

環境研究総合推進費速報値を活用して捕獲に基づく動態モデルによって推定された知床半島地域のヒグマ個体群動態と動向予測

間野 勉（北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所）

オホーツク管内斜里町、根室管内羅臼町、標津町（以下「3町」とする）を合わせた地域の森林面積は1,378km²で、ほぼ全域がヒグマの生息域と考えられる。3町地域（図1）における1990年から2020年までのヒグマの個体群動態を、環境研究総合推進費「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」（以下「推進費」と略す）速報値を活用して道総研の捕獲個体データを用いた計算機実験により推定すると共に、2021年以降の動向を予測した。



図1. 斜里、羅臼、標津の3町地域（朱線で囲った範囲）。薄緑色は森林を示す

1. 1990年から2020年までの個体群動態の推定

推定方法

個体群動態モデル

t 年末時点における x 歳のメスの個体数。 a 歳から出産

$$\begin{aligned} N_{f,0}(t+1) &= [N_{f,a}(t) - C_{f,a}(t)]B(t)(1-S^*), \\ N_{f,x}(t+1) &= N_{f,x-1}(t)L_{f,x}(t) - C_{f,x-1}(t), \quad (1 \leq x \leq a-1) \\ N_{f,a}(t+1) &= N_{f,a}(t)L_{f,a}(t) - C_{f,a}(t) + N_{f,a-1}(t)L_{f,a-1}(t) - C_{f,a-1}(t). \end{aligned}$$

t 年末時点における x 歳のオス個体数。 a 歳以上は成獣

$$\begin{aligned} N_{m,0}(t+1) &= [N_{f,a}(t) - C_{f,a}(t)]B(t)S^* \\ N_{m,x}(t+1) &= N_{m,x-1}(t)L_{m,x-1}(t) - C_{m,x-1}(t) \quad (1 \leq x \leq a-1) \\ N_{m,a}(t+1) &= N_{m,a}(t)L_{m,a}(t) - C_{m,a}(t) + N_{m,a-1}(t)L_{m,a-1}(t) - C_{m,a-1}(t) \end{aligned}$$

t 年末時点における総個体数 $N(t)$ は、

$$N(t) = \sum_{x=0}^a [N_{f,x}(t) + N_{m,x}(t)],$$

但し、初産年齢 a 、年生存率 L 、平均出生率 B 、年捕獲数 C 、出生時性比 S^*

人口動態パラメータ

初産年齢：満 6 歳、平均産子数：1.8 頭、出生時性比：50%、平均出産間隔：2.6 年（但し参考までに 2.3 年の場合も計算し、付録に示した）、0 歳生存率：65%、亜成獣以上生存率：95%、パラメータの不確実性：10%、1990 年初期個体数：中央値 250 ± 250 頭の一様分布

性別捕獲数及び捕獲個体年齢構成

計算機実験に用いた個体群動態推定期間の性別捕獲数（図 2）及び捕獲個体の年齢構成（図 3）を以下に示した。

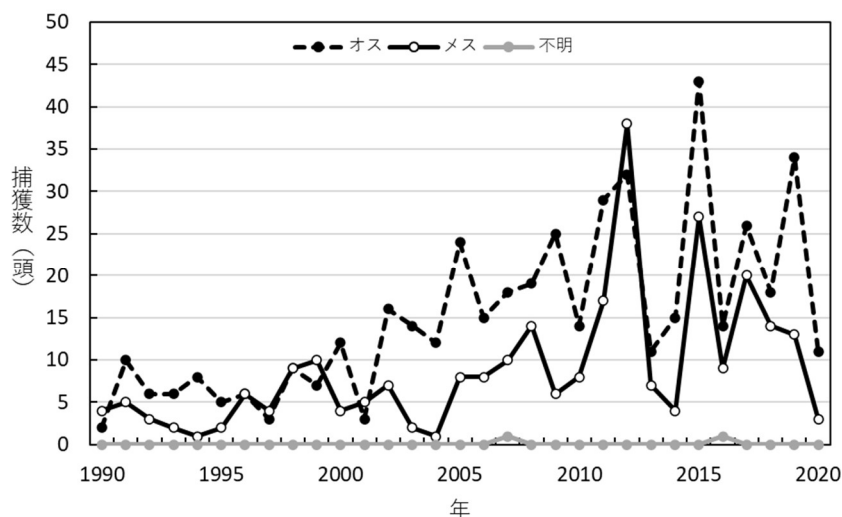


図 2. 1990～2020 年の 3 町地域におけるヒグマ性別捕獲数の推移

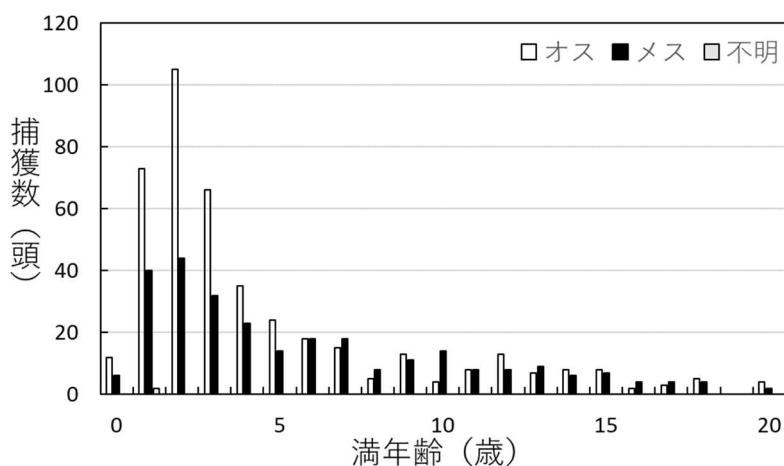


図 3. 1990～2019 年に 3 町地域で捕獲されたヒグマの年齢構成

計算機実験のシナリオ

推進費の速報値と、それを活用した計算機実験で用いる条件は表1のとおりである。

表1. 環境研究総合推進費による3町地域のヒグマ個体数推定速報値と、それを活用した計算機実験シナリオ①、②の条件

年	推進費による推定速報値		計算機実験シナリオ①、②の条件		
	個体数推定値 (95%信頼区間)	オス性比 (95%信頼区間)	オス性比	メス個体数 下限値	メス個体数 上限値
2019	472 (393-550)	0.42 (0.37-0.52)	0.40	236	330
2020	399 (342-457)	0.39 (0.34-0.45)	0.40	205	274

推進費推定結果（表1）を用いた計算機実験をシナリオ①、②とした。またシナリオ③、④では、第1期知床半島ヒグマ管理計画策定時の計算機実験（環境省釧路自然環境事務所 2014）で用いた渡島半島地域の2012年時点でのメスの生息密度に基づく条件で計算し、①、②と比較した（表2）。

表2. 個体群動態推定の計算機実験の4つのシナリオにおける条件

計算機実験 のシナリオ	条 件				
	上限値制限		下限値制限		個体数動向（トレンド）
シナリオ①	$N_{f2019} \leq 330$	$N_{f2020} \leq 274$	$236 \leq N_{f2019}$	$205 \leq N_{f2020}$	-
シナリオ②	$N_{f2019} \leq 330$	$N_{f2020} \leq 274$	$236 \leq N_{f2019}$	$205 \leq N_{f2020}$	$N_{f1990} \leq N_{f2000}^{**}$
シナリオ③	$N_{f2012} \leq 454^*$		2020年までに成獣個体 (6歳以上)が絶滅しない		-
シナリオ④	$N_{f2012} \leq 454^*$		2020年までに成獣個体 (6歳以上)が絶滅しない		$N_{f1990} \leq N_{f2000}^{**}$

*渡島半島上ノ国道有林における2012年メスの推定密度95%上限値（0.327頭/km²を基に算出、釣賀ほか2014）に3町の森林面積（1,378km²）を乗じて算出

**知床財団専門家の見立て（山中 私信）による

推定の結果

個体数推定速報値を活用した条件付加により個体群動態の推定精度は劇的に向上し、信用区間幅が狭まった（表3, 4シナリオ①、②）。個体数動向（トレンド）を考慮しないシナリオ①、③を比較すると、

- 2020年個体数中央値：メス 383頭→255頭（67%）、オス 265頭→148頭（57%）、合計 648頭→403頭（62%）に減少
- 2020年総個体数の信用区間幅：293～1224頭→330～492頭（17%）に減少

- 1990年個体数中央値：メス 182 頭→160 頭 (89%)、オス 135 頭→119 頭 (89%)、合計 317 頭→279 頭 (89%) に減少
- 1990 年から 2000 年まで増加したとする個体数動向（トレンド）を仮定したシナリオ②と、仮定しないシナリオ①の推定結果に顕著な差は見られない（表 3、4）

表3. 知床3町における2020年時点での個体数推定結果

シナリオ	メス			オス			合計		
	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**
①推進費速報値活用トレンドなし	231	255	280	99	148	212	330	403	492
②推進費速報値活用 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	230	255	281	98	149	214	328	403	495
③第1期計画時条件トレンドなし	192	383	672	101	265	552	293	648	1224
④第1期計画時条件 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	192	380	665	99	262	550	291	643	1214

**信用区間幅は計算結果をガンマ分布で近似して推定

表4. 知床3町における1990年時点での個体数推定結果

シナリオ	メス			オス			合計		
	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**
①推進費速報値活用トレンドなし	122	160	206	90	119	154	212	279	360
②推進費速報値活用 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	123	162	209	91	120	156	213	282	365
③第1期計画時条件トレンドなし	129	182	246	96	135	183	226	317	429
④第1期計画時条件 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	129	179	241	95	133	180	224	312	421

**信用区間幅は計算結果をガンマ分布で近似して推定

推進費速報値から得られた条件による計算による 1990 年から 2020 年までの中央値の個体数動向（シナリオ①）は、1990～2010 年まで増加後、それ以降横ばい（平衡）（図 4A）となり、これまでの推定（シナリオ③）で得られた 1990 年代から現在まで一貫した単調増加（図 4B）とは大きく異なった。

- 1990 年から約 20 年間にメス個体数は約 1.6 倍、総個体数は約 1.4 倍に増加した後、年次変動はあるものの、2010 年代以降は横ばいの状態ではほぼ同水準を保って推移していると考えられる（図 4A）
- なお、オスの推定結果は、推定対象地域内のメスが出生したオスのみによることを仮定しており、移出入の効果を無視していることから、全てのシナリオで参考として捉えることが適切である

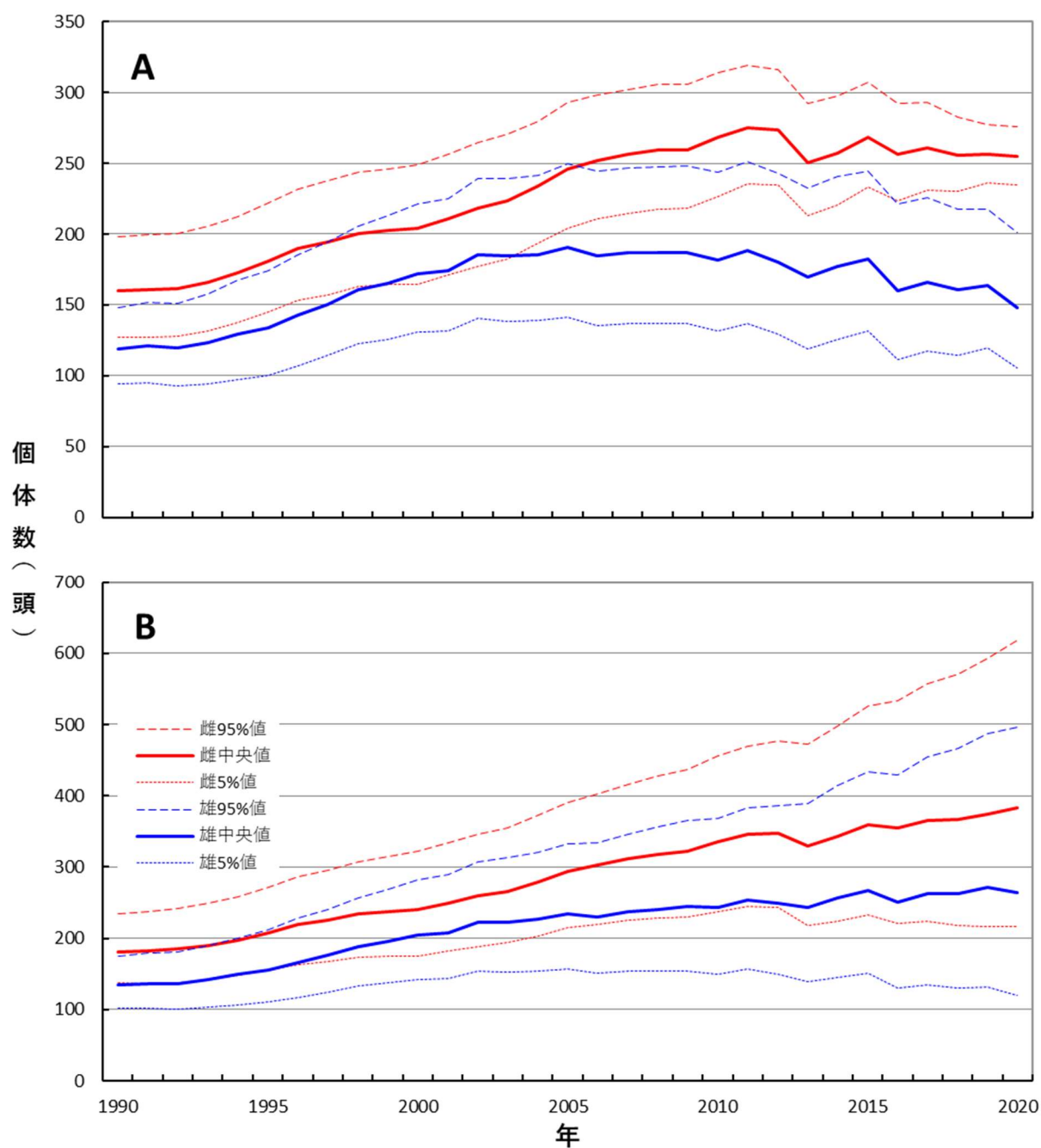


図4. 知床3町における1990～2020年のヒグマの個体群動態。Aはシナリオ①、Bはシナリオ③による計算結果を示す

考察

- 推進費による個体数推定速報値を用いた結果、個体群動態の推定確度が大きく向上した
- 今回の推進費のような集約的な個体数調査を定期的に実施して個体数の信頼幅を得ることにより、長期間の個体群動態の推定確度を維持することが可能である。
- 推定確度が高いシナリオ①、②により、個体群は1990年代から2000年代にかけて増加した後、2010年代以降横ばいで推移していると考えられる

- 2010年代以降に発生した大量出没による多数捕獲は一時的な個体数の減少を招いたが、短期間で回復したと考えられる
- 2010年代以降、出没やあつれきの多発によるメスの捕獲が増えていること（図2）が個体群の横ばいの主たる要因と考えられ、サケマス遡上時期の遅れや遡上数の減少、ハイマツ球果の凶作などによる生態的環境収容力のほか、現時点の管理体制下での知床半島地域における人間社会の受忍限界といった社会的収容力によっても個体群が維持されていることが示唆される
- 2010~2020年の10年間に年平均で16頭のメスが捕獲される条件下で個体数の水準が維持されていたと考えられることは、次期管理計画期間のメス総捕獲数の検討の参考になると考えられる
- 2020年時点における知床3町地域における個体数が、北海道ヒグマ管理計画の地域個体群における「絶滅の恐れが高まることを予防する個体数」に当たる「予防水準」（400頭）に該当することは、北海道ヒグマ管理計画における「道東・宗谷地域」の個体群が、知床半島地域の個体数だけで予防水準に達している現状を意味する

2. 様々なメス捕獲数による2021年以降の個体群動態の予測

推定方法

前項の推定におけるシナリオ①の条件下で、知床3町のヒグマ個体群が2021年以降のメスの捕獲数によってどのように変動するか、2031年までの10年間にわたって予測した。2021年以降の平均年間メス捕獲数による6つのシナリオ、すなわちシナリオa（15頭、第1期計画の上限値）、b（16頭、2010~2020年実績）、c（18頭）、d（20頭）、e（22頭）、f（25頭）を設け、設定した平均年間捕獲数を中心に±50%の一樣乱数で年次変動するものとして計算機実験を行い、第2期知床半島ヒグマ管理計画終了年である2027年時点での雌雄個体数の中央値、2020年を100としたときの個体数指数、メスの絶滅確率、さらにメス個体数が $N_{2027} < N_{2020}$ となる減少確率を求めた。2010~2020年の捕獲個体性比から、オスの捕獲数はメス捕獲数の150%とした。

推定の結果

年間平均捕獲数を15頭から25頭としたa~f全てのシナリオで、2027年時点のメス絶滅確率は0だった（表5）。第1期計画における年間メス捕獲上限数である15頭を捕獲するとしたシナリオaでは、メスの個体数が減少する確率50%を下回り、2010年~2020年の年間平均捕獲数である16頭としたシナリオbではほぼ50%となり、18頭以上のシナリオc~fでは減少確率が50%を上回った（表5）。

前項に示した推進費速報値を活用して算出した2020年時点での総個体数400頭を100とした指数は、シナリオごとに捕獲数15、16頭（シナリオa、b）でほぼ横ばい、18頭（シナリオc）では86に減少、20頭（シナリオd）では77、22頭（シナリオe）では68、そして25頭（シナリオf）の場合には55に減少した（表5、図6）。

参考として、シナリオcで予測される個体群動態のグラフを図7に示した。

表5. 移出入なしの条件下における知床3町における第2期管理計画終了年である2027年時点の年間メス捕獲数ごとの予測個体数中央値と2020年を100としたときの個体数指数、メスの絶滅及び減少確率

シナリオ・平均年間メス捕獲数	a・15頭	b・16頭	c・18頭	d・20頭	e・22頭	f・25頭
N_{f2027}	260	250	233	217	201	172
N_{m2027}	140	131	111	91	74	50
N_{2027}	401	381	344	308	275	222
N_{2027} 個体数指数	100	95	86	77	68	55
絶滅確率 (%)	0	0	0	0	0	0
減少確率 (%)	42	53	70	84	91	97

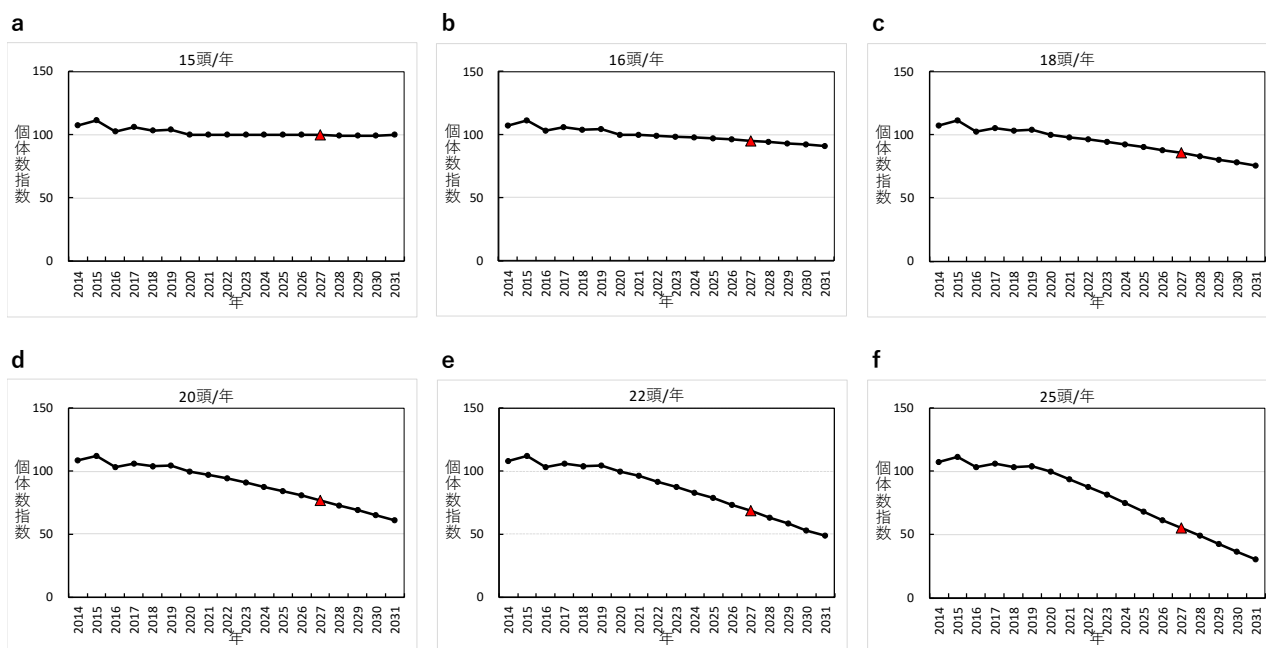


図6. 2031年まで各種年間平均捕獲数を継続捕獲したシナリオ a~f における個体数指数中央値の推移。オス捕獲数はメスの150%と仮定。第2期知床半島ヒグマ管理計画最終年の2027年値を▲で示した

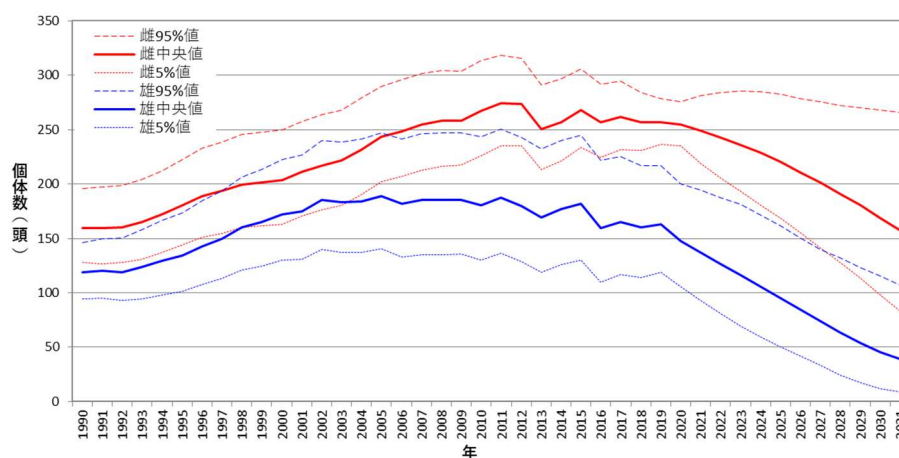


図7. 2021年以降の年平均メス捕獲数22頭としたシナリオ e の計算機実験による知床3町におけるヒグマの個体群動態の予測。オスの捕獲数はメスの150%と仮定

考察

- 個体群絶滅回避に必要な管理目標の検討が個体群動態予測の最も重要な意義であるが、環境省釧路自然環境事務所ほか（2017）の予測では、第1期管理計画終了年である2021年における雌雄合わせた総個体数水準が500頭以上のシナリオでも絶滅確率が5%を超え、低い信頼性が懸案であった。今回、推進費の事業によって2019年と2020年時点での高精度の推定結果が得られ、下限値が引き上げられたことで、絶滅確率の推定精度も高まったものと判断される。
- 2010～2020年の年間平均捕獲数である16頭を2021年以降も継続して捕獲した場合、個体群は横ばいで推移することが予測されたが、このことは前項の1990年代以降の個体群動態の推定において、2010年代以降2020年まで横ばいで推移していると推定された特徴と矛盾しない。
- 前項の1990年から2020年までの推定では、1990年時点の個体数は雌雄合わせて280頭程度（表2）、すなわち2020年を100としたときの個体数指標は約70となる。年平均22頭を捕獲するシナリオeでは、計画最終年の2027年に個体群がこの水準に達するものと予想される（表5、図6、e）。

文献

- 環境省釧路自然環境事務所，林野庁北海道森林管理局，北海道，斜里町，羅臼町，標津町，2017 知床半島ヒグマ管理計画：付属資料1－1．
- 釣賀一二三，近藤麻実，深澤圭太．2014．3－5．現地調査の実施と生息密度の推定．pp.55-66．釣賀一二三編集，平成23～25年度重点研究報告書：環境情報を活用した遺伝子マーカーによる個体識別を用いたヒグマ生息密度推定法の開発．北海道環境科学研究センター，札幌，66+18pp．

付録：出産間隔 2.3 年としたときの計算結果

1990～2020 年の個体群動態の推定

- 平均出産間隔を 2.3 年と増加率を高くした推定では、2020 年の個体数水準に変化はないが、1990 年時点の個体数水準がやや低くなった（メス個体数約 140 頭、総個体数約 250 頭）（付表 1, 2）
- 1990 年から約 20 年間にメス個体数で約 1.8 倍、総個体数で 1.6 倍に増加し、その後横ばいの状態で推移していると考えられる（付図 1）

付表1. 知床3町における2020年時点での個体数推定結果（平均出産間隔2.3年）

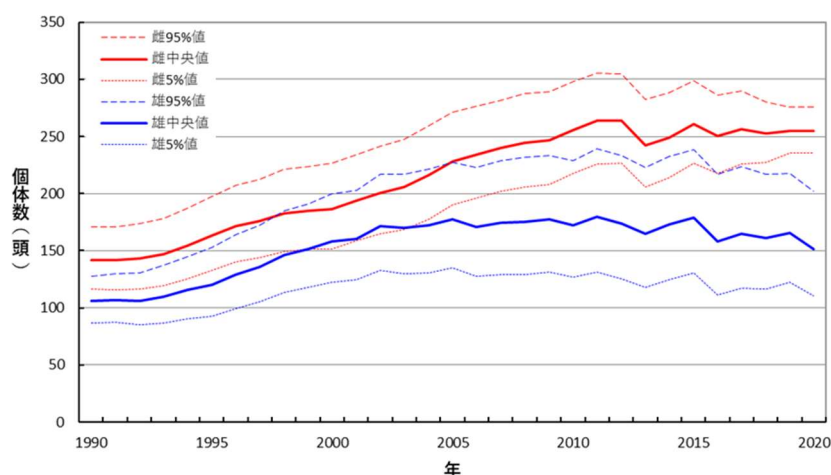
計算の条件	メス			オス			合計		
	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**
①推進費速報値活用トレンドなし	232	255	280	103	152	213	335	407	493
②推進費速報値活用 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	234	256	279	103	151	213	336	407	492
③第1期計画時条件トレンドなし	234	432	720	139	315	601	373	747	1320
④第1期計画時条件 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	236	430	711	140	315	597	376	746	1308

**信用区間幅は計算結果をガンマ分布で近似して推定

付表2. 知床3町における1990年時点での個体数推定結果（平均出産間隔2.3年）

計算の条件	メス			オス			合計		
	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**	95%LL**	N	95%UL**
①推進費速報値活用トレンドなし	112	142	177	84	106	132	196	248	309
②推進費速報値活用 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	110	141	176	82	105	132	193	246	308
③第1期計画時条件トレンドなし	118	163	218	88	121	162	207	284	380
④第1期計画時条件 $N_{f1999} \leq N_{f2000}$	118	164	219	88	122	164	206	285	383

**信用区間幅は計算結果をガンマ分布で近似して推定



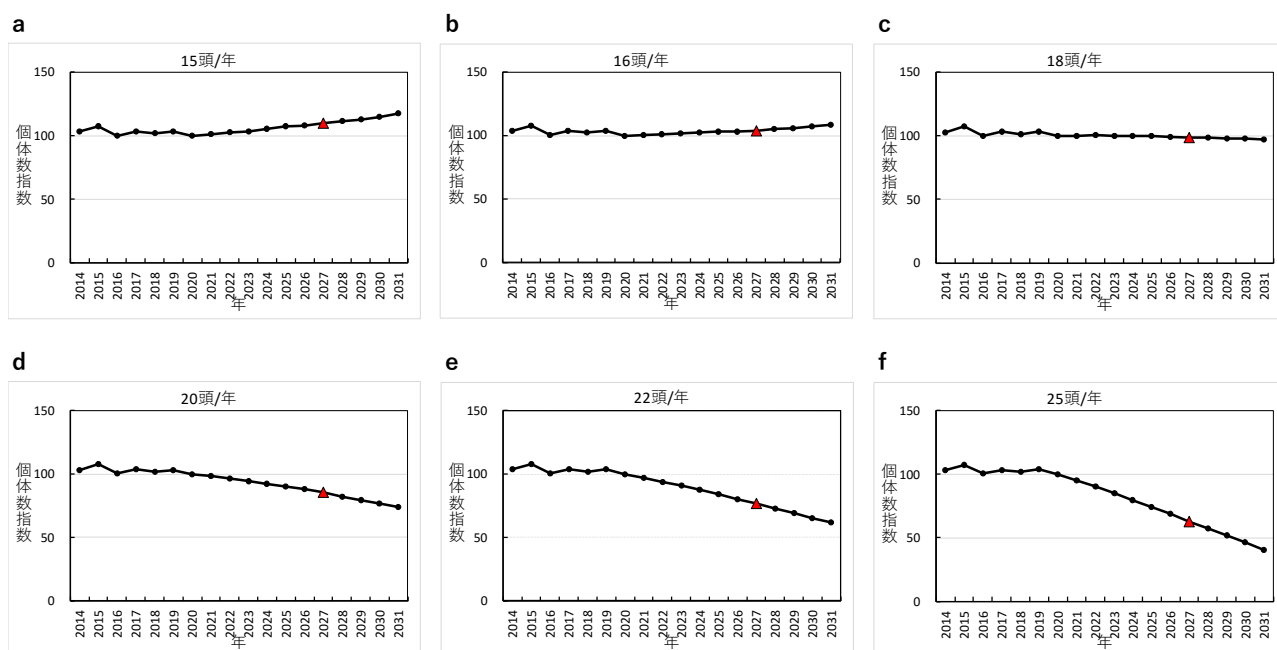
付図 1. 平均出産間隔 2.3 年としたシナリオ①の計算機実験による知床 3 町における 1990～2020 年のヒグマの個体群動態

様々なメス捕獲数による 2021 年以降の個体群動態の予測

平均出産間隔を 2.3 年とした予測では、18 頭までは減少が増加を上回ることにはなかった（付表 3）。また、個体数指数の減少程度は、平均出産間隔を 2.6 年とした場合よりも緩やかになった（付図 2）。

付表 3. 平均出産間隔 2.3 年、移出入なしの条件下における知床 3 町における第 2 期管理計画終了年である 2027 年時点の年間メス捕獲数ごとの予測個体数中央値と 2020 年を 100 としたときの個体数指数、メスの絶滅及び減少確率

シナリオ・平均年間メス捕獲数	a・15頭	b・16頭	c・18頭	d・20頭	e・22頭	f・25頭
N_{f2027}	282	270	253	236	220	192
N_{m2027}	161	151	147	110	91	65
N_{2027}	443	421	400	346	311	257
N_{2027} 個体数指数	110	105	99	85	77	63
絶滅確率 (%)	0	0	0	0	0	0
減少確率 (%)	24	34	50	67	78	93



付図 2. 平均出産間隔を 2.3 年とした 2031 年まで各種年間平均捕獲数を継続捕獲したシナリオ a~f における個体数指数中央値の予測。オス捕獲数はメスの 150% と仮定。第 2 期知床半島ヒグマ管理計画最終年の 2027 年値を▲で示した。