

アベハゼ *Mugilogobius abei* の上陸行動についての実験観察 II

久保(溝口)和子

和歌山大学教育学部 生物学教室 〒640-8510 和歌山市栄谷 930
E-mail kazukomz@center.wakayama-u.ac.jp

キーワード: 学習効果 ハゼ科魚類 なわばり拡大 陸上移動 集団内序列 水域間移動 逃避

2014 年 8 月 27 日受付 2015 年 2 月 4 日受理

要旨 ハゼ科魚類アベハゼ *Mugilogobius abei* の上陸行動を, 実験水槽を用いて観察した. スロープ状の陸地で区切られた大小 2 つの水域をもつ水槽の小水域側のみ複数のアベハゼを入れると, 多くの個体が上陸し, 時間を経ると陸上を通過して大水域へ移動した. 同じ観察を繰り返すと, アベハゼは回を重ねるごとに速やかに大水域へ移動するようになり, 移動先に別の水域がある事が学習されたようであった. 元の水域には 1 尾が残り, これを除去すると別の 1 尾が残る, ということが繰り返され, 毎回その集団内の最上位と思われる個体が残った. 元の水域に残った個体の中には, なわばり範囲を拡大するかのように両方の水域を行き来するものもあった. 飼育が長期間に及ぶと個体間の序列関係が強くなり, それにつれて個体密度にかかわらず優位個体の占拠面積が大きくなるように思われた.

はじめに

ハゼ科魚類のアベハゼ *Mugilogobius abei* は, 主に河口の汽水域に生息し, 基本的には水生生活を行なうが, 高い空気呼吸能力をもっており(岩田 2014), 高密度飼育下などにおいて長時間空気中で過ごすことがしばしばある. しかしアベハゼは, トビハゼのような半陸生生活に特化した外部形態をもたない. にもかかわらず, なぜアベハゼは長時間空気中に出るのか, その生態的理由について次の仮説を立てた. 1. 狭い水域に多数閉じ込められた時に, 個体間の葛藤を避けるために劣位個体が水中から外に出る(上陸). 2. 別の水域を求めて陸上を移動する(移動). これらの仮説を検証するために 2011 年 5 月末～7 月に実験観察を行なったところ, 両仮説を裏付ける結果が得られ, アベハゼが過密と感じる密度閾値の存在が示唆された(溝口 2014). そこで同年 9 月から, より低密度での上陸・移動行動を観察したところ, これらの行動や密度閾値と, 個体間序列との関係について興味深い結果が得られたので報告する.

方法

実験に用いたアベハゼについては、和歌山市内を流れる和歌川の河口干潟(34° 18' N, 135° 17' E)で、2011 年 5 月 19 日に 25 尾を採集し、溝口(2014)の実験観察を 7 月 25 日まで行なった後、8 月末までの約 1 箇月間飼育用コンテナ内で投餌・水替えを適宜行ないながら飼育した後の生残個体(雌雄の区別をしていない)全 11 尾である。

最初に上記 11 尾全てを用いて実験を行なった(初回)。次にアベハゼが過密と感じる密度閾値を探るため、初期密度を順次減らしながら実験を開始した。初期密度の減らし方については強い個体を除去することによろうとして、次の 2 通りの方法をとった。

A: 陸上に長くともまらずに早期に大水域に移動したものは勢いのある強い個体ではないかと考え、各々その前回大水域に移動した個体を除去して実験を開始した。これを 2 回行なった。

B: 最後まで小水域に残る個体が強い個体ではないかと考え、各々その前回小水域に残った個体を除去して実験を開始した。これを 4 回行なった。

移動実験用水槽については、初回と実験 A では、約 22 × 40 cm の市販の透明プラスチック水槽の中に、陸を挟んで大小 2 つの水域ができるように、黒色のプラスチック製ネットをビニルテープで固定することにより陸上部を設置した。陸部に該当する黒色ネットには、小さい水域から大きい水域への移動を想定して傾斜を設けた。大水域側では、陸(黒色ネット)の下にも水が入り、魚も出入りできた。この条件で、大水域の面積は約 682 cm²、小水域は約 198 cm²となった。実験 B では、移動先の大水域と陸上部との落差(陸中央部で約 40 mm、両端部で約 8 mm)を小さくするため、大水域側の陸上部両端を下げて、陸両端部のみ大水域水面とほぼ同等(落差 1 mm 未満)となるようにした。陸上部全体の傾斜(小水域からの傾斜約 19°)については変更しなかった。また移動先での個体間攻撃を減らすため、大水域側に隠れ場所を用意した。これにより、大水域中にも小さな陸ができる事になった(図 1)。以後、これを「ミニ陸」と呼ぶ。

移動実験開始時には全ての実験において使用全個体を小水域側に投入した。観察については不定期に目視で行ない、生残個体の位置を小水域か陸上か大水域かの 3 つに大別して記録した。水際にいる個体については、体の半分以上が陸上部(空气中)に出ているものを陸上個体と判定した。大水域に移動したアベハゼ同士の攻撃行動が多く見られた場合には、これらの個体を観察期間中に適宜、除去したが、全て大水域個体として計数した。また大水域側では、時としてミニ陸上に上がる個体が現れた他、ミニ陸側面に吸着したり、隠れ場用塩ビパイプの上に上る個体が現れた。こういった個体については、グラフ上に「ミニ陸上個体」あるいは「ミニ陸上・側面; 筒上個体」としてプロットして示したが、個体数割合算出の

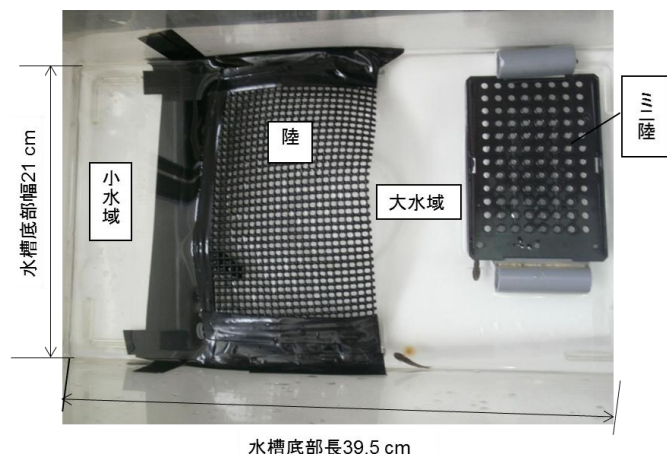


図 1. 移動実験用水槽. 写真は 2011. 9. 21. 10:38 移動実験 B-3 開始直後. 実験 B-1, 3, 4 では大水域に写真右側のようなミニ陸を設けた.

際には、全て大水域個体として計数した。観察期間中に斃死個体があった場合は、各個体数割合を算出する際の母数からこれを除いた。結果を表すグラフでは、観察間隔が2日以上空いた区間を線で結ばなかった。

全ての実験と実験間の飼育については、自然日長、空調を行なわない室温下で20%海水を用いて実施した。その調合にあたっては、人工海水「ドライマリン」30 L 用((株)ジャパンバイオケミカル製)を処方通りに希釈したものを100%海水として、これを汲み置き水道水で希釈した。基本的には実験間に投餌(冷凍赤虫)と水替えを行なったが、例外については後述する。

各実験についての諸条件詳細を以下に示す。

初回:2011年9月1日16:35に移動実験用水槽の小水域側に11尾を投入し、9月7日午前中まで観察した(観察期間約5.8日)。初期密度5.56尾/100 cm²。全体の水量を約1200 mLとした。どちらの水域にも隠れ場所を設けなかった。なお開始約1日後に1尾が負傷・瀕死状態であったので隔離したが死亡した。この際に全ての個体に投餌し、その約2.7日後に観察を再開した。

A:大水域に移動しなかった個体のみを用いた場合

A-1:初回に大水域へ移動した5尾と途中で斃死した1尾を除く、計5尾を用いた。初期密度2.53尾/100 cm²。前回実験終了後、投餌したが水替えを行わず、9月7日12:00~9月9日18:00まで観察した(観察期間約2.25日)。

A-2:A-1で使用した5尾のうち大水域へ移動した2尾を除く、計3尾を用いた。初期密度1.52尾/100 cm²。A-1終了後直ちに水替え・投餌を行なってから開始したが、9月12日9:00と10:00(終了時)にしか水槽の観察を行なわなかった。この3尾のうち、やせた小型1尾は終了後まもなく死亡した。

B:各々前回小水域に残った個体を除去した場合

B-1:全生残個体9尾のうち、初回開始1日以内に大水域に移動した3尾中の最大個体1尾と、A-2において最後まで小水域に残った1尾を除去し、計7尾を用いて、9月15日14:10~16日16:00まで行なった(観察期間約1.07日)。初期密度3.54尾/100 cm²。

B-2:前回終了時に元の小水域に残った1尾を除去し、計6尾を用いて9月15日18:00~20日8:40まで行なった。初期密度3.03尾/100 cm²。この回では隠れ場所を設けなかった。開始28分後までと、開始3.6日後に観察を行なった。

B-3:前回終了時に元の小水域に残った1尾を除去し、計5尾を用いて、9月21日10:05~22日9:30まで行なった(約1日間)。初期密度2.53尾/100 cm²。

B-4:前回終了時に元の水域に残った1尾と、被攻撃による負傷個体1尾を除去し、計3尾を用いた。初期密度1.52尾/100 cm²。9月22日14:35に開始し10月14日12:50までの約22日間、途中適宜、投餌・水替えをしながら観察を続けた。水替え後には、各個体を水替え前に居たのと同じ水域にそれぞれ戻した。魚が大・小水域に分かれて居る時には両水域に投餌した。また開始18.99日後には魚がいなくなった小水域にのみ餌を投入し、小水域に戻って餌を食べる個体が現れるかを見てみた。

結果

初回: $n = 11$. 各域の個体数割合の経時変化を図 2 に示す. 上陸個体は漸次増加し, 1 日以内に約 50% となった. その後 5.8 日後 (終了時) まで約 50-40% で推移した. 大水域へ移動した個体は緩やかに増加し, 0.67 日後に 3 尾 (27.3%), 3.73 日後に 4 尾 (40%), 3.88 日後に 5 尾 (50%) となっていたが, それ以上には増加しなかった. 3.72 日後以降, 小水域には大型個体 1 尾が残った. この個体が陸上水際付近の個体をより陸上方向に追い上げる様子が数回観察された. またこの大型個体はその後一旦上陸したが再び元の小水域に戻った.

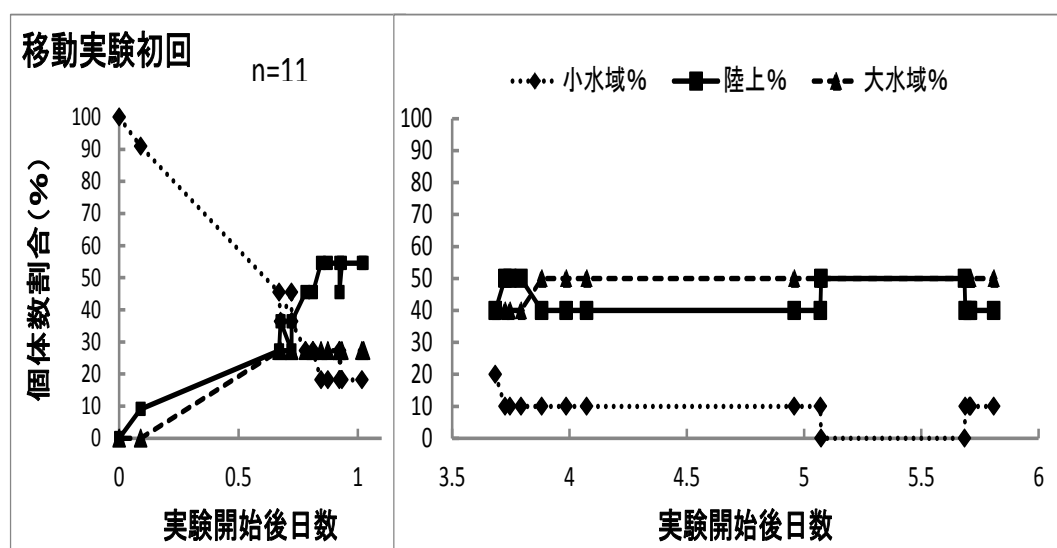


図 2. 移動実験初回. 観察時刻ごとの小水域, 陸上, 大水域にみられた個体の全個体数に対する割合 (%). $n = 11$.

A: 大水域に移動しなかった個体のみを用いた場合

A-1: $n = 5$. 初期密度が小さくなったにもかかわらず上陸は初回よりも速やかに行なわれ, 約 1 時間後には 4 尾が上陸していた. この時点から 2.25 日後 (終了時) まで元の小水域には大型個体 1 尾だけが残った. この個体は約 2.19 日後に上陸したが, その約 10 分後には元の小水域に戻った. 大水域へは実験開始 2.1 日後と 2.2 日後に各 1 尾が移動した. 表 1 に各域個体数を, 図 3 に個体数割合を示す.

A-2: $n = 3$. 開始約 2.6 日後には中型個体 1 尾が大水域へ移動しており, 陸上 1 尾 (やせた小型個体. 実験終了後死亡), 小水域 1 尾 (大型個体) であった.

表 1. 移動実験 A-1. 各域個体数の経時変化.

開始後日数	小水域 個体数	陸上 個体数	大水域 個体数
0	5	0	0
0.05208	1	4	0
2.10764	1	3	1
2.1875	0	4	1
2.19444	1	3	1
2.20833	1	3	1
2.21181	1	2	2
2.25	1	2	2

B: 各々前回小水域に残った個体を除去した場合

B-1: $n = 7$. 上陸は極めて速やかに行なわれ, 1 時間後には 71.4% が上陸しており, 小水域には大型

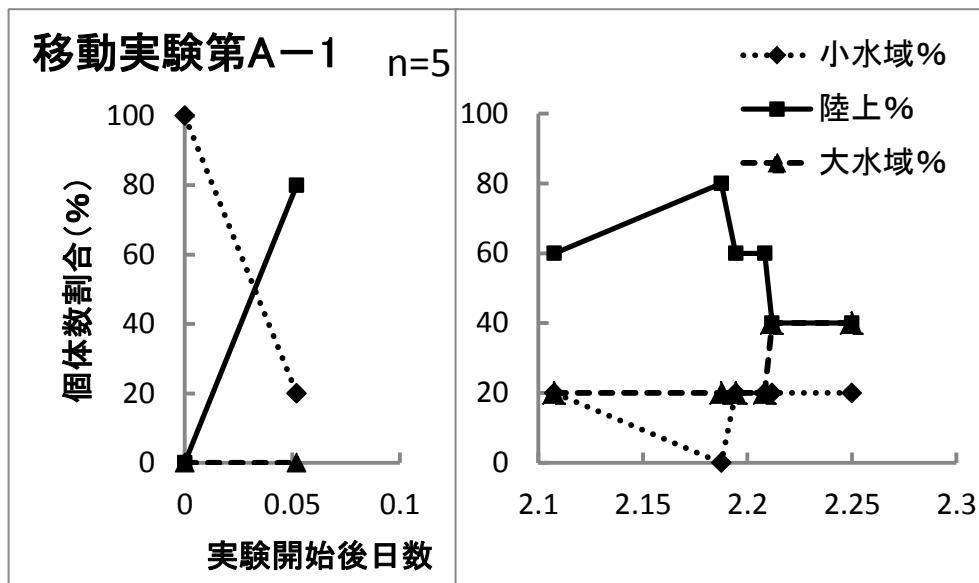


図 3. 移動実験 A-1. 各域個体数割合(%)の経時変化. n = 5.

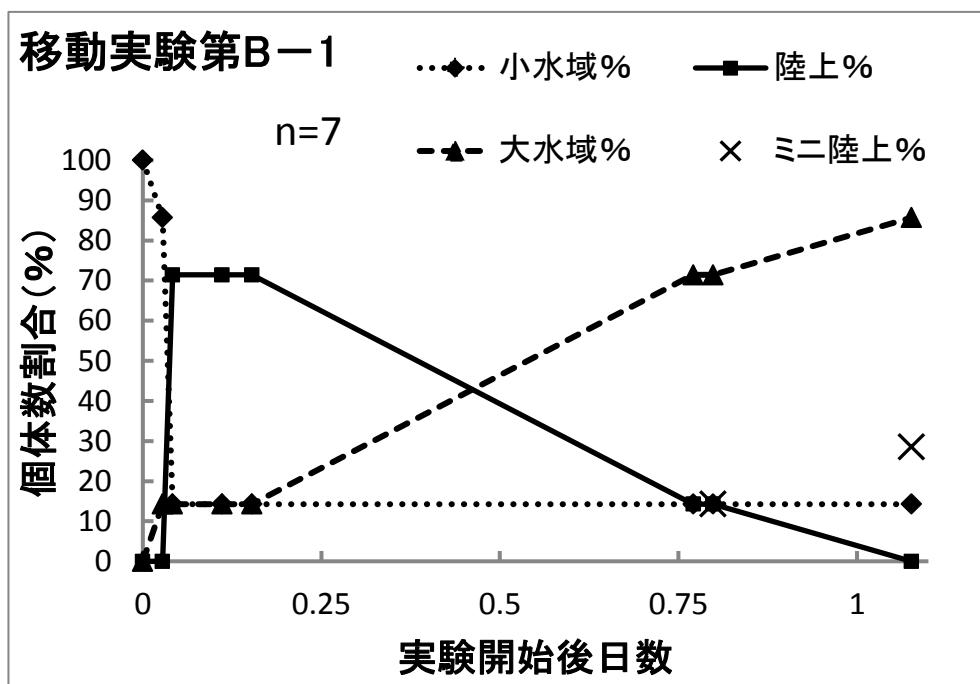


図 4. 移動実験 B-1. 各域個体数割合(%)の経時変化. n = 7.

個体 1 尾だけが残っていた。この個体は、陸上個体が小水域にすべり落ちると攻撃し陸上に追い上げていた。大水域への移動も初回や実験 A よりも早くなり、開始 40 分後に 1 尾 (14.3%) が移動していた。その後、開始 3 時間 40 分後まで新たな移動は見られなかったが、0.77 日 (18 時間 30 分) 後には 71.4% が、1.07 日後 (終了時) には 85.7% が大水域へ移動していた。陸上個体数はこれに伴って減少し、0.77 日後には 1 尾になり、1.07 日後には 1 尾も認められなかった。これは、この回より陸上部の大水域側両端をやや下げたことにより、陸上から大水域への移動が容易になったためと考えられる。大水域では、移動してきた個体が増えると (0.73, 0.88 尾/100 cm²)、この回より設置したミニ陸上に上がる個体が 1, 2 尾見

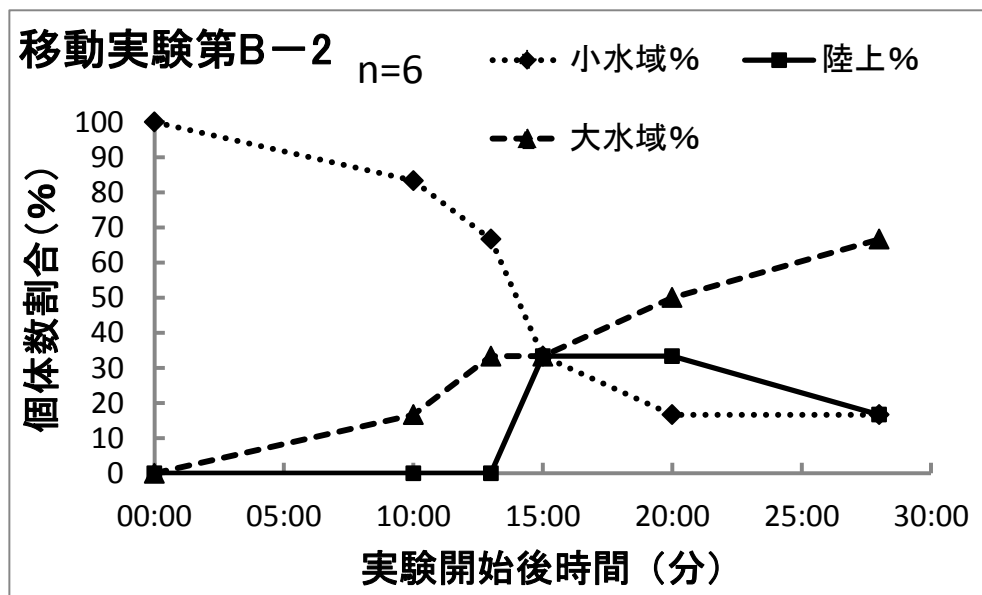


図 5. 移動実験 B-2. 各域個体数割合(%)の経時変化. $n = 6$.

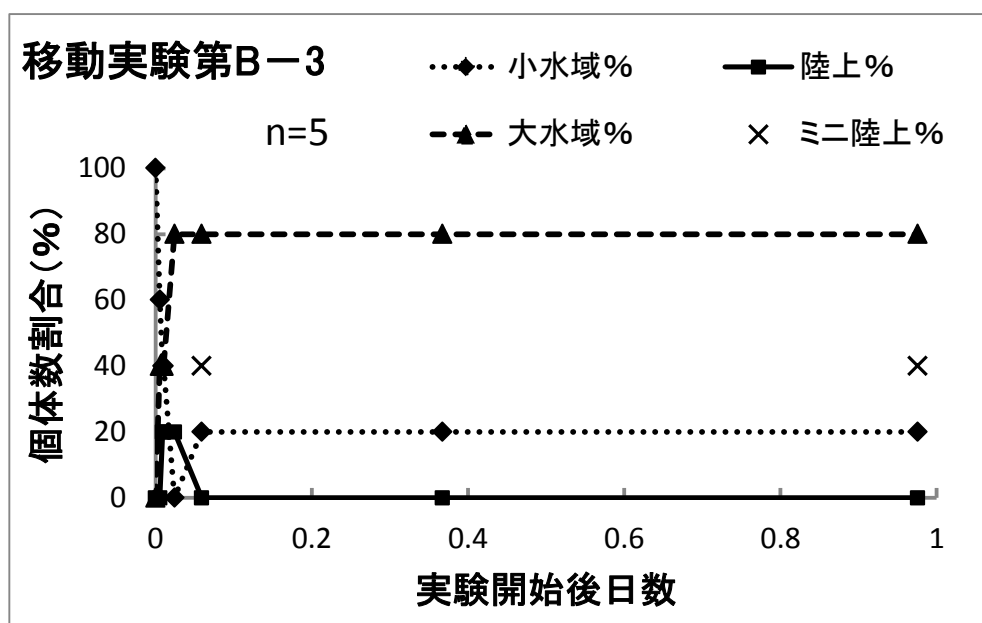


図 6. 移動実験 B-3. 各域個体数割合(%)の経時変化. $n = 5$.

られた。ミニ陸上を除く大水域の水中密度は 0.59 尾/ 100 cm^2 であった。各域の個体数割合を図 4 に示す。大水域個体割合(%)については、ミニ陸上個体も含めて算出している。

B-2: $n = 6$. 大水域への移動はさらに早くなり、開始約 10 分後、13 分後、20 分後、28 分後に各 1 尾が大水域へ移動しており、小水域には 1 尾が残った(図 5)。3.6 日後(終了時)も小水域には中型個体 1 尾が残った。

B-3: $n = 5$. 開始 8 分後と 35 分後に各 2 尾が大水域へ移動していた。小水域では、開始 35 分後にアベハゼは 1 尾も認められなくなったが、85 分後には 1 尾が小水域に戻っており、約 9 時間後、約 1 日後(終了時)とも中型個体 1 尾が小水域に残っていた。大水域では開始 85 分後と約 1 日後(終了時)に、

各 2 尾がミニ陸上にいた. 大水域密度 0.59 尾/100 cm², ミニ陸上を除く大水域の水中密度は 0.29 尾/100 cm²であった(図 6).

B-4:n = 3. 開始 18 分後に 2 尾が大水域へ移動し(うち 1 尾はミニ陸上), 小水域には 1 尾が残った. この個体は約 2 時間半後には大水域へ移動しており, 他の 2 尾は大水域のミニ陸上にいた. その後約 3.5 日間, 水槽の観察を行なわなかった. 開始 3.8 日後には中型 1 尾が大水域から小水域に戻っていた. この中型個体はその後もしばしば大水域と小水域とを行き来した. 18.99 日後に魚がいなくなった小水域にのみ餌を投入してみたところ, その約 1 時間後には, この中型個体の小水域に戻って餌を食べていた. その 15 分後(開始 19.04 日後)には別の 1 尾(大型)も小水域に戻っていた. この個体もその後, 両水域を時折行き来した. 小型個体 1 尾は開始後すぐに大水域へ移動した後, 小水域に戻ることはなかった. この個体はミニ陸上や筒上に乗ることもあり, 開始 19.04 日後にミニ陸側面に吸着していた. 他個体に追われる様子も観察された. 各域個体数を図 7 に示す.

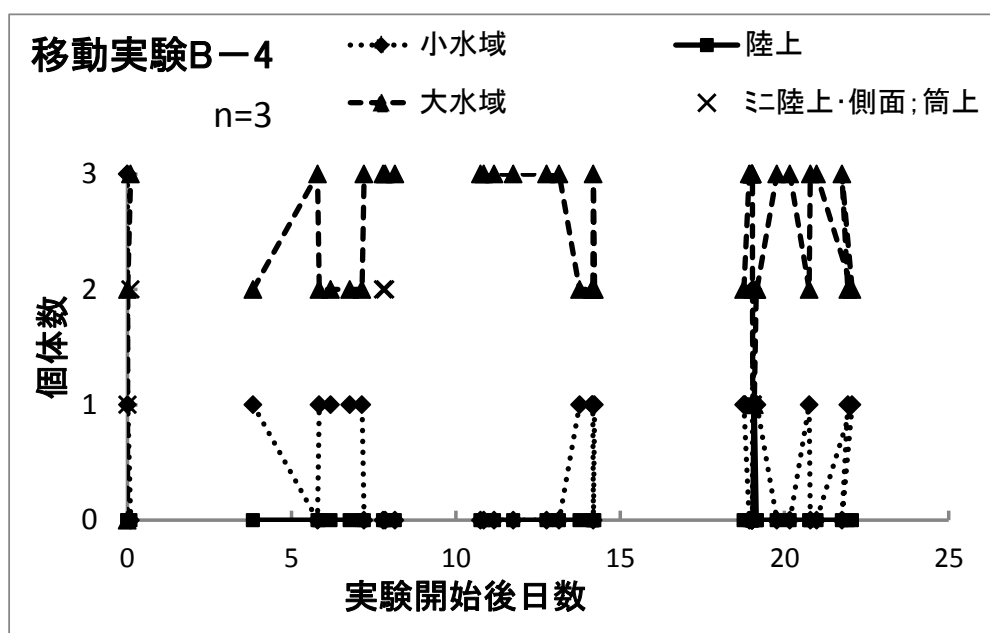


図 7. 移動実験 B-4. 各域個体数の経時変化. n = 3.

考察

個体間序列と密度閾値

本報ではどの実験でも終了時には 1 尾だけが小水域に留まっていた. 初回では, 小水域に残った大型個体が水際付近の個体を陸上方向に追い上げる様子が数回観察され, この大型個体がこの集団内の優位個体であると思われた. 個体識別していないので断言できないが, 実験 A-1 においても小水域に残った 1 尾は大型であり, 他の 4 尾は実験開始後わずか 1 時間以内に上陸したことから, 初回の優位個体が A-1 でも小水域に残ったものと思われる. 実験 B では, 各々その直前の回次終了時に元の小水域に残った 1 尾を除去して観察を開始したが, 毎回, 別の 1 尾が元の小水域に残った. これらの個体は目視確認上, 各回の集団内での大型～中型(実験中に撮影した写真からの計測によれば全長約 35-30

mm) 個体であった。なお小型個体は写真計測によれば全長約 27 mm であった。また B-1 では元の小水域に残った大型個体が、陸上から滑り落ちた個体を攻撃し陸上に追い上げる様子が観察された。以上のことから、本報のような条件下では、各集団内の最上位の個体(体サイズが最大とは限らない)が元の水域を占拠するのではないかと考えられる。

溝口(2014)では、移動実験観察終了時、元の小水域に残った個体の水中密度は 1.01 と 1.52 尾/100 cm²、上陸実験終了時の水中密度は 1.20 ± 0.36 (SD) 尾/100 cm² であり、アベハゼが過密と感じる閾値の存在が示唆された。本報では、全ての実験で元の小水域(面積約 198 cm²)には 1 尾しか残らず密度は 0.51 尾/100 cm² であった。これは実験に使用した個体数が前報の半分以下であったこと、今回使用した個体は前報で採集・使用した個体の生き残りであり、同じ個体を長期間同じ水槽で観察することとなったため、集団内にはっきりした序列関係ができてしまったためではないかと考えられる。このような状況では各回集団内の最上位個体だけが元の水域を占拠し(なわばりとし)、それ以外の個体は優位個体による攻撃から逃避したり、攻撃される前になわばり外に避難したのではないだろうか。

大水域に移動したアベハゼ個体の間では闘争行動が頻繁に観察され、大水域個体が増えるとミニ陸上に逃避する個体も現れた。その結果、大水域の水中密度は B-1 で 0.59 尾/100 cm²、B-3 で 0.29 尾/100 cm² となった。新規個体の導入を行なわない集団の飼育期間が長くなるほど、また集団が小さくなるほど、序列関係が強くなる。序列関係が強くなるほど、優位個体の占拠面積が大きくなり、これに伴って、劣位個体が回避行動をとる密度閾値が小さくなると考えられる。

優位個体によるなわばり拡大

B-4 では 3 尾しか使用しなかったのに、実験開始後すぐに 2 尾が大水域へ移動し、中型個体 1 尾だけが小水域に留まったこと。この個体が大水域へ移動した際には他の 2 尾がミニ陸上に上ったこと。全ての魚がいなくなった小水域に投餌した際には、この中型個体が最初に小水域に戻って餌を食べたことなどから、この中型個体は 3 尾中の最上位個体だと考えられる。この個体は最初のうち小水域を拠点としていたが、次第に大水域へも行き来するようになり、両水域にまでなわばりを広げているように見えた。

3 尾中最も小さい個体は、他個体に追われるなどの様子から最下位の個体であると思われた。この個体は実験開始後すぐに大水域へ行った後、小水域に戻ることはなかったことから、この個体による小水域からの上陸と大水域への移動は、小水域(最上位個体のなわばり)からの逃避であったと思われる。また大水域でミニ陸や筒の上に上ったり、ミニ陸側面に吸着したのは、最上位個体と他の優位個体からの逃避であったと思われる。

上陸行動、陸上行動の意義(まとめ)

以上のことから、アベハゼの上陸行動は、極端な過密状態の緩和のために行なわれる他、過密状態が極端でなくとも集団内の序列関係が強い場合には、劣位個体が優位個体のなわばりや攻撃行動から逃避するために行なわれると考えられる。溝口(2014)の上陸実験においても陸上だけでなく、隠れ家用筒の上・陸側面・水槽壁面などの空気中に出る個体がしばしば観察された。また従来、陸上部を備えない普通的水槽でアベハゼを集団飼育している時に、小型で痩せた個体が水面より上方の水槽壁面に吸着するなど空気中に出ることがしばしば観察されている。いずれも劣位個体の逃避行動であると思われる。

陸上移動行動については、新しい水域を求めるために行なわれる他、優位個体がなわばり拡大のため

に行なうこともあると考えられる。

空気呼吸を行なう魚達が、水中から陸上に出ようとする様々な理由のうち、競合について、Sayer & Davenport(1991)は2つの研究を紹介している。1つはLiem(1987)が呼吸機構と陸上移動を調べたもので、タウナギ *Monopterus albus* とキノボリウオ *Anabas testudineus* が、飢餓状態では空気中に出る(上陸)回数が増える事、餌や酸素が充分にあっても高密度下では空気中に出る(上陸)回数が大きく増える事などが示されている。もう1つはGraham et al.(1985)の、イソギンポ Pearl Blenny の1種、*Entomacrodus nigricans* に関する研究で、干潮時に空間などの資源を巡る潮間帯の魚たちとの競合が、両生魚的な行動を引き起こしているのではないかとしている。しかしイソギンポの仲間の種類は多く、いずれも両生魚的ではあるが水生生活を主とするものから半陸上生活を行なうものまでおり、より陸上生活的なものほど激しいなわばり行動を示す(Hsieh 2010)とされ、上陸行動が種間/種内競合の緩和に寄与するかどうかは、魚種によって異なるようである。

記憶・学習効果

溝口の報告(2014)の移動実験第2回目(全22尾、初期密度11.11尾/100 cm²)では、大水域への移動は0.61日後から0.96日後まで1尾(4.5%)だけであったが、本報の移動実験初回(全11尾、初期密度5.56尾/100 cm²)では、0.67日後には3尾(27.3%)が移動しており、初期密度が約半分であったにもかかわらず大水域への移動速度が速くなった。前報(溝口 2014)の移動実験第2回目終了時に大水域に移動していた12尾のうち、何尾が本報の実験個体に含まれているか分からないので断定できないが、供試魚は前報の移動実験終了後、上陸実験と通常飼育とを経て約2箇月ぶりに同じ移動実験用水槽に戻った訳であるが、水槽の形状や移動先に別の水域(大水域)があることを覚えていた可能性がある。

また本報の実験B(各々その前回小水域に残った個体を除去した場合)において、B-1(全7尾)では大水域への移動は開始3時間40分後まで1尾(14.3%)だけであったが、B-2(全6尾)では開始後約30分以内に4尾(66.7%)が次々と移動した。B-2で使った6尾は全て、B-1において大水域へ移動した個体なので、移動先に別の水域があることを覚えていたと推察される。B-3(全5尾)でも同様に、開始後35分以内に4尾が次々と大水域へ移動し、やはり学習効果が窺われた。

これに対し実験A(各々その前回に大水域へ移動した個体を除去した場合)では、大水域への移動は初回よりも速くならなかった。

陸上での寄り添い行動. 今後の課題.

他に興味深いことは、少なくとも短期的には、アベハゼは陸上では攻撃行動を示さない事である。それどころか数個体が長時間寄り添っている様子を溝口(2014)の移動実験(図8)及び本報の実験初期(図9)に観察できた。もちろんアベハゼは陸上では水中のように自由に動き回れないので攻撃行動をしないだけかも知れない。また乾燥を少しでも防ぐために寄り添っているのかも知れない。ただし実験が長期間に及ぶにつれ、顕著な「寄り添い」は次第に見られなくなっていった。その原因としては、個体数の減少による陸上個体密度の低下、個体間序列の増強、露出環境への慣れ、気温や湿度の変化などが考えられるが、正確な理由は不明である。なお、溝口(2014)の第2回目移動実験では、開始1.7日後からわずか1時間の間に、まるで他個体に同調するかのように5尾が次々と大水域へ移動した。アベハゼは水中



図 8. 上陸個体が互いに寄り添う様子. 写真は 2011. 6. 3. 14:58. 移動実験第 1 回目(溝口 2014)開始 3.2 日後.



図 9. 上陸個体が互いに寄り添う様子. 写真は 2011. 9. 5. 10:28. 移動実験初回開始 3.75 日後.

や陸上で同調行動を示すのか、さらなる行動観察が必要である。

アベハゼがこのように長時間空気中に出ることができるのは、一つにはアベハゼが高い空気呼吸能力をもつことである。岩田(2014)によれば、アベハゼは空気中に出ても心拍数低下反射がおこらず、水中と同じように楽に呼吸できるという。

魚が空気中に出るためには、呼吸のほか、アンモニアの処理、乾燥などの問題に対処しなければならない。アベハゼが空気中で窒素老廃物をどのように処理しているかよく分かっていないが、高アンモニア海水中では、オルニチン-尿素サイクルを機能させて尿素排出性を示すことが知られている(Iwata et al. 2000)。その排出は明瞭な概日周期を示し(Kajimura et al. 2002)、尿素のパルス排出にはセロトニン受容体が関与する事が知られている(McDonald & Walsh 2004)。セロトニンは様々な働きを有するがヒトでは精神の安定に関与すると言われている。

アベハゼが空気中でも尿素合成・尿素排出を行なうのか？尿素やセロトニンが陸上(空気中)での「寄り添い」行動に何らかの影響を及ぼしているのか？興味は尽きない。

謝辞

前報と同じく、和歌山大学名誉教授岩田勝哉博士には長年に亘ってご指導をいただき、生物学教室の皆様からは、いつもあたたかいご協力をいただきました。そして中央水産研究所の斉藤憲治博士は本誌への投稿をお勧め下さり、様々なご助言を下さいました。また査読者の方からは懇切なご指導を頂きました。心から感謝申し上げます。

引用文献

Graham, J. B., Jones, C. B. & Rubinoff, I. 1985. Behavioural, physiological, and ecological

- aspects of the amphibious life of the pearl blenny *Entomacrodus nigricans* Gill. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 89: 255-268.
- Hsieh, Shi-Tong T. 2010. A locomotor innovation enables water-land transition in a marine fish. PLOS ONE 5: e11197.
- Iwata, K., Kajimura, M. & Sakamoto, T. 2000. Functional ureogenesis in the gobiid fish, *Mugilogobius abei*. J. Exp. Biol. 203: 3703-3715.
- 岩田勝哉. 2014. 魚類比較生理学入門空気の世界に挑戦する魚たち. pp. x+214, 海游舎, 東京.
- Kajimura, M., Iwata, K. & Numata, H. 2002. Diurnal nitrogen excretion rhythm of the functionally ureogenic gobiid fish, *Mugilogobius abei*. CBP. 131B: 227-239.
- Liem, K. F. 1987. Functional design of the air ventilation apparatus and overland excursions by teleosts. Fieldiana. Zool. 37: 1-29.
- McDonald, M. D. & Walsh, P. J. 2004. Dogma and controverseies in the handling of nitrogenous wastes: 5-HT₂-like receptors are involved in triggering pulsatile urea excretion in the gulf toadfish, *Opusanus beta*. J. Exp. Biol. 209: 2003-2010.
- 溝口(久保)和子. 2014. アベハゼ *Mugilogobius abei* の上陸行動についての実験観察 I . 伊豆沼・内沼研究報告 8 号: 35-43.
- Sayer, M. D. J. & Davenport, J. 1991. Amphibious fish: why do they leave water? Rev. Fish Biol. Fish. 1: 159-181.

Experimental observation of the landing-behavior of a gobiid fish, *Mugilogobius abei* - II

Kazuko Kubo (Mizoguchi)

Dept. of Biology, Faculty of Education, Wakayama University. 930 Sakaedai, Wakayama-shi,
Wakayama 640-8510, Japan
E-mail kazukomz@center.wakayama-u.ac.jp

Abstract Landing behavior (emerging from water) of abe-haze *Mugilogobius abei* fishes was observed in a test tank equipped with a slope which divides the water-body into two parts, one larger and one smaller water-body. The upper part of the slope emerges from the water forming dry ground (=land). When a number of Abe-haze fishes were put into the smaller water-body, most of them emerged promptly but some of them gradually moved into the larger water-body over the land. The movement to the larger water-body occurred more quickly when the same experiment was repeated. One individual, who seemed dominant, remained in the smaller water-body. When this individual was removed, another one remained in the smaller water-body. When the trials were repeated, the results were much the same. Such dominant individuals sometimes went back and forth in both water-bodies. It seemed that the ranking within abe-haze group becomes more clear and that the territory of the dominant individual becomes larger when the rearing period of that group becomes longer.

Keywords: dominant-subordinate relationship, escape, excursion over land, Gobiidae, memory, move to another water-body, territory-expansion

Received: August 27, 2014 / Accepted: February 4, 2015