

中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化

Impact of Stream Modification on Habitat
Component and Fish in Tagawa River

島谷幸宏^{*}、小栗幸雄^{**}、萱場祐一^{**}

By Yukihiro SHIMATANI, Sachio OGURI, Yu-ichi KAYABA

Typical river modification methods were applied to the Tagawa River, Tochigi prefecture, Japan. A range of 1.25km was straightened and widened to reduce flooding.

An investigation of the available habitat and the biota was made to grasp the biological effect of the modification. This study discusses the small river modification method to preserve the fish habitat. There are a few studies which observed a relationship between riparian habitat and change of fish for a stream modification in Japan.

Keywords: impact study, river modification, fish habitat
bottom fish, river environment

1. まえがき

近年日本においても、河川環境の重要性が認識され、「多自然型川づくり」に代表される生物の生息に配慮した河川改修が行われる様になった。このような河川改修を行うには、生物が生息するために必要な空間を保全・創造する計画手法や工事方法を行う必要があるが、現段階では、生物の生息に必要な空間、すなわち生物生息空間と生物とに関する知見が少なく、これらの技術を確立する上での大きな障害となっているのが現状である。

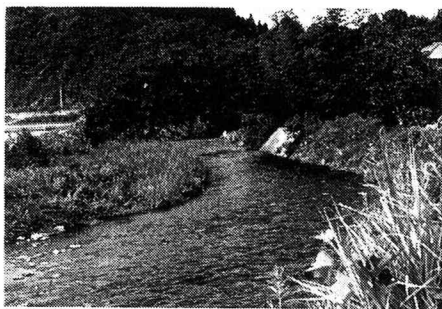
本論文では、このような観点から、生物生息空間の変化が特に激しい中小河川改修を対象に生物生息空間と魚類を中心とした生物の変化とその関連性について長期間にわたる調査から明らかにして行く。特に、中小河川改修で頻繁に行われる河道の直線化と河道の拡幅等が生物に及ぼす影響について水理学的に検討を行い、生物の生息を配慮する上で、中小河川改修が抱える問題点を検討する。

このような実際の河川改修を対象にその前後の環境及び生物相の変化を調査したものはいくつか見られるが、水理学的に評価をしたものは見あたらない。

* 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室長

**正会員 建設省土木研究所河川環境研究室研究員

(〒305 茨城県つくば市旭一番地)



改修前
写真-1



改修後
写真-2

2. 調査場所と調査方法

2. 1 調査場所

調査は鬼怒川の支川の田川（流域面積 252km^2 、幹線延長 64km ）で行った。田川は、比較的流量が豊富な河川で、河況係数23、約 $2\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ の低水流量があり、水質はBODで $1.5\sim 2\text{ppm}$ 程度と良好である。

田川では数年間に圃場整備と合わせ急速に河道整備が進んだ。河川改修は、疎通能力の増大、河岸の強化を目的とし、次の工事が行われた。

- ・河道の直線化
- ・川幅の拡幅と河床掘削
- ・護岸の設置
- ・河床の敷均し

このような改修方法は、中小河川でこれまで行われている一般的な方法である。改修前後の状況を写真-1、2に示す。

対象区間は、鬼怒川合流点より上流の $28\text{km}\sim 36\text{km}$ 地点（河床勾配約 $1/150$ ）で、その間に4つの区間を設け、1990年より調査を実施した。本論文で、対象とするのは、4つの調査区間のうち改修前の調査データがあり、ショートカットが行われた区間である。図-1に対象区間の改修前後の平面図を示す。

ショートカットは、1990.11.5に行われ、改修前の延長 1250m が改修後は 800m に短縮された。川幅は 12.5m から 18.6m と約1.5倍に、河岸は、最初は土羽で、1992.3コンクリートブロックが施工された。実際に調査したのは、この区間の約 $1/4$ の延長で、改修前が約 300m 、改修後が約 200m である。魚種、採捕尾数などもこの $1/4$ の区間で比較するものである。

2. 2 調査方法

物理環境に関する調査は、オートレベルを用いた滞筋における縦断測量、電磁流速計を用いた流速測定、スタッフを用いた水深測定、河床材料の測定である。

調査区間の魚は投網、たも網を用いて採捕し、魚体を計測した。また、漁協へのヒアリングにより放流魚の確認を行った。河岸植物は、専門家に依頼し被度、群度、優先種、出現植物種について調査した。

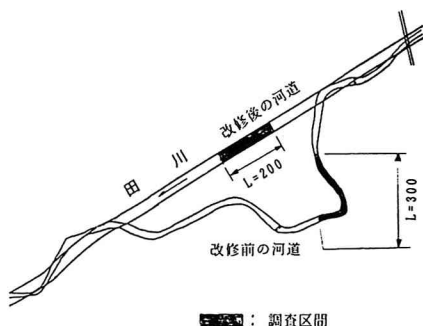


図-1 田川における改修前後の調査区間平面図

3 改修前後における魚類相の変化とその要因

3. 1 改修前後における魚類相の変化

改修前後における採捕魚種・採捕尾数の変化を、遊泳魚、底生魚、放流魚にわけて表-1に示す。

改修前に採捕された魚種は遊泳魚5種、底生魚6種、放流魚3種である。その内、河川改修後まったく採捕されなくなった魚種は、底生魚ではナマズ(*Silurus asotus*)、ホトケドジョウ(*Lefua costata echigonia*)である。そのほか採捕されてはいるが明らかに減少している魚種は、遊泳魚のフナ(*Carassius*)、底生魚のシマドジョウ(*Cobitis biwae*)、ドジョウ(*Misgurnus anguillicaudatus*)である。遊泳魚のオイカワ(*Zacco platypus*)はやや増加傾向にある。放流魚は、毎年放流しているためあまり変化がない。

3. 2 改修前後における生息空間の変化

魚類相が変化した要因を、魚類の生息空間との関連から分析するために、魚類の生息空間として特に重要と考えられる流れ、河岸、底質の状況の変化を表-2にまとめた。

流れの状況は景観的に淵、早瀬、平瀬、淀みに分類される¹⁾。淵は河床の深掘れ部に存在し、流れが遅く水面はおだやかである。早瀬は淵の上流すなわち砂礫堆前縁部に位置し流れが速く、水面は白く波だっている。平瀬は淵の下流に位置し、水面にはしわの様な波が見られる。淀みは河岸の入り組み部や湾曲部の内岸側に見られ、流れが遅く水が淀んだ区域を指す。景観から見た分類例を写真-3に示す。改修後は、改修前にあった淵2.4%がなくなり、淀みも1.9%から1%と減少した。また、改修後は早瀬と平瀬の区分が明確でなくなり、河道全体が平瀬化した。

河岸の状況は土羽、砂州、河岸法面の植生帯、河岸前面の植物帯、空隙のある護岸(連節ブロック、蛇籠)、空隙のない護岸(コンクリート護岸、練石護岸)に分類し、全河岸延長からそれぞれの割合を求めた。重複して

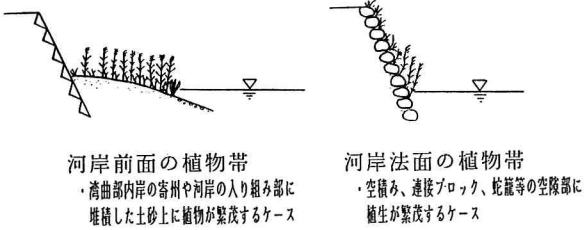


図-2 河岸植物帯の細分類

表-1 採捕魚種、採捕尾数一覧表

	魚種名	改 修 前		改 修 後							
		1990 7	1990 9	1991 1	1991 6	1992 7	1992 11	1993 8	1993 12		
遊 泳 魚	フナ	8	7			1		5			
	オイカワ		4	1	3		37	7	2		
	アサブリコ		1	1		1					
	サマシロ	33	19	2	15	6	2	5	2		
底 生 魚	ナマズ		2			1		1			
	シマドジョウ	3	1		4		1	1	2		
	ナマズ		4								
	シマドジョウ	22	95			1					
放 流 魚	オイカワ	12	17								
	ドジョウ	20	25	4	2			3	1		
	サマシロ		2		5	1		6			
	ナマズ										
合計魚種数		8	13	6	7	9	4	9	6		
採捕合計尾		111	186	57	80	105	92	188	21		
放流魚割合(%)		12	5	86	64	90	57	85	67		

表-2 改修前後の生息空間の変化

区分	分 類	改 修 前	改 修 後
底質	泥・砂質帯	2.6%	0%
	沈み石	2.6%	4.2%
	浮き石	4.8%	0%
	岩の露出	0%	5.8%
河岸	土羽	5%	3.5%
	砂州	2.2%	0%
	植生帯(前面)	3.4%	数%
	植生帯(法面)	3.9%	0%
	空隙のある護岸	4.3%	3%
	空隙のない護岸	1.5%	6.2%
流れ	淵	2.4%	0%
	平瀬	2.0%	9.9%
	早瀬	3.7%	0%
	淀み	1.9%	1%

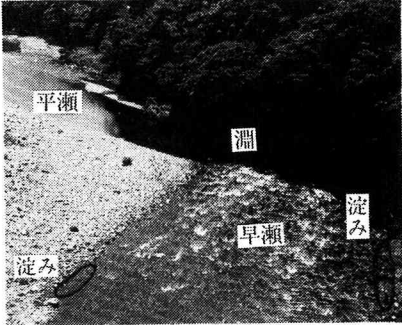


写真-3 流れの状況の分類

表-3 採捕魚の生息場、産卵場

魚種名	生息場	産卵場
遊 フナ (ギンブナ)	中流域(Bb型)の 淵、下流域(Bc型) の全域にすみ、また 田の水路や水田その ものにもすみ	表面に浮かんだ水草 やゴミ、ヨシの茎、ま たは河川の細流や田の 水路などへも入って水 表面近くのものに卵を 産着させる
泳 オイカワ	Bb型より下流の 平瀬から淵にかけて 多い	水深5~10cmの流れ のゆるい平瀬の砂礫底 で産卵する
魚 タモロコ	川の沿岸の水のゆる やかな所や、内湖 などの水草・藻の中 に生息し、あまり移 動しない	川の砂底に産着させ るほか、ヤナギの根や 浮いている水草にも卵 をうみつける
底 ナマズ	川の中流域から下 流域、あるいは湖・ 池沼などの深くない 底部にすみ、とくに 水草のしげった所や 岩の間などの体を寄 せることのできる場 所を好む	小川にさかのぼり、 あるいは池・沼の沿岸 などにある水面に絶 えて生息する。水田に 入るものも多い
生 シマドジョウ	上流域の下部(Aa ~Bb移行型、サマメ 域下部)から下流域 までの、平瀬から淵 にかけての砂底部に 広く生息する	小川に入り、砂礫底 に生える水生植物の陰 や茎に、1個ずつばら ばらに産着させる
魚 ホトケドジョウ	水の冷たくて澄ん だ、深い砂礫底ない し泥底の、ゆるやか に流れる小川や小溝 の水草の間や石の下 などに集まる	流水のある浅い砂泥 底の、枯草・切株・水 草などに産卵する
ドジョウ	池沼や川の下流域 などの泥底部にも生 息する。水田などに はとくに多い	産卵は小溝の水草や 田のイネ株などに産着 させるが、はなれるも のが多く、泥にまみれ て発生をつづける

引用、参考文献 2)、3) より作成

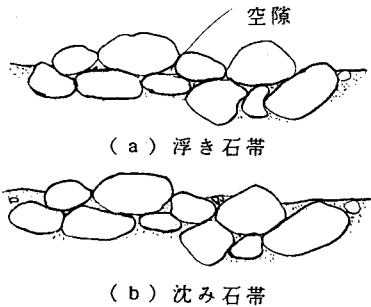


図-3 浮き石、沈み石の概念図

いる部分があるため100%にはならない。こ
で、河岸植物帯は図-2に示す様に、空隙のある
護岸等の法面に植物が繁茂している場合と河岸前
面に砂泥等の土砂が堆積し、この上に植物が繁茂
した場合とに細分できる。改修前は河岸植物帯が
河岸前面及び法面を合わせ全河岸の73%、空隙
のある護岸が43%を占めていたが、改修後は、
河岸前面に堆積していた土砂が減少したため、ま
た、河岸が土羽と空隙のない護岸となったため、
河岸植物帯はほとんど消失した。

底質の状況は泥・砂質帯、沈み石帯、浮き石帯、軟岩帯(改修後)に分類する。浮き石帯とは、礫と礫
の間の泥・砂などが掃流され、空隙ができていく礫河床帯で、沈み石河床とは礫と礫の間に泥・砂などがつま
った状況の礫河床帯を指す(図-3)。軟岩帯は改修に伴う河床の掘削によりこの下の地層が露出したも
のである。改修前26%あった泥・砂質帯は改修後全くなり、代わりに改修前になかった軟岩帯が露出し、
底質全体の約60%となった。

表-4 採捕結果及び文献から見た生息空間の増減と魚の増減

		底質の状況			河岸の状況			流れの状況				生息量 の変化
		泥・砂	沈み石	浮き石	植物	空隙有	空隙無	淵	平瀬	早瀬	淀み	
		環境要素の増減	↘	↗	↘	↘	↗	↗	↘	↗	↘	
遊 泳 魚	フナ				◎			○			□	↗
	オイカワ		○							◎		↗
	タモロコ				◎				○			↗
底 生 魚	スナヤツメ	◎									◎	↗
	ナマズ	○			◎	○					○	↗
	シマドジョウ	◎			◎			○	○		◎	↗
	ホトケドジョウ	◎									◎	↗
	ドジョウ	◎			◎						◎	↗
	ヨシノボリ		○	○	□				○	○		

凡例

環境要素及び魚の生息量の増加を示す
減少を示す

○: 文献による主な生息場所
□: 田川の調査で採捕した場所
⊙: 文献・採捕の両方で確認したもの

3. 3 魚類相の変化と生息空間との関連

表-3は、採捕魚について日本で代表的な淡水魚類図鑑²⁾³⁾に基づき、各々の魚類の生息場と産卵場を整理したものである。表-4は、改修前後において、表-3より抽出したそれぞれの魚種にとって必要な生息空間の増減とそれぞれの魚種の増減を同時に示したものである。

この図から、必要な生息空間の増減は当該魚種の生息量が変化する方向と概ね一致することがわかる。以上の結果から、田川における河川改修前後で魚類相が変化した要因は以下に示す生息空間の増減としてまとめることができる。

①泥・砂質帯の減少

ドジョウ類、ナマズなどの底生魚へ影響

②河岸植物帯の減少

生息場としていたフナ、タモロコ (*Gnathopogon elongatus elongatus*)、産卵場としていたドジョウ類へ影響

③淀みの減少

ドジョウ類、ナマズ、タモロコ等へ影響

④平瀬の増大

生息場、産卵場としていたオイカワはややプラスへ影響

4 河川改修が生物生息空間に及ぼす影響

4. 1 生物生息空間の相互関係と水理量

改修前後の流れ、底質及び河岸植物帯の状況を図-4に示す。ただし、改修後の流れの状況は、調査区間のほぼ全域にわたり単調な平瀬となっていたためここでは図化していない。

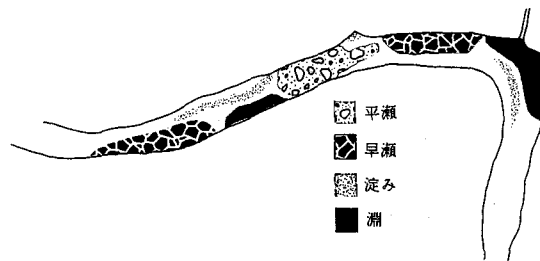
改修前の状況は極めて多様性に富んでいる事が解る。また、流れの状況と河床・河岸の状況を比較すると、淀みには泥・砂質帯が、平瀬には沈み石帯が、早瀬には浮き石帯がそれぞれ対応している。淵ではその規模により河床材料の大きさは異なるが、規模の大きい(水深の大きい)淵ほど細かい河床材料から構成されていた。この様に淵、平瀬、早瀬、淀みといった4種類の流れの状況はそれぞれ特定の河床状況と関連している。また、河岸前面の植物帯は泥・砂質帯上に存在することから、4つの流れに関する状況が河床の状況及び河岸前面の植物帯といった生息空間の状況を決定しているといつてよい。特に、淀みは河床の状況を介して植物帯の存在にも関わっていることから、河道から淀みが消失することによる生物への影響は大きい。

一方、改修後の河床及び河岸の状況は、河床の掘削により軟岩帯が露出し、その上に沈み石帯が分布しているだけの単調な河床となっている。又、河岸は土羽及びコンクリート護岸となり、河岸植物帯はほとんど見られない。

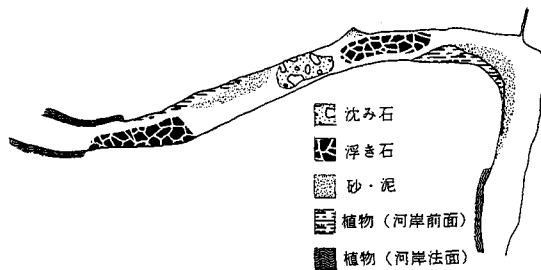
次に、これらの改修前後の流れの状況と水理量との関連を見る。図-5は、現地で測定した平水時の水深、流速を流れの状況別に整理したものである。ただし、改修後の測定時における流量が相対的に大きいため、流速と水深の絶対値の単純な比較は出来ない。

改修前の状況は、全体的に広い範囲に流速・水深が分布しており、しかも、それぞれの流れの状況を見ると、淵は流速が遅く、水深の取り得る幅が広いこと。淀みは流速はほぼゼロであり、水深も小さいこと。早瀬は流速は幅広く分布するが、水深は浅いこと。平瀬は水深、流速ともその取り得る範囲は早瀬より狭いことが解る。一方、改修後は、淀みや淵が見られなくなった事から、水深の分布域が極めて狭くなり、低流速域が消失している。

この様に、改修前は流れと河床・河岸の状況から改修後と比較して明かに多様性に富んでいる。また、多様性の減少は、流速・水深といった水理量から見ても、改修後の分布域は相対的に狭くなり、生物生息空間が単調になっていることを示している。



(a) 改修前の流れの状況



(b) 改修前の河床・河岸の状況



(c) 改修後の河床河岸の状況

図-4 改修前後の流れと河床・河岸の状況

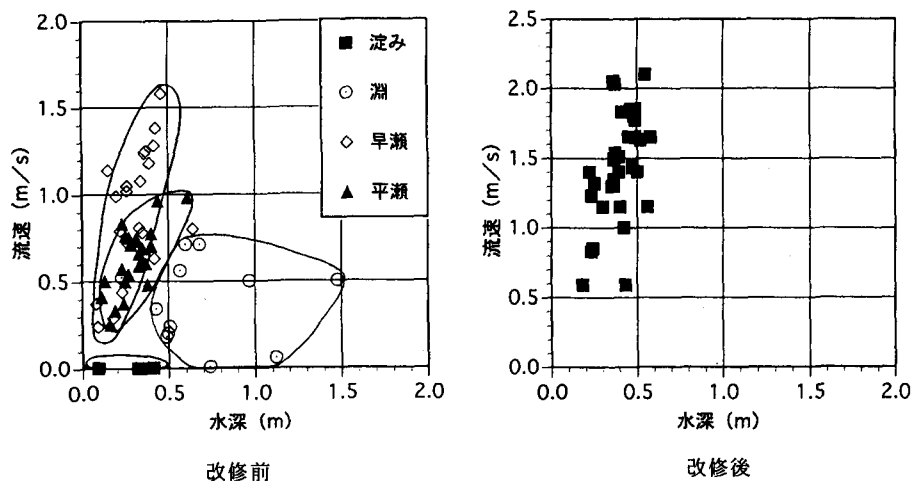


図-5 改修前後の流れの状況と水理量との関連

4. 2 河川改修による水理量の変化が生物生息空間に与える影響

4. 2. 1 河道の拡幅が生息空間に与える影響

河道の拡幅による水理量の変化を、実測した河川改修前後の河床材料の粒径 $d_{60}=0.08(\text{m})$ と、粗度係数を0.03と仮定し算定し、改修前後の中規模河床波の発生状況を検討する。ここで、算定に用いた横断面は、改修前は、横断測量の結果から川幅12.5m、5分の法勾配を持つ比較的左右岸対象な断面である。改修後は、この区間の標準断面で、川幅は18.6m、法勾配は2割である。

図-6は、以上の計算結果を τ_* 、 $BI^{0.2}/h$ をパラメータとする中規模河床波の発生領域図⁴⁾の中に記入したものである。

改修前後を比較すると、改修前は流量が約 $50\text{m}^3/\text{s}$ （1年に1回以下の出水）で $\tau_*=0.05\sim 0.06$ に達する。改修後は $75\text{m}^3/\text{s}\sim 100\text{m}^3/\text{s}$ 程度（2年に1度程度の出水）にならないとこの値に達しない。 $\tau_*=0.05\sim 0.06$ は概ね河床材料が移動を開始する値であることを考えると、改修前に比べ改修後は河道の拡幅により河床材料が移動しにくくなっている。これは、改修により一旦河床を平坦化させ瀬と淵がなくなると、その再生に時間がかかることを示している。

また、改修後は流量が増加すると一旦は単列砂州の発生領域の中に入るが、更に流量が増加し、河床材料が頻繁に移動する様になると、相対的に川幅 B が減少し改修前同様砂州の非発生域に入る。つまり、流量が大きくなっても、改修後は発達した単列砂州の形成は見られず、砂州に起因する瀬と淵の形成は期待できない。

4. 2. 2 河道の直線化が河道の物理的環境に与える影響

改修前の調査区間には河道湾曲部が2つ存在した。このような湾曲部は洪水時に水衝部となるだけでなく、二次流が発生するために外岸側が洗掘域に、内岸側は堆積域となる。また、河床材料のふり分けが生じ、内岸側に泥・砂質帯が形成される。改修前の田川においてもこの傾向は明確であり、小さい湾曲部では、湾曲の出口に当たる部分に泥・砂質帯と淵が、また、大きな湾局部では、かなり大きな淵と泥・砂質によって構成される寄州が形成されている。

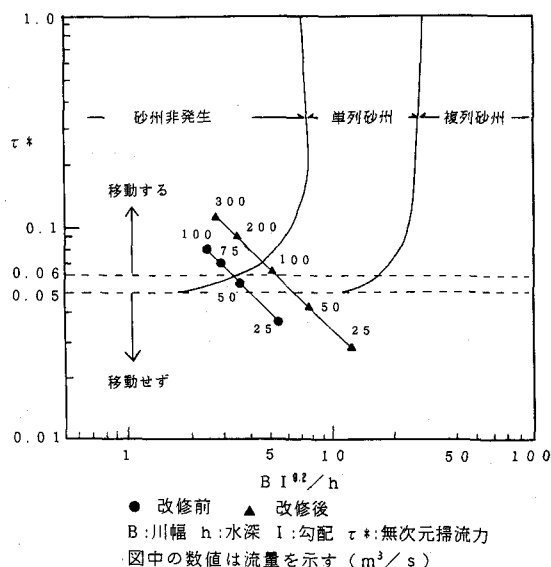


図-6 改修前後における水理量の変化と中規模河床波の発生状況
(黒木、岸の図に加筆⁴⁾)

また、このような湾曲部における淵の存在は、河床の縦断形、特に、流心部における河床勾配に大きな影響を与える。淵の上流で大きく河床が低下し、淵の下流で河床は上昇する。一方、河道が直線化すると、洪水時において水衝部はなくなり湾曲に伴う二次流も発生しないため、規模の大きな淵と内岸側の泥・砂質帯の形成はなくなる。この結果、河床勾配はほぼ一定となり、平瀬、早瀬といった違いも生じなくなる。

以上に述べた結果をまとめると、改修前は単列砂州が発生する領域にはないが、小洪水でも河床材料が移動し、湾曲度が大きい場所には大きな淵が形成され、結果として瀬と淵のある河床形状となった。

一方、改修後の河床は河道の直線化により湾曲による淵がなくなった。また、単列砂州が明確に発生する領域でないことから、単列砂州、湾曲による瀬と淵の形成がなく、河床全体が平瀬化した。

このように複雑な河床形状をつくりだす要因としては、単列砂州等の中規模河床波によるもの、河道の湾曲によるものの2つが考えられる。湾曲による淵の方が中規模河床波よりも一般に淵の規模が大きい。従って、田川における河川改修では、河道の直線化が淵、早瀬、淀みの消失を招き、生物生息空間の多様性が失われた。

5. まとめ

田川における河川改修が生物に与える最大の原因は河道の直線化である。この結果、泥・砂の堆積域が減少し、河岸に植物が生育しなくなった。また、浮き石帯が減少し河床が単調化した。特に泥・砂質帯に生息するドジョウ類を代表とする底生魚、速い流れを好まないフナ、タモロコにその影響が顕著である。オイカワは河道の直線化により平瀬が増え、生息数がやや増加傾向にある。また、漁業にとって重要な放流魚には殆ど影響がでない。

この調査結果は、改修前の大きな蛇行部を直線的にショートカットした区間を対象としているため河川改修による魚類に与える影響は特に顕著となっていることを断わっておく。また、改修後3年までの調査をまとめた結果であるため、今後生息環境がどこまで変化あるいは回復するのか調査を継続して行く必要がある。さらに、治水機能と生物の生息空間の両立を図るための研究が今後必要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、熱心に指導して下さいた名古屋女子短期大学駒田格知教授（魚類）、横須賀市立博物館の林公義学芸員（魚類）、作新学院女子短期大学青木章彦講師（河岸植物）に心より感謝します。

また、本研究のフィールド河川である田川について、非常に多くの便宜を図っていただいた栃木県土木部河川課、宇都宮土木事務所、栃木県水産試験場、鬼怒川漁業協同組合の方々、そして、本調査に係わった50名を越える多くの方々に心から謝意を表します。

【引用、参考文献】

- 1) 水野信彦、御勢久右衛門、「河川の生態学 補訂版」、築地書房、1993
- 2) 宮地傳三郎、川那部浩哉、水野信彦、「原色日本淡水魚類図鑑」、保育社、1989
- 3) 川那部浩哉、水野信彦、「日本の淡水魚」、山と溪谷社、1988
- 4) 黒木幹男、岸力、「沖積河道の流路形態との領域区分に関する研究」、第26回水理講演会論文集、1982
- 5) Wesche, T. A. 1985, Stream Channel Modifications and Reclamation structures to Enhance Fish Habitat, pp103-164, In The Restoration of Rivers and Streams, edited by Gore, J. A