

(16) 水生昆虫相から見た河川改修工事後の水環境の評価
-岩手県田茂木川を例にして-

Evaluation of water environment after river improvement works
in the River Tamoki based on aquatic insects

刈屋宏章*、伊藤 歩*、佐々木貴史*、相澤治郎*、安 嬰**、海田輝之*
Hiroaki KARIYA*, Ayumi ITO*, Atushi SASAKI*, Jiro AIZAWA*,
An YING** and Teruyuki UMITA*

ABSTRACT ; Water quality and aquatic insect were investigated over a year in the River Tamoki where river improvement works were conducted from 1991 to 98. Recovery of aquatic insect based on the diversity index by Shannon was late where supply of aquatic insect from the upper stream is restricted by a soil saving dam and the river bed was covered with foot protection blocks. On the other hand, it was fast where loose and settled stones with several centimeters and emerged plants are present. It was concluded that a soil saving dam and bed materials are important factors to recover water environment in rivers at which improvement works were carried out.

Keywords ; aquatic insect, river improvement works, recovery of river water environment, river bed materials

1.はじめに

多くの河川において治水を目的とした河川改修工事や砂防ダムの建設が行われてきた。本研究で対象とした田茂木川は、本来は自然渓流河川であるが、1977年に砂防ダムが建設され、その後発生した土砂災害の対策として、1991～1998年にかけて改修工事が行われた。

近年は生物の生息環境や多様性等を配慮し、河川が本来有している自然環境の保護を目的とした「多自然型川づくり」等の事業が進められ、様々な整備事例¹⁾が報告されている。また、古米ら²⁾は、河川形状と底生動物現存量の調査を行い、その相互関係について報告しているが、河川の水環境と密接な関係にある水生昆虫とそれに対する改修工事の影響についての報告は非常に少ない。したがって、改修工事による生物相の変化の詳細な調査・検討を行うことは今後の新しい工事手法を構築する上で必要不可欠であると考えられる。

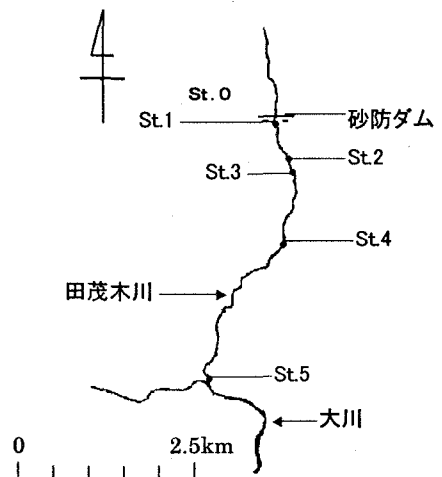


図-1 調査地点の概略

*岩手大学工学部建設環境工学科 (Dept. of Civil & Environmental Engineering, Iwate Univ.)

**日本学術振興会 外国人特別研究員。

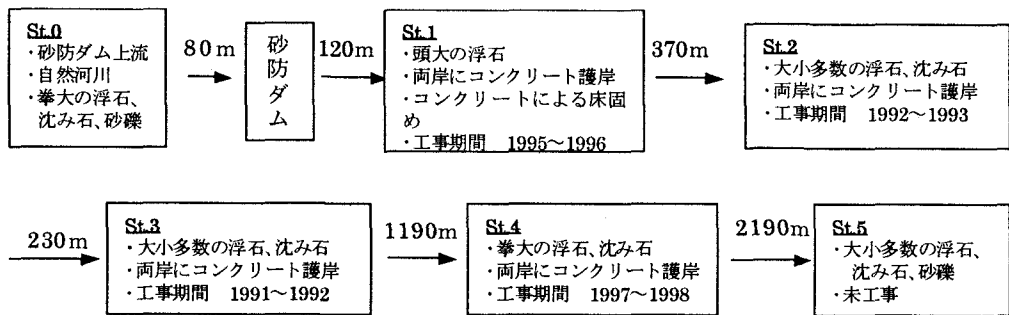


図-2 各調査地点の環境要素と工事区間

以上の観点から、本研究では岩手県南部を流下する田茂木川の水質や水生昆虫等の調査を1年間にわたり行い、水質や河床状態、工事終了後からの経過年数等の環境要因と水生昆虫の関係について検討し、河川改修工事後の水環境の回復状況を明らかにするとともに、今後の河川改修工事手法のあり方についての基礎的情報を提起するものである。

2. 調査方法

2.1 調査地点の概要

本研究で対象とした田茂木川は、岩手県南部に位置する室根山(標高 894.5m)に源を発し、本流の大川に注ぐ流程約 5.4km、流域面積 13.6km²の支流である。平均河床勾配はダム上流部では 1/5、ダム下流部では 1/20 であり、流域人口は約 300 人、家畜は 133 頭(成牛 33 頭、子牛 48 頭、酪農牛 52 頭)である。現況の災害防止施設として、治山堰 9 基、砂防ダム 1 基、落差工 36 基等が設置されている。調査地点は、田茂木川の全域を把握するために、図-1 に示すように計 6ヶ所設置した。すなわち、砂防ダムを基準として約 80m 上流(St.0)及び約 120m 下流の第 1～第 2 落差工区間(St.1)、約 490m 下流の第 8～第 9 落差工区間(St.2)、約 720m 下流の第 13～第 14 落差工区間(St.3)、約 1910m 下流の第 35～第 36 落差工区間(St.4)、約 4100m 下流で大川との合流点より約 90m 上流(St.5)である。St.0 が位置する砂防ダムより上流部は、雑木林に覆われた溪流となっている。また、St.1 から St.3 の上流域では、所々で農業や畜産業が行われ、中流から下流域においては人家や田畑が増加する。

図-2 に各調査地点における水生昆虫採取地点の環境要因と工事期間を示す。St.0 は自然河川に非常に近い状態で、河床状態は変化に富んでいる。砂防ダムは 1977 年に建設され、その下流では'91～'98 年にかけて断続的に改修工事が行われた。St.1 は、工事期間が'95～'96 年で、両岸にコンクリート護岸があり、採取地点の河床はコンクリートで床固めされ、その上に頭大の石が重なった状態である。St.2 と St.3 は工事期間がそれぞれ'92～'93 年、'91～'92 年で、St.1 と同様にコンクリート護岸は設置されているが、採取地点の河床は大小多数の浮石や沈み石があり、St.1 と比較すると自然河川に近い状態である。St.4 は工事期間が'97～'98 年で、河床状態は拳大の浮石、沈み石により構成されている。各落差工には魚道が設置されている。St.5 は改修工事が行われていない。また、St.3 と St.4 の間で、支流が流入している。なお、植生については St.1 以外の調査地点付近で抽水植物等が観察された。

2.2 調査期間

調査は 1999 年 5 月 24 日、8 月 23 日、11 月 11 日、2000 年 2 月 7 日の計 4 回行った。なお、St.0 の調査は 2 月のみ行った。

2.3 調査方法

理化学的水質については、各地点でポリエチレン容器に採水し、実験室に持ち帰り分析を行った。ただし、

DOは現地で固定を行った。分析項目及び分析方法は以下の通りである。なお、分析は試料をろ過せずに行った。pH(ガラス電極法)、SS(GFPろ過法)、DO(ウィンクラー-アジ化ナトリウム変法)、TOC[全有機炭素](燃烧酸化-赤外線分析法)、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N(自動分析法)、Org-N(ケルダール分解後、自動分析法)、T-N(各態窒素の総和)、PO₄³⁻-P(モリブデン青吸光光度法)、T-P(過硫酸アンモニウムで分解後、モリブデン青吸光光度法)。以上の分析は、河川水質試験方法³⁾に従い行った。

水生昆虫の採取場所は、出来る限り平瀬の石礫底を選定し、水深は約10～30cm、流速は約0.1～0.7m/s程度の地点を選んだ。採取は、0.25m×0.25m(5月の調査のみ0.5m×0.5m)のコードラードのついたサーバーネット(38メッシュ/inch²)を用いて各地点で1回行った。種数や個体数については1回の採取回数の場合、ある地点の代表値として扱いにくい、多様性指数等の指数に関しては1回の採取回数でも誤差は10～20%であったとの報告⁴⁾がある(なお、この報告はちりとり型金網についてのものだが、同一の面積から水生昆虫を採取する点においてサーバーネットと条件は同じであり、本研究にも適用できると判断した)。また過去に田茂木川において同地点で採取した2サンプルの群集類似度を求めたところ、高い類似度を示した。以上の理由により指数を用いて考察を行う場合、1回の採取回数でも十分と判断した。

水生昆虫の採取方法は次の通りである。まず、コードラードの枠内にある石や砂を手ですくい上げ、水流を利用してネットの中に水生昆虫を流し込んだ。次に、水を入れたバットの中にネット内の小石や砂を移し替え、標本はピンセットを用いてプラスチック容器に入れ、80%エタノール溶液で固定し研究室に持ち帰った。また、石礫に固着した水生昆虫は、石礫表面から直接ピンセットを用いて採取した。水生昆虫は実験室で実体顕微鏡を用いて出来る限り種まで同定し、種別ごとに個体数を計数した。ただし、属、科までしか同定しなかったものもある。同定は、川合⁵⁾、津田⁶⁾及び上野⁷⁾に従って行った。なお、サイズが微小すぎるものは同定が困難なため採取する時点で川に戻した。また、同定が不可能なサンプルもあったが、個体数は全調査を通して10匹程度であり、それらは評価対象としなかった。流量は、川幅1m間隔で、水深と小型微流速計を用いた1点法による流速の測定を行い算出した。

3.調査結果

3.1 水質について

各地点での水質及び環境条件の全測定値を表-1に示す。なお、表中の網掛けは定量下限値以下³⁾を表して

表-1 各地点での水質及び環境条件

		St.0	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5			St.0	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
気温(℃)	5月	20.6	17.7	18.0	20.1	20.0		TOC(mg/l)	5月	0.61	0.80	0.87	1.13	1.77	
	8月	30.8	29.3	30.0	22.4	22.2			8月	0.60	0.62	0.72	1.03	1.64	
	11月	13.0	11.2	10.8	14.3	15.4			11月	0.58	0.49	0.73	0.92	0.86	
	2月	4.0	4.5	4.0	5.0	4.3	7.0		2月	1.25	1.07	0.77	1.15	1.18	1.58
水温(℃)	5月	12.4	12.9	13.9	14.4	14.0		NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	5月	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	8月	19.0	20.7	20.0	18.4	19.0			8月	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05	
	11月	10.1	10.1	10.1	10.9	11.2			11月	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	2月	4.0	4.8	5.1	5.0	6.0	6.5		2月	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.08
水深(cm)	5月	21	15	27	22	15		NO ₂ ⁻ -N(mg/l)	5月	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	8月	23	23	15	27	13			8月	0.04	0.09	0.03	0.03	0.03	
	11月	15	19	11	10	16			11月	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2月	16	13	16	14	18	16		2月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
流速(m/s)	5月	0.22	0.28	0.22	1.02	0.19		NO ₃ ⁻ -N(mg/l)	5月	0.20	0.19	0.24	0.42	0.55	
	8月	0.33	0.31	0.56	0.49	1.26			8月	0.16	0.17	0.21	0.38	0.49	
	11月	0.07	0.13	0.17	0.17	0.42			11月	0.19	0.19	0.24	0.36	0.56	
	2月	0.43	0.12	0.76	0.30	0.09	0.39		2月	0.21	0.18	0.24	0.29	0.32	0.45
流量(m ³ /s)	5月	0.09	0.18	0.19	0.47	0.63		Org-N(mg/l)	5月	0.05	0.11	0.11	0.04	0.38	
	8月	0.12	0.14	0.14	0.22	0.24			8月	0.17	0.15	0.15	0.18	0.29	
	11月	0.13	0.18	0.20	0.31	0.49			11月	0.41	0.31	0.31	0.41	0.32	
	2月	0.11	0.09	0.09	0.19	0.20	0.41		2月	0.33	0.15	0.10	0.13	0.18	0.57
pH	5月	7.7	7.8	7.9	7.8	7.7		T-N(mg/l)	5月	0.26	0.31	0.36	0.48	0.95	
	8月	7.7	7.8	7.8	7.7	7.4			8月	0.36	0.36	0.38	0.59	0.83	
	11月	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7			11月	0.61	0.52	0.57	0.79	0.91	
	2月	7.8	7.8	7.8	7.9	7.6	7.2		2月	0.59	0.38	0.38	0.48	0.55	1.10
DO(mg/l)	5月	10.0	10.1	9.7	9.7	9.3		PO ₄ -P(mg/l)	5月	0.002	0.008	0.012	0.013	0.024	
	8月	9.4	8.8	8.8	9.6	9.2			8月	0.009	0.014	0.016	0.006	0.018	
	11月	10.2	10.8	10.6	11.2	11.3			11月	0.005	0.005	0.006	0.011	0.012	
	2月	11.9	13.0	12.5	12.7	13.2	12.9		2月	0.009	0.001	0.003	0.004	0.003	0.006
SS(mg/l)	5月	0.2	0.2	0.4	0.8	1.4		T-P(mg/l)	5月	0.010	0.012	0.018	0.022	0.042	
	8月	1.6	1.6	0.8	2.8	3.8			8月	0.037	0.044	0.029	0.028	0.044	
	11月	1.0	0.4	0.4	1.0	0.4			11月	0.012	0.014	0.033	0.025	0.030	
	2月	0.2	1.4	0.4	1.0	0.6	2.6		2月	0.008	0.006	0.010	0.018	0.007	0.014

いるが、参考として表記した。また、水深と流速は水生昆虫採取地点の測定値であるためバラつきがある。

SSはSt.1とSt.2で比較的高い値を示す場合があるが、最下流部のSt.5で最も値が大きくなる傾向にあった。DOは飽和状態にあるが過飽和といえるほどの値ではなかった。窒素については、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素は、そのほとんどが測定下限値を下回り、有機態及び硝酸態窒素が大半を占めた。また、T-Nが0.26~1.10mg/l、TOCが0.49~1.77mg/l、T-Pが0.044mg/l以下であることより、田茂木川は汚濁の少ない河川と言えるが、中流以降では農地の肥料成分や家庭排水等の流入により汚濁がやや進行

する傾向にあった。また、2月に設置したSt.0においてTOC、有機態窒素、硝酸態窒素、全窒素の値がSt.1より高くなった。不溶解性の有機物については、その流下が砂防ダムにより遮断され、沈殿することによると推測される。

図-3は負荷量の変化について2月を例とした場合を示しており、St.1での値を1とした相対量で示した。T-N、TOCは砂防ダムの影響によりSt.1で負荷量が減少したが、St.3以降より徐々に負荷量が増加し、中流以降の農業排水や生活排水の流入により、St.5ではT-Nが約13倍、TOCが約7倍になった。SSは上流から中流域において値が変動するが、St.5では約8倍になった。

3.2 水生昆虫について

表-2に各調査時期での各調査地点における水生昆虫の個体数と種数をそれぞれ示す。また、全調査を通して各調査地点で採取された水生昆虫種とその個体数、種数をまとめたものを表-3に示す。個体数については、0.25m×0.25m当りに換算した値である。表中に小数点以下を伴う値があるが、これは5月の調査のみ0.5m×0.5mのサーバーネットを用いて水生昆虫の採取を行ったため、他の調査時期と同一の面積当りの値で比較するため値を4分の1にしたことによる。

年間を通して出現した個体数は7242.75匹、種数は84種であった(表-3)。5月の種数が比較的多くなったのは、上記のサーバーネットの大きさの違いの影響も考えられる。個体数については、St.0~St.2、St.5で値が高く、St.3とSt.4では低くなる傾向にあった。砂防ダムより上流に位置し改修工事が施されていないSt.0は、2月のデータのみではあるが、他の調査時期での各調査地点における種数と比較しても36種と2番目に値が高く、様々な水生昆虫が生息していた。また、コカゲロウ属、フタマタマダラカゲロウ、ミツトゲマダラカゲロウ等の蜉蝣目、マルツツトビケラ、ユスリカ科が優占種であった。砂防ダムより約120m下流のSt.1では、蜉蝣目も多く出現するが、毛翅目のマルツツトビケラの個体数はそれ以上に著しく多くなった。St.2では、マルツツトビケラ、コカゲロウ属、フタマタマダラカゲロウ、ミツトゲマダラカゲロウ等の蜉蝣目が優占的であり、St.3ではユスリカ科、蜉蝣目、St.4ではコカゲロウ属、ヤマトビケラ属の個体数が多くなった。また、家庭排水等が流入するSt.5では、コカゲロウ属、ウルマーシマトビケラ、コガタシマトビケラ等の耐汚濁種⁸⁾の個体数が高くなった。なお、ユスリカ科の個体数は田茂木川全域において高いが、St.1でのみ値が低くなる傾向にあった。

図-4に各調査時期での各地点における優占種上位3種の存在率の流下に伴う変化を示す。存在率は、それぞれの種の個体数を各調査地点の総個体数で除して求めた。St.0では、ユスリカ科が第1優占種となったが、

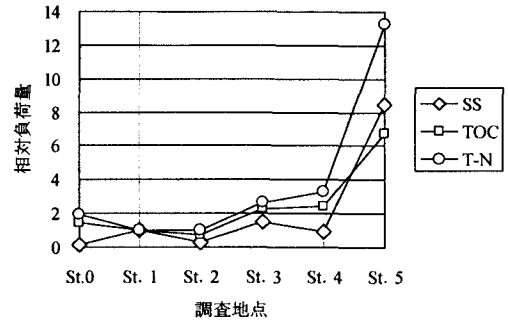


図-3 負荷量の変化

表-2 各調査地点における水生昆虫の個体数と種数

		St.0	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	Total
個体数	5月		293.75	192	96.75	77.25	87	746.75
	8月		290	93	147	323	595	1448
	11月		293	140	95	109	346	983
	2月	554	1880	800	312	135	384	4065
	平均	554	689	306	163	161	353	1811
種数	5月		34	37	34	29	31	56
	8月		25	18	23	23	16	42
	11月		17	15	15	22	25	34
	2月	36	26	29	23	18	25	61
	平均	36	25.5	24.75	23.75	23	24.25	48.25

表-3 水生昆虫種とその個体数

[illegible]

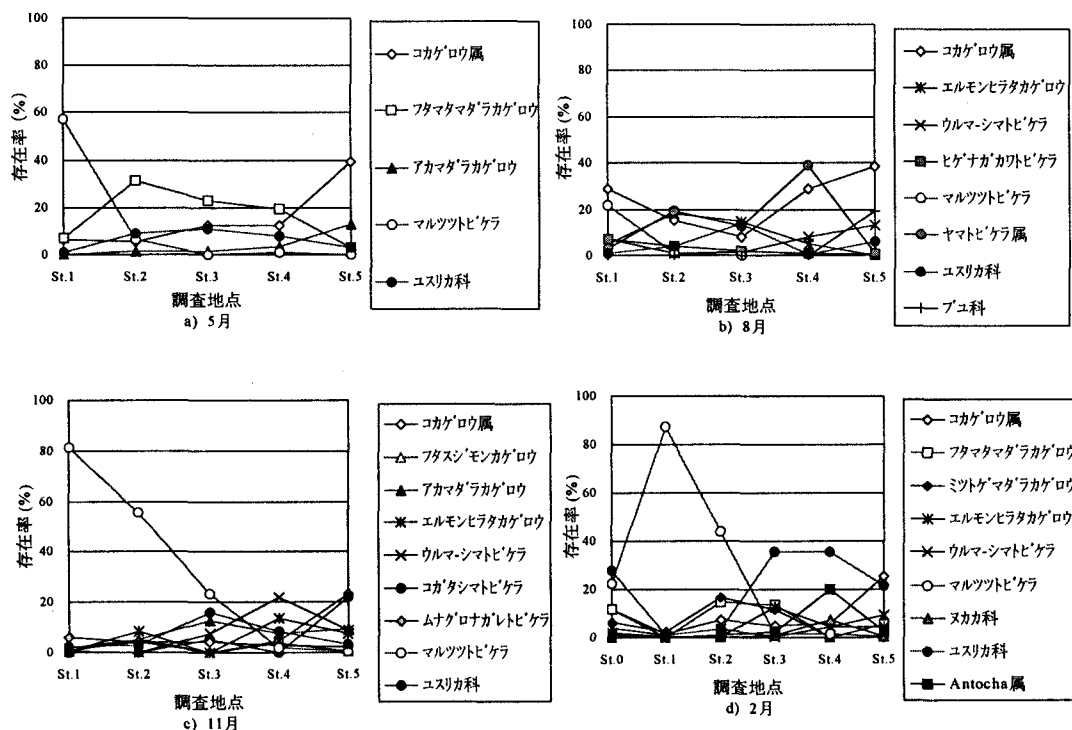


図-4 流下に伴う優占種の存在率の変化

その存在率は約30%とあまり高くなかった。St.1では8月を除くと、マルツツトビケラの存在率が非常に高くなった。St.2～4にかけては、マルツツトビケラの存在率が徐々に低下し、5月はSt.2～4でフタマタマダラカゲロウ、11月はSt.4でウルマーシマトビケラ、2月はユスリカ科が第1優占種となった。8月は、St.1でコカゲロウ属が、St.2～4にかけてはエルモンヒラタカゲロウとヤマトビケラ属の存在率が高くなった。St.5では、コカゲロウ属が年間を通しての第1優占種となった。

4. 考察

4.1 改修工事終了後の水生昆虫相について

(1) 多様性

各地点での水生昆虫の多様性を調べるために各調査時期での各調査地点における Shannon の多様性指数 $DI(N)$ を表-4 に示す。 $DI(N)$ は、次式①を用いて算出した。

$$DI(N) = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (1)$$

n_i , N : 個々の種の個体数, 総個体数

表-4 各調査地点における $DI(N)$

	St.0	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
5月		2.70	3.86	3.87	3.95	3.37
8月		3.45	3.58	3.77	2.80	2.73
11月		1.41	2.63	3.39	4.06	3.52
2月	3.30	1.05	2.71	3.01	3.12	3.40
平均	3.30	2.15	3.20	3.51	3.48	3.25

平均値を見ると St.1 の DI は他の調査地点と比較して低くなった。これは図-4 に示すように St.1 にお

るマルツツトビケラの存在率が非常に高い値となったためである。一方、St.3 と St.4 の DI は高い値を示すが、8月 は St.4 の値が 2.80 と低く、逆に St.1 の値が 3.45 と高くなった。これは、St.4 でコカゲロウ属とヤマトビケラ属の 2 種の存在率が合計して約 70% と高い値になったことと、St.1 で 8 月のマルツツトビケラの存在率が他の月よりも低いことによる。マルツツトビケラの存在率が低下するのは、羽化によるものと推測される。つまりこの時期はマルツツトビケラが幼虫として河川に生息する時期ではないため、それが生息しない分、高い DI になったといえる。このことより St.1 の DI はマルツツトビケラの存在率に依存するところが大きいと考えられる。また、2 月において自然状態の St.0 と砂防ダム下流の St.1 とを比較すると DI は著しく低下した。これらのことより、St.1 は他の調査地点と比較した場合、多様性が十分に回復していないことが分かった。一方、St.2~4 では、自然河川の St.0 や未工事区間の St.5 と比較しても大きな差がないことより、水生昆虫相の多様性が回復していると言える。

(2)群集類似度

表-5 に群集類似度指数(Cλ)を示す。群衆類似度は値が 1 に近づく と両地点の水生昆虫群の構成がよく類似していることを表す。群集類似度指数(Cλ)は次式¹⁰⁾を用いて算出した。

$$C\lambda(N) = \frac{2\sum_{i=1} n_{ii} n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2} \tag{2}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1} n_{ii} (n_{1i} - 1)}{N_1 (N_1 - 1)} \qquad \lambda_2 = \frac{\sum_{i=1} n_{2i} (n_{2i} - 1)}{N_2 (N_2 - 1)}$$

N₁, N₂ : 地点 1, 2 の標本の総個体数
n_{1i}, n_{2i} : 地点 1, 2 における種 i の個体数

2 月に注目し、自然河川の St.0 を他の地点と比較すると St.1 との類似度は低く、その他の調査地点との類似度は高くなった。これは、St.1 の水生昆虫相が自然河川の状態まで回復していないことを示唆している。また、St.1 は、8 月以外の月において St.3~St.4 との類似度が低くなった。8 月以外では、St.1 でマルツツトビケラの存在率が高くなり、この影響により類似度が低くなったと考えられる。11 月に St.1 と St.2 の類似度が高い値となったが、これは St.2 のマルツツトビケラの存在率が St.1 同様に高くなったためである。なお、2 月の St.2 と St.3 の類似度が 0.06 と非常に低くなった場合もあるが、St.2~St.4 にかけての隣り合った調査地点の類似度は、高くなる傾向にある。

(3)生活型による河床状態の評価

水生昆虫種を御勢¹¹⁾に従って 5 タイプの生活型に分類し、それらの存在率の流下方向における変化を図-5 に示す。存在率は、それぞれの生活型の個体数を各調査地点の総個体数で除して求めた。St.1 ではマルツツトビケラに代表される携巢型の存在率が高く、それに比べて St.2 と St.3 では、マダラカゲロウ科やヒラタカゲロウ科等に代表される匍匐型の水生昆虫の存在率が高くなった。匍匐型の水生昆虫は、河床の石礫の間を這って生活している種である。図-2 に示す様に St.2 と St.3 の河床は大小多数の浮石、沈み石で構成されていることより、匍匐型の水生昆虫の生息に適した環境であると言える。匍匐型には、上記の 2 科の他に、せき翅目、ヘビトンボ、ナガレトビケラ科等の水生昆虫群を構成する上で代表的な種が多いことから、水生昆虫相の多様性や群集構成は、河床状態に依存するところも大きいと考えられる。これに対し St.1 は、水質、水温、流速、水深等の環境条件は St.2 や St.3 と大きな差が見られないが、携巢型の存在率が高く、多様性も低

表-5 群集類似度指数 (Cλ)

5月						
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	
St.1		0.31	0.15	0.16	0.12	
St.2			0.90	0.81	0.62	
St.3				0.83	0.50	
St.4					0.52	
St.5						
8月						
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	
St.1		0.54	0.42	0.55	0.67	
St.2			0.92	0.72	0.06	
St.3				0.52	0.28	
St.4					0.55	
St.5						
11月						
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	
St.1		0.92	0.50	0.06	0.03	
St.2			0.66	0.18	0.05	
St.3				0.51	0.30	
St.4					0.49	
St.5						
2月						
	St.0	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
St.0		0.44	0.71	0.79	0.68	0.69
St.1			0.77	0.04	0.04	0.10
St.2				0.06	0.13	0.21
St.3					0.80	0.68
St.4						0.67
St.5						

かった。これは、St.2 や St.3 の河床が大小多数の浮石や沈み石で構成されていることに
対し、St.1 の河床は、床固めが
施され、頭大の浮石により構
成されていることより、St.2
や St.3 に比べ匍匐型が生息
しにくい環境にあるためと考
えられる。このことから、St.1
のような河床状態の場合、水
生昆虫の多様性が回復しにく
いことが推測される。

また、図・5 d)に注目すると、
砂防ダムをはさんでユスリカ
科に代表される掘潜型の割合
が急激に低下した。掘潜型の
水生昆虫は、河床の砂や泥の
中で生活するタイプであり、
田茂木川の砂防ダム以降の上

流から中流域は、それらの種が住みにくい環境であると言える。これは、砂防ダムの影響や河道が直線的である
ことにより砂、泥等が比較的堆積しにくいことに起因すると考えられる。

(4)河川改修工事終了後の経過年数の影響

図-6 に河川改修工事終了からの経過年数に対する年間の
DI の平均を示す。工事終了後からの経過年数が長い St.2 と
St.3 ではDIが高く、水生昆虫相が回復していることが推測さ
れる。一方、経過年数が1年と短いSt.4のDIが高いのに対
して、経過年数3年のSt.1のDIは低い。著者ら¹²⁾は、河川
改修工事により河床が攪乱された場合、上流からの生物種の
補充により、その生物相の回復が洪水の場合より予想以上に
早いことを示した。このことから、St.4のDIが高い値を示
した理由としては、水生昆虫相が回復したと考えられる St.2
と St.3 や支流から水生昆虫種が供給された事と河床が拳大
の浮石、沈み石より構成され水生昆虫が生息するのに適した
環境であったことが挙げられる。また、砂防ダム上流の St.0
と St.1 を比較すると、DI が St.0 の 3.30 に対して 1.05、群
集類似度(C_s)が 0.44 と低いことから、St.0 と St.1 が砂防
ダムで分断されることにより水生昆虫種や、河床を構成する石礫、砂等の供給が抑制され、St.1 では改修工
事から3年経過した現在でも水生昆虫の多様性が低く、その回復が完全ではないことが分かった。

4.2 過去の報告との比較

(1)過去の調査の概要

1993年8月から1994年9月にかけて著者ら¹³⁾は田茂木川の調査を行い、河川改修工事直後の底生動物相
について報告した。現在の St.1、St.4 は、'93、'94 年(以後'93 年度とする)においては未工事区間であったが、現

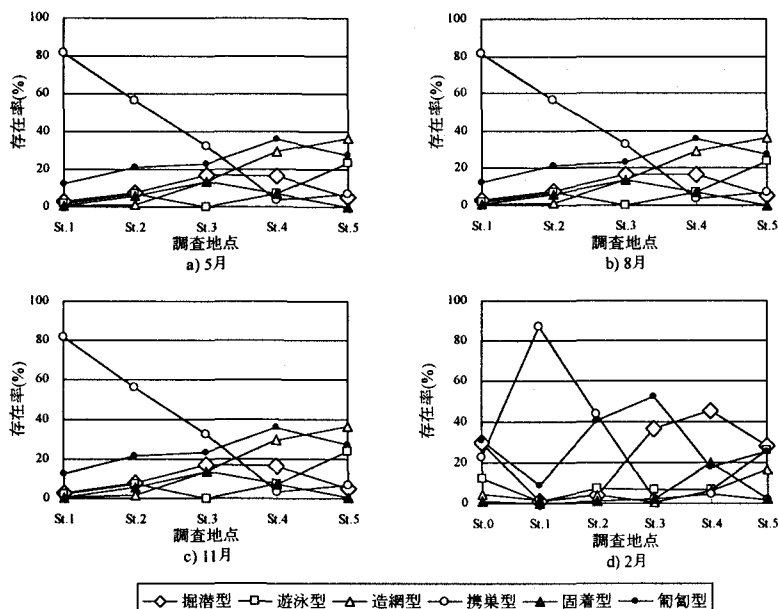


図-5 存在率の流下方向における変化

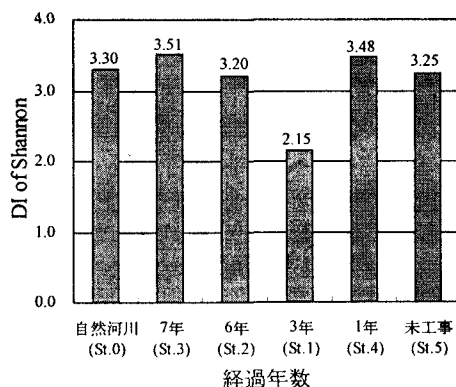


図-6 河川工事終了からの経過年数に
対する DI

在と共通の調査地点である当時の St.3(現 St.2)は工事未終了で、St.5(現 St.3)は既に改修工事は終了していた。この2点について同一の調査時期である8月、11月('93年度は10月)、2月についての比較を行った。図-7にこの2点の'93年度と'99年度の環境要因の比較を示す。なお、以後は現在の調査地点である St.2 と St.3 に調査地点名を統一する。St.2 と St.3 とともに、水生昆虫採取場所の河床状態には大きな差はなかった。しかし、'93年度は St.2 でまだ改修工事が終了しておらず抽水植物も自生していなかった。一方、St.3 付近には現在小さな堆砂が形成され、抽水植物が自生しているが、過去にはこのような状態は観察されず、過去と現在の環境状態に違いが見られた。なお、'93年度には、水質の分析は行わなかった。

(2)多様性の比較

図-8 に、'93 年度と'99 年度の Shannon の多様性指数 DI(N)の比較を示す。11 月の St.2 以外は、'99 年度の DI が'93 年度よりも高くなった。これは、'93 年度と'99 年度での採取地点の河床状態は類似しているが、St.2 は工事が未終了であり、St.2 と St.3 付近には現在のように抽水植物が自生していなかったことが影響していると考えられる。このことから、河川のある区間に小規模な堆砂が生じ、抽水植物が自生すると、その区間で生息する水生昆虫群の多様性指数は高くなると推測される。

(3)水生昆虫相の類似度

表-6 に正宗の percentage of affinity(PA)を用いた'93 年度と'99 年度の水生昆虫種の類似度について示す。正宗の percentage of affinity(PA)は値が1に近づくとも両地点の水生昆虫種がよく類似していることを表す。また、図-9 に'93 年度と'99 年度の水生昆虫を生活型で分類し、それらの存在率の比較をレーダーにして示した。なお、上記で用いた群集類似度指数は、この場合サーバーネットの大きさ等の採取条件の違いが個体数に影響を与えるため用いなかった。正宗の percentage of affinity(PA)は、次式 14)を用いて算出した。

$$PA = \frac{1}{2} \left(\frac{c}{a} + \frac{c}{b} \right) \tag{3}$$

a, b : 両地域の種数、 c : 共通種数

PA は、平均で 0.3、最高でも 0.6 とあまり高くならなかった。筆者らの報告で比較的短期間で回復したとされる St.2 と St.3 だが、'93 年度と約 6 年経過した'99 年度を

St.2 (旧St.3) 1993年 ・頭大、拳大の浮き石と砂 ・植生は見られない ・コンクリート護岸の工事は未終了で落差工のみ設置 ・流速は0.24m/s～1.18m/s ・水深は0.08m～0.25m	St.3 (旧St.5) 1993年 ・拳大の浮き石が多い ・植生は見られない ・兩岸のコンクリート護岸落差工は共にすでに設置 ・流速は0.27m/s～1.23m/s ・水深は0.19m～0.55m
--	---

St.2 1999年 ・大小多数の浮石、沈み石 ・抽水植物などの植生が見られる ・兩岸にコンクリート護岸 ・流速は0.13m/s～0.76m/s ・水深は0.15m～0.23m	St.3 1999年 ・大小多数の浮石、沈み石 ・抽水植物などの植生が見られる ・兩岸にコンクリート護岸 ・流速は0.17m/s～0.56m/s ・水深は0.11m～0.23m
--	--

図-7 '93 及び'99 の環境要因

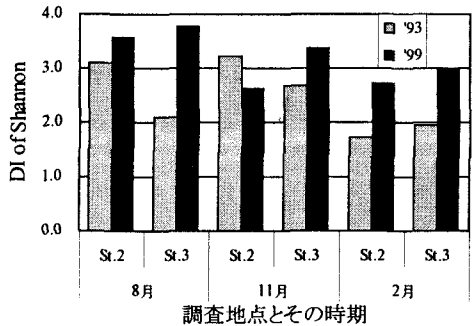


図-8 '93 と'99 の DI(N)の比較

表-6 正宗の PA を用いた '93 と'99 の類似度

		1999	
		St.2	St.3
1993	8月 St.2	0.6	
	8月 St.3		0.5
11月			
		St.2	St.3
1993	St.2	0.2	
	St.3		0.2
2月			
		St.2	St.3
1993	St.2	0.2	
	St.3		0.1

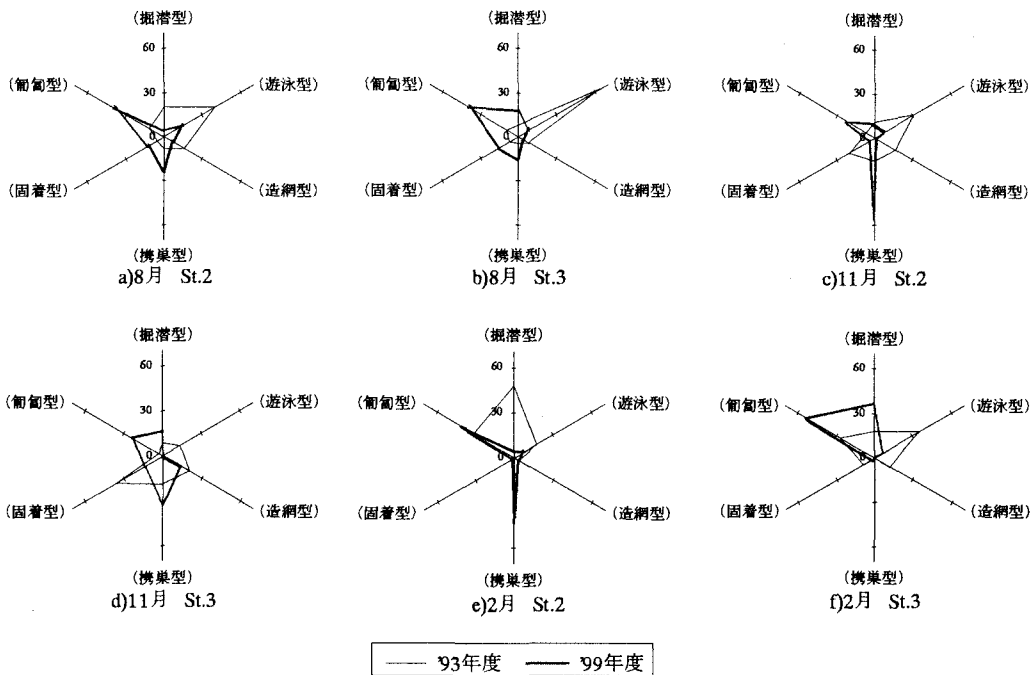


図-9 St.2 及び St.3 における'93 と'99 の生活型の比較

比較すると異なる水生昆虫相に変化したと考えられる。次に、生活型に注目すると、St.2 において'93 年度は遊泳型、掘潜型の存在率が高いのに対し、'99 年度は携巢型と匍匐型の存在率が高くなった。また、St.3 でも'93 年度は、2 月に匍匐型の割合がやや高いが、St.2 と同様に遊泳型の存在率が高いのに対し、'99 年度では St.2 と同様に携巢型と匍匐型の存在率が高い。匍匐型の存在率が河床状態に左右されることは上記のとおりだが、'93 年度と'99 年度では河床状態に大きな差は見られなかった。遊泳型と掘潜型はそれぞれ、耐汚濁種のコカゲロウ属とユスリカ科が代表的な種のため、'93 年度と'99 年度の水質の違いも推測される。また、掘潜型の存在率が'93 年度に高いのは、当時すぐ上流で行われていた改修工事の土砂などが河床に堆積していたことが原因と考えられる。

4.3 まとめ

以上より、上流部に砂防ダムを有し、その下流部で改修工事が施された河川の水環境全体を評価すると、上流や支流から小石や砂等の河床材料が次第に供給される中流部では、小規模の堆砂の形成やそれに伴う抽水植物の自生がみられ、水生昆虫相の多様性が比較的速やかに回復し、砂防ダム上流部の自然河川との類似性も増すことが分かった。しかしながら、砂防ダム直下では、河床材料の供給や堆積が乏しく、携巢型のマルツツトビケラが大量に出現し、水生昆虫相の偏りがみられ、多様性や他の地点との類似性は低かった。本河川は落差工を有することから魚道が設置されているが、水生昆虫の多様性が回復することにより魚類の生息にも寄与し、良好な水環境を維持できると考えられる。従って、今後、河川の改修工事を行う際には、治水の目的だけでなく、水生昆虫や植物の生息場所を確保するために河床材料の供給やその維持に配慮した工事手法を構築し、健全な水環境を創出する必要があると考えられる。

5. 結論

本研究では、上流部に砂防ダムを有し、その下流部で改修工事が施された田茂木川の水質、水生昆虫相につ

いて1年間にわたって調査を行い、水生昆虫相の多様性やその回復に及ぼす砂防ダムや河床状態、工事終了後の経過年数等の影響について検討した。その結果、以下の結論を得た。

- 1)水生昆虫の多様性は、自然河川の St.0、5 と比較した場合、St.2～St.4 では十分回復しているが、St.1 の水生昆虫相の多様性は完全に回復していない。これは、床固め工やそれに伴う河床状態及び砂防ダム等の環境要因が影響を及ぼしている。
- 2)水生昆虫の多様性は河川改修工事終了後の経過年数とともに河床状態に影響される。
- 3)上流に砂防ダム等がある場合、そのすぐ下流では多様性が回復しにくい。
- 4)93 年度の調査結果と比較すると水生昆虫の多様性指数は上昇し、生物相も変化した。これは、改修工事が上流や St.2 で未終了だったことや、付近の抽水植物の有無等が影響を与えていると考えられる。

最後に本研究に多大な御協力をいただいた青塚大輔氏(当時岩手大学学生)並びに岩手大学工学部水環境制御工学研究室の諸氏に心より感謝いたします。また、本研究は河川管理財団河川整備基金の助成を受けて行われたものであることを付記し謝意を表します。

<参考文献>

- 1)リバーフロント整備センター：まちと水辺に豊かな自然をⅡ，山海堂，1992
- 2)古米弘明：河川改修区間における河床形態変化と底生動物現存量について，環境システム研究，Vol.24，644-649，1996
- 3)建設省河川局監修：河川水質試験方法～試験方法編～，技報堂出版，1997
- 4)渡辺直、原田三郎：ちりとり型金網による河川底生動物採集上の問題点，陸水学雑誌，37，2，47-58，1976
- 5)川合禎次編：日本産水生昆虫検索図説，東海大学出版，1986
- 6)津田松苗編：水生昆虫学，北隆館，1979
- 7)上野益三編：日本淡水生物学，北隆館，1986
- 8)津田松苗、菊池泰二編：環境と生物指標 2-水界編一，共立出版，1976
- 9)渡辺直：多様性指数による生物学的水質判定，用水と廃水，Vol.15，No.6 37-42，1973
- 10)M.Morisita：Measuring of Interspecific Association and Similarity between communities., Mem.Fac.Sci.Kyushu Univ.,ser.E(Biol.), Vol.3，No.1，65-80，1959
- 11)小林四郎：生物群集の多変量解析，蒼樹書房，1995
- 12)水野信彦、御勢久右衛門：河川の生態学，築地書館，1973
- 13)安嬰：底生動物相に及ぼす河川改修工事の影響，環境工学研究論文集，Vol.32，457-466，1995
- 14)木元新作：生態学研究法講座 14 動物群集研究法 I -多様性と種類組成一，共立出版，1976