

コウノトリを指標とした 自然再生事業の効果の検証

西島 拓実¹・天良 尚紀²

¹近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 流域治水課 (〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町10-3)

²豊岡市役所 都市整備部 建設課 (〒668-8666 兵庫県豊岡市中央町2番4号)

豊岡河川国道事務所では、円山川水系河川整備計画（国管理区間）に基づき、多様な生物の生息・生育環境の復元を目指し、湿地再生、ヨシ原再生、水域の連続性確保、礫河原再生等の取組みを積極的に展開してきた。これらの取組みの効果を検証するために、モニタリング調査を実施している。本論文では、モニタリング調査の一環で2013年度から2023年度にかけて実施したコウノトリ飛来状況調査の結果をもとに、コウノトリの河川利用に着目し自然再生事業の効果等について論じる。

キーワード 自然再生事業、モニタリング調査、コウノトリ、MaxEnt

1. はじめに

(1) 対象地の概況

円山川は、兵庫県朝来市生野町円山（標高640m）に発し、出石川、奈佐川、大屋川、八木川、稲葉川等の支川と合流しながら豊岡盆地を貫流し日本海に注ぐ幹川流路延長68km、流域面積1,300km²の一級河川である。

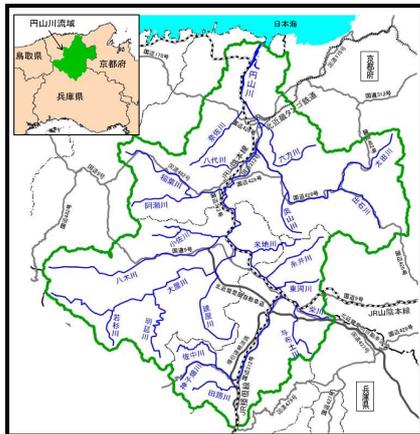


図-1 円山川流域図

2012年に、水鳥の生息地として国際的に重要な湿地の保全と適切な利用を目的とする国際条約であるラムサール条約に「円山川下流域・豊岡平野」が登録された。これにより、円山川流域の湿地環境が国際的に重要な湿地として認められ、生物多様性の保全が一層進められることとなった。

豊岡盆地は、国の特別天然記念物であるコウノトリの最後の野生個体が生息していた地でもあることから、地域住民、団体、学識者、行政等の地域全体が連携し、積

極的にコウノトリの野生復帰が取り組まれており、兵庫県立コウノトリの郷公園によると、2022年7月31日の時点で野外個体数は300個体を超えている¹⁾。コウノトリは、支川出石川や円山川下流の湿地環境やその沿川の水田を主な餌場として利用している。

(2) 円山川水系自然再生事業

2004年10月の台風23号では観測史上最大の豪雨を記録し、円山川、出石川の多くの区間で越水するとともに、円山川及び出石川では堤防が決壊し、沿川では死者7名、浸水家屋約8,000戸の甚大な被害が発生した²⁾。これにより採択された河川激甚災害対策特別緊急事業で河道掘削、堤防強化、内水対策などが施され、2010年度に完成した。

一方で、円山川水系においては、2003年度以降に地域代表者、学識者、行政等から構成される「円山川水系自然再生計画検討委員会」を設置し議論を重ね、2005年1月に「円山川水系自然再生計画」を策定した。

上記の河川激甚災害対策特別緊急事業における河道掘削では、図-2に示すように、当計画を踏まえコウノトリの採餌に好ましい水深も考慮したうえで高水敷を掘削した。今回の検討では、2005年度から2008年度にかけて河道掘削を実施した箇所を「当初掘削箇所」と呼ぶ。

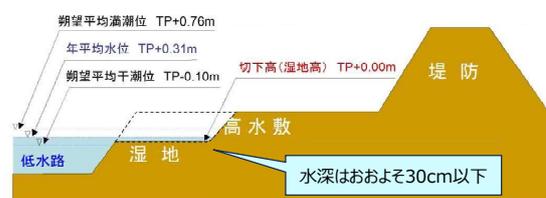


図-2 当初掘削箇所の断面イメージ

当初掘削箇所では、コウノトリが飛来する等の一定の整備効果が確認されたものの、河川激甚災害対策特別緊急事業の特性上、広範囲を短期間で整備する必要があったため、画一的な形状の浅場創出にとどまっていた。そこで、2012年度策定の整備計画で新たに実施する自然再生事業箇所を図-3のとおり決定し、「水際の緩傾斜化」、「捨石による空隙空間の創出」、「たまりの整備」等、湿地の質的な改良を目的として再整備を行った。一例として、立野地区においては、自然再生推進委員会での意見を踏まえ、図4のように改良した。支川出石川の加陽地区では、地域住民、学識経験者と連携して大規模湿地を整備した(図-5参照)。加陽地区の大規模湿地は、多様な動植物が生息・生育・繁殖できるように、環境条件の異なる開放型湿地、閉鎖型湿地を整備し、モニタリングと環境改良を繰り返し現在に至る。今回の検討では、2011年度から2019年度にかけて上記の整備を実施した箇所を「改善箇所」と呼ぶ。



図-3 現行の自然再生のメニューと実施箇所

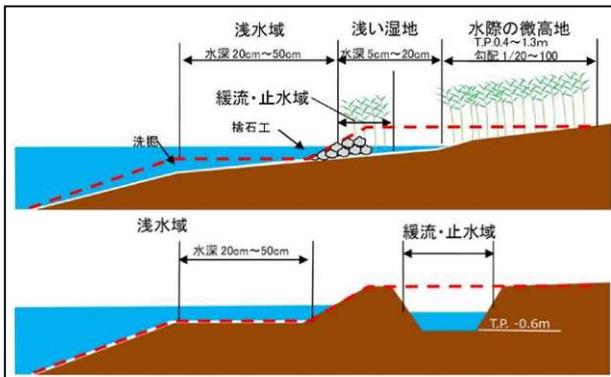


図4 改善箇所の断面イメージ



図-5 加陽地区大規模湿地 (2019年9月撮影)

2. モニタリング調査について

(1) 概要

モニタリング調査は、円山川水系自然再生推進委員会及び円山川水系自然再生推進委員会技術部会において決定された調査計画をもとに実施し、調査結果及び評価結果は次年度の調査計画の策定にフィードバックしている。

(2) コウノトリ飛来状況調査

モニタリング調査の項目の一つであるコウノトリ飛来状況調査は、2013年度から毎年実施してきた。従前より、コウノトリが秋季や冬季に河川を利用する頻度が高いといわれていたことから、調査時期は秋季(11月)と冬季(1月)に設定されている。5区間の調査対象地において、7時から19時まで1時間毎に巡回し、奇数の時間帯では確認されたコウノトリの、個体番号、確認位置、行動(飛翔、休息、探餌・採餌)を記録した。偶数の時間帯では1個体を追跡し、行動(休息、探餌・採餌)と確認位置を記録した。これらの調査結果はGISで管理した。



図-6 調査で確認したコウノトリ (2019年11月16日撮影)

3. 堤外地へのコウノトリの飛来状況

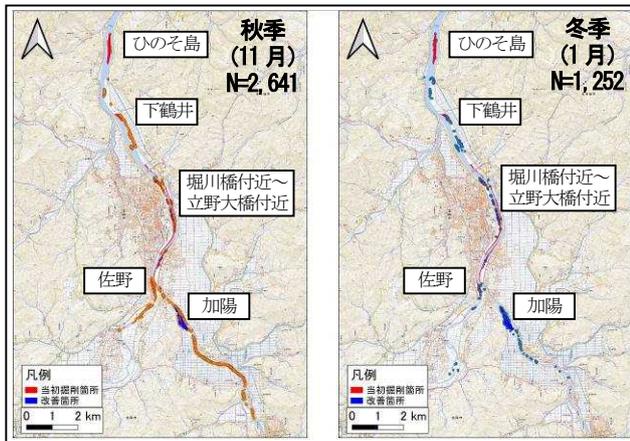
秋季と冬季に実施したコウノトリ飛来状況調査によって河川区域内で確認されたコウノトリの識別個体数と確認例数は表-1に示すとおりである。各年の識別個体数は22個体から58個体までの範囲で変動した。確認例数は149箇所から636箇所であった。豊岡盆地の野外に生息するコウノトリは経年的に増加しているが、今回の調査結果によると河川を利用するコウノトリの個体数には増加傾向はみられなかった。識別個体数と確認例数は、ともに2014年度が最少で2019年度が最多であった。

表-1 調査で確認されたコウノトリの識別個体数と確認例数

調査年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
識別個体数(個体)	28	22	—	40	36	29	58	28	25	35	29
確認例数(箇所)	247	149	—	597	394	361	636	281	461	340	427

注) 2015年はデータ未整備

2013年度から2023年度にかけて実施した飛来状況調査で確認されたコウノトリの確認位置は、それぞれ図-7に示すとおりである。秋季と冬季の確認例数は、それぞれ2,641箇所と1,252箇所と秋季の方が多かったが、確認位置は秋季と冬季の間に大きな変化はみられなかった。コウノトリは、ひのそ島、下鶴井、堀川橋付近～立野大橋付近、佐野、加陽等の自然再生事業を実施した箇所が多く確認された。



出典：地理院タイル⁹

図-7 コウノトリ確認箇所(左：秋季調査 右：冬季調査)

4. 自然再生事業の効果検証

(1) 解析方法及び解析データ

今回の検討では、maximum entropy model (最大エントロピー法；以下MaxEntという)により、コウノトリの利用確率の地理的分布を推定した。MaxEntは、在データのみから種分布モデルを構築する手法の一つであり、データが少ない場合でも優れた性能を示すとされている⁴⁾。今回の検討では、フリーのソフトウェア MaxEnt3.3.4 (https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)を使用した。各調査年におけるコウノトリの行動区分のうち、休息や採餌・採餌行動を行っている個体が、当初掘削箇所及び改善箇所を利用することが寄与している行動であると仮定し、これらの行動を行っている個体情報のみを対象とし、目的変数とした。解析の対象地は、円山流域全体ではなく、自然再生箇所としての当初掘削箇所及び改善箇所の整備がコウノトリに与える効果に着目するため、河川区域内とし、GISにより50m四方のメッシュで分割し、表-2に示す変数の情報を格納した。

表-2 今回の解析で用いた変数

目的変数	コウノトリの確認位置(休息、採餌・採餌)
説明変数	当初掘削箇所までの最短距離
	改善箇所までの最短距離
	繁殖が成功した巣塔までの最短距離
	当初掘削箇所の整備後の経過年数
	改善箇所の整備後の経過年数

当初掘削箇所までの最短距離及び改善箇所までの最短距離に関しては、50mメッシュの重心から最近傍の当初掘削箇所、改善箇所までの距離を整理した。

繁殖が成功した巣塔までの最短距離に関しては、50mメッシュの重心から調査年毎に繁殖に成功した巣塔までの最短距離を整理した。なお、人工巣塔の位置は、豊岡市のオープンデータ⁵⁾を用い、各人工巣塔での繁殖状況は兵庫県立コウノトリ郷公園のホームページで公開されている足輪カタログ(2024年1月31日更新)版⁶⁾を参考に整理した。

当初掘削箇所の整備後の経過年数及び改善箇所の整備後の経過年数に関しては、それぞれのメッシュに対応する年数を格納し、整理した。

解析の対象期間は2013年から2023年までの10年間(2015年はデータ未整備)とした。

アウトプットとして、各年の説明変数をもとに推定されたコウノトリの利用確率を0~1の数値で得た。

(2) 解析結果

・AUCについて

構築した利用適地モデルのAUCは表-3に示すとおりである。AUCは0.5から1の値をとる指標であり、0.7程度以上であれば、モデルの精度が良いとされている⁷⁾⁸⁾。今回構築した各年の利用適地モデルのAUCは0.845から0.931の範囲で変動しており、2014年には最高値の0.931を記録した。このことからAUCは0.8以上であるため、予測精度としては良いといえる。

表-3 各年の使用適地モデルのAUC

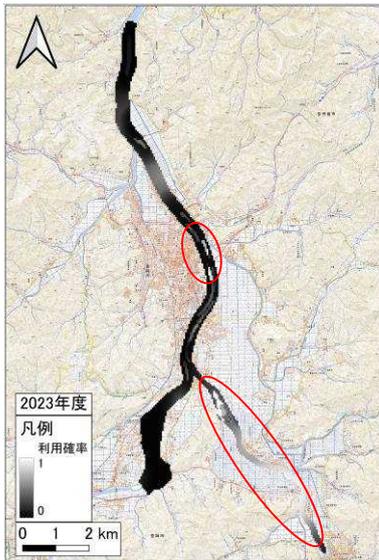
調査年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
AUC	0.901	0.931	データ未整備	0.893	0.888	0.899
調査年度	2019	2020	2021	2022	2023	
AUC	0.917	0.886	0.845	0.830	0.885	

注) 2015年はデータ未整備

・利用確率マップについて

本マップは、説明変数をもとに推定されたコウノトリの利用確率を示しており、値が1に近いほど、そのメッシュ内をコウノトリが利用する確率が高いことを示している。具体的には、0の場合、利用する確率が低く、1であれば非常に高い確率で利用することを示す。

例として2023年度の利用確率マップを図-8に示す。当年では、立野大橋上流左岸及び立野大橋下流右岸、出石川周辺で利用確率が高いと推定された。



出典：地理院タイル³

図-8 2023年度調査結果での利用確率マップ

・説明変数の総合スコア

各年毎に各環境変数の貢献度 (contribution) 及び重要度 (permutation importance) を正規化し、それらを合計することで得られる指標を総合スコアとして整理した。これにより、各変数が各調査年毎に作成されたモデルに対してどの程度影響を与えているのかを総合的に評価することが出来る。総合スコアが最も高い説明変数は表-4に示すとおりである。「繁殖が成功した巣塔までの最短距離」が3例、「当初掘削箇所までの最短距離」が3例、「改善箇所までの最短距離」が4例であった。一例として2023年度のモデルにおける「繁殖が成功した巣塔までの最短距離」の利用確率を図-9に示す。これによると、利用確率は繁殖が成功した巣塔までの距離が約1,000mの際に最も高く、それより遠くなると低下することが示された。

表-4 各年の最も重要度の高い説明変数

調査年度	説明変数	総合スコア
2013	当初掘削箇所までの最短距離	70.99
2014	改善箇所までの最短距離	71.10
2015	データ未整備	-
2016	繁殖に利用した巣塔までの最短距離	72.82
2017	繁殖に利用した巣塔までの最短距離	72.27
2018	改善箇所までの最短距離	63.65
2019	改善箇所までの最短距離	72.20
2020	当初掘削箇所までの最短距離	71.12
2021	改善箇所までの最短距離	62.80
2022	当初掘削箇所までの最短距離	60.76
2023	繁殖に利用した巣塔までの最短距離	76.95

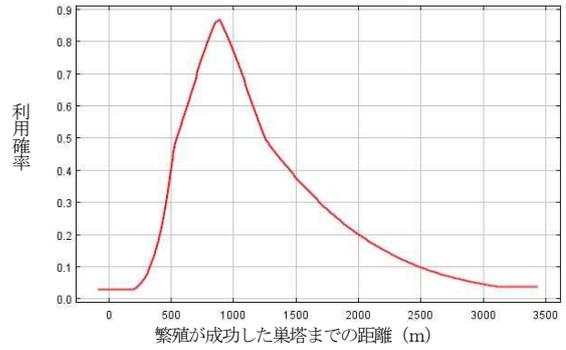


図-9 2023年度のモデルにおける「繁殖が成功した巣塔までの最短距離」とコウノトリの利用確率の関係

(3) 利用確率の経年比較

コウノトリの利用動向を詳細に分析するために、利用確率の経年変化を整理した。

整理方法としては、当初掘削箇所のポリゴンと重なるメッシュ、改善箇所のポリゴンと重なるメッシュ、どのポリゴンにも重ならないメッシュ (河川区間) の3つのパターンに分類し、それぞれの利用確率の平均値を経年的に比較した。

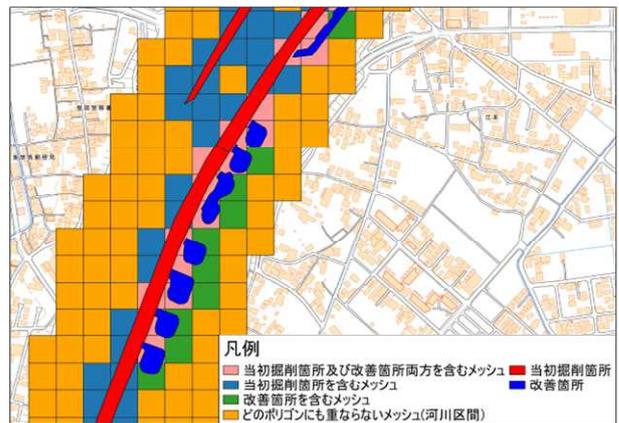


図-10 当初掘削箇所及び改善箇所のエリア分け

その結果、図-11に示すとおり当初掘削箇所では0.18～0.36, 改善箇所では0.49～0.75の値で推移した。常に改善箇所の利用確率が当初掘削箇所を上回っていることから、自然再生事業において改善を施した効果があったことが示唆された。

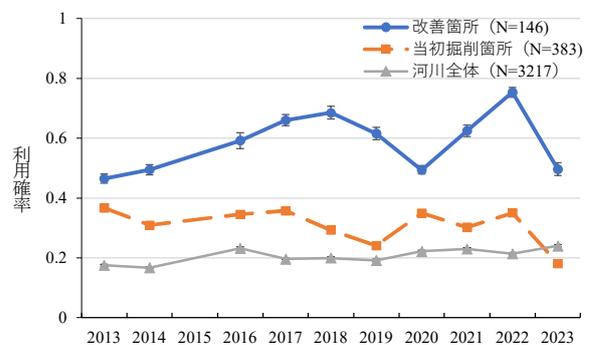


図-11 経年的な利用確率の推移

円山川水系の自然再生事業の代表例といえる加陽地区における大規模湿地の整備について、利用確率を整理すると図-12に示すとおりとなる。

加陽湿地の利用確率は0.61～0.93であり、常に河川区域全体より高い状態で推移した。経年的に利用確率が高まる傾向が認められることから、当湿地の整備とその後の維持管理によりコウノトリの利用に適した環境が持続していることが示唆された。

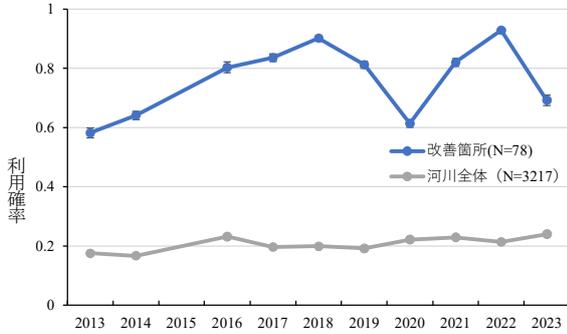


図-12 加陽地区大規模湿地の利用確率の推移

5. まとめ

今回のMaxEnt解析によって、コウノトリの利用確率は当初掘削箇所より改善箇所が高いことが確認されたことから、円山川水系で実施した自然再生事業は、改善を加えることによって効果が高まったと考えられる。すなわち、河川激甚災害対策特別緊急事業において、河積確保と併せて実施した湿地環境の整備でも一定の効果は認められるが、その後に改良を加えることによってさらに湿地機能を高めることが可能と考えられる。

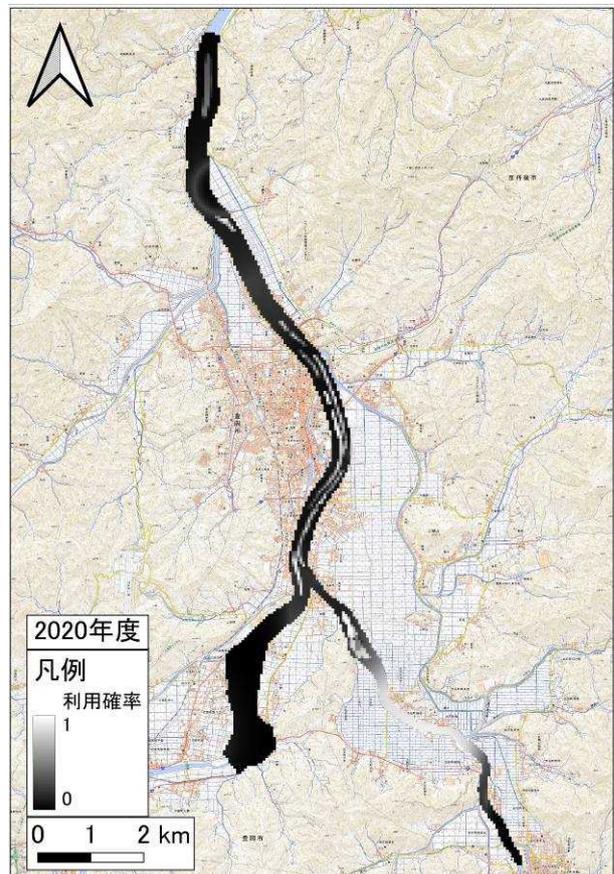
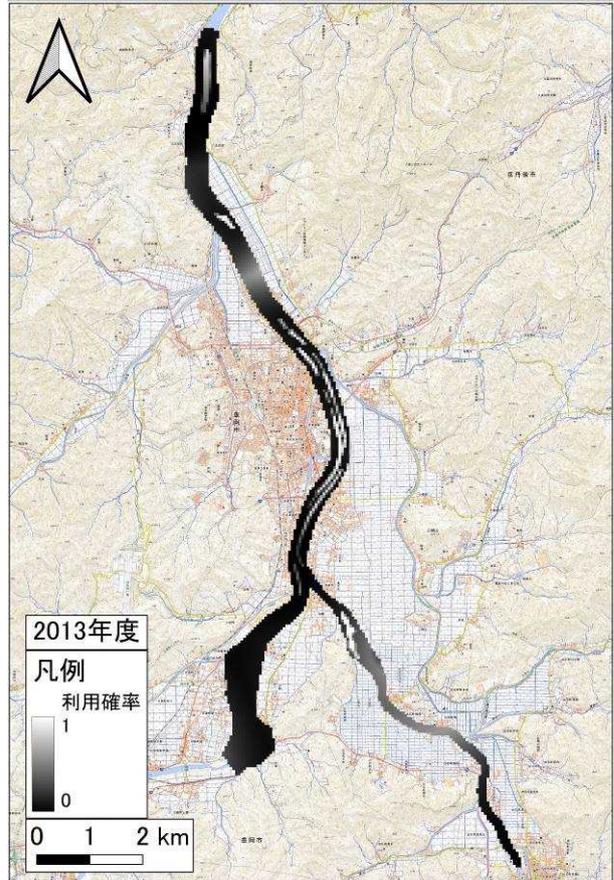
自然再生事業においては、整備後のモニタリングを実施するとともに、得られた結果から科学的根拠をもとに改良を加えることで目的とする機能を高い状態で保つことができると考えられる。また、今回はコウノトリに着目した評価を試みたが、湿地環境を構成する要素は、水質、魚類、昆虫類、植物等多数存在する。これらの環境要素についても検証し、総合的に自然再生事業の効果を評価することが重要と考えられる。

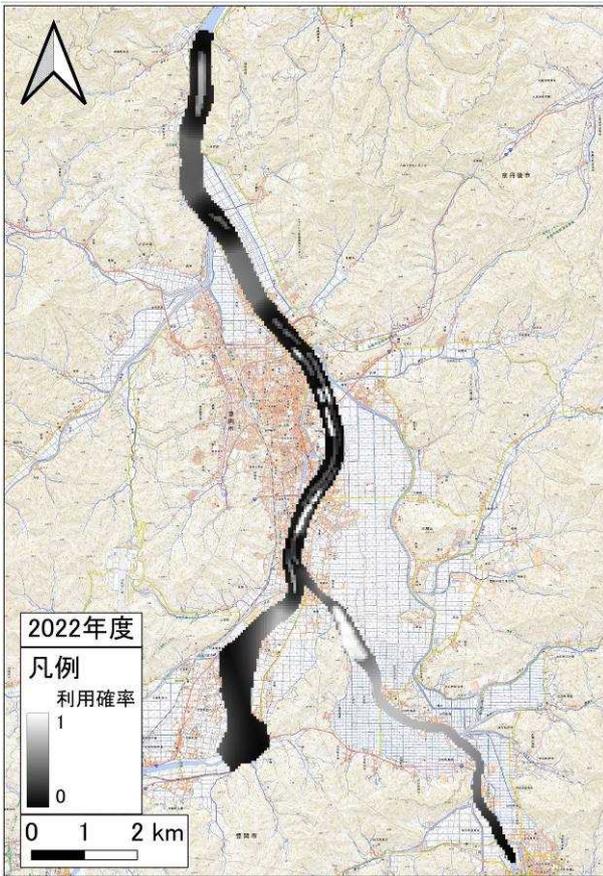
謝辞：兵庫県立大学 地域資源マネジメント研究科 出口智広准教授、神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 今井洋太講師には、本論文を執筆する中で、貴重なご意見を多数いただきました。ここに厚く感謝の意を表します。

異動に伴う対応：本論文の募集要項が掲示された際、天良尚紀氏は、豊岡河川国道事務所 流域治水課の所属であったが、2024年4月より豊岡市役所 都市整備部 建設課へ異動となったため、所属名を変更している。

付録

各調査年度における利用適地マップ（図-11 経年的な利用確率の推移より、変化点のみを抽出し、整理した。）





参考文献

- 1) 兵庫県立コウノトリの郷公園ホームページ：
https://satokouen.jp/posts_announce/15470.html (2024年7月18日取得)
- 2) 国土交通省近畿地方整備局：円山川水系河川整備計画（国管理区間）
- 3) 国土地理院：地理院タイル
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>
- 4) 阿部聖哉：自然環境保全基礎調査データを用いた種分布モデルの計画段階環境配慮書への適用可能性—トウキョウサンショウウオを対象としたケーススタディー—
- 5) 兵庫県立コウノトリの郷公園ホームページ：足輪カタログ
https://satokouen.jp/downloads/ind_identif240131.pdf，2024年7月18日取得
- 6) 豊岡市ホームページ：コウノトリ人工巣塔位置一覧
https://data.bodik.jp/dataset/282090_kounotori，2024年7月18日取得
- 7) Manel S, Williams HC, Ormerod SJ (2001) Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 38:921-931
- 8) 石濱史子：標本情報等の分布推定への活用とその実際: パイアスの除去から精度評価まで. *保全生態学研究*, 22.1: 21-40. 2017.

2023年度時点での当初掘削箇所及び改善箇所位置図

