

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

溝口(久保)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: 回避行動 過密 ハゼ科魚類 密度依存 陸上移動

2014 年 3 月 26 日受付 2014 年 4 月 18 日受理

要旨 ハゼ科魚類のアベハゼは、特に高密度での飼育下で、長時間空気中で過ごすことがしばしばある。その生態的理由を探るため陸上部を備えた 2 種類の実験水槽を用意し、その中でのアベハゼの行動を断続的に目視観察した。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で、小水域にのみ多数のアベハゼを入れて極端な高密度状態にすると、ほぼ 1 日以内に約 8 割の個体が水際近くに上陸した。数日後には、上陸個体のいくつかが陸上を通過して対岸の水域に移動した。水域を分けず水面の一部を覆う形で陸上部を設置した水槽での観察(密度は 1/4 程度)でも上陸は速やかに行なわれたが、水中に留まる個体数は増えた。上陸割合の変化は飼育水の汚れの進行とは無関係なようであった。これらの観察から、アベハゼは過密状態緩和のために上陸すると思われる。また陸上移動行動には、生息域を広げるという意義もありそうだ。

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、岸寄りの泥底の穴の中、石やカキ殻の間や下に単独で見られる(鈴木ほか 2004)。特に、干潮時には潮だまりの中の石の下や隙間などに隠れていることが多い。干出した湿泥の中から見つかることもある。このような環境下では呼吸やアンモニアの排出が困難であるが、アベハゼは空気呼吸を行なうことが知られている(岩田 2014)。他、高アンモニア環境下では尿素サイクルを機能させて尿素に変換して排出する(Iwata et al. 2000)。少なくとも飼育下では強いなわばり行動を示し、優位個体が劣位個体をよく攻撃する。高密度下では、劣位と思われる個体が、水面より上方の壁に吸着している姿もよく見かける。また単独飼育でも、小さい容器に入れると、水から出て容器蓋の裏に長時間吸着することもある。外部形態的にはごく普通の水生の魚であるアベハゼが、何故、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の実験観察を 2011 年

に行なったので、その一部を報告する。なお本稿で扱えなかった内容については次報に譲る。

材料と方法

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 日に採集したアベハゼ(雌雄の区別はしていない)を用いた。先の 2 つの仮説を検証するため、次の 2 つの実験水槽を準備した。

上陸実験用水槽:約 19 × 33 cm のブルーコンテナ(サンプラテック社, サンボックス#10)の中に、塩ビパイプ(外径約 37 mm)を土台とした黒色の穴あき板(約 16.5 × 19 cm, 高さ約 8-11 mm の縁を有す)を設置して陸上部を設けた(図 1)。コンテナ内に入れる水量を調節することで、水面から陸部までの高さを調整できるようにした。



図 1. 上陸実験用水槽. 写真は第 1 回目上陸実験開始約 1 時間後 2011/7/4 16:10 の様子.



図 2. 移動実験用水槽. 写真は第 2 回目移動実験開始 3.7 日後 2011/6/24 11:33 の様子.

移動実験用水槽: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(図 2)。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、テープを貼り替えることで傾斜の大小を調整できるようにした。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。

それぞれの仮説検証のための実験は複数回行なわれた。上陸実験については実験開始時の個体数密度や陸部の高さの条件を変えた 4 シリーズを、移動実験については水量と傾斜の条件を変えた 2 シリーズを実施した。以下に、その詳細を示す。

第 1 回目上陸実験:2011 年 7 月 4 日に上陸実験用水槽に 19 尾を投入し、7 月 8 日まで観察した。初期密度は 3.03 尾/100 cm² で、水面から陸部縁辺までの高さをおよそ 8 mm とした。

第 2 回目上陸実験:同年 7 月 8 日～14 日に行なった。18 尾を投入し、密度 2.87 尾/100 cm² に設定した。陸部の高さは第 1 回目と同様である。7 月 11 日に給餌し、陸上部に隠れ家 2 本を設置したが、水替えをあえて行なわなかった。

第3回目上陸実験:7月14日～20日に、第2回と同様の条件で行なった。7月19日に給餌したが、水替えをあえて行なわなかった。

第4回目上陸実験:7月20日～25日に、第2、第3回と同じ尾数、同じ密度で行なった。初期の陸部をやや高く設定し(水面から陸部辺縁までの高さ:約12 mm)、観察期間中に変化させた点が前述の実験との大きな相違である。

第1回目移動実験:2011年5月31日に移動実験用水槽の小水域に25尾を投入し、6月10日まで観察した。初期密度は12.63尾/100 cm²で、陸上の傾斜を大きめに、水量を2,000 mLに設定し、隠れ家として塩ビ小パイプ(内径約13 mm、長さ5 cm程度)を4本設置した。

第2回目移動実験:同年6月20日～6月27日に行なった。22尾を使用したため、初期密度は11.11尾/100 cm²となった。1回目との大きな相違点は、陸上の傾斜を小さくしたことと水量を約900 mL減らした点である。隠れ家については、途中で全て除去する、大水域側で個体間の攻撃行動等が増えたとき追加するなど、状況に応じて数を変化させた。

これらの実験については自然日長、水温下で実施した。また、実験に使用したアベハゼについては斃死した個体を除いて全ての回次で同じ個体を用いた。飼育水については、全ての実験および実験間の飼育時において20%海水を使用した。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。水槽の水替えや給餌については実験間に行ない、大抵の場合は実験観察期間内の水替えと給餌を行なわなかった。ただし、第2、第3回目上陸実験では途中で給餌を行なった。

観察については不定期に行ない、生残個体の位置を上陸か水中かの2つに大別して記録した。実験水槽内に設置した陸部にいる個体だけでなく、壁面吸着個体なども含めて空気中に出ている個体を全て上陸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。

結果

上陸実験

第1回目(図3)では、開始45分後に1尾が、その後約20分毎に1尾が上陸し、2時間後には7尾の上陸が確認できた(上陸割合36%)。上陸数は、0.74日後の11尾(57.9%)が最大で、その後やや減少し、3.8日後(終了時)には9尾(47%)となった。この時、水中9尾(密度1.44尾/100 cm²)、斃死数は1尾であった。

初期密度をやや少なくした第2回目(図4)では、3.2日後の観察時、陸上15尾(83%)、水中3尾(17%)となった。この時に給餌した後、水替えを行なわなかったため、開始6.2日後(観察終了時)には飼育水は悪化していたと思われるが、上陸割合は78%であり、水質悪化に伴い上陸数が増加する傾向は認められなかった。この時水中に残っていたのは4尾(密度0.64尾/100 cm²)であった。開始3.2日後、陸上にも隠れ家を設置したが、上陸行動に大きな変化は認められず、期間中の上陸割合は61-78%であった。第3回目も途中給餌したが水替えを行なわなかった。5.6日間実施し、観察終了時には水が汚れて泡立っていたが、上陸数が大幅に増加する傾向は認めら

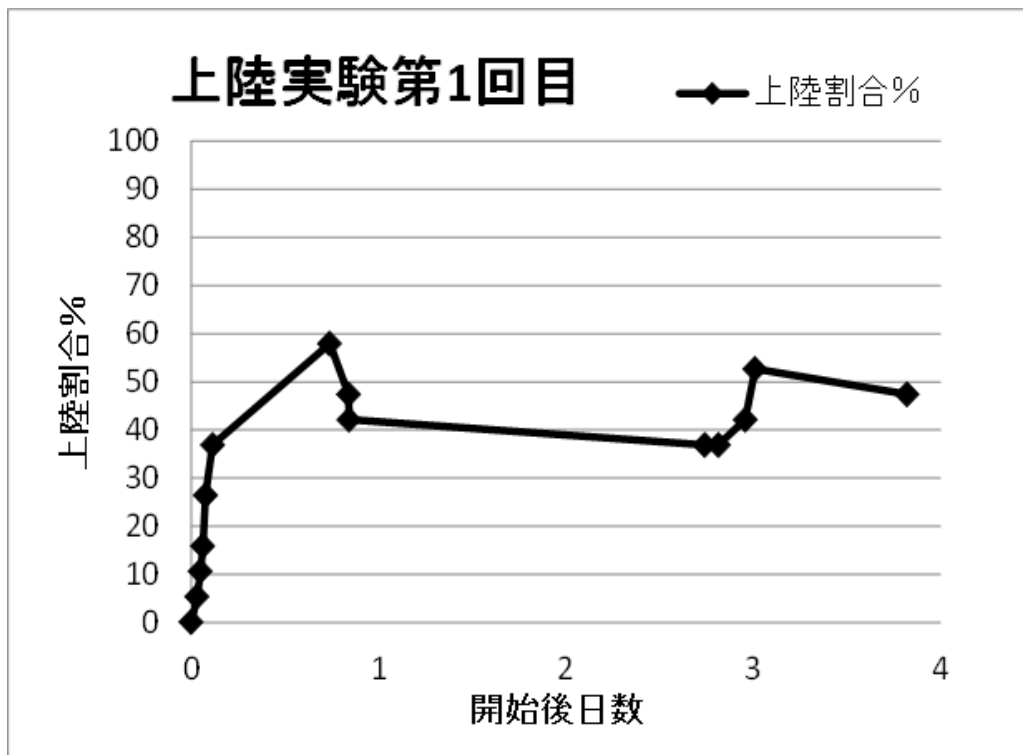


図 3. 第 1 回目上陸実験. 上陸個体数割合 (%) の経時変化.

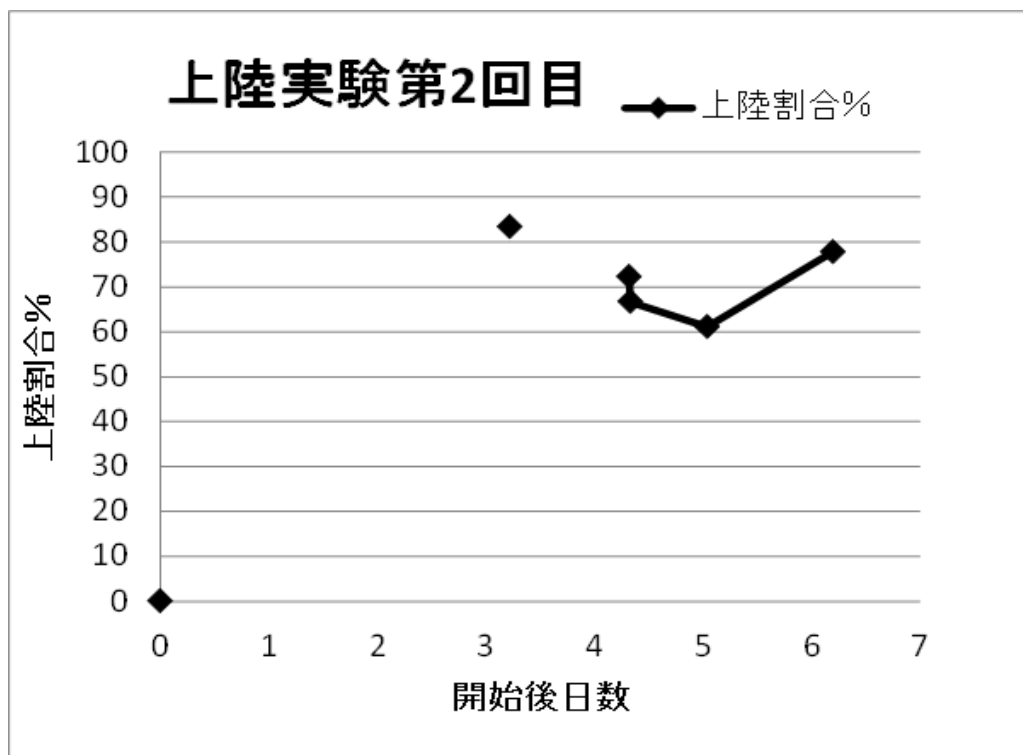


図 4. 第 2 回目上陸実験. 上陸個体数割合 (%) の経時変化.

れず、上陸割合は開始 4.6 日後で 67%，5.6 日後で 61%であった。水中密度は 4.6 日後で 0.96 尾/100 cm²，5.6 日後で 1.12 尾/100 cm²であった。

水面から陸部までの高さを大きくした第 4 回目（図 5）では、上陸割合がこれまでよりも低く、約 1 日後まで 33-41%であった。陸上が乾燥しすぎたので、陸を少しだけ低くし直したところ、陸上個体はすぐに増え、開始 1.1 日後には上陸割合 38.9%となった。その後終了時（開始 5 日後）まで、上陸割合は 41-53%，水中 10-8 尾（密度 1.60-1.28 尾/ 100 cm²）であった。

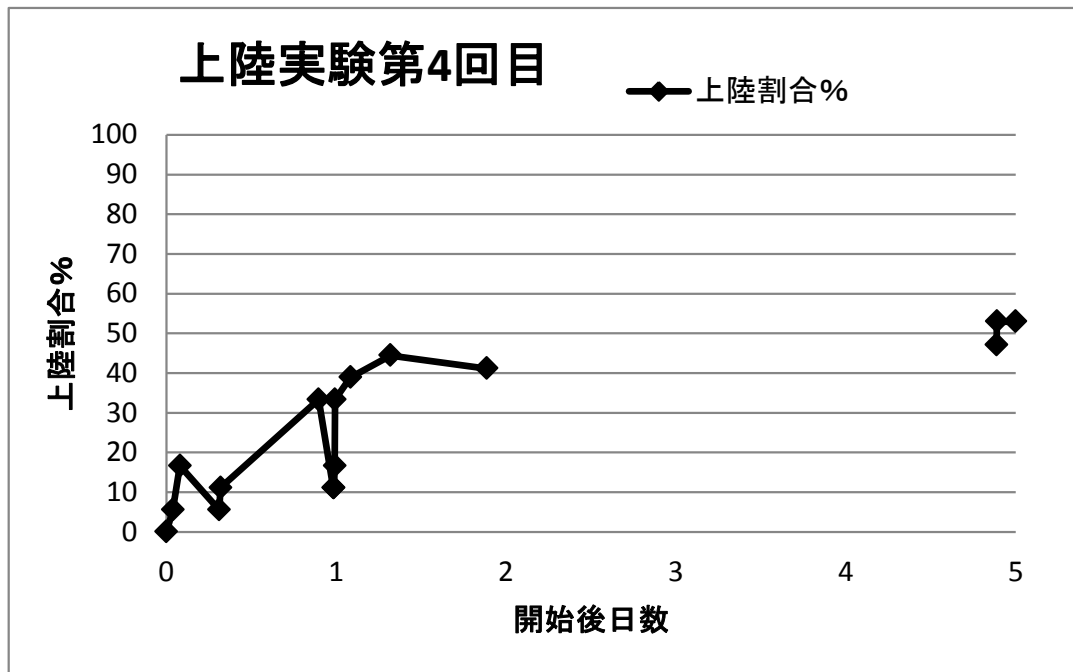


図 5. 第 4 回目上陸実験. 上陸個体数割合(%)の経時変化. 陸上個体の他, 隠れ家用筒の上や, 水槽壁面など, 水面より上(空気中)に出ているものを上陸個体とみなした。

移動実験

第 1 回目（図 6）では、開始約 2 時間後には、半数を超える個体が水際に上陸し、1 日後には約 80%が陸上の水際近くにいた（図 7）。上陸割合は、一度 60%程度に下がり、5-6 尾が元の小水域側に戻ったが、2 日後には上陸割合が約 80%に戻り、7 日後以降はその割合が 90%前後を推移した。7 日後以降 10 日後（終了時）まで、小水域には 2 尾が残っていた（密度 1.01 尾/100 cm²）。（9.1 日後のみ 1 尾になった。）

大水域への移動については、3 日後に 1 尾目を、10 日後に 2 尾目を確認できた。

傾斜を小さくし、水量を減らした第 2 回目（図 8）でも、上陸は速やかに行なわれ、0.73 日後には上陸割合は 91%に達した。大水域への移動については 0.6 日後に 1 尾、1.7 日後に 3 尾を確認できた。その直後約 1 時間以内に新に 4 尾が次々と移動した。その後はゆるやかに増加し、2.7 日後に 11 尾、6.6 日後（観察終了時）に 12 尾に達した。それに伴って上陸割合は減少し、2.7 日後以降は 32-36%であった。6.6 日後（観察終了時）、小水域中には 3 尾が残っていた（密度 1.52 尾/100 cm²）。

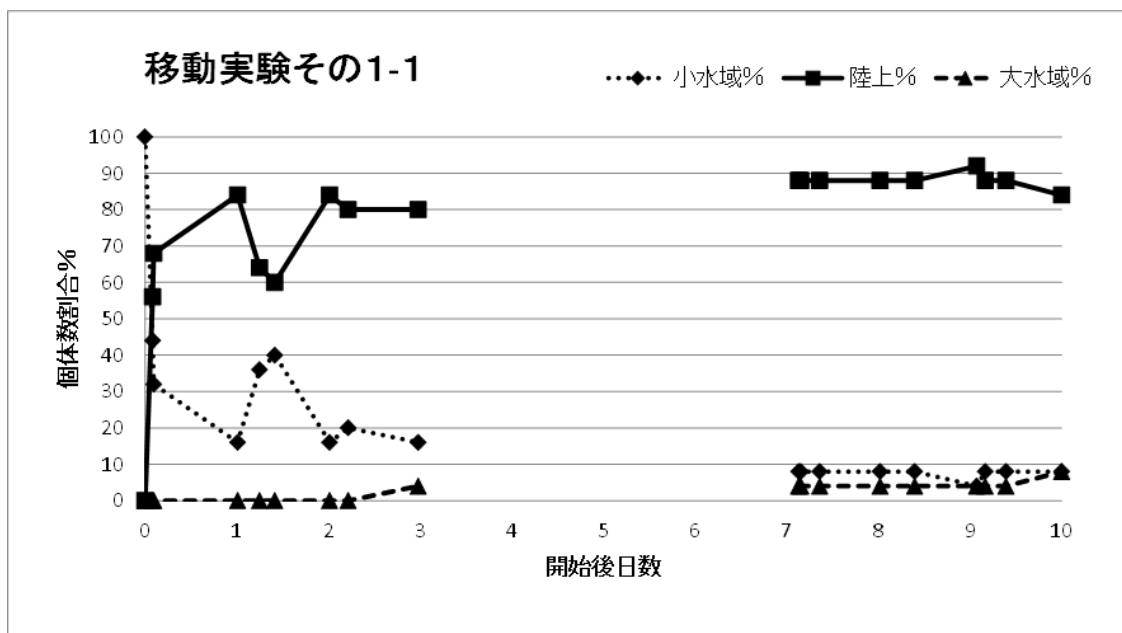


図 6. 第 1 回目移動実験. 各観察時刻における元の小水域, 陸上, 大水域への移動個体の, 全個体数に対する割合(%).

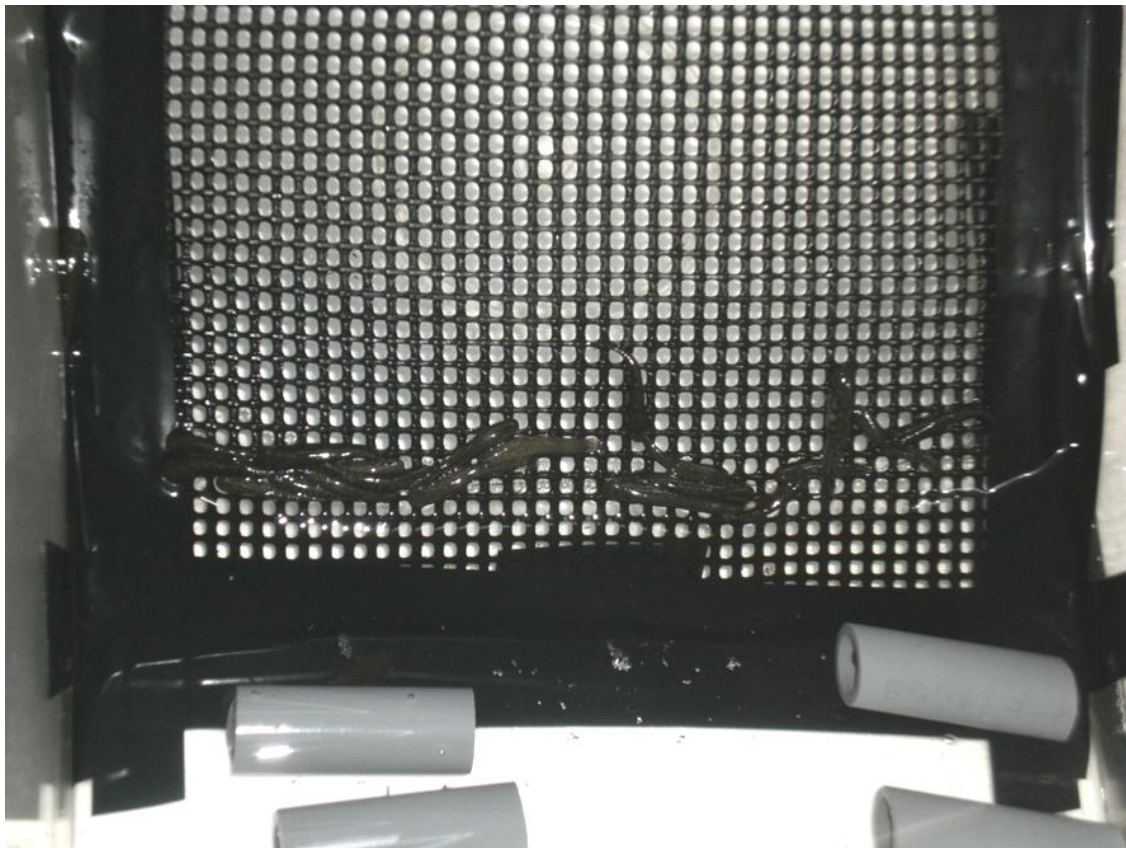


図 7. 上陸個体の様子. 第 1 回目移動実験開始 1 日後 2011/6/1 10:22.

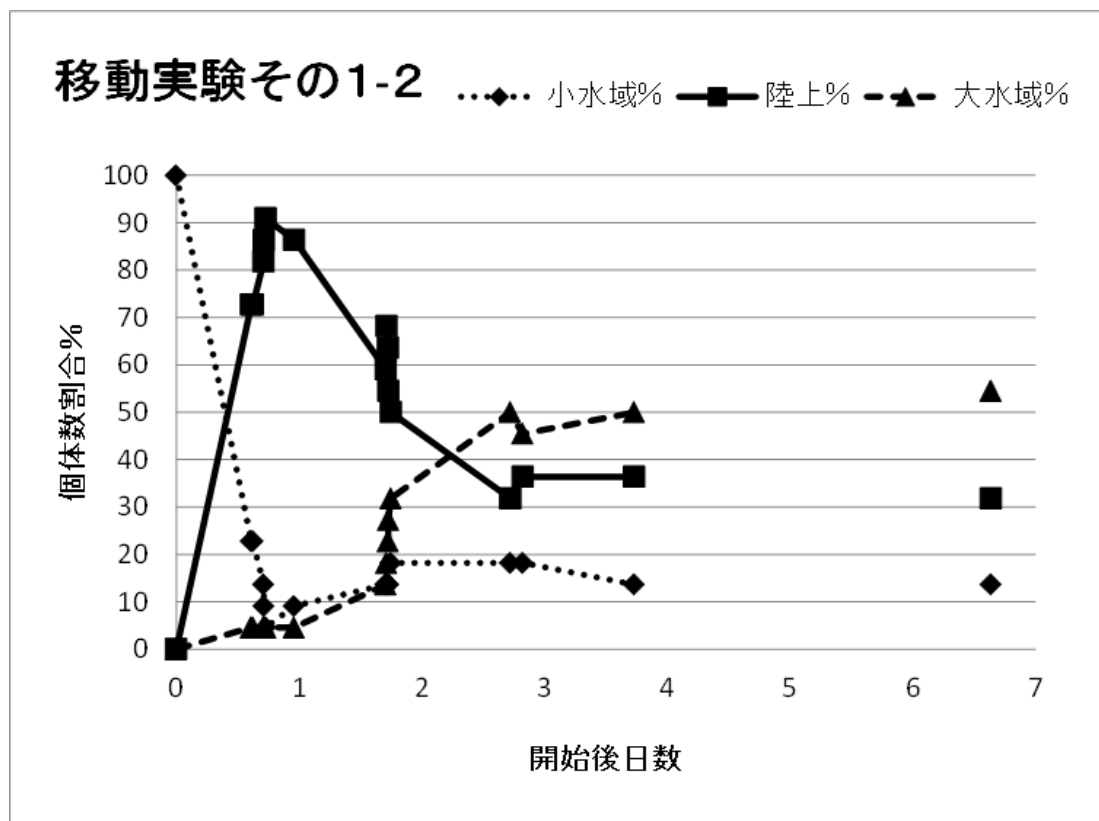


図8. 第2回目移動実験. 小水域, 陸上, 大水域の個体数割合(%)の経時変化.

考察

移動実験のような極端な過密状況下 (12.63, 11.11 尾/100 cm²) でも, 密度約 1/4 の上陸実験の場合 (3.03, 2.87 尾/100 cm²) でも, 上陸は速やかに行なわれた. ある一定以上の密度であれば, アベハゼは「過密」と感じ, 過密状態緩和のために上陸するのもかもしれない. いずれの実験でも, 実験開始直後から上陸個体が現れ, その後緩やかに増減しながら, 一定割合に安定していくようであった. 飼育水の汚れが進むにつれて上陸割合が増加する, という事は観察されず, 水の汚れや水替え刺激ではなく, 過密状態そのものが上陸行動を促すと推察できる. 統計的な処理は行なっていないが, 様々な条件下で実験を行なったにもかかわらず, 移動実験, 上陸実験とも, 観察終了時に元の水中に残った個体密度が 1.0-1.6 尾/100 cm² で (第2回目上陸実験では 0.64 尾/100 cm²) あったことから, アベハゼが過密と感じ, 回避行動をとる密度の閾値が存在することが示唆される. 今後, 低密度下での観察などを含めた詳細な実験が必要である.

移動実験では, 実験開始後しばらくの間, 上陸してもほとんどの個体が水際付近に留まっていたが, 時間の経過に伴って, 元の水域とは逆方向に移動する個体が増えた. このことは, 葛藤や攻撃を避けて上陸するだけでなく, 未知の別水域を探索するために陸上移動を行なう可能性を示している.

空気呼吸を行なう魚種には、トビハゼやムツゴロウのような両生生活を行なうものと、基本的には水生生活を行なうが、高い空気呼吸能力をもち長時間空気中で生存できるものがあり、アベハゼは後者に属する。こういった空気呼吸魚の環境適応についての研究が数多くなされてきた。それらがなぜ水中から陸上に出ようとするのかを検討するため、Sayer & Davenport (1991)は、淡水魚 21 種・海産魚 39 種について review を行なった。この中で様々な環境要因（溶存酸素・温度・水質など）や生物的要因（競合・捕食・摂食・繁殖）を挙げ、競合 Competition については 2 つの研究を紹介している。これらはタウナギ *Monopterus albus* と キノボリウオ *Anabas testudineus*, イソギンポの仲間 Pearl Blenny, *Entomacrodus nigricans* Gill についてである。このイソギンポの仲間もアベハゼと同様に潮間帯に生息することが知られており (Bohlke and Chaplin 1993), 干潮時のタイドプールでの過密状態と上陸行動との間に何らかの関係があるのかも知れない。

謝辞

和歌山大学名誉教授の岩田勝哉博士には、ご在職中、長年に亘ってご指導・ご教授いただきました。本稿作成に当たっても重要なご助言を戴きました。同じ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、この拙い観察記録の投稿をお勧め下さり、様々なご助言を下さいました。原稿の修正にあたっては、査読者の方から懇切丁寧なご指導を頂きました。これらの方々のご支援がなければ本稿はあり得ませんでした。心から感謝申し上げます。

引用文献

- Bohlke, J. E. & Chaplin C. C. G. 1993. Fishes of the Bahamas and adjacent tropical waters. 2nd edition. University of Texas Press, Austin
- 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. x+214pp, 海游舎, 東京.
- Sayer, M.D.J. & Davenport, J. 1991. Amphibious fish: why do they leave water? Rev. Fish Biol. Fish. 1: 159-181.
- 鈴木寿之・渋川浩一・矢野維幾. 2004. 決定版 日本のハゼ. 瀬能 宏 (監修). 平凡社, 東京.

Experimental observation about landing-behavior of a gobiid fish, *Mugilogobius abei* - I

Kazuko (Kubo) Mizoguchi

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

Abstract Abe-haze, *Mugilogobius abei*, a gobiid fish sometimes moves out of the water and can stay in air for a considerable time, especially in overcrowded conditions. Why do they emerge and stay in air? To investigate the reason, I made some observations about Abe-haze fish's behavior in two types of test tanks with land. One tank has a slope which divides the water-body into two parts (larger and smaller). The upper part of the slope emerges from the water forming dry ground (=land). Under extremely high density in the smaller water-body, nearly 80% of the fishes emerged over the course of a day. And several days, some of them moved over the land and reached the other (larger) water-body. In another similar tank with land covering the part of the surface area, the population density was about one quarter. In this case landing was done quickly and more individuals remained in the water. These observations indicate that the Abe-haze fish emerges to avoid competition and that they may make excursion overland to find another water-body (tide-pool).

Keywords: avoidance behavior, density dependence, excursion over land, Gobiidae, overcrowding

Received: March 26, 2014/ Accepted: April 18, 2014