

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05571

研究課題名（和文）水を固定した固相抽出剤の開発と高水溶性化合物への応用

研究課題名（英文）Development of solid-phase extractant having water-enriched layer and application of pretreatment for highly water-soluble compounds

研究代表者

村上 博哉（Murakami, Hiroya）

愛知工業大学・工学部・准教授

研究者番号：40515128

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）：本研究では、様々な分野において定量が求められる高い水溶性を有する化合物の前処理を可能にする固相抽出剤の開発を目指し、親水性相互作用クロマトグラフィー（HILIC）を発現可能な固相抽出剤に関する研究を行った。HILICモードの発現を可能にするために、水和層の形成に必要と考えられる親水性高分子を被覆する基材樹脂や親水性高分子の最適化などの検討を行うことにより、高い捕捉能を有するHILIC型固相抽出剤の合成を達成した。また開発したHILIC型固相抽出剤の適用法についても検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高い水溶性を有する化合物の定量を可能にすることは、生命科学や環境管理など、幅広い分野に影響を与える技術を提供することにつながる。本研究で開発を進めたHILIC型固相抽出剤は、これまでの前処理技術では定量が困難であった高い水溶性を有する化合物の前処理を可能にするものである。そのため開発したHILIC型固相抽出剤およびそれらの応用展開により、これまでは定量が出来なかった化合物の定量を可能にする可能性があり、その波及効果は大きいものであると考える。

研究成果の概要（英文）：A quantitative method for highly water-soluble compounds has been desired in various area. In this research, the fabrication and evaluation of hydrophilic interaction chromatography (HILIC)-type sorbents for solid-phase extraction have been studied for the improvement of adsorption properties of water-soluble compounds.

By optimizing hydrophilic polymer modified onto base resin, which was expected to be important to form water-enriched layer, and base resin itself, HILIC-type sorbents having high adsorption properties of water-soluble compounds were developed. The application method of the developed HILIC-type sorbents was also studied to improve the adsorption properties of water-soluble compounds.

研究分野：分析化学

キーワード：固相抽出 親水性高分子 水和層 HILIC 捕捉特性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

分析機器の高性能化に伴い、これまでは測定が困難であった様々な化合物の定量が可能になってきた。その結果、試料を分析機器に供する前に行われる前処理手法の性能に対する要求が、より高度化している。その前処理手法の一つとして、固相抽出 (solid-phase extraction, SPE) が、広範な化合物の前処理に適用可能であることから、広く利用されている。SPE は、試料中に共存する大過剰な夾雑成分中から、目的成分の選択的抽出を可能にする。SPE には、逆相系や順相系、キレートやイオン交換などの様々な分離モードが付与された固相抽出剤が利用されている。なかでも逆相系固相抽出剤は、広範な化合物の前処理へ適用可能であるため、汎用的に利用されている。

逆相系固相抽出剤における化合物の捕捉では、主相互作用として疎水性相互作用を利用する。そのため、中程度の極性化合物および低極性化合物などの捕捉に対しては、非常に有効である。ところが、高水溶性化合物の前処理に逆相系固相抽出剤を適用させる場合には、疎水性相互作用のみでは効率よく捕捉・抽出することが困難であるため、期待する精製度や回収率が得られないことが多い。そのため、高水溶性化合物の前処理に好適な固相抽出剤の開発が望まれている。

この問題を解決するために当研究室では、逆相系固相抽出剤の高性能化を目指し、hydrophilic-lipophilic balance (HLB) 型の逆相系固相抽出剤の高水溶性化合物への捕捉能改善について研究を進めてきている。これまでの研究において、親水性モノマーの配合比により HLB を調整することで、市販の逆相系固相抽出剤と比較して、優位に高水溶性化合物の高度捕捉が達成可能となることを報告している。一方で、このような方法により HLB を調整した逆相系固相抽出剤でも捕捉困難な高水溶性化合物が多々あることも明らかとなり、逆相モード以外の相互作用を利用した捕捉手法の開発が必要であることを認識した。

親水性相互作用クロマトグラフィー (hydrophilic interaction chromatography, HILIC) は、近年、液体クロマトグラフィーでの高水溶性化合物の分離で利用されている。この HILIC モードは、逆相モードでは保持や分離が困難な化合物へ適用されている。HILIC モードでの分離は、固定相表面に形成された水和層と高有機溶媒濃度の移動相との順相分配を主相互作用とし、水素結合や静電相互作用などの二次効果相互作用などが寄与することで、分離が達成される。一方で、HILIC モードの固相抽出法への適用に関しては、報告例があるものの事例はそれほど多くない。その理由としては、HILIC 型固相抽出剤として利用される固相抽出剤の多くが一般的な順相分配での抽出を期待して利用されているものであるため、HILIC モードにおいて高い捕捉容量を有しているわけではない。しかし、HILIC モードによる前処理は高水溶性化合物の分析には必要不可欠なものであり、高水溶性化合物の抽出・捕捉に好適な HILIC 型固相抽出剤の早期開発が必要であると考えた。

### 2. 研究の目的

このような背景のもと、当研究課題では固相抽出に最適化された HILIC 型固相抽出剤の開発を目的とし、研究を遂行した。上述の通り、HILIC モードでは、固定相表面における水和層と高有機溶媒濃度の移動相との順相分配を主相互作用として分離が達成される。一方で固相抽出法では、一般的な液体クロマトグラフィーとは異なり、大過剰な夾雑成分中から微量目的成分の抽出が目的とされるため、より高い捕捉容量と再現性が要求される。そのため、HILIC 型固相抽出剤では、固相抽出剤表面に安定かつ高度な水和層を形成する機能が必要となる。そこで、これまでになかった高度な水和層の形成能を有する固相抽出剤、すなわち水を固定相として順相分配により高水溶性化合物を捕捉・抽出可能な固相抽出剤の開発を目指した (Fig. 1)。

### 3. 研究の方法

本研究の遂行方法としては、(1) 親水性高分子を被覆するための基材樹脂の最適化、(2) 被覆する親水性高分子の種類およびその被覆条件の最適化、(3) それら開発した HILIC 型固相抽出剤の適用法に関する検討の三点に大別することができる。

(1) の親水性高分子を被覆するための基材樹脂の最適化については、親水性高分子を被覆す

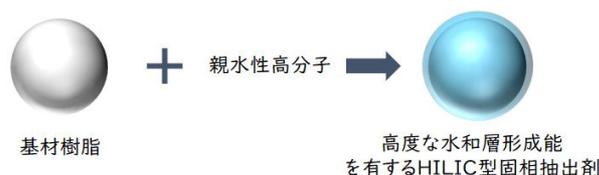


Fig. 1 本研究で開発を進めた HILIC 型固相抽出剤

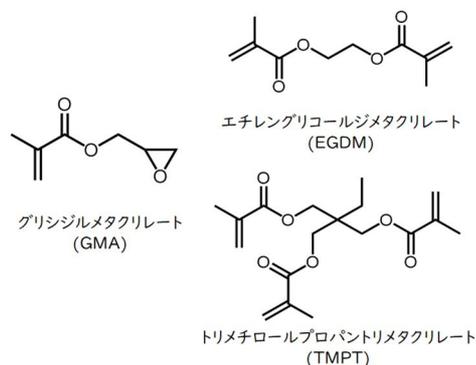


Fig. 2 基材樹脂の合成に用いたモノマー

るために必要な反応点としてエポキシ基を有するモノマーであるグリシジルメタクリレート (GMA) と、異なる疎水性や架橋度などを有する基材樹脂の合成を期待し、二種類の架橋剤としてエチレングリコールジメタクリレート (EGDM) とトリメチロールプロパントリメタクリレート (TMPT) を利用し、それぞれのモノマーを含有する基材樹脂を懸濁重合により合成した (Fig. 2)。

(2) の被覆する親水性高分子の種類およびその被覆条件の最適化については、高度な水和層を形成させるためには、極性官能基を高い密度で被覆した樹脂の合成が必要であると考え、親水性高分子の選択およびそれを高度に被覆した場合における捕捉能への影響について精査した。親水性高分子としては、両性イオン型のものやポリエチレンジアミンなど (Fig. 3) の検討を進めた。

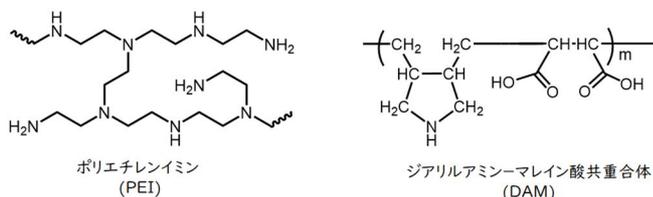


Fig. 3 検討した親水性高分子の例

(3) の開発した HILIC 型固相抽出剤の適用法に関する検討では、汎用的に利用されている逆相系固相抽出剤では、試料負荷や洗浄、溶出方法などに関する様々な知見があるものの、HILIC 型固相抽出剤では、そもそも固相抽出に最適化されたものがほぼ存在しないことから、それらに関する知見があまりないのが現状である。そのため、HILIC の分離モードを発現可能な固相抽出工程における溶液組成などを精査することにより、開発した HILIC 型固相抽出剤がどのように適用が可能か、精査を行った。

なお、開発した HILIC 型固相抽出剤の捕捉特性評価については、水溶性が高く、様々な Log P を有する核酸関連化合物 (Fig. 4) を用いた。なお、後述の研究成果については、ポリエチレンジアミンを被覆した固相抽出剤の開発について焦点を絞ってまとめた。

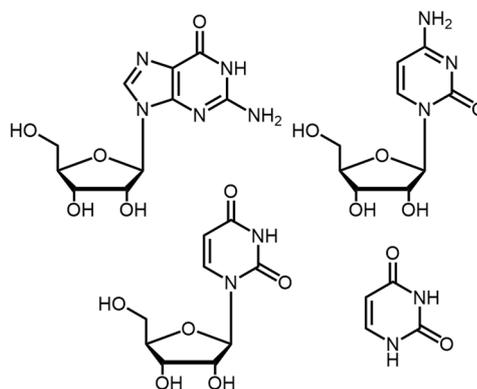


Fig. 4 捕捉特性評価に用いた核酸関連化合物の一例

#### 4. 研究成果

懸濁重合により、GMA/EGDM および GMA/TMPT の二種類の基材樹脂を合成し、その細孔物性について精査した。その結果、GMA/EGDM よりも GMA/TMPT 組成の樹脂では、高い比表面積を有することが明らかとなった。これは TMPT では、構造内に三カ所の架橋が可能な構造を有するため、架橋度が増加したためだと推測している (研究の方法 (1) に関連)。

次に合成した基材樹脂に、ポリエチレンジアミン類の被覆を行うことによる水和層の形成能について評価を行った。ポリエチレンジアミン類としては、その分子量の違いによる水和層の形成能を評価するために、ペンタエチレンヘキサミンおよび分子量が 600 および 10,000 のポリエチレンジアミン (PEI-600, PEI-10,000) の 3 種類を選択し、これらをそれぞれの基材樹脂に被覆した。被覆した樹脂について、元素分析法により窒素含有量を求めたところ、PEI-10,000 を被覆した樹脂が最も高い窒素含有量を示した。

以上で得られたポリエチレンジアミン類を被覆したそれぞれの HILIC 型固相抽出剤について、HILIC モードが発現可能な条件下にて捕捉特性の評価を行った。その結果、PEI-10,000 を被覆した樹脂において、高い捕捉能を確認した。これは窒素含有量からも示唆されるように、水和層の形成に寄与していると推定されるイミノ基の導入量が高く、かつ多分岐の PEI が基材樹脂表面に緻密に導入されたためと推測され、その結果として HILIC モードでの捕捉特性が高かったものであると考えられる。

そこで、PEI-10,000 の導入量の増加により水和層形成能の向上を目的とし、PEI-10,000 の導入条件の最適化を行った。これまでの検討では、基材樹脂 1 g 当たり 1 g の PEI-10,000 を用いていたものを、基材樹脂 1 g 当たり 5 g および 10 g として反応させた。その結果、PEI-10,000 使用量の増加に伴い窒素含有量も増加し、PEI-10,000 導入量は反応時の使用量に依存することが明らかとなった。得られた HILIC 型固相抽出剤についても捕捉特性の評価を行ったところ、PEI-10,000 導入量の増加に伴い、捕捉能が高くなることが分かった (研究の方法 (2) に関連)。

また、この最適化された HILIC 型固相抽出剤について、試料負荷時におけるアセトニトリル濃度を変化させることによる捕捉特性についても評価を行った。その結果、アセトニトリル濃度を変更することにより、捕捉特性に変化が起こることが明らかとなった (研究の方法 (3) に関連)。

このように PEI を被覆することにより、HILIC モードを発現可能な HILIC 型固相抽出剤の開発を達成した。さらに本研究では、この PEI に多くの窒素原子が含有されていることを利用し、種々の修飾を行うなどの研究を進めた。PEI 導入 HILIC 型固相抽出剤と同様に、Fig. 3 に示す両性イオン型の親水性高分子についても導入を行い、HILIC モードでの固相抽出特性の詳細な評価も進めた。これらの研究から、水素結合性の高い水溶性高分子を親水性基材樹脂に被覆導入することにより、高い捕捉能を有する HILIC 型固相抽出剤を合成可能となることを示唆する結果を得た。

以上のように本研究期間中に高水溶性化合物に対して高い捕捉能を有する HILIC 型固相抽出剤の開発を達成した。これら開発した HILIC 型固相抽出剤、およびこれらを基盤技術として今後発展していく HILIC 型固相抽出剤は、現状では捕捉困難な高水溶性化合物の固相抽出を可能にし、これまでの技術では定量が困難であった様々な化合物の検出・定量を可能にするものと考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Sayaka Suzuki, Aika Tokimatsu, Yusuke Nakanishi, Tatsuya Shirai, Shinsuke Ohno, Norio Hayashi, Hiroya Murakami, Norio Teshima	4. 巻 38
2. 論文標題 Flow injection spectrophotometric determination of fluorides in industrial wastewater using Alfusone solution containing acetone and fluoride ion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Flow Inject. Anal.	6. 最初と最後の頁 5-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24688/jfia.38.1_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 Piyanat Issarangkura Na Ayutthaya, Chonnipa Yeerum, Kullapon Keasonkan, Kanokwan Kiwfo, Kate Grudpan, Norio Teshima, Hiroya Murakami, Monnapat Vongboot	4. 巻 26
2. 論文標題 Determination of lead employing simple flow injection AAS with monolithic alginate-polyurethane composite packed in-valve column	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 4397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26154397	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 Ayaka Inoguchi, Yurina Kawakami, Hiroya Murakami, Tadao Sakai, Norio Teshima	4. 巻 38
2. 論文標題 Successive determination of vanadium and creatinine in urine samples using a sequential injection analysis system coupled to ICP-MS and spectrophotometer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Flow Inject. Anal.	6. 最初と最後の頁 55-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24688/jfia.38.2_55	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 Piyanat Issarangkura Na Ayutthaya, Chonnipa Yeerum, Kullapon Kesonkan, Kanokwan Kiwfo, Kate Grudpan, Norio Teshima, Hiroya Murakami, Monnapat Vongboot	4. 巻 26
2. 論文標題 Lead assay with a smartphone detection using monolithic rod with 4-(2-pyridylazo) resorcinol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 5720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26185720	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 Chalermpong Saenjuma, Nichapat Pattapong, Thitiya Aunsakol, Thanawat Pattananandecha, Sutasinee Apichai, Hiroya Murakami, Kate Grudpan, Norio Teshima	4. 巻 105
2. 論文標題 High sensitivity spectrophotometric determination of tetracycline with zirconium chelation by employing simultaneous injection effective mixing analysis (SIEMA): tetracycline residue in honey	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Food Compos. Anal.	6. 最初と最後の頁 104215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfca.2021.104215	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 該当する

1. 著者名 Ryo Ishii, Kazuhiro Morioka, Takuya Mizumoto, Natsumi Yamasaki, Akihide Hemmi, Atsushi Shoji, Hiroya Murakami, Norio Teshima, Tomonari Umemura, Katsumi Uchiyama, Hizuru Nakajima	4. 巻 34
2. 論文標題 Development of Portable Fluorescence Microplate Reader Equipped with Indium Tin Oxide Glass Heater for Loop-mediated Isothermal Amplification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 971-985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2022.3618	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 Kazuhiro Morioka, Moeko Osashima, Nao Azuma, Kuizhi Qu, Akihide Hemmi, Atsushi Shoji, Hiroya Murakami, Norio Teshima, Tomonari Umemura, Katsumi Uchiyama, Hizuru Nakajima	4. 巻 238
2. 論文標題 Development of a fluorescence microplate reader using an organic photodiode array with a large light receiving area	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 122994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.122994	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 Yuta Miki, Hiroya Murakami, Keisuke Iida, Tomonari Umemura, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 38
2. 論文標題 Preparation and evaluation of molding-type solid-phase extraction media binding with commercially available adhesives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 307-315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.21P265	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 Hiroya Murakami, Miho Omiya, Yuta Miki, Tomonari Umemura, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 217
2. 論文標題 Evaluation of the adsorption properties of nucleobase-modified sorbents for a solid-phase extraction of water-soluble compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 121052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2020.121052	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 Yuta Miki, Hiroya Murakami, Keisuke Iida, Tomonari Umemura, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 36
2. 論文標題 Molding-type solid-phase extraction media glued using commercially available adhesives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 1153-1155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20c012	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 Hiroya Murakami, Takuya Sugiyama, Yuta Miki, Tomonari Umemura, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 36
2. 論文標題 Development and evaluation of HILIC-type sorbents immobilized with hydrophilic copolymers for solid-phase extraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 1185-1190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20P084	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 村上博哉, 三木雄太, 井上嘉則, 手嶋紀雄	4. 巻 70
2. 論文標題 親水基含有固相抽出剤の開発と水溶性化合物に対する捕捉特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 19-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunseki.kagaku.70.19	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 井上嘉則, 山本喬久, 鈴木清一, 村上博哉, 手嶋紀雄	4. 巻 70
2. 論文標題 チタニアおよびアルミナにおける無機陰イオンおよび有機酸に対する固相抽出特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.70.53	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 Hiroya Murakami, Keisuke Iida, Yuki Oda, Tomonari Umemura, Hizuru Nakajima, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 39
2. 論文標題 Hydrophilic interaction chromatography-type sorbent prepared by the modification of methacrylate-base resin with polyethyleneimine for solid-phase extraction of polar compounds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 375-381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00250-z	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 Yuta Miki, Hiroya Murakami, Marin Gotoh, Tomonari Umemura, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 39
2. 論文標題 Novel chemically cross-Linked self-Molding particulate sorbents as solid-phase extraction media	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 749-754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00179-3	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23件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 手嶋紀雄, 林愛美, 大野慎介, 村上博哉, 林則夫
2. 発表標題 小型蒸留操作による硝酸イオンの還元蒸留/フローインジェクション分析
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚百夏, 高須蒼生, 村上博哉, 手嶋紀雄, 江坂幸宏
2. 発表標題 HILIC-MS/MS による呼気凝縮液 (EBC) 中のアミノ酸定量 -呼吸器疾患バイオマーカーとしての可能性-
3. 学会等名 第34回バイオメディカル分析科学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小田勇輝, 飯田圭祐, 江坂幸宏, 井上嘉則, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 ポリエチレンイミン被覆HILIC型固相抽出剤における極性化合物の捕捉特性評価
3. 学会等名 第39回分析化学中部夏期セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉山倫明, 村上博哉, 杉山拓也, 三木雄太, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 両性イオン型共重合体を被覆したHILIC型固相抽出剤の捕捉特性評価
3. 学会等名 第39回分析化学中部夏期セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深見佑弥, 横井亮祐, 江坂幸宏, 井上嘉則, 村上博哉, 手嶋 紀雄
2. 発表標題 疎水性基材樹脂の表面に濡れ性を付与した新規逆相系固相抽出剤の特性評価
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤健太, 三木雄太, 深見佑弥, 村上博哉, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 化学反応を利用した粒子状固相抽出剤の接合技術に関する研究
3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会・第22回高山フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木清佳, 時松愛佳, 中西勇介, 大野慎介, 林則夫, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 アルフソンを用いる排水中ふっ素化合物のFIA
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三木雄太, 村上博哉, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 固相抽出剤粒子を市販接着剤で成形した吸着媒体の捕捉特性評価に関する研究
3. 学会等名 第28回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田圭祐, 江坂幸宏, 井上嘉則, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 ポリエチレンイミンを被覆したHILIC型固相抽出剤の高機能化に関する基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川拓美, 平野裕誠, 長澤祐希, 西上和馬, 恒川香菜, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 ホルムアルデヒドの同時注入迅速混合フロー蛍光分析
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林愛美, 大野慎介, 村上博哉, 林則夫, 手嶋紀雄
2. 発表標題 硝酸イオンの還元蒸留-FIインドフェノール青吸光度法における小型蒸留装置の利用
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林万祐菜, 橋本明里, 三木雄太, 村上博哉, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 アルミナ多孔体のリン酸イオンに対する固相抽出特性の評価
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三木雄太, 村上博哉, 後藤万凜, 梅村知也, 江坂幸宏, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 化学結合を利用した吸着剤粒子の成形技術の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横井亮祐, 三木雄太, 江坂幸宏, 井上嘉則, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 親水性高分子を被覆した新奇逆相系固相抽出剤の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山倫明, 村上博哉, 杉山拓也, 三木雄太, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 親水性高分子を被覆したHILIC型固相抽出剤の高性能化に関する研究
3. 学会等名 第52回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口真央, 林万祐菜, 三木雄太, 大野慎介, 林則夫, 村上博哉, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 ふっ素化合物の吸光光度定量法における共存陰イオンの除去に関する基礎検討
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 深見佑弥, 横井亮祐, 三木雄太, 井上嘉則, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 ポリエチレンイミン類を被覆した逆相系固相抽出剤の開発
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 三木雄太, 村上博哉, 後藤万凜, 梅村知也, 江坂幸宏, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 化学結合を利用して吸着剤粒子を接合成形した吸着媒体の開発
3. 学会等名 第32回クロマトグラフィー科学会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 時松愛佳, 中西勇介, 大野慎介, 林 則夫, 村上博哉, 手嶋紀雄
2. 発表標題 排水中ふっ素化合物のフローインジェクション分析
3. 学会等名 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林美奈, 三木雄太, 足立雅典, 村上博哉, 梅村知也, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 セレン(IV)-2,3-ジアミノナフタレン錯体の逆相イオン交換型固相抽出剤への吸着挙動
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田康介, 大野慎介, 村上博哉, 林則夫, 手嶋紀雄
2. 発表標題 小型蒸留装置を用いるホルムアルデヒドの蒸留/FIA
3. 学会等名 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第20回高山フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山倫明, 村上博哉, 杉山拓也, 三木雄太, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 両性イオン型親水性高分子を被覆したHILIC 樹脂の開発
3. 学会等名 分析中部・ゆめ21」若手交流会 第20回高山フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三木雄太, 村上博哉, 井上嘉則, 手嶋紀雄
2. 発表標題 市販汎用接着剤を用いる粒子成形手法の確立
3. 学会等名 令和2年度 分析イノベーション交流会
4. 発表年 2020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