

令和 4 年 5 月 17 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01852

研究課題名(和文) 海水中の尿素の高感度分析法の開発と貧栄養海域の物質循環における尿素の役割の解明

研究課題名(英文) Sensitive determination of nanomolar urea and its dynamics in oligotrophic ocean

研究代表者

橋濱 史典 (Hashihama, Fuminori)

東京海洋大学・学術研究院・准教授

研究者番号：80535807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：低濃度の尿素を定量可能な全自動高感度吸光光度分析システムを用いて、貧栄養海域における尿素のダイナミクスを観測し、尿素が純群集生産(光合成による正味の二酸化炭素吸収)を支える窒素源であるか否かを検証した。無機窒素栄養塩類が枯渇した亜熱帯海域において尿素はナノモルレベルで存在しており、ウレアーゼ遺伝子解析や¹⁵N尿素取り込み実験によって微生物群集が尿素を利用している事実を確認した。一方、純群集生産を駆動する窒素源としては尿素のみならず、他の溶存有機態窒素も重要であることが各形態窒素濃度の季節収支の解析から明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

貧栄養な亜熱帯海域の純群集生産(光合成による正味の二酸化炭素吸収)を駆動する窒素源としてこれまで見過ごされてきた尿素の寄与を評価することに成功した。尿素が微生物群集に利用されている実態を捉えることに成功したが、年間の純群集生産の駆動源としては尿素だけでなく他の溶存有機態窒素も大きく寄与していることを示すことができた。微生物群集による窒素の利用は二酸化炭素から有機物をつくる光合成を支えるものであり、本研究の成果は地球上の二酸化炭素収支の仕組みを理解する上で重要な知見となる。

研究成果の概要(英文)：This study investigated whether urea is a major nitrogen source for sustaining net community production in the oligotrophic ocean, using a newly-developed sensitive analytical system for determining trace urea. In the nitrate-depleted subtropical ocean, urea existed at nanomolar level and was utilized by microbes as revealed by urease gene analysis and urea-¹⁵N uptake experiment. However, annual budget analysis of various nitrogen components demonstrated that net community production was sustained by not only urea but also other dissolved organic nitrogen.

研究分野：海洋生物地球科学

キーワード：海洋科学 環境分析 尿素 亜熱帯海域

1. 研究開始当初の背景

亜熱帯海域の表層は、高水温により強い成層が発達し、深層からの栄養塩供給が抑制されるため、栄養塩類濃度が常法のマイクロモル ($\mu\text{mol L}^{-1} = 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$) レベルの分析では検出限界以下となる、いわゆる貧栄養海域である。貧栄養海域は全海洋表面積の約 6 割を占める広大な領域であり、大気 - 海洋間の炭素収支に大きく影響することから、当該海域の二酸化炭素収支の解明は不可欠である。貧栄養海域では、冬から夏にかけて全炭酸濃度がマイクロモルレベルで顕著に低下する様子が明確に捉えられており、この濃度低下のほぼ全ては光合成による正味の二酸化炭素吸収 (純群集生産) によることが明らかとなっている (例えば Michaels et al. 1994 Nature; Ishii et al. 2001 Mar. Chem.)。全炭酸の季節的低下は概ね $10\text{-}20 \mu\text{mol C L}^{-1}$ であり、一次生産者である植物プランクトンを構成する有機物の炭素と窒素の平均的なモル比 (C/N = 6.6; レッドフィールド比) から正味で同化されたはずの窒素の濃度低下分を見積もると $1.5\text{-}3.0 \mu\text{mol N L}^{-1}$ となる。

このような窒素濃度の低下やこれを補うはずの供給のメカニズムは高感度分析法によるナノモル ($\text{nmol L}^{-1} = 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$) レベルの無機窒素栄養塩類の詳細な観測でも全く説明がつかない。例えば、ハワイやバミューダ沖の貧栄養海域における時系列定定点では、表層の硝酸塩濃度は高感度分析法によっても通常ほぼ検出限界付近であり、冬季のわずかな期間に鉛直混合に伴って突発的に数 nmol N L^{-1} 上昇することが明らかになっているものの、必要な供給量にはほど遠い (Karl et al. 2001 Deep-Sea Res. II; Lipschultz 2001 Deep-Sea Res. II)。純群集生産を支えるその他の窒素源として、生物学的窒素固定 (窒素ガス) や大気からの窒素酸化物の沈着なども考えられるが、決定的な報告はない。

近年、海洋研究への分子生物学的手法の導入により、海洋生物群集の機能遺伝子解析が盛んに行われるようになってきた。この中で、貧栄養海域の主要な植物プランクトンである *Prochlorococcus* が尿素輸送系の遺伝子を有していることが示された (Hamasaki et al. 2015 NEOPS Symposium)。これは貧栄養海域の物質循環における尿素の重要性を生物学的観点から支持するものであるが、貧栄養海域における尿素の濃度変動や循環プロセスなどの知見は極めて限られており、機能遺伝子解析の結果を支持する化学的証拠は得られていない。

貧栄養海域の尿素濃度は、硝酸塩やアンモニウム塩の濃度が枯渇レベルであることから (例えば Hashihama et al. 2015 Talanta)、同様に枯渇レベルであるという見方が一般的である。しかしながら、数少ない尿素濃度の実測例からは興味深い結果が得られている。大西洋の貧栄養海域において春と秋に観測した例では、尿素が $0.5\text{-}2 \mu\text{mol N L}^{-1}$ 程度存在し、春の方が秋に比べて高濃度であったことが示されている (Painter et al. 2008 Mar. Ecol. Prog. Ser.)。ただし、この研究での分析は常法のマイクロモルレベルの濃度測定であり、測定精度や分析時のコンタミネーションの管理については再検証が必要と考えられる。しかしながら、仮に $2 \mu\text{mol N L}^{-1}$ の尿素が存在し、冬から夏にかけて濃度低下したとすると全炭酸の季節変化を窒素消費で概ね説明できることになる。

貧栄養海域における時系列観測では冬季において、下層からの硝酸塩供給が断片的に捉えられているが、これ以外の観測では捉えきれない大きな窒素供給がある可能性は否定できない (Johnson et al. 2010 Nature)。供給された窒素化合物が直ちに生物代謝に利用された場合、観測では捉えることができないが、一旦プランクトン等の生物代謝を介して尿素の形態に落ち着き、正味の二酸化炭素吸収に利用されれば、純群集生産の窒素源になると考えられる (Fig. 1)。

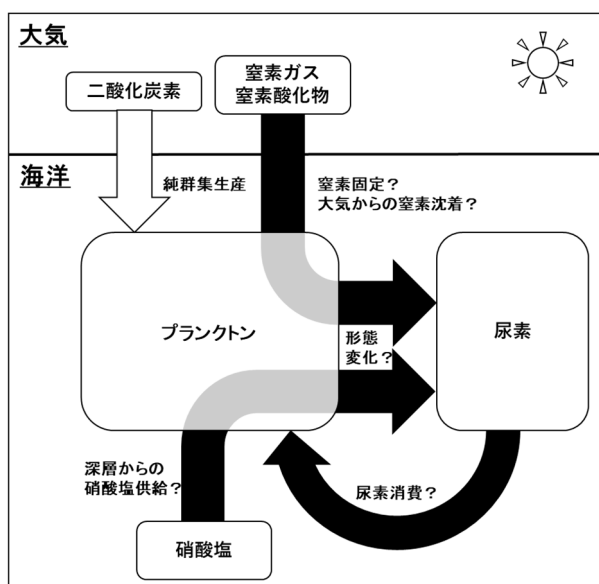


Fig. 1 尿素を含めた貧栄養海域の窒素循環の予想図

2. 研究の目的

まず、貧栄養海域における尿素濃度の変動を高感度、高精度で検出するために、これまで研究代表者らが開発、実用化してきた長光路セルを用いた吸光光度分析技術を利用して、ナノモルレベルの尿素の計測が可能な高感度分析システムを構築する。次に、この高感度分析システムを用いて貧栄養海域における時系列観測を実施し、尿素濃度の季節変動を高精度で捉える。また、尿素の変動メカニズムを明らかにするために、安定同位体 ^{15}N をトレーサーとした現場培養実験により、尿素の生物的代謝（取り込み速度）の定量的把握を行うと共に、尿素の代謝に関わる生物群集の機能遺伝子を解析する。無機窒素栄養塩類の取り込み速度、窒素固定速度、大気からの窒素沈着量のデータも取得し、尿素のダイナミクスとの関連性について解析する。以上の解析結果を総合して尿素が純群集生産を支える窒素源であるか否かを検証し、貧栄養海域の物質循環における尿素の役割を解明する。

3. 研究の方法

(1) 尿素の全自動高感度吸光光度分析システム

尿素の全自動高感度吸光光度分析システムを確立した (Fig. 2; Takeda et al. 2020 Talanta)。Price & Harrison (1987 Mar. Biol.) の自動分析システムをベースに、100 cm の長光路セルを組み込んだ分析システムを構築し、反応時間および温度、試薬の組成と濃度を決定した。全自動分析に必須となる界面活性剤について詳細な検討を行い、ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミドが最も適していることを明らかにした。3% NaCl、北太平洋亜熱帯域表層水、相模湾深層水を用いてブランクを選定したところ、相模湾深層水の吸光度が最も低くブランクに適していることがわかった。本システムは1時間あたり10試料測定可能であり、検量線は $0\text{--}1000\text{ nmol N L}^{-1}$ の尿素濃度の範囲で直線性および強い相関を示し、先行研究に比べて十分に低い検出限界 (5 nmol N L^{-1}) が得られた。気象庁航海において北太平洋亜熱帯域の200 m以浅から採取した試料を測定したところ、 $25\text{--}134\text{ nmol N L}^{-1}$ の尿素濃度であり、鉛直的にダイナミックな変動が観測された。現場試料を用いて繰り返し測定を行い、変動係数を求めたところ5%以下であり、高感度高精度で分析可能であることが実証された。

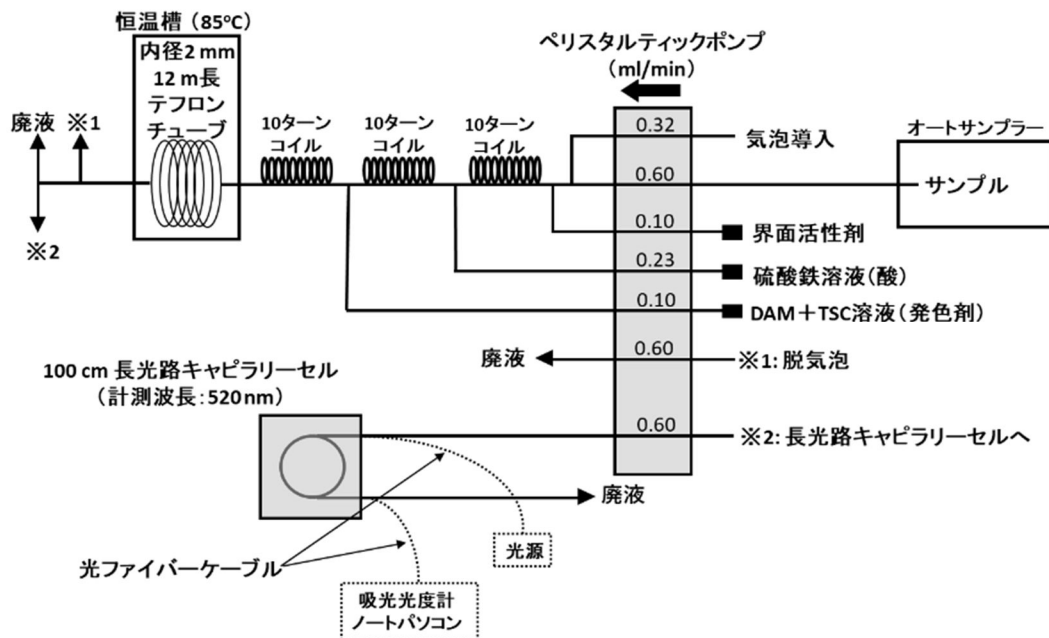


Fig. 2 尿素の全自動高感度吸光光度分析システム

(2) 尿素ダイナミクスの現場観測

気象庁観測船、海洋研究開発機構白鳳丸およびみらい、海上自衛隊南極観測船しらせの航海に参加し、北太平洋亜熱帯域、東部インド洋、北極海周辺海域、南大洋インド洋区において尿素ダイナミクスに関する現場観測を実施した。全ての航海において純群集生産が行われる有光層内から無機窒素栄養塩類、尿素、溶存有機態窒素のサンプルを採取した。これらのサンプルの各形態窒素濃度は船上あるいは陸上研究室において、高精度高感度分析法 (Hashihama et al. 2009 Geophys. Res. Lett.; Takeda et al. 2020 Talanta; Yasui-Tamura et al. 2020 Talanta Open) を用いて測定した。また、各海域において ^{15}N でラベルした尿素をトレーサーとして用いた尿素取り込み実験 (Kanda et al. 1985 Limnol. Ocanogr.) を実施した。2017年夏に北太平洋亜熱帯域で実施した白鳳丸航海では、遺伝子サンプルを採取し、*Prochlorococcus* のウレアーゼ遺伝子発現についても調べた。

4. 研究成果

(1) 尿素のグローバル分布

北太平洋亜熱帯域、東部インド洋、北極海周辺海域、南大洋インド洋区における尿素および無機窒素栄養塩類の地理的分布を明らかにした (Fig. 3a)。有光層内の尿素および無機窒素栄養塩類の総濃度は、北太平洋亜熱帯域、東部インド洋、北極海周辺海域、南大洋インド洋区の順で高かった。総濃度に占める尿素的割合は北太平洋亜熱帯域で最も高く (Fig. 3b)、且つ、*Prochlorococcus* のウレアーゼ遺伝子発現および微生物群集による顕著な尿素取り込みも確認され、亜熱帯域において尿素が重要な窒素源であることが示唆された。冗長性解析 (RDA) より、北極海周辺海域では尿素、アンモニウム塩と見かけの酸素消費量 (AOU) に強い正の相関がみられ、他の3海域では硝酸塩と AOU に強い正の相関がみられた。有光層内であっても酸素消費を伴う有機物分解の顕著な層が存在し、尿素および無機窒素栄養塩類が生成されており、有機物生成・分解が盛んな低温海域ほど尿素やアンモニウム塩等の還元態窒素が豊富に存在することが示唆された。

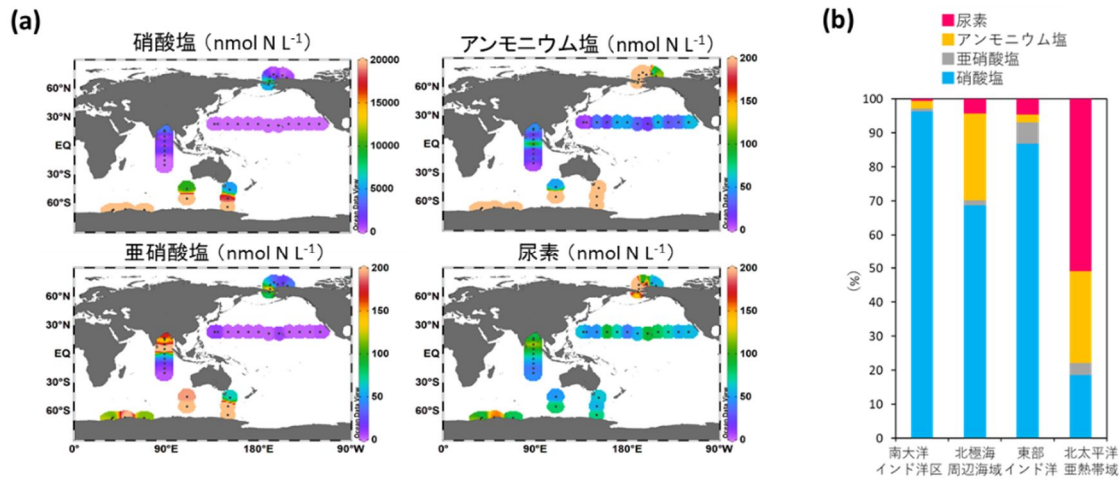


Fig. 3 有光層内の尿素および無機窒素栄養塩類の (a) 平均濃度分布と (b) 海域別平均組成

(2) 北太平洋亜熱帯域における尿素的季節変動

気象庁観測船による5航海の観測結果から有光層 (0-100 m) 内の尿素的濃度の季節変動について明らかにした (Fig. 4)。尿素は表層水温 25°C の春先にわずかに高濃度になることがわかった。尿素以外の形態窒素については、硝酸塩には明瞭な季節変動が認められなかったが、粒状窒素や溶存有機態窒素には冬から夏にかけて濃度低下する季節変動が認められた。粒状窒素に比べて溶存有機態窒素の季節的濃度低下は1桁大きいオーダーであった。溶存有機態窒素の季節変動パターンは、古くから知られている純群集生産の季節変動パターンと対応しており、溶存有機態窒素の利用が純群集生産を支えていたことが示唆された。尿素は溶存有機態窒素に含まれるが、尿素のみが純群集生産に利用されるわけではなく、アミノ酸などの他の易分解性の溶存有機態窒素が純群集生産に大きく寄与していることが推測された。

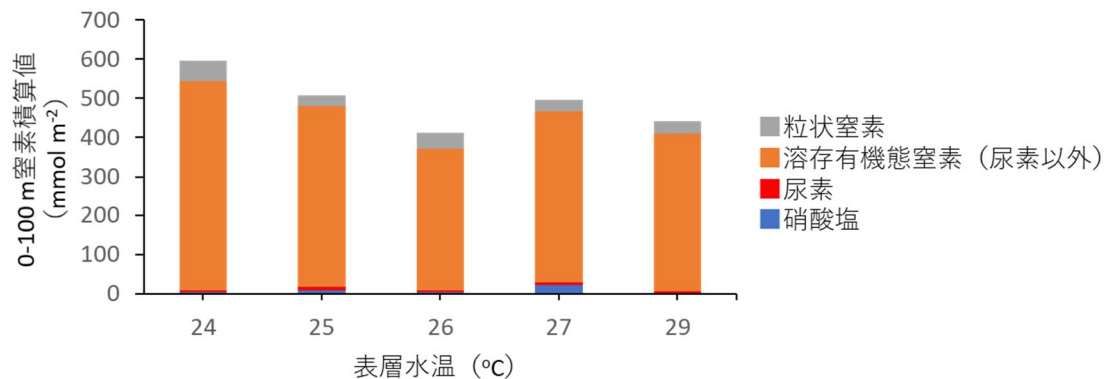


Fig. 4 北太平洋亜熱帯域における0-100mの各形態窒素積算値の季節変動 (表層水温が低い時期は冬、高い時期は夏に対応)

(3) 北太平洋亜熱帯域における窒素収支

北太平洋亜熱帯域を対象海域とし、本研究で得られたデータと先行研究のデータを包括的に整理し、純群集生産が行われる有光層内への窒素供給プロセスをボックスモデルにより評価した (Hashihama et al. 2021 Nat. Commun.)。シアノバクテリアが駆動する窒素固定が大気からの窒素酸化物の沈着や下層からの硝酸塩供給に比べて量的に大きく、年間の全窒素供給の85%を占

めることが明らかとなった。このことから有光層内に豊富に存在する溶存有機態窒素のソースの大部分は窒素固定であることが推測された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Fuminori Hashihama, Ichiro Yasuda, Aki Kumabe, Mitsuhide Sato, Hiroshi Sasaoka, Yosuke Iida, Takuhei Shiozaki, Hiroaki Saito, Jota Kanda, Ken Furuya, Philip W. Boyd, Masao Ishii	4. 巻 12
2. 論文標題 Nanomolar phosphate supply and its recycling drive net community production in the subtropical North Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-23837-y	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 Iwao Tanita, Takuhei Shiozaki, Taketoshi Kodama, Fuminori Hashihama, Mitsuhide Sato, Kazutaka Takahashi, Ken Furuya	4. 巻 126
2. 論文標題 Regionally variable responses of nitrogen fixation to iron and phosphorus enrichment in the Pacific Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 e2021JG006542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JG006542	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 橋濱史典・纈織慎也・近藤能子・佐々木克徳・杉本周作・高橋一生・長井健容・西岡純・林田博士・平井淳也	4. 巻 30
2. 論文標題 海洋学の10年展望2021: 中緯度	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 131-158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_127	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 Takuhei Shiozaki, Fuminori Hashihama, Hisashi Endo, Minoru Ijichi, Noriko Takeda, Akiko Makabe, Amane Fujiwara, Shigeto Nishino, Naomi Harada	4. 巻 66
2. 論文標題 Assimilation and oxidation of urea derived nitrogen in the summer Arctic Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 4159-4170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.11950	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 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Yukio Masumoto, Hongbin Liu, Hiroshi Ogawa, Hiroaki Saito	4. 巻 203
2. 論文標題 Phytoplankton dynamics as a response to physical events in the oligotrophic Eastern Indian Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2022.102784	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 Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito, Takuhei Shiozaki, Makoto Ehama, Shuhei Suwa, Takanori Sugiyama, Haruka Kato, Jota Kanda, Mitsuhide Sato, Taketoshi Kodama, Tamaha Yamaguchi, Sachiko Horii, Iwao Tanita, Shota Takino, Kazutaka Takahashi, Hiroshi Ogawa, Philip W. Boyd, Ken Furuya	4. 巻 34
2. 論文標題 Biogeochemical controls of particulate phosphorus distribution across the oligotrophic subtropical Pacific Ocean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Biogeochemical Cycles	6. 最初と最後の頁 e2020GB006669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GB006669	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 Takuhei Shiozaki, Amane Fujiwara, Keisuke Inomura, Yuu Hirose, Fuminori Hashihama, Naomi Harada	4. 巻 13
2. 論文標題 Biological nitrogen fixation detected under Antarctic sea ice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 729-732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-020-00651-7	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 -

1. 著者名 Saori Yasui-Tamura, Fuminori Hashihama, Hiroshi Ogawa, Takashi Nishimura, Jota Kanda	4. 巻 2
2. 論文標題 Automated simultaneous determination of total dissolved nitrogen and phosphorus in seawater by persulfate oxidation method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Talanta Open	6. 最初と最後の頁 100016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talo.2020.100016	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 Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito, Taketoshi Kodama, Saori Yasui-Tamura, Jota Kanda, Iwao Tanita, Hiroshi Ogawa, E. Malcolm S. Woodward, Philip W. Boyd, Ken Furuya	4. 巻 18
2. 論文標題 Cross-basin differences in the nutrient assimilation characteristics of induced phytoplankton blooms in the subtropical Pacific waters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 897-915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/bg-18-897-2021	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 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito	4. 巻 77
2. 論文標題 Phytoplankton growth and grazing mortality through the oligotrophic subtropical North Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 505-521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-020-00580-4	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 Noriko Takeda, Fuminori Hashihama, Jota Kanda	4. 巻 208
2. 論文標題 Automated colorimetric determination of nanomolar urea in seawater by gas-segmented continuous flow analysis using a liquid waveguide capillary cell	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 120371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2019.120371	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 Takuhei Shiozaki, Deniz Bombar, Lasse Riemann, Mitsuhide Sato, Fuminori Hashihama, Taketoshi Kodama, Iwao Tanita, Shigenobu Takeda, Hiroaki Saito, Koji Hamasaki, Ken Furuya	4. 巻 32
2. 論文標題 Linkage between dinitrogen fixation and primary production in the oligotrophic South Pacific Ocean	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Biogeochemical Cycles	6. 最初と最後の頁 1028-1044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017GB005869	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 Sachiko Horii, Kazutaka Takahashi, Takuhei Shiozaki, Fuminori Hashihama, Ken Furuya	4. 巻 27
2. 論文標題 Stable isotopic evidence for the differential contribution of diazotrophs to the epipelagic grazing food chain in the mid-Pacific Ocean	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Ecology and Biogeography	6. 最初と最後の頁 1467-1480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/geb.12823	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 Mitsuhide Sato, Fuminori Hashihama	4. 巻 82
2. 論文標題 Assessment of potential phagotrophy by pico- and nanophytoplankton in the North Pacific Ocean using flow cytometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquatic Microbial Ecology	6. 最初と最後の頁 275-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/ame01892	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 Takuhei Shiozaki, Deniz Bomber, Lasse Riemann, Fuminori Hashihama, Shigenobu Takeda, Tamaha Yamaguchi, Makoto Ehama, Koji Hamasaki, Ken Furuya	4. 巻 31
2. 論文標題 Basin scale variability of active diazotrophs and nitrogen fixation in the North Pacific, from the tropics to the subarctic Bering Sea	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Global Biogeochemical Cycles	6. 最初と最後の頁 996-1009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017GB005681	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 Sayaka Yasunaka, Yukihiro Nojiri, Taketo Hashioka, Chisato Yoshikawa, Taketoshi Kodama, Shin-ichiro Nakaoka, Sanae Chiba, Fuminori Hashihama, Masahide Wakita, Ken Furuya, Daisuke Sasano, Akihiko Murata, Hiroshi Uchida, Michio Aoyama	4. 巻 74
2. 論文標題 Basin-scale distribution of NH4+ and NO2- in the Pacific Ocean	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-017-0433-1	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 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Yutaro Nagatomo, Sachiko Horii, Junya Hirai, Fuminori Hashihama, Tetsuya Sado, Tekehiko Fukuchi, Masaki Miya, Kazutaka Takahashi
2. 発表標題 Effect of geographical variation in primary productivity and nitrogen fixation on mesopelagic fish community in the subtropical North Pacific
3. 学会等名 ASLO Aquatic Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato Takuya, Shiozaki Takuhei, Fuminori Hashihama, Toshihiko Takemura, Kazutaka Takahashi
2. 発表標題 Nitrogen fixation and diazotroph community structure in the eastern Indian Ocean
3. 学会等名 ASLO Aquatic Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Yukio Masumoto, Hongbin Liu, Hiroshi Ogawa, Hiroaki Saito
2. 発表標題 Transient phytoplankton blooms and their formation mechanisms in oligotrophic subtropical and tropical oceans
3. 学会等名 IMBER West Pacific Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Siyu Jiang・Fuminori Hashihama・Hiroaki Saito
2. 発表標題 Temporary phytoplankton bloom induced by physical disturbances in the Eastern Indian Ocean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋濱史典・額綱慎也・近藤能子・佐々木克徳・杉本周作・高橋一生・長井健容・西岡純・林田博士・平井淳也
2. 発表標題 海洋学の10年展望2021：中緯度
3. 学会等名 日本海洋学会創立80周年記念シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋濱史典・安田一郎・隈部あき・佐藤光秀・笹岡洋志・飯田洋介・塩崎拓平・齊藤宏明・神田穰太・古谷研・Philip W. Boyd・石井雅男
2. 発表標題 北太平洋亜熱帯域の純群集生産を駆動するナノモルレベルのリン供給と迅速な再生
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fuminori Hashihama
2. 発表標題 Nanomolar nutrient dynamics in the oligotrophic subtropical ocean
3. 学会等名 IMAS-CSIRO BGC Discussion Group Meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuhei Shiozaki, Amane Fujiwara, Keisuke Inomura, Yuu Hirose, Fuminori Hashihama, Naomi Harada
2. 発表標題 Biological nitrogen fixation detected under Antarctic sea ice
3. 学会等名 Symposium on Polar Science（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakae Toyoda · Kotaro Terajima · Naohiro Yoshida · Chisato Yoshikawa · Akiko Makabe · Fuminori Hashihama · Hiroshi Ogawa
2. 発表標題 Distribution and isotopic composition of N2O in the eastern Indian Ocean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU-AGU Joint Meeting)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江思宇 · 橋濱史典 · 齊藤宏明
2. 発表標題 Temporary phytoplankton biomass increases in oligotrophic subtropical and tropical oceans
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩崎拓平 · 藤原周 · 井之村啓介 · 広瀬侑 · 橋濱史典 · 原田尚美
2. 発表標題 南極海海水域における窒素固定の発見
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江思宇 · 橋濱史典 · 齊藤宏明
2. 発表標題 Temporary phytoplankton blooms in oligotrophic subtropical and tropical ocean
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物研究会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 由井智啓・堀井幸子・橋濱史典・笥 茂穂・高橋一生
2. 発表標題 なぜTrichodesmium spp.は群体を形成するのか? : VPRによる鉛直分布観察結果から考える適応的意義
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物研究会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito
2. 発表標題 Comparison of phytoplankton growth and mortality in oligotrophic subtropical North Pacific and Eastern Indian Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋濱史典
2. 発表標題 ナノモルレベル栄養塩類の分布と今後の展望
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「白鳳丸30周年記念世界一周航海 (HEAW30) へ向けた研究戦略会議」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田典子・橋濱史典・塩崎拓平・佐藤拓哉・高橋一生・安井沙織・神田穰太
2. 発表標題 貧栄養海域における尿素と無機窒素栄養塩類の地理的変動
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長友佑太郎・佐藤拓哉・Zhou Fanyu・一戸凌・平井惇也・西部裕一郎・橋濱史典・高橋一生
2. 発表標題 東部インド洋熱帯・亜熱帯外洋域における魚類マイクロネクトン群集の分布と変動要因
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤拓哉・塩崎拓平・橋濱史典・武田典子・佐藤光秀・高橋一生
2. 発表標題 東部インド洋における窒素固定活性の南北勾配
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木里樹・橋濱史典・武田典子・神田穰太
2. 発表標題 長光路吸光光度分析法を用いた全粒状窒素・リンの高感度計測
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤拓哉・塩崎拓平・橋濱史典・高橋一生
2. 発表標題 東部インド洋における窒素固定者群集構造と窒素固定活性の関係
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物研究会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Saito, Fuminori Hashihama, Yu Umezawa, Ryu Nozaki, Hiroshi Ogawa, Hideki Fukuda
2. 発表標題 Nutrient front across the Kuroshio
3. 学会等名 International Symposium: Understanding Changes in Transitional Areas of the Pacific (PICES) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito
2. 発表標題 Microzooplankton selective grazing on phytoplankton in the subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 8th China-Japan-Korea IMBER Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaro Nagatomo, Kazutaka Takahashi, Tetsuya Sado, Masaki Miya, Fuminori Hashihama, Sachiko Horii, Junya Hirai
2. 発表標題 Transpacific distribution of micronektonic fish community in the subtropical open water
3. 学会等名 PICES annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ken-ichi Nakamura, Kazutaka Takahashi, Fuminori Hashihama, Ken Furuya
2. 発表標題 The role of ammonium excretion of small planktonic copepods in epipelagic nitrogen cycle in the subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Siyu Jiang, Fuminori Hashihama, Hiroaki Saito
2. 発表標題 Microzooplankton selective grazing on phytoplankton in the subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田典子・橋濱史典・神田穰太・石井雅男
2. 発表標題 海水中の尿素の高感度自動分析法の開発
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安井沙織・橋濱史典・西村崇・小川浩史・神田穰太
2. 発表標題 湿式酸化分解法による海水中の全溶存窒素・リンの全自動分析
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡戸創・塩崎拓平・佐藤光秀・堀井幸子・山口珠葉・佐藤拓哉・高橋一生・瀧崎恒二・武田典子・杉山貴紀・加藤遥・安井沙織・神田穰太・橋濱史典
2. 発表標題 北太平洋亜熱帯域におけるProchlorococcusのウレアーゼ遺伝子発現
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物研究会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野永実子・堀井幸子・仲村康秀・橋濱史典・高橋一生
2. 発表標題 北太平洋外洋域における混合栄養性マイクロプランクトンの地理分布と環境要因との関連
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物研究会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Furuya, Sachiko Horii, Kazutaka Takahashi, Takehi Shiozaki, Fuminori Hashihama
2. 発表標題 Contribution of diazotrophs to the epipelagic grazing food chain in the subtropical mid-Pacific
3. 学会等名 Ocean Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋濱史典・隈部あき・笹岡洋志・羽住彩花・石井雅男・佐藤光秀
2. 発表標題 西部北太平洋亜熱帯域における栄養塩環境と植物プランクトン群集の季節変動
3. 学会等名 日本海洋学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sachiko Horii, Kazutaka Takahashi, Natsuki Gonda, Takehi Shiozaki, Junji Yonezawa, Kazuto Andoh, Ichiro Komazawa, Fuminori Hashihama, Ken Furuya
2. 発表標題 Biological nitrogen fixation sustains fishery production in the subtropical Pacific Ocean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	神田 穰太 (Kanda Jota) (60202032)	東京海洋大学・学術研究院・教授 (12614)	

	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
連携 研究者	石井 雅男 (Ishii Masao) (70354553)	気象庁気象研究所・その他部局等・研究総務官 (82109)	
連携 研究者	塩崎 拓平 (Shiozaki Takuhei) (90569849)	東京大学・大気海洋研究所・准教授 (12601)	

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			
オーストラリア	University of Tasmania			
英国	Plymouth Marine Laboratory			
デンマーク	University of Copenhagen			
中国	Hong Kong Univ. Sci. Tech.			