

農業水路系における生物多様性保全のための技法と留意事項

～環境配慮対策実施地区の効果検証に基づいて～

令和 4 年 7 月

農林水産省 農村振興局 鳥獣対策・農村環境課

はじめに

平成 13 年に土地改良法が改正され、「環境との調和への配慮」が位置づけられて以降、土地改良事業（以下「事業」という。）において、生物多様性保全の取組が進められてきたところですが、環境省が設置した有識者会議「淡水魚保全のための検討会」による「二次的自然を主な生息環境とする淡水魚保全のための提言（平成 28 年 4 月公表）」においては、「二次的自然を主な生息環境とする淡水魚は、その多くが希少種に選定され、また、地域的な絶滅が懸念されるような危機に陥り、保全のための取組の必要性が特に高くなっている」とされています。

事業で整備した生態系配慮施設については、その 7 割が供用後 10 年以上経過していますが、事業における生態系配慮に精通している多くの有識者から「取組によって得られた効果は、ほとんど検証されていない」「失敗事例集だけでなく、成功事例をきめ細かく、収集、整理、分析してこれからの施設設計や維持管理に活かしていくことも有用」などの指摘がなされているところです。

このため、事業において生態系配慮施設を設置するだけでなく、設置後の効果検証、検証結果を踏まえた施設機能の向上に資する取組等、よりきめ細やかな対応を行っていくことが重要な課題となっています。

よって、農業用排水路における生物多様性保全に向けた取組の促進と効果の更なる発現を図るため、全国 10 地区の環境配慮対策実施後の生物多様性保全活動の実態等の把握や当該配慮対策の効果を評価し、生態系配慮施設の整備手法等に係る留意事項・課題等を技術情報として取りまとめました。取りまとめに当たっては、「二次的自然環境における生物多様性保全に係る有識者委員会」（座長；水谷正一 宇都宮大学名誉教授）を開催し、12 名の有識者の方々より様々な方面からのご意見・ご指導をいただきました。農業農村整備事業の調査・計画担当者のもとより、土地改良区等施設管理担当者等におかれましてもご活用いただけると幸いです。

なお、本資料は、作成時点の技術的知見に基づいているため、今後の新たな技術の発展、知見等の蓄積を踏まえ、必要に応じて改定する方針です。

二次的自然環境における生物多様性保全に係る有識者委員会

委員名簿

座長

水谷 正一 宇都宮大学 名誉教授

委員（農村生態系分野）

角道 弘文 香川大学創造工学部 教授

神宮宇 寛 福島大学農学群食農学類 教授

鈴木 正貴 岩手県立大学総合政策学部 准教授

中田 和義 岡山大学学術研究院環境生命科学学域 教授

皆川 明子 滋賀県立大学環境科学部生物資源管理学科 准教授

嶺田 拓也 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門 上級研究員

森 淳 北里大学獣医学部生物環境科学科 教授

守山 拓弥 宇都宮大学農学部農業環境工学科 准教授

渡部 恵司 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
本部理事長室理事長補佐チーム 主任研究員

委員（環境DNA分野）

小出水 規行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
企画戦略本部 セグメントIV理事室長

源 利文 神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 教授

※敬称略 分野別五十音順 令和4年3月現在

目次

1. 本資料について	1
1.1 背景	1
1.2 位置づけと目的	3
1.3 内容	4
1.3.1 実証調査による環境配慮対策の効果検証	4
1.3.2 計画・設計・維持管理段階における技術情報と留意事項	4
1.3.3 新しい調査技術に関する技術情報	5
2. 実証調査の概要	6
2.1 実証調査の概要	6
(1) 調査の目的	6
(2) 調査対象地区の概要	6
2.2 調査方法	8
(1) 調査範囲の設定の考え方	8
(2) 生物調査	10
(3) 水路内の物理環境調査	11
3. 環境配慮対策の実施効果の検証	12
3.1 解析の方向性と手法	12
3.1.1 解析の方向性	12
3.1.2 データの区分	14
(1) 地区特性によるデータの区分	14
(2) 生態系配慮施設の設置状況と経年変化をふまえた調査地点の区分	17
(3) データのスクリーニングと加工	20
3.1.3 解析手法	22
(1) 地点区分別のデータ群間の有意差検定とボックスプロットの作成	22
(2) 二次的自然に依存する魚種の生息に適した環境条件の解析	25
3.2 全国 10 地区のデータを用いた解析	26
3.2.1 環境配慮対策の効果の解析	26
3.2.2 生態系配慮施設ごとの解析	29
(1) 解析対象とした生態系配慮施設	29
(2) 生態系配慮施設ごとの解析結果の概要	30
3.2.3 二次的自然に依存する魚種の生息に適した環境条件の解析	46

(1) 一般化線形モデルを用いた生息に適した環境条件の検討	46
3.3 地区ごとのデータを用いた解析	51
4. 計画段階に係る技術情報等	73
4.1 環境配慮対策の検討	73
(1) ネットワークの接続性を考慮した環境配慮対策の検討	73
(2) 地区特性を考慮した環境配慮対策の検討	75
(3) 保全対象生物に応じた環境配慮対策の種類と組合せの検討	77
4.2 環境配慮に係る維持管理計画の検討	81
5. 設計段階に係る技術情報等	82
5.1 環境配慮工法の選定に係る留意事項	82
5.1.1 水路における生物のネットワーク	82
(1) 移動経路の確保に寄与する工法と留意事項	82
(2) 生息・生育環境の確保に寄与する工法と留意事項	85
5.1.2 水路と水田における生物のネットワーク	96
(1) 移動経路の確保に寄与する工法と留意事項	96
5.2 環境配慮工法の詳細設計に係る留意事項	98
(1) 施設の詳細設計において参照可能な情報の整理	98
6. 維持管理・モニタリング段階に係る技術情報等	100
6.1 維持管理	100
(1) 維持管理体制に係る現状と課題	100
(2) 生態系配慮施設ごとの維持管理に係る留意事項	103
6.2 モニタリング	106
(1) モニタリングの実施における現状と課題	106
(2) 住民参加型のモニタリングの実施事例	107
(3) 施工時や事業完了後のモニタリングにおける留意事項	107
(4) モニタリングにおける新手法の適用	108
7. 新しい調査技術に関する技術情報	109
7.1 環境 DNA 調査の適用に関する解説	109
(1) 環境 DNA 調査とは	109
(2) 現地調査方法	111
(3) 環境 DNA 分析の方法と適用可能な生物分類群	113
(4) 環境 DNA 調査の利点と課題	114
(5) 環境 DNA 調査の流れ	115

(6) 環境 DNA 調査を実施する上での留意事項.....	116
(7) 環境 DNA 調査の現場適用性（採捕調査及び文献調査との比較結果）	118
(8) 環境 DNA 調査に関する参考文献	122
7.2 環境 DNA 調査の適用について	124
7.3 環境 DNA 調査の活用例	125
(1) 活用例 1：広域的な生物の生息確認.....	125
(2) 活用例 2：注目すべき種の生息確認.....	126
(3) 活用例 3：生態系配慮施設等の整備効果の検証	127
8. 参考資料・引用資料.....	129
9. 用語集.....	131
巻末資料（環境 DNA 分析用サンプルの採水マニュアル）	巻末 1～13

1. 本資料について

1.1 背景

環境に対する国民の関心の高まりを受け、土地改良事業の実施に当たっては、周辺環境への負荷の低減や影響の回避等の配慮が強く求められるようになってきた。このような状況への対応として、食料・農業・農村基本法（平成 11 年法律第 106 号）第 24 条において、農業生産の基盤の整備に当たっては、農業の生産性の向上を促進するため、「環境との調和に配慮しつつ」必要な施策を講ずることとされた。

さらに、平成 13 年には、土地改良法の一部を改正する法律（平成 13 年法律第 82 号）により、土地改良事業の実施に当たっては、「環境との調和に配慮すること」が原則化された。平成 14 年には、環境との調和に配慮した農業農村整備事業等基本要綱（平成 14 年 2 月 14 日付 13 農振第 2512 号）が制定され、農業農村整備事業等については、地域の合意形成のもと市町村が作成する農村地域の環境保全に関する基本計画である田園環境整備マスタープラン（以下、「マスタープラン」という。）を踏まえて実施することが、新規地区採択時の評価項目として明確化された。マスタープランに定められるべき事項については、田園環境整備マスタープランの作成等に関する要領（平成 14 年 2 月 14 日付 13 農振第 2513 号）で示された。

こうした事業実施における環境との調和に配慮した取り組みは、着実に定着しつつある中、これまでの様々な地域で行われてきた生態系配慮対策の事例等が整理され、現状の課題と今後の方向性について、令和 2 年 3 月に生態系配慮技術指針検討調査委員会※により「今後の生態系配慮の方向性（提言）」として取りまとめられた。その中では、生態系配慮にかかる検討すべき課題として、以下の 5 項目が挙げられている。

- ①生態系配慮の指導・助言体制の強化
- ②持続可能な生態系配慮に向けた新技術の開発・活用
- ③農地の大区画化・汎用化等に対応した生態系配慮手法の確立
- ④中山間地域における生態系配慮対策の推進
- ⑤人が集う地域づくりにつながる生態系配慮の取組の推進

課題①では、平成 30 年度に実施した都道府県へのアンケート結果において、環境に配慮した施設や取組の効果を検証したり、事後評価（施工後のモニタリング）を行う仕組み（体制）を有する都道府県は半数以下となっていることから、計画段階に加え、調査段階や施工中の指導・助言体制、さらに施工後のモニタリング体制の充実を図る必要性が示されている。

課題②では、従来の生きものの調査は採捕や目視によるものが主で、生きものに関する専門知識が必要であり、また、調査に多くの費用を必要とすることから、採取した水路等の水を分析することで、その地点に生息する魚類等を推定する「環境 DNA 分析」を新しい生物調査手法の例に挙げ、そうした技術の活用を推進する必要性が示されている。

課題③では、農地の大区画化と合わせて進展する経営規模の拡大により、少数の農業者が

広大な面積を耕作することとなり、農業者だけでは生態系配慮施設の維持管理が困難になることなどから、「多面的機能支払交付金」等を活用して、地域住民も含む地域ぐるみで農地や水路などと併せて生態系配慮施設を含む農業水利施設の維持管理を行うなど、農業生産性の向上と生態系配慮を両立させるための工夫の重要性が示されている。

課題④では、中山間地域の人口減少による限界集落化や高齢化の進行による集落機能の低下等により、荒廃農地の増加や、維持管理できない用排水路等の増加により、多様な生きものが生息する農地や水路等の二次的自然に影響を及ぼす恐れが指摘され、地域ぐるみ、地域住民と都市住民、複数の集落間など多様な人・組織の連携や集落間の広域連携による水路等の維持管理体制の強化が示されている。（「中山間地域等直接支払制度」「多面的機能支払交付金」等の活用）

課題⑤では、農村地域の人口減少や高齢化の進行により、農村地域における地域コミュニティが希薄になったことにより、生態系配慮の取組を維持することが難しくなっていることから、生態系に配慮した水路の整備などを契機として、農家や地域住民が農業・農村の有する環境価値や文化的価値を再認知し、具体的な実践活動を通じて地域内外の人々との交流を促進することの重要性が示されている。

※生態系配慮技術指針検討調査委員会とは、環境との調和への配慮の原則化から20年を迎えるに当たって、平成29年度から令和元年度にかけて開催された、農業農村整備事業における生態系配慮の実態把握及び評価を行うに当たり専門的見地からの助言・指導を行った委員会

1.2 位置づけと目的

農林水産省では、1.1 章に述べた背景と課題に対応するため、令和元年度から令和 3 年度までの 3 か年にわたり、「二次的自然環境における生物多様性保全検討調査」（以下、「本調査事業」という。）を実施した。本調査事業では、環境配慮対策実施後の効果を検証するとともに、地方公共団体の農業農村整備事業の調査・計画担当の技術者や土地改良区等施設管理担当の技術者を対象に、検証結果を踏まえた施設機能の維持、向上に資するよう、施設の計画・設計や供用の際に留意すべき事項の取りまとめを行うこととした。併せて、新しい調査技術である環境 DNA 分析技術の有用性と課題を検証した。

1.3 内容

1.3.1 実証調査による環境配慮対策の効果検証

本調査事業において全国の農業農村整備事業地区（10 地区）の実証区（生態系配慮施設周辺）並びに対照区（コンクリート三面張り水路等）の水生生物調査を実施し、定量的な解析により生態系配慮施設の設置効果と効果継続要因等について検証した。

農業農村整備事業においては、従来から生態系配慮施設の整備をはじめとする様々な生物多様性保全の取組が進められ、一定の成果を上げてきている。一方で、事業で整備された生態系配慮施設が、供用後にどの程度の効果をもたらしたのか、また、現在も効果が持続しているのかといった点において、継続的なモニタリングや設置後における効果検証が行われていないという課題も指摘されている。

そこで、本調査事業では、これまでに環境との調和に配慮した取組が行われてきた代表的な地区を対象に、事業完了後から複数年を経た時点における生態系配慮施設の設置効果の検証を実施した。

検証に当たっては、令和元年度～令和 3 年度に実施した本調査事業による現地調査データ及び既往資料等をもとに、可能な限り定量的な分析・評価手法を用いて、設置効果を検証した。本資料では現地調査から分析・評価までをまとめて「実証調査」と表記する。

1.3.2 計画・設計・維持管理段階における技術情報と留意事項

生態系配慮施設の設計、維持管理及びモニタリングの段階で必要な情報となる施設の「継続的な効果」等に着目し、事業完了後から複数年を経た時点における生態系配慮施設の設置効果の検証結果に基づき、各施設の利点や設置上の留意事項等について記載した。

実証調査による生態系配慮施設の設置後の効果検証結果をふまえ、施設ごとに、効果の継続性、地形特性や環境条件との関係、維持管理等の観点から新たに明らかになった情報を整理し、今後の事業実施時における生態系配慮施設の新設もしくは更新等の際に参考となる具体的な事例を紹介する。

本資料では、農業農村整備事業の実施に当たって、設計や維持管理、モニタリングの段階で必要な情報となる「継続的な効果」や「経年で生じる変化」などに着目し、生態系配慮施設の利点、工法選定や設計の留意事項、設置や維持管理上の留意事項等について記載した。

1.3.3 新しい調査技術に関する技術情報

現場から採水して分析するだけで水中に生息する魚などの生物を調べることができる「環境 DNA 調査」について、生態系モニタリングの効率化や省力化を図る観点から従来の採捕調査を補完する調査技術として取り上げ、具体的な調査手法や留意事項を記載した。

農業農村整備事業で求められる環境配慮のうち、特に生態系や希少種への配慮は重要なものとして位置づけられる。そうした生態系や希少種の状況を把握するための調査手法としては、従来、網や専用の仕掛けを使って生物を直接採捕する手法（採捕調査）が主に採用されてきた。採捕調査は、その場に生息している生物を直接的に確認できるという利点があるが、多様な生態特性を持つ生物を効率的に採捕したり、正確に種を同定したりするには、高度な専門技術と多大なコストや時間が必要である。また、調査の実施時には、採捕した個体が網と接触することで傷つき、死亡させるリスクがあることといった欠点もある。さらに、また、そのような調査技術を持つ技術者や研究者等の人材も、今後ますます減少する傾向にあると考えられる。

こうした中、近年、環境水中に存在する生物由来の DNA を回収し分析する「環境 DNA 分析技術」が、生態系モニタリングのための新しい調査手法として注目されている。環境 DNA 分析技術は、まだ研究の歴史が浅い発展途中の技術であり、調査事例や必要な基本情報の不足という課題が残されているものの、生態系モニタリングの効率化や省力化を図る観点から、従来の採捕調査を補完する調査方法として期待されている。

本資料では、農業農村整備事業の実施に当たって、調査やモニタリングの段階で行われる生物の生息状況の把握に活用できる新しい調査手法として、環境 DNA 分析技術を用いた生物調査（以下、「環境 DNA 調査」という。）を取り上げ、その調査方法や留意事項等について記載した。

2. 実証調査の概要

2.1 実証調査の概要

実証調査は、令和元年度～令和 3 年度に実施した全国 10 地区の生物調査結果ならびに水路内の物理環境調査結果に基づき、各地区において、設置後から数年以上経過している生態系配慮施設の配慮効果を検証したものである。

(1) 調査の目的

本資料で取り扱う現地調査結果や解析結果は、令和元年度～令和 3 年度に農林水産省農村振興局が実施した「二次的自然環境における生物多様性保全検討調査」の成果である（以下、この章において「本調査」という）。本調査は、生態系配慮施設による生物多様性保全効果を分析・評価し、その機能向上のための管理手法や留意点などを整理・検討すること、併せて、主に淡水魚類を対象にした採捕調査と環境 DNA 調査の出現種比較等により、農業農村整備事業における環境調査の効率化に資する手法を検討することを目的として実施した。

(2) 調査対象地区の概要

本調査は、全国 10 カ所の農業農村整備事業地区において行った。各調査地区における保全対象生物¹と配慮施設の概要を表 2-1 に示す。調査を実施した環境は、農業用排水路（以下、「用排水路」という。）が主であるが、一部の地区では用排水路と接続する小河川やビオトープも含まれている。

令和元年度および令和 2 年度は、かんがい期（6～9 月）および非かんがい期（10～2 月）に各 1～2 回ずつ調査を実施し、令和 3 年度はかんがい期のみ調査を実施した。

¹ 保全対象生物とは、環境配慮対策を進めるに当たり、複雑な生態系に対して環境配慮の検討のポイントを明確にするため、環境調査段階で選定した注目すべき生物から適切な種を選定し、設定する。（参考：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（農林水産省、平成 27 年 5 月））

表 2-1 各調査地区における保全対象生物と生態系配慮施設の概要

地区		保全対象生物	実証区		対照区
			生息場確保	移動経路確保	
東北	B	ギバチ、スナヤツメ、アカヒレタビラ	緩勾配、魚巢ブロック、幅広水路、深み工、現況保全（非装工）	階段式落差工（魚道タイプ）	三面張り水路
関東	A	ドジョウ、ホトケドジョウ、ヤマメ、ニホンアカガエル、トウキョウダルマガエル、イモリ	土水路、井桁沈床工、石積み護岸、現況保全区間	水路魚道、水田魚道	二面張り水路 三面張り水路
	D	ミナミメダカ、ニホンアカガエル	魚巢ブロック、脱出スロープ、蛇竈		三面張り水路
北陸	E	ドジョウ、カワヨシノボリ	玉石詰め工、魚巢ブロック、深み工、ワンド	魚道	三面張り水路
東海	F	ヤリタナゴ、ミナミメダカ、イシガイ、マツカサガイ	魚溜り、脱出スロープ		三面張り水路、合流升
	G	ホトケドジョウ、ヒメタイコウチ	土水路、石積み水路、深み	水路魚道	三面張り水路
近畿	H	ヤリタナゴ、ドジョウ、（イシガイ類）※	ワンド、魚巢ブロック、石張り水路、深み		二面張り水路 三面張り水路
	I	ヨドゼゼラ、メダカ	小水路、環境配慮護岸、滞筋、植生護岸		三面張り水路
中国四国	J	ドジョウ、ギンブナ、タカハヤ、イシガメ、カスミサンショウウオ、シュレーゲルアオガエル、ニホンアカガエル、トノサマガエル、タイコウチ、ミズカマキリ、ゲンゴロウ、クロゲンゴロウ、ガムシ	ビオトープ（ワンド型、ため池型）、カゴ型護岸ブロック、魚巢ブロック、深み（低水溝、方形）	水路魚道（千鳥 X 型、粗石付き）、水田魚道、脱出用スロープ、脱出用階段	三面張り水路
九州	K	メダカ、タナゴ類、ドジョウ	浅瀬護岸、砂底水路、砂底水路（ぬくめ付）、魚巢ブロック	水田魚道	二面張り（柵渠）水路

※H 地区のイシガイ類は保全対象生物ではないが、ヤリタナゴの生息において重要な生物であり、別途イシガイ科二枚貝生息状況調査も実施されていることから（ ）書きで含めた。

2.2 調査方法

魚類の採捕と環境調査は、原則として「魚の棲みやすい農業水路を目指して ～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」(農研機構,2018)に基づき実施した。

(1) 調査範囲の設定の考え方

調査範囲の設定の考え方を図 2-1 に示す。

調査範囲は、生態系配慮施設や保全活動の効果について、二次的自然を主な生息場とする保全対象生物が生活史を全うできる面的広がり の視点及び種の多様性の視点で評価するものとし、これらの要素を把握できるよう調査地点を配置した。

調査地点は、原則として排水路の 50m 区間を 1 地点として設定した。生態系配慮施設を含む路線を実証区、通常の水路構造（コンクリート三面張り等）の路線を対照区とし、地区内で定量的な比較検証ができるよう、実証区・対照区それぞれで複数地点を設定した。



図 2-1 調査対象範囲の設定の考え方

(2) 生物調査

採捕調査では、魚類、両生類、貝類等を調査対象とした。

魚類については、「魚が棲みやすい農業水路を目指して～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」(以下、マニュアル)に基づき、調査区間内の全魚種を把握できる手法で実施した。1地点当たり、水路長 50 m 区間を基本とし、区間の上下流端に小型定置網を設置して魚類の移動を制限した上で(図 2-2)、区間内の魚類をタモ網、投網、電気ショッカー等を用いて採捕した(図 2-3)。調査はかんがい期と非かんがい期それぞれで実施した。

両生類については、水路際の法面の個体(幼体～成体)を採捕または目視確認により同定してカウントするほか、魚類の採捕調査においてタモ網・サデ網等により同時に採捕された幼生もカウントした。

貝類については、魚類の採捕調査でタモ網・サデ網等により採捕された個体を同定し、カウントした。

採捕された生物は、現場で種同定と写真撮影を行い、種ごとの個体数を記録した後で、元の採捕場所に放流した。

また新しい調査技術検討のため、環境 DNA 調査に係る採水作業を併せて実施した(詳細は 7. 新しい調査技術に関する技術情報に記載)。

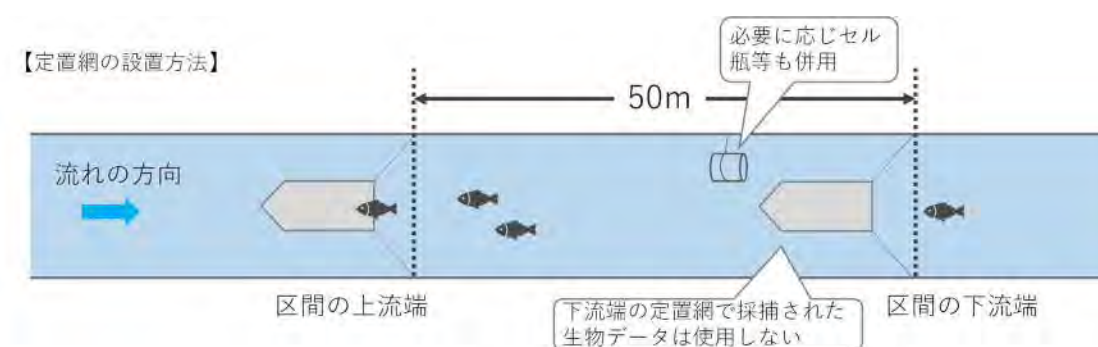


図 2-2 定置網による水路区間の区切り方

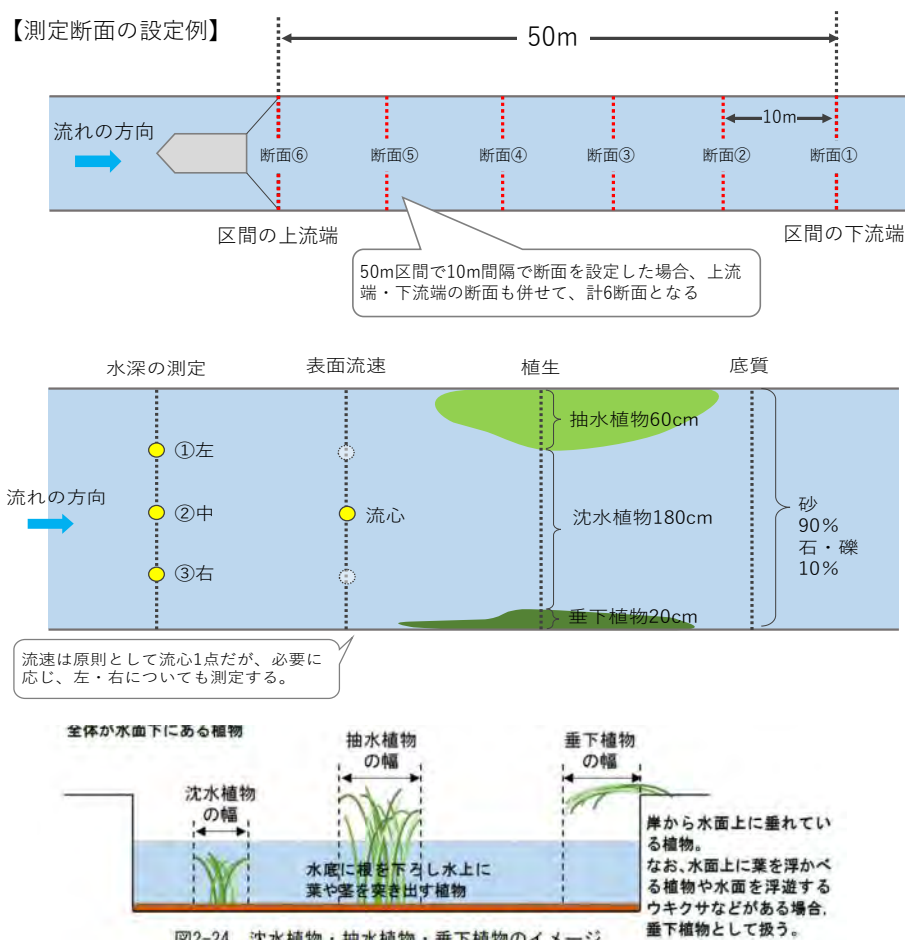


図 2-3 調査手法ごとの作業イメージ

(3) 水路内の物理環境調査

水路内の物理環境は基本的に不均一のため、1 区間の中の複数箇所でデータを得る必要がある。本調査においては「魚が棲みやすい農業水路を目指して～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」に基づき、調査区間（原則 50m）を 10m ずつの区間に区切り、10m 区間の代表断面において、水深、流速、植生（沈水植物、抽水植物、垂下植物ごとに区分）、底質（石・礫、砂、泥、むき出しコンクリートに区分）を観察・記録した。水路の構造・幅・深さや、生態系配慮施設が設置された箇所については、施設の状態（劣化、砂泥の堆積、植物の繁茂等）も記録した。物理環境調査の結果の整理に当たっては、同マニュアルを参考とした。

また、調査地区内の水路網とこれらに接続する河川等を含め、各調査地点の上下流の落差工等の有無・状態等を確認・整理し、ネットワーク阻害要因（水路の落差工等）についても把握した。



出典：魚が棲みやすい農業水路を目指して～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～（農研機構,2018）

図 2-4 物理環境調査の区間設定と測定方法

3. 環境配慮対策の実施効果の検証

3.1 解析の方向性と手法

3.1.1 解析の方向性

全国 10 地区の調査データから算出した魚類の多様度指数等の数値を用いて、①環境配慮対策効果の解析／②生態系配慮施設ごとの設置効果の解析／③保全対象生物別の生息に適した環境条件の解析の 3 つの視点で解析を行った。併せて、地区ごとに、④各地区の実証区・対照区間の配慮効果の解析／⑤過去モニタリングデータを用いた保全対象生物確認状況の比較を行った。

全国 10 地区の調査データを用いた生態系配慮施設の設置効果検証の考え方として以下①～③に示す 3 つの視点を設定し、比較分析を行った。

- ① 環境配慮対策の効果の解析
- ② 生態系配慮施設ごとの設置効果の解析
- ③ 二次的自然に依存する生物種の生息に適した環境条件の解析

また、個別地区のデータを用いた生態系配慮施設の設置効果検証の考え方として以下の 2 つの視点を設定し、それぞれの視点について、比較分析を行った。

- ④ 実証区・対照区の調査地点を含む路線単位（エリア単位）で生じる配慮効果の解析
- ⑤ 過去モニタリングデータを用いた保全対象生物確認状況の比較

また、全国 10 地区のデータを用いた分析①～③と、地区ごとのデータを用いた分析④～⑤で適用する分析手法の概要を表 3-1 に示す。

表 3-1 生態系配慮施設の検証の視点と分析手法

	検証の視点	分析手法	分析手法（詳細）
全国 10 地区のデータを用いた解析	①環境配慮対策の効果の解析 生態系配慮施設の存在が地点周辺の魚類の多様性を向上させているか	データを「実証区」と「対照区」に分類し、それぞれのデータ群間の有意差を検定	全国 10 地区を地区特性により 2 つのグループに分け、さらに調査地点・調査回ごとに算出した魚類の多様度指数について、配慮対策の実施状況に応じた 5 つの区分にデータをグルーピング。各グループ間の有意差検定を行うとともに、ボックスプロットを作成した。
	②生態系配慮施設ごとの設置効果の解析 各配慮施設がどのような地区特性、時期、あるいは魚種において効果を発揮しているか	生態系配慮施設の種別別にデータセットを作成し、「実証区」と「対照区」それぞれのデータ群間の有意差を検定	全国 10 地区の調査地点・調査回ごとに算出した魚類の多様度指数、二次的自然を選好する代表魚種の個体数、環境省レッドリスト 2020 掲載種、水路の物理環境データ等について、配慮対策の実施状況に応じた 5 つの区分にデータをグルーピング。各グループ間の有意差検定を行うとともに、ボックスプロットを作成した。
	③二次的自然に依存する生物種の生息に適した環境条件や施設の設計条件の解析	一般化線形混合モデル（GLMM）を用いた生物の生息に適した環境条件の検討	二次的自然に依存する魚種（ドジョウ、タナゴ類（流水性・止水性）、ミナミメダカ）の個体数データと環境データを用いた一般化線形混合モデル（GLMM）の構築と、AIC（赤池情報量基準）に基づいた最も説明力の高いモデルの選択を行う。以上の過程で最も説明力の高いモデルに選ばれた環境データの組合せから、二次的環境を選好する魚類の生息に適した環境について考察した。
地区ごとのデータを用いた解析	④実証区・対照区の調査地点を含む路線単位（エリア単位）で生じる配慮効果の解析	地区ごとに配慮区分（5 区分）のデータ群間の有意差検定、地区特性を踏まえた定性的な配慮効果の整理	地区ごとの調査地点・調査回別の魚類の多様度指数、地区の保全対象生物、二次的自然を選好する代表魚種の個体数、環境省レッドリスト 2020 掲載種、水路の物理環境データ等について、実証区 3 区分、対照区 2 区分、計 5 区分にデータ群間での有意差検定を行うとともに、ボックスプロットを作成した。加えて、地区ごとの特性と詳細な現地調査結果に基づき、地区内の環境配慮工法の効果について考察した。
	⑤過去モニタリングデータをを用いた保全対象生物確認状況の比較	保全対象生物群の経年的な出現状況の定性的な比較	各地区の過去モニタリングのデータと今回調査での保全対象生物の確認状況を一覧で整理し、配慮効果の継続性の検証材料とする。

※ボックスプロットについては後述（p.24）を参照

3.1.2 データの区分

生態系配慮施設の配慮効果を検証するに当たり、実証区と対照区のデータ群に分けて比較を行った。また、全国 10 地区の地形区分に伴う特性や、生態系配慮施設の設置目的に応じた地点特性などに基づき、比較結果がより明確となるようデータの区分を行った。

(1) 地区特性によるデータの区分

全国 10 地区のデータを一括して扱う解析の予備検討において、実証区と対照区の単純比較だけでは有意な差がみられなかったことに対し、「二次的自然環境における生物多様性保全に係る有識者委員会」（本資料巻頭に掲載）において、地区特性の違いにより生態系配慮施設の設置効果の現れ方が異なる可能性について指摘があった。この指摘をふまえ、地区特性に応じた 10 地区の区分を試みた。

地形区分に当たっては、20 万分の 1 土地分類基本調査成果の「地形分類図」を参照し、以下の考え方により、全国 10 の調査地区を低平地（2 地区）、沖積地（3 地区）、扇状地（3 地区）、谷津田（2 地区）という 4 つの地形群に分類整理した。解析を行うに当たり、データグループが細分化しすぎると検定のためのデータ数が不足するため、表 3-2 に示すとおり、4 つの地形群を「沖積地、低平地、デルタ」及び「扇状地、谷津田、山間地」の 2 つの立地特性に区分した。なお、本資料においては、便宜的に「沖積地、低平地、デルタ」を「平坦地」、「扇状地、谷津田、山間地」を「傾斜地」と表記する。

- ①「地形分類図」における「三角州性低地」は、「低平地」とした。
- ②「地形分類図」における「扇状地性低地」は、「三角州性低地」に隣接するか否かにより、「扇状地」と「沖積地」に細区分した。
- ③「山地」や「丘陵地・台地」を浸食した谷に位置する地区は「谷津田」に再区分した。

表 3-2 地形分類に基づく地区の区分（2 区分）

区分	地区の説明
平坦地 (沖積地、低平地、デルタ)	沖積平野、デルタ地帯／勾配が緩い／河川の流域のうち、下流域に位置する
傾斜地 (扇状地、谷津田、山間地)	扇状地、谷津田／勾配が比較的急である／河川の流域のうち、中・上流域に位置する

表 3-3 各地区の地形分類をふまえた区分結果

地区	地方	地形分類図における区分	備考	本調査での地形区分	本資料での表記
A地区	関東	扇状地性低地		扇状地	傾斜地
B地区	東北	扇状地性低地		扇状地	傾斜地
D地区	関東	三角州性低地		低平地	平坦地
E地区	北陸	扇状地性低地		扇状地	傾斜地
F地区	東海	扇状地性低地	三角州性低地に隣接	沖積地	平坦地
G地区	東海	丘陵地／台地／低地	丘陵地・台地の浸食谷	谷津田	傾斜地
H地区	近畿	扇状地性低地	三角州性低地に隣接	沖積地	平坦地
I地区	近畿	三角州性低地		低平地	平坦地
J地区	中国・四国	山地	山地の浸食谷	谷津田	傾斜地
K地区	九州	扇状地性低地		沖積地	平坦地

令和元年度～令和3年度の実証調査で取得された全国10地区の魚類データについて、2つの地区区分に応じて確認種一覧を整理した結果を表3-4に示す。平坦地（沖積地・低平地・デルタ）の5地区全ての出現種数は、傾斜地（扇状地・谷津田・山間地）の地区と比べて1.7倍程度となっており、傾斜地ではそもそもの出現種数が平坦地よりも少ない傾向が示唆された。なお、種数比較の解釈においては、地区特性だけでなく水系ごとの特性（例：淀川水系の固有種等）に伴う出現種数の違いなどにも留意は必要である。

このことから、前述の地区特性の違いによる生態系配慮施設の設置効果の現れ方の違いに加え、地区特性の違いによる出現種数や魚類相の構成種の違いも考慮した上で、データ群間の差異を考察していく必要があると考えられた。3.1.1章の解析の方向性で示した①～③の全国10地区のデータを用いた分析においては、この地区区分を適宜適用し、地区特性で分けることで差異が見いだせる組合せがあるか、確認しながら解析を進めた。

表 3-4 調査地区（地区特性別）の魚類確認種の状況（参考）

No.	科名	種名	平坦地	傾斜地	平坦地（沖積地、低平地、デルタ）					傾斜地（扇状地、谷津田、山間地）				
					D地区	F地区	H地区	I地区	K地区	A地区	B地区	E地区	G地区	J地区
1	ヤツメウナギ科	スナヤツメ類	●	●			○			○	○			
2	ウナギ科	ニホンウナギ	●						○					
3	コイ科	コイ（型不明）	●	●	○	○		○	○			○		○
4		ゲンゴロウフナ	●						○					
5		キンブナ	●	●	○					○	○			
6		フナ類	●	●	○	○		○	○				○	
7		ギンブナ	●	●	○	○		○	○	○	○	○	○	
-		フナ属	●	●				○			○			
8		ヤリタナゴ	●			○	○		○					
9		アブラボテ	●				○		○					
10		カネヒラ	●					○	○					
11		アカヒレタビラ		●							○			
-		タナゴ属		●							○			
12		タイリクバラタナゴ	●	●	○	○		○			○			
13		ニッポンバラタナゴ	●						○					
14		バラタナゴ類	●						○					
15		カゼトゲタナゴ	●						○					
16		カワバタモロコ	●						○					
17		ハス	●					○	○					
18		オイカワ	●		○	○	○	○	○	○		○		○
19		カワムツ	●	●			○		○	○			○	○
20		ヌマムツ	●	●			○		○				○	
-		カワムツ属	●	●		○	○						○	
21		アブラハヤ	●	●			○			○	○	○		
22		タカハヤ	●	●								○		○
23		ウグイ	●	●	○				○	○	○	○		
24		モツゴ	●	●	○			○	○		○			
25		ビワヒガイ	●				○							
26		ムギツク	●	●					○					○
27		タモロコ	●	●	○	○	○	○		○		○		
28		ゼゼラ	●						○					
29		ヨドゼゼラ	●					○						
30		カマツカ	●	●		○		○	○			○		○
31		ツチフキ	●		○				○					
32		コウライニゴイ	●					○						
33		ニゴイ	●						○					
-		ニゴイ属	●					○						
34		イトモロコ	●						○					
35		スゴモロコ	●		○									
36		コウライモロコ	●					○						
37		スゴモロコ類	●						○					
-		スゴモロコ属	●					○						
-		コイ科		●						○				
38	ドジョウ科	ドジョウ	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
39		カラドジョウ	●	●	○			○		○				
-		ドジョウ属	●		○									
40		ニシマドジョウ	●				○							
41		ヒガシマドジョウ		●						○	○			
42		シマドジョウ種群	●	●			○				○			
43		アリアケスジマドジョウ	●						○					
44		オオガタスジマドジョウ	●					○						
45	フクドジョウ科	ホトケドジョウ		●						○			○	
46	ギギ科	ギギ	●					○						
47		ギバチ		●						○	○			
48	ナマズ科	ナマズ	●	●		○		○	○	○				
49	アカザ科	アカザ	●	●						○				
50	キュウリウオ科	ワカサギ	●					○						
51	アユ科	アユ		●								○		
52	サケ科	サクラマス（ヤマメ）		●						○				
53	タウナギ科	タウナギ（本土産）	●					○	○					
54	ボラ科	ボラ	●		○	○		○						
-		ボラ科	●		○									
55	カダヤシ科	カダヤシ	●			○		○	○					
56	メダカ科	ミナミメダカ	●	●	○	○		○	○	○				○
57		メダカ（飼育品種）	●	●		○		○				○		
58	スズキ科	スズキ	●		○				○					
59	サンフィッシュ科	ブルーギル	●		○	○		○	○					
60		オオクチバス	●	●		○		○	○		○			
61	カジカ科	ヤマノカミ	●						○					
62		カジカ		●						○	○			
63	ドンコ科	ドンコ	●	●			○	○	○				○	○
64		イシドンコ		●										○
-		ドンコ属		●										○
65	ハゼ科	アシシロハゼ	●		○									
66		シモフリシマハゼ	●						○					
67		スマチチブ	●		○		○	○						
68		カウヨシノボリ	●	●		○		○				○	○	○
69		ゴクラクハゼ	●						○					
70		オウミヨシノボリ	●				○							
71		トウヨシノボリ類	●	●				○	○		○	○		
-		ヨシノボリ属	●	●	○				○		○		○	
72		ウキゴリ	●		○	○		○						
73		ムサシノジュスカハゼ		●						○				
-		ハゼ科	●		○									
74	タイワンドジョウ科	カムルチー	●		○			○	○					
		計	63種	37種	22種	19種	15種	32種	40種	20種	15種	13種	8種	11種

(2) 生態系配慮施設の設置状況と経年変化をふまえた調査地点の区分

a. 生態系配慮施設の設置状況の区分

生態系配慮施設の機能は、生息場の創出または移動経路の創出のいずれかの機能に分けることができる。本解析において取り扱う生態系配慮施設について、生息場または移動経路の創出のいずれに該当するか表 3-5 に整理した。なお、実証区の地点データについては、生息場・移動経路の施設のいずれも設置されている地点があったことから、両者が組み合わせられることによる配慮効果の相乗効果が生じている可能性も想定し、「生息場のみ」、「移動経路のみ」、「生息場＋移動経路」の3つに区分することとした。

表 3-5 配慮目的（生息場または移動経路の創出）ごとの施設の種類の区分

区分	施設の種類の区分	主な機能	施設設置により想定される環境の変化	施設の種類の区分
生息場	配慮護岸（水路壁の配慮）	産卵場の提供、隠れ場・退避場の提供	植生繁茂（水際）、流速緩和（水際）、空隙などの多様な空間の出現	石積護岸、井桁沈床工、蛇籠工、木柵階段工、空石積断面、浅瀬護岸、現況保全※
	二面張り水路（水路底の配慮）	産卵場の提供、隠れ場・退避場の提供	土砂堆積、植生繁茂（水路底）	二面張空石積断面、二面張割栗石積断面、玉石、土水路、ポーラスコンクリート、砂底水路、砂底水路（ぬくめ付）
	深み工	産卵場の提供、隠れ場・退避場の提供、越冬場の提供	土砂堆積、流速緩和、水深の確保	深み工（滞筋）、深み工（低水溝）、堆砂工、人工淵、配慮マス
	ワンド工	産卵場の提供、隠れ場・退避場の提供	流速緩和、土砂堆積、植生繁茂	ワンド工
	魚巢ブロック	隠れ場・退避場の提供	遮蔽された空間の出現	魚巢ブロック、魚巢ブロック（横穴）
	ビオトープ	産卵場、越冬場の提供	低水位時期の水深の確保、止水域の確保、隠れ場となる空間の出現	ビオトープ
移動経路	水路魚道	落差等がある水路網における移動性の確保	水路—水路の連続性の確保	水路魚道（千鳥 X 型）、階段式落差工（魚道タイプ）、粗石付き魚道
	水田魚道	産卵場への移動経路の提供	水路—水田の連続性の確保	水田魚道

※現況保全は自然護岸であるため、配慮護岸に含めた。

b.対照区の経年変化をふまえた区分

解析の予備検討において、対照区として設定した地点の一部で魚類の多様度指数が高く、実証区と対照区のデータ群間で有意差がみられないケースがあった。この理由として、対照区においても土砂堆積や植生繁茂等により実証区と同様の環境が創出されており、魚類にとって好適な環境となっている可能性が想定された。このような傾向の地点を「対照区」として一括で解析してしまうと、実証区と対照区のデータ群間の有意差を見出すことは難しくなると考えられたことから、対照区のデータを区分することとした。

区分に当たっては、統計学的にデータを分類する際の代表的な手法とされている「決定木分析」を用い、説明変数（物理環境項目）の定量的な数値に基づいて対照区を「経年変化あり」か「経年変化無し」に振り分けた。分析には、対照区として調査された 443 データを用いた。目的変数は魚類の多様度指数とし、説明変数は水路底の底質データ（コンクリートが占める割合）と植生データ（沈水・抽水植物の水路幅に対する割合）とした。

分析の結果、「①魚類の多様度指数へ大きな影響を与えるのは植生ではなくコンクリートの割合であること」、「②水路底のコンクリート比率が 69%程度以上という条件でデータが 2 つの群に分類されること」が確認された（図 3-1）。

上記の分析結果に基づき、コンクリートが占める割合の基準については切りがよい数値の 70%とし、対照区（経年変化無し）の判断基準として「水路底に対するコンクリート割合が 70%以上」を設定した。本来の対照区（コンクリート三面張り水路：経年変化無し）と、魚類の生息環境が意図せず創出されている対照区（土砂堆積や植生繁茂が生じているコンクリート三面張り水路：経年変化あり）の 2 つに区分した。

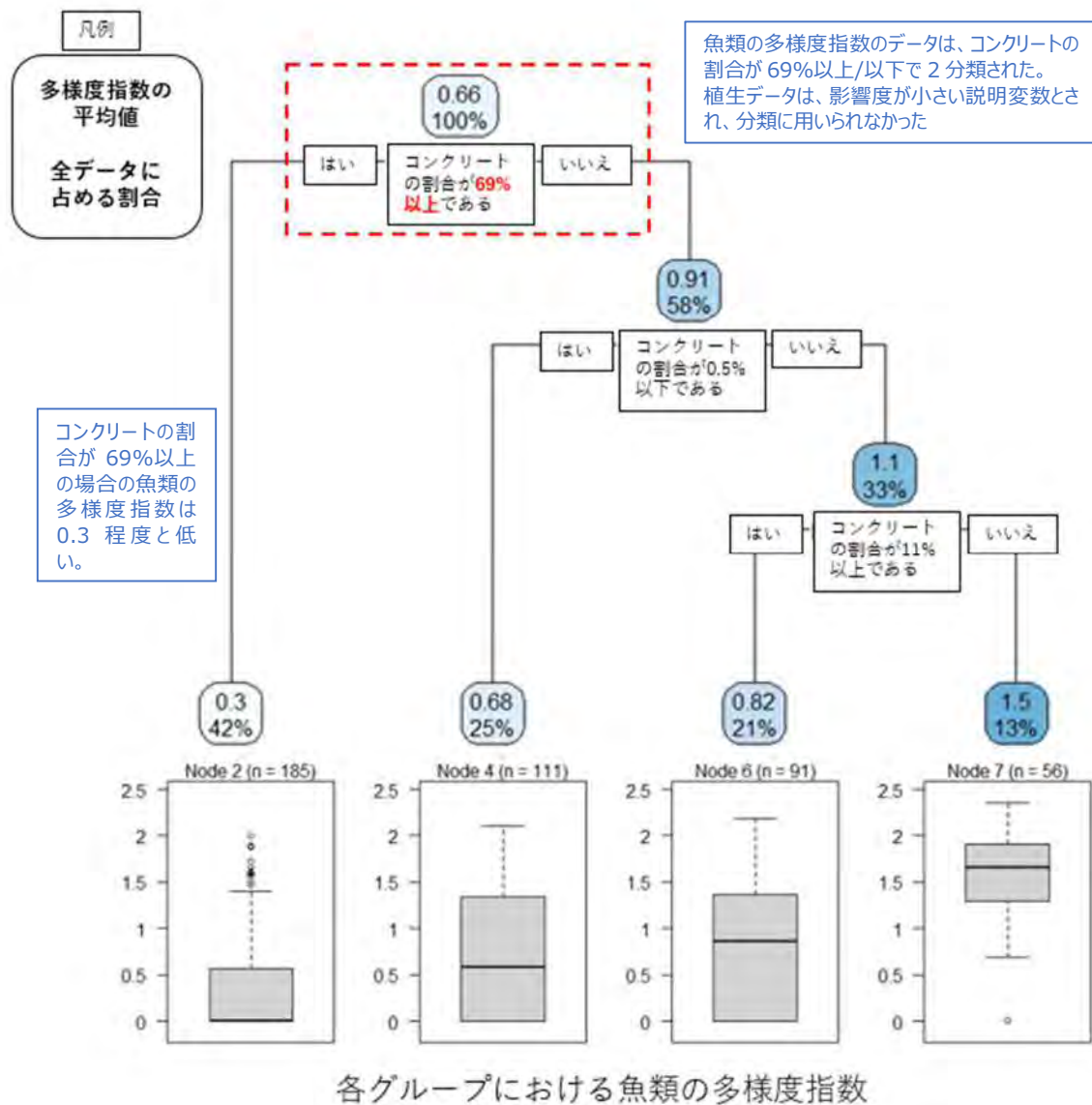


図 3-1 決定木分析による対照区（地点別）の魚類の多様度指数の分類結果

c.データのグループ区分結果

前項 a および b の地点区分の考え方をふまえ、実証区データは「生息場のみ」、「移動経路のみ」、「生息場＋移動経路」の 3 区分、対照区データは、「対照区（経年変化あり）」、「対照区（経年変化無し）」の 2 区分、計 5 つの区分を設定した。地点区分の説明と本資料でのグラフ等での表記の仕方を表 3-6 に示す。

表 3-6 調査地点の区分

区分		本資料での表記	説明
実証区	生息場のみ	01_生息場のみ	地点内に、魚類等の生息場確保を目的とした配慮施設（深み工、魚巢ブロック、ワンド工、配慮護岸、土水路、等）がある
	移動経路のみ	02_移動経路のみ	地点内に、魚類等の移動経路の確保を目的とした配慮施設（水路魚道、水田魚道等）がある
	生息場＋移動経路	03_生息場＋移動経路	地点内に、魚類等の生息場確保を目的とした配慮施設と、移動経路の確保を目的とした配慮施設の両方がある
対照区	対照区（経年変化あり）	04_対照区（経年）	コンクリート三面張りの水路で、地点内に配慮施設は設置されていないが、経年変化により魚類等にとって良好な環境（土砂の堆積、水際や水中に植生が繁茂・定着、等）が形成されている
	対照区（経年変化無し）	05_対照区	コンクリート三面張りの水路で、地点内に配慮施設は設置されておらず、経年変化による環境の変化も特にみられない

(3) データのスクリーニングと加工

本調査で扱う魚類データは、原則「魚が棲みやすい農業水路を目指して～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」に基づく現地調査手法で採捕されているが、全国 10 地区の現地条件などから、一部、イレギュラーな条件下で採捕されたデータや、前項表 3-6 に示す地点区分に該当しない地点のデータが混在している可能性が想定された。そこで、全国一律での比較を可能とするように、次項 a～c に示す 3 つの方針でデータのスクリーニングとデータの加工（標準化等）を実施した。スクリーニングの結果、全国調査地区から得られた 1042 データを解析対象とした。

a.生物データのスクリーニング

生物の採捕データについて、以下に該当するものはノイズとなって解析結果に影響する可能性があることから除外した。

- ・ 地点が排水路ではなく河川やファームポンドなどに設定されているもの
- ・ 採捕手法が指定されていた方法と明らかに異なるもの。あるいは適切にデータが取得できない状況で採捕調査が実施されているもの（物理環境調査後の魚類が逃げて

- しまった状態で採捕を実施、定置網で区切らずに採捕を実施、等)
- ・ 非かんがい期で通水が無い状態の地点

b.水路の物理環境データのスクリーニング

流速や水深、植生・底質データについては、異常値（極端に大きい値等）をスクリーニングし、除外して平均値化して用いた。

c.解析に用いたデータの内訳

前項 a および b に示したデータのスクリーニングを行った結果、解析対象となったデータ数は表 3-7 に示す 1042 データとなった。

表 3-7 解析に用いたデータ数一覧

調査地区/年度	かんがい期			非かんがい期		総計
	R1	R2	R3	R1	R2	
A 地区	20	20		20	20	80
B 地区	6	6	6	6	6	30
D 地区	26	26	24	26	26	128
E 地区	12	20	20	12	10	74
F 地区	0	33	18	23	18	92
G 地区	28	52	3	56	26	165
H 地区	12	5	5	12	10	44
I 地区	16	8	9	16	18	67
J 地区	27	69	35	52	69	252
K 地区	41	30	4	20	15	110
総計	188	269	124	243	218	1042

※ A 地区は R 3 年度調査を実施していない。

※ F 地区の R 1 年度かんがい期調査データはスクリーニングの結果、解析対象外とした。

3.1.3 解析手法

現地調査の魚類データから算出した多様度指数、希少種の個体数、環境データを用いて、配慮施設の設置状況に応じて区分したデータ群間での有意差検定を行い、ボックスプロットを作成した。併せて、二次的自然に依存する魚種（ドジョウ、タナゴ類（流水性・止水性）、ミナミメダカ）を対象に、これらの種の生息に適した環境について、一般化線形混合モデル（GLMM）により解析した。

(1) 地点区分別のデータ群間の有意差検定とボックスプロットの作成

ここでは、3.1.1 章の解析の方向性①、②、④の解析に適用した手法として、データ群間の有意差検定とボックスプロット作成の手順について解説する。

はじめに、令和元年度～令和3年度の全国10地区の全地点の魚類採捕データに基づき、魚類の多様度指数や二次的自然に特徴的な種群の合計個体数などを計算し、解析用データセットを整備した。魚類の多様度指数は、シャノン・ウィーバーの多様度指数（ H' ）を用いた。多様度指数は個々の地点で採捕された魚種数と個体数を用いて算出するものであり、確認種数が多く均等度が高い（魚類が偏りなく出現している）ほど高い数値になる。そのため、生物の多様度と均等度を同時に評価する際に適しているとされている。

併せて、生態系配慮施設ごとの設置効果の検証の参考とするため、各地点の流速や河床材料比率などの物理環境データについて、地点内平均値・最大値・最小値などを整理した。整理したデータ項目を表3-8に示す。

表 3-8 有意差検定とボックスプロット作成に用いたデータ項目

計算したデータ項目		解析用の略称
魚類データ	地点別の魚類の多様度指数	01_H
	フナ類（ゲンゴロウブナ、キンブナ、ギンブナ、フナ属）およびコイの地点別個体数	02_フナ・コイ類
	タナゴ類（ヤリタナゴ、アブラボテ、カネヒラ、アカヒレタビラ、タイリクバラタナゴ、ニッポンバラタナゴ、カゼトゲタナゴ）の地点別個体数	03_タナゴ類
	ドジョウ属（在来種）の地点別個体数	05_ドジョウ（在来）
	ドジョウ属（外来種含む）の地点別個体数 ※カラドジョウ含む	05_ドジョウ（全て）
	ナマズ目（ギギ、ギバチ、ナマズ、アカザ）の地点別個体数	07_ナマズ目
	メダカ（ミナミメダカ）の地点別個体数	08_メダカ
	ハゼ科の地点別個体数	09_ハゼ類
	環境省レッドリスト 2020 掲載種の地点別個体数	10_環境省 RL 掲載種
環境データ	地点内（複数断面）の平均流速	01_流速_地点内平均
	地点内（複数断面）の平均水深	02_水深_地点内平均
	地点内（複数断面）の最大水深	13_最大水深（断面）
	地点内（複数断面）の最小水深	14_最小水深（断面）
	地点内（複数断面）の沈水植物の平均幅	05_沈水植物の幅
	地点内（複数断面）の抽水植物の平均幅	06_抽水植物の幅
	地点内（複数断面）の垂下植物の平均幅	07_垂下植物の幅
	地点内（複数断面）のリターの平均幅	08_リター
	地点内（複数断面）の河床材料（石礫）の平均比率	09_河床材料_石礫
	地点内（複数断面）の河床材料（砂）の平均比率	10_河床材料_砂
	地点内（複数断面）の河床材料（泥）の平均比率	11_河床材料_泥
	地点内（複数断面）の河床材料（コンクリート）の平均比率	12_河床材料_コンクリート

※今回の調査では再放流を前提とした調査を行っており、同定に際して解剖による形態確認が必要なキタドジョウは報告されていない。ただし調査地区の一部はキタドジョウの生息域に該当するため、それらの地区では同所的に採捕されている可能性がある。そのため本技術資料内では在来種のドジョウ属魚類を「ドジョウ属（在来種）」と表記する。

つづいて、魚類と環境のデータセットについて、3.1.2 章（2）に示した配慮区分（生息場のみ、移動経路のみ、生息場＋移動経路、対照区（経年変化あり）、対照区（経年変化無し））に応じてデータのグルーピングを行い、異なる配慮区分のデータ群間（例：生息場のみのデータ群 vs. 対照区のデータ群）での有意差検定を行った。検定では、一般化線形モデル（GLM）および一般化線形混合モデル（GLMM）を用いた（各モデルの解説は本資料の用語集を参照）。

有意差検定では、3.1.1 章の検証の視点①、②、④に応じた様々な組合せ（地区特性に応じた区分、生態系配慮施設の設置状況に応じた区分など）を試行した。表 3-9 に解析の方向性に応じたデータの組合せの具体内容を示す。なお、どの組合せの検定においても、3.1.2 章（3）で解説したスクリーニングにより除外したデータは含めていない。

表 3-9 検証テーマごとの有意差検定およびボックスプロット作成の組合せ

	検証の視点	検定の組合せ
全国 10 地区の デー タの 解 析	①環境配慮対策の 効果の解析 生態系配慮施設の 存在が地点周辺の 魚類の多様性を向 上させているか	・ 全地区・全調査回の魚類の多様度指数を用いて検定 ・ 2つの地区特性（平坦地、傾斜地）に分けて検定 ・ 生息場のみ、移動経路のみ、生息場＋移動経路、対照区（経年変化あり）、対照区の5つのデータ群間の全組合せで検定
	②生態系配慮施設 ごとの設置効果の 解析 各配慮施設がどの ような地区特性、 時期、あるいは魚 種において効果を 発揮しているか	・ 8種類の生態系配慮施設ごとに、当該施設を設置している地区のデータのみでデータセットを作成して検定 ・ 実証区（当該施設が設置されている地点）、対照区、対照区（経年変化あり）の3つのデータ群間の全組合せで検定 ・ 魚類の多様度指数、二次的自然に依存する種群の合計個体数、環境省レッドリスト 2020 掲載種、各種物理環境データなど全項目で検定実施 ・ 5地区ずつ地区特性（平坦地、傾斜地）区分 ・ 全期と2時期（かんがい期、非かんがい期）いずれも検定
地区ごとの デー タを 用 いた 解 析	④実証区・対照区 の調査地点を含む 路線単位（エリア 単位）で生じる配 慮効果の解析	・ 各地区データセットに切り分けて検定（10地区） ・ 各地区に設置されている生態系配慮施設の種類に応じ、生息場のみ、移動経路のみ、生息場＋移動経路、対照区（経年変化あり）、対照区の5つのデータ群間の全組合せで検定 ・ 魚類の多様度指数、二次的自然に依存する種群の合計個体数、環境省レッドリスト 2020 掲載種、各種物理環境データなど全項目で検定実施 ・ 全期と2時期（かんがい期、非かんがい期）いずれも検定

最後に、有意差検定結果をふまえ、解析対象としたデータ群間のデータ分布を可視化するため、ボックスプロットを作成した。ボックスプロットの読み取り方を図 3-2 に示す。

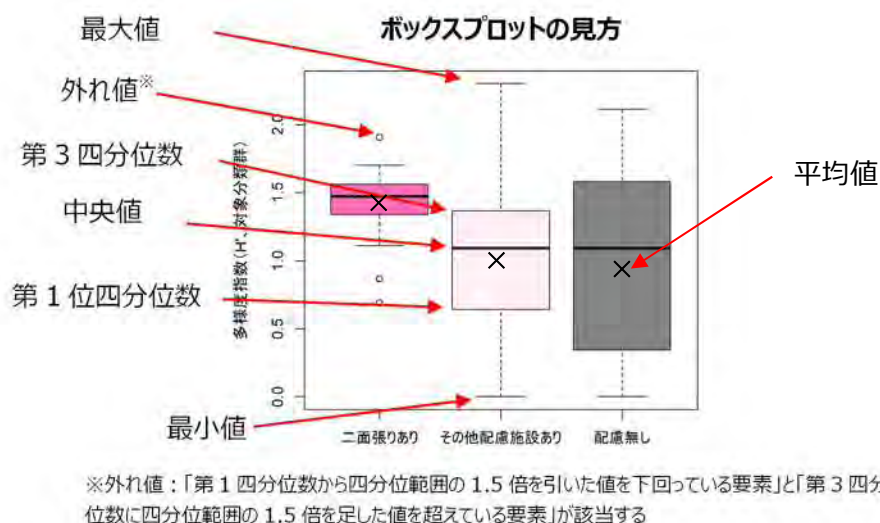


図 3-2 ボックスプロットの読み取り方

なお、本資料の 3.2 章には検証の視点①と②に対応する解析結果、3.3 章には検証の視点④に対応する解析結果について、有意差があることが確認されたデータ群の組合せを一部抜粋し、有意差検定結果とボックスプロットとを併せて掲載している。生態系配慮施設の解析結果を例に、有意差検定結果とボックスプロットの解釈の仕方について、以下に解説する。

図 3-3 は、配慮護岸および二面張り水路について、実証区（施設が設置されている地点）、対照区（経年変化無し）、対照区（経年変化あり）、の 3 群の有意差検定を行い、ボックスプロットで可視化したものである。本検討では、実証区と対照区（経年変化無し）の 2 群の間に有意な差があるかを確認することが基本であり、対照区（経年変化あり）との比較はあくまでも参考とする。

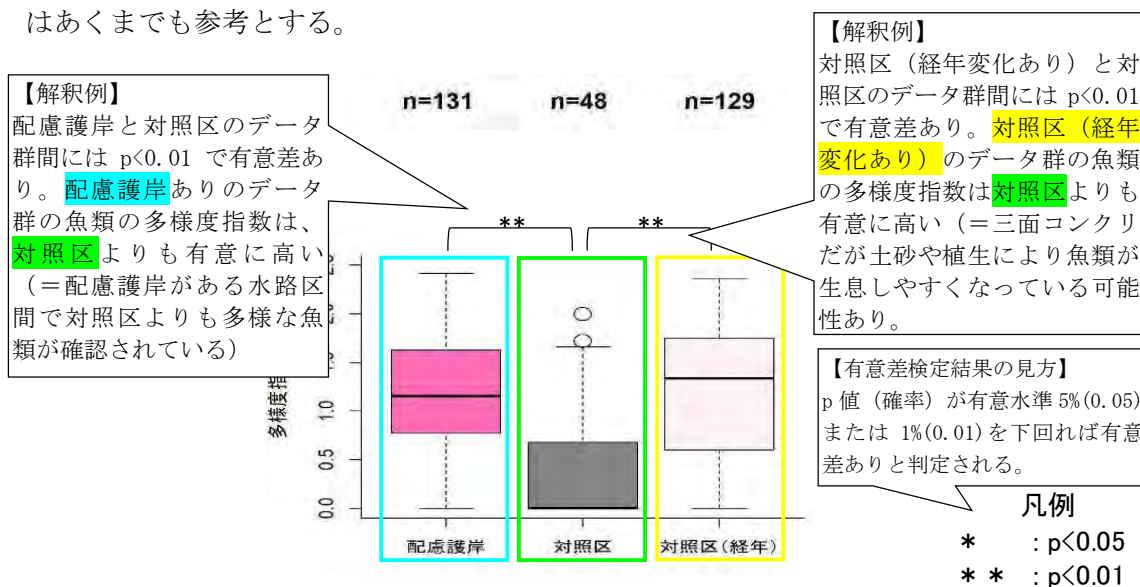


図 3-3 実証区と対照区（経年変化あり）のデータ群の有意差検定結果の例

(2) 二次的自然に依存する魚種の生息に適した環境条件の解析

ここでは、3.1.1 章の解析の方向性③の解析手法について解説する。

二次的自然に依存する魚種のうち、本調査で採捕されているドジョウ属（在来種）、タナゴ類（流水性・止水性）、ミナミメダカを対象に、生息に適した環境とその組合せを推定するための解析として、一般化線形混合モデルを用いた環境条件の推定を行った。

解析の流れを図 3-4 に示す。解析対象種の個体数を目的変数、環境データを説明変数とした一般化線形混合モデルを複数構築し、その中でも予測精度の高いモデルの選択を AIC（用語集参照）を用いて実施し、それぞれの魚類が選好する環境の組合せや傾向を把握した。

一般化線形混合モデルは生物の生息に適した環境を推定するために使用されることが多い手法であり、解析結果からは、①解析対象種の生息環境において重要な環境要素、②それら環境要素の組合せ、の 2 つのことを推定することができる。

なお、検討当初は、上記の 3 種群と生態が似通っており生息環境をめぐって競合されている国外外来種（カラドジョウ、タイリクバラタナゴ、カダヤシ）も含めた解析を行っていたが、最終的には本解析の目的を「重要な保全対象生物となりうる在来種についての生息に適した環境の推定」を行うことに絞り、国外外来種は除外して解析を行った。

表 3-10 生息に適した環境の推定の解析対象とした二次的自然を選好する魚類

区分	データセットに含めた魚種
ドジョウ属（在来種）	ドジョウ
タナゴ類（流水性）	アカヒレタビラ、アブラボテ、ヤリタナゴ
タナゴ類（止水性）	カゼトゲタナゴ、カネヒラ、ニッポンバラタナゴ
ミナミメダカ	ミナミメダカ

※1 タナゴ類の流水・止水の区分は、「日本のタナゴ（北村、内山, 2020, 山と溪谷社）」に従った。

※2 本解析においては、外来種は除外した。

※今回の調査では再放流を前提とした調査を行っており、同定に際して解剖による形態確認が必要なキタドジョウは報告されていないが、調査地区の一部はキタドジョウの生息域に該当するため、同所的に採捕されている可能性がある。そのため本技術資料内では在来種のドジョウ属魚類を「ドジョウ属（在来種）」と表記する。

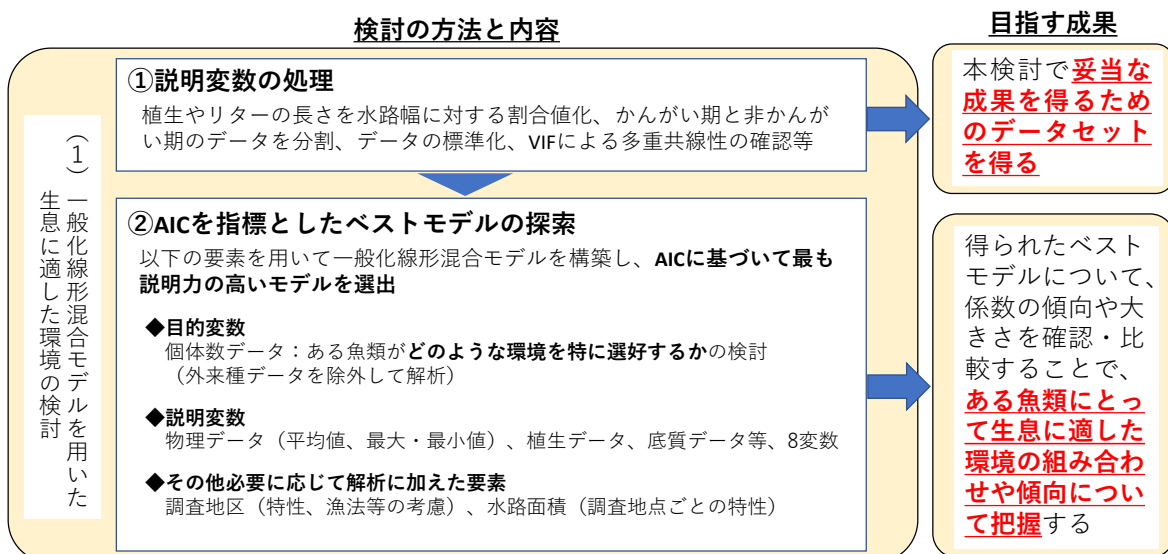


図 3-4 保全対象生物別の生息に適した環境条件の解析の流れ