

# **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

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>1. 本資料について .....</b>                 | <b>1</b>  |
| 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         |
| <b>2. 実証調査の概要 .....</b>                 | <b>6</b>  |
| 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        |
| <b>3. 環境配慮対策の実施効果の検証 .....</b>          | <b>12</b> |
| 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         |
| <b>4. 計画段階に係る技術情報等 .....</b>          | <b>73</b>  |
| 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         |
| <b>5. 設計段階に係る技術情報等 .....</b>          | <b>82</b>  |
| 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         |
| <b>6. 維持管理・モニタリング段階に係る技術情報等 .....</b> | <b>100</b> |
| 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        |
| <b>7. 新しい調査技術に関する技術情報 .....</b>       | <b>109</b> |
| 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            |
| <b>8. 参考資料・引用資料.....</b>                  | <b>129</b>     |
| <b>9. 用語集.....</b>                        | <b>131</b>     |
| <b>巻末資料（環境 DNA 分析用サンプルの採水マニュアル） .....</b> | <b>巻末 1～13</b> |

# 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<sup>1</sup>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。

<sup>1</sup> 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<br>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、蛇籠                             |                                      | 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<br>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)。

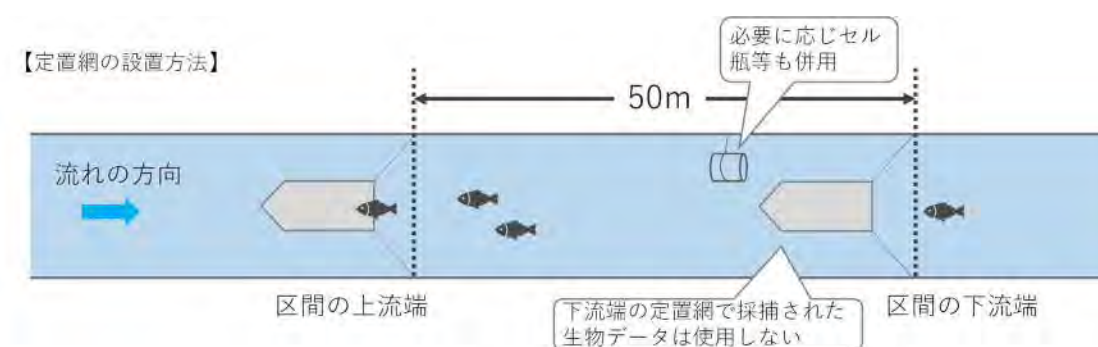


図 2-2 定置網による水路区間の区切り方

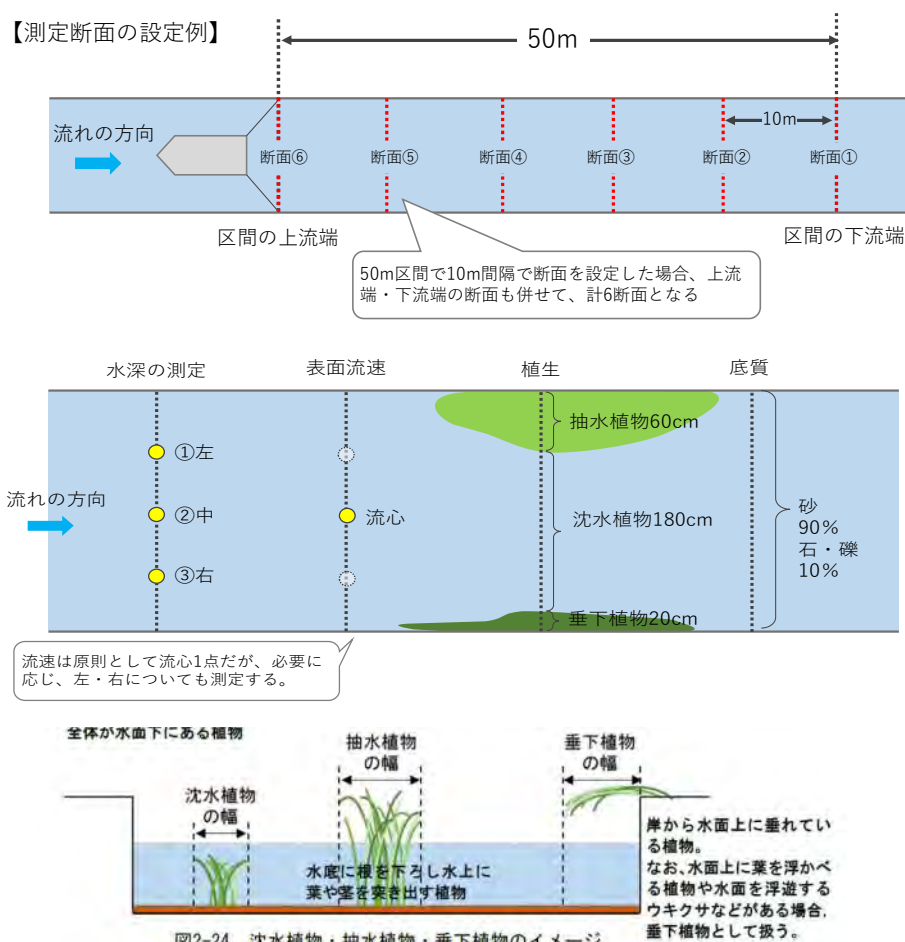


図 2-3 調査手法ごとの作業イメージ

### (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<br>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<br>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<br>(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<br>(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。

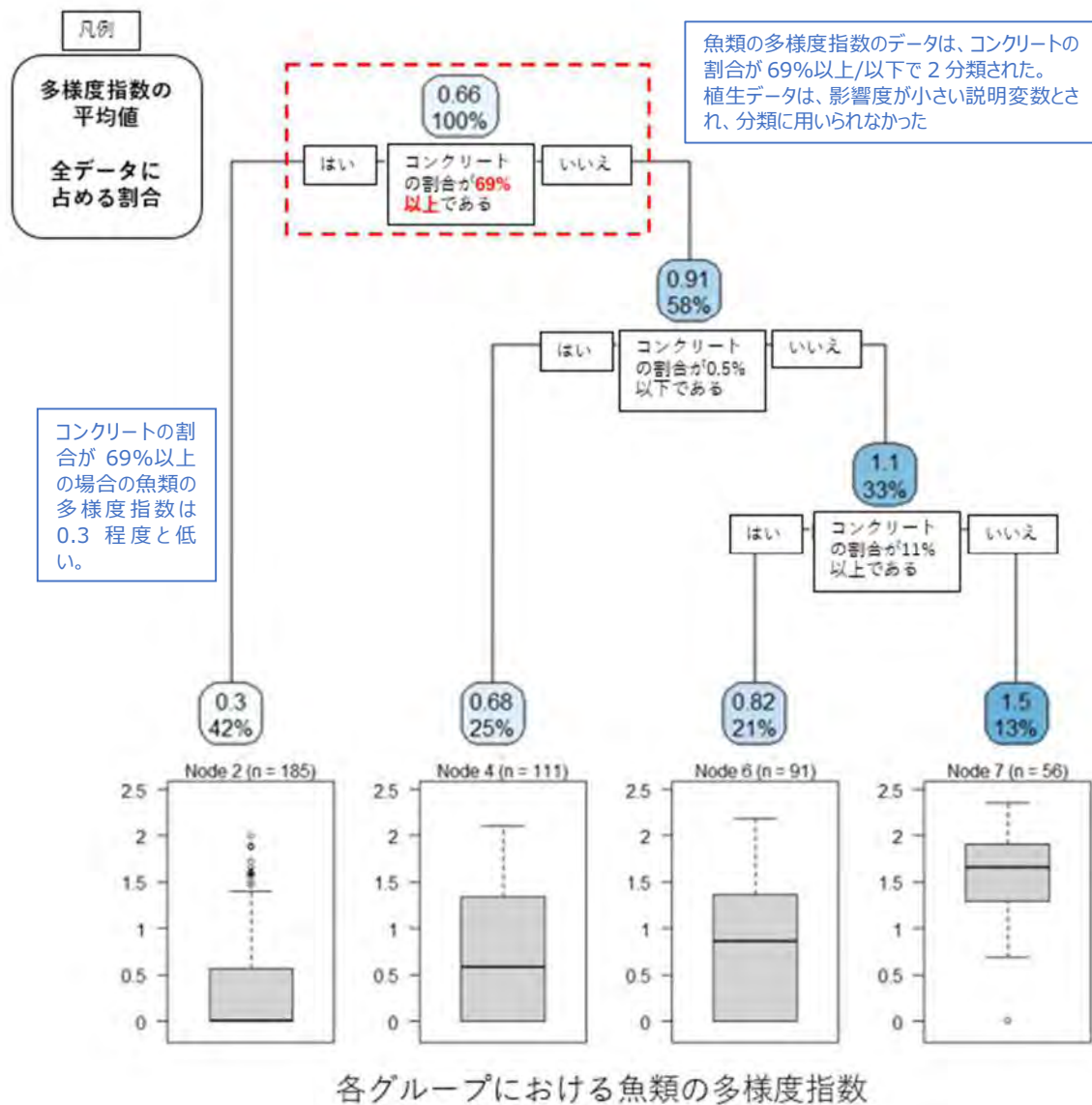


図 3-1 決定木分析による対照区（地点別）の魚類の多様度指数の分類結果

### 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<br>10<br>地区の<br>デー<br>タの<br>解<br>析  | ①環境配慮対策の<br>効果の解析<br>生態系配慮施設の<br>存在が地点周辺の<br>魚類の多様性を向<br>上させているか                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全地区・全調査回の魚類の多様度指数を用いて検定</li> <li>・ 2つの地区特性（平坦地、傾斜地）に分けて検定</li> <li>・ 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</li> </ul>                                                                                                                                          |
|                                        | ②生態系配慮施設<br>ごとの設置効果の<br>解析<br>各配慮施設がどの<br>ような地区特性、<br>時期、あるいは魚<br>種において効果を<br>発揮しているか | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> <li>・ 5地区ずつ地区特性（平坦地、傾斜地）区分</li> <li>・ 全期と2時期（かんがい期、非かんがい期）いずれも検定</li> </ul> |
| 地区ごとの<br>デー<br>タを<br>用<br>いた<br>解<br>析 | ④実証区・対照区<br>の調査地点を含む<br>路線単位（エリア<br>単位）で生じる配<br>慮効果の解析                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各地区データセットに切り分けて検定（10地区）</li> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> <li>・ 全期と2時期（かんがい期、非かんがい期）いずれも検定</li> </ul>                               |

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。

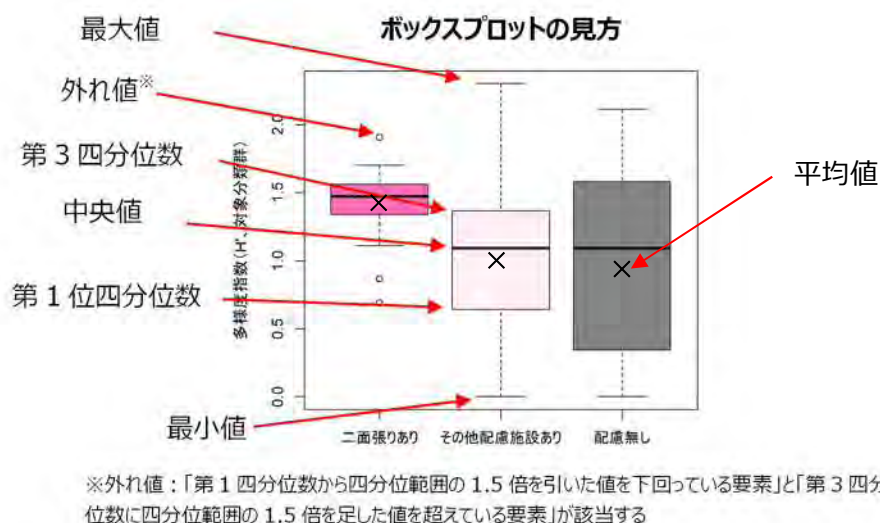


図 3-2 ボックスプロットの読み取り方

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。

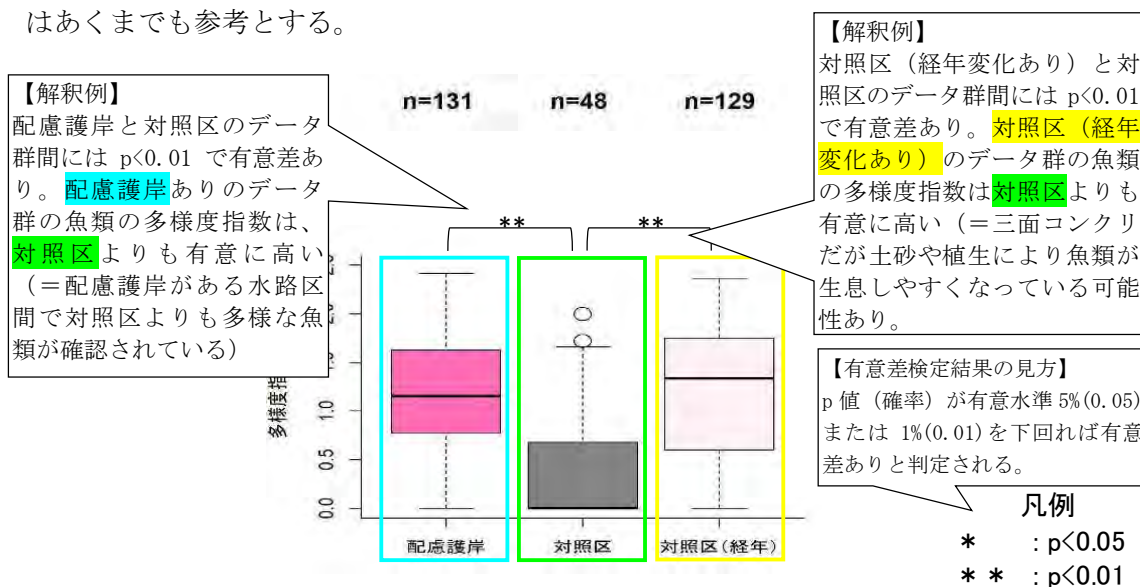


図 3-3 実証区と対照区（経年変化あり）のデータ群の有意差検定結果の例

## (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とつ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。

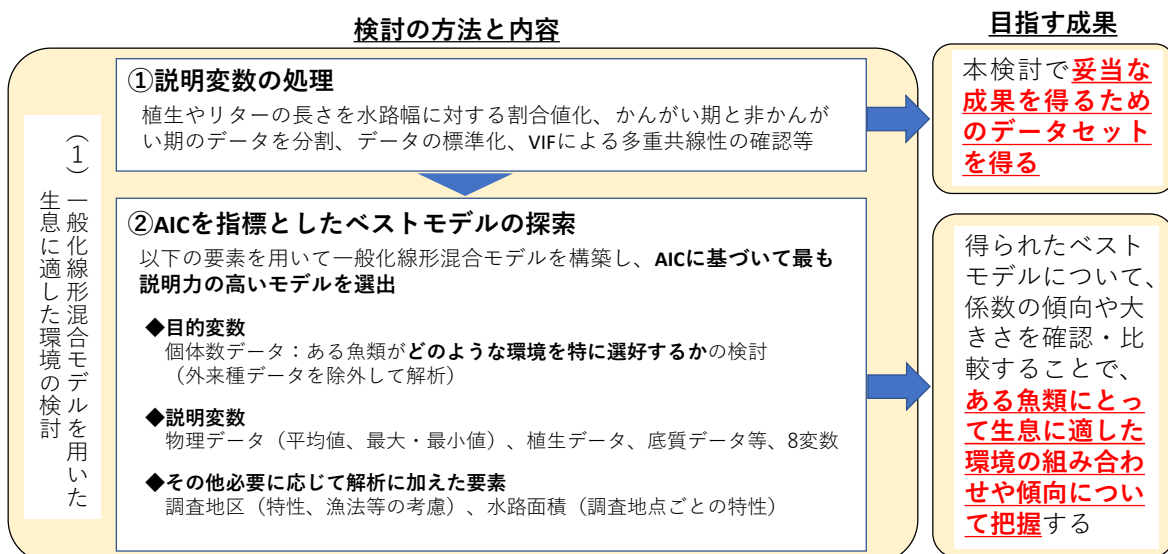


図 3-4 保全対象生物別の生息に適した環境条件の解析の流れ

## 3.2 全国 10 地区のデータを用いた解析

### 3.2.1 環境配慮対策の効果の解析

実証区（生態系配慮施設が設置されている地点）と対照区（コンクリート三面張り水路等）における魚類の多様度指数をデータ群間で比較した結果、実証区の多様度指数の方が対照区よりも有意に高いことが確認された。

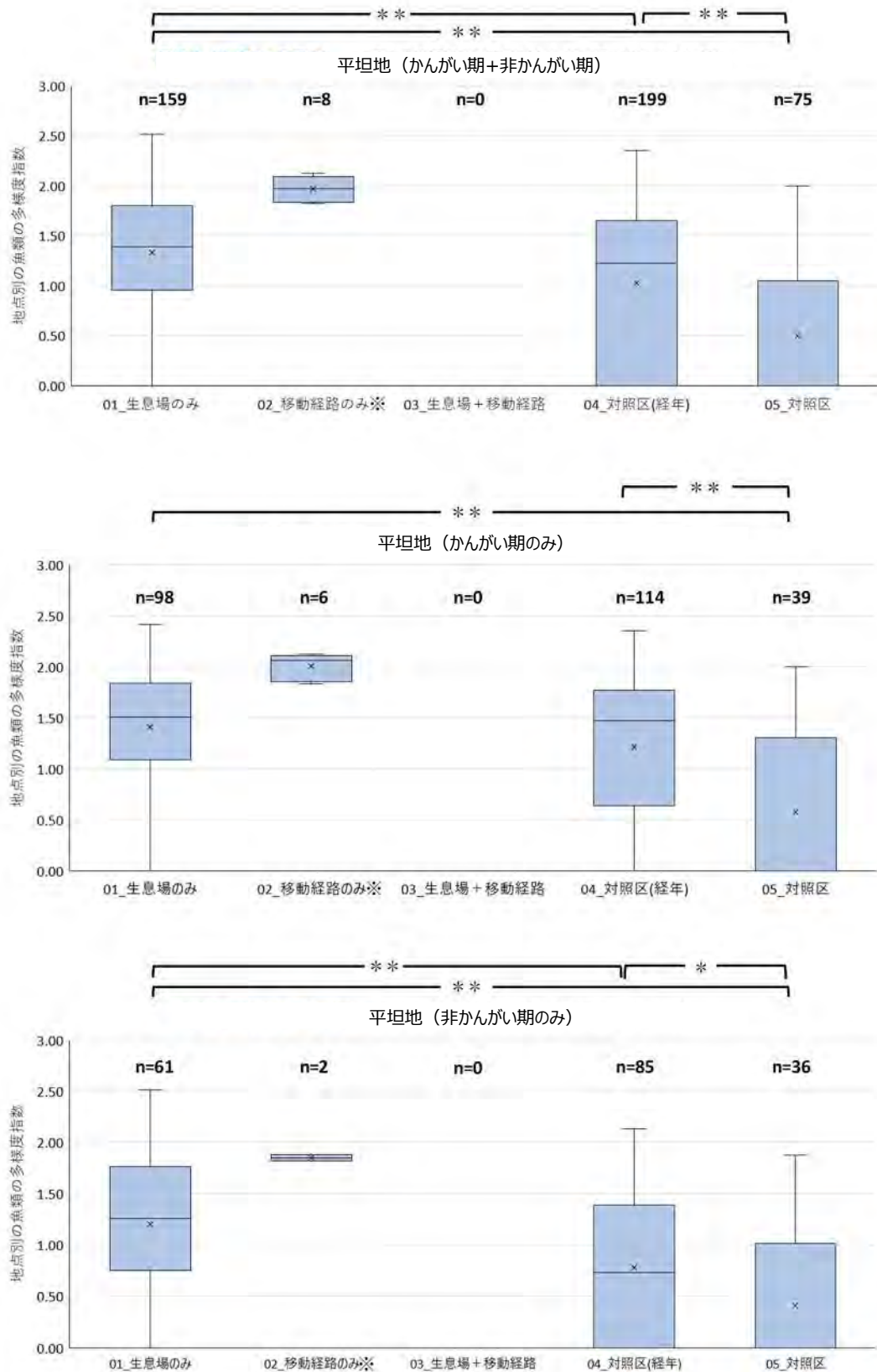
全国 10 地区の全調査回・全地点の魚類の多様度指数（シャノン・ウィーバー）を算出し、5つの配慮区分（区分の内訳は 3.1.2 章（2）c を参照）で分けたデータ群間での有意差検定を行った。有意差検定に当たり、当初は全国 10 地区の多様度指数データをまとめて解析していたが、うまく有意差が見いだせなかったことから、データセットを平坦地と傾斜地の 2 つの地区区分（区分の内訳は 3.1.2 章（1）を参照）に分けて解析した。

平坦地に該当する 5 地区では、配慮区分のうち「生息場＋移動経路」に該当するデータは無く、「移動経路のみ」はデータ数が他のグループと比べて少ないため、3 つのデータ群での比較となった。解析の結果、実証区の「生息場のみ」のデータ群と、「対照区（経年変化無し）」のデータ群との組合せのそれぞれにおいて、通年（かんがい期＋非かんがい期）、かんがい期、非かんがい期のいずれにおいても有意差がみられた。平坦地では実証区が対照区（経年変化無し）よりも魚類の多様度指数が有意に高い状況が確認され、年間を通して生態系配慮施設の設置効果が発揮されていることが示唆された。

傾斜地に該当する 5 地区の解析の結果、実証区の「生息場のみ」および「生息場＋移動経路」のデータ群と、「対照区（経年変化無し）」のデータ群との組合せのそれぞれにおいて、通年（かんがい期＋非かんがい期）、かんがい期、非かんがい期のいずれにおいても有意差がみられた。一方で、「移動経路のみ」のデータ群と、「対照区（経年変化無し）」のデータ群との組合せについては、通年（かんがい期＋非かんがい期）及びかんがい期では有意差がみられたが、非かんがい期は有意差がみられなかった。傾斜地では、移動経路確保のための魚道等の施設の設置効果がかんがい期に発揮されていることが示唆された。

平坦地・傾斜地とも、生態系配慮施設が設置された実証区において対照区（経年変化無し）よりも魚類の多様度指数が有意に高い傾向がみられたことから、今回の 10 地区においては、土地改良事業によって配慮施設が整備されたことによって、魚類の生息環境が創出・再生され、事業完了後も維持されている地点が多いことが示唆された。

なお、傾斜地の比較結果では、配慮施設の目的別（生息場のみ、移動経路のみ）や組合せ（生息場＋移動経路）による魚類の多様度指数の明確な差は見いだせず、必ずしも複数施設を組み合わせることが魚類の多様度を高めるわけではないことも示唆された。個々の施設の生態系配慮効果の発揮状況については、施設の維持管理状況や周辺水路等の接続性などもふまえ、個別に評価していく必要があると考えられる。



※平坦地の「02\_移動経路のみ」は、他のグループと比べてサンプル数が少ないため、参考情報としてグラフ上に表記するが、統計解析には含めなかった。

凡例  
 \* :  $p < 0.05$   
 \*\* :  $p < 0.01$

図 3-5 魚類の多様度指数の配慮区分別の比較（平坦地）



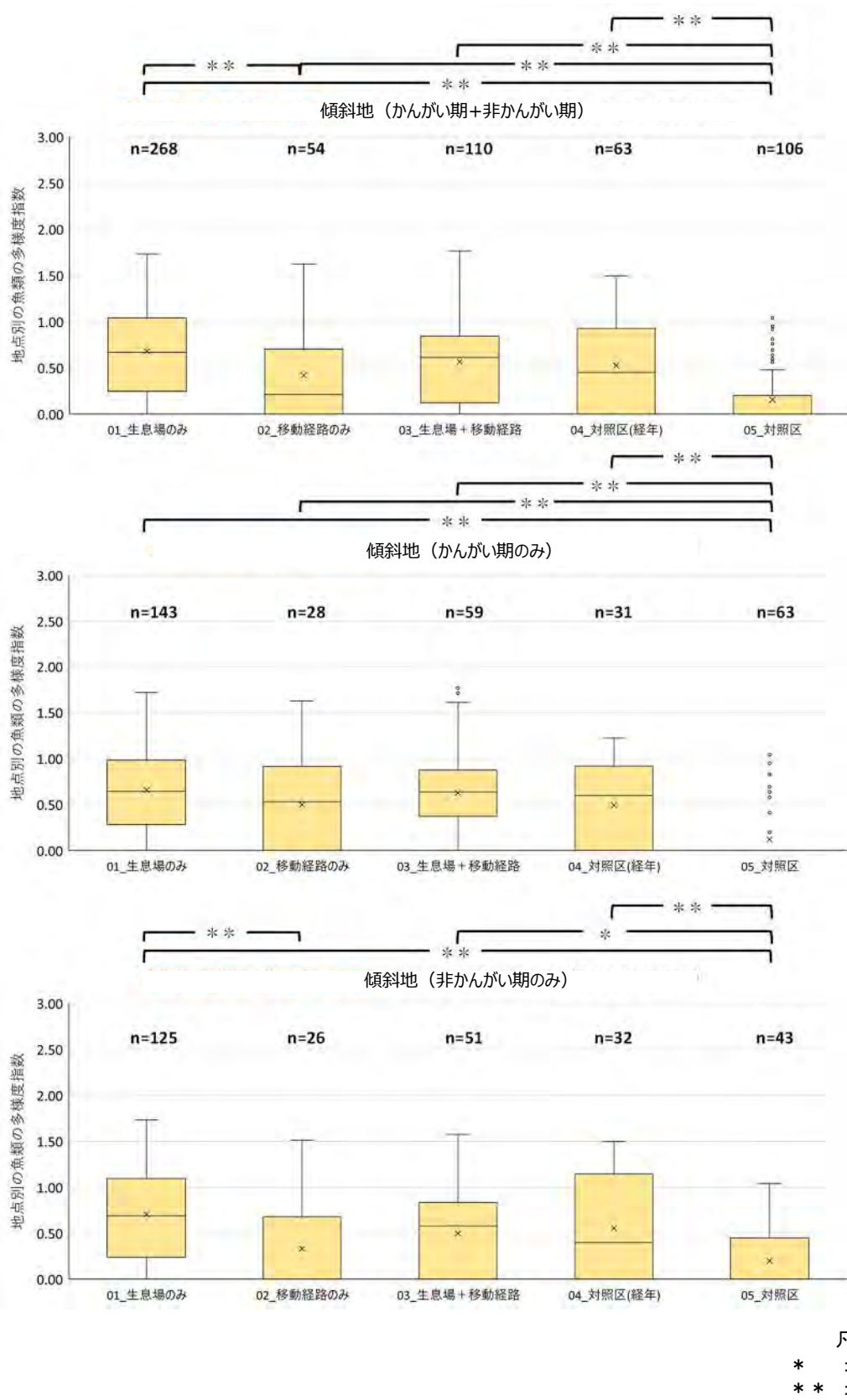


図 3-6 魚類の多様度指数の配慮区分別の比較（傾斜地）

### 3.2.2 生態系配慮施設ごとの解析

生息場確保のための配慮施設 6 種、移動経路確保のための配慮施設 2 種について、配慮施設ごとに、実証区と対照区（経年変化無し）の魚類の多様度指数を比較した結果、いずれの施設も実証区において多様度指数が有意に高くなっていた。併せて各施設設置による配慮効果が想定される環境要素（流速、底質、植生等）の比較においても、実証区のデータ群の中央値がより好適な環境側にあることが確認され、データ群間でも有意な差が確認された。

#### (1) 解析対象とした生態系配慮施設

解析対象とした生態系配慮施設の種類を表 3-11 に示す。

表 3-11 解析対象とした生態系配慮施設の種類（表 3-5 を再掲）

| 区分   | 施設の種類          | 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                                                |
|------|----------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
| 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               | 流速緩和、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—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。



## (2) 生態系配慮施設ごとの解析結果の概要

### a. 配慮護岸

配慮護岸は、魚類の生息場・産卵場・隠れ場等として、水際の多様な流速、植生繁茂などの環境を創出することを目的とする施設である。

配慮護岸が設置されている地区は、A 地区、B 地区、D 地区、G 地区、H 地区、I 地区、J 地区、K 地区である。

かんがい期・非かんがい期のいずれも、配慮護岸ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、「ドジョウ属（在来種）個体数」、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期において、配慮護岸ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の平均流速」が遅く、「抽水植物の幅」が大きい傾向がみられ、両データ群間に有意差がみられた。

以上、本調査の結果から、配慮護岸が設置されている地点において、魚類の多様度指数等が高く、流速が多様で、植生が繁茂している状況が推察され、配慮護岸が設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点で生態系配慮効果が継続していることが示唆された。

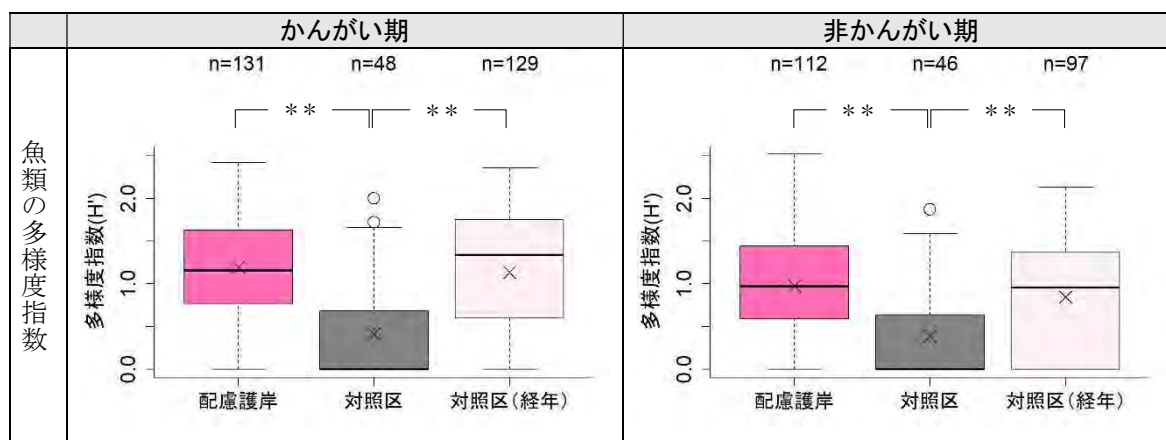


井桁沈床工 (A 地区)



配慮護岸 (I 地区)

図 3-7 各調査地区において設置されている配慮護岸

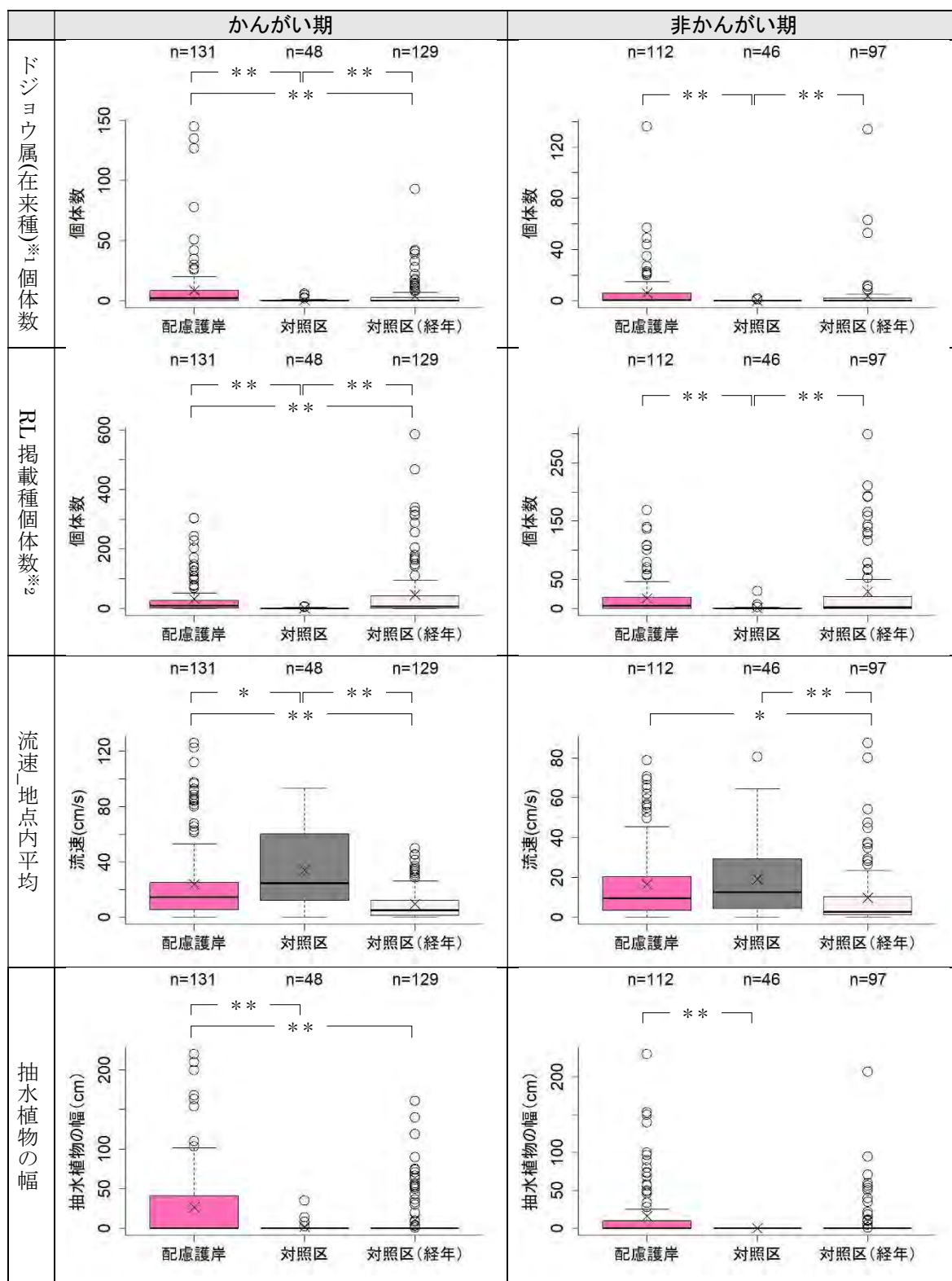


凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-8 (1) 実証区（配慮護岸設置地点）と対照区のデータ群の比較



※1 在来種のみ。カラドジョウは含めない。

※2 RL 掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-8 (2) 実証区 (配慮護岸設置地点) と対照区のデータ群の比較

## b.二面張り水路

二面張り水路は、魚類の生息場・産卵場等として、多様な底質、流速、水深、植生繁茂などの環境を創出することを目的とする施設である。

二面張り水路が設置されている地区は、A 地区、B 地区、E 地区、G 地区、H 地区、K 地区である。

生物データをみると、かんがい期・非かんがい期ともに二面張り水路ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が有意に高く、「ドジョウ属（在来種）個体数」、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」も有意に多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期において、二面張り水路ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の平均流速」が遅く、「抽水植物の幅」が大きい傾向がみられ、両データ群間に有意差がみられた。

以上、本調査の結果から、二面張り水路が設置されている地点において、魚類の多様度指数等が高く、かんがい期には流速が緩和され、植生が繁茂している状況が推察され、二面張り水路が設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点で生態系配慮効果が継続していることが示唆された。



二面張り水路 (B 地区)

ポーラスコンクリート (E 地区)

図 3-9 各調査地区において設置されている二面張り水路

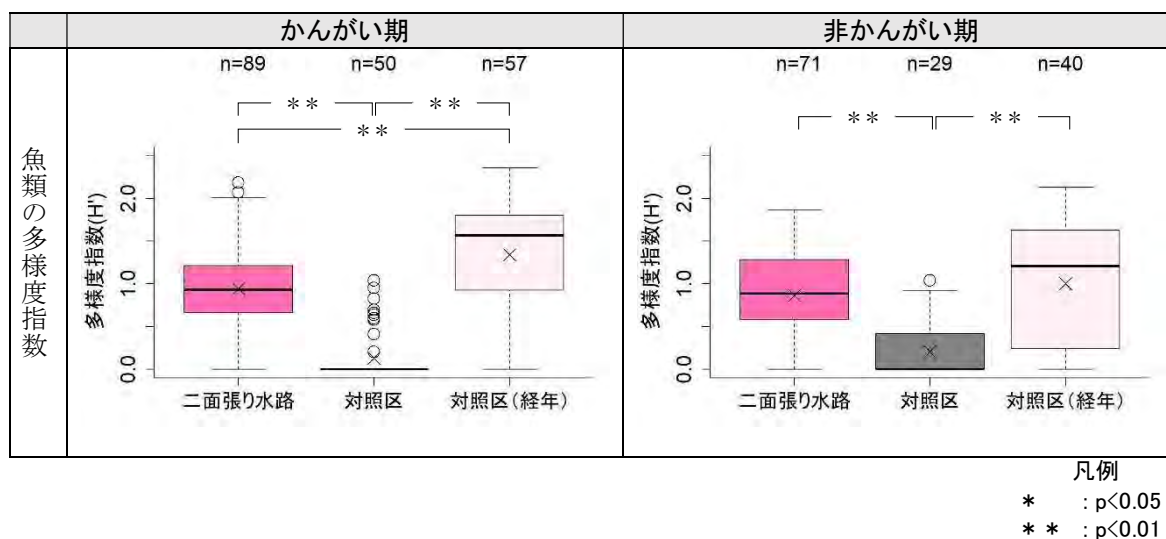
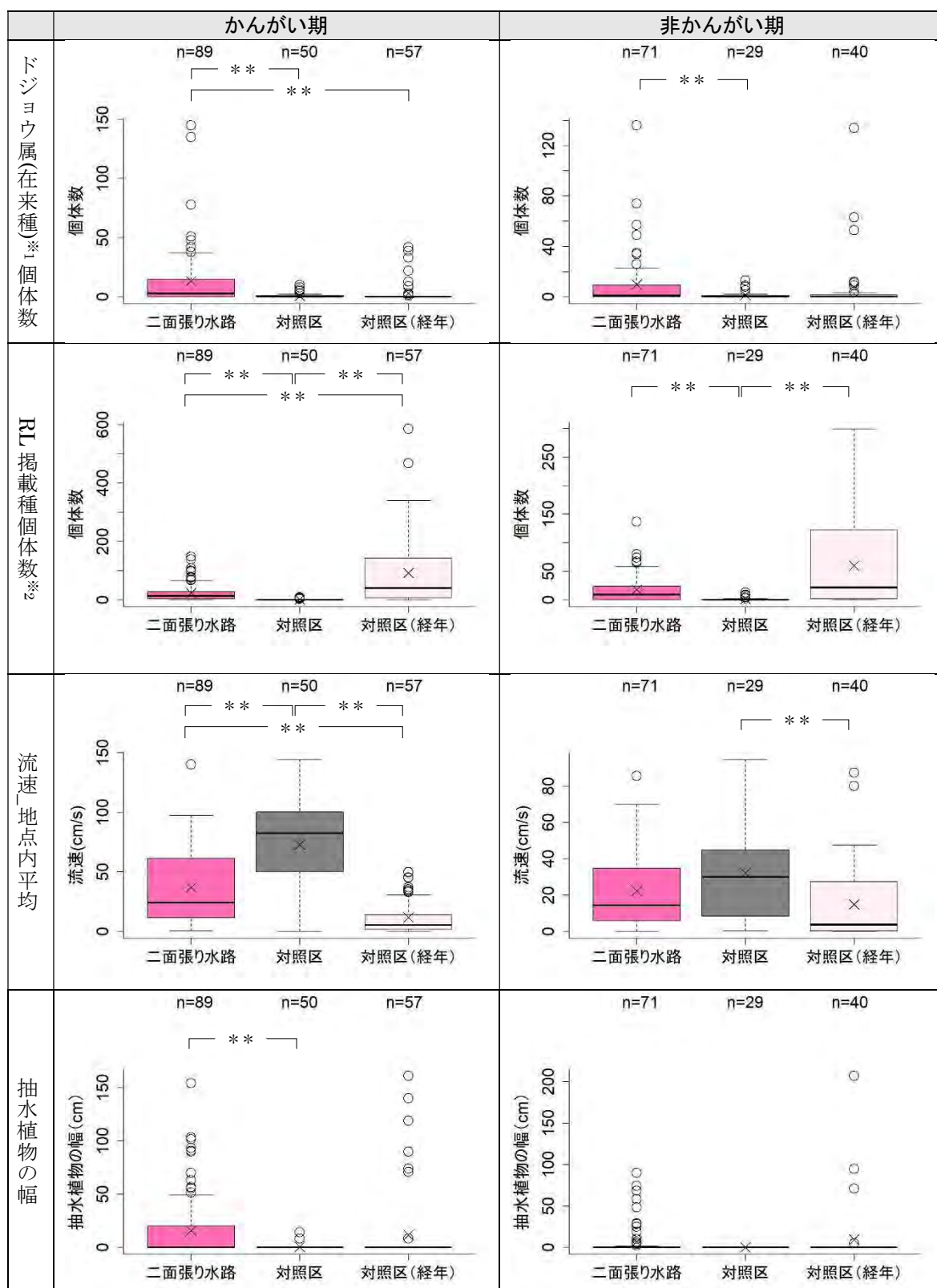


図 3-10 (1) 実証区（二面張り水路設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較



※1 在来種のみ。カラドジョウは含めない。

※2 RL 掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-10 (2) 実証区(二面張り水路設置地点)と対照区における魚類の多様度指数の比較



### c.深み工

深み工は、魚類の生息場や隠れ場、越冬場等として、水深確保や多様な底質、植生繁茂などの環境を創出することを目的とする施設である。

深み工が設置されている地区は、A地区、B地区、E地区、F地区、G地区、H地区、I地区、J地区である。

生物データをみると、全地区において、深み工ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期・非かんがい期のいずれにおいても、深み工ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の平均水深」が高く、「河床材料の砂比率」が大きい傾向がみられ、両データ群間に有意差がみられた。

以上、本調査の結果から、深み工が設置されている地点において、魚類の多様度指数等が高く、水深が大きく、底質も適宜堆積している状況が推察され、深み工が設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点で生態系配慮効果が継続していることが示唆された。



深み工(F地区)

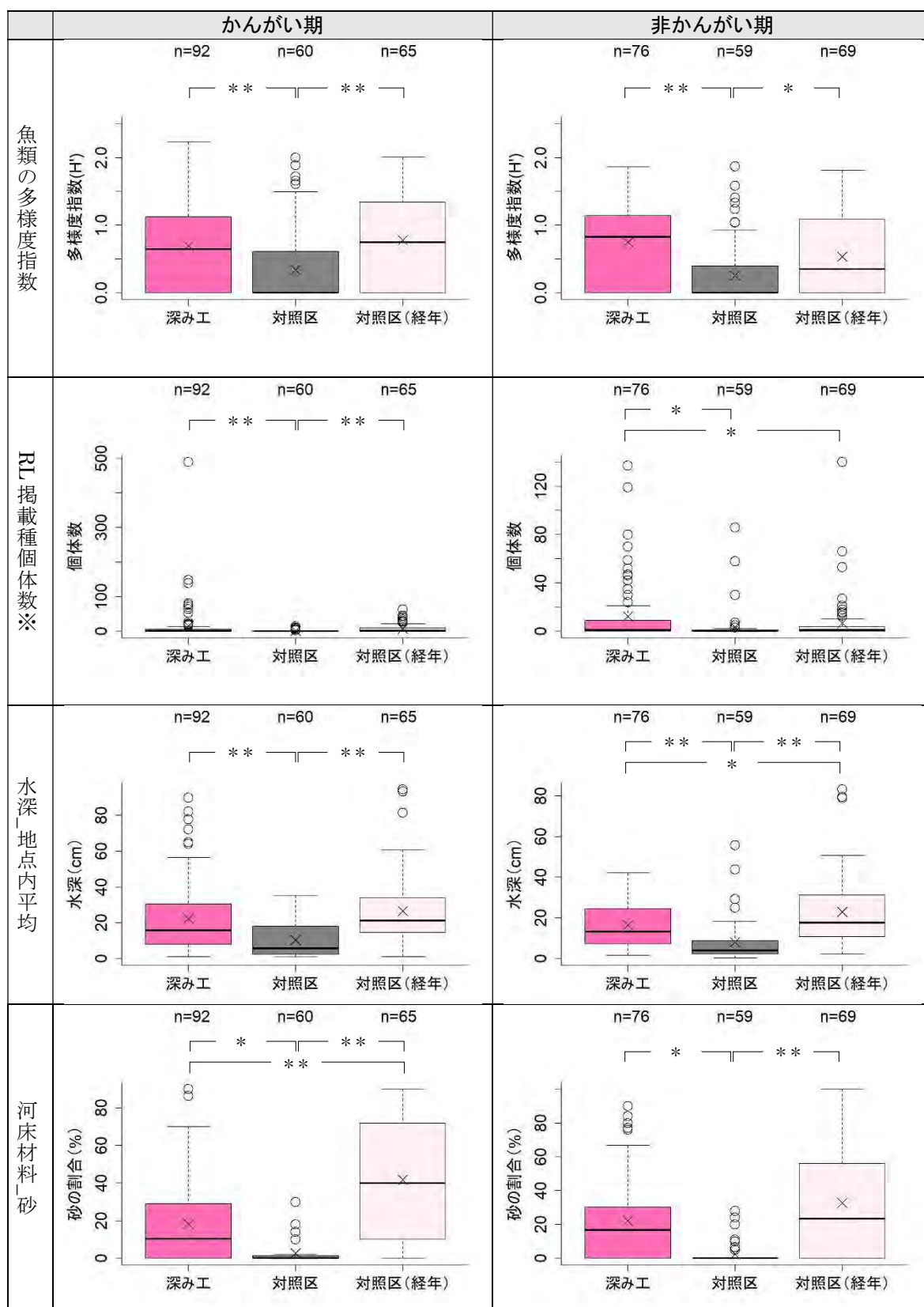


深み工(A地区)



低水溝(J地区)

図 3-11 各調査地区において設置されている深み工



※RL 掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-12 実証区（深み工設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較

#### d. ワンド工

ワンド工は、魚類の産卵場・避難場等として、流速緩和、底質堆積、植生繁茂などの環境を創出することを目的とする施設である。

ワンド工が設置されている地区は、B地区、E地区、F地区、H地区、J地区である。

生物データをみると、全地区において、時期に関わらず、ワンド工ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、「ドジョウ属（在来種）個体数」、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期・非かんがい期のいずれにおいても、ワンド工ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の平均流速」が遅く、「抽水植物の幅」が大きく、「河床材料の砂比率」が大きい傾向がみられ、両データ群間に有意差がみられた。

以上、本調査の結果から、ワンド工が設置されている地点において、対照区よりも、魚類の多様度指数等が高く、流速が小さく、抽水植物の幅が大きく、河床材料も堆積している状況が推察され、ワンド工が設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点で生態系配慮効果が継続していることが示唆された。



ワンド工 (E 地区)

ワンド工 (H 地区)

幅広区間 (B 地区)

図 3-13 各調査地区において設置されているワンド工

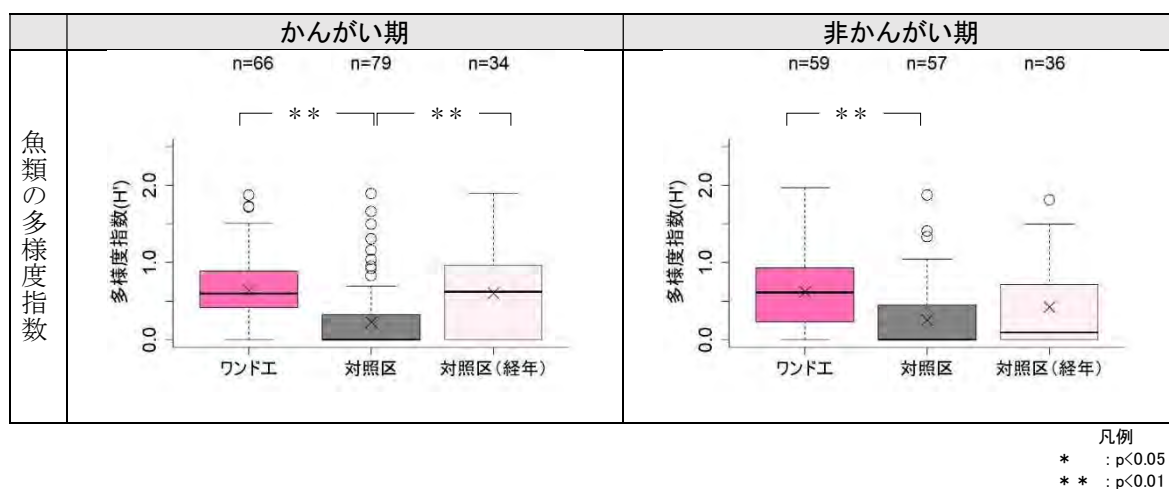
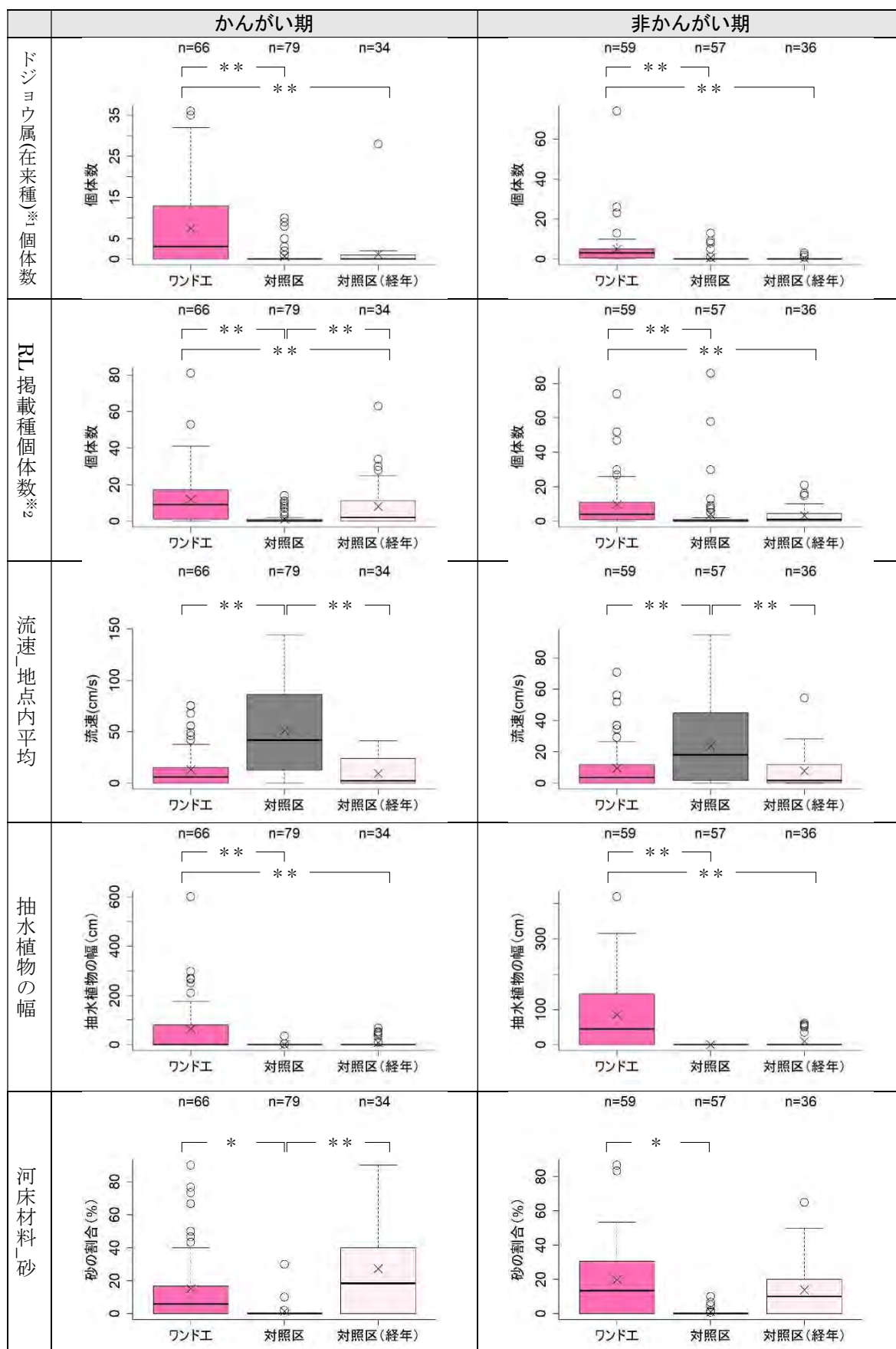


図 3-14 (1) 実証区（ワンド工設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較



※1 在来種のみ。カラドジョウは含めない。※2 RL掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数  
 凡例  
 \* :  $p < 0.05$   
 \*\* :  $p < 0.01$

図 3-14 (2) 実証区(ワンド工設置地点)と対照区における魚類の多様度指数の比較



### e.魚巢ブロック

魚巢ブロックは、魚類の隠れ場・避難場として、水深確保やカバーを創出することを目的とする施設である。

魚巢ブロックが設置されている地区は、B地区、D地区、E地区、H地区、J地区、K地区である。

生物データをみると、全地区において、魚巢ブロックありのデータ群の方が、配慮無しデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、「ドジョウ属（在来種）個体数」、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期・非かんがい期のいずれにおいても、魚巢ブロックありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の平均流速」が遅い傾向がみられ、両データ群間に有意差がみられた。魚巢ブロックは、直接的な流速緩和を目的とした施設ではないが、深み工とセットで設置されることが多く、水際の流れを複雑化させるなどにより、間接的に流速が小さくなっていると想定される。

以上、本調査の結果から、魚巢ブロックが設置されている地点において、対照区よりも魚類の多様度指数等が高く、希少種の個体数も多い状況が推察される。魚巢ブロックが設置されてから数年以上が経過しても、魚巢ブロックの生態系配慮効果が継続している地点がある一方で、調査地区によっては土砂堆積などが課題となっている。



魚巢ブロック(E地区)

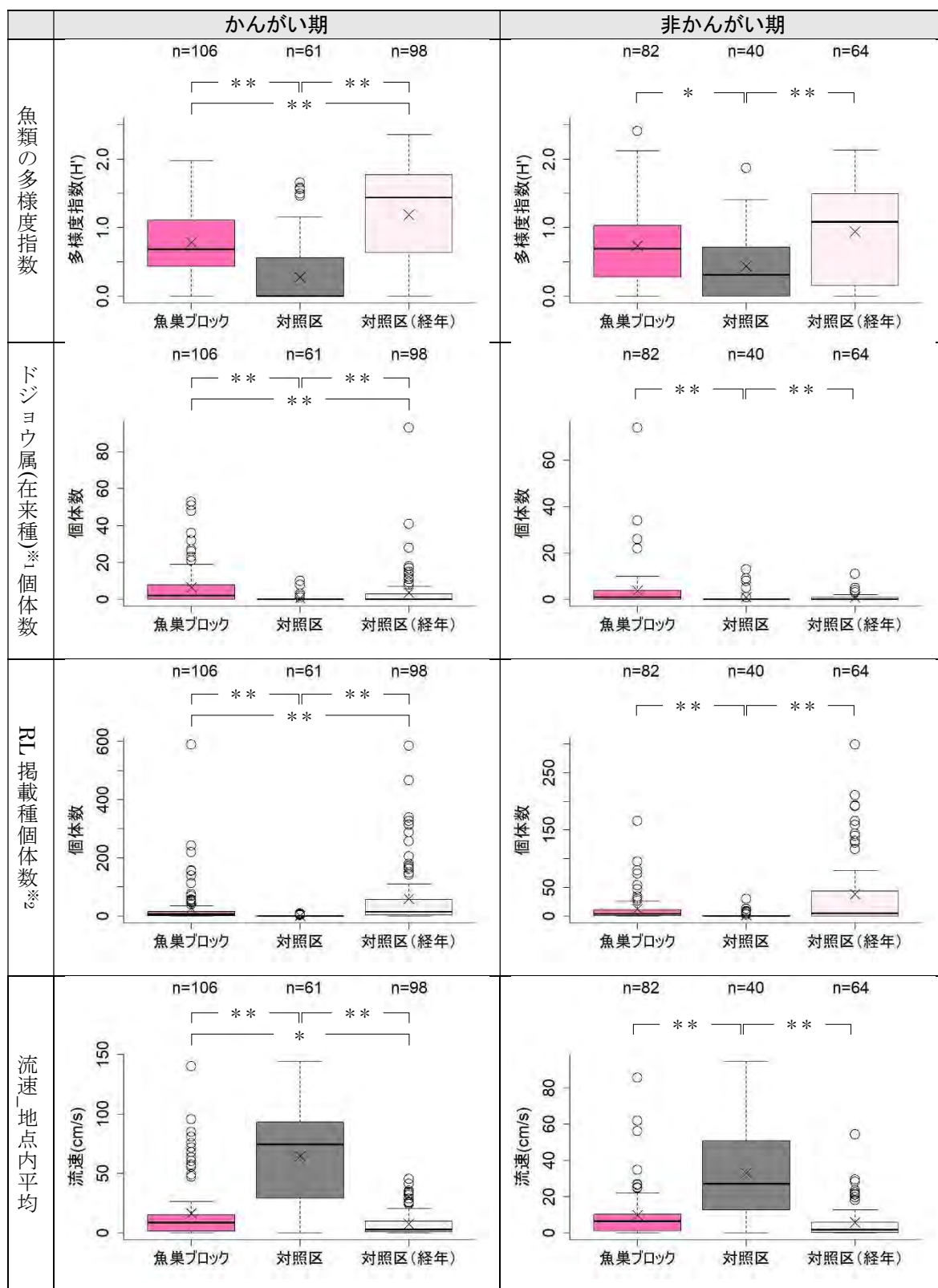


魚巢ブロック(J地区)



魚巢ブロック(D地区)

図 3-15 各調査地区において設置されている魚巢ブロック



※1 在来種のみ。カラドジョウは含めない。

※2 RL 掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-16 実証区（魚巣ブロック設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較

## f.ビオトープ

ビオトープは、魚類の生息場・産卵場・越冬場等として、水深確保、植生繁茂などの環境を創出することを目的とする施設である。

ビオトープが設置されている地区は、J地区とK地区である。

生物データをみると、全地区において、ビオトープありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、かんがい期の「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が有意に多い傾向がみられた。

環境データでは、かんがい期・非かんがい期のいずれにおいても、ビオトープありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、「地点内の最大水深」が高く、「抽水植物の幅」が大きい傾向がみられた。

以上、本調査の結果から、ビオトープが設置されている地点において、魚類の多様度指数等が高く、希少種の個体数も多い状況が推察され、ビオトープが設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点でビオトープの生態系配慮効果が継続していることが示唆された。

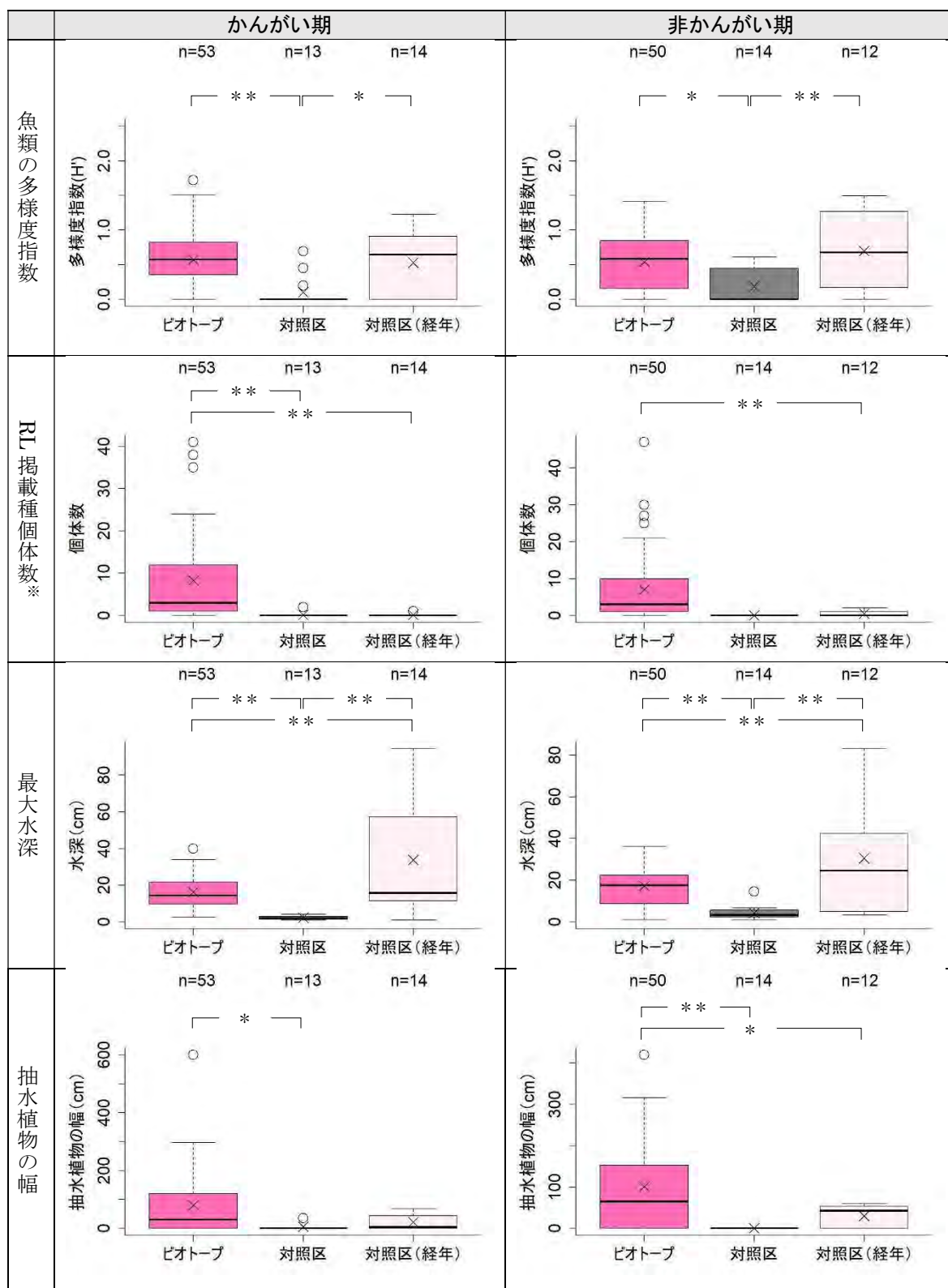


ため池型ビオトープ(J地区)



ワンド型ビオトープ(J地区)

図 3-17 各調査地区において設置されているビオトープ



※RL 掲載種個体数：環境省レッドリスト 2020 掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-18 実証区（ビオトープ設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較



## g.水路魚道

水路魚道は、魚類の水路内の移動経路を確保するため、落差の解消や流速の低減を目的とする施設である。

水路魚道（千鳥 X 型、粗石付き魚道、階段式落差工等）が設置されている地区は、A 地区、B 地区、E 地区、G 地区、J 地区である。なお、10 地区の中で平坦地に区分される地区には水路魚道は設置されておらず、傾斜地に区分される 5 地区のみでの検証である。

生物データをみると、かんがい期・非かんがい期のいずれも、水路魚道ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも「魚類の多様度指数」が高く、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」が多い傾向がみられた。また、「環境省レッドリスト掲載種の個体数」については、水路魚道ありのデータ群と、対照区（経年変化あり）のデータ群との間でも有意差がみられた。

なお、水路魚道は、環境要素の改善を直接的な目的としていないことから、データ群間の環境要素の差異についてはここでは考察していない。

本調査では、水路魚道の遡上状況調査は実施していないが、水路魚道が設置されている地点において、対照区よりも魚類の多様度指数等が高く、希少種の個体数が多い状況がみられることから、水路魚道を経由して遡上または降下している魚類が地点周辺に集まっている状況が推察される。このことから、水路魚道が設置されてから数年以上が経過しても、多くの地点で移動経路の確保の機能が継続していることが示唆された。



水路魚道 (A 地区)



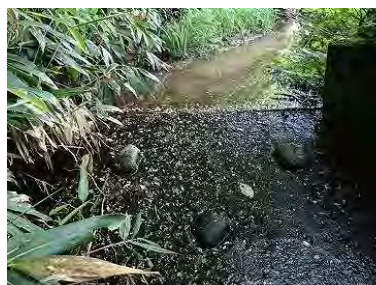
水路魚道 (E 地区)



水路魚道 (J 地区)



粗石付き魚道 (J 地区)

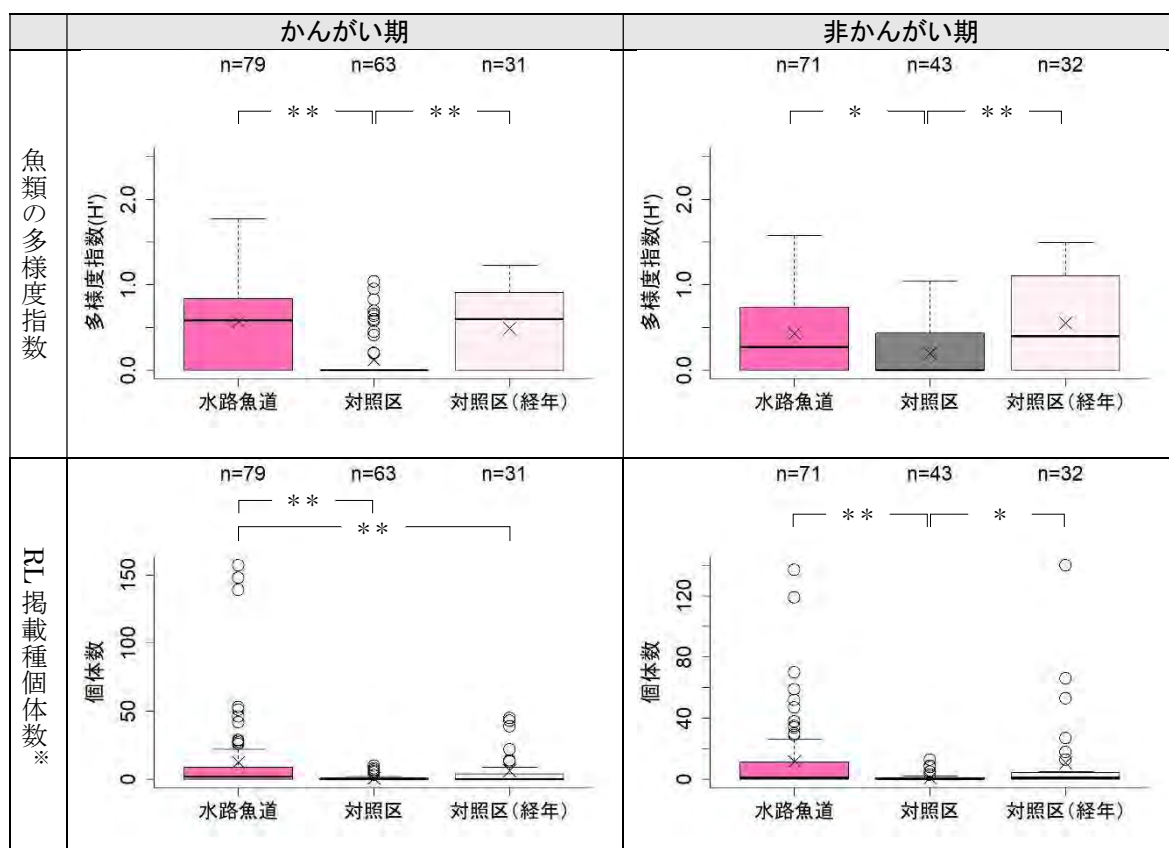


粗石付き魚道 (J 地区)



粗石付き魚道 (J 地区)

図 3-19 調査地区において設置されている水路魚道



※RL掲載種個体数：環境省レッドリスト2020掲載種個体数

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-20 実証区（水路魚道設置地点）と対照区における魚類の多様度指数の比較

水路魚道の設置効果を把握するため、各調査地点と周辺水路とのネットワーク接続状況を確認し、一定程度以上の落差がみられる場所での水路魚道の設置効果について補足的に考察した。

全国 10 地区の全地点のネットワーク接続状況を「良好」、「落差工あり&魚道」、「接続なし」の 3 つにデータ群に区分した上で、データ群間の魚類の多様度指数の有意差を検定し、ボックスプロットを作成した結果を図 3-21 に示す。なお、本検討においては、魚類の移動が制限される落差を、「魚類の生息分布に影響を及ぼす農業排水路の環境要因・千葉県谷津田域を対象として・(小出水ら、2004)。」を参考に、「20 cm」と設定した。

- 良好：地点下流側に 20cm を超える落差がなく、水深が確保されていれば移動は容易
- 落差工あり&魚道：地点下流側に 20 cm を超える落差があるが、魚道が設置されている
- 接続なし：地点の下流側に 20 cm を超える落差があり、魚道等が設置されていない

平坦地に区分される 5 地区では、水路勾配が全体に緩く、もともと水路魚道が設置されている地区がない。接続性が「良好」と判定されている地点が多く、「接続なし」のデータ群よりも魚類の多様度指数が高い傾向があり、有意差もみられている。

傾斜地に区分される 5 地区では、「良好」・「落差工あり&魚道」のデータ群と、「接続なし」のデータ群との間で多様度指数の有意差がみられており、水路魚道の設置がネットワーク接続に寄与している状況がうかがえた。

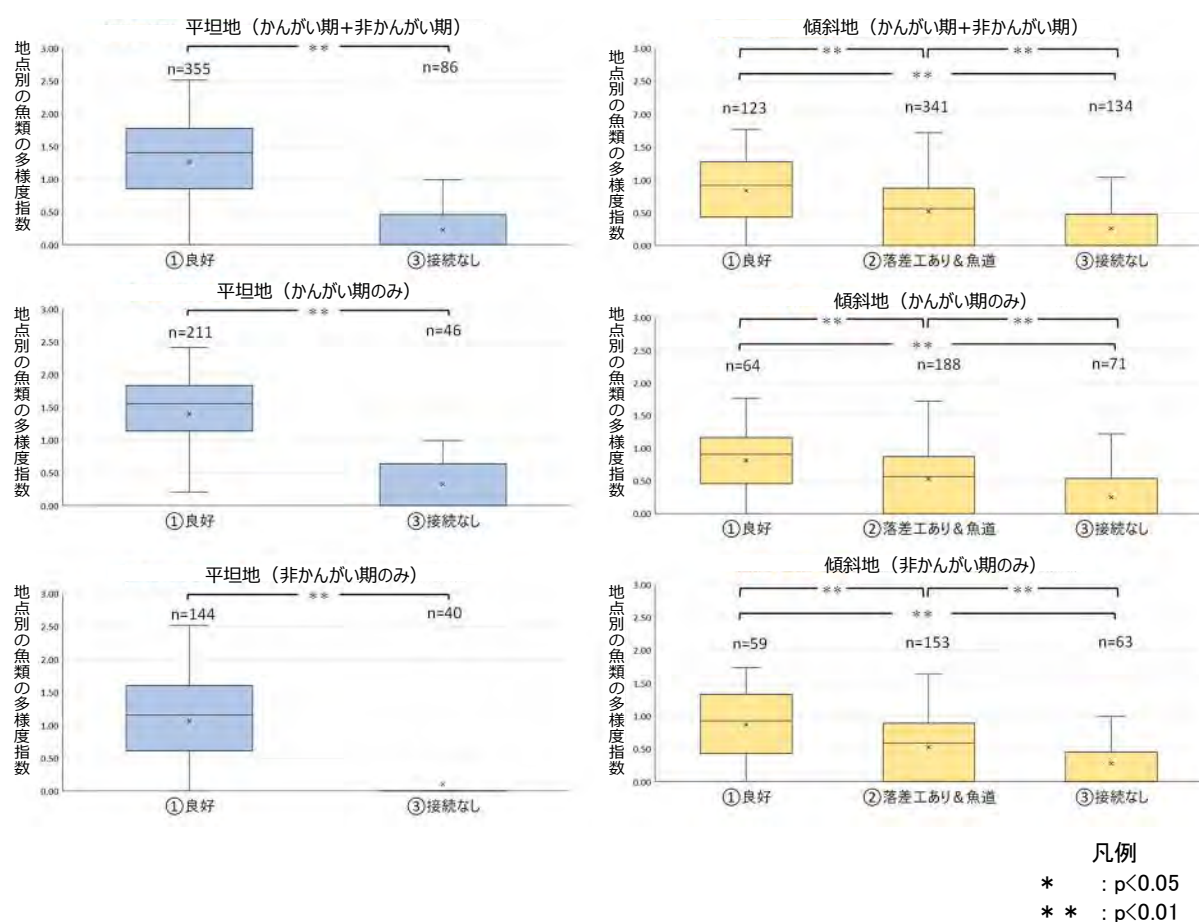


図 3-21 ネットワークの接続性判定による魚類の多様度指数の比較



## h.水田魚道

水田魚道は、水田を産卵場とする魚種（ドジョウ属、メダカ属、フナ類等）の排水路と水田間の移動経路を確保するため、落差の解消や流速の低減を目的とする施設である。

水田魚道が設置されている地区は、A地区、J地区、K地区である。

生物データをみると、かんがい期において、水田魚道ありのデータ群の方が、対照区のデータ群よりも、ドジョウ属（在来種）個体数やドジョウ仔稚魚の個体数が多い傾向がみられた。

水田魚道は、環境要素の改善を直接的な目的としていないことから、データ群間の環境要素の差異についてはここでは考察していない。

本調査においては、水田魚道自体の遡上降下調査は実施していないが、水田魚道を利用しようとするドジョウや水田で生まれて成長したドジョウ仔稚魚（降下後）が採捕されていた可能性がある。



水田魚道(A地区)

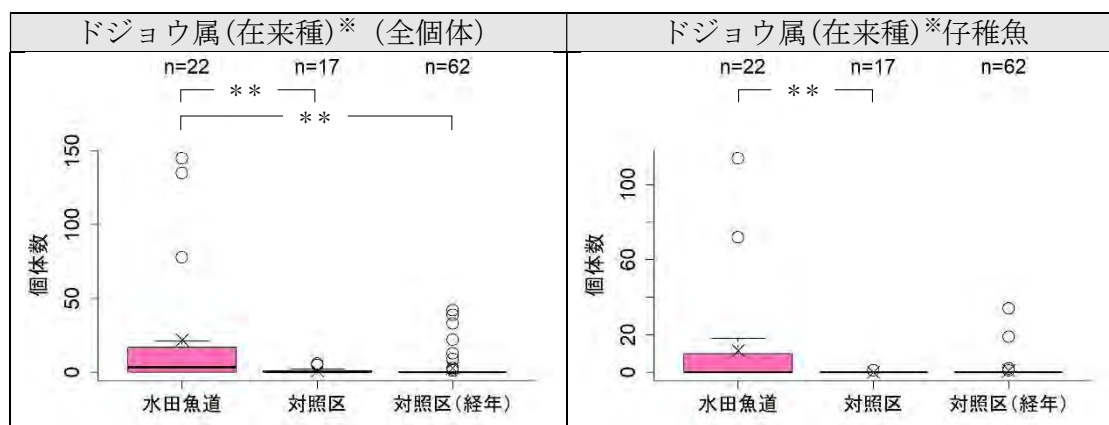


水田魚道(K地区)



水田魚道(J地区)

図 3-22 調査地区において設置されている水田魚道



※在来種のみ。カラドジョウは含めない。

凡例

\* :  $p < 0.05$

\*\* :  $p < 0.01$

図 3-23 実証区（水田魚道設置地点）と対照区におけるドジョウ個体数の比較



### 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

一般化線形混合モデルを用いて、ドジョウ属（在来種）、タナゴ類（流水性・止水性）、ミナミメダカの生息に適した環境条件を解析した。ドジョウ属（在来種）とミナミメダカの生息環境として植生が繁茂し土砂の堆積がある環境が適していること、流水性タナゴ類の生息環境はある程度流れがあり植生や土砂堆積がある環境、止水性タナゴ類の生息環境は水深があり流速が緩い環境がそれぞれ適していることが示唆され、この結果は従来の知見を裏付けるものであった。

#### (1) 一般化線形混合モデルを用いた生息に適した環境条件の検討

ドジョウ属（在来種）、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」を作成し、各魚種の生息に適した環境条件について解析した。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。

今回の検討においては、表 3-12 に示す環境データを説明変数とし、各魚種の個体数データを目的変数とし、地区名をカテゴリ変数として組み込んだ「一般化線形混合モデル」を構築した。環境データについては多重共線性の確認を行い、「堆積の割合」との相関が大きかった「コンクリートの割合」はデータセットから除外した。また解析対象種が元々生息している地区の中での個体数の偏りに基づき、生息に適した環境の傾向を把握するため、解析対象種が3か年の調査で一度も確認されていない地区のデータは各データセットから除外した。

表 3-12 一般化線形混合モデルの検討に用いた環境データの緒元

| No. | 項目      | 単位   | かんがい期（581データ） |       |     |      |      | 非かんがい期（461データ） |       |     |      |      |
|-----|---------|------|---------------|-------|-----|------|------|----------------|-------|-----|------|------|
|     |         |      | 平均値           | 最大値   | 最小値 | 標準偏差 | VIF  | 平均値            | 最大値   | 最小値 | 標準偏差 | VIF  |
| 1   | 平均流速    | cm/s | 21.5          | 144.4 | 0.0 | 28.7 | 1.19 | 13.4           | 94.6  | 0.0 | 17.6 | 1.07 |
| 2   | 平均水深    | cm   | 29.8          | 289.0 | 0.3 | 31.6 | 1.05 | 17.9           | 83.2  | 0.2 | 14.6 | 1.12 |
| 3   | 沈水植物の割合 | %    | 4.1           | 100.0 | 0.0 | 14.9 | 1.05 | 3.8            | 100.0 | 0.0 | 12.3 | 1.05 |
| 4   | 抽水植物の割合 | %    | 5.1           | 100.0 | 0.0 | 13.8 | 1.08 | 4.1            | 94.1  | 0.0 | 12.0 | 1.08 |
| 5   | 垂下植物の割合 | %    | 6.9           | 100.0 | 0.0 | 13.5 | 1.06 | 6.0            | 100.0 | 0.0 | 11.5 | 1.22 |
| 6   | リターの割合  | %    | 1.0           | 75.0  | 0.0 | 4.8  | 1.36 | 3.8            | 100.0 | 0.0 | 11.8 | 1.25 |
| 7   | 堆積の割合※  | %    | 66.3          | 100.0 | 0.0 | 43.6 | 1.03 | 66.4           | 100.0 | 0.0 | 42.3 | 1.21 |

※泥分、砂分、礫分の合計を指す。

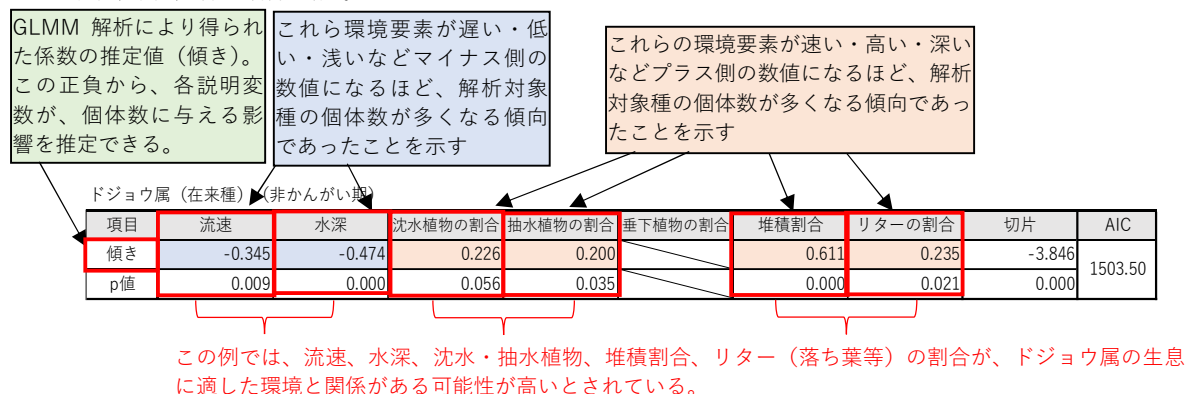


図 3-24 モデル構築結果の読み取り方

## a. ドジョウ属（在来種）

ドジョウ属（在来種）は、流れが緩やかで、水深が浅く、植生が繁茂し、砂泥が堆積している箇所が多く確認されている傾向があった。かんがい期と非かんがい期を比較すると、かんがい期には植生データがモデルから外れる傾向がみられたものの、物理環境や土砂堆積について、季節による生息環境の大きな違いはないものと考えられた。以上から、ドジョウの生息には、水深が浅く流れの緩やかな、土砂堆積と植生繁茂が組み合わさった環境が必要であると考えられた。

表 3-13 一般化線形混合モデル解析によって推定されたドジョウ属（在来種）の生息に適した環境

ドジョウ属（在来種）（全期間）

| 項目 | 流速     | 水深     | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|--------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き | -0.311 | -0.294 | 0.122   | 0.130   | 0.154   | 0.650 | 0.280  | -3.289 | 3871.50 |
| p値 | 0.002  | 0.002  | 0.106   | 0.046   | 0.034   | 0.000 | 0.000  | 0.000  |         |

ドジョウ属（在来種）（かんがい期）

| 項目 | 流速     | 水深     | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|--------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き | -0.416 | -0.530 |         |         |         | 0.716 | 0.301  | -3.329 | 2331.80 |
| p値 | 0.003  | 0.000  |         |         |         | 0.000 | 0.000  | 0.000  |         |

ドジョウ属（在来種）（非かんがい期）

| 項目 | 流速     | 水深     | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|--------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き | -0.345 | -0.474 | 0.226   | 0.200   |         | 0.611 | 0.235  | -3.846 | 1503.50 |
| p値 | 0.009  | 0.000  | 0.056   | 0.035   |         | 0.000 | 0.021  | 0.000  |         |

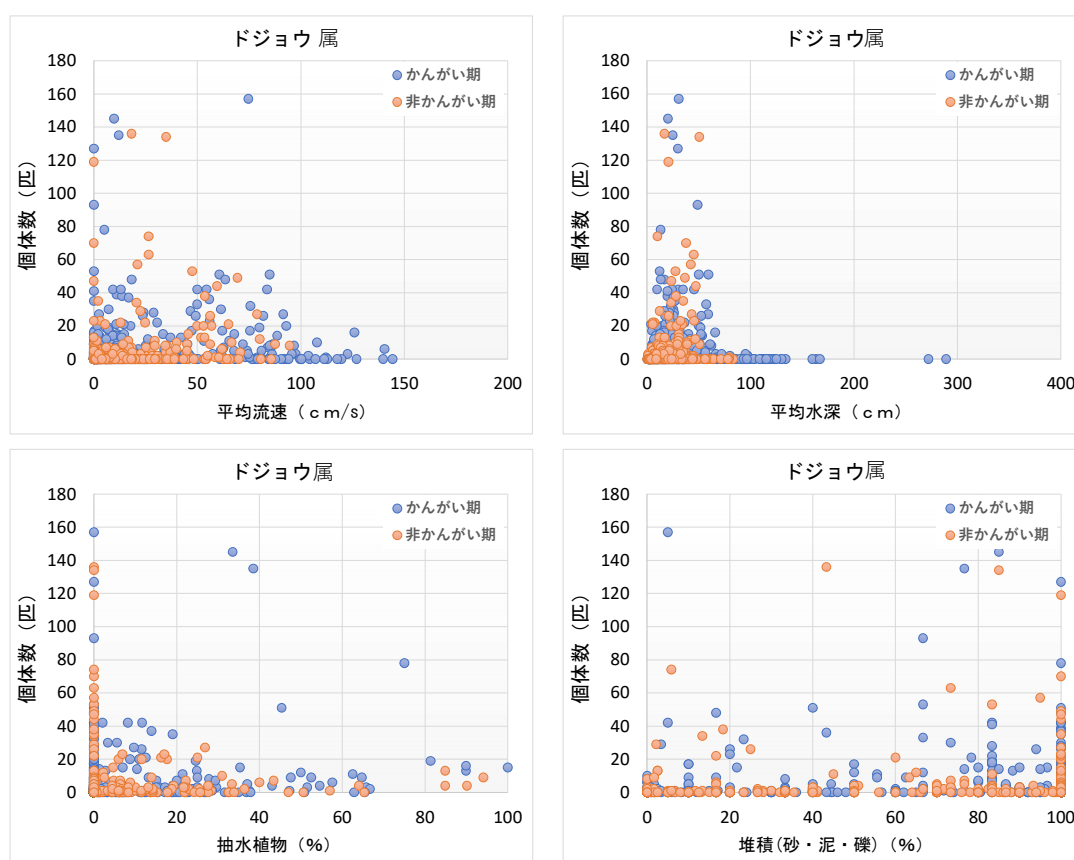


図 3-25 ドジョウ属（在来種）の出現個体数と環境データの比較

※今回の現地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、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。

## b.流水性タナゴ類

流水性タナゴ類（アカヒレタビラ、アブラボテ、ヤリタナゴ）は、ある程度の流れがあり、水深が浅く、沈水植物や土砂堆積が多い箇所が多く確認されている傾向があった。

かんがい期と非かんがい期を比較すると、選択される変数に大きな差は無く、季節による生息環境の大きな違いはないものと考えられた。以上から、流水性タナゴ類の生息には、浅くある程度の流速が確保された、土砂堆積と植生繁茂が組み合わさった環境が必要であると考えられた。

表 3-14 一般化線形混合モデル解析によって推定された流水性タナゴ類の生息に適した環境

流水性タナゴ類（全期間）

| 項目 | 流速    | 水深     | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|-------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き | 0.352 | -0.256 | 0.391   |         |         | 0.818 | 0.371  | -3.485 | 1187.90 |
| p値 | 0.057 | 0.064  | 0.001   |         |         | 0.000 | 0.004  | 0.000  |         |

流水性タナゴ類（かんがい期）

| 項目 | 流速 | 水深     | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC    |
|----|----|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|
| 傾き |    | -0.571 | 0.328   |         |         | 0.918 | 0.599  | -3.724 | 767.60 |
| p値 |    | 0.004  | 0.016   |         |         | 0.000 | 0.001  | 0.000  |        |

流水性タナゴ類（非かんがい期）

| 項目 | 流速    | 水深 | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC    |
|----|-------|----|---------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|
| 傾き | 0.769 |    | 0.699   |         |         | 0.765 |        | -3.242 | 423.40 |
| p値 | 0.000 |    | 0.001   |         |         | 0.004 |        | 0.000  |        |

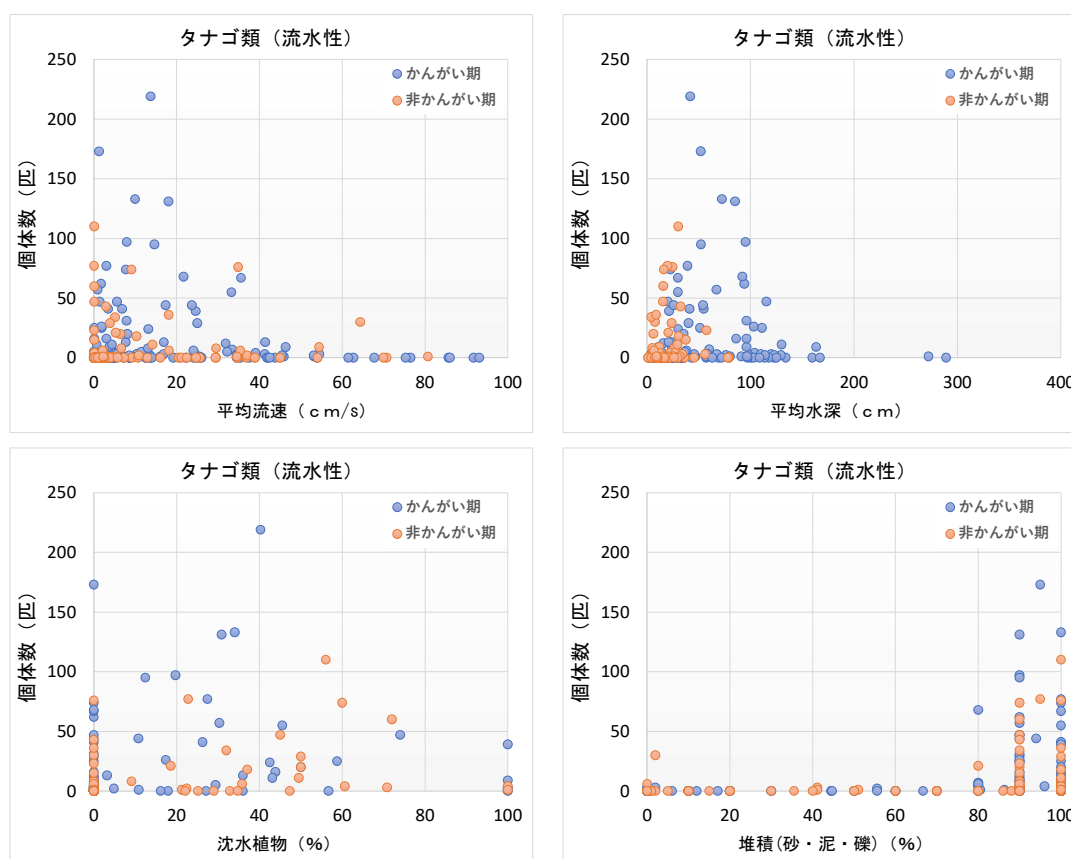


図 3-26 流水性タナゴ類の出現個体数と環境データの比較

### c. 止水性タナゴ類

止水性タナゴ類（カゼトゲタナゴ、カネヒラ、ニッポンバラタナゴ）は、流れが緩やかで水深があり、土砂堆積箇所が多く確認されている傾向があった。

かんがい期と非かんがい期を比較すると、いずれの場合にも流速が緩いことが重要な変数であるとされており、非かんがい期には水深が加わっていた。以上から、止水性タナゴ類の生息には、水深があり流速が緩い環境が必要であると考えられた。

表 3-15 一般化線形混合モデル解析によって推定された止水性タナゴ類の生息に適した環境

止水性タナゴ類（全期間）

| 項目 | 流速     | 水深    | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|--------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き | -0.250 | 0.448 |         |         |         | 0.778 |        | -3.485 | 1210.90 |
| p値 | 0.057  | 0.000 |         |         |         | 0.000 |        | 0.074  |         |

止水性タナゴ類（かんがい期）

| 項目 | 流速     | 水深 | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC    |
|----|--------|----|---------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|
| 傾き | -0.189 |    | -0.255  |         |         | 0.539 |        | -4.414 | 862.00 |
| p値 | 0.219  |    | 0.067   |         |         | 0.007 |        | 0.098  |        |

止水性タナゴ類（非かんがい期）

| 項目 | 流速     | 水深    | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合 | リターの割合 | 切片      | AIC    |
|----|--------|-------|---------|---------|---------|------|--------|---------|--------|
| 傾き | -0.448 | 0.522 |         | -0.533  |         |      |        | -16.018 | 356.80 |
| p値 | 0.103  | 0.005 |         | 0.006   |         |      |        | 0.194   |        |

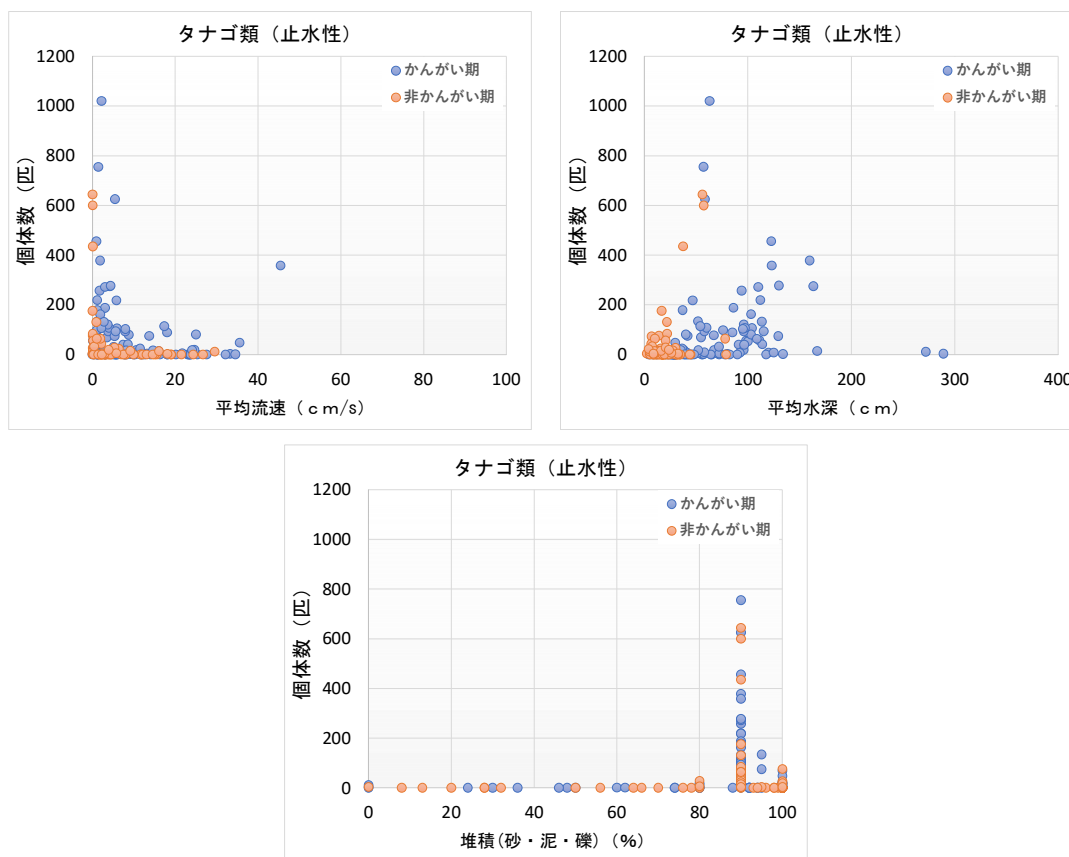


図 3-27 止水性タナゴ類の出現個体数と環境データの比較

## d. ミナミメダカ

ミナミメダカは、植生が繁茂し、砂泥が堆積した地点で多く確認されている傾向がみられた。

かんがい期と非かんがい期を比較すると、非かんがい期には沈水植物やリターの割合がモデルから外れるなどの変化がみられたものの、植生が多い箇所では出現している傾向に変化はなかった。以上から、ミナミメダカの生息には、植生が繁茂し、砂泥が堆積した環境が必要であると考えられた。

表 3-16 一般化線形混合モデル解析によって推定されたミナミメダカの生息に適した環境

ミナミメダカ（全期間）

| 項目 | 流速 | 水深 | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|----|----|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き |    |    | 0.218   | 0.515   |         | 0.615 | 0.172  | -4.043 | 2218.70 |
| p値 |    |    | 0.034   | 0.000   |         | 0.000 | 0.167  | 0.002  |         |

ミナミメダカ（かんがい期）

| 項目 | 流速 | 水深 | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合  | リターの割合 | 切片     | AIC     |
|----|----|----|---------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 傾き |    |    | 0.255   | 0.377   |         | 0.756 | 0.233  | -4.139 | 1329.70 |
| p値 |    |    | 0.046   | 0.009   |         | 0.000 | 0.087  | 0.001  |         |

ミナミメダカ（非かんがい期）

| 項目 | 流速 | 水深 | 沈水植物の割合 | 抽水植物の割合 | 垂下植物の割合 | 堆積割合 | リターの割合 | 切片     | AIC    |
|----|----|----|---------|---------|---------|------|--------|--------|--------|
| 傾き |    |    |         | 0.661   |         |      |        | -3.891 | 921.30 |
| p値 |    |    |         | 0.000   |         |      |        | 0.002  |        |

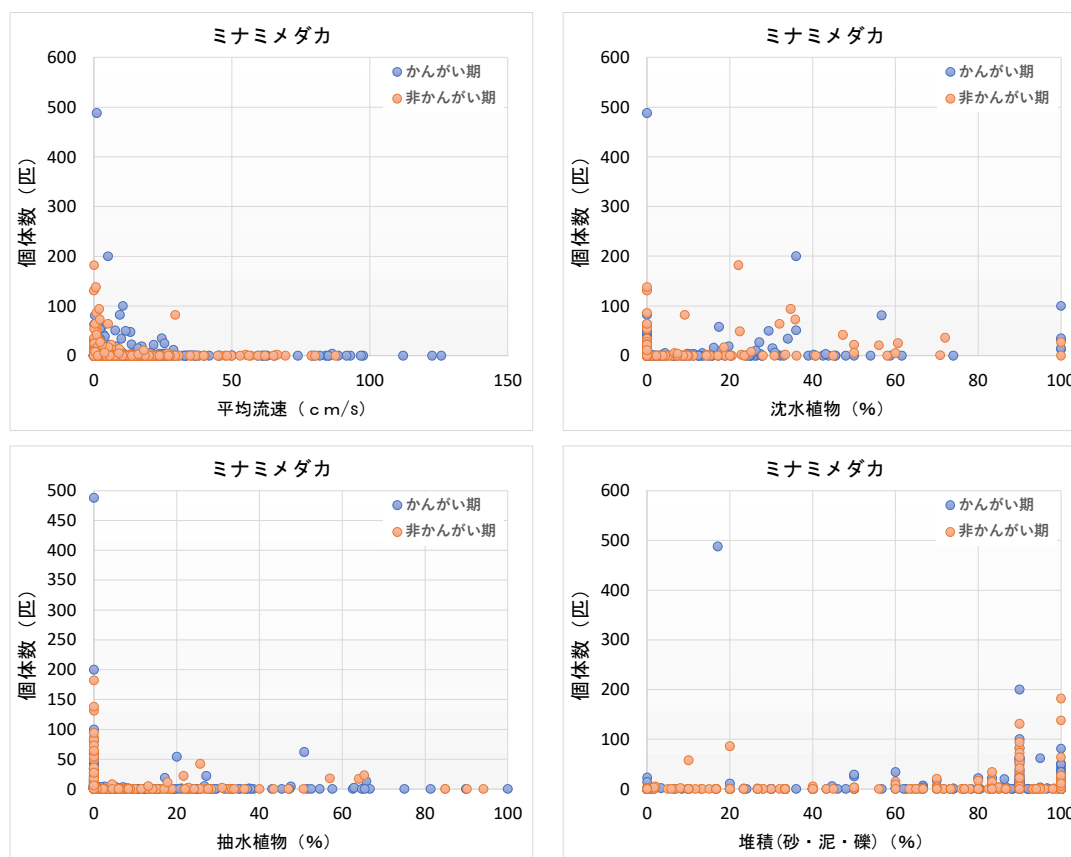


図 3-28 ミナミメダカの出現個体数と環境データの比較

### 3.3 地区ごとのデータを用いた解析

令和元年度～令和 3 年度に実施した実証調査の地区別の調査結果にもとづき、各地区の環境配慮対策効果の現状について整理した。全ての地区で事業完了後に数年以上が経過しているが、地区ごとの生態系配慮施設の整備によって生態系が保全されている効果が確認された。ただし、外来種等の侵入、魚類相の単調化、維持管理手法や体制の現況に応じた変化などの課題も見えてきている。

調査地区ごとの解析においては、全国 10 地区の解析と同様に、実証区と対照区のデータ群間の魚類の多様度指数等に有意差があるか確認し、ボックスプロットを作成した。地区ごとの解析においても、魚類の多様度指数だけでなく、保全対象生物となりうる代表的な魚種（ドジョウ属、メダカ属、タナゴ類、環境省レッドリスト 2020 掲載種等）やこれら魚種の仔稚魚の個体数も解析対象とした。

調査地区ごとの解析は、一般化線形混合モデル（GLMM、分布系は連続値・個体数等、データの特性に合わせて指定。用語集へ詳述。）により実施した。個々の地区単位では、調査方法、調査努力量、調査地点の区間延長などの条件が概ね揃っており、比較可能なため、調査地区ごとの解析においては、これらの条件はモデルに組み込まなかった。

加えて、各地区の特性や調査・分析結果などに基づき、保全対象生物の生息情報や環境配慮対策の効果等についても整理した。

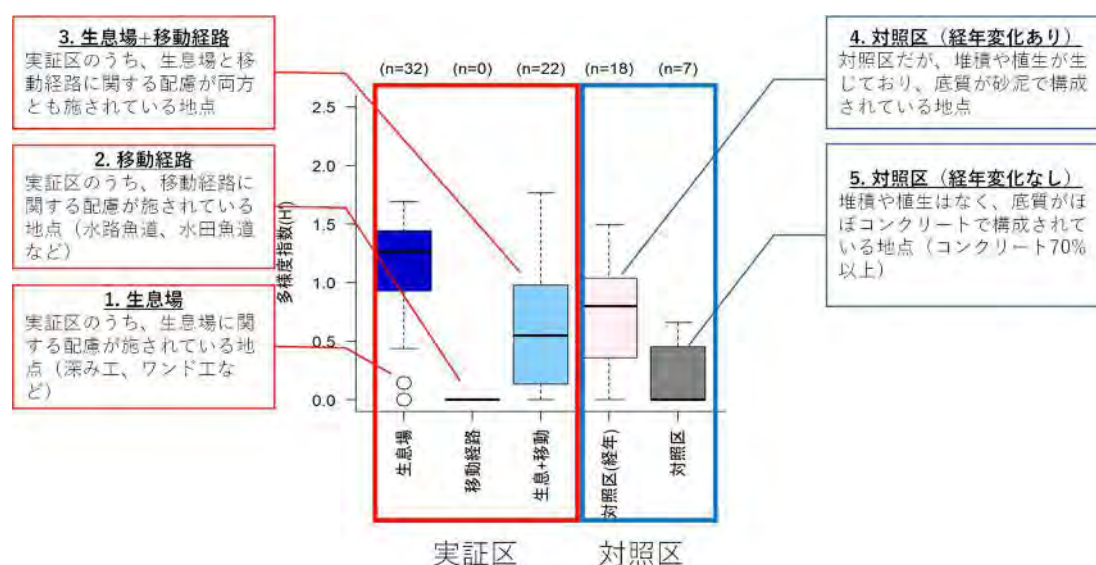


図 3-29 各調査地区におけるデータ区分とボックスプロットの表示方法



## 1) A 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

A 地区では、土水路、井桁沈床工、水路魚道、水田魚道などの多様な配慮施設が設置されているほか、現況保全区間により事業実施前から生息している水生生物の生息場を残している。本検討では、調査対象の 12 地点のうち、現況保全区間の 4 地点を「生息場のみ」、深み工と魚道、水田魚道と土水路が設置された 3 地点を「生息場+移動経路」、土砂が堆積した対照区の 4 地点を「対照区（経年）」、三面張り区間の 1 地点を「対照区」として解析を実施した。その結果、対照区と比較して、実証区において魚類の多様度指数が高く、ドジョウ属（外来種含む）や環境省の重要種の個体数が多い傾向が確認された。なお、本地区ではドジョウとカラドジョウが同所的に確認されており、生態や好む環境が似通っていることから、配慮効果の解析の観点からここではまとめて解析した。

「生息場」にあたる現況保全区間の区間では、多くのコイ科魚類や、ヤマメやカジカなどの流水性の重要種が確認されていた。また、「生息+移動」にあたる区間では特に多くのドジョウ属（外来種含む）が確認されており、深み工や土水路の設置効果が発揮されていると考えられた。また、水田魚道の設置区間では、多くのドジョウ属（外来種含む）の当歳個体が確認されていた。

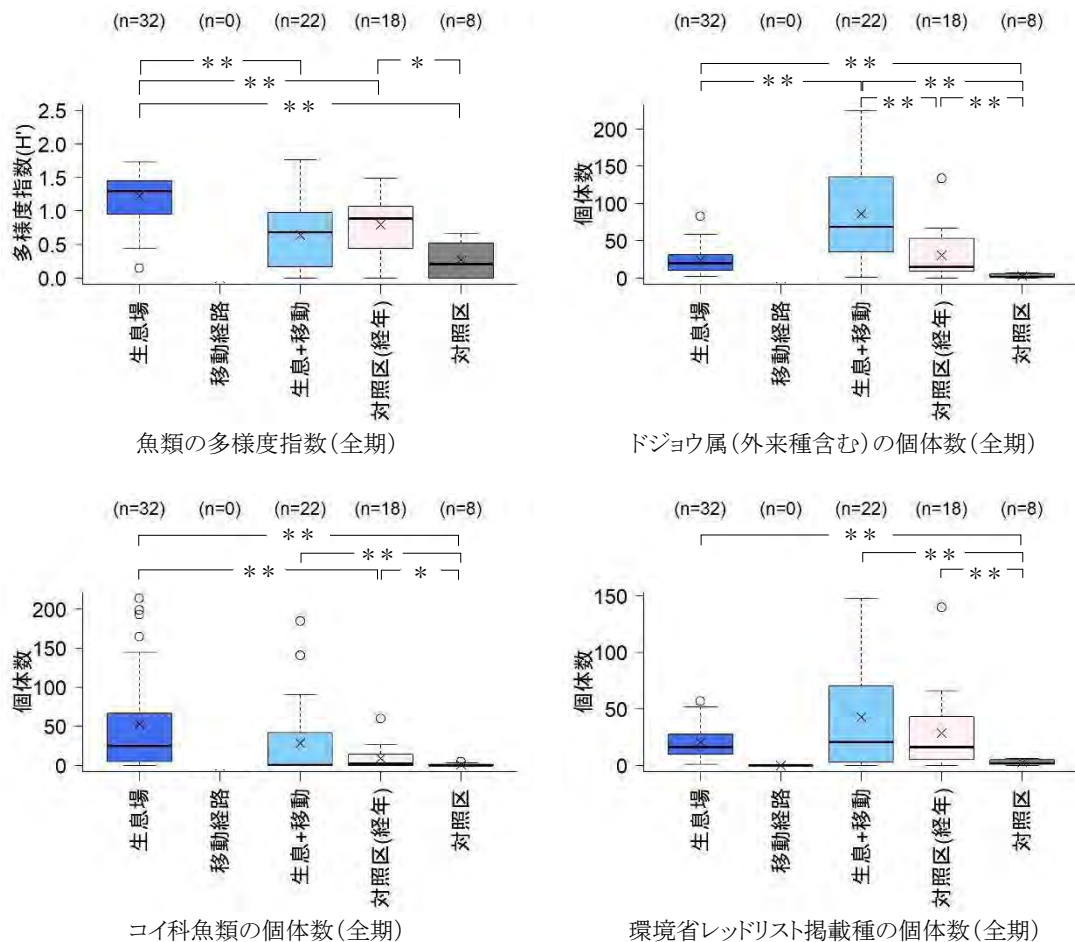


図 3-30 A 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較



## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

流速の早い地点では、水際の「水際植生」や「井桁沈床工」内の流速が緩和された環境にアブラハヤ、ウグイ、カワムツ等のコイ科魚類の稚魚や若魚が多数潜んでいるのが確認された。「土水路」及び「水田魚道」が設置された地点では、かんがい期においてドジョウ属（外来種含む）の当歳魚が 80 個体程度確認されており、「土水路」が繁殖場所となっている可能性が考えられた。なお、この土水路では、A 地区の保全対象種であるトウキョウダルマガエルも確認されている。「集水柵」では多様な魚種が確認されており、「水路魚道」や「集水柵」が水路の魚類の多様度向上に寄与していることが確認された。3 面張り構造となっている地点においても、「深み工」の水路底には土砂が堆積しており、かんがい期には底泥などの堆積環境を好むドジョウ属（外来種含む）やナマズ稚魚が確認され、これらの種の生息場となっていた。

対照区であるが砂礫の堆積や沈水植物の繁茂がみられる地点では、ドジョウ属（外来種含む）やカジカなどの魚類が多数確認されていた。コンクリート 3 面張りで土砂堆積のない地点では、ドジョウ属（外来種含む）が数個体確認されたのみであり、生物の安定した生息場とはなっていないことがうかがえた。

魚類の確認種数や個体数は対照区よりも実証区で多く、生態系配慮施設の設置効果が発揮されていることが確認できた。事業完了から 16 年経過しているが、地区内の配慮施設の設置効果が継続していると考えられた。



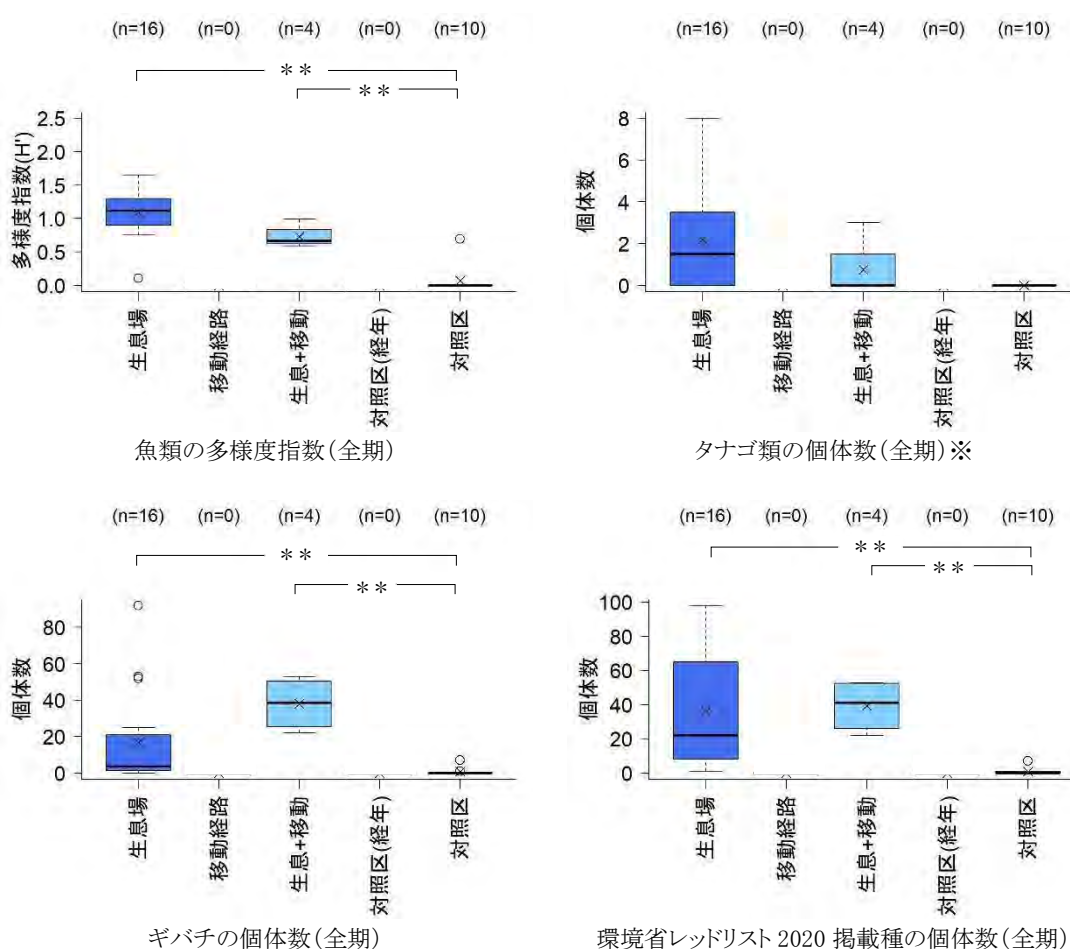
図 3-31 A 地区に設置された生態系配慮施設

## 2) B 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

B 地区の実証区は、下流部が現況保全区間、中流部が二面張り区間（緩勾配、階段式落差工、幅広水路、魚巢ブロック等の環境配慮対策を実施）、上流部が三面張り区間（深み工、階段式魚道等の環境配慮対策を実施）となっている。また対照区は、現況保全区間に並行して流れる三面張り水路である。なお、保全対象生物はギバチ、スナヤツメ、アカヒレタビラである。

調査対象の 6 地点のうち、二面張り区間及び現況保全区間に位置する 3 地点を「生息場のみ」、深み工と階段式魚道が設置されている 1 地点を「生息場+移動経路」、三面張り区間の 2 地点を対照区とし、魚類多様度指数、タナゴ類個体数、ギバチ個体数、環境省レッドリスト掲載種の個体数を比較した結果、実証区では多様度指数や個体数が対照区よりも有意に高い結果となった。



※「タナゴ類の個体数（全期）」の対照区（n=10）の個体数はすべてゼロであり、有意差検定ができない。

図 3-32 B 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

実証区においてギバチ、スナヤツメ等の保全対象種の生息が確認され、対照区と比較して種数・個体数・多様度指数のいずれも良好な結果となったことから、生態系配慮施設の整備が魚類の生息環境の保全に寄与していると推察された。

このような結果の背景（要因）を、環境配慮対策の内容を踏まえて整理・分析し、「多様性に寄与する環境要素と生態系配慮との関連性」を整理した（下表）。

| 実証区における環境配慮対策の内容 | 多様性に寄与する環境要素と生態系配慮との関連性                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 緩勾配（二面張り区間）      | <p>【流速】緩勾配にすることで水路内の流れが緩やかになり、農業用水路内において好適な流速環境の創出につながり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <p>【水中植生・カバー】緩勾配にすることで水路内の流れが穏やかになり、水路内の植生の創出を促す効果が発生。また、かんがい期においては、魚類の休息場、仔稚魚の隠れ場等の提供に繋がり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <p>【流速多様度】緩勾配にすることで水路内の流れが緩やかになり、これに加えて水路底の深み等の影響もあり、非かんがい期においては魚類の越冬場の提供等につながり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <p>【最少水深】緩勾配にすることで水路内の流れが穏やかになり、非かんがい期において、深い水深が確保・維持ができない場所でも魚類の生息に適した環境が確保され、越冬場の提供等につながり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <div data-bbox="1123 645 1444 887"></div> <div data-bbox="1123 898 1444 1144"></div> |
| 深み工／水路内魚道（直下の深み） | <p>【最大水深】三面張り区間内の深み工や魚道直下の深みは、特に非かんがい期において流量が大きく減少する農業用水路においては、魚類の越冬場の提供につながり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <div data-bbox="751 1285 1091 1541"></div> <div data-bbox="1102 1285 1444 1541"></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 土砂による埋め戻し        | <p>【自然河床】二面張り区間の水路底を土砂で埋め戻すことによって、水路内の河床が自然河川と同等の環境となり、底生魚の生息場の他、産卵基質の提供につながり、魚類の生息環境の質的向上に寄与</p> <div data-bbox="1102 1603 1444 1861"></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



### 3) D 地区

#### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

D 地区では、蛇簗や魚巢ブロック、両生類用の脱出スロープが設置されている。魚類の保全対象生物はミナミメダカである。

配慮施設の設置区間と対照区とでは魚類の多様度指数に顕著な差は見られなかった。保全対象生物のミナミメダカは、対照区（経年変化あり）の区間で多い傾向がみられた。また、ミナミメダカを含む環境省レッドリスト掲載種を合計すると、「生息場」や「対照区（経年）」の区間で、個体数が「対照区」よりも多い傾向があった。

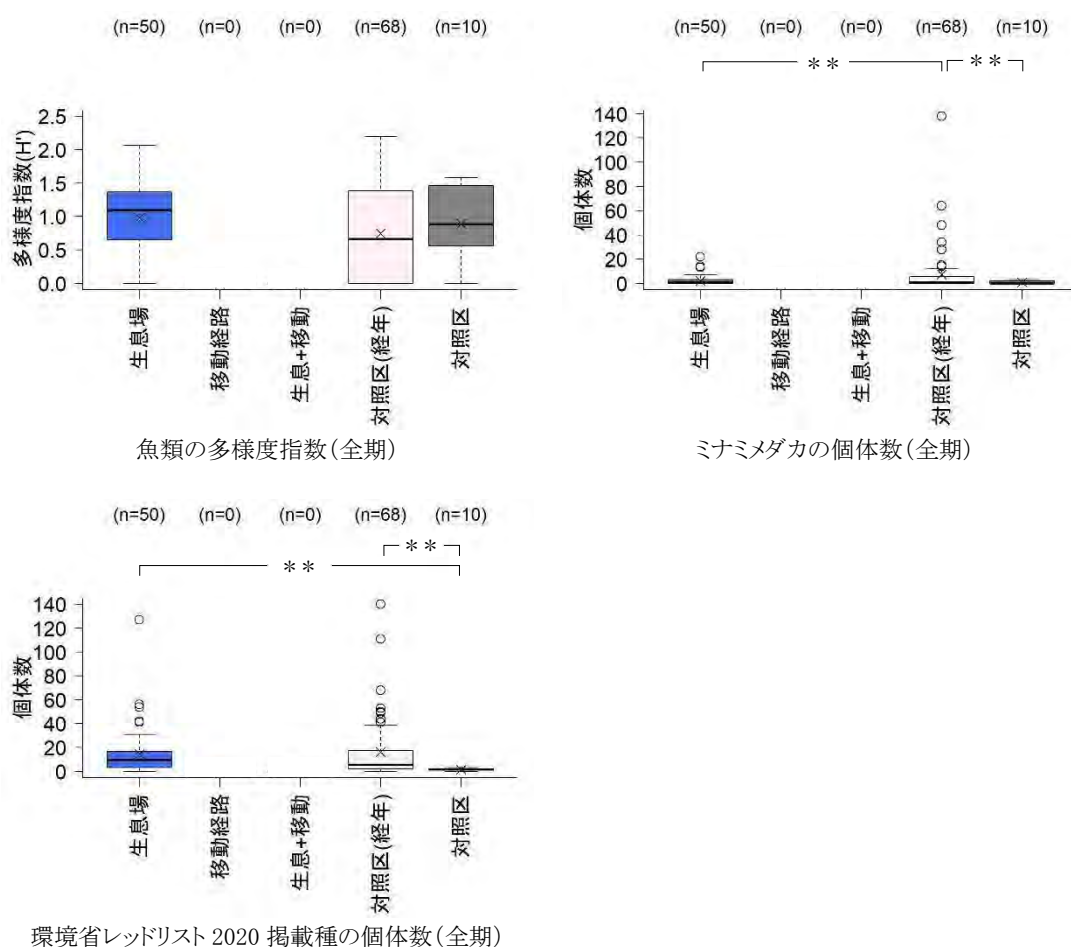


図 3-33 D 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

物理環境調査の結果、ほぼ全ての地点で流速は 5cm/s と流れは極めて緩やかであり、河川と排水路間及び排水路間のネットワークの分断点は見られなかった。

D 地区では、かんがい期には排水路の水量が少なく、魚類の遡上や魚巢ブロックなどの生態系配慮施設の利用が難しい状況となっている。また、水量・流量が少ないため水温が高めで推移することが多い。水路の多くの場所や魚巢ブロック内でアメリカザリガニが確認されており、魚類の生息環境悪化の一因となっている可能性がある。

地点間の魚類の多様度指数に明確な差が見られなかった要因については、①水深や底質などの環境要因の違いにより実証区以外の地点も棲みよい環境である可能性、②水域ネットワークの分断は見られず、路線間の移動が容易なため種の数が見えにくい等の可能性が考えられる。さらに、対照区を含む路線は他の路線と比較して水深が深い場合が多いため、特に遊泳性の魚類が河川と排水路間を多く行き来していると思われる。

調査地区全体では農業農村整備事業実施前に確認された魚類（国外外来種を除く）のうち、直近 2 カ年の調査でその 8 割以上の種が確認された。ナマズなどの一部の種は事業実施後のモニタリング調査では確認されていないため、事業実施の際は地域の生息環境や保全対象とする生物種に応じた配慮施設の導入の検討は重要である。

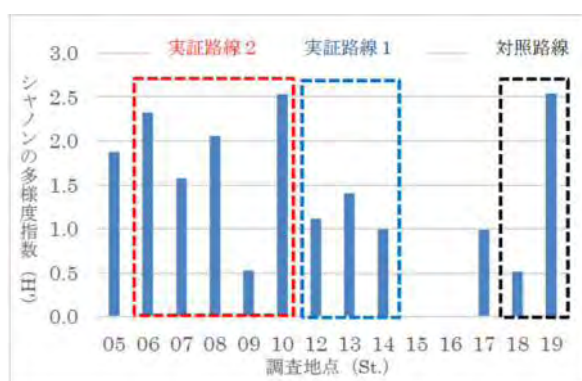


図3 R2年度かんがい期の魚類の多様度指数

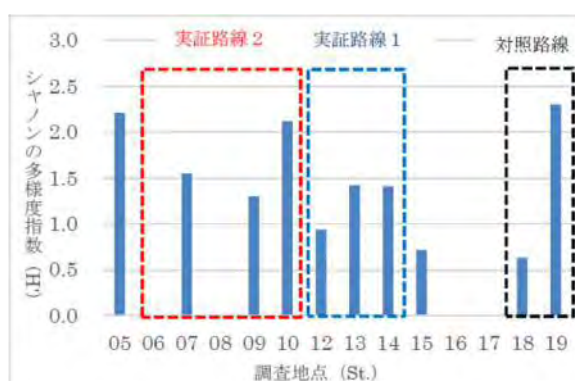


図4 R2年度非かんがい期の魚類の多様度指数

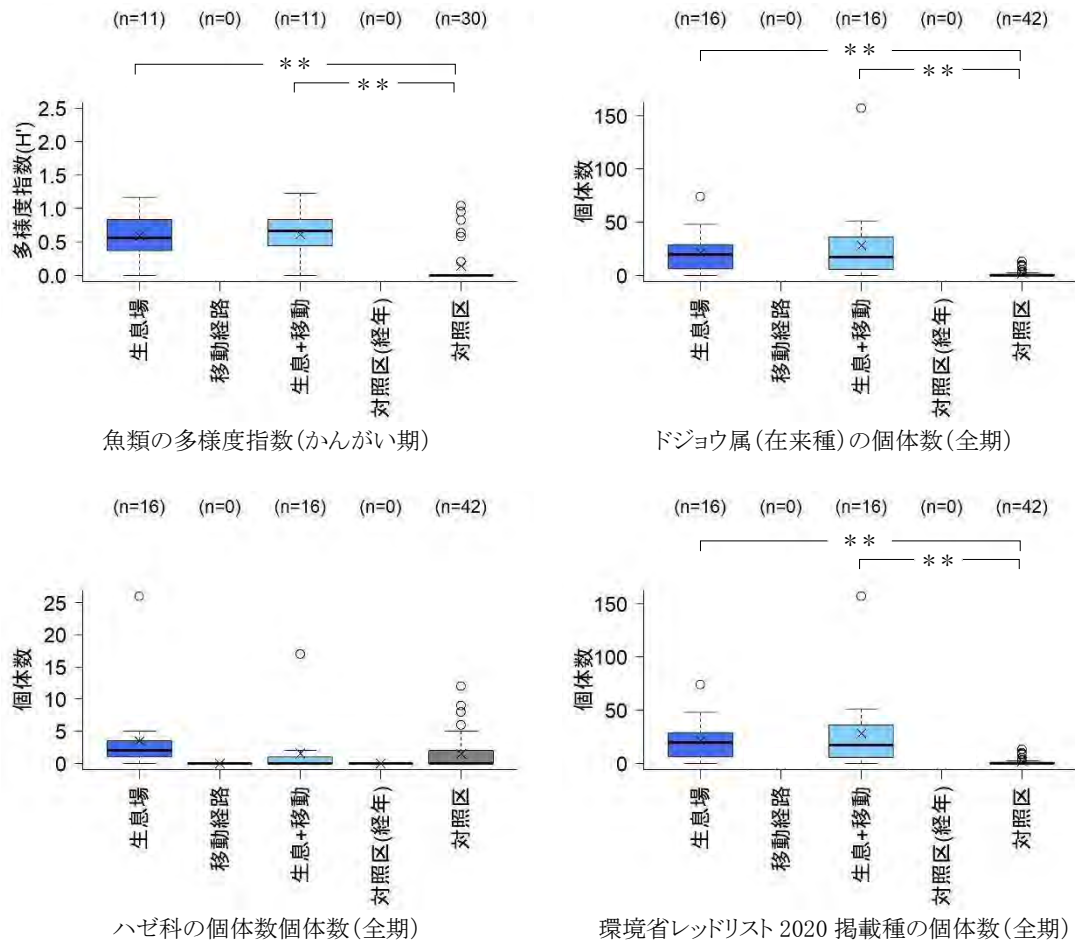
図 3-34 令和 2 年度の地点別の魚類の多様度指数

#### 4) E 地区

##### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

E 地区では、ワンド工、魚巢ブロック、ポーラスコンクリート、深み工、玉石詰め工の他、バイパス水路にはハーフコーン型水路が設置されている。保全対象生物はドジョウ、カワヨシノボリである。

実証区では、対照区と比較して魚類の多様度指数や個体数が高い傾向がみられた。特にドジョウ属（在来種）※でその傾向が顕著であった。



※E 地区の現地調査データではカラドジョウは報告されていない

図 3-35 E 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

実証区のワンド工、玉石工などの生態系配慮施設の緩流部において保全対象生物（特にドジョウ属（在来種））の生息数が多い状況が確認された。本種にとって実証区や対照区等の用排水路は、水田で繁殖した個体や成長した個体の落水時期の避難場場所、非繁殖個体群の生活場所となっていると考えられる。水路の流速が速いと本種の生息が困難なため、ポーラスコンクリートやワンド工の設置が有効であると考えられる。

また、カワヨシノボリは、実証水路では継続的に確認されているものの、確認数が減少しているとされている。その原因として、環境配慮施設の玉石が浮石のまま維持されず、産卵に適した浮石として機能していないと考えられる点や、実証区への移動経路に本種が隠れる浮石が点在しておらず、本流から遡上することが困難になっている可能性がある点が挙げられている。流水域の礫底を好むような保全対象種については、可能な限り河床が浮石で構成された環境を整えることが重要と考えられる。

表 3-17 確認種一覧

| 種名       | H21年度 | H26年度 | H27-28年度 | R1年度 |      | R2年度 |      |
|----------|-------|-------|----------|------|------|------|------|
|          | 実証水路  | 実証水路  | 実証水路     | 実証水路 | 対照水路 | 実証水路 | 対照水路 |
| ギンブナ     |       |       |          | ○    |      | ○    |      |
| フナ属      |       | ○     |          |      |      |      |      |
| オイカワ     |       | ○     | ○        | ○    |      | ○    | ○    |
| アブラハヤ    | ○     |       | ○        |      |      | ○    | ○    |
| タカハヤ     | ○     | ○     | ○        | ○    |      | ○    | ○    |
| ウグイ      |       |       | ○        | ○    | ○    | ○    | ○    |
| タモロコ     | ○     | ○     | ○        | ○    | ○    | ○    | ○    |
| カマツカ     |       |       |          |      | ○    |      |      |
| ドジョウ     | ○     | ○     | ○        | ○    | ○    | ○    | ○    |
| ナマズ      |       | ○     |          |      |      |      |      |
| アユ       |       | ○     |          |      |      | ○    |      |
| キタノメダカ   |       | ○     | ○        |      |      |      |      |
| ヒメダカ     |       |       |          | ○    |      |      |      |
| カワヨシノボリ  | ○     | ○     | ○        | ○    | ○    | ○    | ○    |
| トウヨシノボリ類 |       |       |          |      |      | ○    | ○    |
| 15種      | 5種    | 9種    | 8種       | 8種   | 5種   | 10種  | 8種   |



ポーラスコンクリート



玉石詰め工+魚巣ブロック



ワンド工

図 3-36 E 地区に設置された生態系配慮施設

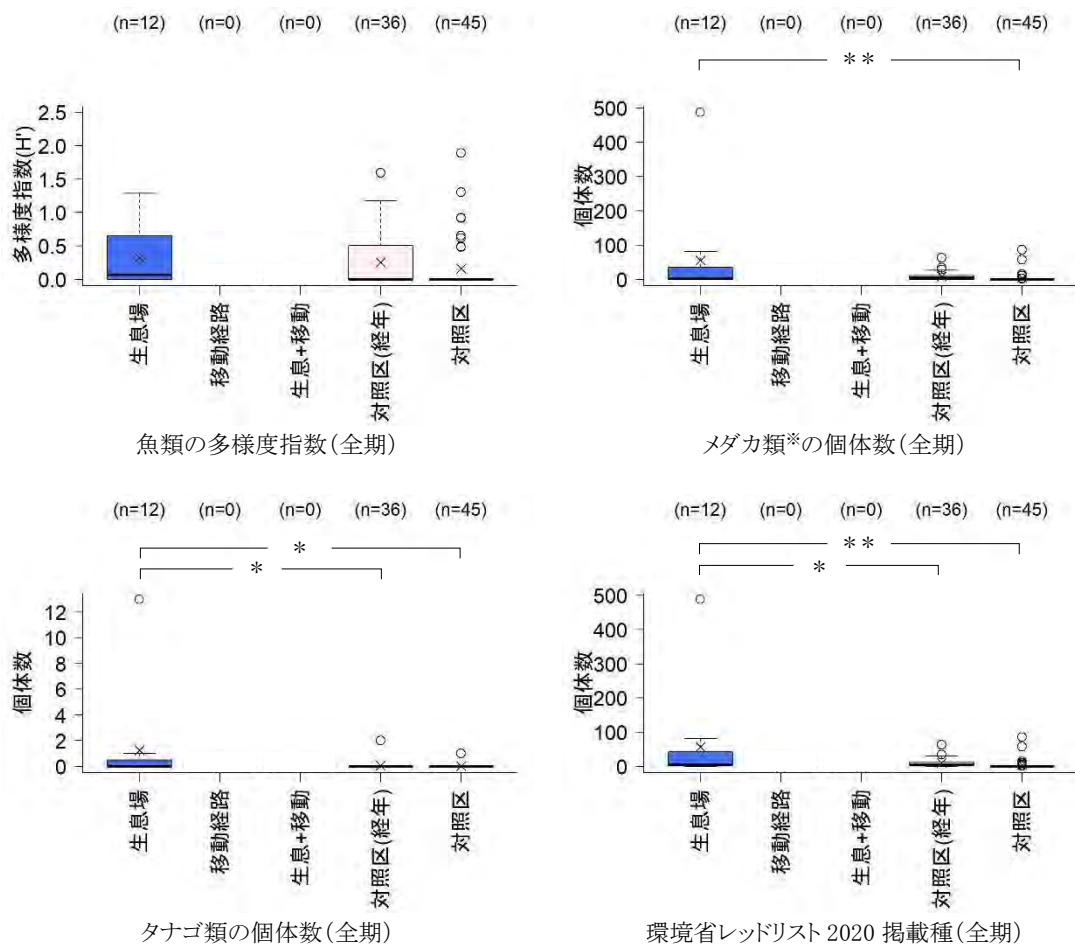


## 5) F 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

F 地区では、深み工やワンド工を設置することによって、魚類の生息場を創出している。実証区と対照区のデータ群間では魚類の多様度指数の有意差がみられなかった。本地区は平坦地に区分され、地区内の勾配は緩く、水路網内の魚類の移動が容易と想定されるため、対照区と実証区の魚類の多様度指数や個体数に顕著な差はみられなかったと考えられる。

一方、保全対象生物であるミナミメダカおよびヤリタナゴの個体数は、実証区（生息場のみ）のデータ群で対照区よりも多い傾向がみられ、有意差がみられた。現地の詳細データでは、実証区でミナミメダカの当歳個体も確認されており、実証区の水路区間が生息場として機能しており、また再生産にも寄与していることが示唆された。



※メダカ類：ミナミメダカ+メダカ（飼育品種）の合計個体数で作成した

図 3-37 F 地区の実証区と対照区における魚類の多様度指数の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

実証路線では、保全対象生物であるヤリタナゴ、ミナミメダカが確認されるとともに、通常整備として行われる排水路底面の水抜き穴からは、令和元年度調査でミナミメダカの産卵が確認されたスズメノヒエの植生が確認できた。

地点別の確認魚種数をみると、幹線排水路や排水路の升で比較的多くの魚種が確認された。この他、排水河川から遡上したと考えられるボラ等の魚種は、幹線排水路で確認されたが、落差により分断された水路の上流部では確認されなかった。排水路 A・B 及び未配慮路線の深みがない直線区間では、一般的に魚類の生息は少なかった。

| 種名      | 調査時期    |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
|         | 実証路線    |         | 未配慮路線   |         |
|         | R2年7-8月 | R3年2-3月 | R2年7-8月 | R3年2-3月 |
| オイカワ    | ●       |         |         |         |
| オオクチバス  | ●       |         |         |         |
| カダヤシ    | ●       |         |         |         |
| カマツカ    | ●       |         |         |         |
| カワムツ属   | ●       |         |         |         |
| カワヨシノボリ | ●       |         |         |         |
| コイ      | ●       |         |         |         |
| タモロコ    | ●       |         |         |         |
| ドジョウ    | ●       |         | ●       |         |
| ナマズ     | ●       |         |         |         |
| フナ属     | ●       |         |         |         |
| ブルーギル   | ●       |         |         |         |
| ボラ      | ●       |         |         |         |
| ミナミメダカ  | ●       |         | ●       |         |
| ヤリタナゴ   | ●       |         |         |         |



図4 St. 10：排水路植生



図5 St. 8：深み工



図6 St. 29：上下流部の分断



図7 St. 16：排水路B直線区間

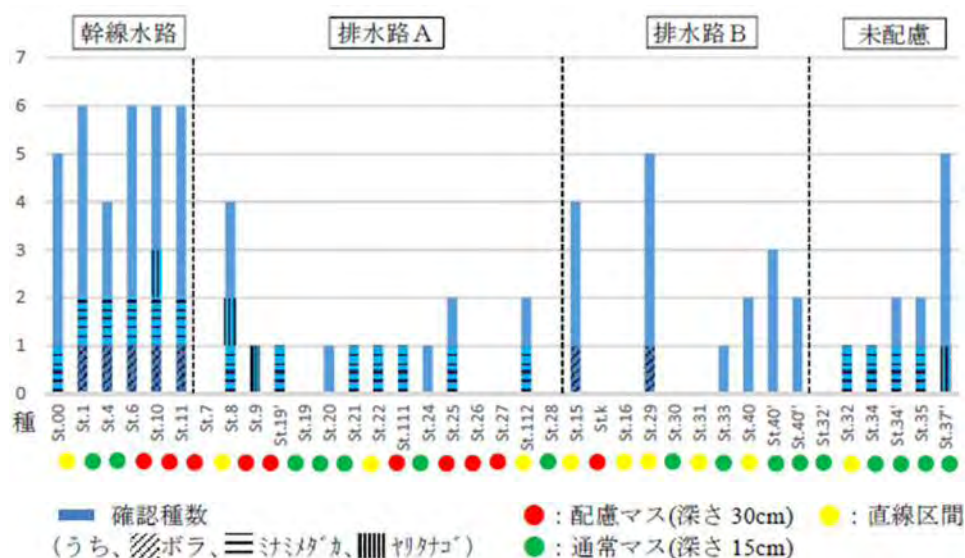


図 3-38 地点別確認魚種数 (F 地区)

## 6) G 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

G 地区では、水路魚道や石積護岸の設置、土水路の存置などの配慮対策が実施されている。保全対象生物はホトケドジョウである。

G 地区では、実証区に生息場のみ、移動経路のみ、生息場+移動経路の全てのパターンの地点が含まれるが、魚類の多様度指数については、対照区のデータ群と比較して、実証区の全てのデータ群で高くなっており、有意差も確認された。(図 3-39)。また、ホトケドジョウの地点ごとの確認状況をみると、特に生息場+移動経路の実証区においては、当歳個体も含めて多くの個体数が確認されていた(図 3-40)。

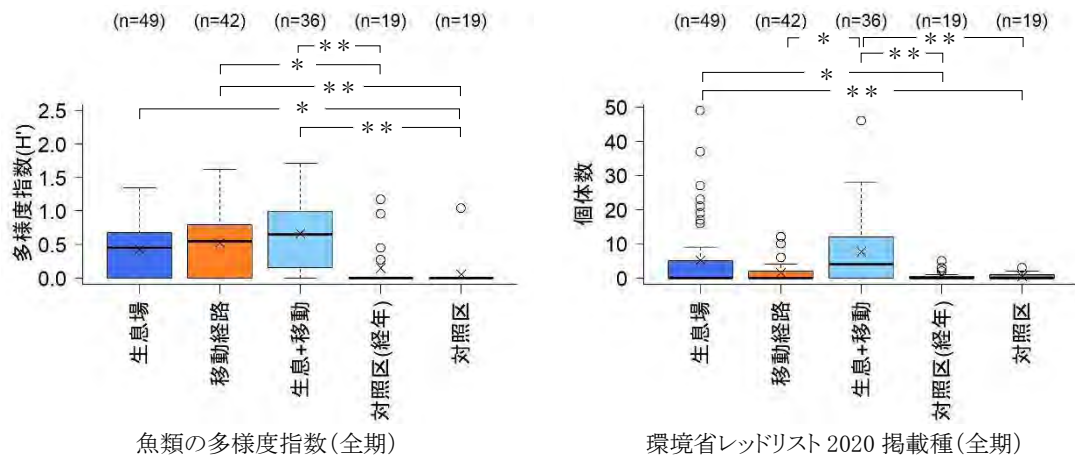


図 3-39 G 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

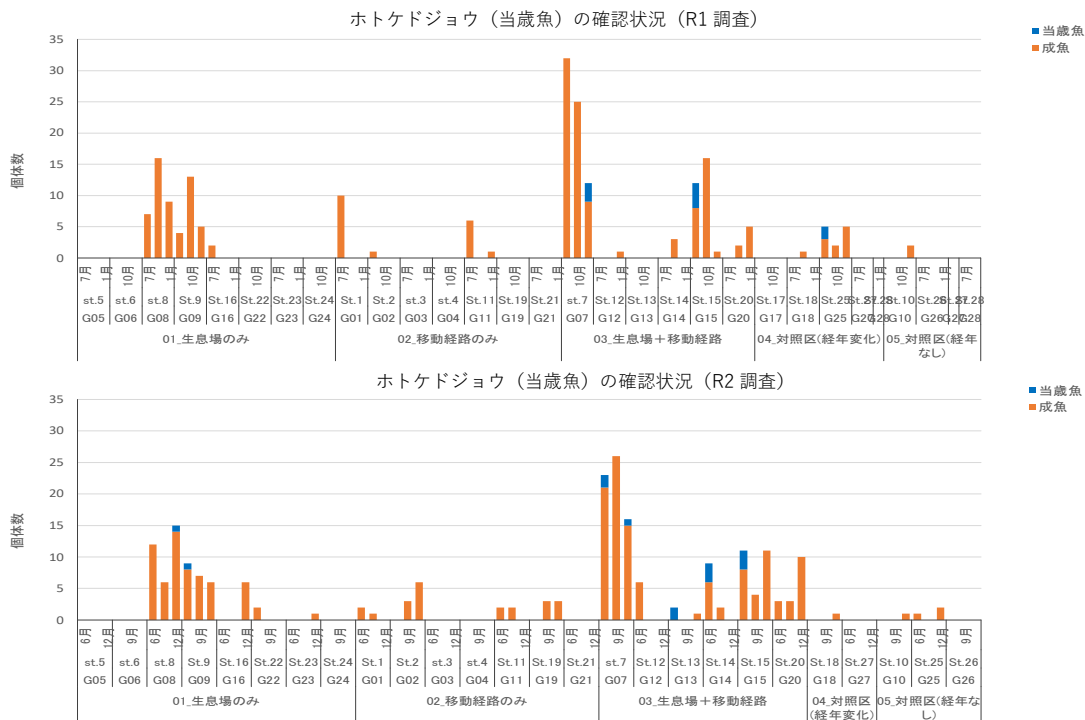


図 3-40 G 地区におけるホトケドジョウ（保全対象生物）の確認個体数

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

実証区の環境配慮対策は、水路魚道や石積護岸の設置、土水路の存置などが行われている。これらの施設周辺で保全対象生物であるホトケドジョウが確認され、特に土水路では多くの個体が確認された。地点別の確認魚種数をみると、空石積護岸水路や水路魚道の下流の淵や深みが形成される箇所において多くの魚種が確認された。

一方、畑地に設置された深みや未配慮路線においては魚種の確認は少なかった。

| 種名      | 調査時期  |       |        |       |       |        |
|---------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|         | 配慮路線  |       |        | 未配慮路線 |       |        |
|         | R2年6月 | R2年9月 | R2年12月 | R2年6月 | R2年9月 | R2年12月 |
| カワムツ    | ●     | ●     | ●      |       |       |        |
| カワムツ属   | ●     | ●     | ●      |       |       |        |
| カワヨシノボリ | ●     | ●     | ●      | ●     | ●     | ●      |
| ギンブナ    |       |       | ●      |       |       |        |
| コイ      |       |       |        |       | ●     |        |
| ドジョウ    | ●     | ●     | ●      |       | ●     |        |
| ドンコ     | ●     | ●     | ●      |       |       |        |
| ヌマムツ    | ●     | ●     | ●      |       | ●     |        |
| ホトケドジョウ | ●     | ●     | ●      |       |       |        |

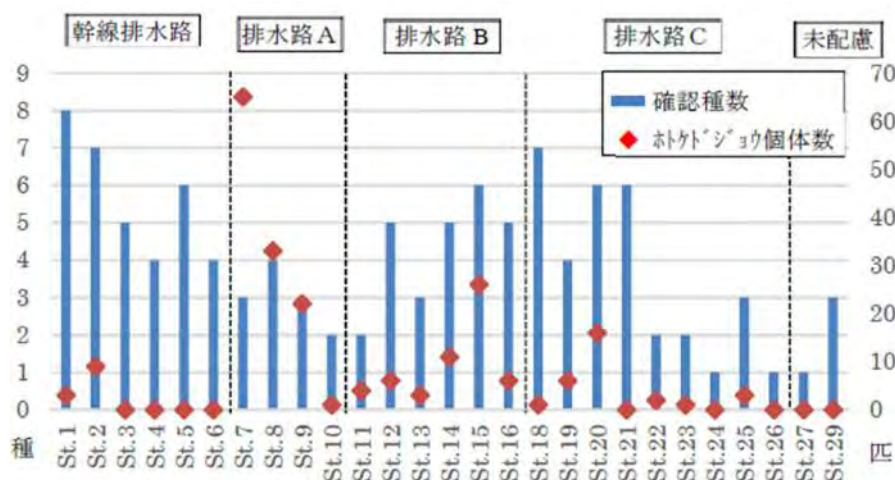


図 3-41 令和2年度調査における地点別確認魚種数



図 3-42 G 地区に設置された生態系配慮施設



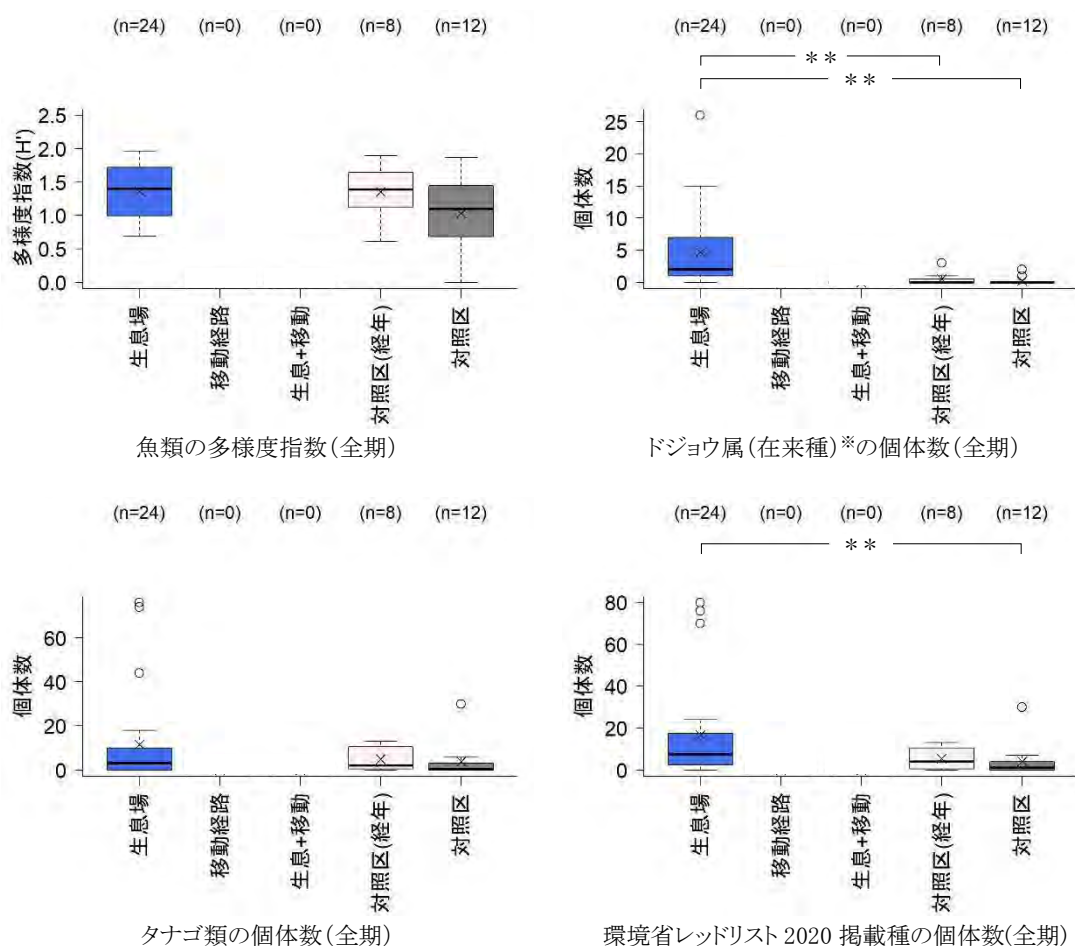
## 7) H 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

H 地区では、環境配慮対策として、ワンド、石張り水路、魚巢ブロックなどが設置されている。保全対象生物はヤリタナゴとドジョウである。

魚類の多様度指数には、実証区と対照区では有意な差がみられなかった。本地区は平坦地に区分され、地区内の勾配は緩く、水路網内の魚類の移動が容易と想定されるため、対照区と実証区の魚類の多様度指数に顕著な差はみられなかったと考えられる。

また、ドジョウ属（在来種）※と環境省レッドリスト掲載種の個体数は実証区（生息場のみ）のデータ群の方が個体数が多く、有意差が見られた。タナゴ類の個体数には有意差が見られなかったものの、本調査地区で出現しているタナゴ類は遊泳性の高い種であり、先述の通り、本調査地区は平坦地で水路網内の移動が容易なため、実証区と対照区で顕著な差が見られなかった可能性があると考えられる。



※H 地区の現地調査データではカラドジョウは報告されていない

図 3-43 H 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

実証区においては、魚巢・ホタルブロックや深み等が設置され水草が繁茂している地点でかんがい期・非かんがい期いずれも魚類の種類数や確認個体数が多くっており、ヤリタナゴやカワムツ等の遊泳魚やドジョウ属（在来種）の底生魚が確認された。また、対照区の地点（コンクリート 2 面張り）には砂礫が堆積しており、ニシシマドジョウ等の底生魚が多く確認された。

保全対象生物のヤリタナゴとドジョウ属（在来種）は事業実施中・完了後のいずれも確認されていた。また、タナゴ類の産卵母貝として重要なイシガイ類については、オバエボシガイが確認されている。

表 3-18 H 地区調査結果（魚類）

| No       | 和名       | 全体確認状況 |       |     |      |     |     |
|----------|----------|--------|-------|-----|------|-----|-----|
|          |          | 実証路線   |       |     | 対照路線 |     |     |
|          |          | R元     | R2    | R3  | R元   | R2  | R3  |
| 1        | スナヤツメ類   | ●      | ●     | ●   |      | ●   |     |
| 2        | ヤリタナゴ    | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 3        | アブラボテ    | ●      | ●     | ●   |      |     |     |
| 4        | オイカワ     | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 5        | カワムツ     | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 6        | ヌマムツ     | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| -        | カワムツ属    | ●      |       | ●   | ●    |     | ●   |
| 7        | アブラハヤ    | ●      | ●     | ●   |      |     | ●   |
| 8        | ビワヒガイ    | ●      |       |     | ●    | ●   |     |
| 9        | タモロコ     | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 10       | ドジョウ     | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   |     |
| 11       | ニシシマドジョウ | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 12       | ドンコ      | ●      | ●     | ●   |      |     |     |
| 13       | ヌマチチブ    | ●      | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 14       | オウミヨシノボリ |        | ●     | ●   | ●    | ●   | ●   |
| 個体数      |          | 808    | 502   | 285 | 204  | 188 | 131 |
| 個体数/調査回数 |          | 202    | 167.3 | 285 | 51   | 63  | 131 |
| 種類数      |          | 13     | 13    | 13  | 10   | 11  | 9   |

注1 括弧内の数値は確認個体のうちの当歳魚の個体数を示す。

注2 それぞれの年度の調査回数及び実施日は以下のとおり

R1かんがい期 2回調査:7月18日、9月12～13日

R1非かんがい期 2回調査:11月5～6日、12月10日

R2かんがい期 1回調査:8月9～10日

R2非かんがい期 2回調査:11月4～5日、2月10～11日

R3かんがい期 1回調査:8月21日

注3 平均個体数は合計個体数を地点数で割った数値を  
小数点第一位で切り上げた数値を示す。



ワンド



石張り水路



魚巢・ホタルブロック

図 3-44 H 地区に設置された生態系配慮施設



## 8) I 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

I 地区では、深み工、環境配慮護岸などが設置されている。保全対象生物はヨドゼザラとメダカである。

同地点で確認された小型魚類は、多くがカダヤシであった。そのため、便宜的にメダカ属とカダヤシを併せたボックスプロットを作成した。

実証区では魚類の多様度指数に有意差はないものの、「生息場」のデータ群でメダカ属+カダヤシやコイ科魚類の個体数が有意に多い傾向があった。実証区では、小型遊泳性魚類が生息可能な環境は創出されていると考えられる一方で、競合する外来種の侵入が課題でもある。

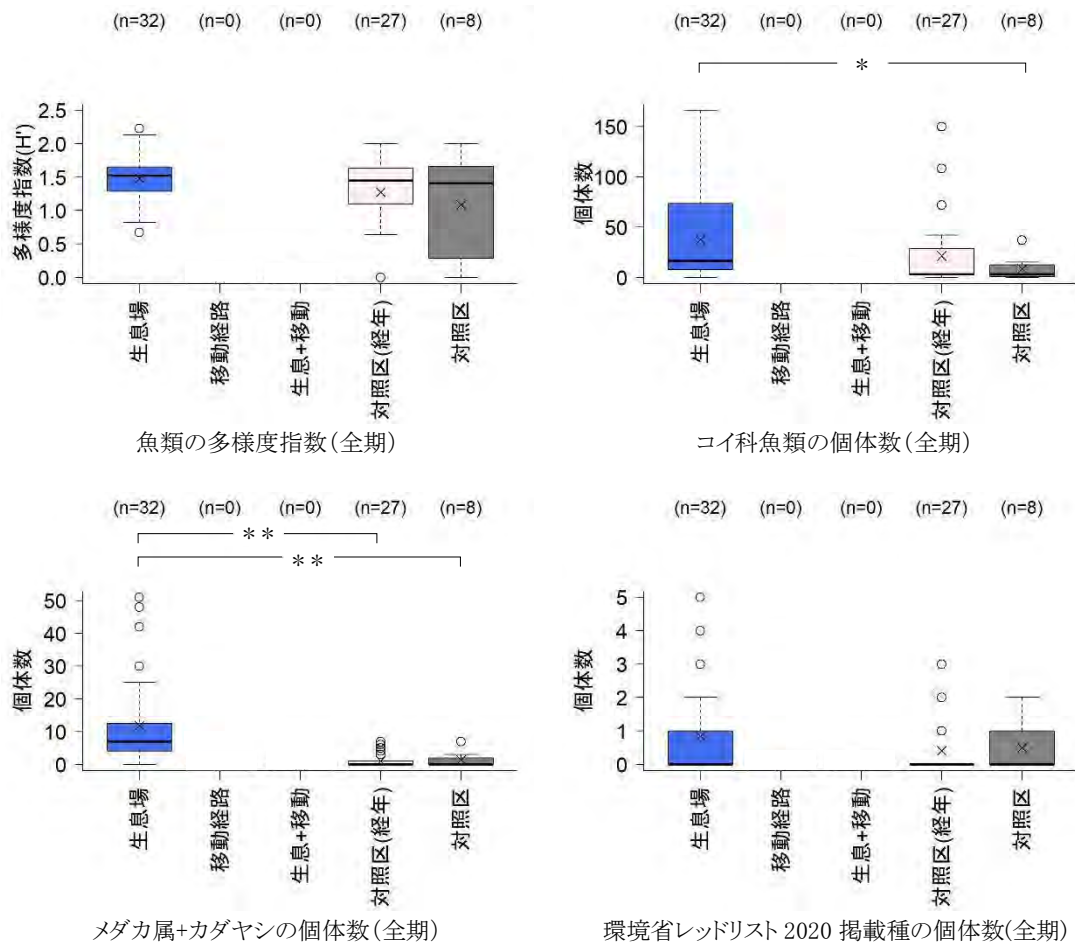


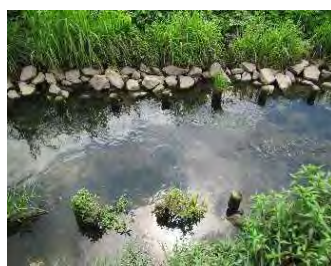
図 3-45 I 地区における実証区と対照区における魚類の多様度指数等の比較

(b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

令和元年度～令和3年度の3か年の調査において、実証区の4区間で26種類、対照区の4区間で22種類の魚類が確認された。実証区では、フナ属やオイカワ、モツゴ等の他、カダヤシが多く確認された。また、実証区は深み(滞筋)が存在し非かんがい期も水深が保たれるため、非かんがい期の確認個体数が対照区よりも多かった。

表 3-19 I地区における3か年の魚類採捕結果

| No       | 和名           | 全体確認状況   |        |     |          |        |     |
|----------|--------------|----------|--------|-----|----------|--------|-----|
|          |              | 実証<br>路線 |        |     | 対照<br>路線 |        |     |
|          |              | R元       | R2     | R3  | R元       | R2     | R3  |
| 1        | コイ(型不明)      | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 2        | ギンブナ         |          | ●      |     |          |        |     |
| -        | フナ属          | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 3        | カネヒラ         | ●        | ●      |     |          |        | ●   |
| 4        | タイリクバラタナゴ    | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 5        | ハス           |          |        |     | ●        |        |     |
| 6        | オイカワ         | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 7        | モツゴ          | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 8        | タモロコ         | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 9        | ヨドゼゼラ        |          | ●      |     |          |        |     |
| 10       | カマツカ         | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 11       | コウライニゴイ      | ●        |        |     |          |        |     |
| -        | ニゴイ属         | ●        | ●      |     | ●        | ●      | ●   |
| 12       | コウライモロコ      | ●        | ●      |     |          |        |     |
| -        | スゴモロコ属       | ●        | ●      |     |          |        |     |
| 13       | ドジョウ         |          |        |     |          | ●      |     |
| 14       | カラドジョウ       |          | ●      |     |          |        |     |
| 15       | オオガタスジシマドジョウ |          |        |     |          |        |     |
| 16       | ギギ           | ●        | ●      |     | ●        | ●      | ●   |
| 17       | ナマズ          | ●        | ●      |     | ●        |        | ●   |
| 18       | ワカサギ         |          | ●      |     |          |        |     |
| 19       | タウナギ(本土産)    | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      |     |
| 20       | ボラ           | ●        |        | ●   |          |        |     |
| 21       | カダヤシ         | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 22       | ミナミメダカ       | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      |     |
| -        | ヒメダカ         | ●        |        |     | ●        |        |     |
| 23       | ブルーギル        | ●        | ●      | ●   | ●        | ●      | ●   |
| 24       | オオクチバス       | ●        | ●      |     | ●        | ●      | ●   |
| 25       | ドンコ          | ●        | ●      |     | ●        | ●      | ●   |
| 26       | ヌマチチブ        | ●        | ●      |     | ●        | ●      |     |
| 27       | カワヨシノボリ      | ●        | ●      |     | ●        |        |     |
| 28       | トウヨシノボリ類     |          |        |     |          | ●      | ●   |
| 29       | ウキゴリ         | ●        |        |     | ●        |        |     |
| 30       | カムルチー        |          | ●      | ●   |          |        |     |
| 個体数      |              | 1527     | 851    | 376 | 268      | 449    | 400 |
| 個体数/調査回数 |              | 381.75   | 283.67 | 376 | 67       | 149.67 | 400 |
| 種類数      |              | 22       | 24     | 13  | 20       | 18     | 16  |



環境配慮護岸・深み①



環境配慮護岸・深み②



環境配慮護岸・深み③

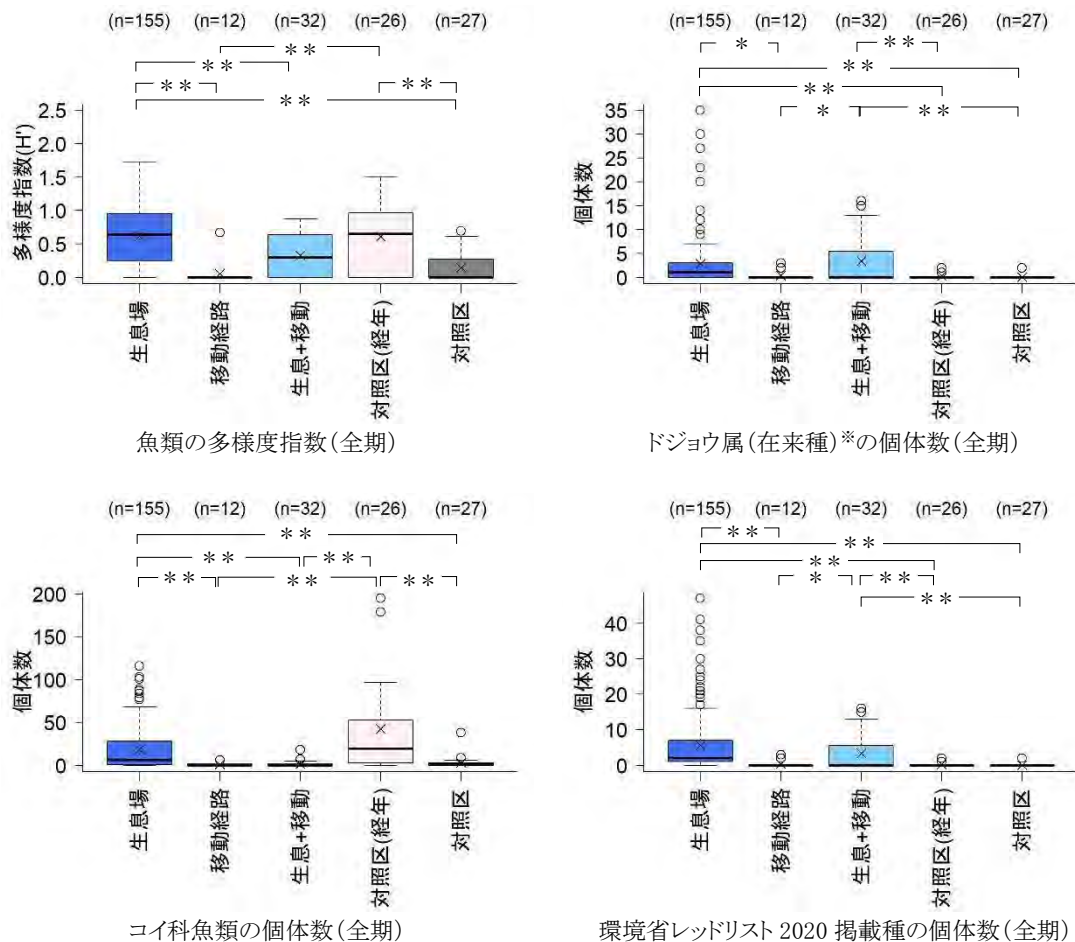
図 3-46 I地区に設置された生態系配慮施設

## 9) J 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

J 地区は山間の水田地域である。ほ場整備事業に伴い、旧水路敷（土水路）に依存するニホンイシガメや魚類、及び水田や堀上げ（水田脇の溝）に依存する両生類や止水性水生昆虫類に対して整備の影響が大きいことを考慮し、ビオトープのような水路内の生息拠点となる施設に加えて、水域ネットワークの確保につながる水路内の魚道や水田魚道、水路から背後地への陸域ネットワーク確保のための階段やスロープ、多孔質空間創出のためのカゴ型護岸ブロックや魚巢ブロックなど多様な施設が随所にまた複合的に設置されており、整備地区を広く面的に保全するような生態系配慮施設の種類の配置になっている。

魚類の保全対象生物はドジョウ、ギンブナ、タカハヤである。調査結果を分析した結果、実証区では魚類の多様度が高く、個体数が多い傾向があった。また、ドジョウ属（在来種）※や環境省レッドリスト掲載種でもその傾向が顕著であった。



※J 地区の現地調査データではカラドジョウは報告されていない

図 3-47 J 地区における実証区と対照区の魚類確認状況の比較

## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

前述したとおり、J 地区では、旧水路や水田の掘上げに依存する魚類、両生類及び水生昆虫類の代替生息拠点としてビオトープを整備し、水域ネットワーク、水路から背後地への陸域ネットワークを確保するための配慮がふんだんに取り入れられている。特にビオトープは、今回調査対象としたエリアだけで14箇所あることや、複合的に配慮工法が取り入れられていること、水路内の魚道がかなり上流まで広い範囲で整備されていることが特徴的である。

調査の結果、随所に配置されたビオトープに、安定して水深があり、流速が遅い止水域が創出され、ニホンアカガエル、ドジョウなど旧水路敷や水田に依存する種にとっては場整備後の代替環境として機能するとともに、トンボ類をはじめとする水生昆虫類にとって良好な生息場所になっていることがうかがえた。また、水路における深み工と魚巣ブロックのように複合的に配慮工法を組み合わせることによって水域に生息する生物の生息環境として機能している状況もうかがえた。

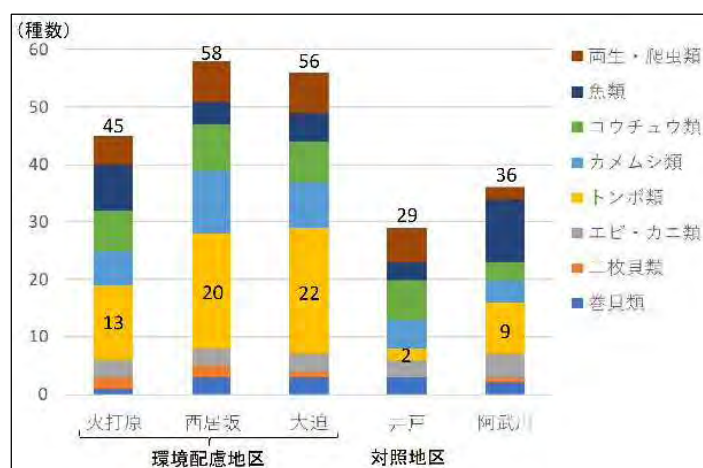


図 3-48 環境配慮地区と対照地区の確認種数の比較



ワンド型ビオトープ



水路の深みと魚巣ブロック



水路魚道

図 3-49 J 地区に設置された生態系配慮施設

一方、課題もいくつかある。まず、水域ネットワークについてみると、水路内には随所に魚道が整備されている一方で、通年魚類の移動を阻害する横断工作物も各所に分布している。また、接続する河川と各支流（ブロック）の間にも落差があり、魚類は接続河川か

ら支流へ遡上することは難しく、各支流の限られた移動範囲内で再生産が行われていると推察される。また、環境配慮地区は、対照地区に比べて生物の種数、個体数が多かったものの、水生昆虫類を除けば大差はなかった。環境配慮地区にはビオトープの設置により昆虫類が好む止水環境があり、対照区（コンクリート三面水路）では、時間経過とともに適度に堆砂が進み、生物の生息環境として条件が好転したためと考えられる。

次いで、施設機能の保全に関わる維持管理状況についてみると、14 地点のビオトープのうち 6 地点では年 3 回程度の草刈りが実施され、管理していない地点と比較して水生生物の種数・個体数ともに多い傾向であった。草刈りにより開放水面が確保され、適度に植生も保たれることで、昆虫類をはじめ多くの生物種に棲みやすい環境になっているためと推察される。一方で、管理していないビオトープにおいては堆砂のために陸化、植生の過繁茂が進行し、多様度が低下している状況も見られた。

現状では、本地区の生物生息環境は、地元農家及び保全活動団体の継続的な取組により概ね良好に保全されているが、地区は勾配の大きい山間農業地域にあり、豪雨出水のたびにビオトープへ土砂が流入し、年々堆砂が進行する。やがてそれが陸化し、植生の繁茂が進み、管理が行き届かず一部に生態系配慮施設機能の劣化が見られる。草刈の頻度が高いビオトープでは開放水面の確保により生物の多様度指数が高い傾向が認められており、地域の過疎化・高齢化が進む中、これまで施設管理を担ってきた人手の減少によって、近い将来、施設機能の劣化による生物多様性の減退が懸念される。



## 10) K 地区

### (a) ボックスプロットを用いた実証区と対照区の比較整理

K 地区は、2 つの地区で構成されており、いずれも低平地の水田地帯である。ほ場整備の実施に伴い土水路からコンクリート柵渠への改修により、大型魚の侵入や土水路ならではの植生護岸の消失により、小型淡水魚（ドジョウ、タナゴ類、メダカ等の希少種）の減少が懸念されたため、浅瀬護岸、魚巢ブロック、水田魚道、砂底水路、ぬくめ（水路の深み）が整備されている。

実証区では対照区と比較して魚類の多様度が高かった。一方で、個体数については、実証区と対照区の間に顕著な差はみられなかった。

魚類の採捕結果については、モツゴやイトモロコのほか、保全対象生物であるニッポンバラタナゴや、ミナミメダカが多くを占めていた。

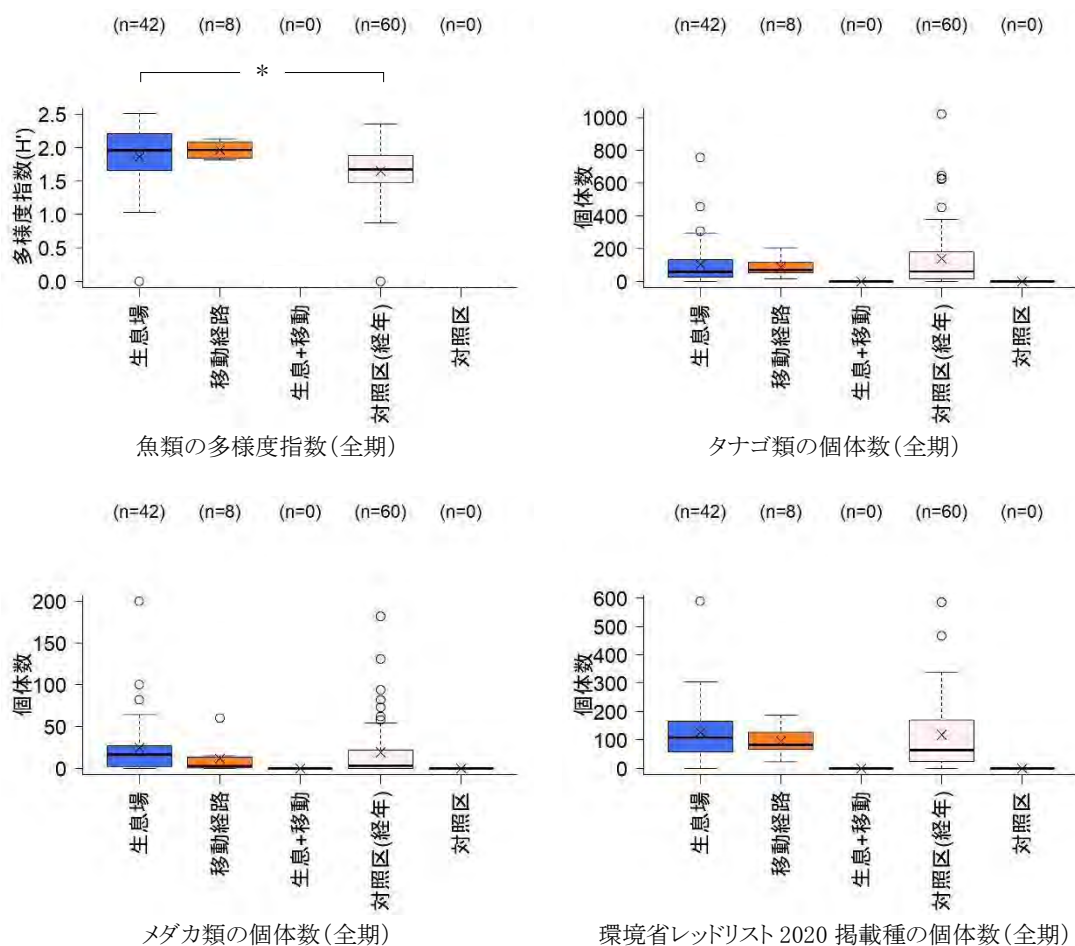


図 3-50 K 地区の実証区と対照区の魚類確認状況の比較



## (b) 地区の特性をふまえた配慮効果の分析

K 地区の水路（クリーク）は用水、排水及び貯留機能を有しており、幹線水路の各所に設置された水門操作により貯留し、その水を揚水してかんがいしているため、概してかんがい期は水位が高く非かんがい期は低い状態となっている。田面からの排水は幹線水路に枝分かれした支線水路に排水され幹線水路に戻る構造となっている。幹線水路は水門による狭さく部を用水が流下するため緩やかな流れを有しているが、支線水路の末端は袋小路になっており、止水環境を形成している。

水路構造は二面水路（コンクリート柵渠）で、水路底のアー間間に砂泥が堆積、あるいは水流の浸食により窪みができ凹凸が形成され、所々に抽水植物や沈水植物が定着し、魚類に良好な環境が形成されている。かんがい期から非かんがい期の切り替え時や降雨時などには、水門やゴム堰の開閉による水位の変動によって、魚類は上流と下流双方への行き来が可能となるため、調査対象は水路単位ではなく、環境配慮施設数の違いによる地区単位での検証とした。

令和元年度から 2 年度の 2 ヶ年間の結果では、実証区では魚類が 30 種、対照区では 29 種が確認され個体数は実証区が多い傾向であった。一部で十分に機能していない施設はあるものの、当歳魚も多く確認され、ほ場整備前の魚類生息環境は概ね維持されている状況が把握できた。また、対照区では、北側支線の一部に水路護岸に沿ったビオトープが造成されているのみであるが、魚類の多様度指数が高く魚類の良好な生息環境として機能しているものと考えられる。

実証区、対照区ともに通常断面水路でも魚類の種数・個体数が多く確認されたことから、調査結果がクリーク地帯の特性を示したものとなっているか検証するため、令和 3 年度にクリーク水路の下流での調査も行い比較した結果、下流では明らかに魚類相が少ない結果となった。単年での結果のため一概には言えないが、クリークであればどこでも魚類相が豊かなわけではなく、環境配慮施設の効果とあわせて、本地区上流の流入水路との連続性や地区内のコンクリート柵渠自体が、小型淡水魚やタナゴ類の産卵母貝の生息環境を提供しており、クリーク地帯のなかでも貴重な地区であることが確認された。

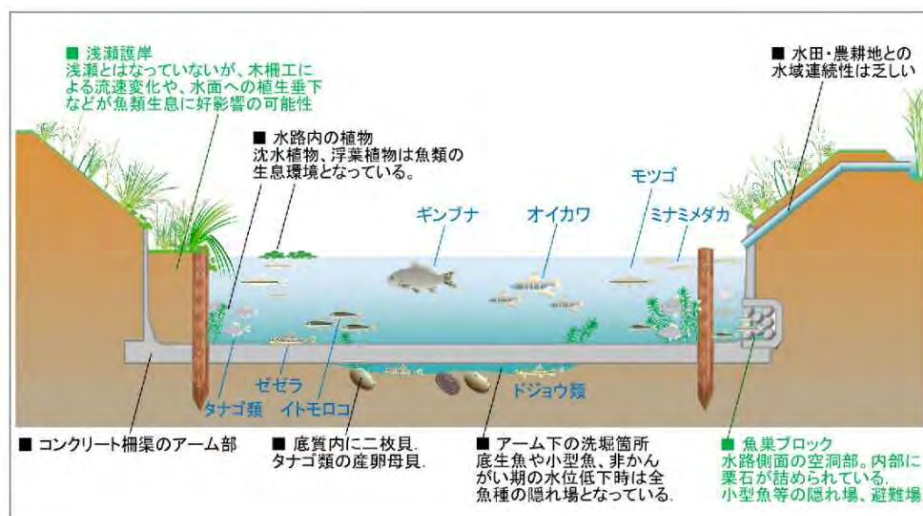


図 3-51 K 地区の代表的な生息基盤と魚類等との関係イメージ図

## 4. 計画段階に係る技術情報等

### 4.1 環境配慮対策の検討

環境配慮対策の検討においては、水域ネットワークの接続性、地区特性（勾配等）、保全対象生物の生活史等を十分考慮することが重要である。

#### (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

水域ネットワークの確保については、「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）の第 3 章ネットワークの保全・形成の基本的な考え方において、“農村地域における生物を保全するためには、生物が生活史を全うするとともに、種が継続的に存続できるよう、生息・生育環境と移動経路から構成される生物のネットワークが確保されていることが重要である”と解説されている。

環境配慮対策の検討においてはネットワークの確保は最も重視すべきポイントであり、排水路内にどんなに高機能の配慮施設を設置したとしても、地点の上下流との接続が確保されていないければ、施設の機能を十分に発揮させることができない。

本項では、実証調査の全国 10 地区の調査結果より、ネットワーク確保の観点から生態系配慮施設を検討する際の留意事項を抽出し、以下 a 及び b に整理した。環境配慮対策の検討においては、施設の種類だけでなく、上下流でのネットワーク接続性を考慮した適切な配置を検討することが重要である。

#### a. 山間地におけるネットワーク接続性確保に当たっての留意事項

3.2.2 章（2）g.水路魚道の項目で示したとおり、平坦地に区分される地区では水路魚道の設置事例は無いが、傾斜地の地区では、水路魚道の設置が地点周辺の魚類の多様度の確保に寄与していることがうかがえた。

10 地区の中でも山間地に位置する J 地区は、地区内の水路勾配が急なため落差工や堰などが多く設置されており、環境配慮対策として水路魚道が各所に設置されている。これにより地区内の水路網でのネットワークはある程度確保されている。しかしながら、今回の実証調査において河川と地区内水路との接続部では分断が生じており、魚類の行き来が制限されていることで、魚類相が徐々に単調化している可能性がうかがえた。河川からの外来種の遡上の心配がない反面、生活史において水路と河川との行き来が必要な種群は本地区では生息しにくくなり、魚類全体の多様度指数は低下していくことが懸念される。

このことから、ネットワークの分断が起きやすい山間部の地区は特に、保全対象生物の保全のための環境配慮対策の検討を主としつつ、地区周辺に生息する多様な魚種の河川－水路間の移動経路となるような環境配慮対策についても同時に検討していくことが望ましい。



可動堰



落差工

図 4-1 移動阻害となりうる構造物の一例

### b. 平坦地における外来種の侵入拡大の可能性

水路のネットワークの接続性確保は、良い面ばかりではなく、国外外来種や国内移入種の生息分布域の拡大を促してしまうというネガティブな側面もある。

例えば、平坦地に区分されるⅠ地区では、特定外来生物のカダヤシが保全対象生物のメダカと同所的に確認されているほか、オオクチバスやブルーギルも地区の水路網全体で確認されている。地区内の勾配が緩く接続性が良好であることから、保全対象生物だけでなく特定外来生物も移動しやすい状況となっている。

一度地区内に侵入した特定外来生物を完全に駆除することは困難である。環境配慮対策によるネットワーク接続確保の検討においては、配慮対策が特定外来生物の侵入拡大に寄与しないよう、概査および精査段階で地区周辺（取水源含め）の特定外来生物の生息状況を的確に把握し、配慮施設の種類や配置を考える必要がある。

## (2) 地区特性を考慮した環境配慮対策の検討

3.1.2 章 (1) に示した通り、実証調査の調査対象とした 10 地区については、平坦地と傾斜地の 2 つの地区特性で区分し、必要に応じ地区区分を考慮して環境配慮対策の効果を検証した。そこで、本項では、実証調査の全国 10 地区のうち、魚巢ブロックが設置されている 6 地区のデータに基づき、地区特性を考慮した環境配慮工法の選定の考え方を解説する。

図 4-2 は、平坦地の 3 地区 (D 地区・H 地区・K 地区)、傾斜地の 3 地区 (B 地区・E 地区・J 地区) のそれぞれで、実証区と対照区の魚類の多様度指数を比較した結果である。平坦地の 3 地区では、実証区 (魚巢ブロックありの地点) と対照区のいずれも多様度指数が相対的に高く、両データ群間に有意差はみられない。一方で、傾斜地の 3 地区では、実証区 (魚巢ブロックありの地点) の方が、対照区よりも有意に多様度指数が高くなっている。一方で、環境データの平均流速は平坦地・傾斜地ともに、実証区の方が対照区よりも流速が有意に遅い傾向がみられた。

魚巢ブロックの機能は退避場の提供であり、魚類の生息環境を直接的に改善するタイプの施設ではないが、深み工とセットで設置されることが多いこと、水路壁に穴があることで水際の流れが複雑になることなどにより、結果として魚巢ブロック周辺で流速の緩和が生じやすくなっていることが想定される。

今回の比較により、魚巢ブロックのような避難場所を提供するタイプの配慮施設の主な利用目的として、傾斜地においては速い流速から一時的に逃れるための利用が想定され、平坦地においては速い流速からの避難場ではなく、例えば捕食者から避難する場等としての利用が想定された。同じ施設であっても、地区特性によって施設の利用目的が異なる可能性を考慮し、適切な種類の施設や設置位置を選定することが望ましい。

平坦地では魚巢ブロック設置地点と対照地点で多様度指数の有意差がみられていない。勾配の緩い地区では、地区全体の流速が遅いと想定され、速い流れから避難するための利用場面は少ないと想定。

傾斜地では魚巢ブロック設置地点の多様度指数が対照区よりも有意に高い。また、魚巢ブロック地点の平均流速は対照区よりも有意に遅くなっている。速い流れを避けるための一時的な避難場として利用する魚種が多い可能性がある。

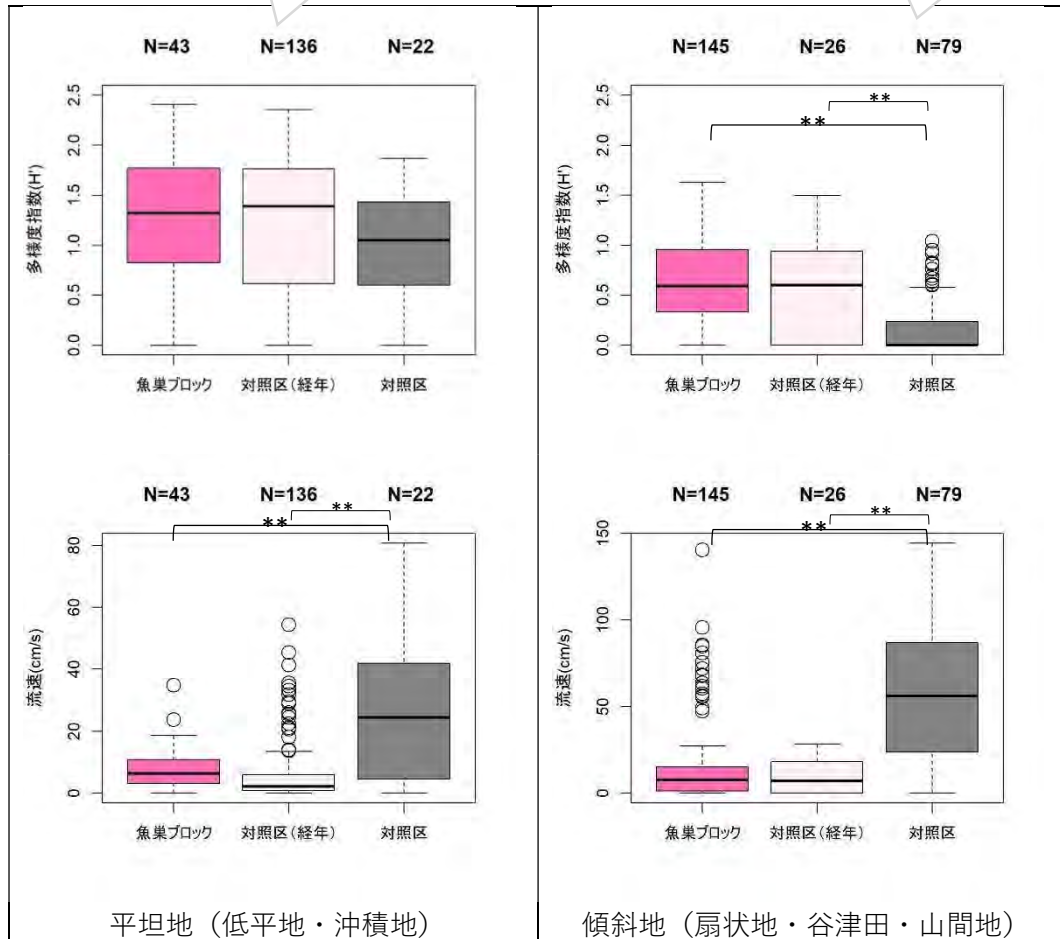


図 4-2 魚巢ブロック設置地区における地区特性と魚類の多様度指数との関係性

### (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

実証 10 地区で保全対象生物として挙げられている魚類、両生類、二枚貝類について、環境配慮対策の種類や組合せを整理した。維持管理の実施可能性も考慮し、保全対象生物の生活史に応じた適切な施設を適切な数量・配置で設置することが重要である。

#### (a) 魚類

実証調査の全国 10 地区における魚類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況（各年の確認個体数合計）を表 4-1 に示す。

地点区間内（排水路 10～50m 区間）に生息場または移動経路のいずれかの目的の施設のみ設置しているケース、両方を組み合わせて設置しているケースなど、設置状況は様々であった。保全対象生物のうちドジョウはあらゆるタイプの配慮施設周辺で確認されており、施設の種類を選ばず、配慮効果が発揮されやすい魚種であることが示唆された。また、生態系配慮施設の設置数量と保全対象生物の確認状況との間に明瞭な関係性はみられないが、複数施設を組み合わせることで異なる生態の保全対象生物の生息環境をコンパクトに提供できる可能性も想定される。最終的には、維持管理の実施可能性も考慮し、保全対象生物の生活史に応じた適切な施設を適切な数量・配置で設置することが重要である。

表 4-1 (1) 魚類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況

| 保全対象種     | 配慮区分     | 環境配慮対策                         | 地区名 | 配慮対策が実施されている地点での確認個体数合計 |        |       |        |       |
|-----------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|--------|-------|--------|-------|
|           |          |                                |     | 2019                    | 2020   | 2021  | 2019   | 2020  |
|           |          |                                |     | かんがい期                   | 非かんがい期 | かんがい期 | 非かんがい期 | かんがい期 |
| スナヤツメ類    | 生息場のみ    | 現況保全                           | B地区 | 2                       |        |       |        |       |
|           |          | 現況保全、蛇籠                        | B地区 |                         | 5      |       | 2      | 11    |
| ヤリタナゴ     | 生息場のみ    | ワンド、石張                         | H地区 | 16                      | 2      |       | 1      | 2     |
|           |          | 魚巣・ホタルブロック、石張、深み               | H地区 | 78                      | 82     | 43    | 27     | 13    |
|           |          | 深み工                            | F地区 | 8                       |        | 15    |        |       |
|           |          | 深み工、ワンド工                       | F地区 | 1                       |        |       |        |       |
|           |          | 石張                             | H地区 | 1                       |        |       |        | 3     |
| カネヒラ      | 生息場のみ    | 土水路                            | K地区 | 5                       |        |       |        |       |
|           |          | 木柵階段工                          | K地区 | 24                      | 1      | 8     |        |       |
|           | 移動経路のみ   | 水田魚道                           | K地区 | 1                       |        |       |        | 1     |
| アカヒレタビラ   | 生息場のみ    | 現況保全                           | B地区 |                         |        |       | 1      |       |
|           |          | 現況保全、蛇籠                        | B地区 | 1                       | 1      |       | 1      | 2     |
|           | 生息場＋移動経路 | 二面張水路                          | B地区 | 2                       | 6      | 3     |        | 11    |
|           |          | ワンド、階段式魚道                      | B地区 |                         |        |       | 3      |       |
| ニッポンバラタナゴ | 生息場のみ    | 魚巣ブロック                         | K地区 |                         |        |       | 8      |       |
|           |          | 魚巣ブロック（横穴）                     | K地区 |                         |        | 483   | 1      | 47    |
|           |          | 土水路                            | K地区 |                         |        | 6     |        |       |
|           |          | 木柵階段工                          | K地区 |                         |        | 160   | 25     |       |
|           | 移動経路のみ   | 水田魚道                           | K地区 |                         |        | 83    | 14     | 128   |
| カゼトゲタナゴ   | 生息場のみ    | 魚巣ブロック                         | K地区 | 9                       |        | 19    | 14     |       |
|           |          | 魚巣ブロック（横穴）                     | K地区 | 2                       |        | 10    |        |       |
|           |          | 土水路                            | K地区 | 24                      | 15     | 9     |        |       |
|           |          | 木柵階段工                          | K地区 | 231                     | 39     | 148   | 21     |       |
|           | 移動経路のみ   | 水田魚道                           | K地区 | 16                      | 4      | 11    |        | 28    |
| タカハヤ      | 生息場のみ    | ビオトープ                          | J地区 | 3                       | 92     | 104   | 107    | 90    |
|           |          | ビオトープ、魚巣ブロック                   | J地区 | 41                      | 115    | 117   | 44     | 64    |
|           |          | ビオトープ、魚巣ブロック、木工沈床、練石傾斜護岸       | J地区 | 53                      | 94     | 76    | 63     | 16    |
|           |          | ビオトープ、魚巣ブロック、練石傾斜護岸            | J地区 | 3                       | 1      |       | 4      | 29    |
|           |          | ビオトープ、木工沈床                     | J地区 | 1                       | 9      |       | 4      |       |
|           |          | 魚巣ブロック                         | J地区 | 10                      | 18     | 110   | 111    | 26    |
|           |          | 魚巣ブロック＋深み                      | J地区 |                         | 73     | 171   | 144    | 187   |
|           |          | 深み（低水満）、魚巣ブロック                 | J地区 | 63                      | 41     | 32    | 27     | 74    |
|           | 移動経路のみ   | 魚道（千鳥X型）                       | J地区 | 1                       |        |       |        |       |
|           |          | 千鳥X型魚道                         | J地区 | 6                       | 4      | 2     |        |       |
| ヨドゼゼラ     | 生息場＋移動経路 | ビオトープ、カゴ型護岸ブロック、木工沈床、魚道（ドジョウ用） | J地区 |                         |        | 1     |        |       |
|           |          | ビオトープ、水田魚道                     | J地区 |                         |        | 2     |        | 4     |
|           |          | 柵、魚道（千鳥X型）                     | J地区 | 25                      | 10     | 7     | 7      | 1     |
|           | 生息場のみ    | 深み（滞り）、植生ブロック、植生護岸             | I地区 |                         |        | 3     | 1      |       |



表 4-1 (2) 魚類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況

| 保全対象種      | 配慮区分     | 環境配慮対策                         | 地区名 | 配慮対策が実施されている地点での確認個体数合計 |        |       |        |       |
|------------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|--------|-------|--------|-------|
|            |          |                                |     | 2019                    |        | 2020  |        | 2021  |
|            |          |                                |     | かんがい期                   | 非かんがい期 | かんがい期 | 非かんがい期 | かんがい期 |
| ドジョウ       | 生息場のみ    | ピオトープ                          | J地区 | 20                      | 48     | 74    | 21     | 10    |
|            |          | ピオトープ、魚巣ブロック                   | J地区 | 13                      | 14     | 9     | 9      | 3     |
|            |          | ピオトープ、魚巣ブロック、木工沈床、練石傾斜護岸       | J地区 | 9                       | 13     | 21    | 8      | 3     |
|            |          | ピオトープ、魚巣ブロック、練石傾斜護岸            | J地区 | 3                       | 5      | 31    | 10     | 2     |
|            |          | ピオトープ、木工沈床                     | J地区 | 2                       | 2      | 36    | 26     | 3     |
|            |          | ワンド、石張                         | H地区 | 17                      | 8      | 13    | 16     | 1     |
|            |          | ワンド工、玉石・魚巣ブロック                 | E地区 | 36                      | 74     | 47    | 26     | 49    |
|            |          | 井桁沈床工                          | A地区 | 4                       | 59     | 67    | 36     |       |
|            |          | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 | 27                      | 40     | 30    | 41     |       |
|            |          | 魚巣・ホタルブロック、石張、深み               | H地区 | 4                       | 5      | 26    | 15     | 1     |
|            |          | 魚巣ブロック                         | J地区 | 1                       | 2      | 1     | 3      |       |
|            |          | 魚巣ブロック                         | K地区 |                         |        | 5     |        |       |
|            |          | 魚巣ブロック+深み                      | J地区 |                         | 1      | 13    | 2      | 1     |
|            |          | 玉石・魚巣ブロック                      | E地区 | 17                      | 22     | 15    | 6      | 48    |
|            |          | 現況保全（河川）                       | A地区 | 4                       | 10     | 16    | 12     |       |
|            |          | 現況保全、石積護岸                      | A地区 | 22                      | 59     | 53    | 12     |       |
|            |          | 深み(低水溝)、魚巣ブロック                 | J地区 | 7                       | 21     | 16    | 8      | 8     |
|            |          | 人工淵                            | E地区 | 1                       |        |       |        |       |
|            |          | 土水路                            | K地区 | 1                       |        | 1     | 3      |       |
|            |          | 木柵階段工                          | K地区 | 19                      | 1      | 19    | 6      |       |
|            |          | 石張                             | H地区 | 2                       | 1      | 3     |        |       |
|            | 移動経路のみ   | 千鳥X型魚道                         | J地区 |                         | 4      |       | 4      |       |
|            | 生息場＋移動経路 | ピオトープ、カゴ型護岸ブロック、木工沈床、魚道（ドジョウ用） | J地区 | 9                       | 8      | 12    | 3      | 3     |
|            |          | ピオトープ、水田魚道                     | J地区 | 15                      | 13     | 29    | 17     |       |
|            |          | ポーラスブロック、魚道                    | E地区 | 6                       | 29     | 59    | 38     | 186   |
|            |          | ワンド工、バイパス水路                    | E地区 | 17                      | 13     |       |        |       |
|            |          | 玉石・魚巣ブロック、魚道                   | E地区 | 51                      | 34     | 11    |        | 8     |
|            |          | 深み工、水田魚道、水路魚道（ナマズ用）            | A地区 | 1                       | 71     | 38    | 166    |       |
|            |          | 土水路、魚道下のマス、水田魚道、水路魚道（千鳥X型）     | A地区 | 17                      | 147    | 280   | 92     |       |
|            |          | 土水路、水田魚道                       | A地区 | 6                       |        | 97    |        |       |
| ホトケドジョウ    | 生息場のみ    | 2面張割栗石横断面                      | G地区 | 11                      | 43     | 34    | 21     | 4     |
|            |          | 井桁沈床工                          | A地区 |                         |        |       | 1      |       |
|            |          | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 |                         |        |       | 2      |       |
|            |          | 現況保全（河川）                       | A地区 |                         | 6      | 2     | 14     |       |
|            |          | 現況保全、石積護岸                      | A地区 | 1                       | 6      |       | 3      |       |
|            |          | 自然護岸+土水路存置                     | G地区 | 2                       |        |       | 6      |       |
|            |          | 深み                             | G地区 |                         |        | 2     | 1      |       |
|            | 移動経路のみ   | 水路魚道(粗石付き斜路)                   | G地区 | 6                       | 1      | 7     | 3      | 1     |
|            |          | 水路魚道                           | G地区 | 11                      |        | 6     | 6      |       |
|            | 生息場＋移動経路 | 既設石張断面                         | G地区 |                         | 4      | 19    | 1      | 2     |
|            |          | 空石横断面                          | G地区 |                         | 7      | 6     | 10     |       |
|            |          | 土水路、魚道下のマス、水田魚道、水路魚道（千鳥X型）     | A地区 |                         |        | 2     |        |       |
|            |          | 土水路、水田魚道                       | A地区 |                         |        | 1     |        |       |
|            |          | 2面張空石横断面、水路魚道(粗石付き斜路)          | G地区 | 32                      | 37     | 49    | 16     | 7     |
|            |          | 既設石張断面、水路魚道(粗石付き斜路)            | G地区 | 12                      | 17     | 15    | 11     |       |
|            |          | 現況保全                           | B地区 | 4                       | 3      | 2     |        |       |
| ギバチ        | 生息場のみ    | 現況保全、蛇籠                        | B地区 | 4                       | 3      | 92    | 1      | 2     |
|            |          | 二面張水路                          | B地区 | 25                      | 52     | 53    | 1      | 26    |
|            | 生息場＋移動経路 | ワンド、階段式魚道                      | B地区 | 22                      | 29     | 53    | 48     |       |
| サクラマス（ヤマメ） | 生息場のみ    | 井桁沈床工                          | A地区 |                         |        |       | 1      |       |
|            |          | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 |                         | 1      | 1     |        |       |
|            |          | 現況保全、石積護岸                      | A地区 |                         |        |       | 2      |       |
|            |          | 魚巣ブロック                         | K地区 | 196                     | 22     | 282   | 64     |       |
| ミナミメダカ     | 生息場のみ    | 魚巣ブロック                         | D地区 | 27                      | 23     | 10    | 19     | 10    |
|            |          | 魚巣ブロック（横穴）                     | K地区 | 28                      |        | 16    | 8      | 27    |
|            |          | 蛇籠工                            | D地区 | 1                       | 4      |       | 4      | 10    |
|            |          | 小水路、環境配慮護岸                     | I地区 | 4                       |        | 4     | 4      | 5     |
|            |          | 深み（滞筋）、植生ブロック、植生護岸             | I地区 | 3                       |        | 1     | 1      | 1     |
|            |          | 深み工                            | F地区 | 42                      |        | 583   |        |       |
|            |          | 深み工、ワンド工                       | F地区 | 15                      |        | 81    |        |       |
|            |          | 土水路                            | K地区 | 48                      | 25     | 65    | 27     |       |
|            |          | 木柵階段工                          | K地区 | 122                     | 59     | 66    | 44     |       |
|            | 移動経路のみ   | 水田魚道                           | K地区 | 62                      | 15     | 1     | 3      | 12    |
| カワヨシノボリ    | 生息場のみ    | ワンド工、玉石・魚巣ブロック                 | E地区 | 3                       | 4      | 2     |        | 4     |
|            |          | 玉石・魚巣ブロック                      | E地区 | 1                       | 1      | 1     | 1      | 2     |
|            |          | 人工淵                            | E地区 | 1                       | 5      |       |        |       |
|            | 生息場＋移動経路 | ポーラスブロック、魚道                    | E地区 | 1                       | 2      |       |        |       |
|            |          | ワンド工、バイパス水路                    | E地区 | 2                       | 1      |       |        |       |
|            |          | 玉石・魚巣ブロック、魚道                   | E地区 |                         | 17     |       |        |       |

## (b) 両生類

実証調査の全国 10 地区における両生類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況を表 4-2 に示す。

調査地区において、両生類を対象に設置された生態系配慮施設は、J 地区のカエル用の階段と D 地区のカエルスロープであり、このうち J 地区ではカエル用の階段の設置地点において、毎年ニホンアカガエルが確認されていたほか、シュレーゲルアオガエルの幼体・幼生も確認された。A 地区の土水路ではトウキョウダルマガエルが成体・幼体・幼生とも多く確認され、J 地区のビオトープでは、ニホンアカガエル、トノサマガエル、シュレーゲルアオガエルが確認されていることから、これらの施設もカエル類の保全対象生物にとって好適な環境となっていると考えられる。

表 4-2 両生類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況

| 保全対象種       | 配慮区分                 | 環境配慮対策                         | 地区名 | 配慮対策が実施されている地点での確認個体数合計 |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|-------------|----------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
|             |                      |                                |     | 2019                    |       |        |       |       | 2020  |        |       |       |       |
|             |                      |                                |     | かんがい期                   |       | 非かんがい期 |       | かんがい期 |       | 非かんがい期 |       | かんがい期 |       |
|             |                      |                                |     | 成体                      | 幼体・幼生 | 成体     | 幼体・幼生 | 成体    | 幼体・幼生 | 成体     | 幼体・幼生 | 成体    | 幼体・幼生 |
| アカハライモリ     | 生息場のみ                | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 |                         |       | 1      |       |       |       |        |       |       |       |
|             |                      | 現況保全（河川）                       | A地区 |                         |       | 19     |       |       |       | 3      |       |       |       |
| ニホンアカガエル    | 生息場のみ                | ビオトープ                          | J地区 |                         |       |        |       | 5     | 2     | 1      |       | 2     | 148   |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック                   | J地区 | 1                       |       |        |       | 1     | 14    | 3      |       | 2     | 3     |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック、木工沈床、練石傾斜護岸       | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック、練石傾斜護岸            | J地区 |                         |       |        |       | 2     | 27    | 1      |       |       | 1     |
|             |                      | ビオトープ、木工沈床                     | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       | 1     |       |
|             |                      | 井桁沈床工                          | A地区 | 50                      |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 |                         |       |        |       |       |       | 2      |       |       |       |
|             |                      | 魚巢ブロック、脱出スロープ                  | D地区 |                         |       |        |       | 3     |       |        |       |       |       |
|             |                      | 魚巢ブロック                         | J地区 | 1                       |       |        |       |       | 3     |        |       |       |       |
|             |                      | 魚巢ブロック+深み                      | J地区 |                         |       |        |       | 2     | 30    | 3      |       | 1     | 29    |
|             | 移動経路のみ<br>生息場 + 移動経路 | 現況保全、石積護岸                      | A地区 | 20                      |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|             |                      | 蛇籠工                            | D地区 |                         |       | 1      |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | 深み(低水満)、魚巢ブロック、階段（カエル用）        | J地区 | 1                       |       | 3      |       | 3     | 28    | 3      |       | 2     | 10    |
|             |                      | 深み(低水満)、魚巢ブロック                 | J地区 |                         |       | 1      |       | 4     | 11    | 1      |       | 1     | 28    |
|             |                      | 千鳥X型魚道                         | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       | 1      |       |       |       |
|             |                      | ビオトープ、水田魚道                     | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | 深み工、水田魚道、水路魚道（ナマズ用）            | A地区 | 7                       |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|             |                      | 土水路、魚道下のマス、水田魚道、水路魚道（千鳥X型）     | A地区 | 25                      |       |        |       | 6     | 102   |        |       |       |       |
|             |                      | 土水路、水田魚道                       | A地区 | 17                      |       |        |       |       | 106   |        |       |       |       |
|             |                      | 柵、魚道(千鳥X型)                     | J地区 | 1                       |       | 1      |       | 3     |       | 1      |       | 4     | 5     |
| トノサマガエル     | 生息場のみ                | ビオトープ                          | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       | 1      |       |       |       |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック                   | J地区 | 1                       |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック、練石傾斜護岸            | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | ビオトープ、木工沈床                     | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       | 2      |       |       |       |
|             |                      | 魚巢ブロック+深み                      | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
|             |                      | 深み(低水満)、魚巢ブロック                 | J地区 | 1                       |       |        |       | 2     |       |        |       |       |       |
|             | 生息場 + 移動経路           | ビオトープ、カゴ型護岸ブロック、木工沈床、魚道（ドジョウ用） | J地区 | 1                       |       |        |       |       |       | 1      |       | 1     |       |
|             |                      | ビオトープ、水田魚道                     | J地区 |                         |       |        |       | 1     |       |        |       |       |       |
| トウキョウダルマガエル | 生息場のみ                | 井桁沈床工                          | A地区 | 3                       |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|             |                      | 井桁沈床工、堆砂工                      | A地区 | 3                       |       |        |       | 1     | 2     |        |       |       |       |
|             |                      | 現況保全（河川）                       | A地区 | 22                      |       |        |       | 4     | 2     |        |       |       |       |
|             |                      | 現況保全、石積護岸                      | A地区 | 30                      |       |        |       |       |       |        |       |       |       |
|             | 生息場 + 移動経路           | 深み工、水田魚道、水路魚道（ナマズ用）            | A地区 | 155                     | 20    |        |       | 25    |       |        |       |       |       |
|             |                      | 土水路、魚道下のマス、水田魚道、水路魚道（千鳥X型）     | A地区 | 129                     | 51    |        |       | 20    | 659   |        |       |       |       |
|             |                      | 土水路、水田魚道                       | A地区 | 117                     | 18    |        |       | 1     | 119   |        |       |       |       |
| シュレーゲルアオガエル | 生息場のみ                | ビオトープ                          | J地区 |                         |       |        |       |       |       |        |       |       | 4     |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック                   | J地区 |                         |       | 1      |       | 1     | 2     |        |       |       | 2     |
|             |                      | ビオトープ、魚巢ブロック、練石傾斜護岸            | J地区 |                         |       |        |       |       |       |        |       |       | 1     |
|             |                      | 深み(低水満)、魚巢ブロック、階段（カエル用）        | J地区 |                         |       |        |       |       |       |        |       |       | 13    |
|             |                      | 深み(低水満)、魚巢ブロック                 | J地区 |                         |       |        |       |       |       |        |       |       | 6     |
|             | 移動経路のみ<br>生息場 + 移動経路 | 千鳥X型魚道                         | J地区 |                         |       |        |       |       | 5     |        |       |       | 6     |
|             |                      | ビオトープ、水田魚道                     | J地区 |                         |       |        |       |       |       |        |       |       | 1     |

※移動経路は魚類を対象とした配慮だが、表記している。

### (c) 二枚貝類（イシガイ類・ヌマガイ類）

実証調査の全国 10 地区における二枚貝類（イシガイ類・ヌマガイ類）の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況を表 4-3 に示す。

イシガイ類・ヌマガイ類は、ワンド、深み工、土水路などで確認されていた。これらの施設は、流速を緩和し、土砂のある程度の堆積も可とすることから、これらの二枚貝類の生息が可能だったことが想定される。

タナゴ等を保全対象生物に選定した際には、タナゴ類の産卵のためのイシガイ類の保全もセットで考える必要があり、その際には下表に示すような施設が有用と考えられる。

表 4-3 貝類の保全対象生物と生態系配慮施設周辺での確認状況

| イシガイ類・ヌマガイ類 | 配慮区分     | 環境配慮対策             | 地区名 | 配慮対策が実施されている地点での確認個体数合計 |        |       |        |
|-------------|----------|--------------------|-----|-------------------------|--------|-------|--------|
|             |          |                    |     | 2019                    | 2020   |       |        |
|             |          |                    |     | かんがい期                   | 非かんがい期 | かんがい期 | 非かんがい期 |
| ヒガシタブネドブガイ  | 生息場＋移動経路 | ワンド、階段式魚道          | B地区 |                         |        | 1     |        |
| オバエボシガイ     | 生息場のみ    | 魚巢・ホタルブロック、石張、深み   | H地区 | 2                       |        |       |        |
|             |          | 石張                 | H地区 |                         |        |       | 2      |
| ヨコハマシジラガイ   | 生息場のみ    | 現況保全、蛇籠            | B地区 | 2                       |        |       |        |
|             |          | 二面張水路              | B地区 | 1                       |        |       |        |
| ニセマツカサガイ    | 生息場のみ    | ワンド、石張             | H地区 | 1                       |        |       |        |
| イシガイ        | 生息場のみ    | 土水路                | K地区 | 1                       |        |       |        |
|             |          | 木柵階段工              | K地区 | 2                       |        |       |        |
| タテボシガイ      | 生息場のみ    | ワンド、石張             | H地区 |                         |        | 1     |        |
| マツカサガイ広域分布種 | 生息場のみ    | ワンド、石張             | H地区 | 2                       |        | 1     | 1      |
|             |          | 魚巢・ホタルブロック、石張、深み   | H地区 |                         | 6      |       |        |
|             |          | 深み工                | F地区 | 2                       |        |       |        |
|             |          | 土水路                | K地区 | 1                       | 3      |       |        |
|             |          | 石張                 | H地区 |                         | 1      | 2     | 1      |
| マルドブガイ      | 生息場のみ    | 魚巢ブロック（横穴）         | K地区 | 3                       |        |       |        |
|             |          | 木柵階段工              | K地区 |                         | 1      |       |        |
| ヌマガイ        | 生息場のみ    | 魚巢ブロック             | D地区 | 1                       | 1      |       |        |
|             |          | 深み（滞筋）、植生ブロック、植生護岸 | I地区 |                         | 2      |       |        |

## 4.2 環境配慮に係る維持管理計画の検討

維持管理計画の検討に当たっては、維持管理の手法だけでなく実施程度（頻度、実施範囲など）を明示することや、維持管理の担い手不足が深刻な現状をふまえた省力化につながる工夫を盛り込むことが望ましい。

維持管理計画の検討段階では、選定した環境配慮工法に必要な維持管理作業を具体的に検討し、例えば重機や土砂搬出のトラックの進入路などが必要であれば設計段階の留意事項として引き継いだり、維持管理体制の充実度を考慮して配慮施設の種類や数量を調整したりなど、維持管理の実施可能性を高めることを念頭に具体内容を計画に盛り込んでいく必要がある。

表 4-4 に、実証調査の全国 10 地区の維持管理の実施状況をふまえ、維持管理計画の検討段階の留意事項を整理した。「生態系配慮施設の維持管理マニュアル」（農林水産省農村振興局、平成 28 年 3 月）なども参考としながら、維持管理で目指すべき状態（例：草刈りの草丈、水路底に土砂を残す割合や場所など）や具体的な作業数量を明示しておき、事業完了後の維持管理がスタートした段階で実態に応じた内容への修正を図っていくことが望ましい。

また、維持管理の担い手不足は年々深刻化している。そのため、維持管理計画の検討段階から、新たなツール活用による省力化や、情報共有や引き継ぎを想定した電子化等の観点なども盛り込むことが望ましい。

表 4-4 維持管理計画の検討段階における留意事項

| 主な検討項目      |                   | 留意事項                                                                                                                |
|-------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 維持管理全体に係る事項 | 維持管理内容の定量化・マニュアル化 | ・ 維持管理計画の具体内容について、実施内容（頻度、実施面積など）をできるだけ定量化して記載するとともに、誰でも引き継いで参照・改訂できるマニュアルなどの形で残しておくことが望ましい。                        |
|             | 省力化               | ・ 維持管理に係る各種情報・データの電子化や、UAV 等を用いた維持管理箇所の選定・記録など、省力化につながる新たなツールの導入可能性も検討することが望ましい。                                    |
| 維持管理の個別メニュー | 水路の草刈り            | ・ 保全対象生物の生態に応じ、植生を残すべき箇所や撤去してよい箇所、草刈りの適切な時期と頻度の検討が必要。                                                               |
|             | 水路の泥上げ            | ・ 保全対象生物の生態に応じ、土砂を残すべき箇所や撤去してよい箇所、泥上げの適切な時期と頻度の検討が必要。<br>・ 重機を用いる可能性がある場合、設計段階における重機やトラック等の進入路の確保も検討項目に含める必要。       |
|             | 外来種の駆除            | ・ 水利施設の新設・改修や、生態系配慮施設の設置（特に水路魚道）が国外外来生物（特に在来種への影響が大きい特定外来生物）の侵入・定着に寄与する可能性がある場合、モニタリングによる早期発見や、駆除方法等をあらかじめ検討しておく必要。 |

## 5. 設計段階に係る技術情報等

### 5.1 環境配慮工法の選定に係る留意事項

環境配慮工法の「生息・生育環境の確保」および「移動経路の確保」のそれぞれの配慮目的をふまえた上で、現地の地形・水利条件や維持管理体制も考慮し、確実に機能を発揮できる工法を選定することが重要である。

#### 5.1.1 水路における生物のネットワーク

##### (1) 移動経路の確保に寄与する工法と留意事項

「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）において、魚類等の移動経路を阻害する要因は「水路内の落差、水路と河川との落差が大きすぎる事」又は「流速が速すぎる事」が挙げられている。

これらを解消する環境配慮工法として、「落差の解消」や「流速の低減（多様な流速の創出）」を図ることが重要であり、階段式の魚道や瀬・淵の設置等が該当する。

以下に、令和元年度～令和 3 年度に実証調査を行った全国 10 地区において落差の解消や流速の低減を目的として設置されている生態系配慮施設の現況評価と工法選定時の留意事項を示す。

#### a.水路魚道

##### ■水路魚道（千鳥 X 型）（A 地区）

###### 【現況評価】

- ・ かんがい期には越流深が確保され、プール部ではドジョウや、ギバチの成魚・稚魚が確認された。上流側のドジョウ水路は魚類や両生類、水生昆虫等の繁殖場利用を想定して整備されており、本水路もかんがい期に魚類を遡上させ、非かんがい期までに流下させるという機能を発揮していた。
- ・ 非かんがい期は上流部で接続するドジョウ水路の通水が止まるため、通水が無い。維持管理が定期的になされており、プール部の堆積物などは無かった。

###### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 本事例のように繁殖場への移動経路の確保であれば、周年で通水していなくても問題はない。どの場所に何のために魚類を遡上させるかという目的を明確にし、通水状況を考慮した上で設置の可否や適切な配置を検討する。



水路魚道(千鳥 X 型)



水路魚道(千鳥 X 型)の上流部

## ■魚道（千鳥X型）（J地区）

### 【現況評価】

- ・ 隔壁無しのタイプについては、傾斜はそれほど急ではなく、年間を通じて通水がある魚道では、数cmの水深が保たれていれば魚類は遡上可能と考えられた。
- ・ 隔壁付きタイプについて、通常は通水量が少なく越流水深が浅く、魚類の遡上は困難だが、降雨後など通水量が多い場合は、保全対象のタカハヤやドジョウは遡上可能と考えられた。
- ・ 上流部は用排水兼用のため、一部の魚道では、遡上した先に取水用の堰板が設置されており遡上が阻害されていたり、出水時の魚道内のゴミ堆積を防ぐために堰板が外されていたりしていた。
- ・ その他、勾配の大小に関わらず隔壁の間隔が同じで魚道のプールが機能していない、魚道の登り口（落差の手前）に水深が設けられておらず魚が勢いを付けられない、魚道を遡上した先の環境が用意されていないなどの問題点も散見された。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 保全対象の魚種の泳力等生態を踏まえた流速、構造となるような設計が必要。
- ・ 魚道の配置に当たって、魚類の生息場として地区内を見渡し、遡上の必要性が高い環境・遡上の必要のない環境を見極めつつ効果的に設置することが重要である。



水路魚道①



水路魚道②

## ■水路魚道（E地区）

### 【現況評価】

- ・ ハーフコーン型の魚道で、オイカワやアユが確認されており、遡上する魚種にとって移動経路確保の機能を発揮していた。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 地区の保全対象生物に加え、水路内を利用する主要魚種の移動も考慮した魚道タイプの選定が必要である。



ハーフコーン型魚道



水路魚道



## ■粗石付き魚道（J 地区）

### 【現況評価】

- ・ 自然石が横断方向に隔壁状に貼り付けられた魚道は、十分な流量があり勾配が緩やかであれば魚類の遡上効果が見込める（写真左）。一方で勾配が急で水量が少ない場合は水深が不足し、増水時以外は遡上不能となる（写真右）。
- ・ 自然石の貼り付けが等間隔で石と石の間が広く、石による流速の低減や遡上する魚類の待避場所となるプール部の創出効果が低いと考えられるケースも見られた。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 粗石付き魚道を設置する場合には、遡上に必要な最低限の水位が確保できる流量・勾配の条件の場所に設置する必要がある。
- ・ 粗石付き魚道は、石の大小や形状の違い、並べ方によって、流量、流速、落差の変化に富んだ多様な越流状況を創出する点が魅力であり、保全しようとする魚類の遡上する姿をイメージしながら施工することが効果的である。



粗石付き魚道①



粗石付き魚道②

## (2) 生息・生育環境の確保に寄与する工法と留意事項

魚類等の生息に関係する環境要因としては流速、水深、植生、底質などがあり、保全対象生物にとってこれらの環境条件が適した場を創出することで、生息場（採餌場、産卵場、仔稚魚の生育場、隠れ場）として機能すると考えられる。

以下に、令和元年度～令和3年度に実証調査を行った全国10地区において、生息場として「多様な流速・水深」、「空隙」、「多様な底質」、「多様な植生」の確保を目的として設置された生態系配慮施設の現況評価と工法選定時の留意事項を示す。

### a. 配慮護岸

#### ■二面張装工区間（B地区）

##### 【現況評価】

- 排水路の中流部は、河床は土砂で埋め戻し、護岸は魚巢ブロックを組み合わせた二面装工、落差工は階段式落差工としている。整備後10年以上経過後においても、一部区間で堆砂と抽水植物の繁茂が進み、流路や流速が多様な区間となっており、多くの魚類が確認されている。
- 堆砂や水路幅の狭窄により非かんがい期に滞筋状の流れが生じており、結果として少ない流量でも魚類の生息に必要な水深が確保される状態となっている。
- 通水阻害の視点では堆砂や抽水植物の繁茂はマイナスだが、多様な生息環境の提供や、環境の変化（出水や非かんがい期の流量減）に対する調整能力を有するという点で、重要な区間となっている。

##### 【工法選定に係る留意事項】

- 本来の排水機能を阻害しない範囲での維持管理の方法（土砂除去の程度等）を明確にし、管理者間での共有が必要である。



配慮護岸(二面装工区間)

#### ■井桁沈床工（A地区）

##### 【現況評価】

- 地区内の流速の大きい路線に部分的に配置されており、流心の流速が速くても、水路壁部分は流速の緩和と植生の定着により生物の居場所を提供している状況が確認された。
- 設置後10年以上して機能を発揮しており、適切な維持管理によるものと想定された。

##### 【工法選定に係る留意事項】

- 自然素材を活用する施設のため、設置効果の年数上限が不明である。



井桁沈床工①



井桁沈床工②



井桁沈床工③

## ■環境配慮護岸（I 地区）

### 【現況評価】

- 生態系配慮施設により多様な環境が創出されており、経年で水路の状況に変化が少なかったため確認個体数が安定して多い。非かんがい期にはカダヤシ（国外外来種）の割合が多くなる傾向がある。

### 【工法選定に係る留意事項】

- 配慮護岸は国外外来種にとっても好適な環境を提供するため、地区内に国外外来種（特定外来生物）が既に侵入している場合、意図せずして生息範囲の拡大に寄与してしまう可能性がある。事業実施前での魚類相の確認と、水域ネットワークの接続性の変化による外来種侵入の可能性についても検討する必要がある。



環境配慮護岸①



環境配慮護岸②

## ■カゴ型護岸ブロック（J 地区）

### 【現況評価】

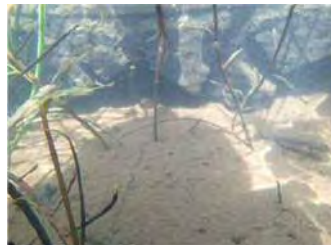
- ビオトープや水路区間の岸辺に設置されたカゴ型護岸ブロックは、調査対象とした 11 箇所のうち 8 箇所において、概ね最下段のブロック下部が広く水没し、水中の空隙が多く確保され魚巢として機能していたが、ビオトープの中には、土砂の堆積が進み、最下段のブロックがすっかり土砂に埋没し魚巢として機能していない箇所も見られた。
- 当地区ではカゴ型護岸ブロックが 3 段に積まれており、陸上部については適度に土が溜まって植物が生育し、凹凸が豊富であることからカエル類が移動の際に外敵から身を隠しやすく、陸域ネットワークの確保に役立っていると推察された。

### 【工法選定に係る留意事項】

- カゴ型護岸ブロックのうち、水中に浸かっている部分は魚巢として魚類等の隠れ場を提供し、陸上部分の多孔質空間は植生が生えることでカエル類の移動経路などの機能を提供する。
- 過剰な土砂供給がある水路では、堆砂によりブロックが埋没して陸地化してしまうことから、魚巢として機能を維持するためには定期的な土砂撤去が必要である。



ブロックが水に浸かる



水中の状況



一部のブロックが土砂に埋没



### ■蛇籠（D 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 隙間が狭く一定以上の体サイズの魚類は利用困難である。設置区間の水路幅がその他の水路区間に比べて広く、水際の垂下植物等もないため、開放的な区間となっており、サギ等の捕食者に狙われやすい環境となっている。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 蛇籠の構造上、大型個体の利用を想定した間隙の設定は限界があるものの、保全対象生物の体サイズをふまえ、どの程度の間隙を創出するかを想定した上で、栗石のサイズを調整することが望ましい。
- ・ 魚類が集まる場合は、捕食者にとっても捕食しやすい環境となりうる。隠れ場となる垂下植物等の植生繁茂もある程度許容する設計や維持管理が必要である。



蛇籠

### ■浅瀬護岸（K 地区）

#### 【現況評価】

- ・ タナゴ類等の小型魚の生息、待避場として設置されているが、水位が護岸まで達しておらず、出水時に冠水している状態となっている。
- ・ 浅瀬護岸から水路内への植生侵入、木杭による流速変化や隙間に植物が生育し、小型魚の隠れ場として部分的な機能発揮になっている可能性がある。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ ほ場整備後は水路断面の拡大に伴い、大型魚や肉食性の種が進入する可能性があるため、魚類の多様性維持のため、多様な水深を確保することが効果的であるが、水路の管理水位や下流の堰管理の運用を踏まえ、適切な高さで設計する必要がある。



浅瀬護岸

### ■ドジョウ水路（土水路）（A 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 土水路区間はドジョウの他、トノサマガエルや水生昆虫類の生息場となっており、地区内で最も水生生物の多様度指数が高い地点となっていた。
- ・ 水路下流端に水路魚道が接続しており、かんがい期は土水路と周辺水路とが接続している。非かんがい期は通水が止まるため、陸地化している。
- ・ 抽水植物の繁茂と土砂の補足により水路が土砂で埋まりやすいが、定期的な維持管理作業により、整備後 10 年以上経過しても水路環境が維持されている。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 周辺水路との接続性を確保するための水路魚道も併せて設置することが望ましい。
- ・ 草刈りや泥上げなどの定期的な維持管理が必須であり、維持管理体制の構築や維持管理作業内容の共有などの実現可能性を念頭に選定することが望ましい。



かんがい期のドジョウ水路



水路内の抽水植物の繁茂



多様な流速を生む石の配置

## b. 魚巣ブロック

### ■ 魚巣ブロック (J 地区)

#### 【現況評価】

- ・ 当地区では水路内に設置された魚巣ブロックの多くが深みとセットで整備されており、土砂が溜まりやすい場所にもなっている。埋没していない魚巣ブロック内では、タカハヤやアカハライモリなどが多く採捕され、隠れ場所等の機能が発揮されていたが、土砂の堆積によって護岸沿いに寄洲が形成され、埋没している箇所もみられた。
- ・ 深みとセットになっていない箇所では、全般的に水量が少なく水深が浅いために、魚巣として利用しにくい状況となっていた。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 土砂供給が適度な環境であれば、深み工と組み合わせることで水量が少なくても魚類等の隠れ場としての機能が発揮が望める。
- ・ 土砂供給が過剰な場所ではブロックが埋没し、生物の利用空間として機能しなくなるため定期的な除去が必要である。



魚巣ブロックと深みが機能



土砂に埋没した魚巣ブロック



魚巣ブロックと深みが埋没

### ■ 魚巣ブロック (D 地区)

#### 【現況評価】

- ・ 水路底とフラットになるように砂泥が堆積しており、深みとしては機能していなかった。水中カメラによる映像からも、利用頻度は高くない結果であり、施設規模が不足している可能性が考えられる。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 水路勾配や土砂供給状況をふまえ、土砂が堆積しやすいことが想定される場合には、機能低下や維持管理の手間の増加が想定されるため、設置の要否に熟慮が必要である。



魚巣ブロック①



魚巣ブロック②

### ■魚巣ブロック (E 地区)

#### 【現況評価】

- ・ 内部に土砂は堆積していなかった。実証区は流速が速い水路であり、本施設は魚類の一時避難場所として有効であると考えられた。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 平常時も流速が速い水路区間においては、魚類の一時的な避難場として機能する施設として有効である。



魚巣ブロック

### ■魚巣ブロック (K 地区)

#### 【現況評価】

- ・ 上流の小規模な水路において、かんがい期は水に浸かるものの非かんがい期は浸からない（出水時のみ浸かる）施設が確認された。

#### 【工法選定に係る留意点】

- ・ 下流の堰高や運用も踏まえ、水位管理が可能な範囲で設計する必要がある。



魚巣ブロック①



魚巣ブロック②



魚巣ブロック③



### c.水路底の配慮

#### ■砂底水路（K 地区）

##### 【現況評価】

- ・ 砂底水路は地区流入部の比較的幅の狭い水路に設置されており、かんがい期は水深が確保されているが、非かんがい期は水位低下に伴い水深不足と水域の分断が生じていた。
- ・ 砂底水路近くに水路を一部掘り下げた深みを設置しており、非かんがい期は深みに移動していることがうかがえた。

##### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 非かんがい期も水域連続性が維持されるよう安定した水量確保の検討ができるよう設計する必要がある。



砂底水路

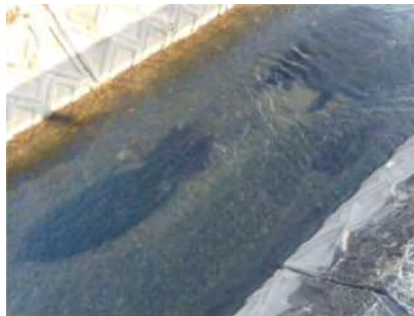
#### ■ポーラスコンクリート（E 地区）

##### 【現況評価】

- ・ ポーラスコンクリート設置場所の一部に水草が繁茂していた。水草の繁茂により流速が緩やかとなり、堆積した砂泥にドジョウが多数生息していたことから、本施設は緩流域を好む魚類にとって有効であると考えられる。

##### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 水草が繁茂しすぎると水路の流れが悪くなり、土砂やゴミの堆積を誘発する可能性があるため、地区内の水路の一部のみに設置することが望ましい。
- ・ 地下水位が低いところは地下浸透により水量の減少が懸念、設計時に湧水量を考慮する必要がある。



水草の繁茂状況



川底の状況

## d. 深み工

### ■ 深み（低水溝）（J 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 調査では、設置後 10 年以上を経過し、低水溝部分のみに土砂が堆積している区間と、水路底の全面に土砂が厚く堆積し低水溝が完全に埋没している区間があった。
- ・ 低水溝では、オニヤンマやゲンジボタルなどが採捕されており、単調なコンクリート水路において低水溝が底質の多様化を促し、底生動物等の貴重な生息場所になっている。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 本来、低水溝は、十分な環境配慮空間が確保できない単調なコンクリート水路床が続く区間において、水路の通水性を妨げない範囲で底生魚や底生動物の生息環境を提供する施設として考案されたものであり、土砂供給と排砂のバランスが適度な水路環境での設置に適している。
- ・ なお、土砂の堆積した環境は生物生息環境としてはより好ましいが、放っておくと過剰な土砂堆積によって通水機能を損ねる可能性がある。



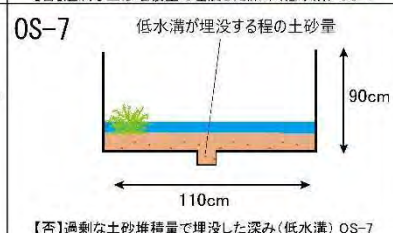
【良】機能している深み（低水溝）OS-2



【否】過剰な土砂堆積量で埋没した深み（低水溝）OS-7



適度に土砂が堆積している低水溝



土砂で埋没している低水溝

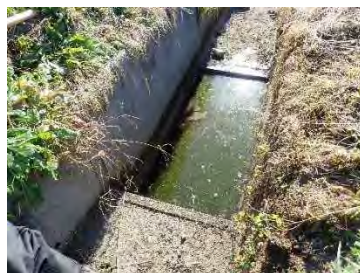
### ■ 深み工（A 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 非かんがい期に通水が止まり水枯れとなる路線に 2 か所設けられた深み工が、ドジョウ、タイコウチ、コオイムシ等の越冬場となっていた。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ このタイプの深み工は、非かんがい期は完全に周辺水域との接続性が絶たれ、水の入替えなどは雨天時にわずかに可能となる。濁りや富栄養化などの水質変化にある程度耐性のある種には適している。
- ・ 同路線には水田魚道も設置されており、深み工とのセットの配置により本路線のみでドジョウが生活史を全うすることが可能である。



深み工



深み工以外の区間（完全に水が無い）

## ■深み工（B 地区）

### 【現況評価】

- ・ 非かんがい期（9 月以降）に、上流部のコンクリート三面張区間の水深は僅か数 cm 程度となった際に、深み工地点では 40cm～50cm 程度の水深が確保されており、魚類の待避・越冬の場として効果を発揮していた。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 土砂供給が過剰な路線や勾配が緩い路線の場合、深み工内に土砂が堆積して深みが維持されず機能低下する可能性が高い。平常時もある程度の流速が保たれ、土砂が堆積しにくい路線での設置に適している。



深み工（幅広区間）

## ■集水柵（A 地区）

### 【現況評価】

- ・ 土水路に接続する水路魚道の登り口に加え、柵渠構造の排水路と交差する箇所に設置された集水柵であり、最も多くの魚種がこの集水柵内で確認されていた。
- ・ 底質には礫と砂泥が薄く堆積し、流速はごく緩い状況となっており、土水路に遡上していく個体や非灌漑期に流下してきた個体の一時的な休息場として利用されていた。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 集水柵自体はシンプルな構造であり、複雑な構造の施設や、特定の種の利用だけを想定した施設よりも設置しやすく、効果も発現しやすい。施設検討の制約条件などが多い場合には、検討しやすい施設である。



水路魚道の下流端に配置された集水柵



## e.ワンド工

### ■ワンド工（E 地区）

#### 【現況評価】

- ・ ワンド工内の岸際には水草が繁茂しており、平常の流況ではワンド工として流速緩和や土砂堆積の機能を発揮している。
- ・ ワンド工内のドジョウの確認個体数は2年目調査で減少する結果となっており、出水時にワンド工に堆積していた土砂が一部流出して生息環境が変化したことが原因と考えられる。
- ・ ワンド工が流路の外側（水衝部側）に設置されており、出水時の水の勢いを受けやすい状態である。今後も出水のたびに底質が流出する可能性が高い。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 水路の曲がり部にワンド工を設置する場合には流路の内側（淵が形成される側）に配置する。



かんがい期の状況



非かんがい期の状況

### ■ワンド工（H 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 底質として泥分が堆積しており、砂質を好むオバエボシガイなど含むイシガイ類にとって望ましくない生息環境になっている。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 泥分は流失するが砂分は堆積する最適な流速が維持できる路線を選定し、設置する。



ワンド工

### ■幅広区間（B 地区）

#### 【現況評価】

- ・ 拡幅部 40cm 程度。流速は中央部が約 30cm/s、側面（拡幅部）は約 6cm/s と拡幅部で低い値を示している。
- ・ 1/10 確率降雨時には最大で 14.7m<sup>3</sup>/s の排水が流下するが、幅広区間が魚類の一時的な避難場所として有効に機能していた。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 土砂供給が過剰な路線や勾配が緩い路線の場合、土砂が堆積しやすく機能低下や維持管理に労力がかかる可能性がある。平常時もある程度の流速が保たれ、土砂が堆積しにくい路線での設置に適している。



幅広区間

## f.ビオトープ

### ■ビオトープ（J地区）

#### 【現況評価】

- ・ 当地区のビオトープは、水路とは区分されたため池型ビオトープと、水路内の一部区間の幅を広げたワンド型ビオトープに大別される。ため池型ビオトープは、山肌からの染み出し水により常に水深が一定に保たれた止水環境が維持されており、キイトンボ等の止水性水生昆虫、アカハライモリ、モリアオガエルの成体などが確認され、止水性水生動物の繁殖場所や成育場所としてよく機能していると考えられた。
- ・ ワンド型ビオトープも、コンクリートでライニングされた水路内において貴重な緩流部や深場を提供しており、このような環境が維持されたワンド型ビオトープでは、タカハヤ、ドジョウ、ミズカマキリ、ガムシ等の良好な生息場所となっていると考えられた。
- ・ 一方、ワンド型ビオトープではほとんどの地点で土砂の堆積が進んでおり、水みちだけ残しビオトープのほぼ全面が陸化した地点、陸生植物が繁茂し水面が見えない地点も多く、従前の代替環境として機能していない箇所もみられた。

#### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ ワンド型ビオトープは、単調な流れが連続する水路内にあって、ほ場整備前に旧水路（土水路）が有していた緩流部や深みなど魚類等様々な生物が好む生息環境の代替環境として有効な配慮工法であるが、水流で運ばれてきた土砂が堆積しやすく、陸化し植生が繁茂しやすい。機能を維持するには定期的に草刈や土砂を取り除く必要がある。
- ・ ドジョウなど魚類の生息場として整備する場合は、田んぼとの移動経路（魚道等）と併せて整備するなど、保全対象生物が生活史を全うできるネットワークを確保することが重要である。適切な設計条件で魚道が設置できない場合や、田の耕作者の理解が得られない場合は、別の方法で代替環境を検討する必要がある。
- ・ 水生生物を対象としたビオトープは水の供給条件も重要な要素である。ビオトープ設置位置の選定に当たっては、改変前の現地調査で山際の染み出し水や湧水のある場所など把握しておき、それら事前情報や条件を活かしてビオトープを造成することも、生物の保全、管理労力の軽減につながる。



ため池型ビオトープ



ワンド型ビオトープ



水田魚道を整備したビオトープ

## ■ビオトープ（K 地区）

### 【現況評価】

- ・ 緩傾斜土羽で高水敷に湿地を造成した区間（片岸・延長 40m）、木柵護岸と高水敷に湿地を造成した区間（両岸・延長 130m）、水底に土砂存置し護岸に環境保全型ブロックを配置した区間（片岸・延長 40m）となっている。対照区の地区内で唯一の環境配慮施設であり、通年通して多様な種の生息が確認出来ている。なお、湿地造成区間に繁茂する護岸植生に対し、地元住民から維持管理の面について意見があがっている。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 湿地造成規模等については事前に十分な検討を行う必要があるが、生物の観察会等を通じ、持続可能な生態系配慮の重要性の理解を得て、生態系配慮施設の適切な維持管理体制・方法を検討していく必要がある。



ビオトープ(湿地区間)



## 5.1.2 水路と水田における生物のネットワーク

### (1) 移動経路の確保に寄与する工法と留意事項

「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）において、魚類等の移動経路を阻害する要因として「水路と水田の落差」が挙げられている。このため、「落差の解消」を図る環境配慮工法として水田魚道がある。

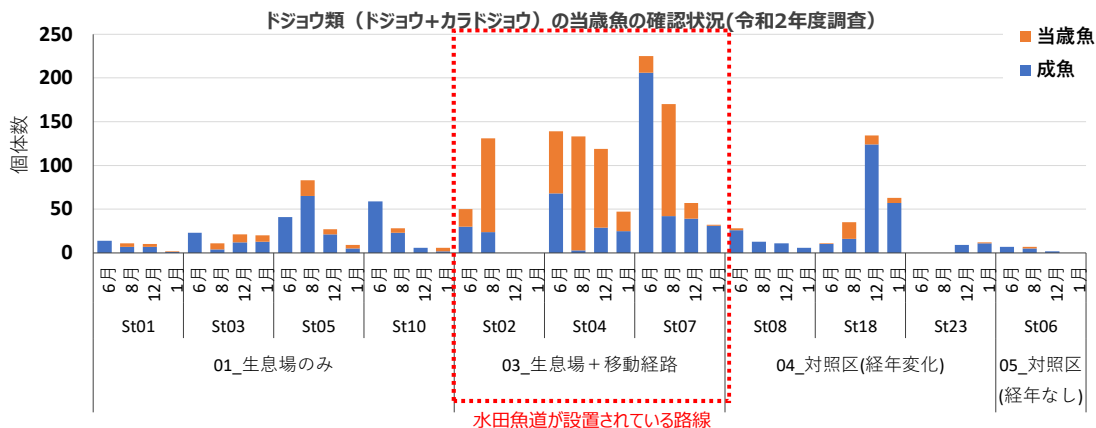
以下に、令和元年度～令和3年度に実証調査を行った全国10地区のうち、水田魚道が設置されている地区の調査結果に基づき、現況評価と工法選定時の留意事項を示す。

#### a. 水田魚道

##### ■ 水田魚道（A地区）

###### 【現況評価】

- 魚道の遡上調査は実施していないが、水田魚道が設置されている水路区間のドジョウ属（ドジョウ、カラドジョウ）の当歳個体は、他地点より多く確認される傾向がみられた（下図の赤枠内参照）。



###### 【工法選定に係る留意事項】

- 水田魚道内にごみ等が溜まると、越流水深などが確保されず、機能が低下する。また豪雨が想定される場合は、コルゲートタイプなど移動できるものについては浸水しない高さに引き上げるなどの対応が必要である。対象種のドジョウが遡上する5月後半～6月の間はこまめな水管理やゴミ除去など他の配慮施設よりも手間がかかる点について、地元合意が必須である。



水田魚道①



水田魚道②

## ■水田魚道（J 地区）

### 【現況評価】

- ・ コルゲート管部がビオトープの湛水部に到達しておらず、管末端からビオトープの湛水部までは細い土水路だが、やや埋没していた。遡上口周辺は浅く、遡上待機場所が無い状態であった（ビオトープ管理作業の試行で改善）。
- ・ ビオトープの陸化によって遡上口と湛水部がつながっていないこと、コルゲート管部の堆砂や草の状況からほとんど通水が無いことなどから、遡上できない状態。
- ・ 呑み口の堰板がやや高く、堰板の設置時は遡上が困難と考えられる。降雨等によって水田の水位が上昇して堰板を越流した場合、ドジョウは遡上可能と考えられる。
- ・ 魚道上流端の水田接続部分に高さ 10 cm 程度の堰板が設置されており、降雨等で水田の水が堰板を越流した場合のみ、遡上できる可能性。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 遡上させる魚種（水田域を産卵場とする種群：ドジョウ、メダカ類、フナ等）の全長や体高といった大きさや遡上可能な流速等に応じた構造とすること、定期的な維持管理による機能低下の防止が必要である。
- ・ 接続先（水田やビオトープ）の水域環境が維持されているかも考慮する必要がある。



堰板が設置された呑み口



草が生えた魚道部



途中の樹部

## ■水田魚道（K 地区）

### 【現況評価】

- ・ 越流型を設置。水田からの水が流下しておらず機能していない。
- ・ 田面排水側に角落としが設置され、落差工内に段差が出来ており、水が流下しても遡上しにくい構造となっている。

### 【工法選定に係る留意事項】

- ・ 魚道下端部を水路水底まで延長する構造とすることで、底生魚（ドジョウ類等）の遡上可能性が高まる可能性がある。
- ・ 水が流下していなければ何ら機能が発揮できないため、水田からの水を流してもらうことについて地元との協議を丁寧に行う必要がある。



水田魚道①



水田魚道②

## 5.2 環境配慮工法の詳細設計に係る留意事項

環境配慮工法を選定し、個々の配慮施設の詳細設計を行う際には、既往の事業地区において配慮効果が高かった施設の情報を参照し、地区特性や保全対象生物に合った設計や配置を検討することが望ましい。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結果と、既存知見の生態情報などをふまえ、設計段階で参照できる情報を整理した。

### (1) 施設の詳細設計において参照可能な情報の整理

3.2.3 章の一般化線形混合モデルを用いた解析結果に基づき、ドジョウ属（在来種）、タナゴ類（流水性・止水性）及びミナミメダカの生息に適した環境を創出する上で、設計段階で参照できる情報を整理した。

表 5-1 は、各対象種の保全・再生・創出すべき環境について、本検討で得られた情報と既存知見の情報を併せて整理し、これらの種を保全するための生態系配慮施設の設計に当たり、参照可能な情報としてとりまとめたものである。なお、参照した既存知見は 8 章参考資料・引用資料に掲載している。

表 5-1 (1) 配慮工法の詳細設計において参考となる環境条件（ドジョウ属）

| 対象生物          | ドジョウ属（在来種）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 保全・再生・創出すべき環境 | <p>流速が緩やかで水深が浅く、植生の繁茂と土砂堆積がある箇所</p> <p>①物理環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 体長 4cm 台のドジョウを対象として魚道設計を行う際に、流れ場の流速を 30cm/s もしくは 40cm/s 程度とする場合は、必要通過距離をそれぞれ 30cm 以下、10cm 以下とする（矢田谷ら、2015）。</li> </ul> <p>②生息環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 抽水植物、沈水植物等、植生が豊富</li> <li>・ 底質（砂や泥）等の生息場となる環境が存在する</li> </ul> |
| 特に効果的な施設      | <p>生息場：深み工（特にかんがい期）、ワンド工、二面張り水路</p> <p>ネットワーク：水田魚道、水路魚道</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |

表 5-1 (2) 配慮工法の詳細設計において参考となる環境条件（流水性タナゴ類）

| 対象生物          | 流水性タナゴ類                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 保全・再生・創出すべき環境 | <p>ある程度の流速が確保され、水深が浅く、沈水植物の繁茂や堆積が維持されている箇所</p> <p>①物理環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均流速 30 cm/s 程度まで個体数が多いが、60 cm/s を超えると減少する（本検討）。</li> </ul> <p>②生息環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 沈水植物が繁茂。</li> <li>・ 底質（砂や泥）が堆積。堆積割合が 80% 以上の箇所で個体数が多い（本検討）。</li> <li>・ 産卵母貝であるイシガイ類の生息環境が近傍にあり、その環境との接続が確保されている</li> </ul> |
| 特に効果的な施設      | <p>生息場：配慮護岸（通年）、深み工（特にかんがい期）、魚巣ブロック</p> <p>ネットワーク：水路魚道（かんがい期）</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

表 5-1 (3) 配慮工法の詳細設計において参考となる環境条件（止水性タナゴ類）

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象生物          | 止水性タナゴ類                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 保全・再生・創出すべき環境 | <p>流速が緩く、水深がある安定した止水域</p> <p>①物理環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均流速 10cm/s 以下で個体数が多い。</li> <li>・ 水深が 50cm 以上確保されている箇所で個体数が多い（本検討）。</li> </ul> <p>②生息環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土砂堆積が豊富。</li> <li>・ 産卵母貝であるイシガイ類の生息環境が近傍にあり、その環境との接続が確保されている</li> </ul> |
| 特に効果的な施設      | <p>生息場：配慮護岸（通年）、深み工（特に非かんがい期）</p> <p>ネットワーク：水路魚道</p>                                                                                                                                                                                                                                         |

表 5-1 (4) 配慮工法の詳細設計において参考となる環境条件（ミナミメダカ）

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象生物          | ミナミメダカ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 保全・再生・創出すべき環境 | <p>安定した抽水植物の繁茂や土砂堆積が見られる箇所</p> <p>①物理環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 通年で平均流速 10cm/s 以下（石川ら、2005）。</li> <li>・ メダカにとって安全な流速は 15-20cm/s 以下、自由な遊泳を阻害されない流速は 1-3cm/s 以下（端ら、2001）。</li> <li>・ 農業用水路に生息するメダカの環境要因の選好強度は、流速は 3.8cm/s、遮蔽率は 35%、水深は 8cm（阿部ら、2005）。</li> </ul> <p>②生息環境</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均流速が 10cm/s 以上の場合でも、植物による流速の軽減や障害物による流れの変化があり、局所的に 10cm/s になることが望ましい（石川ら、2005）。</li> <li>・ メダカの群れは 10～15cm/s 以下の流速に対して抵抗性を持ち、泥が堆積しかつ植生が存在する環境を選好する（竹村ら、2004）。</li> </ul> |
| 特に効果的な施設      | <p>生息場：配慮護岸（通年）、深み工（特に非かんがい期）</p> <p>ネットワーク：水田魚道</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 6. 維持管理・モニタリング段階に係る技術情報等

### 6.1 維持管理

環境配慮対策を行った施設等の維持管理においては、地元住民と一体となった体制の構築が有効であるが、体制維持の労力が大きいという課題も残されている。

#### (1) 維持管理体制に係る現状と課題

実証調査を実施した全国 10 地区における事業完了後の維持管理の体制や方法について表 6-1 (1) ～ (2) に示す。各地区とも、地域住民等も参加する活動組織を立ち上げて水路の維持管理作業等を実施しているが、維持管理の担い手不足が継続的な課題となっている地区もある。

表 6-1 (1) 実証 10 地区における配慮施設の維持管理状況

| 地区   | 維持管理状況（方法、頻度、実施主体等）                                                                                                        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A 地区 | 環境保全活動の実施主体として、地元の NPO 法人によるドジョウ水路の草刈り、水路の清掃と水草の除去、クリーン作戦等が実施されている。                                                        |
| B 地区 | 国営造成施設は土地改良区、末端の施設は多面的機能支払交付金活動組織等がそれぞれ適切に保全・管理活動を行っており、環境保全活動としては生きもの調査等の活動を実施している。<br>同地区のため池では改良区、市、地元大学が連携した環境保全活動が継続。 |
| D 地区 | 地元行政が事務局となり平成 19 年度から毎年、環境配慮検討委員会のメンバー（県、町、改良区、環境保全会）、関東農政局及び地元小学校が生き物調査を実施。調査結果については、小学生が学内の文化祭等で発表している。                  |
| E 地区 | 活動組織による保全活動を実施。専門業者による草刈り（7～8 月に 2 回）、住民参加（30 名程度）による草刈りやゴミ拾いを月 1 回、住民参加（30 名程度）による泥さらいを毎年 3 月に 1 回実施している。                 |
| F 地区 | 多面的機能支払交付金を活用して配慮対策区間以外の土砂撤去が行われている（配慮施設の管理についてはどの程度土砂を上げればよいかの基準等がなく、労働力不足も原因で十分になされていない）。                                |
| G 地区 | 土地改良区や地域住民による保全会を平成 15 年に設立し、県が作成した維持管理マニュアルを参考にしながらモニタリング調査や生き物観察会を実施。平成 19 年には多面的機能支払交付金活動組織も加わった。                       |



表 6-1 (2) 実証 10 地区における配慮施設の維持管理状況

| 地区   | 維持管理状況（方法、頻度、実施主体等）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H 地区 | <p>田んぼの学校が開校され、地域住民が一体となった保護活動が開始され、近年は多面的機能支払交付金活動組織において配慮水路の管理（泥上げ後、貝は元に戻す）を行うとともに、生き物観察会を実施。</p> <p>水路掃除（泥さらいと藻類除去）は 3 月と 6 月に地域住民 100 名程度・2 時間で実施。</p> <p>清掃活動（空き缶拾い）は 5 月に地域住民 100 名程度・4 時間で実施。</p> <p>水路周辺の草刈りは 6 月、7 月、9 月に地域住民 100 名程度・4 時間で実施。</p> <p>地元小学校の活動団体が地区内水路を調査場所として年 1 回程度利用。クラブ活動や学校の授業での利用もある。</p> <p>水路の矢板は個人管理で農業従事者は集落内に 6 ～ 7 名いる。集落内の矢板は水量調整用で個人が管理している。</p> |
| I 地区 | <p>地元主導のプロジェクト（地域住民、土地改良区）において、ビオトープ水路の管理（水路周辺の清掃、除草、水質浄化用の竹炭を水路に設置等）を実施。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| J 地区 | <p>農業者、農事組合法人、土地改良区、集落協定連絡会、地元の活動組織からなる保全会が組織され、地元の活動組織が環境保全活動の実施主体としてビオトープの維持管理を実施。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| K 地区 | <p>水路内の清掃等の維持管理活動について、4 つの集落に区分し、地元関係者（生産者、自治会等）が水路敷法面の除草、水路内の泥上げ・除草、浚渫等を各持ち分で実施。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 参考事例：A 地区における住民参加型の維持管理体制

A 地区では地元の NPO 法人が主体となり、自然観察会やワークショップなど、地域住民を巻き込んだイベントが多く開催され、そのイベントの一部に維持管理が位置づけられています。

以下に示すように、楽しく参加できる工夫を凝らしたイベントを年に数回開催したり、地元の大学に研究フィールドを提供し、交流機会を設けたりすることで、水路の維持管理のための草刈り自体も、「地域一体で取り組む楽しいイベント」の一環であるという共通認識が醸成されています。これにより地域住民が積極的に参加する維持管理体制が継続しています。

### 水路の草刈り

植生が繁茂しやすい土水路は定期的な草刈りによる機能維持が必須ですが、多くの労力を必要とする作業でもあります。

本地区では、例年 6 月に NPO 法人が中心となり、住民参加型の草刈り作業を実施しています。参加者は地元小学校の保護者と児童、高校生、大学生、地域住民など、毎回 100 人を超える規模となります。約 2 時間の作業の後、地元の女性たちが作ってくれた昼食を頂きながら参加者同士で懇親を図ることが恒例となっています。

### 灯籠流し

9 月には NPO 法人の拠点となっている地区内の公園で灯籠流しが行われています。近年頻発する自然災害で被害を受けた方を哀悼することを目的に、毎回、子どもたちが創った百基程度の灯籠が流されます。灯籠を流すのは地区内を流れる排水路で、流す準備として水路の草刈りが行われます。

### 大学との連携

本地区は、地元大学の学生の研究フィールドとして利用されています。学生は本地区のイベントに、ときには「水路の草刈りの力仕事要員」として、ときには「生き物観察会の講師」として参加することで地域の特性を学ぶと同時に、研究に対する地域住民の理解を得ることができます。管理主体となる地域住民と学生、双方に有益なイベントの運営体制が整備されています。



写真出典：NPO 法人 ホームページ

## (2) 生態系配慮施設ごとの維持管理に係る留意事項

生態系配慮施設ごとの維持管理に係る留意事項について、実証調査を実施した 10 地区の施設から得られた事項を表 6-2 に示す。

なお、生態系配慮施設の維持管理におけるチェック項目ならびに具体的な対策内容については「生態系配慮施設の維持管理マニュアル」<sup>2</sup>（農林水産省農村振興局，平成 28 年 3 月）に、工法別の環境配慮施設に係る維持管理作業体系の一覧は「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」<sup>3</sup>（農林水産省農村振興局，平成 27 年 5 月）にとりまとめられているため、詳細はそちらを参照されたい。

表 6-2 生態系配慮施設の維持管理に係る留意事項

| 施設          | 維持管理に係る留意事項                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 配慮護岸        | <ul style="list-style-type: none"> <li>過剰な土砂供給がある水路では、堆砂によりブロックが埋没して陸地化してしまうことから、魚巢として機能を維持するためには定期的な土砂撤去が必要である。</li> <li>井桁沈床工など木材を使用する施設タイプでは、年数経過による劣化が想定される。</li> </ul>                                                           |
| 魚 巢 ブ ロ ッ ク | <ul style="list-style-type: none"> <li>土砂供給が過剰な場所ではブロックが埋没し、生物の利用空間として機能しなくなるため定期的な除去が必要である。</li> </ul>                                                                                                                               |
| 二面張り水路      | <ul style="list-style-type: none"> <li>ポーラスコンクリートでは水草が繁茂しすぎると水路の流れが悪くなり、土砂やゴミの堆積を誘発する可能性があるため、水草を適度な繁茂状況に維持しておく必要がある。</li> </ul>                                                                                                      |
| 深み工         | <ul style="list-style-type: none"> <li>過剰な土砂堆積によって通水機能を損ねる可能性があるため、適度な堆積状況に維持しておく必要がある。</li> </ul>                                                                                                                                    |
| ワンド工        | <ul style="list-style-type: none"> <li>泥分が堆積してしまう構造・流速となっており、イシガイ類の生息場としては好ましくない環境となっている。どの生物を対象としてどのような環境を目指して整備しているかを確認する必要がある。</li> </ul>                                                                                          |
| ビオトープ       | <ul style="list-style-type: none"> <li>水路の一部区間を広げたワンド型のビオトープは、流速が落ちるため土砂が堆積しやすい。勾配の大きい山間農業地域に設置されている場合は特に、豪雨出水のたびにビオトープへ土砂が流入し、年々堆砂が進行して陸化し、植生の繁茂が進みやすい。</li> <li>生物の生息環境として止水環境、開放水面を維持することが重要であることから、定期的な草刈や土砂の除去が必要である。</li> </ul> |
| 水路魚道        | <ul style="list-style-type: none"> <li>本来の排水機能を阻害しない範囲での維持管理の方法（土砂除去の程度等）を明確にし、管理者間で共有しておく必要がある。</li> <li>遡上の必要が高い環境・遡上させる必要のない環境を見極めて効果的に配置することも維持管理に負荷をかけない重要な要素である。</li> </ul>                                                     |
| 水田魚道        | <ul style="list-style-type: none"> <li>水田魚道内にゴミ等が溜まると越流水深などが確保されず、機能が低下する。また豪雨が想定される場合は、コルゲートタイプなど移動できるものについては浸水しない高さに引き上げるなどの対応が必要である。</li> <li>ドジョウが遡上する 5 月後半～6 月の間はこまめな水管理やゴミ除去など他の配慮施設よりも手間がかかる点について地元合意が必須である。</li> </ul>       |

<sup>2</sup> 「生態系配慮施設の維持管理マニュアル」のリンク先：

[https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo\\_hozen/attach/pdf/index-16.pdf](https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo_hozen/attach/pdf/index-16.pdf)

<sup>3</sup> 「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」のリンク先：

<https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/kankyoushishin.html>

### 参考事例：生きもの生息環境に配慮した順応的管理の提案事例

農業用水路では、維持管理作業として、油圧ショベルによる水路内の土砂の掘削が行われることがある。土砂撤去により通水機能が確保されるようになる一方で、土砂とともに水中植生・カバーが消失し、魚類の休息場や当歳魚等の小さい個体の隠れ場所等が一時的に消失するというトレードオフが懸念されるため、本調査の実証地区の中では、維持管理と生態系配慮の効果を両立するための留意点として以下のように整理して提案している事例がある。

掘削された箇所は植生が回復するまで一定の期間を要すると考えられるため、一度に広範囲の土砂を除去してしまうと魚類をはじめとした水生生物の生息に与える影響が大きくなる。このため、必要な通水量を確保した上で一部の土砂を残すように作業することで生息環境の一部を保全し、影響を緩和することが重要と考えられる。

また、掘削箇所の検討においては、土地改良区が保有している UAV による空中写真を活用することも有効である。空中写真を活用した掘削箇所の検討のイメージは、下図に示すとおりである。



【実証区間の二面装工区間】



【拡幅水路】

図 6-1 空中写真を活用した掘削箇所の検討イメージ



## 参考事例：経年変化に応じた維持管理頻度と体制構築の必要性

図 6-2 は、J 地区におけるビオトープの設置直後から直近の調査までの変遷を示したものである。①及び③は定期的に管理の手が入っているため現在もビオトープの機能が維持されているが、②は管理されていないため経年変化でビオトープの様相を呈していない。

地区内に設置された 14 地点のビオトープのうち 6 地点では年 3 回程度の草刈りが実施され、管理していない地点と比較して水生生物の種数・個体数ともに多い傾向がみられている。草刈りにより開放水面が確保され、適度に植生も保たれることで、昆虫類をはじめ多くの生物種に棲みやすい環境になっているためと推察されている。

J 地区は勾配の大きい山間農業地域にあり、豪雨出水のたびにビオトープへ土砂が流入し、年々堆砂が進行する。やがてそれが陸化し、植生の繁茂が進み、管理が行き届かず一部に生態系配慮施設機能の劣化が見られる。現状では、J 地区の地元農家及び保全活動団体の継続的な取組により概ね良好に保全されているが、地域の過疎化・高齢化が進む中、これまで施設管理を担ってきた人手の減少によって、近い将来、施設機能の劣化による生物多様性の減退が懸念されている。

### ① 整備後継続的に管理されているワンド型のビオトープ

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 平成 15 年 6 月                                                                        | 平成 17 年 6 月                                                                        | 令和元年 12 月                                                                           | 令和 3 年 6 月                                                                           |

### ② 整備後管理の手が入っていないワンド型のビオトープ

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 平成 15 年 6 月                                                                         | 平成 17 年 6 月                                                                         | 令和元年 12 月                                                                            | 令和 3 年 6 月                                                                            |

### ③ 整備後継続的に管理されている湧水を活かしたため池型のビオトープ

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 平成 15 年 6 月                                                                         | 平成 17 年 6 月                                                                         | 令和元年 12 月                                                                            | 令和 3 年 6 月                                                                            |

図 6-2 ビオトープの経年変化



## 6.2 モニタリング

事後評価（施工後のモニタリング）を行う仕組みを有する都道府県が半数以下にとどまっている現状において、住民参加型のモニタリングの実施や、新たな調査技術導入による調査の効率化など、モニタリングの実施を推進するための工夫が不可欠である。

### (1) モニタリングの実施における現状と課題

「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」（農林水産省農村振興局，平成 27 年 5 月）においては、環境配慮対策の効果を確認するためには、工事実施前の調査結果を基に、保全対象生物の生活史を十分考慮して、モニタリングに関する範囲、方法、期間を適切に定め、対策前後でのネットワークの状態を比較できるようにすることが必要、としている。

本調査は、施工後の一定期間のモニタリングを経た上で、結果を整理し、あらかじめ想定したネットワークが十分に機能しているかどうかを評価する、との位置づけで実施したものであり、今回の評価結果を踏まえて、必要に応じて施設の改善を行うなど順応的管理を実施していくことが望ましい。

一方で、現状としては、本資料の 1.1 章の背景で示した通り、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）を行ったりする仕組み（体制）を有する都道府県は半数以下となっている。事業の完了や予算的な制約などから多くの農業農村整備事業においては、環境配慮対策実施後のモニタリングが行われていない。

本項においては、本調査で試行した新たなモニタリング手法の適用性や、調査対象の 10 地区で実施されてきた住民参加型のモニタリング手法について提示するとともに、10 地区の事例整理の過程で明らかとなった留意事項について紹介する。

## (2) 住民参加型のモニタリングの実施事例

前章 6.1 章（維持管理）の表 6-1 に基づき、住民参加型のモニタリングの実施状況について表 6-3 に再掲した。地元の小学校などと連携することで、生き物調査を毎年のイベントとして継続する工夫がなされているほか、若い世代が参加することで、地域の資源としての施設や生物への理解・保全意識の醸成につながっている可能性がある。

表 6-3 実証地区における住民参加型のモニタリングの実施状況

| 地区   | 維持管理状況（方法、頻度、実施主体等）                                                                                                         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A 地区 | 環境保全活動の実施主体として、地元の NPO 法人によるドジョウ水路の草刈り、水路の清掃と水草の除去、クリーン作戦等が実施されている。                                                         |
| B 地区 | 国営造成施設は土地改良区、末端の施設は多面的機能支払交付金活動組織等がそれぞれ適切に保全・管理活動を行っており、環境保全活動としては生きものの調査等の活動を実施している。<br>同地区のため池では改良区、市、地元大学が連携した環境保全活動が継続。 |
| D 地区 | 地元行政が事務局となり平成 19 年度から毎年、環境配慮検討委員会のメンバー（県、町、改良区、環境保全会）、関東農政局及び地元小学校が生き物調査を実施。調査結果については、小学生が学内の文化祭等で発表している。                   |
| G 地区 | 土地改良区や地域住民による保全会を平成 15 年に設立し、県が作成した維持管理マニュアルを参考にしながらモニタリング調査や生き物観察会を実施。平成 19 年には多面的機能支払交付金活動組織も加わった。                        |
| H 地区 | 田んぼの学校が開校され、地域住民が一体となった保護活動が開始され、近年は多面的機能支払交付金活動組織において生き物観察会を実施している。地元小学校の活動団体が地区内水路を調査場所として年 1 回程度利用。クラブ活動や学校の授業での利用もある。   |
| J 地区 | 農業者、農事組合法人、土地改良区、集落協定連絡会、地元の活動組織からなる保全会が組織され、地元の活動組織が環境保全活動の実施主体としてビオトープの維持管理を実施。                                           |

## (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

実証調査の対象となった調査地区の一部では、本調査実施段階でもほ場整備工事が行われており、施工段階のモニタリングにおける留意事項がいくつか得られている。例えば、浚渫土砂中の水草にタナゴ類の稚魚が確認されていたことから、浚渫工事前に魚類の隠れ場所となる水草に影響のない水域へ移設するなどの配慮が必要であることが示唆された。

また、近年では国外外来生物の侵入や、国内移入種の放流等に伴う生物多様性の低下なども大きな課題となっている。例えば、ビオトープにアメリカザリガニが侵入すると、多様性が大きく低下し元の生態系への回復が困難となるため、侵入状況の把握のために、維持管理と併せて定期的な生物モニタリングを行うことが望ましい。

#### (4) モニタリングにおける新手法の適用

これまで、事業実施後のモニタリングの実施が低調であった理由として、生物や環境基盤の把握には専門性や労力を要すること、一般的には年間を通した四季調査の結果が求められるために相応の時間と費用がかかること等が挙げられる。これらの理由に対応し、モニタリングの積極的な実施に寄与することが期待される新たな手法の 1 つが環境 DNA 調査を活用したモニタリングである。

環境 DNA 調査は、調べたい水域の現場から採水した環境水サンプルから、環境水中に含まれる魚類や両生類等の体表からはがれ落ちた細胞片や粘液、放出された糞に由来する DNA を分析し、その水域に生息する生物を特定する方法である。環境 DNA は、生物個体から環境水中に放出されたあと、水の流れて従って拡散しつつ、最終的に消失するという性質から、環境 DNA 調査は、生物のピンポイントな生息情報も取得できるが、むしろ面的に広い範囲の生息範囲を捉えることに適している。現在も主流の採捕調査は、広い範囲の生息範囲を捉えるためには調査コストや時間がかかるが、生物のピンポイントな生息情報を取得することには適している。

なお、環境 DNA 調査は、生息していない種を検出したり、生息している種をすべて検出できないなど未だ十分な技術的検証が済んでいない面もある。そのため、現在も生物の生息状況のモニタリングには一定の専門性を持った調査員による現地調査が欠かせない。

ただし、こうした新たな技術を導入し、モニタリングにおいて、従来型の採捕調査と環境 DNA 調査の両方を併用することで、保全対象生物の生息・生育状況やネットワークの状況をより効果的、かつ、高精度に把握することが可能となる。

また、その実施については、土地改良区や行政機関だけでなく、地域住民や学校、大学等の有識者、各種関係団体等、多様な立場の人たちが協力した中で行われていくことが望ましい。特に、環境 DNA 調査は、その作業の簡便さから、誰でも調査を行うことが可能であるため、土地改良区や地域住民に委託することも可能であるほか、学校での環境学習の一環としても適している。

## 7. 新しい調査技術に関する技術情報

### 7.1 環境 DNA 調査の適用に関する解説

環境 DNA 調査とは、DNA 分析技術を応用して、環境水サンプルに含まれる生物由来の DNA から、そこに生息する生物種を間接的に調べる方法である。環境 DNA 調査の最大の利点は、現場での作業が「採水するだけ」と簡単であることである。

#### (1) 環境 DNA 調査とは

環境 DNA 調査は、河川や海域の生物調査に適用され始めているが、農業農村環境への適用事例はまだ少ない。そこで、これまでに生態系配慮施設を設置する取組が行われてきた代表的な全国 10 地区を対象に、3 か年に亘って採捕調査と環境 DNA 調査の両方を実施し、その結果から環境 DNA 調査の現場適用性・活用可能性等について検討を行ってきた。本章では、それらの検討結果をふまえ、農業農村環境における生物の生息状況の把握手法として、環境 DNA 調査の具体的な方法や調査を実施する上での留意事項等について解説する。

環境 DNA の学術的な定義にはいくつかあるが、本資料では、河川や湖沼など環境水中に含まれるすべての DNA を環境 DNA と呼ぶこととする。環境 DNA には、大きく分けて、水中の細菌などの微生物や、小型のプランクトンといった顕微鏡サイズの生物等に由来するものと、水中に生息する魚類や両生類等の体表からはがれ落ちた細胞片や粘液、放出された糞に由来するものがある。現場から採水した環境水サンプルには、これらに由来する環境 DNA が含まれているが、調査内容に合わせた分析方法を選択することで、特定の生物群（例えば、魚類や両生類など）だけを選択的に調べるといったことが可能となる。

環境 DNA 調査は、現場での作業内容が非常に簡便である。調査員は、滅菌もしくは消毒済みのボトルを用いて、調査現場の環境水を採水するだけである。環境 DNA 調査の一般的な流れを図 7-1 に示した。



図 7-1 環境 DNA 調査の一般的な流れ

採水作業は、採水マニュアルに則って実施する必要があるが、施設管理者、地域住民、行政機関担当者など誰でも簡単に行うことができる。しかし、現場での採水作業以降の分析作業は、専用の分析機器が必要であり、分析に関する専門知識が求められるため、採水サンプルの分析作業は、一般的には環境 DNA 分析を受託している民間企業や大学等に委託することになる。委託の方法や条件、分析費用やその費用に含まれている項目（例えば、採水容器は分析機関から提供されるのかなど）等は、事前に分析を依頼する予定の機関に問い合わせて確認する。

環境 DNA 調査は調査地に生息するすべての生物種を常に完全に検出できるものではないが、環境 DNA 調査の現場適用性を検証した結果、魚類や両生類については従来の採捕調査を補完する調査方法として適用可能であること、加えて両生類については冬眠の時期を避けるなど適切な調査時期に実施する必要があることが明らかとなっている。なお、環境 DNA が検出された生物種の生息確認は、最終的にはできるだけ採捕調査を実施し、当該種の個体の確認によってその種が生息することを確定させることが望ましい。



### 採捕調査と環境 DNA 調査の比較（特に費用や労力について）

調査にかかる費用や労力は、調査内容、調査を実施する地点数や回数等で大きく異なるが、一例として、農業水路・小河川における魚類調査を想定し比較した。

※調査概要：農業水路に生息する「魚類」を対象に、上下流方向に 50m の範囲を 1 地点として、計 5 地点を 1 日間で調査することを想定した。

| 項目           | 採捕調査                                           | 環境 DNA 調査                                                           |
|--------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 作業内容         | タモ網や投網を使った採捕、現地での種同定                           | 採水（環境水を 1L）、DNA 分析                                                  |
| 1 地点当たりの労力   | 3 名×1.5 時間程度                                   | 1 名×10 分程度                                                          |
| 調査費用（計 5 地点） | 25～30 万円<br>※作業内容すべてを民間の調査会社に委託した場合を想定。交通費は除く。 | 15～20 万円<br>※現地の採水は当事者が行い、分析のみを民間の分析会社 <sup>注釈 1)</sup> に委託した場合を想定。 |

注釈 1) 環境 DNA 分析を受託している民間企業や大学等は、「環境 DNA 解析、受託」等のキーワードにより WEB 検索することで、調べることができる。



## (2) 現地調査方法

サンプルとなる環境水を採水する容器には、滅菌済みの新品のポリプロピレン製ボトル（容量 1,000 mL）を使用する。採水量は、1 調査地点当たり 1,000 mL とし、採捕調査が予定される調査範囲の最下流の地点で採水する。

採水サンプル中の環境 DNA は、水中に存在する細菌等の影響により、そのままの状態では少しずつ分解されてしまうことが知られている。採水後に直ちに現場でろ過作業を行う場合を除いて、一般的な環境 DNA 調査では、採水したサンプルを宅配便等により分析施設へ搬入した後に、ろ過等の続きの作業を行うことになる。そのため、採水日からろ過作業を行うまで、1~2 日間程度の輸送時間がかかる。そこで、輸送中の環境 DNA の分解が最小限となるように、採水直後には、環境 DNA の分解を抑制する試薬（塩化ベンザルコニウム 10% 溶液）をサンプルに入れる処理を行う必要がある。採水サンプルは、氷パックが入ったクーラーボックス内で冷蔵状態を保った上で、採水当日のうちに冷蔵指定の宅配便により分析施設へ発送することが望ましい。

分析施設へ搬入された採水サンプルは、はじめにフィルターでろ過を行う。使用するフィルターの種類やろ過の詳細な方法等は、一般社団法人環境 DNA 学会が公開している環境 DNA 調査・実験マニュアル（令和 4 年 3 月時点での最新版は Ver. 2.2 である。以下、「環境 DNA 学会マニュアル」という。）に詳しく記載されているので、そちらを参照することを推奨する。同様に、フィルター上に残った固形分から環境 DNA を回収し、分析を行う方法についても、環境 DNA 学会マニュアルで取り扱っているため、そちらの参照を推奨する。



フィルターろ過では、ガラスファイバー製フィルター（写真左上）やカートリッジ式フィルターなどを用いて、サンプル中の環境 DNA 源（細胞片など）を捕集する。



ろ過後のフィルターから DNA を回収するには、市販の DNA 抽出キットを用いる。他にも高速遠心分離機やインキュベーター等の機器が必要である。



調査目的により分析方法を選択し、回収した環境 DNA を分析する。網羅的解析の場合は、さらにデータ解析作業が必要になる。

図 7-2 環境 DNA 分析の流れ

## コラム

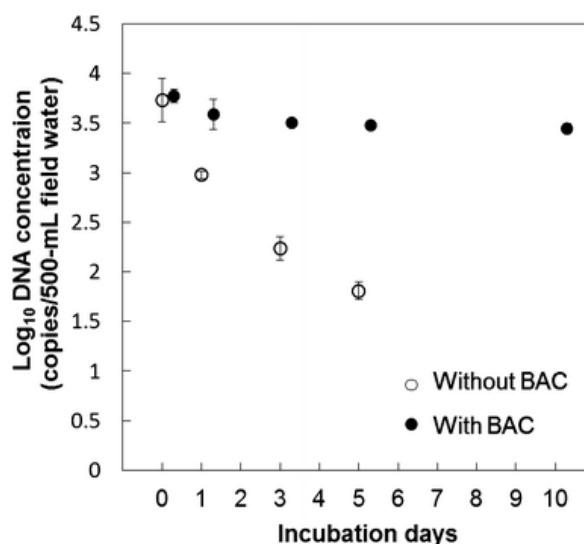
### DNA の分解を抑制する試薬『塩化ベンザルコニウム 10%溶液』について

採水したサンプル中の環境 DNA は、そのまま何も処理せずに保存していると、どんどん分解が進み、DNA 濃度が低下することが知られている。また、採水サンプルの冷凍保存についても、凍らせて保存した場合では、環境 DNA の検出レベルが低下するため、好ましくないという報告もある (Takahara *et al.*, 2015)。

そうした中で、龍谷大学の山中裕樹准教授らにより、塩化ベンザルコニウム 10%溶液 (以下、BAC という) を使った環境 DNA サンプルの効果的な保存方法が報告された (Yamanaka *et al.*, 2017)。BAC は、「オスバン液」という商品名で市販もされている殺菌作用のある薬品で、サンプル 1000mL に対して BAC を 1mL 添加することで、環境 DNA の分解を抑制する効果がある。

この論文では、BAC を入れて常温で 8 時間保存した場合、最初の DNA 濃度の 92% が維持されたが、無処理の場合は最初の DNA 濃度の 14% まで濃度が低下した。また、より長期間の保存実験では、常温下で BAC を入れてから 1 日後では 70% が、10 日後では 50% が維持されていたが、無処理では 1 日後では 20% まで減少し、10 日後には検出不可能なレベルにまで減少したとされている。

したがって、採水した直後には、サンプルへ規定量の BAC を必ず添加し、環境 DNA の分解を抑制するとともに、できるだけ採水後早めにサンプルのろ過処理を完了させることが、環境 DNA 調査の精度を管理する上で重要である。



[引用] Yamanaka *et al.* (2017) *Limnology* 18:233–241.

### (3) 環境 DNA 分析の方法と適用可能な生物分類群

環境 DNA 分析には、2 種類の方法がある。網羅的解析では生物の種リストが得られ、種特異的解析では特定の種の環境 DNA 濃度や在・不在の情報が得られる。現時点で網羅的解析が適用できる生物分類群は、水生生物では魚類と両生類である。

現在、環境 DNA 分析として実用化が進んでいるものには、大きく分けて 2 つのタイプの分析方法がある。1 つは、分析結果としてサンプルに含まれていた種のリストが得られる「網羅的解析 (DNA メタバーコーディングともいう)」で、もう 1 つは、分析結果としてサンプルに含まれていた特定の種の環境 DNA 濃度や在・不在の情報が得られる「種特異的解析」である。

これら 2 つの分析方法は、調査目的に応じて使い分けることが望ましい。生息する生物種の現況を把握する場合は、生物種リストが得られる網羅的解析を採用することが多い。また、調査対象種が決まっている場合には、調査地点間の相対的な生物量の比較ができる種特異的解析を採用することも可能である。

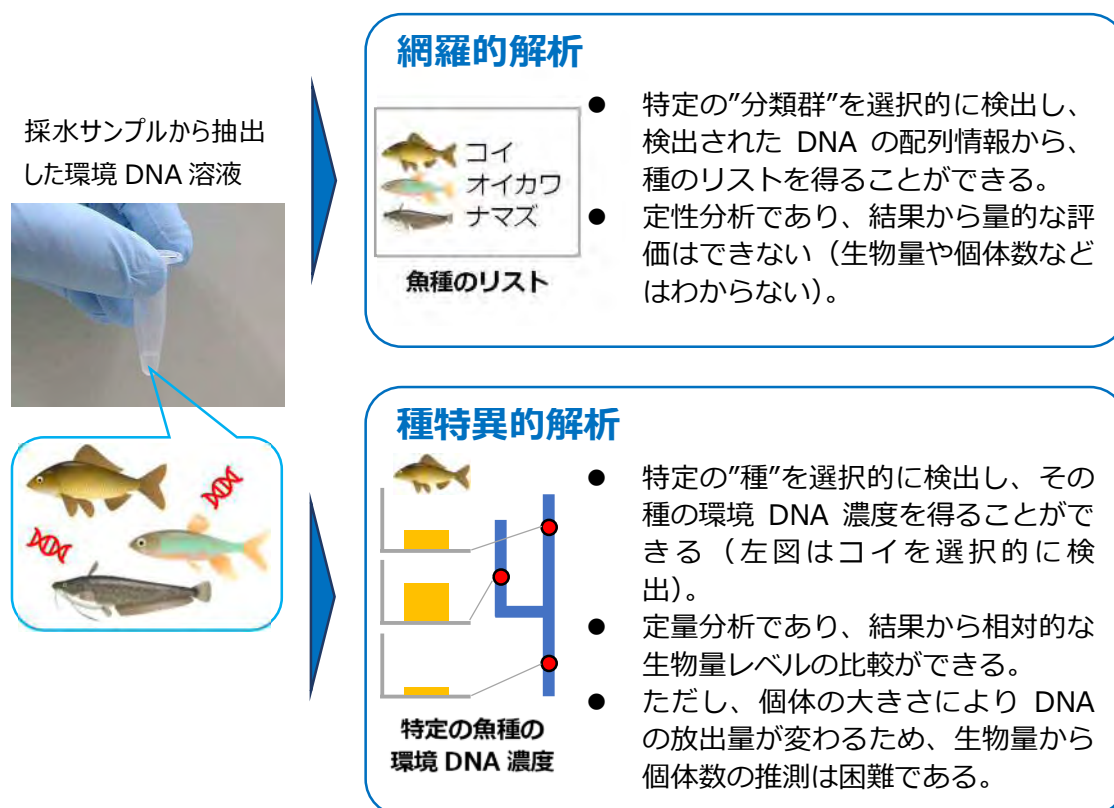


図 7-3 網羅的解析と種特異的解析の違い

現在、網羅的解析が適用できる生物分類群は、水生生物では魚類と両生類である。農業農村環境で調査対象となる十脚目甲殻類（いわゆるエビ・カニ類）、貝類や水生昆虫などの底生動物、水草や湿生植物などの維管束植物については、研究レベルでは環境 DNA 調査の適用が行われているものの、現時点ではまだ多くの課題が残されているため、実用レベルに至っていない。今後の研究の進展により適用可能となることが期待される。

#### (4) 環境 DNA 調査の利点と課題

環境 DNA 調査の最大の利点は、調査現場での作業が水を汲むだけで完了するという簡便性と迅速性である。一方で、検出感度が非常に高いがゆえに、採水時及び分析時に生じた試料汚染により、誤検出が生じることがある点が課題である。

環境 DNA 調査の最大の利点は、調査現場での作業が水を汲むだけで完了するという簡便性と迅速性である。現地調査では、できるだけ省力的な調査手法が求められることから、環境 DNA 調査はその新しい選択肢として活用が期待される。

一方で、環境 DNA 調査の課題としては、検出感度が非常に高いがゆえに、採水時のわずかな DNA の混入が原因で誤検出が生じる恐れがあることである。また、環境 DNA は、水の流れの影響を受けて下流側へ拡散する性質があるため、水路内で採水したサンプルから取水源である河川にしか生息しない魚種が検出されることがある。したがって、調査地区の農業水利系統（水循環方式、開渠 or 暗渠、取水源等）を考慮し、採水する時期や場所を決める必要がある。以下に環境 DNA 分析の利点と課題をまとめた。

##### 利点

###### 現場での作業は水を汲むだけ

1. 捕獲の必要がないため、生物を傷つけない。
2. 捕獲や観察では見つけにくい生物が確認できる。
3. 調査員は分類同定に関する専門知識が不要である。
4. 調査員の経験や技術により、結果が大きくばらつくことがない。  
(現場の環境によっては、一般市民や学生でも調査が可能である)
5. 現場での作業量が少ないため、広域・多地点・高頻度な調査に展開しやすい。

##### 課題

###### 偽陽性・偽陰性を考慮した結果の解釈が必要

1. 偽陽性(※1)の主たる原因になるもの
  - 家庭排水や食品工場、養魚場等の排水等に由来する DNA が存在した場合、実際には採水地点に生息していない種が検出されることがある。
  - 採水時や分析時に外部から DNA が混入し、サンプルが汚染されてしまうと、採水地点に生息していない種を誤検出することがある。
2. 偽陰性(※2)の主たる原因になるもの
  - 生息密度が非常に低い種は、検出できないときがある。
  - 採水地点の流量が多い時期は、DNA が希釈されたり、減衰することで一部の種が検出できないときがある。
3. 環境 DNA は、水の流れの影響を受けて拡散するため、例えば、取水源である河川やため池等にも生息するような種の DNA が、下流側の水路内で採水したサンプルから検出されてしまうことがある。

※1 偽陽性とは、採水した地点にその種が「生息していない」にもかかわらず、何らかの原因によってサンプルからその種の環境 DNA が検出されたことで「生息している (=陽性)」と誤判定されてしまうことを言う。

※2 偽陰性とは、採水した地点にその種が「生息している」にもかかわらず、何らかの原因によってサンプルからその種の環境 DNA が検出されなかったことで「生息していない (=陰性)」と誤判定されてしまうことを言う。



## (5) 環境 DNA 調査の流れ

環境 DNA 調査は、巻末資料「環境 DNA 分析用サンプルの採水マニュアル」に従って実施する。

環境 DNA 調査における現場での作業は、以下の流れで行う。なお、採水の詳細な方法については、巻末資料の「環境 DNA 分析用サンプルの採水マニュアル」に記載した。



|       |                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ①準備   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全面に十分配慮し、採水する位置を決める。</li> <li>● 河川・水路内に立ち入って採水する場合は、胴長やライフジャケットを着用する。</li> <li>● バケツ等を使って採水する場合は、器具の消毒を行う。</li> </ul>           |    |
| ②採水   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 最初に使い捨て手袋を着用し、採水容器を用いて表層から採水する。</li> <li>● 採水量は 1000mL が標準的である（目的に応じて、採水量を増やしてもよい）</li> <li>● 容器内にゴミや植物片が入らないように注意する。</li> </ul> |   |
| ③試薬混合 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 採水後、速やかに DNA の分解を抑制する試薬（※1）を規定量入れる。</li> <li>● 容器のふたを閉め、試薬が混ざるように、しっかりと攪拌する。</li> <li>● 容器に採水地点番号等の識別表示を行う。</li> </ul>           |  |
| ④発送   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 容器をチャック付きビニール袋へ入れ、クーラーボックスに収容する。</li> <li>● クーラーボックスに保冷剤（袋入り氷でも可）を入れて、冷蔵条件で管理する。</li> <li>● 採水当日のうちに、サンプルを分析機関へ発送する。</li> </ul>  |  |

※1 DNA の分解を抑制する試薬には、塩化ベンザルコニウム 10%溶液（商品名：オスバン液、略称：BAC）を用い、採水量 1000mL 当たり試薬を 1mL 混合する方法が標準的とされる。



## (6) 環境 DNA 調査を実施する上での留意事項

農業水利施設において環境 DNA 調査を行う際は、水がどこから来て、どのように流れているのかを知るために、取水源や水路系統のつながり等を事前に把握しておく必要がある。

環境 DNA は、生物個体から環境水中に放出されたあと、水の流れに従って拡散しつつ、同時に分解され、最終的には検出が不可能なレベルまで減少する。環境 DNA は、水温、pH、流速、微生物の存在量など様々な環境要因の影響を受けて拡散・分解していると考えられるため、その検出範囲は一定ではなく、それぞれの調査環境によって異なることに留意する必要がある。

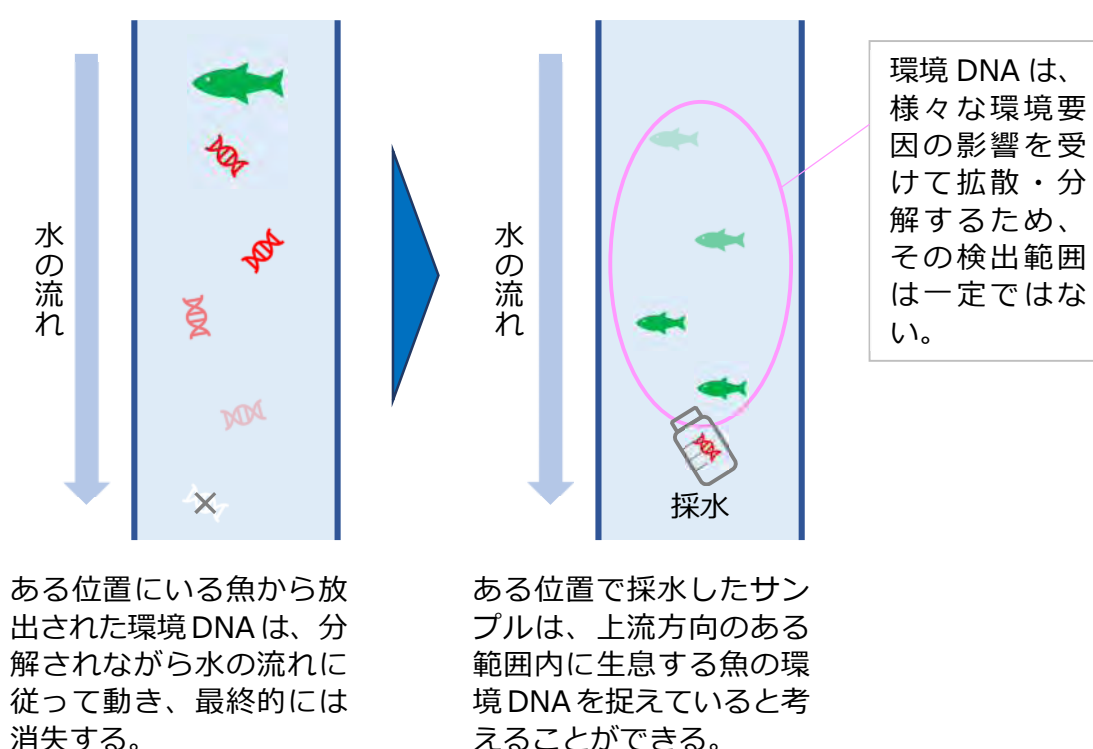


図 7-4 環境 DNA の検出範囲の考え方

例えば、取水源が河川である水路環境において、取水口からの距離が比較的近い位置で採水したサンプルでは、水路内に生息する種だけでなく、河川内に生息する種の環境 DNA も同時に検出されることがある。また、農業水路環境での特有の留意事項として「循環かんがい」があり、下流側の用水をパイプラインにより上流側に揚水して循環利用しているような地域では、下流側にしかない生物が上流側で検出されることがあるということを知っておく必要がある。このように、農業水路環境で環境 DNA 調査を行う際は、水がどこから来て、どのように流れているのかを知るために、取水源や水路系統のつながり等の情報や流速などの物理的な環境条件を事前にしっかりと把握しておくことが望ましい。

## コラム

### 農業水路において環境 DNA が拡散する範囲はどの程度なのか

生物個体から環境水中に放出された環境 DNA は、少しずつ分解されながらも、水の流れてから拡散する。そのため、ある地点で採水したサンプルから検出された種は、採水地点から上流方向に向かって“ある範囲内”の生物の生息状況を反映していると考えられる。しかし、環境 DNA が拡散する範囲に関する研究は、河川を対象とした研究事例はいくつかあるが、農業水路というさらにスケールの小さな環境で行われた研究事例はないことがわかった。

そこで、ある地点から放出された環境 DNA がどの程度下流まで検出できるのかを明らかにする目的で、全国 10 地区の農業水路環境において、「その調査地区には生息しない魚類（実験魚）」をカゴに入れて農業水路内に設置し、その下流側に適当な間隔で配置した地点から採水を行って、実験魚の環境 DNA がカゴからどのくらい離れた地点まで検出されるかという検証実験を実施した。なお、この検証実験は、同一の調査地区において、調査年や調査時期（かんがい期・非かんがい期）を変えて複数回実施した。また、カゴに入れる実験魚は、調査地区ごとに魚種は異なるが、総重量が 1kg 程度になるように揃えた。

その結果、調査地区や調査時期の違いにより、拡散する距離はばらつきがあったものの、平均的にはカゴの設置地点からおおよそ 1～3km くらいの範囲に拡散していたことがわかった。また、流速が早い水路ほど、放出された環境 DNA は遠くまで拡散する傾向があることがわかった。このことから、農業水路において魚類を対象とした環境 DNA 調査を実施したとき、採水地点から検出された種は、上流方向におおよそ 1～3km くらいの範囲に生息していたものを検出されているものと推定される。例えば、もし希少種などの注目される種の環境 DNA が検出された後で、実際にその種が生息していることを確認する目的での採捕調査を計画するのであれば、採水地点の上流に調査範囲を設定すると、より効率的な採捕調査が可能になると考えられる。



検証実験を実施した農業水路の一例  
(星印は実験魚の入ったカゴの設置位置)



実験魚の入ったカゴの設置状況  
(右上は実験魚のアルビノ型ソウギョ)

## (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）

魚類を対象とした環境 DNA 調査では、採捕調査で確認された魚種の約 90%が環境 DNA 調査でも確認されており、採捕調査とほぼ同程度の調査精度があることがわかった。

令和元年度～令和 3 年度に実施した実証調査では、本資料の 2 章および 3 章で紹介した魚類の採捕調査の他、魚類と両生類を対象に環境 DNA 調査も同時に実施し、「採捕調査」「環境 DNA 調査」「文献調査」の 3 つの調査結果から、環境 DNA 調査の現場適用性等について検討を行った。

全国 10 地区での現地調査では、最初に環境 DNA 調査のための採水を行い、その直後に採捕調査を行って、採捕調査で確認された種が環境 DNA 調査ではどのくらい検出できたのかを比較した。比較の基準として、採水した地点別に「検出率」を算出し、調査した地区ごとにその平均値を求めた。なお、環境 DNA 調査では、種レベルの識別が困難な種（例えば、多くのフナ類やヨシノボリ類など）は、同属の種が環境 DNA 調査で検出されていれば、採捕や文献で確認された種を検出したものとみなした。

$$\text{検出率 (\%)} = \frac{\text{採捕調査で確認された種のうち、環境 DNA 調査でも確認された種の数}}{\text{採捕調査で確認された種の数}} \times 100$$

魚類の検出率の全国平均は、かんがい期及び非かんがい期ともに約 90%であった。すなわち、採捕調査で確認された魚種の約 90%が、1 回の採水作業だけで確認されており、魚類を対象とした環境 DNA 調査は、採捕調査とほぼ同程度の調査精度があることがわかった。一方で、一部の地点では、スナヤツメ類やタウナギなど採捕された魚種が環境 DNA では検出されないことがあった。ギバチでは、分析手法を改善することで、検出精度を向上させることができた。

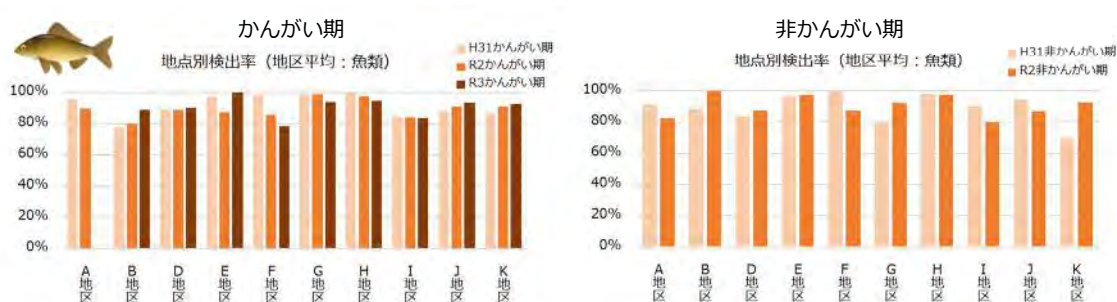


図 7-5 各調査地区における魚類の環境 DNA の地点別検出率（地区内平均）

両生類の検出率の全国平均は、かんがい期で 58～75%、非かんがい期で 29～44%であった。調査地区間でばらつきがあるものの、両生類を対象とした環境 DNA 調査は、魚類ほどではないが、採捕調査に近い調査精度が見込まれる。また、両生類の活動が大きく低下する非かんがい期では、水中で越冬する種（ツチガエル、ウシガエル等）を除いて、多くの種で

環境 DNA が検出されなくなることがわかった。そのため、両生類を対象とした環境 DNA 調査では、地域性等を考慮した上で、冬眠時期の調査は避けることが望ましい。

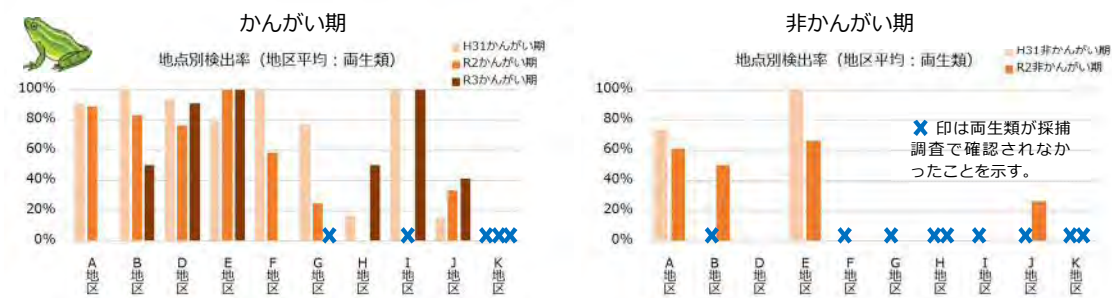


図 7-6 各調査地区における両生類の環境 DNA の地点別検出率（地区内平均）

続いて、採捕調査と環境 DNA 調査では、地域の生物多様性をどの程度網羅的に把握できるかをそれぞれ比較した。比較の基準として、採捕・文献・環境 DNA の各調査で確認された種数を基に、地区別及び調査方法別に「網羅率」を算出した。

$$\text{網羅率[採捕]} (\%) = \frac{\text{採捕調査で確認された種の数}}{\text{採捕・文献の各調査で確認された種の数}} \times 100$$

$$\text{網羅率[環境 DNA]} (\%) = \frac{\text{環境 DNA 調査で確認された種の数}}{\text{採捕・文献・環境 DNA の各調査で確認された種の数}} \times 100$$

魚類及び両生類の網羅率は、ほとんどの地区において採捕調査と同程度、もしくは、環境 DNA 調査の方が高く、地域の生物相を網羅的に調査する調査手法としては、環境 DNA 調査は採捕調査と同程度、もしくは、それ以上の効果が期待できた。

また、魚類では、生息個体数の少ない希少種（例：タナゴ類）や、専用の漁具を用いないと採捕しにくい魚種（例：ニホンウナギ）の生息状況を、捕獲調査よりも効果的に把握することができるという傾向があった。両生類では、採水する場所や時期を考慮することで、産卵場や幼生の生育場等の繁殖状況の把握といった活用も期待できた。

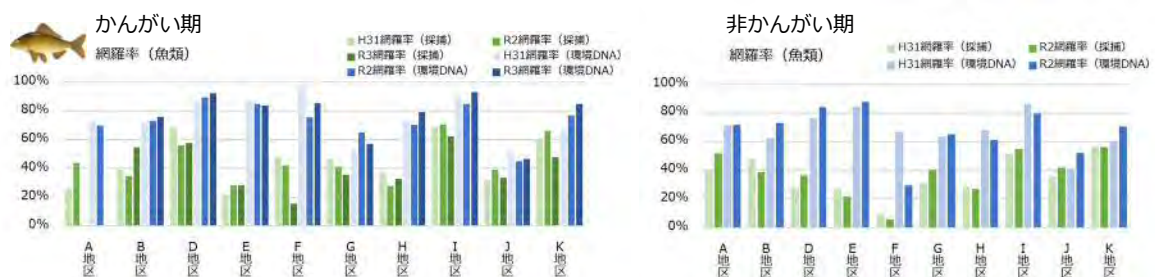


図 7-7 採捕調査と環境 DNA 調査の魚類の網羅率の比較



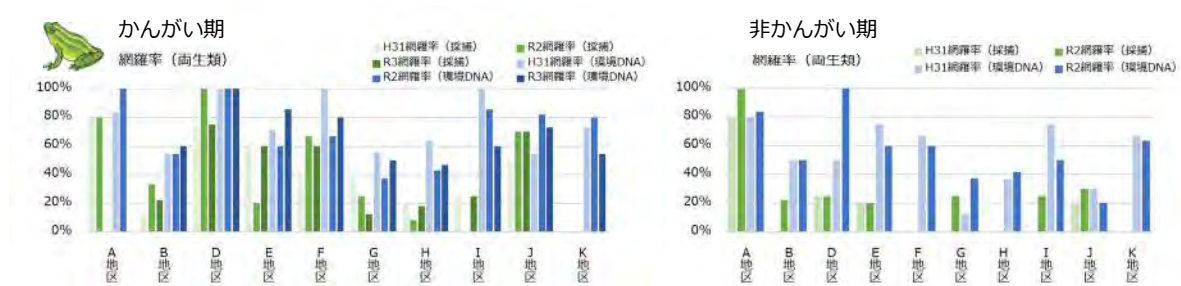


図 7-8 採捕調査と環境 DNA 調査の両生類の網羅率の比較



## コラム

### 環境 DNA 調査による希少種の生息確認事例

環境 DNA 調査では、思わぬ発見がもたらされることがある。ある地区の調査で、採捕調査により多くの地点でドンコ（学名：*Odontobutis obscura*）が確認された。しかし、同時に実施した環境 DNA 調査では、ドンコのほかに、地区内の特定のエリアでのみ、希少種のイシドンコ（学名：*Odontobutis hikimius*）が検出された。イシドンコは、ドンコの地域系統グループの一つとされていたものが、2002年に新種として記載されたもので、環境省レッドリスト（2020 年版）で絶滅危惧 II 類（VU）に、地区のある県のレッドリストでは絶滅危惧 I A 類（CR）にランクされている絶滅危惧種である。

イシドンコは、ドンコと形態的に非常によく似ており、現場での識別は難しい種の一つである。また、過去にその地区からイシドンコの確認記録もなかったことから、採捕調査ではイシドンコをドンコとして誤同定したものと推測された。その後、再び採捕調査が行われた際に、イシドンコの環境 DNA が検出されたエリアで採捕されたドンコ類を注意深く同定した結果、それまでドンコとして記録されていたものがイシドンコであることが判明した。

このように、環境 DNA 調査では、過去に地区内で確認されたことがなかった希少種を発見できる場合がある。生態系配慮施設の設置目的の一つとして、二次的自然に生息する希少種の保全効果を期待することもあり、こうした希少種の発見精度が向上するという点は、環境 DNA 調査の大きなメリットである。

また、ドンコとイシドンコ以外でも、現場での同定が難しい魚（例えば、コイ科魚類の稚魚など）では、環境 DNA 調査の方が正確に種を識別できるケースもあり、環境 DNA 調査でその種の存在が明らかになることで、その後に行われる採捕調査の精度向上にも寄与することがある。



イシドンコが確認された生態系配慮型水路



イシドンコ

## (8) 環境 DNA 調査に関する参考文献

環境 DNA 分析の現場適用性等に関する参考文献の一覧を下表に示した。

表 7-1 (1) 環境 DNA 調査に関する参考文献

| No. | 著者・発行年・タイトル・雑誌名                                                                                                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子 (2016) 環境 DNA 分析の手法開発の現状～淡水域の研究事例を中心にして～. 日本生態学会誌, 66: 583-599.                                                          |
| 2   | 乾隆帝, 後藤益滋, 河野誉仁, 赤松良久, 掛波優作, 一松晃弘 (2017) 江の川における環境 DNA 分析を用いたアユの定量化と生物量に影響を与える環境要因の検討. 土木学会論文集 B1 (水工学), 73(4): I_1105-I_1110.                        |
| 3   | 源利文 (2017) 水系生態系における環境 DNA モニタリング手法開発の現在. 環境技術, 46(12): 624-629.                                                                                      |
| 4   | 山中裕樹 (2017) 魚類の環境 DNA メタバーコーディングにおける採水方法と検出種数の関係についての検討. 里山学研究センター2017年度年次報告書, 194-198.                                                               |
| 5   | 小出水規行, 咸成南, 中田和義, 宮正樹, 佐土哲也, 渡部恵司, 森淳, 竹村武士, 嶺田拓也, 吉永育生, 山岡賢 (2017) 環境 DNA メタバーコーディング法 ‘MiFish’ を用いた農業水路に生息する魚類の予備推定. H29 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 328-329. |
| 6   | 赤松良久, 乾隆帝, 一松晃弘, 河野誉仁, 土居秀幸 (2017) 環境 DNA を用いた河川内の魚類現存量推定に関する基礎的検討. 土木学会論文集 B1 (水工学), 73(4): I_1111-I_1116.                                           |
| 7   | 笠井亮秀, 尹錫鎮 (2018) 流動モデルを用いた環境 DNA 濃度分布の再現. 海洋と生物, 40(1): 23-27.                                                                                        |
| 8   | 乾隆帝, 赤松良久, 後藤益滋, 小室隆, 河野誉仁, 山原康嗣, 浜田大輔, 谷本茂 (2018) 環境 DNA を用いた山口県内 2 級河川におけるオオカナダモの分布状況と生息適地の把握. 河川技術論文集, 24:303-308.                                 |
| 9   | 宮正樹 (2018) 魚類環境 DNA メタバーコーディング法による多様性評価: 技術開発と応用. 水環境学会誌, 41(4): 132-136.                                                                             |
| 10  | 源利文 (2018) 種特異的な環境 DNA 検出によるマクロ生物の生態調査. 水環境学会誌, 41(4): 123-127.                                                                                       |
| 11  | 今藤夏子, 松崎慎一郎 (2018) 霞ヶ浦における定置網と環境 DNA を用いた魚類調査と種多様性の比較. 水環境学会誌, 41(4): 137-140.                                                                        |
| 12  | 山中裕樹 (2018) 海と川との接続性を環境 DNA 分析で診る: 河川横断構造物の影響評価. 海洋と生物, 40(1): 54-59.                                                                                 |
| 13  | 丹羽英之, 坂田雅之, 源利文, 清野未恵子 (2018) 河川における流程 500m 間隔での環境 DNA 分析と現地採集調査による魚類検出結果の比較. 保全生態学研究, 23(2): 257-264.                                                |
| 14  | 伊地知稔 (2019) これから環境 DNA による調査・研究を始める方へ. 日本海水学会誌, 73(5): 273-280.                                                                                       |
| 15  | 宮正樹 (2019) 環境 DNA メタバーコーディング-魚類群集研究の革新的手法: バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術. 化学と生物, 57(4): 242-250.                                                               |
| 16  | 源利文 (2019) 環境 DNA 分析の概要と希少種の検出: 水をくむだけで絶滅危惧種の分布がわかる. 化学と生物, 57(3): 181-186.                                                                           |
| 17  | 三佐川剛昌, 鳥谷部寿人, 上月佐葉子 (2019) 後志利別川における環境 DNA を活用した魚類相モニタリング-新技術による調査の効率化・高精度化に向けた取り組み-. 第 63 回(2019 年度)北海道開発技術研究発表会論文.                                  |
| 18  | 山川央, 宮正樹 (2019) 環境 DNA 分析技術の外来種対策への応用: 印旛沼カミツキガメを例として. 化学と生物, 57(5): 311-316.                                                                         |

表 7-1 (2) 環境 DNA 調査に関する参考文献

| No. | 著者・発行年・タイトル・雑誌名                                                                                                                                      |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19  | 山中 裕樹, 廣原 嵩也 (2019) 環境 DNA 試料の採取から分析に至るまで 採水, 保存・運搬, ろ過の現状. 化学と生物, 57: 380-387.                                                                      |
| 20  | 小関右介 (2019) 河川における魚類相モニタリングを目的とした環境 DNA メタバーコーディング法の評価. 人間生活文化研究, (29): 184-187.                                                                     |
| 21  | 土居秀幸 (2019) 環境 DNA 分析技術の進展: 高精度分析・遺伝子多型検出・現場分析. 化学と生物, 57(7): 446-453.                                                                               |
| 22  | 菅野一輝, 鹿野雄一, 巖島怜, 佐藤辰郎, 皆川朋子 (2020) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の被災河川における魚類相. 応用生態工学, 23(1): 161-169.                                                            |
| 23  | 内藤太輔, 都築隆禎, 蔭山一人, 宮本健也, 赤松良久, 乾隆帝 (2020) 環境 DNA による魚類の網羅的解析の河川水辺の国勢調査への導入に関する検討. リバーフロント研究所報告, (31): 9-16.                                           |
| 24  | 平川周作, 中島淳, 松木昌也, 古賀敬興, 秦弘一郎, 柏原学, 古閑豊和, 石間妙子, 宮脇崇, 金子洋平, 志水信弘, 松本源生, 石橋融子 (2020) 環境 DNA メタバーコーディングを用いた河川における魚類調査手法の検討と水質による影響の解析. 環境化学, 30: 125-132. |
| 25  | 北川哲郎, 村岡敬子, 山田拓也, 中村圭吾 (2020) 河川水辺の国勢調査 (魚類) における環境 DNA メタバーコーディング解析の試行事例分析. 河川技術論文集, 26: 319-324.                                                   |
| 26  | 木持謙, 渡邊圭司, 田中仁志, 鈴木健太, 田村和大, 高橋唯, 斎藤弥生, 近藤貴志, 水島康一郎, 太田宗宏, 小出水規行 (2020) 環境 DNA メタバーコーディングを用いた生活排水流入河川の魚類多様性評価. 用水と廃水, 62(2): 135-146.                |
| 27  | 北川 哲郎, 村岡 敬子, 天野 聡, 岡本 祐司, 中村 圭吾 (2021) 河道内で検出された海産魚類を指標とした環境 DNA 含有物質の有効検出範囲の推定. 河川技術論文集, 27: 295-300.                                              |
| 28  | 北川哲郎, 村岡敬子, 中村圭吾 (2021) 河川下流域における回遊型カジカ属の稚魚に由来する環境 DNA 含有物質の拡散. 河川技術論文集, 27: 301-304.                                                                |

## 7.2 環境 DNA 調査の適用について

地域の自然環境の状況を把握する方法としては、文献調査や聞き取り調査、現地踏査があるが、新しい選択肢として「環境 DNA 調査」を適用することで、効率的、かつ、労力・費用を抑えた調査が可能である。

生物の生息状況を最も簡易的に確認する調査方法としては、文献調査や聞き取り調査が主体となることが多い。しかし、地域によっては得られる情報が古く、現状の自然環境を反映した情報が得られないことがある。事業対象区域及びその周辺区域の現況を把握するためにも、文献調査や聞き取り調査の結果に応じて、追加的に現地踏査（簡略化した現地調査）を実施することが望ましい。

生物の生息情報を得るための調査手法は、調査対象とする生物分類群によって異なる。例えば、哺乳類では、糞や足跡などの痕跡を探すフィールドサイン法や無人カメラを用いた観察などが、鳥類では事前に設定したルート上を歩いて観察するラインセンサス法などが、比較的簡易的な調査方法として知られている。

一方で、水中に生息する魚類は、観察により種を同定することは難しいため、基本的には、網や専用の仕掛けなどを使って個体を捕まえる採捕法が用いられてきた。採捕による調査は、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、採捕した際に個体が傷つき、死亡させてしまうリスクがある。特に、希少種の場合は、調査が原因となる生物への負の影響を最小限にするような配慮が必要である。また、多種多様な生態特性を持つ魚種を効率的に採捕したり、正確に種を同定するには、高度な専門技術が必要である上、多大なコストや時間がかかるという欠点もある。

近年、河川や水路などの環境水中に存在する生物由来の DNA を回収して調べる環境 DNA 調査が、新しい生物調査手法として注目されている。環境 DNA 調査は、現場で行う作業が“水を汲むだけ”であるため、事業者や行政担当者など誰にでも簡単に行えて、かつ、生物を傷つけるリスクがない。また、採捕調査だけでは見落とされる可能性のある保全対象生物の生息状況の把握が、効率的に行える可能性がある。

なお、環境 DNA 調査を実施する際には、以下の点については、特に留意して進める必要がある。

- 採水に使用する調査道具（クーラーボックス、長靴、バケツなど）、作業員自身（衣服、眼鏡や頭髮の表面など）、調査に使用する車両（特に荷物を置くスペース）が、DNA で汚染されないように配慮する。例えば、魚類の体表粘液が、微量であってもどこかに付着していると、その DNA が作業中にサンプル内もしくは採水容器の表面に非意図的に混入もしくは付着し、分析時に検出されることがある。
- 採水したサンプル中の環境 DNA は、温度が高いほど早く分解し、分解を抑える試薬（BAC）を入れても、完全に止めることはできない。そのため、採水後のサンプルは、採水直後から分析機関へ搬入するまでの間、必ず保冷剤や袋入り氷などを使って、しっかりと冷やした状態で保管する必要がある。

## 7.3 環境 DNA 調査の活用例

### (1) 活用例 1：広域的な生物の生息確認

地域の生物情報を把握したい場合には、魚類や両生類などの分類群ごとに環境 DNA 調査（網羅的解析）を実施することにより、調査対象区域及びその周辺区域に生息する生物種の情報を得ることが可能である。

環境 DNA 調査における調査地点の設定を行う前に、まずは文献調査や聞き取り調査によって収集された情報を整理し、調査対象区域及びその周辺区域に生息する可能性のある生物種を把握することに努める。また、調査地区周辺の生物相に詳しい専門家がいる場合には、適宜、情報収集及び相談することが望ましい。

その上で、以下の考え方を参考として、調査地点の設定を行う。調査時期は、生物の活動が活発なかんがい期を基本とし、調査頻度は1地点当たり最低1回とする。調査精度をさらに向上させたい場合は、調査地点や調査頻度を増やすことが望ましい。

表 7-2 広域的な生物の生息確認のための調査地点設定の考え方

| 項目 | 設定の目的例                 | 設定地点例                                                     | 具体的な場所             |
|----|------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|
| 1  | 事業区域に生息する主要な生物種の把握     | 文献調査や聞き取り調査から得られた「事業区域に生息する可能性のある生物種（魚類や両生類）」の生息環境となりうる箇所 | 既設の用排水路、揚水・排水機場周辺等 |
| 2  | 事業区域に侵入する可能性のある生物種の把握  | 事業区域を流れる農業用水路の水源取水口及び用排水路の排水口となる箇所                        | 河川、ため池等            |
| 3  | 事業区域に生息する可能性のある希少種等の把握 | 事業区域とネットワークがつながっており、かつ、自然度の高い場所や特有の環境条件を有する箇所             | 河川、ため池、湧水、ビオトープ等   |

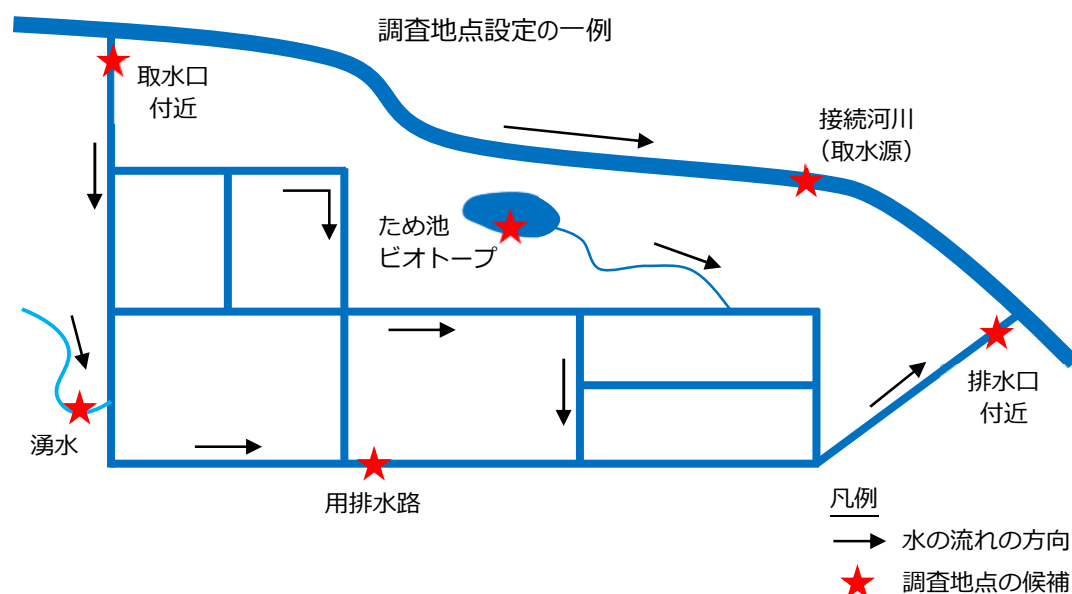


図 7-9 広域的な生物の生息確認のための調査地点設定の一例



## (2) 活用例 2：注目すべき種の生息確認

注目すべき種（保全対象生物候補）の生息を確認したい場合は、検出する種を限定した、さらに詳細な環境 DNA 調査（種特異的解析）を実施することにより、重点的に保全すべきエリアや配慮工法、設置箇所の検討につながる情報を得ることが可能である。

注目すべき種（保全対象生物候補）の詳細な調査には、網羅的解析だけでなく、種特異的解析による環境 DNA 調査も有効である。調査対象種を事前に決めてから行う種特異的解析による環境 DNA 調査では、網羅的解析で得られる在・不在データだけでなく、地点間の DNA 濃度を比較することにより、地点間の相対的な生物量の違いを把握することができる。また、網羅的解析は、現時点で適用できる分類群が、魚類や両生類にほぼ限られるのに対し、種特異的解析ではそれ以外の生物（例えば、ホタルやトンボの幼虫等の水生昆虫類やクロモ、バイカモ等の水草類、淡水貝類など）にも適用可能である。

そこで、注目すべき種（保全対象生物候補）として、ここではタナゴ類のアカヒレタビラを対象とした種特異的解析による環境 DNA 調査の計画・実施イメージを示す。この計画・実施例では、事業区域全体をカバーするように 12 地点を設定し、環境 DNA 調査を行っている。種特異的解析の結果から、事業区域におけるアカヒレタビラの分布は、ため池周辺と下流側の水路（赤線で囲ったエリア）に偏っており、分布を限定している要因として、水路内に存在する落差工が影響していることが推測される。したがって、重点的に保全すべきエリアとしては、ため池と区域下流側の水路部であり、配慮工法や設置箇所としては、水路間のネットワークをつなぐための魚道等を落差工が存在する箇所に設置する必要があると評価することができる。また、ため池への外来種侵入防止対策も有効である。

調査タイミングの違いによる生物分布のばらつきの影響を考慮し、調査頻度は 2 回以上が望ましい。また、調査時期は、調査対象とした生物種が水中に存在する時期（例えば、トンボ類の場合は幼虫期）に設定するなどの工夫が必要である。

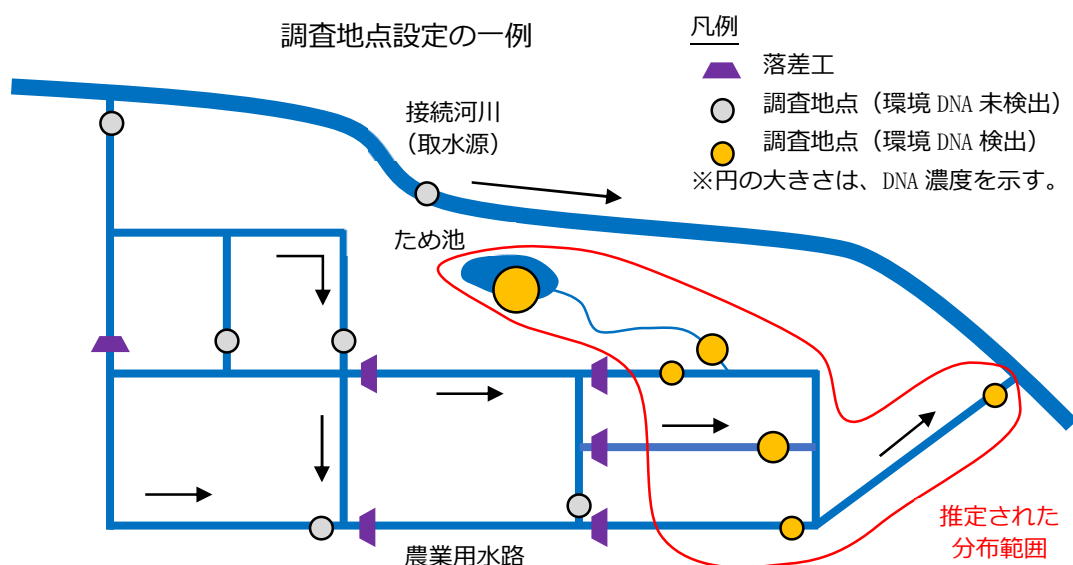


図 7-10 注目すべき種の生息確認のための調査地点設定の一例

### (3) 活用例 3：生態系配慮施設等の整備効果の検証

環境 DNA 調査では、生態系配慮施設の設置目的を考慮し、施設のタイプごとに適切な調査地点の配置を行うことで、生態系配慮施設の整備効果をより効果的に把握することができる。

生態系配慮施設は、その目的別に、魚巢ブロックや深み工・ワンド工などのように「生息環境を提供する目的で整備される施設」と、水田魚道・水路魚道のように「移動経路を確保する目的で設置される施設」とに大きく分けられる。環境 DNA 調査では、施設の設置目的を考慮し、適切な調査地点の配置を行うことで、こうした生態系配慮施設の整備効果をより効果的に把握することができる。

例えば、「生息環境を提供する目的で整備される施設」を対象とした調査では、生態系配慮施設の“設置場所自体”に保全対象とした生物種が生息していることを確認することで評価が可能となる。一方で、「移動経路を確保する目的で設置される施設」は、その施設はあくまでもその生物が移動するタイミングでのみ利用するのであって、その設置場所自体に生物が生息するとは限らない。すなわち、「移動経路を確保する目的で設置される施設」を対象とした調査を行おうとする場合は、「生息環境を提供する目的で整備される施設」よりも、さらに広い範囲に対して調査地点を設定する必要がある。

その上で、以下の考え方を参考として、調査地点の設定を行う。また、過去に生物調査（採捕調査や環境 DNA 調査など）が実施されていた場合は、生態系配慮施設が整備される前の状況と比較するために、過去の調査と同じ地点、もしくは、近傍の地点において環境 DNA 調査を実施することが推奨される。

表 7-3 生態系配慮施設等の整備効果の検証のための調査地点設定の考え方

| 項目 | 設定の目的                    | 設定地点                                                          | 配慮施設の例                                 |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | 生息環境を提供する目的で整備される施設の現況把握 | 水路等の流水区域の場合：施設の設置場所（区間）に近く、かつ、設置場所（区間）の下流側の箇所                 | 土水路、ワンド工、蛇かご工、井桁護岸、魚巢ブロック簗などの生態系配慮型水路等 |
|    |                          | 止水区域の場合：保全対象生物やその他調査対象生物の生息環境条件を有する箇所、かつ、安全に採水が可能な箇所          | 保全池やビオトープ等                             |
| 2  | 移動経路を確保する目的で設置される施設の現況把握 | 配慮施設によってつながるそれぞれ 2 つの箇所（例えば、水田魚道であれば、水田側と魚道よりも下流の水路側の両方に設定する） | 水田魚道や水路魚道等                             |

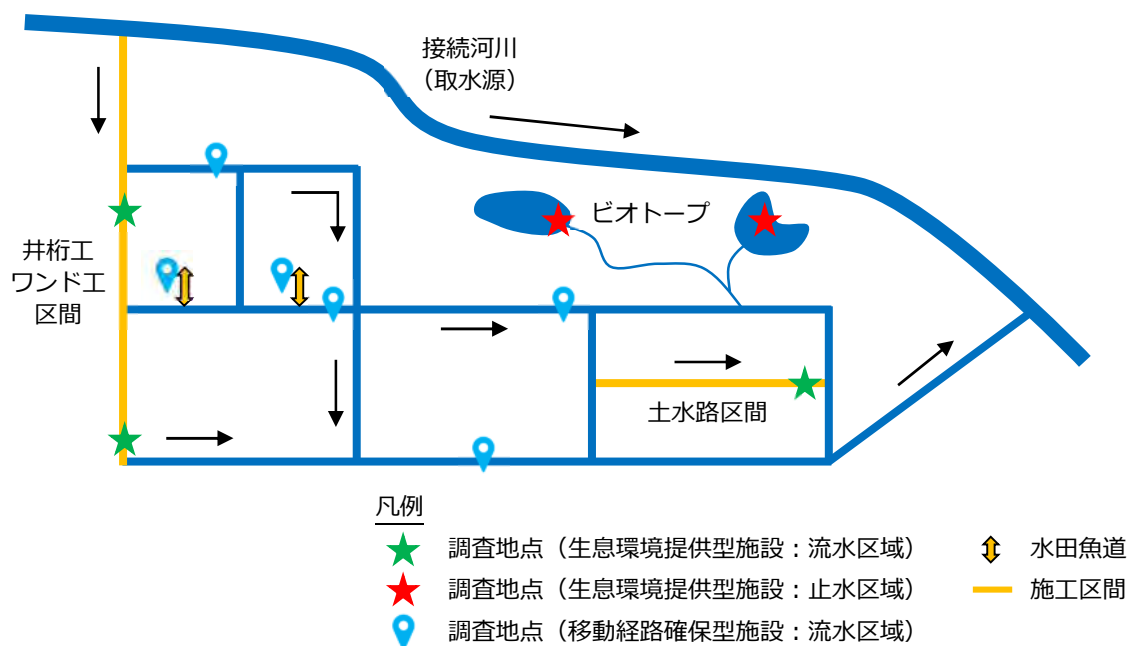


図 7-11 生態系配慮施設等の整備効果の検証のための調査地点設定の一例

なお、調査時期に対する考え方は、生物種が調査対象範囲の水環境を利用している時期に実施する必要がある。一般的には、魚類であれば初夏から秋にかけて、両生類であれば初春から夏にかけての時期が、環境 DNA 調査に適している。特に、保全対象生物を対象とした調査の場合は、その種の生活史や季節移動等を十分に考慮し、可能な限り、繁殖期（卵・稚魚・幼生）と成長期（成魚・成体）の両方の時期に実施されることが望ましい。

調査頻度に対する考え方は、1 地点当たり 1 回以上とする。さらに、希少種や生息密度の低い種等の検出精度を上げたいという場合では、1 地点当たりの調査頻度を増やし、可能であれば、同じ地点でも異なる季節で調査を実施するなどの工夫が望ましい。分析手法は、網羅的解析及び種特異的解析のどちらを適用してもよい。

## 8. 参考資料・引用資料

- 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（農林水産省農村振興局，平成 27 年 5 月）  
[https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/kankyou\\_shishin.html](https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/kankyou_shishin.html)
- 環境との調和に配慮した事業実施のための調和計画・設計の手引き[第 1 編]（食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会 農業農村整備部会技術小委員会，平成 14 年 2 月）
- 環境との調和に配慮した事業実施のための調和計画・設計の手引き[第 2 編]（食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会 農業農村整備部会技術小委員会，平成 15 年 3 月）
- 環境との調和に配慮した事業実施のための調和計画・設計の手引き[第 3 編]（食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会 農業農村整備部会技術小委員会，平成 16 年 5 月）
- 生態系配慮施設の維持管理マニュアル（農林水産省農村振興局，平成 28 年 3 月）  
[https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo\\_hozen/attach/pdf/index-16.pdf](https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo_hozen/attach/pdf/index-16.pdf)
- 水域ネットワークの保全対策実施の手引き（農林水産省農村振興局 農村政策部農村環境課，平成 28 年 3 月）
- 水田生態系の保全に視点をのいた整備技術の解説書（農林水産省農村振興局 整備部設計課，平成 23 年 3 月）  
[https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/suiden\\_seibi\\_kaisetu.html](https://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/kankyo/suiden_seibi_kaisetu.html)
- 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～（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，平成 30 年 3 月）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/079440.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/079440.html)
- 水田地域における生態系保全のための技術指針 Ver.1.0 (2019.9.30)（令和元年 9 月，滋賀県立大学環境科学部） <https://www.usp.ac.jp/info2/v170/>
- 田園環境整備マスタープラン作成ガイド（農林水産省農村振興局 整備部設計課計画調整室，平成 27 年 4 月）
- 小出水規行，竹村武士，奥島修二，山本勝利，& 蛭原周. (2004). 魚類の生息分布に影響を及ぼす農業排水路の環境要因，河川技術に関する論文集，第 10 巻.
- 矢田谷健一，泉完，東信行，丸居篤 (2015) ドジョウ稚魚の遊泳能力の測定. 農業農村工学会論文集，83(6), II\_121-II\_126.
- 石川恭子，東淳樹 (2005) 水路の構造からみた水田地帯におけるメダカの生息環境要因. 農村計画学会誌，24(Special\_Issue), S19-S24.
- 端憲二，竹村武士，本間新哉，佐藤政良 (2001). 流れにおけるメダカの遊泳行動に関する実験的考察. 農業土木学会誌，69(9), 987-992.
- 竹村武士，小出水規行，奥島修二 (2004). メダカの群泳を可能とする小水路の物理環境を探る--流速，底質を環境因子とした実験. 農業技術，59(7), 316-321.
- 阿部勝一郎，福田信二，平松和昭 (2005). 農業用水路におけるメダカの環境選好性の定量化. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌，60(2), 173-178.

- 環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver. 2.2（一般社団法人環境 DNA 学会，2020 年 4 月 3 日発行）
- Sakata, M.K., Maki, N., Sugiyama, H. *et al.* (2017) Identifying a breeding habitat of a critically endangered fish, *Acheilognathus typus*, in a natural river in Japan. The Science of Nature 104, 100. <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1521-1>
- Doi, H., Katano, I., Sakata, Y., Souma, R., Kosuge, T., Nagano, M., Ikeda, K., Yano, K., Tojo, K. (2017) Detection of an endangered aquatic heteropteran using environmental DNA in a wetland ecosystem. Royal Society open science, 4(7), 170568. <https://doi.org/10.1098/rsos.170568>
- Fujiwara, A., Matsushashi, S., Doi, H., Yamamoto, S., Minamoto, T. (2016) Use of environmental DNA to survey the distribution of an invasive submerged plant in ponds. Freshwater Science 35 (2), 748-754. <http://doi.org/10.1086/685882>
- 一般社団法人環境 DNA 学会（2021）「環境 DNA—生態系の真の姿を読み解く—」
- レッドリスト作成の手引（絶滅のおそれのある野生生物の選定・評価検討会，令和 2 年 2 月）
- 社団法人農業土木学会（2003）「改訂 5 版農業土木標準用語辞典」



## 9. 用語集

### AIC

赤池の情報量規準 (Akaike information criterion) のこと。日本の数理統計学者である赤池弘次が考案し、モデル選択の標準的な手法として世界的に用いられている。モデルのあてはまり度を表す統計量であり、値が小さいほど当てはまりが良いとされる。

### DNA

デオキシリボ核酸 (deoxyribonucleic acid) のこと。DNA は、リボースと呼ばれる糖とリン酸およびアデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、チミン (T) という塩基で構成されている。DNA を構成する 4 つの塩基の並び方 (DNA 配列) は種ごとや個体ごとに異なっているため、DNA 分析により塩基の並び方を明らかにすることで、種識別や個体識別を行うことができる。

### DNA 濃度

採水したサンプルに含まれている DNA の量のこと。DNA 濃度の違いから、相対的な生物量レベルの比較ができる。ここで比較できる生物量については「生物量 (種特異的分析における)」に詳述。

### DNA 配列

DNA は、リボースと呼ばれる糖とリン酸およびアデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、チミン (T) という 4 種類の塩基で構成されており、A,G,C,T という 4 つの塩基で表現される。DNA 配列とは、この 4 種類の塩基の並び方のこと。

### 井桁護岸

河岸、堤防などを水流の洗掘から守るため、木製の横桁・縦桁をかみ合わせ交互に積重ねて井桁状にしたものを設置する根固め工法。(出典：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)

### 一般化線形モデル (GLM) / 一般化線形混合モデル (GLMM)

一般化線形モデル (GLM) は、残差を任意の分布とした線形モデルで、線形回帰、ポアソン回帰、ロジスティック回帰などが含まれる。データの特性に併せた分布系を仮定した柔軟な解析が可能であり、近年よく生物データの解析に用いられている。一般化線形混合モデル (GLMM) は、上述の一般化線形モデルに、グループ化のためのランダム効果 (例えば、地域名のようなカテゴリ変数) を組み込むことができる、一般化線形モデルの拡張的な手法である。

今回の解析において、一般化線形モデルの解析には `glm` 関数を、一般化線形混合モデル解析には `lme4` パッケージの `glmer.nb` 関数を用いた。モデル構築の際には、解析対象とする各種データの特徴に合った分布系 (多様度指数等の連続値：ガウス分布、個体数：負の二項分布 (対照区に 0 データが多く、過分散の傾向が見られたため)、底質・植生等の割合値：二項分布) を指定した。また、全国のデータを一括して個体数の解析を行う際には、調査地区をランダム効果、調査地区の面積をオフセット項として組み込んだ。また、本検討で有意差を算出する際には、3 群以上を同時に比較したため、「`multcomp`」パッケージの `glht` 関数を用い、Tukey 法による多重比較を実施して有意差の調整を行った。

### 環境 DNA

環境 DNA の学術的な定義にはいくつかあるが、本資料では、河川や湖沼など環境水中に含まれるすべての DNA を環境 DNA としている。環境 DNA には、大きく分けて、水中の細菌などの微生物や、小型のプランクトンといった顕微鏡サイズの生物等に由来するものと、水中に生息する魚類や両生類等の体表からはがれ落ちた細胞片や粘液、放出された糞に由来するものがある。

## 環境 DNA 調査

DNA 分析技術を応用して、環境水サンプルに含まれる生物由来の DNA から、そこに生息する生物種を間接的に調べる方法のこと。現場から採水した環境水サンプルには、そこに生息する生物種の環境 DNA が含まれているが、調査内容に合わせた分析方法を選択することで、特定の生物群（例えば、魚類や両生類など）だけを選択的に調べるといったことが可能となる。



## 環境水

河川や湖沼、海、地下水などの自然環境中に存在している水。

## 偽陰性

採水した地点にその種が「生息している」にもかかわらず、何らかの原因によってサンプルからその種の環境 DNA が検出されなかったことで「生息していない（＝陰性）」と誤判定されてしまうこと。生息密度が非常に低い種は、検出できないときがある。また、採水地点の流量が多い時期は、DNA が希釈されたり、減衰したりすることで一部の種が検出できないときがある。

## 希少種

一般的に生息数が少なく、あまり目にすることがない生物種のこと。「絶滅危惧種」よりも広義であり、絶滅危惧種よりも緊急性はないが、生息地が限られていたり、特殊な環境条件を必要としていたり生息地の環境変化に弱い種や個体数が減少している種である。

## 偽陽性

採水した地点にその種が「生息していない」にもかかわらず、何らかの原因によってサンプルからその種の環境 DNA が検出されたことで「生息している（＝陽性）」と誤判定されてしまうこと。家庭排水や食品工場、養魚場等の排水等に由来する DNA が存在した場合、実際には採水地点に生息していない種が検出されることがある。また、採水時や分析時に外部から DNA が混入し、サンプルが汚染してしまうと、採水地点に生息していない種を誤検出することがある。

## 魚巢ブロック

水域の生物に生息場・かくれ場を提供するため、護岸ブロックに空隙等を設けたもの。主に二次製品。（出典：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）

## 決定木分析

決定木分析は、「判別」、「分類」を目的として使われるデータ処理法である。目的変数となるデータを最も適切に分割できる位置を、説明変数との対応を通じて分類していく。最終的に、木の枝が分かれたような図形が得られるため、決定木分析と呼ばれる。

今回の解析においては、実際の調査データから、「水路底に占めるコンクリートの割合」が70%を超える場合に、魚類の多様度指数が適切に分類されると判断された。

## 蛇かご工

栗石等を蛇かごで包んだ工法で、多孔質な護岸を形成する。捨石や植生により、生物の生息空間を形成する。(出典：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)

## シャノン・ウィーバーの多様度指数

シャノン・ウィーバーの多様度指数は、生物の多様性を把握するためによく用いられる多様度指数の一種。種数が多く、それぞれの種類の個体数が均等であるほど大きな値をとることが知られており、生物群集の均等度と多様度を評価するための指数として知られている。一般に、以下の式を用いて算出される。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_e P_i (0 \leq H')$$

S は種数、Pi は i 番目の種類の個体数が総個体数 N に占める割合を示し、Pi=ni/N となる。

シャノン・ウィーバーの多様度指数の値は種の個体数分布によって大きく変わるが、自然環境では、0.5～3.5 の値をとると言われている。

## 種特異的解析／網羅的解析

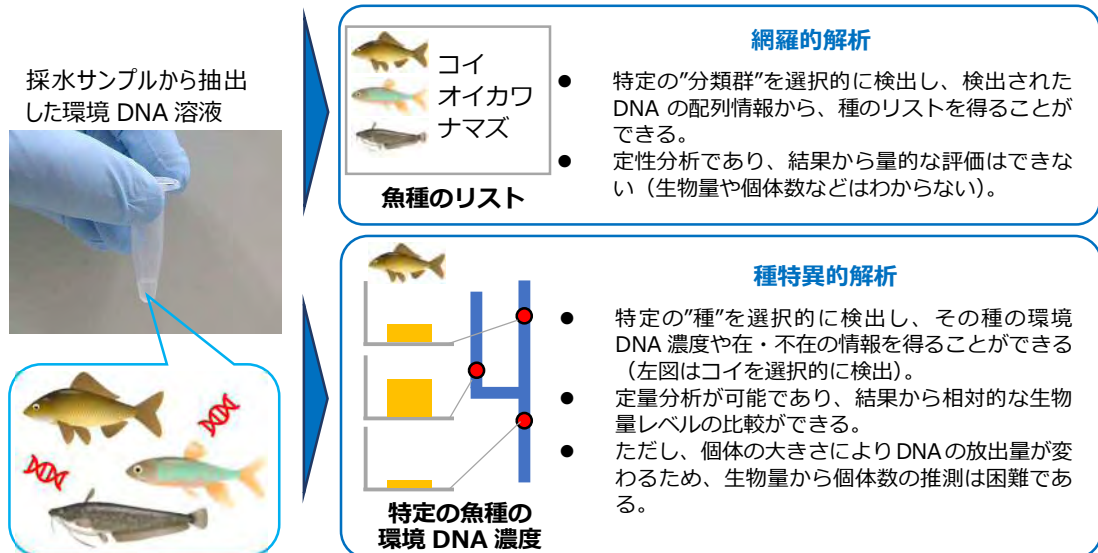
### ＜種特異的解析＞

特定の種を対象とし、その種の DNA が採水したサンプル中に含まれるかどうか、もしくはどれくらいの量があるかを測定する手法。どれくらいの量があるかを測定する場合には、結果から相対的な生物量レベルの比較ができる。ただし、個体の大きさ等により DNA の放出量が変わるため、生物量から個体数の推測は困難である。

### ＜網羅的解析＞

特定の“分類群”を選択的に検出し、検出された DNA の配列情報から、種のリストを得ることができる手法。対象となる分類群に属する種を網羅的に検出することができるため、調査地区にどのような生物種が生息しているかのモニタリングなどに用いられる。

(出典：環境 DNA—生態系の真の姿を読み解く—を基に作成)



## 循環かんがい

水田等で利用された農業用水は、排水路を通して河川や湖沼へ排水される。循環かんがいは、取り込んだ農業用水を排水せず、農業排水を農業用水として循環し、再利用する方法。用水が循環しているため、下流にしか生息していない生物の DNA が、循環かんがいによって上流に運ばれる可能性がある。

## 水田魚道

排水路と水田の間の落差による移動障害を解消し、魚類等の移動経路を確保するための施設。(出典：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)

## 水路魚道

水路内の落差による移動障害を解消し、魚類等の移動経路を確保するための施設。(出典：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)

## 生態系配慮施設

農業施設の近代化は、生産性の向上や維持管理能力の軽減といった恩恵をもたらしてきた一方で、人と自然の調和した環境を崩壊させる要因ともなっている。そこで、農村環境における生物多様性の危機を解消するための有効な手段として、生物の生息・生育環境および移動経路の確保を目的とした生態系配慮施設が施工されている。水路に施工されたワンド工や蛇かご工、魚道等の施設、造成された保全池やビオトープ等を総称して生態系配慮施設という。(出典：水田生態系の保全に視点を置いた整備技術の解説書を基に作成)

## 生物量（種特異的分析における）

個体数や生物量と環境 DNA 濃度の間に正の相関があったとしている研究例が複数見られるが、相関の強さは研究例によって大きく異なっている。これは、流速や水質などの環境要因や生物の生理・生態要因によるものと考えられており、流水環境において個体数や生物量を推定することは困難である。ただし、100 個体なのか、1000 個体なのかといった解像度であれば個体数推定にも利用できる可能性が報告されている。(出典：環境 DNA—生態系の真の姿を読み解く—を基に作成)

## 絶滅危惧ⅠA類

絶滅危惧ⅠA類 (CR) は、「深刻な絶滅の危機に瀕している種」と定義される。絶滅リスクの点で最上位にあるカテゴリーである。基本概念は、「現在の状態をもたらした圧迫要因が引き続き作用する場合、野生での存続が困難なもの」で、これに加えて「ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの」である。(出典：レッドリスト作成の手引)

## 絶滅危惧Ⅱ類

絶滅危惧Ⅱ類 (VU) は、「絶滅の危険が増大している種」と定義される。絶滅リスクの点では CR 及び EN の下位にあるカテゴリーであり、基本概念は、「現在の状態をもたらした圧迫要因が引き続き作用する場合、『絶滅危惧ⅠA類 CR』または『絶滅危惧ⅠB類 EN』のランクに移行することが確実と考えられるもの」とされている。(出典：レッドリスト作成の手引)

## 絶滅危惧種

「絶滅危惧」は、絶滅危惧ⅠA類 (CR)、絶滅危惧ⅠB類 (EN)、絶滅危惧Ⅱ類 (VU) の3つのカテゴリーの総称である。(出典：レッドリスト作成の手引)

## 定性分析

採水したサンプルにどんな生物種の DNA が含まれているかを分析する方法。サンプル中に含まれる生物種のリストを得ることができるが、それらの量については評価することができない。

## 定量分析

採水したサンプルに含まれている DNA の量を分析する方法。標的となる特定の種の DNA の量を明らかにすることができるが、サンプル中に含まれる生物種のリストを得ることはできない。

## 土水路

コンクリート等で護岸を施さない水路。底や岸が土のため、植物が生育し、多様な生物の生息・生育環境が形成される。(出典：水田生態系の保全に視点を置いた整備技術の解説書)

## ビオトープ

1つの生物種の生息もしくは生物群集に必要な空間的なまとまり。生物の生息場所を示すハビタットと同義に使われることも多いが、一般に、生息空間をその性状・状態により分類する場合はビオトープを用いる。ビオトープの境界部分には群集構成種が漸次移行していくエコトーンが成立する。コリドーと呼ばれる生物の移動経路で生息地間を結び、ビオトープ・ネットワークという概念で計画的な生物相保全が図られている。また、景観的なまとまりに着目したものにエコトーンがある。(出典：改訂 5 版農業土木標準用語辞典)

## 深みエ

水路の底に部分的な深みを設置するための施設。水量が少ない場合でも水路内の水深を確保し、魚類の生息場所や移動経路を保全・創出する。

## ブランクサンプル

DNA が含まれていない超純水等をサンプルとして用いたもの。採水時や輸送中のサンプルの汚染の有無を確認するために準備する。なにも検出されないはずのサンプルであるため、何らかの DNA が検出された場合には、サンプルが汚染されていると考えられる。

## 保全池

代償措置として新たに池を整備したもの。(出典：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)

## レッドリスト

絶滅のおそれのある野生生物の種のリストのこと。国際的には国際自然保護連合 (IUCN) が作成しており、国内では、環境省のほか、地方公共団体や NGO などが作成している。環境省では、日本に生息する野生生物について、生物学的な観点から個々の種の絶滅の危険度を評価し、レッドリストとしてまとめている。動物については、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、汽水・淡水魚類、昆虫類、陸・淡水産貝類、その他無脊椎動物の分類群ごとに、植物については、維管束植物、蘚苔類、藻類、地衣類、菌類の分類群ごとに作成されている。

(出典：環境省 HP、<https://www.env.go.jp/nature/kisho/hozen/redlist/>)

## ワンドエ

魚類等の移動の際の休息場や避難場とするため、入り江状の水域を設けたもの。土砂や植生により生物の生息・生育環境も形成される場合がある。(出典：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)



## 卷末資料

(余 白)

## 環境 DNA 分析用サンプルの採水マニュアル

### 1. はじめに

このマニュアルは、環境 DNA 分析（図 1）を行うためのサンプルとして、小河川や水路等の農業農村環境における採水方法を示したものです。採水作業を実施する前に、本マニュアルの内容をよく理解した上で、定められた手順に従って作業を行ってください。また、本マニュアルの内容は、基本的には、一般社団法人環境 DNA 学会の WEB サイト（<https://ednasociety.org/manual>）にて公開されている環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver2.2（2020 年 4 月 3 日発行）の中の「3-2. 採水とグラスファイバーフィルターを用いた実験室での濾過（p.26-28）」で記載されている採水方法に準拠しており、さらに広く一般の方が採水作業を行う際にわかりやすくなるように補足を行ったものです。

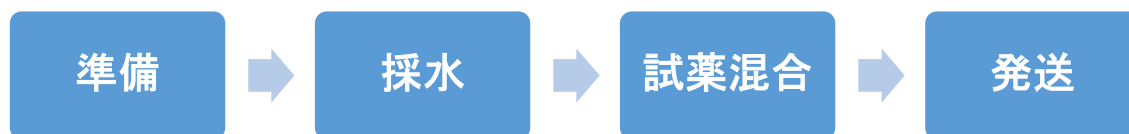
なお、本マニュアルでは、採水したサンプルの分析は、民間の分析会社や大学等の外部機関へ委託することを想定しています。環境 DNA 調査の計画段階で、分析機関を決めた上で、採水のスケジュールやその他マニュアルに記載されていない事項等については、委託する分析機関に相談しましょう。



図 1 環境 DNA 分析の概要

## 2. 採水作業全体の流れ

環境 DNA 分析用サンプルの採水作業は、下図に示す 4 つの工程があります。



### ① 準備

ボトル等の採水機材は、基本的には、分析を委託する機関から有償（もしくは分析費に含まれる）で提供される場合がほとんどですので、分析機関に確認してください。自前で準備する場合は、本マニュアルの第 3 章、もしくは、環境 DNA 学会の環境 DNA 調査・実験マニュアル（p.26-28）を参照してください。その他には、長靴・胴長、デジタルカメラ、GPS ロガー、水質測定機器等を必要に応じて準備します。

### ② 採水

水面へのアクセスが容易な地点においては、ボトルを使って水面から直接採水しますが、それが困難な地点においては、バケツや柄杓（ひしゃく）等を準備する必要があります。バケツ等を用いた採水の方法は、環境 DNA 学会の環境 DNA 調査・実験マニュアル（p.26-28）を参照し、別の地点の環境 DNA がサンプルに混入汚染（これをコンタミネーションという）しないように、バケツ等の除染を行ってください。

### ③ 試薬混合

環境水サンプル中に存在する環境 DNA は、採水した後、そのまま常温下で放置しておくと少しずつ分解してしまいます。そのため、採水後直ちに、環境 DNA の分解を遅らせる試薬（10%塩化ベンザルコニウム溶液のこと。本マニュアルでは以下 BAC という。）をサンプルに入れ、容器の蓋を閉めたらボトルをよく振って攪拌し、さらにサンプルを常に保冷した状態で管理することが重要です。BAC は逆性石鹼の一種であるため、サンプルに入れた後に攪拌すると、サンプルが泡立ちます。BAC の入れ忘れを防ぐためにも、適宜サンプルボトルを振って、泡立つことを確認してください。

### ④ 発送

採水したサンプルは、原則として冷凍保管ができません。また、BAC を入れた状態であっても、環境 DNA は少しずつ分解するため、環境水の状態ではサンプルを長期間に亘って保管することができません。しかし、サンプルをろ過し、フィルター上に環境 DNA を回収した状態であれば、このフィルターを冷凍庫で長期間保管することが可能です。したがって、分析機関においては、採水後、可能な限り速やかに、サンプルをフィルターでろ過する必要があります。そのためにも、サンプルは、基本的に採水した当日のうちに、宅配便で分析機関へ発送してください。

### 3. 準備

サンプルの採水及び発送に必要な機材の一例を、表 1 に示します。分析を委託する機関によって提供される機材の内容が異なるため、事前に提供される機材を確認してください。調査者自身で準備が必要なものについては、調査前に、機材の数量に不足がないかよく確認してください。

表 1 採水機材リスト

| 写真（例）                                                                               | 機材名                                                                 | 数量          | 備考（使い方等）                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
|    | 採水ボトル（滅菌済み）                                                         | 地点数分<br>＋予備 | ビニールで個別包装されています。外側のビニール袋は、採水する直前に開封してください。ふたはボトルの底側にあります。                  |
|   | チャック付ビニール袋                                                          | 地点数分<br>＋予備 | 保冷剤とボトルを直接触れさせないため、また、万一サンプル水が漏洩した時の影響を最小限にするため、採水後のボトルを入れます。              |
|  | 使い捨て手袋                                                              | 地点数分<br>＋予備 | 1 組（2 枚）で 1 検体分です。必ず採水ボトルの袋を開封する前に装着し、採水後のボトルをチャック付きビニール袋に入れるまで装着していただきます。 |
|  | 試薬（BAC）入り使い捨てチューブ<br>※BAC とは、塩化ベンザルコニウム 10%溶液もしくはオスバン液と呼ばれる試薬の略称です。 | 地点数分<br>＋予備 | チャック付きビニール袋に、1 検体分の BAC（1mL）が分注された状態でチューブが入っています。                          |



表 1 採水機材リスト（続き）

| 写真                                                                                  | 機材名       | 数量                   | 備考                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 使い捨て紙製タオル | 地点数分<br>＋予備          | 採水後に採水ボトルに付いた水滴を拭くために使用します。                                                                     |
|    | 油性マジックペン  | 1 本                  | ボトルとチャック付きビニール袋に地点番号やサンプルの情報を記入するために使用します。シール状のラベルをボトルに張り付けて記入してもよいです。                          |
|   | 保冷剤       | 2-5 個                | 事前に冷凍したものを使用してください。市販の袋入り氷でも代用可能です。クーラーボックスの大きさによって、使用する個数を調整してください。                            |
|  | クーラーボックス  | 検体数に<br>応じて<br>1 個以上 | 採水サンプルの発送に使用します。発泡スチロール容器でも代用可能です。DNA がサンプルに混入汚染しないように、事前に塩素系漂白剤（例えば、泡スプレー式ハイター）で内部の除染を行ってください。 |

表 1 採水機材リスト（続き）

|                                                                                   |                                                                |                     |                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
|  | <p>【設定されている場合のみ】</p> <p>blankサンプル<br/>（＝ネガティブコントロールとも言います）</p> | <p>1 個</p>          | <p>輸送中のサンプル間の汚染の有無を確認するため、採水ボトルに予め超純水が入っています。</p> |
|  | <p>【水深が極端に浅い場所で採水する場合のみ使用します】</p> <p>使い捨てプラスチック皿</p>           | <p>地点数分<br/>＋予備</p> | <p>採水ボトルで直接採水できないくらい水深が極端に浅い場所で採水する場合のみ使用します。</p> |

その他に、必要に応じて準備しておくものは、以下に示します。

① 水面へのアクセスが困難な地点で採水を行う場合

- 採水用バケツ、もしくは、柄杓（ひしゃく）※使用前に塩素系漂白剤で除染する
- バケツ内部を除染するための塩素系漂白剤（例えば、泡スプレー式ハイター）
- ロープ

② 取得しておくことを推奨する情報

- GPS ロガー（採水地点の位置情報）
- デジタルカメラ（採水地点の写真）
- 各種水質計等（採水地点の水質）
- 流速計、水位計、測量用スタッフ等（採水地点の物理環境情報）

③ その他

- 長靴、もしくは、胴長
- ライフジャケット
- ゴミ袋
- 保冷剤、もしくは、袋入り氷を収容しておくためのクーラーボックス
- 記録用紙、もしくは、野帳

## 4. 採水

採水作業を行う前に、表 2 に示す注意点を必ず確認してください。

表 2 採水作業を行う上での注意点

| タイミング | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 調査前日  | 予め、保冷剤を十分に凍らせておいてください。保冷剤を食品や生物（魚類等）が保管されている冷凍庫に入れる場合は、保冷剤表面への DNA の付着を予防するため、保冷剤をビニール袋に入れてから冷凍庫に収容してください。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 調査当日  | <p>採水したボトルをすぐにクーラーボックスの中で冷やしておくため、冷凍しておいた保冷剤、もしくは、市販の袋入り氷をクーラーボックス等に入れて、調査地点へ持参してください。</p> <p>汗や唾液には、DNA や DNA 分解酵素が含まれています。採水作業中は、作業員の汗や唾液の飛沫がサンプルに入らないように配慮してください。採水ボトルを扱う時や採水作業時、試薬（BAC）を入れる時などすべての採水作業中は、必ず使い捨て手袋を着用してください。</p> <p>採水地点の様子が平常時に比べて増水していたり、水が濁ったりしている状態で採水を実施すると、環境 DNA 分析の結果に影響を及ぼす場合があります。例えば、採水地点には生息しない種が検出されたり、濁り成分により分析が正しく行われなくなる場合があります。</p> <p>採捕調査と採水を同一日に行う場合、採捕調査後の強く濁った水では分析に悪影響が出る可能性があります。<b>必ず、採捕調査を実施する前に、採水作業を行ってください。</b>採水する順番は、調査区間内に設定された最も下流側の地点から始め、上流の地点に向かって進み、最も上流側の地点は最後に採水することで、採水作業に起因する濁りの影響を回避することができます（次ページの図 2 の例を参照）。</p> |

表 2（続き） 採水作業を行う上での注意点

| タイミング | 内容                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 調査当日  | 採水したサンプル中の環境 DNA は、温度が高いほど早く分解していきます。また、試薬（BAC）を入れても、完全に分解を止めることはできません。サンプルは、採水後直ちに試薬（BAC）チューブ 1 本分の全量を入れ、容器の蓋を閉めてよく振った後で、すぐに保冷剤の入ったクーラーボックス内で冷やしてください。特に、気温が高い夏期の調査時では、サンプルを野外や車内に放置しないよう十分に注意してください。なお、採水したサンプルは、絶対に凍らせてはいけません。 |
|       | 採水する位置の周辺（特に上流側）に、生活排水の流入、生物（特に魚類）の死骸の存在、油膜や浮遊ゴミの有無などが確認された場合は、分析結果にそれらの影響が出る場合があるため、写真及び野帳に現場の状況を記録しておくことが望ましいです。                                                                                                                |
|       | 採水作業により発生した使い捨て手袋や採水用バケツを除染するための塩素系漂白剤を拭き取った後の紙製タオルなどのゴミは、必ず持ち帰り、適正な方法で処分してください。                                                                                                                                                  |



図 2 採水作業の進行順の例

## 採水作業手順

| 作業区分 | 作業内容                                                                                                    | 注意事項                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採水前  | (1) 採水に使用する機材が揃っていることを確認します                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● サンプル 1 検体につき、以下を使用します。 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 採水ボトル 1 本</li> <li>✓ チャック付ビニール袋 1 枚</li> <li>✓ 使い捨て手袋 1 組</li> <li>✓ 試薬 (BAC) 入りチューブ 1 本</li> <li>✓ 紙製タオル 1 枚</li> </ul> </li> </ul> |
| 採水前  | (2) 実際に採水する位置を確認します                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 採水位置の上流側に生活排水の流入、生物（特に魚類）の死骸の存在などが確認された場合は、それよりも上流側に採水位置をずらすか、状況を写真や野帳等に記録してください。</li> <li>● 胴長等を着用して河川や水路内に入る必要がある時は、この時点で静かに水の中に入り、濁りが収まるまで 1 分間程度待ちます。</li> </ul>                                 |
| 採水中  | (3) 使い捨て手袋を着用します<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業が完了するまで常に着用してください。</li> <li>● 別の地点のサンプルを扱う時は、新しい手袋に交換してください。サンプル間で使いまわしてはいけません。</li> <li>● 作業中に手袋が汚れたときや破れたときは、新しいものに交換してください。</li> </ul>                                                          |



採水作業手順（続き）

| 作業区分                   | 作業内容                                                                                                                              | 注意事項                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採水中                    | <p>(4) 採水ボトルの外袋を開封します</p>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>ふたは手順（7）で使用するまでの間は、外袋に入れたままで保持してください。</li> <li>ふたを閉めた後の外袋は、ゴミとして適切に廃棄してください。</li> </ul>                                                                                                                   |
| 採水中                    | <p>(5) 表層水を採水します</p>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>流れがある場所の場合は、採水ボトルの口を上流側に向けて表層水を採水します。</li> <li>ボトルの目盛りを参考に表層水を 1000mL 採水してください。</li> <li>採水の際は、ゴミや植物片などが入らないように注意してください。万が一、容器内に入ってしまった場合は、陸上もしくは下流側に水を静かに捨てて、もう一度採水し直してください。</li> </ul>                  |
| <p>【オプション】<br/>採水中</p> | <p>【水深が極端に浅い場所で採水する場合】<br/>(5') 表層水を採水します</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>採水ボトルで直接採水できないくらい水深が極端に浅い場所で採水する場合のみ、使い捨てプラスチック皿を使用して水を汲みます。</li> <li>底質を巻き上げないように（水を濁らせないように）、静かにプラスチック皿を水中に入れ、表層水を採水します。</li> <li>採水した皿内の水は、静かに採水ボトルに注ぎ、ボトルの目盛りを参考に 1000mL になるまで複数回採水してください。</li> </ul> |

採水作業手順（続き）

| 作業区分 | 作業内容                                                                                                                   | 注意事項                                                                                                                                                                          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採水中  | <p>(6) 試薬（BAC）を入れます</p>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>チューブのふたを開け、試薬の全量をサンプルに加えます。</li> <li>チューブの構造上、ごく少量の試薬がチューブ内に残る場合がありますが、問題ありません。</li> <li>空のチューブは、ゴミとして適切に廃棄してください。</li> </ul>          |
| 採水中  | <p>(7) 採水ボトルのふたを閉め、サンプルをよく撈拌します</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>試薬を入れたら素早くボトルのふたをしっかりと閉め、試薬が完全に混合するように容器をよく振って撈拌します（※泡が出ます）。</li> <li>ボトルの外側が濡れている場合は、紙製タオルでふき取ってください。</li> </ul>                      |
| 採水後  | <p>(8) 採水ボトルにサンプル名を記入します</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>サンプルが入ったボトルの側面に油性マジックで「採水日」「地点名」「サンプル番号」等を記入します。</li> <li>手順（9）のチャック付ビニール袋にも同様に、「採水日」「地点名」「サンプル番号」等を記入します。</li> </ul>                  |
| 採水後  | <p>(9) 採水ボトルをチャック付ビニール袋に入れます</p>                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>チャック付ビニール袋にボトルを入れる前に、もう一度、ふたがしっかりと閉まっていることを確認してください。</li> <li>ボトルのふたにビニールテープ等を巻かないでください。</li> <li>ビニール袋内の空気を抜きながらチャックを閉じます。</li> </ul> |

採水作業手順（続き）

| 作業区分          | 作業内容                                                                                                        | 注意事項                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採水後           | <p>(10) サンプルをすぐに保冷します</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● サンプルをクーラーボックスに収容し、容器の上部もしくは側面に当たるように保冷剤を置いて保冷します。</li> <li>● 夏期はクーラーボックス内の温度が上がりやすいため、必要に応じて、簡易保冷剤や市販の袋入り氷などを追加し、サンプルの保冷に努めてください。</li> <li>● 使い捨て手袋は、この手順が終了した時点で外し、ゴミとして適切に廃棄してください。</li> </ul> |
| 【オープン】<br>採水後 | <p>【blankサンプルが設定されている場合】</p> <p>(11) blankサンプルの処理を行います</p>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 最後の地点の採水が終わったあとに、新しい使い捨て手袋を着用し、blankサンプルのボトルのふたを開け、試薬（BAC）を入れて、すぐにフタを閉じます。</li> <li>● blankサンプルが入っていたチャック付ビニール袋に戻し、チャックを閉じて、サンプルと同様にクーラーボックスに収容します。</li> </ul>                                   |

## 5. 発送

クーラーボックスに収容したサンプルは、調査当日のうちに、冷蔵指定の宅配便で分析機関へ発送してください。利用する宅配便の業者により、荷物の制限重量が異なるため、クーラーボックスに収容するボトルの本数と保冷剤の合計重量に注意してください。

