

# 瀬淵構造を持つ河川区間における 物理環境類型と水生昆虫分布との比較

DISTRIBUTION OF BENTHIC INSECTS DEPENDING ON  
FLOW IN RIFFLE-POOL STRUCTURE

天野邦彦<sup>1</sup>・時岡利和<sup>2</sup>・傳田正利<sup>3</sup>・小林草平<sup>4</sup>・対馬孝治<sup>5</sup>  
Kunihiko AMANO, Toshikazu TOKIOKA, Masatoshi DENDA,  
Sohei KOBAYASHI and Kouji TSUSHIMA

<sup>1</sup>正会員 博(工) 上席研究員 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 つくば市南原1-6)

<sup>2</sup>正会員 環境省 水環境課 (〒100-8975 千代田区霞が関1-2-2)

<sup>3</sup>正会員 博(工) 研究員 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 つくば市南原1-6)

<sup>4</sup>博(農) 専門研究員 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 つくば市南原1-6)

<sup>5</sup>正会員 博(農) 助教 豊橋技術科学大学 建設工学系 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

We have surveyed the dependency of the distribution of mass and taxa of benthic insects on flow in an area of a river which contains riffle-pool structure. The area was classified into several clusters in terms of flow character and the distribution pattern of benthic insects, independently. Flow pattern was generated by numerical simulation and the distribution of benthic insects was represented by the results of field survey. Two classifications seem to correspond well. This can be a first step to presume the distribution of benthic insects by hydrodynamic simulation.

**Key Words :** *Benthic insects, riffle, pool, and environmental classification*

## 1. はじめに

河床に生息する水生昆虫の空間的分布は種々の環境要因に規定されていると考えられ、不均一なものである。しかし水生昆虫はそれぞれの種毎に特有の摂食の形態を持つため(摂食機能)、この摂食機能群により選好する生息環境が異なるものと推定できる。摂食機能群や水生昆虫の形態に強く働き、生息環境の特性を規定する要因としては河床上の流速、河床材料の質や粒径、水質などが考えられる<sup>1) 2) 3)</sup>。1リーチ程度のスケールでの水生昆虫の分布について検討しようとするれば、水質が大きく変わることは考えにくく、河床材料の質や粒径については、河床上の流速分布に対する依存性が高いことから、結局流速分布が水生昆虫の分布を規定する最も重要な環境要素と考えられる。

本研究の目的は、瀬淵環境を持つリーチスケールの河川区間において、流速分布に基づき河床を水生昆虫の生息環境として分類する方法を提案するものである。河床を水生昆虫の生息環境として分類することができれば、リーチスケールで見た水生昆虫の分布を適切に代表する

ように現地調査地点を設定することが可能となると考えられ、実用的にも有用な情報を提供しよう。

本研究においては、まず調査対象とした瀬淵構造を有する河川区間を対象に水理計算を実施した。そしてこの結果に基づき当該河川区間を仮の生息環境に分類し、分類された生息環境域毎に現地で水生昆虫を採取した。さらに水理計算から推定される生息環境の分類と現地調査から得られた水生昆虫の分布に基づく分類との比較を行った。このような手順を経て得られた生息環境分類(類型化)について、水理計算からの推定結果と現地調査結果とを比較検討することで、水理計算から推定される生息環境類型化の妥当性について検討した。

## 2. 方法

本研究の方法は、以下の3つの部分に分けられる。すなわち、現地調査、水理計算シミュレーション、水生昆虫の生息環境分類(環境類型化)である。以下にそれぞれの方法について記述する。

## (1) 調査地の概要と現地調査

長野県上田市にある千曲川鼠橋地区における瀬淵を有する河川の一区間で2006年1月31日から2月1日にかけて調査を行った(図-1)。本河川は流域面積7,163km<sup>2</sup>、流路延長214kmの大河川であり甲武信ヶ岳(標高2475m)から長野盆地を流下し新潟県境に入り信濃川と名前を変える。調査地域は、長野県境から95.6~97km区間で、この地点における集水面積は約2,560km<sup>2</sup>で、低水路の平均幅は約100m、河床勾配は約1/200である。主たる河床材料は粒径20~200mmの大礫を含む礫から成っている。

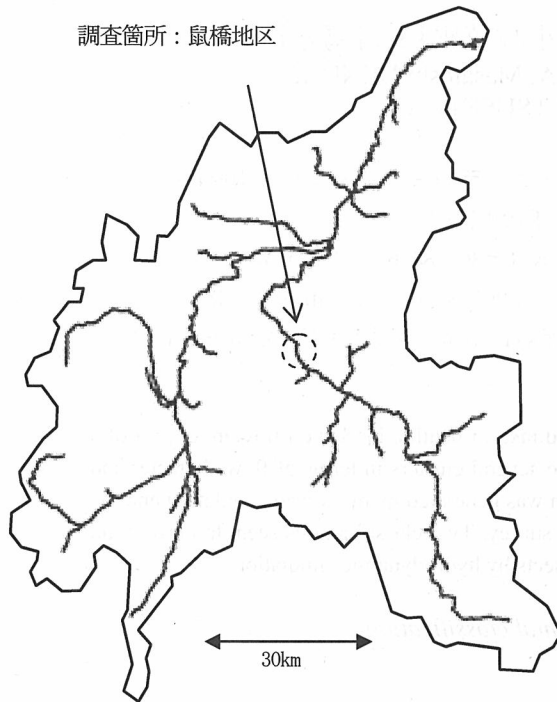


図-1 調査位置(千曲川鼠橋地区)

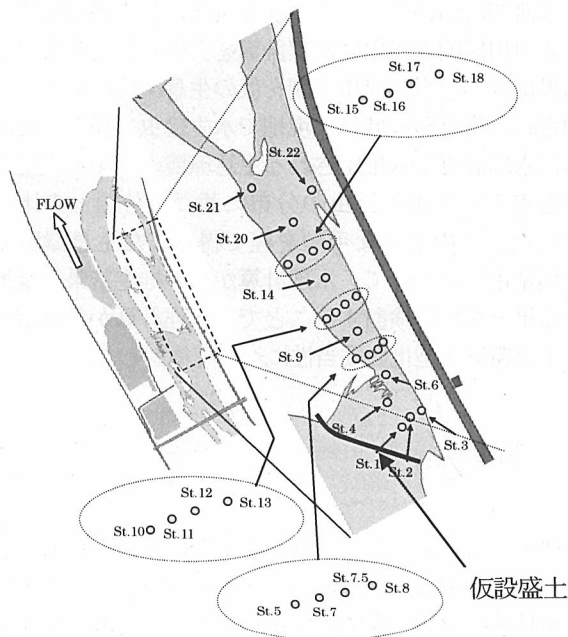


図-2 調査区間の平面図

(図中の○は水生昆虫の採取地点位置を示している)

本研究においては、リーチスケールでの水生昆虫の分布を流速分布と関連づけて調査を行うことを目指したが、瀬淵の調査を行う際に問題となるのは、水深が深い淵や流速が極めて速い瀬など簡単に立入ることができない場所における試料採取が難しいことである。そこで本研究では、このような場所においても調査が可能となるように、以下の手順で調査エリアを作成した。

①図-2に示す鼠橋地区における1組の瀬淵を調査エリアとして選定した。

②次項以降に示す水理計算と環境類型化に従って調査地点を決定した。

③現地調査に際しては、調査エリア上流に仮設盛土を設置し、上流からの水の流入を遮断すると共に、下流の河床を掘削することによって調査エリアの水位を下げると共に流れを止めた。

この様に作成された調査エリアにおいて以下に示す調査を行い、水生昆虫の分布状況を把握した。

図-2に示す地点(23地点)において水生昆虫の採取を行った。これらの地点は予め分類された環境類型区分の中心として選定されているが、最終的には現地調査時点で周辺環境を考慮して位置を決定している。それぞれの箇所において25cm×25cmのサーバーネットを用いて採取し、採取した水生昆虫について個体数計測、重量計測、種同定を行った。

## (2) 水理計算

前項で述べた現地調査の前に調査地区を対象として平面2次元水理計算を実施した。平水時から出水時までの幅広い流量を条件として計算を行うことから、一般座標系の使用が可能で、水際部の境界条件の自由度が高く一般座標系を用いた平面2次元流解析プログラム<sup>4)</sup>を用いて定常計算を行った。河床形状データは調査地のレーザープロファイラによる測量結果、水域内の河床高現地測量データを基に内挿し流下・横断方向ともに6mピッチの河床高データを作成して使用した<sup>5)</sup>。下流端水位データに関しては、上流端から与える流量に対応してManning式による等流水深を下流端水位として設定した。初期水位データの整備は、各計算横断面においてManning式による等流水深を初期水位条件として設定した。等流公式におけるエネルギー勾配 $I_e$ は、対象横断面の上下流断面(流下方向に±6m)の最深河床勾配とした。逆勾配が生じている区間では、計算区間全体の最深河床勾配である1/227を与えた。Manningの粗度係数 $n$ については、 $n=0.032$ としたが、2005年7月27日の現地調査時に水面形を測定し、計算結果と比較することで値の妥当性を確認した。計算結果については、鉛直方向に平均化された水平2方向の流速計算結果から流下方向流速を求めて、各計算格子地点における流速とした。

水生昆虫の生息環境に流速分布が与える影響について検討するのが本研究の目的であるが、河川流量は常に変

動しており流速もそれに伴い変動している。このため、いかなる流量における流速分布に基づいて次項で述べる環境類型区分を実施するべきかが問題となる。本研究では、流量変動に応じた流速変動自体も環境類型区分をする際に重要な要因であると考え、以下に示す6流量を与えてそれぞれ定常流計算を実施した(30, 40, 50, 100, 200および450m<sup>3</sup>/s)。本調査地点における年平均流量は約60 m<sup>3</sup>/sである。計算対象とした流量のうち大きい方の3つの再帰時間はそれぞれ2ヶ月, 1年, 10年である。上記の6つの流量は、通常の流況における変化, 小出水, 平均年最大流量, さらに河床形状を変更しうる大出水を表現することを想定して決定した。

### (3) 環境類型区分

上記の水力計算により得られた6つの流量に対する流下方向流速を説明変数としてSPSSソフトウェアを使用してnearest neighbor strategyによるクラスター解析を実施した。クラスターは20区分とし、GIS上に区分されたクラスターの分布を与えてそれぞれのクラスターを代表すると考えられる中心位置を選定した。これらの位置を現地調査における採取地点の候補地点として設定した。これらの地点は変動を加味した流速特性に基づいて物理的に環境類型区分された地点と考えられるため、これらの地点において水生昆虫を採取することで、生息する水生昆虫のタクサと流れによる物理的環境類型区分とを比較することが可能となると考えられる。

現地調査実施後には、現地調査時に若干の変更を加えて23カ所から採取された水生昆虫のタクサの同定結果から代表的な12のタクサを抽出し、これらの出現状況に基づいたクラスター分析を別途実施した。この分類は生物の生息パターンによる生物的環境類型区分と考えられる。

本項の最初に述べた物理的環境類型区分と上記の生物的環境類型区分とがどの程度の一致を見るかについてさらに検討を行った。このために物理的および生物的環境類型区分のそれぞれについて、区分するクラスター数をいくつか変化させながら、水生昆虫を採取した23地点を区分した。区分数を変化させながら、23地点の環境類型区分が物理的環境類型区分でも生物的環境類型区分でも一致することを目指して最適な類型区分を模索した。

## 3. 結果

### (1) 水生昆虫採取位置

現地調査に先立って実施した水力計算結果を用いて20クラスターに物理的環境類型区分を行った結果に基づいて22カ所の採取地点候補地を決定した(図-3)。現地調査時には、現場の状況に応じて1カ所採取地点を追加すると共に、若干の位置の修正を行っている。採取候補地点St. 1~8は調査区間上流に存在する瀬に位置している。

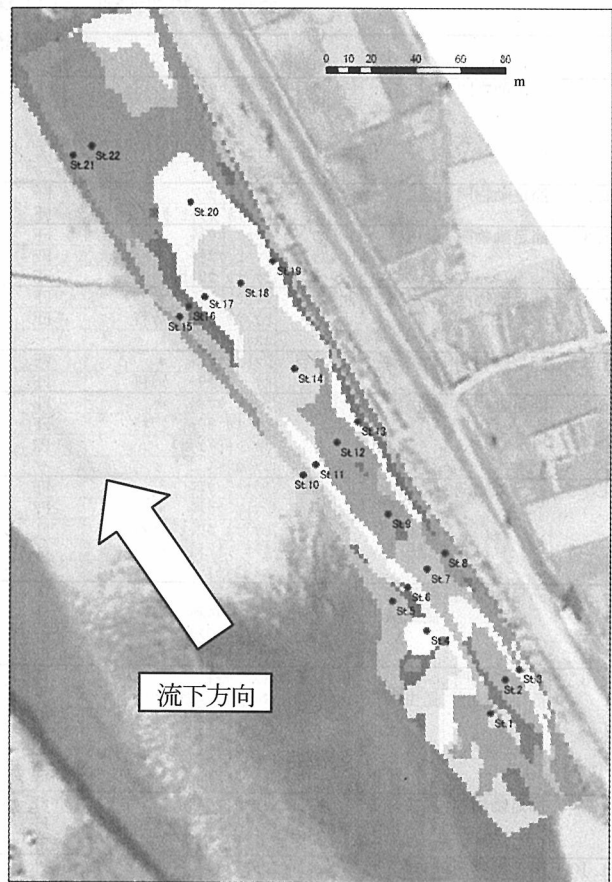


図-3 流速情報によりクラスター分析した物理的環境類型区分の結果と現地調査地点候補(丸印)

本調査区間は、上流の瀬から下流にかけて幅が広がると共に水深が深くなる形状を有している。この範囲にSt. 9~19を配置した。また、調査区間の最下流では河床に逆勾配が生じて滞りの環境からトロ場の様相を呈している。この部分にはSt. 20~22を配置した(図-2)。

調査区間上流部分は、図-3から分かるように滞筋が分岐したうちの右岸側に流れる瀬から構成されている。調査区間全体の左側に存在する調査区間と別の滞筋を分ける巨大な中州の上流端の縁を周回しながら低水路右岸側に衝突し、さらに調査区間を下流へと流れる複雑な流れの構造が調査区間上流部における物理的環境類型区分を複雑なものとしていると考えられる。

St. 9~19が配置された調査区間の中間部は、流れのパターンが横断方向に卓越して変化しており、流下方向には比較的穏やかな変化を示すために、物理的環境類型区分は基本的に流下方向に長く、横断方向に細分化される結果となっている。特に低水路右岸付近と中州に接する左岸側付近の兩岸付近は小さなサイズに細分化される結果となった。

### (2) 水生昆虫現地採取結果

現地調査において採取された水生昆虫を含む底生動物の結果を表-1に示す。表中には、各々の採取地点で得ら

表—1 現地調査において採取された底生動物の優占種一覧

st.	門	綱	目	科	摂食機能群 (略号)	st.	門	綱	目	科	摂食機能群 (略号)		
st. 1	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF	St. 14	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲラ科	PR		
				シマトビケラ科 *	FF					トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF	
			ヒゲナガカワトビケラ科	FF	ヒゲナガカワトビケラ科				FF				
ハエ目	カガシボ科 *	GC	ハエ目	イトミズ目	イトミズ科	GC							
				ユスリカ科1	-				ハエ目	ユスリカ科1	-		
					-				ハエ目	ユスリカ科2	-		
					-				ハエ目	ユスリカ科3	PR		
st. 2	節足動物門	昆虫	トビケラ目	シマトビケラ科	FF	st. 16	軟体動物門 環形動物門 節足動物門	ニマイイ綱 ミズ綱 昆虫綱	ハマグリ目	シジミ科	FF		
			ヒゲナガカワトビケラ科	FF	ツリミズ目				不明	GC			
st. 3	節足動物門	昆虫	カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF				カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	GR		
			トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF				トシボ目	サエトシボ科	PR		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF	トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF					
st. 4	節足動物門	昆虫綱	トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF				ハエ目	ユスリカ科1	-		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF				ハエ目	ユスリカ科2	-		
				ナガレトビケラ科	PR				ハエ目	ユスリカ科2	-		
				ユスリカ科1	-	st. 17	環形動物門 節足動物門	ミズ綱 昆虫綱	ツリミズ目	不明	GC		
st. 5	節足動物門	昆虫綱	トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF				カゲロウ目	マダラカゲロウ科 *	GC		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF					チラカゲロウ科	FF		
st. 6	節足動物門	昆虫綱	トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF					ヒラタカゲロウ科	GR		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF				カメシ目	ミズムシ科	PR		
				ナガレトビケラ科	PR				トビケラ目	シマトビケラ科	FF		
				ユスリカ科1	-				ハエ目	カガシボ科 *	GC		
st. 7	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF				ハエ目	ユスリカ科1	-		
			トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF					ユスリカ科2	-		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF	St. 18	環形動物門 節足動物門	ミズ綱 昆虫綱	イトミズ目	イトミズ科	GC		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF				トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF		
				ユスリカ科1	-					クダトビケラ科	GC・GR		
st. 7.5	節足動物門	甲殻綱 昆虫綱	ワラシムシ目	ミズムシ科	GC				ハエ目	カガシボ科 *	GC		
			カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF					ユスリカ科2	-		
			トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF					ユスリカ科1	-		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF	St. 19	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF		
st. 8	環形動物門 節足動物門	ヒル綱 昆虫綱	イシビル目	イシビル科	PR					ヒラタカゲロウ科	GR		
			カゲロウ目	マダラカゲロウ科 *	GC・GR				トシボ目	カワトビ科	PR		
				チラカゲロウ科	FF				カメシ目	タコフシ科	PR		
				ヒラタカゲロウ科	GR				環形動物門	ヒル綱	イシビル目	イシビル科	PR
				シマトビケラ科 *	FF				節足動物門	昆虫綱	トビケラ目	ヒゲナガカワトビケラ科	FF
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF	st. 20	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科 *	GC		
st. 9	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF				トシボ目	サエトシボ科	PR		
			トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF				トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF				ハエ目	カガシボ科 *	GC		
st. 10	環形動物門 節足動物門	ヒル綱 昆虫綱	イシビル目	イシビル科	PR					ユスリカ科1	-		
			カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	GR					ユスリカ科2	-		
			トビケラ目	ヒゲナガカワトビケラ科	FF	St. 21	環形動物門 節足動物門	ミズ綱 昆虫綱	イトミズ目	イトミズ科	GC		
				ユスリカ科2	-				カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF		
st. 11	節足動物門	昆虫綱	トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF				トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF					ヒゲナガカワトビケラ科	FF		
				ユスリカ科1	-	st. 22	軟体動物門	マキガイ綱	モノアラガイ目	モノアラガイ科	GR		
				ユスリカ科2	-			ニマイイ綱	ハマグリ目	シジミ科	FF		
St. 12	環形動物門 節足動物門	ヒル綱 昆虫綱	イシビル目	イシビル科 *	PR			ミズ綱	イトミズ目	イトミズ科	GC		
			カゲロウ目	チラカゲロウ科	FF				トシボ目	サエトシボ科	PR		
				ヒラタカゲロウ科	GR				トビケラ目	ヒゲナガカワトビケラ *	GC・SH		
			トビケラ目	シマトビケラ科 *	FF					エグリトビケラ *	SH・GC		
				ヒゲナガカワトビケラ科	FF				ハエ目	ユスリカ科1	-		
St. 13	環形動物門 節足動物門	ヒル綱 甲殻綱 昆虫綱	イシビル目	イシビル科	PR					ユスリカ科2	-		
			ワラシムシ目	ミズムシ科	GC					ユスリカ科3	PR		
			カゲロウ目	マダラカゲロウ科 *	GC								
				ヒラタカゲロウ科	GR								
			トシボ目	エゾトシボ科	PR								
			ハエ目	ユスリカ科2	-								

注1) ユスリカ科は、属レベルで摂食機能群が異なる場合があるため、出現している亜科別に分類した。下記参照  
 ユスリカ科1: ヤマユスリカ亜科、エリユスリカ亜科 (流水にいる種類が多い)  
 ユスリカ科2: ユスリカ亜科 (底泥に生息する種類が多い)  
 ユスリカ科3: モンユスリカ亜科 (肉食性を示す種類が多い)  
 注2) 和名の後に\*印が付いている種類は、科では摂食機能群が決定できないため、属や種で、摂食機能群を判断した種類を示す。

摂食機能群略号説明  
 SH 破砕食者  
 FF 濾過食者  
 GC 堆積物収集者  
 GR 剥ぎ取り食者  
 PR 捕食者  
 PA 寄生者

れた優占種を記載している。現地調査からは48タクサの底生動物が採取された。これらの中から、シマトビケラ科 (*Hydropsychidae*)、ヒゲナガカワトビケラ科 (*Stenopsychidae*)、ナガレトビケラ科 (*Rhyacophilidae*)、クダトビケラ科 (*Psychomyiidae*)、エグリトビケラ科 (*Limnephilidae*)、チラカゲロウ科 (*Isonychiidae*)、ヒラタカゲロウ科 (*Heptageniidae*)、マダラカゲロウ科 (*Ephemerellidae*)、ガガンボ科 (*Tipulidae*)、ヤマユスリカ亜科/エリユスリカ亜科 (*Orthoclaadiinae/Diamesinae*)、ユスリカ亜科 (*Chironominae*)、モンユスリカ亜科 (*Tanypodinae*) の12タクサを生物的環境類型を代表しうるタクサとし

て抽出した。

(3) 物理的および生物的環境類型区分の比較

クラスター区分数を変化させると共に、さらに区分されたクラスターを組み合わせるなどの試行錯誤の結果、10クラスターに区分した後、これらを5つのグループに分類する方法で、1カ所の例外を除いて23カ所の調査地点を物理的、生物的側面の両面から見て良好な一致をもって環境類型区分することが可能となった。表—2および図—4にこの類型区分の結果を示す。5つのグループは、以下のように分類することが可能と考えられる。



表—2 水生昆虫採取地点の物理的、生物的両面からの類型区分結果と採取地点毎の水生昆虫採取個体数

グループと採取地点 タクサ	I		II		III			IV		V													
	10	11	15	17	13	19	22	20	18	2	3	7.5	9	21	12	14	4	5	1	7	8	6	16
シマトビケラ科	0	1	0	49	0	0	0	17	25	26	22	25	14	18	25	25	10	1	10	12	9	9	2
ヒゲナガカワトビケラ科	9	1	0	0	0	1	3	0	5	10	9	15	16	8	18	7	5	6	5	12	15	6	0
ナガレトビケラ科	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
クダトビケラ科	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エグリトビケラ科	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チラカゲロウ科	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	1	1	4	3	0	0	0	3	5	12	0	0
ヒラタカゲロウ科	3	0	0	1	26	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	4	
マダラカゲロウ科	0	0	0	7	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
ガガンボ科	0	0	0	18	0	0	0	11	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	
ユスリカ科1	0	7	49	240	0	0	5	23	53	0	0	0	0	0	0	0	7	0	4	4	0	12	30
ユスリカ科2	25	23	45	18	3	0	64	52	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
ユスリカ科3	0	0	3	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生物的環境類型	1	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10
物理的環境類型	4	4	4	2	2	1	2	2	1	8	8	10	10	10	1	1	5	6	10	10	10	2	2

グループI：泥を多く含む環境を選好するユスリカ科2（ユスリカ亜科）が優占する環境である。

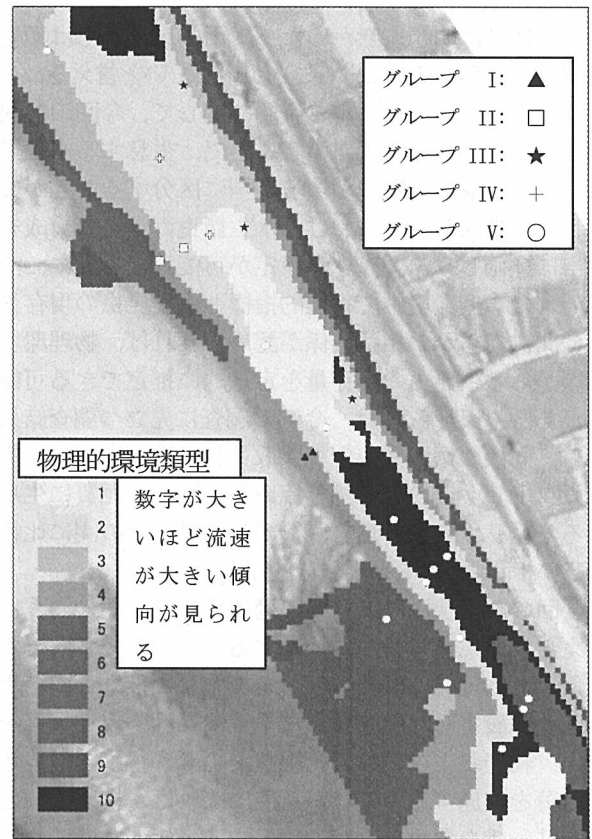
グループII：グループI同様にユスリカ科2（ユスリカ亜科）が優占する環境であるが、同時にユスリカ科1（ヤマユスリカ亜科/エリユスリカ亜科）など流水域を好む種が生息する環境である。

グループIII：河床材料表面の剥ぎ取り食者であるヒラタカゲロウ科が多く発見されている。調査区域の右岸側に位置する地点が帰属する傾向が見られる。

グループIV：シマトビケラ科、ガガンボ科、ヤマユスリカ亜科/エリユスリカ亜科、ユスリカ亜科が共通して発見された地点である。これらのタクサが生息することから、河床は安定的で河床には緩やかな流れが存在する環境であることが示唆される。

グループV：造網性トビケラのシマトビケラ科、ヒゲナガカワトビケラ科が優占する環境である。これらのタクサは濾過食者であるため、間隙が大きく安定している河床を好む傾向がある。

上記のグループ特性は、それぞれのグループに属する現地調査地点において確認された水生昆虫のタクサにより生物的環境類型として説明されると同時に、これらタクサが選好する物理的環境類型としても解釈しうる。グループIに分類された地点は、水理計算結果から物理的環境類型4（図—4）で表され、平水時にはほとんど流速が無い状態の環境であることが示されている。現地調査においても河床に細粒土砂分が堆積している状況であり、優占的に確認された水生昆虫タクサが選好する物理環境として矛盾のない結果であった。グループIIに分類された地点は、グループIよりは平水時の流速が大きいものの、出水時以外は速い流れが生じない場所と評価される。物理的環境類型は4および2で表されるが、物理的環境類型2はグループIIIやIVにも属しており、あまり明確に区分できなかった。グループIII、IVは生物的には区分されるが物理環境の視点からは明確に区分できなかった。現地調査からは、グループIIIとした右岸側の採取地点は大礫の間隙に砂が薄く堆積する環境であり、岸に近いことから



図—4 生物的環境類型と物理的環境類型との比較

水深が浅いところが特徴的であった。河床材料や水深についても考慮すればグループIIIとIVを異なる物理的環境類型として区分できた可能性がある。グループVは今回の現地調査地点のほとんどが帰属する区分である。調査区域は河床勾配が比較的急であり、平水時においても流速が大きい場所が多い（特に上流側）ため、このような結果になったと考えられる。

#### 4. 考察

表—2 および図—4 に示したように、物理的環境類型と生物的環境類型をそれぞれ10のクラスターに区分

した後に組み合わせを操作することで5つのグループに分類したところ、比較的良好な対応が得られた。大多数の採取地点がグループVに帰属する結果となったが、このグループに属する地点は造網性トビケラに優占されていた。調査区間の大部分が物理的には礫や大礫からなる河床上を河川水が高速で流れる瀬の環境であり、物理的類型環境では5~10の区分は全てこれにあてはまり、かなりの部分がグループVに類型区分されたのは妥当な結果であったといえる。今回の検討対象とした調査区間は、物理的環境類型としては概ね5つに区分できた。現地調査前には情報が限定されていたため20クラスターとかなり多めに区分して試料を採取したが、実用的見地からも多すぎたと言える。しかし区分数を減らすことによる問題は特に生じないので、手法自体には問題は無かった。実用的見地からは類型環境は5つ程度以下にすることが望ましいと言える。

リーチスケールレベルの空間に関して、今回の検討のように水理計算を実施することで、生息する水生昆虫のタクサ構成が類似の環境類型に区分することができれば、当該リーチにおける水生昆虫のタクサ構成を妥当に評価しうる調査地点設定が可能となる上に、それぞれの類型環境中で物理的指標と水生昆虫の現存量との間に何らかの相関関係が認められれば、物理環境指標から水生昆虫の現存量を定量的に推定できる可能性がある。天野ら<sup>6)</sup>は、今回の調査に先立つ調査結果から、同様の類型景観中で採取された造網性のヒゲナガカワトビケラの現存量と流速との間や、泥質に生息するユスリカの現存量と底質の強熱減量との間に比較的高い相関が認められることを示している。

今回の解析手法の現場への適用手順は、次のように考えられる。まず検討対象とするリーチ等において水理計算と物理的環境類型区分を実施した後、この結果に基づき設定した調査地点で季別に数回の現地調査を行い、物理および生物の両視点から5つ程度の環境類型区分を実施する。これが可能になれば、検討対象としたリーチを含めて近傍の類似のリーチにおいてもこの環境類型区分が有効であると考えられ、これらの場所における水生昆虫調査にも利用可能になると考えられる。

実際の河川においては、年毎に気象や水文条件が異なる上に、大出水による攪乱や河床形状の大きな変化が生じるために長期にわたって見た場合、一旦設定した物理、生物の両視点からみた環境類型区分の関連が一致しなくなる可能性がある。今回検討した手法は特に大出水のような攪乱イベントが生じた場合は、再度適用し直す必要があるだろう。しかしこのような作業を繰り返すうちに、攪乱イベントが水生昆虫の生息に与える影響についてより深い知見が得られたり、水生昆虫の生息環境を規定する物理的要素としてさらに考慮する必要がある事項についての理解が進む可能性が

高い。水生昆虫の生息状況のように時間的空間的に変動が大きい生態情報については、可能な限り定量的評価が可能で物理的指標と関連づけて収集整理していく必要があると考えられる。

## 5. 結論

一つのリーチや瀬といった景観スケールで見た場合、水生昆虫の出現タクサや現存量は不均質であるため、全体量の推定や分布のばらつきを推定することが困難である。通常、上記の様な景観の中に複数の採取地点を設けてこれらを推定するが、採取地点の選定に恣意的要素が加わるため、取得したデータの解釈が不明確になりがちである。

今回検討した手法を適用することで、水生昆虫の調査結果を定量的に評価しやすい物理的指標の分布に関連づけることが可能となり、水生昆虫の出現タクサや現存量の推定がより正確に行えると思われる。

今回は質的な環境の類型区分にとどまったが、量的な評価についても可能となれば、河床における物質動態や生物生産を評価する際に有効な手法になると考えられる。

謝辞：国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所及び更埴漁業共同組合の方々には調査期間中、様々な面で便宜を図っていただいた。記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Statzner B., J. A. Gore and V. H. Resh, Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications, *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(4), pp. 307-360, 1988.
- 2) Hart D. D. and C. M. Finelli, Physical-biological coupling in streams: The pervasive effects of flow on benthic organisms, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30, pp. 363-395, 1999.
- 3) Downes B. J., P. S. Lake and E. S. G. Schreiber, Spatial variation in the distribution of stream invertebrates: implications of patchiness for models of community organization, *Freshwat. Biol.* 30, pp. 119-132, 1993.
- 4) 土木学会水理委員会, 水理公式集改定委員会, 水理公式集例題プログラム集編集部会: 水理公式集例題プログラム集, pp. 18-pp19, 社団法人土木学会, 2002.
- 5) 天野邦彦, 傳田正利, 時岡利和, 大石哲也: 水理特性に着目した河川微地形の生態的機能評価の試み, 河川技術論文集, 第12巻, pp. 483-488, 2006.
- 6) 天野邦彦, 時岡利和, 傳田正利, 対馬孝治: 瀬淵構造を持つ河川区間における微地形と水生昆虫の分布に関する現地調査, 河川技術論文集, 第13巻, pp. 159-164, 2007.