

令和 6 年 5 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0119

研究課題名（和文）温室効果ガス循環における水質環境と水生植物の相互干渉を考慮した炭素貯留機構の解明

研究課題名（英文）Carbon storage due to aquatic plants considering the interaction with water quality for climate change mitigation

研究代表者

中山 恵介 (Keisuke, Nakayama)

神戸大学・工学研究科・教授

研究者番号：60271649

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：COVID-19の影響で、オーストリアのLake Mongerにて現地観測を実施できたのは2度であった。現地観測の結果を利用し、水草が水中二酸化炭素分圧を主として決定づけている溶存無機炭素の鉛直分布にどのような影響を与えているかを検討した結果、Journal of Geophysical Research (2023)にて成果が掲載された。研究者ネットワークの構築について、2025年に開催されるGLEONの会合にてワークショップを立ち上げることとなった。西オーストラリア大学と共同で現地観測を実施することで、成層流動と水環境を統合した水草モデルによる炭素貯留量の推定手法を提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

室内の基礎的モデル実験と、現地スケールでの観測や解析を利用し、多様な環境因子を統合的に研究して理論化することができ、「多様な閉鎖性水域における水生植物による正味の炭素吸収量の推定法」を提案できた。これまでは水草をモデルに取り込むことは難しく、本研究成果は、国内外における学術的な新規性を有しており、科学技術へ大きな波及効果を持つと言える。実現象の再現を可能とした点は、二酸化炭素の吸収量の定量化を容易にすることから、沿岸のブルーカーボンとFreshwater Carbonの今後の社会実装にも大きく貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：Due to the influence of COVID-19, we conducted field observations twice at Lake Monger in Perth, Austria. As an outcome of field observations, we investigated how aquatic plants affect the vertical distribution of dissolved inorganic carbon, which mainly determines the partial pressure of carbon dioxide in water, published in the Geophysical Research Biogeosciences (2023). A workshop on building a researcher network will be launched at the Global Lake Ecological Observatory Network meeting in Indonesia in 2025. By conducting field observations in collaboration with the University of Western Australia, we proposed a method for estimating carbon storage using an aquatic plant model that integrates stratified flow and the water environment.

研究分野：水工学

キーワード：Freshwater Carbon 淡水 湖沼 ため池 貯水池 水草 二酸化炭素

1. 研究開始当初の背景

気候変動を緩和して防災減災を実現する施策を効率的かつ効果的に推進するため、光合成による CO₂ の吸収効果が極めて高い沿岸域の藻場を利用した炭素貯留機能の活用研究が世界的に成されている。一方で、湖沼における水草にも同様な炭素貯留機能を有する可能性が指摘されている。西オーストラリア大学 (UWA) の研究グループは、湖沼において発生する貧酸素水塊が水草の枯死を早め季節変化をコントロールしていることを世界に先駆けて発見し、湖沼の分野で世界標準となりつつある UWA 発の生態系モデルにその効果を組み込もうとしている。一方で、申請者らは高精度な水草モデルを開発し、世界で初めて水草周辺の流れ場の詳細な検討を可能とした。そこで本研究では、UWA と共同で現地観測を実施し、成層流動と水環境を統合した水草モデルによる炭素貯留量の推定手法を構築することを目的とした。

局所豪雨や強大な台風などが多発しており、温室効果ガスの増加による気候変動がその原因として考えられている。そこで、気候変動への緩和策として、沿岸域の藻場の光合成による CO₂ の吸収効果、いわゆる炭素をブルーカーボンとして貯留する効果を利用した “グリーンインフラ” (GI : Green Infrastructure) が世界的に求められている (MellClan, 2010; 国土交通省第 4 次社会資本整備重点計画, 2015; 堀, 2017)。一方で、陸域の湖沼において存在する水草にもブルーカーボンとしての効果が期待されている。ブルーカーボンの効率的および効果的な活用には、成層流動環境および水環境の影響を受けた沿岸域および湖沼の藻場の成長過程を解明し、時空間的な変化も考慮できる CO₂ の吸収量の解明が必要である。UWA の共同研究者の研究グループでは、西オーストラリア州に位置する Lake Monger において現地観測を実施し、水草群生地の中心部において流動が滞り滞留時間が増大することで、底層底泥による酸素消費が貧酸素水塊を発生させ水草の枯死を早め、リング状の特殊な水草群生地が発生することを世界で初めて示した (図-1)。しかし、これまでの研究では、成層流動場や水環境が藻場や水草群生地の時空間的に与える影響は未解明であることから、成層が水草群生地における貧酸素水塊の発生に与える影響の解明、および流動および水環境を考慮した藻場および水草群生地の成長過程と炭素貯留量の解明を試みた。

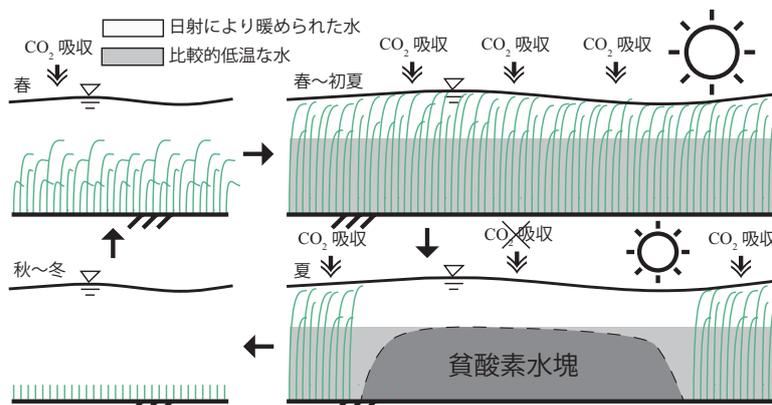


図-1 成層場における貧酸素水塊の発生と水草の成長

2. 研究の目的

成層が水草群生地における貧酸素水塊の発生に与える影響の解明、および流動および水環境を考慮した沿岸域および湖沼の藻場の成長過程と炭素貯留量の解明に関して、UWA の研究グループと合同で、Lake Monger において、貧酸素水塊の発生および藻場および水草群生地の時空間分布に関する現地観測を実施する。さらに、代表者らにより開発された世界最高精度を誇る水草モデルを利用した数値計算を実施し、藻場および水草群生地における貧酸素水塊の発生機構を解明する。それらの結果を統合し、UWA の研究グループにより開発され世界標準となりつつある生態系モデルにそれらの結果を組み込むことを目的とした。

3. 研究の方法

成層流動環境と水環境の影響を考慮した藻場および水草群生地の時空間変化に関して、西オーストラリア州の Lake Monger を対象とした現地観測を実施する。水草周辺の詳細な成層流動場による影響と水環境の変化に関して、申請者らが開発している水草モデルを高精度化することで、水草群生地における成層流動場が水環境に与える影響を解明する。それらの結果を踏まえ、UWA の研究グループが開発している AED にカップリングし、藻場及び水草群生地の成長まで考慮できる CO₂ の放出・吸収モデルを構築する。AED へのカップリングに関しては、開発者の一人である Waikato 大学の Prof. Hamilton との連携も推進し、CO₂ の観測に関しては、CO₂ の詳細な現地観測で著名な Southern Cross 大学の Prof. Eyre とも連携し、若手研究者のネットワーク拡大を目指す。

テーマ 1) 成層流動場および水環境の影響評価のための現地観測

主たる研究対象領域として、西オーストラリア州の Lake Monger を対象とする。水温塩分計を利用した成層流動環境に関する現地観測、および DO 計や採水による DIC(溶解無機炭素)や TA(アルカリ度)等の水環境に関する現地観測を実施する。さらに、藻場や水草群生地の空間的な計測も実施する。比較対象として、現在も進行中の神戸市に位置する鳥原貯水池の成層流動場および水環境に関する観測結果も利用する。現地観測結果より、藻場や水草群生地の時空間変化に成層流動環境と水環境が与える影響を解明する。

テーマ 2) 水草モデルを利用した成層流動場が水環境に与える影響解明

申請者らにより開発され、これまでに実験室スケールでしか用いられていなかった水草モデルを効率の良い並列計算が可能なモデルへと改良し、現地スケールにおける解析を実施する。水草モデルには、抗力、揚力、摩擦力、浮力、弾性力および成層流動場との相互干渉が考慮されている。本研究では、水環境による影響も取り込み水草群生地の成長も含めた時空間変化機構を解明する。

テーマ 3) 生態系モデルを利用した現地スケールにおける解析および若手ネットワークの構築

生態系モデル AED がオブジェクト指向プログラミング (OOP) にもとづいていることを利用し、申請者らによる OOP を利用した 3 次元環境流体モデル Fantom に AED を組み込んで現地スケールでの 3 次元解析を実施する。その際、AED の開発者の一人である Waikato 大学の Prof. Hamilton の協力も得る。そして、AED への現地観測および詳細な水草群生地周辺の解析結果を利用することで、AED に高い汎用性を有する新たな

モジュールを追加し、世界的に研究成果をアピール・公表する。世界的なネットワーク構築および公表には、Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON; <http://gleon.org/>)等の申請者らが参加している活動を利用する。

4. 研究成果

2019年3月に研究メンバー全員で合同の会議を開催し、まず、共同観測の練習およびより多くの知見を得ることを目的として、北海道道東に位置するコムケ湖において、全メンバーと共に現地観測を実施した。その結果は国内の学術雑誌に投稿中であり、査読を順調に通過しつつある。3月の会合で決定した12月のLake Mongerでの現地観測について、理由は不明であるが半年前にも関わらず飛行機を全く予約できない状態となってしまうため11月に変更した。参加予定であった丸谷助教、久保助教、渡辺氏の3名が参加できなくなったため、神戸大学および西オーストラリア大学の2機関のみで現地観測を実施した。実施内容は、水草の有無を考慮した水の密度の鉛直分布の計測、上下層のTA、DIC、その他栄養塩の計測である。さらに、現地の水草を西オーストラリア大学に持ち帰り、水槽に培養することで呼吸・光合成によるDICの変化に関する室内実験も実施した。DICの計測には、現地と同様に採水を利用しただけでなく、西オーストラリア大学が所有する水中二酸化炭素分圧計も利用した。採水では3時間毎のTAおよびDICの値が分かるが、水中二酸化炭素計であれば5分ごとに計測可能である。両者のデータを利用することで、最終的に5分間隔でのDICの変化量を推定することに成功した。また、顕微鏡を利用した水草の断面の計測、水草の自重を利用したたわみ実験によるヤング率の計測も実施した。それらの成果は、土木学会論文集 B2 (海岸工学) (2020) にて掲載された。

研究開始年度に研究代表者（神戸大学）と研究協力者の北見工業大学の駒井准教授（2018年同時）とでコムケ湖におけるアマモの光合成や呼吸による溶存無機炭素(DIC)のモデル化に関する室内実験を行った。その結果をまとめ、Ecological Modelling に投稿し、2020年に論文が掲載された。本研究成果により、水草による炭素吸収量に関する同定手法を確立することができた。一方で、北海道道東に位置するコムケ湖において全メンバーと共に現地観測を実施し、Ecological Modelling の成果を利用することで、成層とDICの鉛直分布に関する解析を進めた。その結果、アマモによる成層の強化を現地観測結果から見出すことができた。

2019年にLake Mongerにて実施した観測結果について、コムケ湖と同様にDICのモデル化に関する検討を行った。Lake Mongerの水草を用いた室内実験では、採水に加えてコムケ湖の際に用いなかった水中CO₂分圧センサー計測も実施した。採水が1時間間隔であるのに比べて、水中CO₂分圧センサーを用いることで実験水槽の水量を変化させることがなく、水中CO₂分圧を5分間隔で計測できるという利点を有する。水中CO₂分圧からDICへ変換してからの解析となるが、コムケ湖での知見があり十分な信頼性を有したDICのモデル化に成功した。この当時はCOVID-19の影響で、研究グループ全員で集合して活動することが困難であることから、研究成果の共有はオンライン会議を利用して行った。

2021年度は、国際的な連携を強める目的もあり、対象としたのは台湾の2つの湖である。Yuan Yang Lake (YYL) および Tsui-Fong Lake (TFL) と呼ばれる湖であり、それぞれ貧栄養、および中栄養と栄養レベルが異なる淡水湖沼である。数km離れて位置す

る湖であることから、気象等の外的条件は同じであると考えられるが、炭素フラックスが YYL では放出、TFL では吸収と大きく異なる。本研究を進めることにより、その違いは成層と栄養レベルによるものであることがわかり、その成果は *Science of the Total Environment* に掲載された。

方で、オーストラリアの Lake Monger および北海道のコムケ湖における研究も並行して進め、水草が成層に与える影響、およびその結果として炭素フラックスが大きく変化することを発見した。数値計算モデルを利用した解析も実施し、両者を比較することでその再現性の高さを示すことができた。前年度と同じく COVID-19 の影響で、研究成果の共有はオンライン会議を利用して行っている。なお、共同研究者の一人である九州大学の丸谷助教による関連研究の成果が *Journal of Environmental Sciences* (2023) に掲載された。

2022 年度には、Lake Monger の成果をまとめた論文が、*Journal of Geophysical Research Biogeosciences* (2023) にて掲載された。基本的に重点をおいて解析したのは概念モデル（いわゆるボックスモデル）の開発であり、他の研究者が容易に適用できることを目指した。概念モデルは、台湾の Yuan Yang Lake および Tsui-Fong Lake の比較研究でも、簡易なモデルがあるがゆえに要因分析が容易であり、近接する 2 つの湖の一方が二酸化炭素を大気に放出気味であるが、もう一方は大気から二酸化炭素を吸収している要因を説明することができた。その重要な要因とは、栄養レベルであり、中栄養である Tsui-Fong Lake では植物プランクトンの活性が高く、光合成により水中二酸化炭素分圧が大気のものより低くなることがわかった。この成果は *Science of the Total Environment* に掲載された。

新型コロナの影響で現地観測が出来なかったため、共同研究者の九州大学の丸谷助教と共に、沿岸域や湖の関係者である管理者や市民などのステークホルダーに対して、アンケート調査を行い、沿岸のブルーカーボンと淡水カーボンの今後の社会実装に向けた方針、およびどのような環境教育が必要であるかを検討した。その結果、淡水カーボンについてはステークホルダーに十分に認知されておらず、そのため重要度も低いと考えられがちであることがわかった。対して、沿岸のブルーカーボンは世界的になされていることもあり、その重要性は認識されていた。Teal Carbon が注目を浴びていることもあり、今後、淡水カーボンの重要性が世界的に増すと考えられることから、環境教育を若い世代から進めている必要があることが示された。その成果は、*Frontiers in Marine Science* に掲載された。

最終年度の 2023 年度では、2024 年 2 月末にオーストラリア、パースの Lake Monger にて現地観測を実施した。参加機関は、分担である九州大学、静岡大学、港湾空港技術研究所であった。2025 年に開催される国際会議において、関連研究のワークショップを開催し、研究成果を公表することで、他の研究機関とも研究成果を共有する計画である。モデルの組み込みに関しても終了し、国際雑誌への論文の投稿を計画している。最終年度の研究成果も利用し、現在、植物プランクトンによる二酸化炭素の吸収および貯留に関する論文を投稿する計画である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 36件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 27件）

1. 著者名 MATSUMURA Keita, MATSUMOTO Hiroki, NAKAYAMA Keisuke, TADA Kazufumi, SHINTANI Tetsuya, YOSHIMURA Hideo	4. 巻 78
2. 論文標題 ASSESSMENT OF SAV COLONY ' S IMPACTS ON FLOW USING LABORATORY EXPERIMENTS AND NUMERIC SIMULATIONS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_853 ~ I_858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.78.2_I_853	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 KAWAHARA Yuki, KURIMOTO Yuki, TSAI Jeng-Wei, LIN Hao-Chi, MATSUMOTO Hiroki, TADA Kazufumi, NAKAYAMA Keisuke	4. 巻 78
2. 論文標題 FACTORS CONTROLLING DISSOLVED INORGANIC CARBON IN AN OYSTER FARMING LAGOON	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_637 ~ I_642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.78.2_I_637	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 TASHITA Kento, NAKAYAMA Keisuke, SHINTANI Tetsuya	4. 巻 78
2. 論文標題 TRANSFORMATION OF BREATHER OVER A SLOPING BOTTOM	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_367 ~ I_372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_I_367	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 NAKAYAMA Keisuke	4. 巻 78
2. 論文標題 INVESTIGATION OF OBLIQUE BREATHER INTERACTIONS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_643 ~ I_648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_643	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 Lin Hao-Chi, Tsai Jeng-Wei, Tada Kazufumi, Matsumoto Hiroki, Chiu Chih-Yu, Nakayama Keisuke	4. 巻 803
2. 論文標題 The impacts of the hydraulic retention effect and typhoon disturbance on the carbon flux in shallow subtropical mountain lakes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 150044 ~ 150044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.150044	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 Sasaki Masafumi, Nakayama Keisuke, Maruya Yasuyuki	4. 巻 180
2. 論文標題 Diffusive methane burst during a blue tide, wind-driven event in a meromictic lake	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 113792 ~ 113792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpolbul.2022.113792	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 Nakayama Keisuke, Kawahara Yuki, Kurimoto Yuki, Tada Kazufumi, Lin Hao-Chi, Hung Meng-Chi, Hsueh Mei-Li, Tsai Jeng-Wei	4. 巻 838
2. 論文標題 Effects of oyster aquaculture on carbon capture and removal in a tropical mangrove lagoon in southwestern Taiwan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 156460 ~ 156460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.156460	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 Nakayama Keisuke, Tani Kojiro, Yoshimura Hideto, Fujita Ichiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of vorticity on solitary waves	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 23267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-23267-w	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 Matsumura K., Nakayama K., Matsumoto H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Influence of patch size on hydrodynamic flow in submerged aquatic vegetation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1001295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2022.1001295	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 Nagatomo K., Nakayama K., Komai K., Matsumoto H., Watanabe K., Kubo A., Tada K., Maruya Y., Yano S., Tsai J. W., Lin H. C., Vilas M., Hipsey M. R.	4. 巻 128
2. 論文標題 A Spatially Integrated Dissolved Inorganic Carbon (SiDIC) Model for Aquatic Ecosystems Considering Submerged Vegetation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 e2022JG007032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JG007032	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 Wataru, Nakayama Keisuke, Shintani Tetsuya	4. 巻 256
2. 論文標題 Coriolis effects on wind-driven upwelling in enclosed basins	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Continental Shelf Research	6. 最初と最後の頁 104956 ~ 104956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.csr.2023.104956	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 Nakayama K., Lamb K.G.	4. 巻 957
2. 論文標題 Breather interactions in a three-layer fluid	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2023.1	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 SASAKI Daisuke, MATSUMOTO Hiroki, NAKAYAMA Keisuke, TADA Kazufumi, LIN Hao-Chi, HAMADA Takuya, SHINTANI Tetsuya	4. 巻 77
2. 論文標題 VALIDATION OF SAV MODEL USING LABORATORY EXPERIMENTS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_205 ~ I_210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_I_205	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 MATSUMOTO Hiroki, NAKAYAMA Keisuke, KOMAI Katsuaki, TADA Kazufumi, LIN Hao-Chi, SHINTANI Tetsuya	4. 巻 77
2. 論文標題 NUMERICAL SIMULATION OF DISSOLVED INORGANIC CARBON CONSIDERING EELGRASS RESPIRATION AND PHOTOSYNTHESIS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_613 ~ I_618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_I_613	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 KOMAI Katsuaki, SATO Tatsuya, CHIBA Toshiyuki, NAKAYAMA Keisuke	4. 巻 77
2. 論文標題 EFFECT OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY ON THE ABSORPTION AND RELEASE OF DISSOLVED INORGANIC CARBON BY EELGRASS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_565 ~ I_570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_I_565	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 KAWAHARA Yuki, TSAI Jeng-Wei, LIN Hiroyuki, MATSUMOTO Hiroki, HUNG Meng-chi, HSUEH Mei Li, NAKAYAMA Keisuke	4. 巻 77
2. 論文標題 INFLUENCING FACTORS ON AIR-SEA CO2 FLUX AT CIGU LAGOON, TAIWAN	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_841 ~ I_846
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_841	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 LIN Hao Chi, NAKAYAMA Keisuke, TADA Kazufumi, CHIU Chih Yu, TSAI Jeng Wei	4. 巻 77
2. 論文標題 EFFECTS OF A TYPHOON ON CARBON FLUX IN A SHALLOW STRATIFIED LAKE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1051 ~ I_1056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_1051	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 Lin Hao Chi, Chiu Chih Yu, Tsai Jeng Wei, Liu Wen Cheng, Tada Kazufumi, Nakayama Keisuke	4. 巻 126
2. 論文標題 Influence of Thermal Stratification on Seasonal Net Ecosystem Production and Dissolved Inorganic Carbon in a Shallow Subtropical Lake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 1 - 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JG005907	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 Lin Hao-Chi, Tsai Jeng-Wei, Tada Kazufumi, Matsumoto Hiroki, Chiu Chih-Yu, Nakayama Keisuke	4. 巻 803
2. 論文標題 The impacts of the hydraulic retention effect and typhoon disturbance on the carbon flux in shallow subtropical mountain lakes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 150044 ~ 150044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.150044	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 Maruya Yasuyuki, Nakayama Keisuke, Sasaki Masafumi, Komai Katsuaki	4. 巻 125
2. 論文標題 Effect of dissolved oxygen on methane production from bottom sediment in a eutrophic stratified lake	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Sciences	6. 最初と最後の頁 61 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jes.2022.01.025	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 松本大輝, 中山恵介, 駒井克明, 田多一史, 佐々木大輔, 渡辺謙太, 久保篤史, 丸谷靖幸, 駒井克昭	4. 巻 76
2. 論文標題 成層を考慮したアマモ場における溶存無機炭素鉛直分布の推定モデルの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 I_869-I_874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.2_I_869	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 佐々木大輔, 中山恵介, 新谷哲也, 田多一史, 松本大輝, 駒井克昭	4. 巻 76
2. 論文標題 分岐を有するSubmerged Aquatic Vegetationモデルの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1075-I_1080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1075	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 C. Chiu, H. Lin, J. Jones, J. Rusak, K. Nakayama, T. Kratz, W. Liu, S. Tang, J. Tsai	4. 巻 717
2. 論文標題 Terrestrial loads of colored dissolved organic matter drive inter-annual carbon flux in contrasting lakes: Influence of decreased monsoon and typhoon rainfall	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 137052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.137052	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 K. Nakayama, Y. Nakagawa, Y. Nakanishi, T. Kuwae, K. Watanabe, H. Moki, K. Komai, K. Tada, J.W. Tsai, M.R. Hipsey	4. 巻 56
2. 論文標題 Integration of submerged aquatic vegetation motion within hydrodynamic models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Resources Research	6. 最初と最後の頁 e2020WR027369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020WR027369	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 K. Nakayama, K. Komai, K. Tada, H. Lin, K. Yajima, S. Yano, K. Watanabe, M.R. Hipsey, J.W. Tsai	4. 巻 431
2. 論文標題 Modelling dissolved inorganic carbon considering submerged aquatic vegetation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Modelling	6. 最初と最後の頁 109188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolmodel.2020.109188	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 K. Nakayama, K. Lamb	4. 巻 903
2. 論文標題 Breathers in a three-layer fluid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2020.653	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 K. Nakayama, Takahiro Sato, Kojiro Tani, Leon Boegman and Ichiro Fujita	4. 巻 125
2. 論文標題 Breaking of internal Kelvin wave shoaling on a slope	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 e2020JC016120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JC016120	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 H.C. Lin, C.Y. Chiu, J.W. Tsai, W.C. Liu, K. Tada, K. Nakayama	4. 巻 online
2. 論文標題 Influence of thermal stratification on seasonal net ecosystem production and dissolved inorganic carbon in a shallow subtropical lake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 e2020JG005907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JG005907	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 伊藤航, 中山恵介, 矢野真一郎, 熊柄, 齋藤直輝, 駒井克昭, 矢島啓	4. 巻 75
2. 論文標題 八代海において有明海との海水交換が成層流動場に与える影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 977-982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.1_977	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 佐々木大輔, 中山恵介, 中西佑太郎, 中川康之, 田多一史, 駒井克昭	4. 巻 75
2. 論文標題 水深葉長比を考慮した有効水草高さに関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 504-509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.1_504	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 田多一史, 中山恵介, 中西佑太郎, 佐々木大輔, 駒井克昭	4. 巻 75
2. 論文標題 振動流場におけるアマモ場内の流動解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1_25	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 駒井克昭, 早川博, 佐藤辰哉, 中山恵介,	4. 巻 75
2. 論文標題 人工衛星データを用いたアマモ場分布計測と汽水域での溶存無機炭素量を用いた検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 397-402
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 オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岩田遼, 佐藤啓央, 中山恵介	4. 巻 75
2. 論文標題 密度躍層の厚さ変化に伴った内部波の碎波形態に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 769-774
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 C. Chiu, H. Lin, J. Jones, J. Rusak, K. Nakayama, T. Kratz, W. Liu, S. Tang, J. Tsai	4. 巻 717
2. 論文標題 Terrestrial loads of colored dissolved organic matter drive inter-annual carbon flux in contrasting lakes: Influence of decreased monsoon and typhoon rainfall	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 137052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.137052	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 S. Sakaguchi, K. Nakayama, Thuy Thi Thu Vu, K. Komai, Peter Nielsen	4. 巻 62
2. 論文標題 Nonlinear wave equations for free surface flow over a bump	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 1712837
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 該当する

1. 著者名 K. Nakayama, T. Sato, K. Shimizu, L. Boegman	4. 巻 4
2. 論文標題 Classification of internal solitary wave breaking over a slope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.014801	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 K. Nakayama, K. G. Lamb
2. 発表標題 Numerical analysis of breathers
3. 学会等名 International Symposium on Stratified Flow, IX (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Nakayama, T. Shintani
2. 発表標題 Pycnocline thickness effect on internal wave breaking over a uniform slope
3. 学会等名 Proceedings of International Conference of Coastal Engineering, Wave Modelling 2 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Matsumoto, K. Matsumura, K. Nakayama, K. Komai, K. Tada
2. 発表標題 Super submerged aquatic vegetation model in a stratified fluid
3. 学会等名 Proceedings of International Conference of Coastal Engineering, Turbulence and Mixing (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hao-Chi Lin, Chih-Yu Chiu, Jeng-Wei Tsai, and Keisuke Nakayama
2. 発表標題 Developing a two-layer conceptual model for monthly DIC and DOC stoichiometry considering interannual typhoon responses in a subtropical small lake, Taiwan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022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	渡辺 謙太 (Watanabe Kenta) (20725618)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・研究官 (82627)	
研究分担者	清水 健司 (Shimizu Kenji) (40821939)	神戸大学・工学研究科・客員准教授 (14501)	
研究分担者	丸谷 靖幸 (Maruya Yasuyuki) (50790531)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	
研究分担者	久保 篤史 (Kubo Atsushi) (90803958)	静岡大学・理学部・助教 (13801)	

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