

平成21年 5月20日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18510071  
 研究課題名（和文）生分解性キレート剤を用いた植物プランクトンの増殖制御技術の開発  
 研究課題名（英文）Development of new remediation methods for regulation of phytoplankton growth using biodegradable ligands

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

研究成果の概要：自然水中における植物プランクトンの増殖を制御する技術として、生分解性キレート剤の添加が植物プランクトンの成長、及び、必須元素である微量鉄化学種の組成や生物学的有効性に与える影響を明らかにした。植物プランクトンの培養に対して、EDTA等の一般的なキレート剤を多く与えると増殖が抑制されるが、生分解性キレート剤を与えると細胞内への鉄の取り込みが維持され、増殖が良好になることが分かった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,100,000	0	2,100,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	480,000	4,180,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：環境学、環境技術・環境材料

キーワード：環境修復、鉄、微量元素、有機配位子

## 1. 研究開始当初の背景

水圏生態系において、植物プランクトンは光合成により  $\text{CO}_2$  を有機物に変換する一次生産者として重要な役割を担っている。例えば、植物プランクトンが生産する有機物は、海や湖の豊かな漁業資源を支える源である。また、海洋には大気中  $\text{CO}_2$  の数十倍以上の炭素が含まれているが、このような地球規模の炭素循環においても植物プランクトンが関与する生物サイクルの寄与は大きい。

海洋において植物プランクトンの生産量を決定している第一の要因は、硝酸、リン酸

等の主要栄養塩類であるが、北太平洋赤道域・南極海等の海域に硫酸鉄を散布すると一次生産が著しく増加することを国内外の海洋研究グループが相次いで報告している (Martin et al., *Nature*, **371**, 123 (1994), Coale et al., *Nature*, **383**, 495 (1996), Tsuda et al., *Science*, **300**, 958 (2003))。また、沿岸域では Fe や Mn 等がプランクトンの異常発生を誘引することが知られている (岡市ら, 赤潮の科学, 恒星社 (1997))。

Fe は化学形態によって化学的性質が大きく変化することから、bioavailability (生物可用性) も異なる。いくつかの植物プラン

クトン種は、周囲の Fe 濃度に応じて、利用する鉄化学種の種類や鉄の取り込み経路を使い分けている可能性が指摘されている (Price and Morel, Met. Ions. Biol. Syst., 35, 1-36 (1998), Hutchins et al., Nature, 400, 585 (1999))。これらの報告にあるように、Fe と錯形成するキレート剤を利用すると、植物プランクトンの増殖速度は変化する可能性が高い。そこで、陸上で草木を栽培し林を育てると同様に、水圏において植物プランクトンを自在に養うことができれば、人類は水圏生態系を適正に管理し、水質悪化を防止する手段を手に入れることになると考え、本研究を着想に至った。

## 2. 研究の目的

植物プランクトンの生長には、鉄の吸収が必須である。本研究では、微量な生分解性キレート剤を散布して、溶存する鉄の化学形を変えて植物プランクトンの鉄取り込み速度を制御し、自然水中で増殖する植物プランクトンの種類と生産量を制御する技術の開発を目指した。

## 3. 研究の方法

生分解性キレート剤としては、アミノ酸を主原料として合成したアミノカルボン酸型キレート化合物及びその類縁体を用いた。

生分解性キレート剤  $10^{-6}$ - $10^{-4}$  mol/l を含む海水中に 2 価又は 3 価の塩化鉄を添加して、水温、pH 等を制御した条件下、鉄化学種の時間変化を測定し、海水中における Fe の濃度と化学形態に関して基礎的なデータを蓄積した。海水には、人工海水、外洋水、沿岸海水、植物プランクトン培養用の培地を用いた。Fe の定量には、黒鉛炉原子吸光法、及び、吸着ストリッピングボルタンメトリー法を併用した。また、必要に応じて放射性トレーサー  $^{55}\text{Fe}$  を用い、 $10^{-7}$  mol/l 以下の鉄化学種の濃度変化を観測した。

化学形態別定量では、 $0.2\ \mu\text{m}$  フィルターを用いた粒子態、溶存態の分画に加えて、 $10\text{kDa}$  の限外濾過により溶存態をコロイド態、真の溶存態に分別した。2 価及び 3 価鉄の分離には、サイズ認識が可能なキレート吸着体を用いた固相抽出を利用した。更に、鉄と結合した有機配位子に関しては、配位子交換-吸着ストリッピングボルタンメトリー (CLE/ACSV 法) で解析し、有機配位子の濃度、平衡定数、速度定数等の情報を求めた。生分解性キレート剤の分析には、現有のフォトダーオードアレイを備えた高速液体クロマトグラフィー (PDA/HPLC) を用いて、キレート剤及びその

分解生成物の濃度を求めた。

次に、室内及びフィールド実験において、植物プランクトンの培養に  $\mu\text{M}$  ( $10^{-6}$  モル/リットル) レベルの生分解性キレート剤を添加して、植物プランクトンの生育への影響を解析するとともに、植物プランクトンの生長制御における有用性を評価・検討した。室内培養では、鉄や生分解性キレート剤の濃度を  $10^{-7}$ - $10^{-4}$  mol/l に制御した海水培地中で、多系統に属する植物プランクトン種の無菌培養を人工気象機中で行った。植物プランクトンには、沿岸種の *Rhodomonas ovalis* (Cryptophyceae), *Chattonella antiqua* (Raphidophyceae), *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae), *Emiliania huxleyi* (Haptophyceae) 等を用いた。主に、対数増殖期における植物プランクトンの細胞数、生長量を測定し、植物プランクトンの生長制御に関して、生分解性キレート剤の影響を評価・検討するとともに、細胞内への鉄取り込み量を放射性トレーサー  $^{55}\text{Fe}$  を用いて観測し、生分解性キレート剤存在下における植物プランクトンの鉄取り込み機構を解析した。 $^{55}\text{Fe}$  取り込み量の測定では、Ti (III)-EDTA 溶液を用いた化学的分別法により、植物プランクトンの細胞内外の鉄を存在状態別に定量した。

海水培地中における鉄の化学平衡に関しては、実験データに基づいて、化学平衡計算ソフトウェア (MINEQL 等) を利用して解析することにより、生分解性キレート剤存在下における鉄の化学平衡と植物プランクトンの鉄取り込み機構をモデル化し、植物プランクトンの増殖制御における生分解性キレート剤の有用性を評価した。

また、実環境における有用性を検討するために、石川県金沢市内の緑地公園に小型メソocosmを設置し、植物プランクトンのブルームが生じる5月から9月にかけて小規模な実証実験を行った。

## 4. 研究成果

生分解性キレート剤として、4 種類のアミノカルボン酸型キレート化合物を合成した。合成した生分解性キレート剤には不純物が多く含まれており、これらが植物プランクトンの培養を阻害する可能性があることから、溶媒抽出や再結晶、カラム法により各生分解性キレート剤を 99% まで精製する方法を確立した。

キレート剤存在下における鉄の存在状態と挙動を明らかにするために、フォトダーオードアレイを備えた高速液体クロマトグラフィー (PDA/HPLC) を用いて、海水培地中における生分解性キレート剤の高感度分析法を開発した。また、多量のキレート剤が共存

する海水培地中より溶存微量鉄を濃縮分離する前処理法を新たに確立した。各種キレート剤を  $10^{-6}$ - $10^{-4}$  mol/l 含む人工海水中に 2 価又は 3 価の塩化鉄溶液を添加して、鉄化学種をサイズ別に分画して時間変化を測定した結果、海水中では Ca イオンや Mg イオンの影響によりキレート剤の鉄に対する錯生成能力が低下するため、キレート鉄錯体として溶存する鉄の画分に加えて、水和酸化鉄のコロイド態や粒子態も比較的多く生成することが分かった。

生分解性キレート剤を添加した海洋植物プランクトンの培養において、生分解性キレート剤が海洋植物プランクトンの増殖に対して及ぼす影響を検討した結果、全ての生分解性キレート剤において成長促進効果が見いだされ、再現性も確認できた。鉄化学種及びキレート剤の濃度変化をフォトダーオードアレイを備えた高速液体クロマトグラフィ (PDA/HPLC) 及びフレイムレス原子吸光法により明らかにした結果、EDTA のような一般的なキレート剤は、濃度の増加とともに生長抑制効果を示すことがわかった。植物プランクトン細胞への鉄取り込み量を放射性トレーサーを用いて観測した結果、キレート剤の生長への影響は、細胞内又は細胞表面における鉄取り込み量の変化と良い相関を示すことが分かった。

電位差滴定法によって各キレート剤の鉄及び海水中の主要金属イオンに対する錯生成定数を求めた。これらの化学的因子に基づいて培養中における化学平衡モデルを構築し、海洋植物プランクトンの生長に及ぼす影響と各キレート剤の鉄等に対する錯生成挙動の関係を明らかにした。その結果、EDTA, DPTA 等の合成キレート剤を添加した場合は、植物プランクトンの生長は遊離鉄イオン濃度とよい相関を示すのに対して、生分解性キレート剤を添加した場合は、平衡計算より求めた鉄の化学種組成との相関は見いだされなかった。鉄の取り込み速度は、生分解性キレート剤を添加した条件の方が合成キレート剤よりも大きくなる傾向が見いだされたことから、細胞表面におけるキレート剤の分解が鉄の取り込みを促進している可能性がある。

2007 年 6 月より、石川県金沢市内の排水などが管理された池に小型メソコスムを設置して、キレート剤の存在が赤潮プランクトンなどの増殖に与える影響を観測した。その結果、何れのキレート剤に関しても、10 mM までの添加であれば植物プランクトンの増加に影響しないことが分かった。また、植物プランクトンの増殖時には鉄や主栄養塩であるリン酸濃度等が著しく減少することを確認できたが、キレート剤の影響に関しては室内実験のような明確な傾向が観測されな

った。これについては、今後も継続して実験を行い、本法の実用性を検討する予定である。

更に本研究では、生分解性キレート剤の自然水中における分解挙動を確認した。一般細菌を用いて液体培地で 3 日間分解試験を実施した結果、指標として用いた EDTA が全く分解しなかったのに対して、5 種類の生分解性キレート剤は 10-45% の分解率を示した。一方、海洋植物プランクトンは、生分解性キレート剤に対する分解能力を持っていないことが分かった。

## 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 Tedoru 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 (*Oryza 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 (*Oryza 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 polyrhiza* 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., 査読無
- 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. N. 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 <sup>55</sup>Fe, *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、MA 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 <sup>55</sup>Fe, 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

〔図書〕 (計 3 件)

1) 長谷川浩、山田正敏、宝石サンゴの炭酸塩骨格の化学分析, in 珊瑚の文化誌, 東海大学出版会, 46-68, 2008. 11

2) 長谷川浩, 昔の海は酸っぱかった, in 続・海のトリビア, 日本教育新聞社, 97-98, 2006. 09

3) 岩崎望, 長谷川浩, 植物プランクトンはダイナマイトの材料になる, in 続・海のトリビア, 日本教育新聞社, 11-12, 2006. 09

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

1) 長谷川浩, 小林学, 中野正義, “有害金属汚染物の浄化方法” 特願 2009-049287.

〔その他〕

ホームページアドレス

[http://araim.ch.t.kanazawa-u.ac.jp/index\\_files/07tbunseki.htm](http://araim.ch.t.kanazawa-u.ac.jp/index_files/07tbunseki.htm)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

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