

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19760337

研究課題名(和文) ダム下流等に見られる河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系の解明

研究課題名(英文) Physical-Ecological Linkages and Habitat Dynamics in Downstream of Dam with Lower Disturbances

研究代表者：

田代 喬 (TASHIRO TAKASHI)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：30391618

研究成果の概要(和文)：

現地観測による河床低攪乱化の現況把握と物理・生物影響因子の抽出、そこでの素過程を模した室内実験を踏まえ、河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系を考察した。その実施に際しては、流域特性とダムの影響に着目し、(1)河床材料のサイズ構成変化とその生態的影響、(2)水生生物による河床固化、(3)各プロセスを統合したモデル化による河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系の解明といったサブテーマにより構成した。

研究成果の概要(英文)：

The interaction between physical and ecological phenomena of benthic habitats in some gravel rivers with lower disturbances is discussed by combining the results of some field investigations and laboratory experiments. The following sub themes compose the present study, (1) the differences in bed material composition and these biological effects, (2) "bio-consolidation" due to the inhabitation of aquatic organisms, and (3) the interaction between physical and ecological phenomena of benthic habitats. The each of topics is conducted to relate the effects of catchment characteristics and dam construction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	720,000	4,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：(1)低攪乱河床、(2)河床固化、(3)底生動物、(4)礫床区間、(5)ダム下流、(6)フラッシュ放流、(7)表層地質、(8)生産土砂

1. 研究開始当初の背景

国土を形成する森から海に至るまでの流域の中であって、河川は水と物質の輸送を担う主要な経路ゆえに流域の水循環系、物質循環系の駆動力となっており、様々な景観における生態系の大きな制限要因となっている。逆説的には生態系が水・物質循環系の指標であると言え、また、主要な輸送経路である河

川に成立する生態系は水・物質の流れの変化に最も鋭敏に反応すると考えられることから、流域におけるさまざまなシステムの適正な管理には、河川を軸とした生態系への着眼が問題解決の糸口になると思われる。

河川という環境は洪水による自然攪乱を内包するために不安定で大きく変動するという特徴を有しているが、水資源開発、治水

を目的としたダム建設等により河道内流量が制御されること（人為的攪乱）も多い。今日では、自然攪乱や人為的攪乱によるインパクトとそのレスポンスの解明が河川生態系に関する研究動向のひとつの主要なトレンドとなりつつあり（小倉・山本，2005）、こうした研究から得られる知見が今後の生態系管理、ひいては流域を中心とする国土管理に大きく貢献できるものと思われる。

ところで、ダム下流河道では、流量・供給土砂レジームの変化により河床低下を伴った材料の粗粒化（アーマー化）が生じ、石礫を分泌糸で結び付けて捕獲網および固着巣をつくる造網型トビケラが特異的に高密度に生息する（谷田・竹門，1999）などの生態系変質が報告されている。既往研究では、このような物理要因を材料に、ダム下流河道における河床攪乱頻度の経年低下を明らかにし、付着藻類の異常繁茂やアユ漁獲高の減少との関連性が見出されてきた（北村ら，2001）。さらに、生物要因による河床攪乱頻度の低下については、造網型昆虫の過密生息によって河床材料が移動しにくくなること（「河床固化」）が示されてきた（田代ら，2004）。物理・生物的要因を含む河床の低攪乱化のシナリオが提示された状況と言える。

2. 研究の目的

本研究は以上の背景を踏まえ、付着藻類による1次生産、水生昆虫による2次生産が極めて大きく、魚類等の再生産の場として機能する礫床河川生態系のコアスポットである河床環境に着目し、ダム建設等のインパクトが下流河道の河床の低攪乱化を介して生態系をどう変えるのかを明らかにすることを目的とする。

河床の低攪乱化は河床が動きにくくなって移動頻度が減少した状態を指すが、実現象としては、(1)「アーマー化（粗粒化）」に代表される河床材料のサイズ構成変化、(2)水生生物が環境を改変して材料同士を接着させる「河床固化」に分けて考えられる。ここで、(1)については表層地質などの流域特性と上流のダム建設が河床材料構成に及ぼす影響とそれに伴う生態系変質にそれぞれ着目するものとし、(2)についてはダム下流における河床固化現象の事例を分析するものとした。

3. 研究の方法

研究計画の全容としては、現地観測による河床低攪乱化の現況把握と物理・生物影響因子の抽出、そこでの素過程を模した室内実験を踏まえ、河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系をモデリングする。その実施に際しては、次のような構成とした。すなわち、(1)河床材料のサイズ構成変化とその生態的

影響（①流域特性、②ダムによる影響）、(2)ダム下流における水生生物による河床固化、(3)(1)、(2)を踏まえた河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系の解明である。

(1)①流域特性が河床材料のサイズ構成とその生息生物に及ぼす影響

本研究では、流域特性のうち、特に表層地質構成に着目し、河床材料のサイズ構成とその生息生物に及ぼす影響を調査する。調査地は、三重県松阪市に位置し中央構造線に沿って広がる櫛田川流域である。櫛田川流域は、火成岩（頷家帯）、変成岩（三波川帯）、堆積岩（秩父帯）からなり、単相地質区分からなる小流域を多数有するため、地質による影響を考察するのに好適なフィールドとなっている。

(1)②ダム建設が河床材料のサイズ構成とその生息生物に及ぼす影響

ダム建設による河床材料のアーマー化は既に多くの河川で報告されている。ただし、既往研究の多くは表層構成のみを扱っており、表層以下（下層）の間隙を利用する底生魚、底生動物にとっての生息場所要因としての記述は不十分であることが多い。特に、下層における細粒分が魚類の再生産を始めとする生態的機能を担保する上で重要であることから、本研究では、細粒分を多く産出する火成岩からなる流域に建設されたダム下流（ここでは、岐阜県恵那市を流れる木曾川水系阿木川ダムの下流）において、河床材料の鉛直構成とその生息生物に及ぼす影響を考察する。

(2)ダム下流における水生生物による河床固化の分析

ダム下流では、造網型昆虫の過密生息によって河床固化が進行しているとされている（田代ら，2004；Tashiro et al. 2006）。これらの既往研究では、水路実験による力学的考察を行っているが、ダム建設から30年以上経過し河床のアーマー化が進行した特定河川における現象の素過程を検証したに過ぎない。そこで本研究では、地域、季節、ダム建設経過年数などの異なるフィールドにおいて、調査を蓄積して総合的な考察を実施する。

(3)河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系の解明

(1)①、②および(2)で明らかにされた知見を組み合わせることによって、河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系を解明する。

4. 研究成果

(1)①流域特性が河床材料のサイズ構成とその生息生物に及ぼす影響

流域の表層地質に着目した小河川の材料構成比較により、地形特性に関わらず、地質によって生産材料の質（サイズ・形状など）が異なることを実証した。流下に伴う細粒化現象についても、磨耗・破砕作用に着目した室内実験を行ったところ、火成岩（領家帯）、堆積岩（秩父帯）は壊れにくいのに対し、変成岩（三波川帯）は破砕することが多く、堆積岩（秩父帯）では細粒分が派生しにくいといった傾向が確認され、岩種（地質区分）によって異なる細粒化特性が記述できた。さらに、地形特性が類似して地質構成が異なる小流域からの土砂生産について分析したところ、変成岩で構成される流域と堆積岩で構成される流域では降雨に対する土砂流出が異なることが明らかになり、降雨特性を説明変数とする重回帰式によって記述できた。

また、同一フィールドにおいて水生生物に関する調査を実施したところ、瀬・淵のそれぞれにおいて、細粒分の存在量を介して水生生物の群集組成に影響を与えている可能性を示唆する結果を得た。優占する地質によって材料構成が異なることにより、それぞれに特徴的な生物相が成立し、群集の多様性にも大きな影響を与えている様子が推察された。

(1)②ダム建設が河床材料のサイズ構成とその生息生物に及ぼす影響

木曾川水系阿木川ダムの下流においては、土砂還元試験を実施しているほか、土砂供給の豊富な支川がダム下流で流入している。そこでここでは、ダムからの流下距離により土砂供給量の異なる各地点において、河床状態と魚類生息状況を調査した。

表層とその下の第二層に分けて材料を採取して粒度分析したところ、ダムからの流下距離（土砂供給量）に対応して異なる河床のアーマータ化状況が確認され、ダム下流においては表層のみならず、下層にまで粗粒化が進行していた。一方、生息魚類については、ダム堤体による上下流への移動阻害による影響と分離した分析を行うことは困難であったが、下層における細粒分の存在が、生息魚類相に大きく影響していることが明らかになった。

(2)ダム下流における水生生物による河床固化の分析

ダムを有する様々な礫床河川区間における河床固化の実態把握を行い、力学的メカニズムの分析を踏まえた河床固化状況を評価した。その結果、一般にダム下流における固化は明確であること、底質の構成（特に、浮き石、沈み石などの鉛直構造）と底生動物の生息状況により河床固化状況が変化することが明らかになった。また、同一地点でも季節が異なると河床固化状況は異なり、これま

で水路実験で確認されていた水温に対する河床固化の感度を検証することができた。なお、現在、複数のダムで試みられている人為的なフラッシュ放流による河床固化の改善（改善）効果は観察されなかった。

(3)各プロセスを統合したモデル化による河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系の解明

以上の成果を結合させるため、河床材料構成と底生動物組成の相関関係を整理し、表層地質構成、ダム・堰堤などの存在などの外的条件から解析を進めることにより、「物理-生物相互作用系」の総合的理解を試みた。最終的な数理モデルの構築にはさらなる知見の集積が必要な段階ではあるが、河床の低攪乱化における物理-生物相互作用系は、表層地質構成やダム建設からの年数によって大きく異なることが推察された。

河床固化の顕在化には、河床のアーマータ化の進行程度、造網型昆虫の活動を左右する季節が大きく影響していた。後者は水温条件を変えて行った実験や、同一地点で実施された季節の異なる調査結果の解析により部分的に記述できたものの、ダム下流河道のアーマータ化については、流域の構成地質、ダムの規模、構造、経過年数、ダムからの距離といった多要因に影響を受けていることが確認された。今後、これらの因果関係解明に向けた新たな検討が必要と思われる。

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8件）

- ① Tashiro, T., Skuka, J., Anbutsu, K, and Tsujimoto, T.: Effects of Flow Diversion due to a Run-of-river Hydropower Plant on Benthic Algae Attached to Riverbed Cobbles at Riffles, Proc. Eighth International Symposium on Ecohydraulics, 査読有, Seoul, Korea, Sep. 2010, pp.493-500.
- ② Tashiro, T. and Tsujimoto, T.: Effects of Geological Heterogeneity in Watershed Area on Sediment Distribution and Benthic Macroinvertebrate, Proc. Ninth International Conference on Hydro-science and Engineering, 査読有, Chennai, India, Aug. 2010, pp.1269-1278.
- ③ 田代 喬, 栃木宏之, 高岡広樹, 辻本哲郎: 集水域特性からみたダム上流域における土砂生産の評価, 河川技術論文集, 査読有, Vol. 15, 2010年6月, pp.71-76
- ④ 田代 喬, 高木 良, 辻本哲郎: 山地流域における土砂生産特性に表層地質構成が及ぼす影響, 水工学論文集, 査読有,

- 第 54 卷, 2010 年 2 月, pp.667-672.
- ⑤ 田代 喬, 登立公平, 辻本哲郎: 流域地質構造が河床材料特性の流下方向変化に及ぼす影響, 河川技術論文集, 査読有, Vol.14, 2008 年 6 月, pp.121-126.
 - ⑥ Tashiro, T. and Tsujimoto, T.: Substratum adhesion with net-spinning caddisfly larvae in gravel rivers, Proceedings of the Fifth Joint Seminar Between Korea and Japan on Ecology and Civil Engineering, 査読無, Nakashibetsu, Japan, Aug. 2007, pp.117-124.
 - ⑦ 田代 喬, 皆川朋子, 萱場祐一: 底生動物棲み込みによる河床固化について, 土木技術資料, 査読有, Vol.49, No.7, 2007 年 7 月, pp.52-57.
 - ⑧ 田代 喬, 佐藤圭輔, 中村直斗, 登立公平, 辻本哲郎: 流域の地質構造・地形特性に着目した河川景観の階層性の分析, 河川技術論文集, 査読有, Vol.13, 2007 年 6 月, pp.279-284.

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① 田代 喬, 辻本哲郎: 異なる表層地質を流域にもつ河川における底生動物群集, 応用生態工学会第 14 回研究発表会, 札幌, 2010 年 9 月.
- ② 奥田千賀子, 田代 喬, 安佛かおり, 辻本哲郎: 礫下砂成分に着目した河床底質の生態的機能評価法の開発, 日本陸水学会東海支部会第 12 回研究発表会, 瑞浪, 2010 年 2 月.
- ③ 田代 喬, 辻本哲郎: 流域の表層地質が河床材料構成, 底生動物組成に及ぼす影響, 応用生態工学会第 13 回研究発表会, さいたま, 2009 年 9 月.
- ④ 田代 喬, 辻本哲郎: 河川における水生生物による土砂動態変化: 生態系管理に向けたその工学的評価, ELR2008 (日本緑化工学会, 日本景観生態学会, 応用生態工学会合同大会), 福岡, 2008 年 9 月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田代 喬 (TASHIRO TAKASHI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号: 30391618