

京都府亀岡市におけるトノサマガエル属の保全生態学的研究

木本 裕也

京都府

2020年度は、新型コロナウイルス感染症に伴う緊急事態宣言により、当初予定していた研究計画を一部変更せざるを得なかったことを最初に明記します。

1. 研究の背景

日本列島には7科18属43種48亜種のカエル類が生息している。そのうち84%は日本列島にのみ生息する固有種であり、固有性が著しく高いことが日本のカエル類の特徴である。しかし、半数近い種が絶滅危惧種や準絶滅危惧種に指定されており、その保全に社会的な関心が向けられるようになってきた（環境省 2020）。

トノサマガエル属 (*Pelophylax*) は、アカガエル科に属しており、25種から成っている。日本列島には、トノサマガエル *P. nigromaculatus* (以下、トノサマ)、ナゴヤダルマガエル *P. porosus brevipodus* (以下、ダルマ)、およびトウキョウダルマガエル *P. porosus porosus* (以下、トウキョウダルマ) の3種(亜種を含む)が生息している。トノサマはRDB2014・カテゴリーで準絶滅危惧種 (NT) に、ダルマは絶滅危惧種 I B (EN) に、トウキョウダルマは準絶滅危惧種 (NT) に指定されている。トウキョウダルマの生息域は、一部をのぞいてトノサマの生息域と重複しないが、ダルマの生息域はそのほとんどがトノサマの生息域と重複している。

京都府において、ダルマは京都府カテゴリー・絶滅寸前種 (京都府) に指定されている (京都府 2015)。京都府亀岡市では、亀岡中部農地整備事業が進められており、圃場整備に伴うダルマの保護移動が行われている。繁殖干渉を含む近縁他種間の相互作用を考慮した保護移動を行うためには、亀岡市内におけるトノサマガエル属の生息状況を把握する必要がある。

本研究では、トノサマガエル属のメス・オスの個体群動態および捕食回避行動といった生態学的な基礎知見を得るとともに、圃場整備に伴い保護移動された個体が、保護移動先で先住の個体と共存しているのかを調査した。

2. 繁殖期のナゴヤダルマガエルメスは水路にトラップされる？

2. 1はじめに

近年、圃場整備事業により用排水路の構造が変化し、カエル類の移動阻害が生じている。コンクリート製の農業水路では、落差高による縦方向の移動障害が生じ、手足に吸盤がない種のカエルにとって負の影響がある (渡部, 2014)。

ダルマは、東海から瀬戸内海沿岸にかけての低湿地帯の水辺に生息している。ダルマは繁殖場所として浅い止水域、特に水田を利用し、オスはなわばりを形成してメスが配偶・産

卵に来るのを待ち、産卵後のメスは繁殖場所から離脱するという配偶システムを有する。そのため、繁殖場所における成体の性比（実効性比）はオスに偏り、一方、集団全体における成体の性比は1：1の可能性が高いと予想される。

ダルマのオスは繁殖期には常に水田内で待機する。一方、メスは産卵を終えると水田を離れ、次の産卵時に再び水田にやってくると考えられる。そのため、繁殖場所の周囲に水路があると、メスの方がオスよりも水路にトラップされる可能性が高くなり、水路での性比はメスに偏ると予測される。一方、非繁殖期にはオス・メス成体の活動性に性差はないので、水路での性比に偏りはないと予測される。本研究では、ダルマの繁殖期と非繁殖期に水路にトラップされたダルマの性比を調べることで、これらの予測を検証した。

2. 2 材料と方法

滋賀県においてダルマは希少種に指定されているため、ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例施行規則第5条第2号の規定に基づいて、指定希少野生動植物種捕獲等届出書を滋賀県琵琶湖環境部自然環境保全課に提出、受理された（滋賀県生きもの総合調査委員会 2020）。

滋賀県北部において、繁殖場所（オスが5個体以上鳴いている水田）に隣接する水路を5地点選び調査地とした。そのうち3地点はダルマが脱出できる水路（以下、小水路）で、2地点は脱出できない水路（以下、大水路）である（図 2.1）。まず、水路の形状と流速を調べ、ダルマが脱出できるかできないかの判断材料とした。なお、ダルマが小水路から脱出できることは、捕獲作業中に目視で確認している。調査は、2020年には繁殖期である5月中旬と非繁殖期である稲刈り後の10月上旬、2021年には繁殖期初期の4月下旬におこなった。水路の形状・流速を測定し、水路内のダルマをすべて捕獲し、オス・メス・SVL35mm以下の未成熟に分けて個体数を記録し、調査後速やかに放逐した。2020年の稲刈り後と2021年の繁殖期初期の調査では、水田内の個体についても同様の調査を行なった。

2.3 結果

調査した水路について、水路の形状・流速を計測した。小水路①は幅30cm、高さ40cm、水深10cmで、流速は0cm/secであった。水路内に土砂が堆積しており、堆積した土砂には植生が見られた。小水路②は幅30cm、高さ40cm、水深24cmで、流速は0cm/secであった。2020年4月には水路内に土砂が堆積しており、堆積した土砂には植生が見られたが、10月以降、堆積していた土砂が取り除かれ、同時に植生が無くなった。小水路③は幅60cm、高さ50cm、水深20cmで、流速は10cm/secであった。2020年4月には水路内に土砂が堆積しており、堆積した土砂には植生が見られた。10月以降、水路に接する畦畔に除草剤が撒かれた痕跡が見られた。大水路①は幅200cm、高さ90cm、水深30cmで、流速は40cm/secであった。水路内に土砂が堆積しており、そこには植生が見られた。下流は河川と接続して

いた。大水路②は幅 150cm, 高さ 90cm, 水深 20cm で, 流速は 30cm/sec であった。水路内に土砂が堆積しており, 土砂には植生が見られた。下流は河川と接続していた。

ダルマは全ての水路・期間を通して合計のべ 764 個体確認された (表 2.1)。

まず繁殖期の水路における性比の全体的な傾向について述べる。繁殖期の水路では, 2020 年 2021 年ともに成体の性比はメスに偏る傾向があった。成体が捕獲されなかった 2021 年繁殖期の小水路②③を除いて, 性比を 1 : 1 と仮定してカイ 2 乗検定の適合度検定をおこなったところ, 2020 年と 2021 年の小水路① ($p < 0.01$, $p < 0.01$), 2020 年の小水路③ ($p < 0.05$), 2021 年の大水路① ($p < 0.05$), および 2020 年の大水路② ($p < 0.05$) では, 性比はいずれも有意にメスに偏っていた。

これに対して繁殖期の水田では, 調査を行ったのは 2021 年だけではあったが, 小水路①と大水路①ではともに成体オスが成体メスよりも多く捕獲された。ただし, 性比のオスへの偏りが有意だったのは小水路①だけだった ($p < 0.01$)。小水路①と大水路①において, 繁殖期の水路内と水田内の性比を比較したところ, いずれも性比の偏りが逆になっていた (小水路①; $p < 0.01$, 大水路①; $p < 0.05$, フィッシャーの正確確率検定)。

次に繁殖期が終わった稲刈り後の水路における性比について述べる。稲刈り後の小水路ではダルマ成体の個体数は小水路①の 7 匹 (オス 4, メス 3) だけで, 小水路②③では, ダルマを確認できなかった。一方, 稲刈り後の大水路では, 大水路①で 31 個体, 大水路②で 123 個体が捕獲され, 稲刈り後は小水路ではなく大水路でダルマが多かった。ただし, 大水路①では性比はメスに偏り, 一方大水路②では偏りがなく, 一定の傾向はみられなかった。

次いで, 稲刈り後の水田における結果について述べる。小水路①, ②および③では, それぞれ水田内で 74 個体, 24 個体, および 54 個体が捕獲され, 大水路①および②のそれぞれ 14 個体と 21 個体よりも個体数が多い傾向があった。ただし, いずれの場所においても, 成体の性比はほぼ均等であり, 偏りはみられなかった。

2.4 考察

調査した水路内でダルマが発見された場所は, いずれも土砂が堆積し, 植生が見られるところであった。特に小水路③・大水路①②では水の流れがあったため, 水路内に土砂・植生がなければ生息することは困難だったと考えられる。

小水路①では, どの調査期においてもダルマが確認された。繁殖期において水路内での性比はメスに偏っており, 一方, 隣接する水田ではオスに性比が偏っていた。小水路①はダルマが水路から容易に脱出できる構造になっていた。それゆえに非繁殖期である稲刈り後には, 水田から水路に移動することで多くの個体が居着いていたと推測された。

小水路②では, 稲刈り後に水路でダルマが確認されなくなった。その理由として, 2020 年繁殖期から稲刈り後期までの間に水路内の土砂・植生が取り除かれたために, ダルマが居着くことができなくなったことや, 天敵からの逃避場所がなくなったことなどが考えられ

る。

小水路③でも、稲刈り後に水路でダルマが確認されなくなった。水路内の土砂・植生が取り除かれた小水路②とは異なり、小水路③には土砂が残っていた。しかしその代わりに、小水路③には除草剤が散布された痕跡が見られた。おそらくそのために植生が消失し、生息地として不適になったのではないだろうか。また、2021年繁殖期では、水路内・水田内両方でダルマが確認できなかった。この水路・水田内では、2020年に見られなかったトノサマ、ウシガエル (*Lithobates catesbeianus*) が確認されており、種間競争による排除と前述の生息地不適が複合的に関係している可能性がある。

大水路①について、稲刈り後・2021年繁殖期において水路内の性比がメスに偏っていた。大水路では水路に落ちてしまった場合、水田に復帰することができず、水路内に居着くか流下するしかない。メスは産卵を終えると水田を離れ、次の産卵時に再び水田にやってくると考えられ、繁殖場所の周囲に水路があると、メスの方がオスよりも水路に落ちやすくなると予測される。2020年繁殖期を通してメスが水路内に落ち、居着いた個体が増えたため、稲刈り後・2021年繁殖期において水路内の性比がメスに偏ったと考えられる。

大水路②について、2021年繁殖期の水田では、ダルマが確認されなかった。その理由は、2021年度は耕作せず休耕にするため、水入れが行われなかったことだと推測した。

繁殖期には、水路でメスに性比が偏り、一方、水田内ではオスに性比が偏る傾向が確認された。水路と水田内を移動できる場合、非繁殖期には水田内に成体が集まり、そのため性比は1:1に近くなると考えられる。これに対して、水路と水田内を移動できない場合、水路内に一方的にダルマが集まってしまうため、水路内の方がダルマの個体数が多くなる傾向が見られた。性によって水路と水田間の移動パターンが季節的に変化することにより、生息地内の性比を変化させていることが示唆された。このことは、水田と水路を含む繁殖場所の構造が、ダルマの適応度に多大な影響を与える可能性があることを示す。また、水路内の土砂を取り除く、除草剤を撒くといった小規模の生息地変化がダルマの個体数に影響を与えている可能性もある。ダルマは環境省レッドリストで絶滅危惧種IB類(EN)、京都府カテゴリーでは絶滅寸前種、滋賀県カテゴリーでは希少種に指定されており、その保全は重要となっている。本種の保全を行う上で、繁殖期の移動性の性差、微細な生息環境の保全を考えていくことが、今後大切になっていくだろう。



図2.1. 調査を行なった水路。左図はダルマが脱出可能な水路（小水路），右図はダルマが脱出できない水路（大水路）。どちらも排水路であり，常に水が流れていた。小水路では，ダルマの脱出を目視で確認している。

表 2.1. 各地点のダルマ確認個体数。水路ごとにオス・メス・未成熟の個体数を示している。繁殖期水路 2020 は 2020 年 5 月中旬，稲刈り後水路・稲刈り後水田は 2020 年 10 月上旬，繁殖期水路 2021・繁殖期水田 2021 は 2021 年 4 月下旬に調査した。

	小水路①			小水路②			小水路③			大水路①			大水路②		
	♂	♀	未成熟	♂	♀	未成熟	♂	♀	未成熟	♂	♀	未成熟	♂	♀	未成熟
繁殖期水路2020	9	34	78	1	6	22	6	16	38	3	7	35	2	9	13
稲刈り後水路	3	4	3	0	0	0	0	0	0	6	21	4	24	26	73
稲刈り後水田	25	23	26	6	4	14	11	15	28	4	2	8	5	4	12
繁殖期水路2021	1	14	30	0	0	0	0	0	0	6	21	15	3	8	0
繁殖期水田2021	22	2	2	6	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0

3 トノサマガエルの水中での捕食回避行動の観察

3.1 はじめに

生物の種間には様々な関係が見られるが、ある種が他の種に食われるという捕食被食の関係はもっとも基本的な関係の一つである。動物はすべて従属栄養生物であり、他の種を食べる、または別の種に食べられるのが普通である。ある種がどの種を食べ、どの種に食われるかを示す関係を食物連鎖といい、生物群集内における食物連鎖をすべてつなげると互いに交錯した網目となり、これを食物網と呼ぶ。

捕食者としてのカエルは、ダンゴムシ(*Armadillidiidae*)や昆虫といった、主に地表性の無脊椎動物を食している。ただし、被食者は捕食を避けるために多大なコストを払っており、その結果、捕食—被食関係が表面的には消滅する場合がある。たとえば、休耕田にすむトゲヒシバツタはカエルに対して特異的な捕食回避策を発達させる (Honma et al. 2006) ことで、マメガムシはカエルに捕食されても、消化されずそのままお尻の穴から出てくる (Sugiura 2020) ことで捕食—被食関係は表面的には存在しない。

一方、被食者としてのカエルの天敵には、ヘビ (*Serpentes*)、サギ (*Ardidae*) などの大型鳥類、タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) などのほ乳類、タガメ (*Kirkaldyia deyrolli*) などの水生昆虫、ナマズ (*Silurus asotus*) などの肉食魚類が挙げられる。これらの天敵からの捕食を回避する方法は、捕食者に対する毒や忌避物質をもつ種ともたない種で異なる可能性が高いと考えられる。ニホンアマガエル (*Dryophytes japonica*) やヒキガエル (*Bufo japonicus*) は毒をもち、ツチガエル (*Glandirana rugosa*) はヘビの嫌うにおいを出す (Yoshimura & Kasuya 2013)。これに対して、トノサマやダルマなどは毒や忌避物質を持たない。

トノサマやダルマにとって重要な捕食者であるヘビに対する捕食回避策についてはごく最近報告された (Nishiumi and Mori, 2020)。しかし、トノサマやダルマにとって最も重要な捕食者は、おそらくサギ類と考えられる。なぜならば、トノサマやダルマの生息する水田では非常に高い頻度でサギ類が捕食活動を行っているのが観察されるからである。水田でトノサマやダルマを捕獲しようとする、あぜから水中に飛びこんで逃走する。これまでの経験によると、逃走したカエルを逃走の方向と速度を手掛かりに探索してもなかなか発見できない。ヒトもサギなどの鳥類も、被食者の移動方向と速度から被食者の位置を高い確率で推定できる。それにもかかわらず、水中に飛びこんだカエルを発見できないということは、カエルが逃走した位置を捕食者に分かりにくくするような何等かの捕食回避策を使っていることを示唆する。具体的には、左右の四肢を非対称に使うことで進行方向を変えたり、あるいは飛び込んであとで泥中に深く潜ったり、あるいは進行方向とは反対向き(追跡する捕食者に接近するように)に移動するなどが想定される。ただし、これらはいずれも想像にすぎず、実態の解明が必要である。本研究では、カエルの逃避行動について、水中で行う捕食回避行動を観察した。

3.2 材料と方法

滋賀県立大学実験圃場内の芝地に、縦 3m、横 2m のビニール製プールを設置した。カエルの動きが観察できるようにプール内には濁りのない水道水を、深さ 15 cm 程度張り、カルキ抜きを適量加えた。カエルの足場として、水面から少し出るように砂の入った土のうを設置した。カエルの位置の特定には、プールの底面に印刷されている 2.5 センチ角のマス目を利用した (図 3.1)。トノサマ 9 個体をプールに放ち、3 日間静置して環境に順化させた。カエル導入から 3 日後に、足場に乘っているカエルに対して、無差別にプールの手前から奥に向かって手を近づけてカエルに視覚的な捕食リスクを与え、逃げる様子をアクションカメラで記録した。実験は、全部で 92 回行った。後日、撮影した映像をパソコンのモニター上で確認し、カエルの逃げた軌跡をプール底のマス目によって座標化し、Excel に打ち込んだ。

また、カエルが逃走行動を開始した時点で向いていた方向 (体軸の頭部方向) と逃走方向の角度、着水地点も記録した。カエルの逃走方向の角度は、まずカエルが撮影者 (ダミー捕食者) に正対しているか反対向きなのかを分けた。次にカエルが最初に向いている向きを 0° 、真後ろを 180° とし、カエルが最初に向いていた向きから左右どちらに何度角度をつけて飛んだかを記録した。また、飛んだ角度を左右それぞれ $0\sim 45^\circ$ 、 $46\sim 90^\circ$ 、 $91\sim 135^\circ$ 、 $136\sim 180^\circ$ の 4 つのグループにわけた (図 3.3)。

カエルの土囊の上の位置を逃走開始点、逃走行動を停止して静止した位置を逃走停止点とした。逃走開始点からカエルの逃走方向が変化する直前のマスまでを直線でつなぎ、それを逃走停止点まで繰り返すことで、逃走行動の軌跡を表した。(図 3.2)

Excel 上では逃走の軌跡を青線、逃走開始点のマスは緑色、逃走停止点の色を赤色、カエルが逃走停止点で水中に潜っている場合は青色で表した。逃走方向は、逃走停止点のマスが左端から $0\sim 18$ マスの間にある場合に左寄り、 $19\sim 35$ マスの間にある場合を中心寄り、 $36\sim 53$ マスの間にある場合を右寄りと分類した。Excel のデータをもとに、カエルが逃走開始から逃走終了までに方向転換した回数と方向 (左右) を記録した。

3.3 結果

トノサマでは、計 57 回の逃走行動が観察され、そのうち逃走方向が左寄りだったのが 14 回 (24.6%)、中心よりだったのが 18 回 (31.6%)、右寄りだったのが 25 回 (43.9%) であった (表 3.1, 図 3.4, 図 3.5, 図 3.6)。全体的にみて、逃走方向はやや右よりの傾向があった。逃走停止点で水中に潜っていたのは 57 回の逃走行動中のうち 9 回 (15.8%) であった。

図 3.7, 図 3.8 より、図の中央より右がカエルから見て右側に、左が左側に飛び込んだ場合である。ダミー捕食者に背を向けている場合は $91\sim 135^\circ$ 、 $136\sim 180^\circ$ に比べ $0\sim 45^\circ$ 、 $46\sim 90^\circ$ の角度が多かった。ダミー捕食者の方向に向いている場合は $0\sim 45^\circ$ 、 $46\sim 90^\circ$ に比べ $91\sim 135^\circ$ 、 $136\sim 180^\circ$ の角度が多かった。

図 3.9 は両種が最初に向いていた向きから左右どちらかに飛んだ個体を数えたものである。観察できた 91 回の逃走行動から、最初に向いていた向きにまっすぐ飛んだ個体を除いた数は 74 回であり、右と左がランダムに選択されると仮定すると、左右の割合は 1:1、つまり左右それぞれ 37 回となるはずである。このランダムに選択された場合の値を期待値とし、図に赤で示した。実際に得られた値は左が 34 回、右が 40 回であり、期待値とほとんど差はなかった。この実際に得られた値を実測値とし、図に青で示した。図 3.10a は最初に飛び込んだ方向に加え、着水後に水中で行った最初の方向転換の向きを示したものである。着水後方向転換を行ったのは 74 回中 67 回であった。順番を考えない場合、方向転換は右右、右左、左左の 3 パターンが考えられ、1:2:1 つまり期待値右右 17 回、右左 34 回、左左 17 回となると考えられる。実測値は右右 12 回、右左 36 回、左左 19 回であり、期待値とほとんど差はなかった。同じ操作を図 3.10b、図 3.10c でも行ったが、期待値と実測値の間にほとんど差はなかった。

3.4 考察

逃走開始

結果の図 3.7、3.8 を見ると、カエルがダミー捕食者の方を向いているときはそうでないときに比べて、 $91\sim 180^\circ$ の頻度が高いこと、つまり後方に飛んでいるということがわかる。また、ダミー捕食者と反対の方向を向いている場合もまっすぐ飛ぶのではなく、左右に角度をつけて飛んでいるということがわかった。この 2 つから、カエルの飛び込む前の捕食回避行動の 1 つとして、捕食者と反対方向に飛んでいるのではないかということが考えられる。

逃走の方向

結果の図 3.4-図 3.6 を見ると、トノサマは着水してすぐに向きを変えて泳いでいることがわかる。また、図 3.9・図 3.10 を見ると、期待値と実測値の間にほとんど差がないことから、着水してからの方向転換は左右ランダムに行われていることがわかる。これらのことから、カエルの飛んだ方向から逃走位置を特定するのが難しい理由の 1 つは、着水後すぐに曲がる、水中で何度かランダムに方向転換するからではないかと考えられる。

逃走停止点での定位位置

逃走の軌跡が右寄りとなる個体が多かった。このことについて、周囲環境や周囲の地形の影響から説明を試みた。実験で使用したプールの左側には、木が生え、小川が流れていた。これに対して、プールの右側には木は少なく、ガラス製の温室があった。こうした左右の環境条件から、カエルは左側を岸と認識し、ガラス温室からの光の反射を水面と誤認した可能性がある。通常、トノサマが生息している水田や沼、池では岸際（畦際）に木が生え、用水路が流れ、その反対側に水面が開いている場合が多い。野外では、畦から水田に向かって逃

走るので、木や小川を岸側と認識してその反対側に逃走したのではないかと考えられる。ただし、カエルが逃走行動を開始した土のうは周囲を不透明なビニール面で覆われているので、実際にカエルが周囲の環境をどの程度認識できたは不明である。これらの考察はあくまで想像に過ぎず、実証には適切に実験条件を設定して実験する必要がある。



図3.1. 使用したプール。縦3m 横2m高さ1mのビニール製で1辺2.5cmのマスが印刷されている。水深15cmでカエルの足場として土嚢を設置した。

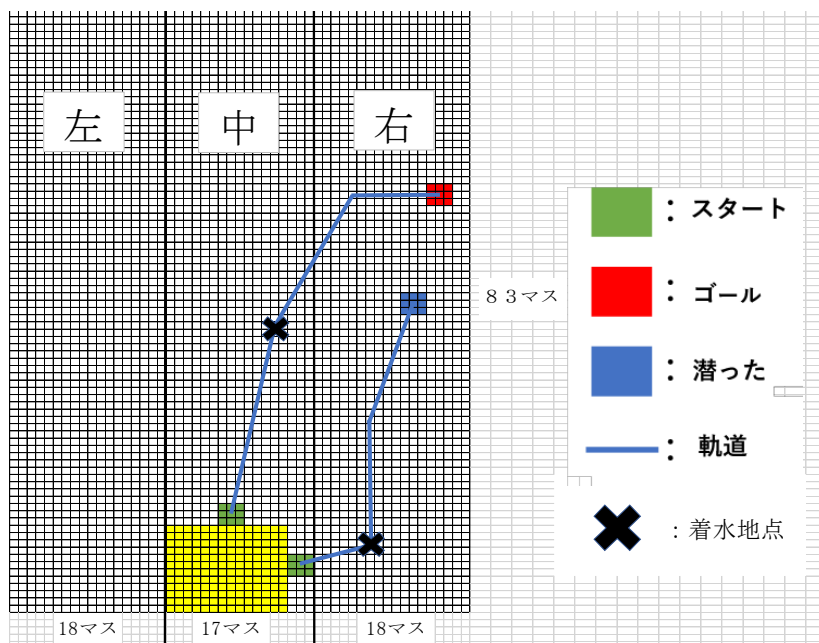
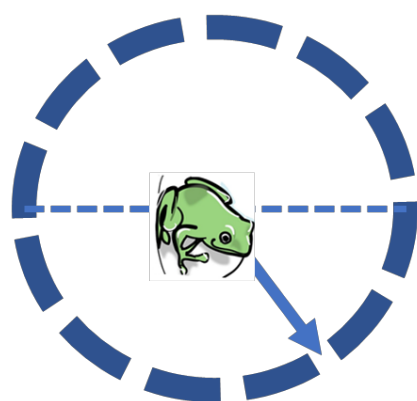


図3.2. 実験プール底のマス目とカエルの逃走軌跡の表し方。黄色マスは土嚢、緑色マスは逃走開始地点、バツ印は着水地点、青色線は逃走の軌跡、赤色マスは逃走終了時に水面に浮いていた地点、青色マスは逃走終了時に潜水していた地点を示す。土嚢を含む中央17マスを中とし、そこから左18マスを左、右18マスを右とした。

ダミー捕食者と反対



ダミー捕食者と正対

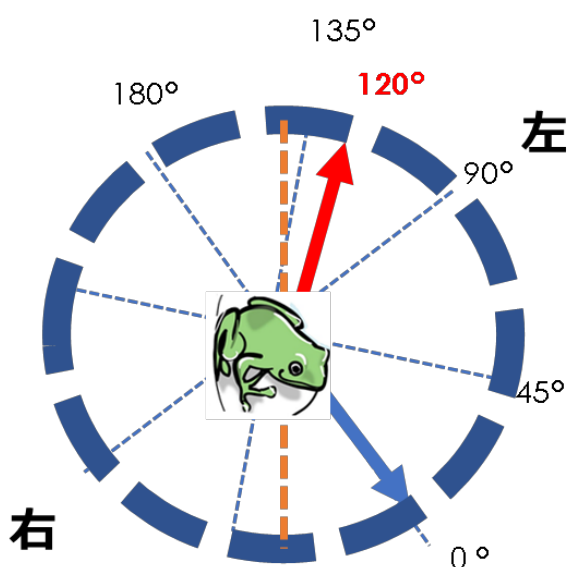


図3.3. カエルの最初の向き（体軸の頭部方向）と逃走方向の角度の表し方。ダミー捕食者（撮影者）に対し、向き合っている場合を正対、背部を見せている場合を反対とした。カエルの正中線頭部方向を0°とし、そこから左右角度を求めた。

表3.1. トノサマの逃げる方向の比率 (%) と逃走停止時に潜った割合 (%)

種類	逃げ方 (回)				潜
	左	中	右	計	
トノサマ	14	18	25	57	9

種類	逃げ方 (%)			潜
	左	中	右	
トノサマ	24.6	31.6	43.9	15.8

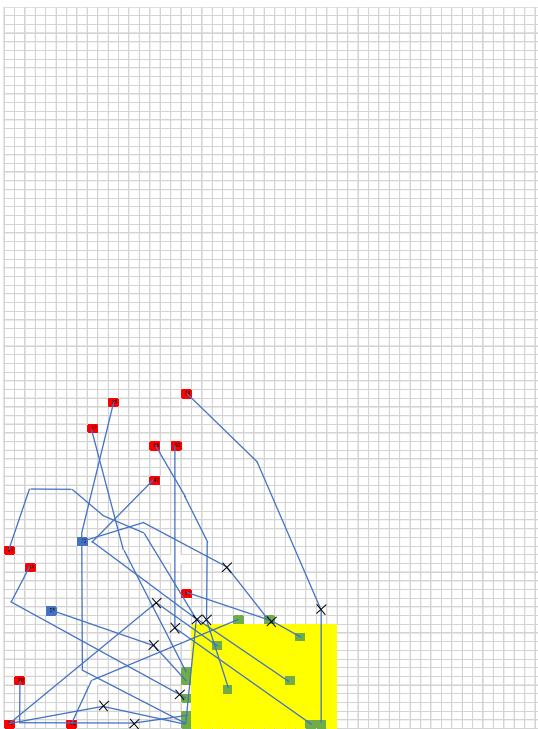


図3.4. トノサマの逃走の軌跡 (左寄りに逃げた場合)

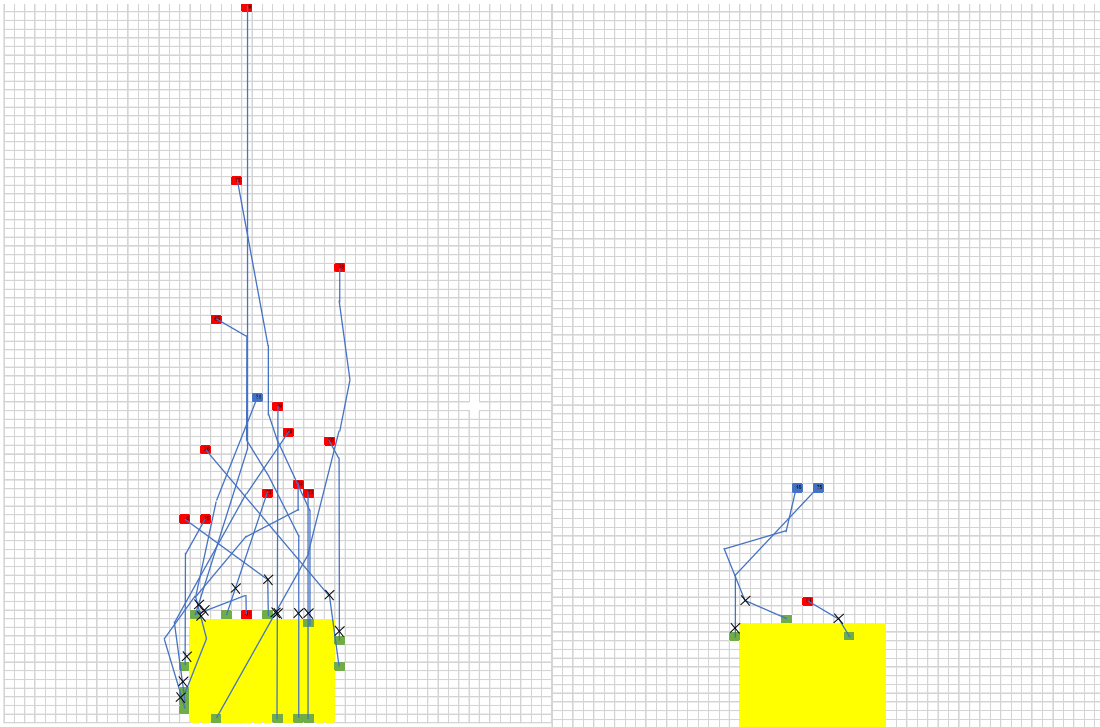


図3.5.トノサマの逃走の軌跡（中央に逃げた場合）

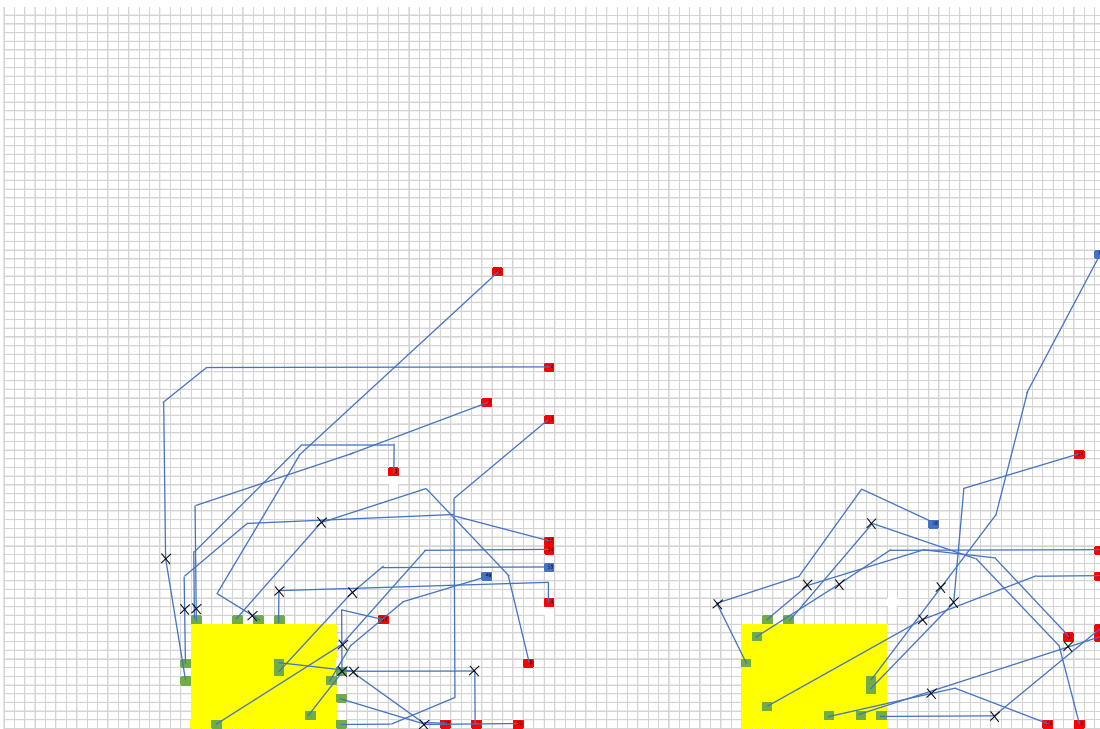


図3.6. トノサマの逃走の軌跡（右寄りに逃げた場合）

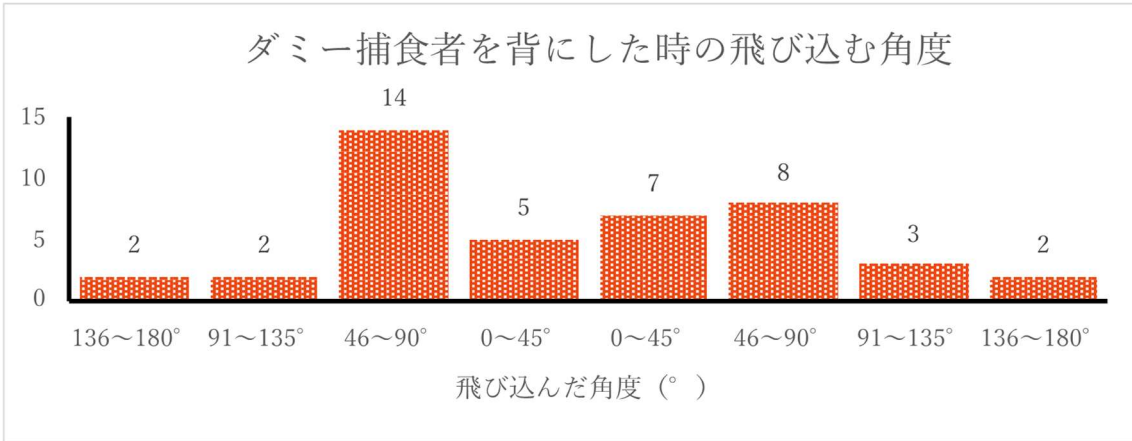


図3.7. 両種がダミー捕食者に背を向けている場合の飛び込んだ角度

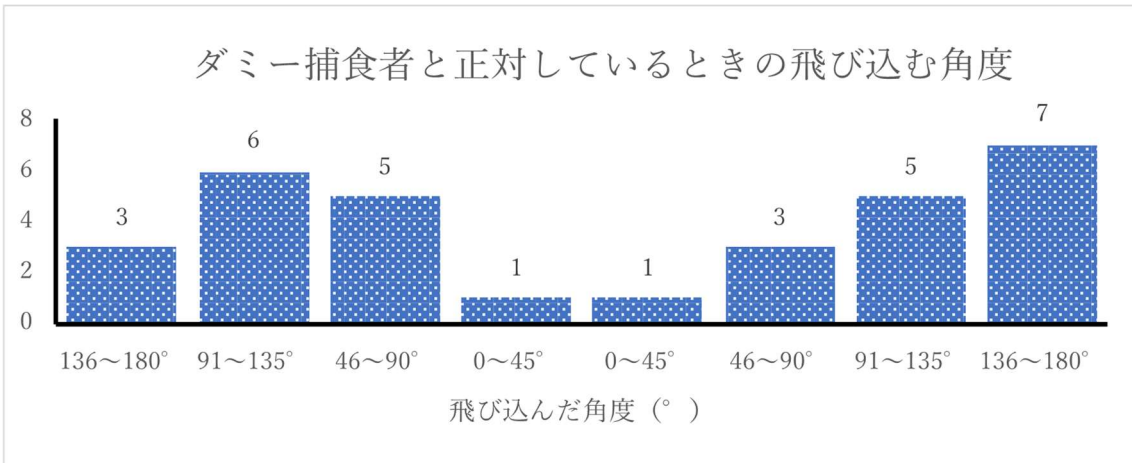


図3.8. 両種がダミー捕食者の方向に向いている場合の飛び込んだ角度

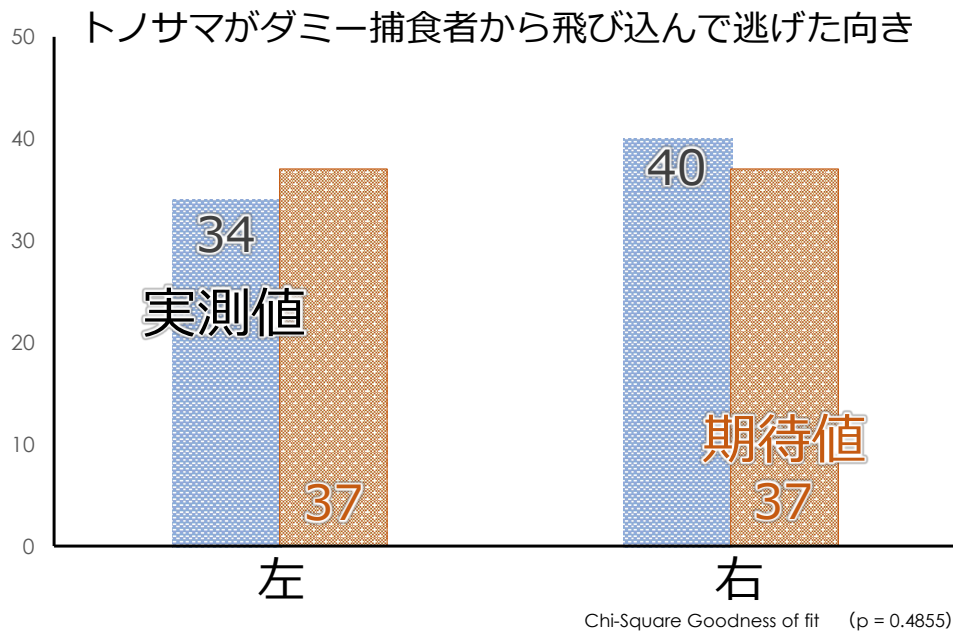


図3.9. 両種が最初に飛び込んで逃げた方向. 青色が実測値, 赤色が均等に飛んだ場合の期待値である.

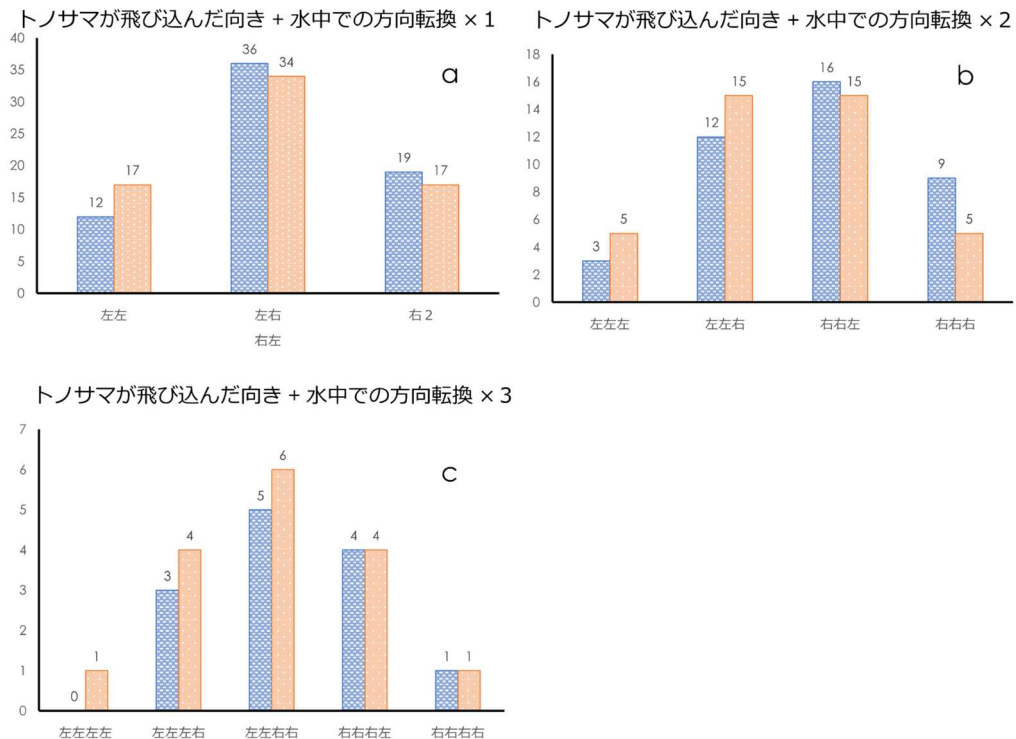


図3.10. トノサマが飛び込んで逃げた方向と水中で方向転換した向き. a) トノサマが最初に飛び込んで逃げた方向と水中で1回方向転換した向き. b) トノサマが最初に飛び込んで逃げた方向と水中で2回方向転換した向き. c) トノサマが最初に飛び込んで逃げた方向と水中で3回方向転換した向き. 青色が実測値, 赤色が均等に飛んだ場合の期待値である.

4 京都府亀岡市におけるトノサマガエル属の保護移動の動態

4.1 はじめに

日本列島において、トノサマの分布域の一部にナゴヤダルマが分布しており、後者は絶滅危惧IB類（環境省 2020）および京都府カテゴリー・絶滅寸前種（京都府）に指定されている。滋賀県における研究では、ナゴヤダルマからトノサマへの繁殖干渉が示唆されており（寺澤修論 2018）、トノサマガエル属の保全を進める上で繁殖干渉について考慮する必要がでてきた。京都府亀岡市では、亀岡中部農地整備事業が進められており、圃場整備に伴うナゴヤダルマの保護移動が行われている。繁殖干渉を含む近縁他種間の相互作用を考慮した保護移動を行うためには、亀岡市内におけるトノサマガエル属の生息状況を把握する必要がある。

京都府亀岡市の圃場整備工事前の水田地域において、自動録音した鳴き声に基づいて、繁殖期のトノサマとダルマのオスの詳細な分布を調べた。その結果、両種オスはある程度空間的に分かれて鳴いていることが分かった。ただし、両種メスの分布は不明だった。メスの分布を明らかにするために、カエル個体に電子タグ（PIT タグ）を装着する予備的な実験を行い、電子タグから発信される情報から、カエルの居場所を突き止められることが分かった。特に重要なのは、カエルが水田の泥中に潜り、肉眼では認知できない場合であっても、電子タグを利用することで、カエルの居場所を突き止められることである。そこで、本研究では、両種の多数の雌雄個体に電子タグを装着し、保護移動先で、先住の個体と保護移動した個体が共存しているのかを検証した。

4.2 材料と方法

調査は、近畿農政局亀岡中部農地整備事業所が主催する「亀岡中部ナゴヤダルマガエル保護移動」と同時に行った。保護移動は2020年6月26日（夏調査）と10月9日（秋調査）に行われた（図 4.1）。保護移動先は圃場整備が終わり、2020年から耕作開始する圃場である。保護移動を開始する数日前に保護移動先にてトノサマ・ダルマを可能な限り捕獲し、SVLを計測、背部を撮影し（図 4.2）、電子タグを挿入器にて皮膚下に入れ（図 4.3）、すみやかに捕獲場所に放逐した。このとき放逐された個体を先住個体とした。「亀岡中部ナゴヤダルマガエル保護移動」で捕獲したトノサマ・ダルマに対して、先住個体と同様の作業を行い、先住個体が生息している保護移動先に放逐した。放逐後の生息状況調査について、夏調査は7月、8月、9月に、秋調査は10月、11月、12月、3月に行なった。秋調査時には、タグがついていないトノサマ・ダルマを発見した際、逐次電子タグを挿入して放逐した。電子タグリーダー（HPRplus, Biomark 社）を用いて、保護移動先を網羅的に捜査した（図 4.4）。

4.3 結果

図 4.5 に夏調査での保護移動後の生息状況を示す。6月23日、保護移動前の先住個体をトノサマ10個体、ダルマ2個体捕獲した。6月26日、保護移動のためにトノサマ・ダルマ

を捕獲し、トノサマ 27 個体、ダルマ 59 個体放逐した。7 月の初回調査において、先住個体はトノサマを 1 個体、放逐個体はダルマを 1 個体検知した。タグが付いていないトノサマが 9 個体、ダルマが 3 個体見つかった。この未標識 12 個体のうち、6 個体は水路内で見つかり、水路内を流されていた。8 月、9 月にも調査を行なったが、検知された個体はいなかった。

図 4.6 に秋調査での保護移動先の生息状況を示す。10 月 7 日、保護移動前の先住個体をトノサマ 3 個体、ダルマ 21 個体捕獲した。10 月 9 日、保護移動のためにトノサマ・ダルマを捕獲し、トノサマ 2 個体、ダルマ 32 個体放逐した。翌日行った初回調査では、先住個体はダルマ 2 個体検知し、それ以外にダルマ 2 個体が水路内にて死亡していた。(図 4.7, 図 4.8)。放逐個体はダルマ 11 個体検知した。タグがついていないダルマ 10 個体が捕獲され、電子タグを挿入し放逐した。その後、12 月調査にて放逐個体のダルマのタグのみ、3 月調査で追加個体のダルマのタグのみを検知した。11 月以降の調査でタグのついていないトノサマ・ダルマは捕獲されなかった。

4.4 考察

夏調査において、初回調査で先住個体のトノサマが 1 個体捕獲され、再捕獲率は 10% となった。放逐個体のダルマは 1 個体捕獲され、再捕獲率は 2% であった。先住個体を捕獲する際、保護移動先地点を網羅的に調査し、極力全量捕獲するように努めたが、初回調査時にタグなしの未標識個体が発見された。保護移動先の圃場は揚水路・排水路で囲まれており、水路内を流下している個体が発見されたことから、水路を通じて移入・移出している可能性がある。

秋調査では、初回調査における再捕獲率は、先住個体がダルマ 2 個体だったので 10%、放逐個体はダルマが 11 個体だったので 34% であった。また、タグなしの個体は 10 個体捕獲された。水路内にて死亡した個体については、外傷がなく、水路内に脱出用の構造がないので、溺死したものだと考えられる。

夏調査・秋調査双方において、再捕獲率が低かった。初回調査時の再捕獲率は良くて 3 割ほどであり、それ以降の調査では先住個体・放逐個体はほとんど発見されなくなった。また、初回調査時にタグが付いていない個体が見られた。保護移動先の圃場は揚水路・排水路で囲まれており、水路内を流下している個体が発見されたことから、この調査地の圃場において、水路が移入・移出に関わっていると考えられる。しかし、水路内で溺死していること、タグの有無に関係なくトノサマ・ダルマの捕獲数が初回調査以降低下していることから、保護移動先が圃場整備直後である時、生息地として適していない可能性がある。この保護移動先は圃場整備が終わったばかりであるので、たとえ先住個体であっても、移入の初期段階に入ってきた個体であり、定着した個体であるとは言い難い。保護移動により個体数密度が急激に上昇したことで、先住個体・放逐個体ともに分散が促進された可能性がある。そのため、分散の途中で圃場を取り囲む水路網に阻まれ、下流に流されるか、水路内に落ちて溺死した

可能性が高いものと考えられた。移入・移出が容易に行えるような水路構造を構築することが、保全を考えていく上で重要になるだろう。

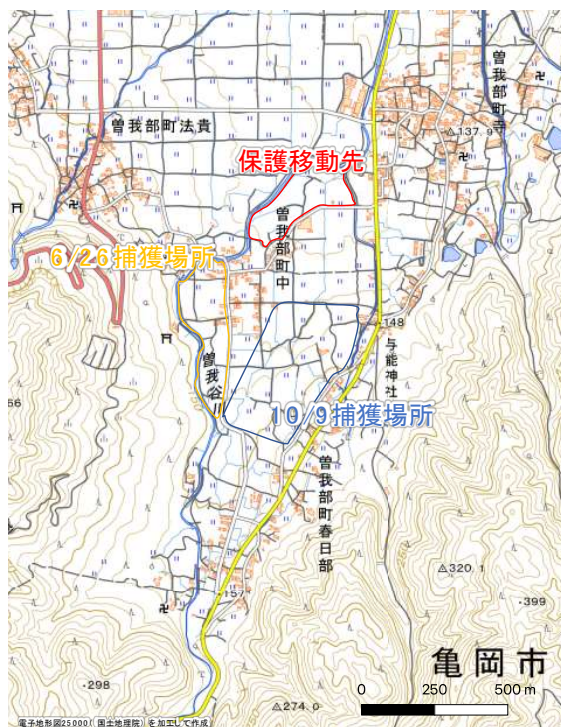


図4.1. 京都府亀岡市における「亀岡中部ナゴヤダルマガエル保護移動」に関わる地図。国土地理院電子標準地図を加工して作成した。赤色で示した範囲が保護したダルマを放逐する地点、黄色で示した範囲が2020年6月26日に保護のためトノサマ・ダルマを捕獲した地点、青色で示した範囲が2020年10月9日に保護のためトノサマ・ダルマを捕獲した地点である。



図4.2. 保護移動で捕獲されたダルマ。ダルマ上15cmから撮影している。18%グレー標準反射板上で撮影した。



図4.3. 電子タグが挿入されたダルマ。専用の挿入器を用いて、長さ12mm、幅2mmのガラス円筒製のタグを、腹部の皮膚と腹膜の間に打ち込む。専用のリーダーで読み込むことで、15桁のIDが表示される。



図4.4. 大型電子タグリーダー。Biomark社HPRplus。円形部が探知アンテナになっており、電子タグがアンテナ部に近づくとも15桁のIDが本体ディスプレイに示される。泥水・土中など目視できない場合でも、カエルの居場所を検知できる。

2020年6月保護移動タグ調査

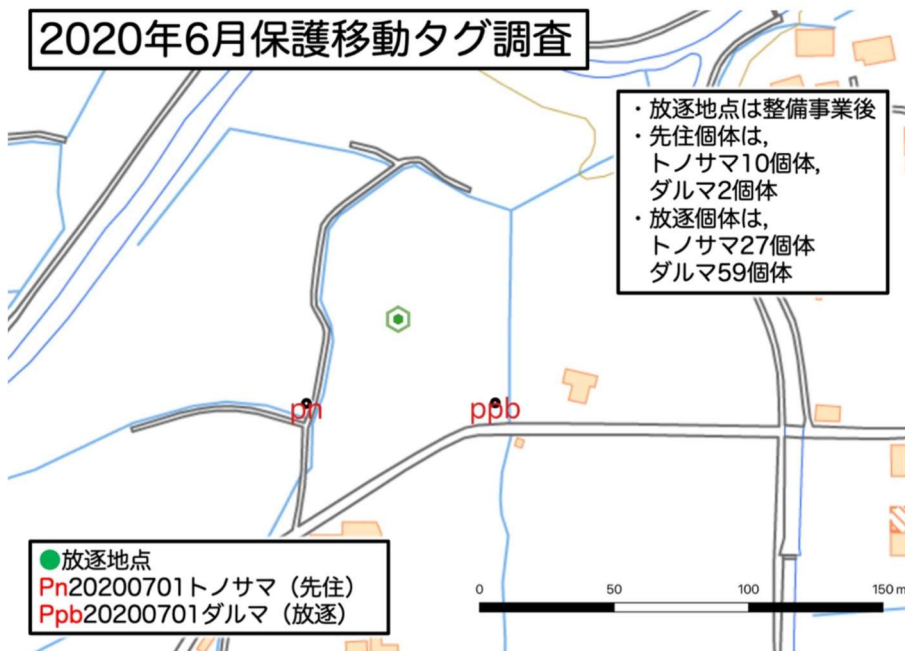


図4.5. 2020年6月に行なった保護移動後のトノサマ・ダルマの生息状況。緑六角形は放逐個体の放逐地点、Pnは7月調査時に見つかった先住個体のトノサマ検知地点、Ppbは7月調査時に見つかった放逐個体のダルマ検知地点。

2021年10月保護移動タグ調査

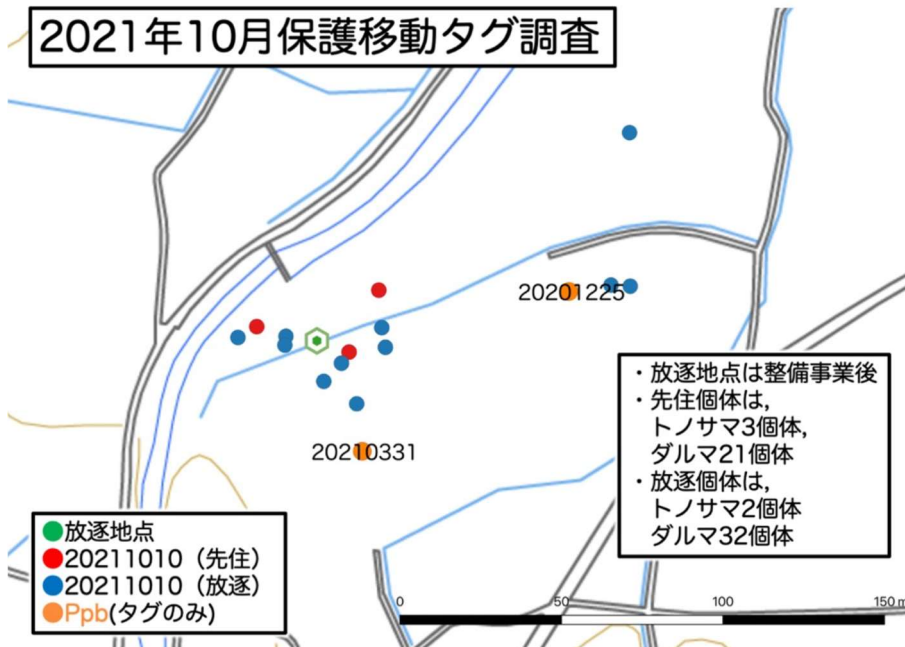


図4.6. 2020年10月に行なった保護移動後のトノサマ・ダルマの生息状況。緑六角形は放逐個体の放逐地点、赤丸は初回調査時に見つかった先住個体のダルマ検知地点、青丸は初回調査時に見つかった放逐個体のダルマ検知地点、橙は電子タグのみ見つかった地点。



図4.7. 水路升内で死亡したトノサマ・ダルマ. 上段左図はトノサマ2個体・ダルマ1個体の死亡個体が発見された升, 上段中図は死亡個体, 上段右図はタグが発見されたダルマ. 下段左図はダルマ1個体の死亡個体が発見された升, 下段右図はタグが発見されたダルマ. 発見されたトノサマは, いずれもタグを打ち込んでいない未標識個体であった.

5. 総合考察

トノサマガエル属は水域を多用し、特にトノサマは繁殖期に、ダルマは繁殖期・非繁殖期に水田・湿地にて生活している（松井 2019）。ダルマのメスは繁殖期には、その行動ゆえに水路に落ちやすいことが示唆された。トノサマは捕食回避のために水中へ飛び込んで逃げるが、着水後は速やかに方向転換し、その後ランダムに方向を変えて逃走するため、逃走位置の特定を困難にさせていると考えられた。保護移動による個体群移動は、再捕獲率が低く、ほとんどの個体が保護移動先に定着していない可能性が示唆された。保護移動先は圃場整備により、周囲を水路に囲まれた形状になっており、トノサマガエル属が移入・移出しやすく、また水路升では脱出できずに溺死する個体も見られた。今回の結果から、トノサマガエル属は移動や逃走時に水域を多用しているが、その水域の状況次第では、水域から脱出できず、その後の行動が制限されてしまう恐れがある。トノサマガエル属が水域を多用することを前提とした水路構造を構築していくことが、保全を考えていく上で重要な課題であると言える。

6. 参考文献

- 環境省．絶滅危惧種情報レッドデータブック・レッドリスト．
<https://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/booklist>
- 京都府．京都府レッドデータブック 2015．<http://www.pref.kyoto.jp/kankyo/rdb/>
- 寺澤祐貴．2017．分布重複域におけるトノサマガエル属 2 種の棲み分けに繁殖干渉が及ぼす影響．滋賀県立大学大学院修士論文．
- 松井正文．2019．「日本産カエル大鑑」文一総合出版．
- Honma, A., Oku, S. and Nishida, T. 2006. Adaptive significance of death feigning posture as a specialized inducible defence against gape-limited predators. *Proceeding of the royal society B*. Volume 273 Issue 1594.
- Nishiumi and Mori, 2020. A game of patience between predator and prey: waiting for opponent's action determines successful capture or escape. *Can. J. Zool.* 98: 351–357.
- 滋賀県生きもの総合調査委員会．2021．滋賀県で大切にすべき野生生物 滋賀県レッドデータブック 2020 年版．サンライズ出版．
- Sugiura, S. 2020. Active escape of prey from predator vent via the digestive tract. *Current Biology*. Volume 30, Issue 15, Pages R867-R868
- 渡部恵司．2014．コンクリート水路によるカエル類の移動障害と個体群保全に関する研究．農村工学研究所報告, 53, 887–891
- Yoshimura, Y. and Kasuya, E. 2013. Odorous and Non-Fatal Skin Secretion of Adult Wrinkled Frog (*Rana rugosa*) Is Effective in Avoiding Predation by Snakes, *PLoS ONE* [Open Access] DOI: 10.1371/journal.pone.0081280