

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04319

研究課題名(和文) 温暖化～成層強化による東シナ海外部陸棚域の低栄養化・貧酸素化と生態系への影響評価

研究課題名(英文) Strengthening stratification due to ongoing global warming on the outer shelf of the East China Sea: oligotrophication and deoxygenation and the impact on ecosystems

研究代表者

張 勁 (Zhang, Jing)

富山大学・学術研究部理学系・教授

研究者番号：20301822

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：世界最大級の陸棚を持つ東シナ海(ECS)において、温暖化による外部陸棚域の海水構造変化や底層貧酸素化の進行メカニズムと生態系への影響把握を目的とした。その結果、毎年夏期に底層水で高濁度・低溶存酸素水塊(LOW)が観測された。複数化学トレーサーとCTDデータによる混合モデルで、ECS外縁部のLOWは黒潮亜表層水(6～8割)と内部・中央陸棚水(約1割)等の水塊で形成され、周辺海水と混合し、7割程度を保って日本海へ流入すると示された。物理観測からLOWの分布・輸送には乱流や水平移流の関与が確認され、生態系モデルでLOWの分布や季節変化が再現でき、減少率は水深30m(夏)と50m(秋)で最大であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、温暖化が日々進行する中で、世界有数の好漁場である東シナ海における低酸素水の発生頻度増加とその面積拡大に関する基礎的知見を提供するものである。特に、東シナ海内部陸棚・中央陸棚水との繋がりや低酸素水発生の要因・メカニズムへの理解深化により、沿岸海洋生態系ダイナミクスの詳細解明や海域保全にも貢献する。また、東シナ海における低酸素水塊の日本海ならびに黒潮域への輸送メカニズムが確認されたことで、低酸素海域の動向と下流域へ主要栄養塩・微量栄養塩への供給や、それらによる影響の理解が深まったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The study aims to understand the changes in water structure and mechanism of bottom hypoxia under ongoing global warming on the outer-edge shelf of the East China Sea (ECS ~200 m). A mixed model with various chemical tracers (rare earth elements, 226Ra, 137Cs, and 34S) and CTD observations inferred that low dissolved oxygen water (LOW) on the outer shelf of ECS is formed by Kuroshio subsurface water (60~80%) and the inner-middle shelf water (~10%). LOW transports downstream along with isopycnals to the Kuroshio region, mixes with the surrounding seawater, about 70% of which flows into the Sea of Japan through the Tsushima Strait. Physical observations show that turbulence and horizontal advection caused by semidiurnal tides are involved in the distribution and transport of LOW. Furthermore, analysis result based on the World Ocean Database 2018 (1951-2006) shows that the maximum reduction of dissolved oxygen in shelf water occurs at 30 m depth in summer and at 50 m depth in autumn.

研究分野：海洋科学

キーワード：貧/低酸素水 化学トレーサー 形成メカニズム 定量評価 外部陸棚域 東シナ海

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東シナ海は、世界でも有数の豊かな漁場が形成され、日本列島周辺にまで広く回遊する水産重要種、スルメイカ、ブリ等の産卵場および稚仔魚の成育場としても重要である。さらに東シナ海陸棚縁辺部には黒潮が流れ、それに接する外部と陸棚域は海流の下流にあたる日本沿岸海域(太平洋側と日本海側)に生物資源を供給する重要な場所になっている。しかし90年代以後、東シナ海での漁獲量は減少し続けており、過剰漁獲が主原因とされるが、他にも温暖化による海水温の上昇と並行して海洋環境の変化も重要な影響を与えていると考えられる。

これまで中国の沿岸海域では、貧酸素水の発生と周辺水域の海洋環境悪化(Wangら、Limnol. and Oceanol., 2017)、底層水中の溶存酸素濃度低下速度の上昇(速度0.483 mg/L・年)や貧酸素水塊の発生頻度の増加、さらに陸棚中央部への貧酸素水面積の拡大(速度3.12 km/年、Ningら、J Oceanogr, 2011)が報告されている。本研究グループも、東シナ海の陸棚中央北部海域において、底層低酸素水の存在をデータベース WOD の解析より見出している。また、現場観測では最近10年間に外部陸棚域の底層においても、夏季から秋季にかけて、3mg/L以下の低酸素水の存在が毎年確認されている。更に、2015年秋季には、東シナ海陸棚中央部で中国沿岸域に匹敵する低い値(<2mg/L)を観測した(張、未発表)。その原因として、中国沿岸域起源の貧酸素水の影響や、陸棚域全体の成層構造の変化に伴う酸素の鉛直輸送の変化、バクテリアによる有機物分解の変化などが考えられるが、他にも酸素濃度が比較的低い黒潮中層水、さらに海底堆積物や間隙水との相互作用などの影響もあり、貧酸素水の形成メカニズムはよく理解されていない。東シナ海外部陸棚(水深50~200m)は面積にして東シナ海全体の8割弱、容積では9割強を占めるにもかかわらず、底層水中の低(貧)酸素水の動態や形成メカニズムの把握は不十分である。

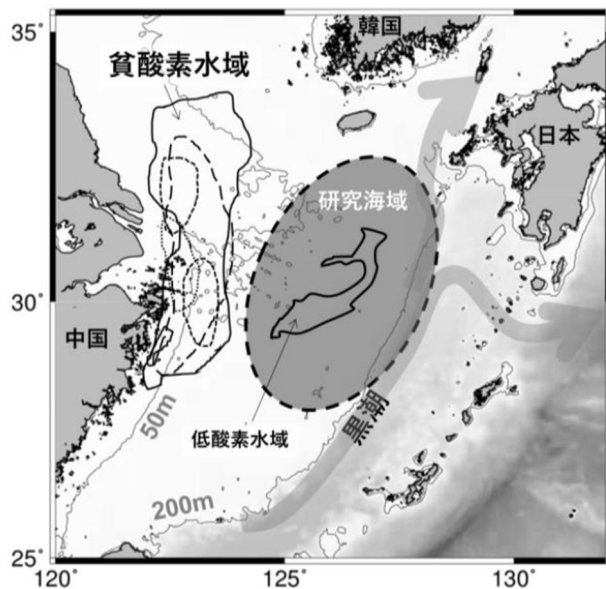


図1. 研究海域、貧酸素水(Wang et al., 2017)と低酸素水分布図(清水ら, 2002)

一般的に、海洋では浅層と深層の間に躍層という“境界”がある。主に冬季には躍層が弱く、鉛直混合は強くなり、海水は躍層の上下で入れ替わる。これにより躍層上層からは酸素が下層・底層に運ばれると同時に、下層・底層から上層に栄養塩が供給されることで、生物生産が維促されている。一方、夏季から秋季では表層海水が温められて躍層が発達してより“頑丈”になり、上層と下層・底層の海水の入れ替わりが妨げられる。本研究では便宜上、躍層を境に上層と下層とし、さらに海底近くを底層と称する。

躍層の強化・長期化が鉛直混合を妨げ、I) 上層貧栄養化：下層・底層から上層への栄養塩供給量が減少して生物生産を低下させ、反対に II) 下層貧酸素化：上層から下層・底層への酸素供給が抑制されて、特に底層水の貧酸素化を生じ、生物の生息に不適な環境になることが危惧されている。今後、温暖化の進行による躍層の強化・長期化は、躍層上層の貧栄養化と底層の貧酸素化を促進し、東シナ海の生物生産を減少させて、底魚・浮き魚といった水産資源にまで影響することは必至である。

温暖化による表面水温の上昇と淡水供給の増加によって成層構造が変化(強

化 & 長期化)したとき、栄養塩と溶存酸素の鉛直方向の輸送が抑制され、表層での栄養塩の減少、底層での溶存酸素の減少が生じるのではないか。これが、実際の程度の強さで起こるのか。また、このことが海域の生物環境をどう変化させるかという課題が本研究開始当初の学術的問いである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、東シナ海外部陸棚域において、温暖化に起因する躍層の強化・長期化により、夏季から秋季にかけて上層と下層・底層の海水交換が弱まり、上層が貧栄養化し、底層で貧酸素化が進むメカニズムを現場観測によって明らかにして、それが生態系に及ぼす影響を探ることにある。具体的に、外部陸棚域の上層・下層・底層水の起源を複数の化学トレーサーによって解明し、その混合比を見積もる。下層・底層から上層への栄養塩供給量、上層から下層・底層への酸素供給量を物理観測に基づき算定する。有機物分解による酸素消費を観測で把握し、中国沿岸貧酸素水や間隙水等の起源を精査して酸素収支を計算する。これらの素過程を組み込んだ数値生態系モデルを構築し、温暖化に起因する外部陸棚域における貧酸素化・貧栄養化とその変化の把握および生態系や水産資源への影響を評価する。

3. 研究の方法

本研究の対象海域で起こる上層の貧栄養化と底層の貧酸素化のメカニズムは、下記のように考えられる。具体的な研究の概要を図2に示す。

海面水温の上昇で海洋表層の上層が低密度化し、成層構造(躍層)が強まる。その結果、鉛直方向の混合(図中、以下同)が弱まり、躍層の上下の海水の交換量が減少する。それに伴い、下層から表層への栄養塩供給量が減少して生物生産を低下させる()。同時に、上層から下層・底層への酸素供給()も弱まり、底層水中の溶存酸素()が減少する。さらに、中国沿岸域の貧酸素水の流入()、潮汐流に伴う海底境界層乱流()等による溶存酸素濃度の低い堆積物中の間隙水()の流出や、水中の生物粒子(マリンスノー)や海底から舞い上がった粒子等がバクテリアによる分解で酸素消費するため()、さらなる貧酸素化が進行する。

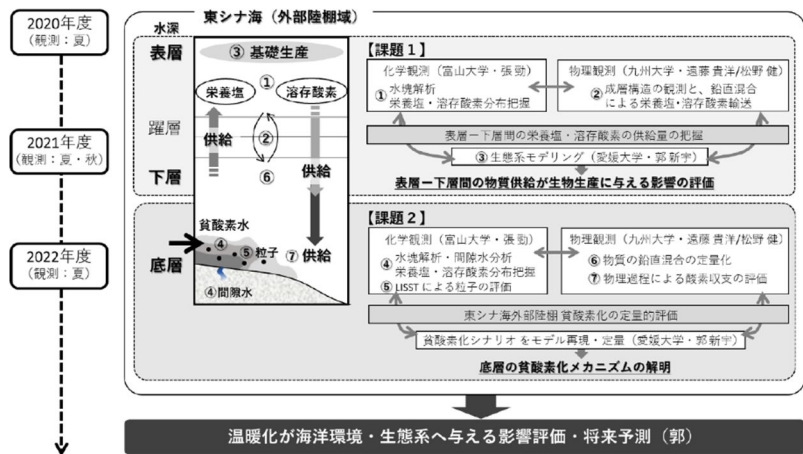


図 2. 研究概要、役割と年次計画

まず、東シナ海外部陸棚域において水温・塩分を現場計測して、躍層に注目した鉛直構造を把握し、併せて海水中の栄養塩濃度と溶存酸素の分布状況を明らかにした。また、水塊の成り立ちを追うために、黒潮水・台湾暖流水・中国沿岸由来の海水や間隙水等の割合を、希土類元素濃度、Nd・Rd 同位体比等を用いた多成分の化学トレーサーから推算した(張)。栄養塩の鉛直輸送と躍層構造の関係を把握するため乱流強度の鉛直分布を計測し、さらに乱流強度の観測により底層での拡散による溶存酸素の鉛直輸送を見積もることで酸素収支を定量的に評価した(遠藤)。酸素の鉛直輸送を物理過程から見積もり、それに生物化学過程を重ねることによって底層の低酸素水塊の形成過程を明らかにし、同時に底層水の組成を希土類等の化学トレーサーから見積もった(張)。これらの実測に基づく推察を数値モデルによって再現し、合理的な説明を行った。観測によって得られた鉛直拡散係数と酸素消費の過程を考慮した数値生態系モデルを構築し、

化学分析から得られた底層水の成り立ちと貧酸素水塊の形成を再現するとともに、貧酸素水塊の変化が生態系に与える影響を定量的に評価した(郭)。最終的に、当研究グループや気象庁等において過去数十年間に蓄積された観測データを利用し、外部陸棚域における温暖化に起因する躍層構造の変化と貧栄養化・貧酸素化との関係を定量化し、次に数値モデルシミュレーションによる再現を経て、温暖化が海洋環境・生態系に与える影響評価と将来予測を行った。

4. 研究成果

【2020 年度】

過去十数年間に蓄積された当研究グループ等の観測データを整理・精査した。中国沿岸部において 1998 年以降に海中の貧酸素水塊の発生頻度が増加して陸棚中央部で貧酸素水塊の面積が拡大しており、陸棚中央北部海域にある底層の低酸素水の存在海域に迫ることが分かった。海洋調査は長崎大学水産学部実習船「長崎丸」を用いた NN55 航海で、大潮(2020 年 7 月 22 日)を挟んだ 7 月 18~24 日に東シナ海外部陸棚域の計 9 測点において、海洋表層の成層構造と鉛直混合過程、下層・底層の溶存酸素や底層水中の粒状物質の分布にかかる化学・物理同時観測を行った。その結果、陸棚縁辺部の海底近傍海水で低溶存酸素($\sim 3\text{ml/l}$)・高濁度水塊が観測され、この低酸素水塊の等密度面(~ 25)に沿って黒潮域への輸送が確認された。また、高栄養塩・低溶存酸素濃度の海底堆積物中間隙水の、潮汐に応答した底層海水中への“湧出”が観測された。さらに、Rn 同位体比から底層水に水平移流が卓越しており、希土類元素濃度と Ra 同位体比等により、低酸素底層水の 5 割以上が陸棚側上流域の等密度陸棚水を起源に持ち、外洋側の黒潮縁辺域へ輸送されることが分かった。

また、乱流微細構造観測データを用いて、ラージ・エディ・シミュレーションにより提唱された海底近傍における鉛直乱流拡散係数のパラメタリゼーションの妥当性を検証し、海底近傍の栄養塩や溶存酸素の鉛直フラックスを定量的に評価する方法を確立した。

東シナ海等の複数の沿岸域における貧酸素水塊の観測とモデリング研究について文献調査を行い、溶存酸素の計算モジュールを作成し、東シナ海を対象とする NPDZ タイプの低次生態系に導入し、計算の安定性と保存性を確認した。

【2021 年度】

2021 年度は、7 月に東シナ海(ECS)陸棚斜面域にて化学・物理観測を実施する予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、航海そのものが中止された。そこで、過去十数年間に蓄積された当研究課題グループの観測データを解析した結果、ECS において、2004~2020 年の夏季期間に低酸素水が観測された。この低酸素水の起源を希土類元素、温度、塩分を取り入れた混合モデルで同定して定量的評価を行ったところ、内部・中央陸棚(28-72%)と外部陸棚($81 \pm 3\%$)で黒潮亜表層水が低酸素水の形成を支配することが明らかとなった。さらに、ECS に

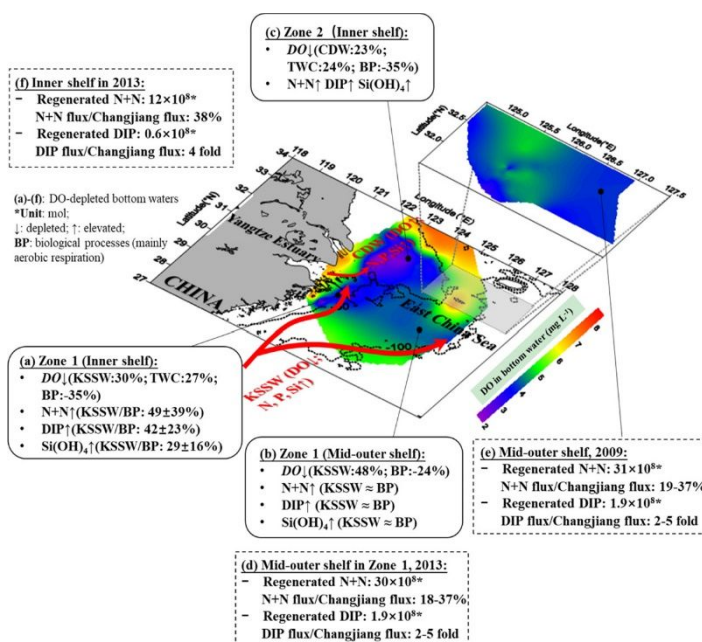


図 3. 東シナ海中央陸棚における低酸素水塊の成分解析と栄養塩供給 (Liu et al., 2022)

おける栄養塩輸送状況を推定したところ、主に(1)栄養塩に富む貧酸素底層水との混合と(2)中央・外部陸棚での有機物の分解であることが示された。中央・外部陸棚上の貧酸素底層水への再生栄養塩のフラックスは、夏季に長江から供給される DIN の 18-37%、DIP の 2-5 倍と推定された。本研究の結果で得られた低酸素水が黒潮や対馬暖流に沿って他の海域(特に日本海)に輸送される可能性を考慮すると、これまで大陸棚上の低酸素水等により栄養塩輸送の影響が過小評価されている可能性が考えられた(図3)。

また、前年度までに取得した乱流微細構造観測データを詳細に解析し、海底に設置した超音波ドップラー多層流向流速計(ADCP)のデータを用いることで乱流強度の時系列観測を行う手法を開発することに成功した。

東シナ海大陸棚における低酸素水塊の分布を把握するため、WOD18 に収録された観測データから海底直上の溶存酸素について月別の平均値を算出し、その分布図から低酸素水塊の存在と季節変化を確認した。また、関連する情報から飽和度と Apparent oxygen consumption も算出した。

【2022 年度】

最終年度の 2022 年は、7 月 11-19 日に長崎大学水産学部練習船「長崎丸」を用いて 2 年ぶりに東シナ海陸棚外縁域での観測を行った。CTD 観測、乱流微細構造、潮汐流、溶存酸素濃度の時系列観測を実施した結果、外部陸棚で低酸素水塊の分布を捉えた。海水の区分を希土類元素、硫黄同位体、天然放射性元素 Ra 同位体など複数の化学トレーサーを用いて解析した結果、低酸素水は 6 ~ 8 割が黒潮亜表層水(KSSW)で、1 ~ 2 割が東シナ海内部・中央陸棚由来の低酸素水が寄与していることが分かった。

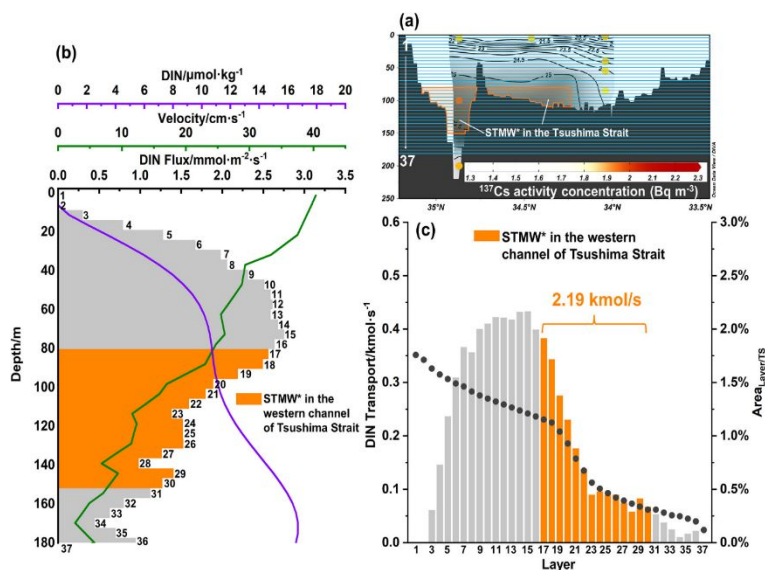


図 4. 対馬海峡亜表層水(σ_t : 25.2-25.8)による栄養塩輸送 (Zhu et al., 2023)

また、堆積物中間隙水の影響を把握するため、船内で富山大式ドライチャンバーに RAD7 Big Bottle System を連結して ^{222}Rn を計測し、海底直上 0.3m の海水中の ^{222}Rn 濃度が海底上 5m の海水に比べて 1 桁も高いことを明らかにした。更に、 ^{137}Cs の分析結果から、東シナ海陸棚外縁中央部における低酸素水塊が等密度面に沿って黒潮域に流れ、周辺の海水と混合しながらも 7 割程度を保ったまま下流域の対馬海峡を通過して日本海に流入することが示された(図 4)。

また、海底近傍の溶存酸素濃度の時系列観測データを解析した結果、半日周潮がもたらす乱流強度の 1/4 日周期変動と同期しているだけでなく、水平移流効果によって半日に一度大きく低下する変動をしていることが明らかとなった。

生態系モデルを用いたシミュレーションでは、1951~2006 年の World Ocean Database2018 に基づいて、貧酸素水塊が出現する夏と秋を中心に、東シナ海の代表的な水深における溶存酸素濃度(DO)の経年変動について解析を行った。その結果、夏から秋にかけて 10m 水深では DO が増加する傾向が見られたが、30m、50m、75m、100m 水深では DO が減少する傾向が見られた。特に、夏の 30m 水深と秋の 50m 水深で DO の減少率が最も大きくなることが明らかとなった。

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 13件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Zhu Siteng Justin, Zhang Jing, Matsuno Takeshi, Tsutsumi Eisuke, Kambayashi Shota, Horikawa Keiji, Takayama Katsumi, Inoue Mutsuo, Nagao Seiya	4. 巻 128
2. 論文標題 Quantifying the Water Contribution of Subtropical Mode Water and Related Isopycnal/Diapycnal Water Mixing in the Western Pacific Boundary Current Area Using Radiocesium: A Significant Nutrient Contribution From Subtropical Pacific Gyre to the Marginal Region	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	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) 10.1029/2022JC018975	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 Guan Wenkai, He Huijun, Zhang Jing	4. 巻 269
2. 論文標題 Sources and fluxes of rare earth elements in wet deposition at a Chinese coastal city downstream of the Asian continental outflow	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 118843 ~ 118843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2021.118843	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 Liu Qian, Zhang Jing, He Huijun, Ma Li, Li Huanxin, Zhu Siteng, Matsuno Takeshi	4. 巻 826
2. 論文標題 Significance of nutrients in oxygen-depleted bottom waters via various origins on the mid-outer shelf of the East China Sea during summer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 154083 ~ 154083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.154083	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 Tishchenko Pavel, Zhang Jing, Pavlova Galina, Tishchenko Petr, Sagalaev Sergey, Shvetsova Mariya	4. 巻 10
2. 論文標題 Revisiting the Carbonate Chemistry of the Sea of Japan (East Sea): From Water Column to Sediment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 438 ~ 438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jmse10030438	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 Endoh Takahiro, Tsutsumi Eisuke, Hong Chang-Su, Baek Gyu-Nam, Chang Ming-Huei, Yang Yiing Jang, Matsuno Takeshi, Lee Jae Hak	4. 巻 233
2. 論文標題 Estimating propagation speed and direction, and vertical displacement of second-mode nonlinear internal waves from ADCP measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Continental Shelf Research	6. 最初と最後の頁 104644 ~ 104644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.csr.2021.104644	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 Zhang Jing, Guo Xinyu, Zhao Liang	4. 巻 289
2. 論文標題 Budget of riverine nitrogen over the East China Sea shelf	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 117915 ~ 117915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2021.117915	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 Zhang Yuan, Li Lei, Ren Jingling, He Huijun, Zhang Ruifeng, Zhao Liang, Zhang Jing, Zhao Meixun	4. 巻 234
2. 論文標題 Distribution and influencing factors of dissolved manganese in the Yellow Sea and the East China Sea	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Chemistry	6. 最初と最後の頁 104002 ~ 104002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marchem.2021.104002	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 Tian Di, Zhou Feng, Zhang Wenyan, Zhang Han, Ma Xiao, Guo Xinyu	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of dissolved oxygen and nutrients from the Kuroshio on hypoxia off the Changjiang River estuary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanology and Limnology	6. 最初と最後の頁 515 ~ 529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00343-021-0440-3	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 該当する

1. 著者名 Wang Xiaolu, Wu Ying, Wu Hui, Zhang Guosen, Jin Jie, Qi Lijun, Guo Xinyu, Dai Jinlong, Zhang Zhaoru, Zhou Meng	4. 巻 260
2. 論文標題 Organic carbon production and nutrients consumption revealed by mixing model in the energetic Changjiang Estuary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 107491 ~ 107491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2021.107491	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 Kambayashi Shota, Zhang Jing, Narita Hisashi	4. 巻 793
2. 論文標題 Significance of Fukushima-derived radiocaesium flux via river-estuary-ocean system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 148456 ~ 148456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.148456	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 Katazakai Saki, Zhang Jing	4. 巻 55
2. 論文標題 A Shift from Snow to Rain in Midlatitude Japan Increases Fresh Submarine Groundwater Discharge and Doubled Inorganic Carbon Flux over 20 Years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 14667 ~ 14675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.1c05108	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 Ando Kentaro, Lin Xiaopei, Villanoy Cesar, Danchenkov Mikhail, Lee Jae-Hak, He Hui-Jun, Liu Qian, Liu Yang, Lobanov Vyacheslav, Ma Xiao-Lin, Mulyadi Hanung Agus, Nagano Akira, Ren Jin-Ling, Syahailatua Augy, Tian Yongjun, Wu Lunyu, Zhang Jing, Zhang Linlin, Zhao Meixun, Zheng Jingjing, Ma Shuyang, Zhu Wenxi	4. 巻 193, 102513
2. 論文標題 Half-Century of Scientific Advancements Since the Cooperative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions (CSK) Programme - Need for a new Kuroshio Research	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 1-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2021.102513	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 Tsutsumi Eisuke, Matsuno Takeshi, Itoh Sachihiko, Zhang Jing, Senjyu Tomoharu, Sakai Akie, Lee Keunjong, Yanagimoto Daigo, Yasuda Ichiro, Ogawa Hiroshi, Villanoy Cesar	4. 巻 10, 17879
2. 論文標題 Vertical fluxes of nutrients enhanced by strong turbulence and phytoplankton bloom around the ocean ridge in the Luzon Strait	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-020-74938-5	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 該当する

1. 著者名 He Qian, Wang Xianxian, He Huijun, Zhang Jing	4. 巻 35
2. 論文標題 Simultaneous determination of noble metals (Rh, Pd, Ir, Pt, and Au) in environmental samples by nebulized film dielectric barrier discharge vapor generation coupled with inductively coupled plasma mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Analytical Atomic Spectrometry	6. 最初と最後の頁 2704-2711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0JA00343C	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 Lin Lei, Liu Dongyan, Guo Xinyu, Luo Chongxin, Cheng Yao	4. 巻 125, e2019JC015863
2. 論文標題 Tidal Effect on Water Export Rate in the Eastern Shelf Seas of China	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JC015863	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5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 祝 嗣騰・張 勁・松野 健・堤 英輔・神林 翔太・高山 勝巳・井上 睦夫・長尾 誠也・安田 一郎
2. 発表標題 放射性セシウムを用いた西太平洋境界流域における垂熱帯モード水の把握と鉛直混合の定量
3. 学会等名 日本地球化学会 第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenjie Deng, Jing Zhang, Siteng Zhu, Keiji Horikawa, Takahiro Endoh, Takeshi Matsuno
2. 発表標題 Quantitative study on the composition and origins of low-oxygen water in outer shelf of the East China Sea via chemical tracers
3. 学会等名 2021年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 付 悦, 遠藤 貴洋
2. 発表標題 係留ADCPを用いた乱流運動エネルギー散逸率の時系列観測
3. 学会等名 北海道大学低温科学研究所共同利用研究集会「縁辺海と外洋とを繋ぐ対馬暖流系の物理・化学・生物過程」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣岡 拓也, 遠藤 貴洋
2. 発表標題 海底近傍における鉛直渦拡散係数の見積もりおよびその妥当性
3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所共同利用研究集会「海洋乱流に関する観測およびモデリング」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jing Zhang, Zhu Siteng, Hirofumi Tazoe
2. 発表標題 Quantification of the material transport between the Kuroshio and marginal seas using multiple tracers
3. 学会等名 2020年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点年次報告会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Chen-Tung Arthur Chen and Xinyu Guo	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Singapore	5. 総ページ数 320
3. 書名 Changing Asia-Pacific Marginal Seas	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東シナ海陸棚における水塊の構造と黒潮への物質輸送に関する研究 WESTPACプログラム：健康的・生産的・持続可能なアジア縁辺海</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	郭 新宇 (GUO Xinyu) (10322273)	愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授 (16301)	
研究分担者	遠藤 貴洋 (Endoh Takahiro) (10422362)	九州大学・応用力学研究所・准教授 (17102)	

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3件

国際研究集会 the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) Regional Kickoff Conference for the Western Pacific and its Adjacent Areas	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 5th Workshop of WESTPAC WG06 "A framework for cooperative studies in the Western Pacific Marginal Seas: Energy and materials exchange between land and open ocean"	開催年 2021年～2021年

国際研究集会 4th Workshop of WESTPAC WG06 "A framework for cooperative studies in the Western Pacific Marginal Seas: Energy and materials exchange between land and open ocean"	開催年 2020年～2020年
--	--------------------

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			
中国	中国海洋大学			
タイ	Burapha University			
韓国	Seoul National University			
米国	University of Washington			
中国	中国海洋大学			
韓国	Seoul National University	KIOST		
タイ	Burapha University			
ロシア連邦	Pacific Oceanological Institute			
米国	University of Washington			