

板櫃川で実施された多自然川づくりの 魚類生息環境からみた評価

EVALUATION BY THE FISH HABITAT OF THE NATURE-FRIENDLY RIVER
WORK ON THE ITABITSU RIVER

高比良光治¹・島谷幸宏²・久岡夏樹³・河口洋一⁴・佐藤辰郎⁵・池松伸也⁶
Koji TAKAHIRA, Yukihiro SHIMATANI, Natsuki HISAOKA, Yoichi KAWAGUCHI,
Tasturou SATO and Shinya IKEMATSU

¹正会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

²フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

³正会員 国土交通省都市・地域整備局下水道部 (〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3)

⁴正会員 学術博 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島2-1)

⁵学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

⁶正会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

In the midstream area on the Itabitsu River which flows through Kyushu northern part, a nature-friendly river work was done in 2005 by about 3 times of width of a river expansion compared with the upper and lower style, by the non-fixation of the waterside and by the existing of megaliths in the fairway.

The purpose of this research is to evaluate the repairing method by the fish habitat. We investigated the fish distribution and the physical property in 2005, 2008, 2009 in 3 or 4 sections repaired by different methods. There were many kinds of fish in section B in 2005 just after repairing by the nature-friendly method. The number of kinds was same with the natural section D which was repaired about 50 years ago, and with the section C which was repaired 2 years ago by the fixation of the waterside by deleted megaliths in the fairway. But, after that, the number of individuals of fish in the section B decreased substantially like the section D. We clarified that the number of megaliths was correlated with the number of individuals of fish by analyzing the physical elements statistically. In the stream, the number of megaliths was positively correlated with the average water depth and the percentage of granule on the riverbed. Therefore, we supposed that the number of megaliths raised the value of the fish habitat.

Key Words : *nature-friendly river work, fish habitat, megalith*

1. はじめに

多自然型川づくりは1990年に始まって以来、日本全国において実践されてきたが¹⁾、中には魚巢ブロックの乱用や中・下流域に渓流域の様相を呈する巨岩の配置など、生態系や景観に配慮したとは言い難いものも散見された。そこで、2006年に「多自然川づくり基本指針」が新たに定められ、抜本的見直しが行われたところであるが²⁾、多自然川づくりは現場の土木技術者によってまだまだ経験的に進められているのが現状である。これは、魚類等の生息環境の保全に関する工学的知見の拡充と技術の確立がまだまだ不十分なためといえよう。

魚類の生息環境に関する工学的知見として、島谷ら³⁾

は、河川改修による直線化が瀬・淵構造の変化、植生の減少、河床の単純化等の生物生息空間の単純化をまねき、魚類の生息に影響を及ぼすことを報告している。このような河川改修によって失われた河川の機能を再生する技術としては、河川の再蛇行化の研究⁴⁾、コンクリート河岸と植生河岸での魚類生息量の比較研究⁵⁾などがある。そのほか、多自然(型)川づくりとして改修された場所を魚類の生息環境の面から評価した事例もあるが^{6,7,8,9)}、低水路拡幅と流路内の巨石在置などの工法の効果や機能については明らかとなっていない。

本研究では、北九州市の板櫃川中流域で実施された上・下流比約3倍の低水路拡幅、水際の非固定、巨石存置による河川整備区間を対象に魚類と物理環境の分布特性を調査し、これら工法の環境機能について評価した。

2. 板櫃川及び研究対象地区の概要

板櫃川は、福岡県北九州市を流れる流路延長9.7km、流域面積25.5km²の二級河川である。研究対象地区は図-1に示す河口から約5kmに位置する高見地区である。この地区に、図-2に示すように改修方法別にA～D区の4調査区間を設定した。

最上流のA区は、整備後50年以上が経過しており、下流側約100mは左岸側に、その上流は右岸側にコンクリートの遊歩道があり、低水路との間に巨石が配置され草が生える自然な緩傾斜護岸となっていた。低水路内には巨石が在置されていた。しかし、2008年の調査終了後にA区間にあった2つのコンクリート固定堰が撤去されるとともに低水路護岸は石積の垂直護岸に改修された。

その下流のB区とC区は、改修前は二面張りの護岸で水辺に近づくことができなかつたため、自然を生かした川づくりを目指した河川整備が進められた。B区は調査開始当初の2005年は低水路の改修直後で、低水路幅が広く巨石が点在していた。2007年に高水敷を含めた工事が概ね終了した。本研究で、低水路幅と巨石在置の効果を評価する区間である。

C区間は、調査を開始した2005年の2年前に既に改修を終えており、改修工事の際に河道内から出てきた巨石はすべて取り除かれ、低水路護岸として利用された。

最下流のD区は、2005年には改修から50年以上経ち、土砂が堆積し、草木が生い茂り、河道も自然な形で蛇行し、水深や流速も多様であることが目でみてわかる区間であった。しかし、2008年の調査時には、それまでの出水で調査区間の下流側の滯筋が左岸側に寄っていた。2009年には、遊歩道工事のため、調査区間のほぼ全域の滯筋が左岸側護岸の護床ブロック沿いに寄せられていた。

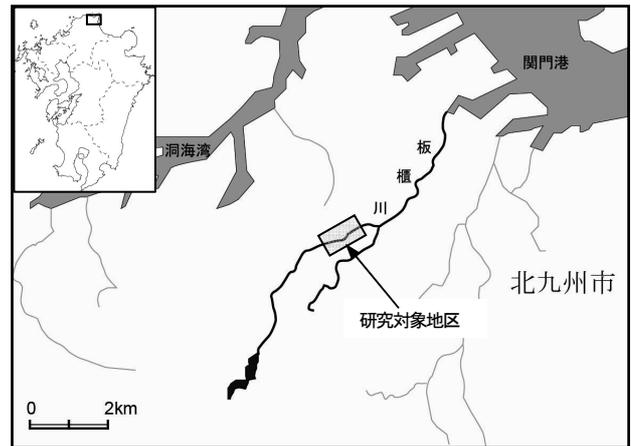


図-1 研究対象河川及び対象地区の位置

3. 調査方法

(1) 現地調査方法

各区に瀬・淵を含む3～4のリーチ（1リーチ：縦断方向の長さ10～20m、以下「地点」と記す）を調査範囲として設定し、物理環境調査及び魚類調査を実施した。

物理環境調査では、各地点に2m間隔の横断測線を設け、さらに測線上の流水部を横断的に均等に分割して、その中央部に測点を設定した。各測線では水面幅、設定した5～10の測点の水深、流速、河床材料を調査した。流速は、各測点の6割水深部を電磁流速計で測定した3回の平均値とした。河床材料は各測点上の礫の長径を砂 (<0.2cm)、小礫 (0.2～1.6cm)、中礫 (1.7～6.4cm)、大礫 (6.5～25.6cm)、巨礫 (>25.7cm)、岩盤に分類し、その出現割合を各測線の粒度分布(%)とした。また、各地点内の長径50cm以上の巨石を計数した。植生は、各測線の水際水中部と水際陸上部で有無を目視で確認し、各

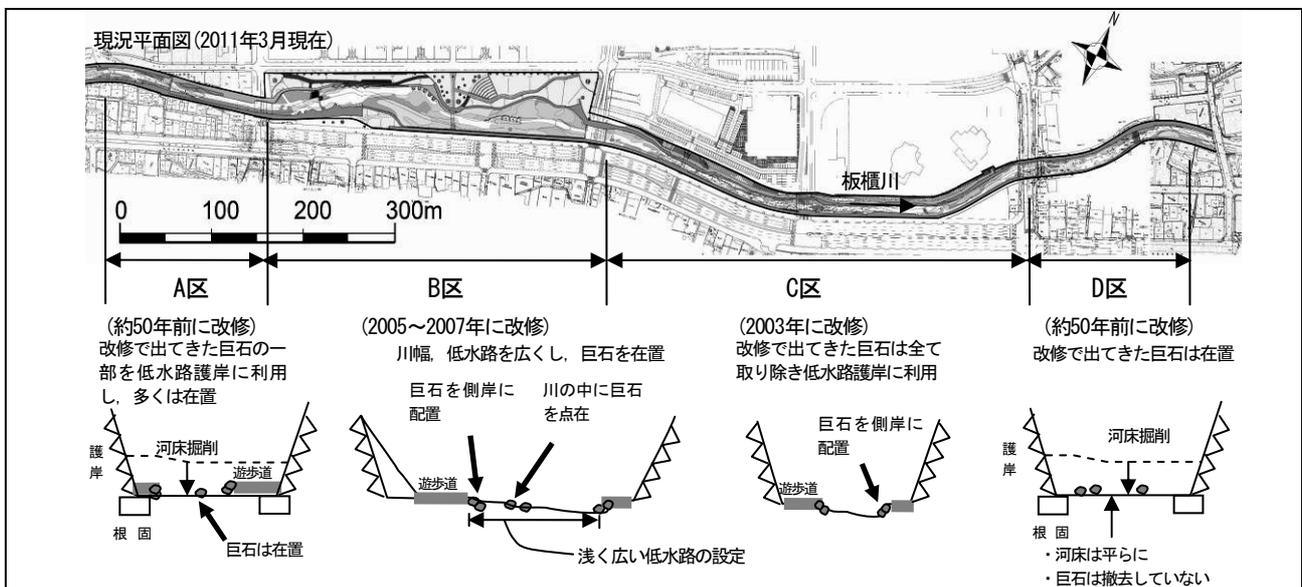


図-2 調査対象区間

地点での確認割合をそれぞれの植被率 (%) とした。

魚類は電気ショッカーを用いて地点ごとに採捕し、種類別に全長を測定した後、採捕地点に放流した。

物理環境及び魚類調査の時期は、2005年10～11月、2008年12月、2009年12月である。2009年には、調査前の7月に中国・九州北部豪雨が発生し、A区では下流部の遊歩道の被災、B区では滞筋や瀬淵の位置や大きさの変化、C区では一部河床低下などが見てとれた。

(2) 解析方法

a) 物理環境及び魚類出現状況の調査区間の比較

各年の物理環境の測線別測定結果を調査区別に集計して平均値と標準誤差を計算した。平均値の有意差検定はパラメトリックな多重検定 (Tukey法) を用いた。

魚類については、地点別採捕結果から調査区別の出現種数、平均種数 (地点別出現種数の合計/地点数)、平均個体数 (地点別個体数合計/全地点面積) とそれぞれの標準誤差を計算した。平均値の有意差検定にはノンパラメトリックな多重検定 (Steel-Dwass法) を用いた。

b) 物理環境と魚類個体数の関係分析

魚類出現パターンの地点間の類似性を把握するため、各年の地点別魚種別個体数の全データ (n=40) を用いた TWINSpan 分析 (Two-Way Indicator Species Analysis: 二元指標種分析) を行った。分析には統計ソフトの PC-ORDver. 5 (MjM Software Design) を用いた。

次に、TWINSpan 分析でグループ化された地点の物理環境との対応をみるために、分類木をフリー統計ソフト R の樹木モデル関数 rpart (<http://www.r-project.org/>) を用いて作成した。

物理環境の各項目間及び各項目と魚類個体数との関係を把握するため、ピアソン相関係数を各年の地点別平均値 (測線別平均値の合計/測線数) の全データ (n=40)、調査初年の2005年だけのデータ (n=9) それぞれで計算した。結果では有意なもの (t検定, $p < 0.05$) を示した。

4. 調査結果及び考察

(1) 物理環境調査結果

A区では図-3に示すように巨石の数が2008年にC区に比べて、2009年にB区及びC区に比べて多かった ($p < 0.05$) が、その他の物理環境は他区の中間的な値であった。

低水路幅を広げて巨石を在置したB区は、2005年にはD区に比べて水面幅が広く ($p < 0.05$)、有意差はないものの2009年は他区より水面幅が広い傾向にあった。また水際植被率が水中及び陸上ともに2005年から漸増し、2009年はC・D区に比べて多かった ($p < 0.05$)。また、有意差はなかったが各調査年で流速変位が他区に比べて大きい傾向にあった。2009年にはC区と同様に巨礫がA・D区と比べて少なかった ($p < 0.05$)。

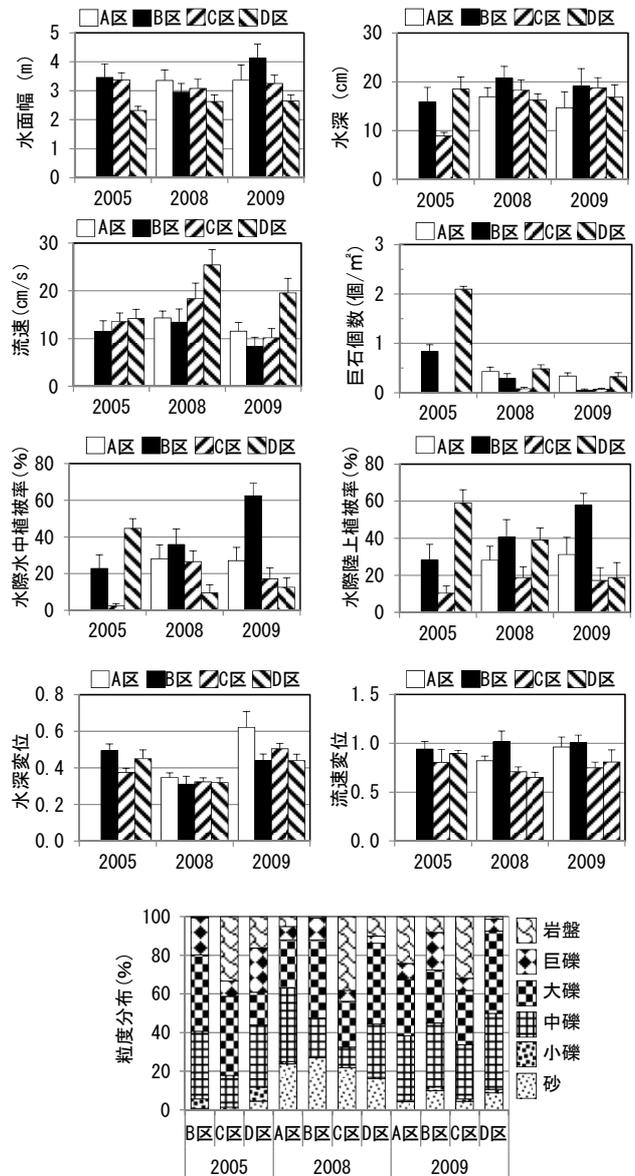


図-3 物理環境の経年変化

C区は2005年には水深が最も浅くD区とは有意差があったが、その後は他区との差はなくなった。また、2005年は水際植被率が水中・陸上ともに少なかったが、その後増加した。そのほか、岩盤が他区に比べて多い傾向にあったが、有意差がみられたのは2008年のみであった。

D区は経年を通して水面幅が狭く (2005年のみ $p < 0.05$) 流速が早い傾向にあり、流速は2008年はB区と、2009年はB・C区と有意差があった。また、水際植被率は2005年以降減少した。

経年でみると、2008年には全地区で砂の割合が増加し (C区のみ $p < 0.05$)、水深変位が小さくなった (C区のみ $p < 0.05$)。

(2) 魚類調査結果

採集魚類は、表-1に示すようにオイカワ・カワムツ・ムギツク・ドンコなどの10種であった。有意な差まではないが、2008年は2005年、2009年に比べて種数が少なかった。

た。種数の減少原因となった主な種は、ギンブナ、イトモロコ、オヤナラミであった。低水路幅を広げ、巨石を在置したB区の種数は、改修直後の2005年から他区と差がなく、直近の2009年には最上流のA区とともに調査区間の中では最も多かった。

魚類の平均個体数は、図-4に示すように2005年に改修直後のB区と改修後50年以上経過したD区が改修後2年を経過したC区に比べて多かったため ($p>0.05$)、B区では改修工事の影響はほとんどなかったと考えられる。その後は、各区ともに減少傾向を示した。特にB区とD区の減少が著しく ($p>0.05$)、主な減少種はオイカワ・カワムツ・ヨシノボリであった。C区では2005年から個体数が少なく、その後の変化も小さかった。

オイカワとカワムツは、全長4cm未満の当歳魚（以下「小」と記す）と全長4cm以上の1歳魚以上（以下「大」と記す）では、分布が異なっていた。A区ではオイカワが少なく、オイカワ・カワムツともに稚魚が少ないのが特徴であったが、C区では2005年に極端にオイカワ・カワムツ小の割合が多く、2009年にC区・D区でオイカワ・カワムツ小の割合が減少した。

(3) 物理環境と魚類の分布との関係

物理環境項目間の関係を3カ年を通じた相関でみると、表-2に示すように水面幅は平均流速と負の相関があり、水面幅が狭いと流速が早い傾向にあると考えられる。水深変位（変動係数）は砂と負の、岩盤と正の相関にある。これは砂が平均水深と正、水面幅と負の相関にあることから、砂が水深変位の少ない深い淵などに多く、岩盤は逆に水深と負の相関にあるため、浅い場所に多くみられることを示している。平均流速は流速変位（変動係数）と水際水中植被率と負の相関、流速変位は水際の水中及び陸上植被率と正の相関があり、水際植生は流速変位と低流速の指標としてみれる。河床材料間で正の相関がみられたのは、小礫・巨礫・巨石同士、負の相関は砂と小礫・大礫、岩盤と中礫・大礫であった。

B・D区で巨石が多かった2005年のみのデータでみると、巨石は平均水深と正 ($r=0.81$)、水面幅と負 ($r=-0.82$) の相関が高い。これは巨石の存在によってその周辺が掘れて深くなる水野・御勢が分類したR型の淵のでき方¹⁰で説明できる現象と考えられる。また、2005年は表-4に示すように水深と魚類との相関が高く、水深はカワムツの大・小、オイカワ大、ムギツク、ギンブナ、イトモロコ、ドンコと $r=0.69$ 以上の相関がみられ、2005年の魚類分布は巨石と相関の高い水深に大きく依存していたと考えられる。このうち、ムギツク・ドンコは岩盤とも負の相関が高く ($r=-0.7$ 以上)、岩盤が多く水深が他区に比べて有意に浅かったC区で少なくなったと考えられる。このほかに図-5に示したように2005年にC区でカワムツ大が殆ど出現しなかったのも水深が浅かった影響と考えられる。

表-1 魚類の調査区別出現種

魚種	2005年			2008年				2009年			
	B区	C区	D区	A区	B区	C区	D区	A区	B区	C区	D区
オイカワ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
カワムツ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ムギツク	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ドンコ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヨシノボリ*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ギンブナ	+	+	+	+	+			+	+		+
イトモロコ	+	+					+	+	+		+
オヤナラミ	+	+	+	+			+	+	+	+	
ナマズ			+							+	
コイ								+			
種類数	8	8	8	7	6	5	7	9	9	6	7
平均種類数	7.0	6.0	6.7	6.3	5.5	5.0	5.5	6.7	6.5	5.0	5.5
標準誤差	0.6	0.0	0.7	0.3	0.3	0.0	0.5	1.2	0.3	0.4	0.5

*ヨシノボリには、カワヨシノボリ、シマヨシノボリ、トウヨシノボリが含まれ、カワヨシノボリが約70%を占めていた。

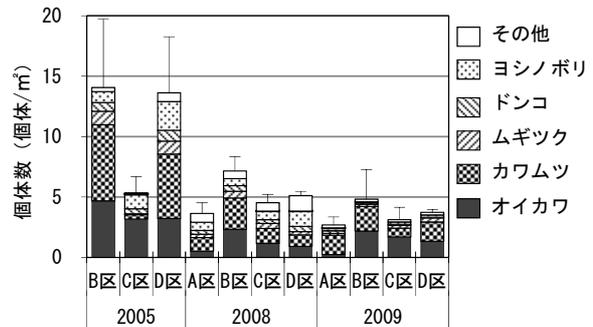


図-4 魚類の調査区別個体数

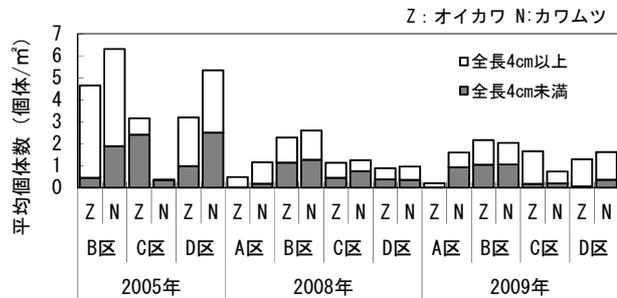


図-5 オイカワ・カワムツのサイズ別分布の比較

表-2 物理環境間の相関

物理環境	相関がみられた変数(ピアソンの相関係数r)	
	●: 2005, '08, '09年全データ (N=40), 無印: 2005年のみのデータ (N=9)	
水面幅(m)	平均流速(●-0.40*) 砂(-0.72*) 小礫(-0.67*) WP(-0.73*) LP(-0.73*) 巨石(-0.82**)	
平均水深(m)	水深変位(-0.72*) 砂(●0.46**, -0.81**) 中礫(0.86**) 岩盤(-0.69*) 巨石(0.81**)	
水深変位	平均水深(-0.71*) 砂(●-0.43**) 中礫(-0.85**) 岩盤(●0.40*, 0.72*)	
平均流速(m/s)	水面幅(●-0.40*) 流速変位(●-0.52**) WP(●-0.37*)	
流速変位	平均流速(●-0.52**) WP(●0.63**) LP(●0.56**)	
河床材料(%)	砂	水面幅(-0.72*) 平均水深(●0.46**, 0.81*) 水深変位(●-0.43**) 小礫(●-0.33*) 中礫(0.76*) 大礫(●-0.34*)
	小礫	水面幅(-0.67*) 砂(●-0.33*) 巨礫(●0.37*) WP(0.76*) LP(0.73*) 巨石(●0.74**, 0.78*)
	中礫	平均水深(0.86**) 砂(0.76*) 水深変位(-0.85**) 岩盤(●-0.65**, -0.78*)
	大礫	砂(●-0.34*) 岩盤(●-0.49**) WP(●-0.33*)
	巨礫	小礫(●0.37*) WP(●0.42**) LP(●0.39*) 巨石(●0.35*)
水際植被率	岩盤	平均水深(-0.69*) 水深変位(●0.4*, 0.72*) 中礫(●-0.65**, -0.78*) 大礫(●-0.49**)
	水中(WP)	水面幅(-0.73*) 平均流速(●-0.37*) 流速変位(●0.63**) 小礫(0.76*) 大礫(●-0.33*) 巨礫(●0.42**) LP(●0.81**, 0.97**) 巨石(0.78*)
陸上(LP)	陸上(LP)	水面幅(-0.73*) 流速変位(●0.56**) 小礫(0.73*) 巨礫(●0.39*) WP(●0.81**, 0.97**) 巨石(0.77*)
	巨石個数(個/m³)	水面幅(-0.82**) 平均水深(0.81**) 小礫(●0.74**, 0.78*) WP(0.78*) LP(0.77*)

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$

である。

物理環境項目と魚類分布との関係を個別にみると、表-4に示したように、オイカワ小や採捕個体数の少なかったコイ・ナマズを除くほとんどの魚類は巨石個数と有意な正の相関があった。そのため、巨石個数と相関の高い小礫と有意な相関がみられる種も多かった。このほか、カワムツは大・小ともに平均水深と正の有意な相関があり、淵に多く出現する傾向が高いと推察される。またカワムツ小は平均流速と負の有意な相関があり、より流速の遅いところを好むと考えられる。

岩盤とはカワムツ大と負の有意な相関がみられた。2005年のみのデータでは、岩盤とムギツク・オヤニラミ・ドンコに負の有意な相関があり、岩盤が多くの魚類の生息を制限しているものと推察される。

(4) 魚類生息環境からみた多自然川づくりの評価と提案

調査・解析結果から、巨石の存在が多くの魚類の生息環境に効果的に機能していることが類推された。そのため、低水路内に巨石を在置したB区では低水路の工事直後の2005年には、自然河川の様相を呈し巨石の多いD区と同様に多くの魚類の生息が確認されたと考えられる。しかし、その後の2008年と2009年の調査では、低水路に存在した巨石の減少とともに魚類の生息数が大幅に減少した。これはD区も同様である。両区での巨石の減少要因としては、砂の堆積または出水による滞筋の変化が考えられる。D区では、下流側が左岸堤防沿いに設置されたコンクリートブロックの護床工沿いに滞筋が移動し、流速が速くなったのが魚類減少要因の一つと考えられる。

以上のことから、B区・D区のように低水路幅を広くすると、出水等により滞筋が自由に移動し、魚類の生息環境が大きく変化する。魚類の生息に効果的と考えられる巨石の数も変化する、それに伴い個体数も変動すると推察される。したがって、河川改修において低水路幅を広げる際は、将来の滞筋の変化に配慮し、巨石を横断的に分散させて配置することが望ましいと考えられる。

また、C区のように低水路幅が狭く両岸が固定されている中で、魚類の生息に負の影響を及ぼす岩盤が存在すると魚類の回復に時間がかかるものと推察される。

5. 結論

多自然川づくりの一手法として低水路幅を浅く広げ、滞筋の両岸を固定せず、巨石を低水路に在置する河川整備が北九州市を流れる板櫃川で実施された。この区間の魚類の分布と生息環境を調査した結果、次のことが推察された。

・本手法による河川整備は、工事直後においても多くの魚種が高い密度で生息できる河川環境を提供した。しかし、その後個体数は砂の堆積や出水による滞筋の変

化等に伴う巨石の減少によって大幅に減少したと推察された。

- ・魚類の個体数に影響する物理環境として、巨石の存在が重要であることが推察された。
- ・巨石が多いと平均水深が深くなり、水面幅が狭くなり、河床の小礫の割合が増加する傾向がみられた。
- ・岩盤はヨシノボリを除く多くの魚種の生息に負の影響を及ぼすものと考えられた。
- ・低水路幅が広いと、出水等により滞筋が自由に移動するため、魚類個体数と相関の高い滞筋内の巨石個数が大きく変動する。したがって、河川改修においては、将来の滞筋の移動に配慮し、巨石を低水路内に横断的に分散させて配置するのが望ましいと考えられた。
- ・滞筋を狭くして両岸を固定すると、河床が岩盤など魚類の生息に適さない環境下では、回復に時間を要するものと推察された。

謝辞：貴重な資料をご提供いただいた北九州市建設局下水道河川部計画課、河川整備基金の助成をいただいた河川環境管理財団の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 島谷幸宏：河川環境の保全と復元 一多自然型川づくりの実例一、鹿島出版会、東京、2000。
- 2) 国土交通省河川局：多自然川づくり基本指針、記者発表資料、2006。
- 3) 島谷幸宏、小栗幸雄、萱場祐一：中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化、水工学論文集、第38巻、pp.337-344、1994。
- 4) 河口洋一、中村太士、萱場祐一：標津川下流域で行った試験的な川の再蛇行に伴う魚類と生息環境の変化、応用生態工学会誌、7(2)、pp.187-199、2005。
- 5) Yoichi Kawaguchi, Masakuni Sakai, Tohru Mizuno and Yuichi Kayaba: Effects of different bank types on aquatic organisms in an experimental stream contrasting vegetation with concrete revetment, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol.29, pp.1427-1432, 2006。
- 6) Shigeya Nagayama, Futoshi Nakamura : Juvenile masu salmon in a regulated river, *River research and applications*, 2007。
- 7) 野上毅、渡邊康玄、中津川誠、土屋進、岩瀬晴夫、渡辺恵三、加村邦茂：真駒内川における底生魚類生息環境の改善についての現地実験、河川技術論文集、第7巻、pp.309-314、2001
- 8) 船木淳悟、佐々木靖博、齋籐大作：多自然型川づくりによる効果の評価手法に関する考察、河川技術論文集、第3巻、pp.209-216、1997。
- 9) 朴崎瑛、河口洋一、久岡夏樹、島谷幸宏、澤田尚人：板櫃川における魚類の生息環境を考慮した河道設計に関する研究、河川技術論文集、第13巻、pp.95-100、2007。
- 10) 水野信彦・御勢久右衛門、河川の生態学、築地書館、1972。

(2011. 5. 19受付)