底生動物相による河川水質評価（第1報）
五十嵐川流域

田村　良三・丸山　浩一・小林　　正・山崎　興樹・大山　征也

1　はじめに

従来，河川等の水質汚濁状況の評価には各種汚染物質の濃度等の理化学的指標が使用されてきたが，近年生物を指標とする方法が多く取り入れられ調査されている[1)～12)]

底生動物は，移動性が比較的少なく汚染の影響を受け易く，かつ長期にその現象が続くため，水質汚濁の重要な指標となる．また，調査には特別な分析機器類が不要であり，一般の人にも分かり易くかつ人間生活への影響をより直接的に捕えているなどの利点がある．

本年度は，五十嵐川において水生昆虫などの底生動物相から，水質汚濁状況の把握を試みた．

2　調査地点

五十嵐川は，守門岳（1,538 m）から粟ケ岳（1,293 m）に至る峰々からの清流を集め，景勝地・八木鼻地点で一本となり，三条市内を流れて信濃川に合流している．

調査地点は，比較的安定した瀬の部分とし，大きな支流についても調査した．採取地点を図－1に示した．

3　調査方法

3.1　調査時期

底生動物の採取は春と秋に行ったが，春先は雪解け水が多く充分な採取ができず，以下の評価には秋（10～11月）のデータのみを用いた．

3.2　採取方法

川の瀬の部分で水深約30cm程度の石礫底の場所を選び，コドラート（サーバネット付き，30cm四方）を用いて2回づつ底生動物を採取した．採取した試料はそれぞれビニール袋に入れ，ホルマリンで固定して研究室に持ち帰った．

持ち帰った試料を白色バットに入れ，水道水で洗浄しながらカゲロウ目，カワゲラ目，トビケラ目およびその

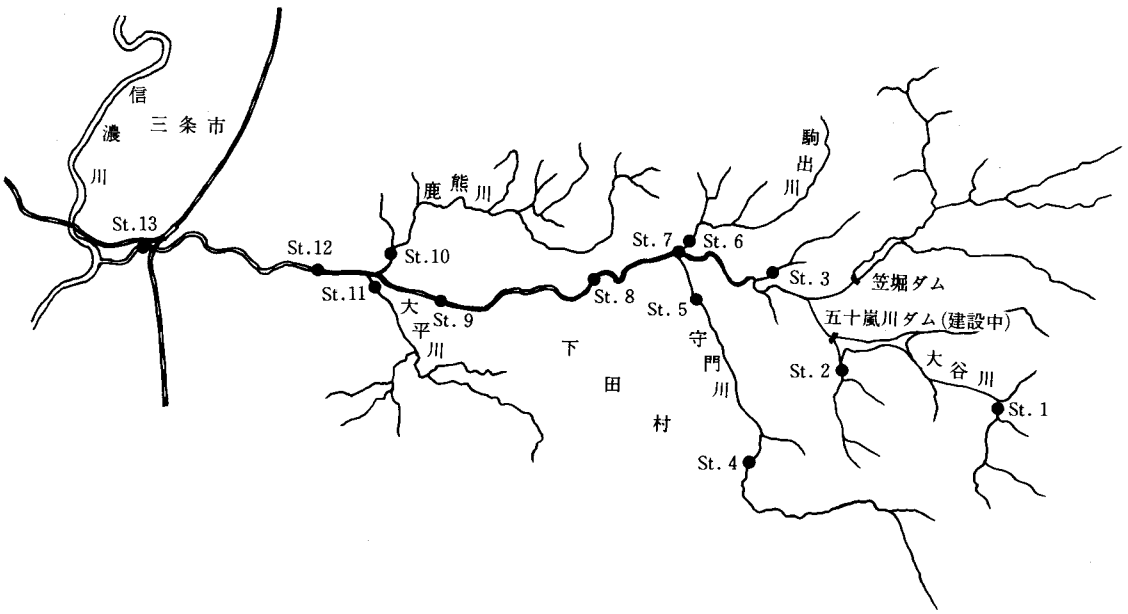

図-1　底生動物採取地点

他に分類してサンプル瓶に入れて保管した.

3.3　分類および同定

生物はすべて実体顕微鏡を用いて同定したが，コカゲロウ属については大腮をはずして顕微鏡下での同定を試みた[13)-15)]. 同定は可能な限り種の段階まで行ったが，トビケラ目やカワゲラ目は不明な種も多く，分類は科や属の段階に留めた. また，ユスリカも上流から下流まで認められ，数種類を含むものと思われたが分類は行わずユスリカ科として扱った.

3.4　理化学的水質調査

底生動物による水質評価の補完の目的で，昭和62年6月に底生動物採取地点のうちの11地点において，CODやBOD等7項目について水質調査を実施した.

4　調査結果および考察

4.1　底生動物の出現状況

各地点ごとの底生動物の同定結果を付表－1に，目（あるいは門）ごとの出現個体数を表－1に示した.

2回のコドラート採取による個体数は，St.10とSt.11で1,600個体を超え，底生動物の生育が非常に多い地点であった. 特にSt.12ではコガタシマトビケラ（854個体），ヒラタドロムシ（242個体），チャバネヒゲナガカワトビケラ（146個体）が多く，これら3種で総個体数の73%を占めていた.

各地点とも主要な構成種は，カゲロウ目とトビケラ目であり，これらの多くの種が汚濁非耐性種であることからも五十嵐川の水質は清浄であることがわかる.

しかし，下流のSt.10～St.13地点では汚濁耐性種のヒル類やイトミミズ類の出現率が高まり，下流部で水質の汚濁が進行しているものと考えられた.

4.2　生物学的水質評価

①　優占種法（簡便法）

現在，環境庁が全国の河川を対象に，地域住民の啓蒙も含めて実施している調査方法[1)]である. ある地点で採取した底生動物のうち，最も多く出現した種がどの汚濁階級に属するかを調べ評価する方法である.

表－2に各地点における第1優占種と第2優占種を示した. St.1～St.6地点では，貧腐水性種（os）が第1

表-1　各地点の種類別個体数

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13
カゲロウ目	159	165	48	253	210	148	117	104	44	167	147	324	217
トビケラ目	41	416	203	163	105	55	108	16	7	26	1132	1032	10
カワゲラ目	19	78	25	31	31	23	21	8	6	2	1	6	26
鞘翅目	2	31	21	10	23	8	7	1	1	52	60	265	11
広翅目	2	11	5	4	2		1					1	
双翅目	4	37	20	20	61	63	96	59	147	117	178	47	223
扁形動物		2	7		5		13				4	19	15
環形動物	1	1		1	3	3	1	1		5	13	4	14
節足動物		3			1					1	87		
軟体動物						2				1	2		
計	228	744	329	482	441	302	364	189	207	371	1624	1698	516

表-2　各地点の出現種数と優占種

地点	種類数	個体数	第1優占種			第2優占種		
			種名	個体数	階級	種名	個体数	階級
St. 1	26	228	ヤマトコカゲロウ	65	os	エルモンヒラタカゲロウ	39	os
St. 2	49	744	ウルマーシマトビケラ	191	os	オオマダラカゲロウ	82	os
St. 3	35	329	エグリトビケラ科	56	os	ウルマーシマトビケラ	50	os
St. 4	41	482	オオマダラカゲロウ	69	os	エルモンヒラタカゲロウ	61	os
St. 5	48	441	ヒメヒラタカゲロウ	94	os	コガタシマトビケラ	49	β-ms
St. 6	35	302	ウスバヒメガガンボ属	47	os	クシゲマダラカゲロウ	30	os
St. 7	32	364	コガタシマトビケラ	88	β-ms	ウスバヒメガガンボ属	57	os
St. 8	27	189	ユスリカ科	55	—	ヒメヒラタカゲロウ	39	os
St. 9	21	207	ユスリカ科	144	—	ヒメヒラタカゲロウ	11	os
St. 10	25	371	ユスリカ科	115	—	シロタニガワカゲロウ	32	os
St. 11	33	1624	コガタシマトビケラ	1049	β-ms	ユスリカ科	142	—
St. 12	34	1698	コガタシマトビケラ	854	β-ms	ヒラタドロムシ	242	β-ms
St. 13	30	516	ユスリカ科	222	—	アカマダラカゲロウ	134	β-ms

優占種をしめ，水質は清浄と評価された．St.7 地点より下流域においては，β中腐水性種（β-ms）の出現が多くなり，特にSt.12 地点からは第2優占種もβ中腐水性種であることから，人間生活に伴なう排水などが流入し，β中腐水域に移行しているものと考えられた．

なお，St.8～10 地点においてはユスリカ科が第1優占種となったが，これらは全て green type であることや，第2優占種がヒメヒラタカゲロウなどの貧腐水性種であることから，これらの地点は貧腐水域とβ腐水域との中間型と考えられた．

② 汚濁指数法による評価

Pantle-Buck（1955）による方法である．各地点ごとに出現種を同定し，出現多少度（h）を1個体のみ－1，2～9個体－2，10個体以上－3とする．また出現種の汚濁階級を調べ，貧腐水性種・・s＝1，β中腐水性種・・s＝2，α中腐水性種・・s＝3，強腐水性種・・s＝4を与え，汚濁指数(S)は次式より求める．

$$S=\frac{\Sigma\ (s\cdot h)}{\Sigma\ h}$$

h：出現多少度
s：汚濁階級指数

この式から求められた汚濁指数(S)が1.0～1.5は貧腐水域（os），1.5～2.5はβ中腐水域（β-ms），2.5～3.5はα中腐水域（α-ms），3.5～4.0は強腐水域（ps）と判定される．

調査結果を表－3に示した．五十嵐川上流部の汚濁指数は，1.1前後であるが流下するに従い指数は上昇し，St.13 での汚濁指数は1.55を示し，β中腐水域と評価された．また，途中で合流する鹿熊川（St.10）と 大平川（St.11）もβ中腐水域と評価され，五十嵐川の水質に影響を及ぼしているものと考えられた．

③ 多様性指数による評価

多くの種がバランス良く生育できる環境は，生物にとって快適な環境，すなわち清浄な水環境であるとの考えから，確率統計学的に求められた方法[15)-17)]である．今回，多様性指数（DI）は Shannon の式から求めた．

表-3　各地点の汚濁指数および多様性指数

調査地点	汚濁指数法による評価		Shannon の多様性指数による評価	
	汚濁指数	水質階級	多様性指数	水質階級
St. 1	1.11	os	3.49	os
St. 2	1.10	os	4.24	os
St. 3	1.05	os	4.20	os
St. 4	1.16	os	4.11	os
St. 5	1.24	os	4.38	os
St. 6	1.28	os	4.40	os
St. 7	1.29	os	3.76	os
St. 8	1.32	os	3.38	os
St. 9	1.27	os	2.10	β-ms
St. 10	1.69	β-ms	3.55	os
St. 11	1.68	β-ms	3.11	os
St. 12	1.39	os	3.07	os
St. 13	1.55	β-ms	2.83	β-ms

$$DI=-\Sigma\ (ni/N)\ \log_2\ (ni/N)$$

ni＝種別個体数　N＝全個体数

求められた多様性指数（DI）が3以上は貧腐水域，2～3がβ中腐水域，1～2がα中腐水域，1以下が強腐水域と判断される．

調査結果を表－3に示した．多様性指数は，上流域では4以上を示す地点が多く，中流から下流にかけて指数は低下し，St.13 地点では DI＝2.83 とβ中腐水域となった．なお，中流域の St.9 地点で最低値（DI＝2.10）を示したが，これは増水により川の中心部で底生動物の採取ができなかったため，ユスリカ科が全個体の70%を占めるなど，採取した動物相に偏りが生じたためである．

4.3　理化学的水質評価

測定結果を表－4に示した．水質調査当日まで晴天が続き五十嵐川の水量は少なく渇水状態であった．

したがって，人為的汚染の少ない地点においても比較

表-4　五十嵐川水質調査結果

項目／地点	採水時刻	pH	SS (mg／l)	DO (mg／l)	COD (mg／l)	BOD (mg／l)	T－N (mg／l)	T－P (mg／l)
St. 1	14：00	6.9	1	5.8	3.1	0.2	0.24	0.05
St. 2	14：15	7.1	8	9.0	2.4	0.2	0.21	0.02
St. 3	12：08	6.9	7	8.1	1.4	0.2	0.21	＜0.01
St. 5	14：35	7.0	11	8.3	4.6	1.0	0.29	0.02
St. 6	12：00	7.0	4	8.5	1.0	0.6	0.23	0.02
St. 7	11：54	7.0	14	9.0	3.2	0.6	0.29	0.02
St. 9	11：34	7.0	14	8.7	4.4	1.1	0.43	0.03
St. 10	15：00	6.7	11	8.5	5.4	1.3	0.48	0.05
St. 11	11：25	6.8	4	8.8	6.0	3.2	0.74	0.09
St. 12	11：10	7.0	9	9.8	3.8	1.3	0.43	0.03
St. 13	15：30	7.0	4	10.8	3.6	2.0	0.39	0.04

的高い濃度を示す項目もあった．しかし概ね各項目とも上流から徐々に濃度は高まり，五十嵐川においても人為的な汚染が存在することが伺えた．

特に，St.11（大平川）はCOD，BOD，T—N，T—Pとも最高値を示し，またSt.10（鹿熊川）も比較的高く，両支流が五十嵐川の水質に与える影響が大きいものと考えられた．

これらの結果は，底生動物による水質評価と良く一致していた．

4　ま　と　め

五十嵐川において，水生昆虫を主とする底生動物相から水質汚濁状況等の把握を試み，13地点で74種以上7495個体を採取し調査した．その結果，

1）各地点とも底生動物の現存量は比較的多く，特にSt.11とSt.12地点では，2回のコドラート（0.18m²）採取で1600個体以上が採取され，底生動物が石礫等を用いて層をなして生活していることが伺えた．

2）それらの主な種は，カゲロウ目，トビケラ目，カワゲラ目および双翅目であったが，下流域で鞘翅目（ヒラタドロムシ）や環形動物（イトミミズやヒル類）の出現頻度が高くなっていた．

3）優占種法による水質評価では，St.1～St.6地点は貧腐水域，St.7～St.10地点は貧腐水域とβ中腐水域の中間型，St.11～St.13地点はβ中腐水域と評価された．

4）汚濁指数法による評価では，中流域から指数は徐々に上昇し，St.13地点でβ中腐水域となった．また途中の2つの支流（St.10，11）もβ中腐水性を示し，五十嵐川の水質にあたえる影響が大きいものと考えられた．

5）多様性指数も上流から下流に向って低下する傾向が得られ，St.13地点がβ中腐水域と評価された．なお中流域のSt.9地点が最低値を示したが，これは充分なサンプリングができなかったため，試料中にユスリカが偏在したためであった．

6）理化学的水質評価においても，下流にいくに従って水質は悪化し，特にSt.10と11の両支流が五十嵐川の水質に与える影響の大きいことが評価され，底生動物による水質評価と良く一致した．

以上のように，水生昆虫を主体とする底生動物相を指標として五十嵐川の水質汚濁状況の把握を試み，上流域は貧腐水性の水域であり，中流域からβ中腐水性域へと移行し，下流域でβ中腐水域となっていることが評価できた．

底生動物による水質汚濁状況評価は，河川の汚濁の総合評価として有効である．しかし，種の同定には専門的な知識が要求される．今回の調査ではトビケラ目やカワゲラ目およびユスリカ科の種の同定は不充分であった．また，年1回の調査であったが，底生動物による水質評価には季節差も生ずることが指摘されており，年間を通して調査を行う必要があった．

参　考　文　献

1）高橋康夫：公害と対策，**20**．12．1219（1984）．
2）菅野　猛，田口早智子，佐竹武典，関　敏彦：仙台市衛生試験所報，**14**．381（1983）．
3）久米一成，前島孝明，中島二夫，山岸政明，田端孝光，望月利人：静岡衛環センター報告，**26**，117（1983）．
4）林清比古，岩瀬敏夫：愛公セ所報，**14**，36（1986）．
5）白崎健一，青木啓子，山口慎一，宇都宮高栄，有賀紀：福井県公害センター年報，**15**，170（1985）．
6）足立雅彦，森　隆治，立岡　修，松野喜六：京都府衛公研年報，**29**，67（1984）．
7）中谷真理子，田中　健，植田直隆，岡田　作，市村国俊，西川喜孝：奈良衛研年報，**20**，99（1985）．
8）原田三郎，渡辺　直：兵庫県公害研研究報告，**10**，1（1978）．
9）矢野泰正，岩崎幸治，尾川　健，亀井旦博，石川隆清岡弘治：広島市衛研年報，**4**，93（1984）．
10）冠野禎男，三好健治：香川県公研センター所報，**9**，83（1983）．
11）犬伏宏行，武田正裕，立石京子，北村寿郎：徳保環セ年報，**2**，153（1984）．
12）堀内泰男：高知公防所報，**1**，41（1984）．
13）川合禎次編：日本産水生昆虫検索図説（1985）．（東海大学出版会）
14）津田松苗：水生昆虫学（1962）（北隆館）
15）津田松苗，森下郁子：生物による水質調査法（1974）．（山海堂）
16）森谷清樹：用水と廃水，**18**，6，729（1976）．
17）日本生態学会環境問題専門委員会編：環境と生物指標2—水界編—（1975）（共立出版）

付表－1　各地点の出現種および出現個体数

出現種名	水質階級			各地点における個体数												
		s	P	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	St8	St9	St10	St11	St12	St13
カゲロウ目																
・オナガヒラタカゲロウ	os	1	A		3				1							
・ナミヒラタカゲロウ	os	1	A			6	2	12	15	42	24	10	3	4	8	17
・ウエノヒラタカゲロウ	os	1	A			1										
・エルモンヒラタカゲロウ	os	1	A	39	19	9	61	2	1	2	2		1			1
・ユミモンヒラタカゲロウ	os	1	A				2	1	22							2
・シロタニガワカゲロウ	os	1	A										32			1
・キブネタニガワカゲロウ	os	1	A	1				3	1	1			20	13	19	1
・キハダヒラタカゲロウ	os	1	A		1			1								
・サツキヒメヒラタカゲロウ	os	1	A					1						6	1	
・ヒメヒラタカゲロウ	os	1	A	32	31	6	36	94	9	15	39	11			8	
・ガガンボカゲロウ	os	1	A					2								
・チラカゲロウ	os	1	A					4		7	1	1			5	1
・フタバカゲロウ	os	1	A		1											
・サホコカゲロウ	αm	3	B					2	1	2	2	4	9	6	15	10
・ヤマトコカゲロウ	os	1	A	65				10							6	
・コカゲロウの一種	os	1	A		7		13		3	3	2			4	4	
・フタバコカゲロウ	os	1	A	13	6	4	2	4			2	2		5		10
・ミジカオフタバコカゲロウ														1	7	1
・ウェストントビイロカゲロウ						2					1		11		5	2
・ヒメトビイロカゲロウ	βm	2	B						3							15
・エラブタマダラカゲロウ	βm	2	B					1		1	1					
・オオマダラカゲロウ	os	1	A	4	82	5	69	13	11	2	14	2				
・クロマダラカゲロウ	os	1	A	4	6	8	47	10	9	14	10	5	7	4	77	1
・クシゲマダラカゲロウ	os	1	A	1		4	16	5	30	6		5	24	32	27	9
・アカマダラカゲロウ	βm	2	B		1		4	31	17	9	4	1	24	44	123	134
・ヒメカゲロウの一種	βm	2	B										6	2	2	1
・キイロカワカゲロウ	βm	2	B		1			7	25	13	2	3	27	25	17	10
・フタスジモンカゲロウ	os	1	A		7	3	1	7								
・トウヨウモンカゲロウ	βm	2	B										3	1		1
トビケラ目																
・ヒゲナガカワトビケラ	os	1	A		4		3							6	2	
・チャバネヒゲナガカワトビケラ	os	1	A		1		3	4	12	6	1	1		56	146	1
・シロフツヤトビケラ	os	1	A		2											
・ウルマーシマトビケラ	os	1	A	9	191	50	47	8	4	3	3	1	1	15	26	
・シマトビケラの一種	os	1	A	9	55	28	2									
・コガタシマトビケラ	βm	2	B	2	25	21	26	49	18	88	10	4	20	1049	854	7
・エチゴシマトビケラ	os	1	A	6	12	18	57	26	6	3	2					
・オオナガレトビケラ	os	1	A		1											
・ヤマナカナガレトビケラ	os	1	A				1		1							
・ムナグロナガレトビケラ	os	1	A	1	3		2	1		1						
・ナガレトビケラの一種	os	1	A	6	5	1		4								
・ナガレトビケラの一種	os	1	A	1	21	23	2									
・タニガワトビケラ科	os	1	A				4	2		1						
・クダトビケラ科	os	1	A						2							
・イワトビケラ科	os	1	A										1			1
・ヤマトビケラ科	os	1	A		34			1	3							
・ヒメトビケラ科	os	1	A		21	2	11	6	3							
・カクスイトビケラ科	os	1	A		4	3	1	1								1
・エグリトビケラ科	os	1	A		35	56	2		2				4	6	4	

出現種名	水質階級			各地点における個体数												
	s		P	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	St8	St9	St10	St11	St12	St13
・ケトビケラ科	os	1	A	7			2	2		6						
・ヒゲナガトビケラ科	os	1	A		2	1		1	4							
鞘翅目																
・ミズスマシ科														1	1	
・ヒラタドロムシ	βm	2	B						4	2		1	27	49	242	9
・マスダドロムシ	βm	2	B											6	18	
・ヒメドロムシ科				2	31	21	10	23	4	5	1		25	4	4	2
広翅目																
・ヘビトンボ	os	1	A	2	11	5	4	2		1					1	
カワゲラ目																
・オナシカワゲラ科	os	1	A	2	8	1	5	2		5					1	1
・クロカワゲラ科	os	1	A		2	9		2		1	1					
・アミメカワゲラ科	os	1	A				1		6				1			20
・カワゲラ科	os	1	A	9	57	9	17	19	8	13	5	3	3	1	6	26
・ミドリカワゲラ科	os	1	A	8	11	6	8	8	9	2	2	5		1	5	5
双翅目																
・ミヤマナガレアブ	os	1	A	1												
・シギアブの一種	os	1	A		7		2	1							1	
・クロヒメガガンボ属	os	1	A	2	2	4	3	4	2		1	3			3	1
・ウスバヒメガガンボ属	os	1	A		20	7	8	14	47	57	2	2	2	36	23	
・ユスリカ科					6	9	7	42	14	39	55	144	115	142	20	222
・アミカの一種	os	1	A	1	2						1					
その他																
・ヨコエビ	os	1	A		3			1								
・ミズムシ	αm	3	B					5		13			1	87		
・プラナリア科	os	1	A		2	7		3		1	1			4	19	15
・イトミミズ科	ps	4	B	1	1				3				2	2		14
・イシビル科	αm	3	B				1						3	11	4	
・モノアラガイ	αm	3	B										1	1		
・サカマキガイ	ps	4	B											1		
・カワニナ	os	1	A						2							
計				228	744	329	482	441	302	364	189	207	371	1624	1698	516