

平成21年 4月 20日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18550138
 研究課題名（和文） キトサンを母材としたアミノ酸修飾両性イオン交換樹脂の開発と捕集分離機能の追求
 研究課題名（英文） Development of Kitosan Resins Modified with Amino Acids and Pursuing the Collection and Separation Abilities
 研究代表者
 上田 一正（UEDA KAZUMASA）
 金沢大学・物質化学系・教授
 研究者番号：40019758

研究成果の概要：架橋キトサン樹脂を母材に、各種アミノ酸を修飾したイオン交換樹脂を開発し、樹脂性能と金属イオンの捕集分離機能を明らかにした。アミノ酸の導入により、両性イオン交換能は強化され、酸性域では貴金属イオン、アルカリ性域で遷移金属に高吸着能を見出した。樹脂のイオン会合力と錯形成能が駆動力となるが、白金族の相互分離や遷移金属の定量的分離を達成出来た。吸着過程は、Langmuir型で、化学反応律速の発熱反応と解明した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	690,000	4,390,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・環境関連化学

キーワード：両性イオン交換樹脂，捕集分離，貴金属、生分解性

1. 研究開始当初の背景

イオン交換樹脂は、水処理から物質の分離・精製に至るまで幅広く使用され、現代生活を支えている。しかし、使用済みの大量廃棄物は、熱分解するとダイオキシン等を生成し、しかも高熱燃焼するため、その処理は埋め立てに頼っており、環境影響が懸念されている状況にある。

このため、使用時には高性能と十分な耐久性を有し、使用後は微生物分解を受け、自然サイクルに取り込まれる環境低負荷のイオン交換体の開発が必要である。

キトサンは、セルロース類似構造を持つ天然では唯一のアミノ多糖である。反応性に富む一級アミノ基を有するため、生体材料や分離膜、繊維等生分解性素材として多様な有効利用が図られてきたが、酸性域では粘稠な水溶性ポリカチオンとなるため、イオン交換体母材への適用は殆ど行われて来なかった。

そこで、架橋キトサンを母材に、スペーサーを介しアミノ酸を固定した両性イオン交換体を開拓し、生分解性材料としての有用性を検討する着想に至った。

2. 研究の目的

これまで、EGDA(エチレングリコールジグリシルエーテル)で架橋し、耐性を増したキトサン樹脂を母材に、ペプチド固相合成法に準じ、グリオキシル酸スパーサーを介しアミノ酸を固定した新たな両性イオン交換体を開拓し、金属イオンの選択吸着機能と交換容量の大幅な増加を見出して来た。

本研究では、これらの成果を発展させ、新たなアミノ酸とペプチド修飾に発展した高性能樹脂の開発を行う。具体的には、樹脂物性と金属イオン捕集性能を検討し、樹脂特性と捕集分離機能を明らかにする。また、ISO試験法に準じ土壌・水系埋設試験を実施し、微生物による生分解型樹脂である事を実証する。更に、貴金属の分離精製、キラル分離、分取クロマトなどへの応用を探索する。

生分解性を有する新規両性イオン交換体の開拓と捕集分離機能の多様な応用性を明らかにすることを主要目的とする。

3. 研究の方法

1. EGDA 架橋キトサン樹脂にグリオキシル酸スパーサーを導入し、DCC/HOBt 法により各種保護アミノ酸と反応後、脱保護して Gly, Lys, Arg, Gly・Lys などのアミノ酸修飾樹脂を合成する。また、キトサン母材粒径を変え、金属イオン捕集性能を検討する。

2. 合成樹脂の物性(アミノ酸導入量、膨潤率、比重、カチオン、アニオン交換容量、酸解離定数)を測定する。ニンヒドリン呈色法、酸塩基滴定などにより、錯形成とイオン交換性を保持する両性イオン交換樹脂であることを明確にする。

3. 溶液液性(pH, 強酸域), 振盪時間等を変え、金属イオン平衡吸着量、分配定数を測定し、樹脂の捕集特性を見る。また、カラム法による金属イオン溶離曲線と回収率を測定し、白金族の相互分離、金、第一遷移系列元素などとの分離挙動と分離係数を集積する。また、貴金属のマイクロ定量法とマクロ量分離精製法を検討する。

4. 金属イオンの吸着平衡による吸着等温線、時間、温度依存性を解析し、Langmuir, Freundlich 式への適合性、擬一次、二次速度論モデルによる吸着反応解析、Van't Hoff 式による熱力学的パラメーターの集積を行い、樹脂特性と吸着機構を明らかにする。また、FT-IR, SEM 観察により、選択吸着機能を明確にする。更に、樹脂の再使用性、耐性、生分解性を検討する。

4. 研究成果

1. 各種アミノ酸修飾キトサン樹脂を 20 種合成した。アミノ酸導入量は 1.5~9.3 mmol/g-樹脂で、高塩基性の Lys, Arg で高導入量となった。総イオン交換容量は $2.1 \sim 6.8$ mmol/g-樹脂であり、特にアニオン交換容量の増加が顕著に見られ、アミノ酸の導入により両性イオン交換能が強化されることが分かった。樹脂の比表面積は母材と比べ 2 倍以上となり、湿潤時に多少湿潤性を認めたが、母材粒径が小なる樹脂ほど、金属イオンの飽和吸着速度が速いことが分かった。

2. 樹脂の酸解離定数は、アミノ酸官能基と側鎖の pKa 値をほぼ反映しており、導入アミノ酸は樹脂中でその固有の性質を示すと考えられる。金属イオンの平衡吸着量は、遷移金属は酸性域では低吸着量であったが、母材のキトサンアミノ基の pKa 値(6.62)を境に、アルカリ性域では 1 mmol/g-樹脂以上の高吸着能を示し、Irving-Williams 系列との相関が見られた。一方、白金族イオンは 6 M HCl から酸性域で高吸着能を示し、弱アルカリ性で低下、高アルカリ性域では Pt(IV)と Pd(II)は再び増加した。これは、液性により吸着形態が異なり、酸性域ではプロトン付加したアミノ酸残基アミノ基と白金族塩化物とのイオン会合、アルカリ性域では錯形成主導の吸着力が働くことを示唆している。

3. 白金族(8, 9, 10 族)元素共存系で競争的吸着挙動を検討した結果、同族イオンでは、前周期の元素を選択的に吸着することが分かった。これは、分離困難な白金族元素のマクロ精製に一つの示唆を与えるものである。カラム法により貴金属イオンの相互分離を検討し、溶離剤に 0.7 M チオ尿素-2 M HCl, 1 M NaOH を併用し、Pt(IV)-Au(III)-Pd(II)の連続分離や Ir(IV)と Pd(II), Pt(IV), Ru(IV), Au(III)などの定量的分離を達成した。また、これら貴金属と遷移金属の完全な分離も可能となった。本樹脂は強酸、アルカリ溶液中でもその機能を発揮し、10 回の吸・脱着を繰り返しても金属イオンの飽和吸着量に殆ど差異は認められず、優れた耐久性と再使用性を有することが分かった。生分解性試験では、土中埋め込み樹脂の残存率から、12 週までに完全に微生物分解を受けることが分かり、その過程を Ft-IR で追跡した。

4. 貴金属イオンの吸着等温線を作成し、Langmuir 型吸着することが分かった。アミノ酸修飾により樹脂表面の吸着活性サイトが増加するが、その定数より、Pt(IV) > Pd(II) > Au(III)の序列で吸着力が増し、他の市販樹脂と較べても、白金が本樹脂と最も強い相互作用をすることが明らかとなった。また、吸着反応速度を解析した結果、擬二次速度式と良い相関を見た。従って、化学反応が吸着律速であり、静電的力が吸着速度を支配するが、

Arrhenius プロットから吸着活性化エネルギーを求め、化学吸着である事を確認した。吸着に及ぼす温度依存性を追跡し、吸着容量が温度上昇と共に低下する事から、吸着過程は発熱反応と判明した。Van't Hoff プロットから熱力学的諸定数を収集し、吸着反応は自発的な発熱であり、固-液界面の無秩序性が低下する事を確認した。FT-IR 測定により、母材へのアミノ酸の導入は、C=O 特性吸収 (1661, 1601 cm^{-1} 付近) から、また、貴金属の吸着は 1601 cm^{-1} 付近のピークの消失と 1737 cm^{-1} 付近の新ピークの出現により同定した。更に、SEM 画像より、合成樹脂は母材と比べ、より多孔性であることを観察した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 29 件)

- 1) H. Hasegawa, M. Azizur Rahman, T. Matsuda, T. Kitahara, T. Maki, K. Ueda, Effect of eutrophication on the distribution of arsenic species in eutrophic and mesotrophic lakes, *Sci. Total Environ.*, **407**, 1418-1425, 2009.2., 査読有
- 2) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Ueda, T. Maki, M. Mahfuzur Rahman, Arsenic uptake by aquatic macrophyte *Spirodela polyrhiza* L.: Interactions with phosphate and iron, *J. Hazard. Mater.*, **160**, 356-361, 2008.12., 査読有
- 3) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Ueda, T. Maki, M. Mahfuzur Rahman, Influence of phosphate and iron ions in selective uptake of arsenic species by water fern (*Salvinia natans* L.), *Chemical Engineering Journal*, **145**, 179-184, 2008.12., 査読有
- 4) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G. Shi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka, Phylogenetic diversity and vertical distribution of a halobacterial community in the atmosphere of an Asian dust (KOSA) source region, Dunhuang City, *Air Qual. Atmos. Health*, **1**, 81-89, 2008.9., 査読有
- 5) S. Kinoshita, H. Hasegawa, T. Iwasa, K. Saitou, C. Okumura, T. Maki, K. Ueda, Determination of dissolved metals in the presence of organic ligands using molecular recognition technology (MRT) products, *J. Ecotechnol. Res.*, **14**, 1-4,

2008.9., 査読有

- 6) H. Hasegawa, M. Shimomura, H. Tada, K. Kitahara, T. Maki, K. Ueda, Influence of dissolved organic matter on iron speciation and scavenging in the Tadori River Estuary, *J. Ecotechnol. Res.*, **14**, 25-28, 2008.9., 査読有
- 7) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Kitahara, T. Maki, K. Ueda, M. Mahfuzur Rahman, The effects of phosphorous on the accumulation of arsenic in water fern (*Azolla pinnata* L.), *J. Ecotechnol. Res.*, **14**, 21-24, 2008.9., 査読有
- 8) T. Shimada, T. Maki, W. Hirota, T. Kakimoto, H. Hasegawa, K. Ueda, Bacterial community in the lake water spiked with dimethylarsenic acid estimated by PCR-DGGE analysis, *J. Ecotechnol. Res.*, **14**, 17-20, 2008.9., 査読有
- 9) T. Maki, T. Suzuki, K. Kido, A. Nakahara, T. Higashi, H. Hasegawa, K. Ueda, K. Sijoh, Effect of iron stress on gene expression in harmful microalga *Prymnesium parvum*, *J. Ecotechnol. Res.*, **14**, 13-16, 2008.9., 査読有
- 10) A. Ramesh, H. Hasegawa, W. Sugimoto, T. Maki, K. Ueda, Adsorption of gold(III), platinum(IV) and palladium(II) onto glycine modified crosslinked chitosan resin, *Bioresource Technology*, **99**, 3801-3809, 2008.6., 査読有
- 11) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Ueda, T. Maki, M. Mahfuzur Rahman, Influence of EDTA and chemical species on arsenic accumulation in *Spirodela polyrhiza* L. (duckweed), *Ecotoxicol Environ. Safety*, **70**, 311-318, 2008.6., 査読有
- 12) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Mahfuzur Rahman, M. A. Majid Miah, A. Tasmin, Arsenic accumulation in rice (*Oriza sativa* L.): Human exposure through food chain, *Ecotoxicol Environ. Safety*, **69**, 317-324, 2008.2., 査読有
- 13) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Mahfuzur Rahman, M. A. Majid Miah, A. Tasmin, Straighthead disease of rice (*Oriza sativa* L.) induced by arsenic toxicity, *Environmental and Experimental Botany*, **62**, 54-59, 2008.1., 査読有
- 14) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Mahfuzur Rahman, M. Nazrul Islam, M. A. Majid Miah, Accumulation of arsenic in tissues of rice plant (*Oryza sativa* L.) and its distribution in fractions of rice grain, *Chemosphere*, **69**, 942-948, 2007.10., 査読有
- 15) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Ueda,

T. Maki, C. Okumura, C., M. Mahfuzur Rahman, Arsenic accumulation in duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L.): A good option for phytoremediation, *Chemosphere*, **69**, 493-499, 2007.9., 査読有

16) 長谷川浩, 海洋植物プランクトンを巡る鉄の化学形態別分析, *ぶんせき*, 468-69, 2007.9., 査読有

17) A. Ramesh, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Microcolumn preconcentration of trace metal ions in environmental samples using nanometer sized alumina immobilized with chromotropic acid and determination by ICP-AES, *J. Ecotechnol. Res.*, **13**, 85-90, 2007.9., 査読有

18) A. Ramesh, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Adsorption of inorganic and organic arsenic from aqueous solutions by polymeric Al/Fe modified montmorillonite, *Separation and Purification Technology*, **56**, 90-100, 2007.8., 査読有

19) K. Fujiwara, A. Ramesh, T. Maki, H. Hasegawa, K. Ueda, Adsorption of platinum (IV), palladium (II) and gold (III) from aqueous solutions onto L-lysine modified crosslinked chitosan resin, *J. Hazard. Mater.*, **146**, 43-50, 2007.7., 査読有

20) A. Ramesh, B. A. Devi, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Nanometer-sized alumina coated with chromotropic acid as solid phase metal extractant from environmental samples and determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, *Microchemical Journal*, **86**, 124-130, 2007.6., 査読有

21) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Mahfuzur Rahman, M. Nazrul Islam, M. A. M. Miah, A. Tasmin, Arsenic Accumulation in Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties of Bangladesh: A Glass House Study, *Water Air Soil Pollut.*, **185**, 53-61, 2007.6., 査読有

22) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Mahfuzur Rahman, M. Nazrul Islam, M. A. Majid Miah, A. Tasmin, Effect of arsenic on photosynthesis, growth and yield of five widely cultivated rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Bangladesh, *Chemosphere*, **67**, 1072-1079, 2007.4., 査読有

23) C. Okumura, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Determination of iron in phytoplankton cultures by radiochemical analysis with ⁵⁵Fe, *J. Ecotechnol. Res.*, **13**, 11-14, 2007.3., 査読有

24) T. Maki, R. Tsutsumibata, D. Tsunekawa, T. Kakimoto, H. Hasegawa, K. Ueda, Effects of chemical species and microbial activity

on arsenic accumulation by the hyperaccumulation fern, *J. Ecotechnol. Res.*, **13**, 15-19, 2007.3., 査読有

25) K. Naito, M. Suzuki, S. Mito, H. Hasegawa, M. Matsui, I. Imai Effects of the substances secreted from *Closterium aciculare* (Charophyceae, Chlorophyta) on the growth of freshwater phytoplankton under iron-deficient conditions, *Plankton Benthos Res.*, **1**, 191-199, 2006.12., 査読有

26) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, M. Arifur Rahman, M. Mahfuzur Rahman and M. A. Majid Miah, Influence of cooking method on arsenic retention in cooked rice related to dietary exposure, *Sci. Total Environ.*, **370**, 51-60, 2006.10., 査読有

27) Maki, T., Takeda, N., Hasegawa, H., Ueda, K. Isolation of monomethylarsonic acid (MMAA)-mineralizing bacteria from arsenic contaminated soils of Island Ohkunoshima, *Appl. Organometal. Chem.*, **20**, 538-544, 2006.9., 査読有

28) Maki, T., Hasegawa, H., Kitami, H., Fumoto, K., Munekage, Y., Ueda, K., Bacterial degradation of antibiotic residues in a marine fish farm sediment of Uranouchi Bay and phylogenetic analysis of the antibiotic-degrading bacteria using 16S rDNA sequences, *Fisheries Sci.*, **72**, 811-820, 2006.8., 査読有

29) Maki, T., Watarai, H., Kakimoto, T., Takahashi, M., Hasegawa, H., Ueda, K., Seasonal dynamics of dimethylarsenic acid degrading bacteria dominated in Lake Kibagata, *Geomicrobiol. J.*, **23**, 311-318, 2006.7., 査読有

[学会発表] (計 28 件)

1) 北原清志、長谷川浩、前美沙子、田多宏海、牧輝弥、上田一正、原子吸光法を用いた有機ヒ素化合物定量のための前処理法、日本分析化学会第 57 年会、2008.9.10、福岡大

2) 浅川壮太郎、長谷川浩、中原歩夢、岩佐朋紀、牧輝弥、上田一正、鉄制限下で発現する植物プランクトン外膜タンパク質の解析、日本分析化学会第 57 年会、2008.9.10、福岡大

3) 長谷川浩、モハマド アジズ ラハマン、齋藤圭太、岩佐朋紀、門端孝太、牧輝弥、上田一正、イネのヒ素吸収に及ぼすキレート剤の影響、日本分析化学会第 57 年会、2008.9.10、福岡大

4) 北原清志、長谷川浩、松田知恵、田多宏海、海木亜玲、牧輝弥、上田一正、湖沼における有機ヒ素の生成と富栄養化の関係、第 69 回

分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

5) 齋藤圭太、長谷川浩、山田陽子、木下早苗、奥村真子、牧輝弥、上田一正、生分解性キレート剤による植物の鉄欠乏解消メカニズムの解明、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

6) 廣田和香奈、牧輝弥、島田孝志、長谷川浩、上田一正、水圏中のバイオ粒子が関与する有機ヒ素無機化プロセスの分析化学的解析、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

7) 浅川壮太郎、長谷川浩、藤田万巳、木下早苗、牧輝弥、上田一正、生長制限下の植物プランクトンにおける鉄運搬体の形成、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

8) 北原清志、長谷川浩、松田知恵、田多宏海、海木亜玲、牧輝弥、上田一正、湖沼における有機ヒ素の生成と富栄養化の関係、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

9) 長谷川浩、海木亜玲、北原清志、田多宏海、牧輝弥、上田一正、鈴木淳、岩崎望、宝石サンゴの炭酸塩骨格中における微量元素の分布と利用、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

10) 恒川大玄、牧輝弥、岡田晃範、長谷川浩、上田一正、ファイトレメディエーションにおけるヒ素浄化効果の繰り返し抽出定量法の検討、第 69 回分析化学討論会、2008. 5. 15、名古屋大

11) T. Maki, Susuki S., Kobayashi F., Kakikawa M., Yamada M., Higashi T., Hong C., Toubou Y., Hasegawa H., Ueda K., Iwasaka Y., Ecophysiological Analysis of Halophilic Bacteria in Bioaerosol, Biomicroworld2007, 2007. 12. 1, Spain

12) W. Hirota, Maki T., Kakimoto T., Shimada T., Hasegawa H., Ueda K. Seasonal dynamics of bacterial population degrading dimethylarsenic acid in Lake Kahokugata, Biomicroworld2007, 2007. 12. 1, Spain

13) 鈴木峰、牧輝弥、城戸耕介、中原歩夢、長谷川浩、上田一正、有害ハプト藻の鉄ストレスに関わる遺伝子群の探索、日本分析化学会第 56 年会、2007. 9. 20、徳島大

14) 木下早苗、長谷川浩、岩佐朋紀、齋藤圭太、奥村真子、牧輝弥、上田一正、分子認識ゲルを用いた有機配位子存在下における鉄の分離分析、日本分析化学会第 56 年会、2007. 9. 19、徳島大

15) 長谷川浩、北原清志、松田知恵、田多宏海、牧輝弥、上田一正、湖沼における有機ヒ素のスペシエーションと起源に関する研究、日本分析化学会第 56 年会、2007. 9. 19、徳島大

16) 齋藤圭太、長谷川浩、山田陽子、木下早苗、奥村真子、牧輝弥、上田一正、植物成長

において生分解性キレート剤が鉄の生物学的有効性に及ぼす影響、日本分析化学会第 56 年会、2007. 9. 19、徳島大

17) M. Azizur Rahman, H. Hasegawa, K. Ueda, T. Maki, M. Mahfuzur Rahman. Arsenic adsorption on iron plaque and uptake in duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.) affected by chemical species. in Proceeding of International Conference on Environmental Science and Technology (IC-EST), Texas, Houston, USA. Vol. 1, p. 319-325, 2007. 8. 8.

18) 長谷川浩、齋藤圭太、奥村真子、牧輝弥、上田一正、アルカリ土壌で生育する植物の生長阻害に対するキレート剤の効果、第 68 回分析化学討論会、2007. 5. 20、宇都宮大

19) A. Ramesh, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Microcolumn preconcentration of trace metal ions in environmental samples using nanometer sized alumina immobilized with chromotropic acid and determination by ICP-AES, in Proceedings of 58th Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, p. 228, 2007. 2. 27., Chicago

20) H. Hasegawa, C. Okumura, T. Maki, K. Ueda, Determination of iron in phytoplankton cultures by radiochemical analysis with ⁵⁵Fe, Journal of Ecotechnology Research (Abstracts of 13th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET13)), p. 256, 2006. 12. 3., Toyama

21) S. Kinoshita, H. Hasegawa, C. Okumura, T. Maki, K. Ueda, Determination of Fe(II) and Fe(III) in the presence of EDTA in solutions using molecular recognition technology (MRT) products, Journal of Ecotechnology Research (Abstracts of 13th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET13)), p. 278, 2006. 12. 3., Toyama

22) A. Ramesh, H. Hasegawa, T. Maki, K. Ueda, Microcolumn preconcentration of trace metal ions in environmental samples using nanometer sized alumina immobilized with chromotropic acid and determination by ICP-AES, Journal of Ecotechnology Research (Abstracts of 13th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET13)), p. 228, 2006. 12. 3., Toyama

23) T. Maki, R. Tsutsumibata, D. Tsunekawa, T. Kakimoto, H. Hasegawa, K. Ueda, Effects of chemical species and microbial activity on arsenic accumulation by the hyperaccumulation fern, Journal of Ecotechnology Research (Abstracts of 13th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET13)), p. 245, 2006. 12. 3., Toyama

- 24) Rahman, M. A., Hasegawa, H., Ueda, K., Maki, T., Okumura, C., Rahman, M. M., Arsenic uptake potential of duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.) in Proceedings of 1st International Symposium on Health Hazards of Arsenic Contamination of Groundwater and its Countermeasures, p.176-181, 2006.11.4, Miyazaki
- 25) 下村碧、長谷川浩、松田知恵、牧輝弥、上田一正、バクテリア由来マンガン酸化物の沈殿挙動、日本分析化学会第55年会、2006.9.20、大阪大
- 26) 加藤清香、長谷川浩、森亮祐、福本愛、牧輝弥、上田一正、鉄制限下の植物プランクトンにおける膜タンパク質の分離分析、日本分析化学会第55年会、2006.9.20、大阪大
- 27) 牧輝弥、鈴木峰、城戸耕介、奥村真子、長谷川浩、上田一正、キレート剤によって鉄欠乏状態にある微細藻の鉄応答型分子機能の解明、日本分析化学会第55年会、2006.9.20、大阪大
- 28) 松田知恵、長谷川浩、那須友香里、下村碧、牧輝弥、上田一正、溶存ヒ素のスペシエーションに及ぼす富栄養化の影響、日本分析化学会第55年会、2006.9.20、大阪大

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田 一正 (UEDA KAZUMASA)
金沢大学・物質化学系・教授
研究者番号：40019758

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

長谷川 浩 (HASEGAWA HIROSHI)
金沢大学・物質化学系・准教授
研究者番号：90253335

牧 輝弥 (MAKI TERUYA)
金沢大学・物質化学系・准教授
研究者番号：70345601