

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K15347

研究課題名（和文）複数の数理モデルの有機的連携による健全な海域環境の創出に向けた研究

研究課題名（英文）Research for Creating a Healthy Marine Environment by Organically Linking Multiple Mathematical Models

研究代表者

田畑 俊範 (Tabata, Toshinori)

九州大学・農学研究院・助教

研究者番号：80764985

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、博多湾および有明海それぞれの海域に適した水環境保全と持続的な漁業生産の両立に向けたロードマップを示すことである。両海において、複数の数理モデルの有機的連携を図ることで総合的視点から栄養塩統合管理に向けた検討を行った。有明海では、「過去30年の海域環境の変遷」、「二枚貝漁獲量の減少要因」、「人間活動が海域環境へ与える影響」、「貧酸素水塊の挙動解析」について、博多湾においては、「集中豪雨が湾に与える影響」、「下水高度処理による海域環境の変遷」について解析した。それぞれの結果から両海域の環境変化の要因について総合的視点から解析することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有明海および博多湾の両海域は環境異変が叫ばれて久しく、ノリの色落ちや貧酸素水塊の発生、二枚貝漁獲量の激減など多岐にわたる課題が山積している。海域環境の保全に向けた既往の研究では、現地観測やモデル解析の結果について一方向の視点から考察している。そこで本研究では、両海域における課題の解決に向けて、複数の数理モデルを有機的に連携させることで総合的視点から栄養塩統合管理に向けた検討を試みた。その結果、両海域における海域環境の変遷について、人間活動による影響および気象変化による影響といった複数の観点から解析することができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to investigate a roadmap for both water environment conservation and sustainable fishery production for both Hakata Bay and Ariake Sea areas. In both seas, we investigated the integrated management of nutrients by organically linking multiple mathematical models. We have analyzed "Changes in the coastal environment for the past 30 years", "Factors of the decrease in bivalve fishery", "Influence of human activities on the coastal environment", and "Analysis of behavior of anoxic water mass" in Ariake sea and "the effect of heavy rainfall on the bay" and "the transition of the coastal environment due to advanced sewage treatment" in Hakata bay. From these results, we were able to show the factors of environmental changes in both sea areas and a roadmap for improvement.

研究分野：環境水理学

キーワード：有明海 博多湾 栄養塩統合管理 水環境保全 持続可能な漁業生産 数値水理モデル ニューラルネットワークモデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本における閉鎖性海域は、都市化・混住化により窒素・リン等の栄養塩の汚濁負荷流入が増大し富栄養化問題が頻発している。その一方で下水処理の普及等の影響による栄養塩濃度の変化による生物生産力の低下も問題となっている。博多湾では、高度処理施設の導入によりリン負荷が減少した結果、N/P 比が増加し植物プランクトンの種構成の変化が見られ、その影響が懸念されている。有明海では、養殖ノリの色落ちが度々発生し、二枚貝資源の激減が問題となっている。このように、閉鎖性海域における、栄養塩のバランスが崩れたことによる貧栄養化問題が顕在化している。さらに、近年では降雨パターンが変化し、集中的豪雨が多発するために、陸域から突発的に流入する大量の負荷が海域に与える影響が懸念されている。こうした博多湾および有明海の近年の環境変化を背景に、福岡市や有明海沿岸各県では海域環境および水産資源の向上に向けた対策について検討している。福岡市では、過去2度にわたり集中豪雨による甚大な浸水被害を受けたことを背景に、雨水を一時的に貯留する施設の建設を行っている。この対策は海域への突発的大量の流入負荷を抑制する付加的な要素も期待される。また、福岡県では有明海沿岸域に配置されたノリ養殖施設について最適な配置の検討を行っている。佐賀県では養殖ノリの色落ちを防ぐために施肥を行っている。閉鎖性海域では、こうした各行政の対応を含めた水環境保全と持続的な漁業生産に向けた栄養塩管理方策の提言が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、有明海と博多湾という2つの異なる特徴を持つ閉鎖性海域を対象として、それぞれの栄養塩の統合管理方策について提言を行うことを目的とする。まず、有明海において海域環境の変化が二枚貝資源量に与えた影響について評価を行った。そして、人間活動が海域環境に与えた影響について検討を行った。さらには、貧酸素水塊の挙動追跡が可能となるモデルについて新たに開発した。博多湾では、近年頻発する集中豪雨による突発的大量の淡水流入が海域生態系に与える影響評価を行った。また、高度処理施設の導入による海域の N/P 比の増加が生態系に与える影響についても評価した。

3. 研究の方法

(1) GIS による精緻なデータベースの構築

まず、両海域の海底地形や水質調査結果、県別年ごとの漁獲量、河川流入量、汚濁流入負荷量に関してのデータを収集する。これらを GIS(Geographic Information System: 地理情報システム) map 上に統合することで、すべての解析に必要な精緻なデータベースの構築を目指す。

(2) ニューラルネットワークモデル(ANN モデル)による二枚貝漁獲量の減少要因の評価

有明海における二枚貝資源の激減の要因解明に向け、海域の水質データから二枚貝のうちアサリ漁獲量を推測する ANN モデルを開発した。福岡県・熊本県・佐賀県それぞれの 10 年平均の水質 10 項目を入力データ、各県の年間二枚貝漁獲量を出力データとした。海域環境の変化がアサリ資源量に与えた影響評価を行うため、感度分析を行った。

(3) マルチボックス生態系モデル(MBE モデル)による人間活動が海域に与えた影響評価

有明海を対象に、人間活動が海域環境に与えた影響を評価するために MBE モデルを構築した。各海域を複数のボックスに分割し、ボックス同士の物質収支を連続式に則って解析した。ボックス内における生物化学的变化を生態系モデルにより表現した。生態系モデルのパラメータの効率的な決定のため遺伝的アルゴリズムを導入した。

(4) 3次元流動拡散モデル(3D モデル)による大量の淡水流入が海域に与える影響評価

博多湾を対象に、集中豪雨に起因する突発的大量の淡水流入が海域に与える影響について評価した。まず、鉛直方向に σ 座標系を適用した 3次元 σ 座標系流動拡散モデルを構築した。豪雨による大量の淡水流入を考慮するため、博多湾に流入する河川それぞれにタンクモデルを構築した。

(5) 3次元溶存酸素モデル(3D-DO モデル)による貧酸素水塊の挙動追跡

複雑な生物化学的反応に基づく酸素の増減を正味の酸素消費(酸素消費速度)として一括して取り扱う 3D-DO モデルを新たに開発し有明海に適用することで、貧酸素水塊の挙動追跡を行った。まず、上述した 3D モデルをベースに溶存酸素を計算可能なモデルへと改良した。解析時に重要となる酸素消費速度については、その温度依存性や領域毎の違いを考慮することで貧酸素水塊の消長を再現した。

4. 研究成果

(1) ANN モデルによる二枚貝漁獲量の減少要因の評価

ANN モデルによる有明海のアサリ漁獲量の推定結果を図 1 に示す。1970 年代後半からの漁獲

量減少傾向を良く捉えており良好な推定精度が得られたことが示されている。そこで、各入力値の変動に対する出力の感度を調べ、漁獲量の多寡を規定する水質項目、気象項目を見出し、その影響度合いを評価した。感度解析の結果、熊本県における透明度、水温、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、降水量の上昇、および塩分、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の低下がアサリ漁獲量の減少に影響を与えることが示された。これらのうち、経年変化がみられた透明度とCODに着目し、考察を行った。図2に1974~2012年の熊本県における透明度、CODの経年変化を示す。また、熊本県における透明度とアサリ漁獲量との関係と比較したところ透明度が4.3 mを上回ると漁獲量が激減していた。図2を見ても透明度は年々上昇傾向にあり、1980年代後半以降4.3 mを上回っている。またCODとアサリ漁獲量との関係と比較したところCODが0.75 mg/Lを下回るとアサリ漁獲量が減少する傾向がみられた。図2からもCODは1980年頃に急減し、0.75 mg/Lを下回っている。以上より、熊本県沿岸域における透明度の経年的な上昇およびCODの過度の低下がアサリ漁獲量の減少に影響していることが示された。これは、透明度が高くCODが非常に低い海域では、アサリの餌となる植物プランクトンが不足し、アサリ漁獲量が減少したと推察される。

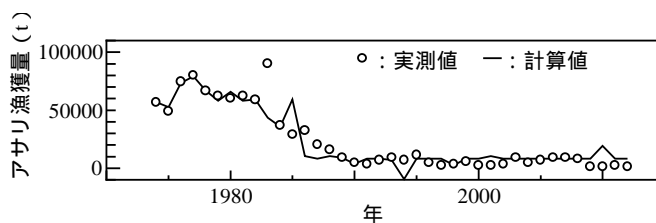


図1 ANNモデルによるアサリ漁獲量の推定結果

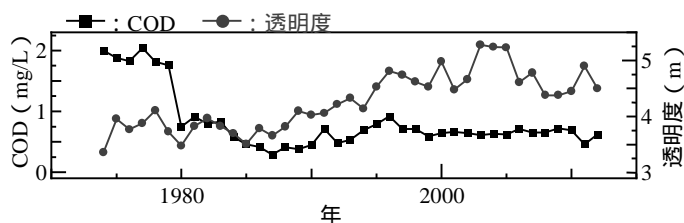


図2 熊本県沖のCODと透明度の経年変化

(2) MBEモデルによる人間活動が海域に与えた影響評価

有明海における水理現象の全体像を把握するために、MBEモデルを構築し、水質動態解析を行った。各領域において、各水質項目の季節的消

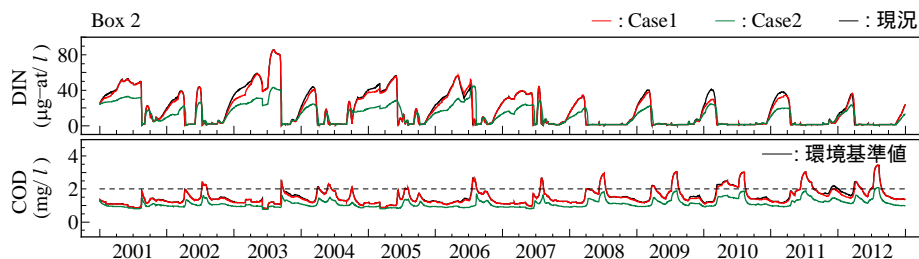


図3 MBEモデルによるシナリオ下におけるDINとCODの濃度変化

長をよく捉えた精度の高いシミュレーションモデルを構築することができた。構築したモデルを用いて、有明海の周辺地域における人的活動が海域環境に与える影響を評価するため、シナリオ分析を行った。佐賀県では、養殖ノリの色落ちを防ぐため、平成10年から窒素塩の添加を行っており、海域環境への悪影響が懸念される。そこで、佐賀県における養殖ノリへの施肥を行わなかった場合を想定し、Case1とした。また、有明海の水質は河川からの流入負荷によって大きな影響を受け、その傾向は複数の河川が流入する湾奥部で特に顕著である。そこで、流域対策によって河川からの流入負荷量を現況の1/2に削減した場合を想定し、Case2とした。各シナリオ下の計算結果を図3に示す。現況とCase1を比較すると、ノリを養殖する冬季のみにおいて現況のDIN濃度の方が高いが、その他の季節では、施肥を行わないCase1と一致している。このことから、養殖ノリへの施肥は海域環境の長期的な悪化要因にはなっていないことがわかる。これは、平成10年度から平成21年度までの期間に実施された施肥による窒素塩負荷量が、同期間に生産し、海から引き上げられた乾ノリに含まれる窒素量を下回るように設定されていたという川村ら(2011)の報告と一致する。次に、現況とCase2を比較すると、流域対策を行うことで冬季におけるDINの急激な上昇が緩和されることが見て取れる。これは、DINの最大の増加要因が河川流入負荷であることによる。CODについても、流域対策によって、ほぼ全計算期間を通して、環境省が自然環境保全のための環境基準として定めている2mg/lを下回るまで改善できることがわかる。更に、Fig.5に示した水中と底泥酸化層における現況とCase2のDO濃度を比較すると、水中では流域対策の効果は軽微だが、底泥酸化層では夏季に貧酸素化する期間が短縮され、それ以外の期間においてもDO濃度が上昇していることが分かる。これは、河川からのPOC、DOCの流入負荷が削減されたことで、海底に堆積する有機物量が減少し、その無機化によって消費される酸素量も減少したためだと考えられる。以上の考察から、有明海へ流入する河川における流域対策の実施は、有明海の海域環境を大幅に改善させることが示された。

(3) 3Dモデルによる大量の淡水流入が海域に与える影響評価

図4に3Dモデルによる塩分計算結果を示す。豪雨前(2002年9月16日0:00)、豪雨直後(2002年9月17日20:00)、豪雨の1週間後(2002年9月24日23:00)をそれぞれ示している。また、図5にSt.7における塩分の時系列変化について表層と底層それぞれ示す。豪雨前後を比較すると、短期間に大量の淡水が湾に流入したため、河口では15.0 psu未満の非常に低い塩分が見られる。豪雨前と1週間後を比較すると、淡水はより広がり28 psu未満の低塩分水が湾の内側全体を覆い外側の湾に達している。博多湾に流入する河川にタンクモデルを利用したことから、淡水流入の挙動がよく再現されていた。下層においては、豪雨前後にはわずかな違いしか見られなかったものの、低塩分水は、豪雨1週間後に下部に均一に広がった。したがって、表面を流れる低塩分水が時間をかけて鉛直方向に混ざり底層に達したと考えられる。さらに、湾中央部と西部湾の表層と底層の塩分差は、東部よりも大きかった。東部の表層と底層の混合の強さが中央部と西部よりも大きいと考えられた。その結果、博多湾の中央部と西部で塩分成層が発生しやすくなったと考えられる。図5を見ると豪雨の約1日後、海面と海底の塩分差が大きくなった(約4ps)。表層の塩分は、豪雨イベント中に減少し、その後潮汐の変動とともにゆっくりと増加した。しかし、底層の塩分はゆっくりと減少し、その差は1週間ほどかけて徐々に小さくなった。

Abeら(2013)は、瀬戸内海の中央で大雨が降った後の短期観測データを用いて、地表での塩分と栄養素濃度の間に良い直線性を見出した。この結果は、海面での塩分と栄養素濃度との関係が大規模な河川流出の直後に解釈できることを示した。また、福岡県水産海洋技術研究センター(2016)によると、博多湾内、特に多々良川、三笠川、那珂川、樋井川、室見川河口付近で赤潮が多発している。上述の結果より豪雨から1週間後、塩分の低い水塊が博多湾内に広がること示された。したがって、窒素やリンなどの栄養素も同様に拡散し、窒素とリンを吸収する微細藻類が内湾全体に拡散するのではないかと考えられる。さらに、豪雨の約3日後に塩分成層が発生した(図5)。塩分成層化は垂直混合を抑制するため、表面の赤潮が日光を妨げた場合、底層の溶存酸素が減少する可能性がある。対象となる豪雨は、比較的頻繁に発生する可能性がある6年確率降雨であることが示されたため、こうした現象も頻繁に発生している可能性が示唆された。

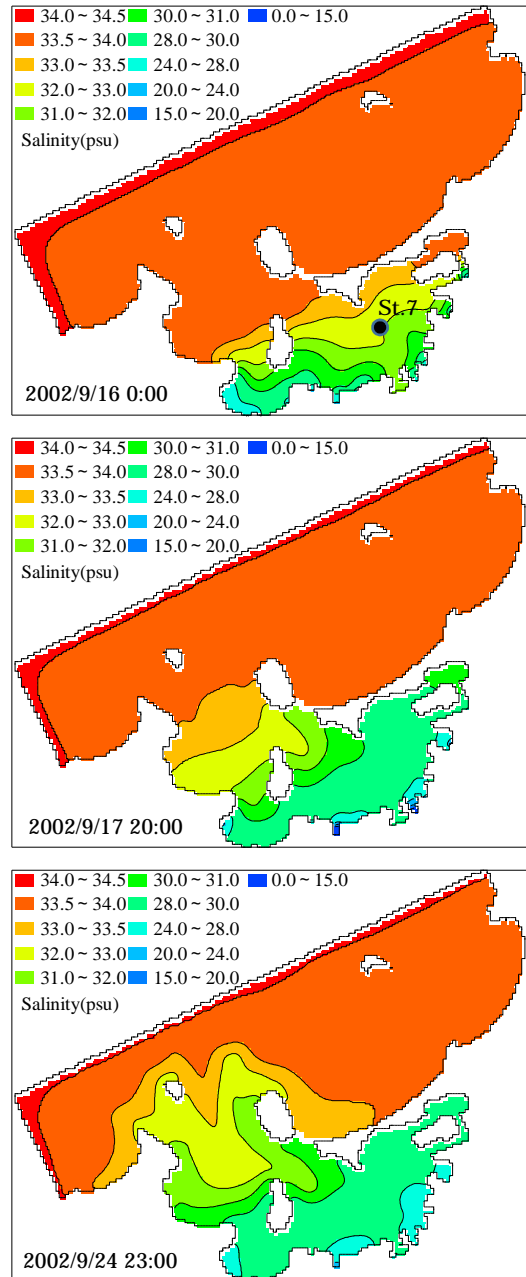


図4 博多湾における豪雨前後の表層塩分分布

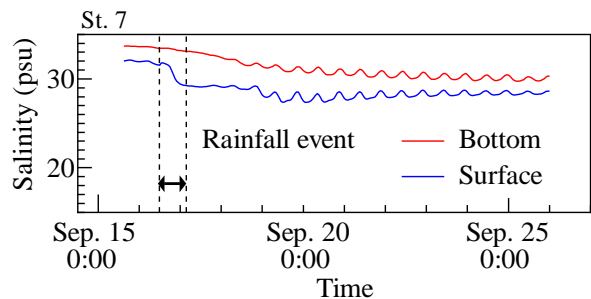


図5 豪雨後の塩分の時系列変化

(4) 3D-DOモデルによる貧酸素水塊挙動追跡

図6に2013年8月9日9:00の有明海の1地点におけるDOの鉛直分布、図7に2013年の底層DOの季節変動の計算値および実測値を示す。図6より、DOの鉛直分布について表層から中層にかけてDOが漸減している様子が良好に再現されているものの、底層において計算値が実測値を過小評価している。図6よりDOの季節変動について実測値では夏季に向けて減少し、8

月に 3 mg/L 程度の貧酸素を示した後、冬季に向けて回復傾向にある。計算値では同様の季節変動は再現できているものの、図 6 結果と同様に夏季に無酸素状態を示し、過小評価されている。計算値が階段状の変化を示しているが、これは酸素消費速度の決定に用いた気温を月毎に与えたことが原因だと推察される。図 8 は 2013 年 8 月 1 日 1:00 における有明海を縦断した断面の DO 分布である。有明海では、湾奥西部のこれらの領域において夏季に貧酸素水塊が発生していることが確認されている。計算の結果、底層を中心に夏季に貧酸素水塊が発生していることが再現できている。しかしながら、図 8 中の北部側では貧酸素水塊が表層まで伸びている様子が示されている。本来、海域では密度成層による鉛直混合の抑制効果がより顕著に働く。有明海における調査結果でも同地点において表層付近まで貧酸素水塊は湧昇していないことが確認されている。これは、本解析では水温を考慮しておらず塩分のみで密度成層の再現を行ったため、鉛直混合の抑制効果が十分に再現できなかったことが原因であると推測される。今後、水温の乱流拡散方程式を導入することで本モデルの精度向上が期待できる。

参考文献

川村嘉応・久野勝利・横尾一成 (2011): 佐賀県有明海で実施されている栄養塩添加の現状, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 25 号, pp.81-87
 K. Abe, N. Nakagawa, K. Abo and M. Tsujino (2013) High nutrients in the coastal area after heavy rain observed in the central Seto Inland Sea in July 2012. *J. Oceanogr.*, 69, 269-275.
 福岡県水産海洋技術センター事業報告書 (2016), p.1-2

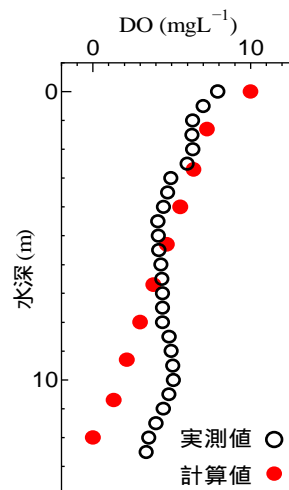


図 6 DO の鉛直分布

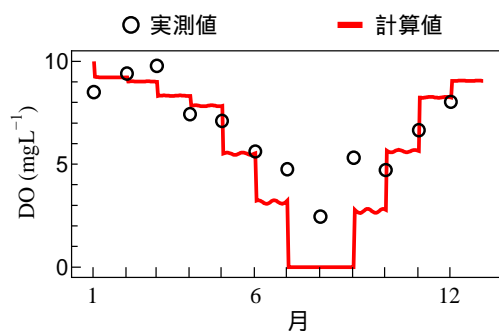


図 7 底層 DO の季節変動の計算値および実測値

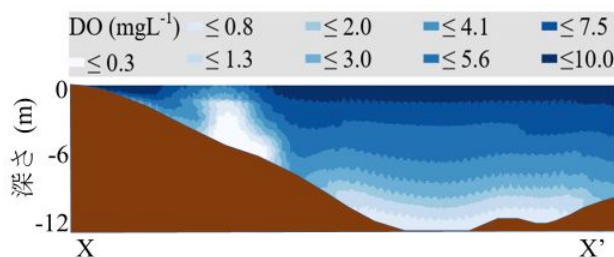


図 8 2013 年 8 月 1 日 1:00 の断面の DO 分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Vu Thi Hoai Thu, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Trieu Anh Ngoc, and Masayoshi Harada	4. 巻 52(3)
2. 論文標題 Effects of Sea Level Rise and Sea Dike Construction on the Downstream End of the Saigon River Basin (Can Gio Bay)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 229-239
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 Vu Thi Hoai Thu, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Trieu Anh Ngoc, and Masayoshi Harada	4. 巻 63(2)
2. 論文標題 Assessment of Spatial-temporal Distribution of Observed Salinity Based on Location and Water Depth in Can Gio Area, South of Vietnam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 379-385
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 該当する
1. 著者名 Akihiro Fukuda, Toshinori Tabata, Yuri Honda, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada	4. 巻 9
2. 論文標題 Impact of Large Fresh Water Discharges into Hakata Bay Due to Torrential Rain Using Nested Two-Dimensional Convective-Dispersive Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Water Resource and Protection	6. 最初と最後の頁 553-565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jwarp.2017.96036	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 Thi Hoai Thu Vu, Tabata Toshinori, Hiramatsu Kazuaki, Anh Ngoc Trieu, Harada Masayoshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Impact of gate operating modes of sea dikes on hydrodynamic regime and inundated area in Can Gio Bay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 171 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/21664250.2019.1579460	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 Sai Hong Anh, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Masayoshi Harada and Le Viet Son	4. 巻 53(3)
2. 論文標題 Assessment of floodwater behavior in Van Coc Lake, Hanoi in case of emergency situation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 181-190
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 Vu Thi Hoai Thu, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Trieu Anh Ngoc, and Masayoshi Harada	4. 巻 64(2)
2. 論文標題 Evaluation of Influence of River Inflow Discharge and Tidal Level to Spatial-temporal Distribution of Salinity in Can Gio Area, South of Vietnam by Two Series of Field Observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 345-353
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 Toshinori Tabata, Mitsuhiro Inoue, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Hydraulic Analysis of Sediment Transportation in Yamada Weir Located in Chikugo River, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 E-proceedings of the 38th IAHR World Congress	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3850/38WC092019-1240	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13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Toshinori TTabata, Kodai Nakashima, Kazuaki Hiramatsu, Masayoshi Harada
2. 発表標題 Investigation of the Effects of Human Activities using Multi-box Ecosystem Model in the Ariake Sea, Japan
3. 学会等名 The 21st Congress of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Asia Pacific Division (APD) ((国際学会))
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Fukuda, Toshinori Tabata, Yori Honda, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Simulation of large fresh water behavior in Hakata Bay due to torrential rain using nested two-dimensional model
3. 学会等名 The 21st Congress of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Asia Pacific Division (APD) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上光宏, 田畑俊範, 平松和昭, 原田昌佳
2. 発表標題 筑後川中流の山田堰における土砂水理解析
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Tabata, Wataru Hayashi, Akihiro Fukuda, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Development of Three Dimensional Dissolved Oxygen Model in the Ariake Sea, Japan
3. 学会等名 International Conference 2018 of the International Society of Paddy and Water Environment Engineering (PAWEES) and International Network for Water and Ecosystem in Paddy Fields (INWEPP) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Tabata, Wataru Hayashi, Emi Otsubo, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Appropriate Water Quality Environment for Protecting the Coastal Ecosystem in the Ariake Sea, Japan
3. 学会等名 37th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田畑俊範, 中島広大, 平松和昭, 原田昌佳
2. 発表標題 マルチボックス生態系モデルを用いた有明海の海域環境に対する人的活動の影響評価
3. 学会等名 平成29年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福田晃大, 田畑俊範, 本田裕理, 平松和昭, 原田昌佳
2. 発表標題 2次元移流分散モデルによる集中豪雨に起因する 大量の淡水流入の博多湾における挙動追跡
3. 学会等名 平成29年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上光宏, 田畑俊範, 平松和昭, 原田 昌佳
2. 発表標題 山田堰における2次元単層モデルを用いた流況解析
3. 学会等名 平成29年度農業農村工学会九州沖縄支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田畑俊範, 福田晃大, 林航, 平松和昭, 原田昌佳
2. 発表標題 有明海における貧酸素水塊の動態解析に向けた3次元 座標系モデルの開発
3. 学会等名 平成29年度応用水理研究部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福田晃大, 田畑俊範, 平松和昭, 原田昌佳
2. 発表標題 ネスティングを導入した2次元単層モデルによる大量の河川水の挙動追跡
3. 学会等名 平成29年度応用水理研究部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Vu Thi Hoai Thu, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Impact assessment of sea level rise and sea dike construction on Flood Inundation in Can Gio Bay, South of Vietnam
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia (AFELiSA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sai Hong Anh, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Scenario analyses for the emergency solution to protect Hanoi Capital from flood disaster of the Red River
3. 学会等名 令和元年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Tabata, Mitsuhiro Inoue, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Hydraulic Analysis of Sediment Transportation in Yamada Weir Located in Chikugo River, Japan
3. 学会等名 38th International Association for Hydro-environment Engineering and Research (IAHR) World Congress
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----