

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H01792

研究課題名(和文) 海洋「脱」酸性化：アマモ場の酸性化緩和機能の検証と生物群集・生態系機能変動予測

研究課題名(英文) Ocean deacidification: evaluation of mitigation function of ocean acidification by eelgrass bed and its impacts on biological communities

研究代表者

仲岡 雅裕 (Nakaoka, Masahiro)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：90260520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,000,000円

研究成果の概要(和文)：アマモ場は光合成により二酸化炭素を吸収するため、海洋酸性化を緩和する機能がある。本研究では、その機能の大きさを解明することを目的に、沿岸海洋観測、メソコズム実験、生態系モデルを用いた統合的解析および将来予測を実施した。その結果、アマモ場は沿岸海域のpHと二酸化炭素分圧の時空間変動に大きく影響を及ぼし、将来気候変動が進んだ場合でも沿岸海域の海洋酸性化の進行を局所的に緩和し、マガキなどの石灰性生物の生存に正の効果を与えることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動の生態系影響に関する従来の研究では、気候変動が生物に与える影響を予測評価するという一方的な方向性のみを考えたものが多かった。これに対し、アマモ場という自然生態系が気候変動影響を緩和するという着眼点に基づき、その機能を定量的に評価した点は、非常に独創性が高いと評価できる。アマモ場は水産資源供給、水質・底質安定化や炭素蓄積隔離機能(ブルーカーボンシンク)として多様な生態系サービスを提供しているが、本研究でアマモ場の新たな機能が評価されたことにより、その保全に向けた施策の作成に貢献できることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Eelgrass beds absorb carbon dioxide through photosynthesis and thus have the ability to mitigate ocean acidification. In this study, we conducted an integrated analysis using coastal ocean observations, mesocosm experiments and ecosystem models to elucidate the magnitude of this function and to predict future changes. The results indicate that eelgrass beds have a significant influence on the spatiotemporal variation of pH and carbon dioxide partial pressure in the coastal ocean, and that they can locally mitigate the progression of ocean acidification in the coastal ocean even under future climate change, and can have a positive effect on the survival of calcareous organisms such as Pacific oyster.

研究分野：海洋生態学

キーワード：海洋生態系 海洋酸性化 アマモ場 生態系モデリング 操作実験 海洋観測

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人間の経済活動による大気中の二酸化炭素(CO₂)の増加は、海水の pH を低下させる。この海洋酸性化と呼ばれる現象により、現在 8.0~8.1 程度である海水の平均 pH は 2100 年頃までに 0.1~0.3 ほど低下すると予想されている。海洋酸性化は、特にサンゴや貝類など炭酸カルシウムを生成する石灰化生物に著しい負の影響を与えることから、その緩和策・適応策の立案が国際的にも急務になっている。

沿岸域では、CO₂濃度と pH がいずれも数時間~数日間の短い期間に大きく変動する。この要因として、河川からの淡水の流入が pH を低下させることや、河口域や浅海に生息する大型水生植物(アマモ類や大型藻類)の光合成・呼吸により CO₂濃度が日周変動することが挙げられる。研究代表者らがアマモ場で行った連続観測では、光合成量が呼吸量を著しく上回るため、夜間においても pH が 8.5 以上、CO₂濃度が 100ppm 以下(産業革命前の大気中濃度の 1/3 以下)になるような結果が得られている。このことは、今後の海洋酸性化の進行を抑えるという気候変動緩和策としての面からもアマモ場の保全が有効である可能性を示しており、その現象の一般性と影響が及ぶ空間スケールを明らかにすることが求められていた。

2. 研究の目的

本研究は、アマモ場の海洋酸性化緩和機能の大きさとその生物多様性・生態系機能への効果を検証し、その結果を踏まえて、将来の海洋酸性化進行に伴う沿岸海域に生息する生物への影響を予測評価することを目的とした。具体的には次のステップで研究を進めた。

A. 野外観測：環境条件の異なる複数の沿岸海域で、pH・CO₂濃度の広域・連続観測を実施し、海洋酸性化の現状を評価するとともに、アマモ場の有無が pH・CO₂濃度の時空間変異に与える影響を明らかにした。

B. メソコズム実験：実験室におけるメソコズムを用いて、海洋酸性化およびアマモ場による海洋酸性化緩和効果が石灰化生物に与える影響を実験的に検証した。まず、エゾバフンウニ(*Strongylocentrotus intermedius*)を用いて、海洋酸性化と水温上昇が同時に進行する場合の影響を評価した(B-1)。続いて、アマモ(*Zostera marina*)とマガキ(*Magallana gigas*)、コウダカチャイロタマキビ(*Lacuna decorata*)、ウスマキゴカイ(*Neodexiospira brasiliensis*)を用いて、アマモによる海洋酸性化緩和効果の影響を評価した(B-2)。

C. 海水流動・生態系モデル：野外観測結果を海洋生態系モデルに取り入れ、複数の気候変動シナリオ下での今後の海洋酸性化進行にともなう沿岸域における石灰化生物に対する影響を評価するとともに、アマモ場による緩和効果の大きさとその効果が及ぶ空間範囲の予測を行った。

3. 研究の方法

A. 野外観測

野外観測は北海道西部の忍路湾、および北海道東部の厚岸湖・厚岸湾で実施した。

A-1: 忍路湾：北海道大学忍路臨海実験所地先の水深約 3~4m の測点に各種観測測器を係留し、水温、塩分、pH、溶存酸素濃度(DO)の連続モニタリングを行った。測器は概ね 1~3 か月毎にデータ回収、点検を行い、その際に海水試料を採取し、溶存無機炭素と全アルカリ度を測定すると共に、CO₂sys (Pierrot et al. 2016)によりアラゴナイト飽和度(Ω_{arag})の値を見積もった。

A-2: 厚岸湖・厚岸湾：広域観測については、2016年に厚岸湖内で多地点の観測を行い、アマモの被度の変異と pH の関係性の解析を行った。引き続き、2017年には、別寒辺牛川から厚岸湖、厚岸湾を広くカバーする観測を 5~11 月に実施した。観測項目は水温、塩分、栄養塩濃度、クロロフィル a 濃度の他、海洋酸性化に係る炭酸塩パラメータとして、全アルカリ度(TA)、溶存態無機炭素量(DIC)、溶存態有機炭素量(DOC)、水素イオン濃度(pH)、二酸化炭素分圧(pCO₂)を測定した。またこれらの値を元にアラゴナイト飽和度(Ω_{ara})を算出した。

連続観測は、2017年 2~12 月約 1年間厚岸湾沿岸にて pH センサーを設置し 10 分間隔で海水の pH および水温の連続観測を行った。さらに 1 ヶ月に 1~2 回海水を採水し全アルカリ度および全炭酸を測定し、CO₂sys によりその他炭酸系項目を計算にて求めた。また 2019年 4~12 月にかけて、アマモが密生する厚岸湖中央部および疎生する厚岸湾東岸部に測点を設置し、10 分間隔で pH の連続的な計測を行った。

B. 飼育実験

実験はいずれも北海道大学厚岸臨海実験所の飼育設備を利用して行った。水温と CO₂濃度の変化がエゾバフンウニに与える影響(B-1)については、ウニのメスおよびオス各 3 個体から採卵・採精し 3 水温(15, 19, 23)および異なる 5 段階の CO₂濃度の海水中で受精させた後約 6 日間飼

育した。それぞれの海水中の卵の受精率、幼生の体サイズを計測し成長速度を評価した。

アマモの酸性化緩和効果(B-2)については、アマモの有無（アマモ無の実験区にはプラスチック製の人工アマモを設置）および CO₂ 濃度を 2 段階（現状および高 CO₂ 濃度）に操作した実験区を設け、石灰化動物 3 種に対する影響を調べた。6 週間の飼育後に、マガキについては殻と軟体部の成長量、コウダカチャイロタマキビについては生存率と成長量、ウズマキゴカイについては生存率を比較した。

C. 海洋生態系モデル

忍路湾(C-1)については、領域海洋モデル（ROMS）に海洋生態系モデル PISCES (Aumont et al., 2003)を組み込んだ ROMS-Agrif (Penven et al., 2006)を用い、将来予測を行った。山家（2019）と赤松（2020）で用いた現在と将来（2090年代相当）の境界条件を与えて 20年間駆動した最後の1年間の結果を解析に供した。

厚岸湖・厚岸湾(C-2)については、物質循環を解析する目的で作られた「3次元物理-生態系結合モデル」(Abe 2021)を基盤として、海洋酸性化の解析に必要な炭酸塩パラメータの変数を取り入れることにより開発した。詳細については Abe et al. (2022)を参照されたい。まず、モデルの精度検証のため、2017年の海洋環境条件に基づく数値を入れてシミュレーションを行い、その結果を上記 A に説明した野外観測値と比較した。続いて、生態系モデルからアマモ場を取り除いた場合の炭素動態のシミュレーションを行い、アマモ場がある場合との比較を行った。さらに、IPCC の異なる気候変動シナリオ(RCP2.6, RCP8.5)における 2090年代の海洋酸性化の予測を、アマモ場がある場合とない場合について行った。

4. 研究成果

A. 野外観測

A-1: 忍路湾の連続モニタリングの結果は、物理過程と生物活動に伴う顕著な季節変動(図1)と日周変動を示した。対象海域では飼育実験等の結果から推測される地球温暖化、海洋酸性化、貧酸素化が石灰化生物に悪影響を及ぼすと懸念される危険水準、準危険水準にはまだ到達していないと考えられた。

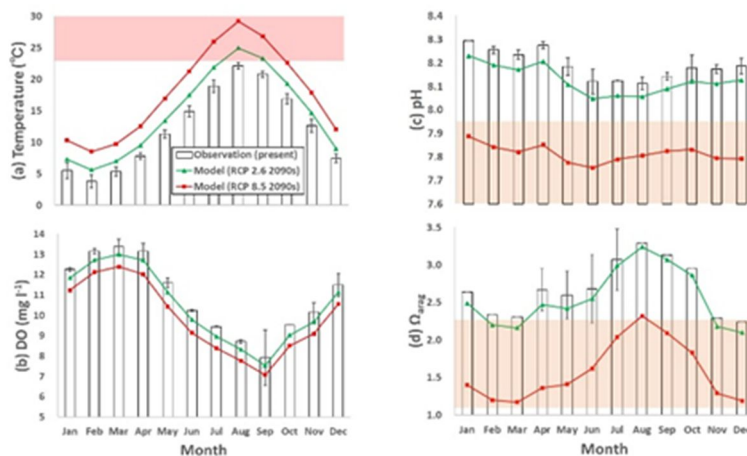


図1. 測点表層における (a)水温(°C)、(b)DO(mg l⁻¹)、(c)pH、(d) Ω_{arag} の月平均の結果。棒グラフがモニタリング結果、折れ線が将来予測(緑: RCP2.6シナリオ、赤: RCP8.5シナリオ)の結果。(a)と(c)のエラーバーは1標準偏差を示す。亜寒帯沿岸域の石灰化生物にとっての地球温暖化と海洋酸性化の危険水準(水温 23 °C以上; 干川, 2006; 柴野ら, 2014)と準危険水準(pH = 7.6 ~ 7.95、 $\Omega_{arag} = 1.1-2.3$; 例えば Onitsuka et al., 2018)をそれぞれ赤とオレンジの領域で示す。

A-2: 厚岸湖のアマモ場の日中の pH は 7.6~8.5 まで大きく変異し、アマモの密度と高い相関を示した ($R^2 = 0.62$, $n = 15$)。

広域観測では海洋酸性化に関する変数いずれにも大きな空間変異が認められた。TA は厚岸湖で高く、湾口に向かって低くなる傾向があった。DIC は河川や河口域で低く、厚岸湾で高く、4~6月に低くなる傾向があった。DOC は河口から湾口にかけて減少する傾向があり、厚岸湖東部でやや高かった。pH は、河川水では概ね 7 以下であったが、厚岸湖と厚岸湾では 7.7~8.1 程度であった。また、厚岸湖では調査期間や観測点による変動が大きく、6月には湖中央付近で高い値(>8.2)が観測された。pCO₂ は、観測点間および季節間で大きく変動しており、厚岸湖では一部の地点を除き、7月以降に 400 μ atm を超える値が観測されるようになった。一方、湾内の pCO₂ はほぼ等しく 400 μ atm 以下であった (Abe et al. (2022)の Fig. 4 参照)。

厚岸湾における 2017 年の連続観測では、水温は -1.7~20.4 °C の間で変化しまた海水の pH 7.6~8.45、CO₂ 濃度は 129 μ atm から最大 1,200 μ atm に達した。特に夏期の夜間での CO₂ 濃度が高く今世紀末に外洋域で予測される濃度が現在既に厚岸沿岸域で観測されることが明らかとなった。これは夏の高温時での有機物の分解および呼吸による物と考えられる。また海水の炭酸カルシウム飽和度の最低値は 1.4 にまで低下することが明らかとなった。

厚岸湖と厚岸湾における 2019 年の連続観測の結果を図 2 に示す。厚岸湖のアマモ場における全期間を通じた pH は、厚岸湾の測点よりも約 0.1 高かった。pH の変動幅も厚岸湖の方が厚岸湾よりも大きかった。厚岸湖は季節変動も大きく、4~6 月にかけて pH が高い傾向があるが、7~9 月にかけては低下し、10 月以降再び上昇する傾向が認められたが、厚岸湾では明瞭な変化はみられなかった。地点間の比較では、春は厚岸湖の方が pH が高いが、夏はその逆の傾向であった。

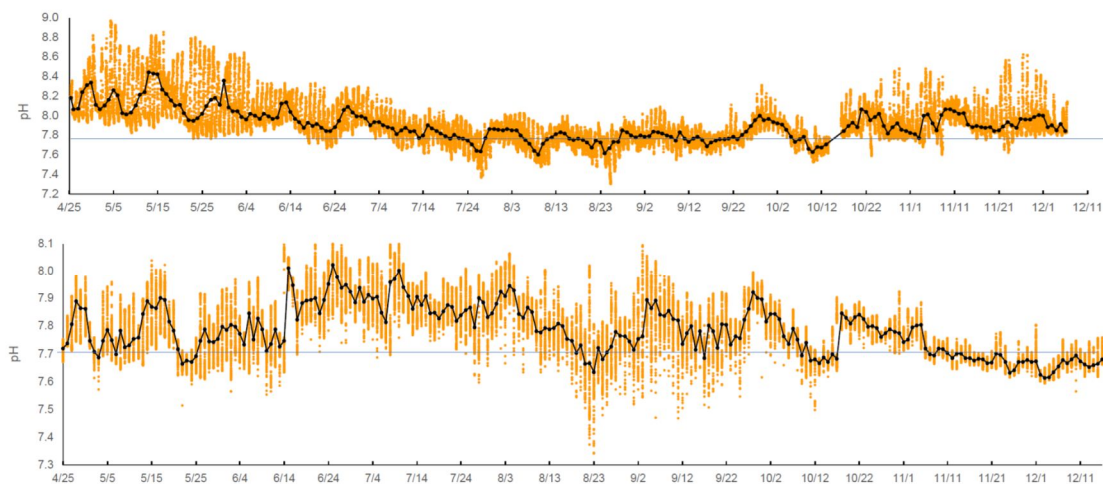


図2. 厚岸湖（上）および厚岸湾（下）におけるpHの季節変動。点は10分おきのデータ、黒線は日ごとの中央値の推移、青線は全期間を通じた平均値を示す。

以上より、本沿岸海域の炭酸塩パラメータは場所間、季節間で大きく変異することが明らかにあり、それには、アマモ場の存在や、河川を通じた淡水流入、厚岸湖と厚岸湾の流動環境の変異など複数の要因が複雑に関連していることが示唆された。

B. メソコズム実験

B-1: 水温と CO₂ の操作実験の結果、エゾバフンウニの受精率は水温および CO₂ による影響はみられずいずれも 80% 以上の高い受精率が観察された。一方で幼生の腕の長さ（口後桿）および全長はともに CO₂ の増加と共に直線的に低下することが明らかとなった(図 3 上)。水温の上昇は受精後 86 時間目では幼生の成長を促進させた一方で 130 時間御ではむしろ抑制させた。このことから海水の上昇は初期の発生速度は促進させる一方で、より長期間晒されるむしろ負の影響を及ぼす可能性が示され、酸性化の影響を緩和する効果が見られなかった(図 3 下)。

今回野外の環境より、本ウニの繁殖期の CO₂ 濃度は最大で 1,200 μatm に達することが示されたが、今後大気 CO₂ 濃度が現在よりも 500 μatm 上昇すると予測した場合、海水の CO₂ 濃度は 1,700 μatm にまで増加する可能性が予測され、それにより今後最大で幼生の体サイズは最大で 20% 程度低下する可能性が示唆された。

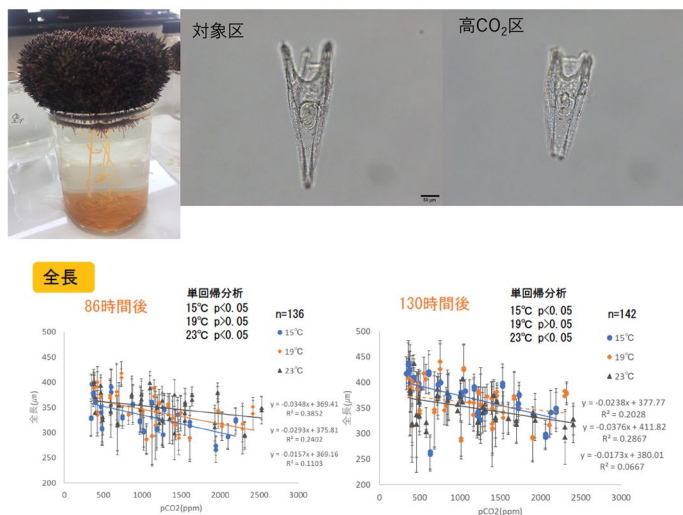


図3 . 上：通常海水および高 CO₂ 異濃度海水中で飼育されたウニ幼生。下：異なる水温および CO₂ 濃度海水で 86 時間および 130 時間飼育された幼生の体サイズ

B-2: アマモの海洋酸性化緩和効果に関する実験における期間中の各処理区の pH の平均値は CO₂ 濃度現状・アマモ有で 8.187、CO₂ 濃度現状・アマモ無で 8.031、CO₂ 濃度高・アマモ有で 8.124、CO₂ 濃度高・アマモ無で 7.908 であった。マガキの殻および軟体部の成長量は、アマモ有無の有意な効果があり、アマモがない方が成長量が高かった。コウダカチャイロタマキビの生存率には処理区間の有意な差はなかったが、成長量についてはアマモ無で有意に高かった。また CO₂ 濃度高で成長量が小さい傾向が検出された。ウズマキゴカイの生存率については、CO₂ 濃度とアマモ有無の相互作用が有意であり、CO₂ 濃度高・アマモなしの処理区の生存率が他の実験区より低かった。

以上の結果、当初の仮説通りのアマモ場の海洋酸性化緩和効果は、ウズマキゴカイのみに検出された。この理由として、処理区間の pH の差が当初予定したものより小さいため、個体サイズの大きいマガキやコウダカチャイロタマキビでその効果を検出するには 6 週間の実験期間が十分でなかった可能性が考えられる。また、マガキ、コウダカチャイロタマキビの成長量がアマモ無の方で高かった理由として、付着藻類の量が競争種であるアマモがない状態で多くなり、その結果、貝類にとって餌環境がよくなった副次効果があった可能性が示唆された。今後、海洋酸性化と餌環境を独立して操作する実験を行う必要がある。

C. 海水流動・生態系モデル

C-1: 忍路湾の将来予測の結果は CO₂ の高排出シナリオ (RCP8.5 シナリオ) では今世紀末までにこれらの水準に到達する時期が頻発する可能性を示している。これらの結果は、人為起源の CO₂ 排出を抑制する緩和策と共に、養殖種やその養殖場所・時期の変更を地域の特徴に応じて順応的に行う適応策の重要性も示唆する。併せて、必要に応じて陸起源物質の過剰な流入を局所的・季節的に抑制することで、沿岸生態系に対する複合影響を軽減する方策も考えられる。

C-2: 厚岸湖・厚岸湾を対象とした生態系モデルによる海洋酸性化関連変数のシミュレーション結果は、2017 年における現場観測の値の多くを十分に再現しており、予測精度が高いことが確認された。DIC 濃度については、厚岸湾の月変動は小さく、厚岸湖は大きいという特徴がモデルによって再現され、シミュレーションと観測が同程度になった。また、DOC も厚岸湖と厚岸湾の両方で比較的良好に再現された。TA、pH および pCO₂ も一部の地点を除いては高い再現性を示した。モデルは *ara* の季節変動は厚岸湾では小さく、厚岸湖では大きいという傾向を説明できたが、やや過大評価する傾向があった。

2017 年の状態で、アマモの有無を操作した生態系モデルの予測結果を比較したところ、厚岸湾では予測結果に大きな変異が認められなかったが、厚岸湖においてはアマモ場がない場合に pH が大きく減少する領域が広がった。2090 年代における将来予測においては、RCP2.6 シナリオでの計算では、2017 年との差はわずかであったが、RCP8.5 シナリオでは pH と *ara* の両方が大きく変化した。RCP8.5 シナリオでもアマモがない場合は、アマモ場がある場合より pH と *ara* の低下が大きかった。*ara* の値から算出したマガキの奇形発生確率は RCP8.5 シナリオで現状より非常に増加した。奇形発生確率は、厚岸湖では RCP8.5 アマモ場なしのシナリオでさらに増加することが予測された。

以上より、アマモ場内外の炭酸塩パラメータは非常に時空間変異が大きいこと、高密度のアマモ場の存在により局所的な酸性化の緩和効果が期待できること、アマモ場が消失すると海洋酸性化が石灰化生物に与える影響もより著しくなることが判明した。アマモ場の保全維持は今後進行が予測される海洋酸性化の緩和のためにも重要であることが示された。

< 引用文献 >

- Abe, H. (2021) Climate warming promotes Pacific oyster (*Magallana gigas*) production in a subarctic lagoon and bay, Japan: projection of future trends using a three dimensional physical ecosystem coupled model. Reg. Stud. Mar. Sci. 47, 101968.
- Abe, H., Ito, M.A., Ahn, H. and Nakaoka, M. (2022) Eelgrass beds can mitigate local acidification and reduce oyster malformation risk in a subarctic lagoon, Japan: A three-dimensional ecosystem model study. Ocean Modelling 173: 101992.
- 赤松 知音 (2020) 気候変動が日本温帯域のサンゴ分布に及ぼす影響予測. 北海道大学大学院環境科学院修士論文, 66pp.
- Aumont, O., Maier-Reimer, E., Blain, S., and Monfray, P. (2003) An ecosystem model of the global ocean including Fe, Si, P colimitations. Glob. Biogeochem. Cycles. 17, GB1060.
- Penven, P., Debreu, L., Marchesiello, P., and McWilliams, J. C. (2006) Application of the ROMS embedding procedure for the Central California Upwelling System. Ocean Modelling 12, 157-187.
- Pierrot, D., Lewis, E., and Wallace, D.W.R. (2006) MS Excel program developed for CO₂ system calculations. ORNL/CDIAC-105a, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, doi:10.3334/CDIAC/otg.CO2SYS_XLS_CDIA105a.
- 柴野 良太, 藤井 賢彦, 山中 康裕, 山野 博哉, 高尾 信太郎 (2014). 北海道における沿岸水温環境とホタテガイ漁獲量の時空間変動解析. 水産海洋研究 78(4), 259-267.
- 山家 拓人 (2019). 北海道忍路湾における地球温暖化・海洋酸性化指標の変動特性評価と将来予測. 北海道大学大学院環境科学院修士論文, 74pp.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24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 8件）

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Abe Hiroya, Ito Minako Abe, Ahn Hyojin, Nakaoka Masahiro | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 Eelgrass beds can mitigate local acidification and reduce oyster malformation risk in a subarctic lagoon, Japan: A three-dimensional ecosystem model study | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Ocean Modelling | 6. 最初と最後の頁 101992 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ocemod.2022.101992 | 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 Sudo Kenji, Maehara Serina, Nakaoka Masahiro, Fujii Masahiko | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Predicting Future Shifts in the Distribution of Tropicalization Indicator Fish that Affect Coastal Ecosystem Services of Japan | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Built Environment | 6. 最初と最後の頁 788700 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbui.2021.788700 | 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 Ito MA, Lin HJ, O' Connor MI, Nakaoka M | 4. 巻 675 |
| 2. 論文標題 Large-scale comparison of biomass and reproductive phenology among native and non-native populations of the seagrass <i>Zostera japonica</i> | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series | 6. 最初と最後の頁 1~21 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps13884 | 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 Namba Mizuho, Nakaoka Masahiro | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Increased salinity stress changes plant productivity and biomass by altering the top down controls in eelgrass beds | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Ecosphere | 6. 最初と最後の頁 e03852 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecs2.3852 | 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 藤井 賢彦 | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 地球温暖化・海洋酸性化・貧酸素化が海洋生態系に及ぼす影響 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 沿岸海洋研究 | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 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 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 藤井 賢彦 | 4. 巻 48(12) |
| 2. 論文標題 気候変動と海洋生物資源 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Japan Solar Energy | 6. 最初と最後の頁 50-56 |
| 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 藤井 賢彦, 芳村 毅, 小埜 恒夫 | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 海洋酸性化・貧酸素化・地球温暖化の海洋生態系への影響評価 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 月刊海洋 | 6. 最初と最後の頁 299-303 |
| 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 藤井 賢彦, 高尾 信太郎, 山家 拓人, 赤松 知音, 藤田 大和, 脇田 昌英, 山本 彬友, 小埜 恒夫 | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 北海道沿岸域における地球温暖化・海洋温暖化・貧酸素化指標の連続モニタリングと将来予測シミュレーション | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 月刊海洋 | 6. 最初と最後の頁 318-331 |
| 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 Kurihara, H. | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 Potential impacts and management of ocean acidification on Japanese marine fisheries and aquaculture | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 水産研究・教育機構研究報告 | 6. 最初と最後の頁 55～66 |
| 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 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 藤井 賢彦 | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 気候変動が日本沿岸の海洋生態系や社会に及ぼす影響 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 水環境学会誌 | 6. 最初と最後の頁 83-87 |
| 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 Fujii Masahiko, Takao Shintaro, Yamaka Takuto, Akamatsu Tomoo, Fujita Yamato, Wakita Masahide, Yamamoto Akitomo, Ono Tsunee | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Continuous Monitoring and Future Projection of Ocean Warming, Acidification, and Deoxygenation on the Subarctic Coast of Hokkaido, Japan | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science | 6. 最初と最後の頁 590020 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.590020 | 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 藤井 賢彦 | 4. 巻 48(12) |
| 2. 論文標題 北海道沿岸域における地球温暖化・海洋酸性化・貧酸素化指標の連続観測と将来予測 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 環境と測定技術 | 6. 最初と最後の頁 19-30 |
| 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 小笠 恒夫, 藤井 賢彦 | 4. 巻 48(10) |
| 2. 論文標題 日本沿岸域のpH連続観測網 -海洋酸性化に備えるために- | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 環境と測定技術 | 6. 最初と最後の頁 3-8 |
| 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 Listiawati Vina, Kurihara Haruko | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Ocean warming and acidification modify top-down and bottom-up control in a tropical seagrass ecosystem | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 13605 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-92989-0 | 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 Yamamoto-Kawai Michiyo, Ito Soichiro, Kurihara Haruko, Kanda Jota | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Ocean Acidification State in the Highly Eutrophic Tokyo Bay, Japan: Controls on Seasonal and Interannual Variability | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science | 6. 最初と最後の頁 642041 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.642041 | 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 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(5) |
| 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) 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 Glon Heather, Haruka Yamaguchi, Daly Marymegan, Nakaoka Masahiro | 4. 巻 830 |
| 2. 論文標題 Temperature and salinity survival limits of the fluffy sea anemone, <i>Metridium senile</i> (L.), in Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Hydrobiologia | 6. 最初と最後の頁 303 ~ 315 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10750-018-3879-2 | 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 |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Namba Mizuho, Hashimoto Marina, Ito Minako, Momota Kyosuke, Smith Carter, Yorisue Takefumi, Nakaoka Masahiro | 4. 巻 35 |
| 2. 論文標題 The effect of environmental gradient on biodiversity and similarity of invertebrate communities in eelgrass (<i>Zostera marina</i>) beds | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Ecological Research | 6. 最初と最後の頁 61 ~ 75 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12086 | 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 藤井 賢彦 | 4. 巻 50(5) |
| 2. 論文標題 海洋酸性化が日本の沿岸社会に及ぼす影響評価 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 月刊海洋 | 6. 最初と最後の頁 208-216 |
| 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 Smith, C.S., Ito, M., Namba, M. and Nakaoka, M | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Oyster aquaculture impacts <i>Zostera marina</i> epibiont community composition in Akkeshi-ko estuary, Japan | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 PLoS ONE | 6. 最初と最後の頁 e0197753 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0197753 | 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 Namba, M. and Nakaoka, M. | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Spatial patterns and predictor variables vary among different types of primary producers and consumers in eelgrass <i>Zostera marina</i> beds | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 PLoS ONE | 6. 最初と最後の頁 e020179 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0201791 | 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 Momota, K. and Nakaoka, M | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 Seasonal change in spatial variability of eelgrass epifaunal community in relation to gradients of abiotic and biotic factors | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Marine Ecology | 6. 最初と最後の頁 e12522 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maec.12522 | 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 Nordlund Lina Mtwana, Jackson Emma L., Nakaoka Masahiro, Samper-Villarreal Jimena, Becar-Carretero Pedro, Creed Joel C. | 4. 巻 134 |
| 2. 論文標題 Seagrass ecosystem services ? What's next? | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin | 6. 最初と最後の頁 145 ~ 151 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpolbul.2017.09.014 | 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 Boyd Philip W., Collins Sinead, Dupont Sam, Fabricius Katharina, Gattuso Jean-Pierre, Havenhand Jonathan, Hutchins David A., Riebesell Ulf, Rintoul Max S., Vichi Marcello, Biswas Haimanti, Ciotti Aurea, Gao Kunshan, Gehlen Marion, Hurd Catriona L., Kurihara Haruko, et al. (他5名) | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Experimental strategies to assess the biological ramifications of multiple drivers of global ocean change-A review | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Global Change Biology | 6. 最初と最後の頁 2239 ~ 2261 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gcb.14102 | 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40件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 12件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fujii, M., S. Takao, T. Yamaka, T. Akamatsu, Y. Fujita, M. Wakita, A. Yamamoto, and T. Ono, |
| 2. 発表標題 Continuous monitoring and future projection of ocean warming, acidification, and deoxygenation on the subarctic coast of Hokkaido, Japan, |
| 3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Bernardo, L. P. C., 藤井 賢彦, 小埜 恒夫 |
| 2. 発表標題 高解像度海洋生態系モデルを用いた海洋酸性化・貧酸素化複合影響予測 |
| 3. 学会等名 2021年度水産海洋学会研究発表大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 濱野上 龍志, Lawrence Patrick Bernardo, 太齋 彰浩, 片尾 紗凡, 脇田 昌英, 小埜 恒夫, 藤井 賢彦, 田中 丈裕 |
| 2. 発表標題 志津川湾・日生湾におけるマガキの海洋酸性化影響評価 |
| 3. 学会等名 日本海洋学会2020年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤井 賢彦, 高尾 信太郎, 山家 拓人, 赤松 知音, 藤田 大和, 脇田 昌英, 山本 彬友, 小埜 恒夫 |
| 2. 発表標題 北海道沿岸域における地球温暖化・海洋酸性化・貧酸素化指標の連続モニタリングと将来予測シミュレーション |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 海洋沿岸域湿地（藻場）の 生物多様性と生態系サービス |
| 3. 学会等名 北海道湿地フォーラム2020（招待講演） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 アマモ場の機能とその保全・再生について |
| 3. 学会等名 グリーンインフラジャパン2020（招待講演） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 難波瑞穂、阿部博哉、伊藤美菜子、仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 季節・環境・生物間相互作用の各要因がアマモ場無脊椎動物の時空間動態に与える影響 |
| 3. 学会等名 第68回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoru Tahara, Minako Ito, Masahiro Nakaoka |
| 2. 発表標題 Spatio-temporal analysis on seagrass bed dynamics using UAVs and ground surveys |
| 3. 学会等名 第68回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤原有希子・須藤健二・Lawrence Patrick Bernardo・仲岡雅裕・藤井賢彦 |
| 2. 発表標題 地球温暖化による海水温の上昇が北太平洋西岸域に生息するアマモ類の分布変化に与える影響の予測 |
| 3. 学会等名 日本海洋学会 2021年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 気候変動と陸域・海域の経済活動の変化が沿岸生態系に与える影響の統合的評価 |
| 3. 学会等名 2021年度沿岸海洋シンポジウム（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 沿岸生態系の生物多様性の現状と将来 |
| 3. 学会等名 第2回アースウォッチ・トークス（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤美菜子・難波 瑞穂・仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 アマモ場ベントス群集の海草種による変異-北海道東部におけるアマモ・コアマモの比較- |
| 3. 学会等名 2019年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 前原せり菜、須藤健二、仲岡雅裕、藤井賢彦 |
| 2. 発表標題 “熱帯化”が日本沿岸の生物分布に及ぼす影響評価 |
| 3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第22回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中村歩、伊藤美菜子、難波瑞穂、仲岡雅裕、田中義幸 |
| 2. 発表標題 アマモの形態から推定されるブルーカーボン貯留機能の変異 |
| 3. 学会等名 日本生態学会東北地区会第64回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mizuho NAMBA, Masahiro NAKAOKA |
| 2. 発表標題 The effect of salinity fluctuation on species interactions of eelgrass (<i>Zostera marina</i>) bed communities |
| 3. 学会等名 第67回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤井 賢彦 |
| 2. 発表標題 地球温暖化・海洋酸性化が日本沿岸の海洋生態系や社会に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本水環境学会シンポジウム, |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗原晴子・宮城里奈・橋本和志・安田直子・川合美千代・清水庄太・仲間雅裕・安考珍 |
| 2. 発表標題 国内沿岸での長期炭酸化学環境の観測と水産生物への酸性化影響 |
| 3. 学会等名 日本海洋学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kurihara H, Yasuda N, Yamamoto-kawai M, Shimizu S, Nakaoka M, Ann H |
| 2. 発表標題 Evaluation of carbon chemistry along the near-shore coast of Japan |
| 3. 学会等名 PICES 2018 Annual Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yamaka T, Takao S, Fujii M |
| 2. 発表標題 Evaluation and prediction of the influences of ocean acidification to the subarctic coast |
| 3. 学会等名 PICES 2018 Annual Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤井賢彦 |
| 2. 発表標題 海洋酸性化が日本沿岸の海洋生態系と地域社会に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 海洋酸性化の研究と対策に関する国際シンポジウム ―科学と政策の接点― |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 阿部博哉・安孝珍・伊藤美菜子・仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 物質循環モデルを用いたアマモ場の酸性化緩和機能の検証 |
| 3. 学会等名 第21回日本水環境学会シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 阿部博哉・伊藤美菜子・仲岡雅裕・山野博哉 |
| 2. 発表標題 汽水域における海洋酸性化の将来予測と二枚貝類への影響評価 |
| 3. 学会等名 第53回日本水環境学会年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕・伊佐田智規・安孝珍・阿部博哉 |
| 2. 発表標題 厚岸湖の生態系の構造と変動 |
| 3. 学会等名 JaLTER-OSM公開シンポジウム(招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tatsuki Tokoro, Masahiro Nakaoka, Yuichi Isaka, Hyojin Ahn, Masakazu Hori and Tomohiro Kuwae |
| 2. 発表標題 Development of Free-Ocean Real-Time manipulative Experimental System for an in-situ CO2 manipulative experiment in eelgrass beds |
| 3. 学会等名 CERF2017(国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masahiro Nakaoka |
| 2. 発表標題 Sato-umi in theory and in application |
| 3. 学会等名 Sato-umi in the Anthropocene, Forum at the Aquarium of the Pacific, Long Beach, USA (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Masahiro Nakaoka |
| 2. 発表標題 FORTES: A novel system to conduct in-situ CO2 enrichment experiment in eelgrass beds |
| 3. 学会等名 International symposium on promotion of global network studies on seagrass ecosystem based on innovative new technology (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕・須藤健二 |
| 2. 発表標題 海洋生物多様性の現状と将来予測、保護区選定 |
| 3. 学会等名 第65回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 橋本真理菜・難波瑞穂・仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 厚岸湖における養殖カキに付着する動物群集 |
| 3. 学会等名 第65回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山口遥香・仲岡雅裕 |
| 2. 発表標題 Effect of seawater warming on the rocky intertidal surfgrass community |
| 3. 学会等名 第65回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masahiko Fujii |
| 2. 発表標題 Future projection and mitigation/adaptation of effects on marine ecosystem and subsequent impacts on human society by two CO2-caused global phenomena: global warming and ocean acidification |
| 3. 学会等名 Peatland-Coastal Ecosystem Interrelationship Workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masahiko Fujii |
| 2. 発表標題 Experience sharing on monitoring factors relevant to ocean acidification and warming in the subpolar coastal regions, Japan |
| 3. 学会等名 WESTPAC Ocean Acidification Workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤井 賢彦 |
| 2. 発表標題 海の地球温暖化と海洋酸性化 |
| 3. 学会等名 蘭越町貝の館「もし海がなかったら」特別講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤井 賢彦 |
| 2. 発表標題 海洋酸性化が日本近海の地域社会に及ぼす影響評価 |
| 3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 山家 拓人, 高尾 信太郎, 藤井 賢彦 |
| 2. 発表標題 海洋酸性化が亜寒帯沿岸域に及ぼす影響の評価・予測 |
| 3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kurihara H, Watanabe A, Tsugi A, Kawai T, Mimura I, Hongo C, Gouezo M, Golbuu Y |
| 2. 発表標題 Reef refugia to climate change |
| 3. 学会等名 AGU-JPGU (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nakaoka M, Ito, M, Ahn H |
| 2. 発表標題 High pH water in eelgrass bed of Akkeshi-ko estuary, northern Japan: mitigation of ocean acidification by seagrass? |
| 3. 学会等名 12th International Seagrass Biology Workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 仲岡雅裕・伊藤美菜子・安孝珍・阿部博哉 |
| 2. 発表標題 生物群集が改変する気候変動影響：アモモ場の海洋酸性化緩和機能に着目して |
| 3. 学会等名 第64回日本生態学会大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takao S, Fujii M |
| 2. 発表標題 Diurnal and seasonal variations of pH in Oshoro Bay, Hokkaido, Japan |
| 3. 学会等名 第7回極域科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujii M |
| 2. 発表標題 Anticipated impacts of ocean acidification on local societies in Japan, International Council for the Exploration of the Sea |
| 3. 学会等名 The Workshop on Understanding the Impacts and Consequences of Ocean Acidification for Commercial Species and End-users (ICES-WKACIDUCE) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kurihara H, Watanabe A, Tsugi A, Kawai T, Mimura I, Hongo C, Gouezo M, Golbuu Y |
| 2. 発表標題 Reef refugia to climate change |
| 3. 学会等名 AGU-JPGU (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計3件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Fujii, M. | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 TBTI Global Publication Series | 5. 総ページ数 561 |
| 3. 書名 Ocean warming: The impacts on marine ecosystems and human societies in Japanese coasts. In: Li, Y. and Namikawa, T. (Eds.), In the Era of Big Change: Essays about Japanese Small-Scale Fisheries. | |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Nakaoka N, | 4. 発行年 2017年 |
| 2. 出版社 Aquarium of the Pacific | 5. 総ページ数 69 |
| 3. 書名 Sato-umi in Japan: Akkeshi-ko estuary and Akkeshi Bay, In: Schubel JR, Orbach MK, Fawcett, JA (eds) Sato-umi in the Anthropocean | |

| | |
|------------------|-----------------|
| 1. 著者名 日本海洋学会 | 4. 発行年 2017年 |
| 2. 出版社 朝倉書店 | 5. 総ページ数 168 |
| 3. 書名 海の温暖化 | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>北海道大学厚岸臨海実験所 https://www.fsc.hokudai.ac.jp/akkeshi/ 琉球大学理学部栗原研究室 https://harukoku.wixsite.com/kuriharalab/ 北海道大学大学院地球環境科学研究院藤井賢彦研究室 https://www.ees.hokudai.ac.jp/carbon/mfujii/</p> |
|--|

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 | 栗原 晴子 (Kurihara Haruko) (40397568) | 琉球大学・理学部・教授 (18001) | |
| 研究分担者 | 藤井 賢彦 (Fujii Masahiko) (60443925) | 北海道大学・地球環境科学研究院・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 | | | |
|---------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|
| | | | | |
| 米国 | University of Washington | Smithsonian Institute | Oregon State University | |
| カナダ | University of British Columbia | | | |
| フランス | フランス海洋開発研究所 | University of Montpellier | | |
| ポルトガル | University of Algarve | | | |
| クロアチア | University of Zadar | | | |