

兵庫県北部円山川下流域における中・大型水鳥類からみた河道内水辺再生地の評価

*植木祐次¹・佐川志郎²

Evaluation of riparian restoration sites using medium and large waterfowl as indicators in the lower Maruyama River basin, northern Hyogo Prefecture

* Yuji Ueki¹ 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

* Email: 2ba3666@gmail.com

Abstract The habitat and foraging behavior of medium and large waterfowls were investigated to evaluate the functional success of the riparian restoration sites in the lower Maruyama River Basin. Forty-six line transects were assessed over a one-year period, from April 2019 to March 2020, at eight restoration sites (encompassing four types) and eight control sites. Foraging behavior occurred only at the restoration sites. The number of birds and ducks, including the Oriental White Stork (OWS), Grey Heron (GH), and Great Egret (GE) were significantly higher at the restoration sites than at the control sites. These results did not differ between the wando-pool and gentle slopes. Investigating species, OWS had positive and significant preferences with continuous riparian distance and high diversity of fish species. GH and GE preferred riparian distance and high fish species diversity. The results suggest that restoration sites should be linked to form a continuous riparian zone for effective OWS conservation.

Key words artificial backwater zone, Great Egret, Oriental

White Stork, river restoration, secondary channel, wando-pool

はじめに

兵庫県北部の一級河川円山川では、2005年11月に持続可能な環境管理を目的とした自然再生計画が策定され、直轄および補助区間内における自然再生事業が推進されてきた（石田ほか 2014, 都築 2016）。円山川水系における自然再生事業の特色としては、河道内外に創出した様々な湿地を水系のネットワークで連結させることができ柱となっており（佐川 2012），この手法は、コウノトリ *Ciconia boyciana* の野生復帰が行われている多くの自治体に採用されている（佐川 印刷中）。本研究では流域全体で様々な実施してきた環境整備（ビオトープ造成、コウノトリ育む農法、多様な魚道工の導入、河道内の水辺再生）のうち、河道内の水辺（河道内湿地）を再生する工法に着目した。それらに対する生態的機能に関する研究としては、試験施工段階のワンド造成が魚類の再生産や稚仔魚の生息場として機能することが報告されているだけである（都築 2010）。今後も推進されていく自然再生事業に資するためにも、多くの生物分類群に対する科学的評価の集積が望まれている。

当該地域は河口から20km上流まで汽水域が広がっており、2002年に行われた河川水辺の国勢調査では、海鳥を含めて163種の鳥類が確認されている（国土交通省 2002）。このうち、河川を利用する大型鳥類としては、コウノトリ、ダイサギ *Ardea alba*、およびアオサギ *Ardea cinerea* が挙げられ、これらの環境利用に関する研究では、水田での生息数が河川の3倍に達し、農閑期であっても河川への依存が高まらないことが報告されている（中島ほか 2006）。しかし、本調査は2001年から2002年の間、すなわち、自然再生事業が行われる前に実施されたものであり、自然再生事業が進んだ現在においては利用形態が異なってきている可能性もある。

そこで本研究では、兵庫県円山川下流域（河口からの距離12-15km）に含有される4タイプの水辺再生地を調査地として、中・大型水鳥類の周年にわたる利用状況と定着に寄与する要因を解明し、今後の自然再生事業に資することを目的とした。

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

* Email: 2ba3666@gmail.com

表1. 調査地 (8箇所の再生地および8箇所の対照地) の環境等緒言.

Table 1. The eight restoration and eight control site data assumptions.

再生タイプ ¹⁾	再生地								対照地								
	Re1	Re2	Re3	Re4	Re5	Re6	Re7	Re8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
SWB	GS	GS	LWB	GS	SWB	SC	SWB									—	
改良完了年.月	2015.3	2017.6	2017.3	2014.3	2017.3	2017.3	2018.3	2018.5								2006.3~2009.3	
標高(m)	1.2	1.6	1.5	1.3	1.7	1.5	2.1	2.7	1.7	2.1	1.4	1.5	2.4	1.9	2.4	1.6	
水辺縦断距離(m)	67	205	215	191	190	95	180	210	0	0	0	0	0	0	0	0	
水辺連続距離(m) ²⁾	67	205	215	476	476	476	180	210	0	0	0	0	0	0	0	0	
水面幅(m) ³⁾	160	153	152	145	161	132	115	110	144	147	140	142	135	103	124	115	
目視縦断距離(m)	67	205	215	191	190	95	180	210	191	176	128	153	138	115	123	215	
目視面積(m ²)	水域	1390	1810	2220	6810	8630	4400	5450	4050	4780	4060	3300	3960	3310	3560	2710	5510
陸域	1010	110	0	260	85	750	2800	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	
水深分布(%) ⁴⁾	<0cm	84	0	20	4	0	12	52	40	0	0	0	0	0	0	0	
~50cm	16	40	20	80	80	68	20	20	40	0	0	40	20	100	0	0	
~150cm	0	20	12	16	20	20	28	40	60	60	68	60	80	0	96	8	
~250cm	0	36	16	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	4	72	
~350cm	0	4	32	0	0	0	0	0	0	40	12	0	0	0	0	20	
付帯工法 ⁵⁾	捨石	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
木工沈床	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
魚類生息数 ⁶⁾	種数	15	11	11	15	13	13	11	13	—	—	—	—	7	—	—	
個体数	774	612	232	935	704	343	167	783	—	—	—	—	117	—	—	—	

- 1) LWB: Large types of water bodies (ワンド開口部大型), SWB: Small types of water bodies (ワンド開口部小型), GS: Gentle slope (緩傾斜タイプ), 平水位水際部周辺の勾配: 1/10-1/13), SC: Secondary channel (副流路タイプ).
- 2) 水辺連続距離は隣接する再生地の水辺縦断距離を含めた水辺縦断距離を示す.
- 3) 水面幅は水辺域を含めた河道全体の水面幅を示す.
- 4) 水深分布はグリーンレーザー測量データ (2017年11月撮影) を用い定量化した.
- 5) 全調査地に捨石工 (木工沈床工含む) が施されている.
- 6) 魚類生息数は2018年7月に調査した投網10回, タモ網2人×20分あたりのCPUE値である (国土交通省豊岡河川国道事務所 未発表).

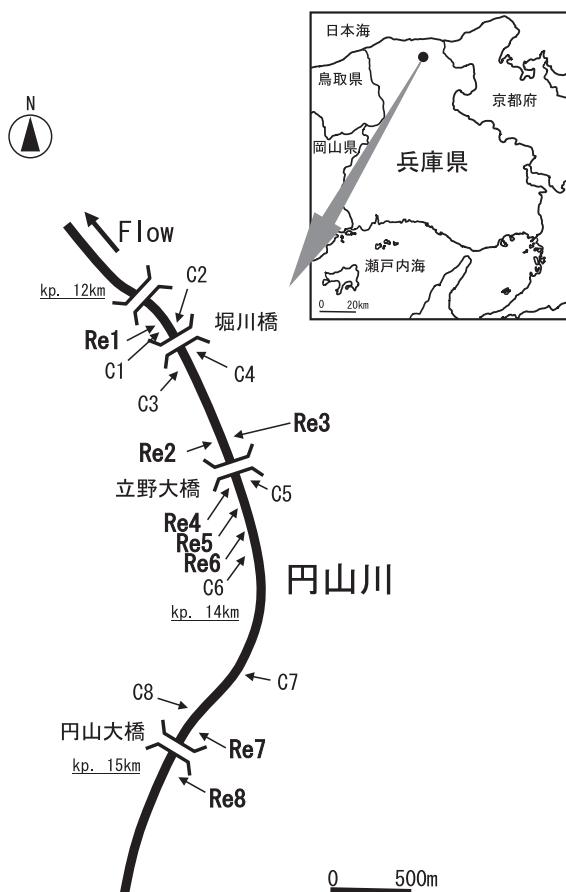


図1. 16箇所の調査地. 水辺再生地を (Re : Restoration), 対照地を (C : Control) とした. k.p.は, キロポスト (河口からの距離) を表す. 調査区域は汽水域にあたる.

Fig. 1. Diagram of the 16 brackish water survey sites. Riparian restoration (Re) and control (C) sites with the kilometer post (distance from the mouth of the river) (k.p.) .

材料と方法

1. 調査地

調査地は, 兵庫県豊岡市の円山川 (流路延長68km, 流域面積 1300km²) 下流域の京都丹後鉄道橋 (k.p. 11.8km) から円山大橋上流 (k.p. 15.3km) までの区間約3.5kmに存する8箇所の水辺再生地と8箇所の対照地である (図1). ここで水辺再生地とは, 中水敷 (佐川 印刷中) が形成された後に高水敷側に掘削してさらなる水域を追加創出 (2014年から工事実施) した箇所と定義した. 中水敷は調査区間の左右岸全体に渡り, 浅水域および湿地の創出を目的として2006年3月~2009年3月の期間に施工されている (表1). 水辺再生地は, ワンド開口部大型 (Large types of water bodies: LWB), ワンド開口部小型 (Small types of water bodies: SWB), 緩傾斜型 (Gentle slope: GS) および副流路型 (Secondary channel: SC) の4タイプが存在するため (図2), それぞれ順に1, 3, 3および1地点の計8調査地を選定した (図1, 表1). これらの水辺再生地は対照地よりも50cm以下の浅水域が卓越し, 生息する魚種数と個体数も多い傾向がある. なお, 本調査地は塩水遷上範囲にあたり, 淡水および汽水性の魚類が多種にわたり生息している.

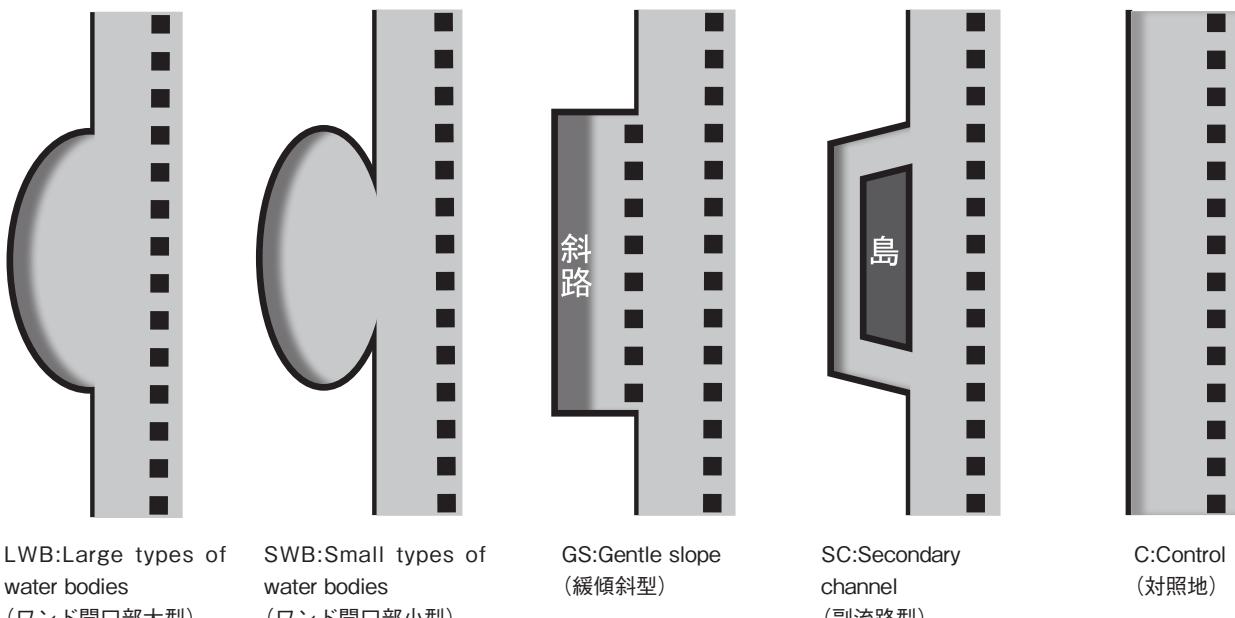


図2. 河道の水際部における4タイプの水辺再生地と対照地. 薄い塗りつぶしは水域を, ■は捨石を示す.

Fig. 2. Four Riparian restoration site types at the edge of the river channel. The light shading and ■ highlight the water area and rubble, respectively.

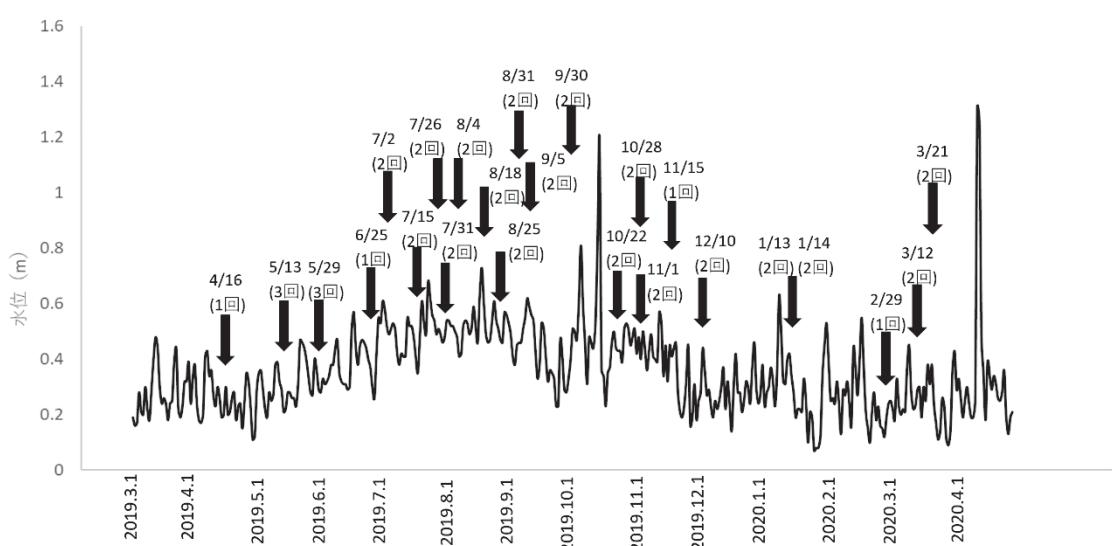


図3. 水位の経時変化と調査日（24日間, 計46回）との関係. ↓は調査日を表す. 立野大橋水位観測所のデータ（国土交通省 2021）を用いて作成した.

Fig. 3. Relationship between temporal changes in the water level with the survey dates (24 days, 46 times in total). The arrows indicate the survey dates. The data was obtained from the Tachino Bridge water level observation station (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2021).

2. 調査時期

調査時期は、2019年4月16日から2020年3月21日までの24日間、計46回である（図3）。河川の水位を鑑み、水位の高い時は調査を実施せず、しかし、周年にわたり満遍なく調査をするように配慮した。

3. 鳥類確認方法

調査地を見渡せる堤防上を自転車で移動し、各調査地

を利用する鳥類を双眼鏡（Nikon製, Monarch, 8×42）や望遠鏡（Nikon製, Field Scope ED D60 P）を用いて観察した。各調査地では5分間の定点観察を行い、鳥類種、個体数、採餌の有無を記録した。出現鳥類が多数出現し同定が困難な場合には、写真または動画を持ち帰り同定・計数を行った。

表2. 調査地ごとの確認鳥類.

Table 2. The medium and large waterfowl species observed at each survey site. Foraging behavior is indicated by *.

科	和名	学名	再生地								対照地							
			Re1	Re2	Re3	Re4	Re5	Re6	Re7	Re8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
カモ	1 ヨシガモ	<i>Anas falcata</i>				●												
	2 ヒドリガモ	<i>Anas penelope</i>																
	3 マガモ	<i>Anas platyrhynchos</i>			●	●	●	●	●	●								
	4 カルガモ	<i>Anas zonorhyncha</i>	●	●	●	●	●	●	●	●								
	5 オナガガモ	<i>Anas acuta</i>																
	カモ属	<i>Anas</i> sp.	●	●	●	●	●	●	●	●								
コウノトリ	6 コウノトリ	<i>Ciconia boyciana</i>																
ウ	7 カワウ	<i>Phalacrocorax carbo</i>	●	●	●	●	●	●	●	●								
サギ	8 アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	●	●	●	●	●	●	●	●								
	9 ダイサギ	<i>Ardea alba</i>	●	●	●	●	●	●	●	●								
クイナ	10 オオバン	<i>Fulica atra</i>				●												
種数			5	7	6	7	6	5	7	5	0	0	4	1	6	0	1	2
						9									7			

種名の配列は日本産鳥類目録改訂第7版（日本鳥学会 2012）によった.

*採餌確認を示す.

表3. マンホイットニのU検定を用いた再生地と対照地の鳥類確認状況（上段：中央値、下段：最小値-最大値）の比較.

Table 3. Comparison of waterfowl observations between the restoration and control sites using Mann-Whitney's U test. The top row provides the median value and the bottom row is the minimum-maximum value.

	再生地 (n = 8)	対照地 (n = 8)	U値	P値
確認種数	6 5-7	1 0-6	60	**
確認回数 ¹⁾	a: 1~5個体 15.5 9-24	0.5 0.2	64	***
	b: 6~10 1 0-3	0 0.1	53	*
	c: 11~50 2 0.5	0 0.3	52.5	*
	d: 51~100 0 0.5	0 0.1	37	ns
	e: 100~ 0 0.0	0 0.3	28	ns
各種の確認回数	カモ類 7.5 2-10	0.5 0.9	56.5	*
コウノトリ	1 0.6	0 0.0	52	*
カワウ	2 0.4	0 0.4	43.5	ns
アオサギ	5 2.9	0 0.1	64	***
ダイサギ	15 2-19	0 0.0	64	***

¹⁾ 各調査地で1調査回あたりに確認された中大型鳥類個体数 (a-e) の確認回数

***: P < 0.001, **: P < 0.01, *: P < 0.05, ns: not significant (有意差なし)

4. データ解析

水辺再生地の鳥類からみた機能を評価するために、鳥類の確認種数、5カテゴリー区分 (a: 1~5個体, b: 6~10個体, c: 11~50個体, d: 51~100個体, e: 100個体~) の確認回数、各種（カモ類*Anas* sp., コウノトリ, カワウ *Phalacrocorax carbo*, アオサギ, ダイサギ）の確認回数について、再生地と対照地との間、および緩傾斜地 (Re 2, 3, 5) とワンド (Re1, 4, 6, 8) との間とでマンホイットニのU検定を行った。有意水準は5%とした。解析にはエクセル統計ソフト Statcel 4 (柳井 2015) を用いた。

16調査地中5調査地以上で確認されたコウノトリ、カワウ、アオサギおよびダイサギの確認回数を目的変数に、1. 水辺縦断距離、2. 水辺連続距離、3. 最大水面幅、4. 水面幅、5. 水深多様性、6. 魚種数および7. 魚個体数を説明変数として単変量一般化線形モデル解析: GLM (ポワソン分布, logリンク関数) を実施した。オフセット項は目視面積とした。「1. 水辺縦断距離」は、各再生地を平面的にみた際の上流から下流における水域の最大距離と、「2. 水辺連続距離」は、各再生地が連続して配置されていた際の水辺縦断距離の累積距離と定義した。各変数の定義については表1に記載した。解析にはフリー統計ソフト R ver.3.6.2 (R Core Team 2019) を使用した。

結果

1. 水辺再生地を利用する中・大型水鳥類

調査の結果、累計で2095個体の中・大型鳥類が観察され（再生地: 1360, 対照地: 735）、全体の確認種数は10種であった（表2）。カモ類に加えコウノトリやサギ類（アオサギおよびダイサギ）、カワウ、オオバン *Fulica atra* が確認された。ヨシガモ *Anas falcata*、コウノトリ、ダイサギ、オオバンは再生地のみで、ヒドリガモ *Anas penelope*、オナガガモ *Anas acuta* は対照地のみで確認された。

採餌確認は再生地のみでなされ、Re4以外で採餌が確認された。出現種数は対照地（7種）より再生地（9種）の方が多い（表2）、統計学的に有意であった（表3）。

調査地ごとに一度に確認された個体数は1~5個体が卓越し、再生地が対照地よりも50個体未満のカテゴリーでは有意に多かった（表3）。しかし51個体以上のカテゴリーでは有意差は認められず、対照地であってもC5においては100個体以上の群れが3回確認された（図4）。

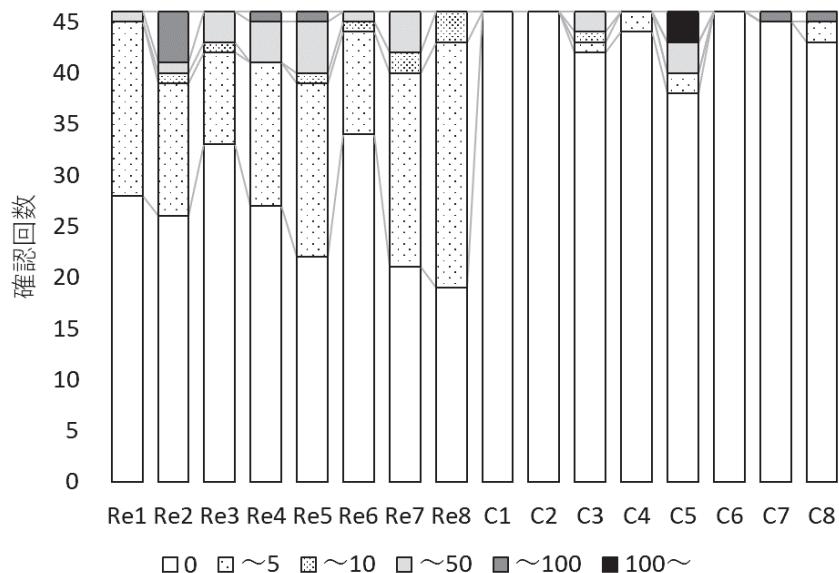


図4. 調査地ごとの一度に確認された鳥類個体数（6カテゴリー）の確認回数。

Fig. 4. Number of waterfowls observed in each of the six categories at all 16 survey sites.

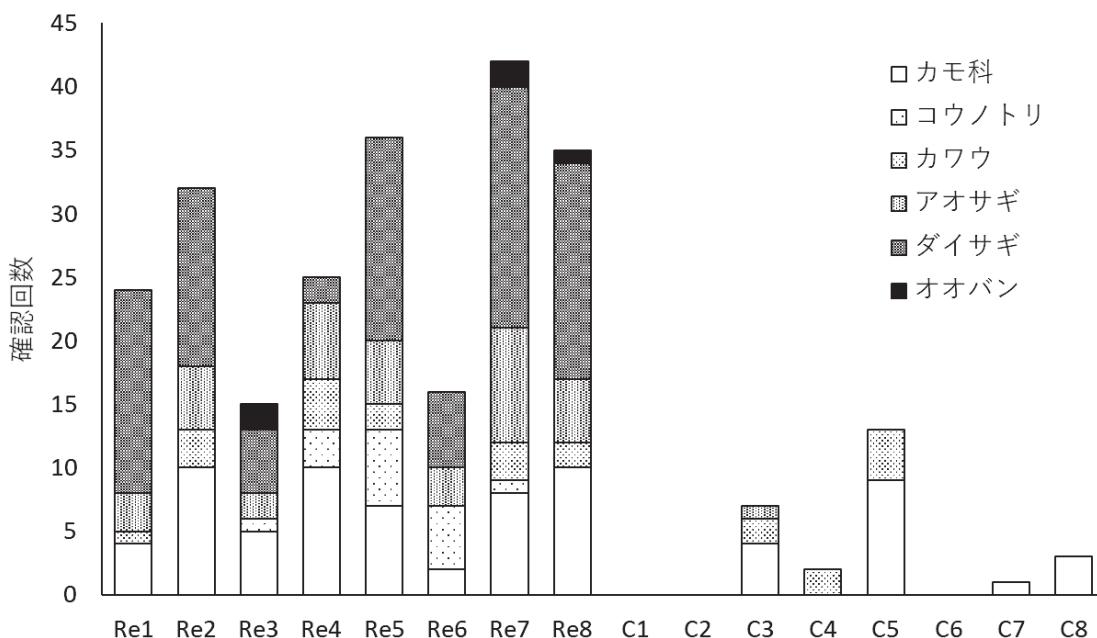


図5. 調査地ごとの鳥類種の確認回数。

Fig. 5. Number of observations of each waterfowl species at each of the 16 survey sites.

各種の確認回数はカモ類、コウノトリ、アオサギおよびダイサギにおいて再生地が対照地よりも有意に多く（表3）、特にほとんどの調査地において、ダイサギの確認回数が卓越しアオサギより採餌観察が多かった（図5、表2）。

緩傾斜地とワンドにおいて前述した要素を比較した結果、確認種数、確認個体数、各種の確認回数いずれにおいても有意差は確認されなかった（表4、 $P > 0.05$ ）。一方で、魚種数と魚類個体数においては、両者において有意な差

は認められなかったものの有意確率は小さく（マンホイットニのU検定、前者: 0.08、後者: 0.16）、特に魚種数において、ワンドが緩傾斜地より多い傾向がみられた。

2. 水鳥の定着に寄与する要因

GLM解析の結果を表5に示した。各種についてAICが小さいもの2つに着目すると、コウノトリでは水辺連続距離（ko2）および魚種数（Ko6）、カワウでは魚類個体数（Kawa7）および水辺縦断距離（kawal）、アオサギで

表4. マンホイットニのU検定を用いた緩傾斜地とワンドの鳥類確認状況（上段：中央値、下段：最小値-最大値）の比較。
Table 4. Comparison of the waterfowl observations between the gentle-slopes and wando-pools using Mann-Whitney's U test. The top row provides the median value and the bottom row is the minimum-maximum value.

	緩傾斜地 (n = 3)	ワンド (n = 4)	U値	P値
確認種数	6 6.7	5 5.7	2.5	ns
確認回数 ¹⁾	a: 1~5個体 9-17	15.5 10.24	8.5 ns	
	b: 6~10 1-1	0.5 0.3	4.5 ns	
	c: 11~50 1-5	1 0.4	3 ns	
	d: 51~100 0.5	1 0.1	3 ns	
各種の確認回数 カモ類	7 5-10	7 2-10	5 ns	
コウノトリ	1 0.6	1.5 0.5	5 ns	
カワウ	2 0.3	1.5 0.4	6 ns	
アオサギ	5 2.5	4 3.6	7 ns	
ダイサギ	14 5-16	11 2-17	6.5 ns	

¹⁾ 各調査地で1調査回あたりに確認された中大型鳥類個体数 (a-d) の確認回数

***: P < 0.001, **: P < 0.01, *: P < 0.05, ns: not significant (有意差なし)

は水辺縦断距離 (ao1) および魚種数 (ao6), ダイサギでは水辺縦断距離 (dai1) および魚種数 (dai6) が該当する (表5). すべてのモデルの係数の符号はプラスなので, これらの要因が大きく (多く) なれば, 各種の確認回数が増えると解釈される. 特にコウノトリと水辺連続距離とのモデル (ko2) のみが自由度より残差逸脱度が小さいモデルとなっており, Crawley (2015) によるとモデルとしての適合度がより高いモデルとみなされた.

考察

1. 水辺再生地の中・大型鳥類に対する機能

調査の結果10種2095個体の中・大型水鳥類が確認され, 種数および個体数, 各種の確認回数いずれにおいても, 再生地の方が対照地よりも多い傾向が確認された. 以上より, 水辺再生地は中・大型水鳥類の生息場所として良好に機能していることが示唆される. また, 採餌確認が再生地のみで確認され, 魚種数も多いことから, 再生地は魚類の生息場所としても良好に機能しており, それを

表5. 解析種の確認回数 (図7) を目的変数, 7要因 (表1) を説明変数にした一般化線形モデル解析 (ポワソン分布, Logリンク関数, オフセット項: 目視面積) の結果. 解析種は, 16調査地中5調査地以上で確認されたコウノトリ, カワウ, アオサギおよびダイサギとした.
Table 5. Results of GLMs: generalized linear model (Poisson distribution, Log link function, offset: visual area) of the number of observations of each waterfowl (Fig. 7) with the seven site characteristics (Table 1). The species analyzed includes storks, cormorants, great blue herons, and great egrets, which were confirmed at a minimum of five survey sites (of the total 16 survey sites).

種名	モデルNo.	説明変数	切片	係数	残差逸脱度	自由度	AIC	ΔAIC
コウノトリ	ko1	水辺縦断距離 (m)	-9.6 ***	0.0087 *	25.11	14	43.2	19.3
	ko2	水辺連続距離 (m)	-11.3 ***	0.0083 ***	5.75	14	23.9	0.0
	ko3	最大水面幅 (m)	-12.8 ***	0.0276	30.83	14	49.0	25.1
	ko4	水面幅 (m)	-13.7 ***	0.0379 *	26.71	14	44.8	20.9
	ko5	水深多様性	-9.2 ***	0.2744	32.10	14	50.2	26.3
	ko6	魚種数	-12.8 ***	0.3638 **	18.71	14	36.8	12.9
	ko7	魚類個体数	-9.3 ***	0.0018 *	27.38	14	45.5	21.6
カワウ	kawa1	水辺縦断距離 (m)	-8.3 ***	0.0025	28.64	14	57.6	0.4
	kawa2	水辺連続距離 (m)	-8.1 ***	0.0002	29.84	14	58.8	1.6
	kawa3	最大水面幅 (m)	-7.5 ***	-0.0034	29.81	14	58.8	1.6
	kawa4	水面幅 (m)	-9.8 ***	0.0126	28.72	14	57.7	0.5
	kawa5	水深多様性	-8.7 ***	0.2581	28.90	14	57.9	0.7
	kawa6	魚種数	-8.6 ***	0.0488	29.35	14	58.3	1.1
	kawa7	魚類個体数	-8.4 ***	0.0008	28.21	14	57.2	0.0
アオサギ	ao1	水辺縦断距離 (m)	-9.1 ***	0.0112 ***	18.80	14	51.6	0.0
	ao2	水辺連続距離 (m)	-8.1 ***	0.0022 **	37.57	14	70.3	18.7
	ao3	最大水面幅 (m)	-13.8 ***	0.0397 **	36.75	14	69.5	17.9
	ao4	水面幅 (m)	-8.5 ***	0.0073	45.13	14	77.9	26.3
	ao5	水深多様性	-9.3 ***	0.6362 ***	33.98	14	66.7	15.1
	ao6	魚種数	-10.4 ***	0.2496 ***	26.37	14	59.1	7.5
	ao7	魚類個体数	-8.3 ***	0.0016 **	34.97	14	67.7	16.1
ダイサギ	dai1	水辺縦断距離 (m)	-8.1 ***	0.0102 ***	98.54	14	135.5	0.0
	dai2	水辺連続距離 (m)	-7.0 ***	0.0014 **	149.21	14	186.2	50.7
	dai3	最大水面幅 (m)	-15.6 ***	0.0563 ***	119.21	14	156.2	20.7
	dai4	水面幅 (m)	-8.4 ***	0.0125 *	152.37	14	189.3	53.8
	dai5	水深多様性	-8.0 ***	0.5029 ***	140.19	14	177.1	41.6
	dai6	魚種数	-9.7 ***	0.2638 ***	105.27	14	142.2	6.7
	dai7	魚類個体数	-7.5 ***	0.0017 ***	126.26	14	163.2	27.7

***: P < 0.001, **: P < 0.01, *: P < 0.05

狙って鳥類の採餌行動が確認されたと考えられる。

つまり、再生地の創出により切り下げられ水辺の面積と川幅が広くなったことにより中・大型鳥類の環境収容量が増加し、水田を採餌場として利用する魚食性の鳥類にとって代償的な餌供給地として機能した（木村ほか2015）ことにより、再生地では対照地より多くの種数、個体数が確認されたと考えられる。

一方で、食植生の種が多いカモ科の採餌は、Re2のカルガモのみで確認されており、再生地はカモ科の主要な採餌場所とはなっていないと考えられる。しかしながら、カモ類は再生地での確認回数が卓越した。調査地は塩水週上範囲にもあたるためその流況は日でも変動する（国土交通省 2022）。しかし、再生地は対照地よりも陸域部に切り込んだ形状であるため、流況（特に流速）変動の影響を受けにくいとも考えられる。以上がカモ科の水鳥類の定着に寄与している可能性があるが、水深や流速の詳細な経時変化との照らし合わせにより因果関係を解明するべきであろう。

2. 水辺再生地を選好するようになったダイサギ

本研究ではダイサギの確認回数が再生地で卓越する傾向がみられた。中島ほか（2006）では、河川においては同様の調査方法でダイサギは河川よりも水田の利用が多く、河川への依存度が低かったことが報告されている。中島らが調査を実施した2001年～2002年において、水辺の自然再生事業（2014年～）は行われておらず、その基盤となる中水敷の造成（2006年～2009年）さえも行われていない（表1）。すなわち、当該地域には浅水域が存在していなかったことになる。よって、今回の調査でみられたダイサギの再生地における卓越は、水辺再生の効果により生じた結果と考えられる。

また、ダイサギが最も多く確認されアオサギより採餌頻度が多いことは、（濱尾ほか 2013）の結果にも合致する。濱尾らの調査ではダイサギの採餌方法は、水中を歩行しながら餌を探す方法で、アオサギは、待ち伏せて採餌をするため採餌頻度はダイサギより少なくなるが獲得する生物量が多い傾向にあることが報告されている。以上より、ダイサギで採餌が多く確認できたのは、両種の採餌方法の違いにより生じたことが考えられる。

3. 水辺タイプ間による生態的機能の差異

緩傾斜地とワンドにおいて鳥類の出現状況や確認回数、個体数を比較した結果、両者に差異は確認されなかった一方で、生息魚種数においては、ワンドが緩傾斜地

より多い傾向がみられた。以上より、鳥類では水辺タイプの利用の相違はみられなかったが、魚類にとってはタイプにより生息状況が大きく異なる可能性がある。魚種の内訳については本論では議論の対象外としたが、魚類を含めた多くの動植物分類群の利用形態について様々なタイプ間での比較を行い、今後の自然再生に資する必要がある。

4. 水鳥の生息に重要な環境要因

GLM解析の結果、再生地の水辺の距離が長いほど各種の定着に寄与する傾向が確認された。鳥類が上空から水辺を確認し、降り立つことを考えた場合、水域が広い方が目につきやすく有利であることが考えられる。また、魚種数についても説明力の高いモデルが得られ、多くの魚種が生息する水辺であるほど中・大型水鳥類が定着する傾向がみられた。再生地では多くの水鳥において採餌が確認されていることからも、多様な魚種の存在は採餌のチャンスを多くし、それが中・大型水鳥類の定着を促進していることが考えられる。

特にコウノトリと水辺連続距離とのモデルが、残渣逸脱度が自由度より小さい適合性の高いモデルとなったことから、本種にとっては、水辺再生地を連続させることができ利用の促進につながると考えられる。すなわち、コウノトリのさらなる野生復帰事業の進展も踏まえると、分散させて再生地をつくるのではなく、近接（連続）させて水辺を整備することが効果的だと判断される。

おわりに

本研究により円山川下流域における水辺再生地が、中・大型水鳥類の生息場として良好に機能していることが明らかになった。特にダイサギについては、過去には河川での確認が少なかったものの、本研究では河川での確認回数が卓越し、再生地での採餌が多く確認されたことから再生地が本種にとっての良好な採餌場所を提供したことが示唆された。よって、これまで実施してきた水辺の再生事業は中・大型水鳥類の利用にとって効果的と判断でき、今後もこのまま推進されることが望まれる。またその際には、ワンドおよび緩傾斜間での違いは認められなかったため、水鳥類のみに対しての効果を期待するのならタイプにこだわる必要はないと考えられる。また、コウノトリについては水辺再生地の水辺連続距離が寄与していたことから、今後の再生事業では再生地を離して設置するのではなく、できるだけ連続させることが望ま

しい。今後は、連続させる距離がどれくらいだと本種に効果的なのかも含めてモニタリングを継続することが望まれる。

本研究では中・大型水鳥類に限って水辺再生地の評価を実施したが、魚類を含めその他の分類群を対象とした科学的評価は行われていない。それらに対する水辺タイプ間の機能は異なることも想定されるため、多くの分類群に対して科学的な評価を実施し、水域生態系の生物多様性の保全を前提とした自然再生事業が推進されることが望まれる。

謝 辞

本研究を行うにあたり多くの方々にご協力いただいた。兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科の出口智広准教授、矢ヶ崎太洋講師には論文執筆に対してご指導いただいた。国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所の職員諸氏および公益財団法人リバーフロンティ研究所の都築隆禎氏には水辺再生地や魚類調査の情報を整理・御提供いただいた。兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科の先生方、職員、院生の皆様には貴重な助言をいただいた。この場を借りて深く感謝いたします。

なお本研究はJSPS科研費21H03652（コウノトリ野生復帰事業の現状評価と真のワイルドライフマネジメントの提案と実行）の補助を受けて行われた。

摘 要

河川下流域の水辺再生地において、中・大型水鳥類の周年にわたる定着および採餌状況を調査し、再生地の効果を評価した。ラインセンサスは4タイプ8箇所の水辺再生地と8箇所の対照地において、2019年4月から2020年3月の1年間にわたり計46回行われた。データ解析の結果、採餌行動は再生地のみで確認され、鳥類の確認種数およびカモ類、コウノトリ、アオサギ、ダイサギの確認回数は、再生地が対照地よりも有意に多かった。ほとんどの再生地においてダイサギの確認回数が卓越した。以上の結果は工法間（ワンドと緩傾斜水辺）では違いが確認されなかつた。コウノトリは水辺連続距離および魚種数、アオサギおよびダイサギは水辺縦断距離および魚種数と正の有意なモデルが得られた。特にコウノトリのモデルの再現性は高く、本種を保全するためには再生地を離して設置するのではなく、できるだけ連続させることが望ましいことが示唆された。

キーワード 人工ワンド、ダイサギ、コウノトリ、河川

の自然再生、副流路、ワンド

引用文献

- Crawley MJ (2015) Statistics: an introduction using R. John Wiley & Sons, West Sussex, 248 p.
- 濱尾章二・秋葉 亮・棗田孝晴（2013）採餌環境が競合するアオサギとダイサギにおける餌生物および獲得食物量の比較. *Bird Research*, 9:A23-A29.
- 石田憲生・都築隆禎・五十嵐 武・西嶋貴彦（2014）円山川水系県管理河川における自然再生. リバーフロント研究所報告25:116-122.
- 木村一也・笠木哲也・中村浩二（2015）能登半島の農業景観とアオサギの採餌場所の季節変化の関係. *日本海研究*, 46:1-8.
- 中島 拓・江崎保男・中上喜史・大迫義人（2006）水田と河川、コウノトリ野生復帰地での餌場の相対的価値—豊岡盆地に生息するサギ類を指標として—保全生態学研究11:35-42.
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [<https://www.r-project.org/>]
- 佐川志朗（2012）コウノトリ育む環境整備の進め方. *野生復帰*2:27-3.
- 佐川志朗（印刷中）コラム：コウノトリの食性と水域の自然再生. *身近な水の環境科学*（第2版）. 日本陸水学会中部支部.
- 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 *Ciconia boyciana* の食性. *野生復帰*4:75-86.
- 都築隆禎・坂之井和之・池田有希・川田貴章（2016）生態系ネットワークを念頭においた円山川水系の自然再生～事業実施状況の報告～リバーフロント研究所報告, 27:72-78.
- 都築隆禎・坂之井和之・柏木才助・石井正人・三橋弘宗（2010）高水敷掘削によるワンド造成の効果と本川への接続形状が生物群集に及ぼす影響（モデル河川での試験結果：円山川）. リバーフロント研究所報告, 21:1-8.
- 柳井久江（2015）4Steps エクセル統計【第4版】オーエムエス出版, 埼玉, 307 p.

付記

Google Earth (2021) <https://earth.google.com/web/@35.53>

951482,134.83327527,4.3330648a,2939.67741361d,35y,0

h,0t,0r

国土交通省（2002）河川水辺の国勢調査. [<https://www.kkr.mlit.go.jp/toyooka/ryuiki/02/8iinkai-siryo3-2.pdf>]

2022年2月9日確認.

国土交通省（2022）水文水質データベース. [<http://www1.river.go.jp/>] 2022年2月9日確認.

