渡り鳥レンジャク類の集団突然死について

丸山節子

長野県衛生公害研究所

Mass Sudden Deaths of *Bombycilla* spp. Migratory Birds

Setsuko MARUYAMA

Nagano Research Institute for Health and Pollution,
1978 Amori, Nagano 380, Japan

(Received November 11, 1997)

In Nagano Prefecture, in the period of January to March, 1997, sudden deaths of *Bombycilla* spp. birds happened in many places, amounting to 13 places with the total death of 187 birds. Of the places, Shimosuwa Town, Komoro City, and Iida City were selected to be inquired into the cause of the sudden deaths. In the case of Shimosuwa Town, the esophagus was choked with nuts of *Pyracantha*, and cyanide was detected in the content from the esophagus at $10.0 \mu\text{g/g}$ (average) and in the content from the stomach at $17.0 \mu\text{g/g}$ (average), suggesting that cyanide or nitrile glycoside would be one of the causes of the deaths.

In the case of Komoro City, EPN, an organophosphorus pesticide, was detected from the content in the stomach at $5960 \mu\text{g/g}$ (average) and from the liver at $11.4 \mu\text{g/g}$ (average), suggesting that EPN would be a many cause of the death. In the case of Iida City no cause of the death has been known.

Key words — *Bombycilla*; sudden death; cyanide; nitrile glycoside; pesticide; EPN

1. はじめに

1997年1月から長野県内では、レンジャクの突然死が各地で発生し、3月までに13件、187羽に達した (Table 1). このうち下諏訪町 (1月14日発生)、小諸市及び飯田市の3件について当研究所が死因究明のため、シアン、農薬等を分析、検討したので、その概要を紹介する。

2. レンジャクについて

今回の事件で死亡したレンジャクは、スズメ目レンジャク科に属している。¹⁾レンジャク科は、レンジャク属など5属8種が知られ、レンジャク属は、世界にヒレンジャク (*Bombycilla japonica*)、キレンジャク (*Bombycilla garrulus*)、ヒメレンジャク (*Bombycilla cedrorum*) の3種がいるが、日本には前者2種が冬鳥としてシベリア方面から群をなして渡来する。尾の先の赤色のものがヒレンジャク、冠羽と尾の先の黄色のものがキレンジャクであり、いつも群れで行動している。²⁾

Table 1. 長野県におけるレンジャク突然死の経過

発生日時	発生場所	死亡個体数
H 9 . 1 . 14	諏訪郡下諏訪町	51
H 9 . 1 . 17	松本市浅間温泉	4
H 9 . 1 . 18	岡谷市銀座	5
H 9 . 1 . 23	諏訪郡下諏訪町	22
H 9 . 1 . 24	長野市青木島町	1
H 9 . 1 . 25	長野市岡田町	2
H 9 . 1 . 27, 28	上伊那郡飯島町	5
H 9 . 1 . 28	長野市篠ノ井	7
H 9 . 1 . 29	上伊那郡飯島町	1
H 9 . 1 . 29	小県郡丸子町	5
H 9 . 2 . 8	小諸市大字御影新田	67
H 9 . 2 . 18	飯田市座光寺	10
H 9 . 3 . 7	長野市赤沼	7
計		187

(長野県林務部治山課調べ)

今回当所に搬入されたレンジャクはヒレンジャクとキレンジャクの2種類であり、以後レンジャク類という。

春、夏には昆虫も食べるが、主な餌は木の果実である。冬期は、山地の落葉広葉樹林に生息することが多いともいわれるが、市街地や集落付近にも現れ、出現する時期や場所は予測がつかず不規則である。

県下で突然死したレンジャク類のうち、当所に原因究明調査のため搬入された、下諏訪町 25 羽、小諸市 20 羽及び飯田市 10 羽の合わせて 55 羽について、食道、胃及び腸の内容物、血液、肝臓、腎臓及び体脂肪を試料とした。

なお、ピラカンサスの実については、長野市及び下諏訪町のピラカンサス 10 件及びベニシタン 1 件を試料とした。

3. 分析方法

1) シアン 食道及び胃の内容物は、アルカリ抽出、 β -グリゴシダーゼ分解後、GC-ECD により、血液は蒸留後、GC-ECD により定量した。³⁾また、それぞれ GC-MS によりクロルシアンの確認を実施した。なお、血液中シアンについては、ニワトリの血液を使用した添加回収実験により回収率を確認後、測定を行った。

2) 農薬 試料を溶媒抽出及び所定のクリーンアップ操作後、有機りん系農薬 (30 項目)、有機ハロゲン系及びピレスロイド系農薬 (28 項目)、含窒素系農薬 (38 項目)、更に MPC、2,4-D など酸系農薬 (7 項目) 及び殺鼠剤であるモノフルオロ酢酸ナトリウムについて、GC 及び GC-MS により定量した。⁴⁾

その他ベンズアルデヒド、安息香酸についても、GC-MS で測定した。

3) マウスによる臨床症状の確認 一昼夜絶食させたマウスに、ピラカンサスの実の水抽出溶液、胃内容物水抽出溶液、シアン標準溶液及び EPN 標準溶液の一定量をゾンデにより経口投与し、対照群と比較観察した。

4) ピラカンサス種及び成鳥、幼鳥の鑑定⁶⁻⁸⁾ ピラカンサスについては、長野県林業総合センターに依頼し、成鳥、幼鳥の鑑定⁹⁾は長野県自然保護研究所に依頼した。

4. 解剖所見等の概要

それぞれの解剖所見の概要を Table 2 に示した。解剖所見からは、下諏訪町で死亡したレンジャク類では、食道からピラカンサスの実が摘出されたこと、小諸市で死亡したレンジャクでは、肝臓退色があったこと、飯田市で死亡したレンジャク類では、著しい変化がみられないことがあげられ、三者とも異なっていた。死亡したレンジャク類について成鳥か、幼鳥かの鑑定の結果を Table 3 に示した、いずれの箇所も飛来経験のない幼鳥の占める割合が高く、特に下諏訪町では 88% を占めていた。

4.1 下諏訪町の場合 下諏訪町の場合は、①解剖所見において、21 羽中 17 羽の主とし

Table 2. 解剖所見の概要

検 体	概 要
下諏訪町	<ul style="list-style-type: none"> ・21羽中17羽の食道からピラカンサスの実を摘出 (平均値±標準偏差: 1.7 g ± 1.0 g) ・レンジャクの栄養状況は比較的良好 ・1月25日搬入の8羽中2羽は、腹部に突孔痕があり、臓器の一部が欠損 ・1月25日搬入の6羽中4羽に胸腔内出血、3羽に肝臓退色あり
小 諸 市	<ul style="list-style-type: none"> ・胃内容物にリンゴ臭あり ・20羽すべて食道内容物なし、胃内容物少量 ・ほとんどのレンジャクに体脂肪あり ・18羽中、17羽に肝臓退色あり、5羽に胸腔内出血あり、2羽に肝臓周辺出血あり
飯 田 市	<ul style="list-style-type: none"> ・10羽中5羽の食道に粥状内容物、果実臭あり ・10羽中9羽に体脂肪あり、栄養状況良好 ・胸腔内出血1羽のみ、その他著しい変化なし

Table 3. 成鳥・幼鳥の鑑定

検 体	成 鳥	幼 鳥
下諏訪町 25羽	3羽 (12%)	22羽 (88%)
小諸市 20羽	6羽 (30%)	14羽 (70%)
飯田市 10羽	4羽 (40%)	6羽 (60%)

て食道からピラカンサスの実が平均1.7g摘出されたこと、②長野県松本家畜保健衛生所の細菌及びウイルス検査が陰性であること、③漏電の事実がなく感電死が考えにくいことなどから、原因はレンジャク類が食べた餌にあることを想定し、分析項目を選定した。すなわち、ピラカンサスの実に青酸配糖体である

プルナシンが含有されているという報告¹⁰⁾を根拠に、ピラカンサスの実、レンジャク類の食道内容物、胃内容物、血液に含まれるシアンを分析することとした。青酸配糖体としては、アズキの種子に含まれるキョウニン中のアミグダリンが知られているが、アミグダリンからブドウ糖1分子がはずれた物質がプルナシン¹¹⁾である。プルナシンは、その植物中に含まれるβ-グリコシダーゼにより細胞が破壊された場合に加水分解されてシアンとベンズアルデヒドを生成することから、このシアンがレンジャク類の突然死に関与しているかどうかを推察するため実施したものである。安息香酸は、ベンズアルデヒドが酸化された物質であることを考慮して実施した。

また、集団で死亡したことから急性毒性の強い農薬特に有機りん系殺虫剤と殺鼠剤のモノフルオロ酢酸ナトリウムをターゲットに肝臓、体脂肪等について、3 2) に挙げた農薬を分析することとした。

レンジャクの各部位の結果を Table 4 に示し、植物の実に存在する青酸配糖体の種類及びシアン含有量¹²⁻¹⁵⁾を Table 5, ピラカンサスの実のシアン、ベンズアルデヒド及び安息香酸の結果を Table 6 に示した。

シアンは、食道内容物から平均 10.0 μg/g、胃内容物からは 17.0 μg/g、血液から 0.1 μg/ml、ピラカンサスの実から 2.3 μg/g 検出された。

また、ピラカンサスの実のベンズアルデヒドは平均 0.03 μg/g、安息香酸は平均 14.9 μg/g

Table 4. 下諏訪町における分析結果

項 目	食道内容物 ($\mu\text{g/g}$)	胃内容物 ($\mu\text{g/g}$)	腸管内容物 ($\mu\text{g/g}$)	血液 ($\mu\text{g/ml}$)	肝臓・腎臓 ($\mu\text{g/g}$)	体脂肪 ($\mu\text{g/g}$)
シアン(<i>n</i>)	10.0 $\pm$ 6.4(7)	17.0 $\pm$ 8.9(5)		0.1 $\pm$ 0.1(5)		
残留 有機りん系(<i>n</i>)			N.D.(3)		N.D.(2)	
農薬 有機塩素系(ケルセン)(<i>n</i>)			0.014 $\pm$ 0.016(3)			0.013(2)
殺鼠剤(モノフルオロ酢酸)(2)					N.D.(2)	

注) 結果の表示は平均値 $\pm$ 標準偏差(検体数).Table 5. 青酸配糖体の存在¹¹⁻¹⁴⁾

種 類	存在場所	配糖体の種類	遊離シアン量
モモ	葉及び種子	アミグダリン	
アンズ	種子	"	1~2 mg/g
リンゴ	種子	"	
ナシ	種子	"	
レモン	種子	"	
ウメ	種子	"	
キョウニン	アンズの種子	"	30 mg/g
ビワ	種子	"	
苦扁桃	ビターアーモンドの種子	"	30-50 mg/g
ピラカンサス	種子	プルナシン	
ライマ豆	アメリカ産	リナマイン	
バター豆	ビルマ産	"	
ホワイト豆	ビルマ産	"	
亜麻	種子	"	

注) アミグダリンのラット経口投与致死量¹³⁾600 mg/kg (CN: 34.1 mg/kg).

Table 6. ピラカンサスの実に関する調査結果

検体	種 類	採取場所	シアン $\mu\text{g/g}$	ベンズアルデヒド $\mu\text{g/g}$	安息香酸 $\mu\text{g/g}$
A	タチバナモドキ	長野市	1.0	0.04	5.4
B	ヒマラヤトキワサンザシ	長野市	0.7	0.02	2.8
C	ヒマラヤトキワサンザシ(改良品種)	長野市	0.7	0.05	14.6
D	トキワサンザシ	長野市	0.6	0.03	22.0
E	トキワサンザシ(改良品種)	長野市	1.3	0.01	6.1
F	トキワサンザシ	長野市	1.4	0.03	12.4
G	トキワサンザシ	長野市	0.9	N.D.	5.3
H	ベニシタン(バラ科)	下諏訪町	5.6	0.12	70.8
I	ヒマラヤトキワサンザシ	下諏訪町	1.7	0.01	13.2
J	トキワサンザシ	下諏訪町	0.8	0.01	5.1
K	トキワサンザシ	下諏訪町	10.7	0.06	5.8
平均値 $\pm$ 標準偏差			2.3 $\pm$ 3.1	0.03 $\pm$ 0.3	14.9 $\pm$ 19.4

検出され、シアンとのモル比はベンズアルデヒドが0.003、安息香酸は1.38であり、安息香酸がベンズアルデヒドが酸化されたものであると仮定するとシアンは青酸配糖体由来であると考えられる。有機塩素系農薬ではケルセンが腸管内容物から0.014 $\mu\text{g/g}$ 、肝臓、腎臓から0.013 $\mu\text{g/g}$ と微量検出されたが、有機りん系農薬及び殺鼠剤は検出されなかった。

ピラカンサスの実を含む食道及び胃内容物からシアンが検出されたことから、食道内容物の実の果肉及び種子まで砕いた実及びレンジャク類が死亡していた地域周辺等から採取した実の果肉をマウスに経口投与した結果を Table 7 に示した。ベニシタンのシアンをマウスの体重1g 当たり0.10 μg 、胃内容物のシアンを体重1g 当たり0.17—0.29 μg 投与するとおおむね10分程度で嗜眠状態になることが確認され、マウスの血液からシアン0.7—2.2 $\mu\text{g/ml}$ が検出された。これらの結果から、ピラカンサスの実に含まれるシアン又は青酸配糖体と推察される物質が、レンジャク類の落下等の原因となった可能性があるものと推定された。

また、ピラカンサスの実の青酸配糖体はプルナシンであるという報告があるにもかかわらず、シアンとベンズアルデヒド及び安息香酸のモル比が実施したピラカンサスごとに異なること、レンジャク類の食道及び胃内容物のピラカンサスと下諏訪町等から採取した実のシアン濃度と差が見られることから、今後ピラカンサスの実の青酸配糖体の種類の確認、ピラカンサスの種類、時期及び地域等による青酸配糖体の濃度差についても検討する必要がある。また採取したピラカンサスの実及び食道から抽出したピラカンサスの実をマウスに経口投与して臨床症状の確認をした実験においても鳥とマウスの動物種によりシアン中毒を起こす量に差がある^{16,17)}ことが推察される。これらのことから、今後ピラカンサスの青酸配糖体からの遊離シアンとその影響については、さらに実験を進める必要があると考える。

4.2 小諸市の場合 小諸市の場合は、下諏訪町の場合と異なり、食道から木の実の摘出されなかったが、主な解剖所見では胃内容物に果実臭があったこと、肝臓退色がみられたことから、下諏訪町と同様に原因はレンジャク類が食べた餌にあることを想定し、同一項目について分析を実施し、レンジャク類の各部位の結果を Table 8 に示した。

Table 7. マウス投与実験結果

投与した物質 (試料 No.)		シアン投与量 (μg /マウスの体重 g)	血液 $\mu\text{g/ml}$	臨 床 症 状
ベニシタン	試料 H (Table 6)	0.10	0.1	嗜 眠 状 態 ^{b)}
	試料 H (Table 6)	0.10	0.8	嗜 眠 状 態 ^{b)}
レンジャクの食道内容物 (ピラカンサス)	混合物	0.17	0.7 ^{a)}	嗜 眠 状 態 ^{b)}
	混合物 ^{c)}	0.29	2.2 ^{a)}	嗜 眠 状 態 ^{b)}
キョウニン水	原 液	11.0	18.6	投与3分後に死亡
	10倍希釈液	1.0	1.4	嗜 眠 状 態 ^{b)}
	原 液	4.4	1.3 ^{a)}	嗜 眠 状 態 ^{b)}
	原 液	4.4	0.5	嗜 眠 状 態 ^{b)}
ブ ラ ン ク			0.2 ^{a)}	変 化 な し

a) GC-MS で塩化シアン (CICN) を確認。

b) 嗜眠状態：ねむけ・うとうと状態。体をゆすること、痛みなどの刺激で開眼する程度の意識障害。

c) 種子まで砕いたもの。

有機りん系農薬である EPN が胃内容物から平均 5960 $\mu\text{g/g}$ と高濃度で検出され、肝臓・腎臓から 11.4 $\mu\text{g/g}$ 、体脂肪からも 17.1 $\mu\text{g/g}$ が検出された。また、シアンは、下諏訪町より低いものの平均 6.8 $\mu\text{g/g}$ が検出され、有機塩素系農薬のケルセンと DDT が体脂肪から微量検出された。

EPN は、ダニ類、アブラムシ類に対する殺虫剤として用いられ、長野県では平成 7 年農業年度に粉剤 10.3 t、乳剤 7.3 kl 使用されており、¹⁸⁾その量は全国の約 2% に相当する。EPN は、パラチオンに比較して毒性は緩和であるが、抗コリンエステラーゼ作用があり、動物の神経機能を麻痺させる。

胃内容物から大量の EPN が検出されたことから、マウスに、マウス及びラットの半数致死量 (LD_{50}) の文献値^{16,17)}7.7—36 $\mu\text{g/g}$ の平均 20 $\mu\text{g/g}$ のおおむね 1/2 と 2 倍濃度を経口投与した結果を Table 9 に示した。2 倍濃度を経口投与したマウスは 50 分から 3 時間 15 分後に死亡し、肝臓からは EPN が 8.7 $\mu\text{g/g}$ 及び 13.5 $\mu\text{g/g}$ 検出された。また、死亡したレンジャク類の胃内容物の量 (平均 0.53 g) とレンジャク類の体重 (平均値 64.5 g) から概算すると、EPN はマウスの LD_{50} の平均 20 $\mu\text{g/g}$ の約 2.4 倍、すなわちマウスの高濃度投与群に相当する。マウスとレンジャク類の LD_{50} が異なることを考慮しても、マウスに平均 LD_{50} の 2 倍を経口投与した場合のマウスの肝臓からの検出濃度とほぼ同濃度 (11.4 $\mu\text{g/g}$) がレンジャク類の肝臓から検出されたことから、小諸市の場合には EPN による中毒が原因の一つと推定された。

今後、EPN 摂取後の、経時的な体内の挙動・分布を調査し、臓器からの検出量と死因の関係を明らかにすることも必要であると考えている。

4.3 飯田市の場合 飯田市の場合では、解剖所見で特徴的なことは確認されなかったの

Table 8. 小諸市における分析結果

項 目	胃内容物 ($\mu\text{g/g}$)	血液 ($\mu\text{g/ml}$)	肝臓・腎臓 ($\mu\text{g/g}$)	体脂肪 ($\mu\text{g/g}$)
シアン (<i>n</i>)	6.8±2.4 (6)	0.1±0.1 (6)		
残留 有機りん系 (EPN) (<i>n</i>)	5960±8050 (4)		11.4±10.4 (11)	17.1±20.9 (3)
有機塩素系 (ケルセン) (<i>n</i>)				0.002±0.001 (3)
農薬 " (T-DDT)				0.013±0.002 (3)
殺鼠剤 (モノフルオロ酢酸) (<i>n</i>)			N.D. (3)	

注 結果の表示は平均値±標準偏差 (検体数)。

Table 9. EPN のマウス経口投与実験

投与濃度 $\mu\text{g/ml}$	投与量 ml	マウスの体重当たり投与量 $\mu\text{g/g}$	肝臓中の EPN $\mu\text{g/g}$	投与後の状況
400	1	8.7	不検出	20 時間後殺処分
400	1	8.8	不検出	20 時間後殺処分
2000	1	42.3	13.5	50 分後に死亡
2000	1	43.0	8.7	3 時間 15 分後に死亡

Table 10. 飯田市における分析結果

項 目	食道内容物 ($\mu\text{g/g}$)	胃内容物 ($\mu\text{g/g}$)	血液 ($\mu\text{g/ml}$)	肝臓 ($\mu\text{g/g}$)
シアン (n)	$4.0 \pm 2.3 (5)$	$4.8 \pm 0.9 (5)$	$0.9 \pm 2.1 (9)$	
残留農薬				
有機りん系 (n)				N.D. (5)
有機塩素系 (n)				N.D. (5)
含窒素系 (n)				N.D. (5)
酸系除草剤 (n)				N.D. (5)
殺鼠剤 (モノフルオロ酢酸) (n)				N.D. (3)

注 結果の表示は平均値±標準偏差 (検体数)。

で、下諏訪町及び小諸市の場合より含窒素系農薬と酸系除草剤を追加し、分析を実施した。レンジャク類の各部位からの結果を Table 10 に示した。

シアンは食道内容物から平均 $4.0 \mu\text{g/g}$ 、胃内容物から $4.8 \mu\text{g/g}$ 、下諏訪町の場合と比較し、低いながら検出され、血液からも $0.9 \mu\text{g/ml}$ 検出された。一方、残留農薬及び殺鼠剤は、肝臓からはいずれも検出されなかった。飯田市の場合は、シアンが検出されたものの解剖所見においても特徴がみられず有力な原因を考察するには至らなかった。

5. レンジャク類の突然死の原因についての見解

レンジャクは渡り鳥であることから、環境汚染の状況を捉えていることを想定し、3事例については体脂肪に蓄積されやすい有機塩素系の農薬についても分析を実施した。しかし、ケルセン及び DDT が僅かに検出されただけで、岩田ら¹⁹⁾が報告している肉食の猛禽類オオタカの有機塩素系の物質の蓄積量と大きく異なっていた。これは、2に述べたように、レンジャク類は主として木の実等を餌としていることに起因しているものと考えられる。

梶ヶ谷²⁰⁾は、鳥の突然死の原因について過食による貧血状態と落下時の内臓破裂も考えられるとしている。

一方、中村²¹⁾は、下諏訪町及び小諸市の両者とも「窒息死」としている。

当所は、鳥の食道、胃内容物等餌に焦点をあて、毒物学的立場から原因究明を試みたが、その範囲からは、3事例すべてが同じ原因で死亡したものではなく、1事例はシアンまたは青酸配糖体、1事例は EPN、1事例は不明であるとした。鳥の生態には専門でない当所の立場から、窒息死等にコメントはできないが、今後、突然死の原因究明にあたっては、生態学の他、中毒学、毒物学的な角度からの検討も意義があるものとする。

長野県では、1993年4月にも下諏訪町でムクドリとキレンジャク17羽が死亡しており、この時にも原因は不明であった。過去の鳥の集団死をみると、鉛中毒によるツンドラスワンの例、²²⁾1979—1981年イギリスのマージ河口でおこったアルキル水銀中毒²³⁾による大量死がある。また、柳川ら²⁴⁾は北海道東部における鳥類の死因のほとんどはガラス窓やその他の人工物への衝突であると報告している。今回の鳥の集団突然死3事例では、結果が三様となり、すべてについて原因を推定するという結果には至らなかった。

非意図的物質を含めて10万種類以上の化学物質が存在しているといわれている現在、渡り

鳥をめぐる環境も厳しいものになっていると考えられる。その意味で、当所は今後、毒物学的視点を基盤に原因究明に関わっていく必要があるのではないかと思う。

References

- 1) シーボルト P. F., “日本鳥類大図鑑,” 講談社, 1975.
- 2) 野沢 久, “レンジャクガイド ぼくは野鳥のレンジャクだ,” 日本野鳥の会甲府支部レンジャク調査隊, 1993.
- 3) 日本薬学会, “衛生試験法・注解 付・追補 (1995),” 金原出版, 1996, pp.388—391.
- 4) 残留農薬分析研究班, “農薬残留分析法,” 中央法規出版, 1995.
- 5) Ozawa H., Tsukioka T., *J. Chromatogr.*, **473**, 251 (1989).
- 6) 英国王立園芸協会監修, “花と植物百科,” 同期舎出版, 1992.
- 7) 塚本洋太郎, “原色園芸植物図鑑,” 保育社, 1967.
- 8) 林 弥栄, “日本の樹木,” 山と溪谷社, 1985.
- 9) Svensson L., “Identification Guide to the European Passerines,” 4th revised and enlarged edition, Published by the author, Stockholm, Switzerland, 1992.
- 10) Hegnauer R., “Chemotaxonomie der Pflanzen VI,” Birkhauser Verlag, Switzerland, 1973, p.88.
- 11) 刈米達夫, 生薬化学, 広川書店, 1964, p.43.
- 12) 内藤裕史, “中毒百科,” 南江堂, 1992, pp.12—13.
- 13) 山崎幹雄, “毒の話,” 中公新書, 1985.
- 14) 日本薬学会, “第13改正 日本薬局方解説書,” 1996, pp.98—99.
- 15) 刈米達夫, “生薬学第3改稿版,” 広川書店, 1973, pp.170—172.
- 16) 後藤 稠, 池田正之, 原 一郎: “産業中毒便覧,” 歯薬出版株式会社, 1977, pp.777—778.
- 17) Lewis Sr.R.L., Sweet D.V., “Registry of Toxic Effects of Chemical Substances,” U.S. Government Printing Office, 1985.
- 18) 農林水産省農山園芸局植物防疫課, “農薬要覧,” 植物防疫協会, 1996.
- 19) 岩田久人, 金 恩英 他, 第3回エコトキシコロジー研究会・バイオアッセイ研究会合同研究発表会講演要旨集, 73—74 (1997).
- 20) 梶ヶ谷博, 鳥の突然死, 講演要旨, 野生動物救護獣医師会, 6 (1997).
- 21) 中村浩志, 科学, **67**, 484 (1997).
- 22) Blus L.J., Henny C.J., Grove R.A., Hoffman D.J., *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **21**, 549 (1991).
- 23) Bull K.R., Evenry W.J., Freestone P., Hall J.R., Osborn D. Stowe T., *Environ. Pollut. Ser. A*, **31** (4), 239 (1983).
- 24) 柳川 久, 渋谷辰生, 帯広畜産大学学術研究報告 自然科学, **19** (4), 251 (1996).