

技術情報

[ICタグによるカエル等の行動圏調査の事例]

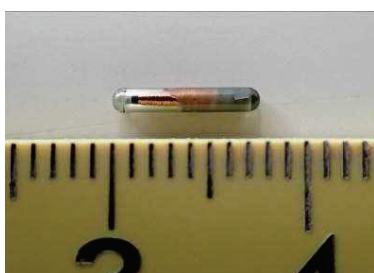
1. 調査概要

ナゴヤダルマガエルは、環境省レッドリスト2020においては絶滅危惧IB類に、京都府レッドリスト2015においては絶滅寸前種に指定されている希少野生生物であるが、生態的知見が極めて少ない。このため、国営亀岡中部農地整備事業実施区域内において PIT タグ（体内埋め込み型マイクロチップ Passive Internal Transponder）を用いた標識再捕獲調査を実施し、その結果を踏まえ、ナゴヤダルマガエルの保護に向けて留意すべき事項を取りまとめた。

2. 調査方法

① 標識付けと標識個体の放逐

2017 年 4 月（繁殖期前）に 26 地点で計 588 個体を捕獲し、PIT タグを埋め込み、タグコード、頭胴長、性別を記録した後、基本的には同所の畦畔の中央部にまとめて放逐（同所放逐）した。ただし、約 200m 離れた 2 地点の各 50 個体は、保護・移動と同様な状況を再現するため、放逐場所を入れ替える操作（異所放逐）を行った。



PIT タグ



皮下への埋め込み作業



携帯型リーダー



探知機（アンテナ部）

注) PIT タグのサイズにより探知範囲が異なるため、対象地に応じて PIT タグのサイズを検討する必要がある。

② 再捕獲

再捕獲は、6 月（繁殖期）、9～10 月（越冬期前）、12～1 月（越冬期）に実施した。繁殖期と越冬期前の調査では、主に見つけ捕りで成体を捕獲し、携帯型リーダーで PIT タグの反応が確認された場合は、タグコード、頭胴長、性別、確認位置、環境区分、草丈を記録した後、捕獲場所に放した。越冬期の調査では、地下 15cm まで探索可能な探知機を用いて、越冬中の標識個体を探索し、反応があった場所では慎重に掘り起こして、越冬個体を確認した。越冬個体を確認された場合は、前述のデータに加え、地表から尾端までの深さ、土壌硬度、土壌水分、地表のカバーの有無を記録した後、元どおりに埋め戻した。

3. 調査結果

図-1は、生きた標識個体が確認された環境の割合を表したものである。繁殖期には、水田、畦畔、ほ場内土水路を、ほぼ均等に利用していた。越冬期前には、ほ場内土水路の利用がなくなり、水路や水田の割合が増加した。越冬期には、約9割の個体が水田内で越冬し、残りは畦畔で越冬していた。休耕田や畑は、季節を問わず、余り利用されていないという結果となった。

回収率が高かった繁殖期のデータを基に、放逐地点からの直線距離をGIS上で計測した結果を図-2に示す。同所放逐個体では、平均28.5m、9割以上の個体は60m以内と、余り遠くまで移動しないことが分かった。一方、異所放逐個体では、余り移動しない個体の方が多いものの、200m近く移動する個体が出現した。また、異所放逐個体のうち、何割かの個体が、元いた場所に戻っていることが今回の調査で明らかとなった。

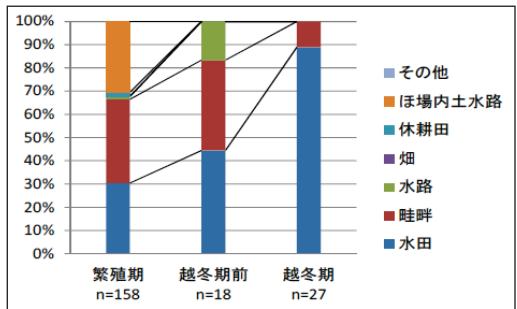


図-1 ナゴヤダルマガエル成体の利用環境

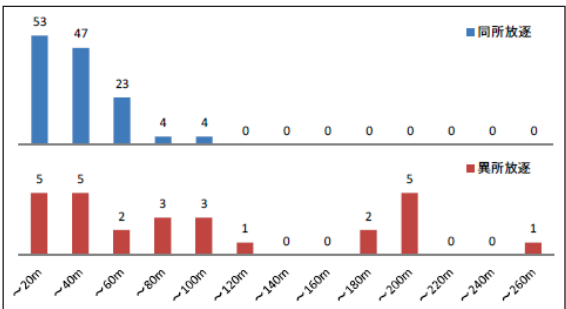


図-2 ナゴヤダルマガエル成体の移動距離別個体数(4月→6月)

4. まとめ

調査結果から、ナゴヤダルマガエルの保護においては、以下の点に配慮することが必要と考えられた。

表-1 ナゴヤダルマガエルの保護における配慮事項

調査結果	考えられる配慮事項
繁殖期から越冬期前までは、畦畔や水辺を多く利用している。	畦畔や水路沿いには、地元の理解を得ながら、本種の餌場あるいは隠れ場となる植生を早期に回復させる。それらの管理においては防草シートや除草剤の使用は控える。
越冬場として主に耕作水田内を利用している。	越冬期の田面の掘り起こしはなるべく避ける。
同所放逐個体の追跡調査によって、本種の成体の移動範囲はおおむね60m以内であった。	間隔をあけて設置するような環境配慮対策（水路からの脱出スロープや避難場としての植生回復エリアの設置等）を実施する場合は、設置間隔を60m以内とする。 地区外からの自然な移動・分散による個体群の回復は難しいと考えられることから、工事後は、保護した個体を人為的に地区内へ移動させ、個体群の早期回復を促す。
異所放逐個体の追跡調査によって、一部は元の場所へ戻るという習性があることが判明した。	工事前の保護・移動場所の選定に当たっては、移動・分散先でも繁殖ができるよう、周辺に広く生息環境が存在している点、保護・移動させた個体が工事区域内に簡単に戻れない点などに留意する。

出典) 大串充範 (2017) : ナゴヤダルマガエルの保護に向けての留意点, 平成 30 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集

(参考) ダルマガエルの生態や保全対策、PIT タグの活用については、以下の文献が詳しい。

守山拓弥, 中田和義, 渡部恵司 (編著) (2022) : ダルマガエル 生態を知って農業で守る, 農山漁村文化協会

[今後の気候変動に対応した生態系配慮施設の検討の例]

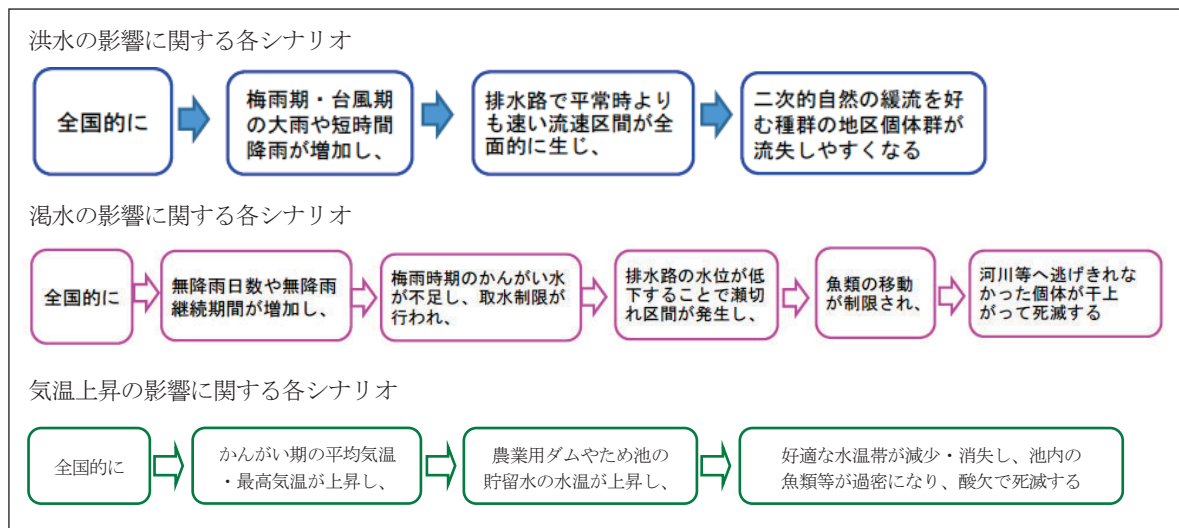
1. 気候変動に起因する農村環境への影響

近年、観測記録を塗り替えるような高温、豪雨、大雪等による大きな災害が、我が国の農業や農村生活に影響を与えている。

「日本の気候変動 2020（文部科学省、気象庁）」によると、21 世紀末の日本の平均気温は、20 世紀末と比較して 1.4～4.5℃上昇し（予測シナリオにより異なる）、多くの地域で猛暑日や熱帯夜の日数が増加、冬日の日数が減少すると予測されている。降水については、全国平均で見た場合、大雨や短時間強雨の発生頻度や強さは増加し、雨が降る日数は減少すると予測されている。

気候変動の影響は、農村に生息・生育する生物へも影響を与えるおそれがあり、例えば水生生物に対して次のような影響が想定される。

[気候変動に起因する農村環境への影響シナリオの例]



出典）農林水産省農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課（2022）：令和3年度気候予測データセットを活用した農村環境への影響評価検討調査業務報告書

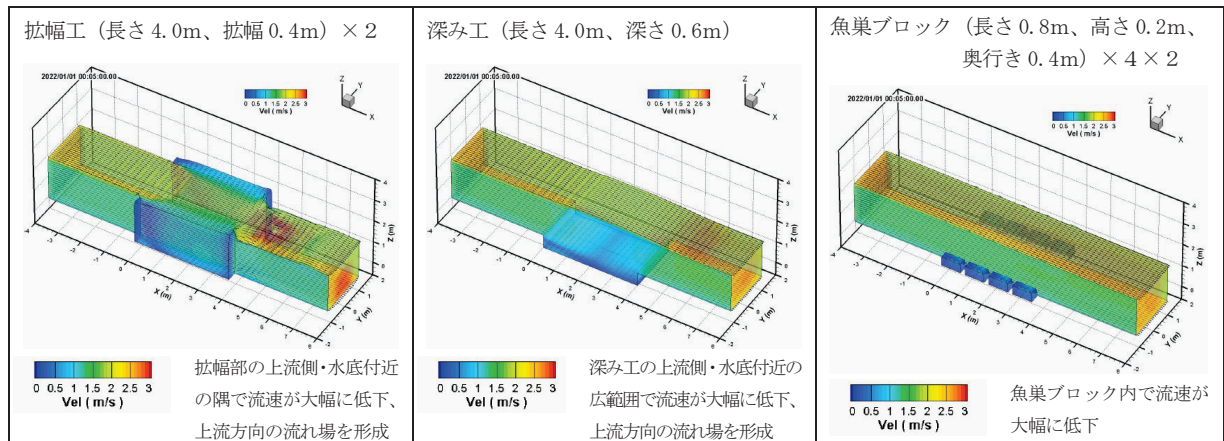
2. 環境配慮施設における流速シミュレーション（水理解析モデルによる検討結果）

農林水産省では、気候変動による洪水流量の増大が農村環境に与える影響として、排水路における魚類の生息状況への影響（流速が速くなることで、定位できずに下流方向に流される（即時的・一時的な影響）に着目し、環境配慮施設のうち拡幅工及び深み工、魚巣ブロックを対象として、気候変動下の出水時におけるこれら環境配慮施設の流速緩和効果（短期的）について定量的に評価するとともに、環境配慮施設の生態系保全効果について評価した。なお、シミュレーションソフトは、iRIC (<https://i-ric.org/>) を使用した。

① 環境配慮施設の流速緩和機能の検証

直線水路（三面張水路：幅 2.2m、高さ 1.2m（粗度係数 0.016、縦断勾配 1/300 を想定）を対象として、魚類の生息環境が消失する流量時（ $Q=10\text{m}^3/\text{s}$ ）において、環境配慮工法の効果をシミュレーションしたところ、拡幅工・深み工・魚巣ブロックのいずれの工法においても、一定の緩流域が確保され、出水時においても環境配慮施設の内部には魚類の生息適地が確保されることが分かった。

〔環境配慮施設の流速緩和機能の検証結果〕



出典) 農林水産省農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課 (2023): 令和4年度気候予測データセットを活用した農村環境への影響評価検討調査業務報告書

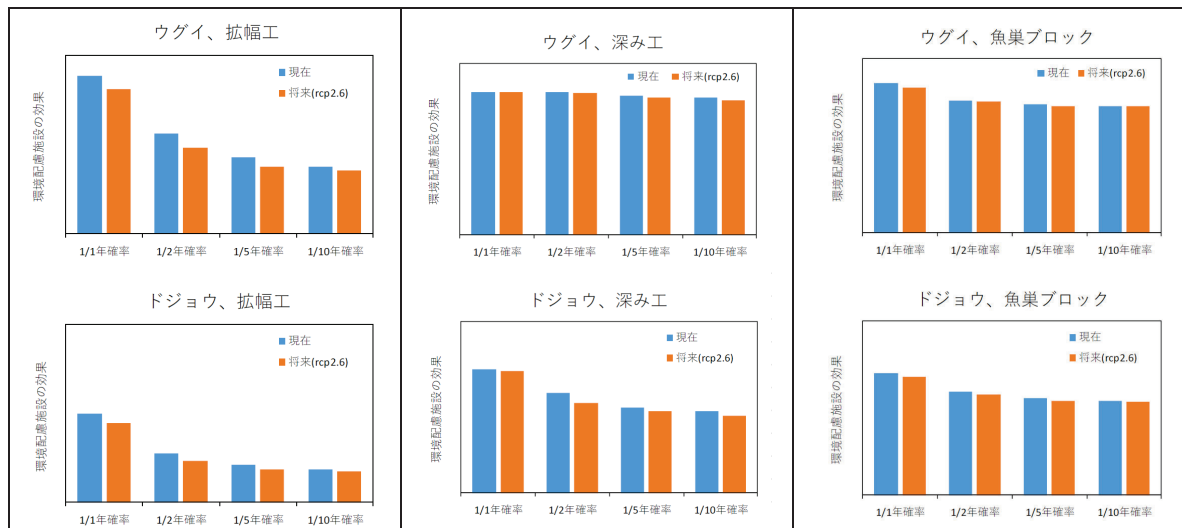
② 気候変動下の出水時における環境配慮施設の生態系保全効果の評価

気候変動データを用いて降雨規模・頻度を整理し、水路の流況変化について評価するとともに、気候変動下での出水時においても、施設内で魚類の好適な流速環境が保たれるか評価した。

代表魚種として、遊泳魚のウグイと底生魚のドジョウを選定し、既往の研究データを用いて HSI モデルを構築、HSI の空間分布から THU (Total Habitat Unit) を算出して、確率降雨別の THU 最小値により環境配慮施設の効果を評価した。(※HSI モデルについては、p. 233～235 参照)

シミュレーションの結果、今回対象とした3つの環境配慮施設の効果は、将来の気象条件（気候変動（世界の年平均気温が2℃上昇）により見込まれる確率雨量）においても、現在と同様の効果を発揮する可能性が高いことが明らかとなった。

〔気候変動下の出水時における環境配慮施設の生態系保全効果の評価結果〕



注) 図中の「rcp2.6」とは、21世紀末の世界の平均気温が工業化以前と比べて0.9～2.3℃上昇すると仮定したシナリオ(2.0℃上昇シナリオ)

出典) 農林水産省農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課 (2023): 令和4年度気候予測データセットを活用した農村環境への影響評価検討調査業務報告書

[生息環境の評価手法の例]

1. HEPとHSI

HEP (Habitat Evaluation Procedure) は、1976 年にアメリカにおいて開発されたもので「生息場の価値＝生息場の質×空間×時間」と考えて定量化する手法である。

HEP において「質」を表す指数は「SI (Suitability Index、環境要因毎の適性指数)」とそれを統合した「HSI (Habitat Suitability Index)、ハビタット適性指数」である。

まず、評価種のハビタット (生息場) についてどのような生存必須条件があるかを既存資料や現地調査により整理する。最終的に絞り込んだ生存必須条件 (これを「環境要因」という) の状態 (これを「ハビタット変数」という) とハビタット適性度合いの間の相関関係を設定する。これが「SI モデル」である。

複数の環境要因に対する SI モデルが準備できたら、これを総合的に判断する。複数の SI 値を統合し、評価種のハビタットとしての適性を示す指数が「HSI」である。

SI 値も HSI 値も 0 (全く不適) から 1 (最適) の範囲で表現される。

さらに「HU (Habitat Unit)」は、HSI に面積を乗じたもので、HSI という「質」を有した土地がどれくらいの面積であるかを示したものである。

我が国における HEP による評価の事例としては、トウキョウサンショウウオ、ムササビ、サシバ等があるが、農業水利施設等の評価事例は少ないのが現状である。ここでは、農研機構の小出水規行氏ほか 5 名による研究事例「HEP による農業排水路におけるタモロコの適性生息場の評価」の概要を紹介する。

○研究結果の概要

本研究ではタモロコの成長段階 (仔魚、稚魚・未成魚、成魚) 別の HU を計算するため、以下の手順で調査及び評価を行った。選好性の指標としては、個体数密度を使用している。

(1) 評価手順

①現地調査

- ・調査対象水路: 千葉県下田川流域の土水路及 4 本、コンクリート 2 面張水路 4 本 (各水路 5～17 区間)。
- ・調査時期: 2002 年 7 月～2004 年 6 月、月 1 回 (計 24 回)。
- ・調査項目: 捕獲個体の体長のほか、5 つの物理環境要因 (水深、流速、底質、植生被度、水面幅) を記録。体長から仔魚 (全長 2 cm 未満)、稚魚・未成魚 (全長 2 cm 以上 5 cm 未満)、成魚 (全長 5 cm 以上) に区分。

②環境要因別の SI (適性指数) モデル作成

- ・SI モデルは X 軸に環境要因の値、Y 軸に 0～1.0 の値をとり、X と Y の関係を直線又は曲線で表したものである。
- ・ここでは、現地調査結果のうち、通年で個体が採捕された土水路 2 本及びコンクリート 2 面張り水路 1 本のデータを使用して SI モデルを作成した。
- ・SI の作成は環境要因^{注 1)} (x 軸) に対する個体数密度^{注 2)} (y 軸) をグラフ上にプロットし、そのデータ分布を包括するように 0～1 の範囲で直線を当てはめた (※SI の妥当性の検証方法については省略)。

注 1) 環境要因: 水深、流速、底質、植生被度、水面幅

注 2) 個体数密度 (個体数/水面積 m^2) = 採捕個体数 / (水面幅 m × 採捕区間 $5m$)

③HSI (ハビタット適性指数) モデルの作成

- ・ここでは HSI を 2～5 個の SI の積で求めることとし、その際の SI の組合せを変えて、成長段階別の HU 計算に有効なものを選択した (※選択手順は省略)。

④HU (ハビタットユニット、環境価値) の計算

- ・選択された HSI を利用して、次式により各水路における成長段階別の HU を月別に計算した。

$$HU (\text{水面積}m^2) = \sum (\text{各定点の HSI} \times \text{水面幅}m \times \text{区間長}m)$$

- ・さらに、各水路の HU を相互に比較するため、単位水面積当たり HU を次式から求めた。水路全区間 (定点) が生息場として最適な場合 (全定点の HSI = 1)、単位水面積当たり HU は 100% となる。

$$\text{単位水面積当たり HU}(\%) = HU / \sum (\text{各定点の水面幅}m \times \text{区間長}m)$$

(2) 評価結果

①環境要因別の SI（適性指数）（図-1）

- ・稚魚・未成魚及び成魚の SI はおおむね一致し、各環境要因に対する選好性は類似すると考えられた。生息場として最適な（適性指数 SI=1）水深は 10～35cm、流れは微～中、底質は砂礫～砂泥、植生被度はなし～中、水面幅は 35～120cm となった。
- ・一方、仔魚の SI は稚魚・未成魚や成魚のものと異なった。仔魚は遊泳力が小さく、捕食者等から逃れるため、流れの弱い浅場や植生周辺に滞留することが知られており、各環境要因の SI もこれらのことを反映し、稚魚・未成魚や成魚に比べて、水深は浅く（最適値：15～20cm）、流れは弱い（微）、植生被度は中となる等、最適となる生息場条件に違いがみられた。

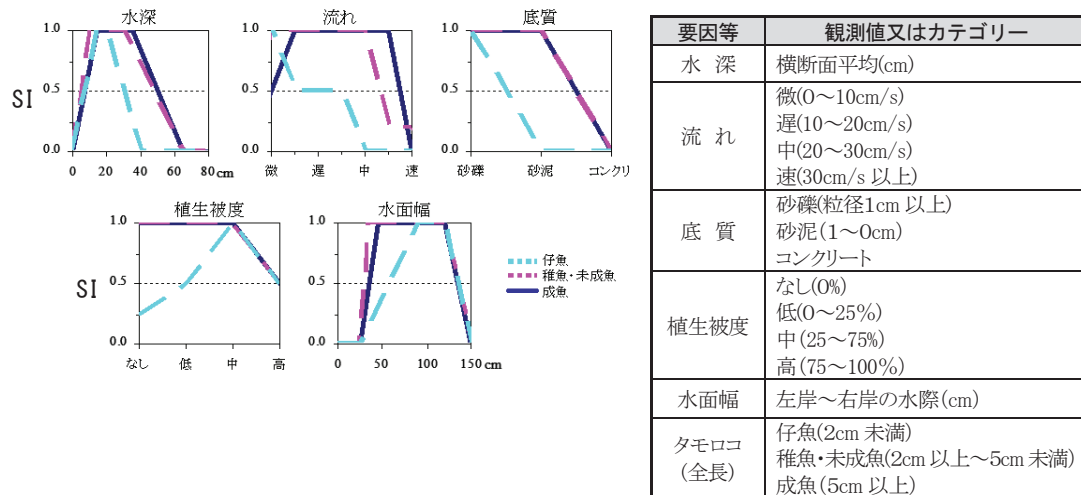


図-1 タモロコ仔魚、稚魚・未成魚、成魚の水深、流れ、底質、植生被度、水面幅に関する適性指数 SI

②HSI（ハビタット適性指数）

- ・表-1 に 3～5 個の SI を掛け合わせて算出した HSI について、HSI を 6 階級に分けたときの各階級中央値と各階級におけるタモロコ個体数密度の平均との相関係数を示す。表中で*印又は**印をつけた組合せは統計的に有意と見なされ、それらは 0.8 以上の高い値を示していることから、HSI と個体数密度との間に良好な相関関係があることが示唆された。
- ・成長段階別の HU 計算に採用する HSI としては、仔魚では水深×底質×水面幅、稚魚・未成魚では水深×流れ×水面幅、成魚では水深×流れ×植生被度が選択された。生息場の質に影響を及ぼす環境要因は成長段階によって異なることが明らかとなった。

表-1 HSI の階級中央値と各階級におけるタモロコ個体数密度の平均との相関係数

（3～5 個の SI を用いた HSI を示す。太字は選択された HSI を表す。*：p<0.05, **：p<0.01）

HSI	仔魚	稚魚・未成魚	成魚
SI(水深)×SI(流れ)×SI(植生被度)	0.5856	0.8246	0.9851**
SI(水深)×SI(流れ)×SI(水面幅)	0.8289*	0.9786**	0.9394**
SI(水深)×SI(底質)×SI(水面幅)	0.9262**	0.9779**	0.9715**

注) 本表では、採用した SI の組合せのみ示した。

③HU（ハビタットユニット、環境価値）

- ・各水路の単位水面積当たり HU は月によって異なるが、その変化に季節的な傾向はみられなかった（図省略）。
- ・成長段階別の HU は土水路とコンクリート 2 面張水路間に統計的な有意差はなく、改修されたコンクリ水路であっても生息場としての有効性は未改修の土水路と同程度となった（図-2）。

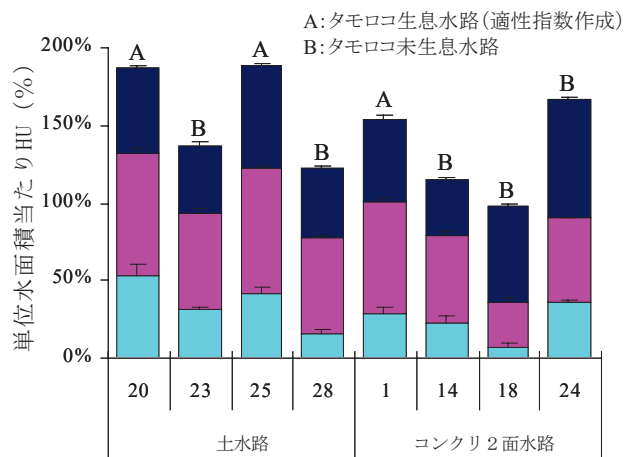
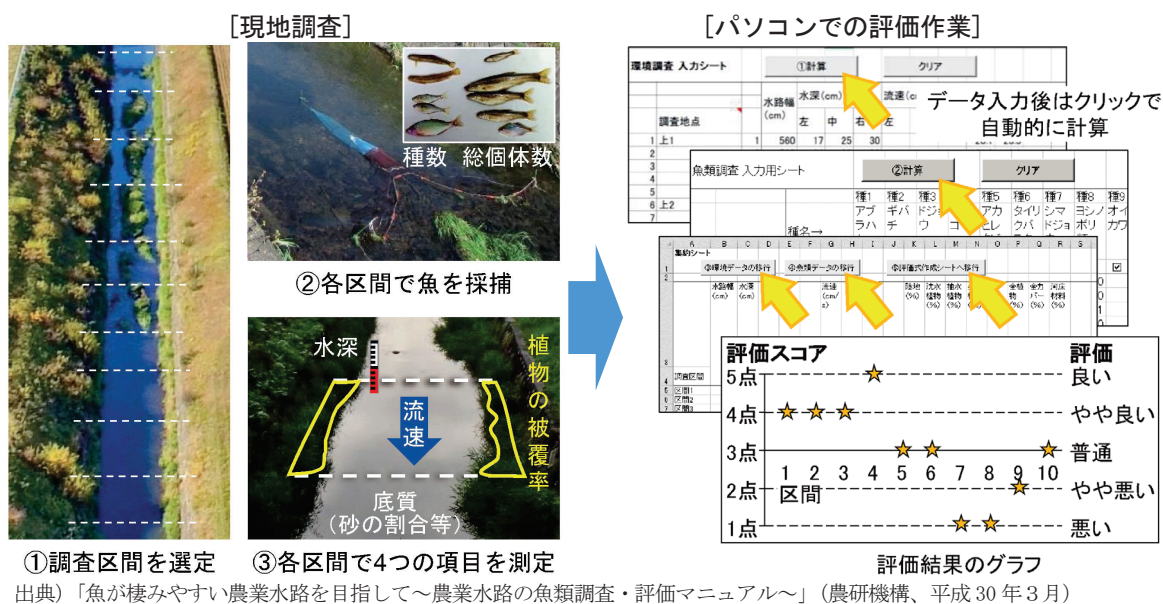


図-2 各水路における成長段階別の単位水面積当たりハビタットユニット HU の月平均（エラーは標準誤差を示す）

出典）小出水規行，竹村武士，奥島修二，相賀啓尚，山本勝利，蛭原周（2005）：HEP 法による農業排水路におけるタモロコの適性生息場の評価：千葉県谷津田域を事例として，河川技術論文集，第 11 巻

2. 魚の棲みやすさ評価プログラムによる魚類生息環境の評価

「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、平成 30 年 3 月)では、一定の手順で得た「環境調査」と「魚類調査」のデータを入力することで、「魚の棲みやすさ」を自動計算により点数化（スコア化）し、どの区間が棲みやすく、どの区間が棲みにくいのかを評価するプログラムが使用できる。



3. 環境保全型農業等の環境に配慮した取組が水田における生物多様性の保全・向上に及ぼす効果

「鳥類に優しい水田がわかる生物多様性の調査・評価マニュアル」（農研機構、平成 30 年 3 月）では、環境保全型農業等の環境に配慮した取組が水田における生物多様性の保全・向上に及ぼす効果を、指標生物を用いて評価するために、その調査法・評価法を解説している。

本マニュアルは、基本的に水田を対象とした環境保全型農業による生物多様性保全効果を評価するものであり、地域ごとに、水田の生物多様性を改善するための方法を概説している。

〔調査・評価の手法（関東の例）〕

- 対象地域：関東（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）
- 所在する地域以外の付帯条件：なし
- 概要：指標生物5種類から3種類を選んで調査→指標生物・希少種のスコアを合計→評価



出典)「鳥類に優しい水田がわかる生物多様性の調査・評価マニュアル」（農研機構、平成 30 年 3 月）

4. 環境保全型農業等の環境に配慮した取組が農地における生物多様性の保全・向上に及ぼす効果

「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」（農林水産省農林水産技術会議事務局、平成 24 年 3 月）では、環境保全型農業等の環境に配慮した取組が農地（水田・ほ場）における生物多様性の保全・向上に及ぼす効果を、指標生物を用いて評価するために、その調査法・評価法を解説している。

本マニュアルは、基本的に農地を対象とした環境保全型農業による生物多様性保全効果を評価するものであり、地域ごとに農地の生物多様性を改善するための方法を概説している。

〔調査・評価の手法（関東の水田）〕

指標生物名	調査法	単位	スコア		
			0	1	2
アシナガゴモ類	捕虫網による すくい取り	20回振り×2か所 の合計個体数	5未満	5～15 ^{注1)}	15以上
コモリグモ類	イネ株見取り	イネ株5株×4か所 の合計個体数	3未満	3～9	9以上
アカネ類 (羽化殻または成虫) またはイトトンボ類成虫 ^{注2)}	畦畔ぎわ見取り	畦畔ぎわ 10m×4か所 の合計個体数	1未満	1～3	3以上
ダルマガエル類 またはアカガエル類 ^{注2)}	畦畔見取り	畦畔10m×4か所 の合計個体数	3未満	3～9	9以上
水生コウチュウ類と 水生カメムシ類の合計	たも網による 水中すくい取り	畦畔ぎわ5m×4か所 の合計個体数	1未満	1～3	3以上

注1) 5以上、15未満を示す。

注2) この中から1種類を選んで調査する。

〔指標生物の種数に基づく環境保全型農業の評価〕

該当する指標 生物の種類数	環境保全型農業の取り組み効果			
	S	A	B	C
1種類	2	1	0	－
2種類	4	2～3	1	0
3種類	5～6	3～4	1～2	0
4種類	7～8	4～6	2～3	0～1
5種類	8～10	5～7	2～4	0～1
6種類	10～12	6～9	3～5	0～2
7種類	11～14	7～10	3～6	0～2
8種類	13～16	8～12	4～7	0～3
9種類	14～18	9～13	4～8	0～3
10種類	16～20	10～15	5～9	0～4
11種類	17～22	11～16	5～10	0～4

S: 生物多様性が非常に高い。取り組みを継続するのが望ましい。

A: 生物多様性が高い。取り組みを継続するのが望ましい。

B: 生物多様性がやや低い。取り組みの改善が必要。

C: 生物多様性が低い。取り組みの改善が必要。

出典)「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」（農林水産省農林水産技術会議事務局、平成 24 年 3 月）

[農業水路系における生態系配慮対策の効果検証の例]

農林水産省では、令和元年度～令和3年度に全国10地区で実証調査を実施し、生態系配慮対策実施後の効果等を評価した。

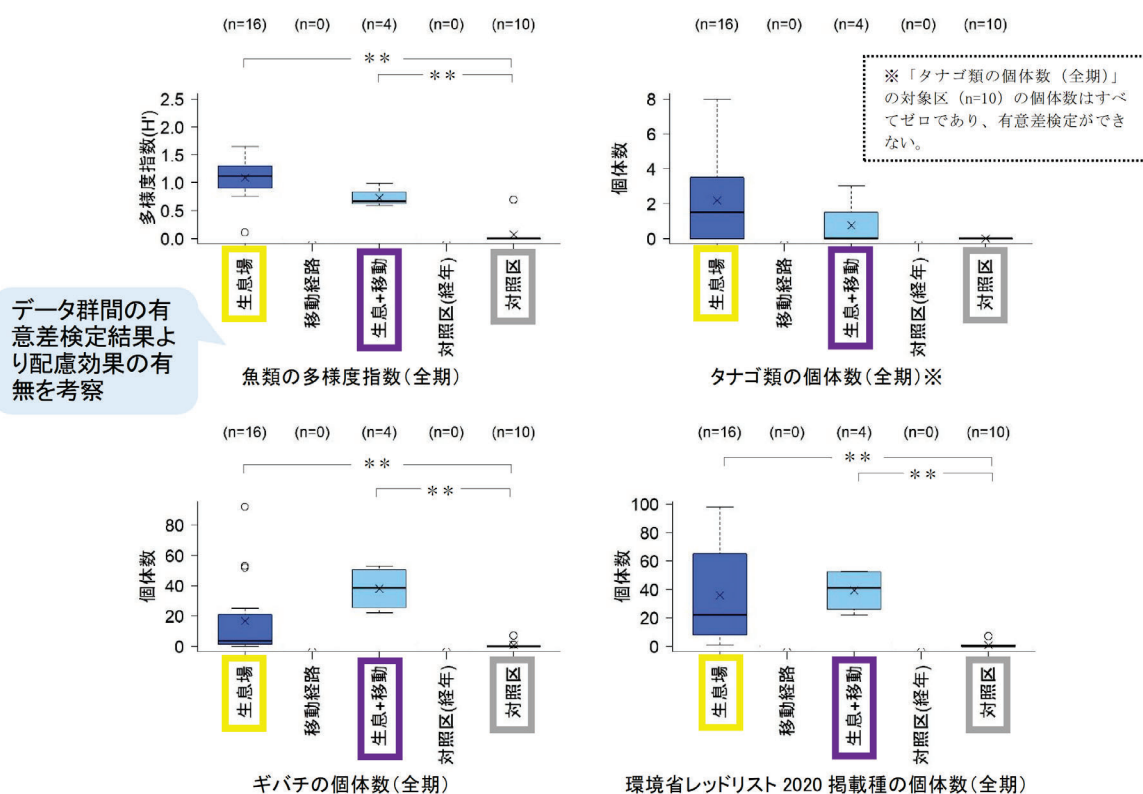
調査地区ごとの解析においては、実証区（生態系配慮施設周辺）と対照区（コンクリート三面張り水路等で生態系配慮なし）のデータ群間の魚類の多様度指数（p. 243 参照）等に有意差があるか確認し、ボックスプロット（箱ひげ図）を作成した。また、保全対象生物となりうる代表的な魚種やこれら魚種の仔稚魚の個体数も解析対象とした。解析は、一般化線形混合モデル（GLMM）^注により実施した。

注）一般化線形混合モデル：統計学において一般化線形モデルを拡張した統計解析モデルである。現実のデータ解析で考慮しなければならない個体差・場所差の効果を統計的に考慮できる。

（解析例）

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、魚巣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。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「生息場の配慮」、深み工と階段式魚道が設置されている1地点を「生息場＋移動経路の配慮」、三面張り区間の2地点を「対照区」とし、魚類の多様度指数、タナゴ類の個体数、ギバチの個体数、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、タナゴの個体数を除き、多様度指数、ギバチの個体数、環境省レッドリスト掲載種の個体数について、対照区よりも有意に高い結果となった。



注）本地区では、「移動経路」に区分される環境配慮対策及び、「対象区（経年変化）（土砂堆積や植生繁茂あり）」の地点はない。

出典）農林水産省農村振興局鳥獣対策・農村環境課（2022）：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