

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03037

研究課題名（和文）季節海氷域における海洋酸性化と石灰質生物の応答メカニズムの解明

研究課題名（英文）Biological response of marine calcifiers to coastal ocean acidification in a seasonal sea ice zone

研究代表者

木元 克典 (Kimoto, Katsunori)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(地球表層システム研究センター)・グループリーダー代理

研究者番号：40359162

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：紋別オホーツク海沿岸における海洋酸性化の実態とその生物影響を評価する研究を2019年から2023年にわたり実施した。海水の炭酸塩飽和度（ $\text{ara}$ ）は冬季の12月中旬～3月上旬の間に約1.1まで低下した。それ以外の時期は概ね1.5～3.0で炭酸塩に対して過飽和を維持した。また北海道周辺海域で冬季に最も $\text{ara}$ が低下するのはオホーツク海沿岸域であることも判明した。冬季における石灰質生物、とくに有殻翼足類の殻への影響をMXCTを用いて調べたところ、高 $\text{ara}$ の夏季に殻密度と殻厚ともに相対的に減少し、逆に低 $\text{ara}$ の冬季に殻密度と殻厚ともに増加しており、環境に対する生態的可塑性をもつことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で最も意義のある発見は、炭酸塩に対し未飽和（低 $\text{ara}$ ）の海水にもかかわらず、石灰質生物の有殻翼足類の殻は低密度・薄くならず、逆に高密度、殻厚が増加したことである。この現象は他の海域では報告がなく、これまで観測されたことがない新しい知見である。生物の環境に対する生態的可塑性（適応性）の発現である可能性があり、この原因について分子生物学的研究（トランスクリプトーム解析）を進めている。また本研究では新たに開発したISFET-pH/pCO<sub>2</sub>センサによる観測と、公衆回線（G4・LTE）を使った双方向のリモート観測実験にも初めて成功し、将来の沿岸域でのリモートセンシングの基礎を作ることができた。

研究成果の概要（英文）：A feasibility study of was conducted to assess the ocean acidification (OA) and its biological effects in the Sea of Okhotsk from 2019 to 2023. Carbonate saturation state ( $\text{ara}$ ) of seawater decreased to about 1.1 during the winter season from mid-December to early March. During the other seasons,  $\text{ara}$  remained generally supersaturated with carbonate between 1.5 and 3.0. It was also found that  $\text{ara}$  decreased the most in the coastal areas in the research area during winter in the waters surrounding Hokkaido. The biological impacts of winter on the shells of calcareous organisms *Limacina helicina*, a thecosomatous pteropod, were investigated using Microfocus X-ray CT (MXCT), and it was clarified that both shell density and shell thickness relatively decreased in summer when  $\text{ara}$  was high, while both increased in winter when  $\text{ara}$  was low. It was indicated that a clear ecological plasticity in response to the surrounding oceanic environment.

研究分野：生物海洋学

キーワード：海洋酸性化 有殻翼足類 生物影響評価 ISFET-pHセンサ マイクロフォーカスX線CT (MXCT) 殻密度 リモートセンシング 沿岸海洋学

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

人類活動による CO<sub>2</sub> 排出は年々増加の一途をたどっており、地球温暖化とともに海洋酸性化による生物影響がいっそう現実味を帯びてきている。IPCC 第 5 次報告書における RCP8.5 シナリオでは、今世紀末の高緯度域の炭酸塩飽和度 ( $\Omega_{ara}$ ) が未飽和となり、石灰質の生物の殻形成が行われない状態になることが予測されている。この数年間でも、多くの海洋酸性化による生物影響の研究結果が出版されており、とくに低次生態系における重要な餌生物である有殻翼足類への影響が著しいことが示された。この生物は、我が国の水産有用種でもある、サンマ、サバ、タラ、ニシン、サケの主要な食料であることが知られているが、日本沿岸における海洋酸性化と本種の生態影響との対応研究は行われていなかった。さらに、沿岸生態系の細やかな応答を理解するためには、環境変化と生物現象を同時かつ継続的にモニタリングできる新しい観測体制を構築することが必要不可欠であるが、日本周辺のボランティアベースで実施されている複数の観測点では、双方を同時に観測し比較する研究が実施されておらず、海洋酸性化と生物影響評価のための有効な手法が提供されていないという問題があった。

### 2. 研究の目的

人類活動による CO<sub>2</sub> 排出は年々増加の一途をたどっており、地球温暖化とともに海洋酸性化による生物影響がいっそう現実味を帯びてきている。IPCC 第 5 次報告書における RCP8.5 シナリオでは、今世紀末の高緯度域の炭酸塩飽和度 ( $\Omega_{ara}$ ) が未飽和となり、石灰質の生物の殻形成が行われない状態になることが予測されている。この数年間でも、多くの海洋酸性化による生物影響の研究結果が出版されており、とくに低次生態系における重要な餌生物である有殻翼足類への影響が著しいことが示された。この生物は、我が国の水産有用種でもある、サンマ、サバ、タラ、ニシン、サケの主要な食料であることが知られているが、日本沿岸における海洋酸性化と本種の生態影響との対応研究は行われていなかった。さらに、沿岸生態系の細やかな応答を理解するためには、環境変化と生物現象を同時かつ継続的にモニタリングできる新しい観測体制を構築することが必要不可欠であるが、日本周辺のボランティアベースで実施されている複数の観測点では、双方を同時に観測し比較する研究が実施されておらず、海洋酸性化と生物影響評価のための有効な手法が提供されていないという問題があった。

### 3. 研究の方法

#### (1) オホーツク海の炭酸系モニタリング:

オホーツク海に面するオホーツク・ガリンコタワー株式会社の有する渡海橋直下(北緯 44 度 20 分、東経 143 度 23 分、水深 8m)より、毎週海水を採取し、炭酸塩化学の年変動量をモニターした。採取した海水は数本のボトルに分け、直ちに塩化水銀で固定した。海水の炭酸塩化学(TA と DIC)は、JAMSTEC むつ海洋研究所(MIO)でクーロメトリック法と電位差法により分析した(Wakita et al., 2010)。pH と炭酸塩飽和状態 ( $\Omega_{ara}$ ) は CO2SYS (Lewis and Wallace, 1998) により算出した。

#### (2) ISFET pH センサーの開発と海水 pH/pCO<sub>2</sub> の連続観測

ISFET 開発には、九州工業大学のマイクロ化総合技術センターの施設を利用した。基盤となる技術は、共同研究者である下島が特許を保有する半導体の設計をもとに、複数の試作品を製作し、その都度、室内での応答実験に供し、実用になる基板を選別した。半導体は基板実装し、紋別沖をはじめとする国内の複数の海域で実海域試験を行った。この基板について、紋別沖の水深 8m 付近の海底に ISFET pH/pCO<sub>2</sub> センサーを設置した。本センサーは、紋別沖の第 3 岸壁のコンクリートブロックにボルトで固定され、ステンレス製のフレームで固定した。計測間隔は 10 分おきとし、1 年間の係留後、引き上げてデータを回収した。これを研究期間の間継続して実施した。

#### (3) 動物プランクトンの採取

動物プランクトンは、海水採取場所と同じ場所にて鉛直プランクトンネット(北原ネット、メッシュサイズ: 100  $\mu$ m)で採取した。プランクトンサンプルは、直ちに 99%EtOH で固定し、冷蔵庫で保存した。その後、石灰質の動物プランクトン(主に二枚貝、腹足類、殻付翼足類)を実体顕微鏡で分離し、将来の動物群集の形成のために保存した。特に、有殻翼足類 *Limacina helicina* は、マイクロフォーカス X 線 CT (MXCT) による形態分析を行い、個々の殻の形態と殻の嵩密度を計測した。

### 4. 研究成果

#### (1) 海洋酸性化の状況

紋別沖の炭酸塩化学(pH、アラゴナイトの炭酸飽和状態 ( $\Omega_{ara}$ )、TCO<sub>2</sub>)は、冬と夏の間明確なコントラストを示した。pH と  $\Omega_{ara}$  は、それぞれ冬と夏で低い値と高い値を示した。これらのパラメータは、北太平洋の遠洋域の一般的な傾向を示していたが、12月から3月にかけて、 $\Omega_{ara}$  はアラゴナイト結晶の不飽和レベルに近づいた ( $\Omega_{ara} < 1.1$ )。このとき、冬の紋別沖では海水温

と塩分濃度が低くなっていた。一般に、紋別沖は冬は東サハリン海流(ESC)、夏は宗谷暖流(SWC)の影響を受けているが、夏と冬の炭酸塩化学の大きなコントラストは、一般に紋別沖の表層水の交換によって調節され、一部は冬の河川流出と雪解け水の影響を受けていると考えられる。さらに、冬の pH と  $a_{\text{ara}}$  の低下は、これまで研究が実施されている北海道周辺の他の地域データ(臼尻、厚岸湾、忍路湾、津軽海峡)と比較しても、冬季に最も顕著であることが示唆された。

### (2) センサによる酸性化と生物活動の検出

紋別沖の水深 8m の岸壁に固定した ISFET-pH/pCO<sub>2</sub> センサについて、信頼のおける測定ができたケースとしては、2020 年 1 月から 3 月にかけて、紋別沖の流水接近と同期して、pH と pCO<sub>2</sub> が高頻度で変化することが確認された(図 1)。これは海水が接岸することにもない、海水に由来する生物活動(アイスアルジー)によるものと考えられる。実際に海水にはアイスアルジーが大量に付着していることが顕微鏡観察で確認された。

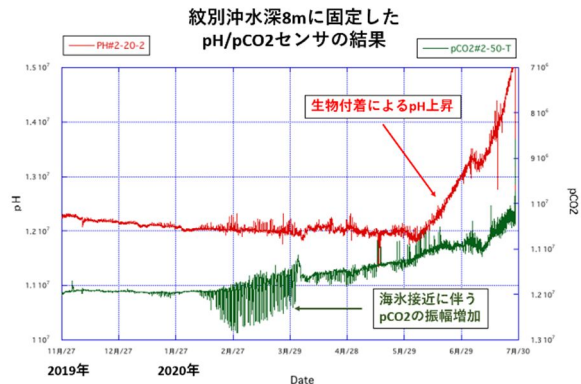


図 1. 紋別沖水深 8m に設置した pH/pCO<sub>2</sub> センサの結果(2019-2020)。海水が接岸と離岸の時期に呼応して海水の pCO<sub>2</sub> の大きな振幅が観測された。(pH を指示する値はセンサに記録された電流値であり、pH 変換された値ではないことに注意)

### (3) 海洋酸性化とその生物影響

紋別沖の表層水中には、有殻翼足類 *Limacina helicina* が 11 月から 7 月にかけて出現し、8 月から 10 月にかけて姿を消すことが示された。この出現パターンは、1997 年から 2012 年にかけて行われた先行研究(片倉・浜岡, 2015)と同様であり、本種の出現傾向は安定していることが示唆された。有殻翼足類の殻の大きさは、殻径 300 μm 以下のベリジャーや幼生が年間を通して優勢であった。海洋酸性化に対する生物学的影響を評価するため、マイクロフォーカス X 線 CT (MXCT) を用いて *L. helicina* の殻密度を分析した。*L. helicina* の個々の CT 画像から計算された殻密度は 1.8~2.4g/cm<sup>3</sup> であり、この種の通常の殻密度の範囲内であった。しかし、冬季の不飽和状態に近い環境では、*L. helicina* はより厚く、高密度の殻を作ることが明らかとなった。この傾向は、北太平洋外洋域や、飼育実験による海洋酸性化の耐性実験(Bednarsek et al., 2014; Comeau et al., 2009 など)で観察されたものとは真逆であった。また海水の  $a_{\text{ara}}$  と比較したところ、殻の密度と厚さは、 $a_{\text{ara}}$  と逆相関を示すことが明らかとなった(図 2)。この現象は、本種における低 pH 環境に対する生体応答であると考えられる。すなわち、本研究海域の *L. helicina* は、低 pH あるいは低  $a_{\text{ara}}$  に対して厚く、また高密度の殻をつくることで、酸性化に対する耐性を持っている可能性を示唆している(図 3)。

また、X 線トモグラフィーの画像から、一部の個体でアラゴナイト殻の自己修復の痕跡を発見した。*L. helicina* の殻の軽微な損傷は、自然条件下で修復可能であることが明らかになった。これらの結果は、オホーツク海の *L. helicina* が海洋環境に応じて殻構造を変化させる可塑性(レジリエンス)を有し、少なくとも炭酸不飽和海水には耐性をもつ可能性を示唆している。海洋酸性化による遺伝子発現への影響解析のため、次世代シーケンサを用いたトランスクリプトーム解析を行っている最中であり、これにより、どの遺伝子が海洋酸性化に対し有効に機能するかを明らかにすることができると期待できる。

### (4) リモートセンシング技術開発

本研究で製作した ISFET - pH/pCO<sub>2</sub> センサのより発展的な利活用のため、沿岸のリモートセンシングを目的とした、4G/LTE 回線を使用した双方向の安価なりモート制御システムの開発も本研究期間中に行った。その結果、陸電を用いた ISFET-pH/pCO<sub>2</sub> センサによる連続モニタリングに成功し、数か月にわたり 2 秒おきの pH、pCO<sub>2</sub> データを連続送受信することができた。これは当初の計画には無いものの、本研究の成果を広く一般にも周知し、また利活用するための基盤となりうる極めて重要な成果となった。本装置を大量に生産し、我が国の外水面および内水面に順次設置することで、沿岸域における海洋酸性化データを同時にかつ大量に取得することができる。今後、本装置を量産・頒布することを視野に、引き続き研究を進める予定である。



図 2. MXCT による *L. helicina* の物性データと、海水の  $a_{\text{ara}}$  の変遷の比較。殻密度と殻厚は  $a_{\text{ara}}$  と明瞭な逆相関を示す。

以上、オホーツク海南部沿岸域における海洋酸性化モニタリングと低次生態系における餌生物への影響評価の双方を同時に実施し比較する研究を、国内で初めて実施した。以下、本研究課題の成果をまとめる。

(1) ISFET-pH/pCO<sub>2</sub> センサを製作し、年間を通じたオホーツク海の炭酸系の観測に供した。その結果、季節海水の接岸と離岸に関連した生物活動(pH, pCO<sub>2</sub>)の著しい変化を観測することができた。araは冬季に著しく減少し1.1に近づき、夏季に回復した。冬季のaraの低下は、河川投入による淡水の流出や海水の融解(低塩分)に関係していた。

(2) 冬季の海水のaraは、石灰化生物である*L. helicina*のアラゴナイト殻の形成に不利な値であったにもかかわらず、殻密度はそれ以外の時期と比較しても著しく高いという結果が得られた。MXCTで測定した年間の有殻翼足類*L. helicina*の殻密度の範囲は、1.8~2.4g/cm<sup>3</sup>の値を示し、殻密度と殻厚は、海水のaraの変遷と明瞭な逆相関を示した。このことから、*L. helicina*は殻形成に不利な海水条件下でも、安定して高密度の殻を作っていることが明らかとなった。オホーツク海南岸では季節的な海洋酸性化が毎年観測されたが、研究期間中を通してアラゴナイト殻生物である*L. helicina*には有意な生物学的影響は観察されなかった。このことから、現時点において、オホーツク海南岸域における海洋酸性化は、生物に対して直接的な生体への悪影響は与えていない可能性が高いと結論できる。このことは、本研究地域における海洋酸性化と低次生態系の関連性を考察する上で極めて重要な結果であるとともに、有用魚種の餌ともなる生物の環境耐性についての基礎情報ともなる。とくにオホーツク海南岸域は海洋生物に依存した経済的基盤を形成しているため、より高次の生物(甲殻類、二枚貝類など)にも与える影響についての理解が必須であるといえ、引き続き研究を継続してゆく予定である。

(3) 本研究で開発したMXCTによる殻密度定量法が特許を取得した(特許第7175462)。また、本手法を用いた生物影響評価のための分析サービスを、世界の研究機関に向け、学会誌を通じて周知を行った(Kimoto, 2021)。現在本成果についてFrontiers on Earth Scienceに投稿中であり、日本発となるMXCTを用いた海洋酸性化の生物影響評価手法を世界に向けて発信してゆく予定である。

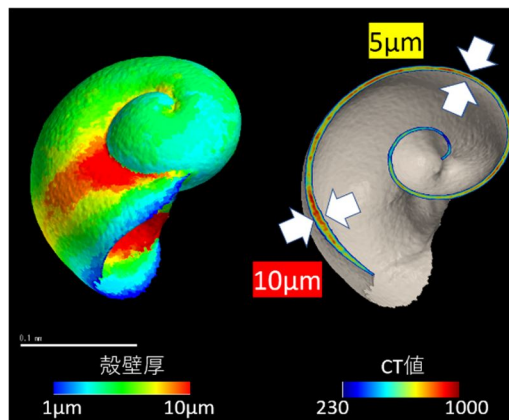


図3. MXCTによる*L. helicina*の殻厚情報(左)と密度に相当するCT値(右)をそれぞれ投影したものを。冬季の低araの時期に形成した部分は、殻の厚さと密度が他の部位と比べて有意に高いことを示している。

このことから、*L. helicina*は殻形成に不利な海水条件下でも、安定して高密度の殻を作っていることが明らかとなった。オホーツク海南岸では季節的な海洋酸性化が毎年観測されたが、研究期間中を通してアラゴナイト殻生物である*L. helicina*には有意な生物学的影響は観察されなかった。このことから、現時点において、オホーツク海南岸域における海洋酸性化は、生物に対して直接的な生体への悪影響は与えていない可能性が高いと結論できる。このことは、本研究地域における海洋酸性化と低次生態系の関連性を考察する上で極めて重要な結果であるとともに、有用魚種の餌ともなる生物の環境耐性についての基礎情報ともなる。とくにオホーツク海南岸域は海洋生物に依存した経済的基盤を形成しているため、より高次の生物(甲殻類、二枚貝類など)にも与える影響についての理解が必須であるといえ、引き続き研究を継続してゆく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 M. Wakita, K. Sasaki, A. Nagano, H. Abe, T. Tanaka, K. Nagano, K. Sugie, H. Kaneko, K. Kimoto, T. Okunishi, M. Takada, J. Yoshino, S. Watanabe	4. 巻 48
2. 論文標題 Rapid Reduction of pH and CaCO <sub>3</sub> Saturation State in the Tsugaru Strait by the Intensified Tsugaru Warm Current During 2012-2019	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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) 10.1029/2020GL091332	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 Siri Ofstad, Katarzyna Zamelczyk, Katsunori Kimoto, Melissa Chierici, Agneta Fransson, Tine Lander Rasmussen	4. 巻 16
2. 論文標題 Shell density of planktonic foraminifera and pteropod species <i>Limacina helicina</i> in the Barents Sea: Relation to ontogeny and water chemistry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0249178	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 Katsunori Kimoto	4. 巻 34
2. 論文標題 Quantification of the impact of ocean acidification on marine calcifiers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Oceanography	6. 最初と最後の頁 48-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5670/oceanog.2021.supplement.02-19	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 Shimizu K., Noshita, K., Kimoto, K., Sasaki T.	4. 巻 51
2. 論文標題 Phylogeography and shell morphology of the pelagic snail <i>Limacina helicina</i> in the Okhotsk Sea and western North Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Biodiversity	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12526-021-01166-z	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 Fujimaki Rina, Suzuki Noritoshi, Kimoto Katsunori, Nagai Yukiko, Oaki Yuya, Shimode Shinji, Toyofuku Takashi, Imai Hiroaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Micro- and nanometric characterization of the celestite skeleton of acantharian species (Radiolaria, Rhizaria)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-06974-2	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 Iwasaki Shinya, Lembke-Jene Lester, Nagashima Kana, Arz Helge W., Harada Naomi, Kimoto Katsunori, Lamy Frank	4. 巻 13
2. 論文標題 Evidence for late-glacial oceanic carbon redistribution and discharge from the Pacific Southern Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	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) 10.1038/s41467-022-33753-4	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 Nina Bednarsek, Kerry-Ann Naish, Richard A. Feely, Claudine Hauri, Katsunori Kimoto, Albert J. Hermann, Christine Michel, Andrea Niemi and Darren Pilcher	4. 巻 8
2. 論文標題 Integrated Assessment of Ocean Acidification Risks to Pteropods in the Northern High Latitudes: Regional Comparison of Exposure, Sensitivity and Adaptive Capacity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.671497	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 Atsushi Yamaguchi, Carin J Ashjian, Robert G Campbell	4. 巻 44
2. 論文標題 Comparison of population structure, vertical distribution and growth of sympatric, carnivorous, mesopelagic copepods, <i>Paraeuchaeta glacialis</i> and <i>Heterorhabdus norvegicus</i> , in the western Arctic Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 443-453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plankt/fbac019	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 Atsushi Yamaguchi, Fumihiko Kimura, Yuri Fukai, Yoshiyuki Abe, Kohei Matsuno, Atsushi Ooki, Toru Hirawake	4. 巻 27
2. 論文標題 Between-year comparison of interactions between environmental parameters and various plankton stocks in the northern Bering Sea during the summers of 2017 and 2018	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Sciences	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100555	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 Atsushi Yamaguchi, Carin J Ashjian, Robert G Campbell, Yoshiyuki Abe	4. 巻 42
2. 論文標題 Vertical distribution, population structure and developmental characteristics of the less studied but globally distributed mesopelagic copepod <i>Scaphocalanus magnus</i> in the western Arctic Ocean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 368-377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plankt/fbaa021	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 Atsushi Yamaguchi, Carin J Ashjian, Robert G Campbell, Yoshiyuki Abe	4. 巻 41
2. 論文標題 Ontogenetic vertical migration of the mesopelagic carnivorous copepod <i>Paraeuchaeta</i> spp. is related to their increase in body mass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 1915-1922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plankt/fbz051	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

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Hiromi Kasai, Seiji Katakura, Tomoyasu Yamazaki, Katsunori Kimoto, Junya Hirai, Kohei Matsuno, Atsushi Yamaguchi
2. 発表標題 Study on characteristics of zooplankton community in coastal water around Mombetsu during sea ice season
3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsunori Kimoto, Keisuke Shimizu, Masahide Wakita, Kiminori Shitashima, Atsushi Yamaguchi, Kohei Matsuno, Hiromi Kasai, Hitomi Yoshida, Seiji Katakura
2. 発表標題 Euthecosomatous pteropod (Sea butterfly) <i>Limacina helicina</i> in the southern Okhotsk Sea: Morphological variability and plasticity to ocean environmental changes
3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木元克典・下島公紀・清水啓介・山口篤・松野孝平・村井克詞・吉田瞳・片倉靖次
2. 発表標題 オホーツク海南岸における海洋酸性化モニタリングと生物影響調査
3. 学会等名 日本海洋学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下島公紀・木元克典・脇田昌英・村井克詞・片倉靖次
2. 発表標題 オホーツク海南岸における長期連続観測へのpH/pCO <sub>2</sub> センサの適用
3. 学会等名 日本海洋学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水啓介・木元克典・脇田昌英・諏訪僚太
2. 発表標題 海洋酸性化による巻貝の幼殻形成への影響
3. 学会等名 日本海洋学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 瀬尾将孝・川合美千代・木元克典
2. 発表標題 北極海カナダ海盆における海洋酸性化の翼足類への影響
3. 学会等名 日本海洋学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kimoto K., Sasaki O., Nakano Y., Wakita M., Kitamura M., Fujiki T., Shimizu K., Harada N.
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 Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimoto, K., Harada, N., Sasaki O., Nakano Y., Wakita M., Kitamura M., Fujiki T., Shimizu K.
2. 発表標題 Seasonal variations of shell density in marine calcifier in the North Pacific
3. 学会等名 IMBeR 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimoto K., Bednarsek, N., Sasaki O., Nakano Y., Wakita M., Harada N.
2. 発表標題 Degradation process of shell density of marine calcified plankton in different pH conditions in the North Pacific
3. 学会等名 Ocean Science Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水啓介, 根岸瑠美, 胡桃坂仁志, 鈴木道生
2. 発表標題 アコヤガイの貝殻形成における有機物複合体形成因子の多様性と進化
3. 学会等名 第17回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 脇田昌英・永野憲・内田裕・中野善之・木元克典・重光雅仁・藤木徹一
2. 発表標題 西部北太平洋亜寒帯域における海洋酸性化と海洋生物への影響
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kimoto, K., Shimizu, K., Wakita, M., Shitashima, K., Yamaguchi, A., Matsuno, K., Kasai, H., Yoshida, H., Katakura, S.
2. 発表標題 Seasonal variability of coastal ocean acidification in the southern coast of the Sea of Okhotsk: Summary of four years continuous monitoring
3. 学会等名 International Symposium of Okhotsk and Polar Ocean (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木元克典、堀内里香、小野寺丈尚太郎、西野茂人、渡邊英嗣
2. 発表標題 西部北極海における有殻翼足類の殻密度変遷；10年比較
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 密度測定方法および較正基準試料並びにその作成方	発明者 木元克典、岩下智 洋、佐々木理	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、7175462	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

マイクロフォーカスX線CT装置による微小な対象物についての形態情報取得、および密度計測分析受託 <a href="https://www.jamstec.go.jp/rcgc/j/mxct/">https://www.jamstec.go.jp/rcgc/j/mxct/</a> Microfocus X-ray CT lab News <a href="https://www.jamstec.go.jp/rcgc/e/mxct/news/index.html">https://www.jamstec.go.jp/rcgc/e/mxct/news/index.html</a> Acquisition of morphology and bulk density by $\mu$ XCT <a href="http://www.jamstec.go.jp/rcgc/e/mxct/">http://www.jamstec.go.jp/rcgc/e/mxct/</a>
---

#### 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	清水 啓介  (SHIMIZU KEISUKE)  (00757776)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・特任助教   (12601)	
研究 分担者	山口 篤  (YAMAGUCHI ATSUSHI)  (50344495)	北海道大学・水産科学研究院・准教授   (10101)	
研究 分担者	下島 公紀  (SHITASHIMA KIMONORI)  (70371490)	東京海洋大学・学術研究院・教授   (12614)	

#### 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			
ドイツ	MARUM			
ノルウェー	Institute of Marine Research (IMR)	The Arctic University(UiT)		
中国	台湾国際大学			
米国	South California Coastal Water Res Proj	Oregon State University		
スロベニア	National Institute of Biology			