

Environment Research and Technology Development Fund

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

4-1905

遺産価値向上に向けた知床半島における大型哺乳類の保全管理手法の開発  
(JPMEERF20194005)

令和元年度～令和3年度

Development of Conservation and Management Technique for Large Mammals in Shiretoko World  
Natural Heritage Site.

(英文パンフレット等 : [https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/english/gaiyou/gaiyou\\_6.html](https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/english/gaiyou/gaiyou_6.html))

<研究代表機関>

東京農工大学

<研究分担機関>

北海道立総合研究機構

北海道大学

知床財団

<研究協力機関>

国立環境研究所

令和4年5月

## 目次

|                                           |            |    |
|-------------------------------------------|------------|----|
| I. 成果の概要                                  | ・・・・・・・・・・ | 1  |
| 1. はじめに（研究背景等）                            |            |    |
| 2. 研究開発目的                                 |            |    |
| 3. 研究目標                                   |            |    |
| 4. 研究開発内容                                 |            |    |
| 5. 研究成果                                   |            |    |
| 5-1. 成果の概要                                |            |    |
| 5-2. 環境政策等への貢献                            |            |    |
| 5-3. 研究目標の達成状況                            |            |    |
| 6. 研究成果の発表状況                              |            |    |
| 6-1. 査読付き論文                               |            |    |
| 6-2. 知的財産権                                |            |    |
| 6-3. その他発表件数                              |            |    |
| 7. 国際共同研究等の状況                             |            |    |
| 8. 研究者略歴                                  |            |    |
| II. 成果の詳細                                 |            |    |
| II-1 ヒグマ個体群の新規個体数推定法の開発                   | ・・・・・・・・・・ | 12 |
| （国立大学法人 北海道大学）                            |            |    |
| 要旨                                        |            |    |
| 1. 研究開発目的                                 |            |    |
| 2. 研究目標                                   |            |    |
| 3. 研究開発内容                                 |            |    |
| 4. 結果及び考察                                 |            |    |
| 5. 研究目標の達成状況                              |            |    |
| 6. 引用文献                                   |            |    |
| II-2 海と陸の物質循環に寄与するヒグマとサケ・マス類～ヒグマ大量出没の要因解明 | ・・・・・・・・・・ | 27 |
| （公益財団法人 知床財団・国立大学法人 北海道大学）                |            |    |
| 要旨                                        |            |    |
| 1. 研究開発目的                                 |            |    |
| 2. 研究目標                                   |            |    |
| 3. 研究開発内容                                 |            |    |
| 4. 結果及び考察                                 |            |    |
| 5. 研究目標の達成状況                              |            |    |
| 6. 引用文献                                   |            |    |
| II-3 ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ高密度維持機構の解明            | ・・・・・・・・・・ | 42 |
| （国立大学法人 東京農工大学・地方独立行政法人 北海道立総合研究機構）       |            |    |

## 要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

|                 |       |    |
|-----------------|-------|----|
| Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細 | ..... | 52 |
| Ⅳ. 英文Abstract   | ..... | 57 |

## I. 成果の概要

課題名 4-1905 遺産価値向上に向けた知床半島における大型哺乳類の保全管理手法の開発

課題代表者名 宇野 裕之 (東京農工大学大学院農学研究院 特任教授)

重点課題 主: 【重点課題⑫】 生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実に向けた研究・技術

副: 【重点課題⑬】 森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発

行政要請研究テーマ (行政ニーズ) (4-4) 国立公園における管理運営の改善に資する我が国独自の管理有効性評価手法の新規開発

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

### 研究経費

78,636千円 (合計額)

(各年度の内訳: 令和元年度: 30,910千円、令和2年度: 29,974千円、令和3年度: 17,752千円)

### 研究体制

(サブテーマ1) ヒグマ個体群の新規個体数推定法の開発 (国立大学法人 北海道大学)

(サブテーマ2) 海と陸の物質循環に寄与するヒグマとサケ・マス類～ヒグマ大量出没の要因解明  
(公益財団法人 知床財団・国立大学法人 北海道大学)

(サブテーマ3) ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ高密度維持機構の解明  
(国立大学法人 東京農工大学・地方独立行政法人 北海道立総合研究機構)

### 研究協力機関

国立研究開発法人 国立環境研究所

本研究のキーワード 個体数推定、空間明示型標識再捕獲法、タグ・リカバリー法、食性、安定同位体比分析、個体群特性、感度分析

## 1. はじめに（研究背景等）

日本では、ニホンジカ、イノシシ、クマ類といった大型哺乳類による軋轢や生態系への影響が大きな問題となっている。特にクマ類においては、主に東日本各地で人身事故など軋轢が頻発しており、特に堅果類が凶作の年には大量出沒が大きな問題となる。北米の国立公園では研究に基づく先進的な管理が行われているが、我が国の保護地域においても個体群を健全に維持し、軋轢を軽減するための管理が求められている。また、知床や屋久島などの世界自然遺産や国立公園地域ではニホンジカの過剰による生態系の劣化が問題となっている。有蹄類の高密度化と生物多様性への影響は欧米のシカ類でも顕著にみられ、自然調節に委ねるか人為的介入が必要か、論争となっている。知床世界自然遺産地域管理計画に基づき「知床半島エゾシカ管理計画（以下「エゾシカ管理計画」）及び「知床半島ヒグマ管理計画」（以下「ヒグマ管理計画」）が策定され、「知床世界自然遺産地域科学委員会」において知見の集積や評価、「同地域連絡会議」を中心に合意形成が図られている。ヒグマ管理計画では捕獲上限頭数の見直しが求められており、個体数推定法を早期に確立する必要がある。また、数年おきに生じるヒグマの大量出沒の要因は不明確であり、大きな課題となっている。さらに、エゾシカ個体群の急増崩壊と再増加、植生劣化が進行し土壌流出が危惧されたことから、予防原則に基づき個体数調整が始められた。しかし、ヒグマの高い捕食圧下でなぜ高密度が維持されるのかという点は明らかになっていない。UNESCO / IUCNからは「人為的介入の必要性や開始終了の基準」を示すことが求められており、高密度維持機構を明らかにする必要がある。

## 2. 研究開発目的

本研究は、知床世界自然遺産地域の生物多様性を保全し、遺産価値を維持向上させるために、1) ヒグマ個体群の空間明示型標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法を開発すること、2) ヒグマの食性の年次変動とサケ・マス類などの餌生物との関係を明らかにした上で、管理計画における捕獲上限頭数の見直しを行うとともにヒグマと人間との軋轢軽減を図ること、3) エゾシカの高密度状態の維持機構を解明した上で、必要最小限の人為的介入に基づく大型野生動物の保全管理手法の提案を行うことを目的とする。

## 3. 研究目標

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全体目標               | 本研究は、ヒグマ個体群の新たな個体数推定法の開発、ヒグマの大量出沒の要因解明及びエゾシカ個体群の高密度維持機構の解明を通じて、知床半島地域の「ヒグマ管理計画」における捕獲上限頭数の見直し、ヒグマと人間との軋轢の軽減、「エゾシカ管理計画」における人為的介入の必要性の検討に基づく大型哺乳類の保全管理手法を提案する、ことを目標とする。これらの成果を知床世界自然遺産地域の科学委員会等で活用することにより、遺産地域の生物多様性の保全、生態系維持回復および野生動物の保護管理を通じた遺産価値の向上に寄与する。 |
| サブテーマ1             | ヒグマ個体群の新規個体数推定法の開発                                                                                                                                                                                                                                         |
| サブテーマリーダー/<br>所属機関 | 下鶴 倫人／北海道大学大学院獣医学研究院                                                                                                                                                                                                                                       |
| 目標                 | サブテーマ1では、マイクロサテライトマーカーを用いた個体識別、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法を開発し、精度の高い個体数推定を行うのと同時に、他の地域で広く応用可能なものとするを目的とした調査マニュアルの作成を行う。また、本研究終了後も低コストで個体群の動向把握が可能な個体数指標を提案する。さらに、知床半島のヒグマの繁殖指標や年齢・性別毎の生存率など個体群特性を明らかにする。                                             |
| サブテーマ2             | 海と陸の物質循環に寄与するヒグマとサケ・マス類～ヒグマ大量出沒の要因解明                                                                                                                                                                                                                       |
| サブテーマリーダー/<br>所属機関 | 石名坂 豪／知床財団                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                                                                                                                                                                                                               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目標 | サブテーマ2では、ヒグマの糞及び体毛試料を収集、糞内容分析及び安定同位体比分析により知床半島のヒグマの食性の地域性、季節変化及び年次変化を明らかにする。特に貧栄養状態になっている夏期と冬眠前の秋期の食物メニューの年変動を検討する。また、主要な食物であるサケ科魚類（カラフトマスを含む）の遡上時期と遡上数、さらに堅果類の豊凶など主要な食物資源の利用可能量を把握し、ヒグマの人為死亡発生数との関係を明らかにした上で、大量出沒の発生要因を推定する。 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                    |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| サブテーマ3             | ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ高密度維持機構の解明                                                                                                                                                                                                  |
| サブテーマリーダー/<br>所属機関 | 宇野 裕之／東京農工大学大学院農学研究院                                                                                                                                                                                                       |
| 目標                 | サブテーマ3では、エゾシカの個体数調整が行われている幌別・岩尾別地区と実施されていないルシャ地区をモデル地域として設定し、メス成獣の生体捕獲、VHFテレメトリー法により妊娠率、生存率を推定する。また、ロードカウント法により加入率を推定し、生存率や加入率に及ぼすヒグマの捕食の影響を比較する。さらに、感度分析により個体群特性が増加率に及ぼす影響を評価し、モデル地域間の比較を行うことによって人為的介入（個体数調整）の必要性を明らかにする。 |

#### 4. 研究開発内容

本研究は、ヒグマ個体群の新たな個体数推定法の開発及びヒグマの食性の年次変動と主要な餌資源（サケ・マス類含む）との関係を明らかにした上で、捕獲上限頭数の見直しを行うとともにヒグマとの軋轢軽減を図ること、エゾシカの高密度状態の維持機構を解明した上で必要な最小限の人為的介入に基づく大型野生動物の保全管理手法を提案することを目的として実施した。

サブテーマ1では、ヒグマの新鮮な糞、ヘアトラップ等から回収した被毛、捕獲個体のDNA試料から個体識別を行い、空間明示型標識再捕獲法とタグ・リカバリー法による個体数推定を行った。同時にGISを活用して空間的不均一性を克服する新たなモデルを開発し、生息密度や人為的死亡リスクの空間分布を明らかにした。また、DNA個体識別技術を利用したヒグマ調査マニュアルを作成した。次に、ヘアトラップ設置地点へアクセスするために利用する林道におけるヒグマ糞の発見頻度、およびヘアトラップに設置した自動撮影カメラにおけるヒグマ撮影頻度を算出し、これら2つがヒグマの個体群動向をモニタリングする上で個体数指標として活用できるか否かについて、検討を行った。さらに、直接観察等によりメスヒグマの繁殖指標や生存率の推定を行った。

サブテーマ2では、ヒグマ被毛の安定同位体比分析と糞分析により食性の年次変動等を明らかにし、過去に大量出沒が起きた時期の主要な餌食物を明らかにした。特に重要な資源であるカラフトマス等の採捕記録の収集と遡上開始時期及び遡上数の推定を行い、大量出沒の発生要因の推定を行った。

サブテーマ3では、エゾシカのメス成獣の生体捕獲を実施し、妊娠率を推定するとともに、VHF首輪等による行動追跡及びロードカウント調査から生存率や加入率を明らかにした。これらの個体群特性について感度分析等を用いて増加率に及ぼす影響を評価し、人為的介入（個体数調整）の必要性について検討した。

各サブテーマ間の関係性について検討を行い、知床世界自然遺産地域におけるヒグマとエゾシカの保全管理手法に関する提言をとりまとめた。

#### 5. 研究成果

##### 5-1. 成果の概要

##### 5-1-1. ヒグマ個体群の新規個体数推定法の開発

##### (1) 新規個体数推定手法の開発及び知床半島ヒグマ個体群の個体数推定

2019～2020年の6～10月において、知床半島全域に63基（2019年）及び67基（2020年）のヘアトラップを設置し、計10回（2019年）及び計11回（2020年）体毛サンプルの回収を行った。得られた体毛サンプルのう

ち、3,836サンプル（2019年）及び6,735サンプル（2020年）をDNA解析に供試し、それぞれ計291個体（雌174個体、雄117個体）及び計324個体（雌188個体、雄136個体）を識別した。また2019年及び2020年にそれぞれ458個及び440個の糞を回収しDNA解析に供試した結果、それぞれ計111個体（雌57個体、雄54個体）及び138個体（雌72個体、雄66個体）を識別した。これに加え、自然の背擦り木に残された体毛などヘアトラップ調査以外で収集した体毛サンプル（523サンプル）や、野外で得た他の試料（血痕、尿、ダートバイオプシーによる組織片：38サンプル）、死亡個体（捕殺個体及び自然死個体：65サンプル）をDNA解析に供試した。この結果、2019年は355個体（雌203個体、雄152個体）、2020年は373個体（雌214個体、雄159個体）、両年併せて499個体（雌281個体、雄218個体）を識別した。これらの個体を含む、1998～2020年までに知床半島内外で識別された計1,288個体のDNA情報を用いて血縁解析を実施した。この結果、2019年時点で雌128～173頭、雄66～91頭の繁殖個体（繁殖経験を有する個体）が、雌155～200頭、雄84～109頭の成獣個体（4歳以上の雌雄）が生存していたことが推定された。さらに、2019年において最低でも449頭（雌252頭、雄197頭；DNA未採取だが存在が示唆された4個体を含む）が生存していたことが明らかとなった。さらに作成したデータセットを用いて、空間明示型標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規推定手法により知床半島ヒグマ個体群の個体数推定を行った。この結果、知床半島内（斜里町・羅臼町・標津町）に行動圏の中心を有する個体は、2019年は472個体（95%信頼区間：393～550個体）、2020年は399個体（95%信頼区間：342～457個体）であることが明らかになった。また、3町に加えて10kmバッファ内に生息する個体数は2019年で567個体（95%信頼区間：473～661個体）、2020年で486個体（95%信頼区間：416～555個体）であった。半島内での個体密度分布は不均一で、農地や市街地からの距離が大きく、サケマス遡上河川からの距離に近い場所において高密度であることが明らかとなった。一方、人為的死亡リスクは農地や市街地に近い場所で高く、個体群管理におけるゾーニングの結果であると考えられた。

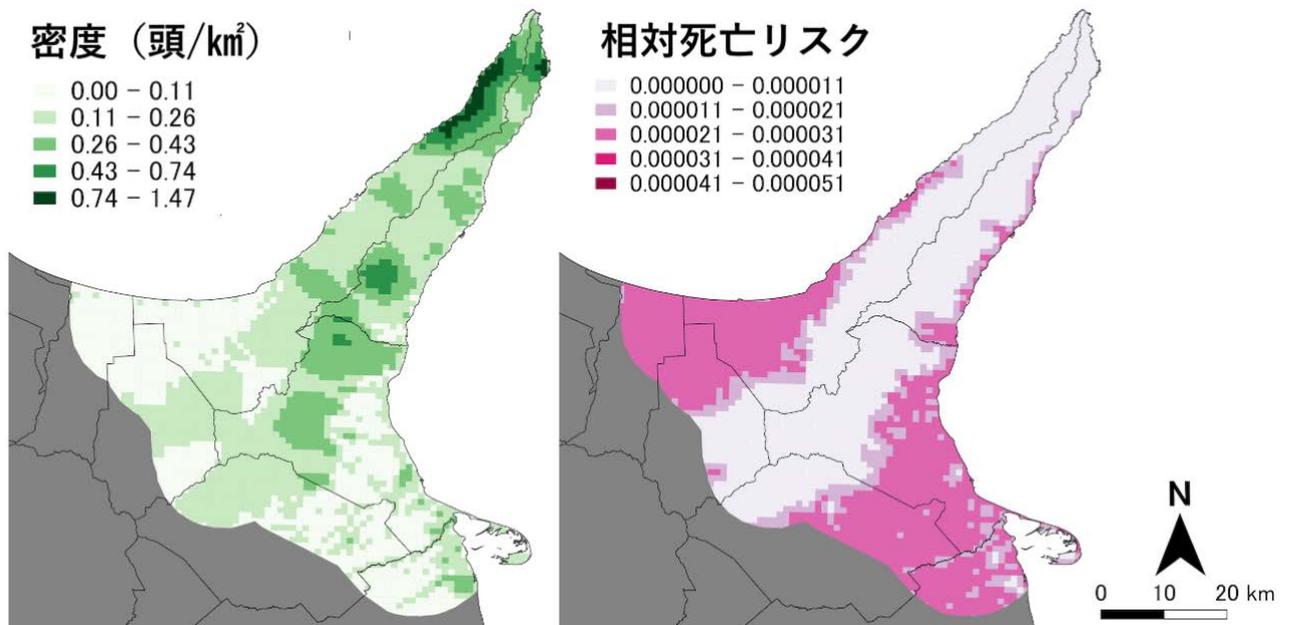


図 0.1 新規推定法により算出されたヒグマの生息密度（左）及び人為的死亡リスク（右）の空間分布

## (2) 個体数動向モニタリング手法の開発

調査コースとして設定した林道で発見された糞の個数を集計し、糞の発見効率を検討した。この結果1回の林道の走行で発見される糞の数は0個（発見なし）であるケースが全体の63%を占めており、生息密度が高いと考えられる一部の地域を除いて、糞発見頻度が安定した指標となるとは考えにくいことが明らかになった。次に、ヘアトラップに併設した自動撮影カメラの録画映像を解析し、ヒグマが撮影される頻度をサイトごとに算出した。各ヘアトラップサイトにおけるDNA解析での識別個体数と、ヒグマ撮影頻度とを比較したところ、両者の間に強い正の相関が認められた。またヒグマ撮影頻度と、トラップサイトにおけるヒグマ生

息密度（新規個体数推定法により算出）との間にも、正の相関が認められた。このことから、個体数の動向をモニタリングする上で、自動撮影カメラによる撮影頻度を個体数指標として活用できる可能性が示された。ただし、実施にあたっては、自動撮影カメラによるモニタリング調査にかかる費用と、ヘアトラップ調査などの他の手法にかかる費用との比較を行い、それぞれの費用対効果について十分に検討を行う必要がある。

### （3）知床半島ヒグマ個体群の個体群特性

2006～2021年にかけてルシャ地区で観察された21頭の成獣雌と、2013～2021年にかけて幌別・岩尾別地区で識別された13頭の成獣雌の繁殖履歴に基づき、繁殖指標の算出を行った。一腹産子数（1回の出産で産む子の数）は1～3頭であり、平均1.78頭であった。また、4歳以上の成獣雌における繁殖率（1年に産む子の数の平均）は、0.64頭／年であった。繁殖間隔は、出産年において全ての子を失い子育てに失敗した例を含むと平均2.4年であったが、子を1年間以上育てあげた例に限定すると、平均2.6年であった。初めて出産した年齢は4～6歳であり、平均5.3歳であったが、初産時に半数以上の例で子を出産年にすべて失い、繁殖に失敗していた。初めて子を1年以上育てた例に絞ってその出産年齢を算出したところ、平均6.8歳であった。

ルシャ地区で2007年から2020年にかけて出生した個体113頭と、幌別・岩尾別地区で2013年から2020年にかけて出生した個体33頭、計146頭（雌58頭、雄50頭、性別不明38頭）を対象とし、生存率を算出した。人為的死亡（有害駆除・狩猟による捕殺）を除くと雌雄込みの生存率は、出生年（0～1歳）及び次年度（1～2歳）でそれぞれ0.64及び0.68であったが、2～5歳にかけての年間生存率は0.95を上回った。また、出生から5年間の生存率（累積生存率）は0.41であった。一方、人為的死亡を考慮に入れると、出生から5年間の累積生存率は雌で0.37、雄で0.08であり、調査対象地区で出生した雄の多くが分散の過程で市街地近くに出没し駆除されていることが明らかになった。

## 5-1-2. 海と陸の物質循環に寄与するヒグマとサケ・マス類～ヒグマ大量出没の要因解明

### （1）糞内容物分析によるヒグマの食性の地域性及び季節変化、年次変動の解明

2019～2020年に知床半島全域で収集した糞（ $n=1,059$ ）を分析した結果、ヒグマの食性が地域によって異なることが明らかとなった。特に晩夏（8/1-9/15）は地域差がより明瞭であり、A（図2-1；半島西側先端部）～B（西側中央部）地区ではサクラ属核果及びハイマツ球果、C（西側基部）地区では農作物、D～F地区（半島東側）では草本が主体であった。また、サケ科魚類の利用は半島先端部のA地区（19.2%）及びD地区（5.6%）のみで認められた。秋（9/16-10/31）には全地区でミズナラ堅果が主に利用されていた（21.0～85.4%）。

2013～2020年にルシャ地区（A地区）で収集した糞（ $n=2,086$ ）に、2012年に同地区で内容物を目視推定した糞（ $n=313$ ）を加えて分析した結果、年によって各食物のEDC（推定採食量割合）が異なることが明らかとなった。2012・2015・2019年には、ヒグマにとって晩夏の主要食物であるサケ科魚類とハイマツ球果の利用が少なく、両方の資源量が不足していたことが示唆された。ただし、2019年晩夏にはサクラ属核果とミズナラ堅果が他の年よりも多く利用されていた。なお、8月に高山帯のハイマツ球果と海岸付近の低地のサケ科魚類を同時に高い割合で利用していることが、知床半島（先端部のルシャ地区周辺）に生息するヒグマの大きな特徴である。

### （2）体毛の安定同位体比分析によるヒグマの食性の地域性及び個体差の解明

2010～2020年に半島全域で捕獲された個体（ $n=295$ ）から採取した体毛の安定同位体比分析の結果、地域、性別、年齢によるヒグマの食性の差異が示された。海産動物（サケ科魚類）の利用は半島先端部（A・D地区）で多く、高山植物（ハイマツ球果）の利用は半島中央部東側（E地区）で多かった。一方で、2019～2020年にヘアトラップで採取した成獣メス（ $n=50$ ）の体毛の分析結果からは、半島全域で高山植物（ハイマツ球果）を利用していることが示された。

食性の地域性に加えて、各地域（地区）内で食性の個体差が示された。高齢になると高山植物の利用が減少し、海産動物の利用が増加する傾向が示された。このことは、高齢で体格が大きい個体ほど、河川でサケ

科魚類を採食する上で有利なことを示唆するとともに、サケ科魚類をあまり利用しない・できない個体にとっては、ハイマツ球果が食物としてより重要である可能性を示している。

### (3) ヒグマの主要な食物の資源量の年次変動パターンの解明

ヒグマが貧栄養状態に陥りがちな晩夏に遡上を開始するサケ科魚類であるカラフトマスは、知床半島においては2012、2015、2017及び2019年が不漁年であった。半島西側先端部（A地区）のルシャ川においては、2012年のカラフトマス推定遡上数は他の不漁年より比較的多かったが、遡上開始が例年より約3週間も遅延していた。2015年は推定遡上数が特に少ない上に遡上開始の遅延も同時に認められた。この特異な2年（2012年・2015年）は知床におけるヒグマの大量出没年と一致している。

半島西側のA地区南部とB地区北部の調査対象木におけるシードトラップ法の結果によれば、ミズナラ堅果は2012年が並作、2015年が大凶作であった。半島全域における2019～2021年の双眼鏡カウント法による結果では、ミズナラ堅果の結実数に同一年での地域差が認められた。すなわちミズナラ堅果の資源量には年次変動のみならず地域差も存在することが示唆された。

ハイマツ球果（2年目の成熟果）の結実数は半島全域で比較的同調しており、2012年、2015年及び2019年は凶作年であった。

### (4) 大量出没のメカニズム

知床半島のヒグマは多種多様な食物を利用していることが改めて本研究により明らかとなったが、晩夏は半島先端部のヒグマ、かつ成獣ほどカラフトマスへの依存度が高い可能性が示された。また特に半島西側において、秋にミズナラ堅果への依存度が高いことも示唆された。これらの特性が2012年と2015年に発生した大量出没に影響したと推測される。すなわち知床半島では、晩夏の主要食物あるいは代替食物であるハイマツ球果、サケ科魚類（主にカラフトマス）及びサクラ属核果の全てが同時に不足するとヒグマの大量出没が発生し、秋にミズナラ堅果も不足すると2015年のように出没が秋まで継続するというメカニズムが考えられた。本研究の成果を、世界自然遺産地域への来訪者や保護区周辺に居住する地域住民のヒグマに係るリスクの低減につなげていくためには、ヒグマ大量出没の事前予測を可能とすることが望まれる。大量出没の引き金となる食物種4種の豊凶はその生態学的特性等から2ヵ月～2年前には可能と考えられるため、今後は事前予測の試行と精度向上のための更に詳細な検討が必要である。

## 5-1-3. ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ高密度維持機構の解明

### (1) 個体群特性の把握

生態系維持回復を目標として、個体数調整を実施している幌別・岩尾別地区及び個体数調整を実施していないルシャ地区をモデル地域として設定した。2019年6月～2020年11月に麻酔銃を用いた生体捕獲を行い、メス成獣（1歳以上）41頭（幌別・岩尾別地区20頭、ルシャ地区21頭）を捕獲した。外部計測を行った後、標識（VHF首輪型発信機及び耳標）を装着後に放逐した。

目視（触診）、泌乳の有無及び子連れの有無から妊娠率を推定した結果、幌別・岩尾別地区では81.2%、ルシャ地区では95.2%と推定された。

2019年6月～2021年9月まで標識個体の追跡を実施し、メス成獣の年生存率及び要因別死亡率を推定した。年生存率は幌別・岩尾別地区で0.82（95%信頼区間：0.70～0.95）、ルシャ地区で0.87（0.77～0.98）と推定され、両地区で顕著な違いはなかった。ヒグマによる捕食を含めた自然死亡率は、幌別・岩尾別地区で0.04（95%信頼区間：0～0.09）、ルシャ地区で0.13（0.03～0.23）と推定され、有意差は認められなかった。人為的捕獲による死亡率は、幌別・岩尾別地区で0.15（0.04～0.26）と推定された。

幼獣割合を把握するため、日中及び夜間のロードカウント調査を実施し、「100頭のメス当りの幼獣数」を算出した。ルシャ地区には5.5km、幌別・岩尾別地区には9.2～11.8kmの固定コースを初年度に設定し、春季（4～6月上旬の出産期前）及び秋季（9～11月）に4～12回繰り返し直接カウントを行った。夜間の場合はスポットライトを用いて道路の両側を照射して実施した。エゾシカは満1歳で性成熟し、出産期のピークは6月あることから、加入率（繁殖年齢に達した個体の成獣に対する割合）は春季の「100メス当りの幼獣数」

と定義した。ルシヤ地区の加入率は、2019年： $5.1 \pm 1.4$ （平均値±標準誤差）、2020年： $9.7 \pm 1.6$ 、2021年： $27.8 \pm 1.8$ 、幌別・岩尾別地区の加入率は2019年：17.1、2020年： $19.2 \pm 4.4$ 、2021年： $31.5 \pm 4.6$ と推定され、年次変動が大きいこと、幌別・岩尾別地区と比較してルシヤ地区の加入率が低い傾向が明らかとなった。

## （2）感度分析等による個体群特性の評価

出生率は妊娠率と同等と仮定した上で、幼獣生存率・メス成獣生存率・出生率について、感度分析等を行った。その結果、個体群の増加率に及ぼす影響は、メス成獣生存率、幼獣生存率、出生率の順に大きいことが明らかになった。さらに、捕獲を実施していないルシヤ地区では増加率は常に1.0以上で減少しないこと、幌別・岩尾別地区ではメス成獣生存率が0.71未満になると増加率が1.0を下回り、個体群は減少することが示唆された。希少な植物群落を含む劣化した植生の維持回復のためには、エゾシカの低密度維持が必要であり、自然調節ではなく人為的介入の必要性が明らかになった。

### 5-1-4. 知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法

本研究の3つのサブテーマ（ST）間の連関図を図0-2に示した。ヒグマのDNA解析による個体識別、空間明示型標識再捕獲法とタグリカバリー法を統合した新規個体数推定法による成果から、ヒグマ管理計画の捕獲上限頭数の見直しを行い計画の改訂に活用するとともに、個体数動向把握モニタリング手法について提案を行った。また、ヒグマの糞分析と安定同位体比分析による食性解析によって晩夏の鍵となるサケ・マス類を含む複数の餌資源が明らかになり、大量出沒の予測によるヒグマとの軋轢の軽減につながる成果を得ることができた。さらに、エゾシカ個体群特性の評価による個体群調節機構の解明により、劣化した植生の復元のための人為的介入の必要性について根拠を示すことが可能となった。これらのことから、本研究成果を活用

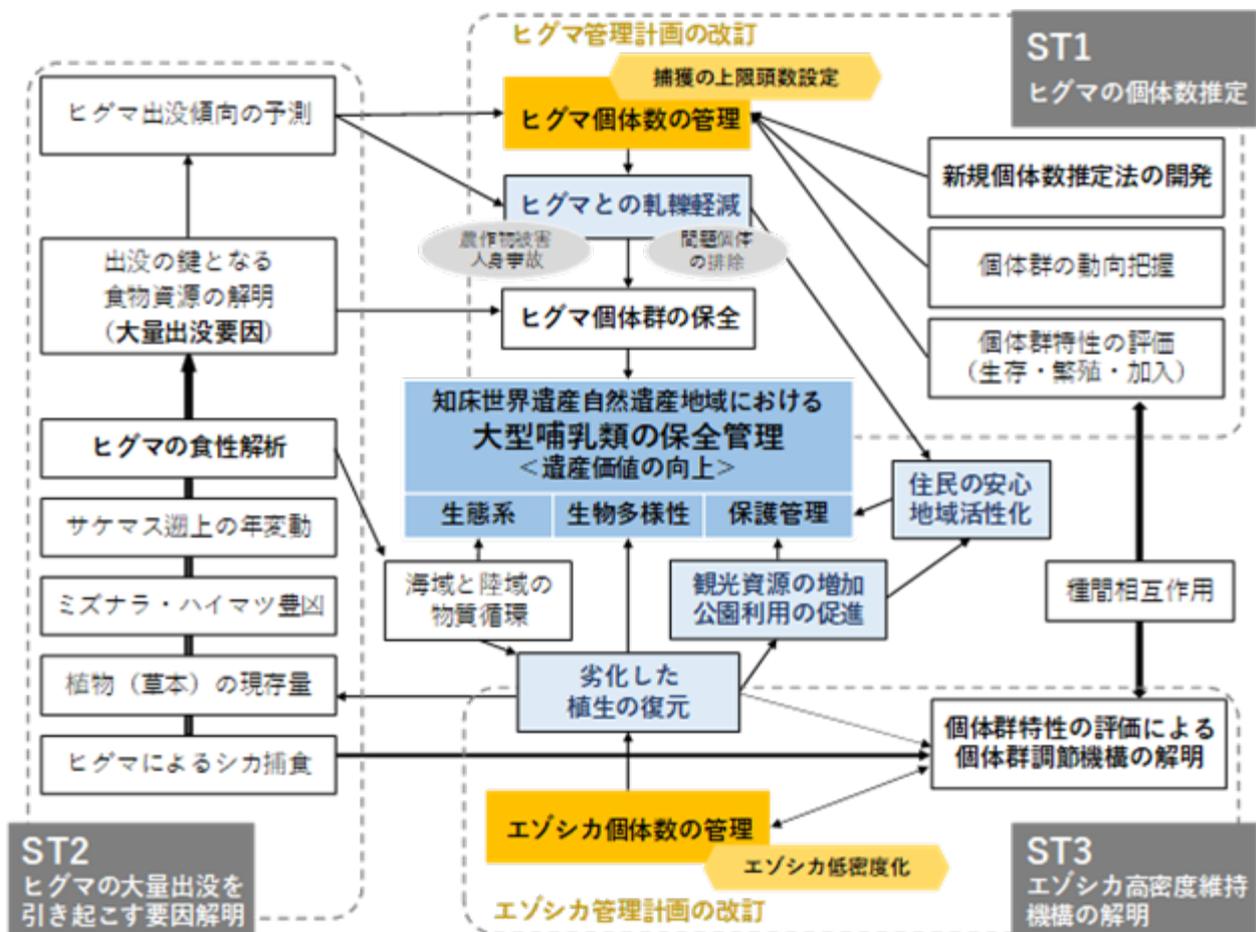


図0.2 本研究のサブテーマ間の連関図。

していくことにより、世界自然遺産地域の生態系（海域と陸域の物質循環）の維持回復、生物多様性の保全、保護管理の推進を通じて、遺産の価値向上に寄与することができると考えられた。

## 5-2. 環境政策等への貢献

### <行政等が既に活用した成果>

環境省・林野庁・北海道・斜里町・羅臼町・標津町が作成したヒグマ管理計画（第1期、2017年4月～）において「ヒグマの適正管理に必要な調査・研究」として12項目が記載されているが（第1期ヒグマ管理計画、付属資料4）、これらは「関係行政機関、学識経験者及び地域団体等が連携のうえ情報収集及び調査研究に努める」（第1期ヒグマ管理計画、p20）ものとして、具体的な実施者の指定や予算措置を伴わない“努力目標”であった。北海道大学と知床財団は、記載された12項目のうち5項目（繁殖状況の調査、血縁関係の把握、最低メス個体数カウント調査（DNA分析）、糞カウント調査、広域ヘアトラップ調査による生息数推定）について、本研究を含めた2017～2021年度までの期間において、データの収集・分析を実施し、得られた成果を提供した。このことから、第1期計画の遂行において大きな貢献を果たしたといえる。さらに特筆すべき点として、本研究の結果が第2期計画の改訂に寄与したことが挙げられる。環境省釧路自然環境事務所・北海道森林管理局・北海道が管理主体である知床世界自然遺産地域の同地域科学委員会エゾシカ・ヒグマワーキンググループに本研究の主要成果の一つである個体数推定結果を提示し、第2期管理計画（2022年4月～）におけるヒグマの捕獲上限頭数の設定に活用された（第2期管理計画付属資料1-1に記載）。さらに、本研究で明らかにしたヒグマ個体群の動向把握のための適切な指標や、晩夏の重要な餌資源であるハイマツの結実調査についても、第2期計画の調査・研究項目に位置づけられた。

### <行政等が活用することが見込まれる成果>

体毛や糞など非侵襲的手法により得られるDNA試料を活用した個体数推定は、クマ類の保護管理政策を決定するための科学的根拠として、現在世界的な主流となっている手法である。本研究により、体毛や糞のDNA解析の成功率の月別の推移が明らかとなったことは、同地域のみならず北海道内他地域の調査期間を設定する上で重要な科学的根拠を提示するものである。また、本研究で作成したマニュアル「DNA個体識別技術を利用したヒグマ調査マニュアル～非侵襲的試料を用いたDNA解析の成功率向上を目指して～」は、体毛及び糞の収集とDNA分析についての詳細を記載したものとして、行政機関を含む関連組織に配布済みであり、さらにウェブ上に掲載しダウンロードを可能とした。今後、行政等が活用することによりクマ類の個体数推定等に重要なDNA解析の精度を高めることに大きく貢献することが期待できる。

野生動物個体群の保安全管理を行っていく上で、個体群の動向を明らかにすることが必要不可欠である。知床半島のヒグマ個体群では、林道における糞発見頻度が指標として活用できるか否か試行されていたが（第1期ヒグマ管理計画、付属資料4）、本研究により、個体数を反映する指標として用いるには適さないことが明らかになった。一方、代替として自動撮影カメラによるヒグマの撮影頻度を指標として用いることができる可能性が示され、本研究終了後の継続した個体群モニタリングを実施するための手法の一つとして活用されることが見込まれる。

北海道が策定する全道を対象にした「北海道ヒグマ管理計画」では、地域ごとの捕殺数や生息密度調査に基づき、コンピューターシミュレーションにより個体数推定が行われ、管理政策の基盤情報として用いられている。本研究成果である知床半島における個体数推定値及び最低生息数は、知床半島を含む道東地域の個体数推定と個体数指標の算出に活用され、より信頼性の高い推定に貢献することが見込まれる。また、このシミュレーションにおいては、ヒグマの個体群特性として、初産齢・平均産子数・平均出産間隔・0歳生存率・亜成獣以上生存率が用いられているが、現行の推定には北海道の一部の地域あるいは北海道外で得られた指標を外挿して用いているという課題がある。本研究は、16年間という長期にわたる観察記録に基づき上

記指標の詳細を提供するものであり、行政機関が実施するヒグマ個体数動向分析に活用され、その精度向上に大きく貢献することが期待できる。

さらに、世界自然保護連合（IUCN）から日本政府に対して2008年（平成20年）2月に勧告された「知床エゾシカ保護管理計画（現エゾシカ管理計画）と関連する実行計画の実施を継続すべきであるが、管理対策が遺産地域のエゾシカの個体群、生物多様性、生態系に及ぼす影響を注意深く観察すべきである」に関連して、本研究の成果は、個体数調整がエゾシカ個体群に及ぼす影響の評価結果を提供することが可能となる。ユネスコ世界遺産委員会から上記の勧告等に対して回答が求められた際には、本研究の成果の活用が期待される。

### 5-3. 研究目標の達成状況

本研究の目標は、ヒグマ個体群の新たな個体数推定法の開発、ヒグマの大量出没の要因解明及びエゾシカ個体群の高密度維持機構の解明を通じて、知床半島地域の「ヒグマ管理計画」における捕獲上限頭数の見直し、ヒグマと人間との軋轢の軽減、「エゾシカ管理計画」における人為的介入の必要性の検討に基づく大型哺乳類の保全管理手法を提案することであった。新たな個体数推定法の開発では、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新たな「空間明示型標識・再捕獲・死亡回収モデル」を構築し、体毛及び糞由来DNAを用いることにより、知床半島内の個体数を高い精度で推定することができた。生息密度及び人為的死亡リスクの空間分布について示すことができたばかりではなく、ヒグマ管理計画に必要な個体数動向を把握するモニタリング手法や個体群特性を明示し、目標を十分達成することができた。これらの成果は「第2期ヒグマ管理計画」の捕獲上限頭数の見直しに活用された。ヒグマの大量出没の要因解明では、大量出没が起きる晩夏の鍵となる餌資源がハイマツ球果・カラフトマス・サクラ属の核果であること、秋にはミズナラ堅果が重要であることを明らかにしただけではなく、食性の個体差やカラフトマスへの依存度に年齢による違いがあること、当初予定されていなかったハイマツ球果やミズナラ堅果の資源量の豊凶や地域差を調査し、大量出没の予測可能性を示したことは、目標以上の進展があったと言える。カラフトマス遡上量・遡上時期のほか、新たにハイマツの豊凶をモニタリング項目に加えて大量出没年を事前に予測することにより、ヒグマと人間との軋轢軽減に大きく貢献する。エゾシカ個体群の高密度維持機構の解明では、当初GPSテレメトリー法を用いた研究を行う予定であったが、事前評価の指摘を受け研究予算の配分を見直した結果、VHFテレメトリー法に変更した。その上で、目標以上の頭数のメス成獣を捕獲し、妊娠率、生存率及び要因別死亡率の推定を行ったこと、直接観察（ロードカウント）により加入率の地域差や年次変動を明示したこと、感度分析等による評価を行い高いメス成獣生存率と妊娠率が個体群の高密度維持に影響していることを明らかにできたことから、目標を十分に達成できたと考えられた。植生の維持回復を図るには、人為的介入（個体数調整）が必要であることが明確になり、エゾシカ個体群の低密度維持とヒグマ個体群の健全性を維持する保全管理手法を提案することが可能となった。植生の維持回復による生物多様性保全および生態系機能の回復、野生動物の保護管理による地域住民や利用者の安全の確保や観光資源の増加により、遺産価値の向上に大きく寄与すると考えられた。

研究当初から実施機関の間で連携をはかり、サブテーマ1について北海道大学が中心となり、国立環境研究所の協力を得たこと、サブテーマ2について知床財団と北海道大学が、サブテーマ3について北海道立総合研究機構と東京農工大が中心となり、全てのサブテーマについて現地に拠点を持つ知床財団が調査を支援したことが、十分な研究成果を得ることができた大きな要因である。また、キックオフ会議やアドバイザーボード会議におけるアドバイザー等からの指摘を受けて、サブテーマ間のつながりについて十分議論し、研究内容の改善をはかったことも、目標の達成に効果的であった。

## 6. 研究成果の発表状況

### 6-1. 査読付き論文

<件数>

5件

<主な査読付き論文>

- 1) Shimozuru, M., Shirane, Y., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Kasai, S., Nose, T., Shirayanagi, M., Jimbo, M., Tsuruga, H., Mano, T., and Tsubota, T.: Scientific Reports, 10:16498 (2020) (IF:4.38), Maternal human habituation enhances sons' risk of human-caused mortality in a large carnivore, brown bears.
- 2) Shirane, Y., Mori, F., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Mano, T., Jimbo, M., Sashika, M., Tsubota, T. & Shimozuru, M.: PeerJ, 8: e9982 (2020) (IF:2.98), Development of a noninvasive photograph-based method for the evaluation of body condition in free-ranging brown bears.
- 3) Shirane, Y., Jimbo, M., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Mori, F., Ishinazaka, T., Sashika, M., Tsubota, T. and Shimozuru, M.: Ecology and Evolution, 11(10), 5204-5219 (2021) (IF:2.9), Dining from the coast to the summit: Salmon and pine nuts determine the summer body condition of female brown bears on the Shiretoko Peninsula.
- 4) Jimbo, M., Ishinazaka, T., Shirane, Y., Umemura, Y., Yamanaka, M., Uno, H., Sashika, M., Tsubota, T. & Shimozuru, M.: Ecosphere (in press) (IF:3.17), Diet selection and asocial learning: Natal habitat influence on lifelong foraging strategies in solitary large mammals.

### 6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

### 6-3. その他発表件数

|                  |      |
|------------------|------|
| 査読付き論文に準ずる成果発表   | 0 件  |
| その他誌上発表（査読なし）    | 2 件  |
| 口頭発表（学会等）        | 21 件 |
| 「国民との科学・技術対話」の実施 | 51 件 |
| マスコミ等への公表・報道等    | 11 件 |
| 本研究に関連する受賞       | 1件   |

## 7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 8. 研究者略歴

研究代表者

宇野 裕之

北海道大学大学院農学研究科修了、農学博士、北海道立総合研究機構エネルギー・地質・環境研究所自然環境部長、現在、東京農工大大学院農学研究院 特任教授

#### 研究分担者

- 1) 下鶴 倫人  
 東京大学大学院農学生命科学研究科獣医学専攻博士課程修了、北海道大学大学院獣医学研究科（現研究院）助教、現在、同学准教授
- 2) 坪田 敏男  
 北海道大学大学院獣医学研究科博士課程修了、岐阜大学農学部／応用生物学部助手・准教授・教授、現在、北海道大学大学院獣医学研究院教授
- 3) 石名坂 豪  
 北海道大学大学院獣医学研究科修了、日本大学生物資源科学部助手、現在、（公財）知床財団保護管理部長
- 4) 山中 正実  
 早稲田大学大学院修了、博士（人間科学）、現在、（公財）知床財団 特別研究員
- 5) 能勢 峰  
 岩手大学大学院修士課程修了、（公財）知床財団 保全研究係長（2019年4月～2020年3月）
- 6) 梅村 佳寛  
 東京農工大学大学院修了、現在、（公財）知床財団 保全研究係研究員（2020年4月～）
- 7) 釣賀 一二三  
 北海道大学大学院獣医学研究科修了、日本獣医畜産大学獣医解剖学教室助手、現在、北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部研究主幹
- 8) 長 雄一  
 東京水産大学大学院水産学研究科修了、水産学博士、現在、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部研究主幹
- 9) 上野 真由美  
 北海道大学大学院農学研究科博士課程修了、現在、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部主査（野生動物管理）
- 10) 亀井 利活  
 信州大学大学院総合工学系研究科博士課程修了、現在、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部研究主任
- 11) 近藤 麻実  
 岐阜大学大学院連合獣医学研究科博士課程中退、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター自然環境部研究主任（2019年4月～2020年3月）
- 12) 稲富 佳洋  
 北海道大学大学院農学研究科修士課程修了、現在、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部主査（野生動物保全）（2020年4月～）
- 13) 雨谷 教弘  
 北海道大学大学院環境科学院博士後期課程修了、現在、（公財）知床財団 保全研究係研究員（2021年4月～）
- 14) 白根 ゆり  
 北海道大学大学院獣医学研究院博士課程修了、現在、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所自然環境部研究職員（2021年4月～）

## II. 成果の詳細

### II-1 ヒグマ個体群の新規個体数推定法の開発

北海道大学大学院獣医学研究院

環境獣医科学分野 野生動物学教室

同上

国立研究開発法人 国立環境研究所

生物多様性領域（生物多様性評価・予測研究室）

下鶴 倫人（サブテマリーダー）

坪田 敏男（分担者）

深澤 圭太（研究協力者）

#### 〔要旨〕

本サブテマでは我が国におけるクマ類の保護及び管理に資する手法を開発し、その有用性を検討することを目的とし、主な目標として、1) ヒグマの新規個体数推定手法を開発すること、2) 個体数の動向をモニタリングするための簡便な手法を開発すること、3) 個体数動態の把握のためヒグマの繁殖指標に関する知見を得ること、を設定した。

2019～2020年の2年間にわたり、知床半島全域を対象としてDNA試料（体毛、糞、捕殺個体の組織等）を収集した。体毛の回収には、ヘアトラップ法を用い、63～67地点を調査地として、6月～10月にかけて2年間で約2万サンプルを収集した。また同時に、ヒグマ出没対応時や、踏査により発見したヒグマ糞を対象として、2年間で約900サンプルを収集した。得られた試料はDNA解析に供試し、個体識別を行った。この結果、2年間で重複を除く499個体のヒグマを識別した。これらDNA解析に基づくデータセットをもとに、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規の個体数推定法を確立した。この結果、知床半島内（斜里町・羅臼町・標津町）に行動圏の中心を有する個体は、2019年は472個体（95%信頼区間：393～550個体）、2020年は399個体（95%信頼区間：342～457個体）であると推定された。本推定値は、第2期知床半島ヒグマ管理計画（2022年4月～）におけるヒグマの捕獲上限数の改訂に活用された。

個体数の動向をモニタリングするための手法として、林道におけるヒグマ糞発見頻度、及び自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度の2つの有用性を検討した。前者では、ヘアトラップの見回りの際に利用する林道を調査コースとして定め、車両で低速走行した際に発見したヒグマ糞の数を記録した。2019～2020年の6～10月にかけて行った計452回の調査のうち、286回（63%）において1つも糞が発見されなかったことから、糞発見頻度はヒグマの生息密度を反映する安定した指標とはならないと考えられた。後者では、ヘアトラップに併設した自動撮影カメラの録画映像を解析し、ヒグマが撮影される頻度を算出した。ヒグマ撮影頻度は、併設したヘアトラップでDNA解析により識別された個体数と強い正の相関を示し、またカメラが設置された地区の生息密度とも正の相関を示したことから、個体数指標として個体数動向モニタリングに活用できる可能性が示唆された。

知床国立公園内のルシャ地区及び幌別・岩尾別地区に生息し、観察頻度の高さと、外見上の特徴から識別が可能な雌ヒグマ（計34頭）を対象として、繁殖状況の追跡調査を行った。本研究実施前を含む2006年～2021年までの観察記録を解析した結果、一腹産子数（平均1.78頭）、繁殖率（4歳以上の雌が1年に産む子の平均：0.64頭）、繁殖間隔（平均2.4～2.6年）、初産齢（平均5.3歳）を含む繁殖指標の詳細を明らかにした。さらに、子の生存率（雌雄込み、死亡要因として人為的捕殺を含まない）は0～1歳の間で0.64、1～2歳の間で0.68であり、2歳以降は0.95以上まで上昇することが明らかになった。人為的死亡を含めると、雌については出生後5年間の累積生存率は0.37であったのに対し、雄では5歳までの累積の生存率は0.08と顕著に低下し、雄において人間活動が生存に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。

#### 1. 研究開発目的

近年、クマ類による人身事故や人里への出没など、人とクマ類の間で軋轢が頻発しており、社会的問題と

なっている。我が国の保護地域においては、ヒグマ個体群を健全に維持しつつ、軋轢を低減するための管理体制を構築することが求められている。知床半島では、知床世界自然遺産地域管理計画に基づき、「知床半島ヒグマ管理計画」が策定され、捕獲数の上限頭数の目安が定められている。しかしながら、管理計画の根幹ともいえるヒグマの個体数について、科学的な調査に基づく推定が行われてこなかった。本サブテーマでは、知床半島に生息するヒグマ個体群について、個体数を把握し、継続的に個体数の動向を把握するために必要な手法や知見を得ることにより、ヒグマ個体群の維持と人の安全を両立するための管理政策の策定に貢献し、知床自然遺産の価値の向上に寄与することを目的とした。

## 2. 研究目標

サブテーマ1では、マイクロサテライトマーカーを用いた個体識別、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法を開発し、精度の高い個体数推定を行うとともに、他の地域でも広く応用可能なものとするを目的とした調査マニュアルの作成を行う。また、本研究終了後も低コストで個体群の動向把握が可能な個体数指標を提案する。さらに、知床半島のヒグマの繁殖指標や年齢・性別毎の生存率など個体群特性を明らかにする。

## 3. 研究開発内容

### 3-1. 新規個体数推定手法の開発及び知床半島ヒグマ個体群の個体数推定

2019年度は、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法の調査デザインを確立することを目標とし、非侵襲的手法（ヘアトラップを利用した毛の回収及び糞の回収）によりDNA試料を収集するための、トラップ配置、調査ルートならびに調査期間等の検討を行った。また、試料の収集方法や時期によるDNA解析成功率の差異や、季節による生息密度の偏りを明らかにした。2020年は2019年の調査結果をもとに調査ルート及びトラップ配置を再検討した上で、試料の回収を継続実施した。さらに、2019年、2020年に知床半島内で捕殺されたヒグマのDNA試料の収集と解析を行った。得られた遺伝子型に基づき個体識別を行い、2019～2020年度に得られた識別情報をもとに、2021年度において空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法を用いて、知床半島におけるヒグマの総個体数・地域別の生息密度・人為的捕殺率の空間分布を明らかにした。また、本研究において開発した手法を他の地域で広く応用可能にするため、サンプリングや解析手法に関する詳細を記載した調査マニュアルの作成を行った。

#### 3-1-1. ヘアトラップ法を用いたDNA解析

野外において体毛を収集し、毛根部に含まれるDNAを抽出することでDNA解析に用いる手法は、非侵襲的に効率良く試料を収集することができることから、クマ類における調査研究に広く用いられている。本研究ではヒグマが匂い付けのために樹木の幹に体を擦り付けた際に残存した体毛を収集する手法（ヘアトラップ法：図1.1）を用いた。知床半島全域に2019年は計63ヶ所、2020年は計67ヶ所の調査地点を選定した（図1.2）。トラップ設置地点の選定に際しては、車両の通行が可能な林道沿いに、約3kmごと（雌成獣の行動圏である約25km<sup>2</sup>の半径に相当）に1基設置することを基本とした。

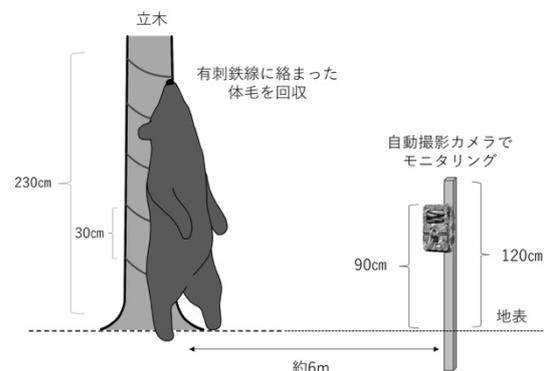


図 1.1 ヘアトラップの構造

半島先端部についてはアクセス可能な地域に限られることから、知床岬に4基を集中して設置することとした。樹木に地表40cmから230cmまで約30cm間隔で有刺鉄線を巻き付け、背こすり行動を誘発するため木材防腐剤を一部に塗布した。各トラップには自動撮影カメラを設置し、サイトを訪れたヒグマを撮影した(図1.1)。各ヘアトラップサイトは6月より10月まで、約2週間に1度の頻度(2019年は計10セッション、2020年は計11セッション)で見回りを行い、有刺鉄線に付着した体毛を棘ごとに分けて回収した。回収した体毛は封筒内に保存し、一度乾燥させた後に解析時まで $-30^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。解析時は、1サンプルにつき最大5本を上限として体毛を選別し、市販キット(Isohair easy, ニッポンジーン)を用いて毛根部に含まれるDNAを抽出した。解析にあたっては、事前に自動撮影カメラの映像を確認し、各サイトを訪れたヒグマの最低数と最高数を算出するとともに、それぞれのヒグマが体を擦り付けた木の位置を記録した。これに基づき、DNA解析に供試する試料の選別を行った。DNA解析の結果、各回で識別される可能性のある最高数に達した場合、あるいは、新たな個体が識別される可能性がないと判断されるに至った場合は、その時点で解析終了とした。

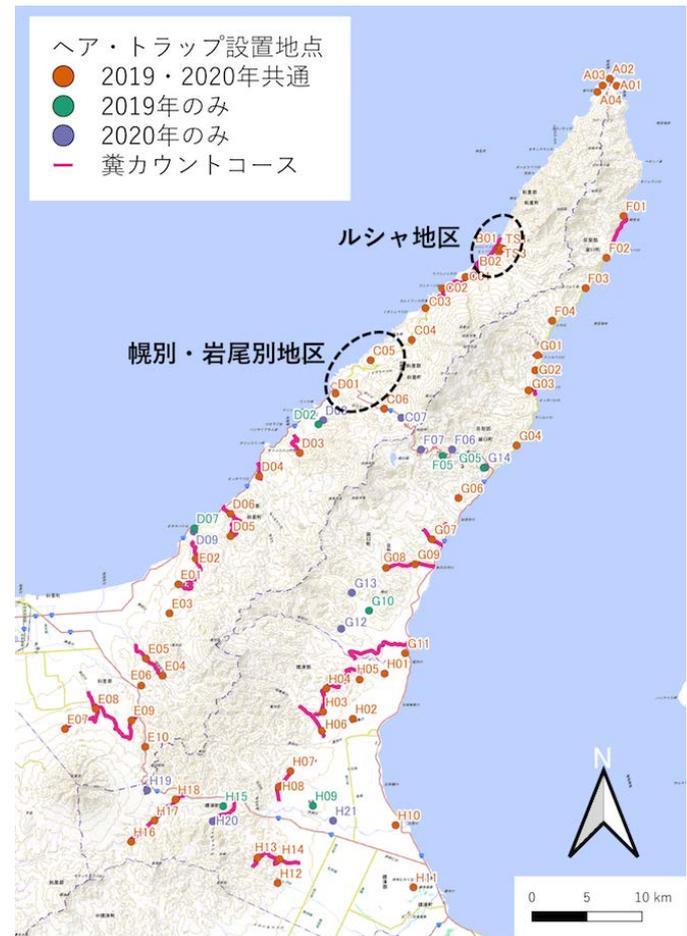


図 1.2 ヘアトラップの配置地点及び糞カウントコ

### 3-1-2. 糞中DNAを用いたDNA解析

知床半島は急峻な地形から成り、山岳部・半島先端部においてはヘアトラップ調査で網羅できない地域が存在する。本研究では、このようなアクセスが困難な地域(以下“空白地帯”と記す)における密度推定の精度を向上させることを目的として新鮮糞を用いたDNA解析を実施した。日常的なヒグマ対策業務時や偶発的に発見した糞の他に、糞カウントコース(図1.2)で発見した糞、及び踏査(主に空白地帯を対象とした)により発見した糞を使用した。解析対象として、排糞後4日以内と推測された糞を用いた。空白地帯における踏査は、内陸部及び半島先端部を中心として、2019年は13ルートを設定し、各コース1~13回実施した。2020年は14ルートを設定し、年間1~14回実施した。糞試料の回収は市販のスワブを用い、糞の表面ないしは内部より0.2グラム程度の糞を採材し、2mLチューブ内に充填した安定化試薬(Inhibitex Buffer, キアゲン社)内に浸漬し解析まで $-30^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。DNAの抽出は市販キット(QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit, キアゲン社)を用いて行った。

### 3-1-3. マイクロサテライト解析による個体識別

体毛・新鮮糞・駆除個体の組織より得たDNAを用いてマイクロサテライト多型解析により個体識別を行った。既報の研究<sup>1)</sup>より十分な個体識別力を有することが明らかな計6座位のマイクロサテライト多型座位(G1A, G10B, MU05, MU23, MU50, MU51)<sup>2) 3)</sup>を対象としてPCR法を用いたDNA増幅を行い、各個体の遺伝子型を決定した。DNA解析の方法は既報の研究<sup>1)</sup>に従って実施した。

### 3-1-4. 空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法の開発

空間明示型標識再捕獲モデルとタグ・リカバリー法を統合することにより、個体密度に加えて人為的死亡

リスクの空間分布を推定することが可能となる。本研究では、2019年、2020年それぞれのヘアトラップ調査・糞カウント調査や踏査による糞DNAの収集、知床財団職員によるヒグマ出没対応時の糞DNAの収集、及び有害駆除等による人為死亡個体の照合データを、それぞれ1か月ごと・3次メッシュごとに集計し、1か月を1時間ステップ（標識再捕獲モデルの用語で「オケージョン」）とする「空間明示型標識・再捕獲・死亡回収モデル」を構築した。ある個体があるメッシュで死亡回収される確率は、「メッシュに個体の存在する確率（後述）×その個体がメッシュに存在している条件の下で、死亡回収される確率（死亡リスク）」として近似的に表される（ただし、死亡イベントは1度しか起きないため、地域全体の確率の合計が1を超えないように調整）。ヘアトラップ調査はオケージョンごとトラップごとの在不在データであり、毛の検出確率はメッシュに個体の存在する確率に比例するとした。また、糞カウント調査や踏査による糞の発見数はポアソン分布に従うとし、その期待値はメッシュに個体の存在する確率と探索距離に比例するとした。死亡回収・ヘアトラップ・糞カウント調査や糞の収集を目的とした踏査における検出効率にはいずれも雌雄差を考慮した。出没対応データについては、個体の検出された位置に関する情報のみを推定に考慮するために、検出されたメッシュが多項分布に従うとした。

メッシュに個体の存在する確率の空間分布は行動圏の拡がりを表し、一般的な空間標識再捕獲モデルの仮定に従って各個体の行動圏はそれぞれ固有の中心（活動中心；activity center）を有するとした。本研究では、個体の行動圏の拡がりや形状はactivity centerに向かう傾向の強さ（場所への忠実性；site fidelity）とメッシュ間の通過しやすさ（景観の連結性；landscape connectivity）によって決まり、それらは物理環境や土地被覆、性別に依存するとした。これらの仮定に基づき、移流拡散方程式によりメッシュに個体の存在する確率を導出した。

従来の空間明示型標識再捕獲モデルと同様に、各個体の活動中心は環境要因に依存する不均一ポアソン点過程に従うとした。すると、地域全体で検出されたオス・メスそれぞれの個体数はメッシュごとの「活動中心密度×（オス・メス）の割合×メッシュ面積×すべてのモニタリング手法で少なくとも1回検出される確率」を地域全体で積算した値を期待値とするポアソン分布に従う。

上記のモデル構造のうち、活動中心密度（面積当たりの活動中心の数）・景観連結性・場所への忠実性・人為的死亡リスクそれぞれに物理環境要因や土地被覆の効果を考慮した。活動中心密度に対しては標高やサケ・マス遡上河川からの距離・人工的土地被覆からの距離を考慮し、森林・自然草原率をオフセット項とした。景観連結性に対しては傾斜角・人工的土地被覆率、場所への忠実性に対しては個体密度と同じく標高・サケ・マス遡上河川からの距離・人工的土地被覆からの距離を考慮した。捕殺リスクに対しては、人間との軋轢の大きさやハンターのアクセシビリティの指標として人工的土地被覆からの距離や道路からの距離を考慮した。

上記モデルの尤度は各個体の活動中心の位置をパラメータとして含むが、それらは（個体数×2）次元の潜在変数であり最尤法で推定することは現実的ではないため、活動中心を積分消去した周辺尤度を最大化することで、パラメータの推定値を得た。2019年、2020年それぞれについて活動中心密度・景観連結性・場所への忠実性・人為的死亡リスクやそれに影響を与える環境・性別の効果、性比、各モニタリング手法の検出率を推定した。

### 3-1-5. 血縁解析に基づく繁殖個体数・成獣個体数・最低生息数の推定

統計モデルを利用した個体数推定はモデル構造に関する仮定に依存するため、推定値の妥当性には注意を払う必要がある。このため異なるアプローチを用いて個体群の生息数に関連する指標を算出することは研究目標を達成する上で重要であると考え、当初の研究計画に加えて、血縁解析に基づく繁殖・成獣個体数及び最低生息数の算出を試みた。1998年～2020年の間に知床半島内で収集されたヒグマの遺伝子型情報（計1,288個体）を用いて血縁解析を実施し、2019年時点における繁殖個体数（繁殖経験を有する個体）、成獣個体数（4歳以上の雌雄）、最低生息数の算出を行った。血縁解析では、遺伝子型（個体識別用に用いた6座位を含む、計21のマイクロサテライト多型座位）<sup>1)</sup>の他に、ミトコンドリア型（雌雄）<sup>4)</sup>、Y染色体型（雄のみ）<sup>5)</sup>の情報を用いて親候補・子候補の選定を行い、血縁解析ソフトウェアであるCERVUS及びCOLONYを用いた。繁殖個体数の推定にあたっては、2019～2020年の2年間でDNA解析により存在が確認された個体を対象

とし、過去（1998年～2020年の間）に子供を残していた個体の数を算出し、繁殖個体数の最低数と定めた。また、2年間で識別された個体の親であることが推定された個体のうち、死亡が確認されていない個体についてはすべて生存しているという仮定に基づいた場合に導き出される繁殖個体の数を最高数と定めた。ただし、生存している可能性が極めて低い（年齢が30歳を超えるなど）と考えられる個体は最高数より排除した。次に、成獣個体数については“繁殖は確認されていないが、2019年時点で4歳以上である個体（例えば、母親が2014年に死亡した個体は2019年時点で5歳以上であるといえる）”を上記の繁殖個体数に加算して求めた。2019年時点における最低生息数は、2019年に生存が確認された個体数に、2020年にのみ存在が確認された個体のうち1歳以上（2020年時点）であることが確かな個体を加算して求めた。1歳以上であるか否かについては、血縁解析の結果や、サンプル収集時に回収した自動撮影カメラの映像の観察記録（母親と同伴しているか否か）に基づいて判断した。

### 3-1-6. 調査マニュアルの作成

非侵襲的DNA試料の収集は、クマ類におけるDNA解析に基づく個体数推定調査において主流となっている。本研究で培ったサンプリングや解析手技を他の調査に活用することが可能となるよう、体毛及び糞の収集とDNA分析について手技の詳細を記載したマニュアルの作成を行った。

### 3-2. 個体数動向モニタリング手法の開発

ヒグマ個体群の個体数動向を継続的にモニタリングすることは、ヒグマの保護管理を行う上で極めて重要な課題である。ヘアトラップ調査は高いコストと労力が必要とされるため、継続的な動向のモニタリング手法としては適していない。したがって、より低い労力と低いコストで、継続して実施可能な個体数動向モニタリング手法を検討することが必要とされている。そこで本研究では、個体数指標として、1) 林道におけるヒグマ糞発見頻度、及び2) 自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度、の2つを用いて個体数動向モニタリングを行うことが可能か否か、その有用性を検討した。調査は2019～2020年の6～10月にかけて実施した。

#### 3-2-1) 林道におけるヒグマ糞発見頻度

ヘアトラップ設置地点へアクセスするために利用する林道（2019年は計21コース、2020年は計22コース）を糞カウントコースとして選定し、それぞれ10回及び11回調査を行った。ヘアトラップ調査時に各コース（図1.1）を車両で低速走行し、発見したヒグマ糞の数を記録した。各コースで調査期間内に発見された糞の数を合計し、コースによる長さの不均一さを考慮するため10km・10日あたりの糞発見頻度（各コースを10日に1度、10km走行したと仮定した場合に発見が見込まれる糞の数）を算出した。各林道における糞発見頻度（個数/10km・10日）と、それぞれの林道が存在するエリアに併設されたヘアトラップにおいてDNA識別された個体数（頭数/10日あたり）、及び、林道が存在するエリアにおける生息密度（頭/km<sup>2</sup>；3-1で算出）との相関性の有無を検討した。なお、一つの林道周辺に複数のヘアトラップが設置されている場合は、複数のトラップにおける平均のDNA識別数を算出し使用した。

#### 3-2-2) 自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度

ヘアトラップ調査のモニタリングのために使用した自動撮影カメラの録画映像を解析し、それぞれのトラップでヒグマが撮影された頻度を記録した。ヒグマは親子を除き通常は単独で行動するため、明らかに別個体と判断できる場合を除き、30分以内に撮影された個体は同一個体とみなし、ヒグマが撮影されたエピソード数を求めた。各ヘアトラップで調査期間内にヒグマが撮影されたエピソード数を合計し、10日あたりのヒグマ撮影頻度を算出した。各ヘアトラップにおけるヒグマ撮影頻度（エピソード数/10日）と、各トラップにおいてDNA識別された個体数（頭数/10日あたり）、及び、各トラップが存在するエリアの生息密度（頭/km<sup>2</sup>；3-1で算出）との相関性の有無を検討した。

### 3-3. 知床半島ヒグマ個体群の個体群特性

北海道大学と知床財団が2006年より共同で実施しているルシャ地区における個体モニタリング調査<sup>1)</sup>を継続して実施した。ルシャ地区は半島先端部付近に位置し（図1.2）、長期間ヒグマと人との軋轢を伴わずに個体群が維持されてきた結果、同地区に現れるヒグマの多くは人の存在を意に介さず行動し、近距離のヒグ

マでも安全を確保した上で観察対象とすることが可能である。2019年6月から2021年10月にかけて定期的に調査を実施し、観察されたヒグマを外見上の特徴に基づき個体識別し、成獣雌の繁殖状態及び亜成獣の生存状況を記録した。また近年、幌別・岩尾別地区においても、出沒した個体の外見及びDNAによる個体識別が実施されてきている。本研究では、ルシャ地区において2006年から2021年にかけて実施された調査と、幌別・岩尾別地区において2013年から2021年にかけて実施された調査に基づき、成獣雌の繁殖指標（一腹産子数・繁殖間隔・初産齢・繁殖率）を算出した。また、両地区で出生した子を対象として追跡調査を行い、性別・年齢別の生存率の算出を行った。対象個体が各年において初めて観察された際の連れ子の有無、年齢及び頭数を記録した。子の生存率の算出にあたっては、0歳または1歳時に母親の元から姿を消し、その後の消息がつかめなくなった場合（親から独立したと思われるケースを除く）、及び親から独立後、3年間目視及びDNA識別で生存が確認されなかった場合を“死亡”と判断した。ただし、オスについては3歳前後で出生地を離れ分散を行うことが知られているため<sup>6)</sup>、2歳以降に消息不明となった個体については生死不明とし、生存率の算出対象から除外した。

## 4. 結果及び考察

### 4-1. 新規個体数推定手法の開発及び知床半島ヒグマ個体群の個体数推定

#### 4-1-1. ヘアトラップ法を用いたDNA解析

2019年はヘアトラップを設置した63地点のうち、60地点でDNA解析によりヒグマを検出した。合計7,006サンプルの体毛試料を収集し、自動撮影カメラから得られた情報に基づき使用する体毛を選別し、3,836サンプルをDNA解析に供試した（表1.1）。一方、2020年は高標高地域よりデータを得るためヘアトラップの増設を行い、計67地点に設置を行った。このうち、66地点でDNA解析によりヒグマを検出した。合計13,868サンプルの体毛試料を収集し、自動撮影カメラから得られた情報に基づき使用する体毛を選別し、6,735サンプルをDNA解析に供試した（表1.1）。DNA解析の成功率の月ごとの推移について、2年間の結果をまとめ図1.3に示した。解析成功率はヘアトラップ調査開始時の6月において最も高く（70%）、秋にかけて徐々に低下し、10月には最低値（42%）を示した。

ヒグマの毛根の状態は換毛の進行とともに変化し<sup>7)</sup>、秋になると毛根の不明瞭な体毛の割合が増加することが解析成功率低下の一因であると考えられた。この結果から、短期間に絞りヘアトラップ調査を行う場合は、解析成功率が高い春から夏にかけて行うことが望ましいことが示唆された。次に、セッションごとの識別個体数を図1.4に示した。各セッションにおける識別個体数は42～103頭と時期により幅が見られた。2019年は計291個体（雌174個体、雄117個体）を、2020年は計324個体（雌188個体、雄136個体）を識別した。両年とも、6～7月に比べ、9～10月に識別個体数が増加する傾向が認められた。この傾向は知床半島西側（国立公園内）で顕著であり、サケ科魚類の遡上に伴い、サケ科魚類が遡上する河川の周辺地域へ生息密度が偏ることが示唆された。

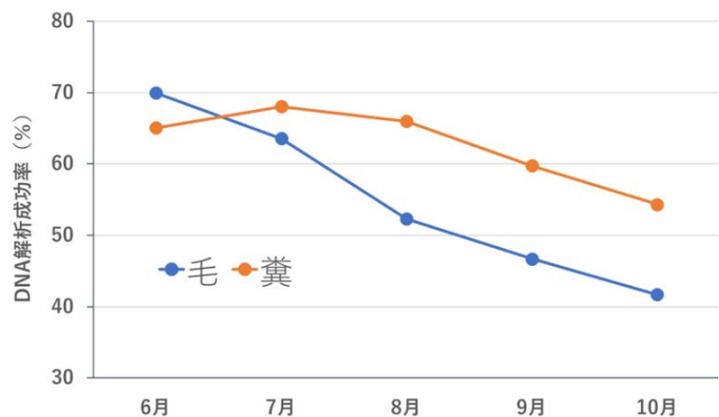


図 1.3 毛及び糞の DNA 解析成功率の月別変化

表1.1 ヘアトラップ法により得られたサンプル数、解析に供した数、及び解析成功率の推移  
(2019~2020年)

| セッション (S) | S1   |      | S2   |      | S3   |      | S4   |      | S5   |      | S6   |      | S7   |      | S8   |      | S9   |      | S10  |      | S11  |      | 総計   |       |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 年         | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 | 2019 | 2020  |
| サンプル数     | 606  | 803  | 997  | 1223 | 839  | 1288 | 519  | 1581 | 806  | 1132 | 752  | 949  | 583  | 795  | 707  | 951  | 511  | 1754 | 686  | 1834 | —    | 1558 | 7006 | 13868 |
| 解析サンプル数   | 242  | 424  | 354  | 428  | 356  | 453  | 226  | 487  | 438  | 418  | 417  | 409  | 439  | 371  | 493  | 540  | 404  | 1119 | 467  | 1134 | —    | 952  | 3836 | 6735  |
| 解析成功数     | 189  | 257  | 276  | 305  | 235  | 280  | 146  | 289  | 264  | 211  | 264  | 171  | 205  | 206  | 285  | 230  | 231  | 446  | 284  | 382  | —    | 328  | 2379 | 3105  |
| 解析成功率 (%) | 78   | 61   | 78   | 71   | 66   | 62   | 65   | 59   | 60   | 50   | 63   | 42   | 47   | 56   | 58   | 43   | 57   | 40   | 61   | 34   | —    | 34   | 62   | 46    |

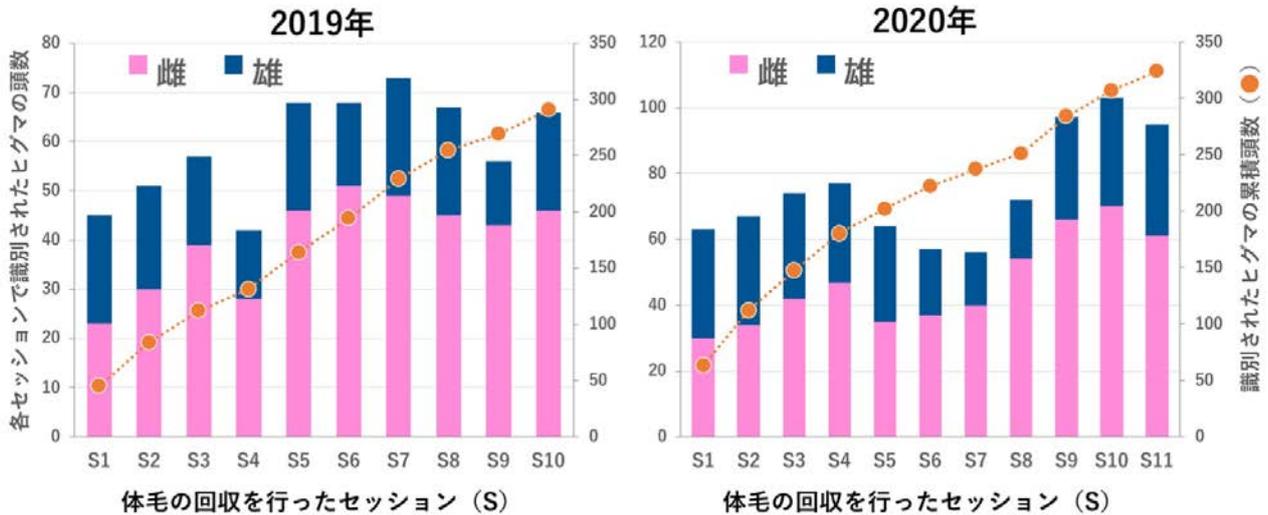


図 1.4 ヘアトラップ調査で DNA 識別された個体数

#### 4-1-2. 糞DNAを用いたDNA解析

2年間の調査でDNA解析のために収集した、ヒグマ対応業務時など偶発的に発見した糞、糞カウント調査で発見した糞、踏査にて発見した糞の数を表1.2に示した。2019年は458個の糞を回収しDNA解析に供試した結果、うち242個について個体を特定し（成功率53%）、個体の重複を除き計111個体（雌57個体、雄54個体）を識別した。2020年は計440個の糞を回収しDNA解析に供試した結果、うち331個について個体を特定し（成功率75%）、138個体（雌72個体、雄66個体）を識別した。2019~2020年にかけて採取し、解析に成功した糞サンプルについて、採取した位置を図1.5に示した。DNA解析の成功率の月ごとの推移について、2年間の結果をまとめ図1.3に示した。解析成功率は6~8月まで65%前後であったが、秋になると低下し、10月に最低値（54%）を示した。これは、9~10月の主な食物資源であるミズナラ

堅果（ドングリ）に含まれるタンニン等により、DNA増幅が

阻害されたことに因ると考えられた。このように、糞DNAを用いた調査は春から夏にかけて実施するのが最も効率が良いことが示唆されたが、秋においても50%以上の成功率を維持することができたことから、通年用いることができる手法であると考えられた。

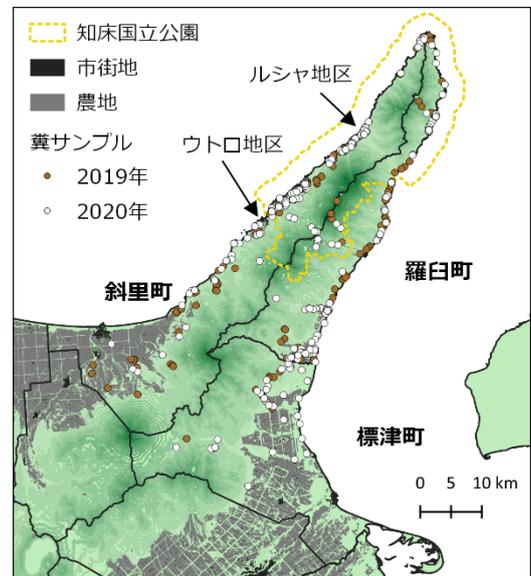


図 1.5 糞の採取位置

表1.2 DNA解析に供した糞サンプルの数及び解析成功率

| 年         | 偶発的な発見 |      | 糞カウント調査 |      | 踏査による発見 |      | 計    |      |
|-----------|--------|------|---------|------|---------|------|------|------|
|           | 2019   | 2020 | 2019    | 2020 | 2019    | 2020 | 2019 | 2020 |
| 解析サンプル数   | 258    | 239  | 147     | 138  | 53      | 63   | 458  | 440  |
| 解析成功数     | 163    | 180  | 62      | 114  | 17      | 37   | 242  | 331  |
| 解析成功率 (%) | 63     | 75   | 42      | 83   | 32      | 59   | 53   | 75   |

## 4-1-3. マイクロサテライト多型解析による個体識別

上述した体毛・糞由来のDNAに加え、有害駆除・狩猟等による死亡個体（2019年：48頭、2020年：17頭、2021年：39頭）のDNA解析を実施した。この他、自然の背擦り木に残された体毛などヘアトラップ調査以外で発見した体毛サンプルや、野外で得た他の試料（血痕、尿、ダートバイオプシーによる組織片）もDNA解析に供試した（表1.3）。外見により識別された個体（2019年1頭、2020年3頭；過去にDNA解析で識別され、外見での識別が可能である個体）を含め、2019年は355個体（雌203個体、雄152個体）、2020年は373個体（雌214個体、雄159個体）を識別した。2019～2020年の2年間で識別されたヒグマは、重複を除き499個体であった。

表1.3 DNA解析に用いた試料数及び識別された個体数（2019～2020年）

| 試料                  | 体毛 <sup>1)</sup> |         | 糞     |       | その他 <sup>2)</sup> |      | 死亡個体 <sup>3)</sup> |      | 総計                     |                        |                        |
|---------------------|------------------|---------|-------|-------|-------------------|------|--------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                     | 2019             | 2020    | 2019  | 2020  | 2019              | 2020 | 2019               | 2020 | 2019                   | 2020                   | 2019-2020              |
| 解析サンプル数             | 3952             | 7142    | 458   | 440   | 9                 | 29   | 48                 | 17   | —                      | —                      | —                      |
| 解析成功数               | 2431             | 3301    | 242   | 331   | 9                 | 20   | 48                 | 17   | —                      | —                      | —                      |
| 識別個体数 <sup>4)</sup> | 293              | 335     | 111   | 138   | 9                 | 16   | 48                 | 17   | 355 <sup>5)</sup>      | 373 <sup>5)</sup>      | 499 <sup>5)</sup>      |
| 雌/雄                 | 176/117          | 192/143 | 57/54 | 72/66 | 5/4               | 10/6 | 14/34              | 5/12 | 203 <sup>4)</sup> /152 | 214 <sup>4)</sup> /159 | 281 <sup>4)</sup> /218 |

1) ヘアトラップによって採取したサンプルに加え、自然の背擦り木などに残された体毛サンプルを含む

2) ダートバイオプシーによる皮膚片、野外に残された血痕・唾液を含む、3) 有害駆除および狩猟による捕殺個体、自然死個体を含む

4) 同一個体の重複を除いた数、5) 目視での識別個体（2019年1頭、2020年3頭）を含む

## 4-1-4. 空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した新規個体数推定法の開発

ヘアトラップ調査・糞カウント調査や踏査による糞DNAの収集、知床財団職員によるヒグマ出沒対応時の糞DNAの収集、及び有害駆除等による人為死亡個体の照合データを用いて、空間明示型標識・再捕獲・死亡回収モデルにより、知床半島ヒグマ個体群の個体数推定を行った。この結果、知床半島内（斜里町・羅臼町・標津町）に行動圏の中心を有する個体は、2019年は472個体（95%信頼区間：393～550個体）、2020年は399個体（95%信頼区間：342～457個体）であることが明らかになった。また、3町に加えて10kmバッファ内に生息する個体数は2019年で567個体（95%信頼区間：473～661個体）、2020年で486個体（95%信頼区間：416～555個体）であった。各年の雄の割合はそれぞれ0.42（95%信頼区間：0.37～0.52）、0.39（95%信頼区間：0.34～0.45）であった。2019年度と2020年度の個体数に大きな違いが生じた理由として、2019年に比較的多くの捕殺数（47頭）があったことに加え、資源状態の違いなどによる潜在的に観測可能な個体数に差があった可能性が考えられる。半島内での活動中心分布は不均一で、農地や市街地からの距離が大きく、サケマス遡上河川に近い場所において高密度であることが明らかとなった（図1.6）。一方、人為的死亡リスクは農地や市街地に近い場所で高く、個体密度と逆相関を示した（図1.7）。ヒグマの生息密度の高い保全上のコア地域を維持しつつ、人里に出沒した問題個体を捕獲するゾーニングが機能していることが示された。

新規個体密度推定手法により、ヒグマの行動圏の形状やサイズに影響を与える要因を景観の連結性と場所への忠実性に分解して明らかにすることができた。景観の連結性に影響を与える要因として、2019年は傾斜の負の効果、2020年は人工的土地被覆の負の効果が発見された。2019年、2020年いずれも場所への忠実性は農地・市街地や河川の近辺で小さく、資源の時空間的な変動が大きい場所では大きな行動圏を持つ傾向があると考えられた。

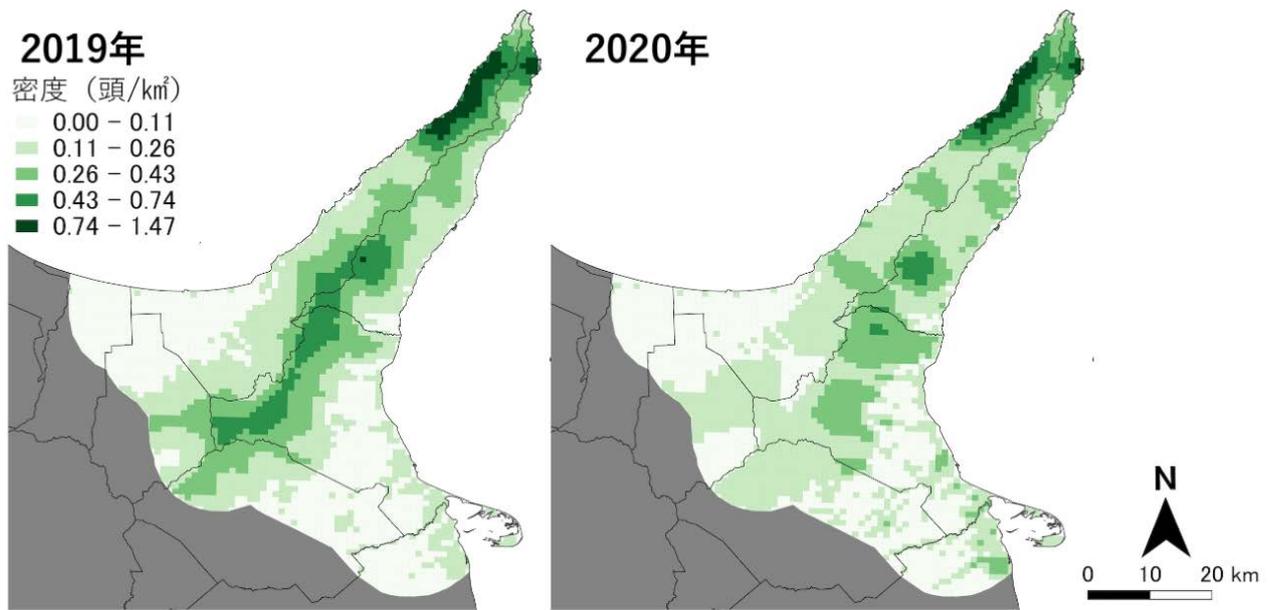


図 1.6 新規推定法により算出されたヒグマの密度分布

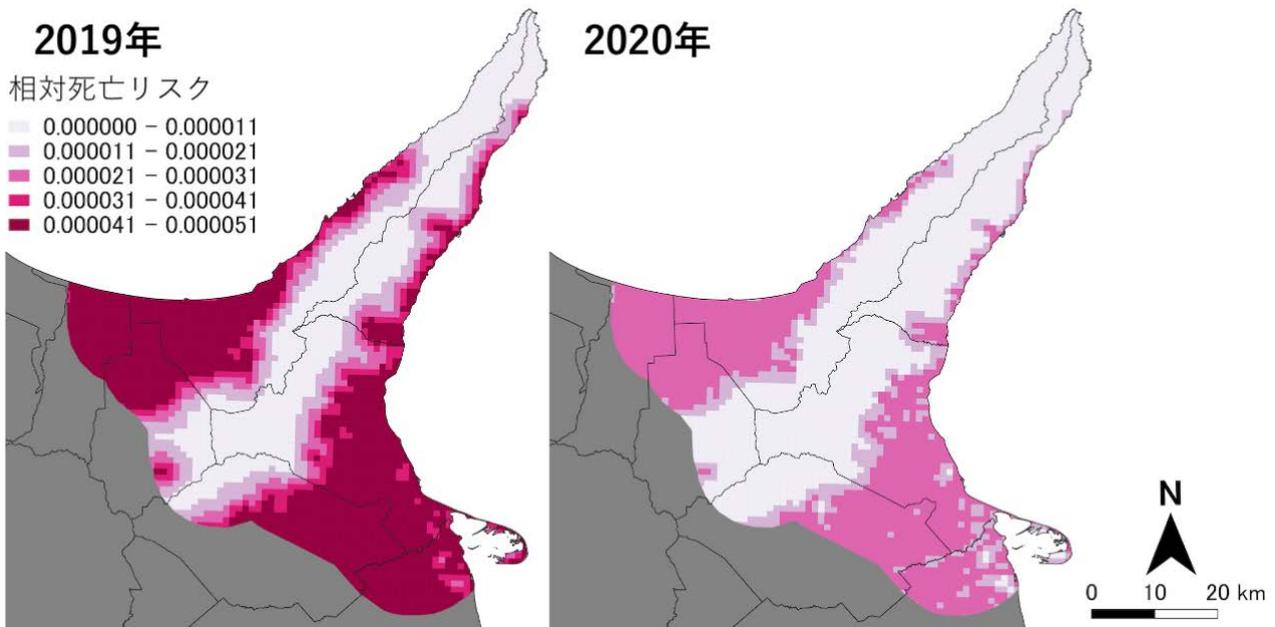


図 1.7 新規推定法により算出されたヒグマの人為的死亡リスクの空間分布

#### 4-1-5. 血縁解析に基づく繁殖個体数・成獣個体数・最低生息数の推定

2019～2020年の2年間で生存が確認された499頭を含む、1998～2020年までに知床半島内外で収集されたヒグマの遺伝子型情報を用いてDNA血縁解析を行うことにより、2019年時点における繁殖個体（繁殖経験を有する個体）及び成獣個体（4歳以上、もしくは繁殖経験を有する個体）の数を算出した。まず、2年間で生存が確認された499個体を対象として、1998～2020年の間にDNAを収集したヒグマ（計1,288個体）の中に父母が存在するか否かを調べた。この結果、約3分の2の個体で、両親が判明した。一方、父母のいずれも明らかでなかった個体は全体の1割未満であった。次に、同じく499個体を対象とし、1998～2020年の間にDNAを収集したヒグマの中に子が存在するか否かを調べた。この結果、雌125頭、雄65頭が繁殖経験を有することが明らかになった。一方、繁殖経験が認められなかった個体のうち、雌27頭、雄18頭において、2019年時点において4歳以上であることが、親の死亡年などから明らかになった。これらの結果から、2年間で確認された499頭のうち、成獣（4歳以上、もしくは繁殖経験を有する個体）は少なくとも235個体（雌152個体、雄83個

体) 存在することが示された。次に、過去に識別されたものの生死が明らかでない繁殖個体や、未識別ながら血縁解析ソフトウェアにより存在が示唆された父母を含め、繁殖個体及び成獣個体の数を推定した。この結果、2019年時点で雌128～173頭、雄66～91頭の繁殖個体が、雌155～200頭、雄84～109頭の成獣個体が生存していたことが推定された。さらに、2019年において最低でも449頭（雌252頭、雄197頭;DNA未採取だが存在が示唆された4個体を含む）が生存していたことが明らかとなった（表1.4）。この最低生息数は、2019年における推定生息数472頭の約95%を占めており、2年間のDNA試料収集により、生息するヒグマの大部分よりDNAを回収できたことが示唆された。また、非常に高い確率で血縁関係が判明し、それにより個体群の繁殖個体数や年齢構成に関する情報が得られたことは、過去20年にわたる死亡個体の確実な回収と、そのDNA情報の蓄積により付加的に得られた成果である。このことは、短期間の大規模なDNA調査だけではなく、継続的に死亡個体等のDNA情報を蓄積することが個体群のモニタリングを行う上で如何に重要であるかを示すものであるといえる。

表1.4 2019年における最低生息数及び年齢構成

| 年齢   | 雌   | 雄   |
|------|-----|-----|
| 4歳以上 | 155 | 85  |
| 2～3歳 | 14  | 17  |
| 1歳   | 4   | 14  |
| 0歳   | 30  | 34  |
| 年齢不明 | 49  | 47  |
| 小計   | 252 | 197 |
| 合計   | 449 |     |

#### 4-1-6. 調査マニュアルの作成

糞及び毛の収集・保存、及びDNA解析手技に関するマニュアル「DNA 個体識別技術を利用したヒグマ調査マニュアル ～非侵襲的試料を用いたDNA解析の成功率向上を目指して～」を作成し（添付資料）、北海道大学の研究室 HP（URL <http://wildlife.vetmed.hokudai.ac.jp/column/dna.html>）および知床財団 HP（URL <https://www.shiretoko.or.jp/higumanokoto/higuma/6921-2/>）にて掲載したほか、環境省が管理するウェブサイト「知床データセンター」（URL <http://shiretoko-whc.com/management/higumahogo.html>）内においても公表される予定である。また、作成した資料は電子化したものを関係機関に配付済みである。

## 4-2. 個体数動向モニタリング手法の開発

### 4-2-1. 林道におけるヒグマ糞発見頻度

2年間で計452回の糞カウント調査を実施した。各調査コースで発見された糞の総数に基づき、糞発見頻度（各コースを10日に1度、10km走行したと仮定した場合に発見が見込まれる糞の数）を算出した。各林道における糞発見頻度（個数/10km・10日）と、それぞれの林道が存在するエリアに併設されたヘアトラップにおいてDNA識別された個体数（頭数/10日あたり）、及び、林道が存在するエリアにおける生息密度（頭/km<sup>2</sup>; 3-1で算出）との相関性を検討したのが図1.8である。どちらも正の相関が認められたものの、データの分布には大きな偏りがみられ、糞発見頻度の高い一部の林道のデータが含まれたことにより生じた“見せかけの相関”であると考えられた。実際、1回の林道の走行で発見される糞の数は0個（発見なし）であるケースが全体の63%を占めており、糞発見頻度が安定した指標となるとは考えにくい。これらのことから、林道における糞発見頻度は、ルシヤ地区のように生息密度が高い地域については個体数指標となる可能性はあるものの、半島全域の個体数動向をモニタリングする指標として用いるのは難しいと考えられた。

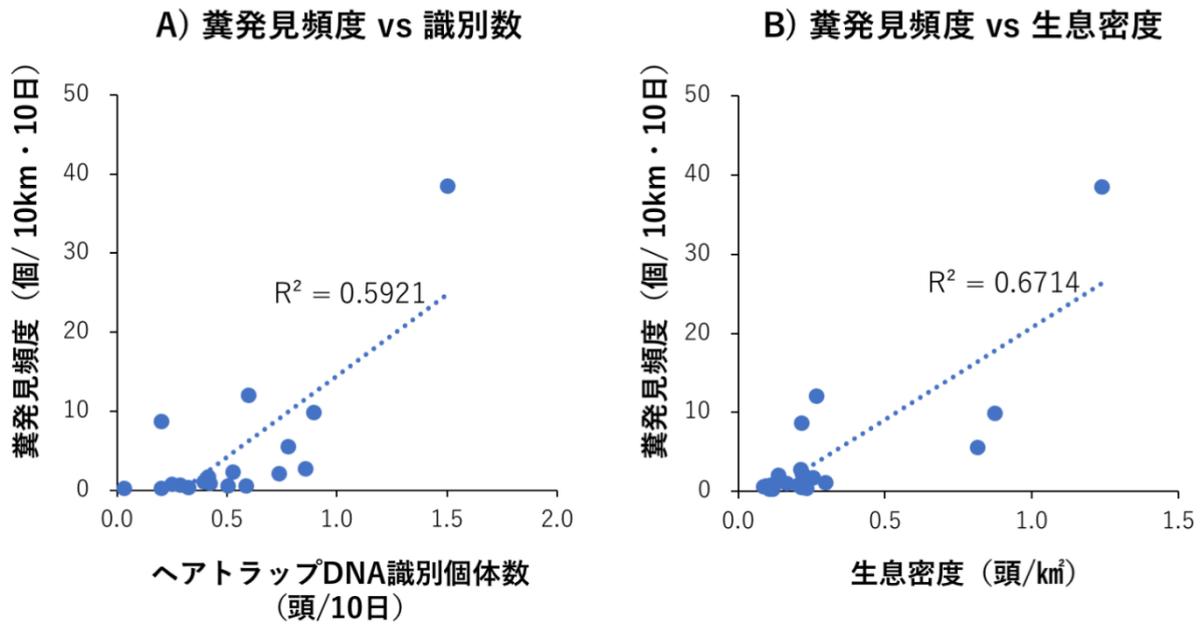


図 1.8 林道における糞発見頻度と DNA 識別数及び生息密度との関連性 (2019 年)

#### 4-2-2. 自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度

各ヘアトラップにおけるヒグマ撮影頻度 (エピソード数/10日) と、各ヘアトラップにおいて識別された個体数 (頭数/10日あたり)、及び、各ヘアトラップが存在するエリアにおける生息密度 (頭/km<sup>2</sup>; 3-1で算出) との相関性の有無を検討した結果を図 1.9 に示した。この結果、自動撮影カメラにおける撮影頻度は、ヘアトラップによる識別頭数と高い正の相関を示した。また、撮影頻度と生息密度の間にも正の相関が認められた。このことから、自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度を個体数指標として活用でき、ヘアトラップ調査に比べて低い労力とコストで個体数動向のモニタリングを継続することができる可能性が示された。しかし、実際の実施にあたっては後述 (4-4) するように、費用対効果について他の手法と十分に比較・検討する必要がある。

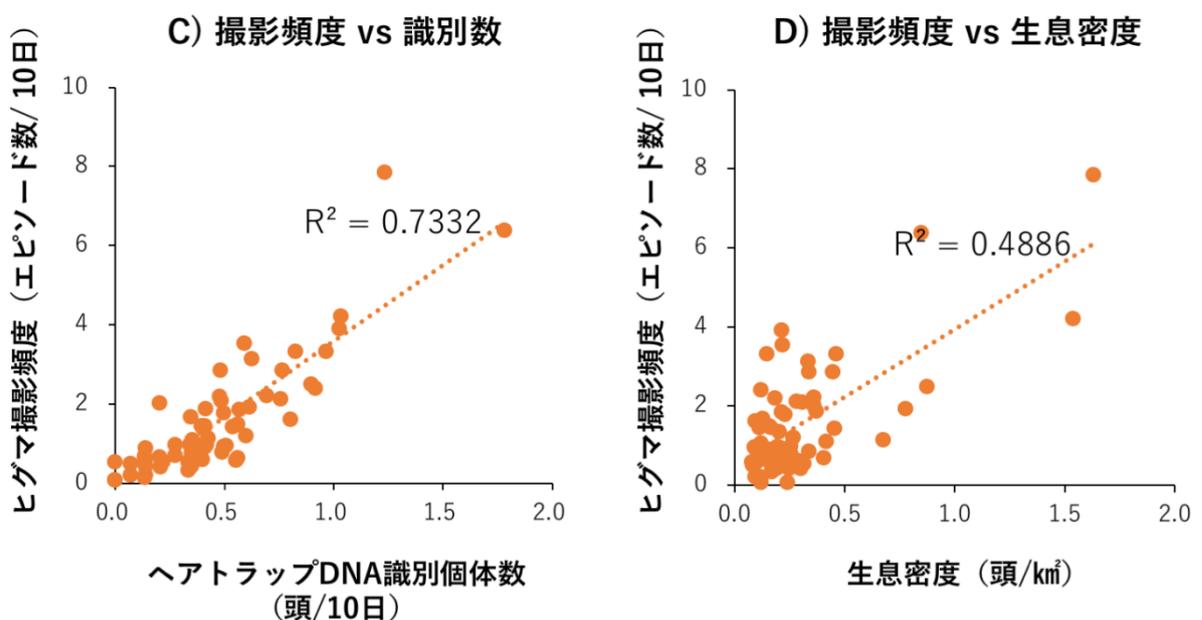


図 1.9 自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度と DNA 識別数及び生息密度との関連性 (2019 年)

### 4-3. 知床半島ヒグマ個体群の個体群特性

#### 4-3-1. 一腹産子数・繁殖間隔・繁殖率・初産齢

ルシヤ地区において、直接観察及びDNA解析を併用した結果、2019年は計50頭（雌33頭、雄17頭）、2020年は計51頭（雌33頭、雄18頭）、2021年は計65頭（雌41頭、雄24頭）を確認した。ルシヤ地区における2006年～2021年までの21頭の成獣雌の観察例と、幌別・岩尾別地区における13頭の観察例を併せ、繁殖指標の算出を行った。各個体の繁殖成績を表1.5に示した。成獣雌の1回の出産における産子数は1～3頭であり、平均1.78頭であった。また、繁殖率（4歳以上の雌が1年に産む子の平均）は0.64頭/年であった。繁殖間隔は、繁殖に失敗した例（出産年において全ての子が死亡したケース）を含めると1～4年周期であり、平均2.4年であった。一方、子が1年以上生存した例に絞ると2～4年周期であり、平均2.6年であった。

初産齢の算出には、ルシヤ地区周辺において出生した15頭と、幌別・岩尾別に出生した4頭の雌の観察記録を用いた。最も若い出産は4歳（2例）であったが、多くの個体は5～6歳時に初出産が確認され（12例）、平均の初産齢は5.3歳であった。一方、初産時は年内に子をすべて失うなど、半分以上が繁殖に失敗していた。初めて子を1年以上育てあげた年齢には5～9歳と個体差が認められ、平均すると6.8歳であった。

表 1.5 個体ごとの繁殖成績（ルシヤ地区：2006～2021年、岩尾別・幌別地区：2013～2021年）

| 個体ID   | 地区     | 初産齢   | 初繁殖成功年齢   | 繁殖回数    | 繁殖間隔（年） |      |   |    | 子の総数 | 観察年数（≧4歳） |
|--------|--------|-------|-----------|---------|---------|------|---|----|------|-----------|
|        |        |       |           |         | 1       | 2    | 3 | 4  |      |           |
| KR     | ルシヤ    | —     | 6         | 7       | 5       | 1    |   | 16 | 16   |           |
| WK     | ルシヤ    | 5     | 9         | 6       | 3       | 2    |   | 11 | 16   |           |
| DR     | ルシヤ    | 5     | 7         | 4       | 1       | 2    |   | 6  | 14   |           |
| BE     | ルシヤ    | —     | —         | 4       | 2       | 1    |   | 9  | 10   |           |
| PK     | ルシヤ    | 5     | 7         | 2       | 1       |      |   | 4  | 5    |           |
| RI     | ルシヤ    | —     | 8         | 5       | 3       | 1    |   | 8  | 15   |           |
| WM     | ルシヤ    | —     | —         | 4       | 1       | 1    | 1 | 7  | 12   |           |
| LI     | ルシヤ    | 5     | 5         | 8       | 1       | 5    | 1 | 16 | 16   |           |
| DC     | ルシヤ    | —     | —         | 5       | 2       |      | 2 | 8  | 15   |           |
| KB     | ルシヤ    | —     | —         | 4       | 3       |      |   | 7  | 15   |           |
| KS     | ルシヤ    | —     | —         | 4       | 2       | 1    |   | 4  | 11   |           |
| HC     | ルシヤ    | 5     | 7         | 5       | 4       |      |   | 9  | 11   |           |
| GB     | ルシヤ    | 6     | —         | 1       |         |      |   | 2  | 3    |           |
| GI     | ルシヤ    | 5     | 5         | 3       | 1       |      | 1 | 7  | 8    |           |
| BK     | ルシヤ    | 6     | —         | 1       |         |      |   | 2  | 3    |           |
| CR     | ルシヤ    | 6     | —         | 1       |         |      |   | 1  | 3    |           |
| KP     | ルシヤ    | —     | ≧7        | 0       |         |      |   | 0  | 3    |           |
| DS     | ルシヤ    | 6     | —         | 1       |         |      |   | 1  | 3    |           |
| BT     | ルシヤ    | —     | ≧7        | 0       |         |      |   | 0  | 3    |           |
| MN     | ルシヤ    | —     | ≧8        | 0       |         |      |   | 0  | 4    |           |
| KN     | ルシヤ    | —     | —         | 0       |         |      |   | 0  | 2    |           |
| 04B11  | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 3       |         | 1    | 1 | 7  | 8    |           |
| 08B14  | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 3       |         | 2    |   | 6  | 9    |           |
| 09B06  | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 5       | 2       |      | 2 | 6  | 9    |           |
| 11B02  | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 3       |         | 2    |   | 4  | 8    |           |
| VL     | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 2       |         |      | 1 | 4  | 9    |           |
| 16SS03 | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 4       |         | 3    |   | 9  | 8    |           |
| 15B04  | 岩尾別・幌別 | 4     | —         | 1       |         |      |   | 1  | 1    |           |
| 17SS01 | 岩尾別・幌別 | 6     | —         | 2       | 1       |      |   | 3  | 4    |           |
| CA     | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 0       |         |      |   | 0  | 1    |           |
| YN     | 岩尾別・幌別 | 6     | 6         | 1       |         |      |   | 2  | 4    |           |
| 15B14  | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 1       |         |      |   | 1  | 3    |           |
| 18SH02 | 岩尾別・幌別 | —     | —         | 0       |         |      |   | 0  | 1    |           |
| 18SH03 | 岩尾別・幌別 | 4     | —         | 1       |         |      |   | 1  | 1    |           |
| 観察個体数  |        | 平均初産齢 | 平均初繁殖成功年齢 | 平均繁殖間隔  | 平均産子数   | 繁殖率  |   |    |      |           |
| 34     |        | 5.3   | 6.8       | 2.4～2.6 | 1.78    | 0.64 |   |    |      |           |

#### 4-3-2. 生存率

生存率の算出には、ルシヤ地区で2007年から2020年にかけて出生した個体113頭と、幌別・岩尾別地区で2013年から2020年にかけて出生した個体33頭、計146頭（雌58頭、雄50頭、性別不明38頭）を対象とし、Kaplan-Meier法<sup>8)</sup>を用いて行った。人為的な死亡を除くと、雌雄併せた生存率は0～1歳の間で0.64、1～2歳の間で0.68であり、2歳以降の年間生存率は0.95を上回ることが明らかになった（表1.6）。出生から5年間生存する確率（5年間の累積生存率）は0.41であった。一方、人為的死亡（有害駆除及び狩猟による捕殺）を含めた生存率（1歳以上）について、雌雄ごとの生存率を算出し、表1.7に示した。雌については人為的死亡を除いた結果とあまり変わらず、出生から5年間の累積生存率は0.37であった。一方、雄では3～4歳の年間生存率が0.25であり、出生から5歳までの累積生存率は0.08と、人為的死亡を除いた結果より顕著に低下した。このことは、雄が3歳前後になると出生地を離れ分散する過程において市街地に接近し、駆除されることが主な要因として考えられた<sup>9)</sup>。このように、出生から2年間が子の生死を分ける時期であること、人為的死亡は雄に偏ってその生存率を低下させることが明らかになり、性別・年齢による生存率の詳細を明らかにできた。しかし人為的死亡については、子の出生地と人の居住地との近さや、母グマの人馴れ度により大きく影響を受けると考えられることから、本研究結果が知床半島全体の状況を反映するか否かについては、今後さらなる検討が必要である。

表 1.6 子の生存率（雌雄込み、駆除・狩猟による死亡を除く）

| 年齢   | 観察数 | 死亡数 | 年間生存率 | 累積生存率 |
|------|-----|-----|-------|-------|
| 0～1歳 | 140 | 51  | 0.64  | 0.64  |
| 1～2歳 | 77  | 25  | 0.68  | 0.43  |
| 2～3歳 | 35  | 0   | 1.00  | 0.43  |
| 3～4歳 | 24  | 0   | 1.00  | 0.43  |
| 4～5歳 | 19  | 1   | 0.95  | 0.41  |

表 1.7 子の生存率（雌雄別、駆除・狩猟による死亡を含む）

| 年齢   | 雌                  |                    | 雄                  |                    |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|      | 年間生存率              | 累積生存率              | 年間生存率              | 累積生存率              |
| 0～1歳 | 0.64 <sup>1)</sup> | 0.64 <sup>1)</sup> | 0.64 <sup>1)</sup> | 0.64 <sup>1)</sup> |
| 1～2歳 | 0.68               | 0.43               | 0.67               | 0.42               |
| 2～3歳 | 1.00               | 0.43               | 0.71               | 0.30               |
| 3～4歳 | 0.95               | 0.41               | 0.25               | 0.08               |
| 4～5歳 | 0.89               | 0.37               | 1.00               | 0.08               |

1) 0～1歳のデータは雌雄込み、駆除・狩猟による死亡を除く

#### 4-4. ヒグマ個体群モニタリングに関する提言

本研究によって知床半島のヒグマ個体群は、世界でも有数の高い生息密度、高い繁殖ポテンシャルを有することが明らかになった。狭い範囲に高密度でヒグマが存在することにより、時として大量出没が生じるとともに、その後短期間での個体数の回復を可能とさせていると考えられる。また近年では、人に馴れた個体が国立公園内で増加し、公園内外の人間との軋轢の原因となっていることから、引き続き個体数の動向を注意深くモニタリングしていく必要がある。その手法として、自動撮影カメラによるヒグマ撮影数を個体数指標として利用できることが本研究より示された。自動撮影カメラの利用は、大規模なDNA調査に比べると安価に継続した指標を得ることを可能にさせる一方で、機材の確保やデータ回収のための見回り、映像の解析に膨大なコストと労力が必要とされる。また、DNA情報が得られないために個体識別が難しいなど、コストの割に得られる情報量が少ないという欠点がある。このため実施にあたっては、毎年継続して自動撮影カメラを用いたモニタリングを行う場合にかかる費用と、ヘアトラップ調査など大規模な個体数推定調査を間隔を空けて実施した場合にかかる費用との比較を行い、それぞれの費用対効果について十分に検討を行った上で、手法を選択する必要がある。また本研究により、死亡個体の確実な回収や、ヒグマ出没対応時に発見した糞などから得られるDNA情報の蓄積が、新規個体数推定法を活用する上で必要であるとともに、年齢構成など詳細な個体群情報を得るために非常に有用であることが示された。DNA情報の利用は個体群動向の把握のみならず、農作物・家畜被害、あるいは人身事故などが生じた際に問題個体を特定する手法として、ヒグマ管理上欠かすことのできないツールとなっている。このため今後、知床半島ないしは他地域のヒグマ個体群の動向モニタリングを行うためには、捕殺個体の確実な回収とDNA解析を行う体制を速やかに確立することが必要不可欠である。個体群の動向をモニタリングする上で最も効果的なやり方としては、捕殺個体と野外（ヒグマ出没現場など）で収集したDNA試料の解析を毎年実施しDNA情報を蓄積しつつ、定期的に（5年に1度が望ましい）、本研究で行ったような大規模なDNA調査により個体数推定を実施することである。

#### 5. 研究目標の達成状況

第一の目標である「新規個体数推定法を開発し、精度の高い個体数推定を行うこと」については、空間明示標識再捕獲法とタグ・リカバリー法を統合した空間明示型標識・再捕獲・死亡回収モデルを構築し、体毛、糞および捕獲個体から得た試料を用いたDNA個体識別結果に基づき、2019年および2020年の2年間にわたり、知床半島内の個体数を高い精度で推定することができた。また、同じデータセットを用い、異なるアプローチにより算出した2019年時点の最低生息数からも、本調査により知床半島に生息する大部分のヒグマを識別したことが示唆され、信頼性の高い研究結果が得られたことが裏付けられた。「第2期知床半島ヒグマ管理計画」には、本推定値をもとに算出した捕獲上限数が記載され、環境政策に直接的に貢献することができたことから、目標を確実に達成することができたと言える。また、生息個体数のみならず、繁殖個体数や成獣個体数といった個体群の年齢構成に関する知見を得られたことは、研究開始時の目標を上回る成果である。加えて、人為的捕殺率とその空間分布、知床半島内のヒグマ個体群の空間構造とそれに影響を与える要因について明らかにすることができたことは、今後のヒグマ管理の在り方に大きく寄与することと期待できる。さらに、目標として掲げた「調査マニュアルの作成」においては、試料の収集や解析法の詳細について記載した38ページにわたる資料を作成し、HPにおける一般への公開、関連する調査研究機関等へ電子試料の配付を行い、当初の目標を十分に達成した。作成したマニュアルは、今後同地区あるいは他地域で体毛や糞由来のDNA情報を元にした調査研究を実施する際に有益な情報を提供するものとして、北海道ならびに全国のクマ類に関する調査研究手法及びクマ類の保全管理手法の向上に貢献すると考えられる。

第二の目標である、「本研究終了後も低コストで個体群の動向把握が可能な個体数指標を提案すること」については、自動撮影カメラによるヒグマ撮影頻度が個体数の動向を把握する上で有用な指標となりうることを示し、より低い労力と低いコストで個体数動向のモニタリングを継続実施できる可能性を示したことから、当初の目標を達成することができた。実際の運用にあたっては、費用対効果を十分に検討する必要があるが、必ずしもヘアトラップ等の大規模な調査に因らずとも個体数の動向を把握できる可能性を示したことは、個体群のモニタリングに関し、目的と予算規模に応じた手法を選択する上で十分な貢献を果たしたといえる。

第三の目標である、「知床半島のヒグマの繁殖指標や年齢・性別毎の生存率など個体群特性を明らかにすること」については、既に報告済みの繁殖指標（産子数、出産間隔など）<sup>1)</sup> について、複数の調査対象地（ルシヤ地区及び幌別・岩尾別地区）から得たデータを含めアップデートを行ったことにより、より詳細な知見を得た。さらに、これまで十分に明らかにされてこなかった、初産年齢や性別・年齢別の生存率について、本研究により十分な例数をもって値を算出することができたことから、目標を十分に達成したと言える。こうして得た繁殖指標については、コンピューターを用いて個体群動態をシミュレーションする上で必須となるものであり、個体数の推移を予測する上で大きく貢献するものである。

## 6. 引用文献

- 1) Shimozuru M, Yamanaka M, Nakanishi M, Moriwaki J, Mori F, Tsujino M, Shirane Y, Ishinazaka T, Kasai S, Nose T, Masuda Y, Tsubota T. Reproductive parameters and cub survival of brown bears in the Rurua area of the Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan. *PLoS ONE*. 12(4):e0176251. 2017
- 2) Paetkau D, Calvert W, Stirling I, Strobeck C. Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears. *Molecular Ecology*. 4(3):347-54. 1995
- 3) Taberlet P, Camarra JJ, Griffin S, Uhres E, Hanotte O, Waits LP, et al. Noninvasive genetic tracking of the endangered Pyrenean brown bear population. *Molecular Ecology*. 6(9):869-76. 1997
- 4) Shirane Y, Shimozuru M, Yamanaka M, Tsuruga H, Hirano S, Nagano N, Moriwaki J, Nakanishi M, Ishinazaka T, Nose T, Kasai S, Shirayanagi M, Masuda Y, Fujimoto Y, Osada M, Akaishi M, Mano T, Masuda R, Sashika M, Tsubota T. Sex-biased natal dispersal in Hokkaido brown bears revealed through mitochondrial DNA analysis. *European Journal of Wildlife Research*. 64:65. 2018

- 5) Hirata D, Mano T, Abramov AV, Baryshnikov GF, Kosintsev PA, Murata K, Masuda R. Paternal phylogeographic structure of the brown bear (*Ursus arctos*) in northern Asia and the effect of male-mediated gene flow to insular populations. *Zoological Letters*. 3:21. 2017
- 6) Shirane Y, Shimozuru M, Yamanaka M, Tsuruga H, Nakanishi M, Ishinazaka T, Nose T, Kasai S, Shirayanagi M, Masuda Y, Fujimoto Y, Mano T, Sashika M, Tsubota T. Sex-biased dispersal and inbreeding avoidance in Hokkaido brown bears. *Journal of Mammalogy*. 100:1317-1326. 2019
- 7) Jimbo M, Matsumoto N, Sakamoto H, Yanagawa Y, Torii Y, Yamanaka M, Ishinazaka T, Shirane Y, Sashika M, Tsubota T, Shimozuru M. Hair growth in brown bears and its application to ecological studies on wild bears. *Mammal Study*. 45:337-345. 2020
- 8) Pollock KH, Winterstein SR, Bunck CM, Curtis PD. Survival analysis in telemetry studies: The staggered entry design. *Journal of Wildlife Management*. 53(1):7-15. 1989.
- 9) Shimozuru M, Shirane Y, Yamanaka M, Nakanishi M, Ishinazaka T, Kasai S, Nose T, Shirayanagi M, Jimbo M, Tsuruga H, Mano T, Tsubota T. Maternal human habituation enhances sons' risk of human-caused mortality in a large carnivore, brown bears. *Scientific Reports*. 10:16498. 2020

## II-2 海と陸の物質循環に寄与するヒグマとサケ・マス類〜ヒグマ大量出没の要因解明

公益財団法人知床財団

|             |              |
|-------------|--------------|
| 保護管理部 主任研究員 | 石名坂 豪        |
| 保全研究係 研究員   | 梅村佳寛（令和2年度〜） |
| 保全研究係 研究員   | 雨谷教弘（令和3年度〜） |
| 保全研究係 研究員   | 能勢 峰（令和元年度）  |
| 特別研究員       | 山中 正実        |

国立大学法人北海道大学

大学院獣医学研究院 准教授 下鶴 倫人

<研究協力者>

国立大学法人北海道大学

|              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| 大学院獣医学院 博士課程 | 白根ゆり（現在 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所） |
| 大学院獣医学院 博士課程 | 神保美渚                              |

### 【要旨】

知床半島では、世界自然遺産地域周辺の住宅地や農地等にヒグマが大量出没する事態が、2012年と2015年に発生した。両年は例年と異なり8月に出没が多く、削瘦したヒグマが目立ち、餓死したものまで認められたことから、食物供給の端境期に当たりヒグマが貧栄養状態になりやすい晩夏期の食物不足が、大量出没の一因になったと考えられている。本研究は、知床半島におけるヒグマの大量出没とヒグマの食性の年次変動及びサケ・マス類などの食物資源との関係を明らかにすることを目的として、ヒグマの食性の地域性、季節変化及び年次変動を、糞内容分析、体毛の安定同位体比分析及び食物の資源量分析の3つの手法を用いて調べた。

本研究では、ヒグマの各食物資源に対するアクセスの容易さによって、便宜的に知床半島を東西南北に6地区に区分して検討を行った。2019〜2020年に全地区で収集したヒグマ糞の内容物を分析した結果、晩夏の食性には明瞭な地域差が認められた。西側中央部以先ではサクラ属核果とハイマツ球果、西側基部では農作物、東側では草本を主に利用していた。また、サケ科魚類が利用されていたのは東西の半島先端部だけであった。2012〜2020年に西側先端部地区内のルシャ地区で収集した糞を分析した結果、2012・2015年には晩夏におけるサケ科魚類とハイマツ球果の採食量が少なく、2015年は秋期のミズナラ堅果の採食量も少なかった。

2010〜2020年に半島内で捕獲されたヒグマから収集した体毛の安定同位体比分析の結果、地域、性別、年齢による食性の差異が認められた。海産動物（サケ科魚類）の利用は半島先端部で多く、高山植物（ハイマツ球果）の利用は特に東側中央部で多かった。一方、2019〜2020年にヘアトラップで採取したヒグマ成獣メスの体毛についても同様に分析した結果、高山植物（ハイマツ球果）の利用は半島全域で認められた。

ヒグマの主要な食物の資源量調査は、サケ科魚類（主にカラフトマス）、ミズナラ堅果及びハイマツ球果を対象に実施した。ヒグマの大量出没年は、カラフトマスの遡上開始日の遅れまたは遡上数の減少、ミズナラ堅果やハイマツ球果の凶作が認められた年と一致していた。また、ヒグマの主要食物の資源量とヒグマによる利用との応答関係を一般化線形モデルにより解析した結果、サケ科魚類の遡上数、ミズナラ堅果の結実数、ハイマツ球果（2年目の成熟果）の結実数のいずれにおいても、資源量が多い年・地区ほどヒグマによって多く利用されていた。

以上の複数の手法により、ヒグマの大量出没年であった2012年と2015年には、晩夏〜秋に複数の主要食物が同時に不足していたことが確認され、ヒグマの行動に大きな影響を及ぼしたことが示唆された。特にカラフトマスやハイマツ球果については、その豊凶を1〜2年前に予測することが可能であり、ヒグマ大量出没の事前予測の可能性が示された。知床半島において長期間にわたって収集されてきたヒグマの糞や体毛サンプル、あるいは食物資源の豊凶データを本研究に活用できたことも鑑み、本サブテーマは計画以上の進展があったと評価できる。

## 1. 研究開発目的

知床世界自然遺産地域の生物多様性を保全し、遺産価値を維持向上させるために、地域住民の生活圏へのヒグマの大量出没と、知床半島に生息するヒグマの食性の年次変動及びサケ・マス類などの食物資源との関係を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究目標

サブテーマ2では、ヒグマの糞及び体毛試料を収集、糞内容分析及び安定同位体比分析により知床半島のヒグマの食性の地域性、季節変化及び年次変化を明らかにする。特に貧栄養状態になっている夏期と冬眠前の秋期の食物メニューの年変動を検討する。また、主要な食物であるサケ科魚類（カラフトマスを含む）の遡上時期と遡上数、さらに堅果類の豊凶など主要な食物資源の利用可能量を把握し、ヒグマの人為死亡発生数との関係を明らかにした上で、大量出没の発生要因を推定する。

## 3. 研究開発内容

知床半島に生息するヒグマの食性の地域性、季節変化及び年次変動を、複数の手法を用いて分析した。本研究では、ヒグマの各食物資源に対するアクセスの容易さによって、知床半島を便宜的に6つの地区（西側：先端部A・中央部B・基部C、東側：先端部D・中央部E・基部F）に区分した（図2.1）。また、6月1日～7月31日を初夏、8月1日～9月15日を晩夏、9月16日～10月31日を秋と定義した。

### 3-1. 糞内容分析による食性の地域性及び季節変化、年次変動の解明

#### 3-1-1. 知床半島全域における糞の収集

2019～2020年の6～10月に知床半島全域で調査を実施した。2019年に林道21本、2020年に同22本（図2.1）を2週間に1回の頻度で巡回し、ヒグマ糞を採取した。また、斜里町及び羅臼町の国立公園内、住宅地及び農地周辺において、知床財団職員がヒグマ出没対応を実施した際に発見したヒグマ糞も採取した。さらに、上記の林道や出没対応実施エリアでは網羅できない地域において、海岸線や登山道及び沢沿いなどの12ルート（図2.1）を各年に1～7回踏査し、発見したヒグマ糞を採取した。糞の発見時には、表面の色やツヤ、乾燥の程度や形の崩れ方から排泄日を推定して記録した。また、糞を崩して内容物を識別し、各食物種の容量割合（vFV）を目視で推定して記録したほか、GPS機器を用いて採取地点の経緯度を記録した。その後、糞を持ち帰り-20℃で保存した。

#### 3-1-2. 知床半島先端部ルシャ地区における長期的な糞の収集

知床半島先端部ルシャ地区（図2.1）において、2012～2018年に北海道大学、斜里町立知床博物館及び知床財団が共同で収集し、記録及び冷凍保存していた糞を使用するとともに、2019～2020年にも同様の調査を継続した。知床大橋からルシャ地区海岸部に至る約9kmの林道と、ルシャ地区内の約3kmの林道及びその周辺の海岸線や林内において、2週間に1回の頻度で1～5日間の調査を行い、発見した糞を採取した。糞の発見時には、前述のように推定排泄日及びvFVを記録した。さらに、2013～2020年には糞を持ち帰り-20℃で保存した。

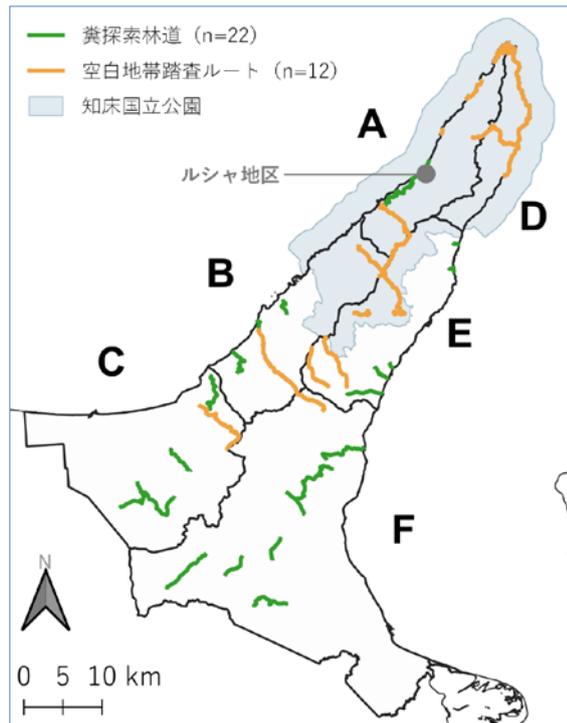


図2.1 ヒグマによる食物資源へのアクセスの容易さによって区分した6つのエリア (A～F) .

表2.1 推定採食量割合を算出するために使用した補正係数 (CF<sub>D</sub>) .

| 食物種         | CF <sub>D</sub> | 引用文献                                                                                                        |
|-------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 草本          | 0.26            | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup> ; Dahle et al. 1998 <sup>3)</sup> ; Persson et al. 2001 <sup>4)</sup> |
| ハイマツ球果      | 1.54            | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup>                                                                       |
| サクラ属核果      | 1.93            | Bojarska and Selva 2013 <sup>5)</sup>                                                                       |
| スノキ属漿果      | 0.54            | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup>                                                                       |
| その他の漿果      | 0.93            | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup>                                                                       |
| ミズナラ堅果・ナッツ類 | 1.54            | ハイマツ球果と同じ値を使用                                                                                               |
| 農作物         | 0.26            | 草本と同じ値を使用                                                                                                   |
| 有蹄類         | 1.75            | Persson et al. 2001 <sup>4)</sup>                                                                           |
| 大型哺乳類       | 2.00            | Persson et al. 2001 <sup>4)</sup>                                                                           |
| サケ科魚類       | 40.80           | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup>                                                                       |
| 昆虫          | 1.10            | Hewitt and Robbins 1996 <sup>2)</sup>                                                                       |
| キノコ類        | 0.26            | Stenset et al. 2016 <sup>6)</sup>                                                                           |
| 鳥類          | 1.50            | Dahle et al. 1998 <sup>3)</sup> ; Persson et al. 2001 <sup>4)</sup>                                         |
| 貝類          | 1.10            | 昆虫と同じ値を使用                                                                                                   |
| ヨコエビ        | 1.10            | 昆虫と同じ値を使用                                                                                                   |

### 3-1-3. ポイントフレーム法を用いた糞内容分析

ポイントフレーム法 (Sato et al. 2000)<sup>1)</sup>を用いて糞に含まれる各食物種の容量割合を推定した。糞を1mmメッシュのシーブ (ふるい) に出して水洗し、シーブに残った食物片30~70gを1辺1cmの格子を描いたバットに広げて水を張った。これらの食物種を肉眼で識別し、食物片が被った格子の交点の数を種ごとにカウントした。含まれるすべての食物種の合計カウント数が200点以上であるサンプルのみを採用した。ただし、魚類は消化率が高く、魚類を含む糞は水洗により大部分が流出するため、カウントが200点未満であっても回収した糞の重量が50g以上あれば採用した。その後、以下の計算式によって各食物種の占有率を算出した。

$$\text{占有率}_{ij} (\%) = \frac{\text{糞}j\text{における食物種}i\text{が被った交点の数}}{\text{糞}j\text{における全食物種が被った交点の総数}} \times 100$$

さらに、食物種による消化吸収率の違いを考慮した補正係数 (CF<sub>D</sub>、表2.1<sup>2-6)</sup>) を乗ずることで容量割合を補正し、推定採食量割合 (EDC、Estimated dietary content) を算出した。

$$\text{補正容量割合}_{ij} = \text{糞}j\text{における食物種}i\text{の容量割合} \times \text{食物種}i\text{の補正係数CF}_D$$

$$\text{推定採食量割合}_{ij} (\%) = \frac{\text{糞}j\text{における食物種}i\text{の補正容量割合}}{\text{糞}j\text{における全食物種の補正容量割合の合計}} \times 100$$

また、vFVとEDCの値を比較した結果から、草本・サクラ属核果・漿果・ミズナラ堅果・ハイマツ球果・魚類・昆虫の7カテゴリーについては、補正係数 (それぞれ0.90、0.80、0.84、0.92、1.20、1.13、1.00) を用いてvFVをEDCに近似できることが示された。そのため、2012年にルシャ地区で得られたvFVを補正してEDCを算出し、年次変動の解析に使用した。

## 3-2. 体毛の安定同位体比分析による食性の地域性及び個体差の解明

### 3-2-1. 体毛伸長様式の解明

体毛安定同位体比が反映する食性履歴の期間を把握するため、ヒグマの体毛伸長様式（伸長期間、伸長速度、換毛期間、及び毛周期に関連した毛球の形態変化）について検討した。のぼりべつクマ牧場（北海道登別市）の飼育個体（成獣メス4頭）を対象に、2019年4月から11月まで月一回の頻度で体毛伸長を観察した。さらに、同期間に知床半島にて捕獲された野生ヒグマから毛皮を採取し（ $n=45$ ）、捕獲日に応じた体毛伸長を記録した。

### 3-2-2. 体毛の収集及び安定同位体比分析

2010～2020年に知床半島で捕獲されたヒグマから体毛を採取した（図2.2）。捕獲方法は有害捕獲（銃猟駆除と一部箱わな駆除）、学術研究のための生体捕獲（麻酔銃またはバレル型檻によるわな捕獲）、及び銃器による狩猟であった。各個体に関して、捕獲日、捕獲地点、年齢、性別を記録した。また、2019～20年に半島全域に設置した立木型ヘアトラップ（サブテーマ1に同じ）によって体毛を採取した。ヘアトラップと併用したカメラトラップの映像と、採取された体毛のDNA解析の結果から、4歳以上の成獣メスと判断された個体の体毛を分析に使用した。

安定同位体比分析には、一個体あたり10～30本の、毛根から先端まで切れていないガードヘア（保護毛：被毛の中で最も太く硬い毛）を使用した。毛根の形状（詳細は4-2-1参照）を記録した後、毛根部分を切除して分析に使用した。選別した体毛を蒸留水とFolch液（メタノール：クロロホルム = 1 : 2）で洗浄した後、乾燥・粉碎して均一な粉末となったものを試料とした。元素分析装置（Vario MICRO cube, エレメンター・ジャパン株式会社）を接続した同位体比質量分析計

（IsoPrime 100, Isoprime社）を用いて、炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）、窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）、及び硫黄安定同位体比（ $\delta^{34}\text{S}$ ）を測定した。半島内で採取した、ヒグマの代表的な食物種についても、体毛と同様に安定同位体比を測定した。その後、安定同位体比混合モデルのRパッケージIsoprime R (Hopkins and Ferguson 2012)<sup>7)</sup>を用いて、次の5つの食物カテゴリーの食性への寄与率を推定した；高山植物（ハイマツ球果等）、植物（草本、果実等）、デントコーン、陸棲動物（エゾシカ等）、海産動物（サケ科魚類等）。

捕獲個体から採取した体毛の安定同位体比分析の結果から、地域（6地区）、性別、年齢による食性の差異を検証した。ヘアトラップによって採取した体毛の安定同位体比の結果から、高山植物（ハイマツ球果）及び海産動物（サケ科魚類）の寄与率で重み付けしたカーネル密度推定により、各食物の利用をマッピングした。また、食性の年次変動についても検証した。

## 3-3. 食物資源量の年次変動パターンの解明

### 3-3-1. サケ科魚類の資源量調査

知床半島の河川に多数遡上し、ヒグマに主に利用されているサケ科魚類としては、カラフトマスとシロザケが知られている。その遡上時期はカラフトマスが8月中旬～10月中旬頃、シロザケは9月中旬以降であり、ヒグマが貧栄養状態の晩夏に遡上を開始し、遡上河川数、遡上区間の距離及び遡上量のいずれもシロザケを上回るカラフトマスを、本研究では主な対象とした。

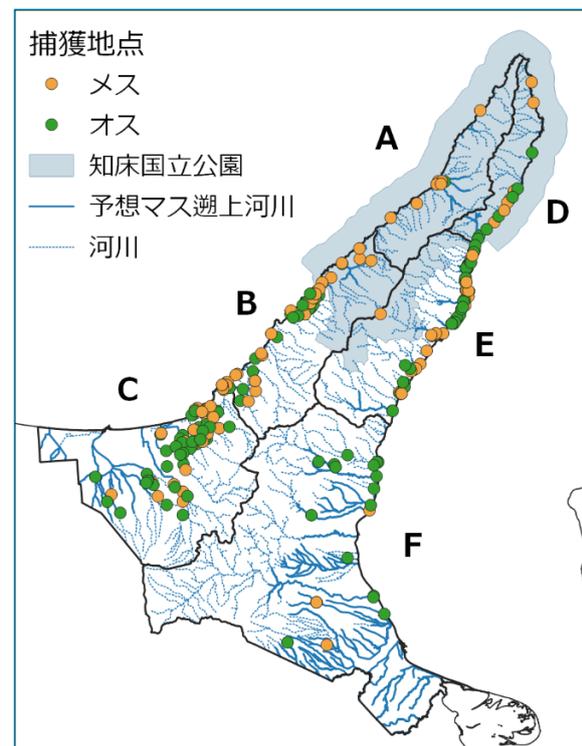


図2.2 安定同位体比分析用の体毛サンプルを2010-2020年に採取したヒグマの捕獲地点の分布。予想マス遡上河川はカラフトマスが通常年に遡上可能と推定される区間を示す。

半島西側先端部（A地区）のルシャ川及びテッパンベツ川、東側先端部（D地区）のルサ川では、カラフトマスの遡上数・遡上開始時期等に関する調査が、世界遺産管理に関わる行政機関（A地区：林野庁北海道森林管理局、D地区：北海道）によって2012、2013、2015、2017、2019及び2021年に実施されている（2013年からは隔年で実施）。これらの調査結果を行政事業報告書等より収集し、解析に使用した。また、行政事業調査の空白年である2020年については、A地区（ルシャ川とテッパンベツ川）において行政事業調査と同一の手法（後述）を用いて遡上数調査を実施した。

2020年の遡上数調査は、8月14日～10月20日に計16回実施した。各調査日には8時台から16時台までの間、2時間ごとに20分間（計5回/日）のカウントを各河川で実施し、事前に設定した調査ラインを横切るカラフトマスの遡上数、降下数及び実遡上数（遡上数-降下数）を記録した。さらに台形近似法（AUC法：横山ほか2010<sup>8)</sup>）により、推定遡上数を算出した。

また、半島中央部～基部（B～C及びE～F地区）においては、一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会及び（一社）根室管内さけ・ます増殖事業協会からデータを提供いただき、岩尾別、遠音別（B地区）、奥薬別（オクシベツ）、斜里（C地区）、サシルイ、羅臼、春苺古丹（E地区）、薫別（F地区）の各捕獲場・ふ化場における、カラフトマス及びシロザケの親魚の日別捕獲数を分析した。

### 3-3-2. ミズナラ堅果の資源量調査

2019～2021年の3年間は、半島の一部ではなく全域におけるミズナラ堅果の豊凶を把握するため、堅果が成熟する8月中旬～9月初旬にA～Fの全地区において豊凶調査を実施した。調査は、各地区で選定した調査木20本において、2人の調査者が独立して30秒間のカウントを各3回（計6回）実施する双眼鏡カウント法（正木・阿部 2008<sup>9)</sup>）によって行い、各地区におけるミズナラ堅果の結実数を算出した。

また、斜里町のイダシュベツ地区（A地区南部）と岩尾別地区（B地区北部）では、シードトラップ法を用いたミズナラ堅果の落下数と重量の調査が、林野庁北海道森林管理局知床森林生態系保全センター（以下、知床森林センター）により1989年から実施されている。同センターのHP上で公開されている調査結果データ（<https://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/siretoko/donguritop.html>）を解析に利用した。なお、同センターによる調査の対象木はA地区に10本、B地区に15本選定されており、調査木1本につき1.0m×1.0mのシードトラップが3つ（合計3.0㎡）設置されている。堅果の落下時期に当たる9～10月に堅果を毎週回収し、個数と重量を計測している。

### 3-3-3. ハイマツ球果の資源量調査

ハイマツは毎年幹や枝を伸長させ、年枝跡の周囲に球果の着き跡（球果痕）を残す。この球果痕を数えることによって、過去15～20年ほどの期間の年ごとの球果生産の増減傾向を知ることができる（中新田 1995<sup>10)</sup>）。この性質を利用し、2021年7～9月にルシャ（A地区）、羅臼平（B地区）、斜里岳（C地区）、知床沼（D地区）、遠音別岳（E地区）及び武佐岳（F地区）において、ハイマツの球果痕調査を実施した。各調査地でハイマツの主軸を30本選定し（ルシャは20本）、2001年以降の球果痕数を調べた。

### 3-3-4. 各食物資源とヒグマによる利用との関係

3-1-3で算出した推定採食量割合（EDC）を用いて、ヒグマの利用量を応答変数、各食物種の資源量を説明変数とし、一般化線形モデル（GLM）による解析（family=gaussian）を行った。

## 4. 結果及び考察

### 4-1. 糞内容分析による食性の地域性及び季節変化、年次変動の解明

#### 4-1-1. 食性の地域性

知床半島全域において、2019～2020年に合計1,059サンプル（A地区：459、B：152、C：75、D：112、E：100、F：161サンプル）のヒグマ糞を採取した。これらの内容物を分析した結果、利用する食物が地域によ

って異なる傾向が認められた（図2.3）。初夏には6つに区分した半島内のいずれの地区においても草本が大部分を占めていたが（EDC = 64.3～93.3%）、半島西側（A～C地区）では昆虫の割合が高く（14.0～18.0%）、西側先端部（A地区；ルシヤ地区を含む）ではサクラ属核果（5.4%）の割合も高かった。また、西側基部（C地区）では小麦やビートなどの農作物を利用していた（10.3%）。晩夏は地域差がより明瞭であり、A及びB地区ではサクラ属核果及びハイマツ球果、C地区では農作物、半島東側（D～F地区）では草本が主体であった。また、サケ科魚類の利用は主に半島先端部のA地区（19.2%）とD地区（5.6%）のみで認められた。秋にはすべての地区においてミズナラ堅果が主体（21.0～85.4%）であったが、B地区ではサクラ属核果の割合も晩夏に次いで高かった（16.5%）。また、サケ科魚類の利用は晩夏と同様に、半島先端部のA地区（7.9%）とD地区（21.0%）においてのみ認められた。

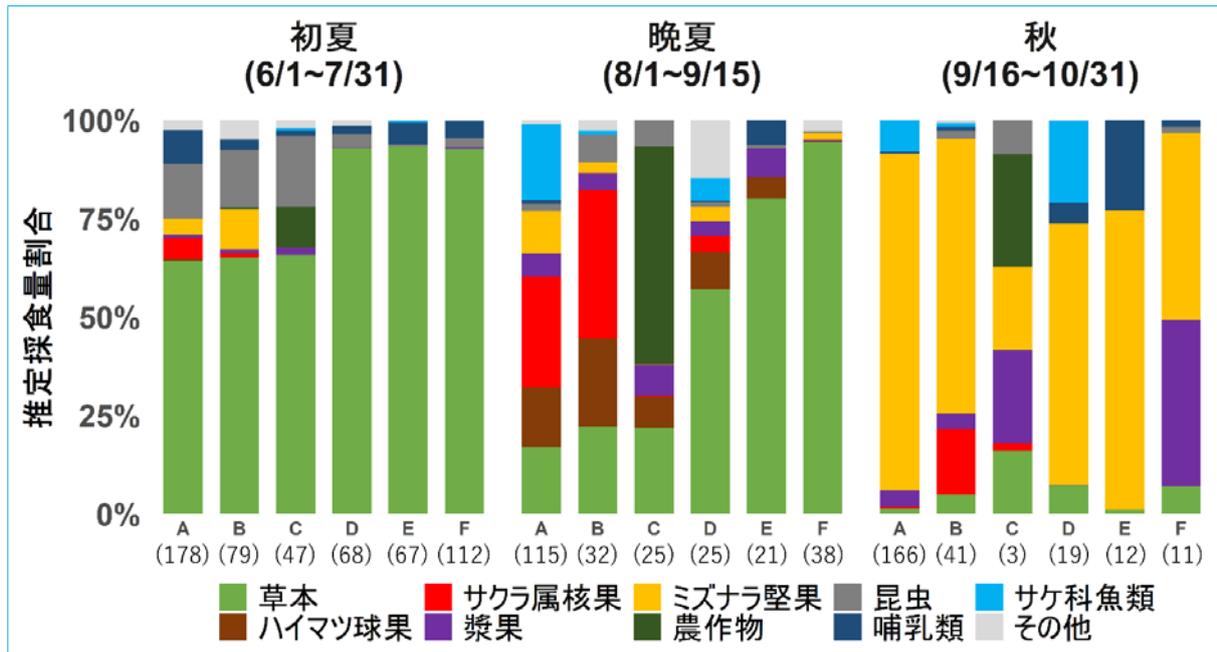


図2.3 知床半島全域における各季節、地区（図2.1参照）別のヒグマの食性（2019-2020年の平均）。括弧内はサンプル数を示す。

#### 4-1-2. 食性の季節変化

ルシヤ地区（A地区）において、2013～2020年に合計2,086サンプル（6月：287、7月：364、8月：535、9月：555、10月：345サンプル）のヒグマ糞を採取した。これらの内容物を分析した結果、知床半島に生息するヒグマの月ごとの詳細な食性が明らかとなった。6月は主に草本類を利用しており（71.2%）、エゾシカの利用も若干認められた（9.8%）。7月も主要な食物は草本であり（53.9%）、昆虫（アリ類等）の割合も高かった（23.3%）。8月に入ると草本（24.3%）と昆虫（9.3%）の利用割合は低下し、ハイマツ球果（32.9%）及びサケ科魚類（10.9%）の割合が上昇した。9月にはハイマツの割合が低下（6.3%）した一方で、サケ科魚類の利用割合はさらに高まり（39.4%）、ヤマブドウなどの漿果類（13.6%）やミズナラなどの堅果類（27.7%）の割合も高くなった。10月には堅果類の割合が最も高くなり（57.6%）、次いで漿果類（25.0%）とサケ科魚類（13.7%）が続いた。ヒグマの食性の季節変化は、北海道内の他地域でも既に報告されているが、知床半島に生息するヒグマの特徴として、8月に高山帯のハイマツ球果と海岸付近の低地のサケ科魚類を同時に高い割合で利用していることが、本研究で初めて定量的に示された。

#### 4-1-3. 食性の年次変動

2012年に、ルシャ地区において313サンプルの容量割合（vFV）を目視によって推定した。これを前述の補正係数を用いて補正し、2012～2020年における各年・季節のEDCを比較した結果、年によって各食物の採食量割合が変化していることが明らかとなった（図2.4）。初夏はどの年も草本が主体であった（44.1～72.7%）が、2013年はミズナラ堅果の割合が比較的高く（30.7%）、2019年はサクラ属核果の割合が高かった（15.2%）。晩夏は魚類（基本的にはサケ科魚類、大半がカラフトマス）の割合が2013・2016・2018・2020年に比較的高かった（24.2～39.8%）が、その他の年では低かった（2.4～16.9%）。また、ハイマツ球果の割合は2019年には著しく低く（1.9%）、2012年及び2015年にはまったく検出されなかった。これらのことから、2012年、2015年及び2019年には、ヒグマにとって晩夏の主要な食物であるサケ科魚類とハイマツ球果の利用が少なく、資源量が不足していたことが示唆された。ただし、2019年にはサクラ属核果の割合が48.7%と、他の年（0～22.8%）よりも突出して高く、ミズナラ堅果の割合も比較的高かった（18.1%）。一方、2012年及び2015年の晩夏には、サクラ属核果はほとんど検出されず、2015年は未熟な漿果（ヤマブドウ）の割合が他の年よりも高かったが（18.5%）、2012年にはこのような傾向も認められなかった。秋は、2012年から2018年にかけてサケ科魚類の占める割合が徐々に上昇していたが（10.1～52.1%）、2019年は4.5%と激減した。また、2012・2014・2019・2020年にはミズナラ堅果が大部分を占めていたが（67.9～89.6%）、2013・2015・2017・2018年はその割合が比較的低かった（22.5～34.3%）。

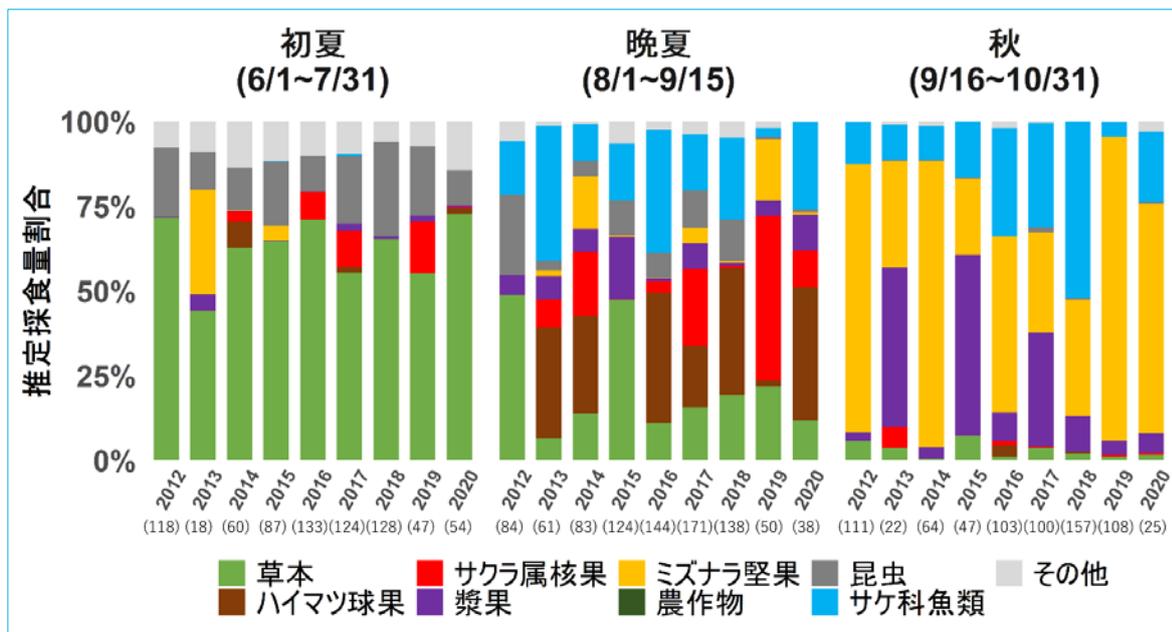


図2.4 ルシャ地区（半島西側先端部のA地区）における各季節・各年のヒグマの食性（2012-2020年）。括弧内はサンプル数を示す。

## 4-2. 体毛の安定同位体比分析による食性の地域性及び個体差の解明

### 4-2-1. ヒグマの体毛の伸長様式

飼育個体と野生個体で体毛の伸長期間や伸長速度は多少異なっていた。野生ヒグマのガードヘアは概ね5月末から9月末にかけて約0.7 mm/日の速度で伸長することが示された。そのため、体毛安定同位体比には5～9月にヒグマが採餌していた食物が反映されていると考えられた。また、毛球の形状は白い球状（WSタイプ）、黒い鉤状（BHタイプ）、白い鉤状（WHタイプ）の3タイプが存在しており、それぞれ毛周期における休止期、成長期、退行期に該当することが明らかとなった。換毛期間（概ね5月から9月末）には前年に伸長した古い体毛と当年に伸長途中の新しい体毛が混在しているが、毛球形状に着目することで前年の体毛（WSタイプ）と当年の体毛（BHもしくはWHタイプ）を見分けることが可能であることが示された。そのため以降の結果では、ヒグマが捕獲された年や年齢ではなく、採取した体毛が伸長した年や年齢に基づいて

記載した。

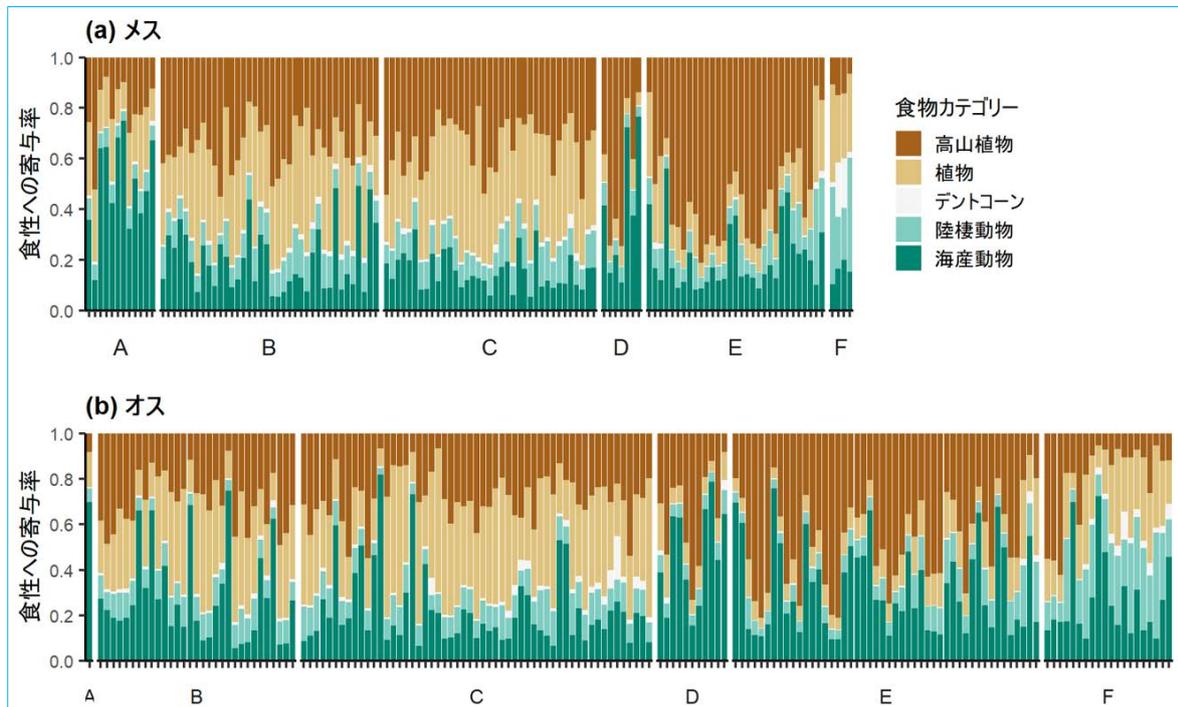


図2.5 体毛安定同位体比から推定された各食物カテゴリーの食性寄与率（個体別・地区別）。各地区の100%積み上げ棒グラフは1本が1個体を示す。

#### 4-2-2. 食性の地域性と個体差（捕獲個体の体毛安定同位体比分析）

知床半島全域において2010～2020年に捕獲されたヒグマのうち、295個体（メス129個体、オス166個体）を分析に使用した。捕獲エリアによる食性の差異（地域性）は、オスよりもメスの方で明瞭であった（図2.5）。先端部のA地区及びD地区で捕獲されたメスでは海産動物の寄与率が、西側のB及びC地区では植物の寄与率が、東側中央部のE地区では高山植物の寄与率がそれぞれ高かった。東側基部のF地区で捕獲されたメスのサンプル数は十分ではなかったものの、植物や陸棲動物の寄与率が比較的高い傾向が示された。当初の予想通り、海産動物（サケ科魚類）の利用は海岸部がほぼすべて知床国立公園に含まれているA地区とD地区に集中していた。オスでは各地区内における食性の個体差がメスよりも大きかったため、地区間の差（地域性）は不明瞭であった。メスでは海産動物の寄与率が高い個体は半島先端部（A及びD地区）に集中していたが、オスでは各地区において海産動物の寄与率が非常に高い個体が複数検出された。これは、メスと比べて広い行動圏をもつオスは地区を跨いで移動し、捕獲エリアと採食エリアが必ずしも一致しないためと推測される。

捕獲個体における高山植物及び海産動物の寄与率には、性及び年齢による差異が認められた。特にオスでは、高齢になるほど海産動物の寄与率が増加し、逆に高山植物の寄与率が低下する傾向が示された。メスではオスほど明確ではないものの、A地区及びE地区において同様の傾向が認められた。このことは、社会的に優位な個体ほど、高栄養の海産動物（サケ科魚類）を多く利用できていることを示唆している。すなわち高齢で体格の大きい個体は、河川でサケ科魚類を採食する際に有利な可能性がある。また、高齢になると高山植物利用から海産動物利用へと食性が変化することは、知床半島のヒグマ（特にオス）においては海産動物（サケ科魚類）の嗜好性が高いことを示唆するとともに、海産動物をあまり利用しない、あるいはできない個体にとっては、高山植物（ハイマツ球果）が代替食物として重要である可能性を示している。

なお、捕獲個体の体毛安定同位体比分析では、年による食性の差異は示されなかった。後述するように、ヒグマの食性には地域、性別、年齢などの要因が影響するため、サンプリングバイアスが生じやすい捕獲個

体対象の解析では、食性の年次変動を把握することは困難と考えられた。加えて、5月から9月に採食した食物の合計を反映する体毛安定同位体比分析では、サケ科魚類の遡上開始時期の遅れなど短い時間スケールの資源変動を捉えることはできないと推測される。

#### 4-2-3. 食性の地域性、年次差及び資源の分布場所からの距離との関係（ヘアトラップにより得られた体毛の安定同位体比分析）

2019～2020年に実施したヘアトラップにより50個体のヒグマ成獣メスから採取された体毛（換毛前のWSタイプ）、計62サンプル（2019年38サンプル、2020年24サンプル）を分析に供した。高山植物及び海産動物の寄与率で重み付けしたカーネル密度推定により食性の地域性をマッピングした結果、捕獲個体における傾向とは若干異なり、半島全域で高山植物（ハイマツ球果）を利用していることが示された（図2.6）。半島中央部では知床連山の、半島基部では海別岳等のハイマツ帯を利用していると考えられる。海産動物に関しては、捕獲個体の結果と同様に半島先端部に利用が集中していた。高山植物の寄与率は半島全域で2019年に伸長した体毛の方が2018年に伸長した体毛よりも有意に低かった。これは、2019年がハイマツ球果の凶作年であったことを示唆していると考えられた。

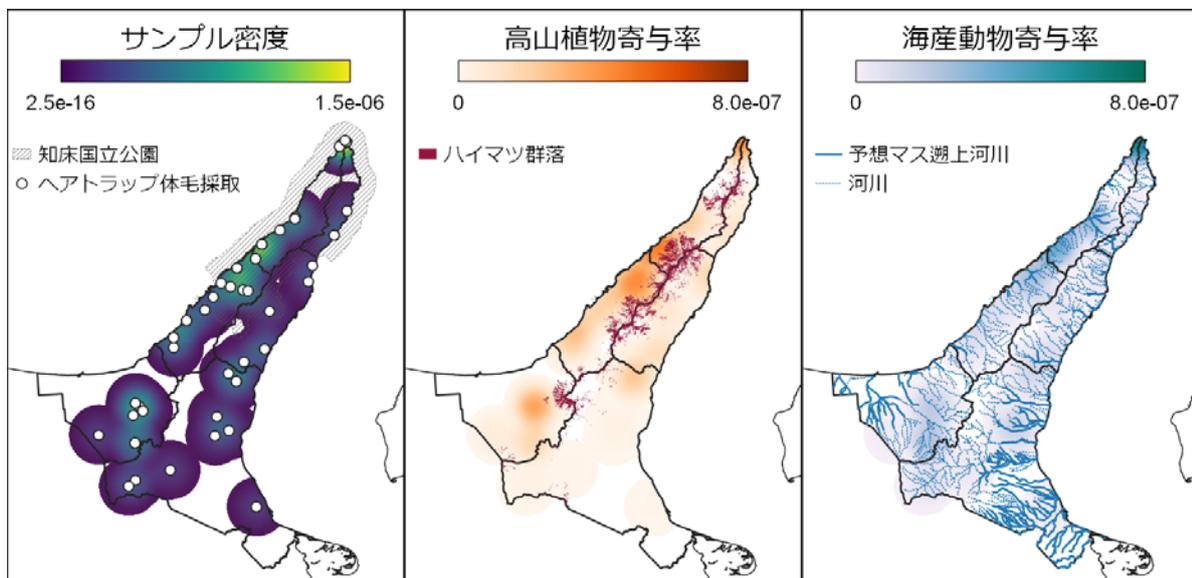


図2.6 高山植物寄与率及び海産動物寄与率で重み付けしたカーネル密度推定の結果。色が濃くなるほどサンプル数が多く、各食物の寄与率も高いことを示す。

### 4-3. 食物資源量の年次変動パターンの解明

#### 4-3-1. サケ科魚類資源量の年次変動

半島西側先端部（A地区）のルシャ川及びテッパンベツ川におけるカラフトマスの推定遡上数は、2013年と2020年が突出して多く、他の年の5～15倍程度であった（表2.2）。ヒグマの大量出沒年であった2012年と2015年のうち、2015年は遡上数の少ない不漁年に一致していた。2012年も沿岸における漁獲数データに基づけば不漁年であったが（佐橋 2022<sup>11)</sup>）、ルシャ川の遡上数は他の不漁年と比較して例外的に多かった。ただし遡上開始日は例年が8月中旬であるのに対し、2012年は9月初旬であり、2015年もほぼ同様の傾向で（図2.7）、利用可能な資源量の少なさに加えて遡上開始の遅れが、晩夏の貧栄養状態のヒグマの行動に大きな影響を与えた可能性が示唆された。半島中央部～基部の捕獲場・ふ化場におけるカラフトマス親魚捕獲数も、A地区の河川と同様に2012年、2015年、2017年及び2019年が不漁年であった。なお、カラフトマスはすべて満2歳で成熟し、すべての魚がふ化から2年目に回帰・産卵するため（宮本 2003<sup>12)</sup>）、その資源量は隔

年で連動することが多い。すなわち、不漁年の翌々年は再び不漁年となる可能性が高く、このことはヒグマ大量出没の発生予測に役立つと考えられた。

表2.2 ルシヤ川、テッパンベツ川及びルサ川におけるカラフトマスの推定遡上数.

| 年       | ルシヤ川 (A地区) |        | テッパンベツ川 (A地区) |        | ルサ川 (D地区) |        |       |
|---------|------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|-------|
|         | 推定遡上数      | 標準誤差   | 推定遡上数         | 標準誤差   | 推定遡上数     | 標準誤差   |       |
| H24     | 2012       | 19,905 | 2,885         | 3,369  | 570       | 147    | 46    |
| H25     | 2013       | 58,236 | 6,366         | 43,332 | 6,558     | 20,430 | 7,425 |
| H26     | 2014       | -      | -             | -      | -         | -      | -     |
| H27     | 2015       | 4,287  | 502           | 1,860  | 222       | 1,605  | 333   |
| H28     | 2016       | -      | -             | -      | -         | -      | -     |
| H29     | 2017       | 10,737 | 1,007         | 2,241  | 286       | 1,884  | 302   |
| H30     | 2018       | -      | -             | -      | -         | -      | -     |
| H31(R1) | 2019       | 11,838 | 2,047         | 8,052  | 1,481     | 660    | 145   |
| R2      | 2020       | 66,330 | 17,937        | 20,643 | 4,924     | -      | -     |
| R3      | 2021       | 10,686 | 2,346         | 5,232  | 1,292     | -      | -     |

※2020年のルシヤ川・テッパンベツ川のみ推進費調査（他の年は北海道森林管理局データを引用）.  
ルサ川は北海道データ.

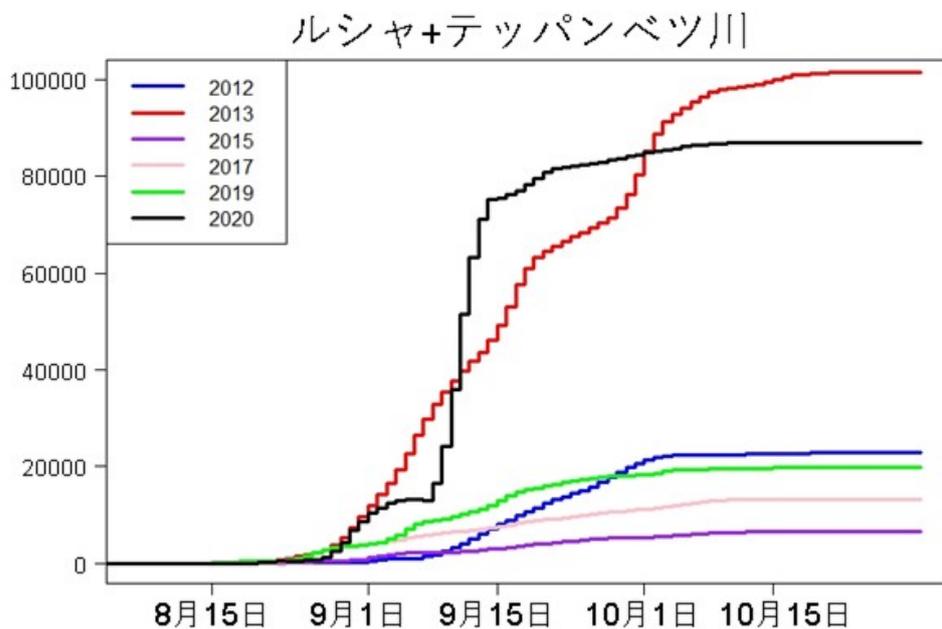


図2.7 半島西側先端部 (A地区) のルシヤ川及びテッパンベツ川におけるカラフトマスの遡上開始時期と累積遡上尾数 (北海道森林管理局データより作図) .

#### 4-3-2. ミズナラ堅果の資源量の年次変動

シードトラップ法の結実量調査の結果によれば、A地区南部及びB地区北部のミズナラ堅果は、ヒグマ大量出没年の2012年は並作、2015年は大凶作であった (図2.8)。2013年、2018年及び2020年も凶作であり、

2014年と2019年は大豊作であった。一方、半島全域における2019～2021年の双眼鏡カウント法の結果では、2019年はA～C及びF地区が豊作だった一方で、D～E地区における結実数は凶作レベルであり、他の年も地区による差が認められた（図2.9）。2021年は半島全域で凶作であった。以上より、同じ知床半島内でもヒグマにとって利用可能なミズナラ堅果の資源量に、年次変動のみならず同一年内の地域差も存在することが示唆された。

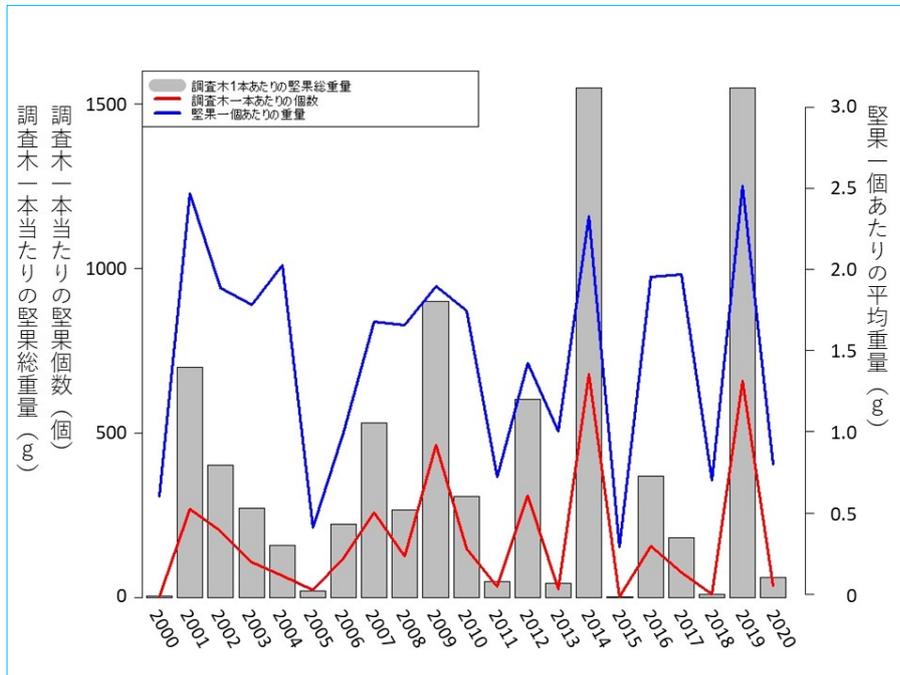


図2.8 半島西側先端部寄りのシードトラップ法調査地におけるミズナラ堅果の資源量の年次変動（林野庁北海道森林管理局の公開データより作図）。

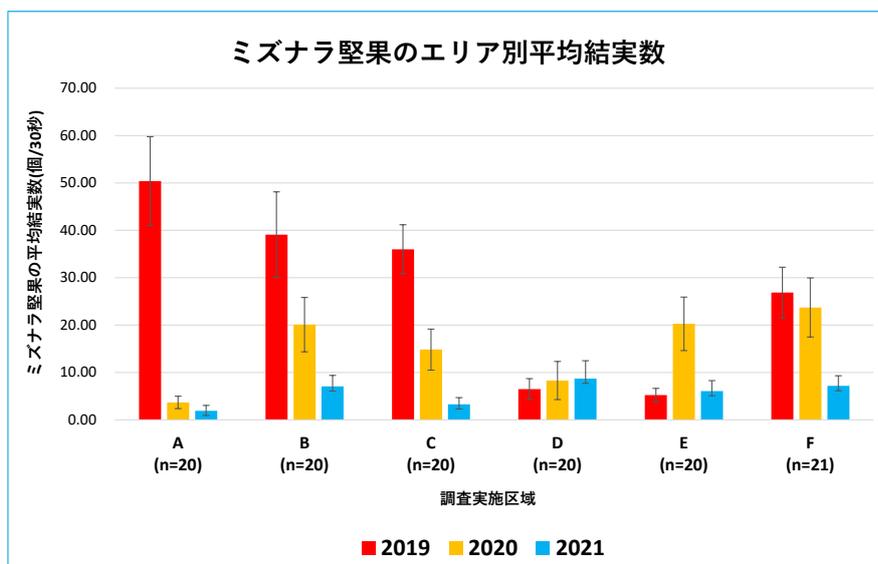


図2.9 半島内6地区における双眼鏡カウント法による2019-2021年のミズナラ堅果の結実数。

### 3. ハイマツ球果の資源量の年次変動

ハイマツ球果の結実数は半島全域で比較的同調していたため、一括したデータを示す（図2.10）。ヒグマ

大量出没年の2012年と2015年は、ハイマツ球果（2年目の成熟果）の凶作年と一致していた。また、2019年も全地区で凶作であった。

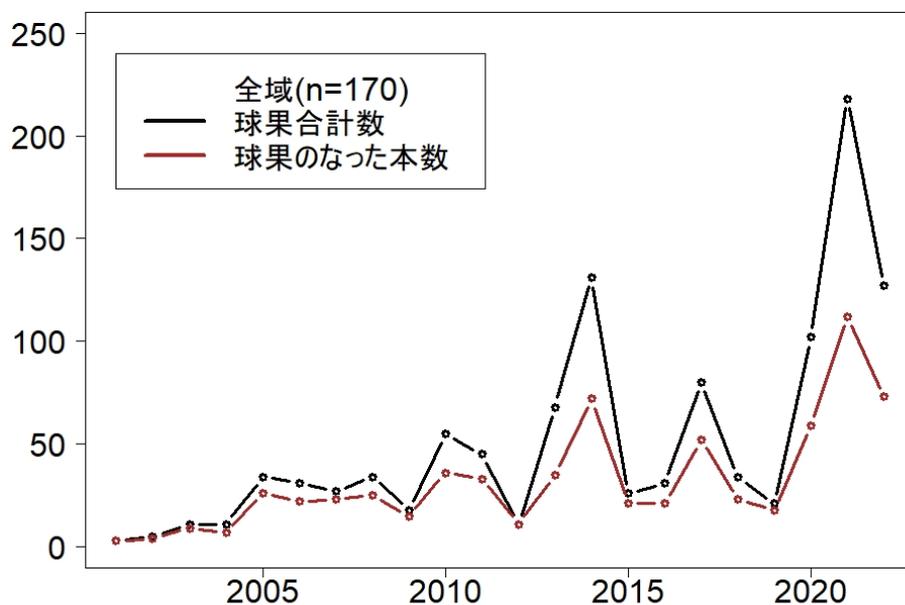


図2.10 ハイマツ球果（2年目の成熟果）の結実数の年次変動。

#### 4-3-4. 各食物の資源量の年次変動とヒグマによる利用との応答関係

サケ科魚類の資源量とヒグマの食性との応答関係について、ルシヤ川・テッパンベツ川のカラフトマス推定遡上数、岩尾別ふ化場のカラフトマス親魚捕獲数、同ふ化場のシロザケ親魚捕獲数の年次変動と、ルシヤ地区で収集されたヒグマ糞（2013～2020年）にサケ科魚類が含まれていた割合（推定採食量割合：EDC）の年次変動をGLM解析した結果、いずれも有意な正の関係があり（ $p < 0.01$ 、 $p < 0.0001$ 、 $p < 0.0001$ ）、サケ科魚類の遡上数が多い年ほど、ヒグマの利用も多いことが示された。

ミズナラ堅果については、ルシヤ地区（2013～2020年）のヒグマによる利用状況（EDC）と、知床森林センターによるシードトラップ法の調査結果（図2.8）との間に有意な正の関係があり（ $p < 0.0001$ ）、ミズナラ堅果の結実数が多い年ほど、ヒグマによる食物としての利用も多く確認された。

また、ハイマツ球果の資源量との応答関係については、ルシヤ地区（2013～2020年）のヒグマによる利用状況（EDC）の年次変動と、ハイマツ球果の豊凶との間に有意な正の関係があり（ $p < 0.0001$ ）、ハイマツ球果（2年果）の結実数が多い年ほど、ヒグマも多く利用していることが確認された。

#### 4-3-5. 食物資源量の地域差とヒグマの利用との応答関係

各地区の河川におけるサケ科魚類の遡上数（または親魚捕獲数）とヒグマによる利用（2019年と2020年の糞におけるEDC）との間には有意な正の関係があり（ $p < 0.0001$ ）、ヒグマによるサケ科魚類の利用は、遡上数が多い地区ほど多かった。

ミズナラ堅果については、地区別平均結実数（図2.9）とヒグマによる利用（2019-2020年の糞におけるEDC）との間に有意な正の関係があり（ $p < 0.0001$ ）、半島内の地区別の豊凶にもヒグマの利用が応答していることが示された。なお、豊作年の翌年には、前年のミズナラ堅果がまだ地面に残っており、春～初夏にヒグマが採食している状況が目撃されるため、解析には8月1日以降の糞データを使用した。2021年のミズナ

ラ堅果結実数は、前述のように半島全域で凶作との結果が得られたが（図2.9）、調査対象木以外では局所的（特に高標高域）に結実数の多い木も認められた。2021年は4-5月のミズナラの開花中に暴風雨があり、ミズナラの若葉が大量に落葉した地域も認められたことから、地形等によってこの強風を免れた場所では結実が良く、ヒグマがミズナラ堅果を集中的に利用できた可能性がある。

ハイマツ球果については、B~Fの各地区におけるハイマツ球果の豊凶と同一地区内におけるヒグマのハイマツ利用との間には応答関係が認められなかった（ $p = 0.953$ ）。前述のように半島西側先端部（A地区：ルシャ地区）ではハイマツの豊凶とヒグマによる利用が明確に対応していたが、その理由としては、球果痕調査を実施したハイマツ帯とヒグマ糞を収集した林道との地理的距離が、他の地区と比較して近かった影響が考えられる。2020年には、ヒグマ糞試料の収集場所とハイマツ帯との距離が比較的離れているC地区やE地区でもハイマツを含む糞が発見された。地区（山域）ごとの豊凶は完全には一致していなかったが、2012年、2015年及び2019年は全地区において凶作年であり、2020年は豊作年であったことから、豊作年にはより広域に生息する多くの個体によってハイマツ球果が利用されていると考えられる。

#### 4-4. 総合考察

##### 4-4-1. 知床半島のヒグマの食性について

知床半島のヒグマは、季節や地区に応じて草本、昆虫（アリ等）、エゾシカ、サクラ属核果、ハイマツ球果、農作物（小麦・ビート等）、サケ科魚類、ミズナラ堅果、漿果（ヤマブドウ・サルナシ等）など、多種多様な食物を利用していることが改めて本研究で明らかになった。晩夏のヒグマの主な食物は、地域差はあるがハイマツ球果、サケ科魚類、サクラ属核果であり、農作物の利用は半島西側（斜里側）基部に限定されていた。晩夏に高山帯のハイマツ球果と海岸付近の低地のサケ科魚類を同時に高い割合で利用していることが、高山帯と海岸の距離が近い知床半島に生息するヒグマの特徴である。ただし、サケ科魚類の利用は半島の東西問わず、海岸付近における人間活動の影響が比較的少ない半島先端部のヒグマで多く認められた。また、特にオスでは加齢とともにハイマツ（高山植物）の利用割合が低下し、サケ科魚類（海産動物）の利用が増加していた。すなわち半島先端部の世界遺産地域内のヒグマ、かつ成獣ほど、晩夏のサケ科魚類（特にカラフトマス）への依存度が高い可能性がある。このことが、後述する2012年型の大量出沒と関連したと推測される。また半島全域、特に西側において、秋はミズナラ堅果への依存度が高いことが示唆された。

##### 4-4-2. ヒグマ大量出沒の発生要因及び地域性について

知床半島においては2012年と2015年にヒグマの大量出沒・大量捕殺が発生した。これらの年のヒグマの目撃件数は例年の約2倍、有害捕獲や狩猟による人為死亡数は例年の約3倍で、捕殺数のピークが例年どおりの7月ではなく8月以降にずれ、さらに通常は少ないメス成獣の捕殺数も多かった。さらに極度に削瘦した個体が多数目撃され、メス成獣の自然死亡（餓死）個体までもが少数ながら発見される状況であった。なお、2012年と2015年とは同じ大量出沒年でも若干様相が異なり、2012年晩夏は半島東側（羅臼町側）先端部～中央部（D~E地区）の昆布番屋や住宅地周辺において、著しく削瘦した個体の出沒と、それに伴う捕殺が多かった（2012年羅臼型大量出沒）。一方、2015年は半島西側（斜里町側）中央部～基部（B~C地区）の農地やその周辺における捕殺が多く、10月以降の狩猟期になってもメス成獣を含む捕殺が継続した（2015年斜里型大量出沒）。

本研究により、大量出沒年であった2012年と2015年の晩夏は、この時期の数少ない高栄養の食物であるハイマツ球果が凶作であり、ヒグマによる利用がほとんどなかったことが明らかとなった。また、2015年にはカラフトマスの遡上数が少なく、2012年の遡上数は不漁年の中では例年と大差なかったが、遡上開始が例年より2週間以上遅い9月初旬であり、両年とも晩夏のヒグマによるマスの採食量は少なかった。さらに、晩夏にハイマツ球果やサケ科魚類の代替食物となりうるサクラ属核果の利用も、2012年、2015年ともに少なかった。以上より知床半島では、晩夏の主要食物あるいは代替食物であるハイマツ球果、サケ科魚類及びサクラ属核果の全てが同時に不足することが引き金となり、ヒグマの大量出沒が発生することが示唆された。

特にカラフトマスの遡上開始が遅れると、カラフトマスへの依存度が高い半島先端部（世界遺産地域内）のヒグマを中心に食物を求めての行動圏の拡大が起り、その結果、住宅地や漁業番屋（漁業者が夏～秋の

漁期に寝泊まりする作業小屋)が半島先端寄りに多く分布している半島東側で地域住民等による目撃機会が増加し、2012年羅臼型の大量出沒が発生すると考えられる。また、冷涼な半島東側ではサクラ属核果への依存度が元々高くない可能性があり(図2.3)、ハイマツ球果とカラフトマスの豊凶の影響を西側よりも受けやすいと推測される。さらに秋のミズナラの不足が重なると、ミズナラへの依存度が高い半島西側のヒグマを中心に先端部から基部方向、かつ農地(ビート畑)方面へのヒグマの移動が起こり、出沒と捕殺が11月頃まで継続する2015年斜里型の大量出沒につながると考えられる。なお、これらの大量出沒年にメス成獣が通常の行動圏を離れ、移動した先で捕殺された現象は、一部の標識個体やDNA解析による個体識別済み個体によって確認された。このような食物不足による行動圏の拡大とそれに伴う大量出沒は、本州のツキノワグマにおいて以前より報告されている(たとえばKozakai et al. 2011<sup>13)</sup>, 横山ほか 2011<sup>14)</sup>, 坪田 2013<sup>15)</sup>)。

#### 4-5. 人とヒグマのあつれき低減に関する提言

今後、本研究の成果を知床国立公園・知床世界自然遺産地域への来訪者や保護区周辺に居住する地域住民のヒグマに係るリスクの低減につなげていくためには、ヒグマ大量出沒を事前に予測し、時間的に余裕をもって対策を準備することが望まれる。ハイマツ球果は2年で成熟してヒグマに採食されるため、翌年成熟予定の球果の数を1年前の調査時に把握することが可能である。カラフトマスはその生態から通常ならば隔年で不漁年となる。サクラ属核果やミズナラ堅果の年をまたいだ豊凶予測はおそらく困難であるが、開花時期の気象を注意深く記録することで、結実不良を2~4ヵ月前に予測できる可能性はある。また、ミズナラ堅果は2014年のような大豊作年の翌年であれば、2015年のような大凶作年となる可能性が高い。以上の知見を踏まえ、今後は知床半島におけるヒグマ大量出沒の事前予測に関する更に詳細な検討及び試行を進めていく必要がある。

### 5. 研究目標の達成状況

サブテーマ2の第一の目標であった、「知床半島のヒグマの食性の地域性、季節変化及び年次変化を明らかにすること」については、詳細な糞内容分析や体毛の安定同位体比分析により、当初の計画どおり達成することができた。特に半島西側先端部で2018年以前から収集・冷凍保存していたヒグマ糞の内容物分析により、大量出沒年であった2012年と2015年は他の年と異なり、ヒグマが貧栄養状態の夏期にハイマツ球果・サケ科魚類・サクラ属核果が食物メニューから欠落または不足し、2015年は冬眠前の秋期に不足していたことが明らかになった。また、体毛安定同位体比分析によって、当初の計画には無かった食性の個体差についても明らかにすることができた。

第二の目標であった「主要な食物資源の利用可能量を把握し、ヒグマの人為死亡発生数との関係を明らかにした上で、ヒグマ大量出沒の発生要因を推定すること」については、当初の計画以上の進展があった。カラフトマスとミズナラ堅果の豊凶については、当初予定していた既存データの整理にとどまらず、独自の調査を追加実施したことで、豊漁年のカラフトマスの河川における資源量や、半島全域におけるミズナラ堅果の豊凶の状況を把握することができた。さらに当初計画には無かったハイマツ球果痕調査の実施により、半島全域におけるハイマツの過去約10年の豊凶についても明らかにすることができた。以上のことから、ヒグマの大量出沒に伴い多数の人為死亡(捕殺)が発生した2012年と2015年には、ハイマツ球果やカラフトマス等のヒグマにとって主要な食物資源の利用可能量が減少していたことが明らかとなった。さらに、ヒグマ大量出沒の発生要因解明にとどまらず、前述したように大量出沒の事前予測の可能性を示すこともできたことから、サブテーマ全体として計画以上の進展があったと述べることができる。知床半島ではヒグマの糞や体毛試料の収集が、本研究の開始以前から北海道大学や知床財団等によって長期間継続されており、それらの未発表資料を活用することにより、大きな成果をあげることができた。

## 6. 引用文献

- 1) Sato et al. (2000) Applicability of the point-frame method for quantitative evaluation of bear diet. *Wildl. Soc. Bull.* 28(2): 311–316
- 2) Hewitt DG, and Robbins CT. 1996. Estimating grizzly bear food habits from fecal analysis. *Wildlife Society Bulletin* 24(3): 547–550.
- 3) Dahle B, Sørensen OJ, Wedul EH, Swenson JE, and Sandegren F. 1998. The diet of brown bears *Ursus arctos* in central Scandinavia: effect of access to free-ranging domestic sheep *Ovis aries*. *Wildlife Biology* 4(2): 147–158.
- 4) Persson I-L, Wikan S, Swenson JE, and Mysterud I. 2001. The diet of the brown bear *Ursus arctos* in the Pasvik Valley, northeastern Norway. *Wildlife Biology* 7(1): 27–37.
- 5) Bojarska K, and Selva N. 2013. Correction factors for important brown bear foods in Europe. *Ursus* 24(1): 13–15.
- 6) Stenset NE, Lutnæs PN, Bjarnadóttir V, Dahle B, Fossum KH, Jigsved P, Johansen T, Neumann W, Opseth O, Rønning O, Steyaert SMJG, Zedrosser A, Brunberg S, and Swenson JE. 2016. Seasonal and annual variation in the diet of brown bears *Ursus arctos* in the boreal forest of southcentral Sweden. *Wildlife Biology* 22(3): 107–116.
- 7) Hopkins JB, and Jake MF. 2012. Estimating the diets of animals using stable isotopes and a comprehensive Bayesian mixing model. *PLoS ONE* 7 (1): e28478.
- 8) 横山雄哉・越野陽介・宮本幸太・工藤秀明・北田修一・梶山雅秀. 2010. 知床半島ルシヤ川におけるカラフトマスの産卵遡上動態評価. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 76(3):383-391.
- 9) 正木隆・阿部真. 2008. 双眼鏡を用いたミズナラの結実状況の評価. *日本林学会誌*, 90(4): 241–246.
- 10) 中新田育子. 1995. 「球果痕」から復元したハイマツ球果の豊凶周期と生産様式. *日本生態学会誌*, 45(2), 113-120.
- 11) 佐橋玄記. 2022. カラフトマス 日本系. 令和3年度国際漁業資源の現況 (水産庁, 水産研究・教育機構), pp.60–1-9. [http://kokushi.fra.go.jp/R03/R03\\_60\\_PIN.pdf](http://kokushi.fra.go.jp/R03/R03_60_PIN.pdf) (2022年4月3日閲覧)
- 12) 宮本真人. 2003. カラフトマス. 漁業生物図鑑 新 北のさかなたち (水島敏博・鳥澤雅, 監修), pp. 142-145. 北海道新聞社, 札幌.
- 13) Kozakai C, Yamazaki K, Nemoto Y, Nakajima A, Koike S, Abe S, Masaki T and Kaji K. 2011. Effect of mast production on home range use of Japanese black bears. *The Journal of Wildlife Management* 75(4): 867–875.
- 14) 横山真弓・斎田恵里奈・江藤公俊・中村幸子・森光由樹. 2011. 兵庫県におけるツキノワグマの行動圏の変異とその要因. *兵庫ワイルドライフモノグラフ*, 3: 59–70.
- 15) 坪田敏男. 2013. クマの生息動向と最近の被害状況. *日本獣医師会雑誌*, 66: 131–137.

## II-3 ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ高密度維持機構の解明

東京農工大大学院農学研究院 自然環境保全学部門  
 北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部  
 エネルギー・環境・地質研究所自然環境部  
 同上  
 同上  
 同上  
 同上  
 同上

宇野 裕之（サブテーマリーダー）  
 釣賀 一二三  
 長 雄一  
 上野 真由美  
 亀井 利活  
 近藤 麻実（令和元年～令和2年度）  
 稲富 佳洋（令和3年度）  
 白根 ゆり（令和3年度）

### 【要旨】

メス成獣の年生存率は人為的に個体数調整を行っていないルシヤ地区で約87%、捕獲を実施している幌別・岩尾別地区で約82%と推定され、ヒグマによる捕食を含む自然死亡率は両地区で13%以下と低く、捕食の影響は限定的であることが明らかとなった。感度分析の結果、メス成獣生存率を71%未満にすると個体群の増加率が1.0を下回り、個体数は減少することが示唆された。妊娠率はルシヤ地区で95.2%、幌別・岩尾別地区で81.2%と推定された。加入率（春季の100メス当りの幼獣数）は、ルシヤ地区で5.1～27.8、幌別・岩尾別地区で17.1～31.5であり、年次変動が大きいこと、北海道内の他地域と比較して低い傾向がみられた。加入率にはヒグマの捕食圧と冬期間の気象要因が影響していると考えられた。このようにメス成獣の高い生存率と妊娠率が、個体群の高密度維持機構を支えていることが明らかとなった。研究成果に基づき、エゾシカの個体群管理について提言を行った。

### 1. 研究開発目的

知床世界自然遺産地域の遺産価値向上に向けて、ヒグマ捕食圧下におけるエゾシカ個体群の高密度維持機構を解明するため、個体群特性（メス成獣生存率、妊娠率及び加入率）を明らかにすることを目的としてサブテーマ3を設定した。2019～2020年度にはメス成獣の捕獲放逐、テレメトリー法を用いた追跡調査、ロードカウント調査を実施した。2021年度は、2年間の生存率、妊娠率及び加入率を推定し、感度分析等により、各パラメータ（特性）が個体群の増加率に及ぼす影響を評価した。人為的介入（個体数調整など）の必要性を検討し、今後のエゾシカ個体群管理への提言を行った。

### 2. 研究目標

サブテーマ3では、エゾシカの個体数調整が行われている幌別・岩尾別地区と実施されていないルシヤ地区をモデル地域として設定し、メス成獣の生体捕獲、VHFテレメトリー法により妊娠率、生存率を推定する。また、ロードカウント法により加入率を推定し、生存率や加入率に及ぼすヒグマの捕食の影響を比較する。さらに、感度分析により個体群特性が増加率に及ぼす影響を評価し、モデル地域間の比較を行うことによって人為的介入（個体数調整）の必要性を明らかにする。

### 3. 研究開発内容

#### 3-1. モデル地区の設定

モデル地域を図3.1に示した。ルシヤ地区は、「知床半島エゾシカ管理計画」（以下「エゾシカ管理計画」と記

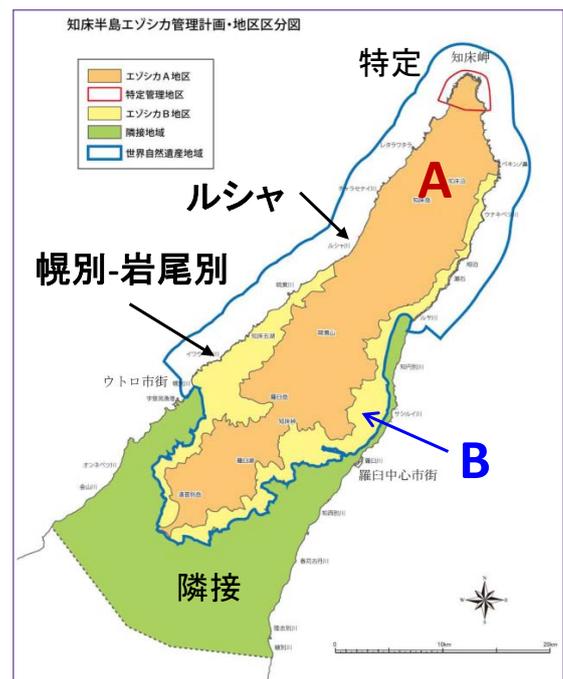


図3.1 知床半島エゾシカ管理計画対象地域<sup>1)</sup>

す)の区分では「エゾシカA地区」に含まれ、管理目標は「生態的過程により変動する動的な生態系を保全すること」とされ、人為的介入は避けることを原則としている<sup>1)</sup>。このため個体数調整は行われておらず、2016年の航空機調査による推定生息密度は14.7頭/km<sup>2</sup>と高密度傾向が維持されている<sup>2)</sup>。また、ヒグマによる捕食圧が高いと考えられる地区である。一方、幌別・岩尾別地区(以下「幌別地区」と記す)は「エゾシカB地区」に含まれ、管理目標は「エゾシカの採食圧を軽減することにより生物多様性を保全すること」とされ、必要に応じ人為的介入を実施することとしている。2010年度から個体数調整を開始し、越冬期の密度は43.2頭/km<sup>2</sup>(2010年度)から4.5頭/km<sup>2</sup>(2018年度)に低下したことが報告されている<sup>3)</sup>。

### 3-2. 個体群特性の把握

メス成獣(1歳以上)40頭を目標として、麻酔銃(JM.SP.25、Dan-Inject社製、デンマーク)を用いた化学的不動化を行い、外部計測(体重、体長、体高、胸囲、後足長及び首周囲長)、標識(VHF首輪型発信器及び耳標)を装着した後に放逐した。首輪型発信器にはLT-01及びLT-02[(株)サーキットデザイン、長野]等を用いた。首輪型発信器の重量は約135~155gであった。不動化にはキシラジン塩酸塩(体重kg当り約3mg)を使用した。なお、生体捕獲は、学術研究目的の捕獲許可及び危険猟法の許可を取得して実施した。

出産期である6月から7月には目視(触診)及び泌乳の有無、9月~12月には泌乳の有無及び6月生まれの子連れの有無から、妊娠率を推定した。

原則、毎月1回標識個体の生存確認を受信機[FT-818ND、八重洲無線(株)、東京]を用いて行い、測位を行った地点、生死の情報、入力感度等を記録した。モータリティセンサーが働いた場合には、場所の特定及び死体の確認を行った。また、標識個体が個体数調整のための捕獲で死亡した場合は、日時、位置、捕獲方法の記録を行い、標識を回収した。さらに、標識個体が直接目視あるいは自動撮影カメラに撮影された場合も生存情報として扱った。2019年6月から2021年9月までの生死の情報により、Heisey and Patterson(2006)<sup>4)</sup>のKaplan-Meier推定量<sup>5)</sup>を用いて、年生存率及び要因別死亡率を推定した。なお、ルシャ地区は12~4月まで積雪のため林道が通行止めとなり、生存確認をすることができなかった。しかし、追跡再開後に生存が確認された個体については期間中も生存していたとして扱った。死亡要因は自然死亡と人為死亡としての捕獲に区分した。自然死亡にはヒグマによる捕食や栄養状態悪化による死亡が含まれる。林道が冬期通行止めになるルシャ地区では冬から春にかけて死亡した個体の発見が遅れ、捕食と腐肉食(死亡後の採食)の区別が難しかったため、死亡要因としては捕食を区別せず自然死亡としてとりまとめた。推定には統計ソフトR 4.0を用いて、年生存率及び要因別死亡率の推定プログラムにはpackage `mort`を活用した<sup>6)</sup>。

幼獣割合を把握するため、日中及び夜間のロードカウント調査を実施した。ルシャ地区には5.5km(海岸草原3.5km、森林2.0km)、幌別地区には9.2~11.8km(森林)の固定コースを初年度に設定し、低速(時速10~20km)で走行する車両からの観察を行った。ルシャ地区では季節(春季・秋季)ごとに6~8回、幌別地区では4~12回繰り返し調査を行い、観察頭数が10頭未満の観察日のデータは解析から除外した。夜間は、スポットライト(Q-beam、Brinkmann社製、U.S.A、200,000燭光)を2個用いて車両の両側を照射して発見した群れの頭数及び構成(オス成獣、メス成獣、幼獣)を記録した。日中及び夜間のロードカウントの結果から、100メス当りの幼獣数を算出した。エゾシカの出産期のピークは6月であり<sup>7)</sup>(梶1988)、前年生まれの幼獣は満1歳になる。このため、出産期前の5月~6月上旬の100メス当りの幼獣数を加入率とした。

### 3-3. 感度分析及び弾性度分析

エゾシカ個体群の推移行列モデルから自然増加率 $\lambda$ を算出し<sup>8)</sup>、Uno(2006)<sup>9)</sup>に従い、各個体群特性の増加率に及ぼす影響を感度分析及び弾性度分析を用いて評価した。

推移行列モデルは以下のとおりである；

$$\begin{pmatrix} N_{J(t+1)} \\ N_{f(t+1)} \\ N_{m(t+1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & S_{neo}b_{(t)}S_{f(t)} & 0 \\ S_{J(t)}/2 & S_{f(t)} & 0 \\ S_{J(t)}/2 & 0 & S_{m(t)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{J(t)} \\ N_{f(t)} \\ N_{m(t)} \end{pmatrix}$$

$N_f$ は10月の幼獣個体数、 $N_m$ は10月のメス成獣個体数、 $N_b$ は10月のオス成獣個体数、 $S_f$ は幼獣生存率、 $S_m$ はメス成獣生存率、 $S_b$ はオス成獣生存率、 $S_{neo}$ は6月から10月までの新生仔生存率、 $b$ は出生率を示す。安定年齢分布を仮定すると $\lambda$ は行列の最大固有値であり<sup>10)</sup>、次式で求めることができる<sup>8), 9)</sup>；

$$\lambda = \frac{S_f + \sqrt{S_f^2 + 2S_{neo}bS_j}}{2}$$

感度 (Sensitivity) 及び弾性度 (Elasticity) は、上述した推移行列モデルから決定論的に算出した<sup>9), 10)</sup>。

#### 4. 結果及び考察

##### 4-1. 生体捕獲及び標識放逐

ルシヤ地区において2019年6月～7月に10頭、2020年6月～7月に11頭、幌別地区において2019年9～12月に10頭、2020年10～11月に10頭、合計41頭のメス成獣を捕獲し、標識放逐を行った (表3.1及び表3.2)。

表3.1 ルシヤ地区における2019～2020年の標識個体

| 個体ID | 性別 | 推定年齢<br>(歳) | 捕獲<br>放逐日 | 耳標<br>番号 | 外部計測値      |            |            |            |            |             | 死亡/<br>確認日 | 死亡<br>要因                |
|------|----|-------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------------------|
|      |    |             |           |          | 体重<br>(kg) | 体長<br>(cm) | 体高<br>(cm) | 胸囲<br>(cm) | 後足長<br>(左) | 首周囲長<br>(下) |            |                         |
| RU01 | メス | 2+          | 2019/6/4  | 01       | 87.0       | 107.0      | 95.2       | 92.6       | 49.0       | 54.4        | -          | -                       |
| RU02 | メス | 2+          | 2019/6/4  | 02       | 76.4       | 94.0       | 95.6       | 94.8       | 49.9       | 47.0        | -          | -                       |
| RU03 | メス | 2+          | 2019/6/4  | 03       | 82.2       | 97.0       | 83.2       | 86.8       | 49.7       | 48.2        | 2019/9/3   | 負傷/<br>捕食 <sup>a)</sup> |
| RU04 | メス | 2+          | 2019/6/4  | 04       | 87.2       | 95.0       | 88.0       | 94.0       | 49.8       | 46.0        | -          | -                       |
| RU05 | メス | 2           | 2019/6/6  | 05       | 66.2       | 90.0       | 90.0       | 83.2       | 47.0       | 43.1        | -          | -                       |
| RU06 | メス | 3+          | 2019/7/3  | 06       | 85.0       | 91.0       | 93.0       | 94.0       | 49.0       | 48.0        | 2021/5/20  | 自然 <sup>b)</sup>        |
| RU07 | メス | 3+          | 2019/7/3  | 07       | 78.5       | 95.5       | 91.0       | 89.8       | 50.1       | 46.0        | -          | -                       |
| RU08 | メス | 3+          | 2019/7/3  | 08       | 73.5       | 92.5       | 91.0       | 93.0       | 48.6       | 47.0        | -          | -                       |
| RU10 | メス | 3+          | 2019/7/4  | 10       | 62.5       | 87.5       | 90.0       | 86.0       | 48.0       | 44.0        | -          | -                       |
| RU11 | メス | 2           | 2019/7/4  | 11       | 72.5       | 98.0       | 90.0       | 89.0       | 49.0       | 44.5        | -          | -                       |
| RU12 | メス | 3+          | 2020/6/2  | 12       | 78.5       | 93.5       | 92.0       | 95.5       | 48.0       | 42.0        | -          | -                       |
| RU13 | メス | 3+          | 2020/6/3  | 13       | 71.5       | 88.5       | 92.0       | 89.0       | 47.5       | 49.0        | -          | -                       |
| RU14 | メス | 3+          | 2020/6/3  | 14       | 79.5       | 97.5       | 97.0       | 94.5       | 49.0       | 56.0        | 2020/6/19  | 自然<br>(捕食)              |
| RU15 | メス | 3+          | 2020/6/3  | 15       | 84.5       | 95.5       | 98.0       | 96.5       | 49.0       | 49.0        | -          | -                       |
| RU16 | メス | 3+          | 2020/6/3  | 16       | 75.5       | 92.5       | 87.5       | 88.0       | 48.0       | 48.0        | -          | -                       |
| RU17 | メス | 3+          | 2020/6/3  | 17       | 85.5       | 93.0       | 93.5       | 94.5       | 48.5       | 51.5        | -          | -                       |
| RU18 | メス | 3+          | 2020/6/4  | 18       | 77.5       | 93.0       | 91.5       | 94.5       | 49.0       | 52.5        | -          | -                       |
| RU19 | メス | 3+          | 2020/6/4  | 19       | 79.5       | 91.5       | 92.5       | 93.0       | 47.0       | 50.0        | -          | -                       |
| RU20 | メス | 3+          | 2020/6/4  | 20       | 59.5       | 88.0       | 87.5       | 88.0       | 47.0       | 47.5        | 2021/5/20  | 自然 <sup>b)</sup>        |
| RU21 | メス | 3+          | 2020/7/8  | 21       | 75.5       | 92.5       | 90.5       | 89.0       | 48.0       | 48.0        | 2021/5/21  | 自然 <sup>b)</sup>        |
| RU22 | メス | 3+          | 2020/7/8  | 22       | 73.5       | 93.0       | 96.5       | 91.5       | 47.5       | 50.0        | -          | -                       |

a) 麻酔による負傷後にヒグマに捕食されたため、生存率の解析から除外した。

b) 5月の融雪後に捕食を受けた死体を確認したが、冬季死亡か捕食死亡かは判別できなかった。

表3.2 幌別・岩尾別地区における2019～2020年の標識個体

| 個体ID | 性別 | 推定年齢<br>(歳) | 捕獲<br>放逐日  | 耳標<br>番号 | 外部計測値      |            |            |            |            |             | 死亡<br>確認日 | 死亡<br>要因   |
|------|----|-------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|
|      |    |             |            |          | 体重<br>(kg) | 体長<br>(cm) | 体高<br>(cm) | 胸囲<br>(cm) | 後足長<br>(左) | 首周囲長<br>(下) |           |            |
| HB27 | メス | 3+          | 2019/9/4   | 27       | 75.5       | 95.5       | 91.0       | 94.5       | 46.0?      | 42.5        | -         | -          |
| HB28 | メス | 3+          | 2019/9/5   | 28       | 79.5       | 98.0       | 91.0       | 95.0       | 47.5       | 43.5        | -         | -          |
| HB29 | メス | 3+          | 2019/9/12  | 29       | 77.5       | 92.0       | 89.0       | 93.0       | 48.0       | 42.0        | -         | -          |
| HB30 | メス | 2+          | 2019/10/22 | 30       | 64.5       | 88.5       | 86.0       | 95.0       | 47.0       | 51.0        | 2020/9/28 | 自然<br>(捕食) |
| HB31 | メス | 3+          | 2019/10/23 | 31       | 96.5       | 101.0      | 89.0       | 110.0      | 48.0       | 47.0        | 2020/1/16 | 捕獲         |
| HB32 | メス | 3+          | 2019/10/25 | 32       | 95.5       | 99.5       | 94.0       | 130.0      | 46.0       | 53.0        | -         | -          |
| HB33 | メス | 3+          | 2019/10/25 | 33       | 89.5       | 91.5       | 92.0       | 100.2      | 48.0       | 49.5        | -         | -          |
| HB34 | メス | 2+          | 2019/12/23 | 34       | 69.5       | 89.0       | 86.0       | 97.0       | 49.0       | 49.0        | -         | -          |
| HB35 | メス | 3+          | 2019/12/26 | 35       | 76.5       | 94.0       | 96.0       | 95.0       | 47.5       | 49.0        | 2020/2/12 | 捕獲         |
| HB36 | メス | 2           | 2019/12/26 | 36       | 66.5       | 86.0       | 88.0       | 94.0       | 47.0       | 48.0        | -         | -          |
| HB37 | メス | 3+          | 2020/10/7  | 37       | 79.5       | 89.5       | 91.5       | 91.0       | 47.0       | 49.0        | 2021/3/5  | 捕獲         |
| HB38 | メス | 3+          | 2020/10/7  | 38       | 93.5       | 95.5       | 95.0       | 103.5      | 48.5       | 53.0        | -         | -          |
| HB39 | メス | 3+          | 2020/10/8  | 39       | 89.5       | 95.5       | 93.0       | 99.0       | 46.0       | 55.0        | -         | -          |
| HB40 | メス | 3+          | 2020/10/8  | 40       | 92.5       | 95.0       | 92.5       | 89.0       | 47.5       | 52.0        | -         | -          |
| HB41 | メス | 3+          | 2020/10/9  | 41       | 87.5       | 99.5       | 93.5       | 101.0      | 48.5       | 50.0        | -         | -          |
| HB42 | メス | 3+          | 2020/10/9  | 42       | 87.5       | 98.5       | 97.0       | 96.0       | 49.0       | 54.0        | -         | -          |
| HB43 | メス | 3+          | 2020/10/9  | 43       | 92.5       | 98.0       | 96.0       | 98.0       | 49.5       | 46.0        | -         | -          |
| HB44 | メス | 3+          | 2020/11/10 | 44       | 92.5       | 99.5       | 98.5       | 109.0      | 50.0       | 49.0        | -         | -          |
| HB45 | メス | 3+          | 2020/11/10 | 45       | 90.5       | 99.0       | 86.0       | 94.0       | 49.0       | 48.0        | -         | -          |
| HB46 | メス | 1           | 2020/11/12 | 46       | 68.5       | 91.0       | 87.0       | 92.0       | 48.5       | 47.0        | -         | -          |

表3.3 ニホンジカのメス成獣の妊娠率の地域間比較

| 地 域    | 調査年       | 妊娠率      |       |       | 出 典             |
|--------|-----------|----------|-------|-------|-----------------|
|        |           | <i>n</i> | 妊娠個体  | 非妊娠個体 |                 |
| ルシヤ    | 2019      | 10       | 10    | 0     | 本研究             |
|        | 2020      | 11       | 10    | 1     |                 |
| 幌別・岩尾別 | 2019      | 10       | 8     | 2     |                 |
|        | 2021      | 6        | 5     | 1     |                 |
| 足 寄    | 1991-2001 | 1,161    | 1,056 | 105   | 梶・宮木・宇野 2006    |
| 阿 寒    | 1998-1999 | 60       | 59    | 1     | Uno et al. 2013 |
|        | 2007-2008 | 46       | 44    | 2     |                 |

表3.4 知床半島におけるニホンジカのメス成獣の生存率及び要因別死亡率

| 項目    | ルシヤ  |      |       | 幌別・岩尾別 |      |       |
|-------|------|------|-------|--------|------|-------|
|       | 推定値  | 2.5% | 97.5% | 推定値    | 2.5% | 97.5% |
| 年生存率  | 0.87 | 0.77 | 0.98  | 0.82   | 0.70 | 0.95  |
| 捕獲死亡率 | -    | -    | -     | 0.15   | 0.04 | 0.26  |
| 自然死亡率 | 0.13 | 0.03 | 0.23  | 0.04   | 0    | 0.09  |

## 4-2. 個体群特性の把握

### 4-2-1. 妊娠率

ルシヤ地区の妊娠率は2019年100%（10例中10例）、2020年90.9%（11例中10例）、幌別地区では2019年80.0%（10例中8例）、2020年83.3%（6例中5例）であった（表3.3）。幌別地区の捕獲は9～12月に行ったため、新生仔が出生後早くに死亡した場合には母獣の泌乳が止まり、妊娠率を過小評価している可能性が考えられる。1歳以上の妊娠率は北海道東部の足寄地域で91.0%<sup>11)</sup>、阿寒地域で95.7～98.3%<sup>12)</sup>と報告されている（表3.3）。知床地域のエゾシカ個体群は、足寄や阿寒地域と同様、80.0～100.0%の高い妊娠率を有していると考えられた。

### 4-2-2. 生存率

ルシヤ地区の年生存率は0.87（95%CI：0.77-0.98）、幌別地区では0.82（0.70-0.95）で、両地区に顕著な違いは認められなかった（図3.2 及び 表3.4）。要因別死亡率は、自然死亡がルシヤ地区で0.13（95%CI：0.03-0.23）、幌別地区で0.04（0-0.09）と推定され、両地区で有意差は認められなかった（尤度比検定、 $p=0.3$ ）。一方、ルシヤ地区では捕獲は皆無であり、幌別地区の捕獲死亡率は、0.15（95%CI：0.04-0.26）と推定された（表3.4）。

メス成獣生存率を他の地域個体群と比較すると、ルシヤ地区の年生存率は保護地域である洞爺湖中島（支笏・洞爺国立公園）の0.84（95%CI：0.80-0.88）と同程度であった<sup>13)</sup>（表3.5）。また、幌別地区の年生存率は捕獲が行われていた阿寒地域と比較して同程度か、やや高い傾向が認められた<sup>14)</sup>。阿寒地域では1994年度にメスジカ狩猟が解禁となり、狩猟と駆除を合わせた捕獲による死亡率が0.12、自然死亡率が0.05、要因不明による死亡率が0.05と推定されている<sup>14)</sup>。

### 4-2-3. 加入率

加入率は、ルシヤ地区では2019年 $5.1 \pm 1.4$ （平均値±SE）、2020年 $9.7 \pm 1.6$ 、2021年 $27.8 \pm 1.8$ と年次変動が大きいことが明らかとなった（図3.3）。幌別地区では2019年17.1、2020年 $19.2 \pm 4.2$ 、2021年 $31.5 \pm 4.6$ であった。2020年の加入率がルシヤ地区と幌別地区の間で有意に異なった（G検定、 $G=6.694$ 、 $p<0.01$ ）。秋季の幼獣割合は、ルシヤ地区では2019年 $32.0 \pm 3.4$ （平均値±SE）、2020年 $29.6 \pm 1.4$ 、2021年

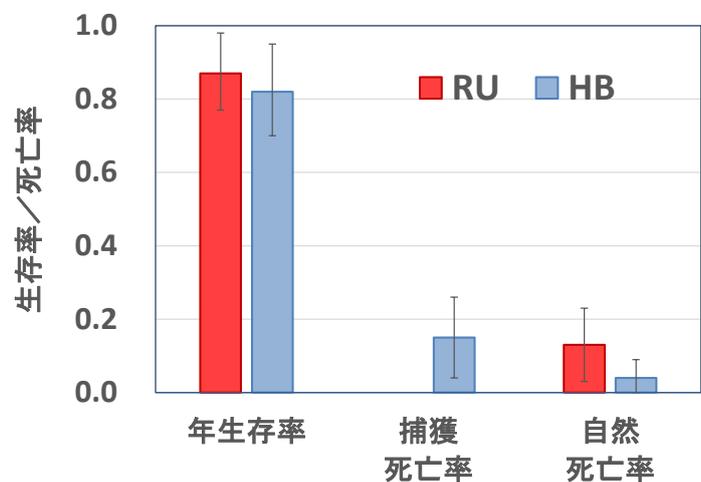


図3.2 ルシヤ地区（RU）及び幌別・岩尾別地区（HB）におけるメス成獣生存率及び要因別死亡率。誤差棒は95%信頼区間を示す。

表3.5 北海道におけるニホンジカのメス成獣生存率の地域間比較.

| 地域     | 調査年       | 生存率  |           | 出典               |
|--------|-----------|------|-----------|------------------|
|        |           | 平均値  | 95%信頼区間   |                  |
| ルシヤ    | 2019-2021 | 0.87 | 0.77-0.98 | 本研究              |
| 幌別・岩尾別 | 2019-2021 | 0.82 | 0.70-0.95 |                  |
| 阿寒     | 1993-1996 | 0.78 | 0.61-1.00 | Uno & Kaji 2006  |
| 洞爺湖中島  | 2002-2012 | 0.84 | 0.80-0.88 | Ueno et al. 2018 |

44.3±8.6、幌別地区では2019年40.9±4.3、2020年31.8±2.7、2021年28.4±3.4であった。両地区間で差は認められなかった。

秋季の幼獣割合は、北海道東部の音別町や白糠町では年次変動があるものの100メス当り50～70と報告されており<sup>15)</sup>、ルシヤ地区の30～44、幌別地区の28～40は他地域と比較すると20～30ポイント低い傾向がみられた。このことは後述するとおり、エゾシカの新生仔に対するヒグマの捕食の影響だと考えられた<sup>16)</sup>。

知床半島斜里側で2019～2020年に採取されたヒグマ糞におけるエゾシカの出現数・出現頻度・容量割合を表3.6に示した。出現頻度は知床岬の6月に28.0%と最大となり、次にルシヤ地区の6月で22.7と高かった一方、幌別地区では5.3%、半島基部では0%と、半島中部～基部ほど出現頻度が低下した。

このことはヒグマの生息密度が半島先端部ほど高いこと（Ⅱ-1章参照）、ヒグマによるエゾシカの捕食圧が相対的に高いことを反映していると考えられた。また、6月に出現頻度や容量割合が最大となるのは、エゾシカの出産時あるいは出生直後の新生仔のヒグマによる積極的な利用によるものと唆された。

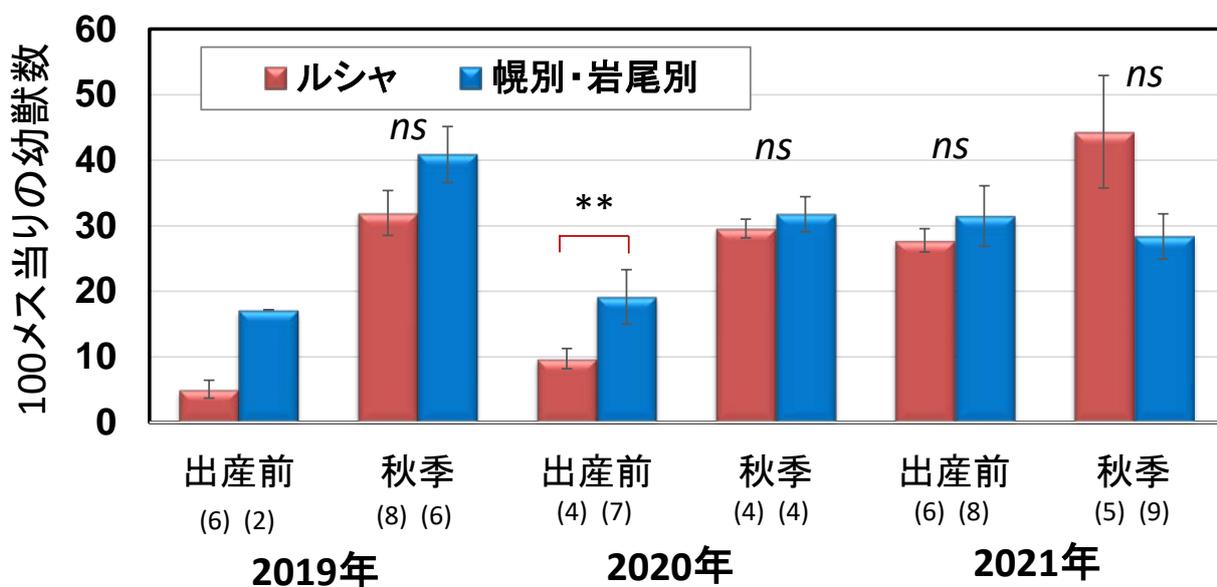


図3.3 ルシヤ地区及び幌別・岩尾別地区における100メス当りの幼獣数.

ロードカウント法による観察数10頭以上の観察日の平均値。( )は観察日数、誤差棒は標準誤差、nsは統計的有意差なし、\*\*は $p < 0.01$ を示す。

表3.6 知床半島斜里側の5地域で2019～2020年に採取したヒグマ糞におけるシカの出現数・出現頻度

| 採集月 | 1. 知床岬地区口 |   |      |      | 2. ルシヤ地区口 |   |      |      | 3. 幌別・岩尾別地区 |   |      |     | 4. 遺産隣接地域口 |   |      |     | 5. 半島基部口 |   |     |     |
|-----|-----------|---|------|------|-----------|---|------|------|-------------|---|------|-----|------------|---|------|-----|----------|---|-----|-----|
|     | n         | A | B    | C    | n         | A | B    | C    | n           | A | B    | C   | n          | A | B    | C   | n        | A | B   | C   |
| 6月  | 25        | 7 | 28.0 | 18.7 | 22        | 5 | 22.7 | 20.8 | 19          | 1 | 5.3  | 5.1 | 12         | 2 | 16.7 | 9.0 | 15       | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 7月  | 41        | 2 | 4.9  | 3.4  | 39        | 1 | 2.6  | 0.4  | 28          | 0 | 0.0  | 0.0 | 31         | 0 | 0.0  | 0.0 | 32       | 1 | 3.1 | 2.0 |
| 8月  | 7         | 0 | 0.0  | 0.0  | 25        | 1 | 4    | 0.1  | 15          | 1 | 6.7  | 0.0 | 11         | 0 | 0.0  | 0.0 | 18       | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 9月  | 2         | 0 | 0.0  | 0.0  | 44        | 1 | 2.3  | 1.6  | 9           | 1 | 11.1 | 4.9 | 17         | 0 | 0.0  | 0.0 | 9        | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 10月 | 24        | 0 | 0.0  | 0.0  | 15        | 0 | 0.0  | 0.0  | 22          | 0 | 0.0  | 0.0 | 6          | 1 | 16.7 | 0.1 | 0        | - | -   | -   |
| 合計  | 99        | 9 | 9.1  | -    | 145       | 8 | 5.5  | -    | 93          | 3 | 3.2  | -   | 77         | 3 | 3.9  | -   | 74       | 1 | 1.4 | -   |

n: サンプル数, A: 出現数, B: 出現頻度, C: 容量割合、ポイントフレーム法による糞内容分析の結果に基づく。Cは得られた分析の結果得られた容量割合に、消化率を加味した補正係数を乗じた値。※ルシヤ地区は2020年のデータのみ

#### 4-3. 感度分析及び弾性度分析

知床半島のエゾシカ個体群の幼獣生存率 ( $S_j$ )、メス成獣生存率 ( $S_f$ )、出生率 ( $b$ ) の感度及び弾性度を表3.7に示した。ここで用いたモデル値は、 $\lambda = 1.21^{17)}$ となるように任意に設定した。幼獣生存率の範囲は0.10-1.00<sup>9)</sup>、メス成獣生存率は0.70-1.00 (表3.5)、出生率は0.80-1.00 (表3.3の妊娠率と同等と仮定) とした。また新生仔生存率 ( $S_{neo}$ ) は0.85と仮定した<sup>9)</sup>。感度及び弾性度ともに  $S_f > S_j > b$  となり、増加率に及ぼす影響はメス成獣生存率で最も大きく、次に幼獣生存率、出生率の順であることが明らかとなった。このことは阿寒個体群のエゾシカ<sup>9)</sup>と本州のニホンジカ個体群における同様の結果を支持した<sup>18)</sup>。

ルシヤ地区における  $S_f = 0.86$  (範囲0.77-1.00) の場合の感度分析の結果を図3.4、幌別地区における  $S_f = 0.82$  (0.70-1.00) の結果を図3.5に示した。ルシヤ地区では $\lambda$ は常に1.0以上で個体群は減少しないが、幌別地区では  $S_f < 0.71$  で $\lambda$ が1.0を下回ることが示唆された (図3.5)。

#### 4-4. 総合考察

知床岬におけるエゾシカ個体数は、1980年～1990年代に年増加率21%で増加し、1998年にはピークに達したのち、1998/1999年の冬季に個体群の崩壊を起こした<sup>17)</sup>。1999年5月に死亡個体を調査した結果、主に幼獣とオス成獣が大部分を占めていたことが報告されている<sup>19)</sup>。本研究の成果により、捕獲がない場合 (ルシヤ地区)、メス成獣生存率は約87%、捕食を含む自然死亡率が約13%であることが明らかになり、メス成獣生存率が増加率に最も大きく影響すること、メス成獣に及ぼすヒグマの捕食の影響は非常に限定的であることが判明した。

表3.7 知床半島のエゾシカ個体群の感度分析及び弾性度分析の結果

| 特 性                  | モデル値<br>(範囲)        | 感 度  | 弾 性 度 | 増加率 ( $\lambda$ ) の範囲 |
|----------------------|---------------------|------|-------|-----------------------|
| 幼獣生存率<br>( $S_j$ )   | 0.76<br>(0.10-1.00) | 0.27 | 0.17  | 0.99 - 1.27           |
| メス成獣生存率<br>( $S_f$ ) | 0.95<br>(0.70-1.00) | 0.81 | 0.63  | 1.00 - 1.25           |
| 出生率<br>( $b$ )       | 0.96<br>(0.80-1.00) | 0.15 | 0.12  | 1.18 - 1.23           |

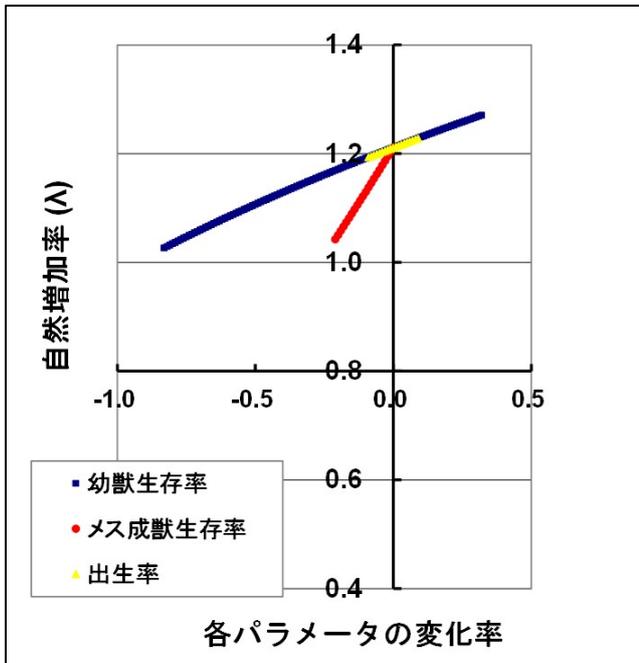


図3.4 ルシャ地区の個体群の自然増加率の変化 (Caswell 1997; Uno 2006に従った)。

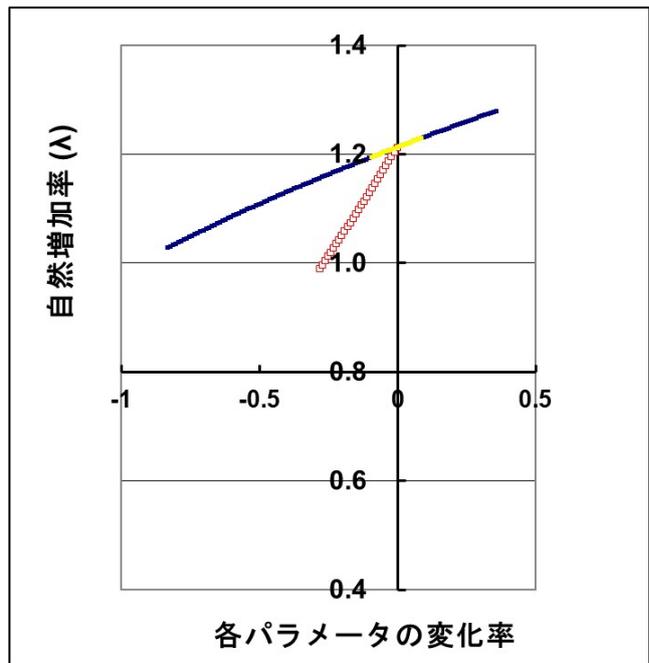


図3.5 幌別・岩尾別地区の個体群の自然増加率の変化 (Caswell 1997; Uno 2006に従った)。

幌別地区では、2019～2021年にかけて待ち伏せ式の銃器を用いた捕獲及びくくり罠を用いた捕獲が行われている<sup>1)</sup>。この地域の個体数を現状より減少させるためには、メス生存率を71%未満にする必要があるため、捕獲による死亡率を10%程度高める必要があると考えられた。

加入率には大きな年次変動があること、夏から秋までのヒグマによる新生仔の捕食、さらに冬期間の幼獣の死亡が加入率に影響を及ぼしていると考えられた。ヒグマによるエゾシカの利用は、1980年代から1990年代前半にはあまり観察されなかったが、エゾシカの個体数が増加した1990年代後半から顕著になったとみられ、特に新生仔への捕食圧が高まったと考えられる (表3.8)。

阿寒地域では、積雪期間の長い厳冬年に幼獣の大量死亡が発生し、加入率が低下することが報告されている<sup>11),20)</sup>。加入率が低下した個体群では、メス成獣の高齢化が進む可能性が考えられる。今後、老齢個体の自然死亡によりメス成獣生存率が大きく低下する場合、捕獲圧を調整することが求められることから、個体群の動向を注意深くモニタリングしていくことが重要である。

表3.8 知床岬～ルシャ川周辺地域で採取したヒグマ糞におけるエゾシカの出現数及び出現頻度 (山中・青井1988; 山中2019から作成)

| 年         | 採集月  | サンプル数 | 出現数 | 出現頻度 | 出典          |
|-----------|------|-------|-----|------|-------------|
| 1982-1986 | 6-8月 | 76    | 0   | 0.0  | 山中・青井(1988) |
| 1990-1994 | 4-6月 | 110   | 3   | 2.7  | 山中(2019)    |
| 1995-1999 | 4-6月 | 34    | 11  | 32.4 | 山中(2019)    |

本研究では、加入率の年変動に及ぼす冬期気象等の影響を明確にすることはできなかった。本地域で1980年代から実施されているライトセンサス調査のデータ等を活用して、加入率と気象条件との関係について解析することが課題である。また、感度分析では幼獣生存率の変動幅を他地域のデータから引用した。本地域における幼獣生存率に関する、さらなる研究が必要だと考えられた。

#### 4-4. エゾシカ個体群管理への提言

エゾシカ個体群管理において、個体数調整のターゲットはメス成獣であることがより明確になった<sup>14),21)</sup>。知床世界自然遺産地域において人為的介入を一切行わない場合、知床岬で観察されたように、個体群は増減を繰り返しながら高密度を維持し、生態系に大きな影響を及ぼし続けることから、生態系の維持回復を図るためには、捕獲圧をかけ続ける必要がある。エゾシカ管理計画及びその実行計画に基づいた、低密度維持のための捕獲が重要であり、そのための技術開発と実行体制の強化が求められている。

世界自然保護連合（IUCN）から日本政府に対して2008年（平成20年）2月に17件の勧告が出されている<sup>22)</sup>。その内、エゾシカ管理と関連して勧告11「知床エゾシカ保護管理計画と関連する実行計画の実施を継続すべきであるが、管理対策が遺産地域のエゾシカの個体群、生物多様性、生態系に及ぼす影響を注意深く観察すべきである」及び勧告13「遺産地域内における、エゾシカ個体群の管理手法（個体数調整）については、全て、注意深く、人道的な点から、また、慎重に実施されること」が挙げられる。本研究の成果は、勧告11について、個体数調整がエゾシカ個体群に及ぼす影響を注意深く観察していること、勧告13の管理手法について、モニタリング・評価・検証を行いつつ注意深く実施していること、などに対して根拠を与えるものである。

#### 5. 研究目標の達成状況

個体数調整を実施している幌別・岩尾別地区と未実施のルシャ地区をモデル地区とした。両地区において、41頭のメス成獣を捕獲し、妊娠率の推定を行った。VHFテレメトリー法により生存率及び要因別死亡率を推定し、メス成獣の生存に及ぼすヒグマ捕食の影響を評価した。また、ロードカウント法を両モデル地区で春季と秋季に実施し、加入率の推定を行った。幼獣の生存には、ヒグマによる捕食圧が大きく影響しており、特に6月の出産期に捕食が顕著であることが示唆された。感度分析及び弾性度分析から、増加率に及ぼす影響はメス成獣生存率が最大であることが明らかとなった。さらに、個体数を減少（増加率を1.0未満）させるためにはメス成獣生存率を71%未満にする必要があること、そのためには人為的介入（個体数調整）が必要であることを示すことができた。以上のことから研究目標は十分達成できたと考えられた。

#### 6. 引用文献

- 1) 釧路自然環境事務所・北海道森林管理局・北海道：第3期知床半島エゾシカ管理計画，27pp.（2017）
- 2) 知床世界自然遺産地域科学委員会エゾシカ・陸上生態系ワーキンググループ：知床データセンター（2016）H27シカ年度 個体数モニタリング事業結果. URL [http://shiretoko-whc.com/data/meeting/ezoshika\\_wg/h28/shika\\_wg\\_H2801\\_shiryol-4.pdf](http://shiretoko-whc.com/data/meeting/ezoshika_wg/h28/shika_wg_H2801_shiryol-4.pdf)
- 3) 知床世界自然遺産地域科学委員会エゾシカ・ヒグマワーキンググループ：知床データセンター（2019）2018(H30)シカ年度エゾシカ個体数モニタリング実施結果. URL [http://shiretoko-whc.com/data/meeting/shikakuma\\_wg/r01/shikakuma\\_R0101\\_shiryoy5-2.pdf](http://shiretoko-whc.com/data/meeting/shikakuma_wg/r01/shikakuma_R0101_shiryoy5-2.pdf)
- 4) D. M. Heisey and B. R. Patterson: J. Wildl Manage (vol.70,6), 1544-1555 (2006), A review of methods to estimate cause-specific mortality in presence of competing risks.
- 5) E. L. Kaplan and P. Meier: J. American Stat Assoc (vol.53), 457-481 (1958), Non-parametric estimation from incomplete observations.
- 6) R Core Team: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> (2021), R: A language and environment for statistical computing.
- 7) 梶 光一：北大図書刊行会，知床の動物（大泰司紀之・中川 元編著），155-180（1988）「第5章 エゾシカ」

- 8) H. Matsuda, K. Kaji, H. Uno, H. Hirakawa and T. Saitoh: Res Popul Ecol (vol. 41) 139-149 (1999), A management policy for sika deer based on sex-specific hunting.
- 9) H. Uno: Hokkaido University DC thesis, 92pp. (2006) Population ecology and management for the sika deer in eastern Hokkaido, Japan.
- 10) H. Caswell: Structured-population models in marine, terrestrial, and freshwater systems. Chapman & Hall, New York, USA, pp.19-58 (1997), Matrix methods for population analysis.
- 11) 梶 光一・宮木正実・宇野裕之編著: 北海道大学出版会, 247pp. (2006) 「エゾシカの保全と管理」
- 12) H. Uno, R. Asahi and T. Akasaka: Mammal Study (vol. 38) 141-146 (2013), A comparison of sika deer population conditions between the Hidaka and Akan districts in Hokkaido, Japan
- 13) M. Ueno, H. Iijima, K. Takeshita, T. Yoshida, H. Uehara, H. Igota, Y. Matsuura, M. Azumaya and K. Kaji: Wildl Res (vol. 45) 143-154 (2018), Robustness of adult female survival maintains a high-density sika deer (*Cervus nippon*) population following the initial irruption.
- 14) H. Uno and K. Kaji: Ecol Res (vol. 21) 215-220 (2006) Survival and cause-specific mortality rates of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan.
- 15) 北海道環境科学研究センター: エゾシカ生息実態調査研究報告書 (1997~2004年度), 98pp. (2006)
- 16) 山中正実: 早稲田大学審査学位論文・博士 (人間科学), 144pp. (2019) 知床国立公園・知床世界自然遺産地域及びその周辺地域におけるヒグマの生態と保護管理について.
- 17) K. Kaji, H. Okada, M. Yamanaka, H. Matsuda and T. Yabe: J. Wildl Manage (vol.68) 889-899 (2004), Irruption of a colonizing sika deer population.
- 18) S. Miura and K. Tokida: Sika Deer: Biology and Management of Native and Introduced Populations (D. R. McCullough et al. eds), Springer, 453-471 (2009), Management Strategy of sika deer based on sensitivity analysis.
- 19) 小平真佐夫・葛西真輔・岡本征史・石名坂 豪・能勢 峰・秋葉圭太: 保全生態学研究 (vo. 16) 121-126 (2011) 知床半島のエゾシカ越冬群に見られた若齢層の欠落傾向.
- 20) 宇野裕之・横山真弓・高橋学察: 哺乳類科学, (vol.38) 233-246 (1998), 北海道阿寒国立公園におけるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) の冬期死亡.
- 21) 三浦慎吾: 日本生態学会誌 (vol.70) 137-145 (2020), カモシカの生態学と環境基本法における野生動物管理.
- 22) 知床世界自然遺産地域科学委員会: 知床データセンター (2008) 平成20年2月ユネスコ/IUCN現地調査報告書の勧告への対応について. URL [http://shiretoko-whc.com/data/meeting/kagaku\\_iinkai/h20/shiretoko\\_H2001\\_shiry01-4.pdf](http://shiretoko-whc.com/data/meeting/kagaku_iinkai/h20/shiretoko_H2001_shiry01-4.pdf)

### Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

#### (1) 誌上発表

##### <査読付き論文>

###### 【サブテーマ1】

- 1) Shimozuru, M., Shirane, Y., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Kasai, S., Nose, T., Shirayanagi, M., Jimbo, M., Tsuruga, H., Mano, T., and Tsubota, T.: Scientific Reports, 10:16498 (2020) (IF:4.38), Maternal human habituation enhances sons' risk of human-caused mortality in a large carnivore, brown bears.

###### 【サブテーマ2】

- 1) Jimbo, M., Matsumoto, N., Sakamoto, H., Yanagawa, Y., Torii, Y., Yamanaka, M., Ishinazaka, T., Shirane, Y., Sashika, M., Tsubota, T. & Shimozuru, M.: Mammal Study, 45: 337-345 (2020) (IF:0.66), Hair growth in brown bears and its application to ecological studies on wild bears.
- 2) Shirane, Y., Mori, F., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Mano, T., Jimbo, M., Sashika, M., Tsubota, T. & Shimozuru, M.: PeerJ, 8: e9982 (2020) (IF:2.98), Development of a noninvasive photograph-based method for the evaluation of body condition in free-ranging brown bears.
- 3) Shirane, Y., Jimbo, M., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Mori, F., Ishinazaka, T., Sashika, M., Tsubota, T. and Shimozuru, M.: Ecology and Evolution, 11(10), 5204-5219 (2021) (IF:2.9), Dining from the coast to the summit: Salmon and pine nuts determine the summer body condition of female brown bears on the Shiretoko Peninsula.
- 4) Jimbo, M., Ishinazaka, T., Shirane, Y., Umemura, Y., Yamanaka, M., Uno, H., Sashika, M., Tsubota, T. & Shimozuru, M.: Ecosphere, (in press) (IF:3.17), Diet selection and asocial learning: Natal habitat influence on lifelong foraging strategies in solitary large mammals.

###### 【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

##### <査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

##### <その他誌上発表 (査読なし) >

###### 【サブテーマ1】

- 1) Shimozuru, M., Jimbo, M., Adachi, K., Kawamura, K., Shirane, Y., Umemura, Y., Ishinazaka, T., Nakanishi, M., Kiyonari, M., Yamanaka, M., Amagai, Y., Ijuin, A., Sakiyama, T., Kasai, S., Nose, T., Shirayanagi, M., Tsuruga, H., Mano, T., Tsubota, T., Fukasawa, K., and Uno, H.: Estimation of breeding population size using DNA-based pedigree reconstruction in brown bears. Authorea (preprint server) (2022)  
(<https://doi.org/10.22541/au.163251777.72864363/v1>)

###### 【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

###### 【サブテーマ3】

- 1) Uno H, Inatomi Y, Ueno M, Kaji K.: Adaptive Management of sika deer populations on

Hokkaido Island, Japan. In (K. Kaji, H. Uno, H. Iijima eds.) Sika Deer: Life History Plasticity and Management, pp. 553-568, Springer (2022)

## (2) 口頭発表 (学会等)

### 【サブテーマ 1】

- 1) 下鶴倫人, 白根ゆり, 山中正実, 中西将尚, 石名坂豪, 葛西真輔, 能勢峰, 白柳正隆, 神保美渚, 釣賀一二三, 間野勉, 坪田敏男: 日本哺乳類学会 2019 年度大会 (2019) 「人に馴れた母グマの子は駆除されやすいか? 知床国立公園に生息するヒグマの人為的捕殺率に影響を与える要因」
- 2) 足立圭輔, 下鶴倫人, 白根ゆり, 山中正実, 中西将尚, 石名坂豪, 葛西真輔, 能勢峰, 神保美渚, 釣賀一二三, 間野勉, 藤本靖, 坪田敏男: 第 67 回日本生態学会大会 (2020) 「知床半島に生息するヒグマにおける Y 染色体ハプロタイプの地理的分布」
- 3) 下鶴倫人: 第 68 回日本生態学会大会, シンポジウム「知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法」(2021) 「DNA 解析に基づくヒグマの個体群特性の解明」
- 4) 深澤圭太: 第 68 回日本生態学会大会, シンポジウム「知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法」(2021) 「景観の連結性を考慮した空間明示型標識回収法による個体密度と捕獲率の推定」
- 5) 下鶴倫人, 足立圭輔, 神保美渚, 川村圭, 白根ゆり, 梅村佳寛, 中西将尚, 石名坂豪, 雨谷教弘, 山中正実, 釣賀一二三, 間野勉, 坪田敏男, 深澤圭太, 宇野裕之: 日本哺乳類学会 2021 年度大会 (2021) 「知床半島ヒグマ個体群における DNA 血縁解析に基づく成獣個体数の推定」
- 6) 川村圭, 神保美渚, 足立圭輔, 白根ゆり, 梅村佳寛, 石名坂豪, 宇野裕之, 佐鹿万里子, 坪田敏男, 下鶴倫人: 第164回日本獣医学会学術集会 (2021) 「北海道知床半島における大型野生哺乳類の日周活動性に関する研究」
- 7) Shimozuru, M., Shirane, Y., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Kasai, S., Nose, T., Shirayanagi, S., Jimbo, M., Tsuruga, H., Mano, T. & Tsubota, T.: The 27th International Bear Association Conference. (2021) “Maternal human habituation, birthplace, and sex affect brown bear mortality in the Shiretoko National Park, Hokkaido, Japan.”

### 【サブテーマ 2】

- 1) 白根ゆり, 山中正実, 中西将尚, 石名坂豪, 神保美渚, 佐鹿万里子, 坪田敏男, 下鶴倫人: 日本哺乳類学会 2019 年度大会 (2019) 「夏期の食物環境の変動がヒグマの栄養状態に与える影響の解明」
- 2) 神保美渚, 松本直也, 坂元秀行, 石名坂豪, 柳川洋二郎, 佐鹿万里子, 坪田敏男, 下鶴倫人: 第 67 回日本生態学会大会 (2020) 「ヒグマ体毛の伸長様式と同位体濃縮係数の算出」
- 3) 白根ゆり: 第 68 回日本生態学会大会, シンポジウム「知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法」(2021) 「ヒグマの食性の地域差と年次変動～大量出沒の要因となる鍵食物の解明」
- 4) 雨谷教弘: 第 68 回日本生態学会大会, シンポジウム「知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法」(2021) 「ヒグマの大量出沒に影響すると考えられる食物資源量の年次変動」
- 5) 神保美渚, 白根ゆり, 梅村佳寛, 石名坂豪, 中西将尚, 葛西真輔, 白柳正隆, 宇野裕之, 佐鹿万里子, 坪田敏男, 下鶴倫人: 日本哺乳類学会 2021 年度大会 (2021) 「知床半島のオスヒグマにおける生涯の採食戦略」
- 6) 白根ゆり, 神保美渚, 山中正実, 中西将尚, 石名坂豪, 坪田敏男, 下鶴倫人: 日本哺乳類学会 2021 年度大会 (2021) 「ハイマツ球果とカラフトマスがメス成獣ヒグマの夏から初秋の栄養状態を左右する」
- 7) 山中正実ほか: 日本哺乳類学会 2021 年度大会 (2021) 「知床半島における自動撮影カメラの画像を用いたヒグマの栄養状態評価の試みについて (予報)」
- 8) Shirane, Y., Jimbo, M., Y., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Umemura, Y., Ishinazaka, T.,

- Tsubota, T. & Shimozuru, M.: The 14th Asian Society of Conservation Medicine/ 27th Japanese Society of Zoo and Wildlife Medicine 2021 Joint Conference. (2021) “An investigation of restricted mountain climbing and salmon fishing among female brown bears with dependent young in Hokkaido, Japan”
- 9) Shirane, Y., Yamanaka, M., Nakanishi, M., Ishinazaka, T., Jimbo, M., Sashika, M., Tsubota, T. and Shimozuru, M.: The 27<sup>th</sup> International Bear Association Conference. (2021) “Seasonal and annual variation in the diet affect the body condition of Hokkaido brown bears.”
- 10) Jimbo, M., Shirane, Y., Yamanaka, M., Ishinazaka, T., Nakanishi, M., Nose, T., Umemura, Y., Uno, H., Sashika, M., Tsubota, T. and Shimozuru, M.: The 27<sup>th</sup> International Bear Association Conference. (2021) “Annual, regional, and intraspecific variation in Hokkaido brown bear diet: Insights from hair stable isotope analysis.”

### 【サブテーマ3】

- 1) 山中正実, 下鶴倫人, 白根ゆり, 清成真由, 中西将尚, 石名坂豪, 宇野裕之, 神保美渚, 葛西真輔, 能勢峰, 梅村佳寛: 日本哺乳類学会 2019 年度大会 (2019) 「知床半島におけるエゾシカ新生子の死亡に与えるヒグマの影響の検討」
- 2) 宇野裕之: 第 68 回日本生態学会大会, シンポジウム「知床世界自然遺産地域における大型哺乳類の保全管理手法」 (2021) 「エゾシカの個体群特性～個体数調整実施地域と非実施地域間の比較」
- 3) 宇野裕之・長 雄一・亀井利活・上野真由美・石名坂豪・山中正実・雨谷教弘・下鶴倫人: 日本哺乳類学会 2021 年度大会 (2021) 「知床世界自然遺産地域におけるニホンジカの個体群特性の評価 (予報)」
- 4) 宇野裕之・上野真由美・長 雄一・亀井利活・石名坂豪・山中正実・雨谷教弘・下鶴倫人: 第 69 回日本生態学会大会 (2022) 「知床半島におけるニホンジカメス成獣の生存率及び要因別死亡率」

### (3) 「国民との科学・技術対話」の実施

<印刷物による活動紹介>

- 1) 知床財団だより, 2019年10/11月号 No, 63 (2019年9月25日発行)  
活動紹介「ヒグマの生息数を調査しています！」(斜里町及び羅臼町広報誌と同時配布)

<講演・授業等>

- [クマ端会議 (地域向けの住民参加型普及啓発プログラム) ]
- 2) 羅臼町開催: 2019/12/14実施(主催: 知床財団, 参加人数: 約20名)
  - 3) 斜里町開催: 2020/2/8実施(主催: 知床財団, 参加人数: 約13名)
- [ヒグマ授業 (地域向けの環境教育プログラム) ]
- 4) 羅臼町立春松小学校(3、5年生): 2019/4/23実施(主催: 知床財団, 参加人数: 32名)
  - 5) 斜町立知床ウトロ学校(1～6年生): 2019/5/18実施(主催: 知床財団, 参加人数: 57名)
  - 6) 標津中学校中学及び川北中学校: 2019/7/5実施(主催: 知床財団, 参加人数: 約50名)
  - 7) 斜町立知床ウトロ学校: 8年生対象事前学習2020/5/28 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 7名)
  - 8) 斜町立知床ウトロ学校: 8年生対象クマ学習2020/6/18 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 7名)
  - 9) 斜町立知床ウトロ学校: 1～6年生対象クマ学習 2020/6/20 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 60名)
  - 10) 別海町立春別小学校: 2020/8/19 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 51名)
  - 11) 斜里町立斜里中学校: 2020/10/26 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 約70名)
  - 12) 北海道斜里高等学校: 2020/10/7 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 14名)
  - 13) 羅臼町立春松小学校: 5 年生対象 2020/10/21 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 15名)
  - 14) 羅臼町立知床未来中学校: 3年生対象 2020/11/25実施(主催: 知床財団, 参加人数: 32名)
  - 15) 羅臼町立知床未来中学校: : 1年生対象 2020/12/2実施(主催: 知床財団, 参加人数: 41名)
  - 16) 網走市寿大学: 2020/11/25 実施(主催: 知床財団, 参加人数: 約120名)

- 17) 北海道大学：2020/9/14～17実施(主催：知床財団，参加人数：約20名)
  - 18) 斜町立知床ウトロ学校：8年生対象事前学習2021/4/22 実施(主催：知床財団，参加人数：8名)
  - 19) 斜町立知床ウトロ学校：8年生対象クマ学習 2021/7/5 実施(主催：知床財団，参加人数：8名)
  - 20) 斜町立知床ウトロ学校：1～6年生対象クマ学習 2021/7/7 実施(主催：知床財団，参加人数：56名)
  - 21) 斜里町立斜里中学校：1年生対象 2021/10/19 実施参加(主催：知床財団，参加人数：約90名)
  - 22) 北海道斜里高等学校：3年生対象 2021/8/25 実施(主催：知床財団，参加人数：17名)
  - 23) 春松幼稚園：2021/6/15実施(主催：知床財団，参加人数：40名)
  - 24) 羅臼幼稚園：2021/10/20実施(主催：知床財団，参加人数：47名)
  - 25) 羅臼町立春松小学校：3・5年生対象 2021/6/21実施(主催：知床財団，参加人数：29名)
  - 26) 羅臼町立羅臼小学校：3・5年生対象 2021/6/22実施(主催：知床財団，参加人数：48名)
  - 27) 羅臼町立知床未来中学校：1年生対象 2021/5/25実施(主催：知床財団，参加人数：38名)
  - 28) 羅臼町立知床未来中学校：3年生対象 2021/5/28実施(主催：知床財団，参加人数：35名)
  - 29) 羅臼高校2年生クマ授業：2021/6/10実施(主催：知床財団，参加人数：##名)
  - 30) 北見ことぶき大学：2020/7/1 実施(主催：知床財団，参加人数：約230名)
  - 31) 北海道大学：2021/9/27～29 実施(主催：知床財団，参加人数：約20名)
  - 32) 根室市民向け講演会：2021/11/12 実施(主催：知床財団，参加人数：約50名)
- [知床ゼミ(地域住民向けのセミナー)]
- 33) 発表題名「知床半島にヒグマは何頭いるのか?～個体数推定と、ヒグマの大量出没の原因解明に向けて～」：2020/04/16実施(主催：公益財団法人知床財団，講師：下鶴倫人・神保美渚[北海道大学]，参加人数約30名)
- [ヒグマの生態の理解、軋轢防止のための研修会]
- 34) ヒグマの生態、対処法等の研修：2019/4/25実施(主催：知床五湖の利用のあり方協議会登録引率者審査部会，講師：知床財団職員，参加人数：5名)
  - 35) ヒグマの生態、対処法等の研修：2019/5/8実施(主催：清里町観光協会，講師：知床財団職員，参加人数：約5名)
  - 36) ヒグマと人の共存、利用調整地区制度についての研修・実習：2019/8/27実施(主催：筑波大学，講師：知床財団職員，参加人数：約15名)
  - 37) ヒグマと人の共存、羅臼の自然について：2019/9/25実施(主催：羅臼町教育委員会，講師：知床財団職員，参加人数：4名)
  - 38) 「ヒグマってどんな動物?」2020/2/8実施(開催地：円山動物園，対象：来園者，主催：円山動物園・CISEネット，講師：下鶴倫人[北海道大学]，参加人数：約30名)
  - 39) 知床半島野生動物ウォッチングセミナー「世界に誇る知床のヒグマ」2021/1/30実施(主催：環境省，講師：下鶴倫人，参加人数約20名)

#### <ブログによる活動紹介>

- 40) 知床財団活動ブログ「エゾシカの生体捕獲・標識放逐を実施しています」(2019年10月10日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2019/10/4784.html>
- 41) 知床財団活動ブログ「より正確なヒグマの生息数推定に向けた調査を行っています」(2019年10月10日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2019/10/4779.html>
- 42) 知床財団活動ブログ「アドバイザーボード会議に出席しました」(2020年1月21日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/01/4922.html>
- 43) 知床財団活動ブログ「冬の間中、ヒグマの糞を洗って、内容物を分析しています」(2020年1月21日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/01/4914.html>
- 44) 知床財団活動ブログ「2020年もヒグマの野外調査を実施しています」(2020年8月8日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/08/5282.html>
- 45) 知床財団活動ブログ「おやすみヒグマ～野生のヒグマの睡眠とは～」(2020年8月8日)

- <https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/08/5287.html>
- 46) 知床財団活動ブログ「ヒグマの食物資源\_①ハイマツの実(球果)」(2020年10月13日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/10/5424.html>
- 47) 知床財団活動ブログ「ヒグマの食物資源\_②サケマス」(2020年10月13日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/10/5434.html>
- 48) 知床財団活動ブログ「ヒグマの食物資源\_③ミズナラの堅果」(2020年10月13日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2020/10/5425.html>
- 49) 知床財団活動ブログ「2021年「クマ活」実施しました」(2021年7月1日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2022/02/5826.html>
- 50) 知床財団活動ブログ「クマ端会議を2年ぶりに開催しました」(2022年2月6日)  
<https://www.shiretoko.or.jp/report/2022/02/5826.html>

#### <一般公開シンポジウム>

- 51) 「野生の営みのダイナミクスに迫る～世界遺産シリエトクのヒグマとエゾシカ」(2022年2月12日  
(オンライン開催, 対象: 一般市民, 主催: 東京農工大学, 北海道立総合研究機構エネルギー・地質・環境研究所, 北海道大学大学院獣医学研究院, (公財)知床財団, 後援: 環境省釧路自然環境事務所, 北海道, 一般社団法人日本哺乳類学会, 参加人数: 215名)  
URL: <https://www.hro.or.jp/list/industrial/research/eeg/pr/topics/1206972.html>  
発表動画: <https://www.youtube.com/watch?v=px2Mm3cNko8>
- ・知床の野生をめぐる歩み: 山中 正実 / (公財)知床財団
  - ・はたしてヒグマは何頭いるのか? 数から読み解くヒグマの生態: 下鶴 倫人 / 北海道大学
  - ・海へ山へと大忙し! 知床のヒグマの食物事情: 白根 ゆり / 北海道立総合研究機構
  - ・ヒグマとの攻防戦? 知床のエゾシカの過去と現在: 石名坂 豪 / (公財)知床財団
  - ・エゾシカの生存戦略～なぜ高密度が維持される?: 宇野 裕之 / 東京農工大学

#### (4) マスコミ等への公表・報道等>

- 1) 北海道新聞(2019年6月27日、全道版、28頁、「知床ヒグマ 個体数調査へ」)
- 2) 北海道新聞(2020年7月4日、全道版、1頁、「社会的距離 ヒグマとも」)
- 3) 北海道新聞(2020年7月7日、道東版、「ヒグマ生息数 DNAで追う」)
- 4) BSフジ「アースウォーカー」(2021年3月28日、知床におけるヒグマ管理・野生動物との距離の取り方について5分ほど紹介)
- 5) NHK北海道(2021年4月4日、ヒグマの夏期の食性と栄養状態の変化について紹介)
- 6) 読売新聞(2021年4月10日、道内版、22頁、「ヒグマ食性 8月「山」 9月「海」夏の知床、北大准教授らが調査 サケ遡上までハイマツ命綱」)
- 7) NHK BSプレミアム(2021年6月24日、「ヒューマニエンス～40億年のたくらみ～」においてヒグマの睡眠映像の紹介)
- 8) 北海道新聞(2021年9月30日、全道版、31頁、「知床周辺 クマ400頭」)
- 9) 北海道新聞(2021年10月1日、道東版「知床クマ調査 精度向上」「管理計画に反映」)
- 10) 北海道新聞(2021年11月8日、全道版、1頁、「知床ヒグマ 餌求め行き来」)
- 11) 北海道新聞(2022年2月16日、全道版「知床のクマ 20年399頭」)

#### (5) 本研究費の研究成果による受賞

- 1) 日本哺乳類学会2021年大会(オンライン開催)優秀ポスター賞受賞: 神保美渚, 白根ゆり, 梅村佳寛, 石名坂豪, 中西将尚, 葛西真輔, 白柳正隆, 宇野裕之, 佐鹿万里子, 坪田敏男, 下鶴倫人「知床半島のオスヒグマにおける生涯の採食戦略」

## IV. 英文Abstract

Development of Conservation and Management Technique for Large Mammals in Shiretoko World Natural Heritage Site.

Principal Investigator: Hiroyuki UNO

Institution: Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183-8509, JAPAN

Tel.: +81-42-367-5738 / Fax.: +81-42-367-5738

E-mail: unoh@go.tuat.ac.jp

Cooperated by: Faculty of Veterinary Medicine, Hokkaido University; Shiretoko Nature Foundation; Research Institute of Energy, Environment and Geology, Hokkaido Research Organization

[Abstract]

Key Words: Population size estimation, Spatially explicit mark-recapture method, Tag recovery method, Food habits, Stable isotope ratio analysis, Population parameters, Sensitivity analysis

Objectives were to: 1) develop a new population estimation method for brown bears; 2) clarify the relationship between annual changes in bear diet and prey species; and 3) clarify the mechanism of maintaining high densities of sika deer population. From 2019 to 2020, we collected approximately 20,000 hair samples and 900 feces samples of bears for DNA analysis and individual identification. As a result, 499 brown bears were identified over the two-year period. We also established a new population estimation method that integrates the spatially explicit mark-recapture and tag recovery methods with individual identification. As a result, we estimated that there are 472 individuals (95%CI: 393-550) in 2019 and 399 individuals (342-457) in 2020. We found that the frequency of photographing bears could be used for monitoring population trends. We also investigated the reproductive status of female brown bears and identified the litter size, reproductive rate, breeding interval, age at first calving, and survival rates of sub-adult bears. The mass appearance and mortality of bears occurred in 2012 and 2015. We divided the Shiretoko Peninsula into six districts and examined geographical and annual variations of their food habits. Fecal contents analysis and the stable isotope ratio analysis of hairs revealed that the use of salmonids was higher at the tip area of peninsula. The years of mass appearance coincided with the years when the start of the pink salmon run was delayed or the number of salmon decreased, and when there was a bad harvest of *Quercus crispula* and *Pinus pumila* acorns. It was suggested that the possibility of predicting mass appearance of brown bears in advance. The survival rate of adult female for sika deer was estimated to be 87% in the Rusha, where no control-kill was conducted, and 82% in the Horobetsu/Iwaobetsu district, where control-kill was conducted. Natural mortality including predation by bears was less than 13% in both districts. Sensitivity analysis suggested that a population growth rate of less than 1.0 would result in a decrease in the population when the adult female survival rate was less than 71%. Pregnancy rates were more than 81% in both districts. Recruitment rates

showed large annual fluctuations. Predation by brown bears and weather factors during winter were thought to have affected recruitment rates. Thus, high survival and pregnancy rates of adult females were found to support the population's high-density maintenance mechanism.