

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05168

研究課題名（和文）マイクロ波合成による高機能性バイオモノリス固定相の迅速調製

研究課題名（英文）Rapid preparation of highly functionalized biomonolithic stationary phases by microwave synthesis

研究代表者

リム リーワ（Lim, Lee Wah）

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：80377689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000 円

研究成果の概要（和文）：これまでの分離カラムは、担体に数ミクロンの微粒子が用いられ粒子充填型カラムにおいて分離性能を向上させるには粒子径をより小さくする、あるいは、カラムを長くするといった方法が挙げられ、多くの研究者が充填剤のサイズを減らすことで短時間かつ高効率を得てきている。しかし、粒子間の隙間が小さくなるとカラムの背圧が高くなるといった問題が生じる。そのため、次世代カラムとも呼ばれる、透過性の高いモノリス型カラムが注目を浴びている。本研究では、マイクロ波を使用することで、より迅速に高機能性バイオモノリス型キャピラリーカラムを作製し、性能評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マイクロ波を利用した加熱法は、短時間でほぼ均一に加熱することができ、また加熱効率も高いため、従来加熱技術に比較して十分の一程度のエネルギーで、カラムの調製が可能である。しかし、キャピラリーカラム内でのモノリス調製に応用する場合、温度分布が不均一になり、モノリス調製の再現性を得ることが難しい。本研究は、様々なアプローチで、キャピラリーカラム内でのバイオモノリスの高効率合成を確立し、従来法では成功率がわずか30%であることに対して、マイクロ波照射を利用した場合、調製されたモノリスの80%が高い分離性能を示し、分析に必要な溶媒も数百分の一程度になるため、環境負荷を大幅に低減することができる。

研究成果の概要（英文）：In conventional separation columns, fine particles of several microns are packed into capillaries, and in order to further improve the separation performance of these particle-packed columns, approaches such as reducing the particle size or using longer column have been carried out, and high efficiency separation could be achieved in a short time. However, the induced back pressure of the separation system would increase tremendously and cause various limitations; therefore, monolithic columns with much higher porosity, i.e. the next-generation columns, are attracting attention. In this study, we fabricated a highly functional biomonolithic capillary column rapidly using microwaves, and its separation efficiency was evaluated.

研究分野：分析化学

キーワード：マイクロ波合成 ワンポット反応 迅速調製 有機ポリマーモノリス キャピラリーカラム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 分析で用いられる分離カラムは、3~5 μm 程度の球状シリカゲルや有機高分子を円筒管に充填した、充填型カラムが一般的である。近年、充填カラムと異なる種類の分離カラムとして、より空隙率が高く、より流路抵抗が小さい、すなわち、比較的低い圧力で迅速かつ高性能な分離を実現しやすいモノリス (一枚岩という意味であり、ここでは骨格と空隙が共に三次元的に連通したネットワーク構造を有する多孔質体を指す) カラムが注目を浴びている。

モノリス型カラムを調製する際、通常はカラムに前処理を施し、カラムに固定相を固定させるための二重結合を導入する。しかし、前処理には一般的に数時間から数十時間程度かかり、手間や時間がかかる。また、加熱炉を用いる外部加熱方式では作製されるモノリスのポアの均一性に限界がある。近年では合成化学において、マイクロ波を照射することにより、反応時間の大幅な短縮や、副反応が抑制され収率が向上する事が報告されている。しかしながら、マイクロ波加熱のメカニズムは長く議論されており、それは現在まで続いている。

キャピラリーサイズのものリス型固定相 (カラム) は *in situ* 重合法により調製される。有機ポリマーモノリスを調製する際、一般的にアクリルアミド系やメタクリル酸エステル系等のモノマーが使用されるが、当研究室は、マレイン酸系のモノマー等を使用することにより、カラム管に前処理を施さず、カラムの調製にポロゲン (細孔形成剤) を使用しない、従来のカラムよりも調製手順が少ない、簡便かつ斬新なカラム調製法を見出した。そこで本研究では、この合成メカニズムを解明することとともに、マイクロ波照射技術の最適化をし、モノリス型キャピラリーカラムの調製の再現性向上を目指した。

2. 研究の目的

一般的に有機高分子モノリスに使用されるアクリルアミド系やメタクリル酸エステル系等のモノマーに代わって、マレイン酸系のモノマー (図1) 等を使用することにより、カラム管に前処理を施さず、カラムの調製にポロゲン^{*2} (細孔形成剤) を使用しない、従来のカラムよりも調製手順が少ない、簡便かつ斬新なカラム調製法を見出した (L. W. Lim, K. Katagiri, T. Takeuchi, 投稿準備中)。本研究計画は、この合成メカニズムを解明するとともに、マイクロ波照射技術を適用し、モノリス表層に新たな機能 (特にイオン交換性) を寄与する。

^{*1} モノリスを管内壁面に化学的に固定するため、二重結合を有するシランカップリング剤で前処理を行う。前処理なし、あるいは不十分な場合は、ゲル化の過程においてモノリスが収縮してしまいカラム内壁から剥離するという問題点になる。

^{*2} モノマーはポロゲンと呼ばれる溶媒に溶解して重合させる。このポロゲンは流路孔の制御に最も重要なパラメーターである。

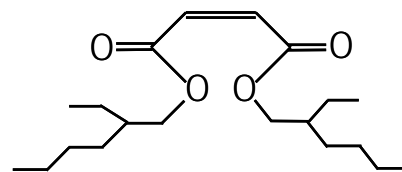


図1 : マレイン酸ビス (2-エチルヘキシル)

具体的な目的は以下に示す :

- (1) キャピラリーカラム管内重合に適したマレイン酸系のモノマーを選定し、分離担体としての性能評価を行う。
- (2) マイクロ波照射ファブリケーション技術に基づくキャピラリー管内におけるモノリスの重合・調製条件の更なる最適化を図る。
- (3) オミックス研究に対応できる分離・精製・濃縮などを効率よく行える省力的かつ低コストのデバイスを開発するために、モノリス担体表層の高機能化を図る。

3. 研究の方法

(1) マイクロ波照射による内径 0.32 mm カラムの迅速調製の確立

キャピラリーLCで最も使いやすい(周辺機器との連結・適合が容易)内径 0.32 mm キャピラリーカラムを目標にし、マイクロ波加熱・反応の条件とモノリス骨格の構造および性能の関係を明らかにする。具体的には、材料溶液、反応溶液、マイクロ波照射条件(強度・時間・照射方法)等の最適化を行った。

(2) キャピラリーLCシステムの組み立てとカラムの性能評価

内径 0.32 mm カラムを用いたキャピラリーLCシステムを組み立て、実試料への適合性を評価した。特に拡散による分離能の低下を抑えるため、独自の六方バルブと検出用セル(カラムの一部)を用いた。また、マイクロ波照射条件(強度、時間および照射方法)の最適化を図るとともに、カラムとしての性能評価(逆相分離モード)、すなわち、理論段数及び分離性能の計算を行った。

(3) オミックス研究に必須となるモノリス担体の化学修飾

本研究では、有機ポリマーモノリスを屋台骨として、その表層に様々な官能基や機能性分子・マテリアルを導入する。具体的な固定化法としては以下に示す。

- マイクロ波照射ファブリケーション技術を基盤とする重合法
- モノマーの選定より、エポキシ基やクロロメチル基のような反応性の高い官能基を導入し、イオン交換機やキレート配位子、酵素などを導入する。特にエポキシ基による開環反応は、すでに予備実験済みであり、アミノ酸を始めとするバイオ分子の固定化を可能にしている(L. W. Lim, K. Oshima, T. Takeuchi, 投稿準備中)。
- 主に検討する機能性修飾剤は、ヌクレオチド系のシチジナーリン酸やアデノシンーリン酸、トシル化されたポリエチレングリコール(PEG)、アザクラウンエーテル、 dendrimer である。

4. 研究成果

今までに、モノマー(図1のマレイン酸ビス(2-エチルヘキシル))と架橋剤(ジメタクリル酸エチレン)をさまざまな条件で内径 0.32 mm のキャピラリー管内で重合させ、直鎖アルキルベンゼンをサンプルとしてさまざまな条件で分離することでカラム性能を確かめ予備的な検討を行ってきた。図2のカラムは従来のカラムに比べ、カラムの前処理やポロゲンの濃度調整といった操作手順が不要にも関わらず、モノリス骨格が綺麗に形成され、また、カラムの内壁からモノリスが剥離するといった問題も見られなかった。但し、逆相分離モードでのカラムとしての分離能は既存のカラムと比べると劣るため、さらなる検討が必要である。

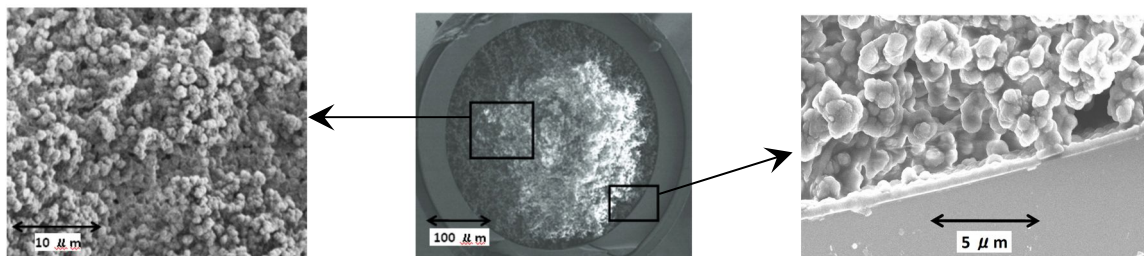


図2：マレイン酸ビス(2-エチルヘキシル)モノリスのSEM断面図

また、3種類の第3級アミノ基を有するモノマーを使用して、ワンポット反応におけるマイクロ波照射によるキャピラリーカラムの迅速調製を試みた。いずれのモノマーも15分で合成でき、分離カラムとして陰イオン交換モードおよびHILICモードでの使用が可能であることを確認できた。カラムの性能評価について、陰イオン交換モードでは、5種の無機陰イオンの分離保持を確認したところ、理論段数(N/m)は約6,000~33,000段であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件/うち国際共著 12件/うちオープンアクセス 21件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Khuluk Rifki Husnul, Yunita Amalia, Rohaeti Eti, Syafitri Utami Dyah, Linda Roza, Lim Lee Wah, Takeuchi Toyohide, Rafi Mohamad | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 An HPLC-DAD Method to Quantify Flavonoids in Sonchus arvensis and Able to Classify the Plant Parts and Their Geographical Area through Principal Component Analysis | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Separations | 6. 最初と最後の頁 12～12 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/separations8020012 | 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 TSUGE Kenichi, LIM Lee Wah, TAKEUCHI Toyohide | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Separation of Inorganic Anions Using an 18-Crown-6-ether-modified Organic Polymer Monolithic Stationary Phase in Capillary Ion Chromatography | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Analytical Sciences | 6. 最初と最後の頁 845～850 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.20P279 | 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 Rahayu Aster, Jamilatun Siti, Fajri Joni Aldilla, Lim Lee Wah | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Characterization of Organic Polymer Monolith Columns Containing Ammonium Quarternary As Initial Study For Capillary Chromatography | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Elkawnie | 6. 最初と最後の頁 119～119 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.22373/ekw.v7i1.8764 | 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 Roza Linda Roza Linda, Abdullah Abdullah, Mohamad Rafi Mohamad Rafi, Aster Rahayu Aster Rahayu, Lim Lee Wah, Takeuchi Toyohide | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 Separation of Polar Compounds using Poly(Ethylene Oxide) Bonded Stationary Capillary Liquid Chromatography | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Sains Malaysiana | 6. 最初と最後の頁 3241～3250 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17576/jsm-2021-5011-08 | 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 Rahayu A, Fajri J A, Lim L W, Takeuchi T | 4. 巻 821 |
| 2. 論文標題 Preparation of suppressor column for capillary ion chromatography with conductivity detection | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering | 6. 最初と最後の頁 012008 ~ 012008 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/821/1/012008 | 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 Rafi M., Devi A. F., Syafitri U. D., Heryanto R., Suparto I. H., Amran M. B., Rohman A., Prajogo B., Lim L. W. | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Classification of Andrographis paniculata extracts by solvent extraction using HPLC fingerprint and chemometric analysis | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 BMC Research Notes | 6. 最初と最後の頁 1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13104-020-4920-x | 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 TSUGE Kenichi, LIM Lee Wah, TAKEUCHI Toyohide | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Separation of Inorganic Anions Using 18-Crown-6-ether-modified Organic Polymer Monolithic Stationary Phase in Capillary Ion Chromatography | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Analytical Sciences | 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) 10.2116/analsci.20P279 | 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 Tsuge Kenichi, Marikah David, Lestari Puji, Adachi Shunya, Okajima Yasuhiro, Lim Lee Wah, Takeuchi Toyohide | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 One-pot Synthesis of Polyethylene glycol-based Polymeric Monolithic Stationary Phases for Capillary Ion Chromatography | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Indonesian Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 158 ~ 158 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34311/jics.2020.03.3.158 | 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 E. W. Maina, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 3(2) |
| 2. 論文標題 Development of Silica-based Chromium Metal Organic Framework Materials for Chromatographic Separations | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 G. P. Glob. Res. J. Chem. | 6. 最初と最後の頁 1-11 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 F. Furqani, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 3(2) |
| 2. 論文標題 One-pot Fabrication of Thiol-functionalized Silica Hybrid Monolithic Stationary Phases for Capillary Liquid Chromatography | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 G. P. Glob. Res. J. Chem. | 6. 最初と最後の頁 33-39 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 M. Amin, B. Oktavia, A. Sedyhutomo, L. W. Lim and M. Nurdin | 4. 巻 29(4) |
| 2. 論文標題 Ion Chromatographic Analysis of Sulfur Species (S ₂ ⁻ , S ₀₃₂ ⁻ , and S ₂₀₃₂ ⁻) in Natural Geothermal Water Samples | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Inter. J. Adv. Sci. Tech. | 6. 最初と最後の頁 2460-2468 |
| 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 Linda Roza, Rafi Mohamad, Lim Lee Wah, Takeuchi Toyohide | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Separation of Inorganic Anions and Phenolic Compounds Using Tetraethylene Oxide-Bonded Stationary Phases in Capillary Liquid Chromatography | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Indonesian Journal of Chemistry | 6. 最初と最後の頁 191 ~ 191 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22146/ijc.32237 | 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 M. Amin, L. W. Lim | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Ion Chromatographic Method for the Simultaneous Determination of Anions and Cations in Firecrackers and Matches Samples as Known Potential Explosives | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia | 6. 最初と最後の頁 138-149 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20961/alchemy.15.1.27570.138-149 | 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 Nabilah Suhaili, Lee Wah Lim, Takeuchi Toyohide, Rizafizah Othaman | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 Utilization of Deep Eutectic Solvent (DES) as Porogen in the Fabrication of Polymeric Monolithic Capillary Column | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Msia. J. Anal. Sci. | 6. 最初と最後の頁 667-676 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17576/mjas-2019-2304-13 | 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 Lim Lee Wah, Marikah David, Takeuchi Toyohide | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Application of Lecithin-templated Mesoporous Silica Microparticles for the Specific and Selective Removal of Phospholipids | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Indonesian Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 60 ~ 60 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34311/jics.2019.02.1.60 | 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 Furqani Firda, Lim Lee Wah, Takeuchi Toyohide | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 One-pot Facile Preparation of Amino-functionalized Silica Hybrid Monoliths for Mixed-mode Chromatography | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Indonesian Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 81 ~ 81 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34311/jics.2019.02.2.81 | 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 A. Kurnia, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 22 |
| 2. 論文標題 Determination of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) using environmentally friendly liquid chromatography | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Makara J. Sci. | 6. 最初と最後の頁 42-51 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7454/mss.v22i1.8406 | 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 R. Putri, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Development of immobilized enzymatic trypsin micro-reactor on polymer monolith column for biocatalytic reactions in capillary liquid chromatography | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Glob. Res. J. Chem. | 6. 最初と最後の頁 17-24 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 R. Putri, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Separation of dansyl amino acids in capillary liquid chromatography using cyclodextrin-bonded chiral monolithic stationary phases | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Glob. Res. J. Chem. | 6. 最初と最後の頁 59-67 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 M. Amin, B. Oktavia, A. Sedyhutomo, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 1095 |
| 2. 論文標題 Dual-column Switching Ion Chromatography for the Simultaneous Determination of Inorganic Cations and Anions (particularly Thiocyanate) in Human Urine and Saliva Samples to Identify Smokers Types | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 IOP Conf. Series: J. Physics: Conf. Series | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1095/1/012022 | 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 R. Linda, M. Rafi, L. W. Lim, T. Takeuchi | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Separation of Inorganic Anions and Phenolic Compounds Using Tetraethylene Oxide-Bonded Stationary Phases in Capillary Liquid Chromatography | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Indones. J. Chem. | 6. 最初と最後の頁 191-197 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22146/ijc.32237 | 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 |

〔学会発表〕 計56件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 27件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木陽南・Lim Lee Wah |
| 2. 発表標題 マイクロ波支援によるコアシェル型マイクロ固相抽出剤の調製法の確立 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第21回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Lim Lee Wah |
| 2. 発表標題 キャピラリーICにおけるモノリス型イオン交換固定相のワンポット調製 |
| 3. 学会等名 日本分析化学会第70年会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of highly functionalized zwitterionic capillary columns for mixed-mode chromatography |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference of the Indonesian Chemical Society (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 David Marikah, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Application of lecithin template and calcium modified mesoporous silica microparticles in the removal of phospholipids targeting for algae bio-oil purification |
| 3. 学会等名 The 8th International Conference of the Indonesian Chemical Society (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Aster Rahayu, Joni Aldilla Fajri, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Preparation of Suppressor Column for Capillary Ion Chromatography with Conductivity Detection |
| 3. 学会等名 The 3rd International Conference on Engineering and Applied Technology (ICEAT 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Polymer-based Monolithic Stationary Phases for Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 Malaysia Polymer International Conference (MPIC 2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Microwave-assisted Preparation of Monolithic Stationary Phases for Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 2019 Asia-Pacific Symposium on Ion Analysis (2019 APIA) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Firda Furqani, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Fabrication of hybrid monolithic column via thiol-ene click reaction for mixed-mode capillary liquid chromatography |
| 3. 学会等名 2019 Asia-Pacific Symoisum on Ion Analysis (2019 APIA) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Firda Furqani, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 One-pot facile preparation of amino-functionalized silica hybrid monoliths for mixed-mode chromatography |
| 3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Esther Maina, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 A novel covalently bonded 4-amino butyric acid silica stationary phase for capillary ion chromatography |
| 3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mohammad I. Nasir, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Optimization of capillary liquid chromatography with isocratic elution for the simultaneous separation of alkylbenzenes and PAHs in environmental water samples |
| 3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 David Marikah, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Application of Lecithin-templated Mesoporous Silica Microparticles for the Specific and Selective Removal of Phospholipids |
| 3. 学会等名 International JAFIA 35th Anniversary Symposium with Profs. Christian and Dasgupta (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Polymeric Sulfobetaine Stationary Phases for Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayu Rahayu Anggraeni, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of Chiral Polymer-based Monolithic Capillary Columns for Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 David Marikah, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of Fluoroapatite-based Nano Crystals for the Removal of Phospholipids |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Esther Wamaiitha Maina, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Amino Acid-bonded Silica for Capillary Ion Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Firda Furqani, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 One-pot Approach of Amino-functionalized Silica Hybrid Monolithic Columns for Capillary Ion Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Haida Hahan, Lee Wah Lim, and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Effects of Porogens on the Pore Size Formation of Polymer-based Monolithic Capillary Columns |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Maya Imaeda, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of Tertiary-amino-functionalized Monolithic Stationary Phases via One-pot Reaction under Microwave Irradiation |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Puji Lestari ¹ , Yutaka Ohya, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Removal of Organic Dye from Aqueous Solution using Magnetic Mesoporous Silica Composites: Kinetic and Isotherm Studies |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Rosnalia Widyan, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Cytidine-bonded Stationary Phases for Mixed-mode Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Wida Maya Mustika, Mohamad Rafi, Eti Rohaeti, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Separation of Phenolic Acids using Tetraethylene Glycol-Bonded Stationary Phases in Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 The 10th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 リム リーフ, 田原 菜月, 竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリー液体クロマトグラフィーにおけるdiol型モノリス固定相の調製法の確立 |
| 3. 学会等名 第26回クロマトグラフィーシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上友裕, Lee Wah Lim, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリー-LCにおけるデンドリマー型モノリスカラムの調製 |
| 3. 学会等名 第38回分析化学中部夏期セミナー |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤颯紀, Lee Wah Lim, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 ワンポット反応によるシリカ系チタニアモノリス型固定相の開発 |
| 3. 学会等名 第38回分析化学中部夏期セミナー |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 今枝磨耶, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 マイクロ波照射によるポリマー系モノリス型アミノ固定相の迅速調製の最適化 |
| 3. 学会等名 第50回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Haida Hahan, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 Effects of dimethylformamide (DMF) as a porogen on the pore size formation of C12 monoliths |
| 3. 学会等名 第50回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩田智成, リムリーワ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 ワンポット反応による双性型モノリス固定相の調製における架橋剤の影響に関する研究 |
| 3. 学会等名 第50回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Puji Lestari, リムリーワ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 Development of novel porous materials for environmental analysis |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ayu Rahayu Anggraeni, リムリーワ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 Development of chiral polymer-based monolithic capillary columns |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Rosnalia Widyan, リムリーワ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 Development of polar monolithic stationary phases for mixed-mode separations |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 有賀裕樹, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 有機ポリマー系モノリス型C12固定相の調製および保存方法に関する研究 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 河井優典, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 PEGDMA固定相における無機陰イオンの保持挙動に関する研究 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松田健輔, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリーLCにおけるdiol型モノリス固定相の調製法の確立 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 本川大悟, リムリーフ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリーLCにおけるmixed-mode固定相の開発 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第19回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 久保田翔哉, リムリーワ, 竹内豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリーイオンクロマトグラフィーにおける分枝型双性イオン固定相の調製 |
| 3. 学会等名 第30回クロマトグラフィー科学会議 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Microwave-assisted fabrication of monolithic stationary phases for capillary liquid chromatography |
| 3. 学会等名 2018 Sino-Japanese Joint Symposium on Separation Sciences (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Esther Maina, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of Silica-based chromium metal-organic framework materials for chromatographic separations |
| 3. 学会等名 14th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Firda Furqani, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Facile preparation of sodium p-styrene sulphonate hydrate hybrid monolithic capillary column for capillary ion chromatography |
| 3. 学会等名 14th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Radhia Putri, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Immobilization of Enzymatic Trypsin Microreactor on Polymeric Monoliths for Biocatalytic Reactions in Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 6th Asian Network for Natural & Unnatural Materials (ANNUM VI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Esther Maina, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of silica-based materials for chromatographic separations |
| 3. 学会等名 6th Asian Network for Natural & Unnatural Materials (ANNUM VI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 David Marikah, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Novel Materials from Lecithin Template Mesoporous Silica for the Purification of Algae Bio Oil |
| 3. 学会等名 6th Asian Network for Natural & Unnatural Materials (ANNUM VI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Maya Imaeda, Lee Wah Lim and Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Microwave-assisted Synthesis of Anion Exchange Monolithic Column for Capillary Liquid Chromatography |
| 3. 学会等名 6th Asian Network for Natural & Unnatural Materials (ANNUM VI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 リム リーフ, Nabilah Binti Suhaili, 竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 常温イオン液体(deep eutectic solvent)をポロゲンとして用いたポリマー系モノリス型キャピラリーカラムの調製に関する研究 |
| 3. 学会等名 第25回 クロマトグラフィーシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Esther Maina, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Development of Chromium-silica Hybrid Materials for Chromatographic Separation |
| 3. 学会等名 第29回 クロマトグラフィー科学会議 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 David Marikah, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 Solid Phase Extraction and Recovery Studies of Phospholipids using Lecithin-template Mesoporous Silica Micro-particles |
| 3. 学会等名 第29回 クロマトグラフィー科学会議 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 久保田 翔哉, リム リーフ, 竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 分枝型双性イオン固定相の作製とそのリンカーによる陰・陽イオンの分離挙動の解明 |
| 3. 学会等名 第29回 クロマトグラフィー科学会議 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Haida Binti Abu Hahan・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 Effects of dimethylformamide as an additional porogen on the pore size formation of C12 monoliths |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井上 友裕・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリーLCにおけるデンドリマー型モノリスカラムの調製 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤 颯紀・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 ワンポット反応によるシリカ系チタニアモノリス型固定相の開発 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鷺見 美咲・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 ガスクロマトグラフィーのためのモノリス型キャピラリーカラムの最適化 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田原 菜月・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 キャピラリー-LCにおけるdiol型モノリス固定相の調製法の確立 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋 愛佳・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 C18逆相モノリスカラムにおける架橋材の効果に関する研究 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮本 香帆・Lee Wah Lim・竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 糖鎖開環反応を用いた新規ヌクレオチド型固定相の開発 |
| 3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第18回高山フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Firda Furqani, Lee Wah Lim, Toyohide Takeuchi |
| 2. 発表標題 One-pot facile preparation of amino-functionalized silica hybrid monoliths for mixed-mode chromatography |
| 3. 学会等名 第35回イオンクロマトグラフィー討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 久保田 翔哉, リム リーワ, 竹内 豊英 |
| 2. 発表標題 分枝型双性イオン固定相による陰・陽イオンクロマトグラフィー |
| 3. 学会等名 第35回イオンクロマトグラフィー討論会 |
| 4. 発表年 2018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 |
|---------|---------|
| | |