

ダムによる水質・流況変化が水生生物の生息に与える影響に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水環境研究グループ（河川生態）

研究担当者：三輪準二、増本みどり、小林草平、
赤松史一

【要旨】

本研究は、ダム下流における水質・流況変化が下流水生生態系に与える影響を評価するための新たな指標を提案することを目的に実施するものである。平成 23 年度は、ダム上下流における底生動物に関する既往データ整理から上下流差の傾向分析及び実際のダム上下流において予備調査を行った。底生動物分類群によってダム上下流差に違いがあり、ダム上流に比べてダム下流では安定的な環境を好むグループやデトリタスを食物とするグループが多い一方で、河床空隙を利用するグループや付着藻類を食物とするグループが少ない傾向にあることが分かった。

キーワード：ダム、上・下流区間、底生動物、生息密度、分類群数

1. はじめに

ダムの上下流で底生生物の種の数や構成に相違があったり、魚類の種数に相違があったりする場合があるが、水生生態系全般への影響を評価する技術は確立されておらず、ダム管理やダムによる影響の評価において、適切な対策やその必要性の検討に苦慮することが多い。ダムの環境影響評価においては、魚類の産卵期等における水温変化等の影響は評価されているが、長期的に見て水質等の変化が生態系にどのような影響があるかの知見に乏しく、評価が困難となっている。底生動物は環境の変化に敏感に反応することや、魚類の餌資源となる等の理由から、水質等との関係が調べられているが、実際の魚類の餌資源としての量的・質的な評価は不十分であり、ひいては魚類の種類や現存量にどのような影響があるかは明らかになっていない。そのため、ダム管理やダムの環境影響評価に活用できるような、ダムによる水質・流況変化が下流の水生生物へ及ぼす影響を評価するための新たな指標が必要となっている。

本研究は、ダム下流における水質・流況の変化が水生生物に与える影響の解明等により、新たな評価指標の提案を行うために実施しているものである。

平成 23 年度はダム上下流における底生動物に関する既往データ整理から上下流差の傾向分析及び実際のダム上下流において予備調査を行った。ここでは、ダムの上

流と下流の底生動物の違いについて、既往データをもとに分析した結果について述べる。

国土交通省と水資源機構のダムを対象に、生物調査が河川水辺の国勢調査（以下、「水国」とする。）の中で行われている。こうした全国レベルのデータは、日本におけるダム上下流による生物相の違いについて一般的な傾向を理解するのに適している。本研究では、水国データの整理を基に、ダムの上流と下流地点の底生動物群集の違いについて、個体数や種数の傾向に一般性があるか確かめた。また、分類群ごとにダム上下流による個体数の違いに一般性があるか調べ、どのような分類群がダムの影響を受けやすいのかの検討を行った。

2. 方法

2.1 解析対象とした調査について

水国では国土交通省と水資源機構が管理している北海道から沖縄までの 100 を越すダムで 5 年に一度生物調査が実施される。各ダムで、通常、ダムの流入河川および下流河川として 2～6 の調査地点がある。流入河川の地点としては湛水の影響を受けないダム上流区間として代表的な場所、下流河川としては無水区間や減水区間の有無や支川の流入を考慮した上でダム下流区間として代表的な場所が選ばれる。底生動物に関しては定性調査と定量調査があるが、本研究では定量調査のデータのみを対象

とした。定量調査は基本的に膝程度までの水深で流速の速い場所（瀬）で実施される¹⁾。総採集面積が0.5 m² となるように、コドラート採集（サーバネット、0.5 mm程度目のネット目合い、25 cmまたは30 cm方形枠）が6~8ヶ所に分けて行われる。分類群の同定は最新の分類学的知見にもとづき、できるだけ種あるいは属のレベルまで同定することになっており、分類群ごとに個体数が計数される。

2. 2 解析対象としたデータについて

2001 から 2005 年度に行われた調査で沖縄地方を除くダムのデータを解析対象とした。ダムの上流地点と下流地点の両方のデータが存在し、いずれも主ダムや副ダムの湛水域にかかわらず、ダムとダム下流の調査地点の間に大きな支流の流入がないダムを解析対象とした。各地点の位置をダム堤体からの距離と標高のデータを基に1/25000 地形図上で割り出し、各地点のダムとの位置関係を確認した。この結果、合計で57 ダムが解析対象となった。

各ダムにおいて、ダム上流とダム下流の2 地点のみを解析対象とした。ダム上流（流入河川）としては、存在する調査地点の中から、本川の地点（ない場合は最も大きい支流の地点）を選択した。ダム下流（下流河川）としては、2 地点以上存在する場合はダムに最も近い地点を選択した。

全底生動物湿重量、全底生動物個体数、属数、属ごとの個体数を解析した。本研究では、水国データの分類群名を統一し、属レベルでデータを再整理した。個体数の値は採集面積で除して生息密度（個体数/m²）に換算した。

各ダムにおいてダム上流と下流の両地点でデータ揃っている月のみ解析対象とした。各地点について、一般に底生動物現存量が多い冬春期（12~5 月、北海道は12~6 月）と少ない夏秋期（6~11 月、北海道は7~11 月）の2 期に分けて、全現存量と生息密度の平均値を算出した。

本研究では各ダムの特性として上流地点と下流地点の差（以降、ダム上下流差）を求めた（図1）。まず、全現存量、全生息密度、出現属数、各属の生息密度について、ダム上流からダム下流を差し引いた値を求めた。この値が正であればダム上流に、負であればダム下流に多く、絶対値が大きいほど違いが大きいことを示す。現存量と生息密度は指数的に変化する値と仮定し、対数変換（Log₁₀(x+1)）の後にダム上下流差を算出した。したがって、出現属数以外のダム上下流差において1 と 2 は実際は10 倍と100 倍ほどの違いがあることを示す。

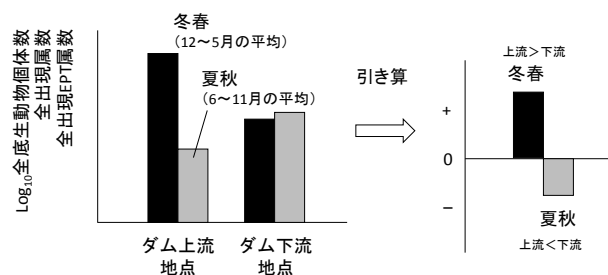


図1 各ダムの特性の算出

各属の特性として、ダム上下流差の中央値を求めた。各属について、その属が出現したダムごとに生息密度のダム上下流差を求めている。5 ダム以上に出現した分類群を対象に、ダム上下流差について全ダム間の中央値を求めた。こうした中央値をもとにダム上流または下流への偏りやその程度を属間で比較することができる。例えば、中央値が0 付近の属はダムの上下流で分布の大きな偏りはないが、1 に近い属はダム上流に分布が大きく偏っている（ダム下流に対しダム上流で約10 倍の生息密度である）ことを示している。また、この値が大きい属ほどダムの影響を受けやすいことなど、ダムによる影響の方向性や程度もこの値から考えられる。

3. 結果と考察

3. 1 全底生動物生息密度と出現属数

全底生動物生息密度のダム上下流差はダム間で大きくばらついた（-1.3~3、つまりダム下流に対するダム上流の比率は1/20~1000 倍、図2）。ダム上下流差が正である（ダム上流の方が多い）ダムは冬春期は全ダムの52%で、夏秋期においては33%に減少した。Wilcoxon の順位符号検定の結果、正や負の値を持つダムが有意に多いという傾向は認められなかった。

全出現属数のダム上下流差においてもダム間でばらついた（-30~29、図3）。しかし、冬春期においては上下流差が正であるダムは全体の69%を占め、Wilcoxon の順位符号検定の結果、正であるダムは負であるダムに比べて有意に多いことが認められた（P<0.001）。夏秋期においては正であるダムの割合がやや減少し（62%）、正と負のダムの数に有意差は認められなかった。

EPT（カゲロウ、カワゲラ、トビケラ）属数のダム上下流差も全出現属数と似たような傾向が見られた（図3）。冬春期においては、ダム上下流差が正であるダムは全体の73%で、Wilcoxon の順位符号検定の結果、正のダムは負のダムに比べて有意に多いことが認められた（P<0.001）。夏秋期においては正のダムの割合は多少低

下しているものの (67%)、正のダムの多さにはなお有意性が認められた。

これらの結果から、全底生動物生息密度に関してはダム上流に比べてダム下流で多い/少ないという一般的な傾向はなく、出現属数に関しては特にEPT属数においては、ダム上流に比べてダム下流では一般的に少ないということが明らかとなった。なお、生息密度は単位河床面積あたりの値であるから、区間全体としての生息数を表すわけではない。

出現属数に関しては、一般にダム下流では流れや底質といった環境が単調になることを踏まえれば、区間全体に話を広げても、ダム下流における出現属数が益々少なくなることはあっても、増えることはないものと思われる。出現属数がダム下流で少ない理由のひとつとしては、ダム下流で環境が単調なことが挙げられる²⁾。どのような生態を持つ底生動物の出現が少ないかを今後明らかにしていくことで、どのような環境要因の変化が出現属数の低下につながっているか検討できるものと考えている。

生息密度と出現属数の両方において、冬春期に比べて夏秋期にダム上下流差が負となるダムの割合が多かった。このことから、今後の評価においても季節変化を踏まえる重要性が示唆される。夏秋期に負となるダムが多くなる理由としては、出水の多い時期であり、流量コントロールされていないダム上流の方が出水の影響を受けて底生動物が減少しやすいことなどが考えられる。

3. 2. 各底生動物のダム上下流差

科ごとに生息密度におけるダム上下流差のダム間の中央値を算出したところ、冬春期においては54科中32でダム上下流差が正で、うち17でWilcoxonの順位符号検定により正であるダムが有意に多いことが認められた(表1)。夏秋期は24の科でダム上下流差が正で、うち10で有意性が認められた。ダム上下流差の中央値が負である科は、冬春期は21のうち4で有意性が認められ、夏秋期は30のうち15で有意性が認められた。

昆虫以外の無脊椎動物(ウズムシ、ミミズ、貝類、ヒル、甲殻類など)の科はダム上下流差が負である傾向にあった。これらの底生動物は昆虫のように飛翔して移動できないため分散能力が小さく、ダム下流の安定的な環境が生息数を高める方向に働いている可能性がある。一方、カワゲラ目の多くの科がダム上下流差で正である傾向にあった。クロカワゲラ科などは生活史の一部を河床間隙で生活するグループであり、また多くの科が礫間の隙間で生活していることから、ダム下流における浮石や

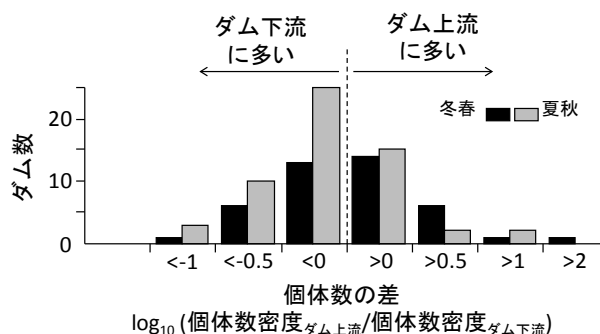


図2 全底生動物生息密度のダム上下流差の頻度分布

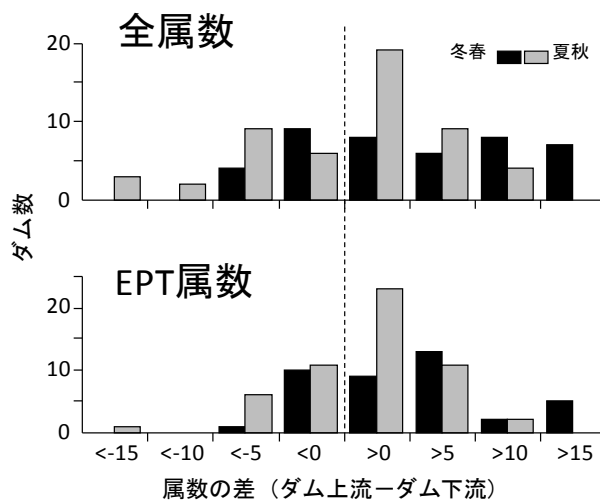


図3 全出現属数、EPT属数のダム上下流差の頻度分布

河床間隙の減少が影響していることが考えられる³⁾。

カゲロウ目においてはコカゲロウ科やヒラタカゲロウ科など付着藻類を利用しているグループはダム上下流差が正で、モンカゲロウ科やヒメシロカゲロウ科など堆積しているデトリタス(生物遺体)を食物とするグループは負であった。同様にトビケラ目においても、ヤマトビケラ科やニンギョウトビケラ科など付着藻類を利用しているグループは上下流差が正で、ヒゲナガトビケラ科などデトリタスを食物とするグループは負であった。こうしたパターンには河床材料など様々な環境要因の影響が考えられるが、その一つとしてダム下流における底生動物の食物としての有機物環境が変わっている可能性を示唆している⁴⁾。

4. まとめ

水国のデータを整理して、ダム上流と下流の底生動物の違いについて分析した。全底生動物生息密度についてはダムによるばらつきが大きく、上流と下流のどちらで

表1 科ごとのダム上下流差特性 (* : P<0.05、** : P<0.01、*** : P<0.001、P値の空白 : P>0.1)

和名(科名)	冬春					夏秋				
	ダム数			上下差	Wiscoxon	ダム数			上下差	Wiscoxon
	上>下	=	上<下	中央値	P	上>下	=	上<下	中央値	P
サンカクアタマウズムシ	4		12	-0.80	*	3		22	-0.90	***
カワニナ	4		5	-0.30		3		7	-0.69	
モノアラガイ	1		6	-0.70				10	-0.88	**
ヒラマキガイ	1		4	-0.60		1		9	-0.77	*
オヨギミミズ	6		8	-0.48		2		12	-0.85	**
ツリミミズ	1		5	-0.69		3		9	-0.66	*
イトミミズ	14	2	15	0.00		20		19	0.12	
イシビル	5		4	0.30		7		8	-0.22	
ミズムシ	4		12	-0.59	**	2		18	-0.89	***
ヒメフタオカゲロウ	16	2	6	0.77	*	8	1	4	0.30	
コカゲロウ	30		11	0.39	***	33	1	23	0.18	0.0921
ヒラタカゲロウ	34	1	7	0.72	***	40		15	0.30	**
チラカゲロウ	8		12	-0.48		10	1	14	-0.56	
トビロカゲロウ	20		11	0.48	*	18	1	22	-0.30	
モンカゲロウ	11	1	15	-0.22	0.05047	8		25	-0.70	***
カワカゲロウ	2		4	-0.96		4	1	9	-0.54	
マダラカゲロウ	17		25	-0.11		26		30	-0.12	
ヒメシロカゲロウ	2		14	-0.48	**	3	1	18	-0.94	**
サナエトンボ	8		9	-0.27		6	4	10	-0.11	
クロカワゲラ	16		4	0.58	*	10		1	0.64	*
ミドリカワゲラ	27		3	1.13	***	32		2	0.71	***
ホソカワゲラ	7	1	2	0.49			1	3	-1.05	
オナシカワゲラ	23	1	15	0.30	0.07563	20	1	23	-0.10	
カワゲラ	22	1	13	0.37	**	31	1	13	0.48	**
アミメカワゲラ	29	1	9	0.88	***	26		6	0.85	***
シタカワゲラ	17		4	1.29	**	5			0.95	
ヘビトンボ	13	2	11	0.06		16	1	17	-0.15	
カワトビケラ	9	1	2	0.68	*	5		4	0.60	
イワトビケラ	5		10	-0.48		7	1	18	-0.48	*
クダトビケラ	9		3	0.69		7		1	0.72	
ヒゲナガカワトビケラ	18		21	-0.28		20		32	-0.28	0.06127
ヤマトビケラ	28		6	0.57	***	35	1	10	0.79	***
ツメナガナガレトビケラ	12	1	7	0.30		9		12	-0.30	
ヒメトビケラ	7		10	-0.70		2		18	-0.90	***
ナガレトビケラ	18	1	21	-0.08		19	1	28	-0.23	
コエグリトビケラ	3	1	2	0.24		3		8	-0.60	
カクスイトビケラ	12	1	2	0.48	**	8		5	0.48	
ニンギョウトビケラ	15		5	0.48	*	16	2	5	0.60	*
カクツツトビケラ	19		6	0.95	**	25		7	0.46	**
ヒゲナガトビケラ	4		15	-0.48	*	3		21	-0.80	***
エグリトビケラ	5		3	0.39		1		9	-0.47	*
クロツツトビケラ	10		3	0.78		8	1	3	0.48	
アミメシマトビケラ	4		1	0.30		8		2	0.50	
シマトビケラ	18	2	22	-0.09		23		33	-0.21	
ガガンボ	24		18	0.14		33		22	0.21	
アミカ	22		4	1.08	***	11	1	1	0.85	**
ヌカカ	10	1	3	0.48	0.09329	10	1	7	0.38	
ユスリカ	15	2	25	-0.19		16		39	-0.28	**
ブユ	28		10	0.53	**	28	1	13	0.64	*
ナガレアブ	16		8	0.48	*	18	1	6	0.48	
オドリバエ	6		4	0.16		2		8	-0.45	*
マルハナノミ	7	1	2	0.30		4		2	0.33	
ヒメドロムシ	13		13	0.18		25		14	0.31	
ヒラタドロムシ	8	2	15	-0.30	0.0611	6		18	-0.68	**

多いという傾向はみられなかった。一方、出現属数については、ダム上流に比べてダム下流で少ないダムが多く、有意性が認められることから、一般にダム下流では底生動物の分類群数が少なくなると言える。底生動物分類群によってダム上下流差に違いがあり、ダム上流に比べてダム下流では安定的な環境を好むグループやデトリタス

を食物とするグループが多い一方で、河床空隙を利用するグループや付着藻類を食物とするグループが少ない傾向にあった。

今後、底生動物のダム上下流差などに留意しながら、底生動物が利用可能な資源が流況や水質によって変化することで底生動物の栄養構造に影響している可能性も含

め、ダムによる水質・流況の変化が底生動物に影響している可能性について検討を進めるものとする。

参考文献

¹⁾建設省河川局開発課（監修）（1994）：平成6年版河川水辺の国勢調査マニュアル（案）ーダム湖版（生物調査編）。財団法人ダム水源地環境整備センター。

²⁾谷田一三、竹門康弘（1999）：ダムが河川の底生動物へ与える影響。応用生態工学，2:153-164.

³⁾清水高男（2010）：カワゲラ目の環境指標性。pp45-53, 谷田一三（編）河川環境の指標生物学，北隆館。

⁴⁾池淵周一（2009）：ダムと環境の科学I。京都大学出版会。

EFFECTS OF THE CHANGES IN WATER QUALITY AND HYDROLOGIC CONDITION BY DAMS ON RIVER BIOTA

Budget : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Water Environment Research Group(River Restoration)

Author : Junji Miwa

Midori Masumoto

Sohei Kobayashi

Fumikazu Akamatsu

Abstract : Our goal in this study subject is to propose a new index to evaluate effects of the changes in water quality and hydrologic conditions by dams on downstream ecosystem. In this year, we examined the generality of differences in benthic invertebrate community between up- and downstream reaches of dam by using national census data, and we also had pilot field surveys in up- and downstream reaches of several dams. The trend of benthic density between up- and downstream reaches of dam differed among invertebrate taxa. Taxa that prefer stable environment or that feed on detritus were more in down- than in upstream reach, while taxa that utilize interstitial space for their habitat or that feed on periphyton was less in down- than in upstream reach.

Key words : dam, up- and downstream reaches, benthic invertebrates, density, taxonomic richness.