

## 福井県越前市西部地域の春期と夏期におけるコウノトリの餌動物密度の評価

\* 水谷瑞希<sup>1</sup>・佐川志朗<sup>2</sup>

**Evaluating the abundance of prey animals for the Oriental White Stork in spring and summer in the western part of Echizen city, Fukui prefecture**

\*Mizuki Mizutani<sup>1</sup>, Shiro Sagawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fukui Nature Conservation Center, 169-11-2 Minami-rokuroshi, Ono, Fukui, 912-0131 Japan

<sup>2</sup> Division of Rural Ecology and Wildlife Conservation, Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo/Division of Research, Hyogo Park of the Oriental White Stork, Shounji 128, Toyooka, Hyogo Pref., 668-0814 Japan

\* E-mail: mmizuki.agr@gmail.com

**Abstract** We investigated the abundance of prey animals for the Oriental White Stork, *Ciconia boyciana*, in the western part of Echizen city (hereafter, ECHIZEN), Fukui prefecture, and compared the results with those of a similar investigation conducted in 2012 at Fukuda, Toyooka city, Hyogo prefecture (hereafter, FUKUDA), where a pair of *C. boyciana* raised two fledglings being completely independent of artificial feeding. In spring (June 2013), abundance of aquatic prey in the paddy field of ECHIZEN was comparable to that of the particular paddy field selected by foraging *C. boyciana* in FUKUDA. In summer (August 2013), density of terrestrial prey inhabiting the dykes of paddy field was less in ECHIZEN than in FUKUDA. Environmental factors that significantly influence prey abundance in the dykes of paddy fields included microhabitat variables such as height and coverage of grassy vegetation and the presence or absence of water in the paddy field. The expanse of the paddy fields surrounding the breeding cage in the Shirayama area in ECHIZEN is similar to that in FUKUDA. Thus, paddy fields in ECHIZEN would supply prey animals as abun-

dantly as those in FUKUDA, at least during the spring. Although prey abundance in the dykes of paddy fields is currently lesser in ECHIZEN than in FUKUDA in the summer, farm management practices such as reducing the intensity and frequency of mowing, and/or increasing water-filled catchment ditches in paddy fields have a potential to enhance prey abundance during midsummer drought caused by artificial drainage.

**Key words** *Ciconia boyciana*, Echizen city, prey animals, frogs, Orthopteran insects

### はじめに

コウノトリ *Ciconia boyciana* は東アジアに分布する大型の肉食性鳥類である。コウノトリの推定個体数は1,000個体から2,499個体の間と少なく、さらに減少傾向にあり、またその生息環境も悪化していることから、その絶滅が懸念されている (BirdLife International 2013)。日本においては、コウノトリは19世紀前半までは全国に生息していたが、その後急激に数を減らし、1971年には野生個体群の絶滅に至った (Ezaki et al. 2013)。この絶滅は営巣木の伐採による生息環境の減少や、毒性の強い農薬の使用による餌動物の減少と化学物質汚染、そして個体数の減少に伴う遺伝的多様性の低下などが複合的に作用して生じたものと考えられている (池田 2000)。

かつての野生個体群の最後の生息地であった兵庫県では、1965年からコウノトリの保護・増殖の取り組みが始まった。1989年には人工繁殖に成功し、以後飼育個体数は順調に増加を続けた。それに伴って野生復帰が現実的な目標として認識されるようになり (内藤ら 2011)、1999年には豊岡市にその中核となる研究機関として兵庫県立コウノトリの郷公園が設立された。2005年9月の最初の試験放鳥以降、放鳥と野外繁殖によりコウノトリの野外個体数は順調に増加し、2013年12月時点で73個体 (大陸からの飛来個体を含む) が野生下で生息している。これまでのところ、これらの個体は放鳥が実施されている豊岡盆地およびその周辺に定着しているが、一時的には日本全国に移動・分散する個体も存在する (大迫 2012)。これらの個体が飛来した地域では、豊かな里地山環境

<sup>1</sup> 福井県自然保護センター

912-0131 福井県大野市南六呂師169-11-2

<sup>2</sup> 兵庫県立大学自然・環境科学研究所/兵庫県立コウノトリの郷公園

668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺字二ヶ谷128番地

\* E-mail: mmizuki.agr@gmail.com

の象徴であるコウノトリの飛来を契機に、豊岡市のようにコウノトリをシンボルとした環境保全や地域づくりを目指す気運が高まる例も生じてきている (上田 2011)。

福井県越前市西部地域も、そのような事例のひとつである。当該地域では昭和40年代に嘴を損傷したコウノトリ「コウちゃん」を保護した経緯から (林 1989)、コウノトリを再び地域の空へ呼び戻したいという思いを持つ住民が存在していたが、2010年に豊岡市から飛来した野生化個体が長期間滞在したことで、その動きが大きく進展した。越前市は2010年から「コウノトリが舞う里づくり構想」の策定を開始し (越前市コウノトリが舞う里づくり推進協議会・越前市 2012)、また福井県も2011年12月から当該地域において、将来の野生復帰を目指したコウノトリの飼育繁殖に取り組んでいる。

現在そこに存在しない種を導入する野生復帰の実施にあたっては、多面的かつ慎重にその実現可能性を検討することが求められる (IUCN/SSC 2013)。とくにコウノトリに関しては、兵庫県におけるこれまでの試験放鳥から得られた知見にもとづいて、その実施にあたって検討すべき要件が示されている (兵庫県教育委員会・兵庫県立コウノトリの郷公園 2011)。その要件は自然環境、社会環境および歴史的背景など多岐に渡るが、その主要なものの一つとして、対象地域における生息可能性の確認と整備可能性の検討が挙げられている。

かつてコウノトリの主要な採餌環境であった水田環境は、近年大きく様変わりした。圃場や水路の整備が進み、水田が乾田化するとともに、水路のコンクリート化や落差形成によってその生息環境が分断されるなど、水田における生物の生息環境は大きく劣化した。このような水田環境の変化はコウノトリの餌となるカエル類、魚類などを減少させ、またコウノトリと同様にそれらを主要な餌として利用するサギ類の採餌にも影響を及ぼしていることから (Lane and Fujioka 1998)、コウノトリの餌環境も大きく悪化していると考えられる。一方より最近では、開発によって激減した湿地環境を代償するハビタットとしての水田の価値が評価されるようになり (e.g. Washitani 2007; Natsuhara 2012)、生物への配慮を目的とした有機農法の導入や、冬期湛水の実施などの環境保全型農業も広がりつつある (Elphick et al. 2010)。このような動きは、コウノトリの餌環境に正の効果を及ぼしていると考えられる。

先述の通り現在、豊岡盆地周辺を中心に多数のコウノトリが野外で生息しているものの、これらは十分に自立採餌できている訳ではなく、多くの個体はいまだ飼育施設の人工給餌などに依存している。だがこのような中で

も、2012年には福田地区において給餌に依存しない個体同士がペアとなり、野外第三世代となる雛を誕生、巣立ちさせた (江崎 2012)。このペアの行動圏や採餌場所の餌条件は、コウノトリが自活可能な餌環境の指標となると考えられる (佐川 2012)。そこで越前市西部地域におけるコウノトリの野生復帰の実現可能性と採餌環境整備の方向性を検討するため、コウノトリの餌環境を当該地域で調査し、豊岡市福田地区の状況と比較した。本論文ではこのうち、春期と夏期の餌動物の個体数密度および景観構造の比較について報告する。

## 材料と方法

### 1. 調査地

調査は越前市西部地域 (白山、坂口、王子保地区) を対象に実施した (図 1)。当該地域のうち白山地区では、2012年12月から福井県などにより、コウノトリの飼育繁殖が行われている。王子保地区は2010年に豊岡市から飛来したコウノトリが長期間滞在した地区であり、その後2011年、2012年にもコウノトリの飛来が確認されている。また坂口地区には2011年、2013年にコウノトリが飛来している。

現地調査は対象地域内の水田30筆と水田ビオトープ10筆を対象として、4処理区各10筆で実施した (表 1)。水田では「コウノトリ呼び戻す農法」を実践している水田 (以下、農法水田) と、2地区 (白山、王子保) のその他の水田 (以下、慣行水田) の3処理区を設定した。コウノトリ呼び戻す農法は、コウノトリの餌動物の生息に配慮した水稲栽培を行うことを目的として、地元農家有志によって組織された団体「コウノトリ呼び戻す農法部会」によって定義された管理手法であり、無農薬、無化学肥料による水稲栽培のほか、中干し延期、冬期湛水の実施を必要要件としている。慣行水田は慣行栽培のほか、福井県特別栽培農産物認証制度にもとづく認証区分3 (減農薬・無化学肥料) もしくは認証区分4 (減農薬・減化学肥料) に該当する水田である。当該地区は環境配慮型農法が高度に普及しており、いわゆる慣行農法のみで調査水田を設定することができなかったため、特裁認証3、4に該当する水田を含めて慣行水田区として扱った。また調査水田は栽培品種の早晚性の差による水管理の違いの影響を防ぐため、コシヒカリを栽培している水田に統一した (ただし一筆のみアキサカリ)。水田ビオトープはいずれも越前市事業によって整備された休耕田を利用したビオトープである。ビオトープ施工時に、完熟牛糞堆肥の散布や深みの造成、畔の補強、周辺で採捕

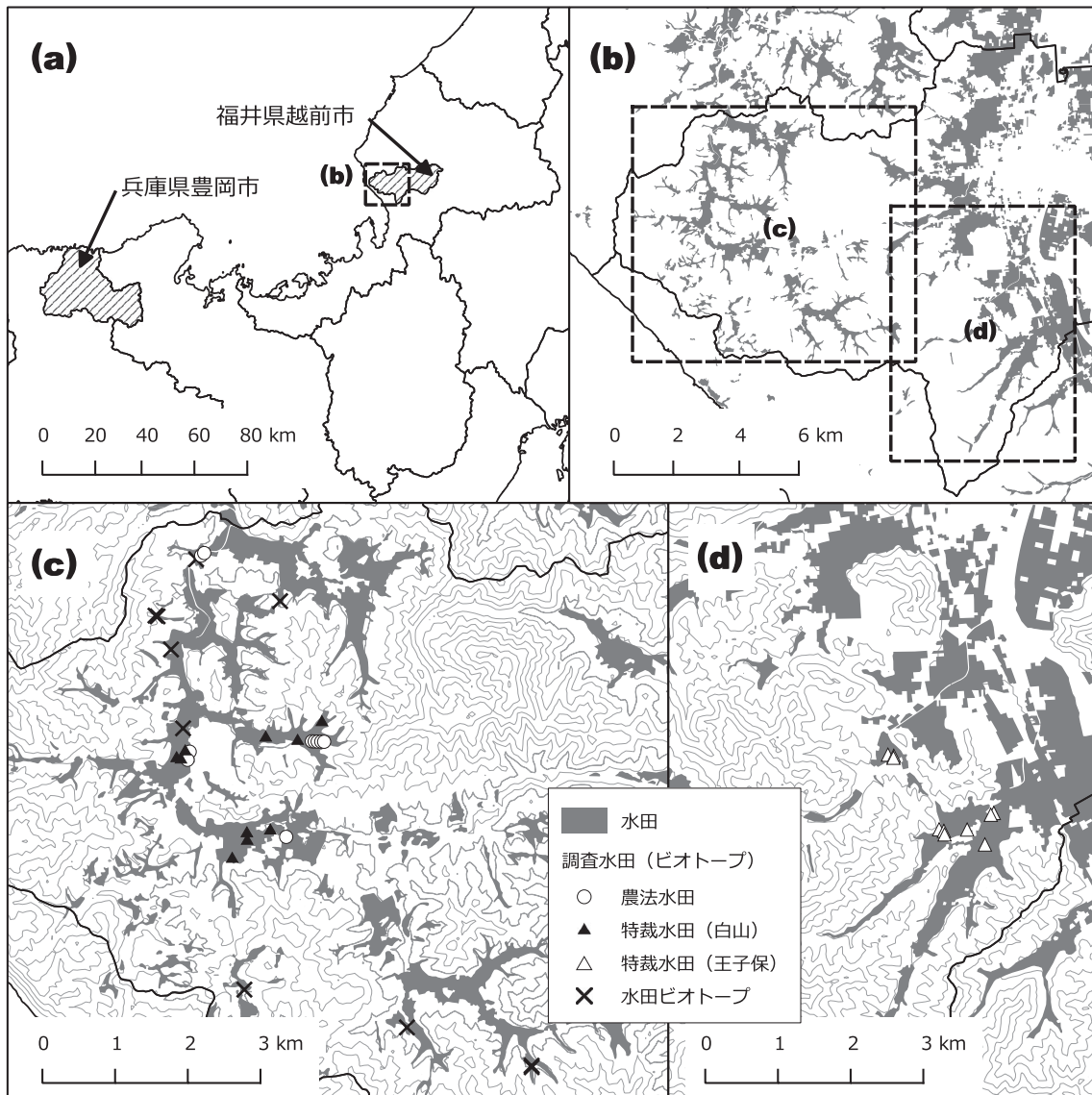


図1. 調査地の位置. (a) 福井県越前市と兵庫県豊岡市の位置関係, (b) 越前市西部地域, (c) 白山・坂口地区の調査水田（ビオトープ）, (d) 王子保地区の調査水田.

表1. 福井県越前市西部地域に設定した調査水田（ビオトープ）数.

処理区	地区	水田調査 (6月)	水田畦調査 (8月)
農法水田	白山	10	10
慣行水田（白山）	白山	10	10
慣行水田（王子保）	王子保	10	10
水田ビオトープ	白山・坂口	10	10
合計		40	40

したドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* の放流を市と協力者（水田所有者等）が共同で行っている。その後は原則として通年湛水状態を維持しているが、日常的な管理は協力者に委ねられているため、整備後の管理は一様ではない。なおいずれの水田、ビオトープにも水田魚道は設置されていない。

## 2. 現地調査

春期（6月）に水田・ビオトープを、夏期（8月）に水田畔をそれぞれ対象として、体長1 cm以上の動物（餌動物）の個体数密度を調査した。季節ごとの調査対象環境は、2002年に兵庫県豊岡市で調査された野生コウノトリの採餌場所 (Naito and Ikeda 2007) にもとづいて設定した。

### 2-1) 水田調査（6月）

調査は2013年6月5日から23日までの期間に、おもに水中のオタマジャクシ、魚類、水生昆虫類などを対象として実施した。各水田（ビオトープ）の畦に調査地点を8か所ずつ設定した。各調査地点で柄付タモ網（幅35 cm）を用い、畦に一番近い稲株（ただし50 cmを越える場合は最大50 cmまで）から畦までの間（採集区間）の水を底泥と一緒に5回ずつ、互いに重ならないようにす

くい取り、水生動物を採集した。調査地点ごとの採集面積は、タモ幅 (35 cm) × 採集区間長 × 5 (回) となる。採集した動物のうち、体長 1 cm 以上の個体 (貝類、ユスリカ類幼虫およびイトミミズ類を除く) の種と体サイズを記録した。

豊岡市福田地区との比較は、2012年6月に育雛中の福田ペアによる採餌が確認された水田 (有採餌水田) 5筆とそれ以外の水田 (無採餌水田) 5筆の2群を対象として、同じ方法で実施された調査結果との比較によって行った (佐川 2012)。なお有採餌水田ではコウノトリによる採餌が確認された後に調査を行っているため、採餌によって餌動物の個体数密度が減少している可能性がある。

水田調査の餌動物量は水田 (ビオトープ) 一筆ごとの、採集面積あたりの個体数密度によって比較した。全体もしくは主要な分類群ごとの個体数密度は、クラスカル・ウォリス検定によって比較し、有意差がみられた項目ではシェッフエの方法により多重比較を行った。

#### 2-2) 水田畔調査 (8月)

調査は2013年8月5日から15日までの期間に、おもに陸上に生息するカエル、イナゴ・バッタ類などを対象として実施した。各水田 (ビオトープ) の畦に調査ルート (長さ 20 m × 幅 1 m) を4本設定した。調査ルートは可能な限り、各辺に1本ずつ設定した。ほとんどの場合、調査ルートを設定した畦畔は1 m以上の幅があったが、それに満たない場合は水田縁から1 mの範囲を調査対象とした。このため調査面積は、ルートあたり 20 m<sup>2</sup>、水田あたり 80 m<sup>2</sup>となる。ルートを踏査して餌動物を探索し、出現した体長 1 cm 以上の個体の種と体サイズ (5 mm 単位) を記録した。ただしコオロギ類はこの方法では発見率が十分に高くないことが想定されたため、調査対象から除外した。環境要因として平均植生高、植被率、水田側と外側それぞれの水面の有無を、ルートごとに記録した。ここでいう「外側」とは、畦畔をはさんで隣接する用排水路や水田などである。

豊岡市福田地区との比較は、2012年8月に地区内の水田30筆を対象として、同じ方法で実施された調査結果との比較によって行った (佐川 未発表)。この調査では、コウノトリの採餌の有無による処理区の区分は行われていない。

水田畔調査の餌動物量は水田 (ビオトープ) 一筆ごとの、調査面積あたり個体数密度によって比較した。全体もしくは主要な分類群ごとの個体数密度は、クラスカル・ウォリス検定によって比較し、有意差がみられた項目ではシェッフエの方法により多重比較を行った。また局所的な環境要因が餌動物の個体数密度に及ぼす影響に

ついて、従属変数をルートごとの出現個体数、独立変数を各環境要因、ランダム要因を水田とした一般化線形混合モデル (GLMM) を用いて評価した。環境要因として処理区、平均植生高、植被率および水田側と外側それぞれの水面の有無を用い、AIC が最小となるモデルを採用した。

#### 3. 景観評価

コウノトリは育雛期間中、雛への給餌のため定期的に巣に戻る必要があるため、その行動範囲は営巣地点を中心とする一定の範囲に制限される (佐川 未発表)。この期間の主要な採餌場所は水田であることから (Naito and Ikeda 2007)、潜在的な営巣地点から一定範囲内にどれだけの面積の水田があるかが、採餌環境の景観的な評価指標になりうると考えられる。そこで植生図を用いて、越前市西部地域における潜在的な営巣地点周辺の水田面積を推定し、豊岡市の状況と比較した。植生図は環境省第6回・第7回自然環境保全基礎調査植生調査によって整備された1/25,000植生図 GIS データを利用し、水田として水田雑草群落の領域を抽出した。解析は白山・坂口地区および王子保地区を対象として行った。水田とその周囲 50 m の森林をコウノトリの営巣可能範囲と仮定し、範囲内に100個のサンプリング地点をランダムに発生させた。サンプリング地点から同心円状に 500 m, 1,000 m, 1,500 m の範囲 (バッファ) 内の水田面積を算出し、マン・ホイットニーの U 検定を用いて比較した。また豊岡市で2012年に営巣が確認された巣塔 (福田、百合地、戸島) を中心とした範囲内の水田面積も、同様に植生図から求めた。さらに白山地区のコウノトリ飼育ケージを拠点として放鳥を行った場合の餌環境を評価するため、ケージ近くに設置された人工巣塔 (白山巣塔) を中心とした水田面積を、福田ペアの行動範囲である半径 1,500 m 圏内 (佐川 2012) の水田面積と比較するとともに、同じ面積の水田が含まれる範囲内に位置する調査水田の餌動物の個体数密度を、豊岡市福田の結果と再度比較した。

## 結果

#### 1. 水田調査 (6月)

40筆の水田 (ビオトープ) から、26分類群4,116個体の動物が確認された (表2)。オタマジャクシ類が1,751個体 (42.5%) ともっとも多く、ほかにドジョウ (11.8%)、ヒル類 (10.3%)、ハエ目幼虫 (10.3%)、マツモムシ *Notonecta triguttata* (10.2%) などが多く捕獲された。

処理区ごとの餌動物全体および主要な餌動物の個体数

表2. 福井県越前市西部地域の水田調査（6月）で出現した餌動物.

大区分	分類群	個体数	(%)
カエル類	シュレーゲルアオガエル	2	(0.0)
	ツチガエル	5	(0.1)
	トノサマガエル	17	(0.4)
	アカガエル類 <sup>†</sup>	14	(0.3)
	ニホンアマガエル	2	(0.0)
	計	40	(1.0)
オタマジャクシ類	オタマジャクシ類	1,751	(42.5)
	計	1,751	(42.5)
魚類	ドジョウ	486	(11.8)
	その他魚類	2	(0.0)
	計	488	(11.9)
甲殻類	アメリカザリガニ	3	(0.1)
	ヌマエビ類	25	(0.6)
	ヨコエビ類	2	(0.0)
	計	30	(0.7)
水生昆虫類	カゲロウ類（幼虫）	31	(0.8)
	トンボ類（幼虫）	28	(0.7)
	イトトンボ類（幼虫）	57	(1.4)
	アメンボ類	15	(0.4)
	マツモムシ	418	(10.2)
	ヒメゲンゴロウ	110	(2.7)
	ヒメガムシ	44	(1.1)
	ガムシ	1	(0.0)
	コウチュウ目（幼虫）	101	(2.5)
	ハエ目（幼虫）	423	(10.3)
計	1,228	(29.8)	
昆虫類	その他昆虫	6	(0.1)
	計	6	(0.1)
その他動物	アカハライモリ	42	(1.0)
	クモ類	102	(2.5)
	ヒル類	426	(10.3)
	その他動物	3	(0.1)
	計	573	(13.9)
合計		4,116	(100.0)

<sup>†</sup>トノサマガエルを含むアカガエル属のカエルで種を特定できなかったもの.

密度を図2に示す。餌動物全体の個体数密度は $17.0 \pm 11.6$ 個体/m<sup>2</sup>（平均値±標準偏差，以下同じ）で水田（ビオトープ）間のばらつきは大きかったが，処理区間に違いはなかった（ $\chi^2=2.56, p=0.47$ ）。同様に主要な餌動物（オタマジャクシ類，カエル類，ドジョウ）の個体数密度も，水田（ビオトープ）間のばらつきは大きかったものの，処理区間の違いは検出されなかった（ $p>0.05$ ）。

水田の処理区（農法水田，慣行水田（白山）および慣行水田（王子保））の結果をあわせて，2012年6月の豊岡市福田における調査（佐川 2012）と比較した結果を図3

に示す。越前市西部地域の水田の餌動物全体の個体数密度は豊岡市福田の有採餌水田と同水準で，無採餌水田との間には有意差が検出された（ $p<0.05$ ）。一方，主要な餌動物ごとの個体数密度には地域・処理区間で差がなかった（ $p>0.05$ ）。

## 2. 水田畔調査（8月）

40筆の水田（ビオトープ）から15分類群2,118個体の餌動物が確認された（表3）。カエル類が1,484個体（70.0%）と最も多く，その大部分（1,419個体；餌動物全体の67.0%）はトノサマガエル *Rana nigromaculata* であっ

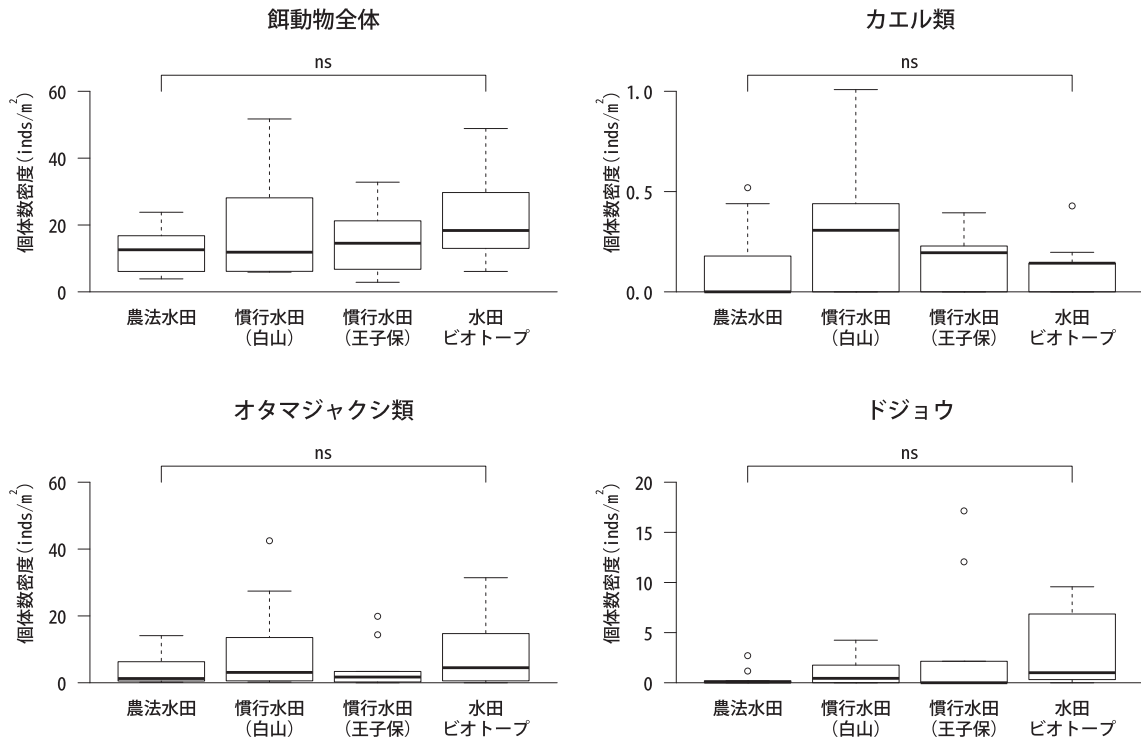


図2. 福井県越前市西部地域の水田調査(6月)における餌動物全体および主要な分類群ごとの個体数密度. 図(箱ひげ図)は中央値, 四分位数間領域および通常分布から大きくはずれた値を除く値の範囲を示し, 箱の中央, 上, 下の線はそれぞれ中央値, 第3四分位, 第1四分位である. 箱の上下のひげは値の範囲を示し, 点は外れ値を示す. 図上の記号は, クラスカル・ウォリス検定による処理区間での比較の結果を示す(各処理区  $n=10$ , ns:  $p>0.05$ ).

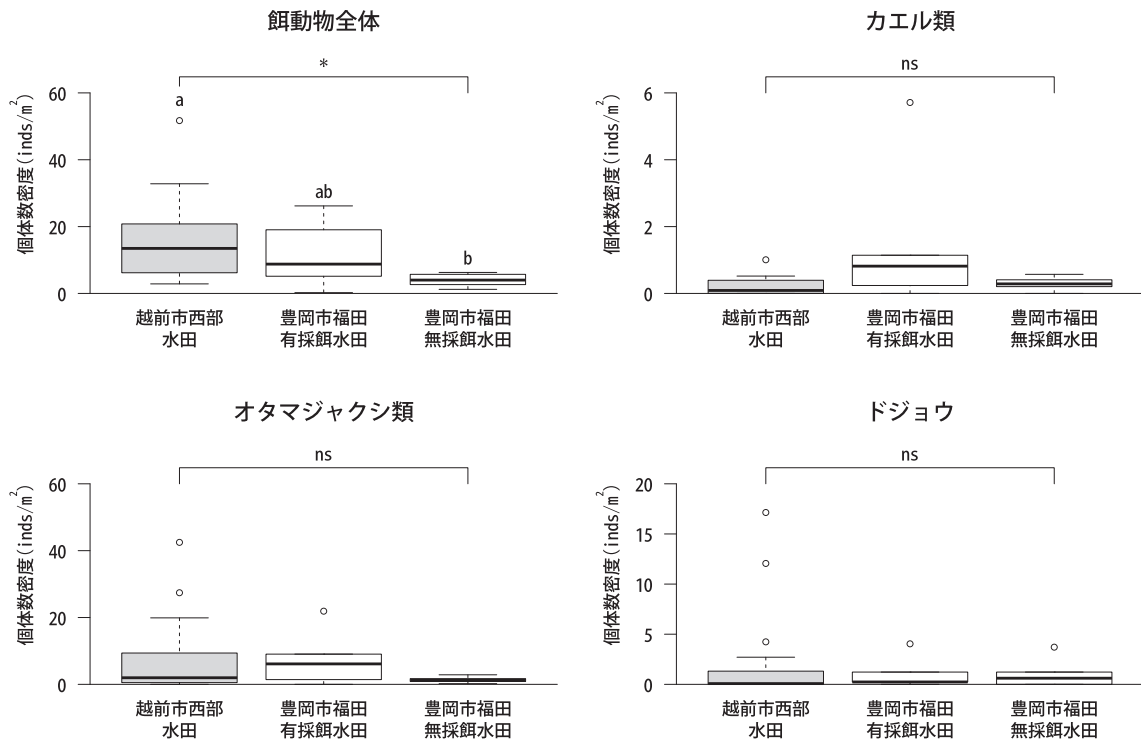


図3. 福井県越前市西部地域と兵庫県豊岡市福田の水田における水田調査(6月)での餌動物の個体数密度の比較. 図上の記号は, クラスカル・ウォリス検定による処理区間での比較の結果を示す(越前市西部地域  $n=30$ , 豊岡市福田は各処理区  $n=5$ , \*:  $p<0.05$ , ns:  $p>0.05$ ). また異なる英小文字は, 処理区間で個体数密度が有意に異なることを示す(シェッフェの方法による多重比較,  $p<0.05$ ).

表3. 福井県越前市西部地域の水田畔調査（8月）で出現した餌動物.

大区分	分類群	個体数	(%)
カエル類小型個体 ( $\leq 25$ mm)	トノサマガエル	897	(42.4)
	ニホンアマガエル	5	(0.2)
	カエル類 (種不明)	17	(0.8)
	計	919	(43.4)
カエル類中・大型個体 ( $\geq 30$ mm)	ツチガエル	14	(0.7)
	トノサマガエル	522	(24.6)
	カエル類 (種不明)	29	(1.4)
	計	565	(26.7)
バッタ類	ササキリ類	25	(1.2)
	ヒシバッタ	1	(0.0)
	ショウリヨウバッタ	250	(11.8)
	オンブバッタ	128	(6.0)
	その他	4	(0.2)
	計	408	(19.3)
イナゴ類	コバネイナゴ	221	(10.4)
	ツマグロイナゴ	2	(0.1)
	計	223	(10.5)
その他	シマヘビ	1	(0.0)
	ニホンカナヘビ	2	(0.1)
	計	3	(0.1)
合計		2,118	(100.0)

た. 確認されたトノサマガエルの体サイズは 20 mm から 70 mm まで幅があったが, このうち当年生の幼体と考えられる 25 mm 以下の個体が全体の42.4% (トノサマガエルの67.0%) を占めていた. バッタ・イナゴ類 (バッタ目昆虫) は631個体 (29.8%) 確認された. 多く出現した種はショウリヨウバッタ *Acrida cinerea* (250個体; 11.8%), コバネイナゴ *Oxya yezoensis* (221個体; 10.4%), オンブバッタ *Atractomorpha lata* (128個体; 6.0%) であった.

処理区ごとの餌動物全体および主要な餌動物の出現個体数を図4に示す. 餌動物全体の出現個体数は $52.9 \pm 31.1$ 個体で, 処理区間に差はなかった ( $\chi^2 = 3.62, p = 0.31$ ). 餌動物のグループごとに比較すると, 体長 30 mm を越えるカエル類中・大型個体は水田ビオトープ区で多く, 慣行水田 (白山) 区との間に有意差が検出された ( $p < 0.05$ ). またイナゴ類は農法水田で多く, 慣行水田 (王子保) 区との間に有意差が検出された ( $p < 0.05$ ).

ルートごとの餌動物全体の出現数に影響する局所的な要因として, 平均植生高と植被率, 水田側の水面の存在が, いずれも正の効果を及ぼす要因として検出された (表4). カエル類では平均植生高と水田側の水面の存在が, バッタ・イナゴ類では植被率と両側の水面の存在が, いずれも正の効果を及ぼしていた. またバッタ・イ

ナゴ類では処理区間の違いも検出され, 水田ビオトープ区では農法水田区と比較して負の効果が検出された.

水田の処理区 (農法水田, 慣行水田 (白山) および慣行水田 (王子保)) の結果をあわせて, 2012年8月の豊岡市福田における調査 (佐川 未発表) と比較した結果を図5に示す. 水田畔の餌動物全体の個体数密度は, 越前市西部地域と豊岡市福田との間で有意に異なっていた ( $U = 7.6, p = 0.006$ ). カエル類, バッタ・イナゴ類の個体数密度も地域間で異なっており, カエル類は越前市西部地域が, バッタ・イナゴ類は豊岡市福田がそれぞれ多かった ( $p < 0.001$ ).

### 3. 景観評価

白山・坂口地区の水田面積は王子保地区よりも少なく, いずれのバッファ距離においても地区間に有意差が検出された (図6,  $p < 0.001$ ). 豊岡市の巣塔周辺と比較した場合, 豊岡盆地に位置する福田巣塔, 百合地巣塔は白山・坂口地区よりも高い水準にあったが, 王子保地区では平均的な水準であった. またいずれの地区の水田面積も, 豊岡盆地の辺縁部に位置する戸島巣塔よりも高い水準にあった.

福田巣塔から半径 1,500 m 圏内に含まれる水田面積は 217.7 ha で, 白山巣塔を中心とする領域では半径 1,600

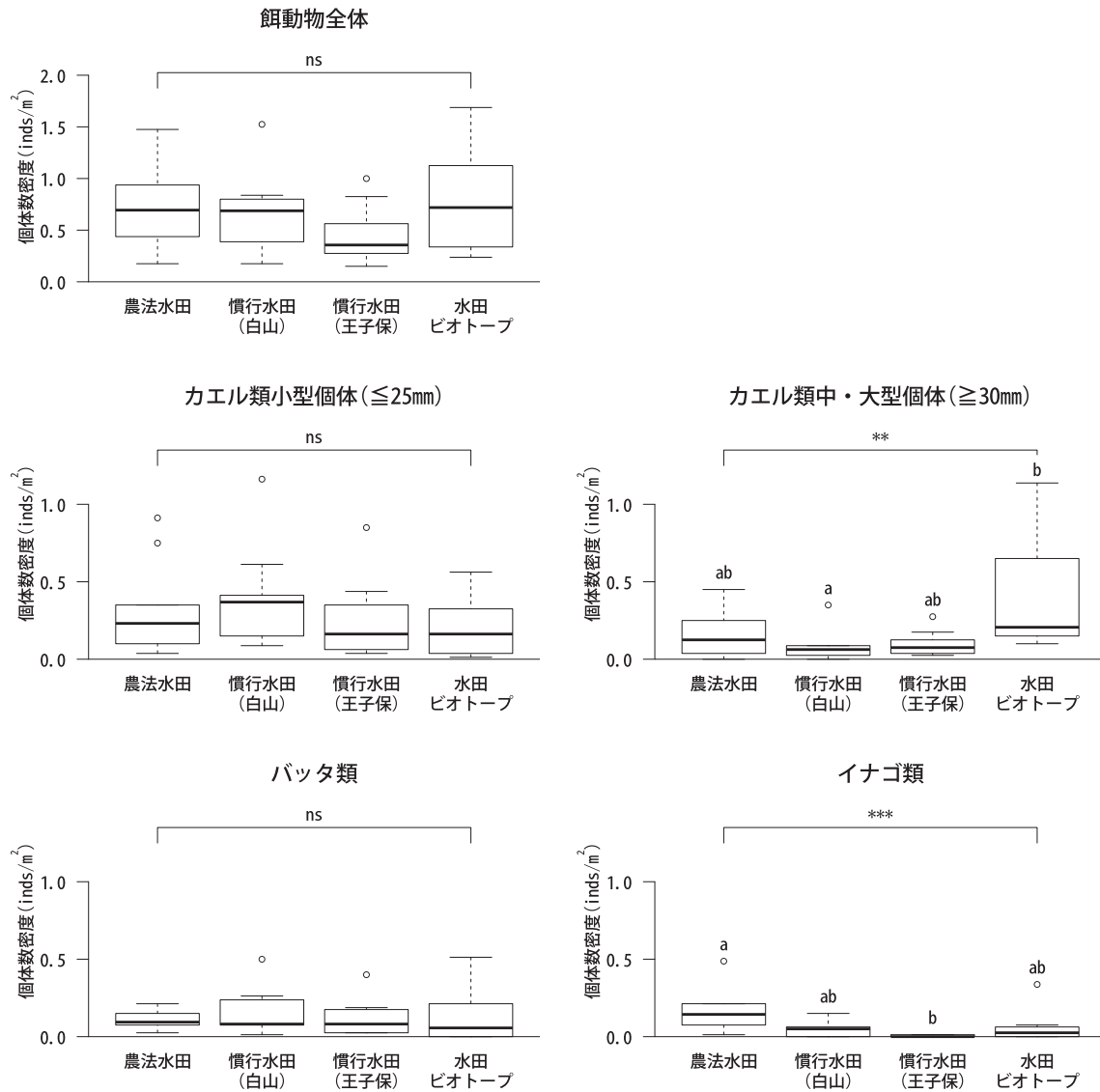


図4. 福井県越前市西部地域の水田畔調査(8月)における餌動物全体および主要な分類群ごとの出現個体数. 図上の記号は, クラスカル・ウォリス検定による処理区間での比較の結果を示す(各処理区 n=10, \*\*\*:  $p < 0.001$ , \*\*:  $p < 0.01$ , ns:  $p > 0.05$ ). また異なる英小文字は, 処理区間で個体数密度が有意に異なることを示す(シェッフエの方法による多重比較,  $p < 0.05$ ).

表4. 福井県越前市西部地域の水田畔調査(8月)における餌動物の出現数に局所的な環境要因が及ぼす影響. -は選択されなかった要因, 太字は有意な関係性が認められた要因 ( $p < 0.05$ ).

環境要因		動物全体		カエル類		バッタ・イナゴ類	
		Coeff.	<i>p</i>	Coeff.	<i>p</i>	Coeff.	<i>p</i>
処理区 (対農法水田)	慣行水田(白山)	-	-	-	-	-0.57	0.19
	慣行水田(王子保)	-	-	-	-	-0.82	0.07
	水田ピオトープ	-	-	-	-	-1.10	0.01
平均植生高	0.01	<0.01	0.01	<0.01	-	-	
植被率	0.28	<0.01	-	-	1.06	0.03	
水面(水田側)	あり	0.53	<0.01	0.58	<0.01	0.38	0.02
水面(反対側)	あり	-	-	-	-	0.34	<0.01

m 圏でその水準を上回った(図7). この範囲内に含まれる調査水田の餌動物全体の個体数密度を豊岡市福田と比較すると, 水田調査(6月)では全体の傾向と変わら

ず有採餌水田と同程度の水準であった(図8). また水田畔調査(8月)では, 白山巣塔周辺と豊岡市福田との間に有意差は検出されなかった( $p > 0.05$ ).



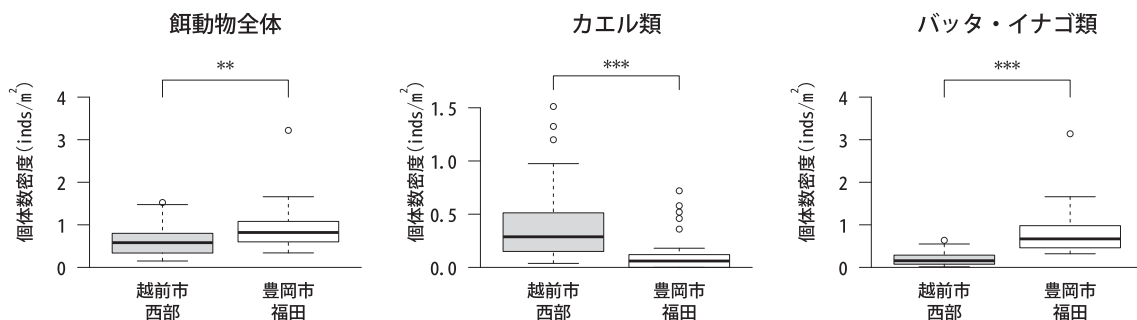


図5. 福井県越前市西部地域と兵庫県豊岡市福田の水田における水田畔調査（8月）での餌動物の個体数密度の比較。図上の記号は、マン・ホイットニーのU検定による処理区間での比較の結果を示す（各処理区 n=30, \*\*\*:  $p < 0.001$ , \*\*:  $p < 0.01$ ）。

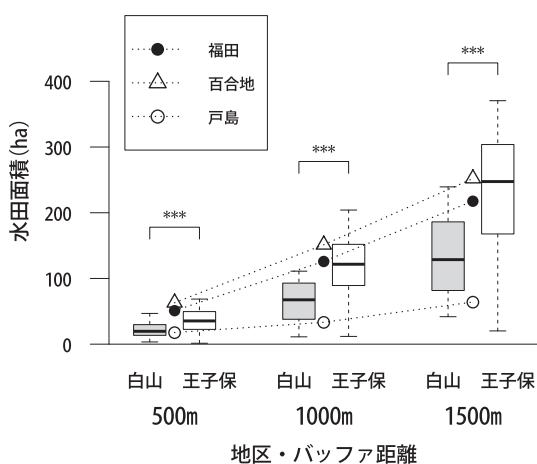


図6. 福井県越前市西部地域の白山・坂口地区（白山）と王子保地区における水田面積。営業可能な範囲内に発生させたランダムポイントから各バッファ距離内に含まれる水田面積を示した。図上の記号は、マン・ホイットニーのU検定による処理区間での比較の結果を示す（各地区 n=100, \*\*\*:  $p < 0.001$ （ボンフェローニ法により有意水準を調整））。地区間のプロットは2012年に兵庫県豊岡市でコウノトリが営巣した人工巣塔を中心とする範囲内の水田面積。

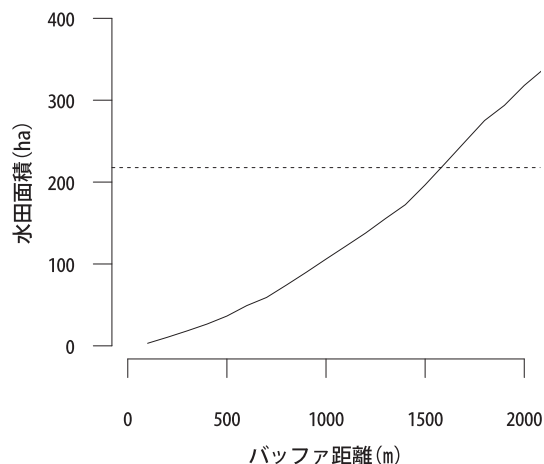


図7. 福井県越前市白山地区のコウノトリ飼育ケージ近くに設置された人工巣塔からのバッファ距離と範囲内に含まれる水田面積の関係。点線は兵庫県豊岡市福田の人工巣塔から半径1,500 mの範囲内に含まれる水田面積（217.7 ha）。

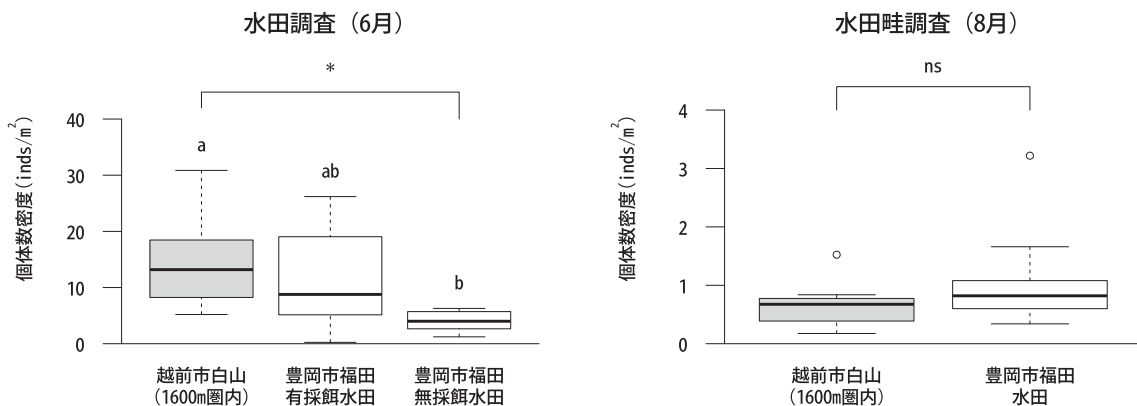


図8. 福井県越前市白山地区のコウノトリ飼育ケージ近くに設置された人工巣塔から半径1,600 mの範囲内に含まれる調査水田と豊岡市福田の水田における餌動物の個体数密度の比較。各処理区のサンプル数は白山1,600 m圏内は n=9, 兵庫県豊岡市福田は図3, 図5と同じ。図上の記号は、クラスカル・ウォリス検定による処理区間での比較の結果を示す(\*:  $p < 0.05$ , ns:  $p > 0.05$ )。また異なる英小文字は、処理区間で個体数密度が有意に異なることを示す（シェッフェの方法による多重比較,  $p < 0.05$ ）。

## 考 察

越前市西部地域の水田では、春期にはオタマジャクシ類やドジョウが(表2)、夏期にはカエル類、バッタ・イナゴ類などが(表3)多く確認された。これらは豊岡市においてもコウノトリが多く利用する餌資源である(Naito and Ikeda 2007)。餌動物全体の個体数密度には、春期(図2)、夏期(図4)とも処理区間で違いはなかった。一般的に農薬や化学肥料の使用量削減・不使用や冬期湛水の実施などの水稲栽培における環境配慮は、水田生態系における生物量や多様性を高める効果があると考えられている。しかしこれらの条件が異なる処理区間で餌動物の個体数密度に明確な差が出なかった理由としては、まず設定した処理区のうち環境配慮の点で相対的に不利と予想される慣行水田区が、いわゆる慣行農法の水田だけではなく減農薬・無(もしくは減)化学肥料農法の水田を多く含んでいたことが挙げられる。このため当該地区では慣行水田区でも、より高い水準の環境配慮が行われている農法水田区や水田ビオトープ区に匹敵する餌動物群集が成立していたのかもしれない。当該地域では環境配慮型農法が高度に普及しているため、それらが維持されている限りにおいては、この傾向は地域の実情を反映したものと言えるだろう。また生活史や生態的特性の違いから、要求する環境条件が異なる種をまとめて解析していることも、その一因と考えられる。主要な出現種であるカエル類(Naito et al. 2012)やバッタ類(吉尾ら2009)では、種によってその生息を規定する要因が異なることが報告されている。本調査でも夏期の水田畔調査では、分類群によっては処理区間で個体数密度の差が検出された(図4)。とくに主要な分類群や出現種については今後、その生息を規定する環境要因について検討を進めることが必要と考えられる。また、現時点で検討していない他の景観的、空間的要因等の影響についても今後、検討する必要がある。

春期の水田に生息する餌動物に関しては、越前市西部地域の水田では、豊岡市福田で実際にコウノトリによる採餌が確認された水田と同水準の個体数密度であった(図3)。このことから春期に関しては、越前市西部地域の水田はコウノトリが採餌可能な水準にあると評価することができる。ただし、主要な餌動物の個体数密度には無採餌水田を含めて明確な差がないこと、また豊岡市福田の調査結果はコウノトリの採餌後の結果であるために過少評価となっている可能性があることに留意する必要がある。一方、夏期の水田畔に生息する餌動物の個体数密度は、越前市西部地域では豊岡市福田と比較して有意

に少なかった(図5)。分類群ごとに比較すると、カエル類の個体数密度は越前市西部地域の方が多かったものの、豊岡市福田で餌動物の8割以上を占めるバッタ・イナゴ類は豊岡市福田で多かったため、全体の個体数密度は越前市西部地域の方が少ない結果となった。夏期の餌動物の個体数密度に影響する局所要因として、水田内の水面の有無と、畦畔の平均植生高や植被率が抽出された(表4)。水の有無はカエル類の生息を規定する要因として重要であることが報告されている(Naito et al. 2012)。本調査でも、とくに2年目以上のトノサマガエルが中心であるカエル類中・大型個体は、通年湛水されている水田ビオトープで多い傾向があった(図4)。このことから、水田ビオトープや退避溝等の設置により、中干し期や落水期にも湛水環境を維持することは、カエル類などの個体数密度を向上させる効果があることが示唆される。水の有無はバッタ・イナゴ類の生息にも正の効果を及ぼしていた。バッタ類は生息環境を水域に直接依存しないものの、水の有無がその生息に何らかの間接的な効果を及ぼしているのかもしれない。また水田側の水面に関しては、間断通水期間中の一時的な湛水により、水田内から避難した個体が畔に集中したことで、バッタ類の個体数密度が上昇した可能性も考えられる。一方、畦畔の畦草管理は、とくにバッタ類の生息密度に影響することが報告されており、畦草管理の強度や頻度を抑制することでこれらの生物量が増加することが期待される(吉尾ら2009)。畦草刈りには畦畔管理や害虫防除等の目的があることから、その抑制が水稲栽培に及ぼす影響を考慮する必要があるものの、生活環の短いバッタ類では生息環境の改善により、比較的すみやかに生物量の増加が見込めるであろう。

土地利用に関しては、丹生山地の辺縁部に位置する王子保地区の水田面積は、豊岡市の百合地、福田巢塔周辺と同水準であった(図6)。一方、丹生山地の中山間地域に位置する白山・坂口地区の水田面積はそれよりも少ないものの、白山巢塔を中心とした地域に限って比較した場合は、福田巢塔周辺とほぼ同じ条件と言える(図7)。この地域内の水田に限って比較した場合、春期だけでなく夏期においても、豊岡市福田と同水準の餌条件であると評価できる。ただし夏期の餌動物密度に関しては、その差は有意ではないものの白山巢塔周辺の方が若干低い水準にあることから、先述のような餌動物を増やす取り組みを行うことが望ましいだろう。

本稿で検討した調査は春期、夏期のみ結果である。コウノトリの通年の定着可能性を評価するためには、さらに他の季節の餌動物量についても調査・検討をする必

要がある。また本稿では餌動物量について個体数のみを指標として比較を行ったが、コウノトリの定着可能性をより直接的に規定する要因と考えられる現存量にもとづく比較も、今後進める必要がある。また鳥類にとっての餌資源の利用可能性を把握するためには、本研究のようなサンプリング調査によって把握される餌動物量だけでは不十分であり、より適切に評価するために実際の鳥類の採餌行動と関連付けて検討する必要がある (Hutto 1990)。豊岡市で大陸から飛来した野生コウノトリの採餌行動を生息地利用のリファレンスとしたように (Naito and Ikeda 2007)、越前市西部地域においても野生下で個体の採餌行動に関する知見を蓄積し、さらにその餌動物の空間分布や資源量との関係を明らかにすることができれば、コウノトリの持続的な餌資源量確保を目的とした採餌環境整備等についてより具体的な提言が可能になるであろう。

コウノトリは季節によって水田のほか、水路、河川、草地など様々な環境で採餌を行うことから (Naito and Ikeda 2007)、その定着にはこれらの環境が比較的限られた範囲にセットとして存在し、かつ利用できることが必要とされる (内藤ら 2011)。越前市白山地区は、繁殖期を含む春期・夏期の餌環境としては、現時点では比較的好適な条件にあると評価できる。しかし河川の利用が多いとされる秋期、冬期には、大きな河川が存在しない白山地区だけでは、コウノトリは十分な餌を得られない可能性がある。このため、日野川が流れる王子保地区を含めた広域的な環境整備や、当該地域における餌条件の季節性に応じた野生復帰方法についても、議論する必要があるだろう。

## 謝 辞

コウノトリ呼び戻す農法部会員をはじめとする地元農業者の皆様には、水田での調査を快く許可して頂いた。越前市産業環境部農林振興課里地里山再生推進室の日和佳政氏、藤長裕平氏には、調査計画の策定から調査実施まで、多くのご協力とご助言を頂いた。福井県自然保護センター職員の皆様には、現地調査に協力して頂いた。また匿名の2名の査読者からは、本論文の改善に関して有益なコメントを頂いた。以上の皆様に厚くお礼申し上げる。

## 摘 要

越前市西部地域 (以下、越前市) におけるコウノトリの餌動物の個体数密度を調査し、2012年に人工給餌に依存せず雛を巣立たせたペアが営巣した豊岡市福田 (以

下、福田) の結果と比較した。春期 (6月) の水田での調査では、越前市の餌動物の個体数密度は、福田のコウノトリの採餌が確認された水田と同水準であった。夏期 (8月) の水田畦での調査では、越前市の餌動物の個体数密度は福田よりも少なかった。夏期の餌動物の個体数密度に影響する局所的要因として、平均植生高と植生率、水田側の水面の存在が抽出された。越前市白山地区の飼育ケージ周辺の水田面積は、福田とほぼ同じ水準であった。以上の結果から、少なくとも餌動物の個体数密度に関しては、春期の越前市の水田には、コウノトリが利用可能な水準の餌動物が生息していると評価できる。一方夏期には、越前市の水田畦における餌動物密度は福田より少ないものの、畦草管理の強度や頻度を抑制したり、退避溝を増設したりするなどの水田管理上の配慮によって向上する余地があると考えられる。

キーワード コウノトリ、越前市、餌動物、カエル類、バッタ類

## 引用文献

- BirdLife International (2013) *Ciconia boyciana*. In IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. [http://www.iucnredlist.org]
- 越前市コウノトリが舞う里づくり推進協議会・越前市 (2012) コウノトリが舞う里づくり戦略. 73 p.
- Elphick CS, Baicich P, Parsons KC, Fasola M, Mugica L (2010) The future for research on waterbirds in rice fields. *Waterbirds*, 33(sp1): 231-243.
- 江崎保男 (2012) コウノトリの野生復帰とメタ個体群構造. *野生復帰*, 2: 3-10.
- Ezaki Y, Ohsako Y, Yamagishi S (2013) Re-introduction of the oriental white stork for coexistence with humans in Japan. In Soorae PS (ed) *Global Re-introduction Perspectives: 2013. Further case studies from around the globe*. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group and Abu Dhabi. UAE: Environment Agency, Abu Dhabi, pp. 85-89.
- 林 武雄 (1989) 帰らぬつばさ：ほろびゆくコウノトリの挽歌. ぎょうせい, 東京, 290 p.
- Hutto RL (1990) Measuring the availability of food resources. *Studies in avian biology*, 13: 20-28.
- 兵庫県教育委員会・兵庫県立コウノトリの郷公園 (2011) コウノトリ野生復帰ランドデザイン. 36 p.
- 池田 啓 (2000) コウノトリの野生復帰をめざして：地域の人々と研究者が取り組む新しい科学. *科学*, 70: 569-578.
- IUCN/SSC (2013) *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations*. Version 1.0., IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland, viiii + 57 p.
- Lane SJ, Fujioka M (1998) The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan. *Biological Conservation*, 83: 221-230.
- Naito K, Ikeda H (2007) Habitat restoration for the reintroduction of Oriental White Storks. *Global Environmental Research*,

- 11: 217-221.
- 内藤和明, 菊地直樹, 池田 啓 (2011) コウノトリの再導入: IUCN ガイドラインに基づく放鳥の準備と環境修復. 保全生態学研究, 16: 181-193.
- Naito R, Yamasaki M, Imanishi A, Natuhara Y, Morimoto Y (2012) Effects of water management, connectivity, and surrounding land use on habitat use by frogs in rice paddies in Japan. *Zoological Science*, 29: 577-584.
- Natuhara Y (2012) Ecosystem services by paddy fields as substitutes of natural wetlands in Japan. *Ecological Engineering*, 56: 97-106.
- 大迫義人 (2012) コウノトリの野生復帰: 新たな展開と目標. 野生復帰, 2: 21-25.
- 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.
- 上田貴昭 (2011) コウノトリをシンボルとした環境保全活動と町づくりに関する研究: 福井県越前市の取り組みと豊岡市の役割. 平成22年度 豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究奨励補助制度報告書. 47 p.
- Washitani I (2007) Restoration of biologically-diverse floodplain wetlands including paddy fields. *Global Environmental Research*, 11: 135-140.
- 吉尾政信, 加藤倫之, 宮下 直 (2009) 水田環境におけるバッタ目昆虫の分布と個体数を決定する環境要因: 佐渡島におけるトキの採餌環境の管理にむけて. *応用生態工学*, 12: 99-107.

(2014年3月7日受理)