

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

THE STUDY OF RIVER DESIGN CONSIDER WITH FISH HABITAT IN THE ITABITSU RIVER

朴崎燦¹・河口洋一²・久岡夏樹³・島谷幸宏⁴・澤田尚人⁵

Kichan PARK, Yoichi KAWAGUCHI, Natsuki HISAOKA, Yukihiro SHIMATANI and Naoto SAWADA

¹正会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

²正会員 学博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

³学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

⁴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 番地)

⁵非会員 北九州市建設局下水道河川部計画課 (〒803-8501 北九州市小倉北区城内 1 番 1 号)

To evaluate influences of channel modifications on fish, we compared in-stream physical environment and fish size between two regulated reaches varied in years after construction and engineering techniques. The Itabitsu River flows in northern Kyushu. The study reaches, Type A and B, have been channelized 50 and 2 years ago, respectively. As a result, Type B was shallower than A, with small variation in the physical environment both laterally and longitudinally. All age groups of a dominant fish were distributed in Types A, whereas no adult fish was found in Type B. These differences in size structure among two reach types reflect the differences in their physical structures. It has been clarified that an especially important physical environment amount for fishes is stream width, depth and streamside cover in the water. From there, it was thought that environment of Type B was not good because the bank protection was done and the width of the water surface was fixed. If the bank protection is not done, a low waterway is changed, and a good environment for fishes arose easily. So it was tried to design the river section that possible to be maintained without bank protection by moving bed model experiment. And by fixed bed model experiment, it is confirmed whether there is a flood control problem. In addition, it was possible to straighten out that hydraulics or flood control problem.

Key Words : River design, Fish habitat, Channel experiment

1. はじめに

「環境保全」と「住民参加」を謳って推進された多自然川づくりが始まり 15 年以上たち、改修により川の本来あるべき姿を取り戻してきている。横浜市を流れる梅田川や佐賀県を流れる城原川、宮崎県の北川などが例としてあげられるが、その技術は決して確立しているとはいえず課題の残る川づくりもまだ多く見られる。その原因として、多くの土木技術者が「環境」「生態学」を学んだことが無く、多自然川づくりが十分理解されないまま事業が行われたことがあげられる。よい環境をつくるという曖昧

な目標に向かってマニュアルや指針も無いまま、治水安全のため河道内の巨礫や樹木を除去し、環境保全型ブロックによって護岸を行った結果、河床や水際が単調で変化の少ない河川が出来上がっていった。全国で多自然川づくりが行われている今日、その目的をはっきりと提示することや、多自然川づくり実施後に目的に対する評価を行うことで改修の影響を明らかにし、ガイドラインを作成することが必要とされている。

本研究の目的は北九州市を流れる都市河川・板櫃川を対象として魚類の生息環境に良好な多自然河道設計の手法を提案することである。研究は河道形態が異なる区間

を対象に、川の物理環境構造と魚類の分布の関係を調べることで、魚類からみた多自然川づくりの定量的評価を行い、魚類の生息環境にとって重要な物理環境要素を見つけ出す。また、そこで得られた結果より、現在工事中である区間を対象として魚類の生息環境を考慮した河道設計を行う。河道設計は移動床模型実験より得られた動的に安定した河床形状を基に、治水上安全でなるべく堤防を必要としない断面で行う。また、低水路は固定せず大きな出水ごとに侵食・堆積による変化が発生するように自由度を与える。最後に低水路内の巨礫はなるべく除去せず自然に瀬と淵が発生するようにする。

2. 板櫃川の概要

本研究の対象河川である板櫃川は、福岡県北九州市市を流れる、流路延長は9.7km、流域面積25.5km²の二級河川である。源流を北九州市八幡東区の山中に持ち、河内貯水池を経て八幡東区の町中を抜け、支流である槻田川と合流し、小倉北区を通過して河口へと注ぐ(図-1 参照)。

板櫃川が流れる北九州市では生物の生息環境に配慮した川づくり(多自然川づくり)が全国でも先駆的に行われてきた²⁾。その背景として、北九州市は、昭和30年代から40年代にかけて、戦後の高度経済成長とともに、町全体が鉄の景気に沸きかえったが、その代償として市内の河川が深刻な環境汚染に苦しめられたことが挙げられる。工場から排出された煤煙は山に積もり、雨が降るたびに汚水となって川に流れ込んだ。その結果、水質は悪化の一途をたどり、生物生息には困難な環境になった。そのような中で、昔のように生物が生息できるきれいな川に戻したいという思いから、住民らが協力して川をきれいにする活動が始まり、専門家による水質調査や公害対策、それに伴う河川工事、市民への呼びかけ、行政への働きかけが行われた。その結果板櫃川はきれいな川へ蘇ったという歴史を持っている。

1997年、河川法が改正されることにより多自然川づくりが促進されるようになった。板櫃川は国土交通省により推進される「水辺の楽校プロジェクト」に登録され、

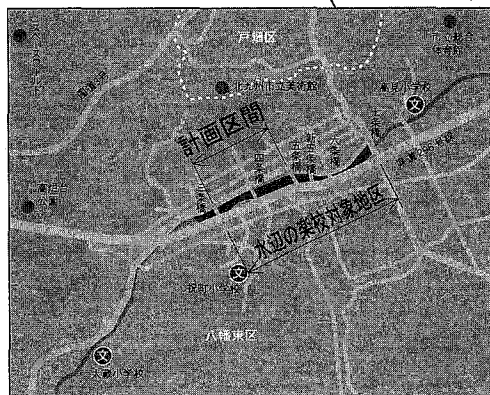
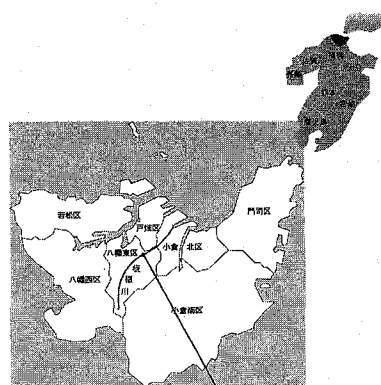


図-1 北九州市板櫃川¹⁾

小学校、地域団体、行政が一体となり自然環境あふれる水辺の創出を行ってきた。

本研究は板櫃川河口から5km付近にある高見地区を対象として行った(図-2)。その中に、調査対象区として、50年前に改修が行なわれたA区間、2年前に多自然川作りが行われたB区間、そして水路実験対象区域として現在改修中であるC区間を設置した。A区間は改修から50年経っているので土砂が堆積し、その土砂により河岸が構成され、本来の河道形態を取り戻している。B区間とC区間は、二面張りの護岸により水辺に近づくことができなかったため、自然を生かした川づくりを目指し河川整備の基本計画が進められている。B区間はすでに改修を終え、C区間は現在改修中であり、自然環境に配慮した改修方法を検討している。

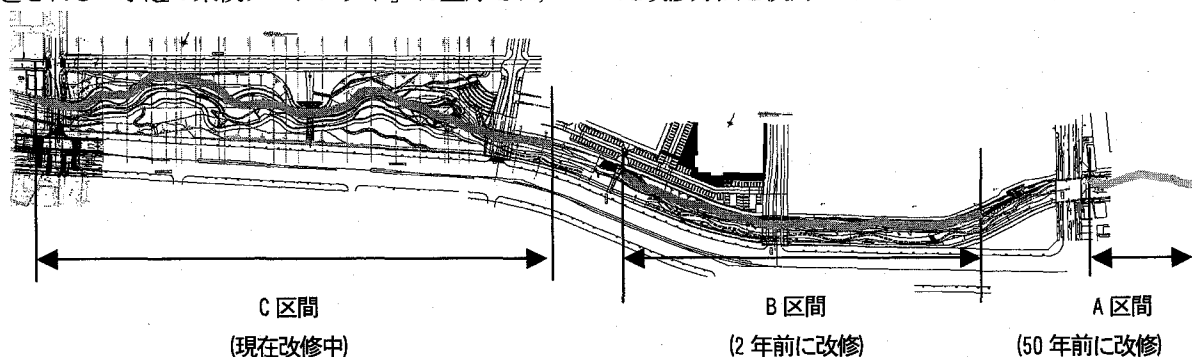


図-2 研究対象河川区間

3. A, B 区間での魚類の生息環境

多自然川作りは、生物の生息環境と景観の保全をその目的の一つとして含んでいるが、河川事業の現場では、コンクリートを使用しないことや、植生の繁茂それ自体を目的とする景観に偏った評価軸で行われている傾向がある。その原因として、景観に比べ生物の生息環境の評価には時間と労力が多くかかることや、河川改修後の生物への影響に関する研究が少ないことがあげられる。今後の多自然川づくりが景観に偏った評価に留まらないようにするためにも、河川改修によって生物の生息環境に及ぼす影響を調べる必要がある。これは、好適な河川環境の管理や一度劣化した河川環境の再生を行う上で基礎的な知見となる。

河川改修が魚類の生息環境に及ぼす影響について調べた既往研究としては、直線的な川を再蛇行化させ、直線河道と再蛇行河道を比較することで魚類の生息環境の変化を調べた研究³⁾、コンクリート河岸と植生河岸での魚類生息量を比較した研究⁴⁾、河川改修による底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響を調べた研究⁵⁾ などがあるが、多自然川づくりという名目で改修が行われた場所で生息環境に与える影響を定量的に調べた研究は少なく、しかもそれらの研究は全て北海道で行われており冷水性魚類が対象となっている⁶⁾。コイ科などの温水性魚類を対象とした多自然川づくりの改修を評価した研究は全国でもほとんど見られない。

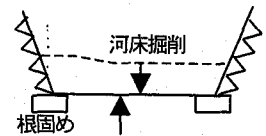
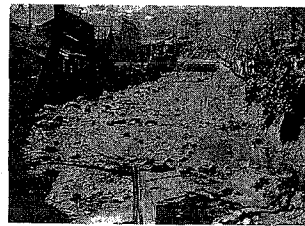
本研究では、北九州市を流れる板櫃川において、全国に広く分布する温水性魚類を対象に、2年前に多自然川作りが行われた区間と、河川改修後50年が経過して河川環境の良好な区間を対象に、河川の物理環境と魚類の生息状況を調べることで多自然川作りを評価することを目的とした。

調査は、2章で述べたように五条橋から高見橋(延長約500m)の、改修目的・方法、河川環境が異なる区間を2箇所選定した。各区間の説明を図-3、および図-4に示す。

A区間は、治水のみを目的としてコンクリート二面張りの改修が行なわれて50年以上経過した区間である。50年経過する間に土砂が堆積し、草木が生い茂り、河道も自然な形で流れており、蛇行が多く水深や流速も多様であるのが目で見えて分かる区間である。河床を掘削した際に出てきた大岩をそのまま河道に残したため、大岩が川の中に多く点在しているという特徴がある。

B区間は、周りの景観に合わせた環境整備を主な目的として2年前に多自然川づくりが行われた区間であるが、植生は陸上にわずかにあるだけで、水際にはほとんど生えていなかった。改修時に出てきた大きい石は全て取り除き、低水路護岸として河岸に並べたため、河道内に大岩はなく、河床も岩盤が露出しており、河床が平坦で水深や流速の変化に乏しい区間である。

改修前



- ・低水路は固定しない
- ・大きな石は撤去していない

50年後



- ・大きな石の周りは深い
- ・土砂が堆積し川幅縮小

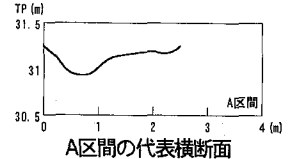
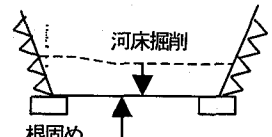


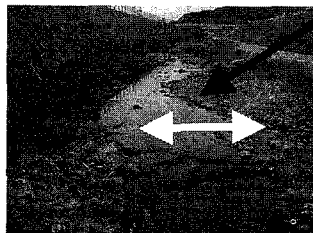
図-3 A区間の改修前後

改修前



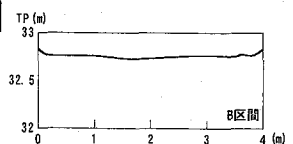
- ・河床は平らに
- ・大きな石は撤去していない

2年後



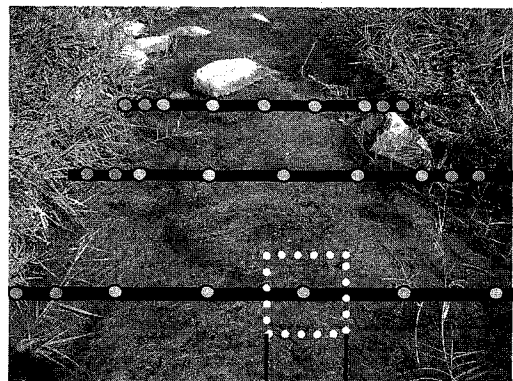
- ・大きい石はなく水深は浅い
- ・川幅縮小はない

改修で出てきた大岩は全て取り除き低水路護岸に利用



B区間の代表横断面

図-4 B区間の改修前後



- 測定点
- 植生率調査点

50cm

図-5 測定地点

物理調査は、2005年10月中旬～下旬にかけて行った。各調査区間に長さ10-15mの調査区を3つ設定し、流れ方向に対して2mごとに横断測線を設定し、水面幅を6等分し、5地点で計測を行った(図-5)。

調査項目として、水面幅、水深、流速、河床材料、水際の植生の有無について計測した。水面幅はエスロンテープを用いcm単位で計測した。水深の計測にはスタッフを使用し、1/10cm単位で計測した。流速は電磁流速計を用い、水面から6割の水深で10秒間の平均流速を3回計測し、その平均をその地点の流速(cm/s)とした。また、各計測地点を中心にした50cm四方の河床材料を調べ、砂(礫径<0.2mm)、小礫(0.2mm<礫径<1.6mm)、中礫(1.7mm<礫径<6.4mm)、大礫(6.5mm<礫径<25.6mm)、巨礫(25.7mm<礫径)、岩盤の6つに分類してその代表礫を記録した。植生は、各側線の右端、左端から20cmと40cmの地点において、水面・水中の両方において植生の存在の有無を記録した。なお、河床材料と植生については、目視でその状況を確認した。さらにそのユニットに存在する50cm以上の大岩の数を数えた。

魚類調査は、エレクトリックショッカー (Model 12, Smith-Root, Inc., Vancouver, Washington, USA) を用いて1調査区につき3回採捕を行った。採捕した魚類は種の同定を行い、体長・体重を計測した後、採捕地点に放流した。本章では、優占種であるオイカワとカワムツについて報告する。

物理環境調査の結果、水面幅、水深、水中植生率、水面植生率、河床材料の小礫率、大岩率に調査区間で大きな違いが見られた(図-6)。A区間と、B区間を比較した場合、B区間は水面幅が大きく水深が小さいため、A区間と比べ調査区間全体の物理環境構造が単調であった。また、B区間の水中そして水面の植生率はA区間と比べて著しく低く、魚類は水中や水面にある水際の植物を生息場として利用することから、B区間よりA区間の方が魚類の生息環境としては好ましいと考えられた。さらに、河床材料でみるとB区間はA区間より小礫の割合が低く、そして大岩密度も同じように小さかった。魚類、特に底生魚類は礫と礫の隙間を生息場として利用するため、より幅広いサイズの河床材料があることが好ましいと考えられ、B区間よりA区間の方が、多様な河床環境があると推察された。

魚類データについては、優占種であるオイカワとカワムツの全長ヒストグラムを調査区間で比較した(図-7)。その結果、A区間では全長2-4cmの仔稚魚から全長10cm前後の成魚まで、幅広い全長のオイカワとカワムツが確認されたが、B区間では全長2-4cmの仔稚魚しか再捕されず、成魚はまったく確認できなかった。この結果は、B区間には成魚が利用できる環境がないことを裏付けている。B区間は水面幅が広く、全体に水深が浅かった、逆にA区間は水面幅が狭く、水深は大きかった。A区間は低水

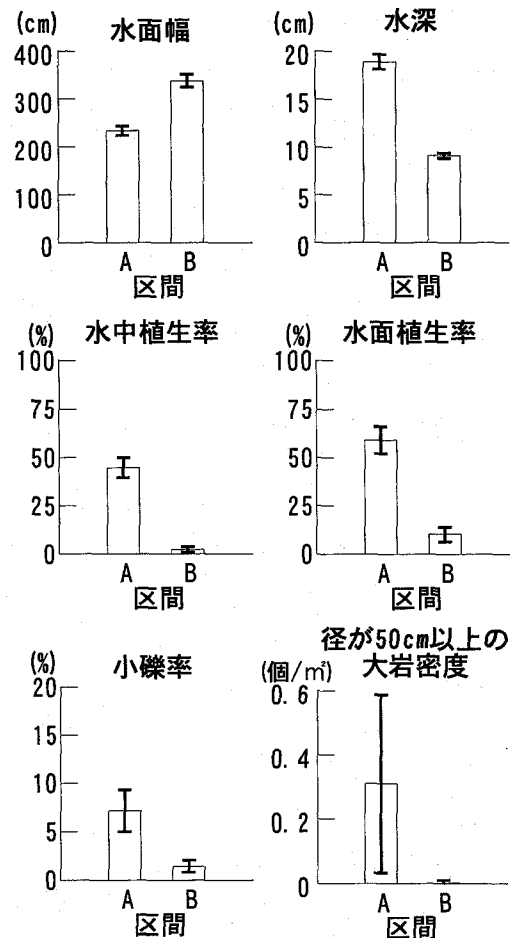


図-6 一元配置分散分析結果

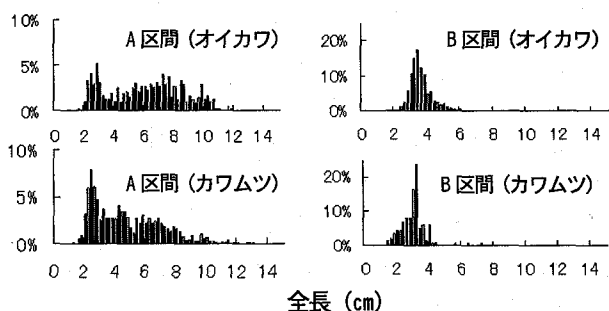


図-7 オイカワとカワムツの全長ヒストグラム

路に護岸を設置せず50年かけて堆積した土砂により低水路が形成されているので、そのような環境が生じるのに対し、B区間は低水路護岸をしているため低水路が変化しづらく広いままであった。また、A区間には河道内に大岩があることにより深みがつくられるが、B区間では改修時に大岩を撤去しているため、深みが形成されにくいと考えられた。このような物理環境の違いが優占種であるオイカワとカワムツの分布に強く影響を及ぼしたと考えられた。

これらのことからC河道の設計においては、護岸を実施せず、大岩を撤去しないで河道をつくることが重要であると考え、次のステップでは模型実験を行うことで、護岸を建設しなくても維持できる河道断面を設計し、治水

安全面での問題も解消することを試みた。

4. 水理模型実験

実験対象である、三条橋から五条橋（延長約350m）の区間（図-2中のC区間）は、「水辺の楽校プロジェクト」の対象区間であり、現在、生態系を考慮した川づくりを目指し河川整備の基本計画を進めている。しかし、現況河道は、河床勾配が1/100程度と急勾配で、堤防が低いため治水安全面での問題も存在する。護岸を行わないことで生態系の保全を考慮すると同時に治水安全性を確保した河川整備をするためには、計画区間の流況や河床の洗掘・堆積状況を正確に把握し、河道特性を考慮した形状を計画に反映する必要がある。本章では、水理模型を作成し、この区間の計画洪水量である50年頻度の洪水を対象として水理模型実験を行い、治水上の問題点を明らかにした。この結果から、護岸をしなくても維持でき、治水面での問題を解消する最適な河道形状を立案し、実験により検証を行い、基本計画に反映したものである。模型実験はフルードの相似則に従って行った。縮尺は主流部において、表面張力や水の粘性の影響を無視できる水深である3cm以上確保できるように1/60と設定した。行った実験ケースを表-1に示す。実験はまず初期計画断面の固定床模型を制作し、50年頻度の洪水である流量 $210\text{m}^3/\text{s}$ を実験スケールに換算して与えた（Case1）。流れが安定した後、各地点の水位と流速の空間分布を調べることで治水の安全と魚類の生息環境に対して考察した。図-8(a)は実験で得られたCase1の流速の空間分布を示す。流速は3次元電磁流速計で測定した。治水の安全面でCase1の実験結果を見ると図中のA地点では、50年頻度の洪水時水位が側岸を超え、B地点では洪水の主流が壁面に当たり、側岸侵食の原因となった。また、C地点では洪水が左岸方向に流れ、C地点下流右側部にある断面急縮部（断面番号23）に流れが集中することで水位上昇が発生した。生息環境面を見ると初期案では全区間にかけて護岸もしくは隠し護岸が設置され、低水路もコンクリートや石によって固定されるなど良好な生息環境とはいえない状況であった。

Case2の移動床実験は対象区間での河川が自然に持つべき姿を調べるために行った実験である。初期水路をCase1の初期計画断面で設定した。河床材料の粒径は、現地の河床材料の平均粒径を10cmとして限界摩擦速度を岩垣の式で算出し、無次元掃流力を求め、この無次元掃流力が一致する粒径である $d_{50}=0.2\text{cm}$ の砂を使用した⁷⁾。流量はCase1と同じく50年頻度の洪水を与えた。一定時間通水し、河床変動が落ち着いたところで水深と流速を計測した。また、水を止めた後、この断面を50年頻度の洪水に対して動的に安定した河床と判断し、断面を調べこの断面を修正断面として決定した。

表-1 実験ケース

ケース名	河道形状	河床形態
Case1	初期計画案	固定床模型
Case2	計画修正案	移動床模型
Case3	計画修正案	固定床模型

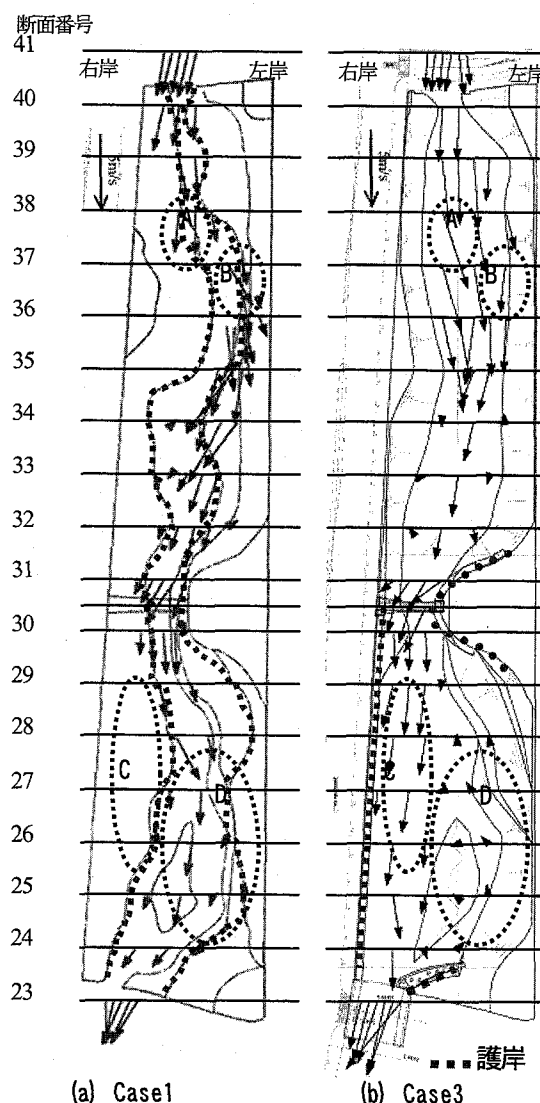


図-8 Case1, 3の流速ベクトル

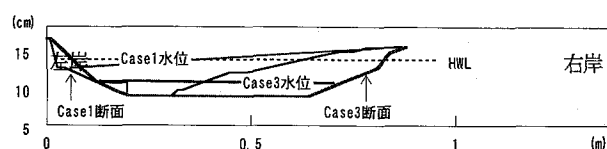


図-9 37断面でのCase1, 3の横断面図

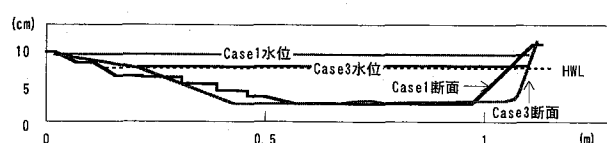


図-10 25断面でのCase1, 3の横断面図

Case3 は Case2 で得られた修正断面で行った固定床実験である。流量は Case1 と同じく 50 年頻度の洪水を与えた。図-8 (b) は実験で得られた流速の空間分布を示す。治水安全面を見ると図中の A 地点の水位は、50 年頻度の洪水に対して動的に安定した河床形状と近い河道設計をしたことにより H.W.L 以下に抑えることができた(図-9)。B 地点では洪水の主流が壁面に当たらず、河道の中心部に向けて流れ、側岸の危険性が低下した。C 地点では初期案と逆に流れの主流が右岸を流れ、急縮部による水位上昇が初期案より小さくなった(図-10)。生息環境面を見ると護岸設置が橋梁付近などに限られ、自然堤防部が急増した(図-8 (b) 参照)。低水路もコンクリートや石によって固定せず、自然の河床材料のままであるため、大きな出水ごとに水路変化が発生するように自由度を与えることが可能になった。また、低水路内の巨礫をなるべく除去せず自然に瀬と淵が発生することにした。また、D 地点では水が巻き、流速の遅いワンドのような環境ができたので、洪水時に魚類が隠れることができるようになった。

移動床実験により 50 年頻度の洪水に対して動的に安定した河床形状を調べ、これにより河道設計を行うことで治水的・生息環境の問題点を解決し、河道を固定しなくても維持できる河道断面を提案することができた。また、河岸を固定しないことで低水路に縦断的、横断的な変化が加わるので、魚類にとって好適な環境が生まれやすくなった。

5. 結論

本研究は北九州市板櫃川の高見地区を対象として魚類の生息環境を調査し、良好な多自然河道設計の手法を提案することを試みた。

現地調査により、調査対象の B 区間は A 区間と比較して魚類にとってあまり好適な環境ではないことが明らかになった。これは、A 区間の低水路は護岸されていないのに対し、B 区間の低水路は護岸されているため、低水路が変化しづらいことに起因すると考えられた。

また、A 区間の水路内では大岩が川の中に多く点在し自然に瀬と淵が形成され水深や流速の変化が大きかったが、B 区間の水路内では大岩がほとんどなく、水深や流速の変化が単調であった。

模型実験の結果、護岸部を最小限に抑えて自然状態で維持できる河道形状を設計することができた。さらに、現河道より導いた初期計画案の水利的・治水的問題を解決することもできた。これにより、低水路が自然に縦断的・横断的に空間変化し、多様な水深と流速が一定空間内で存在し、生態系に対して好適な環境ができると考えられる。最後に、護岸が減少することにより河川改修のコストが低減されることが考えられる。

謝辞：貴重な資料を提供して頂いた北九州市建設局下水道河川部計画課に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北九州市建設局下水道河川部：板櫃川高見地区水辺の楽校プロジェクトパンフレット、2002。
- 2) 国土交通省：平成 13 年度国土交通白書、ぎょうせい、2002。
- 3) 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化に伴う魚類と生息環境の変化、応用生態工学、7 (2)、187-199、2005。
- 4) Yôichi Kawaguchi, Masakuni Saiki, 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。
- 5) 渡辺恵三・中村太士・加村邦茂・山田浩之・渡邊康玄・土屋進：河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響、応用生態工学会 4 (2)、133-146、2001。
- 6) Shigeya Nagayama, Futoshi Nakamura: Juvenile masu salmon in a regulated river, *river research and applications*, 2007。
- 7) 川合亨：移動床模型実験の相似率に関する新提案、農業土木試験場技報 B6 号, pp.19-22, 1966。

(2007.4.5 受付)