

庄内川水系・香流川の一時的水域における タモロコの産卵時期、仔稚魚の成育と生息環境

田中 雄一⁽¹⁾ 加藤 宏明⁽²⁾
渡部 勉⁽³⁾ 宮本 晃⁽⁴⁾

- (1) 愛知県農業総合試験場 〒480-1193 長久手市岩作三ヶ峯1-1
(2) 愛知県海部農林水産事務所 〒496-8532 津島市西柳原町1-14
(3) 愛知県東三河農林水産事務所 〒440-0806 豊橋市八町通5-4
(4) 元愛知県農業総合試験場

Spawning period, juvenile growth, and habitat of field gudgeon (*Gnathopogon elongatus elongatus*) in a temporary water area of the Kanare-gawa River, Shonai-gawa river system

Yuuichi TANAKA⁽¹⁾ Hiroaki KATO⁽²⁾
Tsutomu WATABE⁽³⁾ Akira MIYAMOTO⁽⁴⁾

- (1) Aichi Agricultural Research Center, 1-1, Yazako Sagamine, Nagakute City, Aichi, 480-1193, Japan
(2) Ama Agriculture, Forestry, and Fisheries Office, 1-14, Nishiyana-gihara-cho, Tsushima City, Aichi, 496-8532, Japan
(3) Higashimikawa Agriculture, Forestry, and Fisheries Office, 5-4, Hacchodori, Toyohashi City, Aichi, 440-0806, Japan
(4) Former Aichi Agricultural Research Center

Correspondence:

Yuuichi TANAKA E-mail: yuuichi_1_tanaka@pref.aichi.lg.jp

要旨

庄内川水系・香流川の高水敷に生じる一時的水域 (TWA) を主な調査地として、タモロコの産卵期間、TWAでの産卵と仔稚魚の成育、水深等の環境条件を明らかとした。調査対象としたTWAは、農業用水取水のための堰上げにより毎年4月末から10月初旬に出現する約200 m²の小規模な浅水域である。

生殖腺指数から推定された産卵期間は、3月末から6月中旬であった。TWAでの産卵は、堰上げによる水位上昇により、産卵基質であるミゾソバ群落が冠水した4月末から5月初旬に一斉に行われた。産卵は水没した植物の茎葉に疎らになされた。TWAでは、仔稚魚の個体数は5月に多く、それ以降減少し、8月中旬以降に0となった。TWAにおける採捕個体の平均全長は、直線的に増加し、8月中旬にかけて約4.5 cmとなった。一方で、恒久的水域 (PWA) では6月以降に稚魚が多く採捕された。これらのことから、TWAでの個体数の減少は、減耗に加え、成長に伴う流速の大きい場所への移動分散が一因となって生じたと推察された。

TWAは、産卵基質となる植生が多く、10~30 cm程度の浅い水深かつ平均1 cm/sの低流速により高水温となる。このため、卵の発育や仔稚魚の成育に適するものと考えられる。これらの理由から、本研究で対象としたTWAについても、淡水魚の生息環境の保全に配慮した河川管理を行う上で重要であると考えられる。

Abstract

Spawning period, juvenile growth, and habitat of field gudgeon (*Gnathopogon elongatus elongatus*) in a small

temporary water area (TWA) of Kanare-gawa River, Shonai-gawa river system, were investigated. TWA periodically emerged in response to artificial water surface elevation control using an irrigation gate. A small water area (approximately 200 m²) is present from the end of April to the beginning of October every year. The spawning season, based on the index of ovarian development, is estimated to last from the end of March to the middle of June. Spawning in TWA was observed only immediately after flooding. Although the juveniles were present at a high density in TWA in May, they gradually decreased and disappeared in August. The average total length of juveniles increased linearly and reached approximately 4.5 cm during this period. On the other hand, the juveniles were present in PWA from June. We accordingly inferred that the juveniles were dispersed from TWA to PWA with growth. There were abundant plants for spawning and juvenile habitat in TWA. In addition, shallow (10-30 cm) water and low flow speed (approximately 1 cm/s) result in higher water temperatures. For these reasons, we propose that TWA is suitable for the propagation of field gudgeon. Thus, TWA is important for river management favorable to the fish community.

序文

河川－農業用水路（用水路・排水路）－水田からなる水域のつながり（以下、水域ネットワーク）には、氾濫原、水田や農業用水路といった、増水時や灌漑期のみ水を湛え、その他の時期には陸地化する一時的水域（以下、TWA (Temporary water area)）が含まれる。水域ネットワークに生息する淡水魚の多くは、TWAを産卵と仔稚魚の成育の場として利用することが知られており、TWAと恒久的水域（以下、PWA (Permanent water area)）により形成される環境には、本来、豊かな魚類相が育まれる（斉藤ほか, 1988；田中, 1999；田中ほか, 2011；片野ほか, 2001；中村・尾田, 2003, 金尾ほか, 2009）。ところが、河川・水路の改修、ほ場整備、外来魚の移入等により、魚類の生息環境の悪化が指摘されている（紀平, 1983；坪川, 1985；前畑ほか, 1987；片野・森, 2005）。

これに対し、近年、魚類の生息環境の保全を目的とした自然再生やほ場整備などが行われている（松村, 1993；中荃, 1999；佐藤, 2003；小西, 2010）。生態系の構成要素である種とそれらの生息を支える場を保全・再生するためには、生息種の生活史や生息環境に関する情報に基づく適切な対策が必要である。特に、魚類群集の多様性の指標となる種についての情報は、魚類全体の保全にも有効であると推察される。タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus* については以下の二つの報告で魚類群集の多様性の指標となることが指摘されている。ま

ず、Katano et al. (2003) は、長野県上田市の農業水路において魚類相を解析し、タモロコが生息する箇所は魚類の種多様性が高く、総個体数も多いことを指摘している。次に、竹村ほか (2011) は千葉県谷津田域の農業水路において本種が多いほど同所的出現種数も多いことを示している。これらの指摘がある一方で、本種の生態に関する知見は、4月中旬以降に、河川支流、農業水路や水田に侵入し産卵するなどの生活史の概略（中村, 1969；細谷, 1989）、農業水路内や農業水路－水田間の移動（斉藤ほか, 1988；皆川ほか, 2006；西田ほか, 2006）などがあるが、特に、本種の生活史上、極めて重要な再生産に関する情報が十分ではない。なお、タモロコは、地域によっては個体数の減少が見られ、2015年版の名古屋市のレッドリストでは準絶滅危惧種として追加されている（名古屋環境局, 2015）。

本研究では、愛知県長久手市を流れる庄内川水系の香流川（かなれがわ）の高水敷を調査地とした。この高水敷は、農業用水の取水のための堰上げにより冠水するため、TWAの一形態と考えられる。河川のTWAに関する先行研究は、ワンドに関するものが多い。ワンドとは、河川の流路変更に伴って生じる、河川敷の孤立した水域や、一部が流路と接続した入り江状の止水的環境を指す（傳田ほか, 2002；中島ほか, 2008）。このような水域は、一般的に植物が繁茂し流速が小さいことから、産卵場所、仔稚魚の成育場所や増水時の避難場所として重要な役割をもつ（傳田, 2002；綾ほか, 2004；佐川ほか,

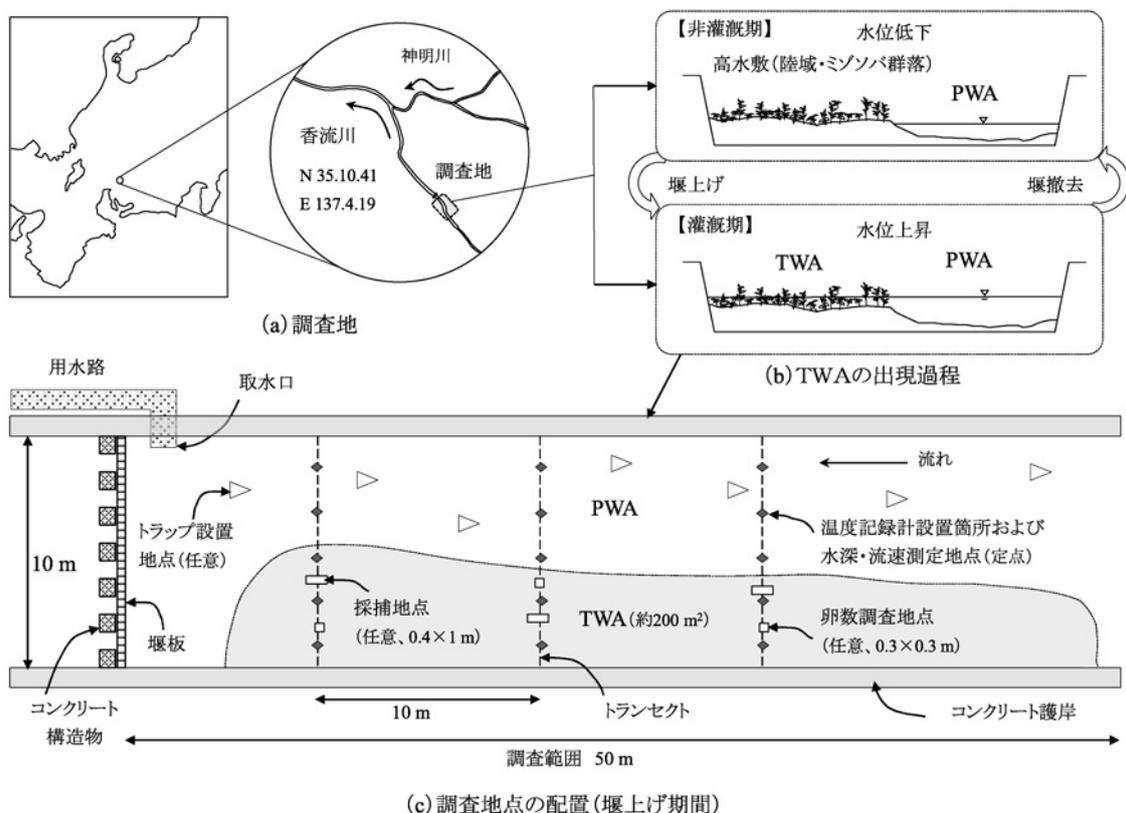


図1. 愛知県香流川における調査地 (a), TWAの出現過程 (b) および調査地点の配置 (c)

堰上げ期間：2004年4月27日～10月2日, 2005年4月26日～10月1日, 2006年4月27日～10月1日

Fig. 1. The survey site (a), emergence process of TWA (b), and observation points set (c) in the Kanare-gawa River, central Honshu, Japan.

Periods of water surface elevation resulting from the use of the irrigation gate each year: from April 27 to October 2 in 2004; April 26 to October 1 in 2005; April 27 to October 1 in 2006.

2005; 傳田ほか, 2006). しかしながら, 本研究で対象とした高水敷については, 魚類の生息場所としての機能が明らかとなっていない.

そこで, このTWAにおいて, タモロコの再生産に着目し, 環境条件, 産卵時期と仔稚魚の成育について調査し, 本研究で対象としたTWAの機能について考察した.

材料及び方法

1. 調査地とTWAの出現過程

調査地は, 図1(a)に示した庄内川水系の二次支川である愛知県長久手市の香流川である. TWAの出現過程は, 図1(b)のとおりである. 左岸側の約200 m² (図1(b), (c))の高水敷は, 非灌漑期には, 陸地で, ミゾソバ *Polygonum thunbergii* 群落が発達する. 灌漑期に入ると農業用水取水のための堰上げにより, 調査地全体の水

位は30~50 cm上昇する. その結果, この陸地は, 4月下旬から10月初旬までの期間は, 浅水域となる. このTWAと周辺のPWAからなる河川延長50 mの範囲を調査対象とした (図1(c)).

2. 調査方法

調査は表1の期間に以下のとおり実施した.

(1) TWAおよびPWAの環境条件

環境条件は, 水深, 流速, 水温および植生について調査した. 各項目の測定は, 図1(c)のように10 m間隔の3本のトランセクトを設定し, 2005年4月26日から8月8日の期間 (表1)に次のとおり実施した.

水深, 流速および水温は, トランセクト上の等間隔で設けた5定点で測定した (図1(c)). 水深は標尺を用いて測定した. 流速は電磁式ポータブル流速計 (KENEK製, VP-201)を用いて60%水深点で測定した. 水温は,

表1. 調査項目, 方法および調査期間
Table 1. Research items, methods, and periods of survey.

調査項目	方法	調査期間 (調査日数)		
		2004年	2005年	2006年
TWAの環境条件	トランセクト上の定点で水深, 流速, 水温および植生出現頻度の測定		4月26日～ 8月8日 (水温: 100, 植生: 4, 他: 10)	
産卵期間の推定と蔵卵数	右記期間に採捕したメス成魚の生殖腺指数の算出と卵数の調査	5月7日～ 11月25日 (14)	3月31日～ 7月7日 (5)	3月9日～ 6月30日 (9)
TWAにおける産卵時期	コドラート法による卵数の調査		4月27日～ 8月13日 (10)	4月27日～ 7月7日 (13)
TWAにおける仔稚魚の全長と個体数	タモ網による採捕	5月14日～ 9月3日 (15)	5月6日～ 9月13日 (10)	
PWAにおける稚魚の全長と個体数	トラップによる採捕	4月22日～ 9月3日 (15)	4月15日～ 9月13日 (9)	

温度記録計 (T&D 製, TR-52) を常時15台設置し (図1(c)), 毎正時の記録から日平均水温を求めた. 水温測定部は川底から2 cm 上部とした. 植生は, トランセクト (図1(c)) において10 cm 間隔で植生の有無と種名を記録し, 植生出現頻度 (植生有地点数/調査地点数) を求めた.

(2) 魚類の採捕および種と全長の記録

TWAでは, タモ網 (底辺40 cm, 高さ38.5 cm, 目合1 mm) を用いて, 各トランセクト上の任意の1地点 (計3地点) において, タモ網の幅0.4 m で延長1 m の範囲を1回掬った. 原則として, その場で同定と全長測定をした. ただし, 現場で同定不可能な小型の個体については, 10%ホルマリンで固定し実験室に持ち帰り, 実体顕微鏡下 (OLYMPUS 製, SZH10) で種を同定した. なお, 便宜的に全長5 cm 以上を成魚, 1 cm 以上5 cm 未満を稚魚, 1 cm 未満を仔魚とした.

PWAでは, 水深が60 cm 以上と深くタモ網による採捕が困難なため, トラップ (図2) を用いた. ただし, トラップは, 網目の大きさから, 全長2.3 cm 以上の個体しか採捕できない. 設置場所は, 水位や河床の状況に応じて, 任意の4~7地点とした (図1(c)). トラップは開口部を下流側に向けて設置した. 集魚剤は用いなかった. トラップの設置から回収までの期間は1日とし, 採捕個体は全長を記録した. 採捕の際にはタモロコ以外の種も記

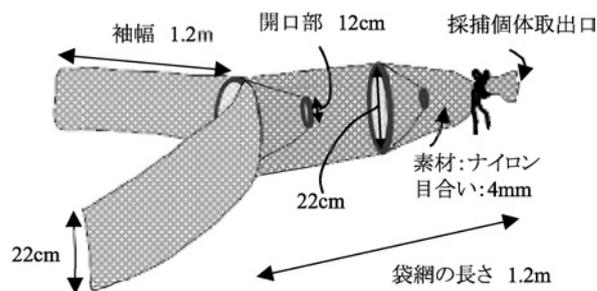


図2. PWAで採捕に用いたトラップの構造
Fig. 2. Illustration of a trap used for collecting fish in PWA.

録し, フナ類 *Carassius* spp., ヨシノボリ類 *Rhinogobius* spp. は, 属レベルで記録した.

(3) 産卵期間の推定と蔵卵数

矢田 (1979a) は卵巣重を体重で除して求められる生殖腺指数が0.15以上のタモロコは産卵可能としており, 産卵期間はこれに従って推定した. 推定には, PWAにおいて2004年5月7日から11月25日, 2005年3月31日から7月7日, 2006年3月9日から6月30日の期間 (表1) に採捕した, 全長5 cm 以上の計127個体を用いた. これらについては, 採捕後直ちに10%ホルマリンで固定した. 体重と卵巣重は, それぞれの表面の水分をペーパータオルで拭いた後, 電子天秤 (METLER 製, PM1200) で測定した. さらに, 生殖腺指数0.15以上を示した34個体については, 蔵卵数を調査した.

(4) TWAにおける産卵時期

TWAにおける産卵時期は, 2005年4月27日から8月13日, 2006年4月27日から7月7日の期間(表1)にトランセクト上の任意の3地点(図1(c))で卵数を調査することにより確認した。卵数の調査は, コドラート枠(0.3×0.3 m)を用いて, 枠内の水没した植生に産付された卵を目視により数えた。また, 産卵ピーク時に約30卵を植生ごと採取し持ち帰り, 室内で2週間程度飼育した後, タモロコであるか否かを確認した。なお, PWAでは, トランセクトの右岸際のみ植生が点在していた。そのため, コドラート枠は使用せず, すべての植生について目視可能な水深で卵の有無を確認した。

(5) TWAにおける仔稚魚の全長と個体数

TWAにおける仔稚魚の全長と個体数は, 2004年5月14日から9月3日, 2005年5月6日から9月13日の期間(表1)に(2)の方法により調査した。

(6) PWAにおける稚魚の全長と個体数

PWAにおける稚魚の全長と個体数は, 2004年4月22日から9月3日, 2005年4月15日から9月13日の期間(表1)に(2)の方法により調査した。

結果

1. TWAおよびPWAの環境条件

水深の平均は, TWAでは11~33 cm, PWAでは65~87 cmの間で推移した(図3)。堰上げにより, 両水域ともに流速は小さかった。PWAの平均流速は5 cm/sであり, TWAでは0.96 cm/sとさらに小さかった(ANOVA,

$F=5.2, p<0.05$) (図4)。日平均水温は, 4月26日から6月末まで, TWAがPWAより高く推移した(図5)。植生出現頻度は, TWAでは平均で0.47と, PWAの0.04より高かった(ANOVA, $F=106, p<0.001$) (図6)。なお, TWAの植生は, ほぼミゾソバの純群落で, 他にアシカキ *Leersia japonica*, キクモ *Limnophila sessiliflora*, ヨシ *Phragmites australis* が僅かに確認された。

2. 産卵期間の推定と蔵卵数

メスの生殖腺指数は, 3月中旬以前は平均0.1以下を示した(図7)。3月末から6月中旬は0.1~0.2の間を推移し, 7月末以降には0.03以下となった。産卵可能な生殖腺指数0.15以上の個体は, 3月末から6月中旬に見られた。生殖腺指数は特に5月中旬から7月中旬にかけて個体差が大きかった。産卵可能個体の蔵卵数は, 平均3000, 最小1344, 最多8294であった(図8)。全長の大きな個体ほど蔵卵数が多い傾向が認められるものの ($y=1283(x-$

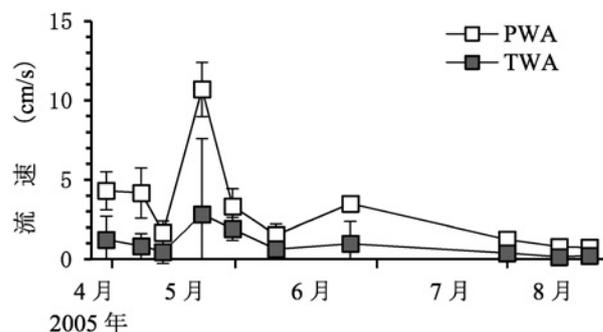


図4. 香流川のTWAとPWAの流速の推移(2005年)
平均±標準偏差

Fig. 4. Seasonal changes in flow speed in PWA and TWA of Kanare-gawa River.
Mean ± SD

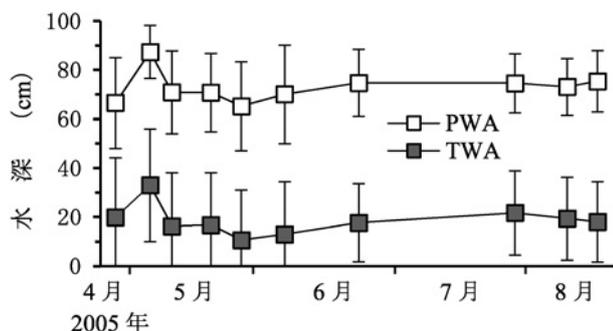


図3. 香流川のTWAとPWAの水深の推移(2005年)
平均±標準偏差

Fig. 3. Seasonal changes in water depth in PWA and TWA of Kanare-gawa River in 2005.
Mean ± SD

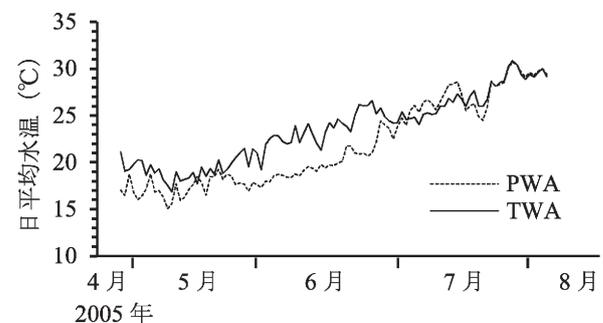


図5. 香流川のTWAとPWAの日平均水温の推移(2005年)

Fig. 5. Seasonal changes in daily mean water temperature in PWA and TWA of Kanare-gawa River.

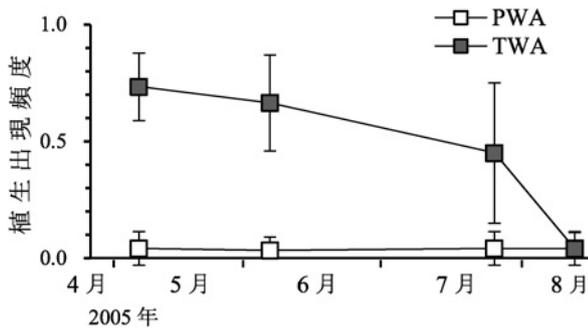


図6. 香流川のTWAとPWAの植生出現頻度の推移 (2005年)
 植生出現頻度 = (植生有地点数/調査地点数)
 平均±標準偏差

Fig. 6. Seasonal changes in the appearance frequency of vegetation in PWA and TWA of Kanare-gawa River.
 Appearance frequency of vegetation = (numbers of plant presence points)/(numbers of survey points)
 Mean ± SD

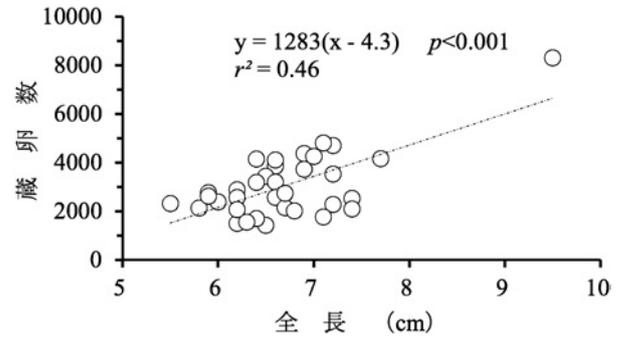


図8. タモロコのメスの全長と蔵卵数の関係
 生殖腺指数0.15以上の個体を対象
 標本数 2004年: 16, 2005年: 5, 2006年: 13

Fig. 8. Relationship between total length and fecundity of field gudgeon female.
 Female used as an experiment were the index of ovarian development 0.15 and over.
 Numbers of specimens in each year: 16 in 2004; 5 in 2005; and 14 in 2006

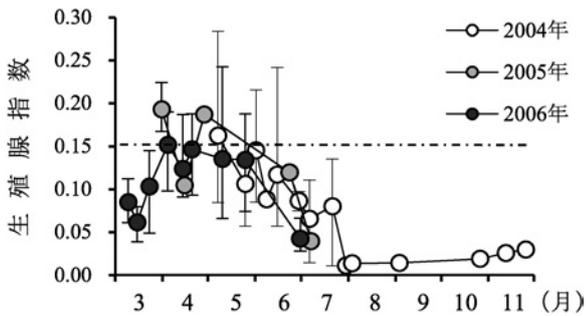


図7. タモロコのメスの生殖腺指数の推移
 生殖腺指数 = 卵巣重/体重
 プロットは平均値, 縦棒は最小値・最大値
 破線の生殖腺指数 (0.15) 以上のメスは産卵可能
 標本数 2004年: 64, 2005年: 7, 2006年: 57

Fig. 7. Seasonal changes in the index of ovarian development of female field gudgeon.
 Index of ovarian development = (ovary weight)/(body weight)
 Plots show mean values. Vertical lines show minimum and maximum values.
 Female above the broken line has potential for spawning.
 Numbers of specimens in each year: 64 in 2004; 7 in 2005; and 57 in 2006

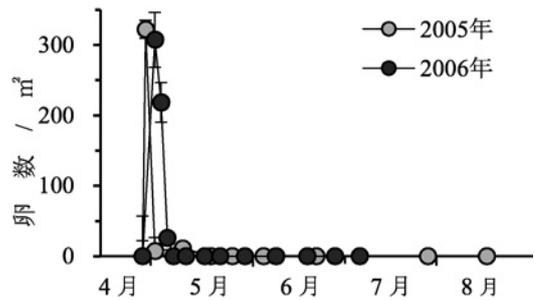


図9. 香流川のTWAにおける植生に付着するタモロコの卵数の推移
 卵数は平均値±標準偏差

Fig. 9. Seasonal changes in the number of field gudgeon eggs laid on vegetation in TWA of Kanare-gawa River.
 Mean ± SD

4.3), $p < 0.001$), 同サイズの個体間においても蔵卵数に差があった。

3. TWAにおける産卵時期

卵はミゾソバ, アシカキなど水没した植物の茎葉に疎らに粘着していた。採取し持ち帰った卵からはすべてタモロコが孵化した。産卵初見日は, 2005年は堰上げ2日

後の4月29日, 2006年は同5日後の5月2日であった。各日の平均密度は322, 307卵/m²で, 産卵初見日に最多卵数を示した(図9)。産卵時期は, 2005年は4月29日から5月6日, 2006年は5月2日から5月11日であった。なお, PWAでは卵は確認できなかった。

4. TWAにおける仔稚魚の全長と個体数

TWAにおける仔稚魚の初見日は, 2004年は5月14日, 2005年は5月6日であった(図10)。仔魚の出現は, 2004年は6月上旬まで, 2005年は5月中旬までに限られた。個体数のピークは, 2004年は5月21日の62.5個体/m², 2005年は5月27日の50.0個体/m²であった。個体数ピーク時

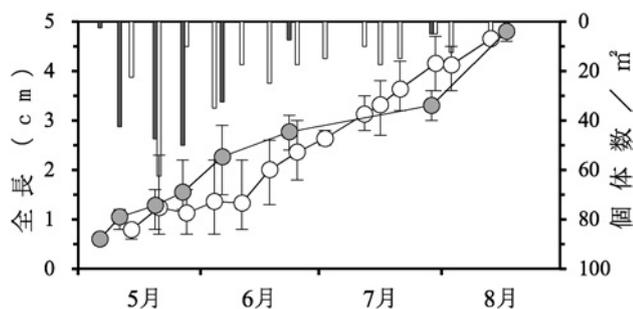


図10. 香流川のTWAにおけるタモロコの仔稚魚の全長と個体数の推移
全長は2004年：○, 2005年：●
全長のプロットは平均値, 縦棒は最小値・最大値
個体数は2004年：□, 2005年：■

Fig. 10. Seasonal changes in total length and number of field gudgeon juveniles in TWA of Kanare-gawa River. Total length show open circle in 2004, and grey one in 2005. Mean \pm minimum and maximum value. Number of juveniles show open vertical bar in 2004, and grey one in 2005.

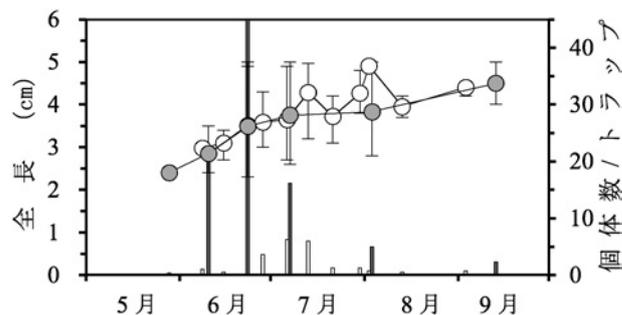


図11. 香流川のPWAにおけるタモロコの稚魚の全長と個体数の推移
全長は2004年：○, 2005年：●
全長のプロットは平均値, 縦棒は最小値・最大値
個体数は2004年：□, 2005年：■

Fig. 11. Seasonal changes in total length and number of field gudgeon juveniles in PWA of Kanare-gawa River. Total length show open circle in 2004, and grey one in 2005. Mean \pm minimum and maximum value. Number of juveniles show open vertical bar in 2004, and grey one in 2005.

の全長は, 2004年が0.7~2.3 cm, 2005年が1.2~2.2 cmであった。全長は, 5月から8月中旬までに直線的に増加し, 約4.5 cmに達した。仔稚魚の個体数は, 6月以降は漸減し, 8月中旬以降には0となった。

5. PWAにおける稚魚の全長と個体数

トラップで採捕できる全長2.3 cm以上の個体の初見日は, 2004年は6月8日, 2005年は5月28日であった。これらの時期はTWAでの全長2.3 cm以上の個体の初見日である2004年5月21日, 2005年6月6日(図10)と前後していた。PWAでの稚魚の個体数のピークは, TWAでの個体数減少が始まった6月以降で, 2004年は7月6日, 2005年は6月23日であった(図11)。平均全長は, 2004年6月8日に3.0cm, 2005年5月28日に2.4cmで, 両年ともに9月中旬までに約4.5cmとなった。

考察

メスの生殖腺指数(矢田, 1979a)から推定した産卵期間は, 3月末から6月中旬であった(図7)。既知の報告では, 滋賀県琵琶湖付近の産卵期間が4月中旬から7月(中村, 1969), 京都府の農業水路における排卵メスの確認が6月中旬から7月初旬(斉藤, 1988)である。これらは, 調査方法が異なることを考慮すれば, 本種の産卵期

間は主に4月から6月であり, 地域によっては7月まで継続すると考えられる。また, 産卵期間において, 卵巢の発達は多様であった(図7, 8)。TWAでの産卵時期以外に産卵可能だった個体は, 河川内の他の植生の豊富な環境や用水路(図1)を介して水田水域を利用した可能性がある。

TWAでの産卵は, 堰上げによる水位上昇により, 産卵基質であるミゾソバ群落が冠水した後, 一斉に行われた(図9)。そのため, TWAは約300卵/m²と高密度な産卵場所となった。このときの植生出現頻度は0.73と高く(図6), 産卵基質は豊富に存在した。さらに, TWAは, PWAよりも水深が浅く流速も小さいため(図3, 4), 水温が上がりやすい(図5)。恒温飼育条件においては, 孵化日数は, 18℃で6~7日, 23℃で5~6日, 29℃で4~5日とされる(矢田, 1979b)。産卵時期であった4月末から5月の日平均水温は, PWAよりも1.9℃高い19.2℃を示した(ANOVA, $F=45.7$, $p<0.001$)。TWAはタモロコの産卵場所としての条件がより適していた。

TWAでは, 仔稚魚は最多で62.5個体/m²と高密度に生息した(図10)。遊泳力の未発達な仔稚魚にとっては, 流速の小さいことが必須である。また, 植生は仔稚魚のハビタットを形成する。奥島ほか(2007)は, 並列する

引用文献

- 2水路を自由に個体が往来できる室内実験装置を用いて, 片側水路の条件を一定とし (流速: 10cm/s, 植生: 無), もう一方の水路の条件を変化させ (流速: 0~18 cm/s の7段階, 植生: 密度3段階), タモロコの選好強度式をもとめた. その結果, 稚魚は, 流速1 cm/sをピークとする緩やかな流れと, 植生のある条件を選好することを報告している. TWAでは, 流速が平均で0.96 cm/sと小さく (図4), 植生が豊富であり (図6), 仔稚魚のハビタットの条件も備わっていた.
- TWAでは, 仔稚魚の個体数が5月末まで多く, それ以降減少し, 8月中旬以降は0となった (図10). このTWAにおける採捕個体の平均全長は, 8月中旬までに直線的に増加し, 約4.5 cmとなった (図10). PWAでは, 全長2.3 cm未満の個体の生息状況は, 明らかにできなかった. しかし, PWAでの稚魚の個体数のピークは, TWAの個体数減少開始後の6月下旬から7月初旬であった (図11). また, 前述の奥島ほか (2007) では, 成魚は流速6cm/sから16 cm/sにかけて選好強度が増加し最大値を示しており, 稚魚よりも大きな流速を選好する傾向があった. したがって, TWAでの個体数の減少は, 減耗に加え, 成長に伴う遊泳力の発達により, 流速の大きい場所へ移動分散したことにより生じたと考えられる.
- 本研究では, 堰上げによって高水敷に生じるTWAについて, 水温, 流速および植生の条件の有利性から, タモロコの卵の発育と仔稚魚の成育の場としての機能を示した. これらの機能は, ワンドに類するもので, 淡水魚の生息環境の保全に配慮した河川管理を行う上で重要である. TWAにおいて, タモロコの産卵と仔稚魚の成育に関する知見が得られたが, 水域ネットワーク全体における再生産の様式の解明は, 今後の課題である.
- ### 謝辞
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所の竹村武士博士には, 有意義なご指摘をいただいた. 長久手市および長久手市土地改良区には, 調査に対する便宜を図っていただいた. ここに記して厚く御礼申し上げる.
- なお, 本研究は「農林水産研究高度化事業 自然再生のための住民参加型生物保全水利施設管理システムの開発」により実施された.
- 綾 史郎・河合典彦・小川力也・紀平 肇・中西史尚・竜門俊次. 2004. 淀川における水位の変化と魚類の産卵行動. 河川技術論文集, 10: 333-338.
- 傳田正利・山下慎吾・尾澤卓思・島谷幸弘. 2002. ワンドと魚類群集~ワンドの魚類群集を特徴付ける現象の考察~. 日本生態学会誌, 52: 287-294.
- 傳田正利・天野邦彦・辻本哲郎. 2006. 一時的水域の魚類群集多様性向上への寄与とそれを支える物理環境に関する研究. 土木学会論文集G, 62: 340-358.
- 細谷和海. 1989. タモロコ. 日本の淡水魚類 (川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編・監修). 山と溪谷社, 東京, p. 234-401, 426-429, 584-603.
- 石田裕子・安部倉 完・竹門康弘. 2005. 城北ワンド群におけるトウヨシノボリ縞鱗型の生息場所特性. 応用生態工学, 8: 1-14.
- 金尾滋史・大塚泰介・前畑政善・鈴木規慈・沢田裕一. 2009. ニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis* の初期成長の場としての水田の有効性. 日本水産学会誌, 75: 191-197.
- 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.
- Katano, O., Hosoya, K., Iguchi, K., Yamaguchi, M., Aonuma, Y., & Kitano, S. 2003. Species diversity and abundance of freshwater fishes in irrigation ditches around rice field. *Environmental Biology of Fishes*. 66: 107-121.
- 片野 修・森 誠一. 2005. 希少淡水魚の分布と生態. 片野 修・森 誠一 (編), pp. 1-10. 希少淡水魚の現在と未来. 信山社, 東京.
- 紀平 肇. 1983. 環境の変化と魚相の変遷 (用水路の魚類), 淡水魚. 55-58.
- 小西 蘭. 2010. シナイモツゴ: 希少になった雑魚をまもる. 魚類学雑誌, 57: 80-83.
- 前畑政善・桑原雅之・松田征也・秋山広光. 1987. 琵琶湖 (南湖) におけるオオクチバス *Micropterus salmoides* (Lacepède) の食性. 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要, 5: 1-14.
- 松村史基. 1993. カワバタモロコの保護と排水路改修の両立への試み. 農業土木学会誌, 11: 1009-1012.

- 皆川明子・西田一也・藤井千晴・千賀裕太郎. 2006. 用排兼用型水路と接続する未整備水田の構造と水管理が魚類の生息に与える影響について. 農業土木学会論文集, 244: 65-72.
- 中茎元一. 1999. グラウンドワーク活動によるメダカ保護と環境保全手法. 農業土木学会誌, 67: 635-640.
- 中村守純. 1969. タモロコ. 日本のコイ科魚類. 財団法人資源科学研究所, 東京, p. 1-455.
- 中村智幸・尾田紀夫. 2003. 栃木県那須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.
- 中島 淳・江口勝久・乾 隆帝・西田高志・中谷祐也・鬼倉徳雄・及川 信. 2008. 宮崎県北川の河川感潮域に造成した人工ワンドにおける魚類, カニ類, 甲虫類の定着状況. 応用生態工学, 11: 183-193.
- 名古屋市環境局環境企画部環境活動推進課. 2015. 名古屋市の絶滅のおそれのある野生生物レッドデータブックなごや2015—動物編—. 名古屋市環境局環境企画部環境活動推進課, 名古屋. 504pp.
- 西田一也・藤井千晴・皆川明子・千賀裕太郎. 2006. 一時的な水域で繁殖する魚類の移動・分散範囲に関する研究—東京都日野市の向島用水・国立市の府中用水を事例として—. 農業土木学会論文集, 244: 151-163.
- 奥島修二・田中雄一・小出水規行・竹村武士. 2007. 農業水路の生息場評価に向けたタモロコの環境選好性の定式化. 農村工学研究所技術報告書, 206: 175-186.
- 佐川志郎・萱場祐一・荒井浩昭・天野邦彦. 2005. コイ科稚仔魚の生息場所選択—人口増水と生息場所の関係—. 応用生態工学, 7: 129-138.
- 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な水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌, 38: 35-47.
- 佐藤重孝. 2003. 秋田県駒場北地区における生態系保全対策手法(淡水魚)の実施例. 農業土木学会誌, 71: 985-988.
- 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.
- 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. 魚類学雑誌, 46: 75-81.
- 田中 亘・鹿野雄一・山下奉海・斉藤慶・河口洋一・島谷幸宏. 2011. 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. 応用生態工学, 14: 1-9.
- 坪川健吾. 1985. 河川改修による魚相の変化—倉安川用水(岡山県)の場合—. 淡水魚, 55-58.
- 矢田敏晃. 1979a. タモロコの生殖腺の成熟と季節変化について. 大阪府淡水魚試験場報告, 5: 7-12.
- 矢田敏晃. 1979b. タモロコの産卵期間と採卵数について. 大阪府淡水魚試験場報告, 5: 1-6.

付表1. 香流川のTWAにおける採捕魚類

Appendix table 1. Total numbers and proportions of fish caught in TWA of Kanare-gawa River.

学 名	和 名	個体数 (割合)	
		2004年	2005年
Cyprinidae	コイ科		
<i>Zacco platypus</i>	オイカワ	0	13 (0.09)
<i>Nipponocypris sieboldii</i>	ヌマムツ	23 (0.11)	3 (0.02)
<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	タモロコ	108 (0.52)	85 (0.56)
<i>Pseudorasbora parva</i>	モツゴ	6 (0.03)	0
<i>Carassius</i> spp.	フナ属	25 (0.12)	24 (0.16)
Cobitidae	ドジョウ科		
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ	43 (0.21)	26 (0.17)
Adrianichthyidae	メダカ科		
<i>Oryzias latipes</i>	ミナミメダカ	2 (0.01)	0
合計		207	151

ミナミメダカ以外は全て仔稚魚

All fish are juvenile except for *Oryzias latipes*.

付表2. 香流川のPWAにおける採捕魚類

Appendix table 2. Total numbers and proportions of fish caught in PWA of Kanare-gawa River.

学 名	和 名	個体数 (割合)	
		2004年	2005年
Cyprinidae	コイ科		
<i>Zacco platypus</i>	オイカワ	150 (0.07)	61 (0.07)
<i>Nipponocypris sieboldii</i>	ヌマムツ	587 (0.29)	78 (0.09)
<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	タモロコ	794 (0.39)	413 (0.45)
<i>Pseudorasbora parva</i>	モツゴ	111 (0.05)	45 (0.05)
<i>Cyprinus carpio</i>	コイ	1 (0.00)	0 (0.00)
<i>Carassius</i> spp.	フナ属	63 (0.03)	190 (0.21)
Cobitidae	ドジョウ科		
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ドジョウ	257 (0.13)	103 (0.11)
<i>Cobitis minamorii tokaiensis</i>	トウカイコガタスジシマドジョウ	22 (0.01)	15 (0.02)
Adrianichthyidae	メダカ科		
<i>Oryzias latipes</i>	ミナミメダカ	1 (0.00)	0 (0.00)
Centrarchidae	サンフィッシュ科		
<i>Micropterus salmoides</i>	オオクチバス	12 (0.01)	0 (0.00)
<i>Lepomis macrochirus</i>	ブルーギル	2 (0.00)	0 (0.00)
Gobiidae	ハゼ科		
<i>Rhinogobis</i> spp.	ヨシノボリ属	34 (0.02)	3 (0.00)
合計		2,034	908