

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K15129

研究課題名(和文)ジアセチレン脂肪酸を原料とするディスク状分子集合体の構造制御と機能性膜材料の調製

研究課題名(英文)Structural control of bicellar mixtures from diacetylene fatty acids and preparation of functional membrane materials

研究代表者

田口 翔悟 (TAGUCHI, Shogo)

兵庫県立大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：40844270

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)：センサー材料として使用できるポリジアセチレンの分子配列の制御を目指し、ジアセチレン分子、リン脂質、界面活性剤から成る二分子膜分子集合体の基礎物性調査および二分子膜分子集合体を用いた平面支持膜の作製を行った。まず、事前検討として脂肪酸を含む二分子膜分子集合体の形態および形成メカニズムを明らかにした。この知見に基づき、二分子膜分子集合体を調製し、二分子膜中の相分離状態を評価し、センサー材料として使用できる組成を検討した。さらにこの組成で調製した二分子膜分子集合体を用いたフィルム作製を検討し、ガラス基板上に平面支持膜の形成が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

長鎖のリン脂質や脂肪酸と界面活性剤から成る二分子膜分子集合体の研究領域と応用事例は主に生物学的分野に偏っていた。二分子膜分子集合体の形態不安定性を活かした機能性膜調製は研究事例が少ない。本研究では化学工学的見地から、二分子膜分子集合体の調製に取り組み、水溶液中でのDA脂肪酸分子の分散・集合を分子レベルの単位操作として捉え、「連続相と分散相の組成比を高精度で調整することで、二分子膜分子集合体の形態不安定性」を膜材料の連続的な調製に応用することを目指した。本研究において、水中での膜材料の連続調製プロセスを確立することで、分子レベルでのビルドアップ型の機能性膜材料の合成に利用することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Bicellar mixtures containing diacetylene molecules, such as diynoic acids (DA), can be used as parent materials for functional membranes, such as biosensors. A bicellar mixture consisting of a diynoic acid, a phospholipid, and a detergent was evaluated for its morphology and packing of DA molecules in its bicellar mixture. First, I clarified the morphology and formation mechanism of bicellar mixtures containing fatty acids. Then, based on the results, I prepared a bicellar mixture, evaluated the phase separation in the bilayer, and investigated the compositions that could be used as sensor materials. Furthermore, we investigated the production of a film using a bicellar mixture prepared with this composition and confirmed the formation of a supported lipid bilayer on a glass substrate.

研究分野：ソフトマター

キーワード：二分子膜分子集合体 ジアセチレン 脂肪酸 リン脂質

1. 研究開始当初の背景

我々の身の回りには生体の機能から着想を得た技術が多く存在している。この技術に関連する研究はバイオミメクスと呼ばれ、環境負荷低減のためのポテンシャルが期待されている(文献 1)。これらの技術に共通するポイントは分子の集積化によって種々の機能を発現している点である。近年、長い炭化水素鎖を持つリン脂質と短鎖のリン脂質を高濃度に混合することで得られる「二分子膜分子集合体」が生物化学・界面化学分野で注目されている(文献 2)。秩序性のある二分子膜構造を持つこの分子集合体は長鎖リン脂質集合体(分散相)に対して短鎖のリン脂質が弱い界面活性剤(連続相)として働き、長鎖リン脂質の二分子膜構造を可溶化させることで生じる。二分子膜分子集合体の分子集合形態は組成や濃度、温度によって様々であり、特に円盤状のものを「バイセル」と呼ぶ。二分子膜分子集合体の形態は不安定であり、連続相中の濃度分極によって、より安定で大きな二分子膜集合体を連続的に構築しやすい。

脂肪酸は炭素鎖にカルボキシ基を持ち、水溶液の pH によってミセルやベシクルなどの異なった構造を形成することが報告されており、炭素鎖の不飽和度や官能基の種類によって様々な機能を持つ集合体となることが期待されている(文献 3)。ジアセチレン(DA)骨格をもつ脂肪酸の集合体は紫外光照射によって架橋し(poly-DA, PDA)、 π 共役由来する青色を呈する。このポリマーの青色は外部刺激(熱や他分子の吸着)に伴うポリマー骨格のねじれに伴い赤色へと変化するため、色調変化を利用した次世代型センシング技術に応用されている(文献 4)。従来の PDA は、有機溶媒に溶解した DA をスピコーティングで濃縮する方法や、薄膜水和法によって DA 二分子膜を水中に分散させる方法で調製されており、特に、薄膜水和法では分子の親・疎水基の配向を揃えることで二分子膜構造の形成が可能になると予想される。この秩序性のある二分子膜構造はバイオミメクスへの応用が期待されるが、薄膜水和法では DA 脂肪酸の高密度な集合体形成による分子配向性の制御は困難であり、紫外光照射による架橋には集合体の冷却が前処理として不可欠である(文献 5)。本研究の核心である「DA 脂肪酸を用いた膜材料の技術発展にはどのような知見が必要か?」という問いに対し、申請者は「DA 分子の水中での分散・集合状態の制御に基づく二分子膜分子集合体の調製に関する知見」が解を与え得ると考えた。

生物学的分野では、二分子膜分子集合体を用いた膜タンパク質の抽出・構造解析が近年盛んに研究されている。一方で、Kolahdouzan らは 2017 年に不飽和リン脂質を用いた二分子膜分子集合体を電極基板に連続的に接触させることで平面膜を形成させ、この膜は従来の支持膜と同等の物理的特性を示すと報告している(文献 6)。しかし、二分子膜分子集合体研究のルーツが生体膜関連物質の機能解析であったことから、二分子膜分子集合体の研究領域と応用事例は生物学的分野がほとんどであった。本研究では化学工学的見地から、二分子膜分子集合体の調製に取り組む。水溶液中での DA 脂肪酸分子の分散・集合を分子レベルの単位操作として捉え、「連続相と分散相の組成比を高精度で調整することで、二分子膜分子集合体の形態不安定性」を膜材料の連続的な調製に応用する。本申請に先立って国内外の関連分野を調査した限りでは、特に水溶液系での脂肪酸の分散・集合に関連する基礎的知見が極めて限られており、二分子膜分子集合体の形態不安定性を活かした機能性膜調製は研究事例がほとんどなかった。本研究において、水中での膜材料の連続調製プロセスを確立することで、分子レベルでのビルドアップ型の機能性膜材料の合成に利用することが可能になると申請者は考えた。

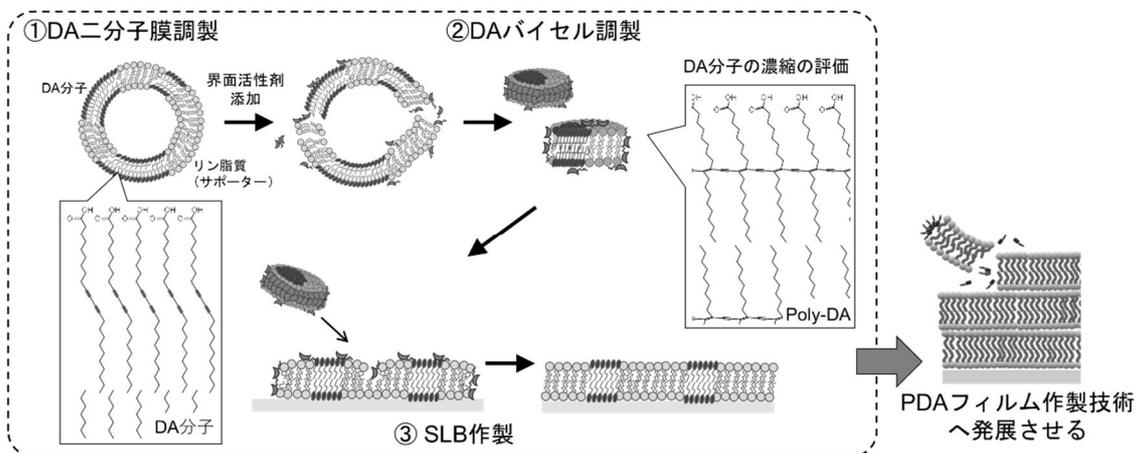


Fig. 1 研究概要

2. 研究の目的

本研究では、**DA** 脂肪酸を原料とするバイセル調製の実現を目指し、**DA** 脂肪酸バイセルを膜材料の前駆体として用いるための知的基盤の構築ならびに、**DA** バイセル調製技術の確立に挑戦した(**Fig. 1**)。 **DA** 分子集合体の効率的な架橋には **DA** 分子を密にする必要があり(文献 5)、申請者は二分子膜分子集合体がこれに適していると考えた。申請者のこれまでの検討から、リン脂質二分子膜分子集合体の「分子配向性」および「濃縮性」を見出した[**S. Taguchi et al., Coll. Surf. B. 2019**]。この特性は **DA** 分子を水中で密に並べるために最適であり、従来の薄膜水合法と比べてより簡便(冷却不要)に **PDA** を合成できると期待している。さらに、申請者が独自に集積した二分子膜分子集合体の組成比と濃度に伴う分散・集合挙動に関する知見は[**S. Taguchi et al., Coll. Interfaces 2018**]、**DA** 固定基板上での連続的な濃度・組成の変化を利用した全く新しい膜材料製造プロセスにも応用できる。本研究で取り組む **DA** 脂肪酸バイセルの調製手法とその膜材料合成技術は二分子膜分子集合体の工業原料としての用途を広げるとともに、バイオミメティクス関連分野の発展に貢献できると考える。

3. 研究の方法

脂肪酸分子の分散・集合挙動の観察

脂肪酸は炭素鎖の末端にカルボキシ基を持つため、溶媒の **pH** に伴うプロトンの脱着によって集合形態が変化する(ミセルやベシクル)。 **pH** 操作に対する分子集合形態の変化を動的光散乱法(**DLS**)によって検討する。モデルとして脂肪酸オレイン酸(**OA**)と界面活性剤 **3-[(3-cholamidopropyl) dimethylammonio]-2-hydroxypropanesulfonate (CHAPSO)** を使用した。得られた分子集合体に対し、蛍光プローブ分子 **DPH** および **Laurdan** を用い、膜流動性やパッキング密度といった **DA** 分子の集合状態を解析した。また **OA** 分子集合体と **CHAPSO** 分子から成る **O/CHAPSO** 分子集合体の形成に伴う **OA** 分子の挙動を脂肪酸に蛍光部位の付いた **BODIPY C12** を使って評価した。**DLS** および蛍光プローブによる評価から集合体のミセルおよびベシクル調製条件を解明し、**DA** バイセル調製の指針とする。

なお、**OA** と **CHAPSO** の混合比率は以下のモル比 x_{OA} で表す：

$$x_{OA} = \frac{[OA]}{[OA] + [CHAPSO]}$$

DA バイセルの調製

DA 分子として **10,12-tricosadiynoic acid (TCDA)** から成る集合体を用い、水中での **DA** 二分子膜集合体の構築条件を検討した。水中で調製した **TCDA** 分子に分子集合のサポートとしてリン脂質 **DMPC** を混合し、これに界面活性剤 **CHAPSO** を混合することで **TCDA/DMPC/CHAPSO** 分子集合体を調製した。混合比率は以下のモル比 $x_{TCDA/DMPC}$ で表す：

$$x_{TCDA/DMPC} = \frac{([TCDA] + [DMPC])}{([TCDA] + [DMPC]) + [CHAPSO]}$$

この分子集合体に紫外光を照射し、重合に伴う青色の呈色を吸光度で評価した。また透過型電子顕微鏡(**TEM**)により、その分子集合形態を確認した。

DA フィルムの合成

異なる組成の **TCDA/DMPC/CHAPSO** 分子集合体の水溶液を親水化処理したガラス基板に一定時間接触させ、洗浄後に基板に形成された平面支持膜(**SLB**)を蛍光顕微鏡および原子間力顕微鏡(**AFM**)で観察した。蛍光顕微鏡観察には標識として **BODIPY C12** を少量混合した。

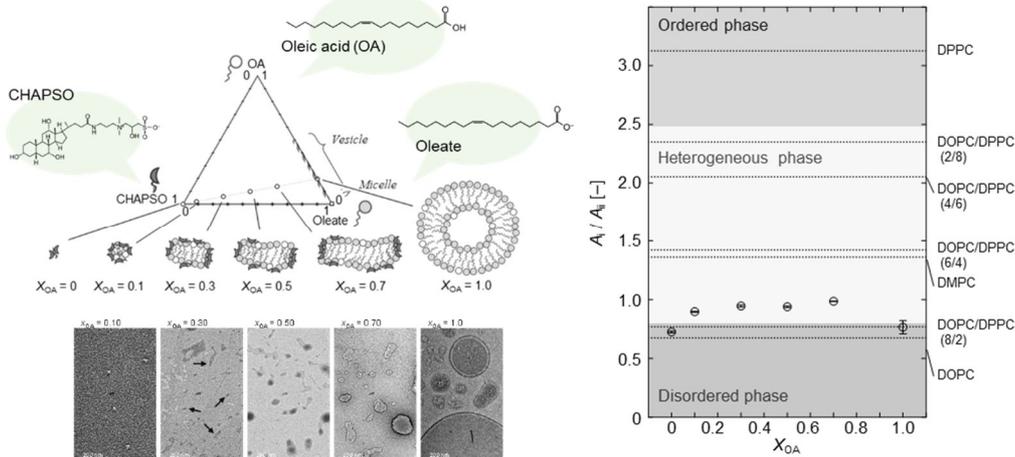


Fig. 2 (左) **OA/CHAPSO** 二分子膜分子集合体の形態、(右) 分子集合体中の **OA** 分子間パッキング密度(A_i/A_{ii})

4. 研究成果

脂肪酸分子集合体

まず、得られた分子集合体の集合状態を評価する手法として、蛍光プローブ **Laurdan** を用いたパッキング密度解析法を確立した(**Fig. 2**)。OA と **CHAPSO** とをモデル分子として、二分子膜構造に焦点を当てた分子集合状態解析を行い、**DLS** および **TEM** 画像観察と併せて、本成果は学術誌に掲載された(化学工学論文集, **47, 51-56, 2021**)。ここで、OA 分子集合体(ベシクル)はOA 分子がイオン化したオレートを含むが、本報告書では統一してOA 分子と記述する。なお、本実験で使用した蛍光分光器は本助成金によって導入された。OA ベシクルに **CHAPSO** 分子を混合すると分子集合体のパッキング密度の増加が確認された。これは、**CHAPSO** 分子のOA ベシクルへの吸着に伴い、その吸着部周辺のOA 分子の運動を抑制していると考えられる。分子集合構造を制御する界面活性剤の種類に着目し、異なる種類の界面活性剤(**CHAPSO** や非イオン性 **Triton X-100**)がOA ベシクルの形態に及ぼす影響をパッキング密度評価および **DLS** および **TEM** 画像観察によって評価すると、**CHAPSO** と **Triton X-100** とでは分子集合体を可溶化させるメカニズムの違いが示唆され、二分子膜分子集合体の形成には **CHAPSO** 分子が使用できる可能性が確認された。この結果は学術誌に掲載された(**J. Nanosci. Nanotechnol.** **21, 5993-5999, 2021**; **Crystals**, **11, 1023 (8pages), 2021**)。

そして、OA 分子と **CHAPSAO** 分子との混合過程におけるOA 分子の挙動について評価し、**CHAPSO** 分子の混合比率を増加させていくと(x_{OA} : **1.0-0.60**)、見かけの速度定数 k_{app} の増加が確認され、 x_{OA} =**0.60-0.30** では k_{app} がおよそ一定となることが分かった(**Fig. 3**)。 k_{app} は、**BODIPY C12** の蛍光強度変化から算出しているため、**CHAPSO** 分子を混合してOA ベシクルの膜構造が可溶化されることによる **BODIPY C12** の放出速度を表している。**CHAPSO** 分子の臨界ミセル濃度 **CMC** は約 **8 mM** であるが(x_{OA} =**0.60** に相当) **CMC_{CHAPSO}** 未満でも **CHAPSO** 分子はOA ベシクルに吸着し、分子集合形態に影響を与えることが分かった。**CMC_{CHAPSO}** 以上では **CHAPSO** 分子吸着によるOA ベシクルの明らかな形態変化が起き、OA/**CHAPSO** 分子集合体が形成、および混合ミセルの共存が示唆された。この成果は学術誌に掲載された(**J. Oleo Sci.**, **71, 1445-1452, 2022**)。

DA バイセル

TCDA 分子集合体の形態は **DLS** および **TEM** によって評価した結果、純粋な **TCDA** 分子集合体ではより疎水的な凝集物となるため、その分子集合形態の制御が困難であることが分かった。サポート分子としてリン脂質 **DMPC** を混合し、その組成比に対する **TCDA** 分子の相分離を評価した(**Fig. 4a**)。 **TCDA** 分子に **DMPC** 分子を混合したことで、パッキング密度は減少した(**Fig. 4b**)。 **TCDA/DMPC** 分子集合体中の相分離については紫外光照射による重合から評価した。**DMPC** が豊富な条件では **TCDA** 分子の相分離が不十分なため、呈色しなかった(**[TCDA]/[DMPC] = 2/8 in Fig. 4c**)。異なる組成比の **TCDA/DMPC** 分子集合体に対して、**CHAPSO** 分子を混合した場合のパッキング密度をそれぞれ評価した結果、**TCDA/DMPC = 2/8, 5/5** についてはわずかにパッキング密度に変化が生じた(**Fig. 4b**)。

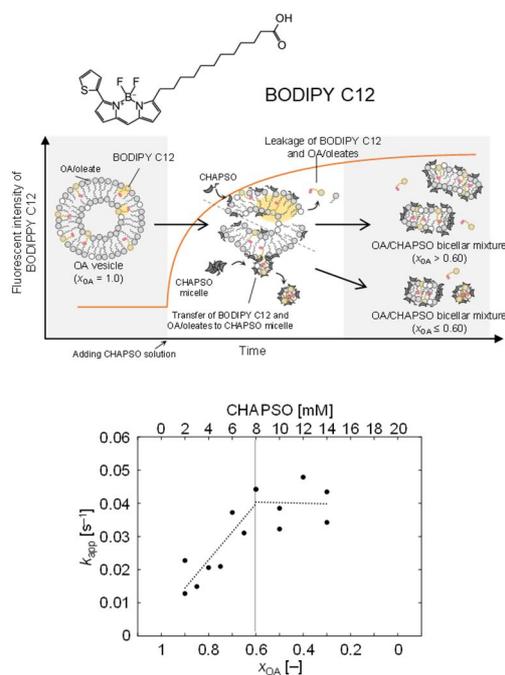


Fig. 3 OA/**CHAPSO** 二分子膜分子集合体の形成過程におけるOA 分子のみかけの速度定数 k_{app}

TCDA/DMPC = 2/8, 5/5 に異なる比率で **CHAPSO** 分子を混合し、それぞれに紫外光を照射した結果、**CHAPSO** 分子を混合しなかった場合 ($x_{\text{TCDA/DMPC}} = 1.0$) と比べて、より高い吸光度が観察された ($x_{\text{TCDA/DMPC}} = 0.50, 0.70$ in Fig. 4d)。しかし、 $x_{\text{TCDA/DMPC}} = 0.30$ では吸光度が明らかに低下しており、**CHAPSO** 分子の過剰な混合によって **TCDA** 分子の相分離が解消された可能性が得られた。また、**TEM** 画像観察から **TCDA/DMPC = 5/5** の $x_{\text{TCDA/DMPC}} = 1.0$ および **0.50** において、**TCDA/DMPC** ベシクルから **CHAPSO** 分子の混合によって円盤状の二分子膜分子集合体バイセルの形成が確認された。**CHAPSO** 分子の混合によってベシクルの曲率が解消されたことで **TCDA** 分子同士の重合が促進された可能性がある。この成果は学術誌に掲載された (**J. Oleo Sci., 73, 887-894, 2024**)。

TCDA/DMPC/CHAPSO バイセルを使った SLB の作製

二分子膜分子集合体の形態不安定性は **SLB** の速やかな形成に有効である。まず、リン脂質 **DMPC** および **DHPC** から成る二分子膜分子集合体を用いて、ガラス基板上での **SLB** の形成過程を観察した。ここで、二分子膜分子集合体には蛍光脂質 (**Rhod PE** や **DiI**, **NBD PE**) を標識のために混合した。異なる **DMPC/DHPC** 組成比にて観察した結果、室温でかつ短時間で **SLB** の形成が確認された。ただし、**DHPC** が豊富な場合、基板上に凝集物の形成が確認された。また、**DMPC** と比べてより高いパッキング密度を示す **DPPC** を用いた二分子膜分子集合体でも室温で **SLB** の形成が確認できた。この成果は学術誌に掲載された (化学工学論文集, **48, 175-181, 2022**)。

蛍光標識された **TCDA/DMPC/CHAPSO** バイセル (**TCDA/DMPC = 5/5**, $x_{\text{TCDA/DMPC}} = 0.50$) をガラス基板上に接触させ、蛍光顕微鏡観察から接触時間 (**3, 10, 30min**) の経過とともに **SLB** の形成が観察された。作製した **SLB** について液中 **AFM** による膜厚評価を行った結果、**8~12 nm** の多層膜の形成が示唆された (**DMPC** のみの単層二分子膜では **4~5 nm** (文献 7))。

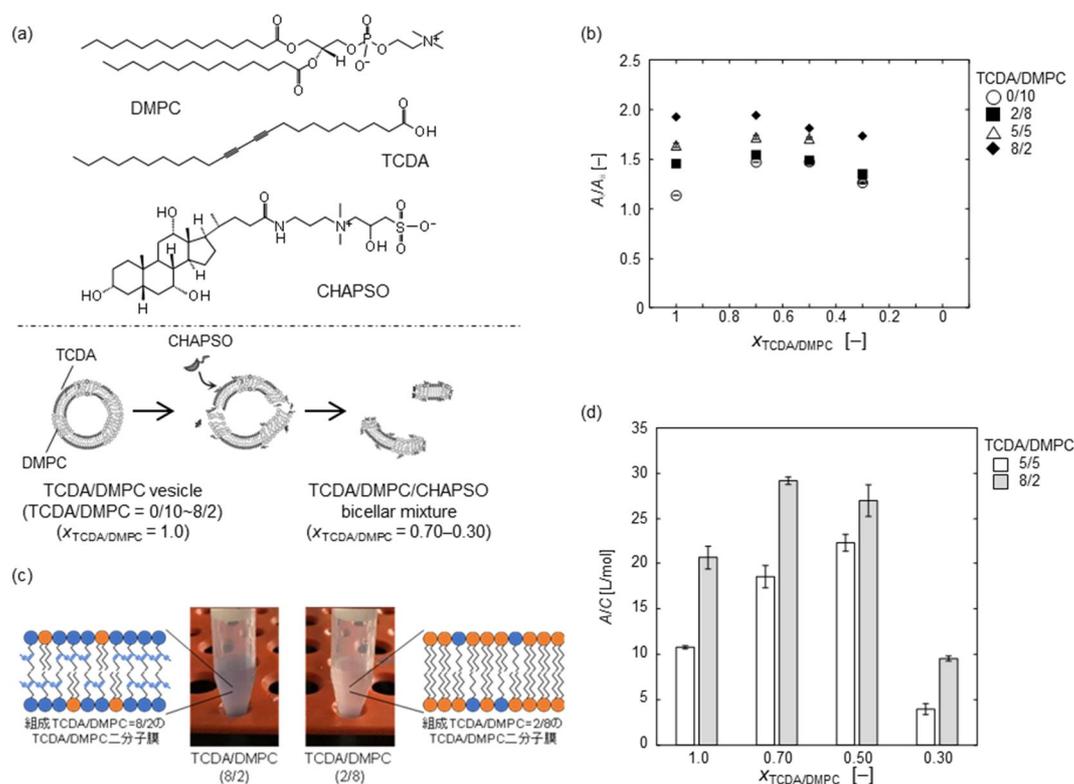


Fig. 4(a)異なる組成比の **TCDA/DMPC/CHAPSO** 分子集合体の調製、**(b)** **TCDA/DMPC/CHAPSO** 分子集合体のパッキング密度、**(c)** **TCDA/DMPC** の紫外光照射による重合 (呈色) 実験、**(d)** 紫外光照射した **TCDA/DMPC/CHAPSO** 分子集合体の吸光度

- (文献 1) M. Sarikaya et al., *Nat. Mater.* **2003**, *2*, 577-587.
- (文献 2) L. van Dam et al., *BBA-Biomembranes* **2004**, *1664*, 241-256.
- (文献 3) S. Salentinig et al., *Langmuir* **2010**, *26*, 11670-11679.
- (文献 4) X. Qian and B. Städler, *Chem. Mater.* **2019**, *31*, 1196-1222.
- (文献 5) S. Okada et al., *Acc. Chem. Res.* **1998**, *31*, 229-239.
- (文献 6) K. Kolahdouzan et al., *Langmuir* **2017**, *33*, 5052-5064.
- (文献 7) C. Maohui et al., *Langmuir* **2009**, *25*, 1028-1037.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Taguchi Shogo, Hamanishi Soh, Satone Hiroshi, Yamamoto Takuji	4. 巻 73
2. 論文標題 Concentration of Diynoic Acids in Bicellar Mixtures Derived from Those Phase Separation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Oleo Science	6. 最初と最後の頁 887 ~ 894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess24006	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 Taguchi Shogo, Okamoto Yukihiro, Suga Keishi, Jung Ho-Sup, Umakoshi Hiroshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Preparation of Planar Lipid Bilayer Membrane by Utilizing Bicelles and Its Characterization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 KAGAKU KOGAKU RONBUNSHU	6. 最初と最後の頁 175 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1252/kakoronbunshu.48.175	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 Taguchi Shogo, Kimura Yuta, Akiyama Yuka, Tachibana Yasuaki, Yamamoto Takuji	4. 巻 71
2. 論文標題 Characterization of Oleic Acid/CHAPSO Bicellar Mixture Formation via Lipid Transfer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Oleo Science	6. 最初と最後の頁 1445 ~ 1452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess22147	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 Taguchi Shogo, Tachibana Yasuaki, Kimura Yuta, Yamamoto Takuji, Umakoshi Hiroshi	4. 巻 21
2. 論文標題 A Simple Dilution Method for Preparation of Different Aggregates from Oleic Acid/CHAPSO Bicelles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 5993 ~ 5999
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2021.19501	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 Taguchi Shogo, Kimura Yuta, Tachibana Yasuaki, Yamamoto Takuji, Maeda Kouji	4. 巻 11
2. 論文標題 The Fluidization Effect of a Bilayer Membrane on a Fatty Acid Vesicle by a Detergent	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystals	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) 10.3390/cryst11091023	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 Taguchi Shogo, Kimura Yuta, Akiyama Yuka, Tachibana Yasuaki, Yamamoto Takuji	4. 巻 71
2. 論文標題 Fluorescent Anisotropy Evaluation of Bicelle Formation Employing Carboxyl BODIPY and Pyrromethene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Oleo Science	6. 最初と最後の頁 353 ~ 362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess21295	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 Taguchi Shogo, Kimura Yuta, Tachibana Yasuaki, Yamamoto Takuji, Umakoshi Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Preparation of Bilayer Molecular Assembly from Fatty Acid and Detergent	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 KAGAKU KOGAKU RONBUNSHU	6. 最初と最後の頁 51 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1252/kakoronbunshu.47.51	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 -

〔学会発表〕 計11件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 立花泰明, 田口翔悟, 山本拓司, 前田光治
2. 発表標題 脂肪酸/界面活性剤分子集合体を用いた固体脂質ナノ粒子の作製
3. 学会等名 化学工学会第88年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Taguchi, Y. Kimura, Y. Tachibana, K. Maeda, and T. Yamamoto
2. 発表標題 Fluidization of Bilayer Molecular Assembly of Fatty Acid by Detergents
3. 学会等名 ACTS-2021 (May 2021, Thailand) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口翔悟, 木村優太, 立花泰明, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 脂肪酸/界面活性剤バイセルの分子集合形態評価
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会 (2021年9月)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村優太, 田口翔悟, 佐藤根大士, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 膜材料前駆体としての脂肪酸/界面活性剤バイセルの調製と形態評価-新たな膜材料調製法確立への挑戦-
3. 学会等名 知の交流シンポジウム2021 (2021年9月)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立花泰明, 田口翔悟, 佐藤根大士, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 脂肪酸/界面活性剤バイセルの希釈による脂肪酸粒子の調製-油の粒子-
3. 学会等名 知の交流シンポジウム2021 (2021年9月)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口翔悟, 木村優太, 秋山由佳, 立花泰明, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 BODIPYを用いたバイセル形成の蛍光異方性評価
3. 学会等名 化学工学会第87年会 (2022年3月)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石山稜, 木村優太, 田口翔悟, 山本拓司
2. 発表標題 リン脂質/ジアセチレン分子集合体の自己集合特性解析
3. 学会等名 第24回化学工学会学生発表会 (2022年3月)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田口翔悟, 木村優太, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 バイセル状脂肪酸分子集合体の基礎物性評価
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村優太, 田口翔悟, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 脂肪酸と界面活性剤を用いたバイセル状集合体の調製
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口翔悟, 木村優太, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 脂肪酸/界面活性剤バイセルの調製と分散安定性
3. 学会等名 化学工学会第86年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立花泰明, 木村優太, 田口翔悟, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 脂肪酸/界面活性剤バイセルの分子集合特性解析
3. 学会等名 第23回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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