

令和3年度
先端技術を活用したカワウ被害対策開発事業
報告書



令和4年3月
水産庁

編集：国立研究開発法人水産研究・教育機構

はじめに

国立研究開発法人 水産研究・教育機構水産技術研究所と、国立大学法人長岡技術科学大学は、全国内水面漁業協同組合連合会と連携しながら、水産庁から委託された「先端技術を活用したカワウ被害対策開発事業」に取り組み、平成 29 年度から 3 年間にわたり、ドローンを活用したカワウ被害対策について研究開発を行ってきました。令和 2 年度から新事業として再スタートし、研究開発と並行して、実証試験地の鬼怒川漁業協同組合、栃木県漁業協同組合連合会、両毛漁業協同組合、群馬県漁業協同組合連合会、秋川漁業協同組合、東京都内水面漁業協同組合連合会、天竜川漁業協同組合、長野県漁業協同組合連合会では、ドローンを使った実践的なカワウ対策や、普及指導の課題克服に取り組んできました。そして、今般、令和 3 年度の本報告書を取りまとめました。

近年、カワウ対策が全国で展開されるようになった弊害として、対策慣れしたり、人がアクセスできないような場所で繁殖したりするようなケースが多くみられるようになってきました。そこで、本報告書では、赤外線カメラ搭載ドローンを使った個体数のモニタリングや、小型汎用ドローンを用いたドライアイス投入による繁殖抑制を紹介しています。対策に慣れた、あるいは、人が近づけないような場所にいるカワウへの対策として活用できる技術であると確信しています。また、被害を与えるカワウを捕獲し GPS ロガーを装着することで、ねぐらや繁殖コロニーを特定、実際の個体群管理策に活かす取り組みも始まっています。

なお、普及向けの技術マニュアルについては、『Let' s ドローンでカワウ対策 基礎編 (平成 30 年 3 月)』、『Let' s ドローンでカワウ対策 vol.2 ビニルテープ張り&自律飛行編 (平成 31 年 3 月)』、『Let' s ドローンでカワウ対策 vol.3 ドライアイス投入&赤外線撮影編 (令和 2 年 2 月)』をご覧ください。全国の水産研究機関、漁業協同組合、市民団体等、カワウ対策に取り組む多くの方々に、これらの成果を活用して頂ければ幸いです。

国立研究開発法人水産研究教育機構 水産技術研究所
環境・応用部門 沿岸生態システム部内水面グループ
坪井潤一

目次

1) 事業の全体計画	4
2) 実施体制	5
3) 事業の成果と残された課題	6
4) 調査研究成果	
(1) 赤外線カメラを用いたコロニーおよび漁場でのモニタリング技術の開発及び効果分析	8
(2) ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発	39
(3) GPS ロガーを用いたカワウの食害ハザードマップの作製	43
(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	71
(5) 養殖池での飛来防除技術の開発	77
5) 成果検討会議の概要	83
6) カワウ被害対策に関する参考資料（論文、マニュアル、書籍）	100

1) 事業の全体計画

カワウによる内水面漁業被害額は平成 29 年度で 55 億円と推定され、依然として深刻な事態が続いている (<http://www.naisuimen.or.jp/jigyuu/kawau/kawaur1-12.pdf>)。これまで、カワウの繁殖抑制技術や、群れの位置を被害地から遠ざける「個体群管理」の手法の開発が行われ、被害現場で普及しつつある。しかし、被害対策が進むにつれ、カワウはアクセスの悪い大河川の中州や、急峻なダム湖畔で繁殖するようになってきている。そのため、漁業協同組合が実践可能な対策に限られつつあり、結果として未だにカワウの個体数が増加傾向にある地域も見られる。このような背景をうけて、平成 26 年 6 月に、「内水面漁業の振興に関する法律」が施行され、その基本方針において、「被害を与えるカワウの個体数を令和 5 年度までに半減させる目標の 早期達成を図る」ことが決定された。

本事業では、この目標の確実な達成を図るため、水産研究・教育機構が中心となり、全国内水面漁業協同組合連合会、長岡技術科学大学とともに、より効率化・省労力化した被害対策が講じられるようドローン（無人航空機）等の先端技術を活用したカワウ被害対策手法の開発を行う（図 1 参照）。

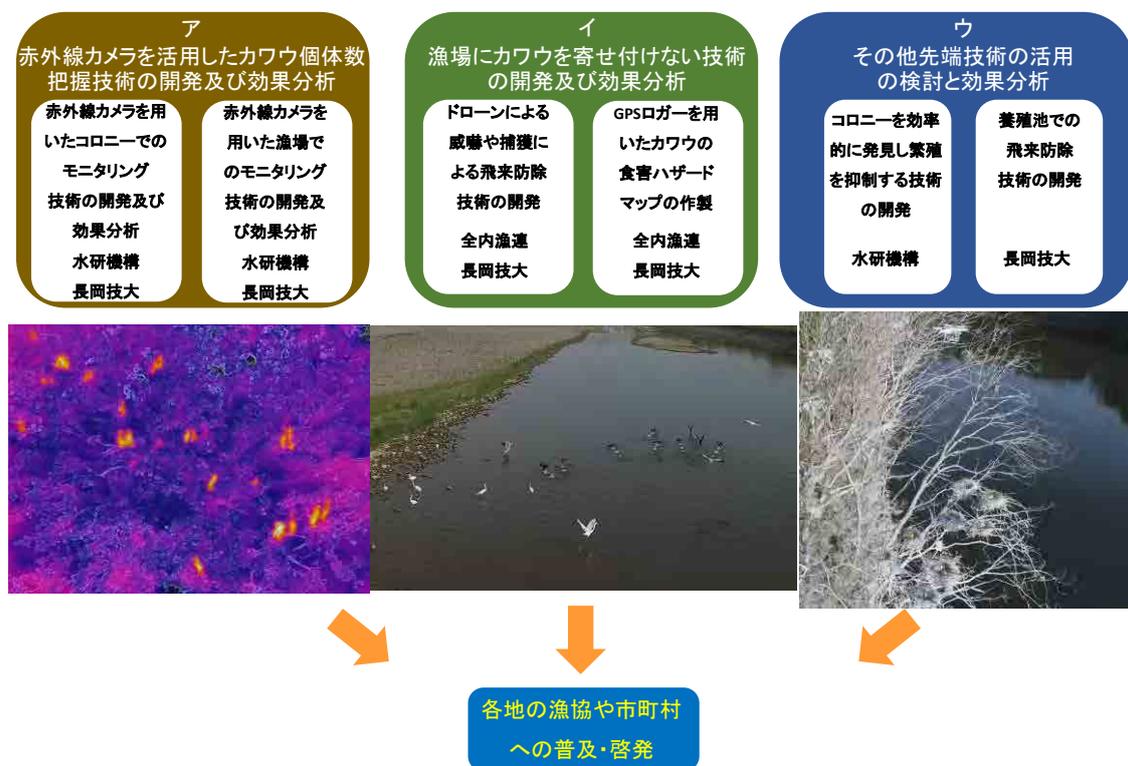


図1. 全体模式図

2) 実施体制

本事業では、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所および長岡技術科学大学によって調査研究が行われ、その研究の進め方や報告およびドローンを使ったカワウ対策の普及については、全国内水面漁業協同組合連合会が設置した有識者等で構成される検討委員会によって指導を受けた。

検討委員

(順不同・敬称)

羽山 伸一	日本獣医生命科学大学	(令和2-3年度)
山本 圭介	特定非営利活動法人 甲斐けもの社中	(令和2-3年度)
安永 勝昭	東京都内水面漁業協同組合連合会	(令和2-3年度)

検討委員会事務局

(順不同・敬略)

内田 和男	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和2年度)
三栖 誠司	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和2-3年度)
師田 彰子	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和2-3年度)

調査研究担当

(順不同・敬略)

*坪井 潤一	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境応用部門 沿岸生態システム部 内水面グループ	(令和2-3年度)
山本 麻希	長岡技術科学大学	(令和2-3年度)
岡本 直也	長岡技術科学大学大学院	(令和2年度)
新竹 政仁	長岡技術科学大学大学院	(令和2-3年度)
丸山 拓也	長岡技術科学大学	(令和2-3年度)

* 推進リーダー及び本報告書のとりまとめ責任者

3) 事業の成果と残された課題

(1) 赤外線カメラを用いたコロニーおよび漁場でのモニタリング技術の開発及び効果分析

赤外線カメラが標準搭載されたドローンが普及しつつあり、ノーマルカメラと同じ画角で、同時に2種類の動画撮影が可能になった。赤外線とノーマルの動画を併用することで、ねぐら・コロニーでの生息数、漁場への飛来数をより正確に、効率的に把握できることが明らかになった。一方、夕暮れ時に行うねぐら・コロニーでの生息数調査では、カワウとサギ類の見分けがつかない、という課題が残っている。今後、総カウント数からサギ類の生息数を差し引くなど、だれでも使える技術に高めていく必要がある。

(2) ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発

ドローンによる威嚇はスピーカーをドローンに搭載することで、効果的に行うことができるようになった。群れのごく一部の個体であってもドローンで捕獲することができれば、飛来防除につながると期待される。昨年度は、大型汎用ドローンに刺し網を吊るして捕獲を試みたが、刺し網が樹木に絡まり、その後、刺し網がプロペラに絡んで、墜落してしまった。今年度は、営巣樹木に刺し網を張ったが親鳥、雛ともに捕獲には至らなかった。今後、巣立った直後の雛を水中の刺し網で捕獲する際、刺し網への追い込みにドローンを活用し、ドローンを活用したカワウ捕獲技術の開発につなげたい。

(3) GPS ロガーを用いたカワウの食害ハザードマップの作製

釣り針捕獲によって被害を与えるカワウを生け捕りにし、GPS ロガーを装着し、その後、ねぐら・コロニーなどで無線を使って、移動データを収集する新規性および独創性の高い試みである。2年間で購入したロガーすべてを装着することに成功し、カワウの行動圏が15km程度であること、また、カワウが関東一円を季節移動していることを科学的に証明できたことは特筆に値する。今後、さらにサンプル数を増やし、より精度の高い技術として、他地域にも展開できるよう事業を推進していく。

(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

都市部のコロニーの探索は、ドローンの飛行自体が航空法で禁止されているエリアが多く、人がアクセスしにくい水辺では、人知れずカワウの繁殖が行われるケースが目立つ。航空法の対象外である超小型ドローンを使用し、早期に繁殖コロニーを発見することができれば、早期対応が可能になる。令和2-3年度はコロナ禍により、東京都内の実証試験地での飛行がかなわなかったが、令和4年度の実施に向け関係者と現地で調整を行った。小型汎用機を使用してドライアイスのカワウの巣内に投入する技術は、栃木県内の実証試験地において、より効率的に、より安全に実施する技術が確立されつつある。

(5) 養殖池での飛来防除技術の開発

養魚池や釣り堀などのカワウの飛来を忌避する装置として動くテグスの開発を行った。本年度は、動くテグスを支柱の間に通したロープの上を移動するロープウェー型の機材として設計を行った。2つの動くテグスはお互いの位置を Bluetooth 通信によって認識し、常にテグスにテンションをかけながら支柱の間が移動できる仕組みとなっている。令和3年度中に機材の設計が終了し、試作機の開発を行った。R4年度は試作機を用いて現地実証試験を行うことを予定している。

前事業では、漁場での追い払い、ビニルテープ張りによるねぐら・コロニーの除去、ドライアイスによる繁殖抑制、個体数モニタリング、これら4つの対策全てを、ドローンを用いて行うことが可能になった。また、3年連続で、ドローンを活用した対策手法を紹介したマニュアルを作成した。

しかし、ドローンによるカワウ対策は、カワウ被害に苦しむ内水面の漁業協同組合等、現場に普及しているとはまだまだ言い難い状況にある。今後、地域ごとにキーパーソンとなるドローンのオペレーター育成が急務である。ドローンや機械に詳しい人ではなく、魚やカワウの生態に詳しい人が、ドローンのオペレーターとしてカワウ対策を行っていくことが望まれる。そのためには、全内漁連主催のドローン講習会だけではなく、4か所の実証試験地からの水平展開を図り、これまで以上に「先端技術を活用したカワウ対策」を推進する必要がある。

4) 調査研究成果

(1) 赤外線カメラを用いたコロニーおよび漁場でのモニタリング技術の開発及び効果分析

要旨

ドローンを用いたカワウ *Pharacrocorax carbo* の河川における赤外線カメラとノーマルカメラを用いたカウント手法の有効性について検討を行った。調査の結果、飛来数調査において、潜水後の水がしみこんだ状態でカワウが確認できないことがあったり、他の鳥類と識別が難しいことから、赤外線カメラは適しておらず、高度 20 m からノーマルカメラを用いることが推奨されることがわかった。飛来数調査にドローンを用いる場合、調査地のカワウの人慣れ度などによってドローンに対する FID (Flight initiation distance、動物の人慣れ指標の一種) が異なるため、事前に予備調査を実施して、カワウの行動に影響を与えない FID を確認をする必要がある。

治水を目的として河川の整備が全国各地で進められたため、河川に生息する魚類生息状況は大きく変化しており、特に河川を横断し水量の調整を行う河川横断物は、遡上魚などへ影響を与えていることが懸念されている。そのような環境でカワウは河川横断物に多く飛来していることが報告されているが、カワウが採餌場としてどのような環境を選択しているかについては不明な点が多い。そこで、ドローンを用いて河川においてカワウが採餌しやすい環境について、特にカワウが利用している可能性が高い河川横断物周辺に着目し、飛来数調査を行った。調査の結果、カワウは、横断物以外の環境に比べ河川横断物周辺を有意に選択して採餌を行っており、特に、横断物内の魚道を有意に選択していることが明らかとなった。日本に最も多い魚道の構造であるプールタイプの階段式魚道は魚道内でアユ *Plecoglossus altivelis* が疲弊し、遡上の妨げとなっていることが示唆されており、魚道内で群れている魚種が狙われやすいことから、カワウが採餌しやすい環境を創出している可能性がある。しかし、魚道の面積は限られているので、カワウの飛来防止のため、テグス張り等の被害対策を行うことで、被害の削減と、カワウ対策の労力・コストの削減につながることを示唆された。また、河川横断物以外の環境では、河岸や中州などの陸地から 5m 以内の環境を選択していることが示唆された。河岸に近い場所には竹伏せなどによって魚の隠れ家を創出することで、カワウの被害を長期的かつ効果的に忌避できる可能性が示唆された。

1. 赤外線カメラとノーマルカメラを用いた漁場におけるモニタリング技術の有効性

1) . はじめに

カワウの被害量や金額を推定するためには、採餌エリアにおけるカワウの飛来数調査とカワウの胃内容物分析を行う必要がある（環境省 2013）。河川における飛来数調査は、全内漁連の組合員が実施するケースが多いが、労働力不足により、調査の継続が困難となっている。

カワウの飛来数調査は、一般に河川沿いの土手や橋など水面を広く見渡せるポイントから、双眼鏡等を用いて目視による観察を行う方法が用いられている（坪井ほか 2017）。しかし、既存の調査方法では、河川には、中洲、河畔林などがあることから、どうしても観察者から死角が生まれることが懸念される。また、ダム湖や堤防のない河川など、調査員が到達できない場所においては、飛来数調査が行えないという課題がある。

カワウ対策への労働力不足やカワウの機動力の優位性に対抗するために、近年、ドローンを用いたカワウ被害対策技術の開発が行われている（水産庁 2018）。

既存研究から、ドローンのノーマルカメラ（PHANTOM 4 pro 搭載）を用いて高度 30 m と 60 m からカモメを模したレプリカの個体数をカウントした場合、目視調査より調査精度が高いことが示唆されており（Jarrod C. Hodgson *et al.* 2018）、ドローンに搭載したカメラによるセンサスは、生態調査において新たなツールとして期待されている（Vincent raoult *et al.* 2020）。

ねぐら・コロニーにおけるカワウの個体数調査は、ドローンのノーマルカメラと赤外線カメラを用いた手法の有効性については、2020 年度の事業で検証が行われた（岡本 2021）。ねぐら・コロニー調査において、ノーマルカメラが撮影できる限界の明るさである照度 10 Lux の条件下では、アオサギ *Ardea cinerea* 等のサギ類の体色は白色系で、カワウに比べて明るく、背景とのコントラストが高いため、カワウとサギ類を区別することが可能である（岡本 2021）。ねぐら・コロニーにおいてカワウは、日没 30 分後までねぐら入りすることが知られているため、日没後 30 分を超えてから照度 0 Lux の条件下で赤外線カメラを用いて再度、撮影を行い、赤外線カメラで撮影された鳥の総個体数（カワウ+サギ類）からノーマルカメラで撮影されたサギ類の個体数を引くことで、カワウの総個体数をカウントする手法が確立されている（岡本 2021）。

一方、河川においてドローンのノーマルカメラ、赤外線カメラを用いたカワウの飛来数調査に対する手法の有効性については、未だ検証されていない。カワウの採餌場所でも、カモ類やサギ類といった鳥類も一緒に採餌活動を行っているため、赤外線カメラを用いてカウントをする場合、これらの鳥種の識別が問題となる。一般的にカワウは早朝 2 時間以内によく採餌行動を行うことから（環境省 2013）、飛来数調査は日の出 30 分前から行うことが推奨されている（坪井ほか 2017）。よって、飛来数調査開始時の照度はノーマルカメラで撮影可能な限界の明るさである 10 Lux 以下の可能性がある。また、河川の飛来数調査において、ノーマルカメラでカワウとサギ類を区別することが可能なのか、さらに、潜水直後のカワウが赤外線カメラで検出可能かについても、検証は行われていない。

そこで本研究では、ドローンに搭載した赤外線カメラとノーマルカメラを用いたカワウの飛来数調査の有効性について検証を行った。

2) 方法

i) 使用したドローンとカメラの性能

ノーマルカメラとして PHANTOM 4 pro (DJI 社) に標準で搭載されているカメラを、赤外線カメラとして Inspire1RAV (DJI 社) に搭載されている ZENMUSE XT (DJI 社、非冷却 Vox マイクロボロメータ、解像度: 640×512dpi、14bit、f/1.0 感度 時<50 mK (NedT、DJI 公式サイト)) を使用した。各ドローンの詳細な比較を表-1 に示す。

表-1 各ドローンの性能及びノーマルカメラと赤外線カメラのスペック比較

	PHANTOM 4 pro	Inspire1RAV ZENMUSE XT
発売年	2016	2015
重量 [g]	1388	2845
対角寸法 [mm]	350	581
最大速度 [km/h]	72	79
カメラ	カラー	赤外
水平視野角 [°]	84	17
IOS レンジ	100~12,800	
有効画素数	20M	
画素ピッチ		17

ii) 予備調査

動物の人慣れの指標の一つである FID (Flight initiation distance) は、人が動物に対して徐々に近づいた際に動物が忌避行動を見せるまでの距離を測定したものであり、数値が小さいほどより人慣れした個体と判断される (Anders Pape Møller *et al.* 2015)。カワウのドローンに対する FID を調査するため、カワウの真上、高度 30 m から徐々に降下させ、カワウが忌避行動を見せるまでの距離を測定した。FID の予備調査は 2020 年 4~5 月に信濃川と魚野川で実施した。2021 年は各調査県 (新潟県、群馬県、栃木県) で各エリア、3 個体を対象として実施した。