

底生動物による汀間川の水質の評価

岸本高男・比嘉ヨシ子

Biological Evaluation of Water Pollution by Benthos
in Teima-River of Okinawa Island

Takao KISHIMOTO and Yoshiko HIGA

I はじめに

汀間川におけるリバーウォッチングは昭和63年から開始され、すでに3回目を終えた。しかしながら、リバーウォッチングの目的は生物による水質の評価をする事、河川浄化思想の高揚に重点が置かれており、指標生物の範囲が限られている。このような目的で蓄積されたリバーウォッチングの資料では、汀間川の底生動物相の実態を把握する事は困難である。

著者らは汀間川に生息する底生動物のすべての種類を記録して、動物による河川水質評価の精度を高めようと試みた。その概要を報告する。

II 方法

1. 調査期間

1989年10月3日から9日まで。

2. 調査場所

汀間川の流域面積は13.0km²、流路延長は6.6km²、の河川で5つの支流が合流する。流域のほとんどは山林等で占められ、川沿いには数戸の民家が散在し、集落は2カ所、汀間と三原が河口近くに集まっている。

底生動物は9つのStation (以下St.と略す)において調査した。汀間川の支流、三原福地川の上流から下流にかけて、St.1~4を、本流の嘉陽又橋から下流にはSt.5~8を、ゲーヤ川の上流にSt.9を設定した(図2)。なお、各調査地点の水質の分析は行っていない。昭和61年度版の環境白書によると、汀間川の水質分析結果はpHが7.5~7.9、DOは6.9~11、BODは0.5~2.3、SSは1~10、大腸菌群は平均1.2×10⁴で環境基準の達成状況は良好のようである。

3. 底生動物の採集方法

採集は30×30cm²の方計枠を置き、その後にサバーネットを設置し、方形枠内の小石の表面を両手で丁寧洗い、流れる虫はサバーネットでうけた(図1)。ネット内の虫とゴミはポリ容器に入れ、現場でホルマリンで固定した。これらは実験室にもちかえり、実体顕微鏡あるいは生物顕微鏡を使って同定した。

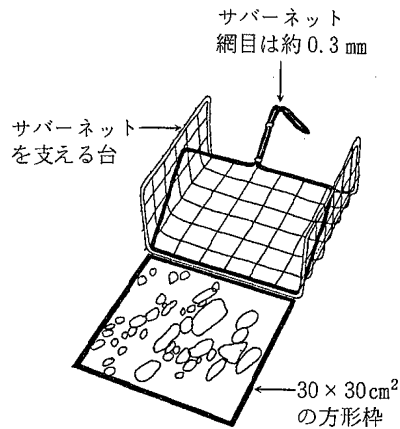


図1. サバーネット方形枠。

表1. 水質階級の生物学的評価基準。

評価法	貧腐水性	β -中腐水性	α -中腐水性	強腐水性
BOD	<2	2~5	5~10	10<
簡易法	I	II	III	IV
汚濁比	0~30	31~70	71~100	100<
Beck-Tsuda				
α 法	>20	19~11	10~6	5~0
β 法	>30	29~15	14~6	5~0
汚濁指数	0~1.5	1.5~2.5	2.5~3.5	3.5~4
多様性指数	>3	2~3	1~2	1>

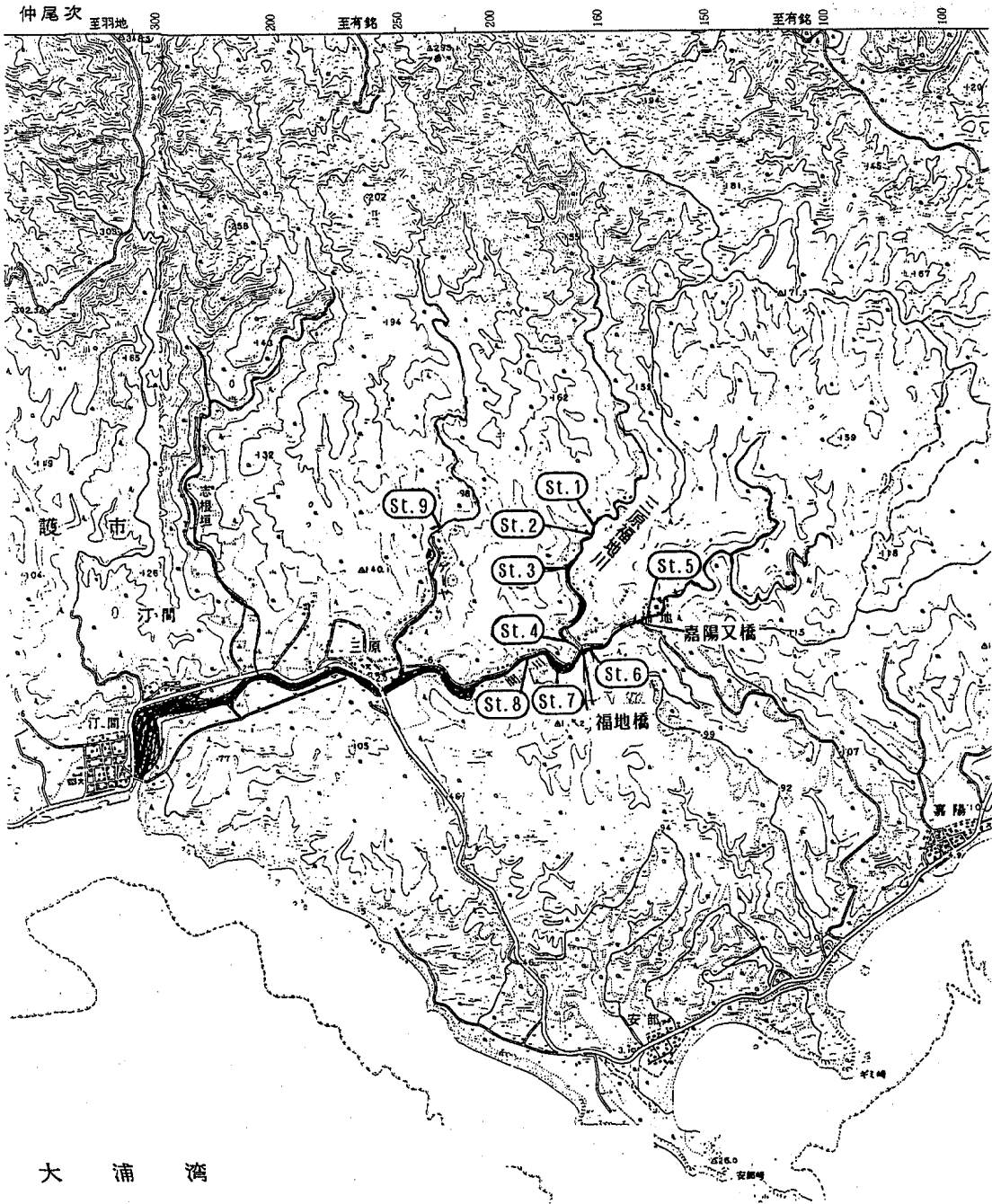


図2. 底生動物の調査地点.

4. 水質の評価法

水質の評価は貧腐水生 (os), β-中腐水性 (β-ms), α-中腐水性 (α-ms), 強腐水性 (ps) の四階級に分けた。水質階級とBODとの関係は表1に示し, 水質の評価はつぎの五つの方法で行った。

(1) 簡易法

環境庁水質保全局, (1989) に従って, 底生動物は16の生物 (群) に分けて水質の評価を行った (図3, 4)。

(2) 汚濁比

森下 (1982) に従って, 総個体数に対する汚濁性生物の占める割合によって水質を評価する。

(3) Beck-Tsuda (α) 法

津田ら (1974) に従って, 貧腐水性の生物をAとし, それ以外の生物をBとして扱う。BI=2A+B

の式で水質を評価する。

(4) 汚濁指数法

熊本県公害部 (1987) に従って, それぞれの生物に汚濁指数, 1~4を与え, つぎの式で計算した。PI=Σ (sn)/N

s: 汚濁指数 n: それぞれの個体数 N: 総個体数。

なお, 水質汚濁指数は熊本県公害部 (1987), 栃木県衛生環境部 (1988) を参考に決定した。各々の種の水質汚濁指数は表2に示してある。

(5) 多様性指数

森谷 (1976) と木元 (1976) からShannonの指数, $H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$ を引用し,

$H' = 3.3219 \{ \log_{10} N - \frac{1}{N} \sum n_i \log_{10} n_i \}$ に変換して計算した。

調査町村名 沖縄 調査機関名 沖縄公害衛生研究所
 河川名 汀間川 調査員氏名 _____

調査地点 (No.)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)														
年月日	元・10・3	10・10・3	元・10・3	元・10・3	元・10・9	元・10・9	元・10・9	元・10・9	元・10・3														
時刻	13:35	14:00	14:30	15:00	13:00	13:30	14:00	14:30	13:00														
天気	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴														
水温 (℃)	20.5	21.0	22.0	22.0	21.0	22.0	23.0	26.0	22.0														
川幅 (m)	3.3	2.0	3.8	3.2	3.3	1.4	1.2	3.3	3.3														
生物採取場所	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央														
生物採取場所の水深 (m)	15	15	15	15	15	15	15	15	10														
流れの速さ (m)	0.25	0.25	0.33	0.50	0.28	0.50	0.33	0.50	0.10														
川底の状態	礫	礫	礫	礫	礫	礫	礫	礫	礫														
水のにごり, におい, その他のついでごと	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし														
水質階級	出現した階級生物の順に○印を, 最も数が多かったものに●印をつける。																						
I きれいな水	1. クズムレ類	○	○	○	○	○	○	○	○														
	2. ヤウガユ																						
	3. プユ																						
	4. カワゲラ類	○		○	○	○	○	○	○														
	5. ナガレドクラ, ナイトビエラ類	○																					
	6. ヒラタゲワシ																						
	7. ヘビトンボ類																						
	8. 5以外のトビツラ類		●	●	●	●	●	●	●														
	9. 6以上のアワフシ	○	○	○	○	○	○	○	○														
	10. ヒラタドロン																						
II やや汚れた水	11. ナホコガワシ																						
	12. ヒム																						
	13. イズムシ																						
III 汚れた水	14. ヤカマキガイ																						
	15. マスジユズリカ																						
IV 大変汚れた水	16. イトイミズ																						
	16. イトイミズ																						
水質階級の判定	水質階級	I	I	I	I	I	I	I	I														
	1. 出現した階級生物の種類数 (○●)	5	2	0	3	2	0	4	2	0	4	2	0	0	4	2	0	0	4	2	0	0	
	2. 最も数が多かった階級生物の種類数 (●)	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
	3. 合計 (1+2)	6	3	0	4	3	0	5	3	0	5	3	0	5	3	0	5	3	0	5	3	0	5
そのほかの水質階級	I	I	I	I	I	I	I	I-II	I														

図3. 記録用紙。

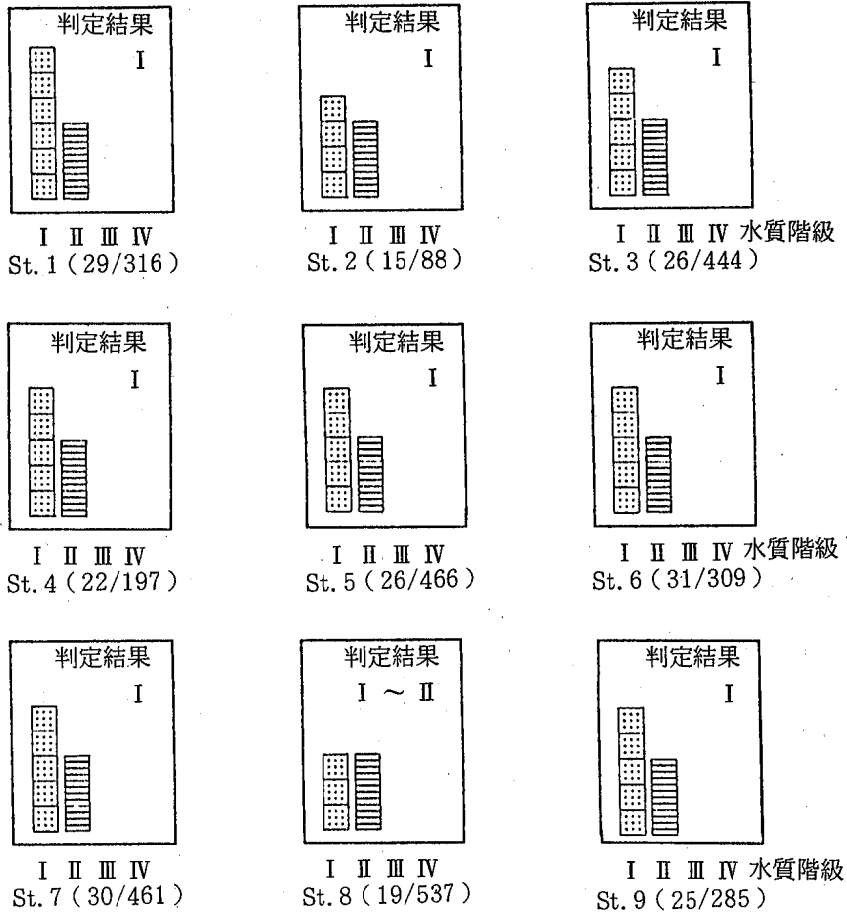


図 4. 汀間川における各調査地点の水質階級図.

() は種数 / 個体数を示す.

水質階級：I. きれいな水, II. 少しよごれた水,
III. きたない水, IV. たいへんきたない水.

III 結果と考察

1. 汀間川の底生動物相

調査を実施した9地点から9目53種類, 3103個体の底生動物が採集された(表2). 種類ごとの優先順位はドロムシ科の1種(843個体)27.17%, コガタシマトビケラ(411個体)13.25%, CAコタニガワトビケラ(410個体)13.21% ナミウズムシ(123個体)3.90%, ウルマシマトビケラ(121個体)3.90%の順であった. β -中腐水性のコガタシマトビケラが上位2位にあるのは水質汚濁が徐々に進んでいるものと推定される.

底生動物53種の内訳は多い順に, トビケラ目は15種, カゲロウ目は11種, 鞘翅目は8種, 双翅目は6種, カワゲラ目と貝類はそれぞれ5種, トンボ目, ウズムシ類, ダニ目はそれぞれ1種である. カゲロウ目のヒメカゲロウsp.2, トビケラ目のツメナガナガレトビケラ, マルツツトビケラ, オオシマトビケラ(亜科)は沖縄本島からは初めて記録される. さらに, キソトビケラはTsuda(1935)が源河川と辺野喜川から採集して以来, 54年振りの採集記録である(図5).

53種類の内, 46種は貧腐水性の動物で, 残りの7種類は β -中腐水性の動物である. α -中

表2. 汀間川の各調査地点で採集した底生動物の水質汚濁階級指数 (S) と個体数.

種 名	S	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	計
カゲロウ目											
ウスバコカゲロウ	(1)	0	0	1	0	0	5	0	0	2	8
タニガワカゲロウ	(1)	3	4	4	11	16	1	3	4	4	50
ミジカヲフタバコカゲロウ	(1)	0	0	1	0	7	1	41	1	1	52
ヨシノコカゲロウ	(1)	4	0	34	0	21	4	8	6	0	77
シロハラコカゲロウ	(1)	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
コカゲロウ sp.G	(1)	0	0	2	6	0	12	2	2	0	24
コカゲロウ sp.D	(1)	0	0	0	6	5	0	28	11	21	71
TAトゲエラカゲロウ	(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ヒメカゲロウ属 sp.1	(2)	0	0	26	1	3	5	1	2	3	41
ヒメカゲロウ属 sp.2	(2)	0	0	0	0	1	0	2	0	1	4
タイワンモンカゲロウ	(1)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
小計		7	8	69	24	53	28	85	26	33	333
トビケラ目											
ツメナガナガレトビケラ sp.1	(1)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ヒゲナガカワトビケラ	(1)	3	0	32	1	21	2	25	1	13	98
グマガトビケラ	(1)	38	6	7	8	7	0	1	0	2	69
ウルマシマトビケラ	(1)	1	4	32	0	5	11	65	3	0	121
コガタシマトビケラ	(2)	7	0	68	16	54	33	142	71	20	411
CAコタニガワトビケラ	(1)	66	6	55	2	128	42	33	25	53	410
マルツツトビケラ	(1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
コカクツツトビケラ	(1)	5	6	0	1	2	0	1	1	0	16
GCニンギョウトビケラ	(1)	0	0	0	0	3	2	15	0	0	20
エグリトビケラ	(1)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
PAイワトビケラ	(1)	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4
ヒメトビケラ	(1)	0	0	0	0	0	1	2	0	2	5
クサツミトビケラ	(1)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
オオシマトビケラ	(2)	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
キソトビケラ	(1)	6	1	0	1	0	0	1	0	0	9
小計		129	23	196	35	220	92	285	101	91	1172
カワゲラ目											
フタツメカワゲラ sp.1	(1)	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
フタツメカワゲラ sp.2	(1)	9	0	3	0	16	4	0	0	7	39
フサオナシカワゲラ	(1)	11	0	2	0	0	1	1	0	1	16
ハラジロオナシカワゲラ科	(1)	4	0	1	0	1	0	0	0	0	6
ノギカワゲラ	(1)	0	0	0	0	9	0	0	0	1	10
小計		24	0	6	3	26	5	1	0	9	74

Sは水質汚濁階級指数

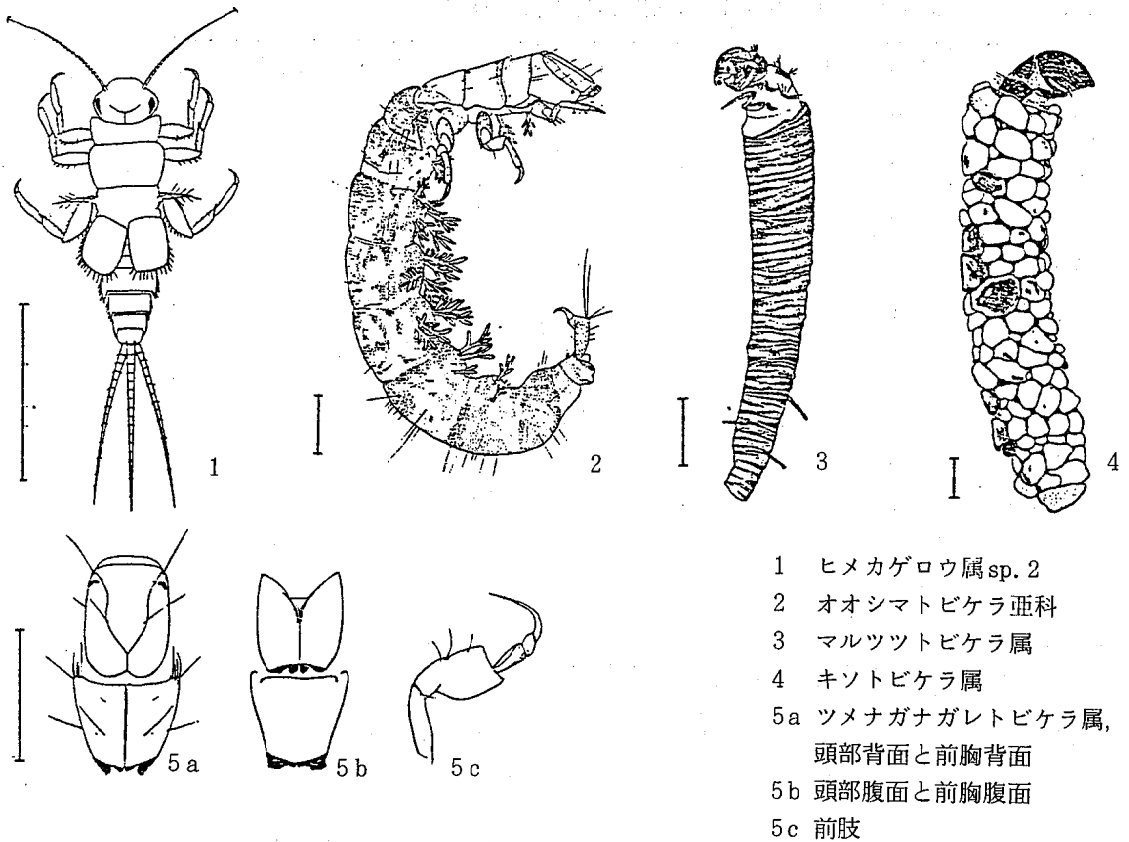
表 2. 汀間川の各調査地点で採集した底生動物の水質汚濁階級指数 (S) と個体数. (続き)

種 名	S	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	計
双翅目											
ナガレユスリカ類	(1)	1	4	15	3	3	3	2	0	3	34
小形ユスリカ類	(2)	12	0	3	0	14	4	10	2	37	82
ミヤマナガレアブ	(1)	15	4	13	3	4	8	0	0	7	54
ホソカ的一种	(1)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
クロヒメガガンボ	(1)	0	0	0	1	1	6	9	23	1	41
ウスバヒメガガンボ	(1)	0	0	0	0	0	2	4	0	0	6
小計		29	8	31	8	22	23	25	25	48	219
蜻蛉目											
リュウキュウハグロンボ	(1)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
鞘翅目											
マルヒラタドロムシ	(1)	5	0	8	13	1	0	2	5	12	46
ムナビロツヤドロムシ	(1)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
アカハラアシナガミゾドロムシ	(1)	3	10	12	0	1	4	2	27	8	67
アリタツヤドロムシ	(1)	3	3	4	0	0	7	0	3	2	22
ドロムシ幼虫	(1)	40	14	91	94	113	81	38	308	64	843
ハナノミ的一种	(1)	45	0	3	0	0	0	0	0	0	48
ガムシ的一种	(1)	1	0	0	0	0	3	10	0	0	14
フタキボシゲンゴロウ	(1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
小計		98	27	118	107	115	98	52	343	86	1044
貝類											
カワニナ	(1)	9	20	10	11	1	6	2	0	0	9
トゥガタカワニナ	(1)	0	0	0	0	0	9	2	32	0	3
イシマキガイ	(1)	4	1	0	0	0	9	1	10	0	5
タニシ科的一种	(1)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
ヒラマキガイモドキ	(2)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
小計		13	21	10	11	1	30	5	42	0	133
淡水棲三岐腸亜目											
ナミウズムシ	(1)	13	1	14	9	28	33	7	0	18	123
ダニ目											
ミズダニ的一种	(1)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
種数		29	15	26	2	26	31	30	9	25	53
総個体数		316	88	444	197	466	309	461	537	285	3103

S は水質汚濁階級指数

表 3. 汀間川の各調査地点における底生動物の個体数による優占度.

調査地点 総数	1位	2位	3位	4位	5位	
	個体数 (優占度)	個体数 (優占度)	個体数 (優占度)	個体数 (優占度)	個体数 (優占度)	
St. 1 316	CAコタニガワトビケラ 66 (20.89%)	ハナノミ科の1種 45 (14.24%)	ドロムシ科の1種 40 (12.66%)	グマガトビケラ 38 (12.03%)	ミヤマナガレアブ 15 (4.75%)	
St. 2 88	カワニナ 20 (22.73%)	ドロムシ科の1種 14 (15.91%)	アカハラアシナガミゾ ドロムシ 10 (11.36%)	グマガトビケラ 6 (6.82%)	CAコタニガワトビケラ 6 (6.82%)	コカクツツトビケラ 6 (6.82%)
St. 3 444	ドロムシ科の1種 94 (21.17%)	コガタシマトビケラ 68 (15.32%)	CAコタニガワトビケラ 55 (12.38%)	ヨシノコカゲロウ 34 (7.66%)	ヒゲナガカワトビケラ 32 (7.21%)	ウルマシマトビケラ 32 (7.21%)
St. 4 197	ドロムシ科の1種 94 (47.72%)	コガタシマトビケラ 16 (8.12%)	マルヒラタドロムシ 13 (6.60%)	タニガワコカゲロウ 11 (5.58%)	カワニナ 11 (5.58%)	
St. 5 466	CAコタニガワトビケラ 128 (27.47%)	ドロムシ科の1種 113 (24.25%)	コガタシマトビケラ 54 (11.59%)	ナミウズムシ 28 (6.01%)	ヨシノコカゲロウ 21 (4.51%)	ヒゲナガカワトビケラ 21 (4.51%)
St. 6 309	ドロムシ科の1種 81 (26.21%)	CAコタニガワトビケラ 42 (13.59%)	コガタシマトビケラ 33 (10.68%)	ナミウズムシ 33 (10.68%)	コカゲロウ sp. G 12 (3.88%)	
St. 7 461	コガタシマトビケラ 142 (30.80%)	ミジカラフタバコカゲ ロウ 41 (8.89%)	ドロムシ科の1種 38 (8.24%)	CAコタニガワトビケラ 33 (7.16%)	コカゲロウ sp. D 28 (6.07%)	
St. 8 537	ドロムシ科の1種 308 (57.36%)	コガタシマトビケラ 71 (13.22%)	アカハラアシナガミゾ ドロムシ 27 (5.03%)	CAコタニガワトビケラ 25 (4.66%)	クロヒメガガンボ 23 (4.28%)	
St. 9 285	ドロムシ科の1種 64 (22.46%)	CAコタニガワトビケラ 53 (18.60%)	小形ユスリカ 37 (12.98%)	コカゲロウ sp. D 21 (7.37%)	コガタシマトビケラ 20 (7.02%)	



- 1 ヒメカゲロウ属 sp. 2
- 2 オオシマトビケラ亜科
- 3 マルツツトビケラ属
- 4 キントビケラ属
- 5a ツメナガナガレトビケラ属,
頭部背面と前胸背面
- 5b 頭部腹面と前胸腹面
- 5c 前肢

図5. 汀間川で見つけた珍しい底生動物 (スケール1 mm).

腐水性と強腐水性の動物は採集されなかった (表6).

2. 調査地点の水質の評価

St. 1は美原福地川の上流に位置しており、その上には民家が2軒ある。川の周囲は樹木に覆われ、日陰になっている。川床には人頭大の石、こぶし大の石が多い。激みにはオキナワオオミズマシ、タイワンシマアメンボなど貧腐水性の動物が目立つ。

底生動物は30×30cm²当り29種類、316個体が採集され、優占種はCAコタニガワトビケラ、ハナノミ科の1種、ドロムシ科の幼虫、グマガトビケラ、ミヤマナガレアブの順であった (表4)。目別ではトビケラ目9種、鞘翅目7種が占める。簡易法、汚濁比、Beck-Tsuda (α) 法、汚濁指数、多様性指数などすべてで貧腐水性と

評価される (表3.5.6).

St.2はSt.1より50m下流に設置した。周囲の環境はSt.1とほぼ同じである。15種、88個体が採取され、すべて貧腐水性の動物である。したがって、水質の評価は5つの方法ですべて貧腐水性と評価された。

St.3は日当たりが良く、川床には人頭大の石、こぶし大の石が多い。カワニナ、マルヒラタドロムシの幼虫が目立つ。444個体、26種類の底生動物が採集された。カゲロウ目7種、トビケラ目6種、鞘翅目5種を含め貧腐水生の動物が目立つ、個体別にみると、ドロムシ科の一種、コガタシマトビケラ、CAコタニガワトビケラ、ヨシノコカゲロウ、ヒゲナカカワトビケラ、ウルマシマトビケラなどが多い。水質は貧腐水性と評価される。

表 6. 汀間川の各調査地点における底生動物の水質階級別出現頻度 (%)。

調査地点	貧腐水性			β - 中腐水性			α - 中腐水性			強腐水性		
	種	個体数	頻度 (%)	種	個体数	頻度 (%)	種	個体数	頻度 (%)	種	個体数	頻度 (%)
St. 1	27	297	93.99	2	19	6.01	0	0	—	0	0	—
St. 2	15	88	100.00	0	0	—	0	0	—	0	0	—
St. 3	23	347	78.15	3	97	21.85	0	0	—	0	0	—
St. 4	20	178	90.36	2	19	9.64	0	0	—	0	0	—
St. 5	23	395	84.76	3	71	15.24	0	0	—	0	0	—
St. 6	27	264	85.44	4	45	14.56	0	0	—	0	0	—
St. 7	27	307	66.59	3	154	33.41	0	0	—	0	0	—
St. 8	16	541	87.82	3	75	12.18	0	0	—	0	0	—
St. 9	20	285	82.13	5	62	17.87	0	0	—	0	0	—

St. 4は福地橋から50mばかり上の三原福地川で、川床にはこぶし大の石が多く、底質は礫である。22種197個体の底生動物が得られ、トビケラ目は9種、種類が多い割には個体数は少ない。オオシマトビケラ(亜科)が3個体採集され、沖縄本島からは初めての記録である。簡易法、汚濁比、Beck-Tsuda(α)法では貧腐水性と評価されるが、汚濁指数と多様性指数では β - 中腐水性と評価された。総合では貧腐水性と決定した。

St. 5は汀間川の上流にある嘉陽又橋より上30mの所で、周囲には畑地と雑木林があり、川床の日当りは悪い。人頭大の石、こぶし大の石が散在する。466個体、26種類の底生動物が採集された。トビケラ目7種、カゲロウ目6種、カワゲラ目3種が含まれる。種類ごとの優占種はCAコタニガワトビケラ、ドロムシ科の一種、コガタシマトビケラ、ヒゲナガカワトビケラそして、タニガワカゲロウとヨシノコガロウである。さらに、ヒメカゲロウ属のsp.2は沖縄本島では初めて採取された。水質は貧腐水性と総合評価された。

St. 6は福地橋の横で日当りが良く、流れは速く、川床は人頭大の石、こぶし大の石が多い。31種、309個体の底生動物が採集された。今回の調査地点の中では種類の豊富な場所である。カゲロウ目6種、トビケラ目7種、カワゲラ目3種が含まれている。貧腐水性と総合評価される。

St. 7は汀間川の中流にあり、この場所は護岸工事を終えたばかりで川底の石は角張っている。

461個体、30種類が得られ、種類別ではコガタシマトビケラ、ウルマシマトビケラ、ミジカワフタバコカゲロウ、CAコタニガワトビケラ、コカゲロウsp. Dが目立つ。汚濁比は33.41%になり、評価は β - 中腐水性となるが、他の四つの評価法では貧腐水性と評価される。

St. 8は福地橋より約300m下流で、川には礫が多く、日当りが良い。周囲の植物の根の近くにはトウガタカワニナが目立つ。

537個体、19種類の底生動物が採集され、とくにドロムシ科の幼虫が多く、308個体も得られた。コガタシマトビケラ、トウガタカワニナ、アカハラアシナガミゾドロムシ、CAコタニガワトビケラ、クロヒメガガンボなど他の調査地点では見られない動物相を示している。簡易法では貧腐水性または β - 中腐水性、多様性指数は2.4947とかなり低い。水質は β - 中腐水性と評価されるが、他の三つの方法では貧腐水性となる。St. 4と同時に他の地点に比較して、水質の自然汚濁がみられた。総合評価は貧腐水性である。

St. 9は第二ゲヤー橋より250m上流に位置しておりその上流に民家はなく、汚染源はない。水量はかなり少ない。谷間になっているので、日当りは悪い。オキナワオオミズスマシ、タイワンシマアメンボが水の表面を滑走していた。285個体、25種類の底生動物が採集された。カゲロウ目7種、トビケラ目6種、カワゲラ目3種、双翅目と鞘翅目はそれぞれ4種類である。その中ではドロムシ科の一種、CAコタニガワトビケラ、小形のユスリカ類、コカゲロウsp. D、コガ

タシマトビケラが多い。水質は貧腐水性と総合評価される。

IV まとめ

1989年10月3日～10月9日にかけて沖縄本島北部、名護市、汀間川の底生動物の調査を行った。その結果、9日53種類の底生動物が生息していることを確認した。そのうち貧腐水性の動物は46種、 β -中腐水性の動物は7種類であった。その中には沖縄本島で初めて記録される、ツメナガナガレトビケラ、マルツツトビケラ、オオシマトビケラの3種類がふくまれる。

水質の評価は簡易法、汚濁比、Beck-Tsuda (α) 法、汚濁指数法、多様性指数を使い、水質の総合評価をした。その結果、汀間川は有機汚濁が少なく、自然の状態に近く、多種多様の底生動物が生息している事がわかった。

なお本論文を報告するにあたって、カワゲラ類については東京都立大学の内田臣一、カゲロウ類については旭技研の小林紀雄、トビケラ類の一部は神奈川県公害センターの野崎隆夫の諸先生方にお世話になりました。深謝いたします。

V 参考文献

- 環境庁水質保全局 (1989) 水生動物による水質の調査法. 31 pp.
- 木元新作 (1976) 動物群集研究法 I, 多様性と種類組成. 共立出版株式会社, 東京. pp.54-166.
- 岸本高男 比嘉ヨシ子 (1988) リバーウォッチング, 1987, 1 沖縄産指標生物について. 沖縄県公害衛生研究所報, 22: 43-60.
- 岸本高男・比嘉ヨシ子 (1989) リバーウォッチング, 1987, 2 底生動物による水質の評価法. 沖縄県公害衛生研究所報, 23: 77-85.
- 熊本県公害部 (1987) 生物による水質判定調査報告書. 79 pp.
- 森下郁子 (1982) 生物からみた日本の河川. 山海堂, 東京, 193 pp.
- 森谷清樹 (1976) 多様性指数による水域環境の生物学的評価. 用水と廃水, 18(6): 729-748.
- 沖縄県環境保健部 (1987) 沖縄県における公共用水域の水質測定結果. 88 pp.
- 栃木県衛生環境部 (1988) 水生生物による水質調査報告書. 483 pp.
- Tsuda, M. (1938) Zur Kenntnis der Trichopteren von Liukiu auf Grund des Materials der 1935 Liukiu Expedition. Trans. Biogeogr. Soc. Jap., 3: 100-104.
- 津田松苗・森下郁子 (1974) 生物による水質調査法. 山海堂, 東京, 238 pp.