

Ⅲ 環境センターの事業概要

2. 調査研究報告

大量死したミヤマカラスの致死要因について

— 臓器の元素分析からのアプローチ —

齊藤勝美 小林貴司 世良耕一郎*¹ 安田正明*² 柿野 淳*²

平成 18 年 3 月，秋田県大潟村で 89 羽の死亡した野鳥が発見された。このうち，88 羽が渡り鳥であるミヤマカラスであった。調査により地域の農地においてリン化亜鉛 (Zn_3P_2) と硫酸タリウム (Tl_2SO_4) を成分とする殺鼠剤の使用が確認されたことから，病因学および病理学的検査に加えて，臓器組織（肺，筋胃内容，腸，肝および腎）の元素分析を行った。分析の結果，各臓器組織からタリウムが 56 ～ 365 dry- $\mu g/g$ の高濃度で検出された。また，病理組織学的には肝細胞の空胞変性と腎尿細管上皮の顆粒状あるいは滴状変性を認めた。こうしたことから，今回のミヤマカラスの大量死はタリウム中毒によるものと考えられた。

1. はじめに

野鳥の死骸が平成 18 年 3 月 28 日から 31 日にかけて秋田県大潟村の松林で 89 羽発見され，88 羽が渡り鳥であるミヤマカラスであった。この致死要因を探るため，高病原性鳥インフルエンザなどの家畜伝染病や有機リン系薬物などの検査をしたが，それらの結果はいずれも陰性であった。しかし，筋胃内容物の抽出液を投与したマウスの 3 匹中 2 匹が死亡したため，ミヤマカラスの致死要因は毒物摂取によるものと推定された。ミヤマカラスの死亡した時期に，大潟村で急性殺鼠剤であるリン化亜鉛 (Zn_3P_2) と硫酸タリウム (Tl_2SO_4) の使用が確認されたため，死亡したミヤマカラスの剖検 3 例について，肺，筋胃内容，腸，肝臓および腎臓に存在している元素を粒子荷電励起 X 線 (PIXE) 法で多元素同時分析をし，致死要因の毒物としてのリン化亜鉛と硫酸タリウムの可能性を検討した。

2. 方法

多元素同時分析の対象とした試料は，死亡ミヤマカラスの剖検 3 例の肺，筋胃内容，腸，肝臓および腎臓組織である。なお，筋胃内容は，マウスに投与する筋胃内容物の抽出液を得るために蒸留水で洗浄されている。これらの試料は，40mL のガラス製保存容器に入れて 92 時間凍結乾燥した。

凍結乾燥させた試料の前処理は，硝酸—マイクロウエーブ法¹⁾を用いた。ここでは，試料約 50mg を PTFE 製の小型分解容器に入れ，これに濃硝酸 1mL と内部標準物質としてインジウム標準溶液 (1000mg/L) を試料重量に対して 1000 $\mu g/g$ になるように加えた。これをマイクロウエーブ (170W) により，2 分間加熱，10 分間放置，2 分間加熱の条件で溶解した。

PIXE 分析のための照射試料は，ターゲットフィルムに貼り付けた厚さ 4 μm のポリプロピレン製のバックングフィルム上に，クリーンベンチ内で硝酸により溶解した試料を 10 μL 滴下し，自然乾燥させて作成した。

PIXE 分析は (社)日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターで行った。PIXE 分析により得られた X 線スペクトルから検出元素のピーク面積を解析するには解析プログラム "SAPIX"²⁾，ピーク面積から定量値を求めるには内部標準法¹⁾を用いた。

3. 結果

死亡ミヤマカラスの剖検 3 例の肺，筋胃内容，腸，肝臓および腎臓組織から定量された元素は，表 1 に示す Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb および Tl の 20 元素で，剖検 3 例の全ての臓器組織から定量された元素は Na, P, S, K, Ca, Fe,

*¹ 岩手医科大学サイクロトロンセンター *² 秋田県中央家畜保健衛生所

Cu, Zn, Rb および Tl であった。Tl の濃度は 56–365 dry- $\mu\text{g/g}$ の範囲で、各臓器の Tl 濃度を比較すると代謝老廃物、薬物を体外に除去する機能を持つ腎臓の濃度が、他の臓器に比べて極めて高かった。一方、Zn の濃度は 21–147 dry- $\mu\text{m/g}$ の範囲となっている。

4. 考察

Tl は主として殺鼠剤、殺虫剤および工業用原料として利用されており、その毒性は Pb, Cd, Hg よりも高く、消化管、皮膚から吸収されて体内に蓄積するとされている^{3,4)}。Tl の作用機序は十分に解明されていないが、K と同じ一価の陽イオンであるため、細胞内では K と置換し、K 依存性代謝を障害することが知られている³⁻⁵⁾。ヒトにおける急性中毒症状は、脱毛、悪心、嘔吐、腹痛、下痢および神経症状がみられる^{6,7)}。神経学的には、自律神経障害とくに迷走神経障害による呼吸異常、すなわち吸気、呼気の切り替え反射異常があるとされている⁷⁾。マウスとラットにおける急性経口毒性試験において報告⁸⁾されている症状は、立毛、運動失調、呼吸困難および嗜眠等で、今回、筋胃内容抽出液を投与したマウスも数時間後に同様の症状を示した⁹⁾。また、病理組織検査により、死亡ミヤマカラスと同様に肝細胞の空胞変性と腎の尿細管上皮の顆粒状あるいは滴状変性が認められ、代謝障害が疑われた⁹⁾。

Mochizuki¹⁰⁾は、死亡発見された野ガモ等の臓器中 Tl を測定しており、Tl の値は肝で 1–7 dry- $\mu\text{g/g}$ 、腎で 2–28 dry- $\mu\text{g/g}$ と報告している。今回の死亡ミヤマカラスの各臓器から検出されている Tl 濃度は、56–365 dry- $\mu\text{g/g}$ の範囲で、報告されている値をはるかに超えている。また、代謝老廃物等を体外に排出する腎の濃度が他の臓器に比べて極めて高く、Tl 化合物を大量に摂取したことを示している。

一方、山本¹¹⁾は、馬の腎中の Zn 濃度を 205 dry- $\mu\text{g/g}$ 、ヒトの腎臓中 Zn 濃度を 314 dry- $\mu\text{g/g}$ であったと報告している。今回の死亡ミヤマカラスの各臓器から検出されている Zn 濃度は、68.6–110 dry- $\mu\text{g/g}$ で、報告されている値よりかなり低く、リン化亜鉛を成分とする殺鼠剤の可能性は否定される。

こうしたことから、今回大量に死亡したミヤ

マカラスは、渡り鳥であることから秋田県大潟村で殺鼠剤として使用された硫酸タリウムを経口摂取したことにより死亡したとは限らないが、致死要因は硫酸タリウムであることは明らかで、Tl 中毒死であると考えられる。

参考文献

- 1) Futatukawa S., Hatakeyama S., Saitoh Y. and Sera K.: Present status of NMCC and sample preparation method for bio-samples, *Int. J. PIXE*, **3**, 1993, 319–328.
- 2) Sera K., Yanagisawa T., Tsunoda H., Futatukawa S., Hatakeyama S., Saitoh Y., Suzuki S., H. Orihara H.: Bio-PIXE at the Takizawa facility (Bio-PIXE with a baby cyclotron), *Int. J. PIXE*, **2**, 1992, 325–330.
- 3) Galván-Arzate S and Santamaria A.: Thallium toxicity, *Toxicology Letters*, **99**, 1998, 1–13.
- 4) John P. and Viraraghavan T.: Thallium: a review of public health and environmental concerns, *Environment international*, **31**, 2005, 493–501
- 5) Bank W.J., Pleasure D.E., Suzuki K., Nigro M. and Katz P.: Thallium poisoning, *Arch. Neurol.*, **26**, 1972, 456–464.
- 6) 山下衛, 清野秀子, 田中淳介, 小山完二: 殺鼠剤中毒とその治療, 診断と治療, **71**, 1983, 2009–2013.
- 7) 由村健夫, 田平 武, 柴崎 浩, 黒岩義五郎: 急性タリウム中毒における自律神経障害, 自律神経, **19**, 1982, 300–305.
- 8) 大塚薬品工業(株)開発研究部: 硫酸タリウム毒性試験の概要, 農薬学会誌, **18**, 1997, S209–S211.
- 9) 安田正明, 斉藤勝美, 世良耕一郎, 小林貴司, 加沢敏明, 小林正樹, 小川秀治, 柿野淳: タリウム中毒による野鳥の死亡例, 日本獣医師会雑誌, 投稿中.
- 10) Mochizuki M., Mori M., Akinaga M., Yugami K., Oya C., Honda R. and Ueda F.: Thallium contamination in wild ducks in Japan, *Journal of wildlife diseases*, **41**, 2005, 664–668.
- 11) 山本好男, 佐藤武雄, 森 一五, 中川季子, 山田光子, 福永龍繁, 龍野嘉紹, 西 克治:

中性子放射化分析法を用いた毛髪，肝臓および腎臓中微量元素濃度，法医学の実際と

研究，34，1991，97-108.

表1 死亡ミヤマカラスの剖検臓器組織中元素濃度

元素	剖検例 1 (dry-μg/g)					剖検例 2 (dry-μg/g)					剖検例 3 (dry-μg/g)				
	肺	胃	腸	肝臓	腎臓	肺	胃	腸	肝臓	腎臓	肺	胃	腸	肝臓	腎臓
Na	2100	1590	881	770	1140	1310	689	815	799	1260	3740	361	423	646	4240
Mg	434	471	179	251	225	150	128	177	106	145	439	301	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Al	183	684	46.9	33.6	60.7	108	246	54.9	46.9	62.7	172	224	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Si	113	2740	<LOQ	<LOQ	<LOQ	164	941	<LOQ	<LOQ	<LOQ	368	1410	<LOQ	<LOQ	<LOQ
P	10500	9620	4950	7490	6380	7520	1840	5600	6980	9210	11100	1070	6360	6920	13400
S	8790	4820	4290	6640	4240	6540	17400	4360	6010	5350	8690	15900	4330	6610	9420
Cl	615	952	167	164	161	111	615	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2370	1070	135	191	1460
K	12400	8510	6630	9520	8680	9340	4610	7100	8560	9230	13700	3550	6620	8680	15600
Ca	366	18600	359	238	1460	533	415	272	313	1900	529	1330	293	165	2170
Ti	<LOQ	25.6	<LOQ	2.99	<LOQ	8.11	10.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	ND	22.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ
V	3.76	4.69	1.22	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.99	<LOQ	1.22	<LOQ	3.93	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.09
Cr	<LOQ	3.58	<LOQ	0.46	0.82	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.74	<LOQ	<LOQ	18.7	6.11
Mn	<LOQ	44.8	1.56	3.73	6.39	0.85	7.22	3.35	4.27	6.82	<LOQ	13.9	4.46	1.94	6.34
Fe	1760	1050	96.2	2640	351	1710	274	79.9	1330	658	1900	520	94.5	2590	885
Ni	<LOQ	<LOQ	0.55	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.42	0.81	2.59	<LOQ	5.84	13.0	0.49	12.1	294
Cu	1.96	7.92	5.21	13.9	11.0	2.50	16.3	6.89	11.6	11.2	1.24	20.1	5.08	10.5	5.90
Zn	33.9	98.0	72.1	76.2	68.6	27.7	21.4	81.6	73.3	69.0	30.6	23.1	147	81.5	110
Br	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4.90	11.7	3.01	3.08	4.24	20.8	11.4	3.31	4.54	15.4
Rb	13.9	8.62	7.56	11.9	11.7	16.7	4.88	9.77	12.1	13.8	11.1	2.05	7.91	17.3	11.8
Tl	58.3	139	128	121	365	56.1	136	130	104	278	62.2	89.8	110	97.8	324

<LOQは定量下限値以下です。