

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21897

研究課題名(和文)藻類によるヒ素のメチル化を促進する浸透圧調節機構の役割

研究課題名(英文)Arsenic biotransformation potential of phytoplankton under a salinity gradient

研究代表者

長谷川 浩(Hasegawa, Hiroshi)

金沢大学・物質化学系・教授

研究者番号：90253335

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：自然水中における水生生物のヒ素に対する還元・メチル化作用に影響する因子として従来から報告されていた培地中のリン酸イオン濃度、水温に加えて、塩分度との相乗効果を明らかにした。植物プランクトンの種類によって、5価無機ヒ素を生体濃縮する種や、3価無機ヒ素、5価メチルヒ素化学種に変換して放出する種に分類できることが分かった。さらに、同じ植物プランクトンであっても、周囲の塩分度が異なるヒ素の化学形態変換作用が変化することを世界で初めて見出した。このように、植物プランクトンのヒ素に関する代謝は、海洋性や淡水性によらず、生物種や塩分度によって多様性を示すことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、生物によるヒ素の有機化を促進する因子として、海水・淡水の水域や生物種の個別研究にとどまることなく、浸透圧調節機能という細胞レベルの主要代謝経路との直接的な繋がりを世界で初めて明らかにした。ヒ素の化学種変換作用について、塩分度、リン酸イオン濃度、水温の環境因子が相乗的に寄与して、生物種による多様性が現れる。自然水中で生成する結合性有機金属に関する研究全般において、化学と生物学を融合した新しい学術分野を開拓する成果である。

研究成果の概要(英文)：Microalgae are primary producers, ensuring As bioaccumulation and biogeochemical cycling in aquatic ecosystems. We study on the As biotransformation potentials of various marine and freshwater microalgae under individual and integrated stresses of such factors. Various combinations of important factors such as temperature, salinity, concentrations of As (V) and phosphate, pH, light intensity, and length of exposure period are summarized along with the optimum conditions for different microalgae. The effects of environmental factors on microalgal growth, photosynthetic efficiency, changes in cell shape, and the relationship between As biotransformation and other activities are discussed. Our research will contribute to a deeper understanding of the relationship between environmental factors, As uptake, and the biotransformation mechanism of marine and freshwater microalgae from the viewpoint of As remediation.

研究分野：水圏化学

キーワード：ヒ素 有機金属化合物 水圏 藻類 スペシエーション分析

1. 研究開始当初の背景

ヒ素は、自然環境で多種多様な有機化学種を比較的高い濃度で生成することを特徴としている。自然水中の主溶存種は、酸化数+5 価、+3 価の無機ヒ素、+5 価のモノメチルヒ素、ジメチルヒ素である(図 1)。生物に対して毒性が高いのは 3 価無機ヒ素であり、5 価無機ヒ素、メチルヒ素と有機化されるほど毒性が低くなる。メチルヒ素だけでなく、生体内では、アルセノバタイン、ヒ素糖、ヒ素脂質等の割合が高く検出される。

海水および淡水中におけるヒ素の主溶存化学種は 5 価無機ヒ素(As(V))であり、有光層では一次生産により 3 価無機ヒ素(As(III))や 5 価メチルヒ素(モノメチルアルソン酸(MMAA)、ジメチルアルシン酸(DMAA))の割合が増加する。植物プランクトンに対するヒ素の毒性はヒ素化学種とプランクトン種によって多様であり、植物プランクトンは自らのヒ素耐性に合わせて培地中のヒ素化学種を酸化・還元・メチル化することが報告されている。

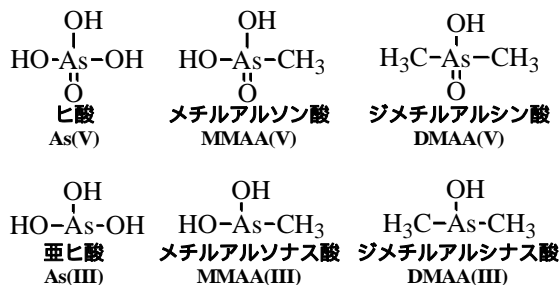


図 1 ヒ素種の化学形

水生生物中のヒ素含有量は、藻類、甲殻類、魚類について 0.1 μgAs/l から 100 μgAs/l まで幅広く、海洋植物の方が淡水植物よりもヒ素を生体内で有機態に変換したり蓄積する能力が高い。従来研究では、ヒ素の有機化は生物による解毒作用であるか否かについて多く検討されてきたが、生物種により有機化の程度や生体濃縮率が異なる理由については不明であった。これに対して我々の研究グループでは、藻類が塩分環境の変化に対応するために有する浸透圧調節機構においてヒ素の有機化が促進されるという新しいメカニズムを着想した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、水生植物が「自然水中においてヒ素を有機化し蓄積・放出する作用」と「塩分ストレスに対する浸透圧調節機能という細胞レベルの主要代謝経路」との直接的な繋がりを証明し、特定の水生植物のみが毒性のあるヒ素を有機化したり生体内に蓄積する理由を明らかにすることにある。

本研究では、浸透圧調節機能を有する水生植物として、耐塩性、非耐塩性種を比較できる植物プランクトンを対象として検討を進めた。ヒ素の細胞内への取込や代謝に影響する環境因子には、周囲のリン酸イオンや塩分ストレス、温度ストレスが考えられる。様々な塩分度で淡水および海洋植物プランクトンの無菌培養を行い、リン酸とヒ素の濃度比を制御した条件下で培地中 As(V)の化学種変化を観測するとともに、塩分度がヒ素化合物の代謝へ与える影響や植物プランクトンのヒ素代謝の多様性に関して解明を試みた。

3. 研究の方法

淡水植物プランクトンの研究方法を一例として取り上げる。培養株として、車軸藻類の *Staurastrum paradoxum* (NIES528)、*Closterium aciculare* (琵琶湖より単離、広島県立大学内藤博士により提供)、緑藻類の *Pediastrum duplex* (NIES214)、*Scenedesmus acutus* (NIES2269)、*Botryococcus braunii* (NIES2199) を用いた。リン酸 1.0 μM 及び 20 μM、As(V) 0.10 μM、塩分度 0-5.0% (人工海水(35‰)により調整) に改変した C 培地中で 2 週間培養した後、1.0 μm ガラスフィルターにより試料水とプランクトン試料を分画して保存した。プランクトン数及び細胞の形状は分光光度計とマイクロスコープ(キーエンス)を用いてそれぞれ求めた。

培地中のヒ素種の定量には水素化物発生装置とコールドトラップを組み合わせたフレイム原子吸光光度計(CT-HG-AAS、170-50A Atomic Absorption Spectrophotometer、日立)を用いた(図 2)。また細胞内の全ヒ素の定量では、フィルター上に捕集した細胞をマイクロウェーブ処理により酸分解後、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS、SPQ9000、セイコー)に供して測定した。

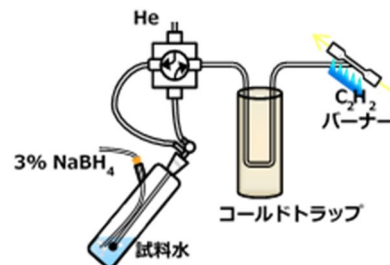


図 2 水素化物発生装置とコールドトラップを組み合わせたフレイム原子吸光光度計

4. 研究成果

1) 塩分変化への耐性を指標とした海洋性および淡水性植物プランクトンのスクリーニング

NIES コレクションの微生物株から、塩分変化に対して多様な応答を示す海洋性および淡水性植物プランクトンを探索した。塩分濃度を変化させた改変 f/2 培地または C 培地で無菌培養した結果、淡水性植物プランクトンに関しては塩分度 0-5%まで生育する耐塩性種を、海洋性植物プランクトンに関しては塩分度 10-35%で生育する種を見出した。図 3 に淡水植物プランクトン、図 4 に海洋植物プランクトンの外観の変化を示す。

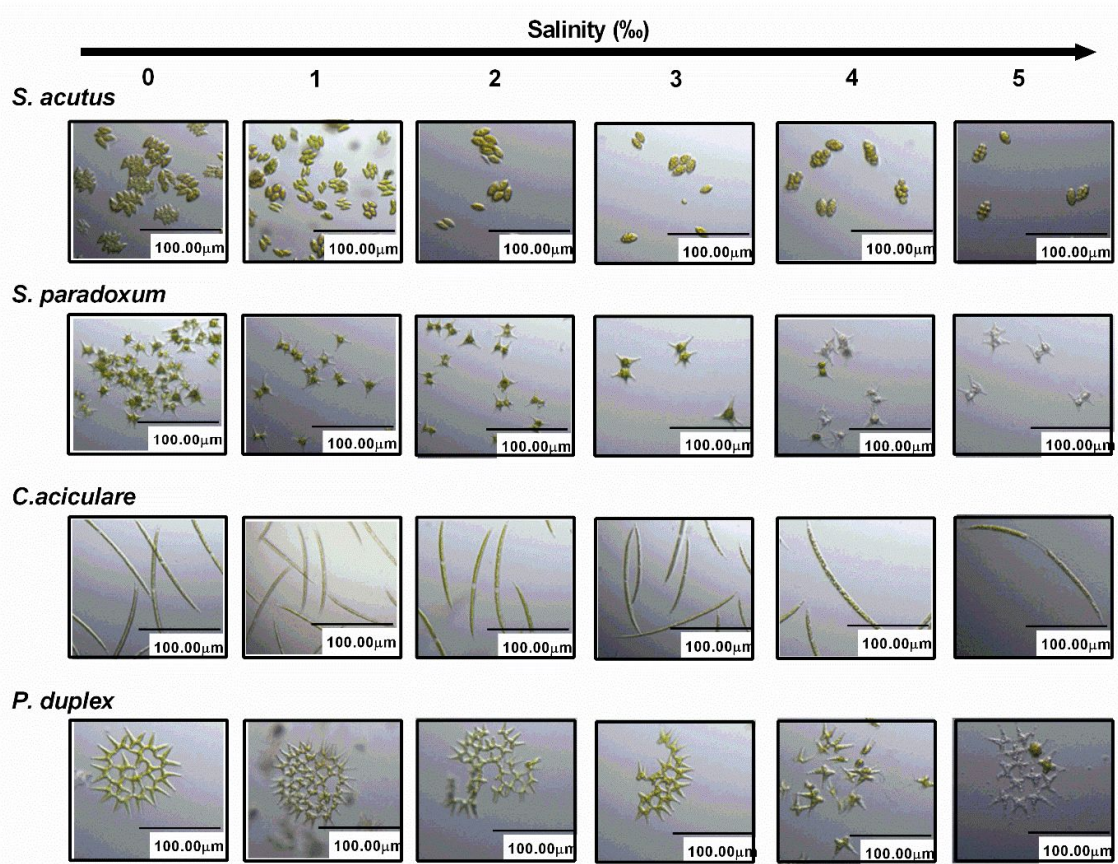


図3 淡水植物プランクトンの生育に及ぼす塩分度の影響^{1),2)}

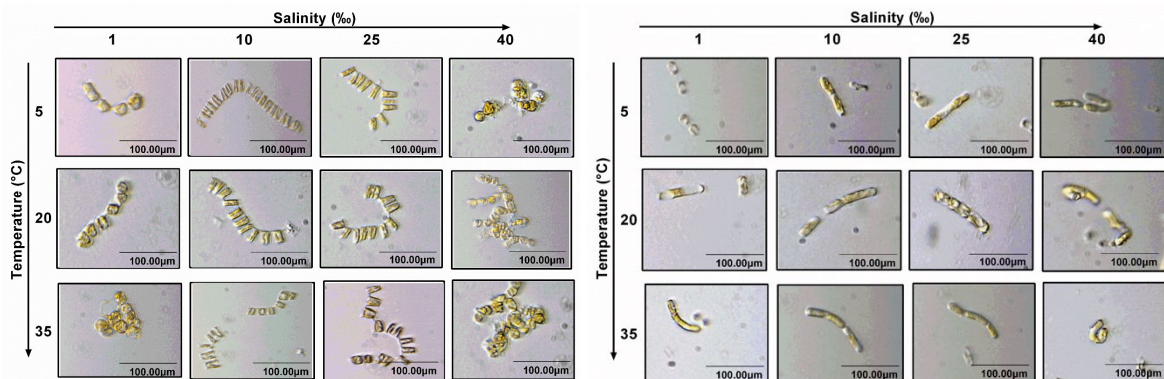


図4 海洋植物プランクトンの生育に及ぼす塩分度および水温の影響³⁾
左: *Asteroplanus karianus*、右: *Skeletonema* sp.

2) 塩分度が植物プランクトンのヒ素代謝に及ぼす影響

塩分濃度を制御した液体培地に 5 価無機ヒ素を添加し、淡水および海洋植物プランクトンを培養して培養中におけるヒ素の化学形態と濃度変化を求めた (図 5 および図 6)。

塩分ストレスを課した条件として、塩分度を 5‰ に調整した改変 C 培地で淡水植物プランクトン株を培養すると、細胞が変形して生長が抑制される種 (弱耐塩種) と、コントロール (0‰ の C 培地) とほぼ同様に生育する種 (強耐塩種) に分かれた。例えば、*P. duplex* は塩分度 5‰ において細胞が浸透圧により膨張する等、塩分の影響を強く受けて生長が大きく阻害された。一方、*S. acutus* は塩分度 5‰ でも細胞の形状に影響がなく、生長量もほぼ変わらなかった。培地中のヒ素化学種については、弱耐塩種では塩分度が高くなるにつれて培地中の溶存 As(V) を As(III) または DMAA に変換する培養株があることを見いだした。特に、*P. duplex* は塩分度 2‰ において対数増殖期に As(V) を As(III) に変換し、定常期に入ると多くの溶存ヒ素をメチルヒ素に変換した (図 5)。このような弱耐塩種の培養株では、細胞内に蓄積するヒ素の割合は低く、蓄積量について塩分度の影響も少なかった。海洋プランクトンにおけるヒ素代謝の活性度については、塩分度 (図 6) に加えて水温との相乗効果も明らかにした (図 7)。

淡水および海洋植物プランクトンによるヒ素の代謝に塩分度が与える影響をまとめると、プランクトンの耐塩性により多様性がみられた。弱耐塩性種では塩分ストレスによって細胞増殖の停止及び細胞の膨化が起こりヒ素の代謝が活発化することを見出した。本研究により、水生植物に対する塩分ストレスはヒ素の化学形態を左右する重要な因子であることが分かった。

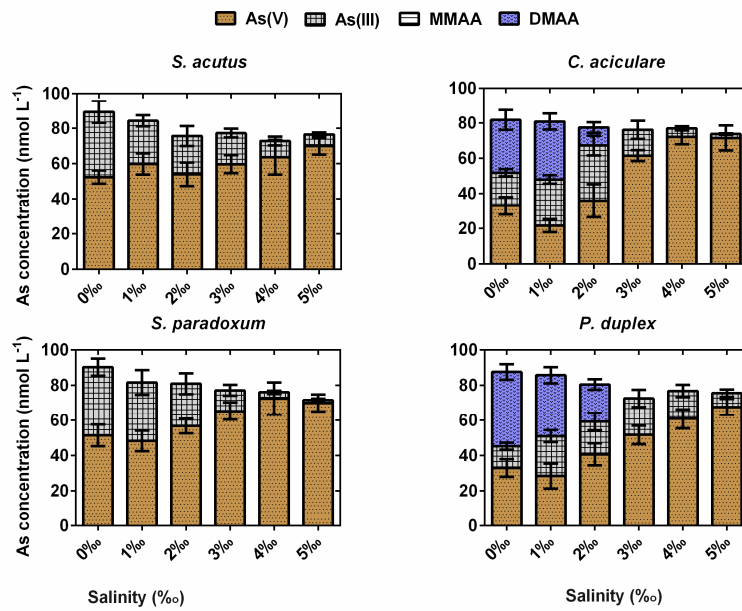


図5 淡水植物プランクトンの培養液中におけるヒ素化学種変化と塩分度との関係²⁾
(培養期間: 14日)

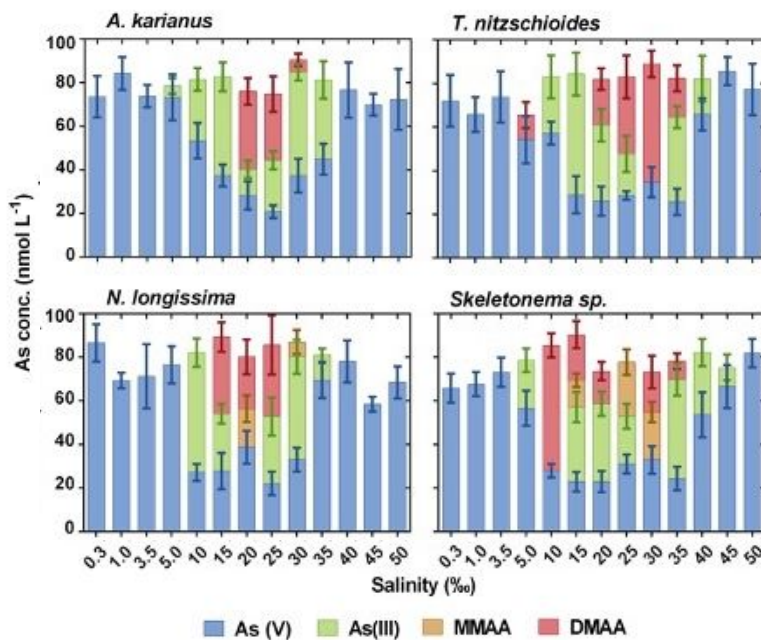


図6 海洋植物プランクトンの培養液中におけるヒ素化学種変化と塩分度との関係^{4),5)}
(培養期間: 14日)

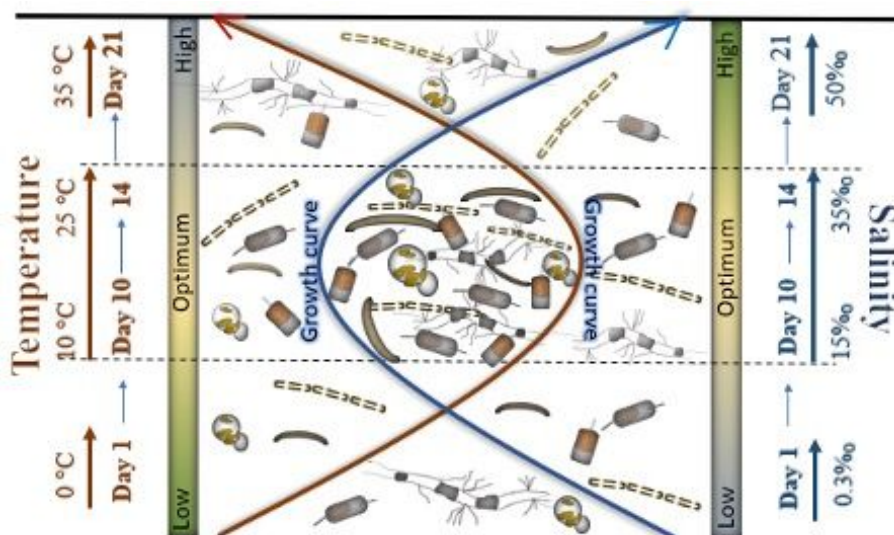


図7 海洋植物プランクトンにおけるヒ素化学種変換の活性度に及ぼす塩分度と温度の影響^{4),5)}

<引用文献>

- 1) H. Hasegawa, R.I. Papry, E. Ikeda, Y. Omori, A.S. Mashio, T. Maki, R.A. Rahman, Freshwater phytoplankton: biotransformation of inorganic arsenic to methylarsenic and organoarsenic, *Scientific Reports*, **9**, 12074 (2019)
- 2) R.I. Papry, S. Fujisawa, Y. Zai, O. Akhyar, A.S. Mashio, H. Hasegawa, Freshwater phytoplankton: salinity stress on arsenic biotransformation, *Environ. Pollut.*, **270**, 116090 (2021)
- 3) R.I. Papry, S. Fujisawa, Y. Zai, O. Akhyar, M.A.A. Mamun, A.S. Mashio, H. Hasegawa, Integrated effects of important environmental factors on arsenic biotransformation and photosynthetic efficiency by marine microalgae, *Ecotoxicol Environ. Safety*, **201**, 110797 (2020)
- 4) R.I. Papry, K. Ishii, M.A.A. Mamun, S. Miah, K. Naito, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa, Arsenic biotransformation potential of six marine diatom species: effect of temperature and salinity, *Scientific Reports*, **9**, 10226 (2019)
- 5) R.I. Papry, Y. Omori, S. Fujisawa, M.A.A. Mamun, S. Miah, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa, Arsenic biotransformation potential of marine phytoplankton under a salinity gradient, *Algal Research*, **47**, 101842 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 R.I. Papry, Y. Omori, S. Fujisawa, M.A.A. Mamun, S. Miah, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa	4. 巻 47
2. 論文標題 Arsenic biotransformation potential of marine phytoplankton under a salinity gradient	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Algal Research	6. 最初と最後の頁 101842
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.algal.2020.101842	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 R.I. Papry, S. Fujisawa, Y. Zai, O. Akhyar, M.A.A. Mamun, A.S. Mashio, H. Hasegawa	4. 巻 201
2. 論文標題 Integrated effects of important environmental factors on arsenic biotransformation and photosynthetic efficiency by marine microalgae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecotoxicol Environ. Safety	6. 最初と最後の頁 110797
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ecoenv.2020.110797	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 S. Miah, S. Fukiage, Z.A. Begum, T. Murakami, A.S. Mashio, I.M.M. Rahman, H. Hasegawa	4. 巻 1630
2. 論文標題 A technique for the speciation analysis of metal-chelator complexes in aqueous matrices using ultra-performance liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Chromatogr. A	6. 最初と最後の頁 461528
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.chroma.2020.461528	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 T. Murakami, akaya, Y. Sakamoto, N. Sugimura, E. Minami, Y. Iwamuro, R. Ishimaru, S. Chinaka, H. Hasegawa	4. 巻 32
2. 論文標題 Regioisomer differentiation of ring-substituted chloromethcathinones and bromomethcathinones using gas chromatography/electron ionization-triple quadrupole energy-resolved mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Am. Soc. Mass Spectrom.	6. 最初と最後の頁 601-605
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/jasms.0c00358	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 R.I. Papry, S. Fujisawa, Y. Zai, O. Akhyar, A.S. Mashio, H. Hasegawa	4. 巻 270
2. 論文標題 Freshwater phytoplankton: salinity stress on arsenic biotransformation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environ. Pollut.	6. 最初と最後の頁 116090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2020.116090	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 岩崎 望, 長谷川 浩, 澤井 光, 為則 雄祐, 早川 慎二郎	4. 巻 9
2. 論文標題 宝石サンゴ骨軸中の微量元素を指標とした産地同定法の確立	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SPRING-8/SACLA利用研究成果集	6. 最初と最後の頁 128-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18957/rr.9.2.128	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 Mamun M. Abdullah Al, Rahman Ismail M.M., Datta Rakhi Rani, Kosugi Chika, Mashio Asami S., Maki Teruya, Hasegawa Hiroshi	4. 巻 222
2. 論文標題 Arsenic speciation and biotransformation by the marine macroalga <i>Undaria pinnatifida</i> in seawater: A culture medium study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 705 ~ 713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.01.185	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 Papry Rimana Islam, Ishii Kento, Mamun M. Abdullah Al, Miah Sohag, Naito Kanako, Mashio Asami S., Maki Teruya, Hasegawa Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Arsenic biotransformation potential of six marine diatom species: effect of temperature and salinity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-46551-8	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 Hasegawa Hiroshi, Papry Rimana Islam, Ikeda Eri, Omori Yoshiki, Mashio Asami S., Maki Teruya, Rahman M. Azizur	4. 巻 9
2. 論文標題 Freshwater phytoplankton: biotransformation of inorganic arsenic to methylarsenic and organoarsenic	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-48477-7	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 Mamun M. Abdullah Al, Omori Yoshiki, Miki Osamu, Rahman Ismail M.M., Mashio Asami S., Maki Teruya, Hasegawa Hiroshi	4. 巻 228
2. 論文標題 Comparative biotransformation and detoxification potential of arsenic by three macroalgae species in seawater: Evidence from laboratory culture studies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 117 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.04.056	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 Mamun M. Abdullah Al, Omori Yoshiki, Papry Rimana Islam, Kosugi Chika, Miki Osamu, Rahman Ismail M. M., Mashio Asami S., Maki Teruya, Hasegawa Hiroshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Bioaccumulation and biotransformation of arsenic by the brown macroalga <i>Sargassum patens</i> C. Agardh in seawater: effects of phosphate and iron ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2669 ~ 2685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-018-1721-x	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 Furuhashi Yasuhiro, Honda Ryo, Noguchi Mana, Hara-Yamamura Hiroe, Kobayashi Shoko, Higashimine Koichi, Hasegawa Hiroshi	4. 巻 143
2. 論文標題 Optimum conditions of pH, temperature and preculture for biosorption of europium by microalgae <i>Acutodesmus acuminatus</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 58 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bej.2018.12.007	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 村沢 直治、澤井 光、八田 珠郎	4. 巻 58
2. 論文標題 一般廃棄物焼却灰等の放射性Cs 溶出特性と安全対策	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 安全工学	6. 最初と最後の頁 179 ~ 188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18943/safety.58.3_179	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 MURASAWA Naoharu, SAWAI Hikaru, RAHMAN Ismail Md. Mofizur, HATTA Tamao	4. 巻 48
2. 論文標題 Leaching Characteristics of Radiocesium in Municipal Incineration Ash and Safety Measures Utilizing Clay Minerals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Conservation Engineering	6. 最初と最後の頁 156 ~ 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5956/jriet.48.156	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 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 長谷川 浩, Rimana Islam, Papry, 藤澤 彰吾, 大森 圭記, 眞塩 麻彩実
2. 発表標題 淡水中のヒ素化学種組成に対する植物プランクトン及び化学的因子の影響
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 長谷川 浩
2. 発表標題 シングルセルICP-MSによるプランクトン中ヒ素の測定
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会第110回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 周平、Okviyoandra Akhyar、藤澤 彰吾、小杉 知佳、眞塩 麻彩実、長谷川 浩
2. 発表標題 海洋大型藻類の光合成活性を用いた鉄化学種の生物学的有効性の解析
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 谷村泰城、眞塩麻彩実、小畑元、長谷川浩
2. 発表標題 大槌湾における海水 - 堆積物間の白金分布と挙動
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 市村亮人、眞塩麻彩実、小畑元、長谷川浩
2. 発表標題 同位体希釈 ICP質量分析法を用いた高感度・高精度な海水中のパラジウム分析法の確立
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 林周平、Okviyoandra Akhyar、藤澤彰悟、小杉知佳、眞塩麻彩実、長谷川浩
2. 発表標題 化学的前処理法とクロロフィル蛍光測定を用いた海洋大型藻類に対する鉄化学種の生物学的有効性の解析
3. 学会等名 2020年度日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷村泰城、眞塩麻彩実、小畑元、長谷川浩
2. 発表標題 大槌湾における海水 - 堆積物間の白金分布と挙動
3. 学会等名 2020年度日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 市村亮人、山岸はるか、眞塩麻彩実、小畑元、長谷川浩
2. 発表標題 同位体希釈 ICP質量分析法を用いた高感度・高精度な海水中のパラジウム分析法の確立
3. 学会等名 2020年度日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rimana Islam Papry、宰 英涵、Okviyoandra Akhyar、林周平、眞塩麻彩実、長谷川浩
2. 発表標題 淡水植物プランクトンによるヒ素の生体内変換に及ぼす塩分度の影響
3. 学会等名 2020年度日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村隆、Foni B. Biswas、中窪圭佑、湯之下航季、眞塩麻彩実、谷口剛史、西村達也、前田勝浩、長谷川浩
2. 発表標題 海水中の金、白金、パラジウムを対象とした新規固相抽出剤の開発
3. 学会等名 2020年度日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okviyoandra Akhyar, Rimana Islam Papry, Shuhei Hayashi, Yusuke Kato, M. Abdullah Al Mamun, Asami S. Mashio, Hiroshi Hasegawa
2. 発表標題 Evaluation of Cd and Cu Uptake in <i>S. hemiphyllum</i> Biomass by Synthetic Aminopolycarboxylates (APC): EDTA
3. 学会等名 The 7th International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月基貴、築瀬高志、奥村真子、三木理、小杉知佳、吉村航
2. 発表標題 耐塩性クロレラの増殖と油分蓄積に対する照射光波長と明暗周期の複合影響
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hikaru SAWAI, Mao KOIKE, Ismail M.M. RAHMAN, Hiroshi HASEGAWA
2. 発表標題 Indium extraction from Non-ferrous smelting dust with the combination of the fine-bubble and chelant extractant
3. 学会等名 14 th International Forum on Ecotechnology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 海藻の初期生長・性状に対する鉄欠乏の影響-ワカメ, アカモクの検討事例の紹介-
3. 学会等名 日本水処理学会第56回大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Furuhashia, H. Hara-Yamamura, H. Hasegawa, R. Honda
2. 発表標題 Effect of metabolic mechanism of europium absorption by microalgae <i>Acutodesmus acuminatus</i>
3. 学会等名 12th International Conference on Challenges in Environmental Science & Engineering (CESE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 周平、小杉 知佳、大浦 雅陽、大森 圭記、真塩 麻彩実、牧 輝弥、長谷川 浩
2. 発表標題 化学的前処理法を用いた大型藻類中微量元素の化学形態別分析と取り込み挙動の解析
3. 学会等名 日本分析化学会 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南 知晴、真塩 麻彩実、長谷川 浩
2. 発表標題 イミノ二酢酸型キレート樹脂を用いる環境水中希土類元素の分離・濃縮法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古橋康弘、野口 愛、原 宏江、長谷川 浩、本多 了
2. 発表標題 微細藻類 <i>Acutodesmus acuminatus</i> におけるユウロピウム吸着に及ぼす代謝機能の影響
3. 学会等名 第71回日本生物工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大森 圭記、林 周平、Md Abdullah Al, Mamun、三木 理、真塩 麻彩美、牧 輝弥、長谷川 浩
2. 発表標題 海水中溶存ヒ素に対する大型藻類の還元メチル化作用
3. 学会等名 日本分析化学会 第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽間 萌華、牧 輝弥、藤田 達之、石塚 正秀、黒崎 泰典、真塩 麻彩実、長谷川 浩、岩坂 泰信
2. 発表標題 黄砂バイオエアロゾルに含まれる有機物粒子の酵素反応実験による特定
3. 学会等名 日本分析化学会 第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田達之、牧輝弥、松葉悠真、大川雄輝、作田裕也、甲斐憲次、河合慶、真塩麻彩実、長谷川浩、岩坂泰信
2. 発表標題 超並列シーケンスを用いたメタゲノム解析による黄砂に含まれる細菌の群集構造解析
3. 学会等名 微生物生態学会第33回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rimana Islam Papry, 大森圭記, 山本翔太, 真塩麻彩実, 牧輝弥, 長谷川浩
2. 発表標題 淡水植物プランクトンによるヒ素の生体内変換に及ぼす塩分度の影響
3. 学会等名 第84回 日本陸水学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷村泰城、真塩麻彩実、小畑元、牧輝弥、長谷川浩
2. 発表標題 閉鎖的海域における白金の分布と挙動
3. 学会等名 第84回 日本陸水学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大森 圭記, 林 周平, Md. Abdullah Al Mamun, 三木 理, 真塩 麻彩実, 牧 輝弥, 長谷川 浩
2. 発表標題 海水中溶存ヒ素に対する大型藻類の還元メチル化作用
3. 学会等名 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 修平, 小杉 知佳, M. Abdullah Al Mamun, 大森 圭記, 真塩 麻彩実, 牧 輝弥, 長谷川 浩
2. 発表標題 海洋大型藻類に対する鉄キレート錯体の生物学的有効性とその評価系の検討
3. 学会等名 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤井 光
2. 発表標題 コーヒー滓を用いた排水中ホウ素の除去に関する基礎検討
3. 学会等名 日本化学会関東支部第30回研究交流会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 果菜類の栽培施設及び該栽培施設におけるトマトの栽培方法	発明者 山崎公信，長谷川浩	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-071951	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 木本性樹木の栽培地及び栽培方法	発明者 山崎公信，長谷川浩，久保幹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、第6753566	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔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
研究分担者	澤井 光 (Sawai Hikaru) (30784962)	茨城工業高等専門学校・国際創造工学科・助教 (52101)	
研究分担者	三木 理 (Miki Osamu) (70373777)	金沢大学・機械工学系・教授 (13301)	

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
---------	---------