

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12309

研究課題名(和文) 北太平洋とその隣接海域における鉄の生物利用能の解明

研究課題名(英文) Bioavailability of iron in the North Pacific and its adjacent area

研究代表者

近藤 能子 (Kondo, Yoshiko)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・准教授

研究者番号：40722492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：海洋における鉄の循環や植物プランクトンによる鉄利用の機構の理解を目的として、本研究は鉄の形態の中でも生物利用能の高いFe(II)に着目して「海洋環境の違いがFe(II)の挙動を制御し、植物プランクトン現存量にも影響を与えている」という仮説を検証した。その結果、海洋では日中はFe(II)が光化学反応を経て生成し、北太平洋では光照射によるFe(II)の生成・消失速度が測点間で変化した。この原因には、水温やpHに加え、天然海水中の有機配位子の光化学反応性の相違が挙げられた。また、Fe(II)生成速度は現場の生物生産性とも関係しており、鉄の生物利用能は一次生産の仕組みに影響を与える可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋では、一次生産性が海域によって異なり、栄養物質の挙動の違いがその鍵を握ると考えられている。鉄は生物活動に不可欠な微量金属元素だが、海水中には難溶で、その循環機構は明らかでない。本研究の結果は、海洋一次生産を支える植物プランクトンによる鉄利用機構や海域間での生物生産性の違いについての理解を促進するものである。本研究で見られた「水温やpH、海水中の有機物の組成は鉄の生物利用効率に影響を与える」という結果は、地球温暖化に伴う海洋環境変化は鉄の生物利用能の変化をもたらす可能性を示している。

研究成果の概要(英文)：In order to understand the marine biogeochemical cycle of iron and its bioavailability, this study focused on Fe(II), which has a high bioavailability among the chemical forms of iron in seawater. It was carried out with the aim of verifying the hypothesis that the behavior of Fe(II) is controlled by the environment such as temperature, pH, and so on, and Fe(II) dynamics affect phytoplankton biomass. Our results showed that Fe(II) is produced through photochemical reactions in the surface water during the daytime. In the North Pacific, the photoirradiation-induced Fe(II) formation/dissipation rates varied between sea areas. This was attributed to differences in water temperature, pH, and photochemical reactivity of organic ligands in natural seawater. In addition, it was considered that the difference in Fe(II) production rate affected the biological productivity in the North Pacific.

研究分野：海洋生物地球化学

キーワード：鉄 植物プランクトン 二価鉄 光化学反応 生物利用能 酸化還元 北太平洋 有機配位子

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋一次生産を担う植物プランクトンの生長には、窒素やリンなど主要栄養素に加え微量金属元素である「鉄」が不可欠であり、世界の海の約 30%は鉄の不足により一次生産が制限されている (Moore et al., 2013)。こうした背景から、海洋における鉄分布に関する研究は、国内外の研究者により近年精力的に進められており、海洋における鉄の広域分布は徐々に明らかになってきた (例えば, Nishioka and Obata, 2017)。一方、海洋には、我が国周辺の北西太平洋亜寒帯域のように、大気経由の鉄供給量が多いにも関わらず、鉄不足が一次生産の制限要因となっている海域も存在し、植物プランクトン細胞内への鉄の取込速度や増殖速度への影響など、現場の鉄の生物利用能の把握には至っていない。海水中で熱力学的に安定な三価鉄(Fe(III))の無機化学的溶解度は極めて低く、天然の海水中では Fe(III)は生物が生成する有機物や腐植物質等の有機配位子と錯体を作る。その結果、溶存鉄の大部分は有機錯体鉄として存在すると考えられている(例えば, Kondo et al., 2012)。しかし、真核植物プランクトンは有機錯体鉄を直接細胞内に取り込むことはできず、光化学反応や植物プランクトン細胞表面での還元反応により還元されて生成した二価鉄(Fe(II))を取り込むことが示唆されている (例えば, Sunda, 2001)。従って、海洋における植物プランクトンによる鉄利用効率を知るためには、海水中の溶存鉄濃度だけではなく、海水中の Fe(II)の生成・消失機構も重要になる。これまで、培養株を用いた実験室内での研究では、Fe(II)の生成・消失速度は水温や pH に加え、有機配位子の種類によって変化することが示されているが(例えば, Fujii et al., 2014)、鉄が不足する外洋域の濃度レベルを考慮した研究は行われていなかった。

2. 研究の目的

これまで、海洋表層の鉄循環や生物利用能をコントロールする「鉄の存在形態」、中でも生物利用能の高い Fe(II)の生成・消失機構が海域間でどのように変化するかは未解明であった。本研究は、「水温・光量・有機物など海洋環境の違いが生物利用能の高い Fe(II)の挙動を制御し、さらには植物プランクトン現存量にも影響を与えている」という仮説を検証することを目的としている。そのため、(1) 現場の Fe(II)分布を明らかにすることに加え、(2) 北太平洋亜寒帯～亜熱帯ならびに東シナ海で採取された海水に擬似太陽光照射実験を行い、各試料中の Fe(II)の生成(還元)・消失(酸化)速度を調べる。加えて、(3) 海水中の有機物組成がその Fe(II)生成・消失に与える影響を考察するため、UV 照射海水にモデル有機錯体鉄を添加した試料を対象に(2)同様に光照射実験を実施した。以上のデータを総合的に解析し、海洋表層における鉄の生物利用メカニズムを明らかにするものである。

3. 研究の方法

(1) 東シナ海陸棚斜面周辺域における現場の Fe(II)分布

海水試料は、2019年7月に実施された長崎大学水産学部練習船長崎丸の航海中、東シナ海陸棚域から海盆域にかけての計4測点より、微量金属の汚染防止に配慮したクリーン採水によって得た。海水試料は孔径 0.2 μm のアクロパックフィルターを用いて濾過し、濾液中の Fe(II)は採取直後に FIA-ルミノール化学発光法 (Bolster et al., 2018) にて船上分析を行った。同時に溶存鉄濃度測定用の試料も採取し、陸上研究室にてボルタンメトリーによる標準添加法 (Croot and Johansson, 2000) にて分析した。また、観測中は現場の光強度や植物プランクトン現存量について同時に調査を行った。

(2) 北太平洋亜寒帯域・亜熱帯域・東シナ海表層水中の光化学反応による Fe(II)生成と消失

北太平洋亜寒帯域・亜熱帯域の海水試料(表層 10 m 層)は、(1)の東シナ航海に加え、2017年6月～8月ならびに 2022年6月～8月に実施された海洋研究開発機構研究船白鳳丸 KH-17-3 次航海と KH-22-7 次航海において、(1)と同様に微量金属の汚染防止に配慮したクリーン採水によって濾過試料を得た。濾過試料は-20°Cで凍結し、陸上研究室へ持ち帰った。解凍後、試料中の Fe(III)と錯形成する有機配位子の濃度およびその条件安定度定数は競合配位子平衡-吸着濃縮カソーディックストリッピングボルタンメトリー(CLE-ACSV)法 (Abualhija and van den Berg, 2014)により求めた。光照射による Fe(II)生成量の見積もりは、解凍後の海水試料を一晩暗所にて静置し Fe(II)を全て Fe(III)に酸化させて実施した。試料静置後、水温を調整しつつ、擬似太陽光を照射し、40分後までの Fe(II)濃度の変化を(1)と同様に FIA-ルミノール化学発光法により測定し、光化学反応による Fe(II)生成速度と消光後の Fe(II)消失速度を見積もった。

(3) モデル配位子を用いた有機錯体鉄の光照射応答

溶存鉄の大部分は有機錯体鉄として存在すると考えられているが、有機錯体鉄を構成する有機物の種類により、その生物利用能は異なる可能性がある。この「生物利用能」が光化学反応性の違いに起因するものであるかどうかについて検証するため、モデル配位子を用いた有機錯体鉄の光照射実験を行った。海水試料には UV 照射濾過海水を用い、これにモデル配位子であるグルクロン酸(糖類)、あるいはデスフェリオキサミン B (シデロフォア)、標準腐植物質 SRFA (陸・堆積物起源) を添加し、その後それぞれ Fe(II)を添加して暗所にて静置し、試料中の Fe(II)は全

て酸化させた。その後、水温を一定に保ったまま、(2) 同様に擬似太陽光を照射し、その Fe(II) 生成および消光後の変化を記録した。

4. 研究成果

(1) 東シナ海陸棚斜面周辺域における現場の Fe(II) 分布

東シナ海陸棚斜面周辺域における Fe(II) 濃度は表層で極大を示し、日中の有光層内では Fe(II) のみでも外洋域表層の全溶存鉄の濃度レベルに比べ高くなるケースも見られるなど、本調査海域では光強度が現場の鉄の生物利用能に強い影響を与えていると考えられた (Fig. 1a)。実際に、植物プランクトン現存量を示すクロロフィル *a* 濃度の極大層付近では、Fe(II) 濃度極小が確認された。Fe(II) の半減期 ($T_{1/2}$) は深度と共に増加する傾向を示し、水温の影響を受けていると考えられた (Fig. 1b)。即ち、無光層にて検出された比較的高濃度の Fe(II) は、中深層における有機物分解や還元環境下の堆積物より供給された Fe(II) が長期保存された結果と考えられた。有光層内の Fe(II) 半減期は 3-22 分の範囲であり、日中に生成された海洋表層の Fe(II) は日没後数時間で消失すると推察された。この時間は過去に調べられた南太平洋亜熱帯外洋域表層水に比べて長めのものもあったことから (Kondo and Moffett, 2015)、東シナ海周辺海域では外洋域に比べ Fe(II) が残存しやすい環境である可能性が示唆された。

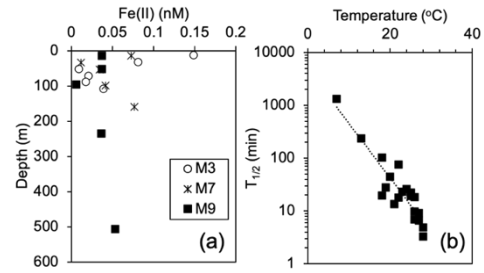


Fig. 1. 東シナ海陸棚周辺域における(a)Fe(II)濃度の鉛直分布および(b)その半減期と水温の関係。

(2) 北太平洋亜寒帯域・亜熱帯域・東シナ海表層水中の光化学反応による Fe(II) 生成と消失
太平洋亜寒帯域表層 10 m 層における溶存鉄濃度はいずれも低く、最西端の親潮黒潮移行域やアラスカ還流最東端の測点以外では硝酸塩+亜硝酸塩が十分に存在していたことから、多くの観測点は鉄制限下にあったと予想された。同海域の有機配位子の濃度と条件安定度定数のデータに測点間の明瞭な違いは見られなかったが、全ての試料で溶存鉄濃度の 10 倍以上の濃度で存在しており、有機配位子は鉄供給に対して過剰に存在していたと考えられた。

擬似太陽光照射による Fe(II) 生成速度 (速度定数 k_{red}) は、親潮黒潮移行域やアラスカ還流東部の一部の海域で高いことが示され (Fig. 2a)、これらは東シナ海表層水と同等程度であった。一方、亜寒帯 HNLC 海域や亜熱帯域の一部では光照射による Fe(II) 生成が認められず、生物利用能は海域間で異なる可能性が示唆された。調査海域における水柱積算クロロフィル *a* 濃度 (Fig. 2b) と k_{red} の関係を調べたところ、相関関係が見られた (Fig. 2c)。よって、光照射による Fe(II) 生成速度の違いは現場の生物生産にも影響している可能性も考えられた。

消光後の Fe(II) 半減期は 3-37 分の範囲であり、東部亜寒帯域では低水温であるにも関わらず低めの値を示した。Fe(II) の生成速度と消失速度の間には有意な関係性は見られず、水温・pH との関係は一部の測点間では相関関係が見られたが、亜寒帯域から亜熱帯域までのデータを統合した場合にはその関係性は不明瞭であった。このことから、鉄の生物利用能は水温などの一般的な環境パラメーターだけでは説明ができず、別の要因、すなわち鉄と錯体形成する有機配位子の組成が異なっていた可能性も考える必要がある。

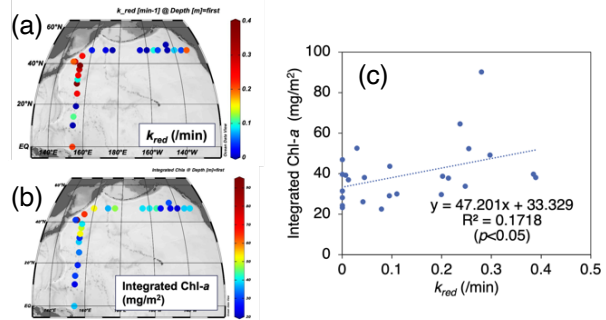


Fig. 2. 北太平洋表層における(a)光照射による Fe(II) 生成速度定数 (k_{red}) と (b) 水柱積算クロロフィル *a* 濃度および (c) その関係。

(3) モデル配位子を用いた有機錯体鉄の光照射応答

モデル配位子 (シドロフォア、標準腐植物質、糖類) を用いた光照射実験からは、電気化学的手法から算出された鉄との錯形成能 (条件安定度定数) が同様のものであっても光化学反応性には違いがあることが示された。特に、シドロフォアのモデルとして使用したデスフェリオキサミン B は光化学反応性に乏しいことが示された。従って光照射による Fe(II) 生成が起こりにくかった測点では、デスフェリオキサミン B のような光化学反応性に乏しい有機配位子が表層における多く存在した可能性、一方でそれ以外の測点では生物活動由来の多糖類や腐植物質様の有機配位子が主要な配位子であった可能性がそれぞれ考えられた。

以上、本研究の結果から、東シナ海のような陸棚域だけでなく、鉄濃度が極めて低い外洋海水でも太陽光が照射する日中は Fe(II) が光化学反応を経て生成されていることが示された。これは、鉄の光化学反応による生物利用能の向上 (Shaked et al., 2020) を支持するものとなった。また、外

洋域では溶存鉄濃度はいずれも低濃度であったが、Fe(II)の生成・消失速度は測点間で異なり、鉄の生物利用能も相違することが示唆された。この原因としては、水温や pH の影響だけではなく、天然海水中に存在する有機配位子の光化学反応性の相違が挙げられた。また、光照射による Fe(II)生成速度の違いは現場の生物生産性にも影響している可能性も考えられた。

これらの成果は、国内外の学会・シンポジウムを通して発表済みである。引き続き、現在準備中の投稿論文にて研究成果を発信する。

<引用文献>

- Abualhaja, M. M. and C. M. G. van den Berg, 2014, Chemical speciation of iron in seawater using catalytic cathodic stripping voltammetry with ligand competition against salicylaldoxime, *Mar. Chem.*, 164, 60-74.
- Bolster, K. M., et al., 2018, Determination of iron(II) by chemiluminescence using masking ligands to distinguish interferences, *Limnol. Oceanogr. Methods*, 16, 750-759.
- Croot, P. L., and M. Johansson 2000, Determination of iron speciation by cathodic stripping voltammetry in seawater using the competing ligand 2-(2-thiazolylazo)-*p*-cresol (TAC). *Electroanalysis*, 8, 565-576.
- Fujii, M. et al., 2014, Effects of molecular composition of natural organic matter on ferric iron complexation at circumneutral pH. *Environ. Sci. Technol.*, 48, 4414-24.
- Kondo, Y. et al., 2012, Distinct trends in dissolved Fe speciation between shallow and deep waters in the Pacific Ocean, *Mar. Chem.*, 134-135, 18-28.
- Kondo, Y. and J. W. Moffett, 2015, Iron redox cycling and subsurface offshore transport in the eastern tropical South Pacific oxygen minimum zone. *Mar. Chem.*, 168, 95-103.
- Moore, C. M., et al., 2013, Processes and patterns of oceanic nutrient limitation. *Nature Geoscience*, 6, 701-710.
- Nishioka, J. and H. Obata, 2017, Dissolved iron distribution in the western and central subarctic Pacific: HNLC water formation and biogeochemical processes. *Limnol. Oceanogr.*, 62, 2004-2022.
- Shaked, Y. et al., 2020, Insights into the bioavailability of oceanic dissolved Fe from phytoplankton uptake kinetics, *ISME J*, 14, 1182-1193.
- Sunda, W. G., 2001, Bioavailability and bioaccumulation of iron in the sea, In: *The Biogeochemistry of Iron in Seawater*, edited by: Turner, D. R. and Hunter, K. A., 41-84, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp. 41-84.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Kuo Hong Wong, Jiarui Xu, Yoshiko Kondo, Shigenobu Takeda, Asami S. Mashio, Hiroshi Hasegawa, Hajime Obata	4. 巻 6
2. 論文標題 Very strong but exchangeable organic ligand of cobalt in the marginal sea	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 1299-1312
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/lno.12078	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 Yaoyao Wang, Rong Bi, Jing Zhang, Jiawei Gao, Shigenobu Takeda, Yoshiko Kondo, Fajin Chen, Gui'e Jin, Julian P. Sachs, Meixun Zhao	4. 巻 9
2. 論文標題 Phytoplankton distributions in the Kuroshio-Oyashio region of the northwest Pacific Ocean: implications for marine ecology and carbon cycle	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fmars.2022.865142	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 Kuo Hong Wong, Hajime Obata, Jun Nishioka, Youhei Yamashita, Yoshiko Kondo, Taejin Kim, Asami Mashio, Hiroshi Hasegawa	4. 巻 31
2. 論文標題 Subarctic Pacific intermediate water: an oceanic highway for the transport of trace metals in the North Pacific	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography Bulletin	6. 最初と最後の頁 31-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/lob.10490	査読の有無 無
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 近藤能子	4. 巻 35
2. 論文標題 月例卓話・海水中の鉄など微量栄養物質が植物プランクトン増殖へ与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 海洋化学研究	6. 最初と最後の頁 132-136
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 岩本洋子, 相木秀則, 磯口治, 大林由美子, 近藤文義, 近藤能子, 西岡純	4. 巻 30
2. 論文標題 海洋学の10年展望2021: 大気海洋境界	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 199 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_199	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, 額織慎也, 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, 平井惇也	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_131	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 木田新一郎, 栗原晴子, 大林由美子, 川合美千代, 近藤能子, 西岡純	4. 巻 30
2. 論文標題 海洋学の10年展望2021: 沿岸域	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 87-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_87	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 Jun Nishioka, Hajime Obata, Toru Hirawake, Yoshiko Kondo, Youhei Yamashita, Kazuhiro Misumi, Ichiro Yasuda	4. 巻 77
2. 論文標題 A review: iron and nutrient supply in the subarctic Pacific and its impact on phytoplankton production	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 561 ~ 587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-021-00606-5	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 Kuo Hong Wong, Hajime Obata, Taejin Kim, Yoshiko Kondo, Jun Nishioka	4. 巻 66
2. 論文標題 New insights into the biogeochemical cycling of copper in the subarctic Pacific: Distributions, size fractionation, and organic complexation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 1424 ~ 1439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.11695	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 Kondo Yoshiko, Bamba Rise, Obata Hajime, Nishioka Jun, Takeda Shigenobu	4. 巻 11
2. 論文標題 Distinct profiles of size-fractionated iron-binding ligands between the eastern and western subarctic Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-81536-6	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12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 近藤能子, 異智沙徳, 西岡純
2. 発表標題 西部北太平洋における鉄有機配位子動態に関する研究
3. 学会等名 北大低温研究集会 北方圏縁辺海の役割や北太平洋の物質循環に関するワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤能子, 山中紘輝, 岩田遙貴, 砂原雄大, 西岡純, 小畑元, 武田重信
2. 発表標題 北太平洋における鉄の光化学反応による形態変化
3. 学会等名 AORI共同利用研究集会GEOTRACES-Japan
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤能子, 小畑元, 西岡純, 張勁
2. 発表標題 海洋における微量元素・同位体に関する国際研究GEOTRACES計画の現状と将来
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤能子, 山中紘輝, 砂原雄大, 西岡純, 小畑元, 武田重信
2. 発表標題 北太平洋亜寒帯域表層の鉄の化学形態と生物利用能
3. 学会等名 2021年度秋季日本海洋学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中紘輝, 近藤能子, 小畑元
2. 発表標題 夏季有明海湾奥部貧酸素水塊における二価鉄の経時変化
3. 学会等名 2021年日本地球化学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川上有希子, 近藤能子, 高谷智裕
2. 発表標題 海水中のビタミンB12の光化学反応による影響に関する研究
3. 学会等名 2021年度九州沖縄地区シンポジウム「海洋学・生物地球化学と水産資源研究の融合に向けて」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中紘輝, 近藤能子, 藤田夏穂, 砂原雄大, 小畑元
2. 発表標題 東シナ海陸棚斜面域の鉄の酸化還元状態
3. 学会等名 2020年日本地球化学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koki Yamanaka, Yoshiko Kondo, Natsuho Fujita, Yudai Sunahara, Hajime Obata
2. 発表標題 Fe redox status and its bioavailability in the East China Sea shelf break area
3. 学会等名 PICES 2020 Virtual Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 砂原雄大, 近藤能子, 三浦大輝, 西岡純, 小畑元
2. 発表標題 東部南太平洋における鉄有機配位子の分布
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 「微量元素・同位体を用いた海洋生物地球化学研究の推進と新しい展開に向けて」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤能子, 馬場梨世, 小畑元, 西岡純, 武田重信
2. 発表標題 北太平洋亜寒帯HNLC海域におけるサイズ分画鉄有機配位子分布の東西比較
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 「微量元素・同位体を用いた海洋生物地球化学研究の推進と新しい展開に向けて」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋成美, 近藤能子, 近藤幹大
2. 発表標題 有明海におけるビタミンB12の分布と植物プランクトン群集への影響
3. 学会等名 2019年度生物地球化学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤能子
2. 発表標題 東シナ海における鉄の化学的存在形態
3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会「東シナ海の物質循環ならびに基礎生産に関わる物理・化学・生物過程」
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長崎大学水産学部 / 大学院水産・環境科学総合研究科 化学海洋学研究室ホームページ https://chemocean-kondo.wixsite.com/home
--

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
研究協力者	小畑 元 (Obata Hajime) (90334309)	東京大学・大気海洋研究所・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
---------	---------