

原 著

岩手県における野生鳥獣の環境汚染物質及び背景病変解析の試み (セシウム濃度分析及び病理学的検査を中心に)

佐藤 洋¹⁾ § 一條俊浩¹⁾ 関 まどか¹⁾ 山崎朗子¹⁾ 村上賢二¹⁾ 板垣 匡¹⁾
原澤 亮²⁾ 古濱和久²⁾ 猪鼻 聡³⁾ 市川心一³⁾ 鎌田洋一¹⁾

要 約

鳥獣保護法の改正がなされた後、第二種特定鳥獣にあたる野生鳥獣の数の調整と捕獲動物の有効活用として、各地方自治体単位でジビエの利活用が推進され、市場開発が進行している。しかしながら、捕獲から流通に関して課題は多く残っており、安全面として背景病変や汚染の程度の把握が望まれる。そこで、野生鳥獣の背景病変および環境汚染物質解析の試みとして、岩手県鳥獣保護センターに保護され、野生へ帰ることが困難な保護動物（オオハクチョウ13羽及びニホンジカ1頭）を対象に、放射性物質の汚染を含む背景病変の調査を試みた。なお、今回の調査では、ウイルス及び細菌学的な検索は対象外とした。その結果、オオハクチョウにおける骨格筋中セシウム濃度は、いずれも規制値（100 Bq/Kg）を大幅に下回る値で、物理的半減期が比較的短いCs-134においては、検出されない個体も散見された。また、鳥類で蓄積が問題となる鉛は、調査した全例で検出限界（0.1 ppm）以下であった。病理学的検査では、7/13例に住血吸虫の寄生が認められた。一方、ニホンジカの骨格筋中放射性物質の分析では、Cs-134は検出されず、オオハクチョウの場合と同様にCs-137が僅かに検出される程度であった。病理学的検査では、心筋を含む全身の骨格筋に住肉胞子虫の高度な寄生が認められた。以上、今回調査したオオハクチョウ及びニホンジカでは、福島第一原発事故により放出されたCsの内部被曝の影響は僅かであり、鉛の蓄積も認められなかった。背景病変としては、オオハクチョウにおける住血吸虫が、ニホンジカにおける住肉胞子虫の寄生が着目された。

キーワード：野生鳥獣，オオハクチョウ，ニホンジカ，セシウム，背景病変

我が国は、野生鳥獣の保護や狩猟の適正化を目的にした「鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律（鳥獣保護法，平成14年法律第88号）」により、鳥獣保護区を設けるなど野生鳥獣を保護するとともにその繁殖施策を長年とってきた。その一方で、野生鳥獣の個体数の著しい増加は、農作物の食害を誘発するとともに、日本古来の美しい自然環境の破壊にもつながり、平成26年5月30日、鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律の一部を改正する法律（平成26年法律第46号）による法改正公布により、第二種特定鳥獣（その生息数が著しく増加し、又はその生息地の範囲が拡大してい

る鳥獣）を適切に管理する体制が整ったばかりである。捕獲された第二種特定鳥獣は、全国的にみるとジビエとしての利活用が推進され、市場開発が進行している。しかしながら、捕獲から流通に関して課題が多く、安全面として背景病変や汚染の程度の把握が望まれている。また、産業動物の飼育エリアにも野生鳥獣の行動範囲が広がりつつある現状では、動物衛生あるいは公衆衛生上でも脅威となりうる野生鳥獣の調査研究の意義は高い。

そこで今回、野生鳥獣の背景疾患の把握と環境汚染物質の検出を目的に、岩手県鳥獣保護センターに保護

¹⁾ 岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育研究センター（FAMS）

²⁾ NPO法人いわて野生生物疾病研究センター

³⁾ 岩手県鳥獣保護センター

§ 岩手大学支会

され、野生へ帰ることが困難な動物を対象に調査研究を実施した。なお、今回の調査研究では、ウイルス及び細菌学的な検索は対象外とした。

試験材料および方法

調査対象動物：岩手県鳥獣保護センターにて長期間保護され、なおかつ翼の欠落等により自然界への帰還が困難なおオハクチョウ (whooper swan: *Cygnus cygnus*, 雄7羽, 雌6羽) 2008年交通事故被害により保護されたニホンジカ (sika deer: *Cervus nippon centralis*, ホンシュウジカ, 去勢) を調査の対象とした。おオハクチョウは、固形飼料 (ハイトット圧片混合) 及び地下水を、ニホンジカには乾草及びヘイキューブを与え、地下水を自由摂取させ飼育した。

動物倫理：本調査研究は岩手大学動物実験管理規則 (平成22年6月17日) を遵守するとともに、岩手大学動物実験委員会にて承認された試験計画書 (承認番号: A201359, A201439, A201457, A201501) に従って実施した。おオハクチョウは、ペントバルビタール ナトリウム (ソムノベンチル[®], 共立製薬株式会社) を後頭窩・環椎間硬膜下への大槽内投与 (cisternal injection, 60-180 mg /個体) し、過麻酔にて安楽死させた。ニホンジカは、キシラジン (セラクター[®], バイエル薬品株式会社) を筋肉内注射し鎮静後、致死量 (50 mg /kg) のペントバルビタール ナトリウムを頸静脈投与して安楽死させた。動物は、呼吸停止および角膜反消失を確認後、頸静脈から採血を実施した後に頸静脈・動脈切断により脱血した。

一般・血液検査：体重測定および外観検査の後、頸静脈より抗凝固剤添加血を採取し、多機能自動血球係数装置 poch-100 iv Diff (シスメックス株式会社, 神戸) により血液検査を実施した。また、凝固剤無添加血液を採取後、遠心分離により得られた血清の血液生化学的検査 (ALT, AST, ALP, TP, ALB, Cho, BIL, GGT, BUN 及びCre) を自動分析装置 Accute TBR-40FR (東芝メディカルシステムズ株式会社, 大田原) を用いて測定した。

肝臓中鉛濃度測定：おオハクチョウの肝臓 (左葉) の一部を採取し、食品衛生検査指針に従って、検出限界0.1 ppmの感度で測定した (一般財団法人 岩手県薬剤師会 検査センター)。

骨格筋におけるCs濃度測定：おオハクチョウの胸筋又は大腿筋、ニホンジカの骨格筋として頸部、モモ、サーロイン、ヒレ及びハツ (心臓) をミンチしてU8 (100 mL) ポリプレレン容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器 (GC4018; キャンベラジャパン, 東京) を用いて20時間の測定時間でCs-134 (半減期2.06年) 及びCs-137 (半減期30.2年), 内部標準としてK-40 (半減期12.48億年) を測定した。なお、Cs-134及びCs-137は屠殺時点における放射線量を半減期から補正した。また、標準コントロールとして、市販の食用国産牛、国産豚および国産鶏の測定も実施した。

病理組織学的検査：主要な器官・組織を採取し、10 vol% 緩衝ホルマリン液に浸漬固定した後、常法に従ってヘマトキシリン・エオジン染色標本を作成し、光顕的に観察した。

成績

おオハクチョウ：検査したおオハクチョウは、雄7羽, 雌6羽の計13羽で、雄の平均体重は7.4 kg (6.1-9.8 kg), 雌では7.6 kg (6.6-8.5 kg) であった。血液および血清生化学検査値には、明らかな異常値や雌雄差はみられなかった。肝臓における鉛の残留性検査では、検査した全てのおオハクチョウにおいて検出限界 (0.1 ppm) 以下であった。骨格筋中のCs濃度測定では、調査時2013年11月ではCs-134が 2.74 ± 3.60 Bq/Kg, Cs-137が 2.37 ± 0.88 Bq/Kg, 放射性Csトータルで 4.43 ± 3.54 , 2015年1月ではCs-134が 1.94 Bq/Kg, Cs-137が 4.49 ± 5.23 Bq/Kg, 放射性Csトータルで 4.36 ± 6.25 であった (表1)。外観検査では、全てのおオハクチョウに左右いずれかの翼、もしくは双方の翼に骨折や欠損が認められた。剖検では、1例のおオハクチョウに腎臓の白色点の散発がみられた他、異常所見は認められなかった。病理組織学的検査では、肉眼的に腎臓に

表1 おオハクチョウの骨格筋内セシウム濃度

放射性物質	半減期 (年)	測定時期					
		2013年11月 (n = 8)			2015年3月 (n = 5)		
(Bq/kg)		Min	Max	Mean \pm SD	Min	Max	Mean \pm SD
Cs-134	2.06	ND	8.43	2.74 ± 3.60	ND	2.88	1.94^*
Cs-137	30.2	0.88	3.42	2.37 ± 0.88	ND	12.24	4.49 ± 5.23
Total Cs	-	0.88	12.39	4.43 ± 3.54	ND	15.33	4.36 ± 6.25
K-40	12.48億	77.7	116.6	107.00 ± 12.72	103.02	127.99	113.72 ± 11.02

Min: 最低値, Max: 最高値, ND: 検出されず。*: n = 2のためSD算出できず。

みられた白色点は、尿酸塩沈着による内臓痛風の特徴的な類円形あるいは針状結晶に対する肉芽腫形成が認められた(図1)。その他、7/13例のオオハクチョウに門脈系を中心とした血管に住血吸虫の寄生が認められた。虫体は腸間膜静脈、総腸骨静脈、後大静脈の他、肝臓及び副腎実質類洞内や消化管粘膜固有層の血管に

もみられ、寄生部位の血管は、リンパ球浸潤を主とする血管炎がみられ、平滑筋あるいは線維の増生により不規則な肥厚を伴っていた。また、リンパ球浸潤の重度のものでは、血管壁あるいは周囲組織にリンパ小節の形成も確認された(図2, 3)。なお、今回の検査においては、虫卵は認められず、観察された寄生虫は全

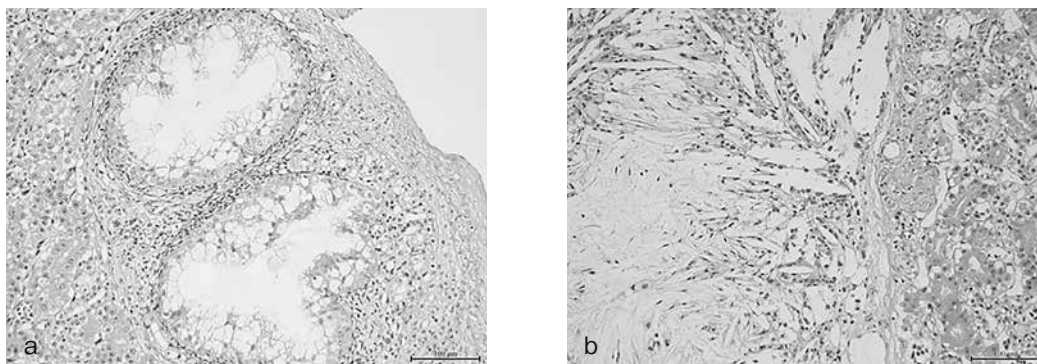


図1 オオハクチョウにの腎臓にみられた尿酸塩結晶と肉芽腫

- a : 尿管内に類円形の結晶物の沈着と周囲に肉芽反応がみられる。
- b : 大型の針状結晶の沈着と肉芽腫の形成がみられる。ヘマトキシリン・エオジン染色。

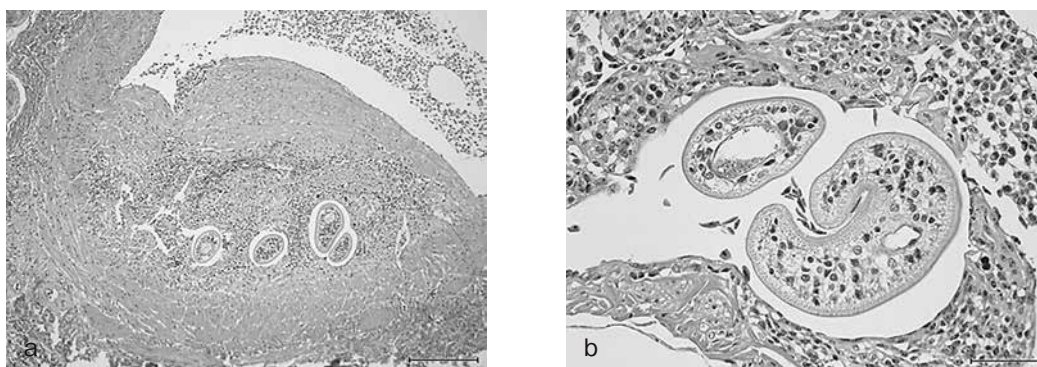


図2 オオハクチョウの血管内にみられた住血吸虫

- a : 後大静脈にみられた住血吸虫。虫体の周囲には、内幕の炎症性細胞の浸潤とともに、内膜の肥厚や平滑筋の増生が観察される。また、一部では血栓の形成もみられる。
- b : 腸間膜血管にみられた住血吸虫。抱合部位を示唆する幅広い虫体の形態が確認される。ヘマトキシリン・エオジン染色。

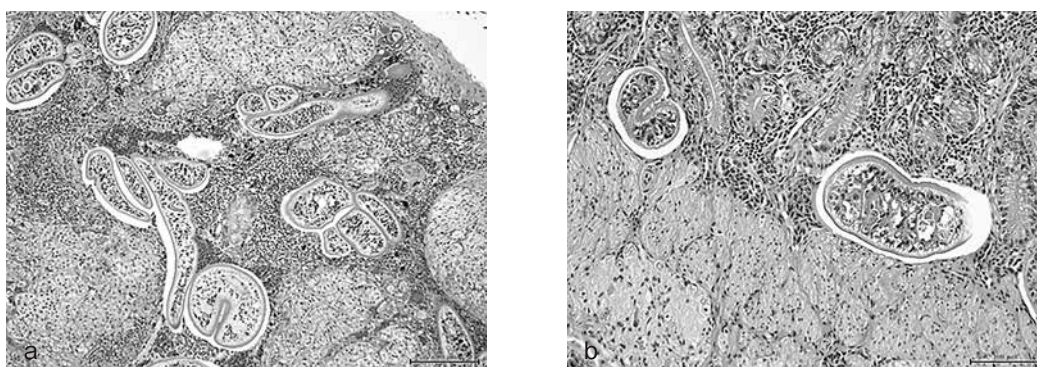


図3 オオハクチョウにみられた住血吸虫

- a : 副腎実質内の類洞内にみられた住血吸虫。虫体周囲には、強度のリンパ球浸潤がみられ、ヘモジデリンの沈着も散見される。
- b : 消化管の粘膜固有層の血管内にみられた住血吸虫。ヘマトキシリン・エオジン染色。

表2 ニホンジカの部位別筋肉内セシウム濃度

放射性物質		測定部位					Mean	SD
(Bq/kg)	半減期(年)	ネック	ヒレ	サーロイン	モモ	ハツ		
Cs-134	2.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs-137	30.2	1.32	0.83	0.70	0.75	1.02	0.93	0.25
K-40	12.48億	100.90	109.79	106.98	106.83	104.35	105.77	3.34

ND: 検出されず

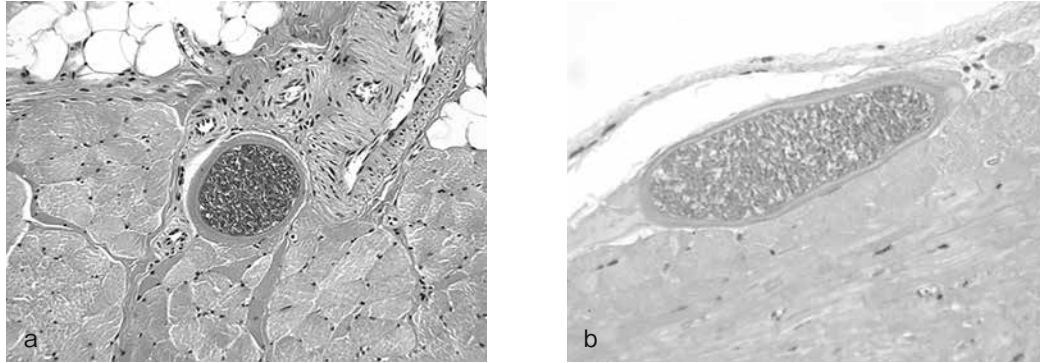


図4 ニホンジカにみられたの住肉胞子虫

- a : 舌筋にみられた住肉胞子虫.
 b : 心筋にみられた住肉胞子虫. ヘマトキシリン・エオジン染色.

て成虫であった。

ニホンジカ：体重68.8 Kgの去勢ホンシュウジカで、血液及び血液生化学的検査に異常値はみられなかった。骨格筋中のCs濃度測定では、調査時2015年2月において、Cs-1434はいずれの部位に置いても検出されず、Cs-1347の濃度はネックで最も高く1.32 Bq/Kgで、次いでハツ（心臓）で1.02 Bq/Kgであった。その他のヒレ、サーロイン、モモ肉では、いずれも1.0 Bq/Kgを下回り、全身骨格筋の平均Cs-137濃度は0.93 ± 0.25 Bq/Kgであった（表2）。標準コントロールとして測定した市販の食用国産牛、国産豚および国産鶏では、Cs-1347及びCs-137は検出されなかった。なお、K-40は、牛で92.23 Bq/Kg、豚で105.48 Bq/Kg、鶏で86.82 Bq/Kgであり、今回検査したオオハクチョウならびにニホンジカのK-40濃度との間に大きな差は存在しなかった。

外貌検査では特に異常は認められず、去勢処置による角の成長抑制がみられるのみであった。病理学的検査では、肉眼的に胸腺の退縮が認められたが、加齢に伴う生理的範疇の変化であった。病理組織学的検査では、心筋や全身の骨格筋に住肉胞子虫の高度な寄生が観察された（図4）。

考 察

今回、野生鳥獣の背景病変および環境汚染物質解析の試みとして、岩手県鳥獣保護センターに長期間保護

されていたオオハクチョウ13羽及びニホンジカ1頭の調査を実施した。東日本大震災に引き続き発生した福島第一原発事故により、放射性物質の漏出が福島県を中心に東日本関東領域にも及び、海洋系では太平洋を中心に拡散した [1, 2]。岩手県においても放射性物質の飛散は観察され、2011年5月11日採取の牧草では、300 Bq/Kgを超える放射性Csが検出され [3]、草食性の家畜や野生鳥獣の汚染が懸念された。福島県内帰還困難区域で生存する黒毛和牛では、汚染した草木の捕食により内部被曝し、体内に取り込まれたCsは消化管内容物の他、主に筋肉に分布することが示されている [4, 5]。また、内部被曝牛の筋肉内放射性Cs濃度は内臓器官の1.5 - 3.0倍となると報告されている [4, 5]。筋肉中のCs分布は均一ではなく高被曝牛においては、ネックよりもヒレやモモ肉に高い集積が確認され、ヒレ部の平均Cs濃度は9,145 ± 3,238 Bq/kgにまで達していた [4]。今回調査したオオハクチョウおよびニホンジカのCs濃度は、国の食用Cs汚染基準の100 Bq/kgを大きく下回っており、放射線汚染を懸念する必要は無いと思われた。調査時期からみると、1回目2013年11月と2回目2015年3月の調査時期に約17ヶ月の間隔があるが、サンプル数が少なくCs濃度が微量で個体のバラつきが大きかったため、明らかな減衰あるいは減衰傾向を見出すことはできなかった。しかし、半減期の短いCs-134の検出されない個体が増加していることから、減衰を示唆する傾向と考えられた。

環境汚染物質の一つである鉛は、水禽類やその捕食者である猛禽類において蓄積や中毒症が度々問題となっている [6, 7, 8], 韓国においては、野鳥の死因に鉛中毒が深く関与しているとの報告がある [7]. 野鳥における鉛汚染の主な原因は、狩猟に用いられる散弾に含まれる鉛弾や釣りに用いられるオモリと考えられており、被弾した野鳥や、環境中に放置された鉛弾やオモリの筋胃（砂嚢）内への摂取、あるいは環境中の高濃度に鉛を含む湖水沈殿物などを何らかの形で摂取した個体が汚染され、食物連鎖によりそれを捕食する猛禽類や肉食獣も鉛汚染の対象となる。岩手県内で捕獲されたツキノワグマに関して、肝臓及び腎臓における鉛汚染の調査報告では、2 mg/kgを超える個体がみられ、平均でも0.37 mg/kgと比較的高い値を示し、県内のツキノワグマの鉛中毒が懸念されている [9]. これらの事から、県内に飛来し一定期間を生活するオオハクチョウに関しても、鉛汚染の懸念がもたれたため、肝臓内鉛濃度の測定を実施した。その結果、検査したいずれの個体からも検出限界0.1 ppm (0.1 mg/kg) を超える鉛を検出することがなかった。本結果は、調査したオオハクチョウの清浄環境での保護期間が影響し、長期間飼育個体では浄化され、鉛の検出が困難になることとなる。しかし、対象としたオオハクチョウは無作為に抽出した個体であり、鉛濃度測定の他、病理組織学的検査からも鉛中毒や鉛汚染を示唆する結果は得られなかった。

病理組織学的にオオハクチョウの腎臓に尿酸塩結晶の形成に伴う肉芽腫の形成がみられ、いわゆる痛風結節が観察された。鳥類において尿酸は肝臓で産生され、尿中排泄される過程でその排泄が障害された際に尿酸塩沈着症（痛風）が惹起される。尿酸塩の沈着部位により痛風は内臓型あるいは関節型に大別され、鶏ではしばしばみられる変化で、古くから知られており [10], 今回見られたオオハクチョウの痛風は内臓型に分類されるものであった。また、門脈系を中心とした血管に、吸虫の寄生みられ、遺伝子配列解析の結果、住血吸虫であることが明らかとなった。住血吸虫は腸間膜静脈、総腸骨静脈、後大静脈の他、肝臓及び副腎実質類洞内や消化管粘膜固有層の血管にも認められ、寄生部位の血管は血管炎を呈し、平滑筋あるいは線維の増生により不規則に肥厚し、リンパ球浸潤やリンパ濾胞形成を伴っていた。しかし、肝臓実質や副腎実質に対する傷害性は認められず、主要器官に対して重大な障害を示すものではなかった。今回認められた住血吸虫は、その形態および遺伝子学的特徴から *Allobilharzia visceralis* (Schistosomatidae, Trematoda) に分類された。 *A. visceralis* は、アイスランドや北アメリカ大

陸で捕獲されたオオハクチョウから検出されており、ヒトの皮膚炎（swimmer's itchあるいはセルカリア皮膚炎）の原因虫と考えられており [11], 越境する渡り鳥が保有するこれらの寄生虫性病原生物に関しては、今後も継続的に調査していく必要があると思われる。なお、今回検出された *A. visceralis* に関する寄生虫学的な解析結果は他の論文にて報告予定のため、本稿での詳細説明は避けた。

一方、ニホンジカには、病理組織学的に住肉胞子虫の高度な寄生が観察された。住肉胞子虫は、ウシ、ブタ、ヒツジ、ヤギ、ウマなどへの寄生が知られており、中でも *Sarcocystis fayeri* の寄生はウマに対して神経筋障害を、生馬肉を摂取したヒトに対して食中毒を惹起させ、虫体由来の15 kDaのタンパク質が食中毒毒素として公衆衛生上着目される寄生虫である [12, 13]. シカ類における住肉胞子虫は、世界各国で報告されており、野生ジカを筆頭にバイソン、エルク、ムースなどでも報告されている [14, 15]. ニホンジカでは、北海道（エゾジカ）や本州（ホンシュウジカ）で捕獲された動物に寄生が報告されており [16, 17], 国内に生息する野生ジカに広く蔓延していることが考えられる。また、これら住肉胞子虫の寄生したシカ肉を加熱不十分な調理で摂取した事例では、食後5時間から16時間後に一過性の下痢、嘔吐といった食中毒症状を示し [18], ジビエの利活用においては、重要な食中毒の原因として位置づける必要がある。なお、今回寄生がみられた *Sarcocystis* 属の分類に関しては、現在その解析を実施中である。

今回実施した調査は、第二種特定鳥獣を適切に管理する一方で、捕獲動物の有効的な利活用方法としてのジビエを念頭に置いた調査の一環として実施した。一方、産業動物飼育エリアにも野生鳥獣の行動範囲が広がりつつある昨今、野生鳥獣が保有する未知なる病原体は、家畜衛生並びに公衆衛生上の脅威となりうる。よって、野生動物の背景病変や汚染状況の調査は、ジビエの安全性以上に家畜衛生並びに公衆衛生において重要であり、今後も継続的に実施される事が望まれる。

今回の調査で着目された変化は、オオハクチョウにおける住血吸虫とニホンジカにおける住肉胞子虫であった。いずれも寄生虫疾患であったが、野生鳥獣の捕獲現場においてこれら寄生虫の検査が可能であれば、その後の食肉加工行程における施設やジビエの汚染を未然に防ぐことが可能となる事から、岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育研究センター (FAMS) ではこれらの簡易検査キットの開発を視野に研究活動を継続的に実施中である。

今回の調査では、ウイルス及び細菌学的な検索は対

象外としたが、今後は微生物学的検査を含んだ定期的な包括調査の実施が望まれる。

謝 辞

本調査研究は、FAMSの教育研修の一環として実施した。本調査研究にあたって、岩手県環境生活部 自然保護課 野生生物担当 奥村亮子氏には、保護動物譲渡や各機関の調整に関して多大なご協力を頂きました。また、岩手県鳥獣保護センターにおいての作業では、一般ボランティアの方々にご協力を頂きました。著者一同、この紙面を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 谷山一郎：農産物と農地の放射能汚染，日本土壌肥料学雑誌，85，71-72(2014)
- [2] 青山道夫：東電福島原発事故後の海洋での放射線汚染の推移，日本薬学雑誌，143，149-154(2014)
- [3] 築城幹則，日野澤義子，畑中亮ら：簡易放射線量計を用いた岩手県の空間放射線量率分布の推移，システム農学，29，67-73(2013)
- [4] Sato I, Okada K, Sasaki J et al.: Distribution of radioactive cesium and stable cesium in cattle kept on highly contaminated area of Fukushima nuclear accident, Anim Sci J, 86, 716-720(2015)
- [5] Sato I, Okada K, Sasaki J et al.: Distribution of radioactive cesium and its seasonal variations in cattle living in the "difficult-to-return zone" of Fukushima nuclear accident, Anim Sci J, DOI: 10.1111/ASJ.12345(2015).
- [6] Nelson NB, Day D: Role of manganese oxides in the exposure of mute swans (*Cygnus olor*) to Pb and other elements in the Chesapeake Bay, USA, Environ Pollut, 129, 229-235 (2004)
- [7] Nam DH, Lee DP: Mortality factors and lead contamination of wild birds from Korea, Environ Monit Assess, 178, 1610169(2011)
- [8] Nakade T, Tomura Y, Jin K et al.: Lead poisoning in whooper and tundra swans, J Wildlife Dis, 41, 253-256(2005)
- [9] 佐藤至，津田修治：岩手県内のツキノワグマにおける重金属濃度とその地域差，日獣会誌，63，955-959(2010)
- [10] 井上睦，板倉智敏，横山敏郎ら：鶏の痛風に関する病理学的考察，帯広畜産大学学術研究報告，5，1-14(1967)
- [11] Kolářová L, Rudolfová J, Hampl V et al.: *Allobilharzia visceralis* gen. nov., sp. nov. (schistoso-
matidae-trematoda) from *Cygnus Cygnus* (L.) (Anatidae), Parasitol Int, 55, 179-186(2006)
- [12] Aleman M, Shapiro K, Sisó S et al.: *Sarcocystis fayeri* in skeletal muscle of horses with neuromuscular disease, Neuromuscular Disord, 26, 85-93(2016)
- [13] Kamata Y, Saito M, Irikura D et al.: A toxin isolated from *Sarcocystis fayeri* in raw horsemeat may be responsible for food poisoning, J Food Prot, 77, 814-819(2014)
- [14] Böhm M, White PCL, Daniels M et al.: The health of wild red and sika deer in Scotland: an analysis of key endoparasites and recommendations for monitoring disease, Vet J, 71, 287-294 (2006)
- [15] Fayer R, Dubey JP, Leek RG: Infectivity of *Sarcocystis* spp. From bison, elk, moose, and cattle for cattle via sarcocysts from coyotes, J Parasitol, 68, 681-685 (1982)
- [16] 成澤昭徳，横井智，河合和枝ら：野生エゾジカにみられた *Sarcocystis*，日獣会誌，61，321-323 (2008)
- [17] 斉藤守弘，柴田穰，久保政法ら：野生ホンシュウジカおよびエゾジカにみられた住肉胞子虫，日獣会誌，51，683-686 (1998)
- [18] 青木佳代，石川和彦，林 賢一ら：シカ肉の *Sarcocystis* が原因として疑われた有症苦情，日本食品微生物学雑誌，30，28-32 (2013)