

[要約版]

農村地域におけるカラス類の生息状況と  
農業被害対策技術の開発

2023 年 1 月

吉田 保志子

[要約版]

農村地域におけるカラス類の生息状況と  
農業被害対策技術の開発

筑波大学大学院  
生命環境科学研究科  
生物圏資源科学専攻  
博士(農学)学位論文

吉田 保志子

# 目次

第1章 はじめに	1
1-1 農業と鳥害	1
1-2 日本におけるカラス類による農業被害	2
1-3 ハシボソガラスとハシブトガラスの基礎的な生態	4
1-4 本研究の目的	5
1-5 図表	6
第2章 農村地域におけるカラス類の生息状況	7
2-1 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度	7
2-1-1 緒言	7
2-1-2 調査地および調査方法	7
2-1-2(a) 調査地の環境特性	8
2-1-2(b) 営巣密度予測モデルの構築	8
2-1-3 結果	9
2-1-4 考察	10
2-2 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖成績	12
2-2-1 緒言	12
2-2-2 方法	12
2-2-3 結果	14
2-2-3(a) 発見つがい数と平均巣間距離	14
2-2-3(b) 繁殖の成否と巣立ちヒナ数	15
2-2-3(c) 巣立ち時期および時期による巣立ちヒナ数の違い	15
2-2-3(d) 巣の周辺の植生・土地利用と他のつがいの存在が 巣立ちヒナ数に及ぼす影響	15
2-2-4 考察	16
2-3 営巣密度と繁殖成績からカラス類の個体数管理と農業被害対策を考 える	18
2-4 図表	22
第3章 鳥類による被害の対策技術	36
3-1 鳥害対策技術	36
[本項(3-1-1 から 3-1-3)については投稿予定の学術雑誌が未発表原稿しか投稿 を受け付けないため要約版では割愛した。]	
3-2 カラスに対する磁石の忌避効果の検証	36

3-2-1 緒言 .....	36
3-2-2 方法 .....	37
3-2-3 結果 .....	38
3-2-4 考察 .....	39
3-3 カラスの侵入を阻止できる網の目合の解明 .....	39
3-3-1 緒言 .....	39
3-3-2 方法 .....	40
3-3-3 結果 .....	42
3-3-4 考察 .....	43
3-4 3章のまとめ .....	44
3-5 図表 .....	46
第4章 障害物設置による果樹園のカラス対策技術の開発 .....	54
4-1 緒言 .....	54
4-2 糸状の障害物の設置による鳥の侵入対策 .....	54
4-3 飼育下試験 .....	55
4-3-1 試験1(針金を使い給餌制限なし) .....	56
4-3-2 試験2(針金を使い給餌制限あり) .....	56
4-3-3 試験3(透明テグスを使い給餌制限あり) .....	57
4-4 飼育下試験の結果に基づく果樹園への設置方法の考案 .....	58
4-5 野生カラスに対する効果検証(試験4) .....	58
4-5-1 方法 .....	58
4-5-2 結果 .....	59
4-6 考察 .....	60
4-7 図表 .....	63
第5章 総合考察 .....	70
5-1 カラスにおける個体数管理および捕獲についての考え方 .....	70
5-2 既往の鳥害対策手法でのカラス被害対策 .....	72
5-3 果樹園における新しいカラス対策技術の開発 .....	73
5-4 今後のカラス被害対策技術の開発 .....	75
5-5 図表 .....	77
摘要 .....	78
謝辞 .....	80
引用文献 .....	81

## 第1章 はじめに

### 1-1 農業と鳥害

農地は地球上の陸地の38%を占めている(FAO 2020)。農業活動や農地開発は、生態系の単純化、生態系サービスの低下、種の絶滅などを招くと考えられる(Tilman et al. 2001)。その一方で、伝統的な農業景観の生物多様性保全効果も広く認識されている(Queiroz et al 2014)。自然の食物と比べて質・量ともに摂食効率の良い農作物は、一部の野生動物にとっては好適な食物資源であり、農作物の存在によって野生動物の行動パターン、食性、個体数などが変化することもある。例えば、水田に存在する落ち粃の量は、日本では858粒/m<sup>2</sup>(嶋田 1999)、有実率と1粒あたりの乾重量から計算して84~103 kg/ha(嶋田・溝田 2008)、海外では140 kg/ha(Hobaugh 1984)、388 kg/ha(Miller et al. 1989)といった測定値がある。トウモロコシでは225 kg/ha(Warner et al. 1989)、364 kg/ha(Baldassarre et al. 1983)、ダイズでは290 kg/ha(嶋田・溝田 2008)といった測定値があり、これらの作物の他にもソルガム、テンサイ(砂糖大根)、ジャガイモ、ブロッコリー、ハクサイなど、様々な作物の収穫時のくずや落ちた実が植物食の鳥類の重要な食物となっている(Gill 1996, Mowbray et al. 2000, Gates et al. 2001, 溝田ら 2009)。米国テキサス州では、内陸の草原が水田として開墾されると、それ以前は海岸に近い湿地で越冬していたハクガン *Anser caerulescens* が内陸に入るようになり、越冬個体数も増加した(Robertson et al. 1995)。スペイン南西部では、イネの栽培面積の増加とクロヅル *Grus grus* の越冬個体数の増加に関連が見られる(Guzman et al. 1999)。

野生動物による農作物の摂食は、上記のように収穫時の残渣であって人間にとって損失に該当しないものもあるが、生育中や収穫前の作物、播種した種子などの摂食は、農業者に損失を与えることになる。このような「鳥獣害」は、古代から問題となり、農作物を食害する野生鳥獣と人間の軋轢が続いてきた(Conover 2002)。種子や果実は植物体に比べて重量あたりのエネルギーが大きく、多くの鳥が食物とするため、農作物の鳥害は播種期と収穫期に多い。播種期の鳥害は穀類を食害する種子食や雑食の鳥が起こし、収穫期の鳥害はこれらの穀類を食害する鳥に加えて、果実類や果菜類を食害する果実食や雑食の鳥が問題となる。播種期の鳥害は、食べられた箇所が欠株となり収穫量が減る、播き直しても栽培時期がずれるといった点で影響が大きく、収穫期の鳥害は、特に果実では収穫物の単価が高く、鳥に突かれただけで商品価値がなくなるため、経済的損失が大きくなる。生育期の牧草や麦の葉では、植物食のガン類 *Anserinae* spp.などによる食害があり、時期や程度によっては深刻な被害となる(Owen 1990, 嶋田・溝田 2009, Fox et al. 2017, Olsen et al. 2017)。

米国では、ムクドリモドキ類 *Icteridae* spp.および移入種のホシムクドリ *Sturnus vulgaris* による収穫期のヒマワリやトウモロコシおよび播種期と収穫期のイネ、コマツグミ *Turdus migratorius* などの鳴禽類による果実類の食害の問題が大きく(Tobin 2002)、収穫期のナッツ類に対するカラス科 *Corvidae* の食害もある(Crabb et al. 1986, Hasey and

Salmon 1993)。英国ではモリバト *Columba palumbus* による油糧用ナタネの食害が最も多く、ガン類による生育期の麦や油糧用ナタネの食害もある(Hardy 1990)。アフリカ大陸では大群を作るコウヨウチョウ *Quelea quelea* による収穫期の穀類の食害が大きな問題である(Elliott 2000)。オーストラリアではインコ目 PSITTACIFORMS および移入種の鳥類による収穫期のヒマワリ、播種期の穀類、および果実の食害が問題となっている(Bomford 1992)。インドではイエスズメ *Passer domesticus*、キムネコウヨウジャク *Ploceus philippinus*、カワラバト *Columba livia*、ホンセイインコ *Psittacula krameri* などによる穀類、豆類、ラッカセイ、ヒマワリ等の食害が問題となっている(Kale et al. 2014)。

栽培する品種や農業のやり方が変わることが鳥害増加の要因になる場合もある。ヨーロッパでは、品種改良等による麦の秋播き栽培の増加が、ガン類による麦の葉の食害の増加と関係していることが指摘されており(Patterson et al. 1989)、牧草の生産性を高めた改良草地の面積増加も、ガン類の個体数増加および牧草の食害増加との関連性が高い(Mason et al. 2018)。英国では油糧用ナタネの栽培面積が急増するとともにモリバトによる食害が問題化した(Inglis et al. 1997)。日本でも水田の転作による麦栽培の増加が麦被害の増加に関係している(Lane et al. 1998)。水田の転作ではダイズ栽培も推進され、ダイズ播種期のハト類による食害が大きな問題になった(松岡 1982、中村・松岡 1988)。水稻栽培の省力化のため、直播栽培技術の確立が進められたときには、播種から苗立ち期のカルガモ *Anas poecilorhyncha* による食害が問題となった(高城 1995、鈴木ら 1998)。果樹のナシでは、長十郎や二十世紀などの古い品種はムクドリ *Sturnus cineraceus* の被害が少ないのに対し、新水、幸水、豊水などの新しい品種の被害が多く、新しい品種は糖度が高く果肉が柔らかい傾向があることから、鳥害の増加は品種改良とも関係する(坂本 1981)。米国フロリダ州では、ブルーベリーの早生品種の栽培増加により、収穫期と渡り性の果実食鳥の滞在期間の重なりが増え、早生品種は収益性が高いこともあいまって鳥害が増加する要因となっている(Nelms et al. 1990)。

## 1-2 日本におけるカラス類による農業被害

日本において、野生鳥獣による農作物被害は、農林水産省の集計では 2010 年度の 239 億円をピークに漸減傾向にあるものの、2020 年度は全国で被害面積 4.3 万 ha、被害量 46 万 t、被害金額 161 億円である(農林水産省農村振興局鳥獣被害対策コーナー<<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/index.html>>)。鳥獣合計の被害における、鳥による被害の割合は、被害面積では 11%、被害量では 6%、被害金額では 19%である。被害金額で見た場合に鳥の割合が多くなるのは、鳥は果樹の被害が多く、果実は単価が高いためと考えられる。

鳥による被害金額の内訳を見ると、カラス類によるものが 46%で最も多く(2020 年度、図 1-1)、13.8 億円である。カラス類による被害金額は、鳥獣合計のなかでは 9%を占め、全国の野生鳥獣による農作物被害の約 1 割はカラス類によるものということになる。

カラス類による被害が多い作物は果樹であり(図 1-2)、果樹のみについて見ると、鳥獣全体の被害金額のうち 22%をカラス類が占める。

農作物被害の集計においては「カラス」としてまとめて扱われるが、実際の加害種はハシボソガラス *Corvus corone* とハシブトガラス *C. macrorhynchos* の 2 種が主である。これら 2 種は日本列島に留鳥として広く分布し(日本鳥学会 2012)、被害作物や被害時期は多岐にわたり(犬飼・芳賀 1953, 玉田 1998)、農作物の収穫残渣の摂食も多い(池田 1957, 後藤ら 2015)。これら 2 種以外に、日本において比較的個体数の多いカラス属 *Corvus* の鳥としてミヤマガラス *Corvus frugilegus* がいるが、ミヤマガラスは日本には冬期に渡来し(日本鳥学会 2012)、その食物はほとんどが落ち糞であることから(後藤ら 2015, Hattori et al. 2022)、農業害鳥として扱う必要性は低い。本稿において、以下「カラス」と書く場合は、ハシボソガラスとハシブトガラスの 2 種を指すものとする。

カラスによる農作物被害(犬飼・芳賀 1953, 池田 1957, 玉田 1998, 農研機構・鳥獣害痕跡図鑑<[https://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/sign/index\\_sign.html](https://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/sign/index_sign.html)>)はリンゴ、ナシ、サクランボ、ブドウ、柑橘類など果樹全般でみられ、トウモロコシ、トマトのような甘みのある果菜、スイカ、メロン等の果実的野菜の食害も多い。キュウリ、カボチャ、キャベツ、ハクサイ等の果菜・葉菜類、ジャガイモ等の根菜類やラッカセイも食害するほか、デントコーン等の飼料作物やイネの直播栽培では播いた種子の食害がある。出芽期の食害では、カラスは苗を抜いて種子部分のみを食べる。イネ、麦類は胃内容からは 1 年中検出されるが、実害にあたる播種期および収穫期の摂食はあるものの被害量は少ないと考えられている(犬飼・芳賀 1953, 池田 1957)。

カラスは畜産においても害鳥として問題になる。畜舎に侵入するのは主にハシブトガラスで、ハシボソガラスは少ない(百瀬ら 2013, 吉田 2014)。ハシブトガラスは畜舎とその周辺で記録された鳥類のなかでスズメに次いで多く(百瀬ら 2013)、飼料を盗食し、水槽で飲水や水浴びを行うとともに、これらの場所を糞で汚染する(北崎・谷田 1996, 吉田 2014)。ロールバックサイレージを破く被害も多い(玉田 1998)。ハシブトガラスは分娩中の子牛や弱った牛、傷のある部位などをつついて傷害することがあり、その程度によっては家畜の死産事故につながる(山科 1981, 中村 2002, 児嶋 2014)。ハシブトガラスが大型哺乳類を傷害して吸血した事例の報告があり(川上ら 2016)、健全な乳牛に対しても乳房の静脈を傷害した事例があり酪農家の警戒感は強い。ハシブトガラスとハシボソガラスからは牛のサルモネラ症を引き起こすサルモネラ菌が分離されており(Asagi et al. 1967, 藤井ら 2012, 桜井・藤井 2016)、ハシブトガラスからは鶏の法定伝染病である高病原性鳥インフルエンザウイルスおよびニューカッスル病ウイルスも分離されている(橋口・林 1969, Tanimura et al. 2006)。ハシブトガラスの個体追跡調査によれば 20 日間に 17 箇所の家畜農場を訪れた個体もいたことから(竹田ら 2015)、畜舎間で家畜の病原体を伝搬する危険性がある。

カラス類は、農業以外にもさまざまな場面で人間社会との軋轢があり、他の野生鳥獣に比べて被害の対象や状況が多岐にわたる。身近なところでは、繁華街や住宅地の

ゴミ集積所では、カラスによる生ゴミの散乱が問題になる(黒沢ら 2000、Kurosawa et al. 2003、平田・三上 2016)。都市部では営巣中のカラスに歩行者が威嚇される問題もある(樋口・森下 2000)。ねぐら場所やねぐら入り前にカラス類が集まる場所の下では、フン害が起こる(白井・笹野 2020)。電柱や送電鉄塔に営巣した場合、巣材による短絡事故で広域停電につながる可能性があるため、電力会社は対策に多大なコストをかけている(竹内・小林 2012、藤岡ら 2021)。変わったところでは、塩害による電気事故を防ぐために「がいし」に塗布したシリコンオイルを摂食する(屋地ら 2013)、太陽光発電パネルに石を落として損傷する(佐藤ら 2018)、食べるために手洗い場の石鹸を持ち去る(Higuchi et al. 2003)、線路に石を置いたため電車が止まる(Higuchi and Morishita 2003)といった被害も報告されている。

### 1-3 ハシボソガラスとハシブトガラスの基礎的な生態

カラス科 Corvidae は 23 属 113 種を含み、南米の南端と南極大陸を除く世界各地のあらゆる環境に生息する(Kryukov et al. 2010)。このうち日本にはカケス属 *Garrulus* が 2 種、オナガ属 *Cyanopica*、カササギ属 *Pica*、ホシガラス属 *Nucifraga* がそれぞれ 1 種、カラス属 *Corvus* が 6 種の合計 11 種が生息し、カラス属 6 種のうち留鳥はハシボソガラスとハシブトガラスの 2 種で、コクマルガラス *Corvus dauuricus*、ミヤマガラス、ワタリガラス *Corvus corax* は冬鳥、ニシコクマルガラス *Corvus monedula* は迷鳥である(日本鳥学会 2012)。

ハシボソガラスは全長約 50 cm、ユーラシア大陸のほぼ全域に分布し、日本では九州以北に留鳥として繁殖するが、沖縄では冬鳥で数も少ない。繁殖期は 3~6 月、1 巣卵数は 3~5 個、抱卵期間は 19~20 日で雌が抱卵する。巣内での育雛期間は 30~35 日で雌雄で行う。ヒナは十分に飛べない状態で巣を出て、その後 80 日程度は家族で生活する(羽田・飯田 1966、中村・中村 1995、中村 1997、日高 1997)。

ハシブトガラスは全長約 56 cm、中国、東南アジアからインドにかけて分布し、日本では小笠原諸島以外の全域で留鳥として繁殖する。繁殖期は 3~7 月、1 巣卵数は 3~6 個、抱卵期間は 20~22 日で雌が抱卵する。巣内での育雛期間は 34~36 日で雌雄で行う。ヒナは十分に飛べない状態で巣を出て、巣立ち後の家族期は 50~100 日ほどである(黒田 1969、黒田 1979、中村・中村 1995、日高 1997)。

2 種とも生息環境は幅広いが、ハシブトガラスは森林、市街地、ゴミ捨て場などに多く、ハシボソガラスは農耕地など樹木のある開けた環境に多い傾向がある(Higuchi 1979)。胃内容(犬飼・芳賀 1953、池田 1957)およびペリット(後藤ら 2015)に基づく食性調査によると、ハシブトガラスはハシボソガラスに比べて動物質、特に肉類の摂食が多い。ハシボソガラスが摂食していた動物質は昆虫が主でゴミ等は少ない。植物質では、ハシブトガラスは樹木の種子が多く検出され、自然や栽培の樹木果実を摂食している。ハシボソガラスが摂食していた植物質は農作物が主で、イネや麦の収穫後の残渣が重要な食物資源となっている。



繁殖個体は一夫一妻でなわばり内に営巣し、なわばりはそれぞれの種内および2種間で防衛される(Matsubara 2003)。なわばりは営巣場所と採食場所を含み、なわばり所有個体は基本的に年間を通してなわばり内で日中を過ごすとともに、複数年にわたってなわばりを維持する(黒田 1972、黒田 1981、中村 1998、吉田 2003)。なわばりを持たない非繁殖個体は数十 km におよぶ範囲を移動して生活する(玉田 1996、吉田 2003、藤田ら 2015、竹田ら 2015)。

夜間は森林などに集団で過ごす「ねぐら」を両種で形成し、集まる個体数は時に数千羽となり、ねぐらへの移動距離は 40 km に達する場合もある(平林 1962、山岸 1962、羽田ら 1966、倉田・樋口 1972、後藤ら 1993、北島・黒田 1993、中村 2003)。なわばり所有個体は基本的に繁殖期には夜間もなわばり内で過ごし非繁殖期はねぐらへ行くが、繁殖期でもねぐらへ行く場合もあり、夜間にねぐらからなわばりへ帰来したという観察例もある(黒田 1972、黒田 1984、中村 1998、糟谷 2003)。

#### 1-4 本研究の目的

カラスは日本における主要な農業害鳥であるが、農村地域における生息密度や繁殖状況などの基礎的研究、および農業被害対策に関する研究のいずれについても、これまでわずかしが行われていない。本研究では、人里の野鳥であるカラスと人間社会の軋轢を減らすために、農村地域におけるカラスの生息に関する基礎的な情報を明らかにしたうえで、対策の方向性を検討する。その上で、既往の被害対策技術の整理を踏まえて、カラスに有効な農業被害対策技術を開発し、カラスによる農業被害の軽減をめざす。

第1章では、農業と鳥獣害の関係、および日本におけるカラスによる農業被害と基礎的な生態を概説した。第2章では、農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度および繁殖成績を明らかにし、その結果をもとに農業被害対策におけるカラスの個体数管理についての考え方を検討する。第3章では既往の鳥害対策技術の特徴と課題、およびカラスへの適用例を整理した上で、これらの対策技術を有効に利用するための基礎情報として、カラスに対する磁石の忌避効果の有無とカラスの侵入を阻止する網の目合を明らかにする。第4章では、カラスの行動特性を踏まえた新しい被害対策技術として、飼育下の試験によって障害物の設置に対する行動を定量的に解明し、結果に基づいて果樹園におけるカラスの侵入抑制技術を開発する。第5章の総合考察においては、これらの検討と開発した技術を踏まえて、カラスによる農業被害の総合的な対策について論じる。

1-4 図表

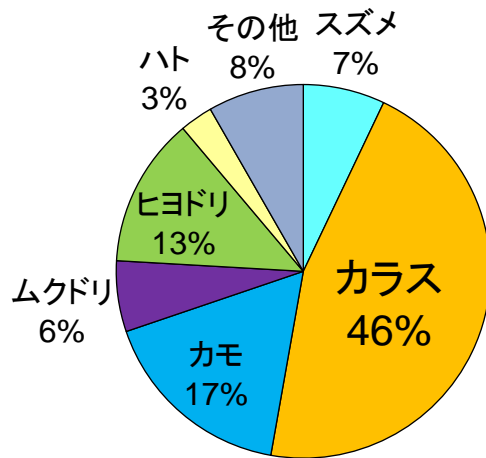


図 1-1 全国の農作物被害金額の鳥種別構成  
(農林水産省農村振興局統計・2020 年度より作成)

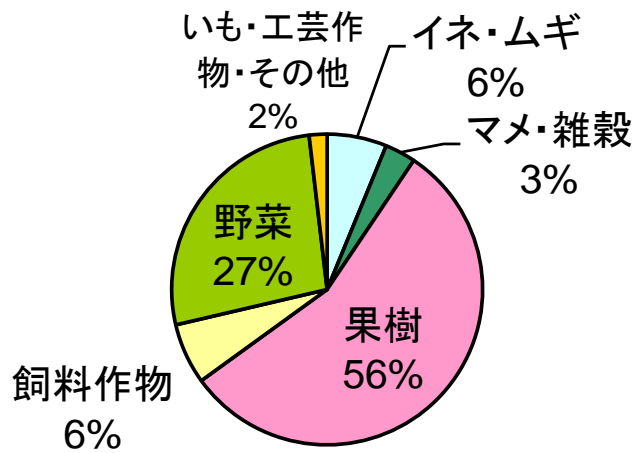


図 1-2 カラスによる全国の農作物被害金額の作物別構成  
(農林水産省農村振興局統計・2020 年度より作成)

## 第2章 農村地域におけるカラス類の生息状況

本章の前半部分(2-1 および 2-2)の内容は以下の論文として公表済みである。

百瀬浩・吉田保志子・山口恭弘 (2006) ハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度推定のための予測モデル構築. ランドスケープ研究 69(5),523-528.

吉田保志子・百瀬浩・山口恭弘 (2006) 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖成績とそれに影響する要因. 日本鳥学会誌 55(2),56-66.

### 2-1 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度

#### 2-1-1 緒言

日本において、ハシボソガラスとハシブトガラスの環境選好や営巣状況については、これまでいくつかの研究が行われている。ハシボソガラスは農耕地など開けた環境を、ハシブトガラスは森林を選好する傾向があるが(Higuchi 1979、藤巻 1998)、生息環境や食性の幅は 2 種とも広い(池田 1957)。営巣密度については農村から郊外(玉田・藤巻 1993、中村 2000)、都市部(黒沢・松田 2003、黒沢ら 2004)および山地の森林(森下・松原 2018)で調べられており、ハシブトガラスについては都市緑地における生息数を定量的に予測した事例がある(加藤・中村 2001)。しかし、植生、土地利用等の環境要因からカラス類の営巣密度を広域的かつ定量的に推定した例はない。ここでは、茨城県南部の平地農業地域および住宅地、森林において 2 種の営巣状況を調査し、それを元に 2 種の営巣密度分布を予測するモデルを構築し、結果を検証した(百瀬ら 2006)。

#### 2-1-2 調査地および調査方法

茨城県南部(つくば市周辺)を調査対象地域とし、この地域を代表する植生・土地利用が含まれるような調査地 5ヶ所、計 58 km<sup>2</sup>を設定した(図 2-1)。調査地 A(筑波山: 6 km<sup>2</sup>)は、99%が樹林で、数軒の人家がある。調査地 B(つくば北部:12 km<sup>2</sup>)は、畑地が 52%を占め、小河川に沿って水田があり、集落と樹林が混在する。調査地 C(つくば南部:20 km<sup>2</sup>)は調査地 B と類似した環境であるが、畑地の比率はやや低く 34%である。調査地 D(谷和原:12 km<sup>2</sup>)は水田が 72%を占める水田地帯で、集落が散在しているが、畑地や樹林は少ない。調査地 E(牛久:8 km<sup>2</sup>)は 66%を住宅地が占める。ゴルフ場が 1ヶ所あるため草地の割合が高くなっている。調査地の標高は、筑波山山頂を含む調査地 A が 136~853 m で、その他の調査地は 3~30 m である。調査対象地域の気象条件をアメダス(観測地:つくば)の平年値で見ると、年平均気温は 14.0°C、降水量は 1286.7 mm、積雪は 0 cm である(気象庁 気象観測(電子閲覧室) <<http://www.data.kishou.go.jp/>>)。

両種の繁殖期である 2005 年 2 月 21 日から 8 月 4 日にかけて、自動車、自転車、または徒歩により各調査地を約 1ヶ月間隔で 4~6 回くまなく巡回して、つがいおよび巣

の探索と、繁殖経過の観察を行った。調査においては、次の6つの場合を繁殖行動として記録した: 1) 巣の見張り、2) 巣材運び、3) 餌運び、4) なわばり防衛の争い、5) 他個体の排除あるいは調査者への警戒のための鳴き声、6) つがいの連れ立ち行動。観察記録と調査ルートは、1万分の1地形図に重ねた透明シートに毎回書き込んだ。調査地の端に位置するつがいの隣接つがいを発見するために、調査地の外側約300 mも可能な限り巡回した。調査地全体で90日、延べ387.5時間の調査を行った。各調査地の面積1 km<sup>2</sup>あたりの調査時間は4.5時間(調査地A)、6.7時間(同B)、7.5時間(同C)、5.4時間(同D)、8.3時間(同E)であった。

調査記録に基づき、以下の4つのカテゴリーのいずれかに該当するものを営巣場所とした。1) 使用巣: 巣が発見され、その巣への出入りを確認した場所、2) 使用未確認巣: 巣が発見され、その周囲で家族群または複数回の繁殖行動を確認したが、巣への出入りは未確認の場所、3) 営巣樹林: 巣は発見されなかったが、営巣に好適な樹林またはその周囲で家族群または複数回の繁殖行動を確認し、その樹林内での営巣が推定される地点、4) なわばり: 家族群または複数回の繁殖行動を確認し、営巣したことが推定されるが、巣の位置が特定できなかった場合の個体の観察地点。

#### 2-1-2(a) 調査地の環境特性

58 km<sup>2</sup>の調査地を、縦横とも1 kmの調査メッシュに分けた。営巣密度と植生、土地利用などの環境要因との関係を検討するため、まず、これらのメッシュ内の植生、土地利用の面積を用いてグループ間平均連結法によるクラスター分析を行った。この際、距離の測定方法としては平方ユークリッド距離を用いた。使用した植生データは、1990年に撮影された空中写真から作成した2万5千分の1相当の精度を持つ相観植生図の凡例を、後述の方法で統合したものをを用いた。

#### 2-1-2(b) 営巣密度予測モデルの構築

営巣密度は、環境により0.7-17.0 巣/km<sup>2</sup>という報告があることから(玉田・藤巻1993、中村2000、黒沢・松田2003、黒沢ら2004)、1 kmメッシュ単位での分析はほぼ妥当であると考えられたが、さらにこれらを縦横2つずつ合わせた4 km<sup>2</sup>メッシュ単位での解析も行った。これら2種類のメッシュを解析の単位とし、メッシュ内のカラス類2種の営巣密度等を目的変数、植生、土地利用等の環境要因を数値化したものを説明変数群として、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。目的変数としたのはハシボソガラス、ハシブトガラス単独の営巣密度、2種合計の営巣密度、ハシブトガラスとハシボソガラスの比率(ハシブトガラスの営巣場所数を2種合計の営巣場所数で割ったもの)の4種類である。変数を追加する基準として $p \leq 0.05$ 、変数を除去する基準として $p \geq 0.10$ を用いたほか、説明変数間の多重共線性が問題となると考えられた場合は、互いに相関が高い2変数の内、生態学的に意義が低いと思われる変数を除いて上記の手順を繰り返した。

説明変数とした環境要素は、国土地理院が作成した 50 m メッシュ標高データと前述の相観植生図である。これらを用いて、以下に述べる計算や凡例統合などの処理を行って説明変数群とした。データの処理には ESRI 社の Arc/INFO 8.3 を使用し、統計処理には SPSS Ver.12.0J を使用した。

#### 地形・標高

- ・メッシュ内の最低標高と最高標高の差

#### 植生・土地利用

- ・樹林: 落葉広葉樹自然林、常緑針葉樹自然林、二次林、常緑広葉樹林、スギ・ヒノキ植林を統合
- ・他樹林: 竹林、伐採群落
- ・果樹等: 果樹園、桑畑
- ・草地等: 二次草地、ゴルフ場、裸地
- ・水田: 水田
- ・畑地: 畑地
- ・市街地: 人工構造物
- ・水域: 開放水域、蓮田、湿地性植物群落

植生・土地利用については、統合後の各凡例(上記項目の「:」より左側の部分)について、メッシュ内の総面積および異なる凡例間の境界線の長さ(隣接長)を計測した。面積については、比率データであるため逆正弦変換を行った。隣接長については、クラスにとっての主要な営巣環境であると考えられる統合凡例の「樹林」と、主要な採食環境であると考えられる「果樹等」、「畑地」、「草地等」、「水田」、「市街地」との隣接長の合計を「樹林-採食隣接長」とし。採食に関係するこれらの凡例どうしの隣接長の合計を「採食間隣接長」とした。またこれら 2 種の隣接長の合計を「総隣接長」として定義した。

#### 2-1-3 結果

5ヶ所、58 km<sup>2</sup> の調査地内で計 275 の営巣場所(ハシボソガラス 160、ハシブトガラス 115)を発見した(表 2-1、図 2-2)。確認された営巣場所のうち、巣まで発見できた割合はハシボソガラスの方が高く、ハシブトガラスは営巣した樹林やなわばりの存在の確認にとどまった割合が高かった(表 2-1)。

これら 58 の 1 km<sup>2</sup> メッシュを植生、土地利用の面積に基づいて分類したクラスター分析の結果、4 つのクラスターに類型化された。このうち、調査地 A の全 6 メッシュが 1 つのクラスターに、調査地 D の全 12 メッシュが別のクラスターに分類された。また、調査地 B の全メッシュと、調査地 C の 1 メッシュ(C-34)を除いた全メッシュ(計 31 メッシュ)が第 3 のクラスターに分類された。最後のクラスターは、E の全メッシュと、調査地 C の残り 1 メッシュの計 9 メッシュから構成されていた。すなわち、5 調査地は 4 つの環境

類型に区分され、各調査地(AからE)内はほぼ均一な環境であった。

表 2-2 に A から E の 5 調査地におけるカラス類 2 種の営巣密度と、植生・土地利用の面積割合、隣接長の集計結果を示した。

58 の 1 km<sup>2</sup>メッシュにおけるカラス類 2 種の営巣密度と、各メッシュ内の植生・土地利用の面積割合を図 2-3 に示した。これからわかるように、樹林が卓越した調査地 A ではハシブトガラスのみが低密度で営巣し、水田が卓越した調査地 D では相対的にハシボソガラスの割合が多く、調査地 B と C(畑を中心としたモザイク的土地利用)と E(市街地中心の地域)では両種とも比較的高い密度で営巣する傾向があった。

表 2-3 に、モデル構築に使用した各変数間の単相関を示した。使用した変数間には互いに相関のあるものが多く、このことは、植生等の面積が決まった大きさのメッシュ内の面積割合であることや、パッチの面積と隣接長の間には当然相関があることなどによると考えられる。

表 2-4 に、構築した 4 種類の予測モデルについての概要を示した。モデル 1~3 では 58 の 1 km<sup>2</sup>メッシュすべてのデータを解析に利用し、2 種の比率を予測したモデル 4 では、営巣が全く見られなかった調査地 A の 1 メッシュ(A-22)を除外して解析した。また、同様のモデルを 1 km<sup>2</sup>メッシュ 4 つ分の 4 km<sup>2</sup>メッシュ 11 個のデータから構築したものをモデル 1'~4'とした。モデル 1 と 1'(ハシボソガラス営巣密度)では、総隣接長が説明変数として採択され、モデルの当てはまりの良さの目安となる自由度修正済決定係数 R<sup>2</sup>は 0.438 と 0.774 であった。モデル 2 と 2'(ハシブトガラス営巣密度)では樹林-採食隣接長(モデル 2 のみ)と畑地面積が採択され、決定係数 R<sup>2</sup>はそれぞれ 0.329 と 0.324 であった。これに対し、2 種合計の営巣密度を予測するモデル 3 と 3'ではモデル 2 と同じ変数が採択され、決定係数は 0.586 と 0.828 であった。最後に、ハシブトガラスの割合(ハシブトガラスの営巣場所数を 2 種合計の営巣場所数で割ったもの)を予測するモデル 4 と 4'も構築し、樹林の面積割合が高いとハシブトガラスの比率が高くなる傾向を得た。このモデルの決定係数は 0.515 と 0.774 であった。

図 2-4 は、表 2-4 のモデル 3'(2 種合計の営巣密度)およびモデル 4'(2 種の比率)について、モデルによる予測値と実際に各 4 km<sup>2</sup>メッシュで観測された営巣密度を図示したものである。図 2-5 は、モデル 3'を用いて Moving window 法によって調査地全域についてカラス類 2 種合計の営巣密度を推定し、その分布を図示したものである。モデル 3'と 4'によれば、この南北 34 km、東西 32 km の地域(面積 1088 km<sup>2</sup>)にはカラス類が 5788 つがい(内ハシボソガラスが 3336 つがい、ハシブトガラスが 2452 つがい)営巣していると予測された。

#### 2-1-4 考察

本研究で得られた 2 種合計の営巣密度の値(平均 4.7 巣/km<sup>2</sup>、範囲 1.3-5.9)は、北海道帯広市の農耕地と住宅地での研究例(玉田・藤巻 1993)の 0.7-4.2 巣/km<sup>2</sup>に比べると高く、大阪府高槻市の農耕地、住宅地、樹林の混じる環境で報告されている 5.0 巣

/km<sup>2</sup>とは同程度であり(中村 2000)、大都市である東京都内の緑地、住宅地の 15.2 巣/km<sup>2</sup>(黒沢・松田 2003)や札幌市(黒沢ら 2004)の 17.0 巣/km<sup>2</sup>に比べると低かった。

結果で述べたように、ハシブトガラスの巣の発見率が低かったことから、その密度を過小または過大に評価している可能性がある(表 2-1)。大阪府での研究例(中村 2000)では、ハシブトガラスの方が大きな林に営巣し、林縁から巣までの距離も長く、ほとんどが常緑樹を選択し巣の隠蔽度が高かったのに対し、ハシボソガラスは送電線の鉄塔や落葉樹のような隠蔽度の低い場所にも営巣していた。本研究でも同様の傾向があったことから、巣の隠蔽度の差が 2 種の巣の発見率の違いにつながったと考えられる。しかし、カラス類は鳴き声や飛行している姿で数百 m 離れた場所からも確認が可能で、特にハシブトガラスはよく通る声で盛んに鳴くため(Kuroda 1990)、営巣個体の見落としはそれほど多くなかったと考えられる。

また、本研究は調査範囲が広域で対象個体が多く、色足環や翼タグ等の装着による個体識別は非現実的であり行わなかったため、樹林が多く見通しの悪い環境に多かったハシブトガラスでは特に、2 つがいの営巣場所を同一のつがいであると判断したり、逆に 1 つがいの営巣場所を 2 ヶ所と判断したりしたことがなかったとはいえない。しかし、隣接するつがいについては同時観察および換羽状態などの外見上の特徴による個体識別に努め、上記の誤差を可能な限り減少させるようにした。

本研究で構築した 4 種類の予測モデルは、予測単位としてのメッシュの大きさを変えたものを 1 km<sup>2</sup>と 4 km<sup>2</sup>の 2 種類構築したが、モデル 2 と 2'を除いて 4 km<sup>2</sup>の方が良い当てはまりを見せた。解析単位に 1 km<sup>2</sup>メッシュを用いた場合、営巣場所がメッシュ内に入るかどうかによって営巣密度の観測値が大きく変わることが、モデルの予測精度に悪影響を与えていることが示唆された。

4 種類のモデルの内、両種の営巣密度を予測するモデル群に採択された説明変数は樹林-採食隣接長や採食間隣接長、あるいは採餌環境の量を指標すると考えられる畑地の面積などであった。隣接長がモデルに多く採択された理由は、営巣、採餌に関係する環境要素の面積と近接性、言い換えれば餌の豊富さと巣への持ち帰りやすさが共に関係する変数であるためと推察される。隣接長の大きさはまた、営巣、採餌に関係する環境要素のモザイク性も指標している可能性がある。実際、樹林が広く続く調査地 A の各メッシュや、水田が広がる調査地 D のメッシュ(例えば D-11 や 21)、調査地 E の右下(E-42)のような市街地が広がるメッシュでは、カラス類の営巣密度が低くなる傾向が見られた。このことは、例えば樹林が広がる地域では採食のための環境が、逆に水田や市街地が広がる環境では営巣に利用できる樹林などの環境が不足するためではないかと推察される。これに対し、モザイク性の強い地域では一つがいの行動圏内に営巣、採餌、休息などに利用できる環境がセットで存在する可能性が高く、このことが地域としてカラス類、特にハシボソガラスの営巣密度を高める結果になっているものと思われる。同様の結果がハシボソガラスの亜種であるズキンガラス *Corvus corone cornix* で知られており、ノルウェー南部の農耕地と森林がモザイク状になった

環境において、林縁の比率が高い場所で営巣密度が高いことが示唆されている (Smedshaug et al. 2002)。

2種の比率を予測するモデル4および4'も一定の予測精度を有し、樹林率が高いとハシブトガラスの比率が高まるという、冒頭で引用した先行研究で報告されている2種の環境選好性の違いが適切に反映された構造となった。

本研究で構築したモデル3'と4'により調査地でのカラス2種の営巣密度を高い精度で予測できたことから、より広域的な予測にも充分利用できる可能性がある(図 2-5)。ただし、異なる地形、植生、土地利用を持つ他の地域では、カラス類の生息状況も異なると予想されるため、本研究で構築した予測モデルをそのまま他の地域に当てはめることは難しいと考えられる。他の地域における適用性を他の資料を基に検討して、モデルの適用性を高めることは今後の課題である。

## 2-2 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖成績

### 2-2-1 緒言

野生動物の管理計画を検討するためには、生息個体数、繁殖成績、死亡率、寿命などの個体群動態に関する基礎情報が不可欠である。しかし、日本において、ハシボソガラスとハシブトガラスについてこれらの情報に関する研究は限られている。前項の茨城県南部における2種の営巣密度の解明に続いて、本項では同地域における2種の繁殖の成否と巣立ちヒナ数を明らかにし、巣周辺の土地利用や他のつがいの存在などの条件が繁殖成績に及ぼす影響を検討する(吉田ら 2006)。これまで、2種の繁殖成績については主にハシブトガラスを対象に都市部で行われた研究(黒沢・松田 2003、黒沢ら 2004)とハシボソガラスの少数例の研究(羽田・飯田 1966)があるのみで、農村地域での2種の繁殖成績は十分に明らかになっていない。

### 2-2-2 方法

前項の営巣密度に関する調査と同時に行い、すべてのつがいについて、繁殖の成否と巣立ちヒナ数を記録した。巣立ちとは最初のヒナが巣の外縁から出た時とした。ハシボソガラスとハシブトガラスのヒナは十分に飛べない状態で巣立ち、十分に飛べるようになるまで20日程度かかり、巣立ち後は、ハシボソガラスで80日程度、ハシブトガラスで50~100日程度は、親子がなわばり内で行動することが知られている(羽田・飯田 1966、黒田 1969、1979、中村 1997)。既に巣立ったヒナを発見した場合は、風切羽と尾羽の伸び具合および飛行能力と、それ以前の親の抱卵や抱雛、巣内ヒナの大きさ等の観察記録を併用して、巣立ち時期を半月単位で推定した。巣立ち時期が判断できなかった場合は巣立ち時期不明とし、時期別の集計からは除外した。樹林内などの見通しが悪い環境で巣立ちヒナの総数が確認できなかった場合は、巣立ちヒナ数の集計からは除外した。繁殖成功は1羽以上のヒナが巣立った場合とした。ほとんどの巣立ちが終了した時期より後(ハシボソガラスでは6月16日以降、ハシブトガラスでは



7月1日以降)に、ヒナを連れずに2羽で行動しているところを確認したつがいは繁殖失敗と判断した。

巣周辺の植生・土地利用および他のつがいの存在が巣立ちヒナ数に及ぼす影響を解析するために、「使用巣」と「使用未確認巣」については巣の地点、「営巣樹林」については推定営巣地点、「なわばり」については個体が観察された場所のうち代表的な地点を用いて、各地点から同種・他種それぞれの最も近いつがいまでの距離、および各地点から半径150 m内の植生・土地利用面積の割合を算出した。種内、種間ともに採餌行動圏は重ならない(Matsubara 2003)ことから、算出半径は本研究での種を区別しない平均巣間距離285 mのおよそ半分である150 mとした。ただしハシブトガラスについては、ハシボソガラスに比べて平均なわばりサイズが大きいことが知られ、ハシボソガラスの採餌行動圏を通過してまたぐ形の広いなわばりを持った例もある(Matsubara 2003)ことから、半径を300 mとした値も算出した。営巣場所の条件として巣の隠蔽度を次の3段階で判定した:1)高圧鉄塔の巣および孤立木、街路樹、小さい屋敷林などにあつて外から見えやすい巣、2)孤立木、街路樹、小さい屋敷林などにあるが外から見えにくい巣および約20 m四方以上の面的な樹林にあるが林縁や樹林内の突出した木で外から見えやすい巣、3)面的な樹林の内部にあり、外から見えにくい巣。また、周辺のつがいの混み具合を示す値として半径300 m内の2種合計のつがい数を算出した。

これらの説明変数群を用いて、繁殖失敗の場合を0羽として含めた巣立ちヒナ数を目的変数とし、説明変数の組み合わせすべてについて一般化線形モデル(GLM)を作成した。目的変数が自然数であることから、分布族にポアソン分布、リンク関数に対数を用いた。モデルを作成する前に各説明変数の妥当性を次の手順で検討した。植生・土地利用面積割合の変数は互いに相関が高く多重共線性が問題になると考えられたため、カラス類の主要な営巣環境である樹林面積の割合と、カラス類の採餌環境と考えられる水田、畑地、市街地、草地等、果樹等の合計面積割合(以下「採餌環境割合」とする)の2つにまとめた。変数間のPearsonの相関係数が0.6より大きいものは、生態学的な意味がより大きいと考えられる変数を残した。これにより他種との巣間距離、同種との巣間距離、半径300 m内の巣数、採餌環境割合、巣の隠蔽度の5つの説明変数を解析に用いた。

作成されたモデルは適合度を評価するAIC(赤池の情報量基準)によって順位付けし、各モデルの重要度を表現する値であるAkaike weightを算出した。AICは、サンプル数を変数の数で割った値( $n/K$ )が40未満であったことから、サンプル数が少ない場合の改良値であるAIC<sub>c</sub>を用いた(Hurvich and Tsai 1995)。最上位モデルとのAICの差( $\Delta AIC$ )が2以下のモデルは最上位モデルと同等程度の信頼性をもつものとして扱った(Burnham and Anderson 2002)。各説明変数について、その変数を含むモデルすべてのAkaike weightの合計値を算出した。これは、信頼性の差が少ない上位モデルが複数ある場合は、最上位のモデルに含まれた変数のみを重要とするのではなく、そ

の変数が含まれるモデルの Akaike weight の合計値で各変数の相対的な重要度を評価する方法である。

調査地が 5 ヶ所に分かれていることの影響を検討するために、一般化線型モデル (GLM) による上位 5 つのモデルと同じ変数の組み合わせで、R の関数 `glmmML` を用いて一般化線形混合モデル (GLMM) を作成し、調査地を変量効果 (random effects) として含めた場合の結果を比較した。

解析においては、確認状況が「なわばり」であるつがいは営巣地点が不明であるため除外した。同種・他種の最も近いつがいが「なわばり」であるつがいは巣間距離を計算できないため除外した。調査地の外側で発見されたつがいはさらに外側の隣接つがいが不明であるため除外した。これによりサンプル数はハシボソガラスで 68 つがい、ハシブトガラスで 31 つがいとなった。地理情報の処理には Arc/INFO 8.3 と ArcView 3.2 を使用し、植生・土地利用面積および隣接長の計測には国土総研環境解析ツール (百瀬 2001) を使用した。巣間距離の計測には Perl のスクリプト (橋本啓史 <http://hashi8.hp.infoseek.co.jp/resj.html>) を参考にした。統計処理には StatView 5.0 と R 2.2.1 (R Development Core Team 2005) を使用し、説明変数の組み合わせすべてのモデルの作成と順位付けには R のスクリプト (斉藤大地 <http://homepage.mac.com/daichis/daichi/frontpage.html>) を使用した。

## 2-2-3 結果

### 2-2-3(a) 発見つがい数と平均巣間距離

5 調査地全体で、ハシボソガラス 160 つがいとハシブトガラス 115 つがいが発見された。また調査地の外側約 300 m 内で発見されたつがいはそれぞれ 37 つがいと 30 つがいあり、これらを合わせたつがい総数はハシボソガラスで 197 つがい、ハシブトガラスで 145 つがいであった。これらのつがいのうち、「使用巣」はハシボソガラス 36%、ハシブトガラス 19%、「使用未確認巣」はそれぞれ 23%と 12%、営巣地点が推定できた「営巣樹林」はそれぞれ 20%と 43%、「なわばり」はそれぞれ 21%と 27%であった。ハシブトガラスのほうが、巣が発見されずに営巣地点の推定にとどまった「営巣樹林」の割合が高かった (Fisher の正確確率検定、 $p < 0.0001$ )。

平均巣間距離を表 2-5 に示した。異種間の平均巣間距離  $361 \pm 234$  m (1 s.d.,  $n = 128$ ) は、ハシボソガラス間の  $410 \pm 120$  m ( $n = 82$ )、ハシブトガラス間の  $451 \pm 209$  m ( $n = 49$ ) のいずれと比べても有意に短かった (U-test,  $z = -3.981$ ,  $p < 0.0001$ ;  $z = -3.528$ ,  $p < 0.001$ )。ハシボソガラス間とハシブトガラス間の巣間距離に有意な差はなかった ( $z = -0.335$ ,  $p > 0.7$ )。異種間の巣間距離で最も短かった例は 35 m、次が 67 m で、これらを含め 150 m 以内の異種の組み合わせは 12 組あった。これに対しハシボソガラス間の最も近い巣間距離は 158 m、ハシブトガラス間は 193 m であった。種を区別しない平均巣間距離は  $285 \pm 112$  m ( $n = 127$ ) であった。

### 2-2-3(b) 繁殖の成否と巣立ちヒナ数

両種の繁殖成否と平均巣立ちヒナ数を表 2-6 に示した。ハシボソガラスでは、発見した 197 つがいのうち、1 羽以上のヒナを巣立たせた繁殖成功が 65%、失敗が 21%であった。ハシブトガラスでは発見した 145 つがいのうち、繁殖成功が 64%、失敗が 10%であった。繁殖成否が不明であったものはハシボソガラスで 14%、ハシブトガラスで 26%であった。これらの繁殖成否が不明であったつがいを除外すると、繁殖に成功したつがいの割合はハシボソガラスで 76%、ハシブトガラスで 87%であった。

繁殖に成功したつがいあたりの巣立ちヒナ数の分布を図 2-6 に示した。ハシボソガラスでは 2 羽または 3 羽が多く、範囲は 1 から 5 羽、平均は  $2.37 \pm 0.97$  羽 (1 s.d.,  $n = 92$ ) であった。ハシブトガラスでも 2 羽または 3 羽が多く、範囲は 1 から 4 羽、平均は  $2.62 \pm 0.99$  羽 ( $n = 50$ ) であった。巣立ちヒナ数に種間で有意差はなかった (U-test,  $z = -1.523$ ,  $p > 0.1$ )。

### 2-2-3(c) 巣立ち時期および時期による巣立ちヒナ数の違い

半月単位でまとめた巣立ち時期を図 2-7 に示した。ハシボソガラスの巣立ちが最も多かったのは 5 月後半で、5 月前半がそれに次ぎ、5 月中の巣立ちが 86%を占めた。ハシブトガラスでは 5 月後半と 6 月前半の巣立ちが同程度に多く、この 1 ヶ月間の巣立ちが 84%を占めた。ハシボソガラスでは 6 月後半以降、ハシブトガラスでは 7 月前半以降の巣立ちはわずかであった。両種の巣立ち時期にみられた約半月のずれは繁殖活動の観察記録とも一致し、抱卵個体の初確認はハシボソガラスで 3 月 25 日、ハシブトガラスで 4 月 5 日、最も早い巣立ちの確認はそれぞれ 5 月 6 日と 5 月 18 日、最も遅い巣立ちの確認はそれぞれ 7 月 6 日と 7 月 20 日であった。

半月単位でまとめた巣立ち時期とつがいあたりの巣立ちヒナ数の順位相関によると、両種とも巣立ち時期が遅いほど巣立ちヒナ数が少ないという有意な負の相関が見られた (図 2-7; Kendall 順位相関; ハシボソガラス:  $\tau = -0.2$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 57$ , ハシブトガラス:  $\tau = -0.3$ ,  $p < 0.02$ ,  $n = 29$ )。

### 2-2-3(d) 巣の周辺の植生・土地利用と他のつがいの存在が巣立ちヒナ数に及ぼす影響

ハシボソガラスにおける、巣周辺の植生・土地利用および他のつがいの存在が巣立ちヒナ数に及ぼす影響を解析した一般化線型モデル (GLM) による分析の結果を表 2-8(a) に示した。上位モデル間の AIC の差は小さく、単一の良いモデルはなかった。Residual deviance を自由度で割った値は、上位 3 モデルではそれぞれ 1.228、1.246、1.216 であり、望ましいとされる 1 に比較的近く、大きな過分散 (overdispersion) は生じていなかった。各説明変数の相対的な重要度を評価する Akaike weight の合計値は、他種 (ハシブトガラス) との巣間距離が最も大きく 0.76 であり、半径 150 m 内の採餌環境割合がそれに次ぐ 0.63 であった。これら 2 つの変数は、 $\Delta AIC$  が 2 以下で信頼性の

差が小さいとされた上位 8 つのモデル中で、7 つのモデルと 6 つのモデルにそれぞれ含まれていた。他種との巣間距離と採餌環境割合の係数は正の値であったことから、隣のハシブトガラスの巣が遠いほど、そして巣の周辺の採餌環境割合が高いほど巣立ちヒナ数が多いという関係が示された。同種との巣間距離がこれらに次ぐ 0.51 で、係数は負の値であったことから隣のハシボソガラス巣が近いほど巣立ちヒナ数が多いという傾向であった。巣の隠蔽度と半径 300 m 内の巣数の重要度は相対的に低く、上位 8 モデル中に含まれた回数もそれぞれ 2 回と 1 回であった。調査地を変量効果 (random effects) として含めた一般化線形混合モデル (GLMM) において、各説明変数の係数は一般化線形モデル (GLM) と比べてほとんど変わらず、調査地の違いはモデルの結果に影響する要因として重要ではなかった。

ハシブトガラスにおける、植生・土地利用の変数として巣から半径 150 m の値を用いた分析の結果を表 2-8(b) に示した。ハシブトガラスでは説明変数をすべて除外したモデルが最も上位になり、続くモデルもいずれか 1 つの変数が含まれるのみであった。植生・土地利用の変数として巣から半径 300 m の値を用いた分析も行ったが、半径 150 m の値を用いた分析とほぼ同様の結果であった (表は省略)。また、調査地を変量効果 (random effects) として含めた一般化線形混合モデル (GLMM) による解析でも、各説明変数の係数はほとんど変わらなかった。すなわちハシブトガラスにおいては、今回用いたデータセットから巣立ちヒナ数を説明する有効なモデルは構築できなかった。

#### 2-2-4 考察

繁殖成否が不明のつがいを除外して算出した、繁殖に成功したつがいの割合はハシボソガラスで 76%、ハシブトガラスで 87% であった。これらの値は、札幌において黒沢ら (2004) が調べたハシボソガラス 77% (成功巣 7/総巣数 9) とハシブトガラス 74% (25/34)、長野において羽田・飯田 (1966) が調べたハシボソガラス 91% (10/11) と類似していた。一方、本調査地での値は、東京において黒沢・松田 (2003) が調べたハシボソガラス 53% (8/15)、ハシブトガラス 49% (30/61) より大きかった。東京では人為的な巣落としが失敗の原因として多かったが、本調査地では調査期間中に巣落としは行われていなかったことがその理由のひとつとして考えられる。なお、繁殖の成否不明の割合が比較的多かった理由としては、調査地面積を広くしたため各つがいに対する経過観察の頻度は低い場合で約 1 ヶ月に 1 回であり、つがいあたりの観察時間も少なかったことから、経過観察時に目撃されなかったつがいの繁殖成否が不明となったことが考えられる。また、ハシブトガラスはハシボソガラスに比べて経過観察時に営巣場所付近で目撃されない場合が多かったことから、特に繁殖成否不明が多くなったものと推察される。

ハシボソガラスが繁殖に成功した場合の平均巣立ちヒナ数 2.37 羽は、長野での 2.4 羽 (羽田・飯田 1966) とほぼ同じであり、都市部である東京の 1.8 羽 (黒沢・松田 2003)、

札幌の 1.43 羽(黒沢ら 2004)より多かった。ハシブトガラスについても、本調査地の 2.62 羽は、東京の 2.2 羽(黒沢・松田 2003)、札幌の 1.92 羽(黒沢ら 2004)より多かった。都市よりも農村の方が繁殖に成功した巣における巣立ちヒナ数が多いことは、ヨーロッパのハシボソガラス(Richner 1989)と北米のナミガラス *C. brachyrhynchos* (MacGowan 2001)で知られており、どちらの研究でも農村で食物条件が良いことが要因である可能性が指摘されている。東京や札幌に比べて 2 種を合計した営巣密度が低い茨城県南部の農村地域では(百瀬ら 2006)、なわばりが広く十分な食物が得られる、なわばり防衛のコストが小さく、採餌により多くの時間をふりむけられる等の理由により、食物条件が良い可能性がある。

ハシボソガラスに比べてハシブトガラスの繁殖時期が遅いことは、帯広での結果と同様であり、分布域の異なる両種の日長条件への適応の違いがその理由として指摘されている(玉田・藤巻 1993)。本調査地(茨城)における巣立ち時期は、北に位置する帯広に比べて両種とも半月程度早く、東京のハシブトガラス(黒田 1977)とは同程度であった。日長は鳥類の繁殖開始を促す至近要因であり(Gill 1994)、繁殖開始前の 2 月頃の日長は帯広に比べて茨城の方が長いために、本調査地における繁殖時期が早くなったことが考えられる。

両種とも季節が遅いほど 1 巣あたりの巣立ちヒナ数が少なかった。ハシボソガラスでは季節が遅いほど産卵数が少ないこと(Holyoak 1967)、失敗後の再営巣での産卵数が少ないこと(Wittenberg 1968)、初めて繁殖する個体は繁殖経験のある個体よりも繁殖開始時期が遅く、産卵数と巣立たせるヒナ数が少ないこと(Loman 1984)が知られている。遅く繁殖するつがいは再営巣個体と若い個体が多く含まれる可能性が高く、そのために季節が遅いほど巣立ちヒナ数が少なかったと考えられる。

ハシボソガラスでは、隣のハシブトガラスの巣との巣間距離は巣立ちヒナ数に影響する最も大きな要因であり、距離が短いほど巣立ちヒナ数が少なかった。ハシボソガラスはハシブトガラスより体サイズが小さいことから(玉田 2004)、隣のハシブトガラスの巣が近い場合は、良い採餌場所を奪われたり、なわばり防衛に時間をとられたりといった不利益が強く働いている可能性がある。実際に、異種間の巣間距離が 35 m、67 m ときわめて短かった 2 組の場合では、ハシブトガラスは 2 巣とも繁殖に成功し、巣立ちヒナ数は 3 羽と 4 羽で平均より多かったが、ハシボソガラスは 2 巣とも巣立ちヒナ数 0 羽で、繁殖に成功しなかった。ハシボソガラスにおいて、同種巣までの距離は、相対的な重要度は 3 番目であったが、同種巣が近いほど巣立ちヒナ数が多い傾向が見られた。同種巣と他種巣それぞれへの距離には相関がなかったことから、同種巣が近いことの利点は不明である。一方、ハシブトガラスでは、隣の同種巣、他種巣の距離はいずれも巣立ちヒナ数に影響する要因とならなかった。東京のハシブトガラスでは、種を区別しない隣接巣が近いほど巣立ちヒナ数が少ない傾向があったが(黒沢・松田 2003)、本研究では、種を区別しない巣間距離は 285 m で、東京の 153 m に比べてかなり長かった。東京のような営巣密度が高い条件では、ハシブトガラスにおいても隣接巣の距

離が繁殖に影響を及ぼす要因となるが、本調査地のように営巣密度が比較的低い条件下では、隣接巣の距離は巣立ちヒナ数にあまり影響しない可能性がある。

異種間の平均巣間距離が同種間よりも短かったことの原因として、繁殖時期が種間で異なっていたことと、隣他種との巣間距離がハシブトガラスでは巣立ちヒナ数に影響する要因となっていなかったことが挙げられる。ハシボソガラスより遅く繁殖を開始するハシブトガラスは、隣接する場所に営巣するハシボソガラスの存在が繁殖に大きな影響とならないため、既に営巣しているハシボソガラスの近くに巣を作る場合があり、その結果として異種間の巣間距離が同種間に比べて短くなったのではないかと考えられる。

巣周辺に採餌場所となる環境が多いことは、ハシボソガラスでは巣立ちヒナ数が増える要因として 2 番目に重要であった。一方ハシブトガラスでは、採餌環境割合は半径 150 m、300 m のいずれにおいても巣立ちヒナ数に影響する要因とならなかった。Yom-Tov (1974) はハシボソガラスの巣立ちヒナ数の制限要因が食物条件であることを給餌実験で明らかにした。ハシブトガラスの巣立ちヒナ数の制限要因に関する研究はないが、ハシボソガラスと同様に食物条件が影響していると考えられる。今回の解析では、巣周辺の採餌環境割合を、食物条件を間接的に評価する説明変数として使用した。しかし、両種の採餌環境利用様式は異なっており、ハシボソガラスでは採餌に利用した場所がなわばり内に面的に広がっていたのに対し、ハシブトガラスではゴミ置き場のようになわばり内に点在する場所を利用していた (Matsubara 2003)。採餌環境を面的に利用するハシボソガラスでは、巣周辺の採餌環境割合が食物条件の良い指標となったのに対し、ハシブトガラスでは、面積では存在量が評価しにくい生ゴミのような食物資源が影響して、採餌環境割合が食物条件の適切な指標とならなかった可能性がある。

ここでは、農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスは、繁殖つがいの約 8 割が繁殖に成功し、成功した場合の平均巣立ちヒナ数は 2.5 羽前後であることを明らかにした。これらの結果は 2 種のカラス類の繁殖成績について、日本ではこれまでにない多数のつがいを調べて得られたものであることから、農村地域のカラス類の管理計画を考える際の基礎データとして重要と考えられる。また、異種間の平均巣間距離が同種間より短かったことは、ハシブトガラスでは、隣接する場所に営巣するハシボソガラスの存在が繁殖に大きな影響にならず、かつ繁殖開始時期が遅いために、既に営巣しているハシボソガラスの位置に構わずに巣を作ることが理由である可能性が明らかになった。このことは、同所的に生息する 2 種のカラス類の種間関係を考える上で興味深い結果であると考えられる。

### 2-3 営巣密度と繁殖成績からカラス類の個体数管理と農業被害対策を考える

本章のここまでの研究により、茨城県南部の農村地域における 2 種のカラス類の営巣密度は、2 種合計で約 4.7 つがい/km<sup>2</sup> であり、両種とも繁殖つがいの約 8 割が繁殖

に成功し、成功した場合の巣立ちヒナ数は約 2.5 羽であることが明らかになった。カラス類の繁殖状況についてここまで多数のつがいを調査した例は国内初であるとともに、これらの値は国内の他地域の類似環境での既報告と大きく違わなかった。したがって、今回得られた値は、わが国の農村地域におけるカラス類 2 種の繁殖状況をおおむね代表していると考えてよいだろう。繁殖成功つがいが約 8 割、成功巣の巣立ちヒナ数が約 2.5 羽という値を掛け合わせ、おおよそのところ、農村地域においてカラス類 2 種は年間に繁殖参加個体と同数程度の巣立ちヒナを生産しているといえる。

上記をもとに、日本におけるカラス類 2 種の繁殖個体数と巣立ちヒナ数をごく大まかに試算してみることとする。日本の山地面積は、資料にもよるが国土の約 75%とされる。残る 25%が、今回調査したような郊外から農村の環境を主とする平野であるとみなすと、国土 37 万 km<sup>2</sup>に 0.25 を掛けて 9 万 km<sup>2</sup>となる。本研究で得られた 4.7 つがい/km<sup>2</sup>という値をもとに、繁殖個体が約 10 個体/km<sup>2</sup>として、これを 9 万 km<sup>2</sup>に掛けることで、日本の平野部に生息するカラス類 2 種の繁殖個体数は約 90 万個体と試算される。そしてこれらの繁殖個体から、1 年に約 90 万個体の巣立ちヒナが生産されていることになる。

ハシボソガラス、ハシブトガラスともに、繁殖個体はなわばり所有個体として、つがい単位で生活するが(黒田 1981、中村 1998)、繁殖に参加しない個体も多数いて、これらの非繁殖個体は構成メンバーの固定されていない群れとして数十 km におよぶ範囲を移動して生活する(玉田 1996、吉田 2003、藤田ら 2015、竹田ら 2015)。繁殖開始期である春に、前年生まれの個体のほとんどは生殖腺が未発達であることがわかっている(Nakamura and Murayama 2004、青山ら 2007)。若齢個体が、なわばりを持つ繁殖個体になるまでの年数を調べることは難しいが、ハシブトガラスで 3~4 年かかったと考えられる観察例があり(黒田 1981)、ハシボソガラスでは捕獲した非繁殖個体 96 羽中 66 羽(69%)が 2 歳以上の成鳥であった(吉田 2003)ことから、なわばりを持つ繁殖個体になるまでには、生後数年かかる場合が多いと考えられる。

両種とも繁殖個体は複数年にわたってなわばりを維持し(黒田 1981、吉田 2003)、ハシボソガラスでは同一個体が少なくとも 12 年にわたってなわばりを維持した例もある(吉田 2003)。繁殖に適した場所はなわばり所有個体が占有していて、先住個体が死亡するか先住個体を追い出さかしない限り、非繁殖個体がなわばり所有個体になる機会はないと考えられる(吉田 2003)。したがって、国内の年間約 90 万羽の巣立ちヒナは非繁殖個体として群れ生活を送るうちに多くは途中で死亡し、数年後まで生残した少数の個体のみが繁殖個体になっていると考えられる。

このような個体群構造と、カラス捕獲の関係について検討してみる。日本におけるカラス類の年間捕獲数は環境省自然環境局の鳥獣関係統計(<https://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs2.html>)で公表されている。最新の公表値である 2018 年度のカラス類の捕獲数は、狩猟がハシボソガラス 5,732 羽、ハシブトガラス 12,144 羽、ミヤマガラス 270 羽の合計 20,331 羽である(カラス類として捕獲され

たものがあるため 3 種の合計数とは一致しない)。許可捕獲(有害鳥獣駆除)によるものは狩猟よりもずっと多く、ハシボソガラス 38,718 羽、ハシブトガラス 60,073 羽、ミヤマガラス 264 羽に加えて、種を区別せず「カラス類」として捕獲された 89,468 羽の合計 188,513 羽であり、狩猟と許可捕獲を合わせた全捕獲数は 208,844 羽である。

小屋型のカラス用捕獲トラップで捕獲される個体は多くが 1 歳未満の幼鳥であり(玉田・深松 1992、吉原ら 2015)、全国で約 21 万羽の捕獲個体の多くは幼鳥と考えられる。年間約 21 万羽という捕獲数は、年間約 90 万羽という巣立ちヒナ数の推測値をかなり下回る。1 歳以上の個体や(玉田・深松 1992、吉原ら 2015)、時にはなわばり所有個体も捕獲されるが(吉田 2003)、なわばり所有個体がいなくなった場合はなわばり非所有個体がそこに入る(吉田 2003)ことから、現在の捕獲は繁殖個体数の減少にはつながっておらず、余剰個体の一部を除去しているのみと言える。若齢個体は繁殖個体になるまでに多数が死亡する運命にあるため、捕獲による死亡は自然要因による死亡を代替するだけとも考えられる。

カワウ *Phalacrocorax carbo* では、コロニーで営巣中の繁殖個体を発射音の小さいエアライフルを使って次々に射殺することが可能であり、この手法を使って、繁殖個体を効率的に捕殺して個体数管理を行っている例がある(須藤 2020)。しかし、カラスは繁殖コロニーを形成せず、分散してなわばりを持ち、営巣場所は多くの場合で人家近くの高木や高圧鉄塔である(中村 2000、百瀬ら 2006)。分散している営巣場所の発見には労力を要するうえに、発見しても人家や電気施設付近で銃器による駆除はできない。繁殖個体はトラップでは捕獲されにくいいため、発見した繁殖個体を選択的に捕獲することは困難または多大な労力を要すると考えられる。したがってカラスでは繁殖個体を効率的に捕獲する方法がない。停電の原因となる電柱営巣や、公園等で人が被害を受ける恐れがある場合に卵や巣内ヒナを含めて巣を撤去することはあるが、撤去時期が早ければ再営巣してしまい、また、ヒナを捕殺しても繁殖個体数の削減にはつながらない。

これらのことから、現在のカラス類の捕獲は余剰個体の一部を除去しているのみで繁殖個体数の低減にはつながっておらず、生息個体数への影響は小さいと考えられる。また、仮にある地域で集中的に捕獲を行ったとしても、非繁殖個体は広い行動範囲を持つことから(吉田 2003、竹田ら 2015、藤田ら 2015)、当該地域での捕獲の効果は周辺地域からの移動で埋め合わされてしまうと考えられる。さらに、野生動物による被害は個体数に比例するとは限らず(Honda et al. 2014)、捕獲による対策の有効性は明らかではない(本田・山端 2018)。日本において農業被害が最も多いシカとイノシシにおいても、重点施策により年間捕獲数はここ十数年で 2~3 倍に急増しているが、被害金額は漸減程度で大幅な減少には至っていない(江口 2018a)。カラス類の場合は、近年の捕獲数は漸減傾向であると同時に、被害面積、被害量、被害金額も減少傾向であり(図 2-9)、捕獲数が減少したことで被害が増えるという関係はみられていない。従って、カラス類の農業被害対策は、捕獲による個体数管理を目指すよりは、圃場にお



ける侵入抑制技術など、捕獲以外の方法で行う必要があると考えられる。

2-4 図表

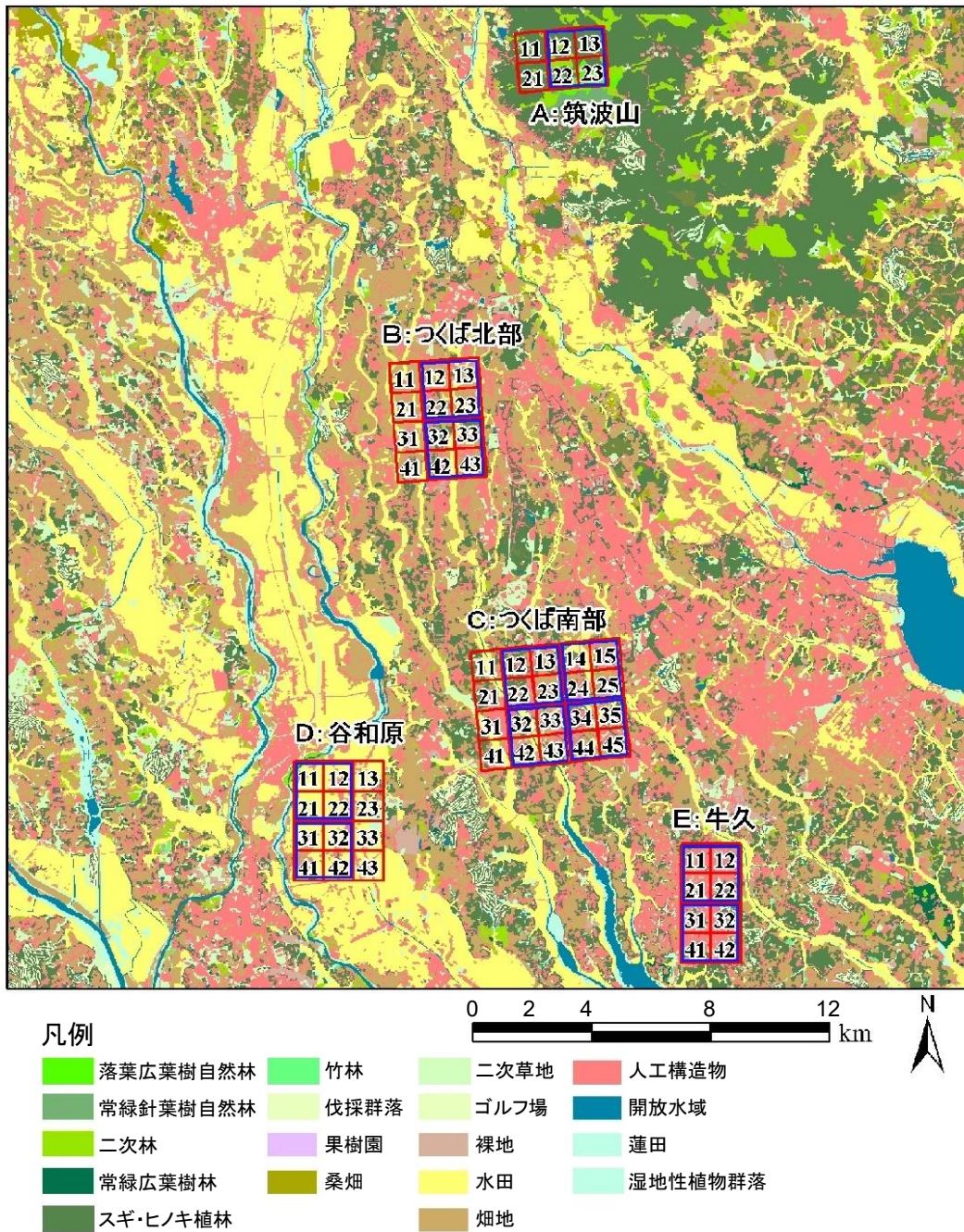


図 2-1 調査地の植生・土地利用

数字入りの赤い枠は 1 km 四方の調査メッシュの位置と番号を、青色の枠は 4 km<sup>2</sup>メッシュの位置を表す。

百瀬ら (2006) より転載。



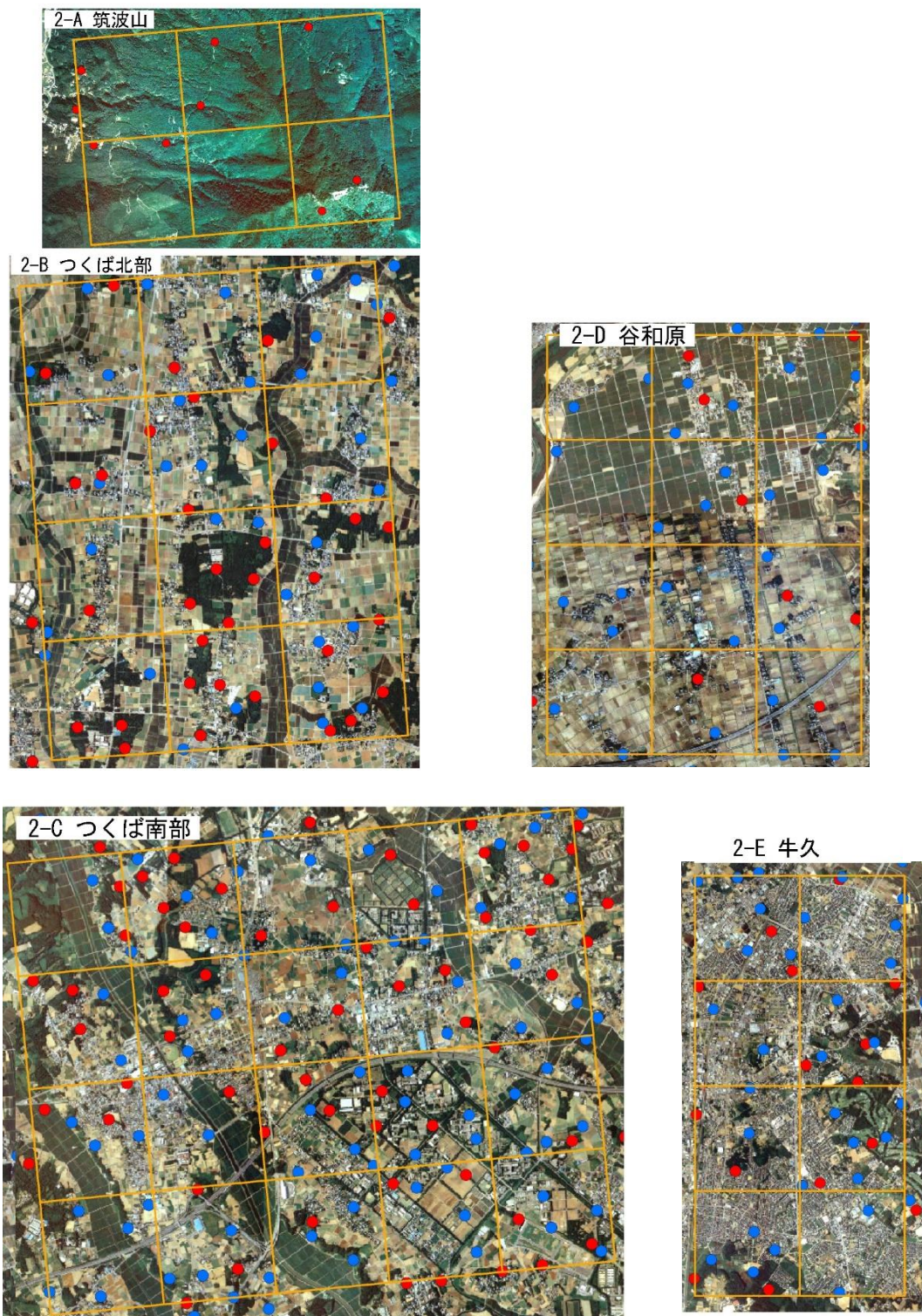


図 2-2 5ヶ所の調査地におけるハシボソガラス(青丸)とハシブトガラス(赤丸)の営巣場所の分布。個々の黄色い枠が 1 km 四方の調査メッシュの位置を表す。

百瀬ら (2006) より転載。

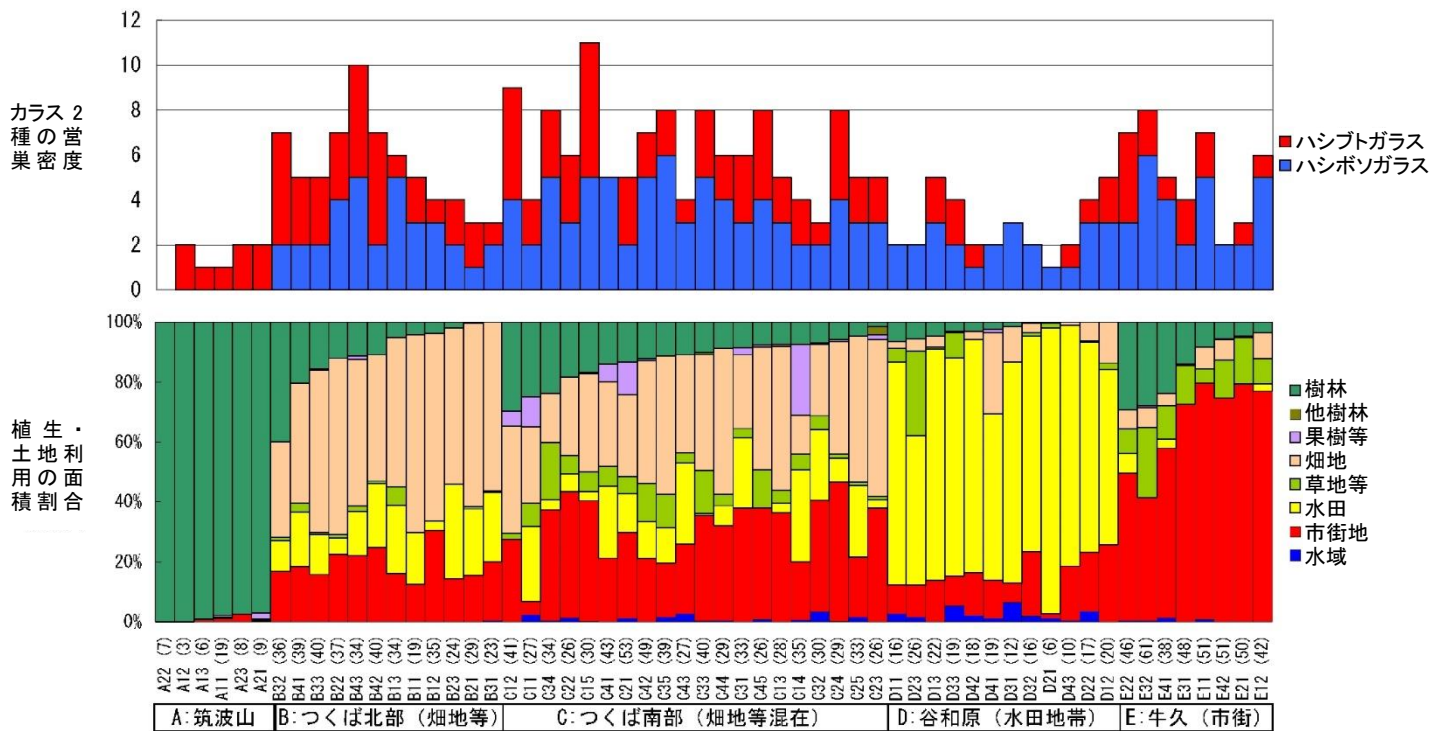


図 2-3 58 の 1 km<sup>2</sup> 調査メッシュ内で発見されたハシボソガラスおよびハシブトガラスの営巣密度(上)と、各メッシュ内の植生・土地利用の面積割合(下)

メッシュは左側から A～E の調査地順に、同一調査地内では樹林面積の大きい順に並べて示した。各メッシュに対応する棒グラフの下には、メッシュ番号および括弧内に「樹林」「果樹等」「畑地」「草地等」「水田」「市街地」に属するパッチ数の合計を示した。百瀬ら (2006) より転載。

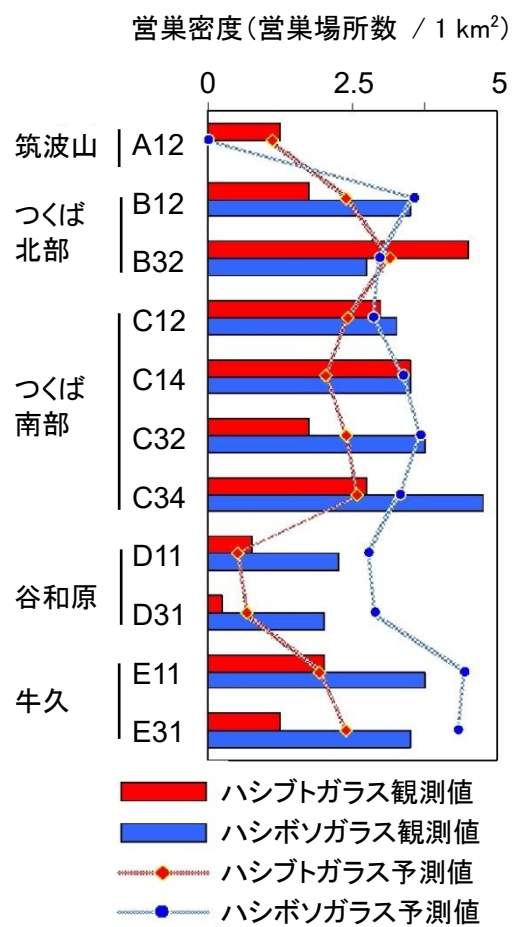


図 2-4 4 km<sup>2</sup> 調査メッシュ毎に示した 2 種合計の営巣密度(モデル 3')と比率(モデル 4')から計算した両種の営巣密度予測値(折れ線)と実際に観測された営巣密度(棒) 各 4km<sup>2</sup>メッシュの記号は、4 つの 1 km<sup>2</sup>メッシュのうち北西隅のもの記号を用いた 百瀬ら (2006) より転載。



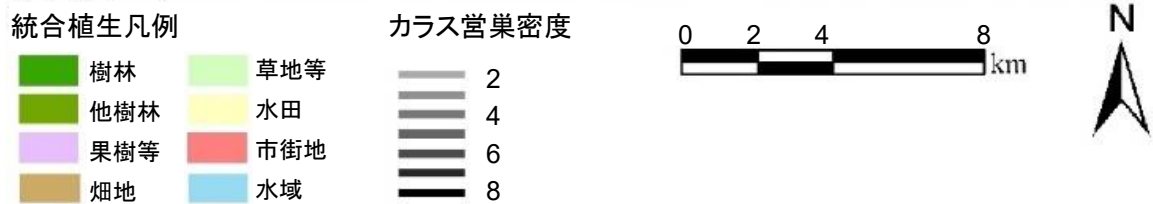
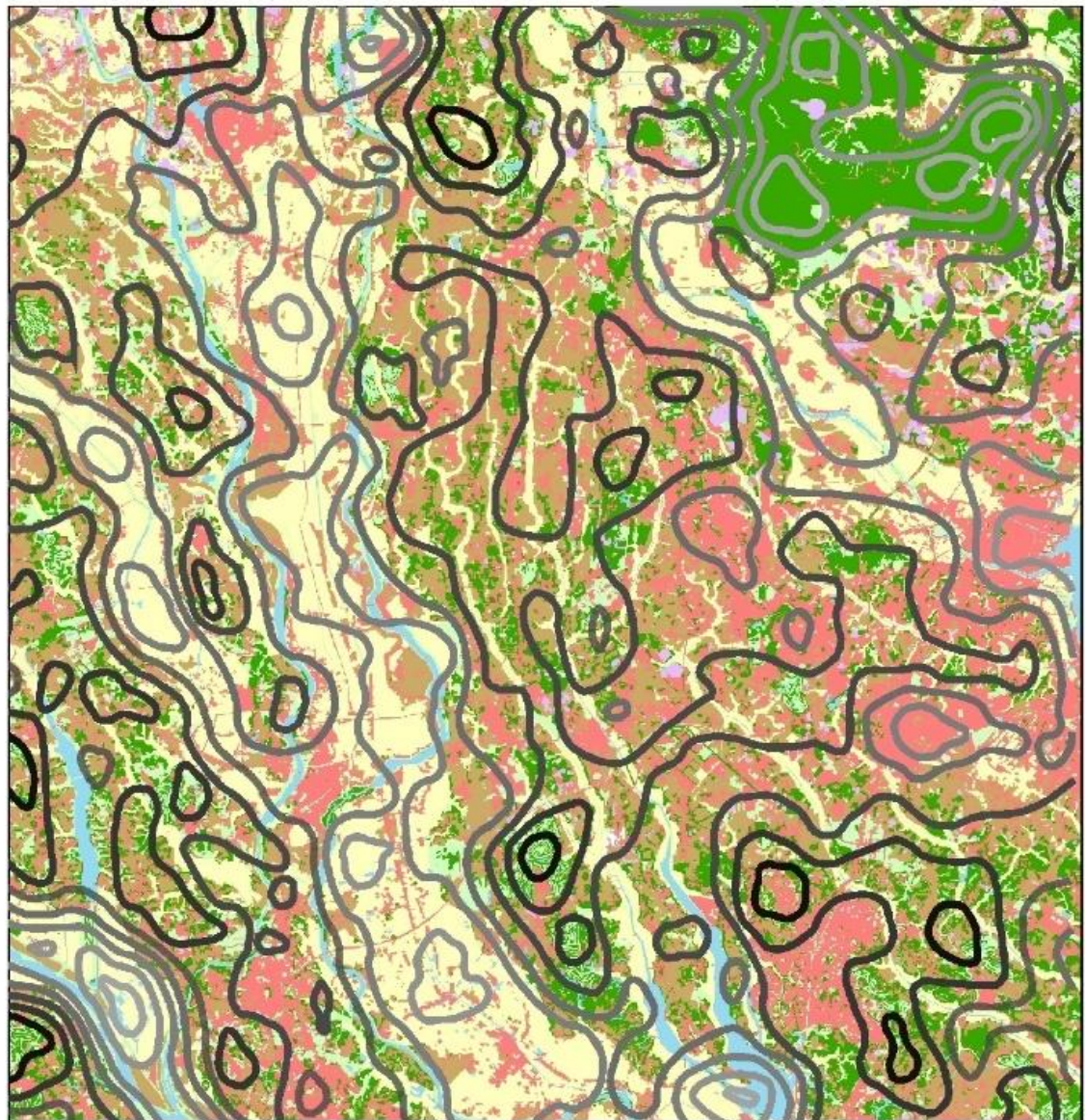


図 2-5 調査地周辺の地域に予測モデル 3'(2 種合計の営巣密度:営巣場所数/km<sup>2</sup>)を適用した結果

4 km<sup>2</sup> の正方形を東西、南北に 250 m ずつ移動させて計算を行う Moving Window 法で予測計算し、結果をスプライン補完し等密度線で表示した。

百瀬ら (2006) より転載。

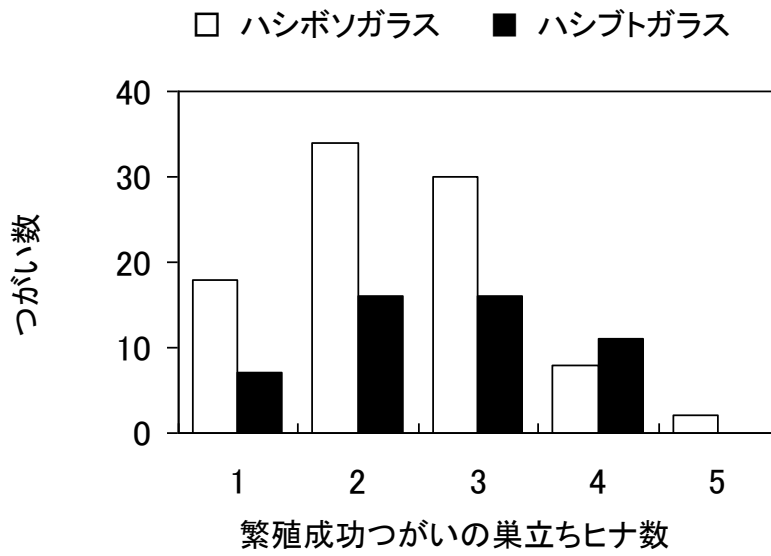


図 2-6 ハシボソガラスとハシブトガラスの巣立ちヒナ数  
吉田ら (2006) より転載

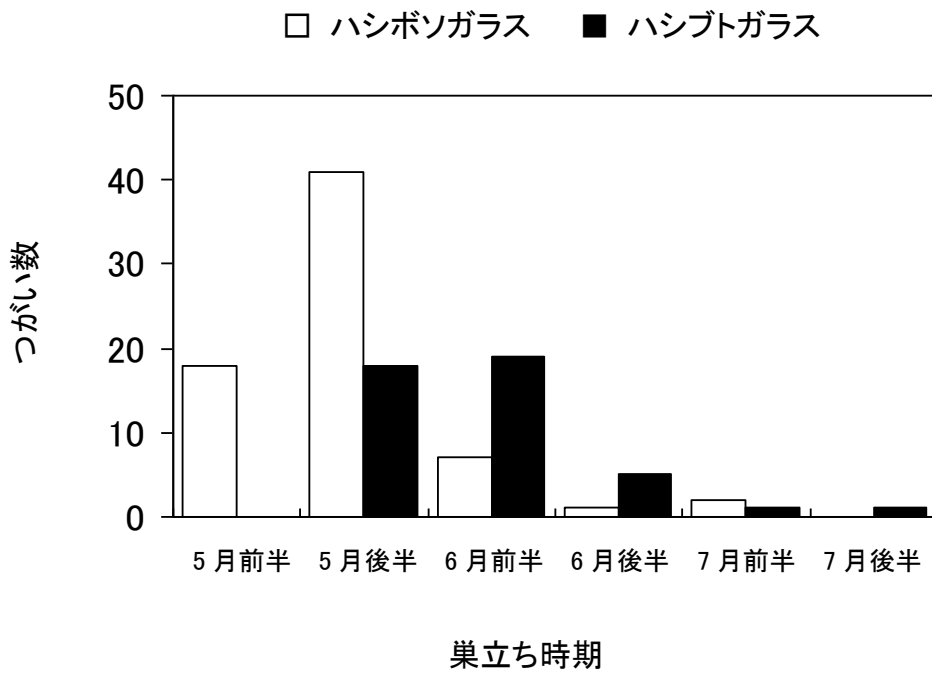


図 2-7 ハシボソガラスとハシブトガラスの巣立ち時期  
吉田ら (2006) より転載

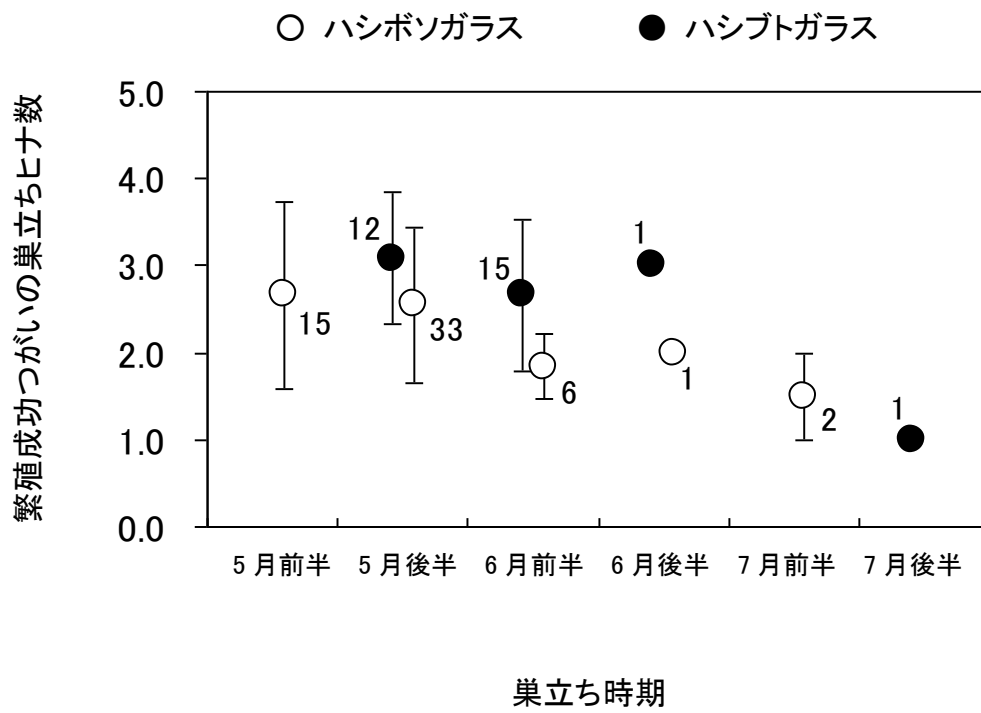
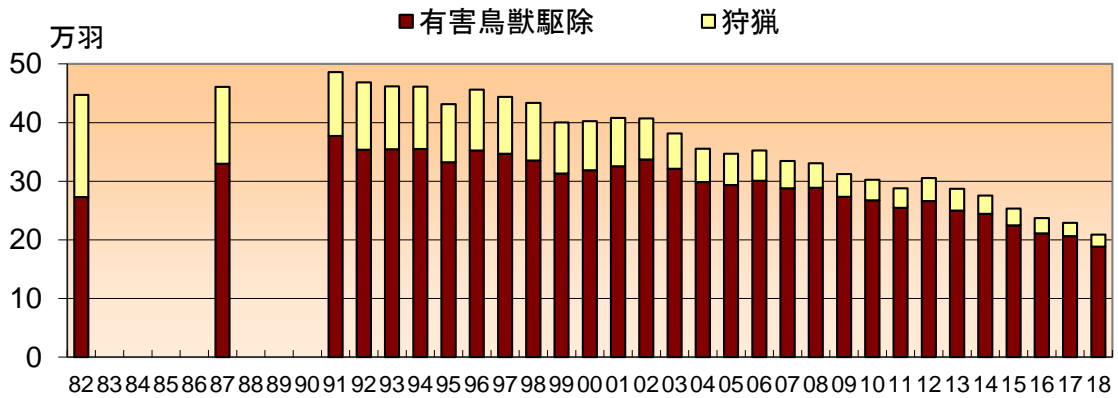


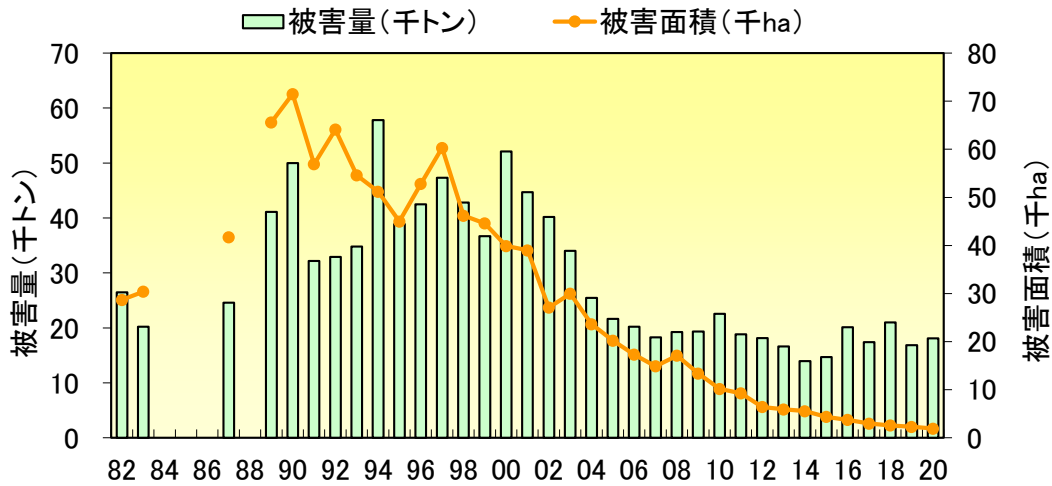
図 2-8 ハシボンガラスとハシブトガラスの巣立ちヒナ数の季節変化  
 エラーバーは±標準偏差を、数値はサンプル数を示す  
 吉田ら (2006) より転載



(a)カラス類の捕獲数(環境省自然環境局統計より作成)



(b)カラス類による農作物被害量と被害面積(農林水産省農村振興局統計より作成)



(c)カラス類による農作物被害金額(農林水産省農村振興局統計より作成)

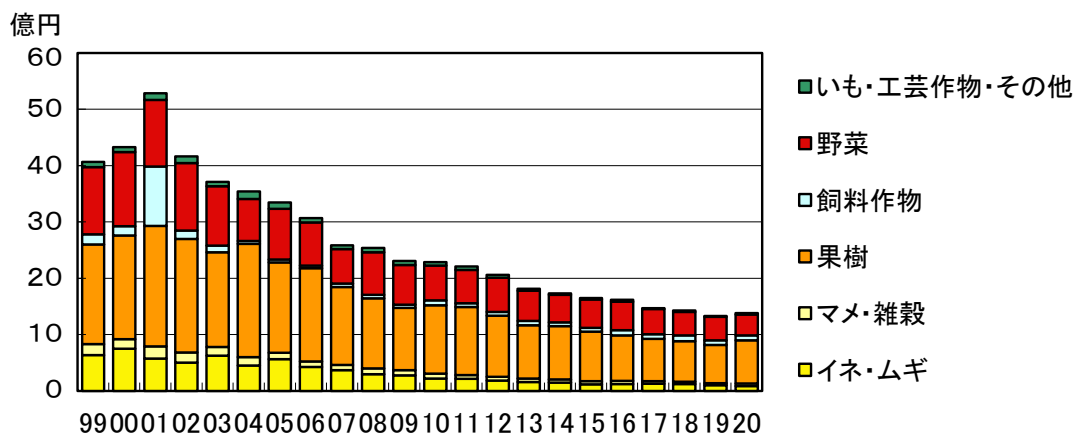


図 2-9 カラス類の捕獲数(a)、農作物被害量と被害面積(b)、農作物被害金額(c)

表 2-1 各調査地において実施した調査に要した時間と、発見した営巣場所の数、およびそれらの観測水準を示す確認方法の内訳数

調査地	面積 (km <sup>2</sup> )	延べ調 査時間	1km <sup>2</sup> あ たり調査 時間	ハシボソガラス						ハシブトガラス					
				営巣場 所数	内 訳				巣の発 見率	営巣場 所数	内 訳				巣の発 見率
					使用巣	使用未 確認巣	営巣樹 林	なわば り			使用巣	使用未 確認巣	営巣樹 林	なわば り	
A(筑波山)	6	27	4.5	0	0	0	0	0		8	1	0	1	6	13%
B(つくば北部)	12	80	6.7	33	11	6	9	7	52%	33	5	4	22	2	27%
C(つくば南部)	20	150	7.5	73	23	20	14	16	59%	52	10	9	21	12	37%
D(谷和原)	12	64.5	5.4	25	17	6	1	1	92%	9	4	2	2	1	67%
E(牛久)	8	66	8.3	29	9	10	5	5	66%	13	6	1	4	2	54%
全体	58	387.5	6.7	160	60	42	29	29	64%	115	26	16	50	23	37%

百瀬ら (2006) より転載。

表 2-2 調査地毎のカラス類営巣密度(営巣場所数/1 km<sup>2</sup>)と、植生・土地利用面積の割合および隣接長(単位は km/1 km<sup>2</sup>)。「樹林採食」は「樹林」とカラスにとっての採食環境と考えられる「果樹等」「畑地」「草地等」「水田」「市街地」との隣接長の合計。「採食間」はこれらの凡例どうしの隣接長の合計。「総隣接長」はこれら2つの隣接長の合計を表す。

調査地	面積 (km <sup>2</sup> )	主要な環境	ハシボソ ガラス	ハシブト ガラス	植生・土地利用の面積割合(%)								隣接長(単位km/調査地1km <sup>2</sup> )		
					樹林	他樹林	果樹等	畑地	草地等	水田	市街地	水域	樹林採食	採食間	総隣接長
A(筑波山)	6	山地の樹林	0.00	1.33	98.568	0.000	0.450	0.039	0.169	0.000	0.774	0.000	0.828	0.025	0.853
B(つくば北部)	12	畑地等が混在	2.75	2.75	10.445	0.000	0.130	52.032	1.330	16.970	19.037	0.056	3.144	10.730	13.874
C(つくば南部)	20	畑地等が混在	3.65	2.60	12.206	0.202	3.091	34.412	6.671	12.450	30.147	0.822	5.119	8.168	13.287
D(谷和原)	12	水田	2.08	0.75	2.269	0.000	0.103	6.351	3.972	71.482	13.724	2.138	1.061	5.946	7.007
E(牛久)	8	市街地	3.63	1.63	14.590	0.000	0.121	5.111	12.198	1.518	66.267	0.355	7.772	7.651	15.424
全体	58		2.76	1.98	19.049	0.070	1.177	24.654	5.097	22.803	26.394	0.786	3.793	7.325	11.118

百瀬ら (2006) より転載。

表 2-3 モデル構築に使用した各変数間の単相関. 相関の計算には Pearson の相関係数を用いた. 表の右上半分には相関係数の有意確率(両側検定)を  $p = 0.05$  (\*) および  $p = 0.01$  (\*\*) の水準で示した. 表上部の列の変数名は省略して示してあるが, 表左側の行の変数と同じものを同じ順序で並べてある.

	カラスの営巣密度			カラスの割合		標高差	面積								隣接長		
	2種	ボン	フト	ボン	フト		樹林	他樹林	果樹等	畑地	草地	水田	市街地	水域	樹林採食	採食間	総隣接長
カラス2種合計の営巣密度		**	**			**				**	**	*	**		**	**	**
ハシボソガラスの営巣密度	0.83		*	**	**	**	**			**	**	**	**		**	**	**
ハシブトガラスの営巣密度	0.79	0.31		**	**	**	**			**	**	**	*	**		**	**
ハシボソガラスの割合	0.00	0.48	-0.51		**	**	**			**	**	**	**	**		**	**
ハシブトガラスの割合	0.00	-0.48	0.51	-1.00		**	**			**	**	**	**	**		**	**
標高差	-0.46	-0.56	-0.17	-0.66	0.66		**			**	**	**	**	*	*	**	**
樹林面積	-0.24	-0.43	0.06	-0.72	0.72	0.91				**	**	**	**	**		**	**
他樹林面積	0.18	0.14	0.16	-0.02	0.02	-0.09	-0.09										
果樹等面積	0.10	0.03	0.14	-0.09	0.09	-0.07	0.04	0.17									
畑地面積	0.55	0.48	0.41	0.12	-0.12	-0.51	-0.44	0.20	0.11							**	**
草地面積	0.39	0.53	0.08	0.35	-0.35	-0.35	-0.19	0.07	0.12	-0.05			**	**	**		**
水田面積	-0.30	-0.15	-0.35	0.44	-0.44	-0.39	-0.56	-0.16	-0.08	-0.10	-0.24		*	**	**	**	**
市街地面積	0.47	0.55	0.20	0.35	-0.35	-0.56	-0.47	0.13	-0.05	0.17	0.54	-0.32			**	**	**
水域面積	-0.16	0.05	-0.32	0.44	-0.44	-0.28	-0.34	-0.09	0.00	-0.16	0.13	0.55	-0.08				**
樹林-採食隣接長	0.60	0.50	0.47	0.00	0.00	-0.27	0.05	-0.02	0.18	0.10	0.60	-0.40	0.45	-0.08			**
採食間隣接長	0.37	0.46	0.13	0.35	-0.35	-0.66	-0.68	0.19	0.09	0.69	0.17	0.05	0.50	-0.13	0.01		**
総隣接長	0.68	0.67	0.42	0.25	-0.25	-0.66	-0.46	0.12	0.19	0.56	0.53	-0.24	0.67	-0.15	0.69	0.73	

百瀬ら (2006) より転載。

表 2-4 構築した 4 種類の予測モデルの構造と予測精度. 表上側のモデル 1~4 にはメッシュサイズ 1 km<sup>2</sup>、下側の 1'~4' には同じく 4 km<sup>2</sup> で構築したモデルを示した。表中の「R<sup>2</sup>」は自由度調整済の決定係数を、表右端の 2 項は解析に利用したメッシュ数および分散分析の結果を示す。

モデル 番号	目的変数	R <sup>2</sup>	係数1	偏回帰係数		係数2	偏回帰係数		定数項	N	有意確率 P
				非標準化	標準化		非標準化	標準化			
1	ハシボンガラス営巣密度	0.438	総隣接長	0.207	0.669				0.453	58	<0.01
2	ハシブトガラス営巣密度	0.329	樹林-採食隣接長	0.181	0.436	畑地面積	1.769	0.363	0.489	58	<0.01
3	2種合計の営巣密度	0.586	樹林-採食隣接長	0.389	0.552	畑地面積	4.072	0.494	1.411	58	<0.01
4	ハシブトガラスの割合	0.515	樹林面積	0.521	0.724				0.217	57	<0.01
1'	ハシボンガラス営巣密度	0.774	総隣接長	0.273	0.892				1.213	11	<0.01
2'	ハシブトガラス営巣密度	0.324	畑地面積	11.559	0.629				2.812	11	0.04
3'	2種合計の営巣密度	0.828	樹林-採食隣接長	0.415	0.557	畑地面積	19.618	0.643	4.184	11	<0.01
4'	ハシブトガラスの割合	0.774	樹林面積	0.575	0.893				0.177	11	<0.01

百瀬ら (2006) より転載。

表 2-5 ハシボソガラスとハシブトガラスの平均巣間距離と営巣密度  
 平均値±1 標準偏差、括弧内はサンプル数を示す

調査地	A 筑波山 <sup>1)</sup>	B つくば北部	C つくば南部	D 谷和原	E 牛久	全体
ハシボソガラス間の巣間距離(m)	—	473 ± 153 (16)	363 ± 108 (35)	460 ± 89 (19)	384 ± 89 (12)	410 ± 120 ( 82)
ハシブトガラス間の巣間距離(m)	—	416 ± 195 (20)	385 ± 93 (20)	874 ± 381 ( 3)	580 ± 182 ( 6)	451 ± 209 ( 49)
異種間の巣間距離(m)	—	315 ± 148 (37)	285 ± 123 (50)	611 ± 360 (24)	330 ± 185 (17)	361 ± 234 (128)
種を区別しない巣間距離(m)	—	269 ± 115 (34)	253 ± 75 (52)	384 ± 106 (24)	274 ± 136 (17)	285 ± 112 (127)
ハシボソガラスつがい数/km <sup>2</sup>	0.00	2.75	3.65	2.08	3.63	2.76
ハシブトガラスつがい数/km <sup>2</sup>	1.33	2.75	2.60	0.75	1.63	1.98

<sup>1)</sup> 調査地A(筑波山)ではハシボソガラスのつがいは確認されず、ハシブトガラスも営巣場所が確認または推定されなかったつがいが多くを占めたため、巣間距離の計測値はなかった。

吉田ら (2006) より転載

表 2-6 ハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖成否と平均巣立ちヒナ数

調査地	繁殖成功	繁殖失敗	成否不明	合計	平均巣立ちヒナ数 <sup>1)</sup>
<b>ハシボソガラス</b>					
A 筑波山	0	0	0	0	—
B つくば北部	28 (67%)	12 (29%)	2 (5%)	42	2.78 (18)
C つくば南部	51 (64%)	16 (20%)	13 (16%)	80	1.98 (40)
D 谷和原	28 (72%)	6 (15%)	5 (13%)	39	2.65 (23)
E 牛久	21 (58%)	7 (19%)	8 (22%)	36	2.55 (11)
全体	128 (65%)	41 (21%)	28 (14%)	197	2.37 (92)
<b>ハシブトガラス</b>					
A 筑波山	4 (36%)	0 (0%)	7 (64%)	11	— (0)
B つくば北部	26 (63%)	4 (10%)	11 (27%)	41	2.57 (14)
C つくば南部	43 (68%)	9 (14%)	11 (17%)	63	2.73 (26)
D 谷和原	6 (55%)	1 (9%)	4 (36%)	11	2.20 (5)
E 牛久	14 (74%)	0 (0%)	5 (26%)	19	2.60 (5)
全体	93 (64%)	14 (10%)	38 (26%)	145	2.62 (50)

<sup>1)</sup> 括弧内は繁殖に成功し、巣立ちヒナ総数が確定された巣の数(サンプルサイズ)。

吉田ら (2006) より転載

表 2-7 ハシボソガラス(a)およびハシブトガラス(b)の巣立ちヒナ数に影響する要因を解析した上位 10 個の一般化線型モデル (GLM)。モデルは適合度を評価する AIC、およびその差である  $\Delta AIC_c$  の順に並べた。 $w_i$  は変数の組み合わせすべてのモデルの中で、当該モデルの重要度を意味する Akaike weight。各モデルに含まれた変数を“X”とし、係数が府の場合は斜体で示した。Akaike weight 合計値は、その変数が含まれるモデル全ての Akaike weight を合計した値であり、各変数の相対的な重要度を意味する。

他種の 巣距離	同種の 巣距離	半径300m 内の巣数	巣の 隠蔽度	半径150m内の採 餌環境割合	AIC <sub>c</sub>	$\Delta AIC_c$	$w_i$
(a) ハシボソガラス							
X	X			X	226.90	0.00	0.103
X				X	226.99	0.09	0.098
X	X		X	X	227.25	0.35	0.086
X	X				227.42	0.52	0.079
X					227.71	0.80	0.069
X			X	X	227.75	0.85	0.067
				X	228.59	1.69	0.044
X		X		X	228.79	1.89	0.040
X	X		X		229.21	2.30	0.033
X	X	X		X	229.24	2.33	0.032
0.76	0.51	0.29	0.36	0.63	← Akaike weight 合計値		
(b) ハシブトガラス							
					112.52	0.00	0.155
	X				113.34	0.82	0.103
			X		113.75	1.23	0.084
				X	114.27	1.75	0.065
X					114.62	2.10	0.054
		X			114.68	2.16	0.053
X	X				114.70	2.17	0.052
	X	X			114.76	2.24	0.051
	X		X		114.85	2.33	0.048
	X			X	115.32	2.80	0.038
0.27	0.42	0.26	0.31	0.25	← Akaike weight 合計値		

吉田ら (2006) より転載

## 第3章 鳥類による被害の対策技術

本章の後半部分(3-2 および 3-3)の内容は以下の論文として公表済みである。

吉田保志子・山口恭弘・佐伯緑・水井陽介 (2021) カラスとスズメに対する磁石の忌避効果は認められない. 日本鳥学会誌 70(2), 175-181

吉田保志子・佐伯緑・百瀬浩 (2016) ハシブトガラスの侵入を阻止するための網の目合. *Animal Behaviour and Management* 52(1), 1-11.

### 3-1 鳥害対策技術

鳥類による被害が発生する現場における対策技術は、1) 模型、音、光などで鳥を脅かして追い払おうとするもの、2) 鳥の侵入を阻害する網や糸等を張るもの、3) 鳥の摂食を阻害する物質を付着させる等の化学物質を用いるもの、に大きく分けることができる。本章では、これら 3 つについてその特徴と課題、およびカラス類への適用例を整理する。さらに、これらの対策技術がもつ課題に対応し有効に利用するための基礎情報として、1)に関連してカラスに対する磁石の忌避効果の有無(吉田ら 2021)、2)に関連してカラスの侵入を阻止する網の目合を明らかにする(吉田ら 2016)。

[本項(3-1-1 から 3-1-3)については投稿予定の学術雑誌が未発表原稿しか投稿を受け付けないため要約版では割愛した。]

### 3-2 カラスに対する磁石の忌避効果の検証

#### 3-2-1 緒言

鳥を脅かして追い払う方法は、本章の第1項で述べたように、慣れの問題を避けられないため、その限界を理解した上で使う必要がある。しかし、市販の追い払い用具類には、公的な認証制度等もないため、購買者に効果を過信させる商品が見られる。鳥類が地磁気を感知できるという科学的知見を援用して、磁石の忌避効果を謳う追い払い用具もそのひとつである。以下では、飼育下のカラスに対し、磁石の設置によって餌台への来訪回数や摂食量が影響されるかを試験し、磁石による忌避効果は認められないことを明らかにした。なお、この結果はスズメに対する同様の試験結果と合わせて報告した(吉田ら 2021)。

鳥は長距離の飛行の際に、地磁気を方向定位の手段のひとつとして利用することが知られている(Gill 1994)。鳥の磁場感知には、頭部に含まれるマグネタイト(磁鉄鉱)



が方位磁針と同じような働きをもつ可能性が指摘されてきた(Walcott et al. 1979、Presti et al. 1980)。しかし近年の量子生命科学の研究において、鳥の網膜に存在するクリプトクロムという青色受容タンパク質が磁場感知に関与している可能性が高く、鳥は光化学反応に対する磁場の影響を利用して地磁気を視覚的に「見て」いるのではないかと考えられている(Ritz et al. 2000、Maeda et al. 2012、Gunther et al. 2018)。伝書鳩 *Columba livia* ver. *domestica* の体に小さな磁石を付けると、地磁気による方向定位が妨げられる(Keeton 1974)。マダラヒタキ *Ficedula hypoleuca* では地磁気の影響を遮断した環境でヒナの時から飼育すると、渡りの方向を正しく決められないことがわかっている(Weindler et al. 1998)。

しかし、磁場を感知できることと、磁場の乱れを忌避するかどうかは別の問題である。伝書鳩の体に磁石を付けて地磁気の感知を妨げても、太陽コンパスが使える晴天であれば方向定位には影響しない(Keeton 1974)。ホシムクドリ用の巣箱に磁石を付けた実験では、磁石を付けない対照区の巣箱とのあいだで巣箱の利用率、産卵数、ヒナ数などに違いは見られなかった(Belant et al. 1998)。飼育下のドバトに対して餌皿に磁石を設置した実験で、磁石の有無によって摂食量に違いは見られず(福居ら 2000)、飼育下のヒヨドリに対して餌台に磁石を設置した実験においても、対照区に比べて磁石区を忌避する傾向は認められなかった(池内ら 2005)。

### 3-2-2 方法

茨城県つくば市の農研機構中央農業研究センター構内にある、広さ 40 m × 60 m、高さ 12 m の大型フライングケージにおいて、当地の野外で 2007 年に捕獲して飼育しているハシブトガラス 13 羽、ハシボソガラス 2 羽で試験を行った。ケージ内には試験枠(11 m × 20 m、高さ 1.6 m)が金属パイプと防風網で設置されている。試験開始 15 日前に、この試験枠内に試験用の餌台を 4 つ、互いに磁力の影響が及ばない十分な距離を空けて設置した(図 3-1)。餌台は磁界への影響を避けるために金属を使用せず、木材で地上高 1.2 m、長さ 1.3 m の止まり木を作り、その上にプラスチック製のバット(32 cm × 44 cm × 深さ 7 cm)を接着剤等で固定した。試験開始までの間、各餌台に市販ドッグフード、食パン、リンゴを適宜与えてカラスを慣らした。

試験は 4 つの餌台のうち 2 つを磁石あり、2 つを磁石なしとし、餌台の位置によってカラスの選好性が偏る可能性を考慮して、4 つの餌台に磁石の有無を配置する全 6 パターンをランダムな順で、1 巡目は 2019 年 11 月 20 日、21 日、22 日、26 日、27 日、28 日の 6 日間、2 巡目は 2020 年 1 月 7 日、9 日、10 日、14 日、15 日、16 日の 6 日間で実施した。なお、1 月 4 日にハシブトガラス 1 羽が死亡したため、2 巡目の供試羽数はハシブトガラス 12 羽、ハシボソガラス 2 羽である。試験時間は 10:00–14:00 の 4 時間とし、開始直前に維持飼料(ドッグフードを試験枠外に常時給与)を全て回収し、試験飼料として各餌台にドッグフード 200 g と 8 枚切り食パン 1 枚を 9 片に切って与えた。試験終了時間に、試験飼料を回収して残量を記録し、維持飼料を元の位置に戻

した。水は試験枠外に設置し常に利用できるようにした。開始時と終了時の重量差(ドッグフード)、片数の差(パン)によって試験飼料の消費量(消費した重量と片数)を算出した。

階段室 A(図 3-1)の地上 7.5 m にある観察窓から、ビデオカメラ(Sony, HDR-CX180)で試験枠内を録画した。録画の解析において個体識別はできなかつたため、個体が餌台に来るたびに別個体として扱い、来訪回数と来訪ごとの滞在時間を計測した。複数個体が同時に来た場合の滞在時間は、録画した映像の再生を繰り返して個体ごとに計測した。4 つの餌台で得られた値は、磁石あり設定の餌台 2 つと磁石なし設定の餌台 2 つについて、試験ごとにそれぞれ合算して扱った。例えば磁石あり設定の餌台での滞在時間は、磁石あり設定の餌台 2 つでの来訪ごとの滞在時間を合計し、それを磁石あり設定の餌台 2 つへの来訪回数で除して、1 回の試験における磁石あり設定の餌台への平均滞在時間とした。

磁石あり設定の餌台では、リング型の異方性フェライト磁石(外径 100 mm × 内径 60 mm × 厚み 15 mm、表面磁束密度 120 mT(1200 ガウス)、吸着力 12 kg)を紙封筒で包んだものをバットの中央に置き、試験飼料を入れた同一規格のバットを上重ねて、ひっくり返されないようにナイロン紐で餌台に固定した。磁石なし設定の餌台では、磁石とほぼ同大のセロハンテープを同一規格の紙封筒で包んだものを同様に設置した。カラス試験では磁石間の距離が十分に離れているため、磁石の極のどちらを上にして置くかは特に決めなかつた。磁気測定器(日本電磁測器株式会社 GV-400A 測定範囲 0.01 mT-1.999 T)を使用して測定した磁束密度は磁石あり設定の餌皿中央の底で最大 81.8 mT、餌皿中央の底から 7 cm 上で最大 4.95 mT、餌皿のふちで最大 0.71 mT、餌皿中央から 30 cm の止まり木上で最大 0.19 mT、餌皿中央から 60 cm の止まり木上で最大 0.12 mT であり、磁石なし設定の餌皿中央の底では最大 0.12 mT であつた。今回の試験で使用した磁石の表面磁束密度 120 mT(1200 ガウス)は、市販の商品 5 種類(防鳥用と表示されている磁石と、磁石が組み込まれた防鳥用品)の磁力の記載(それぞれ 1000、1200、1200、1300、2000 ガウス)とおおむね同等であつた。

試験は中央農研動物実験実施要領に従い、中央農研動物実験委員会の承認を受けた(承認番号: No.30-3)。またカラスの捕獲にあたっては茨城県から学術研究の捕獲許可を受けた(第 18030015 号)。

### 3-2-3 結果

餌台への来訪回数、ドッグフード消費量、パン消費量、平均滞在時間のいずれについても、磁石あり設定と磁石なし設定の差はわずかであり(図 3-2)、有意差は認められなかつた(ウィルコクソンの符号順位検定、 $z = -0.86, p = 0.39$ ;  $z = -1.06, p = 0.29$ ;  $z = 0.00, p = 1$ ;  $z = -0.78, p = 0.43$ )。パンはほとんどの試験において完食されたことから、磁石なし餌台のパンを先に利用したという可能性を検討するため、各試験で開始から 10 回までの来訪における、磁石あり設定と磁石なし設定の餌台への来訪回数を比較

したところ、56 回と 64 回であり、磁石なし設定の餌台を優先的に利用する傾向は特にないと考えられた。

### 3-2-4 考察

今回の試験において、磁石あり設定の餌皿付近にはバックグラウンドレベルを上回る磁場があり、餌を取るためにはその中に入る必要があるが、磁石あり設定の餌皿を忌避する傾向は見られなかった。鳥の磁場感知に関与している可能性が高い青色受容タンパク質のクリプトクロムに関する研究はスズメ目 PASSERIFORMES の渡り性の小鳥類で多く行われており、カラスもスズメ目である。ハシボソガラス、ハシブトガラスともに日常的に数十 km を移動し(吉田 2003、竹田ら 2015)、同属にはミヤマガラスやコクマルガラスのような渡り性の種もいる。したがって、カラスには磁場感知能力がないために磁石による磁場の変化を忌避しなかったとは考えにくい。なお、クリプトクロムはスズメ目に限ったものではなく、鳥類の系統的に祖先種に近いキジ目 GALLIFORMES のニワトリ *Gallus gallus domesticus* の網膜にも存在(Watari et al. 2012)することから、鳥類に広く見られる形質であることが示唆される。

磁力の強さは距離の二乗に反比例して低減するので、防鳥用の商品と同等の磁力をもち、市販の磁石としては比較的強力な今回の磁石であっても、60 cm 離れるとその磁力はバックグラウンドレベルと区別できなかつた。したがって、仮に鳥を忌避させるために磁石を設置したとしても、その磁石によって磁場が変化する範囲はごく限られることになり、その点でも磁石によって鳥を追い払える見込みは低いと考えられる。

## 3-3 カラスの侵入を阻止できる網の目合の解明

### 3-3-1 緒言

鳥獣の侵入対策に網を用いる場合、防ぎたい鳥獣種の侵入を確実に阻止できる目合の網を選択する必要がある。しかし、動物の外見から受ける印象よりも侵入を阻止できる目合は小さいことが多く、網を張ったにも関わらず侵入されているケースは多い。侵入を阻止するための網等の寸法について、試験を行って解明した例は、家屋等に侵入する中型哺乳類ハクビシン *Paguma larvata* の通過可能な穴サイズ(Kase et al. 2010、Kase et al. 2011)や、捕食性哺乳類 7 種の鶏舎侵入を阻止する穴サイズ(Stullken and Kirkpatrick 1953)など、わずかである。

網の目合が防ぎたい鳥獣種の体サイズよりも十分に小さければ確実に通過は不可能であるが、目合が小さいほど素材が多く必要でありコストが高くなる。目合が小さい網は風の影響を受けやすく、網自体の重量もかさむため、設置のための支柱等も丈夫なものを使う必要があり、この点でもコストが高くなる。これらのことから、防ぎたい鳥獣種の通過を確実に防げる範囲で、なるべく大きい目合の網を使うことが経済的に好ましいと考えられる。畜舎の場合は、家畜の暑熱対策のために通風の確保が必要とされる点からも、目合の大きい網が有利である。

カラスについて、侵入を防げる網の目合を解明する研究はこれまで行われていない。畜舎、果樹園、ゴミ集積場等へカラスを侵入させないための有効な対策技術として網の設置を普及させるためには、網の目合と侵入の関係を正確に解明し、適切な目合を数値で示す必要がある。本研究では、飼育下のハシブトガラスとハシボソガラスを用いて、個体別の行動試験を行って通過できる最小の目合を確定して、侵入を阻止するための網の適切な目合を明らかにした(吉田ら 2016)。

### 3-3-2 方法

カラスが自発的に通過できる網の目合を確定するために、網を張った試験枠内に報酬飼料を置いて侵入させる自発的侵入試験を 2013 年 7 月から 10 月に行い、続いて強制的に通らせた場合に通過できる最小の目合を確定するために、網を張った試験枠内に試験個体を入れて脱出させる強制的脱出試験を 2013 年 11 月から 2014 年 6 月に行った。

試験は茨城県つくば市の中央農業総合研究センター構内にある、屋根とコンクリート床を備え網目 15 mm の金網で仕切られた網室 6 室(約 3 m × 4 m または約 6 m × 4 m、高さ 2 m)で行った。野生下で捕獲されたハシブトガラス 5 羽とハシボソガラス 1 羽を 6 室に個別に収容し、市販のドッグフードを常に十分量あるように餌台へ給与し、水浴場を兼ねた浅い水槽には常に新鮮な水があるようにして飼育した。

自発的侵入試験では、太さ 27.6 mm の金属パイプ(矢崎化工株式会社)で組んだ 1 m × 1 m、高さ 1.2 m の試験枠(図 3-3a)を各室に常設した。試験枠への馴致訓練として報酬飼料を試験枠内に設置し、10 分以内に食べるようになってから試験を開始した。報酬飼料はビスケット(森永製菓「チョイス」1 枚あたり標準 9.2 g、48 kcal)を約 1/4 に割ったものを使用した。これは試験個体の平均的な 1 日の摂取カロリーの 1/10~1/20 程度にあたる。報酬飼料は試験枠内中央の床に直置きした。試験用の網は、ポリエチレン撚糸(直径約 1.6 mm)で角目に編まれた花栽培用の農業資材であるフラワーネット(太陽ネット製造工場、400 D × 24 本撚り、茶色)を用い、目合 40 cm から始めて段階的に 30 cm、25 cm、20 cm、18 cm、17 cm、16 cm、15 cm、14 cm、13 cm、12 cm、11 cm まで小さくした。網は試験枠の 4 面と天井部に、網目より大きな隙間ができないように結束バンドで止めた。網は完全に緊張させた状態ではなく、垂直方向は長さ 1 m につき 5 cm 前後、水平方向は長さ 1 m につき 2.5 cm 前後の余裕を持たせ、網目が変形できるようにした。新しい試験網に張り替えるごとに、24 時間以上経過してから試験を行った。1 個体につき 1 日に行う試験は 1 回とした。試験時間は 2 時間とし、2 時間経過後に残った報酬飼料は回収した。提示した網を 3 回通過した場合には、その網の試験を終了し、さらに小さい目合の網を提示した。5 回通らなければ次の目合の網に進み、その目合も 5 回通らない場合は以降の試験から除外した。試験は十分量のドッグフードを常に与えた状態で行い、給餌制限は行わなかった。試験枠と周囲を映す各室 1 台のビデオカメラ(Sony HDR-UX7、DCR-SR220、DCR-DVD508)の映像をビ

デオケーブルで別室に伝送し、DVD レコーダー（東芝 RD-S503、RD-S301、RD-S601）に録画した。録画映像を再生して、試験開始から枠内への侵入を始めるまでの時間を秒単位で、網を通り始めてから通り終わるまでの時間をコマ送り再生機能を使って0.1秒単位で計測した。

強制的脱出試験では、同種の金属パイプを使って1 m × 0.6 m、高さ1.2 mで上面に扉を付けた試験枠（図 3-3b）を1つ作成し、1回ごとに各室へ搬入して試験を行った。試験枠の側面4つのうち、長辺2つと短辺1つには、2～5 cm 前後の余裕を持たせて網を張り、残る短辺1つの中央部には網を畳んで周囲を縫うように止めた奥行き約40 cmの袋状構造を設けた。この袋状構造は、実際の使用では網が大きくなる場合があり、そのような部分で網目を通過しやすくなる可能性を考慮したものである。試験網の目合は、自発的侵入試験で通過がみられた最小目合である13 cmから開始し、段階的に12 cm、11 cm、10 cm、8 cmを試験した後、既製品の規格にないため特注で製作した9 cm、7 cmの網を試験した。1個体につき1日に行う試験は1回とし、各目合の試験は10 cmまでは各個体1回ずつ、9 cm、8 cm、7 cmは2回繰り返して行った。ハシブトガラス1個体（KO）は片翼の動作に支障があるため強制的脱出試験から除外した。試験では、大形の捕虫網で個体をすばやく捕まえ、保定せずに捕虫網ごと試験枠に入れて、枠内中央で長辺に向けて床面に個体を置くようにした。試験枠内に餌と水は与えなかった。試験枠内に個体を入れて10分経過しても出られない場合は、試験者が入室して個体の様子を見ながらゆっくり近づくことで網への突進を促し、それでも出られない場合に試験を終了して試験枠から個体を解放した。自発的侵入試験と同一の機材を用いて試験状況を別室から録画するとともに、試験時間中は常時個体の状態を画面で監視して、負傷事故等が起こらないよう注意した。録画映像を再生して、試験開始から網を通り始めるまでの時間を秒単位で、網を通り始めてから通り終わるまでの時間をコマ送り再生機能を使って0.1秒単位で計測するとともに、網への突進や頭部を網目に差し込む等の、網目を通ろうと試みる行動の回数を記録した。その後、線径2.6 mmの金属棒を溶接して10 cmピッチ（金属棒の中心どうしの間隔）の格子にした溶接金網（別名ワイヤーメッシュ）についても追加で試験を行った。溶接金網の寸法に合わせて試験枠の高さを1 mに縮め、フラワーネットを用いた試験と同様に実施した。

すべての試験が終了した直後の2014年6月18日に各個体の体サイズを計測した。体重は、秤量10 kgの台秤（A&D HW-10K）を用いて1 g単位で計測した。ふしよ長と露出嘴峰長はノギスを用いて0.1 mm単位で計測した。個体によっては網室の金網に擦れて羽根の先端が摩耗していたため、翼長と尾長は計測しなかった。これらの計測値は、北海道（玉田 2004）、東京（黒田 1970）、本州から九州（山階 1980）で捕獲された個体の計測値の範囲内であり、今回の試験に使用したハシブトガラスとハシボソガラスの体サイズは、野生個体の平均程度からやや小さめの範囲であった（表 3-1）。また、体の太さを評価する値として「胸囲長」を計測した。翼をたたんだ通常の立ち姿勢に個

体を保定し、両翼を含む胸回りの最も太く見える位置でタコ糸を軽く締めた状態に一周させ、そのタコ糸の長さを1 mm 単位で計測した。

試験に使用したフラワーネットおよび溶接金網の網目の内寸を試験終了後に計測した。網目の縦方向および横方向にそれぞれ10箇所を無作為に選んで、フラワーネットはステンレス製直尺を用いて0.5 mm 単位で、溶接金網はノギスを用いて0.1 mm 単位で計測した。製品表示から算出した内寸(目合またはピッチの表示値から線径を引いた値)と比べて、フラワーネットの目合の大きいもの(40 cm、30 cm、25 cm)では計測した内寸のほうが3.0~4.6 mm 小さかったが、他は製品表示との差が1.9 mm 以内であり、おおむね製品表示に近い寸法で製作されていることを確認した(表3-2)。

試験は農研機構中央農業総合研究センター動物実験実施規程に従い、農研機構中央農業総合研究センター動物実験委員会の承認を受けて行った(承認番号:No. 24-2)。

### 3-3-3 結果

自発的侵入試験では、供試した6個体のうちハシブトガラス1個体(KA)とハシボソガラス1個体(GA)は目合40 cm から13 cm まで通過し、目合12 cm と11 cm では全く試験枠内に入らなかった(表3-3)。残るハシブトガラス4個体は目合40 cm での試験開始から全く試験枠内に入らなかった。試験枠内に入った2個体が網の通過に要した時間(網を通り始めてから通り終わるまでの時間)は、枠内へ入る時、出る時のいずれでも、1例を除いて平均値1秒未満であり、網に引っかかることなくスムーズに通過した。枠内へ入る時はすべて床面を歩いて網を通過したが、枠から出るときに個体KAは30 cm で1回、個体GAは18 cm と17 cm で1回ずつ、枠内を飛んで上面の網を通過して出た。網の通過に時間を要した1例は、このときの個体GAの18 cm で、上面の網に引っかかって10.8秒かかった。個体KAは40 cm と13 cm の初回試験では、2時間の試験時間終了まで枠内へ入らなかったが、2回目の試験からは入るようになった。試験開始から枠内への侵入を始めるまでの時間は、最短24秒から最長26分09秒であり、個体KAでは40 cm、25 cm、13 cm で、個体GAでは網の目合が小さくなるにつれて侵入に躊躇して時間がかかる様子があったが、明瞭な傾向ではなかった。

強制的脱出試験では、網の目合10 cm までは供試した5個体すべてが通過した(表3-4)。目合9 cm では5個体中4個体が通過し、目合8 cm ではハシブトガラス1個体のみが2回の試験のうち1回で通過したが、目合7 cm では全く通過せず、溶接金網10 cm も全く通過しなかった。網の通過に要した時間(網を通り始めてから通り終わるまでの時間)は、目合11 cm までは1秒前後で短かったが、10 cm でやや増加し、9 cm では網目に引っかかって時間がかかるケースがあり、8 cm を通過した1例では2分05秒を要した(図3-4)。試験開始から網を通り始めるまでにかかった時間は、目合10 cm までは短く、試験枠内に個体を入れてすぐに脱出できていたが、9 cm では時間がかかるケースがあり、8 cm では9分33秒を要した(図3-5)。脱出に成功するまでに網目を

通ろうと試みた回数は、目合 10 cm までは 0～3 回で、ほとんど失敗せずに脱出に成功していたが、9 cm では 0～25 回とばらつき、8 cm を通過した 1 個体は 82 回の失敗を繰り返したのちに脱出に成功した。なお、網の目合 11 cm の試験において、個体 YA2 は網目に引っかかって動けなくなり、関節を痛めることが懸念されたため実験を中止して網から個体を外した。個体 GG も同様に動けなくなったので網から個体を外そうとしたところ自力で網目を通過して枠外に脱出した。いずれの個体にも負傷は認められなかった。

#### 3-3-4 考察

今回の試験により、カラスの侵入を阻止するための網の目合について、科学的に根拠のある数値を得ることができた。自発的に通過した網の最小目合は 13 cm であったが、強制的に目合 13 cm 以下の網から脱出させると、目合 10 cm までは供試個体すべてが比較的スムーズに通過した。目合 9 cm では通過できない個体があり、目合 8 cm では 1 個体が 1 回のみ長時間かかって通過した。目合 7 cm では全個体が通過しなかった。これらのことから、目合 8 cm の網でカラスの侵入をほぼ防ぐことができ、目合 7 cm の網で確実に侵入を阻止できると考えられた。

大型鳥類用の防鳥網には目合 10 cm、12 cm、15 cm の市販品があり、漁網の再利用でも目合 15 cm 前後が使われる場合が多い。自発的侵入試験において、4 個体は目合 40 cm でも通過せず、残る 2 個体も目合 12 cm 以下の網は自発的に通らなかったことから、これらの網にもカラスの侵入を減少させる効果はあると考えられる。しかし、強制的に脱出させた場合に、目合 12 cm から 9 cm の網の通過に要した時間は、20 回の通過のうち 16 回が 1 秒未満～1 秒台であり、目合 9 cm の網に限っても 7 回の通過のうち 5 回が 1 秒未満～1 秒台であった。果樹園に目合 10 cm の漁網を設置したが網目を通過して侵入された事例(井手洋一 私信)もあることから、目合 9 cm 以上の網は、網に慣れて通過に習熟した個体や、カラスにとって優良な食物が多量にある場所、環境中に食物が乏しく侵入意欲が高い時期などでは、通過されてしまう可能性が高い。

目合 9 cm の網の通過の可否は、個体による体格の違いも影響していると考えられた。目合 9 cm では 5 個体の計 10 回の試験のうち、4 個体が 7 回通過した。目合 9 cm のフラワーネットの網目の 4 辺の合計長(実測内寸 × 4)は 360.8 mm であった。目合 9 cm を 2 回とも通過できなかった個体 GG は胸囲長 364 mm、2 回のうち 1 回通過した個体 KA は 365 mm であり、いずれも 360.8 mm を超えていた。これに対し、目合 9 cm を 2 回とも通過した 3 個体の胸囲長は 330～358 mm であり、360.8 mm 未満であった。フラワーネットの網目は柔軟なため、胸囲長が 360.8 mm 未満の小柄な個体では、網目が胸部の断面に沿った形に変形することで、通過ができたものと考えられる。

目合 8 cm の網は、通ろうとする時の体の向きや動きが適していた場合、体格が小さい個体の場合などに、まれに通過されることがあると考えられた。個体 SS が目合 8 cm を 1 回だけ通過した時は、網目に引っかかってもがくうちに頭に続いて右翼が網目か

ら抜け、続いて体と左翼が抜けたため、片翼ずつ網目を抜け出るかたちになって通過できたと考えられたが、通過には2分05秒を要した。目合8cmのフラワーネットの網目の4辺の合計長313.6mm(実測内寸×4)は、供試した5個体のうち最も胸囲長の小さい個体GA(ハシボソガラス)の330mmを下回っており、実際に5個体のうち4個体は2回とも目合8cmを通過できなかった。

丈夫な金属線で網目に変形しない溶接金網では、網目が10cmでも5個体すべてが通過できなかった。ただし、5個体のうち最も胸囲長の小さい個体GA(ハシボソガラス)の胸囲長330mmを、胸囲が円形と仮定して計算すると直径105mmであり、体格が小さい個体や、体を網目にねじ込むようにした場合には通過できる可能性が否定できない。実際に、胸囲長364mmの個体GGの2回目の試験では、10分経過しても出られないため試験を終了しようとして試験者が入室したところ、網目に突進して体の中央付近が網目に刺さった状態で、前にも後ろにも進めなくなったので、体を押し戻して個体を解放した。市販の溶接金網は、10cmより小さい規格は7.5cmである。10cmで実用に十分な侵入阻止効果が期待できるが、侵入の可能性をなくし、カラスが網目に挟まるといった事故を防ぐためには、7.5cmのほうが良いと考えられた。

ハシボソガラスの体サイズ計測値の平均はハシブトガラスより小さいことから(玉田2004)、ハシボソガラスが通過できる網の目合はハシブトガラスよりもやや小さい可能性があるが、今回供試したハシボソガラス1個体(GA)の試験結果はハシブトガラスとほぼ同様であり、ハシブトガラスの侵入防止に有効な網は、ハシボソガラスにもおおむね有効と考えられた。

個体別の行動試験を行うことで、カラスの侵入を防ぐための網について、適切な目合が定量的に明らかになった。ハシブトガラスおよびハシボソガラスの通過を物理的に不可能にする網の目合は7cmであり、侵入をほぼ阻止でき、果樹園、畜舎、ゴミ集積場等で使用する網として実用的な目合は8cmと考えられた。溶接金網の場合は、10cmで実用に十分な侵入阻止効果があるが、確実な侵入阻止とカラスの挟まり事故回避には7.5cmのほうが良いと考えられた。

### 3-4-3 章のまとめ

本章では、鳥類による被害が発生する現場における対策技術について、鳥を脅かして追い払おうとする方法、網や糸等を張る方法、化学物質を用いる方法の3つに大別し、まずはその特徴と課題を整理した。

脅かし型の追い払いの効果は、当該の場所への鳥の侵入意欲や、代替として利用できる他の場所の存在といった周辺状況に大きく左右されると考えられた。追い払いには、さまざまな物や装置が利用されてきたが、その効果を実際の使用条件で定量的に検証することは難しい。未経験の刺激に対して鳥がいったん逃避しても、いずれ慣れが生じて効果は低下すると考えられ、低下の度合いはさまざまな要素に影響されるため予測は困難である。カラスに対しても他の鳥と同様に、慣れを考慮して短期日で



設置位置を変える等の工夫をして使うことになる。

防鳥網は、侵入を防ぎたい種を確実に遮断することができる適切な目合の網を使い、鳥が侵入する隙間を作らないよう完全に被覆する必要がある。防鳥網より簡易に鳥の侵入を阻害するテグス(釣り糸)やワイヤーは、対象鳥種や条件に応じた適切な設置方法を詳しく調べる必要があると考えられた。カラスにおけるテグスの設置間隔と侵入抑制効果の関係、および実用的な設置方法については第4章で検討する。

化学物質を用いる方法は、播種前の種子に鳥の摂食を阻害する薬剤を付着させる方法の利用性が高いと考えられ、日本でも登録農薬がある。一定の効果は期待できるが、被害の多い時期には処理した種子も食べられてしまうことが多い。収穫期の作物に使用できる薬剤は日本では登録されておらず、十分な忌避効果と収穫物の安全性の両立が難しいことから、今後も開発の見込みは低いと考えられる。

続いて、これらの課題に対応し有効に利用するための基礎情報として、カラスに対する磁石の忌避効果の有無と、カラスの侵入を阻止する網の目合を明らかにした。

磁石を用いた防鳥用品には、鳥は地磁気を感知できるので磁石を忌避するという説明が付いていることが多いが、地磁気を感知することと磁石を忌避することは別の問題である。このような科学的知見の誤用を防ぐために、飼育下のカラスを用いた試験を行い、磁石あり設定と磁石なし設定の餌台のあいだで、来訪回数、試験餌の消費量、平均滞在時間のいずれについても差は見られないことを明らかにした。

カラスの侵入を確実に阻止できる網の目合について、飼育下のカラスを行って試験を行い、確実に通過できない網目は7 cm であること、自発的に通過した網の最小目合はこれより大きい13 cm であることを明らかにした。溶接金網の場合は、10 cm で実用に十分な侵入阻止効果があるが、確実な侵入阻止とカラスの挟まり事故回避には7.5 cm のほうが良いと考えられた。これらの値は、カラス対策に網を使用するための重要な基礎情報である。

3-5 図表

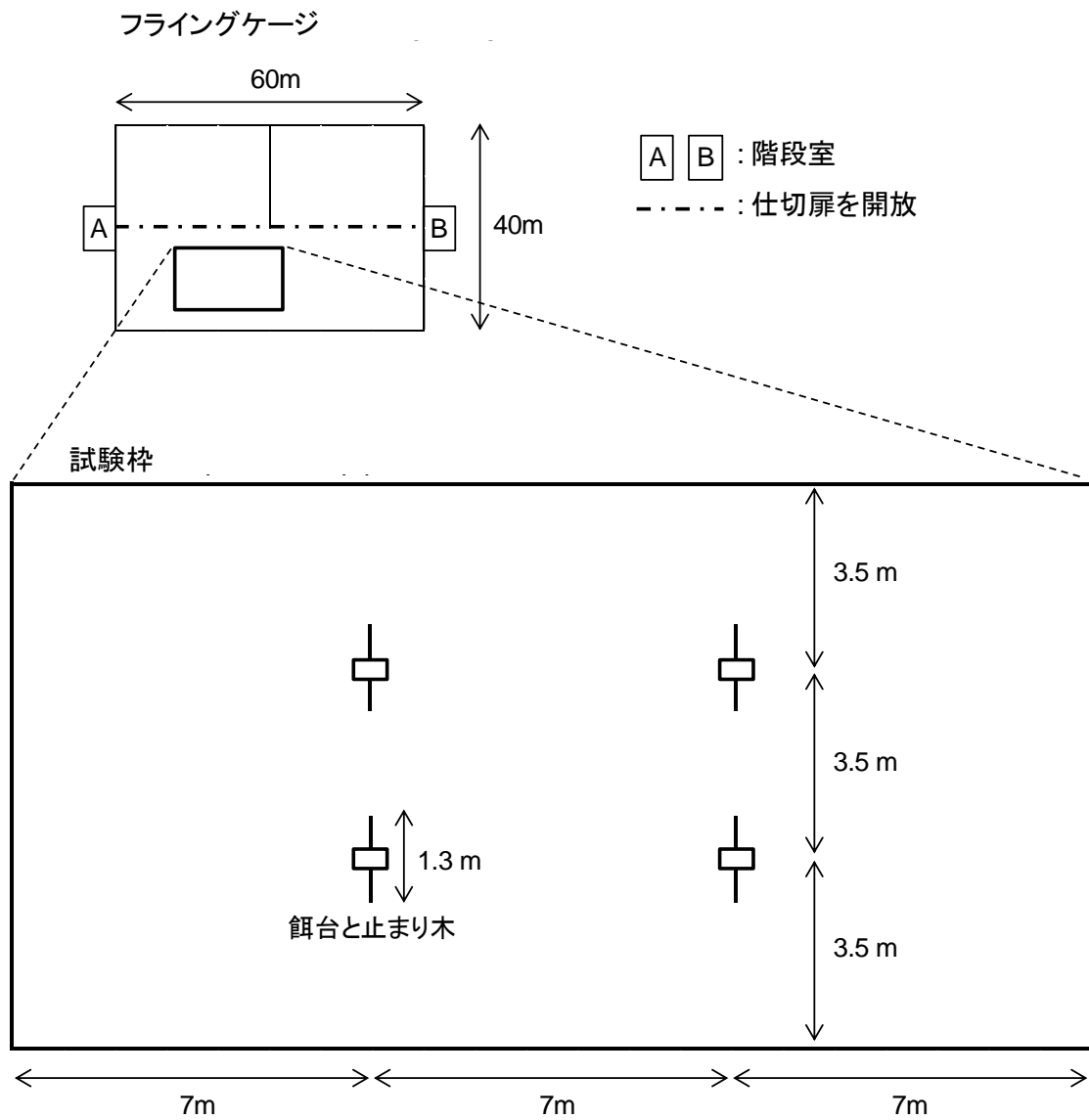


図 3-1 試験を行った大型フライングケージと餌台の配置  
吉田ら (2021) より転載

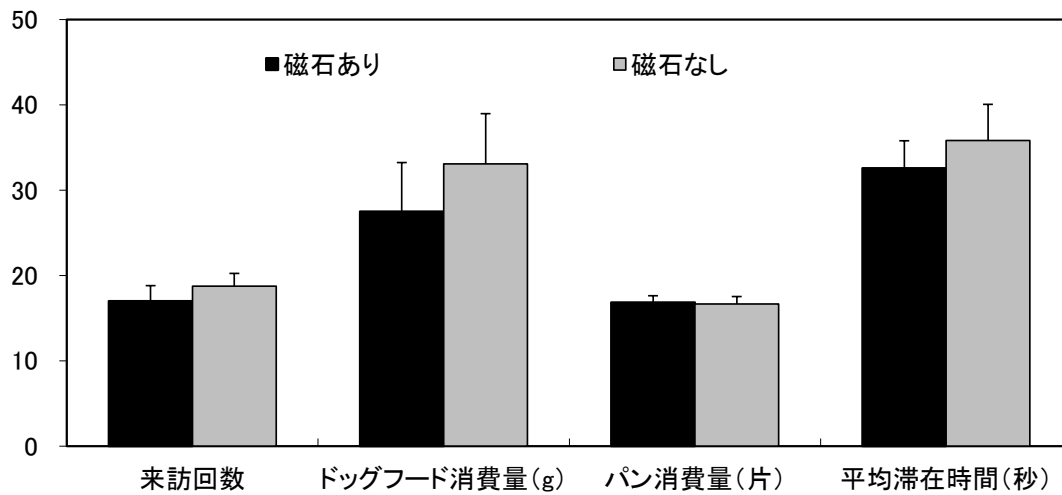


図 3-2 餌台への来訪回数、試験資料の消費量および平均滞在時間

試験ごとに磁石あり設定の餌台 2 つと磁石なし設定の餌台 2 つをそれぞれ合算して、12 回の試験の平均値を示す (n = 12)。エラーバーは標準誤差。試験飼料の給与量は、餌台 1 つにつきドッグフード 200g とパン 9 片。

吉田ら (2021) より転載

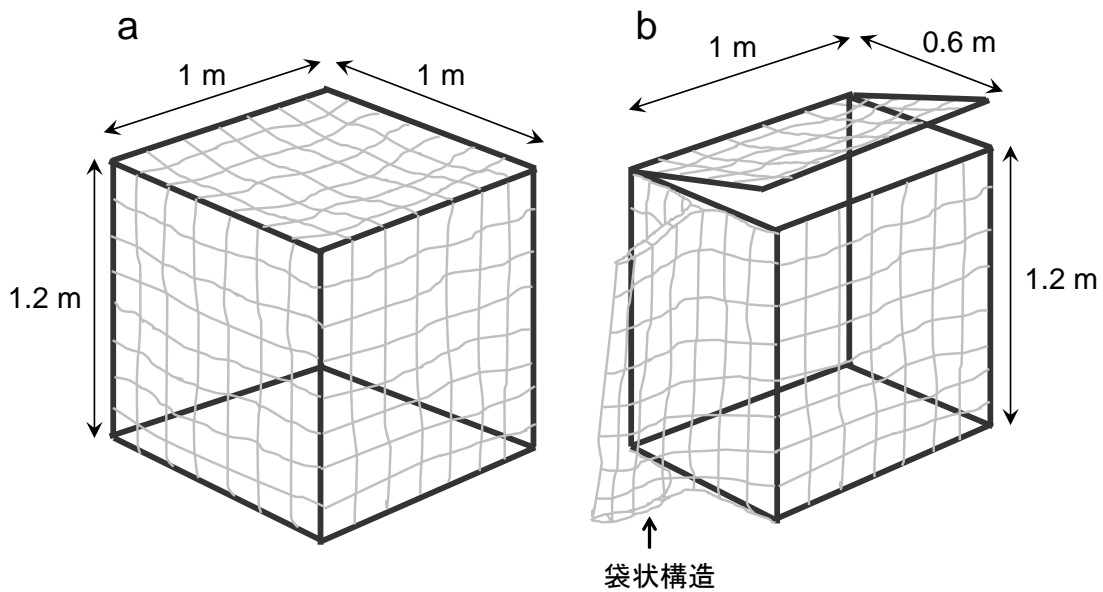


図 3-3 自発的侵入試験の試験枠(a)と強制的脱出試験の試験枠(b)

吉田ら (2016) より転載

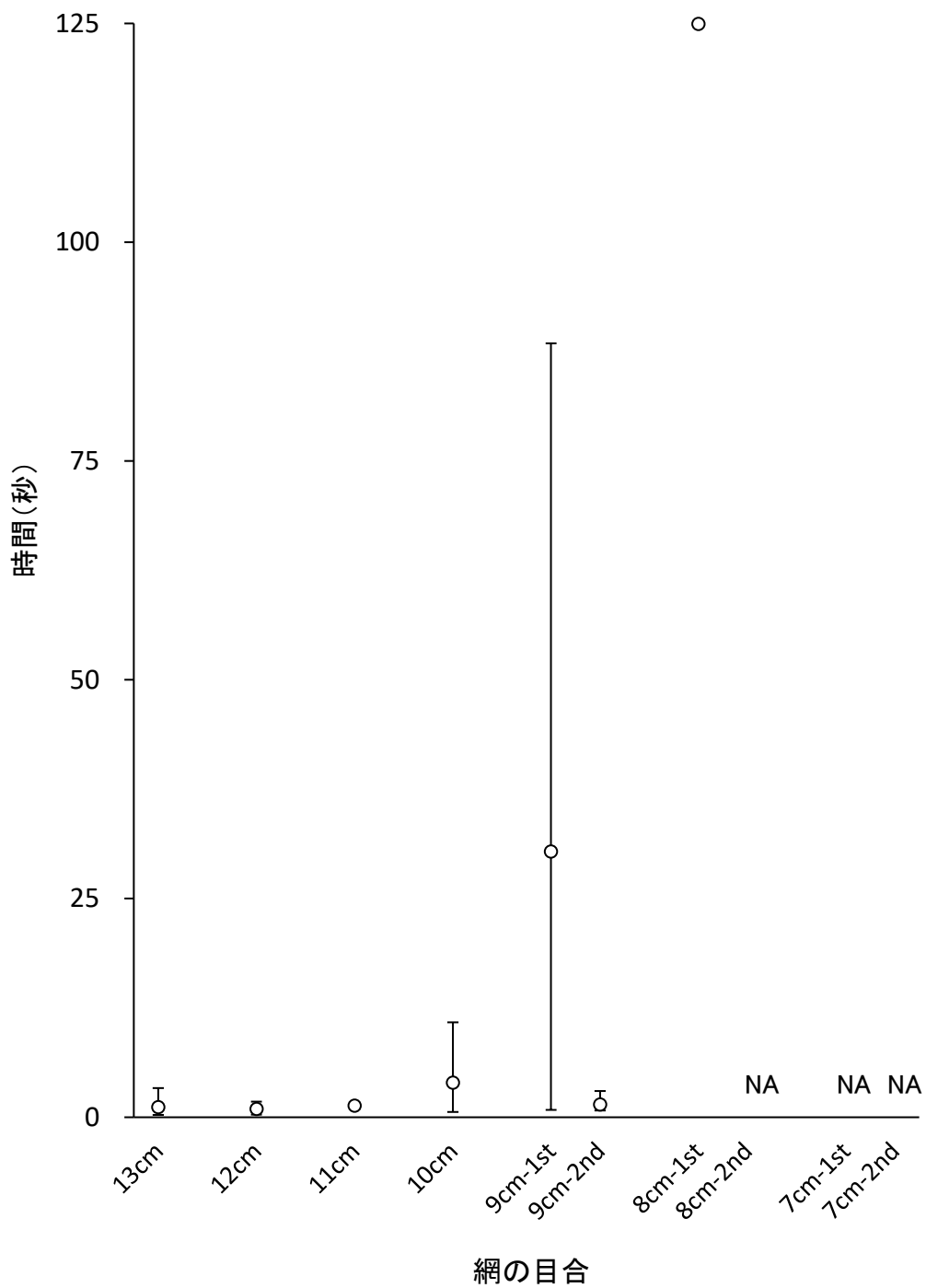


図 3-4 強制的脱出試験において網の通過に要した時間。平均と値の範囲を示す。吉田ら (2016) の Fig.2 にハシボソガラス 1 個体のデータを加えて再計算した。

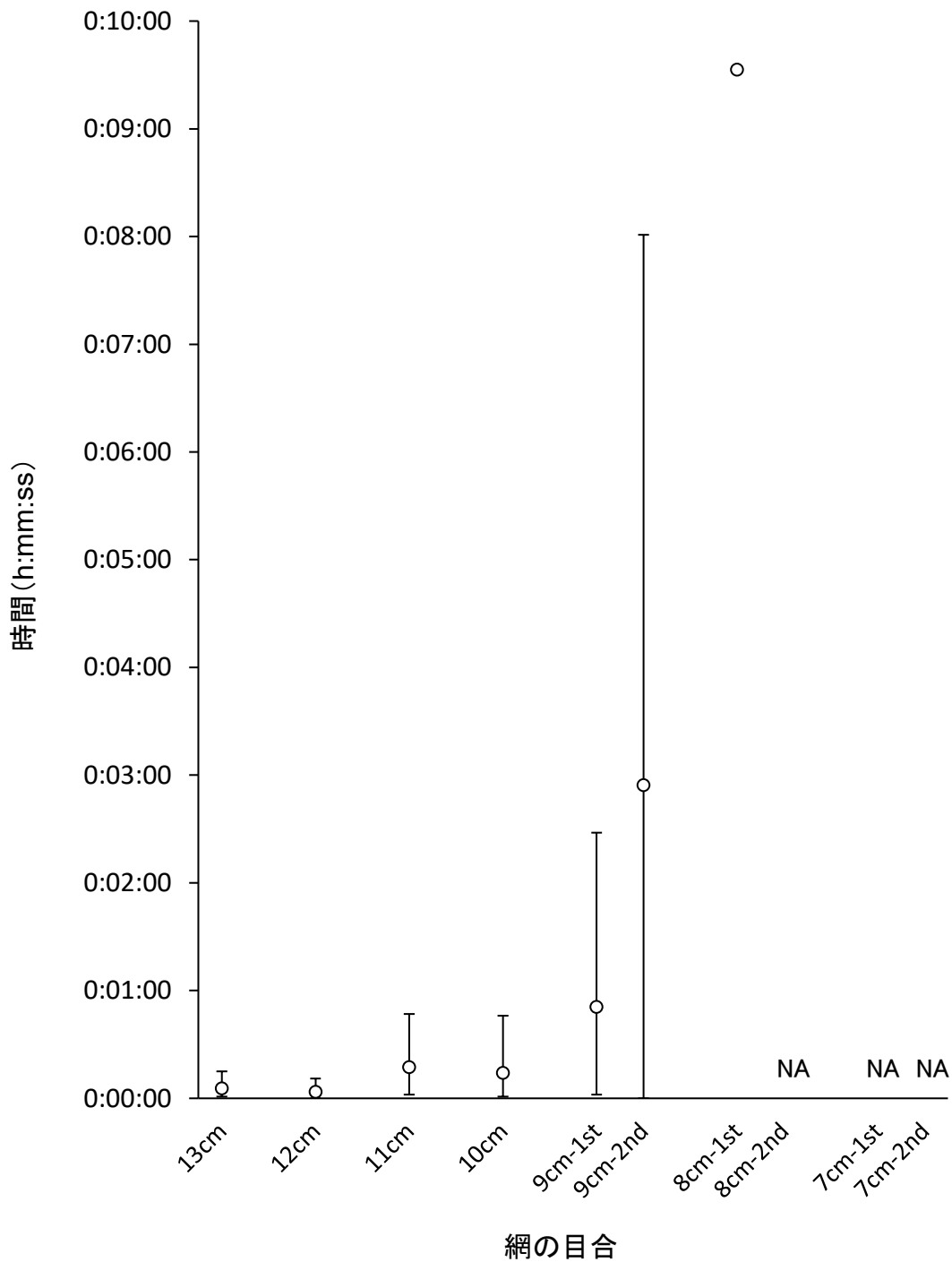


図 3-5 強制的脱出試験において試験開始から網を通り始めるまでにかかった時間。  
平均と値の範囲を示す。

吉田ら (2016) の Fig.3 にハシボソガラス 1 個体のデータを加えて再計算した。

表 3-1 試験に使用したカラス個体および日本国内の捕獲個体の体サイズ計測値

個体	種	捕獲年月日	体重 (g)	ふしよ長 (mm)	露出嘴峰長 (mm)
KA	ハシブトガラス	2003/5/18	725	64.5	76.1
SS	ハシブトガラス	2007/11/8	717	64.1	68.0
GG	ハシブトガラス	2007/9/14~26	714	63.5	66.5
KO	ハシブトガラス	2007/9/14~26	616	57.9	65.6
YA2	ハシブトガラス	2007/9/14~26	575	59.4	59.9
GA	ハシボソガラス	2004/4/21	546	59.2	53.5
北海道のハシブトガラス成鳥 <sup>1)</sup> (n=♂23, ♀54)			♂795.0±63.7 ♀694.0±37.3 (570~895)	♂64.3±2.1 ♀61.5±2.3 (52.0~69.0)	♂72.3±2.2 ♀66.4±2.3 (62.0~76.5)
東京のハシブトガラス成鳥 <sup>2)</sup> (n=♂5, ♀6)			♂802.0±31.9 ♀713.3±43.2 (650~850)	♂65.1±1.3 ♀62.2±1.8 (60.0~67.0)	♂68.3±1.6 ♀63.8±2.4 (62.5~71.0)
本州から九州のハシブトガラス成鳥 <sup>3)4)</sup> (n=♂18, ♀20)			—	♂58~67 ♀55~64	♂61~69 ♀59~64
北海道のハシボソガラス成鳥 <sup>1)</sup> (n=♂76, ♀95)			♂555.6±35.8 ♀481.4±38.3 (370~685)	♂61.1±2.8 ♀58.1±3.0 (45.0~68.0)	♂56.2±2.2 ♀52.4±2.7 (45.0~62.0)
本州と九州のハシボソガラス成鳥 <sup>3)</sup> (n=♂18, ♀8)			—	♂51~68 ♀50.5~62	♂47~57 ♀46.5~52

1) 玉田(2004)、2) 黒田(1970)、3) 山階(1980)、4)「本州から九州」は「本州・四国・伊豆七島・九州」

吉田ら (2016) の Table 1 を翻訳

表 3-2 試験に使用したフラワーネットおよび溶接金網の網目の内寸の計測値

製品表示	実測内寸 (n=20) 平均 ± 1SD (mm)	製品表示との差 1) (mm)
フラワーネット 40cm目合	395.4 ± 1.4	-3.0
フラワーネット 30cm目合	293.8 ± 1.1	-4.6
フラワーネット 25 cm目合	245.4 ± 0.8	-3.0
フラワーネット 20 cm目合	198.8 ± 1.2	0.3
フラワーネット 18 cm目合	179.7 ± 0.8	1.3
フラワーネット 17 cm目合	170.2 ± 1.2	1.8
フラワーネット 16 cm目合	160.3 ± 1.2	1.9
フラワーネット 15 cm目合	148.0 ± 0.6	-0.5
フラワーネット 14 cm目合	139.6 ± 1.0	1.2
フラワーネット 13 cm目合	130.2 ± 0.8	1.8
フラワーネット 12 cm目合	118.5 ± 0.9	0.1
フラワーネット 11 cm目合	110.1 ± 0.7	1.7
フラワーネット 10 cm目合	99.3 ± 0.5	0.9
フラワーネット 9 cm目合	90.2 ± 1.0	1.8
フラワーネット 8 cm目合	78.4 ± 1.0	0.0
フラワーネット 7 cm目合	69.4 ± 0.8	0.9
溶接金網 10cmピッチ	97.5 ± 1.4	0.1

1) 製品表示から算出した内寸(目合またはピッチの表示値から線径を引いた値)を実測内寸から引いた値

吉田ら (2016) の Table 2 を翻訳

表 3-3 自発的侵入試験における個体別の結果

フラワーネット の目合 (cm)	個体と種と胸囲長						網の通過に要した時間 平均 ± SD (秒)	
	KA	SS	GG	KO	YA2	GA	入	出
	ハシブトガラス 365 mm	ハシブトガラス 358 mm	ハシブトガラス 364 mm	ハシブトガラス 313 mm	ハシブトガラス 335 mm	ハシボソガラス 330 mm		
40	×○○○	×××××	×××××	×××××	×××××	○○○	0.6±0.2	0.5±0.1
30	○○○	×××××	×××××	×××××	×××××	○○○	0.8±0.6	0.5±0.1
25	○○○	—	—	—	—	○○○	0.7±0.2	0.5±0.0
20	○○○	—	—	—	—	○○○	0.5±0.1	0.5±0.0
18	○○○	—	—	—	—	○○○	0.6±0.1	2.3±4.2
17	○○○	—	—	—	—	○○○	0.7±0.1	0.7±0.3
16	○○○	—	—	—	—	○○○	0.6±0.1	0.5±0.1
15	○○○	—	—	—	—	○○○	0.7±0.1	0.6±0.1
14	○○○	—	—	—	—	○○○	0.8±0.2	0.6±0.1
13	×○○○	—	—	—	—	○○○	0.8±0.2	0.7±0.3
12	×××××	—	—	—	—	×××××	—	—
11	×××××	—	—	—	—	×××××	—	—

吉田ら (2016) の Table 3 にハシボソガラス 1 個体のデータを加えて再計算した。



表 3-4 強制的脱出試験における個体別の結果

		個体と種と胸囲長				
		KA	SS	GG	YA2	GA
		ハシブトガラス	ハシブトガラス	ハシブトガラス	ハシブトガラス	ハシボソガラス
		365 mm	358 mm	364 mm	335 mm	330 mm
フラワーネットの目合 (cm)	13	○	○	○	○	○
	12	○	○	○	○	○
	11	○	○	中止	中止	○
	10	○	○	○	○	○
	9	×○	○○	××	○○	○○
	8	××	○×	××	××	××
	7	××	××	××	××	××
溶接金網のピッチ (cm)	10	××	××	××	××	××

吉田ら (2016) の Table 4 にハシボソガラス 1 個体のデータを追加。

## 第4章 障害物設置による果樹園のカラス対策技術の開発

本章の内容は以下の論文および解説として公表済みである。

**Yoshida H, Saeki M and Momose H. (2019)** Effective line installation technique for preventing crow intrusion into orchards. *Applied Entomology and Zoology* 54(4), 399-408.

**吉田保志子・佐伯緑 (2020)** テグス(釣り糸)を利用した果樹園へのカラス侵入対策. *植物防疫* 2020年8月号, 8-13.

### 4-1 緒言

果樹園への鳥の侵入を防ぐためには、防鳥網の設置が確実であるが (Fuller-Perrin and Tobin 1993, Dellamano 2006、鈴木・吉永 1999)、防鳥網は設置コストが高い、強風や積雪に弱い、栽培管理の支障になる等の課題が多い。防鳥網より手軽な障害物として、テグスや糸の設置を農家が経験的な方法で行っているが、その有効性や適用条件は明らかになっていなかった。これまでに、果樹園の 20 m × 20 m 程度を 1 区画として、区画の側面に 30 cm ~ 1 m 間隔で高さ 7 m 程度まで釣り用テグスを張ることでカラスによる食害を防げる (花田ら 2003)、2.5 m 格子で設置したワイヤーでカラスの侵入が減り、目立ちにくい色のワイヤーの効果がより高い (Honda 2012)、といった報告がある。しかし、7 m の高さまでテグスを張る作業は危険で手間もかかると考えられ、金属ワイヤーには高価であること、キンクしやすく作業性が悪い (Blokpoel and Tessier 1984, Lowney 1993) といった問題がある。

そこで、糸状の障害物を利用した簡易で有効なカラス侵入対策技術を開発するために、1) 条件をコントロールできる飼育下のカラスを用いて、糸状の障害物の設置間隔を段階的に変える試験を行って、設置間隔と侵入抑制効果の関係を詳しく検討する、2) 得られた試験結果に基づいて、資材費や作業のしやすさを考慮した圃場への設置方法を考案する、3) 考案した設置方法の、野生カラスに対する侵入抑制効果を検証する試験を行う、という手順で研究を行った (Yoshida et al. 2019)。

### 4-2 糸状の障害物の設置による鳥の侵入対策

鳥の侵入を防ぎたい場所の上に、糸やワイヤーを平行や格子状に設置する方法自体は、以前から行われている。古い報告としては、貯水池や養魚場への水鳥の侵入を防ぐ方法として勧めている McAtee and Piper (1936) がある。その後さまざまな場所や鳥種に対して、さまざまな資材や設置方法で行われてきた (Pochop et al. 1990)。例えば、ゴミ埋立地において、12 m 間隔で平行に張ったワイヤーは、セグロカモメ *Larus argentatus* の侵入をほぼ防ぐことができ、より小型のクロワカモメ *Larus delawarensis* では 6m 間隔の平行でかなりの侵入を防ぐことができた (McLaren et al. 1984)。浅い池と屋外レストランのある広場では、2.5 m 間隔で平行に張ったワイヤーで、クロワカモメを

排除できた (Blokpoel and Tessier 1984)。カナダガンでは、8.3 m × 8.3 m または 8.3 m × 16.6 m の格子状に張った糸で、池から排除できた (Lowney 1993)。小型の鳥においても、イエスズメでは 30 cm または 60 cm 間隔で平行に張った糸により、餌台に来る個体数を大幅に減少させることができた (Aguero et al. 1991)。

しかし、糸やワイヤーを設置しても鳥の侵入を防げなかった例も多い。ブドウ園に 30 cm 間隔で平行に張った糸では、ホシムクドリ、コマツグミ、ボルチモアムクドリモドキ *Icterus galbula* 等による食害を防ぐことはできなかった (Steinegger et al. 1991)。クロワカモメの排除に有効だった 2.5 m 間隔のワイヤーの下に、カワラバトは侵入していた (Blokpoel and Tessier 1984)。大型の水鳥であるカワウ *Phalacrocorax carbo* においても、養魚池の水面上 30~40 cm に、10 m × 10 m または 20 m × 20 m の格子のほか複数のパターンで張った糸で侵入を防ぐことはできなかった (Moerbeek et al. 1987)。

糸等による侵入抑制効果は、その設置間隔に大きく影響されると考えられ、また有効な設置間隔は、対象となる種の体サイズによっても変わると考えられる。McAtee and Piper (1936) は、水鳥においてそれぞれの種の翼開長の 2 倍を目安に格子状に設置することを推奨した。しかし、30 cm 間隔で平行に設置した糸は、イエスズメには有効でも、より体サイズが大きいホシムクドリ等には効果がなかった (Aguero et al. 1991、Steinegger et al. 1991)。多くの鳥種での報告からも、体サイズは重要な要素ではあるが、それだけで適切な設置間隔を決めることはできないと考えられる (Pochop et al. 1990)。また、種内においても、設置場所に存在する食物量が多いときや、集まる個体数が多いときには、ワイヤーによる侵入抑制効果が低かったことから (McLaren et al. 1984)、侵入を防ぎたい場所の鳥にとっての利用価値の違いも、糸等の設置間隔と有効性の関係に影響を及ぼすと考えられる。

これまでに行われた糸等の設置研究は、鳥の侵入による被害が生じている対象地からの鳥の排除を目的として、その場所の形状や設置費用等に基づいて決めた方法で設置して、その効果がどうであったかを報告したものが多く、コントロールされた実験条件で鳥の反応を詳細に検討した例はほとんどない。有効な設置方法の開発のためには、防ぎたい鳥種に対する適切な設置条件を、コントロールされた環境のもとで設置間隔を段階的に変える試験を行って詳しく解明する必要があると考えられた。

#### 4-3 飼育下試験

カラスに有効な糸等の設置方法を開発するために、個体数が一定で餌量をコントロールできる飼育下のカラスを用いて、設置間隔を段階的に変えて侵入抑制効果との関係を検討する試験 1~3 を行った。カラスは見えやすいワイヤーよりも見えにくいワイヤーを警戒するため (Honda 2012)、試験 1 と試験 2 では太くて見えやすい緑色被覆針金を使い、警戒心の影響をなるべく避けて設置間隔そのものに対する反応を調べることを目的とした。試験 1 では普段の餌を置いたままで試験枠内に餌を置く条件としたが、試験 2 では試験枠内のみに餌を置く給餌制限を行ってカラスの侵入意欲を高め

た。試験 3 では、作業性や価格から実際の果樹園で使いやすいと考えられる釣り用の透明テグス(ナイロンモノフィラメント)を用いた。

茨城県つくば市の農研機構中央農業研究センター(以下、中央農研)構内にある、広さ 40 m × 60 m、高さ 12 m の大型ケージにおいて、当地で野生から捕獲したハシブトガラス 12 羽、ハシボソガラス 3 羽を飼育して試験を行った。ケージ内に 11 m × 20 m、高さ 1.6 m の試験枠を直径 22 mm の金属パイプで組み、側面には目合 6 mm の防風網を張って横からは入れないようにした。試験枠の上面に試験用の針金または釣り用透明テグスの間隔を週ごとに段階的に変えて設置した。地上 7.5 m にある観察窓から、ビデオカメラ(Sony, DCR-SR220)の映像をビデオケーブルでブルーレイレコーダー(Sony, BDZ-RX50)に送って試験枠全体を録画して、個体の出入りおよび行動を記録した。試験にあたっては中央農研動物実験委員会の承認を受けた(承認番号:No.21-1)。

#### 4-3-1 試験 1(針金を使い給餌制限なし)

試験 1 では、給餌制限なしの条件で、視認性の高い針金の設置間隔に対するカラスの反応を調べた。直径 2 mm の緑色ビニール被覆針金を用い、試験枠の上面に短辺と平行に設置した(図 4-1)。2010 年 6 月から 9 月にかけて、設置間隔を 10 m から始めて、5 m、2.5 m、1 m、0.5 m、0.25 m まで 1 週間ごとに 1 段階ずつ設置間隔を狭めたのち、引き続いて同じ段階を逆にたどって 10 m まで設置間隔を広げた。設置間隔 10m は、試験枠の上面中央に 1 本の針金を張り渡した状態であり、この針金の直下の地上に置いたリンゴ片を摂食するように 1 週間慣らし、次に試験用の餌皿(30 cm×60 cm × 深さ 3 cm)に入れたラッカセイを摂食するように 2 週間慣らしてから試験を開始した。毎週月曜日に新しい段階の設置間隔に針金を張り、火曜日から金曜日の 8:30-15:30 を試験時間として、試験枠内中央と試験枠外それぞれの地上に置いた餌皿に、ラッカセイを 20 粒ずつ入れ、試験終了時間にラッカセイを回収し残量を記録した。平常の維持飼料である市販のドッグフードおよび水は、試験枠の外に常に十分量給与した。

侵入回数は 10 m、5 m、2.5 m と間隔を狭めるごとに減り、1 m では 1 個体が 1 回のみ侵入した(図 4-2)。0.5 m、0.25 m、0.5 m、1 m の過程では全く侵入はなく、2.5 m から再び侵入するようになったが、5m、10m に針金間隔を広げても侵入回数は元に戻らなかった。試験餌の消費割合は、侵入回数とほぼ対応して推移した。なお、試験枠外に配置した試験餌は、すべての実験で完食された。

#### 4-3-2 試験 2(針金を使い給餌制限あり)

試験 2 では、試験中は試験枠内のみに餌を置く給餌制限を行ってカラスの侵入意欲を高めた場合の、針金設置間隔に対する反応を調べた。試験 1 の終了後、試験枠上面の針金をすべて外し、試験枠内に維持飼料を給与する 1 週間の試験休止期間をお

いたのちに、2010年9月から11月にかけて行った。針金の設置間隔は10mから始めて、1週間ごとに5m、2.5m、1m、0.5m、0.25mまで狭めた。狭めた後に広げる過程は、試験2では行わなかった。試験は昼行性であるカラスの空腹度が高まっていると考えられる日出から開始することとし、前日の日没時刻に維持飼料を全て回収して試験枠内に試験飼料を置き、日出10分前から録画を開始し、日出4時間後に試験を終了した。試験飼料を置く日没時刻にはまだ明るさがあるが、フライングケージ内の飼育個体は、日没時刻後にはほとんど摂食活動を行わないことを事前に確かめた。日出、日没時刻は、インターネット上の計算サイト「こよみのページ」(<http://koyomi8.com/>)を用いた。試験飼料は、ドッグフード100g×3皿、ラッカセイ20粒×2皿、リンゴ2個×2ヶ所を試験枠内の地上に配置した。試験終了時間に、試験飼料を回収し残量を記録するとともに、試験枠外に維持飼料のドッグフードを給与した。水は試験枠外に常に給与した。

給餌制限がある条件では、針金の設置間隔を狭めても侵入回数の減少は緩やかで、0.25mでも少数の侵入がみられた(図4-3)。試験餌の消費割合は2.5mまでは高かったが、1mから減少しはじめた。ドッグフードの消費割合は侵入回数とほぼ対応して減少したというので、ラッカセイの消費割合の減少幅は小さく、リンゴの消費割合は1mから大きく減少していた。

#### 4-3-3 試験3(透明テグスを使い給餌制限あり)

試験3では、実際の果樹園で使いやすいと考えられる直径0.52mm(耐荷重20kg)の釣り用の透明テグス(QweenStar#10, SUNLINE)を用い、設置間隔に対するカラスの反応を調べた。試験期間は2010年11月から2011年1月で、試験2と同様の給餌制限を行った。テグスは、試験1、2とは異なり試験枠の長辺と平行に張った(図4-4)。展張距離が長いほどテグスと平行に浅い角度で飛んで降下や上昇ができると考えられるため、長辺と平行に張ることで、試験1、2より侵入されやすいと考えられる条件にした。テグス設置なしから試験を開始して、1週間ごとに11m、5.5m、2.75m、1mまで設置間隔を狭めた。なお、設置間隔11mは、試験枠の長辺2本の上にテグスを設置した状態である。テグスを張る支柱は、直径10.5mmで長さ2.4mの農業トンネル支柱用のポール(ダンポール R マル 105、宇部エクシモ)を、試験枠の短辺に沿って立てた。試験1と試験2において試験枠の外周上が止まり場所として頻繁に利用され、侵入回数の15%は外周上にいちど止まってからの侵入だったので、外周上への止まりを防ぐために、防鳥網を試験枠上端から約0.3m上に出るように試験枠の全周に張った。防鳥網は青色ポリエチレン製の目合30mm、糸太さ1000デニール(強力防鳥網、ダイオ化成)で、上端には直径0.7mmの張り糸を通した。ポールと防鳥網は試験開始前に設置し、試験枠内に維持飼料を給与する1週間の慣らし期間をおいた。給餌制限の手順および試験飼料の種類、量、配置は試験2と同じにしたが、試験3の実施時期は日長が短いうえに気温が低いため、試験時間を日出2時間後までに短縮して給

餌制限による試験個体の負担を減らした。

テグスの設置間隔 11 m では、侵入回数と試験餌消費割合はテグス設置なしと大きな差はなかったが、試験枠の中央に張り渡す 3 本目のテグスが加わる 5.5 m では、侵入回数と試験餌消費割合が減少した。しかし、次の段階の 2.75 m 間隔での侵入回数は 5.5 m 間隔とほとんど差がなかった。テグスの設置間隔を 1 m まで狭めると侵入回数は大きく減少した(図 4-5)。

#### 4-4 飼育下試験の結果に基づく果樹園への設置方法の考案

飼育カラスを用いて行った試験 1~3 の結果から、飛来侵入するカラスに対する障害物として、見えやすい緑色被覆針金に比べて透明テグスの侵入抑制効果が高いこと、透明テグスの設置間隔は 1 m が実用的と考えられることが明らかになった。給餌制限ありという条件が同じで、針金を用いた試験 2 と透明テグスを用いた試験 3 を比較すると(図 4-3、図 4-5)、針金での侵入回数は、1 m 間隔と 2.5 m 間隔以上の場合で大きな違いがなかったのに対し、透明テグスでの侵入回数は 1 m 間隔で大きく減少していた。透明テグス 1 m 間隔での侵入回数は、針金 0.25 m 間隔での侵入回数より少なかった。カラスの翼開長(翼を広げた状態での左右両端までの長さ)は、ハシブトガラスでは 100~130 cm、ハシボソガラスでは 93~104 cm (Brazil 2009) であることから、1 m 間隔に張られた針金やテグスに接触しないように飛行して試験枠内に着地するためには、降下する方向や角度、羽ばたきのタイミングを調整する必要があると考えられる。見えやすい針金は 1 m 間隔でも侵入の妨げになりにくい、透明テグスは見えづらいために避けにくく、1 m 間隔で侵入が抑制されたことが考えられる。

これらの結果をもとに、果樹園での設置方法として、上面に透明テグスを 1 m 間隔の平行に張り、側面からの侵入を防ぐ防鳥網を組み合わせることとした。テグスの支柱として、長さ 4 m で直径 10.5 mm の弾性ポール(トンネル栽培用資材)を用いることで、果樹の枝を上回る高さへのテグス設置を脚立に上らずにできるようにした。使用する資材はすべて一般的な市販品であり、農業者による自力施工が可能である。

#### 4-5 野生カラスに対する効果検証(試験 4)

##### 4-5-1 方法

考案した設置方法の野生カラスに対する侵入抑制効果を検証するために、果樹園を模した野外の試験枠を作り、露地栽培の主要な果樹が収穫される夏~秋に約 6 ヶ月の試験を行った。中央農研の圃場の一部に、金属パイプと防風網で 15 m × 30 m、高さ 1.75 m の試験枠を作った。このような高さに防風網で囲んだ果樹園は日本で普通に見られる。果樹園に張るテグスは果樹の枝を上回る高さにする必要があるため、ポールは長さ 4 m のもの(ダンポール R マル 105、宇部エクシモ)を用い、試験 3 と同じテグスを試験枠の長辺と平行に 1 m 間隔で張った。最も低くなる長辺の中央付近でのテグスの地上高は約 3.5 m であった。側面からの侵入を防ぐための防鳥網は、試験 3

と同じ「強力防鳥網」の幅が広いものを試験枠の上の全周に張った。防鳥網の上端とテグスとの隙間は 0.3 m から 0.7 m であった(図 4-6)。

試験枠内に 12 個の餌台(1.55 m × 1.25 m、高さ 1.55 m)を等間隔に配置した。月曜日から金曜日の 9:00 から 15:00 を試験時間として、各餌台に試験飼料(8 枚切の食パン 1 枚(4 片に切る)、リンゴ 1 個、ドッグフード 125 粒(約 50 g)を、試験開始直前に置き、試験終了時間に残量を記録し回収した。地上 7 m の位置から試験枠全体を俯瞰する屋外用カメラ(Panasonic, WV-CW130)の映像をビデオケーブルでブルーレイレコーダー(Sony, BDZ-RX50)に送って録画して、個体の出入りおよび行動を記録した。試験は、テグスなし期間とテグス設置期間を 3 週間ずつ交互に各 4 回繰り返した。テグスなし期間には、ポールと防鳥網は設置したままで、テグスのみを外した。

録画上ではハシブトガラスとハシボソガラスを区別できなかったため、2 種を区別せずに集計した。中央農研構内にはハシブトガラスとハシボソガラスの両種が生息し繁殖しており(百瀬ら 2006)、試験 4 のテグスなし期間には 8 倍の双眼鏡を用いた任意観察で試験枠内に両種とも来訪しているのが確認された。

テグス設置のカラス侵入回数に対する効果を検定するために、統計ソフト R(ver. 3.3.3, R Core Team 2017)の関数 `glm.nb` により、侵入回数を応答変数、テグス設置の有無と試験セットを説明変数とする、分布族に負の二項分布を用いた GLM (Generalized Linear Model)を作成し、テグス設置の有無を除いたモデルとの間で尤度比検定を行った。試験餌の消費量に対する効果については、応答変数が連続値であることから分布族にガンマ分布を用い、関数 `glm` により GLM を作成して、同様の手順で尤度比検定を行った。関数 `glm` で分布族にガンマ分布を用いる場合、応答変数にゼロが含まれると推定計算が行われないため、応答変数(食パン、リンゴ、ドッグフードそれぞれの消費量)全体に微少な値(1.0e-9)を加えた。続いて、試験セットが侵入回数および試験餌の消費量に及ぼす影響を見るために、試験セットを除いたモデルとの間で同様の手順で尤度比検定を行った。

#### 4-5-2 結果

テグスなし期間とテグス設置期間を 3 週間ずつ交互に繰り返した合計 24 週間の試験において、テグスなし期間の総侵入回数は 2234 回に達したが、テグス設置期間の総侵入回数は 9 回のみであり、テグス設置の有無でカラスの侵入回数は有意に異なった( $df=1, G=110.7745, p<0.001$ , 図 4-7)。

テグス設置期間に見られた侵入は、飛行しながら高度を下げ、上面の 1 m 間隔のテグスの間をはばたきながら降下したのが 7 回、側面の防鳥網と最外縁のテグスの間をはばたきながら通過したのが 1 回と滑空して通過したのが 1 回であった。試験枠内に入ろうとして高度を下げたものの、テグスに阻まれた様子で降下をやめて試験枠から離れる行動が、テグス設置期間の初期を中心に合計 19 回みられた。

テグス設置期間の試験餌の消費量は、テグスなし期間と比べてドッグフードでは 0～

3%、食パンでは0~2%と少なく、リンゴはテグス設置期間には摂食されなかった。3種類の餌すべてで、テグス設置の有無によって消費量は有意に異なった(ドッグフード;  $df=1, G=318.52, p<0.001$ , 食パン;  $df=1, G=527.08, p<0.001$ , リンゴ;  $df=1, G=2175, p<0.001$ , 図4-8)。

テグス設置の有無を交互に繰り返す4回の試験セット間で、侵入回数は有意に異なり( $df=1, G=9.582146, p<0.01$ )、試験を重ねるにつれて侵入回数は減る傾向といえた。試験餌の消費量に、試験セット間で有意な差はみられなかった(ドッグフード;  $df=1, G=5.6113, p=0.1616$ , 食パン;  $df=1, G=3.5936, p=0.6273$ , リンゴ;  $df=1, G=0.018627, p=0.885$ )。

#### 4-6 考察

飼育下のカラスを対象に、視認性の高い有色の針金を用いた試験1と試験2、透明テグスを用いた試験3から、テグスを1m間隔で圃場の上面に平行に設置することが、カラスの侵入を抑制するために有効と考えられた。この結果をもとに、果樹園の上面にはテグスを1m間隔で設置し、側面には果樹園の外周柵に止まってから侵入する行動を防ぐための防鳥網を張る方法を考案した。試験4では、この設置方法の野生カラスに対する効果を検証し、実用に十分な侵入抑制効果を持つと判断された。

視認性の高い有色の針金に比べて、透明テグスのほうが侵入抑制効果が高かった。給餌制限ありという条件が同じ場合、針金を用いた試験2では、1m間隔での侵入回数は2.5m間隔以上の場合と大きな違いがなかったのに対し、テグスを用いた試験3では、1m間隔での侵入回数は2.75m間隔に比べて大きく減少した。カラスの翼開長(翼を広げた状態での左右両端までの長さ)は、ハシブトガラスでは100~130cm、ハシボソガラスでは93~104cm(Brazil 2009)であることから、1m間隔で平行に設置された針金やテグスに接触しないように飛行して試験柵内に着地するためには、降下する方向や角度、羽ばたきのタイミングを調整する必要があると考えられる。見えやすい針金は、1m間隔で設置しても侵入の妨げにはならなかったが、見えにくいテグスでは1m間隔で侵入が抑制されたと考えられる。テグス1m間隔での侵入回数は、針金0.25m間隔での侵入回数より少なかった。カラスにおいて通常の金属ワイヤーよりも、見えにくい黒色ワイヤーのほうが侵入抑制効果が高いことはHonda(2012)による試験でも明らかにされており、カラスでは糸状の見えにくい障害物は、飛行して通過する場合の物理的な支障になるというだけでなく、心理的にも侵入抑制効果をもつと考えられた。

侵入を防ぐための適切な設置間隔として、McAtee and Piper(1936)は、貯水池や養魚場への水鳥の侵入を防ぐには翼開長の2倍の間隔で格子に張ることを推奨した。Honda(2012)でも、カラスの翼開長の2倍~2.5倍の長さにあたる2.5m間隔の格子に張ったワイヤーで侵入抑制効果が見られた。平行に張る場合の適切な設置間隔について、Conover(2002)は対象とする鳥の翼開長であると述べているが、このことを検



証した報告はこれまで見当たらない。試験 3 において平行に 2.75 m 間隔に張ったテグスは、5.5 m 間隔と同等程度の侵入抑制効果しかなく、1 m 間隔で侵入回数が大きく減少したことから、平行に設置する場合は翼開長の 2 倍～2.5 倍では侵入抑制効果が低く、翼開長と同等程度の間隔で設置する必要があると考えられた。テグスやワイヤーを 1 m 間隔の平行と 2 m 間隔の格子に張る場合の資材必要量はほぼ同等であり、侵入を防ぎたい場所の形状や作業のしやすさに応じて、平行と格子のどちらで張るか決めればよいだろう。農地では畝を作って列状に作物を栽培する 경우가多く、果樹園でも果樹を列状に植えて列間を作業道にする場合が多いため、格子よりも平行の方が張りやすい場合が多いと考えられる。

給餌制限をした試験としなかった試験の比較から、食物条件によってカラスの侵入意欲は大きく変わることが示唆された。設置した障害物が針金で、給餌制限をしなかった試験 1 と給餌制限をした試験 2 の、同じ設置間隔での侵入回数を比較すると、給餌制限ありでの侵入回数は 10 倍程度からそれ以上であった。周辺環境と比べて、侵入を防ぎたい場所の相対的な利用価値が高くない場合には、1 m 間隔の平行より広く設置してもカラスの侵入を抑制できる可能性がある。逆に、給餌制限をした試験 2 では、0.25m 間隔の平行でも少数は侵入したことから、周辺に食物が少なかったり、侵入を防ぎたい場所に存在する食物の価値が高かったりして、カラスの侵入意欲が高い場合には、テグスを 1 m 間隔の平行より狭く設置しても侵入される可能性がある。クロワカモメにおいても、設置場所に存在する食物量が多いときや、集まる個体数が多いときには、平行に設置したワイヤーによる侵入抑制効果が低かった (McLaren et al.1984)。

試験 4 では、果樹園を模した試験枠を用いて、考案したテグス設置方法の野生カラスに対する侵入抑制効果を検証した。テグス設置期間のカラス侵入回数および試験餌の消費割合は、テグスなし期間に比べて非常に少なかった。従って、少数のカラスの侵入は見られたが、この設置方法により、実用には十分な侵入抑制効果を持つと判断された。ハシボソガラスによるアイガモ卵の食害対策試験 (高山ら 2008) では、1～2m 間隔の格子状に設置したテグスの食害抑制効果は、設置後 8 日目以降は認められなくなり、急速に慣れが生じたと考えられたが、今回の試験では約 6 ヶ月間にわたる試験期間において、試験セットを繰り返すにつれて侵入回数や試験餌の消費割合が増加する傾向は見られず、侵入抑制効果は一貫して高かった。実際に、徳島県のナシ園に今回の設置方法でテグスを設置した 2 ヶ所合計 67 a の実証展示圃における園主への聞き取り調査では、設置前年には 10%程度あったカラス被害果率が設置後は 2 ヶ所とも 1%に減少し、設置を継続している状態で翌年も被害発生がなかった (松家私信)。従って、果樹園においては実用に十分な侵入抑制効果を持続的に発揮できる可能性が高い。

1 m 間隔で平行のテグス設置間隔は、果樹園での実用には十分な侵入抑制効果をもつが、畜舎等のカラスの侵入を受けやすい場所では侵入抑制効果が不十分だと考えられる。実際に、畜舎で大きな開口部に網を張ったところ、残された高さ約 30 cm の

隙間からハシブトガラスが出入りするようになった事例がある(吉田 未発表)。このことは、飼育下および野外の試験で使用了4種類の試験餌のうち、リンゴの消費割合は常に最も低かったことから示唆される。リンゴは4種類の試験餌のなかで重量あたりのカロリーが最も少ないために、カラスの摂食意欲がそれほど高くなかったと思われる。畜舎や生ゴミ集積所のように、穀類や肉類などのカロリーの高い食物が多量に存在する場所では防鳥網などでカラスが完全に通過できないようにする必要がある。

本章では、カラスの侵入を抑制する糸状の障害物の有効な設置間隔を飼育下の試験によって定量的に検討し、1 m 間隔で平行に設置するテグスが有効であることを明らかにした。これに基づいて考案した果樹園のカラス侵入対策のテグス設置方法は、果樹園の上面に1 m 間隔でテグスを張り、側面には防鳥網を張る構造である。農業資材店で一般的に販売されている資材を用いて、特に難しい手順はなく簡易に設置することができる。テグスの設置には弾性ポールを用いるので、4 m 弱の高さへのテグス設置に脚立等を使う必要がない。作業人員は2~3人で可能であり、農家が自分で設置して果樹園のカラス被害を防ぐ技術として有効と考えられる。

4-7 図表

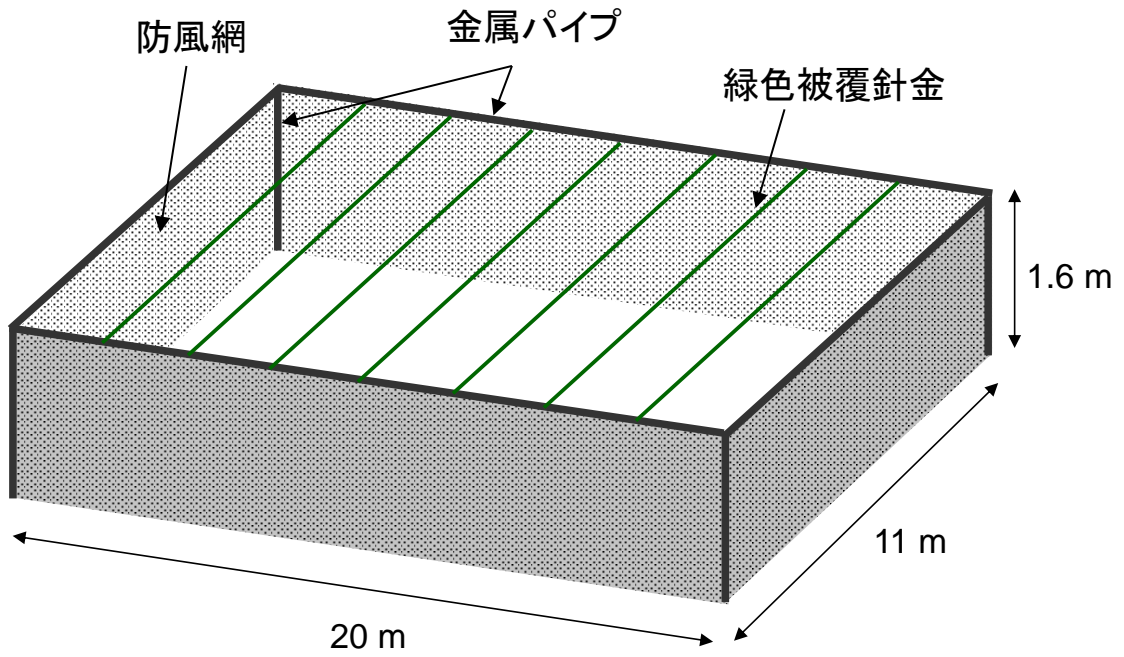


図 4-1 緑色被覆針金を張った試験 1 (給餌制限なし) と試験 2 (給餌制限あり) で使用した試験枠

Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

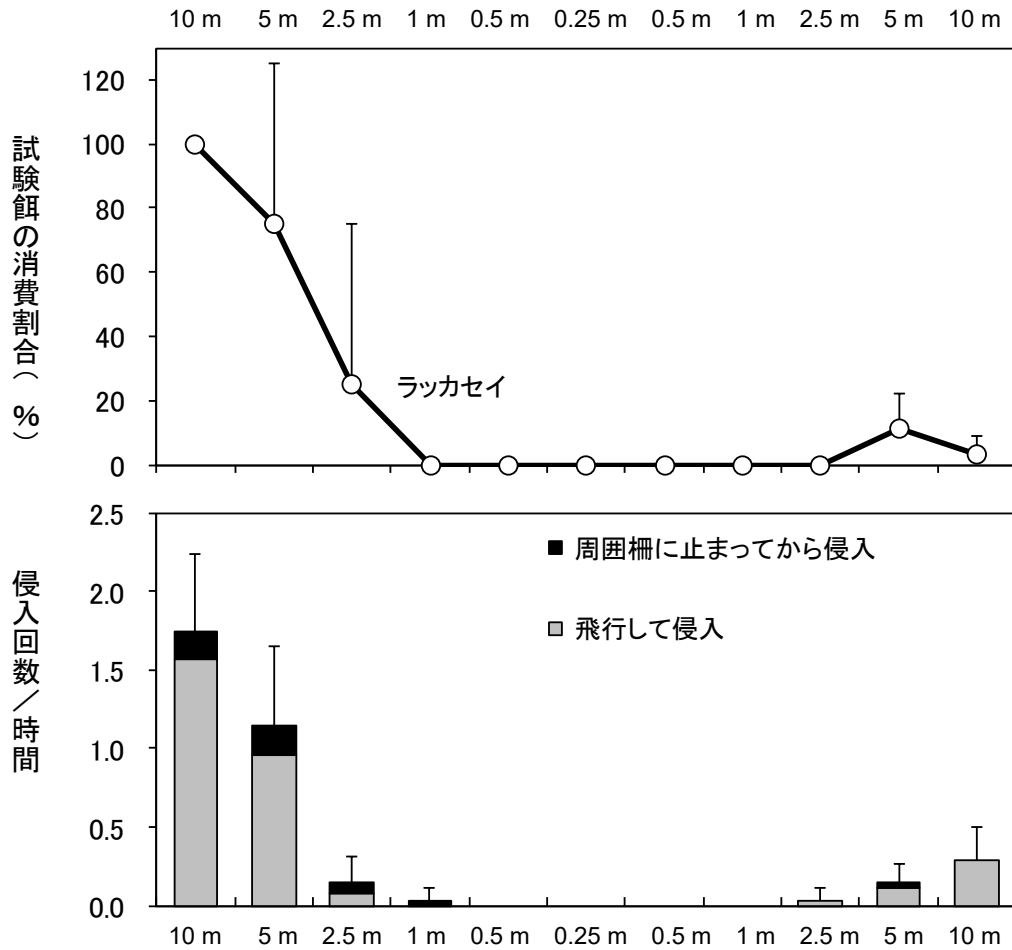


図 4-2 試験 1 (給餌制限なし) における試験餌消費割合 (上図) と侵入回数 (下図)  
Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

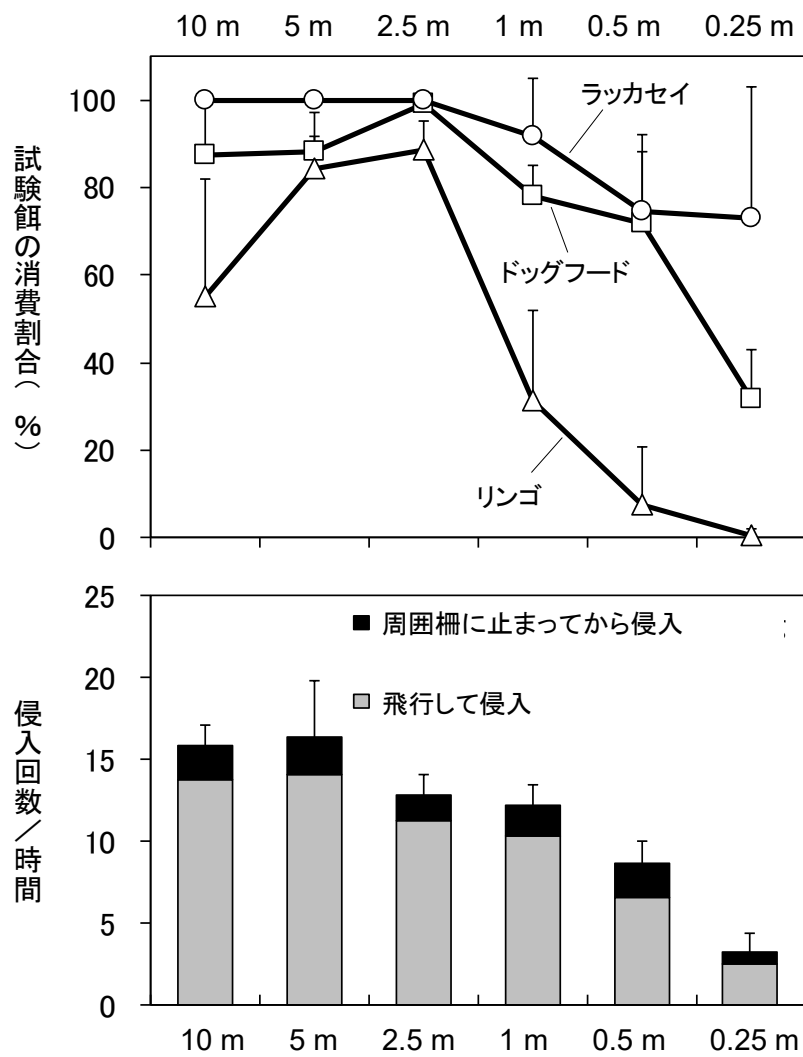


図 4-3 試験 2 (給餌制限あり)における試験餌消費割合(上図)と侵入回数(下図)  
Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

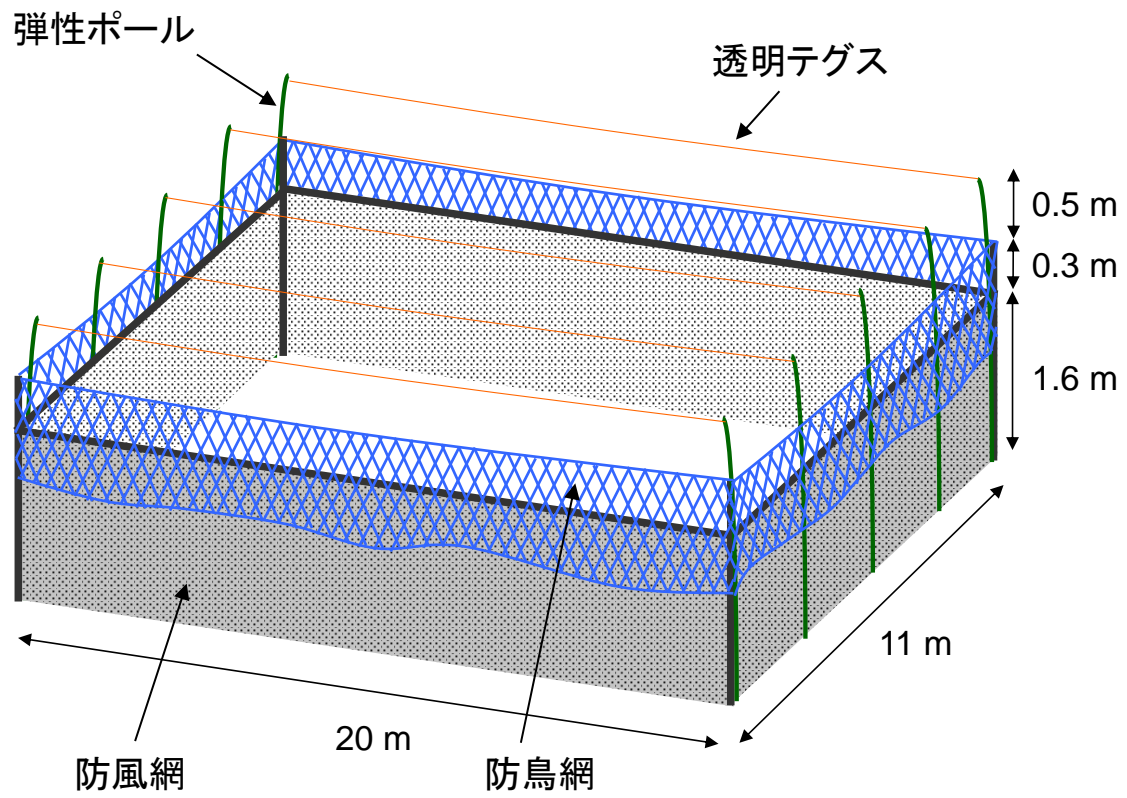


図 4-4 試験 3 (透明テグス・給餌制限あり) で使用した試験枠  
Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

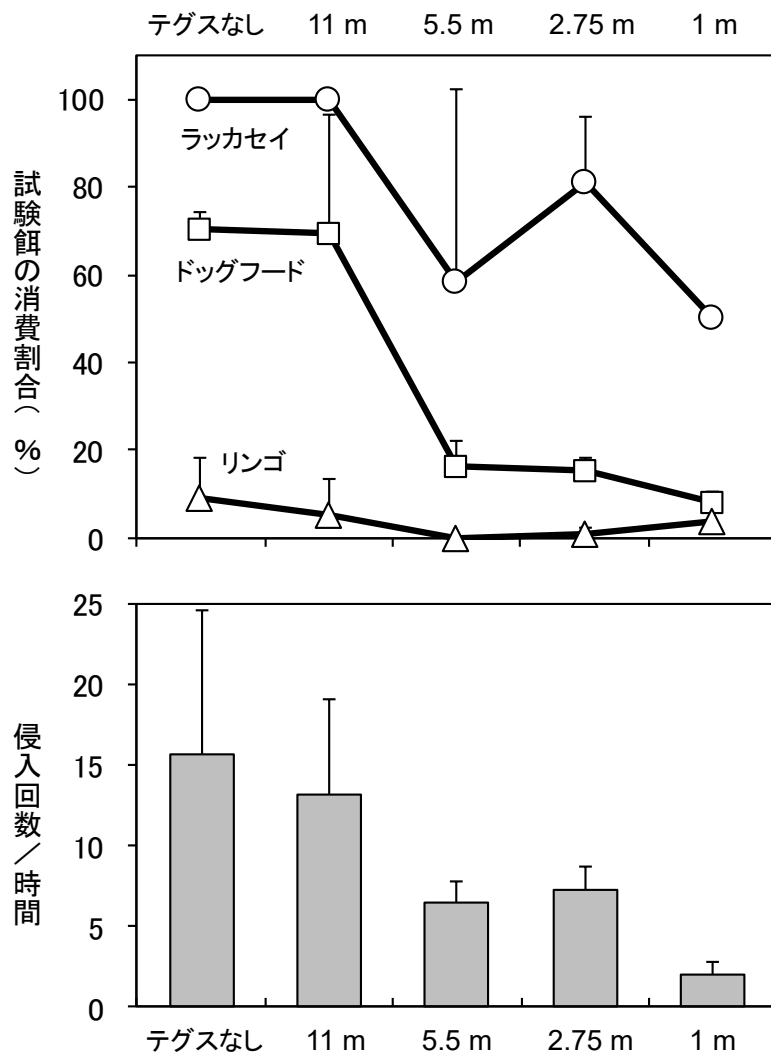


図 4-5 試験 3 (透明テグス・給餌制限あり) における試験餌消費量 (上図) と侵入回数 (下図)

Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

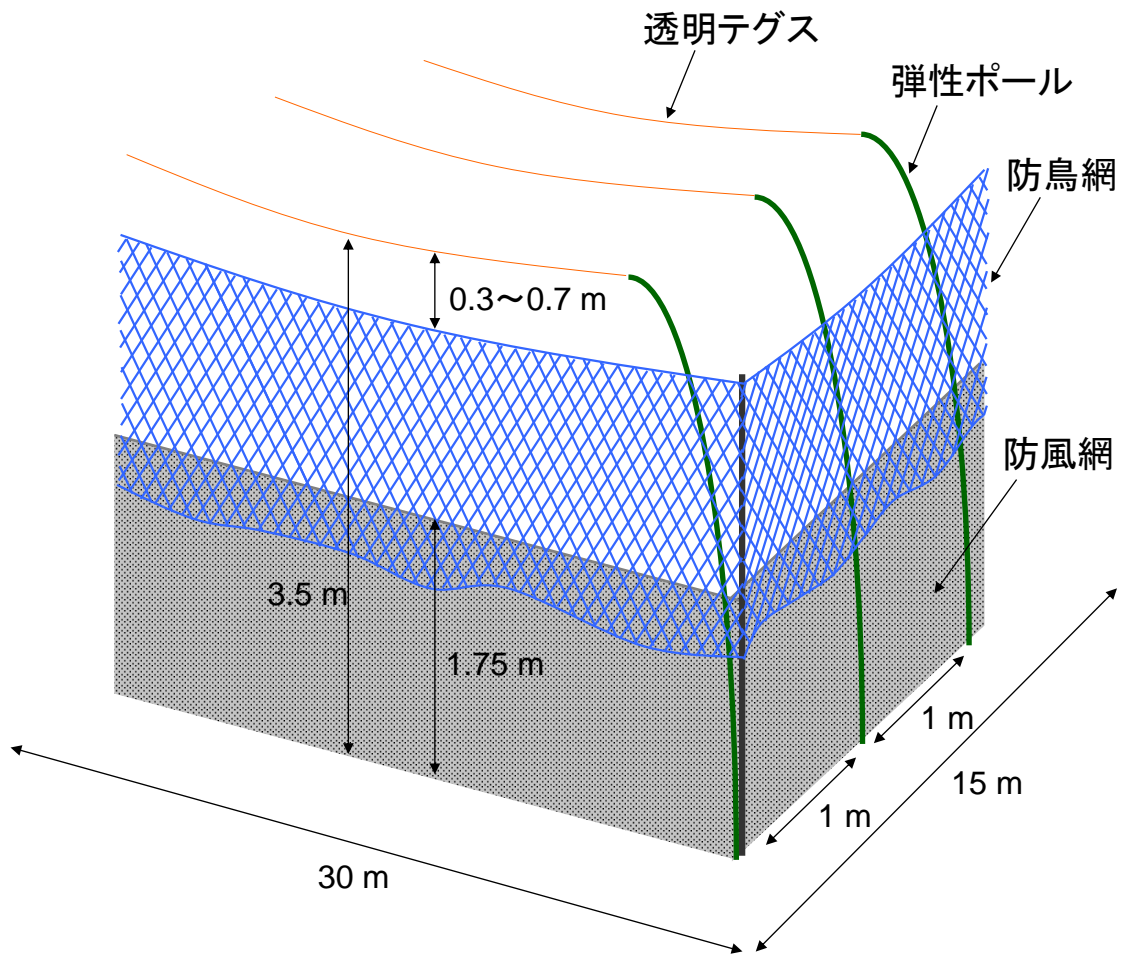


図 4-6 試験 4(野生カラスに対する効果検証)で使用した試験枠  
 Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載



表 4-1 試験 4(野生カラスに対する効果検証)における侵入回数と試験餌の消費量

		試験セット				テグス設置の有無の尤度比検定	試験セットについて尤度比検定
		第 1 セット	第 2 セット	第 3 セット	第 4 セット		
<b>侵入回数 / 回</b>							
	テグスなし	71.1 ± 32.2 (14)	35.8 ± 22.7 (14)	32.4 ± 18.7 (13)	24.3 ± 53.9 (13)	$p < 0.001$	$p < 0.01$
	テグス設置	0.4 ± 0.8 (14)	0.1 ± 0.5 (15)	0.1 ± 0.3 (15)	0 ± 0 (14)		
<b>試験餌消費量 / 回</b>							
ドッグフード (粒)	テグスなし	906.3 ± 374.7 (15)	394.6 ± 195.1 (14)	436.2 ± 212.1 (14)	427.9 ± 677.4 (15)	$p < 0.001$	$p = 0.1616$
	テグス設置	26.6 ± 29.7 (14)	6.2 ± 11.9 (15)	1.4 ± 2.6 (15)	0.9 ± 1.2 (14)		
食パン (片)	テグスなし	23.5 ± 13.5 (15)	7.7 ± 7.0 (14)	7.4 ± 8.3 (14)	14 ± 21.7 (15)	$p < 0.001$	$p = 0.6273$
	テグス設置	0 ± 0 (14)	0.1 ± 0.4 (15)	0 ± 0 (15)	0 ± 0 (14)		
リンゴ (個)	テグスなし	0.5 ± 0.6 (15)	0.7 ± 0.6 (14)	0.3 ± 0.4 (14)	0.6 ± 1.2 (15)	$p < 0.001$	$p = 0.885$
	テグス設置	0 ± 0 (14)	0 ± 0 (15)	0 ± 0 (15)	0 ± 0 (14)		

平均 ± SD を示す。括弧内は試験の回数。録画機器の不調または欠測により試験回数が 15 回より少ない場合がある。1 回の試験は 9:00 から 15:00 の 6 時間。試験毎に 12 個の餌台にドッグフード 1500 粒、食パン 48 片、リンゴ 12 個を等分に配置した。

Yoshida et al. (2019) より翻訳して転載

## 第5章 総合考察

### 5-1 カラスにおける個体数管理および捕獲についての考え方

野生鳥獣の農作物被害対策においては、捕獲による個体数管理を目指した施策が進められることが多い。しかし、捕獲により生息個体数を減少させるためには、自然増加数を上回る捕獲が複数年にわたって継続されなければならない。また、仮に捕獲によって個体数を抑え込んだとしても、生息環境が変わっていなければ、捕獲を止めた時には個体数は短期間で元の水準に戻るであろう。2013年から10年計画で、シカとイノシシの生息数を半減させることを目標として捕獲が強化推進されているが(環境省・農林水産省 2013)、シカとイノシシによる被害金額はそれほど減っておらず、野生動物による被害は個体数に比例するとは限らないことも示されている(Honda et al. 2014)。イノシシにおいては、個体数管理のための捕獲と農作物被害対策のための捕獲は異なると指摘されており、農作物被害対策のための捕獲は、農地周辺に生息して農地に侵入する加害個体を捕獲しなければならない(江口 2018b)。

農作物を食害する主要な害鳥は、ほとんどの種で繁殖力が強く、個体数の減少からすばやく回復し、個体数管理に強く抵抗する(Newton 1998)。ハゴロモガラス(大群で穀類を食害する北米のムグドリモドキ類の主要種)に対して個体群モデルを適用した検討では、ノースダコタ州に春に渡来する推定繁殖個体群 2700 万羽に対して、殺鳥剤 DRC-1339 による毎年 200 万羽で 5 年計画の駆除を行ったとしても、ヒマワリ被害に対する経済的な効果はほとんどないと推定された(Blackwell et al. 2003)。ハゴロモガラスは森林を伐り開く農地開発によって生息地が広がり、北米で最も個体数の多い鳥の 1 種となったが、近年は個体数が減少傾向にあり、その要因は駆除ではなく農業の効率化による生息ハビタットの減少であるとされる(Blackwell and Dolbeer 2001)。穀類や生育中のナタネの葉を食べる害鳥であるモリバトにおいても、個体数の変動要因は作物種や栽培時期の変化による冬食物資源量の増減であった(Inglis 1990)。そのため、英国で秋から冬にかけて行われていたモリバトの射殺は、食物不足で冬に自然死亡する運命にある個体を数週間早く殺しているだけだったとすることができ、駆除の時期には深刻な農作物被害がないので、行う意味がなかった(Murton et al. 1974、Newton 1998)。アフリカの主要な穀類害鳥であるコウヨウチョウは、乾期と雨期のある気候で一斉に実る種子を食べるために国境を越えて広域移動する鳥であり、餌不足の時期にはかなりの死亡が起こり、個体数はそれにより制限されている(Ward 1965)。大きなねぐらや集団繁殖地で、爆薬や殺鳥剤散布による駆除が行われてきたが、大規模な駆除でも個体群の一部でしかなく、多額の費用をかけて駆除した場所であっても、長距離移動と機会的な繁殖によって簡単に再移入してしまうため、被害のない時期にコウヨウチョウの駆除を行うことには意味がない(Newton 1998)。

カラス類について見ると、英国では巣立ったミヤマガラスの若鳥の射殺が伝統的に行われていたが、射殺による個体数の低減と季節的な食物資源の変動による個体数の

自然減は相補的であり、農作物被害のない時期に行われる駆除は無駄だったと言える(Newton 1998)。イエメン共和国の都市アデンでは、個体数が急増して 100 万羽にも達するとみられていたイエガラス *Corvus splendens* に対して、1987 年から 2 年間の計画で毒餌による駆除を行い、24 万羽強を死体回収したが、おそらくは周辺地域からの流入により、あまり成果は得られなかった(Jennings 1992)。

日本のカラスについても、約 21 万羽の年間捕獲数は、平野部における 2 種の巣立ちヒナ数の大まかな試算値である約 90 万羽をかなり下回ること、および、若齢個体の多くが繁殖個体になる前に死亡すると考えられる個体群構造から、現在の捕獲は余剰個体の一部を除去しているのみと考えられることを第 2 章で検討した。日本のカラスでは、大きな農業被害が発生するのは非繁殖個体の群れが収穫期の果樹園に入った場合などであるが、群れはその時期に環境中で相対的に食物が多い場所に出現すると考えられることから、捕獲によって個体数が少し減ったとしても、収穫期の果樹園に群れが出現することは防げないと考えられる。加害個体を除去する目的で被害圃場付近に捕獲トラップを設置することも考えられるが、捕獲によって一時的に滞在個体数を減らすことができたとしても、広域の移動で埋め合わされてしまうため長期的な効果は期待できない。また、捕獲トラップ周辺に集まったカラスが全てトラップに入るわけではないので、集まったカラスによってトラップ周囲で被害が発生する可能性もあるため、設置場所には注意が必要である。

捕獲による個体数管理で鳥による農作物被害を減らすことは過去の例から難しいと言え、対象種の生物学的特性や個体数抑制方法に関する情報が不十分であるならば、広域で生息個体数を減らそうとするより、被害発生場所での対症療法に注力する方が妥当であると考えられる(Newton 1998)。ハワイ島の空港で航空機と鳥の衝突事故(バードストライク)を防ぐために行われたアマサギ *Bubulcus ibis* の対策では、捕獲を行っても個体数は 6 ヶ月程度で元に戻ってしまったことから、個体数を管理しようとするよりも、ねぐらや集団繁殖地を空港から離れた位置に誘導することや、空港敷地に集まって採餌しようとする群れを追い払うといった対策のほうが問題の軽減に有効であると考えられた(Fellows and Paton 1988)。

カラスの個体数管理においては、捕獲によって数を減らそうとするのではなく、環境管理によって生息個体数の上限を低くするという考え方が必要であると考えられる。カラスの採食物には、生ゴミ、家畜飼料、収穫残渣など人間活動に伴って発生する餌資源が高い割合を占める(松原 2003、吉田 2006)。ハシブトガラスの死亡は春先に多く(松田 2005)、畜舎に集まるカラスの数も冬から春にかけて多いことがわかっている(吉田 2014)。本来であれば食物が不足する冬から春の時期に、人間活動に由来する餌が得られれば、自然条件では死亡していたカラスが生存することにつながると考えられる。環境管理によって人間活動由来の餌資源を制限して、地域の個体数の上限を低くしていくことが必要である。

広島市の平和公園では、増えすぎたドバトによる衛生問題が顕在化していたが、餌

やり自粛の呼びかけをはじめとする種々の啓発活動により、公園での給餌者はほとんど見られなくなり、ドバトの個体数は容認できる水準まで減少した(本田 2000)。イノシシ、シカ、サル等の大型哺乳類の被害対策においても環境管理は重要であり、イネのひこばえ、作物の収穫残渣や廃果等の被害と認識されない餌資源をなくし、集落周辺がこれらの動物の採食場所にならないようにすることが必要とされる(堂山 2018、江口 2018b、上田 2018)。

日本では捕獲トラップを用いるカラスの捕獲が多く行われているが、銃器による捕獲は、トラップによる捕獲と違って、カラスの人への警戒心を高める効果が期待できる。銃器を用いてカラス捕獲を行っている地域では、捕獲トラップを用いている地域に比べて、接近する人に対するカラスの警戒開始距離および飛去開始距離が有意に長かった(Fujioka 2020)。実際に、水稻湛水直播の出芽期のカラス被害対策として、銃器による威嚇効果を重視し、銃器による捕獲を行う駆除隊とモデルガンによる威嚇発砲を行うパトロール隊が統一デザインの橙色ジャケットと帽子を着用して行った「攻撃的な追い払い」が有効であった事例がある(農林水産省生産局農業生産支援課鳥獣被害対策室 2009)。追い払い効果を高めるために銃器を使って一部の個体を捕獲する方法は、飲料用水源の湖に滞在するカモメ類の対策でも有効であった(Nugent et al. 2008)。冬のコムギ圃場のクロヅル対策では、黄色の雨具を着用し銃を模した筒を構えて座るリアルな人型かかしを 5 ha 当たり 1 つ設置するとともに、人型かかしと同じ服装でパトロール活動や威嚇発砲を行ってツルの人型かかしへの慣れを防ぐ方法が効果的であった(Nemtzov and Galili 2006)。

カラスの捕獲は、捕獲による個体数管理を目的にするよりも、銃器捕獲の威嚇効果を重視して、結果として捕獲個体数が少なくなってもよいので、銃器を用いて、守りたい圃場付近で、被害の起こる直前から被害期間にかけて行うほうが費用対効果に優れていると考えられる。

## 5-2 既往の鳥害対策手法でのカラス被害対策

鳥を脅かして追い払おうとする方法には動物の慣れの問題があるとともに、周辺環境と当該の場所との相対的価値によって追い払い効果が左右されることを第 3 章において検討した。カラスにおいても原則は同じであるが、ヒヨドリに対してほとんど効果が見られなかった音声型防鳥機が、カラスに対しては高い追い払い効果を認めた事例があり(池内ら 2005)、同様のことは農業者の感想としても聞く。米国のナミガラスにおいても、ディストレスコールの放鳴はアーモンドの被害量を減少させる効果があった(Houk et al. 2004)。カラスはハト等と比べて警戒心が強いことが示唆され(Honda 2012)、慣れを避けるための技術開発によって、より有効なカラス追い払い機器を今後開発できる可能性はあると考えられる(塚原 2021)。しかし、現在のところは、圃場においてカラス対策として脅かし型の追い払い用品を設置する場合には、必要な期間のみ設置して使用後はすぐに片付ける、設置品の種類、組み合わせ、位置などを変えるこ

とで、慣れが生じるのを遅らせる工夫をする、慣れが生じていないか確認を怠らないといった使い方が必要である。

畜舎のような、カラスの侵入意欲が高い場所においては、中途半端な対策に投資するよりは、カラスが通過できない目合の防鳥網を張って侵入を阻止することが勧められる(吉田 2019)。侵入を確実に阻止する目合は 75 mm 以下である(吉田ら 2016)。果樹園等で使用する大型鳥類用の防鳥網として目合 10 cm、12 cm、15 cm の市販品があり、これらの網にもカラスの侵入を減らす効果はあると考えられるが(吉田ら 2016)、どの程度侵入されるかは、網の内側にある食物の価値、周辺環境、個体の慣れ等の影響を受ける。防鳥網の簡易な展張方法については、樹高 2 m までの果樹や果菜を対象とする「らくらく設置 2.0」(吉田ら 2009、吉田・山口 2017)、樹高 3.5 m までの果樹に設置可能でカンキツ園を主な対象とする「らくらく設置 3.5」(山口・吉田 2015、吉田・山口 2017)がある。これらはヒヨドリ等も防ぐために目合 3 cm の防鳥網の使用を標準として想定しており、カラスに対しても有効である。

耕種的な対策も有用である。播種期のトウモロコシでは、深播によりカラス被害を軽減でき、3 cm 強の普通播に比べ、5~6 cm の深播では、苗の生存率、被害株の再生割合とも好結果が得られ、生育の遅れもほとんどないと報告されている(渡辺 1990)。登熟期のトウモロコシでは、畑の周辺部が加害されやすく、また粗植の場合に加害されやすいため、なるべく正方形に近い形状で大面積に作付けることで被害率を小さくすることができる(犬飼・芳賀 1953)。

種子処理する忌避剤は、トウモロコシ、豆類、ソルガムなどでカラス被害対策として農薬登録されている薬剤があり、種子の摂食を防ぐ効果が確認されている(渡辺 1990)。対策に費用を掛けられない飼料用作物では、播種深度を調整するとともに、忌避剤で餌としての価値を下げるという組み合わせは有効であると考えられる。

### 5-3 果樹園における新しいカラス対策技術の開発

脅かし型の追い払いには鳥が慣れるため持続性がない。いっぽう、鳥から農作物を物理的に遮断する防鳥網には慣れの問題がないが、設置には資材費や労力がかかり、積雪や強風による倒壊や破損も起こりやすい。防鳥網より簡易な物理的方法としてテグス(釣り糸)やワイヤーを張る方法があるが、その有効性は対象鳥種、設置間隔、侵入を防ぎたい場所のタイプや周囲の環境条件によってまちまちであり(Pochop et al. 1990)、確立された方法となっていなかった。

そこで第 4 章では、テグスを利用した簡易で有効な果樹園へのカラス侵入対策技術の開発を目的として、まずは飼育下のカラスを用いて、糸状の障害物の設置間隔を段階的に変える試験を行い、設置間隔と侵入抑制効果の関係を詳しく検討した。続いて、得られた結果に基づいて、作業のしやすさも考慮した果樹園へのテグス設置方法を考案し、野生カラスに対する侵入抑制効果を検証する試験を行ったところ、果樹園での実用に十分な侵入抑制効果を持つと考えられた。このカラス対策テグス設置方法は

「くぐれんテグス君」という愛称で設置マニュアルを公開している (<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/>)。

飼育下の試験を行うことで、糸状の障害物の見えやすさが侵入抑制効果に影響すること、および、設置間隔と侵入抑制効果の関係を定量的に評価することができた。カラスは細かい環境の変化に敏感であり、野外では利用価値が高くない場所や代替のある場所では、糸を 1 本張る程度でも来なくなることがある。その一方で、畜舎では大きな開口部に網を張ったところ、残された高さ約 30 cm の隙間からハシブトガラスが出入りするようになった事例を観察している(吉田 未発表)。そのため、野外では試験のために最初の糸を張っただけで来なくなったり、周辺環境に存在する食物量の変動によって試験場所への侵入意欲が変わったりする可能性があり、設置効果を定量的に評価する試験の実施は野外では困難である。今回行ったように個体数が一定で餌量をコントロールできる飼育下の動物を用いて、障害物の設置条件と侵入抑制効果の関係を定量的に評価した研究は国内、海外ともにわずかであり、飼育下試験による動物の行動特性の定量的な把握が、有効な侵入防止技術の開発につながることを示す有意義な成果といえる。

今回開発した果樹園へのテグス設置方法では、果樹園の上面に透明テグスを 1 m 間隔の平行に張り、側面からの侵入を防ぐ防鳥網を組み合わせる。テグスの支柱には長さ 4 m で直径 10.5 mm の弾性ポール(トンネル栽培用資材)を用いることで、果樹の枝を上回る高さへのテグス設置を脚立に上らずにできるようにした。使用する資材はすべて一般的な市販品であり、農業者による自力施工が可能である。30 a の果樹園(30 m × 100 m)に設置する場合の資材費は 13.5 万円程度で、設置作業は 2~3 名で約 3 日である。これにより、果樹園のカラス被害対策技術として、防鳥網の設置よりも安価で簡易な手法を開発することができた。

なお、今回開発した技術の注意点として、1) カラス以外の鳥種への有効性は低い、2) 畜舎や生ゴミ集積所のカラス対策には向かない、3) 野鳥の絡まり事故を防ぐために適切に設置する、という 3 点が挙げられる(吉田・佐伯 2020)。

1) について、ハト類やヒヨドリ等のカラスより小型の鳥では、テグスの設置間隔を 1 m よりもかなり狭めないと飛行の支障にならないと考えられ、設置間隔を狭めるほど資材費や労力などのコストがかかる。小型の鳥はホバリングができるなど、飛行の小回りがカラスより効くため、翼開長と同程度の設置間隔で有効かどうかについても検討が必要である。カラス以外の鳥種では、糸等の設置に対する警戒がそれほどみられない場合が多いことも問題となる。カラスに対して高い侵入抑制効果を示した黒色ワイヤーは、ハト類に対する効果は低く、ハト類はワイヤーに接触しても直後に採食を開始し、ワイヤーを忌避する様子は見られなかった(Honda 2012)。カルガモに対してテグス設置は有効な対策手法とはいえなかった(高城 1995)。

2) について、周辺環境に食物が少なかったり、侵入を防ぎたい場所に存在する食物の価値が高かったりして、カラスの侵入意欲が高い場合には、1 m 間隔で平行に設置

したテグスでは侵入抑制効果が不十分になることが考えられる。このことは、飼育下で針金を用いた試験において、同じ設置間隔で給餌制限なしの場合と給餌制限ありの場合を比較すると、給餌制限ありでの侵入回数は10倍程度からそれ以上であったことから示唆される。畜舎や生ゴミ集積所のような、穀類や肉類などのカラスが好む食物が豊富に存在する場所では、防鳥網などでカラスが完全に侵入できないようにする必要はある。

3)について、鳥の侵入対策に使用するテグスは、線径 0.74 mm (20 号)前後が適している。少なくとも線径 0.52 mm (10 号)以上の太さがあるものを使い、ある程度のテンションをかけて張ることで、野鳥が絡まる事故を少なくできると考えられる。細いテグスは柔軟にたわみ、鳥がぶつかった際に羽根や足に絡みつきやすい。テグスは太いほど絡まり事故は起こりにくいと考えられるが、太すぎるテグスは結びにくい、価格が高い等の問題がある。

これらの問題を含め、カラスによる農業被害対策の考え方、および既往と今回開発の対策技術について表 5-1 に整理した。

#### 5-4 今後のカラス被害対策技術の開発

カラスが「賢い」ことで他の鳥よりも被害対策が難しくなると考えられていることは多い。ハシブトガラスは餌を入れた容器の紙蓋を破って中の餌を得ることはもちろん、紙蓋に印刷された模様の数や画像の種類と、容器内の餌の有無や量とを関連づけて学習することができ(杉田 2010、杉田 2018)、ヒトの顔写真の男女を見分ける(Bogale et al. 2011)、異なる顔写真から同一人物を識別する(安江ら 2013)といった能力もある。他個体の行動を見て餌容器の開け方を学習することもわかっている(Izawa and Watanabe 2011)。ハシボソガラスでは、クルミを高いところから落とす代わりに自動車に轆かせて割る個体がいることが知られ、赤信号で停まった車のタイヤの直前にクルミを置く、轆かれる確率が高い位置にクルミを置き直すなど、その場の状況に合わせた「賢い」行動を示す(仁平 1995、荒ら 2019)。これに対してヒヨドリでは、透明部と不透明部を組み合わせた保護袋をかけた果実を提示した実験で、不透明部の背後にも果実があるという記憶に基づく行動はなく、果実が見える透明部のみをつつくという単純な行動を示した(Honda et al. 2015)。このようなことから、カラスは対策技術に「賢く」対処できると一般に認識されていることが多い。

しかし実際には、カラスは賢いぶん「疑心暗鬼」に陥っているように見える状況がよくある。例えば、ヒヨドリがすぐに慣れた音声型の防鳥機器に対して、カラスでは追い払い効果が持続した(池内ら 2005)。ハト類では接触しても忌避する様子は見られなかった黒色ワイヤーは、カラスに対しては高い侵入抑制効果が見られた(Honda 2012)。餌台に見慣れない人工物、よくある人工物(食品包装材)、自然物(石や枝)を置いた試験のいずれでも、カラス属の鳥では対照試験(餌台にこれらの物を置かない)よりも来訪確率が大きく減少したが、シジュウカラ *Parus major* などの他の鳥では物体の有無

で来訪確率は変わらず (Greggor et al. 2016)、カラス属の鳥では状況の変化に対する警戒心が強いことが窺える。また、比較認知科学の実験では、ハシブトガラスとカワラバトのついでみ運動の制御メカニズムが異なること、ハシブトガラスのほうが嘴の操作を即時的に修正する能力が高いことがわかっている (Matsui and Izawa 2017, Matsui and Izawa 2019、松井 2019)。このような他の鳥では見られないカラスの特性は、対策技術の開発に利用できると考えられる。

今回開発した透明テグスを用いるカラス対策技術や、Honda (2012) が開発した黒つや消し色の極細ワイヤーを利用したカラス対策技術は、このようなカラスの特性を利用した方法といえる。透明テグスを用いた試験では、飼育下と野外の両方で、試験枠に侵入する方向に降下するものの、テグスの直前でやめて再上昇する行動が何度も観察された。透明テグスは、ある程度見えにくいことで、実際にはカラスが羽ばたいて通過できる 1 m 間隔 (カラスの翼開長と同等) であっても、侵入をためらわせる効果があると考えられる。いっぽう、黒色極細ワイヤーは非常に見えにくいいため、Honda (2012) の試験結果によれば、気づかずに飛来したカラスが接触し、見えないものに接触した警戒感からその場を逃避して、以後その場所への接近を避けるというかたちで侵入抑制効果があらわれるようである。これらのことから、透明テグスと黒色極細ワイヤーはカラスに対する有効性の発揮過程が異なると考えられる。このようなカラスの行動特性を今後さらに定量的、科学的に解明していくことで、カラスの「賢さ」を逆手にとれる対策の開発に生かすことができると考えられる。



5-5 図表

表 5-1 カラスによる農業被害対策の整理

<p>個体数管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・捕獲によるカラス個体数の低減は困難であることを認識する</li> <li>・食物資源を管理して生息個体数の上限を低くすることを旨す</li> <li>・捕獲は個体数の低減ではなく、銃器捕獲による威嚇を目的とし、モデルガンを用いたパトロール等と組み合わせるとよい</li> </ul>
<p>物理的障壁</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カラスではテグスの展張など、完全な侵入阻止ではない障壁も有効</li> <li>・畜舎のようなカラスの侵入意欲が高い場所においては、カラスが通過できない目合の防鳥網を張って侵入を阻止するほうがよい</li> </ul>
<p>脅かし型の追い払い用品 (音、光、模型など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カラスでは他の鳥よりも追い払い用品が有効な場合がある</li> <li>・必要な期間のみ設置して使用後はすぐに片付ける</li> <li>・設置品の種類、組み合わせ、位置などを変えることで、慣れを遅らせる工夫をする</li> </ul>
<p>耕種的手法</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・播種深度の調節</li> <li>・作付圃場は面積を大きく、周縁部の少ない形状にする</li> </ul>
<p>忌避剤</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・登録農薬(播種前処理剤)の利用</li> </ul>

## 摘要

本研究では、農村地域における人とカラスの軋轢の解決につなげるために、カラスの生息に関する基礎的な情報を明らかにし、既往の被害対策技術の整理を踏まえて、カラスに有効な農業被害対策技術を開発することを目的とした。

第1章では、農業と鳥獣害の関係を概説した上で、日本におけるカラスによる農業被害の現状を明らかにした。カラスによる被害は全国の鳥獣合計の被害金額の約1割を占める。鳥類による被害のうち、およそ半分はカラスによるものである。果樹の被害は他の作物に比べて鳥による被害の割合が高く、カラスによる果樹の被害は鳥獣全体の約2割にもなる。

第2章では、農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度および繁殖成績を明らかにした。茨城県南部の農村地域における2種のカラス類の営巣密度は、2種合計で約4.7つがい/㎢であり、両種とも繁殖つがいの約8割が繁殖に成功し、成功した場合の巣立ちヒナ数は約2.5羽であった。これらの値をもとにした大まかな推計値として、日本の平野部におけるカラス類2種の繁殖個体は約90万個体、そして1年間に約90万個体の巣立ちヒナが生産されているという試算を行った。日本におけるカラス類の年間捕獲数はこの値をかなり下回っており、若齢個体の多くが繁殖個体になる前に死亡すると考えられるカラスの個体群構造をふまえると、現在の捕獲は余剰個体の一部を除去しているのみで、生息数の低減にはつながっていないと考えられる。このことから、カラスの農業被害対策は、捕獲による個体数管理ではなく、圃場における侵入抑制技術など、捕獲以外の方法で行う必要があると考えられた。

第3章では既往の鳥害対策技術の特徴と課題、およびカラスへの適用例を整理した。脅かして追い払うタイプの鳥害対策には、さまざまな物や装置が用いられてきたが、その有効性は当該の場所への鳥の侵入意欲や、代替として利用できる他の場所の存在といった周辺状況に大きく左右される。防鳥網は、侵入を防ぎたい種を確実に遮断することができる適切な目合の網を使い、鳥が侵入する隙間を作らないよう完全に被覆する必要がある。防鳥網より簡易に鳥の侵入を阻害するテグスやワイヤーは、対象鳥種や条件に応じた適切な設置方法を詳しく調べる必要があると考えられた。化学物質を用いる方法は、播種前の種子に処理する薬剤には一定の効果が期待できるが、収穫期の作物に使用できる薬剤は、十分な忌避効果と収穫物の安全性の両立が難しいことから、今後も開発の見込みは低いと考えられた。続いて、既往の対策技術を有効に利用するための基礎情報として、カラスに対して磁石の忌避効果は見られないこと、および、カラスの侵入を確実に阻止できる網の目合を明らかにした。

第4章では、カラスの行動特性を踏まえた簡易で有効な被害対策技術として、飼育下のカラスを用いた試験によって糸状の障害物の設置に対する行動を定量的に解明し、得られた結果に基づいて果樹園での効果的な設置方法を考案した。考案した設置方法の野生カラスに対する侵入抑制効果を検証する試験を行い、果樹園における

テグスを用いたカラスの侵入抑制技術を完成させた。

第 5 章では、これらの検討と開発した技術を踏まえて、カラスによる農業被害の総合的な対策を論じた。第 2 章での検討から、カラスの農業被害対策に、捕獲による個体数管理は有効ではなく、捕獲を行う場合は銃器捕獲の威嚇効果を重視して、捕獲数は少なくとも銃器を用いて要防除期間に当該の圃場付近で行うのがよいと考えられた。カラスの個体数管理においては、環境管理によって人間活動由来の餌資源を制限して、地域の生息個体数の上限を低くするという考え方が必要といえる。第 3 章で行った既往の鳥害対策手法の整理から、脅かし型の追い払い用品をカラスに対して使用する場合は、必要な期間のみ設置し、種類や位置などを変えて慣れを遅らせる工夫をすれば比較的有用であること、畜舎のようなカラスの侵入意欲が高い場所においては、中途半端な対策ではなく、カラスが通過できない目合の防鳥網を張って侵入を阻止するほうがよいことが示唆された。第 4 章で開発した、テグスを用いて果樹園へのカラス侵入を抑制する技術は、市販の資材を用いて防鳥網よりも簡易で安価に農業者の自力施工で設置できる。この技術は、飼育下のカラスを用いて糸状の障害物の設置条件と侵入抑制効果の関係を検討した結果に基づくものであり、飼育下試験による動物の行動特性の定量的な把握が、有効な侵入防止技術の開発につながることを示す有意義な成果といえる。

## 謝辞

本研究を進めるに際し、研究指導教員である筑波大学生命環境系の上條隆志教授には、社会人大学院生として研究ゼミに受け入れていただくとともに、本研究の構成や本論文の内容について、有益なご助言や親身なご指導をいただきました。厚く御礼を申し上げます。筑波大学生命環境系の津村義彦教授、徳永幸彦准教授、川田清和助教、および戒能洋一名誉教授には検討委員になっていただき、有益なご助言や暖かい励ましをいただきました。社会人大学院生として筑波大学に在籍し本論文の執筆を進めるにあたっては、農研機構畜産研究部門動物行動管理研究領域の竹内正彦領域長に大きなご配慮をいただきました。農村地域のカラス類に関する研究テーマを設定した当時の鳥害研究室長である藤岡正博氏には、本研究の開始以前から、研究の基礎について懇切丁寧なご指導、ご助言をいただきました。本研究の主要部分を進めた時期の上司である百瀬浩氏、同僚である山口恭弘氏、佐伯緑氏には、共著論文の執筆、研究への助言や励まし、調査協力など多大なる支援をいただき、職員の石島千秋氏には研究所構内における繁殖調査や試験映像の解析を担当していただきました。光永貴之氏と山浦悠一氏には、主著論文における統計解析について有益なご助言をいただきました。農林水産省入省以前に在籍した筑波大学環境科学研究科講師の斎藤隆史氏、東京大学農学生命科学研究科教授の樋口広芳氏、入省当時の鳥害研究室長の中村和雄氏、カラス類の生息状況に関する研究を行った時期の耕地環境部長の鳥越洋一氏、飼育個体での研究を行った時期の研究領域長の渡邊朋也氏および後藤千枝氏には、博士号の取得について励まし見守っていただきました。本研究の開始以前には研究の基礎について岡ノ谷一夫氏、永田尚志氏、東條一史氏に支援をいただきました。皆さまのご支援、ご助力に深く感謝を申し上げます。

## 引用文献

- Aguero D A, Johnson R J and Eskridge K M (1991) Monofilament lines repel house sparrows from feeding sites. *Wildlife Society Bulletin* 19(4): 416-422.
- 青山真人・祝 暁波・塚原直樹・渡邊 潤・杉田昭栄 (2007) 関東地方におけるハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* の生殖腺の季節変動. *日本鳥学会誌* 56: 157-162.
- 荒奏美・三上かつら・三上修 (2019) ハシボソガラス *Corvus corone* によるクルミ割り行動: 函館市における車を利用したクルミ割り行動. *日本鳥学会誌* 68: 43-51.
- Asagi M, Oka C and Sato G (1967) Isolation of *Salmonella typhimurium* var. *copenhagen* from crows in the city of Otaru. *Japanese Journal of Veterinary Science* 38: 521-522.
- Askham L R (1992) Efficacy of methyl anthranilate as a bird repellent on cherries, blueberries and grapes. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 137-141.
- 明日香治彦・池野進・渡辺朝一 (2011) 茨城県下のハス田における防鳥ネットによる野鳥羅網被害の状況. *Strix* 27: 113-124.
- Avery M L (1992) Evaluation of methyl anthranilate as a bird repellent in fruit crops. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 130-133.
- Avery M L, Cummings J L, Decker D G, Johnson J W, Wise J and Howard J I (1993a) Field and aviary evaluation of low-level application rates of methiocarb for reducing bird damage to blueberries. *Crop Protection* 12: 95-100.
- Avery M L and Decker D G (1991) Repellency of Fungicidal Rice Seed Treatments to Red-winged Blackbirds. *Journal of Wildlife Management* 55: 327-334.
- Avery M L, Decker D G and Fischer D L (1994) Cage and flight pen evaluation of avian repellency and hazard associated with imidacloprid-treated rice seed. *Crop Protection* 13: 535-540.
- Avery M L, Decker D G, Fischer D L and Stafford T R (1993b) Responses of Captive Blackbirds to a New Insecticidal Seed Treatment. *Journal of Wildlife Management* 57: 652-656.
- Avery M L, Decker D G, Humphrey J S, Aronov E, Linscombe S D and Way M O (1995) Methyl Anthranilate as a Rice Seed Treatment to Deter Birds. *Journal of Wildlife Management* 59: 50-56.
- Avery M L, Humphrey J S and Decker D G (1997) Feeding deterrence of anthraquinone, anthracene, and anthrone to rice-eating birds. *Journal of Wildlife Management* 61: 1359-1365.
- Avery M L, Humphrey J S, Primus T M, Decker D G and McGrane A P (1998) Anthraquinone protects rice seed from birds. *Crop Protection* 17: 225-230.
- Avery M L, Keacher K L and Tillman E A (2008) Nicarbazine bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). *Wildlife Research* 35: 80-85.

- Avery M L, Primus T M, Defrancesco J, Cummings J L, Decker D G, Humphrey J S, Davis J E and Deacon R (1996) Field Evaluation of Methyl Anthranilate for Detering Birds Eating Blueberries. *Journal of Wildlife Management* 60: 929-934.
- Avery M L, Tillman E A, Humphrey J S, Cummings J L, York D L and Davis, J E Jr. (2000a) Evaluation of overspraying as an alternative to seed treatment for application of Flight Control bird repellent to newly planted rice. *Crop Protection* 19: 225-230.
- Avery M L, Werner S J, Cummings J L, Humphrey J S, Milleson M P, Carlson J C, Primus T M and Goodall M J (2005) Caffeine for reducing bird damage to newly seeded rice. *Crop Protection* 24: 651-657.
- Avery M L, Whisson D A and Marcum D B (2000b) Responses of blackbirds to mature wild rice treated with Flight Control bird repellent. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 19: 26-30.
- Baldassarre G A, Whyte R J, Quinlan E E and Bolen E G (1983) Dynamics and quality of waste corn available to postbreeding waterfowl in Texas. *Wildlife Society Bulletin* 11: 25-31.
- Belant J L, Woronecki P P, Dolbeer R A and Seamans T W (1998) Ineffectiveness of Five Commercial Deterrents for Nesting Starlings. *Wildlife Society Bulletin* 26: 264-268.
- Blackwell B F, Bernhardt G E and Dolbeer R A (2002) Lasers as nonlethal avian repellents. *Journal of Wildlife Management* 66 (1): 250-258.
- Blackwell B F and Dolbeer R A (2001) Decline of the red-winged blackbird population in Ohio correlated to changes in agriculture (1965–1996). *Journal of Wildlife Management* 65: 661-667.
- Blackwell B F, Huszar E, Linz G M and Dolbeer R A (2003) Lethal Control of Red-Winged Blackbirds to Manage Damage to Sunflower: An Economic Evaluation. *Journal of Wildlife Management* 67: 818-828.
- Blokpoel H and Tessier G D (1984) Overhead wires and monofilament lines exclude ring-billed gulls from public places. *Wildlife Society Bulletin* 12(1): 55-58.
- Bogale B A, Aoyama M and Sugita S (2011) Categorical learning between "male" and "female" photographic human faces in jungle crow (*Corvus macrorhynchos*). *Behavioural Processes* 86: 109-118.
- Bomford M (1992) Review of research on control of bird pests in Australia. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 93-96.
- Brazil M (2009) *Birds of East Asia-China, Taiwan, Korea, Japan and Russia*. Princeton University Press, Oxford.
- Burnham K P and Anderson D R (2002) *Model Selection and Multimodel Inference*. Springer, New York.
- Cheke R A, McWilliam A N, Mbereki C, van der Walt E, Mtobesya B, Magoma R N,

- Young S and Eberly J P (2012) Effects of the organophosphate fenthion for control of the red-billed quelea *Quelea quelea* on cholinesterase and haemoglobin concentrations in the blood of target and non-target birds. *Ecotoxicology* 21: 1761-1770.
- Clark L (1998) Review of bird repellents. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 18: 330-337.
- Coates P S (2006) DRC-1339 Egg Baits: Preliminary Evaluation of Their Effectiveness in Removing Ravens. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22: 250-255.
- Coates P S and Delehanty D J (2004) The effects of raven removal on sage grouse nest success. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 21: 17-20.
- Conover M R (1984) Comparative Effectiveness of Avitrol, Exploders, and Hawk-Kites in Reducing Blackbird Damage to Corn. *Journal of Wildlife Management* 48(1): 109-116.
- Conover M R (1985) Protecting Vegetables from Crows Using an Animated Crow-Killing Owl Model. *Journal of Wildlife Management* 49(3): 643-645.
- Conover M (2002) *Resolving human-wildlife conflicts: the science of wildlife damage management*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Crabb A C, Salmon T P and Marsh R E (1986) Bird problems in California pistachio production. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 12: 295-302.
- Cummings J L, Avery M L, Pochop P A, Davis J E Jr, Decker D G, Krupa H W. and Johnson J W (1995a) Evaluation of a methyl anthranilate formulation for reducing bird damage to blue berries. *Crop Protection* 14: 257-259.
- Cummings J L, Mason J R, Otis D L and Heisterberg J F (1991) Evaluation of Dimethyl and Methyl Anthranilate as a Canada Goose Repellent on Grass. *Wildlife Society Bulletin* 19: 184-190.
- Cummings J. L, Pochop P A, Davis J E Jr., and Krupa, H W. (1995b) Evaluation of ReJeX-it AG36 as a Canada goose grazing repellent. *Journal of Wildlife Management* 59: 47-50.
- Cummings J L, Pochop P A, Yoder C A and Davis J E Jr (1998) Potential bird repellents to reduce bird damage to lettuce seed and seedlings. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 18: 350-353.
- Curtis P D, Rowland E D, Curtis G B and Dunn J A (2000) Capsaicin-treated seed as a squirrel deterrent at birdfeeders. *The Ninth Wildlife Damage Management Conference Proceedings*: 86-102.
- Daneke D and Decker D G (1988) Prolonged seed handling time deters red-winged blackbirds feeding on rice seed. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 13: 287-292.
- Decker D G (1990) Reducing blackbird damage to newly planted rice with a nontoxic

- clay-based seed coating. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 14: 327-331.
- DeLiberto S T and Werner S J (2016) Review of anthraquinone applications for pest management and agricultural crop protection. *Pest Management Science* 72: 1813-1825.
- Dellamano F (2006) Controlling birds with netting: blueberries, cherries and grapes. *New York Fruit Quarterly* 14(2): 3-5.
- Dolbeer R A, Avery M L and Tobin M E (1994) Assessment of field hazards to birds from methiocarb applications to fruit crops. *Pesticide Science* 40: 147-161.
- Dolbeer R A and Ickes S K (1994) Red-winged blackbird feeding preferences and response to wild rice treated with Portland cement or plaster. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 16: 279-282.
- Dolbeer R A, Link M A and Woronecki P P (1988) Naphthalene Shows No Repellency for Starlings. *Wildlife Society Bulletin* 16: 62-64.
- Dolbeer R A, Seamans T W Blackwell B F and Belant J L (1998) Anthraquinone Formulation (Flight Control™) Shows Promise as Avian Feeding Repellent. *Journal of Wildlife Management* 62: 1558-1564.
- 堂山宗一郎 (2018) シカによる農業被害が拡大する要因. 『動物の行動から考える 決定版 農作物を守る鳥獣害対策』. pp. 64-71. 江口祐輔編著. 誠文堂新光社. 東京.
- 江口祐輔 (2018a) 野生鳥獣による農作物被害の対策. 『動物の行動から考える 決定版 農作物を守る鳥獣害対策』. pp. 10-15. 江口祐輔編著. 誠文堂新光社. 東京.
- 江口祐輔 (2018b) 捕獲によるイノシシ対策と問題点. 『動物の行動から考える 決定版 農作物を守る鳥獣害対策』. pp. 36-41. 江口祐輔編著. 誠文堂新光社. 東京.
- Elliott C C H (2000) Quelea Management in Southern and Eastern Africa. In R.A. Cheke; L.J. Rosenberg; M.E. Kieser (eds.). *Workshop on Research Priorities for Migrant Pests of Agriculture in Southern Africa*, Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa, 24 to 26 March 1999.
- 江村一雄・小林久幸 (1963) 薬剤忌避によるハトの防除試験—大豆の播種時被害の防除—. *北陸病害虫研究会報* 11: 64-67.
- Erickson W A, Marsh R E and Salmon T P (1990) A review of falconry as a bird-hazing technique. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 14: 314-316.
- Erickson W A, Marsh R E and Salmon T P (1992) High frequency sound devices lack efficacy in repelling birds. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 103-104.
- FAO (2020) Land use in agriculture by the numbers. <<https://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219/>>
- Fellows D P and Paton P W C (1988) Behavioral response of cattle egrets to population control measures in Hawaii. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 13: 315-



318.

- Fox A D, Elmberg J, Tombre I M and Hessel R (2017) Agriculture and herbivorous waterfowl: a review of the scientific basis for improved management. *Biological Reviews* 92: 854-877.
- 藤井啓・尾上貞雄・佐鹿万里子・小林恒平・今井邦俊・山口英美・仙名和浩 (2012) 北海道の牛飼養農場及び周辺に生息する野生動物のサルモネラ保菌状況. *日本獣医師会雑誌* 65: 118-121.
- 藤巻裕蔵 (1998) 北海道中部・南東部におけるハシボソガラスとハシブトガラスの生息状況. *Strix* 16: 47-54.
- 藤岡健人・森本元・三上修 (2021) 北海道におけるカラス類の電柱への営巣: 撤去にかかるコストの算出と営巣数の多い地域の環境要素の解析. *日本鳥学会誌* 70: 125-130.
- 藤岡正博 (2001) ハト類によるダイズ食害の実態と対策. *植物防疫* 55: 233-236.
- Fujioka M (2020) Alert and flight initiation distances of crows in relation to the culling method, shooting or trapping. *Ornithological Science* 19: 125-134.
- 藤田紀之・服部俊宏・東淳樹・尾上舞・矢澤正人・瀬川典久 (2015) ハシブトガラスの行動圏特性の把握と個体数調整対策のための計画圏域の検討. *農村計画学会誌* 34(2): 160-166.
- 藤原知美・白松博之 (2004) カワラヒワのチンゲンサイ食害. *Strix* 22: 147-154.
- 福居信幸・矢花幸司・中村大作 (2000) 磁石のドバト *Columba livia* に対する忌避効果. *Urban Birds* 17(1): 2-9.
- Fuller-Perrin L D and Tobin M E (1993) A method for applying and removing bird-exclusion netting in commercial vineyards. *Wildlife Society Bulletin* 21(1): 47-51.
- 古畑昌巳・大角壮弘・帖佐直・松村修 (2011) 鳥害回避に関連する鉄コーティング種子の硬さ, 種子表面の色差および発芽特性, *日本作物学会紀事* 80(3): 302-311.
- Gates R J, Caithamer D F, Moritz W E. and Tacha T C. (2001) Bioenergetics and nutrition of Mississippi valley population Canada Geese during winter and migration. *Wildlife Monographs* 146: 1-65.
- Gill F B (1994) *Ornithology* 2nd ed. W.H. Freeman and Company, New York.
- Gill J A (1996) Habitat choice in pink-footed geese: quantifying the constraints determining winter site use. *Journal of Applied Ecology* 33: 884-892.
- Glahn J F, Ellis G, Fioranelli P and Dorr B S (2000) Evaluation of moderate and low-powered lasers for dispersing double-crested cormorants from their night roosts. *The Ninth Wildlife Damage Management Conference Proceedings* pp. 34-45.
- Gorenzel W P, Blackwell B F, Simmons G D, Salmon T P and Dolbeer R A (2002) Evaluation of lasers to disperse American crows, *Corvus brachyrhynchos*, from urban night roosts. *International Journal of Pest Management* 48: 327-331.

- Gorenzel W P, Salmon T P and Imai R (2010) Response of Water Birds to Hazing with a Red Laser. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 24: 235-240.
- 後藤三千代・井上堅・鳴澤徹 (1993) 庄内地方におけるカラスの生態 第 1 報 鶴岡市における就峙個体数の季節消長と就峙行動. *山形農林学会報* 50: 9-17.
- 後藤三千代・鈴木雪絵・永幡嘉之・梅津和夫・五十嵐敬司・桐谷圭治 (2015) 庄内地方におけるカラス 3 種のペリットの内容物から見た食性. *日本鳥学会誌* 64: 207-218.
- Greggor A L, Clayton N S, Fulford A J C and Thornton A (2016) Street smart: faster approach towards litter in urban areas by highly neophobic corvids and less fearful birds. *Animal Behaviour* 117: 123-133.
- Gunther A, Einwich A, Sjulstok E, Feederle R, Bolte P, Koch K W, Solovyov I A, and Mouritsen H (2018) Double-Cone Localization and Seasonal Expression Pattern Suggest a Role in Magnetoreception for European Robin Cryptochrome 4. *Current Biology* 28: 211-223.
- Guzman J, Garcia A, Amado C and Viejo A (1999) Influence of farming activities in the Iberian Peninsula on the winter habitat use of Common Crane (*Grus grus*) in areas of its traditional migratory routes. *Agriculture, ecosystems and environment* 72: 207-214.
- 芳賀良一・高安知彦 (1972) 殺鼠剤(毒餌)の大きさおよび色に対する鳥類の嗜好. *帯広畜産大学学術研究報告* 7: 381-400.
- 花田信章・若菜 章・福留 功・鳥飼 芳秀・中川 幸夫・安河内 幸一・梶原 浩平 (2003) 果樹園における釣り糸防鳥線の設置方法とカラスの食害回避効果. *九州大学農学部附属農場研究報告* 11: 15-26.
- 羽田健三・飯田洋一 (1966) ハシボソガラスの生活史に関する研究 I 繁殖期(第 I 報). *日本生態学会誌* 16: 97-105.
- 羽田健三・飯田洋一・香川敏明・母袋卓也・山岸哲 (1966) カラスの長野県北信部の就峙地域群について 第 1 報. *日本生態学会誌* 16: 213-216.
- Hardy A R (1990) Vertebrate pests of UK agriculture: Present problems and future solutions. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 14: 181-185.
- Hasey J and Salmon T P (1993) Crow damage to almonds increasing; no foolproof solution in sight. *California Agriculture* 47(5): 21-25.
- 橋口裕治・林重美 (1969) ハシブトガラス(*Corvus leucomelas japonensis* Bonaparte)からのニューカッスル病ウイルスの分離. *農林省家畜衛生試験場研究報告* 59: 6-8.
- Hattori M, Sobagaki T, Matsuda H, Nakamura S and Tokuda M (2022) The wintering ecology of the Rook *Corvus frugilegus* in Northern Kyushu, Japan. *Urban Ecosystems* DOI:10.1007/s11252-022-01273-0
- 日高敏隆 (1997) 日本動物大百科 4 鳥類 II. 平凡社. 東京.
- Higuchi H (1979) Habitat segregation between the Jungle and Carrion Crows, *Corvus*

- macrorhynchos* and *C. corone*, in Japan. Japanese Journal of Ecology 29: 353-358.
- 樋口広芳・森下英美子 (2000) カラス、どこが悪い. 小学館, 東京.
- Higuchi H, Miyagawa Y, Morishita E, Kuboshima E, Yoshida H, Sakuma F and Shibata Y (2003) Soap Storing by Crows. Global Environmental Research 7: 161-164.
- Higuchi H and Morishita E (2003) What Made the Crow Lay Stones on the Railroad Tracks? Global Environmental Research 7: 169-173.
- 平林浩 (1962) 山梨県須玉町津金を中心としたカラスのねぐら集合(第一報). 鳥 17: 123-144.
- 平田祐介・三上修 (2016) カラス類はどんな出し方のごみを荒らすのか: 函館市における事例. Bird Research 12: 19-29.
- Hobaugh, W (1984) Habitat use by Snow Geese wintering in southeast Texas. Journal of Wildlife Management 48: 1085-1096.
- Holyoak D (1967) Breeding biology of the Corvidae. Bird Study 14:153-168.
- 本田博利 (2000) 広島市のはと対策. 日本公共政策学会年報「公共政策」. ppsai/2000-01-014 <<http://www.ppsa.jp/pdf/journal/pdf2000/2000-01-014.pdf>>
- Honda T (2012) Line color affects the collision risk and deterrence of crows. Journal of Ethology 30:11-14.
- Honda T, Miyagawa Y, Kuwata H, Yamasaki S and Iijima H (2014) Behavioral traits of damage-causing sika deer: Open land preference. Mammal Study 39: 27-32.
- Honda T, Tsuboi J and Kuwata H (2015) Seeing Is Feeding for the Frugivorous Bird Brown-Eared Bulbul (*Microscelis amaurotis*). International Journal of Zoology ID 869820 <https://doi.org/10.1155/2015/869820>
- 本田剛・山端直人 (2018) 何故獣害は対策技術で解決されないのか—技術普及過程論による検証—. Wildlife and Human Society 5: 17-23.
- 堀川彰・松岡茂・中村和雄 (1988) キジバトに対する目玉模様と防鳥テープの忌避効果. 応用鳥学集報 8:63-67.
- Houk A, Delwiche M J, Gorenzel W P and Salmon T P (2004) Electronic repeller and field protocol for control of crows in almonds in California. Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 21: 130-135.
- Hurvich and Tsai (1995) Model selection for extended quasi-likelihood models in small samples. Biometrics 51: 1077-1084.
- 池田真次郎 (1957) カラス科に属する鳥類の食性に就いて. 鳥獣調査報告 16:1-123.
- 池内温・荻原洋晶・大政義久・窪田聖一・大西論平 (2005) カンキツ園における鳥害防止に関する研究. (第 2 報) 機器や資材利用による鳥害防止効果. 愛媛県立果樹試験場研究報告 19: 37-55.
- Inglis I R, Isaacson A J, Thearle R J P and Westwood N J (1990) The effects of changing agricultural practice upon Woodpigeon *Columba palumbus* numbers. Ibis 132: 262-

272.

- Inglis I R, Isaacson A J, Smith G C, Haynes P J and Thearle R J P (1997) The effects on the woodpigeon (*Columba palumbus*) of the introduction of oilseed rape into Britain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 61: 113-121.
- 犬飼哲夫・芳賀良一 (1953) 北海道に於けるカラスの被害と防除の研究(Ⅲ)特にカラスの食性と農業との関係. 北海道大學農學部邦文紀要 1: 459-484.
- 石崎久次 (1991) カルガモによる水稻の被害とその回避技術. *植物防疫* 45:139-143.
- Izawa E-I and Watanabe S (2011) Observational learning in the large-billed crow (*Corvus macrorhynchos*): Effect of demonstrator-observer dominance relationship. *Interaction Studies* 12: 280-302.
- Jennings M C (1992) The House Crow *Corvus splendens* in Aden (Yemen) and an attempt at its control. *Sandgrouse* 14: 27-33.
- Kaiser B A, Johnson B L, Ostlie M H, Werner S J and Klug P E (2021) Inefficiency of anthraquinone-based avian repellents when applied to sunflower: the importance of crop vegetative and floral characteristics in field applications. *Pest Management Science* 77: 1502-1511.
- Kale M A, Dudhe N, Kasambe R and Bhattacharya P (2014) Crop Depredation by Birds in Deccan Plateau, India. *International Journal of Biodiversity* DOI: 10.1155/2014/947683
- 環境省・農林水産省 (2013) 抜本的な鳥獣捕獲強化対策. <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/kyouka.pdf>
- Kase C, Eguchi Y, Furuya M, Uetake K and Tanaka T (2010) Sizes and shapes of gaps large enough for masked palm civets (*Paguma larvata*) to enter. *Animal Behaviour and Management* 46: 89-96.
- Kase C, Eguchi Y, Furuya M, Uetake K and Tanaka T (2011) Sizes of rectangular gaps large enough for masked palm civets (*Paguma larvata*) to enter. *Animal Behaviour and Management* 47: 121-127.
- 糟谷大河 (2003) 農地におけるハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* の塹からなわばりへの夜間の帰来について. *山階鳥類学雑誌* 35: 52-54.
- 加藤和弘・中村孝 (2001) 都市緑地におけるハシブトガラスの個体数を規定する要因. *環境情報科学* 30(1): 71-78.
- 川上和人・堀野眞一・辻本恒徳 (2016) ハシブトガラスによるニホンジカに対する吸血行動の初記録. *Strix* 32: 193-198.
- Keeton W T (1974) The mystery of pigeon homing. *Scientific American* 231(6): 96-107.
- Keith J O, Bruggers R L, Kimball B A, Ngondi J G and Elliott C C H (1994) Environmental effects on wetlands of queletox® applied to ploceid roosts in Kenya. *Environmental Toxicology and Chemistry* 13: 333-341.

- 城所 隆 (1984) カルガモによる水稻の被害と防鳥機器の効果. 応用鳥学集報 4: 31-36.
- 北島信秋・黒田長久 (1993) 千葉県北西部におけるカラスの冬季時の分布と就峙個体数. 山階鳥類研究所研究報告 25: 54-61.
- 北崎紀子・谷田創 (1996) 農場におけるハシボソガラスおよびハシブトガラスの盗食行動に関する研究—濃厚飼料に対するカラスの盗食. 日本家畜管理研究会誌 32: 14-15.
- Knittle C E Schafer E W Jr and Fagerstone K A (1990) Status of compound DRC-1339 registrations. Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 14: 311-313.
- 児嶋秀典 (2014) 牛肥育農家でのカラス被害とその対策. 臨床獣医 32(7): 23-26.
- Kryukov A, 鈴木仁, Haring E (2010) カラス類の系統進化史. 『カラスの自然史—系統から遊び行動まで』. pp. 3-19. 樋口広芳・黒沢令子編著. 北海道大学出版会. 札幌.
- 倉田篤・樋口行雄 (1972) 三重県におけるカラス科 2 種の就峙行動. 山階鳥類研究所研究報告 6:489-506.
- 黒田長久 (1969) ハシブトガラスの巣立後の家族行動. 山階鳥類研究所研究報告 5: 640-658.
- 黒田長久 (1970) 東京のハシブトガラスの諸検測例 胃内容, 腸内寄生虫所見. 山階鳥類研究所研究報告 6: 73-81.
- 黒田長久 (1972) 東京のハシブトガラスとハシボソガラスの年周期観察. 山階鳥類研究所研究報告 6: 507-550.
- 黒田長久 (1977) 都会ハシブトガラスのなわばり繁殖観察(続 6、まとめ 2). 山階鳥類研究所研究報告 9: 244-258.
- 黒田長久 (1979) 都会ハシブトガラスのなわばり繁殖観察(続 8、まとめ 4). 山階鳥類研究所研究報告 11: 19-38.
- 黒田長久 (1981) バフ変ハシブトガラスの観察とそのなわばり生活. 山階鳥類研究所研究報告 13: 215-227.
- 黒田長久 (1984) ハシブトガラスの朝起と夜起. 山階鳥類研究所研究報告 16: 93-113.
- Kuroda N (1990) The Jungle crows of Tokyo. Yamashina Institute for Ornithology, Tokyo.
- Kurosawa R, Kanai Y, Matsuda M and Okuyama M (2003) Conflict between Humans and Crows in Greater Tokyo-Garbage Management as a Possible Solution. Global Environmental Research 7: 139-147.
- 黒沢令子・松田道生 (2003) 東京におけるカラス類の繁殖状況. Strix 21: 167-176.
- 黒沢令子・松尾太郎・徳永珠未・小林和也・佐藤瑛子 (2004) 大都市の緑地におけるカラス類の繁殖状況—札幌市北海道大学近辺と東京の比較. Strix 22: 109-116.
- 黒沢令子・成末雅恵・川内博・鈴木君子 (2000) 東京におけるハシブトガラスと生ゴミの関係. Strix 18: 71-78.

- Lane S J, Azuma A and Higuchi H (1998) Wildfowl damage to agriculture in Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 70: 69-77.
- Lane S J and Higuchi H (1998) Efficacy of common protection devices in preventing night-time damage of cabbage crops by Spot-billed Ducks in Japan. *International Journal of Pest Management* 44: 29-34.
- Lane S J and Nakamura K (1996) The effect of night grazing by wigeon (*Anas penelope*) on winter-sown wheat in Japan and the efficacy of black plastic flags as scaring devices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 59: 81-87.
- Linz G M and Bergman D L (1996) DRC-1339 avicide fails to protect ripening sunflowers. *Crop Protection* 15: 307-310.
- Linz G M, Bucher E H, Canavelli S B, Rodriguez E and Avery M L (2015) Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation: A review. *Crop Protection* 76: 46-52.
- Loman J (1984) Breeding success in relation to parent size and experience in a population of the Hooded Crow. *Ornis Scandinavica* 15: 183-187.
- Lowney M S (1993) Excluding non-migratory Canada geese with overhead wire grids. *Proceedings of the Eastern Wildlife Damage Control Conferences* 6: 85-88.
- MacGowan K J (2001) Demographic and behavioral comparisons of suburban and rural American Crows. In: Marzluff J M, Bowman R, Donnelly R. (eds), *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*: 365-381. Kluwer Academic Press, Norwell.
- Maeda K, Robinson A J, Henbest K B, Hogben H J, Biskup T, Ahmad M, Schleicher E, Weber S, Timmel C R and Hore P J (2012) Magnetically sensitive light-induced reactions in cryptochrome are consistent with its proposed role as a magnetoreceptor. *PNAS* 109: 4774-4779.
- Marsh R E, Erickson W A and Salmon T P (1992) Scarecrows and predator models for frightening birds from specific areas. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 112-114.
- Mason J R, Adams M A and Clark L (1989) Anthranilate Repellency to Starlings: Chemical Correlates and Sensory Perception. *Journal of Wildlife Management* 53: 55-64.
- Mason J R and Maruniak J A (1983) Behavioral and physiological effects of capsaicin on red-winged blackbirds. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 19:857-862.
- Mason T H E, Keane A, Redpath S M and Bunnefeld N (2018) The changing environment of conservation conflict: Geese and farming in Scotland. *Journal of Applied Ecology* 55: 651-662.
- 松原始 (2003) ゴミステーションへのネットかけがハシブトガラスの行動圏および繁殖成功におよぼす影響. *Strix* 21: 207-214.

- Matsubara H (2003) Comparative study of territoriality and habitat use in syntopic Jungle Crow (*Corvus macrorhynchos*) and Carrion Crow (*C. corone*). *Ornithological Science* 2: 103-111.
- 松田道生 (2005) 六義園におけるハシブトガラスの死体の数・2002 年. *Bird Research* 1: S9-S13.
- 松井大 (2019) 鳥類の採餌行動の比較研究: 運動制御と形態学的側面に着目して. *動物心理学研究* 69: 69-80.
- Matsui H and Izawa E-I (2017) Flexible motor adjustment of pecking with an artificially extended bill in crows but not in pigeons. *Royal Society Open Science* 4(2) 160796 <https://doi.org/10.1098/rsos.160796>
- Matsui H and Izawa E-I (2019) Rapid adjustment of pecking trajectory to prism-induced visual shifts in crows as compared with pigeons. *Journal of Experimental Biology* 222(4) jeb182345 <https://doi.org/10.1242/jeb.182345>
- 松岡茂 (1982) ダイズのハト害研究の現状. *応用鳥学集報* 2: 26-38.
- 松岡茂 (1991) キニーネとサッカロースーオクタアセテートに対するキジバトの忌避反応. *日本鳥学会誌* 39: 71-81.
- 松岡茂・中村和雄 (1991) 子葉切除によるダイズのハト害の被害解析と減収量の推定. *日本応用動物昆虫学会誌* 35: 13-22.
- McAtee W L and Piper S E (1936) Excluding birds from reservoirs and fishponds. USDA Leaflet No. 120. Washington DC. 6 pp
- McLaren M A, Harris R E and Richardson J W (1984) Effectiveness of an overhead wire barrier in deterring gulls from feeding at a sanitary landfill. *Proceedings: conference and training workshop on wildlife hazards to aircraft, Charleston, South Carolina, U.S.* Dept of Transportation Report DOT/FAA/AAS/84-1: 241-251.
- Miller M R, Sharp D E and Gilmer D S (1989) Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *California Fish and Game* 75: 113-123.
- 溝田智俊・嶋田哲郎・佐々木智恵 (2009) マガンによるブロッコリーとハクサイの採食例. *日本鳥学会誌* 58: 73-76.
- Moerbeek D J, van Dobben W H, Osieck E R, Boere G C and Bungenberg de Jong C M (1987) Cormorant damage prevention at a fish farm in the Netherlands. *Biological Conservation* 39: 23-38.
- 百瀬浩 (2001) 地理情報システムを活用した動物の生息環境の解析. *日本生態学会誌* 51: 239-246.
- 百瀬浩・吉田保志子・光永貴之・八木行雄 (2013) 茨城県南部での調査による農場、畜舎への野生鳥類の侵入に影響する要因と侵入防止対策の評価. *家畜衛生学雑誌* 39: 73-83.
- 百瀬浩・吉田保志子・山口恭弘 (2006) ハシボソガラスとハシブトガラスの営巣密度推

- 定のための予測モデル構築. ランドスケープ研究 69: 523-528.
- 森下英美子・松原始 (2018) 山地の森林におけるハシブトガラスの生息密度と環境選好. 日本鳥学会誌 67: 87-99.
- Mowbray T B, Cooke F and Ganter B (2000) Snow Goose. The Birds of North America, No. 514.
- Mullié W C, Diallo A O, Gadji B and Ndiaye M D (1999) Environmental hazards of mobile ground spraying with cyanophos and fenthion for quelea control in Senegal. Ecotoxicology and Environmental Safety 43: 1-10.
- Murton R K, Westwood N J and Isaacson A J. (1974) A Study of Wood-Pigeon Shooting: The Exploitation of a Natural Animal Population. Journal of Applied Ecology 11: 61-81.
- 中村和雄 (1994) ダイズを加害するキジバトに対するジラム剤の忌避効果. 関東東山病害虫研究会年報 41: 307-309.
- 中村和雄・松岡茂 (1984) ダイズの生育に伴うキジバトの加害率と加害の強さの変化. 応用鳥学集報 4: 1-7.
- 中村和雄・松岡茂 (1988) キジバトによるダイズの被害防止法の確立. 応用鳥学集報 8: 1-12.
- Nakamura M and Murayama S (2004) Are Carrion Crows that congregate in spring roosts juveniles or adults? Ornithological Science 3: 69-73.
- 中村登流・中村雅彦 (1995) 原色日本野鳥生態図鑑<陸鳥編>. 保育社. 大阪.
- Nakamura K, Shirota Y, Kaneko T and Matsuoka S (1995) Scaring effectiveness of eyespot balloons on the rufous turtle dove, *Streptopelia orientalis* (Latham), in a flight cage. Applied Entomology and Zoology 30: 383-392.
- 中村和雄・横山広行 (1995) 臭い物質パラジクロルベンゼンのドバトに対する忌避効果. 日本鳥学会誌 44: 13-19.
- 中村純夫 (1997) ハシボソガラス *Corvus corone* における幼鳥の独立過程. 山階鳥類研究所研究報告 29: 57-66.
- 中村純夫 (1998) ハシボソガラスのなわばり防衛. 日本鳥学会誌 46: 213-223.
- 中村純夫 (2000) 高槻市におけるカラス 2 種の営巣環境の比較. 日本鳥学会誌 49: 39-50.
- 中村純夫 (2003) カラスの季節ねぐら—いつ, どこに, どれだけ—. Strix 21: 177-185.
- 中村善彦 (2002) 牛床のタイヤとカラスによる乳房炎. 畜産技術ひょうご 65 号, <http://hyougo.lin.gr.jp/ghyogo/65/index.htm>
- 中尾弘志 (1981) 北海道におけるキジバトの生態とラゾーミサイルの鳥害防止効果. 今月の農薬 25(9): 2-9.
- 那須曠正・松田石松 (1976) 大豆に対するハト害の実態とその防除対策(2). 農業および園芸 51: 687-690.



- Nelms C O, Avery M L and Decker D G (1990) Assessment of bird damage to early-ripening blueberries in Florida. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 14: 302-306.
- Nemtsov S C and Galili E (2006) A New Wrinkle on an Old Method: Successful Use of Scarecrows as a Non-Lethal Method to Prevent Bird Damage to Field Crops in Israel. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 22: 222-224.
- Newton I (1998) Hunting and Pest Control. In: *Population Limitation in Birds*. pp 379-405. Academic Press, San Diego.
- 仁平義明 (1995) ハシボソガラスの自動車を利用したクルミ割り行動のバリエーション. *日本鳥学会誌* 44: 21-35.
- 日本鳥学会 (2012) 日本鳥類目録改訂第7版. 日本鳥学会, 三田.
- Norman D M, Mason J R and Clark L (1992) Capsaicin effects on consumption of food by Cedar Wax wings and House Finches. *Wilson Bulletin* 104: 549-551.
- 農林水産省生産局農業生産支援課鳥獣被害対策室 (2009) 関係者の連携による銃器捕獲の有効活用. 『野生鳥獣被害防止マニュアル-イノシシ、シカ、サル、カラス (捕獲編) - 』 . pp.104-107. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/manyuaru/old\\_manual/manual\\_hokaku\\_old/hokaku.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/manyuaru/old_manual/manual_hokaku_old/hokaku.html)
- Nugent B, Gagne K and Dillingham M J (2008) Managing Gulls to Reduce Fecal Coliform Bacteria in a Municipal Drinking Water Source. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 23: 26-30.
- 小田谷嘉弥・山口恭弘・熊田那央 (2019) ハス田における防鳥ネットの水鳥類侵入抑制効果. *日本鳥学会誌* 68: 317-325.
- Olsen A K B, Bjerke J W and Tombre, I M (2017) Yield reductions in agricultural grasslands in Norway after springtime grazing by pink-footed geese. *Journal of Applied Ecology* 54: 1836-1846.
- Owen M (1990) The damage-conservation interface illustrated by geese. *IBIS* 132: 238-252.
- Patterson I, Jalil A and East M (1989) Damage to winter cereals by Greylag and Pink-footed Geese in north-east Scotland. *Journal of Applied Ecology* 26: 879-895.
- Pochop P A, Johnson R J, Aguero D A and Eskridge K M (1990) The status of lines in bird damage control -a review. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 14: 317-324.
- Presti D and Pettigrew J D (1980) Ferromagnetic coupling to muscle receptors as a basis for geomagnetic field sensitivity in animals. *Nature* 285: 99-101.
- Queiroz C, Beilin R, Folke C and Lindborg R (2014) Farmland abandonment: threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and*

- the Environment 12: 288-296.
- R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- R Development Core Team (2005) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0 <URL <http://www.R-project.org>>.
- Richner H (1989) Habitat specific growth and fitness in Carrion Crows (*Corvus corone corone*). Journal of Animal Ecology 58: 427-440.
- Ritz T, Adem S and Schulten K (2000) A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds. Biophysical Journal 78: 707-718.
- Robertson D G and Slack R D (1995) Landscape change and its effects on the wintering range of a Lesser Snow Goose *Chen caerulescens caerulescens* population: a review. Biological Conservation 71: 179-185.
- 坂本堅五 (1981) 果樹への鳥害に関する調査－特にムクドリによるナシへの被害を中心として－. 応用鳥学集報 2: 53-57.
- 桜井由絵・藤井啓 (2016) 野生動物と牛サルモネラ症の関連について. 北海道獣医師会雑誌 60: 529-532.
- 佐藤信之・白井正樹・菅野純弥・伊藤憲彦・中島慶人・竹内亨 (2018) カラス属 *Corvus* による太陽光パネルへの置き石・石落とし行動. 日本鳥学会誌 67: 133-137.
- Schafer E W and Brunton R B (1971) Chemicals as Bird Repellents: Two Promising Agents. Journal of Wildlife Management 35: 569-572.
- 嶋田哲郎 (1999) 伊豆沼・内沼周辺の水田における稲刈り法の違いによるガン類の食物量の比較. Strix 17: 111-117.
- 嶋田哲郎・溝田智俊 (2008) 宮城県北部におけるガン類餌資源としての転作大豆. 日本鳥学会誌 57: 20-24.
- 嶋田哲郎・溝田智俊 (2009) ガン類の摂食による起生期麦類の現存量と子実収量への影響: 宮城県北部における事例解析. 日本鳥学会誌 58: 86-90.
- 清水祐治・稲垣明・種田芳基・高松美智則・大竹良知・中森雅澄 (1988) ドバトの生態並びにダイズ栽培におけるハト害の実態と防除法の研究. 応用鳥学集報 8: 21-48.
- 白井正樹・笹野耕平 (2020) カラス属 *Corvus* の飛来・ねぐら利用による送電線下のフン害事例. 都市計画報告集 19: 294-296.
- 城田安幸 (1984) 目玉模様を利用した鳥害防除. 植物防疫 38: 510-513.
- 食品安全委員会農薬専門調査会 (2019) 農薬評価書(案)メチオカルブ [https://www.fsc.go.jp/iken-bosyu/pc1\\_nouyaku\\_methi\\_210514.pdf](https://www.fsc.go.jp/iken-bosyu/pc1_nouyaku_methi_210514.pdf) (2021年12月3日参照)
- Smedshaug C A, Lund S E, Brekke A, Sonerud G A and Rafoss T (2002) The importance

- of the farmland-forest edge for area use of breeding Hooded Crows as revealed by radio telemetry. *Ornis Fennica* 79: 1-13.
- Stahl R S, Werner S J, Cummings J L and Johnston J J (2008) Computer Simulations of Baiting Efficacy for Raven Management Using DRC-1339 Egg Baits. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 23: 94-97.
- Steinegger D H, Aguero D A, Johnson R J and Eskridge K M (1991) Monofilament lines fail to protect grapes from bird damage. *Hortscience* 26(7): 924.
- Stern R T, Elias D J and Cerven D R (1992) The pesticide reregistration process: Collections of human health hazards data for 3-chloro-p-toluidine hydrochloride (DRC-1339). *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 15: 62-66.
- Stickley A R and Guarino J L (1972) A repellent for protecting corn seed from blackbirds and crows. *Journal of Wildlife Management* 36: 150-152.
- Stullken D E and Kirkpatrick C M (1953) A Determination of Hole Sizes Which Exclude Certain Predatory Mammals. *Journal of Wildlife Management* 17: 124-128.
- 須藤明子 (2020) カワウにおける広域管理とローカル被害対策の整合性: ねぐら・コロニーの配置計画に基づく重層的管理. *保全生態学研究* 25:169-176
- 杉田昭栄 (2004) カラス おもしろ生態とかしこい防ぎ方. 農山漁村文化協会. 東京.
- 杉田昭栄 (2010) ハシブトガラスの識別能力. 『カラスの自然史—系統から遊び行動まで』. pp. 201-218. 樋口広芳・黒沢令子編著. 北海道大学出版会. 札幌.
- 杉田昭栄 (2018) カラス学のすすめ. 緑書房. 東京.
- 鈴木勝征・吉永勝一 (1999) 果樹栽培における鳥獣被害及び防止法の現状. *果樹試験場報告* 32: 39-64.
- 鈴木祥悟・亀川健一・伊澤敏彦・谷本岳 (1998) 水稻直播栽培における鳥害防除—湛水直播でのカルガモ害回避について—. *植物防疫* 52: 385-388.
- Swindle K F (2002) Current Uses of Avitrol® for Bird Management. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 20: 114-116.
- Szolcsanyi J, Sann H and Pierau F-K (1986) Nociception in pigeons is not impaired by capsaicin. *Pain* 27: 247-260.
- 橘敏雄 (2006) 航空機と鳥の衝突(バード・ストライク)問題. *航空環境研究* (10): 22-27.
- 高城哲男 (1995) 水稻湛水直播栽培におけるカモ害の発生と回避技術. *植物防疫* 49: 232-234.
- 高山耕二・中村真紀子・内山勇紀・福永大悟・赤井克己・中西良孝 (2008) アイガモ農法におけるカラス害防除に関する研究. *西日本畜産学会報* 51: 83-88.
- 竹田努・青山真人・杉田昭栄 (2015) ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* の移動距離と家畜農場への飛来の季節変動. *日本畜産学会報* 86: 191-199.
- 竹内亨・小林聡 (2012) 送電鉄塔におけるカラスの営巣利用の実態とカラス用対策品

- の効果. 電力中央研究所報告: V11011.
- 玉田克巳 (1996) 北海道におけるハシボソガラスとハシブトガラスの移動について. 日本鳥類標識協会誌 11: 56-64.
- 玉田克巳 (1998) 北海道のカラス被害と対策. 植物防疫 52: 381-384.
- 玉田克巳 (2004) 北海道池田町におけるハシボソガラスとハシブトガラスの外部計測値とその性差. 日本鳥学会誌 53: 93-97.
- 玉田克巳・藤巻裕蔵 (1993) 帯広市とその周辺におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖生態. 日本鳥学会誌 42: 9-20.
- 玉田克巳・深松登 (1992) 捕獲小屋で捕獲されたハシボソガラスとハシブトガラスの捕獲数と年齢構成の季節変化. 日本鳥学会誌 40: 79-82.
- Tanimura N, Tsukamoto K, Okamatsu M, Mase M, Imada T, Nakamura K, Kubo M, Yamaguchi S, Irishio W, Hayashi M, Nakai T, Yamauchi A, Nishimura M and Imai K (2006) Pathology of Fatal Highly Pathogenic H5N1 Avian Influenza Virus Infection in Large-billed Crows (*Corvus macrorhynchos*) during the 2004 Outbreak in Japan. *Veterinary Pathology* 43: 500-509.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger W H, Simberloff D and Swackhamer D (2001) Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Tobin M E (2002) Developing methods to manage conflicts between humans and birds - three decades of change at the USDA National Wildlife Research Center. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 20: 91-96.
- 塚原直樹 (2021) カラスをだます. NHK 出版. 東京.
- 上田弘則 (2018) 野生動物から守りやすい田畑とは. 『動物の行動から考える 決定版 農作物を守る鳥獣害対策』. pp.16-23. 江口祐輔編著. 誠文堂新光社. 東京.
- 植村振作・河村宏・辻万千子・富田重行・前田静夫 (2002) 農薬毒性の辞典 改訂版. 三省堂. 東京.
- USDA-APHIS-Wildlife Services (2019) Chapter XVII Use of DRC-1339 in Wildlife Damage Management Risk Assessment. Human Health and Ecological Risk Assessment for the Use of Wildlife Damage Management Methods. [https://www.aphis.usda.gov/wildlife\\_damage/nepa/risk\\_assessment/16-DRC1339.pdf](https://www.aphis.usda.gov/wildlife_damage/nepa/risk_assessment/16-DRC1339.pdf) (2021年12月3日参照)
- VerCauteren K C and Marks D R (2002) Feasibility of administering an oral reproductive inhibitor to resident Canada geese. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 20: 187-193.
- Vogt P F (2000) Effective dispersal of birds from buildings and structures by fogging with Rejex-it® TP-40. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 19: 77-80.
- Walcott C, Gould J L and Kirschvink J L (1979) Pigeons have magnets. *Science* 205:

1027-1029.

- Ward P (1965) Feeding ecology of the black-faced dioch *Quelea quelea* in Nigeria. *Ibis* 107: 173-214.
- Warner R E, Havera S P, David L M and Siemers R J (1989) Seasonal abundance of waste corn and soybeans in Illinois. *Journal of Wildlife Management* 53: 142-148.
- 渡辺博剛 (1990) ソルガム・トウモロコシ播種期における鳥害防止対策. 畜産コンサルタント 26: 38-43.
- 渡辺朝一 (2012) ハス田に敷設された防鳥ネットに羅網した野鳥の被害状況と防鳥ネット敷設が鳥類の生息に与える影響. *Bird Research* 8: A11-A18.
- 渡辺ユキ・樋口広芳 (2006) 殺虫剤フェンチオンの使用回避についての要望書提出の経緯と国の対応. *保全生態学研究* 11: 70-75.
- Watari R, Yamaguchi C, Zemba W, Kubo Y, Okano K and Okano T (2012) Light-dependent structural change of chicken retinal Cryptochrome4. *Journal of Biological Chemistry* 287: 42634-42641.
- Weindler P, Böhme F, Liepa V and Wiltshko W (1998) The role of daytime cues in the development of magnetic orientation in a night-migrating bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 289-294.
- Werner S J, Homan H J, Avery M L and Linz G M (2005) Evaluation of Bird Shield (TM) as a blackbird repellent in ripening rice and sunflower fields. *Wildlife Society Bulletin* 33: 251-257.
- Werner S J, Linz G M, Carlson J C and Pettit S E (2011) Anthraquinone-based bird repellent for sunflower crops. *Applied Animal Behaviour Science* 129: 162-169.
- West R R, Brunton R B and Cunningham D J (1969) Repelling Pheasants from Sprouting Corn with a Carbamate Insecticide. *Journal of Wildlife Management* 33: 216-219.
- Wittenberg J (1968) Freilanduntersuchungen zu brutbiologie und verhalten der Rabenkrahe (*Corvus c. corone*). *Nomenclator Zoologicus* 95: 16-146. (in German with English summary)
- Wolf E and MacDonald A (2016) The Efficacy of OvoControl® (0.5% nicarbazin) in the Management of Feral Pigeons (*Columba livia*). *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 27: 403-406.
- Woronecki P P (1988) Effect of ultrasonic, visual, and sonic devices on pigeon numbers in a vacant building. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* 13: 266-272.
- 屋地康平・松木吏弓・北村亘・畔柳俊幸・足立和郎 (2013) ペリットの DNA 解析が明らかにしたハシブトガラスのシリコーン採食. *日本鳥学会誌* 62: 45-51.
- 山岸哲 (1962) カラスの就埒行動について 第 I 報 長野県下での秋冬の埒について. *日本生態学会誌* 12: 54-59.
- 山口恭弘 (2020) スズメの侵入抑制に効果的な糸の設置間隔. *Animal Behaviour and*

Management 56: 105-111.

- 山口恭弘・笠原里恵・百瀬浩 (2015) スズメの通過できない網目サイズと穴掘りによる侵入行動. *Animal Behaviour and Management* 51: 157-163.
- 山口恭弘・吉田保志子 (2015) 樹高 3.5m までの果樹に防鳥網を簡単に掛け外しする方法「らくらく設置 3.5」. 平成 27 年度普及成果情報. 農研機構 <[https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/narc/2015/15\\_092.html](https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/narc/2015/15_092.html)>
- 山科秀也 (1981) 襟裳肉牛牧場におけるカラスの被害. *日本獣医師会雑誌* 34: 428-433.
- 山階芳麿 (1980) 日本の鳥類と其の生態 第一巻. 出版科学総合研究所, 東京.
- 安江健・佐久間栄一・松澤安夫 (2013) ハシブトガラス(*Corvus macrorhynchos*)による異なる顔写真からの同一人物の識別とその記憶保持期間. *Animal Behaviour and Management* 49: 80-90.
- 安延義弘 (1983) ナシ果を加害するムクドリ防除法. *植物防疫* 37: 538-542.
- Yom-Tov Y (1974) The effect of food and predation on breeding density and success, clutch size and laying date of the crow (*Corvus corone* L.). *Journal of Animal Ecology* 43: 479-498.
- 吉田保志子 (2006) カラスの生態と被害対策について. *農業技術* 61(10): 445-449.
- 吉田保志子 (2014) カラスの生態と牛舎における被害. *臨床獣医* 32(7): 12-16.
- 吉田保志子 (2019) 豚舎における害鳥対策のポイント. *養豚界* 54(7): 32-36.
- 吉田保志子・井上雅央・上田弘則・佐伯緑・百瀬浩 (2009) 低樹高の果樹および果菜類に防鳥網を簡易に掛け外しする方法. 平成 21 年度研究成果情報. 農研機構 <<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/narc/2009/narc09-12.html>>
- 吉田保志子・百瀬浩・山口恭弘 (2006) 農村地域におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖成績とそれに影響する要因. *日本鳥学会誌* 55: 56-66.
- 吉田保志子・佐伯緑 (2020) テグス(釣り糸)を利用した果樹園へのカラス侵入対策. *植物防疫* 74(8): 448-453.
- 吉田保志子・佐伯緑・百瀬浩 (2016) ハシブトガラスの侵入を阻止するための網の目合. *Animal Behaviour and Management* 52: 1-11.
- Yoshida H, Saeki M and Momose H. (2019) Effective line installation technique for preventing crow intrusion into orchards. *Applied Entomology and Zoology* 54(4): 399-408.
- 吉田保志子・山口恭弘 (2017) すぐに使えてわかりやすい「農研機構の鳥害対策」パンフレットおよび動画. 平成 29 年度過年度普及成果情報. 農研機構 <[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/carc/2017/17\\_077.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/carc/2017/17_077.html)>
- 吉田保志子・山口恭弘・佐伯緑・水井陽介 (2021) カラスとスズメに対する磁石の忌避効果は認められない. *日本鳥学会誌* 70: 175-181.
- 吉田保晴 (2003) ハシボソガラス *Corvus corone* のなわばり非所有個体の採食地と埒

の利用. 山階鳥類研究所研究報告 34: 257-269.

吉原正人・鈴木馨・梶光一 (2015) 都心と郊外のトラップで捕獲されたハシブトガラスの月別捕獲数とその構成の比較. 日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌 51: 73-80.

由井正敏 (1988) 大豆の鳥害防止法の研究. 応用鳥学集報 8: 13-20.

由井正敏 (1984) にせ餌利用によるハト害の防除. 植物防疫 38: 520-523.