

用水路におけるカワニナの生存戦略の解明

静岡県立静岡中央高校定時制課程
自然科学部 3年 菊地紀翔 他4名

1 研究の動機

本校は、造成が続く麻機遊水地の西南端に位置している。私たちは、平成 29 年度より、学校周辺へのゲンジボタルの復活を最終目標とし、安倍川水系に住む野生ホタルの人工飼育に取り組んでいる。翌年より、エサであるカワニナの安定供給のため、学校周辺におけるカワニナの分布状況について調査を開始した。平成 31 年度秋に、給水が停止されて乾燥した農業用水路で、カワニナがそのまま居残り、比較的高い生存率を示すことが観察された。このことは、カワニナは『水のあるところに移動せず、水が流れてくるまで耐える』という生存戦略である可能性を示している。しかし、昨年度たまたま発生した現象であったことも十分考えられる。そこで、今年度は『用水路におけるカワニナの生存戦略を明らかにする』ことを目的として研究に取り組んだ。

2 研究の方法

(1) 学校周辺の水路の配置とカワニナの分布状況について

これまでの調査研究から、カワニナの分布に関しては、以下のようなことがわかっている。本校周辺には、前述した浅い農業用水路と、常に少量の流水がある深い排水路の 2 系統があり、両者は立体交差により交わることはない。学校直近の農業用水路には、学校に近い方から順に 101～105 を採番して、調査してきた。平成 30 年度に残留集団



図 1 用水路101周辺の様子

が確認されたのは、用水路 101 と 105 であった。用水路は基本的に西から東に流れるが、図 1 に示したように、101 だけが南から北進した後直角に曲がり、学校前を東進する L 字状の水路で、カワニナは東進部だけに生息している。この東進部の南側には 3 階建ての県立病院官舎が建っている。

(2) 研究課題及び仮説の設定

令和 2 年 1 月に年間計画を立てて、すぐに活動を開始した。研究課題として、残留集団の調査の継続、用水路 101 への標識個体の放流実験と定点観測、耐乾燥性と水流走性を確認する 2 つの室内実験の 4 つを設定した。また、カワニナの生態について以下の 3 つの仮説を設定した。

- I 用水路の水がなくなっても、水が残っている場所に積極的に移動することはない。
- II 乾燥に耐えられるのはせいぜい 1 ヶ月程度で、大形個体ほど耐乾燥性が強い。
- III 大形個体は正の水流走性により、稚貝などは下流に流されることにより、移動がおきる。

(3) 各課題における研究方法

ア カワニナ残留集団の調査

実施時期は、用水路の水が涸れる 1 月～2 月と 10 月～12 月とした。前期はすべての用水路を、後期は用水路 101 だけを調査対象とした。カワニナを含む貝類の回収方法は、以下の通りである。

- ・乾燥した状態の区域を選び、幅 45 cm の水路幅で長さ 1 m の調査区を設定する。
- ・調査区内の堆積物を、ほうきとちりとりを用いて泥ごと回収し、ふるい等で貝類を選別する。
- ・カワニナは殻高（殻の長さ）により、大 30mm > 中 15mm > 小 8.0mm > 稚貝 を目安に分類する。
- ・回収したカワニナを水槽の水に浸けて 1 日以上エアレーションを行い、生死の判断を行う。

イ 用水路 101 における標識個体の放流実験と定点観測

用水路に給水される 5 月末に放流を行う予定で、開渠部に生息するすべての貝類を別の水路に移したが、活動制限により放流できたのは 8 月であった。放流するカワニナは、排水路から調達した。用水路の状態をみて、長さ 1 m の定点を 5 ヶ所、放流地点をその下流部に 2 ヶ所設定した。2 つの放流地点の間には、コンクリートで完全にふさがれた暗渠部がある。その後、2 ヶ所の放流地点も定点観測に加え、各調査地点には、用水路の東側から順に①から⑤まで採番した。図 2 に、用水路 101 の概要と、放流地点と定点及び後述する堰の位置を示した。

標識として、カワニナの殻を赤、青、白、黄の油性ペンを用いて着色した。着色と再捕獲のしやすさを考えて、殻高 15 mm 以上の個体を使用した。大形個体ほど移動性が高いだろうと考え、15 mm～20 mm の中形 30 個体×2 集団と、20 mm 以上の大形 60 個体×2 集団に仕分けし、中形を赤と青に、大形を白と黄に、それぞれ標識した。放流地点①には赤と白の、地点②には青と黄の各 30 個体を放流した。

定点観測におけるカワニナの回収は、水の流れが速く砂泥ごとの回収はできないため、手で底面を探って回収するしかなく、特に稚貝などは実際より少ない個体数しか回収できない。

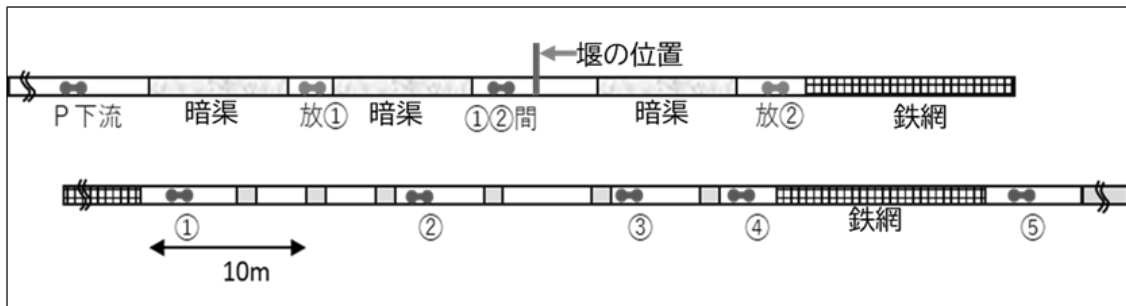


図 2 用水路101の概要及び、放流地点と定点の位置

ウ 耐乾燥性の確認実験

昨年度の研究から、カワニナは冬の乾燥に備えて耐乾燥性を持つと推測されたため、2月に実験を開始した。しかし、計画通り実施できなかったため、11月以降に再度実施した。低温に対して有利な大形個体の方が、耐乾燥性は高いだろうと予測し、排水路から回収したカワニナを、殻高により大形、中形、小形の3集団に分けてプラ容器に入れた。これを低温恒温器に入れ、この時期における平均気温の 8℃に設定し、一定期間放置した。乾燥処理後は貝の蓋を突いて生死判定を行い、不明な場合は水に浸けて数日後に再判定した。

エ 水流走性の確認実験

昨年度の研究で、カワニナは流れに逆らって上流に移動した痕跡を発見した。活動が活発な夏季に、直線的な水路を作り水流走性を確かめようとしたが、時間的制約により、カワニナの飼育水槽を流用して12月に実験を行った。試行錯誤のうえ、最終的にはデジタルカメラのタイムラプス機能を利用した動画で解析した。撮影は、30秒間隔のコマ撮りを2時間継続して行った。

3 研究結果と考察

(1) カワニナ残留集団の調査

図 3 に、10 月に発見された残留集団の様子を示す。前期の調査により、用水路 104 で泥の中から多量の生きた稚貝が発見された。用水路 101 でも、泥のたまりやすい場所 (後の定点③) の生存率が高かった。泥が多い地点の集団で生存率が高いことは、後期の調査でも確認された。また、後期に見つかった集団の生存率は、昨年同時期に比べて明らかに低かった。そこで、10～12 月の降水量を比較したところ、昨年は 856mm



図 3 用水路101の残留集団

で今年では 242mm とかなりの差がみられ、生存率は降水量によって左右される可能性が高い。

2年間の調査により、仮説 I は立証され、用水路に残留集団が生じる仕組みは以下のように解明されたと考えている。①水量の多いときは、エサを探して動き回る。②水たまりになってしまうと、そこから移動できなくなる。③やがて水が完全に乾燥してしまい、残留集団を生じる。④冬の降水量が多い場合や、その場所に泥が多い場合には、集団の生存率が高くなる。

(2) 用水路 101 における標識個体の放流実験と定点観測

ア 定点における個体数の変動について

定点観測の結果を、表 1 に示す。

標識個体の放流と最初の定点観測を 8/5 に行い、各定点とも 10 個体程度の生存カワニナが確認された。直後の 8/10 には、放流地点②の下流部に堰が設けられたが、結果的にはカワニナの移動に関する考察がしやすくなった。

8/19 には 2ヶ所の放流地点付近においても定量調査を行った結果、個体数が非常に多く、生存率は 100%であった。特に稚貝の多さが目立ち、この付近でカワニナが増殖していると考えられる。続いて 8/21 に、2 回目の定点観測を実施した。このときは、下流側の定点①、②、及び上流側の定点⑤で中形個体を中心に個体数が増加していた。下流側では小形個体も増加しており、付近のエサの状態が良いのか、近くにある暗渠部から出てきたかのどちらかであろう。

3 回目の定点観測は、9/24 と 10/1 の 2 回に分けて行った。下流部の 2ヶ所では、半乾燥の砂泥の中に大量のカワニナが発見された。冬期の残留集団のような外見で、生存率も 30% とかなり低かった。定点①～③では、これまでよりかなり多い生存個体数が確認された。特に小形個体や稚貝が増加しており、夏の間に繁殖や成長が進んだことが考えられる。

イ 標識個体の移動について

標識個体が移動した様子について検討するため、放流地付近を調査した 8/19 と、公舎前のすべてを調査した 8/21 に見つかった標識個体の数を、表 2 に示す。すでに堰の設置後で、放流地点①からの遡上はなかったはずだ。また、放流後の目視による用水路の観察から、すでに遡上は収まっていたように感じられた。従って、同じ日に行った調査と見なして良いと判断し考察した。

放流地点①から定点観測地点の公舎前まで遡

採取日	調査区	30～		15～30		7～15		稚貝		合計		生存率 %
		生	死	生	死	生	死	生	死	生	死	
8/5	①	0	0	12	0	4	0	0	0	16	0	100
8/5	②	0	0	5	0	4	0	0	0	9	0	100
8/5	③	0	0	6	0	1	0	0	0	7	0	100
8/5	④	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	100
8/5	⑤	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0	100
8/19	放流①	0	0	18	0	8	0	46	0	72	0	100
8/19	放流②	0	0	48	0	7	0	48	0	103	0	100
8/21	①	1	0	36	0	9	0	0	0	46	0	100
8/21	②	0	0	17	0	20	0	7	0	44	0	100
8/21	③	0	0	13	0	3	0	0	0	16	0	100
8/21	④	0	0	1	0	4	0	1	0	6	0	100
8/21	⑤	1	0	6	8	6	0	12	8	25	16	61
9/24	①	0	0	14	0	104	1	31	3	149	4	97
9/24	②	0	0	40	1	90	1	24	3	154	5	97
9/24	③	2	0	19	0	70	1	84	0	175	1	99
10/1	放流①	0	0	24	12	141	305	77	244	242	561	30
10/1	放流②	0	0	2	0	8	8	0	3	10	11	48
10/1	④	0	1	11	1	11	26	4	41	26	69	27
10/1	⑤	0	0	44	2	47	9	12	16	103	27	79
合計		4	1	317	24	546	351	346	318	1213	694	86.3

採取日	調査区	放流地点				計
		放流①	放流②	放流③	放流④	
8/19	放流①	2	3	0	0	5
8/19	①付近	2	2	0	0	4
8/19	放流②	2	3	0	2	7
8/19	②付近	0	1	0	0	1
8/21	①下流	0	1	0	0	1
8/21	①	3	3	0	3	9
8/21	①②間	2	4	3	3	12
8/21	②	1	1	3	1	6
8/21	②③間	1	0	1	4	6
8/21	③	0	2	5	2	9
8/21	③④間	1	0	2	1	4
8/21	④	0	0	0	0	0
8/21	④⑤間	0	0	1	1	2
8/21	⑤	0	0	0	0	0
標識個体数		14	20	15	17	66
再発見率 (%)		57		53		55

上したのは、赤白合計 20 個体で公舎前での再発見率は 33%、調査地全体での再発見率は 57%となる。一方、地点②から遡上したのは、黄青合計 30 個体で公舎前での再発見率は 50%となる。調査地全体での再発見率は 53%となり、放流①グループとほぼ同じであった。暗渠部も存在する流域で、放流した個体の約半分が再発見されたわけで、カワニナの移動を解明するのに、標識個体の放流は有効な手段であるといえる。

大きさによる移動距離の違いについては、明確な差は認められず、大形個体の方が移動性が高いという予想は外れた。移動期間については、地点①に放流した標識個体は堰が出現した 8/10 より前に遡上していたはずで、放流からわずか 5 日以内に移動を完了していたことになる。移動距離が最も長いのは、地点①から定点③④間に移動した白の個体、次が地点②から定点④⑤間に移動した黄と青の個体であり、その距離はいずれも 50m 以上と推定される。図 4 に、発見された黄色の標識個体の写真を示す。

このように、今回の放流実験により、いくつかの大きな成果が得られた。しかし、疑問点は残されている。まず、調査で回収された非標識個体はどこから現れたのかであるが、これについては近くの暗渠部と考えるしかないだろう。また、表 1 に示した 9 月～10 月にかけての定点観測では、再捕獲されたのはわずか 2 個体に過ぎなかった。この理由は現在のところ不明のままである。

(3) 耐乾燥性の確認実験

実験の結果、8°C の条件下で乾燥状態においた場合の 20 日後の生存率は 50%程度で、40 日を超えるとほぼ全滅する結果が得られた。仮説Ⅱ後半の、大きさと耐乾燥性の関係については、実施時期でやや異なる結果となった。完全な立証には、追試が必要である。なお、乾燥処理後水に浸けると、半透明なゼリー状の物質をはき出す現象が観察された（図 5 参照）。この物質が耐乾燥性を高めていると考えられ、非常に興味深い発見である。

(4) 水流走性の確認実験

今回の実験装置においては、水流走性は確認されず、仮説Ⅲが否定される結果となった。動画解析により、基本的には活発にランダムな動きをするが、大形個体ほど水圧を受けやすく、下流に移動する個体が多くなることがわかった（図 6 参照）。河川に生息するカワニナが、正の水流走性を持たないのは生存に不利であるはずで、意外な結果であった。放流実験では、明らかに遡上した結果が得られており、その誘因要因が何なのかという疑問も残る。今のところ、エサ場を求めて移動するのではないかと考えているが、今後の検証が必要である。

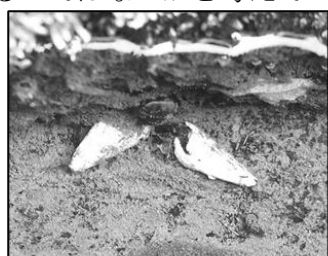


図 4 発見された標識個体

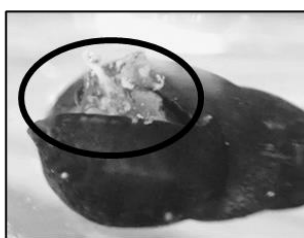


図 5 放出したゼリー状物質

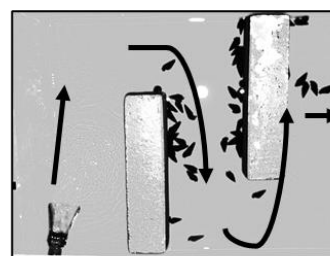


図 6 水流走性確認の実験

(5) 生存戦略に関する総合的考察

カワニナの生存戦略について、まず考えられることは、典型的な r 戦略ではないか、ということである。その根拠は、用水路の給水開始前に清掃、いわゆる「どぶさらい」が行われることである。開渠部は壊滅状態となるが、給水されると暗渠部などに潜んでいた個体が、その空白域で一気に増殖するのではないか。このように人為的攪乱が生じる場所は、他の生物の生存にとっても不利なはずだ。給水期間の恵まれた環境を利用して一気に個体数を増やし、他の貝類との生存競争を勝ち抜いてきたのだろう。用水路では大型個体がほとんど見つからないこともこの考えを支持している。しかし、稚貝を産むメスの年間産仔数は 800～2000 個体とされており、「典型的」とまではいえない増殖率である。

そこで、清掃が実施されても開渠部にある程度の残留個体が残る、という想定での考察を図7に示す。攪乱が緩かったり、気象条件に恵まれたりした年に、残留集団が春先から増殖を始めて水路全体の個体数を増加させ、増殖率の不足分を補っているというシナリオだ。いずれにしても、給水期間に一気に個体数を増加させていることは間違いないだろう。この推測は2年間の観察に基づくもので、今後の継続調査が必要なことはいうまでもない。

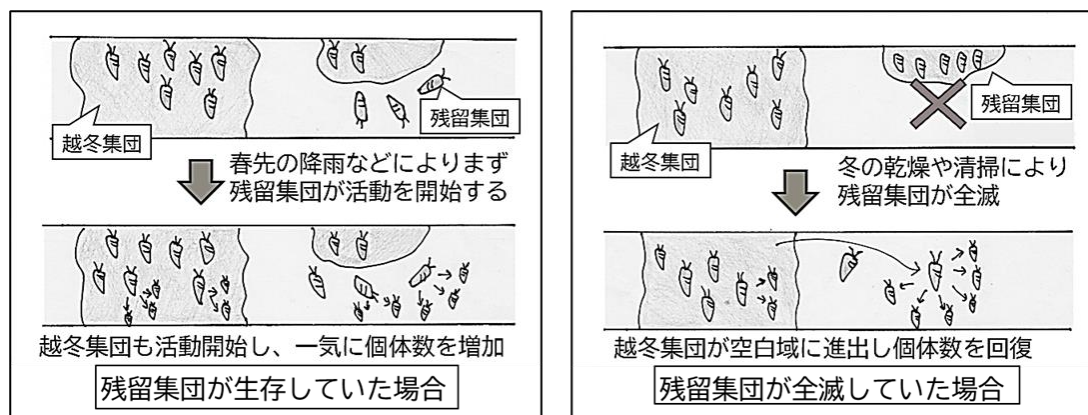


図7 用水路におけるカワニナの生存戦略

4 研究のまとめ

研究の結果、カワニナの生態について確実にわかったことは、以下の通りである。

- ① 用水路の給水期に標識個体が上流部に移動したことが確認された。
- ② 移動は放流直後のごく短期間に行われ、その距離は最大で50m以上であった。
- ③ 水が残る場所に向かって移動することではなく、乾燥した開渠部に残留集団を生じる。
- ④ 取り残された場所に砂泥が多いと、その集団の生存率が高い。
- ⑤ 残留集団の生存率は、降水量の多かった平成31年の方が高かった。
- ⑥ 室内で8℃の乾燥条件下においた場合、20日後の生存率は50%程度である。
- ⑦ 今回の実験条件下では、水槽内をかなり活発に動き回り、水流走性は確認されなかった。

5 今後の課題

今後の課題としては、まず用水路101における定点観測と標識個体の放流、及び残留集団の調査を継続することが必須である。放流は上流部へも行う必要がある。今回の考察が正しければ、下流の定点に移動する可能性がある。また、他の用水路でも観察をしたいが、そのためには部員数の増加が先決課題である。水流走性の実験は、用水路と同じ直線的な装置で実施したい。耐乾燥性の実験は、回数を増やし精度を高める必要がある。また、砂泥の有無による生存率の違いも調べてみたい。

6 謝辞

本研究を進めるにあたり、自然科学部OBの松下大輔氏、中田拓郎氏、県自然史博物館ネットワークの平井剛夫氏、県ホテル連盟理事の菅谷昌司氏を始めとする多くの方々、そして何よりも家族に大変お世話になった。ここに深く感謝し、お礼申し上げる次第である。

7 参考文献及び参考URL

- ① 静岡中央高等学校自然科学部 学校周辺を流れる安倍～巴川水系の環境調査。 2016
- ② 同 学校周辺におけるカワニナの分布について。 2019
- ③ 静岡地方気象台HP <https://www.jma-net.go.jp/shizuoka/>
- ④ 東京にそだつホテルHP <http://www.tokyo-hotaru.com/index.html>