

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：30109

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26660130

研究課題名(和文)毛色変異の適応的意義 - 国後島・択捉島にのみ生息する白いヒグマによる検証の試み -

研究課題名(英文)Adaptive significance of the white pelage for brown bears in the Kunashiri Island

研究代表者

佐藤 喜和 (SATO, Yoshikazu)

酪農学園大学・農食環境学群・教授

研究者番号：60366622

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：国後島・択捉島には世界で唯一上半身が白いヒグマが生息している。この毛色パターンにはサケ類を捕獲する際に発見されにくいという適応的な意義があるとの仮説を立て、これを明らかにする足がかりを得ることを目的に研究を行った。国後島・択捉島のヒグマは個体差なく草本類とサケマス類、果実類を中心とした資源利用をしていた。着衣色を変えカラフトマスの反応を見る実験から、黒には敏感に反応し接近しなかったが、白には接近しやすかったことから、上半身が白いヒグマには適応的意義があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：White-colored brown bears live only in the Kunashiri and Etorofu Islands. We hypothesized that the white pelage color may provide an advantage for catching salmon. From the scat contents analysis, major food resources of brown bears in the Kunashiri and Etorofu Islands were herbaceous plants, salmon, and fruits. We found no individual differences in seasonal food habit estimated by the carbon- and nitrogen-stable isotope analysis. We examined the behavioral response of pink salmon for the different colors of experimenter (black or white) in river water. Pink salmon tended to keep larger distance from the experimenter with black cloths than with white cloths. We considered the white pelage color of bears have an advantage for catching salmon.

研究分野：野生動物生態学

キーワード：ヒグマ 毛色多型 イニンカリグマ 行動 食性 カラフトマス 北方領土 国後島

1. 研究開始当初の背景

ヒグマ *Ursus arctos* は北半球に広く分布する大型食肉類である。その毛色には明るい茶色から濃い茶色まで様々な変異があり、また顔から背中にかけて金色や明色の刺毛、胸から首回りにかけて白い斑を持つ個体などが知られている。申請者らの先行研究により、北方領土の国後島および択捉島には、前足の先から胸、顔、肩、胴にかけて白い毛に覆われ、下半身は灰色～茶色をしたヒグマが生息していることが明らかとなった。こうした毛色パターンは世界でも観察例がなく、国後島および択捉島にだけ生息すること、少なくとも100年以上前から両島では白いヒグマの観察例があることを明らかにした。また約200年前に北海道東部のアイヌを描いた絵(蠣崎波響画、「夷酋列像」)の中の「イニンカリ」にも白いヒグマが描かれていることから、この毛色のヒグマを「イニンカリグマ」と名付けた。その後の現地調査により、国後島で確認したヒグマの約1割がイニンカリグマであること、様々な性齢クラスの個体に見られることがわかってきた。

森林性哺乳類にとって白い毛色は、積雪期を除けば天敵から見つかりやすく適応的でないと思われるが、国後島・択捉島にはともにおオカミが分布しなかったこと、現在まで人間の人口密度も低いことにより、死亡率を高める要因とはならなかったと考えられる。また小さな島嶼環境に生息するため、突然変異により生じた毛色変異が偶然集団中に広まり、現在まで残ってきたと考えられる。同様な解釈が、カナダ・ブリティッシュ州の太平洋沿岸の小さな島に黒いアメリカクロクマ *U. americanus* (以下、クロクマとする) と同所的に生息する白いクロクマについても報告されている。

白いクロクマの研究ではさらに、白い毛色に適応的な意義がある可能性として、水中のサケ・マス類(以下、サケ類とする)からの見つかりにくさに着目し、昼間にサケ類がクマの近くに来る数は、黒いよりも白い方が多いこと、これにより昼間の単位時間あたりのサケ類捕獲数も白い方が多いことを報告した。

イニンカリグマについても、サケ類を捕獲する際に水中から見える上半身腹側が白いことから、同じようにサケ類に見つかりにくい可能性がある。

2. 研究の目的

そこで本研究では、通常の体色のヒグマとイニンカリグマの比較を通じて、イニンカリグマの毛色パターンの適応的意義を検討するためのスタートアップ研究を行った。

(1) 共同研究体制の構築

イニンカリグマの生息地は北方領土であり、これまで本格的な野生動物研究は行われた例がない。共同研究を推進するためには十分な準備と調整が必要である。そこでまず、

現地調査地域として国後島北部の自然保護区を選定し、同自然保護区およびロシア側研究機関として極東農業大学(アムール州)との共同研究体制の構築を行った。

(2) 国後島・択捉島のヒグマの生態的特徴

採食資源利用パターンの特性

国後島・択捉島という小さく人為的影響の少ない島嶼環境に生息するヒグマの特徴を明らかにするため、採食資源利用パターンを隣接する北海道知床半島のヒグマと比較した。

生元素安定同位体比解析からみた採食資源利用パターン

年間を通じた資源利用パターンを明らかにするため、1年間に摂取した資源利用パターンを食履歴として成長季節別に保存しているヒグマの体毛を用いて安定同位体比解析を行い、国後島と北海道知床半島のヒグマの資源利用パターンを比較した。

(3) 国後島・択捉島のヒグマの遺伝的特徴

これまで十分な検討がなされてこなかった両島のヒグマの遺伝的な特徴を検討し、イニンカリグマに関する遺伝的な背景を知る基礎とすることを目的に検討を行った。

(4) 白い毛色の適応的意義に関する検討

イニンカリグマの上半身が白い毛色に適応的な意義がある可能性を検討するため、晩夏以降の主要な採食資源となる河川を遡上するサケ類の採食に際し、イニンカリグマの毛色パターンが見つかりにくいかどうか検討するため、国後島において捕食者の色の違いに対するカラフトマスの行動比較を行った。

(5) 国後島におけるイニンカリグマの現状

国後島における聞き取り調査の結果、近年イニンカリグマの目撃が増加しているのではないかという情報が得られた。そこで現地調査を行い、現状を調べた。

(6) 総括

本研究による新しい挑戦の成果を元に、今後基盤研究などでの研究展開を検討する。

3. 研究の方法

(1) 共同研究体制の構築

本研究課題の先行研究を通じて、国後島自然保護区との現地調査実施に伴う連携体制はすでに構築されていたが、情勢の変化に伴い円滑な調査研究を実施するためにロシア側の試験研究機関との共同研究体制構築が必要となった。そこで、野生動物学に関する研究課程を持ち、本研究課題申請代表者の所属する酪農学園大学と連携協定を締結している極東農業大学(アムール州)と共同研究体制を構築した。

(2) 国後島・択捉島のヒグマの生態的特徴

採食資源利用パタンの特性

国後島・択捉島は北方領土という性格上、現地調査に制限があり、調査期間は年に1回最大で3週間、通常10日間程度しか実施することができない。そこで過去に実施した現地調査によって発見・分析されたヒグマの糞内容物をもとに、国後島・択捉島のヒグマの採食資源利用パタンを明らかにした。また国後島・択捉島に隣接し、また両島と同様に原生的自然環境が残り、カラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha* やシロザケ *O. keta* などサケ科魚類が自然遡上する知床半島中央部に位置するルシャ地区におけるヒグマの糞内容物を比較対象とした。糞内容物中の主要採食資源の容量割合を、サケ科魚類遡上前と遡上後に分けてそれぞれ求め、それに各資源の消化効率を考慮した補正係数を乗じて各資源が実際に採食された割合を求め、類似度指数を用いて両地域を比較した。

生元素安定同位体比解析からみた採食資源利用パタン

国後島で実施した現地調査時に、有刺鉄線を用いたトラップにより採取したヒグマの被毛、および現地狩猟者や地域住民が所有されている毛皮標本から一部提供いただいた被毛を分析試料とし、炭素・窒素安定同位体比分析を行った。また知床半島ルシャ地区のヒグマについても、有刺鉄線を用いたトラップから回収した被毛を分析した。被毛の分析は、丸ごと分析する Whole hair analysis (WHA) と、毛先から根元にかけて成長季節毎に分割して分析する Growth section analysis (GSA) の2つの方法で分析した。また、主要採食資源の参照値として、草本類(C3植物)およびカラフトマスの炭素・窒素安定同位体比も求めた。

(3) 国後島・択捉島のヒグマの遺伝的特徴

国後島で実施した現地調査時に、有刺鉄線を用いたトラップにより採取したヒグマの被毛、および現地狩猟者や地域住民が所有されている毛皮標本、肉片を分析試料とし、mtDNA コントロール領域の5'側約700塩基の解析を行った。

(4) 白い毛色の適応的意義に関する検討

国後島北部オホーツク海側に位置するシベトロ川にて、カラフトマスが多数遡上している9月に実験を行った。カラフトマスが滞留する淵に、2パタンの着衣色(上半身と顔を白・下半身を黒で覆った場合と、全身黒で覆った場合)をまとった実験者が入水し、30秒ごとに実験者から2m以内に接近したマスの最大数を5分間カウントした。また実験者出水後も同様のカウントを5分間行い対照区とした。この実験を8カ所で行い、着衣パタンによるカラフトマスの行動を比較した。

(5) 国後島におけるイニンカリグマの現状

国後島のカラフトマス遡上河川において、直接観察およびカメラ・トラップによる自動撮影を行い、イニンカリグマおよび通常のヒグマの観察頻度を比較した。

4. 研究成果

(1) 共同研究体制の構築

平成26~27年度にかけてアムール州の極東農業大学訪問や国際シンポジウム(ハバロフスク)・国際学会(札幌)における打ち合わせを通じて、本研究課題に関する共同研究体制を確立し、また平成27年度には極東農業大学と国後島自然保護区との連携協定も結ばれ、3者間でヒグマの国際共同研究を進める体制が整った。平成27年の国後島現地調査では3者による共同調査を実現し、今後の本格的共同研究に向けた準備を整えることができた。

(2) 国後島・択捉島のヒグマの生態的特徴

採食資源利用パタンの特性

糞内容物の容量割合に消化効率を考慮した補正係数を乗じた結果を図1に示した。国後島・択捉島のヒグマは、サケ科魚類遡上前には高茎草本類を主要採食資源として利用しており、わずかに海藻類や果実類も利用していた。またサケ科魚類遡上後には、ほぼ完全にサケ科魚類に依存した資源利用を行っていた。また、知床半島ルシャ地域のヒグマ

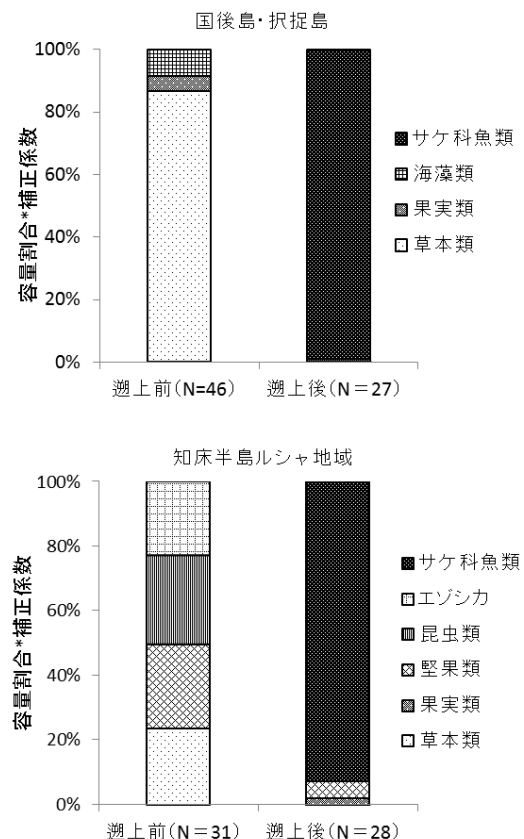


図1. サケ科魚類遡上前と遡上後のヒグマの糞中に含まれる主要採食資源の容量割合、国後島・択捉島および知床半島ルシャ地域。消化効率を考慮した補正係数を乗じて示した。

は、サケ科魚類遡上前には、高茎草本類、堅果類、アリ類 Formicidae などの昆虫類、エゾシカ *Cervus nippon yesoensis* をそれぞれほぼ同じ割合ずつ利用していること、サケ科魚類遡上後には 90%程度サケ科魚類を利用し、わずかに堅果類も利用していた。

遡上前と遡上後で両地域の食性類似度指数(CI)を比較すると、遡上前は 0.406 と類似度が低く、遡上後は 0.995 と類似度が高かった。これは、国後島・択捉島では遡上前も後も、ほぼ単一の採食資源を利用しているのに対し、知床半島ルシヤ地域では遡上前に様々なタイプの資源利用をしていたことを反映しており、隣接する地域間でも、エゾシカの分布の違いの影響などで差が出たと考えられた。

生元素安定同位体比解析からみた採食資源利用パターン

国後島のヒグマについての WHA による炭素・窒素安定同位体比分析の結果、分析した 31 個体すべての結果がばらつき無く直線上に分布していた(図 2)。この直線は、C3 植物とサケ科魚類の同位体比の平均値を結んだ直線と等しい傾きを持ち、同位体分別の予測から両採食資源だけを様々な割合で利用していると想定した場合に予想される場所に位置していた。糞内容物分析で明らかになったように、国後島のヒグマは、この両採食資源のみを利用して暮らしていることが明らかとなった。知床半島ルシヤ地域の 6 個体のヒグマの WHA による分析結果を重ねると、国後島のヒグマと同じ直線上の値を取る個体もいるが、分析試料数が少ないにも関わら

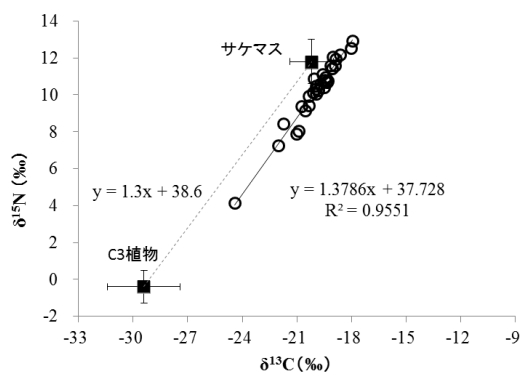


図2. 国後島で採集したヒグマ体毛(1本全体)の炭素・窒素安定同位体比分布。

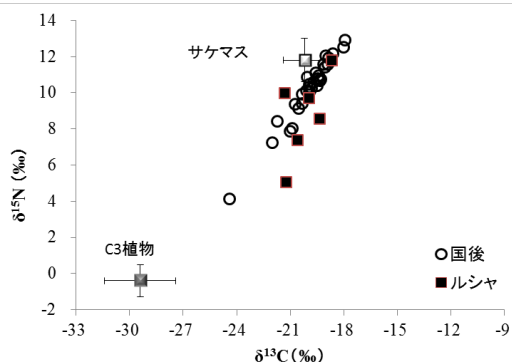


図3. 国後島および知床半島ルシヤ地域で採取したヒグマ体毛の炭素・窒素安定同位体比分布。

ず、ずれる個体もあり、ルシヤ地域の方が多様な資源利用をしていることが明らかとなった(図 3)。これも糞内容物分析の結果を裏付けるものとなった。

GSA による分析の結果、国後島のヒグマの季節別資源利用パターンはどの個体も同様な変化を示し、WHA で示した回帰直線と等しい傾きを示した。このことから、国後島のヒグマはどの個体も C3 植物とカラフトマスと同じような季節変化で同じような割合で利用していることが明らかとなった。一方ルシヤ地域のヒグマは、2 頭は国後島のヒグマとほぼ等しい傾きを持っていたが、4 頭は異なる傾きを持っていた。これらの結果から、国後島のヒグマは、すべての個体が等しく理想的な資源利用を実現できるだけの豊かな生息環境に生息していることが明らかとなった。

(3) 国後島・択捉島のヒグマの遺伝的特徴

分析の結果、国後島で 5 試料、択捉島で 12 試料の分析に成功し。国後島で 1 つ(KU01)、択捉島で 3 つ(KU01, ET01, ET02)のハプロタイプを検出することができた。系統解析の結果、これらのハプロタイプはすべて隣接する北海道東部知床半島から阿寒・白糠地域にかけて分布するクラスター B (Matsushashi et al. 1999) に属することが明らかとなった。このクラスターは、世界的にみるとこの北海道東部と国後島・択捉島、およびアラスカ東部にだけ孤立分布する点で特徴的である。国後島・択捉島でともに検出された KU01 は北海道東部に広域分布する HB13 と 1 塩基違いで、両島に広範囲に分布する優占的なハプロタイプであると考えられた。ET01 は択捉島中部、ET02 は択捉島南部から検出された。

(4) 白い毛色の適応的意義に関する検討

実験の結果、8 カ所すべての実験区で、上半身白い着衣パターンの方が、全身黒い着衣パターンより多くのカラフトマスが実験者の 2m 以内に接近・滞在した(図 4 左、対応ある t 検定: $t = 4.1809$, $df = 7$, $P = 0.004$)。また実験者が出水後の対照区では、2 パタンの着衣色によるカラフトマスの接近・滞在数には差が見られなかった(図 4 右、対応ある t 検定: $t = 0.3564$, $df = 7$, $P = 0.732$)。

観察時には、カラフトマスの反応が実験者の着衣色により明らかに異なることが見て

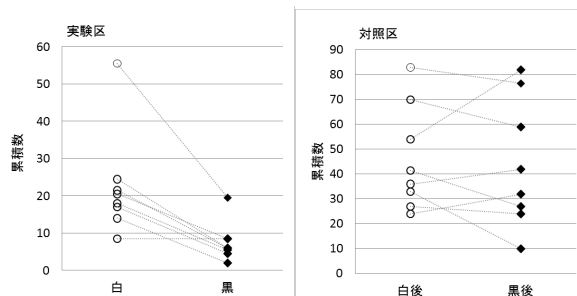


図4. カラフトマスが滞留する河川の淵に上半身白下半身黒と全身黒の2つの着衣色の実験者が入水した際の実験者から2m以内に接近・滞留したカラフトマスの累積数。国後島シベトロ川。左: 実験者入水後5分間(実験区)。右: 実験者出水後5分間(対照区)。

取れた。上記の実験結果は、水中または水面上にいる捕食者の上半身が白いことは、黒いことに比べて、被食者であるカラフトマスから見て発見しにくい、または警戒しない色であることを示唆している。イニンカリグマの上半身白い毛色パターンは、カラフトマスを捕食する際に、通常の毛色パターンのヒグマに比べて見つかりにくい、または警戒されにくいために、特に日中の捕食に有利になっている可能性がある。カラフトマスは国後島のヒグマにとって主要採食資源であり、冬眠前の脂肪蓄積に重要な役割を果たしている。カラフトマスをより多く効率的に採食できることは、この毛色を持つ個体の生存率や繁殖率を高めることを通じて個体の適応度を高めている可能性がある。このときイニンカリグマの毛色パターンは適応的意義を持つこととなる。

(5) 国後島におけるイニンカリグマの現状

国後島太平洋側の音根別川、オホーツク海側のシベトロ川で直接観察およびカメラ・トラップを用いた自動撮影を行った。音根別川周辺で3頭、シベトロ川周辺で5頭、合計8頭のヒグマを観察することができた。このうち、音根別川周辺の1頭、シベトロ川周辺の4頭(2頭のオオ子グマ2頭を連れた親子を含む)がイニンカリグマであった(写真1)。

カメラ・トラップによる自動撮影調査では、音根別川では通常の色ヒグマのみ4本の動画が撮影され、イニンカリグマは撮影されなかった。シベトロ川では、7本の動画が撮影され、そのうち3本が白いヒグマであった。

以上の結果から、イニンカリグマの観察頻度は、これまでの聞き取りや現地調査で得られていた約1割よりも高かった。特にシベトロ川における観察頻度が高かった。本研究で初めて現地調査を行ったシベトロ川は周囲にカラフトマス遡上河川がないことから、多くのカラフトマスが遡上し、また多くのヒグマが採食目的でこの河川を利用していた。今回の現地調査だけでは、国後島全域でイニンカリグマが増えているかどうかを明らかにすることはできないが、

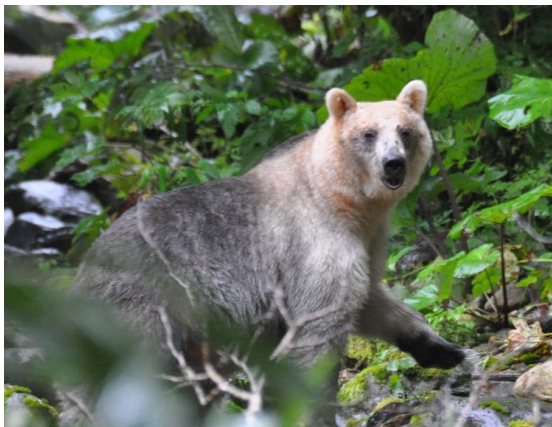


写真1. 国後島シベトロ川で観察したイニンカリグマ。

今後の研究を進める上で、重要な調査地点となるだろう。

(6) 総括

本研究を通じて、国後島・択捉島に生息するヒグマの生態的・遺伝的特徴が明らかとなってきた。その特徴は、現在の北海道から失われた豊かな生息環境を反映しており、また小さな島嶼環境を反映したものであった。今後も保全の努力を継続していくべきである。また両島に固有のイニンカリグマの持つ毛色パターンが、カラフトマス採食において通常の毛色パターンよりも有利になるという適応的意義がある可能性が実験から示唆された。またイニンカリグマが高密度に生息し、多くのカラフトマスが遡上するシベトロ川という研究適地を見つけることができた。本研究により新たに構築した共同研究体制により、今後シベトロ川を中心として本格的な調査が実現されることが期待される。イニンカリグマに関する知見は、生態学に留まらず広く生物学の進展に貢献し、またこの固有のクマが暮らす国後島・択捉島の保全のシンボルとして、大きく寄与することになるだろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

佐藤喜和・中下留美子・石橋悠樹、白いヒグマは見つかりにくいのか：着衣色の違いによるカラフトマスの行動比較、第9回北海道の今後のヒグマ研究を考えるワークショップ、2016年3月20日、札幌市アイヌ文化交流センター(北海道札幌市)

中下留美子・小林喬子・伊藤哲治・佐藤喜和、生元素安定同位体比による国後島のヒグマの食性解析、第9回北海道の今後のヒグマ研究を考えるワークショップ、2016年3月20日、札幌市アイヌ文化交流センター(北海道札幌市)

Yoshikazu Sato, Comments: a study plan about comparison in biology of brown bears between continental and island populations, The Japan-Russia 3rd Workshop on Cooperation on the Preservation of the Ecosystem in the neighboring areas of Japan and Russia, 2015年2月15-16日, Khabarovsk Scientific Center (Khabarovsk, RU)

中下留美子・大石昌弘・鈴木彌生子・小林喬子・伊藤哲治・増田泰・大泰司紀之・佐藤喜和、レーザーアブレーション誘導結合

ラズマ質量分析による野生動物の食性解析
の可能性，日本哺乳類学会 2014 年度大会，
2014 年 9 月 5 日，京都大学（京都市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕
出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 喜和 (SATO, Yoshikazu)
酪農学園大学・農食環境学群・教授
研究者番号：6 0 3 6 6 6 2 2

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

中下 留美子 (NAKASHITA, Rumiko)
独立行政法人森林総合研究所・野生動物研
究領域・研究員
研究者番号：0 0 4 5 7 8 3 9