

## 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

佐 藤 至<sup>†</sup> 津 田 修 治

岩手大学農学部 (〒020-8550 盛岡市上田3-18-8)

(2010年3月8日受付・2010年6月17日受理)

## 要 約

平成18年から21年に岩手県内で捕獲されたツキノワグマ計101頭について、肝臓および腎臓のヒ素、カドミウム、クロム、水銀および鉛をICP-MSによって定量した。ヒ素およびクロムの濃度はすべての個体で0.2および1.0mg/kg未満であった。カドミウムの平均濃度は肝臓で0.9mg/kg、腎臓で15mg/kgで、腎臓においておよそ15倍の濃縮が認められた。水銀は肝臓、腎臓ともに大部分の個体で0.2mg/kg未満であったが、1.0mg/kgを超える個体が1頭みられた。鉛の平均濃度は肝臓、腎臓ともに0.37mg/kgであり、2頭の肝臓の鉛濃度が2mg/kgを超えていた。今回の結果は前報と同様にツキノワグマにおける鉛汚染を示唆するものであったが、今回新たにカドミウムと鉛の濃度が北上高地個体群より北奥羽個体群で高いことが明らかとなった。——キーワード：カドミウム、ツキノワグマ、鉛。

----- 日獣会誌 63, 955～959 (2010)

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) は体長120～145cm、体重70～120kgの中型の熊で、本邦では本州以南に生息している [1]。しかし、山地の開発による生息域の減少に加え、狩猟や有害鳥獣駆除によってその生息数は減少傾向にあるといわれており、下北半島、紀伊半島、東中国地域、西中国地域、四国山地および九州地方のツキノワグマは、環境省のレッドデータブックにおいて「絶滅のおそれのある地域個体群」に指定されている [2]。このため各地でツキノワグマの保護活動が行われており、岩手県においても「ツキノワグマ保護管理計画」に基づき捕獲数の制限や生態調査等が行われている。

いっぽう、野生動物の生息域である山間地域では廃棄物の不法投棄等による環境汚染が危惧されている。このような中で野鳥の鉛中毒がしばしば問題となっている他 [3, 4]、タリウムによるカラスの大量死も報告されているが [5]、国内の野生哺乳動物の重金属汚染状況に関する報告はきわめて少ない。このためわれわれはツキノワグマやホンシュウジカなどについて重金属汚染調査を行い、ツキノワグマにおいても鉛汚染が存在する可能性などを報告した [6-8]。その後ツキノワグマの調査を継続したところ、鉛とカドミウムに関して新たな知見が得られた。

## 材 料 お よ び 方 法

分析対象は、平成18～21年に岩手県内で捕獲されたツキノワグマ計101頭（北奥羽地域個体群：雄40頭、雌11頭、北上高地地域個体群：雄33頭、雌16頭、捕獲地等不明1頭）の肝臓および腎臓である。ただし、一部試料が欠落しているものがあったため、分析試料数は肝臓が96、腎臓が64である。表面汚染の影響を避けるため、腎臓は被膜を除去した後に皮質と髓質を含むように扇型に、肝臓は組織片の中央部から、それぞれ約200mgを採取した。採取試料をテフロン製耐圧容器に入れ、有害金属測定用硝酸（和光純薬工業株、大阪）を1mlと、原子吸光用インジウム標準液（和光純薬工業株、大阪）を1mg/kg相当加えた後に電子レンジで10秒間3回加熱して湿式灰化した。灰化試料は超純水で10倍希釈し、ICP-MS（SPQ9400、セイコーインスツル株、千葉）によってヒ素、カドミウム、クロム、水銀および鉛の5元素を定量した。なお、測定に先立ちマウスの肝臓を用いて添加回収試験を行い、いずれの元素も回収率は90～110%の範囲にあり、変動係数が10%未満であることを確認した。

得られた結果から、これらの元素による汚染個体の有無を検索するとともに、性別、臓器、ならびに個体群による相違についてマンホイットニーのU検定で解析し、

† 連絡責任者：佐藤 至（岩手大学農学部獣医公衆衛生学教室）

〒020-8550 盛岡市上田3-18-8 ☎・FAX 019-621-6225 E-mail: satoital@iwate-u.ac.jp

危険率5%未満のものを有意差があると判定した。

成 績

ヒ素の平均濃度は肝臓で0.031mg/kg（湿重量当たり，以下同），腎臓で0.046mg/kgで，腎臓が有意に高かった。ヒ素濃度は大部分の個体で0.1mg/kg未満であり，特に高値を示した個体はなかった。

カドミウムの平均濃度は肝臓で0.9mg/kg，腎臓で15mg/kgで，腎臓において肝臓の約15倍の蓄積が認め

られた。またカドミウム濃度は個体差が大きく，腎臓で50mg/kgを超える個体が3頭みられた。

クロム濃度の平均は肝臓で0.27mg/kg，腎臓で0.20mg/kgであり，臓器による有意差が認められた。また，肝臓の1例を除きすべて0.1～0.5mg/kgの範囲に含まれており，個体差は少なかった。

水銀は大部分の個体で0.2mg/kg未満であり，平均濃度は肝臓，腎臓ともにおよそ0.07mg/kgであったが，1mg/kgを越す個体が1頭認められた。

肝臓および腎臓の平均鉛濃度はともに0.37mg/kgであった。肝臓で2mg/kgを超えるものが2頭みられたが，腎臓で2mg/kgを超えるものはなかった。

個体群間の差に関する検定の結果，カドミウムと鉛に地域差が認められ，いずれも北上高地個体群よりも北奥羽個体群の方が高かった。性差はいずれの元素にも認められなかった。

考 察

ヒ素はかつて殺鼠剤，殺蟻剤，殺菌剤などとして使われており，誤用による中毒事故が多発した [9]。また土壌のヒ素レベルが高い地域では農作物や飲み水を介したヒ素の暴露が高くなり，それによる慢性ヒ素中毒も発生している [9]。ヒ素はあらゆる食品に含まれているが，穀類や畜産物はおおむね0.5mg/kg未満であるのに対して，海草や魚介類などでは含有量が高いことが知られている [10]。特別な暴露を受けていない人の組織中ヒ素濃度は0.05～0.3mg/kgといわれているが [10, 11]，魚やアザラシを餌とするホッキョクグマでは0.2～0.5mg/kgとやや高い値が報告されている [12]。今回の結果はこれらよりもやや低値であり，海産物を食しないツキノワグマは自然由来のヒ素暴露が低レベルであると考えられる。

カドミウムはイタイイタイ病の原因ともなった有害重

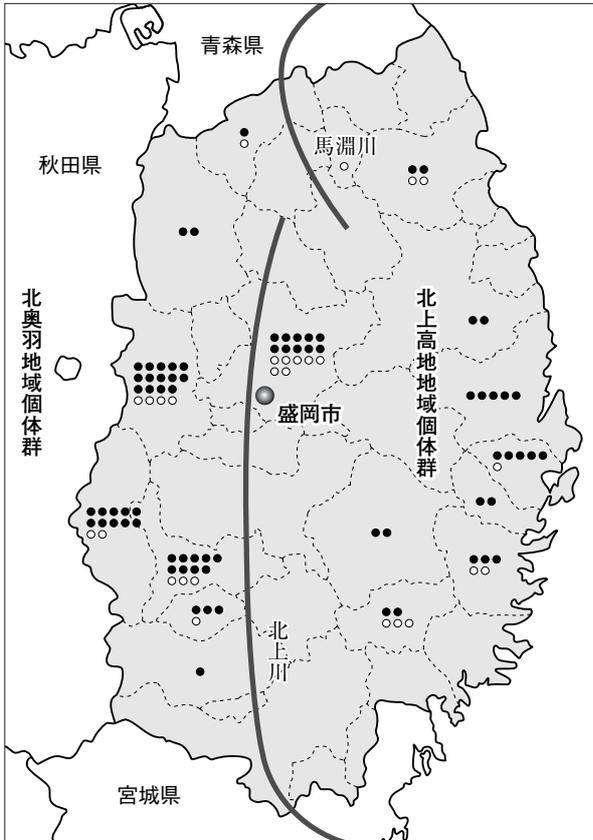


図1 ツキノワグマの捕獲地 (●：雄 ○：雌)

表1 各元素濃度の平均および標準偏差ならびに中央値

	肝 臓			腎 臓		
	全 体 (n=96)	北奥羽 (n=47)	北上高地 (n=48)	全 体 (n=64)	北奥羽 (n=40)	北上高地 (n=23)
As	0.031 ± 0.019 <sup>#</sup> (0.027)	0.029 ± 0.017 (0.027)	0.032 ± 0.022 (0.027)	0.046 ± 0.024 <sup>#</sup> (0.042)	0.048 ± 0.023 (0.042)	0.041 ± 0.025 (0.035)
Cd	0.89 ± 0.67 <sup>#</sup> (0.71)	1.09 ± 0.74* (0.92)	0.69 ± 0.54* (0.51)	15.0 ± 13.5 <sup>#</sup> (10.8)	17.1 ± 14.2* (13.1)	10.3 ± 10.5* (6.6)
Cr	0.27 ± 0.09 <sup>#</sup> (0.25)	0.25 ± 0.08 (0.23)	0.28 ± 0.09 (0.27)	0.20 ± 0.03 <sup>#</sup> (0.20)	0.20 ± 0.04 (0.19)	0.21 ± 0.03 (0.20)
Hg	0.072 ± 0.115 (0.050)	0.058 ± 0.055 (0.050)	0.087 ± 0.152 (0.054)	0.077 ± 0.087 (0.054)	0.076 ± 0.095 (0.048)	0.082 ± 0.075 (0.061)
Pb	0.37 ± 0.41 (0.26)	0.51 ± 0.51* (0.32)	0.23 ± 0.21* (0.16)	0.37 ± 0.38 (0.22)	0.49 ± 0.43* (0.32)	0.17 ± 0.15* (0.12)

mg/kg-wet, カッコ内は中央値

#：肝臓と腎臓との間で有意差あり

\*：北奥羽個体群と北上山地個体群との間で有意差あり (P<0.05)

表2 元素濃度の階級分布 (各濃度域に含まれる頭数)

	mg/kg	-0.02	-0.05	-0.1	-0.2	-0.5	-1	-2	-5	-10	-20	-50	—
As	肝	29	55	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	腎	3	44	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	肝	0	2	1	4	28	29	24	8	0	0	0	0
	腎	0	0	1	0	0	0	2	7	21	18	12	3
Cr	肝	0	0	0	24	71	1	0	0	0	0	0	0
	腎	0	0	0	35	29	0	0	0	0	0	0	0
Hg	肝	9	40	36	6	4	0	1	0	0	0	0	0
	腎	6	23	22	10	2	1	0	0	0	0	0	0
Pb	肝	0	0	7	27	45	11	4	2	0	0	0	0
	腎	0	1	7	17	25	9	5	0	0	0	0	0

金属である。カドミウムは体内に取り込まれると非常に排泄されにくい元素で、その生物学的半減期は15～30年といわれている [13]。このため体内のカドミウム濃度は加齢とともに増加し、成人（日本人）では肝臓で数mg/kg、腎臓では数10mg/kgに達する [10, 13]。今回のツキノワグマの測定結果をみると、カドミウム濃度の最高値は肝臓で3.5mg/kg、腎臓で52mg/kgであり、人の値と比較して特に異常と思われるものではなかった。しかし、ツキノワグマの生態学的寿命は15年程度とされており、人の1/5である。このことは、ツキノワグマのカドミウム暴露量が人よりも多いか、あるいは異常な暴露を受けた個体が存在することを示唆している。

クロムは3価のものにはあまり毒性はないが6価のものは毒性が強く [14]、このため6価クロムについては水道法の水質基準で0.05mg/l以下、水質汚濁防止法の排水基準で0.5mg/l以下などと定められている。クロムは必須微量元素の一つでもあり、個体差が非常に大きいものの人の軟部組織には0.03～0.7mg/kg含まれている [10, 14]。野生動物のクロムについては情報が少ないが、今回の測定結果は人の値とおおむね一致しており、特に異常と思われるものはなかった。

環境中の水銀は極低濃度であるが、食物連鎖によって生物濃縮が行われることが知られており、マグロやクジラ、アザラシの水銀濃度が高いことが報告されている [15-17]。このためアザラシや魚を多く食べるホッキョクグマでは数mg/kg～数10mg/kgの高い値が報告されている [12]。いっぽう穀物を主食とする家畜はおおむね0.05mg/kg未満であるが [18]、人では0.03～1mg/kgと幅があり [10, 19]、調査対象者の魚介類摂取量が大きく影響しているものと思われる。これらに比してツキノワグマの水銀濃度はおおむね低値であり、暴露レベルは低いものと考えられたが、飛び抜けて高値を示した1頭は何らかの異常な暴露を受けていた可能性が示唆される。

人や家畜の鉛中毒は古くから知られている他 [9]、野

鳥の鉛中毒も頻発しており [3, 4]、重金属汚染の原因として鉛は最も注目されるものである。しかし、鉛汚染の判断基準は明確ではなく、環境省のパンフレット「鉛中毒から鳥たちを守りましょう」では肝臓の鉛濃度として0.5mg/kgを示しているが、2mg/kgを判断基準としているものもみられる [20, 21]。人の軟部組織の鉛濃度はおおむね0.5mg/kg未満であるが [22]、Penummarthyら [23] は牛、馬、豚および犬計959標本の鉛濃度を調べた結果、肝臓の鉛濃度の多くは0.5mg/kg未満であるものの、0.5～2mg/kgのものもみられたと報告している。これらのことから2mg/kg以上を鉛汚染と判定すると、今回肝臓の分析を行ったツキノワグマ96頭のうち2頭が鉛汚染レベルに該当する。

野鳥では鉛汚染のおもな原因は狩猟に用いる鉛弾と考えられているが、ツキノワグマの鉛汚染の原因についてはまったく知られていない。ツキノワグマは雑食性で、さまざまなものを食料とするが、早春にシカやウサギの死体を食べる姿が目撃されている [1]。これらの死体が冬期の狩猟後に放置されたものであれば、その肉とともに鉛弾を摂取する可能性があるであろう。また、ツキノワグマは「くまはぎ」によって樹木の皮を剥ぎ、その下の形成層を食べることが知られているが [1]、狩猟の際に鉛弾が木の幹に打ち込まれるのは起こりうることである。このように、ツキノワグマの多様な摂食行動の中で鉛弾を摂取する機会があるのかもしれない。

今回の調査で、北奥羽地域個体群のカドミウムおよび鉛濃度が北上高地地域個体群のものよりも高いことが明らかとなった。この地域差が人為的な汚染に由来するものであるのか自然に由来するものであるのかは明らかではないが、可能性の一つとして北上山地と奥羽山脈との地質の違いが考えられる。すなわち、北上山地は古生代から中生代の海洋性堆積岩とそれを貫く花崗岩からなり、奥羽山脈は中新世前期に形成されたグリーンタフ地帯にあり、洪積世の火山噴出物に覆われている [24]。また奥羽山脈は亜鉛、鉛、銅などを豊富に含む黒鉛

トと一致している [25]。このような地質の違いがカドミウムと鉛の暴露量に影響しているか否かは、さらに検討を要する。

本研究は岩手県が実施している「ツキノワグマ捕獲個体調査事業」の一環として行われたものである。試料を提供いただいた関係者の皆様に感謝の意を表する。

### 引用文献

- [1] 大井 徹：ニホンツキノワグマ，季節のメニュー，クマハギ，ツキノワグマ，24-25，96-100，175-181，東海大学出版会，神奈川（2009）
- [2] 環境省自然環境局：ツキノワグマ，日本の絶滅のおそれのある野生生物1哺乳類，177，自然環境研究センター，東京（2002）
- [3] 村瀬敏之，後藤郁男，前出吉光：鉛中毒に罹患したハクチョウとマガンの治療，日獣会誌，44，832-836（1991）
- [4] Gill CE, Langelier KM : Acute lead poisoning in a bald eagle secondary to bullet ingestion, *Can Vet J*, 35, 303-334 (1994)
- [5] 安田正明，斉藤勝美，世良耕一郎，小林貴司，加沢敏明，小林政樹，小川秀治，柿野 淳：タリウム中毒による野鳥の死亡例，日獣会誌，60，879-883（2007）
- [6] 佐藤 至，辻本恒徳，世良耕一郎，二つ川章二，津田修治：岩手県内のツキノワグマにおける重金属汚染状況，日獣会誌，56，825-830（2003）
- [7] 佐藤 至，山下竹治，世良耕一郎，二つ川章二，鈴木忠彦，小林晴男，津田修治：岩手県五葉山のホンシュウジカにおける重金属汚染状況調査，日獣会誌，58，561-563（2005）
- [8] 佐藤 至，辻本恒徳，山下竹治，齋田栄里奈，渡辺 元，田谷一善，世良耕一郎，津田修治：野生動物におけるカドミウム，タリウムおよび鉛汚染の実態調査，日獣会誌，60，733-737（2007）
- [9] 内藤裕史：鉛，ヒ素，中毒百科，第2版，76-83，275-279，南山堂，東京（2001）
- [10] 木村 優：動物と微量元素，微量元素の世界，88-143，裳華房，東京（1993）
- [11] Anke M : Arsenic, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Mertz W ed, 5th ed, 2, 347-372, Academic Press, Orlando (1986)
- [12] Rush SA, Borgå K, Dietz R, Born EW, Sonne C, Evans T, Muir DC, Letcher RJ, Norstrom RJ, Fisk AT : Geographic distribution of selected elements in the livers of polar bears from Greenland, Canada and the United States, *Environ Pollut*, 153, 618-626 (2008)
- [13] Kostial K : Cadmium, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Mertz W ed, 5th ed, 2, 319-345, Academic Press, Orlando (1986)
- [14] Anderson RA : Chromium, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Mertz W ed, 5th ed, 1, 225-231, Academic Press, Orlando (1986)
- [15] Nakagawa R, Yumita Y and Hiromoto M : Total mercury intake from fish and shellfish by Japanese people, *Chemosphere*, 35, 2909-2913 (1997)
- [16] Endo T, Hisamichi Y, Kimura O, Haraguchi K, Baker CS : Contamination levels of mercury and cadmium in melon-headed whales (*Peponocephala electra*) from a mass stranding on the Japanese coast, *Sci Total Environ*, 401, 73-80 (2008)
- [17] Wagemann R, Trebacz E, Boila G and Lockhart WL : Methylmercury and total mercury in tissues of arctic marine mammals, *Sci Total Environ*, 218, 19-31 (1998)
- [18] Doyle JJ, Spaulding JE : Toxic and essential trace elements in meat—a review, *J Anim Sci* 47, 398-419 (1978)
- [19] Clarkson TW : Mercury, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Mertz W ed, 5th ed, 1, 417-428, Academic Press, Orlando (1986)
- [20] Friend M : Interpretation of criteria commonly used to determine lead poisoning problem areas, 1-4, US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington DC (1985)
- [21] Pain DJ : Lead in waterfowl, *Environmental Contaminants in Wildlife*, 251-264, CRC Press, Boca Raton (1996)
- [22] Quarterman J : Lead, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Mertz W ed, 5th ed, 2, 296-301, Academic Press, Orlando (1986)
- [23] Penumarthy L, Oehme FW, Hayes RH : Lead, cadmium, and mercury tissue residues in healthy swine, cattle, dogs, and horses from the midwestern United States, *Arch Environ Contam Toxicol*, 9, 193-206 (1980)
- [24] 小池一之，田村俊和，鎮西清高，宮城豊彦：北上山地と阿武隈山地，奥羽脊梁山脈と火山群，日本の地形3 東北，47-51，140-141，東京大学出版会，東京（2005）
- [25] 石川洋平：黒鉱鉱床とは，地下資源の宝庫グリーンタフとは，地学ワンポイント4 黒鉱，1-11，27-39，共立出版，東京（1991）

Heavy Metal Concentrations in Japanese Black Bears and Regional Differences  
in Iwate Prefecture

Itaru SATO\*† and Shuji TSUDA

\* *Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, 020-8550, Japan*

SUMMARY

The liver and kidney samples collected from 101 Japanese black bears were assayed by ICP-MS to determine arsenic, cadmium, chromium, mercury and lead concentrations. No bears had arsenic and chromium concentrations exceeding 0.2 and 1.0 mg/kg, respectively. Mean cadmium concentration was 0.9 mg/kg for the liver and 15 mg/kg for the kidney. Mercury concentration was below 0.2 mg/kg in most of the bears, but one bear had 1.05 mg/kg mercury in his liver. The mean lead concentration was 0.37 mg/kg both in the liver and kidney, but two bears had lead concentrations in the liver exceeding 2 mg/kg. The present results are consistent with our previous report, which suggested the lead contamination of Japanese black bears. A new finding is that cadmium and lead concentrations are significantly higher in the Kitaou local population than in the Kitakami-sanchi local population. — Key words : cadmium, Japanese black bear, lead.

† *Correspondence to : Itaru SATO (Faculty of Agriculture, Iwate University)*

*3-18-8 Ueda, Morioka, 020-8550, Japan*

*TEL · FAX 019-621-6225E-mail : satoital@iwate-u.ac.jp*

---

*J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 63, 955 ~ 959 (2010)*