

農業水路における魚類生息場の簡易評価手法の開発

渡部恵司* 小出水規行* 嶺田拓也* 森 淳** 竹村武士***

*水利工学研究領域水域環境ユニット

**北里大学獣医学部生物環境科学科

***西日本農業研究センター傾斜地園芸研究領域傾斜地防災研究グループ

要 旨

農業水路における生態系配慮施設の簡易なモニタリング・評価手法の構築に向けて、岩手県奥州市の農業水路におけるデータ解析をもとに、水理学的な環境指標に基づく魚類生息場の評価スコアの作成方法を検討した。当水路の19区間において環境指標の計測と魚類採捕を2017年7月に実施し、水深・流速・陸地・植物被覆率・河床材料を説明変数とする評価スコアの計算式を作成した。種数と総個体数を同時に指標として採用するケース1と片方のみを採用するケース2, 3について評価スコアを比較した結果、ケース2, 3ではスコアが安定せずに過小または過大評価する区間があり、ケース1のように種数・総個体数の両指標に注目することが重要と考えられた。ケース1で評価スコアの高かった区間では、種数・総個体数が高かったことに加え、シャノンの多様度やシンプソンの多様度も高く、総じて魚類生息場として良好だと考えられた。これらの結果に基づき表計算ソフト上でデータ入力と解析を容易に行えるプログラムを作成した。

キーワード：農業水利施設、生物多様性、生態系配慮、モニタリング

1 緒 言

農業水路では、2001年の土地改良法の改正以降、様々な生態系配慮対策が実施されてきた（農林水産省農村振興局、2015）。2016年に改正された土地改良長期計画では、「農地・農業用水等の地域資源の適正な保全管理と有効活用、豊かな自然環境や美しい農村景観等を活用した地域づくりを促進する」ことが施策の1つとして掲げられ、今後も農地再編や施設更新等の事業に伴い生態系配慮対策の実施が見込まれる。また、事業やそれを契機とした環境保全の取組は、地域の生態系保全のみならず、地域コミュニティの活性化等の地域づくりへの発展が期待されている（農林水産省農村振興局、2015）。

生態系配慮対策では、その効果を確認するため、施工中・後に継続的にモニタリング調査を実施し、生態系配慮対策の評価を行う必要がある（農林水産省農村振興局、2015）。農業水路に施工された生態系配慮施設（以下、「配慮施設」）の中には、例えば土砂が堆積して魚巣ブロックが閉塞するなど、生息場としての機能が時間経過等に伴い低下する場合がある。目標に対する機能の発揮が不十分な場合は、必要に応じて施設の修正を行うなど、順応的管理を行うことが重要であり（農林水産省農村振興局、2015）、このためにもモニタリング調査の継続が必要である。

しかし実際は、モニタリング調査の継続には多大な費用・労力を要することや調査の方法が統一されていないこと、専門家なしで調査結果を解釈・評価するのが難しいこと等の様々な課題がある。佐藤（2014）は、道府県営事業で行われた生態系配慮対策についてアンケート調査を行い、モ

ニタリング調査は事業採択前と比較して事業採択後に実施されていない傾向があること、およびモニタリング調査の方法等についての十分な検討が行われないまま調査が実施されている状況があることを報告している。

これらの課題の解決に向けて、本報告では、水深や流速等の水理学的な環境指標から魚類生息場の良否を表す評価スコアを算出する線型モデル（以下、「評価式」）を作成する。既往研究では、魚類の種数や個体数等の魚類相の指標（以下、「魚類指標」）と水路の環境指標との関係については、重回帰式や生息場適性指数（HSI）モデル、選好強度式、正準相関分析等の様々な解析手法が報告されている（例えば平松ら、2003；阿部ら、2005；福田ら、2011；竹村ら、2011；門脇ら、2017）。しかし、このような専門的で高度な手法では、モニタリング調査を行う行政担当者や土地改良区職員、多面的機能支払交付金の活動組織等が用いるのは困難である。これに対して、本報告による評価式の特徴として、式の作成には魚類採捕と環境計測が必要となるが、作成後さらに同じ場所でモニタリング調査を継続する場合には環境計測の結果のみで配慮施設を評価できるように配慮している。なお、環境計測のみでは、調査していない時に生じた出水・瀬切れといったイベントや捕食圧、外来生物等による影響は考慮できないため、本評価式を適用する場合にも数年に1回程度の頻度で魚類相の確認が必要であろう。それでも、調査頻度の低減によりモニタリング調査に要する費用・労力が軽減され、その継続が容易になると考えられる。加えて、データ入力、評価式の作成およびその後の評価スコアの計算といった一連の作業をパッケージ化し、調査後の解析・評価が表計算ソフト上で容易に行え

るようにした。

本報告では、岩手県奥州市の農業水路におけるデータ解析をもとに、環境指標に基づく魚類生息場の評価スコアの作成方法を提案し、データ入力や解析が容易に行える評価スコア作成プログラムを作成する。適用場面として、数百m~数km程度の延長で二面張り水路等の配慮区間が施工された地区(森, 2004)や、数十mの延長の魚巣ブロックや木工沈床等が複数か所に施工された地区(門脇ら, 2017)におけるモニタリング調査を想定している。

2 材料および方法

2.1 調査対象地

調査対象の農業水路は、国営農地再編整備事業いさわ南部地区の事業地区内に位置する原川幹線排水路とした(Fig. 1)。当事業は1998~2010年に実施され、水田および普通畑の区画整理(圃場整備)とともに、地区内を流れる原川幹線排水路が改修された。この際、当水路には魚巣ブロックを用いた二面張り護岸区間や幅広水路区間、深み工といった複数の配慮施設が設けられた(森, 2004)。

調査は、当水路のうち魚巣ブロックを用いた二面張り護岸の直線区間を対象とし(Figs. 1, 2)、調査区間は延長10mとした。この水路区間には複数か所に階段式落差工と呼ばれる魚道があり、評価式の計算に必要な区間数(20区間程度)を連続して確保することができなかつたため、当魚道を避けて下流から順に区間1~9と区間10~19を設定した(Fig. 1)。なお、当魚道では、ギバチやアブラハヤ等の上流・下流への移動が確認されている(渡部ら, 2017)。

2.2 調査方法

水路環境の計測と魚類採捕は、田んぼの生きもの調査の調査マニュアル(農林水産省農村振興局, 2009)において調査時期が6~8月に設定されていること、および当水路における事前調査で採捕種数や個体数が多い時期であったことから、2017年7月19~21日に実施した。調査中、降雨等に伴う大きな流況変化はなかった。

2.2.1 環境計測

魚類生息場に関わる基本的な水理学的な環境指標である水深、流速、陸地、植生および河床材料について、既往論文(例えば、竹村ら, 2011; 門脇ら, 2017)の調査方法を参考に、以下のように計測した。

各区間の計測位置は、対象区間の両端の横断面および区間を4等分する3横断面の計5断面とした(Fig. 3)。各横断面において、水深(cm)は、横断面を4等分する3点、合計15点で計測した。流速(cm/s)は、流路の中央1点において、6割水深での流速を電磁流速計(KENEK社, VP3000)により計測した。ただし、中央に陸地があり流路が2本に分かれていた場合には、流速は規模の大きい方の流路で計測した。陸地は、横断面において水面より上にある土砂の幅(cm)を計測し、水面幅(cm)で除して割合(%)を計

算した。植生は、横断面における抽水植物、沈水植物、垂下植物およびリターの幅(cm)をそれぞれ計測し、水面幅(cm)で除して被覆率(%)を計算した。河床材料は、水路底において石・礫(粒径2mm~)、砂(0.075~2mm)、泥(~0.075mm)および露出したコンクリートが占めるおよその割合(%)を目視により記録した。

環境指標には、次の15指標(1)~(15)を用いた。水深については区間の1)最小、2)最大、3)平均とした。流速については区間の4)最小、5)最大、6)平均とした。7)陸地の割合および8)抽水植物、9)沈水植物、10)垂下植物、11)リターの被覆率は5横断面の平均とした。河床材料の12)石・礫、13)砂、14)泥、15)コンクリートは5横断面の平均とした。

2.2.2 魚類採捕

魚類採捕には、渡部ら(2015)と同様に定置網(幅3m、目合い5mm)を用いた。定置網は各区間の両端を区切るよ

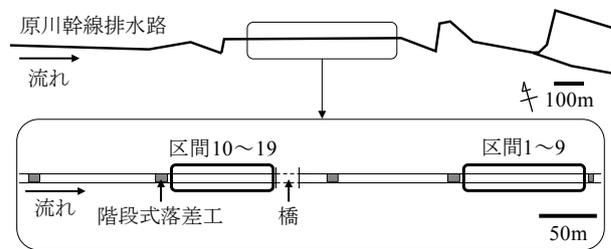


Fig. 1 調査地区の概要
Outline of study area

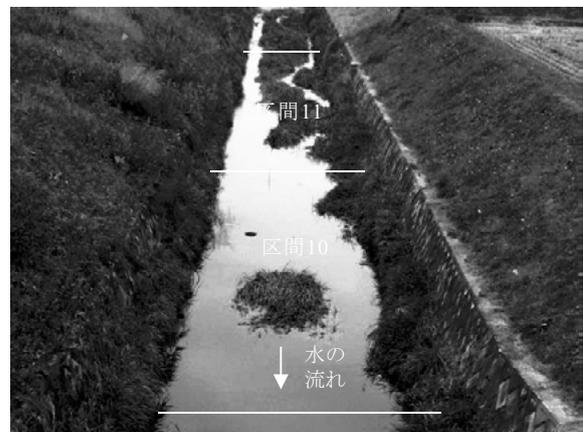


Fig. 2 調査水路の写真
Photograph of survey sites

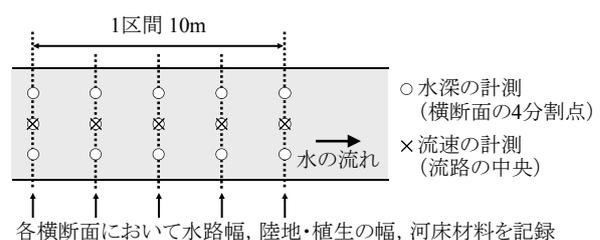


Fig. 3 環境計測の概要

Image of survey points for environmental indexes at each section

うに、定置網の入口を下流に向けて設置した。昼行性の種と夜行性の種がともに採捕されるよう、定置網は夕方に設置し、翌朝に回収した。採捕個体については、種と全長・標準体長を記録した後、その場に生かして放流した。種の同定は、中坊 (2013) に従った。ただし、ヨシノボリ類は種の同定を行わず、種数のカウント時には1種として扱った。

2.3 評価スコアの算定

本報では、渡部ら (2015) に準拠して、1点から5点の評価スコアを採用した。生息場の評価にあたっては単一ではなく複数の魚類指標に基づくことが重要なことから (森ら, 2011; 渡部ら, 2015), 評価スコアは種数と総個体数の両指標と正の相関をもった上で、水深や流速等の水理学的な環境指標で説明される式 (1) とした。

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_k x_k \quad (1)$$

ここで、 y は評価スコア、 a_0 は定数項、 $a_1 \sim a_k$ は各変数の係数、 $x_1 \sim x_k$ は環境指標である。式 (1) について、評価スコア y と種数 y_1 とのピアソン相関係数 r_1 および評価スコア y と総個体数 y_2 とのピアソン相関係数 r_2 がともに高くなるように、定数 a_0 と係数 $a_1 \sim a_k$ の値を決定した。この解析には遺伝的アルゴリズムを用い、ステップワイズ法による重回帰分析を参考に、Fig. 4 の流れで行った。

遺伝的アルゴリズムは、生物進化 (選択淘汰, 突然変異) の原理に着想を得たアルゴリズムとされ (北野, 1996), 最適化や規則学習等に用いられている。生態系配慮に関わる知見では、生息場適性指数や選好強度式のパラメータ推定に用いられている (平松ら, 2003; 阿部ら, 2005; 福田ら, 2011)。これらの文献をもとに、ここでは評価式の適合度が最大となる $a_0 \sim a_k$ の値の組み合わせを探索した。

適合度は、 $(r_1 + r_2) / 2$ と定義した。適合度は-1~1の値をとり、 $y_1 - y$, $y_2 - y$ 間の正の相関が強い、すなわち r_1 , r_2 が1に近いほど適合度は高い値を表す。突然変異については、旭 (2002) のアルゴリズムを参考に設定した。

計算の世代数 (反復回数) について、試行の解析では数百世代程度で値が収束したことから、1,000 世代に設定した。反復計算の後、適合度が最も高い係数の組み合わせを採用した。

さらに、得られた評価式に各区間の環境指標の値を代入した時の評価スコアが最小1~最大5になるように、定数項と各係数の値を調整した。

説明変数の選択について、ステップワイズ法により、以下のように変数を選択した (Fig. 4)。①定数項のみのヌルモデルの適合度を計算する、②環境指標を1つ変数に加えた評価式をそれぞれ作成し、各評価式の適合度を計算する、③最も適合度の高いモデルを選ぶ、④選んだモデルに残りの環境指標のうち1つを加えた評価式をそれぞれ作成し、各評価式の適合度を計算する、以下③④を繰り返した。変数を追加しても適合度が上がらない場合、もしくは追加できる変数がなくなった場合は計算終了とし、適合度が最も

高かった評価式をベストモデルとして採用した (Fig. 4)。

ただし、水深の最小と最大といった類似の変数が1つのモデルに同時に組み込まれないようにした。このため、変数の数が最多となるのは、水深、流速、陸地、植生および河床材料から各1つの指標が選択される場合で、計5変数であった。

解析では、ケース1として、以上の方法により種数と総個体数を指標とする評価式を作成した。また比較のためのケース2, 3として種数のみ、総個体数のみを指標とする場合についても解析した。なお、ケース2, 3では、適合度はそれぞれ r_1 , r_2 とした。以上の解析には、Microsoft Excel とマクロ機能を用いた。

3 結果と考察

3.1 水路環境の特徴

各区間の水理学的な環境指標の値を Table 1 に示す。水深については平均 24~37cm であり、10~40cm 程度の場所が多かった。区間 19 には約 60cm の深みがあった。流速は平均 20~82cm/s で区間による差が大きかった。陸地の割合、抽水植物・垂下植物の被覆率も区間によって差が大きく、それぞれ 0~27%, 0~31%, 10~53% であった。区間 7~9 および 15~18 では、陸地や抽水植物に伴って流路が狭まり、流速が大きい傾向があった。河床材料については、石・礫の割合が大きい区間が多かった。

3.2 魚類相の特徴

魚類採捕の結果、合計で 11 種 1,476 個体が採捕された (Table 2)。過去の調査結果 (西田ら, 2011; 渡部ら, 2015) と比べて、採捕魚種に大きな違いはみられなかった。

採捕魚類にはアブラハヤやモツゴ等の普通種をはじめとし、次の希少種も出現した。アカヒレタビラは環境省レッドリスト 2017 (環境省自然環境局, 2017) において絶滅危

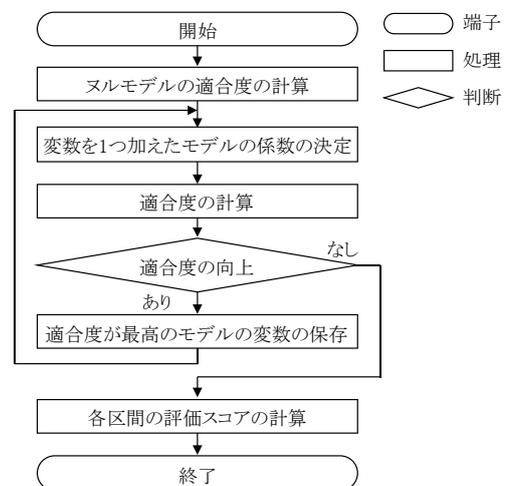


Fig. 4 データ解析のフロー
Flowchart of data analysis

Table 1 各区間について得られた水理学的な環境指標および魚類相の指標
Environment and fish indexes at each section

区間	水路幅 (cm)			水深 (cm)			流速 (cm/s)			陸地・植物被覆率 (%)				河床材料 (%)				魚類相の指標			
	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	陸地	沈水植物	抽水植物	垂下植物	リター	石・礫	砂	泥	コンクリート	種数	総個体数	シャノン多様度	シンブゾン多様度
1	400	16	40	30	7	34	45	39	4	5	1	0	33	0	70	30	0	7	163	2.5	0.80
2	400	30	43	37	4	36	42	38	2	5	2	0	24	0	42	16	42	8	136	2.6	0.81
3	400	28	40	35	4	28	42	34	5	11	2	2	29	0	48	14	38	7	70	2.4	0.77
4	400	19	40	29	6	21	31	26	4	8	2	0	21	0	74	26	0	8	176	2.4	0.77
5	400	19	38	27	5	27	46	39	6	1	2	0	53	0	72	16	12	7	67	2.1	0.71
6	400	18	30	25	3	40	66	50	10	11	0	0	35	0	58	10	32	6	33	2.0	0.70
7	400	13	32	24	4	48	96	74	17	23	0	0	41	0	44	12	44	3	5	1.4	0.56
8	400	20	27	25	2	77	89	82	5	27	1	9	25	0	58	6	36	7	36	2.2	0.72
9	400	20	38	28	4	24	96	63	27	17	2	11	24	0	42	12	36	6	65	1.4	0.50
10	400	23	45	33	6	24	50	35	10	0	2	0	17	0	62	22	16	4	64	1.2	0.43
11	480	17	34	28	4	11	41	24	11	22	0	0	21	0	79	21	0	7	127	2.3	0.77
12	400	22	34	27	3	11	32	20	7	0	0	8	17	0	74	10	16	8	146	2.4	0.78
13	400	21	41	29	5	26	51	34	8	5	0	14	28	0	64	0	36	6	58	1.7	0.61
14	400	13	31	25	4	39	56	50	6	15	0	26	24	0	46	0	54	8	62	2.1	0.68
15	400	13	32	25	5	35	87	57	17	21	0	31	10	0	60	0	40	6	28	1.9	0.64
16	400	21	30	25	3	56	87	69	11	24	0	11	24	0	48	0	52	7	60	1.8	0.59
17	400	23	37	29	4	52	74	67	8	21	0	21	12	0	42	0	58	5	39	2.2	0.77
18	400	26	40	33	4	25	72	56	19	12	0	20	19	0	36	8	56	8	92	1.6	0.48
19	400	16	61	34	13	5	72	34	26	13	0	5	18	0	60	0	40	5	49	2.0	0.71
最小	400	13	27	24	2	5	31	20	2	0	0	0	10	0	36	0	0	3	5	1.2	0.43
最大	480	30	61	37	13	77	96	82	27	27	2	31	53	0	79	30	58	8	176	2.6	0.81
平均	404	20	38	29	5	33	62	47	11	12	1	8	25	0	57	11	32	6	78	2.0	0.67
標準偏差	18	5	7	4	2	17	21	18	7	8	1	10	10	0	13	9	19	1	48	0.4	0.11

惧 IB 類 (IA 類ほどではないが, 近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの), ギバチは絶滅危惧 II 類 (絶滅の危険が増大している種), ドジョウは情報不足 (評価するだけの情報が不足している種) に指定されている。

個体数はアブラハヤが最も多く, 全採捕個体数の 31% を占めた (Table 2)。次いで, ギバチ, ドジョウ, モツゴ, アカヒレタビラの順に多く, これら上位 5 種で全採捕個体数の 93% を占めた。各区間の種数は 3~8 種, 個体数は 5~176 であった (Table 1)。また, 渡部ら (2015) や門脇ら (2017) と同様に, 参考として種構成の多様性を表すシャノンの多様度とシンプソンの多様度を計算すると, それぞれ 1.2~2.6, 0.43~0.81 であった (Table 1)。

3.3 評価式の作成

ケース 1~3 について出力された評価式の概要を Table 3 に示す。どのケースについても 5 つの説明変数を持つ評価式が最適となった。各係数の正負について, 例えば最小水深の係数が正, 最大流速の係数が負であることは, 種数や総個体数が水深の大きい区間で多く, 流速の大きい区間で少ないことを意味する。この傾向は概して既往知見 (佐藤・東, 2004; 門脇ら, 2017) と同様であり, これらの環境指標は当水路における魚類の生息との関わりが大きいと推察される。

ケース 1~3 について各区間の種数・総個体数と評価スコアの散布図を Fig. 5 に示す。いずれのケースでも種数・総個体数と評価スコアとの相関は強く (Pearson の相関係数 $r=0.60\sim0.86$, $p<0.01$), 水理学的な環境指標から計算した評価スコアから種数や総個体数を類推できることを示唆している。ケース 1 では種数・総個体数の両指標と相関が強くなるように評価スコアが計算されているため, ケース 1 の総個体数と評価スコアとの相関係数 r_2 は, 総個体数のみに注目したケース 3 に比べて低かった。しかし, 相関係数の差は 0.06 であり, 当てはまりの低下は実用上支障がない程度と考えられる。

Table 2 採捕魚種の一覧

Species name, numbers, and size of captured fish

種名	学名	個体数	全長*
アブラハヤ	<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>	463	91±17
ギバチ	<i>Pseudobagrus tokiensis</i>	363	103±30
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	218	127±17
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	218	61±10
アカヒレタビラ	<i>Acheilognathus tabira erythropterus</i>	106	56±7
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	52	55±8
シマドジョウ	<i>Cobitis biwae</i>	31	84±10
ヨシノボリ類	<i>Rhinogobius sp.</i>	19	60±14
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>	3	117±16
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>	2	105±7
カジカ	<i>Cottus pollux</i>	1	141±0

*平均±標準偏差 (mm)

3.4 ケース間の評価スコアの比較

ケース 1~3 の区間別の評価スコアを Fig. 6 に示す。各区間における評価スコアの傾向はケース間で概ね一致し, 例えば評価スコア 4 以上を「高い」, 2 以下を「低い」とすると, いずれのケースでも区間 4 および 11 で評価スコアが高く, 区間 7 および 9 で低い傾向は共通していた (Fig. 6 a-c)。しかし, 各区間におけるケース 2 とケース 3 の評価スコアの差の絶対値は平均 0.9 (最小 0.0~最大 1.6) であり (Fig. 6 d), 19 区間中 8 区間 (区間 1, 3, 8, 10, 13, 14, 16, 17) では両ケースの評価スコアが 1 点以上異なっていた。このことは, ケース 2 では種数が少なく個体数の多い区間を過小評価し, 種数が多く個体数の少ない区間を過大評価する (ケース 3 では逆になる) 可能性があることを意味する。森ら (2011) や渡部ら (2015) の指摘も踏まえると, ケース

Table 3 ケース 1~3 における評価式の係数と適合度
Parameters and conformance of developed formulas

ケース 1: 種数と総個体数

係数	最小水深	最大流速	陸地	抽水植物	砂	定数項	適合度
	0.064	-0.052	0.047	0.064	0.066	3.3	0.71

ケース 2: 種数のみ

係数	最小水深	最大流速	陸地	沈水植物	砂	定数項	適合度
	0.077	-0.070	0.086	0.12	-0.040	5.3	0.60

ケース 3: 総個体数のみ

係数	最小水深	最大流速	陸地	垂下植物	砂	定数項	適合度
	0.0088	-0.037	0.013	-0.037	0.071	4.8	0.86

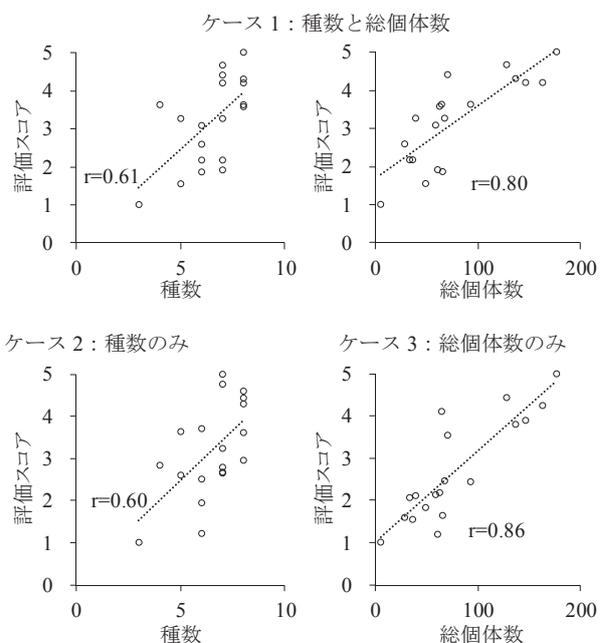


Fig. 5 ケース 1~3 における種数・総個体数と評価スコアの相関関係

Correlations between evaluation score and number of species and individuals

1のように複数の魚類指標に注目することの重要性を再確認する結果といえる。

ケース1において評価スコアが4以上と高かった区間1~4および11~12は、種数・総個体数が高いだけでなく、シャノンの多様度とシンプソンの多様度も高かった (Table 1)。両多様度は種数が多い場合に概して高い値をとりやすい傾向があるものの、本調査区において評価スコアの高い区間は魚類生息場として良好と考えられる。

他方、評価スコアが2以下の区間7, 9, 16および19は流速が大きく、最大流速は72~96cm/sであった。Table 3の評価式の係数から最大流速が評価スコアを下げる要因と推察される。仮に本調査区間の中で生息場の改善を行う場合には、これらの区間が候補として抽出され、流速の低減が目標になるだろう。このように、本評価手法は評価スコアの低い区間の抽出とともに、生息場の改善策の検討にも貢献すると期待される。

3.5 開発した解析手法

以上の検討をもとに、水理学的な環境指標・魚類指標の計算と解析後のグラフ表示を加えた一連の解析手順 (Fig. 7) を提案するとともに、データ入力と解析を容易に行えるように Microsoft Excel とマクロ機能で構成されるプログラ

ムを作成した。魚類指標は、種数と総個体数を用いること (ケース1) をデフォルトとした。ただし、土地改良事業に

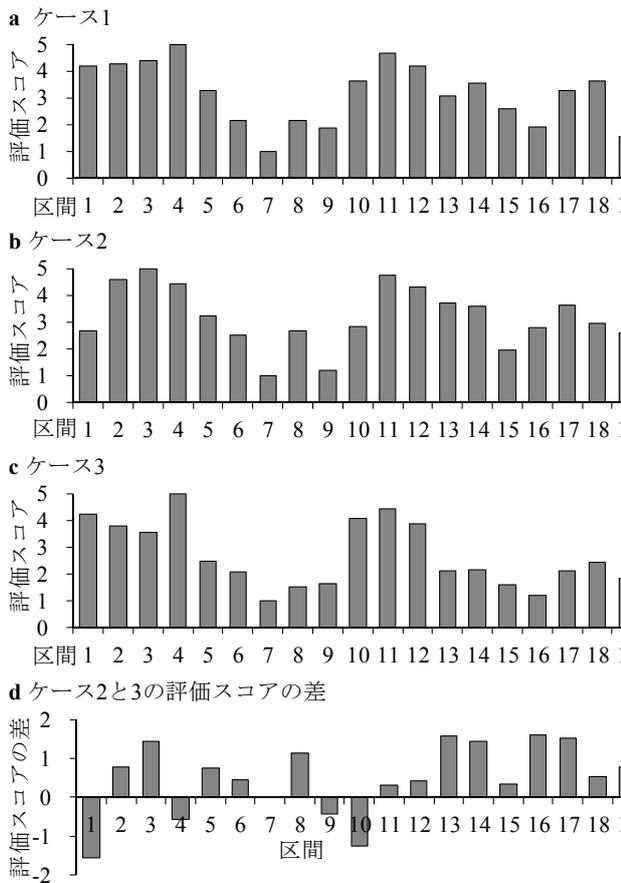


Fig. 6 ケース1~3における各区間の評価スコア

Evaluation score for each section (a: Case 1, b: Case 2, c: Case 3, d: difference between Cases 2 and 3)

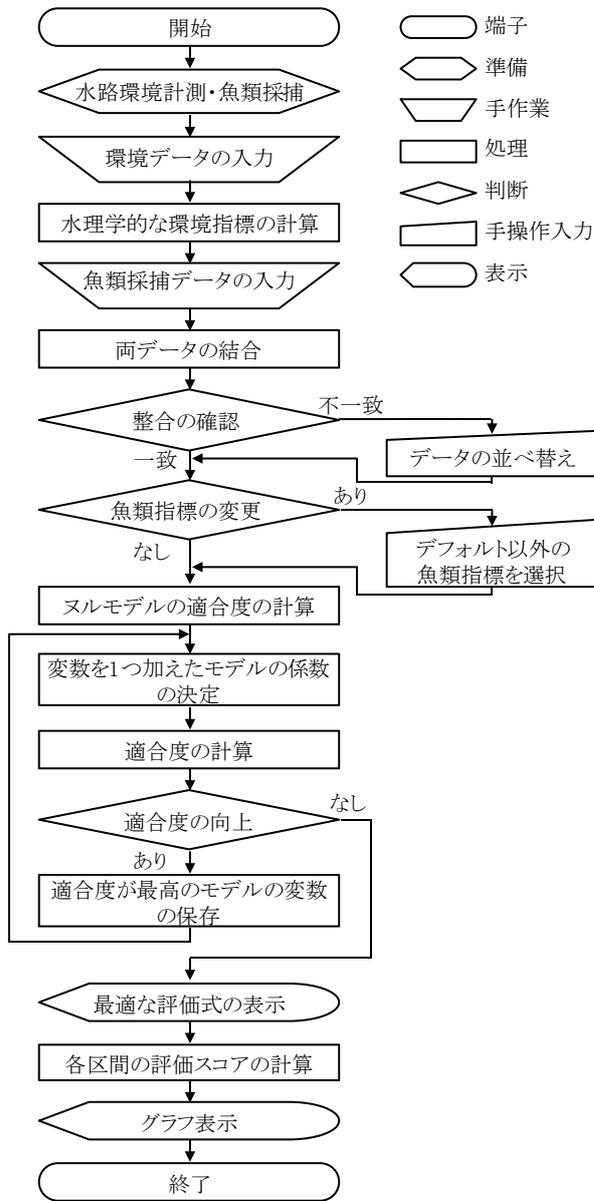


Fig. 7 評価式の作成プログラムの流れ
Flowchart of parameter fitting program

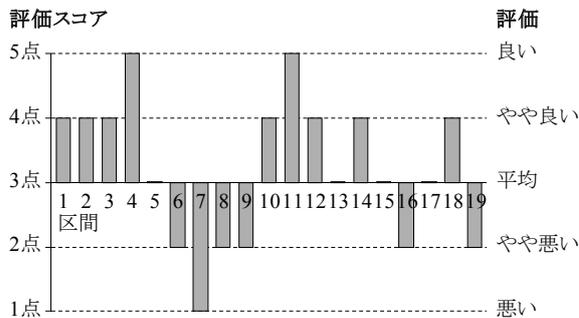


Fig. 8 作成プログラムによるグラフの出力例
Output example of calculated evaluation score

おける生態系配慮では希少性や地域の固有性などにに基づき注目すべき種が選定されることが多いため(農林水産省農村振興局, 2015), 特定種の個体数も選択肢に含められるようにした。解析はマクロ機能により自動的に行われ, デフォルトの設定で解析する場合には環境データと魚類採捕データの入力後は計算ボタンを押すだけで進められる。

解析結果の出力については, 複数の水路の生息場を相対的かつ直感的に評価できるように, 評価スコアの小数点以下を四捨五入して5段階評価(5点: 良い, 4点: やや良い, 3点: 平均, 2点: やや悪い, 1点: 悪い)とした(Fig. 8)。評価スコアの値が大きい方が魚類生息場として相対的に好ましいといえる。本調査区間においては, 5点2区間, 4点7区間, 3点4区間, 2点5区間, 1点1区間となり, 良い~やや良いと区分される区間が約半数を占めた(Fig. 8)。

4 結 言

本報告では, 農業水路における配慮施設の簡易なモニタリング・評価手法の構築に向けて, 岩手県奥州市の農業水路でのデータ解析をもとに, 水理学的な環境指標に基づく魚類生息場の評価スコアの作成方法を提案した。結果の概要を以下に示す。

- ・岩手県奥州市の水路 19 区間において, 水理学的な環境指標の計測と魚類採捕を 2017 年 7 月に実施した。採捕では計 11 種 1,476 個体が採捕された。希少種としてアカヒレタビラ, ギバチ, ドジョウが確認された。個体数はアブラハヤが最も多く, 全採捕個体数の 31% を占めた。
- ・調査結果をもとに, 水深・流速・陸地の割合・植物被覆率・河床材料を説明変数とし, 種数および総個体数と正の相関が高い評価スコアの計算式を作成した。種数と総個体数を同時に指標として採用するケース 1 と片方のみを採用するケース 2, 3 について評価スコアを比較した結果, ケース 2, 3 ではスコアが安定せずに過小または過大評価する区間があり, ケース 1 のように複数の魚類指標に注目することが重要と考えられた。
- ・ケース 1 で評価スコアの高かった区間では, 種数と総個体数だけでなくシャノンの多様度とシン普森の多様度も高く, 総じて魚類生息場として良好と考えられた。
- ・データ入力と解析を容易に行えるように, Microsoft Excel とマクロ機能で構成されるプログラムを作成した。

以上のように, 評価式を用いることで, 水路の水理学的な環境指標から魚類生息場を評価することができ, 環境配慮施設の省力的なモニタリング調査の実施に貢献する。

今後の課題として, 全国の農業水路に施工された環境配慮施設への適用に向けて, 今後モニタリング調査として環境計測と魚類採捕を行い, 今回作成した評価式で計算される評価スコアと魚類採捕結果の比較検討を行うことにより評価スコアの再現性を確認する必要がある。あわせて, 異なる調査時期における評価への適用性や, 解析における外

来種の取り扱いについて検討が必要である。事例地区を増やしながら, これらを行うとともに, 本評価手法の汎用化に向けたインターフェースの改良に取り組む予定である。なお, 農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」では, 本報告で開発した解析手法に, 調査に適した時期や簡便な環境計測法等の情報を加えて, 農業水路における魚類生息場の評価マニュアルをとりまとめることにしている。

謝辞: 本調査は, 農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の一部として実施した。評価方法の検討にあたり, 農村工学研究部門水工学研究領域水域環境ユニットの山岡 賢博士, 吉永育生博士, ならびに岡山大学の中田和義准教授, 宇都宮大学の守山拓弥准教授をはじめとする当プロジェクト担当者, 外部評価委員および農林水産省技術会議事務局の皆様にご助言をいただいた。現地調査にあたり, 農研機構本部企画調整部つくば技術支援センター観音台業務第 3 科の須佐和紀氏にご協力いただいた。データ解析にあたり, 当部門水工学研究領域水域環境ユニットの坂 悦子氏, 伊東沙織氏, インターンシップ生の神戸大学 3 年生の田路真也氏および三重大学 3 年生の中岡治太氏にご協力いただいた。報告の執筆にあたり, 当部門水工学研究領域の皆様にご助言をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

引用文献

- 阿部勝一郎・福田信二・平松和昭・森 牧人・四ヶ所四男美 (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
- 旭 貴朗 (2002): Excel による進化シミュレーション, (オンライン)
<http://www2.toyo.ac.jp/~asahi/education/soron/shiryo/programing/language/excel/genetic/> (確認日: 2017.10.6)
- 福田信二・増田慎也・平松和昭・原田昌佳 (2011): HSI モデルを用いたメダカの生息場選好性評価におけるデータ形式およびカテゴリー化手法の影響, 農業農村工学会論文集, 272, 55-63
- 平松和昭・福田信二・四ヶ所四男美 (2003): ファジィ推論によるメダカの環境応答モデルの開発, 農業土木学会論文集, 228, 65-72
- 門脇勇樹・久保田由香・佐貫方城・中田和義 (2017): 環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境: 活動期と越冬期の比較, 農業農村工学会論文集, 305, II_61-II_70
- 環境省自然環境局 (2017): 環境省レッドリスト 2017 の公表について, (オンライン), <http://www.env.go.jp/press/103881.html> (確認日: 2017.10.6)
- 北野宏明 (1996): 遺伝的アルゴリズム, テレビジョン学会誌, 50(5), 89-96
- 森 淳 (2004): 農地整備と生態系復元, 杉山恵一・中川昭一郎編, 農村自然環境の保全・復元, 朝倉書店, 165-173
- 森 淳・渡部恵司・竹村武士・小出水規行・朴 明洙 (2011): 環境配慮手法による農業排水路の底生動物相の違い, 農村工学研究所技報, 211, 97-107

- 中坊徹次編 (2013) : 日本産魚類検索 全種の同定 第3版, 東海大学出版会, 2428p.
- 西田一也・満尾世志人・皆川明子・角田裕志・西川弘美・大平 充・庄野洋平・千賀裕太郎 (2011) : 農業排水路の生態系配慮工法区間における魚類相と水路環境の推移, 農業農村工学会論文集, 272, 1-9
- 農林水産省農村振興局 (2009) : 田んぼの生きもの調査 2009 調査マニュアル, 25-27
- 農林水産省農村振興局 (2015) : 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, 152p
- 佐藤太郎 (2014) : アンケート調査による道府県営土地改良事業における生態系配慮の実態について, 環境情報科学論文集, 28, 131-136
- 佐藤太郎・東 淳樹 (2004) : 農業用小河川における生態系に配慮した排水路改修が魚類相と生息環境に及ぼす影響, 野生生物保護, 9(1), 63-76
- 竹村武士・小出水規行・水谷正一・森 淳・渡部恵司・西田一也 (2011) : 谷津田域の農業水路における魚類の出現傾向と指標性—千葉県下田川流域における群集データの解析—, 農業農村工学会論文集, 274, 43-53
- 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士 (2015) : 農業水路の生態系配慮施設における魚類相の多様性評価, 農村工学研究所技報, 217, 29-37
- 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士・嶺田拓也 (2017) : いさわ南部地区の農業水路における魚類の移動距離, 農業農村工学会大会講演要旨, 320-321

原稿受理 平成29年10月27日

Evaluation Method for Fish Habitats in Agricultural Drainage Canals

WATABE Keiji*, KOIZUMI Noriyuki*, MINETA Takuya*,
MORI Atsushi** and TAKEMURA Takeshi***

*Aquatic Environmental Engineering Unit, Division of Hydraulic Engineering

**School of Veterinary Medicine, Kitasato University

***Western Region Agricultural Research Center

Abstract

We developed an evaluation method by calculating evaluation scores to monitor fish habitats in environmental conservation sections installed in agricultural drainage canals. Environmental survey and fish sampling were conducted at 19 canal sections in the Isawa-nambu area, Iwate Prefecture, Japan, in July 2017. We developed formulas with water depth, velocity, land, plant cover, and bottom sediment as explanatory variables, to calculate the evaluation score for each section. We tested three objective variables: Case 1, the number of species and individuals; Case 2, the number of species; and Case 3, the number of individuals. Our results showed that the formula for Case 1 was the best because some sections were underrated or overrated for Cases 2 and 3. For Case 1, not only the number of species and individuals but also Shannon's and Simpson's diversity indices were higher for the sections with higher evaluation scores, indicating that these sections should be good habitats for fish. Based on these results, we developed a program to calculate evaluation scores for fish habitats.

Key words: *Agricultural water facility, Biodiversity, Environmental conservation, Monitoring*