原著論文 ORIGINAL PAPER

佐渡島の河川のドジョウ密度を決定する要因とその保全策への応用

田中 亘^{1)*}・鹿野 雄一²⁾・山下 奉海¹⁾・斉藤 慶³⁾・河口 洋一⁴⁾・島谷 幸宏¹⁾

1) 九州大学大学院都市環境システム工学専攻 〒819-0395 福岡市西区元岡744

2) 九州大学大学院工学研究院環境都市部門 〒819-0395 福岡市西区元岡744

3) 新潟大学大学院自然科学研究科 〒950-2181 新潟市西区五十嵐二の町8050

4) 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 〒770-8506 徳島市南常三島町2-1

Wataru TANAKA^{1)*}, Yuichi KANO²⁾, Tomomi YAMASITA¹⁾, Kei SAITOU³⁾,
Yoichi KAWAGUCHI⁴⁾, Yukihiro SHIMATANI¹⁾: Determinants of the *Misgurnus*
anguillicaudatus population and its application to conservation planning in
Sado Island, Japan. *Ecol. Civil Eng.* 14(1), 1-9, 2011.

1) Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 774
Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

2) Department of Urban and Environmental Engineering, Faculty of Engineering,
Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

3) Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 8050 Igarashi
2-cho, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan

4) Ecosystem Design Institute of Technology and Science, University of Tokushima,
2-1 Minami-josanjima, Tokushima 770-8506, Japan

Abstract: This paper aims to propose concrete measures for the conservation of the mud loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) in Sado Island of Japan, associated with the reintroduction of Japanese crested ibis (*Nipponia nippon*) that has a predilection to feed on the loach. The field survey was conducted at 80 sites on 7 rivers in the island in August 2007 and March 2008, in which the loach density and the micro-scale environmental factors (water depth [WD], degree of aquatic vegetation [AV], degree of riparian forest [RF], current velocity [CV], mud river bed [MB], concreted river bed [CB], and river bed pebble size [PS]) of the habitats were surveyed. Additionally, the macro-scale factors (paddy fields area [PA] and reservoirs area [RA] within a specific buffer circle) were also obtained using GIS software. The analysis using GLM and AIC showed that the AV (positive), MV (positive), CB (negative) and RA (positive), and AV (positive), MV (positive) and PA (positive) effect the loach density in August and March, respectively, indicating that the loach preferred the less artificial habitat surrounded by the paddy fields. The potential maps of the loach density were drawn by adapting the models on the rivers in the island: The loach density was especially high in the Kuninaka Plain that situated at central region of the island in both August and March, indicating the region was priority area for the conservation of the loach. In conclusion, removal of concrete revetment in the habitats and improvement of creek networks between rivers and landscape elements (paddy field and reservoirs) in the Kuninaka Plain would be the effective conservation measurements for the loach.

2009年9月16日受付, 2011年1月31日受理

* e-mail: river29@civil.kyushu-u.ac.jp

Key words: conservation planning, GIS, AIC, model selection, *Misgurnus anguillicaudatus*

はじめに

現在、佐渡島ではトキ (*Nipponia nippon*) の再導入事業が行われおり、2008年に10羽のトキが放鳥された。トキの食性については、魚類、両生類、昆虫類などが重要なエサ資源であると報告されている(史・曹 2001; 近辻 2002; 丁 2007)。その中でも特にドジョウは放鳥後のトキが採餌する様子が確認されるなどしており(環境省 2009a)、放鳥後のトキの餌生物として重要な位置にあるものと推測される。佐渡島のドジョウの野外における生息量は今後のトキの放鳥の成否を大きく左右すると考えられ、その保全は緊急の課題である。

ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*) は、繁殖場所として水田などの一時的水域を、越冬場所として河川など恒久的水域を主に利用する典型的な水田生態系の生物である(田中 1999; Fujimoto et al. 2008)。ドジョウは季節により異なる水域を使い分けるため、その生息環境には水田水路などの一時的水域と河川・ため池などの恒久的水域の双方の環境が必要となるが、既往のドジョウの研究は水田水路のドジョウを対象としたものが多く(例えば、斉藤ほか 1988; Naruse & Oishi 1996)、河川のドジョウを対象としたものは少ない(久保田 1961)。ドジョウの生活史の中で重要な役割を果たす河川であるが、そこに生息するドジョウを保全するための十分な知見は存在しないのが現状である。

河川におけるドジョウの好適な生息場を管理・再生するためには、ドジョウの生息量と河川の局所的な環境要因(以下、局所要因)との関係性を明らかにする必要がある。また、河川や水田といった異なる水域を往復するドジョウの特性から、河川のドジョウ個体群は局所要因だけでなく、周囲の一時的・恒久的水域の質や量といった景観的な要因(以下、景観要因)の影響も受けていると考えられる。

以上のことから本研究では河川に生息するドジョウに着目し、(1)景観要因と局所要因の2つのスケールの要因とドジョウ生息量の関係から、ドジョウの生息量を決定する要因を明らかにすること、および、(2)得られた景観要因とドジョウ生息量の関係から佐渡島のドジョウの生息量を予測することで生息適地を抽出すること、を目的とした。またこれらの結果をもとに、今後の佐渡島におけるドジョウの保全計画に対して提言を行った。

材料と方法

調査河川

新潟県佐渡島の小佐渡東部(38°N, 138°30'E)に存在する7つの河川で、2007年の8月(53区間)と2008年の3月(27区間)に調査を実施した(Fig. 1)。調査区間は各区間の距離が十分離れるように設定した。小佐渡東部は環境省が2015年までにトキ60羽の定着を目指している地域である(環境省 2009b)。この地域は中央部を走る小佐渡丘陵を境に、南側では海岸の近くまで山肌が迫り平野が存在しない地形であるのに対し、北側では佐渡島最大の国仲平野が存在し、水田地帯が広がっている。このような地形を反映して、小佐渡丘陵の南側を流れる河川では北側を流れる河川に比べて平野部が少なく急峻であるという特徴を有している。周囲の土地利用は水田と森林が9割を占めており、市街地は下流の限られた範囲にしか存在しない。

捕獲調査

魚類の捕獲は、降水の影響を避け基底流量時に行った。河川の流路長50mをブロックネット(目合い5mm)で区切りエレクトリックショッカー(Smith-Root社製LR-24型)とタモ網(口径30cm, 目合い4mm)、サデ網(口径80cm, 目合い4mm)を使い、下流から上流へ1回採捕を行った。採捕した魚類は同定を行い、各個体の全長(1mm単位)と種毎の総湿重量(0.1g単位)を計測したのち放流した。50m区間は早瀬(rapid)、瀬(riffle)、淵(pool)など周囲の河床単位が一通り入るよう設定した。エレクトリックショッカー使用時の電圧は120-200Vで状況により使い分けた。

物理環境計測

50mの調査区間内で等間隔になるように、河川の横断方向に4本のトランセクトを設け、各トランセクト両岸で水中植生・河畔林を計測した。あわせて各トランセクトに沿って等間隔に8点の測定点を設置し各測定点で底質、水深、流速を計測した。

水中植生は各トランセクトの両岸で、水中に繁茂している植生をそれぞれ0(なし)、1(多少繁茂している)、2(かなり繁茂している)の三段階で便宜的に評価した。河畔林も各トランセクトの両岸で、水上にせり出した河畔林をそれぞれ0(なし)、1(多少繁茂している)、2(かなり繁茂している)の三段階で便宜的に評価した。

Fig. 1. Geographical location of Sado Island and map of the study sites in August 2007 (open circles) and March 2008 (solid triangles).

底質は、測定点直下の粒径を計測した。粒径の測れないものはコンクリート、泥のいずれかに分類した。水深は、スタッフを用いて1 cm単位で計測した。流速は、プロペラ式流速計（コスモ理研 CR-11 型）を用いて、6割水深の流速を3回計測しその平均値を求めた。

現場での物理環境計測に加えて、後日 GIS (ESRI 社製 ArcGIS ver. 9.2) により調査区間の周囲の水田面積、ため池面積の計測を行った。

ドジョウは水路網を介して周囲の水田・ため池を利用するが、一般に異なる集水域間の水路網はつながっておらず、ドジョウは水系をまたいで水田・ため池を利用することはないと考えられる。そこで本研究では、調査区間中心から Fig. 2 のような円形のバッファ (buffer) を発生させ (Miyashita et al. 2008)、その内部に含まれる水田、ため池の面積を測定した (1 m² 単位)。Fig. 2 のバッファは、調査区間中心から発生させた一定半径の円から、調査区間とは異なる集水域に存在する水田、ため池の面積を景観要因として評価しないよう範囲を制限したものである。また、ドジョウの生息量を最も効率よく説明するバッファサイズは不明であるため、バッファの半径は 200~1600 m までの 200 m 刻みのスケールで発生させた。

集水域は 5 m メッシュの標高データから作成した。標高データは国土地理院発行の数値地図 50 m メッシュ (標高) を用いた。佐渡島の河川情報、およびため池情報は、数値地図 2500 と数値地図 25000 から取得した。水田情報は環境省の第四回自然環境基礎調査データを使用した。

統計解析

調査区間の環境特性を表す変数として Table 1 に示す 9 つの変数を算出した。これらの変数とドジョウの生息量との関係性を明らかにするために、一般化線形モデル (以下 GLM) を解析に使用した。

解析に先立って、共線性の問題を避けるために、Table 1 の変数から相関行列 (ピアソンの積率相関係数) を作成し、各変数の相関を調べた。ただし、流速は好適な流速帯があると仮定し、二乗項を考慮した。この結果、3 月のデータでは流速と泥床割合が高い相関 ($r > |0.6|$) を示したため、ドジョウ個体数とより高い相関を示す泥床を代表変数として選択し流速は解析に使用しなかった。

GLM による解析では、目的変数は調査区間 50 m 当たりのドジョウ個体数を、説明変数は Table 1 の変数および流速の二乗項がとりうる全ての組み合わせを用いた。誤差分布は負の二項分布を指定した。こうして得られたモ

Fig. 2. Example buffer shapes which we estimated the areas of landscape elements (paddy, reservoir) within. In each study site (black dots), we defined the buffer as overlap area between watershed which study site belongs to and circle generated around study site with a given radius (200 m-1600 m at 200 m intervals) using GIS. In this figure, the radius of buffer is 600 m.

デルは AIC (Akaike 1973) を用いて比較し、AIC の優秀な (小さな値の) モデルについて景観要因・局所要因とドジョウ生息量の関係について検討を行った。GLM および AIC は R パッケージ (ver.2.7.0) を用いて計算した。

ポテンシャルマップ

ポテンシャルマップは、佐渡島の河川におけるドジョウの生息適地を明らかにすることを目的に作成した。解析により得られたベストモデル (AIC 最少) を佐渡全域の河川に外挿することで、ドジョウの生息適性をその予測生息量の多寡で評価した。具体的なポテンシャルマップの作成方法は以下のものである。(1) 佐渡を含む3次メッシュをさらに1/10 細分して佐渡全域の100 mメッシュを用意し、そのうち河川と重なるメッシュのみを抽出して100 mメッシュの河川データを作成した。(2) 各メッシュの中心点でバッファを発生させ、そこに含まれる景観要因 (水田面積、ため池面積) を測定した。バ

Table 1. Environmental variables of study site derived from GIS and field survey

Description		Units	Mean $\pm$ SD	
			August ($n=53$)	March ($n=27$)
<i>Landscape-scale variables</i>				
Paddy	Paddy fields area within buffer	km ²	0.010 $\pm$ 0.031 ^a $\sim$ 0.70 $\pm$ 0.77 ^b	0.012 $\pm$ 0.051 ^a $\sim$ 0.82 $\pm$ 0.78 ^b
Reservoir	Reservoirs area within buffer	ha	0.063 $\pm$ 0.039 ^a $\sim$ 1.23 $\pm$ 0.94 ^b	0.065 $\pm$ 0.037 ^a $\sim$ 1.35 $\pm$ 0.92 ^b
<i>Local-scale variables</i>				
Water depth	Mean water depth of measurement points	cm	21.2 $\pm$ 7.79	25.5 $\pm$ 8.61
Aquatic vegetation	Mean degree of aquatic vegetation in both ends of transects	0, 1, 2	0.41 $\pm$ 0.44	0.57 $\pm$ 0.38
Riparian forest	Mean degree of riparian forest in both ends of transects	0, 1, 2	0.45 $\pm$ 0.63	0.45 $\pm$ 0.60
Current velocity	Mean current velocity of study site	m/sec	0.28 $\pm$ 0.13	0.37 $\pm$ 0.14
Mud river bed	Proportion of mud river bed in measurement points	%	12.1 $\pm$ 10.9	4.46 $\pm$ 6.88
Concreted river bed	Proportion of concrete river bed in measurement points	%	4.63 $\pm$ 15.5	3.62 $\pm$ 9.47
Pebble size	Mean river bed pebble size of measurement points	cm	13.1 $\pm$ 5.04	10.5 $\pm$ 5.73

^a radius of buffer is 200 m

^b radius of buffer is 1600 m

ッファの半径はベストモデルの得られた 1400 m スケールで発生させた。(3) 測定した値をベストモデルに代入することで、各メッシュごとのドジョウの予測生息量を求めてポテンシャルマップを作成した。なお、GIS 情報が存在しない局所要因については、全調査区間の平均値をベストモデルに代入した。

結 果

捕獲調査および物理環境計測

8 月の調査により、合計で 1779 個体のドジョウが採捕された。53 の調査区間のうち 42 区間でドジョウが採捕され、調査を行った 7 つの河川すべてでドジョウの分布が確認された。全調査区間のドジョウの平均採捕個体数は河川 50 m 当たり 38.7 匹 (SD=74.9) であった。

3 月の調査により、合計で 722 個体のドジョウが採捕された。27 の調査区間のうち 23 区間でドジョウが採捕され、調査を行った 6 つの河川すべてでドジョウの分布が確認された。全調査区間のドジョウの平均採捕個体数は河川 50 m 当たり 26.7 匹 (SD=36.8) であった。

計測した物理環境から算出した変数の平均および標準偏差を Table 1 右側に示す。

GLM 解析

8 月と 3 月のバッファの半径毎のモデルの AIC の値を Fig. 3 に示す。8 月、3 月共にすべてのバッファサイズで最良モデルの AIC は null モデルの AIC を下回った。いずれの季節でもバッファサイズ 1400 m で AIC の値が最少となった。

8 月のバッファサイズ 1400 m のモデリングにおいて AIC が優れていたトップ 3 のモデルのパラメータと null model のパラメータを Table 2a に示す。8 月のベストモデルには、水中植生 (正の相関)、泥床 (正の相関)、コンクリート床 (負の相関)、ため池面積 (正の相関)、水田面積 (正の相関) が選択された。ベストモデルの R^2 値は 0.11 であった。水中植生、泥床、ため池面積は、8 月のトップ 3 のモデルすべてに選択され、いずれも有意 ($P < 0.05$) であった (Table 2a)。null モデルとベストモデルとの AIC の差は 45.2 であった。

3 月のバッファサイズ 1400 m のモデリングにおいて AIC が優れていたトップ 3 のモデルのパラメータと null model のパラメータを Table 2b に示す。ベストモデルには、河畔林 (負の相関)、泥床 (正の相関)、水田面積 (正の相関) が選択された。ベストモデルの R^2 値は 0.33 であった。水田面積は、3 月のトップ 3 のモデルにいずれ

Fig. 3. The AIC values of the regression models explaining mud loach density in each radius of buffer. Solid circles indicate AIC for the best model and open circles indicate AIC for the null model. (a) August (b) March

れも選択され、有意であった (Table 2b)。null モデルとベストモデルとの AIC の差は 13.8 であった。

ポテンシャルマップ

8 月と 3 月のポテンシャルマップを Fig. 4a と Fig. 4b にそれぞれ示す。推定されたドジョウ生息量は 8 月には河川 50 m 当たり 3.1–185.0 匹、3 月には河川 50 m 当たり 1.4–107.1 匹であった。

考 察

ドジョウの生息量を決定する要因

(1) 景観要因

8 月、3 月共にバッファサイズ 1400 m でベストモデルが得られ、両季節で 1400 m スケールの景観要因がドジョウの生息量を最も良く説明すると推定された (Fig. 3)。3 月は越冬明けのドジョウが水中に出現し始める時期であり (久保田 1961)、8 月よりもドジョウの移動活性が小さいと考えられる。しかし、本研究では両季節で最適

Table 2. Coefficients of selected variables for the top three models in 1400-m radius buffer (the best spatial extent)

	AIC	Δ AIC	Coefficients (SE)										
			Intercept	Water depth	Aquatic vegetation	Riparian forest	Current velocity	Current velocity ²	Mud river bed	Concreted river bed	Pebble size	Reservoir	Paddy
(a) <i>August</i>													
1	513.0	0.00	0.07 (0.34)		1.78 (0.43) ***				0.05 (0.02) **	-0.06 (0.03) -	1.03 (0.33) **	0.51 (0.27) -	
2	513.1	0.14	0.56 (0.30)		1.90 (0.39) ***				0.04 (0.02) *	-0.04 (0.02) -	1.26 (0.30) ***		
3	513.5	0.57	-0.17 (0.50)		1.74 (0.40) ***		2.22 (1.43)		0.05 (0.02) **	-0.05 (0.02) -	1.24 (0.30) ***		
Null model	558.2	45.20	3.32 (0.22)										
(b) <i>March</i>													
1	171.4	0.00	0.26 (0.45)			-0.44 (0.20) *		-	0.09 (0.04) **			1.44 (0.28) ***	
2	171.8	0.38	-0.61 (0.53)		0.71 (0.31) *		-	-				1.54 (0.30) ***	
3	171.9	0.49	-0.75 (0.53)		0.64 (0.32) *		-	-	0.06 (0.03) -			1.48 (0.30) ***	
Null model	185.2	13.80	2.53 (0.30)										

*** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; - $P < 0.1$

なバッファサイズが一致し、ドジョウの移動力の変化がモデルに反映されなかった。このような結果が得られた原因として、河川での本種の生息量に対して、景観要因が月単位よりも長い時間スケールのプロセスで影響している可能性が考えられる。1年のサイクルの中で水田は遡上期に産卵および稚魚の成育の場として利用されるだけでなく、水田の落水時には河川にドジョウの成魚および稚魚を供給する役割を果たすと考えられる。この水田から河川へ供給されるドジョウの量は、ドジョウが遡上期に利用する水田の面積に大きく左右されるものと推測される。そのため、河川のドジョウ個体群に対して、3月に利用する水田面積そのものよりも遡上期に利用する水田面積の履歴が支配的であったために、ドジョウの移動能力の変化がバッファサイズに反映されなかったのかもしれない。

景観要因が河川のドジョウの生息量に及ぼす影響については、8月にため池面積が強い正の影響を与えると推定され、3月に水田面積が強い正の影響を与えると推定された (Table 2b)。水田面積は8月のベストモデルにも選択されており (Table 2a)、ドジョウにとっての水田の重要性を強調する結果となった。3月より8月において水田の影響が小さく推定されたのは、河川から水田へのドジョウの遡上による負の効果分によると考えられる。河川や水田周辺のドジョウがため池をどのように利用するかは明らかではないが、ため池の大多数を占める農業用貯水池は水田とのアクセスが良く、越冬のための良好な恒久的水域として機能していると思われる。本研究では、河川のドジョウ生息量に対してため池が8月に強い正の相関を示した一方で、3月においてはため池の影響は認められなかったことから、水田のドジョウが河川よりため池を身近な越冬環境として選択的に利用している可能性が考えられ、今後その機能を明らかにする必要がある。

ドジョウが生活史を全うして再生産を行うためには、水田などの一時的水域と、河川・ため池などの恒久的水域がセットになった環境が重要である (田中 1999)。本研究により、恒久的水域である河川のドジョウの生息量に対して、景観スケールで恒久的水域「ため池面積」と一時的水域「水田面積」の効果を統計的に抽出できた意義は大きい。

(2) 局所要因

局所スケールの要因では、8月の河川のドジョウの生息量に対して、水中植生、泥床割合が河川のドジョウの生息量に影響していると推測された。またコンクリート

Fig. 4. The potential population maps predicted by the best models. (a): August (b): March

床割合もこれらの要因に准じて強い影響を与えると考えられた (Table 2a). 一方, 3月の河川のドジョウの生息量に対しては水中植生, 河畔林, 泥床割合といった要因が河川のドジョウの生息量に影響していることが伺える (Table 2b). 水中植生と泥床は8月と3月の両季節においてドジョウの生息量に正の影響を与えると推定され, 河川のドジョウが局所スケールでこれらの環境に強い選好性を持つことが示唆された. 水中植生は流速を緩めることで河川の中で貴重な止水的環境を提供し, また水中植生の根元に泥が堆積することで河川内でのドジョウの好適な環境を創出する役割を持つと考えられる. 水中植生がドジョウの生息量に正の影響を及ぼすという報告は例がなく, ドジョウの保全を目的とした河川管理を行う上で重要な知見である. コンクリート床は河道内の物理環境を単調にすることで, 魚類の生息を著しく制限すると報告されており (豊島ほか 1996; 松井・佐藤 2004), ドジョウも同様の影響を受けていると推測される. 河畔林が魚類に及ぼす影響については, 倒木や根系によるカバーの創出 (Beschta & Platts 1986; Bisson et al. 1987), リターや陸性無脊椎動物の供給 (Nakano et al. 1999; Muto et al. 2009) などがある. これらの影響のうち, カバーやリターの供給はドジョウにとって好影響, 水温の低下は悪影響を及ぼすと考えられるが, 低水温の3月においては日光遮断による水温低下の悪影響が卓越したのかもしれない.

ポテンシャルマップと保全計画への提言

ポテンシャルマップ (Fig. 4) より, 8月・3月共に水

田・ため池が多い平野部, 特に佐渡中央部の国仲平野を流れる国府川水系で多くのドジョウが生息していると推測され, 同地域がドジョウの保全対象地域としてふさわしいことが明らかになった. 本研究では, 現地調査から得られた小スケールの局所要因と GIS 情報から取得した大スケールの景観要因を両方解析に使用することで, これらの要因の固定効果を求めた. ポテンシャルマップ上では局所要因は平均値化され, 景観要因の変動のみがドジョウの生息量の推定値に反映される. そのため, 地図上のポテンシャルの濃淡は周辺の景観要因から決定されるドジョウの生息適地を表しているといえる. 一般に, 土地利用などの景観要因の整備は困難でありかつ高額な費用が必要であるのに比べて, 植生・底質などの局所要因の整備は容易で必要となる費用も低額である. 整備の難しい景観要因を所与の条件と考えて, 景観要因のポテンシャルが高い地域で局所要因を改善することが効率的な環境整備につながる.

ドジョウと景観要因の関係から, 河川の景観スケールでの管理手法として, 周囲の水田・ため池を増加させることの有効性が明らかになった. 鈴木ほか (2001) は引っ掛かりの無い 8 cm の段差によってドジョウの上流への遡上が阻害されると報告しており, 佐渡島の水田・ため池の中にも, 河川の周囲に存在していたとしてもドジョウの遡上が不可能なために景観要因として実質的に機能していないものが存在していると思われる. 前述のように一般には困難な土地利用の改変であるが, 河川とため池・水田とのネットワークを改善し落差を解消するこ

とで景観要因として機能する水田やため池を増加させることは可能である。

河川の局所スケールでの管理手法としては、水中植生を増加させコンクリート床を撤去するといった対応策が有効であることが示された。具体的には、コンクリート護岸を土羽護岸に変え水際の植生を再生したり、コンクリート床は床止めに変わるといった対応策が考えられる。泥床を増加させることについては、ヨシノボリ類やアユなど河床の礫に強い選好性を示す他の魚種に悪影響を及ぼす危険性があるため、一概に増やす方向に整備すべきではないかもしれない。国府川水系の中で保全対象地域を数地点に絞ったのち、その中で元から泥床傾向が強い河床を持つ場所を保全対象とする等の工夫が必要であると考えられる。

ドジョウに限らず日本の淡水魚には水田を利用する種が多く存在している（片野ほか 1988；斉藤ほか 1988；中村・田尾 2002）。佐渡島の魚類ではドジョウ以外にもフナやタモロコといった魚種が水田を利用する。こうした水田周辺に生息する魚類は、近年の圃場整備等の水田水路の環境の変化により減少していることが報告されている（片野・森 2005）。水田を利用する種はドジョウと類似した生育環境や環境条件を必要とするものが多く、ドジョウをその指標種として保全することは、こうした種群の保全からも意義は大きい（Noss 1990；鷺谷・矢原 1996）。本研究から得られた知見により、佐渡島の魚類生態系が健全化し、ひいては、トキがかつて生息していた里山生態系再生の一助となるものと期待される。

謝 辞

本研究を進めるにあたって九州大学大学院工学府の佐藤辰郎氏、辻本陽琢氏には調査で多大な助力を頂いた。また、東京大学大学院農学生命科学研究科（現東京環境工科専門学校）の吉尾政信氏および九州大学大学院工学府の鷺見浩太氏には GIS を用いた解析にあたって格別のご配慮を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。なお、本研究は、環境省の地球環境研究総合推進費（F-072）、および科研費（若手研究 B19710027）の助成を受けたものである。

摘 要

本研究は、ドジョウの保全を目的に、河川のドジョウ生息量に対する景観スケール・局所スケールの環境要因

の影響を、GLM により明らかにした。また、得られたモデルよりドジョウの潜在的な生息量を地図上に予測し、ポテンシャルマップを作成した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 8月の河川のドジョウの生息量に対して、水中植生、泥床、コンクリート床、周囲のため池面積が強い影響を及ぼすこと、3月の河川のドジョウの生息量に対して、周囲の水田面積が強い影響を及ぼすことが示された。
- 2) 佐渡島中央部に位置する国仲平野の河川で高いドジョウ生息量があると推測され、同地域がドジョウの保全対象地域としてふさわしいことが明らかになった。
- 3) この結果から、佐渡島のドジョウの保全には、国仲平野において、河川とため池・水田とのネットワークの改善、水際の植生の再生、コンクリート床の撤去が有効な対策であると考えられた。

引用文献

- Akaike H. (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: International symposium on information theory, 2nd edn (eds. B. N. Petran, F. Csari), pp. 267-281. Akademiai Kiado, Budapest Hungary.
- Beschta R. L. & Platts W. S. (1986) Morphological features of small streams: significance and function. *Water Resources Bulletin* **22**: 369-379.
- Bisson P. A., Sullivan K. & Nielsen J. L. (1987) Channel hydraulics, habitat use, and body form of juvenile coho salmon, steelhead, and cutthroat trout in streams. *Transactions of the American Fisheries Society* **117**: 262-273.
- 近辻宏樹 (2002) トキ永遠なる飛翔. Newton Press, 東京.
- Fujimoto Y., Ouchi Y., Hakuba T., Chiba H. & Iwata M. (2008) Influence of modern irrigation, drainage system and water management on spawning migration of mud loach, *Misgurnus anguillicaudatus* C. *Environmental Biology of Fishes* **81**: 185-194.
- 片野修・森誠一 (2005) 希少淡水魚の分布と生態。「希少淡水魚の現在と未来—積極的保全のシナリオ—」(片野修・森誠一 [監・編]) pp. 1-11. 信山社, 東京.
- 片野修・斉藤憲治・小泉顕雄 (1988) ナマズ *Silurus asotus* のばらまき型産卵行動. *魚類学雑誌* **35**: 203-211.
- 環境省 (2009a) 第八回トキ野生復帰専門家会合資料. 2009年9月11日確認. <http://www.env.go.jp/nature/toki/em/08mat-2.pdf>.
- 環境省 (2009b) 第九回トキ野生復帰専門家会合資料. 2009年9月11日確認. <http://www.env.go.jp/nature/toki/em/09mat-6.pdf>.
- 久保田善二郎 (1961) ドジョウの生態に関する研究—I. 生態的分布. 水産講習所研究業績第333号.
- 松井明・佐藤政好 (2004) 茨城県下館市の水田圃場整備によって造成された排水路系における水生生物の分布. 保全生態学研究 **9**: 153-163.
- Miyasita T., Suzuki M., Ando D., Fujita G., Ochiai K. & Asada M. (2008) Forest edge creates small-scale variation in repro-

- ductive rate of sika deer. *Population Ecology* **50**: 111-120.
- Muto E. U., Kreutzweiser D. P. & Sibley P. K. (2009) The influence of riparian vegetation on leaf litter inputs to Boreal Shield streams: implications for partial-harvest logging in riparian reserves. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere* **39**: 917-927.
- 中村智幸・田尾紀夫 (2002) 栃木県那珂川水系の農業水路における遡上魚類の季節変化. *魚類学雑誌* **50**: 25-33.
- Nakano S., Miyasaka H. & Kurahara N. (1999) Terrestrial-aquatic linkages: riparian arthropod inputs alter trophic cascades in a stream food web. *Ecology* **80**: 2435-2441.
- Naruse M. & Oishi T. (1996) Annual and daily activity rhythms of loaches in an irrigation creek and ditches around paddy fields. *Environmental Biology of Fishes* **47**: 93-99.
- Noss R. F. (1990) Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* **4**: 355-364.
- 齊藤憲治・片野修・小泉顕雄 (1988) 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵. *日本生態学会誌* **38**: 35-47.
- 史東・曹永 (2001) 中国朱鷺. 中国林業出版社, 北京.
- 鈴木正貴・水谷正一・後藤章 (2001) 水田水域における淡水魚の双方向移動を保障する小規模魚道の試作と実験. *応用生態工学* **4**: 163-177.
- 田中道明 (1999) 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. *魚類学会誌* **46**: 75-81.
- 丁長青 (2007) トキの研究 (蘇雲山・市田則孝 [訳]・山岸哲 [監]). 新樹社, 東京.
- 豊島照雄・中野繁・井上幹生・小野有五・倉茂好匡 (1996) コンクリート化された河川流路における生息場所の再造成に対する魚類個体群の反応. *日本生態学会誌* **46**: 9-20.
- 鷺谷いづみ・矢原徹一 (1996) 保全生態学入門—遺伝子から景観まで. 文一総合出版, 東京.