

コンクリート河川におけるゲンジボタルとカワニナの生息場所再生の試み — 簡易水制の設置方法と効果検証 —

久加朋子^{1),2)}・清水洋平^{1),3)}・大澤剛士^{1),4)}・石田裕子^{1),5)}・
佐々木宏展^{1),6)}・稲本雄太^{1),7)}・三橋弘宗^{1),8)}

New attempt in restoration to create habitat of the firefly larva (*Luciola cruciata*) and the marsh snail (*Semisulcospira libertine*) using spur dike in Concrete River — construction method and its advantage —

Tomoko KYUKA^{1),2)}, Yohei SHIMIZU^{1),3)}, Takeshi OSAWA^{1),4)}, Yuko ISHIDA^{1),5)},
Hironobu SASAKI^{1),6)}, Yuta INAMOTO^{1),7)}, Hiromune MITSUHASHI^{1),8)}

要 旨

本事例では、コンクリート三面張り河川におけるゲンジボタル幼虫やカワニナをはじめとする底生動物の生息場所の再生に向け、U字溝を利用した小規模な水制を河道へと設置した。水制は、洪水時の水の流れを局所的に変化させて緩やかな流れの場所を創出すると共に、土砂を水制の間へと堆積させることにより、底生動物の種数および個体数を増加させる効果があることを確認した。本事例の手法は、小規模な事業主体による実施を想定し、安価で設置が簡便であることを特徴とする。U字溝を利用した9つの水制の設置に要した材料費は約4万円で、作業は大人15名で5時間程であった。今後、水制の幅を長くするなどの工夫により土砂を堆積させる効果を高めることで、ゲンジボタル幼虫や他の底生動物にとってより好ましい生息場所を創出できる可能性がある。

キーワード：コンクリート三面張り河川、水制、ゲンジボタル、カワニナ、生息場所再生

はじめに

市街地や農地周辺を流れる小河川は、最も身近な川でありその環境は周囲の住人にとって少なからず関心のあ
る事項である。居住地域に隣接する小河川では、かつて
は身近に数多くいたが現在は減少傾向にあるゲンジボタ

ルやメダカなどの生き物を河川環境の指標や自然再生の
象徴とする保全活動が各地の市民団体にて行われている。

ゲンジボタルの生息数を回復させるための試みは全国
各地で行われているが、その技術が確立しているとは言
いがたい。近隣地域のゲンジボタル、あるいはよその地
域で捕獲したゲンジボタルを飼育して放虫するという保

- 1) 水辺のフィールドミュージアム研究会 Working team of field museum in wetland ecosystem 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Yayoi gaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546, Japan
- 2) 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University 〒612-8265 京都府京都市伏見区横大路 E-mail: tomokyuu@gmail.com
- 3) 株式会社浅沼組 Asanuma Corporation 〒543-8688 大阪府大阪市天王寺区東高津町12-6
- 4) 独立行政法人 農業環境技術研究所 National institute for Agro-Environmental Sciences 〒305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3
- 5) 摂南大学理工学部生命科学科 Department of Life Science, faculty of Science and Engineering, Setsunan University 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8
- 6) 摂津市立第二中学校 Settsu Daini junior high school 〒566-0033 大阪府摂津市学園町1丁目3番1号
- 7) 株式会社その興産 Sono Corporation 〒550-0005 大阪市西区西本町2丁目1番34号
- 8) 兵庫県立人と自然の博物館 Museum of Nature and Human Activities, Hyogo 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目

全活動がよく行われるが、その河川に幼虫あるいは成虫の生息場所が確保されていない場合、ゲンジボタルは定着できないはずで放虫は無駄である。ゲンジボタルの生息数を増やす上で最も重要なことは、幼虫から蛹、成虫、産卵に至るまで全ての生活環が完結できる河川環境を創出することである。

市街地や農地周辺を流れる多くの小河川は、河道全面がコンクリートで覆われた、いわゆる“コンクリート三面張り河川（以下、三面張り河川）”へと改修されている。ゲンジボタル幼虫（以下、ホタル幼虫）の生息場所の適地やその環境を創出する手法に関する報告は既にいくつかなされているが（遊磨2001, 関根他2007）、三面張り河川における技術を取り扱った報告はない。

Egashira et al. (2001) は、砂礫底の河川よりも河床を固定化された河川、特に上流からの土砂供給量が少ない河川ほど、川底を摩擦する流水の力が大きくなることを指摘している。金澤・三宅（2006）はコンクリート化された河川の流速の大きさが底生動物の種類数を抑え、その環境に耐えうる特定の種類による高密度な群集を成立させること、土砂や石礫の存在が多様な水生動物に生息場所を提供することを指摘している。また、森（1991）は、砂礫底の河川におけるホタル幼虫の生息に好ましい流速を0.35m/s～0.40m/s程度と指摘している。従って、増水時の流速が大きく、植生も繁茂しにくい三面張り河川は、ホタル幼虫をはじめとする緩やかな流れを好む底生動物の生息場所として不適な河川環境であると考えられる。

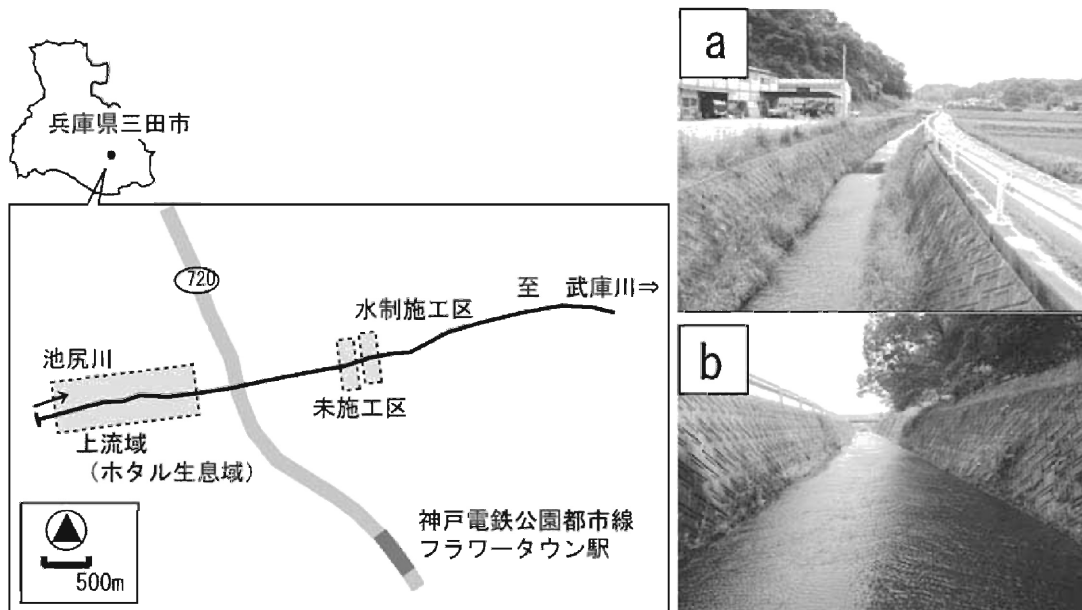


図1 池尻川の概略図

水制施工区：本事例にて水制を施工した区間，未施工区：水制の効果を確認するための比較地点として設定した区間，(a)ホタル幼虫が確認される上流域，(b)ホタル幼虫が確認できない水制施工区

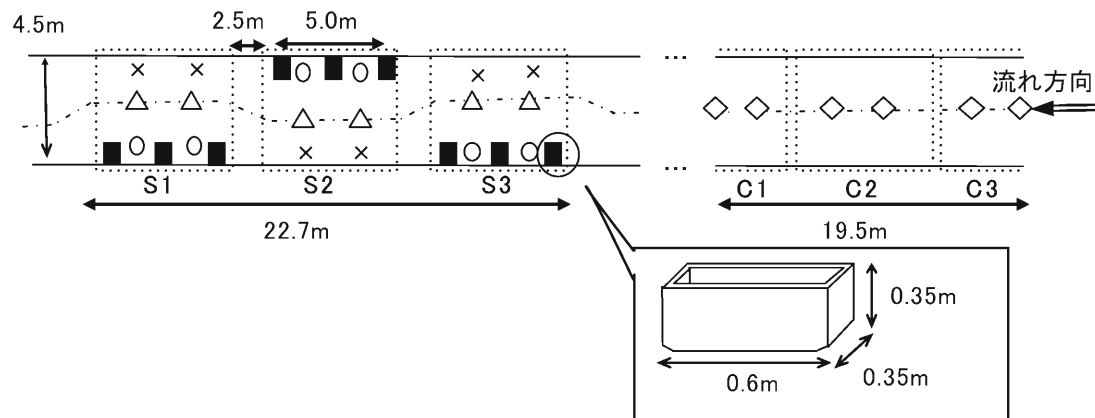


図2 水制設計図と調査範囲

記号：流速調査箇所（○：水制の間，×：水制の反対側，△：水制施工区の滞筋，◇：未施工区の滞筋），S1～C3：底生動物調査地（S1～S3：水制施工区，C1～C3：未施工区）

三面張り河川にホタル幼虫や他の底生動物の生息場所を創出するためには、河床のコンクリートを撤去して土砂へと戻すという方法が考えられる。しかし、河床のコンクリート三面張りは防災や利水を目的として施工されたものであり、治水や利水、また費用の面からも市民団体が主体として行う自然再生の手法として現実的ではない。そこで本報では、三面張り河川において、既存のコンクリートを除去することなく、簡便かつ安価に緩やかな流れと土砂の堆積が創出できる方法を提案する実験を行った。武庫川水系池尻川は市街地を流れる典型的な三面張り河川でわずかながらゲンジボタルが生息し、しかも周辺住民の関心も高い。U字溝を用いた小規模水制を設置して増水時の水の流れを変化させ、河道内に流れの緩やかな箇所を創出すると共に、水制の間に土砂を堆積させることを試みた。三面張り河川に土砂が堆積すれば、植生の繁茂が促されホタル幼虫の生息場所になると同時に、ホタル幼虫の餌であるカワニナやその他の底生動物が生息する河川環境が再生すると期待できる。本報では、U字溝を利用した水制の1) 設置方法、2) 水制による環境変化、3) 環境変化に対する底生動物相の応答、の3点について報告する。

方法

対象河川

池尻川は、兵庫県三田市を流れる全長約2.8mで河道3面がコンクリートで覆われた河川である(図1)。上流域の一部(河道勾配1/100)のみでゲンジボタル(*Luciola cruciata*)幼虫および餌となる多数のカワニナ

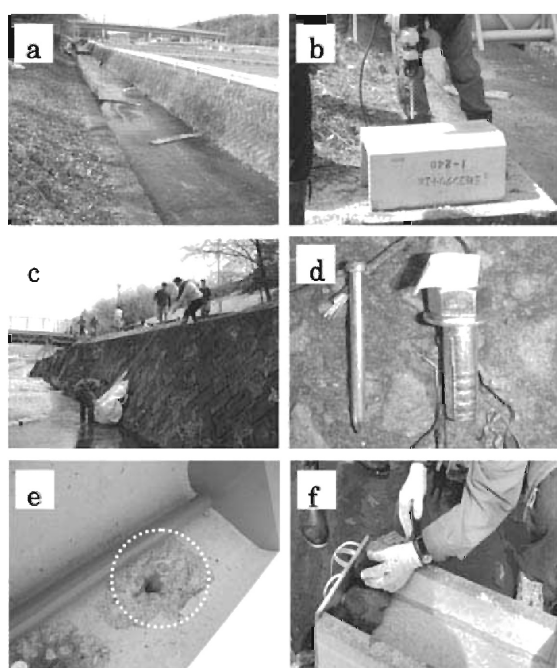


図3 水制施工の様子

(*Semisulcospira libertina*)が確認されている。本研究では、ホタルが生息する場所より下流側(河道勾配1/50)を水制施工区として設定し、この区間の環境をホタルが生息する上流域のように土砂が堆積し植生が繁茂する状態に近づけるため、U字溝を利用した9つの水制を設置した。水制施工区における施工前に行った2回の金魚網を用いた定性的な事前調査(2007年6月、2008年3月)では、河道への土砂の堆積、ホタル幼虫およびカワニナは確認できなかった。

小規模水制の設計と設置

三面張り河川を対象とした水制の設計・設置マニュアルが存在しないため、通常の河川における水制施工方法の目安を示した建設省(1997)を参考とし、池尻川へ設置する水制の形と配置を決定した(図2)。水制は片側3連ずつを交互に兩岸へと配置し、横幅は川幅の1/7とした。

(1) 水制の設置

2009年3月29日、池尻川へと水制を設置した。小規模水制の外枠にはU字溝(鉄筋コンクリートU型240、三和コンクリート)を利用した。河川へのU字溝の設置は、始めに砂入りの土嚢袋を河道へと配置し、設置場所への水の流れを防いだ状態で作業した(図3-a)。電動ドリル(MAKITAハンマードリル(35mm)HR3530)でU字溝の底および設置箇所の河床に同間隔で2箇所の穴($\Phi=14.5\text{mm}\times 280\text{mm}$; 使用するボルト径に対応)を開けた後(図3-b)、U字溝を河川へと降ろし、(図3-c)この穴を利用して河床とU字溝を固定した。

固定方法は以下のとおりである。U字溝と河床を固定するネジ穴として埋め込みアンカー(図3-d-A; ホークカットアンカー10CA, ケー・エフ・シー)を河床側に設置し、ネジとしてボルト(10×110mm, 図3-d-B)をU字溝止めに利用した。河床側の穴の深さは埋め込みアンカーと同程度とし、専用打ち込み棒を用いてアンカーを固定した。その後、U字溝の穴を河床側のアンカーと同位置にくるように合わせ、レンチを用いてボルトをアンカーに固定した。本施工では、ボルトはナット等を用いて完全に固定せず(図3-e)、後ほどコンクリートを投入する(図3-f)ことによって固定した。水制設置後の様子を写真4で示す。水制と河岸との接続部には、平水時に水制間に水が留まらないように3cm程の隙間を空けている。

(2) コンクリートの投入

U字溝の両端をベニヤ板とロープを用いて塞ぎ、箱状にしてコンクリートを投入した。

コンクリートには、非アルカリ性のマグホワイトⅢ



図4 施工後（2009年3月29日完成）

（幸商事株式会社）を用い、これと川砂および砂利とを混合して作成した。マグホワイトを使用した強力なコンクリートの2次製品を作るための配合は現時点で公開されておらず、今回は2回の事前実験の結果から最もコンクリートが強力となる配合を検討し、その配合比率（砂利（10～20mm）41.5%，砂34%，マグホワイトⅢ15%，水9.5%）を適用した。コンクリートはU字溝の7分目程度まで投入し、後日コンクリートが乾いてから、残りの部分には周辺の土砂を投入し、植生の進入を許容する工夫をした。

水制施工による効果の調査

水制施工区における土砂の堆積状況を増水直後の2010年3月28日および平水時の2010年7月16日に定規を用いてmm単位で測定した。また、水制施工区と水施工区における平均流速を増水時の2009年4月25日および平水時の2009年6月6日に図2に示す4地点にて、電磁流速計（AEM-1D, JFEアレック）を用いてm/s単位で測定した。

底生動物調査は、増水直後の2010年3月28日に図2に示す6地点（S1～S3, C1～C3）にて実施し、増水後に河道へと残る生物層を調べた。底生動物の調査区間は各々

6.0m×4.5mとし、金魚網を用いて採集時間を5分間に統一した半定量調査を行った。採集した試料は目合い500μmのフルイを用い、網の上に残った底生動物のみを兵庫県（2003）の同定基準に従って分類した。平水時である2010年7月16日にも、同じ6地点でカワニナ、シジミ属、ホタル幼虫のみを対象とした目視調査を実施し、生息する個体数を把握した。

結 果

材料費および設置にかかる労力

9つの水制を施工するために必要な材料費はおおよそ4万円であった。この他、設置に利用する機材のレンタル料など若干の費用を要した（表1）。水制の設置には、大人15人で5時間を要した。

増水時の平均流速と土砂の堆積効果

水制施工区における土砂の堆積状況を図5に示す。土砂の堆積厚は数mm～15mm程度であったが、水制設置により、まったく土砂の存在しなかった河道に土砂が堆積した。増水時の平均流速を図6に示す。増水時、水制のない未施工区では河道全体に流れの速い状態であったが、水制施工区の水制の間では弱い逆流の発生も認められた。

底生動物相、ホタル幼虫とカワニナ

増水直後に水制施工区、未施工区にて確認された底生動物群集の種類数と全個体数を表2に、このうちカワニナ、シジミ属、ホタル幼虫のみを抜き出し、平水時の調査結果と合わせたものを表3に示す。増水直後、水制施工区では、未施工区よりも多くの底生動物の種類と個体数が確認された。水制施工区において、施工以前に確認されなかったカワニナは、増水直後、平水時のいずれでも確認されるようになった。一方、ホタル幼虫は、水制施工後（2010年3月28日、2010年7月16日）も水制施工区において確認されていない。

表1 水制施工に用いた材料、機材一覧

材料	およそ単価	個数	価格(購入時)
U字溝(鉄筋コンクリートU型240, 三和コンクリート)	1,500	9	13,500
川砂 (0.2m ³) 土嚢袋	500	9	4,500
碎石 (0.12m ³) 土嚢袋	400	5	2,000
ホックカット・アンカー(10CA, ケー・エフ・シー)	300	20	6,000
ボルト(10×110mm)	200	20	4,000
マグホワイトⅢ型 (0.05m ³) 20kg単位販売	85	20	1,700
発電機、ガソリン	レンタル (電動ドリルで使用)		
電動ドリル(本体)	レンタル		
ドリル	上記ドリルで使用		
専用打ち込み棒	アンカーを打ち込む際に使用		
コンクリートを混ぜるケースやバケツ, スコップ類	コンクリート作成用		
はけ、あるいは塩化ビニールパイプと蓋	コンクリートをU字溝へと詰める際に使用		
合計(概算)			40,000

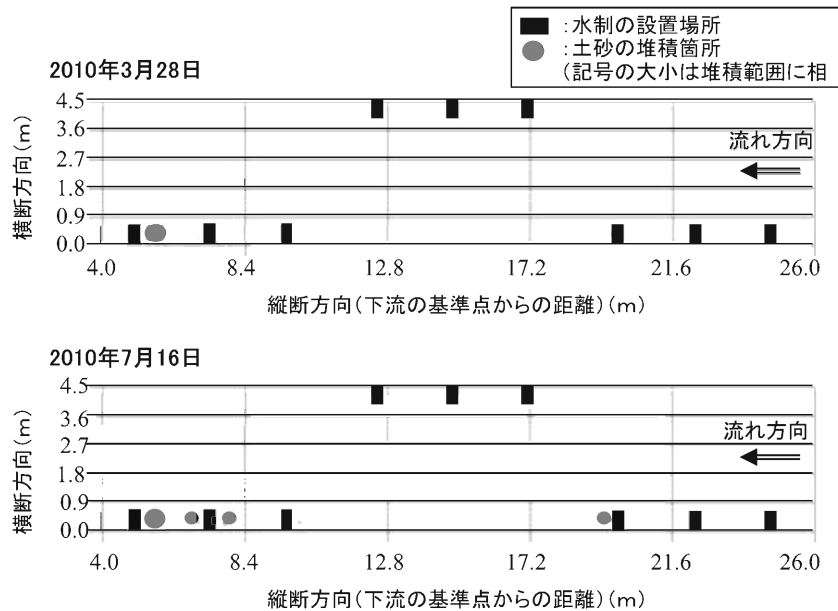
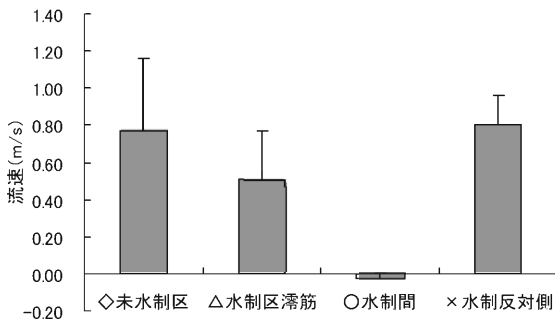


図5 水制施工区における土砂の堆積状況 (2010年7月16日, 2010年3月28日)

増水時(2009年4月25日)



平水時(2009年6月6日)

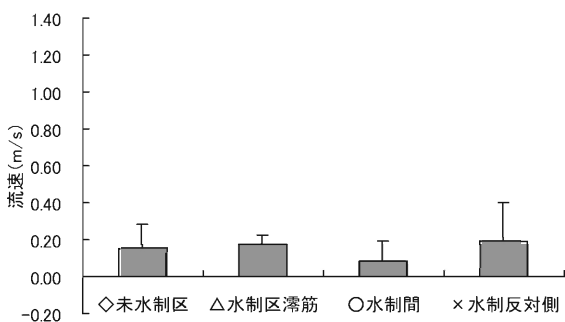


図6 水制施工区, 未施工区における増水時 (2009年4月25日), 平水時 (2009年6月6日) の平均流速と標準誤差

表2 増水直後, 平水時 (2010年7月16日)におけるホタル幼虫, カワニナ, シジミ属の確認数

	水制施工区			未施工区		
	S1	S2	S3	C1	C2	C3
種類数	25	20	24	19	20	20
全個体数(5分間採集)	1,494	1,616	2,570	1,275	568	1,266
カワニナ	10	0	0	0	0	0
シジミ属(稚貝)	2	0	40	0	0	0
ゲンジボタル(幼虫)	0	0	0	0	0	0
平水時 (2010年7月16日)						
カワニナ	3	0	4	0	0	0
シジミ属(成貝)	2	0	1	0	0	0
ゲンジボタル(幼虫)	0	0	0	0	0	0

考 察

三面張りへと改修された河川における底生動物の生息場所を回復させるため, 小規模水制を設置した結果, 増水時にも流れの緩やかな場所および土砂の堆積する場所を創出することができた (図5, 図6). 河川環境の変化に伴い, 水制周辺におけるカワニナ, その他の底生動物の種類数や個体数の増加傾向も認められた (表2, 表3). 水制の設置は, 今回用いたサイズのもの10個程度であれば, 大人15人により1日で実施することが可能であり, 市民団体などでも実施できる程度に簡便で, かつ効果的な方法を確立するという当初の目的を満足するものである.

本事例では, 水制の施工にU字溝およびコンクリートを用いた. この理由は, 池尻川は増水時にかなり急流になるため, 水制にはそれに耐えられる重量と強度が必要だったためである. しかし, U字溝およびコンクリートの輸送および準備にはかなりの労力が必要であった. 増水時の流量が少なく水深の浅い河川の場合, 水制として木材を用いることにより, さらに少ない労力で施工できると考えられる. この場合も, ドリルにて木片とコンクリート河床に穴を開け, アンカーおよびボルトを用いて両者を固定すると良い.

金澤・三宅 (2006) はコンクリート化された河川では流速の大きさが底生動物の種類数を抑えること, また土砂や石礫の存在が多様な水生動物の生息場所を提供することを指摘している. 水制の設置により, 池尻川では底生動物の種類数や個体数を増加させる緩やかな流れと土砂が堆積する河川環境を創出することができた. しかし, 土砂の堆積量は数mm~15mm程度と決して多くなく,

表3 増水直後(2010年3月28日)における底生動物相

No	門名	目名	種名	学名	水制施工区			未施工区		
					S1	S2	S3	C1	C2	C3
1	扁形動物門	順列目	アメリカナミズムシ	<i>Girardia tigrina</i>	112	373	110	286	21	131
2	軟体動物門	盤足目	カワニナ	<i>Semifulcospira libertina</i>	10					
3		基眼目	サカマキガイ	<i>Physa acuta</i>	1					
4			コシダカヒメノアラガイ	<i>Fossaria truncatula</i>	1					
5		マルスダレガイ目	シジミ属	<i>Corbicula</i> sp.	2		40			
6	節足動物門	ダニ目	ダニ目	<i>Acarina</i> sp.	30	20		10	40	70
7		ワラジムシ目	ミズムシ	<i>Asellus hilgendorfi hilgendorfi</i>	2	4	42	5	1	1
8			カワリヌマエビ属	<i>Neocaridina</i> sp.	17	18	9	7	1	2
9		カゲロウ目(蜉蝣目)	フタモンコカゲロウ	<i>Baetis taiwanensis</i>	1	11	22	31	2	1
10			シロハラコカゲロウ	<i>Baetis thermicus</i>	1	1				1
11			Gコカゲロウ	<i>Labiobaetis atrebatinus</i>	60	22	3	2	1	1
12			Hコカゲロウ	<i>Tenuibaetis</i> sp.H	17	32	6	14	8	30
13		トンボ目(蜻蛉目)	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	4		5	1		
14		カワゲラ目(セキ翅目)	オナシカワゲラ属	<i>Nemoura</i> sp.	42	145	135	120	34	70
15		トビケラ目(毛翅目)	コガタシマトビケラ	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>		1			1	
16			ヒメトビケラ属	<i>Hydroptila</i> sp.	173	140	50	193	47	93
17			コエグリトビケラ属	<i>Apatania</i> sp.	21	18	16	8	1	6
18			ニンギョウトビケラ	<i>Goera japonica</i>	27	8	7	4	1	
19			コカクツツトビケラ属	<i>Lepidostoma</i> sp.	6	3	29	2	3	9
20			アオヒゲナガトビケラ属	<i>Mystacides</i> sp.	3		11			
21		ハエ目(双翅目)	ヒメガガンボ亜科	Limoniinae sp.			2			
22			チョウハエ科	Psychodidae sp.						5
23			ヌカカ科	Ceratopogonidae sp.			12			
24			ユスリカ亜科	Chironominae sp.	13	162	1155	144	67	87
25			エリユスリカ亜科	Orthocladiinae sp.	908	552	818	402	328	717
26			モンユスリカ亜科	Tanypodinae sp.	33	61	45	14	1	11
27			アシマダラブユ属	<i>Simulium</i> sp.	8	23	6	15	2	9
28		コウチュウ目(鞘翅目)	ガムシ科(成虫)	Hydrophilidae sp.	1	1	10			
29			ガムシ科(幼虫)	Hydrophilidae sp.			12	2	1	
30			チビヒゲナガハナノミ	<i>Ectopria opaca opaca</i>	1	21	15	15	3	12
31			マスタチビドロムシ	<i>Malacopsephenoides japonicus</i>						5
32			ヒメドロムシ亜科	Elminae sp.			10		5	5
種類数					25	20	24	19	20	20
個体数(5分間採集)					1494	1616	2570	1275	568	1266
ユスリカ科					954	775	2018	560	396	815
個体数(5分間採集:ユスリカ科除く)					540	841	552	715	172	451

水制周辺での底生動物の増加が確認されたものの、ホタル幼虫はまだ確認されていない。今後、さらに川幅方向への突出距離の長い水制を改良版として作成する予定である。これにより土砂の補足量が増加し、さらに土砂堆積量が増えることが期待できる。水制周辺の土砂の堆積量が増えれば植物の進入や植生の成立が促進され、そのことがさらに土砂の捕捉効率を高めると期待される。こうした環境が確保できれば、三面張り河川にもある程度多様な生物が生息する河川環境が創造できると可能性が大きい。ただ、土砂が堆積しヨシ等の高茎草本群落が成立すると、防災上の問題へと進行する可能性もある。この対策として、水制の側壁側にわずかな隙間を設け、平水時の通水性を確保しておくことが有効かもしれない。小規模な河川環境を再生する活動を普及するためには、安価で簡便、かつ効果の高い方法を確立し、情報公開することが重要である。今回提示した方法は、河川ごとに若干の施工手法の修正が必要であるものの、安価で簡便かつ効果が望める方法として、地域の市民団体などが行う自然再生の手法の1つとして有効だと考える。

謝 辞

本研究を行うにあたり、武庫川上流域ルネッサンス委員会事務局の兵庫県宝塚土木事務所(旧 三田土木事務所所属)の西田光氏、幸田修氏、株式会社一成の木下一成社長、大山謙氏、懇談会委員の皆様、とくに関西学院大学総合政策学部の久野武教授、兵庫県立有馬富士高等学校の土居恭子教諭には、懇談会における地元説明会の開催から池尻川での施工まで多大なご協力を頂いた。また、同懇談会委員であるNPO法人与自然の会所属の木村公平氏には、コンクリート作りの初心者集まりであった私たち団体メンバーに作り方から施工方法まで、懇切丁寧に指導していただき、多大なご協力を頂いた。池尻川での施工では兵庫県立有馬高等学校校科学部所属の山下駿氏、野澤眞崇氏、坊沙織氏に事前調査および本施工を、新日本環境調査株式会社所属の星野政矢氏、伊達菜穂子氏、株式会社一成の山田勝巳氏、渡辺耕次氏に本施工をご協力いただいた。なお、本研究は、「花王・コミュニティミュージアム・プログラム2007」および、「花王・コミュニティミュージアム・プログラム2008」博物館・美術館等を拠点とした市民活動の応援にて助成を受けた。以上の方々に心から感謝いたします。

文 献

- 金澤康史・三宅 洋 (2006) コンクリート基質—自然基質間における河川性底生動物の群集構造の比較. 応用生態工学, 9(2), 141-150.
- 久加朋子・大澤剛士・石田裕子・佐々木宏展・前田知己・三橋弘宗 (2008) 太陽光発電と小型揚水ポンプを用いた簡易魚道内の水位維持の試み—設置方法と効果の紹介—. 人と自然, 19, 95-100.
- 建設省九州地方建設局河川部 (1997) 低水水制の設計参考資料 (二次案), 建設省.
- Egashira, S. and Itoh, T. and Takeuchi, H. (2001) Transition Mechanism of Debris Flows Over Rigid Bed to Over Erodible Bed. *Physics and chemistry of the earth*, 26(2), 169-174.
- 関根雅彦・後藤 益滋・伊藤 信行・田中 浩二・金尾 充浩・井上 倫道 (2007) 生息場評価手法を用いたホタル水路の建設, 応用生態工学会, 10, 103-116.
- 兵庫県土木整備土木局河川課 (2002) ひょうごの川・自然環境調査マニュアル
- 森 清和 (1991) 水辺の再生とホタルの里づくり. 自然環境復元研究会 (編), 自然復元特集 ホタルの里づくり. 信山社サイテック, 東京, 35-48.
- 遊磨正秀 (2001) ゲンジボタル成虫の生息密度におよぼす照度と樹冠被度の影響, 応用生態工学会, 10, 59-63.

(2010年7月31日受付)

(2010年11月4日受理)