

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K14255

研究課題名（和文）ボロン酸修飾高分子による細菌の簡易迅速識別・分離法の開発

研究課題名（英文）Development of Simple, Rapid Discrimination Method of Bacteria by Boronic Acid Modified Polymer

研究代表者

土戸 優志（TSUCHIDO, YUJI）

早稲田大学・理工学術院・講師（任期付）

研究者番号：40737219

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）：ボロン酸修飾 dendrimer を用いた細菌の検出法を開発した。本手法は、ボロン酸修飾 dendrimer を細菌を含む溶液に添加してボルテックス攪拌するだけの非常に簡易な方法で、細菌凝集を引き起こすことによって検出することができる。その検出感度は、濁度法では約100万 CFU/mL、蛍光法では約1万 CFU/mLである。検出時間は5分～数十分程度であり、従来法に比べて大幅に短い時間で、迅速な細菌検出を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

細菌やウイルスをはじめとした、病原性微生物のパンデミックが大きな社会問題となっており、病原性微生物を簡易迅速に検出する手法の開発が強く望まれている。本研究では、分子認識反応で細菌表面と結合して凝集させることによって、光の散乱や蛍光で細菌を検出して簡易判別する手法を開発した。この成果は学術的な意義のみならず、試薬と光源があれば、場所を問わずに迅速に細菌を検出できる手法であることから、SDGsの面でも大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：We developed novel detection method of bacteria by using boronic acid modified dendrimer. This method is a quite simple method by only mixing bacteria solution and boronic acid dendrimer solution. The mixture forms large aggregates. The detection sensitivity is about 1,000,000 CFU/mL for the turbidity method and 10,000 CFU/mL for fluorescence method. The detection time was about 5 minutes to several tens of minutes. Rapid detection of bacteria was achieved in a significantly shorter time than the conventional method.

研究分野：分子認識、分析化学、バイオマテリアル、高分子科学

キーワード：細菌 分子認識 ボロン酸 dendrimer 超分子 ナノ材料

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

ウイルスや細菌などの病原微生物による感染症は、ときに爆発的な感染が進むことがあることから、その検査・診断法の開発は重要な課題となっている。中でも細菌感染症において、従来の細菌検査法である培養法は、細菌種を正確に判別できることが大きな利点であるが、その結果を得るまでに長時間の培養と多くの前処理が必要であり、検体中の細菌の存在や細菌種を大別するなど、迅速さが求められる場に適した細菌検査法の開発が強く求められている。これまでに、ELISA や細菌に結合する抗体を用いて凝集によって検出する免疫学的手法や、細菌の DNA をアレイ上に集積して検出する遺伝子的な方法など様々な細菌検出方法が開発されてきた。しかし、抗体は安定性に課題が残る上に高コストであり、装置コストも高く、専門的技術をもつ人的なコストも要する。このことから、迅速で簡易に判別できる細菌検出法の開発が強く望まれている。

我々は、先行研究において蛍光シリカナノ粒子表面に銅-ジピコリルアミン錯体を修飾した、銅-ジピコリルアミン修飾蛍光シリカナノ粒子を開発した。このシリカナノ粒子溶液を、細菌をスパイクした溶液に添加して数分混合すると、シリカナノ粒子表面の銅-ジピコリルアミン錯体が細菌表面のリン酸基を認識することによって凝集形成し、励起光照射により強い蛍光を示すことを見いだした。また、申請者らは多分岐の樹状高分子であるポリアミドアミン dendrimer 表面にフェニルボロン酸プローブを自己集積させた、フェニルボロン酸/dendrimer 複合体を作製した。このフェニルボロン酸/dendrimer 複合体は、グルコースやガラクトースのような、分子内にシス-ジオールを複数有する単糖を、多点で認識して結合することによって凝集形成することを見いだした。さらに、フェニルボロン酸/dendrimer 複合体の表面のボロン酸集積密度や、dendrimer の末端分岐数(世代)を変えることによって、フェニルボロン酸/dendrimer 複合体の単糖に対する選択性を制御できることを明らかにしている。

ここで、細菌はグラム陽性菌とグラム陰性菌に大別されるが、グラム陽性菌の表面にはペプチドグリカンやタイコ酸、グラム陰性菌の表面にはリポ多糖のような糖誘導体が多数存在しており、その表面構成はグラム陽性菌と陰性菌とで大きく異なることが広く知られている。そこで、ボロン酸プローブ修飾高分子を用いて、細菌表面に存在する糖誘導体をボロン酸で認識する反応を利用した細菌検出法の開発について検討を行った。細菌種による糖誘導体の表面構成の違いによる、ボロン酸と表面糖誘導体の親和性の違いを利用することによって、グラム陽性菌とグラム陰性菌とを、迅速かつ簡易に判別する本研究を立案した(図1)。

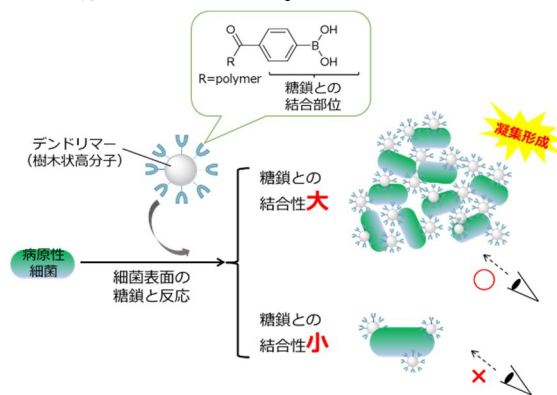


図1 ボロン酸修飾 dendrimer による細菌種の簡易識別

### 2. 研究の目的

本研究では、ボロン酸修飾高分子を利用した、迅速で簡易に細菌種を検出して判別する方法の開発を目的として研究を行った。この目的を達成するために、まず、ポリアミドアミン dendrimer の表面アミノ基に対して、カルボキシフェニルボロン酸を反応させることによって、フェニルボロン酸修飾 dendrimer を合成する。これを用いて、(1) ボロン酸修飾 dendrimer を用いた細菌認識機能評価を行う。グラム陽性菌とグラム陰性菌について、複数の細菌種に対する応答挙動を評価する。続いて、(2) ボロン酸修飾 dendrimer の細菌認識挙動の解明を行う。ボロン酸修飾 dendrimer と細菌との相互作用に関わると考えられる条件を様々制御して、細菌凝集を示す要因の解明を進める。これらの知見をまとめ、細菌の選択的な結合形成を利用して、細菌を簡易迅速に判別する検出法・分離法として応用展開していくのに必要な、(3) 細菌の選択性と検出感度の向上、を行うことを本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) ボロン酸修飾 dendrimer を用いた細菌認識機能評価

ボロン酸修飾 dendrimer を用いて、細菌の認識機能の評価をする。グラム陽性菌として黄色ブドウ球菌、グラム陰性菌として大腸菌を用いて評価する。さらに、様々な細菌種を用いて細菌認識機能の評価をする。また、ボロン酸と糖との結合形成能は pH に大きく依存する点を利用して、ボロン酸修飾 dendrimer を用いて、グラム陽性菌とグラム陰性菌の選択的な認識ができるかを評価する。

#### (2) ボロン酸修飾 dendrimer の細菌認識挙動の解明

ボロン酸の修飾比率や dendrimer のコアサイズ、表面構造の異なる B-PAMAM を設計して、細菌認識機能について明らかにする。

### (3) 細菌の選択性と検出感度の向上

細菌の選択性や検出感度の向上を目指し、ボロン酸修飾 dendriマーの機能化を図る。

## 4. 研究成果

### ボロン酸修飾 dendriマー (B-PAMAM) の合成

ポリアミドアミン (PAMAM) dendriマーの末端アミノ基と、4-カルボキシフェニルボロン酸をアミド縮合することにより、フェニルボロン酸を少数修飾した B-PAMAM を合成した。この B-PAMAM についてアリザリンレッド S 溶液を滴定したところ、紫外可視吸収スペクトルの短波長シフトと 564 nm の蛍光増大が観察された。ここに単糖を添加すると、紫外可視吸収スペクトルは 460 nm から 518 nm へと長波長シフトし、蛍光強度の減少が見られた。この結果から、ボロン酸修飾 dendriマーは可逆的な結合能を保持していることがわかった。

#### (1) ボロン酸修飾 dendriマーを用いた細菌認識機能評価

グラム陽性菌の *S. aureus* (黄色ブドウ球菌)、グラム陰性菌の *E. coli* (大腸菌) を用いて、B-PAMAM の細菌凝集能を濁度測定にて評価した。塩基性条件下で *S. aureus*、*E. coli* を含む菌液に B-PAMAM を添加し、ボルテックスによる外部刺激を与えたところ、両細菌溶液とも、目視判別可能なサイズの凝集体が 5 分以内に形成された。これは、B-PAMAM の表面のフェニルボロン酸が、それぞれ細菌の細胞膜表面糖類と結合し、細菌どうしを架橋する糊のような役割を果たしたためであると考えられる。フェニルボロン酸は、pH により糖との結合性が変化することが知られている。そこで次に、pH 変化に伴う細菌凝集能について評価したところ、*S. aureus* と *E. coli* では異なる応答挙動を示すことがわかった。特に、中性条件において、*S. aureus* に対しては大きな凝集体形成に伴う濁度減少が見られたのに対して、*E. coli* についてはそのような挙動が見られなかった。この条件においてボロン酸のない dendriマーを用いると、*S. aureus* に対しても凝集形成しなくなることがわかった。つまり、この細菌検出にはボロン酸が関与していると考えられる。さらに、中性条件において、様々な細菌種を用いて B-PAMAM 添加時の濁度変化を評価したところ、グラム陰性菌に対しては濁度変化がほとんど生じなかったのに対して、グラム陽性菌に対しては大きな濁度減少を示すことがわかった。グラム陽性菌とグラム陰性菌では細胞膜表面の構成が大きく異なっているため、細菌表面と B-PAMAM のボロン酸との親和性の差が細菌種の選択性をもたらしたと考えられる。また、dendriマー部位を直鎖状高分子のポリエチレンジアミンに変えた複合体では細菌に対して大きな凝集体形成が見られず、dendriマーのような球状構造が凝集形成に重要であることを明らかにした。

#### (2) ボロン酸修飾 dendriマーの細菌認識挙動の解明

dendriマーへのボロン酸の修飾比率に関する検討 : ボロン酸修飾比率が異なるボロン酸修飾 dendriマーを合成した。ポリアミドアミン dendriマーのアミノ基末端に対するボロン酸修飾比率が高いときには、グラム陽性菌に対して大きな凝集体形成をすることがわかった。

dendriマーのコアサイズ (世代) に関する検討 : アミノ基末端に対するボロン酸修飾比率がほぼ等しく、dendriマーのコアサイズ (世代) が異なるボロン酸修飾 dendriマーを合成して、細菌認識機能について比較した。その結果、dendriマーのコアサイズの大きさと細菌凝集能の強さ、検出感度の間には相関関係が存在することが明らかになった。

ボロン酸プローブのスペーサー長に関する検討 : ボロン酸にスペーサーを導入したプローブ分子を合成し、それを dendriマーに修飾した。この合成分子を用いて同様の評価を行ったところ、ボロン酸が直接 dendriマーと結合している時と比べて、細菌凝集形成を促す pH 条件が変化することを明らかにした。

### (3) 細菌の選択性と検出感度の向上

細菌の検出感度向上のため、蛍光団であるダンシル基を B-PAMAM に導入した DAN-B-PAMAM を合成した。中性条件下において *S. aureus* に DAN-B-PAMAM を添加したところ、B-PAMAM と同様に凝集体の形成が見られた。凝集体はダンシルクロリド由来の黄緑色発光を示し、溶液中の蛍光強度は減少した。B-PAMAM を用いた、濁度法による *S. aureus* の検出限界は  $10^6$  オーダーであったのに対して、DAN-B-PAMAM の *S. aureus* の検出限界は、約  $10^4$  CFU/mL であった。このように、B-PAMAM に蛍光団を導入することによって高感度な検出を実現した。

次に、細菌の選択性の向上のため、4 級カチオン性基であるベタイン、アルキル鎖、ジピコリルアミンを導入した B-PAMAM を合成した。まず、ベタインを導入した Bt-B-PAMAM は、塩基性条件下でも *S. aureus* に対して凝集し、*E. coli* に対してもわずかに凝集することがわかった。次に、B-PAMAM にアルキル鎖を導入した C-B-PAMAM を用いて同様の評価を行ったところ、*S. aureus* および *E. coli* とともに凝集能を示すことが分かった。これらの結果から、ボロン酸修飾 dendriマー表面のカチオン性が保持されたり、疎水性相互作用がはたらくことによって、細菌との相互作用がしやすくなる役割を果たしていると考えられる。ここで、ジピコリルアミンを導入した dpa-B-PAMAM は、銅イオンを配位することによってリン酸基を認識することができる。*S. aureus* および *E. coli* に対して Cu-dpa-B-PAMAM を添加したところ、弱酸性から塩基性領域にかけて *S. aureus* 選択的に凝集形成することを明らかにした。このように、複数の認識部位を有するジトピック型にすることによって、広い pH 領域で細菌を選択的に検出できることがわかった。

以上、本研究では、ボロン酸修飾 dendrimer を用いた細菌の検出法を開発した。本手法は、ボロン酸修飾 dendrimer を細菌を含む溶液に添加してボルテックス攪拌するだけの簡易な方法で、細菌凝集を引き起こすことによって検出することができる。その検出感度は、濁度法では  $10^6$  CFU/mL、蛍光法では  $10^4$  CFU/mL である。検出時間は 5 分～数十分程度であり、従来法に比べて大幅に短い時間での、迅速な細菌検出を達成した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Ayame Mikagi, Koichi Manita, Asuka Yoyasu, Yuji Tsuchido, Nobuyuki Kanzawa, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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
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 Ayame Mikagi, Riho Tsurufusa, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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
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 Yuji Tsuchido, Nana Nodomi, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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 Yuji Tsuchido, Shohei Kojima, Ko Sugita, Shoji Fujiwara, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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 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 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 Ko Sugita, Yuji Tsuchido, Chisato Kasahara, Maria Antonietta Casulli, Shoji Fujiwara, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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
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 Yuji Tsuchido, Ryosuke Horiuchi, Takeshi Hashimoto, Kanako Ishihara, Nobuyuki Kanzawa, and Takashi Hayashita	4. 巻 91
2. 論文標題 Rapid and Selective Discrimination of Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria by Boronic Acid Modified Polyamidoamine 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 Yuji Tsuchido, Aya Yamasawa, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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 土戸優志	4. 巻 37
2. 論文標題 分子認識プローブ修飾ナノ粒子を用いた細菌検出法の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオマテリアル 生体材料	6. 最初と最後の頁 18～19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Suzuka Soma, Takahito Suzuki, Tewodros Getachew Bekele, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	4. 巻 29
2. 論文標題 Design of Saccharide Recognition Material Based on Boronic Acid Fluorophore/Cyclodextrin Gel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ion Exchange	6. 最初と最後の頁 126～130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.29.126	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 Aya Kitamura, Yuna Kasai, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, and Takashi Hayashita	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30件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件)

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 ジトピック型ボロン酸 dendrimer 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	Yuji Tsuchido, Riho Tsurufusa, Masaru Ikeno, Ayame Mikagi, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題	Design of boronic acid modified polyamidoamine dendrimer for rapid and selective discrimination of Gram-positive bacteria
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, Takashi Hayashita
2. 発表標題	A novel convenient and sensitive detection for bacteria by fluorescent labelled 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	Takeshi Hashimoto, Maria Antonietta Casulli, Shoji Fujiwara, Yuji Tsuchido, 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	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 2020 (ASIANALYSIS 2021) (国際学会)
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 ポロン酸修飾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 ○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ポロン酸 dendrimer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 ○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 ポロン酸修飾 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18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 ダンシル蛍光団を有するフェニルポロン酸 dendrimer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春季年会
4. 発表年 2021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ポリマーの分子設計と機能評価
3. 学会等名 第68回高分子討論会
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 ビ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
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 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 dendrimer の分子設計と機能評価
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 dendrimer 型フェニルボロン酸細菌検出プローブの分子設計
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
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 与安明日香・喜多村文・土戸優志・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
3. 学会等名 令和元年度日本分析化学会関東支部若手交流会
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の開発とバイオフィルム検出能評価
3. 学会等名 令和元年度日本分析化学会関東支部若手交流会
4. 発表年 2019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 ボロン酸修飾デンドリマーの細菌応答機能評価
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019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 ポロン酸修飾デンドリマーの細菌識別機能評価
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 喜多村 文・笠井 祐那・土戸 優志・橋本 剛・早下 隆士
2. 発表標題 細菌認識能を有するポロン酸型蛍光プローブの開発
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
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 ポロン酸型蛍光プローブ修飾ポリマーの開発とバイオフィルム検出
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018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
3. 学会等名 第40回日本バイオマテリアル学会大会
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 ポ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
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018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
3. 学会等名 2018 Fall Meeting of The Korean Society for Biomaterials (招待講演) (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
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
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 Suzuka Soma, Takahito Suzuki, Tewodros Getachew Bekele, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Design of Saccharide Recognition Material Based on Boronic Acid Fluorophore/Cyclodextrin Gel
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 dendリマーを用いたグラム陽性菌の選択的認識
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 dendリマー型フェニルボロン酸による細菌認識
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 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
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 Chisato Kasahara, Shohei Kojima, Yuji Mizuta, Ko Sugita, Yuji Tsuchido, Takeshi Hashimoto, Takashi Hayashita
2. 発表標題 Evaluation of Fluorescent Probes Possessing Halogen for Saccharides Recognition in Water
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

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>[受賞]</p> <p>1) 令和3年度日本イオン交換学会 進歩賞, 多点認識に基づく分子選択性を有するイオン交換・分子認識系の開発, 2021年.  2) 2018年度日本分析化学会関東支部 新世紀新人賞, 分子認識プローブの会合状態変化を利用した分子認識法の開発, 2019年.  3) 2018年度日韓バイオマテリアル学会 若手研究者交流AWARD, ボロン酸修飾ナノ粒子を用いたグラム陽性菌の選択的認識法の開発, 2018年.  4) Hot Article Award, "Metal and Phosphate Ion Recognition using Dipicolylamine-Modified Fluorescent Silica Nanoparticles", Analytical Sciences, 2018年.</p> <p>[researchmap]  <a href="https://researchmap.jp/yuji-tsuchido/">https://researchmap.jp/yuji-tsuchido/</a></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
---------------------------	-----------------------	----

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