

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20432

研究課題名(和文) 物理学・化学・生物学の統合解析で明らかにする浅水湖における富栄養化プロセス

研究課題名(英文) Eutrophication in shallow lakes investigated by an interdisciplinary approach with physical, chemical and biological studies

研究代表者

増永 英治 (Masunaga, Eiji)

茨城大学・地球・地域環境共創機構・助教

研究者番号：90779696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：生態系に重大な悪影響を及ぼす富栄養化は世界各地の湖沼で顕在化しており、持続的な水資源利用等の観点からその解決が急務となっている。リンは、窒素と並んで湖沼の富栄養化の指標であるが、低酸素状態の水が湖底に接した際に溶出するという特殊な化学的特徴を有している。しかしながら、酸素分布の形成プロセスが明らかとなっていないため栄養塩動態の解明が進んでいない。本研究では、流体力学・海洋物理学を研究する立場から、湖沼の富栄養化問題と物理過程の関係性に注目し、茨城県霞ヶ浦における水環境形成メカニズムを解明するために、物理学・化学・生物学の学際的アプローチを統合させた解析を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで解析が進んでいなかった小スケールの乱流や波動現象を直接観測し、これらの計測技術と化学・生態系プロセスに精通する研究協力者と連携して栄養塩の動態を解明する点に学術的意義がある。世界の多くの湖沼やため池における富栄養化や水質汚濁は大きな問題となっており、解決策を立てるためにこれらの現象に関わる物理・生態構造の把握が急務となっている。本研究から明らかにした霞ヶ浦における貧酸素水動態や関連する現象は、本研究をケーススタディとして富栄養化が進む世界各国の湖沼での富栄養化対策モデルを提供し、世界規模で問題となっている浅水域の環境改善に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：Eutrophication in lakes and reservoirs is pressing issue to improve water quality control and sustainable usage of water in world wide. Phosphoric is a major nutrient in lakes as well as nutrient and is released from lake sediments under hypoxic (low oxygen) conditions. However, nutrient supplies in lakes have not been understood well due to a lack of understanding formation processes of oxygen distributions. This study focused on physical processes associated with eutrophication and investigated water environments in Lake Kasumigaura, Japan, by an interdisciplinary approach with physical, chemical and biological studies.

研究分野：陸水・海洋物理

キーワード：湖沼 貧酸素 混合 栄養塩 霞ヶ浦

1. 研究開始当初の背景

地球上で大きな淡水資源を占める湖沼の水質を良好に保つことは重要な課題の1つだが、世界の多くの湖沼で環境悪化が進行している。その要因として、富栄養化、水位低下、毒物質の流入、酸性化、土砂堆積の減少と外来種の加入の6つが挙げられるが、中でも人為的な要因による富栄養化の問題が最も大きい(吉良 1998)。特に浅水湖では栄養塩の流入に加え、湖底からの汚染物質の巻き上げが発生するため富栄養化状態に陥りやすい(Søndergaard ら 1992)。富栄養化が進行すると既存の生態系の破壊、悪臭の発生等によって水資源としての利用価値が大幅に低下するため、早急な対策が望まれる。

一般的な湖沼では窒素(以下 N)が植物プランクトン増殖に対する主要な制限要因であり、これまでに N の動態に関する研究は数多く行われてきた。湖沼への N の負荷は主に河川や土壌からの流入による。これに対して、リン(以下 P)は湖そのものが発生源であり、特に貧酸素水塊(溶存酸素濃度 3mg/L 以下の水塊)と接触する湖底から溶出しやすい。そのため貧酸素水塊が頻繁に発生する湖沼では、N の負荷量に加え P の分布をモニタリングすることが生態系の把握や富栄養化の評価にとって重要であると考えられている(Conley ら 2002)。これらのことから貧酸素水塊発生メカニズム解明を通して P の動態を明らかにする必要がある。さらにこれらの栄養塩動態は、プランクトン等の消費等による複雑な生態系プロセスによっても支配されている。

湖水中における栄養塩や酸素の動態は化学・生物学的プロセスに加え、移流・拡散を伴う物理学的プロセスによってもコントロールされている。浅水域では、数 m~数十 m の小スケールかつ複雑(非線形的)な物理現象が物質の輸送・拡散に強く関わっており、小スケールの物理構造の計測が必要不可欠である。しかしながら湖沼における栄養塩の化学・生物プロセスは数 km 程度の大きなスケールで扱われており、小スケールで発生する物理プロセスによる影響が考慮されることはなかった。また貧酸素水塊中では高濃度の P が検出された。このことは小スケールかつ複雑な物理構造により貧酸素水塊や湖底からの P の溶出がコントロールされているということ、水環境の形成が化学・生物プロセスのみでは説明できないことを意味する。よって湖沼における水環境を明らかにするには、物理学的プロセスが化学・生物学的プロセスに及ぼす作用を考慮した高解像度な実地観測と解析モデルが必要である。

2. 研究の目的

本研究は、浅水湖における貧酸素水塊発生と P の輸送に関わる物理学・化学・生物学の学際的アプローチによる高解像度な実地観測を実施し、解析モデルを組み合わせることで栄養塩の動態を解明することとした。本研究では、以下に示す 3 つのサブテーマを設定した:(1)詳細な実地調査による物理構造の解明、(2)物理過程に関わる生態・栄養塩動態の解明、(3)実地観測によって明らかとなった知見に基づいた統合解析モデルの開発。

3. 研究の方法

(1)詳細な実地調査による物理構造の解明

富栄養化が深刻な問題となっている霞ヶ浦を研究対象海域として設定した。霞ヶ浦では河川からの栄養塩の流入に加え、水深が浅いために湖底からの栄養塩の添加が富栄養化に強く関わっている。曳航式多項目水質計 YODA Profiler (Masunaga ら 2014)、乱流微細構造観測装置 VMP-250、及び水温・流速計を搭載した定点係留観測装置を用い、霞ヶ浦において高解像度な物理構造の計測を夏季に 3 ヶ年続けて実施した。YODA Profiler は、浅水域における物理構造を断面的に高解像度観測を行うことができる測器である。VMP-250 は乱流計測データから水中の拡散係数を推定可能である。これらの物理構造計測と水資源機構が計測する水質データや気象庁が観測する気象観測データを統合させ解析を行った。

(2)物理過程に関わる生態・栄養塩動態の解明

湖内において、湖底直上を含む複数の層で P 及び酸素濃度を精密に測定し、物理構造が生態系構造に関わる分布へどのように影響するか調査を行った。P の濃度は採水分析を行い濃度を算出した。また採水器と採泥器を用いて湖水と底泥を採集し、実験室において湖水及び底泥が酸素を消費する速度(呼吸量)を見積もった。さらに実験水槽内で、貧酸素化した湖の状態を再現し P の溶出過程の再現実験も行った。

(3)統合解析モデルの開発

霞ヶ浦全体の水循環過程および関わる生態系への影響を評価するために、3次元水理モデル SUNTANS を用いて水理モデルの開発を行った。水平解像度を 100m とし、湖上の風、河川水流入、湖面熱収支や下流部の水門の開閉を考慮したモデルを開発し、水循環構造を評価した。さらに、この水理モデルに栄養塩と植物プランクトンの動態を組み込んだ NP モデルをインプリメントし、栄養塩と植物プランクトンの分布を再現することを試みた。

4. 研究成果

(1) 湖面熱収支から説明される混合状態と酸素分布

水資源機構と気象庁による長期間の観測データから、霞ヶ浦の鉛直混合状態は湖上を吹く風による風応力と湖面の熱フラックスから見積もる Monin-Obukhov length scale 可能なことを明らかにした(Masunaga and Komuro,2020). さらに、湖底付近の酸素分布は混合状態の強い影響を受けており、混合状態が生態系へ強く影響する酸素分布へ影響していることがわかった。また混合状態は、水柱の不安定性を評価する内部フルード数や閉鎖性水域の混合を評価するために広く用いられている Wedderburn 数からも説明できることがわかった。

(2) 微細構造観測装置や高解像度係留系から明らかになった混合状態

本研究では、VMP-250 を用い乱流混合を直接計測する手法と、Ivey et al.(2018)によって開発された高速応答の水温計流観測装置を用いた 2 つの手法を用いた。VMP-250 を用いた計測では、精密な乱流強度を計測することができるが、センサーを直接人間が操作する必要がありスポット的な観測に限られ、長期間の計測を行うことはできない。一方で、高速応答水温計を用いた方法では、計測データに対し十分な検証が必要であるが長期間継続した乱流混合の状態を計測することができる。これらの係留した高速応答水温計で計測した鉛直渦拡散係数は VMP-250 から直接見積もった値に対し二乗平均誤差が 1 オーダー以下であったため、係留観測装置を用いた乱流計測手法が霞ヶ浦では妥当と言え、継続的な湖沼での乱流混合調査を日本で初めて確立した。

長期間の係留観測結果から 2020 年および 2021 年の夏季の鉛直混合状態を長期間観測することに成功した。霞ヶ浦における混合は、南東からの日周期の海風が強く影響する正午から夕方にシア不安定が促進され 18:00 頃に鉛直混合強度が最大となった。この混合によって正午から夕方に湖底へ酸素が輸送されていた。さらに曳航式観測装置 YODA Profiler を用いた計測から、地形と同スケールの数百～数千メートルスケールの地形に依存する波状の混合構造を観測した。この波状構造は、湖岸地形と風応力が影響し、風方向に対し湖岸に挟まれた水域の距離によって影響を受けることが数値シミュレーションと統合した調査で明らかとなった(増永ら 2019, 浅岡ら 2020)。さらに空間的に異なる混合状態は、空間的な酸素分布にも影響していた(小室ら 2021)。

(3) 混合状態が影響する貧酸素水と栄養塩の底泥からの溶出

詳細な時間・空間的な混合状態の計測と並行し、採水サンプルから栄養塩の時空間的な変化を計測した。栄養塩濃度の時間変化から、底層の酸素濃度が 0mg/L に近づくと急激にリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の濃度が上昇し、1 日で検出不可の低濃度から 0.2 mg/L 程度まで変化した(北村ら 2022)。このことは、混合状態に影響される酸素分布が P の分布を強くコントロールしていることを示唆している。時間変化と同様に、空間的な分布からも貧酸素が発生しやすい窪地地形周辺で P 濃度が高かった。

(4) 高解像度 3 次元モデルから明らかになった水循環過程

開発した高解像度 3 次元モデルと湖内で実際に計測された流況と比較し、モデル内で水の運動が適切に再現されていることを確認した。このモデルを用いて、霞ヶ浦における河川の流入から利根川への流出までの水循環の全体像を明らかにした。解析結果から、霞ヶ浦を主に構成する西浦と北浦では、湖面積と湖岸地形が水平および鉛直方向の物質輸送に強く関わっていることが明らかとなり、湖面積が大きい西浦では北浦に比べより強い混合が発生していることがわかった。

<参考文献>

- ・浅岡大輝, 増永英治, 小室俊輔, & 北村立実. (2020). 地形と成層の変化に関連する風応力による混合応答時間の評価. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_145-I_150.
- ・北村立実, 鮎川和泰, 増永英治ら(2022). 自動昇降装置を用いた夏季における北浦の水温成層と貧酸素水塊の形成・消失およびリン溶出過程の検討. 水環境学会誌, 45(3), 135-143.
- ・小室俊輔, 北村立実, 大内孝雄, 増永英治ら (2021). 北浦における貧酸素水塊の詳細分布と貧酸素水域面積の推計. 水環境学会誌, 44(5), 157-164.
- ・増永英治, 浅岡大輝, 小室俊輔, 松本俊一, 小野正人, & 番場泰彰. (2019). 沿岸地形と風応力が形成する複雑な密度構造と混合状態の高精度計測. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75(2), I_217-I_222.
- ・吉良竜夫. (1998). 世界の湖の環境問題. 人間環境科学, 7, 1-15.
- ・Conley, D. J., Humborg, C., Rahm, L., Savchuk, O. P., & Wulff, F. (2002). Hypoxia in the Baltic Sea and basin-scale changes in phosphorus biogeochemistry. Environmental science & technology, 36(24), 5315-5320.
- ・Ivey, G. N., Bluteau, C. E., & Jones, N. L. (2018). Quantifying diapycnal mixing in an energetic ocean. Journal of Geophysical Research: Oceans, 123(1), 346-357.
- ・Masunaga, E., & Komuro, S. (2020). Stratification and mixing processes associated with hypoxia in a shallow lake (Lake Kasumigaura, Japan). Limnology, 21(2), 173-186
- ・Søndergaard, M., Kristensen, P., & Jeppesen, E. (1992). Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind-exposed Lake Arresø, Denmark. Hydrobiologia, 228(1), 91-99.

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 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 asunaga Eiji, Venayagamoorthy S. Karan, Wada Koyo, Yamazaki Hidekatsu	4. 巻 230
2. 論文標題 Variability of the diapycnal mixing coefficient in coastal oceans investigated with direct microstructure measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Systems	6. 最初と最後の頁 103722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmarsys.2022.103722	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 池田雅, 増永英治, 鈴江洋太, 伊藤幸彦, 内山雄介	4. 巻 77
2. 論文標題 領域海洋モデルを用いた黒潮・親潮混合水域における水塊分布に関する研究	5. 発行年 2021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_379-I_384
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 井上孝義, 増永英治, 小碓大地, Xu Xhang, 内山雄介	4. 巻 77
2. 論文標題 領域海洋モデルを用いた黒潮・親潮混合水域における水塊分布に関する研究	5. 発行年 2021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_379-I_384
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 到津春樹, 増永英治	4. 巻 77
2. 論文標題 東京湾湾奥部における貧酸素水塊に関わる物理構造と混合状態	5. 発行年 2021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_859-I_864
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 小室俊輔, 北村立実, 大内孝雄, 増永英治, 浅岡大輝, 鮎川和泰, 三上育英, 清家泰, 湯澤美由紀, 福島武彦	4. 巻 44
2. 論文標題 北浦における貧酸素水塊の詳細分布と貧酸素水域面積の推計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水環境学会誌	6. 最初と最後の頁 157-164
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 Masunaga Eiji, Arthur Robert S., Yamazaki Hidekatsu	4. 巻 125
2. 論文標題 Baroclinic Residual Circulation and Mass Transport Due to Internal Tides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 e2019JC015316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JC015316	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 Chen Bingzhang, Masunaga Eiji, Smith Sherwood Lan, Yamazaki Hidekatsu	4. 巻 77
2. 論文標題 Diel vertical migration promotes zooplankton horizontal patchiness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 123 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-020-00564-4	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 浅岡 大輝, 増永 英治, 小室 俊輔, 北村 立実	4. 巻 76
2. 論文標題 地形と成層の変化に関連する風応力による混合応答時間の評価	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_145-I_150
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 増永 英治, 木村 和久, 小碓 大地, 張 旭, 内山 雄介	4. 巻 76
2. 論文標題 粒子追跡モデルを用いた黒潮から沿岸域への物質輸送過程の評価	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_91-I_96
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 Eiji Masunaga, Shunsuke Komuro	4. 巻 21
2. 論文標題 Stratification and mixing processes associated with hypoxia in a shallow lake (Lake Kasumigaura, Japan)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 173-186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-019-00600-3	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 -

1. 著者名 増永英治, 浅岡 大輝, 小室 俊輔, 松本 俊一, 小野 正人, 番場 泰彰	4. 巻 75
2. 論文標題 沿岸地形と風応力が形成する複雑な密度構造と混合状態の高精度計測	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 I_217-I_222
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 Hidekatsu Yamazaki, Wataru Aoyama, Eiji Masunaga, Mamoru Tanaka	4. 巻 50
2. 論文標題 Observation of three dimensional flow structures and effluent transport around fish cages using a towed ADCCP and free-fall multi-parameter profiler	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 1107-1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/are.13985	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 Eiji Masunaga, Robert S. Arthur, Oliver B. Fringer	4. 巻 3
2. 論文標題 Internal Wave Breaking Dynamics and Associated Mixing in the Coastal Ocean	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Encyclopedia of Ocean Science	6. 最初と最後の頁 548-554
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 木村和久, 増永英治, 小碓大地, 内山雄介	4. 巻 75
2. 論文標題 Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送及び拡散の評価	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 I_211-I_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 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 Eiji Masunaga, Yusuke Uchiyama, Hidekatsu Yamazaki	4. 巻 49
2. 論文標題 Strong Internal Waves Generated by the Interaction of the Kuroshio and Tides over a Shallow Ridge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physical Oceanography	6. 最初と最後の頁 2917-2934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JPO-D-18-0238.1	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 -

〔学会発表〕 計38件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Eiji Masunaga, Tatsumi Kitamura, Sachihiko Itoh
2. 発表標題 Vertical mixing and mass transport in a shallow lake, Lake Kasumigaura, Japan
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Haruki Itozu, Eiji Masunaga
2 . 発表標題 Physical structure and mixing processes in the inner part of Tokyo Bay
3 . 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Takayoshi Inoue, Eiji Masunaga, Taichi Kosako, Yusuke Uchiyama
2 . 発表標題 Material transport and diffusion around Sagami Bay and Suruga Bay using a particle tracking model
3 . 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Masashi Ikeda, Eiji Masunaga, Yusuke Uchiyama, Yota Suzue, Sachihiko Itoh
2 . 発表標題 Water mass classification off the east coast of Japan mainland using Regional Ocean Modeling System (ROMS)
3 . 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Eiji Masunaga, Xu Zhang, Yusuke Uchiyama
2 . 発表標題 Submeso-scale Eddies Generated in the Vicinity of the Izu-Ogasawara Ridge Investigated with a Regional Oceanic Simulator
3 . 学会等名 AOGS Meeting 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 北村立実, 大内孝雄, 木村夏紀, 古川真莉子, 湯澤美由紀, 福島武彦, 増永英治, 鮎川和泰, 清家泰
2. 発表標題 北浦における底泥からのリン溶出速度の特徴
3. 学会等名 第85回 日本陸水学会東京大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増永英治, 内山雄介, Xu Zhang, 木村和久, 小碓大地
2. 発表標題 黒潮と潮汐が影響する伊豆小笠原海嶺北部における サブメソスケール渦と物質輸送
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 池田雅, 増永英治, 鈴江洋太, 伊藤幸彦, 内山雄介
2. 発表標題 領域海洋モデルと粒子追跡モデルを用いた黒潮・親潮混合水域における水界分析に関する研究
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 池田雅, 増永英治, 鈴江洋太, 伊藤幸彦, 内山雄介
2. 発表標題 領域海洋モデルを用いた黒潮・親潮混合水域における水塊分布に関する研究
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上孝義, 増永英治, 小碓大地, Xu Xhang, 内山雄介
2. 発表標題 粒子追跡モデルを用いた相模湾及び駿河湾周辺の物質輸送過程の解析
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 到津春樹, 増永英治
2. 発表標題 東京湾湾奥部における貧酸素水塊に関わる物理構造と混合状態
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北村立実, 大内孝雄, 木村夏紀, 古川真莉子, 湯澤美由紀, 福島武彦, 増永英治, 島根大学 鮎川和泰, 清家泰
2. 発表標題 北浦における現場観測データを用いた底泥からのP04-P溶出量算出の試み
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北村立実, 増永英治, 鮎川和泰
2. 発表標題 夏季の北浦における水温成層及び貧酸素水塊の形成と消失条件の検討
3. 学会等名 霞ヶ浦流域研究2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤和貴, 増永英治, 北村立実
2. 発表標題 夏期の霞ヶ浦の西浦と北浦の混合状態の比較
3. 学会等名 霞ヶ浦流域研究2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本大樹, 増永英治, 佐藤和貴
2. 発表標題 霞ヶ浦における水質の長期変動と気候変動の関連性の評価
3. 学会等名 霞ヶ浦流域研究2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増永 英治, 内山雄介, 張旭
2. 発表標題 黒潮が影響する伊豆小笠原海嶺北部における 内部波と渦
3. 学会等名 2020年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅岡大輝, 増永英治, 小室俊輔, 北村立実
2. 発表標題 地形と成層の変化に関連する 風応力による混合応答時間の評価
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増永 英治, 木村 和久, 小裕 大地, 張 旭, 内山 雄介
2. 発表標題 粒子追跡モデルを用いた 黒潮から沿岸域への物質輸送過程の評価
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Asaoka, Eiji Masunaga, Shunsuke Komuro, Tatsumi Kitamura
2. 発表標題 Effects of the wind forcing on a shallow lake associated with the lake size and stratification
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Xu Zhang, Yusuke Uchiyama, Yota Suzue, Eiji Masunaga
2. 発表標題 Seasonal oceanic variability and associated biogeochemical responses around a ridge area along the Kuroshio off Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eiji Masunaga, Shunsuke Komuro, Tatsumi Kitamura
2. 発表標題 Observations of vertical mixing and sediment heat flux in a shallow lake
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayoshi Inoue, Eiji Masunaga, Yusuke Uchiyama
2. 発表標題 Material transport processes around Sagami Bay and Suruga Bay using a particle tracking model
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ikeda Masashi, Eiji Masunaga, Toshi Nagata, Sachihiko Itoh
2. 発表標題 Seasonal variation of water masses and turbulence structure off the Sanriku Coast
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sachihiko Itoh, Eiji Masunaga, TSUTSUMI EISUKE, Takashi T Sakamoto ¹ , Ishikawa Kazuo, Daigo Yanagimoto, Hitoshi Kaneko, Yasuhiro Hoshiba, Daisuke Hasegawa, Toshi Nagata
2. 発表標題 Enhanced vertical mixing along a shelf-slope front east of Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤幸彦, 堤英輔, 増永英治, 坂本天, 柳本大吾, 干場康博, 金子仁, 永田俊, 長谷川大介, 田中潔
2. 発表標題 三陸沿岸における水平微細構造の季節変動
3. 学会等名 2020年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北村立実, 大内孝雄, 湯澤美由紀, 福島武彦, 佐藤礼二, 浅岡大輝, 増永英治, 鮎川和泰, 清家泰
2. 発表標題 北浦における貧酸素水塊の形成と分布的な特徴
3. 学会等名 第23回日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北村立実, 大内孝雄, 湯澤美由紀, 福島武彦, 佐藤礼二, 浅岡大輝, 増永英治, 鮎川和泰, 清家泰
2. 発表標題 霞ヶ浦における貧酸素水塊の分布と酸素消費速度について
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 E. Masunaga, K. Wada, S. K. Venayagamoorthy, H. Yamazaki
2. 発表標題 Uncertainty of the mixing coefficient investigated with microstructure surveys in coastal oceans
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eiji Masunaga, Daiki Asaoka, Shunsuke Komuro, Shunichi Matsumoto, Masahiko Ono, Hiroaki Banba
2. 発表標題 Mixing and baroclinic structure in a stratified shallow lake, Lake Kasumigaura, Japan
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Waku Kimura, Eiji Masunaga, Taichi Kosako, Yusuke Uchiyama
2. 発表標題 Transport processes around the Izu-chain islands investigated with a Lagrangian particle tracking model
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Asaoka ¹ , Eiji Masunaga, Shunsuke Komuro, Shunichi Matsumoto, Masahiko Ono, Hiroaki Banba
2. 発表標題 Measurement of Physical structure in Kasumigaura using high resolution tow-yo instrument
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eiji Masunaga, Waku Kimura, Taichi Kosako, Yusuke Uchiyama
2. 発表標題 Mass and heat transport generated by the Kuroshio and tides investigated with a high resolution downscaled regional oceanic model
3. 学会等名 AOGS Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増永 英治, 伊藤 幸彦, 永田俊
2. 発表標題 三陸沿岸海域における多層水塊構造と乱流混合過程
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村和久, 増永英治, 小碓大地, 内山雄介
2. 発表標題 Lagrange粒子追跡モデルを用いた黒潮流域における物質輸送及び拡散の評価
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増永英治, 浅岡 大輝, 小室 俊輔, 松本 俊一, 小野 正人, 番場 泰彰
2. 発表標題 沿岸地形と風応力が形成する複雑な密度構造と混合状態の高精度計測
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村和久, 増永英治, 小碓大地, 内山雄介
2. 発表標題 Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送及び拡散の評価
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小室俊輔, 中川圭太, 北村立実, 松本俊一, 福島武彦, 増永英治, 浅岡大輝, 小野正人, 番場泰彰
2. 発表標題 北浦における貧酸素水塊と水質の変動について
3. 学会等名 水環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小室俊輔, 北村立実, 大内孝雄, 菊地哲郎, 湯澤美由紀, 福島武彦, 増永英治, 三野剛司, 番場泰彰
2. 発表標題 北浦の貧酸素化及び栄養塩動態に関する研究 ~ 広域高頻度観測による変動状況の把握 ~
3. 学会等名 水環境学会
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

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			
英国	University of Strathclyde			
米国	Colorado State University	Stanford University	Lawrence Livermore National Laboratory	