

## 霞ヶ浦に流入する小河川に接続した堤脚水路における

## ギンブナの産卵と水温の日周変化

根本 孝

**Occurrences of spawning of crucian carp and the daily changes of water temperature  
in the canal system around the Lake Kasumigaura**

Takashi Nemoto

## Abstract

To examine the distributions of the spawning ground of crucian carp, *Carassius auratus langsdorfii* in the cannal system around the Lake Kasumigaura, the occurrences of crucian carp spawning were surveyed. From March 28 to May 12 in 2012, sampling was conducted at the cannal. The survey station was located in an irrigation canal connected to the lake via small inlet river, Furukawa river. Spawned egg were collected using a bundle of artificial grass, called “Kinran-frame”. The bundle was set at the survey station in the cannal, and replaced the old with the new one at 9:00, every day. The egg of crucian carp, *Carassius auratus langsdorfii* sius were observed at April 2nd first and at April 25th in the end. For this sampling term the spawning egg were observed eight times in total. Especially, Spawning Intensity Index, which related to the amount of spawned egg on the bundle was rapidly becoming high between April 13th to April 19th. For the seven days, the water temperature in the cannal indicate  $15.5^{\circ}\text{C} \pm 1.7$  in average  $\pm$ SD and the ranges of daily change between the lowest water temperature and the highest water temperature in the canal indicate between  $2.4^{\circ}\text{C}$  and  $4.6^{\circ}\text{C}$ , whereas the water temperature in the Lake Kasumigaura near the gate of the cannal indicates  $13.6^{\circ}\text{C} \pm 4.5$  in average  $\pm$ SD and the ranges of daily change of the lowest water temperature and the highest water temperature in the Lake Kasumigaura indicate between  $0.4^{\circ}\text{C}$  and  $0.7^{\circ}\text{C}$ .

These results show that the canal habitat is used as the spawning grounds by *Carassius auratus langsdorfii* and suggested that the big range of daily change of water temperature stimulates crucian carp spawning in the cannal. Additionally, the Lake Kasumigaura crucian carp population may be recovered by the amount of spawned egg in the canal around the lake.

Key Words : irrigation canal, spawning ground, water temperature, crucian carp, lake Kasumigaura

## 1. 目 的

湖沼や河川の魚類生態において、その接続水面における静穏域であるワンド（湾処）は、重要な環境とされている（島谷 2000）。ワンドとは河川形状の一形態であり、本川に連続する細流や水路等である。そこは基本的に、“河川の通常の流れと分離された水域”と認識される場所である。つまりに形状は本流とは異なり、水がよどむ様な、止水性が強い、静穏な環境である。一般に、流れがある本川に比べ、そこでは魚や昆虫など様々な生物が多く生息し魚の産卵や成育の場であり、増水した時には、魚の避難場所となる（国土交通省国土技術政策総合研究所 2004, 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課 2012）。ワンド形状をした水域には、フナ類、タナゴ類、ドジョウなどの魚類が豊富に生息するとされているほか、水生植物の繁茂もみられることから、フナ類など水草に大量に産卵する習性を示す

魚類の重要な産卵場所ともなっている（大家ら 1975, 片野ら 2011）。

一方、霞ヶ浦においては、ワンドにおける魚類の産卵場や生育場所としての機能は、湖岸帯にみられる水生植物帯がその機能を担っているとされている（川前 1991）。しかし、水生植物帯の面積は減少の一途をたどっている。霞ヶ浦の湖岸帯に広くみられる植物帯は、ヨシに代表される抽水植物帯が優先するが、その面積は 1972 年から 1997 年までに約 40%に減少して約 183ha となっている（桜井 1981, 1994, 松原ら 1995, 山本ら 2002）。その後、関係機関による人為的な水生植物帯の復元が取り組まれているが、なお天然の水生植物帯面積は減少しており、2010 年は沈水植物から抽水植物までを含め約 100ha と推定されている（独）水資源機構 2011）。水生植物を産卵基質として利用するフナ類を例にとれば（松原ら 1965）、霞ヶ浦におけ

るフナ類の漁獲量は 1976 年の 1430 トンから減少し, 2011 年は 17 トンと過去最低の漁獲量にまで減少している(農林水産統計・茨城県農林水産統計事務所)。漁獲量はその時期の資源量を反映すると考えられることから, フナ類の漁獲量の減少の要因, つまり資源量の減少要因には, 霞ヶ浦の湖岸帯の水生植物帯の減少による産卵適地の縮小が指摘されているところでもある(浜田 2000)。

こうしたなか, 荒山ら(2009)は, 霞ヶ浦の周辺に広がる接続水面としての堤脚水路に着目した研究から, そこでのフナ類仔稚魚の生息を確認しており, フナ類資源回復のための堤脚水路の活用の可能性について示唆している。しかしながら, そこでは堤脚水路におけるフナ類など産着卵の知見は十分とはいえなかった。なお, 堤脚水路とは, 霞ヶ浦にみられるような, 湖岸の堤内にあつて, 堤防法面下端に堤防と平行して設置された排水路を指さしている。

そこで本研究では, 霞ヶ浦に接続して構築された堤脚水路における, 魚類の産卵場としての機能性を明確にすることを目的とし, 魚類の産卵状況と水温の日周変化の観察を通じて, 産卵行動と水温変化の関係を考察した。

## 2. 方法

### (1) 調査期間

産卵状況の観察は, 2012 年 3 月 28 日から 2012 年 5 月 12 日まで 45 日間行った。

### (2) 調査地点

茨城県行方市玉造甲地先の霞ヶ浦の堤脚水路を調査地点とした。調査地点の堤脚水路は幅約 1.3m, 水深約 0.5 m で両岸はコンクリート製ブロックで被覆されていた。底もコンクリート被覆とみられたが, 砂泥の堆積層が 0.2 m 程度あり, 水底は自然状態の表面を呈していた。調査期間中, 透明度は約 20 cm, 硫化水素臭の発生はなかった。水生植物はクロモ *Hydrilla verticillata* やマツモ *Ceratophyllum demersum* の繁茂が著しかった。霞ヶ浦本湖とは調査地点から約 100 m のところで接続しており, 霞ヶ浦との接続部にある樋門直前で, 同じ樋門につながっている流入小河川である古川と合流していた。なお, この堤脚水路は, 調査地点の上流側約 50 m 地点が末端となっており, 極めて止水性の高いワンド状の停滞水域となっていた。

### (3) 調査方法

#### 1) 産着卵の観察とふ化率の計測

産着卵を得るため, 調査地点に川幅を横断する形で, 水草状の人工繊維である「キンラン」複数本を取り付けた塩ビパイプ製の方形枠を設置した。「キンラン」は, 通常, コイやフナ類の人工産卵基質として用いられているものである。このとき, 人工繊維のキンランは水面から水底に向かって垂直方向にカーテン状に並ぶ形となっている。「キンラン」のついた塩ビパイプ製の方形枠は期間中, 週末の土曜日, 日曜日をのぞく毎日午前 9 時に引き上げ, 新しい方形枠と交換することを繰り返した。引き上げたキンランは実験室に持ち帰り, 産着卵の有無を確認した。キンラン

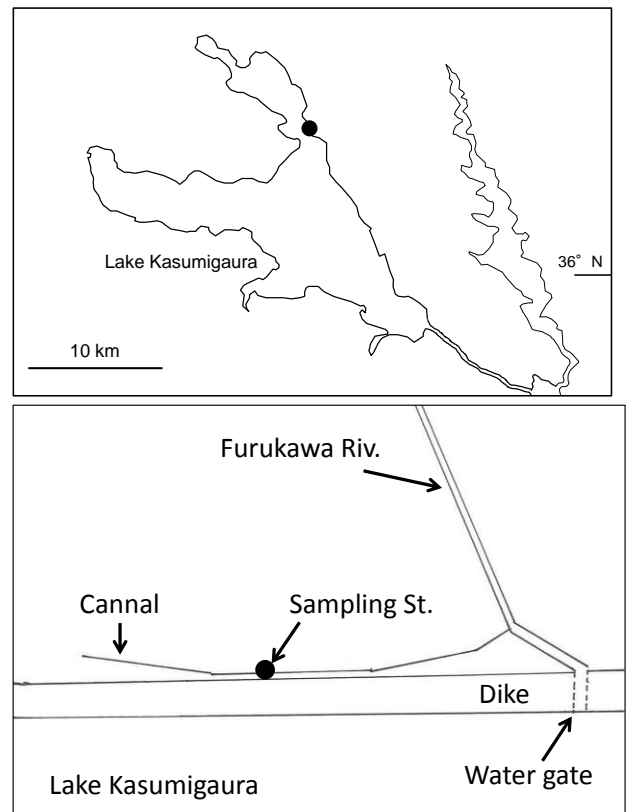


Fig.1 Location of the survey area at a cannal system around the Lake Kasumigaura

(● shows the survey are in the upper fig.)

図 1 霞ヶ浦における調査地点の位置図

に産着卵が認められた場合は, 産着部位のみられた範囲と, 任意に選んだ 1 視野中の産着卵の密度を目視観察から指数化し, その両者の積をもって産卵強度指数として求めた。産卵強度指数は, 原則として産卵強度は, 0 から 1 の範囲をとる。このとき産卵強度指数の数値化は次によった。産着部位の範囲が, キンラン枠の垂直方向の長さ全体にわたり付着がみられる場合を最大 1, みられない場合を 0 とし, その間を 0.1 刻みで目視判断した。次に, 産着卵の密度として, 1 視野中にまんべんなく十分な数の卵の付着が認められる場合を最大 1, ない場合を 0 とし, 同じくその間を 0.1 刻みで目視判断した。なお, 卵の付着が卵塊状にみられるなど, 明らかに層状的に, また濃密な付着として認められる場合は, 産着卵の密度として 1 以上の数値化も行った。

また, 産着卵のあるキンランについては, ふ化率を測定するため, その一部を切り取り, 採集日別に, 地下水を入れたシャーレ中に収容し, 毎日その生死を観察した。死卵については確認時に除去した。付着卵のついたキンランを切り取る際には, 付着卵が著しい卵塊状になっていない, キンランの繊維にそって, 分散して付着している部分のものとした。観察の期間中, シャーレは自然光の実験室内にふたをせず静置した。シャーレには通気はしなかったが,

シャレ中の水は毎日1回交換した。シャレ中の活卵がすべてふ化した時点で、そのシャレにおける、ふ化率を求めた。続いて、シャレでふ化した仔魚は、種の同定のため、水槽に移し、エアレーションによる通気により止水下で飼育した。水槽の水は堤脚水路で採水した水とし、餌料として、堤脚水路でプランクトンネットにより採集した動物プランクトンを十分量を与えた。水槽飼育は約2週間行い、種の同定を行った。

2) 堤脚水路の水温の測定

キンランを取り付けた塩ビパイプ製の方形枠を設置した地点において、データロガー (T and D 社製 Thermo Recorder TR-52) を設置し、現場水温を連続的に測定した。センサーは水底付近とした。測定間隔は1時間毎とし、5月31日まで継続して測定した。

測定値の解析においては、キンラン枠に産着卵が確認された場合、その前日のキンラン枠の設置時刻の9時から、翌日の引き上げまで時刻9時までの24時間の水温変化について、その間の最大の水温上昇の温度幅とその間の経過時間を求めた。

産卵行動と水温上昇の関係は、養魚池に収容したギンブナの自然産卵を誘発させる場合において、養魚池の飼育水温をそれまでの生息水温から人為的に約6℃から9℃上昇させることにより、24時間以内に自然産卵を誘発させることができるとされている (野内ら 2006, 2007, 2008, 根本, 未発表)。

3) 霞ヶ浦の水温の測定

堤脚水路の接続先である霞ヶ浦の湖岸付近の水温として、調査地点の直前の霞ヶ浦の湖岸であって、かつ、産卵場となり得る水生植物帯がみられない開放系の水域として、湖岸から岸沖方向に100mの地点の、水深3mの位置に、データロガー (Richard Brancker Research 社製 TDO-2050) を設置し、水温を連続的に測定した。測定間隔は同じく1時間毎とし、5月31日まで継続して測定した。調査は2010年4月から2012年12月まで行った。

3. 結 果

観察を開始した3月28日以降、堤脚水路に設置したキンランへの産着卵は、4月2日午前9時に初めて確認された。その後10日間は産着卵は確認されなかったが、4月12, 13, 16, 17, 19, 20, 25日の午前9時の引き上げ時に確認され、合計延べ8回確認された。

なおその後は、5月12日までの間、一度も確認されなかった。キンランは原則として毎日、新しい産着卵のないものと交換したが、4月2日に引き上げたキンラン枠は前週末にあたる3月30日に設置したものであり、また、4月16日に引き上げたキンラン枠も前週末の4月13日に設置したものであったため、この2回については、3昼夜経過した後の確認となった。

ここで、堤脚水路と霞ヶ浦本湖の水温変化をみると、産着卵が確認された期間を含む、3月30日から6月1日ま

で約2ヶ月間では、図2のとおりとなっていた。なお、図1中に示した矢印は、堤脚水路のキンラン枠に産着卵が確認された日を示している。

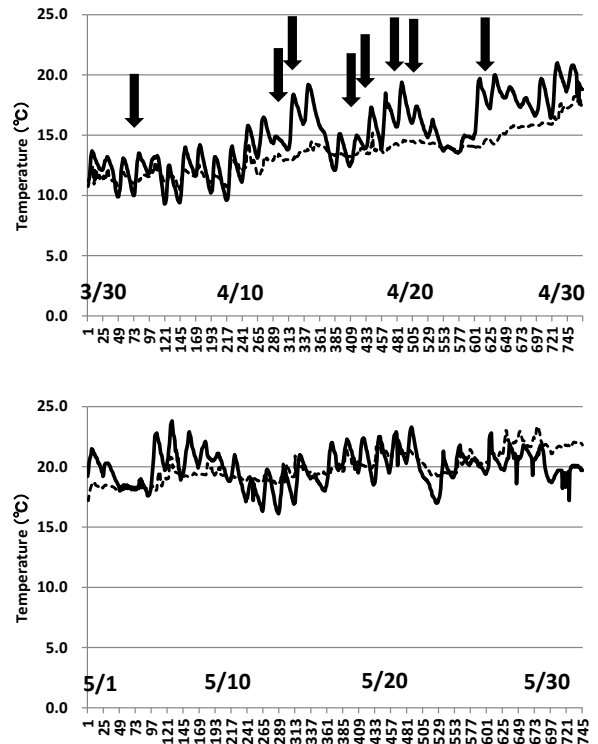


Fig.2 Daily changes of water temperature at the canal system and Lake Kasumigaura

(Solid line: The canal, Broken line: Lake Kasumigaura)

(Arrow: The date of egg observed)

(Upper Fig: From March 30 to April 30, 2012,)

(Bottom Fig: From May 1 to June 1, 2012)

図2 堤脚水路と霞ヶ浦における水温の日周変化の推移

実線: 堤脚水路の水温、破線: 霞ヶ浦の水温

矢印: 産着卵確認日

上図: 2012年3月30日から4月30日まで

下図: 2012年5月1日から6月1日まで

水温変化の様子は一見して、堤脚水路の日間変動幅の方が霞ヶ浦よりも常に大きかった。堤脚水路において、産卵行動があったと推定される期間は、キンラン枠の設置日時を考慮すると3月30日午前9時から4月25日午前9時までの間となる。この期間中の堤脚水路における水温変化は、最低水温9.3℃、最高水温19.7℃、平均水温±標準偏差は14.2℃±2.2となっていた。

次に、合計8回確認されたキンラン枠への産着卵について、産卵強度指数の経日変化として図3に示した。その結果、4月13日から4月19日までの、4回の確認時の産卵強度指数が急激に高まっていた。ここで、産着卵の魚種を同定するため、4月2, 13, 16, 17, 19, 20日に確認された産着卵の一部を飼育して、ふ化仔稚魚を同定した結果、

すべてギンブナであった(中坊 2000)。このことから、堤脚水路におけるギンブナの産卵は4月上旬にはみられ、4月中旬にそのピークがあったといえた。

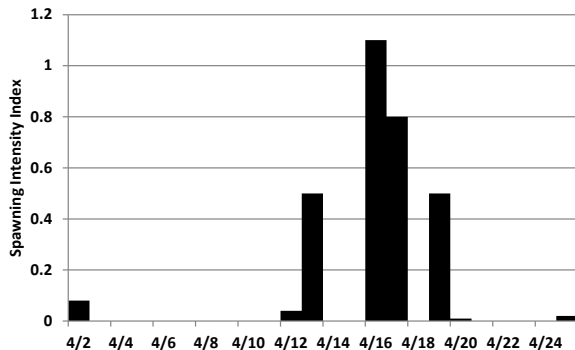


Fig.3 Distributions of Spawning Intensity Index at the cannal system around Lake Kasumigaura

図3 堤脚水路における産卵強度指数の経日変化

ギンブナの産卵のピークの期間にあたる4月12日午前9時から4月19日午前9時までの経過水温は、最低水温12.1℃、最高水温19.2℃、平均水温±標準偏差15.5℃±1.7となっていた。また同時期の霞ヶ浦の水温は、最低水温12.9℃、最高水温15.1℃、平均水温±標準偏差は13.3℃±0.3となっていた。この間は、ほとんどの時間帯で堤脚水路の最低水温は霞ヶ浦の水温の最高水温よりも高く推移していることがわかる。

次に、産着卵が確認された日について、その前日のキンラン枠の設置時刻から翌日の引き上げまで時刻までの、24時間の水温変化における、最大の水温上昇の幅と要した時間を示した(表1)。

Table 1 Table of Spawning Intensity Index (S.I.I.) and the difference between maximum and minimum water temperature of the previous day when S.I.I. observed

表1 産着卵の確認日における産卵強度指数とその前日の水温の上昇温度

Date of egg observed	Cannal				Lake Kasumigaura		
	S.I.I.	WT	Δ WT	Δ t	WT	Δ WT	Δ t
4/2	0.08	9.9	3.2	7	10.8	1.1	12
4/12	0.04	14.3	0.6	5	12.9	0.4	7
4/13	0.5	13.9	4.5	7	13.0	0.7	24
4/16	1.1	16.1	3.1	6	13.6	0.5	22
4/17	0.8	12.6	2.4	9	13.3	0.5	16
4/19	0.5	13.9	4.6	6	13.6	0.7	22
4/20	0.01	15.7	3.7	7	14.1	0.5	13
4/25	0.02	15.1	4.6	8	14.0	0.8	19

S.I.I.: 産卵強度指数

WT: 産着卵確認日の前日午前9時の水温(℃)

ΔWT: 前日の最低水温と最高水温との較差(℃)

Δt: 最低水温から最高水温に要した時間(h)

S.I.I.: Spawning Intensity Index

WT: Water temperature of the previous day at 9:00 of egg

observed

Δ WT: Differences between maximum and minimum water temperature of the previous day

Δ t: The time required for Δ WT

キンラン枠の設置は毎回午前9時であり、その時点の水温は、数時間前にあたる日の出前の最低水温に近い水準にあった。また、日中の最高水温は概ね午後3時頃に計測されていたことから、産卵に対する温度上昇刺激としては、午前9時からその日の午後3時頃までに示された最高水温までの温度上昇幅を求めた。またそこから、単位時間あたりの上昇温度を求めた(表1)。

なお、4月2日と4月16日に産着卵を確認したキンラン枠は、設置から3昼夜経過しているため、この間のうち、温度上昇幅の最も大きい日の値を採用した。あわせて、対照として同一日の霞ヶ浦の温度上昇幅も求めた。

次に、堤脚水路における産卵強度指数とその前日の温度上昇との関係を図4に示した。

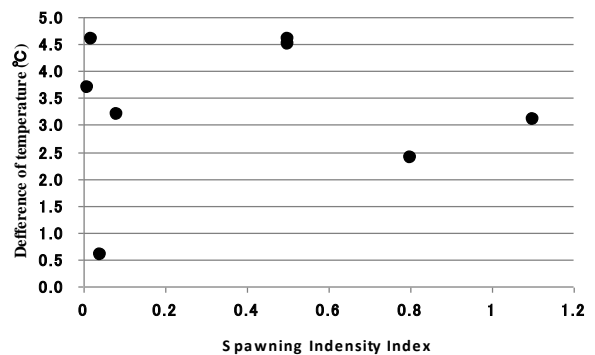


Fig.4 Relationship between Spawning Intensity Index (S.I.I.) and the difference of maximum and minimum water temperature on the cannal system on the previous day when S.I.I. was observed

図4 堤脚水路で確認された産卵強度指数とその前日の水温の上昇温度との関係

この結果、産卵強度指数が0.5以上と比較的高かった、4月13日から4月19日には、それぞれ産卵確認日の前日に6時間から9時間を要して、2.4℃から4.6℃の温度上昇がみられた。一方、霞ヶ浦ではその間の温度上昇は、16時間から24時間を要して、0.5℃から0.7℃の上昇にとどまっていた。このことは、霞ヶ浦の湖岸帯の底層域では、この間、ほとんど上下動のない漸増的な温度上昇がみられていただけであり、堤脚水路でのような温度上昇はなく、また、水温の日周変動は明確ではなかったことを示していた。

なお、今回の研究で用いた卵の付着基質としての「キンラン」の形状は、幹繩に左右約9cmの長さで松葉状に微細な合成繊維が編み込まれた人工水草様の形状であるが、キ

ンラン枠を引き上げた際の観察時に、産卵強度 1 の場合の付着卵数を計数したところ、「キンラン」を平板状に広げた場合、キンラン 1 m<sup>2</sup>あたり 113,000 粒の付着卵があると推定された。

次に、産着卵からのふ化率を計測するため、4月 13, 16, 17, 19, 20 日に確認された産着卵をシャーレに収容して毎日経過観察した(表 2)。その結果、5 区画のふ化率は 0%から 93.9%の範囲にあり、5 区画の平均値は 36.8%となり、収容卵の活卵のすべてがふ化するに要した日数は 8 日から 11 日間であった。

Table 2 Percentage of hatching ratio of spawned egg collected from the cannal system

表 2 堤脚水路から採集した産着卵のふ化率とふ化に要した日数

Lot number	1	2	3	4	5
Date of sampling	4/13	4/16	4/17	4/19	4/20
Number of egg	31	30	30	42	24
Number of hatching	10	14	28	5	0
Days for hatching	10	8	8	11	—
Hatching ratio(%)	32.3	46.7	93.3	11.9	0.0

#### 4. 考 察

堤脚水路における産着卵の有無と温度上昇との関係について検討した理由は、養魚池におけるギンブナの自然産卵の誘発には、その飼育水温をそれまでの生息水温から人為的に約 6℃ないし 9℃上昇させることが有効であるとされている(野内ら 2006, 2007, 2008, 根本, 未発表)ことによるものであり、天然条件下での産卵行動の誘発条件との比較検討のためであった。

事実、産卵強度指数が高い日は、その前日に少なくとも 2.4℃以上の温度上昇が認められ、温度上昇と産卵誘発の有無についての関係は一致していた。しかし、堤脚水路においては、それ以上の温度上昇を示しても産着卵を確認できない日があった。もっともこれは、産卵親魚が堤脚水路に進入していたかどうかを明らかにしなければ、その理由は明らかにできないところである。いずれにせよ今回の結果から、堤脚水路において、複数回にわたりギンブナの産卵が確認されたほか、産卵のピーク期間には、連日、濃密な産着卵も確認されたところである。よって、この堤脚水路はギンブナの産卵場として利用されていたことが示された。また、荒山ら(2009)の調査箇所とも合わせると、霞ヶ浦の堤脚水路の多くは、フナ類の再生産の場として機能しているものと考えられた。

本研究では、調査期間中にフナ類の産卵親魚の進入動向を捉えることはできなかったが、堤脚水路への進入頻度が高いほど、堤脚水路の再生産の場としての有効性はさらに高まると考えられた。

今回の調査地点である堤脚水路は、約 100m 下流で古川を経由して霞ヶ浦と樋門で接続しているが、その、流入口

にあたる樋門の幅は約 2m、水深は 1.3m であった。流入口自体には、フナ類の進入に特に大きな支障があるとは考えにくいものの、長大な湖岸線を有する霞ヶ浦において、樋門への接近可能性、発見可能性はあまり高くはないとも考えられた。今後は、産卵親魚の堤脚水路への進入を確認した後の産卵行動を観察することにより、より一層、温度上昇などの産卵行動の誘発条件について明確になるであろう。

今回得られた堤脚水路の水温特性としては、4月中旬から下旬の間は、その最低水温が霞ヶ浦の最高水温よりも高いという現象がみられた。一方、5月以降になると、堤脚水路と霞ヶ浦の水温は、堤脚水路において水温の日周変動は大きいものの、日間平均水温は同じ程度になっているという点があった(図 2)。堤脚水路では、ちょうど 4 月中下旬にギンブナの産卵がみられたが、これは既往知見にある、フナ類の産卵期はコイより早く 3 月から 7 月で、主として 4 月下旬から 6 月下旬で、水草の多いところ(松原ら 1965)や、霞ヶ浦の湖岸の水生植物帯では 4 月下旬から 6 月下旬としていること(浜田 1972, 川前 1991)と今回の結果は、産卵の開始時期について一致している。これら既往知見とも考え合わせると、フナ類の産卵は、浅所に水生植物が繁茂していることに加えて、本湖あるいは本川の水温より高水温であることおよび温度上昇刺激が発生する水域において容易に行われると考えられた。水温環境から推察すると、4月に産卵行動がみられる箇所は、こうした環境条件にある場所といえると考えられた。それは、止水性の強い迷入水路であり、霞ヶ浦では堤脚水路にあたり、河川では本流と接続する迷入水路であるワンドにあたるといえた。

天然水域における、魚類の資源変動を考慮する上で、再生産におけるふ化率も推定は重要な要素である。しかし、天然水域では、産卵時期が特定された産着卵についてふ化率を測定することは容易ではない。今回の研究から得られた、産卵時期を特定された受精卵を複数回得ることができたことから、ふ化率の測定を行った。実際は、約 10 日間実験室内での観察によったが、できるだけ粗放的に飼育することで、現場条件に近いものとなるよう試みた。その結果は、試験区ごとのばらつきは大きいものの、平均 36.8%のふ化率と推定された。一方、先に示した飼育水温を人為的に上昇させて自然産卵を誘発させた受精卵について、その後葉浴と井水中での飼育を行っており、こうした比較的良好な環境下で飼育した 8 回の実績では、ふ化率は 20.9%から 69.0%となり、平均 40.1%であった(渡邊ら 2005, 高島ら 2005, 野内 2006, 2007, 2008)。また、印旛沼で採集されたフナ類が大半を占めたという、フナ類とコイの混合した受精卵の水槽観察では、ふ化率は 15.7%と 30.1%との結果が示されている(千葉県内水面水産研究所(2008, 2009))。これらから、天然水域では、現場条件や産卵条件に左右されるのは当然であるが、概ね 30%程度のふ化率が見込めるものと考えられた。

## 6. 引用文献

- 荒山和則・富永敦(2009):霞ヶ浦におけるフナ仔稚魚の出現, 茨城内水試研報, 42, 1-7
- 大家正太郎・宮下敏夫・川村厚生(1975):淀川の魚類尾および環境と改修工事による影響について, 大阪府淡水魚試験場研究報告, 3, 1-11
- 片野修・黒川マリア・北野聡・東城幸治(2011):小河川におけるワンド・タマリの魚類群集, 陸水学雑誌, 72, 181-192
- 川前政幸(1991):フナ, コイの産卵場としての水生植物帯の機能について, 茨城内水試研報, 27, 135-166
- 国土交通省国土技術政策総合研究所(2004):河川用語集～川のことば～
- 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課(2012):平成18年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版]
- 桜井善雄(1994):湖沼沿岸帯の環境変化と植生の保全, 用水と排水, 36, 28-32
- 島谷幸宏(2000):河川環境の保全と復元, 鹿島出版会, 東京, pp198
- 高島葉二・坂本正義・荒井将人(2005):ギンブナ人工採卵試験, 茨城内水試事業報告2004年度, p.196
- 千葉県内水面水産研究所(2009):コイ増殖手法開発事業, 平成20年度業務年報, 千葉県水産総合研究センター, p110-111
- 千葉県内水面水産研究所(2008):コイ増殖手法開発事業, 平成19年度業務年報, 千葉県水産総合研究センター, p116
- 独立行政法人水資源機構(2011):霞ヶ浦開発事業定期報告書, 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会霞ヶ浦部会, pp77(平成25年3月11日アクセス <http://www.water.go.jp/kanto/kasumiga/works05.html>)
- 中坊徹次編(2000):日本産魚類検索, 全種の同定, 第二版, 東海大学出版会
- 浜田篤信(2000):外来魚類による生態影響, 霞ヶ浦はなぜ外来魚に占拠されたか, 生物科学, 52, 7-16
- 松原千代松・落合明(1965):魚類学(下), 水産学全集, 19, 恒星社厚生閣, 東京, pp175
- 松原尚人・外岡健夫・佐々木道也(1995):霞ヶ浦・北浦における水生植物帯の現状について, 茨城内水試研報, 31, 36-48
- 野内孝則・坂本正義・荒井将人(2006):ギンブナ人工採卵試験, 茨城内水試事業報告2005年度, p.147
- 野内孝則・坂本正義・荒井将人(2007):ギンブナ人工採卵試験, 茨城内水試事業報告2006年度, p.112
- 野内孝則・坂本正義・荒井将人(2008):ギンブナ人工採卵試験, 茨城内水試事業報告2007年度, p.125
- 山本晃一・戸谷英雄・福田健一・坂口喜久二(2002):霞ヶ浦における湖岸植生回復の検討について, 河川環境総合研究所報告, 8, 34-51
- 渡邊直樹・坂本正義・荒井将人(2005):ギンブナ人工採卵試験, 茨城内水試事業報告2003年度, p.140-141 茨城県(2007):第2期牛久沼水質保全計画
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編(2001):日本の淡水魚改訂版, 山と溪谷社, 東京, pp
- 立川賢一(1982):湖沼における魚類の生産とその意義, 国立公害研究所調査報告, 22, 別冊
- 外岡健夫・大川雅登(1985):牛久沼の魚類目録, 茨城内水試調研報, 22, 120-121
- 中坊徹次編(2000):日本産魚類検索 全種の同定 第二版, 東海大学出版会, 東京
- 中村誠・杉浦仁治(1998):牛久沼の魚類相について, 茨城内水試研究報告, 34,77-80