁 2301404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adhm.202301404	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 Javanbakht Siamak, Darvishi Sima, Dorchei Faeze, Hosseini-Ghalehno Maryam, Dehghani Marjan, Pooresmaeil Malihe, Suzuki Yota, Ul Ain Qurat, Ruiz Rubio Leire, Shaabani Ahmad, Hayashita Takashi, Namazi Hassan, Heydari Abolfazl	4. 巻 8
2. 論文標題 Cyclodextrin Host-Guest Recognition in Glucose-Monitoring Sensors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 33202 ~ 33228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.3c03746	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 Kimoto Hiroshi, Takahashi Moeka, Masuko Masakage, Sato Kai, Hirahara Yuya, Iiyama Masamitsu, Suzuki Yota, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 95
2. 論文標題 High-Throughput Analysis of Bacterial Toxic Lipopolysaccharide in Water by Dual-Wavelength Monitoring Using a Ratiometric Fluorescent Chemosensor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 12349 ~ 12357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.3c01870	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 Martins Tassia J., Parisi Cristina, Suzuki Yota, Hashimoto Takeshi, Nostro Antonia, Ginestra Giovanna, Hayashita Takashi, Sortino Salvatore	4. 巻 28
2. 論文標題 Supramolecular Assemblies of Fluorescent Nitric Oxide Photoreleasers with Ultrasmall Cyclodextrin Nanogels	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 5665 ~ 5665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules28155665	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 Takeuchi Satomi, Cesari Andrea, Soma Suzuka, Suzuki Yota, Casulli Maria Antonietta, Sato Kai, Mancin Fabrizio, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 59
2. 論文標題 Preparation of ultrasmall cyclodextrin nanogels by an inverse emulsion method using a cationic surfactant	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4071 ~ 4074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d3cc00523b	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 Kimoto Hiroshi, Hirahara Yuya, Sato Kai, Iiyama Masamitsu, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 High-throughput determination of lipopolysaccharide by flow injection analysis using dipicolylamine-type fluorescent probe	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Talanta Open	6. 最初と最後の頁 100204 ~ 100204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talo.2023.100204	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, Masuko Masakage, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 47
2. 論文標題 Selective ATP recognition by boronic acid-appended cyclodextrin and a fluorescent probe supramolecular complex in water	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 7035 ~ 7040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3NJ00139C	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 Mikagi Ayame, Takahashi Yotaro, Kanzawa Nobuyuki, Suzuki Yota, Tsuchido Yuji, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 28
2. 論文標題 Aggregation-Based Bacterial Separation with Gram-Positive Selectivity by Using a Benzoxaborole-Modified Dendrimer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 1704 ~ 1704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules28041704	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, Mizuta Yuji, Mikagi Ayame, Misawa-Suzuki Tomoyo, Tsuchido Yuji, Sugaya Tomoaki, Hashimoto Takeshi, Ema Kazuhiro, Hayashita Takashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Recognition of D-Glucose in Water with Excellent Sensitivity, Selectivity, and Chiral Selectivity Using $\beta$ -Cyclodextrin and Fluorescent Boronic Acid Inclusion Complexes Having a Pseudo-diboronic Acid Moiety	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Sensors	6. 最初と最後の頁 218 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssensors.2c02087	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 HAYASHITA Takashi	4. 巻 34
2. 論文標題 Forty Years of Ion Exchange Researches	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 34 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.34.34	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 2022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 Suzuki Yota, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Ratiometric fluorescence sensing of $\alpha$ -D-glucose using an inclusion complex of $\beta$ -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 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 Kimoto Hiroshi、Suzuki Yota、Ebisawa Yu、Iiyama Masamitsu、Hashimoto Takeshi、Hayashita Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Simple and Rapid Endotoxin Recognition Using a Dipicolylamine-Modified Fluorescent Probe with Picomolar-Order Sensitivity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 25891 ~ 25897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.2c02935	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 Sugita Ko、Suzuki Yota、Tsuchido Yuji、Fujiwara Shoji、Hashimoto Takeshi、Hayashita Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 A simple supramolecular complex of boronic acid-appended $\alpha$ -cyclodextrin and a fluorescent boronic acid-based probe with excellent selectivity for $\alpha$ -D-glucose in water	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 20259 ~ 20263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ra03567g	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 Mikagi Ayame、Manita Koichi、Tsuchido Yuji、Kanzawa Nobuyuki、Hashimoto Takeshi、Hayashita Takashi	4. 巻 5
2. 論文標題 Boronic Acid-Based Dendrimers with Various Surface Properties for Bacterial Recognition with Adjustable Selectivity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	6. 最初と最後の頁 5255 ~ 5263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbm.2c00680	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 KIMOTO Hiroshi、IIYAMA Masamitsu、HASHIMOTO Takeshi、HAYASHITA Takashi	4. 巻 33
2. 論文標題 Fluorescence Detection of Endotoxin Using Cadmium Complexed with Dipicolylamine-type Pyrene Probe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 95 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.33.95	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 Yoshinaga Ryohei、Kojima Fuya、Sugiyama Kazuma、Kunugita Hideyuki、Hashimoto Takeshi、Hayashita Takashi、Ema Kazuhiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Marcus model-based analysis of the photo-quenching mechanism of a boronic acid fluorophore: water concentration dependence of electron transfer rate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 213 ~ 220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00222-3	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 Andreani Agustina Sus、Kunarti Eko Sri、Hashimoto Takeshi、Hayashita Takashi、Santosa Sri Juari	4. 巻 9
2. 論文標題 Fast and selective colorimetric detection of Fe <sup>3+</sup> based on gold nanoparticles capped with ortho-hydroxybenzoic acid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 105962 ~ 105962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jece.2021.105962	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 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 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 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 Dicolylamine 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/acsabm.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 -

1. 著者名 Tsuchido Yuji, Nodomi Nana, Hashimoto Takeshi, Hayashita Takashi	4. 巻 39
2. 論文標題 Micelle-Type Sensor for Saccharide Recognition by Using Boronic Acid Fluorescence Amphiphilic Probe and Surfactants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solvent Extraction and Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 668 ~ 677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07366299.2021.1876988	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 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 無
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 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 ~ 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 -

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 Hagiwara Kenta, Uchida Hiroshi, Suzuki Yumiko, Hayashita Takashi, Torigoe Kanjiro, Kida Tetsuya, Horikoshi Satoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Role of alkan-1-ol solvents in the synthesis of yellow luminescent carbon quantum dots (CQDs): van der Waals force-caused aggregation and agglomeration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 14396 ~ 14402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA01349H	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 Hashimoto Takeshi, Kumai Mio, Maeda Mariko, Miyoshi Koji, Tsuchido Yuji, Fujiwara Shoji, Hayashita Takashi	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 Frontiers of Chemical Science and Engineering	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 -

〔学会発表〕 計102件（うち招待講演 10件/うち国際学会 23件）

1. 発表者名 鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 シクロデキストリン空孔を反応場として活用したD-グルコースの高選択なキラル蛍光認識
3. 学会等名 日本化学会第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yan Ruyu・Casulli Maria Antonietta・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 Electrochemical Studies of Curcumin and $\alpha$ -Cyclodextrin Nanogels Interaction in Aqueous Condition
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本 剛・篠野 裕通・佐藤 海・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/金ナノ粒子複合体電極による電気化学的糖認識
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早下 隆士・高橋 洋太郎・三ヶ木 彩芽・橋本 剛
2. 発表標題 細菌識別機能を有するベンゾオキサポロール修飾 dendrimer の開発
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Goto, K. Sato, T. Hashimoto, T. Hayashita, A. Endo, K. Matsui, S. Iguchi, T. Sasaki, I. Watanabe
2. 発表標題 NMR and muSR study on sugar recognition system based on gold nano particles
3. 学会等名 International Symposium on Inorganic Environmental Materials (ISIEM2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本 剛・田頭 一穂・早下 隆士
2. 発表標題 (-ジケトナト)ルテニウム錯体/修飾シクロデキストリン複合体の電気化学的分子認識に及ぼす置換基効果
3. 学会等名 第20回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ruyu Yan, Maria A Casulli, Takeshi Hahimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Electrochemical study of curcumin inclusion using cyclodextrin-based ultra small nanogels
3. 学会等名 7th European Cyclodextrin Conference (EUROCD 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Hayashita
2. 発表標題 Supramolecular cyclodextrin complex sensors for ion and molecule recognition in water
3. 学会等名 7th European Cyclodextrin Conference (EUROCD 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 Hiroshi Kimoto, Moeka Takahashi, Masamitsu Iiyama, Yota Suzuki, Takeshi Hahimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Lipopolysaccharide Detection in Water by Dual-Wavelength Monitoring Using a Ratiometric Fluorescent Chemosensor
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry-Tokyo International Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木本 洋・高橋 萌香・益子 征景・佐藤 海・平原 裕也・飯山 真充・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 レシオメトリック型蛍光化学センサーを用いた細菌毒素LPSのハイスループット分析
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 早下 隆士
2. 発表標題 分析試薬研究と歩んだ40年
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本 剛・篠野 裕通・丹羽 菜々美・早下 隆士
2. 発表標題 シクロデキストリン包接複合体を金ナノ粒子に修飾した電極による電気化学的糖認識
3. 学会等名 第39回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早下 隆士・竹内 聡弥・相馬 涼佳・鈴木 陽太・橋本 剛
2. 発表標題 優れた包接機能を有する超微細シクロデキストリンナノゲルの開発
3. 学会等名 第39回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本 剛
2. 発表標題 イオン・分子認識機能を有する超分子複合体の開発
3. 学会等名 第36回日本イオン交換研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木本 洋・高橋 萌香・益子 征景・佐藤 海・平原 裕也・飯山 真充・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 エンドトキシンの迅速蛍光検出法の確立とそのメカニズムの解明
3. 学会等名 第6回生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yota Suzuki, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Fluorescent Chemosensing for D-glucose by Inclusion Complex of $\alpha$ -Cyclodextrin and Pyridylboronic Acid-based Probe Showing Excellent Chiral Selectivity
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Kimoto, Yota Suzuki, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Fluorescent Detection of Endotoxin Using Cadmium Complexed with Dipicolylamine-type Pyrenyl Probe
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayame Mikagi, Koichi Manita, Asuka Yoyasu, Yuji Tsuchido, Nobuyuki Kanzawa, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Bacteria Recognition by Boronic Acid-Based Ditopic Dendrimers for Gram-Positive Bacteria
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Iwai, Kouta Sagehashi, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Surface Charge Control of Cyclodextrin Nanogels Modified with Phenylboronic Acid for Bacteria Discrimination
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yotaro Takahashi, Yota Suzuki, Ayame Mikagi, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design of PAMAM Dendrimer Modified with Benzoxaborole for Bacteria Discrimination
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三ヶ木 彩芽・眞仁田 晃一・与安 明日香・土戸 優志・橋本 剛・神澤 信行・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸修飾デンドリマーによる細菌識別とメカニズムの評価
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 鈴木 陽太・水田 祐司・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 単純な構造のボロン酸とシクロデキストリンの超分子複合体による水中でのグルコースの選択的センシング
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 木本 洋・飯山 真充・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジピコリルアミノ型蛍光プローブを用いるエンドトキシンのフローインジェクション分析
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 鈴木 陽太・水田 祐司・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ガンマシクロデキストリンと蛍光性ボロン酸型プローブの超分子複合体を用いたグルコースの選択的蛍光認識
3. 学会等名 第38回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三ヶ木 彩芽・眞仁田 晃一・与安 明日香・土戸 優志・橋本 剛・神澤 信行・早下 隆士
2. 発表標題 ジトヒック型ボロン酸デンドリマーによる細菌認識法の開発
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩井 祐樹・提箸 弘大・橋本 剛・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ナノゲルの界面電荷制御と細菌識別機能評価
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 洋太郎・三ヶ木 彩芽・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ベンゾオキサボロール修飾デンドリマーの設計と細菌識別機能評価
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Casulli Maria Antonietta・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 Electrochemical Sensing of Human Metabolites by Cyclodextrin Supramolecular Complexes
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022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 ジビコリルアミン型蛍光プローブ/ポロン酸修飾シクロデキストリン複合体によるリン酸およびヒ酸の検出
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 和彦・Casulli Maria Antonietta・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 フェロセン型電気化学プローブ/シクロデキストリン超分子複合体によるリン酸誘導体測定法の開発
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022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(β-ジケトナト)ルテニウム錯体を用いた電気化学的糖認識
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maria Antonietta Casulli, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 New Electrochemical Detection Mechanism Based on Cyclodextrins for the Selective Detection of Human Metabolites
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Kai Sato, Hiroshi Kimoto, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Boric Acid Detection by Using ( -Diketonato) Ruthenium Complexes
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022), ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masakage Masuko, Yota Suzuki, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Adenosine Triphosphate (ATP) Detection by Dipicolylamine Type Fluorescent Probe/Boronic Acid Modified Cyclodextrin Complex
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuho Tagami, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Synthesis of Ruthenium Complexes with Phenyl Groups and Electrochemical Sugar Recognition
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeshi Hashimoto, Yoshiki Takemoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Structural Effects of Metal Ion Recognition of Dipicolylamine-type Azoprobe Supramolecular Complexes
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuhiko Yoshida, Maria Antonietta Casulli, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design and Function of Supramolecular Cyclodextrin Complex Sensors for Electrochemical Detection of ATP
3. 学会等名 The 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益子 征景・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン型超分子蛍光プローブの設計とスペーサー効果によるリン酸誘導体の選択的検出
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 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
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
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 iscrimination function
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 Masakage Masuko, Tomotake Ashino, Yu Ebisawa, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita
2. 発表標題 Phosphate derivatives recognition by dipicolylamine type fluorescent probe/boronic acid modified cyclodextrin complexes in water
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
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 Detection of phosphate derivatives by boronic acid type ferrocene probe/cyclodextrin complex
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 Synthesis of (b-Diketonato)ruthenium complex with phenyl groups and electrochemical sugar recognition
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
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 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超分子複合体によるリン酸誘導体検出
3. 学会等名 令和3年度東日本分析化学若手研究者交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木本 洋・鈴木 陽太・飯山 真充・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ピレンのエキシマー蛍光を利用した迅速かつ高感度なエンドトキシン検出法の確立
3. 学会等名 令和3年度東日本分析化学若手研究者交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 早下 隆士
2. 発表標題 ナノ空間包接場を用いる超分子分析試薬の開発
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木本 洋・益子 征景・鈴木 陽太・橋本 剛・飯山 真充・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミノ基修飾型蛍光プローブによるエンドトキシン認識
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ベンゾキサポロール型プローブ/シクロデキストリン超分子錯体による水中での糖類の蛍光認識能の評価
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
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 Supramolecular Cyclodextrin Complexes for Electrochemical Detection of Metabolites in Aqueous Solution
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
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
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
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 ジビ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
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
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 ボロン酸修飾PAMAM dendrimerを用いた細菌認識法の開発
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design and Function of Supramolecular Cyclodextrin Complex Sensors for Molecular Recognition in Water
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences 2021 (ASIANALYSIS XV) (招待講演)
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
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences 2021 (ASIANALYSIS XV) (招待講演)
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
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 中奈 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
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 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 高い酸性度を持つボロン酸型プローブとシクロデキストリンの複合体による糖類の分子認識
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 木本 洋・飯山 真充・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 エンドトキシン認識機能を有する新規蛍光プローブの開発
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 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 ダンシル修飾フェニルボロン酸 dendリマーを用いた高感度細菌検出法の開発
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 早下 隆士
2. 発表標題 シクロデキストリンを用いる超分子分析試薬の開発
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム（招待講演）
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
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
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
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
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/フェニルボ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
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 提箸 弘大・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界面電荷制御と細菌識別機能評価
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩井 祐樹・提箸 弘大・橋本 剛・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ナノゲルの界面電荷制御と細菌識別機能評価
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
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 アントラセン型蛍光プローブ/シクロデキストリン複合体の糖認識機能評価
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中条 瞳・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ( $\beta$ -ジケトナト)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による電気化学的リン酸誘導体認識
3. 学会等名 第37回シクロデキストリンシンポジウム
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 ジピ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
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 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 ボロン酸修飾 dendrimer を用いた蛍光測定による高感度細菌認識法の開発
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 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
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
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
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 眞仁田 晃一・与安 明日香・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン/デンドリマー複合型プローブの設計と細菌識別
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021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 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糖認識における置換基効果の評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠野 裕通・吉澤 賢太郎・Maria Antonietta Casulli・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糖の電気化学的検出
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
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 アントラセン型糖認識蛍光プローブの構造効果
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021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応答機能評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
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 ( $\beta$ -ジケトナト)ルテニウム錯体/修飾シクロデキストリン包接複合体による電気化学的リン酸誘導体認識
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 檜平 篤怜・竹内 聡弥・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 新規架橋剤を用いた超微細シクロデキストリンナノゲルの設計と包接機能評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
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/ボ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応答機能評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩井 祐樹・提箸 弘大・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸修飾シクロデキストリンナノゲルの界面電荷制御と細菌識別機能
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 和彦・Maria Casulli・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ボロン酸型フェロセンプローブ/シクロデキストリン複合体によるリン酸誘導体認識
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
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そのシクロデキストリン包接能評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021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
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
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 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リン酸誘導体検出
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 岩井 祐樹・提箸 弘大・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ポロン酸修飾シクロデキストリンナノゲルの界面電荷制御と細菌識別機能評価
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 吉田 和彦・Maria Casulli・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ポロン酸型フェロセンプローブ/シクロデキストリン複合体による電気化学的リン酸誘導体認識
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 高橋 洋太郎・眞仁田 晃一・与安 明日香・鈴木 陽太・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ピリジニウムポロン酸修飾PAMAM dendrimerの設計と細菌識別機能評価
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
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 早下 隆士
2. 発表標題 高度な分子識別機能を有するシクロデキストリン複合体の開発
3. 学会等名 第14回多糖の未来フォーラム (招待講演)
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
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
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
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 榎平 篤怜・竹内 聡弥・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 新規架橋剤を用いた超微細シクロデキストリンナノゲルの設計と包接機能評価
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 眞仁田 晃一・与安 明日香・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミンノ四級化デンドリマー複合体の設計と細菌識別機能評価
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 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
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 早下 隆士
2. 発表標題 ナノ空間包接場およびナノ構造体を用いる超分子分析試薬の発明
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早川 明寛・海老沢 優・遠藤 美和・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ニトロ/フルオロフェニルポ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
3. 学会等名 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞仁田 晃一・与安 明日香・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 ジビコリルアミン / 四級化デンドリマー複合体の設計と細菌識別機能評価
3. 学会等名 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高分子学会 (分担執筆: 早下隆士)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 630
3. 書名 高分子材料の事典 (2-48 イオン交換樹脂。pp. 236 - 237)	

〔出願〕 計6件

産業財産権の名称 キラル糖分子のキラル認識方法および複合体	発明者 鈴木 陽太, 早下 隆士, 橋本 剛	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-129691	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 エンドトキシン検出方法及びエンドトキシン検出装置、精製水製造設備及び注射用水製造設備、並びに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, 早下隆士, 橋本 剛	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開W02022/004167	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

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, 早 下隆士, 橋本剛, 海老 沢優	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願111108045	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ナノ構造体、細菌凝集剤、細菌検出剤、グラム陰性菌検出剤、細菌検出キット、グラム陰性菌検出キット、細菌を凝集する方法、細菌検出方法、グラム陰性菌検出方法、ナノ前駆体	発明者 早下 隆士， 橋本 剛， 提箸 弘大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-131134	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

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， 早下 隆士， 橋本 剛， 海老沢 優	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開W0/2022/186388	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 エンドトキシン検出方法及びエンドトキシン検出装置、精製水製造設備及び注射用水製造設備、並びに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， 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2021-176736	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 ポリシクロデキストリンの超微細ナノゲル粒子及びその製造方法	発明者 早下隆士・相馬涼佳・竹内聡弥	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、7416395	取得年 2024年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

上智大学分析化学研究室ホームページ <a href="http://www.mls.sophia.ac.jp/~analysis/">http://www.mls.sophia.ac.jp/~analysis/</a>
--

## 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	橋本 剛  (HASHIMOTO Takeshi)  (20333049)	上智大学・理工学部・教授    (32621)	
研究分担者	神澤 信行  (KANZAWA Nobuyuki)  (40286761)	上智大学・理工学部・教授    (32621)	

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			
ドイツ	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf			
イタリア	University of Catania			
ベルギー	KU Leuven			