

飼育環境下におけるイタセンパラの卵・仔魚が イシガイの生存に与える影響の解明

小松史弥, 松田宏典, 後藤功一*¹, 各務博人*²

Elucidating the effect of eggs and larvae deposited by *Acheilognathus longipinnis*
on the survival in *Unio douglasiae nipponensis*

FUMIYA KOMATSU, HIRONORI MATSUDA, KOUICHI GOTO, AND HIROTO KAKAMU

イタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* はコイ科タナゴ属に分類される純淡水魚であり、現在、富山平野の万尾川水系、淀川水系、木曽川水系のみで生息が確認されている(河村, 2011)。そのため、環境省により日本の絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律(種の保存法)に基づき、希少野生動植物種に指定されている。また、文化庁からは文化的・学術的価値があるとして、文化財保護法により天然記念物に指定されている。このような状況の下、イタセンパラの保護活動や、人工繁殖が試みられている(森, 2011; 馬場ほか, 2016)。イタセンパラが属するタナゴ類は共通して、産卵期の雌に産卵管の伸長がみられ、その器官を用いて、二枚貝の殻内の鰓に産卵し、雄は貝の入水管付近で放精することで受精するという特徴を持つ(中村, 1969)。貝内の鰓に産み付けられた受精卵は約4日でふ化するものの、そのまま貝内にとどまり、約7か月後に貝内から泳出する(中村, 1969)。このような繁殖生態を有するイタセンパラの人工繁殖には大きく分けて2つの手法がある。一つは、親魚と産卵母貝を同一の水槽で飼育し、二枚貝内に産卵させ、そのまま貝内で発生させ泳出するのを待つ方法(以下「自然繁殖法」とする)である(宮下, 2005)。もう一つは、人工搾出により卵と精子を取り出し、受精させ、シャーレなどを母貝の代わりに利用して発生させる方法である(以下「人工搾出法」とする)(上原, 2011b)。

自然繁殖法は、二枚貝内で発生が進むため管理が容易であるものの、二枚貝内のイタセンパラは非常に未熟な状態であるため(中村, 1969; 佐藤, 1986)、産卵された二枚貝が死亡してしまうと貝内のイタセンパラも生存できない。現在まで、水槽内での二枚貝の安定的な飼育手法は開発されておらず(前畑, 1997; 高橋, 2012)、産卵母貝が死亡してしまうリスクは大きい。特に、秋季に産卵するイタセンパラは、貝内に滞在する期間が長く、貝の健康状態や代謝活性、あるいはイタセンパラが産み付けた受精卵の数の違いにより、貝内で死亡するリスクが高まることが懸念されている(池谷ほか, 2012)。なお、産卵母貝となるイシガイ *Unio douglasiae nipponensis*、トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana cuspidata* などの二枚貝の多くは、絶滅の危機に瀕しており、安易な捕獲は慎まなければならない(根岸ほか, 2008; 環境省, 2017)。

一方で、人工搾出法は、産卵後の卵・仔魚の管理といった細部にまで人の手によるケアが必要となる。人為的選抜による遺伝子の偏りが懸念されており(上原, 2011b)、遺伝的な偏りの少ない交配の組み合わせの選択も加えて必要となる。また、仔魚の発生には温度管理が必要となるため(上原, 2011a)、インキュベーターのような高額かつ専門性の高い機器が必要となる。長期的な種の保存を目指す中で、このような管理の煩雑さは無視できない。

¹ 現所属: 岐阜県農政部里川振興課水産振興室

² 現所属: 岐阜県関保健所生活衛生課

今後、長期的な生息域外保全を行う場合や保護増殖個体を野生復帰させる可能性があるのであれば、管理が容易で、本来の姿に近い自然繁殖法による繁殖が望ましい。しかしながら、イタセンバラの卵・仔魚数が二枚貝の生死に与える影響は現在まで判明していない。本研究では、自然繁殖法によって、産卵母貝であるイシガイに産み付けられたイタセンバラの卵・仔魚がイシガイの生存に与える影響を明らかにすることを目的とした。

キーワード:イタセンバラ, 生息域外保全, イシガイの生存, 卵・仔魚数

材料と方法

実験はすべて水産研究所内の野外コンクリート池(143.5 m²)で行った(第1図)。野外コンクリート池は中央に仕切りがあり、東側(72.3 m²)と西側(72.1 m²)に分けることができる。実験は野外コンクリート池のいずれか半面(東池・西池)を用いて行った。また、おんどりJr(株式会社ティアンドデイ, TR-52S)によって池の水温を1時間おきに測定した。貝の收容方法を第2図に示した。実験期間を産卵期間、越冬期間および泳出期間の3期間に区分し、産卵期間は産卵を行った期間、越冬期間は産卵終了から泳出開始までの期間、泳出期は泳出開始日から実験終了日までとした。産卵期間では、2013年度は角ケージ(横345 mm × 縦275 mm × 高さ85 mm、目合5 mm)にプラスチック段ボールで作成した容器(以下「容器」という)、スポンジおよび砂を入れて貝を收容し、2014年度以降は角ケージに容器を入れて貝を收容した。越冬期間では、2015年度以外は網かご(横450 mm × 縦350 mm × 高さ600 mm、目合2 mmまたは3 mm)に收容した。なお、2013年度は網かごに砂を敷き詰めた。2015年度は水産コンテナ(横390 mm × 縦560 mm × 高さ285 mm、目合15 mm)に收容した。泳出期間では、2013年度と2015年度は網かごに收容したが、2015年度は砂を入れた角ケージを洗濯ネット(底面径460 mm、開口径650 mm、高さ570 mm、目合1 mm)に入れてから網かごに收容した。2014年度と2016年度は丸ネット(底面径160 mm、開口径250 mm、高さ250 mm、目合0.5 mm)に貝を1個体ずつ(一部2から3個体)收容した。



第1図 野外コンクリート池

実験開始日を2013年度は9月28日、2014年度は9月15日、

2015年度は9月15日、2016年度は9月16日とし、2013年度は47日間、それ以外の年度は43日間産卵を行わせた。また、イタセンバラの仔魚の泳出開始日は、2013年度は翌4月30日、2014年度は翌4月22日、2015年度は翌4月23日、2016年度は翌4月22日であった。2013年度以外は途中で貝の交換を行った(第1表)。産卵に使用した親魚数は、2013年度は50個体(♀18:♂28:不明4)、2014年度は80個体(♀40:♂40)、2015年度は50個体(♀20:♂30)、2016年度は101個体(♀60:♂41)であった。なお、遺伝的多様性を保持するため、親魚は当研究所で継代飼育した個体と、他の生息域外保全を行う機関から譲り受けた同じ木曾川水系を起源とする個体を合わせて使用した。

イタセンバラが主として産卵に利用する貝はイシガイと考えられることから(上原, 2011a)、産卵母貝としてイシガイを使用した。イシガイは年度毎に木曾川から採集した。貝の同定は紀平ほか(2003)に従った。各年度の産卵に使用した貝数は192個体から193個体で、貝には油性ペンで標識を行い、各個体の生存日数や卵・仔魚数を追跡した。実験中に死亡を確認した貝については回収し、貝内の卵・仔魚数を計数した。また、実験開始日から死亡日までの日数を貝の生存日数として算出した。生存した貝については泳出期間中毎日、泳出した仔魚数を計数した。2013年度は秋に確認された成魚数(1201個体)が泳出を確認された仔魚数(243個体)を上回ったことから、秋の成魚数を泳出数とした。なお、成魚の方が仔魚よりも多くなった原因としては網カゴのマス目から逃げ出したためと考えられた。2014年度および2016年度の実験では泳出した仔魚数をイシガイ1個体毎に計数した。また、死亡した貝内で確認した卵・仔魚数と生存した貝から泳出した仔魚数の合計を貝内に産み付けられた卵・仔魚数として算出した。2014年度の泳出結果から貝とイタセンバラの同時收容期間による泳出数の比較を行った(Steel-Dwass法)。また、2015年度と2016年度の各週の卵・仔魚の総数から産卵のピークを推定した。

実験開始日から泳出開始日までの日平均水温を合計し、積算温度を算出した。積算温度は1個体ずつ貝を收容した2014年度(18個体)と2016年度(30個体)について算出した。また、2014年度と2016年度の年平均積算温度を算出した。

2014年と2016年の結果をもとに、産み付けられた卵・仔魚数について、死亡した貝と生存した貝で比較を行った(一元配置分散分析)。また、4年間で死亡した貝の生存日数と産み付けられた卵・仔魚数の順位相関関係を明らかにした。

一元配置分散分析はエクセル2016のデータ分析ツールを

用いて行った。多重比較検定(Steel-Dwass法)と順位相関係数の算出は大阪大学微生物病研究所附属遺伝情報実験センターのホームページに掲載されている実験生物学用統計解析プログラムMEPHASを用いて行った。

(<http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/testdocs/tomocom/>)。

年度	産卵期間			越冬期間		泳出期間	
2013	 角ケージ + 容器	 角ケージ + スポンジ	 角ケージ + 砂		網カゴ + 角ケージ + 砂		網カゴ + 角ケージ + 砂
2014	 角ケージ + 容器				網カゴ + 角ケージ + 容器		丸ネット
2015	 角ケージ + 容器				水産 コンテナ		網かご + 洗濯ネット + 角ケージ + 砂
2016	 角ケージ + 容器				網カゴ		丸ネット

第2図 各年度のイシガイの収容方法

第1表 各年度における実験池、期間および貝の交換頻度

年度	実験池	実験期間			貝の交換頻度
		産卵期間	越冬期間	泳出期間	
2013	西池	2013.9.28~11.13	2013.11.14~2014.4.29	2014.4.30~5.31	無し
2014	西池	2014.9.15~10.27	2014.10.28~2015.4.21	2015.4.22~5.31	1週間、2週間、3週間、交換無し
2015	西池	2015.9.15~10.27	2015.10.28~2016.4.22	2016.4.23~5.31	1週間
2016	東池	2016.9.16~10.28	2016.10.29~2017.4.21	2017.4.22~5.31	1週間

結 果

使用した貝数および、貝内に産み付けられた卵・仔魚数を第2表に示した。4年間(2013年度から2016年度)で使用し

た貝は192個体から193個体で、平均192.5個体であった。そのうち実験途中で死亡した貝は64個体から146個体で平均98.0個体であったのに対し、実験終了まで生存した貝は46個体から129個体で平均94.5個体であった。また、貝内に産み付

けられた卵・仔魚数(死亡した貝内で確認された卵・仔魚数と生存した貝から泳出した仔魚数の合計)は平均3578.0個体で、うち死亡した貝内で確認された卵・仔魚は平均2825.0個体であったのに対し、泳出した仔魚は平均753.0個体であった。泳出については2014年度の泳出結果から、1週間貝とイタセンパラを同時に収容した際に最も泳出数が多くなったが、有意差はみられなかった(Steel-Dwass法、 $p > 0.05$)。また、2015年

度の結果から、9月下旬から10月上旬に産卵のピークはみられた。2016年度にも同様の傾向がみられた。

泳出日と水温の関係については第3表に示した。4年間の泳出開始日の平均水温は17.9℃で、各年度の泳出開始日の平均水温(開始日)は、2013年度は17.7℃(翌4月30日)、2014年度は18.1℃(翌4月22日)、2015年度は19.9℃(翌4月23日)、2016年度は15.7℃(翌4月22日)となった。

第2表 死亡した貝と生存した貝の個体数および貝内に産み付けられた卵・仔魚数

年度	貝の個体数			貝内に産み付けられた卵・仔魚数		
	死亡した貝	生存した貝	計	死亡した貝	生存した貝	計
2013	64	129	193	1423	1201	2624
2014	87	105	192	3213	234	3213
2015	95	98	193	2335	725	2335
2016	146	46	192	4329	852	4329
平均	98.0	94.5	192.5	2825.0	753.0	3578.0

第3表 泳出日の平均水温と実験期間中の最低水温と最高水温、および5℃以下の日数、実験開始日から泳出開始日までの積算温度

年度	泳出開始日の平均水温		実験期間中の水温(℃)		最低水温が5℃以下の日数	貝数*	平均積算温度(℃)
	開始日	平均水温(℃)	最低	最高			
2013	翌4月30日	17.7	2.4	27.7	24		
2014	翌4月22日	18.1	3.6	26.4	3	18	3054.0
2015	翌4月23日	19.9	-1.2	28.1	24		
2016	翌4月22日	15.7	3.6	28.8	5	30	2637.3
平均		17.9	2.1	27.8	14.0	24.0	2845.7

また、実験開始日から泳出開始日までの各貝の積算温度の平均値は、2014年度は3054.0℃、2016年度は2637.2℃となった。

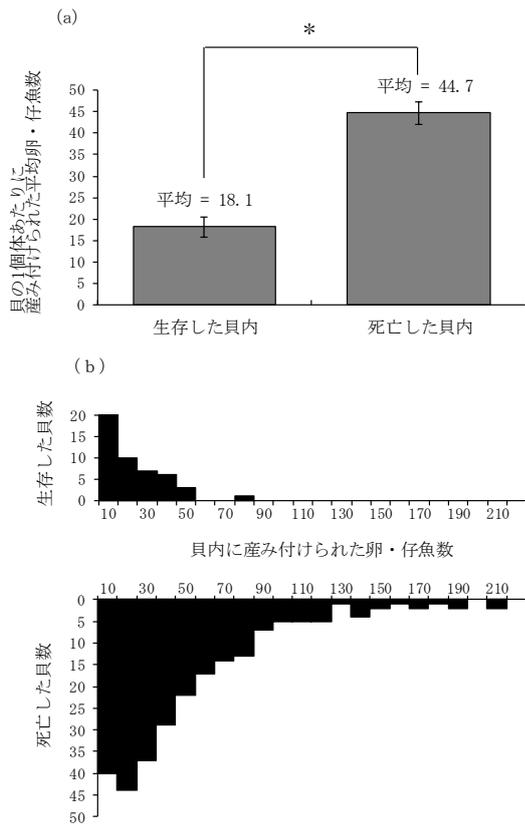
卵・仔魚数と貝の生死の関係について一元配置分散分析を行った結果、死亡した貝と生存した貝の1個体あたりに産み付けられた卵・仔魚数は、死亡した貝(平均44.7個体)の方が生存した貝(平均18.1個体)より有意に多かった($p < 0.01$)(第3図(a))。また、生存した貝と死亡した貝に産み付けられた卵・仔魚数の分布のばらつきには差異がみられ、最小値および最大値はそれぞれ、生存した貝は1から78個体、死亡した貝は1から202個体であった(第3図(b))。

また、産み付けられた卵・仔魚数と生存日数にはやや弱い相関関係が認められ

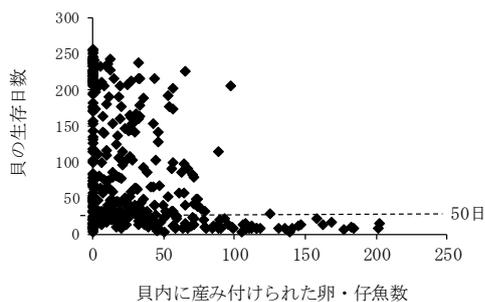
(スピアマンの順位相関係数 = -0.39、ケンドールの順位相関係数 = -0.29)、卵・仔魚数が多いほど生存日数が短くなる傾向がみられた。なお、卵・仔魚数が多い場合は50日以内で死亡する貝がほとんどであった(第4図)。

考 察

死亡した貝から確認された卵・仔魚数が平均44.7個体に対し、生存した貝から確認された卵・仔魚数が平均18.1個体であったこと、産み付けられた卵・仔魚数と生存日数の間にやや弱い相関がみられたことから、貝内に産み付けられたイタセンパラの卵・仔魚数が増加することで、貝および貝内の卵・仔魚が死亡しやすくなることが示唆された。



第3図 (a)生存した貝と死亡した貝に産み付けられた卵・仔魚の平均個体数 (b)生存した貝と死亡した貝に産み付けられた卵・仔魚数のヒストグラム
*一元配置分散分析、 $p < 0.01$ 、エラーバーはSEを示す



第4図 死亡した貝の生存日数と貝内に産み付けられた卵・仔魚数
スピアマンの順位相関係数 = -0.39 、
ケンドールの順位相関係数 = -0.29
また、生存日数が50日に補助線を引いた

このことから、自然繁殖法を用いてイタセンパラの生息域外保全を成功させるためには、過剰に産卵しないようにする必要

がある。一方で、産卵行動を抑制する際には遺伝的多様性の低下を考慮する必要がある。親魚の数を極端に減らす等の方法で産卵を抑制した場合には遺伝的多様性の急激な低下を引き起こす危険がある。遺伝的多様性の保持という観点を踏まえると、親魚の最低数(有効集団サイズ、 N_e)は理想的には $N_e = 500$ 、最低限として $N_e = 50$ 以上が必要であり、この条件を満たすためには理想的には雌雄がともに250個体以上、最低限25個体以上が必要となる(Frankham et al., 2002)。また、雌雄比が異なれば必要となる個体数も変化する。イタセンパラのメスの抱卵数は63個体から150個体程度で、体長 57.6 ± 6.9 mm、体重 5.6 ± 1.7 gの個体では、 115 ± 45.8 個の卵が確認されており(佐藤, 1986; 上原, 2011b)、一度の産卵数は30から40個程度で、2回から5回産卵を行うと考えられている(中村, 1969)。生存した貝に産み付けられた卵・仔魚数が平均18.1個体であったため、1貝あたりに2回以上産卵された場合には過剰な産卵になると考えられる。このため、イタセンパラの遺伝的多様性の急激な低下を防ぐために必要な雌250個体に対して、インガイへの過産卵を抑制するためには、理想的には1250個体(雌250個体×産卵5回)以上のインガイを用いることが望ましい。

産卵に使用する貝の個体数を増やすことで、遺伝的多様性を保持しつつ、過剰な産卵を緩和することができると考えられるが、二枚貝保護の観点から望ましくない。よって遺伝的多様性に配慮しつつも、使用する貝の個体数が限られた中で産卵数を抑える方法を考える必要がある。具体的な対策としては、親魚のサイズ、または産卵に参加する親魚の性比のコントロールが考えられる。

親魚のサイズのコントロールとして、メスの体重と抱卵数との間には正の相関が知られており、メスの体重が軽い方が抱卵数は少なくなるため(上原, 2011b)、メスは体重の軽い個体を選定することが考えられる。

親魚の性比のコントロールとして、親魚の性比をメスに対してオスを多くした場合、メスをめぐる競争が激しくなり、産卵が行われないことが知られているため(佐藤, 1986)、産卵そのものが抑制されることで、過剰に産卵される貝が出にくいと考えられる。一方、メスに対してオスが少ない場合には、1つの貝に複数のメスが産卵することが知られており(佐藤, 1986)、これらのことからメスが縄張りを張られた特定の貝に複数回産卵すると考えられ、過剰な産卵が起きやすいと考えられる。

なお、当報告では産み付けられた卵・仔魚数に焦点を当てて貝の生存率を考察したが、貝の殻長や水温といった要因も貝の生存率に影響を及ぼす可能性があるため、今後多面的な貝の死亡要因を追究する必要がある。

要 約

1. イタセンパラの卵・仔魚数が飼育環境下において産卵母貝の生存に与える影響を明らかにするために、生存した貝と死亡した貝に産み付けられた卵・仔魚数の比較を行い、また、死亡した貝の生存日数と貝内に産み付けられた卵・仔魚数の関係を明らかにした。
2. 死亡した貝から確認された卵・仔魚(平均44.7個体)が生きた貝から確認された卵・仔魚(平均18.1個体)より多かったことから、産み付けられた卵・仔魚数が多い貝は死亡しやすいことが示唆された。
3. 産み付けられた卵・仔魚数と貝の生存日数にやや弱い相関関係がみられたことから、貝内に産み付けられた卵・仔魚数の増加により、貝の生存日数が減少することが示唆され、また、仔魚の泳出開始以前に死亡する貝が存在することが明らかとなった。
4. 貝内に産み付けられた卵・仔魚数が増加することで、貝および貝内の卵・仔魚が死亡しやすくなることが示唆された。

文 献

- 馬場幸大・西尾正輝・山崎裕治. 2016. 小規模水槽におけるイタセンパラの成長および生残に影響を及ぼす環境要因. 保全生態学研究雑誌, 21: 61-66.
- Frankham, R., Ballou, J. D. and Briscoe, D. A. 2002. Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 617pp.
- 池谷幸樹・佐川志郎・大原健一. 2012. イタセンパラの野生復帰を見据えた生息域外保全への取り組み. 野生復帰, 2: 121-128.
- 環境省. 2017. レッドリスト, 環境省ホームページ: <http://www.env.go.jp/press/files/jp/105449.pdf> (参照 2017-10-30).

- 河村功一. 2011. イタセンパラ:その起源と特徴. 渡辺勝敏・前畑正善(編), pp. 2-19. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少魚と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川.
- 紀平 肇・松田征也・山内りゅう. 2003. 日本産淡水貝類図鑑:①琵琶湖・淀川産の淡水貝類. 株式会社ピーシーズ, 東京. 159pp.
- 前畑政善. 1997. 水族館における希少淡水魚の保存と今後の課題. 細田和海・長田芳和(編), pp. 205-217. よみがえれ日本産淡水魚日本の希少淡水魚の現状と系統保存. 緑書房, 東京.
- 宮下敏夫. 2005. 淀川のシンボルフィッシュ: イタセンパラ. 片野 修・森 誠一(編), pp. 144-154. 希少淡水魚の現在と未来—積極的保全のシナリオ—. 信山社, 東京.
- 森 誠一. 2011. 濃尾平野のイタセンパラの実態と今後. 渡辺勝敏・前畑正善(編), pp. 163-178. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少魚と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科学シリーズ4, 東京. 453pp.
- 根岸淳二郎・萱場祐一・塚原幸治・三輪芳明. 2008. 指標・危急生物としてのイシガイ目2枚貝:生息環境の劣化プロセスと再生へのアプローチ. 応用生態工学雑誌, 11(2): 195-211.
- 佐藤 武. 1986. イタセンパラの生態—木曾川を中心として—. 173pp.
- 高橋一考. 2012. 小型水槽によるイシガイの飼育試験. 山梨県水産技術センター事業報告書, 39: 55-59.
- 上原一彦. 2011a. 秋産卵と二枚貝の中の進化適応. 渡辺勝敏・前畑正善(編), pp. 48-66. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少魚と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川.
- 上原一彦. 2011b. 系統保存と野生復帰への展望. 渡辺勝敏・前畑正善(編), pp. 118-132. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少魚と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川.