

令和6年度

頸城山塊ライチョウ個体群生息地実態把握調査事業

報告書

令和7年3月

新潟ライチョウ研究会

目 次

I. 業務の目的	1
II. 繁殖期および非繁殖期におけるライチョウ個体数調査	
目的、調査場所および調査範囲、調査方法	2
結果	
1. 火打山におけるライチョウ個体数調査	3
2. 火打山における繁殖期のカウント数およびオス数の増減トレンド	4
解析方法	4
結果	
1) 雌雄を合算したカウント数	5
2) オス数	6
3. 調査回数が個体の検出におよぼす影響	6
結果	
1) 個体別に確認されたカウントの累積数（雌雄を合算したカウント数）	7
2) 個体別に確認されたオスの累積数	7
4. 焼山におけるライチョウ個体数調査	8
考察	
1) 火打山における繁殖期のライチョウ個体数調査	9
2) 焼山における繁殖期のライチョウ個体数調査	10
3) 非繁殖期の個体数調査	10
4) 火打山におけるライチョウ個体数推定に適切な手法について	10
5) 今後の頸城山塊におけるライチョウのモニタリングについて	11
III. 大型哺乳類の生息実態調査	
目的、調査場所、調査方法	12
結果	13
考察	15
IV. まとめ	16
V. 引用文献	17
VI. 付図（調査ルートおよびライチョウ個体確認位置図）	19
VII. センサーカメラにより撮影された大型動物種	22

1. 業務の目的

妙高市の火打山・焼山周辺（頸城山塊）には氷河期からの生き残りであり、国の特別天然記念物であるライチョウが生息している。頸城山塊のライチョウは、日本の生息域の中でも最北限、最少の個体群でもあるために最も絶滅が危惧されている。2012年には環境省のレッドリストにおいて絶滅危惧Ⅱ類から絶滅危惧ⅠB類にランクアップされ、国の保護増殖事業の対象種となった。

火打山におけるライチョウ確認個体数は、2008年以降直接観察では12羽から33羽、標識・未標識個体の確認履歴をもとにした標識-再観察法による推定個体数は15羽から27羽（95%信頼区間：12～37羽）で推移しており、現時点では個体数は減少傾向にはない。しかし、高山帯は急速に進行する温暖化の影響を最も受けやすい生態系とされ、頸城山塊のライチョウ個体数の増減傾向については今後も注視していく必要がある。頸城山塊におけるライチョウ個体群の保全を効果的に進めるためには、既知の生息域における個体数の動向を継続的に把握し、状況に応じて迅速に保全を図る必要があり、頸城山塊においても継続的な生息状況調査の実施が欠かせない。

一方で、全国的にニホンジカ（以下、シカ）やイノシシといった大型哺乳類の個体数増加および分布域の拡大が、農林業・人身被害をもたらしていることは大きな社会問題となっている。かつては生息していなかった高山帯においてもこれらの動物が侵入しはじめ、2013年10月には影火打にてシカの糞塊が確認されて以降、2016年には火打山にてシカやイノシシがセンサーカメラで撮影され、火打山にも大型哺乳類が侵入してきていることが明らかとなった。2021年に実施されたセンサーカメラを設置した調査では、2016・2017および2020年よりも高頻度でシカが撮影され、火打山における個体数増加が懸念される。ライチョウに関しては、南アルプス個体群の個体数減少が最も著しいと言われており、高山帯へのシカの侵入による植生破壊等が主な原因であると考えられている。火打山においても、シカの侵入や個体数の増加により植生が破壊されるなどライチョウの生息環境に対しても大きな負の影響が懸念されるため、大型哺乳類の生息実態について継続した調査の実施が重要である。

妙高市の自然資源であり、高山生態系および地域の環境保全のシンボルであるライチョウを保全するためには、継続的に個体数の変動を把握するのみならず、高山生態系に多大なる負の影響を与える可能性がある大型哺乳類の侵入・生息状況についても継続してモニタリングしていく必要がある。

そこで本事業では、頸城山塊におけるライチョウの主な繁殖山岳である火打山・焼山において、1) 繁殖期・非繁殖期におけるライチョウ個体数調査、2) 大型哺乳類の生息実態把握調査を実施する。

II. 繁殖期および非繁殖期におけるライチョウ個体数調査

<目的>

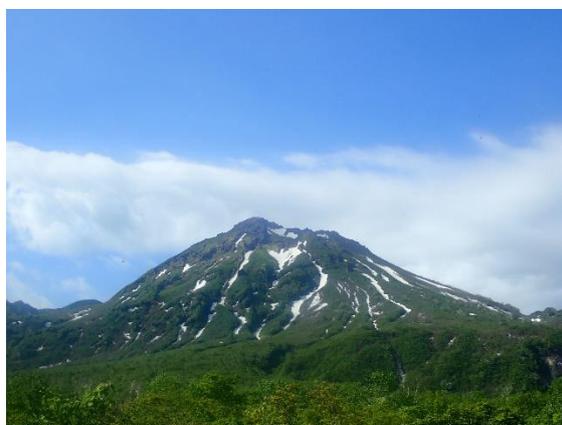
頸城山塊におけるライチョウの主な繁殖地である火打山・焼山において、ライチョウの繁殖期および非繁殖期の個体数を計数するための現地調査を実施した。また、これまで火打山において確認されてきた個体数（カウント数）およびオス数の増減トレンドについても検討した。

<調査場所および調査範囲>

調査は妙高戸隠連山国立公園内にある火打山および焼山のライチョウの生息が確認されている地域で行った（図1）。調査対象範囲は火打山では標高およそ2,150から2,462メートル、焼山は標高およそ2,150から2,400メートルの範囲であった（図1）。



5月29日撮影（右：火打山、左：影火打）



6月11日撮影（焼山）



図1. ライチョウ調査対象範囲（左：火打山、右：焼山）

<調査方法>

主に登山道を中心に尾根を歩いて（図1、付図1、6、9、13）個体の発見に努めた。個体を発見した場合、標識個体については色足環の組み合わせを確認し、個体を特定して記録した。また、未標識個体については確認された位置、および同時に確認されたペアの相手の情報に基づい

て二重カウントを避けるように努めて個体別に記録した。さらに、なわばり行動が発生した場合には個々の個体を追跡し、未標識個体を重複して記録しないように注意を払った。個体の位置は携帯型 GPS ユニット (Garmin GPSMAP64scJ) で記録した。確認された標識個体と、別個体であると判断した未標識個体の数を合算してカウント数として雌雄別に集計した。

<結果>

1. 火打山におけるライチョウ個体数調査

火打山における繁殖期の個体数調査は5月27日から31日に、非繁殖期における調査は11月5日から8日に実施した。発見できたライチョウの確認状況を表1と2に示した。また、個体を確認した位置情報については巻末に付図として示した。

表1. 繁殖期の火打山におけるライチョウ個体の確認状況

日付 調査時間	天気	時刻	確認位置 番号	個体情報	備考	
2024/5/28 4:10-14:25	雨	5:46	①	♂ 黄黄/赤なし ♀ 黄空/赤赤	ペア	
		6:26	②	♂ 黄黄/黒空	③とバトル	
	6:35	③	♂ 足環有無不明			
	6:45	④	♂ 黄赤/赤空	おそらく③と同一個体		
	7:37	⑤	♂ 黄赤/赤空 ♀ ノーマーク	ペア		
	7:55	⑥	♀ 黄赤/赤黄			
	雨 ガス	9:18	⑦	♀ 黄赤/赤赤		
	雨	9:43	⑧	♂ 空黒/白黒 ♀ 黄黄/黒なし	ペア	
	雨 ガス	11:53	⑨	♂ ノーマーク		
	11:57	⑩	♂ 足環有無不明	⑨とは別個体:同時確認		
	雨 ガス 強風	12:24	⑪	♂ 黄黄/赤なし ♀ 黄空/赤赤	ペア	
2024/5/29 4:20-15:30	小雨 ガス	5:37	①	♂ ノーマーク	Song&Call	
	4:20-15:30	5:58	②	♂ 黄黄/赤なし ♀ 黄空/赤赤	ペア	
		8:05	③	♂ 空黒/白黒 ♀ 黄黄/黒なし	ペア	
	晴れ 強風	10:00	④	♂ 黄赤/赤空 ♀ ノーマーク	ペア	
	12:39	⑤	♂ 黄黄/黒空 ♀ 足環有無不明			
	晴れ	13:10	⑥	♂ 空黄/赤赤		
	晴れ	13:43	⑦	♂ 黄黄/赤なし ♀ 黄空/赤赤	ペア	
2024/5/30 4:10-15:25	晴れ 微風	6:42	①	♂ 黄黄/黒空	バトルFly	
	4:10-15:25	7:03		♂ 黄赤/赤空		
		7:58	②	♂ 黄黄/黒空		
		9:45	③	♂ 足環有無不明 ♀ 足環有無不明	ペア	
	くもり 無風	10:41	④	♂ 黄なし/黒なし	なわばり♂	
晴れ 弱風	13:58	⑤	♂ 足環有無不明	ダケカンバ枝上		
2024/5/31 3:05-13:35	小雨 無風	5:43	①	♀ 黄空/赤赤		
	3:05-13:35	6:15	②	♂ 足環有無不明	Flying, Call	
		ガス 無風	7:02	③	♂ 黄なし/黒なし	③から④まで
		7:15	④	♂ 黄なし/黒なし ♂ 空黒/白黒	採食しながら移動	
	7:40	⑤	♂ 黄なし/黒なし			
	くもり 弱風	9:24	⑥	♂ 空黒/黄なし		
	9:46	⑦	♂ 黄赤/赤空 ♀ ノーマーク	ペア		
	⑧		新鮮な糞	ライチョウの生息痕		

繁殖期に実施した調査では、30 地点でのべ 43 羽のライチョウが確認できた（表 1）。確認された足環標識個体および別個体であると判断した未標識個体の数を合算すると、オス 12 羽、メス 6 羽の計 18 羽であった。

表 2. 非繁殖期の火打山におけるライチョウ個体の確認状況

日付 調査時間	天気	時刻	確認位置 番号	個体情報	備考
2024/11/6 6:30-16:30	雪時々曇り	11:20	①	空黄/赤赤 ♂	
2024/11/7 6:30-15:00	雪時々曇り	9:02	①	ノーマーク	
	強風	9:28	②	空?/赤黄	
				ノーマーク	
		11:39	③	ノーマーク	
		13:45	④	ノーマーク ♂	冬羽
				ノーマーク ♂	冬羽
				空空/赤黄 ♂	冬羽

非繁殖期に実施した調査では、5 地点でのべ 8 羽のライチョウが確認できた（表 2）。しかし、確認できた多くの個体が未標識個体であり、繁殖期のように個体が確認された位置や雌雄（繁殖ペア）の同時確認などの情報から個体を区別することは不可能であったため、確認個体数については不明であった。

2. 火打山における繁殖期のカウント数およびオス数の増減トレンド

火打山においてはこれまで雌雄を合算したカウント数を個体数指標として増減トレンドが定性的に評価されてきた（例えば、新潟ライチョウ研究会 2022, 2023）。しかし、抱卵に入ったメスは 1 日に 2 回ほど採食のために巣を離れる以外は巣に留まる（中村 2007）。また、海外の研究結果によれば、カナダにおけるライチョウおよびカラフトライチョウでは気温が高かった年は繁殖開始時期が早まることが知られ（Wilson and Martin 2010）、フランスのライチョウでは孵化日の平均は雪解け日と相関していた（Novoa et al. 2016）。したがって、毎年同時期に個体カウント調査を実施したとしても、その年の気温や雪解けの時期によりメスの抱卵開始時期が異なる可能性があり、こうしたメスの繁殖ステージの違いによって発見率が異なり、メスのカウント数は大きくばらつくことが考えられた。そこで、雌雄を合算したカウント数だけでなくオス数を対象として個体数の増減トレンドの解析を試みた。

<解析方法>

2008 年の調査はそれ以降と調査の手法が異なるために解析からは除外し、調査手法が統一されている 2009 年から 2024 年までの 16 年間を解析対象とした。雌雄を合算したカウント数およびオス数を、ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル（GLM）の応答変数として解析した（粕谷 2012；久保 2012）。小さいサンプルサイズに合わせて調整された赤池情報量基準（AICc）を

用いて (Burnham and Anderson 2010)、1) 16 年間の調査期間中に雌雄を合算したカウント数およびオス数が減少したという仮説を表す線形の年の効果を仮定する年モデル、および 2) 時間の経過に伴いこれが一定であると仮定する一定 (帰無) モデルの 2 つの候補モデルについて、相対的な支持を評価および比較し (Burnham and Anderson 2010)、同時に尤度比検定を行った (粕谷 2012; 久保 2012)。すべての分析は R (R Core Team 2022) を用いて実施した。

<結果>

1) 雌雄を合算したカウント数

雌雄を合算したカウント数は 2009 年の最小 13 から 2009 年の最大 34 の間を変動しながら推移した (図 2)。モデル選択の結果、いずれのモデルも支持されたが ($\Delta AICc < 2.0$)、年モデルの回帰係数の 95%信頼区間は 0 と重複しており (95%CI: -0.03 - 0.01)、統計的には有意ではなかった。したがって、カウント数に対する年の効果を支持する証拠は得られず (表 3)、データからはカウント数が 16 年間で一定であると仮定する帰無仮説は棄却されなかった ($\chi^2 = 0.68$, $df = 1$, $p = 0.41$)。一定モデルはデータを相対的に 73% 支持し ($w_i = 0.73$, 表 3)、16 年間の調査期間を通じて確認されたカウント数の平均 ($\pm SD$) は 22.4 ± 4.8 であった。

表 3. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル (GLM) を用いて推定した 2009 年から 2024 年までの火打山におけるライチョウの雌雄を合算したカウント数のモデル選択結果

モデル	k	AICc	$\Delta AICc$	w_i	Cummulative w_i
一定モデル	1	97.3	0	0.73	0.73
年モデル	2	99.2	1.96	0.27	1.00

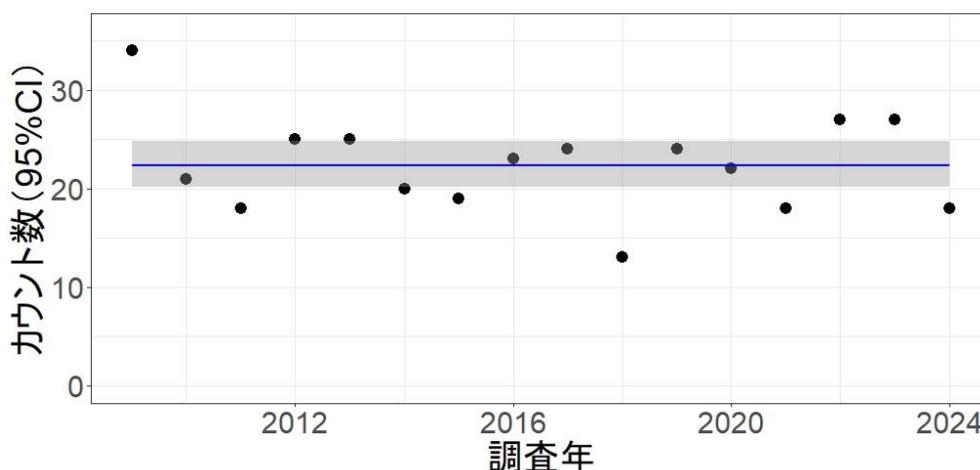


図 2. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル (GLM) を用いて線形の年傾向を評価した 2009 年から 2024 年までの 16 年間のカウント数 ($\pm 95\% CI$)

2) オス数

オス数は2018年の最小8から2022年の最大20の間を変動しながら推移した(図3)。オス数に対する年の効果を支持する証拠は得られず(表4)、データからはオス数が16年間で一定であると仮定する帰無仮説は棄却されなかった($\chi^2 = 0.0008$, $df = 1$, $p = 0.98$)。一定モデルはデータを相対的に79%支持した($w_i = 0.79$, 表3)。16年間の調査期間を通じて確認されたオス数の平均($\pm SD$)は 14.1 ± 3.0 であった。

表4. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル(GLM)を用いて推定した2009年から2024年までの火打山におけるライチョウのなわばり数およびオス数のモデル選択結果

モデル	k	AICc	$\Delta AICc$	w_i	Cumulative w_i
一定モデル	1	84.41	0	0.79	0.79
年モデル	2	87.05	2.64	0.21	1.00

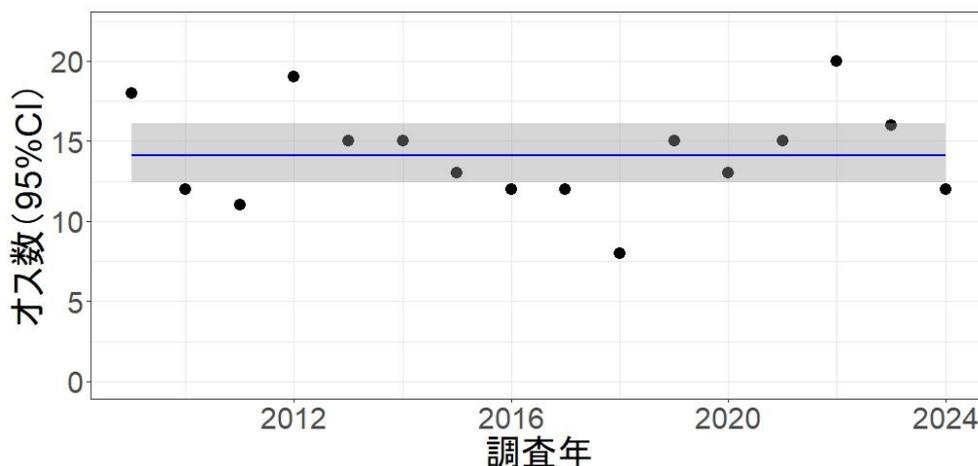


図3. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル(GLM)を用いて線形の年傾向を評価した2009年から2024年までの16年間のオス数($\pm 95\% CI$)

3. 調査回数が個体の検出におよぼす影響

16年間の調査期間に得られたデータをもとに、雌雄を合算したカウント数および個体別に確認したオスの累積数を、ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル(GLM)の応答変数として回帰分析を行った(粕谷 2012; 久保 2012)。

<結果>

1) 個体別に確認されたカウントの累積数（雌雄を合算したカウント数）

雌雄を合算したカウントの累積数は、調査回数が1回目の10.6羽（95%CI = 8.6, 13.2）から7回目の25.4羽（95%CI = 22.2, 29.2）まで、調査回数が増えるにしたがって増加した（ $\beta = 0.11$, 95%CI = 0.08, 0.14, $P < 0.001$, 図4）。

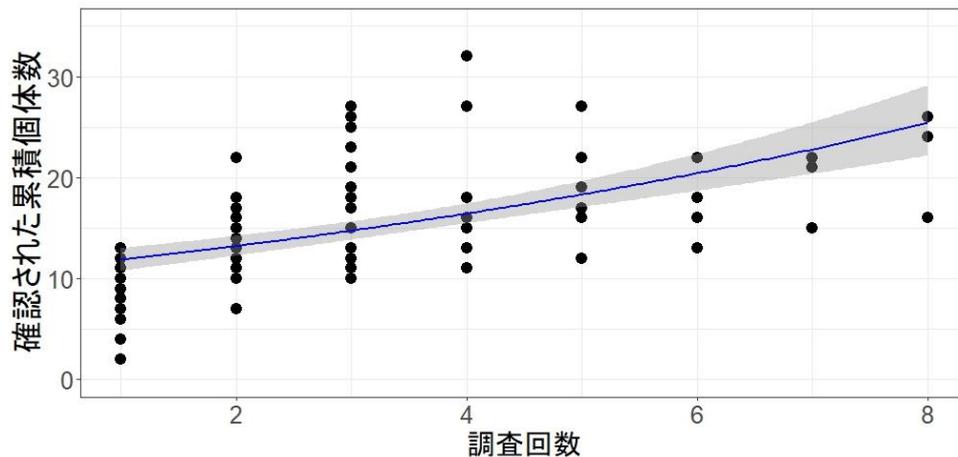


図4. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル（GLM）を用いて、雌雄を合算したカウント数と調査回数の傾向を評価した回帰分析の結果（ $\pm 95\%CI$ ）

2) 個体別に確認されたオスの累積数

個体別に確認されたオスの累積数は、調査回数が1回目の7.4羽（95%CI = 6.6, 8.3）から8回目の16.1羽（95%CI = 13.8, 18.9）まで、調査回数が増えるにしたがって増加した（ $\beta = 0.11$, 95%CI = 0.08, 0.15, $P < 0.001$, 図5）。

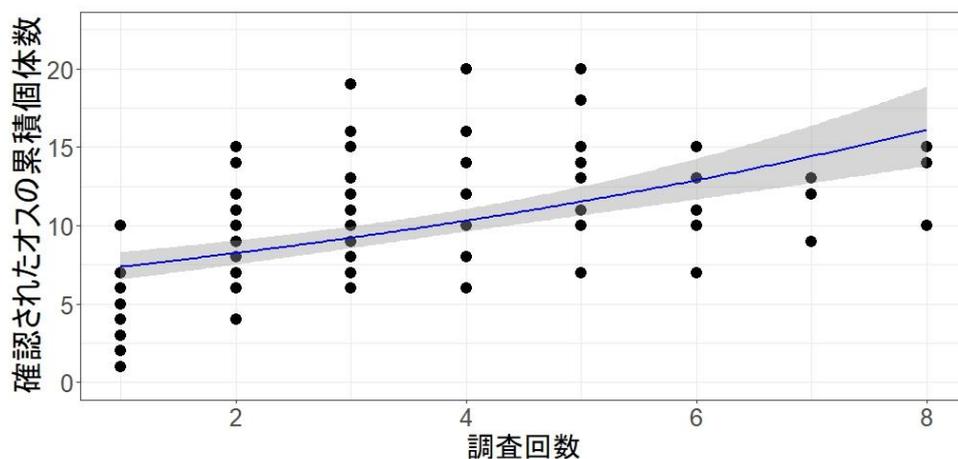


図5. ポアソン分布誤差を持つ一般化線形モデル（GLM）を用いて、調査回数と確認されたオスの累積個体数との傾向を評価した回帰分析の結果（ $\pm 95\%CI$ ）

4. 焼山におけるライチョウ個体数調査

焼山における繁殖期の個体数調査は6月11日から14日に、非繁殖期10月23日から26日に実施した。発見できたライチョウの確認状況を表5と6に示した。また、個体を確認した位置情報については巻末に付図として示した。

繁殖期に実施した調査では、9地点でのべ15羽のライチョウが確認できた(表5)。確認された足環標識個体および別個体であると判断した未標識個体の数を合算すると、オス3羽、メス3羽の計6羽であった。

表5. 繁殖期の焼山におけるライチョウ個体の確認状況

日付 調査時間	天気	時刻	確認位置 番号	個体情報	備考
2024/6/12 4:40-13:00	晴れ	6:38	①	♂ ノーマーク	ペア
	微風			♀ ノーマーク	
		8:18	②	♂ 空黒/空赤	
		10:45	③	♂ ノーマーク	ペア
				♀ ノーマーク	
2024/6/13 4:50-13:30	晴れ	5:38	①	♂ 足環有無不明	
	微風	6:57	②	♂ ノーマーク	
		7:12	③	♂ ノーマーク	ペア, 6/12①と同一♂
				♀ 黄黄/白空	一夫二妻?
	くもり ガス	11:02	④	♂ ノーマーク	ペア
				♀ ノーマーク	
2024/6/14 3:55-8:50	晴れ	4:38	①	♂ ノーマーク	ペア
	微風			♀ ノーマーク	
		6:09	②	♂ ノーマーク	
				♀ 黄黄/白空	
			③	巢: ♀ 黄黄/白空	6卵

非繁殖期に実施した調査では、5地点でのべ17羽のライチョウが確認できた(表6)。しかし、確認できた多くの個体が未標識個体であり、繁殖期のように個体が確認された位置や雌雄(繁殖ペア)の同時確認などの情報から個体を区別することは不可能であったため、確認個体数については不明であった。

表6. 非繁殖期の焼山におけるライチョウ個体の確認状況

日付	天気	時刻	確認位置 番号	個体情報	備考
2024/10/25 6:30-13:30	快晴	7:52	①	空黒/黄なし ♂?	
	微風			ノーマーク	
		11:10	②	ノーマーク	
				ノーマーク	
				ノーマーク	
2024/10/26 5:30-11:00	くもり	6:37	①	白or空黄/?赤	
	微風			ノーマーク	
		7:34	②	黄黄/白空 ♀	
				ノーマーク	
		9:37	③	空黒/空赤 ♂	
				空黒/黄なし ♂?	
				ノーマーク	
				ノーマーク	
				ノーマーク	

5. 考察

1) 火打山における繁殖期のライチョウ個体数調査

2024年の繁殖期に実施した調査では、火打山にてオス12羽、メス6羽の計18羽のライチョウ個体が確認された。これまで火打山のライチョウ個体数の増減トレンドを評価する際、雌雄を合算したカウント数をもとにしてきた（例えば、新潟ライチョウ研究会 2022, 2023 など）。しかし、抱卵に入ったメスは1日に2回ほど採食のために巣を離れる以外は巣に留まる（中村 2007）ほか、ライチョウおよびカラフトライチョウは気温が高かった年は繁殖開始時期が早まること（Wilson and Martin 2010）、孵化日の平均は雪解け日と相関していたこと（Novoa et al. 2016）から、こうした状況の違いからメスの発見率が年により異なり、メスのカウント数が大きくばらつくことが考えられた。しかし、こうした状況を考慮しても、今回の雌雄を合算したカウント数およびオス数のいずれも増加あるいは減少傾向は認められなかった（表3、4、図2、3）。現時点では火打山のライチョウのカウント数に関しては、変動はあるものの安定して推移していると言える。

ライチョウ類では個体数変動の幅が大きく、複数年にわたる個体群サイクルが一般的である（Moss and Watson 2001）。Fuglei et al. (2020) は、周北極エリアのライチョウや近縁種のカラフトライチョウ *Lagopus lagopus* について、長期的に蓄積された90調査サイトの個体数の時系列データを評価した。その結果、サイクルの期間と振幅は個体群、地理的領域、種によって大きく異なり、どちらの種でも短いものは3-6年、長いものは9-12年の個体群周期を示すとともに、周期性は時間の経過とともに変化したと報告した（Fuglei et al. 2020）。また、ライチョウとカラフトライチョウともに、比較的短い時系列で見られるトレンドは自然の移り変わりによる単なる擬似的なトレンドである可能性があり、信頼性を持って環境の変化などによる真の個体数のトレンドを記録するためには、非常に長い時系列でのモニタリングが必要であると指摘している（Fuglei et al. 2020）。したがって、国内のライチョウ生息地としては最も絶滅の危険性が高いと考えられる火打山のライチョウにおいては、今後も長期にわたって継続したモニタリングが必要である。

これまで火打山にて実施してきた調査の結果では、個体別に確認された雌雄を合算したカウントおよびオスの累積数は、いずれも調査回数が増えるにしたがって増加した。調査回数が少ない場合は個体の発見が不完全となり（Schmidt 2005；Kéry and Schmidt 2008）、調査回数が少ないほど見逃す個体は多くなる。今回解析した16年間の調査結果では、調査回数が9回以上であった年は2015年の1例のみであるが、この年は調査12、13、15日目のそれぞれで初めて確認できた個体があったことから、これよりも調査回数が少ない年は、少なからず発見できなかった個体があったものと思われる。したがって、くり返しの回数を多くして調査を実施することで、より正確に火打山のライチョウの増減トレンドをモニタリングしていくことが可能であると考えられる。

2) 焼山における繁殖期のライチョウ個体数調査

2024年の繁殖期に実施した調査では、焼山ではオス3羽、メス3羽の計6羽が確認された。焼山において継続して繁殖期の調査が行われている2020年以降に確認された個体数は、2020年に3羽（オス2、メス1）、2021年に8羽（オス7、メス1）、2022年に6羽（オス5、メス1）、2023年に5羽（オス3、メス2）と3羽から8羽の間を推移している。繁殖期の焼山は雪深くアプローチが難しいために調査の時期は6月中旬にならざるを得ない。この時期、メスはすでに抱卵に入っている時期であり、2020年以降のカウント数を見ても、確認できたメス数は1~3羽とオス数の2~7羽に比べて少ない。しかし、焼山においては調査時期を早めることは難しいため、火打山と同様にくり返し回数を多くして調査を実施し、継続して長期にわたるモニタリングを実施していくことが重要である。

3) 非繁殖期の個体数調査

非繁殖期の調査時にはライチョウのなわばりは解消されて群れが形成され、新たに生まれた若鳥が加入するが、これら若鳥のほとんどが未標識個体であり、繁殖期のように個体が確認された位置や雌雄（繁殖ペア）の同時確認などの情報から個体を区別することは不可能である。また、この時期のライチョウは冬羽への換羽中もしくは換羽後であり、個体の雌雄と成幼の判別も困難である。しかし、成鳥と若鳥を合算した繁殖成功の指標となりうるデータが得られる可能性があり、引き続き繁殖期と同様にくり返し調査の回数を増やして継続した調査を実施する必要があると考えられるが、個体あるいは繁殖ペアの繁殖成功を評価できるような調査手法についても検討することが重要である。

4) 火打山におけるライチョウ個体数推定に適切な手法について

昨年度、火打山および焼山のライチョウの生息個体数を精度良く推定するために適切な手法を明確にするため、標識-再捕獲法および未標識個体のカウントデータから個体数を推定する手法についてと、効率良くモニタリングしていくための調査プロトコルについて検討された（新潟ライチョウ研究会 2024）。その結果、火打山のライチョウの個体数を推定する手法としては、標識-再観察モデルが最も精度良く個体数を推定できたと考えられたため、このモデルにより個体数を推定することが良いと考えられた。一方で、火打山においては個体数推定の前提となる閉鎖仮定（調査期間中、時間的・空間的に個体の出入りがないこと）が満たされていない可能性が考えられたため、個体数推定値も過少評価である可能性があることに留意し、カウント数も参考にしながらモニタリングしていくことが望ましいとされた（新潟ライチョウ研究会 2024）。

しかし、標識-再捕獲法でよく生じる状況としては、標識された個体間の独立性（ペアは同時に観察されやすいことなど）や異質性（個体による行動特性の違いなど）を解析する統計モデルに組み込めないことなどにより検出データやカウントデータが過度に分散し、解析に用いた統計

モデルが個体の遭遇履歴に完全に適合しない可能性がある (Sandercock 2022)。これに対処するために必要なステップは適合度 (GOD: Goodness of Fit) を用いて分散膨張係数 (\hat{c}) を計算し、最初のグローバルモデルと遭遇履歴の間の適合性の欠如によって引き起こされる可能性のある過剰分散を修正することである (Sandercock 2020; Cooch and White 2022)。モデルが過剰分散なしで完全に適合している場合、分散膨張係数は漸近値 1 に近づく。 $\hat{c} < 1$ の場合、パラメータは通常 1 に設定されるが、ほとんどの標識再捕獲法のデータセットでは \hat{c} が 1~3 の場合が典型的なものである (Sandercock 2020)。火打山にて得られた個体カウントデータについて改めて分散膨張係数を求めると 19.5 となり大きな過分散が検出された。一般的に言えば、解析に用いたモデルのチェックや妥当性の評価およびモデルの選択は非常に厄介な問題であり、どちらの問題にも本当に決定的で一般的な解決策は存在しない (Royle et al. 2014)。したがって、今後火打山で得られた個体カウントデータにある過分散にどう対処するかを引き続き検討していかなければならないが、標識-再観察モデルを適用することは現時点では適当ではないことが明らかとなった。

また、新潟ライチョウ研究会 (2024) で述べられているように、適用した二項混合モデルによる解析も調査期間の閉鎖仮定が成り立たない場合、二項分布によってあらわされるはずの変動が実際よりも大きく見えてしまうために個体の検出率の過少推定をもたらし、結果として個体数の推定値は過大推定につながる (Kéry and Schaub 2012; Kéry and Royle 2016)。火打山ではライチョウの個体数 (サンプル数) が少なく、発見率の低いことが二項混合モデルの信用区間が広い (推定精度が悪い) ことにつながったものと考えられる。

5) 今後の頸城山塊におけるライチョウのモニタリングについて

火打山および焼山はライチョウの個体数が少ない上に個体の発見率も低く、さらに閉鎖仮定が成立していない可能性があることから、精度良く個体数を推定することが難しい。火打山および焼山のライチョウの個体数モニタリングについては、今回の調査回数と雌雄を合算したカウント数および個体別に確認されたオスの累積数との関係についての解析から、調査回数が増えるにつれて確認できる個体数が増えることが明らかとなった。現状ではくり返し調査回数を増やし、継続した調査を実施することが火打山と焼山を含む頸城山塊におけるライチョウのモニタリングにおいて重要であると考えられる。

一方で、野生生物の個体数を推定する手法はここ数十年で劇的な進歩を遂げており (例えば、Kéry and Schaub 2012; Royle et al. 2014; Kéry and Royle 2016; Murray and Sandercock 2020)、こうした最新の知見を取り入れ、火打山におけるライチョウの個体数を正確に推定できるように今後も検討を続けていく必要がある。さらに、火打山におけるライチョウの個体数の増減に寄与する要因の解明はライチョウの保全のためにも重要であるため、こうした調査の実施も今後検討されるべきである。

III. 大型哺乳類の生息実態調査

<目的>

日本の北限かつ最小のライチョウ生息地である火打山において、生態系に大きな負の影響を与えることが懸念されるニホンジカ（以下、シカ）やイノシシなどの大型哺乳類の生息状況を把握することを目的として、出現する種を確認するとともに出現（撮影）頻度を過去のデータと比較することで、これら大型哺乳類の出現の増減傾向を把握するためにセンサーカメラ（以下、カメラ）を設置した調査を実施した。

<調査場所>

火打山のライチョウが生息する標高 2,150m 以上のエリアにおいて、急峻な地形またはハイマツ群落やミヤマハンノキなどの樹木や高茎草本が繁茂しておらず、動物が移動できる開放空間がある場所を 25 か所選定し、それぞれ 1 台ずつ計 25 台のカメラ（Acorn 社製 Ltl-6310WMC）を設置した（図 6、7）。

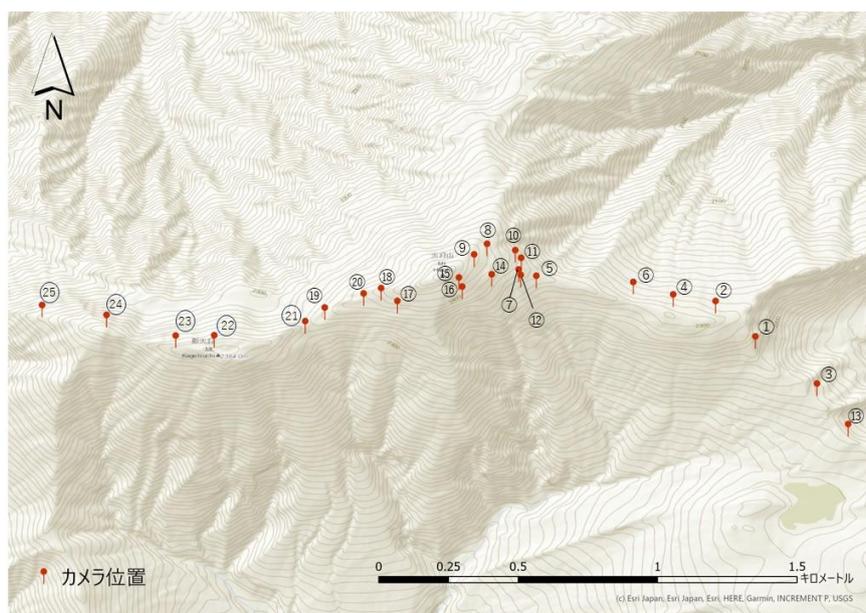


図 6. 火打山におけるセンサーカメラの設置位置

<調査方法>

25 台のカメラは 8 月 8 日から 10 日にかけて設置し、11 月 6 日から 8 日にかけて回収した。カメラは動物等を感じしてから 10 秒間動画を撮影するモードとし、その後 1 分間のインターバルを経た後に次の動画を記録するように設定した。カメラを回収した後、撮影された哺乳類についてはカメラごとに撮影日時、種（雌雄・成幼）、個体数を記録した。

火打山におけるシカの生息状況を把握し、経年変化を評価するための指標として RAI (Relative Abundance Index: 撮影頻度指標) を算出した。有効撮影期間内の独立撮影回数を有効撮影回数、有効撮影期間 100 日あたりの有効撮影回数を RAI と定義し (O'Brien et al. 2003)、調査地点全体でこれを算出した。RAI は種の撮影頻度を表し、次式で算出される。

$$RAI = (\text{有効撮影回数}) / (\text{カメラ稼働日数}) \times 100 \quad [\text{回}/100 \text{日}/\text{台}]$$

RAI を密度指標とするには限界があることが指摘されているが (Sollmann, et al. 2013)、日本におけるこれまでの先行研究や調査の多くでは RAI が求められてきている。火打山においてもこれまで継続して RAI を求めてきており、経年変化を評価するには有用であると考えて比較基準として採用した。



図 7. 火打山に設置したセンサーカメラ (例 左: カメラ No.2、右: カメラ No.21)

<結果>

調査期間中に撮影された哺乳類種の内容を表 7 に示す。

表 7. 火打山に設置したセンサーカメラにより撮影された動物種および撮影頭数

撮影された動物種および撮影頭数																										
カメラNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	合計
カメラ稼働日数	90	90	91	79	88	90	79	88	79	89	89	88	91	79	79	79	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
ニホンジカ																										24
オス		1	7	1				1	2							2		2				1	1	1		19
メス			1						2	1																4
当歳仔																										0
不明				1																						1
イノシシ				3																				3		6
ツキノワグマ								1													2	2				5
キツネ																						1				1

シカはのべ24頭が撮影され（表7）、撮影された24頭中19頭（79%）がオスであった。ライチョウが主になわばりを構える標高2,200m以上の広い範囲で撮影された（図6）。

イノシシはライチョウ平に連なる尾根筋に設置したNo.4および影火打に設置したNo.13のカメラでのべ6頭が撮影された。

キツネは影火打のNo.22のカメラで1回撮影された。

ツキノワグマは、火打山の山頂北東側に設置したNo.8と、影火打に設置されたNo.21、22のカメラでのべ5頭が撮影された。

カメラに撮影された各動物種について、撮影された時期を各月の月上旬（1日から10日）、中旬（11日～20日）、下旬（21日～31日）に分けて集計した内容を表8に、特に火打山の生態系への影響が大きいと懸念されるシカについては図8に示した。

表8. 火打山に設置したセンサーカメラにより撮影された哺乳類の撮影時期

	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	合計
ニホンジカ										24
オス	1	5	7	1	1	3		1		19
メス		1			1	2				4
不明					1					1
イノシシ				3			3			6
ツキノワグマ	1	3			1					5
キツネ							1			1

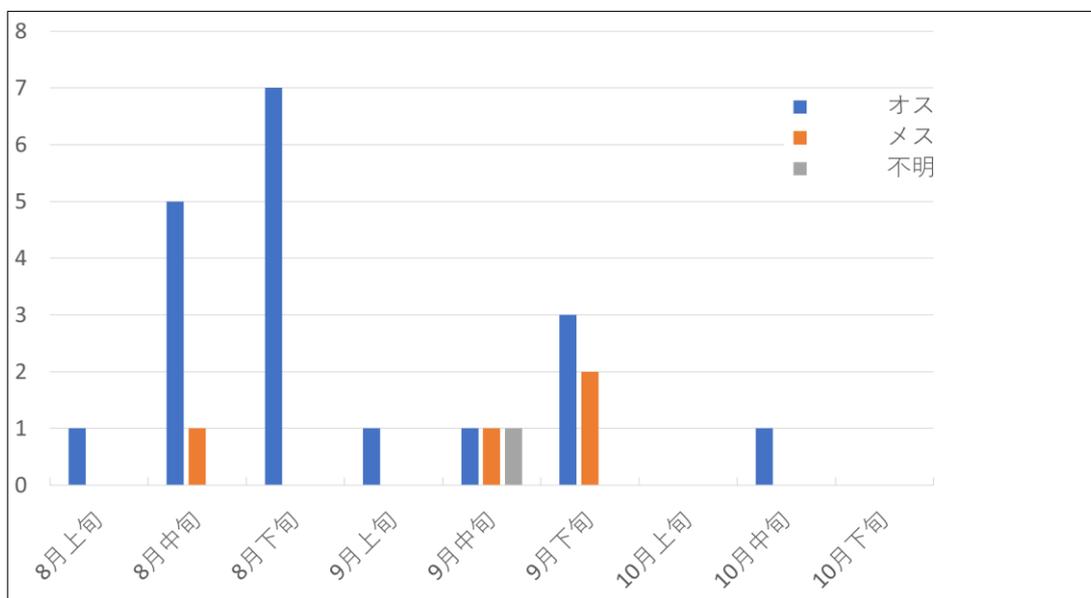


図8. 火打山に設置したセンサーカメラにより撮影されたシカの撮影頭数の時期的変化

シカが撮影された時期はオスが8月下旬で最も多く、撮影時期も8月上旬から10月中旬まで撮影された一方で、メスは8月中旬から9月中旬にかけて散発的に4度撮影されたのみであっ

た。8月下旬に確認されたオスは7頭であり、撮影された全オス中のおよそ37%（7/19頭）がこの時期に集中していた。

今回の調査で撮影されたシカの火打山全体（カメラ25台）におけるRAIは0.92であり、過去5回の調査では2016年の0.89に次いで低い数値となった（図9）。

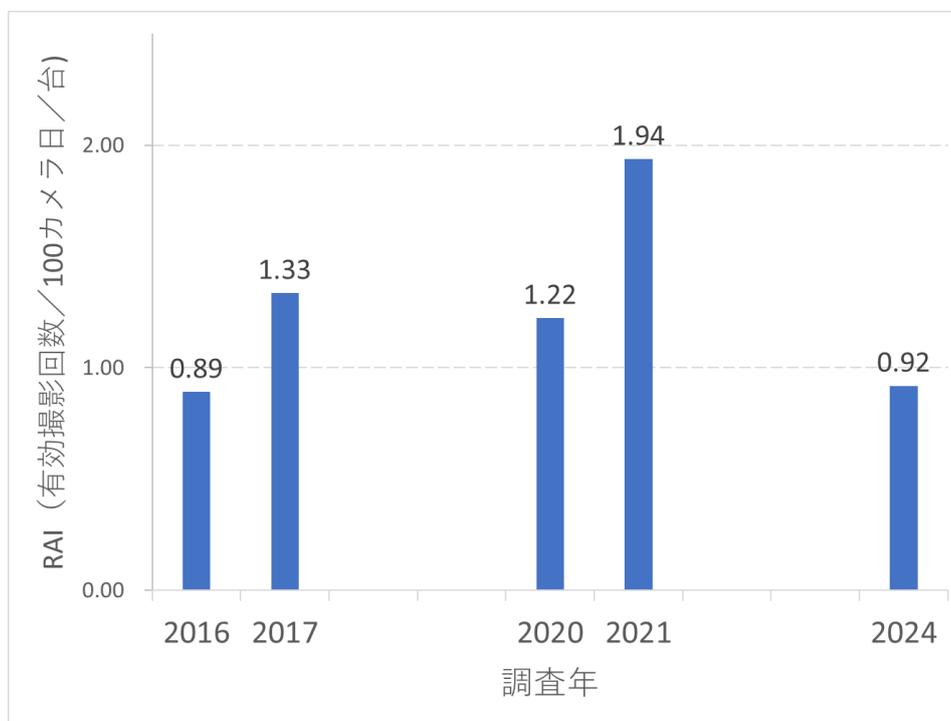


図9. 火打山全体におけるシカのRAI（撮影頻度指標）の経年変化

<考察>

火打山においてセンサーカメラを使用した大型哺乳類の生息実態調査は2016年、2017年、2020年および2021年に実施されている（図9、新潟アウトドア企画2017, 2018、新潟ライチョウ研究会2021, 2022）。これらの報告によれば、火打山におけるシカのRAIは2016年に0.89、2017年に1.33、2020年に1.22と増減していたが、2021年には1.93と大きく増加し、シカ出現の急激な増加が心配された。しかし、今回の調査におけるRAIは0.92にとどまった。全国的にシカの推定個体数は2013年をピークに横ばいであるが（環境省自然環境局2024）、このままの状況が続けば、火打山におけるシカのRAIは大きく増加する可能性は否定できない。さらに、シカが生態系におよぼす負の影響は大きいため（湯本・松田2006）、今後も引き続きシカの生息実態把握のためにセンサーカメラを設置した調査を継続して実施していくことが必要である。

一方で、イノシシに関しては2016年以降の調査で撮影された回数と個体数は、2016年が8回8頭、2017年が3回5頭、2020年が1回1頭であり、2021年が3回5頭であり（新潟アウ

トドア企画 2017, 2018, 新潟ライチョウ研究会 2021, 2022)、今回の調査で撮影された回数と個体数は2回6頭であった。イノシシに関しては調査結果を見る限り、火打山での出現頻度に大きな変化はなく、低い撮影頻度・頭数のまま推移している。新潟県では野生鳥獣の捕獲を強化してきており、イノシシの捕獲数は2016年の2,067頭から2023年の3,620頭と増加している（新潟県・新潟県鳥獣被害対策支援センター 2024）。また、日本国内では2018年から豚熱が野生イノシシに感染している事例が報告されており、野生イノシシの豚熱の感染による個体数減少も影響している可能性がある。現時点ではイノシシの出現が火打山で増加しているとは言えないものの、イノシシが高山植物をはじめとした高山生態系におよぼす影響は大きいと考えられるため（湯本・松田 2006）、火打山・焼山の高山生態系保全のためにも、シカと同様にイノシシの高山帯への侵入状況についても継続したモニタリング調査が必要である。

キツネは、2016年以降の調査で撮影された回数と個体数は、2016年が7回7頭、2017年が4回4頭、2020年が7回7頭、2021年が13回14頭（新潟アウトドア企画 2017, 2018, 新潟ライチョウ研究会 2021, 2022）であったのに対し、今回は1回1頭であった。キツネはライチョウの捕食者とされているが、ヒマラヤ地域においてアカギツネの1日あたりの平均移動距離は約17.76 km（10.91～34.22 km）で、これはアカギツネが1日でかなりの距離を移動できることを示唆している（Reshamwala et al. 2022）。キツネはライチョウの捕食者であると考えられるが、火打山のライチョウの数は減少しているとは言えず、キツネの存在がライチョウに大きな脅威を与えているとは考えにくい。

キツネと同じくライチョウの捕食者とされるテンとオコジョは今回の調査では撮影されなかった。撮影頻度が低いこと、ライチョウの個体数自体が減少しているわけではないことを考えると、テンとオコジョはもともと在来の捕食者であり、火打山のライチョウ個体群に与える影響は大きくないものと考えられる。

IV. まとめ

今回の調査では繁殖期に火打山にてカウントできたライチョウはオス12羽、メス6羽の計18羽、焼山ではオス3羽、メス3羽の計6羽であった。火打山においては雌雄を含めたカウント数およびオス数に関しては過去16年間で減少したとは結論づけられなかった。火打山および焼山のライチョウの個体数モニタリングについては、繁殖期および非繁殖期ともくり返しの個体カウント調査を多く行い、継続した調査を行う事で個体数の増減トレンドを評価することが現実に即したモニタリング手法であると考えられた。火打山におけるライチョウの個体数の増減に寄与する要因の解明はライチョウの保全のためにも重要であるため、今後はこうした調査の実施も検討されるべきである。

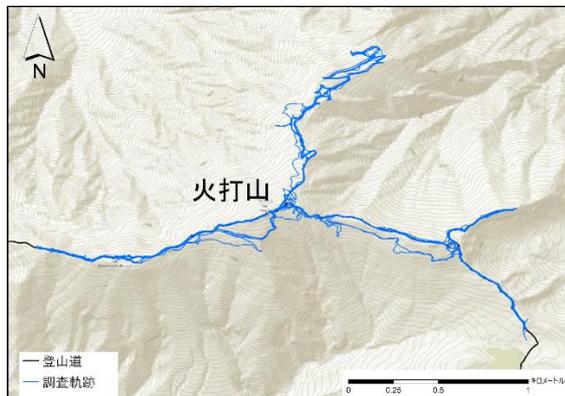
2024年の調査期間中シカのRAI（撮影頻度指標）は0.92であり、これまで実施してきた調査の中で2番目に低い数値であった。現時点では火打山におけるシカの出現頻度が増加しているとは言えない。また、イノシシは撮影回数および撮影頭数に大きな変化はなく、低い撮影頻度・頭数で推移している。シカとイノシシの撮影頻度・頭数が増加しているといった傾向は見られず、またこれらの大型哺乳類はライチョウを捕食するものではないものの、火打山の生態系に大きな負の影響をおよぼすことが懸念されるため、高山帯への侵入状況については継続したモニタリング調査が必要である。

V. 引用文献

- Burnham KP, Anderson DR. (2010) Model Selection and Multimodel Inference. 2nd ed. Springer, New York
- Cooch E, White G. (2022) Chapter 5: Goodness of fit testing. In Program MARK: a gentle introduction, 22 th edition, Cooch, E. and G. White, eds.
- Fuglei E, Henden JA, Callahan CT, Gilg O, Hansen J, Ims RA, Isaev AP, Lang J, McIntyre CL, Merizon RA, Mineev OY, Mineev YN, Mossop D, Nielsen OK, Nilsen EB, Pedersen AØ, Schmidt NM, Sittler B, Hørnell-Willebrand M, Martin K. (2020) Circumpolar status of Arctic ptarmigan: Population dynamics and trends. *Ambio*, 49:749-761.
- 環境省自然環境局 (2024) 全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定の結果について <https://www.env.go.jp/content/000219778.pdf>
- 粕谷 英一 (2012) 一般化線形モデル. 共立出版, 東京
- Kéry M, Schaub M (2012) BUGS で学ぶ階層モデリング入門：個体群のベイズ解析. (飯島勇人, 伊藤宏樹, 深谷肇一, 正木隆訳). 共立出版, 東京
- Kéry M, Schmidt BR. (2008) Imperfect detection and its consequences for monitoring for conservation. *Community Ecology*, 9:207-216.
- Kéry M, Royle JA. (2016) 生態学のための階層モデリング：R と BUGS による分布・個体数量・種の豊かさの統計解析. (深谷肇一・飯島勇人・伊藤宏樹監訳). 共立出版, 東京
- 久保 拓弥 (2012) データ解析のための統計モデリング入門. 岩波書店, 東京
- Moss R, Watson A. (2001) Population cycles in birds of the grouse family (Tetraonidae). *Advances in Ecological Research*, 32:53-111. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(01\)32011-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(01)32011-1)
- Murray DL, Sandercock BK. (eds) (2020) Population Ecology in Practice. Wiley-Blackwell, Oxford
- 中村 浩志 (2007) ライチョウ. *日本鳥学会誌* 56:93-114.
- 新潟アウトドア企画 (2017) 平成 28 年度妙高市火打山ライチョウ個体群生態調査事業報告書. 妙高市. 11pp.

- 新潟アウトドア企画（2018）平成 29 年度妙高市火打山周辺ライチョウ個体群生態調査事業報告書. 妙高市. 12pp.
- 新潟県・新潟県鳥獣被害対策支援センター（2024）令和 5 年度特定野生鳥獣の管理及び有効活用の推進に関する施策の実施状況. 新潟市. 15pp.
- 新潟ライチョウ研究会（2024）令和 5 年度頸城山塊ライチョウ個体数調査手法検討事業報告書. 妙高市. 43pp.
- 新潟ライチョウ研究会（2023）令和 4 年度頸城山塊ライチョウ個体群生息地実態把握調査事業報告書. 妙高市. 21pp.
- 新潟ライチョウ研究会（2022）令和 3 年度頸城山塊ライチョウ個体群生息地実態把握調査事業報告書. 妙高市. 24pp.
- 新潟ライチョウ研究会（2021）令和 2 年度頸城山塊ライチョウ個体群生態調査事業報告書. 妙高市. 22pp.
- Novoa C, Astruc G, Desmet J F, Besnard A. (2016) No short-term effects of climate change on the breeding of Rock Ptarmigan in the French Alps and Pyrenees. 2016. *Journal of Ornithology*. 157: 797-810.
- O'Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT. (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6 131-139.
- R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reshamwala HS, Raina P, Hussain Z, Khan S, Dirzo R, Habib B. (2022) On the move: spatial ecology and habitat use of red fox in the Trans-Himalayan cold desert. *PeerJ* 10: e13967
- Royle JA, Chandler RB, Sollmann R, Cardner B. (2014) *Spatial Capture-Recapture*. Academic Press, Oxford
- Sandercock BK. (2020) Chapter 7: Mark recapture models for estimation of demographic parameters. In: Murray D.L., and Sandercock B.L. (2020) *Population Ecology in Practice*. Wiley Blackwell. Oxford.
- Schmidt BR. (2005) Monitoring the distribution of pond-breeding amphibians when species are detected imperfectly. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15, 681-692.
- Sollmann R, Mohamed A, Samejima H, Wilting A. (2013) Risky business or simple solution relative abundance indices from camera trapping. *Biological Conservation* 159: 405-412.
- Wilson S, Martin K. (2010) Variable reproductive effort for two ptarmigan species in response to spring weather in a northern alpine ecosystem. *Journal of Avian Biology* 41:319-326.
- 湯本貴和・松田裕之（2006）世界遺産をシカが喰うーシカと森の生態学. 文一総合出版. 東京

VI. 付図（調査ルートおよびライチョウ個体確認位置図）



付図 1. 火打山調査ルート (5/28-31)



付図 2. 個体確認位置_火打山 (5/28)



付図 3. 個体確認位置_火打山 (5/29)



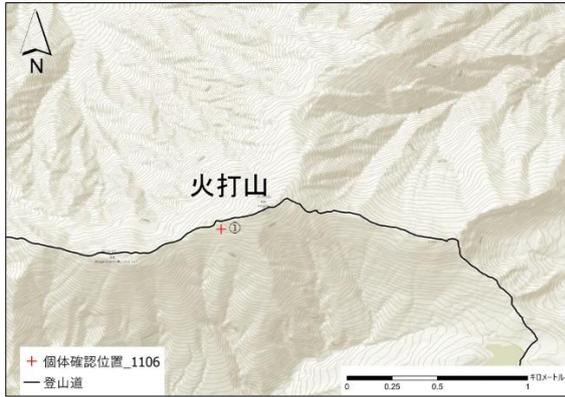
付図 4. 個体確認位置_火打山 (5/30)



付図 5. 個体確認位置_火打山 (5/31)



付図 6. 火打山調査ルート (11/7-8)



付図 7. 個体確認位置_火打山 (11/6)



付図 8. 個体確認位置_火打山 (11/7)



付図 9. 焼山調査ルート (6/12-14)



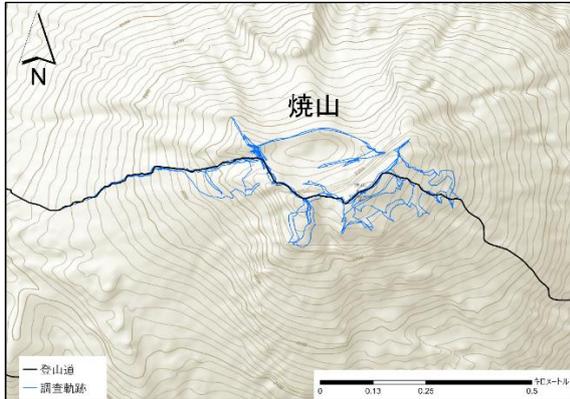
付図 10. 個体確認位置_焼山 (6/12)



付図 11. 個体確認位置_焼山 (6/13)



付図 12. 個体確認位置_焼山 (6/14)



付図 13. 焼山調査ルート (10/25-26)

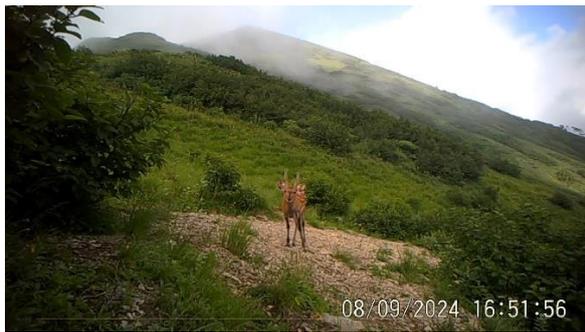


付図 14. 个体確認位置_焼山 (10/25)



付図 15. 个体確認位置_焼山 (10/26)

VII. センサーカメラにより撮影された大型動物種



付図 16. ニホンジカ オス カメラ No.21



付図 17. 09/28 ニホンジカ カメラ No.9



付図 19. 09/07 イノシシ 3頭 カメラ No.23



付図 20. 08/14 ツキノワグマ カメラ No.23