

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05833

研究課題名（和文）東南アジア流域圏におけるデータ寡少性の克服と陸海域統合 - 流域圏管理モデルの開発

研究課題名（英文）Development of Watershed Management Models Integrating Land-and-sea Areas in South-east Asian Developing Countries by overcoming the Scarce Watershed Data

研究代表者

平松 和昭（Hiramatsu, Kazuaki）

九州大学・農学研究院・学術特任教員

研究者番号：10199094

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）：東南アジアの新興国・発展途上国では、経済発展に伴う都市化・混住化の進行で、農村地域や閉鎖性水域での有機汚濁が急速に広がっている。高い農業生産性を維持しつつ、閉鎖性水域の水環境保全を図ることが喫緊の課題となっている。本課題では、日本国内の九州やベトナムの流域圏を対象に、陸域を対象としたGIS援用・流域モデル、水域を対象とした水理学・生態系モデル、両者の統合モデルの開発を進めた。その際、東南アジア流域圏で不可避のデータ寡少性を補完するため、人工知能技術や機械学習技術、衛星リモートセンシング技術を積極的に導入した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

流域圏における水質環境は、陸域上流から下流の閉鎖性内湾に至る流域圏の物質フロー系によって形成されるため、流域圏の水質保全のためには、本研究で目指したように、陸域と海域を個別に考えるのではなく、連続的に捉え、陸海域流域圏全体の水循環系と物質循環系を統合的に俯瞰する、いわゆる陸海域統合・流域圏水環境管理が極めて重要となる。

また、東南アジア流域圏では、流域圏管理モデルの構築に必須となる各種データが利用できないことが多いため、本研究で目指したように、人工知能技術や機械学習技術、衛星リモートセンシング技術などを利用して、このデータ寡少性をいかに克服するか、これも極めて重要となる。

研究成果の概要（英文）：In the emerging and developing countries in Southeast Asia, organic pollution has been rapidly spreading in rural areas and closed water bodies due to the progress of urbanization and mixed residence accompanying economic development. It is an urgent issue to conserve the water environment of closed water bodies while maintaining high agricultural productivity. In this project, GIS-assisted watershed models for land areas, hydraulics-ecosystem models for water areas, and integrated models of both have been developed by targeting the watersheds of Kyushu in Japan as well as in Vietnam. When developing the models, artificial intelligence techniques, machine learning techniques, and satellite remote sensing techniques have been actively introduced to compensate for the unavoidable data scarcity in the Southeast Asian watersheds.

研究分野：環境水理学・環境水文学

キーワード：統合流域管理 水理モデル 水文モデル 衛星気象データセット 分布型モデル 人工知能技術 機械学習技術

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

東南アジアの新興国では、経済発展に伴う都市化・混住化の進行で、農村地域や閉鎖性水域での有機汚濁が急速に拡がっている。高い農業生産性を維持しつつ、閉鎖性水域の水環境保全を図ることが喫緊の課題となっている。

また、流域圏における水質環境は、陸域上流から下流の閉鎖性内湾に至る流域圏の物質フロー系によって形成されるため、流域圏の水質保全のためには、陸域と海域を個別に考えるのではなく、連続的に捉え、陸海域流域圏全体の水循環系と物質循環系を統合的に俯瞰する、いわゆる陸海域統一流域圏水環境管理が極めて重要である。

さらに、東南アジア流域圏では、流域圏管理モデルの構築に必須となる各種データが利用できないことが多い。東南アジア流域で不可避のデータ寡少性が故に定量化が困難な素過程をいかに定量的にモデリングしていくか、これも解決すべき重要な課題である。

2. 研究の目的

都市化・混住化が進む東南アジアの農業流域圏における陸海域を統合した流域圏水環境解析モデルの開発と流域統合管理への適用を目指す。陸域のモデル化には GIS 援用一分布型流域モデルを、また、湖沼・海域では水域生態系における生物化学的要素を組み込んだ水理学-生態系モデルを構築する。最後に、両モデルを統合した陸海域統一流域圏管理モデルを用いて、水質保全対策のシナリオ分析を行い、流域圏水環境の改善に向けた方策を提言する。

モデル構築に際しては、東南アジア流域では不可避のデータ寡少性を補完・克服するため、申請者が長年の研究実績を有する人工知能技術や機械学習技術、時間一周波数解析手法、衛星リモートセンシング技術を導入する。

申請者は、湾内水質がしばしば社会問題となっている福岡市の博多湾・瑞梅寺川流域と九州北部の有明海・筑後川流域でプロトタイプモデルを既に開発している。一方、同じく都市化・混住化が進行する海域・流域である、ベトナム北部やベトナム南部の内湾・同集水域を応用海域・流域と位置付け、国内で開発したモデルを適用検証するとともに、データ寡少性を補完する手法を開発導入する。

3. 研究の方法

九州大学ならびにベトナム・トユイロイ大学の研究協力者の支援を受けて、陸域におけるモデル化を担当する GIS 広域解析グループと、水域におけるモデル化を担当する閉鎖性水域グループで研究組織を構成し、研究代表者が統括した。モデル構築や構築したモデルの検証に必要な水文気象データや流域データの収集は日本側、ベトナム側それぞれが担当した。

GIS 広域解析グループは、GIS 援用一分布型流域モデルの構築を担当し、データ寡少性に対応するため、衛星リモセンで推定した土地利用に基づく、できる限り簡易な分布型モデルの開発を進めた。

閉鎖性水域グループは、博多湾・有明海・ベトナム内湾や同流域内の主要な閉鎖性湖沼・貯水池を対象に水理学-生態系モデルの構築を担当した。モデル開発に際しては、データ寡少性に対応するため、状態変数をできる限り減らした生態系モデルの開発を進めた。

以上の各グループでのモデル開発に際しては、データ寡少性に対応するため、人工知能技術や機械学習技術、時間一周波数解析手法、衛星リモートセンシング技術などの積極的な導入を目指した。

4. 研究成果

本研究は、陸域と海域を含む流域圏全体を対象とする研究計画であるため、以下では、研究期間内における陸海域流域圏を対象とする関連の研究成果を記載する。

(1) 土地利用別タンクモデルを導入した分布型降雨流出モデルの開発と地域開発・気候変動による流出変化の定量的評価¹⁾

本研究は、東南アジア流域を対象に、計算時間やデータ寡少性の問題を同時に克服可能な降雨流出モデルの開発、および地域開発や気候変動に伴った降雨流出過程の将来変化を定量的に評価することを目的とした。流域を矩形メッシュの集合体で表現する分布型降雨流出モデルを構築し、メ

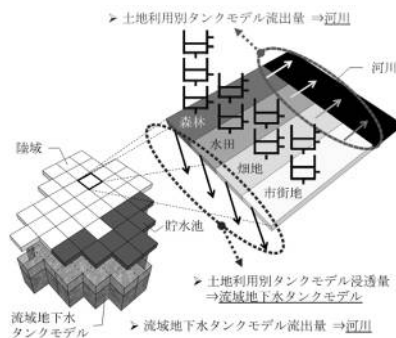


図-1 土地利用別タンクモデルを導入した分布型降雨流出モデル。

メッシュ分解能を km 単位とすることで計算時間を短縮した。一方で、流域内の土地利用状況を的確に表現するため、各メッシュに森林、水田、畑地、市街地における流出特性を表現可能なタンクモデルを配置し、時間的に安定した基底流成分を表現する流域地下水タンクモデルを設定した(図-1)。シナリオ分析により、土地利用状況や降雨量の変化に伴う降雨流出過程の将来変化を、流域全体の年間流出量やピーク流量のみならず、各土地利用における流出量や流出パターンの変化という観点も含めて定量的に評価できた。

(2) データ寡少な東南アジア流域における衛星気象データセットの評価および分布型降雨流出モデルへの適用²⁾

本研究は、東南アジアのデータ寡少流域を対象とした衛星気象データの評価、バイアス補正手法の開発、およびそれらの衛星データの分布型降雨流出モデルへの適用を目的とした。ベトナム南部に位置する Thac Mo 流域を降雨流出解析の対象とし、ベトナム南部の Sai Gon-Dong Nai 川流域およびタイ Chao Phraya 川下流域を衛星データ評価対象流域とした。

初めに、分布型降雨流出モデル(図-1)の入力値である流域境界、標高、土地利用、降雨量、蒸発散量、貯水流入量を入力した。降雨量は、地上観測データに加えて、5種類の衛星データ AgMERRA, IMERG, MSWEP, PERSIANN-CDR, TMPA を入手した。蒸発散量は、流域の地上観測データが入手できなかったため Thornthwaite 法により算出したほか、衛星気温データ AgMERRA から算出したデータと衛星蒸発散量データ GLEAM を入手した。

モデル入力に適した衛星データを選定するため、データ評価を行った。誤差指標 MAE, RMSE, PBIAS, CC を計算し、推定精度の高いデータとして降雨量は IMERG, 蒸発散量は AgMERRA を選定した。次に、空間分布指標 SPE と空間マッピングによる評価の結果から、空間分布パターンの適合性の高いデータとして降雨量は AgMERRA および MSWEP, 蒸発散量は AgMERRA を選定した。

これらの衛星データに対し、月ごとに計算した PBIAS を使用したバイアス補正を行った。土地利用別タンクモデルを導入した分布型流出モデルを構築し、地上観測データおよびバイアス補正対象の衛星データを入力値とするモデル計算を行った。各計算ケースについて NSE を計算し、モデル再現精度を評価した結果、推定精度が高い衛星データは降雨流出解析に十分適用可能であり、地上観測データの空間分布パターンとの適合性が高い衛星データはバイアス補正により降雨流出解析に適用可能となることが示された。

しかしながら衛星データを使用した降雨流出解析のモデル再現精度は、バイアス補正手法を適用した場合でも、地上観測データのみを使用した場合を下回った。そのため衛星データを使用した降雨流出解析は、地上観測データが入手できない流域での適用が実用的であり、そのような流域においても精度向上のための地上観測体制の充実に努めることが期待された。また、データ開発者においては、さらなる高精度の衛星データの開発が期待された。

(3) ベトナム南部 Can Don 流域における分布型降雨流出モデルの開発と最適メッシュサイズの検討³⁾

本研究では、東南アジア新興諸国のようにデータが寡少な地域でも適用可能で、将来的な地域開発や気候変動に対する流出量の長期的変化を予測可能な降雨流出モデルの開発を目的とし、対象流域として、ベトナム南部に位置する Can Don 流域を選択し、降雨の時空間的な不均一性や将来的な土地利用変化を反映可能なモデルとするため、分布型降雨流出モデル(図-1)を構築した。さらに、分布型降雨流出モデルのメッシュサイズが計算流量に及ぼす影響にも着目し、7種類のメッシュサイズを用いた流出解析を行い、それぞれの降雨流出特性や地形特性との関連から検討した。これらの結果を踏まえて、対象流域における最適メッシュサイズを提案した。

まず、対象流域の流域境界、標高、土地利用、降雨量、貯水池流入量のデータを入力し、分布型降雨流出モデルへの入力データを作成した。この際、メッシュサイズの違いによる計算流量への影響を比較するため、450 m, 900 m, 1800 m, 2700 m, 3600 m, 4500 m, 9000 m の7種類のメッシュデータを作成した。土地利用面積をより的確に反映させるため、流域を表現した各メッシュには森林、水田、畑地、市街地の土地利用別タンクモデルを導入した。さらに安定的な基底流成分を表現するため、流域全体に1つの流域地下水タンクを設けた。メッシュ間の雨水流動モデルの基礎方程式には Kinematic Wave 法を採用し、運動方程式と連続式より、対象流域の貯水池流入量を日単位で計算した。計算期間は、各種データが揃った 2004 年～2010 年の7年間とし、1年間ごとに流出計算を行った。

降雨流出特性を調べた結果、大きく三つのことが分かった。一つ目に1年間の流量波形は 450 m～4500 m ではほぼ変化せず、9000 m で変化が目立ったこと。二つ目に、ピーク流量は、450 m～4500 m で微小に減少し、4500 m から 9000 m にかけての減少が大きくなっているということ。三つ目に、メッシュサイズによる累積流量の差はほぼないということである。また、計算時間はメッシュサイズが小さい程飛躍的に増大するということが分かった。以上の結果を踏まえて、計算時間も短く、1年間の流量波形、ピーク流量、総流量も適切に表現可能である 4500 m メッシュでの計算が Can Don 流域においては最適と言える。

以上のように本研究では、分布型降雨流出モデルに土地利用別タンクモデルを導入すること

で、東南アジアのデータ寡少地域で、降雨量、標高、土地利用といった少ないデータで流出量を計算できるモデルを開発できた。入力データを変えることで、他のデータが寡少な地域にも適用可能な、汎用性があるモデルが構築できたと言える。また、本モデルは、メッシュサイズにかかわらず、各土地利用の割合を一定に保つことができるので、450 m~4500 m まではメッシュサイズの影響はほぼ受けず、流出解析を行うことができることが明らかになった。

今後の課題としては、次の二点が挙げられる。まず、本研究の対象流域では観測降雨データは日データしか得ることが出来なかったため、洪水時の降雨流出特性を検討するためには時間データの比較検討が必要である。二つ目に、本研究では精度の高い観測流量が得られず、メッシュサイズによる流量再現精度の検討ができなかったため、精度が高い観測データが得られる流域での検討を通じ、メッシュサイズが分布型降雨流出モデルに及ぼす影響についてより詳しく検討し、再現精度がより高いモデルの構築を目指す。

(4) 階層型ニューラルネットワークを援用した励起蛍光スペクトルに基づいた藻類網別 in vivo Chl.a の推定⁴⁾

較正曲線が非搭載の多波長励起蛍光光度計である MEX によって測定された 9 波長の励起光に対する蛍光強度から総 Chl.a、緑藻類 Chl.a および藍藻類 Chl.a を算出する方法として、3 層型 FFANN を提案した (図-2)。モデル学習のための教師データは現地観測によって獲得し、藻類網レベルでの優占種の季節的な変化特性やアオコの発生状況が異なる二つの富栄養化貯水池を対象に、本手法による in vivo Chl.a の推定精度について詳しく検討した。その結果をまとめると以下のとおりである。

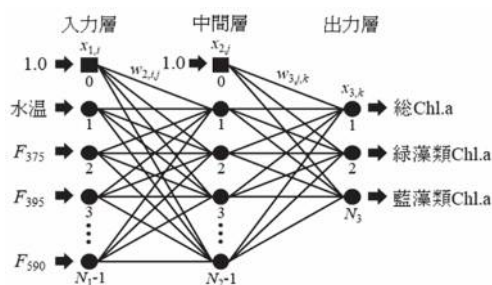


図-2 多波長励起蛍光光度計の観測結果に基づいた Chl.a の推定に用いた 3 層型 FFANN。

- ある観測点で蓄積されたデータセットで学習した FFANN を用いて、同一地点での総 Chl.a と水域の植物プランクトンの季節変化を特徴づける代表的な藻類網の Chl.a を高い計算精度で推定可能である。
- 総 Chl.a およびその水域の代表的な藻類網の Chl.a について、ある 1 地点の測定結果を教師データとして学習したモデルを用いて、同一水域内の他点の in vivo Chl.a を高い計算精度で推定可能である。
- 植物プランクトンの出現特性が異なる水域で学習した FFANN を用いても総 Chl.a を高い計算精度で推定できる。また、藻類網別 Chl.a については、学習と推定の期待出力の取り得る範囲が一致していれば、良好な推定は可能である。
- マット状のアオコの発生によって濃度が 200 $\mu\text{g/L}$ ~300 $\mu\text{g/L}$ を超えるような藍藻類 Chl.a と総 Chl.a については、高濃度域の教師データの十分な蓄積が必要不可欠である。
- アオコの発生に伴って藍藻類が高濃度化する場合、緑藻類に関する励起蛍光スペクトルと in vivo Chl.a との入力-出力関係を十分に捉えられず、緑藻類 Chl.a を良好に推定できない。

以上の通り、対応するべき課題はあるものの、現地観測結果に基づいた学習によって構築された FFANN により、励起蛍光スペクトルから総 Chl.a および対象水域の代表的な藻類網の Chl.a の算定は可能である。とくに、アオコの広範囲かつ長期的な発生が顕著な貯水池において、藍藻類 Chl.a の季節的な変化や面的分布を現地での定点連続観測と定期多点観測より把握することが可能となる。これは、富栄養化水域の水環境保全に向けたアオコ抑制対策を講じる上で、非常に有益な情報を提供するといえる。また、上記 c) の通り、本研究で提案した FFANN による in vivo Chl.a の推定方法は、複数の水域に適用可能である点で汎用性の高い手法といえる。本手法に基づき、比較的安価な較正曲線が非搭載の多波長励起蛍光光度計を用いて総 Chl.a や藍藻類 Chl.a の季節的な変化を把握することで、それぞれの水域の水環境学的実態に対応した適切な水環境の保全・管理に貢献しうるものと考えられる。

(5) Three-layered Feedforward Artificial Neural Network with Dropout for Short-term Prediction of Class-differentiated Chl-a Based on Weekly Water-quality Observations in a Eutrophic Agricultural Reservoir⁵⁾

富栄養化した貯水池を効果的に管理することを目的に、藻類網別 Chl-a の短期予測手法を開発した。2012 年から 2018 年までの 7 年間の 5 月から 11 月までの毎週観測で収集された水環境データセットを使用した 3 層型 FFANN を採用した。このネットワークは教師あり学習を用いて構築され、ある観察日の利用可能なデータセットを入力変数として設定し、1 週間後に存在する総 Chl-a、緑藻類 Chl-a、藍藻類 Chl-a を決定した。入力変数は、過学習を抑制するためのネットワークの複雑性の簡素化の観点から、緑藻類と藍藻類の季節変化に関連する重要な変数を特定し、水質パラメータの重複表現を排除することで慎重に選択した。しかし、ネットワークのダウンサイジングではオーバーフィッティングを抑制するには不十分であることが判明したため、予測

精度を向上させるために、学習プロセスの入力層と隠れ層の一部のノードを確率的に非アクティブにするドロップアウトを導入した。分析結果は、総 Chl-a および緑藻類 Chl-a の十分な短期予測が達成できる可能性があることを示した。藍藻類 Chl-a の不十分な予測精度は、希望する予測日にできるだけ近い気象データを使用することで克服できる可能性が示唆された。以上から、開発したモデルは優勢な植物プランクトンの短期予測が可能であり、それに応じて必要な水質対策を計画できるため、富栄養貯水池の管理に有用なツールとして有効であることが示された。

(6) Assessment of Soil Fertility and Water Quality for Afforestation on Semi-submerged Land: New Insights to Inform Forestry Policy in Thac Mo Hydropower Reservoir⁶⁾

Binh Phuoc 省はベトナムの高地に位置し、Thac Mo, Can Don, Srok Phu Mieng, Phuoc Hoa などの貯水池が数多く連なっている。これらの貯水池は、農業や産業に大量の水力発電と水資源を提供し、Binh Phuoc 省に多大な経済的利益をもたらしている。しかし、貯水池の建設により多くの土地、特に半水没した土地が占有され、それによって水質が変化し、土壌侵食が引き起こされている。半水没地域での植林は、土壌を回復し、侵食を防ぎ、土地の潜在能力を最大限に活用するために不可欠である。

本研究は、Thac Mo 水力発電所における現地調査、水と土壌のサンプリングおよび植林の適応階層の分析を実行することによって実施された。その結果、半水没地の面積は、2018 年の植林プロジェクトのデータに基づいて計算された 1585 ヘクタールから、ベトナム天然資源環境省が実施した水力発電所および灌漑用貯水池の半水没地の管理と開発に関する環境規制の通達 03/2012/TT-BTNMT に基づいて評価された 1835 ヘクタールへと大幅に増加したことが明らかになった。本研究では、地形、傾斜、水没時間、土壌の種類などの要因だけでなく、土壌と水質も分析され、その結果、Thac Mo 水力発電所流域の植林に適した土地の面積は 1806 ha であり、そのうち非常に適応性の高い地域は 206 ha、中程度に適応性のある地域は 724 ha、適応性の低い地域は 876 ha、そして非適応性地域は 302ha であることが明らかになった。これらの結果は Binh Phuoc 省における効率的な植林計画の策定に有効である。

<引用文献>

- 1) 高田 亜沙里, 平松 和昭, Trieu Anh Ngoc, 原田 昌佳, 田畑 俊範: 土地利用別タンクモデルを導入した分布型降雨流出モデルの開発と地域開発・気候変動による流出変化の定量的評価, 農業農村工学会論文集, **88**, pp.II_11-II_20, 2020
- 2) 舩橋 篤史, 平松 和昭, Trieu Anh Ngoc, 原田 昌佳, 田畑 俊範: データ寡少な東南アジア流域における衛星気象データセットの評価および分布型降雨流出モデルへの適用, 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **77**, pp.49-71, 2022
- 3) 大川 果瑠奈, 平松 和昭, Trieu Anh Ngoc, 原田 昌佳, 田畑 俊範, 尾崎 彰則: ベトナム南部 Can Don 流域における分布型降雨流出モデルの開発と最適メッシュサイズの検討, 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **78**, pp.33-70, 2023
- 4) 山本 錬, 原田 昌佳, 平松 和昭, 田畑 俊範: 階層型ニューラルネットワークを援用した励起蛍光スペクトルに基づいた藻類網別 in vivo Chl.a の推定, 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **76**, pp.15-28, 2021
- 5) Ren Yamamoto, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata: Three-layered Feedforward Artificial Neural Network with Dropout for Short-term Prediction of Class-differentiated Chl-a Based on Weekly Water-quality Observations in a Eutrophic Agricultural Reservoir, *Paddy and Water Environment*, **20**, pp.61-78, 2022
- 6) Do Van Quang, Trieu Anh Ngoc, Tran Dang An, Nguyen Van Hai, Vu Thi Hoai Thu, Le Cong Chinh and Kazuaki Hiramatsu: Assessment of Soil Fertility and Water Quality for Afforestation on Semi-submerged Land: New Insights to Inform Forestry Policy in Thac Mo Hydropower Reservoir, *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, **67**, pp.53-64, 2022

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 船橋 篤史・平松 和昭・Trieu Anh Ngoc・原田 昌佳・田畑 俊範	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 データ寡少な東南アジア流域における衛星気象データセットの評価および分布型降雨流出モデルへの適用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌	6. 最初と最後の頁 49-71
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 Akihiro Fukuda, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada	4. 巻 55
2. 論文標題 Analysis of Salinity Behavior in Hakata Bay after Heavy Rainfall Using a Three-Dimensional - Coordinate Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 137-146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6090/jarq.55.137	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 Sai Hong Anh, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Masayoshi Harada	4. 巻 55
2. 論文標題 Flood Hazard Assessment of Residential Areas outside the Protected Area of the Red River Dike System in Hanoi, Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 147-160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6090/jarq.55.147	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 山本 錬・原田 昌佳・平松 和昭・田畑 俊範	4. 巻 76
2. 論文標題 階層型ニューラルネットワークを援用した励起蛍光スペクトルに基づいた藻類網別in vivo Chl.aの推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌	6. 最初と最後の頁 15-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15017/4486538	査読の有無 無
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 Ren Yamamoto, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata	4. 巻 20
2. 論文標題 Three-layered Feedforward Artificial Neural Network with Dropout for Short-term Prediction of Class-differentiated Chl-a Based on Weekly Water-quality Observations in a Eutrophic Agricultural Reservoir	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 61-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-021-00874-3	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 Daoluang Honglikith, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu, Toshinori Tabata and Akinori Ozaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Anoxification Recovery Using Underwater LED Irradiation and Influence of its Optical Spectrum on Water Quality Improvement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 153-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-021-00883-2	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 Do Van Quang, Trieu Anh Ngoc, Tran Dang An, Nguyen Van Hai, Vu Thi Hoai Thu, Le Cong Chinh and Kazuaki Hiramatsu	4. 巻 67
2. 論文標題 Assessment of Soil Fertility and Water Quality for Afforestation on Semi-submerged Land: New Insights to Inform Forestry Policy in Thac Mo Hydropower Reservoir	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 53-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5109/4772342	査読の有無 無
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 田畑俊範	4. 巻 35
2. 論文標題 有明海における安定的なノリ生産に向けた栄養塩管理とは	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 沿岸域学会誌	6. 最初と最後の頁 28-32
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 大川 果瑠奈・平松 和昭・Trieu Anh Ngoc・原田 昌佳・田畑 俊範・尾崎 彰則	4. 巻 78
2. 論文標題 ベトナム南部Can Don流域における分布型降雨流出モデルの開発と最適メッシュサイズの検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌	6. 最初と最後の頁 33-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15017/6796278	査読の有無 無
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 Daisuke Hizume, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Masayoshi Harada, Akinori Ozaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Hydraulic analyses using two-dimensional shallow water equations for functional evaluation of the Yamadazeki barrage in the Chikugo river, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 109-123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-023-00956-4	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 -

[学会発表] 計11件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 田畑 俊範・杉江 秀香・ゴン 含遠・平松 和昭・原田 昌佳
2. 発表標題 有明海における深層学習を活用した赤潮発生予測手法の検討
3. 学会等名 令和4年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 佳苗・原田 昌佳・平松 和昭・田畑 俊範
2. 発表標題 多波長励起蛍光光度計を用いた階層型ニューラルネットワークによる富栄養化指標の推定
3. 学会等名 令和4年度農業農村工学会九州沖縄支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada
2. 発表標題 Categorization of Water Quality Environment of the Ariake Sea Based on Cluster Analysis with Kriging Method
3. 学会等名 PAWEES International Conference Fukuoka 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akinori Ozaki, Masayoshi Harada, Kanae Hasegawa, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata
2. 発表標題 Quantification of Algal Bloom in an Agriculture Reservoir by Using Time-Lapse Images at Local Point
3. 学会等名 PAWEES International Conference Fukuoka 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tran Thi Lan Huong, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu, Toshinori Tabata and Akinori Ozaki
2. 発表標題 Influence of Nutritional Status on Suppression of Algal Overgrowth by Bactericidal Effect of Copper Ions
3. 学会等名 PAWEES International Conference Fukuoka 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田畑 俊範・田中 志旺・平松 和昭・原田昌佳
2. 発表標題 ベトナム南部Can Gio湾における河口堰群による洪水制御効果の水理学的検討
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱上 邦彦・葛城 遥佳・原田 昌佳・尾崎 彰則・田畑 俊範・平松 和昭
2. 発表標題 閉鎖性水域における流動・水質モデルのパラメータ最適化に関する検討
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田 亜沙里・平松 和昭・Trieu Anh Ngoc・原田 昌佳・田畑 俊範
2. 発表標題 東南アジア流域における湯水軽減と洪水防除を効果的に両立可能な多目的貯水池ルールカーブの最適化手法の開発
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daoluang Honglikith, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu, Toshinori Tabata and Akinori Ozaki
2. 発表標題 Water Quality Improvement via Anoxification Recovery Using Underwater LED Irradiation
3. 学会等名 International Conference of PAWEES 2021 Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋爪 大輔・田畑 俊範・平松 和昭・原田 昌佳・尾崎 彰則
2. 発表標題 2次元単層モデルを用いた筑後川中流・山田堰の機能評価に向けた水理解析
3. 学会等名 令和5年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱田 海・田畑 俊範・原田 昌佳・尾崎 彰則
2. 発表標題 博多湾に対する下水処理由来の栄養塩の影響解析に向けた3次元 座標系モデルの開発
3. 学会等名 令和5年度農業農村工学会応用水理研究部会
4. 発表年 2023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
研究協力者	原田 昌佳 (Harada Masayoshi)	九州大学・大学院農学研究院・教授 (17102)	
研究協力者	田畑 俊範 (Tabata Toshinori)	九州大学・大学院農学研究院・助教 (17102)	
研究協力者	尾崎 彰則 (Ozaki Akinori)	九州大学・熱帯農学研究センター・准教授 (17102)	
研究協力者	Trieu Anh Ngoc (Trieu Anh Ngoc)	ベトナム・トユイロイ大学・Faculty of Water Resources Engineering・Associate Professor	
研究協力者	高田 亜沙里 (Takada Asari)	九州大学・大学院生物資源環境科学府 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	船橋 篤史 (Funabashi Atsushi)	九州大学・大学院生物資源環境科学府 (17102)	
研究協力者	大川 果瑠奈 (Okawa Karuna)	九州大学・大学院生物資源環境科学府 (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			
ベトナム	Thuy Loi University	Institute of Water Resources Planning	Ho Chi Minh City University of Transport	他1機関