

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18979

研究課題名（和文）非晶の微小モルフォロジー解析による高分子薄膜材料の物性制御の革新

研究課題名（英文）Innovation in Control of Physical Properties of Polymer Thin-Film Materials by Micro-Morphology Analysis of Amorphous

研究代表者

長谷川 健（Hasegawa, Takeshi）

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：30258123

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000 円

研究成果の概要（和文）：非晶の分光学的理解に、フォノンモードと普通の赤外（IR）吸収の識別は非常に重要だが、これまでこの判別は難しく、議論の混乱が後を絶たなかった。今回の研究では、薄膜を系に選んだことで、フォノンがBerremanモードとして取り出せることに着目し、これをMAIRS法で見抜けることを実証した。この目的のため、二重アルキル鎖を含む部分フッ素化ジミリスチルホスファチジルコリン（DMPC）について、炭化水素鎖とRf鎖の両方を有する部分フッ素化DMPC化合物を調製し、膜中のRf基の自己凝集を阻害するために用いた。その結果、MAIRSスペクトルにおいてフォノン特性は、予想通りほぼ消失することを確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機フッ素材料（PFAS）の分子集合を見極める技術は、現在、社会問題化しているPFASの毒性や環境蓄積性などを分子論的に議論するうえで、基盤技術となるものである。

研究成果の概要（英文）：The discrimination between phonon modes and ordinary infrared (IR) absorption is very important for the spectroscopic understanding of amorphous materials, but until now this discrimination has been difficult and has been the subject of much debate. In this study, we focused on the fact that phonons can be extracted as Berreman modes by selecting a thin film as the system, and demonstrated that this can be detected by the MAIRS method. For this purpose, partially fluorinated dimyristoyl phosphatidylcholine (DMPC) compounds containing double alkyl chains were prepared with both hydrocarbon and Rf chains and used to inhibit the self-assembly of Rf groups in the films. As a result, we confirmed that the phonon properties almost disappeared in the MAIRS spectra, as expected.

研究分野：界面の振動分光学

キーワード：PFAS フォノン 単分子膜 MAIRS 非晶

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機薄膜トランジスタやペロブスカイト太陽電池，さらには健康診断用化学センサーなど，最先端の分子デバイスの機能発現を“薄膜”が担っている。薄膜は分子が二次元的に集合したもので，その分子集合構造は，分子配向，配向分布，結晶多形などの“構造パラメータ”を通じて表され，それらは膜展開溶媒，基板表面の性質などの“実験条件”に依存する。このため，薄膜の分子集合構造を実験条件の関数として構造パラメータで把握することは，物性制御にとって必要不可欠である。しかし，分光学および結晶学のいずれにとっても“非晶”の解析は難しく，必要な“構造パラメータ”すら定まっていない状態にある。

2. 研究の目的

“非晶”の議論に，しばしば結晶化度と分子配向が用いられるが，構造パラメータとして不十分である。結晶化度は「非晶の量」を表すだけで，非晶の具体的な姿がまったく見えない。一方，分子配向は非晶の構造をある程度見せてくれるが，分子が稠密に詰まっていることが前提では，非晶の物性は議論できない。平面に見える膜でも，内部には微粒子または繊維状の微小表面が散在して分極面がむき出しのナノ空間が混在し，この分極した隙間構造がプロトン伝導などの機能や物性を担う。本研究では，非晶の解析に必要な新たな構造パラメータとして，微小形態（モルフォロジー）表面に狙いを絞って分光学的な定量解析を可能にし，分子設計や実験条件にフィードバックした非晶の物性制御に革新をもたらす。

3. 研究の方法

高分子材料の微小モルフォロジー表面を読み解く重要なカギが，フォノン/ポラリトンの表面モードである^{1,2}。振動スペクトルに現れる有機物の表面モード由来のバンドは，一見して基準振動バンドと区別がつかず，非晶の多い高分子材料の解析に使える状況ではない。しかし，振動スペクトルの表面モードは微小なモルフォロジーの違いを強く反映し，またその量がバンド強度に反映されることは活用すべきである。

本申請では，独自開発の多角入射分解分光法(MAIRS)³⁻⁵を利用して，有機材料の表面モード解析が容易にできる状況に変える。MAIRSは，薄膜中の遷移モーメントを面内(IP)および面外(OP)成分に分けた二つのスペクトルにして，同一縦軸スケールで取り出せる唯一の吸収分光法であり，主としてFT-IRと組み合わせで用いられる。数ある表面モードのうち，光導波路を必要とせずに測れる平滑平面のBerremanモードと，粒子由来の多重極子モードは偏光特性が大きく異なることから，IPおよびOPスペクトルに現れる比率が大きく異なり，これを表面選択律と見ることでMAIRSだけで容易に識別でき，また配向が異なる基準振動との識別を実現させる。これにより，有機フッ素材料や糖類など，ポラリトン性を示す高分子材料に取り組み，表面モードと物性の相関データを蓄積する。

4. 研究成果

今回の研究¹では，薄膜を系に選んだことで，フォノンがBerremanモードとして取り出せることに着目し，これをMAIRS法で見抜けることを実証した。この目的のため，二重アルキル鎖を

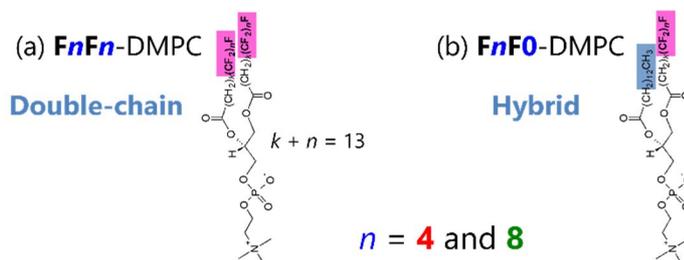


図1 実験に用いたDMPCの部分フッ素化化合物

む部分フッ素化ジミリスチルホスファチジルコリン (F_nF_n -DMPC; 図 1) を、薄膜中のフォノン発生を制御するために使用し、IR 分光法と多重入射角分解能分光法 (MAIRS) を組み合わせて調べた。

この化合物は、本来アルキル鎖を 2 本持つが、今回はその両方の末端近くを R_f 鎖に置き換えたものと、片方だけを R_f 鎖に変えたもの (ハイブリッド) の 2 種類を、鎖長 $n = 4$ および 8 のばあいについて、合計 4 種類合成した。

パーフルオロアルキル (R_f) 鎖を有する化合物は、強い双極子-双極子相互作用のため、赤外スペクトルにフォノンバンドを示すことが知られている。しかし、有機物のフォノンバンドは通常の吸収バンドと類似した形をしているため、赤外分光学者にとってフォノンモードの認識は困難であり、混乱を招いている。Berreman シフトは MAIRS の面内 (IP) および面外 (OP) スペクトルによって容易に捉えることができた。バルク試料の縦光学 (LO) エネルギー損失関数スペクトルを測定することにより、単分子膜の OP スペクトルと LO スペクトルを比較することで、単分子膜中の分子凝集の程度も明らかになる。さらに、炭化水素鎖と R_f 鎖の両方を有する部分フッ素化 DMPC 化合物を調製し、膜中の R_f 基の自己凝集を阻害するために用いた。その結果、MAIRS スペクトルにおいてフォノン特性は、予想通りほぼ消失することを確かめた。

図 2 に $n = 4$ という短鎖の場合について検討した結果を示す。図 2a にある 1240 cm^{-1} 付近の

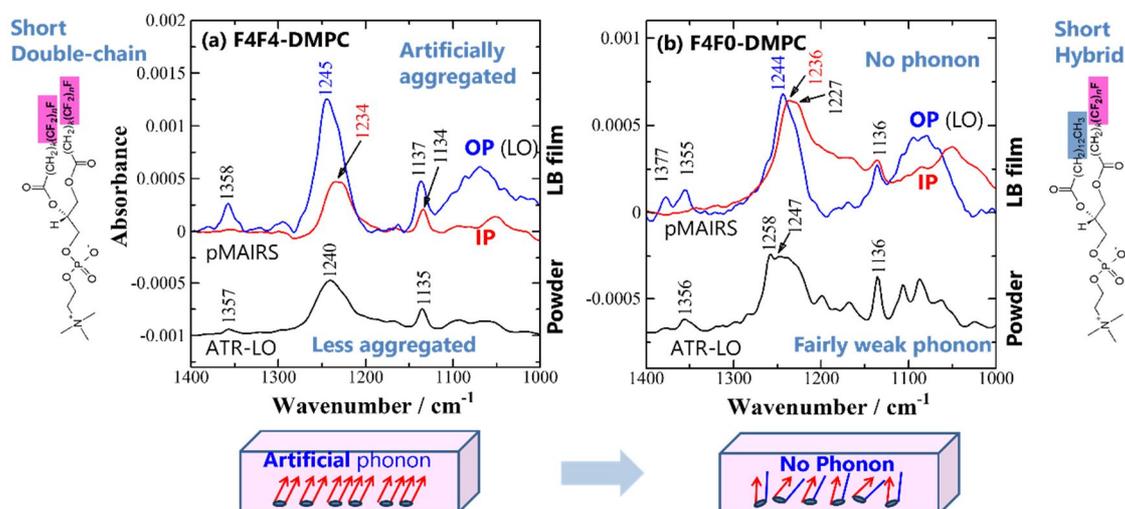


図 2 $n = 4$ (短鎖の場合) の MAIRS スペクトル(a)2 本鎖とも R_f 鎖, (b)ハイブリッド鎖

バンドが典型的なフォノンバンドであり、MAIRS 法では Berreman シフトの異方性をとらえて、明瞭に IP と OP とで大きく強度と波数位置に違いがある。これが MAIRS 法を使う利点であり、狙いが見事に的中した。なお、この短鎖は SDA モデルによると鎖長が短すぎて自発的な分子集合は起こらず、本来、フォノン生成は期待できない。ここでフォノンが現れているのは、膜を Langmuir-Blodgett 法で作製したからで、人工的に分子を集合させたことで、予定通りフォノンが生じていることを意味している。

一方、図 2b のスペクトルを見ると、同じバンドが IP と OP に両方ともほぼ同じ強度と位置で現れている。これは、ハイブリッド化合物(図 1b)では炭化水素鎖と R_f 鎖が交互にあるため、フォノンの形成が阻害され、フォノンバンドが消失していることを示す。なお、このいずれの場合も、IP と OP の平均スペクトルが、粉末試料の ATR スペクトル (LO 関数に変換済み) と一致している点が興味深い。

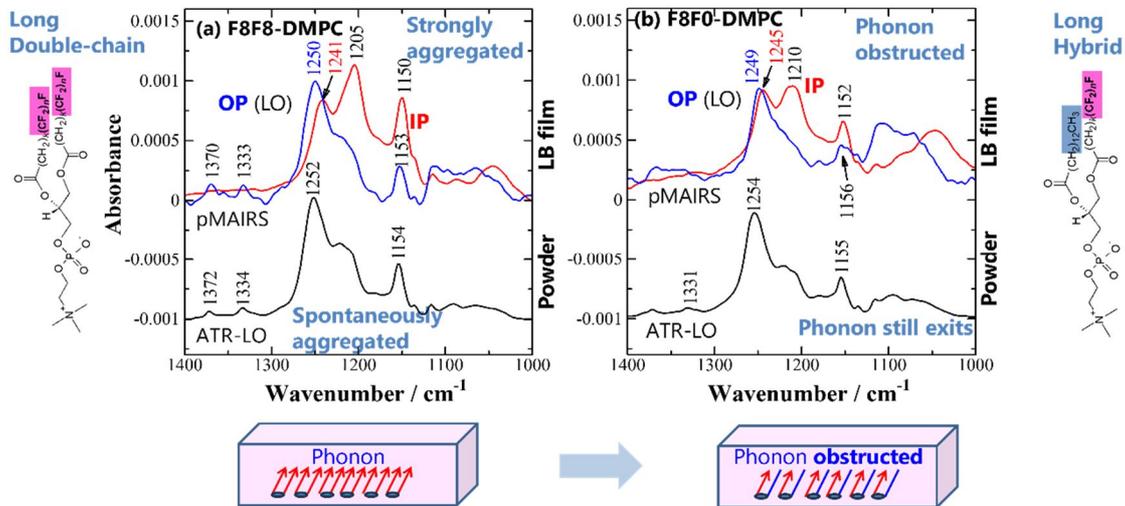


図3 $n = 8$ (長鎖の場合) の MAIRS スペクトル(a)2 本鎖とも R_f 鎖, (b)ハイブリッド鎖

一方, $n = 8$ の長鎖の場合, SDA モデルの予想通り分子間の自発的な集合力が極めて高く, このため粉末のような自発的な分子集合力に任せても十分に分子が集合する. このため, ATR スペクトルから計算した LO スペクトルは, MAIRS の OP スペクトルと形が酷似している. なお, 長鎖の場合も 1240 cm^{-1} 付近バンドが IP と OP とで明確な大きさと位置の違いを示し, やはり膜中でのフォノンが生じている (図 3a). 一方, ハイブリッドでは (図 3b) IP と OP のバンドがきれいに重なり, 集合力を阻害してフォノンの生成が止まっている.

このように, MAIRS 法を使って, 非晶の構造解析にフォノンを利用し, フォノン生成の有無とその程度を明瞭に識別可能であることを示し, 本研究の目的は達せられた.

参考文献

- 1 T. Hasegawa, A. Nakagawara, T. Takagi, T. Shimoaka, N. Shioya, and M. Sonoyama, "Phonon modes controlled by primary chemical structure of partially fluorinated dimyristoylphosphatidylcholine (DMPC) revealed by multiple-angle incidence resolution spectrometry (MAIRS)," *J. Chem. Phys.* **160**(6), 064704 (2024).
- 2 A. Fukumi, T. Shimoaka, N. Shioya, N. Nagai, and T. Hasegawa, "Infrared active surface modes found in thin films of perfluoroalkanes reveal the dipole–dipole interaction and surface morphology," *J. Chem. Phys.* **153**(4), 044703 (2020).
- 3 T. Hasegawa, and N. Shioya, "MAIRS: Innovation of Molecular Orientation Analysis in a Thin Film," *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **93**(9), 1127–1138 (2020).
- 4 T. Hasegawa, "Advanced Multiple-Angle Incidence Resolution Spectrometry for Thin-Layer Analysis on a Low-Refractive-Index Substrate," *Anal. Chem.* **79**(12), 4385–4389 (2007).
- 5 T. Hasegawa, "A Novel Measurement Technique of Pure Out-of-Plane Vibrational Modes in Thin Films on a Nonmetallic Material with No Polarizer," *J. Phys. Chem. B* **106**(16), 4112–4115 (2002).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Tomita Kazutaka, Shioya Nobutaka, Shimoaka Takafumi, Wakioka Masayuki, Hasegawa Takeshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Control of supramolecular organizations by coordination bonding in tetrapyrrolylporphyrin thin films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2116 ~ 2119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc06169k	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 Shioya Nobutaka, Fujii Masamichi, Shimoaka Takafumi, Eda Kazuo, Hasegawa Takeshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Stereoisomer-dependent conversion of dinaphthothienothiophene precursor films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-08505-5	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 Shimoaka Takafumi, Fukumi Aki, Shioya Nobutaka, Hasegawa Takeshi	4. 巻 611
2. 論文標題 Perfluoroalkanes remain on water surface even after volatilization: Affinity analysis of fluorinated solvent with water surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 390 ~ 396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2021.12.059	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 Wang Chengshan, Zhou Yiqun, Ewuola Christopher, Akinleye Toyin, Hasegawa Takeshi, Leblanc Roger M.	4. 巻 38
2. 論文標題 Determine both the conformation and orientation of a specific residue in α -synuclein(61-95) even in monolayer by ^{13}C isotopic label and p-polarized multiple-angle incidence resolution spectrometry (pMAIRS)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 935 ~ 940
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00128-0	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 Shioya Nobutaka, Yoshida Mariko, Fujii Masamichi, Shimoaka Takafumi, Miura Riku, Maruyama Shingo, Hasegawa Takeshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Conformational Change of Alkyl Chains at Phase Transitions in Thin Films of an Asymmetric Benzothienothiophene Derivative	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 11918 ~ 11924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c03399	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 Hu Shuaifeng, Zhao Pei, Nakano Kyohei, Oliver Robert D. J., Pascual Jorge, Smith Joel A., Yamada Takumi, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Shioya Nobutaka, Hasegawa Takeshi, Ehara Masahiro, Johnston Michael B., Tajima Keisuke, Kanemitsu Yoshihiko, Snaith Henry J., Wakamiya Atsushi	4. 巻 35
2. 論文標題 Synergistic Surface Modification of Tin/Lead Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2208320 ~ 2208320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202208320	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 Truong Minh Anh, Murdey Richard, Yamada Takumi, Hira Shota, Xie Lingling, Nakamura Tomoya, Shioya Nobutaka, Kan Daisuke, Tsuji Yuta, Iikubo Satoshi, Yoshida Hiroyuki, Shimakawa Yuichi, Hasegawa Takeshi, Kanemitsu Yoshihiko, Suzuki Takanori, Wakamiya Atsushi	4. 巻 145
2. 論文標題 Tripodal Triazatruxene Derivative as a Face-On Oriented Hole-Collecting Monolayer for Efficient and Stable Inverted Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7528 ~ 7539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00805	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 Tomita Kazutaka, Shioya Nobutaka, Shimoaka Takafumi, Okudaira Koji K., Yoshida Hiroyuki, Koganezawa Tomoyuki, Hasegawa Takeshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Substrate-Independent Control of Polymorphs in Tetraphenylporphyrin Thin Films by Varying the Solvent Evaporation Time Using a Simple Spin-Coating Technique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 5116 ~ 5125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.1c00500	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 Wakioka Masayuki, Yamashita Natsumi, Mori Hiroki, Murdey Richard, Shimoaka Takafumi, Shioya Nobutaka, Wakamiya Atsushi, Nishihara Yasushi, Hasegawa Takeshi, Ozawa Fumiyuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Formation of trans-Poly(thienylenevinylene) Thin Films by Solid-State Thermal Isomerization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 5631 ~ 5638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.1c01016	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 Shioya Nobutaka, Fujii Masamichi, Shimoaka Takafumi, Eda Kazuo, Hasegawa Takeshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Stereoisomer-dependent conversion of dinaphthothienothiophene precursor films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-08505-5	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 Nagasawa Takumi, Sato Reo, Hasegawa Takeshi, Numadate Naoki, Shioya Nobutaka, Shimoaka Takafumi, Hasegawa Takeshi, Hama Tetsuya	4. 巻 923
2. 論文標題 Absolute Absorption Cross Section and Orientation of Dangling OH Bonds in Water Ice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L3 ~ L3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac3a0e	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 Tomita Kazutaka, Shioya Nobutaka, Shimoaka Takafumi, Wakioka Masayuki, Hasegawa Takeshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Control of supramolecular organizations by coordination bonding in tetrapyrrolylporphyrin thin films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2116 ~ 2119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc06169k	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62件（うち招待講演 26件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 中川原亜依, 高木俊之, 高橋 浩, 下赤 卓史, 長谷川健, 網井秀樹, 園山 正史
2. 発表標題 一本の疎水鎖末端をフッ素化した新規部分フッ素化リン脂質の膜物性
3. 学会等名 第11回生物物理学会関東支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロアルキル化合物の分子構造から物性を知る
3. 学会等名 愛媛大学理学部セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 方涛, 塩谷 暢貴, 富田 和孝, 吉田 茉莉子, 下赤 卓史, 林 宏暢, 山田 容子, 長谷川 健
2. 発表標題 ペントセン前駆体が薄膜中で示す光転化反応の解析
3. 学会等名 応用物理学会2022年春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下赤卓史, 福海紅希, 塩谷暢貴, 長谷川健
2. 発表標題 水面上で揮発せずに残るフルオラス溶媒：赤外分光法による界面特異的な親和性の解析
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川原亜依, 高木俊之, 高橋 浩, 下赤 卓史, 長谷川健, 網井秀樹, 園山 正史
2. 発表標題 一本の疎水鎖末端をフッ素化した新規部分フッ素化リン脂質の合成と膜物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田 透, 生田 咲智, 鈴木 裕史, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 シリコン表面ナノ構造におけるポリアクリル酸薄膜の赤外吸収増強
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロアルキル化合物の物性と振動スペクトルを分子構造から理解する
3. 学会等名 東ソー分析センター講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロアルキル化合物の物性を分子構造から理解する
3. 学会等名 茨城大学大学院理工学研究科セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 MAIRS法：有機薄膜の非晶質構造を紐解く
3. 学会等名 東邦大学理学部化学科講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 有機フッ素化合物の科学の新しいパラダイム
3. 学会等名 東邦大学理学部化学科講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロアルキル化合物のバルクおよび一分子の物性を分子構造から理解する
3. 学会等名 第18回フッ素相模セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 有機フッ素材料の環境負荷の理解に不可欠な物性物理化学
3. 学会等名 環境化学物質3学会合同大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 社会と環境がともに持続可能であるための化学の解を探す
3. 学会等名 持続可能社会創造ユニット R4年度 第1回ミーティング（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 スペクトル多変量解析の生かし方
3. 学会等名 積水化学講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 PFASの物性を分子構造から理解可能にするSDA理論
3. 学会等名 積水化学講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 SDA理論の概要 PAFSの議論に不可欠の新学理
3. 学会等名 環境省（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Takeshi Hasegawa, Atsushi Wakamiya et al.
2. 発表標題 Development of Multipodal Hole-Collecting Monolayer Materials for Efficient Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田 透, 生田 咲智, 鈴木 裕史, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 ナノ構造を有する半導体表面における赤外吸収の増強
3. 学会等名 令和4年度日本化学会東北支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塩谷暢貴, 下赤卓史, 長谷川健
2. 発表標題 高分解逆格子マッピングによるDNTT薄膜成長に関する研究
3. 学会等名 応物2022年秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 昂徹, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 Ph-BTBT-Cn薄膜の分子パッキングおよびコンフォメーション解析
3. 学会等名 応物2022年秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuaifeng Hu, Takeshi Hasegawa, Atsushi Wakamiya et al.
2. 発表標題 Understanding the Surface Characteristics of Tin-lead Perovskite Understanding the Surface Characteristics of Tin-lead Perovskites
3. 学会等名 基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 SDA Theory Essential Basis for Discussing PFAS
3. 学会等名 Working Party of Risk Management, OECD (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 FT-IRでわかること～赤外分光法による高分子分析～
3. 学会等名 第65回高分子分析技術講習会基礎編 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 高分子薄膜の赤外分光法による構造解析
3. 学会等名 東邦大学大学院 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 赤外分光法の基礎
3. 学会等名 東邦大学理学部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 昂徹, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 赤外分光法で解明する液晶性有機半導体材料のポリモルフィズム
3. 学会等名 2022年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 昂徹, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 液晶性有機半導体材料のアルキル側鎖長に依存する薄膜中のポリモルフィズム
3. 学会等名 第51回結晶成長国内会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒向信明, 塩谷暢貴, 下赤卓史, 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロポリエーテル系自己組織化単分子膜の構造及び物性の解析
3. 学会等名 第45回フッ素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川原亜依, 高木俊之, 高橋 浩, 下赤 卓史, 長谷川健, 網井秀樹, 園山 正史
2. 発表標題 表面圧-分子占有面積等温曲線と赤外反射吸収分光法による1本の疎水鎖末端をフッ素化した新規部分フッ素化リン脂質単分子膜の特性評価
3. 学会等名 第45回フッ素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 MAIRS2 もうひとつのMAIRS法
3. 学会等名 第16回複合物性研究センターシンポジウム(東邦大学)(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 SDA Theory F-Specific Chemical Basis for PFAS
3. 学会等名 Webinar Global PFC Group, OECD(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 SDA 理論 PFAS 物性の発現機構
3. 学会等名 化学物質評価研究機構(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 健
2. 発表標題 SDA 理論 PFAS分子種の評価の考え方について
3. 学会等名 内閣府・食品安全委員会PFAS調査（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 健
2. 発表標題 有機フッ素材料はいつまで不思議なのか？
3. 学会等名 Minase Innovation Forum（積水化学工業）（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 昂徹，塩谷 暢貴、下赤 卓史、長谷川 健
2. 発表標題 Ph-BTBT-Cnが薄膜中で示す構造再配列
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡 昂徹，塩谷 暢貴、下赤 卓史、長谷川 健
2. 発表標題 液晶性有機半導体材料が薄膜中で示す構造再配列
3. 学会等名 第103回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中井悠登, 長谷川 健・生越 友樹・有賀克彦 ほか
2. 発表標題 気水界面上におけるピラー[5]アレーンの挙動: 単分子膜と擬ロタキサン構造の形成
3. 学会等名 第103回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川原亜依, 高木俊之, 高橋 浩, 下赤 卓史, 長谷川健, 網井秀樹, 園山 正史
2. 発表標題 1本の疎水鎖末端をフッ素化した新規Hybrid脂質シリーズの水面上単分子膜の特性評価
3. 学会等名 第103回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田 透, 生田 咲智, 鈴木 裕史, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 pMAIRS法によるポリアクリル酸薄膜の測定
3. 学会等名 第103回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 方滂, 塩谷 暢貴, 富田 和孝, 吉田 茉莉子, 下赤 卓史, 林 宏暢, 山田 容子, 長谷川 健
2. 発表標題 Molecular structure analysis in solution-processed pentacene films
3. 学会等名 第103回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 分子集合を鍵とした分析と物理化学
3. 学会等名 東工大岡田研研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 MAIRS: A cutting-edge analytical tool for analysis of molecular orientation in thin films
3. 学会等名 Spectroscopy week（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Nobutaka Shioya, Takafumi Shimoaka, Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 Control of Molecular Orientation in Thin Films of Small-Molecule Organic Semiconductors Independent of Substrates
3. 学会等名 11th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS 11)（国際学会）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 パーフルオロアルキル化合物の物性と振動スペクトル
3. 学会等名 第70回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 日下康成, 長谷川健, 梶弘典
2. 発表標題 主成分分析を用いた固体NMRアレイスpekトルのノイズ低減
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 富田 和孝, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 ポルフィリン誘導体の超分子構造を利用した分子配向制御
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 アルキル側鎖を有する有機半導体の分子配向制御
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 吉田 茉莉子, 塩谷 暢貴, 富田 和孝, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 Ph-BTBT-C10薄膜のテンプレート層を用いない分子配向制御
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 三浦 陸, 丸山 伸伍, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健, 神永 健一, 松本 祐司
2. 発表標題 In situ 赤外 pMAIRS-蒸着複合装置によるPTCDI-C8 薄膜の結晶化過程の観察
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 MAIRSが描き出す薄膜の構造・反応・物性
3. 学会等名 FT-IR・ラマン パーチャルユーズーズフォーラム 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 羽馬哲也, 石橋篤季, 香内晃, 渡部直樹, 塩谷暢貴, 下赤卓史, 長谷川健
2. 発表標題 赤外多角入射分解分光法によるアモルファス分子性固体の構造解析
3. 学会等名 分子科学会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 大槻 眞士, 下赤 卓史, 塩谷 暢貴, 長谷川 健
2. 発表標題 表面形状がラマン分光法の選択律に与える影響
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Nobutaka Shioya, Takafumi Shimoaka, Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 Template-Free Orientation Control in Thin Films of Small-Molecule Organic Semiconductors
3. 学会等名 SciX2021
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 長谷川 健
2. 発表標題 FT-IRでわかること～赤外分光法による高分子分析～
3. 学会等名 高分子分析技術講習会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 富田 和孝, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 pMAIRS法とGIXD法によるポルフィリン誘導体薄膜の超分子構造の解析
3. 学会等名 2021年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 吉田 茉莉子, 塩谷 暢貴, 藤井 正道, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 膜厚に依存する直鎖アルカンのポリモルフィズム
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 大槻 眞士, 下赤 卓史, 塩谷 暢貴, 長谷川 健
2. 発表標題 顕微ラマンイメージングを用いたパーフルオロアルカン粒子における分子配向の可視化
3. 学会等名 第44回フッ素化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 富田 和孝, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 テトラビリジルポルフィリンの超分子構造を利用した分子配向制御
3. 学会等名 第 5 回MAIRSワークショップ
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 吉田 茉莉子, 塩谷 暢貴, 富田 和孝, 下赤 卓史, 長谷川 健
2. 発表標題 Ph-BTBT-Cnの製膜温度を利用した分子配向制御
3. 学会等名 第 5 回MAIRSワークショップ
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 MAIRS：薄膜構造解析に必須の新しい分光解析法
3. 学会等名 第17回偏光計測研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Takeshi Hasegawa
2. 発表標題 MAIRS: Providing A Missing Gear for Thin-Film Analysis
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry-Tokyo International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 長谷川健
2. 発表標題 MAIRS: 薄膜の分子集合構造を読み解く
3. 学会等名 第140回分析技術研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022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
---------	---------