

令和 4 年 4 月 25 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01545

研究課題名(和文) 気候変動緩和と適応の推進に向けた成層水域における水生植物による炭素貯留機構の解明

研究課題名(英文) Carbon storage due to aquatic plants in stratification for climate change mitigation

研究代表者

中山 恵介 (Nakayama, Keisuke)

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) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：植物等の光合成を利用したCO₂の吸収を促進し、気候変動を緩和しようというブルーカーボン研究が世界的になされている。現在、利用されているCO₂吸収量の推定方法については、水域にどの程度の水草が存在するかを推定することで、炭素の吸収量を見積もるといった簡易的なものにとどまっている。そこで本研究では、波・流れと水生植物との相互干渉による複雑なCO₂の輸送機構を解明するだけでなく、閉鎖性水域において水生植物によるCO₂の放出と吸収に関する現地計測を行い、水草と流動を錬成させた実スケールでの数値モデルを構築した。その結果、これまでに評価できなかった水草の効果まで含めた炭素吸収量を推定できるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ブルーカーボンの増強による気候変動の緩和を目指した研究において、水草等が存在する水域は、日射や海水への淡水の流入により、成層が形成されるだけでなく、植生の存在による流れとの相互干渉により、流況が複雑になり、CO₂の吸収に重要なスカラー量の鉛直フラックスが大きく影響を受ける。本研究において、水生植物を利用した植生スケールの室内実験に基づいて数値計算モデルの開発を行い、波・流れと水生植物との相互干渉による複雑なCO₂の輸送機構を解明することが出来た。研究成果は、実スケールでの数値モデルを通じてブルーカーボンの最適な評価につながり、効率の良い炭素吸収方法を提案することが可能となった。

研究成果の概要(英文)：Due to global warming, natural disasters have occurred worldwide, underscoring the urgent need for climate change mitigation. Much of the earth's carbon is captured and stored naturally as "blue carbon" in oceanic and coastal ecosystems with submerged aquatic vegetation (SAV). SAV enhances the water column stratification, suppressing vertical water exchange in shallow water areas. When stratification occurs, large amounts of carbon can be stored in the deeper layers of an aquatic ecosystem because water column stratification prevents carbon flux between the surface and lower layers. To accurately represent carbon flows in these models, the mechanisms by which SAV suppress vertical mixing and CO₂ flux from the vegetation canopy need to be considered. We successfully developed numerical models, which enable us to accurately evaluate the effect of respiration and photosynthesis on carbon for freshwater lakes and coastal ecosystems using laboratory experiments and field observations.

研究分野：水環境工学

キーワード：CO₂ DIC TA stratification global warming

1. 研究開始当初の背景

気候変動により局所豪雨や強大台風などが多発しており、その原因として温室効果ガスの増加を挙げることができる。そこで、気候変動への緩和策として、極めて生産性の高いアマモ等の水生植物の光合成による 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。日本においてもブルーカーボンの活用を早急に推進する必要性が示されている。そのためには水生植物による正味の炭素貯留速度を明らかにしなくてはならない。

水生植物を CO₂ 吸収源(緩和)ならびに波浪減衰体(適応)を担う GI として活用するためには、単純な粗度や固定された物体として評価するだけでは不十分であり、波・流れ場との連成による検討が必要である。申請者らは本研究を開始する以前、実際のアマモを用いた一様流場および波動場における室内実験結果を利用し、“波・流れと水生植物の連成モデル”を提案した。また、“閉鎖性水域スケール”に関する申請者らによる北海道道東コムケ湖を対象とした研究において、密度成層が CO₂ の特異な鉛直分布を生み出すことで CO₂ フラックスが大きく変動することが示され、気候帯の違いおよび成層効果を考慮したアマモ場での CO₂ 吸収機構の解明が必要であることを明らかにした(図-1)。さらに申請者らは、湖沼や沿岸域での流動解析を進めており、成層の存在により発生する内部波が長期の物質輸送に与える影響を評価することが出来ている。

そこで、基礎的な波・流れと水生植物の連成解析結果を実際の湖沼や沿岸域を利用して検証し、さらに、小スケールの水生植物と閉鎖性水域スケールの相互作用を考慮することで、成層の有無による多様な閉鎖性水域における水生植物による炭素貯留機構を解明できると考えた。そして、早急に解決すべき研究課題として、“植生スケール”と“閉鎖性水域スケール”という大小異なるスケールにおける現象をカップリングし、多様な閉鎖性水域を対象とした水生植物による CO₂ の放出・吸収機構を明らかにするという研究を遂行するに至った。

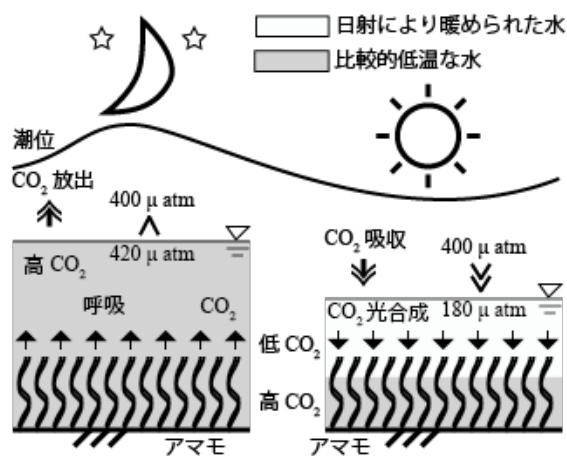


図-1 水中で光量子が減衰するため、特に低水位時に水面付近で CO₂ が吸収され、成層の効果で低 CO₂ が水面付近に集中する

2. 研究の目的

“植生スケール”の研究において室内実験を実施し、波・流れ場における水生植物周辺の水中 CO₂ 分圧の輸送機構を高精度に再現できる数値計算モデルを開発する。また、亜寒帯、温帯、亜熱帯における沿岸域から湖沼までの多様な閉鎖性水域において、成層強度の異なる合計 5 つの現場を対象とした現地観測を実施し、“植生スケール”の CO₂ 輸送をサブグリッド CO₂ モデルとして閉鎖性水域スケールモデルにカップリングすることで、一般化を目指して数値計算モデルを展開・拡充する。そして、閉鎖性水域でよくみられる密度成層が作り出す CO₂ の特異な鉛直分布を考慮した CO₂ の放出・吸収機構を解明することで、多様な“閉鎖性水域スケール”における CO₂ の吸収・放出機構を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 植生スケールの現象解明のための室内実験

申請者が所有している波動水槽に循環流発生装置を追加し、波・流れとアマモ等の水生植物の連成実験を実施した。一様流場および波動場におけるこれまでに無い詳細な CO₂ 輸送量の計測を行った。購入予定の PIV, 光量子計, CO₂ 計測装置を利用した可視化・解析を行うことにより、波・流れと水生植物との連成モデルに必要なパラメータを決定した。

(2) 植生サブグリッドスケールのモデル化

水生植物を数十個のセグメントに分解し、抗力, 付加質量, 揚力, 摩擦力, 浮力, 弾性力を考慮し, 各ノードにおける移動速度を変数とすることで波・流れとの安定した連成計算を実施し, CO₂ の移流拡散解析を実施した。植生スケールの現象を閉鎖性水域スケールモデルにカップリングするため, 空間積分を行うことでサブグリッド CO₂ モデルを構築した。

(3) 閉鎖性水域スケールの現象解明のための現地観測

成層の有無による効果を検証するために必要であり, 過去に計測されることがない水中 CO₂ 分圧の 2~3 時間毎の鉛直分布計測, および通常の流動や水温・塩分計測を, 八代海, コムケ湖, 宍道湖, Yuan Yang Lake (YYL) および Tsui-Fen Lake (TFL) において実施した。八代海とコムケ湖ではアマモ場, 宍道湖と YYL および TFL では水草群生地の生息範囲・密度および波動場での鉛直モード計測を実施した。

(4) 多様な閉鎖性水域を対象とした水生植物による CO₂ の放出・吸収機構の解明

波・流れと水生植物との相互干渉を考慮したサブグリッド CO₂ モデルを閉鎖性水域モデルにカップリングした。そして, 閉鎖性水域における観測結果を利用し, 水位変化や成層の有無の影響を考慮した閉鎖性水域スケールにおける CO₂ モデルの検証を実施した。最終的に, 多様な閉鎖性水域を対象とした水生植物による CO₂ の放出・吸収機構を解明することが出来た。

4. 研究成果

(1) 植生スケールの現象解明のための室内実験

水草 (Submerged Aquatic Vegetation: SAV) model の再現性の検証と, 流れと水草の相互干渉を検討するため, 発泡ポリプロピレンを利用した水草模型を実験水路に設置し, 流況と SAV のたわみに関する実験を行った。実験には全長約 25 m, 水路幅約 0.9 m の循環型可変勾配式水路を用いた (図-2)。まずは個別の SAV を対象とした再現計算を実施し, その再現性の高さを証明できた (図-3)。その後, 水草群落としての実験も行い良好な再現性を得ることができただけでなく, 群として存在することで, たわみが流況を大きく変化させ, その結果, 炭素フラックスが影響を受けていることがわかった。

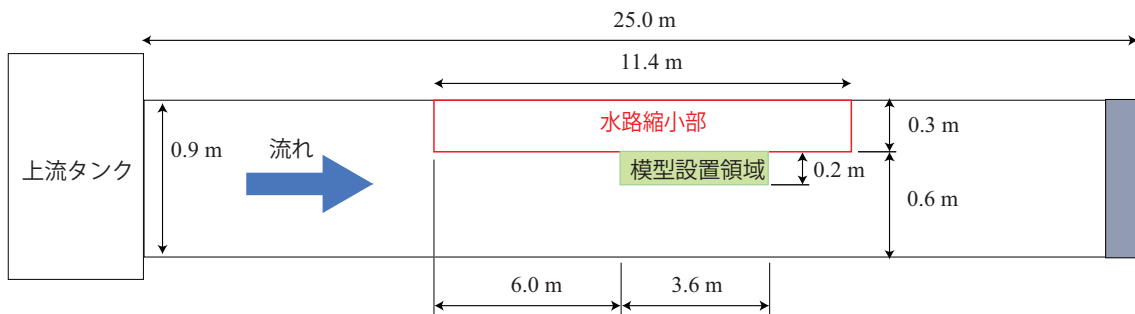


図-2 室内実験に用いた水路と水草群落の設置位置

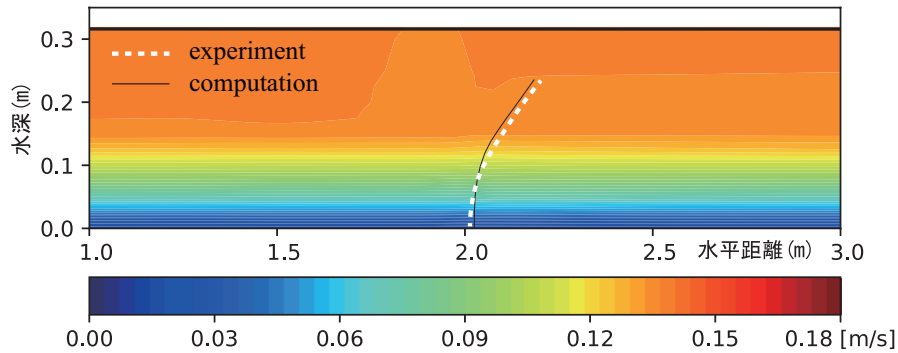


図-3 単独の水草に流れが与えられた場合の室内実験と数値計算結果. 白破線：室内実験結果. 黒実線：数値計算結果. コンターは数値計算による水平流速の大きさを示す.

(2) 植生サブグリッドスケールのモデル化

室内実験の節において示したように、抗力、付加質量、揚力、摩擦力、浮力、弾性力を考慮した SAV model を構築した (図-4). 過去の研究におけるモデルでは、全ての応力を考慮することができておらず、申請者らの研究において初めてその開発に成功した. なお、スーパーコンピュータや超並列計算機を利用するようなグリッド数が大きい計算においては、全ての応力を考慮することが出来ているが、数万本にもおよぶ計算は実質的に不可能である. 本モデルを利用して、炭素吸収量の詳細な推定が可能となった.

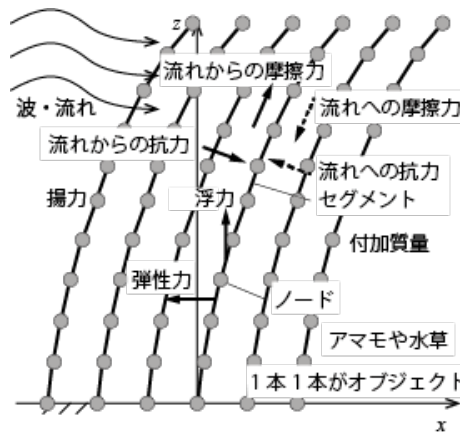


図-4 高い適用性と再現性を達成するため、考えられる全ての応力や干渉が考慮されている

(3) 閉鎖性水域スケールの現象解明のための現地観測

現地観測の結果を利用し、成層の効果による大気との炭素フラックスに関する検討を行い、成層によるスカラー量の鉛直フラックスの抑制が、大気中への炭素フラックスの放出を抑えていることがわかった. さらに、栄養レベルの異なる湖において炭素フラックスを比較した結果、中栄養の湖において CO₂ が吸収されていることがわかった. 栄養レベルの違いは、湖沼における滞留時間と大きく関係しており、滞留時間が植物プランクトンの成長に必要な期間より長くなることで、栄養レベルが上がり、その結果、植物プランクトンの光合成が卓越することで CO₂ を大気中から吸収していた.

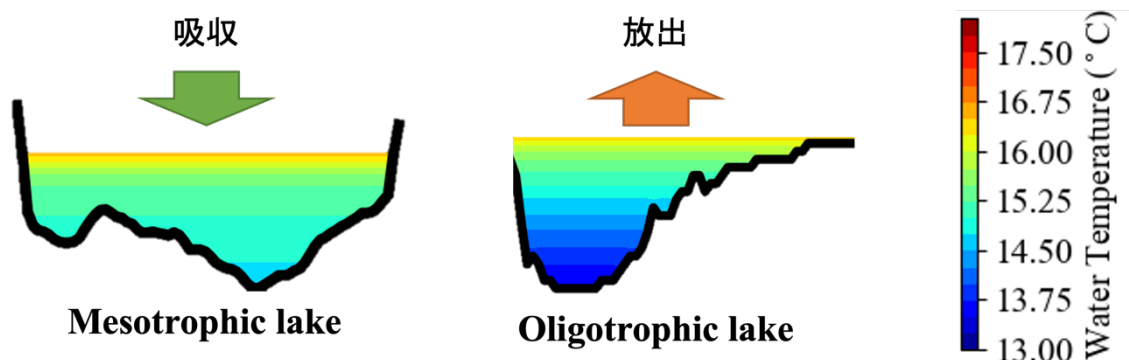


図-5 湖沼における栄養レベルと炭素フラックス

(4) 多様な閉鎖性水域を対象とした水生植物による CO₂ の放出・吸収機構の解明

SAV model の節で示したように, 実際の計算では数 10 万本以上の水草を考慮する必要がある. 本研究で開発したモデルは数千本程度であれば市販の PC で再現可能であるが, 数 10 万本以上となると高価な PC が必要となる. そこで数 100 本以上の SAV を 1 本に集約できるモデルを作成し, 実際の流況を再現できるモデルを開発した (図-6). その結果, コムケ湖等において植生が存在する場における流況と水中 CO₂ 分圧の解析が進み, 植生の存在による成層の強化, および炭素フラックスの変化を解明することができた.

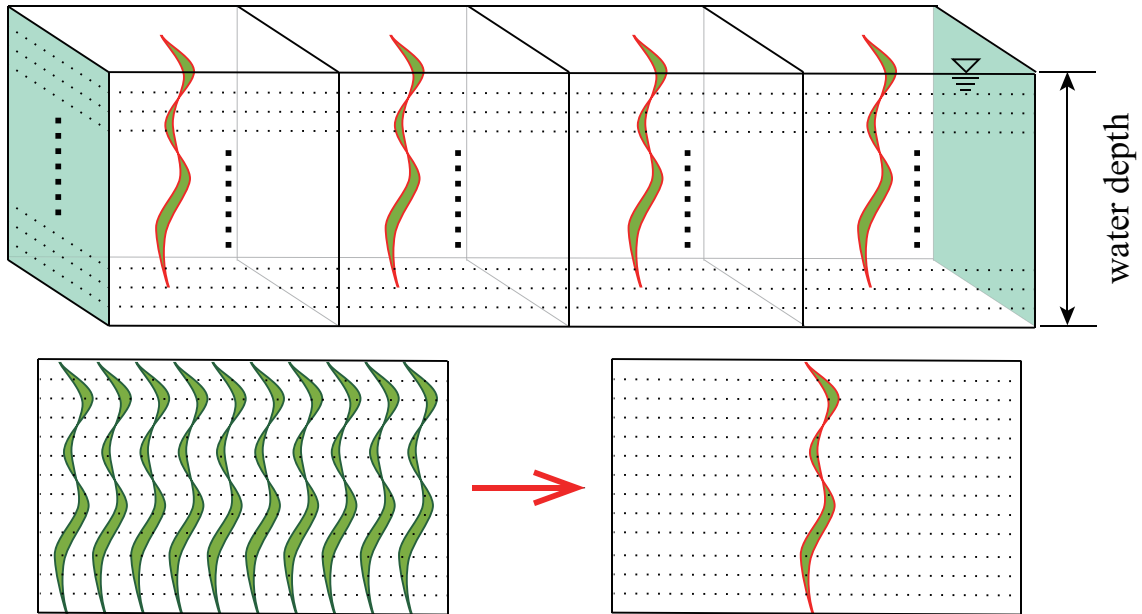


図-6 数 100 本以上の SAV を 1 本に集約できるモデルの概念図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 23件）

1. 著者名 IWATA Ryo, NAKAYAMA Keisuke, SATO Takahiro, SHINTANI Tetsuya	4. 巻 77
2. 論文標題 EFFECT OF PYCNOCLINE THICKNESS ON INTERNAL SOLITARY WAVE BREAKING OVER A SLOPE AND ITS CLASSIFICATION	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 59 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.1_59	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 TASHITA Kento, NAKAYAMA Keisuke, SHINTANI Tetsuya	4. 巻 77
2. 論文標題 CLASSIFICATION OF BREATHER BREAKING OVER A UNIFORM SLOPE	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_343~I_348
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_343	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 CO ₂ 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 KOMORI Hiroto, XIONG Bing, SAITO Naoki, HAO Lin, CHI Baixin, YANO Shinichiro, KOMAI Katsuaki, NAKAYAMA Keisuke	4. 巻 77
2. 論文標題 NUMERICAL MODELING OF CO ₂ DYNAMICS IN SEAWATER CONSIDERING EFFECTS OF FRESHWATER INFLOW IN THE YATSUSHIRO SEA	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_847-I_852
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_847	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, 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 齋藤直輝, 熊柄, 小森博仁, 矢野 真一郎, 中山恵介, 駒井克昭, 矢島啓	4. 巻 76
2. 論文標題 八代海におけるブルーカーボン動態把握のための海水中CO2に関する現地調査	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_901-I_906
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_901	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[Opens in a new window]	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 Oceans	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 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.l_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.l_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B2 (海岸工学)	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 田多一史, 中山恵介, 駒井克昭, Jeng-Wei Tsai, 佐藤之信, 桑江朝比呂	4. 巻 74
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の変動解析	5. 発行年 2018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 444-449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.74.1_444	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 田多一史, 中山恵介, 桑江朝比呂	4. 巻 74
2. 論文標題 アマモ場における海水中CO2分圧モデルの開発	5. 発行年 2018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 1237-1242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.1_1237	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 中西佑太郎, 中山恵介, 中川康之, 茂木博匡, 田多一史, Matthew HIPSEY, 桑江朝比呂	4. 巻 74
2. 論文標題 波・流れ場とアマモ場の相互干渉解析	5. 発行年 2018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 31-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.1_31	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 佐藤啓央, 中山恵介, 清水健司, Leon BOEGMAN	4. 巻 74
2. 論文標題 二層システムにおける内部ソリトン波の斜面上での砕波形態と物質輸送	5. 発行年 2018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 655-660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.1_655	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 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 14801
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

1. 著者名 阪口詩乃, 中山恵介, Thuy Thi Thu VU, 駒井克昭, Peter NIELSEN	4. 巻 74
2. 論文標題 強非線形強分散波動方程式の改良とbumpを有する波動場への適用	5. 発行年 2018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 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.1_1	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Bing Xiong, Naoki Saito, Hiroto Komori, Shinichiro Yano, Keisuke Nakayama, Katsuaki Komai, Kei Yajima
2. 発表標題 EVALUATION OF HYDRODYNAMIC EFFECTS ON BLUE CARBON DYNAMICS IN THE YATSUSHIRO SEA
3. 学会等名 Proc. 22nd Int. Conf. on IAHR-APD (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoki Saito, Xion Bing, Hiroto Komori, Shinichiro Yano, Keisuke Nakayama, Katsuaki Komai, Kei Yajima
2. 発表標題 FIELD OBSERVATION ON BLUE CARBON DYNAMICS IN THE YATSUSHIRO SEA CONSIDERING INFLUENCE OF STRATIFICATION
3. 学会等名 Proc. 22nd Int. Conf. on IAHR-APD (国際学会)
4. 発表年 2020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	矢島 啓 (Yajima Hiroshi) (10283970)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授 (15201)	
研究分担者	矢野 真一郎 (Shinichiro Yano) (80274489)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	駒井 克昭 (Katsuaki Komai) (90314731)	北見工業大学・工学部・准教授 (10106)	

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			
オーストラリア	University of Western Australia			
カナダ	University of Waterloo			
中国	Academia SINICA			
中国	China Medical University			