

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02835

研究課題名(和文)北太平洋西部亜寒帯循環域の特異な海洋酸性化と生物への影響評価に関する研究

研究課題名(英文)Ocean acidification in the subarctic western North Pacific Ocean and its impact on marine biology

研究代表者

脇田 昌英(WAKITA, Masahide)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(むつ研究所)・技術研究員

研究者番号：30415989

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文):高生物生産力の西部北太平洋亜寒帯循環域では、冬季表層の酸性化は減速し、中層は酸性化が加速している。本研究の目的は、この循環域の時系列観測点K2で特異な酸性化の進行を捉え、化学的と物理学的視点からメカニズムを解明し、生物への影響を評価することである。その結果、年平均速度の酸性化は他の外洋域と同等であった。一方、冬季酸性化の抑制の要因は、偏西風駆動による循環縮小がもたらした海面高度上昇と永年密度躍層深化による溶存無機炭素増加の減衰とアルカリ度増加によるアルカリポンプ効果の強化であることが分かった。また、アルカリポンプ効果の強化は、酸性化に伴う生物による炭酸カルシウム生成の弱化为原因と示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

西部北太平洋亜寒帯域は、外洋域で最も早く炭酸カルシウムの化学的飽和度が未飽和になると予測されている海域で、時系列観測を実施し、特異な酸性化の進行とメカニズムを調べ、生物影響評価することは、今後起こり得る他の海域へ応用する上で非常に重要である。加えて、酸性化の進行は、食物網の底辺を支える低次生物のプランクトンが被害を受け、サケ、サンマなどに代表される我が国の豊かな水産資源を支える西部亜寒帯循環の生態系や水産資源が劇変するかもしれない。その影響を、船舶と係留系による時系列観測を基に酸性化進行の解明は、将来の地球環境変化と水産資源の変動予測の向上に貢献できるため、我が国として喫緊の研究課題である。

研究成果の概要(英文): Rising atmospheric CO₂ contents have led to greater CO₂ uptake by the oceans, lowering both pH and CaCO₃ saturation states. Here, we used CO₂ system data collected during 1997-2019 to investigate ocean acidification at time series sites in the western subarctic region of the North Pacific Ocean. The annual mean pH at station K2 decreased mostly in response to oceanic uptake of anthropogenic CO₂. The pH during the winter decline at a slower rate. This was attributed to a reduced rate of increase of dissolved inorganic carbon (DIC) and an increase of total alkalinity (TA). The reduction of DIC increase was caused by the decline of surface water density associated with the pycnocline depression and the reduction of vertical diffusion flux from the upper pycnocline due to wind-driven northward shrinkage of the western subarctic gyre. Meanwhile, the winter TA increase might be caused mainly by the accumulation of TA due to the weakened calcification by organisms during the winter.

研究分野：海洋学

キーワード：海洋環境変動 海洋酸性化 海洋環境評価

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

産業革命以降、大気に放出された人為起源二酸化炭素 (CO_2) の増加による地球温暖化は、海洋環境変化 (温暖化、低酸素化、海洋酸性化等) を引き起こしている。この人為起源 CO_2 の 30% は海洋が吸収し、表面 pH を 0.1 低下させた [IPCC, 第 5 次評価報告書]。この海洋酸性化は、さらに、炭酸イオン (CO_3^{2-}) を減少させ、炭酸カルシウム (CaCO_3) の化学的飽和度を下げる。このため、 CaCO_3 の殻や骨格を持つ生物の生育阻害が危惧されるが、その影響を実海域で定量的に示した例は殆どない。

高生物生産力の西部北太平洋亜寒帯域には、2014 年 9 月国連気候サミットで酸性化の進行が示された時系列観測点の一つである K2 (北緯 47 度, 東経 160 度) (図 1) がある。そこは、 CO_2 濃度が多く、pH の低い海水が深層から湧昇する海域である。10 年以上に及び時系列観測から、中層 (約 200m 深) の pH の低下速度 ($-0.004/\text{年}$) が人為起源 CO_2 吸収と有機物分解の増加による低酸素化の相乗効果により著しく速いという特徴を持ち、その進行が世界的にも深刻な海域の一つである [Wakita et al., 2013, Biogeosciences]。一方、冬季の海洋から大気への CO_2 放出、冬季混合層の CaCO_3 飽和度 (アラゴナイト) CO_3^{2-} 濃度が年々減少しているが (図 2) その速度は他の海域よりも遅い。これは、 CO_3^{2-} が構成要素の一つであるアルカリ度 (TA) が冬季混合層で増加しており、そのアルカリポンプ効果によって、年々の減少が抑えられているからである [Wakita et al., 2013, Biogeosciences]。さらに、この TA 増加要因は、冬季混合層の深度と関連があり、西部亜寒帯循環の変動に起因することが考えられる。

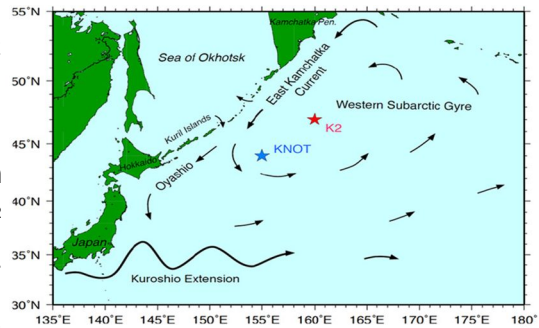


図 1. 西部亜寒帯循環と時系列観測点

2. 研究の目的

今後、温暖化などの環境変化に伴う西部亜寒帯循環の変動によって、TA 増加が停滞し、人為起源 CO_2 の吸収が進めば、 CaCO_3 飽和度が未飽和になり、表層の CaCO_3 の殻をもつ生物が溶解し、生態系への影響が予想される。そのメカニズムを理解することは、将来の環境変化を予測する上でも非常に重要である。そこで、本研究の目的は、船舶観測に加え、係留系を用いた時系列観測のモニタリングを実施し、特異な酸性化の進行を捉え、化学的と物理学的視点からそのメカニズムを解明し、生物への影響を評価することが目的である

3. 研究の方法

(1) 時系列自動採水器による係留型時系列観測の実施

酸性化の変動と酸性化を引き起こす物理的要因を詳細に捉えるため、従来の船舶による観測で採水・分析、炭酸系データ等の蓄積を行う。さらに、自動昇降計測システム・セジメントトラップなどを搭載した係留系に、水深 100m と 200m に時系列自動採水器と pH ハイブリッドセンサーに加えて、CTD・酸素 (DO) センサー、多層流向流速計を設置する。

(2) pH/ CO_2 センサーの実海域試験と実施

海洋研究開発機構が開発した pH/ CO_2 センサーは、室内実験では、約 1 ヶ月間の安定性や精度は仕様通りであることが確認されているが、鉛直方向への実績が少ないため、実海域において確認する。船舶観測時に採水器へ pH/ CO_2 センサーを取り付け、水深 3000m までの鉛直観測を行う。

(3) 混合層での酸性化進行と溶存化学成分データから見た酸性化による生物への影響

過去 10 年以上の溶存化学成分データを用いて、混合層での酸性化進行とそのメカニズムを解明すると共に、酸性化による生物への影響を調べるために、混合層の栄養塩、溶存無機炭素 (DIC)、TA 等の各季節の気候値と観測値の差の経年変化と混合層以深からの鉛直拡散の経年変化を求める。その結果、正味の群集生産と CaCO_3 生成の変化を解析する。

(4) 中層での酸性化の 20 年周期とトレンドの検出

この循環域の中層の溶存酸素は約 20 年周期で経年変化することが報告されている [Watanabe et al., 2008, Geophys. Res. Lett.]。DO と相関関係がある pH にも同様の変動が期待され、今までの pH 低下速度の見積りは過大評価の可能性もある。本研究の実施期間内で 1997 年からの約 20 年の炭酸系データが蓄積し、中層の酸性化と炭酸系の 20 年周期とトレンドを検出し、変動要因を調べる。

(5) 海洋酸性化を引き起こす物理的要因

冬季混合層の底にあたる温度極小層の深度は年々変動しており [Wakita et al., 2013, Biogeosciences]、西部亜寒帯循環の変動に起因している可能性があることから、西部亜寒帯循環の変動要因を海洋波動力学の観点から解明する。また、係留データから混合層の底での鉛直混合過程を詳細に観測し、海洋酸性化を引き起こす物理過程を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 時系列自動採水器による係留型時系列観測の実施

時系列観測点 K2 において、2015 年から毎年、従来の船舶観測(白鳳丸・おしよる丸・みらい)で採水・分析し、炭酸系データ等の蓄積を行い、海洋研究開発機構データサイトで公開準備中である。加えて、2015 年 7 月から 2019 年 6 月まで、海洋研究開発機構が設置した自動昇降計測ブイシステム等を搭載した係留系に、時系列自動採水器(200m 300m)とハイブリッド pH センサー(200m)を設置した。その結果、ハイブリッド pH センサーからデータを回収することができ、そのデータとアルカリ度から計算した 4 時間毎の炭酸カルシウム飽和度を取得し、詳細な季節変動が得られた。また、時系列自動採水器の性能検査のため、2018 年~2019 年、安定した水塊の 3000m に時系列自動採水器を設置したが、バルブの故障により、採水できなかった。加えて、表面から 500m までに CTD/DO センサー、400m には多層流向流速計も取り付け、データを取得し、回収された自動採水器の試料を分析した。

(2) pH/CO₂ センサーの実海域試験と実施

2015 年から 2017 年度までに実施した水深 3000m までの pH/CO₂ センサーの鉛直観測と採水分析データを比較し、概ね採水データと合うことを確認することができた。今後、係留系に取り付けることで 1 年を通じて pH と pCO₂ のデータを取得することができるため、海洋酸性化や物質循環研究にとって有用なツールとなる。

(3) 混合層での酸性化進行と溶存化学成分データから見た酸性化による生物への影響

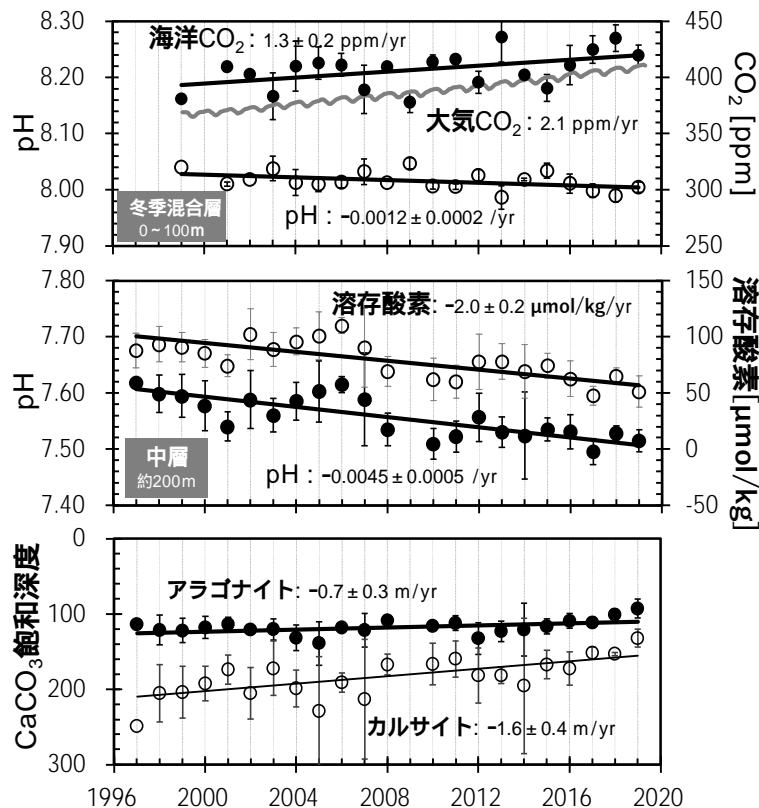


図 2 西部北太平洋亜寒帯域の冬季混合層と中層の経年変化

混合層内の酸性化を調べるために、各季節の気候値と観測値の差の経年変化を求めた結果、混合層の pH は 0.0025/yr で低下し、他の外洋域の時系列観測点と同等であった。一方、冬季混合層の酸性化抑制は継続しており(図 2)、その要因は、冬季混合層 DIC 増加の減衰と、TA 増加によるアルカリポンプ効果の強化であることが分かった。また、アルカリポンプ効果の強化は、酸性化に伴う生物による CaCO₃ 生成の弱体化が原因と示唆された[Wakita et al., 2017, J. Geophys. Res. Oceans]。さらに、2019 年までの観測データを元に、酸性化進行状況を調べた結果(図 2)、大気と冬季混合層の CO₂ 量の差がこのまま減少し続けており、このまま継続すると、ここ数年で冬季 CO₂ 放出が停止し、本来湧昇によって放出されるべき CO₂ が海洋内に蓄積され、酸性化が加速されることにもなりかねないことが判明した。さらに、CaCO₃ 飽和度が 1 で、CaCO₃ を溶解させる境界深度の CaCO₃ 飽和深度も年々浅くなり、溶けやすい CaCO₃ 結晶構造のアラゴナイトは 2019 年に約 93m であった(図 2)。そのため、2019 年の冬季混合層(約 110m)の底近くでは CaCO₃ 飽和

度が未飽和となり、溶解してしまう状況であったことから、酸性化の加速はすでに起こりつつあるのかもしれない。

また、混合層内の炭素収支を元に生物が生成した有機炭素の海洋内部への輸送フラックスの近年の現状を見積もった[Wakita et al., 2016, Journal of Oceanography]。その結果、混合層下からの DIC の鉛直拡散 (Vertical Diffusion) は、表層における海洋生物による群集生産 (Net Community Production) と CaCO_3 生成 (Net Calcification) の和の約半分に匹敵することが分かった (図 3)。一方、鉛直拡散係数と鉛直濃度勾配の乗で求まる鉛直拡散は、混合層以深の DIC の鉛直濃度勾配の有意な減少によって、低下している可能性があり[Wakita et al., 2017, J. Geophys. Res. Oceans]、その結果、 CaCO_3 生成に加え、生物群集生産も弱化的している可能性がある。しかし、2019 年までの栄養塩の気候値と観測値の差の経年変化を調べたが、有意な経年変化がなく、酸性化による生物群集生産と石灰化の影響がまだ検出できなかった。

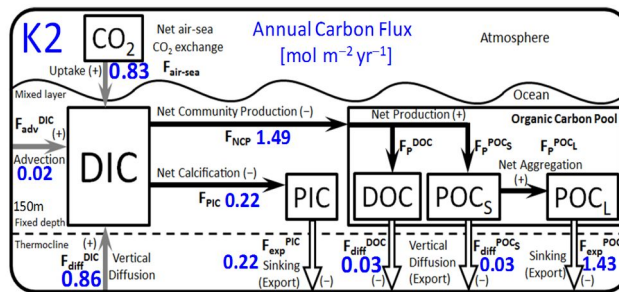


図 3 K2 点の表層での炭素循環の年収支
DIC: 溶存無機炭素, PIC: 粒状 CaCO_3 , DOC: 溶存有機炭素, POC: 粒状有機炭素

(4) 中層での酸性化の 20 年周期とトレンドの検出

2017 年までの水深 200m の溶存酸素と pH の観測データを元に、人間活動起源と非人間活動起源の中層 pH 変動を定量的に区別する方法を示すと共に、pH 低下は 18 年周期で変動しながら貧酸素化により加速していたことがわかった (図 2)。加えて、その低下の 40% が気候変動による非人間活動起源の pH 変動によることを明らかにした[Watanabe et al., 2018, Geophys. Res. Lett.]。さらに、この海域での窒素循環を担う微生物の培養実験に参加し、酸性化が進行すると亜酸化窒素 (N_2O : 地球上で CO_2 、メタンに次ぐ第 3 の温室効果ガス) の発生を増加させることが分かった[Florian et al., 2019, Nature Climate Change]。この研究成果は、このまま急激な中層の pH 低下 (図 2) が続けば、2100 年の時点で N_2O の発生量が最大で 5 倍になり、地球温暖化が加速する可能性があるという当初予期しない知見をもたらした。

(5) 海洋酸性化を引き起こす物理的要因

西部亜寒帯循環の変動要因を明らかにするために、風応力、加熱・冷却、および降水・蒸発による海面強制と海面高度の変動を調べた結果、2000 年代半ばの西部亜寒帯循環の北への収縮が冬季混合層の底部にあたる温度極小層の深化をもたらしたことが分かった[Nagano et al., 2016, Ocean Dynamics]。さらに、特異な冬の酸性化を引き起こす物理的要因として、近年の西部亜寒帯循環の弱化による海面高度の上昇と主密度躍層の深化 (図 4) は、偏西風の 10 年規模の弱化に起因し、そのメカニズムを見つけた[Nagano and Wakita, 2019, Progress in Earth and Planetary Science]。加えて、この循環の弱化は、栄養塩、DIC、TA を混合層下から流入させる鉛直拡散 (Vertical Diffusion、図 3) を制御する鉛直拡散係数を変化させ、混合層での生物生産に影響を与える可能性がある。

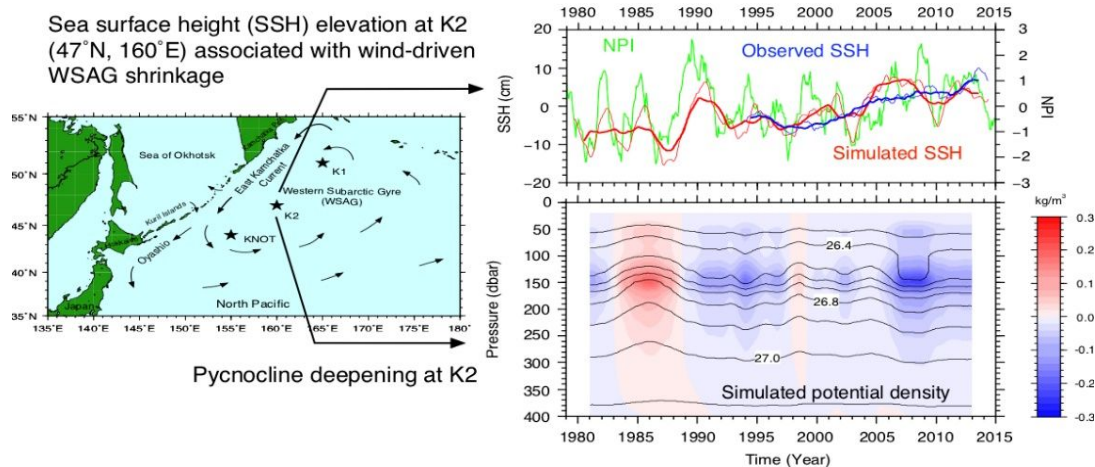


図 4 西部亜寒帯循環の北への縮小に伴う K2 点における海面上昇と主密度躍層の深化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Nagano Akira, Wakita Masahide	4. 巻 6
2. 論文標題 Wind-driven decadal sea surface height and main pycnocline depth changes in the western subarctic North Pacific	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1~26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1186/s40645-019-0303-0	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 Breider Florian, Yoshikawa Chisato, Makabe Akiko, Toyoda Sakae, Wakita Masahide, Matsui Yohei, Kawagucci Shinsuke, Fujiki Tetsuichi, Harada Naomi, Yoshida Naohiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Response of N20 production rate to ocean acidification in the western North Pacific	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 954-958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41558-019-0605-7	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 Fujiki Tetsuichi, Inoue Ryuichiro, Honda Makio C., Wakita Masahide, Mino Yoshihisa, Sukigara Chiho, Abe Osamu	4. 巻 65
2. 論文標題 Time series observations of photosynthetic oxygen production in the subtropical western North Pacific by an underwater profiling buoy system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 1072-1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/lno.11372	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 Takuya Hasegawa, Akira Nagano, Hiroyuki Matsumoto, Keisuke Ariyoshi, Masahide Wakita	4. 巻 40
2. 論文標題 El Nino-related sea surface elevation and ocean bottom pressure enhancement associated with the retreat of the Oyashio southeast of Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MARINE GEOPHYSICAL RESEARCH	6. 最初と最後の頁 505-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s11001-019-09398-2	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 Yutaka W. Watanabe, Bofeng Li, Masahide Wakita	4. 巻 45
2. 論文標題 Long term trends of direct and indirect anthropogenic effects on changes in ocean pH	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	6. 最初と最後の頁 9106-9113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL078084	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 Kawagucci Shinsuke, Makabe Akiko, Kodama Taketoshi, Matsui Yohei, Yoshikawa Chisato, Ono Etsuro, Wakita Masahide, Nunoura Takuro, Uchida Hiroshi, Yokokawa Taichi	4. 巻 14(4)
2. 論文標題 Hadal water biogeochemistry over the Izu-Ogasawara Trench observed with a full-depth CTD-CMS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 OCEAN SCIENCE	6. 最初と最後の頁 575-588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/os-14-575-2018	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 Sugie Koji, Yoshimura Takeshi, Wakita Masahide	4. 巻 63(5)
2. 論文標題 Impact of CO2 on the elemental composition of the particulate and dissolved organic matter of marine diatoms emerged after nitrate depletion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LIMNOLOGY AND OCEANOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 1924-1943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.10816	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 Uchimiya Mario, Fukuda Hideki, Wakita Masahide, Kitamura Minoru, Kawakami Hajime, Honda Makio C., Ogawa Hiroshi, Nagata Toshi	4. 巻 63(5)
2. 論文標題 Balancing organic carbon supply and consumption in the ocean's interior: Evidence from repeated biogeochemical observations conducted in the subarctic and subtropical western North Pacific	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LIMNOLOGY AND OCEANOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 2015-2027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.10821	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 Chiho Sukigara, Yoshihisa Mino, Hajime Kawakami, Makio C. Honda, Tetsuichi Fujiki, Kazuhiko Matsumoto, Masahide Wakita, Toshiro Saino	4. 巻 144
2. 論文標題 Sinking dynamics of particulate matter in the subarctic and subtropical regions of the western North Pacific	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 DEEP-SEA RESEARCH PART I-OCEANOGRAPHIC RESEARCH PAPERS	6. 最初と最後の頁 17 - 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dsr.2018.11.004	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 Wakita Masahide, Nagano Akira, Fujiki Tetsuichi, Watanabe Shuichi	4. 巻 122
2. 論文標題 Slow acidification of the winter mixed layer in the subarctic western North Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 6923 ~ 6935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017JC013002	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 Honda M. C., Wakita M., Matsumoto K., Fujiki T., Siswanto E., Sasaoka K., Kawakami H., Mino Y., Sukigara C., Kitamura M., Sasai Y., Smith S. L., Hashioka T., Yoshikawa C., Kimoto K., Watanabe S., Kobari T., Nagata T., Hamasaki K., Kaneko R., Uchimiya M., Fukuda H., Abe O., Saino T.	4. 巻 73
2. 論文標題 Comparison of carbon cycle between the western Pacific subarctic and subtropical time-series stations: highlights of the K2S1 project	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 647 ~ 667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-017-0423-3	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 Yasunaka Sayaka, Nojiri Yukihiro, Hashioka Taketo, Yoshikawa Chisato, Kodama Taketoshi, Nakaoka Shin-ichiro, Chiba Sanae, Hashihama Fuminori, Wakita Masahide, Furuya Ken, Sasano Daisuke, Murata Akihiko, Uchida Hiroshi, Aoyama Michio	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 -

1. 著者名 Shimizu Keisuke, Kimoto Katsunori, Noshita Koji, Wakita Masahide, Fujiki Tetsuichi, Sasaki Takenori	4. 巻 84
2. 論文標題 Phylogeography of the pelagic snail <i>Limacina helicina</i> (Gastropoda: Thecosomata) in the subarctic western North Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Molluscan Studies	6. 最初と最後の頁 30~37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mollus/eyx040	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 Masahide Wakita, Makio Honda, Kazuhiko Matsumoto, Tetsuichi Fujiki, Hajime Kawakami, Sayaka Yasunaka, Yoshikazu Sasai, Chiho Sukigara, Mario Uchimiya, Minoru Kitamura, Toru Kobari, Yoshihisa Mino, Akira Nagano, Shuichi Watanabe, Toshiro Saino	4. 巻 72
2. 論文標題 Biological organic carbon export estimated from the annual carbon budget observed in the surface waters of the western subarctic and subtropical North Pacific Ocean from 2004 to 2013	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 665-685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-016-0379-8	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 Akira Nagano, Toshio Suga, Yoshimi Kawai, Masahide Wakita, Kazuyuki Uehara, Kyoko Taniguchi	4. 巻 72
2. 論文標題 Ventilation revealed by the observation of dissolved oxygen concentration south of the Kuroshio Extension during 2012-2013	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 837-850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-016-0386-9	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 Yoshihisa Mino, Chiho Sukigara, Makio C. Honda, Hajime Kawakami, Kazuhiko Matsumoto, Masahide Wakita, Minoru Kitamura, Tetsuichi Fujiki, Kosei Sasaoka, Osamu Abe, Jan Kaiser and Toshiro Saino	4. 巻 72
2. 論文標題 Seasonal variations in the nitrogen isotopic composition of settling particles at station K2 in the western subarctic North Pacific	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 819-836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-016-0381-1	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 -

1. 著者名 Tetsuichi Fujiki, Kosei Sasaoka, Kazuhiko Matsumoto, Masahide Wakita, Yoshihisa Mino	4. 巻 72
2. 論文標題 Seasonal variability of phytoplankton community structure in the subtropical western North Pacific	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 343-358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-015-0346-9	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 Makio C. Honda, Hajime Kawakami, Kazuhiko Matsumoto, Masahide Wakita, Tetsuichi Fujiki, Yoshihisa Mino, Chiho Sukigara, Toru Kobari, Mario Uchiyama, Ryo Kaneko, Toshiro Saino	4. 巻 72
2. 論文標題 Comparison of sinking particles in the upper 200m between subarctic station K2 and subtropical station S1 based on drifting sediment trap experiments	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 373-386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-015-0280-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 -

1. 著者名 Akira Nagano, Masahide Wakita, Shuichi Watanabe	4. 巻 66
2. 論文標題 Dichothermal layer deepening in relation with halocline depth change associated with northward shrinkage of North Pacific western subarctic gyre in early 2000s	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ocean Dynamics	6. 最初と最後の頁 163-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10236-015-0917-8	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 Sasai Yoshikazu, Yoshikawa Chisato, Smith S. Lan, Hashioka Taketo, Matsumoto Kazuhiko, Wakita Masahide, Sasaoka Kosei, Honda Makio C.	4. 巻 72
2. 論文標題 Coupled 1-D physical?biological model study of phytoplankton production at two contrasting time-series stations in the western North Pacific	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 509 ~ 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-015-0341-1	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 該当する

1. 著者名 Yoshikawa Chisato, Abe Hitomi, Aita Maki N., Breider Florian, Kuzunuki Keichi, Toyoda Sakae, Ogawa Nanako O., Suga Hisami, Ohkouchi Naohiko, Danielache Sebastian O., Wakita Masahide, Honda Makio C., Yoshida Naohiro	4. 巻 72
2. 論文標題 Insight into nitrous oxide production processes in the western North Pacific based on a marine ecosystem isotopomer model	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 491 ~ 508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-015-0308-2	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

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 KATSUNORI KIMOTO, OSAMU SASAKI, YOSHIYUKI NAKANO, MASAHIDE WAKITA, MINORU KITAMURA, TETSUICHI FUJIKI, KEISUKE SHIMIZU, NAOMI HARADA
2. 発表標題 SHELL DENSITY OF MARINE CALCIFIER AND IN-SITU PH VARIATIONS IN THE WESTERN NORTH PACIFIC
3. 学会等名 GOA-ON Hangzhou 2019 Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Nagano, Masahide Wakita, Tetsuichi Fujiki
2. 発表標題 Variations in Water Properties and Current Velocity at Station K2 in the Western Subarctic North Pacific in Relation to Wind Changes
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chisato Yoshikawa, N.O. Ogawa, Y. Chikaraishi, A. Makabe, Y. Matsui, Y. Sasai, M. Wakita, M.C. Honda, Y. Mino, M.N. Aita, T. Fujiki, T. Nunoura, N. Harada, N. Ohkouchi
2. 発表標題 Seasonal transition of the dominant nitrogen source for phytoplankton reconstructed by determining the nitrogen isotope composition for nitrate, ammonium, and individual amino acids of sinking particles in the Northwestern Pacific
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 KATSUNORI KIMOTO, OSAMU SASAKI, YOSHIYUKI NAKANO, MASAHIDE WAKITA, MINORU KITAMURA, TETSUICHI FUJIKI, KEISUKE SHIMIZU, NAOMI HARADA
2. 発表標題 SHELL DENSITY OF MARINE CALCIFIER AND IN-SITU PH VARIATIONS IN THE WESTERN NORTH PACIFIC
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuichi FUJIKI, Ryuichiro INOUE, Makio C. HONDA, Masahide WAKITA, Chiho SUKIGARA, Yoshihisa MINO, Osamu ABE
2. 発表標題 Time-series observations of primary production in the subtropical western North Pacific by an underwater profiling buoy system: relationship between GOP and dissolved oxygen
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuichi FUJIKI, Minoru KITAMURA, Shigeki HOSODA, Naomi HARADA, Masahide WAKITA and Yoshihisa MINO
2. 発表標題 Influence of physical and chemical processes on phytoplankton community in the western subarctic Pacific
3. 学会等名 2nd International Symposium "Ocean Mixing Processes: Impact on Biogeochemistry, Climate and Ecosystem" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇田昌英、佐々木建一、山本秀樹、高田信、吉野順、大村貴光、豊指祥子、佐藤喜暁、渡邊修一
2. 発表標題 津軽暖流の表層における海洋酸性化の進行
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤木徹一、喜多村稔、細田滋毅、原田尚美、脇田昌英、三野義尚
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域の植物プランクトン群集の季節変動：物理・化学プロセスとの関係
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤木徹一、喜多村稔、脇田昌英、渡健介、中野善之、細田滋毅、原田尚美、三野義尚
2. 発表標題 自動観測プラットフォームを用いた西部北太平洋亜寒帯域の時系列観測研究
3. 学会等名 ブルーアースサイエンス・テク2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiko Murata, Shuhei Masuda, Yoshiyuki Nakano, Sayaka Yasunaka, Kousei Sasaoka, Masahide Wakita
2. 発表標題 Deployment of drifting buoys with pCO ₂ sensor in the Pacific Ocean
3. 学会等名 ICDC10 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇田昌英
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域と津軽海峡の海洋環境変化 ~海が変わって、水産資源にも影響!?~
3. 学会等名 海洋研究開発機構 研究成果・活動報告会2018 JAMSTEC青森報告会@八戸
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bofeng Li, Yutaka Watanabe, Shigeki Hosoda, Kanako Sato, and Yoshiyuki Nakano
2. 発表標題 Quasi-Real-Time and High-Resolution Spatiotemporal Distribution of Ocean Anthropogenic CO ₂ in the subarctic North Pacific
3. 学会等名 6th Argo Science Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中神夏子, 中野善之, 三輪哲也, 柳田保子
2. 発表標題 マイクロ流体デバイスを用いた海洋pCO ₂ 計測に関する研究
3. 学会等名 ブルーアースサイエンス・テク2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇田昌英・永野憲・藤木徹一・渡邊修一
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域における海洋酸性化の進行と冬季酸性化の減速のメカニズム
3. 学会等名 日本海洋学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 脇田昌英、佐々木建一、山本秀樹、高田信、大村貴光、吉野順、畳指祥子、渡邊修一
2. 発表標題 津軽海峡における海洋酸性化モニタリング
3. 学会等名 第67回東北海区海洋調査技術連絡会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wakita Masahide、Nagano Akira、Fujiki Tetsuichi、Watanabe Shuichi
2. 発表標題 Slow acidification of the winter mixed layer in the subarctic western North Pacific Ocean
3. 学会等名 2018 Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野善之、藤木徹一、脇田昌英、木元克典
2. 発表標題 西部北太平洋時系列観測点K2におけるpHの高頻度連続観測
3. 学会等名 日本海洋学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永野憲、脇田昌英
2. 発表標題 風応力の十年規模変動によって駆動される北太平洋西部亜寒帯循環の縮小と主密度躍層の深化
3. 学会等名 日本海洋学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akira Nagano, Masahide Wakita
2. 発表標題 Decadal Variations of the Western Subarctic Gyre and Main Pycnocline Depth due to Wind Stress Change in the Northern North Pacific
3. 学会等名 2017 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahide Wakita, Akira Nagano, Tetsuichi Fujiki, Shuichi Watanabe
2. 発表標題 Ocean acidification in the surface water of subarctic western North Pacific Ocean
3. 学会等名 4th International Symposium on the Ocean in a High-CO2 World (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahide Wakita, Ken-ichi Sasaki, Yoshiyuki Tanaka, Hideki Yamamoto, Keisuke Tsubata, Jun Yoshino, Takamitsu Omura, Makoto Takada, Katsunori Kimoto, Shuichi Watanabe
2. 発表標題 Coastal ocean acidification monitoring in the Tsugaru Strait of northern Japan
3. 学会等名 3rd Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) Science Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 脇田昌英、本多牧生、松本和彦、藤木徹一、川上創、安中さやか、笹井義一、鋤柄千穂、内宮万里央、喜多村稔、小針統、三野義尚、永野憲、渡邊修一、才野敏郎
2. 発表標題 混合層の炭素収支から見積もられた西部北太平洋 亜寒帯域・亜熱帯域における有機炭素の輸送フラックス
3. 学会等名 日本海洋学会 2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 脇田 昌英, 永野 憲, 藤木 徹一, 渡邊 修一
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域の時系列観測点K2における混合層の酸性化
3. 学会等名 ブルーアース2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本多 牧生, 脇田 昌英, 松本 和彦, 川上 創, 喜多村 稔, 小針 統, 内宮 万里央
2. 発表標題 生物学、化学観測結果を統合した西部北太平洋観測地点K2、S1における炭素循環像
3. 学会等名 日本海洋学会 2016年度秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 HARADA NAOMI, KIMOTO KATSUNORI, WAKITA MASAHIDE, FUJIKI TETSUICHI, SHIMIZU KEISUKE, ONODERA JONAOTARO
2. 発表標題 Potential environmental changes in the western Arctic and the western North Pacific: their impacts on lower trophic level organisms
3. 学会等名 North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2016 Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 HARADA NAOMI, KIMOTO KATSUNORI, WAKITA MASAHIDE, FUJIKI TETSUICHI, SHIMIZU KEISUKE, ONODERA JONAOTARO
2. 発表標題 Ocean acidification in the western Arctic Ocean and sub-arctic North Pacific -its impact on the marine calcifies
3. 学会等名 The Third Xiamen Symposium on Marine Environmental Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tetsuichi Fujiki, Masahide Wakita, Katsunori Kimoto, Naomi Harada
2. 発表標題 Response of marine ecosystem to the ocean acidification in the subarctic western North Pacific
3. 学会等名 3rd Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) Science Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 脇田昌英、永野憲、渡邊修一
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域の酸性化の現状とその影響
3. 学会等名 日本海洋学会 2016年度春季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahide Wakita, Akira Nagano, Tetsuichi Fujiki & Shuichi Watanabe
2. 発表標題 Ocean acidification in the surface water of subarctic western North Pacific Ocean and the impact on biological production
3. 学会等名 Ecosystem Studies of Sub-Arctic and Arctic Seas 2016 Annual Science Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 永野憲、脇田昌英、渡邊修一
2. 発表標題 北太平洋西部亜寒帯循環の縮小に伴うK2定点の水温極小層の深化
3. 学会等名 ブルーアース2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. WAKITA, Makio HONDA, Kazuhiko MATSUMOTO, T. FUJIKI, H. KAWAKAMI, S. YASUNAKA, Yoshikazu. SASAI, C. SUKIGARA, M. UCHIMIYA, Minoru KITAMURA, T. KOBARI, Y. MINO, A. NAGANO, Shuichi WATANABE, T. SAINO
2. 発表標題 Annual biological organic carbon export estimated from the annual carbon budget observed in the surface waters of the western subarctic and subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 Ocean Science Meeting 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 脇田昌英
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域と津軽海峡域の酸性化モニタリング
3. 学会等名 海洋酸性化勉強会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 M. WAKITA, S. YASUNAKA, Makio HONDA, K. MATSUMOTO, T. FUJIKI, H. KAWAKAMI, Y. SASAI, C. SUKIGARA, M. UCHIMIYA, M. KITAMURA, T. KOBARI, Y. MINO, A. NAGANO, S. WATANABE, T. SAINO
2. 発表標題 Biological Organic Carbon Export Estimated from Annual Carbon Budget in the Surface Water of Western Subarctic and Subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

JAMSTEC研究者総覧 脇田 昌英 http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Masahide_Wakita001694-j.html Researchmap 脇田 昌英 https://researchmap.jp/mwakita/ 国際的な海洋酸性化観測研究プロジェクトGOA-ONに西部北太平洋亜寒帯観測地点K2を登録。 http://portal.goa-on.org/Explorer 北の海で起きている海洋酸性化 Blue Earth:海と地球の情報誌 第28巻第6号28～31頁 http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/data/doc_catalog/media/be146_all.pdf KNOT点/K2点海洋観測データサイト http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/data_catalog/metadataDisp/JAMSTEC_KNOT_K2 CO2 Moorings and Time Series Project: K2 https://www.nodc.noaa.gov/ocads/oceans/Moorings/K2.html

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	永野 憲 (Nagano Akira) (40421888)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・主任研究員 (82706)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中野 善之 (Nakano Yoshiyuki) (20566103)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・研究プラットフォーム 運用開発部門・技術研究員 (82706)	
連 携 研 究 者	藤木 徹一 (Fujiki Tetsuichi) (30598248)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発 センター・主任技術研究員 (82706)	