

## 13.10 土砂還元によるダム下流域の生態系修復に関する研究

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平 18～平 21

担当チーム：水環境研究グループ自然共生研究センター

研究担当者：萱場祐一、片野泉、皆川朋子

### 【要旨】

本研究は、ダム下流域における生態系劣化状況の解明、土砂供給量減少に伴う指標生物とその環境要因の関係の解明、及び土砂還元の定量的な効果推定手法の確立を目的としている。18年度は、これらに関する基礎データを得るため、阿木川ダムを対象に、ダム下流の環境要因及び底生動物相の変化を解析するとともに、支川合流による改善効果等を明らかにした。19年度は、引き続き阿木川ダムを対象に、土砂還元後の物理環境・生物相の変化を解析し、土砂還元の効果を検討した。その結果、土砂還元後、ダム下流で砂の割合が増加するなど、河床粗粒化にある程度の改善が見られること、また、細粒河床材料を利用するタクサガ、土砂還元後に増加し優占種となることが明らかとなった。しかし、年1回の頻度で実施された土砂還元の効果は、継続的な土砂供給をもたらす支川流入による改善効果には及ばないことが示唆され、効果的な生態系修復効果を持たせるためには、継続的な土砂供給が重要であると考えられた。

キーワード：細粒河床材料、粗粒化、アーマーコート、土砂供給、底生動物群集

### 1. はじめに

日本には、数多くのダムが存在しているが、ダム下流の物理環境や生態系機能にどのような改変が見られるのか、両者を併せて検証した研究はほとんどない<sup>1)</sup>。しかし近年、ダムの下流では、細粒河床材料（砂等）の欠乏・下流餌資源の改変を主な要因として、ダム下流に生息する底生動物相も大きく改変されること、その一方、ダム下流において支川が合流し細粒河床材料が再供給された後には、底生動物相も改善されることが報告されている<sup>2) 3)</sup>。よって、ダムによって分断される下流への細粒河床材料供給を元に戻してやることで、劣化したダム下流の生態系機能を改善できる可能性は高いと考えられる。このような背景からも、近年いくつかのダムで行われている、「土砂還元事業」の生物相および生態系機能への効果を客観的に評価し、未だ未確立である効果的な土砂還元手法について考察することは急務である。

日本における「土砂還元事業」は本来、ダム貯水池に溜まった「堆積土砂対策」の意味合いが強く、浚渫した土砂をダム下流に仮置きするものである。よって、海外において比較的好く行われてきた、魚類の産卵床を復元するためなどリストラクションとしての土砂還元<sup>3)</sup>とは、当初の目的や意味合いが異なる。しかし日本においても、漁業資源であるアユの餌として重要な附着藻類の質的改善を目指した土砂還元も、近年い

くつかのダムで試験的に行われている。このような、河川における土砂の再供給は、河床粗粒化の改善および生物ハビタットの改善を通して生態機能を回復させる可能性が示唆されており<sup>5) 6)</sup>、土砂還元事業も、これに準じた河川環境修復効果を持つと予測される。

以上を鑑み、本研究では、土砂還元のダム下流域における生態系劣化状況の解明、土砂供給量減少に伴う指標生物とその環境要因の関係の解明、土砂還元の定量的な効果推定手法の確立を目的に研究を実施している。18年度は、これらに関する基礎的知見を確立するため、平成17年度に実施した阿木川ダムを対象とした調査結果を解析し、ダム下流の環境要因及び底生動物相の変化を把握するとともに、支川合流による改善効果等を明らかにした。19年度は、引き続き阿木川ダムを対象として土砂還元後に把握された物理環境・生物相の変化を整理・解析し、18年度に行った土砂還元前の解析結果と比較することにより、土砂還元の効果を検討した。

### 2. 調査地概要と方法

調査地として、岐阜県恵那市にある阿木川ダム（木曾川水系・阿木川）周辺を設定した（図-1）。阿木川ダムは、1990年竣工・ロックフィルタイプの多目的ダムで、流況面からも日本中部以西の典型的なダムである。また、阿木川ダムから約2.8km下流地点に

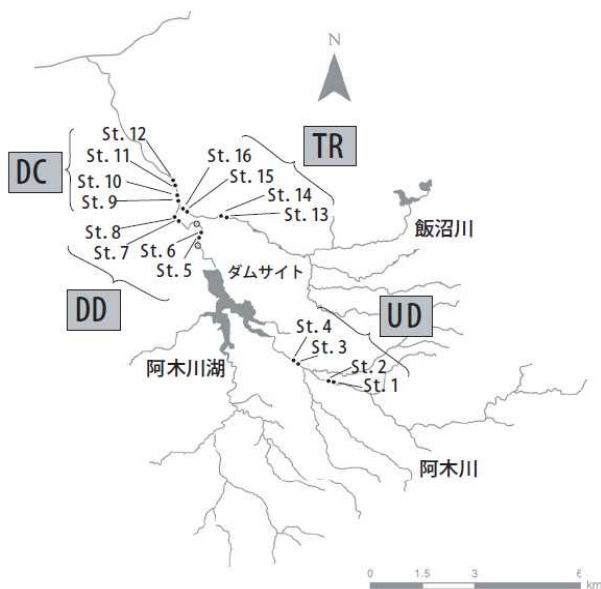


図 - 1 調査地地図

数字は調査地点番号を、アルファベットは設定した4つの調査区を示す。UD:ダム上流域 (Sts.1-4) DD:ダム下流・支川合流前 (Sts.5-8) DC:ダム下流・支川合流後 (Sts.9-12) TR:支川 (Sts.13-16)。灰色の は、土砂還元地点を表す。



図 - 2 土砂還元の状況

St. 5 の 100m 上流での土砂還元の様子。高水敷に設置されている。

において、支川である飯沼川が流入しており、支川による土砂の再供給があることが報告されている<sup>2)</sup>。また、阿木川ダムでは、平成 17 年度を第一回目として、試験的に年 1 回の土砂還元事業が行われてきており、平成 17 年度の土砂還元量は、ダム下流 2 地点で合計 1200m<sup>3</sup> である (図 - 2)。土砂は、安定して河川低水位が保たれている初春 (2 月末) に左岸側高水敷に設置されるが (図 - 2) 土砂が下流へと流下・還元されるのは、河川流量が増加する 4 月末以降を待たねば

ならない。(阿木川ダム放流量記録から、平成 17 年度における土砂流下・還元は、5 - 6 月の高水時であると考えられる)。還元土砂の粒度分布は D<sub>50</sub> が 1.4mm (極粗粒砂) であり、砂が主たる材料となっていた。

阿木川におけるこれらの流程に 3 調査区・12 地点 (UD:ダム上流 4 地点、DD:ダム下流・支川流入前 4 地点、DC:ダム下流・支川流入後 4 地点) 支川である飯沼川流程に 1 調査区 (TR:支川 4 地点) を設けた。DD には 2 つの土砂還元地点があり、それぞれは St. 5 の約 100m 上流、St. 7 の約 800m 上流に位置している。これら調査区において還元土砂流下前の平成 17 年 3 月中旬 (流量 1.3 m<sup>3</sup>・s<sup>-1</sup>・流況安定期、本研究では「土砂還元前」と定義する) と還元土砂流下後の平成 17 年 8 月下旬 (流量 3.1 m<sup>3</sup>・s<sup>-1</sup>・流況変動期、同様に「土砂還元後」と定義) に物理環境調査・生物 (底生動物) 採集を行った。物理環境調査では、各調査地点の平瀬においてコドラートを設定し (50×50 cm<sup>2</sup>、n=3) 河床材料割合、掃流砂を含む環境要因を可能な限り網羅した。これら環境要因の測定後に同コドラート内の底生動物は 0.25 mm メッシュサーバネットを用いて全て採集した。底生動物はすみやかにホルマリン固定した後実験室へ持ち帰り、可能な限り細かいレベルまで同定・分類し、個体数・タクサ数を測定して後の群集解析に用いた。

### 3. 結果と考察

測定した環境要因のうち、河床材料割合・掃流砂量以外の要因については、土砂還元前後で違いは見られるものの、調査区 (ダム上流・ダム下流など) 間での違いの方が大きく、相対的に土砂還元の影響は小さいと考えられた。よってここでは、土砂還元前後で顕著な違いの見られた河床材料・掃流砂量についての結果を述べる。昨年度の報告<sup>2)</sup>と同様、各調査区の各河床材料割合 (巨礫から砂までを対象とする) を比較した場合、土砂還元前後の両時期ともに、ダム下流 (DD) で細粒河床材料が少なくなり、支川合流後にその回復が見られることが分かった。

これを更に詳しく検討するため、土砂還元前のダム下流 (DD) において、河床に占める被度がきわめて小さかった河床材料である砂に着目し、土砂還元前後の各調査区間、および土砂還元地点のある DD 内調査地点間において、河床に占める砂の割合・掃流砂量の比較を行った (図 - 3)。その結果、土砂還元前後ともに、全河床材料に占める砂の割合 (%) は、ダム下流 (DD) において最も小さい値を示し、ダム下流と、ダ

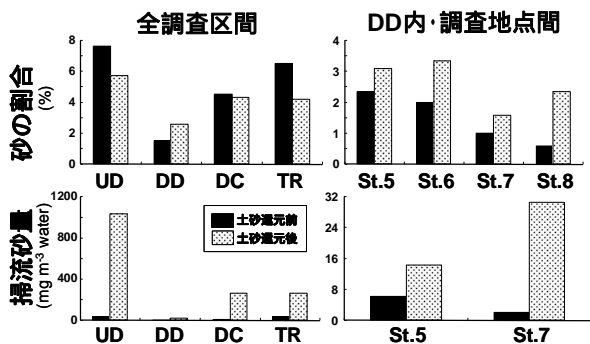


図 - 3 河床に占める砂の割合(%)と掃流砂量

それぞれ、全調査区間(UD、DD、DC、TR)での比較と、DD内調査地点間(Sts. 5、6、7、8)での比較を示す。

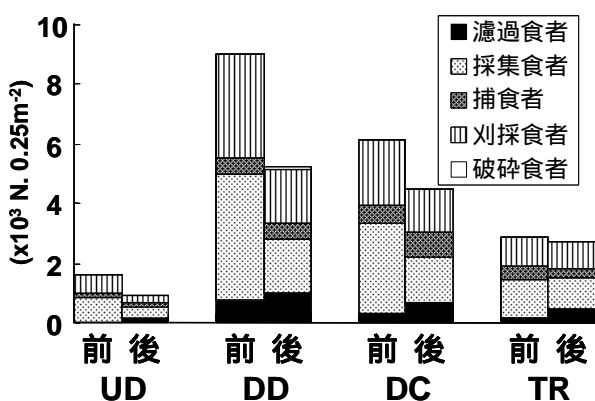


図 - 4 調査区における底生動物密度と機能摂食群の内訳

ダム上流(UD)・支川(TR)との間には有意な差が認められた。しかし、ダム下流以外の3地点、すなわちダム上流(UD)・支川合流後(DC)・支川(TR)では、土砂還元前後で砂の割合が減少しているにもかかわらず(これは、流量の増加( $1.3 \sim 3.1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )を反映したものと考えられる)ダム下流においてのみ、砂割合の増加が認められた(しかしこの増加具合は、ダム上流・支川・支川合流後と同レベルになる程度ではなかった)。また、DD内調査地点間で比較すると、全地点ともに土砂還元前後で砂の割合の有意な増加が認められた。一方、掃流砂量は、調査区・DD内調査地点の全てにおいて、土砂還元前後で有意な増加が認められた。ただし、全ての調査区で増加が見られることから、これは土砂還元事業とは関係なく、両時期の流量の違いによるものと考えられる。

採集された底生動物のタクサ数は、土砂還元前後共に、下流にいくに従い増加する傾向が見られ、タクサ数に土砂還元の影響は殆ど見られなかった。底生動物密度は、土砂還元前後で有意に減少し、ダム下流(DD)での有意な密度増加は両時期ともに見られた(図 -

4)。よって、密度に関する変化は、土砂還元が影響したと考えるよりは、調査季節の違いによるものと考えの方が妥当であるだろう。機能摂食群についても同様で、土砂還元前後において大きな違いは認められなかった。

各調査区の底生動物群集において、個体数上位5位まで優占するタクサ(本報告では、これを優占タクサと呼ぶ)相は、土砂還元前後で変化を見せた。Iリリカ亜科は、両時期・全調査区で共通して優占していた。また、時期ごとに、ワカコガ(3月)およびリリカ亜科(8月)は、全調査地点で共通して優占していたが、これは土砂還元とは関係なく、季節的な変化であると考えられる。調査区ごとにみても、両時期で共通して優占するタクサとして、ダム上流(UD)ではガハヒミズ、ダム下流(DD)ではカマツバケがあげられる。支川合流後(DC)および支川(TR)では、両時期に共通して優占するタクサは上記Iリリカ亜科以外に認められなかった。

ところで、底生動物を生活型で分けた場合、何らかの形で細粒河床材料(砂・小礫等)を利用するタクサ(掘潜型および携集型<sup>7)</sup>)が存在する。本研究で採集された底生動物の中にもこれらは認めることができ、土砂還元前の3月には、全170タクサ中37タクサが、土砂還元後の8月には、全149タクサ中33タクサが、これら「細粒河床材料利用タクサ」であった。また、優占タクサの中にも細粒河床材料利用タクサは認められた。ダム上流(土砂還元前後共に)および土砂還元前の支川で見られたガハヒミズ(自由掘潜型)、土砂還元前の支川合流後で見られたヒレバカ(滑行掘潜型)、土砂還元後のダム下流・支川合流後・支川で見られたマヒケ(携集型)である。注目すべきは、土砂還元前のダム下流においては、優占タクサ内にこれら細粒河床材料利用タクサが認められなかったのに対し、土砂還元後のダム下流にはマヒケが認められ、しかも第1位の優占順位であったことである。マヒケは、主たる巢材として極粗粒砂( $\phi 1 \sim 2 \text{ mm}$ ; 片野・未発表データ)をゆるく綴った携集を持ち、匍匐移動して付着藻類を摂食する藻類食者であり、著者らの知る限り、ダム下流において優占したという報告はこれまでない。底生動物相の変化は、環境要因の変化に対応していると考えられ、細粒河床材料利用タクサのダム下流における個体数増加は、土砂還元による影響である可能性は大きいと考えられる。

そこで、調査区間およびDD内調査地点間における、細粒河床材料利用タクサの合計個体数を土砂還元前

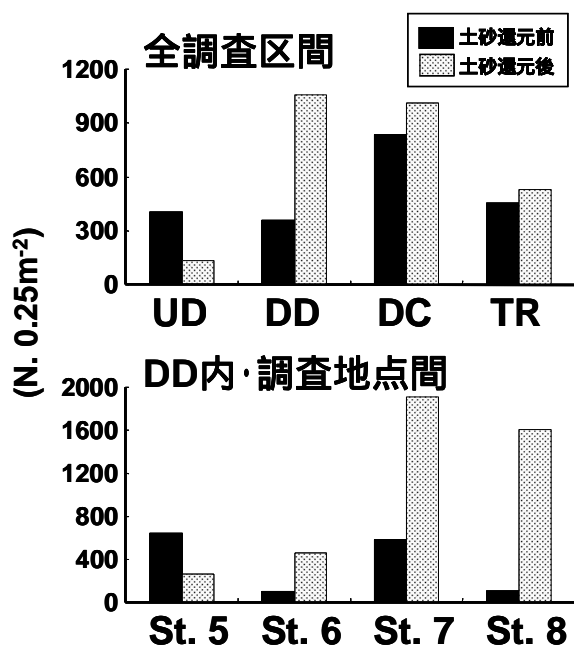


図 - 5 細粒河床材料利用タクサの全個体数

後で比較した(図 - 5)。調査区間で比較した場合、ダム上流を除く3調査区では、土砂還元後に細粒利用タクサ数が増加しており、その中でもダム下流の増加傾向が極めて大きいことが分かる。また、ダム下流の調査地点間を比較した場合、St.5を除く3地点で土砂還元後に細粒利用タクサが増加する傾向があり、ダム下流では土砂還元前後で細粒利用タクサ数が有意に増加するという結果が得られた。

St.5において、土砂還元前後で細粒利用タクサ数が増えなかった(しかしこの減少傾向は有意ではない)原因は、本研究では検証不能である。ただし、8月という時期が、実際の還元土砂流下時期(5~6月)と離れていたため、わずかに100m上流に土砂が還元されたSt.5からは還元土砂が既に流失・減少しつつあった可能性があり、これが細粒利用タクサ増加がみられない原因となったかもしれない。実際に、河床材料に占める砂の割合割合をみても、St.5はSt.6と比べわずかに減少している。(また、実際、DD内調査地点別に優占種を見た場合、Sts.6、7、8ではヤビ`ケ属が優占タクサであるのに(それぞれ4位、1位、2位)St.5ではヤビ`ケ属(14位)および他の細粒利用タクサは優占タクサとなっていなかった。)それに比べ、St.7と8は、上流800mに設置された還元土砂だけでなく、St.5の上流100m(St.7の1.4km上流にあたる)に設置された還元土砂の両方の影響を受けている。還元された土砂の流下・伝播距離や時間が明らかになっていない現在の時点ではあくまで推測に過ぎ

ないが、8月の調査時点では、Sts.5、6よりもSts.7、8の方が、土砂還元の影響が大きかったのではないだろうか。

#### 4.まとめ

平成19年度は、実際に土砂還元が行なわれているダムを対象に、土砂還元前後の物理環境・生物相の変化を集中的に調査することでその効果を検討し、以下の3点を結果として得た。ダム下流における河床材料の顕著な粗粒化については、土砂還元後に砂の割合が増加するなど、ある程度の改善が見られた。しかし、土砂還元によると考えられるこの改善度合いは、ダム上流および支川と同レベルになる程度ではなく、支川合流による改善度合いの方が大きいことが示された。

土砂還元の影響を受け、ダム下流の底生動物群集は土砂還元前後で変化した。掘潜型・携巢型の生活型を持つ、細粒河床材料利用タクサ(ヤビ`ケ属など)は、土砂還元後のダム下流において有意に増加し、優占種となることが明らかとなった。また、還元地点の1km程度下流では、土砂還元の効果はある程度の期間(2ヶ月間)持続する可能性があるが、還元地点直下では2ヵ月後には効果は薄れている可能性があることが示唆された。土砂還元が底生動物に与える影響を評価する場合、個体数やタクサ数等の比較的粗い指標を用いただけでは、土砂還元が底生動物に何らかの影響を与えているとは考えにくい。底生動物の生活型などを考慮し、還元土砂を利用すると考えられるタクサを絞り込み、そのタクサを指標として扱うことが必要と考えられる。

これら平成19年度の結果から、河床粗粒化・底生動物相の改変等に代表されるダム下流生態系の劣化は、土砂還元事業によってある程度改善されることが客観的に検証されたといえる。よって、土砂還元事業は、ダム貯水池に溜まった堆積土砂対策としてだけでなく、近年急務となっているダム下流の河川生態系機能の改善に大きな役割を果たすだろうことが予測された。しかしその一方で、本研究は、年1回の土砂還元事業の効果は一時的なものであり、継続的な土砂の再供給をもたらす支川流入による改善効果には及ばないことが示唆された。土砂還元事業に効果的な生態系修復効果を持たせるためには、継続的な土砂供給が重要であると考えられた。更に、適正な供給量・供給頻度について十分に考慮すべきであることが示唆された。

**参考文献**

- 1) 谷田一三、竹門康弘：「ダムが河川の底生動物へ与える影響」、応用生態工学、2、pp.153-164、1999.
- 2) 萱場祐一、片野泉、皆川朋子：「土砂還元によるダム下流域の生態系修復に関する研究」、2006年度土木研究所重点プロジェクト報告書、pp.633-638、2007.
- 3) Takao A, Kawaguchi Y, Minagawa T, Kayaba Y: "The relationships between benthic macroinvertebrates and biotic and abiotic environmental characteristics downstream of the Yahagi dam, central Japan, and the state change caused by inflow from a tributary", River Research and Applications, in press.
- 4) Merz JE, Chan LKO: "Effects of gravel augmentation on macroinvertebrate assemblages in a regulated California River", River Research and Applications, 21, pp.61-74, 2005.
- 5) Rice SP, Greenwood MT, Joyce CB: "Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58, pp.824-840, 2001.
- 6) Kiffney PM, Greene CM, Hall JE, Davies JR: "Tributary streams create spatial discontinuities in habitat, biological productivity, and diversity in mainstream rivers", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63, pp.2518-2530, 2006.
- 7) 竹門康弘：「底生動物の生活型と摂食機能群による河川生態系評価」、日本生態学会誌、55、pp.189-197、2005.

## A STUDY ON RESTORATION OF RIVER ECOSYSTEMS IN DOWNSTREAM REGION OF DAM BY THE GRAVEL AUGMENTATION

**Abstract:** The changes in river ecosystem were investigated near the Agi-gawa dam before and after the gravel augmentation. At reaches downstream of dam, both of deposit sand cover (%) and macroinvertebrate taxa, which use fine riverbed materials, were increased after the gravel augmentation. Thus, we revealed that the gravel augmentation improved somewhat degradation in river ecosystems downstream of dam, but also that degree of the improvement by the gravel augmentation was less than that by sand-supply from a tributary inflow.

**Key words:** fine riverbed materials, substrate coarseness, armor coat, sediment supply, macroinvertebrate