

河川の局所的環境条件が底生動物群集に与える影響 —砂礫堆と樹林の影響を把握する—

太田 太一*・竹門 康弘・池淵 周一

* 京都大学大学院工学研究科

要 旨

河川改修や整備を行なうにあたり、生物にとって好ましい生息場所構造を保全してゆくためには、生息場所の各種物理的環境条件と生物群集との相互関係を明らかにする必要がある。本研究では淀川水系高時川において、底生動物に対する生物調査地点の物理的環境の影響と、生物調査地点よりも上下流域の物理的環境の影響とを比較した結果、(1) 調査地点の物理環境により強く影響を受ける底生動物と、上流域の影響をより強く受けている底生動物が存在する。(2) ろ過食者(ウルマーシマトビケラ等)にとって、上流の砂礫堆が重要である。(3) 破碎食者(ガガンボ属等)にとって、水面植被度の大きい場所が重要である。(4) 藻類食者(シロハラコカゲロウ等)にとっては、上流の水面植被度の小さい場所、もしくは森林率が低い場所が重要であることがわかった。

キーワード：高時川，底生動物群集，物理環境，CCA 解析

1. 序論

底生動物群集の組成や特徴には、様々な環境要因が様々な空間スケールで働いていると考えられる。しかし、実際には調査地点の物理環境に注目した研究は多いが、上流・下流の影響を分析した仕事は少ない(太田ほか, 2002)。そこで、本研究は、調査現場の物理環境条件のみならず上下流の各種環境条件と、生物群集変量(種類数・個体数・現存量・多様性指数)との相関分析を行い、溪流の底生動物にどの程度の空間スケールの環境条件が影響しているかを分析した。

高時川の研究(太田ほか, 2002)では、瀬に棲む底生動物が現場の環境条件のみに左右されるわけではなく、藻類食者・収集食者・肉食者は上流の水面植

被度・勾配・河床材に影響を受け、近隣の河岸植被度の影響を受けていることや、破碎食者は近隣の水面植被度に影響を受け、上流の河岸植被度に影響を受けることが報告されている。しかしながら、底生動物は遡上するといった特質を持つため、下流の影響も考える必要がある。また、本研究では、底生動物の生息場を考えると、植生のみならず、砂礫堆といった物理環境の要因も考える必要がある。そこで、本研究は、溪流の底生動物の変量に対する上流や下流の環境条件(植生・砂礫堆等)の影響を調べることを目的としている。また、各物理環境条件と底生動物群集変量との単相関を行うのみならず、多変量分析も行った。

本研究の応用的な意義として、河川改修・自然復元事業等の影響を考慮したり、評価する際に、対象

となる空間的範囲の目安となることが挙げられる。

2. 調査河川と調査地点

本研究で対象とした高時川は、琵琶湖の北に位置し、標高 535m~84m を流れており、全長 44.58km の河川である。高時川は、河口から 3.08km の位置で姉川と合流し、琵琶湖に流れ込む。底生動物調査は、高時川本川とその支川で行なわれ、本川に 7 つの調査地点 (st1~st7)、奥川並川で 2 点 (st8, st9)、鷺見川・尾羽梨川・針川の計 12 地点で調査が行なわれた (Fig. 1)。

高時川は、栃ノ木峠にその源を発し、中河内を通り山間部に入る。中河内は比較的ひらけており、川周辺は集落や田畑などの土地利用がなされている (st7)。山間部に入ると、川周辺は森林に囲まれ、丹生溪谷を流れた後 (st4)、菅並・上丹生・下丹生に至ると再び平野部が増え始める (st1~st3)。

高時川では、st1~st7 まだが本川にあたり、st8~st12 が支川になる。このような分類をした後、独立 2 群の差の検定を行なった。高時川では、st1~st3 が位数 5、st4~6・st8・st9 が位数 4、st7・st11・st12 が位数 3、st10 が位数 2 である。

本研究で用いた物理環境条件は、筆者が高時川河道沿いに踏査した目視観測データ及び、丹生ダム生態保全検討委員会において、河川形態・瀬・淵の分布など、河川環境の主に物理的な項目に関する状況を把握するために現地踏査をして、得られたデータである (ダム水源地環境整備センター, 1999)。

高時川における底生動物調査は 1998 年 7 月、10 月、12 月、1999 年早春の計 4 回石れきの瀬で行なわれた。調査は、4 回ともにおいて 1 箇所ずつ定量採集する方法で実施された。採集には、サーベネット合計 0.5 平方メートルを用いた (ダム水源地環境整備センター, 1999)。

3. 研究方法

3.1 上・下流域を含めた環境条件との相関

まず、底生動物調査された地点の各種環境条件 (勾配・河岸植被率・水面植被率・浮石率・SI・森林率・水際自然率・河岸自然率・砂礫堆率: 次章で解説) と生物群集変量 (種類数・個体数・現存量・多様性指数) の実数値との相関分析を行い、これら 2 変数の相関係数 (ピアソンの相関係数) を求めた。

次いで調査地点より一つ上流の物理調査地点 (今後はユニットと呼ぶ: 瀬・淵などを 1 ユニットとする) の物理環境データと調査地点の物理環境データ

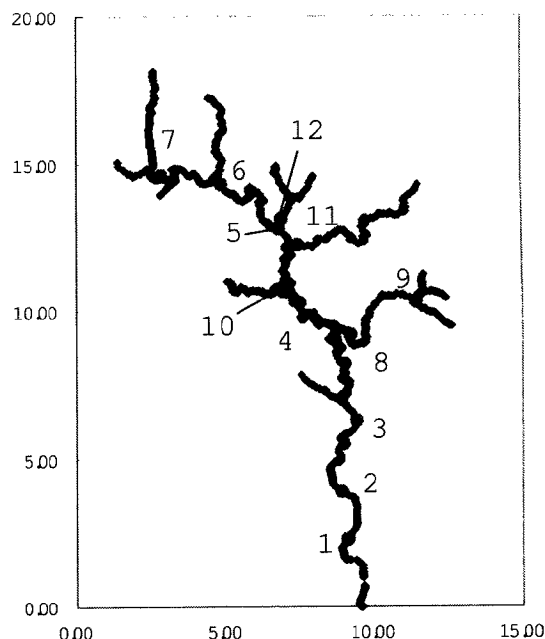


Fig. 1 A map of study area in the Takatoki River. Numerical numbers show sampling stations. Scales are shown in kilometers.

とで、ユニットの長さで重み付けした加重平均値と生物群集変量との相関分析を行なった。

さらに、調査地点の物理データと 2 ユニット分の物理環境データを、ユニットの長さの重み付けをした加重平均を行い、その値を用いて同様に生物変量との相関分析をおこなった。これを上流まで繰り返す、相関係数の変化を算出した。この相関係数の変化から、底生動物の特性を考察した。上流まで繰り返すユニット数は 19 であり、ユニット一つ分の距離は大小さまざまであるが、50m 程度である。

同様の操作を下流側にも行い、19 ユニット繰り返した。以下に本分析の対象とした環境要因を挙げ説明する。

水面植被度 (cover) : ユニット (瀬・淵等) の上空を木等が覆っている場合、そのカバー率を水面植被度と定義した。

勾配 (slope) : 各ユニット (瀬・淵等) には、標高と流程距離が記載されており、そこから勾配を算出した。

SI 値 (si) : 底質環境の指標として底質指標 SI (水源地森林機能研究会, 2000) を用いた。底質指数 SI の算出手法は以下のとおりである。まず、底質の種類として、岩盤・浮石・沈石・砂利・粗砂・細砂・泥・落葉落枝・倒木に分類を行なう。調査場所の各格子点の範囲内で被度の卓越する底質について上位

の3つを記録する。第1位から第3位の底質をそれぞれ3、2、1点として、さらに各底質のスコアを掛け合わせた値の合計値を各地点における底質指数とする。底質スコアは、河床材料の粒径に応じて大きなものから小さなものまで6点から1点の間の値で算出されている。底質指数は6~36の数値となり、点数が高いほど土砂や有機物が侵食を受ける傾向にあり、点数が低いほどこれらが堆積傾向にあると解釈できる。

浮石率 (loose stones) : ユニット内の浮石の率を算出した。

河岸植被率 (shore vegetation) : 河岸に生息している抽水植物 (主にツルヨシ) が、河岸を覆っている率を河岸植被率と定義する。

森林率 (forest) : 高時川各岸沿いの土地利用として、森林・田畑・市街地・工場・道路・発電所・公園・集落・神社・学校の10種を区別した。これらのうち、森林のみを自然物とみなし、森林の割合を算出した。

河岸自然率 (natural bank) : 高時川の河岸地形として、斜面・崩落地・人工面の3種に分類した。このうち斜面・崩落地を自然物とみなし、自然物の割合を算出した。

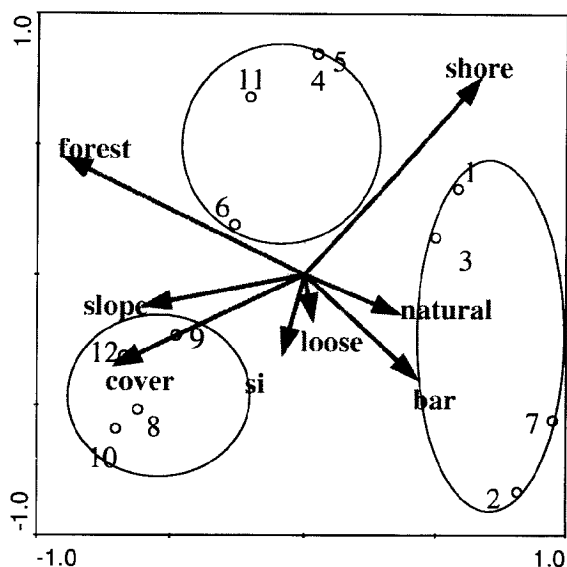
水際自然率 (natural shore) : 高時川の水際環境として、自然・中州・木工沈床・コンクリート・石積・ブロック・魚巢ブロック・工事・護岸・親水護岸の10種を区別し、このうち自然・中州・木工沈床を自然物とみなして自然物の割合を算出した。

砂礫堆河道面積比・砂礫堆長さ率 (bar area , bar length) : 対象ユニットの流程面積分の砂礫堆面積を砂礫堆河道面積比、対象ユニットの河道距離分の砂礫堆長さを砂礫堆長さ率と定義した。

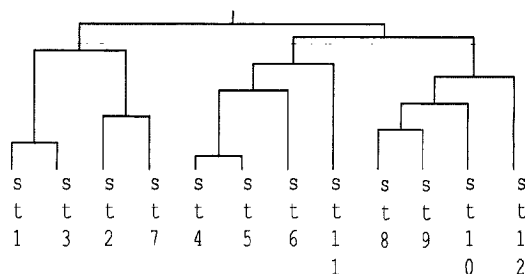
3.2 特定の環境までの最短距離との相関分析

河川横断工作物 (堰・砂防ダム・床固め工) 等の特定の環境要素までの最短距離についても相関分析を行なった。環境要素として以下の4項目を対象とした。(1) 調査地点から河川横断工作物までの距離、(2) 調査地点から森林が途切れるまでの距離、(3) 水際に人工物がある地点から調査地点までの距離、(4) 調査地点から砂礫堆までの距離。

また、石れきの瀬に生息する底生動物は、付近にある淵の影響を受けていることが考えられるため、直上流・直下流の淵の深さ・大きさと生物群集変量との相関分析も行なった。



(a) Principal Component Analysis.



(b) Cluster analysis using Ward's Method.

Fig. 2 Result of Principal Component Analysis and Cluster Analysis using Ward's Method. Numerical numbers correspond to the sampling stations shown in Fig. 1

4. 結果と考察

4.1 底生動物調査地の各物理環境条件

本研究では、高時川流域の全12地点を底生動物調査地として設定した。物理環境要因として、河床材料 (SI値)・水植被率 (cover)・勾配 (slope)・河岸植被度 (shore vegetation)・浮石割合 (loose stones)・土地利用 (森林率: forest)・水際環境 (水際自然率: natural bank)・河岸地形 (河岸自然率: natural bank)・砂礫堆 (砂礫堆長さ率: bar length) を選んだ。これらの環境要因について主成分分析 (PCA: Principal Component Analysis) 及びクラスター分析を行っ

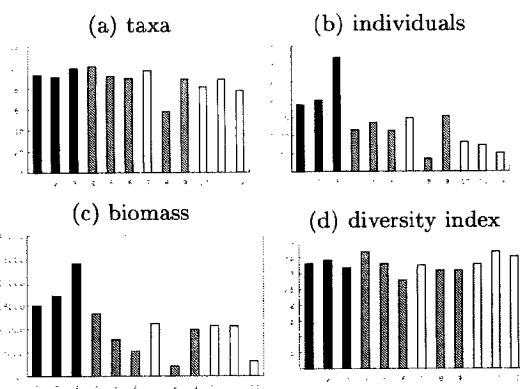


Fig. 3 Differences in the number of taxa (a), individuals (b), biomass (c) and diversity index H' (d) of the benthos communities among stations. Black, gray, and white bars show the stream order 5, 4, and 3, respectively.

た (CANOCO 4.5 for Windows: ter Braak & Smilauer, 2002)。その結果、森林がなく河岸植被が卓越する本川グループ・森林が卓越し、河岸植被も卓越するグループ・森林で覆われており河岸植被が少ない支川グループの3つに分類された (Fig. 2a, Fig. 2b)。

4.2 通年の全底生動物での位数間比較

高時川の底生動物組成を個体数でみると、年間を通して摂食型ではコレクターが、生活形では匍匐型が最も多かった。一方現存量では、ヘビトンボとガガンボ属が多かった。St1~12の底生動物調査結果を Fig. 3 に記載した。なお、位数間比較については、位数2の地点が1つしかないため、位数2を位数3とみなして比較を行なった。種類数においては、位数間では有意差が検出されなかった (ns, one way ANOVA)。個体数においては、位数間で有意差が検出され ($p < 0.05$, one way ANOVA)、多重比較の結果、位数3と位数5、位数4と位数5の間で、位数5が有意に多かった。現存量は位数間で有意差が検出された ($p < 0.05$, one way ANOVA)。多重比較の結果、位数4と位数5の間で、位数5が有意に多かった。多様度指数は、本川支川間・位数間で有意差は検出されなかった (ns, one way ANOVA)。

4.3 全底生動物における、季節間と位数間比較

底生動物の季節間・位数間比較の解析結果を Fig. 4 に示した。種数について、季節間ならびに位数間で比較した結果、位数間に有意差は認められなかったが、位数間で有意差が認められ ($p < 0.05$, two

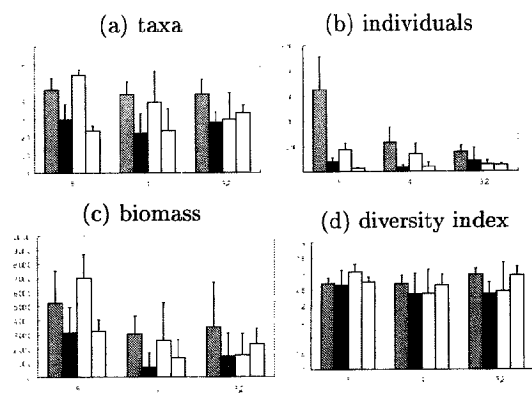


Fig. 4 Seasonal differences in the number of taxa (a), individuals (b), biomass (c) and diversity index H' (d) of the benthic communities in the Takatoki River. Each bar in the order from left to right corresponds to summer, autumn, winter and early spring.

way ANOVA)、夏が秋・早春よりも多く、冬が秋・早春よりも多かった。個体数について、季節間ならびに位数間で比較した結果、季節間・位数間ともに有意差が認められ ($p < 0.05$, two way ANOVA)、交互作用が検出された。現存量について、季節間ならびに位数間で比較した結果、季節間・位数間ともに有意差が認められ ($p < 0.05$, two way ANOVA)、季節間では夏が秋・早春よりも多く、冬が秋よりも多く、位数間では位数5が位数3・4よりも多かった。多様性指数について、季節間・位数間で比較した結果、いずれの季節間・位数間においても有意差は検出されなかった (ns, two way ANOVA)。

4.4 上下流の環境条件との相関

Fig. 5ac, Fig. 6ac は、水面植被度・勾配・SI値・浮石率・河岸植被度との相関分析結果であり、Fig. 5bd, Fig. 6bd は、森林率・河岸自然率・水際自然率・砂礫堆河道面積比・砂礫堆長さ率との相関分析結果である。Fig. 5bd, Fig. 6bd の、 $x = \pm 3$ 上の点は後節で解説する。なお、y 軸は相関係数である。x 軸=0 は調査現場での各環境条件と生物群集との相関係数を表しており、x 軸=+t 地点は調査現場とその直上流のユニット t 個分の各環境条件を平均したものを用いて分析を行い、得られた相関係数を表している。x 軸=-t は調査現場とその直下流ユニット t 個分との各環境条件を平均したものを用いて分析を行い、得られた相関係数をプロットしている ($0 \leq t \leq 18$)。

なお、どこで相関係数が有意になるかを判別するために、危険率5%の境界値を図中に $y = \pm 0.576$

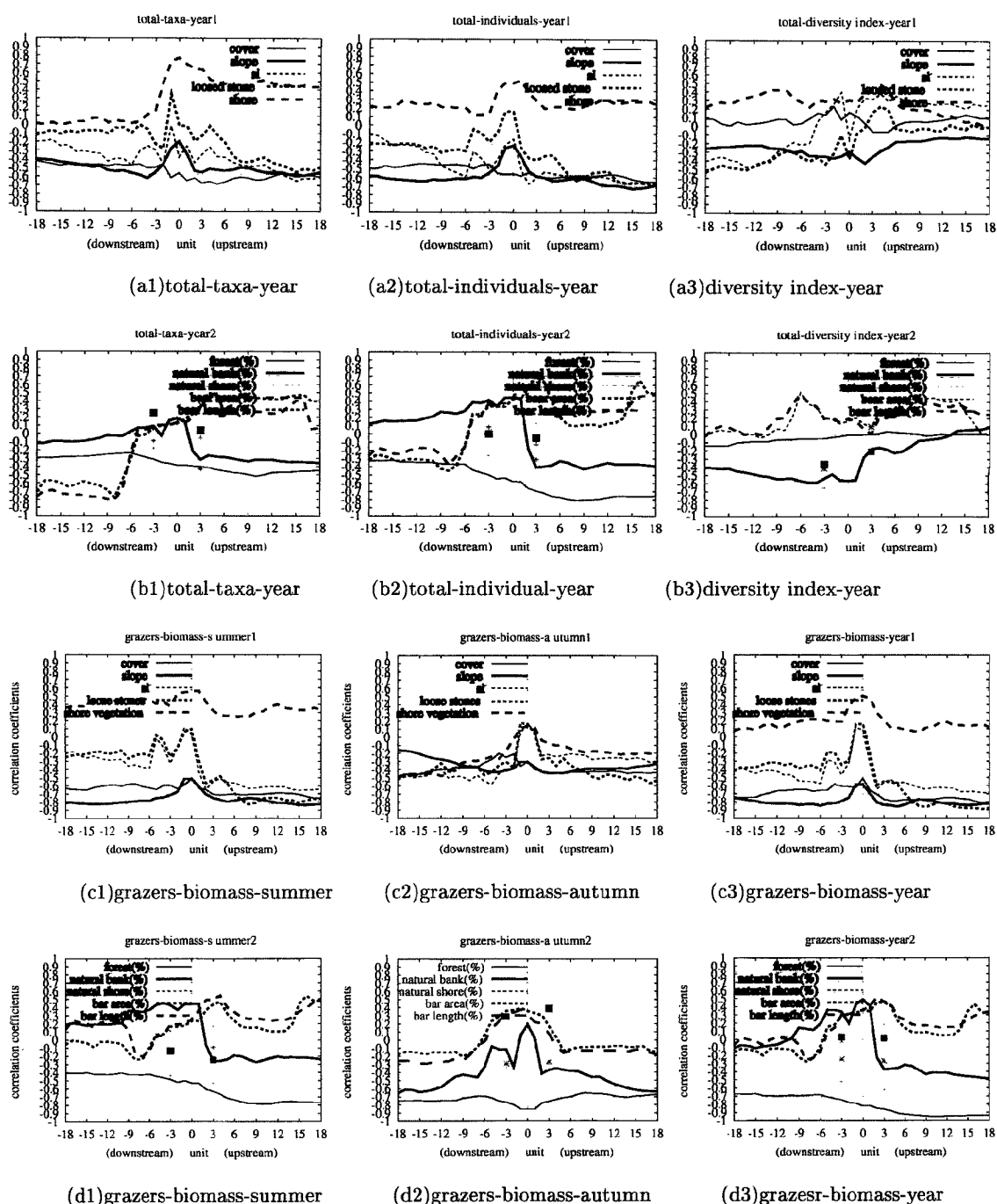


Fig. 5 Changes in correlation coefficients with increasing area of upstream reaches and of downstream reaches from the sampling site calculated between parameters of benthic communities (number of taxa, number of individuals, biomass, and diversity index H') and physical factors (cover, slope, substrate index, loose stone ratio : (a) and (c) ; forest ratio, natural bank ratio, natural shore ratio, total bar area and total bar length : (b) and (d). (a) and (c) corresponds results to the for total benthos and grazers, respectively.

として記した。 $y = \pm 0.708$, $y = \pm 0.823$ にも横線を引いており、これはそれぞれ危険率 1%、危険率 0.5% の境界値を示しているが、今回は危険率 5% の境界値を用いた。

全底生動物 (total) の通年で確認された種数は、

水面植被度・森林率と負の相関があり、森林が種数を減少させているという解析結果が得られた **Fig. 5a**。河岸植被度とは、調査現場で正の相関があり、近隣の河岸植生が全底生動物の種数を増加させていることが示唆された。

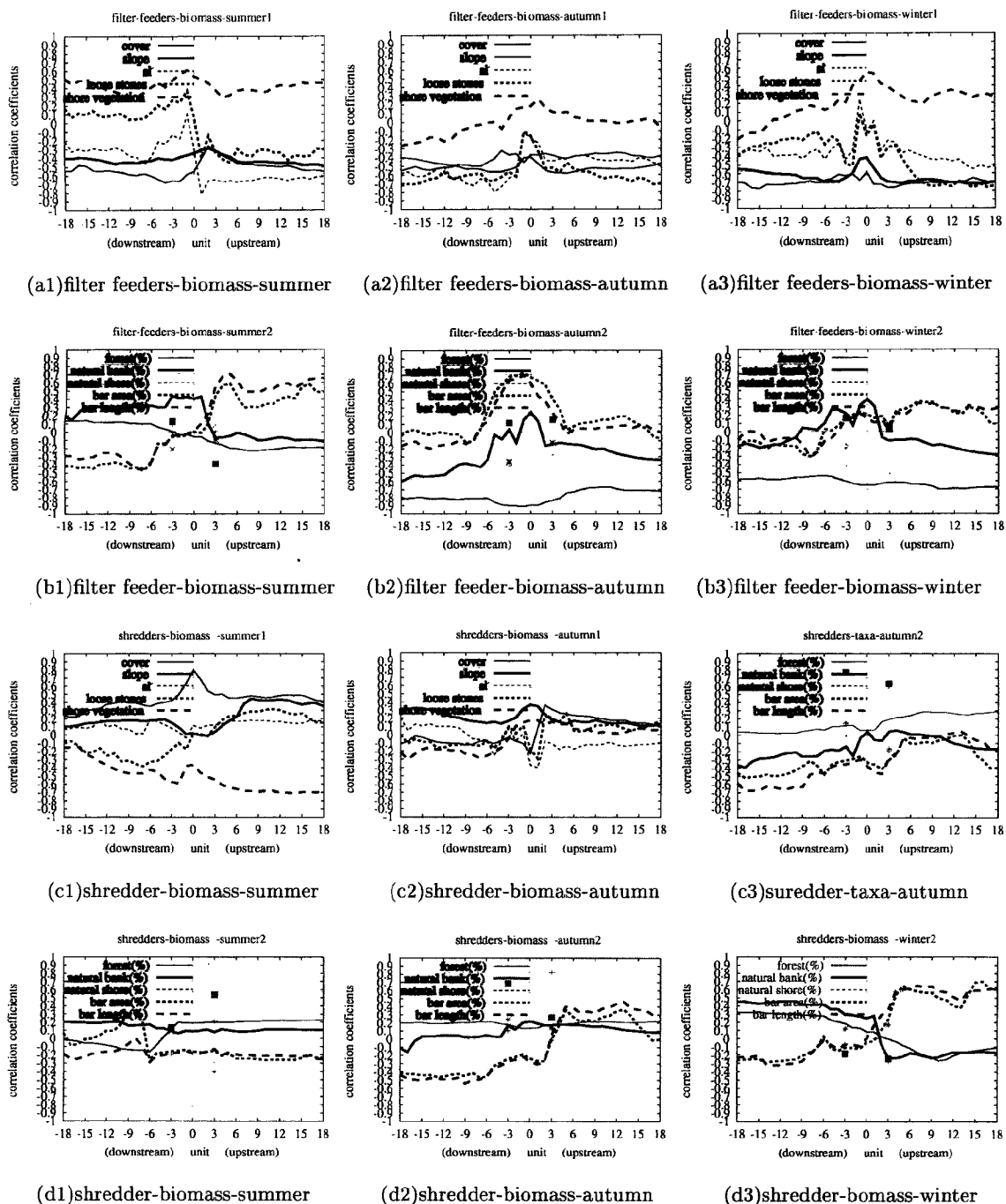


Fig. 6 Changes in correlation coefficients with increasing area of upstream reaches and of downstream reaches from the sampling site calculated between parameters of benthic communities (number of taxa, number of individuals, biomass, and diversity index H') and physical factors (cover, slope, substrate index, loose stone ratio : (a) and (c) ; forest ratio, natural bank ratio, natural shore ratio, total bar area and total bar length : (b) and (d). (a) and (c) corresponds results to the for filter feeders and shredders, respectively.

夏・秋・通年の藻類食者 (grazer) の現存量 (Fig. 5d) は、水面植被度・森林率と上流で負の相関が得られた。日照が当たりやすい地点で藻類が繁殖することによってグレーザーが増加することが考えられたため、付着藻類とグレーザーとの相関分析を行っ

た。その結果、夏の藻類細胞数と旧分類法でのグレーザー現存量・新分類法でのグレーザーの現存量と強い正の相関があり ($p < 0.05$)、夏の藻類沈殿量と旧分類法でのグレーザー現存量・新分類法でのグレーザー現存量と正の相関 ($p < 0.1$) が見られた。

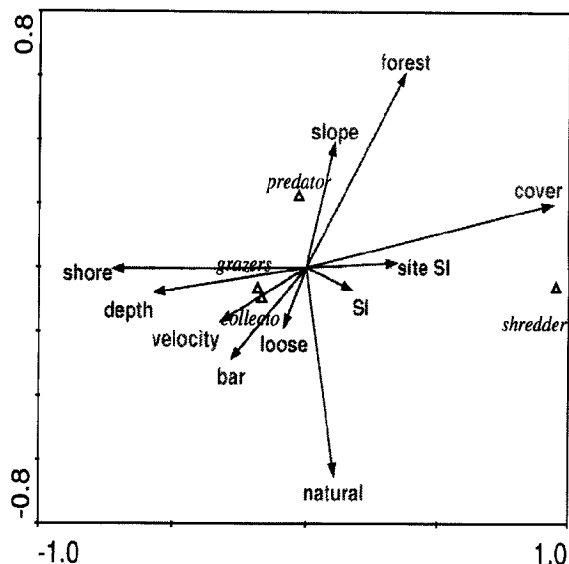
秋の藻類種類数と旧分類法のグレーザー種類数とが正の相関 ($p < 0.1$)、藻類種類数と新分類法の種類数とに正の相関 ($p < 0.05$) が見られた。冬においては、藻類細胞数と旧分類法のグレーザー個体数・新分類法のグレーザー個体数との間に強い相関関係 ($p < 0.05$)、藻類沈殿量と新分類法のグレーザー種類数とに強い正の相関 ($p < 0.05$)、藻類沈殿量と旧分類法のグレーザー種類数・新分類法のグレーザー個体数とに正の相関 ($p < 0.1$) が見られた。藻類の細胞数・現存量は、同様の傾向を示しているものの、グレーザーとの相関は藻類沈殿量の方が、相関関係が明確に現れていた。これにより、日照のあたりやすい地点では、藻類が増え、結果として藻類食者が増加することが示唆された。また、直上流の砂礫堆割合とも正の相関がり、上流の砂礫堆の影響を受けていることが示唆された。

夏・秋・冬・のろ過食者 (filter feeder) の現存量 (Fig. 6ab) は、現場もしくは上流での砂礫堆と正の相関が見られた。また、夏・秋・冬のフィルターフィーダー現存量は、上流もしくは上下流の森林率や水面植被度との負の相関があった。これは、現場もしくは上流に砂礫堆が存在するか、上流域もしくは上下流が開けている場合、フィルターフィーダー個体数が増加することを意味する。その理由として、フィルターフィーダーは、剥がれた藻類を餌とする場合が多く、これは、上流の砂礫堆が大きくなるほどろ過食者に適した餌 (例えば、細粒有機物) が生産されやすいためと考えられ、また、砂礫堆が現場もしくは上流にあることで礫供給がなされ、生息場にとって有利に働くからではないかと考えられる。

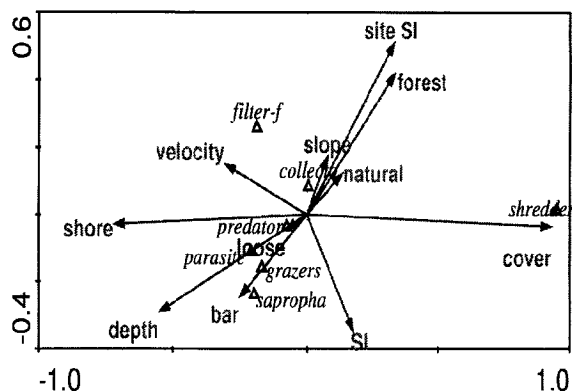
夏の落葉破砕食者 (shredder) の個体数 (Fig. 6cd) は、現場の水面植被度と強い正の相関があり、一方、森林率とは強い相関が見受けられなかった。シュレッターは、森林の有無よりも、現場の水面植被度が高い場所で現存量・個体数が増加することを示しており、シュレッターの採餌特性とも一致している。

4.5 CCA 解析による考察

高時川流域の底生動物のサンプル地点と対応して測定した物理環境条件のうち、各物理環境条件 (水面植被度・浮石率・勾配・砂礫堆長さ率・河岸植被度・水際自然率・森林率・SI 値・コドラート内での SI 値・流速・水深) を用いて、CCA 分析 (Canonical Correspondence Analysis: ter Braak, 1986) を行った (CANOCO 4.5 for Windows: ter Braak & Smilauer, 2002)。



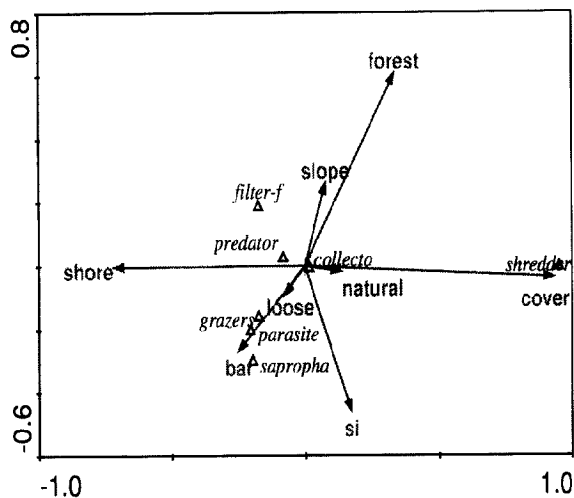
(a) CCA biplot based on data combining "collector" with "filterer".



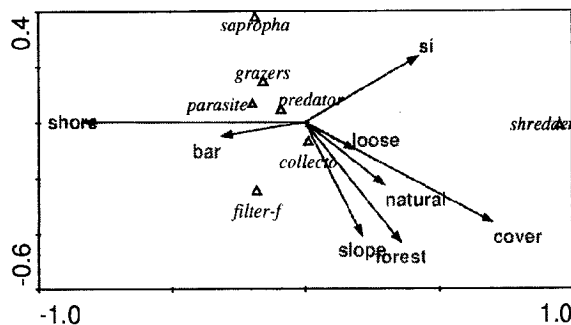
(b) CCA biplot based on data distinguishing "collector" and "filterer".

Fig. 7 CCA biplots of functional feeding groups for the summer benthos communities in the Takatoki River. Arrows indicate the direction and relative influence of 11 environmental variables in the ordination.

Fig. 7ab は、11 物理環境条件の多次元空間の写像 (オーディネーション) のうち、夏の底生動物の各 7 摂食機能群 (破砕食者: shredder・藻類食者: grazer・肉食者: predator・ろ過食者: filter feeder) に関して、それぞれの現存量の差異を最もよく分離する写像のプロットを示している。Fig. 7a は、ろ過食者と収集者を収集者にまとめた区別方法、Fig. 7b は、ろ過食者と収集者とを区別した区分方法を用いたもの



(a) CCA biplot based on data 8 environmental variables at the sampling site.



(b) CCA biplot based on data of 8 environmental variables in the upper 3 reaches.

Fig. 8 CCA biplots of functional feeding groups for the summer benthos communities in the Takatoki River. Arrows indicate the direction and relative influence of 8 environmental variables in the ordination.

である。

結果、**Fig. 7a**で収集者は中央付近に位置しているのに対し、**Fig. 7b**では、ろ過食者が中央付近よりも遠い位置に分布している。これにより、同じFPOM食者であっても、ろ過食者と収集者とは生息場に必要な条件が異なることがわかった。

Fig. 8abは、8つの物理環境条件(水面植被度・浮石率・勾配・砂礫堆長さ率・河岸植被度・水際自然率・森林率・SI値)の多次元空間の写像(オーディネーション)のうち、夏の底生動物の各7摂食機能群(破碎食者:shredder・藻類食者:grazer・肉食者:predator・ろ過食者:filter feeder・寄生食者:parasite・腐肉食

者:saprophagous)に関して、それぞれの現存量の差異を最もよく分離する写像のプロットを示している。**Fig. 8a**は、底生動物のサンプル地点の物理環境条件を用い、**Fig. 8b**は、底生動物サンプル地点から3ユニット上流の物理環境条件を平均したものを用いた。

結果、**Fig. 8a**の破碎食者(shredder)は、水面植被度(cover)の矢印上にあることから、破碎食者と現場の水面植被度との相関が他の物理環境条件に比べて相対的に高いことがわかった。一方、**Fig. 8b**の破碎食者は、水面植被度の矢印からは外れていることから、破碎食者と上流3ユニットの平均水面植被度とは相関が弱くなっていることがわかった。つまり破碎食者は、現場の水面植被度に強く影響を受けるものの、上流の水面植被度には大きな影響を受けていないことから、現場の水面植被度が高い場所に集中する傾向があると結論できる。これは前章での結果と一致し、CCA分析を用いても、破碎食者と水面植被度との関係を抽出できた。

4.6 特定の環境要素までの最短距離との相関

Fig. 5bd・Fig. 6bdにおいては、上流側の分析によって得られた相関係数を $x=3$ の位置に、下流側の分析によって得られた相関係数を $x=-3$ の位置にプロットしており、赤の+は調査地点から森林が途切れるまでの距離との相関分析結果、緑の×は水際に人工物がある地点から調査地点までの距離との相関分析結果、■は調査地点から砂礫堆までの距離との相関分析結果を表わしている。図中の縦軸は相関係数である。なお、相関係数が有意かどうかを判別するため、図中に横線を引いており、プロットした点とその線を越えていれば有意な相関係数であると言える。**Fig. 9abc**は、 x 軸左から、下流側(downstream)の淵の深さ(depth)・下流側の淵の大きさ(length)・下流の河川横断工作物(dam)までの距離との相関係数・上流側(upstream)の淵の深さ(depth)・上流側の淵の大きさ(length)・上流の河川横断工作物(dam)までの距離との相関係数を示している。なお、相関係数が有意かどうかを判別するため、図中に横線を引いており、プロットした点とその線を越えていれば有意な相関係数であると言える。

藻類食者と上流の森林率や水面植被度との間には強い相関が見受けられたが、森林が途切れるまでの距離といったもので測られるような、森林のサイズのほうが、藻類食者にとって重要である可能性がある。そこで、森林が途切れるまでの距離と藻類食者との相関分析を行った(**Fig. 5d**)。結果、森林から

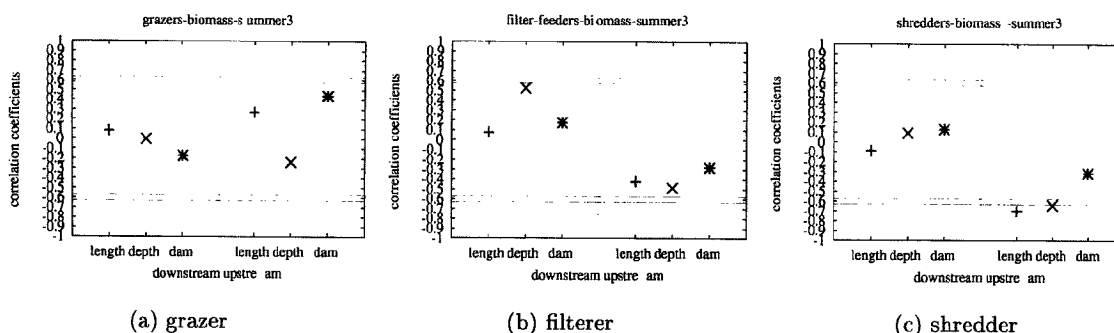


Fig. 9 Correlation coefficients of the biomass of grazer (a), filterer (b) and shredder (c) to 3 environmental variables: the nearest pool length, depth, and the distance to the nearest artificial dam in the downstream (left) and upstream (right) reaches.

の距離との相関は得られなかった。これにより、藻類食者にとって、森林のサイズが重要なだけでなく、森林域での生産物が流れてくることが重要であることが示唆された。

同様に、ろ過食者と砂礫堆までの距離との相関分析を行った結果、距離との相関は見受けられなかった (Fig. 6b)。これにより、ろ過食者にとって、砂礫堆までの距離よりも、生息場周辺 (3 ユニット程度) の砂礫堆の有無に強い影響を受けていることが示唆された。

秋のシュレッター (落葉食者) の種数は、森林の途切れるまでの距離との正の相関が高く、上流に連続して森林が続くと種数が増加するといった結果が得られた (Fig. 6c)。Fig. 9ab では、どれも有意な相関が見られなかった。破碎食者は、上流の淵のサイズが小さいと、現存量が増加していた。これらの結果から、底生動物は、シュレッターを除いて、距離よりも面的な環境条件の影響の方が強いと考えられる。

4.7 分析結果と考察

以上の結果をまとめると、上流の物理環境に相関が見られる底生動物、上下流の物理環境に相関が見られる底生動物、下流の物理環境に相関が見られる底生動物、現場の物理環境に影響を受ける底生動物の 4 パターンにおおいた分類できた。例は以下のものがあげられる。夏のろ過食者の現存量は、調査地点および 3 ユニット程度上流域の砂礫堆長さ率との間に正の相関が得られた。これは、上流の砂礫堆が大きくなるほどろ過食者に適した餌 (例えば、細粒有機物) が生産されやすいためと考えられた。また、夏の藻類食者の現存量と上流・下流の水面植被度・森林率との間に負の相関が得られた。これは、

上下流の開空度が大きい地点ほど藻類食者が生息しやすい環境であることを示しており、開空度が大きいほど藻類の生産量が高くなるためと考えられた。春の破碎食者については、下流の砂礫堆長さ率と負の相関が得られた。さらに、夏の破碎食者の現存量は、調査地点の水面植被度との間に正の相関が得られた。これは、水面植被度が高くなるほど、破碎食者の餌となる落葉量が多くなるためと考えられた。

摂食機能群現存量と物理環境条件との関係を相関分析により検討した結果、上流の環境条件と相関が高かったものは、のべ摂食機能群数にして 12.6%、上下流を通して相関が高かったものは 11%、下流との相関が高かったものは 7.2%、調査地点のみで相関が高かったものは 4.9% であった。これより、多くの底生昆虫がその生息地だけではなく、上下流の環境に影響されていることが示唆された。以上のことから、底生昆虫群集は上流では 3 ユニット程度、下流ではより広い範囲から影響を受けることが示唆された。また、底生昆虫群集は、主に餌環境によって分布が制限されており、生息地点だけではなく、その餌供給源となる上流や下流の環境条件に影響されることがわかった。

5. 摘要

高時川の生物調査データをもとに、物理環境との影響を現場だけでなく、上流地点や周辺地点も考慮に入れることで、底生動物の分布に与える周辺効果を検出した。グレーザー・コレクター・プレデター・造網型・遊泳型・匍匐型 (個体数・現存量) は、上流の水面植被度・勾配・河床材の影響ならびに、近隣の河岸植被度の影響を受けることや、シュレッター・掘潜型 (個体数・現存量) は、近隣の水面植被度に影響を受け、上流の河岸植被度に影響を受ける

ことがわかった。底生動物現存量の分析結果を検討した結果、調査地点の環境条件のみに相関が高かった摂食機能群数は4.9%にすぎず、30.8%の摂食機能群で周辺効果が検出された。その内役は、上流の環境条件と相関が高かったものは12.6%、上下流を通して相関が高かったものは11%、下流との相関が高かったものは7.2%、調査地点のみで相関が高かったものは4.9%であり、特に上流の環境により強く影響を受けていることが示唆された。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、高時川のデータは水資源開発公団丹生ダム建設所の好意により使用させて頂きました。これらの御好意に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1963): The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana.
- Stantzer, B. and B. Higler (1985): Questions and Comments on the River Continuum Concept.
- ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- ter Braak, C. J. F. and Smilauer, P. (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca NY, USA), 500 pp.

Vannote, R. L., G.W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell and C. E. Cushing (1980): The river continuum concept. *Can.J.Fish. Aquatic Sci.* 37:130-137

Ward J. V. and J. A. Stanford (1983): The serial discontinuity concept of lotic ecosystems, In: *stream Ecology, application and testing of general ecological theory*, (Barnes, J. R, and Minshall, G. W. eds.), Plenum Press, pp.265-278.

可児藤吉 (1944): 溪流棲水生昆虫の生態, 日本生物誌, 昆虫, 上, 研究社, 東京.

太田太一・池淵周一・竹門康弘 (2002): 河道における物理的環境と底生動物の挙動との関係. 防災研究所年報, 第45号B, pp-719-733.

水源地森林機能研究会 (2000): 水源地森林機能に関する研究—河畔林・溪流流出物質・水生生物の関連について—, 平成12年8月, 水源地森林機能研究会.

竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井宏・川端善一朗 (1995): 棲み場所の生態学, 平凡社. 竹門康弘 (1997): 溪流における水生昆虫の棲み場所保全 (砂防学会誌), Vol.50, No.1, pp.52-60.

谷田一三 (1996): 生息場所・種・生態関係の多様性から多自然の川作りを考える (水処理技術, Vol.337, No.9, pp.443-451.

玉井信行・奥田重信・中村俊六 (2000): 河川生態環境評価法.

ダム水源地環境整備センター (財) (1999): 丹生ダム生態系保全検討委員会中間報告書案.

Influence which the local environmental conditions of a river have on benthic animals crowd

Taichi OTA*, Yasuhiro TAKEMON, Shuichi IKEBUCHI

* Graduate School of Engineering, Kyoto University

Synopsis

Correlations of species richness, abundance and biomass of benthic animals to the environmental variables not only at the sampling site but also including upper and/or lower stream reaches were analysed on the benthos communities in the Takatoki River. Abundance and biomass of grazer, collector, predator, not spinner, swimmer and creeper were affected by cover ratio at the sampling site. Those of shredder and burrower showed high correlations to the cover ratio at the site and forest ratio on the bank in the upper reaches. The analysis based on biomass data resulted in only 4.9% of the total number of functional feeding groups and life form groups were correlated to the environmental variables at sampling site and 12.6% to the upper reaches, 7.2% to the lower reaches, and 11% to both reaches.

Keywords : the Takatoki River, the benthos communities, functional feeding groups, cover ratio, forest ratio