

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

SII-1-1 希少鳥類の保全のための総合的リスク評価法の開発と社会実装 (JPMEERF18S20110)

平成30年度～令和3年度

Development of a Risk Factor Surveillance System for Conservation of Endangered Bird Species and Studies on the Risk for their Population Reduction Due to Avian Influenza Virus Infection and a Countermeasure Against the Risk

〈研究代表機関〉

学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学

〈研究協力機関〉

国立研究開発法人国立環境研究所

国立大学法人北海道大学

国立大学法人鹿児島大学

国立大学法人鳥取大学

公益財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団

公益社団法人日本動物園水族館協会

○図表番号の付番方法について

「Ⅰ. 成果の概要」の図表番号は「0. 通し番号」としております。なお、「Ⅱ. 成果の詳細」にて使用した図表を転用する場合には、転用元と同じ番号を付番しております。

「Ⅱ. 成果の詳細」の図表番号は「サブテーマ番号. 通し番号」としております。なお、異なるサブテーマから図表を転用する場合は、転用元と同じ図表番号としております。

令和4年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	10
II-1 希少鳥類の保全のための総合的リスク評価法の開発と社会実装 （学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学）	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
III. 研究成果の発表状況の詳細	29
IV. 英文Abstract	33

I. 成果の概要

課題名 SII-1-1 希少鳥類の保全のための総合的リスク評価法の開発と社会実装
 課題代表者名 羽山 伸一 (学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学 獣医学部 教授)

研究実施期間 平成30年度～令和2年度
 但し、新型コロナウイルスの影響のため、令和4年3月まで延長

研究経費 (千円)

	契約額	実績額 (前事業年度繰越分支出額含む)
平成30年度	9,000	7,777
令和元年度	12,055	11,655
令和2年度	8,334	8,554
令和3年度	3,721	2,490
合計額	33,110	30,476

本研究のキーワード HPAI、鉛汚染、サーベイランス、動物園水族館、野鳥、野生動物、希少鳥類、鳥インフルエンザ、感染症

研究体制

(サブテーマ1) 希少鳥類の保全のための総合的リスク評価法の開発と社会実装 (学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学) (JPMEERF18S20101)

他のサブテーマはない。

研究協力機関

国立研究開発法人国立環境研究所、国立大学法人北海道大学、国立大学法人鹿児島大学、国立大学法人鳥取大学、公益財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団、公益社団法人日本動物園水族館協会

1. はじめに (研究背景等)

鳥類の減少要因としては、森林伐採や外来種による捕食者侵入・食害等が挙げられ、それらについては自然公園法等に基づく保護地域の指定や、外来種の防除事業などの対策が実施されてきた。その一方で、近年、感染症等による野鳥の大量死は、新たな絶滅リスクとして、特に希少鳥類への影響が懸念されている。

特に感染症のうち、高病原性鳥インフルエンザウイルス (HPAIV) については、すでに世界各地でガン類、ツル類、猛禽類などの希少鳥類の死亡が確認されている。平成17、18年には中国の青海湖やモンゴルで希少種のインドガンが大量死した事例も発生する等、人獣共通感染症としての人の健康影響、家畜・農家等への経済的影響だけでなく、生物多様性の影響も懸念されている。我が国でも高病原性鳥インフルエンザ (HPAI) は、平成28-29年シーズンにH5N6亜型のウイルスによる野鳥等の事例が過去最高の22都道府県、218例確認され、この中にはツル類等の希少鳥類も含まれている。さらに、希少鳥類で病原性が高い新たなウイルスが出現する可能性があり、保全上の新たな脅威となっている。

一方、近年になってエジプトハゲワシやカリフォルニアコンドルなどの希少猛禽類で低濃度鉛曝露による免疫抑制などの影響が報告されるようになり、感染症の流行などで大量死をまねくおそれがあるため、絶滅リスクになることが指摘されている。我が国の鉛汚染としては、平成9年頃から北海道に

においてオジロワシ等の猛禽類がシカ猟等で大量に使用されている鉛銃弾を摂取したことによる中毒症例が相次いで確認されたため、平成12年から北海道全域で鉛銃弾の規制が開始されている。しかし、本州以南については、猛禽類などの中毒発症例は環境省の調査では1例しか確認されていないことから、水鳥の症例があった主要な水辺地域以外には鉛製銃弾の規制はされていない。

2. 研究開発目的

- 希少鳥類の新たな脅威となる高病原性鳥インフルエンザ及び免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な影響も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発するとともに、希少鳥類の保全対策の推進に貢献する。
- 総合的なリスク評価手法の開発により、高病原性鳥インフルエンザモニタリングの実施、監視による迅速な対策の推進、鉛汚染のリスク評価を踏まえた本州以南の鉛弾規制の強化に寄与する。

3. 研究目標

全体目標	研究全体を総括し、希少鳥類の新たな脅威となる高病原性鳥インフルエンザに着目して、免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な評価も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発する。 また、総合的なリスク評価手法の開発により、日本を含む東アジアにおける高病原性鳥インフルエンザモニタリングの実施、監視による迅速な対策の推進、鉛汚染のリスク評価を踏まえた本州以南の鉛弾規制の強化に寄与する。
------	---

サブテーマ1	希少鳥類の保全のための総合的リスク評価手法の開発と社会実装
サブテーマリーダー/所属機関	羽山伸一/学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学 獣医学部
目標	研究全体を総括し、希少鳥類の新たな脅威となる高病原性鳥インフルエンザに着目して、免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な評価も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発するとともに、それを社会実装する手法を提案する。 また、国内外の実践事例を参考にして開発した実効性の高いリスク評価手法を用い、モデル拠点における実装シミュレーションを試行し、アウトカムとして社会実装可能なリスク評価手法を提案する。

4. 研究開発内容

国内におけるHPAIおよび野鳥の鉛汚染のサーベイランス体制の実態把握のため、国内における関連するサーベイランスシステムの現状について、アンケート調査や現地での聞き取り調査を実施し、都道府県政令市における家畜等の検査体制との関連や課題などを明らかにした。

国外における野鳥のHPAIおよび鉛汚染のサーベイランス体制、および希少鳥類の保全医学的サーベイランス体制の実態を把握するため、国外における関連するサーベイランスシステムの現状調査を実施するとともに、わが国のシステムと対比して利点・欠点を抽出し、新たなシステムの提案に向けた検討を行った。さらに、国内におけるサーベイランスの拠点施設からモデル的なものを選定し、新たなサーベイランスシステムの実装可能性試験を試行した。

他のテーマで開発されたサーベイランスシステムを利用して、わが国における希少鳥類における総合的リスク評価手法を開発した。

総合的リスク評価手法を社会実装するため、モデルとなる拠点施設および県職員の研修会において実装試験を実施した。

研究プロジェクト全体の統括を進めるとともに、研究成果を公表するための研究会を開催し、また国内外の専門家とオンラインで情報交換し、本プロジェクトの成果と社会実装への提言を公表した。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

(1) 野生動物疾病サーベイランスの現状

(1) - 1 国内におけるサーベイランス体制

(1) - 1 - 1 鳥インフルエンザのサーベイランス

(1) - 1 - 1 - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

都道府県では、通常時の野鳥HPAIサーベイランスとして死亡野鳥の検査と糞便調査が主に実施されていた。また、都道府県の50%以上では、救護個体などの生体は検査の対象とされていなかった（明らかな外傷がない異常個体など、一部の生体を検査しない場合を含む）。死亡野鳥調査の検査対象となる個体数は、対応レベルが上がるにつれて減少させており、環境省のマニュアルに則って検査対象を増やし、監視が強化された。一方、生息状況調査または巡視では、都道府県内で発生する前の段階で強化する都道府県は25%に満たなかった。通常時には24都道府県、野鳥監視重点地域内で回収された場合も23都道府県では、家畜保健衛生所が野鳥の簡易検査を担っていた（複数機関を回答した都道府県を含む）。

地方環境事務所の回答によると、希少種の死亡鳥の回収および簡易検査がすべて実施する4カ所、一部を都道府県やNPO等に依頼する5カ所がみられた（ $N = 9$ ）。一方、都道府県の回答では、ほとんどの都道府県で希少種の回収や簡易検査が実施されていた（ $N = 37$ ）。また、国指定鳥獣保護区内の死亡鳥は、地方環境事務所（ $N = 9$ ）と都道府県（ $N = 37$ ）の双方で回収と簡易検査が実施されていた。

拠点施設では、水鳥類の糞便（28%）、環境水（52%）、泥や堆積物（48%）の採取調査に現在協力しているもしくは過去5年以内に協力した経験があり、協力できると回答した施設と合計すると、それぞれ52%（糞便）、52%（環境水）、48%（泥や堆積物）であった。加えて、鳥類の生体捕獲調査は9カ所（36%）で実施されていた。

(1) - 1 - 1 - 2 救護個体の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

希少鳥の救護個体は、すべての救護専用施設、および動物園救護施設の86%で受け入れられていた。救護専用施設では一部停止を含め半径30km圏内でHPAIが発生しても50%以上の施設で受け入れが停止されない一方、動物園救護施設では、国内でHPAIが発生した時点で50%以上の施設で受け入れが停止された。受け入れ個体の隔離施設は、救護専用施設、動物園救護施設ともに30%以上で整備されていた。治療施設は、両施設ともに40%以上で整備されていたが、飼養動物のための隔離施設や治療施設を救護動物にも使用したり、飼養動物と救護動物の両方を同じ獣医師が治療を担当する動物園救護施設もみられた。

(1) - 1 - 1 - 3 飼養鳥の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

飼養鳥の簡易検査は動物園水族館で実施されることが多かったが、遺伝子検査機関が決まっていない地方自治体は13都道府県および25政令市等でみられた。動物園水族館では、HPAI感染が疑われる飼養動物は隔離飼育される傾向にあり、HPAIが確定した時点で安楽殺が検討されることが多かった。2016-2017年シーズンと2020-2021年シーズンのHPAI対策において、該当する園館の20%以上で改善がみられたのは、来園者が施設内に入る鳥舎、ふれあい動物園、野外の鳥類飼養施設および園館の入口への手指消毒液または手洗い場の設置、ふれあい動物園への来園館者の立ち入りの中止であった。また、園内HPAI対策マニュアルの整備・運用が開始されていた園館は、2016-2017年シーズンには31園館であったが、2020-2021年シーズンには37園館まで増加した。2020-2021年シーズンは、2016-2017年シーズンよりも感染症対策に対する意識が高まっていることがうかがえるが、手指消毒や手洗い場の設置は新型コロナウイルス

ス対策として実施されていた園館も多かった。

(1) - 1 - 2 鉛汚染のサーベイランス

鉛汚染検査を実施していると回答したのは、地方環境事務所で2カ所 ($N=9$)、都道府県で2カ所 ($N=30$)、救護専用施設は7カ所 ($N=30$)、動物園救護施設は6カ所 ($N=35$)であった。一方、鉛中毒の疑われる事例がみられたのは、都道府県で5カ所 ($N=33$)、救護専用施設は9カ所 ($N=30$)、動物園救護施設は7カ所 ($N=35$)であり、鉛汚染検査を実施していない地域でも発生している可能性があることが推察された。

(1) - 2 海外におけるサーベイランス体制

(1) - 2 - 1 鳥インフルエンザのサーベイランス

野鳥における鳥インフルエンザ (AI) サーベイランスは、主に家きんや飼養鳥の感染を防ぐための早期警戒情報として、世界各国で実施されてきた。アメリカやイギリス、ドイツ、ベルギー、オーストラリアでは、家きん、野鳥、動物園等飼養鳥のAIサーベイランスは、それぞれ農務省 (USDA)、環境・食料・農村地域省 (Defra)、連邦食糧・農業省 (BMEL)、連邦フードチェーン安全庁 (FASFC)、農業・水資源・環境省 (DAWE) の動物衛生部局により一括して所管されている。韓国では、家きんのAIサーベイランスは農林畜産食品部、野鳥および飼養鳥のAIサーベイランスは環境部により所管され、個々の検査体制が構築されていた。

(1) - 2 - 2 鉛汚染のサーベイランス

野鳥における鉛汚染サーベイランスは、欧米で盛んに実施されてきたが、それらの多くはNGOや大学等研究機関などの民間団体によるものであり、AIサーベイランスのように政府によるサーベイランスは限られていた。イギリスでは、国指定保護区を管理するWildfowl & Wetlands Trust (WWT) により、保護区内のガンカモ類が毎年捕獲され、鉛汚染状況が監視されている。アメリカでは、アメリカ地質調査所 (USGS) の National Wildlife Health Center (NWHC) が中心となり、全米で回収されたワシ類の鉛濃度が計測されていた。

(1) - 2 - 3 野生動物疾病のサーベイランス

野生動物の死因を究明する一般サーベイランスの体制についても、国により整備体制は異なる。アメリカでは、大量死が発生した際にNWHCが州政府機関を通じて死体を受け入れ死因究明し、その結果はウェブサイトのデータベース (WHISPers) で公開されていた。オーストラリアではWildlife Health Australia (WHA) が主導し、獣医大学や動物園救護施設に持ち込まれた野生動物の疾病サーベイランスが実施されている。韓国は、AIサーベイランスのために回収された野鳥の死因究明が進められていた。

(2) サーベイランスの現状の分析、リスク評価、課題抽出

(2) - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

2005年ごろより、欧米諸国をはじめとして野鳥におけるAIのリスク評価が実施され、検査対象種やサーベイランスの重点地域の特定が行われた。例えばアメリカでは、USDAに加え、内務省 (DOI) の研究機関であるUSGSやアメリカ魚類野生生物局 (USFWS)、州政府機関などとの共同プロジェクトにより、2006-2009年の5年間に28万羽以上の野鳥と10万検体以上の糞便が検査され、リスク評価が行われた。現在多くの国々で実施されているAIサーベイランスは、死亡鳥や衰弱鳥を発見した際の通報によるパッシブサーベイランスが主流であるが、ベルギーやオーストラリア、韓国など一部の国々では、捕獲個体や狩猟個体、糞便などを対象としたアクティブサーベイランスも、国のサーベイランスとして継続的に実施されていた。

(2) - 2 鉛汚染のサーベイランス

欧米をはじめとする海外の鉛弾や鉛製釣おもりの影響評価や規制は、渡り性水鳥類の生息地の保全を軸に進められてきたが、シカなどで使用される鉛製ライフル弾の使用規制は一部の地域に限定されており、国レベルではほとんど進んでいなかった。ヨーロッパ連合 (EU) では、2023年までに湿地での鉛散弾の使用禁止が開始される予定であり、デンマークではライフル弾を含むすべての鉛弾と鉛製釣り錘が2023年に完全撤廃される予定であり、アメリカでも水鳥類の生息地における鉛弾の使用禁止が全米で実

施されており、さらにカリフォルニア州では全ての鉛弾の使用が禁止されていた。

しかし依然として、野生鳥類の鉛汚染は世界各地でガンカモ類や猛禽類を中心に報告されている。アメリカでもワシ類の死亡個体や救護個体、捕獲された生体の検査により、慢性的な鉛曝露がみられることが示された。イギリスでは、ハクチョウ類の釣り錘の誤飲による鉛中毒が発生し、釣り錘の規制につながった。南米では、欧米の研究チームと協働して野生動物や人における鉛汚染の実態把握が進められ、野生鳥類だけでなく、狩猟された肉類を日常的に摂取している子供でも鉛汚染レベルが高かったことが明らかになり、鉛弾の規制につながった。

日本国内では、全国各地の研究機関等による鉛汚染サーベイランスの報告があり、猛禽類とガンカモ類の死亡鳥で鉛中毒が報告されているが、既存研究では生体で検査された例は少なく、死亡鳥や救護個体の鉛濃度を計測するパッシブサーベイランスに加え、低濃度曝露を把握するには糞便や生体捕獲によるアクティブサーベイランスを実施し、曝露状況の実態解明が必要と考えられた。

(2) - 3 総合的リスク評価手法

本プロジェクトでは、野生動物疾病における総合的リスク評価手法として、3段階の評価手法を開発した(研究の全体概要図参照)。第1段階では、調査すべき感染症および化学物質を見極めるため、それらの優先順位を決定する手法を開発した(テーマ1)。第2段階では、優先度が高いとされた疾病としてHPAIおよび鉛汚染を例に、個体や細胞の感染曝露実験により影響の大きい分類群や種(テーマ2-1、2-3、2-4、3-2)、リスクマップ作成やホットスポット解析(テーマ3-1)などの空間的リスク評価により感染(曝露)リスクの高い地域を明らかにし、検体種別や検査方法の検証(テーマ2-1、2-3、3-3)、感染症や化学物質汚染の有無の確認に必要とされる検体数の推定(テーマ1)により、効率的に検出可能なサーベイランス方法を開発した。第3段階では、希少動物をはじめとする野生動物への感染症や化学物質の影響の緩和策として、HPAIおよび鉛汚染を例に、早期発見およびエビデンスに基づいた監視体制の構築・維持方法(テーマ1)と希少動物の治療法を開発した(テーマ2-2)。さらに、影響の大きい製品を解明することで(テーマ3-2)、規制強化に向けたエビデンスとした。テーマ1では、第1段階の感染症の優先順位決定、効率的サーベイランスのための検体数推定およびサーベイランスマップの作成、そして生体捕獲によるアクティブサーベイランスの試行により、総合的リスク評価手法の開発に加え、第1、第3段階については社会実装にむけた実装シミュレーションを実施し、課題が抽出できた。

(3) 課題解決、社会実装のための提案

(3) - 1 鳥インフルエンザのサーベイランスと防疫対策

(3) - 1 - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

①早期警戒システムとして積極的なサーベイランス体制の整備

環境省HPAIサーベイランスによる死亡野鳥等調査と糞便採取調査では、HPAIウイルスの侵入を早期発見は難しいことが示された。しかしながら、大学等研究機関により採取および検査された水鳥類の糞便からはHPAIVが検出されており、国内におけるHPAIVの早期発見に成功した例もみられる。テーマ2で実施した様々な検体によるAI検査では、環境水のみで検出された都道府県もあり、調査自体も簡便なことから、糞便調査を補完する手法として有用であり、環境省HPAIサーベイランスでも普及が望まれる。そして、全国の自然環境部局職員を対象としたサーベイランス講習会を定期的で開催し、担当者のスキルアップを図ることを提案する。また、韓国の糞便サーベイランス体制のように、獣医大学の協力を得て、糞便採取調査や環境水検査等のHPAIサーベイランスへの協力を得ることも、人材育成や普及啓発の面でも検討すべきと考える。

都道府県では、自都道府県で発生して初めて監視強化する都道府県が30%を超えたが、移動能力の高い渡り鳥が運ぶHPAIVは、国内や韓国などの近隣国で発生した時点で監視を強化すべきである。ガンカモ類などの渡り鳥生息地、特にラムサール条約登録湿地には水鳥・湿地センターなどの拠点施設が設置されており、拠点施設の職員により定期的に生息地の巡視や鳥類調査が実施されていた。そこで、渡り鳥生息地の拠点施設での巡視状況を都道府県や地方環境事務所と積極的に情報共有することで、HPAIの監視強化につながると考えられる。

②早期発見等に適した鳥種を見極める適正なリスク評価

検査優先種やその優先度は、死亡鳥および衰弱鳥における陽性率や陽性事例の有無を基に作成されてきた。さらに検査優先種における検査対象数を決定することにより、HPAIVのキャリアとして考えられているカモ類や、単独で行動する猛禽類などの鳥類ですら、対象数に満たなければ検査されず、正確なリスク評価や早期発見の妨げになってきた可能性が示された。海外のように、検査対象数自体を決めず、発見時の状況や場所等の情報により検査の実施を判断したり、1羽から検査を実施し、HPAI流行時に正確なリスク評価ができるよう、努めることが重要であろう。また、サーベイランスマップを作成することで、各都道府県で糞便や死亡鳥などの検体の採取目標数を視覚化し、定期的に更新することも有用と考えられる。

③死亡野鳥検査における診断の迅速化

2016-2017年シーズンから2020-2021年シーズンまでの死亡野鳥等調査において、回収から確定検査結果が得られるまでの所要日数は、 8.8 ± 3.4 (SD) 日 (N=283) を要していたため、死亡野鳥検査における診断の迅速化が必要と考えられた。2021年10月のマニュアル改訂により、検査機関（旧遺伝子検査機関）または研究機関（旧確定検査機関）における遺伝子検査で検査結果を確定可能となったことにより、2021-2022年シーズンの同日数は、 6.5 ± 2.0 (SD) 日 (N=104) に改善された。

④発生時の監視体制強化

HPAI発生時、都道府県では死亡鳥の検査対象は増やされるものの、野鳥の生息地等の巡視や鳥類生息調査などのアクティブサーベイランスは、自都道府県内で発生した際も35%にとどまっていた。これまでのHPAI流行シーズンにおける野鳥での発生パターンより、日本全国で同時多発的にHPAIが発生するため、1例目が検出された時点で、野鳥のAIサーベイランスはただちに全国で監視が強化されるべきである。

(3) - 1 - 2 希少鳥類の救護と防疫対策

イギリスの希少鳥類保護増殖施設では、飼養施設自体が希少性に基いて整備されていた。感染症対策を十分に施した施設で全ての飼養鳥を飼養できない場合は、希少性に応じて優先順位を決定し、飼養施設を整備すべきである。また、救護施設の設備や規模は施設ごとに大きく異なり、ヘパフィルターなどの感染症対策が完備された隔離施設をはじめ、治療施設、HPAI感染時に専任の獣医師を配置する余裕のある救護施設は限られている。そのため、HPAIなどの重大な感染症が発生した際に施設に貸し出せる移動式の隔離施設を、環境省の野生生物保護センターなど希少動物保全の拠点施設に配備することを提案する。

(3) - 1 - 3 飼養鳥の防疫対策

①動物園等飼養施設と関係機関の連携体制の整備

動物園水族館におけるHPAI発生時は、動物愛護管理部局、自然環境部局、そして畜産部局など、関連部局が多岐にわたる。それらの連携体制をあらかじめ構築し、相互に確認している必要がある。そのためには、Zoo and Aquarium All Hazards Partnership (ZAHP) により実施されている動物園関係者の講習会のように、各部局が一堂に会し、合同講習会や防疫訓練を定期的に開催したり、動物園職員の災害時や日々の感染症対策を普及啓発するプログラムを実施し、当事者たちの意識を高めることが重要である。

②飼養鳥の隔離・治療体制の整備

動物園水族館の設備や規模は施設ごとに大きく異なり、感染症対策を完備した隔離施設をはじめ、治療施設、HPAI感染時に専任の獣医師を配置する余裕のある園館は限られている。HPAIに感染した飼養鳥を隔離飼育する場合、隔離施設の設備や運用方法などの基準を環境省が明確にすべきである。救護施設と同様に、全国の拠点施設に移動式の隔離施設を配備し、飼養鳥にも利用可能とすることを提案する。また、救護個体を受け入れている園館は、救護個体を介したHPAIVの侵入を防ぐため、救護個体と飼養鳥が施設や人員を共有しないようすべきである。これらを共有する場合は、秋から春にかけての渡り鳥飛来時期には救護個体の受け入れを停止し、HPAI対策を強化することが望まれる。

(3) - 2 鉛汚染のサーベイランス

国内における鉛汚染の実態把握は、本州以南の猛禽類やその他の鳥類については、全国的に不足している。本プロジェクトでは、本州の猛禽類とカモ類の死亡鳥や救護個体に加え、捕獲した生体や糞便からの鉛濃度測定により実態把握が進んだ。今後も野鳥HPAIサーベイランス体制を拡張して検体の収集体制を整備し、エビデンスの収集を進められれば、全国規模の鉛汚染地域の解明につながるだろう。

(3) - 3 総合的リスク評価を踏まえた野生動物疾病のサーベイランス

①一般サーベイランスの情報共有や情報提供のためのデータベース整備

日本でも全国規模の野生動物疾病データベースを構築し、野生動物疾病情報の一元化や情報発信ができる体制を構築すべきである。一般市民にも、可能な範囲で情報発信することで、野生動物疾病サーベイランスへの理解を深め、大量死等の情報提供をしやすい環境づくりをすることは、野生動物疾病サーベイランスを円滑に進める上でも重要な課題である。

②総合的リスク評価

本テーマで対象とした鉛などの重金属や化学物質汚染が野生動物に与える影響の大きさは、まだ十分に解明されていない。また、これまではHPAIや鉛汚染など、単独の感染症や汚染物質についてのサーベイランスに焦点が当てられ、その他の汚染物質による曝露レベルとHPAIなどの感染症の発症や重症化との関連性は、ほとんど検証されていない。重大な野生動物感染症や化学物質については優先順位をつけて定期的に更新し、監視対象疾病を選定するとともに、生体や糞便などアクティブサーベイランスを実施する機会が得られた際には、対象とする疾病のほか、優先度の高い感染症や化学物質についても検査を行なえるよう、検体採取を実施すべきである。

③法制度の整備

わが国の現状では、野生動物に対する感染症対策に法的な根拠は乏しい。一方で、諸外国では野生動物感染症に関する法制度を整備し、それに基づいてサーベイランスシステムを構築しているところが少なくない。アジアでも、例えば中国では野生動物保護法に基づいて陸生野生動物の伝染病及び感染源の監視・管理が実施されている。2005年には、法を所管する林業部門の下に陸生野生動物を対象とする疫病・感染源の監視センターが設置され、現在では、国、省市／郡レベルの監視ステーションおよびオンライン報告システムに参加する約2,000の組織からなる幅広いネットワークに発展している。また、韓国では2014年に野生動物保護管理法を改正し、「野生動物の疾病管理」の節を立てて5年ごとに野生動物疾病管理基本計画を樹立して施行することが政府に義務付けられた。この計画に基づき、2021年に国立野生動物疾病管理院が設置され、全国的なサーベイランスネットワークが構築された。わが国でも、これらを参考に野生動物管理および生物多様性に関わる法制度に野生動物感染症や疾病のサーベイランスを位置づけるべきである。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

環境省HPAIサーベイランスにおける検査所要時間の解析により、結果が確定するまでにかかる時間が長いことを本テーマ研究で指摘した。環境省HPAIサーベイランスの検査体制の見直しが図られた結果、2021-2022年シーズン（2022年4月7日時点で環境省より公表されていた確定個体）の検査所要時間は、従来の 8.8 ± 3.4 (SD) 日から 6.5 ± 2.0 日に短縮された。

2022年3月14-15日に、福岡県からの要請を受け、福岡県の家畜保健衛生所職員3名を対象とする野生動物衛生に関する研修会を開催した。本研究成果である国内外のAIサーベイランス体制、国内におけるサーベイランスの課題について講義するとともに、野生動物感染症のリスク評価と行動計画作成のシミュレーションを実施した。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

本テーマで提案した総合的リスク評価手法やサーベイランスシステムは、新たな生物多様性国家戦略に盛り込まれるワンヘルスアプローチによる政策の具体化に活用されることが見込まれる。

5-3. 研究目標の達成状況

設定目標に加え、水鳥類越冬地でのアクティブサーベイランスや行政獣医師を対象とした野生動物感染症のリスク評価ワークショップを試行し、わが国でも社会実装可能な総合的リスク評価手法を提案できた。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

3件

<主な査読付き論文>

- 1) S. MORIGUCHI, R. HOSODA, N. USHINE, T. KATO and S. HAYAMA: *Prev. Vet. Med.*, 187, 2, 105234 (2021) (IF:2.67) Surveillance system for avian influenza in wild birds and implications of its improvement with insights into the highly pathogenic avian influenza outbreaks in Japan.
- 2) N. USHINE, S.M.M. NAKAYAMA, M. ISHIZUKA, T. SATO, Y. KURAHASHI, E. WAKAYAMA, N. SUGIURA, S. HAYAMA: *J. Vet. Med. Sci.*, 82, 8, 1124-1129 (2020) (IF:1.267) Relationship between blood test values and blood lead (Pb) levels in Black-headed gull (*Chroicocephalus ridibundus*: Laridae).
- 3) N. USHINE, O. KURATA, Y. TANAKA, T. SATO, Y. KURAHASHI, S. HAYAMA: *J. Vet. Med. Sci.*, 82, 11, 1619-1626 (2020) (IF:1.267) The effects of migration on the immunity of Black-headed gulls (*Chroicocephalus ridibundus*: Laridae).

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表（査読なし）	5件
口頭発表（学会等）	13件
「国民との科学・技術対話」の実施	8件
マスコミ等への公表・報道等	0件
本研究に関連する受賞	0件

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究者略歴

研究代表者

羽山 伸一

帯広畜産大学畜産学部卒業、獣医学博士。現在、学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学獣医学部 教授。

研究分担者

加藤 卓也

学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学獣医学部修了、博士（獣医学）。現在、日本獣医生命科学大学獣医学部 講師。

II. 成果の詳細

II-1 希少鳥類の保全のための総合的リスク評価手法の開発と社会実装

学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学

獣医学部 獣医学科 野生動物学研究室

羽山 伸一

加藤 卓也

<研究協力者>

学校法人日本医科大学 日本獣医生命科学大学

獣医学部 獣医学科 野生動物学研究室

森口 紗千子

牛根 奈々

若山 絵夢

細田 凜（平成30年度）

[要旨]

希少鳥類は、高病原性鳥インフルエンザ（HPAI）の流行や低濃度の鉛曝露により、絶滅の危機にさらされている。そこで、本テーマでは、絶滅の危機に瀕した鳥類の保護対策を推進するために、感染症と環境汚染の包括的なリスク評価手法を開発し、その社会実装のための手法を提案することを目的とした。また、このような手法の開発は、日本を含む東アジアでの鳥インフルエンザ（AI）モニタリングの実施、迅速な対策の推進、鉛汚染のリスク評価に基づく北海道以外での鉛弾規制の強化に役立つと考えられる。

本テーマでは、高病原性鳥インフルエンザに焦点を当て、免疫抑制を引き起こす低レベルの鉛曝露を考慮した包括的なリスク評価手法を開発した。まず、国内外の野生動物疾病サーベイランスおよび飼養されている希少鳥類の防疫対策を調査し、国内におけるHPAI発生状況とサーベイランス実態について解析した。次に、これまでのHPAIサーベイランスや防疫対策をはじめ、野生動物疾病対策に関する問題点や改善点を検討した。さらに、国内外の事例を参考に開発した実効性の高いリスク評価手法およびモデルサイトでの実装計画を、社会実装可能なリスク評価手法として提案した。そして、水鳥類の越冬地におけるHPAIと鉛汚染のアクティブサーベイランスと、行政獣医師を対象としたリスク評価講習会を実施し、実効性を検証した。最後に、日本で社会実装可能な包括的リスク評価手法を提案し、本研究プロジェクト全体を総括した。

1. 研究開発目的

- 希少鳥類の新たな脅威となる高病原性鳥インフルエンザ及び免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な影響も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発するとともに、希少鳥類の保全対策の推進に貢献する。
- 総合的なリスク評価手法の開発により、高病原性鳥インフルエンザモニタリングの実施、監視による迅速な対策の推進、鉛汚染のリスク評価を踏まえた本州以南の鉛弾規制の強化に寄与する。

2. 研究目標

サブテーマ1	希少鳥類の保全のための総合的リスク評価手法の開発と社会実装
目標	研究全体を総括し、わが国における希少鳥類の総合的リスク評価手法を開発し、それを社会実装する手法を提案する。 また、国内外の実践事例を参考にして開発した実効性の高いリスク評価手法を用い、モデル拠点における実装シミュレーションを試行し、アウトカムとして社会実装可能なリスク評価手法を提案する。

3. 研究開発内容

(1) 野生動物疾病サーベイランスの現状

(1) - 1 国内におけるサーベイランス体制

(1) - 1 - 1 鳥インフルエンザのサーベイランス

(1) - 1 - 1 - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

野鳥のサーベイランスについて、ウェブ上の情報収集、担当者へのアンケート調査を実施した。野鳥

のHPAIサーベイランスを担当する自然環境部局（47都道府県）および地方環境事務所（11カ所）を対象としてアンケートを実施した。加えて、AI等の野生動物疾病サーベイランスの拠点となる可能性を検討するため、渡り性水鳥類の生息地に位置する拠点施設36施設を対象としてアンケートを実施した。また、アンケート等による情報収集により、先進的な取り組みをしている自治体や施設、検査機関については現地調査を実施し、関係者のヒアリングと施設見学を行なった。

（１）－１－１－２ 救護個体の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

野鳥の救護個体のサーベイランスおよび防疫体制について、ウェブ上の情報収集、傷病鳥獣の救護施設（39施設）を対象としてアンケートを実施した。また、日本動物園水族館協会（JAZA）に加盟する動物園水族館（151園館）で野生鳥獣の救護を実施している園館についてもアンケートを実施した。また、HPAIおよび鉛汚染のアンケート等による情報収集により、先進的な取り組みをしている自治体や施設については現地調査を実施し、関係者のヒアリングと施設見学を行なった。

（１）－１－１－３ 飼養鳥の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

飼育鳥のサーベイランスおよび防疫体制について、ウェブ上の情報収集、担当者へのアンケート調査を実施した。都道府県、政令市および中核市等の動物愛護部局（47都道府県、政令市・中核市等75市）、日本動物園水族館協会に加盟する動物園水族館（151園館）を対象としてアンケートを実施した。また、先進的な取り組みをしている自治体や施設、検査機関については現地調査を実施し、関係者のヒアリングと施設見学を行なった。さらに、2019-2020年シーズンは家きんで最大規模となる52農場でHPAIが発生したにもかかわらず、動物園水族館では発生が見られなかったため、JAZA加盟園館に対し、2016-2017年シーズンと2019-2020年シーズンにおける防疫対策の違いについて追加アンケートを実施した。

（１）－１－２ 鉛汚染のサーベイランス

野鳥および野鳥の救護個体の鉛汚染サーベイランス体制について、都道府県の自然環境部局（47カ所）および地方環境事務所（11カ所）、都道府県が傷病鳥獣の救護施設として指定する施設および希少鳥類の繁殖施設を含む39施設を対象としてアンケートを実施した。また、先進的な取り組みをしている自治体や施設については現地調査を実施し、関係者のヒアリングと施設見学を行なった。

（１）－２ 海外におけるサーベイランス体制

（１）－２－１ 鳥インフルエンザのサーベイランス

海外における野鳥と飼養鳥のAIサーベイランス体制について、学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集、関係者からの聞き取り調査や施設設備やサーベイランスの実施状況を視察する現地調査、関係者とのウェブ会議による情報収集を実施した。現地調査は、アメリカのアメリカ地質調査所（USGS）のNational Wildlife Health Center（NWHC）、アメリカ動物園水族館協会（AZA）、イリノイ州立大学、リンカンパーク動物園、サクラメント動物園、カリフォルニア大学デービス校（U.C. Davis）、イギリスのAnimal and Plant Health Agency（APHA）、Wildfowl & Wetlands Trust（WWT）、British Trust for Ornithology（BTO）、Zoological Society of London（ZSL）、デンマークのAarhus大学、ドイツのFriedrich-Loeffler-Institut（FLI）、ロストック動物園、ベルギーのSciensano、ベルギー王立自然史博物館（RBINS）を訪問または関係者から聞き取った。ウェブ会議による聞き取り調査は、韓国の国立環境研究院（NIER）、オーストラリアのクイーンズランド大学（UQ）、オーストラリア日本野生動物保護教育財団（AJWCEF）と実施した。

（１）－２－２ 鉛汚染のサーベイランス

野鳥における鉛汚染サーベイランスおよび鉛の規制状況の実態把握を行うため、学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集、関係者を訪問する現地調査、関係者とのウェブ会議による情報収集を実施した。

（１）－２－３ 野生動物疾病のサーベイランス

野生動物疾病に関するサーベイランスの実態把握を行うため、学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集、関係者を訪問する現地調査、関係者とのウェブ会議による情報収集を実施した。

(2) サーベイランスの現状の分析、リスク評価、課題抽出

(2) - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

国内外の野鳥のAIサーベイランスのデータを学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集、(1)のアンケート調査結果に加え、テーマ2等による研究結果を用いて現状の分析やリスク評価を実施し、日本における野鳥のAIサーベイランスにおける課題を抽出した。

(2) - 2 鉛汚染のサーベイランス

国内外の野鳥の鉛汚染サーベイランスのデータを学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集、(1)のアンケート調査結果に加え、テーマ3による研究結果を用いてリスク評価を実施し、日本における鉛汚染サーベイランスにおける課題を抽出した。

(2) - 3 総合的リスク評価

本プロジェクトでは、野生動物疾病における総合的リスク評価手法として、3段階の評価手法を開発した(図1-1)。第1段階では、調査すべき感染症および化学物質を見極めるため、それらの優先順位を決定する手法を開発した(テーマ1)。第2段階では、優先度が高いとされた疾病としてHPAIおよび鉛汚染を例に、個体や細胞の感染曝露実験により影響の大きい分類群や種(テーマ2-1、2-3、2-4、3-2)、リスクマップ作成やホットスポット解析(テーマ3-1)などの空間的リスク評価により感染(曝露)リスクの高い地域を明らかにし、検体種別や検査方法の検証(テーマ2-1、2-3、3-3)、感染症や化学物質汚染の有無の確認に必要とされる検体数の推定(テーマ1)により、効率的に検出可能なサーベイランス方法



図1-1. 総合的リスク評価手法の概念図

を開発した。第3段階では、希少動物をはじめとする野生動物への感染症や化学物質の影響の緩和策として、HPAIおよび鉛汚染を例に、早期発見およびエビデンスに基づいた監視体制の構築・維持方法(テーマ1)と希少動物の治療法を開発した(テーマ2-2)。さらに、影響の大きい製品を解明することで(テーマ3-2)、規制強化に向けたエビデンスとした。

テーマ1では、総合的リスク評価のうち3項目について開発した。第1段階では、野生動物感染症の優先

順位を決定するために、複数の分野の専門家が協議する手法による感染症のリスク評価手法を開発した。第2段階では、都道府県ごとに感染（曝露）の有無を検出可能な検体数を推定し、サーベイランスマップを作成した。第3段階では、生体捕獲によるHPAIおよび鉛汚染のアクティブサーベイランス手法を開発した。これらの総合的リスク評価手法の開発に加え、第1および第3段階の2項目については、実装シミュレーションを実施し、社会実装に向けた課題をまとめた。

第1段階の野生動物感染症の優先順位決定手法は、学術論文や各種報告書の文献調査、ウェブサイトによる情報収集により検討し、その中でもワンヘルスに基づいたアメリカのアメリカ疾病予防管理センター（CDC）、農務省（USDA）、内務省（DOI）が主催するOne Health Zoonotic Disease Prioritization（OHZDP）ワークショップで使用されている手法⁴⁾を用いた。福岡県の家畜保健衛生所職員の研修会にて感染症のリスク評価に関する実装シミュレーションを行い、家畜保健衛生所職員3名と野生動物研究者3名の計6名により評価を実施した。本リスク評価手法では、評価者が議論し5つの基準と問い、その評価方法（0-1、または0-3など）が設定された。各基準の重要度は、階層分析法により投票者の主観をもとに重みづけされた。その後、全基準の問いに投票者が回答し、対象となる全ての感染症において相対的な順位が決定された。今回は、①HPAI、②ウエストナイル熱（WNV）、③重症熱性血小板減少症候群（SFTS）、④紅斑熱、⑤狂犬病、⑥口蹄疫（FMD）、⑦豚熱（CSF）およびアフリカ豚熱（ASF）、⑧エキノコックス、⑨新型コロナウイルス（Covid19）の9種類の感染症を対象として評価した。

第2段階の検体数の推定およびサーベイランスマップの作成では、各都道府県でAIウイルス（A型インフルエンザウイルス（IAV）とHPAIウイルス（HPAIV））および鉛汚染（血中鉛濃度：20 μg/dℓ以上、糞便中鉛濃度：30 mg/dℓ以上）の有無を判定するために必要とされる検体数を推定し、サーベイランスマップを作成した。環境省野鳥HPAIサーベイランスにおける2014-2015年シーズンから2018-2019年シーズンの10-3月に実施された糞便採取調査で採取された都道府県別の検体数（1検体あたりの糞便数は最大5個）と検出されたウイルス株数、環境省ガンカモ類の生息調査によるカモ類の生息数（2015-2019年の各年1月の最小値および最大値）、テーマ1および3で取得したカモ類の生体および糞便の血中鉛濃度を解析に用いた。鉛汚染については、都道府県別のデータが不十分なため、血中鉛濃度は宮城県と千葉県・埼玉県については本プロジェクト成果の検査の実測値を用い、それ以外の都道府県の血中鉛濃度には汚染率が低かった千葉県・埼玉県の鉛汚染率を、糞便中鉛濃度についてはテーマ3で計測された全国の鉛汚染率を利用した。IAV、HPAIVおよび鉛汚染の有無を調べるための標本サイズ（ n ）は、式[1]³⁾を用いて近似的に推定した。

$$\text{標本サイズ } n = \{1 - (1-p_1)^{1/d}\} \{N - d/2\} + 1 \quad \dots [1]$$

N ：母集団のサイズ＝各都道府県のカモ類個体数

d ：母集団中の感染個体数＝都道府県における検出率× N

p_1 ：少なくとも1感染個体を発見する確率（信頼度 95%=0.95）

AIの陽性検体が確認されなかった都道府県の場合、感染鳥の上限個体数（ u ）は、式[2]³⁾を用いて近似的に推定し、式[1]の母集団中の感染個体数（ d ）として代入し、標本サイズ（ n ）を推定し、各都道府県の標本サイズは、ArcGIS Pro 2.9.2（ESRI Inc.）で日本地図に重ね合わせ、サーベイランスマップを作成した。

$$\text{上限個体数 } u = \{1 - (1-\xi)^{1/n}\} \{N - n/2\} + 1 \quad \dots [2]$$

ξ ：信頼度（95%=0.95）

第3段階の生体捕獲によるHPAIおよび鉛汚染のアクティブサーベイランス手法の開発では、宮城県伊豆沼・内沼においてオナガガモを捕獲し、生体を検査する野鳥のHPAIおよび鉛汚染サーベイランスの実装シミュレーションを行い、環境省と都道府県とサーベイランス体制に関する合意形成を試みた。サーベイランスでは、テーマ2（鳥取大学、鹿児島大学、国立環境研究所）の協力を得て、環境省の野鳥HPAIサーベイランスと同じ検査体制による遺伝子検査および抗体検査（IAV、H5）を実施し、テーマ3（北海道大学）の協力を得て血中鉛濃度を測定した。本テーマでは、簡易検査および免疫の指標としてCD4、CD8

α を定量し、鉛の免疫抑制効果と栄養状態のAI感染歴との関連性を解析した。

(3) 課題解決、社会実装のための提案

本プロジェクト成果を踏まえ、野鳥のAIサーベイランス、希少鳥類の救護と防疫対策、飼養鳥の防疫対策、鉛汚染のサーベイランス、および総合的リスク評価を踏まえた野生動物疾病のサーベイランスに関する提言をまとめた。

4. 結果及び考察

(1) 野生動物疾病サーベイランスの現状

(1) - 1 国内におけるサーベイランス体制

(1) - 1 - 1 鳥インフルエンザのサーベイランス

(1) - 1 - 1 - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

地方環境事務所は9カ所、自然環境部局は37都道府県、拠点施設は25施設よりアンケートおよび聞き取り調査で回答が得られた（ただし一部回答含む）。

都道府県では、通常時の野鳥サーベイランスとして死亡野鳥の検査と糞便調査が主に実施されており、都道府県の50%以上では、救護個体などの生体は検査の対象とされていない⁵⁾。死亡野鳥調査の検査対象となる個体数は、対応レベルが上がるにつれて減少させており、環境省のマニュアルに則って検査対象を増やし監視が強化された。一方生息状況調査または巡視では、都道府県内で発生する前の段階で強化する都道府県は25%に満たなかった。通常時には24都道府県、野鳥監視重点地域内で回収された場合も23都道府県では、家畜保健衛生所が野鳥の簡易検査を担っていた（複数機関を回答した都道府県を含む）。

地方環境事務所の回答によると、希少種の死亡野鳥の回収および簡易検査をすべて実施する4カ所、一部を都道府県やNPOなどに依頼する5カ所がみられた（ $N = 9$ ）。一方、都道府県の回答では、ほとんどの都道府県で希少種の回収や簡易検査が実施されていた（ $N = 37$ ）。また、国指定鳥獣保護区内の死亡鳥は、地方環境事務所（ $N = 9$ ）と都道府県（ $N = 37$ ）の双方で回収と検査が実施されていた。

拠点施設では、水鳥類の糞便（28%）、環境水（52%）、泥や堆積物（48%）の採取調査に現在協力しているもしくは過去5年以内に協力した経験があり、協力できると回答した施設と合計すると、それぞれ52%（糞便）、52%（環境水）、48%（泥や堆積物）であった。加えて、鳥類の生体捕獲調査は9カ所（36%）で実施されていた。

(1) - 1 - 1 - 2 救護個体の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

地方環境事務所は9カ所、自然環境部局は37都道府県、JAZA加盟動物園は86施設（うち救護施設を併設する動物園は36施設）、救護専用施設は、30施設より得られた回答を解析に用いた（ただし一部回答含む）。希少鳥の救護個体は、すべての救護専用施設、また動物園救護施設の86%で受け入れられていた。救護専用施設では、一部停止を含め半径30km圏内でHPAIが発生しても50%以上の施設において受け入れが停止されない一方、動物園救護施設では、国内でHPAIが発生した時点で50%以上の施設において受け入れが停止された。受け入れた個体の隔離施設は、救護専用施設、動物園救護施設ともに30%以上で整備されていた。治療施設は両施設ともに40%以上で整備されていたが、飼養動物のための隔離施設や治療施設が救護動物にも使用されたり、飼養動物と救護動物の両方の治療を同じ獣医師が担当する動物園救護施設もみられた。

(1) - 1 - 1 - 3 飼養鳥の鳥インフルエンザサーベイランスと防疫対策

2018年度の飼養鳥アンケートおよび聞き取り調査では、自治体の動物愛護担当部局は41都道府県、政令市17市、中核市46市、その他の市1市、およびJAZA加盟動物園は86施設より得られた回答を解析に用いた（ただし一部回答含む）。2021年度の追加アンケートでは、44園館より回答が得られた。飼養鳥の簡易検査は動物園水族館で実施されることが多かったが、遺伝子検査機関が決められていない地方自治体は、13都道府県および25政令市等でみられた。動物園水族館では、HPAI感染が疑われる飼養動物は隔離飼育される傾向にあり、HPAIが確定した時点で安楽殺が検討されることが多かった。

2016-2017年シーズンと2020-2021年シーズンにおけるHPAI対策において、該当する園館の20%以上で改善がみられたのは、来園者が施設内に入る鳥舎、ふれあい動物園、野外の鳥類飼養施設および園館の入口への手指消毒液または手洗い場の設置、ふれあい動物園への来園館者の立ち入りの中止であった。また、園内HPAI対策マニュアルの整備・運用を開始していた園館は、2016-2017年シーズンには31園館(70%)であったが、2020-2021年シーズンには37園館(84%)まで増加した。2020-2021年シーズンは、2016-2017年シーズンよりも感染症対策に対する意識が高まっていることがうかがえるが、手指消毒や手洗い場の設置はCovid19対策として実施されていた園館も多かった。

(1) - 1 - 2 鉛汚染のサーベイランス

地方環境事務所は9カ所、自然環境部局は33都道府県、JAZA加盟動物園のうち救護施設を併設する動物園は35施設、救護施設は、30施設より回答が得られた(ただし一部回答含む)。鉛汚染検査を実施していると回答したのは、地方環境事務所で2カ所(N=9)、都道府県で2カ所(N=30)、救護専用施設は7カ所(N=30)、動物園救護施設は6カ所(N=35)であった。一方、鉛中毒の疑われる事例がみられたのは、都道府県で5カ所(N=33)、救護専用施設は9カ所(N=30)、動物園救護施設は7カ所(N=35)であり、鉛汚染検査が実施されていない地域でも発生している可能性があることが推察された。

(1) - 2 海外におけるサーベイランス体制

(1) - 2 - 1 鳥インフルエンザのサーベイランス

<野鳥のサーベイランス>

野鳥におけるAIサーベイランスは、主に家きんや飼養鳥の感染を防ぐための早期警戒情報として世界各国で実施されてきた。アメリカやイギリス、ドイツ、ベルギー、オーストラリアでは、家きん、野鳥、動物園等飼養鳥のAIサーベイランスは、それぞれUSDA、環境・食料・農村地域省(Defra)、連邦食糧・農業省(BMEL)、連邦フードチェーン安全庁(FASFC)、農業・水資源・環境省(DAWE)の動物衛生部局により一括して所管されている⁶⁻¹⁰⁾。韓国では、家きんのAIサーベイランスは農林畜産食品部、野鳥および飼養鳥のAIサーベイランスは環境部に所管され、個々の検査体制が構築されている¹¹⁾。

野生動物、家畜、人の健康という多様な分野に関わる問題のため、野鳥のAIサーベイランスは、複数の省庁や研究分野を越えた連携が進められている。アメリカでは、野鳥のAIサーベイランスはUSDA、DOI、福祉保健省(HHS)などの州と連邦政府の科学者で構成される、「野生の渡り鳥における鳥インフルエンザサーベイランスのための省庁間運営委員会」がサーベイランスの体制構築、戦略や計画の策定を行っており、USDAが管理する連邦動物衛生検査機関ネットワーク(NAHLN:56カ所)が遺伝子検査を、H5・H7陽性検体についてはNational Veterinary Services Laboratory(NVSL:2カ所)がウイルス分離および亜型判定を担うという、協働体制となっている^{12,13)}。ベルギーでは、公衆衛生省(FPS)が所管する、人と動物の健康に関する研究機関であるSciensanoにおいて、家きん、野鳥、飼養鳥のAIの検査が実施されている¹⁴⁾。オーストラリアでは、政府が出資する研究機関Wildlife Health Australia(WHA)がNational Avian Influenza Wild Bird(NAIWB)サーベイランスプログラムを統括しており、遺伝子検査は州または準州政府(計7カ所)の動物衛生検査機関で実施され、ウイルスの病原性解析は国の動物衛生研究機関であるオーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)のAustralian Centre for Disease Preparedness(CSIRO-ACDP)で実施される¹⁵⁾。イギリスでは動物衛生部局により検体採取や検査が実施されるが、死亡野鳥等の回収は一般市民に加えWWTやBTOなどの自然保護区を管理するNGO団体が協力し、検体採取は主に地方の動物衛生部局、検査はDefraの研究機関であるAPHAにより実施されている。HPAI発生時には、NGO団体の野鳥の生態学者も参画するOrnithological Expert Panelに相談し、野鳥の行動圏を鑑みて野鳥のサーベイランス区域が設定される。ドイツは全16州に位置する連邦政府地域ラボラトリによりPCRが実施され、国の動物衛生研究所であるFLIによりリアルタイムPCRとウイルス分離やシーケンスなどの病原性解析が実施されている。

<救護施設および動物園のサーベイランスと防疫対策>

アメリカでは、2008年よりZoo Animal Health Network、2014年よりZoo and Aquarium All Hazards Preparedness, Response, and Recovery(ZAHP) Fusion Center、現在はZoo and Aquarium All Hazards Partnership(ZAHP)という協定が構築され、飼養鳥のHPAIサーベイランスや動物園等の関係者講習会が

実施されてきた¹⁶⁾。AZA、USDA、イリノイ州立大学によりHPAI発生時の机上訓練プログラムが作成され、動物園職員だけでなく、州職員などの行政関係者をも対象とした講習会が開始された。その後、自然災害も含めあらゆる災害に対応可能なプログラムに発展させ、対面の講習会だけでなく、ホームページ上でもオンラインプログラムが公開されている。2012年ごろには、サクラメント動物園等の3園で試験的に飼養鳥の生体を対象としたHPAIのアクティブサーベイランスが実施され、26種の鳥類から345回検体が採取された。また、飼養鳥を他の園館へ移動する際の検疫でも、AI検査が実施されている。

ドイツではロストック動物園におけるHPAI発生時、園内の飼養施設ごとに疫学的関連性を評価し、疫学ユニットが決定された¹⁷⁾。HPAI感染個体と同居個体は安楽殺されたが、同じ飼養施設内でも抗体陽性個体は隔離飼育が継続された。その後、他園館でHPAI発生した際の対応基準とされている。

欧米の動物園等の飼養施設では、動物の福祉の観点より、野鳥を園内に寄せ付けないようにする工夫と、HPAIが侵入するリスクの高い飼養施設に希少性の高い動物を展示しないことに注意が払われていた。リンカンパーク動物園のカモ類の飼育池では、展示されている潜水ガモ類しか採食できないエサ箱を設置し、野生の水面採食ガモ類による盗食を防止したり、野生のカナダガンが飛来しないよう、植栽にはカナダガンが好まない植物が使用された。サクラメント動物園では、飼養施設の設備と飼養鳥類の希少性よりゾーニングされ、HPAIを施設内に持ち込むリスクの高い、野生のカモ類が飛来する展示池には、希少性の高い鳥類が展示されていなかった。イギリスのWWTが管理する、希少鳥類の飼養施設では、鳥類の希少性に合わせて収容施設の防疫対策（屋根や壁の有無など）が整備されていた。

(1) - 2 - 2 鉛汚染のサーベイランス

野鳥における鉛汚染サーベイランスは、欧米で盛んに実施されてきたが、その多くはNGOや大学等研究機関などの民間団体によるものであり、HPAIサーベイランスのように政府によるサーベイランスは限られている。イギリスでは、国指定自然保護区を管理するWWTが、保護区内のガンカモ類を毎年捕獲し、鉛汚染状況が監視されている（例えば¹⁸⁾）。Predatory Bird Monitoring Scheme (PBMS)では、猛禽類をセンチネルとして、鉛をはじめとした化学物質のモニタリングが実施されており、その結果は、ヨーロッパ連合 (EU) の指令 (2009/128/EC)¹⁹⁾や国際連合環境計画 (UNEP) の決議 (UNEP/CMS 10.26)²⁰⁾などによる化学物質規制の科学的根拠として利用されている²¹⁾。アメリカでは、NWHCが中心となり、全米で回収されたワシ類の死因究明を実施する一環で鉛濃度を計測している^{22,23)}。ドイツでは、Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research (IZW)で1996年よりオジロワシの死因究明を実施しており、鉛汚染の実態把握が進められてきた²⁴⁾。スペインでは、Spanish Institute for Game and Wildlife Research (IREC) が中毒症状で死亡した猛禽類の検体を全国の野生動物リハビリセンターより収集し、鉛汚染状況の実態把握が進められてきた²⁵⁾。

(1) - 2 - 3 野生動物疾病のサーベイランス

野生動物の死因を究明する一般サーベイランスの体制についても、国により整備体制は異なる。アメリカでは、大量死が発生した際にNWHCが州政府機関を通じて死体を受け入れ、死因を究明している。その結果はウェブサイトのデータベース (WHISPers)²⁶⁾で公開される。データベースは、だれでも閲覧可能な一般公開サイトと関係者専用サイトに分かれており、関係者専用サイトでは、死因等の詳細な結果が通報者に送付される。オーストラリアではWHAが主導し、獣医大学や動物園救護施設に持ち込まれた野生動物の疾病サーベイランスが実施されている²⁷⁾。野生動物疾病の発生情報は、WHAの登録会員限定のデータベース (eWHIS) で公開される¹⁵⁾。韓国では、NIER等の政府機関により、AIサーベイランスのために回収された野鳥の死因究明が進められている。イギリスでは、ZSL、BTO、英国王立鳥類保護協会 (RSPB) などのNGO団体が中心となり、一般市民から野生動物の死体を受け入れて死因究明するGarden Wildlife Healthプロジェクト (GWH)²⁸⁾を実施しており、野鳥の餌台の管理方法などを通報者にフィードバックするほか、野生動物疾病の早期発見にもつながっている。GWHは、PBMSやAPHAとともに、Wildlife Disease & Contaminant Monitoring & Surveillance (WILDCOMS) networkのパートナーとなり、政府機関とNGO団体からなる野生動物疾病サーベイランスの協働体制が構築されている²⁹⁾。アメリカ合衆国国際開発庁 (USAID) が出資したPREDICTプロジェクト (2009-2020年) には、政府機関、NGO、U. C. Davisをはじめとする大学や研究機関が参画して東南アジアやアフリカなど36カ国で活動し、コウモリ類、霊長類およ

びげっ歯類を中心とした野生動物疾病サーベイランス、診断ラボにおける人材育成、ワークショップの開催などが実施され、新しいウイルスも958例発見された³⁰⁾。

(2) サーベイランスの現状の分析、リスク評価、課題抽出

(2) - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス

<海外の野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス>

2005年ごろより、欧米諸国をはじめとして野鳥におけるAIのリスク評価が実施され、検査対象種やサーベイランスの重点地域の特定が行われた。アメリカでは、USDAに加え、DOIの研究機関であるUSGSやアメリカ魚類野生生物局（USFWS）、州政府機関などとの共同プロジェクトにより、2006-2011年に28万羽以上の野鳥と10万検体以上の糞便が検査され、リスク評価が行われた^{31,32)}。イギリスでは2006-2011年に16,000羽以上、2006-2019年にドイツとベルギーでそれぞれ93,000羽以上、39,000羽以上など、EU加盟国および周辺国で2006-2019年の間に350,000羽以上の捕獲鳥および狩猟鳥が検査された³³⁻⁴⁶⁾。オーストラリアでは、2005-2020年の間に野鳥由来の検体（捕獲鳥、狩猟鳥、糞便）116,300検体以上が検査された⁴⁷⁾。韓国では、農林畜産食品部と環境部により、2003年より糞便、2007年より捕獲鳥のサーベイランスも実施され、2003-2017年までに120,000検体以上の糞便検体（一部死亡鳥含む）が、2007-2014年までに10,000羽以上の捕獲鳥が検査された⁴⁸⁻⁵²⁾。

表1-1. 各国と地域における野鳥のAIサーベイランスの目的

国、地域	野鳥 AI サーベイランスの目的	文献
アメリカ	野生水鳥類の AIV ウイルス (AIV) 検出能力の向上、アメリカ国内の AIV の分布を特定、新たに懸念される地域への拡大の検知、新しいウイルスの侵入の有無を監視するための柔軟な監視体制の提供、AIV 検出後の流行の推定。HPAI 流行の早期警報システムとして、家きん生産者、狩猟用鳥類の農場、野鳥、野鳥の救護施設、鷹匠、動物園等飼養施設が経営判断の指針として利用できる情報の提供。	54, 55)
EU	特に家きんへの AIV の主な侵入源と考えられる渡り鳥における AIV の侵入の検知	56)
ベルギー	低病原性鳥インフルエンザ (LPAI) の疫学的理解、HPAIV の早期発見	57)
オランダ	H5, H7 の HPAIV と LPAI ウイルス (LPAIV) の検出、LPAIV 全亜型の疫学や進化の研究	58, 59)
ノルウェー	野鳥の特に H5、H7 亜型の IAV に関する脅威の研究と理解	60)
イギリス	対象種や対象地域における野鳥の罹患率および死亡率の増加を調査することにより、HPAIV-H5N1 をタイムリーに検出	7)
ドイツ	野鳥の HPAIV モニタリング	61)
リトアニア	HPAIV-H5N1 の検出と H5, H7 亜型の LPAIV の循環をモニタリング	62)
スペイン	AI 侵入の早期発見、人のパンデミック防止	63)
オーストラリア	人間の健康に及ぼす影響を最小化するための戦略的リスク管理に役立つ、AI (特に HPAI) の生態学的・疫学的背景情報の提供、AI 診断で利用する AIV 陽性株の確保	64)
韓国	AIV の早期発見、HPAI 侵入範囲の迅速な把握。絶滅危惧種の野生鳥類をはじめとする生物多様性保全とともに、家きんなどへの感染予防と伝播防止にも寄与する。正確かつ迅速な情報提供を通じて不要な社会的混乱を解消。	11)
日本	感染の早期発見、感染状況の把握により HPAI の発生抑制と被害を最小化	1)

各国および地域における野鳥AIサーベイランスの目的は様々であるが、多くの国々が目的に掲げているのは、HPAIVの早期発見である（表1-1）。現在多くの国々で実施されているAIサーベイランスは、死亡鳥や衰弱鳥を発見した際の通報によるパッシブサーベイランスが主流であるが、ベルギーやオーストラリア、韓国など一部の国々では、捕獲個体や狩猟個体、糞便などを対象としたアクティブサーベイランスも、国のサーベイランスとして継続的に実施されている。韓国では、環境部（国立野生動物疾病管理院）が年間糞便検査計画を作成し、各地域の獣医大学等が糞便採取およびそれらの遺伝子検査に協力

しており、精度の高いサーベイランスが実施されている^{11, 51)}。ベルギーでは、検査機関であるSciensanoと鳥類の足環標識調査機関であるRBINSが共同研究として生体捕獲によるAIサーベイランスを継続している。鳥類標識調査は、RBINS職員とボランティアの鳥類標識調査員により実施されているが、生体のスワブ採取と血液採取からなるAIサーベイランスの実施者は、職員と技術を認定されたボランティアの鳥類標識調査員に限定されている。AIサーベイランスは両機関が共同出資する共同研究として実施しているため、得られたデータは両機関が自由に利用でき、生体捕獲サーベイランスが低コストで継続的に実現されている。

環境省野鳥HPAIサーベイランスの死亡野鳥等および糞便採取調査の検査は、各都道府県および地方環境事務所における簡易検査、遺伝子検査機関における遺伝子検査、確定検査機関におけるウイルス分離、亜型判定、病原性試験が実施されていた(図1-2)⁵³⁾。簡易陽性検体は直接確定検査機関に送付されるが、簡易陰性検体は遺伝子検査機関に送付され、遺伝子陽性の場合のみ確定検査機関に転送され、確定検査が実施されていた。そして2016-2017年シーズンから2020-2021年シーズンまでの死亡野鳥等調査では、回収から確定検査結果が得られるまでの所要日数は、簡易検査陽性検体で、 7.6 ± 2.5 (SD) 日 (N=169)、簡易検査陰性検体で 10.5 ± 3.9 日 (N=114)、全体で 8.8 ± 3.4 (SD) 日 (N=283) を要していた。本プロジェクト期間中に、野鳥HPAIサーベイランスの検査体制と検査内容が見直され、2020年10月より、確定検査が遺伝子検査に変更されるとともに、遺伝子検査機関でも確定が出されるようになった(図1-1)¹⁾。2020年10月以降(2022年4月7日時点で環境省より公表されていた確定個体)は、簡易検査陽性検体で、 6.3 ± 1.3 日 (N=85)、簡易検査陰性検体で 7.2 ± 3.6 日 (N=19)、全体で 6.5 ± 2.0 日 (N=104) に短縮された(農水省疫学調査により回収された死亡鳥を除く)。

2014-2015年シーズンから2018-2019年シーズンに環境省野鳥HPAIサーベイランスで回収された死亡鳥および衰弱鳥は、対応レベルが上がるにつれ、各都道府県で検体数は増加した(図1-3)。しかしながらそれらの検体の87%は、1個体から検査対象であるときに回収された、検査優先度の高い種である一方、91%の検体は1羽で回収されていた。検査された分類群は、普通種ではカモ目が56%、ツル目が22%を占め

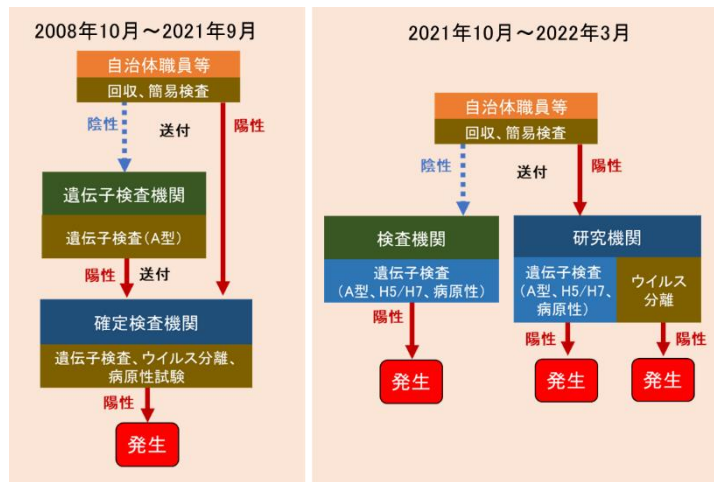


図1-2. 環境省野鳥HPAIサーベイランスにおける検査体制の変化¹⁾

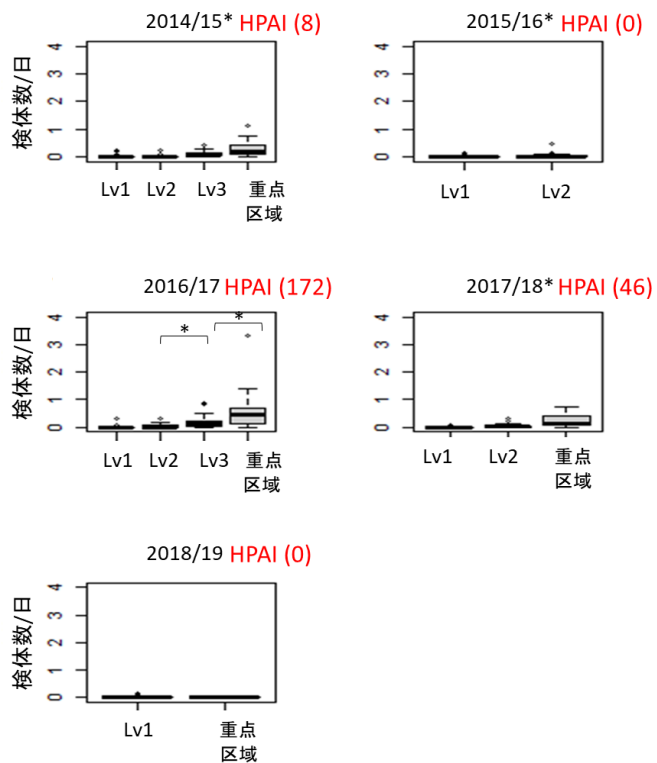


図1-3. 各都道府県における回収された死亡鳥および衰弱鳥の検体数。()内は野鳥のHPAI検出数。「*」は隣接するレベル間におけるWilcoxonの順位和検定で $P < 0.05$ を示す。

た (N = 3,257)。レッドリスト掲載種では、タカ目が56%、カモ目が22%、ツル目が12%、ハヤブサ目が9%であった (N = 672)。

(2) - 2 鉛汚染のサーベイランス

欧米をはじめとする海外の鉛弾や鉛製釣おもりの影響評価や規制は、渡り性水鳥類の生息地の保全を軸に進められてきた。UNEPの渡り鳥条約 (CMS) とアフリカ・ユーラシア水鳥協定 (AEWA) は、ヨーロッパ-アフリカのフライウェイを移動する渡り鳥の鉛曝露を防ぐために鉛削減に取り組むよう、締約国に繰り返し要請しており、2014年のCMS締約国会議 (COP11) では、すべての締約国が3年以内に鉛弾を無毒の代替品に置き換えることが決議された⁶⁵⁾。EUでは、2023年までに湿地での鉛散弾の使用禁止が開始される予定である⁶⁶⁾。そのためヨーロッパだけでなくアフリカでも水鳥類の生息地における鉛散弾の使用禁止がすでに多くの国々で開始されているが、シカなどで使用される鉛製ライフル弾を含むすべての鉛弾の規制はそれらの国々でもあまり進んでいない。デンマークは1996年に鉛散弾を、2002年にスポーツフィッシング用の鉛製の釣おもりの使用と所持を禁止した先進的な国であるが、鉛製ライフル弾の規制は遅れていた⁶⁷⁾。しかし鉛製ライフル弾の規制の移行期間が始まっており、2023年にすべての鉛弾と鉛製釣り錘が規制される、世界初の国となる予定である⁶⁸⁾。オランダでは全域で鉛散弾の使用が禁止されており、ドイツの3州では、ライフル弾を含む鉛弾の使用が州全域で規制されている⁶⁹⁾。イギリスでは、1987年より水鳥類が飲み込む可能性のある大きさの鉛製釣り錘の輸入と供給が全域で禁止され⁷⁰⁾、1999-2009年に各地方で主に湿地における鉛散弾の使用が禁止された⁶⁹⁾。しかし、狩猟肉の調査から、依然として鉛弾が使用されていることが明らかとなっている⁷¹⁾。アメリカでは1991-1992年にガンカモ類の狩猟における鉛弾の使用が禁止された⁷²⁾。一部の州ではさらに強い規制がかけられており、カリフォルニア州では2019年より全ての鉛弾の使用が禁止された⁷³⁾。ニュージーランドでは、2004年より段階的に鉛散弾の規制が進められ、2021年より、水域周辺における水鳥類の狩猟において、無毒弾が販売されていない一部の規格を除き、鉛散弾の使用が禁止された⁷⁴⁾。

これらの鉛弾や釣おもりの規制には、野生鳥類への健康影響だけでなく、狩猟された肉を摂取する人への健康被害が解明されてきたことも大きい。また、鉛規制後も、環境中に残り続ける鉛は、一部の野生鳥類への影響を軽減できないことも示されている。鉛中毒は、ヨーロッパで年間100万羽の野鳥を殺し、さらに300万羽以上に亜致死的な中毒を引き起こすと推定されている⁷²⁾。

水鳥類の場合、イギリスでは、ハクチョウ類の釣おもりの誤飲による鉛中毒が発生し、釣り錘の規制につながり、規制後コブハクチョウの個体数は順調に回復した⁷⁰⁾。一方で、釣おもりの規制後の2000-2010年には、依然として鉛中毒は水鳥類の死因の約10%を占めている⁷⁵⁾。スペインでも、水鳥類の生息地での鉛散弾の使用が禁止された10年後、マガモの鉛摂取率は30%から15%に減少したが、オナガガモは禁止後も同様の70%の摂取率を維持していた⁷⁶⁾。カモ類の個体群動態は、鉛の摂取率とも強い負の相関がみられる⁷²⁾。

猛禽類の場合、ヨーロッパでは、ハゲワシ類などの完全腐肉食類、イヌワシ、オジロワシ、ノスリなどの日和見的な腐肉食類で鉛汚染レベルが高かった⁷⁷⁾。同様に、全米で回収されたワシ類の死亡個体や救護個体、捕獲された生体の検査により、慢性的な鉛曝露がみられることが示された²²⁾。アメリカのカリフォルニア州では、再導入したカリフォルニアコンドルの生息域での鉛弾の使用禁止後、生息地内の猛禽類の血中鉛濃度が低下した⁷⁸⁾。

南米では、欧米の研究チームと協働して野生動物や人の鉛汚染の実態把握が進められている。狩猟されたカモ類は、高濃度の鉛汚染による健康状態への影響や、長年の曝露による骨への蓄積もみられた⁷⁹⁾。南米で野生鳥類を対象とした鉛汚染に関する科学論文39本の70%以上はブラジルとアルゼンチンで実施されており、約18%の論文で鉛弾が汚染源として指摘されていた⁸⁰⁾。狩猟された水鳥類の肉を日常的に食べる子供の鉛汚染レベルが高いことも明らかになり、アルゼンチンのサンタフェ州は2013年に湿地における鉛弾の使用を禁止したほか、連邦政府も鉛弾の廃止に向けて、代替弾の導入も進められている⁸¹⁾。

鉛の低濃度曝露による影響は、アカアシイワシヤコの免疫を抑制させたり⁸²⁾、マガモのメスが低濃度曝露することにより、子ガモの免疫機能の発達や初期の生存率を低下させる可能性が指摘されている⁸³⁾。

日本国内では、全国各地の研究機関等による鉛汚染サーベイランスの報告があり、その多くは猛禽類

とガンカモ類の死亡鳥や救護個体のパッシブサーベイランスによるものである⁸⁴⁻⁸⁹⁾。野外の糞便採取や生体を捕獲し検査されたアクティブサーベイランスによるものは、猛禽類、カモ類⁹⁰⁾、ユリカモメの事例があるが限定的である。そのうち本プロジェクトでは猛禽類（テーマ3）、カモ類の糞便と生体（テーマ1、3）、ユリカモメ⁹¹⁾が実施された。死亡鳥や救護個体の鉛濃度を測定するパッシブサーベイランスに加え、低濃度曝露を把握するには糞便や狩猟鳥、生体捕獲によるアクティブサーベイランスを実施し、曝露状況の実態解明が必要と考えられた。

(2) - 3 総合的リスク評価手法

野生動物感染症の優先順位決定では、5つの基準として①感染動物の多様性、②侵入経路の多様性、③感染経路の多様性、④パンデミックまたはエピソードの可能性、⑤宿主となる野生動物の多様性と密度が評価者6名の協議により選択された。各評価者による野生動物感染症の評価を総合した結果、①HPAI、②SFTS、③狂犬病、④FMD、⑤WNV、⑥Covid19、⑦CSF/ASF、⑧紅斑熱、⑨エキノコックスの順に高リスクと評価され、優先順位が高かった。

各都道府県でAIまたは鉛汚染の有無を検査するために十分な検体数を求め、サーベイランスマップを作成した（図1-4、1-5）。各都道府県の水鳥類が保有するIAVの有無を判定するには、49-1,257検体が必要と推定された。HPAIVの場合は、2020-21年シーズンにおける糞便検体から検出されたHPAIV/IAV株の比率（2/30）を用いて推定すると、718-17,009検体の糞便が各都道府県で必要と推定された。カモ類の血中鉛濃度血中鉛濃度（基準値：20 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 以上）より鉛汚染の有無を確認するには8-66羽、糞便（基準値：30 mg/dL 以上）では104-108検体の検査が必要と推定された。

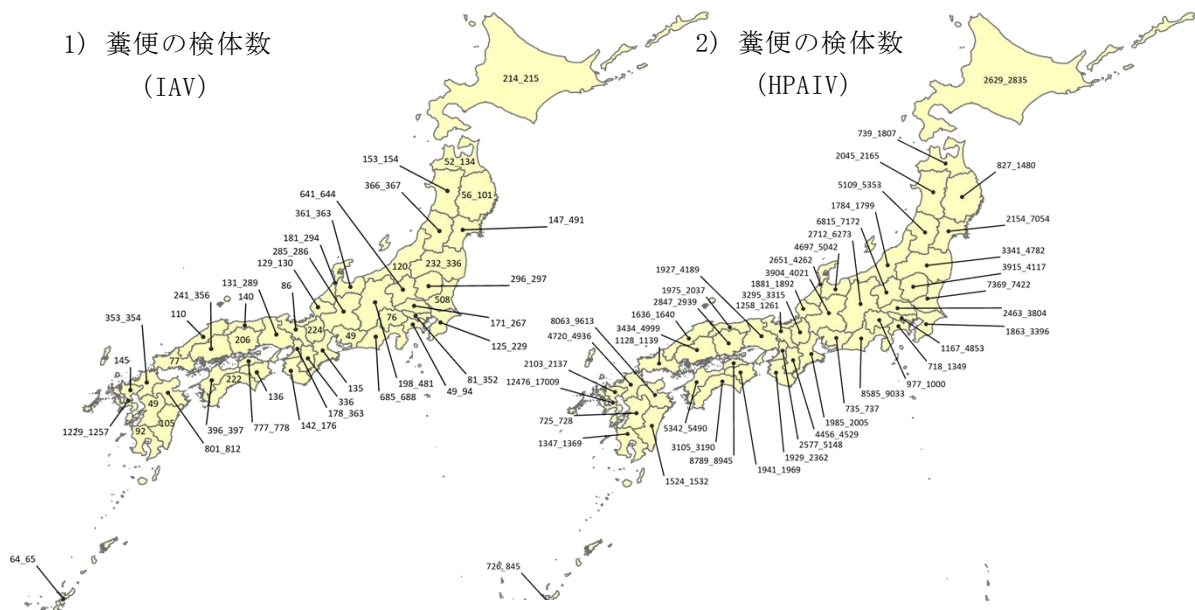


図1-4. 鳥インフルエンザのサーベイランスマップ

1) 生体の検体数
(血中鉛濃度 > 20 $\mu\text{g}/\text{d}\ell$)

2) 糞便の検体数
(> 30 $\text{mg}/\text{d}\ell$)

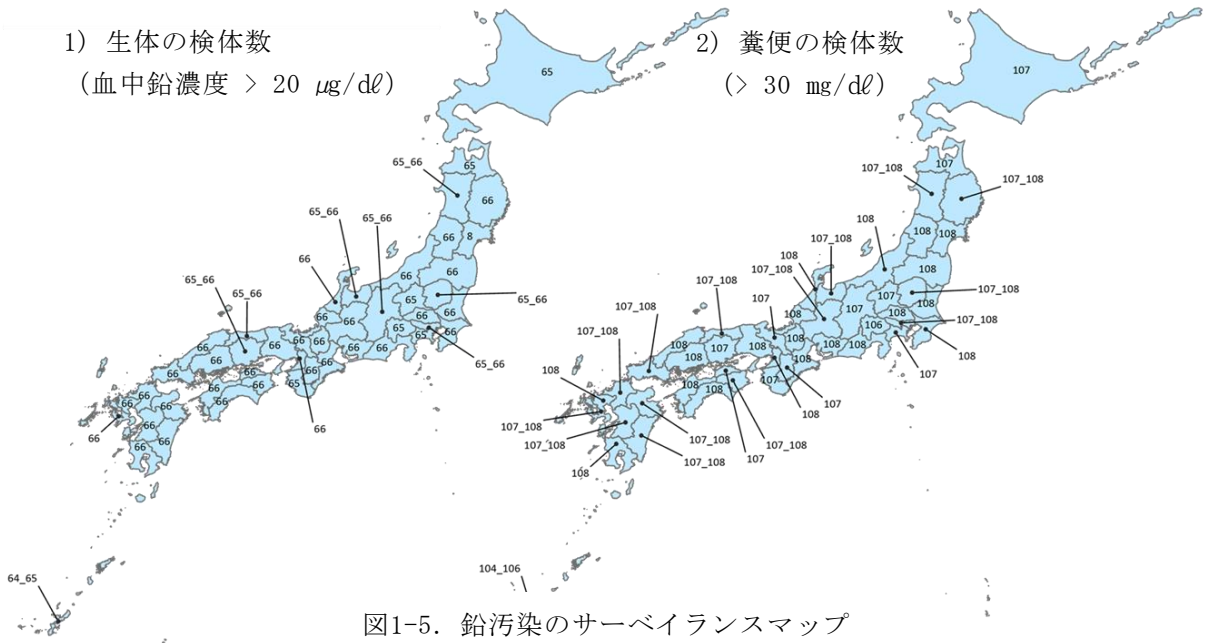


図1-5. 鉛汚染のサーベイランスマップ

鳥インフルエンザのウイルス検査を実施するアクティブサーベイランスの試行では、通常の捕獲許可申請時に必要とされる手続きに加え、下記の7項目について環境省および自治体から指示された。

<生体捕獲によるHPAIサーベイランスの追加手続き>

- ①捕獲許可申請書に捕獲地点から野鳥監視重点区域（半径10km圏）を加えた地図、連絡フロー（図1-6）および各検体（スワブ、血液、個体）のフロー（図1-7）を添付する。
- ②野鳥監視重点区域内の県と市町村に、申請者または環境省が事前に調査日程を連絡する。
- ③捕獲作業者は、現地で実施する簡易検査結果を環境省に直ちに報告する。
- ④簡易検査陽性個体は安楽殺し、検査結果確定までは冷蔵保管する。陽性確定時点で冷凍し、環境省指定廃処理施設で焼却する。
- ⑤捕獲作業者はマスクと手袋を装着して作業し、靴底および作業場所は消毒して感染拡大防止対策を実施する。
- ⑥簡易検査を実施した個体には無毒のマーカー等で羽毛に色を塗り、一定期間は検査個体を識別可能にする
- ⑦捕獲チームは、検査結果確定まで、または陽性時は野鳥監視重点区域設置期間に周辺生息地を巡視する。

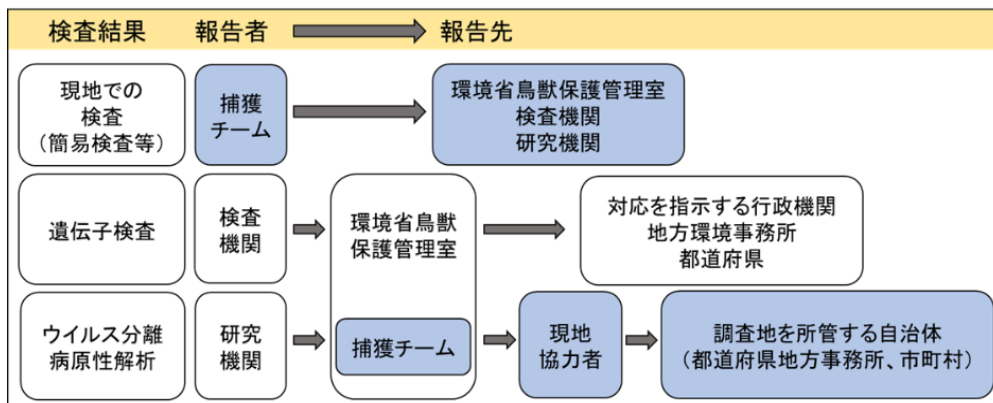


図1-6. 連絡フロー

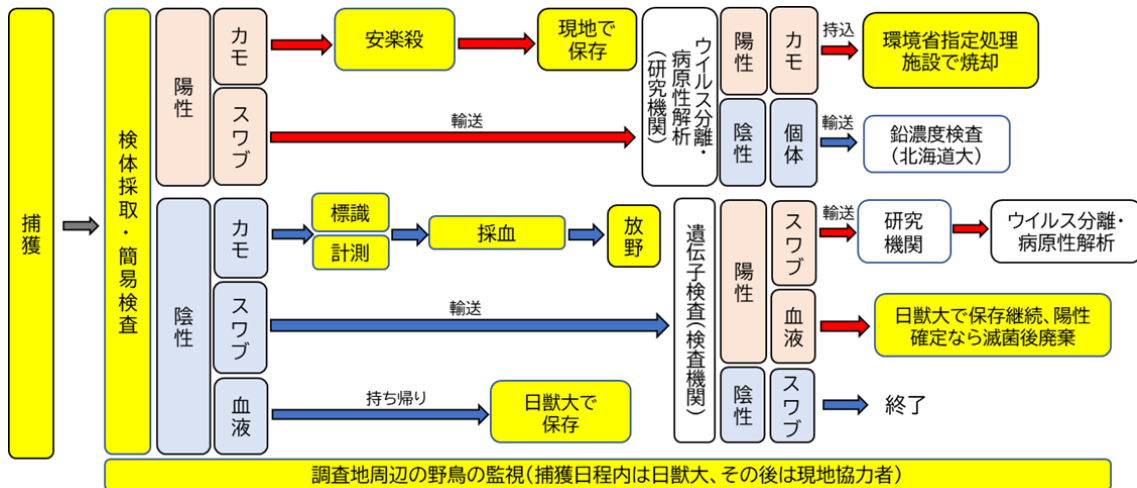


図1-7. 検体のフロー

カモ類の捕獲は2018-2021年の11-12月に各1回、計4回実施し、各回にオナガガモ20-50羽、計144羽のAIのウイルス検査を実施した。捕獲日から遺伝子検査終了までは、1.5-4.5日であった。全ての調査回において、簡易検査、遺伝子検査ともにAIVは検出されなかった。

各年でIAVは49-59%、H5は22-46%の抗体陽性率を示した。血中鉛濃度は平均3.7-50.3 μg/dℓ (範囲0.2-474.0) であり、鉛中毒レベル (50 μg/dℓ以上) の個体は各年で0-24%みられた。免疫指標であるCD4およびCD8αは、それぞれ血中鉛濃度と有意な負の相関 (CD4: N = 142, r = -0.60, P < 0.001, CD8α: N = 142, r = -0.52, P < 0.001) がみられ、鉛による免疫抑制が生じていることが示唆された。免疫指標による鉛汚染の基準値は、Area Under the Curve (AUC) の最大値 (CD4: 14 μg/dℓ、CD8α: 12 μg/dℓ) と、それ以下の1 μg/dℓ ほどのAUCの差を比較したところ、CD4については有意差がみられなかった一方、CD8αについては3 μg/dℓで有意差があったため、免疫低下を指標とした際の血中鉛濃度の基準値の下限は4 μg/dℓ程度である可能性が考えられた。カモ類の無症状鉛汚染の基準とされる値は20-50 μg/dℓ²⁾とされるが、免疫を指標にすると、鉛汚染レベルの基準値はさらに低くなる可能性が示唆された。血中鉛濃度5 μg/dℓおよび栄養状態ごとの抗体陽性率を比較したところ、栄養状態が標準以上かつ血中鉛濃度が5 μg/dℓ以上の個体は、鉛濃度が低い個体よりもIAVおよびH5亜型の抗体保有率が19-22%高かった。そのため、鉛の低濃度曝露により、AIVに感染しやすくなっている可能性が推測された (表1-2)。

表1-2. オナガガモの血中鉛濃度と栄養状態別にみた鳥インフルエンザウイルスの抗体陽性率

1) A型鳥インフルエンザウイルス (IAV) 抗体陽性率

IAV 抗体陽性率 (+/-)		栄養状態			
		L		H	
血中鉛濃度 (μg/dℓ)	< 5	0.57	(8/6)	0.48	(14/15)
	5 <	0.57	(26/20)	0.71	(24/10)

2) H5亜型の抗体陽性率

H5 抗体陽性率 (+/-)		栄養状態			
		L		H	
血中鉛濃度 (μg/dℓ)	< 5	0.29	(4/10)	0.23	(7/24)
	5 <	0.34	(16/31)	0.41	(14/20)

- (3) 課題解決、社会実装のための提案
 - (3) - 1 鳥インフルエンザのサーベイランスと防疫対策
 - (3) - 1 - 1 野鳥の鳥インフルエンザサーベイランス
- ①早期警戒システムとして積極的なサーベイランス体制の整備

環境省HPAIサーベイランスによる死亡野鳥等調査と糞便採取調査では、HPAIウイルスの侵入を早期発見することは難しいことが示された。しかしながら、大学等研究機関により採取および検査された水鳥類の糞便からはHPAIVが検出されており、国内におけるHPAIVの早期発見に成功した例もみられる。テーマ2で実施した様々な検体によるAI検査では、環境水のみで検出された都道府県もあり、糞便調査を補完する手法として、環境省HPAIサーベイランスでも普及が望まれる。そして、全国の自然環境部局職員を対象とした講習会を定期的で開催し、担当者のスキルアップを図ることを提案する。また、韓国の糞便サーベイランス体制のように、獣医大学の協力を得て、糞便採取調査や環境水検査等のHPAIサーベイランスへの協力を得ることも、人材育成や普及啓発の面でも検討すべきと考える。

都道府県では、自都道府県で発生して初めて監視強化する都道府県が30%を超えたが、移動能力の高い渡り鳥が運ぶHPAIVは、国内や韓国などの近隣国で発生した時点で監視を強化すべきである。ガンカモ類などの渡り鳥生息地、特にラムサール条約登録湿地には水鳥・湿地センターなどの拠点施設が設置されており、野鳥などの自然観察を専門とする職員により、頻繁に生息地の巡視や鳥類調査が実施されている。糞便や環境水などの環境試料は、簡単に採取できるものの、排便からの経過時間や採取時の天候などの条件により大きく左右されるため、渡り鳥生息地の拠点施設での巡視状況を都道府県や地方環境事務所と積極的に情報共有したり、糞便などの環境試料採取調査への協力を促すことも、HPAIの監視強化につながると考えられる。

②早期発見等に適した鳥種を見極める適正なリスク評価

検査優先種やその優先度は、死亡鳥および衰弱鳥における陽性率や陽性事例の有無を基に作成されてきた。さらに検査優先種における検査対象数を決定することにより、HPAIVのキャリアとして考えられているカモ類や、単独で行動する猛禽類などの鳥類ですら、対象数に満たなければ検査されず、正確なリスク評価や早期発見の妨げになってきた可能性が示された。海外のように検査対象数自体を決めず、発見時の状況や場所等の情報により柔軟に検査の実施を判断したり、1羽から検査を実施し、HPAI流行時に正確なリスク評価ができるよう努めることが重要であろう。また、サーベイランスマップを作成することで、各都道府県で糞便や死亡鳥などの検体の採取目標数を視覚化し、定期的に更新することも有用と考えられる。

③死亡野鳥検査における診断の迅速化

2016-2017年シーズンから2020-2021年シーズンまでの死亡野鳥等調査において、回収から確定検査結果が得られるまでの所要日数は、 8.8 ± 3.4 (SD) 日 (N=283) を要していたため、診断の迅速化が必要と考えられた。2021年10月のマニュアル改訂以降、検査機関(旧遺伝子検査機関)または研究機関(旧確定検査機関)における遺伝子検査で検査結果を確定可能となったことにより、2021-2022年シーズン3月末までにおける同日数は、 6.5 ± 2.0 (SD) 日 (N=104) に改善された。

④発生時の監視体制強化

HPAI発生時、都道府県は死亡鳥の検査対象は増やされるものの、野鳥の生息地等の巡視や鳥類生息調査などのアクティブサーベイランスは、自都道府県内で発生した際も35%にとどまっていた。これまでのHPAI流行シーズンにおける野鳥での発生パターンより、日本全国で同時多発的にHPAIが発生するため、1例目が検出された時点で、野鳥のAIサーベイランスは全国でただちに監視を強化すべきである。

(3) - 1 - 2 希少鳥類の救護と防疫対策

イギリスの希少鳥類保護増殖施設では、収容する鳥類の希少性に基づいて飼養施設が整備されていた。感染症対策を十分に施した施設で全ての飼養鳥を飼養できない場合は、希少性に応じて優先順位を決定し、飼養施設が整備されるべきである。野生動物の救護には、捕獲、保定、検査、運搬、飼育など専門的な技術が必要とされ、さらに感染拡大防止対策を講じなければならない。救護施設の設備や規模は施設ごとに大きく異なり、ヘパフィルターなどの感染症対策が完備された隔離施設をはじめ、治療施設、HPAI感染時に専任の獣医師を配置する余裕のある救護施設は限られている。HPAIなどの重大な感染症が発生した際に施設に貸与できる移動式の隔離施設を、環境省野生生物保護センターなど希少動物保全の拠点施設に配備し、迅速に対応できる体制を整備することを提案する。

(3) - 1 - 3 飼養鳥の防疫対策

①動物園等飼養施設と関係機関の連携体制の整備

動物園水族館におけるHPAI発生時は、動物愛護管理部局、自然環境部局、そして畜産部局など、関連部局が多岐にわたる。それらの連携体制をあらかじめ構築し、相互に確認している必要がある。そのためには、ZAHPで実施されている動物園関係者の講習会のように、各部局が一堂に会し、合同講習会や防疫訓練を定期的に行ったり、動物園職員の災害時や日々の感染症対策を普及啓発するプログラムを実施し、当事者たちの意識を高めることが重要である。

②飼養鳥の隔離・治療体制の整備

動物園水族館の設備や規模は施設ごとに大きく異なり、感染症対策を完備した隔離施設をはじめ、治療施設、HPAI感染時に専任の獣医師を配置する余裕のある園館は限られている。欧米でもHPAI感染が確定した個体は安楽殺することが原則とされていることも鑑み、HPAIに感染した飼養鳥を隔離飼育する場合、隔離施設の設備や運用方法などの基準を環境省が明確にすべきである。救護施設と同様に、全国の拠点施設に配備された移動式の隔離施設を、飼養鳥にも利用することを提案する。また、救護個体を受け入れている園館は、救護個体を介したHPAIVの侵入を防ぐため、救護個体と飼養鳥が施設や人員を共有しないようすべきである。これらを共有する場合は、HPAIが発生しやすい秋から春にかけての渡り鳥飛来時期には救護個体の受け入れを停止し、HPAI対策を強化することが望まれる。

(3) - 2 鉛汚染のサーベイランス

国内における鉛汚染の実態把握は、本州以南の猛禽類やその他の鳥類については、全国的に不足している。本プロジェクトでは、本州の猛禽類とカモ類の死亡鳥や救護個体に加え、捕獲した生体や糞便からの鉛濃度測定により実態把握が進んだ。今後も検体の収集体制を整備し、エビデンスの収集を進める必要がある。死亡鳥および糞便の収集は、環境省の野鳥HPAIサーベイランスで全国規模の体制が構築されている。テーマ3では、この体制で収集された検体を利用できたため、今後も継続すれば、全国規模の鉛汚染地域の解明につながるだろう。

(3) - 3 総合的リスク評価を踏まえた野生動物疾病のサーベイランス

①一般サーベイランスの情報共有や情報提供のためのデータベース整備

日本でも全国規模の野生動物疾病データベースを構築し、野生動物疾病情報の一元化や情報発信ができる体制を構築すべきである。一般市民にも可能な範囲で情報発信することで、野生動物疾病サーベイランスへの理解を深め、大量死等の情報提供をしやすい環境づくりをすることは、野生動物疾病サーベイランスを円滑に進める上でも重要な課題である。

②総合的リスク評価

野生動物感染症の優先順位決定では、家畜感染症と野生動物感染症の専門家により評価されたため、感染症自体の特徴が基準として選択され、評価対象とされたと考えられる。社会実装する場合には、感染症自体のリスクだけでなく、経済的影響などあらゆる側面から検討するために、多分野の関係者がリスク評価に関わることの重要性が示された。

疾病の有無の検出に必要なとされる検体数は、数式の性質上、感染率（汚染率）が高いほど大きく減少し、また母集団サイズが大きくなるとわずかに増加した。今回推定した検体数は、糞便中のAIVのように環境条件に大きく影響を受ける検体の場合、その地域本来の感染率だけではなく、検査に適した検体が採取されたかどうかにも大きく影響される。そのため、推定されたIAVやHPAIV検体数が小さいほど、より精度の高い調査が実施されている地域とも考えられるだろう。AIV検査における糞便検体は、採取技術が向上すれば必要とされる検体数は減少するため、糞便採取調査の負担軽減が見込まれる。

生体捕獲によるHPAIおよび鉛汚染のアクティブサーベイランスの実装シミュレーションでは、行政より指示された全ての項目に従い、調査を実施したが、今後生体捕獲を伴う野生動物疾病サーベイランスを実施するにあたり、改善の必要な項目が考えられた。今回、検査陽性個体については放野せず、安楽殺することが義務づけられたが、家きんでも殺処分の決定は遺伝子検査によるHPAI確定時点であり⁹²⁾、簡易検査陽性時点で安楽殺されることはない。安楽殺する意義はHPAIの感染拡大防止であり、野生個体

から抽出した一部の個体が感染していれば、同所的に生息している他個体が感染していないとは考えにくい。聞き取り調査によると、欧米の生体捕獲によるAIサーベイランスでは簡易検査が実施されないため、検体採取後は全個体が放野されており、韓国では生体の簡易検査を実施したのち全個体が放野されていた。捕獲作業や捕獲道具を介した人や家きんへの感染拡大を防止するため、マスク等の着用や捕獲道具等の消毒は必要であるが、無症状の検査個体の安楽殺は、本来の目的である感染拡大防止につながらないため不要と考えられる。また、捕獲作業者が最大で1カ月以上調査地周辺の監視活動を行うことは、遠隔地では困難であるため、適切な現地協力者を得て実施することが望ましいと考えられた。

本テーマで対象とした鉛などの重金属や化学物質汚染が、野生動物に与える影響の大きさは、まだ十分に解明されていない。また、これまではHPAIや鉛汚染など、単独の感染症や汚染物質についてのサーベイランスに焦点が当てられ、その他の汚染物質による曝露レベルとHPAIなどの感染症の発症や重症化との関連性は、ほとんど検証されていない。重大な野生動物感染症や化学物質については優先順位をつけて定期的に更新し、監視対象疾病を選定するとともに、生体や糞便などアクティブサーベイランスを実施する機会が得られた際には、対象とする疾病のほか、優先度の高い感染症や化学物質についても検査を行なえるよう、検体採取を実施すべきである。

③法制度の整備

わが国の現状では、野生動物に対する感染症対策に法的な根拠は乏しい。一方で、諸外国では野生動物感染症に関する法制度を整備し、それに基づいてサーベイランスシステムを構築しているところが少なくない。

アジアでも、例えば中国では野生動物保護法に基づいて陸生野生動物の伝染病及び感染源の監視・管理が実施されている。2005年には、法を所管する林業部門の下に陸生野生動物を対象とする疫病・感染源の監視センターが設置され、現在では、国、省市／郡レベルの監視ステーションおよびオンライン報告システムに参加する約2,000の組織からなる幅広いネットワークに発展している。また、韓国では2014年に野生生物保護管理法を改正し、「野生動物の疾病管理」の節を立てて5年ごとに野生動物疾病管理基本計画を樹立して施行することが政府に義務付けられた。この計画に基づき、2021年に国立野生動物疾病管理院が設置され、全国的なサーベイランスネットワークが構築された。

わが国でも、これらを参考に野生動物管理および生物多様性に関わる法制度に野生動物感染症や疾病のサーベイランスを位置づけるべきである。

5. 研究目標の達成状況

	設定目標	達成状況
サブテーマ1	研究全体を総括し、希少鳥類の新たな脅威となる高病原性鳥インフルエンザに着目して、免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な評価も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発するとともに、それを社会実装する手法を提案する。 また、国内外の実践事例を参考にして開発した実効性の高いリスク評価手法を用い、モデル拠点における実装シミュレーションを試行し、アウトカムとして社会実装可能なリスク評価手法を提案する。	設定目標を達成した。研究全体を総括し、高病原性鳥インフルエンザに着目して、免疫抑制を引き起こす低濃度の鉛汚染との複合的な評価も踏まえた総合的なリスク評価手法を開発し（図1-1）、国内外の野鳥HPAI等のサーベイランス体制の実態把握（表1-1）やサーベイランスデータに基づいたリスク評価（図1-3）、水鳥類越冬地での実装シミュレーション（図1-6, 1-7）により、社会実装可能な手法を提案した。さらに、 <u>水鳥類越冬地でのアクティブサーベイランスや行政獣医師を対象とした野生動物感染症のリスク評価ワークショップを実施</u> し、目標を上回る成果を上げた。

6. 引用文献

- 1) 環境省：野鳥における高病原性鳥インフルエンザに係る対応技術マニュアル。
http://www.env.go.jp/nature/dobutsu/bird_flu/manual/pref_0809.html
- 2) J.C. Franson and D.J. Pain: Environmental contaminants in biota, In W.E. Beyer and J.P. Meador (ed.), CRC Press, 563-593 (2011)
- 3) M. Thrusfield: Veterinary epidemiology (Third edition). Blackwell Science (2007)
- 4) CDC: U.S. One Health zoonotic disease prioritization report.
<https://www.cdc.gov/onehealth/what-we-do/zoonotic-disease-prioritization/us-workshops.html>
- 5) S. Moriguchi et al.: Prev. Vet. Med., 187, 105234 (2021)
- 6) BMEL: Bekämpfung der geflügelpest in Deutschland. (ドイツ語)
<https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tiergesundheit/tierseuchen/gefluegelpest.html>
- 7) Defra: Notifiable avian disease control strategy for Great Britain.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/834770/avian-disease-control-strategy1.pdf
- 8) USDA: Avian influenza and wild birds.
<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/animalhealth/animal-disease-information/avian/avian-influenza/ai-wild-birds>
- 9) DAWE: Animal health surveillance.
<https://www.agriculture.gov.au/animal/health/surveillance-diagnostics>
- 10) FASFC: Situation in Belgium. <https://www.fasfc.be/animals/animal-health/animal-diseases/avian-diseases/avian-influenza/situation-belgium>
- 11) 環境部：野生鳥類鳥インフルエンザ標準行動指針 (AI SOP) (韓国語)。
http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=50&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10262&orgCd=&condition.orderSeqId=7614&condition.rnSeq=88&condition.deleteYn=N&seq=7613
- 12) USDA: Early detection and monitoring for avian influenza of significance in wild birds. A U.S. Interagency strategic plan.
https://www.aphis.usda.gov/animal_health/downloads/animal_diseases/ai/wild-bird-strategic-plan.pdf
- 13) J.M. Sleeman et al.: J. Vet. Sci., 18, 263-268 (2017)
- 14) Sciensano: Animal health. <https://www.sciensano.be/en/health-topics/animal-health>
- 15) AHA: Animal health in Australia system report, First edition.
<https://www.animalhealthaustralia.com.au/our-publications/animal-health-in-australia-report/>
- 16) ZAHP: Zoo and aquarium all hazards partnership. <https://zahp.org/>
- 17) A. Globig et al.: Transbound. Emerg. Dis., 64, 1813-1824 (2017)
- 18) J.L. Newth et al.: Biol. Conserv., 144, 1630-1637 (2011)
- 19) European Commission: DIRECTIVE 2009/128/EC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0128>
- 20) UNEP: UNEP/CMS/Resolution 10.26 minimizing the risk of poisoning to migratory birds.
<https://www.cms.int/en/document/minimizing-risk-poisoning-migratory-birds-1>
- 21) L.A. Walker et al.: Lead (Pb) and mercury (Hg) concentrations in predatory bird livers 2012: A predatory bird monitoring scheme (PBMS) report.
https://pbms.ceh.ac.uk/sites/default/files/PBMS_Lead_Mercury_in_Predatory_Birds_2012.pdf

- 22) A. Slabe Vincent et al.: Science, 375, 779-782 (2022)
- 23) R.E. Russell and J.C. Franson: Wildl. Soc. Bull., 38, 697-704 (2014)
- 24) O. Krone et al.: Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, In R.T. Watson, M. Fuller, M. Pokras and W.G. Hunt (ed.), The Peregrine Fund, 289-301 (2009)
- 25) E. Descalzo et al.: Sci. Total Environ., 750, 142260 (2021)
- 26) J.B. Lenoç: J. Public Health Inform., 8, e66 (2016)
- 27) K. Cox-Witton et al.: PLoS One, 9, e95127 (2014)
- 28) BTO: Garden Wildlife Health. <https://www.bto.org/our-science/projects/garden-wildlife-health>
- 29) C. Pereira. M.G., J.S. & Shore, R.F.: WILDCOMS (wildlife disease & contaminant monitoring and surveillance network) Annual report- 2012-2013. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/504520/>
- 30) PREDICT Consortium: Advancing global health security at the frontiers of disease emergence. https://ohi.vetmed.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk5251/files/inline-files/PREDICT%20LEGACY%20-%20FINAL%20FOR%20WEB%20-compressed_0.pdf
- 31) S.N. Bevins et al.: PLoS One, 9, e104360 (2014)
- 32) T.J. Deliberto et al.: Integr. Zool., 4, 426-439 (2009)
- 33) U. Hesterberg et al.: Annual report of the EU avian influenza surveillance in wild birds 2006. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2006.pdf
- 34) Hesterberg U. et al.: Annual report on surveillance for avian influenza in wild birds in the EU during 2007 (sanco/2181/2008 - rev.1). https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2007.pdf
- 35) VLA: Annual report on surveillance for avian influenza in wild birds in the EU in 2008. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2008.pdf
- 36) VLA: Annual report on surveillance for avian influenza in wild birds in the EU in 2009. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2009.pdf
- 37) VLA: Annual report on surveillance for avian influenza in wild birds in Member States of the European Union in 2010. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2010.pdf
- 38) AHVLA: Annual report on surveillance for avian influenza in wild birds in Member States of the European Union in 2011. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_wld-brds_2011.pdf
- 39) AHVLA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and in wild birds in Member States of the European Union in 2012. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_pltry-wld-brds_2012.pdf
- 40) APHA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and in wild birds in Member States of the European Union in 2013. https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_pltry-wld-brds_2013.pdf
- 41) APHA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and in wild birds

in Member States of the European Union in 2014.

https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/ad_control-measures_ai_surv-rslt_pltry-wld-brds_2014.pdf

- 42) APHA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and in wild birds in Member States of the European Union in 2015.
https://www.academia.edu/30322063/Annual_Report_on_surveillance_for_avian_influenza_in_poultry_and_wild_birds_in_Member_States_of_the_European_Union_in_2015
- 43) APHA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and wild birds in Member States of the European Union in 2016.
https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/ad_control-measures_ai_surv-rslt_pltry-wld-brds_2016.pdf
- 44) APHA: Annual report on surveillance for avian influenza in poultry and wild birds in Member States of the European Union in 2017.
https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/ad_control-measures_ai_surv-rslt_pltry-wld-brds_2017.pdf
- 45) EFSA et al.: EFSA J., 17, e05945 (2019)
- 46) EFSA: EFSA J., 18, e06349 (2020)
- 47) AHA: Animal health in Australia annual report 2019-2020.
<https://animalhealthaustralia.com.au/industry-publications/>
- 48) J. Jeong et al.: Vet. Microbiol., 173, 249-257 (2014)
- 49) H.-R. Kim et al.: Vet. Microbiol., 151, 386-389 (2011)
- 50) H.M. Kang et al.: J. Wildl. Dis., 46, 878-888 (2010)
- 51) Y.-N. Lee et al.: Emerg. Microbes. Infect., 7, 1-13 (2018)
- 52) J.-H. Shin et al.: J. Microbiol., 53, 475-480 (2015)
- 53) 環境省: 野鳥における高病原性鳥インフルエンザに係る対応技術マニュアル. 環境省 (2018)
- 54) USDA: Implementation plan for avian influenza surveillance in waterfowl in the United States summer FY 2021 - winter FY 2022.
https://www.aphis.usda.gov/animal_health/downloads/animal_diseases/ai/2021-22-wild-bird-ai-surveillance-implementation-plan.pdf
- 55) USDA: Surveillance plan methods for detecting avian influenza in wild migratory birds in the United States.
https://www.aphis.usda.gov/animal_health/downloads/animal_diseases/ai/surv-methods-avian-influenza-wild-birds.pdf
- 56) EFSA et al.: EFSA J., 19, e06953 (2021)
- 57) M. Steensels et al.: Avian Dis., 60, 387-393 (2016)
- 58) J.H. Verhagen et al.: PLoS One, 12, e0173470 (2017)
- 59) J.H. Verhagen et al.: Euro Surveill., 20, 21069 (2015)
- 60) Norwegian Veterinary Institute: The surveillance programme for avian influenza (AI) in wild birds in Norway 2019. <https://www.vetinst.no/en/surveillance-programmes/avian-influenza-in-wild-birds>
- 61) G. Pannwitz et al.: J. Wildl. Dis., 45, 512-518 (2009)
- 62) S. Švažas et al.: Vet. Zootec., 60, 72-78 (2012)
- 63) M. Martinez et al.: Epidemiol. Infect., 139, 91-98 (2011)
- 64) AHA: Animal health in Australia 2018. <https://animalhealthaustralia.com.au/industry-publications/>
- 65) N. Kanstrup et al.: Ambio, 45, 621-628 (2016)

- 66) EU: COMMISSION REGULATION (EU) 2021/57. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0057&from=EN>
- 67) N. Kanstrup: *Ambio*, 48, 999-1008 (2019)
- 68) Ministry of Environment of Denmark: Denmark to ban lead in hunting ammunition. <https://en.mim.dk/news/2020/nov/denmark-to-ban-lead-in-hunting-ammunition/>
- 69) R. Mateo and N. Kanstrup: *Ambio*, 48, 989-998 (2019)
- 70) K.A. Wood et al.: *Biol. Conserv.*, 230, 67-74 (2019)
- 71) R. Cromie et al.: The sociological and political aspects of reducing lead poisoning from ammunition in the UK: Why the transition to non-toxic ammunition is so difficult. <http://oxfordleadsymposium.info/proceedings/>
- 72) D.J. Pain et al.: *Ambio*, 48, 935-953 (2019)
- 73) California Department of Fish and Wildlife: Nonlead ammunition in California. <https://wildlife.ca.gov/Hunting/Nonlead-Ammunition#25046244-when-does-the-nonlead-ammunition-regulation-take-effect->
- 74) Fish & Game New Zealand: Non-toxic shot regulations the planned phase-out of lead shot for waterfowl hunting is now complete. <https://fishandgame.org.nz/game-bird-hunting-in-new-zealand/hunting-regulations/non-toxic-shot-regulations/>
- 75) J.L. Newth et al.: *Eur. J. Wildlife Res.*, 59, 195-204 (2013)
- 76) R. Mateo et al.: *Environ. Int.*, 63, 163-168 (2014)
- 77) L. Monclús et al.: *Sci. Total Environ.*, 748, 141437 (2020)
- 78) T.R. Kelly et al.: *PLoS One*, 6, e17656 (2011b)
- 79) H. Ferreyra et al.: *Ecotoxicology*, 24, 735-745 (2015)
- 80) P.I. Plaza et al.: *Perspect. Ecol. Conserv.*, 16, 201-207 (2018)
- 81) M. Uhart et al.: *Ambio*, 48, 1015-1022 (2019)
- 82) N. Vallverdú-Coll et al.: *Environ. Sci. Technol.*, 49, 3839-3850 (2015a)
- 83) N. Vallverdú-Coll et al.: *Environ. Pollut.*, 205, 350-356 (2015b)
- 84) 神和夫ほか: 北海道立衛生研究所報, 39, 107-109 (1989)
- 85) 神和夫・都築俊文: 北海道立衛生研究所報, 40, 86-90 (1990)
- 86) C. Ishii et al.: *J. Vet. Med. Sci.*, 82, 1118-1123 (2020)
- 87) C. Ishii et al.: *Chemosphere*, 186, 367-373 (2017)
- 88) 渡邊祐策ほか: 日本野生動物医学会誌, 16, 127-131 (2011)
- 89) 村瀬敏之ほか: 日獣会誌, 44, 832-836 (1991)
- 90) 柳井徳磨ほか: 日本野生動物医学会誌, 12, 41-49 (2007)
- 91) N. Ushine et al.: *J. Vet. Med. Sci.*, 82, 1124-1129 (2020)
- 92) 農林水産省: 高病原性鳥インフルエンザ及び低病原性鳥インフルエンザに関する特定家畜伝染病防疫指針. https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_bousi/

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上发表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) S. MORIGUCHI, R. HOSODA, N. USHINE, T. KATO and S. HAYAMA: *Prev. Vet. Med.*, 187, 2, 105234 (2021) Surveillance system for avian influenza in wild birds and implications of its improvement with insights into the highly pathogenic avian influenza outbreaks in Japan.
- 2) N. USHINE, S.M.M. NAKAYAMA, M. ISHIZUKA, T. SATO, Y. KURAHASHI, E. WAKAYAMA, N. SUGIURA,

- S. HAYAMA: J. Vet. Med. Sci, 82, 8, 1124-1129 (2020) Relationship between blood test values and blood lead (Pb) levels in Black-headed gull (*Chroicocephalus ridibundus*: Laridae).
- 3) N. USHINE, O. KURATA, Y. TANAKA, T. SATO, Y. KURAHASHI, S. HAYAMA: J. Vet. Med. Sci, 82, 11, 1619-1626 (2020) The effects of migration on the immunity of Black-headed gulls (*Chroicocephalus ridibundus*: Laridae).

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

- 1) 森口紗千子：養鶏の友、720, 22-27 (2022)
「高病原性鳥インフルエンザの発生状況と野鳥の生態から見る野鳥サーベイランスのあり方」
- 2) 森口紗千子：Zoo and Wildlife News、53, 32-35 (2021)
「ワンヘルスコナー 生体捕獲による野生動物疾病サーベイランス体制の構築に向けて」
- 3) 森口紗千子：獣疫学雑誌, 25, 1, 6-11 (2021)
「第57回獣疫学学術集会シンポジウム”鳥インフルエンザの最新知見について—最大規模の発生にどのように取り組むべきか—” 講演2 高病原性鳥インフルエンザの発生状況からみた野鳥サーベイランスの現状と課題」
- 4) 樋口広芳編著：鳥の渡り生態学、東京大学出版会、275-314 (2021)
「第12章 渡り鳥と感染症（執筆担当：森口紗千子）」
- 5) 森口紗千子、加藤卓也、羽山伸一：獣疫学雑誌、24, 1, 36-37 (2020)
「野鳥における鳥インフルエンザサーベイランスの現状と課題」

(2) 口頭発表（学会等）

【サブテーマ1】

- 1) 森口紗千子、大沼学、牛根奈々、羽山伸一：日本鳥学会2021年度大会 (2021)
「高病原性鳥インフルエンザサーベイランスの野鳥の検査状況からみた検査対象の設定方法」
- 2) 森口紗千子：第57回獣疫学会学術集会シンポジウム 鳥インフルエンザの最新の知見について—最大規模の発生にどのように取り組むべきか— (2021) 【招待講演】
「高病原性鳥インフルエンザの発生状況からみた野鳥サーベイランスの現状と課題」
- 3) S. MORIGUCHI, N. USHINE, T. KATO, S. HAYAMA: International Symposium on Chemical Hazard in Wildlife, Sapporo, Japan, 2020
“Implementation Status of Lead Pollution Surveillance in Wild Birds”
- 4) S. MORIGUCHI, R. HOSODA, N. USHINE, T. KATO and S. HAYAMA: NIES_NIER_USGS International workshop 2019, Tsukuba, Japan, 2019
“Surveillance System for Avian Influenza in Wild Birds in Japan”
- 5) 森口紗千子、細田凜、牛根奈々、加藤卓也、羽山伸一：第25回日本野生動物医学会大会 (2019)
「動物園の飼養鳥における高病原性鳥インフルエンザのサーベイランス体制と防疫対策の現状と課題」
- 6) 牛根奈々、中山翔太、石塚真由美、羽山伸一：第25回日本野生動物医学会大会 (2019)
「鉛汚染は末梢血中の免疫系細胞を変動させるのか？」
- 7) 森口紗千子、細田凜、牛根奈々、加藤卓也、羽山伸一：第162回日本獣医学会学術集会・野生

- 動物学分科会シンポジウム 希少鳥類保全を目指した鳥インフルエンザ研究(2019)【招待講演】
「野鳥および動物園等の飼養鳥における鳥インフルエンザのサーベイランス体制と防疫対策の現状と課題」
- 8) 森口紗千子、細田凜、牛根奈々、加藤卓也、羽山伸一：日本鳥学会 2019 年度大会・鳥の学校第 11 回テーマ別講習会 高病原性鳥インフルエンザと野鳥～最近の情勢と野鳥調査者のための基礎知識 (2019)
「国内の高病原性鳥インフルエンザ検査体制における現状と課題 ー野鳥から動物園までー」
- 9) 牛根奈々：日本鳥学会 2019 年度大会・鳥の学校第 11 回テーマ別講習会 高病原性鳥インフルエンザと野鳥～最近の情勢と野鳥調査者のための基礎知識 (2019)
「フィールドでの注意点ー病原体に感染しないため、そして運び屋にならないためにー」
- 10) S. MORIGUCHI, R. HOSODA, N. USHINE, T. KATO, S. HAYAMA: GeoVet 2019, Davis, US, 2019
“Surveillance system for avian influenza in wild birds and implications for the improvement with insights into highly pathogenic avian influenza outbreaks during 2004-2017 in Japan”
- 11) S. MORIGUCHI, R. HOSODA, N. USHINE, T. KATO, S. HAYAMA: The 2nd international symposium on Developing effective coordinated monitoring of East Asian Waterbirds in the 21st century, Beijing, China, 2019 [invited speech]
“Current status of surveillance system for avian influenza in wild birds and implications from highly pathogenic avian influenza outbreaks during 2004-2017 in Japan”
- 12) 細田凜、牛根奈々、森口紗千子、羽山伸一：2018年度日本鳥学会大会 (2018)
「日本における鳥類の高病原性鳥インフルエンザ防疫体制の実態調査」
- 13) 森口紗千子、牛根奈々、細田凜、羽山伸一：2018年度日本鳥学会大会 (2018)
「野鳥における鳥インフルエンザ監視体制の改善に向けたサーベイランス関係者からの要望」

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) プロジェクトホームページの運営 (開設：2019 年 3 月 25 日、最終更新：2022 年 5 月 2 日、アクセス数：4,672 回 (開設～2022 年 4 月 30 日))
<https://s2-1-surveillance.jimdofree.com/>
- 2) エコプロ 2019 でのパネル出展 (2019) 戦略的研究開発プロジェクト (II) 希少な鳥を守るには～鳥インフルエンザと鉛汚染対策に向けて～ (2009 年 12 月 5～7 日開催)
<https://eco-pro.com/2019/outline/>
- 3) 羽山伸一：一般公開シンポジウム「希少な鳥を守るにはー野鳥の鳥インフルエンザと鉛汚染対策に向けてー」 (主催：(独) 環境保全再生機構 環境研究総合推進費 戦略研究 SII-1 プロジェクト、2019 年 6 月 23 日、日本獣医生命科学大学、参加者 154 名) にて講演
「プロジェクトの紹介」
- 4) 森口紗千子：一般公開シンポジウム「希少な鳥を守るにはー野鳥の鳥インフルエンザと鉛汚染対策に向けてー」 (主催：(独) 環境保全再生機構 環境研究総合推進費 戦略研究 SII-1 プロジェクト、2019 年 6 月 23 日、日本獣医生命科学大学、参加者 154 名) にて講演
「野鳥の鳥インフルエンザと鉛汚染の検査体制の現状と課題」
- 5) 環境研究総合推進費 2019 パンフレットでの研究紹介(2019)戦略的研究開発プロジェクト(II)の紹介
https://www.erca.go.jp/suishinhi/book/pdf/suishinhi_r01.pdf
- 6) 羽山伸一：一般公開シンポジウム「野生動物の健康」 (主催：(独) 環境保全再生機構 環境研究総合推進費 戦略研究 SII-1 プロジェクト、2022 年 3 月 21 日、オンライン、参加者 193 名) に

て講演

「開会あいさつ、全体説明」

- 7) 森口紗千子：一般公開シンポジウム「野生動物の健康」（主催：（独）環境保全再生機構 環境研究総合推進費 戦略研究 SII-1 プロジェクト、2022 年 3 月 21 日、オンライン、参加者 193 名）にて講演

「野鳥の健康診断をやってみた—HPAI および鉛汚染サーベイランスによる総合的リスク評価—」

- 8) 一般公開シンポジウム「野生動物の健康」の講演アーカイブ配信（2022 年 3 月 25 日～4 月 30 日、各講演（13 動画）の視聴回数合計：321 回）

<https://s2-1-surveillance.jimdofree.com/>

（4）マスコミ等への公表・報道等＞

【サブテーマ 1】

特に記載すべき事項はない。

（5）本研究費の研究成果による受賞

【サブテーマ 1】

特に記載すべき事項はない。

IV. 英文Abstract

Development of a Risk Factor Surveillance System for Conservation of Endangered Bird Species and Studies on the Risk for their Population Reduction Due to Avian Influenza Virus Infection and a Countermeasure Against the Risk

Principal Investigator : Shin-ichi Hayama

Institution: Nippon Veterinary and Life Science University, Musashino City, Tokyo, JAPAN

Tel: +81-422-31-4151 / Fax: +81-422-34-6201

E-mail: hayama@nvlu.ac.jp

[Abstract]

Key Words: HPAI, Lead contamination, Surveillance, Zoos and aquariums, Wild birds, Wildlife, Rare birds, Avian influenza, Infectious diseases

Rare bird species are threatened with extinction because of the spread of the highly pathogenic avian influenza (HPAI) virus and exposure to low levels of lead. Therefore, this theme aimed to develop a comprehensive risk assessment methodology for infectious diseases and environmental pollution in endangered birds and propose a method for its social implementation to promote conservation measures. The development of such a methodology might be useful in implementing avian influenza monitoring in East Asia, including Japan, promoting rapid countermeasures, and strengthening lead bullet regulations outside Hokkaido based on the risk assessment of lead contamination.

This theme focused on HPAI and developed a comprehensive risk assessment methodology accounting for low-level lead exposure that can cause immunosuppression. First, we investigated domestic and international wildlife disease surveillance, control measures for rare captive birds, analysis of HPAI outbreaks, and actual surveillance conditions in Japan. Next, we examined the problems and areas of improvement to date related to the wildlife disease countermeasures, including HPAI surveillance and control measures. Furthermore, we proposed a highly effective risk assessment method and an implementation plan at a model site, which was developed with reference to domestic and international examples, as a risk assessment method to be implemented in society. Subsequently, active surveillance of HPAI and lead contamination in wintering areas of waterfowl and the risk assessment workshops for administrative veterinarians were conducted to verify their effectiveness. Finally, we proposed a comprehensive risk assessment method that could be socially implemented in Japan and summarized the overall results of this project research.