

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H06047

研究課題名(和文) 界面光制御に基づくハイブリッド材料群を用いた革新的脳機能活性化法の創成

研究課題名(英文) development of innovative brain function activation method using hybrid materials based on interfacial control

研究代表者

小阪田 泰子 (Osakada, Yasuko)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：00579245

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,370,000円

研究成果の概要(和文)：本研究「界面光制御に基づくハイブリッド材料群を用いた革新的脳機能活性化法の創成」は、ナノレベルの光機能性界面を構築し、神経膜表面の電子的・熱的エネルギー状態を光制御するナノ材料の開発を目指した。

A:ポルフィリンナノシート、B:ペリレン分子による膜電位光変換を目的とした。実際、Aのポルフィリンナノシートの合成に成功した。特筆すべきは、予想外に薄い数ナノメートルの二次元ポルフィリンナノシートの合成が出来た。光触媒反応における増感剤として利用できることを示した。B.: 合成した小分子での光誘起電子移動反応とその膜電位変換を達成したので報告する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Aでは、これまでにCOFsを剥離することでは合成が達成できなかった1 nmの薄さを有する二次元高分子の新たな合成方法を示し、さらにその剥離したポルフィリン二次元ディスクの近赤外光照射による水素発生反応の光触媒の高機能化を示した。このような薄層二次元ポリマーの合成例とその光触媒機能の向上に関する研究例はなく、今後の生体機能操作への利用が期待される。Bでは、イミド類での光誘起電子移動反応は多く報告されているが、従来全く試みられていないイミド分子での光誘起分子間電子移動反応の細胞利用を示した。

研究成果の概要(英文)：This research "development of innovative brain function activation method using hybrid materials based on interfacial control" is to construct a nano-level photofunctional interface on the electronic and thermal energy states of the cellular membrane. We aimed to develop nanomaterials that control the photofunction using light. A: Porphyrin nanosheet, and B: perylene molecules for membrane potential photoconversion were synthesized successfully. In fact that, we succeeded in synthesizing the porphyrin nanosheet in the A project. It should be noted that unexpectedly thin two-dimensional porphyrin nanosheets with a thickness of several nanometers were synthesized, and used as sensitizers in photocatalytic reaction. In B project; we reported we have achieved photoinduced electron transfer reaction and its membrane potential conversion in the synthesized small molecule at the cellular level.

研究分野：光化学

キーワード：ナノ材料 光操作 電子移動反応

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

神経回路の異常で引き起こる精神・神経疾患への治療法を開発し、医療の質を向上させることは、健康大国を目指すわが国にとって最重要研究課題の一つである。その中でも、「光を用いた脳機能の活性化」が、次世代の治療法と期待されている。特に、最も有望な脳機能活性化法の一つとして、「膜電位光変換」が挙げられる。しかし、現状のチャンネルロドプシン2 (ChR2)を用いた光遺伝学的方法による「膜電位光変換」では、1. 生体深部に到達しがたい470 nmの青色光照射で活性化が起こり、さらに2. タンパク質の生体への導入に遺伝子組み換え治療を必要とする、といったいくつかの重大な課題があり、それらの課題を克服した、ChR2に替わる「膜電位光変換法」の開発が急務である。

「膜電位光変換」とは、いわば、光で神経細胞へ“刺激”を与えることを意味する。「この神経への“刺激”を光によって人工的に与えるには、どのようにすればよいだろうか？」その回答の一つとして、神経膜周辺の電子的・熱的エネルギー状態を制御することが挙げられる。これらの結果、細胞内外で生じている電位差である膜電位を最低20 mV上昇し、引き続き、内在性ナトリウムチャンネルや温度感受性TRPV1チャンネル孔などの開口といった神経機能が活性化され、最終的に、神経情報伝達へと繋がり「膜電位変換」が達成される。しかしながら、神経膜の厚さは、僅か5 nmであり、「膜電位光変換」を人工的に達成するには、神経膜近傍で、効率よく“刺激”を与える必要がある。これまでの単分子や材料単体あるいはそれらの混合物での活性化法には限界があり、新たなナノレベルでの多数原子・分子の共同的な相互作用を併せ持つ、二次元・三次元ハイブリッド材料などの光機能界面の利用などが望まれる。

2. 研究の目的

本申請研究「界面光制御に基づくハイブリッド材料群を用いた革新的脳機能活性化法の創成」は、ナノレベルの光機能性界面を構築し、神経膜表面の電子的・熱的エネルギー状態を光制御することで、脳の重要な機能の一つである「膜電位」の光活性化を可能にする、画期的な光治療法を開発を提案する。本研究の推進により、従来の光遺伝学的手法や、小分子・有機材料・無機材料単体あるいは混合物による活性化では実現不可能であった、遺伝子治療を必要としない600 nmより長波長の光照射により、共同的に機能する界面を用いた「膜電位光変換法」を日本発の独自新技術として創出し、次世代光治療に向けた光機能性ハイブリッド材料における脳活性化という革新的基盤技術へ繋げることを目指した。そのために、光によって機能する新しい分子・ナノ材料の合成に着手した。

当初研究計画では、A:ポルフィリンナノシート、B:ペリレン分子による膜電位光変換を目的とした。実際、Aのポルフィリンナノシートの合成に成功した。特筆すべきは、予想外に薄い数ナノメートルの二次元ポルフィリンナノシートの合成が出来たので、このナノシートを積層化させるのではなく、還元型グラフェンとのハイブリッド化を行い、分散系での利用を試みた。生体利用に向けて、まず、光触媒反応における増感剤として利用することを考えた。B: 合成した小分子での光誘起電子移動反応とその膜電位変換を達成した。

3. 研究の方法

A-1: 剝離 COFs の合成

剝離 COFs の前駆体となる DhaTapp COFs は、Banerjee らの方法によって合成した。3 具体的には、50 mL のナスフラスコに、5,10,15,20-tetrakis(4-aminophenyl)-21H,23H-porphyrin (28 mg) と Dha (14 mg) を入れ、エタノール:ジクロロベンゼン:酢酸 (5:5:1) 溶液中で、120 °C、3 日間還流することで合成した。反応後、混合物をろ過し、エタノールで数回洗浄し、真空下で乾燥させることで、目的の化合物を得た (39 mg COFs (93%))。剝離 COFs の合成は、50 mL ナスフラスコ中に、DhaTapp COFs と、過塩素酸マグネシウムもしくは硫酸銅、および、リガンドとなるピリジン類化合物の溶液を加え、120 °C、20 時間還流し合成した。その後、混合物をろ過し、蒸留水で洗浄後、真空乾燥することで、目的の化合物を得た。

A-2: 剝離 COFs の構造測定

粉末 X-ray 回折スペクトルは、Smart lab (リガク社製) によって、以下の条件で測定した (target Cu-K α ($\lambda=1.5418 \text{ \AA}$); voltage 45 kV; current 200 mA; scanning speed 5°/min)。フーリエ変換赤外スペクトルは、FTIR 4100 spectrometers (日本分光社製) によって測定し、全反射測定モードで、600-4000 cm⁻¹ の波数領域を 16 回積算することでスペクトルを得た。原子間力顕微鏡測定は、SPI3800/SPA400 AFM (セイコー社製) を用い、大気下にてタッピングモードで測定した。サンプルは、DMF 中に 10 分間超音波下にて分散した溶液を、マイカ上にスピコートすることによって得た。アスペクト比は、以下によって見積もった (Aspect ratio = (the width of COF)/(the height of COF))。走査型電子顕微鏡像は、JSM-6330F (日本電子社製) を用い、加速電圧 20.0 kV、エミッション電流 12 μA 、作動距離 8.0 nm にて測定した。サンプルはカーボンテープ上に載せ測定した。固体状態の吸収スペクトルは、UV3600 分光光度計に積分球ユニット ISR-240A を用い、測定した。

B-1: PDI-1 の合成とその特性評価

最終目的化合物の PDI-1 は 7 段階のステップを経て合成した (詳細は掲載論文を参照)。¹H-NMR は、日本電子 ECA-400 NMR 分光計を用いて測定した。紫外スペクトルは、島津製作所 UV3600 吸収分光計 (京都、日本) を用いて測定した。蛍光発光・励起スペクトルは、Fluoromax-4 fluorimeter (HORIBA、京都、日本) を用いて測定した。蛍光像は、ORCA-Flash4.0 CMOS カメラ (浜松フォト

ニクス社製、日本)と Intensilight ファイバー光源を装備した倒立顕微鏡 TiS (NIKON)、または CoolSNAP HQ2 EMCCD カメラ (Photometrix, AZ, 米国)と外部光源 Leica EL6000 を装備した Leica DMI6000 (Leica, IL, 米国)で撮影した。

B-2: マイカ上の脂質膜での実験用リポソームの調製

1,2-ジオロイロイル-sn-グリセロ-3-ホスホコリン (DOPC, COATSOMEM1350081MC-8181)、スフィンゴミエリン (SM)、1,2-ジオロイロイル-sn-グリセロ-3-ホスホ-L-セリン、Na (DOPS, COATSOMEM MS-8181LS)およびコレステロール (Sigma)を 10ml の乾燥丸底フラスコに CHCl_3 で 10 または 5mM で溶解し、溶液の比率で混合した。(DOPC:SM:DOPS:コレステロール=4:4:1:1、合計 2mg/ml) その後、 CHCl_3 を減圧下で蒸発させ、真空中で 3 時間乾燥させた。1.79ml の milliQ 水を加え、一晚再水和した。1.5ml のチューブに移した後、ボルテックスし、20 分間超音波により分散した。その溶液を、リポソーム調整器 (AVESTIN)を用いて、ポリカーボネートフィルムメンブレンフィルム (LFM-100)を 11 回通過させてリポソームを形成した。

B-3: マイカ表面の脂質膜上における PDI-1 の蛍光消光実験

スコッチテープを用いてスライドガラス上に固定した数層のマイカを剥がし実験に用いた。マイカ表面に脂質膜を形成するために、リポソーム溶液と緩衝液 (20 mM tris, 1 mM EDTA, 10 mM MgCl_2)=21 を滴下し、30 分間インキュベートした。その後、マイカ表面を緩衝液で洗浄し、10 μL の PDI-1 溶液(10 μM 0.5% DMSO)を滴下し、30 分間静置した。その後、結合していない PDI-1 を緩衝液で洗浄した。マイカの上にマイクロチャンバーを置き、その上に 2 本のシリコンチューブを接着した。チャンバー内に緩衝液を充填した後、緩衝液を装填したものよりも近い位置に配置した別のシリンジを用いて、NaAsc (0-1 M)を注入した。明視野像を用いて集光して蛍光を観察し、Cy3 フィルターキューブ (Ex: 531/40, Em:593/40)を用いてストリームモードで蛍光を記録した。実験では、照明光を 10 秒で点灯し、20 秒で NaAsc を添加した。

B-4: 細胞培養とカルシウムイメージング

ラット褐色細胞腫懸濁細胞株 (PC12)または HEK293 (いずれも理研 BRC 細胞バンク、茨城県、日本)を、10%のウシ胎児血清、グルタ MAX (ギブコ、東京、日本)およびペニシリン-ストレプトマイシン (ナカライ、京都、日本)を含む DMEM 培地中で、ポリリシンをコートしたガラスボトムディッシュ (35 mm、松波、大阪、日本)上で、 CO_2 インキュベーター中で培養した。細胞内カルシウムイメージングには、カルシウムイメージング用のキット(同仁堂、熊本、日本)を用いた。PDI-1 のインキュベーションに先立ち、Fluo-4 AM を含むローディング培地を 1 時間インキュベートし、PBS で 3 回洗浄した後、PDI-1 溶液を 4 度で 30 分間インキュベートし、GFP フィルターキューブを用いたストリームモードで蛍光画像を撮影した。

4. 研究成果

A: 僅か 1nm の厚みを有する超薄層ポルフィリン二次元ディスクの合成とその光触媒機能

生体内で光化学反応を引き起こし、生体内の生体分子の機能を変化させる光触媒の開発が望まれている。しかしながら、光触媒として有名な既存の金属酸化物などの無機材料光触媒は、主に生体透過性の低い紫外線や可視光の一部を利用し、また材料そのものの生体毒性等の懸念もある。それ故、生体毒性の低い有機材料で、近赤外領域の光にも応答するものが開発できれば新たな研究が開拓できる。そこで、紫外から近赤外領域にまで幅広い吸収を有する、僅か 1 nm の厚みを有する超薄層ポルフィリン二次元ディスクポリマーを有機化学的に設計し、その合成を達成し、さらにその光応答性触媒機能を示した (*Commun. Chem.* 2019, *Appl. Surf. Sci.* 2020)。ポルフィリン分子に中心金属と軸配位子を導入することで、共有結合性有機構造体 (COFs)を剥離する方法を検討した。本研究では、DhaTapp COFs のポルフィリンに中心金属と軸配位子導入を行い、剥離 COFs の合成を行った (図 1)。まず、DhaTapp COFs の合成は、Banerjee らの方法に従い合成した (Banerjee *et al. Angew. Chem. Int. Ed.* 2013, 52, 13052)。DhaTapp COFs は、面内でのリンカーでの水素結合形成によって、その COFs 形成が安定なことが知られている。実際、PXRD 測定 ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$)によって、COFs の(100)面に相当する $2\theta = 3.6^\circ$ 、 $d = 24 \text{ \AA}$ のピークを確認し、結晶構造が保たれていることが示された。また、マイナーピークとして、 $2\theta = 7.1$ および 22° の(200)と(001)に相当するピークを確認した。また、ATR モードにて測定した FTIR 測定からは、-C=N のストレッチングに相当する 1612 cm^{-1} のピークを確認した。DhaTapp COFs の SEM 像からは、塊状の像が見られた。さらに、AFM 測定からは、それぞれの COFs の厚さと幅の平均として、 $8.6 \pm 3.4 \text{ nm}$ と $162.9 \pm 69.4 \text{ nm}$ ($n = 30$)が計測された。

まず、上記の DhaTapp COFs を剥離するため、ポルフィリンユニットの軸配位子として、DhaTapp COFs の層間距離 (4 \AA)に相当するピリジン (py, 3.8 \AA)を選択した。py と中心金属となるマグネシウム (Mg)あるいは銅 (Cu)を、同時に導入することで、立体的な障害に基づいて、DhaTapp COFs を剥離できるか調べた。剥離は、DhaTapp COFs を、過塩素酸マグネシウム、あるいは、硫酸銅とピリジン存在下、120 度にて 20 時間反応させ行った。以下、ピリジン中、マグネシウム・銅イオン存在下剥離した COFs を、e-COF(Mg, py)および e-COF(Cu, py)と記載する。剥離した e-COF(Mg, py)および e-COF(Cu, py)の PXRD を測定したところ、 $2\theta = 3.6^\circ$ のピークの劇的な減少を確認した。一方、リガンド溶媒のみで還流条件下反応した場合においては、 $2\theta = 3.6^\circ$ のピークの顕著な減少が見られなかったことから、この結晶性の劇的な減少は金属と軸配位子の同時導入に由来するものと考えた。一方、FTIR 測定において、-C=N のストレッチングに相当する 1612 cm^{-1} のピークへの影響はなく、平面性のポリマー自体の構造は保たれていることが示

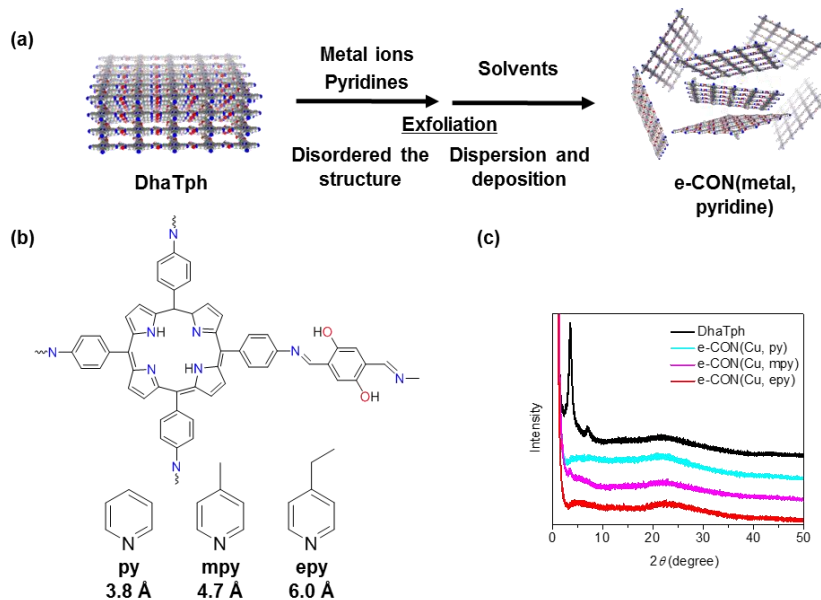


図 1. (a) 超薄層ポルフィリン二次元ディスクの合成方法、(b) 分子構造と、(c) PXRD の結果。

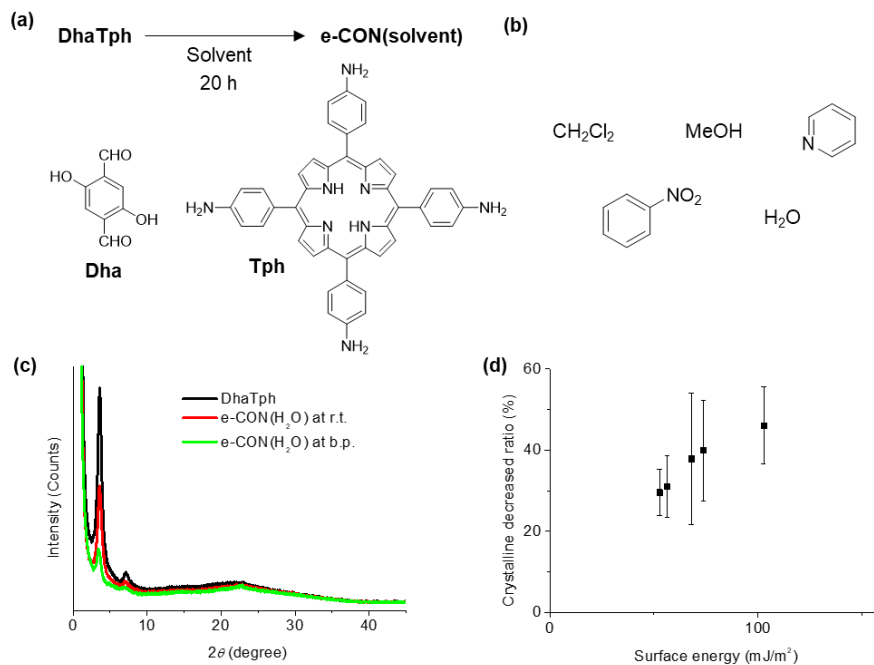


図 2. (a) 溶媒を用いた超薄層ポルフィリン二次元ディスクの合成方法、(b) 用いた溶媒の分子構造と、(c) PXRD の結果、(d) 表面エネルギーを PXRD での結晶性消失の割合の関係。

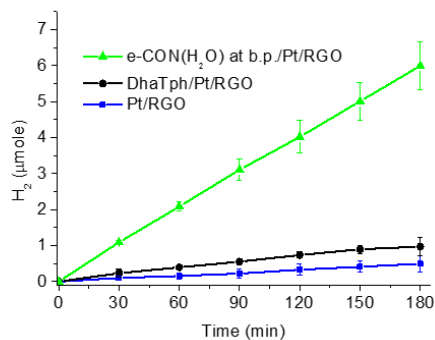


図 3. 溶媒として水を用いた超薄層ポルフィリン二次元ディスク (e-CON(H_2O)) もしくは、DhaTph と、Pt/RGO 複合体での H_2 発生量の比較。

クを確認した。また、EDS 測定においても、e-COF(Mg, py)および e-COF(Cu, py)には、それぞれ Mg および Cu の金属が含有されていることが分かった。次に py によって剥離した COFs の形状を SEM によって確認したところ、ディスク状の分散ポリマーが確認された。より詳細なサイズを調べるため AFM 測定を行ったところ、e-COF(Cu, py)において、厚さと幅の平均はそれぞれ $3.0 \pm 1.3 \text{ nm}$ と、 $182.6 \pm 39.4 \text{ nm}$ であった。

次に、本剥離法の最適化を行うために、導入する軸配位子を、よりサイズの大きな 4-メチルピリジン (mpy, 4.7 \AA)、4-エチルピリジン (epy, 6.0 \AA) にし、同様の実験を行った。mpy および epy にて剥離した COFs の表記は、以下、e-COF(M, mpy) と e-COF(M, epy) (M = Mg or Cu) とする。PXRD の測定により、上記の py と同様に、 $2\theta = 3.6^\circ$ のピークの劇的な減少が見られた。また、中心金属導入に伴う 1000 cm^{-1} のピークを FTIR にて、EDS にて Mg および Cu の導入を確認した。また、ICP-ACS にて、e-COF(Cu, epy) の金属導入量を定量したところ、約 90% のポルフィリンユニットに Cu が導入されていることが分かった。さらに、XPS にて Cu の導入を確認したところ、Cu ポルフィリンに特徴的な、 935 eV における、 $\text{Cu}2p_{3/2}^{2+}$ の酸化状態に相当する結合エネルギーを観察した。次に、SEM 像にてその形状を確認したところ、ディスク状のポリマーが形成されていることを確認した。AFM にて詳細に厚さおよび大きさを調査したところ、e-COF(Cu, epy) では、 $1.0 \pm 0.4 \text{ nm}$ と、 $93.8 \pm 37.3 \text{ nm}$ と計測された。以上から、中心金属・軸配位子の組み合わせとして、Cu および epy を用いることで、 1 nm の厚さを有する二次元ポリマーの合成を達成した。

次に、COFs および e-COFs の光化学的性質を調べた。eCOFs の吸収スペクトルは、剥離前の COFs に比べ長波長シフトし、その吸収端は 1000 nm を超え、そのバンドギャップは、 $0.7\text{-}0.9 \text{ eV}$ 程度と見積もられた。固体状態での COFs および eCOFs の蛍光発光は、ほとんど観察されなかった。一方、RGO/Pt と eCOFs の複合体を光触媒とし、可視・近赤外光照射により、 H_2 が発生することが示され、その発生量は、COFs の場合に比べ増加することが分かった (Commun. Chem. 2019)。

また、溶媒の表面エネルギーに着目した剥離についても検討し、触媒活性が 5 倍程度まで増加させることに成功した (図 2・3, Appl. Surf. Sci. 2020)。

以上、これまでに COFs を剥離することでは合成が達成できなかった 1 nm の薄さを有する二次元高分子の新たな合成方法を示し、さらにその剥離したポルフィリン二次元ディスクの近赤外光照射による水素発生反応の光触媒の高機能化を示した。このような薄層二次元ポリマーの合成例とその光触媒機能の向上に関する研究例はなく、今後の生体機能操作への利用が期待される。

B:ペリレン分子による膜電位光変換

光によって細胞機能を操作する方法として、細胞膜表面に挿入したイミド分子を用いる光誘起分子間電子移動反応を用いた膜機能光活性化法を報告した。イミド類での光誘起電子移動反応は多く報告されているが、従来全く試みられていないイミド分子での光誘起分子間電子移動反応の細胞利用に着目した。

光照射による膜表面の電子的変化による細胞のカルシウム濃度を光によって操作する方法の開発として、光誘起電子移動で、生じたラジカルアニオンにより、活動電位を引き起こす閾値となりうる膜電位を $10\text{-}20 \text{ mV}$ 上昇させ、カルシウム濃度等の関連する生体膜の機能を光活性化させることで、HEK 細胞でのアスコルビン酸添加によるカルシウム濃度の変化を観察した (図 3, BMCL 2019)。

また、生理機能の制御を司る細胞内物質輸送を直接観測し、その機能を明らかにすることに取り組んだ。神経成長因子修飾量子ドットと全反射顕微鏡による単一分子イメージング法を組み合わせ、神経細胞中でのエンドソームの移動速度を調べることで、生物学的物質輸送機構を調べた。微小管上を移動するエンドソームのアクチンフィラメントが輸送速度を促進していることを見いだした (BCSJ 2017)。また、単一粒子や生きた細胞での光スイッチングにも成功した。以上のように、光スイッチング機能を有するナノ粒子を用いることで、細胞レベルで、光で見た場所を照らすことが、光により制御することが出来る技術を開発した (Chem Asia J. 2017)。

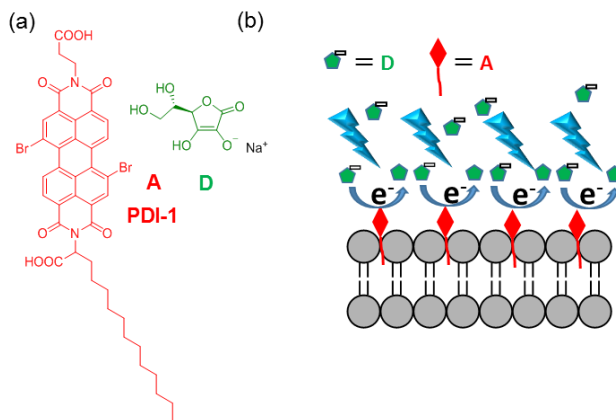


図 3. (a) 合成したペリレン分子の構造と、(b) 膜上で電子移動反応スキーム。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Osakada,* T. Fukaminato, Y. Ichinose, M. Fujitsuka, Y. Harada, T. Majima	4. 巻 12
2. 論文標題 Live Cell Imaging Using Photoswitchable Diarylethene-Doped Fluorescent Polymer Dots.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Asia. J.	6. 最初と最後の頁 2660-2665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1002/asia.201701038	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 Osakada Y, Zhang K.	4. 巻 90
2. 論文標題 Single-particle tracking reveals a dynamic role of actin filaments in assisting long-range axonal transport in neurons.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 714-719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1246/bcsj.20170090	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 Li Xinxu, Goto Tomoyo, Nomura Kota, Zhu Mingshan, Sekino Tohru, Osakada Yasuko	4. 巻 513
2. 論文標題 Synthesis of porphyrin nanodisks from COFs through mechanical stirring and their photocatalytic activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 145720 ~ 145720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2020.145720	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 Tanaka Atsushi, Liu Zuoyue, Osakada Yasuko	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis of unsymmetric perylenediimide dye molecule and its photochemical properties on lipid membrane	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1899 ~ 1903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bmcl.2019.05.053	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 Fan Zeyu, Nomura Kota, Zhu Mingshan, Li Xixi, Xue Jiawei, Majima Tetsuro, Osakada Yasuko	4. 巻 2
2. 論文標題 Synthesis and photocatalytic activity of ultrathin two-dimensional porphyrin nanodisks via covalent organic framework exfoliation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-019-0158-8	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 Liu Zuoyue, Jung Kyung Oh, Takahata Ryo, Sakamoto Masanori, Teranishi Toshiharu, Fujitsuka Mamoru, Pratz Guillem, Osakada Yasuko	4. 巻 10
2. 論文標題 Hard X-ray excited optical luminescence from protein-directed Au ₂₀ clusters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 13824 ~ 13829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra01935f	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 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Yasuko Osakada
2. 発表標題 Development of photo-functional nanomaterials with new properties and their application to bioscience
3. 学会等名 日本化学会第100回春年会2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 LI, Xixi; OSAKADA, Yasuko
2. 発表標題 Synthesis of 2D polymer using common solvent from porphyrin comprised covalent organic frameworks by mechanical stirring
3. 学会等名 日本化学会第100回春年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 LIU, Zuoyue; OSAKADA, Yasuko
2. 発表標題 Synthesis and application of photo-luminescent polymer dots doped with iridium complex
3. 学会等名 日本化学会第100回春年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 FAN ZEYU・小阪田泰子
2. 発表標題 共有結合性有機骨格構造の剥離による超薄型二次元ポルフィリンナノディスクの合成と光触媒活性
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li Xinxi・小阪田泰子
2. 発表標題 Exfoliation of Two-Dimensional Nanosheets from Porphyrin Containing Covalent Organic Frameworks Using Common Solvents
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小阪田 泰子
2. 発表標題 共有結合性有機骨格構造剥離による薄層二次元ポルフィリンナノディスクの合成と光触媒活性
3. 学会等名 第68回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Zuoyue Liu, Yasuko Osakada
2 . 発表標題 Photoluminescence and X-ray imaging of protein-directed gold clusters
3 . 学会等名 放射線化学討論会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 FAN, Zeyu, OSAKADA, Yasuko
2 . 発表標題 Synthesis and photocatalytic activity of ultrathin two-dimensional porphyrin nanodisks via covalent organic framework exfoliation
3 . 学会等名 光化学討論会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 LI, Xinxin · OSAKADA, Yasuko
2 . 発表標題 Facile synthesis of thin layered porphyrin comprising covalent organic nanosheets using common solvents and evaluation of their photocatalytic activity
3 . 学会等名 光化学討論会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 LIU, Zuoyue · OSAKADA, Yasuko
2 . 発表標題 Synthesis and photoluminescence of gold nanoclusters directed by various proteins
3 . 学会等名 光化学討論会
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuko Osakada
2. 発表標題 Radiation and photochemistry based bioscience
3. 学会等名 2019 The 4th Osaka Univ. KAERI Joint Workshop on Radiation Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 LI, Xinxi · OSAKADA, Yasuko
2. 発表標題 Exfoliation of copper porphyrin containing covalent organic frameworks with 4-ethylpyridine and its photocatalytic activity
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 FAN, Zeyu · OSAKADA, Yasuko
2. 発表標題 2D cobalt-coordinated porphyrin covalent organic frameworks for photocatalytic hydrogen evolution
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 光・放射線機能性分子・ナノ材料の光化学・放射線化学反応による生物イメージングと生体機能操作
2. 発表標題 小阪田 泰子
3. 学会等名 高等共創研究院キックオフシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Practical live cell imaging using photoswitchable diarylethene doped fluorescent polymer dots
2. 発表標題 小阪田 泰子・深港 豪・市瀬 佑磨・藤塚 守・原田 慶恵・真嶋 哲朗
3. 学会等名 光化学討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://yasuko-osakada.strikingly.com/ http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/mec/osakada%20research.html
--

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