

平成 21 年 6 月 19 日現在

研究種目：若手研究 B  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18710031  
 研究課題名（和文）  
 ダム河川キーストーン種の優占要因を考える：生態系に配慮した河川管理をめざして  
 研究課題名（英文）  
 Investigation of the factors for dominance of key-stone species in the dammed river  
 to manage regulated river ecosystems  
 研究代表者 片野 泉 (KATANO IZUMI)  
 独立行政法人土木研究所・自然共生研究センター・専門研究員  
 研究者番号：90414995

## 研究成果の概要：

本研究は、ダムによる環境改変のうち、細粒河床材料の減少（粗粒化）は底生動物群集に対し強い影響を与えていること、マダラカゲロウ科の中でアカマダラカゲロウ属・エラブマダラカゲロウ属がダム下流の細粒河床材料が減少した地点に多く分布すること、ダム河川の保全管理のためには適切な指標種を複数設定すべきであり、その候補として細粒河床材料の量的変化によく反応するエラブマダラカゲロウ属等、また、様々な環境要因に対し複合的な反応を示す上記以外のマダラカゲロウ科がその候補となりうることを示した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	240,000	3,240,000

## 研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学 環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価・ダム河川

## 1. 研究開始当初の背景

近年、ダムによる河川生態系への影響が危惧され、その保全管理が強く求められている。生態系における保全・管理では、キーストーン種を取り上げ調べるのが非常に効率的かつ有用とされており、日本でもオオタカなどの生息域から森林の保全を検討するなどの例がある。しかしこれまでのところ、ダム下流の群集においてキーストーン種を取り上げて調べるということは全くなされてい

なかった。研究代表者が行ってきたこれまでの研究からは、マダラカゲロウ科をはじめとするいくつかの底生動物がダム下流および対照区のキーストーン種となる可能性を示唆していたことより、ダム河川で実現している底生動物群集を、マダラカゲロウ科を中心として詳細に調べることにした。

## 2. 研究の目的

本研究は、(1) ダム下流の底生動物群集全体に対し相対的に強く影響する環境要因を明らかにし、実際のダム河川での現状を把握した上で、(2) ダム下流に顕著に優占するマダラカゲロウ科およびその他の底生動物(キーストーン種となる可能性のあるもの)について、ダム上流からダム下流にかけての分布変化を明らかにし、その分布と各環境勾配との対応の一般化をめざすものである。

### 3. 研究の方法

のべ8ダム河川において野外調査を行った。ダム下流地点とリファレンス地点(ダム上流またはダム下流で流入する支川)において環境要因を測定し、底生動物群集を採集した。対象ダムは阿木川ダム(岐阜県)、蓮ダム、安濃ダム、比奈知ダム(三重県)、室生ダム、上津ダム(奈良県)、永源寺ダム、犬上川ダム(滋賀県)とした。このうち阿木川ダムでは、可能な限り網羅して数多くの環境要因を測定することで、底生動物群集構成に強く影響する環境要因の抽出を行った。ここで得た結果より、以降の調査で測定する環境要因を選別した。

底生動物は可能な限り下位レベルまで同定し、個体数ベースで以下の解析を行った。

(1) 多変量解析にて、底生動物群集に対し相対的に強く影響する環境要因を明らかにする、(2) マダラカゲロウ科をはじめとする底生動物(優占種)と環境要因の関係を用いて、それぞれダム下流での分布を推測する統計モデルを構築する。モデルはデータセット内にある各ダム間やサイト間での複雑な背後関係を考慮すべく一般化線型モデルを用いて行った。ダム下流では土砂供給が阻害され底生動物の生息場所に大きな影響を与えることが本研究によって明らかとなった(Katano et al. 2009)ため、特に生息場所の土砂(細粒河床材料)量に着目したモデルを構築した。

### 4. 研究成果

#### (1)

①阿木川ダム(最も多くの環境要因を測定する野外調査を行った)でのデータを用いた多変量解析(CCA)の結果、各調査地点での底生動物群集は大きく異なっていること、また、底生動物群集に対して河床材料組成と餌資源量(流下有機物および付着藻類)の二つが相対的に強く影響していることが明らかとなった(図.1)。すなわち、リファレンス地点と比ベダム下流地点では、砂・小礫の減少に伴う河床の粗粒化が顕著であり、また、餌資源として栄養価が高いとされている流下プランクトンが多く供給され付着藻類量も高く、底生動物にとって餌資源の豊富な環境となっていることが示された。

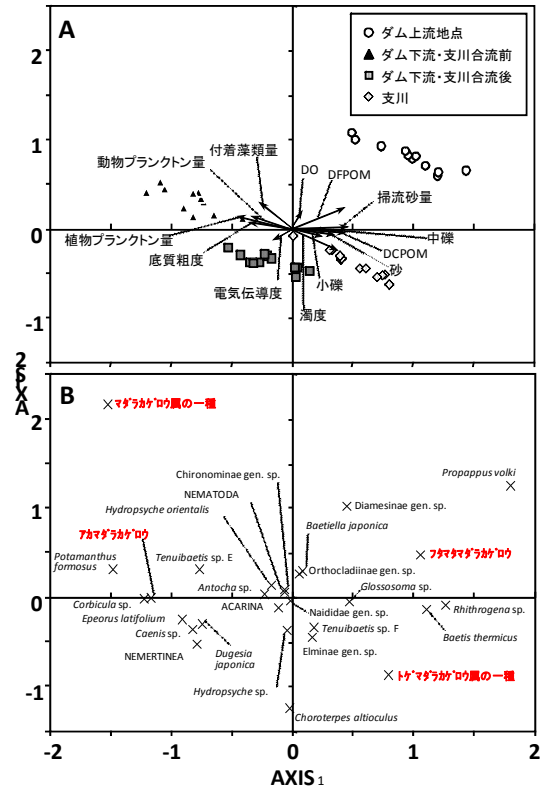


図.1 阿木川ダム調査データにおける多変量解析 CCA の結果

Aに調査地点(凡例の通り)と影響力の強い環境要因(矢印)を、Bに優占種を示す。マダラカゲロウ科は赤太字で、それ以外は学名で示してある。

そこで、ダム周辺地点のマダラカゲロウ科内優占属の分布を河床材料と餌資源から説明するために、前述の CCA で作成した軸と各調査地点の河床材料および餌資源との相関係数をそれぞれ求め、この相関係数とマダラカゲロウ科内属とを相関分析した。その結果、いくつかの属で有意な強い相関が得られた(図.2)。リファレンス地点で優占するトゲマダラカゲロウ属・トウヨウマダラカゲロウ属が両因子に対し負の相関を持つのに対し、ダム下流地点で優占するエラブマダラカゲロウ属・アカマダラカゲロウ属では両因子に対し正の相関を示していた。

実際のダム下流においては高い頻度でエラブマダラカゲロウ属・アカマダラカゲロウ属が高密度に生息することが今回の複数ダムでの調査からも示されている。今回調査した全てのダム下流では細粒河床材料が減少していたが、この細粒河床材料は、実際には礫間隙を埋めている状態で存在する。細粒河床材料が抜け落ち減少すると、当然ながら礫間隙が増加し、この間隙がエラブマダラカゲロウ属・アカマダラカゲロウ属にとっての生息空間となった可能性がある。また、ダム下流で増加した流下有機物は、そのままではマダラカゲロウ科の餌資源になるとは考えにくい、濾過食者により捕

捉され堆積有機物となることで、餌資源となった可能性が考えられる。

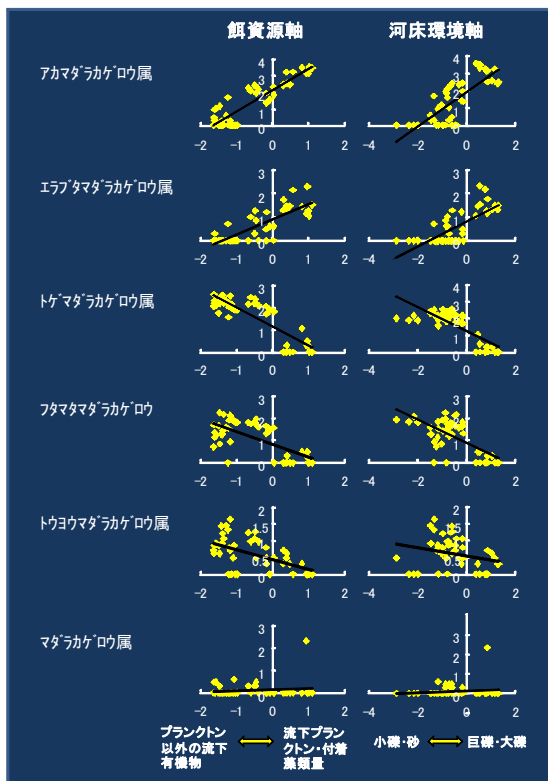


図.2 マダラカゲロウ科の餌資源および河床材料に対する反応

縦軸は対数変換後の各属(種) 個体数を示す。ダム下流地点で優占したアカマダラカゲロウとエラブタマダラカゲロウのみが、他と異なる傾向を示した。

②阿木川ダム以外の7ダム(近畿地方に位置する)のデータを用いて多変量解析(CCA)を行った結果、(1)①と同様の結果が得られ、生息する底生動物群集は、河床材料組成および流下物有機物量に強く影響されていることが示された。しかし、これら環境因子の底生動物群集変化に対する影響力は各ダムによって様々であり、異なる河川の個性が強く働いていることが予想された。

ところで、細粒土砂が減少したダム下流において支川が流入すると、細粒河床材料が再供給されることにより、ダムの影響を受けた河床材料環境が再び元に戻ることが知られている(Katano et al. 2009)。支川がどれだけの量の細粒河床材料を供給するかは、その支川の本川に対する規模やダム下流のどの位置で流入するかなどによって、予測できると考えられる。ダム下流本川において、支川流入前後の底生動物群集を比較することは、ダム下流において細粒河床材料を継続的に再供給する実験と見なし得るだろう。そこで、本研究では、ダム下流で最初に流入する支川を対象として、ダム下流本川の支川流入前・支川流入後の両地点において底質環境及び

底生動物群集を比較して、底生動物群集が細粒河床材料にどれだけ影響されているのかを示すこととした。

調査を行ったダムのうち、近畿地方に位置する7ダム分を合わせたデータで多変量解析(NMDS、ANOSIM)を行った結果、各調査地点に実現する底生動物群集は、個々のダムによって異なっているものの、調査地点ごとに有意に分類できることが示され、支川流入前本川と比べ、支川流入後本川の底生動物群集は、支川に似る群集へと変化することが明らかとなった(図.3)。また相関分析から、

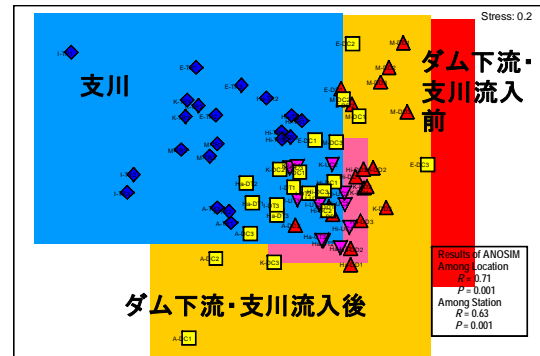


図.3 7ダム河川における底生動物群集データを用いたNMDSの結果

この支川合流前と支川合流後の群集変化量(ベクトル値)を、各ダム河川固有の支川情報すなわち「本川に対する支川の規模」および「流入位置」で比較したところ、本川に対する支川の規模が大きいほど、また、よりダムに近い地点で流入する支川であるほど、群集の変化量が大きいことが明らかとなった。このことは、ダム下流では、流入支川による細粒河床材料の再供給が、全体的な底生動物群集の改変に大きく影響することを示している。つまり、生態系に配慮したダム河川管理を行うためには、流入規模の大きな支川およびダムに近い地点で流入する支川は、保全的な管理を行うことが好ましいことが示唆された。

(2) 本研究で調査した複数ダムでのデータを用いて、環境要因の中でも特に生息場所の細粒河床材料量に着目したモデル(一般化線形混合モデル; GLMM)を構築し、マダラカゲロウ科その他の優占種がどれだけ細粒河床材料の多少に反応するかを調べた。その結果、マダラカゲロウ科(生活型は匍匐型)の中ではエラブタマダラカゲロウ属、その他の底生動物ではヤマトビケラ属(携巢型)・シジミ科(掘潜型)が最もよくモデルと合致した(図.4)。しかし、エラブタマダラカゲロウ属以外のマダラカゲロウ科属は細粒河床材料モデルとの合致が比較的弱く、様々な環境要因がその分布に強く働いている可能性が示唆された。エラブタマダラカゲ

トウヨウマダラ科以外のマダラカゲロウ科属の分布は、細粒河床材料だけでなくさまざまな環境要因の変化の影響を反映していると考えられる。それに対し、モデルとの合致が強かったエラブタマダラ科属・ヤマトビケラ属・シジミ科は、細粒河床材料の多少をよく反映して分布していることが明らかとなった。つまり、エラブタマダラ科属以外のマダラカゲロウ科は土砂だけでなくダム下流の全体的な環境変化を示す指標種となりうる可能性があり、一方でエラブタマダラ科属・ヤマトビケラ属はダム下流の土砂動態の指標種となりうるということが示された。

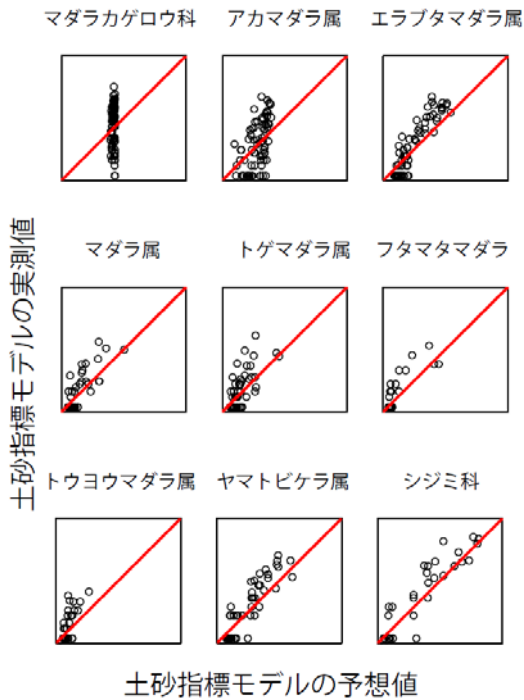


図. 4 優占底生動物分類群の細粒河床材料モデルへの合致

GLMM を用いてモデルを作成した。横軸にモデル予測値、縦軸は観測値を示す。赤線に沿うデータが多いほどそのモデルが有効であるといえる。データが縦に並ぶマダラカゲロウ科は、細粒河床材料に対し逆反応を示す属（例えばトゲマダラとアカマダラ）が科内に存在することを示す。

(3) 本研究では、ダム下流の底生動物群集、とくにマダラカゲロウ科について、その分布と環境要因への反応を検討した。その結果として、ダム下流の環境改変として細粒河床材料の減少（粗粒化）は、底生動物群集に対し強い影響を与えていることが示された。マダラカゲロウ科内の属の分布と細粒河床材料の量の相関を調べたところ、アカマダラ科属およびエラブタマダラ科属は、ダム下流の細粒河床材料が減少した地点に多く分布することが明らかとなった。

今後、ダム河川生態系の保全管理のために適切な指標種を設定して河川管理を行うこ

とが必要であると考えられるが、本研究の結果からは、この指標種を複数設定するべきであることが示された。すなわち、細粒河床材料の量的変化によく反応するエラブタマダラ科属・ヤマトビケラ属・シジミ科と、細粒河床材料だけでなく、様々な環境要因にたいし複合的な反応を示すといえる、エラブタマダラ科属以外のマダラカゲロウ科がその候補となりうる考えられる。今後は、これらの種に着目してダム河川の調査・保全計画立案を立案することが必要となるだろう。ただし、本研究において野外調査を行ったのは中部・近畿の 8 ダム河川であることも考慮に入れる必要があり、国内のダム河川全体に対し本研究の結果を一般化するためには、今後も継続した検証が必要であると考えられる。

#### 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 I. Katano et al. (2009) Longitudinal macroinvertebrate organization over contrasting discontinuities: effects of a dam and a tributary. *Journal of the North American Benthological Society* 28: 331-351. (査読あり)
- ② I. Katano et al. (2009) Upstream resource abundance determines the food searching behavior of a stream grazer: effects of microalgal cues. *Limnology and Oceanography* 54: 1162-1166. (査読あり)
- ③ 片野泉ほか. (2008) 土砂供給量の異なる河川間で、ダム下流入支川の効果は異なるか?. 応用生態工学会第 12 回研究発表会講演集: 104-105. (査読なし)
- ④ 片野泉ほか. (2007) 支川流入によるダム下流生態系の改善: 支川の規模と流入地点による比較. 応用生態工学会第 11 回研究発表会講演集: 275-276. (査読なし)
- ⑤ 土居秀幸, 片野泉ほか. (2007) ダム下流河川の食物網構造と支川合流による改善効果, 応用生態工学会第 11 回研究発表会講演集: 261-262. (査読なし)
- ⑥ 片野泉ほか. (2006) ダム下流における支川合流が底生動物群集に与える影響—一流況の異なる季節間での比較—. 応用生態工学会第 10 回研究発表会講演集: 13-14. (査読なし)
- ⑦ I. Katano et al. (2006) Tributary inflow modified the benthic macroinvertebrate assemblages in the downstream of the Agi-gawa dam. *Bulletin of the North American Benthological Society* 23(1):

P313-314. (査読なし)

- ⑧ I.Katano et al. (2006) Effects of a tributary inflow on the benthic macroinvertebrate assemblages in the downstream of the Agi-gawa dam: seasonal comparison between summer and winter. Proceedings of the International Conference on Ecological Restoration in East Asia 2006: 84. (査読なし)

[学会発表] (計9件)

- ① 片野泉ほか. 土砂還元の効果を表す指標種の可能性. 日本生態学会第56回大会、2009年3月18日、岩手県立大学.
- ② 片野泉ほか. ダム下流における支川の効果を考える: 供給土砂量の異なる2河川間の比較. 日本陸水学会大72回大会、2008年10月10日、北海道大学.
- ③ 片野泉ほか. 土砂供給量の異なる河川間で、ダム下流入支川の効果は異なるか? 応用生態工学会第12回大会、2008年9月20日、福岡大学.
- ④ 片野泉ほか. 支川流入によるダム下流生態系の改善: 支川の規模と流入地点による比較. 応用生態工学会第11回大会、2007年9月16日、名古屋大学.
- ⑤ 片野泉ほか. 支川流入がダム下流の河床環境と底生動物群集に与える影響: 近畿8ダム河川間での比較. 日本陸水学会第72回大会、2007年9月13日、茨城大学.
- ⑥ I.Katano et al. Effects of a tributary confluence on riverbed environments and macroinvertebrate assemblages in the areas downstream of dams. 92nd Annual Meeting of Ecological Society of America, 2007年8月9日、San Jose, USA.
- ⑦ 片野泉ほか. ダム下流における支川合流が底生動物群集に与える影響—一流況の異なる季節間での比較—. 応用生態工学会第10回大会、2006年10月、東京大学.
- ⑧ I.Katano et al. Tributary inflow modified the benthic macroinvertebrate assemblages in the downstream of the Agi-gawa dam. 54<sup>th</sup> Annual Meeting of North American Benthological Society, 2006年6月7日、Anchorage, USA.
- ⑨ I.Katano et al. Effects of a tributary inflow on the benthic macroinvertebrate assemblages in the downstream of the Agi-gawa dam: seasonal comparison between summer and winter. The 1<sup>st</sup> International Conference on Ecological Restoration in East Asia, 2006年6月17日、Osaka.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

片野 泉 (KATANO IZUMI)

独立行政法人土木研究所・自然共生研究センター・専門研究員

研究者番号: 90414995

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし