

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12237

研究課題名（和文）高分子配位子固定化キレート樹脂：配位子状態最適化による超高速有価元素捕捉能の付与

研究課題名（英文）Chelating resin immobilizing polymer ligand: Addition of rapid solid-phase extraction ability for valuable elements by optimizing ligand state

研究代表者

加賀谷 重浩（KAGAYA, Shigehiro）

富山大学・学術研究部工学系・教授

研究者番号：50272894

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）：樹脂上でポリアミンを生長させる方法（Grafting-from法）、ポリアミンを樹脂表面に固定化する方法（Grafting-to法）により調製したポリアミン型キレート樹脂を用い、銅(II)捕捉迅速性について検討した。回分式操作における迅速性は、検討した範囲内では密度、分子量が小さい樹脂が優れていた。密度、分子量が同等の場合、Grafting-to法で調製した樹脂の方が捕捉迅速性に優れていた。流れ式操作においては、密度が大きく分子量の小さな樹脂が優れていた。分子量の異なるアミノカルボン酸基を固定化した樹脂についても回分式操作にて検討を行ったところ、同様の傾向が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子配位子の密度、分子量と元素捕捉迅速性との関係を明らかにすることにより高分子配位子の有用性を正しく評価することができる。また、得られた知見は、ポリアミン、アミノカルボン酸以外の様々な元素捕捉基を用いる際においても同様であると考えられ、キレート樹脂による元素捕捉迅速性の向上のための設計や調製法の指針となる。さらに、元素分離を必要とする様々な分野において工程時間短縮と回収効率改善とを同時に達成できることから、再資源化の促進はもとより、省エネルギー化や利益率改善にも貢献できる。

研究成果の概要（英文）：The rapidity of Cu(II) extraction with chelating resins immobilizing polyamine as a ligand was investigated. In the immobilization of polyamine, both grafting from method (surface initiated atom transfer radical polymerization) and grafting to method were employed. In the batch-type operation, the rapidity was superior for the resins with lower density and molecular weight of polyamine within the range investigated. When the density and molecular weight of polyamine were comparable, the rapidity of the resins prepared by the grafting to method was larger than those by the grafting from method. In the flow-type operation, the resin with larger density and smaller molecular weight was superior. The same trend was observed for resins immobilizing aminocarboxylic acid group with different molecular weights in the investigation by using the batch-type operation.

研究分野：固相抽出材の開発とその元素分離技術への応用

キーワード：固相抽出分離 定数 ポリアミン樹脂 元素捕捉迅速性 表面開始原子移動ラジカル重合法 擬二次反応速度

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 水中の各種元素を分離(濃縮・除去・回収)する技術は、環境保全、再資源化など多岐にわたる分野で不可欠である。

(2) 様々な元素分離技術の中で、元素と錯形成可能な分子を固定化した高分子樹脂(キレート樹脂)を缶体(筒状容器)に充填し、これに試料水を通液することにより含有元素を捕捉、分離する固相抽出技術は、操作が簡便で、酸など適切な溶離剤を通液して元素を溶出させることで樹脂を再利用可能であることから、広く用いられている。

(3) 多種のキレート樹脂が市販されているが、これらの樹脂は通液速度を増大させると捕捉率が極端に低下するなど元素捕捉迅速性が不十分である点が課題であり[1]、特に効率的回収が必須となる有価元素回収分野ではその解決が強く望まれている。

(4) 我々はこれまで元素捕捉選択性を向上させた新しいアミノカルボン酸型樹脂を開発してきている[2,3]。元素捕捉部位と元素反応部位とを併せ持つ、比較的大きな分子量の配位子(便宜上「高分子配位子」と呼ぶ)を元素捕捉基として多孔性高分子樹脂上に構築することで、捕捉選択性を劇的に向上させることに成功した。

(5) 一方、捕捉迅速性改善に関する系統的な研究は極めて少ない。我々は、開発した高分子配位子固定化樹脂が従来の市販樹脂に比べ優れた捕捉迅速性を有することを偶然見出した[1]。元素捕捉基として高い自由度を持つ高分子配位子の採用は、錯形成しやすくなると予想されることから捕捉迅速性に有利に働くと考えられ、高分子配位子の状態(分子量や固定化密度)を最適化できれば、より迅速性に優れたキレート樹脂を開発できるかもしれない。

2. 研究の目的

(1) 高分子配位子を樹脂上に固定化することで(Grafting-to法, 図1(A)) 元素捕捉迅速性を示すことを偶然見出し、これは高分子配位子の自由度が低分子のものに比べ大きいことに起因すると考えてきた[1]。ここで、樹脂上にあらかじめ導入した開始点から高分子配位子を重合する Grafting-from 法を用い、配位子の自由度をより高めることができれば、捕捉迅速性をさらに向上させることができるかもしれない(図1(B))。

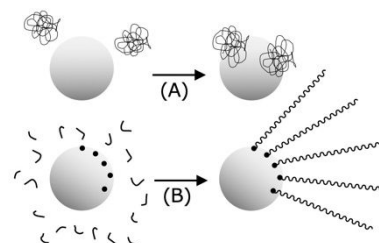


図1 Grafting-to法(A)とGrafting-from法(B)

(2) Grafting-from 法の一つである表面開始原子移動ラジカル重合(SI-ATRP)法を用いて樹脂上に高分子配位子をブラシ状に構築した研究例は多数存在し、この方法の採用は元素捕捉容量の増大に効果的であることなどが報告されている[4]。

しかし、捕捉迅速性に注目した詳細かつ系統的な研究は見当たらない。

(3) そこで本研究では、高分子配位子の分子量およびその固定化密度と元素捕捉迅速性との関係について検討することとした。高分子配位子は重合が比較的容易なポリアミンを選択し、元素にはポリアミンに捕捉されやすい銅(II)を用いて基礎的な評価を進めていくことにした。Grafting-from 法、Grafting-to 法で類似の高分子配位子を構築、固定化した樹脂を調製し、それらを比較した。

(4) また、市販のアミノカルボン酸型樹脂についても元素捕捉迅速性を評価した。

3. 研究の方法

(1) 基材樹脂の調製: これまで研究実績のある多孔性高分子樹脂を既報[3]に従い調製した。懸濁重合法を用い、有機層にグリシジルメタクリレートとエチレングリコールジメタクリレートとを重量比 30:70 となるよう加えて共重合した。得られた樹脂(EG30)の粒子径分布、比表面積、平均細孔径、細孔容量を求めた。

(2) Grafting-to 法によるポリアミン固定化樹脂の調製: ポリアミンとして、市販のポリアリルアミン(PAA, 分子量約 1600, 約 3000, 約 8000, ニットーボーメディカル)を用いた。分子量の異なる PAA を含む水-2-プロパノール混合溶液に EG30 を加え、PAA を固定化した。得られた樹脂(EG30-PAA)の銅(II)捕捉容量を求め、窒素含有量を元素分析により求めた。

(3) Grafting-from 法による基材樹脂へのポリアミン固定化条件の検討: はじめに、モノマーとしてジメチルアミノエチルメタクリレート(DMAEMA)を用い、均一溶液中で原子移動ラジカル重合(ATRP)法によるポリジメチルアミノエチルメタクリレート(PDMAEMA)の重合を行い、モノマー濃度、触媒・配位子量、反応時間について検討した。

得られた結果を踏まえ、SI-ATRP 法を用いた樹脂調製について検討した。EG30 を硫酸溶液に加え、攪拌することで樹脂上のエポキシ基を開環した。その樹脂(EG30-OH)を、重合開始点を持つ 2-プロモイソブチリルプロミド(BiBB)を含む溶液に加え、室温下で振盪して 2-プロモイソブチル(BiB)基を固定化した。得られた樹脂(EG30-Br)に固定化された臭素量を燃焼-イオンクロマトグラフィーにて定量するとともに、拡散反射フーリエ変換赤外分光分析(FTIR)にて確認した。また、臭素量をより簡便に見積もる方法として蛍光 X 線分析法(XRF)についても検

討した。樹脂に固定化された重合開始点を起点とし、SI-ATRP 法により PDMAEMA を樹脂上にブラシ状に構築した (EG30-Br-PDMAEMA)。

BiB 基固定化工程において BiBB 濃度を变化させることにより樹脂上重合開始点密度を变化させ、これを重合に用いることで樹脂上の PDMAEMA 固定化密度を变化させた。また、SI-ATRP 法による重合工程においてモノマー濃度、重合時間を変え、分子量の異なる PDMAEMA 固定化樹脂を調製した。樹脂に固定化された PDMAEMA の分子量は、重合工程において溶液中にエチル 2-ブロモイソブチレート (EBiB) を加えて同時に重合された PDMAEMA の分子量をゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC) にて見積もり、これと同値であると仮定した。

(4) 回分式操作による捕捉迅速性の評価: (2) および (3) で調製した樹脂を用い、回分式操作により銅(II)捕捉迅速性を評価した。銅(II)を含む水溶液に、樹脂に固定化された窒素量 (結果として銅(II)捕捉量) がほぼ等しくなるように各樹脂を添加し、30 °C で振盪しながら適宜水溶液を採取し、銅濃度をマイクロ波プラズマ原子発光分光分析装置または ICP 発光分光分析装置を用いて測定した。銅(II)濃度の経時変化に基づき擬二次反応速度定数を求め、これらと PAA または PDMAEMA の固定化量 (固定化密度)、分子量との関係について検討した。

(5) 流れ式操作による捕捉迅速性の評価: (4) の結果を踏まえていくつかの樹脂を選択し、これらを樹脂重量または樹脂に固定化された窒素量が一定になるように固相抽出カートリッジに充填した。コンディショニング操作を行った後、銅(II)を含む水溶液を異なる流量で一定量通液し、銅(II)捕捉量を求めた。得られた捕捉量と PAA または PDMAEMA の固定化量 (固定化密度)、分子量との関係について検討した。

(6) 回分式操作による市販アミノカルボン酸型樹脂の捕捉迅速性の評価: 3 種の市販アミノカルボン酸型樹脂 (Presep PolyChelate, NOBIAS Chelate PA-1, InertSep ME-2) を用い、(4) と同様に回分式操作にて銅(II)を捕捉させ、擬二次反応速度定数を求めた。元素捕捉基と擬二次反応速度定数との関係について検討した。

4. 研究成果

(1) グリシジルメタクリレートとエチレングリコールジメタクリレートとを懸濁重合法により共重合させた樹脂 EG30 の粒子径分布は $83.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$ であり、比表面積、平均細孔径、細孔容量はそれぞれ $169 \text{ m}^2/\text{g}$, 13.8 nm , $0.755 \text{ cm}^3/\text{g}$ であった。これを以下の研究に使用した。

(2) EG30 に、PAA を固定化させた (Grafting-to 法)。溶液に加える PAA 量を変化させることにより PAA 固定化量、すなわち PAA 固定化密度の異なる樹脂 EG30-PAA を調製した。PAA 分子量約 1600 では 0.24 mmol-N/g 、約 3000 では $0.62 - 1.0 \text{ mmol-N/g}$ 、約 8000 では 0.78 mmol-N/g の樹脂を得た。各樹脂への銅(II)捕捉量は、それらの窒素含有量と比例関係にあることが明らかとなった。また、銅(II)捕捉量と窒素含有量との比 (N/Cu) は分子量約 1600 の PAA を固定化した樹脂においては 1.26 であったが、約 3000 を固定化した場合は窒素含有量に関わらず 1.78 - 1.97、約 8000 を固定化した樹脂では 1.57 であった。

(3) Grafting-from 法による樹脂調製に先立ち行った均一溶液での ATRP 法による重合においては、EBiB, DMAEMA を加えたメタノールを窒素雰囲気下で臭化銅(II)、臭化銅(I)、2,2'-ピペリジンの入ったフラスコに加えてこれらを溶解させた。この溶液の一部を取り、40 °C で振盪することで PDMAEMA を重合した。重合前後の $^1\text{H NMR}$ スペクトルより見積もったモノマー添加率ならびに GPC により得られた PDMAEMA 分子量は振盪時間の経過とともに増大した。また、重量平均分子量と数平均分子量との比 (分散比) はいずれも 1.0 - 1.5 の範囲にあり、重合がリビング的に進行していることが確認された。

これらの結果を踏まえ、SI-ATRP 法を用いた樹脂調製について検討した。

まず、EG30 のエポキシ基の開環反応条件について検討した結果、 1.5 mol/L 硫酸を用い、室温下で 12 時間振盪することにより、基材樹脂調製時のグリシジルメタクリレート使用量から見積もったエポキシ基量の約 80 % を開環できることを明らかにした。

この条件でエポキシ基を開環させた樹脂 EG30-OH を、種々の量の BiBB を含むテトラヒドロフラン溶液 (トリエチルアミン含有) に加え、室温下で 18 時間振盪し、BiBB を固定化させた。得られた樹脂 EG30-Br の一部の臭素含有量を燃焼-イオンクロマトグラフィーにて定量したところ、臭素含有量は固定化時の BiBB 濃度の増加に伴い増大した。また、拡散反射 FTIR により固定化時 BiBB 濃度の増加につれて EG30 の水酸基の減少が確認されたが、EG30-OH の水酸基推定量に対し少なくとも 3 当量以上の BiBB を含む溶液では顕著な差異は認められなかった。このことから、高濃度 BiBB 溶液を用いた場合、樹脂上に BiBB が物理的に吸着している可能性が示唆された。このことを踏まえ、本研究では低～中濃度 BiBB 溶液を用いて調製した EG30-Br を用いることとした。なお、燃焼-イオンクロマトグラフィーにて決定された臭素含有量既知の EG30-Br を用いて検量線を作成することで、XRF にて簡便に臭素含有量を定量できることを明らかにした。以後は XRF にて定量することとした。

臭素含有量の異なる EG30-Br を用い、SI-ATRP 法により PDMAEMA をブラシ状に構築した (EG30-Br-PDMAEMA)。モノマー濃度と重合時間とを変化させることにより、種々の分子量の PDMAEMA を固定化することに成功した。元素分析により得られた窒素含有量は、分子量約 10000 までには比例関係にあったが、それ以上の分子量では樹脂上窒素含有量の増加が鈍化した。これは PDMAEMA の生長が進み分子量が大きくなった後、その生長が主に樹脂細孔内で阻害されたためではないかと推測した。臭素含有量の異なる EG30-Br を用いることで PDMAEMA 密度

の異なる ,またモノマー濃度 ,重合時間を変化させることで分子量の異なる EG30-Br-PDMAEMA を調製することに成功した。

(4) 得られた樹脂を用い , 回分式操作により銅(II)捕捉迅速性の評価を行なった。

Grafting-from 法により調製した EG30-Br-PDMAEMA においては , 銅(II)の捕捉は擬二次反応速度式に従った。検討した範囲においては , PDMAEMA の固定化密度が小さくなるほど , また分子量が小さくなるほど速度定数が大きくなることが明らかとなった(図 2)。Grafting-to 法により調製した EG30-PAA においても同様の傾向が得られたが , 分子量が同程度の場合においては Grafting-from 法で調製した EG-Br-PDMAEMA に比べて速度定数が大きかった(図 3)。

なお , いずれの方法で調製した樹脂においても , 速度定数は固定化密度 , 分子量に関わらず , 窒素含有量が小さくなるほど大きくなる傾向を有していた(図 4)。この原因については現在検討中である。今回 , 銅(II)水溶液に添加する樹脂量は , 固定化された窒素量 (結果として銅(II)捕捉量) がほぼ一定となるように調整された。今後 , 樹脂重量を一定とした場合についても検討する必要があると考える。

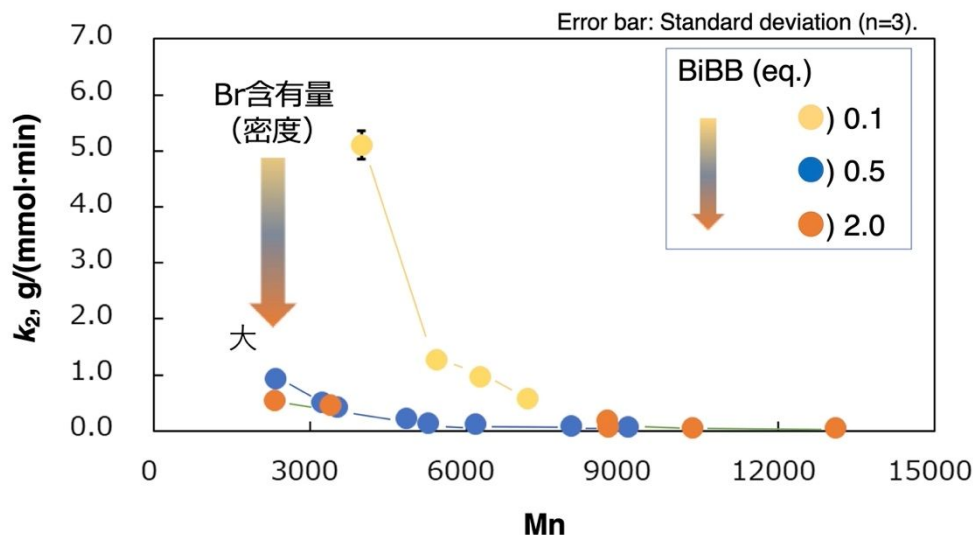


図2 EG30-Br-PDMAEMA : PDMAEMA分子量と擬二次反応速度定数との関係

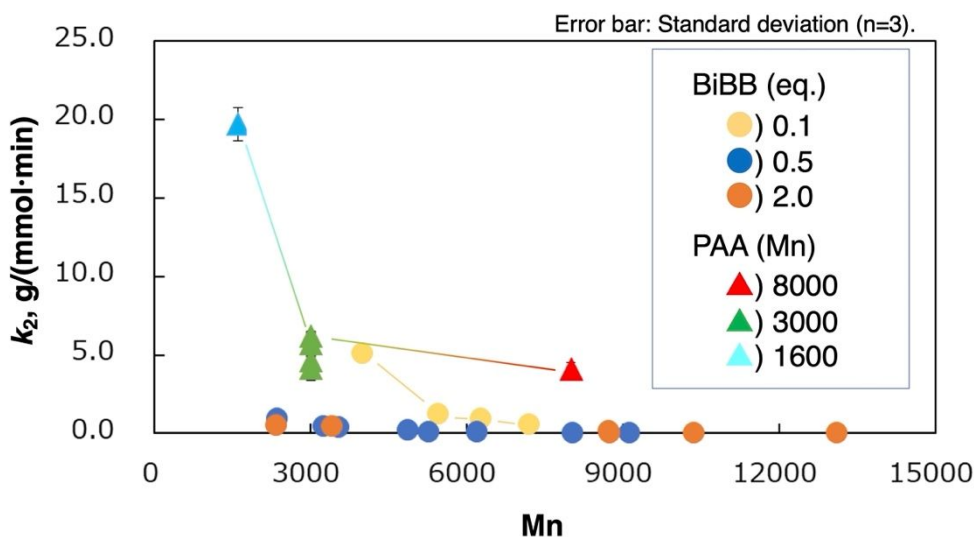


図3 EG30-Br-PDMAEMA&EG30-PAA : PDMAEMAまたはPAAの分子量と擬二次反応速度定数との関係

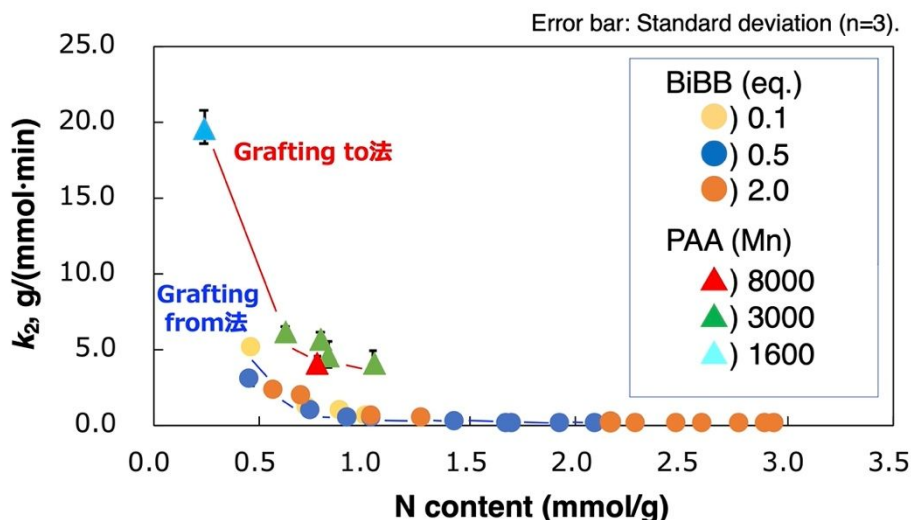


図4 EG30-Br-PDMAEMA&EG30-PAA :
窒素含有量と擬二次反応速度定数との関係

(5) 得られた樹脂の一部を用い、流れ式操作により銅(II)捕捉迅速性の評価を行なった。

分子量の異なる PDMAEMA をほぼ一定の密度で固定化した EG30-Br-PDMAEMA では、低流量条件下では樹脂重量、樹脂に固定化された窒素量のどちらを一定にして充填した場合においても回分式操作によって得られた速度定数を反映した結果、すなわち PDMAEMA 分子量の小さな樹脂が大きな銅(II)捕捉量を示した。しかし、高流量条件下では分子量の影響は小さくなる傾向を有していた。分子量がほぼ同等な PDMAEMA を異なる密度で固定化した樹脂においては、密度の増大とともに銅(II)捕捉量が増加した。この影響は低流量条件下で顕著であった。この結果は、回分式操作で得られたそれとは異なっていた。

同様の傾向が、EG30-PAA においても得られた。

(6) 3種の市販アミノカルボン酸型樹脂に回分式操作により銅(II)を捕捉させ、擬二次反応速度定数を求めた。その結果、同条件における擬二次反応速度定数は、InertSep ME-2 > NOBIAS Chelate PA-1 > Presep PolyChelate の順であった。各樹脂に固定化されている元素捕捉基は、それぞれイミノ二酢酸基[5]、エチレンジアミン三酢酸基[1]、カルボキシメチル化ポリエチレンジアミン[1]であるとされ、得られた結果は(4)でのそれと矛盾しなかった。今後、(4)と同様に再検討する必要があると考える。

(7)以上より、Grafting-from 法、Grafting-to 法において調製された EG30-Br-PDMAEMA、EG30-PAA においては、検討した範囲において分子量の小さなものを固定化した樹脂が銅(II)捕捉迅速性に優れている結果となった。一方、捕捉迅速性に優位な固定化密度は、回分式操作では疎、流れ式操作では密と異なる結果となった。この点については、今後詳細を検討していく必要があると考える。また、Grafting-from 法と Grafting-to 法とでは、固定化したポリアミンが異なるため厳密な議論は難しいかもしれないが、回分式操作による結果を見る限り後者を用いて調製した樹脂の方が銅(II)捕捉迅速性に優れているといえる。

<引用文献>

- [1] S. Kagaya, Y. Saeki, D. Morishima, R. Shirota, T. Kajiwara, T. Kato, M. Gemmei-Ide, *Anal. Sci.*, **2013**, 29, 1107-1112.
- [2] S. Kagaya, T. Kajiwara, M. Gemmei-Ide, W. Kamichatani, Y. Inoue, *Talanta*, **2016**, 147, 342-350.
- [3] S. Kagaya, E. Maeba, Y. Inoue, W. Kamichatani, T. Kajiwara, H. Yanai, M. Saito, K. Tohda, *Talanta*, **2009**, 79, 146-152.
- [4] 例えば X. Wang, S. Jing, Y. Liu, X. Qiu, Y. Tan, *RSC Adv.*, **2017**, 7, 13112-13122.
- [5] S. Kagaya, Y. Aoki, Y. Saeki, T. Goto, M. Ohki, I. Obata, M. Saito, R. Shirota, M. Gemmei-Ide, *Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn.*, **2017**, 71, 282-290.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuki Yokota, Makoto Gemmei-Ide, Yoshinori Inoue, Shigehiro Kagaya	4. 巻 39
2. 論文標題 Automated rapid solid-phase extraction system for separation and preconcentration of trace elements using carboxymethylated polyethyleneimine-type chelating resin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 589-600
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s44211-023-00277-w	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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 横田優貴, 中稜太郎, 眞田明佳, 菅原豊, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 ポリアミン型キレート樹脂における樹脂表面の配位子の分子量および導入密度と捕捉迅速性との関係
3. 学会等名 日本分析化学会第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加賀谷重浩
2. 発表標題 キレート樹脂の元素捕捉選択性・迅速性
3. 学会等名 日本分析化学会分析イノベーション交流会令和4年度分析イノベーション交流会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中稜太郎, 眞田明佳, 菅原豊, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 表面開始原子移動ラジカル重合法を用いる高分子配位子固定化キレート樹脂の調製: 高分子配位子密度・分子量と元素捕捉迅速性との関係
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三輪竜也, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 アミノカルボン酸型キレート樹脂による 銅(II)の捕捉迅速性の評価
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横田優貴, 源明 誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 塩製品に含まれる微量元素の迅速分離濃縮を可能とする自動固相抽出システムの開発
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中稜太郎, 眞田明佳, 菅原豊, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 ポリアミン導入キレート樹脂の元素捕捉迅速性評価: ポリアミンの分子量と鎖密度変化による擬二次反応速度定数への影響
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会及び研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三輪竜也, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 アミノカルボン酸型キレート樹脂による微量元素の捕捉迅速性の評価
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会及び研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 カルボキシメチル化ポリエチレンイミン型キレート樹脂を用いた高速自動固相抽出システムによる無機塩中の微量不純物元素の分離
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2022年度北陸地区講演会及び研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村泰我, 横田優貴, 井上嘉則, 源明誠, 加賀谷重浩
2. 発表標題 アミノカルボン酸型樹脂を用いる固相抽出におけるコンディショニングの必要性
3. 学会等名 日本分析化学会第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の迅速な固相抽出分離を可能にする自動システムの開発: 抽出・溶出操作の並列化によるスループット向上の試み
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 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 アミノカルボン型キレート樹脂を用いる自動高速固相抽出分離システムの実用性評価: 海水・塩製品中微量元素の分離濃縮および定量の可能性
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Yokota, Makoto Gemmei-Ide, Yoshinori Inoue, Shigehiro Kagaya
2. 発表標題 Automatic rapid solid-phase extraction system for separation and concentration of trace elements
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の分離濃縮のための全自動高速固相抽出分離システム
3. 学会等名 日本分析化学会第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村泰我, 三根由加味, 横田優貴, 井上嘉則, 源明誠, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の固相抽出分離操作の簡便化: 採水現場での高速分離濃縮への応用
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 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 カルボキシメチル化ポリエチレンイミン型キレート樹脂を用いる自動高速固相抽出分離システム
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 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の高速分離濃縮を可能とする自動固相抽出分離システムの開発と実用性評価
3. 学会等名 日本化学会第10回CSJフェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の迅速な固相抽出のための自動システムにおける操作条件の最適化
3. 学会等名 日本分析化学会中部支部「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 眞田明佳, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 表面開始原子移動ラジカル重合による高分子配位子固定化キレート樹脂の調製
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2020年度北陸地区講演会及び研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田優貴, 源明誠, 井上嘉則, 加賀谷重浩
2. 発表標題 微量元素の自動固相抽出分離システムの開発：ハイスループット化の検討
3. 学会等名 日本化学会近畿支部2020年度北陸地区講演会及び研究発表会
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
---------	---------