

兵庫県豊岡市祥雲寺地区の水田域とビオトープ域におけるカエル目の繁殖場所

* 田和康太¹・佐川志朗²

Breeding habitats of frogs in paddy field and fallow field biotopes in Shounji (Toyooka City, Hyogo Prefecture)

* Kota Tawa¹ and Shiro Sagawa²

¹ Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

² Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo/Hyogo Park of the Oriental White Stork, 128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

* E-mail: zil4ktawa@gmail.com

Abstract We investigated the breeding habitats of frogs in paddy field (temporary waters) and fallow field biotopes (permanent water area) in Shounji of Toyooka City, Hyogo Prefecture. Frog calls were recorded at night from April to September in 2016. The calls of seven frog species (*Hyla japonica*, *Glandirana rugosa*, *Pelophylax nigromaculatus*, *Rhacophorus schlegelii*, *Rhacophorus arboreus*, *Fejervarya kawamurai* and *Lithobates catesbeianus*) were recorded at the study sites. While *H. japonica* and *F. kawamurai* called mainly from paddy fields, most calls of *G. rugosa* were from various other biotopes, and *R. arboreus* called only from paddy fields. *P. nigromaculatus* and *R. schlegelii* called from both biotopes, with their calls having different peak periods in each area. Analysis from all sites indicated that only a few calls of *L. catesbeianus* were recorded. Our results suggest that the construction of suitable biotopes near paddy fields will contribute to the preservation of spawning sites for many native frog species in Shounji.

Key words frogs, paddy fields, fallow field biotopes, breeding calls, selection of breeding habitats

はじめに

日本に生息するカエル類は39種と5亜種を数える(松井 2016)。このうち、本州・四国・九州にかけて生息するのは14種と2亜種にとどまるが、その中の10種と2亜種が水田およびその周辺域を生息場所や繁殖場所として利用する(林 2007)。水田域に生息するカエル類は、田植えや落水といった水田の農事暦や、水田の畦、周辺の水域といった環境にその生活史を対応させる(長谷川 1998)。また、水田にすむカエル類は昆虫類やクモ類、ミミズ類などを捕食し(Hirai and Matsui 2001, 2002)、ヘビ類などの爬虫類やサギ類などの鳥類に餌として利用される(小杉 1960; 門脇 1992)。このようにカエル類は水田生態系の中で中間的捕食者としての重要な地位を占めている(渡部ほか 2011; 日隈ほか 2015)。

ところが水田に生息するカエル類の多くが耕作放棄等による水田面積の減少や、1960年代より全国的に拡大した圃場整備事業における乾田化の促進、農業水路のコンクリート化、生息場所と繁殖場所の分断や中干しの徹底などの影響により激減している(長谷川 1998; Watabe et al. 2010)。例えば、水田でみられるカエル類の代表種であるトノサマガエル*Pelophylax nigromaculatus*が2017年の時点で20府県において準絶滅危惧種以上のカテゴリーに記載される事態となっている(野生動物調査協会・Envision環境保全事務所 2017)。

兵庫県豊岡盆地の水田域や河川域では、2005年からコウノトリ*Ciconia boyciana*の野外への再導入が進められており、それと同時にコウノトリだけではなく多様な生物が生息できることを目指して、多種の動植物群を対象とした様々な自然再生が進められている(菊地 2012; 佐川 2012)。その中でも、2003年から実施されている環境保全型農業の「コウノトリ育む農法」では、水田において早春期からの水張りや中干しの延期、水田ビオトープやマルチトープ(水田脇のビオトープ)の創出などを実施しており、カエル類をはじめとする水田域の水生動物

1 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺二ヶ谷128番地

2 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科/兵庫県立
コウノトリの郷公園
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺二ヶ谷128番地

* E-mail: zil4ktawa@gmail.com

群集の保全に正の効果をもたらすことが期待されている (菊地 2012; 佐川 2012)。しかし、コウノトリ育む農法の実施から10年以上が経過した2017年現在においても、水生動物に対する効果について定量的な評価が十分に蓄積されていないのが現状である、そこで筆者らはコウノトリ育む農法が実施され、マルチトープの存在する水田域と、これらの水田域にビオトープ域が隣接する兵庫県豊岡市祥雲寺地区に着目し、春期から夏期の水田域とビオトープ域におけるカエル類の繁殖期や繁殖場所選択を明らかにすることで、これらの自然再生がカエル類に与える効果を検討した。

調査地と方法

1. 水田域の調査地の概要

祥雲寺の水田域は兵庫県立コウノトリの郷公園 (以下では郷公園) の北に隣接しており、50枚を超える水田と約20枚の畑地、そして1枚のビオトープが存在する (Fig. 1)。祥雲寺のどの水田も圃場整備済みであり、用水路と排水路は分離している。各水田の畦は土質であ

る。農業用水には、水田域の中を流れる鎌谷川の水が利用されており、水田域に張り巡らされたコンクリートの農業用水路から各水田へ送水される。水田の排水は下流の農業排水路に流れ込み、この農業排水路は鎌谷川と接続する。各水田の排水口と農業水路との間には、約2 mの落差がある。祥雲寺の水田の大部分では、コウノトリ育む農法が実施されている。また、祥雲寺の東側では、圃場内にマルチトープが造成されている水田が多い。マルチトープは、中干しなどの水田における落水時に、水生動物が避難できるように水田の長辺に沿って造成された承水路のような水域であり、長さは約20~30 m、幅は1.5 m程度のものが多い。

2. ビオトープ域の調査地の概要

郷公園は、かつての農地と集水域である雑木林を合わせた165 haにも及ぶ広大な敷地面積を有している (菊地・池田 2006)。園内の観察ゾーンには、かつての谷津田を湿地化したビオトープが造成されており (Fig. 1)、そこでは、周年に渡り安定した水域が維持されている。ビオトープの水源として、沢の水が利用されており、ビ

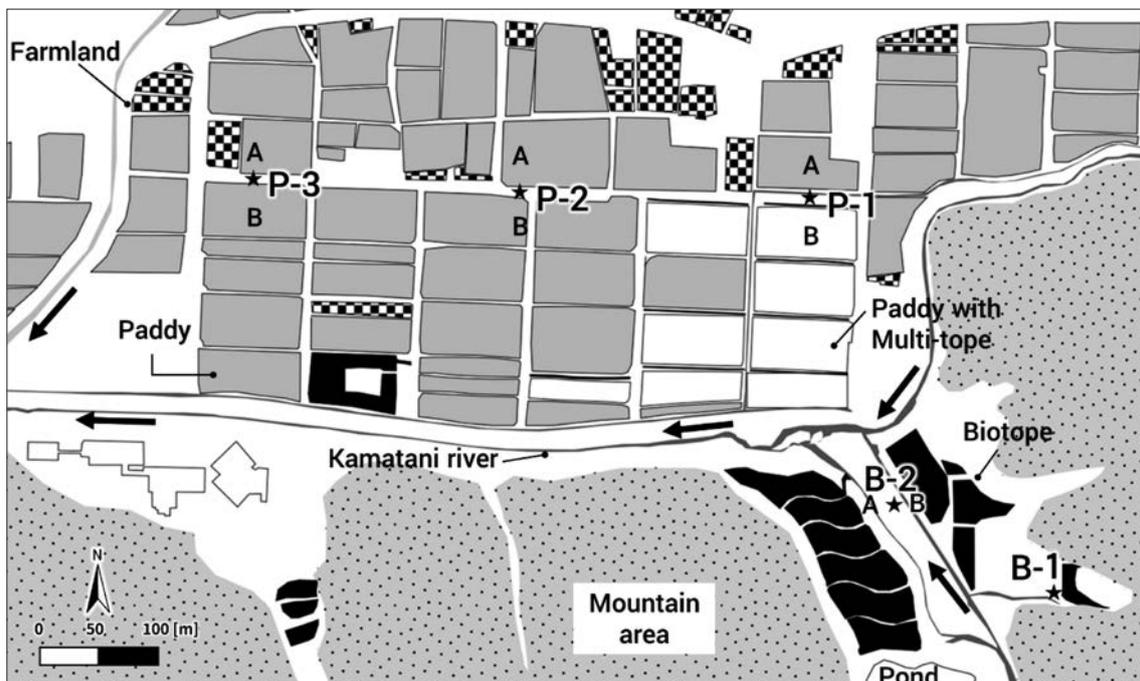


Fig. 1. The map of the study site. P: study points in paddy fields; B: sampling points within biotope fields (note that each of the site points P-1, P-2, P-3 and B-1 has two sampling sites). Arrows indicate the direction of water flow. Paddy fields were found on the north side and south side of the Kamatani River, both being associated with the paddy fields of Shounji and Hyogo Park of the Oriental White Stork, respectively. (Note: A 'Multi-tope' is defined as a refuge ditch suitable for aquatic animals found in paddy water drainage systems.)

Fig. 1 調査地である兵庫県豊岡市祥雲寺地区の地図。P-1, P-2, P-3が水田域の調査地点を、B-1およびB-2がビオトープ域の調査地点をそれぞれ示す。Aは調査地点のSide Aを、Bは調査地点のSide Bをそれぞれ示す。矢印は水流を示す。鎌谷川を挟み、北側が祥雲寺の水田地帯、南側がコウノトリの郷公園である。マルチトープとは、水田脇に造成された土側溝であり、水田落水時の水生動物の避難場所となっている。

オトープ内には常に緩やかな流れがある。これらのビオトープでは、ミズオオバコ *Ottelia alismoides* やサンショウモ *Salvinia natans* といった水生植物がみられ、ゲンゴロウ類に代表されるような水生動物の生息場所となっている（牧田・中安 2011）。

3. 調査方法

本研究では、各水域におけるカエル類の繁殖状況を明らかにするため、カエル類オスの繁殖期に発する鳴き声の聞き取り調査を2016年4月16日から9月16日まで行った。カエル類オスの繁殖期に発する鳴き声の聞き取り調査は、長谷川（2003）によって、カエル類の生息や繁殖を評価する際に有効だとされている。調査日には、降雨のない日を選び、おおよそ週1度の調査頻度とした。調査時間については、山本（2012）および金井ほか（2014）を参考に、20時から21時の間に設定した。祥雲寺の水田域に3か所（P1, P2, P3）、郷公園のビオトープ域に2か所（B1, B2）の計5か所の調査ポイントを設け、各ポイントで計5分間、カエル類の鳴き声を聞き取った（Fig. 1）。この際、調査者の接近によってカエル類が警戒する可能性があったため、調査ポイント到着後、調査を開始するまでに1分間待機した。なお、水田域の調査ポイントとビオトープ域の調査ポイントB2はそれぞれ水田域とビオトープ域の中心に位置していたため、それぞれ水田域の調査ポイントでは北側をSide A、南側をSide Bとし、同様に、ビオトープ域のB2では西側をSide A、東側をSide Bと設定した（Fig. 1）。これらの調査ポイントでは、カエル類の鳴き声をSideごとに記録した。カエル類の鳴き声の定量化に際して、水田域のカエル類の生息状況を調査した大澤・勝野（2003）や山本（2012）の方法を参考に、カエル類の鳴き声の重複度合いを定量化した。具体的には、カエル類の鳴き声が聞こえたおおよその位置を把握し、1. 鳴き声が聞こえない、2. 1個体が鳴いている、3. 複数個体が不連続に鳴いている、4. 個体数が多く鳴き声が途切れない、以上4つのカテゴリーに分けて鳴き声を記録した。なお、すべての調査ポイントおよびSideにおいて、調査時間内に記録されるカエル類が1種1個体となった日をカエル類の繁殖期の終了と判断し、最終調査日とした。そのため、それぞれ水田域の最終調査日は9月7日、ビオトープ域の最終調査日は9月16日となった。なお、B-1のみ5月14日から調査を開始した。

結果

調査の結果、ニホンアマガエル *Hyla japonica*、ツチガエル *Glandirana rugosa*、トノサマガエル、シュレーゲルアオガエル *Rhacophorus schlegelii*、モリアオガエル *Rhacophorus arboreus*、ヌマガエル *Fejervarya kawamura*、そして北米原産の外来種であるウシガエル *Lithobates catesbeianus* の計7種が記録された（Fig. 2）。

調査地点ごとの出現種をみると、ビオトープ域のB-2では、7種すべてが記録された一方で、B-1では、トノサマガエルとヌマガエルが記録されなかった。水田域のすべての調査地点では、モリアオガエル以外の6種が記録された（Table 1）。

次に、鳴き声が記録された7種のカエル類それぞれについて、調査地点ごとの鳴き声の季節変化を示していく。

ニホンアマガエルは主に水田域で多数記録された（Table 2）。水田域では調査開始時の4月中旬から記録され、4月下旬から6月中旬にピークとなり、その後7月下旬まで記録された。その後は7月中旬と9月上旬に散発的に記録された。水田域では、どの調査地点も、Sideによってニホンアマガエルの出現時期が異なったが、そのピークはほぼ同一だった。水田域とは異なり、ビオトープ域ではニホンアマガエルはわずかであった。

ツチガエルは特にビオトープ域で長期間記録された（Table 2）。B-2では5月中旬から調査終了時の9月中旬まで、4か月間継続的に記録され、そのピークも6月上旬から8月下旬と長期間であった。B-1では5月上旬までのデータがないが、B-2と同様の時期に継続的に記録された。その一方で、水田域ではツチガエルは6月中旬まで記録されなかった。その後、8月下旬まで記録されたが、ビオトープ域よりも記録個体数が少なかった。また、水田域の各調査地点の南側であるSide Bでの記録が集中していた。

トノサマガエルは水田域で調査開始時の4月中旬から7月上旬まで継続的に記録された（Table 2）。調査地点ごとでトノサマガエルの出現時期に開きがあり、特にP-1やP-3のSide Bでは、2～3週間程度、他の地点に比べて出現時期が遅かった。5月下旬から6月上旬に水田域のすべての調査地点において、トノサマガエルの鳴き声のピークがみられた。ビオトープ域のB-2でも、水田域とはほぼ同時期にトノサマガエルの鳴き声が記録された。個体数のピークは水田域と同時期に加え、4月下旬

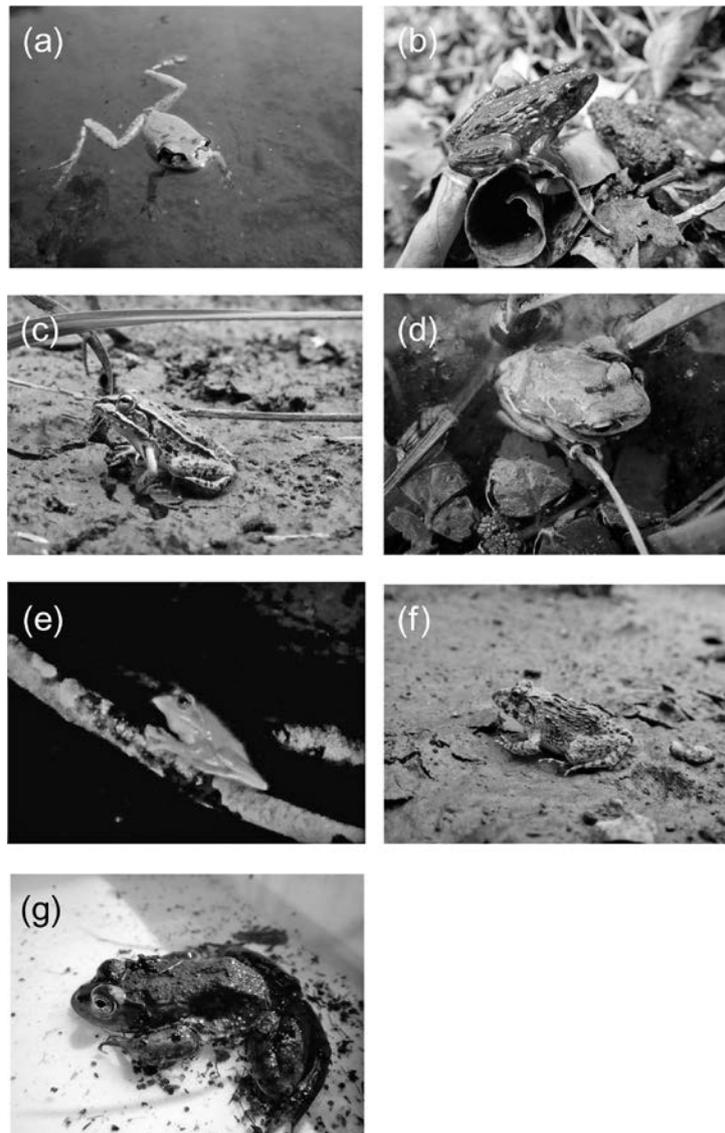


Fig. 2. The seven frog species, identified by means of recording their calls in the study area are as follows: (a) *Hyla japonica*; (b) *Glandirana rugosa*; (c) *Pelophylax nigromaculatus*; (d) *Rhacophorus schlegelii*; (e) *Rhacophorus arboreus*; (f) *Fejervarya kawamura*; (g) *Lithobates catesbeianus*.

Fig. 2 調査地で鳴き声が記録されたカエル類. (a) ニホンアマガエル, (b) ツチガエル, (c) トノサマガエル, (d) ヌマガエル, (e) シュレーゲルアオガエル, (f) モリアオガエル, (g) ウシガエル.

にもみられた。その一方で、B-1では1個体も記録されなかった。

ヌマガエルはニホンアマガエルと同様に、水田域において多数記録された一方で、ビオトープ域では、記録個体数がわずかであった (Table 2)。水田域では、5月中旬から8月中旬まで記録され、5月下旬から7月上旬に個体数のピークがみられた。

シュレーゲルアオガエルは水田域とビオトープ域でほぼ同様の時期に記録された (Table 2)。調査開始時の4月中旬からすでに多くの個体が記録されていたが、6月以降は全く記録されなかった。B-2のシュレーゲルアオ

ガエルのピークは水田域に比べ、2～4週間ほど長かった。

モリアオガエルは水田域では全く記録されず、ビオトープ域でのみ記録された (Table 2)。B-2では5月中旬から7月上旬まで継続的に記録された。B-1でも調査開始時の5月中旬から7月上旬まで継続的に記録された。

ウシガエルは水田域では5月下旬から8月中旬まで記録されたが、その個体数は少なかった (Table 2)。また、水田域の各調査地点の南側であるSide Bでのみ記録された。ビオトープ域のB-1では、散発的に記録された

Table 1. Frog species in paddy fields and natural biotopes identified by means of recording their calls.

表1. 水田域とビオトープ域の各調査地点で鳴き声が記録されたカエル類.

Species	Japanese name	Paddy area			Biotope area	
		P-1	P-2	P-3	B-1	B-2
<i>Hyla japonica</i>	Nihon amagaeru	○	○	○	○	○
<i>Glandirana rugosa</i>	Tsuchi gaeru	○	○	○	○	○
<i>Pelophylax nigromaculatus</i>	Tonosama gaeru	○	○	○		○
<i>Rhacophorus schlegelii</i>	Shuregelu aogaeru	○	○	○	○	○
<i>Rhacophorus arboreus</i>	Mori aogaeru				○	○
<i>Fejervarya kawamura</i>	Numa gaeru	○	○	○		○
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Ushi gaeru	○	○	○	○	○

のみであったが、B-2では5月中旬から8月上旬まで継続的に記録された。

考 察

本研究の結果、鳴き声の多さや鳴き声の記録された期間の違いから、調査地に生息するカエル類は水田域を主な繁殖場所とするものと、ビオトープ域を主な繁殖場所とするもの、そして両方の水域を繁殖場所にするものにと大別された。

水田域を主な繁殖場所とすると考えられたのは、ニホンアマガエルとヌマガエルであった。ニホンアマガエルは、繁殖場所として乾田を好むといわれる（林 2007; 中西・沢田 2015）。本調査地では、ニホンアマガエルの鳴き声の水田域で4月下旬から急激に増加していた。この時期は、慣行的な水管理の水田で田植えのための入水が順次開始される時期であり、これに合わせてニホンアマガエルが繁殖行動を活性化させたものと考えられる。ヌマガエルについて山本（2012）は、平野部の湿地と水田で鳴き声調査をした際に、ほぼ水田のみでしか記録されなかったことを報告しているが、本研究結果もこの報告と近いものとなった。また、島田ほか（2015）は濃尾平野の水田においてカエル類の分布を調べた際に、ニホンアマガエルとヌマガエルの分布域が重複していたことを報告している。さらにヌマガエルは高水温に耐性があるとされる（守山 2000）。このことから、ヌマガエルもニホンアマガエルと同様にビオトープのような安定した水域よりも、水温が温まりやすく、一時的水域である水田を繁殖場所として好むと考えられる。

ビオトープ域を主な繁殖場所とすると考えられたのは、ツチガエルとモリアオガエルであった。ツチガエルについては、緩やかな流速を持つ承水路を繁殖場所とし

て好むことが知られている（芦澤ほか 2013）。調査地のビオトープは、上流域の沢の水を引いて湛水されており、ビオトープ内には常に緩やかな流れがみられた。そのため、完全な止水域である水田よりもビオトープを主な繁殖場所として好んだものと考えられる。また、ビオトープ域ほど多くはないが、水田域でも6月から各調査地点の南側であるSide Bにおいてツチガエルの鳴き声が継続的に記録された。特にP-1やP-2のSide Bには、Side Aにはないマルチトープが、P-3のSide Bには、Side Aにはないビオトープがそれぞれ存在しており、ツチガエルがこれらの水域を繁殖場所として利用していた可能性がある。しかし、鳴き声の記録された期間は、水田域に比べ、ビオトープ域において長期間であったことから、あくまで繁殖場所のメインとなっていたのはビオトープ域だと考えられる。モリアオガエルは泡状の卵塊を水際の樹木や畦に産み付けるといった産卵生態を有している（林 2007）。また、モリアオガエルは非繁殖期の生息場所から100m程度しか産卵場所まで移動しない（Kusano 1998）。このことから、森林からの距離が近いビオトープ域を繁殖場所に選んだものと考えられる。なお、今回、水田域の調査地点には、森林に囲まれていない場所を選んだが、祥雲寺には山際に面した水田も存在することから、こうした水田で繁殖することも十分に考えられる。いずれにせよ、森林と水域が隣接していることがモリアオガエルの繁殖場所には重要だろう。

両方の水域を繁殖場所に行っていると考えられたのは、トノサマガエルとシュレーゲルアオガエルであった。トノサマガエルの繁殖場所は、後藤ほか（2011）によると、耕作した水田と水を張った休耕田である。本調査地のビオトープも休耕田を湛水したものであることから、この報告と概ね一致する。また、水田域とビオトープ域とでトノサマガエルの鳴き声のピークが異なったが、こ

これはトノサマガエルの繁殖開始時期の違いが関係していると考えられる。芹沢 (1985) は、4月に冬眠から覚めたトノサマガエルはすぐに繁殖できる状態にあるため、この時期の水田に水がなくても、周辺の水路にある水溜りなどに一部の個体が産卵し、その後、水田が湛水されると一気に産卵すると述べている。ビオトープ域では十分な水があったため、トノサマガエルの繁殖が早い時期から活発化し、その一方で水田域では入水が順次開始された4月下旬から繁殖が活発化していったものと推察される。しかしながら、ビオトープ域のB-1ではトノサマガエルの鳴き声が全く記録されなかったことから、トノサマガエルが繁殖場所として利用しやすいビオトープについて、今後十分に検討する必要がある。シュレーゲルアオガエルは泡状の卵塊を水際の畦といった土中に産み付け、非繁殖期の生息場所として森林を必要とする (林 2007)。しかし、同様の生態を示すモリアオガエルと異なり、森林との距離が近いビオトープ域に加え、水田域でも多数個体の鳴き声が記録された。これには、シュレーゲルアオガエルの移動能力の高さや乾燥への耐性などが関係していると考えられる。また、シュレーゲルアオガエルの鳴き声は水田域とビオトープ域ともにほぼ同時期の5月中旬から下旬に消失しており、特に水田域では、繁殖期のピークが水入れ時期よりも前に終わっている可能性が高い。

上記のカエル類とは異なり、ウシガエルの記録個体数は水田域、ビオトープ域ともに少なかったが、これは、林 (2007) や大澤・勝野 (1997) が述べているように、ウシガエルが産卵場所としてため池のような深い水域を好むためだと考えられる。B-2の上流にはため池があり、水田域のSide Bにあるビオトープには、水深80cm程度の深場が造成されている。これらの水域における鳴き声が今回記録されたものと考えられる。

コウノトリ育む農法の水田では、田植え前の4月から早期湛水が実施される (豊岡市 2017)。このことは4月に鳴き声のピークがみられたシュレーゲルアオガエルの繁殖にとって効果的だと考えられる。また、コウノトリ育む農法の水田では、周辺の慣行田で6月中旬に実施される中干しの時期を7月上旬まで遅らせる (西村 2012)。島田ほか (2013) は、京都府の圃場整備前の水田において、幼生が出現してから上陸直前にまで成長するのに、ニホンアマガエルで3週間、トノサマガエルで5週間程度であったことを報告している。この成長期間を単純に調査地にも当てはめると、それぞれ、ニホンアマガエルの場合は6月中旬までに、トノサマガエルの場

合は5月下旬までに幼生となったものが7月上旬の時点で上陸可能となるだろう。

マルチトープの造成は、7月上旬以降にコウノトリ育む農法の水田でも中干しが実施されることを踏まえると、特に8月に入るまで継続的に鳴き声が記録されたヌマガエルや、7月に入って水田域で鳴き声が増加し始めたツチガエルなどの繁殖に効果的だと考えられる。ただし、ツチガエルについては、その産卵場所として緩やかな流速が必要とされることから (芦澤ほか 2013)、そのような条件が満たされているマルチトープに限定される可能性がある。

谷津田を湿地化したビオトープの造成は、特に5月から9月まで鳴き声が記録されたツチガエルや森林を非繁殖期の生息場所とするモリアオガエルおよびシュレーゲルアオガエルの繁殖にとって効果的だと考えられる。さらにツチガエルに関しては、幼生のまま越冬する個体が存在することが知られている (芦澤ほか 2012)。実際に、調査地のB-1前にあるビオトープにおいて2016年11月に筆者が初期幼生を多数採集しており (田和 未発表)、ツチガエル幼生の越冬場所としてもビオトープが重要な役割を果たしていると推察される。しかし、水深の深さによっては、ビオトープがウシガエルの繁殖場所となる場合があるため、造成後の継続的なモニタリング等により、ビオトープの動物群集を把握しておくことが重要である。

これまでに水田における中干しの実施や栽培期間の短期化が産卵数の低下や幼生の死滅などにより、カエル類の繁殖に負の影響を与えることが明らかとなっている (村上・大澤 2008; 島田ほか 2013)。本研究では、カエル類オスの繁殖期の鳴き声に基づく調査方法であったため、厳密に湛水期間や中干し、マルチトープやビオトープの存在がカエル類の産卵数や幼生の成長に正の効果を与えているかは明らかにできなかった。また、カエル類オスの鳴き声そのものがカエル類の繁殖状況を厳密に示しているかについても、メスの産卵可能期間を含めて検討する必要があるだろう。しかしながら、祥雲寺地区では、水田の水管理の違いや、ビオトープなどの水域の造成によって、カエル類が繁殖場所として利用できる環境が季節的にも空間的にも多様に形成されているものと推察される。今後、更に祥雲寺地区のカエル類に対する保全効果を明らかにするためには、卵から幼生、亜成体そして成体までを含めた、包括的な研究を実施することが重要である。

摘要

2016年の4月から9月に兵庫県豊岡市祥雲寺の水田域とビオトープ域においてカエル類オスの繁殖期に発する鳴き声を記録した。その結果、ニホンアマガエル、ツチガエル、トノサマガエル、ヌマガエル、シュレーゲルアオガエル、モリアオガエル、そしてウシガエルの計7種が記録された。ニホンアマガエルとヌマガエルは主に水田域で記録されたことから、水田を繁殖場所を選ぶと考えられた。一方で、ツチガエルやモリアオガエルは主にビオトープ域で記録され、その理由として、ビオトープの緩流や森林との距離などが推察された。トノサマガエルとシュレーゲルアオガエルは両水域で多く記録されたが、鳴き声のピーク期が水域ごとに異なった。以上より、祥雲寺地区のカエル類の繁殖場所や繁殖時期が種ごとに異なるため、地区内での水田の早期湛水や中干し延期、マルチトープおよび谷津田ビオトープの造成がこれらのカエル類の繁殖に正の効果をもたらすことが示唆された。

キーワード カエル目、水田、休耕田ビオトープ、鳴き声、繁殖場所選択

謝辞

調査地である祥雲寺地区の皆様に感謝申し上げます。なお、本研究はJSPS KAKENHI Grant Number JP 16H02994の助成を受けて実施された。

引用文献

- 芦澤 航・大澤啓志・勝野武彦 (2012) 三浦半島の河川源流部におけるツチガエル幼生の越冬期の利用空間。環境情報科学論文集, 26:335-338.
- 芦澤 航・大澤啓志・勝野武彦 (2013) 谷戸におけるツチガエルの産卵場所選択。環境情報科学論文集, 27:33-36.
- 後藤直人・伊藤 明・大庭伸也 (2011) 広島県尾道市御調町の中山間地谷津田地域におけるトノサマガエル *Rana nigromaculata* の生息場所利用。日本環境動物昆虫学会誌, 22:129-138.
- 長谷川雅美 (1998) 水田耕作に依存するカエル類群集。江崎保男・田中哲夫 (編) 水辺環境の保全—生物群集の視点から—。朝倉書店, 東京, pp. 53-66.
- 長谷川雅美 (2003) 農業土木技術者のための生き物調査 (その8)。農業土木学会誌, 71:423-428.
- 林 光武 (2007) 水田で産卵する両生類の生態。水谷正一 (編) 農村の生きものを大切に—水田生態工学入門。農山漁村文化協会, 東京, pp. 57-64.
- 日隈徳子・大庭伸也・古賀雅夫 (2015) 長崎市の人工池周辺におけるツチガエル (*Rana rugosa*) とニホンヒキガエル (*Bufo japonicus japonicus*) の食性。日本環境動物昆虫学会誌, 26:17-28.

- Hirai T, Matsui M (2001) Diet composition of the Indian rice frog, *Rana limnocharis*, in rice fields of central Japan. *Current herpetology*, 20:97-103.
- Hirai T, Matsui M (2002). Feeding relationships between *Hyla japonica* and *Rana nigromaculata* in rice fields of Japan. *Journal of Herpetology*, 36:662-667.
- 門脇正史 (1992) 水田地帯に同所的に生息するシマヘビ *Elaphe quadrivirgata* とヤマカガシ *Rhabdophis tigrinus* の食物重複度。日本生態学会誌, 42:1-7.
- 金井亮介・舟尾俊範・中西康介 (2014) 滋賀県の水田地帯におけるカエル類の、鳴き声の聞き取りによる分布調査。日本環境動物昆虫学会誌, 25:121-126.
- 菊地直樹 (2012) 兵庫県豊岡市における「コウノトリ育む農法」に取り組む農業者に対する聞き取り調査報告。野生復帰, 2:103-119.
- 菊地直樹・池田 啓 (2006) シリーズ但馬V 但馬のこうのと。但馬文化協会, 兵庫, 304 p.
- 小杉昭光 (1960) 数種のサギ科の鳥類の食性について。山階鳥類研究所研究報告, 2:89-98.
- Kusano T (1998) A radio-tracking study of post-breeding dispersal of the treefrog, *Rhacophorus arboreus* (Amphibia: Rhacophoridae). *Japanese Journal of Herpetology*, 17:98-106.
- 松井正文 (2016) 日本のカエル: 分類と生活史—全種の生態、卵、オタマジャクシ。誠文堂新光社, 東京, 255 p.
- 牧田 習・中安慎太郎 (2011) 兵庫県豊岡市祥雲寺の(コウノトリの郷公園とその付近)の水生昆虫。きべりはむし, 33(2):1-3.
- 守山 弘 (2000) 耕地生態系と生物多様性。宇田川武俊 (編) 農山漁村と生物多様性。家の光協会, 東京, pp. 34-65.
- 村上 裕・大澤啓志 (2008) 水稻の栽培型がトノサマガエルとヌマガエルの分布に与える影響。保全生態学研究, 13:187-198.
- 中西康介・沢田裕一 (2015) 水生生物のいのちの連鎖の鍵を握る水—ふゆみず田んぼと湿田の特徴。夏原由博 (編) にぎやかな田んぼ—イナゴが跳ね、鳥は舞い、魚の泳ぐ小宇宙。京都通信社, 京都, pp. 102-108.
- 西村いつき (2012) コウノトリ育む農法の実践者の主体形成過程—ライフストーリーによる可視化の試み—。神戸大学大学院人間発達環境科学研究科紀要, 6:19-28.
- 大澤啓志・勝野武彦 (1997) 流域単位からみた谷戸の特性とカエル類保全に関する考察。ランドスケープ研究, 61:529-534.
- 大澤啓志・勝野武彦 (2003) 岩手県胆沢地区の散居水田域におけるカエル類の分布とその規定要因。ランドスケープ研究, 66:613-616.
- 佐川志朗 (2012) コウノトリ育む環境整備の進め方。野生復帰, 2:27-31.
- 芹沢孝子 (1985) トノサマガエル—ダルマガエル複合群の繁殖様式 II。春先きに水がない場所でのダルマガエルとトノサマガエルの産卵。爬虫両棲類学雑誌, 11:11-19.
- 島田知彦・今村彰生・大西信弘 (2013) 水田棲カエル類5種の幼生フェノロジー。爬虫両棲類学会報, 2013:77-85.
- 島田知彦・田上正隆・楠田哲士・藤谷武史・高木雅紀・河合敏雅・堀江真子・堀江俊介・波多野 順・廣瀬直人・池谷幸樹・国崎 亮・須田暁世・坂部あい (2015) 濃尾平野に生息する水田棲カエル類の分布状況。豊橋市自然史博物館研究報告, 25:1-11.
- Watabe K, Koizumi N, Takemura T (2010) Fundamental

Experiments to Develop Eco-friendly Techniques for Conserving Frog Habitat in Paddy Areas. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 44:405–413.

- 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士・朴 明洙 (2011) コンクリート水路に転落したカエル類の簡易な脱出工の試作と効果の検証. *農業農村工学会論文集*, 79:215–221.
- 山本康仁 (2012) 東三河地域の土地利用の異なる2地点におけるカエル類の音声モニタリング. *豊橋市自然史博物館研究報告*, 22:13–18.

付 記

- 豊岡市 (2017) コウノトリ育む農法の紹介. 豊岡市ホームページ. [http://www.city.toyooka.lg.jp/hp/genre/agriculture/farming/g_uide.html]
- 野生動物調査協会・Envision環境保全事務所 (2017) トノサマガエル. 日本のレッドデータ検索システムホームページ. [<http://www.jpnrdb.com/search.php?mode=map&q=03020030049>]

(2017年3月15日受理)