

(48) 河川改修工事後における水生昆虫相の回復過程の評価について

Evaluation of recovery process of aquatic insects after river improvement works

伊藤 歩*, 石毛孝慈*, 佐々木貴史*, 相澤治郎*, 海田輝之*

Ayumi ITO*, Koji ISHIGE*, Atsushi SASAKI*, Jiro AIZAWA* and Teruyuki UMITA*

ABSTRACT; Recovery process of aquatic insect biota was studied through two years monitoring of water quality and aquatic insects in the river Yukiya where river improvement works have been carried out by considering water environment. The water environment of the river Yukiya was sound judging from the water quality indices except for the case of high turbidity, whereas it was not good from the biota of aquatic insect. Immediately after the river improvement works the individual number and species of aquatic insects were very small and the burrowing type of insects was predominant and then the net-spinning type dominant. It was found that the community structure of aquatic insect could recover in several months if the conditions of river bed, inflow of tributary and runoff of aquatic insects were arranged well. In addition, it was shown that the high turbidity water caused by river improvement works did not damage the biota of aquatic insects seriously.

KEYWORDS; Aquatic insect, river improvement works, recovery of biota, community structure of aquatic insects

1.はじめに

平成9年の河川法の改正により河川管理の目的に「河川環境の整備と保全」が追加され、従来の改修工法に代わって近年では多自然型工法を用いた改修工事が進められている^{1)~3)}。しかしながら、実際には施工後の定期的且つ詳細な河川の水環境調査(水質、魚類、底生動物、植物など)はほとんど行われておらず、また、これらの事業に対する評価システムが未だに構築されていないのが現状である。従って、適切な河川改修方法を検討するために、改修工事が河川の水環境に及ぼす影響を調査し、定期的な事後評価を行なう必要があると考えられる。

河川生態系の底辺を支えている水生昆虫は、河川の自浄作用や主に肉食魚類の餌として重要な生物であり、河川に生息する他の生物に比べて比較的多くの種が存在する。また、その多様性や群集構造は、水質^{4)~6)}、底質^{7),8)}、周辺の物理的環境⁹⁾に左右されやすいことから、河川の水環境の状態を評価するうえで重要な指標の1つになり得ると考えられる。しかしながら、水生昆虫は移動範囲が狭いために改修工事による河床の掘削や攪乱とそれらに伴って生じる濁水等の影響を直接的に受けやすい。従って、水生昆虫相を用いて河川改修事業の評価を行う際には、まず、改修工事後の水生昆虫相の回復過程を十分に把握する必要があると考えられる。

以上の背景から、本研究では、より環境に配慮した河川改修方法を提案するための基礎的データを収集するために、比較的大規模な改修工事が行われている河川を対象にして、水質と水生昆虫相を季節毎にモニタリングし、工事前後での水生昆虫相の変化や回復過程について考察を行った。

*岩手大学工学部建設環境工学科

*Department of Civil and Environmental Engineering, Iwate University

2.調査地点及び調査方法

2.1 調査地点の概要

本研究で対象とした雪谷川は、岩手県北部の九戸村から軽米町の中心部を貫流し、瀬月内川と合流する総延長約31kmの2級河川である。本河川は、平成11年10月27日から28日にかけて降り続いた記録的な豪雨により甚大な被害を受けた。河川の決壊や道路の損壊を始め、農地、農業用施設や林道、山腹の崩壊が多発し、特に軽米町では、雪谷川の氾濫により多くの家屋が浸水した(全壊家屋(流失)25戸、半壊家屋5戸、床上及び床下浸水283戸)。そこで、今後の災害防止と自然との共生を目的として、3～4年の短期間で大規模な災害復旧事業が行われている。

調査地点の位置を図-1、調査地点の概要を表-1に示す。調査地点は、最上流部をSt.1として改修工事区間を考慮しながら軽米町中心地まで合計11ヶ所設置した。本川流域は農村地帯であり、中流域のSt.5とSt.6の間にある多目的ダムの雪谷川ダム周辺を除き、上流部から下流部まで民家が点在している。また、各地点間の距離は約2～3kmである。

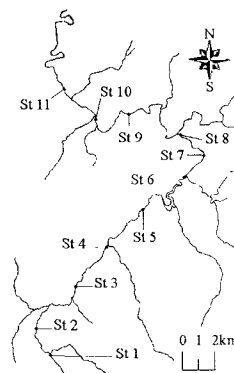


図-1 調査地点の位置

表-1 調査地点の概要

調査地点	水面幅[m]	護岸	河床状態	周辺の状況
St.1(小雪屋地区)	2	片面コンクリート	拳大の浮石、沈み石	田畑、民家
St.2(下雪屋地区)	4	自然状態	拳大の浮石、沈み石	田畑、民家、木々の陰になっている
St.3(上円子地区)	3	両面コンクリート	拳大の浮石、沈み石	田畑、民家
St.4(下円子地区)	6	両面コンクリート	大小様々な浮石、沈み石	田畑、民家
St.5(雪谷川ダム上流)	5	両面コンクリート	大小様々な浮石、沈み石	山林
St.6(雪谷川ダム下流)	3	自然状態	大小様々な浮石、沈み石	山林
St.7(小軽米地区)	9	自然状態	大小様々な浮石、沈み石	田畑、抽水植物が繁茂
St.8(増子内地区)	6	片面コンクリート	拳大の浮石、沈み石	田畑、民家
St.9(車門地区)	13	自然状態	拳大の浮石、沈み石	山林、民家
St.10(上宿地区)	10	両面コンクリート	拳大の浮石、沈み石	田畑、民家
St.11(軽米地区)	13	片面コンクリート	拳大の浮石、沈み石	民家

2.2 調査期間

調査は平成12年6月26日～27日、8月24日～25日、10月30日～31日、平成13年1月15日～17日、6月11日～12日、9月6日～7日、11月21日～22日、平成14年3月5日～6日の計8回行った。ただし、平成14年3月に採集した水生昆虫は、St.4、St.5以外は同定未終了のため今回の評価に加えなかった。なお、St.10は水質測定用の採水だけを行い、水生昆虫の採集は行わなかった。また、調査日により改修工事や結氷のために採水や水生昆虫を採集できない地点もあった。

2.3 改修工事の状況

表-2に各調査地点での調査日における改修工事の状況を示す。平成15年度にはすべての工事が完了する予定である。工事は全幅をほぼ2倍に拡大し、河床を約1m掘削している。低々水路を設け、瀬と淵を改修前の同地点にできるだけ造り、護岸は

表-2 改修工事の状況

	H12 6	H12 8	H12 10	H13 1	H13 6	H13 9	H13 11	H14 3
St 1								
St 2							工事中	
St 3							工事中	
St 4					終了直後			
St 5				工事中				
St 6								
St 7						工事中		
St 8					工事中			
St 9						工事中		
St 10						工事中		
St 11								工事中

環境ブロックを用いる等、環境を考慮して行われている。また、St.7 ではスロープ式落差工、St.8 では水制工やワンドが新たに設置された。なお、St.5 は工事区間外であるが、平成 13 年 1 月に行われた工事は増水で破壊された護岸を修復するためのものであり、河道内への重機の進入などにより河床は攪乱されていた。

2.4 調査方法

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。

水質は各地点でポリエチレン容器に河川水を採取し、実験室に持ち帰って分析を行った。なお、DO は現地で固定した。水質の分析項目及び分析方法は表-3 に示す通りであり、これらの分析は河川水質試験方法（案）¹⁰⁾に従った。

水生昆虫の採集方法は、次の通りである。まず、採集場所として全地点ともできる限り同様な条件にするため水深約 15～25cm、流速約 0.3～0.7m/s の平瀬の石礫底を選定した。採集は

25cm×25cm のコードラードの付いたサーバーネット（38 メッシュ/inch²）を用いて各地点で 2 回行なった。ただし、平成 12 年 6 月と 8 月の調査では 1 回のみ採集した。採集回数を 2 回とした理由としては、種数や多様性指数を評価する際には 2 回の採集でも誤差を 10～20%に抑えることができるためである¹¹⁾（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集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）。標本は 80%エタノール溶液で固定し、プラスチック容器に採集して実験室に持ち帰った。その後、実体顕微鏡を用いてできる限り種まで同定し、種別毎に計数した。同定は、川合¹²⁾、津田¹³⁾及び上野¹⁴⁾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集する時点で川に戻した。個体の損壊などにより同定不可能なものは、全調査を通して 50 匹程度（全調査を通した総個体数の約 0.1%に相当）であり、これらは評価対象としなかった。

3 調査結果

3.1 水質について

全調査を通しての環境条件及び水質の測定結果を表-4 に示す。なお、SS と総リンの平均値は工事時の高い値を除いて算出した。

気温は年間平均で 15℃前後であった。水温は夏季に中、下流部で約 25℃まで上昇し、冬季は全地点とも 0℃まで低下した。地点間を比較すると、上流部の St.1, 2 の水温は他の地点に比べて低い傾向を示した。

pH の平均値は全地点とも 7～8 であった。SS の平均値は全地点とも 7mg/l 以下であった。SS の最大値は 200mg/l を超える値を観測したが、これは河床掘削などによって生じた濁水の影響によるものである。なお、SS の時系列データはとっていないが、表-2 に示した工事期間中は河川への重機の進入、河床の掘削、あるいは護岸工事に伴う濁水が漸続的に生じていた。DO の平均値はほとんどの地点でほぼ飽和状態にあった。BOD は平成 13 年 6 月から測定を開始しており、平均値は全地点で 3mg/l 以下であり、St.1 と St.7 では約 1.5mg/l と低い値を示した。TOC の平均値は全地点とも 2mg/l 前後であった。

総窒素の平均値は全地点で 2mg/l 以下であり、ダム下流部の St.6 と最下流部で若干高い値を示し、ダム湖での内部生産と農地及び家庭排水の流入を示唆している。窒素を形態別に見ると、アンモニア態窒素は、St.6 で平均 0.12mg/l と他の地点と比較して高い値を示し、その他の地点では 0.07mg/l 以下であった。亜硝酸態窒素の平均値は、全調査を通して約 0.02mg/l 以下であり、概ね低い値となった。硝酸態窒素の平均値は、St.1

表-3 分析項目及び分析方法

分析項目		分析方法
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
BOD		一般希釈法
TOC		燃焼酸化-赤外線自動分析法
窒素	NH ₄ ⁺ -N	自動分析法
	NO ₃ ⁻ -N	
	NO ₂ ⁻ -N	
	Org-N	ケルダール分解後自動分析し、NH ₄ ⁺ -Nを減じる
	T-N	各態窒素の総和
リン	PO ₄ ³⁻ -P	自動分析法
	T-P	ペルオキシソ硫酸アンモニウムにより分解後、自動分析

表-4 環境条件及び水質

		St 1	St.2	St 3	St 4	St 5	St.6	St.7	St 8	St.9	St 10	St 11
気温(°C)	最大値	27.3	29.5	31.4	29.4	28.5	31.0	29.8	31.5	29.0	28.0	32.0
	平均値	12.8	14.0	16.6	14.5	15.7	14.1	13.6	15.3	15.0	15.1	16.6
	最小値	-4.0	-0.5	0.0	-3.5	-1.0	-3.0	-4.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0
水温(°C)	最大値	20.0	20.0	22.5	22.1	24.0	25.0	24.1	21.5	25.0	25.0	24.5
	平均値	10.3	10.8	13.1	12.0	13.2	12.7	12.8	12.8	13.7	13.6	13.4
	最小値	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
流量(m ³ /s)	最大値	0.12	0.23	0.38	0.85	1.34	1.87	2.87	2.98	3.20	3.22	4.38
	平均値	0.06	0.10	0.18	0.32	0.50	0.78	0.91	1.31	1.51	1.51	1.96
	最小値	0.01	0.01	0.05	0.05	0.13	0.27	0.10	0.36	0.62	0.38	0.77
pH	最大値	7.3	7.0	7.2	8.7	8.4	9.1	7.5	7.6	8.1	8.7	8.3
	平均値	7.0	6.9	7.1	7.7	7.8	7.7	7.3	7.2	7.7	7.8	7.7
	最小値	6.8	6.8	7.0	6.4	7.2	7.1	7.2	6.9	7.3	7.2	7.3
SS(mg/l)	最大値	256	245	58	277	212	18	12	87	240	154	102
	平均値	2	1	4	1	2	7	4	3	7	2	6
	最小値	1	<1	<1	1	1	2	1	1	1	2	4
DO(%)	最大値	98	101	109	119	117	106	110	111	122	124	118
	平均値	95	95	103	104	107	97	102	106	108	111	111
	最小値	89	89	86	91	99	72	97	102	100	101	102
BOD(mg/l)	最大値	2.1	2.5	2.6	2.7	3.0	3.5	2.5	3.5	3.0	3.1	2.7
	平均値	1.5	2.1	2.0	2.1	2.6	2.4	1.6	2.1	2.1	2.2	2.1
	最小値	0.4	1.8	1.3	1.3	1.6	1.7	0.9	0.8	1.3	1.4	1.3
TOC(mg/l)	最大値	4.0	4.1	2.3	5.2	3.4	5.2	3.9	2.9	2.9	3.0	3.2
	平均値	1.7	1.9	1.9	2.6	2.3	2.6	2.3	1.9	2.1	2.2	2.3
	最小値	1.0	1.1	1.4	1.4	1.4	1.7	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6
T-N(mg/l)	最大値	1.23	1.81	2.56	2.75	2.72	2.48	2.08	2.13	2.05	2.34	2.46
	平均値	0.90	1.35	1.47	1.58	1.23	1.64	1.52	1.51	1.59	1.74	1.73
	最小値	0.49	0.75	0.91	0.92	0.71	0.69	0.79	0.68	0.75	1.06	0.81
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	最大値	0.14	0.10	0.10	0.11	0.09	0.36	0.18	0.15	0.14	0.17	0.15
	平均値	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06
	最小値	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.04	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
NO ₂ ⁻ -N(mg/l)	最大値	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
	平均値	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	最小値	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃ ⁻ -N(mg/l)	最大値	0.93	1.41	2.15	2.43	2.28	1.73	1.71	1.85	1.68	1.68	1.75
	平均値	0.59	1.10	1.27	1.19	1.02	1.16	1.10	1.17	1.17	1.19	1.25
	最小値	0.35	0.71	0.67	0.48	0.55	0.38	0.43	0.49	0.53	0.51	0.53
Org-N(mg/l)	最大値	0.72	0.46	0.38	0.65	0.38	0.69	0.78	0.81	0.86	0.98	1.02
	平均値	0.27	0.20	0.15	0.33	0.17	0.34	0.35	0.27	0.34	0.46	0.41
	最小値	0.08	<0.01	0.03	0.12	0.01	0.04	0.08	0.07	0.13	0.09	0.01
T-P(mg/l)	最大値	0.32	0.15	0.066	0.26	0.36	0.091	0.052	0.14	0.24	0.22	0.089
	平均値	0.019	0.028	0.039	0.034	0.038	0.053	0.035	0.031	0.050	0.034	0.060
	最小値	0.003	0.006	0.013	0.012	0.015	0.029	0.007	0.013	0.026	0.028	0.034
PO ₄ ³⁻ -P(mg/l)	最大値	0.039	0.10	0.024	0.070	0.069	0.043	0.024	0.038	0.055	0.061	0.025
	平均値	0.012	0.028	0.013	0.024	0.021	0.020	0.013	0.013	0.029	0.026	0.017
	最小値	0.002	0.003	0.003	<0.001	<0.001	0.005	0.003	0.002	0.013	0.005	0.005

を除き全地点で約 1.2mg/l であった。また、調査前日に降雨のあったときと積雪のあった冬季には高い値を示す傾向があった。これは、土壤浸出水の河川への流入や雪や雨に含まれる硝酸態窒素によるものと思われる。有機態窒素の平均値は、全地点とも 0.3mg/l 前後であった。

総リンの平均値は、全地点で 0.06mg/l 以下であり、総窒素と同様の傾向を示した。また、高濃度の濁水時に総リンが高くなる地点がいくつか見られたので、リンを含む土壌や河床の堆積物が護岸工事や河床掘削な

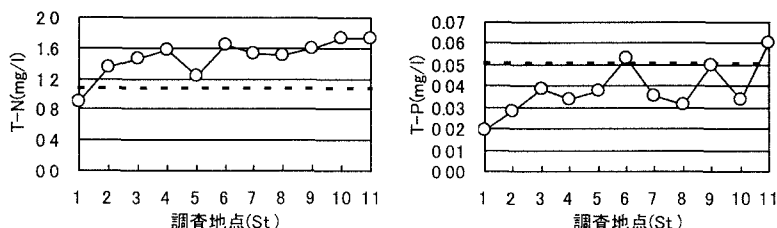


図-2 総窒素と総リンの平均値

どにより流出したためと考えられ、SS と総リンとの相関を調べたが、全体としては高い相関は得られなかった。なお、その他の水質項目については、工事による顕著な変化を確認することができなかった。オルトリン酸態リンの平均値は、全地点とも 0.03mg/l 以下であった。

雪谷川の各地点における総窒素と総リンの平均値と平成 12 年度における岩手県内の公共用水域の平均値（点線）を図-2 に示す。これによると、雪谷川の総窒素は岩手県内の他の河川と比べて高い値となっているのが分かる。総リンの平均値は全地点とも岩手県内の河川の平均値前後であった。

3.2 水生昆虫相について

表-5 は全調査を通しての各地点での水生昆虫の総出現種とその個体数を示している。全種数は 114、全個体数は 34,179 であった。種別の個体数の総計は、蜉蝣目のコカゲロウ属、アカマダラカゲロウ、クシゲマダラカゲロウ及びエルモンヒラタカゲロウ、毛翅目のウルマーシマトビケラとコガタシマトビケラ、双翅目のユスリカ科とガガンボ科 *Antocha* 属が高く、昆虫以外では渦虫綱が高かった。

調査地点毎の小計をみると、上流部の St.1 と St.2 では蜉蝣目のコカゲロウ属、St.3 ではコカゲロウ属に加えて毛翅目のコガタシマトビケラの個体数が圧倒的に高い値を示した。St.4 と St.5 ではコカゲロウ属とコガタシマトビケラの他に毛翅目のウルマーシマトビケラ、双翅目のユスリカ科とガガンボ科 *Antocha* 属の個体数が増加した。ダム下流の St.6 ではアカマダラカゲロウ、コガタシマトビケラ、ウルマーシマトビケラ及び渦虫綱が多く存在していた。水生植物が繁茂している St.7 では蜉蝣目のコカゲロウ属、アカマダラカゲロウ、クシゲマダラカゲロウ及びエルモンヒラタカゲロウ、毛翅目のウルマーシマトビケラとコガタシマトビケラ、双翅目のユスリカ科とガガンボ科 *Antocha* 属が満遍なく存在し、水生昆虫相の多様性が他の地点に比べて高いことが推察される。St.8 と St.9 ではシマトビケラ属、最下流部の St.11 ではシマトビケラ属とユスリカ科が優占的に存在していた。優占種以外の特徴的な種としては、St.1 と St.2 で双翅目のヒメアミカ、St.6 で水生昆虫ではないが甲殻綱のミズムシが出現した。

以上の結果から判断すると、全体的にせき翅目が少ないことや耐汚濁種であるコカゲロウ属とシマトビケラ属が非常に高い存在率を示していることから、水生昆虫相から判断すると雪谷川の水質は良好な状態にあるとは言えない。表-6 は調査毎の水生昆虫の種数及び個体数を示しており、平成 12 年度の 6 月と 8 月が採集回数 1 回、以降、採集回数 2 回の値になっている。なお、網かけの部分は工事中を意味している。工事の影響により水生昆虫を採集できなかった時期もあり、一概には言えないが、総種数は最上流部の St.1 と中流部の St.7 で高い値を示し、総個体数はダム下流部で工事の影響を受けていない St.6 において最も高い値を示した。St.1 で種類数が多い理由としては、BOD や TOC が低いことや有機汚濁の少ない水質の指標種であるせき翅目、エルモンヒラタカゲロウ、アミカ科が多く存在していることから、良好な水質状態にあるためと思われる。一方、St.7 は表-4 に示したように他の地点と比べて特に水質が良い状態にあるとは言えないが、河畔林や多くの水生植物が自生していることと、中州や大小多数の浮石、沈み石があることで多様性豊かな物理環境を創出しているために多くの種類の水生昆虫が生息できるのではないかと考えられる。また、St.6 で総個体数が最も多いのは、約 500m 上流にある雪谷川ダムから餌となる有機物を多く含んだ放流水が流下してくるためか、もしくは周辺の山林が成虫の生息場所として適しているためと推察される。工事期間中の

St.4 (H13.6)、St.5 (H13.1)

及び St.9 (H13.9) では河床掘削や濁水の影響により種数及び個体数が明らかに減少している。工事期間中にもかかわらず種数と個体数があまり減少していない場合 (H13.1 の St.8、H13.6 の St.8 と St.9、H13.9 と H13.11 の St.7 と St.8) があるが、

これは重機の進入や濁水止めにより河川内に入ることができず、採集地点を工事の直接的な影響を受けない場所に若干移動したためである。

平成12年度の名調査地点におけるShannonの多様性指数 (DI) ¹⁵⁾ を図3に示す。DIはSt.1やSt.2のように季節によって大きく変動する場合も見られるが、他の地点ではその変動が小さく、平均値でみるとSt.7で最も高い値を示した。St.7で多様性指数が高くなった理由としては、先に

表-6 調査毎の水生昆虫の種数及び個体数

		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.11	総数
種数	H12.6	16	15	20	11	13	15	13	12	13	11	41
	H12.8	13	9	14	14	11	16	25	16	17	16	40
	H12.10	21	22	26	18	18	19	36	-	24	22	58
	H13.1	32	29	20	17	8	20	28	31	-	29	63
	H13.6	26	21	19	5	17	24	27	21	18	17	50
	H13.9	28	25	15	12	19	27	18	26	6	15	57
	H13.11	31	-	18	16	20	21	31	21	12	26	59
総種数		68	47	53	31	39	58	67	51	42	54	114
個体数	H12.6	350	270	351	288	321	392	477	516	385	249	3599
	H12.8	343	135	428	419	248	404	188	152	236	367	2920
	H12.10	229	380	556	448	759	962	766	-	650	686	5436
	H13.1	369	557	630	651	18	785	654	1310	-	950	5924
	H13.6	1011	464	351	25	378	815	609	489	161	441	4744
	H13.9	544	847	466	396	1339	735	280	1463	16	220	6306
	H13.11	562	-	277	532	459	1654	695	281	63	727	5250
総個体数		3408	2653	3059	2759	3522	5747	3669	4211	1511	3640	34179

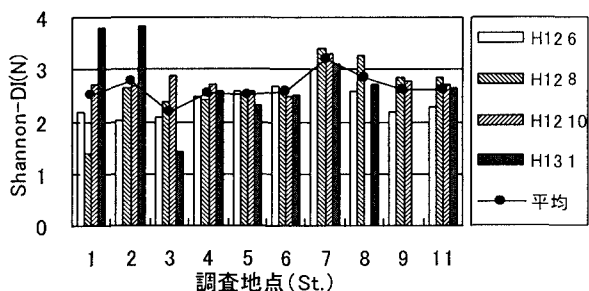


図-3 Shannonの多様性指数 (平成12年度)

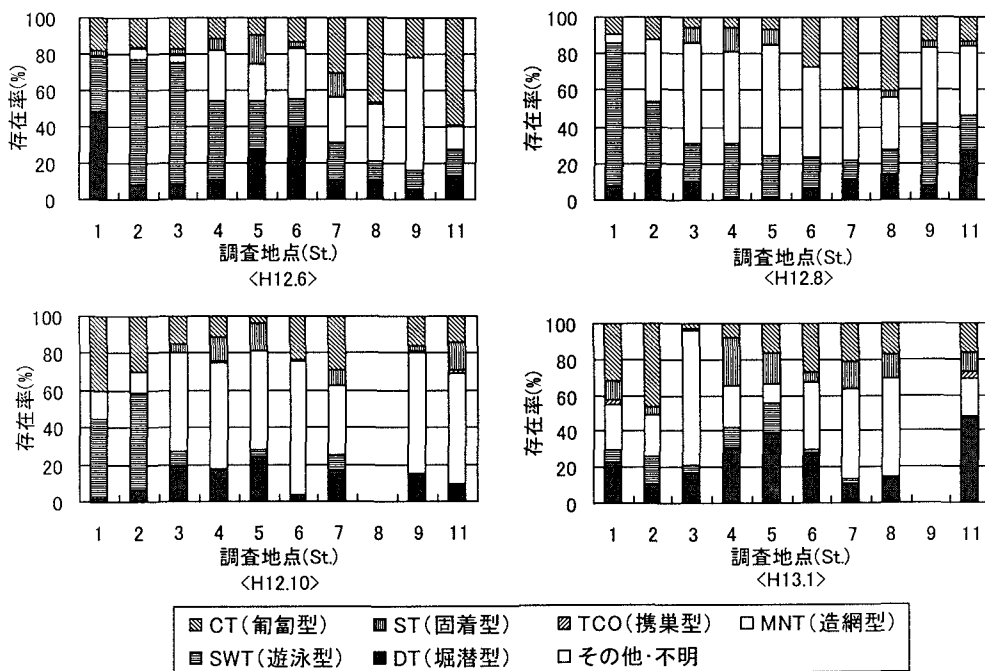


図-4 生活型別存在率 (平成12年度)

示したように他の地点と比較しても水質の大きな変動が見られないことや同地点で多くの抽水植物が自生し、中州や大小多数の浮石、沈み石によって様々な流れを創出していること等があげられ、St.7が種々の水生昆虫に良好な棲み場を提供していると考えられる。

図4に平成12年度における季節毎の生活型別存在率を示す。存在率は平成12年度の合計4回の調査で出現した個体数を生活型¹⁶⁾に分類し、それぞれの生活型別個体数を各地点での総個体数で除して求めた。春季(6月)は最上流部のSt.1で掘潜型(主にユスリカ科)が50%近く存在し、St.2で遊泳型(コカゲロウ属)の存在率が増加した後、St.3からSt.6にかけて掘潜型と造網型(シマトビケラ属)が増加し、St.7では掘潜型、遊泳型、固着型(主にガガンボ科Antocha属)及び匍匐型(主にマダラカゲロウ属)が均衡して存在し、St.8以降では造網型あるいは匍匐型の存在率が高くなった。夏季はSt.1で遊泳型の存在率が高くなり、St.3～St.5では造網型が優占的に存在し、St.6～8では匍匐型が増加した。秋季はSt.1とSt.2で遊泳型と匍匐型の存在率が高くなり、St.3以降では造網型が優占した。冬季はSt.1とSt.2で匍匐型の存在率が高くなり、St.3で造網型の存在率が一旦上昇するが、St.4では掘潜型と固着型が増加した。全体的に、上流部では遊泳型の存在率が高く、中流部から下流部にかけて造網型が高い割合を占めており、この傾向は岩手県内の宮守川においても観察されている¹⁷⁾。造網型のシマトビケラ属の生息分布を決定する主要な要因としては、餌供給、適切な基盤、隠れ場所、好適な流れが挙げられる¹⁸⁾。また、シマトビケラ属の食性としては一般的に捕獲網を作って主に有機性のセストン(流下物)をろ過摂食する。採集地点での河床状態や流速は上流部から下流部まで大きな差がないことから、中流部以降でのシマトビケラ属の増加は温度条件に加えて流下するセストンが摂食しやすい状態にあることも一因と考えられる。

次に、水生昆虫相に及ぼす改修工事の影響について考察する。各調査地点における季節毎の個体数、種数及びShannonの多様性指数の変化を図-5に示す。図中の値は、平成13年度に得られた数値を12年度の同じ季節の数値で割り(2回採集したものについて、個体数と種数は平均値をとり、Shannonの多様性指数は2回の総和から算出した)、1を引いたもの[(13年度の個体数、種数あるいは多様性指数/12年度の個体数、種数あるいは多様性指数) - 1]である。つまり、値が0になれば同時期の個体数、種数あるいは多様性指数が前年度と同じであり、正になれば前年度と比べて増加しており、負になれば減少していることを意味する。ただし、工事の影響による個体数及び種数の減少とその後の回復を強調して示すために数値が1以上の場合は図の範囲外とした。なお、種数や個体数が極端に少ない場合、多様性指数は変動しやすいので考察には注意を要する。St.4に注目すると、個体数、種数及び多様性指数は工事が行われた春に顕著に減少しているが、夏から秋にかけて前年度の同時期と同程度まで回復しているのが分かる。St.7では夏に工事が行われ、種数と多様性指数は一度減少したが、3～5ヶ月経過した時点で前年度とほぼ同程度まで回復した。St.7の直上流は、抽水植物が多数自生しており、中州やバリエーションに富んだ河床材料が存在する自然豊かな場所である。したがって、良好な河川環境が残る直上流から工事の始まったSt.7へ水生昆虫が供給されたために大幅な減少が見られなかったと考えられる。しかしながら、春に工事が始まったSt.9では工事開始から約半年経過しても個体数と種数は十分に回復していない。これは、工事がまだ続いていることや上流のSt.8

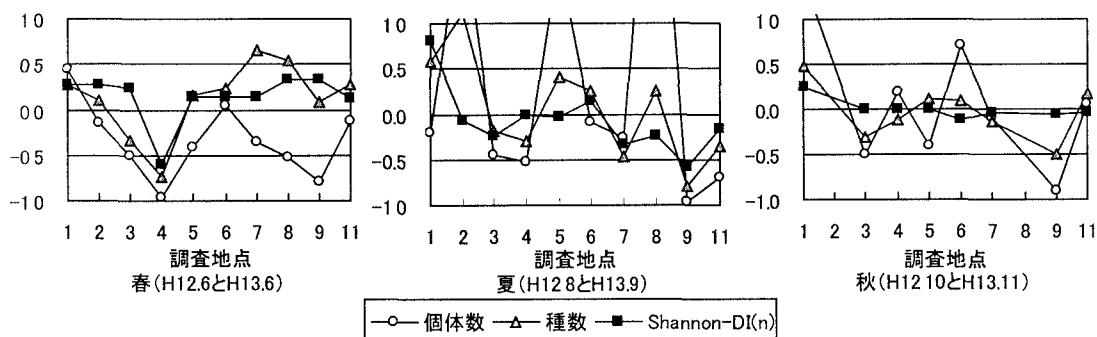


図-5 個体数、種数、多様性指数の比較

と下流の St.10 で行われている工事が、流下や遡上した水生昆虫の定着を阻害しているためと考えられる。一方、上流で工事が行われ、濁水の流下により SS の濃度が比較的高くなった地点（夏の St.3 (SS: 33mg/l)、St.4 (SS: 245mg/l)、St.5 (SS: 75mg/l) 及び St.11 (SS: 102mg/l)、秋の St.1 (SS: 37mg/l) と St.11 (SS: 54mg/l)）をみると、工事によって河床の攪乱を受けた春の St.4、秋の St.9 に比べて水生昆虫の種数と個体数の減少は著しくない。従って、本河川で行われた工事においては工事に伴う濁水の流出は、その下流に生息する水生昆虫相に壊滅的な影響を与えないと言える。

次に、St.4 と St.5 における工事前後での水生昆虫相の群集構造を比較するために、工事前（平成 12 年度）と工事後（平成 13 年度）の同時期での群集類似度指数（Cλ）¹⁹⁾を図6 に示す。ここで、図の横軸は工事終了日を0日目とし、工事終了からの経過日数を示している。ただし、0日目は個体数が極端に少なく、水生昆虫相を形成しているとは言えないことから初期値を0とした。群集類似度指数は両地点とも約3ヶ月経過した時点で1に近い値となり、前年度と比べて群集構造にほとんど差がないことが分かる。ただし、St.4 では280日目に類似度が低下しているが、これはSt.4の上流で工事の開始されたためである。一般に、洪水などにより破壊された水生昆虫相が回復するには非常に長い期間を必要とする場合がある¹⁹⁾が、今回の調査結果から、2～3ヶ月の短期間の工事であれば洪水のような災害に比べて河川の水環境に与える影響は少なく、水生昆虫の群集構造は3～5ヶ月程度で比較的高速やかに回復することが分かった。

回復過程における水生昆虫の種構成について生活型に分類したものを図7に示す。工事終了から2週間後の構成種は、掘潜型のユスリカ科と遊泳型のコカゲロウ属であった。流下の最も容易な生活型は掘潜型であり、続いて遊泳型、固着型となることや、遡上に関してはコカゲロウ属が多いという報告¹⁹⁾から、これらは流下もしくは遡上してきたものと考えられる。一般に、洪水等によって河床が一変攪乱された後に形成される水生昆虫相は、最初に石礫面を行動する匍匐型、その後は、分泌糸で前鰓網や固着巣を作る造網型が優勢となる¹⁹⁾。今回の結果においても、100日を経過した時点で造網型のウルマーシマトビケラなどが約60%近く存在しており、水生昆虫相の回復が順調に進んでいることが確認された。

次に、前述した種数と個体数の変化から、一度減少した水生昆虫は流下と遡上によって再び増加すると考え、平成13年の6月に工事が終了したSt.4に注目し（St.5でも平成13年の6月前に工事が終了している）、工事前後での上流のSt.3、下流のSt.5との群集類似度指数(Cλ)を比較した（表-7）。地点間の類似度は工事前（平成12年6月～10月）のSt.3-St.4間とSt.4-St.5間で0.85以上と高く、地点間の群集構造が類似していることが分かる。一方、工事後（平成13年9月と11月）ではSt.4-St.5間で0.9以上と非常に高い値を示しているが、St.3-St.4間で0.7以下であった。このことから、工事後のSt.4はSt.3からの流下による影響をあまり受けていないと思われる。よって、St.4での水生昆虫の回復は、下流であるSt.5からの遡上、もしくはSt.4で合流する支川からの供給による影響が大きいと考えられる。

4.まとめ

本研究では、岩手県北部を流下し、多自然型工法による河川改修工事が行われている雪谷川の水質と水生昆虫相のモニタリングを2年間にわたって行い、工事前後での水生昆虫相の変化と回復過程について考察を行った。以下に得られた結論を示す。

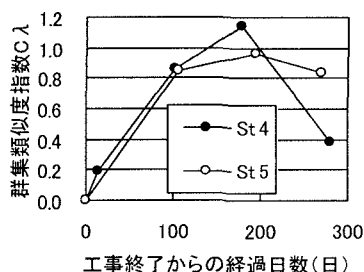


図-6 調査年度間の群集類似度指数の変化

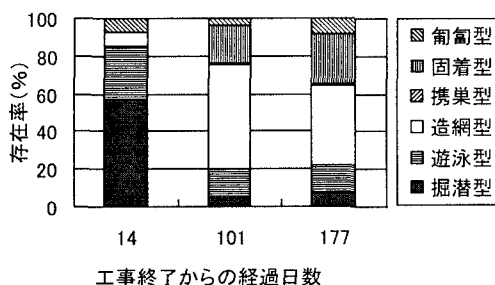


図-7 St.4 の生活型別存在率の変化

表-7 地点間の群集類似度指数（Cλ）

	H12.6	H12.8	H12.10	H13.9	H13.11
St.3-St.4間のCλ	0.89	0.97	0.95	0.62	0.70
St.4-St.5間のCλ	0.87	0.88	0.98	0.97	0.91

- 1)雪谷川の理化学的水質は、工事による濁水がある場合を除いて比較的良好であるが、水生昆虫相から見た場合には良好とはいえない。
- 2)雪谷川の上流部では遊泳型のコカゲロウ属の存在率が高く、中・下流部では造網型のシマトビケラ属が優占していた。また、多くの水生植物が自生し、中州等が存在する多様な物理環境を有する地点では、水生昆虫相の多様性が高いことを確認できた。
- 3)河床の掘削により水生昆虫の個体数及び種数は減少するが、河床状況が良く、遡上や支流からの流下条件が整えば、水生昆虫の群集構造は3～5ヶ月程度で回復する場合もある。
- 4)本河川で行なわれた工事において、河川改修工事に伴う高濃度の濁水自体は生息する水生昆虫相に壊滅的な影響を与えなかった。
- 5)雪谷川の河川改修工事終了直後は水生昆虫の個体数が非常に少ないが、掘潜型のユスリカ科が優占し、その後、造網型のシマトビケラ属が優占した。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費基盤研究（C）の補助を受けた。ここに感謝の意を表します。また、本研究に多大な協力を頂いた刈屋宏章氏（現、国土交通省）、井上一弥氏（現、岩手県庁）、並びに岩手大学工学部建設環境工学科水環境制御工学研究室の卒業生諸氏に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) (財) 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) (財) 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 III, 山海堂, 1996
- 3) (財) リバーフロント整備センター：河川と自然環境, 理工図書, 2000
- 4) 原田 三郎：底生動物相からみた加古川水系の水質汚濁, 用水と排水, Vol.25, No.6, pp.55-62, 1983
- 5) 安嬰, 大村達夫, 海田輝之, 相澤治郎, 佐藤芳光：農業地域の小河川における底生動物相による生物学的水質指数の季節変動, 環境工学研究論文集, Vol.30, pp.341-350, 1993
- 6) 相澤治郎, 佐藤義秋, 伊藤歩, 北田久美子, 海田輝之, 大村達夫：下水処理水が河川底生生物及び水環境に与える影響, 日本水処理生物学会誌, Vol.35, No.4, pp.247-259, 1999
- 7) 中島重旗, 小田泰氏, 松並裕子：河床礫の状態と底生動物相指標の相関, 陸水学雑誌, Vol.45, No.3, pp.220-230, 1984
- 8) 刈屋宏章, 伊藤歩, 佐々木貴史, 相澤治郎, 安嬰, 海田輝之：水生昆虫相から見た河川改修工事後の水環境の評価ー岩手県田茂木川を例にしてー, 環境工学研究論文集, Vol.37, pp.149-159, 2000
- 9) 大田猛彦, 高橋剛一郎 編：溪流生態砂防学, 東京大学出版会, 1999
- 10) 建設省河川局監修：河川水質試験方法（案）～試験方法編～, 技報堂出版, 1997
- 11) 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, Vol.37, No.2, pp.47-58, 1976
- 12) 川合禎次 編：日本産水生昆虫検索図説, 東海大学出版会, 1986
- 13) 津田松苗 編：水生昆虫学, 北隆館, 1979
- 14) 上野益三 編：日本淡水生物学, 北隆館, 1986
- 15) 小林四郎：生物群集の多変量解析, 蒼樹書房, 1995
- 16) 水野信彦, 御勢久右衛門：河川の生態学, 築地書館, 1973
- 17) 井上一弥, 石毛孝慈, 伊藤歩, 相澤治郎, 海田輝之：水生昆虫相を用いた種々の多自然型工法河川の評価について, 平成13年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, pp.748-749, 2002
- 18) 柴谷篤弘, 谷田一三 編：日本の水生昆虫, 東海大学出版会, 1989