

令和元年6月4日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13982

研究課題名(和文) 生体小分子をターゲットとした高感度な光電気化学センサーの開発

研究課題名(英文) High sensitivity photoelectronic chemical sensors for small biomolecules

研究代表者

池田 篤志 (Ikeda, Atsushi)

広島大学・工学研究科・教授

研究者番号：90274505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：当研究では、光電気化学センサーの作製を目指した。そのため、電極上にポルフィリンなどの色素を積層する必要がある。電極上ではポルフィリンを密に積層すると、励起子の自己失活やゲスト分子との相互作用の立体障害となることが予想される。そこで、予めシクロデキストリンによってポルフィリンを包接し、ポルフィリン間の接触をできないようにすることを考えた。このシクロデキストリン・ポルフィリン錯体を基板から延ばした官能基とつなげることで、密に積層されすぎること 방지、高感度センサーとする。

研究成果の学術的意義や社会的意義

センサーを作製する際、色素をできる限り多く基板上に載せたいが、多すぎると自己失活が起こり、その結果、性能が低下してしまう。基板にポルフィリンを高密度で、しかもお互いが接触しないように積層するために、かご状のシクロデキストリン錯体によって覆うことでポルフィリン同士が接触しないようにすることを考えた。積層に吸着できるような置換基をもったポルフィリンでもシクロデキストリンと錯体が形成できることを明らかにできた。また、生体内でも使える長波長の光を吸収できるポルフィリン誘導体についても錯形成できた。今後は、これらの錯体を電極上に積層することで高感度な光電変換型のセンサー開発につながるものと期待される。

研究成果の概要(英文)： In this study, we attempted to develop photoelectron chemical sensors. Therefore, it is necessary for dyes, such as porphyrins, to be adsorbed on an electrode. If porphyrins are closely adsorbed on the electrode, the self-quenching of exciton and the interference of the interaction with guest molecules may occur. We thought that inclusion of porphyrin by cyclodextrins can prevent contacts among porphyrins. The formation of the cyclodextrin-porphyrin complex might be realized to develop a high sensitivity sensor with functional groups on the electrode.

研究分野：超分子化学

キーワード：センサ ポルフィリン シクロデキストリン 光電変換 超分子錯体

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

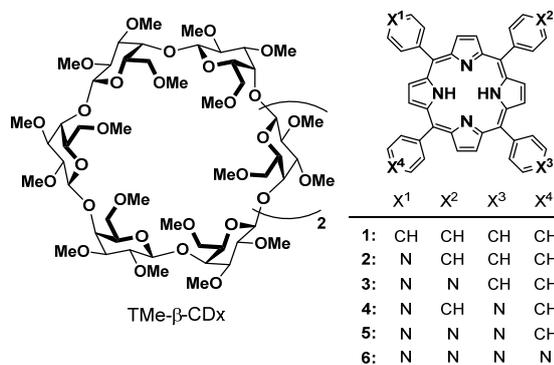
最近、光電変換素子の原理を利用した光電気化学センサーが注目されている。この光電変換素子は、グレッツェルセル（色素増感太陽電池）に代表されるように光電流を発生する。この原理をセンサーに応用すれば、蛍光センサーの利点である非常に高感度であることと、電気化学センサーの利点である装置が単純で小型かつ安価なことを組み合わせたセンサーになり得る。例えば、光源に LED ランプを用い、検出部として電気化学装置を用いれば、小型化が可能であり、生体内に埋め込むバイオチップの一部として利用できる可能性がある。これまでに、分子認識を利用した光電気化学センサーの研究は非常に限られており、実用化を目指した研究は行われていなかった。

2. 研究の目的

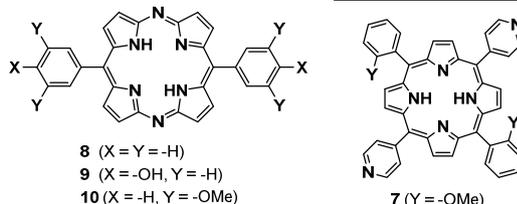
蛍光センサーは高感度であり、一方電気化学センサーは安価で小型化が可能である。そこで、本申請者は、ターゲット分子との相互作用によって電極表面の色素の物理変化を、光照射によって発生する電流値の変化から検出する、蛍光と電気化学センサーを組み合わせた光電気化学センサーを考えた。本申請課題では、この光電気化学センサーをさらに高精度化、高感度化そして小型化することを目指す。そのため、ポルフィリンを基板に高密度でしかもできる限り接触しないように積層することを目指した。さらに、照射波長を長波長にすることによって、血液や食品などのサンプルを精製せずにセンシングすることを目指した。我々は既にピリジル基をもつポルフィリンと基板上的ベンジルクロライドが反応してポルフィリンを基板に固定できることを報告している。そこで、電極上に積層するユニットとして、ピリジル基やアミノ基を有するポルフィリンとシクロデキストリンの錯体形成について詳しく調べた。

3. 研究の方法

(1) 4 箇所のメソ位にフェニル基とピリジル基をもつポルフィリン誘導体を 6 種類合成した (化合物 1~6)。これらのポルフィリン誘導体をシクロデキストリン (TMe-β-CDx) によって水溶化し、その錯体構造を 2D ¹H NMR スペクトル、ならびに単結晶 X 線構造解析によって決定した。



(2) 上記ポルフィリンよりも長波長に大きな吸収をもつジアザポルフィリン (化合物 8~10) をシクロデキストリンによって水溶化できるか確かめた。水溶化については各種スペクトルで確認し、錯体構造は 2D ¹H NMR スペクトルによって行った。



4. 研究成果

(1) フェニル基とピリジル基を両方もつポルフィリン誘導体 2~5 についてシクロデキストリンで水溶化すると、フェニル基がシクロデキストリンの上端側から貫通した構造が優先してできることがわかった。ここでは、トランス位にフェニル基とピリ

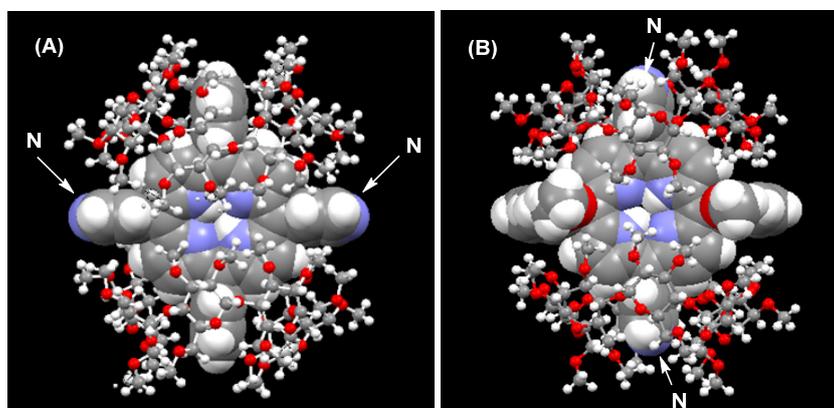


図 1. (A) ポルフィリン 4-シクロデキストリン錯体と (B) ポルフィリン 7-シクロデキストリン錯体の単結晶 X 線構造解析による構造

ジル基をそれぞれ有する化合物 4 との錯体構造を ¹H NMR スペクトルと単結晶 X 線構造解析から決定した結果を示す。それらの結果から、フェニル基のほうにシクロデキストリンを貫通していることが確認された (図 1 A)。一方、トランス位に二つのピリジル基、残りが 2-メト

キシフェニル基のポルフィリン誘導体 **7** では、逆にピリジル基がシクロデキストリンを貫通した (図 1 B)。これは、2-メトキシフェニル基は上端を貫通できないためである。以上のように、これらの錯体の構造をポルフィリン誘導体の電子的、もしくは立体的な要因によって制御できることを示した。これら方向の制御は、洗浄することでシクロデキストリンを外す際に、重要となる。

(2) ジアザポルフィリンはポルフィリンよりも 600 nm 以上の長波長側により大きな吸収をもつことが知られている。シクロデキストリンによって水溶化したジアザポルフィリン (化合物 **8**~**10**) についても長波長側に大きな吸収を持ち、水溶化できていることが確認された (図 2)。錯体は二つのフェニル基がシクロデキストリンを貫通していることがわかった。このジアザ部分もベンジルクロライドなどと反応しアンモニウム基になることが可能なため、この錯体も電極上に積層することが期待できる。600 nm 以上の波長は人体内において組織に吸収されにくい。このため、生体内に埋め込んでもセンサーとして使用可能になる可能性が高い。

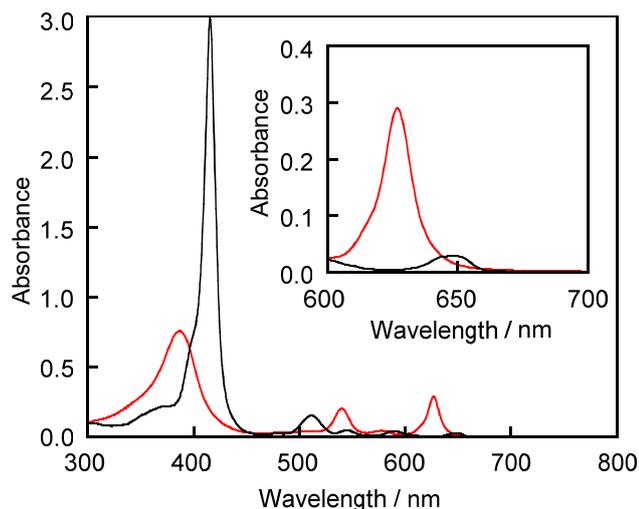


図 2. ポルフィリン **1**-シクロデキストリン錯体 (黒) とポルフィリン **8**-シクロデキストリン錯体 (赤) の可視-紫外吸収スペクトル。挿入図: 600 ~700 nm 領域の拡大図

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 24 件)

- ① S. Satake, H. Shinmori, S. Kawabata, K. Sugikawa, H. Funabashi, A. Kuroda, A. Ikeda, High Photodynamic Activities of Water-Soluble Inclusion Complexes of 5,15-Diazaporphyrins in Cyclodextrin, *Org. Biomol. Chem.*, **17** (12), 3141–3149 (2019). DOI: 10.1039/C9OB00101H (査読有り)
- ② D. Antoku, K. Sugikawa, A. Ikeda, Photodynamic Activity of Fullerene Derivatives Water-Solubilized by Natural Product-Based Solubilizing Agents, *Chem.-Eur. J.*, **25** (8), 1854–1865 (2019). DOI: 10.1002/chem.201803657 (査読有り)
- ③ Y. Goto, M. Ueda, K. Sugikawa, K. Yasuhara, A. Ikeda, Light-Triggered Hydrophilic Drug Release from Liposomes through Removal of a Photolabile Protecting Group, *RSC Adv.*, **9** (1), 166–171 (2019). DOI: 10.1039/c8ra08584f (査読有り)
- ④ Y. Goto, K. Sugikawa, A. Ikeda, Enhancement in Guest Molecule Incorporation into Lipid Membranes in the Presence of Zinc-Porphyrin Anchor Molecules, *ChemistrySelect*, **4** (1), 134–137 (2019). DOI: 10.1002/slct.201803462 (査読有り)
- ⑤ K. Sugikawa, K. Matsuo, A. Ikeda, Suppression of Gold Nanoparticle Aggregation on Lipid Membranes Using Nanosized Liposomes to Increase Steric Hindrance, *Langmuir*, **35** (1), 229–236 (2019). DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b03550 (査読有り)
- ⑥ T. Nakaya, B. Horiguchi, K. Sugikawa, H. Funabashi, A. Kuroda, A. Ikeda, Stabilisation of Lipid Membrane-Incorporated Porphyrin Derivative Aqueous Solutions and Their Photodynamic Activities, *Photochem. Photobiol. Sci.*, **18** (2), 459–466 (2019). DOI: 10.1039/C8PP00350E (査読有り)
- ⑦ T. Nakaya, Y. Tsuchiya, B. Horiguchi, K. Sugikawa, K. Komaguchi, A. Ikeda, ¹H NMR Determination of Incorporated Porphyrin Location in Lipid Membranes of Liposomes, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **91** (9), 1337–1342 (2018). DOI: 10.1246/bcsj.20180115 (査読有り)
- ⑧ R. Shimokawa, M. Ueda, K. Sugikawa, A. Ikeda, Control of the Incorporation and Release of Guest Molecules by Photodimerization in Liposomes, *J. Photochem. Photobiol. B*, **185**, 235–240 (2018). DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2018.06.008 (査読有り)
- ⑨ K. Sugikawa, Y. Inoue, K. Kozawa, A. Ikeda, Introduction of Fullerenes into Hydrogels via Formation of Fullerene Nanoparticles, *ChemNanoMat*, **4** (7), 682–687 (2018). DOI: 10.1002/cnma.201800143 (査読有り)
- ⑩ S. Notsu, K. Sugikawa, A. Ikeda, Reversible Supramolecular System of Porphyrin Exchange between Inclusion in Cyclodextrin and Intercalation in DNA by Change in pH, *ChemistrySelect*, **3** (21), 5900–5904 (2018). DOI: 10.1002/slct.201801070 (査読有り)
- ⑪ D. Antoku, S. Satake, T. Mae, K. Sugikawa, H. Funabashi, A. Kuroda, A. Ikeda, Improvement of Photodynamic Activity of Lipid-Membrane-Incorporated Fullerene Derivative by Combination

- with a Photo-Antenna Molecule, *Chem.-Eur. J.*, **24** (29), 7335–7339 (2018). DOI: 10.1002/chem.201800674 (査読有り)
- ⑫ B. Horiguchi, T. Nakaya, M. Ueda, K. Sugikawa, T. Mizuta, T. Haino, N. Kawata, A. Ikeda, Controllable Direction of Porphyrin Derivatives in Two Cyclodextrin Cavities, *Eur. J. Org. Chem.*, 2018 (18), 2138–2143 (2018). DOI: 10.1002/ejoc.201800433 (査読有り)
- ⑬ Y. Tsuchiya, T. Nakaya, T. Kakigi, K. Sugikawa, A. Ikeda, Adsorption of Tetrakis(4-sulfophenyl)porphyrin onto Liposomal Surfaces Composed of Neutral Diacylphosphatidylcholine and Release by Cyclodextrin, *RSC Adv.*, **8** (22), 11930–11934 (2018). DOI: 10.1039/c8ra01411f (査読有り)
- ⑭ A. Ikeda, T. Mae, K. Sugikawa, K. Komaguchi, T. Konishi, T. Hirao, T. Haino, Slow Intermolecular Complexation–Decomplexation Exchanges of Cyclodextrins in Fullerene and Its Derivative Complexes, *ChemistrySelect*, **2** (34), 11322–11327 (2017). DOI: 10.1002/slct.201702319 (査読有り)
- ⑮ K. Sugikawa, K. Kozawa, M. Ueda, A. Ikeda, Stepwise Growth of Fullerene Nanoparticles through Guest Exchange of γ -Cyclodextrin Complexes in Water, *Chem.-Eur. J.*, **23** (55), 13704–13710 (2017). DOI: 10.1002/chem.201701717 (査読有り)
- ⑯ A. Ikeda, S. Satake, T. Mae, M. Ueda, K. Sugikawa, H. Shigeto, H. Funabashi, A. Kuroda, Photodynamic Activities of Porphyrin Derivative–Cyclodextrin Complexes by Photoirradiation, *ACS Med. Chem. Lett.*, **8** (5), 555–559 (2017). DOI: 10.1021/acsmchemlett.7b00098 (査読有り)
- ⑰ A. Ikeda, T. Iizuka, N. Maekubo, K. Nobusawa, K. Sugikawa, K. Koumoto, T. Suzuki, T. Nagasaki, M. Akiyama, Water-Solubilization of Fullerene Derivatives by β -(1,3-1,6)-D-Glucan and Their Photodynamic Activities toward Macrophages, *Chem.-Asian J.*, **12** (10), 1069–1074 (2017). DOI: 10.1002/asia.201700182 (査読有り)
- ⑱ A. Ikeda, T. Mae, M. Ueda, K. Sugikawa, H. Shigeto, H. Funabashi, A. Kuroda, M. Akiyama, Improved Photodynamic Activities of Liposome-Incorporated [60]Fullerene Derivatives Bearing a Polar Group, *Chem. Commun.*, **53** (20), 2966–2969 (2017). DOI: 10.1039/C7CC00302A (査読有り)
- ⑲ A. Ikeda, M. Akiyama, K. Sugikawa, K. Koumoto, Y. Kagoshima, J. Li, T. Suzuki, T. Nagasaki, Formation of β -(1,3-1,6)-D-Glucan-Complexed [70]Fullerene and its Photodynamic Activity towards Macrophages, *Org. Biomol. Chem.*, **15** (9), 1990–1997 (2017). DOI: 10.1039/C6OB02747D (査読有り)
- ⑳ Y. Tsuchiya, K. Sugikawa, M. Ueda, A. Ikeda, Incorporation of Large Guest Molecules in Liposomes via Chemical Reactions in Lipid Membranes, *Org. Biomol. Chem.*, **15** (8), 1786–1791 (2017). DOI: 10.1039/C6OB02343F (査読有り)
- ㉑ M. Ueda, K. Ashizawa, K. Sugikawa, K. Koumoto, T. Nagasaki, A. Ikeda, Lipid-Membrane-Incorporated Arylboronate Esters as Agents for Boron Neutron Capture Therapy, *Org. Biomol. Chem.*, **15** (7), 1565–1569 (2017). DOI: 10.1039/C6OB02142E (査読有り)
- ㉒ A. Ikeda, K. Ashizawa, Y. Tsuchiya, M. Ueda, K. Sugikawa, Formation of Lipid Membrane-Incorporated Small π -Molecules Bearing Hydrophilic Groups, *RSC Adv.*, **6** (82), 78505–78513 (2016). DOI: 10.1039/c6ra18635a (査読有り)
- ㉓ K. Sugikawa, K. Kozawa, M. Ueda, A. Ikeda, Size Controlled Fullerene Nanoparticles Prepared by Guest Exchange of γ -Cyclodextrin Complexes in Water, *RSC Adv.*, **6** (78), 74696–74699 (2016). DOI: 10.1039/c6ra16513c (査読有り)
- ㉔ A. Ikeda, R. Funada, K. Sugikawa, Different Stabilities of Liposomes Containing Saturated and Unsaturated Lipids toward the Addition of Cyclodextrins, *Org. Biomol. Chem.*, **14** (22), 5065–5072 (2016). DOI: 10.1039/C6OB00535G (査読有り)

〔学会発表〕 (計 67 件)

- ① ○杉川幸太・大野雅貴・池田篤志、超分子集合体による脂質ベシクルの形状制御 (1)、日本化学会第 99 春季年会、2019 年
- ② ○近藤龍次・杉川幸太・池田篤志、超分子集合体による脂質ベシクルの形状制御 (2)、日本化学会第 99 春季年会、2019 年
- ③ ○下川諒・上田将史・杉川幸太・池田篤志、光反応によるリポソームへのモデル薬物の包接および放出制御、日本化学会第 99 春季年会、2019 年
- ④ ○後藤雄哉・杉川幸太・安原主馬・池田篤志、光刺激による親水性薬物のリポソームからの放出、日本化学会第 99 春季年会、2019 年
- ⑤ ○増田幸将・杉川幸太・池田篤志、超分子化学的手法を利用したポルフィリン含有フラーレンナノ粒子の合成、日本化学会第 99 春季年会、2019 年
- ⑥ ○後藤雄哉・杉川幸太・池田篤志、光刺激に応答したリポソームからのペニシリン G の放出、第 12 回有機 π 電子系シンポジウム、2018 年
- ⑦ ○佐竹秀平・杉川幸太・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、ポルフィリン・シクロデキストリン錯体の光線力学活性に対するメソ位の置換基の影響、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
- ⑧ ○堀口万理・杉川幸太・池田篤志、メソ位に異なる置換基を持つポルフィリン/シクロデキストリン

- 錯体の構造制御、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
- ⑨ ○土屋祐輝・杉川幸太・池田篤志、NMR によるリポソーム内のポルフィリンの位置決定、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑩ ○近藤龍次・杉川幸太・池田篤志、リポソームに導入可能なナフタレンジイミドの合成および評価、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑪ ○杉川幸太・柿木智行・安原主馬・池田篤志、超分子ナノファイバーの相互作用による脂質ベシクルの形状制御、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑫ ○大岡椋・杉川幸太・池田篤志、熱刺激応答性高分子ゲルを用いたリポソームの放出制御、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑬ ○松本理沙・杉川幸太・池田篤志、脂質二分子膜を足場とする金ナノ構造体の合成、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑭ ○松尾晃太郎・杉川幸太・池田篤志、立体障害部位としてリポソームを用いた金ナノ粒子の組織化抑制、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑮ ○小澤賢太郎・杉川幸太・池田篤志、シクロデキストリン錯体を利用したフラレン誘導体ナノ粒子の新規合成法の開発、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑯ ○船田陸師・杉川幸太・池田篤志、 β -グルカンによるポルフィリン誘導体の水溶化と光線力学活性、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑰ ○井上裕也・杉川幸太・池田篤志、シクロデキストリン錯体を利用した親水性ゲル基板へのフラレンの導入、日本化学会第 98 春季年会、2018 年
 - ⑱ ○池田篤志、リポソーム含有芳香族化合物の調製とその機能評価、第 8 回学際脂質創生研究部会講演会、2018 年 (招待講演)
 - ⑲ ○柿木智行・杉川幸太・安原主馬・池田篤志、ポルフィリン誘導体の相互作用によるリポソームの形状制御、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017 年
 - ⑳ ○堀口万理・杉川幸太・池田篤志、メソ位に異なる置換基を持つポルフィリン/シクロデキストリン錯体の包接制御、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017 年
 - ㉑ ○井上裕也・杉川幸太・池田篤志、交換反応法を利用した親水性ゲル基盤へのフラレンの導入、第 26 回ポリマー材料フォーラム、2017 年
 - ㉒ ○安徳大輝・杉川幸太・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、フラレン誘導体-光捕集部位二元系を用いた光増感剤の光線力学療法への応用、第 26 回ポリマー材料フォーラム、2017 年
 - ㉓ ○小澤賢太郎・杉川幸太・池田篤志、シクロデキストリン錯体を原料とする水分散性フラレンナノ粒子の合成、第 68 回コロイドおよび界面化学討論会、2017 年
 - ㉔ ○松尾晃太郎・杉川幸太・池田篤志、リポソームを立体障害部位として用いた金ナノ粒子の組織化抑制の検討、第 68 回コロイドおよび界面化学討論会、2017 年
 - ㉕ ○土屋祐輝・杉川幸太・池田篤志、リポソーム膜を反応場とした化学反応によるゲスト分子の合成、第 68 回コロイドおよび界面化学討論会、2017 年
 - ㉖ ○船田陸師・杉川幸太・池田篤志、シクロデキストリン添加によるリポソーム崩壊におよぼす脂質の不飽和結合の影響、第 11 回バイオ関連化学シンポジウム、2017 年
 - ㉗ ○佐竹秀平・杉川幸太・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、シクロデキストリンによって包接されたポルフィリンの光線力学活性評価、第 11 回バイオ関連化学シンポジウム、2017 年
 - ㉘ ○杉川幸太・高松佑太郎・安原主馬・池田篤志、超分子ファイバーの相互作用によるリポソームの形状制御、第 5 回バイオ関連化学シンポジウム若手フォーラム、2017 年
 - ㉙ ○船田陸師・杉川幸太・池田篤志、シクロデキストリン添加によるリポソーム崩壊におよぼす脂質の不飽和結合の影響、第 5 回バイオ関連化学シンポジウム若手フォーラム、2017 年
 - ㉚ ○佐竹秀平・杉川幸太・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、シクロデキストリンによって包接されたポルフィリンの光線力学活性評価、第 5 回バイオ関連化学シンポジウム若手フォーラム、2017 年
 - ㉛ ○近藤龍次・杉川幸太・池田篤志、脂質二分子膜へのナフタレンジイミド誘導体の導入、第 29 生体機能関連化学部会若手の会 サマースクール、2017 年
 - ㉜ ○二俣謙・杉川幸太・池田篤志、ロタキサン・カテナン生成によるポルフィリン/シクロデキストリン錯体の安定化、第 29 生体機能関連化学部会若手の会 サマースクール、2017 年
 - ㉝ ○杉川幸太・小澤賢太郎・池田篤志、シクロデキストリン錯体のゲスト交換を利用したフラレンナノ粒子の合成、第 15 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2017)、2017 年
 - ㉞ ○堀口万理・杉川幸太・池田篤志、メソ位に異なる置換基を持つポルフィリン/シクロデキストリン錯体の構造解明、第 15 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2017)、2017 年
 - ㉟ ○松尾晃太郎・杉川幸太・池田篤志、リポソームを立体障害部位として用いた金ナノ粒子の組織化抑制、第 15 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2017)、2017 年
 - ㊱ ○佐竹秀平・杉川幸太・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、シクロデキストリンによって包接されたポルフィリン誘導体の光線力学活性、第 15 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2017)、2017 年
 - ㊲ ○池田篤志、リポソームを用いる有機 π 分子の水溶化とその応用、第 65 回中国四国産学連携化学フォーラム、2017 年 (招待講演)
 - ㊳ ○佐竹秀平・前智也・上田将史・杉川幸太・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、ポルフィリン・シクロデキストリン錯体の光線力学活性評価、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
 - ㊴ ○堀口万理・杉川幸太・上田将史・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、ポルフィリン含有リポソームの安定性と光線力学活性評価、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年

- ④〇前智也・杉川幸太・上田将史・重藤元・舟橋久景・黒田章夫・池田篤志、親水性置換基を有するフラレン誘導体内包リポソームの光線力学療法への応用、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④① 〇杉川幸太・門田竜也・上田将史・安原主馬・池田篤志、脂質二分子膜における金ナノ粒子の自己組織化制御(1)、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④② 〇松尾晃太郎・杉川幸太・上田将史・池田篤志、脂質二分子膜における金ナノ粒子の自己組織化制御(2)、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④③ 〇小澤賢太郎・杉川幸太・上田将史・池田篤志、フラレン/シクロデキストリン錯体を原料とするフラレンナノ粒子の合成、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④④ 〇土屋祐輝・杉川幸太・上田将史・池田篤志、膜内での化学反応によるより大きなゲスト分子の導入、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④⑤ 〇上田将史・杉川幸太・池田篤志、光応答性分子の膜脂質への導入と徐放、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④⑥ 〇高松佑太郎・杉川幸太・安原主馬・上田将史・池田篤志、ポルフィリン分子の自己組織化に伴うリポソームの形状変化、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④⑦ 〇井上裕也・杉川幸太・上田将史・池田篤志、シクロデキストリン錯体から親水性ゲル基板へのフラレンの導入、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④⑧ 〇久保厚喜・杉川幸太・上田将史・池田篤志、クリック反応部位を有するフラレン誘導体/シクロデキストリン錯体の調製とその性質、日本化学会第 97 春季年会(2017)、2017 年
- ④⑨ 〇佐竹秀平・前智也・上田将史・杉川幸太・池田篤志、ポルフィリン・シクロデキストリン錯体の光線力学活性評価、第 10 回有機 π 電子系シンポジウム、2016 年
- ⑤〇 〇小澤賢太郎・杉川幸太・上田将史・池田篤志、フラレン/シクロデキストリン錯体を用いたフラレンナノ粒子の合成、第 10 回有機 π 電子系シンポジウム、2016 年
- ⑤① 〇K. Sugikawa, T. Kadota, K. Yasuhara, A. Ikeda, Anisotropic Assembly of Gold Nanoparticles on Lipid Membrane Surface, AsiaNANO2016, 2016
- ⑤② 〇池田篤志、フラレンを用いた光がん治療薬、日本セラミック協会第 29 回 秋季シンポジウム、2016 年(招待講演)
- ⑤③ 〇杉川幸太・高松佑太郎・安原主馬・上田将史・池田篤志、超分子ナノファイバーの相互作用によるリポソームの可逆的構造変化第 10 回 バイオ関連化学シンポジウム、2016 年
- ⑤④ 〇土屋祐輝・上田将史・杉川幸太・池田篤志、リポソーム膜内での化学反応を利用した内包ゲスト分子の拡大、第 10 回 バイオ関連化学シンポジウム、2016 年
- ⑤⑤ 〇小澤賢太郎・上田将史・杉川幸太・池田篤志、水溶性フラレンナノ粒子の合成とサイズ制御、第 10 回 バイオ関連化学シンポジウム、2016 年
- ⑤⑥ 〇池田篤志、リポソーム膜内への有機 π 分子の導入と膜中での化学反応、第 32 回若手化学者のための化学道場、2016 年(招待講演)
- ⑤⑦ 〇佐竹秀平・前智也・上田将史・杉川幸太・池田篤志、ポルフィリン・シクロデキストリン錯体の光線力学活性、生体機能関連化学部会若手の会 第 28 回サマースクール、2016 年
- ⑤⑧ 〇堀口万里・杉川幸太・上田将史・池田篤志、リポソームをキャリアとしたポルフィリンの水溶性と安定性の検討、生体機能関連化学部会若手の会 第 28 回サマースクール、2016 年
- ⑤⑨ 〇門田竜也・杉川幸太・上田将史・池田篤志、脂質二分子膜表面におけるナノ粒子の逐次組織化、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥〇 〇芦澤健吾・上田将史・杉川幸太・池田篤志、有機 π 分子のリポソーム二分子膜への導入、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥① 〇前智也・平尾岳大・灰野岳晴・上田将史・杉川幸太・池田篤志、NMR によるフラレン誘導体-シクロデキストリン錯体における交換反応の検討、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥② 〇小澤賢太郎・杉川幸太・池田篤志、交換反応法を用いた水分散性フラレンナノ粒子の合成、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥③ 〇船田陸師・杉川幸太・上田将史・池田篤志、シクロデキストリンによる不飽和脂質からなるリポソームの崩壊、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥④ 〇井上裕也・杉川幸太・池田篤志、交換反応法を用いた親水性ゲル基板へのフラレンの導入、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥⑤ 〇土屋祐輝・上田将史・杉川幸太・池田篤志、リポソーム膜内での Diels-Alder 反応、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥⑥ 〇上田将史・杉川幸太・白旗崇・池田篤志・御崎洋二、1,3-ジチオール[5]ラジアレン酸化種のアニオン- π 相互作用、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年
- ⑥⑦ 〇高松佑太郎・杉川幸太・池田篤志・安原主馬、ポルフィリン分子の J 会合体との相互作用によるリポソームの形状制御、第 14 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、2016 年

[その他]

ホームページ: <http://ikeda-lab.p2.weblife.me/>

※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、研究者個人に帰属されます。