

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310174

研究課題名(和文)干潟生態系の維持機構の解明 ハイダム撤去の事前事後調査に着目して

研究課題名(英文) Changes of the physical conditions and biodiversity of tidal flats before and after a high-dam removal

研究代表者

鬼倉 徳雄(Onikura, Norio)

九州大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：50403936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：干潟生態系の維持機構を解明するために、荒瀬ダム撤去事業で流出する堆積物に着目して、球磨川河口域の干潟生態系の変化を調べた。干潟の堆積厚は出水後に上昇する地点が多かった。このことは、河川からの土砂の流出が干潟の物理基盤の維持に寄与していることを示している。また、干潟の底質は、ダム撤去の進捗につれて砂へと変化する地点が多く、ダムに堆積した砂が干潟に到達したと推察された。干潟の生物相は約20%の地点で変化し、その大半で種数が増加した。これらの結果は、河川からの土砂の流出が干潟の物理場だけでなく生物多様性を維持していることを示している。

研究成果の概要(英文)： We investigated the physical conditions and biodiversity of tidal flats around the estuary of the Kuma River. The deconstruction of a high-dam located approximately 20 km upstream from the river mouth begun in 2012, therefore we selected the river mouth as our survey area with the expectation of sediment outflow from the removed dam. The increase in base ground level in tidal flats mostly occurred in high water season, suggesting that sediments supplied from the river contribute to the homeostatic ground level height of tidal flats. Sediment composition in most sites had changed from mud to sand as the dam removal progressed, indicating that the sand which had previously accumulated at the dam eventually arrived at the tidal flats. Approximately 20% of the survey sites had faunal changes and an increase in species richness as dam removal progressed. We conclude that the sediment outflow from the river upstream contributes to the homeostatic mechanisms of the tidal flat ecosystem.

研究分野：水産学・応用生態学・資源保全学

キーワード：干潟 ダム撤去 マクロベントス 底質 堆積 流砂 ハゼ類 カニ類

1. 研究開始当初の背景

日本の干潟生態系は今後健全に保全できるのか？そのために今必要な知見とは何か？本邦においては今日までに約 40%の大規模な干潟を干拓により失い、その影響で内湾・干潟を生息場とする生物の多くが絶滅の危機に瀕している。健全な干潟環境の維持は日本の生物多様性保全上極めて重要な課題である。これまで、干潟の水産資源に着目した漁場造成事業等は実施されているものの、目立った効果は上がっていない。その原因のひとつは、河川や沿岸流による土砂の供給・運搬と波浪・潮流による侵食が複雑にバランスし形成・維持される河口干潟や前浜干潟において、その物理基盤維持・形成に関する科学的知見が不足しているからである。干潟の物理基盤の維持のための土砂供給に着目したとき、戦後のダム建設に伴い、河川からの土砂供給量が大幅に低下し、干潟を維持する土砂が不足している可能性がある。干潟の生物多様性を維持するために、河川の流砂系を改善する必要があるかもしれない。

2. 研究の目的

本研究の目的は 1 級河川球磨川河口約 20km に位置する荒瀬ダム(図 1)の撤去事業に伴う土砂移動のインパクト・レスポンスに着目して、干潟生態系における物理基盤・生物多様性維持機構を解明することにある。堤高 15m を超えるハイダム撤去であるため、今後数年の間に球磨川河口域で流砂系が大幅に変化すると予想され、短期的にはこれまでダムに蓄積された土砂の流出により、大規模な土砂供給が起こることが想定される。その土砂供給に伴う干潟の物理基盤・生物多様性の変化を追跡する。また、流量の異なる派川(球磨川、前川)間の比較により、供給される土砂の質と生物多様性との関連性を明らかにする。また、干潟の主要な生物に対して、生物分布モデルを構築し、それらの生息に適した干潟の物理基盤を特定する。

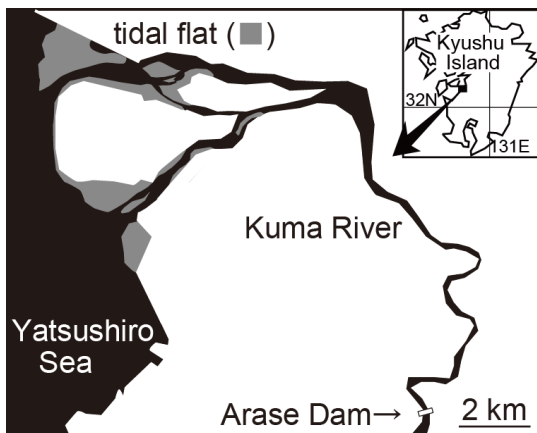


図 1. 調査エリア概略図

3. 研究の方法

(1)供給土砂量の推定

球磨川河口干潟に供給される土砂量を把握するため、下記の手順で掃流砂と浮遊砂に分けて推定をした。掃流砂量については、河口より 2.2km を検査断面とし、底質粒径、流量、水位、断面データに掃流砂量式(芦田・道上, 1972)、限界摩擦速度式(岩垣, 1956)を適用し、粒径別の流砂量の推定を行った。流量は横石観測所の流量に球磨川・前川の分派比を乗じて求め、水位データはさらに下流 1.2km に位置する金剛観測所のデータを用いた。浮遊砂量については、遙拝堰観測所(河口から 8.8km)における濁度および濁水サンプルの SS 濃度値を元に、負荷量  $L$ ・流量  $Q$  の関係式、 $L$ - $Q$  式を各粒径階別に構築し推定を行った(大槻ら, 2013)。以上の掃流砂・浮遊砂推定法を横石観測所流量データに適用し、球磨川河口干潟への供給土砂量の推定を行った。なお、本手法は長期の推定が行えるため、発電が停止されゲートが開放された 2010 年 4 月に着目し、前後の解析を実施した(表 1)。

表 1. 荒瀬ダム撤去スケジュール

年月	イベント
2010 年 3 月	発電停止
2010 年 4 月	ゲート開放
2012 年 9 月	ゲート撤去開始
2013 年 6 月	堤体からの土砂供給開始(水位低下用ゲート運用開始)

(2)干潟の堆積厚と供給土砂の質

球磨川・前川の汽水域内を網羅するように約 150 地点を設置し、各地点に露出部が 30cm になるようにピンを差し、半年に一度、ピンの露出部を計測して、その前後の差し引きから干潟の土砂の堆積厚を算出した。また、全ての地点で表土を採集し、篩分けを行い、底質の質的变化を調べた。ダム堤体からの流砂が始まった 2013 年 6 月に着目し(表 1)、その後を比較した。

(3)生物相変化と生物分布モデル

大潮の最干潮時に、同じ地点で生物の定量・定性採集調査を実施した。また、各生物種のハビタットスケールでの生息に左右する環境要因(干潟中残留水塩分、底質、地盤高等)を計測した。ダム堤体からの流砂が始まった 2013 年 6 月に着目し(表 1)、その前後の生物データを使ってクラスター分析を実施し、生物相がその前後で変化した場所を特定した。また、各生物種のハビタットスケールでの生息条件を特定するために、各種の在・不在データと物理基盤データを使って一般化線形モデル(McCullagh and Nelder, 1989)を構築した。

4. 研究成果

(1)供給土砂量の推定

河口より2.2km地点の検査断面における掃流砂および浮遊輸送量の推定値を示す(図2)。球磨川河口干潟に流入する土砂は掃流砂1に対し浮遊砂3の割合となった。干潟域においては掃流砂に相当すると考えられる成分が卓越した。仮に、掃流砂の全量が干潟部(912ha)に均一に堆積したとすると、平均的な年堆積速度は1.17cm/yearとなる。また、2010年4月以降で区切ると2.00cm/year、それ以前の10年間では1.48cm/yearとなった。つまり、ダムゲート開放後に堆積速度が上昇した可能性が示された。また、表層1cmの土砂を採取して流径分析を行ったところ、2011年から2012年にかけて全体的には細粒化傾向にあるが、2011年にはなかった粗砂・礫が確認された。そして、堤体からの流砂が始まった後の2014年にはこれらの大粒径成分が確認されるとともに、シルト以下の成分が大幅に減少し、細砂が増加していた。この結果は、堤体からの土砂流出が始まった2013年6月以降、底質環境に変化をもたらす流下土砂の質的变化があった可能性を示唆している。

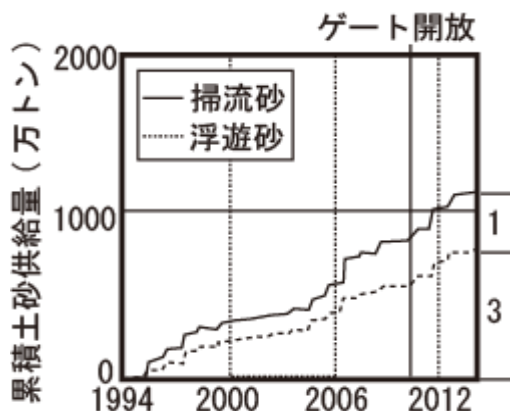


図2. 球磨川河口干潟に供給される掃流砂と浮遊砂の推定量(川崎ほか, 2015 改変)

(2) 干潟の堆積厚と供給土砂の質

干潟の堆積厚は出水期を挟む場合と非出水期間中で異なっていた。出水期を挟んだ場合、堆積傾向を示す地点数が相対的に高くなり、非出水期間中は地盤高に変化が見られない地点が多く認められた(図3)。そして、この傾向は堤体からの土砂供給が開始した前後で大きな差が認められなかった。これらの結果は、ダム撤去に関連した流砂系の変化とは無関係に、干潟の維持基盤としての土砂供給が主に出水で発生することを示唆している。また、ダム堤体からの流砂が始まった2013年6月以降の堆積厚の積算は、2年間で約2cmであり、その最大値は約30cmであった。

底質については、堤体からの土砂供給開始前後で大きく変化した2013年6月を挟んで、主要な底質の組成変化が泥から砂へと大幅

に変化しており(図4)、ダムに堆積した砂が2013年6月を機に、干潟に到達しているものと考えられた。

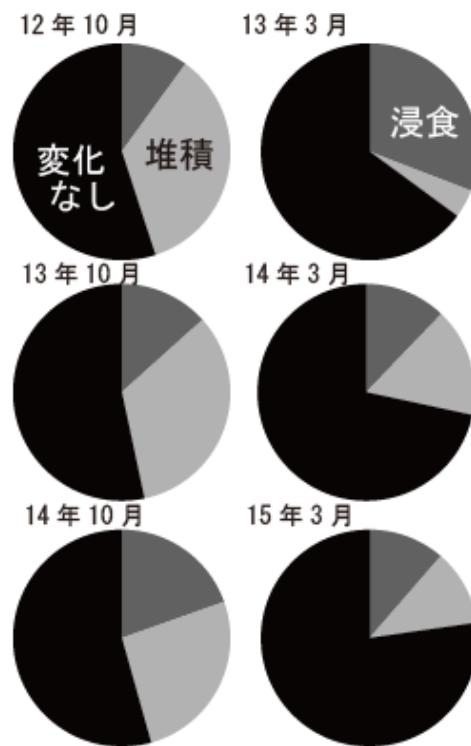


図3. 干潟の地盤高の変化量(半年に1回調査に基づき、全調査地点に対する2cmを超える浸食ならびに堆積が見られた地点および変化しなかった地点数を組成比で示した)

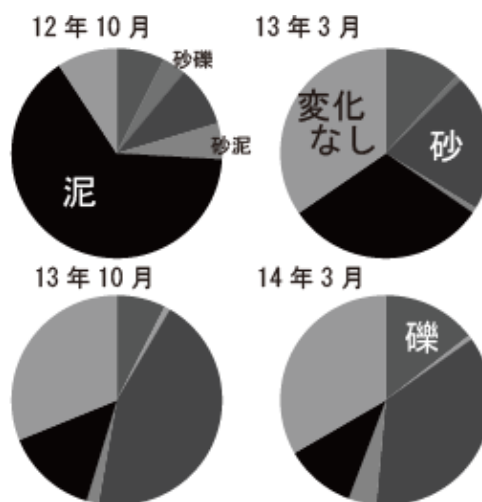


図4. 球磨川河口干潟での底質の変化(半年に1回調査に基づき、5%以上の増加を示した材料を調査地点比率として示した)

(3)生物相変化と生物分布モデル

堤体からの土砂供給が開始した 2013 年 6 月を挟んだ、2012 年 10 月と 2013 年 10 月の生物相データを使ってクラスター分析を行ったところ、期間中の球磨川河口干潟の生物相は概ね 6 タイプに区分された。そして、同じ地点であるにもかかわらず、2012 年と 2013 年の間で異なるクラスターに区分された地点は 141 地点中 30 地点であった。つまり、我々の調査地点の中の約 2 割で生物相の変化が起こったと判断された。

これらの生物相変化を伴う地点における底質の変化に着目したところ、約 3 割は浸食に伴う礫の組成の増加、約 3 割は堆積に伴う砂の組成の増加、そして、約 1 割が泥の組成の増加に伴うものと判断された(表 2)。つまり、各生物の分布が土砂供給の質や量に左右された結果として、生物相が変化したと判断された。残りの約 3 割については、干潟の堆積厚にも底質の組成にも大きな変化が認められず(表 2)、その理由は明らかにできなかった。いずれの変化についても、種数は増加傾向にあり、全体では平均 2.4 種の種数の増加が認められた。この結果は、ダム堤体からの土砂の流出開始が球磨川河口干潟の生物多様性の向上に正に寄与した可能性を示している。

表 2. 生物相変化が認められた地点の底質変化の特徴、地点数と種数の変化量

底質の変化	地点数	種数の増加量(平均)
礫の増加	8	1.0
砂の増加	10	3.1
泥の増加	3	4.3
変化なし	9	3.1
(合計)	(30)	(2.4)

生物分布モデルについては、干潟の地盤高、最干潮時の干潟中の残留水塩分、底質の組成で、魚類については絶滅危惧・準絶滅危惧種に指定される 8 種について、カニ類については普通種を含めた 23 種で、AUC が 0.7 を超える高い精度 (Akobeng, 2007) を持つモデルを構築することができた。その一例として、地盤高に対するハゼ類 3 種および砂の組成に対するハゼ類 4 種の選好度曲線を示す(図 4)。チワラスボとタビラクチは干潟の中で低い場所を好み、トビハゼは高い場所を好むことが明らかである。また、チワラスボとタビラクチは 30% 前後の砂の組成を好み、ヒモハゼは 80% 前後の砂の組成を選好することが明瞭である。そして、トビハゼは砂を好み傾向を示したことから、泥を選好すると推察可能である。こういった選好度曲線、そして、構築されたモデルを利用することで、各生物種の生息に適した干潟の物理基盤の構造を特定することが可能である。今後、河口域の物理場を予測する 2 次元河床変動モデルなどと組み合わせることで、干潟の生物多様性を予測できるようになるだろう。

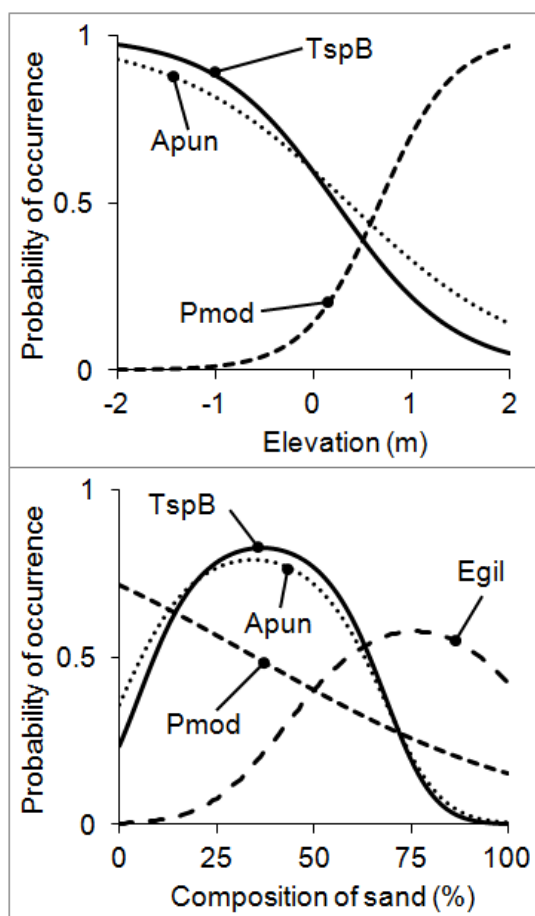


図 5. ハゼ類 4 種 (TspB: チワラスボ, Apun: タビラクチ, Pmod: トビハゼ, Egil: ヒモハゼ) の地盤高 (Elevation) と底質中の砂の組成 (Composition of sand) に対する選好度曲線

#### < 引用文献 >

- 芦田和男・道上正規 (1972) 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究. 土木学会論文集報告集 206:59-69
- 岩垣雄一 (1956) 限界掃流力の流体力学的研究. 土木学会論文集 41:1-21
- 川崎貴志・大槻順朗・広瀬雄太郎・吉森佑介・鼻崎拓郎・伊豫岡宏樹・鬼倉徳雄 (2015) 荒瀬ダム撤去評価に向けたダム湛水域・下流河川・干潟の土砂動態の調査と解析. 水工学論文集 59:979-984
- McCullagh P, Nelder J (1989) Generalized linear models, 2nd edn. Chapman & Hall, London
- Akobeng AK (2007) Understanding diagnostic tests 3: receiver operating characteristic curves. Acta Paediatrica 96:644-647

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)



川崎貴志・大槻順朗・二瓶泰雄・広瀬雄太郎・吉森佑介・鼻崎拓郎・伊豫岡宏樹・鬼倉徳雄(2015)荒瀬ダム撤去評価に向けたダム湛水域,下流河川,干潟の土砂動態の調査と解析.土木学会論文集 B1(水工学) 71: I\_979 - I\_984, 査読あり  
大槻順朗・川崎貴志・二瓶泰雄・鬼倉徳雄(2013)出水時球磨川における粒径別浮遊土砂輸送特性.土木学会論文集 B1(水工学) 69: I-1063 - I-1068, 査読あり  
大槻順朗・北村直也・二瓶泰雄・石賀裕明・皆川朋子・島谷幸宏(2012)荒瀬ダム撤去影響評価に向けた球磨川及び河口干潟の土砂輸送・堆積特性の把握.土木学会論文集 B2(海岸工学) 68: I-1071 - I-1075, 査読あり

[学会発表](計15件)

小山彰彦・乾隆帝・鬼倉徳雄, アナジャコ・スナモグリ類に共生する生物の生息場特性, 日本生態学会大会, 2015年3月, 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

川崎貴志・大槻順朗・二瓶泰雄・広瀬雄太郎・吉森佑介・鼻崎拓郎・伊豫岡宏樹・鬼倉徳雄, 荒瀬ダム撤去評価に向けたダム湛水域, 下流河川, 干潟の土砂動態の調査と解析, 水工学講演会(土木学会), 2015年3月, 早稲田大学(東京都新宿区)

Koyama A, Inui R, Onikura N, The presence and absence relationship of the thalassinidean shrimp and the symbiotic benthos that use their burrows. -A study of how the physical environment affects symbiotic benthos in Kyushu, Japan, IAA & CSJ Joint International Conference on Crustacea, Sep. 2014, Hokkaido Citizens Activities Promotion Center (Sapporo, Japan)

大槻順朗・川崎貴志・廣瀬雄太郎・二瓶泰雄・伊豫岡宏樹・鬼倉徳雄, 河口干潟域におけるダム撤去による土砂輸送・堆積影響の評価, 土木学会全国大会年次学術講演会, 2014年9月, 大阪大学(大阪府大阪市)

伊豫岡宏樹・鬼倉徳雄・乾隆帝, 干潟間隙水中の塩分変動の現地観測, 2014年3月, 鹿児島高専(鹿児島県霧島市)

小山彰彦・乾隆帝・鬼倉徳雄, 潮間帯下部に生息するカニ類・ハゼ類のハビタットタイプは何パターンに分類されるのか?, 日本生態学会年会, 2014年3月, 広島国際会議場(広島県広島市)

Ohtsuki K, Kawasaki T, Kitamura N, Nihei Y, Onikura N, Primary investigations of sediment transport and deposition for dam removal project, Arase dam, Kumagawa River, Japan, IAHR WORLD CONGRESS, Sep. 2013 (Chengdu, China)

小山彰彦・乾隆帝・伊豫岡宏樹・大槻順朗・鬼倉徳雄, 球磨川河口域のハビタット変動シュミレーション - カニ類・ハゼ類に着目して -, 日本プランクトン・ベントス学会

合同大会, 2013年9月, 東北大学(宮城県仙台市)

大槻順朗・川崎貴志・二瓶泰雄・鬼倉徳雄, 荒瀬ダム撤去影響評価に向けた球磨川及び河口干潟の土砂輸送・堆積特性の把握, 土木学会水工学講演会, 2013年3月, 名城大学(愛知県名古屋市)

立道大伸・小山彰彦・乾隆帝・鬼倉徳雄・島谷幸宏, 荒瀬ダム撤去事業に向けた球磨川河口の物理環境及び生息生物の現状把握, 応用生態工学会年会, 2012年9月, 東京農大(東京都世田谷区)

[図書](計0件)

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

新聞報道: 熊本日日新聞 2014年7月3日: 魚食性の外来魚: 溪流復活ですみにくく

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鬼倉 徳雄 (ONIKURA, Norio)  
九州大学・大学院農学研究院・助教  
研究者番号: 50403936

(2) 研究分担者

島谷 幸宏 (SHIMATANI, Yukihiro)  
九州大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号: 40380571

大槻 順朗 (OHTSUKI, Kazuaki)  
東京理科大学・理工学部・助教  
研究者番号: 10618507

皆川 朋子 (MINAGAWA, Tomoko)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授  
研究者番号: 10355828

伊豫岡 宏樹 (IYOOKA, Hiroki)  
福岡大学・工学部・助教  
研究者番号: 40432869