

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K19023

研究課題名（和文）コーヒーリング効果の原子膜制御と高次集積技術への展開

研究課題名（英文）Atomic layer control of the coffee ring effect and its application to inovative thin-film technology

研究代表者

長田 実（Osada, Minoru）

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：10312258

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、原子膜物質（ナノシート）を利用して、コーヒーリング効果の理解と制御に挑戦する。我々のグループでは最近、高い2次元異方性を有するナノシートを利用することで特殊な移流集積が実現し、コーヒーリング効果を制御・抑制した高次集積が実現するという興味深い現象（単一液滴集積）を発見した。本研究では、無機ナノシートをモデルケースに、コーヒーリング効果の制御機構解明を目指した研究を推進した。さらに、単一液滴集積法の自動化、大面積化、積層化などの検討を行い、無機ナノシートナノシートの高品質稠密配列膜を簡便、短時間、少量の溶液で、大面積製膜（4インチ以上）を実現する新技術を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、コーヒーリング効果という身近な現象を題材に、新たな材料技術を創出しようとする挑戦的提案である。近年のナノテク、合成技術の発達により、次元、形を高度制御したナノ物質が開発され、ナノ物質を自在に操作し、高次構造をつくる技術の重要性は高まっている。その最も基本的な技術は、「並べる」ことである。本研究は、研究者のシーズと斬新な着想をベースに、この「並べる」の本質に迫り、粒子集積の新しい原理の発展や方法論を提案するものである。本研究で開発した集積技術は、将来の2次元材料の印刷・薄膜技術と関係した重要な課題であり、その延長線上には革新的なデバイス製造技術につながる大きな可能性を秘めている。

研究成果の概要（英文）：This study aims to understand and control the coffee-ring effect by using atomic film materials (nanosheets). Our group recently found that a simple one-drop approach (single droplet assembly) improves the “drop casting” fabrication of high-quality 2D thin films. The one-drop assembly enables the suppression of the coffee-ring effect while achieving a uniform deposition of 2D thin films, offering new possibility of drop casting. In this study, we extended the one-drop approach to various inorganic nanosheets, aiming at the development of an innovative 2D thin-film technology. The mechanism and control strategies of the coffee-ring effect were analyzed, and several factors for successful deposition have been considered. We also explored a new strategy for scaling up our technique using an automated device, and successfully developed a new deposition process that enables a large-scale (>4 inch) manufacturing for controlled assembly while reducing time and sample consumption.

研究分野：ナノ材料科学

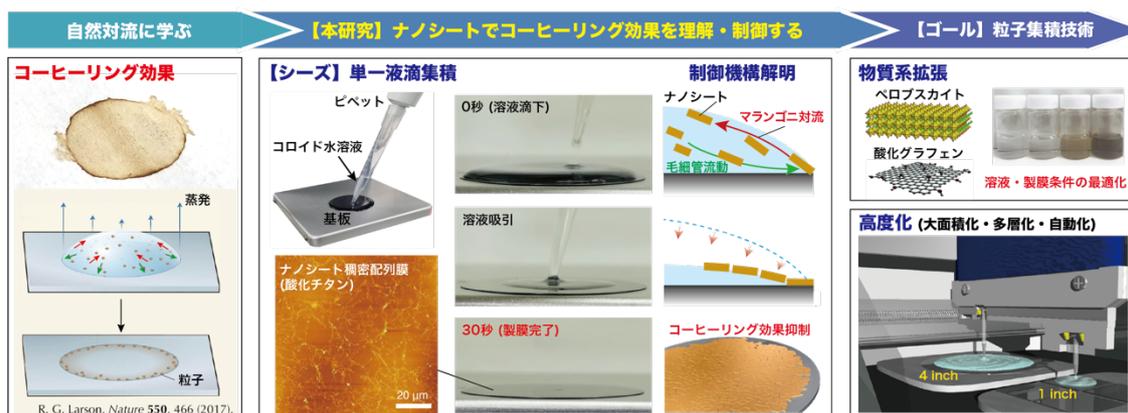
キーワード：二次元物質 ナノシート コーヒーリング効果 単一液滴集積法 マランゴニ効果 精密集積

1. 研究開始当初の背景

1滴のコーヒーを乾かすと、液滴の縁に粒子が環状に集まる。この現象はコーヒーリング効果と呼ばれ、液滴から分散剤液が蒸発する際、蒸発速度は液滴の縁の部分で最も速く、濃度差により対流（マランゴニ対流）が発生し、この対流に乗って粒子が液滴の縁に引き寄せられることで発生する。コーヒーリング効果は、身近な特異現象というだけでなく、インクジェット印刷、フォトニック結晶、DNAチップの製造など、コロイド粒子の精密集積と関係する重要な技術であり、基礎・応用面から多くの研究がなされている。しかしながら、理論的検証、制御機構の検討 [1,2]がなされたのは比較的最近であり、様々なナノ物質への適用やその制御機構は未開拓の課題である。

2. 研究の目的

本研究では、原子膜物質（ナノシート）を利用して、この身近で未開拓のコーヒーリング効果の理解と制御に挑戦する。研究代表者らは最近、酸化物ナノシートの薄膜作製を検討する中で、マイクロピペットを使ってコロイド水溶液を基板に1滴滴下した後、それを吸引するという簡便な操作により、ナノシート同士が隙間なく稠密に配列し、単層膜形成するという興味深い現象（単一液滴集積法）を発見した [3]。これは高い2次元異方性を有するナノシートを利用することで特殊な移流集積が実現し、コーヒーリング効果を制御・抑制した高次集積の可能性を示唆するものである。本研究では、このシーズ的知見・技術をベースに、ナノシートを用いてコーヒーリング効果を理解、制御し、新しい粒子集積技術への展開を目指す（研究構想図）。



【研究構想図】 コーヒーリング効果の原子膜制御と高次集積技術への展開。

3. 研究の方法

研究目的の達成のために、以下の2課題を検討した。

(課題1) ナノシートでコーヒーリング効果を理解、制御する：

(課題2) ナノシートを綺麗に並べ、新しい材料をつくる：

4. 研究成果

(課題1) ナノシートでコーヒーリング効果を理解、制御する：

酸化チタンナノシートのコロイド水溶液をモデルケースに、コーヒーリング効果の制御機構の検討を行った。酸化チタンナノシートの合成は、ソフト化学プロセス（第4級アンモニウムイオンのインターカレーション）を適用した層状化合物の化学剥離法 [4]により行った。原子間力顕微鏡(AFM)の形状観察およびゼータ電位計による均一性・分散性の評価の結果、得られたナノシートは厚さ約1nm、横サイズ5-10μmであり、全て単層、単分散の高品位ナノシートコロイド水溶液であることを確認した(図1)。滴下用コロイド水溶液(コーティング液)の調整は、コロイド水溶液(原液)を超純水で100倍に希釈し、エタノールを少量添加した。特に、初期実験において高品位単層膜が得られているエタノール1-5%添加の希薄コロイド水溶液(濃度:0.02-0.05g/L)を標準とし、ゼータ電位計による均一性・分散性の評価結果に基づき、溶液調整を行った。

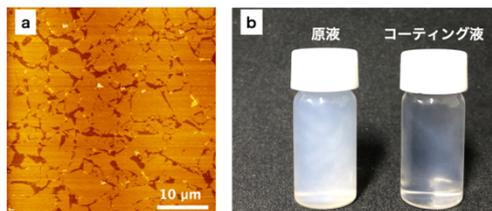


図 1. (a) 酸化チタンナノシートの AFM 像. (b) コロイド水溶液.

気液界面のその場観察に有効であるブリュースター角顕微鏡により、ナノシート配列挙動の解析を行い、制御機構の解明とともに、最適コーティング液、製膜条件の検討を行った。特に、溶液濃度、剥離剤（界面活性剤）、アルコールの添加、蒸発・吸引速度、基板温度などの操作因子が薄膜の配列構造（被覆率、欠陥密度）に及ぼす影響を系統的に調査した。その結果、1-2%のエタノール添加の希薄コロイド水溶液の利用が好適であり、コロイド水溶液の表面張力の低下と分散媒中のナノシートのマランゴニ対流が誘起され、滴下したコロイド水溶液を効率的に拡げることが可能であることを見出した。より好適には、ピペットを用いてコロイド水溶液を基板に滴下、吸引する工程を、ホットプレート上で 100-120 °C に基板加熱した条件で行うことにより、分散媒の蒸発、マランゴニ対流が促進され、その後、剥離剤により表面吸着したナノシートの自己組織化により、ナノシート稠密単層膜を短時間に確実に得られることを確認した。さらに、最適コーティング液を用いて単一液滴集積法における液滴、ナノシートの動的挙動の検討を行なった（図 2）。その結果、ナノシートの単一液滴集積法では、3 段階の動的挙動の変化が観測され、溶媒蒸発が誘起する毛細管流動、基板加熱によるマランゴニ対流、剥離剤（TBA⁺）による表面吸着のバランスにより、効率的な配列制御が実現するという制御機構を明らかにした [5]。以上の検討を通し、高い 2 次元異方性を有するナノシートを利用することで特殊な移流集積が実現し、コーヒーリング効果を抑制・制御した高次集積の可能性を明らかにした。

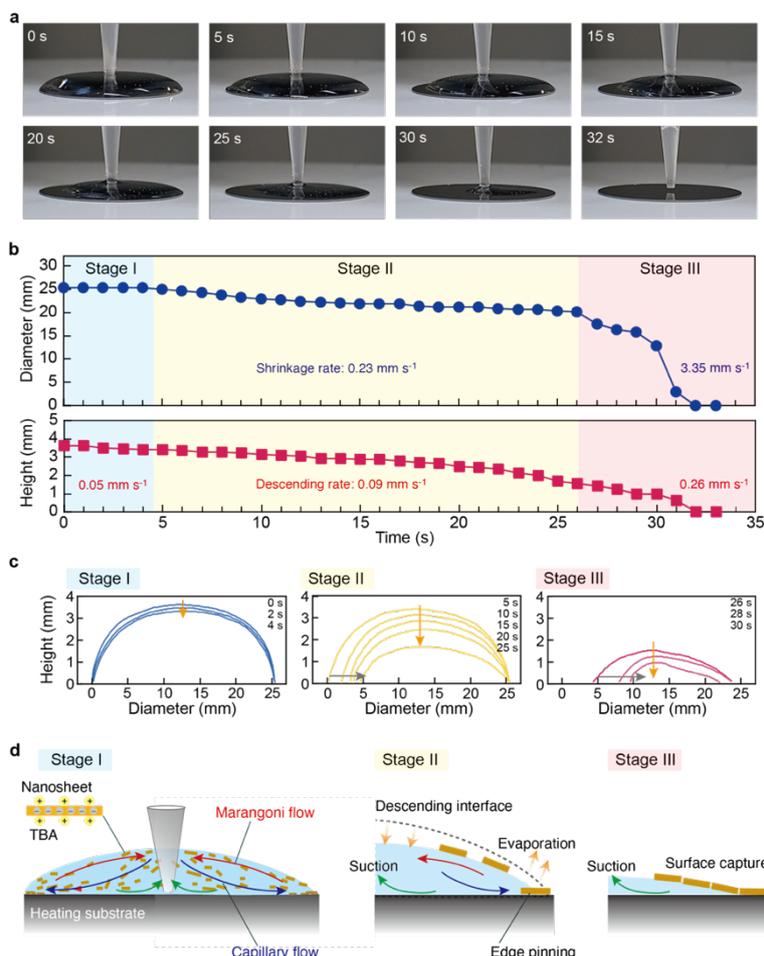


図 2. 単一液滴集積における液滴、ナノシートの動的挙動. (a) 単一液滴集積における液滴変化の写真. (b, c) 液滴の直径, 高さの解析結果. (d) 単一液滴集積法の制御機構.

(課題2) ナノシートを綺麗に並べ、新しい材料をつくる：

課題1のコーヒーリング効果の制御機構をベースに、「単一液滴集積」を様々な酸化ナノシートに適用、発展させ、薄膜製造プロセスの検討を行なった。具体的には、 $Ti_{1.8}O_2$ 、 $Ca_2Nb_3O_{10}$ 、酸化グラフェン(GO)、六方晶窒化ホウ素(h-BN)などを対象に、無機ナノシートのコーティング液と製膜条件の最適化を行い、自動製膜、大面積化、積層化の検討を行なった。

酸化チタンナノシートをモデルケースに、溶液濃度、吸引速度、基板温度を系統的に変化させた単層膜を1インチSi基板上に作製し、各種操作因子が薄膜の配列構造(被覆率、欠陥密度)に及ぼす影響を調査した(図3)。その結果、1-2%のエタノール添加の希薄コロイド水溶液の利用が好適であり、より好適には吸引速度0.1 mL/s以下、基板温度100-110℃の条件で製膜したところ、ナノシート同士が隙間なく稠密に配列したナノシート単層膜が実現することを確認した。AFM像より被覆率を算出したところ95%以上であり、単一液滴集積法によりナノシートの緻密単層膜が得られた。

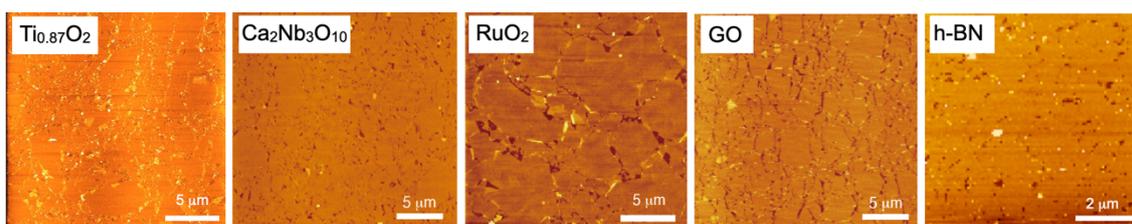


図3. 単一液滴集積法により作製した各種ナノシート単層膜のAFM像。

物質系を $Ca_2Nb_3O_{10}$ 、 RuO_2 、GO、h-BNなど、様々な組成、構造の無機ナノシートに拡張し、高品位薄膜製造のための最適なコーティング液、製膜条件の検討を行った。その結果、いずれの無機ナノシートとも、酸化チタンナノシートと同様のコーティング液、製膜条件の利用が好適であり、単一液滴集積法によりナノシート同士が隙間なく稠密に配列した単層膜の作製に成功した(図3)。さらに、ガラス、酸化物、白金、PETなど様々な基板上に作製した単層膜についても、同様の膜質評価の検討を加え、緻密単層膜製造のための最適な溶液、製膜条件を確立した。以上の検討を通し、単一液滴集積法は、様々な組成、構造の無機ナノシートに適用可能であり、かつ様々な基板上に製膜できることを確認し、極めて汎用性の高い製膜技術であることが明らかとなった。

以上の知見、技術をベースに、ナノシートの工業的な薄膜製造法の確立を目指し、単一液滴集積法の自動製膜、大面積化、積層化の検討を行なった[6]。自動製膜に向けては、市販の分注装置を購入し、コーティング液の液量を精密に制御して滴下・吸引できる自動製膜システムを開発した。自動製膜システムを利用し、各種無機ナノシートの製膜を実施したところ、滴下量を基板サイズにマッチするように増量させるだけで大面積製膜が可能であり、ナノシートの大面積製膜(4インチφ以上)を実現した。さらに、積層化に際しては、自動製膜システムを用いて、滴下・吸引の反復により、多層膜、超格子膜の製膜を検討した。その結果、製膜操作を反復するだけで、単層膜を1層ずつ精密に制御して積み重ね、100層までの多層膜や、異種ナノシートを組み合わせた超格子膜の構築を実現した(図4)。単一液滴集積法の機能薄膜応用も進め、積層コンデンサ[6]、透明導電膜[7]、日射遮蔽膜[7]などの開発に成功した。

以上、本研究により、コーヒーリング効果の制御機構が解明され、それに裏付けられたコーティング液、製膜条件の最適化、大面積化、積層化、自動製膜技術の確立など、無機ナノシートの産業化に向けた革新的製造プロセスの創出につながった。

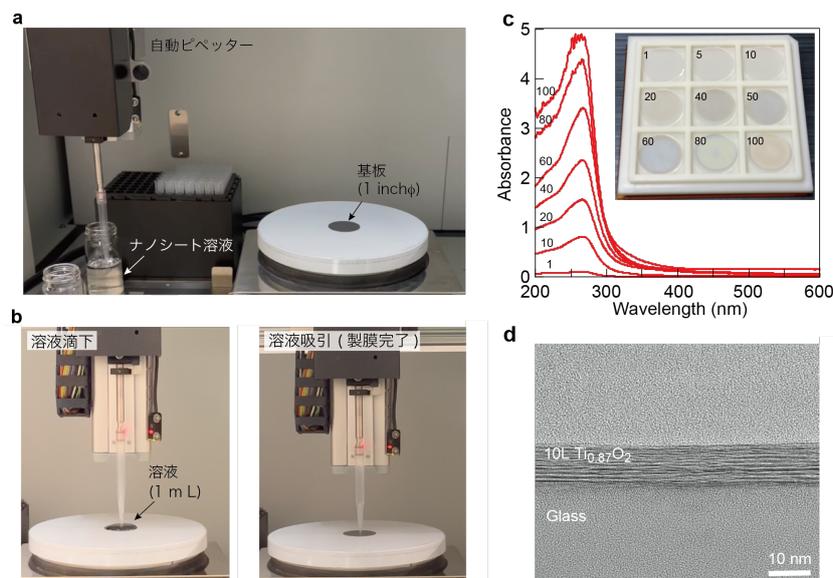


図4. 単一液滴集積法によりナノシートの自動製膜. (a) 自動製膜装置の全体写真. (b) 自動製膜装置の製膜風景. (c) 紫外可視吸収測定による酸化チタンナノシート多層膜の製膜過程のモニター. (挿入図) 多層膜の光学写真. (d) 酸化チタンナノシート多層膜の断面 TEM 像.

参考文献

- [1] R. D. Deegan, O. Bakajin, T. F. Dupont, G. Huber, S. R. Nagel, and T. A. Witten: “Capillary flow as the cause of ring stains from dried liquid drops”, *Nature*, **389**, 827–829 (1997).
- [2] P. J. Yunker, T. Still, M. A. Lohr, and A. G. Yodh: “Suppression of the coffee-ring effect by shape-dependent capillary interactions”, *Nature*, **476**, 308–311 (2011).
- [3] Y. Shi, M. Osada, Y. Ebina, and T. Sasaki: “Single droplet assembly for 2D nanosheet tiling”, *ACS Nano*, **14**, 15216–15226 (2020).
- [4] T. Sasaki, M. Watanabe, H. Hashizume, H. Yamada, and H. Nakazawa: “Macromolecule-like aspects for a colloidal suspension of an exfoliated titanate. pairwise association of nanosheets and dynamic reassembling process initiated from it”, *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 8329–8335 (1996).
- [5] Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, and M. Osada: “Facile titania nanocoating using single droplet assembly of 2D nanosheets”, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **129**, 359–364 (2021).
- [6] Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, and M. Osada: “Automated one-drop assembly for facile 2D film deposition”, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **15**, 22737–22743. (2023).
- [7] H. Tsunematsu, Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, T. Yoshida, and M. Osada: “Gigantic thermal shielding in 2D oxide nanosheets”, *ACS Nano*, 10.1021/acsnano.3c00815 (2023).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 H. Yano, N. Sakai, Y. Ebina, R. Ma, M. Osada, K. Fujimoto, T. Sasaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Construction of Multilayer Films and Superlattice- and Mosaic-like Heterostructures of 2D Metal Oxide Nanosheets via a Facile Spin-Coating Process	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 43258 - 43265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c11463	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 L. Nurdiwijayanto, H. Nishijima, Y. Miyake, N. Sakai, M. Osada, T. Sasaki, T.i Taniguchi,	4. 巻 21
2. 論文標題 Solution-Processed Two-Dimensional Metal Oxide Anticorrosion Nanocoating	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 7044 - 7049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c02581	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 長田実	4. 巻 61
2. 論文標題 無機2次元ナノシートが拓く原子層技術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 628 - 633
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 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 E. Yamamoto, A. Suzuki, M. Kobayashi, M. Osada	4. 巻 14
2. 論文標題 Tailored Synthesis of Molecularly Thin Platinum Nanosheets Using Designed 2D Surfactant Solids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 11561 - 11567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2NR01807A	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 E. Yamamoto, K. Fujihara, Y. Takezaki, K. Ito, Y. Shi, M. Kobayashi, M. Osada	4. 巻 19
2. 論文標題 Free-Standing Molecularly Thin Amorphous Silica Nanosheets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2300022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202300022	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 Y. Shi, T. Taniguchi, K-N. Byun, D. Kurimoto, E. Yamamoto, M. Kobayashi, T. Tsukagoshi, M. Osada	4. 巻 13
2. 論文標題 Damage-Free LED Lithography for Atomically Thin 2D Material Devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-29281-w	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 K. Hagiwara, K.-N. Byun, S. Morita, E. Yamamoto, M. Kobayashi, X. Liu, M. Osada	4. 巻 9
2. 論文標題 Molecularly thin BaTiO3 nanosheets with stable ferroelectric response	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Adv. Electron. Mater.	6. 最初と最後の頁 2201239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aelm.202201239	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 Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, M. Osada	4. 巻 15
2. 論文標題 Automated One-Drop Assembly for Facile 2D Film Deposition	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 22737 - 22743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaami.3c02250	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 H. Tsunematsu, Y. Shi, E. Yamamoto, M. Kobayashi, T. Yoshida, M. Osada	4. 巻 -
2. 論文標題 Gigantic Thermal Shielding in 2D Oxide Nanosheets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Nano	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) 10.1021/acsnano.3c00815	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20件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Minoru Osada
2. 発表標題 Atomic Layer Engineering of 2D Perovskites for Tailored High-k Ferroelectrics
3. 学会等名 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (RPGR 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Minoru Osada
2. 発表標題 The Rise of 2D Architectonics
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Minoru Osada
2. 発表標題 Single Droplet Assembly for 2D electronics
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田実
2. 発表標題 2次元材料が拓く量子・ナノエレクトロニクス
3. 学会等名 日本学術振興会第31委員会、量子・ナノエレクトロニクス材料の現状と将来展望（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田実
2. 発表標題 原子数個の厚さの二次元物質 ～ナノが拓く未来材料技術～
3. 学会等名 名古屋大学協力会、研究シーズ提案セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田実
2. 発表標題 ナノシートが拓く新しいコーティング
3. 学会等名 日本ファインセラミックス協会 新技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田実
2. 発表標題 二次元物質が拓く新しいセラミックス技術
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第60回セラミックス基礎科学討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長田実
2. 発表標題 2次元物質を利用した高速・液相ナノコーティング
3. 学会等名 科学技術振興機構 新技術説明会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yue Shi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada
2. 発表標題 Facile ceramic nanocoating using single droplet assembly of 2D nanosheets
3. 学会等名 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本瑛祐, 藤原康輔, 施越, 小林亮, 長田実
2. 発表標題 アモルファスシリカナノシートのボトムアップ合成と精密集積
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会（2022）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Minoru Osada
2. 発表標題 One-drop approach for 2D electronics
3. 学会等名 Recent Progress in Graphene and 2D Materials Research (RPGR2022)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Minoru Osada
2. 発表標題 2D Oxides: To Graphene and Beyond?
3. 学会等名 International Workshop on Physics and Chemistry of Electronic Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yue Shi, Minoru Osada
2. 発表標題 One-drop approach for wafer-scale 2D nanosheet assembly
3. 学会等名 The 5th International Conference on Nanospace Materials (ICNM2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長田 実
2. 発表標題 2次元物質でつくる新しい誘電体
3. 学会等名 Keithley Days 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長田 実
2. 発表標題 2次元物質でつくる新しい機能材料
3. 学会等名 名古屋大学第26回VBLシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長田 実
2. 発表標題 2次元物質でつくる未来材料
3. 学会等名 日本学術振興会A3フォーサイト事業（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 常松裕史, 山本瑛祐, 小林 亮, 長田 実
2. 発表標題 酸化タングステンナノシートの精密集積と光学特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 常松裕史, 山本瑛祐, 小林 亮, 長田 実
2. 発表標題 層状ポリタングステン酸塩の剥離ナノシート化と光学特性評価
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 常松裕史, 山本瑛祐, 小林 亮, 長田 実
2. 発表標題 層状タングステン酸化物の剥離ナノシート化とその精密集積膜
3. 学会等名 日本電子材料技術協会 第59回 秋期講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長田 実
2. 発表標題 原子膜技術による新規環境・エネルギー材料の創製
3. 学会等名 DEJ12MA第一回公開討論会（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計8件

産業財産権の名称 高誘電性原子膜	発明者 長田 実、小林 亮、 山本瑛祐	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-166184	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ナノシートの稠密単層膜から成る薄膜の製造方法、及び、その薄膜の用途	発明者 長田 実、施 越、小 林 亮、山本瑛祐	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-166185	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 分子膜、分子膜集積体、赤外線遮蔽膜、および構造体	発明者 常松裕史、長田実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-178333	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ナノシートの稠密単層膜から成る薄膜の製造方法、及び、その薄膜の用途	発明者 長田 実、施 越、小 林 亮、山本瑛祐	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/037373	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 分子膜、分子膜集積体、赤外線遮蔽膜、および構造体	発明者 常松裕史、長田実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/039945	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 導電性酸化物分子膜、導電性酸化物分子膜集積体、導電膜、導電体、および構造体	発明者 常松裕史、長田実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-175153	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 酸化物分子膜、酸化物分子膜集積体、酸化物薄膜、構造体、および酸化物分子膜の製造方法	発明者 常松裕史、長田実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-175154	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 結晶配向膜、構造体、結晶配向膜の製造方法	発明者 常松裕史、長田実	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-175155	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------	---------