

水田退避溝を設置した水田における初夏期と夏期の水生動物相

* 日和佳政¹・藤長裕平¹・水谷瑞希²・田和康太³・佐川志朗⁴

The aquatic fauna in water-filled ditches developed in paddy field during the early summer and summer seasons

*Yoshimasa Hiyori¹, Yuhei Fujinaga¹, Mizuki Mizutani², Kota Tawa³ and Shiro Sagawa⁴

¹ Echizen City Office, Industry and Environment Department, Farmland Policy Planning Division, Oriental White Stork and Human Coexistence Office, 1-13-7, Fuchu, Echizen, Fukui Pref. 915-8530, Japan

² Institute of Nature Education in Shiga Heights, Faculty of Education, Shinshu University, Shigakogen, Yamanouchi-machi, Shimotakai-gun, Nagano Pref. 381-0401, Japan

³ Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo 128 Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

⁴ 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: hiyori_ys@city.echizen.lg.jp

はじめに

福井県越前市白山地区では、2011年12月からコウノトリ (*Ciconia boyciana*) の野生復帰を目指した飼育・繁殖試験が福井県と兵庫県によって行われており、2015年から繁殖個体の放鳥事業が行われ、これまでに4羽のコウノトリが放鳥されている。また、越前市では、将来コ

ウノトリの野外定着に向け、行政、農業者、地元団体などとの協働による環境整備が行われており、コウノトリの飼育施設周辺や野外個体の飛来頻度が高い場所を中心に、水田ビオトープ、無農薬・無化学肥料での水稻栽培 (コウノトリ呼び戻す農法) の推進、そして水田の一部に常時湛水した溝を設置することで、田面の渇水時や積雪時に水生動物が退避することができる『水田退避溝』(以下、退避溝) の整備が進められている(越前市2016)。これらの環境整備のうち退避溝は、秋期から冬期における水生動物の個体数密度が同地域の6月の水田より高く、ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*)、ギンブナ (*Carassius auratus langsdorffii*)、カエル類幼生などコウノトリの主要な餌動物となりうる水生動物の生息も確認されたことから、コウノトリの野外定着の課題とされた秋期から冬期の餌量の確保(佐川2014)という点について効果が期待できると考えられた(日和ほか2016)。

しかしながら、当該地域では秋期から冬期以外に、8月の畦に生息する昆虫などの餌動物密度が、コウノトリが自活している兵庫県の福田地域と比較して少なく(水谷・佐川2014)、この時期の畔に代わる餌場環境として、退避溝の効果を検証する必要があると考えられる。また、水稻栽培において6月から8月にかけて行われる、中干しや間断通水といった水管理によって生じる、田面の渇水に対する水生動物の退避場としての効果についても検討を行う必要があると考えられる。本報告では、退避溝を設置した水田での田面と退避溝における、水生動物相及び個体数密度を初夏期(6月~7月)及び夏期(8月)について調査した。また、この調査結果に秋期から冬期(日和ほか2016)の田面と退避溝の水生動物相及び個体数密度を合わせることで、通年にわたる退避溝の水生動物相とその生息密度を明らかにし、コウノトリの採餌環境としての可能性を検討することを目的とした。

調査地と方法

水生動物の調査は、越前市が2014年から2015年にカ

¹ 越前市産業環境部農政課コウノトリ共生室
915-8530 福井県越前市府中1丁目13番7号

² 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設
381-0401 長野県下高井郡山ノ内町平穂7148

³ 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

⁴ 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

* E-mail: hiyori_ys@city.echizen.lg.jp

け、同市白山地区内の水田内にモデル的に水田退避溝を設置した9か所の水田で実施した(図1)。これらの水田は全て、環境に配慮した農業に取り組む水田であり、減農薬・無化学肥料栽培または無農薬・無化学肥料栽培

を行う水田であることから、農薬使用の有無による生物への影響は軽微である(表1)。退避溝は、市と水田耕作者が協議し、水田の給排水系や排水特性などを考慮しつつ、地盤が低く水田内で最も水の溜まりやすい場所

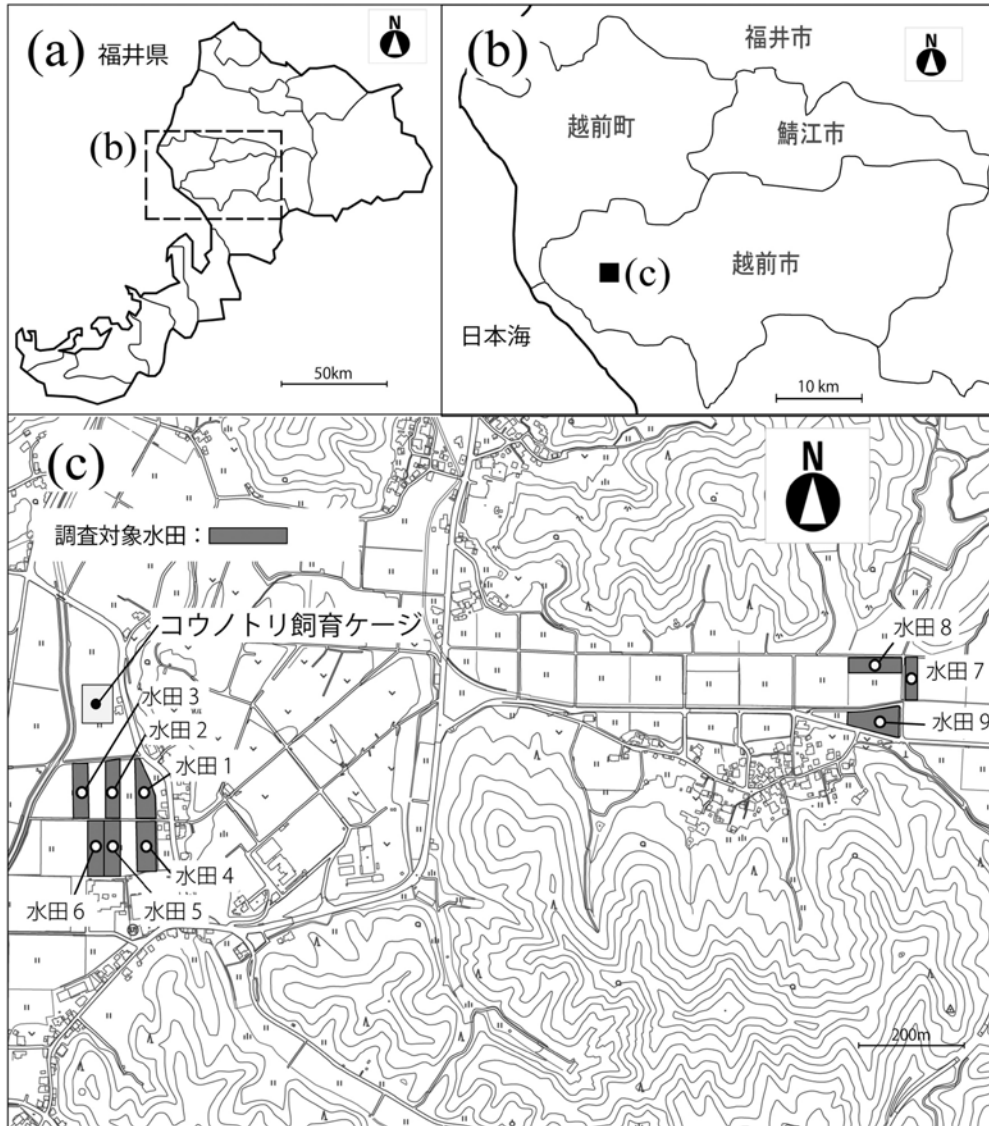


図1. 調査地の位置. (a) 福井県越前市の位置. (b) 福井県越前市白山地区. (c) 退避溝を設置した調査水田.

表1. 水田退避溝を設置した水田の概要. 表中の農薬および化学肥料の使用は、無：不使用、減：当該地域慣行栽培から50%以上減.

調査対象	農薬の使用	化学肥料の使用	退避溝面積 (㎡)	田面面積 (㎡)	付帯設備等	調査実施
水田1	無	無	19	3245	水田魚道	初夏期, 夏期
水田2	減	無	48	2800	—	初夏期, 夏期
水田3	減	無	40	2644	—	初夏期, 夏期
水田4	減	無	42	4096	—	初夏期
水田5	無	無	38	2967	—	初夏期
水田6	減	無	38	2974	—	初夏期
水田7	無	無	85	2579	—	夏期
水田8	無	無	116	2717	—	夏期
水田9	無	無	120	3605	—	夏期

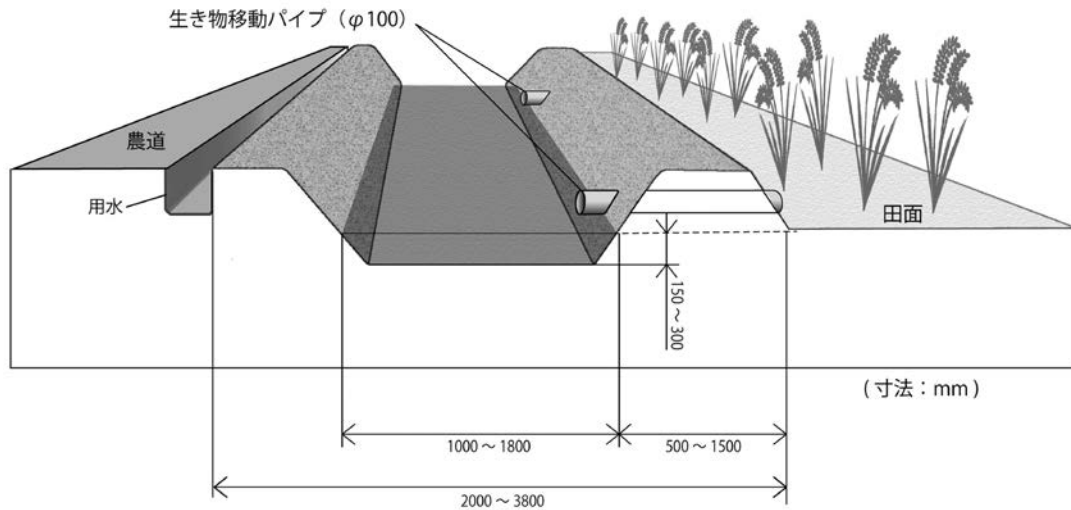


図2. 水生動物調査を行った退避溝の構造。

に重機を用いて造成した。造成した退避溝の構造を図2に示す。退避溝は、幅1～1.8m、田面渇水時の水深15～30cmを保てるように重機を用いて田面より低い位置に溝が掘削され、田面とは幅0.5～1.5mの畦によって仕切られていた。また、退避溝には排水口を設けず、田面の排水を行う排水口を水田内の別の場所に設けることにより、溝部分に恒久的に水が溜まる構造とした。退避溝と田面を仕切の中畔には、2～3ヶ所に田面と退避溝の間を水生動物が移動できるよう、『生き物移動パイプ』を田面に対して水平に設置し、水域の連続性を確保した（図2）。また、退避溝の設置された箇所は、灌漑時に隣接する用水路や水田からのしみ出し水により、ゆるやかな水の流れが発生する場所があった。調査時期は、田面の水管理の状況に合わせ、田植え後の湛水期として初夏期（6月2日から7月2日まで）、そして間断通水が行われている夏期（8月19日から22日まで）に設定した。また、田面と退避溝の平均水深は、初夏期の田面で5.0cm、退避溝で18.5 cmであり、夏期調査では田面2.5 cm、退避溝9.4 cmであった。

水生動物の調査地点は、調査した水田ごとに退避溝と田面にそれぞれ6か所ずつ設定した。水生動物の採集は、水谷・佐川（2014）及び日和ほか（2016）に従って、各地点でも網（幅35 cm、網目3 mm）を用い、畔から50cmまでの範囲を対象とし、重ならないように5回ずつ行った。また、底生生物も採集できるように、底泥もすくい取った。

採集地点ごとの採集面積は、35cm（たも網幅）×50cm（畦からの距離）×5（回）＝8750cm²（0.875m²）であった。採集した動物のうち、コウノトリが餌として利用可能と考えられる体長1 cm以上の個体（貝類、ユス

リカ類、およびイトミミズ類は除く）（日和ほか 2016）の種と体サイズを記録した。

水生動物の量は、処理区間（退避溝、田面）について調査時期で採集面積あたりの個体数密度を求め比較した。個体数密度の比較は、調査時期ごとに水田1～9それぞれの場合と、全ての水田を合わせた場合について、処理区間（退避溝、田面）で行った。後者の場合の比較では、通年にわたる処理区間の個体数密度の違いを検証するため、秋期から冬期に得られた既存データ（日和ほか2016）を援用した。処理区による水生動物の個体数密度の違いは、ウィルコクソンの順位和検定により有意差を検討した。

結 果

タモ網による掬い取り調査の結果、29分類群4472個体の水生動物が採集された（表2）。最も個体数の多かったのは、ミナミヌマエビ*Neocaridina denticulata denticulata*であり、その数は調査を行った2期の合計で2743個体と全水生動物の61.3%を占めていた。その次に多かったのはドジョウであり、585個体で全水生動物の13.1%であった。その他には、カエル類幼生（357個体、8.0%）、マツモムシ*Notonecta triguttata*（213個体、4.8%）、などが比較的多く採集された（表2）。

採集された水生動物の分類群数では、昆虫類が最も多く2期の調査の合計で16分類群が採集された（表2）。また、これらの分類群のうち、11分類群は幼虫であった。採集された昆虫類の個体数では、マツモムシ（213個体、4.8%）が最も多く、次いでガガンボ幼虫（84個体、1.9%）、ヒメゲンゴロウ*Rhantus suturalis*（72個

表2. 田面と退避溝の調査において出現した水生動物.

大区分	分類群	初夏期		夏期		計		(%)
		退避溝	田面	退避溝	田面	退避溝	田面	
両生類	アカハライモリ	3				3		0.1
	アカハライモリ幼生	7				7		0.2
	シュレーゲルアオガエル	3				3		0.1
	ツチガエル	4				4		0.1
	トノサマガエル	8	14	3	1	11	15	0.6
	ニホンアマガエル		1				1	0.0
	カエル類幼生	276	70	10	1	286	71	8.0
魚類	ギンブナ	3		14		17		0.4
	ドジョウ	108	55	410	12	518	67	13.1
	ドンコ			1		1		0.0
甲殻類	アメリカザリガニ	16		12	1	28	1	0.6
	ミナミヌマエビ	1084	19	1518	122	2602	141	61.3
昆虫類	カゲロウ類幼虫	2	2			2	2	0.1
	カワゲラ類幼虫		1				1	0.0
	トンボ科幼虫	6	12	35	12	41	24	1.5
	サナエトンボ科幼虫			2		2		0.0
	ヤンマ科幼虫	1		8	2	9	2	0.2
	イトトンボ科幼虫		2	23	3	23	5	0.6
	マツモムシ	152	26	31	4	183	30	4.8
	ヒメゲンゴロウ	25	19	22	6	47	25	1.6
	ハイイロゲンゴロウ			34	3	34	3	0.8
	コシマゲンゴロウ		1		1		2	0.0
	ゲンゴロウ類幼虫	6	12	1	1	7	13	0.4
	ガムシ幼虫		1		1		2	0.0
	ヒメガムシ	1	4	14	14	15	18	0.7
	ヒメガムシ幼虫	2	2			2	2	0.1
	ミズアブ類幼虫	4	25	4	2	8	27	0.8
	ガガンボ幼虫	13	68		3	13	71	1.9
その他	ヒル類	24	48	9	2	33	50	1.9
	個体数合計	1748	382	2151	191	3899	573	100
	分類群数	21	19	18	18	25	22	-
	総分類群数	26		21		29		-

体, 1.9%) そしてトンボ科幼虫 (65個体, 1.5%) と続いた (表2).

調査時期ごとの水生動物の出現個体数では, 夏期と比較して, 初夏期にはカエル類 (成体) の分類群数が多く, カエル類幼生は採集個体数が多かった (表2). また, 魚類では初夏期と比較して夏期に水田退避溝での出現個体数が増加していた (表2).

水生動物の個体数密度は, 調査を行った両時期ともに, 全ての水田で田面よりも退避溝で高かった (図3, 図4). 処理区間の平均個体数密度は, 退避溝において夏期が最も高く (68.4 ± 46.1 inds/m²), 次いで初夏期の退避溝 (55.6 ± 15.2 inds/m²) そして初夏期の田面 (12.2 ± 4.2 inds/m²), 夏期の田面 (9.2 ± 14 inds/m²) と続い

た.

各調査時期における全ての水田を合わせた処理区間の水生動物の個体数密度と日和ほか (2016) で得られた秋期から冬期の処理区間における水生動物の個体数密度を比較した結果, 全ての調査時期で退避溝が田面よりも有意に高かった (図5). また, 表2で示した水生動物の5つの大区分の出現個体数の割合を初夏期, 夏期そして日和ほか (2016) で得られた秋期から冬期を合わせた, 処理区間で比較した結果, 退避溝では増減はあるものの, 5つ全ての大区分の水生動物が, 調査時期を問わず採集された (図6A). 一方, 田面では9月の渇水期には全く水生動物が採集されず, 大区分の水生動物の割合は調査時期ごとに大きく変動していた (図6B).

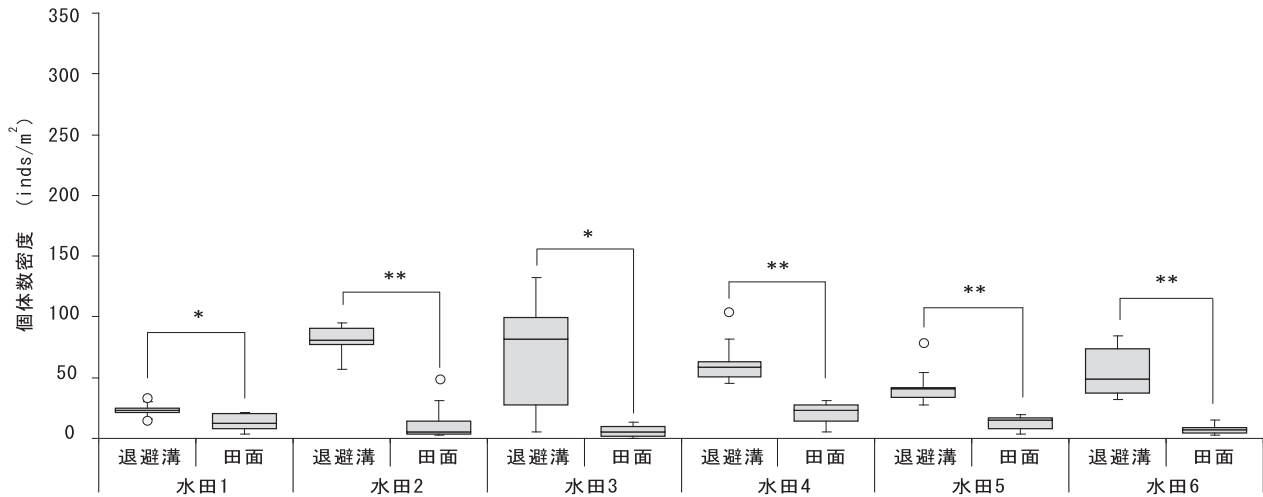


図3. 初夏期（6～7月）における退避溝と田面における各水田の個体数密度. 箱の中央, 上, 下の線はそれぞれ中央値, 第3四分位, 第1四分位である. 箱の上下のひげは値の範囲を示す. 点は外れ値を示す. 図上の記号は, ウィルコクソンの順位と検定による処理区間での比較の結果を示す (N/A: データなし, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

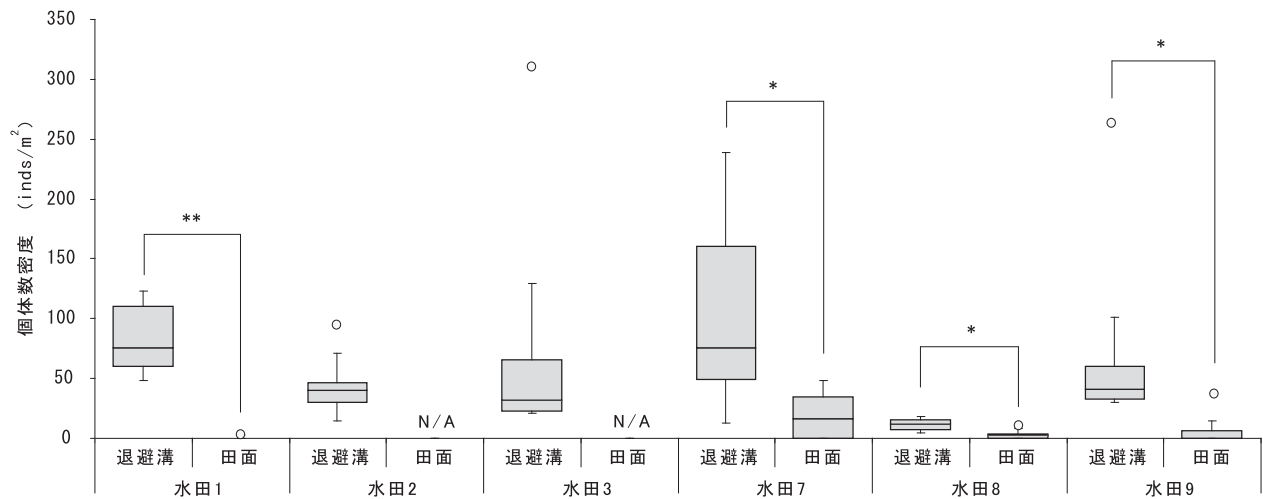


図4. 夏期（8月）における退避溝と田面における各水田の個体数密度. 箱ひげ図の説明は図3の説明を参照. 水田2及び3は, 田面の渇水により水生動物を採集できなかった.

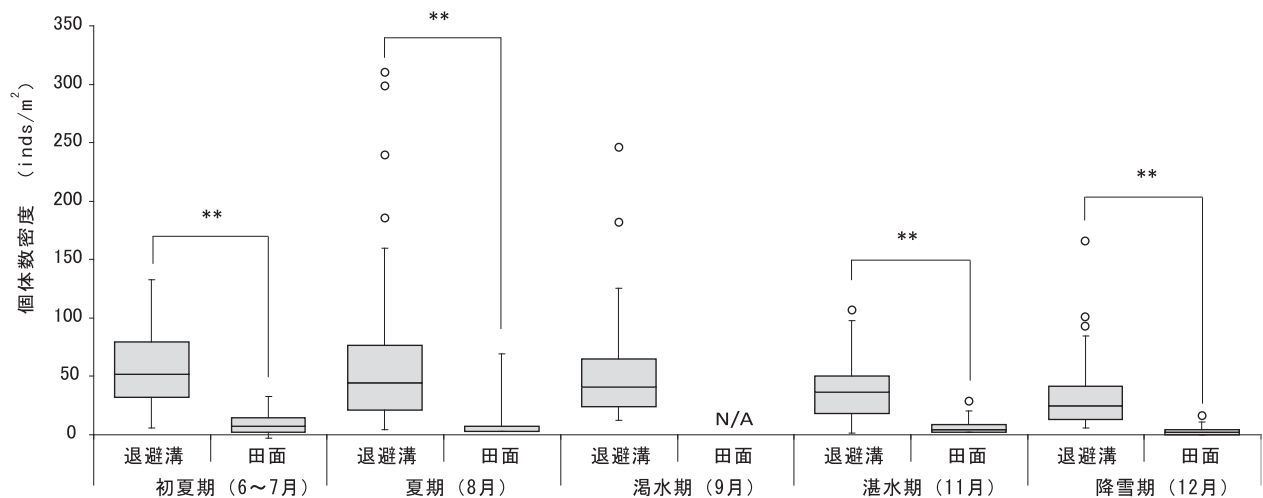


図5. 初夏期から降雪期までの退避溝と田面から採集された水生動物の個体数密度. 9月, 11月, 12月は, 日和ほか (2016) で得られた個体数密度 (N/A: データなし). 9月は, 田面の渇水により水生動物を採集できなかった. 箱ひげ図の説明は図3の説明を参照.

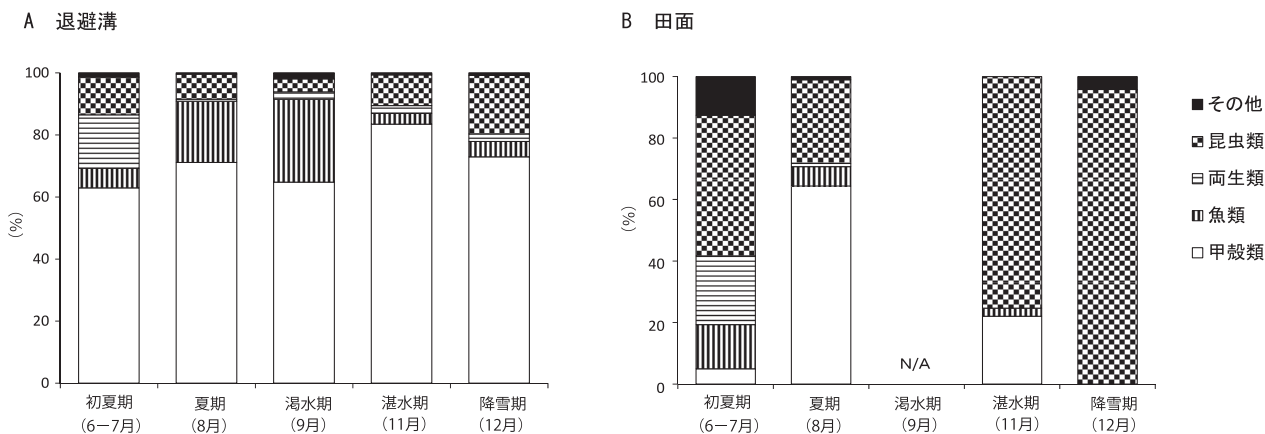


図6. 初夏期から降雪期までの退避溝と田面から採集された水生動物の5つの大区分の割合. 9月, 11月, 12月は, 日和ほか (2016) で得られた水生動物の割合 (N/A: データなし).

考察

水田周辺に広がる用排水路, 谷水などの冷水を温め水田に引き入れるための「ヌルメ」, 「テビ」と呼ばれる迂回路, しみ出し水を排水するための側溝などの恒久的水域は, 魚類を含めた多くの水生動物の生息環境として重要であることが報告されている (中村 2007; 柳澤 2007; 田和ほか 2013). 今回の調査においても, 調査時期を問わず大部分の分類群が水田退避溝から採集されており, 個体数も田面に比べて多かった. 特に全分類群の中でも多くの個体数が採集されたミナミヌマエビ, ドジョウそしてカエル類幼生は, 水中生活が必須の分類群であり, 水田内に作られた恒久的水域である退避溝が, これらの水生動物の生息場所として機能していた.

採集された分類群数が最も多かった昆虫類では, 半数以上の分類群が幼虫であり退避溝の設置された水田が, 初夏期から夏期にかけて水生昆虫類の繁殖及び幼虫の生息場所となっていた.

調査時期ごとの水生動物の出現個体数では, 夏期において初夏期と比較してカエル類の分類群数及び個体数が減少していた. これは, 採集されたカエル類の繁殖期は, 最盛期が5~6月であり (林 2007; 松橋・奥山 2002), 初夏期には, 繁殖のため退避溝や田面の水域付近にいたカエル類成体が, 夏期になると畦などの陸域に移動したこと, そしてカエル類幼生の多くが変態し, 上陸したためであると推察される.

魚類では, 退避溝において初夏期よりも夏期において採集個体数が増加していた. 初夏期の田面は, 田植え後

の湛水状態であり, 平均5cm程度の水深が確保され, 魚類の生息が可能であると考えられる. しかし, 7月中旬から田面は, 中干しが行われるため一時的に渇水状態となる. また, 夏期調査を行った8月は, 間断通水期で田面は湛水と渇水を繰り返しており, 調査時の田面の平均水深は2.5cmと低かった. このような, 田面の渇水と低水深によってドジョウなどの魚類が退避溝に移動したことが, 採集個体数を増加させた要因であると考えられる.

水生動物の個体数密度は, 調査を行った両時期ともに, すべての水田で田面よりも退避溝で有意に高かった. また, 各調査時期の水生動物の平均個体数密度は, 夏期の退避溝で最も高く, 夏期の田面で最も低かった. これは, 魚類同様他の水生動物についても7月以降の田面の渇水と低水深によって生息可能な水域が減少し, 恒久的水域である退避溝に移動したことが一因であると考えられる. このようなことから, 退避溝は, 水田域に生息する水生動物にとって, 田面渇水時における, 退避場としての機能を有していることが示唆される.

初夏期から冬期までの全ての調査時期において, 退避溝の個体数密度は田面よりも有意に高く, 退避溝が通年にわたる水生動物の生息環境となっていた. 退避溝は, 農作業の水管理に伴う渇水だけでなく, 冬期における積雪や凍結の影響も非常に少ない恒久的水域であり (日和ほか 2016), 水田域に生息する水生動物にとって通年にわたり生息場所として利用できる環境になると考えられ, 水田生態系の保全再生に高い効果が期待できる.

田面では大区分の水生動物類の割合が変動したが, 退避溝では比較的安定していた. 退避溝において最も割合

が高かった大区分は、甲殻類でその大部分はミナミヌマエビであった。ミナミヌマエビは、飼育下コウノトリへの給餌実験で採餌することが確認されているが（福井県未発表）、田和ほか（2016）の報告では、野外コウノトリの餌動物として報告されていない。今後ミナミヌマエビが野外コウノトリの餌動物となりうるかについて、観察記録などにより検証が必要である。

コウノトリの主要な餌動物となる魚類については、退避溝において全ての調査時期で採集されている。これまでのコウノトリの餌動物調査で、当該地域は、8月（水谷・佐川 2014）及び秋から冬（佐川 2014）に餌量が少なく、野外定着の課題とされていた。退避溝は、通年にわたり魚類が生息しており、水生動物に占めるその割合は田面が渇水状態になる8月（夏期）と9月（渇水期）に多く、8月の魚類の採集個体数は、今回の調査期間内で最も多かった。したがって、水谷・佐川（2014）により餌量が少ないとされた8月において、畦に代わる餌場として退避溝の効果が期待できると考えられる。また、退避溝では、12月にも魚類が確認されており、冬期の採餌環境として、主に河川を利用するコウノトリ（Naito and Ikeda 2007）の、河川以外の魚類の採餌環境としても効果が期待できる。

両生類については、初夏期において退避溝と田面それぞれ全水生動物の10%程度を占めていた。しかしながら、それぞれの採集個体数は田面より退避溝が多かった。また、採集された両生類の大部分がカエル類幼生であったことから、コウノトリがカエル類幼生を効率よく捕食できる環境として、退避溝の効果が期待できる。しかし、8月以降になると両生類の水生動物に占める割合は減少し、9月以降は退避溝でわずかに確認されるだけとなった。両生類のうち最も多く採集されたカエル類幼生は、その多くが8月までに変態上陸し水域を離れる。したがって、8月以降では、退避溝と田面の水域内でコウノトリが両生類を餌動物として利用できる機会は少なくなる。しかし、退避溝では、9月以降に越冬するカエル類幼生やカエル類成体が採集されており（日和ほか 2016）、これらが餌動物となる可能性はある。

昆虫類では、コウノトリの餌となる分類群としてトンボ目幼虫（田和ほか 2016）が挙げられる。トンボ目幼虫は、今回の調査期間では4分類群が採集されており、秋期から冬期にも退避溝から確認されていることから（日和ほか 2016）、コウノトリが通年にわたり餌動物として利用できる分類群であると推察される。トンボ目幼虫以外の昆虫類の分類群の多くは、これまでコウノトリ

の餌動物としての報告がない、マツモムシ、ガガンボ類幼虫、ヒメゲンゴロウといった小型の水生動物であったことから、これらの昆虫類がコウノトリの餌動物として寄与するかという点について検討が必要である。

本研究により、退避溝が通年にわたり田面より高い密度で、水生動物の生息する環境であることが明らかとなった。また、退避溝では、田面と比較して各大区分の個体数の割合の変動が年間を通して少なく、コウノトリの主要な餌動物となる魚類、両生類そして昆虫類なども生息していたことから、コウノトリの通年にわたる採餌環境として機能する可能性が示された。今回調査した退避溝では、2016年3月から4月に当該地域に飛来し、ペアとなった2羽の野外コウノトリの採餌が複数回確認されており、今後これらの個体観察記録をもとに、退避溝の利用頻度の高い時期や餌動物を明らかにすることで、採餌環境としての効果について評価を行うことが望まれる。

謝 辞

調査を遂行するにあたり、水田退避溝の設置にご協力頂いた、コウノトリ呼び戻す農法部会の稲葉 洋氏、恒本明勇氏、そして越前市都辺町と黒川町の皆様に感謝申し上げます。

本研究は、平成28年度環境省生物多様性保全推進支援事業及びJSPS科研費コウノトリ野生復帰の全国展開と生物多様性の保全・再生に関する実践科学的研究（16H02994）の助成を受けて実施された。

摘 要

越前市白山地区に造成した水田退避溝と田面において、初夏期（6月～7月）と夏期（8月）における水生動物群集の生息状況を調査した。その結果、29分類群4472個体の水生動物が採集された。採集された水生動物の個体数では、ミナミヌマエビが最も多く、ドジョウやカエル類幼生も多かった。採集された分類群で最も多かったのは、昆虫類で多くが幼虫であったことから退避溝の設置された水田が、水生昆虫類の生息場所だけでなく繁殖場所となっていることが明らかとなった。また水生動物の個体数密度は、これまでに調査した秋期から冬期における個体数密度と合わせて検討した結果、初夏期から冬期までの全ての調査時期において、退避溝の個体数密度が田面よりも有意に高く、退避溝が通年にわたる水生動物の生息環境となっていた。また、退避溝は恒久的な水域であることから、田面と比較して水生動物相の割

合の変動が年間を通して少なく、コウノトリの餌動物となりうるカエル類、カエル類幼生及びドジョウなどの水生動物が年間を通じて生息可能な環境であり、コウノトリの採餌環境として機能する事が期待できる。

キーワード 水生動物, コウノトリ, ドジョウ, ミナミヌマエビ, 水田生態系, 水田退避溝

引用文献

- 林 光武 (2007) 水田で産卵する両生類の生態. 水谷正一 (編) 水田生態工学入門. 農文協, 東京, pp. 57-64.
- 日和佳政・藤長裕平・水谷瑞希・田和康太・佐川志朗 (2016) コウノトリの採餌環境創出を目的とした水田退避溝設置の効果—福井県越前市における水田生態系保全事例— 野生復帰, 4:29-36.
- 松橋利光・奥山風太郎 (2002) ヤマケイハンディ図鑑9 日本のカエル+サンショウウオ類. 山と溪谷社, 東京, 190 p.
- 水谷瑞希・佐川志朗 (2014) 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. 野生復帰, 3:39-50.

Naito K, Ikeda H (2007) Habitat restoration for the reintroduction of Oriental White Storks. *Global Environmental Research*, 11:217-221.

中村智幸 (2007) 水田で産卵する魚類の生態. 水谷正一 (編) 水田生態工学入門. 農文協, 東京, pp. 51-56.

佐川志朗 (2014) 餌環境の全国評価と豊岡における自然再生の展開. 兵庫県教育委員会, 神戸, 19 p. [<http://www.hyogo-c.ed.jp/~shabun-bo/shisetsu/gidai2.pdf>]

田和康太・中西康介・村上大介・西田隆義・沢田裕一 (2013) 中山間部の湿田とその側溝における大型水生動物の生息状況. *保全生態学研究*, 18:77-89.

田和康太・佐川志朗・内藤和明 (2016) 9年間のモニタリングデータに基づく野外コウノトリの食性. *野生復帰*, 4:75-86.

柳沢祥子 (2007) テビに生息する生きもの. 水谷正一 (編) 水田生態工学入門. 農文協, 東京, pp. 71-74.

付 記

越前市 (2016) コウノトリが舞う里づくり. [<http://www.city.echizen.lg.jp/office/060/020/satochisatoyama/nmausatodukuri.html>]

(2017年3月9日受理)