

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 8 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：17K14732

研究課題名(和文)干潟の総合的な将来予測を目指した物理・社会経済価値統合評価モデルの開発

研究課題名(英文) Development of integrated physics and socio-economic value evaluation model for forecast of tidal flat

研究代表者

田井 明 (Tai, Akira)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：20585921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず、干潟の基本的な水環境特性を把握するために、九州にある代表的な干潟である有明海の白川河口干潟および中津干潟を対象に現地観測を行った。この際に、干潟環境を簡便にモニタリングするためにドローンを用いた超低高度リモートセンシング手法を用いた調査も試みた。調査の結果、干潟は非常に豊かな生態系サービスを有している一方で、豪雨などの突発災害で甚大な被害を受けるなど短期的に見ると環境変動に脆弱であることが分かった。そこで、将来どのようなインパクトが干潟に生じるかを確率論的に調べるためにd4PDFを用いて、該当流域の気候変動後の豪雨イベントの変化について解析し、その特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた成果は、生態系サービスが豊かな干潟環境が気候変動下でどのような影響を受けるのかについて、現地観測と将来予測データに基づいて明らかにしたものである。干潟環境の保全・改良策を考える際の重要な知見を得たと考えている。また、干潟環境の効率的なモニタリング方法についても知見を得た。

研究成果の概要(英文)：In this study, first, in order to understand the basic water environment characteristics of tidal flats, we carried out field observations at the Shirakawa and Nakatsu tidal flat. At this time, I also conducted a survey using a low altitude remote sensing method using a drone in order to easily monitor the aquatic environment. As a result of the survey, it was found that the tidal flats have extremely rich ecosystem services, but they are vulnerable to environmental changes in the short term, such as being severely damaged by sudden disasters such as heavy rain. Therefore, in order to investigate what kind of impact will occur in the tidal flat in the future, we analyzed the changes in the heavy rainfall event after climate change in the basins and clarified its characteristics using d4PDF.

研究分野：環境水理学

キーワード：干潟 気候変動 生態系サービス 白川河口干潟 中津干潟 d4PDF

1. 研究開始当初の背景

干潟は多くの生態系サービスを供給しているが、漁獲量の減少などの環境悪化が進んでおり、将来の気候変動により、その様態はさらに変化していくことが懸念されている。しかし、将来予測を行うために必要な学術的知見は、既往の研究が豊富な海浜に比べて不足している。

干潟は非常に重要な領域であるのにも関わらず、その物理的動態や生態系との関連は明らかとなっていない(松田, 2011)。類似したフィールドである海浜に関しては多くの研究が為されているが、干潟は以下の点において海浜と大きく異なり干潟の学術的課題となっている。

- (1) 領域の水平スケールに対して、鉛直方向の現象スケールが極めて小さい。
- (2) 波浪は干潟縁辺で砕波するため、外力として潮汐・潮流が卓越する。
- (3) (1)(2)より、現象の水平・時間スケールが大きく、土砂循環範囲が湾全体など広範囲にわたる。
- (4) 堆積土砂の粒径が小さく粘着性を有するため、フロックの形成・崩壊が生じる。

以上の課題に関して、申請者はこれまで以下のような個別課題の研究を行ってきた。

まず、(1)に関しては申請者は、2014年度河川整備基金助成事業の助成を受けて、干潟地形の高速・高精度モニタリング手法を提案し、その現地実証を行った。(2)の潮汐・潮流に関しては、申請者はこれまで、潮汐の全球的な長期変化に関する研究を続けてきており(例えば, Tai&Tanaka, 2014)、これまで不変と考えられてきた潮汐振幅が海面上昇などにより変化していることを明らかにしている。(3)に関しては、河口干潟や内湾の底質輸送に関する高精度な数値モデル(例えば, Tai et al., 2015)を開発している。(4)に関して Winterwerp(2009)は、海洋中の乱れと粒子の凝集・崩壊が密接に関連していることを示しており、申請者はこの海洋中の乱れを浅海域において高精度に実測する手法の開発に成功している(Tai et al., 2013)。次に、干潟では多様な地形・底質がその生態系を支えているが、それらに基づく干潟生態系の定量的な評価モデルは現在までに得られていない。さらに干潟生態系の価値を経済価値に換算することが出来れば今後の保全策を考える上での重要な指標となるが、個別の干潟に適用可能な手法は現在までに確立されていない。

2. 研究の目的

本研究では、最新の現地観測・数値実験技術を用いて、干潟地形・底質の短～長期干潟変動メカニズムの解明を行い、それに基づき気候変動下での将来予測物理モデルを開発する。本研究により気候変動下で干潟環境を維持していくための具体的な適応策の検討が可能になる。次に、将来の気候変動の影響を調べるために、d4PDF 4 上昇実験および 2 上昇実験を対象に温暖化後の降雨変化の特徴について詳細に調べる。

3. 研究の方法

2016年4月の熊本地震や2012年九州北部豪雨により、白川および山國川流域では多数の土砂崩壊が発生し大量の土砂が河道に流入した。流入土砂は地震後の出水により流下し河口干潟上に堆積した。その結果、特に白川河口干潟における漁業有用種であるアサリの個体数は激減するなど水環境や水産業に影響を及ぼした(田井ら, 2018)。本研究では、災害直後からの干潟の生物生息場の回復過程を明らかにするために、3年間の現地調査を行った。地盤高測量は堆積土砂の影響を受ける以前の2016年5月、出水による影響を評価するために同年7月、冬季の波浪による影響を評価するために2017年1月に実施した。2年目以降も同様のタイミングで測量を実施した。また、底質の粒度分布変化を把握するために底質コアサンプル採取やアサリの生息密度とクロロフィルa(以下 Chl.a)の調査を実施した。d4PDFは、水平解像度約60kmの気象研究所全球大気モデルMRI-AGCM3.2を用いた全球実験と、水平解像度約20kmで日本域をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCM(以下、領域モデル)を用いた領域実験によって構成されている。2)本研究では、後者の領域実験を用いて解析を行った。重要な境界条件となる海水温は第5期結合モデル相互比較計画CMIP5で使用された6つのモデル(CCSM4, GFDL-CM3, HadGEM2-A0, MIROC, MPI-ESM-MR, MRI-CGCM3)の結果を与えている。本研究では、過去実験(1950年9月～2011年8月×50メンバ)、4 上昇実験(2050年9月～2111年8月×90メンバ)を用いて解析を行う。本研究で用いたd4PDFの解析対象点を図-1に示す。このうち格子点が陸上にあるものを解析対象とし、海上にある場合は、降雨量の解析点からは除外している。使用データについては、d4PDFより過去実験データ、2 上昇実験データ、4 上昇実験データ、気象庁AmeDASより実測値の4つのデータセットを用いた。過去実験データは過去の気候を再現する実験により得られたデータセット、4 上昇実験データは全球平均地上気温が産業革命前に比べ4 上昇した気候を表現する実験より得られたデータセット、2 上昇実験データは全球平均地上気温が産業革命前に比べ2 上昇した気候を表現する実験より得られたデータセットとなっている。本研究では九州地方における過去実験2500年分(1961年1月～2010年12月×50メンバ)、4 上昇実験5400年分(2051年1月～2110年12月×90メンバ)、2 上昇実験3240年分(2031年1月～2090年12月×54メンバ)の解析を行い、その特徴と傾向を分析し、九州地方における1時間と48時間年最大降水量の将来変化に対する確率的な評価を行った。また、気象庁アメダスより得た九州地方92地点における降雨量の実測値(各地点1950年から2018年でデータの存在する全ての年度のデータ)およびd4PDFのデータを用いて、d4PDFが有するモデルバイアスの検証を定量的に行った。

4. 研究成果

白川河口干潟では、地盤高測量より、毎年、干潟地盤高は出水による土砂流入により地盤高が上昇し、冬季の波浪等によって堆積土砂が沖へと排出され地盤高が低下するという季節変動をしていることがわかった。また、最大 40cm 程度上昇した土砂堆積のピークである 2016 年 7 月以降は、出水期の地盤高の上昇量は減少傾向であり、地盤高は土砂堆積が発生以前の状況に回復傾向であることがわかった。これは地震による土砂崩壊で河道に流入した土砂の大部分が 2016 年の出水干潟へと流入したことや、大規模な出水が 2016 年以降発生していないことが要因であると考えられる。また、地震後から年々地盤高は減少しており、2018 年にはほぼ全ての地点で土砂堆積の影響を受ける以前の標高に回復しつつあることが分かった。粒度分析より土砂堆積発生前と比較して、土砂堆積発生直後は粒径が細粒化していたが、徐々に土砂堆積発生前の状況に回復しつつあることが分かった。アサリの生息密度に関しては、2016 年 7 月の出水による浮泥が原因で個体数が減少していることから、2018 年においても干潟全域で依然回復には至っていない。また、Chl. a については地点によって増減のばらつきはあるものの、中央と沖の領域では有明海における Chl. a の平均濃度(84 ± 61mg/m²)と比較して低い値である。これより生息密度が依然回復していない要因の一つに、漁場の生産力が低いことが考えられる。

d4PDF データにはモデルバイアスが確認でき、特に 1 時間雨量を解析する場合に顕著に見られること、また、地球温暖化の影響により、平均気温が上昇するにつれて九州全域で年総降水量が増加し、集中豪雨の強度・頻度ともに高くなっていくことが分かった。さらに、集中豪雨の変化には地域差があり、北部では増加量は比較的少ないが、南部では大幅な増加が予測される。4 8 時間最大雨量も 1 時間最大降水量の分布特性と同じく、地球の平均気温が上がるにつれて暖色系へと変化していることが確認できた。しかし、地域によって変化の差が大きく、九州南部および西部では大きく変化しているのに対し、九州北部ではほとんど変化が見られないことが確認できる。さらに、過去実験から 2 上昇実験への増加率はそれほど大きくなく、2 上昇実験から 4 上昇実験への増加率は、九州北部では負の値をとる地域が見られ、増加する地域もあれば減少する地域もあるということが確認できる。また、48 時間年最大降水量での、過去実験から 4 上昇実験への増加率は、1 時間年最大降水量の場合と比較してそれほど大きくないことが確認できた。解析領域全体の平均値は過去実験が 371.2mm、2 上昇実験が 418.1mm、4 上昇実験が 476.6mm となっており、2 上昇実験では約 1.12 倍、4 上昇実験では約 1.28 倍の増加となった。また 2 上昇実験から 4 上昇実験への増加は約 1.13 倍となった。この結果から、48 時間最大降水量の雨量変化は、九州全域で見ると、過去実験から 2 上昇の増加率、2 上昇から 4 上昇の増加率はほぼ等しい値をとるが、後者の場合は地域によって差があり、ほとんどの地域では増加するが、九州北部では減少する地域も存在するということが分かった。

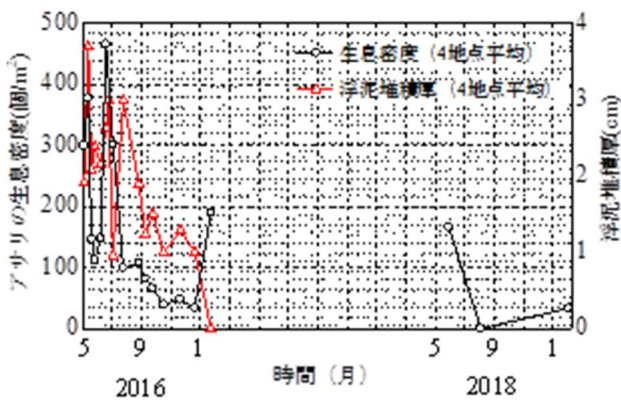


図 白川河口干潟のアサリ生息密度の変化

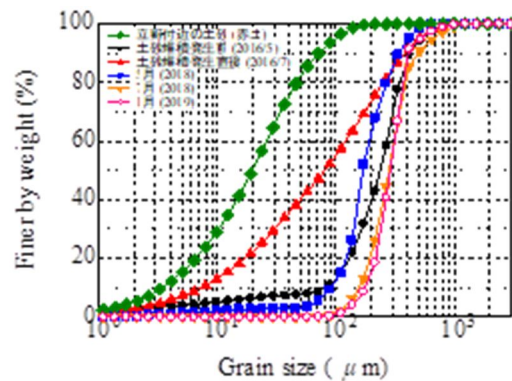


図 粒径加積曲線

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山本浩一・赤松良久・田井 明・河野誉仁・乾 隆帝・二瓶泰雄	4. 巻 74
2. 論文標題 白川における懸濁物質濃度に対する2016 年熊本地震による河道堆積土砂の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_877-I_882
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 鷗崎 賢一, 大熊 汐里, 倉持 顕, 田井 明, 池畑 義人	4. 巻 74
2. 論文標題 中津干潟と山国川の土砂収支と侵食堆積機構についての研究	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 I_817-I_822
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 田井明・赤松良久・山本浩一・小森田智大・服部敬太郎・乾隆帝・二瓶泰雄	4. 巻 74
2. 論文標題 熊本地震に起因して流出した土砂による白川河口干潟への影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_481-I_486
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 田井 明・於久達哉・橋本彰博・押川英夫・杉原裕司・松永信博・小松利光	4. 巻 75
2. 論文標題 大規模アンサンブル気候予測データベースに基づく将来の九州地方の降雨形態の変化について	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 I_133-I_138
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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Akira TAI, Keitaro Hattori, Yoshihisa Akamatsu, Koichi Yamamoto, Tomohiro Komorita, Ryutei Inui, Yasuo Nihei
2. 発表標題 Impacts of Sediment Transport due to the Kumamoto Earthquakes on an Intertidal flat at the Mouth of the Shirakawa River, Japan
3. 学会等名 Congress of the Asia Pacific Division of the International Association for Hydro Environment Engineering & Research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akira TAI, Yosuke Morimoto
2. 発表標題 The Analysis about long term Variation in Density Stratification of Ariake Bay Based on the Monthly-Observed Water Environment Data
3. 学会等名 Congress of the Asia Pacific Division of the International Association for Hydro Environment Engineering & Research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部敬太郎, 田井明, 小森田智大
2. 発表標題 熊本地震以降の白川河口干潟における地盤高変動の現地観測
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部敬太郎・田井明・赤松良久・山本浩一・小森田智大
2. 発表標題 熊本地震に起因して流出した土砂による白川河口干潟への影響
3. 学会等名 平成29年度土木学会年次講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 服部敬太郎・田井明・赤松良久・山本浩一・小森田智大
2. 発表標題 熊本地震に起因して流出した土砂の堆積による白川河口干潟への影響
3. 学会等名 日本流体力学会年会2017
4. 発表年 2017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