

## 研究成果報告書

研 究 題 目		ダム下流の河川生態系に配慮した土砂還元法の開発	実 施 年 度 27年度
代 表 研 究 者	所 属	山口大学大学院創成科学研究科	
	氏 名	赤松 良久	印
<p>1. 研究の目的・背景</p> <p>現在，日本の多くの河川においては上流にダムが建設され，上流から下流への土砂供給が大きく減少している．これにより，堆砂の増加によるダム貯水容量の減少といったダム機能の低下，またダム下流では土砂供給の減少による河床低下や河床材料の粗粒化が生じる場合がある．さらに，このような物理環境の変化は河床の固定化によるダム下流での糸状藻類の異常繁茂や，特定の底生動物のみが個体数や現存量を増やすことが起因する底生動物の群集多様度の低下などといった，ダム下流の河川生態系の劣化を招いている．このようなダム下流の河川環境改善に向けた取り組みとして，全国の河川で一時的に人工の小規模洪水を発生させるフラッシュ放流や，貯水池内に堆積した土砂をダム下流河道へと還元する置土といった取り組みが行われている．特に置土は掃流砂による河床のクレンジング効果や，河床材料の粗粒化を改善する効果が期待できる．しかし，置土による取り組みはいずれも試行的なものであり，効果的な土砂還元法については十分な検討がなされていない．</p> <p>そこで，本研究では日本における土砂還元の実施状況についてまとめるとともに，現在置土が実施されている江の川浜原ダム下流での現地調査および河床変動シミュレーションによって，ダム下流の河川生態系に配慮した，最適な土砂還元法を明らかにすることを目的とする．</p>			

## 2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

### 2. 1 江の川浜原ダム下流での現地調査

#### (1) 現地調査概要

本研究は島根県の一級河川江の川の河口から約60kmの地点に位置する浜原ダムの下流において行った。研究対象地点では2014年11月に下流の瀬の粗粒化改善を目的として2000m<sup>3</sup>の置土が実施されている。

2014年10月28日に置土周辺の地形測量や置土を設置する前の段階での底生動物や藻類、河床材料の調査を行った。置土設置後約7か月となる2015年6月5日、また設置後13か月となる2016年1月12日にも同様の調査を行った。

これより便宜上2014年10月調査を調査①、2015年6月調査を調査②、2016年1月調査を調査③とする。生物調査は置土上下流の3地点において実施した。調査対象地点を図-1に示す。各地点において、50cm×50cmのコドラートを設置し、その中に存在する河床堆積有機物・藻類・底生動物を採取した。

地形測量は、図-1に示す置土地点において行った。置土前後においてそれぞれGNSS(Global Navigation Satellite System)を用いた地形測量を行った。また、2016年1月12日に再度置土地点の測量を行った。

#### (2) 置土流出前後の地形測量結果

置土が設置されて約13か月後にあたる2016年1月の測量結果と置土流出前の2015年3月の測量結果（図-2）から、期間内の置土流出量を算出した。算出にはArcGIS(Geographic Information System)ver.10.2.2を用いて、2つの測量データを5mメッシュのラスターデータにし、置土の流出量を算出した。その結果、置土流出量は276.6m<sup>3</sup>であった。この値は置土総量2000m<sup>3</sup>の13.8%相当の流出率であり、置土後1年以上が経過したにも関わらず、顕著な流出は確認できなかった。



図-1 調査対象地点

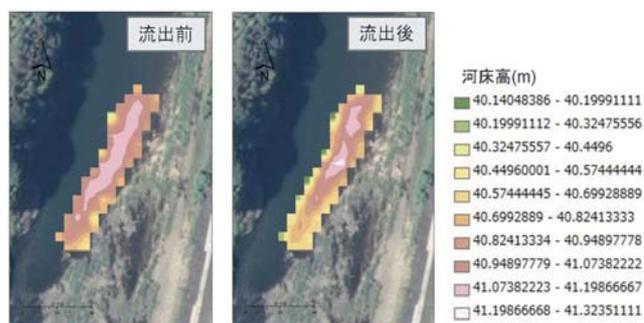


図-2 流出前後の置土高

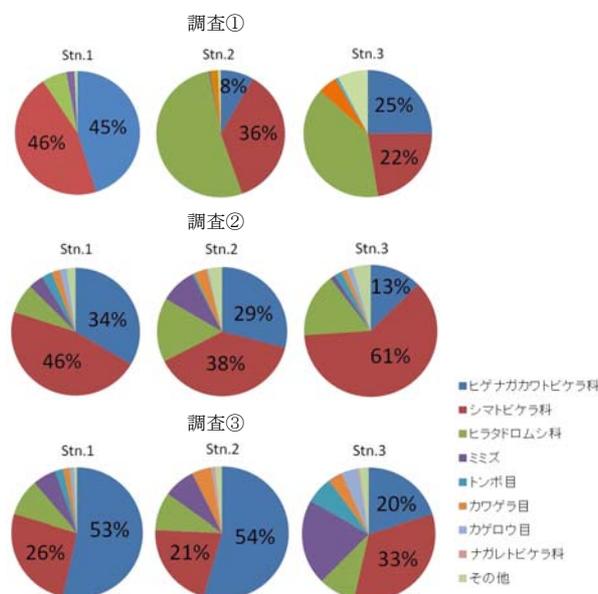


図-6 底生動物の乾燥重量構成比

### (3) 置土設置前後の生物調査結果

#### (a) 底生動物乾燥重量

調査により得られた、図-1のStn.1～3での単位面積あたりの底生動物乾燥重量を図-3に示す。同様に、図-4にシマトビケラ科乾燥重量を、図-5にヒゲナガカワトビケラ科乾燥重量を示す。図-3より、調査①における値は全体的に小さなものとなっているが、これは季節的な変動が一因として考えられる。また調査②から調査③にかけての推移は、Stn.1やStn.2ではあまり大きな変化が見られないが、Stn.3において顕著な減少が見られた。置土の流出量こそ少なかったものの、調査時に置土を設置する際に作られた工事用道路の細粒分の流出が確認されており、調査③Stn.3の河床には調査②の時と比較して明らかな細粒分の増加が見られた。図-4や図-5からも、調査③においてはStn.3が最も小さい値を示していることから、工事用道路の細粒分の流出がStn.3におけるヒゲナガカワトビケラ科やシマトビケラ科といった造網性の底生動物の造巣を阻害していることが一因として挙げられる。

#### (b) 底生動物の重量構成比

調査①、②、③により得られた底生動物の重量構成比を図-6に示す。これより、調査を実施した3地点すべてにおいて、細粒が少なく間隙の多いダム下流域において顕著に見られるヒゲナガカワトビケラ科やシマトビケラ科といった造網性の底生動物が多くを占めていることがわかる。

また、植物プランクトンを主食とするシマトビケラ科に関しては、全地点で総量の20%以上を占めていることから、浜原ダムから植物プランクトンが多く供給され、シマトビケラ科の成長に寄与している可能性がある。

調査②においても、ヒゲナガカワトビケラ科やシマトビケラ科の占める割合が全体の3分の1を上回る結果となり、置土した地点よりも下流に位置するStn.2やStn.3においてもこの傾向が見られることから、この段階では置土による環境改善が果たされたとは言い難い。

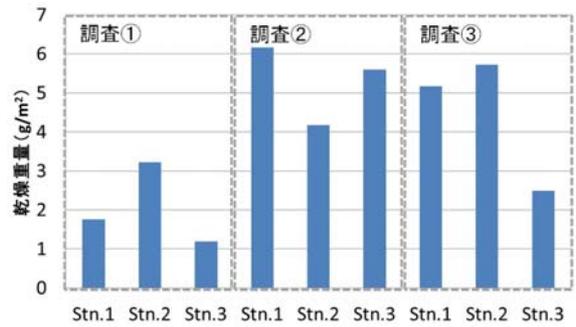


図-3 全底生動物乾燥重量

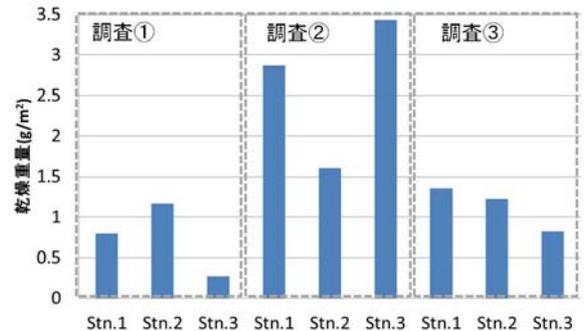


図-4 シマトビケラ科の乾燥重量

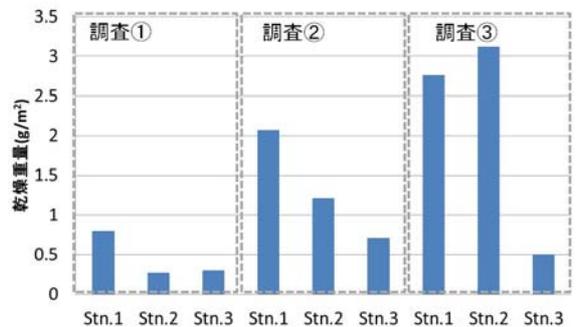


図-5 ヒゲナガカワトビケラ科の乾燥重量

また、調査③においても、全地点に共通して言えることとして全体量におけるシマトビケラ科の占める割合が5分の1以上と、依然と高い割合を占めていることがわかる。特にヒゲナガカワトビケラ科やシマトビケラ科といった造網性の底生動物が全体量に占める割合は、全地点において2分の1以上と非常に高い割合であった。

### (c) 底生動物の安定同位体比

置土を敷設する前段階である2014年10月28日、置土設置後6か月となる2015年6月5日における調査により得られた試料から、それぞれ河床堆積有機物と底生動物の $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ の計測を行った。安定同位体比は同位体比質量分析計(DELTAplus Advantage, Finnigan TM)により測定した。安定同位体比とは特定の標準物質に対しての差を千分偏差( $\delta$ 値)で表したものであり、以下の式(1)で表される。

$$\delta = \left( \frac{R_{\text{試料}}}{R_{\text{標準}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (1)$$

本調査地点の炭素・窒素安定同位体比と、江の川の上流から下流まで、河口から約140km地点までのうち11地点において同様の方法でサンプリング・分析を行った炭素・窒素安定同位体比と比較をした。江の川における河床堆積有機物および底生動物の炭素安定同位体比の縦断分布を図-7に示す。浜原ダムが位置する場所を図の赤線部分に示す。図-7から、他の地点に比べて浜原ダム下流域の値が大きいことがわかる。これは、浜原ダム湖内で生育した植物プランクトンの影響で、ダム下流における河床堆積物や底生動物の炭素安定同位体比が高くなったものと考えられる。

## 2.2 数値シミュレーションによる最適な置土法の検討

### (1) 数値シミュレーションの概要

本研究では島根県の一級河川である江の川浜原ダム下流域に設置された置土に着目し、より効率的

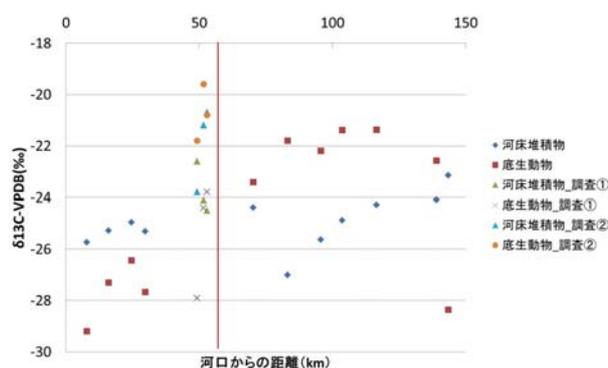


図-7 江の川における河床堆積有機物および底生動物の炭素安定同位体比の縦断分布

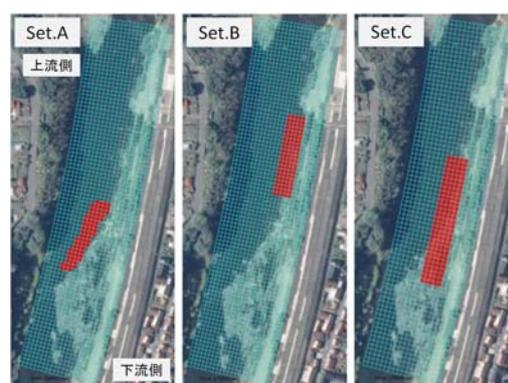


図-8 検討を行った配置

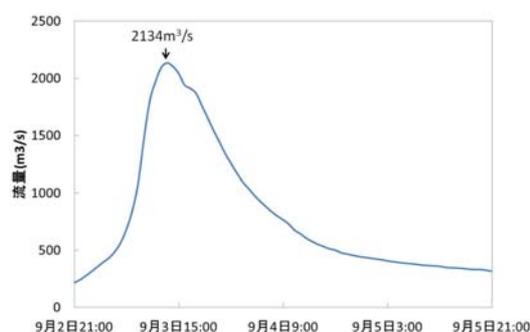


図-9 2011年9月出水時の流量

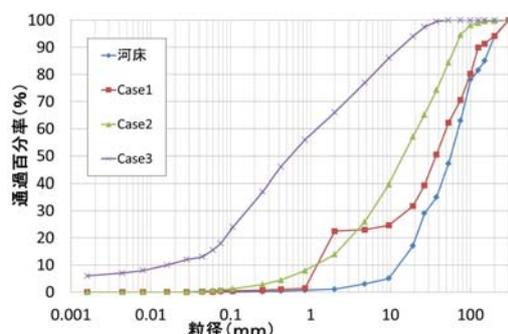


図-10 計算に使用した粒度分布

な置土の粒度・配置の検討を目的として、現地測量により得た地形データを使用し河床変動のシミュレーションを行った。河床変動シミュレーションには、河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである、iRIC(International River Interface Cooperative)ソフトウェアのNays2DHソルバーを使用した。

シミュレーションを行うにあたっての地形データは、等間隔のポイントデータである必要がある為、図-2のようにArcGISのSpatial Analystツール「内挿」より得られたラスターデータから、5mメッシュの均一な間隔のポイントデータを抽出してiRICに読み込ませた。読み込ませたデータの河川形状を補完し計算区間を設定するために、縦：横＝455m：100mの計算区間に、5m×5mの格子を作成した。また、下流端水位と初期水面形は等流計算、河床材料は混合粒径とした。左岸は岩の多い急傾斜の地形であったため、左岸の計算区間のみ固定床とした。より効率的な条件を明らかにするため、現在浜原ダム下流に設置されている置土の配置(Set.A)に加え、iRIC上で仮想的に作成した配置(Set.B, Set.C)を2種類用いて解析を行った。配置箇所を検討する際は、国土交通省の土砂還元マニュアル<sup>1)</sup>に沿った、なるべく河道に干渉せず、なおかつある程度の流速が見込める配置を目指した。図-8に計算区間と解析に用いた置土配置を示す。それぞれ置土量はSet.A:2000m<sup>3</sup>, Set.B:1704m<sup>3</sup>, Set.C:1746m<sup>3</sup>とした。

置土設置後に規模の大きい出水がなかったため、過去の年最大規模の流量データを使用して、置土流出シミュレーションを行った。図-9に計算に使用した2011年9月出水時の流量を示す。河床材料に関しては、置土部分には実際の置土の粒径データを、その他の計算区間には2010年に置土地点付近で採取された粒径データを使用した。今回、浜原ダム下流の置土に使用した土砂の粒径データ

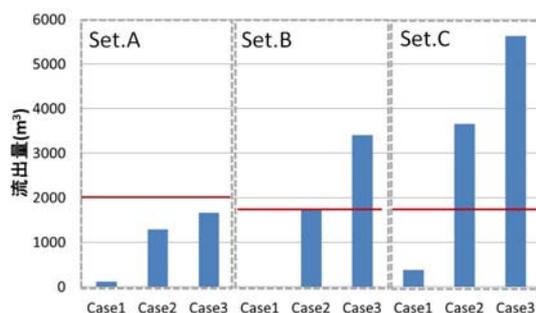
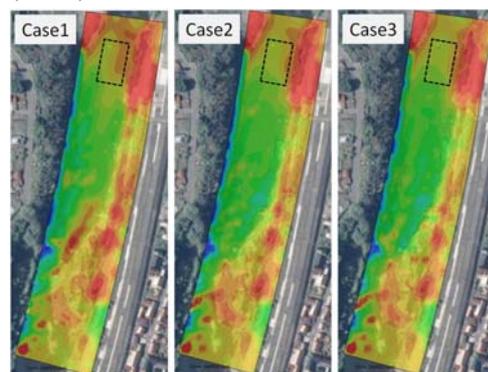
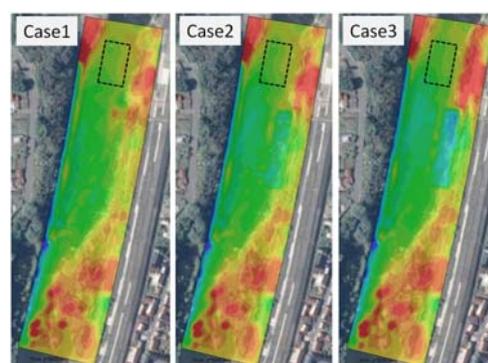


図-11 Case1～3の置土流出量

(Set.A)



(Set.B)



(Set.C)

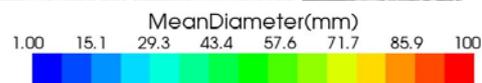
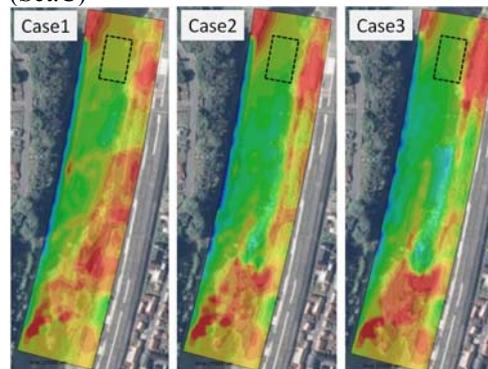


図-12 計算終了時の平均粒径コンター

に加え、比較検討対象として長安口、小渋ダム下流での置土に使用した土砂の粒径データも使用し解析を行った。図-10にこれらの粒度分布を示す。便宜上、江の川の置土粒径データをCase1、那賀川の置土粒径データをCase2、小渋川の置土粒径データをCase3と表記する。

## (2) シミュレーション結果と考察

計算前の河床高と、計算により得られた出水後の河床高より、置土の流出量を算出した。図-11にCase1～3の置土流出量を示す。また、各配置の置土量を赤線で示す。現在浜原ダム下流で用いられているCase1の粒度では置土の流出を期待できないことがわかる。それに対して、Case2やCase3の粒度では、下流への多くの土砂供給が期待できることが示された。

また、Set.BにおいてもCase1の流出は見られなかったが、Case2,3においてはSet.Aよりも多くの流出が期待できることが示された。Set.Cに関しては、いずれの粒度データにおいても3配置中最も多くの土砂流出を期待できる結果となった。一部の結果で置土量を超える土砂の流出が見られるが、これは河床の粒度データと置土の粒度データを与える範囲を設定する際、与える粒度データの及ぶ深さまで設定をすることが出来ず、本来より深い部分まで細かい置土の粒度に設定されてしまったことが原因であると考えられる。

図-12に、計算終了時の平均粒径コンターを示す。図の計算区間下流部の黒杵河道内における平均粒径を算出した結果、元の河床の平均粒径は73.8mmであったが、Set.AのCase2,3においては計算区間下流部の平均粒径はそれぞれ68.5mm、70.3mmとなり、下流部における粗粒化した河床材料の改善の兆候が見られる。しかし、Case1においては下流部での変化があまり見られなかった。この結果からも、Case1の粒度分布では粗粒化した置土下流の河床材料の改善はあまり期待できないと考えられる。他の配置においても同様の傾向が見られたが、最も多くの流出量が確認されたSet.Cにおける平均粒径はCase1：70.2mm、Case2：63.3mm、Case3：62.9mmとなり、用いる粒度によっては大幅な河床改善が期待できることが示された。

## 2.3 結論

本研究では置土を行う前後で生物・地形の調査を行い、現在浜原ダム下流において行われている置土の有用性を検討した。置土前後の地形調査の結果、置土は1年間で約13.8%の流出しか見られず、現在行われている置土の条件では下流への土砂供給は期待できないことが明らかとなった。また、置土区間直下において、置土前後3回に分けて行った生物調査の結果、3回の調査とも底生動物の乾燥重量構成比において、ダム下流域で顕著に見られる造網性の底生動物の割合が40%を超える結果となった。

次に、過去の年最大規模の出水を対象とした置土流出シミュレーションを行った結果、置土の流出には、より細かい粒度の土砂を用いる必要があることが明らかとなった。また、置土の配置についても、使用する粒度によっては置土の流出量に大きな違いが生じることがシミュレーションにより確認された。置土シミュレーションから置土の粒度や配置が置土流出量や下流の河床材料の粗粒化の改善効果に大きく影響することが明らかとなった。なお、研究期間中に置土が流出するような出水が起こらなかったため、河川生態系モデルによる生態系の応答に関する検討は行えなかった。

### 3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

設備経費に関しては申請時 900,000 円で、実績は 876,253 円でありほぼ予定通りの予算執行であった。また、消耗品費に関しても、申請時 30,000 円で、実績は 20,458 円であった。申請時には旅費として学会発表費を計上していたが、これらについては別予算で賄った。その他に関しては、「GPS レンタル料一か月分」が追加されたが、その分の「安定同位体比計測費」を抑えたため、申請時 900,000 円で、実績は 853,289 円となった。

### 4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

今回の研究助成対象期間中に浜原ダム下流における置土の流出が見られなかったが、その後も置土の流出モニタリングを継続して行っている。実際に、置土の大規模な流出が起こった際には下流の河川生態系の応答を調べるための現地調査を実施する予定である。これらの結果が得られれば、本助成内で行った置土流出シミュレーションに生態系モデルをカップリングし、流出土砂が河川生態系に与える影響の検討が可能となると考えられる。これによって、下流の河川生態系回復のための具体的な置土の量や配置の提案を行うことができる。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

- ・土木学会 平成 28 年度第 61 回水工学講演会（予定）
- ・土木学会水工学委員会 土木学会論文集 B1（水工学），Vol.73（予定）