

平成21年 5月 12日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19350038

研究課題名 (和文)

新規イオン会合試薬の設計・合成とイオン性物質の高度化分離・検出法創出

研究課題名 (英文)

Design/Synthesis of Novellon-Association Reagents and Their Use to Development of Advanced Separation and Detection Methods for Ionic Substances

研究代表者

本水 昌二 (MOTOMIZU SHOJI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50032826

研究成果の概要：

水溶液中で陽イオンと陰イオンの間でおこるイオン会合は比較的弱い反応であるが、生命科学にも密接に関連する重要な基礎反応の一つである。新たにイオン移動度の精密測定法を開発し、基礎となる平衡反応を解析し、イオン会合挙動に寄与する因子をまとめた。求めた平衡定数と溶媒抽出定数を用いて、液液分配に関係する素平衡を解析することに成功した。これらの知見を基に新規イオン会合試薬の合成開発を行い、水溶液中で極めて安定な一価イオンのトリフェニルメタン系試薬の合成に成功し、イオン会合滴定指示薬等への新たな応用を開拓した。イオン会合の概念を拡張した新たな分離分析分野として、キトサンを基材とするイオン性物質の捕集・濃縮剤を開発し、環境分析等へ応用できることを実証した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2008年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
年度			
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：分析化学、分離化学、環境化学

科研費の分科・細目：化学・複合化学・分析化学

キーワード：化学分析、分離分析、環境分析

1. 研究開始当初の背景

これまでイオン会合を利用する分離・分析化学の基礎・応用両面の広範な研究を展開してきた。それらの中で、代表者が確立した新規イオン会合論及び分離・分析に関する個別的方法論は、“イオン会合を利用する分離・分析法の設計”、“最新の分離・精製・検出法—イオン会合型試薬”、“イオン会合とその反応機構”、“イオン会合と分析化学”などにまとめた。方法論の幾つかは、公定法(JIS)等にも採用されている。

イオン会合反応は“単に分析化学的重要性にとどまらず、普遍的に重要な基礎化学反応”であることを提唱し、イオン会合には静電引力型イオン会合と疎水構造型イオン会合が存在することをイオン周囲の水構造の考察を基に提唱した。イオン会合反応は、たとえばカチオン性ポリメチン化合物の示す抗癌作用、陽イオン界面活性剤の殺菌・消毒作用などに関連しており、生命・生化学関連の重要な多数の薬理作用が、新規構築のイオン会合論から論理的に説明できる。

本研究を企画した学術的背景は、次のとおりである。

静電引力型イオン会合（小さいイオン間ほどイオン会合しやすく、電荷の大きいものほどイオン会合しやすいという理論）に関する研究は、これまで主に無機化学領域で行われ、電気伝導度測定法により求められたデータの蓄積がある。しかし、分析化学的観点及び生命現象関連の学問分野から興味深い疎水性イオン間の反応に関する研究は皆無であった。代表者はイオン移動度測定法を提案し、これを用いることで、水溶液内の疎水構造型イオン会合（かさ高いイオン間ほどイオン会合しやすい、電荷の小さいものほどイオン会合しやすいという理論）を平衡論的に初めて実証した(1995年)。また、イオン性物質の分離・分析の観点から、新しいイオン会合反応試薬の設計・合成の必要性和重要性を痛感した。このような背景のもとで、イオン会合を包括的に研究し、まとめる本研究を企画し、実施することとした。

2. 研究の目的

水溶液内の疎水構造型イオン会合の普遍的重要性に着目し、これまで進めてきた

(a)イオン会合の分析化学・基礎化学的研究、
(b)新規イオン会合試薬の合成・開発研究、
(c)イオンの回りのマイクロ環境及び水構造制御による高機能発現の研究結果を基にイオン会合に基づく新しい分離・分析化学を展開する。併せて申請者の打ち立てた「新イオン会合論の実証的研究」を一層深化させる。具体的には、次の6項目を明らかにする。

(1) イオン会合解析法の確立： イオン会合における選択性向上のために精密イオン会合反応解析法として新たに提案した粘度・電位差補正法を利用するキャピラリー電気泳動移動度解析法を実証し、確立する。この解析手法を用いて、イオン及びイオン会合体の親水性/疎水性の度合いを移動度より解析し、イオン会合性、イオン及びイオン会合体の回りの(親水性/疎水性)環境に関する新たな知見を得る。

(2) 選択的イオン会合試薬の設計と合成： 有機イオンの各種置換基による修飾、更にイオン骨格の改変により、イオンの親水性/疎水性、分極性、電荷局在/非局在化、電荷密度を変化させた試薬を、選択性向上の観点とイオン会合/ソルバトクロミズム発現の観点から設計し、系統的合成とそれらを性能評価する。

(3) イオン会合試薬設計指針の確立： 前述の性能評価の知見、及びこれまでの研究で集積した知見を基に、イオン会合による分

離・分析に必要な機能(イオン会合性、イオン選択性、光吸収/蛍光強度、親水性/新油性)を有する試薬設計に使用できる指針を確立し、それを基に新しい高選択的試薬を設計・合成し、性能・機能評価を行なう。結果は設計指針にフィードバックし、指針をより精密化・高度化する。

(4) 高選択的発色イオン会合試薬の開発： 水溶液内での発色試薬開発の観点から、試薬を設計・合成する。試薬は、ソルバトクロミズム発現が異なり、イオン会合性、イオン選択性、親水性/疎水性環境、二相間分配特性、光吸収・蛍光特性等に大きな変化をもたらすことを目的とする。イオン性基、および置換基がイオン会合に及ぼす寄与を、キャピラリー電気泳動/精密イオン移動度測定法、光吸収変化・蛍光強度変化測定法の両法から求め、イオンの回りの置換基と水構造変化の相関に関する新たな知見を得る。

(5) 新規分離分析法開発： 新規高選択的試薬を用い、水溶液内イオン会合、二相間分配、キャピラリー電気泳動・電気クロマトグラフィー、逆相 HPLC、イオン会合 HPLC による新規分離・分析法を開発する。

(6) イオン会合の新たな展開： イオン会合の新たな展開として、固相抽出への展開をはかる。特に、バイオマテリアとしても興味深いキチン、キトサンを合成基材として用いる固相抽出試薬の開発と応用を重点的に行う。

3. 研究の方法

(1) 精密イオン会合反応解析法の確立と比較的弱いイオン会合反応解析への応用

まず、代表者が最近開発した粘度補正法と電位差補正法を導入した精密イオン移動度測定法を用いて、水溶液内イオン会合解析法を検証する。このため、各種イオン会合反応を解析し、これまでの結果との整合性を評価する。更に、弱いイオン会合反応解析への応用を検討する。これらの結果を基に、より精密化のためにイオン強度、イオンの電荷、温度、圧力の補正係数導入を検討する。本研究には、高感度検出キャピラリー電気泳動装置を活用する。

(2) イオン周囲の環境制御型高選択的試薬の合成開発

縮合環に陽イオン性基、及び陰イオン性基を持つ色素イオンに各種置換基を修飾した試薬を系統的に合成する。

合成試薬は、イオンの回りの水構造、発色団・助色団、 π 電子系、親水性/疎水性、置換基の寄与、イオン会合性を考慮し、4系統の陰イオン性試薬を合成する。

(3) 精密イオン移動度測定によるストーク

ス半径、イオンの疎水性尺度、置換基の寄与の決定

精密に温度コントロールされた条件下で、イオン移動度を測定し、粘度補正、電位差補正項を考慮し、統計的処理を施すことにより、精度と正確さに優れたイオン移動度を求める。この移動度より、正確なストークス半径を求め、疎水性尺度、置換基の寄与を決定する。

(4) 合成試薬を用いるイオン会合の平衡論的研究

合成試薬では、低濃度域で疎水的イオン会合の平衡論的研究が吸光、蛍光光度法で可能となる。反応の ΔG° 、 ΔH° 、 ΔS° を求め、 ΔS° より疎水性相互作用（イオン会合により、負の水和の解消によるエントロピー増大）の寄与に関する知見を得、(3)の結果との整合性を検討する。

(5) 高選択的・高機能イオン会合試薬の設計指針の確立

イオン会合反応の分析化学的有用性において現段階で最も欠けている点は、“高選択的”試薬の開発である。このために、これまでに充実させてきた試薬設計指針の一層の充実と精度向上を行う。

(6) 高選択的分離・分析法の開発と応用

合成試薬は水溶液中でのイオン性物質の吸光定量法に活用できる。更にキャピラリー電気泳動、HPLC、電気クロマトグラフィー等にも利用し、イオン会合に基づく新しい分析化学を展開する。

(7) イオン会合の新たな展開

イオン会合の固相抽出、分配への新たな展開を図る。そのために、バイオマス、バイオマテリアルとして興味深いキチン、キトサンを基材とした固相捕集・濃縮試薬の合成・開発を行う。キトサンのアミノ基に各種官能基を導入し、イオン性物質（金属、非金属；陽イオン、陰イオン；オキソ酸イオン）の捕集・濃縮挙動を調べる。これらの新規合成試薬を用いた環境分析について、応用的研究を行う。

4. 研究成果

新規に確立したイオン会合反応解析法により、正確な平衡定数を求めることに成功した。興味深い多数のイオン会合平衡定数を統計的に解析することにより、イオン会合に寄与する因子を求めた。主要なものを下図に示す。これらの結果は、新規イオン会合反応試薬の設計・合成指針の一部となる。

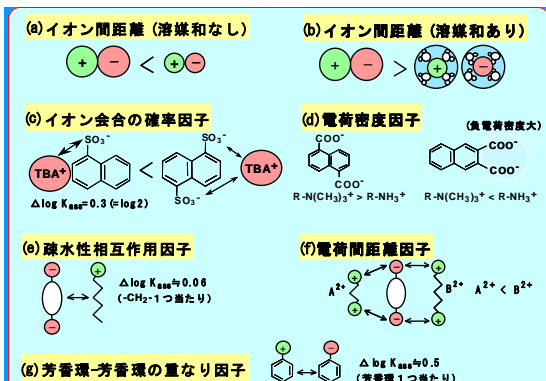


図1 水溶液内イオン会合性に及ぼす各種因子

これらの結果を基に、陰イオン性及び陽イオン性イオン会合試薬の合成・開発を進め、水溶液中で安定性に優れ、感度、選択性にも優れるトリフェニルメタン系イオン会合試薬の設計・合成に成功した。合成試薬を用いた基礎的特性の解析を行なうと共に、イオン会合滴定の指示薬としての有用性も実証した。陽イオン界面活性剤、逆性石けんの分離・分析的応用面の開発にも成功した。流れ分析による環境試料中の極微量のフェノール類の電気化学的自動化測定法および装置の開発に成功した。

イオン会合は、分析化学的には非常に広い応用が期待できる。本研究では、下図に示すような幅広い応用に鑑み、これらに有用な試薬、反応の開発を行った。中でも、今後の新しい展開が期待される固相抽出剤の研究を大いに進展させた。特に、キトサンを基材とする固相抽出剤の合成に成功し、さまざまな金属陽イオン、オキソ酸陰イオンの捕集挙動の解明を行い、高倍率濃縮にも成功した。特に固相抽出剤としてのキトサン基材樹脂を多数合成し、環境試料のマイクロ・ナノ分析への応用を進めた。

(1)精密イオン会合反応解析法の確立と比較的弱いイオン会合反応解析への応用
温度制御室をもつキャピラリー電気泳動装置を用い、イオン移動度の精密測定に成功し

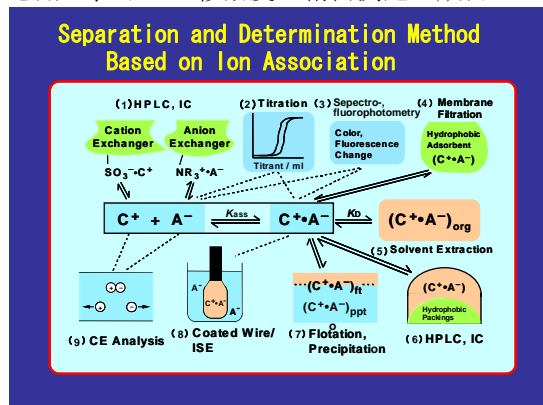


図2 イオン会合の分析化学的応用

た。さらにイオン会合解析法を向上させ、比較的弱いイオン会合反応解析に成功した。本法は、従来の平衡定数解析法に比べ、仮定／仮説を含まず、 $\log K_{ass}$ が0~1でも正確に解析できることに加え、純粋なイオン会合反応体不要、溶液組成制御可能、多種類のイオン会合反応の同時解析可能など多くの利点を有する。本法を用いて、無機イオン、有機イオン間の反応解析に成功した。

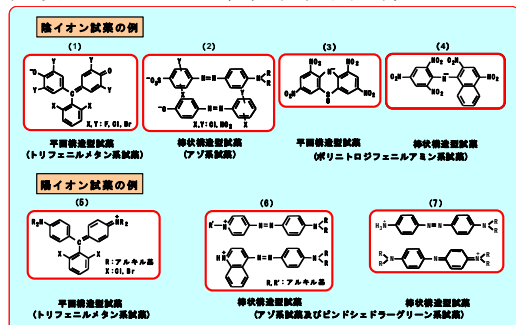
これらのイオン会合反応定数を用いることにより、液液分配に関係する素平衡を解析することに成功した。結果の一部を下表に示す。

(2)イオン周囲の環境制御型高選択的試薬の合成開発：イオンの回りの水構造、発色団・助色団、 π 電子系、親水性/疎水性、置換基の寄与、イオン会合性を考慮し、下図に示す試薬の開発研究を行った。特に、平面型トリフェニルメタン系試薬の設計・合成を行い、中心炭素に近い位置にかさ高い基を導入した新規合成開発のハロゲン置換試薬が水溶液中できわめて安定に存在することを実証した。

**イオン会合抽出に関する平衡定数
(水-クロロホルム)**

Pairing ions		$\log K_{ass}$	$\log K_D$	$\log K_{ex}$
Cation	Anion			
C	A			
TBA ⁺ (8.24)	NO ₂ ⁻ (-8.11)	0.30	-0.17	0.13
	NO ₃ ⁻ (-7.05)	0.39	0.80	1.19
	Br ⁻ (-6.89)	0.40	0.79	1.19
	I ⁻ (-5.32)	0.60	2.32	2.92
	SCN ⁻ (-5.17)	0.70	2.31	3.07
	ReO ₄ ⁻ (-4.45)	0.83	2.96	3.79

その他、棒状試薬は長鎖アルキル基をもつイオン物質と極めて安定な会合体を生成し、メチルオレンジ系陰イオン試薬では、短波長側に大きくシフトすることを見出した。これらの試薬は、水溶液中におけるイオン性物質の直接的定量に加え、固相抽出試薬としても興



味深い応用が期待できることを示した。

(3)精密イオン移動度測定によるストークス

半径、イオンの疎水性尺度、置換基の寄与の決定

精度と正確さに優れたCE/イオン移動度測定結果から、正確なストークス半径を求め、疎水性尺度、置換基の寄与を決定し、高選択的・高機能イオン会合試薬設計指針の基礎資料とすることができた。特に、本法で正確に決定できるストークス半径と結晶イオン半径の差を考察することで、イオン周囲の水構造を実験的に考察でき、水溶液内の疎水構造型イオン会合の実証に有益な実験結果となった。(4)合成試薬を用いる水溶液内イオン会合滴定法の開発

塩化物イオン等ハロゲンイオンの滴定に指示薬として用いられることがわかった。また、陰イオン、陽イオン界面活性剤のイオン会合滴定、高分子電解質、タンパク質等の微量滴定も可能であることを発見した。これらの滴定原理は、迅速流量比滴定に応用された。

(5)高選択的分離・分析法の開発と応用

合成イオン会合試薬は水溶液中でのイオン性物質、特に疎水構造型イオン会合物質のイオン会合反応/吸光度定量に応用できることを実証した。更に、これら着色のイオン会合体は疎水性吸着剤 (ODS, PTFEなどの固相) に捕集・濃縮されマイクロ・ナノ分析に活用できることを見出した。

(6)キトサン基材の固相抽出剤の合成・開発と環境試料への応用

金属、非金属の環境化学分析において、捕集・濃縮、マトリックスからの分離に成功し、感度、精度の向上を図ることができ、環境試料分析に応用した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者には下線)

[雑誌論文] (計 33 件) (すべて査読有)

(1) Determination of 1-(3-Dimethylamino-propyl)-3-ethylcarbodiimide Hydrochloride by Flow-Injection Analysis Based on a Specific Condensation Reaction between Malonic Acid and Ethylenediamine: Kunihiko SENO, Kazuki MATUMURA, Koji OSHITA, Mitsuko OSHIMA, Shoji MOTOMIZU, Anal. Sci., pp. 389-393 (2009)

(2) Automated Pretreatment system for the Speciation of Cr(III) and Cr(VI) Using Dual Mini-Columns Packed with Newly Synthesized Chitosan Resin and ME-03 Resin: Yoshiaki Furusho, Akhmad Sabarudin, Lukman Hakim, Koji Oshita, Mitsuko Oshima, and Shoji Motomizu, Anal. Sci., 25, 51-56 (2009).

(3) Multi-Auto-Pret AES System for Rapid

Determination of Trace Metals in Water Samples: Rosi K. Katarina, Lukman Hakim, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *J. Flow Injection Anal.*, 25, 166-171 (2008).

(4) Preconcentration and decomposition of perfluorinated carboxylic acids on an activated charcoal cartridge with sodium biphenyl reagent and its determination at $\mu\text{g L}^{-1}$ level on the basis of flow injection - fluorimetric detection of fluoride ion: T. Takayanagi, H. Yamashita, S. Motomizu, J. Musijowski, M. Trojanowicz, *Talanta*, 74 (2008) 1224-1230.

(5) Multi-Auto-Pre AES System for Rapid Determination of Trace Metals in Water Samples: Rosi K. Katarina, Lukman Hakim, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *J. Flow Injection Anal.*, 25, (2008).

(6) Sample Pretreatment Using Chitosan-based chelating Resin for the Determination of Trace Metals in Seawater Samples by Inductively coupled Plasma-Mass Spectrometry: Rosi K. Katarina, Toshio Takayanagi, Koji Oshita, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.*, 24, 1537-1544 (2008).

(7) Analysis of Binding Reactions of Ionic substances to Nonionic Surfactant Micelles: Toshio Takayanagi, Yu Takimoto, Ayumi Ikuta, Shoji Motomizu, *ISEC* 2008, 793-799 (2008).

(8) Synthesis of chitosan-based resins modified with tris(2-aminoethyl)amine moiety and its application to collection/concentration and determination of trace mercury by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry: Lukman Hakim, Sabarudin Akhmad, Koji Oshita, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Talanta* 76, 1256-1260 (2008).

(9) 無機分析のための固相抽出分離剤とその応用 (総合論文): 古庄義明, 小野壮登, 山田政行, 大橋和夫, 北出 崇, 栗山清治, 太田誠一, 井上嘉則, 本水昌二, *分析化学*, 57, 969-989 (2008).

(10) Synthesis of Citosan-Based Resins functionalized with Serine Moiety and Its Application to Determination of Trace Amounts of Uranium by FI/ICP-MS System: Koji Oshita, Toshio Takayanagi, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *J. Flow Injection Anal.*, 25, 73-76 (2008).

(11) On-Line Preconcentration and Determination of Trace Heavy Metals by Sequential Injection-Anodic Stripping Voltammetry Using Bismuth Film Screen-Printed Carbon Electrode: Suchada Chuanwatanakul, Eakkasit Punrat, Janjira Panchompoo, Orawon Chailapakul, Shoji Motomizu, *J. Flow Injection Anal.*, 25, 49-52 (2008).

(12) Synthesis of cross-linked chitosan functionalized with threonine moiety and its application to on-line collection/concentration and determination of Mo, V and Cu: Lukman Hakim, Akhmad Sabarudin, Koji Oshita, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Talanta*, 74, 977-985 (2008)

(13) Minimization of Sample Volume with Air-segmented Sample Injection and the Simultaneous Determination of Trace Elements by ICP-MS: Osamu Noguchi, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.*, 24, 631-635 (2008).

(14) キレート樹脂の開発とその分離・濃縮性能: 大下浩司, 本水昌二, *分析化学*, 57, 291-311 (2008).

(15) Spectrophotometric Determination of 1-(3-Dimethylaminopropyl)-3-ethylcarbodiimide Hydrochloride by Flow Injection Analysis: Kunihiko Seno, Kazuki Matsumura, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.*, 24, 505-508 (2008).

(16) Determination of trace heavy Metals by Sequential Injection-anodic Stripping Voltammetry using Bismuth Film Screenprinted Carbon Electrode: Suchada Chuanwatanakul, * wijitar Dungchai, * orawon Chailapakul, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.*, 24, 589-594 (2008).

(17) 固相前処理/金薄膜電極アノードイックストリッピングボルタンメトリによる土壌抽出液中ヒ素のオンサイト定量: 古庄義明, 牧田伸明, 小野壮登, 石山高, 高橋基之, 本水昌二, *分析化学*, 56, 1165-1169 (2007).

(18) Electrochemical Analysis of Chloramphenicol Using Boron-doped Diamond Electrode Applied to a Flow-Injection System: Suchada Chuanwatanakul, Orawon Chailapakul, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.*, 24, 493-498 (2008).

(19) Adsorption Properties of Ionic

- Species on Cross-linked Chitosans Modified with Catechol and Salicylic Acid Moieties: Koji OSHITA, Toshio TAKAYANAGI, Mitsuko OSHIMA, Shoji MOTOMIZU, *Anal. Sci.* 24, 665-668 (2008).
- (20) Development of novel detection reagent for simple and sensitive determination of trace amounts of formaldehyde and its application to flow injection spectrophotometric analysis: Qiong Li, Piyanete Sritharathikhum, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Anal. chim. Acta*, 612, 165-172 (2008).
- (21) Synthesis of chitosan resin possessing a phenylarsonic acid moiety for collection/concentration of uranium and its determination by ICP-AES: K. Oshita, K. Seo, A. Sabarudin, M. Oshima, T. Takayanagi, S. Motomizu, *Anal. Bioanal. Chem.*, 390, 1927-1932 (2008).
- (22) Adsorption Behavior of Cationic and Anionic Species on Chitosan Resins Possessing Amino Acid Moieties: K. Oshita, T. Takayanagi, M. Oshima, S. Motomizu, *Anal. Sci.*, 23, 1431-1434 (2007).
- (22) Synthesis of Cross-Linked Chitosan Modified with Glycine Moiety for the Collection/Concentration of Bismuth in Aquatic Samples for ICP-MS Determination K. Oshita, O. Noguchi, M. Oshima, S. Motomizu, *Anal. Sci.*, 23, 1203-1208 (2007)
- (23) Functionalization of chitosan with 3-nitro-4-amino benzoic acid moiety and its application to the collection/concentration of molybdenum in environmental water samples: A. Sabarudin, M. Oshima, Osamu Noguchi, S. Motomizu, *Talanta*, 73, 831-837 (2007).
- (24) Development of Novel Reagent for Hantzsch Reaction for the Determination of Formaldehyde by Spectrophotometry and Fluorometry : Qiong Li, P. Sritharathikhum, S. Motomizu, *Anal. Sci.* 23, 413-417 (2007).
- (25) Flow-injection determination of total organic fluorine with off-line defluorination reaction on a solid sorbent bed: J. Musijowski, M. Trojanowicz, B. Szostek, J. L. C. Lima, E. Lapa, H. Yamashita, T. Takayanagi, S. Motomizu, *Anal. Chim. Acta*, 600, 147-154 (2007).
- (26) Synthesis of novel chitosan resin derivatized with serine diacetic acid moiety and its application to on-line collection/concentration of trace elements and their determination using inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry: Lukman Hakim, Akhmad Sabarudin, Mitsuko Oshima, Shoji Motomizu, *Anal. Chim. Acta*, 73-81 (2007).
- (27) Flow-injection spectrofluorometric determination of trace amounts of formaldehyde in water after derivatization with acetoacetanilide: Q. Li, M. Oshima, S. Motomizu, *Talanta*, 72, 1675-1680 (2007).
- (28) On-line Preconcentration Method for the Determination of Trace Metals in Water Samples Using a Fully Automated Pretreatment System (Auto-Pret AES System) Coupled with ICP - AES: Rosi K. Katarina, Narong Lenghor, Shoji Motomizu, *Anal. Sci.* 23, 343-350 (2007).
- (29) Functionalization of chitosan with 3,4-dihydroxybenzoic acid for the adsorption/collection of uranium in water samples and its determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry: A. Sabarudin, M. Oshima, T. Takayanagi, L. Hakima, K. Oshita, Y- H. Gao, S. Motomizua, *Anal. Chim. Acta*, 581, 214-220 (2007).
- (30) Application of chitosan functionalized with 3,4-dihydroxy benzoic acid moiety for on-line preconcentration and determination of trace elements in water samples: A. Sabarudin, O. Noguchi, M. Oshima, K. Higuchi, S. Motomizu, *Microchim. Acta.*, 159, 341-348 (2007).
- (31) Sequential-injection on-line preconcentration using chitosan resin functionalized with 2-amino-5-hydroxy benzoic acid for the determination of trace elements in environmental water samples by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry: A. Sabarudin, N. Lenghor, M. Oshima, L. Hakim, T. Takayanagi, Y.-H. Gao, S. Motomizu, *Talanta.*, 72, 1609-1617 (2007).
- (32) Pseudo-homogeneous micelle extraction of ion-associates formed between tetrabutylammonium ion and some aromatic sulfonate ions into nonionic surfactant

micelle studied through the mobility measurements in capillary zone electrophoresis: T. Takayanagi and S. Motomizu, *J. Chromatogr. A*, 1141, 295-301 (2007).

(33) Ion-Association Extraction of tetrabutylammonium Ion into Nonionic Surfactant Micelles as Studied by Capillary Zone Electrophoresis: T. Takayanagi, S. Motomizu, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **80**, 183-188 (2007).

〔図書〕 (計 4 件)

(1) Shoji Motomizu and Tadao Sakai: Chapter 7, pp. 159-201, "On-Line Sample Pretreatment: Extraction and Preconcentration, Advances in Flow Injection Analysis and Related Techniques, Comprehensive Analytical Chemistry, Vol. 54, Spas Kolev, Ian McKelvie, Ed. Elsevier (2008).

(2) Shoji Motomizu: Chapter 20, pp. 577-600, "Environmental Applications of Flow Analysis," Advances in Flow Analysis", Marek Trojanowicz Ed., WILEY-VCH (2008)

(3) 本水昌二他 3 名, "環境計量士への近道 (下)" 化学分析 (pp. 1-88), (社) 日本環境測定協会編, 丸善 (2007).

(4) 本水昌二他 10 名, "新版分析化学実験", 東京教学社 (2008).

(1) 研究代表者

本水 昌二 (MOTOMIZU SYOJI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号 : 50032826