

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710039

研究課題名(和文) 河川生態系の維持機構とダム下流域で生じる劣化機構：フィードバックループに着目して

研究課題名(英文) Ecosystem degradation and maintenance mechanisms in dam downstream: focusing on feedback loops between periphyton and their feeders

研究代表者

森 照貴 (Mori, Terutaka)

東京大学・総合文化研究科・特別研究員

研究者番号：50600095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ダム下流域で生じる付着藻類の過剰な成長と藻類食者の消失といった、自然河川とは異なる生態系が生じるプロセスを解明するために、野外・室内実験を行った。実験の結果、ダムに起因する濁水の発生や流砂の減少などは、複合的な影響を付着藻類に及ぼし、場合によっては付着藻類の過剰な成長を引き起こすことが明らかとなった。また、水生昆虫などの藻類食者の減少は、ダムによる流砂の欠乏が影響するプロセスと、餌資源である付着藻類の変化が影響するプロセスが存在する可能性が示唆され、水生昆虫の消失もまた付着藻類の過剰な成長をもたらす一因であるといった、両者の密接な関係性が示された。

研究成果の概要(英文)：To clarify processes that provide overgrowth of periphyton and disappearance of algivore in dam downstream, both of which are different with stream ecosystems in natural conditions, we conducted laboratory and field manipulation experiments. Drainage of turbid water and absence of bed loads due to dam reservoirs had effects on periphyton, and in some cases the both contributed to overgrowth of periphyton. Disappearance of algivore such as stream insects may result from two factors, scarce of sand which is used as stone case and alteration of periphyton as food resources. In addition, their disappearances triggered overgrowth of periphyton, and thus we showed that the both the overgrowth and the disappearance is closely linked to each other.

研究分野：河川生態学

キーワード：濁水 シルト 掃流砂 付着藻類 水生昆虫 アユ

1. 研究開始当初の背景

利水や治水などの目的から、日本を含む世界各地で多くのダムが河川に建設されてきた。ダムは生物の分布の分断化や、ダム下流域における流量の平滑化や水質悪化、土砂の欠乏などを引き起こし、自然河川とは乖離した生態系をもたらすことが指摘されている。特に、土砂がダムにせき止められることで、ダム下流域では掃流砂が欠乏するが、この影響については海外誌でもわずか2例と検証例が少ない。掃流砂は、物理的な摩耗・研磨により付着藻類を減少させる機能があるため、掃流砂の欠乏は藻類の過剰成長をもたらす可能性が示唆される。ダムが建設される中流域では、上・下流域よりも、エネルギー基盤として付着藻類の重要性が高く、掃流砂の欠乏により生じる付着藻類の過剰成長は、餌資源としては不適な藻類への変化を伴う可能性があり、藻類食者などの消費者への波及効果が懸念されている。しかし、掃流砂や流量を操作した実験は難しく、繰り返しのない実験や非常に小さな実験系でのみ行われてきた。そのため、掃流砂の欠乏が引き起こす「付着藻類の過剰成長」と、それに伴って生じると予想される「藻類食者の消失」などの波及効果といったプロセスについては重要視されているが、検証されていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ダム下流部で生じる「付着藻類の過剰成長」と「藻類食者の消失」といった、自然河川とは乖離した生態系に至るプロセスを解明することである。これまでの研究から、自然河川では付着藻類と藻類食者の間に、藻類の過剰成長と藻類食者の消失を防ぐフィードバックループが存在し、そのループが頑健に維持されているという仮説が立てられた(図1)。また、ダム下流部での環境変化が、本来、成立するはずの生態系を崩すプロセスに関しても仮説も立てた(図2)。そこで、本研究では、これらの仮説を構成する各関係性について、野外・室内操作実験により検証を行った。

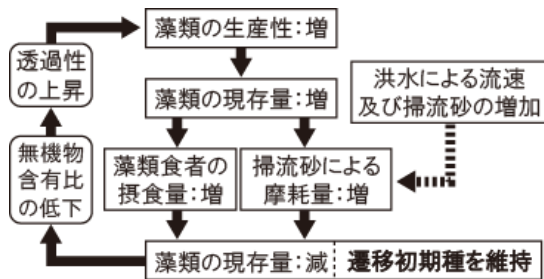


図1. 自然河川で想定される付着藻類と水生動物の関係

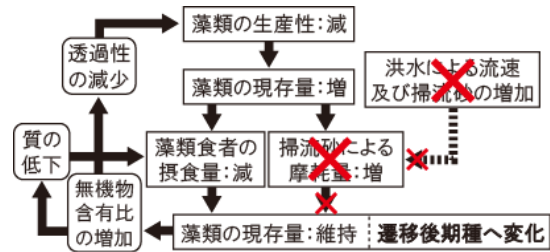


図2. ダム下流河川で想定される付着藻類と水生動物の関係

3. 研究の方法

仮説として考えられた河川生態系の維持機構(図1)と劣化機構(図2)を検証するために、野外及び室内にて操作実験を行った。各要因の関係性を明らかにするためには、藻類食者、掃流砂、濁水および洪水攪乱を操作する必要があるが、本研究では様々な実験設備を作成することで、実験を実施した。(写真1-3)。



写真1. 濁水と掃流砂の濃度および流速の違いが付着藻類に及ぼす影響を検証可能な循環型水路



写真2. 条件を変えた付着藻類を沈水させ、流水環境で水生昆虫を飼育可能なメソコズム



写真3. 条件を変えた付着藻類を沈水させ、流水環境で魚類を飼育可能な実験河川

#### 4. 研究成果

(1). 濁水中のシルトおよび掃流砂が付着藻類に及ぼす影響：野外の河川に人口基質（タイル）を3日から12日間沈水させ、付着藻類の定着を促した。得られた付着藻類を用い、清水（浮遊土砂濃度：10 mg/L）もしくは2種類のシルトのみを含む濁水（1,000 mg/Lおよび10,000 mg/L）に曝す実験を行ったところ、浮遊土砂濃度が高いほど、付着藻類に堆積するシルト（無機物）量や無機物含有比は多くなっていた。その一方で、シルトだけでなく掃流砂も含む濁水では、たとえ浮遊土砂濃度が高いとしても、付着藻類に堆積する無機物量や含有比は減少する傾向にあった。このことから、掃流砂の存在は摩耗効果により付着藻類の現存量を減らすものの、堆積した無機物量や含有比を減少させる効果があることが明らかとなった。

(2). 濁水に由来するシルトの堆積と掃流砂が藻類食性の水生昆虫に及ぼす影響：(1)と同様の実験操作から、清水と2種類の濁水に曝したタイル上に付着藻類を用意し、2種の藻類食性の水生昆虫（コヤマトビケラ属の1種とエルモンヒラタカゲロウ）と一緒に流水条件が再現可能なメソコスムに投入した。そして、野外の河川と類似の水温および光環境条件の下で14日間飼育実験を行った。その結果、コヤマトビケラ属の1種はシルトが堆積していたとしても、付着藻類を摂食しており、致死することはなかった。一方、エルモンヒラタカゲロウは付着藻類にシルトが堆積していることで、摂食量が減少しており、致死する個体も多く見られた。このようにシルト（無機物）が堆積した付着藻類が藻類食性の水生昆虫に及ぼす影響は種によって異なっており、この違いは口器や餌の食べ方に起因しているものと考えられた。そして、付着藻類が掃流砂による摩耗効果を受けた後では、コヤマトビケラ属の1種だけではなく、エルモンヒラタカゲロウも付着藻類を摂食することが明らかとなった。つまり、エルモンヒラタカゲロウのような水生昆虫は、掃流砂が欠乏するダム下流域にて、付着藻類に無機物が堆積することで消失するものと考えられ、それに対し、コヤマトビケラ属のような水生昆虫は餌資源ではなく、巢材に必要な砂や小礫の不足によって消失する可能性が示唆された。

(3). 藻類食者による摂食が付着藻類の遷移過程に及ぼす影響：(2)と同様の実験条件を設定することで、2種の藻類食性水生昆虫（コヤマトビケラ属の1種とエルモンヒラタカゲロウ）の有無が、付着藻類の遷移過程にどのような影響を及ぼすのかを調査した。その結果、水生昆虫による摂食がないことで、付着藻類の成長は進み、遷移が著しく進行することが明らかとなった。また、エルモンヒラタカゲロウは無機物が多く堆積した付着藻類

を摂食しなかったことから、同様の遷移が観察された。一方、コヤマトビケラ属の1種はどのような条件でも付着藻類を摂食しており、特に糸状の緑藻や藍藻が増加することを抑えていることが明らかとなり、エルモンヒラタカゲロウについても付着藻類を摂食できる場合には、これら糸状藻類の成長を抑制していた。

(4). 濁水 付着藻類 藻類食性魚類（アユ）の関係性：屋外を流れる実験河川において長さ10 mの実験区を24個設置し、藻類食性魚類（アユ）の有無を操作し、各実験区の付着藻類をあらかじめ清水もしくは2種類の濁水に曝したものを設置した。その結果、付着藻類に堆積している無機物量の多寡に関わらず、アユは摂食活動を行っていることが明らかとなった。ただし、濁水に曝され、無機物が堆積した付着藻類を餌として利用していたアユについては、肥満度が低下している個体が存在した。この肥満度の低下については、アユのサイズによってバラツキが大きく、個体のコンディションによって影響が異なる可能性が示唆される。また、アユが存在するなどの実験区においても、アユは付着藻類を摂食していたことから、付着藻類の遷移は比較的抑えられており、アユが存在しない実験区よりも糸状藻類は少ない傾向にあった。

(5). まとめ：河川に貯水ダムが建設されることで河床を流れる掃流砂は欠乏し、藻類食性の生物が減少することが知られている。本研究の成果から、掃流砂が存在することで、付着藻類は餌資源としては好ましくない過剰な成長はせず、常に藻類食性の水生昆虫や魚類の餌として利用される状態が保たれることが示された。また、これら藻類食性の生物自身が摂食活動を通して、付着藻類の遷移を抑え、自らが利用する餌資源を好適な状態に保つ可能性が示唆された。

#### 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4件）

森照貴, 石川尚人 (2014) 特集の終わりに：河川生態系の“つながり”に関する展望, 生態学会誌, 64(2):143-150. 査読有, URL:

[http://ci.nii.ac.jp/vol\\_issue/nels/AN00193852/ISS0000506693\\_ja.html](http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AN00193852/ISS0000506693_ja.html)

宮川幸雄, 森照貴, 小野田幸生, 萱場祐一 (2014) 濁水に含まれる無機物の堆積が付着藻類の一次生産に及ぼす影響, 土木技術資料, 56(2):34-37. 査読有, URL:

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019964461>

森照貴, 小野田幸生, 宮川幸雄, 加藤康充, 萱場祐一 (2013) ダム下流域における濁水の発生状況と堆砂対策に伴う高濃

度濁水が付着藻類に及ぼす影響, ダム技術, 324: 27-34. 査読有, URL:  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019806876>  
森照貴 (2012) 河川水辺の国勢調査とは? 豊田市矢作川研究所月報 (Rio), 168:1-2, 査読無, URL:  
<http://yahagigawa.jp/rio201210.html>

[学会発表](計 18 件)

加藤康充, 森照貴, 赤松史一, 崎谷和貴, 宮川幸雄, 萱場祐一, ダムによる付着藻類および底生動物群集への影響は流域の大きさによって変化するか? 日本生態学会第 61 回全国大会, 2014 年 3 月 17 日, 広島国際会議場 (広島県・広島市)  
宮川幸雄, 森照貴, 小野田幸生, 加藤康充, 萱場祐一, 無機物の堆積量が付着藻類の一次生産速度に及ぼす影響, 陸水学会東海支部会第 16 回研究発表会, 2014 年 2 月 22 日, 寿々波 (三重県・鳥羽市)  
加藤康充, 森照貴, 高木哲也, 小野田幸生, 萱場祐一, 河川における濁水がアユの行動に影響を与えるか? : テレメトリーを用いた行動パターンの検証, 陸水学会東海支部会第 16 回研究発表会, 2014 年 2 月 22 日, 寿々波 (三重県・鳥羽市)  
小野田幸生, 森照貴, 佐川志朗, 萱場祐一, 濁水の曝露における濃度とタイミングがアユ卵の生残に及ぼす影響, 陸水学会東海支部会第 16 回研究発表会, 2014 年 2 月 22 日, 寿々波 (三重県・鳥羽市)  
宮川幸雄, 森照貴, 小野田幸生, 加藤康充, 萱場祐一, 濁水に含まれる無機物の堆積が付着藻類の一次生産性に及ぼす影響, 応用生態工学会第 17 回大会, 2013 年 9 月 19 日, 大阪府立大学 I-site なんば (大阪府・大阪市)  
森照貴, 高木哲也, 加藤康充, 小野田幸生, 宮川幸雄, 萱場祐一, 河川性底生動物が持つ生態系サービス: 藻類食者がシルトの堆積した付着藻類に及ぼす影響, 応用生態工学会第 17 回大会, 2013 年 9 月 19 日, 大阪府立大学 I-site なんば (大阪府・大阪市)  
小野田幸生, 原田守啓, 森照貴, 加藤康充, 高木哲也, 萱場祐一, 土砂供給に伴う河床表層の変化が魚類の空間利用におよぼす影響, 応用生態工学会第 17 回大会, 2013 年 9 月 19 日, 大阪府立大学 I-site なんば (大阪府・大阪市)  
加藤康充, 森照貴, 高木哲也, 小野田幸生, 萱場祐一, 濁りがアユの行動に与える影響 ~ テレメトリー法を用いて ~, 応用生態工学会第 17 回大会, 2013 年 9 月 19 日, 大阪府立大学 I-site なんば (大阪府・大阪市)  
宮川幸雄, 森照貴, 小野田幸生, 高木哲也, 加藤康充, 原田守啓, 萱場祐一, 堆積した無機物が付着藻類の時間変化に及ぼす影響, 日本陸水学会第 78 回大会,

2013 年 9 月 11 日, 龍谷大学瀬田キャンパス (滋賀県・大津市)  
加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 萱場祐一, ダムが河川の水質に与える影響について ~ 長期・広域の観測データに基づいた解析 ~, 日本陸水学会第 78 回大会, 2013 年 9 月 11 日, 龍谷大学瀬田キャンパス (滋賀県・大津市)  
森照貴, 加藤康充, 高木哲也, 小野田幸生, 宮川幸雄, 萱場祐一, 河川におけるシルトの堆積が付着藻類 - 藻類食者間の相互作用に及ぼす影響, 日本陸水学会第 78 回大会, 2013 年 9 月 11 日, 龍谷大学瀬田キャンパス (滋賀県・大津市)  
小野田幸生, 原田守啓, 森照貴, 加藤康充, 高木哲也, 萱場祐一, 土砂堆積による河床の表面構造の変化が魚類の空間利用に及ぼす影響, 日本陸水学会第 78 回大会, 2013 年 9 月 11 日, 龍谷大学瀬田キャンパス (滋賀県・大津市)  
加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一, 魚類群集に対するダムの影響: 広域スケールにおけるダム上下流比較, 日本生態学会第 60 回大会, 2013 年 3 月 6 日, グランシップ静岡 (静岡県・静岡市)  
赤坂卓美, 森照貴, 竹川有哉, 石山信雄, 井上幹男, 三橋弘宗, 河口洋一, 鬼倉徳雄, 三宅洋, 片野泉, 一柳英隆, 中村太士, 水生動物を用いた " 川の健康診断 ": 全国および地域スケールでの試み, 日本生態学会第 60 回大会, 2013 年 3 月 6 日, グランシップ静岡 (静岡県・静岡市)  
宮川幸雄, 森照貴, 加藤康充, 小野田幸生, 萱場祐一, 河川における濁水が付着藻類の一次生産に及ぼす影響, 日本陸水学会第 77 回大会, 2012 年 9 月 15 日, 名古屋大学全学教育棟 (愛知県・名古屋市)  
加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 萱場祐一, 長期・広域データに基づいた河川の水質に対するダムの影響, 日本陸水学会第 77 回大会, 2012 年 9 月 15 日, 名古屋大学全学教育棟 (愛知県・名古屋市)  
加藤康充, 小野田幸生, 森照貴, 一柳英隆, 萱場祐一, 広域スケールにおける魚類の種組成に対するダムの影響, ELR2012 東京 (三学合同大会), 2012 年 9 月 9 日, 東京農業大学世田谷キャンパス (東京都・世田谷区)  
小野田幸生, 森照貴, 佐川志朗, 萱場祐一, 濁水の曝露における濃度とタイミングがアユ卵の生残に及ぼす影響, ELR2012 東京 (三学合同大会), 2012 年 9 月 9 日, 東京農業大学世田谷キャンパス (東京都・世田谷区)

[図書](計 2 件)

森照貴 (編集: 日本陸水学会東海支部会), 朝倉書店, 身近な水の環境科学 実習・測定編 (5.2. データベースの利用), 2014,

166-171

森照貴, 中村太士(監修:川那辺浩哉, 水野信彦, 編集:中村太士), 講談社, 河川生態学(4.6.流域の水系ネットワーク), 2013, 228-253

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/moriterutaka/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森 照貴 (MORI TERUTAKA)

東京大学・総合文化研究科・特別研究員

研究者番号: 50600095