

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 22 日現在

機関番号：12614

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710004

研究課題名(和文)リン酸塩枯渇海域におけるヒ酸塩の動態に関する研究

研究課題名(英文)Study on dynamics of arsenate in phosphate-depleted marine environments

## 研究代表者

橋濱 史典 (HASHIHAMA, Fuminori)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・助教

研究者番号：80535807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ヒ酸塩およびリン酸塩の高感度分析法を確立し、太平洋亜熱帯域においてそれらの動態を調査した。西部北太平洋亜熱帯域では他の海域に比べてリン酸塩が枯渇しており、ヒ酸塩:リン酸塩比が顕著に高かった。西部北太平洋亜熱帯域ではヒ酸塩が微生物群集の増殖に影響を及ぼしている可能性が推察されたが、ヒ酸塩添加培養実験ではヒ素同化、有機物生産量、微生物群集組成に明確な変化はみられず、群集はヒ酸塩に対して強い耐性を持つことおよびヒ酸塩を利用して増殖するわけではないことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Dynamics of trace arsenate and phosphate in the subtropical Pacific Ocean were investigated using a highly sensitive spectrophotometry. Concentration ratios of arsenate to phosphate were significantly higher in the phosphate-depleted western subtropical North Pacific than the other subtropical regions, suggesting that arsenate influences on the growth of microorganisms in the western subtropical North Pacific. However, arsenate-enrichment incubation experiments in the western subtropical North Pacific revealed that arsenate addition did not induce significant variations in its assimilation, organic matter production, and community structure. This result implies that microorganisms in the phosphate-depleted marine environments have a high tolerance for the arsenate as a toxic substance and their growth is not particularly supported by the arsenate as an alternative of phosphate.

研究分野：生物地球化学

キーワード：ヒ酸塩 リン酸塩 西部北太平洋 亜熱帯海域 高感度分析

## 1. 研究開始当初の背景

周期表上ではヒ素はリンと同族であり、両元素は物理化学的に類似した性質を有する。生体内での両元素の挙動に着目すると、リンは ATP や核酸など重要な働きを担う化合物中に存在し、生物にとって必須の元素であるが、ヒ素はリンとは区別されずに代謝経路に組み込まれ、生物に対して強い毒性を示すことが多い。ヒ素の毒性については、殺人事件や環境公害など、社会問題としてしばしば取り上げられている。環境中のヒ素に関する研究は、その毒性と生体への影響に着目したものが多く、対象フィールドは生活圏に集中している。水圏環境においても、大都市周辺の水質や水産物におけるヒ素の動態に関して多くの知見が蓄積されている (Neff, 1997)。

生体への影響を考慮するとヒ素の毒性について理解を深めることは必然である。一方で今世紀に入ってから、微生物によるヒ素の解毒・耐性機構やヒ素の酸化還元反応から生じるエネルギーを利用した呼吸・化学合成が広く認識されるようになってきた (Oremland and Stolz, 2003)。近年では、米国の塩湖「Mono Lake」近くの温泉において嫌気的環境下に生息する微生物群集がヒ素の酸化から生じるエネルギーを利用して光合成することが確認されている (Kulp et al., 2008)。また、極最近になって、Mono Lake で採取されたバクテリアがリン酸塩枯渇環境下においてヒ素を同化して増殖すること、DNA などの細胞内主要画分にリンの代わりにヒ素が組み込まれることが報告された (Wolfe-Simon et al., 2011)。この成果は、ヒ素の毒性に関する常識を根底から覆すと共に「宇宙での生命探査に新たな視点」などと報道され、強烈なインパクトをもたらしたが、発表後、実験的証拠が不十分との意見も出され、論争となっている (e.g. Csabai and Szathmáry, 2011)。

ヒ素が地球上の多様な生物群集に対してどのように作用するのか。また、ヒ素を資源とする生物活動は地球上の物質循環にどのような影響を及ぼすのか。こういった疑問に対して着実に答えをだすことが次のステップとして求められている。ヒ素を同化する微生物はリン酸塩が枯渇した水圏環境において見出されたが、地球上にはリン酸塩が極度に枯渇した水圏環境が他にも存在する。申請者は、ナノモル ( $nM=10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$ ) レベルオーダーでの検出が可能な高感度吸光光度分析法を用いた観測により、西部北太平洋の亜熱帯外洋域における表層のリン酸塩濃度が、水平距離 2000 km 以上の領域で周年 10 nM 以下に枯渇していることを見出した (Hashihama et al., 2009)。一般に海洋において亜熱帯外洋域表層は、リン酸塩や硝酸塩などの栄養塩濃度が 100 nM 以下の貧栄養海域として特徴付けられるが、その中でも西部北太平洋はリン酸塩濃度が最も低い領域であることが明らかとなった。

西部北太平洋のリン酸塩大規模枯渇域で

はリンが周年有機物生産を律速していると考えられる。一方、この領域を対象とした炭酸系の研究では、全炭酸濃度が夏季に低く、冬季に高くなる明瞭な季節変化を示し、夏季の全炭酸低下は正味の有機物生産に起因することが指摘されている (Ishii et al., 2001)。リン酸塩枯渇域において活発な生物活動があるとする、リンに代わる何らかの物質が栄養源となっている可能性が考えられる。亜熱帯外洋域におけるヒ素の動態に関する知見は少ないが、夏季の北太平洋における高感度分析法 (水素化発生法) を用いた研究では、溶存する主要なヒ素化合物はヒ酸塩であり、その濃度は表層で 15 nM 程度存在し、深くなるにつれて増加する、いわゆる「生物活動に依存した栄養塩型鉛直分布」を示すことが報告されている (Cutter and Cutter, 2006)。しかしながら、西部北太平洋に広がるリン酸塩枯渇域においてはヒ酸塩濃度の詳細な時空間分布をはじめ、微生物によるヒ素利用能についてはほとんどわかっていないのが現状である。

## 2. 研究の目的

海水中のヒ酸塩とリン酸塩を簡便に同時計測する吸光光度分析法は古くから知られている (Johnson, 1971)。しかし、この手法では、亜熱帯外洋域表層のヒ酸塩およびリン酸塩の濃度は検出限界 (ca. 100 nM) 以下となる。リン酸塩枯渇域におけるヒ酸塩の動態を明らかにするためには、この手法の高感度化および高感度分析法を導入した現場観測の実施がカギとなる。また、現場観測では微生物によるヒ素利用能を調べるためのバイオアッセイも重要となる。本研究では、以下の項目を目的とした。

- ヒ酸塩とリン酸塩を高感度で同時計測するための吸光光度分析法を確立する。
- 西部北太平洋のリン酸塩枯渇域を主な対象海域として高感度同時分析法を導入した観測を実施し、ヒ酸塩の時空間分布およびそれらとリン酸塩を含む環境要因との関係を明らかにする。
- リン酸塩枯渇域において採取した海水試料にヒ酸塩を添加する培養実験を実施し、微生物群集の増殖応答および細胞内主要画分へのヒ素蓄積の有無について明らかにする。
- 現場観測より得られるヒ酸塩の濃度分布および同化速度の季節変化に着目した解析を行い、正味の有機物生産を支える栄養源としてのヒ素の役割を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 高感度分析法に関する検討

ヒ酸塩およびリン酸塩の高感度吸光光度分析には、1 m の長光路長キャピラリーセル (LWCC) を組み込んだ連続フロー分析システムを用いた (Hashihama et al., 2009)。ヒ酸塩の高感度分析には、通常のリン酸塩測定のリブデンブルー法に、発色温度 37°C、反応時

間 90 分の条件を加え、還元試薬の添加の有無による吸光度の差から濃度を求める方法 (Johnson, 1971) を採用した。本法は LWCC を用いることで高感度化を試みているが、高感度故に還元試薬自体が吸光度に影響を及ぼす可能性が考えられる。このため、海水試料に還元試薬を原法にならって 10:1 の割合 (v:v) で加えた試料と、その 2 倍の量を加えた試料の吸光度を比較した。試料保存についても検討した。西部北太平洋で採取した試料に関して、採取後直ちに船上分析して得られた濃度と 172 日間凍結保存した後に陸上研究室で分析して得られた濃度とを比較した。また、東部南太平洋の同一測点、同一深度で試料を複数本採取し、分析することで本法の繰り返し精度を調べた。

ヒ酸塩とリン酸塩の高感度吸光光度分析法を、粒状ヒ素および粒状リンの分析にも応用した。粒状ヒ素および粒状リンは、高圧加熱分解法 (Suzumura, 2008) によりヒ酸塩およびリン酸塩に分解した後、高感度吸光光度分析により定量した。粒状ヒ素の高圧加熱分解についてはこれまで例がなかったため、有機ヒ素化合物であるメチルアルソン酸およびジメチルアルシン酸を用いた分解効率の検討を行った。また、粒状物を集める際に用いたグラスファイバーフィルターが高感度分析で得られる吸光度に及ぼす影響についても調べた。

#### (2) 太平洋亜熱帯域における観測

東京海洋大学「神鷹丸」の第 83 次航海および JAMSTEC「白鳳丸」の KH-11-10、KH-12-3、KH-13-7、KH-14-3 次航海に乗船し、太平洋亜熱帯域において観測を行った。ヒ酸塩およびリン酸塩の試料は CTD に取り付けたニスキ X 採水器によって深度 200 以浅の水柱から採取した。同航海では深度 10 m から採取した試水を用いてヒ酸塩およびリン酸塩の添加培養実験も行った。試水は 2.4 L ポリカーボネートボトルに分注し、コントロール区、100 nM ヒ酸塩添加区、100 nM リン酸塩添加区をそれぞれ 3 本ずつ用意した。各試験区のボトルは、70%減光した表面海水かけ流し式甲板水槽内において 96 時間培養した。培養期間中、各試験区のボトルからヒ酸塩、リン酸塩、溶存有機態リン (DOP)、粒状ヒ素、粒状リン、クロロフィル *a* (Chl *a*)、微生物群集組成の試料を採取した。また、同様な培養実験系で、コントロール区と濃度の異なるヒ酸塩およびリン酸塩添加区を用意し (10, 50, 100 nM)、それぞれに  $^{13}\text{C}$  トレーサーを加えて 24 時間培養した後、有機物生産量の試料を採取した。

ヒ酸塩およびリン酸塩濃度は、高感度吸光光度分析法により計測した。DOP、粒状ヒ素および粒状リン濃度は高圧加熱分解 (Hansen and Koroleff, 1999; Suzumura, 2008) と高感度吸光光度分析を組み合わせた方法により求めた。Chl *a* 濃度は DMF 抽出による蛍光法に

よって求めた (Suzuki and Ishimaru, 1990)。微生物群集組成はフローサイトメトリーで解析し、*Prochlorococcus*、*Synechococcus*、ピコ・ナノ真核植物プランクトン、ナノシアノバクテリア、バクテリアの細胞密度を求めた (Marie et al., 1997, 1999; Sato et al., 2010)。有機物生産量は、安定同位体質量分析計を用いて試料中の炭素安定同位体比を計測して求めた (Hama et al., 1983)。

#### 4. 研究成果

##### (1) 高感度分析法の確立

LWCC を組み込んだヒ酸塩とリン酸塩の高感度吸光光度分析法の検出限界はそれぞれ 3 nM および 6 nM であり、両者の検量線は 0~1000 nM の範囲で直線性が確認され、高い相関を示した ( $r^2 > 0.9998$ )。還元試薬の影響については、還元試薬を 10:1 の割合で添加した試料と、2 倍量添加した試料では吸光度に 0.006 程度の差がみられた ( $t$ -test,  $p < 0.001$ ,  $n=4$ )。これは還元試薬にリン酸塩が含まれている、もしくは還元試薬自体が吸光度を上昇させるためと考えられる。この結果から還元試薬を添加した試料から還元試薬による吸光度の上昇分を差し引く必要があることがわかった。試料保存については、ヒ酸塩とリン酸塩の両方に関して、未凍結試料と凍結試料の間に有意な差は見られなかった ( $t$ -test,  $p > 0.05$ ,  $n=5$ )。このことから、長期間の試料の保存には凍結保存が有効であるとわかった。東部南太平洋から得られた試料に関する分析の繰り返し精度は、ヒ酸塩、リン酸塩それぞれについて変動係数  $< 13.6\%$ 、 $< 1.4\%$  であり、現場濃度を十分に測定可能であることが明らかとなった。

高圧加熱分解処理による有機ヒ素化合物の分解効率は  $> 90\%$  であり、ほぼ完全に分解されることが確認された。また、フィルター由来の吸光度の有意な上昇は認められなかったため ( $t$ -test,  $p > 0.05$ ,  $n=3$ )、フィルターが高感度吸光光度分析に与える影響は無視できることがわかった。

##### (2) ヒ酸塩・リン酸塩の空間分布

観測海域の大部分におけるリン酸塩およびヒ酸塩濃度は、表層混合層内では鉛直的に均一に分布し、亜表層クロロフィル極大層近傍から上昇する栄養塩型プロファイルを示した。

表層 ( $< 10$  m) のリン酸塩濃度は  $< 3\sim 330$  nM の範囲で地理的にダイナミックに変動しており、北太平洋よりも南太平洋で高い傾向が認められた (図 1)。北太平洋では日付変更線付近を境界に西部で低く ( $7 \pm 6$  nM)、中部で高かった ( $24 \pm 11$  nM)。南太平洋では中部 ( $50 \pm 36$  nM) に比べて東部で高かった ( $186 \pm 78$  nM)。

表層のヒ酸塩濃度は  $< 6\sim 48$  nM の範囲で変動していた (図 2)。リン酸塩濃度と比較して変動幅は小さく、海域間での明瞭な濃度差は

認められなかった。

西部北太平洋の表層では、リン酸塩濃度が極めて低く検出限界付近まで枯渇している場合が多く、ヒ酸塩:リン酸塩比が3以上になる領域が多く観測された(図3)。このような領域では、植物プランクトンによるヒ酸塩の取り込みが顕著になり、ヒ酸塩が生物生産に影響を及ぼす可能性が示唆された。

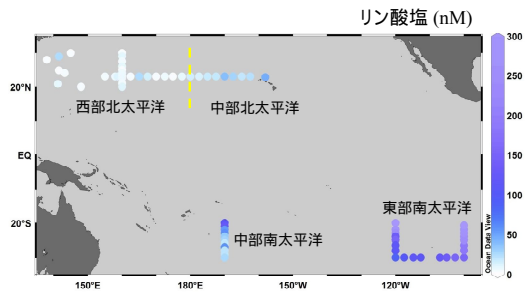


図 1. リン酸塩濃度の表面分布 .

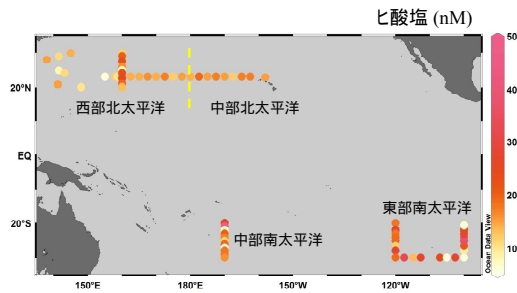


図 2. ヒ酸塩濃度の表面分布 .

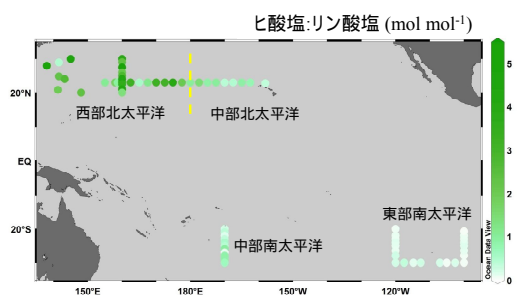


図 3. ヒ酸塩:リン酸塩比の表面分布 .

### (3) ヒ酸塩添加に対する微生物群集の応答

観測海域の大部分において、コントロール区、100 nM ヒ酸塩添加区、100 nM リン酸塩添加区のヒ酸塩、リン酸塩、DOP 濃度に明確な経時変化は認められなかったが、夏季の西部北太平洋でのみ、リン酸塩添加区のリン酸塩濃度が減少した(図4)。粒状ヒ素および粒状リン濃度は、ほとんどの海域の各試験区において明確な経時変化を示さなかったが、夏季の西部北太平洋でのみ、コントロール区に比べてリン酸塩添加区の粒状リン濃度が有意に増加した ( $t$ -test,  $p < 0.01$ ,  $n=3$ , 図4)。Chl *a* 濃度および各微生物の細胞密度については、

いずれの海域、試験区においても明確な経時変化を示さなかった。有機物生産量については、全域においてコントロール区と濃度の異なるヒ酸塩およびリン酸塩添加区との間に有意な差は認められなかった ( $t$ -test,  $p > 0.05$ ,  $n=3$ )。

夏季の西部北太平洋でのみリン酸塩添加に応答したリン同化が確認され、微生物群集がリン制限を受けていたことが示唆された。リン制限下ではヒ酸塩の取り込みが顕著になり、微生物群集の増殖が変化すると推察されたが、ヒ酸塩添加区におけるヒ酸塩:リン酸塩比が10以上の環境下であっても、粒状ヒ素濃度、有機物生産量、微生物群集の現存量に明確な変化は認められなかった。このことから亜熱帯外洋域ではリン酸塩が極度に枯渇した環境下であっても、微生物群集はヒ酸塩の毒性に対して強い耐性を持つことおよびヒ酸塩を同化して増殖するわけではないことが明らかとなった。また、夏季の西部北太平洋では表層のDOPおよび粒状ヒ素:粒状リン比が冬季に比べて低かった。DOP濃度が低下した領域では顕著なアルカリホスファターゼ活性が検出されており (Sato et al., 2013)、夏季の群集はリン源としてDOPを利用していたと解釈される。夏季の粒状ヒ素:粒状リン比の低下は、DOP利用によるヒ酸塩取り込みの抑制に起因すると考えられ、DOP利用がヒ酸塩による増殖阻害の緩和に寄与している可能性が示された(図5)。

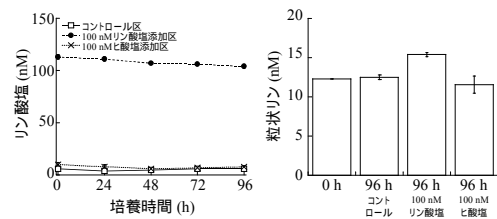


図 4. 夏季の西部北太平洋 (20°N, 160°E) で実施したヒ酸塩およびリン酸塩添加培養実験の結果 . 各試験区におけるリン酸塩濃度(左図) および粒状リン濃度(右図) の経時変化 .

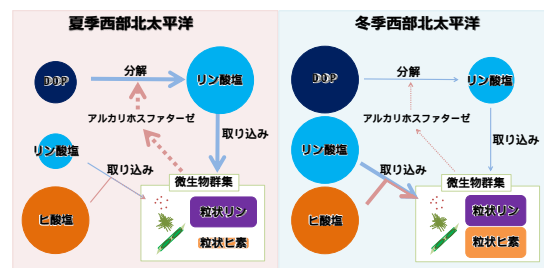


図 5. 西部北太平洋におけるヒ素およびリン循環の概念図 . 丸 (溶存物) および箱 (粒状物) のサイズは濃度、矢印の太さはフラックスの大きさを示す .

## 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7件)

- M. Sato, T. Kodama, F. Hashihama, K. Furuya, 2015, The effects of diel cycles and temperature on size distributions of pico- and nanophytoplankton in the subtropical and tropical Pacific Ocean, *Plankton and Benthos Research*, 10, 26-33, 査読有
- F. Hashihama, J. Kanda, Y. Maeda, H. Ogawa, K. Furuya, 2014, Selective depressions of surface silicic acid within cyclonic mesoscale eddies in the oligotrophic western North Pacific, *Deep-Sea Research Part I*, 90, 115-124, 査読有
- M. Sato, R. Sakuraba, F. Hashihama, 2013, Phosphate monoesterase and diesterase activities in the North and South Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 10, 7677-7688, 査読有
- M. Girault, H. Arakawa, A. Barani, H. J. Ceccaldi, F. Hashihama, S. Kinouchi, G. Gregori, 2013, Distribution of ultraphytoplankton in the western part of the North Pacific subtropical gyre during a strong La Niña condition: relations with the hydrological conditions, *Biogeosciences*, 10, 5947-5965, 査読有
- 橋濱史典, 2013, 高感度栄養塩類分析法を用いた亜熱帯海域表層の生物地球化学的研究, *海の研究*, 22, 169-185, 査読有 (日本海洋学会岡田賞受賞記念論文)
- F. Hashihama, S. Kinouchi, S. Suwa, M. Suzumura, J. Kanda, 2013, Sensitive determination of enzymatically labile dissolved organic phosphorus and its vertical profile in the oligotrophic western North Pacific and East China Sea, *Journal of Oceanography*, 69, 357-367, 査読有 (日本海洋学会日高論文賞受賞)
- M. Girault, H. Arakawa, F. Hashihama, 2013, Phosphorus stress of microphytoplankton community in the western subtropical North Pacific, *Journal of Plankton Research* 35, 146-157, 査読有

### [学会発表](計27件)

#### 海外

- T. Shiozaki, S. Takeda, S. Itoh, T. Kodama, X. Liu, F. Hashihama, K. Furuya, Why does *Trichodesmium* become abundant in the Kuroshio?, ASLO Aquatic Science Meeting, Granada, Spain, February 27, 2015
- S. Suzuki, R. Kaneko, T. Kodama, F. Hashihama, S. Suwa, I. Tanita, K. Furuya, K. Hamasaki, Environmental and spatial factors structuring free-living and particle-associated

communities of bacteria in the Pacific Ocean, ASLO Aquatic Science Meeting, Granada, Spain, February 26, 2015

H. Saito, F. Hashihama, M. Ehama, Y. Sasaki, T. Sugahara, H. Ogawa, H. Fukuda, J. Kanda, Silicon and siliceous organisms in the North Pacific Ocean: competition for nitrogen in the DIN depleted subtropical region, ASLO Aquatic Science Meeting, Granada, Spain, February 26, 2015

M. Sato, F. Hashihama, Carbon-phosphorus lyase activities in the surface water of the North Pacific Ocean as determined using a synthesized fluorescent substrate, ASLO Aquatic Science Meeting, Granada, Spain, February 25, 2015

F. Hashihama, S. Kinouchi, S. Suwa, M. Suzumura, J. Kanda, Sensitive determination of enzymatically labile dissolved organic phosphorus and its vertical profile in the oligotrophic western North Pacific and East China Sea, 6th China-Japan- Korea IMBER Symposium, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, October 3, 2013

X. Ge, T. Mifune, A. Kubo, F. Hashihama, M. Kawai, N. Miyazaki, J. Kanda, Nitrogen uptake and primary production in Tokyo Bay, 6th China-Japan- Korea IMBER Symposium, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, October 3, 2013

S. Sim, F. Hashihama, N. Miyazaki, J. Kanda, Alkaline phosphatase activity in Tokyo Bay, 6th China-Japan- Korea IMBER Symposium, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, October 3, 2013

S. Suzuki, R. Kaneko, T. Kodama, F. Hashihama, S. Suwa, I. Tanita, K. Furuya, K. Hamasaki, Dynamics of free-living and particle-associated SAR11 bacteria in surface water of the Pacific Ocean, The 13th Symposium on Aquatic Microbial Ecology (SAME13), Stresa, Italy, September 12, 2013

M. Sato, R. Sakuraba, F. Hashihama, Distributions of alkaline phosphatase and diphosphatase activities in the Pacific Ocean, with an emphasis on phosphorus cycling in subtropical gyres, ASLO Aquatic Science Meeting, New Orleans, Louisiana, USA, February 19, 2013

F. Hashihama, S. Kinouchi, J. Kanda, Distribution of enzymatically labile dissolved organic phosphorus in the oligotrophic western North Pacific, ASLO Aquatic Science Meeting, Lake Biwa, Otsu, Shiga, Japan, July 12, 2012

K. Furuya, T. Kodama, T. Shiozaki, F. Hashihama, S. Kitajima, S. Takeda, T. Takemura, J. Kanda, Development of large-scale phosphate exhaustion in the western North Pacific subtropical gyre, ASLO Aquatic Science

Meeting, Lake Biwa, Otsu, Shiga, Japan, July 10, 2012

#### 国内

M. Ehama, F. Hashihama, S. Kinouchi, J. Kanda, H. Saito, Sensitive determination of trace particulate phosphorus using a liquid waveguide spectrophotometry, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2015年3月22日

齊藤宏明, 橋濱史典, 江濱誠, 塩崎拓平, 福田秀樹, 小川浩史, 熱帯・亜熱帯太平洋における生元素の存在形態 - プランクトンおよびデトリティクスが生元素循環に果たす役割 -, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2015年3月22日

佐藤光秀, 橋濱史典, 北太平洋表層におけるC-Pリアーゼ活性, 日本海洋学会, 長崎大学 (長崎県), 2014年9月14日

橋濱史典, 齊藤宏明, 江濱誠, 諏訪修平, 櫻庭涼輔, 神田穰太, 佐藤光秀, 太平洋亜熱帯域における各種リンプールの水平分布, 日本海洋学会シンポジウム, 長崎大学 (長崎県), 2014年9月13日 (招待講演)

江濱誠, 橋濱史典, 齊藤宏明, 櫻庭涼輔, 諏訪修平, 神田穰太, 佐藤光秀, 南北太平洋貧栄養海域における粒状リンの分布, 日仏海洋学会, 日仏会館 (東京都), 2014年6月14日

諏訪修平, 橋濱史典, 神田穰太, 佐藤光秀, 南北太平洋貧栄養海域におけるヒ酸塩添加に対する微生物群集の応答, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2014年3月29日

菅原貴徳, 橋濱史典, 神田穰太, 齊藤宏明, LWCC法を応用した微量生物源粒状ケイ素の定量, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2014年3月29日

S. Sim, F. Hashihama, N. Miyazaki, J. Kanda, Seasonal variation in alkaline phosphatase activity in Tokyo Bay, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2014年3月29日

M. Girault, H. Arakawa, G. Grégori, F. Hashihama, K. Hyonchol, M. Odaka, K. Yasuda, Flow cytometry identification of nanocyanobacteria and their limiting factors in the North Pacific Subtropical Gyre, 日本生物物理学会, 国立京都国際会館 (京都府), 2013年10月29日

齊藤宏明, 橋濱史典, 佐々木裕愛, 諏訪修平, 菅原貴徳, 児玉武稔, 亜熱帯貧栄養海域におけるケイ酸および生物源粒状ケイ素の分布, 日本海洋学会, 北海道大学 (北海道), 2013年9月1日

橋濱史典, 高感度栄養塩類分析法を用いた亜熱帯海域表層の生物地球化学的研究, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2013年3月23日 (招待講演「岡田賞受賞記念講演」)

櫻庭涼輔, 橋濱史典, 諏訪修平, 神田穰太, 齊藤宏明, 津田敦, 児玉武稔, 佐藤光

秀, 南北太平洋貧栄養海域における易分解性溶存有機態リンの空間分布, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2013年3月22日

諏訪修平, 橋濱史典, 神田穰太, 児玉武稔, 齊藤宏明, 津田敦, 南北太平洋貧栄養海域におけるヒ酸塩およびリン酸塩の空間分布, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2013年3月22日

佐藤光秀, 橋濱史典, 児玉武稔, 古谷研, 太平洋亜熱帯海域におけるピコ・ナノ植物プランクトンサイズ, 日本海洋学会, 東京海洋大学 (東京都), 2013年3月22日

M. Girault, H. Arakawa, F. Hashihama, Phosphorus stress of microphytoplankton community in the western subtropical North Pacific, 日仏海洋学会, 日仏会館 (東京都), 2012年6月10日

児玉武稔, 市川忠史, 古谷研, 橋濱史典, 太平洋貧栄養海域におけるナノモルレベル栄養塩の南北分布, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「海洋の生物地球化学・生態系の統合研究 (IMBER) に関する最近の成果と今後の展望」, 東京大学 (東京都), 2012年6月4日 (招待講演)

#### 〔図書〕(計1件)

H. Ogawa, K. Kogure, J. Kanda, F. Hashihama, M. Suzumura, 2014, Detailed variations in bioactive elements in the surface ocean and their interaction with microbiological processes, p177-197, Western Pacific Air-Sea Interaction Study, Eds. M. Uematsu, Y. Yokouchi, Y. W. Watanabe, S. Takeda, Y. Yamanaka, Terrapub, P269

#### 〔その他〕

ホームページ等  
東京海洋大学 - 橋濱史典,  
<http://www.kaiyodai.ac.jp/kyoin/staff.html?ids=20>

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
橋濱 史典 (HASHIHAMA FUMINORI)  
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・助教  
研究者番号: 80535807

(2)研究分担者 ( )  
研究者番号:

(3)連携研究者 ( )  
研究者番号: