

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05169

研究課題名(和文) 細繊維束を組紐状に配置した新規複合型マイクロ分離・抽出媒体の創製

研究課題名(英文) Development of Miniaturized Separation/Extraction Media with Braided Filaments

研究代表者

齊戸 美弘 (SAITO, Yoshihiro)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00303701

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)：本研究では、耐熱性・耐溶媒性を有する合成細繊維の束をキャピラリー内部に組紐状に配置した、新規な試料抽出媒体ならびにクロマトグラフィー用の分離固定相を検討した。数百本の細繊維から形成される細繊維束を組紐状に編み上げ、その際に組紐内部に形成される空洞部分に金属線などの他の素材も導入した。組紐の構成要素として細繊維束を導入することにより、編み上げ後の組紐表面の平滑性を確保できるほか、キャピラリー内部へ充填時の空体積を大幅に低減でき、小型化が可能である一方で、多数の細繊維による大きな総表面積を確保できることから、多様な選択性を有し抵抗加熱脱着も可能な、試料前処理・分離媒体の可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、日本の伝統技術のひとつである組紐に注目し、近年開発された超高強度の合成細繊維を、組紐構造状に配置することにより、性能においても、その内部構造においても新規な分離・抽出媒体を作製している。また、組紐内部に通電可能な導電性の金属ワイヤー等を組み込んで、通電による抵抗加熱を達成し、微量分析に応用するために必要な分離カラム充填剤・抽出媒体としての基本性能の向上を確認している。従って、本研究成果は、学術的にも顕著な新規性を有するばかりでなく、二次元クロマトグラフィーなど分離分析分野の関連技術への応用可能性も含めた社会的意義の大きい技術であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this work, novel extraction/separation media on the basis of braided filaments of heat-resistant polymeric materials for sample preparation and chromatographic separations have been studied. Introducing several bundles of the filaments, various types of braids have been prepared, where other types of fibrous materials and metal wire could be inserted therein. A successful preparation of these novel extraction/separation media was confirmed, especially the resistive heating of the extraction capillary could be regarded as one of the promising approaches to the development of new miniaturized extraction technique in separation science.

研究分野：分離科学、分析化学

キーワード：組紐 細繊維 試料前処理 分離カラム 二次元クロマトグラフィー

1. 研究開始当初の背景

クロマトグラフィーを中心とする分離分析化学において、近年最も注目されている研究課題のひとつに、高性能試料前処理技術の開発と応用がある。これは、最近特に、分離分析に対する要求が極めて高度化しており、液体クロマトグラフィーおよびガスクロマトグラフィーに代表される高性能分離技術を用いて分析対象試料を分離分析する際においても、その多くの場合において、その学術的・科学的理論や物性に基づいて最適化し、かつ、個々の分析対象物質に適した試料前処理操作が必要であり、また、その操作効率の向上が一層期待されてきているからである。

化学の中でも分析化学、特に分離分析化学の分野においては、実試料の分離分析に使用できることが実用上では最優先の要求である場合が多く、旧式あるいは他の手法の単なる流用に近い手法であっても、そのまま継続使用されてきた技術も依然として多く存在する。ところが、このような手法の分離・検出性能や応用範囲には限界が存在し、より高性能で高速処理が可能な分離分析法の開発を念頭に、科学的理論に基づいた新規材料・手法ならびに装置の開発が近年特に求められてきている。

本研究者は、これまでに、液体およびガスクロマトグラフィーの分離媒体として合成高分子繊維充填型カラムを、また小型試料前処理技術として、合成高分子充填型マイクロ試料前処理デバイスを開発し、これらの周辺技術への応用についても幅広く検討してきており、その独創的発想や学術的新規性は、国内外を問わず高く評価されてきている。特に、多数の高耐熱性合成細繊維を金属キャピラリー内部に平行に充填して開発した高温ガスクロマトグラフィー用繊維充填キャピラリーカラムは、これまでに開発・実用化されてきた充填カラムおよび中空キャピラリーカラムの両者の問題点を同時に解決した新規技術として、この分野では広く知られており、評価も高い。上記技術を応用した米粒サイズの小型試料前処理カートリッジも開発し、環境水分析などに代表される微量分離分析にも対応できる高感度分離分析法へと応用してきている。更に、合成高分子繊維の表面を化学修飾することにより、目的に合った選択性を有する抽出・分離媒体の開発にも成功している。

2. 研究の目的

上記の背景ならびに研究成果を受けて、本研究では、耐熱性・耐薬品性の合成細繊維数百本から成る繊維束を用いて、その内部に他の材料を内包できる空間を有する新規な組紐型の試料抽出媒体を作製し、その応用可能性について検討した。

細繊維束を複数編み上げて作製することから、組紐完成時の組紐表面の平滑性を確保でき、組紐を充填する抽出キャピラリー内の空隙体積を大幅に低減できる一方で、大きな繊維表面積を確保できることから、多様な選択性を有し、抽出性能に優れた小型試料前処理媒体が開発できる。組紐内部に熱伝導性の高い金属線を導入した抵抗加熱も可能であり、試料前処理のみならず、クロマトグラフィー用の新規充填キャピラリーカラムとして、高速昇温分離への応用も期待できる。

組紐は、日本の伝統技術として長く受け継がれて来た技術ではあるものの、衣料や一部の工業製品を中心に利用されているのみである。本研究で検討した、分離分析化学分野における応用、最先端の超高強度合成繊維の導入、分子認識に基づいた材料デザイン、更にその複合化等については、顕著な学術的独創性・新規性が存在するものと考えられる。

3. 研究の方法

(1) [組紐作製条件の最適化]

合成細繊維の束を4本から8本程度組合せて組紐を作製し、熔融シリカなどのキャピラリー内へ充填した。この際、組紐内部に形成される空間に細いステンレスワイヤーなどの金属線を入れることにより、抵抗加熱タイプの試料抽出キャピラリーが、また、化学構造や表面状態の異なる他の細繊維束を入れることにより、複合的な抽出選択性を示す多種多様な抽出媒体の作製が可能である。

図1に、異なった条件で試作した組紐型試料抽出媒体を示す。本研究では、一繊維束あたりの細繊維本数、繊維束の本数、ならびに編み上げる際に張力として組紐にかける荷重等の条件を最適化することにより、目的のキャピラリーに適合した外径・性能を有する各種組紐を作製し、系統的に評価した。また、その結果をフィードバックすることにより、使用目的に適合する組紐型デバイスの作製ならびに、性能の最適化を図った。

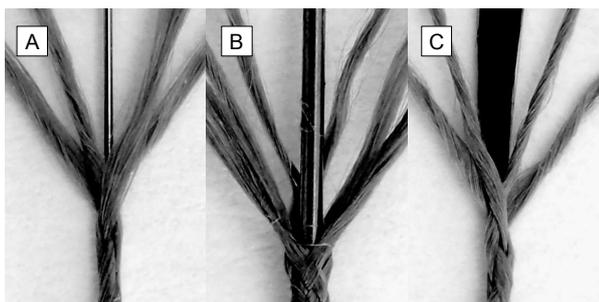


図1 作製した組紐3種

(2) [組紐型抽出キャピラリーの評価]

モデル水試料を抽出キャピラリーに通液した後、微量の有機溶媒等を用いて脱着させて、抽出キャピラリーの性能評価を行う。図2にその概略を描いたようにステンレス等の金属線を内部に入れた組紐型媒体では、組紐内部の金属線に自作電源装置から発生させた微弱電流を通电することにより、抵抗加熱脱着の条件についても検討した。

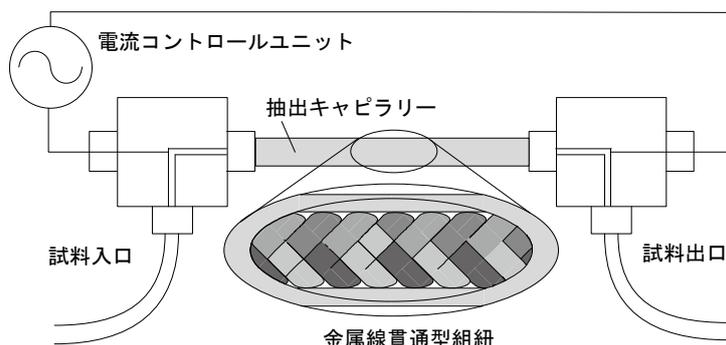


図2 組紐を充填した抽出デバイスの模式図

一般的に、組紐をキャピラリーへ充填する際には、一定の機械的強度が必要であるが、内部に他の特性を有する細繊維束を入れたタイプでは、周囲を取り囲む組紐自体に十分な機械的強度があることから、内部に入れる細繊維の機械的強度は不要である。これにより、従来の細繊維平行充填型キャピラリーでは使用することができなかった、多種多様な繊維状材料を内部空間導入用として利用できる可能性があることから、その応用についても検討した。

(3) [分離媒体としての可能性の検討と評価]

組紐型の抽出媒体を充填したキャピラリーは、クロマトグラフィーの分離媒体、すなわちマイクロカラムとしても機能することが予想される。これまでの予備実験において、長さ数十 cm 程度までの組紐充填キャピラリーカラムの試作に成功している。組紐の作製条件や細繊維の種類などを更に検討し、充填キャピラリーカラムへの実用可能性について検討した。

(4) [二次元分離インターフェイスとしての性能評価]

内部に金属線を入れたタイプは、二次元クロマトグラフィー、特に二次元ガスクロマトグラフィーのカラム間インターフェイス、すなわちモジュレーターとしての応用可能性が想定できることから、抵抗加熱の導入による、高速で、かつ電氣的制御のみで操作できる新規モジュレーターとしての可能性についての検討も行った。

4. 研究成果

組紐の作製条件を変化させながら、実際に得られた組紐の形状、外径などを評価し、これらの結果から、使用を想定している樹脂製キャピラリーの内径に適合する組紐型の細繊維束を再現性良く作製し得る条件を決定した。また、その結果、キャピラリー内へ充填した際の空隙体積を最小化することによる性能向上が確認でき、実際にモデル水試料からの微量有機化合物の抽出ならびに前濃縮に有効な新規組紐型デバイスの開発に成功した。表1に、抵抗加熱によるモデル物質（アントラセン）の脱着率を示した。僅か数ボルトの電圧印加により定量的な脱着を行うことが可能であることを確認した。

表1 抵抗加熱を利用した熱脱着における脱着率

applied voltage (V)	surface temperature of capillary tube (°C)	desorption efficiency (%)	RSD (%)
0	22	87.5	0.6
1	26	95.0	1.2
2	35	100.6	1.3
3	44	99.4	2.1

更に、この組紐型充填剤の新規分離カラムとしての可能性、ならびに二次元クロマトグラフィーのインターフェイス部分としての応用可能性についても、確認でき、今後の実用化に向けての指針を得た。

本研究は、日本の伝統技術である組紐と日本の化学合成繊維技術の成果である超高強度合成細繊維の両方の利点を生かした新規技術として、国内外からも注目を集めており、分離分析分野のみならず、関連技術分野への波及効果も想定されている。なお、本研究の研究成果は、主な発表論文等に掲載の通りである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 UETA Ikuo, FUJIKAWA Hiroto, FUJIMURA Koji, SAITO Yoshihiro	4. 巻 35
2. 論文標題 Purge-and-trap Determination of Ammonia in Water Samples Using Needle-type Extraction Coupled with Gas Chromatography?Barrier Discharge Ionization Detection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 759 ~ 762
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.19P016	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 NAKAGAMI Koki, SUMIYA Ohjiro, TAKAHASHI Kazuya, KOBAYASHI Akira, UETA Ikuo, SAITO Yoshihiro	4. 巻 40
2. 論文標題 On-Line Coupling of Gas Chromatography-Gas Chromatography for the Determination of Coumarin in Kerosene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 135 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2019.003	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 UETA Ikuo, SEKIGUCHI Naho, SUZUKI Akihiro, KOBAYASHI Yuta, KUWABARA Tetsuo, SAITO Yoshihiro	4. 巻 36
2. 論文標題 Polyethylene Terephthalate Nanofiber Sheet as the Novel Extraction Medium for the Determination of Phthalates in Water Samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 277 ~ 281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.19P317	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 Nakagami Koki, Monobe Tomoya, Sumiya Ohjiro, Takashima Kazunori, Ueta Ikuo, Saito Yoshihiro	4. 巻 1613
2. 論文標題 Braid configuration designed for fiber-packed capillary in microscale sample preparation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 460694 ~ 460694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chroma.2019.460694	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 UETA Ikuo, SEKIGUCHI Naho, SUZUKI Akihiro, KOBAYASHI Yuta, KUWABARA Tetsuo, SAITO Yoshihiro	4. 巻 41
2. 論文標題 Carbon Dioxide Laser Supersonic Drawing Nanofiber Sheet for Extraction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water Samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 85 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2020.002	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 UETA Ikuo, SAKAMOTO Masataka, TANI Kazue, SAITO Yoshihiro	4. 巻 41
2. 論文標題 Titanium Dioxide as a Packing Material for Micro-Packed Column in Gas Chromatography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 97 ~ 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2020.008	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 NAKAGAMI, Koki; SUMIYA, Ohjiro; TAZAWA, Toshiaki; MONOBE, Tomoya; WATANABE, Mitsuru; UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Polyimide Filaments as a Novel Stationary Phase in Packed-Capillary Gas Chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 91 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.008	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 SUMIYA, Ohjiro; NAKAGAMI, Koki; KOIKE, Ryota; UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Retention Behavior of Polycyclic Aromatic Compounds in a Novel Polymer-Based Stationary Phase Liquid Chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 97 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.009	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 SUMIYA, Ohjiro; TAZAWA, Toshiaki; NAKAGAMI, Koki; SHIRAI, Yuki; MORIUCHI, Koji; UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Spherical Polyimide Particles as a Novel Stationary Phase in Liquid Chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 105 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.010	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 UETA, Ikuo; NAKAMURA, Yohei; FUJIKAWA, Hiroto; FUJIMURA, Koji and SAITO, Yoshihiro	4. 巻 82
2. 論文標題 Determination of Volatile Amines Using Needle-Type Extraction Coupled with Gas Chromatography-Barrier Discharge Ionization Detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chromatographia	6. 最初と最後の頁 317 ~ 323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10337-018-3653-7	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 UETA, Ikuo; KAJIMOTO, Masayuki and SAITO, Yoshihiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Purge-and-Trap Extraction with a Miniaturized Extraction Capillary for the Determination of Aqueous Formic Acids in Ion Chromatography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 33 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2019.001	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 NAKAGAMI Koki, AMIYA Misato, SHIMIZU Keiichi, SUMIYA Ohjiro, KOIKE Ryota, UETA Ikuo, SAITO Yoshihiro	4. 巻 41
2. 論文標題 Retention Behavior of Various Aromatic Compounds on Poly(butylene terephthalate) Stationary Phase in Liquid Chromatography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 129 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2020.017	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 UETA Ikuo, SUMIYA Katsunori, FUJIMURA Koji, YOSHIMURA Tomotaka, KIKUCHI Ryosuke, SAITO Yoshihiro, KAWATA Keishi	4. 巻 37
2. 論文標題 Extraction of Volatile Anticancer Drugs in Air Using a Solid-Phase Extraction Type Device Followed by Gas Chromatography-Mass Spectrometric Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 341 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20P311	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 NAKAGAMI Koki, SHIMIZU Keiichi, SUMIYA Ohjiro, UETA Ikuo, SAITO Yoshihiro	4. 巻 42
2. 論文標題 Molecular Shape Selectivity for Polycyclic Aromatic Compoundson a Poly(4-vinylpyridine) Stationary Phase in Liquid Chromatography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 91 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2021.007	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23件(うち招待講演 3件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 中神光喜, 隅谷王士郎, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 繊維充填型試料前処理針を用いた揮発性アミンの抽出および誘導体化
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NAKAGAMI, Koki; SUMIYA, Ohjiro; UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro
2. 発表標題 Polymer-Coated Fibrous Polyimide as an Extraction Medium in Microscale Sample Preparation and the On-Line Coupling to Liquid Chromatography
3. 学会等名 49th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC2019 Kyoto) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 SUMIYA, Ohjiro; NAKAGAMI, Koki; KOIKE, Ryota; TAZAWA, Toshiaki; UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro
2. 発表標題 Retention Behavior of Polycyclic Aromatic Compounds in Polymer-Based Stationary Phases on Liquid Chromatography
3. 学会等名 49th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC2019 Kyoto) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中神光喜, 隅谷王士郎, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 ポリマー被覆ポリイミド繊維を抽出媒体に用いた小型試料前処理
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 隅谷王士郎, 中神光喜, 小池凌太, 田澤寿明, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 ポリマーベース固定相を用いたHPLCにおける芳香族化合物の保持挙動
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 小池凌太, 隅谷王士郎, 清水佳一, 中神光喜, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 チューブ状炭酸マグネシウムを用いた試料前処理
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中神光喜, 物部寛也, 隅谷王士郎, 小池凌太, 清水佳一, 高島和則, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 組紐構造を有する新規試料前処理媒体
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水佳一, 中神光喜, 小池凌太, 隅谷王士郎, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 Poly(4-vinyl pyridine)固定相を用いたLC における分子形状選択性
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 隅谷王士郎, 大塚 健, 清水佳一, 小池凌太, 中神光喜, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 LCにおけるpyrazine類の特異的保持挙動
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中神光喜, 小林曜, 隅谷王士郎, 高橋和哉, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 灯油中クマリンの迅速定量法の開発
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム 2020年
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中神光喜, 網谷美里, 隅谷王士郎, 清水佳一, 小池凌太, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 Poly(butylene terephthalate)固定相を用いた多環芳香族化合物の保持挙動
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 SAITO, Yoshihiro; NAKAGAMI, Koki; SUMIYA, Ohjiro and UETA, Ikuo
2. 発表標題 Miniaturized Sample Preparation Devices with Fibrous Polymeric Extraction Media
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 UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro
2. 発表標題 Gas Chromatographic Determination of Volatile Organic Compounds with Needle-Type Extraction Device
3. 学会等名 2018 China-Japan-Korea symposium on Analytical Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中神 光喜, 田澤 寿明, 隅谷 王士郎, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 針型試料前処理デバイスを用いた揮発性アミンの抽出・誘導体化およびそのGC分析
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 隅谷 王士郎, 中神 光喜, 小池 凌太, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 新規ポリマ - ベース固定相を用いたLCにおける多環芳香族化合物の保持挙動
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 中神 光喜, 隅谷 王士郎, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 ポリイミド繊維を固定相に用いたガスクロマトグラフィー
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 隅谷 王士郎, 中神 光喜, 小池 凌太, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 新規ポリマ - ベース固定相を用いたHPLCにおける多環芳香族化合物の保持挙動
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中神 光喜, 隅谷 王士郎, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 繊維状ポリイミドを固定相に用いたガスクロマトグラフィー
3. 学会等名 第49回中化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 隅谷 王士郎, 中神 光喜, 小池 凌太, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 新規ポリマ - ベース固定相を用いた液体クロマトグラフィーにおける多環芳香族化合物の保持挙動
3. 学会等名 第49回中化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中神 光喜, 隅谷 王士郎, 渡部 暢, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 ポリマー被覆したポリイミド繊維を抽出媒体に用いた試料前処理とLCのオンライン結合
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 隅谷 王士郎, 中神 光喜, 田澤 寿明, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 ポリイミド粒子を固定相に用いた液体クロマトグラフィー
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 中神 光喜, 植田 郁生, 齊戸 美弘
2. 発表標題 合成細繊維を用いた試料前処理
3. 学会等名 第31回クロマトグラフィー科学会議 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中神光喜, 隅谷王士郎, 清水佳一, 小池凌太, 植田郁生, 齊戸美弘
2. 発表標題 合成細繊維を組紐状に配列したLC用新規試料前処理媒体
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 井上 満, 植田郁生, 齊戸美弘, 高橋隆子, 深澤亮一, 堀江正一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 200
3. 書名 超微量分析入門	

1. 著者名 UETA, Ikuo and SAITO, Yoshihiro	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier Science B. V.	5. 総ページ数 510
3. 書名 Solid Phase Extraction	

1. 著者名 SAITO, Yoshihiro and NAKAGAMI, Koki	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier Science B. V.	5. 総ページ数 360
3. 書名 Methods of Therapeutic Drug Monitoring including Pharmacogenetics	

1. 著者名 Yoshihiro SAITO, Koki NAKAGAMI, Ohjiro SUMIYA, Ikuo UETA	4. 発行年 2020年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 382
3. 書名 Pure and Functionalized Carbon Based Nanomaterials: Analytical, Biomedical, Civil and Environmental Engineering Applications	

〔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
---------	---------