

霞ヶ浦に生息するタナゴ類の季節移動の解明

筑波大学 生命環境科学研究科

諸澤 崇裕

茨城県

1. はじめに

タナゴ類はコイ科タナゴ亜科に属する淡水魚であり、しばしば同所的に複数種が生息している (Nagata and Nakata 1988; Kitamura 2007)。タナゴ類はイシガイ科の二枚貝の鰓内に産卵するという特殊な生態を持つため、繁殖行動、二枚貝の選択性など繁殖生態に関する研究が数多く行われている (Kondo et al. 1984; 福原ほか 1998; Smith et al. 2000)。二枚貝の中に産卵することで捕食による死亡が大きく減るため、魚類の中では発生初期の生存率が非常に高いと考えられる。このため、本来であればタナゴ類は優占するなど普通にいるべき魚であるはずである。しかしながら、現在日本国内に生息する在来タナゴ類 16 種・亜種の内、カネヒラ (*Acheilognathus rhombeus*) を除くすべてが環境省のレッドリストに記載され、そのうち 7 種が絶滅危惧 IA 類と最も高いランクに位置づけられる (環境省 2007)。さらに、ミヤコタナゴ (*Tanakia tanago*) とイタセンパラ (*A. longipinnis*) が国の天然記念物に指定され、ミヤコタナゴ・イタセンパラ・スイゲンゼニタナゴ (*Rhodeus atremius suigensis*) が「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」によって保護されており、日本に生息する生物の中でも保全の必要性が極めて高い分類群である。保全に関する研究例もあるものの、溶存酸素濃度やリン濃度と二枚貝内の幼生の生存率の関係のように二枚貝との関係に焦点を当てている研究が多い (Reynolds and Guillaume 1997; Mills and Reynolds 2004)。しかしながら、タナゴ類の主な生息地である河川や湖沼などでは、具体的な保全策が確立されていないことが指摘され (北村 2009)、具体的な保全策を立てるためには、基礎的な生活史や生態の解明が必要不可欠であるが、まだまだ少ないのが現状である。

タナゴ類は本来湖沼や氾濫原などを生息場として利用する魚であるため、水位や水温など環境の変動に伴って河川本流と氾濫原、湖と河川など様々な環境の間を移動し、生活していると考えられる。したがって、移動を含めた生活史の研究が必要である。同所的に生息しているそれぞれの種がどのような時期にどのような環境を使っているのか、さらには種間で季節的な生息環境利用に違いがあるのかは、外来種との共存を考える上でも重要であり、かつ在来種の個体群維持にどのような環境が必要であるのかを明らかにするためにも必要不可欠である。

タナゴ類の移動については、分布パターンから季節移動の可能性を示唆した研究や (Nagata and Nakata, 1988)、標識再捕獲によりタイリクバラタナゴ (*R. ocellatus ocellatus*) の移動距離の約 90% が 200~700m であった (Solomon et al. 1982) といった研究例はあるものの、種間の移動パターンの違いや移動がどのような要因で引き起こされ

るのかはわかっていない。移動をもたらす要因の一つとして、競争や捕食といった他種の影響も考えられる (Gilliam and Fraser 2001)。そのため、より一般的な移動について明らかにするためには、複数種を比較し、長期間追跡する必要がある (Roberts and Angermeier 2007)。さらには、一時的水域を利用する種やコイ科魚類で明らかとなっているように、産卵や越冬に伴う移動も考えられる (斉藤 1988; Gorman and Stone 1999)。また、サケ科魚類においては雌雄で移動範囲やパターンが違ふことが知られており (Hutchings and Gerber 2002)、タナゴ類も雌雄や体サイズなどによっても移動範囲やパターンが異なるかもしれない。

本研究の調査地である霞ヶ浦ではアカヒレタビラ (*Acheilognathus tabira erythropterus*)、タナゴ (*A. melanogaster*)、ヤリタナゴ (*Tanakia lanceolata*)、ゼニタナゴ (*A. typus*) の在来 4 種、カネヒラ、タイリクバラタナゴ、オオタナゴ (*A. macropterus*) の外来 3 種が生息している。在来種はすべてが環境省のレッドリスト記載種であり、ゼニタナゴについては 2001 年以降記録がなく、ほぼ絶滅状態である。現在の霞ヶ浦ではタイリクバラタナゴが優占しているが、場所によっては在来種も比較的多く生息しており、霞ヶ浦全域という広域なスケールでは外来種と在来種が共存しているのではないかと考えられている (諸澤・藤岡、2007)。さらに、流入河川ごとに見てみると各種の分布や個体数に大きなばらつきがあることもわかっている。このような空間的な分布や個体数の違いにも移動・分散が大きく影響している可能性がある。また、6 種の間で低溶存酸素に対する耐性の違いが確認されており、溶存酸素濃度など季節的に変化する環境もタナゴ類の移動に大きな影響を与えていると考えられる。

以上のことから、まず第一に霞ヶ浦に生息するタナゴ類の移動パターンを把握する。第二に、タナゴ類の移動パターンや移動を引き起こす要因を種間で比較し、違いがあるかを明らかにする。この結果をもとに、在来種の保全策および、移動パターン違いが在来種と外来種の共存に関連するのかどうかについて考察する。

2. 材料と方法

2.1 調査地概要

調査地は霞ヶ浦周辺にある全長約 5.5km の半閉鎖空間である農業用水路である。農業用水路を流れる水は霞ヶ浦よりくみ上げ用水路内に送り出されている。水をくみ上げるための水門を通して魚類の往来は可能であると思われる。水路内を流れる水は水田に通水され、最終的に排水路から再びくみあげられて霞ヶ浦に放水される。水路の幅は約 5~8m、水深は 50~80cm である (写真 1)。稲刈りが開始される 8 月下旬以降は通水が停止するため、水位は減少する。本調査地には、アカヒレタビラ、タナゴ、ヤリタナゴ、カネヒラ、タイリクバラタナゴ、オオタナゴが生息しており、タイリクバラタナゴが優占している。一方で、ヤリタナゴとカネヒラは非常に少ない。

なお、調査地地図や調査地が特定できるような詳細な情報については保全上の理由から

記述しないこととした。

2.2 調査方法

2.2.1 移動の種間比較

2009年5月にビンドウ、定置網、投網を用いて標識個体の捕獲を行った。調査対象とした水路には合計6種のタナゴ類が確認されているが、在来種としてアカヒレタビラ、タナゴの2種、外来種としてタイリクバラタナゴ、オオタナゴの2種を標識対象とした。捕獲個体は、一度研究室に持ち帰り、標識を行った。標識にはイラストマー蛍光タグ（Northwest Marine Technology社）という道具を用いて、魚体背部の皮下に色素を注入した。挿入箇所は右または左背部のどちらか一方に4箇所とし、赤、黄、青、緑の4色を用いた（写真2）。さらに、個体識別をできるように色の組み合わせと注入順序を変えた。基本的には標識魚がどれくらい放流地点から離れた点で採捕されたかで移動範囲を判断するが、複数回採捕され、標識が落ちたりせず個体識別が出来た個体については、個体ごとに移動範囲を推定した。標識個体は標識後数日飼育し、色素の脱着や死亡がないかを確認した後、5月下旬から6月上旬にかけて水路中央付近（最上流部から3.1kmの地点）にて放流した。標識後の死亡個体を除き、アカヒレタビラ336個体、タナゴ50個体、タイリクバラタナゴ992個体、オオタナゴ486個体を放流した。標識は雌雄が同数になるようにする予定であったが、アカヒレタビラとタナゴについては予定していた数の捕獲が出来なかったため、雌雄同数にそろえることが出来なかった。

標識個体の再捕獲は2009年6月下旬～11月下旬まで2週間に1回行った。なお、本来は2010年5月まで1年間継続して調査を行う予定であったが、9月から標識個体の再捕獲数が少なくなり、11月の時点で標識個体が全く捕獲されなくなってしまった。また、11月下旬の調査では、魚類の採捕数が極端に少なくなったため、11月の時点で調査を終了とした。2010年4と5月にそれぞれ1回再度標識個体の捕獲調査を行ったが、標識個体は全く採捕されなかった。再捕獲にはビンドウ（トヨゼン製作所、外形寸法180×285mm）を用いて行い、100m間隔でビンドウ3個を水路の両端と中央にそれぞれ1個を1時間設置した後、回収した。回収後は、採捕数のカウント、標識の有無の確認を行った後、標識個体については体長の測定を行った。なお、水路全域を調査範囲としたが、一日で水路全域を調査することは困難であったため、3日間かけて、水路全体で採捕をした。採捕された魚類は、測定したのち採捕場所において放流した。

2.2.2 環境要因の測定

これまでの研究から分布や採捕数に影響を与えると示唆されている溶存酸素、電気伝導度、水深、水温を環境要因として測定した。魚類採捕のビンドウを回収後、魚類採捕を行った地点において100m間隔で環境要因の測定を行った。電気伝導度と水温の測定には電気伝導度計（Horiba D-54SE）、溶存酸素の測定には溶存酸素計（Iijima ID-100）を用い

た。

2.2.3 二枚貝の分布調査

魚類採捕地点において水路を横断するよう長さ 5m、幅 1m のラインを 3 本設置し、ライン上の底質表面を手で探索することで二枚貝を徒手採捕した。採捕した二枚貝は種、殻長の測定、タナゴの卵の有無を確認したのち採捕地点に放流した。二枚貝の移動範囲は非常に小さいと考えられるので、この調査はタナゴ類繁殖期の 6 月に 1 度だけ行った。捕獲個体の中にドブガイ類 (*Anodonta* sp.) はヌマガイ (*Anodonta lauta*)、マルドブガイ (*Anodonta calipygos*) など複数種が含まれると考えられたが、外部形態は同定が難しい個体もいたため、ドブガイ類として扱った。

2.3 解析方法

移動距離については、放流地点を 0m とし、上流方向をプラス、下流方向をマイナスとして距離を評価した。移動距離が種間で異なるかを検証するため、移動距離の中央値を Steel-Dwass 検定で多重比較した。さらに、移動距離と再捕獲数のヒストグラムから確率密度を算出し、95 パーセント信頼区間を推定した。その結果を種間で比較することにより、種間での移動能力の違いを考察した。体サイズと移動距離の関係についてはケンドールの順位相関を用い、それぞれの種について解析した。雌雄の間で移動距離に差があるかどうかを明らかにするため、U 検定で移動距離の中央値を比較した。なお、タナゴは再捕獲数が少なかったため、この解析からは除いた。また、標識個体がどのような捕獲場所へ移動したのかを明らかにするため、捕獲場所の環境要因を Steel-Dwass 検定で種間で多重比較した。

3. 結果

6 月下旬から 11 月下旬の間で全調査期間で、合計 18 種 14290 個体の魚類が採捕された (表 1)。その中でもタナゴ類が占める割合は 65% と高く、アカヒレタビラ 103 個体、タナゴ 41 個体、タイリクバラタナゴ 9086 個体、オオタナゴ 55 個体が採捕された。その他魚類では、モツゴ (*Pseudorasbora parva*)、タモロコ (*Gnathopogon elongatus*)、フナ類 (*Carassius* sp.) などが比較的多く採捕された。また、7 個体と少ないながらもレッドリストで絶滅危惧 II 類に指定されているメダカ (*Oryzias latipes*) も採捕された。

全調査期間を通じて、アカヒレタビラ 21 個体 (放流個体の 6.4%)、タナゴ 12 個体 (24%)、タイリクバラタナゴ 130 個体 (13.1%)、オオタナゴ 2 個体 (0.4%) が再捕獲された。タイリクバラタナゴについては、10 個体が 2 回採捕され、他の種では、複数回採捕された個体はいなかった。なお、オオタナゴについては再捕獲数が極端に少なかったため、以下の解析からは除外した。

移動距離の中央値は、アカヒレタビラが 2400m (四分位範囲：2200 - 2500)、タナゴが 2100m (1125 - 1750)、タイリクバラタナゴが 600m (100 - 1825) で、アカヒレタビラとタナゴはタイリクバラタナゴよりも長距離移動する傾向が見られた(表 2:Steel-Dwass 検定、 $P < 0.05$)。移動の方向性については、3 種共に上流方向への移動がほとんどで、アカヒレタビラでは 86%、タナゴでは 92%、タイリクバラタナゴでは 92%の個体が上流方向への移動であった(図 1)。さらに、3 種について移動距離の確率密度を推定した結果、最頻値については、アカヒレタビラが 2600m、タナゴが 2000m、タイリクバラタナゴが 0m とこちらも移動距離の中央値と同様の傾向が見られた(図 2、表 2)。各種の移動距離推定値の 95%信頼区間については、アカヒレタビラが-3836~5136m、タナゴが-3109~5609m、タイリクバラタナゴが-2982~4382m であった(表 2)。アカヒレタビラ、タナゴの方が信頼区間が広く、推定値においてもタイリクバラタナゴよりも長距離を移動している傾向が見られた。また、タナゴとタイリクバラタナゴでそれぞれ 1 個体が用水路から外部に移動し、湖内で捕獲された。

体長と移動距離との関係を見てみると、タナゴ(ケンドールの順位相関、 $\tau = 0.43$ 、 $P = 0.07$)でやや大型個体のほうが移動距離が短い傾向は見られたが、有意ではなかった。また、アカヒレタビラ($\tau = 0.03$ 、 $P = 0.85$)、タイリクバラタナゴ($\tau = 0.02$ 、 $P = 0.76$)では有意な相関は得られなかった。したがって、体長と移動距離の間には 3 種共に明瞭な関係性は認められなかった(図 3)。また、雌雄の間の移動距離の差は、アカヒレタビラでは有意な差は見られなかったが[オス：2200 (1975 - 2500) {中央値 (四分位範囲)}、メス：2400 (2200 - 2700)、U 検定、 $P = 0.31$]、タイリクバラタナゴでは有意にメスの方が移動していた{図 4、オス：200 (0 - 1600) メス：1050 (200-1900)、U 検定、 $P = 0.01$ }。なお、タナゴについては、オスの再捕獲が 1 回のみであったため、解析を行わなかった。以上の結果から、種間で異なる傾向が見られたのは移動距離であることが明らかとなった。

再捕獲地点の環境要因については、水深 {アカヒレタビラ：85.0 (56 - 85)、タナゴ：81.0 (71.50 - 84.0)、タイリクバラタナゴ：73.0 (62.25 - 78.00)}、溶存酸素 {アカヒレタビラ：5.30 (4.70 - 9.00)、タナゴ：4.20 (4.00 - 4.60)、タイリクバラタナゴ：4.85 (2.70 - 9.60)}、電気伝導度 {アカヒレタビラ：0.321 (0.309 - 0.344)、タナゴ：0.321 (0.252 - 0.329)、タイリクバラタナゴ：0.313 (0.146 - 0.348)} のすべてで種間における有意な差は認められなかった(Steel-Dwass 検定、 $P > 0.05$)。二枚貝については、タナゴ類の移動とは対照的に上流よりも下流において多く採捕された(図 5)。二枚貝の種構成においては、ドブガイ類は水路全体に分布しているものの、イシガイ (*Unio douglasiae nipponensis*) は下流部に多い傾向が見られた。

4. 考察

3種の間で最も顕著な違いが見られたのは、移動距離であった。タイリクバラタナゴは、放流地点から分散していく傾向が見られたが、アカヒレタビラやタナゴは放流地点付近ではほとんど再捕獲されず、約2~3kmと大きく移動した場所で多くが採捕された。このことから、アカヒレタビラやタナゴの方がタイリクバラタナゴよりも移動能力に優れていることが考えられた。タイリクバラタナゴは、アカヒレタビラ、タナゴに比べ低溶存酸素耐性が強いことが分かっている。移動場所の溶存酸素の値とは、はっきりとした関係性が見られなかったが、タイリクバラタナゴは溶存酸素など環境の変化に対して強い耐性を持つため、移動しなくてもその場で耐えることが可能だと考えられる。一方でアカヒレタビラやタナゴはタイリクバラタナゴとは異なり、頻繁に移動することで環境の変化に応答しているのかもしれない。しかしながら、予想していた以上に長距離を移動する個体が多く、Solomon et al. (1982)の結果とは大きく異なり、タイリクバラタナゴでも2~3km移動する個体も見られた。したがって、3種ともにこの水路全域を自由に移動できるのかもしれない。そのため、標識個体の再捕獲された場所における環境が種間で異ならなかったのかもしれない。より大きな空間スケールで見た場合、はっきりとした傾向が見られるのかもしれない。

さらに、約5.5kmの水路内でのみ移動していると予想していたにも関わらず、水路から湖へ移動していた個体もタナゴとタイリクバラタナゴでそれぞれ1個体と少ないながら確認された。このため、特に移動距離の長かったアカヒレタビラやタナゴは実際にはもっと長距離を移動していた可能性もある。さらには、湖と水路の両方を生息場所として利用するような生活史を持つ個体もいるのかもしれない。また、オオタナゴは2個体と再捕獲が極めてすくなかったが、この要因の一つとしてオオタナゴが湖に移動したことが考えられる。オオタナゴは侵入後約5年間で霞ヶ浦全域に分布拡大する(諸澤・藤岡、2007)など移動能力に優れていると考えられる。さらに、オオタナゴは他の5種よりも非常に大型になるため、体サイズの観点からも移動能力に優れている可能性がある。したがって、アカヒレタビラ、タナゴ、タイリクバラタナゴより長距離を移動していたのかもしれない。

移動方向については3種共に上流方向に移動していた。仔稚魚の流下は、河川に生息する魚類の生活史において重要な役割を果たしていると言われる(Brown and Armstrong 1985)。他の魚と同様にヨーロッパタナゴ(*R. sericeus*)においても仔稚魚の流下が知られているため(Reichard et al. 2002)、本研究の調査地に生息するタナゴ類も仔稚魚の流下がある可能性がある。そのため、親魚は仔稚魚の流下を補うために、産卵のために上流方向へ移動していたものと考えられる。ただし、タイリクバラタナゴとアカヒレタビラ、タナゴの間には上流方向への移動距離に違いがあるため、仔稚魚の流下生態が種間で異なるのかもしれない。仔稚魚が実際に流下しているのか、さらには種間で流下に違いがあるのかは、今後の課題である。

タイリクバラタナゴにおいて雌雄による移動距離の違いが見られ、アカヒレタビラも有意差は見られなかったものの、どちらもメスの方が移動している傾向が見られた。河川に生息するサケ科魚類ではオスの方が分散するという研究 (Hutchings and Gerber 2002) やメスの方が分散するという研究 (Koizumi et al 2006) などどちらがより移動・分散するかは不明な部分も多いようである。本研究の結果からタナゴ類においても、雌雄に移動・分散の違いが有る可能性が示唆されたので、今後さらに詳細なデータを取ることで、雌雄の移動・分散の違いが、生活史や個体群動態においてどのような意味を持つのか明らかにしなければならない。

秋には標識個体の採捕数が少なくなってしまった点については、既述のように湖内に移動してしまった可能性と、標識が抜けてしまった可能性が考えられる。9月には採捕個体数が大きく減少しているため、通水停止による水位の減少に伴って用水路の外部に移動してしまった可能性もある。また、アカヒレタビラで1個体のみ、タナゴでは全く見られなかったのだが、タイリクバラタナゴでは4箇所注入した色素のうち、1,2箇所が採捕時に抜けてしまっている個体も見られた。これは、タイリクバラタナゴの体幅が薄いため、色素の注入がうまくいっていなかったことに起因するのかもしれない。注入方法など今後の技術的な課題も認められた。これらの問題点のため、本研究においては越冬場所を探索することができなかった。しかし、魚類においては冬期の生存率が重要だといわれていることから (Nunn et al. 2008)、どのような場所へ移動して越冬するのか今後明らかにしなければならない。

本研究において種間での移動距離の違いが明らかとなった。本研究で対象としたのは、局所的な生息地内での移動である。タナゴ類のほとんどの種は現在生息地や個体数が減少する傾向にあるため、ため池や水路の一部など限られた面積の空間に生息していることが多い。しかし、本来は湖沼や水路、氾濫原など、季節的な環境の変動がある場所に生息しており、移動によって環境の変化に応答してハビタット選択しているのではないかと考えられる。本研究の結果から、在来種のアカヒレタビラ、タナゴは約半年間で少なくとも2~3km程度は普通に移動しており、これらの種を保全するためには、本来2~3kmかそれ以上の広い空間が必要であることを示唆している。現在タナゴ類は全国多くの場所で保全活動が活発に行われているが、その中心はため池など閉鎖空間であることが多く、かつ湖や河川などではまだまだ有効的な保全活動に至っていないのが現状である (北村 2009)。タナゴ類の重要な生息地である湖沼や河川で今後タナゴ類の保全を行っていく際の保護区設定においては、本研究の結果は大きく貢献できるだろう。保護区設定においては、少なくとも数km程度の区間は必要であり、その区間の中に多様な環境が存在することが望まれる。さらに、タナゴ類を指標として保護区を設定することによって、産卵床であるイシガイ科二枚貝、ならびにイシガイ科二枚貝の幼生が寄生するヨシノボリ類など他の生物も保全されることとなり、共生や寄生といった多様な生物間相互作用が維持されることとなる。その結果、タナゴ類の保全ばかりでなく生物多様性の保全へも大きく貢献できるのではな

いかと考えられる。

5.謝辞

藤岡正博准教授（筑波大学生命環境科学研究科）には本研究に遂行にあたって様々な助言を頂いた。北村淳一博士（三重県立博物館）には、イラストマーによる標識方法をご教示いただいた。松崎慎一郎博士（国立環境研究所）、照井慧氏（東京大学）、荒木友子氏（筑波大学）、三浦一輝氏（筑波大学）には野外調査を手伝って頂いた。以上の方々に深謝いたします。

6.引用文献

- Brown, A. V. and Armstrong, M. L. 1985. Propensity to drift downstream among various species of fish. *J. Freshwater. Ecol.* 3:3-17.
- 福原修一・前川渉・長田芳和. 1998. 九州北西部の3河川におけるタナゴ類の産卵床の比較. *大阪教育大学紀要* 47:27-37.
- Gilliam, J. F. and Fraser, D. F. 2001. Movement in corridors: Enhancement by predation threat, disturbance, and habitat structure. *Ecology* 82:258-273.
- Gorman, O. T. and Stone, D. M. 1999. Ecology of spawning humpback chub, *Gila cypha*, in the Little Colorado River near Grand Canyon, Arizona. *Environ. Biol. Fish.* 55:115-133.
- Hutchings, J. A. and Gerber, L. 2002. Sex-biased dispersal in a Salmonid fish. *Roc. R. Soc. Lond. B.* 269:2487-2493.
- 環境省. 2007. レッドリスト, 汽水・淡水魚. 環境省ホームページ: http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=9944&hou_id=8648.
- Kitamura, J. 2007. Reproductive ecology and host utilization of four sympatric bitterling (Acheilognathinae, Cyprinidae) in a lowland reach of the Harai River in Mie, Japan. *Environ. Biol. Fish.* 78: 37-55.
- 北村淳一. 2009. タナゴ亜科魚類: 現状と保全. *魚類学雑誌* 55:139-144.
- Koizumi, I., Yamamoto, S. and Maekawa, K. 2006. Female-biased migration of stream-dwelling Dolly Varden in the Shiisorapuchi River, Hokkaido, Japan. *J. Fish. Biol.* 68: 1513-1529.
- Kondo, T. Yamashita, Y. and Kano, M. 1984. Breeding ecology of five species bitterling (Pisces, Cyprinidae) in a small creek. *Physiol. Ecol. Japan* 21:53-62.
- Mills, S. C. and Reynolds, J. D. 2004. The importance of species interactions in conservation: the endangered European bitterling *Rhodeus sericeus* and its freshwater mussel hosts. *Anim Cons* 7: 257-263.

- 諸澤崇裕・藤岡正博. 2007. 霞ヶ浦における在来 4 種と外来 3 種のタナゴ類 (Acheilognathinae) の生息状況. 魚類学雑誌 54:129-137.
- Nagata, Y. and Nakata, Y. 1988. Distribution of six species of bitterlings in a creek in Fukuoka Prefecture, Japan. Jap. J. Ichthyol. 35:320-331.
- Nunn, A. D., Harvey, J. P. and Cowx, I. G. 2008. Winter diet and condition of two 0+ year cyprinid fish species in the lowland River Trent, England. J. Fish. Biol. 72:1529-1533.
- Reichard, M., Jurajda, P. and Ondračková, M. 2002. Interannual variability in seasonal dynamics and species composition of drifting young-of-the-year fishes in two European lowland rivers. J. Fish. Biol. 60:87-101.
- Reynolds, J. D. and Guillaume, H. P. 1998. Effects of phosphate on the reproductive symbiosis between bitterling and freshwater mussels: implications for conservation. J. Appl. Ecol. 35: 575-581.
- Roberts, J. H. and Angermeier, P. L. 2007. Spatiotemporal variability of stream habitat and movement of three species of fish. Oecologia 151:417-430.
- 斉藤憲治・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.
- Smith, C., Reynolds, D. C., Sutherland, W. J. and Jurajda, P. (2000) Adaptive host choice and avoidance of superparasitism in the spawning decisions of bitterling (*Rhodeus sericeus*). Behav. Ecol. Socio. 48, 29-35.
- Solomon, G., Matsushita, K., Shimizu, M., and Nose, Y. 1982. The fluctuation and distribution of the population density and fish movement of Rose bitterling in Shin Tone River. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48:1-9.



写真1 調査地の風景

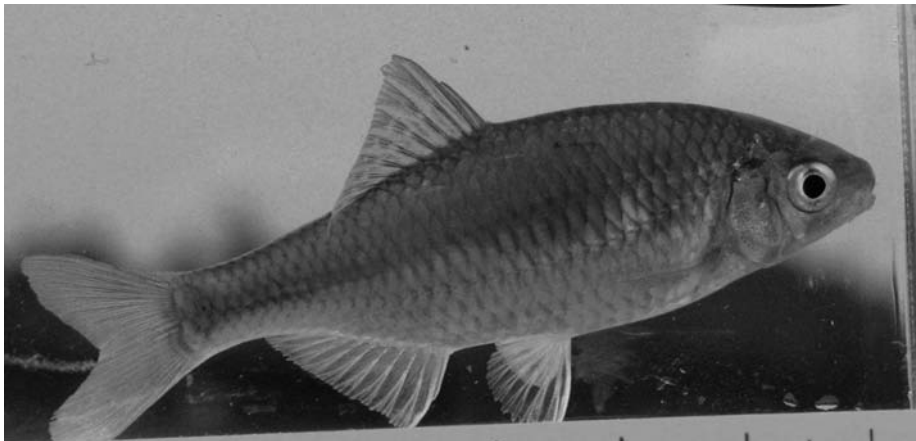


写真2 標識個体（アカヒレタビラ）の写真

表1 6～11月における魚類の採捕結果

種名	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
アカヒレタビラ	18	38	36	8	3		103
タナゴ	15	12	11	1	2		41
タイリクバラタナゴ	1695	2463	3595	409	519	405	9086
オオタナゴ	10	13	20	7	5		55
カネヒラ	2	4	1				7
モツゴ	84	501	1415	615	628	417	3660
タモロコ	1	28	246	220	269	36	800
フナ類	73	212	71	10	38	5	409
コイ	2	22	29	4			57
スゴモロコ		1					1
クルメサヨリ				2			2
メダカ			1	3	3		7
ブルーギル		2	26	33	4	7	72
チャンネルキャットフィッシュ			1				1
ヌマチチブ		5	20	7	3		35
アシシロハゼ			1	3	4		8
ウキゴリ		2	1				3
ヨシノボリ類		4	1	2	1		8
合計	1880	3281	5456	1324	1479	870	14290

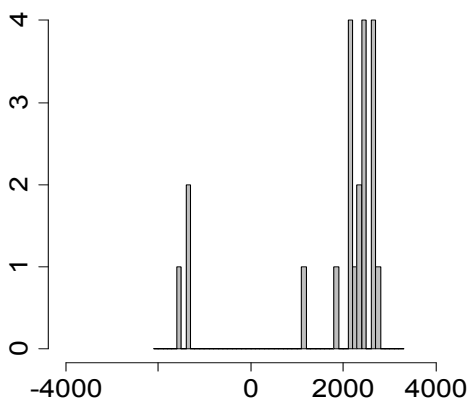
*ビンドウによる採捕結果のみを示す。

表2 移動距離および確率密度推定結果による95%信頼区間

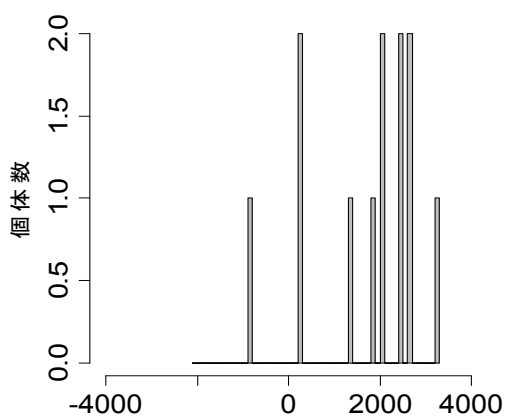
	中央値	最頻値	上限信頼区間	下限信頼区間
アカヒレタビラ a	2400	2600	-3836	5136
タナゴ a	2100	2000	-3109	5609
タイリクバラタナゴ b	600	0	-2982	4382

a, b は Steel-Dwass 検定の結果で、異なる文字の間には有意差 ($P < 0.05$) があることをしめす。

アカヒレタビラ



タナゴ



タイリクバラタナゴ

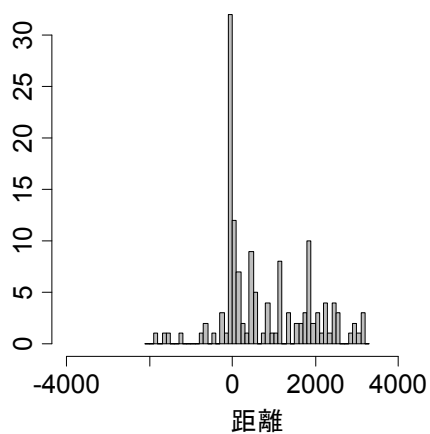
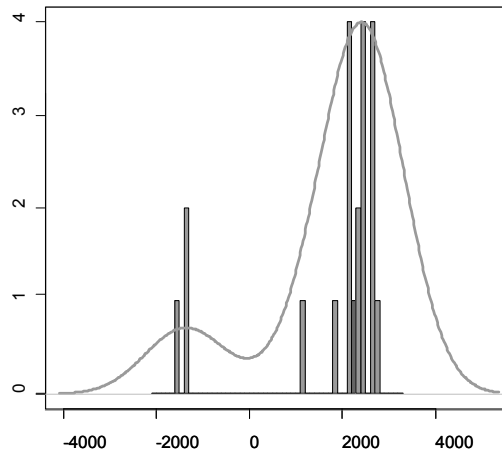
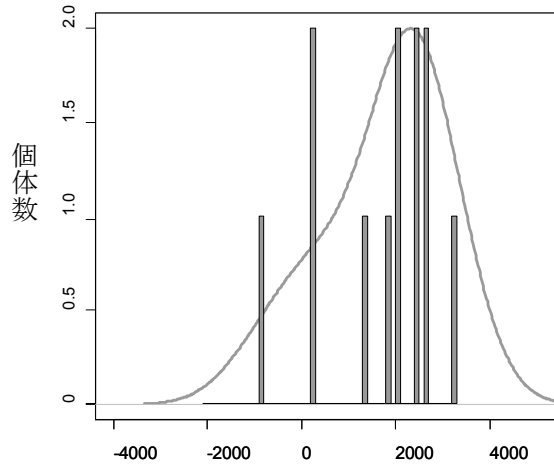


図1 移動距離と採捕個体数の関係。

アカヒレタビラ



タナゴ



タイリクバラタナゴ

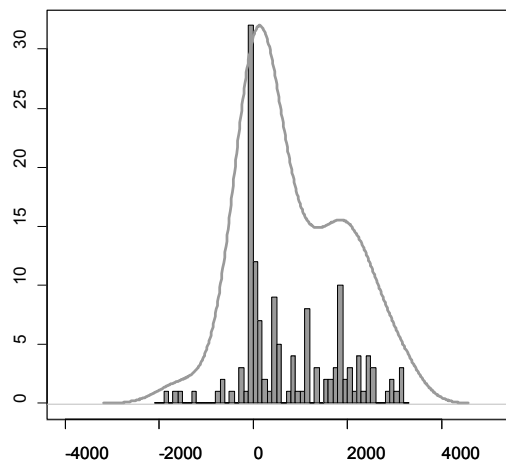


図 2 移動距離の確率密度推定。

ヒストグラムは採捕個体数、曲線は確率密度の推定値を示す。

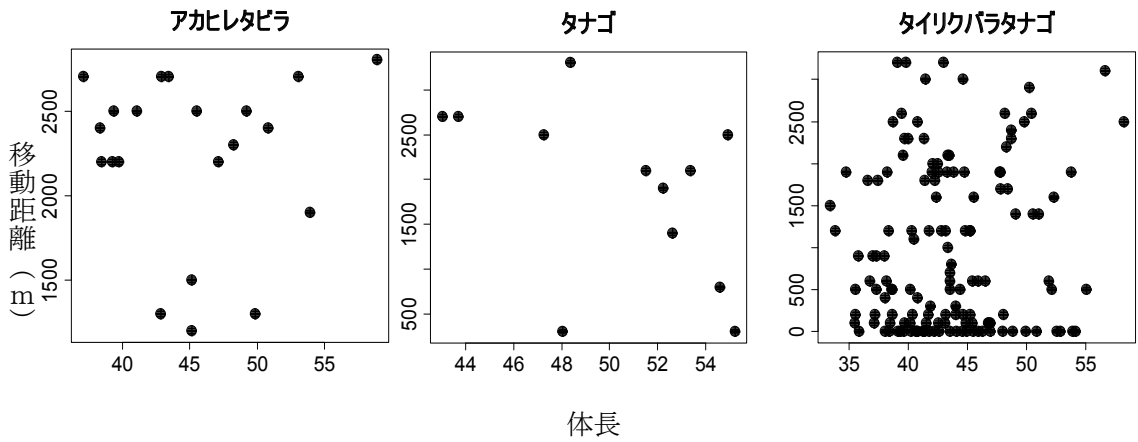


図3 タナゴ類3種における体長と移動距離の関係。アカヒレタビラ（ケンドールの順位相関： $P > 0.05$ ）、タナゴ（ $P > 0.05$ ）、タイリクバラタナゴ（ $P > 0.05$ ）。

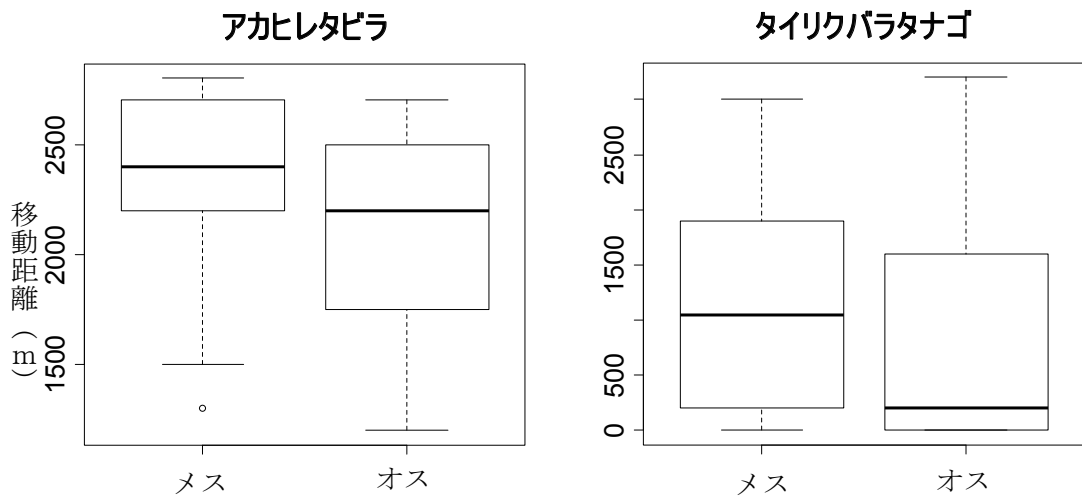


図4 雌雄と移動距離の関係。アカヒレタビラ（U 検定, $P > 0.05$ ）、タイリクバラタナゴ（U 検定, $P = 0.01$ ）。

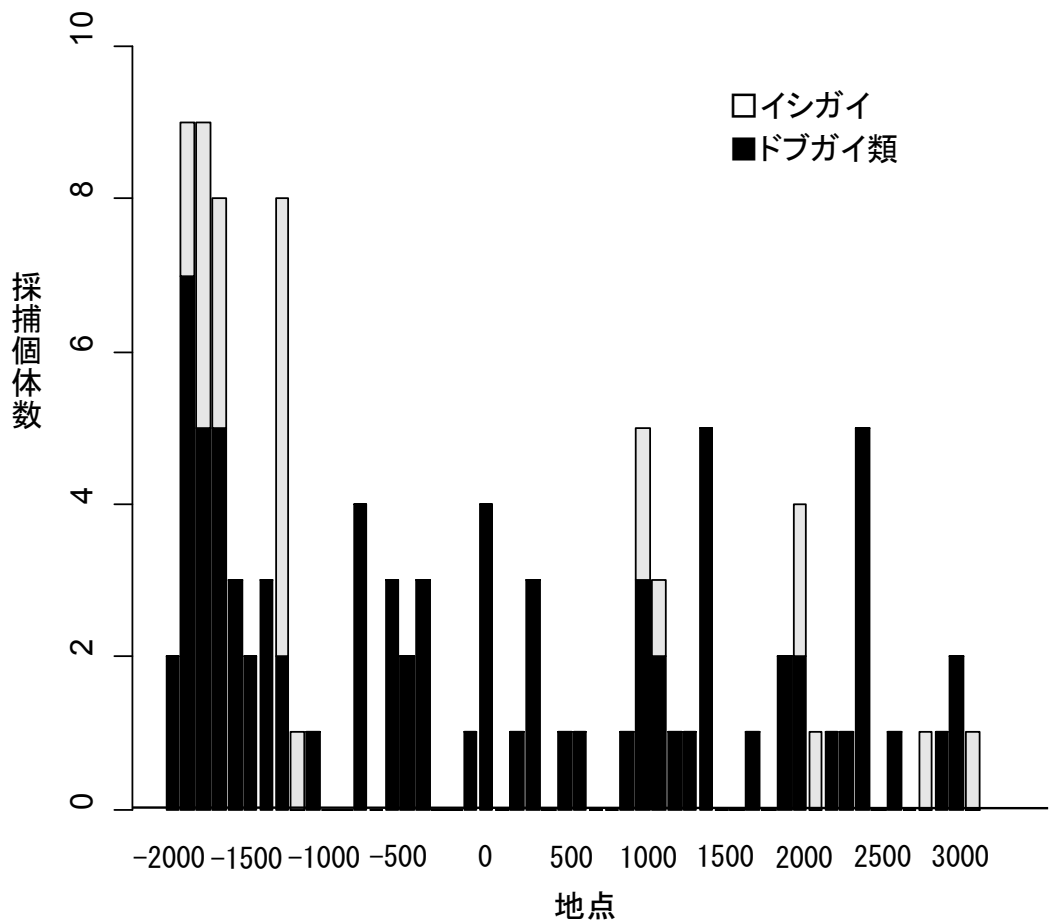


図5 各調査地点における二枚貝の種構成と採捕数。

