河川溪流における自然環境保全の評価手法に関する研究 －底生動物による環境評価について－

Studies on the evaluation method for conservation of
natural environment in mountain stream
－ Benthic animals as indicators of
environmental impact assessment method －

宮 下 衛*
Mamoru MIYASHITA*

ABSTRACT: To improve naturally diverse river construction method, it was important to know the relationship between the structure of a river bed and benthic animals in a natural environment. We investigated the distribution of benthic animals inhabited riffles, pools and water sides with plants at seven sampling stations in mountain streams which flow through the foot of the Mountain Tsukuba. Water was clean in the upper reaches, but polluted in the lower reaches. There were differences in species composition among the stations. Mayflies of Family Siphonuridae Ameletuscostalis and Ecdyonurus tobiironis, the caddis flies Apsilochorema sutshanum and Diplectrona sp. DB, and the river crab Geothelphusa dehaahii were collected only from the upper reaches. On the contrary, the Chironomid larvae Chironomus yoshima-tsui were restricted to the lower reaches. When we investigate the habitat distribution of benthic animals, the dragonfly nymph Epiophlebia superstes and the mayfly nymph Epeorus ikanonis were dominant only in riffles, and the caddis fly Anisocentropus immunis was restricted to pools. On the other hand, the caddis flies Apsilochorema sutshanum and Diplectrona sp. DB, and the dobson fly Protohermes grandis were not observed in pools. The relative abundance of the dragonfly nymph Mnais pruinosa in the upper reaches tended to be higher in watersides than in riffles or pools. These results suggest that the occurrence, dominance and relative abundance of some species can be used as excellent indicators of environmental impact assessment method.

KEYWORDS: EVALUATION METHOD, CONSERVATION, MOUNTAIN STREAM, BENTHIC ANIMAL,
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT METHOD

1. はじめに

河川溪流における環境影響に関する調査・予測・評価を的確に行うための技術手法の確立は急務である。多自然型川づくりにおいても改修工事後の生物相の回復をはかるためには、工事前の河川的环境と生物との関係について十分把握しておく必要がある。また、工事の効果判定や目標の設定、追跡調査のための評価法を確立する必要がある。

可児¹⁾は、溪流を早瀬、平瀬、淵、川岸の4部分に分け、各部分に専在または偏在して生息する特徴的な水生昆虫がいることを明かにし、それらの種が各環境の指標動物になることを指摘した。津田²⁾は、水生昆虫群集を運動方法と造営物を目安として、6つの生活型に区分して生息環

* 環境庁国立環境研究所 Environmental Agency, National Institute for Environmental Studies

境との関係を明かにした。さらに、洪水後に形成される底生動物群集の遷移仮説に基づき、造網型係数による河床の安定度の比較が行われた³⁾。Merritt & Cummins⁴⁾は水生昆虫の流程分布が食性によって決まることを明かにし、種ごとの食性と生息環境を総説した。Takemon & Tanida⁵⁾は、淵と瀬を11の環境要素に細分化し、各要素に密接に結びついて生活する底生動物があることを報告している。しかし、これまでに多自然型川づくりにおいて、水生昆虫の瀬や淵などにおける特徴的な分布を指標として工法を評価した報告はない。

ここでは、筑波山麓の川幅0.5~3.0メートルほどの小溪流において瀬や淵などの河川環境別に行った底生動物相の調査の結果に基づき、河川溪流における環境影響に関する調査ならびに評価の手法を提案する。

2. 調査方法

調査は、本年度秋に「ホタルを考慮した水辺環境整備計画」として着工される砂防河川・中沢およびその工事期間中のゲンジボタル移植候補地の大沢の二つ溪流において1995年度の春夏秋冬の4回行った。底生動物は中沢で5定点、大沢で2定点の合計7定点において、「平瀬」、「淵」および「水辺植物のある水際」の環境毎に分けて定性採集を行った。定性採集は、小型Dフレームネット（網目NGG40）を用いた。各環境ごとに採集したサンプルは、その場でポリエチレン製の白色バットに落葉やゴミと一緒に広げ、底生動物を選び分け、10%ホルマリン水溶液で固定し、持ち帰り同定した。

BOD, Total-N, Total-Pなどの水質については、毎月1回採取し分析した。付着藻類は、標準的な藻類の付き方をしている基盤に5cm×5cmの方形枠をあて、定量採集を行った。

3. 調査地の概要

図1に、調査地点を示した。中沢での定点は、下流側からSt.1, St.2, SP1, SP2, St.3の順にある。SP2の下流から生活排水の流入が認められ、SP1の上流約50mの地点から冬季には河床に著しい有機物の堆積がみられ、有機的な汚濁が著しい。上流側に位置するSP2およびSt.3は家庭排水の流入は無く、源流的景観を保っている。一方、中沢の東隣を流れる大沢の調査地St.6およびSt.6Cは中沢上流と類似した環境にあり、周囲に人家もなく有機的な汚濁は認められなかった。

図1 調査地点図

4. 結果

4. 1. 底生動物の出現頻度について

平成7年4月から8年2月に分けた四季の調査で採取された底生動物の出現種類数を図2に示した。St.1～3およびSP1,2は中沢の定点、St.6および6Cは大沢の定点である。4回の調査で出現した底生動物の種類はSP2が70種で最も多く、次いでSt.6Cの66種であった。最小は、St.1の52種で、St.2の53種がそれに次いで少なかった。中沢では100種、大沢では80種が採集された。二つの溪流をあわせて環境別でみると「平瀬」で94種、「瀬」で83種、「水辺植物のある水際」で79種が採集された。それぞれの環境における4回の調査における採集のべ回数(100回)に対する底生動物の出現頻度を図3に示した。採集回数1回が19種、次いで4回が15種、8回が6種で、最大が81回であった。

分類群別の出現種類数と出現頻度について、昆虫は目別に、その他の種は綱別に分けて表1に示した。採集のべ回数に対する出現頻度は、全種数の57%にあたる67種が9回以内、10～19回が24種、21～29回が14種、30～81回が12種であった。分類群別みた出現頻度20回以上の種類数は、昆虫ではハエ目が9種(うちユスリカ科7種、ブユ科1種、ガガンボ科1種)と最も多く、カゲロウ目が4種、トビケラ目とアミメカゲロウ目が2種、トンボ目とカワゲラ目が1種ずつであった。水生昆虫以外ではミミズ類が2種、マキガイ類および甲殻類が1種ずつであった。

4. 2. 底生動物の 流程別の種構成につ いて

出現する底生動物の流程別の分布をみると、ヨシノコカゲロウ、ツメナガナガラトビケラ、サワガニなどは上流部のみで採集されている。一方、セスジユスリカは下流部でのみ採集されており、上流部と下流部では底生動物の種構成に違いがみられた。

各定点で採集された共通種数から定点間の底生動物の類似度指数(Sørensen⁶¹)を表2に示した。St.6とSt.6C間の指数が最も高く、St.2とSP1、St.6CとSP2、St.1とSt.2、St.3とSP2の順に低くなっ

図2 底生動物の出現種類数

図3 底生動物の出現頻度

ており、St.1、2およびSP2のグループとSt.3、6、6CおよびSP2のグループに分けられることが認められた。

中沢のSt.1～3および大沢のSt.6において毎月1回採水して、水質調査を行っている。平成6年12月から7年11月までの1年間の分析結果を表3に示した。BODでは各定点間の差は認められなかった。Total-N、Total-PおよびDOについては、St.1とSt.2の間に有意な差のないことが認められた。また、St.3とSt.6の間でも有意な差のないことが認められた。水質の分析結果から、有機的汚濁の認められるSt.1、2と汚濁のないSt.3、St.6の二つのグループに分けられることが示された。

底生動物の調査と並行して行った藻類の現存量を細胞数として図4に示した。

St.1、2およびSP1の特徴として、冬季に糸状細菌のミズワタが多量に発生し河床への付着が認められた。ミズワタの大量発生により藻類の付着面が増加した結果、St.1、2およびSP1では藍藻類および珪藻類の *Achnanthes lanceolata* v. *dubia*、*Gomphonema parvulum*、*Navicula minima*、*Nitzschia palea*などが大量に発生し、藻類の総細胞数は著しく増加した。

以上の水質および藻類の調査結果からも、有機的汚染の認められる下流部の採集地点St.1、2、SP2および汚染の無い上流部の採集地点St.3、6、6C、SP2の二つのグループに分けられることが示唆された。

4. 3. 底生動物の環境別の出現頻度について

採集回数が5回以上の代表的な底生動物について、上流部と下流部に分け、さらに「平瀬」、「淵」および「水辺植物のある水際」の環境毎に分けた出現頻度を表4に示した。出現回数の多いミズムシ(81回)やオニヤンマ(66回)、カワニナ(62回)などはいずれの環境でもみられる種類であることが認められた。コバントビケラ(6回)やナミヒラタカゲロウ(7回)、ムカシトンボ(8回)などの特定の環境でのみ採集される種は出現回数が少なく

表1 底生動物の出現種類数と出現頻度

網・目	出現種類数	出現頻度(回数)			
		1～9	10～19	20～29	30～81
ウズムシ綱	1			1	
マキガイ綱	3	1	1		1
ニマイガイ綱	2	2			
ミズムシ綱	3	1		1	1
ヒル綱	2	2			
甲殻綱	3		2		1
昆虫綱					
カゲロウ目	18	12	2	1	3
トンボ目	7	4	2		1
カワゲラ目	4	2	1	1	
カメムシ目	3	3			
アミメカワゲラ目	2			1	1
トビケラ目	21	14	5		2
コウチュウ目	9	6	3		
ハエ目					
ユスリカ科	25	11	5	7	2
ユスリカ科以外	14	9	3	2	
合計	117	67	24	14	12

表2 底生動物の類似度指数

採集地点	St. 1	St. 2	SP 1	SP 2	St. 3	St. 6
St. 2	0.724					
SP 1	0.673	0.775				
SP 2	0.443	0.602	0.594			
St. 3	0.452	0.621	0.612	0.722		
St. 6	0.559	0.643	0.594	0.682	0.672	
St. 6C	0.508	0.588	0.508	0.735	0.713	0.784

表3 中沢および大沢の水質

採集地点	BOD (mg/l)	Total-N	Total-P	DO
St. 1	2.26 ± 2.49	2.27 ± 1.23c	0.20 ± 0.07e	8.46 ± 0.90a
St. 2	1.76 ± 0.98	2.41 ± 1.08f	0.15 ± 0.09f	7.82 ± 1.73d
St. 3	1.15 ± 0.64	1.05 ± 0.33cf	0.02 ± 0.01ef	9.55 ± 1.52ad
St. 6	1.23 ± 0.75	0.77 ± 0.35f	0.02 ± 0.01ef	10.30 ± 1.86ad

有意差 a:t<0.05, c,d:t<0.01, e,f:t<0.001

(10回以下)、マルバネトビケラ(15回)やヘビトンボ(26回)などの二つの環境で多く採集される種は中程度(10~29回)の出現回数になる傾向が認められた。

流程別にみると、クロタニガワカゲロウ、マエグロヒメフタオカゲロウ、サワガニ、ツメナガナガレトビケラ、ミヤマシマトビケラ属の1種DBおよびヨシノコカゲロウは上流部のみに、セスジユスリカは下流部のみで採集された。

環境別にみると、ナミヒラタカゲロウとムカシトンボは「平瀬」のみに、コバントビケラは「淵」のみの一つの環境でのみで採集された。一方、ツメナガナガレトビケラおよびヘビトンボの4種は、「平瀬」と「水辺植物のある水際」では採集されたが、「淵」では採集されていない。同様に、ウェストントビロカゲロウは「平瀬」と「淵」では採集されたが「水辺植物のある水際」では採集されておらず、特定の環境では採集されない種のあることが認められた。

マルバネトビケラは上流部では「淵」でのみ採集されたが、下流部では「水辺植物のある水際」でも採集された。また、ヤマトクロスジヘビトンボおよびコ

図4 藻類の現存量

表4 底生動物の出現回数と出現頻度

綱・目	種類	出現回数			上流			下流		
		合計	上流	下流	平瀬	淵	水際	平瀬	淵	水際
トビケラ目	コバントビケラ	6	4	2	0.0*	16.6	0.0	0.0	12.5	0.0
カゲロウ目	ナミヒラタカゲロウ	7	5	2	25.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0
カゲロウ目	クロタニガワカゲロウ	7	7	0	20.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0
トンボ目	ムカシトンボ	8	7	1	35.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0
トビケラ目	カタツムリトビケラ	9	7	2	0.0	29.1	0.0	6.2	0.0	6.2
カゲロウ目	マエグロヒメフタオカゲロウ	9	9	0	25.0	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
甲虫目	ゲンジボタル	10	5	5	10.0	12.5	0.0	12.5	12.5	6.5
カゲロウ目	ウェストントビロカゲロウ	11	10	1	10.0	33.3	0.0	0.0	6.2	0.0
甲殻綱	サワガニ	13	13	0	40.0	16.6	12.5	0.0	0.0	0.0
トビケラ目	ツメナガナガレトビケラ	13	13	0	60.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0
トビケラ目	ミヤマシマトビケラ属の1種DB	14	14	0	65.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0
ハエ目	セスジユスリカ	15	0	15	0.0	0.0	0.0	25.0	37.5	31.2
トビケラ目	マルバネトビケラ	15	7	8	0.0	29.1	0.0	0.0	18.7	31.2
トンボ目	カワトンボ	15	9	6	10.0	12.5	50.0	12.5	0.0	25.0
カゲロウ目	ヨシノコカゲロウ	16	16	0	60.0	4.1	37.5	0.0	0.0	0.0
カワゲラ目	フナシガラ属の1種	20	19	1	70.0	12.5	25.0	0.0	0.0	6.2
ヘビトンボ目	ヘビトンボ	26	16	10	70.0	0.0	25.0	56.2	0.0	6.2
カゲロウ目	オオクママダラカゲロウ	29	8	21	25.0	4.1	25.0	68.7	6.2	56.2
ヤマトクロスジヘビトンボ目	ヤマトクロスジヘビトンボ	33	9	24	20.0	20.8	0.0	81.2	6.2	62.5
トビケラ目	コガタシマトビケラ	49	15	34	70.0	4.1	0.0	93.7	37.5	81.2
カゲロウ目	フタスジモンカゲロウ	53	37	16	85.0	79.1	12.5	37.5	25.0	37.5
マキガイ綱	カワニナ	62	29	33	30.0	83.3	37.5	50.0	87.5	68.7
トンボ目	オニヤンマ	66	33	33	65.0	70.8	37.5	62.5	75.0	68.7
甲殻綱	ミズムシ	81	35	46	65.0	58.3	100.0	93.7	93.7	100.0
調査回数		100	52	48	20	24	8	16	16	16

* : 各環境で採集されたのべ回数÷各環境での調査回数×100 (%)

ガタシマトビケラは上流部では「平瀬」と「淵」で採集されたが、下流部では「水辺植物のある水際」でも採集されており、上流部と下流部で生息環境の異なる種も認められた。

5. 考 察

本調査は、本年秋より流路工工事の着工予定の溪流における事前の環境調査調査結果に基づき、自然の河川溪流における環境影響に関する調査ならびに評価の手法の確立を目指したものである。

表4に示したように、ムカシトンボやナミヒラタカゲロウは「平瀬」のみで、コバントビケラは「淵」のみで採集されたが、ヘビトンボのように「淵」では全く採集されなかった種があるように、環境依存性の高い種と、ミズムシやカワニナのようにいずれの環境でも採集される環境依存性の低い種があることが認められた。なお、「水辺植物のある水際」環境でのみ採集された種は今回の調査ではいなかったが、カワトンボがその候補として挙げられる。淵、瀬などの環境に区別なく分布する環境依存性の低い種の採集頻度は多く、環境依存性の高い種は、必然的に採集頻度は低くなる。のべ100回の調査でほんの数回しか採集されない種は、調査対象地における希少種と言えよう。したがって、環境指標種としての選択基準は、環境依存性の高い種の場合は種類中程度の採集頻度（ここでは調査回数100回に対して5～30回）の種が適していると思われる。また、特定の環境では出現しない種のあることが認められており、このような種を環境指標種として利用できると考えられる。

すなわち、環境影響に関する事前調査では、底生動物の環境依存・選択性に着目して、「一つの環境でのみ採集される種」と「ある環境では採集されることのない種、または、採集されることの希な種」を組み合わせ、それぞれの環境の指標生物として選定する。工事後に再び事前調査で選定した指標生物がそれぞれの環境で出現・定着したかを調査することで、多自然型川づくり等における工法等の評価ができると考える。

本調査では、上流部または下流部のみで採集される種があることから、上流部と下流部に分けて環境別の出現頻度を求めた。双方に分布する種の中には、コバントビケラやナミヒラタカゲロウ、ムカシトンボ、ヘビトンボなどのように流れは違っても同一環境で採集される種があることが認められた。一方、ヤマトクロスジヘビトンボやコガタシマトビケラ、マルバネトビケラのように下流部で生息環境が広がる種もあり、下流部では指標種にならない種もあることが認められた。これは、小規模な溪流であるため下流部では上流部ほど環境区分が明白に分かれていないためと考えられる。すなわち、同一河川であっても、河川形態、水質の汚濁の程度、周辺植生の有無などによって、それぞれの環境の指標種は異なることのあることを示唆する。

また、ゲンジボタルの若齢幼虫は、水辺植物に付着していることが多く、終齢幼虫は淵の石の下で多くみられる。本調査では、このような成長に伴う環境選択性の変化などを考慮してサイズ別・齢別に採集をしていないために、環境依存性を見いだせなかった種もあると考えられる。今後、生物の行動や生活史等と環境との関係について検討する必要があると考える。

可見¹⁾は、各環境の「特徴種なり優占種なりは、一つの川でもその部分により、川の同じ部分でも季節によって、また、川の地理的位置によって変わってくることであり」と述べている。ここでは、どのような種がそれぞれの環境の指標種と成るかについて、その精度を上げるために類似した二つの溪流が同一環境にあるものとして、事前の環境調査における環境指標種を選定したが、多自然型川づくり等においては、河川溪流の特性や地域性を踏まえた上で復元・再生しようとする環境目標をあらかじめ設定し、それを前提とした指標種の選定と評価が行われるべきであると考えられる。

終わりに、本調査は「砂防河川中沢ホタルを考慮した水辺環境整備計画策定」のために行われたものであり、発表の機会を与えて下された茨城県ダム砂防課および土浦土木事務所に深謝する。

参考文献

- 1) 可児藤吉：可児藤吉全集，思索社，東京，427p.，1977.
- 2) 津田松苗：水生昆虫学，北隆館，東京，269p.，1962.
- 3) 水野信彦・御勢久右衛門：河川の生態学，築地書館，東京，245p.，1972.
- 4) Merritt, R. W. & K. W. Cummins eds.: An introduction to the aquatic insects of North America (3rd ed.), Kendall/Hunt Publ., Iowa, 862p., 1996.
- 5) Takemon, Y & K. Tanida: Environmental elements for recovery and conservation of riverine nature, The Proceeding of The International Symposium of University of Osaka Prefecture on Global Amenity, 349-356, 1992.
- 6) 木元新作：動物群集研究法 I，共立出版，東京，192p.，1976.