

西表島の水田用水系に出現する魚類の生息環境

井口恵一朗¹・淀 太我²・片野 修¹

¹〒386-0031 長野県上田市小牧 1088 中央水産研究所

²〒386-0031 長野県上田市小牧 1088 中央水産研究所(日本学術振興会)

(2002年12月30日受付；2003年4月20日改訂；2003年4月30日受理)

キーワード：希少魚，南西諸島，ロジスティック回帰モデル，水田用水系，タナゴモドキ

Kei'ichiro Iguchi*, Taiga Yodo and Osamu Katano. 2003. Habitat conditions for freshwater fishes found in a paddy water system on Iriomote Island. Japan. J. Ichthyol., 50(2): 115–121.

Abstract The freshwater fish fauna on the southern islands of Japan is largely composed of peripheral and diadromous fishes, with few genuinely freshwater species. Although paddy water systems are known to provide important habitats for the latter in Japan, the utilization patterns by such on the southern islands are poorly understood. A paddy water system on Iriomote Island, where traditional style rice farming is maintained, was investigated so as to evaluate its function as a habitat for insular freshwater fishes. A total of 24 species were found, including 6 brackish, 3 peripheral, 12 amphidromous, 2 catadromous species, plus *Gambusia affinis*, the only genuine, and freshwater fish, which had been introduced. Of the 12 amphidromous species, five belonged to Eleotridae, including the endangered species *Hypseleotris cyprinoids*, the remainder being gobies. Based on binary data (presence/absence of dominant fishes), logistic regression analyses were conducted to construct predictable models. Dominant fish occurrence was explained by significant environmental conditions, that were expressed as principal components. Openness, species' richness, impoundment, stony substrate, deep water column and brackish water were all factors primarily preferred by particular fish groups, the paddy water system on Iriomote Island supplying several types of habitat available for insular diadromous fishes. In particular, the lack of hazards along the migratory course was a significant habitat factor for fishes with less upstream-migratory ability, such as eleotrids.

*Corresponding author: National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Komaki 1088, Ueda, Nagano 386-0031, Japan (e-mail: keyichi@fra.affrc.go.jp)

河川の氾濫原に形成される一時的水域は、さまざまな生物に生息場所を提供してきたが、近年はそのような水域が著しく減少している。モンステン地帯における氾濫原は、しばしば稻作圃場に開墾されてきた。そこに新たに展開される水田およびその周辺の水域は、多種多様な生物にとって、河川の一時的水域の代替生息場所として機能することが報告されている(斎藤ほか, 1988; Saitoh, 1990; 片野, 1998; 田中, 1999)。それゆえ、人の手が加えられた「二次的自然」であって

も、水田用水系の生物多様性は高水準で維持されていることが多い(Fernando, 1977; Halwart, 1995)。河川周辺で利用可能な自然の一時的水域の消失は、魚類に限らず、水田用水系に依存して生活する生物を数多く生み出している(斎藤, 1997; Fujioka and Lane, 1997; 工・江崎, 1998; 沖津・勝呂, 2001; 西城, 2001)。その結果、水田用水系の生物相は時としてユニークなものとなり、アユモドキ *Leptobotia curta* やイタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* などの希少魚を含む貴重な群集を維持

することができる（片野，1997；田中，1997）。

水田用水系を生息場所として利用する主な魚類は、コイ科を中心とした純淡水魚である。岡山県の吉井川からは10科36種（または亜種）におよぶ淡水魚が確認されたが、本川に繋がる農業用水路の魚類相でも31種が確認され、さらにそのうちの80%以上がコイ科魚類によって占められていた（Hosoya, 1982）。中国浙江省安吉の水田用水系からは26種の魚類が出現したが、コイ科魚類の割合は65%を上回っていた（Iguchi et al., 1999）。日本列島では、低緯度地方（とりわけ島嶼域）へ南下するに従い、淡水魚に占める通し回遊魚の割合が高くなる傾向がある（淀ほか, 2002；米沢・四宮, 2002）。また同時に、発達した河口域を介して、海産魚に由来する周縁性淡水魚が高頻度で出現する傾向もみとめられる（水野, 1987）。南西諸島から報告されている純淡水魚は、ギンブナ *Carassius auratus langsdorffii*, ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*, ヒレナマズ *Clarias fuscus*, メダカ *Oryzias latipes*, カダヤシ *Gambusia affinis*, タイワンキンギョ *Macropodus opercularis*, コウタイ *Channa asiatica*, タウナギ *Monopterus albus*, キバラヨシノボリ *Rhinogobius* sp. YB, アオバラヨシノボリ *Rhinogobius* sp. BBなど少数の種に限定され、しかもその多くが自然分布域を越えて移殖され、やがて定着していった経緯をもっている（川那部・水野, 1989）。

コイ科魚類に乏しい南西諸島における稲作地帯では、通し回遊魚を中心とした魚類群集が形成され、特異的な生息場所利用が展開されていると予想される。そこで私たちは、稲作の行われている西表島において、魚類の生息場所として水田用水系が果たす役割を明らかにする目的で、魚類相と場の環境条件について調査を実施した。微細生息場所の環境条件を総合的に評価し、主要魚種の出現を予測する環境条件の検索を試みたので、ここに報告する。

調査場所と方法

調査 2002年11月8・9日に沖縄県竹富町の西表島の一水系において、魚類の採捕ならびに環境条件の測定を行った。調査対象とした水域から、わが国においては希少性の高い魚種の生息が確認されたため、保全上の理由から、所在の詳細は記さないことにとする。全長2.5 kmの細流を幹とする水系（枝流を含む）において、水源付近を起点として、おおよそ100 mの間隔で、合計25の調査地

点（St. 1-25）を設けた。最上流側のSt. 1は、水源直下の湛水域に位置する。河畔林に覆われた本川上流部は、直線的に流れる。St. 4を過ぎるあたりから、右岸側に開けた耕作地に沿って、流路は弧を描くようになる。St. 16を過ぎると圃場は途絶え、両岸にはマンゴロープ林が姿を現し始める。最下流側に設けたSt. 9の下流には、河口までさらに700 mの感潮域が続く。St. 4からSt. 16までの水域は、灌漑用水としての機能も併せもち、河道の掘削など人の手が加えられているところがある。また、St. 14からは圃場内を屈曲して流れる小溝が分岐し、St. 16の直下で再び本川と合流する。この小溝に沿って、St. 20からSt. 25まで6つの調査地点を設置した。調査当時は稻の栽培が行われておらず、圃場内に水の引き込みはなかった。一筆毎の形状や大きさは一定しておらず、人工構造物を多用した圃場整備は行われていない。素堀の用水路は魚の往来を妨げない構造で圃場に接続し、いわゆる「伝統的農法」（日鷹, 1998；中村, 1999；安室, 2000）に則った米作りが実践されている模様であった。

魚類の採捕には目合い2.5 mmの手網を用いた。3名が各自5分間の採集を行い、1地点当たりの採集時間が延べ15分間となるように取り決めた。ただし、手網による漁獲効率は水際や水底の状況の影響を受けるため、採集地点間で、漁獲効力量が一定していたとは言えない。また、比較的水深のあったSt. 1ならびにSt. 13においては、手網による漁獲効率の悪さを補う目的で、手網採集に先立つて1名による5分間の釣獲を実施した。種の同定ならびに体長・体重の計測は可能な限りその場で行い、検分終了後の再放流を心がけた。ただし、現場において正確な同定が難しいと判断された魚種については、1個体をホルマリン固定標本とし、後日の精査に供した。持ち帰った標本の中には、いわゆるレッドデータブックに記載されている希少魚は含まれていなかった（環境省, 1999；水産庁, 1998）。なお、分類は中坊（2000）に従った。

各地点の環境条件として、流幅(cm), 水深(cm), 流速(cm/s), 塩分濃度(‰), 底質タイプ, 空隙率(%)ならびに植物体被覆率(%)を測定した。水深は、水路横断線上の最深部で測定した。流速は水深中間点で測定し、プロペラ式流速計（Model 3631, YOKOGAWA, 東京）を使用した。なお、本流速計による測定限界を下回る測点に対しては、解析の便宜上、0.01 cm/sを与えた。塩分濃度の測定には手持屈折計（IS/Mill-E, iuchi, 大

阪)を使用した。なお、本塩分濃度計による測定限界を下回る測点に対しては、便宜上、0.1‰を与えた。底質タイプは底質粒度に基づき、順序尺度変数で表した。泥(粒径0.6 mm以下)、砂(1 mm以下)、細礫(4 mm以下)、礫(256 mm以下)、巨礫(256 mm以上)を基準に、優占する底質に応じて1から5のスコアを与えた。魚眼レンズで写された半球面に占める非被覆部分の割合を空隙率(insolation)と定義し、日射の透過量の目安とした。空隙率は、流幅中央水面直上から上空部分を撮影したデジタル画像をもとにして、コンピューターソフトを使って算出した。植物体あるいは植物の遺骸が水底上を覆う面積の割合を植物体被覆率とし、流幅中間点に設置した25 cm方形枠上のマトリックスを用いて推定した。

解析 各地点における魚種の多様性の測度として、種多様度を採用した(MacArthur, 1955)。種多様度(H')は、

$$H' = - \sum (n_i/N \cdot \log_2 n_i/N)$$

と定義され、 n_i は種*i*の個体数であり、 N は総個体数を示す。

微細生息場所の特性を総合的に評価するためには、各環境条件を独立して扱うことはせずに、主成分への再配分を行った。説明変数には、流幅、水深、流速、塩分濃度、底質タイプ、空隙率、植物体被覆率に生物的環境の測度として魚類の種多様度を加えた。なお、比率値となる空隙率ならびに植物体被覆率については、角変換($\theta = 2 \sin^{-1} P^{1/2}$)を施した後に、分析に供した。なお、適用した主成分分析は、相関行列に基づいた。

採集地点毎に漁獲努力量を一定させることができれば困難であったため、漁獲尾数を目的変数として用いることは適当ではないと判断された。そこで、主要な魚種の出現・非出現に基づいて、ロジスティック回帰分析を用いて、出現予測モデルの構築を試みた(佐藤ほか, 2002; Morita and Yamamoto, 2002)。目的変数は、各地点における特定魚種の出現・非出現の2値(1あるいは0)で与えられる。説明変数には主成分スコアを用い、変数減少法によるステップワイズ法($P_{in} \leq 0.05$, $P_{out} > 0.10$)を用いて変数の絞り込みを行った。ロジスティック回帰式は、

$$P = e^{a+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_nx_n}/(1+e^{a+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_nx_n})$$

の形式で表され、 P は出現確率、 a は定数、 b_n は係数である。

結果

各地点からは1–7種、総合すると24種の魚類が得られた(Table 1)。シラス期のウナギは同定が困難であり、ウナギ*Anguilla japonica*あるいはオオウナギ*A. marmorata*である可能性が残されたため、ウナギ属sp(p.)として一括して扱った。カワアナゴ属魚類にはチチブモドキ*Eleotris acanthopoma*,

Table 1. List of fishes collected from sampling stations along the paddy water system on Iriomote Island

Taxon	Station (total number)
Anguillidae	
<i>Anguilla marmorata</i>	St. 5 (1)
<i>A. sp. (p.)</i> * ¹	St. 12, 14 (2)
Poeciliidae	
<i>Gambusia affinis</i>	St. 7–12, 20 (36)
Syngnathidae	
<i>Hippichthys spicifer</i>	St. 18 (1)
Kuhliidae	
<i>Kuhlia marginata</i>	St. 13 (2)
<i>K. rupestris</i>	St. 1, 13 (7)
Lutjanidae	
<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	St. 7, 13 (2)
Gerreidae	
<i>Gerres erythrourus</i>	St. 18 (1)
Eleotridae	
<i>Eleotris spp.</i> * ²	St. 1, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 16–18, 23–25 (28)
<i>Ophieleotris sp.</i>	St. 1, 2 (2)
<i>Hypseleotris cyprinoides</i>	St. 9, 11, 20–22 (9)
Gobiidae	
<i>Redigobius bikolanus</i>	St. 2, 4–8, 11–17, 25 (37)
<i>Mugilogobius chulae</i>	St. 21, 23, 24 (9)
<i>Pseudogobius javanicus</i>	St. 16, 18, 19, 25 (5)
<i>Oligolepis acutipennis</i>	St. 19 (2)
<i>Pandaka lidwilli</i>	St. 17–19 (33)
<i>P. trimaculata</i>	St. 13–16, 24, 25 (45)
<i>Yongeichthys criniger</i>	St. 18, 19 (3)
<i>Stenogobius sp.</i>	St. 7 (1)
<i>Stiphodon pernopterygionus</i>	St. 3 (1)
<i>Periophthalmus argenteolineatus</i>	St. 17–19, 23 (4)
<i>Taenioides limicola</i>	St. 16 (1)

*¹ Including *A. japonica* and *A. marmorata*.

*² Including *E. acanthopoma*, *E. fusca* and *E. melanostoma*.

テンジクカワアナゴ *E. fusca* ならびにオカメハゼ *E. melanosoma* が含まれていたが、現場における確実な分離が難しかったので、一括してカワアナゴ属 spp. として扱った。このグループに属する採集個体の最小標準体長は、14.5 mm であった。出現種数ならびに各種に含まれる個体数から算出される地点毎の種多様度は、平均すると 1.13 となり、0.00 から 2.65 の間を変異した (Table 2)。

環境条件に関する統計量については、Table 2 に記した。感潮域内に設定した St. 17–19 では、時間帯に応じて流速ならびに塩分濃度が変化することが予想されたが、採集時の測定値で代表させた。また、農閑期の事情で用水路への積極的な通水が

行われていなかったため、St. 20–25 では実質的な水の流れが観測されなかった。これら環境条件に種多様度を加えて主成分分析を行った結果、全分散の 97% を説明する 6 つの主成分 (PC1–6) が得られた (Table 3)。因子負荷量から各主成分には、感潮域の規模 (PC1)、瀬の発達程度 (PC2)、水深 (PC3)、共存魚種の多少 (PC4)、上空の開閉度 (PC5) および抽水植物の多少 (PC6) というラベルが付与された。

5 地点以上から出現した 6 つの種群について、上記の PC1–6 を用いてロジスティック回帰分析を行った (Table 4)。いずれも 1 個ないし 2 個の主成分によって、有効な出現予測モデルが構築された。カダヤシは PC5 によって、カワアナゴ属魚類は PC4 によって、タナゴモドキ *Hypseleotris cyprinoides* は PC2 によって、ヒナハゼ *Redigobius bikolanus* は PC2 ならびに PC6 によって、ミツボシゴマハゼ *Pandaka trimaculata* にゴマハゼ *P. lidwilli* を加えたゴマハゼ類は PC1 ならびに PC3 によって、ミナミトビハゼ *Periophthalmus argentilineatus* は PC1 によって、出現の有無が説明された。

考 察

今回の調査では、合計 24 種の魚類を確認することができた。予備調査の段階で存在が確認されたミナミクロダイ *Acanthopagrus sivicolus*、オキナワフグ *Chelonodon patoca* およびイセゴイ *Megalops cyprinoides* を加えると 27 種にのぼる。この数字は決して小さいものではない。例えば、片野ほか (2001) が千曲川流域の水田地帯で確認した魚類は、11 種類に過ぎない。採集された魚類のうちで、

Table 2. Environmental data measured at stations 1–25 along the paddy water system on Iriomote Island

	Mean	SD	Max	Min
Width (cm)	246.7	135.2	650	100
Depth (cm)	30.5	18.8	75	9
Flow velocity (cm/s)	11.29	15.79	51.82	0.01
Salinity (‰)	0.81	1.41	6	0.01
Substrate type* ¹	2	1.2	5	1
Insolation* ²	1.14	0.28	1.60	0.70
Plant debris* ²	0.88	0.79	2.50	0.06
Fish diversity	1.13	0.73	2.65	0.00

*¹ Variables scored as 1 to 5 according to the dominant substratum (see text).

*² Variables adjusted by angular-transformation.

Table 3. Eigenvalues of principal components 1–6 of environmental conditions among 25 stations after VARIMAX rotation, with predictor loadings

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Eigenvalue	1.875	1.757	1.082	1.065	1.048	0.934
Percentage of variance	23.44	21.96	13.53	13.31	13.11	11.67
(Cumulative percentage)	(23.44)	(45.40)	(58.93)	(72.24)	(85.34)	(97.01)
Width	0.865	-0.259	0.052	0.218	0.151	-0.203
Depth	0.177	-0.271	0.940	0.038	-0.025	0.062
Flow velocity	-0.181	0.841	-0.377	-0.180	-0.171	-0.111
Salinity	0.956	-0.075	0.181	0.061	-0.065	-0.027
Substrate type	-0.222	0.838	-0.117	0.089	-0.001	-0.412
Insolation	0.034	-0.088	-0.014	-0.002	0.992	0.052
Plant debris	-0.260	-0.437	0.077	-0.127	0.085	0.833
Fish diversity	0.172	-0.035	0.042	0.978	-0.003	-0.091

カワヨウジ *Hippichthys spicifer*, セッパリサギ *Gerres erythrourus*, ゴマハゼ, ツムギハゼ *Yongeichthys criniger*, ミナミトビハゼ, ヒゲワラスボ *Taenioides limicola* は、その出現が感潮域に限定される汽水魚である。その他の18種がいわゆる淡水魚に該当するが、純淡水魚はカダヤシのみで、しかも移殖に起源する外来魚である（立原ほか、2002）。ユゴイ *Kuhlia marginata*, オオクチユゴイ *K. rupestris* およびゴマフエダイ *Lutjanus argentimaculatus* は周縁性淡水魚に、またウナギならびにオオウナギは降下回遊魚に区分される。残りは全て両側回遊魚からなり、カワアナゴ科5種ならびにハゼ科7種から構成されていた。両側回遊魚に占めるカワアナゴ科魚類の割合が高いことが、調査水域の特徴として注目される。なお、採集されたカワアナゴ科魚類の中には、わが国では希少性の高いタナゴモドキが含まれていた（鈴木、1991, 1998）。

環境条件に関わる素データに基づいて実施した事前の分析では、有効なロジスティックモデルは構築されなかった。魚類の出現・非出現に応じて二分された変量では重複の範囲が大きく、説明変数としての要件を満たしていなかった。ところが、主成分分析を用いて各微細生息場所の環境条件を総合的に評価することにより、ロジスティック回帰分析への適用が可能となった。魚類の出現・非出現に応じて区分けされた主成分スコアは適当に分離しており、このことが魚類の出現の予測に役立ったと考えられる。

モデルに採用された変数に関する因子負荷量か

ら、各魚種の場所選択にとって中心的な役割を果たす環境条件を推定することができる。カダヤシは、水上部分が開けた水域に出現する傾向を示した。蚊の幼虫（ボウフラ）を好んで食べる摂餌様式と関連しているのかも知れない。カワアナゴ属魚類は、魚類の種多様度が高い水域に出現する傾向を示したが、魚食を含む高次捕食者であることに関連するのかも知れない。タナゴモドキは、水が淀み底質には泥が優占する水域に出現する傾向を示した。水田の乏しい奄美大島に生息するタナゴモドキは、河川淡水域最下流部の流れの緩やかな場所に出現するという（米沢、私信）。水田用水系と河川とでは水域の形態が異なるものの、いずれの場所でもタナゴモドキが緩流域を選好するという点では共通している。ヒナハゼは、流れがあり礫が優占する底質を伴い、なおかつ抽水植物の乏しい瀬に出現する傾向を示した。本種は礫の裏面に卵を産み付けて繁殖するため（辻、1989）、速い流れを好むというよりは、泥の堆積した河床を選好しなかったものと解釈される。ミツボシゴマハゼにゴマハゼを加えたゴマハゼ類は、潮の影響があり、なおかつ水深のある水域に出現する傾向を示した。これらの魚種では多数の個体が群れて生活するが（岩田、1989）、そのためには浅瀬は不都合であり、3次元的な広がりのある空間が適当なのであろう。ミナミトビハゼは、川幅がある感潮域に出現する傾向を示した。これは、本種が、干潮時には露出するマングローブ帯の泥地上を生活の場所としていることを反映している。人工工作

Table 4. Logistic regression models for 6 taxonomic groups selected by stepwise method on the basis of principle component scores

Taxon	Variable	Coefficient	S. E.	Wald (<i>P</i>)	Odds ratio
<i>Gambusia affinis</i>	PC5	1.189	0.597	3.966 (0.046)	3.283
	constant	-1.194	0.546	4.792 (0.029)	0.303
<i>Eleotris</i> spp.	PC4	3.132	1.207	6.737 (0.009)	22.914
	constant	0.620	0.669	0.860 (0.354)	1.860
<i>Hypseleotris cyprinoides</i>	PC2	-1.795	0.995	3.253 (0.071)	0.166
	constant	-2.047	0.809	6.400 (0.011)	0.129
<i>Redigobius bikolanus</i>	PC2	0.979	0.589	2.760 (0.097)	2.663
	PC6	-1.035	0.577	3.222 (0.073)	0.355
	constant	0.351	0.489	0.515 (0.473)	1.420
<i>Pandaka lidwilli</i>	PC1	3.623	1.812	3.997 (0.046)	37.457
<i>P. trimaculata</i>	PC3	1.635	0.841	3.781 (0.052)	5.131
	constant	-0.161	0.725	0.050 (0.824)	0.851
<i>Periophthalmus angustilineatus</i>	PC1	3.704	1.797	4.247 (0.039)	40.612
	constant	-1.590	0.764	4.329 (0.037)	0.204

物の多用は、水田用水系の生息場所を単調なものに改変しかねない。伝統的な農法に則った水田であればこそ、さまざまな環境要素が創出され、その結果、多種多様な魚類の共存が実現されると考えられる。

南西諸島の河川には、台地の縁にあたる急斜面に滝が形成され、そのまま下流域を伴わずに感潮域に注ぎ込むものが多い（西島・鹿谷、1994）。さらに、流程の割に長い感潮域を発達させているものが多い。こうした状況のもとでは、通し回遊魚にとって、淡水域への侵入は制限されてしまう。滝を越えることができるのは、体をくねらせて匍匐移動を行うウナギ類や吸盤状の腹鰓を用いて壁面をよじ登るハゼ類に限られる。また、汽水域周辺には魚食性の強いギンガメアジ *Caranx sexfasciatus* やロウニンアジ *C. ignobilis* が侵入しており（木下、1989），滝を通過するまではかれらのもたらす捕食圧にさらされるだろう。腹鰓に吸盤の発達しないカワアナゴ科の魚類にとって、感潮域の直上に滝の連なる河川は、両側回遊を完結させる上で困難な条件を備えているといえる。一方、平野部の湿地帯に延びる水田用水系は、河口部から淡水域までのアプローチが比較的短く、途中に滝のような物理的な障壁もない。また、水域としての規模が小さいために、大型の魚食性魚類の侵入も少ないと考えられる。通し回遊魚にとって、島嶼の水田地帯は、遡上に費やされるコストが小さくて済む水域を提供する。淡水域の緩流部に乏しい島嶼において、流れの緩やかな水田用水系の存在は、希少魚タナゴモドキを含むカワアナゴ類の生息場所としてとりわけ重要な役割を果たしていると考えられる。

謝 辞

水田調査に際しては、水田所有者の理解と協力を賜った。水田の所在については、神奈川県生命の星・地球博物館の瀬能宏氏に御教示頂いた。ここに深く感謝する。本研究は水産庁の野生水産生物多様性保全対策事業の助成を受けて行われた。

引 用 文 献

- 安室 知. 2000. 農山村漁村の民族と生物多様性. 宇田川武俊（編），pp. 134–150. 農山漁村と生物多様性. 家の光協会，東京.
- Fernando, C. H. 1997. Investigation on the aquatic fauna of tropical rice fields with special reference to South East Asia. Geo. Eco. Trop., 3: 169–188.
- Fujioka, M. and S. J. Lane. 1997. The impact of changing ir-
- igation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. Ecol. Res., 12: 101–108.
- Halwart, M. 1995. Fish as biocontrol agents in rice. Matthias Halwart, Filderstadt, Germany. 169 pp.
- 日鷹一雅. 1998. 水田における生物多様性保全と環境修復型農法. 日本生態学会誌, 48: 167–178.
- Hosoya, K. 1982. Freshwater fish fauna of the Yoshii River, Okayama Prefecture. Bull. Biogeograph. Soc. Japan, 37: 23–35.
- Iguchi, K., M. Yoshioka, W. Wu and N. Shimizu. 1999. Biodiversity of freshwater fishes in the paddy water systems of Anji, China. Bull. Natl. Res. Inst. Fish. Sci., 13: 27–36.
- 岩田明久. 1989. ゴマハゼ・ミツボシゴマハゼ. 川那部浩哉・水野信彦（編），pp. 612. 日本の淡水魚. 山と渓谷社，東京.
- 環境省. 1999. レッドリスト, 汽水・淡水魚類. 環境省生物多様性センターホームページ：<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>.
- 片野 修. 1997. 希少魚の現状—アユモドキ. 長田芳和・細谷和海（編），pp. 95–103. 日本の淡水魚の現状と系統保存. 緑書房，東京.
- 片野 修. 1998. 水田・農業水路の魚類群集. 江崎保男・田中哲夫（編），pp. 67–79. 水辺環境の保全. 朝倉書店，東京.
- 片野 修・細谷和海・井口恵一朗・青沼佳方. 2001. 千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較. 魚類学雑誌, 48: 19–25.
- 木下 泉. 1989. ギンガメアジ. 川那部浩哉・水野信彦（編），p. 518. 日本の淡水魚. 山と渓谷社，東京.
- 川那部浩哉・水野信彦（編）. 1989. 日本の淡水魚. 山と渓谷社，東京. 719 pp.
- MacArthur, R. H. 1955. Fluctuation of animal populations and a measure of community stability. Ecology, 36: 533–536.
- 水野信彦. 1987. 日本の淡水魚類相の成立. 水野信彦・後藤 晃（編），pp. 231–244. 日本の淡水魚類. 東海大学出版会，東京.
- Morita, K. and S. Yamamoto. 2002. Effect of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations. Conserv. Biol., 16: 1318–1323.
- 中坊徹次（編）. 2000. 日本産魚類検索—全種の同定. 第2版. 東海大学出版会，東京. xxxiv+1476 pp.
- 中村俊彦. 1999. 農村の自然環境と生物多様性. 遺伝, (53): 56–60.
- 西島信昇・鹿谷法一. 1994. 島々の川. 池原貞夫・諸喜田茂充（編），pp. 22–27. 琉球の清流. 沖縄出版, 沖縄.
- 沖津由季・勝呂尚之. 2001. メダカを中心とした小田原市桑原・鬼柳農業用水路の魚類. 神奈川県自然誌資料, (22): 51–59.
- 西城 洋. 2001. 島根県の水田と溜め池における水生昆虫の季節的消長と移動. 日本生態学会誌, 51: 1–11.
- Saitoh, K. 1990. Reproductive and habitat isolation between the two populations of the striated spined loach. Env. Biol. Fish., 28: 237–248.

- 斎藤憲治. 1997. 淡水魚の繁殖場所としての一時的水域. 長田芳和・細谷和海(編), pp. 194–204. 日本の淡水魚の現状と系統保存. 緑書房, 東京.
- 斎藤憲治・片野修・小泉顕雄. 1988. 淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌, 38: 35–47.
- 佐藤陽一・岡部建士・竹林洋史. 2002. 徳島県勝浦川に生息する魚類の出現／非出現の予測モデル. 魚類学雑誌, 49: 41–52.
- 水産庁(編). 1998. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック. 日本水産資源保護協会, 東京. 437 pp.
- 鈴木寿之. 1991. タナゴモドキ. 環境庁(編), pp. 215–221. 日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—(脊椎動物編). 自然環境研究センター, 東京.
- 鈴木寿之. 1998. タナゴモドキ. 水産庁(編), pp. 188–189. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 立原一憲・徳永桂史・地村佳純. 2002. 沖縄島の外来魚. 日本生態学会(編), pp. 248–249. 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京.
- 工義尚・江崎保男. 1998. ため池・水田地帯におけるサギ類の生息場所分離. 日本生態学会誌, 48: 17–26.
- 田中正道. 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. 魚類学雑誌, 46: 75–81.
- 田中晋. 1997. 希少魚の現状—イタセンパラ. 長田芳和・細谷和海(編), pp. 86–94. 日本の淡水魚の現状と系統保存. 緑書房, 東京.
- 辻幸一. 1989. ヒナハゼ. 川那部浩哉・水野信彦(編), p. 578. 日本の淡水魚. 山と渓谷社, 東京.
- 淀太我・山下剛司・佐土哲也・武村泉・木村清志. 2002. 三重県志摩地方の河川魚類相. 魚類学雑誌, 48: 27–40.
- 米沢俊彦・四宮明彦. 2002. 魚類. 鹿児島県の自然を記録する会(編), pp. 267–314. 川の生き物図鑑. 南方新社, 鹿児島.