

◆建設省技術研究会特集◆

河川環境に関するインパクト及びレスポンスに関する研究

建設省河川局河川環境課

建設省土木研究所環境部河川環境研究室

建設省北海道開発局河川計画課

建設省東北地方建設局河川計画課、建設省関東地方建設局河川計画課

建設省北陸地方建設局河川計画課、建設省中部地方建設局河川計画課

建設省近畿地方建設局河川計画課、建設省中国地方建設局河川計画課

建設省四国地方建設局河川計画課、建設省九州地方建設局河川計画課

1. はじめに

平成 11 年 6 月に環境影響評価法の施行に伴い河川事業においても各事業毎に環境影響をできる限り回避・低減するための調査・予測・評価の手法の確立を図ることが急務となってきた。これを背景として、平成 11 年度及び 12 年度に建設省技術研究会において「河川環境に関するインパクト及びレスポンスに関する研究」と題する研究を実施した。本研究会では、人為による自然環境の改変をインパクト、それに伴う河川環境の変化をレスポンスと定義し、主として河川事業によるインパクトとそのレスポンスの関係を明らかにし、レスポンスの予測手法及び影響の軽減技術を確立することを目的として実施された。本報は、この研究結果から、早出川の捷水路事業についての検討結果を一部抜粋し報告する。

2. インパクトとレスポンスの考え方

図-1 に本研究で扱う河川事業によるインパクト—レスポンスの基本的な考え方を示した。河川事業によって、生物の生息生育空間(ハビタット)

や生物相が直接的に変化あるいは消失する。また、河道形状等が改変されることにより、間接的、波及的に底質などの環境要素が変化し生物に影響を及ぼす。これらの影響は時間の経過にしたがって緩和されたり、変化したりする。ここでは、このような流れをインパクトとレスポンスとして捉え、具体的なインパクトに対するレスポンスを予測、評価する手法について研究を行った。対象としたのは早出川捷水路事業で、旧河道の消失と捷水路建設に伴う直接改変が主要なインパクトである。

3. 対象河川と捷水路事業の概要

早出川は、矢筈岳を源に、新潟県村松町、五泉市を流れ、新潟県新津市で阿賀野川に合流する流域面積 264.0km²、流路延長 44.8km の一級河川である(図-2、写真-1)。早出川は、従来度重なる洪水被害が発生してきた。特に五泉市街地の蛇行部では川幅が狭く洪水流下能力が計画洪水流量の半分程度と小さい上、弱小堤防、護岸の老朽化、無護岸等の改修の遅れが顕著であった。そこで、流下能力の増大と支川新江川の合流点処理を目的に早出川捷水路事業が計画された。早出川捷水路

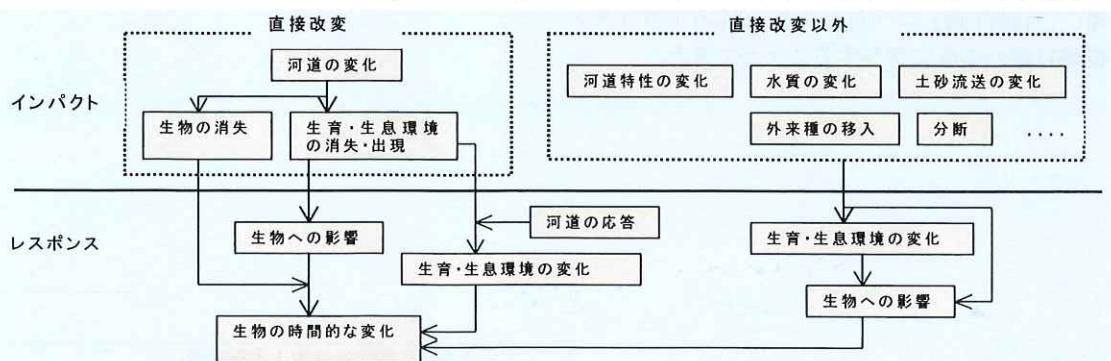


図-1 河川事業によるインパクト—レスポンスの予測の基本的考え方



図-2 早出川捷水路位置図

は平成元年に工事が着手され、平成6年に通水された川幅200m、延長2,000mの人工河川で、阿賀野川合流地点(河口から23km)より2~4km上流に位置する。

捷水路の整備は、阿賀野川河川環境管理基本計画の中で早出川の管理方針でもある「自然と清流のあるふれあい空間」とすること、また、ほぼ直線で計画されている捷水路低水路法線に対して多様なハビタットの創出を図ることを目的に、緩傾斜低水護岸、洗い場、淵・巨石護岸が設けられた。緩傾斜低水護岸は、親水性の確保、さらに自然植生の回復とこれを水辺の生物のハビタットとするため、勾配を3割として凝石玉石ブロックと法枠工で施工し、法面の中間に幅3mの小段を設け、小段より下の護岸を覆土し10割勾配で河床に取り付けたものである。洗い場は、地域住民が農機具や野菜を河川で洗うという昔からの利用形態を考慮して設置されたもので、緩傾斜低水護岸を覆土し、水際に近づきやすくしたものである。淵・巨石護岸や、水域ハビタットの多様化、親水性の向上を図るために、低水護岸を蛇行させ巨石空石積で施工し、その前面に水深1m程度の掘り込みを設けた。蛇行区間は200m、蛇行ピッチは、低水路幅を56mとして蛇行波長を算出し800mとしている。

4. レスponsの予測と検証

4.1 予測及び検証までの基本的プロセス

予測及び検証のプロセスを図-3に示した。予測は直接改変と直接改変以外の2つの部分からなる。直接改変に関する予測では、まず、旧河道と捷水路における河道特性を把握し、河道特性の具体的



写真-1 早出川捷水路 (1995年撮影)

な変化を確認する。この作業は、直接改変以外の変化、例えば、河道特性の変化に起因する当該区間やその上下流区間の河道形状の変化に関する可能性を判断する手がかりとなる。また、後述するハビタットや生物相の予測に際し、検討すべき項目の抽出・削除、検討する程度を考える際の基礎的な資料となる。ハビタットの予測では捷水路におけるハビタットの分布について予測を行う。次に、これらの予測結果と旧河道におけるハビタットの状況を比較し、魚類相への影響を予測する。具体的な予測方法は後述する。

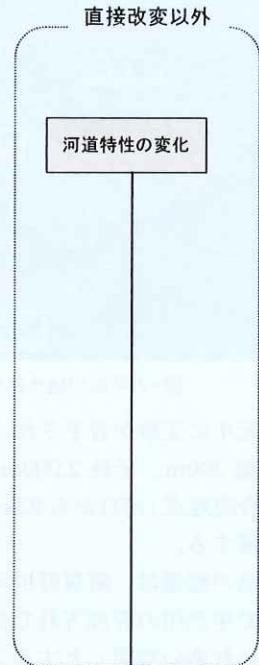
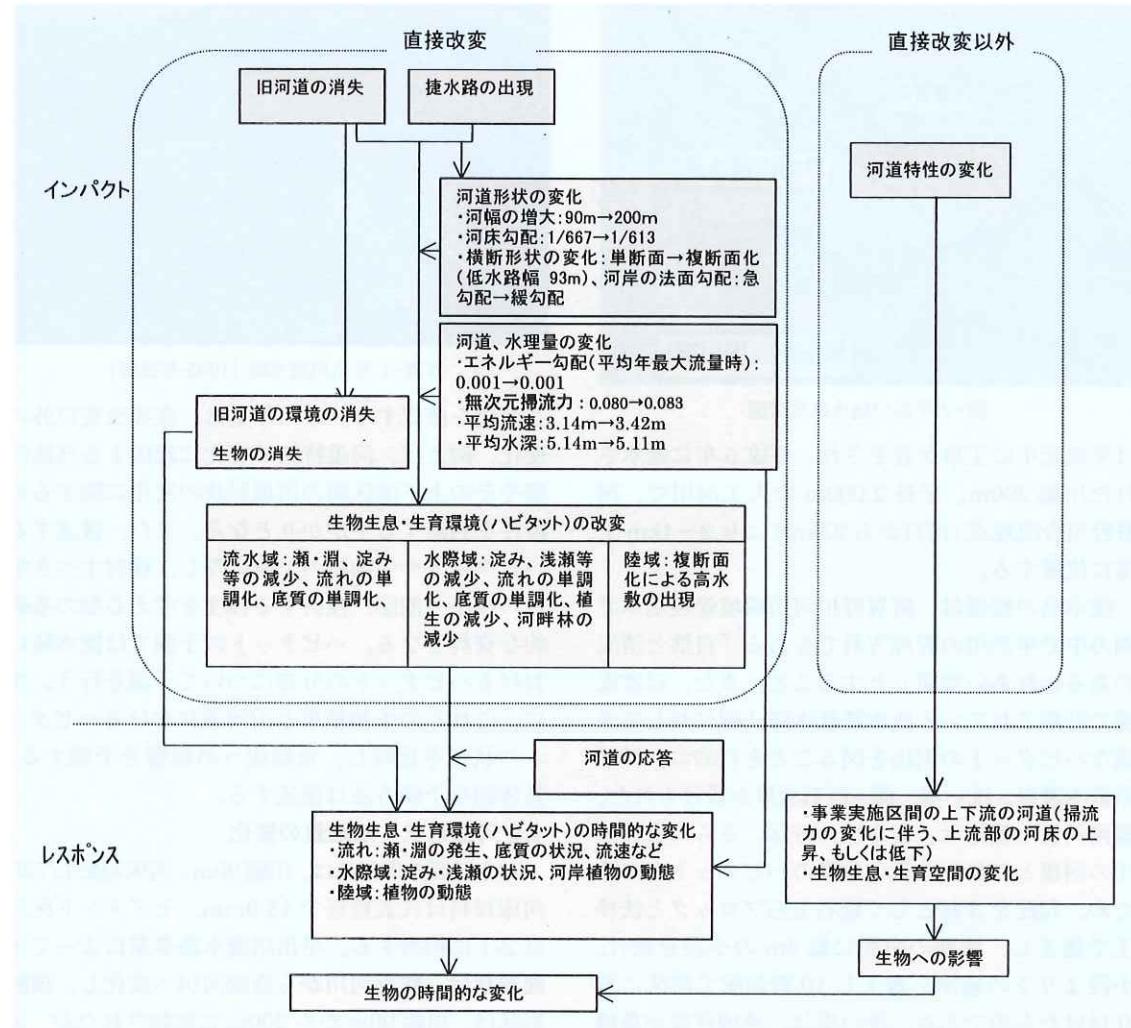
4.2 河道形状・水理量の変化

対象区間の旧河道は、川幅90m、河床勾配1/735、河床材料は代表粒径で18.9mm、セグメント区分は2-1に相当する。早出川捷水路事業によって平面形状は、蛇行河川から直線河川へ変化し、横断形状は、川幅90mから200mに拡幅されたが、河床幅はほぼ旧河道と同様である。勾配はショートカットによって1/735から1/613とやや大きくなつた。年平均最大流量時の水深、流速、掃流力に大きな変化は見られない(表-1)。以上から、捷水路の上下流部には河道特性の変化に伴う間接的な影響は少ないと考え、捷水路区間のハビタットを対象として検討を行うこととした。

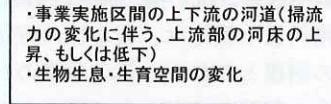
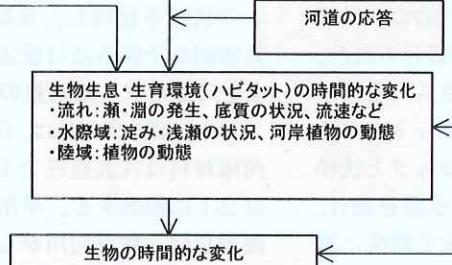
4.3 レスponsの予測

4.3.1 ハビタットの予測

捷水路区間は直線河道であること、当該区間がセグメント2-1に相当することから、ハビタットの分布を規定する要因として中規模河床波の発生の有無と発生する場合にはその列数、波長、波高が考えられる。ここでは、まず、黒木・岸の中規模河床波の発生領域区分図を用いて砂州の発生状況を確認する(図-4)¹⁾。山本によれば



レスポンス



生物への影響

図-3 インパクトとレスポンスの予測図

表-1 河道の改変状況

	旧河道	捷水路
平面形状	蛇行	直線
河床勾配	1/735	1/613
川幅	90m 低水路幅 93m 河床幅 56m	200m
平均年最大流量時の水深	5.135m	5.110m
平均年最大流量時の流速	3.14m/s	3.42m/s
平均年最大流量時の無次元掃流力	0.088	0.080
中規模河床波形態	交互砂州	交互砂州

河道形状を規定する代表流量は平均年最大流量であるから²⁾、ここでもこの流量における無次元掃流力 τ^* と $BI_e^{0.2}/H_m$ (B 、 H_m 、 I はそれぞれ平均年最大流量時の川幅と水深、エネルギー勾配を示す。) で整理した。各变数の具体的な数値は

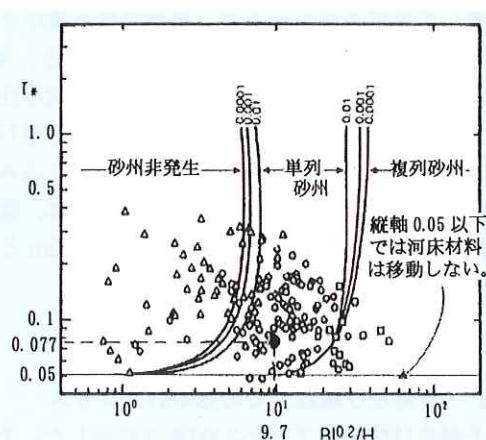
図-4 中規模河床波の形態領域区分¹⁾

表-2に示した。早出川捷水路における各变数の値は、 $\tau^* = 0.083$ 、 $BI_e^{0.2}/H_m = 9.0$ となり、交互

砂州の発生領域となった。次に、砂州の長さ及び淵の深さについて予測する。砂州の長さについては B/H_m と L_S/B (ここに、 L_S は砂州の波長を示す) の関係が整理されている³⁾のでこれを利用する(図-5)。

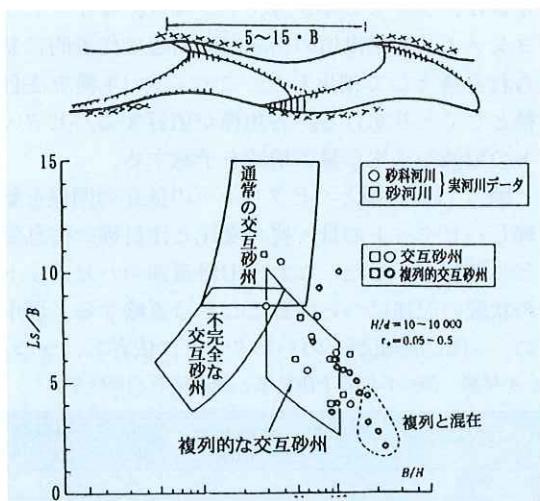
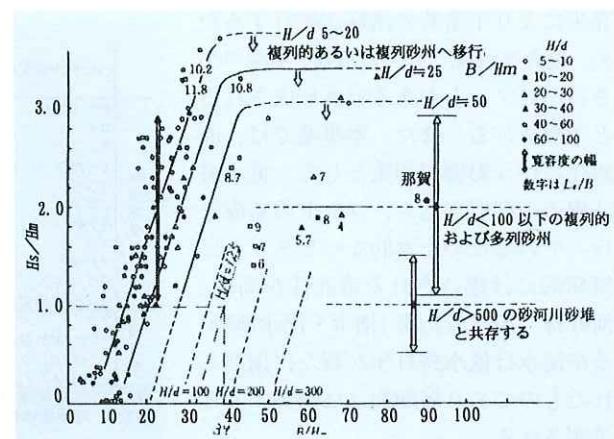
捷水路区間の B/H_m はおよそ 36 であり、この図から L_S は概ね B の 8~15 倍程度と推定される。ここでは早出川における交互砂州の発生状況調査結果より L_S を川幅の 10 倍と設定し、砂州の 1 波長を川幅 93m の 10 倍=930m 程度と予測した。淵の深さについては当該区間の d_m (河床材料の代表粒径) と平均年最大流量時の B/H_m 、 τ^* 、 H_{max} 、 H_S (H_{max} 、 H_S はそれぞれ淵の位置における最大水深、砂州高) を用いて H_S/H_m 、 B/H_m 、 H_m/d_m の関係が図-6 に整理されているので³⁾、ここから H_m/H_S を求め、以下の式より H_{max} を算出する。

$$H_{max}/H_m = 1.0 + 0.8H_S/H_m \quad (1)$$

なお、図-6 は砂利河川で、かつ τ^* は 0.03~0.4

表-2 平均年最大流量時の水理量

項目	値	備考
平均最大流量	426.6m ³ /s	S60~H10 の 14 年間
代表粒径 (d_m)	18.9mm	
径深 (R)	2.6m	
エネルギー勾配 (I_e)	0.001	
河床勾配 (I)	1/613	
川幅 (B)	93m	低水路幅

図-5 旧早出川における交互砂州の発生状況³⁾
(上は砂州スケールの説明)図-6 砂利河川における H_S/H_m と B/H_m の関係
(ただし、 τ^* は 0.03~0.4 の範囲)⁶⁾

の範囲で適用できるものである。捷水路区間では τ^* が 0.083 となり適用性については問題がない。また、 B/H_m 、 H_m/d_m はそれぞれ 36、137 であるから、 H_S/H_m は 0.4 程度を用いることが妥当と考えられる。よって、式 (1) から $H_{max}/H_m = 1.32$ となり、 H_{max} は 3.43m となる。

以上から、捷水路区間 (2km) は砂州 2 波長分 (1 波長はおよそ 930m と予測) に相当することから、当該区間には淵が 4箇所発生すると考えられる。また、通常、淵の上流側に早瀬が、淵の下流側には平瀬もしくはとろが分布することから、捷水路区間の水域では早瀬 → 淵 → 平瀬 (もしくはとろ) という一連のハビタットが 4 パターン発生すると予測される。

淵の深さについては、淵における最大水深 H_{max} が 3.43m、平均水深 H_m が 2.6m であることから、平均河床高を基準にした深さはおよそ 0.8m となる。この値と淵における平常時の水深との相対関係については明確でないが、淵における水位は通常、下流の瀬の部分の水位に規定されること、この部分の河床高が当該断面の平均河床高と比較的差がないこと、を考えると、淵における平常時の深さもこの程度と考えてよいだろう。

底質については、淵、早瀬、平瀬といった流れの形態と底質とに関係が見られる場合が多い。本区間に於ける代表粒径が 18.9mm であることから、早瀬に浮石、平瀬に沈石が分布し、淵は平常時の流速が小さいため、微細粒子が堆積すると考えられる。

水際域におけるハビタットの予測については現時点では予測が難しい点が多いが、交互砂州の

発生により平常時の濁筋が蛇行するため、淀みや浅瀬といった流速・水深の小さいハビタットがある程度形成されると予想される。また、本事業では、直線化に伴う影響緩和策として、低水路法線の一部引き込み、ワンドの造成を行っているため止水的なハビタットは短期的には維持される可能性が高い。河畔林、河岸植物帯(抽水・沈水植物)及び湧水は低水路自体が新たに掘削されたものであり短期的には消失すると予測される。

4.3.2 魚類相の予測

(1) 予測の基本的な考え方

まず、対象区間及び対象とする河川の魚類の経年的な変化傾向を把握し現在見られる魚類相の位置付けを明確にする。一方で、ハビタットの分布、上下流あるいは横断方向の連続性、流域の湿地的環境、湧水量など魚類の生息に深く関係する周辺環境の情報を長期的に収集し、魚類相の変化と生息環境の変化との関係を把握する。このような過去からの変化の傾向は、将来の魚類相を検討するための基本的な情報であり、インパクトに対するレスポンスの予測にも不可欠である。特に、近年減少傾向にある種の生息環境がある場合には予測や軽減策を考える際の留意事項として必要である。

現況の魚類相については、レッドデータブック等に記載されている重要種、特定の環境を指標する種、その河川あるいはその場所周辺の特徴的な種、移動性を指標する種、他の生物との種間関係が重要な種、等の観点から注目種、注目すべき種群を抽出し予測の対象とする。全ての種を予測対象としても構わないが、予測結果の検証及びそのためのモニタリングを考えると、魚類相のレスポンスとして検証しやすく、かつ、その結果の解釈が容易な種を選定することが効率的である。

さて、注目種の抽出が終わったらこれらの予測に入るわけであるが、レスポンスに至る実際のプロセスは非常に複雑であり、これをモデル化し解くことは現状では困難である。ここでは、非常に単純ではあるが、本質的な方法として、各種に必要な環境を抽出し、これがインパクトによってどのように変化するかを把握することによりその影響を調べることにする。

ハビタットの変化	水域						水際域			スコア
	早瀬	平瀬	淵	ワンド	浮き石	沈石	砂泥	淀み	植物帶	
純淡水魚	スナヤツメ		+			-		-	-	-2
	コイ	-	+					-	-	-1
	ギンブナ	-						-	-	-2
	オイカワ								0	0
	ウグイ	-						-	-	-1
	ニゴイ	-				-		-	-	-2
	ドジョウ					-		-	-	-2
	ギギ	-					-	-	-	-2
	アカザ								0	0
	キタノトミヨ		+					-	-	-1
回遊魚	カジカ(大卵型)									0
	アユ									0
	カジカ(大卵型)									0
	ウツセミカジカ									0
淵については面積の変化だけでなく、最大水深の変化を加味して判断した。										

植物帶: 河岸植物帯を示す。

図-7 魚類層の変化予測

もし、重要な生物相互間の関係が明瞭になっている場合には、生息環境の変化にこの関係を加味して予測を修正すべきであろう。なお、本検討では、直接的な生息場の改変がインパクトの主要な要素であるため、生息環境のうちハビタットの減少と増加がレスポンスを支配する重要な要素であるとして予測を行った。

(2) 魚類相の予測

1983年から1997年までの間に実施された早出川の魚類調査で確認された種は33種である。これらの中でレッドリストの掲載種⁴⁾であるスナヤツメとアカザ、日本の重要な淡水魚類⁵⁾の調査対象種であるキタノトミヨをここでは重要種としてとりあげる。また、確認頻度が多い種としてコイ、ギンブナ、オイカワ、ウグイ、ニゴイ、アユ、カジカ、ウツセミカジカ、ドジョウ、ギギ、トウヨシノボリを早出川の当該区間周辺で代表的に見られる種として抽出した。これらの14種を注目種としてとりあげる。各魚種が依存するハビタットの増減から生息量の増減を予測する。

図-7は注目種とハビタットへの依存の関係を整理しハビタットの量・質の変化と注目種の生息量との関係を示した。なお、旧河道部のハビタットの状況の記述についてはここでは省略する。図中の、+印は魚類がそのハビタットに依存し、かつ、表-3 早瀬、淵における予測結果と調査結果(1999年)

調査年	ハビタット	箇所数	平均水深 (m)	面積 (m ²)	合計面積 (m ²)
予測値	早瀬	4	—		
	淵	4	0.8		
1999年	早瀬	4	—	8,796	35,182
	淵	3	1.2	3,060	9,180

表-4 魚類調査結果

科名 種名	善願橋			三本木橋				桑山橋		
	1983	1991	1996	1983	1994	1995	1996	1994	1995	1996
ヤツメウナギ スナヤツメ						2				
コイ コイ	3			1					1	
ギンブナ		1	8	5	3	2	1	3	9	1
オイカワ		4		4	1	14	27	17	18	27
ウグイ	16	11	192	6	30	36	310	65	174	89
ニゴイ			1	3	1	1	2	7	19	2
ドジョウ ドジョウ			1		1		5	3	3	
ギギ ギギ										
アカザ アカザ			9		7		8	14	5	5
キュウリウオ アユ	4	1			3	38	3	20	104	3
トゲウオ キタノトミヨ				2				1		
カジカ カジカ	1	1	2		4	48	9	4	46	6
ウツセミカジカ					7	6	11	16	19	4
ハゼ トウヨシノボリ		11	3		6	45	18	16	24	7

そのハビタットの増加を、－印は魚類がそのハビタットに依存し、かつ、そのハビタットの減少を示している⁶⁾。本検討では魚類の生息量が各ハビタットの増減に対応すると考えているので、+印と－印の数の差により生息量の変化を判断した。ただし、淵は最大水深の減少を考慮し－印とした。生息量の減少が予想される魚種はスナヤツメ、コイ、ギンブナ、ウグイ、ニゴイ、ドジョウ、ギギ、キタノトミヨである。これらの減少は主として淵における水深の減少と河岸植物帶の減少によって引き起こされている。従って、今後河岸植物帶が復元すれば生息量が回復する可能性もある。

4.3.3 予測結果の検証

(1) ハビタットの予測結果の検証

ここでは、ハビタットの予測の中から特に水域における予測結果に着目しその検証を行う。表-3は予測結果と1999年に実施したハビタット調査結果の比較を示す。早瀬の数については一致しているが、淵の数及び淵の平均水深に違いが見られる。これは、捷水路区間に内河床勾配の変化点が存在するためここに掃流土砂が堆積する影響、三本木大橋基礎に伴う影響、左支川の流入による砂州形成に伴う河道縮小の影響、等により淵の一つが消失したものと考えられるが、現状では不明瞭な点が多い。今後、ハビタット調査、河床変動状況調査を継続して行い、再度検証することが必要であると考えられる。

(2) 魚類相の予測結果の検証

表-4に早出川における魚類調査結果を示した。1994年に捷水路が完成しているため、1983年の

データのみが改修前のものである。また、三本木橋及び桑山橋が開削区間で、善願橋は改修区間よりも上流になる。1983年の調査は調査方法が他の年次と異なるため魚種及び採捕数ともに小さくなっている。改修前後の比較をこのデータから行うこととはできない。改修区間と善願橋(上流)を比較しても大きな差異は認められず、ここで予測した結果は十分に検証されなかった。

5. 問題点の整理と今後の課題

本研究では、直接改変に伴うレスポンスの予測をハビタットレベル、生物相のレベルで行った。定量的評価を行うためにはより詳細な検討が必要だが、予測を行う上で基本的な考え方を概ね整理できた。ただし、レスポンスを正確に把握するためには、長期的かつ計画的なモニタリングが必要である。今後このような視点を持った研究が継続される必要がある。

参考文献

- 黒木幹男、岸力：中規模河床波の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集第342号、1984.
- 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1996.
- 山本晃一、高橋晃：扇状地河川の河道特性と河道処理、土木研究所資料第3159号、1993.
- 環境庁：汽水・淡水魚類のレッドリスト、1998.
- 環境庁：日本の重要な淡水魚類、1982.
- 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卷、pp.337-344、1994.