

第7章 モデル河川における検討事例

事業連携方策の検討を行う上で、各種調査、検討を実施したモデル河川の事例を次頁以降に示す。各モデル河川で対象とした地区（モデル地区）は、「氾濫原や後背湿地」、「谷津田」というそれぞれの場の典型的な環境とした。

表-7.1 各モデル地区の概要

モデル河川	調査主体	○モデル地区のテーマ 【場のタイプ】 (モデル地区の特色)
荒川	独立行政法人 土木研究所	○分断による影響の評価 ○場の持つ機能の評価 【氾濫原や後背湿地を代替する河川と水田・農業水路】 (河川区域内に水田があり、魚類等にとって良好な連続性が確保された水田と、落差等により分断されている水田とが近接しており、上記テーマにおける比較が可能である。)
菊池川	国土交通省 九州地方整備局 菊池川河川事務所 農林水産省 九州農政局	○事業連携方策における実際の施工 【氾濫原や後背湿地を代替する河川と水田・農業水路】 (河川と水田が分断されているものの、それぞれに魚類等にとって良好な環境が形成されている。河川管理と農業が個々に事業に取り組んでいることから、両者が連携して河川と水田との連続性を確保することで大きな効果が得られる場所である。これらのことから、速やかに事業に着手できる状態にあり、事業連携方策における具体的な調整手法等を検討することが可能である。)
小貝川	農林水産省 関東農政局	○樋門・樋管における落差の改善例の分析（評価を含む） 【谷津田】 (既に河川管理と農業の両者が一体となって、樋門・樋管における落差の改善が行われていることから、落差の改善例の評価および分析が可能である。)

荒川モデル地区 調査結果

**独立行政法人 土木研究所
水循環研究グループ
河川生態チーム**

1. 調査の目的

本調査は、一般的に重要といわれる河川と周辺水域との連続性について、現在良好な連続性が残された荒川のフィールドを利用し、その水域の重要性を定量的に明らかにすることを目的に実施するものである。また、状況や生活史との関係について把握するとともに、現在の水域の評価方法やその把握の手法、改善にあたっての目標の考え方等について提言するものである。

2. 調査の概要

調査地区は、荒川中流域（河口から36km～42km）の堤外地に位置する、河川―農業用排水路―水田の連続性や用排水形態が異なる3地区（A・B・C）を選択した。各地区および調査の概要は以下の通りである。

表2-1 調査地区の概要

項 目	A地区				B地区				C地区			
圃場整備	未整備				整備済み				整備済み			
荒川との連続性	落差なし				1.2mの落差あり				1.7mの落差あり			
用排水路―水田の連続性	落差小；堰板・土嚢を一時的に設置				落差大；給水栓・排水パイプを常時設置				落差大；給水栓・排水パイプを常時設置			
排水路魚類調査地点	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
排水路材料	土	土	土	土	土	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co
下流端水面幅 (m)	2.5	1.1	0.7	0.7	1.4	2.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.2	0.9
水深 (cm)	38～84	18～43	8～45	4～41	20～62	11～118	7～107	8～90	2～37	8～107	1～80	2～70

※ A・B・Cともポンプにて揚水。水深は灌漑期のデータ（中干し期も含む）

表2-2 調査の概要

調査項目	方法・時期など
農業排水路 魚類調査	◎調査方法：タモ網・定置網（上り・下り） ◎調査地点：A1～A4, B1～B4, C1～C4 ◎調査期間：平成15年4月～9月（1回/月）、11月（1回）
水田産卵調査	春季の降雨時を中心に現地を調査し、水田に遡上して産卵するナマズを目視で確認
排水路水深調査	各地区の排水路水深の変化を把握するため、A2・B1・C1地点において、自記式水位計を設置

表2-3 現地調査工程

年・月	平成 15 年										平成 16 年		
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
利水状況 (*A 地区)	ポンプ運用開始 代掻き期 中干し期 落水期 ポンプ運用停止 灌漑期 非灌漑期												
水田産卵調査	降雨時に随時調査												
水田水路魚類調査	●	●	●	●	●	●		●		●		●	

□ 調査地区の現況



図2-1 調査地区の位置



A 地区： 荒川本川との落差なし
圃場整備なし



B 地区： 荒川本川との落差あり
圃場整備済み



C 地区： 荒川本川との落差あり
圃場整備済み

3. 調査結果

3.1 地区別の魚類相

(1) 出現種数・累積個体数

図3-1,3-2は、平成15年4月～11月に採捕された魚類の出現種数・累積個体数である。出現種数ではA>B>Cの順に多く、荒川本川・農業排水路・水田との連続性や用排水の形態が魚類相に影響を与えていることが確認された。累積個体数では、B>A>Cの順で個体数が多い結果となったが、A・B地区では大きな差は見られず稚魚の個体数が多く確認された。

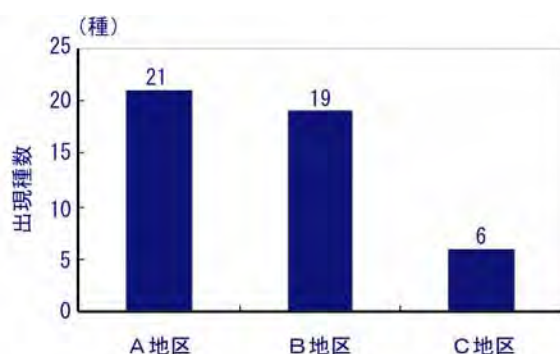


図3-1 出現種数

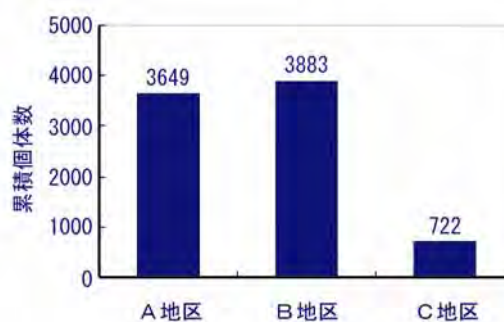


図3-2 累積個体数

(2) 出現状況

本調査ではコイ科を中心として8科26種が確認され、そのうち外来種(国外からの移入種)は5種であった。出現頻度はドジョウが最も多く、次いでモツゴ、タモロコ、ギンブナ、トウヨシノボリ、オイカワであった。ナマズはA地区において、4月～7月に確認された。

表3-1 出現状況

NO.	科 名	種 名	地 点	調査年月																							
			学 名	A1			A2~A4				B1			B2~B4			C1			C2~C4							
				H15.4	H15.5	H15.6	H15.7	H15.8	H15.9	H15.10	H15.11	H15.4	H15.5	H15.6	H15.7	H15.8	H15.9	H15.10	H15.11	H15.4	H15.5	H15.6	H15.7	H15.8	H15.9	H15.10	H15.11
1	ウナギ	ウナギ	Anguilla japonica																								
2	コイ	コイ	Cyprinus carpio																								
		ゲンゴロウブナ	Carassius cuvieri																								
4		ギンブナ	Carassius auratus langsdorfii																								
5		キンブナ	Carassius auratus subsp.2																								
		フナ属	Carassius sp.																								
6		タイリクバラタナゴ	Rhodeus ocellatus ocellatus																								
7		ハス	Opsariichthys uncirostris uncirostris																								
8		オイカワ	Zacco platypus																								
9		ヌマムツ	Zacco sieboldii																								
10		ウグイ	Tribolodon hakonensis																								
		アブラハヤ	Phoxinus lagowskii steindachneri																								
12		モツゴ	Pseudorasbora parva																								
13		タモロコ	Gnathopogon elongatus elongatus																								
14		ツチフキ	Abbottina rivularis																								
15		ニゴイ	Hemibarbus barbus																								
16		スゴモロコ	Squalidus chankaensis biwae																								
17		アカヒレタビラ	Acheilognathus tabira subsp.1																								
18		ドジョウ	Misgurnus anguillicaudatus																								
19		シマドジョウ	Cobitis biwae																								
20	ナマズ	ナマズ	Silurus asotus																								
21	メダカ	メダカ	Oryzias latipes																								
22	サンフィッシュ	ブルーギル	Lepomis macrochirus																								
23		ブラックバス	Micropterus salmoides																								
24		コクチバス	Micropterus dolomieu																								
25	ハゼ	トウヨシノボリ	Rhinogobius sp. OR																								
26	タイワンドジョウ	カムルチー	Channa argus																								

(3) 出現魚種の構成

平成 15 年 4 月～11 月に採捕された各地区の出現魚種の構成を見ると、全地区に共通してドジョウ、モツゴ、ギンブナ、キンブナ、タモロコ、トウヨシノボリ、オイカワの 7 種が出現した。

各地区の水路上流部では、A 地区ではタモロコ・ドジョウ・フナ属が多く、またナマズが出現した。B 地区ではフナ属・モツゴが多く、C 地区ではドジョウ、トウヨシノボリが多く出現した。

このように、それぞれの地区の連続性や用排水の形態の違いによって、魚類相が大きく異なっている。

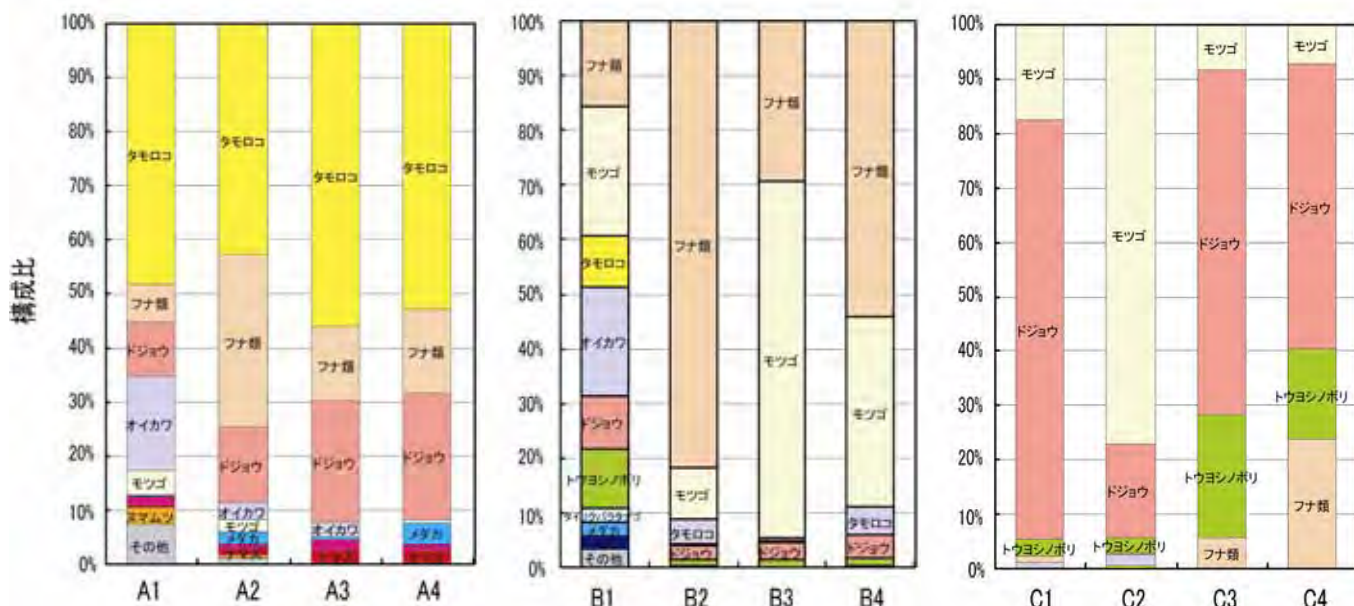


図 3-3 出現魚種の構成

(4) タモロコの出現個体数

タモロコは、川の沿岸の水の緩やかなところや内湖などの水草・藻の中に生息し、5～7 月の小溝や水路・水田の抽水植物などに産卵する（出典：原色日本淡水魚図鑑 保育社）。

タモロコは A 地区で多く確認され、コンクリート水路で連続性が乏しい B、C 地区では少なかった。調査地点別に見ると、体長 14mm 以下の個体は 6、7 月に A2～4 でのみ確認されている。

荒川では、A 地区で見られるような川との繋がりのある形態がタモロコの再生産のために重要な場であると考えられる。このことは、中村（1970）での観察「産卵期には大きな河川や沼などから細流に遡ってヤナギの根、浮いている草などに産卵する。」からも指摘される事項である。以上より荒川において河川との連続性を示す指標種の 1 つとしてタモロコが挙げられる。

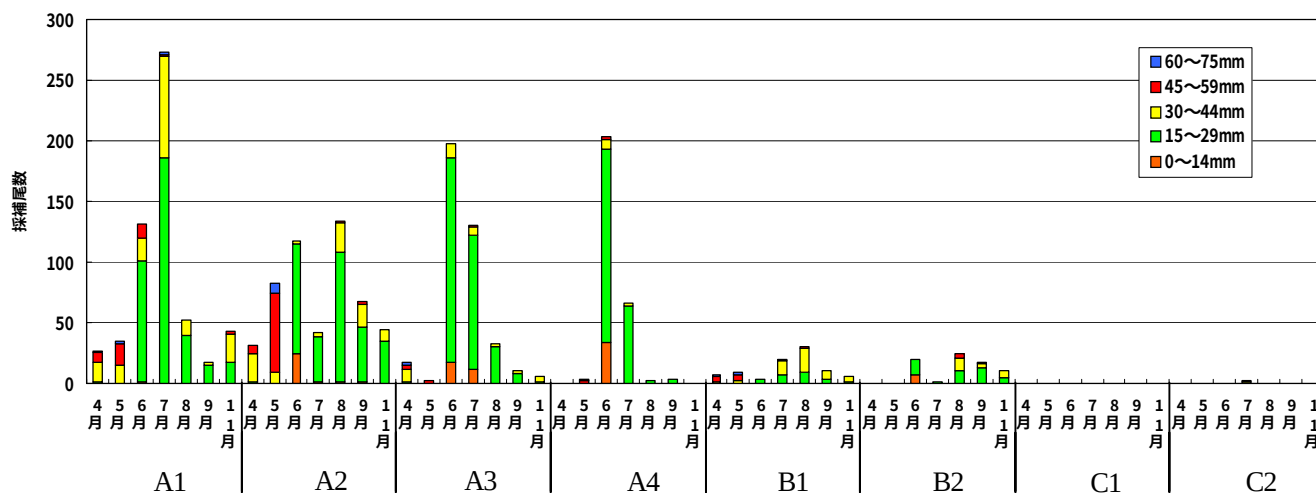


図 3-4 タモロコ体長分布（全地区）

3.2 A地区別の魚の動向

(1) A地区の水路水深

A地区では、4月中旬に揚水を開始し、6月上旬の中干しを経て7月下旬まで給水が行われていた。なお、調査期間（2003年 4月～11月）では、出水による水田の冠水は起こらなかった。

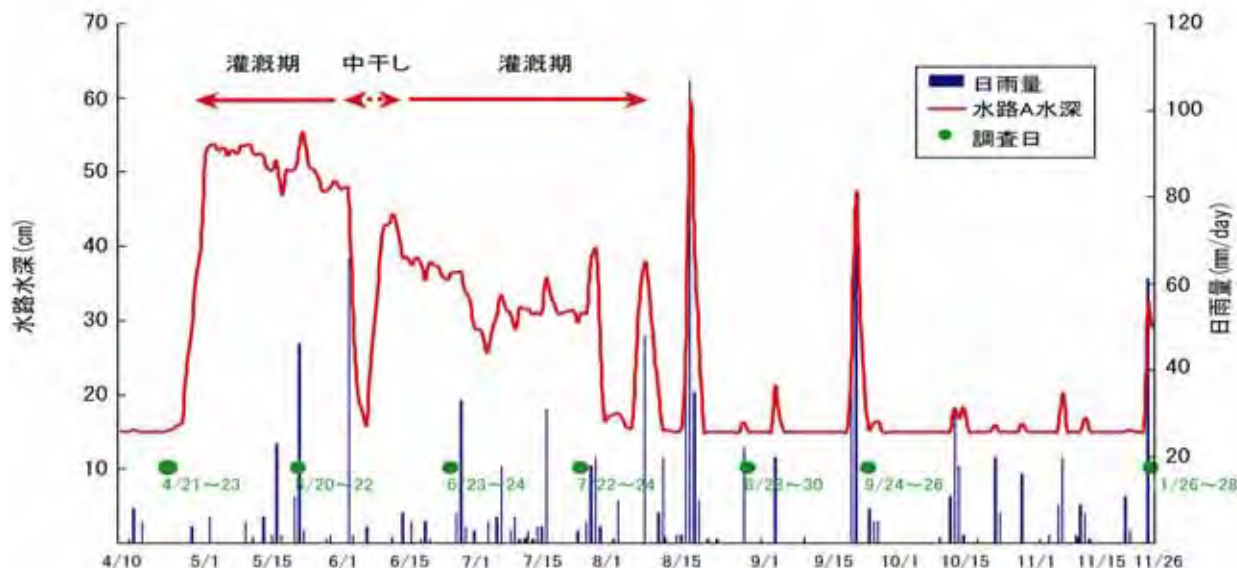


図 3-5 A地区の水路水深と日雨量

(2) A地区の魚の動向

揚水が開始される4月以降には、タモロコ・フナなどが産卵のために排水路に多数遡上する。排水路・水田で育ったタモロコ・フナ・ドジョウなどの稚魚は、6月以降本川方向に下り始め、非灌漑期にあたる7月には、その数はピークを示している。このように非灌漑期初期に、集中的に稚魚が下る傾向にあるが、これは揚水の停止に伴い水路・水田内の水位の低下が稚魚の生育環境を急激に狭めていることが要因の一つと考えられる。

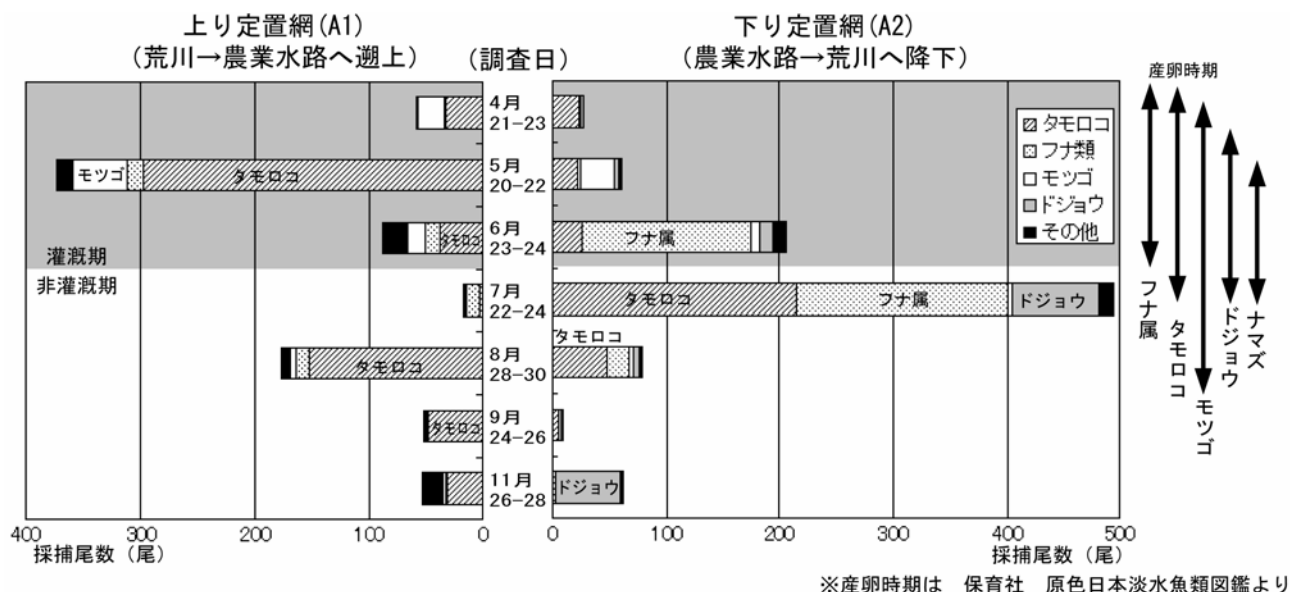


図 3-6 A地区の魚の動向

(3) ナマズの出現状況

5月の調査では、水田内において280mm以上のナマズ親魚数個体による産卵行動が確認され、6月には体長120mm以下の稚魚が採捕されている。7月には稚魚・親魚共に採捕されているが、8月以降はその姿を採捕、目視ともに確認できなかった。

このことから、ナマズにとって当地区のような荒川本川－農業排水路－水田の水域の連続している環境が、産卵の場として重要であることが明らかとなった。

また7月の調査以降、揚水停止を経て、8月の調査時に稚魚・親魚共に採捕、目視による確認がとれなかったことから、当地区の水管理が少なからずナマズの稚魚の成育に影響を与えていたのではないかと推察される。

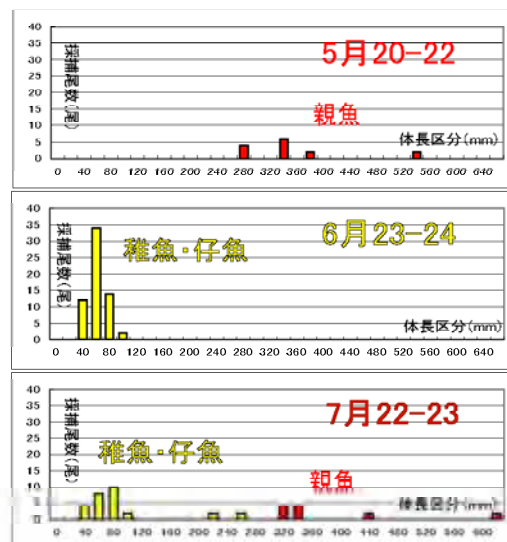


図3-7 ナマズの体長分布(A2～4)



水田に上ったナマズの親魚
(2003.05.21)



ナマズの稚魚(2003.6.02)

(4) 荒川における農作業形態と水管理の移り変わり

図3-8「荒川周辺における農耕作業形態と水管理の移り変わり」によると、昭和初期の湿田では年間を通して湿潤な環境であり、昭和初期の乾田では揚水開始時期は現在とほぼ同じであるが、中干しはなく、また揚水停止時期は9月中旬となっている。

		3			4			5			6			7			8			9			10			11			
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
白鳥(昭和初期) 1950年頃 湿田	水田における作業																												
	タウナイ(田耕)																												
	シロカキ																												
	ナワシロ																												
	タウエ																												
	クサトリ																												
	カリイレ																												
水田の状況		水田																											
網戸(昭和初期) 1950年頃 乾田	タウナイ																												
	シロカキ																												
	ナワシロ																												
	タウエ																												
	タノクサトリ																												
	ドヨウボン																												
	イネカリ																												
水田の状況		水田																											
荒川地区A(2003)	タウナイ																												
	シロカキ																												
	タウエ																												
	ナカボン																												
	イネカリ																												
	水田の状況		水田																										
	水田の状況		水田																										

図3-8 荒川周辺における農耕作業形態と水管理の移り変わり

4. 結果のまとめ

- ・ 荒川本川-農業用排水路-水田の連続性や用排水形態の違いは、魚類相・個体数に大きく影響を与えていた。
- ・ 連続性が保たれた水域(A地区)では、ナマズ・タモロコが水田を産卵の場として利用していた。荒川においては、ナマズだけでなく、タモロコについても連続性を示す指標となり得る(ただし、荒川においてタモロコは移入種である)。
- ・ 水管理(揚水期間)の変化が魚類相に少なからず影響を及ぼしている。

5. 今後の方針

- ・ 各地区の連続性・水路形状等の物理条件と魚類相を結びつけた解析
- ・ 中干しなどの水管理が魚類相に与える影響を把握
- ・ 冠水頻度の影響の把握

菊池川モデル地区 調査結果

**国土交通省 九州地方整備局
菊池川河川事務所
農林水産省 九州農政局**

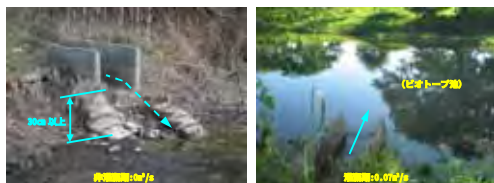
○菊池川モデル地区

1. 末広排水樋管とその周辺水域の状況

末広排水樋管とその周辺水域の状況については、次のような課題や問題点などが挙げられている。

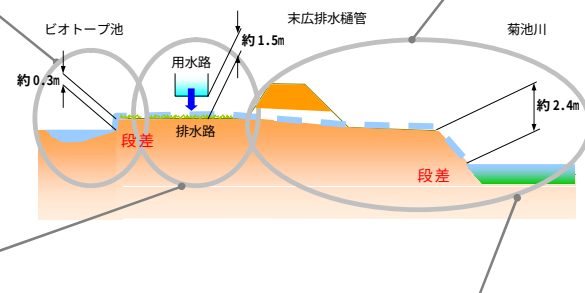
■ ビオトープ池の状況

- ・ **水路との接続**：水路と池床に段差があり低水時には連続性が失われる。
- ・ **水質の悪化（非灌漑期）**：2月調査時では酸素不足、有機汚濁化、富栄養化により、魚介類がほぼ死滅してしまう状況である。
- ・ **水の循環経路（供給水源）**：水路からの水が常に流れ込むわけではなく、水量が多い灌漑期や雨天の時だけ水が供給されている。



■ 末広排水樋管の状況

- ・ **菊池川合流部との接続**：本川平水位との落差は2.4mと非常に高い。
- ・ **水路内水深**：直線のかつ平坦な構造でほとんど水深がなく、魚類の移動や生息は困難な状況である。



■ 農業用水路や田んぼの状況

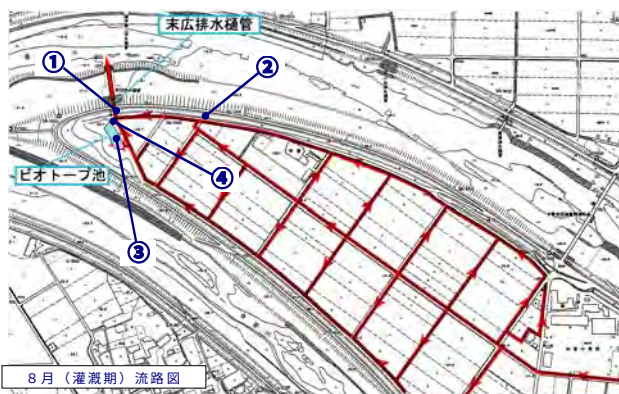
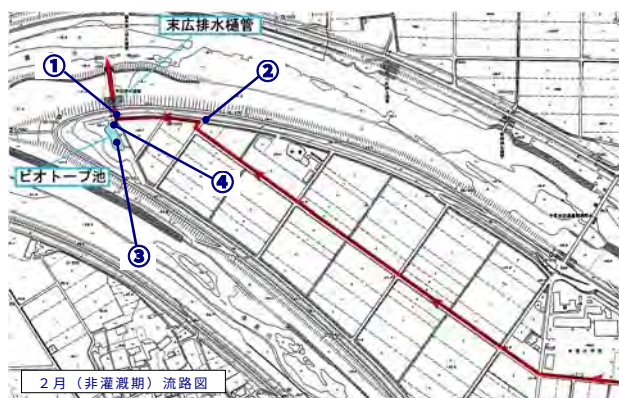
- ・ **田んぼとの接続**：洪水時に逆流を防止するために落差が生じている。
- ・ **三面張り構造**：コンクリート製の単調な水路のため魚介類の隠れ場所がない。
- ・ **土砂の堆積**：土砂が堆積しており、砂だまりの中からシジミやカワナガが確認された。
- ・ **水の供給**：冬期には乾田化するため水は流れない（水量が安定していない）。



■ 本川の状況

- ・ 周辺全体の状況としては、菊池川と合志川の合流点であることから、水辺の多様性が高い地点である。
- ・ 高水数には様々な草が繁茂しているが、外来種も多く見られる。

○用・排水路流路図



2. 河川とその周辺水域間のネットワーク改善のための目標

菊池川は古来より、菊池平野一体を潤す母なる川であった。菊池平野では菊池川のもたらす豊かな恵みを受け、全国有数の穀倉地帯としてその名を馳せている。その一方、水田の環境は、春夏秋冬の変化の中で多様な生物の生息空間を育む温床となっており、水田から、小川、河畔林、大河川へと連続的に変化する水と緑の空間は、地域の生態系にとって極めて大きな役割を担ってきた。

しかし、菊池川は豊かな自然の恵みをもたらす河川である一方、度重なる洪水の脅威をもたらす河川でもあり、このため、洪水の被害から人々の生活域を守るため、現在まで築堤工事が実施されてきた。この築堤工事は、洪水流の堤内への流出を防ぐことが出来ることと引き換えに、前記した循環する生態系を分断するものとなっていた。とりわけ、小川などの比較的小規模な生態系空間と大河川との魚の移動を分断したことは、多様な生息域の連続性を損ねたことで地域の生息魚類数に大きな影響を与えていると言われている。このようなことから、水田と河川とをつなぐ場所に位置する樋管構造物や用水路と排水路の段差部を、これまで以上に魚のほりやすい構造とすることで、地域の生態系の複合的な相乗効果を生み出し、多様な生態系を復活させることができる役割を担うものとなる。

人々の川離れが進む中で、河川空間を人々が利用することによって、その存在価値を改めて認識することが必要であると考えられている。このことを踏まえ、自然環境に配慮しつつ、川を地域に役立てる利活用が推進されることも併せて考えていく必要がある。

また、身近な川である水田の小水路と河川の接点を明確にし、その環境改善を行う事業は、生活と河川を結びつける象徴的な役割を担う。

■ 地域の自然環境へ大きく貢献してきた機能

1. 水田（水田、畦、湿地）の多様性
2. 水田→小川→河畔林→大河川、と連続する循環型の生態系空間



■ 水田の環境と大河川の環境を連続させる

樋管の構造を魚の上りやすいものに改良することにより、循環型の生態系空間を復活させることができる。



河川とその周辺水域間のネットワークの向上



■ 自然環境に配慮しつつ川の利活用を促進する

菊池川では、川を地域づくりに活用する事業を継続的に進めており、計画地においても豊かな自然環境を活用して、利活用の拠点としていきたい。

そして、川を人々が活用することで、川の自然を守り育てる機運を高めていく。

3. 河川とその周辺水域間のネットワーク改善に向けた展開

調査区域周辺に生息する魚類は次のとおりである。

農業水路類型	水田、農業水路との関係	種名（確認環境） ※網掛けは現地確認できた種 （ ）は生存、（ ）は死滅	配慮事項
一生の生息場所または産卵場所としての水田（湿地）	① 水田、農業水路に一生生活する種	メダカ（本川） ドジョウ（本川、池）	・水田と農業水路、農業水路と河川の繋がりが確保 ・冬季乾田化の改善 ・農業水路における生息環境の改善、創造
	② 水田、農業水路を産卵場所として利用する種	コイ（池） ギンブナ（本川、池、水路） ナマズ（本川） スジマドジョウ小型種点小型（本川）	
自然河川の一支流としての水路	③ 河川に繋がる農業水路にも生息する種（緩流、細流に生息）	ヤリタナゴ アブラボテ カネヒラ ニッポンバラタナゴ カゼタナゴ バラタナゴ属の一種（池） モツゴ（池） カフヒガイ ムギツク（本川） カマツカ（本川、水路） ツチフキ イトモロコ（本川、池） ヤマトシマドジョウ	・農業水路と河川の繋がりが確保 ・農業水路における生息環境の改善、創造
	④ 稚魚期や避難時など一時的に河川に繋がる農業水路を利用する種	スナヤツメ ウナギ ゲンゴロウブナ（池） オイカワ（本川、池、水路） カフムツ型（本川、水路） タカハヤ（本川） ウグイ（本川） コウライモロコ アユ（本川） オヤニラミ（本川） チカダイ（池） ドンコ（水路） トウヨシノボリ（本川、水路） カムルチー（池）	

■ 基本的視点

当該事業の基本的目的は、広い意味での農業空間と河川空間の生物の行き来、あるいはこれによりもたらされる自然の多様化を主眼とする。

菊池川および周辺の水路・水田には、左記のような魚種が挙げられる。これらの魚種は、その生活史における場の利用形態によって、4つに分類される。

■ 段階的展開

① 将来、水田・用排水路～ビオトープ池～菊池川の連続性を確保する

河川～ビオトープ池～水田の連続性を確保することにより、4区分の利用形態を持つ様々な魚種が利用できる場が創造される。

水田や農業水路を産卵場や生息場とする魚種が、河川、農業水路、水田それぞれの水域への移動できる環境へと改善、再生されることにより、身近に生息する魚類の生息環境が将来に渡って安定する。

② 当面、ビオトープ池～菊池川の連続性を確保する

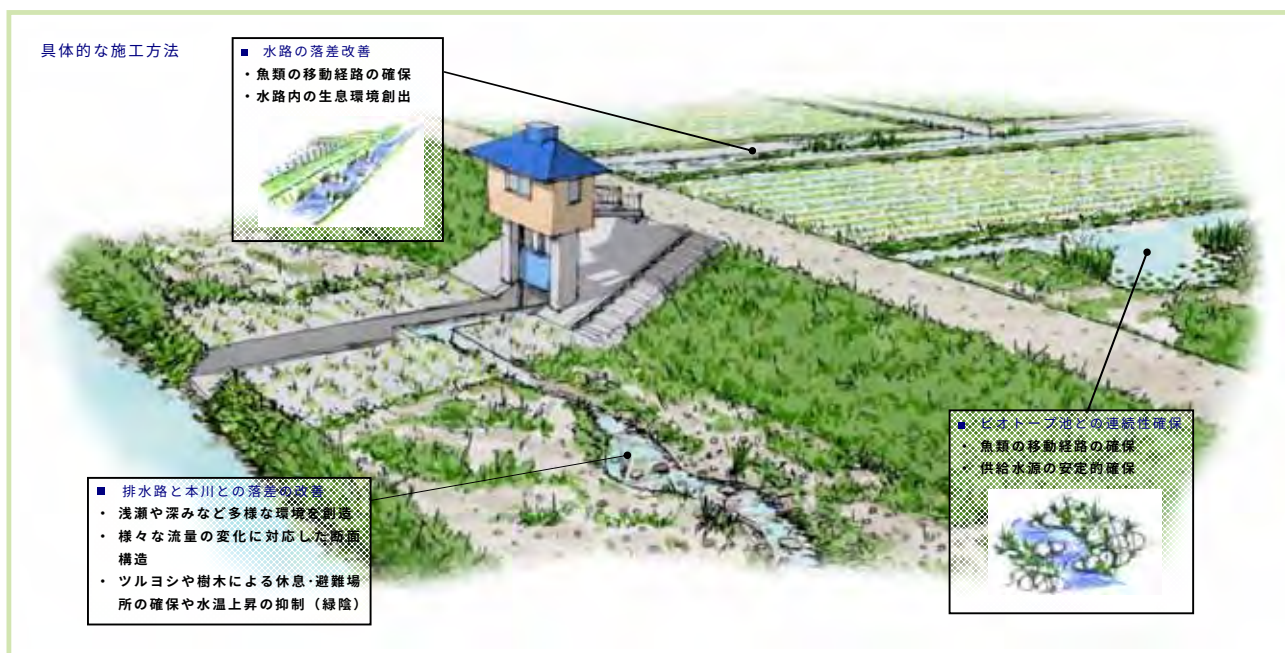
当面整備されるビオトープ池～菊池川の連続性の確保により、③、④の魚種を中心に、この場を利用することができる。また、現状のビオトープ池は、水際にツルヨシやヤナギタデなどの抽水植物が繁茂する緩やかな勾配の浅場が存在することから、①、②の魚種の利用も期待できる。さらに、水田との連続性が確保されれば、①、②の利用できる場が増える。

■ （参考）主な魚種の遊泳速度と目標流速・水深

魚種の遊泳速度には、長時間続けて出すことのできる速度と、瞬間的にだけ出すことのできる最大の速度があり、前者を巡航速度、後者を突進速度と呼ぶ。指標種に配慮した水路の流速、水深は、水路の魚道形式に大きく左右されるが、概ね流速は対象種の巡航速度の範囲、水深は体高以上あれば、水路を遡上できるものと考えられる。

種名	巡航速度 (cm/s)	突進速度 (cm/s)	成魚の標準 体長 (cm)	成魚の体高 (cm)
メダカ	6.4～12.8	32	3.2	0.8
ドジョウ	20.6～41.2	103	10.3	1.5
コイ	96～192	480	48	18
ギンブナ	40～80	200	20	7.9
ナマズ	108～216	540	54	7.5
スジマドジョウ小型種点小型	10～20	50	5	1

4. 改善手法



○樋管の段差解消策（緩傾斜せせらぎ水路）



末広排水樋管周辺イメージ図

末広排水樋管周辺

ワンド

- ・魚類の生息域を創造
- ・小動物の出入り口を確保

菊池川

ワンド

魚道

浅場・深場

魚道

合志川

水辺の楽校周辺

魚道

- ・魚の回遊路を創造

ハーフコーン型魚道

ビオトープ池の改良

- ・四季を通じた水位の保持
- ・浅場・深場の創出

せせらぎ水路
(菊池川との連続性)

堰
(魚介類遡上のための水位確保)

角落し・堰板
(堆砂をフラッシュ)

1:1.0 1:3.0

末広排水樋管

浅場
(水際に木や石を置く)

鳥やトンボの止り木

水際は自然に変化させる

ビオトープ池の改良
(四季を通じた水位の保持)

空石積み: 石の隙間は生きものの隠れかになる

ビオトープ池
(生態系空間の多様化)

深場
(非かんがい期に魚の棲みかになる)

7. 改善手法の評価

■ 周辺プロジェクトと連携したモニタリングの実施

近隣には中富小学校があり、計画範囲は水辺の楽校プロジェクトの活動範囲に含まれている。このため、地元の小学生や専門家による、改修前後の定期的な自然観察会や水質調査を実施し、経年的な変化が評価できるデータ収集・管理（モニタリング）を行って、効果を確認することを考えている。

（1）モニタリングの主旨

・ 末広排水樋管は多様な生態系の維持・創造を目的として改修が行われる。これについて、施工後の生態系の診断を目的として、モニタリング（事後調査）を実施する。モニタリングの期間は当面、施工後2年間として、その後の継続については今後の状況をみながら判断するものとする。なお、不具合が認識されれば、可能な範囲で速やかに改善策を講じる。

（2）モニタリングの効果

当該地区においてモニタリングを実施することにより、以下の効果が得られるものと考えられる。

・ 改修の評価

- 河川や農業空間、周辺の多様な環境を情報として伝えることができる。
- 全体的な自然度の回復状況（人為的空間の環境的安定への移行）やその推移をみることができる。
- 出現種の確認や植生状況の確認により、整備の評価をすることができる。
- モニタリング結果と菊池川や周辺地域の調査資料を比較することにより、本川や周辺地域との生態系の相違点や連続性などの確認・評価ができる。
- 供用による新たな課題点・問題点の発生の有無を確認することができることにより、維持管理に対する提言などを得られることができる。

・ 資料の蓄積

- 計画地や周辺地域の生態系に関する学術的な資料が得られる。
- 流域の視点から河川環境対策を考える上での基礎資料となる。
- 今後の整備や生態系維持活動全般の基礎資料となるとともに、技術の蓄積となる。



・ 行政とNPO、市民などの協働作業が行われることによって、親しみを持ちながら、優れた川づくり・地域づくりを目指す。

・ 維持管理作業を含め、水辺の楽校関係者、NPO、ボランティア団体などの専門家や市民等の協力、協働のもと実施する。

・ 維持管理作業や学校等での実習活動等のプログラムのなかに取り入れるなど、他の行事と一括で実施する。

・ 今後の環境整備事業等の技術的蓄積や基礎資料となるようモニタリング結果は記録として残すものとする。



■ 外来種対策

河川と農業空間の魚類の行き来をスムーズにすることは、一方ではブラックバス等の在来種の生息に悪影響を及ぼす種の移動も可能とすることが考えられる。このため、今後は定期的な魚類観測を実施し、併せて外来種対策を検討していくことを考えている。

小貝川モデル地区 調査結果

農林水産省 関東農政局

1. 地区の概要

(1) 位置

栃木県芳賀郡市貝町地内であり「図－1 調査位置範囲」のとおりである。

図－1 調査位置範囲



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の5万分の1地形図を複製したものである。

(承認番号 平16総複、第99号)

(2) 概況

本地区は一級河川利根川水系小貝川の最上流域、栃木県南東部の市貝町に位置する水田農業地域である。調査の対象として選定した地区の土地利用は、「図－2 小貝川地区排水樋管流域土地利用図」のとおりであり、丘陵部は、おおむね針葉樹林・広葉樹林に覆われ、丘陵下部は畑地として利用されており、谷津や小貝川沿いの低地は水田として利用されている。

また、小貝川は平成11年7月の豪雨により越水氾濫し、平成11～14年度に災害復旧事業により改修がなされている。災害復旧事業の実施にあたっては、自然環境に配慮した「多自然型」の工法が取り入れられ、河川内の置石・寄石工、ブロックマットによる隠し護岸工のほか、区間内で周辺水域から河川へ流入する接続部（排水樋管）においては魚類の遡上等に配慮した工法が施されるなど魚類の生息に配慮した整備となっており、河川構造令で定められた対応ではあるが、こういった事例は全国的にも少ない。本地区で施工されている工法のイメージは「図－3 多自然型川づくりイメージ図」のとおりである。

なおこの区間を含む小貝川上流の左右岸農地は、現在圃場整備が実施（県営担い手育成・小貝川沿岸Ⅰ期地区 H15～19）または計画されており、環境に配慮した施工計画が盛り込まれることとなっている。

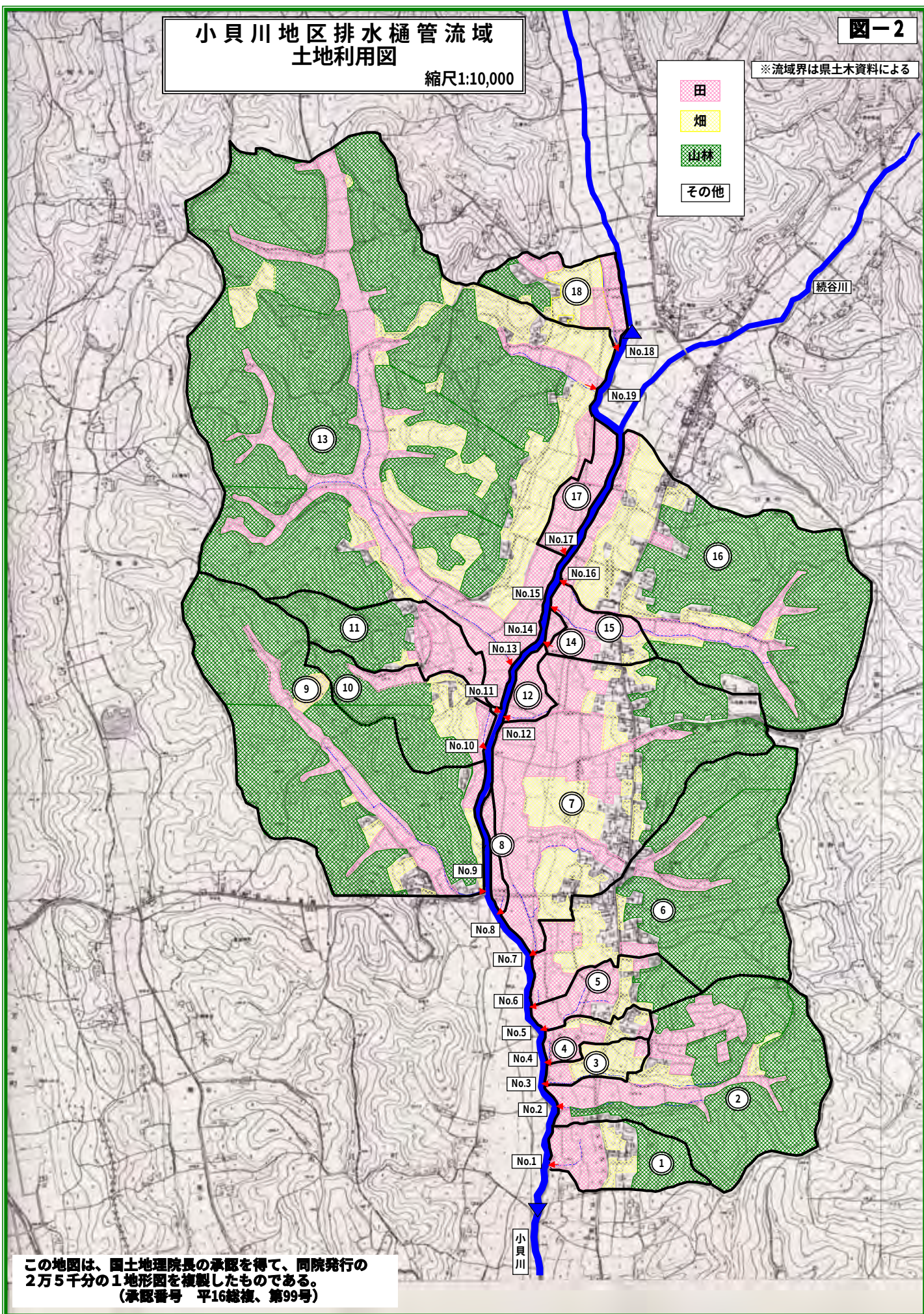
小貝川地区排水樋管流域 土地利用図

縮尺1:10,000

図-2

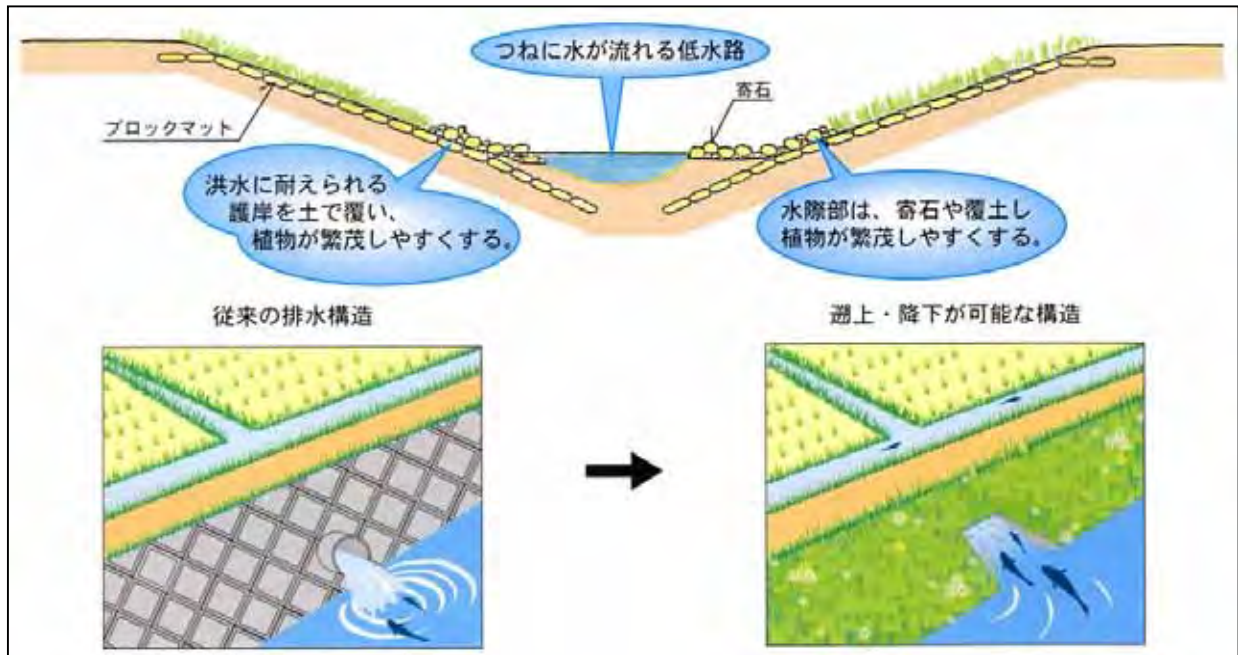
※流域界は県土木資料による

田
畑
山林
その他



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の
2万5千分の1地形図を複製したものである。
(承認番号 平16総複、第99号)

図－３ 多自然型川づくりイメージ図



「安心して暮らせる川づくり」栃木県真岡土木事務所作成パンフレットより

２．調査の概要

（１）調査のねらい

①河川と水田水域の連続性に関わる技術的改善策の検討

河川へ流入する接続部（排水樋管）においては魚類の遡上等に配慮した工法が施されるなど魚類の生息に配慮した整備がなされている。この部分を利用して魚道としての機能調査と新規に導入した試験施工型の機能調査を行うことにより、魚類の遡上可能な構造および勾配等の緒元を検討した。

②水田水域内部の魚類生息環境としての課題（河川と水田域）

河川と水田水域の接続点において移動障害が取り払われたとしても、水田水域内部に魚類の生息に適した環境が整っていなければ、魚類生息へ配慮したとはいえない。

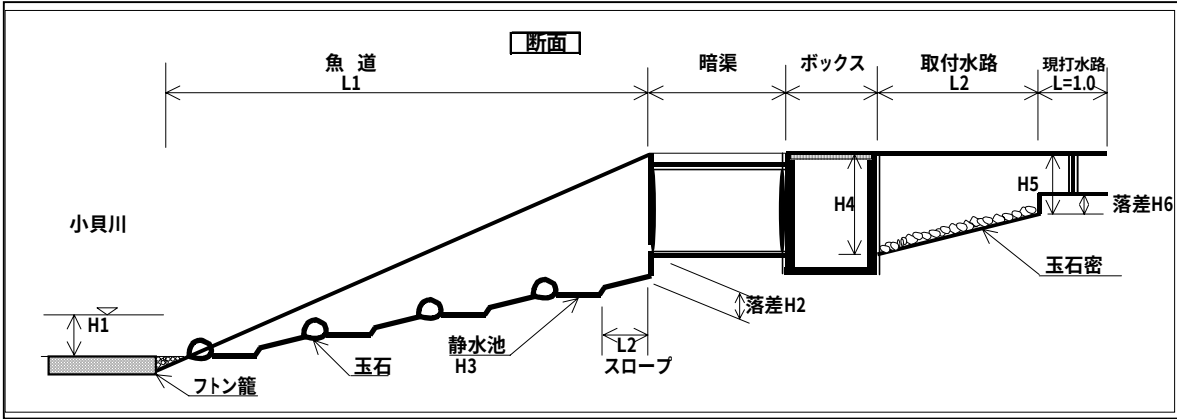
調査は、河川と水田水域間の魚類の行き来を念頭におき、営農を前提とした水田水域内部における魚類移動等実態から、今後の農村整備を進める上での課題、留意事項を整理することをねらいとした。

（２）河川と水田水域の連続性に関わる技術的改善策の検討

①現況の樋管施設について

本調査では河川と農地内の水域を結ぶ接続点における連続性を主題として取り上げており、小貝川地区についても特に災害復旧で整備された「多自然型」の農業用排水樋管に注目して調査を実施した。配慮工法を取り入れた排水樋管はこの河川区間（災害復旧河川改修区間）に１９箇所あり、斜路はコンクリートに玉石を複数列貼り付け、玉石下部を削ってプールとした階段式の構造で、堤防内をヒューム管が通り水路へ接続する構造となっている。標準の断面を「図－４ 魚道の標準断面図」に示す。なお排水樋管の位置は「図－２ 小貝川地区排水樋管流域土地利用図」へＮｏ１～１９で示した。

図－４ 魚道の標準断面図

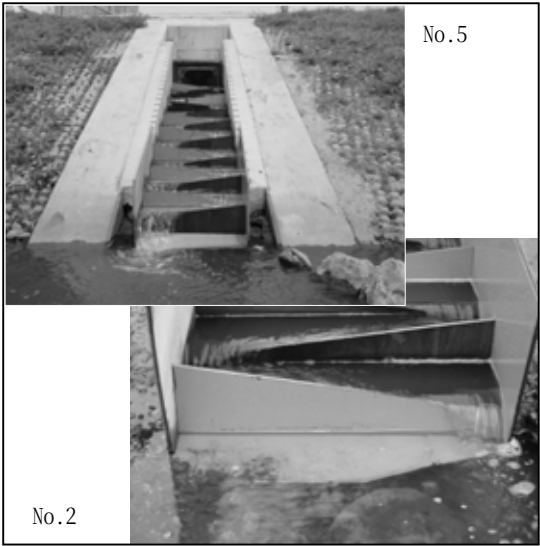
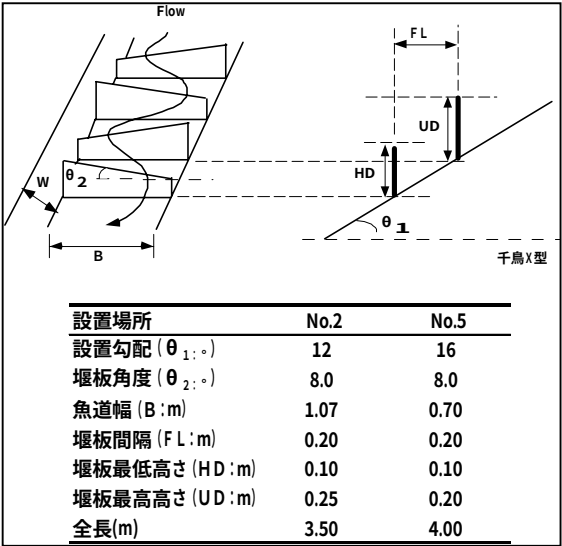


②調査内容

上記①の樋管と樋管を利用した千鳥 X 型魚道を試験施工し、魚道機能を調査した。
千鳥 X 型魚道は No 2 と No 5 に設置し、その施工の緒元および状況は、図－５および写真－１のとおりである。また既設樋管および千鳥 X 型設置個所で魚類の移動調査を行った。

図－５ 施工の緒元

写真－１



【千鳥 X 型魚道について】

千鳥 X 型魚道は、その流程において一定のリズムを繰り返す構造となっている。すなわち、多様な越流速とプールの繰り返しである。魚道を魚類の移動経路として考えた場合の魚道内の流れは、流速の多様性が維持され、魚が遡上経路を容易に学習できるような工夫が必要とされている。また千鳥 X 型魚道は小流量時でも魚道内にプールをつくり、また隔壁越流部の水深を確保できる構造になっており、小水路の流量変動に対応して常時魚類の遡上が可能な構造になっている。

本地区で施工した千鳥 X 型魚道は堰板を抜くことで魚道内に溜まった土砂をフラッシングすることが可能である。また、非灌漑期は堰板を外しておくこともできる。すなわち、魚道としての機能を維持するためのメンテナンスは容易であるといえる。また、No.2 に比べて No.5 の遡上数が少なかったことから、千鳥 X 型魚道の機能の限界が示唆された。特に、全面越流の状況では越流部の流速の増加とプール内の流況の乱れを招くことが分かっている。そのため、想定される流量によっては、余水吐を併設する対策が必要となるだろう。

③調査結果要約

ア) 小貝川魚類生息状況

小貝川本川は、4つの排水樋門と小貝川本川が合流する地点が含まれる区間を対象として、取水堰により分断された4つの河道区間を調査区 St.A～D(それぞれ No.2、No.5、No.7、No.13)と設定し、各調査区間において電気ショッカーを用いた調査員3名による魚類採捕を行った。なお、各河道区間は流路延長が異なるため、流路長当たりの単位時間を設定して、各河道区間の調査努力量が一定となるように努めた。小貝川本川における採捕魚数、魚種は、ウグイ、カワムツ、オイカワ、カマツカ、タモロコ、モツゴ、コイ、フナ類、ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウ、ナマズ、メダカ、トウヨシノボリの5科14種であった。総採捕数は1331個体で、優占種は、カワムツ、オイカワであった。また、各調査区間において、採捕魚種および採捕数の偏在はみられず(Kruskal-Wallis test $p < 0.05$)、堰による魚類の生息域の影響はないと考えられる。なお、小貝川本川における各調査区間での採捕魚種と個体数および体長組成は表－1のとおりである。

表－1 小貝川本川における各調査区間での採捕魚種と個体数および体長組成

Total																					
St.1					St.2					St.3					St.4					Total	
魚種名	n	Body length(mm)				n	Body length(mm)				n	Body length(mm)				n	Body length(mm)				
		Ave.	S.D.	MAX	MIN		Ave.	S.D.	MAX	MIN		Ave.	S.D.	MAX	MIN		Ave.	S.D.	MAX		MIN
ウグイ	2	54.0	1.4	55	53	1			59		5	159.2	51.2	212	102						
カワムツ	46	64.5	35.0	160	23	17	43.9	12.6	67	19	97	53.1	23.8	157	28	125	48.0	17.2	120	22	
オイカワ	68	52.7	16.6	100	28	48	59.6	17.0	103	34	78	63.1	16.9	102	28	73	61.5	16.2	93	25	
カマツカ	57	81.1	15.6	116	42	25	72.7	36.2	120	22	33	88.6	19.9	110	22	46	87.6	19.9	119	25	
タモロコ	18	57.1	9.0	72	42	13	50.4	9.6	62	30	52	46.4	11.3	68	27	64	46.4	7.2	62	29	
モツゴ	9	76.7	7.8	90	65	2	60.0	4.2	63	57	16	61.6	14.8	82	32	35	65.6	13.3	82	36	
コイ	3	217.0	149.6	380	86						0										
フナ類	44	65.8	15.2	97	32	25	54.9	32.9	178	26	66	55.7	30.3	180	23	62	53.7	18.6	112	30	
ドジョウ	20	76.2	19.2	122	43	55	65.1	13.7	98	32	24	71.8	18.4	111	45	67	61.0	18.1	120	36	
シマドジョウ	2	61.5	13.4	71	52	1			58		10	49.9	4.3	59	43	9	50.1	10.5	65	34	
ホトケドジョウ																1				38	
ナマズ						2	380.0	14.1	390	370	1			440		1				340	
メダカ	1			23		1			19												
トウヨシノボリ	1			42		3	37.7	7.4	46	32	1			43		1			57		
Total	271					193					383					484				1331	

イ) 施設の遡上・降下状況

千鳥 X 型魚道などにおける魚類の遡上・降下のモニタリング調査結果概要は以下表－2、3のとおりである。

表－2 魚道の水利特性と遡上魚に関する調査結果

	No.2	No.5	No.7	No.13
①降下魚	優占種 : ドジョウ 体サイズ(25～123mm)	優占種 : ドジョウ 体サイズ(38～106mm)	優占種 : ドジョウ、 タモロコ 最小体サイズ ドジョウ 13mm、 タモロコ 18mm	トラップ 故障
②降下魚の 月別体長分布	ドジョウはいずれの 月も当歳魚の体サイ ズが多い。成魚もわ ずかではあるが降下 する。	ドジョウは当歳魚と 成魚の体サイズが見 られる。 両サイズで2峰化し ている月もある。	タモロコ、モツゴ、フ ナ類で、5月は成魚の 体サイズが多く、それ 以降の月は当歳魚が 増加する傾向があっ た。	同上
③遡上魚の月 別体長分布	タモロコ:成魚の体サ イズが5月に多い			同上

表－3 各排水樋門から降下した魚類の調査結果

	No.2	No.5	No.7	No.13
①遡上魚	遡上総数：126 個体 優占種：タモロコ 確認種：2 科 6 種	遡上総数：44 個体 優占種：オイカワ 確認種：2 科 5 種	遡上総数：57 個体 優占種：タモロコ 確認種：3 科 6 種	遡上総数：808 個体 優占種：タモロコ 確認種：4 科 11 種
②成熟した遡上魚	タモロコ 73% カワムツ 17% ドジョウ 83%	オイカワ 24% フナ類 67% ドジョウ 86% カワムツ 11%	全遡上魚について、 成熟魚の占める割合は小	全遡上魚について、 成熟魚の占める割合は小
③小貝川本川における採捕魚数	5 科 14 種（ウグイ、カワムツ、オイカワ、カマツカ、タモロコ、モツゴ、コイ、フナ類、ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウ、ナマズ、メダカ、トウヨシノボリ：総採捕数 1,331 個体：斜体は優占種）			
④調査期間中の遡上魚数の推移と降雨量	降雨時、あるいは降雨後に魚が遡上する傾向が示唆された			降雨と関係なく遡上している
⑤遡上魚の月別体長分布	タモロコ：成魚の体サイズが 5 月に多い			カワムツとオイカワは絶えず遡上

④考察

遡上と降下のどちらも確認できた No.2、No.5、No.7 について、タモロコやドジョウ、フナ類は遡上個体に占める成熟魚の割合が高く、またこれらの魚種の当歳魚が多く降下していた。すなわち、これらの魚種は、産卵目的のために小貝川から遡上していると考えられた。さらに、配慮型排水樋門 No.7 では、上記の 3 種に加えて、カマツカ、シマドジョウ、メダカ、トウヨシノボリの当歳魚の降下が確認された。一方で、土水路内において多数採捕されたメダカ、フナ類の降下は少なかった。No.7 上部の土水路は通年通水であることから、これらの魚種については、土水路内で生活史を全うしている個体がいると考えられる。また、灌漑期には樋門直上に取水堰（60cm）が設けられ、生息魚の小貝川からの遡上は困難であると思われる。すなわち、この土水路内に生息している魚類群集は、種間競争にさらされにくい隔離された水域によって維持されていると考えることもできる。一方で、魚道による水域ネットワークの構築は、新たな種の移入を促すことになる。従って、水域ネットワークの再構築を検討する際には、生息魚の移動スケールをきちんと把握しておく必要があると考えられる。

また、各排水樋門における魚種別の遡上の推移と、アメダスによる烏山地点での降雨量との関係を調査した。No.2、No.5、No.7 のいずれの排水樋門についても、降雨時あるいは降雨後に魚が遡上する傾向が示唆された。一方で、No.13 の排水樋門は、降雨とは関係なく遡上している魚の存在が確認された。

降雨がない時期が続く小貝川本川の水位が低下した場合、写真－1 のとおり魚道末端と本川の落差が拡大する。また洗掘などで河床高の変動も考えられるため、移動障害解消施設は根入れすることが望ましい。なお、本調査での施設は原形復旧を基本とする災害復旧事業の下で整備されたものであり、その突発かつ緊急的な性格から十分な事前調査・調整が困難なことや、施工当時に樋管等小水路における魚道整備に関する諸元が一般化されていなかった背景を書き添えておく。

(3) 水田水域内部の魚類生息環境としての課題（河川と水田域）

①調査内容

河川とのつながりを持ち、農業生産活動が営まれている中での魚類生息域としての現状・課題を把握する目的から以下の物理的条件を考慮して No. 13 樋管流入地域を選定した。

ア) 現状において河川との行き来が十分に想定される樋門流域である。

イ) 排水流域面積が大きく、流域内に多くの水田を抱えるとともに、水田との繋がりもあり、水利用に伴う移動制限も見受けられる水域である。

②調査結果要約

ア) 水量・水質

集水域が小さく、降水に左右される不安定な水量で、水田に必要な水量を安定的に賄えない状況である。水質は、水量の大小と関係し各水系における排水、用水の水利用形態に依存する傾向にある。

水源が沢水であるため上流域の水温は低いが、反復水として利用されるため下流域になるに従い高くなる。水質の COD 値は、平均的には 2～5mg/l の値であった。

イ) 水路構造

水路構造はほとんどが土水路で、水路幅 0.5～1m 程度、灌漑期には取水堰や水田に取入する堰が張られる。水路勾配は緩急が多くよどみ・えぐれなど変化に富んだ水域が連なっている。土質は上流部の泥砂から砂、砂礫と変化している。

ウ) 植生

植生はマコモ、クサヨシなど抽出植物を中心に被覆しており、特に堰など人為的付帯構造の上流部は顕著である。

エ) 灌漑期間と水田周りの管理状況

水田水域の灌漑期間は、4 月下旬に堰が張られると同時に代掻きが始まり、田植え、中干しと、農事によって水利用が行われ、8 月下旬に落水し堰が撤去される。調査地域の農事ごよみ（営農暦）を表－4 No.13 排水樋門流域の水田水域 農事ごよみに示した。この間、水路の土手や畦に自生する雑草は、土手、畦が脆弱にならないよう除草剤を使用せず、昔ながらの月に 1 回程度の草刈作業によって管理が行われ、良好な自然環境が維持されている。

表－4 No.13 排水樋門流域の水田水域 農事ごよみ

調査日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	5月								6月								7月								8月							
	1日	4日	7日	12日	16日	21日	26日	30日	4日	8日	12日	18日	22日	28日	5日	9日	13日	18日	23日	27日	31日	5日	11日	16日	21日	26日	31日	6日	11日	17日	23日	28日
農事	植付別	代かき期			活着期				分けつ期						穂孕み期						出穂期						登熟期					
	早期	5/1～5/10			5/11～5/31				6/1～6/30						7/1～7/25						7/26～8/15						8/16～9/5					
	普通	5/11～5/20			5/21～6/10				6/11～7/10						7/11～8/5						8/6～8/25						8/26～9/15					
	水管理	田植え							中干し												落水						稲刈り					

注 1) 植付期別は、圃場整備事業小貝川 I 期地区計画書を参考に現地聞き取り調査による。

注 2) 水管理は、現地実態調査による。

オ) 魚類の生息モニタリング調査概要

対象地域と小貝川本川での魚類の生息状況調査結果の一例を図－6 カマツカ・モツゴ分布図に示した。

③考察

ア) 現状評価

小貝川現地におけるこのたびの調査を通じての水田水域ネットワークの評価として、小規模ではあるが現状の農業生産活動との共生のもとに、魚類の生息可能な場所や水域間を行き来できる形態が総じて良く保全されているということが言える。

この形態をつくりだしている条件を項目で整理すると次の内容が挙げられる。

- a. かんがい期～非かんがい期を通して水路にまとまった量の水が流れていること
- b. 小貝川本川との魚類の往来が可能であること
(No.13 樋門に取り付けられたフラップゲートは遡上障害となっていると考えられるが)
- c. 水田への出入りが可能であること
- d. 水路内に魚類の産卵・待避・越冬の場となり得る環境条件があること
- e. 地域住民（農家）の現環境に対する関心があり、管理がされていること

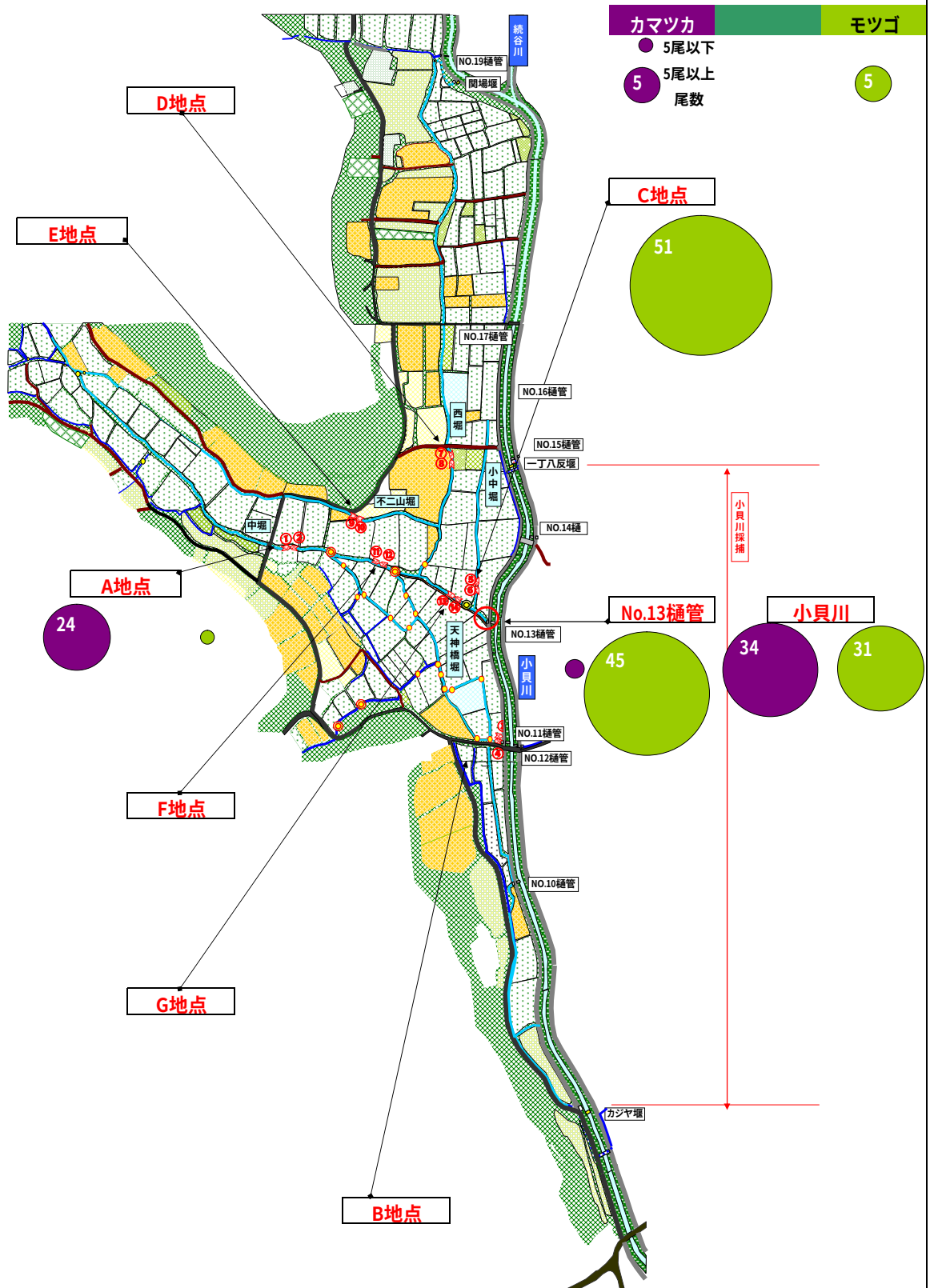
イ) まとめ

当地域が圃場整備などの農業生産の合理化、省力化を求める一方で現在の農村環境を維持していくためには、人の営みと様々な生物との共生という見地に立って、具体的にはア) の a. ～ e. にあげた条件を記載した。

また、小貝川上流域の魚類生息環境は、ある溪流を基本としこれに沿った谷津田と田の間を縫うように配された水路で構成された小規模なブロックの集まりであり、地域としては一様に見えるが、メダカがいる場所、ホトケドジョウが優占種となっている場所、ため池のある環境などそれぞれ個性を持って存在している。

カマツカ・モツゴ分布図

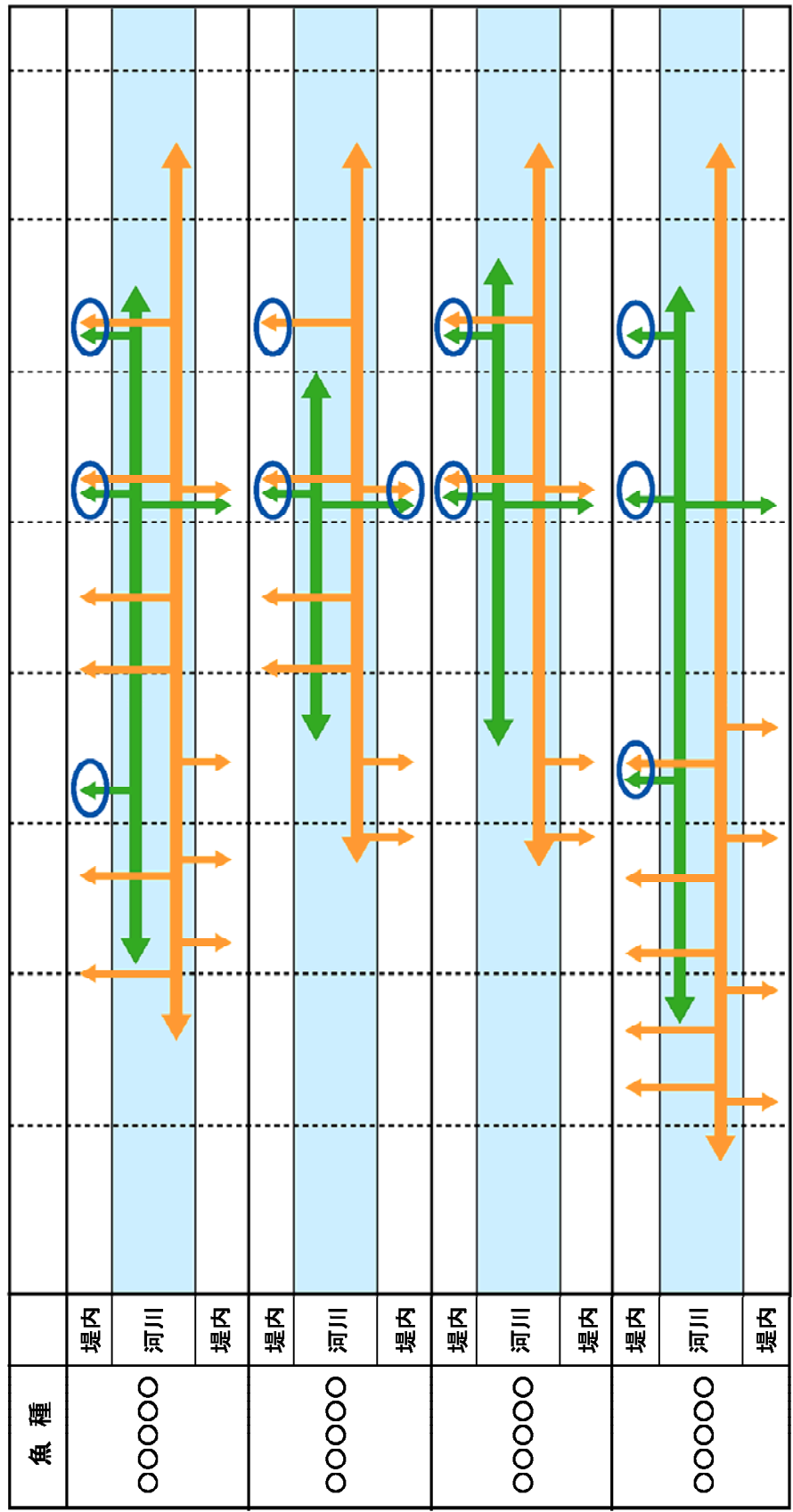
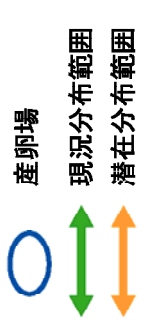
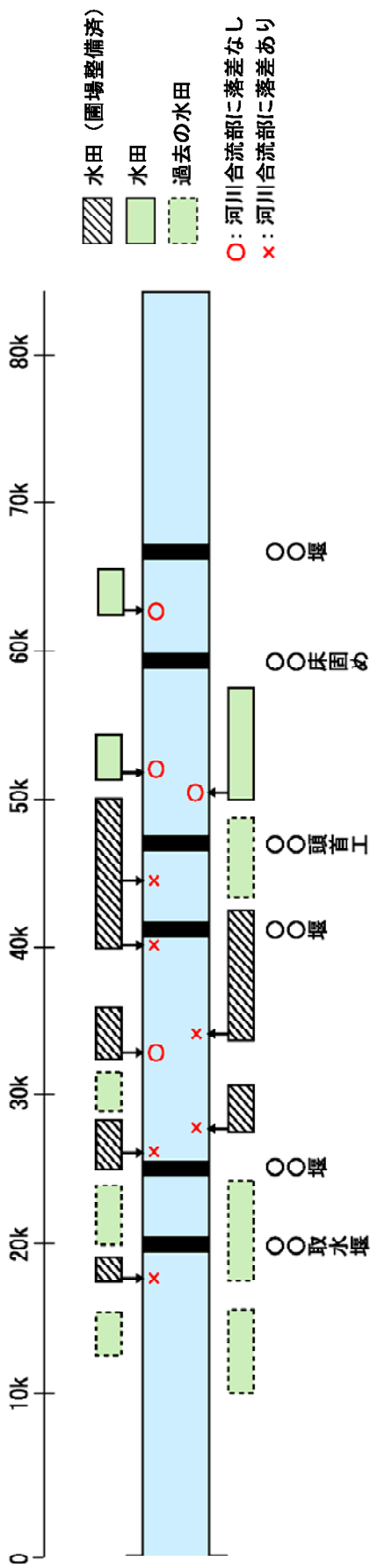
図一 6



第8章 参考資料

○参考資料-1 魚類の分布と水田の状況の整理イメージ

河川側から事業対象箇所を検討する場合、過去と現在の水田の存在状況や、魚類の利用状況の変遷、圃場整備の状況、本川上の魚類の分布状況などから設定する。



図一 魚類の分布と水田の状況の整理イメージ

用語解説

用 語	解 説
あ 行	
いけぼ 池干し	ため池の維持管理のため、冬季に農業用ため池の水を落とすことをいう。このとき水草の除草や、栄養分の多い底泥を除去するため、池の富栄養化や生態系の遷移が抑えられる。
ウケ (うゑ) (釜)	魚を捕る具。細い割り竹を編んで、筒または底なし徳利の形に造り、入った魚が出られないように漏斗状などのかえしをつけたもの。うゑ。【広辞苑】
か 行	
からん 攪乱	河川では洪水と渇水の間で流量が変動しさまざまな状態を繰り返す。また、流れによる土砂の侵食・運搬・堆積作用により、空間的にも瀬・淵という変化する形状をつくりだす。このような、常に変動して平衡を保つ特徴のことをいう。 河川における生物の多様性を保持する重要な要因の一つである。
かはんりん 河畔林	河川の水際や河川沿いに存在する樹林を言う。 一般に、平野部の蛇行河川に沿った樹林帯を河畔林とよび、山間部の溪流沿いの樹林帯を溪畔林とよぶ。
かわ 川のシステム	河川の多様な環境は、流域からの物質の流入と移動により形成される物理的な環境、生物やハビタットの観点から見た生態的な環境、人為的活動の観点から見た社会的な環境から成り立っている。川の物理的環境や生態系は、時折発生する洪水により攪乱や更新を受けるが、その一方で再生して行く復元性をもっている。こうした川の環境が有する性質のことをいう。
さ 行	
さんらんきしつ 産卵基質	石や草など、魚類等が卵を産み付ける対象物のこと。たとえばタナゴ類は二枚貝を産卵基質とする。
じぎょう じっし じゅえきち 事業実施受益地	事業を行うことによって、利益を受ける土地のこと。
シロカキ (代掻き)	稲の発育を良くする等のため、田植え前の田に水を満たし、土塊を砕いて田面を平らにする作業。 【広辞苑】
すいせいこう 水制工	川を流れる水の作用（浸食作用など）から河岸や堤防を守るために、水の流れる方向を変えたり、水の勢いを弱くすることを目的として設けられる施設。求められる機能に応じていろいろな形状・構造のものがある。
すいり くみあい 水利組合	農業用水の組合のこと。
た 行	
タウナイ (タオコシ：田耕し)	田植え前の準備として、稲刈り後、固く締まった田んぼの土を掘り返す作業。
たまいし 玉石	天然に産する丸みを帯びた石の総称。通常、粒径15cm～18cm以上のものをいう。【土木用語大辞典】
タモ ^{あみ} 網	竹・木などの骨組みに網を張った小型の掬い網のこと。【広辞苑】
とうじゅく 登熟	受精後、子房は急速な発達を開始する。同時に胚珠も発育をはじめそれぞれ種皮・胚・胚乳を形成し種子ができる。この種子形成の過程を登熟という。 【農学大辞典】

用 語	解 説
どち かいりようく 土地改良区	土地改良事業を行う団体で、土地改良法により設立を認められた法人。農業を営むもので構成され、農用地の保全や利用上必要な施設の新設・管理、区画整理等の土地改良事業を実施する。
どち かいりようほう 土地改良法	農業の生産性の向上、農業総生産の増大、農業生産の選択的拡大および農業構造の改善に資することを目的として、農用地の改良・開発・保全および集団化に関する事業を円滑に実施するための手続を定めている法律のこと。
ドヨウボシ（土用干し）	8月稲を頑丈に育てるために田の水を落とすこと。
な 行	
なかぼ 中干し	7月中頃に田んぼの水を落とし、田を干すこと。土に酸素を送ることによって、嫌気性微生物の活動を抑え、有害物質の生成を防いで根を健全にし、深層への成長を促す目的で行われる。また無効分けつ（穂をつけないか、つけても実らない茎）を抑える効果もある。
ナワシロ(苗代)	種もみを田植えまで育てるところ。
のっこみ（乗っ込み）	魚が冬ごもりを終えて、それぞれ深場から浅いところへと移動を開始すること。産卵期を前にしての、餌あさに盛んに遡上する現象。【広辞苑】
は 行	
ビオトープ 【biotope】	生息地、すみ場、すみ場所、立地(site)生物の個体あるいは個体群が棲んでいる場所。生物の生活にとって生息場所は、最も近接的・直接的な生活諸条件を与える場である。【生物学辞典】
ふかきん 賦課金	土地改良区の経費として、事業を行う経費と運営上必要な経費は土地改良区の構成員の負担で成り立っている。この負担金のことをいう。
ほじょう せいび 圃場整備	機械化による生産性向上を図る目的で、圃場を管理しやすく作業効率が高くなるよう整備すること。排水改良、区画拡大、農道整備等を行う。
ま 行	
ミティゲーション 【mitigation】	開発に伴う環境への影響を極力減少させるとともに、開発によって損なわれる環境をその場所に復元、または創造することによって、環境への影響をできるだけ緩和しようとする考え。その内容には、回避、最小化、矯正、低減および代償がある。
むこう ぶん 無効分けつ	イネの茎は節と節間からできており、カンとも呼ばれる。カンから穂をつけないか、つけても実らない茎が分けつすることを指す。
モンドリ	筌(ウケ)の一種。
わ 行	
ワンド 【wando】	河川敷にできた池状の入江のことで、本流から独立して池になっているものでも「わんど」と呼ぶことがある。河川改修によって直線的になった河川では「わんど」が魚類の産卵場所や幼魚の育成場として重要な役割を演じる。【山溪カラー名鑑 日本の淡水魚】

●引用・参考文献

- 1) 池内幸司・金尾健司 日本における河川環境の保全・復元の取組みと今後の課題 応用生態工学 vol.5、No.2、pp205-216、2003
- 2) リバーフロント整備センター編著 まちと水辺に豊かな自然をIII 多自然型川づくりの取組みとポイント 山海堂 1996
- 3) 農林水産省農村振興局 計画部土地改良課 日本水土図鑑 2002
- 4) 野間優子・村岡敬子・大石哲也・天野邦彦 河川・水田地域の形態や歴史的変遷からみた魚類生息場の評価 土木技術資料 vol.46 No.5 2004 土木研究センター
- 5) 農林水産省農村振興局計画部資源課 平成 12 年度 農業農村整備推進生態系保全対策調査報告書
- 6) 江崎保男・田中哲夫(編) 水辺環境の保全-生物群集の視点から- 朝倉書店 1998
- 7) 浜島繁隆・土山ふみ・近藤繁生・益田芳樹(編著) ため池の自然－生き物たちと風景 信山社サイテック 2001
- 8) 安室知 水田をめぐる民俗学的研究・日本の稲作の展開と構造 慶友社 1998
- 9) 奥田重俊・柴田敏隆・島谷幸宏・水野信彦・矢島稔・山岸哲 川の生物図典 山海堂 1996
- 10) 鈴木正貴・水谷正一・後藤 章 小特集 環境に配慮した新技術 4.水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発 農業土木学会第 68 巻 12 号
- 11) 宮地博三郎・川那部浩哉・水野信彦 原色日本淡水魚類図鑑 全改訂新版、保育社、1996

●写真提供

第1章 事業連携の意義

P9（左上・右中）・P10（右）：財団法人 リバーフロント整備センター／P9（右上）国土交通省 京浜河川事務所／P9（左中）岩田誠／P9（左下・右下）国土交通省 荒川上流河川事務所／P10（左）：国土交通省 木曽川下流河川事務所

第2章 身近な水域間の魚類等の生息環境の改善に向けた基本的な考え方

P18：独立行政法人 土木研究所

第3章 目標設定

P23（左上）：農林水産省 関東農政局／P23（右上）：農林水産省／P23（左下・右下）・P29（左・右）・P30（左上・右上・左下・右下）：独立行政法人 土木研究所

第4章 身近な水域間のネットワークの改善手法

P36：農林水産省 関東農政局／P37（上）・P38（上・下）・P41（上）・P43（左下）：財団法人 リバーフロント整備センター／P37（左下・右下）・P43（上）：国土交通省 菊池川河川事務所／P40：滋賀県水産試験場／P41（右下）：農林水産省／P43（右下）：君塚芳輝

●協力

宇都宮大学農学部農業環境工学科／独立行政法人土木研究所／栃木県農務部農地計画課／栃木県土木部河川課／栃木県芳賀農業振興事務所／栃木県真岡土木事務所／栃木県土地改良事業団体連合会／栃木県市貝町／熊本県土地改良事業団体連合会／熊本県七城町／熊本県鹿本町