

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H04131

研究課題名(和文) 海洋炭酸系物質の時空間高解像度マッピング技術の南大洋への展開

研究課題名(英文) Spatiotemporal high-resolution mapping for ocean carbon system in the Southern Ocean

研究代表者

渡辺 豊 (Watanabe, Yutaka)

北海道大学・地球環境科学研究所・准教授

研究者番号：90333640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,300,000円

研究成果の概要(和文)：本申請は、「南大洋において、海洋酸性化は現在どのように進んでいるのか？」という地球環境問題の最大の課題の問いに答えるため、南大洋の炭酸系物質(DIC, Alk, pH)ならびに硝酸塩のパラメタリゼーションの開発を行い、南大洋の時空間的に詳細な準リアルタイムの炭酸系物質ならびに硝酸塩の分布を明らかにした。さらに、これらの結果から、南大洋の海洋酸性化が0.004pH/yearで進み、全海洋平均値の2倍も速く進行していること、この原因としては、南大洋に取り込まれる人為起源CO₂が全海洋の40%も吸収していることがその原因である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

本研究は、北太平洋高緯度域における海洋炭酸系物質のパラメタリゼーション技術を南大洋に展開し、その技術を同海域の中層プロファイリングフロート等に応用することで、南大洋の広域にわたる時空間高解像度なpH変動とその原因である人為起源CO₂吸収量の解明をめざすものである。これは、ミッシングピースとなっている南大洋における炭素循環を解明し、地球環境問題の謎に具体的かつ定量的に迫る世界初の試みである。この結果は、全海洋の炭素循環・物質循環研究ならびに将来予測に対して飛躍的な進歩をもたらす点でブレークスルーとなり、その社会的インパクトは計り知れない。

研究成果の概要(英文)：In order to answer the question, "How is ocean acidification progressing in the Southern Ocean now?", we developed the parameterization of carbonate species (DIC, Alk, pH) and nitrates in the Southern Ocean, and clarified the detailed distributions of carbonate species and nitrates in the Southern Ocean in quasi-real time. These results indicate that ocean acidification in the Southern Ocean is progressing at a rate of 0.004 pH/year, which is twice as fast as the average for the entire ocean, and that anthropogenic CO₂ uptake in the Southern Ocean is responsible for absorbing as much as 40% of the whole ocean.

研究分野：地球環境

キーワード：化学海洋学 海洋酸性化 南大洋

1. 研究開始当初の背景

現在、人間活動により環境に放出された二酸化炭素(CO₂)によって地球温暖化が急速に進み、このことで地球環境は大きく変わりつつある。熱吸収と言う点から見ると、海洋が大気から温暖化による熱を吸収することで、海洋の成層化が進行し海洋循環を弱め、海洋表層水と深層水との物質循環構造を急激に変えつつある。例えば、海洋循環の弱化により、深海から表層へもたらされる栄養が減少することで、表層でこの栄養を使って光合成し繁茂する植物プランクトンが激減するのではないかと危惧される。さらに、海洋へ人為起源のCO₂が吸収されることで、海洋の酸性化が進み、貝殻を構成する炭酸カルシウムが溶け易くなり、炭酸カルシウム殻を持つ多くの海洋生物が死滅する可能性がある[Orr et al. 2004]。さらに、海洋酸性化は海洋生態系の劇変を加速させるだけに留まらず、海洋へ固定される炭素量を抑制し、大気中のCO₂量をさらに増加させて地球温暖化・海洋酸性化を促進することになる。これらの結果、海洋生物活動を劇変させて人類の重要な食糧資源確保の場を危うくしつつある。

このような現状であるにもかかわらず、海洋の酸性化の時間変化を捉えることができるのは熱帯海域・亜熱帯海域の数点の観測定点しかない。これらの定点観測からは、1990年代から現在までの海水中のpHの減少は0.002pH/年と報告されている[IPCC 2013]。しかし、「海洋全体の酸性化は現在どのように進んでいるのか?」、「海洋酸性化はどのぐらいの時空間規模で変化しつつあるか?」という問いに対して、その定量的な全貌とその時空間的な詳細については未だ明らかに答えることはできない。その最大の理由は、海洋のCO₂吸収や酸性化を把握するための炭酸系物質(pH, アルカリ度(Alk), 全炭酸(無機炭素全量, DIC))の測定がその他の観測成分(海水温(T), 塩分(S), 溶存酸素(DO), 圧力(Pr), 栄養塩類)に比べて煩雑で時間がかかり、さらに、海洋観測船を用いての観測を基盤とせざるを得ない制約条件にあった。このため、これまで集積された観測データは時空間的に離散的で乏しく、詳細な海洋の炭素循環の応答を把握する目的に対応していなかった。

一方、炭酸系物質の測定はできないが、その他の化学成分を検出できるセンサーを搭載した自動海洋観測ロボットの観測網の進展は目覚ましいものがある。現在、水深0mから2000mを2週間間隔で昇降し、その際に、センサーによりT・S・DO・Prを鉛直的に10m間隔に測定し、衛星回線を通して陸上局にデータを送信してくる中層プロファイリングフロート(Argo, http://www.jamstec.go.jp/J-ARGO/index_j.html)は全世界で3000機(DOセンサー搭載型については約200機)以上稼働しており、T・S・DO・Prについては時空間的に詳細なデータが準リアルタイムに観測・データ蓄積がされつつあり、今後もその稼働台数は全世界的に増える予定である。また、中層プロファイリングフロートよりは稼働台数は劣るものの、水深1000mから表層を1日数回程度往復し、その際、T・S・DO・Prを鉛直的に測定し、これを約1ヶ月の期間運航可能な水中グライダーもすでに数十機展開されており、今後も稼働台数の増加が期待できる。

ここで、海洋物質循環が海洋の物理過程と生物活動過程に支配されていることを考慮すると、TとSは物理過程の指標であり、また、DOは生物活動過程の指標、Prは生物殻の溶解の程度の指標となる。このため、これらの成分を用いて海洋の炭酸系物質(pH, Alk, DIC)をパラメタリゼーション($pH, Alk, DIC = f(T, S, DO, Pr)$; T・S・DO・Prによる炭酸系物質の関数化)できると期待される。本申請者は、この点に注目し、北太平洋高緯度海域に適用可能な海洋炭酸系物質の準リアルタイムな時空間高解像度マッピング技術の開発に成功した(例えば、 $pH = 6.354 + 0.00162 \cdot DO + 0.335 \cdot T + 0.0219 \cdot S$, 精度: $pH \leq 0.02$ 。AlkとDICの精度は $\pm 2 \mu\text{mol/kg}$ 以内であった。これらは、現在の測定目標である世界基準をクリアするものである。さらに、この技術を用いることで、北太平洋高緯度海域におけるpHの過去50年にわたる復元を行い、さらにAlkとDICのパラメタリゼーションを組み合わせることで人為起源CO₂の吸収量とその詳細な分布を描き出し、北太平洋の気候変動に与える影響を明らかとした。

2. 研究の目的

本申請の目的は、海洋観測船を用いての困難な観測や極寒の気象条件より観測データが時空間的に離散的で乏しいために、全球的な炭素循環を解明する上でミッシングピースとなっている南大洋の炭素循環像を、斬新なパラメタリゼーション(経験的数式)を用いて炭酸系物質の時空間的に詳細なマッピングを行い、地球の気候システムの重要因子に与える「南大洋において、海洋酸性化は現在どのように進んでいるのか?」、「海洋酸性化はどのぐらいの時空間規模で変化しつつあるか?」という地球環境問題の最大の課題の問いに答えることを目指した。

3. 研究の方法

本研究の目標達成のために、次の4つの研究項目に取り組んだ。

- 研究項目(1): 南大洋の炭酸系物質(pH, Alk, DIC)のパラメタリゼーションの基本原理の評価
- 研究項目(2): 南大洋における炭酸系物質のパラメタリゼーションの開発
- 研究項目(3): 南大洋における準リアルタイムな炭酸系物質のマッピング
- 研究項目(4): 南大洋におけるpHと人為起源CO₂の時間変動の定量的把握

研究項目(1): 基本原理の評価のための観測とその展開

近年の海洋酸性化の進行の程度と海洋の季節変動量を考慮すると、絶対値にして pH では 0.02 以内、Alk と DIC については $2\ \mu\text{mol}/\text{kg}$ 以内の確度と精度が必要とされる。申請者の先行研究の北太平洋高緯度海域では、その確度と精度は確保できることが明らかとなった[Li, Watanabe et al. 2016]。しかし、南大洋における炭酸系物質のパラメタリゼーションによってこの精度を得ることができるかどうかは不明であり、その評価が必須である。そこで、研究分担者が所属する JAMSTEC 研究観測船・白鳳丸、水産庁・開洋丸、東京海洋大学・海鷹丸、南極観測船・しらせによる南極海航海が計画され、これに参加し、東・南極海をターゲットに 0m~6000m・36 層鉛直採水を広範囲にわたる約 100 観測点 (3600 サンプル) で実施し、炭酸系物質等の採取を行う。先行研究で開発した高精度・高確度な Alk と DIC 同時測定法(ともに $2\ \mu\text{mol}/\text{kg}$ 以内の分析精度で従来の半分の分析時間を実現:Li, Watanabe et al. 2016, Watanabe et al. 2018)により炭酸系物質 (Alk, DIC, pH(Alk と DIC より計算)) を測定し、T・S・DO・Pr による南大洋の炭酸系物質のパラメタリゼーションを行うことで、その確度と精度の評価を行う。また、底層水形成域の東・南極海の 2 点に、中層プロファイリングフロートを従来の様に浮遊させるのではなくワイヤー係留し、通年の T・S・DO・Pr を測定する。同時に、分担者が中心となって開発した炭酸系物質センサー(pH-CO₂ センサー)も設置・係留し、季節変動も含めた時空間的な炭酸系物質のパラメタリゼーションの基本原理の確認と評価を行うためのデータ取得を行う。

研究項目(2): パラメタリゼーションの開発

研究項目(1)において基本原理の評価がされ次第、南大洋海域 (40°S 以南) の国際的海洋横断面観測計画 CLIVAR・GOSHIP の 2 万採水層の水深 0m~6000m までに及ぶ高精度・高確度な T・S・DO・Pr・炭酸系物質 (DIC, Alk, pH) データ群を用い、炭酸系物質のパラメタリゼーションを行い、同領域における 3 次元の空間分布の把握を行う。さらに、同領域において、1990 年から時間的に離散的ではあるが定点観測が実施されている観測ステーションの時系列高精度データ群 (T・S・DO・Pr・炭酸系物質) に上記のパラメタリゼーションを適用し、実データと比較することで、パラメタリゼーションによって得られた炭酸系物質の時系列データの妥当性の評価を行う。また、研究項目(1)で採取・測定した 3,600 の高精度・高確度な炭酸系物質データを用いることで、パラメタリゼーションの精度・確度が改善を行う。

研究項目(3): 南大洋における準リアルタイムな炭酸系物質のマッピング

研究項目(1)で詳細な時空間規模でのパラメタリゼーションの妥当性の評価が終了後、研究項目(2)で得られた炭酸系物質 (DIC, Alk, pH) のパラメタリゼーションを、南大洋に現在展開している自動海洋観測ロボット(中層プロファイリングフロート、水中グライダー)のデータに適用する。同時に、その周辺で同時期に得られる離散的な炭酸系物質と比較し、自動海洋観測ロボットによって得られる炭酸系物質の精度評価を実施する。これらによって、自動海洋観測ロボットデータ群を用いた南大洋の時空間的に詳細な準リアルタイムの炭酸系物質の動態を把握する観測システムの構築を目指す。

研究項目(4): 南大洋における pH と人為起源 CO₂ の時間変動の把握

南大洋に展開する自動海洋観測ロボットデータに適用して得られた炭酸系物質データ群、ならびに CLIVAR・GOSHIP の時系列高精度のデータ群より得られた炭酸系物質データ群を統合し、同海域全域にわたり緯度経度 10 度格子・水深 6000m まで 100m 毎の pH とその原因である人為起源 CO₂ の時系列変動解析を行う。これにより、同海域における詳細な pH の時系列変動を明らかにすることを旨とする。

4. 研究成果

本研究における主な成果としては、以下を得た。

- (1) 南大洋における高精度・高精度な炭酸系物質のパラメタリゼーションの開発：
南大洋海域 (30°S 以南) の国際的海洋横断面観測計画 CLIVAR・GOSHIP の 2 万採水層の水深 0m~6000m までに及ぶ高精度・高確度な T・S・DO・Pr・炭酸系物質 (DIC, Alk, pH) データ群を用い、炭酸系物質のパラメタリゼーションの開発に成功した [Pan, Watanabe et al. 2020; Li, Watanabe et al. 投稿中; Pan, Watanabe et al. (投稿中)] (図 1)、
- (2) 上記で開発したパラメタリゼーションを海洋自動観測ロボットデータ群に適用することで、同海域の時空間的に詳細な準リアルタイムの炭酸系物質の動態を把握する観測システムの構築に成功し、時空間的に詳細な準リアルタイムの炭酸系物質分布を明らかにした [Li, Watanabe et al. 投稿中] (図 2)、
- (3) 南大洋における pH と人為起源 CO₂ の時間変動の把握したこと (図 2&図 3) で、南大洋では広い範囲で海洋酸性化が 0.004pH/year で進み、全海洋平均値の 2 倍も速く進行していることを明らかにし、その原因としては、南大洋に取り込まれる人為起源 CO₂ が全海洋の 40% も吸収していることがその原因であることを明らかにした (図 4) [Li, Watanabe et al. 投稿中]。

これらの成果は観測が疎なために、全球的な炭素循環を解明する上でミッシングピースとな

っていた南大洋の炭素循環像を、斬新なパラメタリゼーション（経験的数式）を用いて時空間的に詳細なマッピングを行い、その謎に具体的かつ定量的に迫る世界初の試みとなった。この結果は、全海洋の炭素循環・物質循環研究ならびに将来予測に対して飛躍的な進歩をもたらす点でブレークスルーとなり、その社会的インパクトは大きい。今後、気候変動に大きな影響を与えるその他の化学成分に対してもパラメタリゼーション研究の展開が期待され、全海洋の炭素循環・物質循環研究をより推進することとなる。

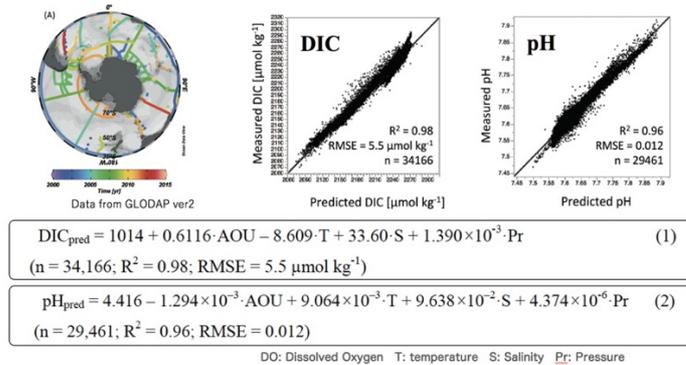


図1: 南大洋における全炭酸(DIC)とpHのパラメタリゼーション

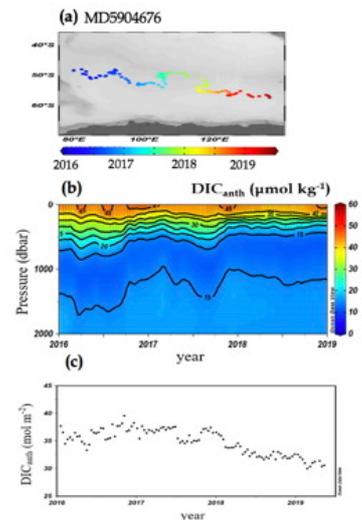


図2: 海洋自動観測ロボット (Argo) に適用して得られた人為起源 CO₂ の分布. (a) Argo の軌跡 (b) 人為起源 CO₂ 濃度断面の時系列 (c) 人為起源 CO₂ の全水柱存在量の時系列

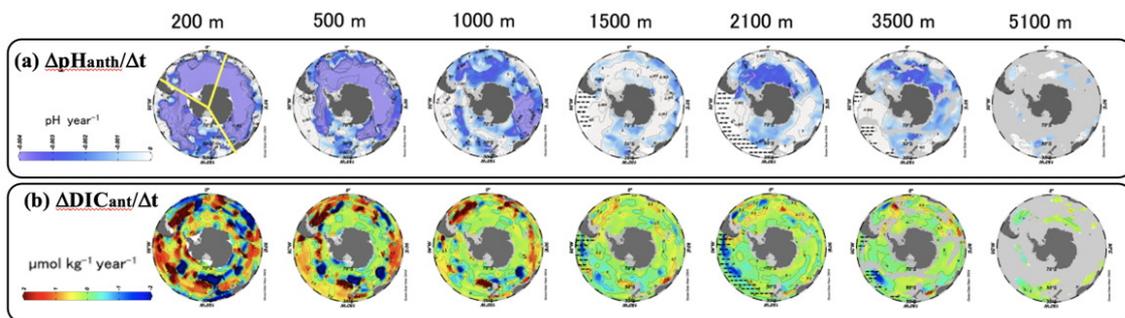


図3: 南大洋における (a) 海洋酸性化速度と (b) 人為起源 CO₂ 吸収速度の深度別分布

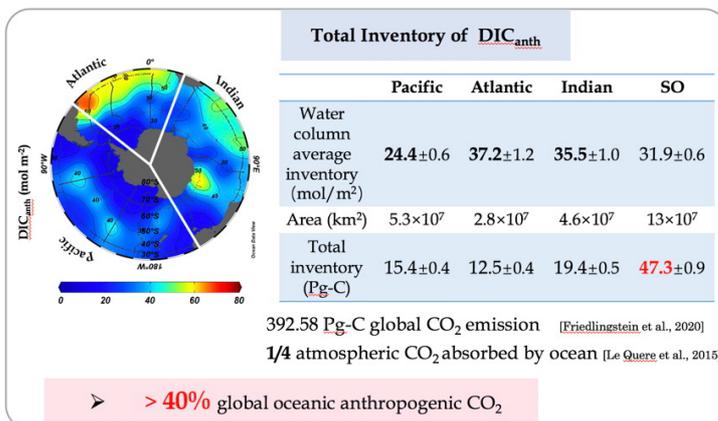


図4: 南大洋における人為起源 CO₂ の全水柱存在量(SO)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ishida H, Isono RS, Kita J, Watanabe YW	4. 巻 11
2. 論文標題 Long-term ocean acidification trends in coastal waters around Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5052
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-84657-0	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 Pan XL, Li BF, Watanabe YW	4. 巻 10
2. 論文標題 The Southern Ocean with the largest uptake of anthropogenic nitrogen into the ocean interior	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8838
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-65661-2	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 Watanabe YW, Li BF, Yamasaki R, Yunoki S, Imai K, Hosoda S, Nakano Y.	4. 巻 76
2. 論文標題 Spatiotemporal changes of ocean carbon species in the western North Pacific using parameterization technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 155 ~ 167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10872-019-00532-7	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 -

1. 著者名 Li BF, Watanabe YW, Hosoda S, Sato K, Nakano Y	4. 巻 46
2. 論文標題 Quasi Real Time and High Resolution Spatiotemporal Distribution of Ocean Anthropogenic CO2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 4836 ~ 4843
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2018GL081639	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 Thomas JL, Nomura D et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Fostering multidisciplinary research on interactions between chemistry, biology, and physics within the coupled cryosphere-atmosphere system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Elem Sci Anth	6. 最初と最後の頁 58 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1525/elementa.396	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 Nomura D et al.	4. 巻 38
2. 論文標題 Saroma-ko Lagoon Observations for sea ice Physico-chemistry and Ecosystems 2019 (SLOPE2019)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of Glaciological Research	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5331/bgr.19R02	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 Nagano A, Wakita M	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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 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 Breider F, Wakita M et al.	4. 巻 9
2. 論文標題 Response of N2O 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) 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 Li B.F., Watanabe Y.W., Hosoda S., Sato K., Nakano Y.	4. 巻 46
2. 論文標題 Quasi Real time and high resolution spatiotemporal distribution of ocean anthropogenic CO2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 4836-4843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL081639	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 Watanabe Y.W., Li B.F., Wakita M.	4. 巻 45
2. 論文標題 Long-term trends in anthropogenic and non-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 9016-9113
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 -

1. 著者名 Ikeda M., Tanaka S.S., Watanabe Y.W.	4. 巻 74
2. 論文標題 Circulation patterns in the lower Arctic Ocean derived from geochemical data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 453-470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-018-0472-2	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 Sugie K., Yoshimura T., Wakita M.	4. 巻 63
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 百留 忠洋, 吉田 弘, 澤 隆雄, 中野 善之, 渡邊 佳孝, 福田 達也, 中谷 武志, 松本 宙, 菅 良太郎, 依田 貴志, 山内 由章, 奥田 幸人, 江口 和樹, 黒岩 良太, 森 英男	4. 巻 36
2. 論文標題 洋上中継器 (ASV) の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 286-293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.36.286	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 Nomura D., Granskog M.A., Fransson A., Chierici M., Silyakova A, Ohshima K.I., Cohen L., Delille B., Hudson S.R.	4. 巻 15
2. 論文標題 CO2 flux over young and snowcovered Arctic pack ice in winter and spring	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 3331-3343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/bg1533312018	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 Nomura D., Aoki S., Simizu D., Iida T.	4. 巻 123
2. 論文標題 Influence of sea ice crack formation on the spacial distribution of nutrients and microalgae in flooded Antarctic multiyear ice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 939-951
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017JC012941	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10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Wang C, Li BF, Pan XL, Watanabe YW
2. 発表標題 Formulation of disequilibrium for estimating the oceanic anthropogenic CO2 over the Southern Ocean
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science ((国際学会))
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pan XL, Li BF, Watanabe YW
2. 発表標題 Multi-decadal trend of freshening over the Southern Ocean coastal regions based on a progressed parameterization technique
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Li BF, Pan XL, Watanabe YW
2. 発表標題 Rapid progress of ocean acidification over the Southern Ocean
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李勃豊、潘先亮、渡辺豊
2. 発表標題 南大洋における人為起源と非人為起源のCO2の10年変動
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 潘先亮、李勃豊、渡辺豊
2. 発表標題 南大洋における時空間高分解能な海洋系外窒素(Nex)の動態の見積り
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺豊、藤田晃市、李勃豊
2. 発表標題 Reconstruction of spatiotemporal change of anthropogenic fixed nitrogen in the western North Pacific
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李勃豊、宿田さとと、葛西広海、黒田寛、谷内由貴子、長谷川大介、渡辺豊
2. 発表標題 Seasonal variations of oceanic CO2 disequilibrium and anthropogenic CO2 in the subarctic North Pacific
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pan X, Fujita K, Li BF, Watanabe YW
2. 発表標題 Evaluation of oceanic anthropogenic fixed nitrogen in the western North Pacific and the Southern Ocean.
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yunoki S, Yamasaki R, Li BF, Watanabe YW.
2. 発表標題 patiotemporal changes of ocean anthropogenic CO2 and ocean acidification in the western North Pacific by using parameterization.
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li BF, Watanabe YW, Hosoda S, Sato K, Nakano Y.
2. 発表標題 Quasi-real-time and high-resolution spatiotemporal distribution of anthropogenic CO2 in the subarctic North Pacific.
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019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	中野 善之 (Nanako 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)	
研究分担者	脇田 昌英 (Wakita Masahide) (30415989)	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 (82706)	
研究分担者	野村 大樹 (Nomura Daiki) (70550739)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授 (10101)	

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