

〔農工研技報 217〕
〔29 ~ 37, 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

渡部恵司* 森 淳* 小出水規行* 竹村武士**

*資源循環工学研究領域生態工学担当

**企画管理部業務推進室企画チーム

要 旨

農業水路における生態系配慮施設の評価手法の構築に向けて、魚類相の多様性の評価方法を提案し、配慮施設の評価を試みた。魚類のモニタリング調査として、いさわ南部地区の農業水路9調査定点において、定置網を用いた個体採捕を2013年10月～2014年7月に計3回実施した。評価指標は、候補とした12指標間の相関関係を考慮し、種数、総個体数、ギバチの個体数、森下の多様度指数およびPielouの均衡性指数の5指標を選定した。各評価指標の値をもとに「スコア」(0～1)および5指標の「合計スコア」(0～5)を算出した結果、配慮施設5定点で合計スコアは1.9～3.6と高く、魚類相も多様であった。一方、配慮施設2定点と3面張りコンクリート水路2定点は0.4～1.2と低かった。合計スコアの低い配慮施設2定点は、魚類相の多様性の向上をねらって維持管理等を行う場合に優先順位が高いと判断できた。

キーワード：農業水利施設、生物多様性、生態系配慮、淡水魚、多様度指数

I 緒 言

農業水利施設では、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。2012年に改正された土地改良長期計画では、「農業用排水施設等の整備に際して（中略）豊かな生態系とそのネットワークの保全・再生（中略）を推進する」ことが施策の1つとして掲げられた。また、多面的機能支払交付金においても、農業水路における生態系配慮対策は資源向上支払交付金の支援対象となっている。このため、農業農村整備事業で、あるいは活動組織の直接施工によって、今後も生態系配慮対策が進められることが見込まれる。

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（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、2006）。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、生物相を保全する機能（以下、「生物相保全機能」）が時間経過等に伴い低下する場合がある。このため、モニタリング調査の結果から、目標に対して効果が不十分な場合は、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る（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、2006）。

しかし実際は、モニタリング調査の継続には多大な費

用や労力を要する等の様々な課題が残され、わずか1回の調査で打ち切られる場合もある。さらに、配慮施設の評価に関する報告も堀野ら（2008）や森ら（2011）等の数例に限られている。今後、配慮施設において、①費用や労力をかけないモニタリング調査、②その調査結果に基づく配慮施設の生物相保全機能の評価、③生物相保全機能の低い施設の抽出、④必要に応じて改修、維持管理等の解決策の提示、といった一連の評価手続きが構築されれば、いっそう効果的な生態系配慮対策が実現可能となる。本報告では、このような目指すべき評価手続き①～④のうち、手続きの基幹となる②農業水路に施工された配慮施設の評価に注目した。農業水路では魚類を保全対象生物とした生態系配慮対策が行われることが多いため、本報告では魚類相の多様性に基づき生態系配慮施設の評価を行うことにした。

評価には、単一あるいは少数の指標による生態系評価は適切でないとの指摘から（森ら、2011）、複数の指標を用いることにした。生物相の多様性を数量化する方法としては、種数や総個体数、「ある属性をもった種」といった特定グループの個体数（中村、2007）、生物群集の種多様性を表す多様度指数を算出する方法等が知られている。多様度指数については既に多くの指数が提案され、中村（2007）は12種類の指数を紹介している。農業水路の魚類相に対してはShannon-Weaverの H' （Margalef, 1958）や森下（1967）の β が用いられることが多い（西田ら、2011；永山ら、2012）。ただし、多様

度指数間の違いや相関関係については十分に検討されていない(伊藤, 1990)。また, 種数が少ない場合に種数-個体数関係に基づく元村(1932)の多様度指数 $1/a$ やFisher(1943)の多様度指数 a が算出できない等の課題もある。このため, 指標間の関係を把握した上で, 農業水路の魚類相の評価に適した指標を選定する必要がある。さらに, 複数の評価指標を用いる上で, 配慮施設の総合的な評価のための方法構築が求められる。

本報告では, 魚類相の多様性の評価方法を提案し, 実際の評価を行った結果を示す。ここでは, 構造の異なる複数の配慮施設が設置されている岩手県奥州市の農業水路を調査対象とし, 魚類のモニタリング調査を行うことにより, 調査結果に基づく魚類相の多様性を表す評価指標を選定後, この指標による配慮施設の評価を試みた。

II 材料と方法

2.1 調査対象地および調査方法

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。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(以下, 「原川」)が改修され, 原川のバイパス水路として細入川が新設された。この際, 原川には複数の配慮施設が設けられた。

調査では, 原川および細入川に, 9点の調査定点(以下, 「定点」)を設け, 上流から順にSt.1~9とした(Figs.1, 2)。定点は, コントロールとして設定した従来工法の3面張りコンクリート区間(St.1, 9)と種々の配慮施設が設置された区間(St.2~8)に大別される。

配慮施設区間であるSt.2~8は次のような区間である。St.2は3面張りコンクリートで, 水路底にコンクリートブロックが千鳥状に配置され, 流速が多様な区間となっている。St.3は積ブロックを用いた2面張り護岸で, その上流・下流と比べ水路幅が広く, 土砂が堆積しやすい構造である。St.4は3面張りコンクリートで, 部分的に大型のフリュームを用いて, 水路幅および水深が大きくなる区間が設けられている。St.5は急流落差工と呼ばれ, 従来の落差工の代わりに勾配を1/20とした区間である(森, 2004)。護岸は空石積の部分と練石積で一部に魚巢ブロックが用いられた部分がある。St.6, 8は魚巢ブロックを用いた2面張り護岸である。St.7は幅広水路と呼ばれる区間で, 練石積護岸である。調査時における各定点の水深, 流速, 水路底等の水路環境の特徴をTable 1に整理した。

魚類のモニタリング調査として, 定置網(幅3m, 目合い5mm)を用いた魚類採捕を2013年10月9~11日, 2014年4月22~24日, 7月8~10日の計3回実施した。各定点においては, 定置網の入口を下流に向けて, 流れを遮るように設置した。昼行性の種と夜行性の種が

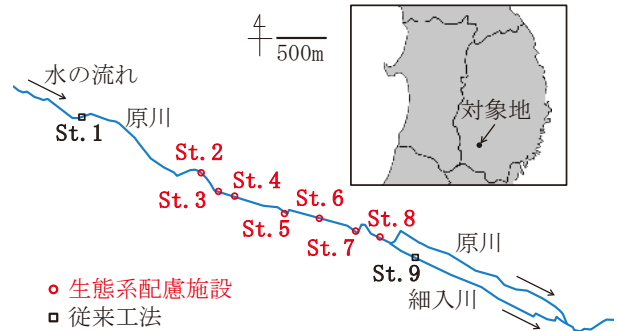


Fig.1 調査地区の概要
Outline of study canal



Fig.2 調査定点の写真
Photographs of survey stations

Table 1 調査定点の生息環境の概要
Environmental characteristics of survey stations

St.	水路幅* m	水深 cm	流速 cm/s	コンクリート	水路底・堆積			植生		その他
					泥	砂	石	抽 水	垂 下 水	
1	2	8	65	○						
2	2	17	38	○	○			○	**	○
3	4	0~30	26		○	○	○			○
4	3	8~62	14	○	○	○	○			
5	4	0~45	15		○	○	○	○		○
6	4	0~28	14		○	○	○	○	○	○
7	6 (3)	0~30	40		○	○	○	○		○
8	5	5~20	29		○	○	○	○		
9	2	11	29	○						

2013年11月に調査。

*括弧内は流路幅m。 **ブロック下にえぐれ。

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・亜種の同定を行わなかった。調査中、降雨等に伴う大きな流況変化はなかった。

2.2 評価手法の構築

2.2.1 候補とした指標

魚類相に関する基本的な指標として、種数および総個体数を採用した。また、農業農村整備事業における注目すべき種の選定の考え方(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, 2006)を参考にしながら、種別の個体数のうち、本水路において最も個体数が多かったこと、希少種であること(環境省, 2012)、肉食性であり(勝呂, 2008; 角田ら, 2011)、食物網の上位消費者にあたることから、本報告ではギバチの個体数にも注目し、指標として加えた。

特定グループの個体数としては、基本的な属性である遊泳魚と底生魚に注目し、それぞれの個体数を指標とした。

多様度指数について、本調査では各調査回の定点ごとの種数は0~9と多くはなかったことから、種数が少なくても算出可能な式(1)~(7)で定義される指数 $I_1 \sim I_7$ を指標として採用した。

(1) Shannon-Weaverの H' (Margalef, 1958)

$$I_1 = -\sum p_i \times \log_2 p_i \quad (p_i = n_i / N) \quad (1)$$

(2) 森下(1967)の β

$$I_2 = 1 / \sum \{n_i(n_i - 1) / N(N - 1)\} \quad (2)$$

(3) McIntosh(1967)の多様度指数

$$I_3 = (N - \sqrt{\sum (n_i)^2}) / (N - \sqrt{N}) \quad (3)$$

(4) McNaughton(1967)の優占度指数

$$I_4 = (n_1 + n_2) / N \quad (4)$$

(5) Pielou(1969)の均衡性指数 J'

$$I_5 = I_1 / \log_2 S \quad (5)$$

(6) Pielou(1969)の $H'N$

$$I_6 = I_1 \times N \quad (6)$$

(7) 森下(1967)の繁栄指数 $N\beta$

$$I_7 = I_2 \times N \quad (7)$$

ただし、 n_i は第*i*位の優占種の個体数、 N は総個体数($\sum n_i$)、 S は種数を表す。なお、各多様度指数の値が表す内容の違いから、 $I_1 \sim I_4$ は種数と均一性を表現する平均多様度、 I_5 は均一性のみを表現する相対多様度、 $I_6 \sim I_7$ は平均多様度と総個体数の積で計算される全多様度に分類される(中村, 2007)。

2.2.2 評価指標の選定

単一あるいは少数の指標による生態系評価は適切でな

いという指摘がある一方(森ら, 2011)、評価指標が多すぎると結果の解釈が難しくなる。そこで、類似の傾向を表す指標(例えば、種数が多いほど多様度指数 I_1 の値は高くなる等)については、相関分析を利用して、いずれかの指標を選択した。相関分析では、2.2.1項で挙げたすべての指標のペアについてSpearmanの順位相関係数を求めた。調査3回分の各ペアの相関係数について、係数の絶対値が0.7以上で、かつ符号が同じ指標のペアを抽出した。評価指標には、抽出されたペアのうち片方を採用した。

2.2.3 評価指標のスコアおよび合計スコアの算出

それぞれの評価指標は、調査回ごとに9定点での最小値が0、最大値が1となるように標準化し、その値を「スコア」(1点満点)とした。総個体数が0である等の理由で多様度指数が算出できない場合には、スコア0を与えた。また、総合的な評価のため、指標のスコアを合計し、その値を「合計スコア」(5点満点)とした。スコアおよび合計スコアの値に基づき、配慮施設の評価を行った。

III 結果と考察

3.1 地区全体の魚類相

3回の調査で、計11種1,127個体が採捕された(Table 2)。本調査とは異なる採捕方法(タモ網や投網等)を用いた過去の調査結果(西田ら, 2011)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。アカヒレタビラおよびタナゴは環境省第4次レッドリスト(環境省自然環境保全局, 2013)において絶滅危惧IB類(IA類ほどではないが、近い将来

Table 2 出現種の一覧
List of species and numbers of individuals

種名	学名	個体数	属性
ギバチ	<i>Pseudobagrus tokiensis</i>	419	底生魚
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	181	遊泳魚
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	176	底生魚
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	113	遊泳魚
アブラハヤ	<i>Phoxinus lagowskii steindachneri</i>	104	遊泳魚
タナゴ類*	<i>Acheilognathus</i> sp.	52	遊泳魚
ヨシノボリ類	<i>Rhinogobius</i> sp.	48	底生魚
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>	21	遊泳魚
シマドジョウ	<i>Cobitis biwae</i>	6	底生魚
ギンブナ	<i>Carassius</i> sp.	5	遊泳魚
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>	2	遊泳魚

*アカヒレタビラ*A. tabira erythropterus*およびタナゴ*A. melanogaster*。

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。また、タナゴは岩手県レッドデータブック(岩手県, 2014)でDランク(現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種)に指定されている。タナゴとアカヒレタビラは体長の小さい個体の種判別が困難であったため、以下の解析ではタナゴとアカヒレタビラはまとめて「タナゴ類」とした。なお、種数を集計する際、タナゴ類およびヨシノボリ類はそれぞれ1種として扱った。

個体数はギバチが最も多く、全採捕個体数の4割を占めた(Table 2)。次いで、タイリクバラタナゴ、ドジョウ、モツゴ、アブラハヤの順に多く、これら上位5種で

全採捕個体数の9割を占めた。

3.2 定点ごとの魚類相の特徴

3.2.1 種数と個体数

各指標の値は定点別・調査回別にTable 3にまとめて示した。種数は、調査各回で0~9で推移した。St.5~7は種数が多く、毎回4~9種が出現した。一方、St.1, 8, 9は種数が少なく、多い場合でも3種しか出現しなかった。

総個体数は、定点・調査回ごとのバラツキが大きかった。St.1では、2013年10月および2014年4月の総個体数がそれぞれ9および0であったが、2014年7月の総個体数は166(うち9割がドジョウ)であった。総じてSt.4~6では総個体数が多く、St.2, 8, 9では少なかった。魚種別にみると、ギバチはSt.1では全く採捕されず、St.9

Table 3 調査定点別の各指標の値
Values of indexes in each survey station

		種数	総個体数	ギバチ 個体数	遊泳魚 個体数	底生魚 個体数	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
St.1	2013年10月	3	9	0	0	9	1.5	3.6	0.6	0.8	1.0	14	32
	2014年4月	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
	2014年7月	2	166	0	0	166	0.4	1.1	0.1	1.0	0.4	58	190
St.2	2013年10月	4	21	18	2	19	0.8	1.4	0.2	0.9	0.4	17	29
	2014年4月	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
	2014年7月	4	23	16	6	17	1.2	1.9	0.3	0.9	0.6	28	45
St.3	2013年10月	1	10	10	0	10	0.0	1.0	0.0	-	-	0	10
	2014年4月	4	10	1	3	7	1.6	2.8	0.5	0.8	0.8	16	28
	2014年7月	8	49	7	40	9	2.5	5.0	0.6	0.5	0.8	123	246
St.4	2013年10月	5	60	36	23	37	1.5	2.4	0.4	0.8	0.7	91	142
	2014年4月	3	10	5	1	9	1.4	2.8	0.5	0.9	0.9	14	28
	2014年7月	3	54	39	15	39	1.0	1.7	0.3	1.0	0.6	51	93
St.5	2013年10月	7	278	135	140	138	1.6	2.6	0.4	0.9	0.6	439	722
	2014年4月	8	91	40	42	49	2.3	3.9	0.5	0.6	0.8	212	359
	2014年7月	4	19	12	5	14	1.5	2.3	0.4	0.8	0.7	28	45
St.6	2013年10月	7	85	34	46	39	2.3	4.2	0.6	0.6	0.8	195	353
	2014年4月	5	18	8	8	10	2.0	4.0	0.6	0.7	0.9	36	72
	2014年7月	9	105	16	82	23	2.7	6.0	0.6	0.4	0.9	283	630
St.7	2013年10月	6	41	26	13	28	1.7	2.4	0.4	0.8	0.7	70	97
	2014年4月	4	12	1	4	8	1.6	3.1	0.5	0.8	0.8	20	38
	2014年7月	9	47	0	45	2	2.5	5.0	0.6	0.6	0.8	119	233
St.8	2013年10月	2	6	5	1	5	0.7	1.5	0.3	1.0	0.7	4	9
	2014年4月	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
	2014年7月	2	10	9	1	9	0.5	1.3	0.1	1.0	0.5	5	13
St.9	2013年10月	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
	2014年4月	1	1	0	1	0	0.0	-	-	-	-	0	-
	2014年7月	2	2	1	0	2	1.0	-	1.0	1.0	1.0	2	-

I_1 : Shannon-Weaverの H' , I_2 : 森下(1967)の β , I_3 : McIntosh(1967)の多様度指数, I_4 : McNaughton(1967)の優占度指数, I_5 : Pielou(1969)の均衡性指数 J' , I_6 : Pielou(1969)の HN , I_7 : 森下(1967)の繁栄指数 $N\beta$ 。

でも2014年7月に1個体が採捕されたのみであった。

遊泳魚（タイリクバラタナゴ、モツゴ、アブラハヤ、タナゴ類、オイカワ、ギンブナ、ウグイ）の個体数は総じてSt.5, 6で多かった。特に、2013年10月のSt.5においては140個体の遊泳魚が採捕され、このうちタイリクバラタナゴが103個体を占めた。St.1, 2, 8, 9における遊泳魚の個体数は0~6で、ほとんど採捕されなかった。底生魚（ギバチ、ドジョウ、ヨシノボリ類、シマドジョウ）の個体数は、2013年10月のSt.5および2014年7月のSt.1で多く、前者はギバチ、後者はドジョウが多くを占めた。St.9は遊泳魚と同様に、底生魚の個体数も少なかった。

3.2.2 多様度指数

多様度指数 $I_1 \sim I_7$ の値はバラツキが大きかったが、 I_1 , I_2 , I_3 , I_5 はSt.5, 6, 7で、 I_4 はSt.4, 5で一貫して高かった。

St.5, 7は、西田ら（2011）の区間D, Bに概ね一致する。西田ら（2011）は、約10年前（2003~2007年）のSt.5, 7の I_2 をそれぞれ1.7~3.2, 1.6~4.6と報告している。調査の時期や方法は異なるものの、本報告におけるSt.5は2.3~3.9, St.7は2.4~5.0であり、 I_2 からみた多様度は10年前と同程度とみなされた。

3.3 相関分析に基づく評価指標の選定

相関分析の結果から、3回の調査とも相関係数の絶対値が0.7以上の高い相関を示し、かつ順位相関係数の符号が同じとなる指標のペアを抽出した（Table 4）。12ペアの指標間で正の相関が、2ペアの指標間で負の相関がみられた。 $I_1 \sim I_7$ 間の相関関係は各多様度指数の一般的な性質に基づくものであり、植物群落（伊藤, 1990）で報告されている傾向とも概ね合致した。

これらの相関関係を考慮して、定点の評価に用いる指標は、種数、総個体数、ギバチの個体数、平均多様度の I_2 および相対多様度の I_5 の5指標とした。他の指標について、遊泳魚の個体数は種数との相関、底生魚の個体数、 I_6 , I_7 は総個体数との相関、 I_1 は種数等との相関、 I_3 , I_4 は I_2 との相関が高いため（Table 4）、採用しなかった。

3.4 各指標のスコアによる評価

各定点における5指標のスコアをレーダーチャートに示した（Fig.3）。各スコアの値は、同じ定点でも調査回によって異なったが、その平均値はSt.5で総じて高かった。また、St.3, 6, 7の共通した傾向として、種数、 I_2 および I_5 のスコアの平均値が高かった。これに対して、St.1, 2, 8, 9は、どの指標のスコアの平均値も低かった。

コンクリート水路であるSt.1, 9でも調査回によっては高いスコアを示す指標があった。St.1では2014年7月の総個体数のスコアおよび2013年10月の I_5 のスコアが1.0であり、St.9では2014年7月の I_5 のスコアが1.0であったが、いずれの指標のスコアも他の調査回は低かつ

た。St.1で2014年7月の総個体数のスコアが高かったことは、ドジョウが155個体と多かったことに起因する。これらの標準体長は33~73mmで当歳個体であること、前2回およびその後（2014年10月、森・渡部、未発表）の調査ではSt.1でドジョウが0~3個体しか確認されなかったこと、ドジョウの当歳個体は中干前から落水の時期にかけて水田から水路に移動すること（皆川・千賀, 2007）から、これらのドジョウは水田から移出した直後の個体が一時的に多く採捕されたものであり、St.1がドジョウの生息に適したわけではないと推察される。このように、値が特異的か否かは1回の調査データだけでは判断できない。すなわち、評価には複数回の調査データが必要といえる。このため、今後も調査を継続しながら、調査適期や評価に妥当な調査回数について検討する予定である。

3.5 合計スコアによる評価

各定点の調査回ごとの合計スコアをFig.4に示す。複数の指標のスコアが高い場合には合計スコアが高かったが、前述の2014年7月のSt.1のように特定の指標のスコアのみが高い場合には、合計スコアはあまり高くなかった。また、合計スコアは同じ定点でも調査回によって異なったが、3調査回の平均値を算出することにより特異的な調査回の影響が軽減された。このように、合計スコアの平均値が高ければ、複数の調査時期で、かつ複数の評価指標から魚類相が多様だと判断できる。

合計スコアの平均値は、St.4~7で1.9~3.6と高く、相対的に魚類相が多様だと判断された。水路環境との関

Table 4 高い相関がみられた指標のペア
Pairs of indexes with high correlation

変数のペア	Spearmanの順位相関係数		
	2013年 10月	2014年 4月	2014年 7月
種数—遊泳魚の個体数	0.93**	0.99**	0.93**
種数— I_1	0.95**	1.00**	0.92**
種数— I_6	0.75*	0.99**	0.97**
総個体数—底生魚の個体数	0.74*	0.94**	1.00**
総個体数— I_6	0.81**	0.99**	0.93**
総個体数— I_7	0.73*	1.00**	0.93**
遊泳魚の個体数— I_1	0.87**	0.97**	0.73*
遊泳魚の個体数— I_6	0.77*	0.97**	0.96**
遊泳魚の個体数— I_7	0.73*	0.98**	0.86**
I_1 — I_2	1.00**	0.82	0.83*
I_1 — I_4	-0.96**	-1.00**	-0.77*
I_2 — I_3	0.97**	0.73	0.98**
I_2 — I_4	-0.97**	-0.82	-0.72
I_6 — I_7	1.00**	0.98**	0.95**

$I_1 \sim I_7$ はTable 3の脚注を参照。* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$ 。

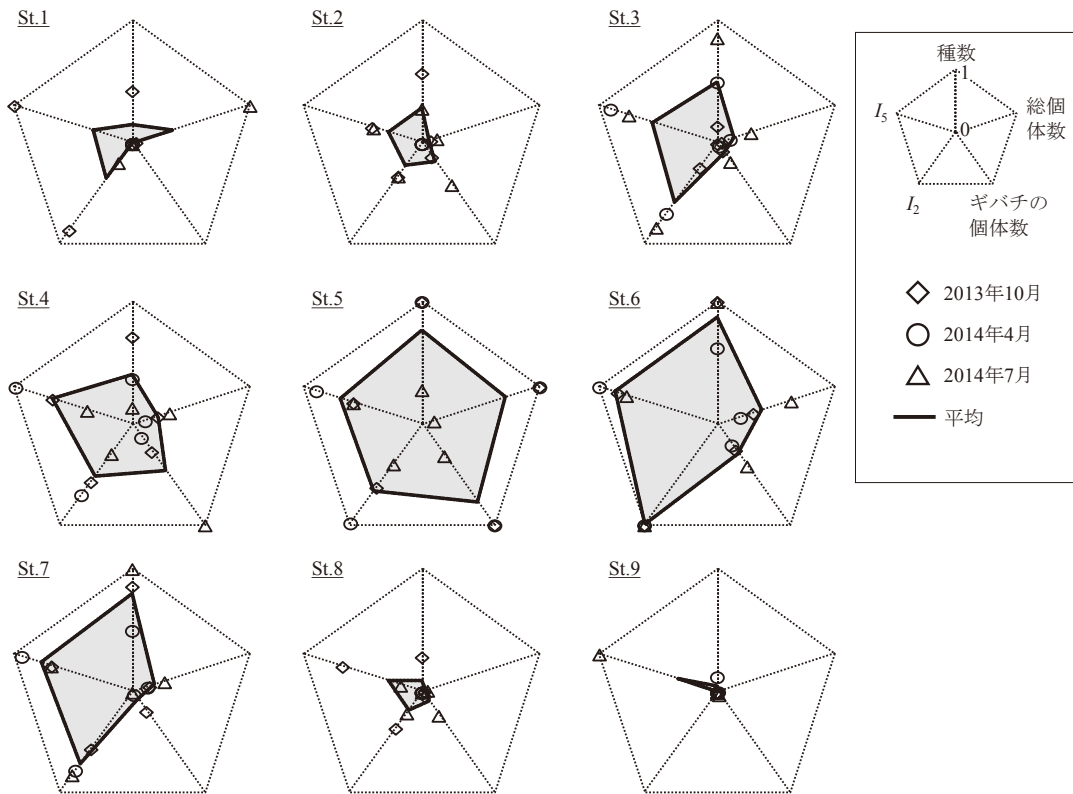


Fig.3 各調査定点における5指標のスコア
Scores of 5 diversity indexes in survey stations

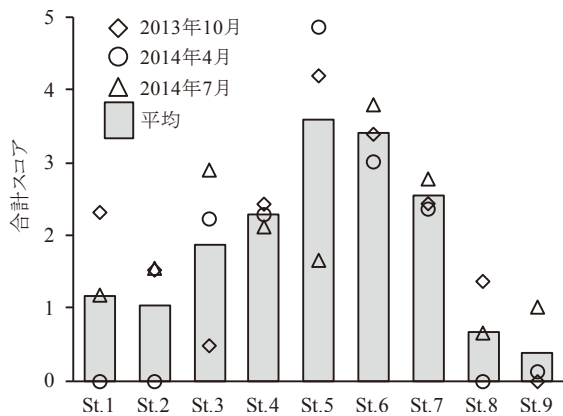


Fig.4 各調査定点における合計スコア
Total scores in survey stations

連についての詳細な検討は今後であるが、St.4～7は水深が多様であり (Table 1)、魚類の生息に好適な深みやカバーの存在 (西田ら, 2009) が、多様な魚類が生息する理由の一つと推察される。

3面張りコンクリート水路であるSt.1, 9は合計スコアの平均値が0.4～1.2と低く、魚類相の多様性が乏しかった。堀野ら (2008) および森ら (2011) は3面張りコンクリート水路では配慮施設と比べて魚類相や底生動物相の多様性が乏しいことを報告しており、本結果もこれに

追従するものと考えられる。

St.2, 8は配慮施設であるが、合計スコアは0.7～1.0と低かった。両定点は、St.4～7と比べると水深が単調で、植生等のカバーが少ないことが魚類相の多様性が乏しい一因と推察される。仮に調査地区において、魚類相の多様性の向上をねらって配慮施設の改修や維持管理を行う場合には、St.2, 8は優先順位が高いと判断される。ただし、St.8は、森ら (2011) における標準断面区間と一致し、この定点はSt.5 (急流落差工区間)、7 (幅広水路区間) と比べて底生動物相が豊かであることが報告されている。森ら (2011) は、この理由として、人頭大の石がトビケラ類やカゲロウ類の付着基質および餌場としての役割を果たしたこと、マイクロハビタットレベルで流速が緩和・多様化されたと考察している。このため、例えば水路内に石を残す等、底生動物相の生息に好適な環境を維持する工夫が必要だろう。

IV 結言

本報告では、農業水路における配慮施設の評価手法の構築に向けて、いさわ南部地区の農業水路の定点St.1～9において魚類のモニタリング調査を行い、魚類相の多様性を表す複数の指標間の関連を明らかにするとともに、5つの指標のスコアと合計スコアによる評価方法を提案し、配慮施設の評価を行った。結果の概要を以下に

示す。

- ・ 定置網を用いた3回（2013年10月，2014年4，7月）のモニタリング調査で計11種1,127個体が採捕された。希少種としてアカヒレタビラ，タナゴ，ギバチ，ドジョウが確認され，個体数はギバチが最も多く，全採捕個体数の4割を占めた。
 - ・ 定点ごとに，魚類相の多様性を表す指標として，種数，総個体数，種別の個体数，遊泳魚と底生魚の個体数，多様性指数 $I_1 \sim I_7$ を算出した。さらに指標間の相関関係を考慮して，定点の評価に用いる5指標（種数，総個体数，ギバチの個体数， I_2 ， I_5 ）を選定した。これらの指標のスコアおよび合計スコアに基づく配慮施設の評価方法を提案した。
 - ・ 5指標のスコアについて，St.5では総じてどの指標も平均値が高かった。またSt.3, 6, 7は種数， I_2 ， I_5 のスコアの平均値が高い傾向が共通した。一方，St.1, 2, 8, 9は，どの指標のスコアの平均値も低かった。
 - ・ 合計スコアの平均値は，配慮施設のうちSt.4～7で1.9～3.6と高く，3面張りコンクリート水路であるSt.1, 9で0.4～1.2と低かった。St.2, 8は配慮施設であるものの，合計スコアは0.7～1.0と低かった。仮に調査地区において魚類相の多様性の向上をねらって配慮施設の維持管理等を行う場合には，St.2, 8の優先順位が高いと推察された。
- 以上のように，魚類相の多様性を表す指標のスコアおよび合計スコアを算出することで，改修や維持管理等の優先順位の高い配慮施設を抽出することができ，地区の生物相保全機能の効率のかつ効果的な向上に貢献できる。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は，ギバチが生息しない地区において代替となる指標の選定方法について，また評価指標の重みづけを含めた合計スコアの算出方法について検討が必要である。本評価手法の汎用化に向けて，事例地区や調査地点数を増やししながら，これらの課題に取り組む予定である。

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」，JSPS 科研費25450367，25871098，26450348の一部として実施した。現地調査にあたり，北里大学獣医学部生物環境科学科4年生の梶 仁亮氏および村井洋介氏にご協力いただいた。データ整理にあたり，当所資源循環工学研究領域生態工学担当の山野井京子氏，後藤ポンティップ氏，鈴木愛子氏にご協力いただいた。報告の執筆にあたり，当所資源循環工学研究領域の諸氏に貴重な助言をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献

Fisher, R. A., Corbet, A. S. and Williams, C. B. (1943): The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population, *Journal*

of Animal Ecology, **12**(1), 42-58

- 堀野治彦・中桐貴生・荻野芳彦（2008）：環境配慮型用水路の魚類生態および通水機能への影響評価，*農業農村工学会論文集*，**254**，161-167
- 伊藤秀三（1990）：多様性指数間の相関関係—各種の指数値は何を表すか—，*日本生態学会誌*，**40**，187-196
- 岩手県（2014）：いわてレッドデータブック 岩手の希少な野生生物web版，<http://www2.pref.iwate.jp/~hp0316/rdb/index.html>（閲覧日：2014年10月1日）
- 環境省自然環境保全局（2013）：第4次レッドリストの公表について（汽水・淡水魚類），（オンライン），<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16264>（確認日：2014.10.3）
- Margalef D. R. (1958): Information theory in ecology, *General Systems*, **3**, 36-71
- McIntosh R. P. (1967): An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity, *Ecology*, **48**(3), 392-404
- McNaughton S. J. (1967): Relationships among functional properties of californian grassland, *Nature*, **216**, 168-169
- 皆川明子・千賀裕太郎（2007）：水田を繁殖場とする魚類の水田からの脱出に関する研究，*農業土木学会論文集*，**247**，83-91
- 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
- 森下正明（1967）：京都近郊における蝶の季節分布，森下正明・吉良竜夫編，*自然—生態学的研究*，中央公論社，東京，95-132
- 元村 勲（1932）：群聚の統計的取り扱いについて，*動物学雑誌*，**44**，379-383.
- 永山滋也・根岸淳二郎・久米 学・佐川志朗・塚原幸治・三輪芳明・萱場祐一（2012）：農業用の水路における季節と生活史段階に応じた魚類の生息場利用，*応用生態工学*，**15**(2)，147-160
- 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.
- 中村寛志（2007）：指標種による環境評価，新里達也・佐藤正孝編 *野生生物保全技術* 第2版，242-258
- 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
- 西田一也・大平 充・千賀裕太郎（2009）：農業水路における魚類の越冬環境に関する研究—東京都国立市を流れる府中用水を事例として—，*環境情報科学論文集*，**23**，197-202
- Pielou, E. C. (1969): An introduction to mathematical ecology, *Wiley Interscience*, John Wiley & Sons, 286p.
- 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（2006）：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, 95-104

勝呂尚之 (2008) : ギバチ, 水産総合研究センター編 野生水産生物多様性保全対策事業 平成15年度~平成19年度総括報告書, 水産総合研究センター, 25-44

角田裕志・土井真樹絵・大平 充・満尾世志人・千賀裕太郎 (2011) : 北上川支流の農業排水路におけるギバチ (*Pseudobagrus tokiensis*) 当歳魚の胃内容物, 農業農村工学会論文集, **276**, 465-468

受理年月日 : 平成26年10月27日

Evaluation of Fish Diversity at Eco-friendly Sections in Agricultural Drainage Canals

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

*Ecological Engineering, Renewable Resources Engineering Research Division

**Planning Team, Planning and Promotion Section, Department of Planning and General Administration

Abstract

Toward construction of evaluation methods for eco-friendly sections installed in agricultural drainage canals, we proposed 5 indexes to evaluate fish diversity, and applied these indexes to 9 sections in the canal in the Isawa-nambu Area, Iwate Prefecture, Japan. Three replications of fish surveys using fixed fishing nets were conducted at 7 eco-friendly and 2 concrete sections in the canal from October 2013 to July 2014. A total of 1,127 individuals of 11 fish species were captured during the surveys. Five evaluation indexes composed of the number of species, the total individuals, the number of *Pseudobagrus tokiensis*, Morishita's index β and Pielou's evenness index J' were selected from 12 candidate indexes in consideration of correlation between indexes. The "score" (0 to 1) of each index and the "total score" (0 to 5) of 5 indexes were calculated, showing that the total scores of 5 eco-friendly sections were 1.9 to 3.6, while those of 2 eco-friendly and 2 concrete sections were only 0.4 to 1.2. The eco-friendly sections with the low total scores should be preferentially remediated if maintenances are performed to improve their fish diversity.

Key words: Agricultural water facility, Biodiversity, Environmental conservation, Freshwater fish, Diversity index

