

鳥類の羽のウイルス感染

誌名	鶏病研究会報
ISSN	0285709X
著者名	山本, 佑
発行元	鶏病研究会
巻/号	53巻2号
掲載ページ	p. 76-81
発行年月	2017年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



鳥類の羽のウイルス感染

山本 佑

農研機構 動物衛生研究部門, 〒305-0856 茨城県つくば市観音台 3-1-5

要 約

鳥類に特徴的な組織である羽は、嘴、脚鱗、爪などと同様に、皮膚組織から特殊な分化を経て形成される。肉眼的に、羽は羽軸と羽弁から構成される。組織学的に、羽は、組織の最外層を覆い外界に面する上皮組織と、血管などを含み羽髓と呼ばれる支持組織から構成される。一部のウイルス感染症では、羽を構成する細胞でウイルスが増殖し、羽の異常を生じる場合がある。罹患した鳥から脱落する羽の成分は、野外でのウイルスの流行に関与する可能性がある。一方で、羽は容易に採材できるため、ウイルス検査材料としての有用性も検討されている。

キーワード: ウイルス感染, ウイルス検出, ウイルス排泄, 鳥, 羽

はじめに

羽(羽毛)は、鳥類を特徴づける皮膚組織である。様々な原因で羽に異常が起こる。主な誘因としては、感染症、発生異常、栄養不良、ホルモン異常、ストレスなどがある^{15,16,38)}。羽における感染症の原因としては、ウイルス、細菌、真菌のほか、ダニやハジラミのような外部寄生虫があり、羽の脱落、形態異常、質や色調の変化を生じる場合がある^{15,16,38)}。本稿では、まず鳥類の羽の一般的な機能や構造を整理し、羽におけるウイルス感染とその意義について概説する。

1. 鳥類の羽の機能

鳥類の羽は、体表を覆う皮膚から派生する特殊な上皮組織である¹⁴⁾。羽の役割は、飛翔、体表の保護、体温保持、防水、色彩による装飾など多岐に渡る¹⁴⁾。羽の本数は鳥種によって差があり、1羽あたり数千から数万本である^{14,29)}。羽色は、主にメラニン、カロテノイド、ポルフィリンの3つの色素によって表現される¹⁴⁾。単一の鳥種であっても、羽の色や形態には、体の部位、性別、性周期、成長段階などによる違いが認められる。人の毛髪や爪と同様に、成長が終了した羽の大部分は、細胞としての生命を終え硬化した上皮組織から構成される。外界に面する羽の上皮組織の最表層は、鱗屑(フケ)として少しずつ脱落してゆき、組織が更新される。鳥は、羽繕いに際して、嘴を用いて尾脂腺からの脂性分泌物を羽に塗布する¹⁴⁾。この分泌物は防水機能や羽質の維持に関わるほか、羽での微生物の増殖を抑制する働きがある¹⁴⁾。

羽は、鳥種によって年1-2回の換羽と呼ばれる生理的な羽の抜け替わりがある。換羽は日照や気温、体内のホルモン分泌などに調節される¹²⁾。また物理的な衝撃により羽が脱落した場合も再生が促される。養鶏産業における誘導換羽は、採卵鶏に人為的なストレスを与えることで、換羽を誘導し、採卵率や卵質の再向上を求める飼育手法である¹²⁾。

2. 羽の構造

羽は主に6種類に分類され、正羽、綿羽、半綿羽(半正羽)、粉綿羽、糸状羽、剛毛羽がある¹⁴⁾。この中で最も一般的な形態をとる正羽は、羽弁、羽軸、羽軸根(羽柄)で構成される(写真1)。動物の毛髪と異なり、羽には分岐構造がある点の特徴である。分岐した羽枝が複雑に絡み合うことで膜様の羽弁を形成する。体表において正羽が生える領域は羽域(羽区)と呼ぶ。ただし綿羽等は無羽域にも分布する。肉眼的に、体表において個々の羽が生える部位を羽包と呼ぶ。孵卵中の鶏胚においても羽が形成されており、孵化直後のひなは綿羽(初生羽)で覆われる。

羽の基本的な組織学的構造は、皮膚と同様である²⁷⁾。羽の最外層を構成する角化性重層扁平上皮である羽上皮組織と、血管などを含み羽髓と呼ばれる支持組織から構成される(写真2)。羽上皮細胞は分化が進むにつれて、細胞内にβケラチン(角質)などの蛋白が集積する。βケラチンは爬虫類や鳥類に特有の物質である¹⁴⁾。分化が進んだ羽上皮細胞は、羽の最外層へ向けて層状に集積し、やがて死亡するが、その細胞構造は残存し羽鞘を形成して羽の構造を保つ。羽髓は羽軸根に存在し、血管などの結合組織を構成する細胞が分布する。羽の発達段階によって羽髓の量は変化する。羽髓は、発達中の羽では豊富に存在し、十分に

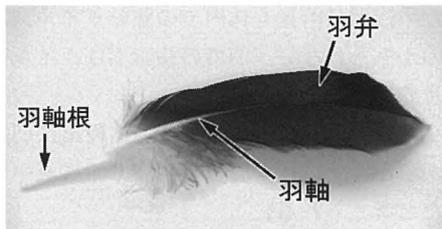


写真 1. 正羽の構造。

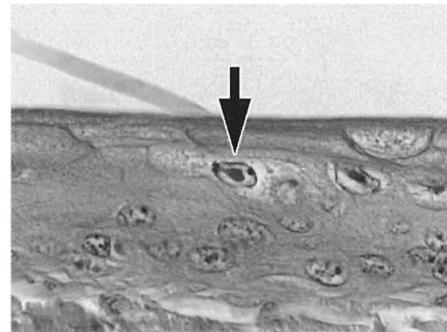


写真 3. MD ウイルス実験感染鶏の病理組織像。羽包上皮細胞にみられた核内封入体を示す（矢印）。

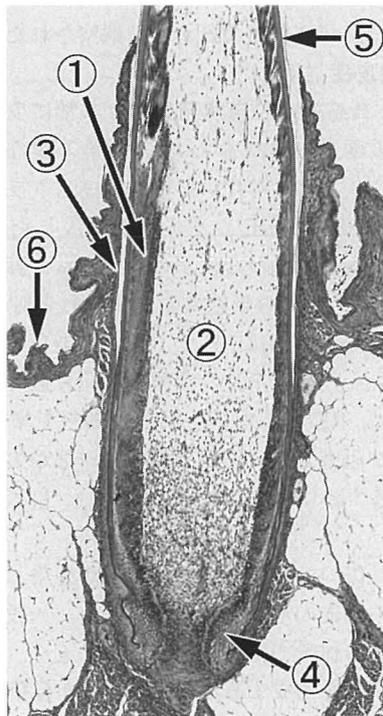


写真 2. 皮膚に埋没する羽軸根の組織構造。①羽上皮、②羽髄、③羽包上皮、④ epidermal collar、⑤羽鞘、⑥皮膚の表皮。

発達した羽における羽髄の量はわずかである。皮膚深部で羽上皮へ分化する未熟な細胞が集まる部位を epidermal collar と呼ぶ。組織学的な意味での羽包上皮は、表皮が羽を包むように陥入し羽を取り囲む領域である。羽の上皮にはメラニン色素産生細胞なども認められる。

3. 家禽の羽におけるウイルス感染

家禽の羽におけるウイルス感染として、ウイルスが羽の上皮細胞に感染する場合と、羽髄の細胞に感染する場合がある。またウイルス血症を起こす感染症では、羽髄の血管内にウイルスが存在する可能性がある。一部のウイルスは、感染細胞にウイルス性封入体を形成する。

1) マレック病 (MD)

MD は、ヘルペスウイルス科に分類される MD ウイルスを原因とする鶏の感染症である³⁾。MD の主要な病態は、ウイルスが潜伏感染した T リンパ球が腫瘍化するリンパ

腫である。MD ウイルスは野外環境に広く蔓延している。これはウイルスに感染した鶏の羽からウイルスが持続的に放出されることが原因である。

MD ウイルスは鶏に感染すると、羽の上皮細胞に到達し増殖する。特に羽包上皮細胞でウイルス増殖が活発である³⁾。羽包から鱗屑として体外へ脱落する上皮細胞中にウイルスが含まれ、環境中へ放出されたウイルスが他の鶏に感染する^{2,33)}。ウイルスに感染した羽包上皮細胞では、核内および細胞質内にウイルス性封入体が形成される^{19,33)} (写真 3)。羽髄には炎症細胞が浸潤する場合がある。MD ワクチン株も羽包上皮細胞で増殖する³⁾。

興味深いことに、羽包上皮細胞で増殖した MD ウイルスだけが細胞外に放出されても感染性を保持できる²⁾。体内の他の細胞で増殖するウイルスは細胞随伴性という性質を持ち、隣り合う細胞間で感染が広がるが、細胞外には放出されない³⁾。

羽軸根は MD ウイルス検出のための検査材料となる³⁻⁵⁾。ウズラや野生のマガンの羽からも MD ウイルスが検出されている^{28,30)}。

2) 高病原性鳥インフルエンザ (HPAI)

1990 年代後半から H5N1 亜型の HPAI ウイルスが家禽や野鳥で流行しており、近年このウイルスに由来する H5N6、H5N8 亜型ウイルスなども検出されている。感染個体の体内における H5N1 亜型ウイルスの増殖態度は鳥種によって異なり、症状や転帰の違いとして現れる。

鶏が H5N1 亜型ウイルスに感染すると、ウイルスは全身の血管内皮細胞をはじめ、多様な細胞で増殖し、鶏は数日で死亡する^{52,54)}。死亡個体の羽を検索すると、羽髄の血管内皮細胞や線維芽細胞でウイルス抗原が検出される^{52,54)}。ウイルス抗原が羽上皮や羽包上皮細胞で検出されることもある^{52,54)}。鶏の羽におけるウイルス増殖は、感染極期にウイルスが全身で増殖するのに伴って生じると考えられる。

カモ等の水禽類が H5N1 亜型ウイルスに感染した場合の経過は様々である。重篤な場合は神経症状や死亡がみられるが、症状を示さないまま感染耐過する個体も存在する⁴⁷⁾。水禽類の体内で H5N1 亜型ウイルスが増殖しやすい

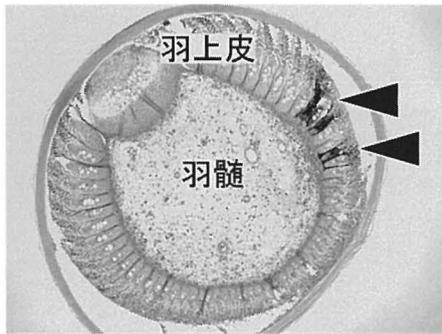


写真 4. H5N1 亜型 HPAI ウイルス実験感染アイガモから抜きとられた正羽の羽軸根を用いた免疫組織化学像。羽上皮細胞で検出されたウイルス抗原を示す(矢頭)⁵⁰⁾。

組織は脳、脾臓、心臓などである⁵²⁾。我々は、感染実験などの結果から、H5N1 亜型ウイルスがアイガモ、ガチョウ、ハクチョウなど水禽類の羽上皮細胞で増殖しやすい性質を持つことを見出した^{49,51)} (写真 4)。水禽類では、症状を示さない個体においてもウイルスが羽で検出された点が興味深い所見であった⁴⁹⁾。

複数の実験報告において、鶏やアイガモの羽軸根を用いた H5N1 亜型ウイルスの分離や遺伝子検出、インフルエンザ簡易検査などが可能であった^{1,36,50)}。HPAI ウイルスに感染した鶏ではウイルス血症が起こるため、血管を含む羽髄は有用な検査材料となる可能性がある。

我々は、H5N1 亜型ウイルス感染鶏から羽を採材し、羽組織中のウイルスが感染性を保持する期間を調べた。その結果、羽を 4℃ に保存した場合は最長 240 日、20℃ では最長 20 日までウイルスが分離された⁵⁴⁾。実験感染アイガモの羽で解析した場合にも類似の結果が得られており⁵³⁾、ウイルス感染個体から脱落した羽がウイルス媒介に関わる可能性が示された。また HPAI 発生農場では、ウイルスが羽に物理的に付着する可能性もある。羽に存在する H5N1 亜型ウイルスが、野外でのウイルスの蔓延にどの程度関与しているか今後検討されるべき課題である。

3) 低病原性鳥インフルエンザ (LPAI)

LPAI は、鶏に対して病原性の低いウイルスによる呼吸器や腸管の感染症である。これまで鳥の羽を構成する細胞で LPAI ウイルスが増殖したという報告は見当たらないが、野外の水禽類の羽の_SWAP_や懸濁液から LPAI ウイルスを検出した報告がある^{10,23)}。尾脂腺分泌物が付着した羽の表面に、ウイルスが吸着しやすくなる可能性が指摘されている²³⁾。

4) ニューカッスル病 (ND)

ND ウイルスの病原性はウイルス株によって大きく異なる。強毒 ND ウイルスを鶏に接種した感染実験において、免疫組織化学や PCR により羽組織でウイルスが検出されている^{24,32)}。強毒 ND ウイルスは、全身の多様な細胞に感

染できるため、羽の所見も体内での強いウイルス増殖を反映したものかもしれない。羽での強毒 ND ウイルス増殖の疫学的な意義は不明である。

ND ウイルスを接種した鶏からの抗体検出に羽髄を用いた報告があるが¹³⁾、これは羽髄の血液や組織液中の抗体が検出されたと考えられる。

また ND ウイルスに感染したハトの羽に形態異常が出現した事例が報告されている²⁵⁾。これはウイルス感染と換羽の時期が重なった場合に起こり、発達が停止した羽と、新しく成長する羽が 2 枚連なるように観察された²⁵⁾。

5) 細網内皮症 (RE)

RE ウイルス感染症の自然発症例は非常に少ないが、実験感染では七面鳥や鶏にリンパ腫や発育不良などを起こす場合がある^{35,57)}。1970 年代、日本やオーストラリアで流通した MD ワクチンに RE ウイルスが混入した結果、ワクチンが投与された鶏のひなに羽の形態異常や脚麻痺などが認められた^{18,55,56)}。羽の形態異常は中抜けと呼ばれることがあり、近年の成書では RE ウイルス感染ひなにみられる runting disease (発育不良) 症候群の一分症として記載されている^{21,35)}。RE ウイルスが羽上皮細胞で増殖することで羽の成長が阻害され、正羽の羽弁の一部が欠損したように観察される⁴⁸⁾。

6) 鶏痘

鶏痘では、傷ついた表皮にウイルスが感染し、肉眼的に皮膚の肥厚や痂皮の形成などがみられる。一般的に、羽が体表を保護する体幹では感染は起こりにくく、羽が乏しい頭部などで病変を形成することが多い。重症例では、病変が羽域へ広がることもある³¹⁾。組織学的に、鶏痘ウイルスに感染した上皮細胞は腫大して、細胞質に好酸性のウイルス性封入体 (ポリングル小体) が形成される³¹⁾。

7) その他の感染症

鶏貧血 (CA) ウイルス実験感染鶏から採材した羽軸の抽出物と MD ウイルスを健康な鶏に同時に接種することで CA ウイルスの伝播が成立したと報告された⁶⁾。しかし免疫組織化学検査では、ウイルス感染鶏の羽組織で CA ウイルス抗原は検出されず、羽におけるウイルス増殖は証明されなかった⁶⁾。

鶏白血病^{5,17,44)}、鶏伝染性喉頭気管炎⁷⁾、イスラエルシチメンチヨウ髄膜脳炎ウイルス (バガザウイルス)⁸⁾ 感染症について、鳥の羽を用いた PCR によるウイルス遺伝子検出が報告されている。これらのウイルスが羽を構成する細胞に感染するかは不明である。実験環境下で羽からのウイルス検出を試みる際は、コンタミネーションによってウイルスが羽の表面に付着する可能性に注意して判定する必要がある。

4. 家禽以外の鳥類の羽におけるウイルス感染

1) サークウイルス感染症

一部の鳥種で、サーコウイルス感染による羽の異常が知られている。代表的な疾患は、オウムやインコの嘴羽毛病である。嘴羽毛病に罹患した個体で、羽の形態異常や脱落、嘴の変形などがみられる³⁷⁾。嘴羽毛病ウイルスは、羽上皮細胞や羽髓の浸潤マクロファージで増殖し、核内もしくは細胞質に好塩基性のウイルス性封入体を形成する^{22,37)}。体外に脱落した羽の成分は他の鳥への感染源となる⁴²⁾。

ハトのサーコウイルス感染症における羽の異常はまれであるが、羽の形態異常が数例報告されている^{39,45)}。ミナミワタリガラスでも、嘴羽毛病に類似した羽の異常が確認され、羽においてサーコウイルス性封入体やウイルス遺伝子が確認された⁴⁶⁾。

2) ポリオーマウイルス感染症

セキセイインコひな病（フレンチモルト）と呼ばれる、主にインコ類の感染症がある²⁰⁾。若鳥の慢性感染例では、羽の形態異常や脱落がみられる。原因となるポリオーマウイルスは、羽上皮細胞に感染する。感染した細胞では、大型でスリガラス状のウイルス性核内封入体が形成される²⁰⁾。感染した鳥の羽に由来する鱗屑などは、他の鳥へのウイルス感染源の1つである。嘴羽毛病ウイルスなどとの混合感染も知られる⁴⁰⁾。羽を用いたウイルス遺伝子検査などで鑑別できる。

3) ウエストナイル熱 (WN)

WNでは、蚊の吸血によってウイルスが媒介される。海外ではカラスなど野鳥の感染や斃死例がある。WNに罹患した鳥類の羽を用いたウイルス遺伝子検出が報告されている^{11,34)}。実験感染におけるハシブトカラスの病理解析では、羽髓の細胞でウイルス抗原が検出された⁴³⁾。WNに罹患した鳥はウイルス血症を起こすため、血管を含む羽髓はウイルス検出のための良い検査材料となる可能性がある。

4) その他の感染症

インコのヘルペスウイルス感染症であるパチェコ氏病で、羽の上皮細胞におけるウイルス増殖が組織学的に確認されている⁴¹⁾。またオウム目鳥類の腺胃拡張症の原因とされるトリボルナウイルス感染症や⁹⁾、アカアシワシヤコのパガザウイルス感染症において²⁶⁾、羽軸根からウイルス遺伝子を検出した報告がある。

おわりに

羽の細胞で増殖するウイルスによる感染症では、罹患した鳥の羽を介してウイルスが体外へ排泄される可能性がある。一方、羽が容易に採材できることを利用して、羽軸根のウイルス検査材料としての有用性を評価した研究報告もみられる。このように疾病対策において利点と欠点の両面を持つ点が羽におけるウイルス感染の興味深いところであ

る。なお日本では、野鳥を捕獲して羽を抜くなどの行為は法律により規制されているので注意が必要である。

文 献

- 1) Busquets, N. *et al.* : Persistence of highly pathogenic avian influenza virus (H7N1) in infected chickens : feather as a suitable sample for diagnosis. *J. Gen. Virol.* 91, 2307-2313 (2010)
- 2) Calnek, B.W., Addinger, H.K. and Kahn, D.E. : Feather follicle epithelium : a source of enveloped and infectious cell-free herpesvirus from Marek's disease. *Avian Dis.* 14, 219-233 (1970)
- 3) Couteaudier, M. and Denesvre, C. : Marek's disease virus and skin interactions. *Vet. Res.* 45, 36 (2014)
- 4) Davidson, I. *et al.* : Detection of Marek's disease virus antigens and DNA in feathers from infected chickens. *J. Virol. Methods* 13, 231-244 (1986)
- 5) Davidson, I. and Borenshtain, R. : The feather tips of commercial chickens are a favorable source of DNA for the amplification of Marek's disease virus and avian leukosis virus, subgroup J. *Avian Pathol.* 31, 237-240 (2002)
- 6) Davidson, I. *et al.* : The contribution of feathers in the spread of chicken anemia virus. *Virus Res.* 132, 152-159 (2008)
- 7) Davidson, I. *et al.* : Detection of wild- and vaccine-type avian infectious laryngotracheitis virus in clinical samples and feather shafts of commercial chickens. *Avian Dis.* 53, 18-23 (2009)
- 8) Davidson, I. *et al.* : Development of duplex dual-gene and DIVA real-time RT-PCR assays and use of feathers as a non-invasive sampling method for diagnosis of turkey meningoencephalitis virus. *Avian Pathol.* 31, 1-9 (2017)
- 9) de Kloet, A.H., Kerski, A. and de Kloet, S.R. : Diagnosis of avian bornavirus infection in psittaciformes by serum antibody detection and reverse transcription polymerase chain reaction assay using feather calami. *J. Vet. Diagn. Invest.* 23, 421-429 (2011)
- 10) Delogu, M., *et al.* : Can preening contribute to influenza A virus infection in wild waterbirds? *PLoS One* 5, e11315 (2010)
- 11) Docherty, D.E. *et al.* : Corvidae feather pulp and West Nile virus detection. *Emerg. Infect. Dis.* 10, 907-909 (2004)
- 12) 藤原昇 : 家禽の繁殖, pp 60-70. 家禽学, 朝倉書店, 東京 (2000)
- 13) Garrido, M.F., Spencer, J.L. and Chambers, J.R. : Feather pulp as a source of antibody to avian viruses. *Avian Pathol.* 21, 333-336 (1992)
- 14) Gill, F.B. : 羽毛, pp. 99-130. 鳥類学 第3版, 新樹社, 東京 (2009)
- 15) Gill, J.H. : Avian skin diseases. *Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract.* 4, 463-492 (2001)
- 16) Harrison, G.J. : Feather disorders. *Vet. Clin. North Am. Small. Anim. Pract.* 14, 179-199 (1984)
- 17) Hatai, H., Ochiai, K. and Umemura, T. : Detection of avian leukosis virus genome by a nested polymerase chain reaction using DNA and RNA from dried feather shafts. *J. Vet. Diagn. Invest.* 21, 519-522 (2009)
- 18) Jackson, C.A.W. *et al.* : Proventriculitis, "nakanuke" and reticuloendotheliosis in chickens following vaccination with herpesvirus of turkeys (HVT). *Aust. Vet. J.* 53, 457-459 (1977)
- 19) Johnson, E.A. *et al.* : Morphogenesis of Marek's disease virus in feather follicle epithelium. *J. Natl. Cancer Inst.* 55 :

- 89-99 (1975)
- 20) Kingston, R.S. : Budgerigar fledgling disease (papovavirus) in pet birds. *J. Vet. Diagn. Invest.* 4, 455-458 (1992)
- 21) Koyama, H. *et al.* : Cause of 'nakanuke' in chickens. I. Occurrence of 'nakanuke' in chicken inoculated with the cells showed coexistence of C type virus and turkey herpesvirus. *Kitasato Arch. Exp. Med.* 48, 83-91 (1975)
- 22) Latimer, K.S. *et al.* : A novel DNA virus associated with feather inclusions in psittacine beak and feather disease. *Vet. Pathol.* 28, 300-304 (1991)
- 23) Lebarbenchon, C. *et al.* : Isolation of influenza A viruses from wild ducks and feathers in Minnesota (2010-2011). *Avian Dis.* 57, 677-680 (2013)
- 24) Lee, D.H. *et al.* : Viscerotropic velogenic Newcastle disease virus replication in feathers of infected chickens. *J. Vet. Sci.* 17, 115-117 (2016)
- 25) Lemahieu, P., Devriese, I. and Bijmens, B. : Feather abnormalities associated with paramyxovirus-1 pigeon variant in pigeons and chickens. *Vet. Rec.* 116, 591 (1985)
- 26) Llorente, F. *et al.* : Bagaza virus is pathogenic and transmitted by direct contact in experimentally infected partridges, but is not infectious in house sparrows and adult mice. *Vet. Res.* 46, 93 (2015)
- 27) Lucas, A.M. and Stettenheim, P.R. Microscopic structure of skin and derivatives. pp. 485-635. *In* : Avian anatomy integument, part II. U.S. government printing office, Washington, DC. (1972)
- 28) Mikami, T. *et al.* : Pathogenic and serologic studies of Japanese quail infected with JM strain of Marek's disease herpesvirus. *J. Natl. Cancer Inst.* 54, 607-614 (1975)
- 29) Mingke, Y. : The developmental biology of feather follicles. *Int. J. Dev. Bio.* 48, 181-191 (2004)
- 30) Murata, S. *et al.* : Detection of the virulent Marek's disease virus genome from feather tips of wild geese in Japan and the far east region of Russia. *Arch. Virol.* 152, 1523-1526 (2007)
- 31) Nakamura, K. *et al.* : Pathology of cutaneous fowlpox with amyloidosis in layer hens inoculated with fowlpox vaccine. *Avian Dis.* 50, 152-156 (2006)
- 32) Nakamura, K. *et al.* : Pathogenesis of Newcastle disease in vaccinated chickens : pathogenicity of isolated virus and vaccine effect on challenge of its virus. *J. Vet. Med. Sci.* 76, 31-36 (2014)
- 33) Nazerian, K. and Witter, R.L. : Cell-free transmission and in vivo replication of Marek's disease virus. *J. Virol.* 5, 388-397 (1970)
- 34) Nemeth, N.M. *et al.* : West Nile virus detection in nonvascular feathers from avian carcasses. *J. Vet. Diagn. Invest.* 21, 616-622 (2009)
- 35) Niar, V. Neoplastic diseases. pp. 513-673. *In* : Diseases of Poultry, 13th ed. (Swayne, D. E. *et al.* eds.) Wiley-blackwell, Ames, Iowa (2013)
- 36) Nuradji, H. *et al.* : A comparative evaluation of feathers, oropharyngeal swabs, and cloacal swabs for the detection of H5N1 highly pathogenic avian influenza virus infection in experimentally infected chickens and ducks. *J. Vet. Diagn. Invest.* 27, 704-715 (2015)
- 37) Pass, D.A. and Perry, R.A. : The pathology of psittacine beak and feather disease. *Aust. Vet. J.* 61, 69-74 (1984)
- 38) Pass, D.A. : The pathology of the avian integument : a review. *Avian Pathol.* 18, 1-72 (1989)
- 39) Raidal, S.R. and Riddoch, P.A. : A feather disease in Senegal doves (*Streptopelia senegalensis*) morphologically similar to psittacine beak and feather disease. *Avian Pathol.* 26, 829-836 (1997)
- 40) Ramis, A. *et al.* : A concurrent outbreak of psittacine beak and feather disease virus, and avian polyomavirus infection in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Avian Pathol.* 27, 43-50 (1998)
- 41) Ramis, A. *et al.* : Immunocytochemical study of the pathogenesis of Pacheco's parrot disease in budgerigars. *Vet Microbiol.* 52, 49-61 (1996)
- 42) Ritchie, B.W. *et al.* : Routes and prevalence of shedding of psittacine beak and feather disease virus. *Am. J. Vet. Res.* 52, 1804-1809 (1991)
- 43) Shirafuji, H. *et al.* : Experimental West Nile virus infection in jungle crows (*Corvus macrorhynchos*). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 78, 838-842 (2008)
- 44) Smith, L.M. *et al.* : Development and application of polymerase chain reaction (PCR) tests for the detection of subgroup J avian leukosis virus. *Virus Res.* 54, 87-98 (1998)
- 45) St. Leger, J. *et al.* : Feather dystrophy associated with circovirus infection in columbiformes. p. 18. *In* : Proceedings of the 47th Western Poultry Disease Conference, Sacramento, California (1998)
- 46) Stewart, M.E., Perry, R. and Raidal, S.R. : Identification of a novel circovirus in Australian ravens (*Corvus coronoides*) with feather disease. *Avian Pathol.* 35, 86-92 (2006)
- 47) Swayne, D.E. and Pantin-Jackwood, M.J. Pathobiology of avian influenza virus infection in birds and mammals. pp. 87-112. *In* : Avian Influenza, 1st ed. (Swayne, D.E. ed.) Wiley-Blackwell, Ames, Iowa (2008)
- 48) Tajima, M., Nunoya, T. and Otaki, Y. : Pathogenesis of abnormal feathers in chickens inoculated with reticuloendotheliosis virus. *Avian Dis.* 21, 77-89 (1977)
- 49) Yamamoto, Y. *et al.* : Avian influenza virus (H5N1) replication in feathers of domestic waterfowl. *Emerg. Infect. Dis.* 14, 149-151 (2008)
- 50) Yamamoto, Y. *et al.* : Detecting avian influenza virus (H5N1) in domestic duck feathers. *Emerg. Infect. Dis.* 14, 1671-1672 (2008)
- 51) Yamamoto, Y. *et al.* : Zoonotic risk for influenza A (H5N1) infection in wild swan feathers. *J. Vet. Med. Sci.* 71, 1549-1551 (2009)
- 52) Yamamoto, Y. *et al.* : Comparative pathology of chickens and domestic ducks experimentally infected with highly pathogenic avian influenza viruses (H5N1) isolated in Japan in 2007 and 2008. *Jpn. Agric. Res. Q.* 44, 73-80 (2010)
- 53) Yamamoto, Y. *et al.* : Persistence of avian influenza virus (H5N1) in feathers detached from bodies of infected domestic ducks. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 5496-5499 (2010)
- 54) Yamamoto, Y. *et al.* : Survival of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus in tissues derived from experimentally infected chickens. *Appl. Environ. Microbiol.* (in press)
- 55) 吉田勲. 細網内皮症ウイルス (REV) 研究の現状. 鶏病会報 12, 157-175 (1976)
- 56) Yuasa, N., Yoshida, I. and Taniguchi, T. : Isolation of a reticuloendotheliosis virus from chickens inoculated with Marek's disease vaccine. *Natl. Inst. Anim. Health Q.* 16, 141-151 (1976)
- 57) 湯浅襄. 細網内皮症ウイルスの流行と病原性. 鶏病会報 47, 149-159 (2011)

Viral Infections of Avian Feathers

Yu Yamamoto

National Institute of Animal Health, 3-1-5 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-0856, Japan

Summary

Feathers are unique to birds. Feathers, as well as the beak, scale, and claw, are derivatives of the skin tissue formed through unique differentiation mechanisms. Feathers are composed of the shaft and vane. Histologically, feathers are composed of the epithelial tissue and connective tissue called pulp. The feather epidermis constitutes the outmost surface of the feather. The inner pulp contains the small blood vessels. Some avian viruses replicate in the feather cells, and may cause feather abnormalities. Feather components contaminated with the virus can drop off the body, and may involve viral transmission in the environment. Because collecting feathers is easy and less invasive technique for birds, feathers can be considered as samples for viral detection.

(J. Jpn. Soc. Poult. Dis., 53, 76-81, 2017)

Key words : bird, feather, viral detection, viral infection, viral transmission