

上西郷川における間伐材を用いた 河道内自然再生工法の導入と評価

IN-STREAM RESTORATION WORK USING TIMBER LOG STRUCTURE IN KAMISAIGO RIVER

林博徳¹・服部実佳子²・新希一³・岩瀬広継⁴・島谷幸宏⁵

Hironori HAYASHI, Mikako HATTORI, Kiichi ARATA, Hirotsugu IWASE, Yukihiro SHIMATANI

¹正会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

²学生会員 九州大学大学院工学府 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

³非会員 福岡県南筑後県土整備事務所道路課 (〒836-0034 福岡県大牟田市小浜町 24-1)

⁴非会員 福岡市道路下水道局建設部 (〒810-0001 福岡市中央区天神 1-8-1)

⁵フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

The aim of this study is to evaluate in-stream restoration method that made from timber log and rock in Kamisaigo river. We conducted fish sampling survey from 2011 (before restoration) through 2012(after restoration). We also conducted physical environment survey and habitat classification survey to assess the environmental condition change of the stream.

From the result, average fish richness was significantly raised from 2011 to 2012. Also habitat variation and physical environment were diversified by the restoration method (log structure). From an economic point, log structure could be installed without heavy equipment that log structure can be constructed cheaply and conveniently by human power.

Key Words : in-stream restoration, river management, log structure, habitat improvement structure

1. 背景および目的

2006 年の多自然川づくりの通達, 2008 年の中小河川の技術基準 (2010 年改訂) の制定により, 本邦における環境に配慮した河川技術論は一応の体系化がなされた¹⁾. しかしながら, 都市河川に代表される周囲が高度に開発された河川では, 環境再生のために確保できる空間が限られているので, 河道内で環境に配慮する技術が求められる. この技術は, 先に述べた技術基準では言及されておらず, 今後技術の発展が期待される分野である.

海外においては, 河道内自然再生工法は, In-stream restoration, Small restoration, Habitat Improvement structures などと呼ばれ, 欧米を中心に広く取り組まれている^{2), 3)}. たとえば, 自然石を活用した落差工や, 木材を利用した水制状の構造物などが報告されている⁴⁾. これらの技術は, 本邦においても“小さな自然再生“や“河道内自然再生“と呼ばれ, 近年注目を集めている. 北海道、岐阜県、兵庫県、山口県などにおいて先行事例や研究開発の取り組み^{5), 6), 7), 8)}が見られるが, 技術的に開発途上の段階にあり, 知見不足の感否めない. そのため, 先駆的な

事例を考案し導入し, 科学的に評価することが求められる. 本研究では, 効果的な河道内自然再生手法の確立を目的として, 福岡県の上西郷川において, 間伐材等の地場材を活用した河道内自然再生工法を開発・導入し, その効果について評価した結果を報告する.

2. 研究対象地の概要

本研究の対象地は, 福岡県福津市を流れる二級河川西郷川の支川上西郷川である (図-1). 上西郷川では, 中小河川の技術基準に従った多自然川づくりが取り組まれており, 2010 年から段階的に施工されている. なお, 多自然川づくりが取り組まれているのは, 河床勾配が 1/350 ~1/500 の延長約 1 km の区間である. 技術基準¹⁾を踏襲しているポイントとしては, 川幅を拡幅することで河積を確保し河床掘削を基本的に行わないことや, 川の変化を許容し自然な河岸・水際を形成させること, 落差工等は必要最小限に留め, 必要な個所についても縦断方向の落差を極力緩和すること, 整備後の維持管理まで視野に入れた計画とすることなどがあげられる.

上西郷川における多自然川づくりの最大の特徴は, 技

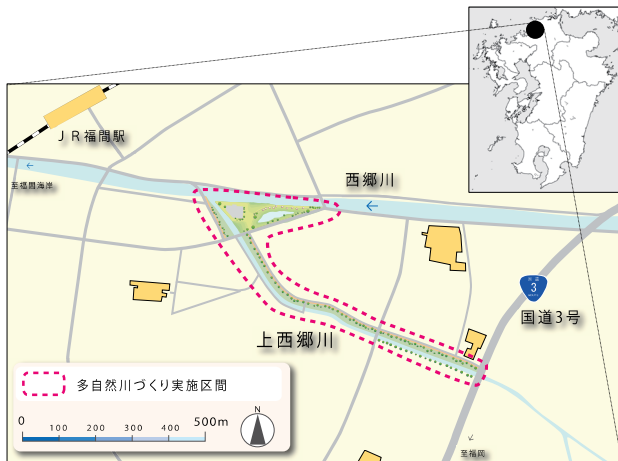


図-1 研究対象地の位置

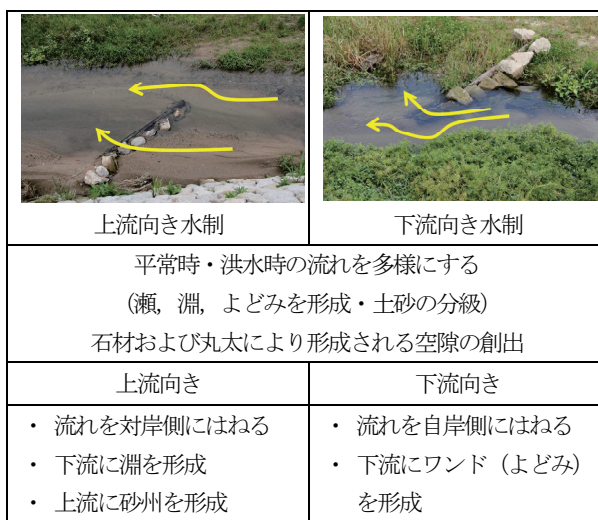


図-3 間伐材水制の基本的な機能



図-6 間伐材水制の施工

術基準では言及されていない河道内自然再生手法を試験的に導入することにより、過去の改修で単調化した瀬淵環境を再生する工夫を行っている点である。また、多自然改修後もモニタリングを実施しながら、順応的に河道内自然再生手法を導入することにより、河道内の環境改善に取り組んでいる点も大きな特徴である。本論で対象とする間伐材を活用した河道内自然再生工法は、上西郷川における順応的な管理の一環として導入されたものである。



図-2 間伐材水制

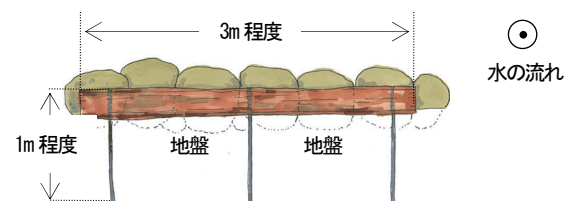


図-4 間伐材水制の構造スケッチ
(河道横断方向；下流側から見た図)

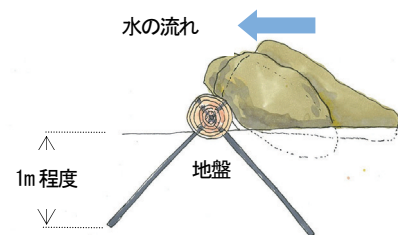


図-5 間伐材水制の構造スケッチ（河道流線方向）

3. 河道内自然再生工法の考案と導入

(1) 間伐材を用いた河道内自然再生工法について

本論で対象とする河道内自然再生工法は、間伐材と自然石を活用して作成した水制状の構造物で、間伐材水制と呼ぶ（図-2）。本工法は、欧米における先進事例⁴⁾や、本邦の石組み工法⁹⁾、および上西郷川現地の状況などを参考に形状や施工位置を決定した。

(2) 間伐材水制の基本的な考え方

間伐材水制は、川の中の水の流れや河床の状況などを多様にするを目的として導入した。設置する向き（流下方向に対して上向きか下向き）によって、機能は多少異なるものの、間伐材を用いた丸太と石材を組み合わせることにより、水制状の構造物を作成し、水の流によって河川の環境を多様にするを想定している。なお、間伐材水制に期待する機能としては、①流れの多様化・複雑化（早い流れと遅い流れのメリハリをつける）、②河

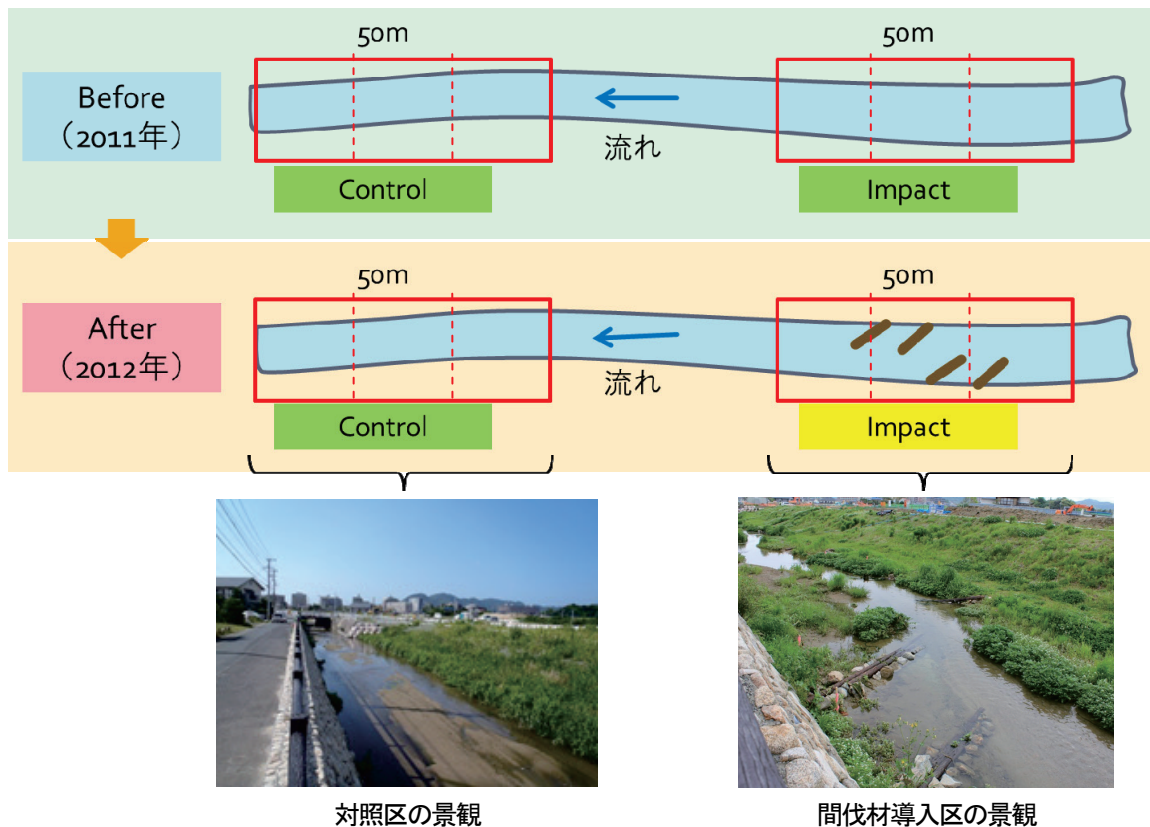


図-7 調査デザイン（施工前後で間伐材導入区と対照区とを比較する BACI デザイン）

床材料の分級，③石材および丸太により形成される空隙の創出などがある（図-3）。間伐材水制は，水際から流心側に向かって，平常時の水面幅の $1/2 \sim 1/3$ 程度張り出させることとし，流線方向に対して $20 \sim 45^\circ$ 程度の傾きを持たせて設置した。設置する向きは，上流側を向かせるものと，下流側を向かせるものとの 2 通りを，上西郷川現地の滞筋や河岸や砂州の状況を見ながら，適切な向きや場所を判断し設置した。

（3）間伐材水制の構造

間伐材水制の構造図のスケッチを図-4，図-5 に示す。用いた間伐材は，輸送の利便性（一般免許で輸送可能な 2t トラックの荷台が 3m である）等を考慮し，一つの部材の長さを 3m 程度とした（図-4）。また，長さ 1m の鉄筋を間伐材（丸太）に陥入させ，間伐材を地盤面に固定する構造となっている。なお，鉄筋は鉛直方向に対して， 45° 程度傾けて，1～1.5m 間隔でジグザグに陥入することにより，強固に地盤面に固着するよう配慮した。さらに，丸太の後ろ上面に $\phi 30 \sim 50$ cm 程度の石材を組み合わせることで，丸太の安定及び空隙の創出を図っている（図-5）。なお，石の組み方や向きについては過去に報告されている石組み工法⁹⁾を参考にした。

（4）間伐材水制の施工

間伐材水制の施工に際し，必要な主な材料は，丸太（間伐材），石材，鉄筋の 3 つである。丸太については，近隣

流域で発生した間伐材を活用した。石材については，西郷川流域における工事で発生したものを活用した。鉄筋についてはのみ，新たに購入したものを用いた。

施工については，上西郷川で取り組んでいる市民参加の川づくりの取り組みの一環として実施し，九州大学の学生及び教職員，行政職員，沿川住民の協働で行った。施工時の様子を（図-6）に示す。施工手順としては，最初に施工位置を決定し，地形に合わせて丸太を設置した。その後，丸太に鉄筋を打ち込むための穴あけ，鉄筋を打ち込み丸太を地盤面に固定した。最後に，丸太の後ろ上面に石材を組み合わせることで，丸太を安定させた。なお，以上の作業はすべて人力で行った。間伐材の施工作業は 2012 年 4 月に行った。

4. 間伐材水制導入効果の検証

（1）調査方法

間伐材水制の効果を検証するために，ハビタット変化，魚類生息状況，物理環境変化について調査を行った。対象河川内に延長 50m の調査区（魚類調査では 50m をさらに 3 つのブロックに分割）を，間伐材導入区と比較対照区（間伐材を導入しない区）について，それぞれ 1 区間ずつ設け，それぞれの調査区で同内容の調査を行った。調査期間は，導入前（2011 年），導入後（2012 年）の 2 カ年間とし，調査は各年ともに春夏秋（ハビタット変化

表-1 本論で定義するハビタット区分

名称	特徴
早瀬	流速が速く、白く波立っている速い流れ
平瀬	波立っている流速が速い流れ(白く波立っていない)
淵	周囲のハビタットに比べて明らかに水深が深くなっている場所 (瀬の下流や水衝部に多い)
とろ	波立っていない単調な流れ
よどみ	ほとんど流速がなく、止水に近い流れ

のみ毎年1回)に実施した(計6回)。図-7に調査デザイン図を示す。

a) ハビタット区分調査

対象区間の環境を、景観的特徴をもとに、早瀬・平瀬・とろ・よどみ・淵の5つのハビタットに分類し、現地踏査により調査対象区間のハビタットマップを作成した。なお、本論で定義するハビタットの特徴を表-1に示す。

b) 魚類調査

魚類の採捕にはエレクトリックショッカーを用いた。ブロックネットを用いて各調査区を3つのブロックに分け、ハビタットごとに生息している魚種を採捕した。採捕した魚類の魚種・標準体長を記録したのち、速やかに放流した。

c) 物理環境調査

各調査区内で、ハビタットごとの水深・流速・水面幅・計測点真下の河床材料を計測した。測点は各ハビタットの横断方向に5点設けた。ハビタットの縦断延長が水面幅を超える場合は、側線を追加し計測した。

(2) 調査結果

a) ハビタット区分調査

ハビタット区分調査結果のハビタットマップを図-8に示す。対照区においては、2011年と2012年とで大きなハビタットの変化は見られず、主にとろの流れとなっており、淵、よどみが確認できる。一方、間伐材導入区においては、2011年は対照区と同様にとろの流れが支配的であったが、2012年(間伐材水制導入後)には、新たに平瀬が確認され、淵の面積やよどみの面積割合が増大し、ハビタットが多様になった様子が確認された。特に、間伐材水制を導入した箇所周辺には、丸太の先端に淵が形成され、丸太の付け根や丸太設置場所の対岸側に新たによどみが形成されるなどの変化が確認された。これらは、間伐材水制の導入によってもたらされたものと思われる。

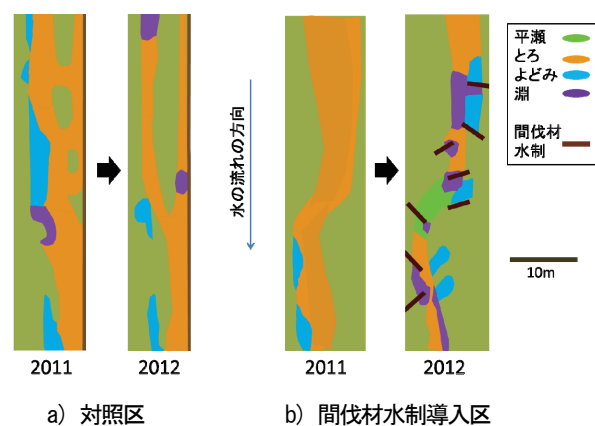


図-8 ハビタットマップ(区分調査結果)

b) 魚類調査

2年間計6回の調査により、計15種2015個体の魚類が採捕された。調査結果を表-2に示す。なお、表-2には、過去に西郷川水系で筆者らが行った調査(未発表)でこれまで確認されたすべての種(全18種)を掲載している。河川中流域に一般的にみられる魚種が中心に出現し、ニホンウナギ(絶滅危惧IB類)、ヤマトシマドジョウ(絶滅危惧II類)など環境省のレッドリストに掲載されている希少種も確認された。

続いて、図-9に平均出現種数、図-10に平均採捕個体数を示す。対照区、間伐材導入区ともに、種数については2011年から2012年にかけて有意に増加($p < 0.01$, T test)し、個体数については有意差なしという結果となった。

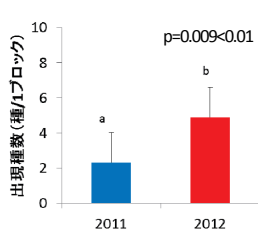
c) 物理環境調査

図-11に流速-水深のプロットを示す。対照区においては、流速および水深の分布範囲は、流速が0~60 cm/s程度、水深が0~40 cm程度となっており、2011年と2012年との間で大きな変化は見られない。一方、間伐材水制導入区においては、2011年から2012年にかけて流速、水深ともに分布域の幅が拡大したことが確認できる。流速が0~60 cm/s→0~80 cm/s程度になり、水深が0~25 cm→0~50 cm程度に分布域を拡大した。この結果は、ハビタット区分調査において得られたように、間伐材水制導入区では新たに瀬や淵が創出されたということを反映しているものと思われる。

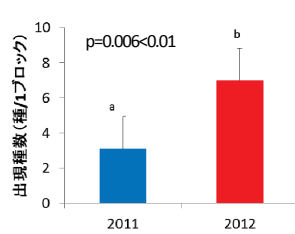
図-12に水面幅-河床材料粒径のプロットを示す。対照区と間伐材水制導入区の両方において2011年から2012年にかけて水面幅の縮小が確認された。これは、2010年に実施された河川改修後に河道自身の営力により、河道が安定する過程で起こる川幅縮小を反映しているものと思われる。一方、河床材料粒径については、間伐材水制導入区において、導入後に1 mm以下の粒径の土砂が確認されるようになった。これは新たに創出されたよどみ環境を反映しているものと思われる。

表-2 魚類調査結果

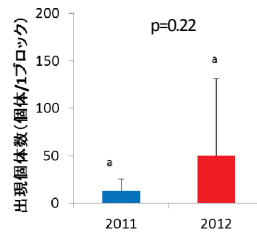
和名	学名	対照区						間伐材導入区					
		2011			2012			2011			2012		
		春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
ニホンウナギ	<i>Anguilla japonica</i>							1					
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>				1	1					2	2	
ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorfi</i>				2	14	20	3	2		34	20	6
オオキンブナ	<i>Carassius auratus buergeri</i>												
オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	12	2	1	10	29	257	8	566		35	81	278
カワムツ	<i>Zacco temminckii</i>					7							10
タカハヤ	<i>Phoxinus oxycephalus</i>				14	5		1	4		23	10	
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>	3	32	3	5	1	7	2	25	6	14	8	11
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>					1							
ヤマトシマドジョウ	<i>Cobitis matsubarae</i>	2	9		2	2	15	1	5		14	15	129
ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>	3	26	20		1	13	11	15		2	11	21
ゴクラクハゼ	<i>Rhinogobius giurinus</i>												1
シマヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp.CB</i>			1		10		1	2		2	5	11
トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp.OR</i>	1											
スミウキゴリ	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>	2			17	16	1				18	26	5
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>												
メダカ	<i>Oryzias latipes</i>												
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>												
合計出現種数		5	5	4	7	8	9	4	8	4	9	9	9
合計採捕個体数		21	71	25	51	69	331	7	57	589	144	178	472



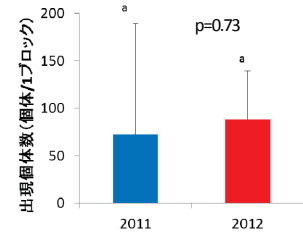
a) 対照区



b) 間伐材水制導入区



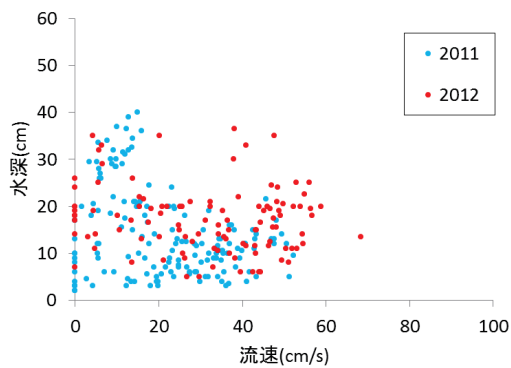
a) 対照区



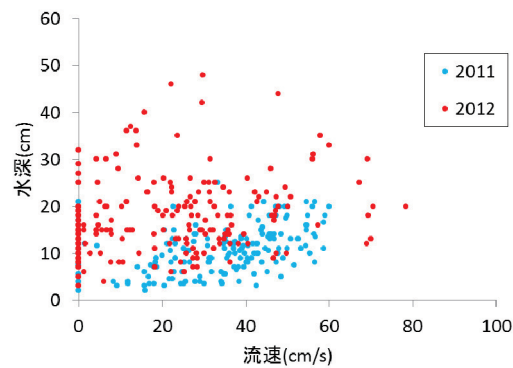
b) 間伐材水制導入区

図-9 平均出現種数

図-10 平均採捕個体数

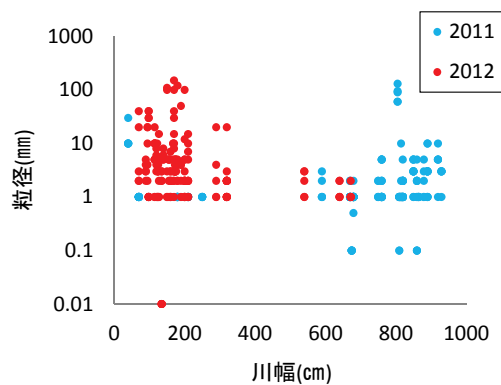


a) 対照区

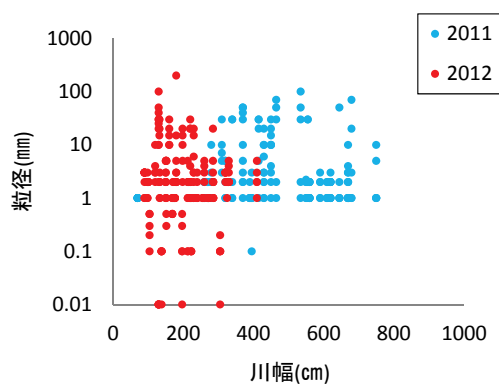


b) 間伐材水制導入区

図-11 流速-水深プロット



a) 対照区



b) 間伐材水制導入区

図-12 水面幅-河床材料粒径プロット

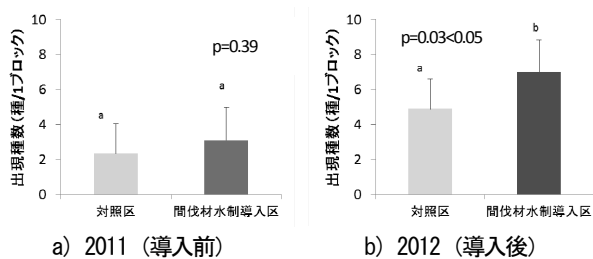


図-13 平均出現種数比較

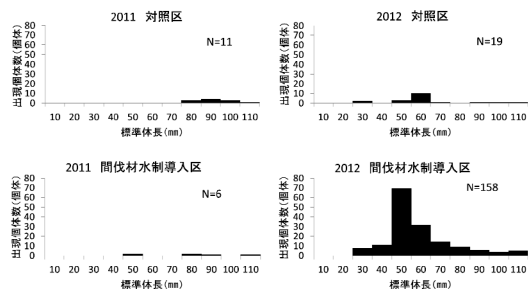


図-14 ヤマトシマドジョウ体長ヒストグラム

(3) 考察

a) 間伐材水制の効果

間伐材水制の導入によって、景観レベルのハビタットや物理環境については、多様になることが調査結果より確認された。一方、魚類の生息環境としては、導入後に間伐材水制導入区だけでなく、対照区においても出現種数が増加しているの、種数増加が間伐材水制の影響かどうかを図-9 だけでは判断できない。そこで、図-13 に対照区と間伐材水制導入区における出現種数の比較を2011年と2012年にそれぞれ行った結果を示す。2011年には、対照区と間伐材導入区とで出現種数に有意差は確認されないが、2012年には有意差が確認された ($p < 0.05$, T-test)。2011年には同程度の魚種数が出現していた2地点において、2012年には間伐材水制導入区において有意に出現種数が多いという結果が得られたことから、これは、間伐材水制導入の効果が導入した区間において発現された可能性を示している。さらに、希少種であるヤマトシマドジョウの出現個体数に着目すると、間伐材水制導入区のみで2011年から2012年にかけて増加していることがわかる(図-14)。なお、対照区における出現種数の増加は、2010年に河道そのものに対して行われた多自然川づくり改修の影響を反映しているものと思われる。すなわち上西郷川の環境自体が、2012年現在回復途上であることを示している。

b) 間伐材水制導入のメリットと可能性

本研究の成果は、川幅を確保できないことで河道内の環境が単調化するという日本の都市河川が共通して抱えている問題を解決することが期待される。さらに間伐材水制は、人力で安価かつ簡便に施工が可能な手法である。そのため、広く全国の都市河川の環境再生へ適用が期待

される。さらに、間伐材水制は、元来産業廃棄物として取り扱われることが多かった間伐材や工事発生石材を、河川管理に有効活用する手法であることから、河川環境の再生手法としてのみならず、健全な流域管理や公共事業におけるリサイクルへも大きな寄与が期待される。

5. 結論

本論では、間伐材等の地場材を活用した河道内自然再生工法を開発・導入し、その効果について評価を行った。得られた結果を以下に示す。

- ・国内外の先駆的事例を参考に、間伐材および自然石を活用した、人力で施工可能な河道内自然再生工法(＝間伐材水制)を開発した。
- ・間伐材水制は、導入することで周辺の水の流れを多様にし、その結果土砂の分級や多様なハビタットを創出することが確認された。
- ・間伐材水制導入により、調査区の出現魚種数は有意に増加した。そのため、魚類の生息環境再生の手法として一定の効果を有することが明らかとなった。
- ・間伐材水制は、人力で安価かつ簡便に施工が可能な手法である。
- ・間伐材水制は、元来産業廃棄物として取り扱われることが多かった材料を有効活用する手法であることから、河川環境の再生手法としてのみならず、健全な流域管理や公共事業におけるリサイクルへも大きな寄与が期待される。

参考文献

- 1) 多自然川づくり研究会著：多自然川づくりポイントブックⅢ 中小河川に関する河道計画の技術基準、解説。公益社団法人日本河川協会、2011
- 2) Whiteway S.L., Biron P.M., Zimmermann A., Venter O., Grant J.W.A., Do in-stream restoration structures enhance salmonid abundance? A meta-analysis, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 67, Issue 5, pp.831-841, 2010
- 3) Kail J., Hering D., Muhar S., Gerhard M., Preis S., The use of large wood in stream restoration: Experiences from 50 projects in Germany and Austria, Journal of Applied Ecology, Vol. 44, Issue 6, pp.1145-1155, 2007
- 4) Dave Rosgen: Applied river morphology, Wildland Hydrology, 1996
- 5) (独) 土木研究所 自然共生研究センターHP, http://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/research/m3_04_48.htm
- 6) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一: 新しい河道安定工法の実用化に向けた調査研究の取り組み, 河川技術論文集, Vol.19, pp.87-92, 2013.
- 7) 水辺のフィールドミュージアム研究会HP, <http://ameblo.jp/mizubefmk/>
- 8) 浜野龍夫, 伊藤信行, 山本一夫編: 水辺の小わざ, 山口県土木建築部河川課, 2007
- 9) 福留修文, 河川に活かす石組み技法, FRONT, (財) リバーフロント整備センター, 第19巻, 5号, pp.14-17

(2014. 4. 3 受付)