



図 24 ID45846 のトリップ回数



図 25 ID45847 のトリップ回数

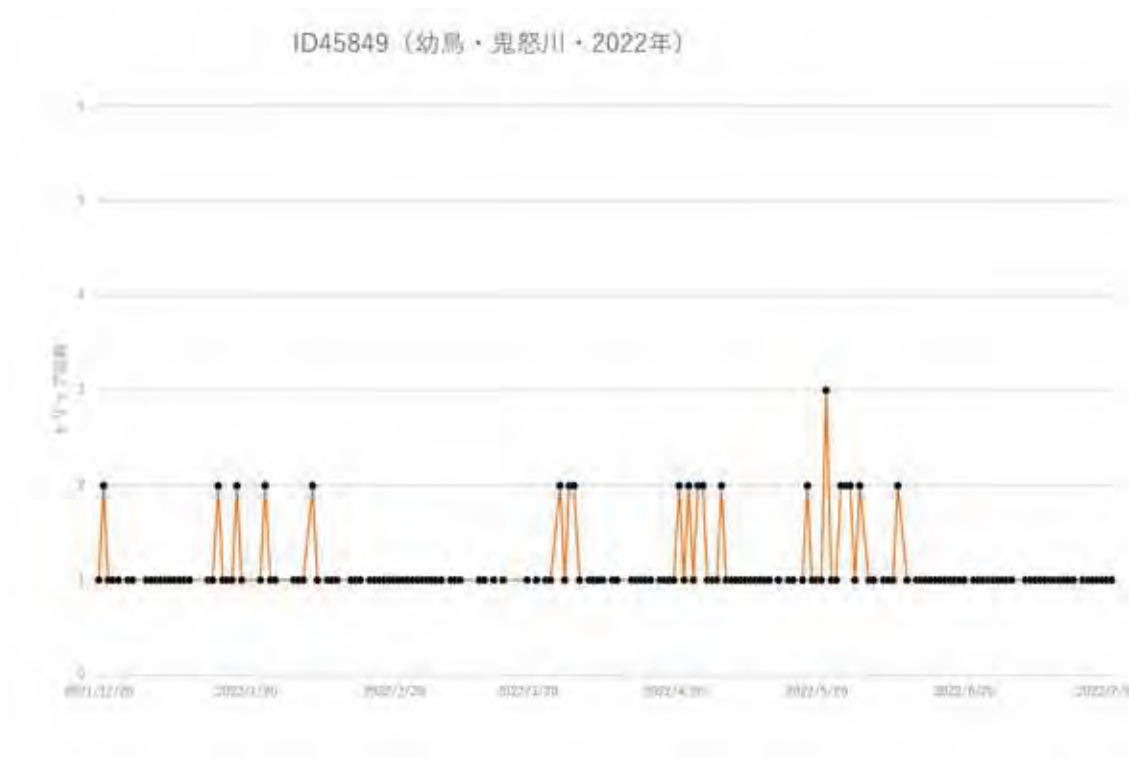


図 26 ID45849 のトリップ回数

iv) 採餌場所の環境条件

GPS 測位点から作成したヒートマップから、密度が濃い地点の環境条件を全体と各装着個体でまとめた (図 27、28)。カワウの早朝 2 時間の GPS 測位点は、淵が圧倒的に多く、次に瀬が多い結果となった(図 27)。また、採餌場所を見ると、個体によって利用する環境のバリエーションには個体差があるようだ(図 28)。

また、参考画像として図 29～31 に例を示す。ヒートマップの高いカーネル密度を示したエリアの実際の GPS の測位ポイントを見ると、確かに、瀬ではなく淵を中心に河川に滞在している様子が見て取れる (図 29～31)。

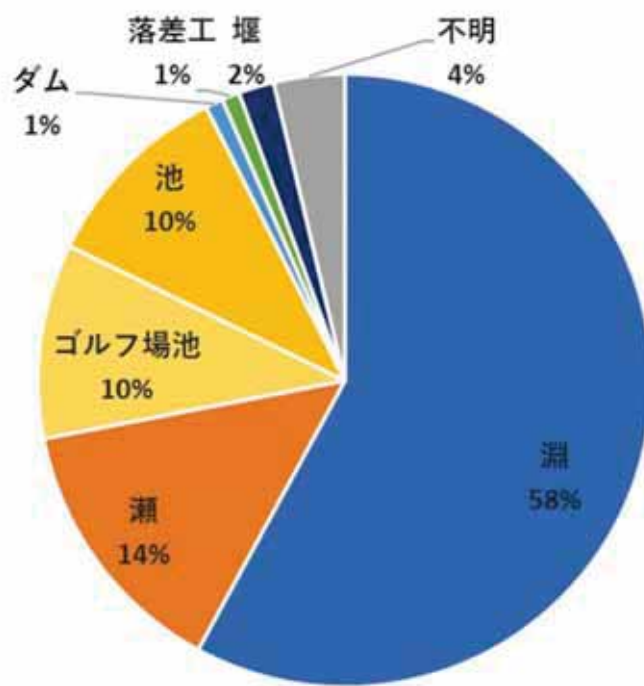


図 27 ヒートマップの密度が高い地点の環境条件

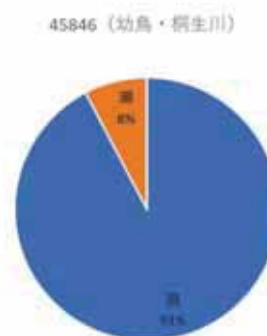
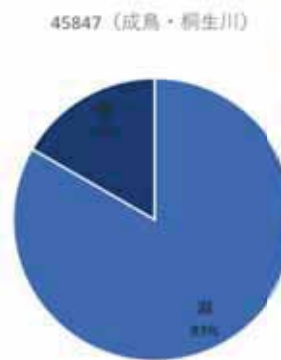
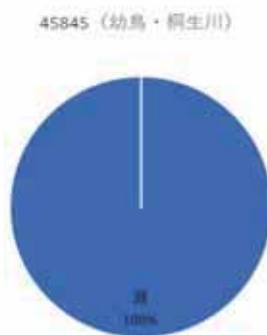
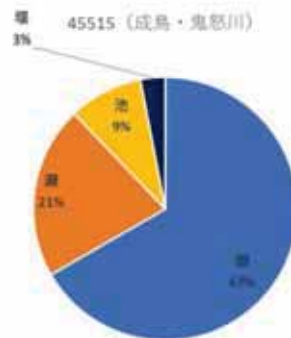
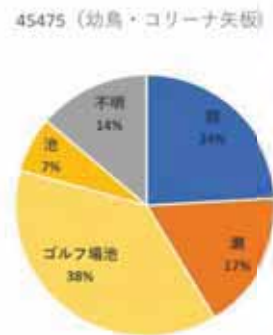
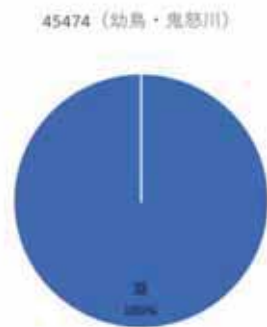


図 28 各個体の環境条件

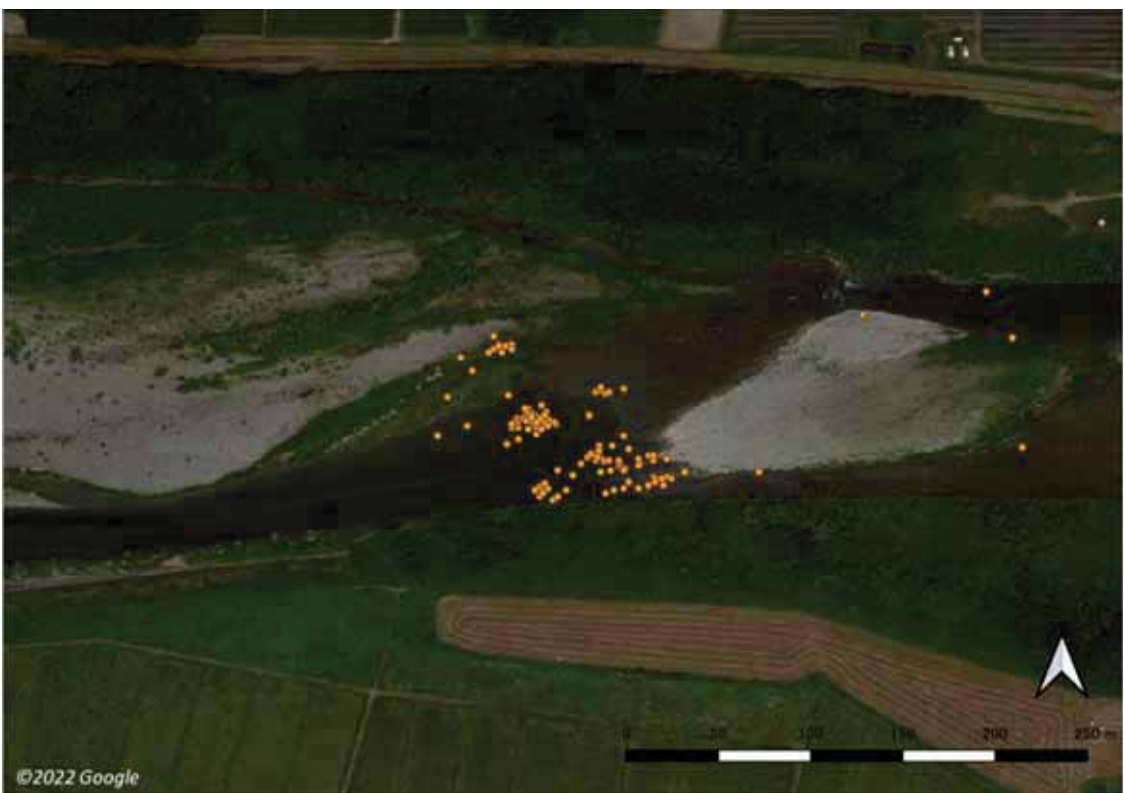


図 29 採餌場所：例 1（上：ヒートマップ、下：GPS 測位点）ID：45475

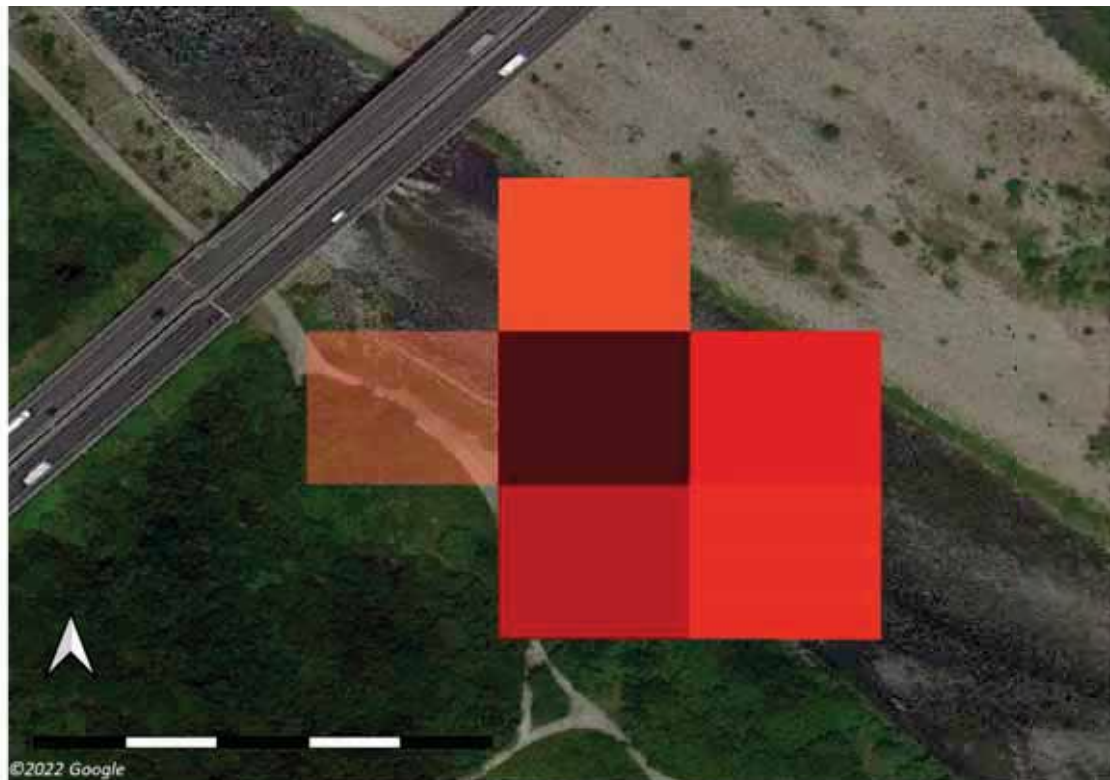


図 30 採餌場所：例 2（上：ヒートマップ、下：GPS 測位点）ID：45515



図 31 採餌場所：例 3（上：ヒートマップ、下：GPS 測位点）ID：45515

v) ねぐら・コロニーの移動および季節移動

本研究では得られた GPS データからカワウが利用するねぐら・コロニーを移動したこと、そして、季節によるカワウの長距離移動（以下：季節移動）が確認された。各装着個体から判明したねぐら・コロニー移動についてまとめたものを表 7 に示す。速度は次のねぐらに移る際の最高速度と 1km/h 以上の速度から平均速度を抽出した。ねぐら・コロニーの移動について、ねぐらから直接次のねぐらに移るパターンと採餌をしてから夕方に次のねぐらに移るパターンが確認された（図 32）。

また、カワウの季節移動についてまとめたものを表 8 に示す。季節移動では早朝に出発することが判明した（表 8、図 33）。

表 7 と 8 の最大移動速度を見ると時速 90 km を超えた例が 3 例記録されている。おそらく追い風の条件等が加わったものと推測されるが、羽ばたき飛翔をするカワウがこのような高速移動可能ということは驚くべき記録である。

表7 カワウのねぐら・コロニー移動に関するパラメーターのまとめ

ID	移動日	ねぐら・コロニー名称 (移動前)	ねぐら・コロニー名称 (移動後)	出発時刻	到着時刻	ねぐら・コロニー間距離 (km)	総移動距離 (km)	平均速度±SD (1 km/h以下は除外)	最高速度 (km/h)
45475	2020年9月26日	コリーナ矢板	ホウライカントリー倶楽部	11:20	12:10	22.1	22.8	27.4±11.0	42.3
	2020年11月12日	行徳近郊緑地	千葉県いすみ市新田川	6:20	8:00	62.4	64.8	41.4±24.9	66.0
	2020年11月13日	千葉県いすみ市新田川	大原・御宿ゴルフコース	16:10	16:30	5.6	5.7	17.2±4.6	21.6
	2020年11月21日	大原・御宿ゴルフコース	千葉製造所	6:10	16:50	42.6	70.6	20.9±15.3	53.7
	2020年11月24日	千葉製造所	鶴舞カントリー倶楽部	6:10	7:40	18.4	21.4	14.7±18.2	55.3
	2020年11月26日	鶴舞カントリー倶楽部	高滝湖展望台近く	7:20	13:00	1.4	8.4	6.1±3.7	9.9
	2020年11月28日	高滝湖展望台	加茂ゴルフ倶楽部	15:40	16:10	6.4	6.8	20.3±9.3	29.6
45515	2021年4月13日	ホウライカントリー倶楽部	コリーナ矢板	5:10	7:30	22.1	23.1	18.9±15.0	45.2
	2021年9月6日	コリーナ矢板	井原公園	7:05	17:45	28.9	54.6	18.4±20.7	67.9
	2021年10月9日	井原公園	インターパーク	6:25	17:35	8.0	21.0	21.5±20.7	58.1
	2021年10月11日	インターパーク	井原公園	17:35	17:55	8.0	8.1	32.2±3.1	34.7
	2021年10月23日	利根川①	利根川①	17:00	17:15	12.0	8.9	35.4±31.7	77.8
	2021年11月1日	利根川②	利根川③	6:05	8:05	5.2	22.9	21.5±21.4	59.5
	2021年11月7日	利根川③	利根川④	6:35	16:05	34.2	53.1	17.7±20.2	60.2
	2021年11月8日	利根川④	茨城県鬼怒川	6:35	17:00	4.3	17.7	9.8±12.3	48.0
	2021年11月10日	茨城県鬼怒川	渡良瀬遊水地	8:05	16:45	39.3	84.9	30.2±19.1	60.5
	2021年12月1日	渡良瀬遊水地	大沼	7:10	8:30	17.6	23.7	22.5±12.9	44.6
	2021年12月4日	大沼	渡良瀬遊水地	8:10	16:30	17.6	36.6	26.7±17.3	59.6
	2021年12月5日	渡良瀬遊水地	大沼	7:25	15:00	17.6	34.4	17.1±13.4	48.1
	2021年12月24日	大沼	渡良瀬遊水地	8:40	16:45	17.6	44.1	29.7±24.9	90.0
	2022年1月3日	渡良瀬遊水地	利根川①	7:40	17:15	24.3	30.9	14.5±18.8	60.2
	2022年1月4日	利根川①	渡良瀬遊水地	7:05	17:05	24.3	44.4	16.6±19.9	69.0
	2022年1月13日	渡良瀬遊水地	利根川①	6:55	17:25	24.3	51.4	14.4±15.9	55.5
	2022年1月14日	利根川①	渡良瀬遊水地	7:00	15:35	24.3	30.4	17.0±28.1	97.7
	2022年1月30日	利根川①	渡良瀬遊水地	7:00	17:55	24.3	31.0	15.4±22.5	71.6
45846	2021年2月15日	高津戸ダム	工場沼	6:25	17:50	21.0	30.8	11.8±14.3	45.9
	2021年3月28日	工場沼	高津戸ダム	5:20	19:20	21.0	51.2	16.7±16.3	72.5
45849	2022年2月14日	イーストウッド	コリーナ矢板	6:25	17:45	9.1		12.1±14.4	45.9

表8 装着個体から判明した長距離移動

ID	移動日	ねぐら・コロニー名称 (移動前)	ねぐら・コロニー名称 (移動後)	出発時刻	到着時刻	ねぐら・コロニー間距離 (km)	総移動距離 (km)	最大移動距離 (km)	平均速度±SD (1 km/h以下は除外)	最高速度 (km/h)
45475	2020年10月21日	ホウライカントリー倶楽部	千貫沼	6:00	9:20	90.6	93.8	88.8	51.1±22.7	74.8
	2020年10月22日	千貫沼	ホウライカントリー倶楽部	6:10	15:40	90.6	120.0	92.3	31.9±28.7	82.7
	2020年11月10日	ホウライカントリー倶楽部	行徳近郊緑地	6:00	15:10	141.2	194.0	84.8	45.1±29.6	88.1
	2020年4月11日	加茂ゴルフ倶楽部	ホウライカントリー倶楽部	5:20	11:40	184.1	196.4	171.8	37.7±14.6	67.4
45515	2022年2月18日	コリーナ矢板	渡良瀬遊水地	8:05	18:10	59.6	105.0	49.0	35.2±24.7	91.9
	2022年2月20日	渡良瀬遊水地	コリーナ矢板	6:45	15:50	59.6	75.1	43.5	22.8±22.0	60.7



図 32 ねぐら移動例 ID : 45475



図 33 季節移動例 ID : 45475

vi) GPS 軌跡から判明したカワウの行動について

トリップデータより各個体の利用場所を抽出しまとめたものを図 34～41 に示す。

装着した GPS 個体から得られた軌跡によりカワウの行動について判明したことをまとめる。まず、栃木県のコロニーで捕獲した個体 (ID45475 幼鳥) は、8 月から 11 月にかけて、鬼怒川、荒川、箒川を利用しており、夏は鬼怒川と荒川、秋は箒川といった季節ごとに採餌場所を変えることが分かった (図 35)。箒川では、時期が経つにつれ上流に移動することが多くなり、利用していたコロニーから約 15 km を越えるとその地点から近い方のねぐらに移動していたことが分かった (図 42)。また、7～8 月だけの夏のみデータの取れた幼鳥はやはり、鬼怒川を中心に採餌していた (図 34)。また、別の幼鳥個体も 12～2 月までは越冬地で採餌しているが、2 月から 4 月はいろいろな場所を利用しながらも鬼怒川の利用が増え、5～7 月はメインに鬼怒川を利用していた (図 38)。栃木県鬼怒川で捕獲した成鳥個体も同様の傾向が見られ、2 月から 10 月までは鬼怒川を利用していたが、10 月以降、利根川の利用が増加し、その後越冬地 (多々良沼や池等) に季節移動を行った (図 36、37)。

以上のことから、幼鳥も成鳥も 5～8 月のアユの遡上・定着期には、鬼怒川を中心とした採餌行動を行っていることが分かった。また、秋以降は、近隣の箒川など、鬼怒川から少し異なる場所に採餌エリアを移動させ、冬季は個体ごとに異なる越冬地において、池や沼、河川を採餌エリアとして利用していることが示され、再び 2 月以降、コリーナ矢板のコロニーに戻ってくると鬼怒川を利用するようになることが示された。

群馬県の桐生川で捕獲した個体 (成鳥・幼鳥) は、ともに最寄りの高津戸コロニーを利用しており、10 月～4 月のどの季節においても渡良瀬川と桐生川を主な採餌エリアとして使用していた (図 39～41、43)。

栃木県鬼怒川にて繁殖期の親鳥の行動を図 44 に示す。この個体からは育雛中のため、雛に何度も給餌するピストン輸送 (1 日に複数回、採餌とコロニーを往復する行動) がみられた。この個体は育雛のために鬼怒川を利用していたが、ある地点を境に、それ以上の上流には採餌に行かなかった。この地点は、鬼怒川漁協がこの時期にアユの稚魚を放流している最上流部と一致していた。このように繁殖期の親鳥が放流されたアユの稚魚を高頻度で利用し、育雛していることが明らかとなった。

図 45 に長期間装着データが得られた 2 個体の関東圏における越冬行動を示す。この 2 個体は春、夏、秋は栃木県の河川を利用し、他県で越冬する行動が見られた (図 35～37)。

図 46、47 に栃木県のコロニーで捕獲した個体 (ID45475 幼鳥) の越冬中の沿岸域における行動を示す。この個体は東京湾で 1 日、房総半島の右下のエリアでは 1 週間で沿岸を中心に行動していた。

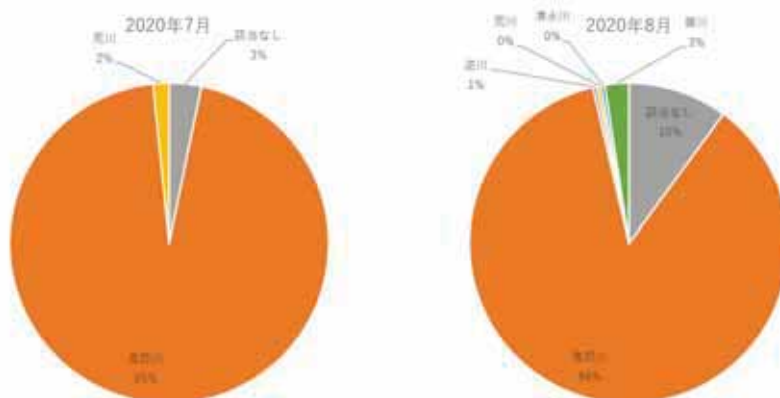


図 34 ID45474（幼鳥・鬼怒川）の利用場所

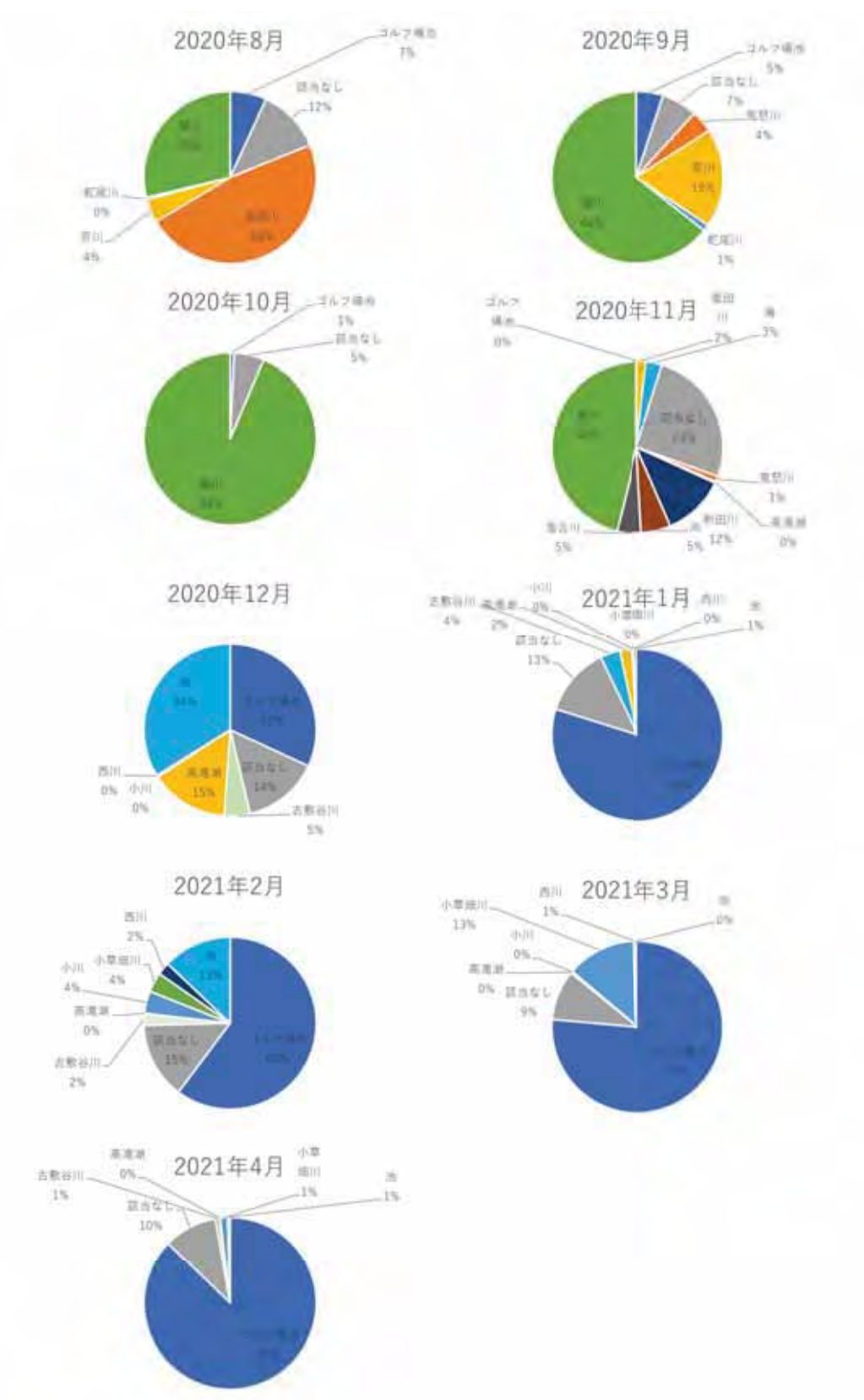


図 35 ID45475（幼鳥・コリーナ矢板）の利用場所

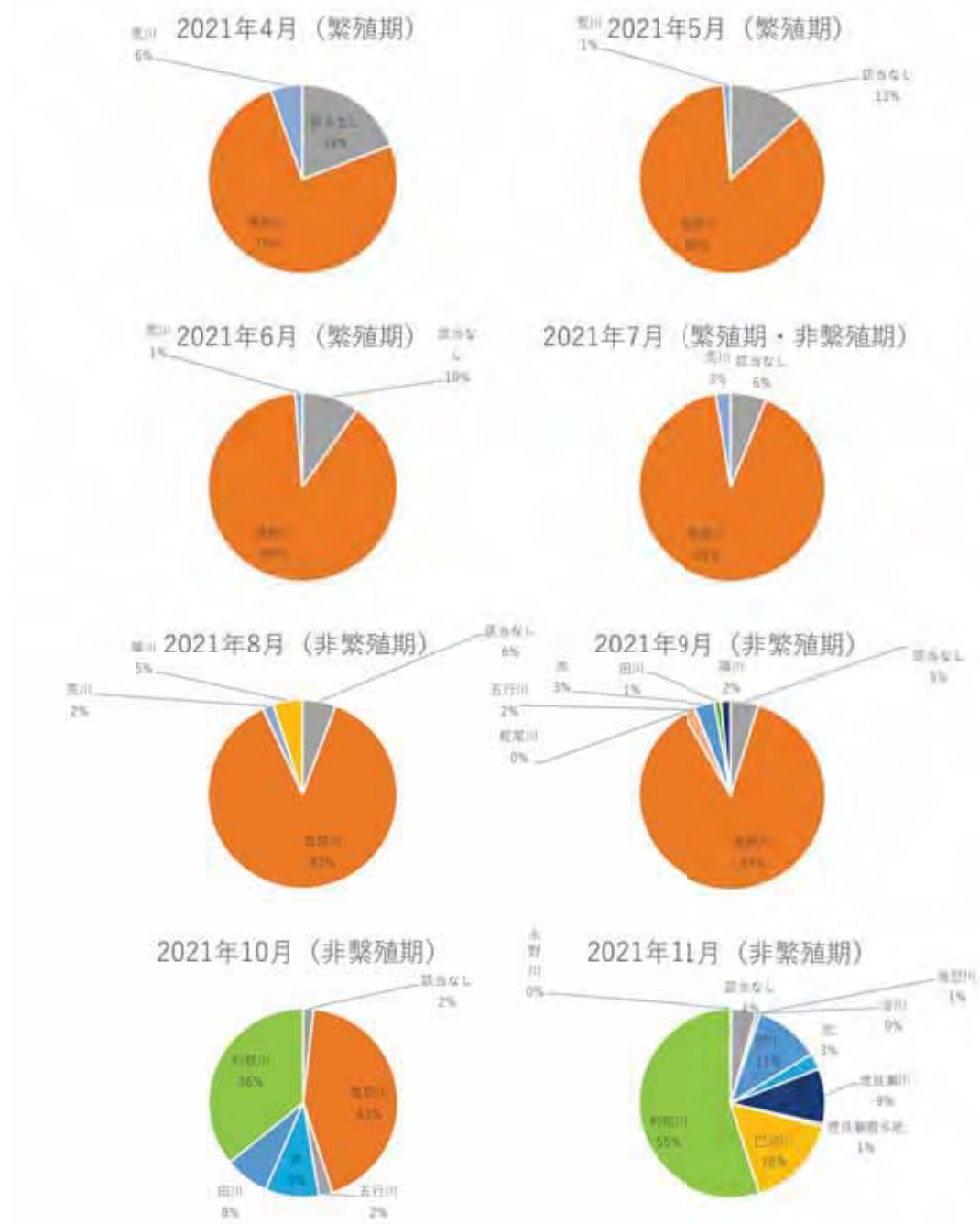


図 36 ID45515（成鳥・鬼怒川）の利用場所①

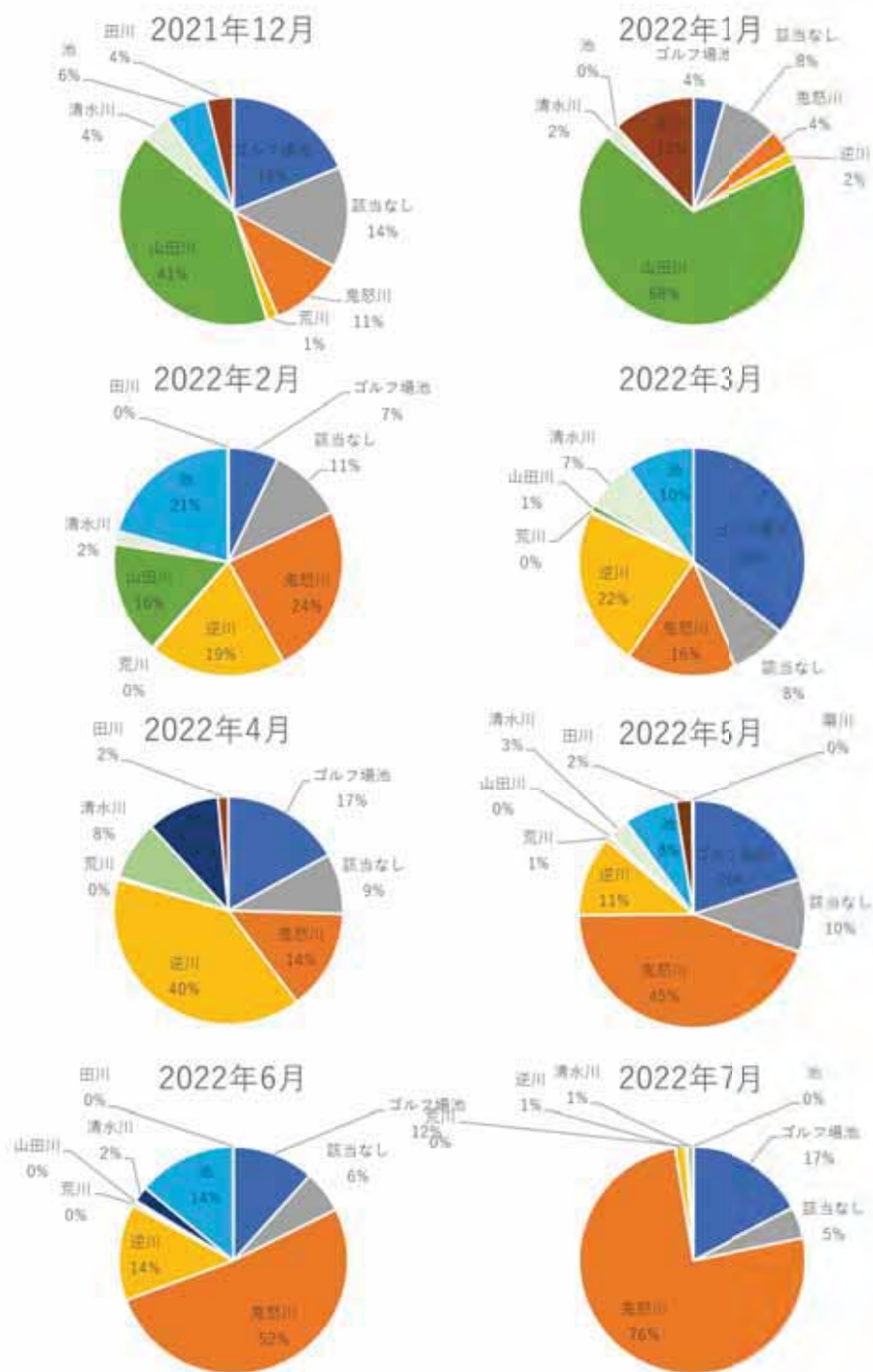


図 38 ID45849 (幼鳥・鬼怒川) の利用場所



図 39 ID45847（成鳥・桐生川）の利用場所

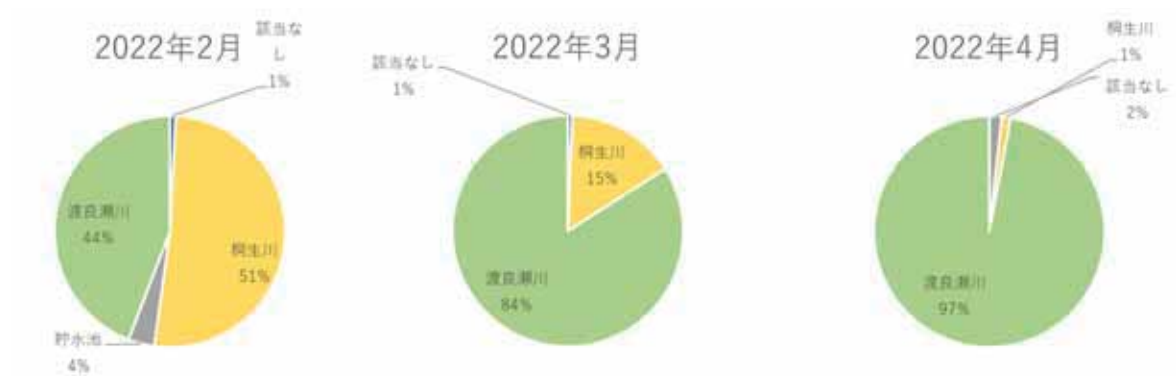


図 40 ID45846（幼鳥・桐生川）の利用場所



図 41 ID45845（幼鳥・桐生川）の利用場所



図 42 栃木県のコロニーで捕獲された個体の移動軌跡 (ID : 45475)



図 43 群馬県桐生川で捕獲された個体の移動軌跡 (ID : 45847)



図 44 放流場所で採餌する繁殖期のカワウ (ID : 45515)

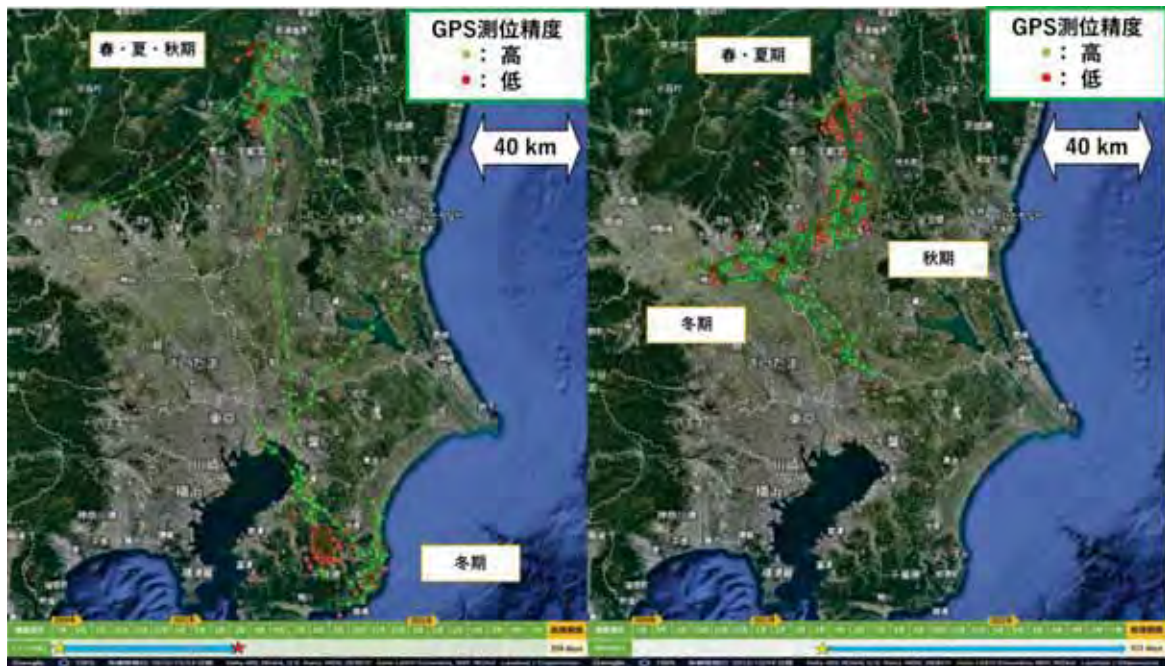


図 45 関東圏におけるカワウの行動 (左 : ID45475、右 : ID45515)



図 46 ID45475 の 11 月における沿岸での行動①

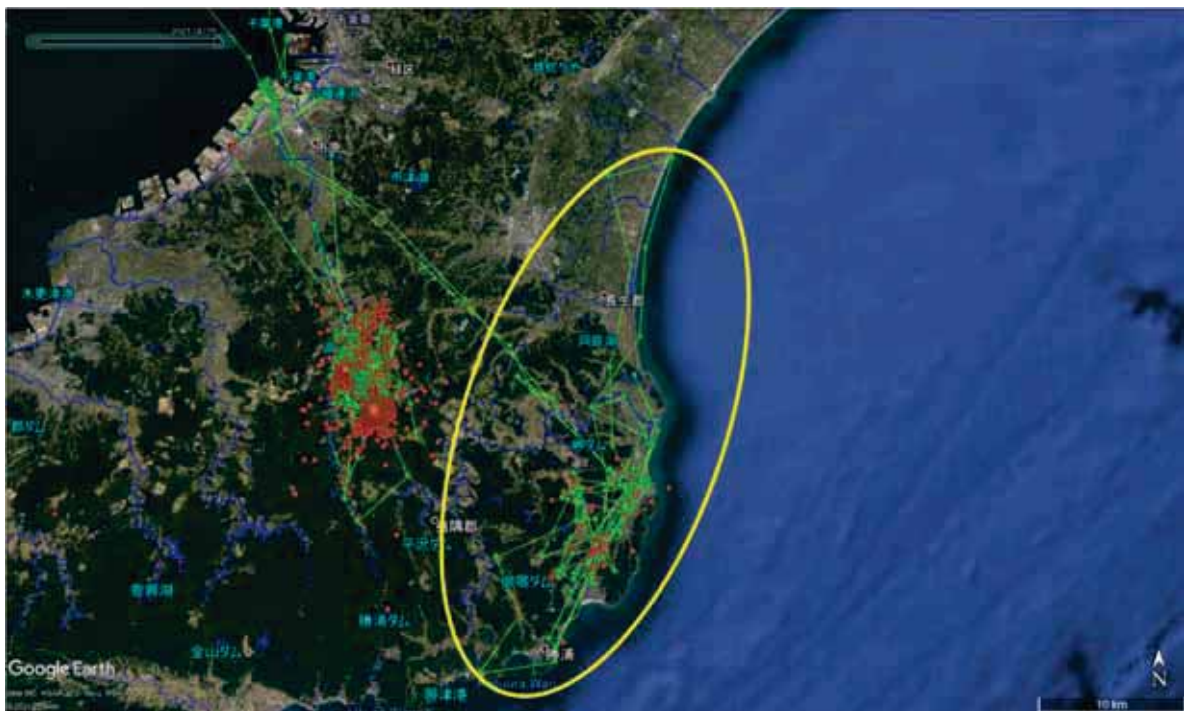


図 47 ID45475 の 11 月における沿岸での行動②（黄色の枠）

3). 考察

i) 捕獲個体について

本研究では、計 18 個体を捕獲し、うち幼鳥が 13 個体、成鳥が 5 個体だった。

今回、装着した個体のうち、計 6 台が栃木県内にて猟銃により捕獲され、それらの個体はすべてが幼鳥であった（表 2）。群馬県で捕獲した個体がその後、渡良瀬川下流に移動し、栃木県に入ったと同時に狩猟されてしまうことがあった。群馬県で捕獲した地点のエリアは川沿いに住宅地などが多く、狩猟禁止エリアであったため、その場所を利用する個体はロケット花火による追い払いの経験はあるものの銃器による捕獲を知らない個体であったと推測される。今回、栃木県で装着した個体のうち長期間のデータを得られた個体の行動では、ゴルフ所の池や自然公園の池など、禁猟区を主に利用しており（図 35）、冬期に禁猟区を利用することを学習した個体は、幼鳥であっても生存率が高くなっている可能性が示唆された。

ii) 採餌トリップについて

本研究では、幼鳥と成鳥の繁殖期、非繁殖期の採餌トリップデータが得られた（表 2）。各個体の結果を見ると、個体差があり、さらに場所、期間による差が明らかとなった（表 3）。これは、利用するねぐら・コロニーから採餌に行く場所までの距離による影響と考えられる。カワウは、栃木県においては、アユの遡上期から定着期には鬼怒川を利用し、その後落ちアユの時期には箒川、そして、冬季は栃木から移動して別の場所で採餌する様子が見られたように、カワウは、河川の餌環境に合わせて柔軟にねぐらを移動していることがわかる。一方で、繁殖期はコロニーの移動をできないことから、コリーナ矢板のようにカワウの繁殖期間中を通して、最も良い餌場が近くにあるところに営巣することが考えられた。

オランダで沿岸コロニーの繁殖期のカワウに GPS ロガーを装着した結果（Ruben 2022）では、トリップ時間が 379 ± 235 min、総移動距離が 33 ± 15.6 km、最遠距離が 12.4 ± 4 km と報告され、本結果の繁殖個体のトリップのパラメーターは、オランダのカワウと比べ、すべてのパラメーターにおいて低い値であった（表 2、3）。これはオランダの個体は広範囲の海で採餌していた（Ruben 2022）のに対し、本研究の繁殖個体は、鬼怒川漁協によって放流された大量のアユの稚魚を採餌していると推測され（図 25）、河川の方が海に比べ、限定したエリアに餌となる魚が高密度で生息していたため、トリップの時間も短く、距離も少なく済んだのではないかと考えられる。栃木県のカワウは鬼怒川を採餌エリアとして利用している間は繁殖期に相当していることから、放流事業がカワウの育雛時の採餌効率を上昇させている可能性が示唆された。アユの稚魚は、放流直後は群れることが知られており、放流後 10 日間が最もカワウに捕食されやすいということが知られている。よって、放流場所では、放流後 10 日間は、集中した日程で徹底的なカワウの追い払い等の被害防除対策を行い、放流場所から 15 km 以内にあるコロニーでドライアイスを用いた繁殖抑制を行うことで、雛への給餌量を減らすことがアユの捕食被害を減らす上で有効と考えられた。

カワウの行動圏は、おおむねねぐら・コロニーから 15 km 圏内であった(図 14)。東海地方のカワウに GPS ロガーを装着した事例(日野 2012)では、カワウの行動圏は 2-11 km と報告されていた。本研究の各個体の行動範囲のデータと比較すると 5~15 km の範囲が多かったのも、これは、採餌場所とねぐら・コロニーの位置関係の違いによる影響が大きいのではないかと考える。しかし、本研究の結果でも、行動範囲がねぐら・コロニーから 15 km を超える個体は少なかったことから、ねぐら・コロニーから 15 km 圏内では被害が多発するというこれまでの定説は妥当であり、この区間に良い漁場やアユの放流場所がある場合、優先的に対策を行う必要があることが改めて示された。

iii) 採餌トリップ開始時刻と終了時刻への影響

カワウが採餌トリップを開始するのは日の出時刻より 30 分前が多く、そして、終了時刻は日の入り時刻前後が多いという結果だった(図 17)。また、繁殖期においてはこの通りではなく、不規則な時間帯で採餌トリップを行っていた(図 15)。繁殖個体と同時期に、同じコロニーを利用していた幼鳥も不規則な時間帯の採餌トリップであった(図 15)。これは、幼鳥が成鳥の動きに合わせて、トリップに出発しているためではないかと推測される。繁殖期以外のデータについて、カワウは日の出 30 分前から活動をはじめ、日の入り 30 分後くらいまでには終了する(環境省 2013)と同様の結果となり、本調査でこちらの知見のエビデンスが得られたが、繁殖期にはそのルールが適応できないことが判明した。

iv) 採餌場所への環境条件

日の出から早朝 2 時間のカワウの採餌場所をヒートマップ分析によって判別した結果、河川の微環境の中では圧倒的に淵を選択していることが分かった(図 27)。河川の淵では水深が深く、流速が遅いため、魚が滞留しやすく、単位面積当たりの魚類の質重量が多い(図 48)ことから、カワウは淵で採餌をしていると考えられる。よって、河川においては、淵を中心に被害対策を実施すると効率的に防除することができる。

■7～10月における平瀬、とろ、淵、早瀬別の単位面積当たりの魚類の湿重量

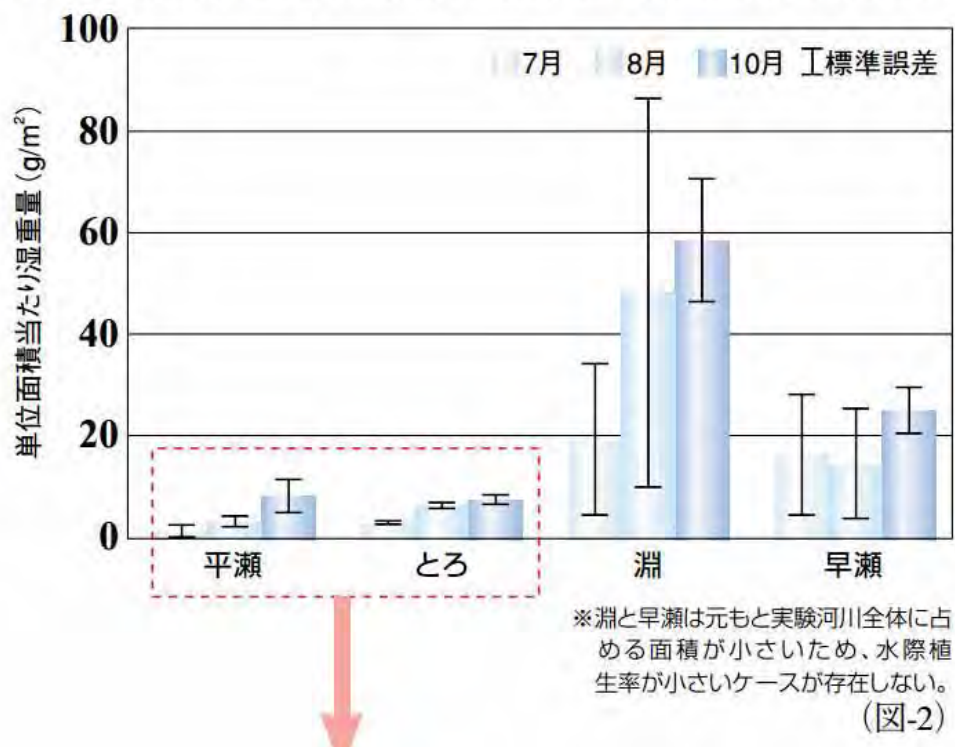


図 48 7～10 月における平瀬、とろ、淵、早瀬別の単位面積当たりの魚類の質重量
(土木研究所 2000 より画像引用)

vi) ねぐら・コロニー移動と季節移動

過去の報告では、ねぐら移動において、ねぐら間の距離は 20 km 以上、最長で 50 km とのことだったが、本研究では、20 km 以下の距離でもねぐらの移動が確認された（表 7）。また、ねぐら・コロニー間の季節移動も確認され、最長で 184 km であった（表 8）。この結果により、カワウは 1 日で 200 km 以上の移動が可能であり、1 年を通して県域を越えた移動が行われることから、広域的な管理が重要ということが改めて示唆された。

3. モニタリング調査データの GIS 分析

1). 方法

i) 使用したモニタリングデータ

分析には、環境省が広域協議会で収集しているカワウのねぐら・コロニーにおける生息状況調査データと全内漁連が毎年収集している漁場への飛来数調査データを使用した（図 49）。生息状況調査のデータには、県名、ねぐら等の名称、ねぐらかコロニーの識別、座標（緯度、経度）、生息羽数の調査データが記載されている。本研究では、2018～2020 年度に調査されたデータを使用した。調査期間は漁協ごとに異なるが、漁協が被害を受けている時期

に一年を通して実施されている。この調査では各箇所での日の出前 30 分から約 2 時間、カワウが漁場に何羽着水したか、あるいは、どの方向から飛来したのかを調べている（全内 2008）。この調査結果を調査地点一箇所につき、一日単位でまとめたものを様式 1（図 50）とし、それらを漁協ごとにまとめたものを様式 2 としている（図 51）。今回使用したのは様式 2 であり、全国内水面漁連が各都府県の漁連の様式 2 のデータを集計したものを使用した（図 52）。この飛来数調査データには、広域協議会、県、漁協名、日付、時間帯、場所名、座標（緯度、経度）、確認数（飛来羽数＋通過羽数）、飛来羽数、飛来方向、通過羽数、通過方向、追払羽数、追払方向の調査データが記載されている（図 52）。この項目の中にある【飛来羽数】というのはカワウが調査箇所に着水した状態のことを指し、【通過羽数】は調査箇所に着水せずに上空を飛翔によって通り過ぎたときのことを指す。また、追払いは調査箇所にカワウがいる場合にロケット花火などで飛び去った際のことを示している。

調査箇所	確認数	飛来羽数	通過羽数	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年
北海道	112	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青森県	281	281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宮城県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
秋田県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山形県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福島県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
栃木県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
群馬県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼玉県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東京都	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
神奈川県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新潟県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
富山県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石川県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福井県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山梨県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長野県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岐阜県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
静岡県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
愛知県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
三重県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
滋賀県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
京都府	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大阪府	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
兵庫県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
奈良県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
和歌山県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
徳島県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
香川県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
愛媛県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高知県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福岡県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
佐賀県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大分県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
熊本県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鹿児島県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
沖縄県	284	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図 49 使用した生息数調査データ

【様式 1】

令和4年度 全国内水面漁獲 カワウ生息等 現地調査メモ(1日用)

漁協名	都 道 府 県			漁協
記入者名				
※ 記入にあたって、複数人で同じ地点や調査をする場合は、一人が代表として記入する。 ※ 複数人で複数個所に数らばって行動する場合は、担当者各自が記入する。(カウントがダブルにならないよう留意する。) ※ 調査を実施したものの場合には、確認数「0」(ゼロ)を記入してください。 ※ 通過でのカウント数は、確認数＝飛来数＋通過数となるように記入してください。 ※ ここで記入した結果は、【様式 2】の集計票に転記してください。				
日にち				人数
時間	: ~ :			
場所	(目印と住所、緯度経度を記載してください)			
調査内容	漁場(採餌場) 確認数＝飛来数＋通過数	ねぐら	コロニー	
確認数 (見つけた羽数)	羽	羽	羽	
飛来数 (着水・着岸)	羽	方向 上流から 下流から その他		
通過数	羽	方向 上流から 下流から その他		
防除(追払い) 実施の有無	有 無	羽	逃げた方向 上流へ 下流へ その他	
駆除・繁殖抑制 実施の有無	有 無	羽		
メモ				
場所について	〇〇橋等の目印だけだと、県外の者が分析する際に、場所の特定が困難でした。分析には緯度・経度の情報が必要なので、緯度・経度を10進法で記入してください。			

飛来調査に参加した人数を記入

図 50 カワウ飛来数調査 現地調査メモ 様式 1

※3 様式1のデータをまとめる際、1地点で1日2回以上の調査を実施した場合には、各調査時ごとに行を分けて記入してください。1回の調査において、飛来方向が複数ある場合には方向別に羽数の内訳を記入してください。

※4 人数:1回の飛来調査に参加した人数を記入してください。

[illegible]

図 51 カワウ飛来数調査 調査集計票 様式 2

Figure 1. Screenshot of the Microsoft Excel spreadsheet showing the data for the 2019-2020 season. The spreadsheet displays various metrics for different locations and dates, including dates, times, and numerical values. The data is organized into columns and rows, with some cells containing text labels and others containing numerical data. The spreadsheet is titled "2019-2020 season" and includes a header row with various labels. The data is presented in a structured format, allowing for easy comparison and analysis of the information across different categories and time periods.

図 52 使用した飛来数調査データ（2019 年）

ii) データ処理

本分析では、季節ごとの分析を行うため、飛来数調査の期間から3～5月を春期、6～8月を夏期、9～11月を秋期、12～2月を冬期と定義し、データを分割した。生息状況調査も同様に、3月春期、7月を夏期、12月を冬期とした。飛来数調査では、それらの期間において、一地点における平均確認数を算出した。また、各地方での分析を行うために、アユ遡上

期、アユ定着期（図 53）の一地点における平均確認数を算出した。

分析には、QGIS ver.3.10（地理空間解析ソフト）、R version 3.6.2(R Core Team、2019)、Excel for Microsoft 365 (Microsoft、US)を用いた。国土地理院発行の数値地図（国土基本情報）と全国市区町村界データ (ESRI ジャパン) を地理情報システム (Geographic Information System ; GIS) 分析の基盤となる地図データとして用いた。

本分析では、カワウの生息状況調査と飛来数調査を組み合わせた分析をするために、QGIS を用いて、それぞれ複数あるねぐら・コロニー及び河川の飛来場所からカワウが採餌を行う 15 km 圏内（GPS データロガーの分析から、カワウはねぐら・コロニーから 15 km 内で採餌していたことから）にあるものを抽出した。そして、1つの被害地点から1つもしくは複数あるねぐら・コロニーの、沿岸と内陸での生息数や個数、被害地点からねぐら・コロニーまでの平均距離（km）、被害地点から海までの距離（km）を算出した（図 54）。

地域別・被害魚種と対象期間

	時期			
	アユ (遡上期)	アユ (定着期)	アユ (産卵期)	サケ
東北	4～5月	6～8月	9～10月	3月
関東	3～5月	6～9月	10～11月	
中部近畿	3～5月	6～9月	10～11月	
中国四国	3～4月	5～9月	10～12月	
九州	3～5月	6～9月	10～12月	

図 53 全国の各地方の被害魚種と対象期間

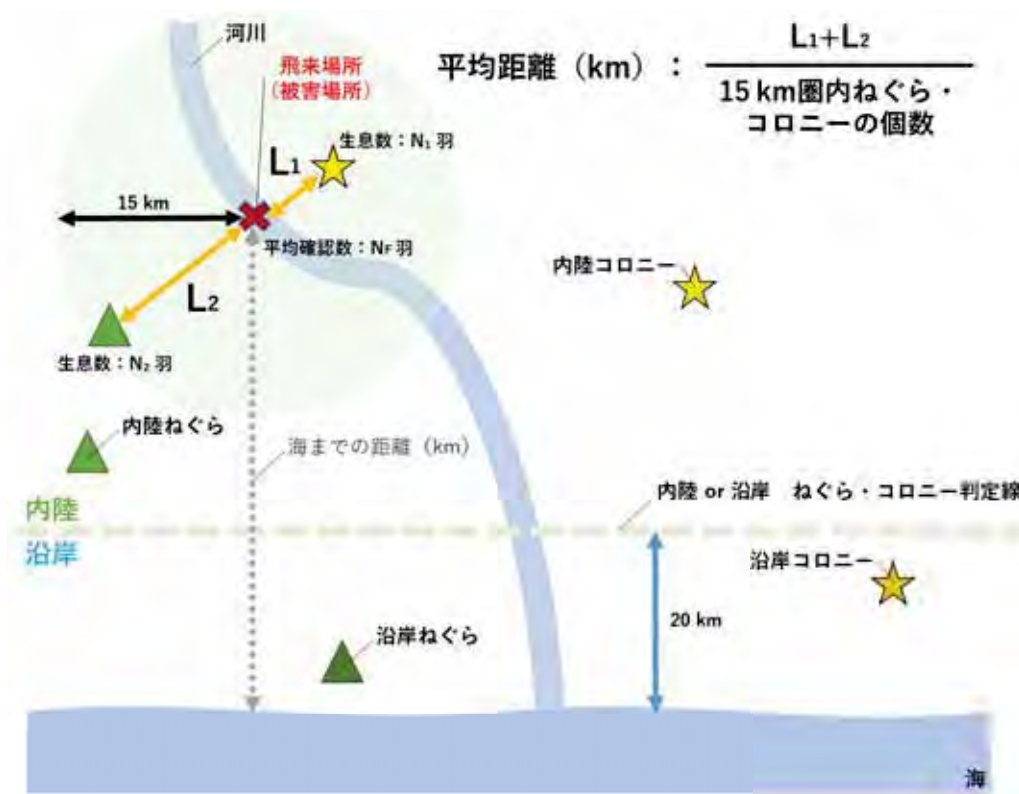


図 54 飛来場所とねぐら・コロニーの模式図

iii) 統計解析

採餌行動の解析及び統計解析には、R version 3.6.2(R Core Team、2019)、Excel for Microsoft 365 version2301 (Microsoft、US)、を用いた。基盤地図には国土数値ダウンロードサービスから全国の行政区域をダウンロードし、使用した。すべての統計解析において、一般化線形モデル (GLM) の構築には、R パッケージ “MASS” およびを用いた。誤差分布として負の二項分布を仮定し、リンク関数として $\log$ を指定した。目的変数を各飛来数調査地点の平均確認数、説明変数を沿岸及び内陸のねぐら・コロニーの個数と羽数、調査地点におけるねぐら・コロニーまでの平均距離 (km)、海岸までの距離 (km) として解析を行った。飛来数調査の地点の距離間隔は、観測者によって異なり、間隔が短い地点のほうが結果に、強く影響してしまう。そこで、被害地点同士の最短距離 (km) を重み付けとして使用することで影響を回避した。

2). 結果

環境省のデータから作成した全国のねぐら・コロニーの分布図の 1 例を図 55 に示す。データ処理前後の飛来地点数と生息数のデータを表 6 に示した。

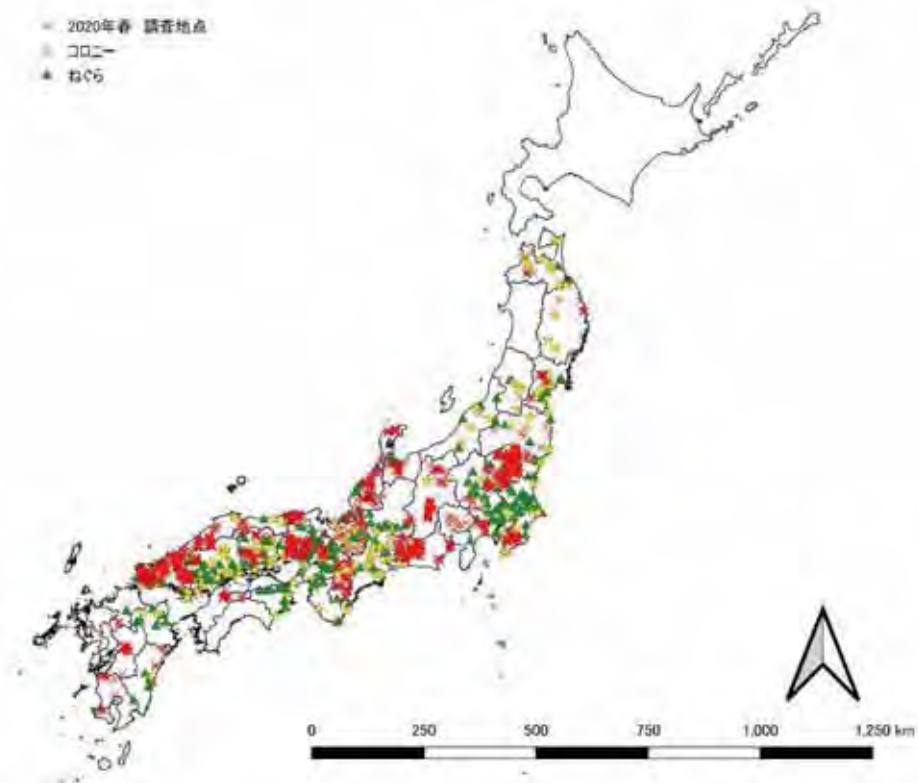


図 55 全国のねぐら・コロニー及び調査地点（2020 年春期）

表6 データ処理前後の各データの地点数

		GIS処理前		GIS処理後(15 km)	
		飛来地点数 (調査回数)	生息地点数	飛来地点数	生息地点数
2018	春	923 (3498)	319	369	111
	夏	1072 (4117)	341	501	142
	秋	1070 (3176)	-	-	-
	冬	359 (1116)	408	226	90
2019	春	1229 (3748)	335	677	163
	夏	1092 (3272)	355	552	144
	秋	960 (2819)	-	-	-
	冬	479 (882)	407	327	108
2020	春	1327 (5396)	387	623	147
	夏	1199 (3709)	401	646	163
	秋	1294 (3487)	-	-	-
	冬	608 (1189)	398	431	140

各季節における GLM の結果を表 7、8、9 に示す。全体的に見ると、各地点の平均確認数

は、内陸のねぐら・コロニーの羽数に強い正の影響があった。そして、被害地点からねぐら・コロニーまでの平均距離 (km) が近いほど、確認数が増加した。春期では、2018 年が沿岸と内陸のコロニーの羽数のパラメーターの方がコロニーの個数より、強い正の効果があるのに対し、2019 年と 2020 年では、個数も羽数も正の効果があることが分かった。また、夏期では、内陸ねぐら・コロニーの個数・羽数の正の影響が強く、海岸までの距離にも正の相関が確認された。冬期では、沿岸のねぐら・コロニーの羽数が有意に影響していることが分かった。

表 7 各年の春期における GLM 解析結果 (上: 2018 年、中: 2019 年、下: 2020 年)

2018年 春期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.113	0.056	-2.003	0.045	*
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	3.582	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.153	0.062	-2.481	0.013	*
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	6.201	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.031	0.014	-2.273	0.023	*
	海岸までの距離 (km)	-0.002	0.003	-0.622	0.534	
	定数	2.705	0.167			
n=369						

2019年 春期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.143	0.042	3.377	<0.001	***
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	3.724	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.209	0.046	-4.535	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	6.910	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.096	0.010	-9.438	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	0.017	0.002	8.483	<0.001	***
	定数	2.030	0.129			
n=668						

2020年 春期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.163	0.042	-3.851	<0.001	***
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	7.819	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.287	0.048	6.032	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	3.595	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.064	0.015	-4.370	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	-0.001	0.002	-0.265	0.791	
	定数	2.076	0.168			
n=623						

表 8 各年の夏期における GLM 解析結果（上：2018 年、中：2019 年、下：2020 年）

2018年 夏期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	ρ	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.123	0.057	2.183	0.029	*
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	0.927	0.354	
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.257	0.048	-5.371	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.002	0.000	16.377	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.137	0.012	-11.091	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	0.011	0.002	5.012	0.000	***
	定数	2.893	0.150			
n=501						

2019年 夏期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	ρ	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.042	0.053	-0.794	0.427	
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	1.365	0.172	
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.024	0.053	0.457	0.648	
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	9.242	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.074	0.013	-5.848	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	0.016	0.002	8.124	<0.001	***
	定数	2.080	0.139			
n=547						

2020年 夏期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	ρ	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.197	0.053	-3.693	<0.001	***
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	2.223	0.026	*
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.268	0.054	4.966	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	7.156	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.143	0.012	-12.266	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	0.005	0.002	2.764	0.006	**
	定数	2.761	0.140			
n=646						

表 9 各年の冬期における GLM 解析結果（上：2018 年、中：2019 年、下：2020 年）

2018年 冬期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.076	0.078	0.976	0.329	
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	-0.001	0.000	-4.877	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.295	0.087	-3.412	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.003	0.001	6.181	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.149	0.019	-7.665	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	-0.004	0.003	-1.349	0.177	***
	定数	3.613	0.237			
n=226						

2019年 冬期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.187	0.073	-2.561	0.010	*
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	3.788	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.020	0.063	-0.312	0.755	
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.004	0.000	8.340	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.132	0.018	-7.463	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	-0.001	0.002	-0.627	0.530	
	定数	2.911	0.209			
n=327						

2020年 冬期

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.105	0.056	1.885	0.059	.
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	3.378	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.024	0.063	0.382	0.702	
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.003	0.000	6.968	<0.001	***
	平均距離 (km)	-0.141	0.014	-10.419	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	-0.001	0.002	-0.657	0.511	
	定数	3.059	0.157			
n=431						

表 10 と 11 にアユの遡上期、定着期における、各地域別のカワウの河川における平均確認数に沿岸と内陸別のねぐら・コロニーの個数・羽数、平均距離、海岸までの距離が与えた影響について GLM 分析を行った結果を示す。アユの遡上期と定着期において、平均確認数に影響を与える要因は地域ごと、また、アユの生育時期において、多様であり、全国で共通の傾向はみられなかった（表 10、11）。

表 10 2020 年の各地方のアユ遡上期の GLM 結果

関東・アユ遡上期						
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-3.770	0.800	-4.714	<0.001	***
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.016	0.004	4.027	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.348	0.115	-3.026	0.002	**
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.005	0.001	6.874	<0.001	***
	平均距離 (km)	0.034	0.025	1.378	0.168	
	海岸までの距離 (km)	-0.015	0.005	-3.044	0.002	**
	切片	2.225	0.435			
n=206						
中部・アユ遡上期						
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.288	0.158	1.821	0.069	.
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.003	0.001	3.022	0.003	**
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.592	0.506	1.170	0.242	
	内陸ねぐら・コロニー羽数	-0.003	0.003	-1.026	0.305	
	平均距離 (km)	-0.170	0.035	-4.807	<0.001	***
	海岸までの距離 (km)	0.025	0.010	2.451	0.014	*
	切片	2.136	0.352			
n=63						
近畿・アユ遡上期						
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.035	0.065	-0.539	0.590	
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	-0.001	0.000	-2.663	0.008	**
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.426	0.085	4.993	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	2.336	0.020	*
	平均距離 (km)	-0.043	0.031	-1.391	0.164	
	海岸までの距離 (km)	-0.010	0.009	-1.066	0.287	
	切片	1.887	0.389			
n=167						
中国・アユ遡上期						
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.102	0.062	1.630	0.103	
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	4.982	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.512	0.137	3.733	<0.001	***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	-0.001	0.001	-1.173	0.241	
	平均距離 (km)	0.044	0.027	1.588	0.112	
	海岸までの距離 (km)	0.023	0.013	1.720	0.085	
	切片	-0.569	0.337			
n=144						

表 11 2020 年の各地方のアユ定着期の GLM 結果

関東・アユ定着期					
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-	-	-	-
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	-	-	-	-
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.070	0.161	-0.436	0.663
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.005	0.001	5.474	<0.001 ***
	平均距離 (km)	-0.031	0.032	-0.950	0.342
	海岸までの距離 (km)	-0.016	0.005	-3.033	0.002 **
	切片	3.160	0.533		
n=113					
中部・アユ定着期					
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.518	0.167	3.110	0.002 **
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	-0.003	0.001	-3.919	<0.001 ***
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.261	0.064	-4.096	<0.001 ***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	6.818	<0.001 ***
	平均距離 (km)	-0.005	0.019	-0.258	0.797
	海岸までの距離 (km)	0.028	0.005	6.068	<0.001 ***
	切片	1.017	0.270		
n=260					
近畿・アユ定着期					
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.492	0.120	4.106	<0.001 ***
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	-0.003	0.001	-3.575	<0.001 ***
	内陸ねぐら・コロニー個数	0.046	0.088	0.517	0.605
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.000	0.000	8.136	<0.001 ***
	平均距離 (km)	-0.194	0.033	-5.909	<0.001 ***
	海岸までの距離 (km)	0.036	0.011	3.293	<0.001 ***
	切片	2.119	0.424		
n=165					
中国・アユ定着期					
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	-0.072	0.057	-1.268	0.205
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.003	0.001	5.052	<0.001 ***
	内陸ねぐら・コロニー個数	3.212	0.655	4.901	<0.001 ***
	内陸ねぐら・コロニー羽数	-0.039	0.010	-4.042	<0.001 ***
	平均距離 (km)	-0.080	0.027	-2.986	0.003 **
	海岸までの距離 (km)	-0.014	0.014	-0.980	0.327
	切片	1.451	0.411		
n=186					
東北・アユ定着期					
目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p
平均確認数	沿岸ねぐら・コロニー個数	0.330	0.216	1.529	0.126
	沿岸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.001	1.134	0.257
	内陸ねぐら・コロニー個数	-0.112	0.146	-0.769	0.442
	内陸ねぐら・コロニー羽数	0.001	0.000	4.617	<0.001 ***
	平均距離 (km)	-0.238	0.021	-11.575	<0.001 ***
	海岸までの距離 (km)	0.014	0.005	2.924	0.003 **
	切片	3.354	0.308		
n=102					

3). 考察

1 年を通して、被害発生場所から 15 km 圏内の内陸のねぐら・コロニーの羽数が多いほど、そして、ねぐら・コロニーから被害地点までの距離が近くなるほど、カワウは多く飛来してくることが分かった（表 7～9）。この結果から、カワウの個体群管理を行ううえでは、被害地点から 15 km 圏内にある内陸のねぐら・コロニーで、生息数の多い、より被害地点に近いところから優先して対策をしていくことが重要になる。

各季節の傾向をみると、春期では、内陸と沿岸は関係なく、被害地点付近にねぐら・コロニーがあれば、カワウは飛来してくることが分かった（表 7）。春期は放流時期であり、カワウは普段は海で採餌をしている個体でも、放流魚を狙って内水面の河川に採餌に行き、その資源がカワウの育雛に利用されているのではないかと推測される。これは、GPS による個体数追跡の繁殖中の成鳥の結果からも支持されている（図 25）。よって、春期は天然アユの遡上、人工種苗のアユの放流地点が被害場所になりやすい季節であるから、被害場所を守るために、沿岸・内陸に関係なく付近のコロニーから個体数管理等の対策を実施することが効果的な防除につながると考えられる。

夏季においては、アユの定着期となっており、釣り人の遊漁収入を得る上で、内水面漁業者にとって最も大事な季節である。夏は、内陸のねぐら・コロニーの影響が強いため、内陸ねぐら・コロニーで距離が近くて、生息数が多いところから優先的にねぐら・コロニーを管理することが重要となる。

冬期の河川への飛来数は、沿岸のねぐら・コロニーの羽数が最も影響を与えていることが分かった（表 9）。しかし、日本の内水面漁業において、アユは春から秋にかけて河川に遡上する年魚であるため、冬季に被害が出るのは、九州などの放流時期が早いエリアに限られる。また、初春（冬期の終わり）には、北陸・東北地方においては、サケ稚魚の放流があり、これがカワウに捕食される被害が発生している。よって、冬季は被害のあるエリアは全国的にみると限られることから、冬期の被害が発生する地点に近くて生息数が多いねぐら・コロニーに対して、優先的に対策を行うことが重要と考えられた。

4. 成果の公表

・日本鳥学会 2023 年度大会 「GPS 行動追跡調査によるカワウの飛翔・採餌行動の解明」丸山拓也、山本麻希、坪井潤一でポスター発表を行った。

坪井潤一（水産技術研究所）、山本麻希（長岡技術科学大学）、三栖誠司（全国内水面漁業協同組合連合会）

(4) コロニーを効率的に発見し繁殖を抑制する技術の開発

要旨

ドローンを活用したドライアイスによるカワウの繁殖抑制技術の高度化を行った。2022年3月に、栃木県矢板市にあるカワウの繁殖コロニーにおいて、開発した装置を用いて繁殖抑制対策を行ったところ、わずか3回の処理で45巣166卵の繁殖を抑制することができた。周辺水域を管轄する鬼怒川漁協組合員自らドローンを操縦し、ドライアスを投入したことは特筆に値する。

鬼怒川漁協のアユ放流がほぼ終了した2022年5月1日に繁殖状況の確認のため空撮を行ったところ、133巣で確認された雛は91羽のみであった。今後も、繁殖抑制を継続し、ドローンによるドライアイス投入のみで、どこまで営巣数を減少させることができるか、中長期的な効果を判断する必要がある。

1. はじめに

繁殖コロニーの位置を把握することがカワウの個体群管理における第一歩である。しかし、対策を進めるほど、カワウは人目のつかない場所にコロニーを形成する。ドローンはこのような場面でも威力を発揮すると期待されている。繁殖コロニーを早期に発見することができれば、ビニルテープ張りによる除去も容易にできるし、本研究のメインテーマである繁殖抑制も処理すべき巣や卵の数が少なくて済む。

繁殖カワウは卵を取り除くだけでは、再び産み足してしまうため、ニセモノの卵（擬卵）と置き換えるか、何らかの処理によって、ふ化しない卵にすることが必要となる。ドライアスを巣内に投入し卵の発生を止め、繁殖を抑制する技術は、山梨県ですでに確立されている（坪井・芦澤2012）。しかし、擬卵でもドライアイスでも、繁殖抑制対策を行うと、繁殖コロニーをかく乱することになり、結果としてカワウは人のアクセスしにくい場所に営巣することが経験的に知られている。遠隔的にドライアスを運搬、巣内に投入する技術が開発されれば、より多くのコロニーで繁殖抑制が可能となり、個体数増加を抑制できると期待される。本課題では、ドライアイスを用いた卵冷却による繁殖抑制にドローンを導入することで、高所やアクセスの悪い場所における繁殖抑制を可能にするための技術開発を行うものである。

2. 方法

表1の道具を利用して、ドライアスをドローンで運搬し、遠隔的に投入するためのシステムを開発した。巣に接触することにより、自重で底が抜ける装置を3Dプリンターにより作成した(図1)。投入装置、クッションゴム、クリップを含めた総重量は150g以下となり、

ドライアイス を 250g 入れても、総重量は 400g 程度となった。小型汎用機である Phantom4 のペイロード（持ち上げる力）は 800g 程度であるため、安定性を損なわずにドライアイスを運搬、投入することが可能となった。

カワウの巣へのドライアイス投入に際し、卵捕獲許可申請（矢板市）およびドローンでドライアイスを運搬するための許可申請（東京航空局）を行った。2 つの許可証が届いた後、2022 年 3 月 2、16、30 日に実証試験地である栃木県矢板市のため池に形成された繁殖コロニーにおいて、長さ 2m のクッションゴムを 4 本から 8 本を連結し、U 字状にしてドローンに装着し、投入装置を吊るして繁殖抑制を行った。また、投入装置やクッションゴムが枝に絡むと、ドローンの帰還が困難になることから、ドローンの脚とクッションゴムの固定にクリップを用いることで、ドローンが全力で上昇すると、クリップが外れるような強度に設定した。

なお、全ての現地調査を鬼怒川漁業協同組合と協働で行った。

表 1. 試験で使用した機材一覧

	製品名	備考
ドローン（ドライアイス投入）	DJI 社 Phantom 4 Pro V2.0	モニターとなるタブレット PC は別途必要
替えバッテリー	DJI 社 Phantom 4 シリーズ用バッテリー	
ドローン保険	東京海上日動火災	
3D プリンター	Anycubic i3 Mega	
3d プリンター用フィラメント	PLA 樹脂（オレンジ等）	フィラメントは鮮やかな色のほうが作業性が良い
ペレット状のドライアイス	昭和炭酸, 12kg 入り	
クッションゴム 4-8 本	YAMASHITA ゴム ヨリトリ R/RS, 2mm × 2m	ドライアイス容器をドローンから吊るすひも
クリップ 2 個	LION バインダークリップ No.107	ドローンの脚にクッションゴムを装着する

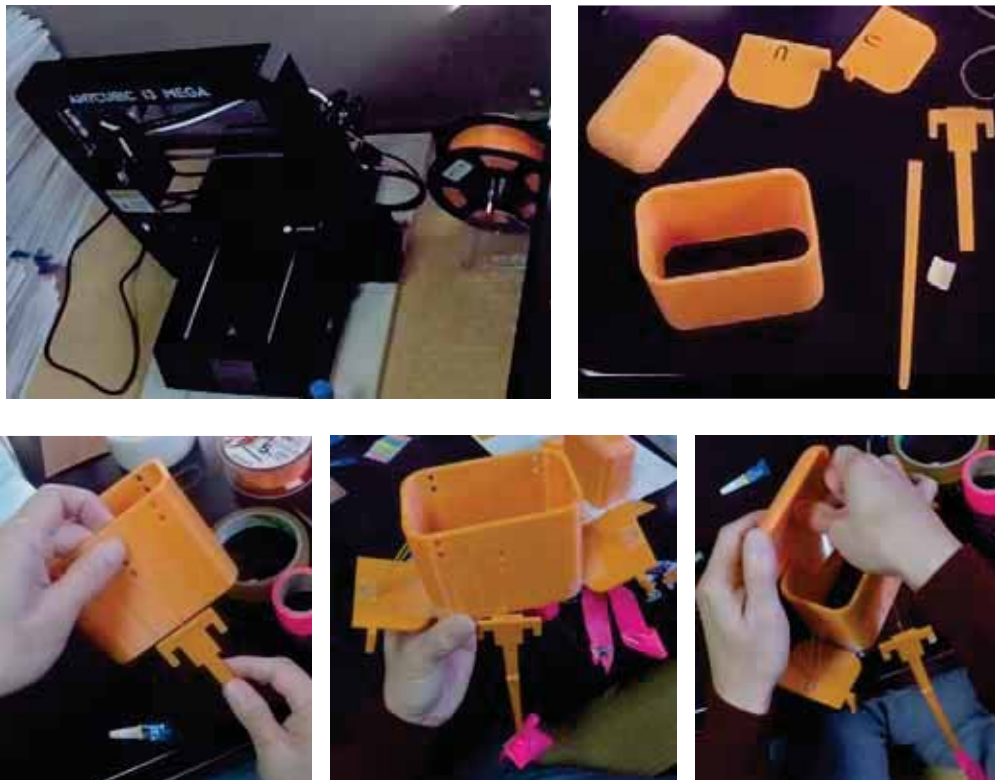


図 1. ドライアイスを遠隔的に投入する装置を作るため、3D プリンターでパーツを作り (上)、釣糸、養生テープ、輪ゴムを使って組み立てた (下)

3. 結果と考察

対策は 6 人から 10 人で行い、2～3 機の Phantom4 を用いて、3 卵以上の巣を選定しながら、繁殖抑制作業を行った。複数回の作業を行うと、前回までに処理した巣が未処理の巣と判別できなくなってしまうため、食品添加物である青色 1 号を、装置に入れたドライアイスにごく少量混ぜてから、投入作業を行った (図 2)。わずか 3 回の処理で 45 巣 166 卵の繁殖を抑制することができた。周辺水域を管轄する鬼怒川漁協組合員自らドローンを操縦し、ドライアイス投入したことは特筆に値する。

鬼怒川漁協のアユ放流がほぼ終了した 2022 年 5 月 1 日に繁殖状況の確認のため空撮を行ったところ、133 巣で確認された雛は 91 羽のみであった (図 3)。

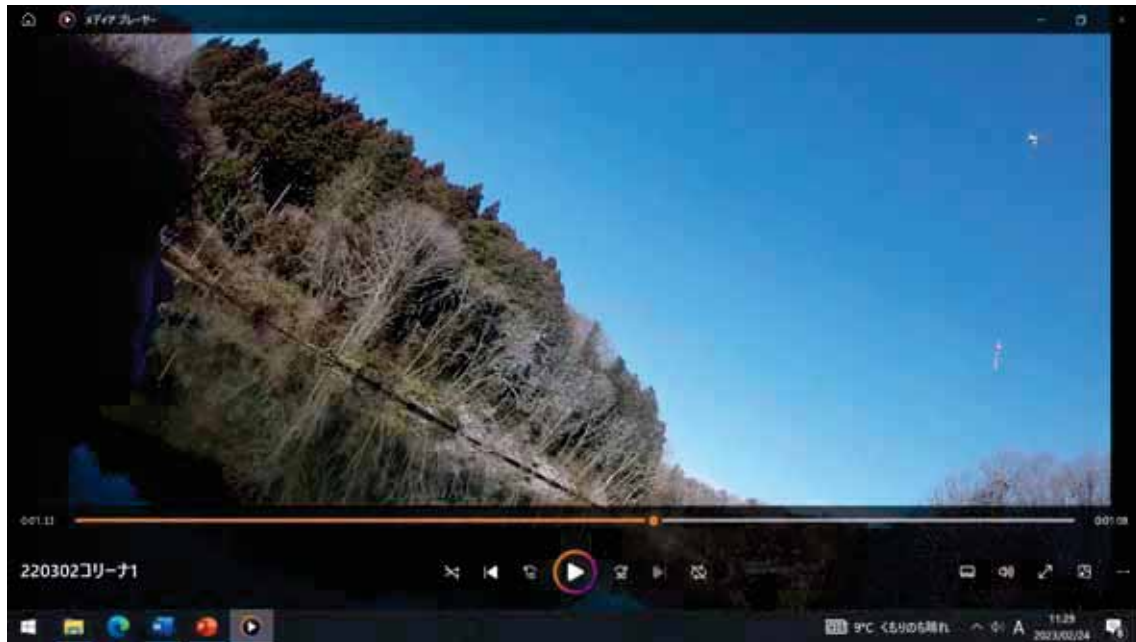


図 2. 鬼怒川漁業協同組合員によるドライアイス投入作業

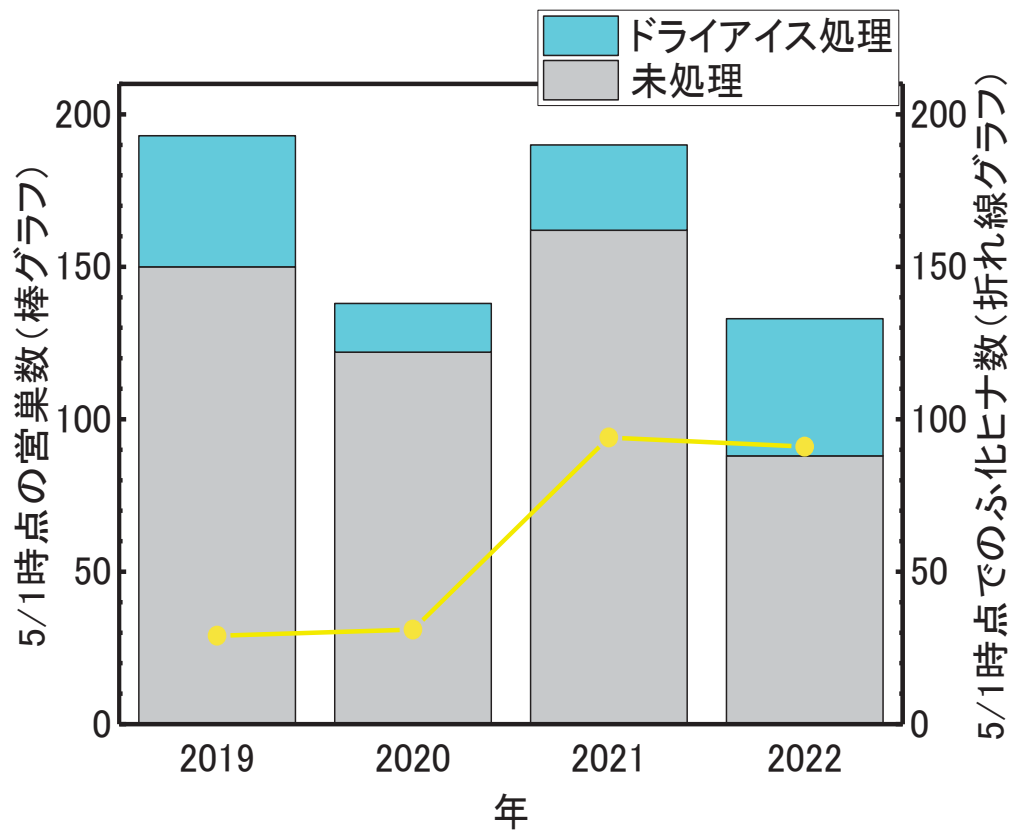


図 3. 繁殖抑制を行ったコロニーにおける営巣状況の経年変化

繁殖期初期は、親鳥が多く大きな卵を産み、巣立たせる雛の個体数も多いことが明らかになっている (Tsuboi et al. 2011)。そのため、繁殖期初期にドローンを活用して繁殖抑制を行うことは、カワウの繁殖戦略に合致しており、水産被害の軽減もより一層期待できる。カワウの産卵に合わせ、タイミングよく対策を行うには、コロニーでのモニタリングが必要不可欠である。2週間に1度のペースで営巣状況、産卵状況をモニターすることが、繁殖抑制作業の費用対効果を最大にする秘訣である。

ドローンを使ったドライアイス投入は、全ての巣で行えるわけではない。タイミングが合わずにヒナがふ化してしまうこともあり得る。そもそも、枝が邪魔して、ドライアイスを入れることが不可能な巣もある。今後、このコロニーでは繁殖期初期の繁殖抑制のみで、個体数や営巣数の減少がみられるかどうか、対策およびモニタリングを継続的に行っていく予定である。

4. 成果の公表

なし