

新潟県信濃川及び魚野川を調査地とした(図-10)。新潟県の信濃川流域には、県内最大のねぐら・コロニーが小根岸(37.181、138.768、図-10)にあり、2020年7月には、268羽の生息が確認されている(新潟県 2021)。また、信濃川の支流である魚野川は、アユの稚魚放流が盛んに行われており、カワウの採餌エリアとなっている(図-10)。

予備調査として、2020年4月から5月に計5日、河川沿いを2人1組で自動車を用いて時速40 kmで走行し、カワウを発見したら車を止めて、付近の土手や橋の上からカワウの採餌している場所を調べた。調査は、日の出前15分から2時間の間に実施し、調査時間によるバイアスを避けるため、川の上流から下流へ向かうルートと下流から上流へ向かうルートの両方を設定した。双眼鏡(株式会社ニコン 30×8E II)を用いた目視調査では死角が生まれるため、ノーマルカメラを搭載したドローン(PHANTOM 4 pro DJI社)も併用して調査を行った。予備調査において複数回カワウの採餌行動が確認された場所について、その河岸が自然護岸の場所と人工護岸の場所に分類し、それぞれ5箇所を調査地として選抜した。

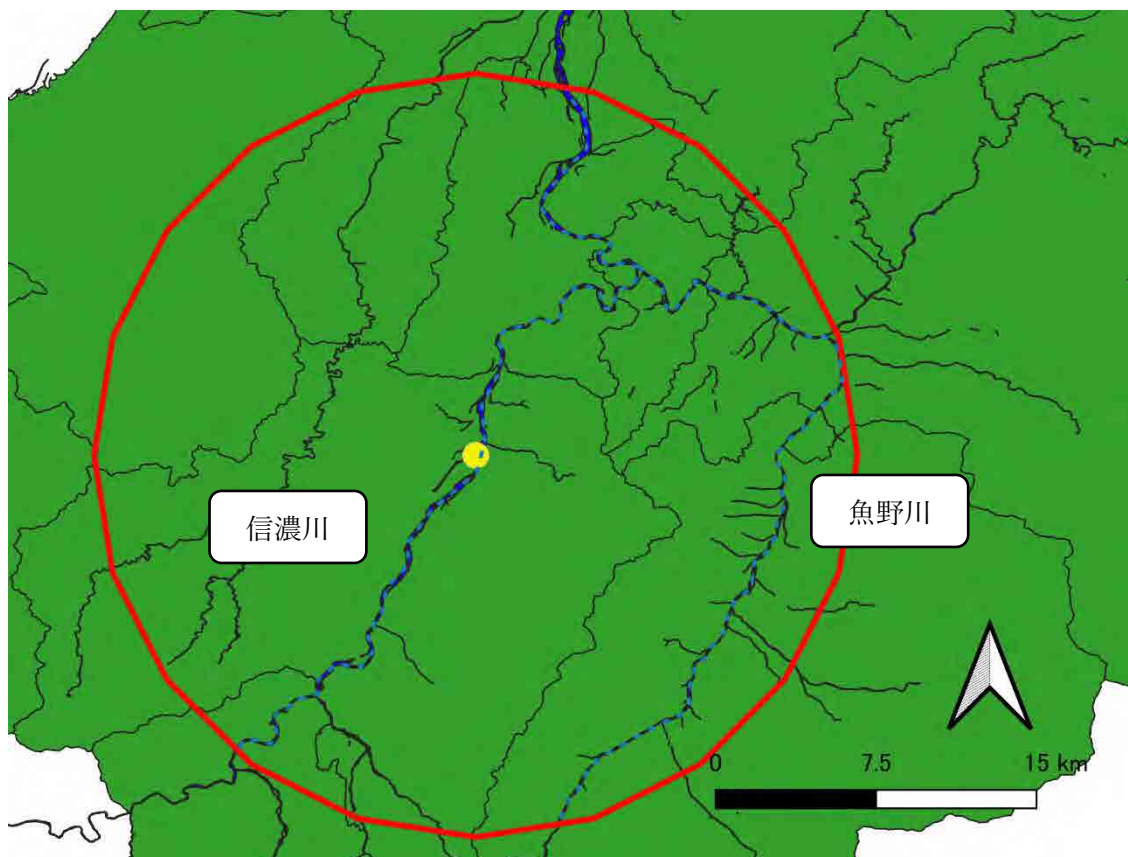


図-10 予備調査ルート(新潟県信濃川・魚野川流域)

黄色：小根岸コロニー、青実線：調査ルート、赤枠内は小根岸コロニーから半径20 kmの範囲を示す。

ii) 本調査方法

2020年は新潟県信濃川及び魚野川で調査を行った。カワウの採餌行は、ねぐら・コロニ

一から半径 20 km 内で主に行われることから、調査範囲を図-11 のように設置した。この調査範囲内には、2 箇所（十町市宮中ダム（37.06、138.69）と小千谷市妙見堰（37.34、138.82））があり、これを調査対象とした。

宮中ダムは上流 400 m 地点にカワウのねぐら・コロニーが形成されている。河川横断物の片側にアユ用、サケマス用、ヨシノボリ類用の計 3 本のプール式魚道が設置されている。妙見堰は、河川横断物の両側にプールタイプの魚道が設置されており、左岸側の魚道はアユ用が 2 本、サケマス用が 1 本、右岸側の魚道はアユ用が 1 本、サケマス用が 1 本の計 5 本設置されている。更に、水位変動に対応するため、魚道内の仕切りが可倒式となっており、魚道内に流れる水量によって、自動で水位を調整する機能が施されている。

5～6 月は河川横断物（2 箇所）と予備調査で選抜した自然護岸（5 箇所）、人工護岸（5 箇所）の調査地点から、1 日 3 箇所（それぞれの項目から 1 箇所をランダムに選抜）の飛来調査を行った。

7 月以降の調査では、本研究の第一目的である、河川横断物周辺のみ飛来数調査を行うこととし、調査地を十町市に宮中ダムと小千谷市に妙見堰の 2 点に絞って実施した。

調査は 5 月～6 月は、5 月 9、19、25 日、6 月 3、5、8、13、16、17 日の合計 9 日、7 月～10 月の調査では、7 月 7、10、20、28、31 日、8 月 4、7、21、25、28 日、9 月 22、23、24、29 日、10 月 7、18 日、合計 16 日実施した。新潟県において通し回遊魚であるアユは 5～6 月に海から河川の上流域を目指して遡上を行い、7～8 月に河川内に定着・成長し、9 月～10 月中旬にかけて川を下った下流域で産卵し、孵化仔魚が海上に流下する（岡地ほか 2020）。また、信濃川と魚野川では、5 月下旬に漁協によるアユの稚魚放流が行われている（桑原 私信）。

カワウは、一般的に日の出から 2 時間以内に最もよく採餌を行う（環境省 2013）とされているため、本調査では、日の出から 2 時間以内に調査が終了するようにルートを設定した。

5～6 月の 3 地点をめぐるセンサスにおいては、実施時間によるバイアスが生じないように、予備調査で設定した自然護岸、人工護岸、河川横断物のそれぞれ 1 箇所をランダムに選択し、日の出から 2 時間以内に調査を終えるようにした。

自然護岸、人工護岸の各調査地点では、予備調査時にカワウの採餌が確認されたポイントを中心として、上下流に 300 m ずつの範囲を調査エリアとした。ノーマルカメラを搭載したドローン（PHANTOM 4 pro、DJI 社）を用いて高度 20 m、速度 10 km/h で同エリアの撮影を行った。各ポイントにおいても川の上流から下流へ向かうルートと下流から上流へ向かうルートを設定して毎回交互にルートを選択し、調査を行った。1 章の予備調査の結果から、新潟県信濃川及び魚野川において、高度 20 m まで近づいても忌避行動を見せた個体が確認されなかったため撮影高度は、20 m に設定した。

7 月以降の調査については、新潟県信濃川流域に設置されている、宮中ダムと妙見堰で調査を行った。調査範囲は河川横断物から上下流 300 m ずつとし、ノーマルカメラを搭載した

ドローン（PHANTOM 4 pro、 DJI 社）を用いて高度 20 m、速度 10 km/h の条件で撮影を行った。1 日 1 箇所 of 河川横断物周辺を調査し、調査時間のバイアスを考慮して川の上流から下流へ向かうルートと下流から上流へ向かうルートの両方を設定して調査を実施した。調査時間は日の出から 2 時間以内に終わるように実施した。

撮影された映像からカワウの採餌個体（着水もしくは潜水している個体数）と休息個体に分けてカウントを行った。

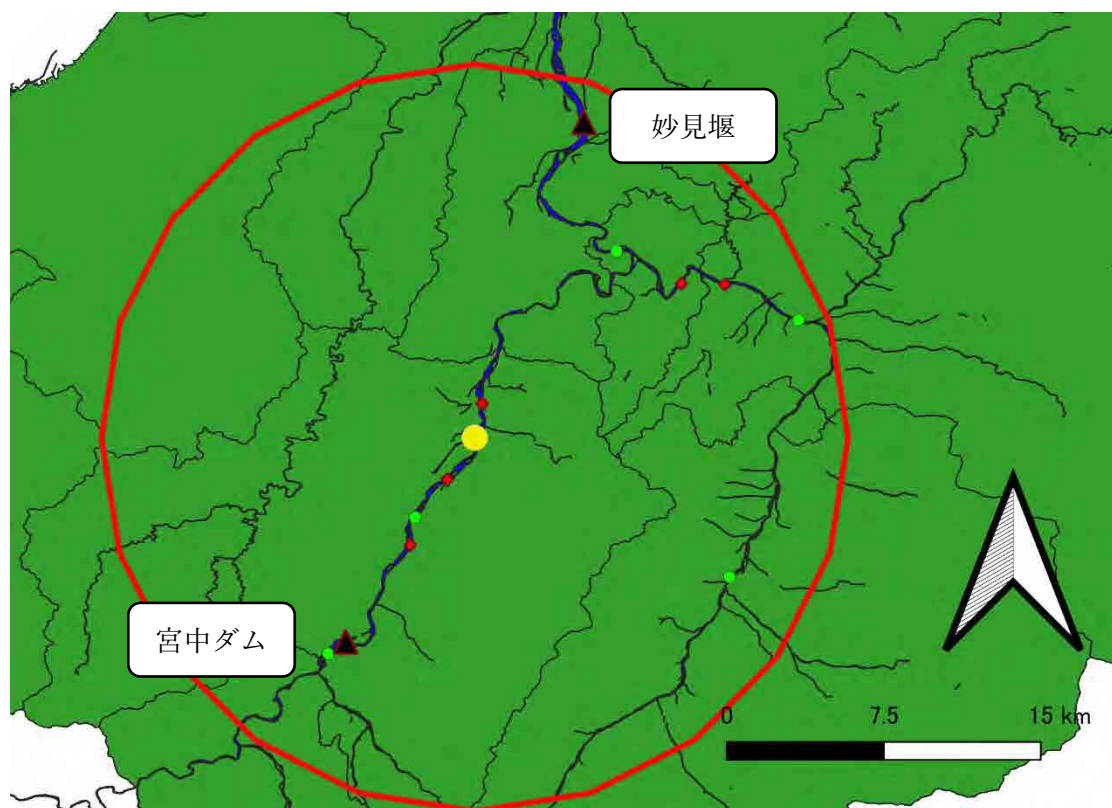


図-11 本調査地（2020 年）新潟県信濃川及び魚野川

黄色：小根岸コロニー、黒：河川横断物、赤：人工護岸の調査地点、緑：自然護岸の調査地点

赤い円は小根岸コロニーから半径 20 km の範囲を示す。

2021 年は、河川横断物に注目し、ファインスケールで採餌環境を特定するため、河川横断物を中心に上下流 1000 m を調査範囲とした。

調査地は、新潟県信濃川宮中ダム（37. 06、138. 69、図-12）、栃木県鬼怒川岡本頭首工（36. 60、139. 96）、栃木県鬼怒川勝瓜頭首工（36. 46、 139. 96、図-13）、群馬県渡良瀬川太田頭首工（36. 38、 139. 35、図-14）の計 4 箇所を調査地とした。2021 年は妙見堰付近で重機を用いた工事が行われており人の出入りが激しかったため、調査地から除外した。

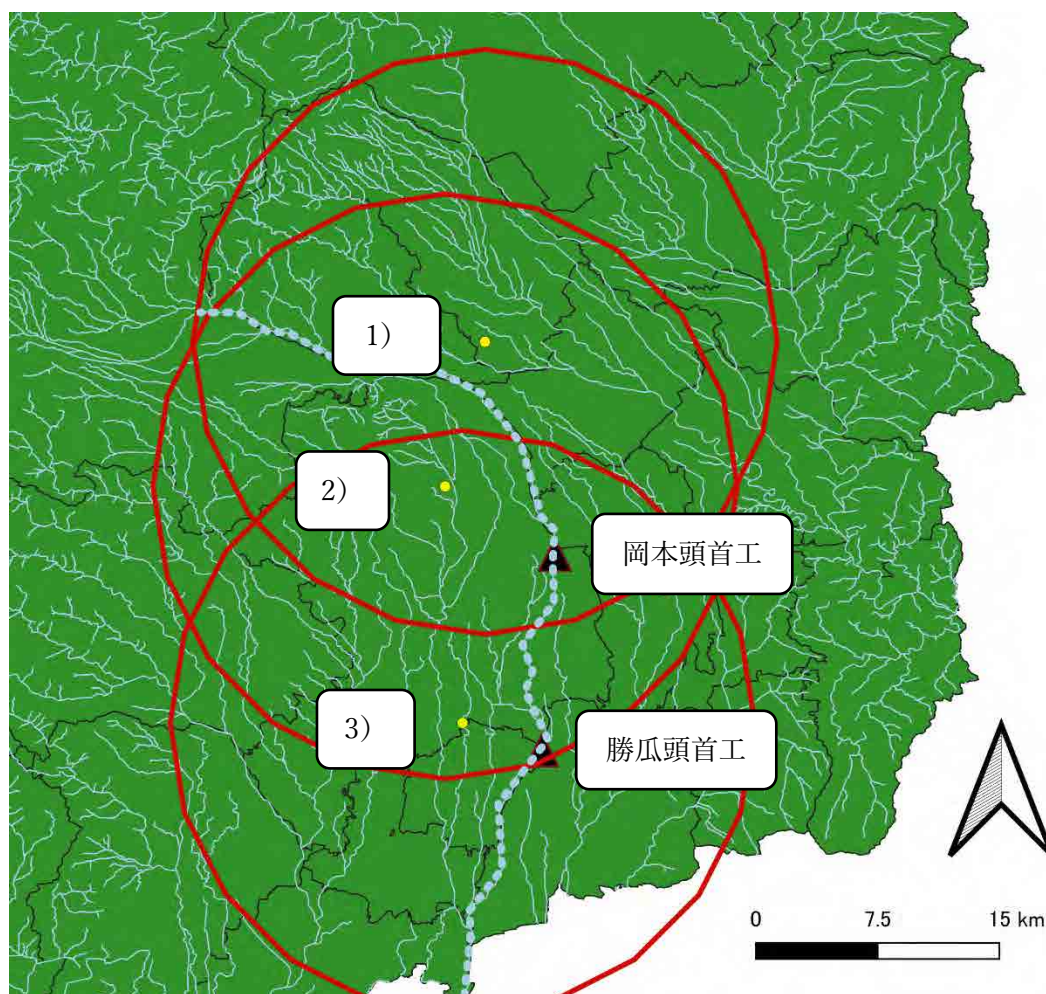


図-12 栃木県の調査地とカワウのねぐら・コロニー

黄色:カワウのねぐら・コロニーの位置、1): コリーナ矢板コロニー、2): 太陽が丘団地コロニー、3): インターン調整池コロニー、黒: 河川横断物

青破線: 鬼怒川本流

赤い円は各カワウのねぐら・コロニーから半径 20 km の範囲を示す。



図-13 群馬県の調査地とカワウのねぐら・コロニー

黄色:高津戸カワウのねぐら・コロニーの位置、黒:河川横断物

青破線:渡良瀬川本流

赤い円は高津戸カワウ・ねぐらコロニーから半径 20 km の範囲を示す。

栃木県の岡本頭首工は片側 1 箇所水路タイプの魚道があり、カワウの飛来防除対策として魚道上流側にテグスが設置してあった。また、勝瓜頭首工は水路タイプの全面式魚道を有している。

群馬県の太田頭首工は片側に 1 本のプールタイプの魚道が設置されている。更に、他の河川横断物と違って魚道の呼び水水路が設計されていない。また、上流側の魚道出入口の脇に農業用水を確保するための取水口が設置されている。

栃木県は県内に 14 箇所のカワウのねぐらコロニーが確認されており、調査対象地となる鬼怒川周辺では、コリーナ矢板 (2021 年 7 月時点 303 羽)、太陽が丘団地 (2021 年 7 月時点 118 羽)、インターパーク調整池 (2021 年 7 月時点 34 羽)、が確認されている。群馬県は県内に 14 箇所のねぐら・コロニーが確認されており、調査対象地となる渡良瀬川周辺では高津戸コロニー (2021 年 7 月時点 243 羽) が確認されている。両県ともに内陸県のため内水面漁業が盛んであり、カワウによるアユの被害を受けている。

調査日は 5～10 月の間に新潟県宮中ダムは 5 月 20、21 日、9 月 1、5、8 日、10 月 18、19 日の合計 7 日、栃木県岡本頭首工は 6 月 12、13 日、8 月 23、24、25 日、10 月 6、7、8 日の

合計 8 日、栃木県勝瓜頭首工は 7 月 19、20、21 日の計 3 日、群馬県太田頭首工は 7 月 26、27、28 日、8 月 26、27、28 日、9 月 21、22、23 日合計 9 日間行った。調査時期においてアユは、新潟県は 3-2-2 で前述した通りだが、栃木県では 3 下旬～6 月に海から川への遡上が確認され、7～8 月で河川に定着・成長し、9 月～10 月上旬にかけて下流へ降下して産卵が行われ、孵化仔魚が海上に流下する（栃木水試 2021）。2021 年は 4～5 月に鬼怒川でアユの放流が行われた（郷間 私信）。群馬県では、3～5 月中旬に遡上が確認され、6～8 月に河川に定着・成長し、9～11 月上旬にかけて産卵が確認され、孵化仔魚が海上に流下する（群馬水試 2021）。渡良瀬川では、2021 年 5 月と 7 月の計 2 回、アユの放流が行われた（中島私信）。

2020 年の調査と同様に高度 20 m、速度 10 km/h でノーマルカメラにより撮影を行った。1 日 1 箇所の河川横断物周辺を調査し、調査時間のバイアスを考慮して川の上流から下流へ向かうルートと下流から上流へ向かうルートの両方を設定して調査を実施した。調査時間は日の出から 2 時間以内に終わるように実施した（図-14）。

栃木県での予備調査でドローンに対する FID の距離が 30 m の個体を確認されたが残りの 2 個体が FID が 20 m より短い距離であったため本調査においては 20 m で調査を行った。

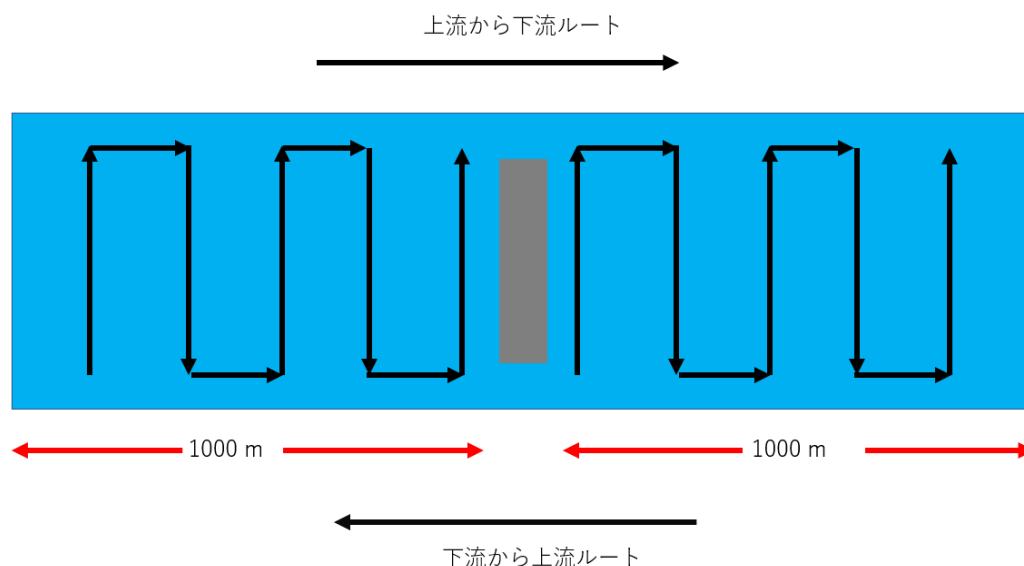


図-14 2021 年ドローン飛行ルート
灰色は河川横断物を示す。

3) カワウの採餌場所選択に関する分析方法

2020 年と 2021 年のカワウが選択した採餌環境について、図-15 のように区分した。本調査では 2020 年と 2021 年で、ドローンで撮影された範囲が異なる。2020 年は河川横断物を中心に上下流 150 m ずつの範囲を「河川横断物」、河川横断物上下流の 150 m～300 m 地点をそれぞれ「上流」、「下流」、自然環境と人工護岸の調査ポイントから上下流 300 m ずつの範囲を「その他」とした。2021 年は河川横断物を中心に上下流 150 m ずつの範囲を「河川横断物」、河川横断物の上下流 150 m～300 m までの範囲をそれぞれ「上流」、「下流」、河川横断物の上下流 300 m 地点から 1000 m までの範囲を「その他」とした。それぞれの区分で面積が異なるので、単位面積当たりのカワウの飛来数（飛来数は、着水、潜水、休息個体の総和数）を計算した。

河川横断物、上流、下流、その他におけるカワウの採餌場所の選択性について調べるため、GLMM を用いてモデルを構築した。

最適なモデル選択をするため、応答変数を単位面積当たりのカワウ飛来数、説明変数を飛来環境（河川横断物、上流、下流、その他）、コロニーから各調査地点への最短距離、各調査地点から半径 20 km 内のカワウの総個体数、各河川横断物（宮中ダム、妙見堰、勝瓜頭首工、岡本頭首工、太田頭首工）として、ステップワイズ法を用いて ΔAIC が最小となるモデルを選択した。応答変数の誤差分布は、負の二項分布と仮定した。統計解析には、R ver4.1.2 を使い、有意水準は $p < 0.05$ とした。

2020 年の 5～6 月の 10 日間、2021 年の 13 日間の計 23 データを分析に利用した。全調査日数に対して利用データが少ない理由は、雨や朝霧の影響でドローンを飛行させることができず、調査が行えない日があったためである。

7 月以降の調査では、調査地は河川横断物だけを中心に調査を実施したため、その他の環境の調査を行っていないことから、上記解析からデータを除外した。

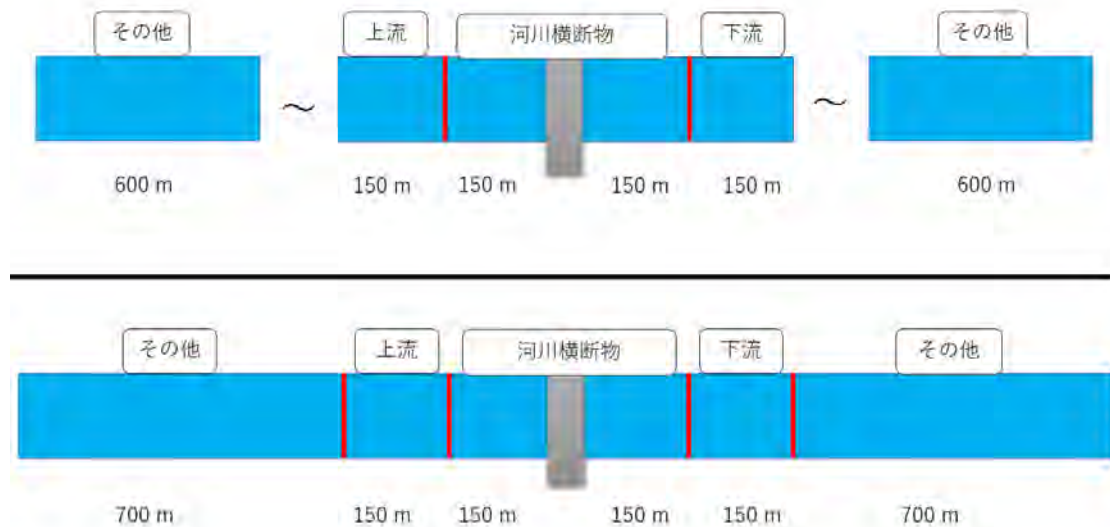


図-15 カワウの採餌エリアの環境区分の模式図

上：2020 年、下：2021 年、2020 年は河川横断物から上下流 300 m、2021 年は河川横断物から上下流 1000 m が調査範囲

河川横断物付近におけるカワウの採餌選択性をファインスケールで調べるため、河川横断物周辺の微環境を図-16 のように区分した。今回、岡本頭首工については、河川横断物の上流にテグスを張っており、飛来防除の影響があるため、解析から除外した。また、勝瓜頭首工については河川横断物周辺でのカワウの飛来が確認されなかった。よって、宮中ダム、妙見堰、太田頭首工 3 つの横断物のデータを利用して、ファインスケールの採餌選択性に関する分析を行った。

本分析では、河川横断物から魚道の入り口までのエリアを「下流堰直下」と定義した。各河川横断物で魚道入り口までの長さは異なる。宮中ダムは河川横断物から魚道入り口までの距離が 40 m なので、下流堰直下は 0～40 m、その他下流は 40～150 m の範囲とし、妙見堰は河川横断物から魚道入り口までの距離が最大で 80 m なので、下流堰直下は 0～80 m、その他下流は 80～150 m の範囲とし、太田頭首工は河川横断物から魚道入り口までの距離が 42 m なので、下流堰直下は 0～42 m、その他下流は 42～150 m の範囲とし、その他上流は、すべて 0～150 m の範囲とした。

河川横断物内の微環境におけるカワウの選択性について調べるため、GLM（一般化線形モデル）を用いてモデルを構築した。

宮中ダム（n=13）、妙見堰（n=5）、太田頭首工（n=6）のデータを利用し、応答変数を単位面積当たりのカワウ採餌個体数、説明変数は、河川横断物内の微環境（魚道、堰直下、下流域、上流域）とし、誤差分布を負の二項分布と仮定した。

各統計解析において R ver4.1.2 を利用し、統計の有意水準は $P < 0.05$ とした。

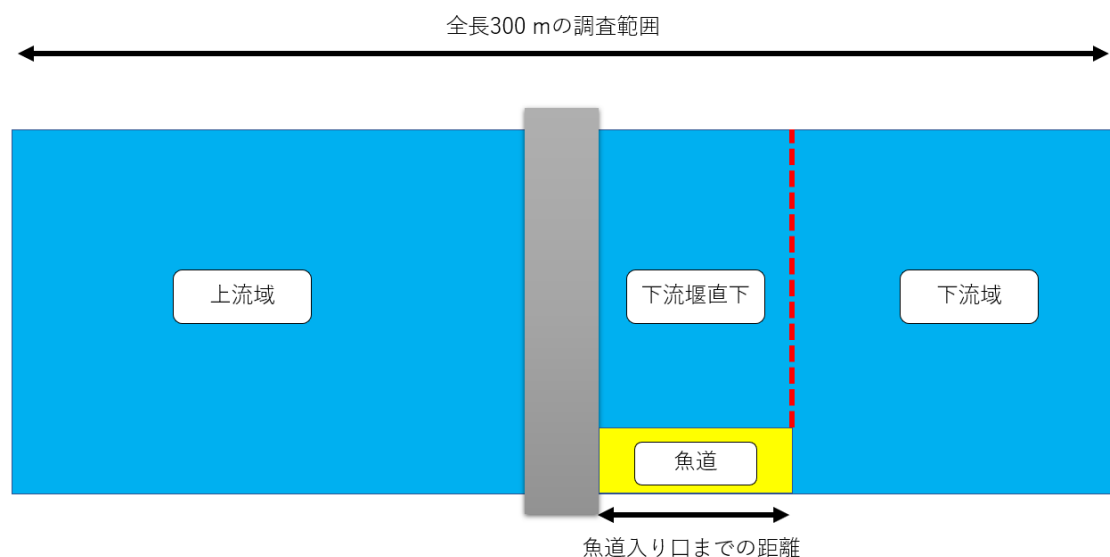


図-16 河川横断物内の微環境の区分

灰色は河川横断物を示し、黄色は魚道を示す。

2020 年に実施した自然護岸、人工護岸エリアや 2020 年、2021 年の河川横断物から 300 m 以上離れた場所で採餌していた「その他」の自然環境の採餌場所の特徴について分析を行った。その他の環境で採餌していた 21 個体の事例について、岸からの距離と採餌場所の波の有無について分析を行った。

3) 結果

2020 年は 5 月～10 月にかけて、全調査回数の 44 % (11day/25 day)、2021 年は 5 月～10 月にかけて全調査回数の 48 % (13day/27day) の調査日でドローンを飛翔させることができた。ドローンは、霧や雨の中で飛翔させることができない。特に 7 月～8 月は、朝霧が川の上に出ることが多く、調査ができない日が多かった。

河川横断物周辺、上流、下流、その他の環境におけるカワウの単位面積当たりの飛来数の結果を図-17 に示す。

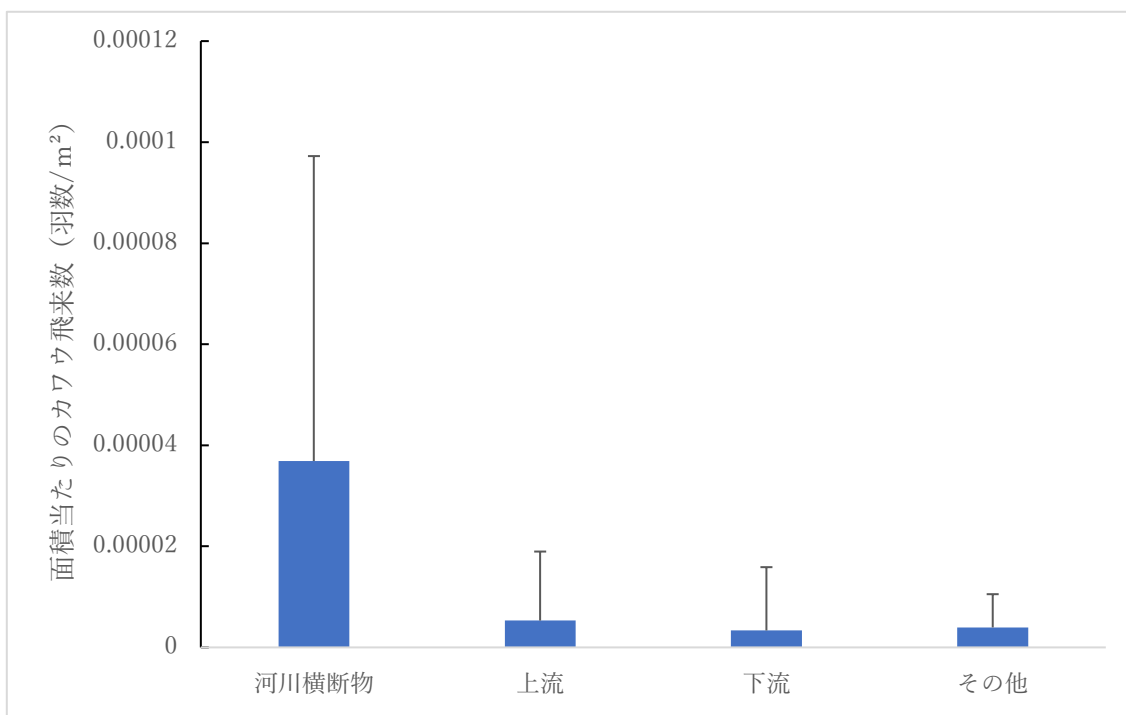


図-17 河川横断物、上流、下流、その他の環境におけるカワウの面積当たりの飛来数
(宮中；n=11、妙見；n=3、勝瓜；n=3、岡本；n=4、太田；n=6)

表-3 ステップワイズ法を用いた選択されたモデル(n=27)

モデル選択	$\Delta A I C$
各調査地から半径 20 km 内のカワウ総個体数 各調査地点からねぐら・コロニーの最短距離 飛来環境 各河川横断物	248. 10
各調査地から半径 20 km 内のカワウ総個体数 飛来環境 各河川横断物	246. 67
飛来環境 各河川横断物	244. 0
飛来環境	242. 85
各河川環境	242. 86