

ヒガシシマドジョウの産卵期における水路への遡上と産卵場所の特徴（平成 23 年度）

吉田 豊

ヒガシシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type C は、今までシマドジョウ *Cobitis biwae* とされてきたが、分類学的な見直しにより、シマドジョウ種群のうち東日本に生息するものに対して新種記載された。¹⁾ 県内では多くの水域で確認されており、²⁾ 河川では中流域から下流域にかけての砂泥底や砂底、砂礫底域に生息している。³⁾

本県において本種は「スナサビ」と呼ばれ、特に産卵期のものは食用として珍重されていることから、漁業の対象となっている。⁴⁾ 魚類の増殖方法としては種苗放流や人工産卵場の造成などが一般的であるが、本種の場合には、集約的給餌養殖に適さないことや、⁵⁾ 産卵期を中心とした生態に不明な点が多く、産卵場の保護・造成技術が全く確立されていないこともあり、漁協による増殖行為は漁場間の移植が行われた事例（那珂川南部漁業協同組合 私信）があるのみである。

本種は5月から6月にかけて産卵のため河川から細流や農業水路へ移動することが知られている。^{6,7)} しかし近年、細流や農業水路は圃場整備事業などにより年々産卵に適した環境が減少する傾向にあると考えられる。⁸⁾ このような情勢の中、2001年に土地改良法が改正されたことにより、圃場整備事業の実施にあたっては、「環境との調和への配慮」が原則化された。その際には環境への配慮の検討のポイントを明確にするため、対象地域における生態系の代表となる生物を「保全対象生物」として選定することとなり、選定された種について事業後も生活史を全うできるような配慮が求められている。⁹⁾ 本種についても希少性（本県版レッドリストにおいて準絶滅危惧に指定²⁾）および典型性の面から「保全対象生物」として選定され、魚道による移動経路の確保や生態系保全池などの造成がおこなわれた地域があるが、事業終了後に本種が確認されなくなったケースが一部にある。また、事業終了後に本種の生息が確認されている地域においても、その成功理由が明らかになっていないため、本種の保全対策は確立していない状況にある。そのため、本種の保全を進めるためには、その基礎情報となる生態に関する知見の蓄積が重要な課題である。

そこで本稿では、本種について、魚類の生活史の中で最も重要と考えられる繁殖期における移動や産卵に利用する環境の特徴を明らかにした。

材料および方法

1. 産卵期の遡上生態と仔稚魚の出現状況

調査場所 大田原市のなかがわ水遊園内大池の水が流れ出す排水路で調査をおこなった（図 1）。水源は那珂川で、調査期間中の流量は約 0.12 m³/s、排水路最上流部から那珂川に流入する最下流部までの距離は 200m である。最上流部には 1m の落差工があるため、なかがわ水遊園内の池へのヒガシシマドジョウの遡上は困難と考えられた。また、最下流部にも 40cm 程度の落差が存在したため、那珂川から排水路への遡上も増水時を除くと困難であると考えられた。水路幅は 3~5m ほどで、底質は主に砂利と砂からなっており、6 月以降は上流部を中心にヨシの繁茂がみられた。

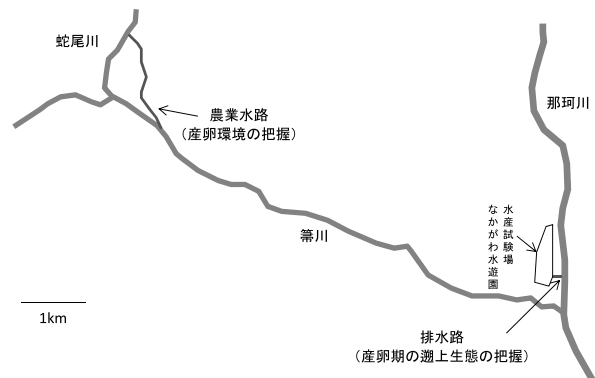


図 1 調査場所

調査方法 2006年4月2日から6月30日までの間の毎日、排水路最下流部の落差直下の右岸と左岸に1個ずつ網目4mmの金網で作成した遡上トラップ（いわゆる“どじょう釜”）を設置し、那珂川から当排水路に遡上しようとしている個体を採捕した。トラップによる採捕状況の確認は、原則として毎日午前9時と17時におこなった。午前9時から17時までの採捕時間を昼間、17時から翌日9時までを夜間とした。また、同年5月15日と6月15日には電気ショッカーを使用して排水路最下流から最上流まで1パスする方法で水路生息個体の採捕をおこなった。採捕魚については体長の測定と胸鰭の形状による性別および成熟の有無（抱卵や排卵、排精の有無）を調べたのち落差の上流に放流した。なお、得られた成熟魚の最小体長が雌で53mm、雄で45mmであったため、本研究では便宜的に雌は50mm以上、雄は45mm以上の個体を成熟魚とし、

これらよりも小型の個体については未成魚とした。また、那珂川から当排水路への遡上を促す要因を検討するため、4月から6月にかけての水温と降水量に関するデータを収集した。水温は排水路内に設置したデータロガーおよび水産試験場で測定している那珂川の取水水温から、1時間間隔で測定している水温のデータを使用した。降水量については気象庁による大田原市での観測結果を用いた。

2. 産卵環境の把握

調査場所 調査は那珂川水系箒川に流入する農業水路（大田原市地内）で行った（図1）。当農業水路の延長は1.7km、受益面積は約30haで、箒川およびその支流である蛇尾川により形成された河岸段丘の縁に沿って流れる。水源は蛇尾川からの取水と段丘の縁からの湧水からなる。水は通年涸れることはなく、調査期間中における最下流部の流量は約0.3m³/sで、この間に大きな増水はみられなかった。この地域では圃場整備が完了し、当農業水路の多くの区間ではコンクリート護岸が施されていた。ただし、下流部0.5kmの区間は周辺に水田が存在せず、素堀水路となっていた。この区間では両岸にヨシなどの抽水植物が多く群生し、河床材料が多様で、分流が多くみられるなど多様な環境が残されていた。箒川との合流部付近には魚類の移動阻害となるような工作物はなかったが、合流部から0.5km上流には高低差0.6mの落差工が存在した。そのことから、箒川に生息する魚類が当農業水路を遡上できるのは下流部の素堀の区間のみと考えられ、ここでは河川から産卵遡上する個体も繁殖場所として利用することが期待された。そこで本研究では、この区間を調査対象区間とした。

調査方法 2010年5月11, 14, 22日に調査を実施した。事前調査において卵や仔魚が確認された地点とその周辺に5mの等間隔で流路に直角なトランセクトを15本設け、主流と分流それぞれ（部分流のみ）について水路幅を巻き尺を用いて計測した。その後、主流では両岸（水際線）、および左岸から1mの間隔で50×50cmの方形枠（以下、セルとする）を設定した。分流については左岸および左岸から1m離れた点にセルを設定した。以上により調査対象とした合計111のセルにおいて、環境項目の計測と卵や仔魚の採集を行った。

環境項目は水路幅のほか、セルの中心から岸までの距離（以下、岸からの距離とする）、水深、流速、底質の材料（以下、底質とする）、水路底の硬さ（以下、底の硬さとする）、植物残渣の堆積や沈水植物、藻類の繁茂の有無（以下、堆積物とする）を各セルの中央点で測定するとともに、ヨシなどの抽水植物によるセル水面上の被覆状況（以下、植生被度とする）を記録した。水深は測量用のスタッフを用いて1cm単位で測定した。流速はプロペラ式流速計に

より6割水深において測定した（計測下限値3cm/秒）。底質は目視観察によりセル内を優占する河床材料について佐川ほか¹⁰⁾および鶴飼ほか¹¹⁾を参考に泥(<0.2mm)、砂(<2mm)、砂利(<17mm)、礫(<65mm)、石(≥65mm)に分類し、細かい順に1~5のスコアを与えて記録した。底の硬さは測量用ピンポール（長さ50cm、直径6mm）と手秤（秤量10kg）を用いて1cm単位で測定した。ピンポールを水路底に垂直に立てたのち、上部に手秤のフックを取り付け、手秤の取手を下方向に10kgの力をかけることでピンポールが貫入した深さを記録した。堆積物はセル内での植物残渣等の堆積の有無を目視により確認し、存在する場合は1、存在しない場合は0とした。植生被度は目視観察によりセルの水面が抽水植物等に覆われている割合(%)を記録した。

卵や仔魚の採集については、各セルにおいて1人が手網（口径25cm、目合0.3mm）で底質や堆積物をまんべんなくすくい取ったものと徒手により採取した植生をサンプルとした。サンプルは氷冷した状態で研究室へ持ち帰り、翌日までにその中から卵や仔魚を選別した。卵については岡田・清石⁶⁾や中村、¹²⁾落合・田中、¹³⁾勝呂¹⁴⁾を参考に同定したが、一部の個体については孵化するまで飼育し、ホルマリンで固定したのち、沖山¹⁵⁾を参考に仔魚の形態の特徴に基づき種を確認した。なお、本研究では、ヒガシシマドジョウ以外ではホトケドジョウやナマズの卵、ホトケドジョウやウグイの仔魚が確認された。

結果

1. 産卵期の遡上生態

産卵期の遡上状況 調査期間中における遡上トラップでの採捕個体数は合計287個体であった（表1）。本種の遡上は4月12日に初めて確認された。それ以降は徐々に増加する傾向がみられ、5月上旬がピークとなった。雌は184個体と全体の64%を占め、特に4月下旬から5月中旬にかけて多くの個体が遡上した。6月上旬および中旬を除くと、大部分の個体が夜間に採捕された（図2）。雄は77個体が採捕され、5月上旬で多かった。未成魚は26個体で、6月中旬以降に多く採捕された。性比は4月下旬から5月中旬にかけてと6月上旬および下旬で有意に雌に偏った（ χ^2 適合度の検定、4月中旬 *n.s.*, 下旬 $p < 0.001$, 5月上旬 $p < 0.001$, 中旬 $p < 0.001$, 下旬 *n.s.*, 6月上旬 $p = 0.035$, 中旬 *n.s.*, 下旬 $p = 0.011$ ）。成熟魚は雌では4月15日に初めて確認された。この個体は腹部が膨満するとともに卵が表皮を介して観察することができた。また、腹部を押すと排卵する個体も5月上旬に1個体、6月上旬に3個体、確認された。4月下旬から6月上旬にかけて雌は56~79%の

個体が成熟魚であった。雄では4月下旬と5月上旬のみ成熟魚（腹部を押すと排精する個体）が確認された。採捕された個体の体長は最小が33mm（未成魚）、最大が87mm（雌）であった。雌の平均は65mm、雄の平均は54mmで、前者は後者よりも有意に大きかった（マンホイットニーのU検定、 $p < 0.001$ ）（図3）。

電気ショッカーによる水路生息個体の採捕では、5月15日に167個体、6月15日に105個体が採捕された。前者では遡上トラップでの結果と異なり、未成魚が51%と半数を占めた。また、雌の成熟魚は少なかったものの、産卵後と思われる腹部がへこんだ個体を確認された。両調査日とも性比に有意な偏りは確認されなかった（ χ^2 適合度の検定、5月15日 *n.s.*、6月15日 *n.s.*）。

産卵期の水温と降水量 本研究では本種の遡上がピークとなった4月下旬から5月中旬にかけては夜間に遡上個体が多く確認されたため、解析対象とした水温や降水量については前日午前10時から当日9時までの平均値をその日のデータとして使用した。

調査を開始した4月3日の水温は排水路が10.9°C、那珂川が9.8°Cであった（図4）。その後、水温は変動しながら上昇する傾向がみられ、6月30日には排水路で25.5°C、那珂川で21.9°Cに達した。排水路と那珂川の水温の変動は

ほぼ同調するとともに、前者が後者に比べ常に高く推移した。排水路の水温が前日と比べ1.5°C以上の低下がみられたのは調査期間中に12日あったが、これらのうちの11日では当日もしくは前日に降雨があった。降水量は6月16日に96mmを記録した以外は最大で38mmであった。

遡上数と環境要因の関係 ヒガシシマドジョウの遡上が初めて確認された4月12日の水温は、排水路が11.0°C、那珂川が10.3°Cであった（図4）。遡上トラップによる採捕個体数が35個体と最も多かった5月1日では排水路で18.5°C、那珂川で15.8°Cに達した。雌と雄の合計採捕個体数が多かった4月下旬から5月中旬にかけて旬別にこの値と水温との間の関係性について解析した結果、4月下旬では排水路（ $r = 0.79$, $p = 0.012$ ）および那珂川（ $r = 0.76$, $p = 0.017$ ）とも有意な正の関係が認められた（図5）。いっぽう、5月上旬および5月中旬では排水路（5月上旬, $r = 0.53$, *n.s.*, 5月中旬, $r = 0.09$, *n.s.*）および那珂川（5月上旬, $r = 0.50$, *n.s.*, 5月中旬, $r = 0.12$, *n.s.*）とも有意な関係はみられなかった。降水量については4月下旬から5月中旬の間（ $r = -0.10$, *n.s.*）、4月下旬（ $r = -0.32$, *n.s.*）、5月上旬（ $r = 0.16$, *n.s.*）、5月中旬（ $r = -0.20$, *n.s.*）とも遡上数との間で有意な関係は認められなかった。

表1 採捕個体数の推移

遡上トラップ								
	雌	(抱卵)	(排卵)	(産卵後)	雄	(排精)	未成魚	合計
4月中	5	(1)			7		1	13
4月下	35	(24)			11	(2)	2	48
5月上	85	(66)	(1)		45	(12)		130
5月中	22	(15)			3			25
5月下	11	(7)			4			15
6月上	9	(2)	(3)		3			12
6月中	8	(2)			3		13	24
6月下	9				1		10	20
合計	184	(117)	(4)		77	(14)	26	287

電気ショッカー								
	雌	(抱卵)	(排卵)	(産卵後)	雄	(排精)	未成魚	合計
5月15日	33	(6)		(3)	48	(4)	86	167
6月15日	24	()			22	(1)	59	105
合計	57	(6)		(3)	70	5	145	272

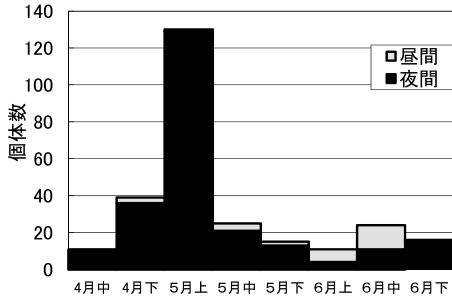


図2 遡上トラップによる昼間および夜間における採捕個体数の推移

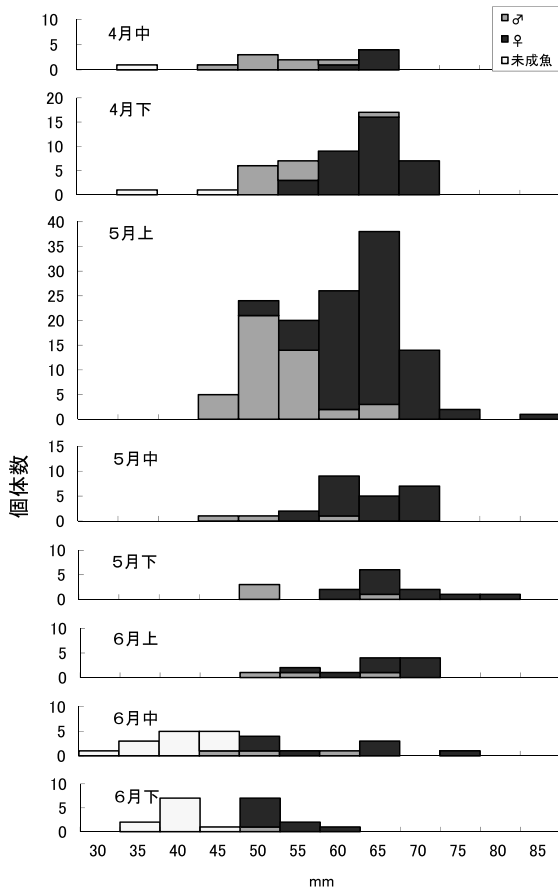


図3 遡上トラップで採捕したヒガシシマドジョウの体長

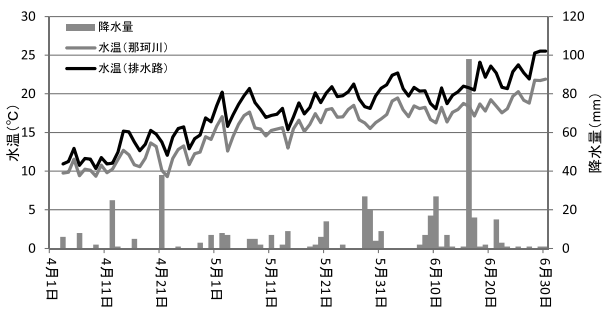


図4 排水路および那珂川の環境要因の推移

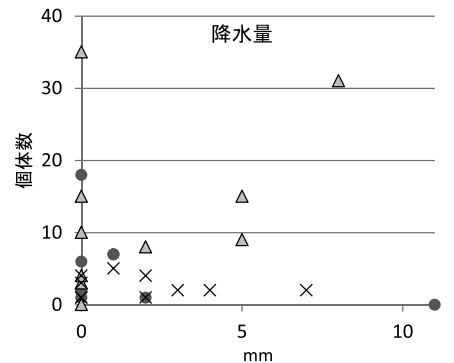
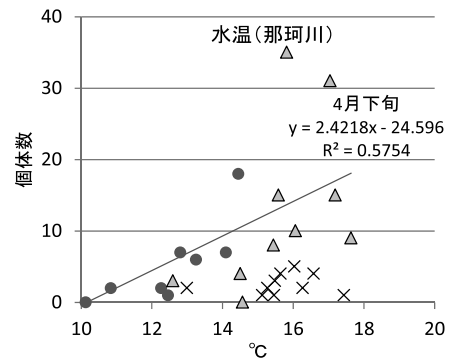
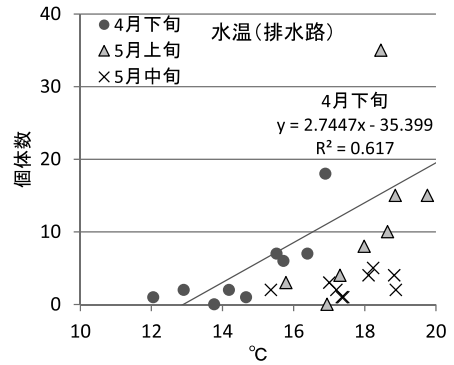


図5 排水路および那珂川の水温および降水量と遡上トラップによる採捕個体数の関係

2. 産卵環境の把握

卵および仔魚の採集数 ヒガシシマドジョウの卵は全111カ所のセルのうち5カ所で合計45粒(1~25粒)、仔魚は2カ所のセルで合計3個体(1~2個体)が採集された(表2)。得られた卵は植生への付着は認められなかったが、その多くで表面にシルトが付着していた。仔魚は全ての個体が卵黄吸収前の個体であった。なお、卵の同定を目的に孵化まで飼育した個体については、孵化直後から容器内で前進する様子が観察された。

表2 卵および仔魚の採集数と確認したセルの数

	採集数	確認セル数
卵	45粒	5カ所
仔魚	3個体	2カ所

卵や仔魚が採集されたセルの特徴 本研究で調査をおこなった全 111 のセルの水路幅は、50～1,100cm の範囲にあった (図 6a)。本種の卵が確認された 5 カ所のセルの水路幅は 50～1,030cm の範囲にあった。このうちの 3 カ所は分流に位置しており、それらの水路幅は最も狭い階級に含まれていたが (実測値 50～170cm)、残りの 2 カ所は主流に位置し、最も広い階級に含まれていた (実測値 900～1,030cm)。確認された 45 粒の卵のうち 41 粒が水路幅の狭い分流で確認された。

全セルにおける岸からの距離は、25～500cm の範囲にあった (図 6b)。本種の卵が確認されたセルでは、200cm であった 1 カ所を除いた 4 カ所が 25cm と岸寄りに位置した。これらの岸寄りのセルにおいて 44 粒の卵が確認された。

全セルにおける水深は 0～40cm の範囲にあったが、本種の卵が確認されたセルは比較的浅い 2～12cm の範囲にあった (図 6c)。24 粒および 14 粒の卵がまとめて確認されたセルの水深はそれぞれ 4cm と 9cm であった。

全セルにおける流速は 0～99.6cm/秒の範囲にあったが、本種の卵が確認されたセルは 0～4.5cm/秒の範囲であった (図 6d)。特に 0cm/秒のセルでは 41 粒が確認された。

全セルにおける底質は泥が 35 カ所、砂が 45 カ所と両者で大部分 (約 72%) を占めた (図 6e)。卵は泥のセルで 2 カ所、砂のセルで 3 カ所確認され、砂利、礫、石の底質では確認されなかった。卵は泥のセルで 15 粒、砂のセルで 30 粒が採集された。

全セルにおける底質の硬さは 0～27cm の範囲にあったが、卵が確認されたセルは 3～8cm の間であった (図 6f)。

全 111 セルのうち堆積物が存在したセルは 87 カ所と大半 (約 78%) を占めた (図 6g)。卵が確認されたセルにはすべて堆積物が存在した。

全セルにおいて植生被度は 0～100% の範囲にあり、特に 0% と 100% のセルが多かった (図 6h)。卵が確認されたセルの植生被度は 20～100% の範囲にあった。これらのうちの 2 カ所のセルでは 30% の植生被度であったが、ここでは 39 粒の卵が確認された。

仔魚が確認された 2 カ所のセルは水路幅が 900cm と 1,030cm、岸からの距離が 25cm と 200cm、水深が 12cm と 14cm、流速が 0cm と 4.5cm、底質が砂、底質の硬さが 4cm、堆積物が存在、植生被度が 100% であった。

考 察

ヒガシシマドジョウの繁殖生態 本種は、産卵期である 5 月～6 月に細流に集団で遡上し、^{6,7)}水草の根などに産

卵する⁶⁾とされているが、採捕個体数が少ない、もしくは詳細なデータが示されていないことから、詳細は不明であった。本研究の結果、大田原市地先の那珂川に流入する排水路において、4 月中旬以降 5 月上旬をピークに成熟魚の遡上が多く認められた。このことから、本種がこの時期に河川から水路へ繁殖を目的に移動することが確認された。また、成熟魚の水路への遡上のほとんどが 17 時～9 時の間に確認されたことから、ギバチやナマズなどと同様に成熟魚が夜行性である可能性が高いと考えられる。¹⁶⁾

遡上魚では性比が雌に偏ることが確認されたが、排水路内で採捕された個体では性比に偏りがみられなかった。この理由として、雄では遡上が繁殖期以外におこなわれたことや排水路に定着している個体が多いことなどが考えられる。しかし、本研究では遡上魚や水路に生息している個体の採捕を繁殖期のみ実施したため、これらの理由を検証することができなかった。このため、今後は繁殖期以外のデータについても収集する必要がある。

また、遡上魚では雌は雄よりも体長が大きいことが確認された。同様のことはインドジョウ¹⁷⁾や *Cobitis teana*¹⁸⁾、アジメドジョウ *Niwaella delicata*¹⁹⁾ でも確認されており、この理由として後 2 種では雌が雄よりも 1 年遅れて成熟することが挙げられている。^{18,19)} ヒガシシマドジョウについては成熟までにかかる年数について詳細に調べられた例は存在しないが、雌雄の体長差はこれらの種と同様に成熟年齢の違いにより生じている可能性が考えられる。

ヒガシシマドジョウの那珂川から排水路への遡上を促す環境要因については、水温では排水路、那珂川とも 4 月下旬において強い相関関係が確認された。この時期は水温の上昇とともに成熟魚の排水路への移動が多くなることを表しているものと考えられる。いっぽうで 5 月上旬および中旬においては、排水路および那珂川の水温と遡上数との間で関係性が認められなかった。その理由として、この時期は遡上がピークもしくは減少する時期であったため、水温との関係性が認められなかったものと考えられる。なお、調査期間中、排水路は常に那珂川よりも水温が高かった。本研究では那珂川での遡上数については調査しなかったため、排水路を遡上先として選択しなかった個体については把握できていない。しかし、本研究において那珂川よりも水温が高い排水路への遡上を確認された。そのことから、本種の成熟魚の遡上先として水温が比較的高い場所を選択する可能性が考えられる。

また、ドジョウやギバチの成熟魚の遡上数との間に正の関係性が認められている²⁰⁾降水量については関係性が

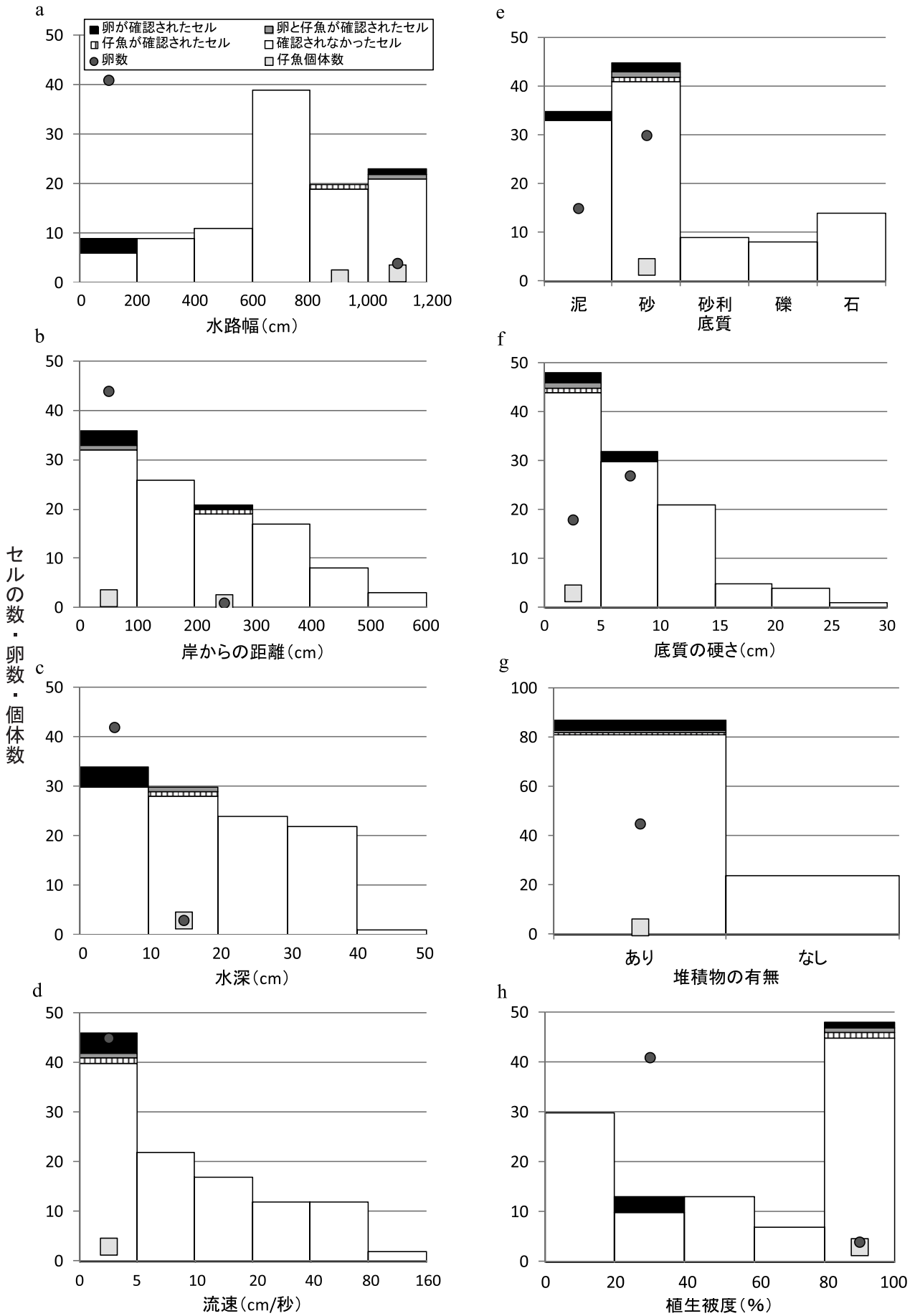


図6 調査したセルおよび卵や仔魚が確認されたセルの環境項目

確認されなかった。一般に降雨は魚類にとって流量の増加によって通常時に遡上の障害となっているところを通過可能にすることや、発生した濁りによって天敵からの捕食を回避しやすくする効果があると考えられている。

²⁰⁾ しかし本研究では、前日もしくは当日に降雨があった場合には、当日の水温が1.5℃以上低下する傾向にあることが確認された。これらのことから、降雨はヒガシシマドジョウの繁殖期の移動に対してメリットとデメリットの両方があるため、遡上数との間に関係性が認められなかったものと考えられる。

ヒガシシマドジョウの産卵環境 本種の卵は5カ所で45粒が確認された。これらの多くは、水路幅、岸からの距離、水深、流速が小さく、底質が細かく、堆積物（ここでは植物残渣や沈水植物、藻類）や、密生しない程度の植生が存在するセルで多く確認され、このような環境は分流部に存在していた。このため、分流部や小さな水路でこれらの特徴を有する環境が本種の産卵場所の1つとなっているものと考えられる。このような特徴を有するところを産卵場所として利用するメリットとしては、捕食者の進入が困難なことや卵や仔魚が流失しにくいことが考えられる。また、このような環境では植生が少ないことで日射が直接水面に当たり、水深や流速が小さいことで水温が上昇しやすくなるため、本種にとって卵発生が早く進むという効果も期待できる。なお、数が少なかったものの、水路幅が広いセルでも本種の卵がわずかに確認された。このことから、本種は適した環境が整っていれば主流部でも繁殖する可能性があるものと考えられる。

仔魚については採捕数が少なく、本研究の結果からは利用する環境を明らかにすることができなかった。このため、今後は孵化後の成育場所の特徴に関しても調査をおこなう必要がある。

本種の増殖および保全対策 ヒガシシマドジョウは集約的給餌養殖に向いていないとされている。⁵⁾ このため、本種を増殖するためには、漁場やその周辺水域の自然生産力を活用することが重要と考えられる。本研究では、本種が水温の上昇とともに河川から水路へ繁殖のために遡上することや、水路内の分流において卵が確認されることを明らかにした。このことから、本種を増殖および保全するためには、水路等に存在する産卵場と河川との間のネットワークを確保することが必要と考えられる。

水路等に存在する産卵場と河川との間のネットワークの確保については、近年魚道に関する研究が進んでおり、効果の検証や設置方法のマニュアル化が進んでいる。²¹⁻²⁴⁾ しかし、魚道の設置にあたっては少なからずコストや維

持管理にかかる負担が発生することから、本種の増殖および保全が期待できる場所を確実に選んで実施することが望ましい。本研究において本種は遡上が本格的にはじまる4月下旬において、水温の上昇とともに遡上数が増加し、水温の高い場所を選択して遡上する可能性が考えられた。このことから、河川と水路の間に魚道を設置する場合には、繁殖期において水温が比較的高いところを選択することが望ましい。また、本研究から水深や流速が小さく、堆積物や適度な植生があり、日当たりの良い分流部において卵が確認された。このため、魚道の上流側にはこのような環境を有する場所が存在する必要がある。ただし、分流部を造成することについては、本種が繁殖場所として利用できる環境条件を繁殖期間中に維持し続けることが困難なことが予想される。このため、代替案として主流内に産卵場所を設ける場合には、流速が小さく、植生被度が低く、堆積物が存在する浅場といった分流の環境の特徴を整える必要がある。

本研究での調査は那珂川や箒川に流入する水路を対象としたものであるが、これら河川には河川敷内にワンドや湿地、分流といった多様な環境が存在する。このため、河川内においても本種が繁殖できる環境が存在する可能性もある。このことを調査することにより、本種のより普遍的な産卵環境の特徴が明らかになるとともに、漁場内での増殖方法の開発にもつながるものと考えられる。また、圃場整備事業において本種を「保全対象生物」とした地区が県内にいくつか存在している。しかし、実施された保全対策に対する事後評価については、特に産卵環境に関しては全くおこなわれていない。このため、事業後も本種が確認される、もしくは確認されなくなる条件は現時点でも不明なままである。このため今後は、保全に失敗した地区も含めて事後評価をおこない、本種の保全に必要な環境条件や失敗した要因を洗い出すことで本種の保全対策技術の確立につなげていく必要がある。

引用文献

- 1) 中島淳・洲澤譲・清水孝昭・斉藤憲治. 日本産シマドジョウ属魚類の標準和名の提唱. 魚類学雑誌 2012 ; 59:86-95.
- 2) 栃木県林務部自然環境課・栃木県立博物館. 「レッドデータブックとちぎー栃木県の保護上注目すべき地形・地質・野生動植物ー」 栃木県林務部自然環境課. 栃木. 2005.
- 3) 君塚芳輝. シマドジョウ. 「改訂版日本の淡水魚」山と溪谷社. 東京. 2002 ; 392-393.
- 4) 沢田守伸. シマドジョウ人工採苗試験. 栃木県水産

- 試験場研究報告 1985 ; 29 : 10-12.
- 5) 沢田守伸. シマドジョウ養殖試験. 栃木県水産試験場研究報告 1988 ; 32 : 7-8.
 - 6) 岡田彌一郎・清石禮造. 日本産淡水魚の仔稚魚及び形態稚魚の形態並びに生態的研究 (8). 水産研究誌 1937 ; 32 : 549-554.
 - 7) 中村智幸・尾田紀夫. 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 2003 ; 50 : 25-33.
 - 8) 栃木県林務部自然環境課・栃木県立博物館. 「栃木県版レッドリスト(2011 改訂版)」栃木県林務部自然環境課. 栃木. 2005.
 - 9) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課. 「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 農業農村整備事業における生態系配慮の技術指針」農業土木学会. 東京.
 - 10) 佐川志朗・萱場祐一・荒井浩昭・天野邦彦. コイ科仔稚魚の生息場所選択—人工増水と生息場所との関係—. 応用生態工学 2005 ; 7:129-138.
 - 11) 鶴飼剛平・奥敬一・深町加津枝・堀内美緒・寺川庄蔵・森本幸裕. 琵琶湖に流入する砂防指定地小河川の魚類群集と生息環境の関係. ランドスケープ研究 2006 ; 69:561-564.
 - 12) 中村守純. 「日本のコイ科魚類」財団法人資源科学研究所. 東京. 1969.
 - 13) 落合明・田中克. 「新版魚類学 (下)」恒星社厚生閣. 東京. 1986.
 - 14) 勝呂尚之. 谷戸の代表種 ホトケドジョウ. 「希少淡水魚の現在と未来 (片野修・森誠一監修・編)」pp.50-60, 信山社. 東京. 2005.
 - 15) 沖山宗雄. 「日本産稚魚図鑑」東海大学出版会. 東京. 1988.
 - 16) 中村智幸・尾田紀夫. 農業水路へのギバチの産卵遡上. 水産増殖 2003 ; 51:315-320.
 - 17) 清水孝昭. 愛媛県の 2 河川におけるインドジョウの生活史. 魚類学雑誌 2002 ; 49:33-40.
 - 18) P. W. J. Robotham. Age, growth and reproduction of a population of spined loach, *Cobitis taenia*(L.). *Hydrobiologia* 1981; 85: 129-136.
 - 19) Kano, Y. Age and growth of the Ajime-loach, *Niwaella delicata*, in the Yura River, Kyoto, Japan. *Ichthyological Research* 2000; 47: 183-186.
 - 20) 中村智幸・尾田紀夫. 農業水路における魚類遡上の日周性および降雨との関係. 水産増殖 2005 ; 53 : 349-354.
 - 21) 常住直人・中達雄・加藤敬. 農業利水との調和に配慮した取水堰付設魚道の実験的検討. 応用生態工学 2000 ; 3 : 179-192.
 - 22) 鈴木正貴・水谷正一・後藤章. 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 2001 ; 4 : 163-177.
 - 23) 吉田豊・久保田仁志. 小規模魚道開発試験. 栃木県水産試験場研究報告 2008 ; 51 : 28.
 - 24) 農村環境整備センター・なまずの学校・メダカ里親の会. 「水域ネットワークの再生をめざして 水田魚道づくりの指針」農村環境整備センター. 東京. 2011.