

北アルプス北部地域（長野県北安曇郡小谷村）で 春期捕獲されたツキノワグマの炭素・窒素安定同位体比

中下 留美子¹・鈴木 彌生子²・岸元 良輔³・黒江 美紗子⁴

長野県北安曇郡小谷村において 2011-2021 年に春期捕獲されたツキノワグマの体毛および骨コラーゲンを対象に、食性履歴を明らかにするため、炭素・窒素安定同位体比を分析した。その結果、これらの個体は人為的な食物に依存することなく、山の中で採食している個体であることが分かった。本報告の値は人里の食べ物に依存していない個体（山のクマ）の基準値として、人里に出没した捕獲個体（里のクマ）の食性解析に役立つものと考えられる。

キーワード：ツキノワグマ、安定同位体比、食性、山のクマ、里のクマ、春期捕獲

1 はじめに

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*, 以下クマ) は現在長野県のほぼ全域に生息している¹⁾。近年人里への出没が増加し、農作物等の被害や人身事故が問題となっている。里地におけるクマの目撃件数も増加しており、2019、2020 年度は年間 1000 件を上回った²⁾。人身事故も増加しており、2019、2020 年の人身事故件数²⁾は、里地での発生が山中を上回っている。これに伴い、農作物被害や人身事故を回避するためにクマが捕獲されることも多く、2012 年度から 2020 年度の平均捕獲数は 303 頭 (狩猟も含む) であった²⁾。

近年このようなクマの出没対策の一つとして、狩猟の役割が見直されはじめている。狩猟は、クマを銃器で追い立てることでクマに人間への恐怖心を与えることから、人を避ける効果が期待される。長野県では捕獲される個体の 9 割は捕獲檻を用いた有害鳥獣捕獲 (特定鳥獣保護管理計画における個体数調整、以下有害捕獲) が占めていることから、狩猟が盛んであった過去と比較するとクマの人に対する恐怖心を学習する機会は大幅に減少していると考えられる²⁾。長野県のツキノワグマ保護管理計画では、1995 年以来クマ捕獲数の年間上限数が定められている³⁾が、2007 年に改定された第 2 期特定鳥獣管理計画からは年間の捕獲上限数の管理は

狩猟期の 11 月 15 日を起点としている⁴⁾。これは、クマの捕獲は有害捕獲よりも狩猟により行われることが望ましいとの考えによるもので、狩猟を後押しする狙いがある。しかし、猟期における豪雪地帯での捕獲は困難であることや狩猟期間とクマの冬眠期間が重複していることから、現在では長野県の狩猟によるクマ捕獲数は年間 25 頭程度に留まっている²⁾。そこで長野県では、豪雪地帯の市町村において地域の保護管理計画を策定することを条件に春期捕獲が認められている。2002 年に策定されたツキノワグマ特定鳥獣保護管理計画では、マタギ文化の継承などを理由に栄村で特例として春期捕獲が認められた⁵⁾。2007 年に改訂された第 2 期計画では、その他の豪雪地帯でも実験的に春期捕獲が可能となり⁴⁾、2011 年から小谷村でも実施されている。

一方で、著者らはこれまで人里に出没したクマの出没理由を解明するため、捕獲個体の体組織を用いた炭素・窒素安定同位体比分析による食性解析を行ってきた⁶⁾⁻¹¹⁾。捕獲個体が実際に農作物を加害していたのか、なぜ人里の食物に依存したのかを明らかにすることは、今後の被害対策を考える上で必要不可欠である。

安定同位体比分析による食性解析は、動物の体組織の炭素・窒素安定同位体比が食べ物のそれを反映することを利用する¹²⁾⁻¹⁴⁾。クマの場合、本来の生息

1 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 〒305-8687 茨城県つくば市森の里 1

2 国立研究開発法人農研機構 基盤技術研究本部高度分析研究センター 〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

3 特定非営利活動法人 信州ツキノワグマ研究会 〒390-0876 松本市開智 2-9-8

4 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

ロホルム=1:2)で洗浄、乾燥して保管した。次に、体毛の成長に沿って分析するため、生え際の毛根部分から毛先に向かって5mmずつに細断し、各細断区分ずつ0.4mg程度錫カップに量りとったものを試料とした(Growth Section Analysis; GSA法¹⁶⁾)

(図1)。なお、個体毎にGSA法の値を平均した値を体毛全体の平均値、つまり体毛の成長期間の平均的な食性情報として扱った。

骨コラーゲンの抽出は、Yoneda et al. (2004)¹⁹⁾とTsutaya et al. (2017)²⁰⁾の方法にならって行った。試料1g程度を超音波洗浄後に0.2MのNaOH水溶液を用いて汚れを除去し、純水で洗浄、乾燥後Folch液で脱脂を行った。その後乾燥した試料を1MのHCl水溶液中で脱灰し、試料を純水で洗浄後、一度乾燥し、純水を加えて約90°Cで1晩熱することでコラーゲンをゼラチン化した。そしてガラスフィルターで濾過することで、コラーゲン分画をとりわけ、凍結乾燥したものを試料とした。

試料は元素分析計(FlashEA1112, ThermoFisher Scientific)を接続した質量分析計(Thermo Scientific Delta V Advantage, ThermoFisher Scientific)にて炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)・窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)を測定した。安定同位体比は、標準物質の安定同位体比からの差異を千分率で示す δ (デルタ)値で定義され、以下の式で表現する。

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = (R_{\text{試料}}/R_{\text{標準物質}} - 1) \times 1000$$

$$R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}, {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$$

炭素安定同位体比は海水中の HCO_3^- とほぼ同じ同位体組成をもつ炭酸カルシウム(VPDB)を、窒素安定同位体比は大気中の窒素ガスを標準物質としている。準標準物質を同時に測定した結果から、測定誤差は $\delta^{13}\text{C}$ が $\pm 0.1\text{‰}$ (SD)、 $\delta^{15}\text{N}$ が $\pm 0.2\text{‰}$ (SD)であった。

3 結果と考察

小谷村春期捕獲個体の体毛および骨コラーゲンの炭素・窒素安定同位体比分析結果を表1に示した。全個体の体毛全体の $\delta^{13}\text{C}$ 値は $-23.9 \pm 0.5\text{‰}$ (平均値 \pm 標準偏差)、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $1.4 \pm 0.6\text{‰}$ であった。毛根から毛先に向けて切り分けたGSA法のrangeは $\delta^{13}\text{C}$ 値で $-25.9 \sim -22.2\text{‰}$ (最小値 \sim 最大値)、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $-0.9 \sim 4.0\text{‰}$ であった。骨コラーゲンは、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が $-22.9 \pm 0.3\text{‰}$ (range: $-23.8 \sim -22.3\text{‰}$)、

$\delta^{15}\text{N}$ 値は $0.7 \pm 0.5\text{‰}$ ($-0.3 \sim 2.3\text{‰}$)であった。

2002年から2003年に長野県大町市の北アルプス山中で捕獲された学術捕獲個体($n=5$)の体毛の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値は、 $-23.5 \pm 0.5\text{‰}$ (平均値 \pm 標準偏差, range: $-24.5 \sim -22.1\text{‰}$), $1.5 \pm 1.3\text{‰}$ ($-0.9 \sim 5.2\text{‰}$)と報告されている¹⁶⁾。これらの個体は、ラジオテレメトリー調査により人里に接近していないことが分かっていることから生粋の山のクマと考えられる。本研究の体毛の数値と同等の値と言ってよく、むしろ $\delta^{15}\text{N}$ の最大値は小谷村の個体のほうが小さかった。これらのことから、本研究の分析個体は人里の農作物等の人為的食物に依存していない山のクマである可能性が高い。つまり、これらの体毛の値は山のクマの基準値となり得る。一方、骨コラーゲンについてはまだ研究例が少ない。本研究のデータに加え、今後さらなるデータ蓄積が望まれる。

クマが人里に出没して捕獲された際、様々な検証を行い、捕獲個体がどのようなクマだったのか、その生息実態を解明し、出沒理由を究明することで、被害防止策を検討することが重要である。本研究で得られた北アルプス北部地域の山のクマの基準値は、捕獲個体が山のクマなのか、人里の食べ物に依存した里のクマの可能性が高いのか、判断基準の一つとなり、その地域における捕獲個体の被害との関連性や出沒理由の解明に役立つと考える。

一方で、山のクマの基準値は地域により異なる。自然植生に C_4 植物が多い栃木県の日光足尾山地ではトウモロコシ等の農作物がないにもかかわらず夏のクマは高い炭素同位体比を示す²¹⁾。この地域のクマは夏に $\delta^{13}\text{C}$ 値が高いアリ類をよく利用しており、生粋の山のクマであっても $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値共に高い傾向にある²¹⁾。つまり、本研究で得られた山のクマの基準値が遠く離れた他の地域にも当てはまるとは限らない。安定同位体比分析を用いて里で捕獲されたクマの人里依存度を検証するには、地域ごとに基準値を把握しておくことが求められる。

クマを人里に依存させないためには、クマが誘引されるおそれのある農作物等に電気柵を設置して被害を防除したり、生ゴミや廃果に餌付かないように適切に処理したり、クマが身を隠して人里に接近することのないように緩衝帯を整備するなどの対策が何よりも重要である。このような対策が施されないままに有害捕獲を続けても、人為的な食べ物に誘引されたクマが次々と出沒するばかりで有効な対策に

表1 小谷村春季捕獲ツキノワグマの個体情報および体毛・骨コラーゲンの窒素・炭素安定同位体比
体毛の mean, sd は GSA 法で毛根から毛先まで細断してそれぞれを分析した値の平均値と標準偏差である。

Bear ID	捕獲日	捕獲地	性別	体毛								骨コラーゲン	
				$\delta^{15}\text{N}$				$\delta^{13}\text{C}$				$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
				mean	sd	min	Max	mean	sd	min	Max		
2011-20	2011/4/21	千国 黒川	オス	1.1	0.6	0.1	1.8	-24.4	0.7	-25.6	-23.5	0.3	-22.7
2011-21	2011/4/27	北小谷 湯原	オス	1.2	0.5	0.5	2.1	-24.1	0.4	-24.5	-23.3	—	—
2011-37	2011/5/4	中小谷 唐沢	メス	1.4	0.9	-0.1	2.7	-24.5	0.7	-25.6	-23.4	0.9	-22.8
2013-12	2013/4/26	中土	オス	1.5	0.6	0.5	2.4	-23.7	0.2	-24.0	-23.4	0.5	-22.5
2013-13	2013/4/11	中土	メス	0.7	0.8	-0.1	2.6	-23.3	0.2	-23.6	-22.9	0.7	-22.3
2013-15	2013/4/15	中小谷丙 石坂	オス	1.0	0.9	0.1	2.9	-23.6	0.4	-24.5	-23.2	0.5	-22.3
2013-16	2013/4/29	中小谷丙 石坂	メス	0.8	1.3	-0.7	2.5	-23.3	0.2	-23.6	-23.0	—	—
2014-1	2014/4/25	中小谷丙 石坂	オス	1.2	1.0	-0.7	2.8	-24.2	0.6	-25.3	-23.2	0.7	-22.7
2014-2	2014/4/26	北小谷 湯原	メス	1.3	1.0	0.3	3.0	-23.4	0.4	-24.0	-22.8	—	—
2015-1	2015/5/1	千国乙 親沢	メス	1.7	0.9	0.6	3.1	-24.6	0.4	-25.1	-23.6	1.1	-23.2
2015-3	2015/4/23	北小谷 湯原	オス	2.5	0.9	1.3	3.7	-24.1	0.6	-24.8	-23.3	2.0	-23.2
2015-4	2015/5/14	北小谷 来馬	オス	2.2	0.8	0.5	3.0	-23.5	0.6	-24.4	-22.4	2.3	-22.8
2016-5	2016/4/24	北小谷 来馬上	オス	2.2	1.1	0.5	4.0	-24.8	1.0	-23.6	-26.5	0.6	-23.2
2018-2	2018/4/19	中小谷丙 石坂	オス	1.4	1.1	-0.6	3.2	-24.2	0.6	-24.9	-23.0	0.8	-23.0
2018-7	2018/5/24	千国 下里瀬	オス	1.5	0.8	-0.9	2.7	-23.8	0.4	-24.4	-23.0	1.4	-22.5
2019-1	2019/4/15	千国 大久保	オス	2.0	1.3	0.0	3.3	-23.1	0.5	-23.8	-22.4	0.4	-22.6
2019-2	2019/4/29	中土 奉納	メス	1.5	1.1	-0.6	2.9	-23.5	0.3	-24.0	-23.0	0.1	-22.7
2019-3	2019/4/29	中小谷 牧沢	オス	2.2	0.9	0.4	2.9	-24.3	0.4	-24.8	-23.8	0.5	-23.2
2019-4	2019/4/29	北小谷 大平	オス	1.3	1.1	0.0	2.7	-23.3	0.2	-23.6	-23.0	0.4	-22.8
2019-5	2019/5/4	北小谷 大平	メス	1.4	0.8	-0.2	2.4	-23.5	0.2	-23.9	-23.1	0.1	-23.1
2019-197	2020/3/17	北小谷 大平	メス	0.5	0.8	-0.5	1.5	-23.9	0.8	-24.9	-22.9	0.0	-22.7
2020-1	2020/4/3	北小谷 李平	メス	0.9	0.4	0.2	1.5	-24.3	0.1	-24.6	-24.0	0.9	-22.8
2020-2	2020/4/5	中小谷 日道	オス	1.7	1.0	0.5	3.0	-23.5	0.2	-23.7	-23.3	0.8	-22.9
2020-3	2020/4/9	中小谷 浦川	オス	1.5	0.8	0.0	2.5	-24.8	0.2	-25.1	-24.4	0.8	-23.8
2020-5	2020/4/19	北小谷 李平	オス	0.9	0.4	0.2	1.5	-24.3	0.2	-24.6	-24.0	0.5	-22.8
2020-7	2020/4/21	中土 六合	メス	1.3	0.7	0.5	2.4	-23.8	0.4	-24.2	-23.2	1.1	-22.7
2020-216	2021/3/30	北小谷 深原	オス	2.3	1.3	0.3	3.8	-23.5	0.6	-24.4	-22.2	0.8	-23.1
2021-2	2021/4/20	千石 黒川沢	オス	0.8	1.1	-0.5	2.6	-23.5	0.3	-23.9	-22.8	0.7	-23.0
2021-3	2021/4/20	北小谷 湯原	メス	2.3	1.1	0.3	3.4	-23.6	0.7	-24.4	-22.6	0.7	-22.9
2021-4	2021/5/6	中土 小谷温泉	メス	0.1	0.3	-0.4	0.7	-25.1	0.5	-25.9	-24.5	-0.3	-23.5

はつながらない。一方、春期捕獲は山のクマに狩猟圧をかけることで、クマが人に対して恐怖心を学習し、里のクマを増やさない一助となっている可能性もある。市町村が獣種ごとの農林業被害を記録する調査用紙（小谷村農林課資料）によると、小谷村ではクマによる農作物被害は年によって多少の増減はあるものの非常に少ない。きちんと検証するには春期捕獲が実施される前のデータと比較する必要があるが、春期捕獲による効果の可能性もある。今後は春期捕獲が行われている地域において、クマの目撃数や被害件数の推移を検証することが望まれる。現在、長野県全体の狩猟捕獲数は有害捕獲数と比較すると圧倒的に少ない。今後、有害捕獲よりも狩猟による捕獲を後押しするような施策が求められる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、試料の処理や分析結果のとりまとめに多大なご協力をいただいた工藤由香様（元筑波大学大学院生命環境科学研究科）に感謝いたします。また、試料採取や現地聞き取り調査にご協力いただいた小谷村役場担当者横川様、小谷村猟友会の皆様、長野県林務部鳥獣対策・ジビエ振興室に感謝申し上げます。本研究の一部は、森林総合研究所の「家族責任がある研究者のための支援制度」による研究支援を受けました。

文 献

- 1) 長野県 (2017) 長野県第二種特定鳥獣管理計画 (第4期ツキノワグマ保護管理). 38+17pp.
- 2) 長野県 (2022) 長野県第二種特定鳥獣計画 (第5期ツキノワグマ保護管理)
- 3) 長野県(1995)ツキノワグマ保護管理計画, 66pp.
- 4) 長野県 (2007) 長野県第2期特定鳥獣保護管理計画 (ツキノワグマ). 33pp.
- 5) 長野県 (2002) 特定鳥獣保護管理計画 (ツキノワグマ). 40pp.
- 6) Mizukami, N. R., Goto, M., Izumiyama, Yoh, M., Ogura, N. and Hayashi, H. (2005) Temporal diet changes recorded by stable isotopes in Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) hair. *Isotopes Environmental Health Studies* 41:87-94
- 7) 中下留美子・岸元良輔・瀧井暁子・橋本操・鈴木彌生子・林秀剛・泉山茂之 (2015) 長野県塩尻市における過去10年間のツキノワグマ捕獲状況と捕獲個体の人里依存度. 信州大学農学部 AFC 報告 13:89-98
- 8) Mizukami, N. R., Goto, M., Izumiyama, S., Hayashi, H., and Yoh, M. (2005) Estimation of feeding history by measuring carbon and nitrogen stable isotope ratios in hair of Asiatic black bears. *Ursus* 16:93-101
- 9) 中下留美子・後藤光章・泉山茂之・林秀剛・楊宗興 (2007) 窒素・炭素安定同位体によるツキノワグマ捕獲個体の養魚場ニジマス加害履歴の推定. 哺乳類科学 47:19-23
- 10) 中下留美子・橋本操・岸元良輔・鈴木彌生子・林秀剛・泉谷茂之 (2016) 2014年長野県大町市におけるツキノワグマの捕獲状況と捕獲個体の人里依存度. 信州大学農学部 AFC 報告 14:51-62
- 11) 中下留美子・鈴木彌生子・林秀剛・泉山茂之・中川恒祐・八代田千鶴・浅野玄・鈴木正嗣 (2010) 乗鞍岳畳平で人身事故を引き起こしたツキノワグマの食性履歴の推定—窒素・炭素安定同位体分析による食性解析—. 哺乳類科学 50:43-48
- 12) DeNiro, M. J. and Epstein S. (1978) Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 42:495-506
- 13) DeNiro, M. J. and Epstein S. (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 45:341-351
- 14) Minagawa, M. and Wada, E. (1984) Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48:1135-1140
- 15) 中下留美子(2013) 安定生元素同位体比分析によるツキノワグマの食性解析の方法と被害分析の事例(総説). 森林防疫 62(1):13-17
- 16) Nakashita, R. (2006) Reconstruction of the feeding history of Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) by carbon and nitrogen stable isotopes. Ph.D. dissertation. Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan. 100pp.
- 17) Ambrose, S. H., and DeNiro M. J. (1986) African human diet reconstruction using bone collagen carbon and nitrogen isotope ratios. *Nature* 319:321-324
- 18) Hedges, R. E. M., Clement, J. G., Thomas, C. D. L., and O'Connell, T. C. (2007) Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radio-carbon tracer 421 measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133:808-816
- 19) Yoneda, M., Suzuki, R., Shibata, Y., Morita, M., Sukegawa, T., Shigehara, N., and Akazawa, T. (2004) Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *Journal of Archaeological Science* 31:97-107
- 20) Tsutaya, T., Gakuhari, T., Asahara, A., and Yoneda, M. (2017) Isotopic comparison of gelatin extracted from bone powder with that from bone chunk and development of a framework for comparison of different extraction methods. *Journal of Archaeological Science* 11:99-105
- 21) Koike, S., Nakashita, R., Kozakai, C., Nakajima, A., Nemoto, Y., Yamazaki, K. (2016) Baseline characterization of the diet and stable isotope signatures of bears that consume natural foods in central Japan. *European Journal of Wildlife Research* 62:23-31

Carbon and nitrogen stable isotopic composition of spring-hunt Asiatic black bears in the northern Hida Mountain (Otari-mura, Nagano prefecture)

Rumiko NAKASHITA¹, Yaeko SUZUKI², Ryosuke KISHIMOTO³ and Misako KUROYE⁴

1 Forestry and Forest Product Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 350-8687, Japan

2 National Agriculture and Food Research Organization (NARO), 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

3 Shinshu Black Bear Research Group, NPO, Matusmoto 390-0876, Japan

4 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan

Key words : Asiatic black bears, stable isotope ratios, feeding habit, mountainous bears, rural bears, spring bear hunt

Abstract

We measured carbon and nitrogen stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in hair samples and bone collagen of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) captured by spring hunt since 2011 until 2021 in Otari-mura, Nagano Prefecture, the northern Hida Mountain. It revealed that these bears were not dependent on anthropogenic foods but had exclusively foraged in the mountains. The values reported here are the benchmark for backcountry bears that do not depend on anthropogenic food (mountainous bears). They can be used as reference values to analyze the feeding habits of bears that intrude into human-dwelling areas (rural bears).