

2022 年度

修士論文

浜中町霧多布湿原周辺の昆布干場における

エゾシカの進入状況の把握及び

電気柵からの進入防止対策方法の開発

The study on entering Sika deer to kelp drying fields and the development  
of methods to its prevention through electric fences at Kiritappu wetland,  
Hamanaka, Hokkaido, Japan.

22131003 梅田実里

Misato Umeda

指導教員 野生動物学 准教授 立木 靖之

酪農学園大学酪農学研究科

## 目次

1. はじめに.....	1
1-1. 北海道におけるエゾシカの過去と現在.....	1
1-2. エゾシカの被害と対策 .....	1
1-3. 浜中町におけるシカの現状と目的 .....	3
1-4. 霧多布湿原に設置された電気柵.....	3
1-5. 電気柵に慣れたシカに対する進入防止対策 .....	4
1-6. 目的.....	5
1-7. 調査地.....	5
2. 市街地及び干場におけるシカの利用状況の把握 .....	6
2-1. 手法.....	6
2-1-1. ライトセンサス調査.....	6
2-1-2. ルートセンサス調査.....	7
2-1-3. カメラトラップ調査.....	9
2-1-4. 解析方法 .....	12
2-2. 結果・考察.....	13
2-2-1. 市街地における年・季節ごとのシカの観察頭数.....	13
2-2-1. 干場及び住宅横空き地における月別と設置場所, 時間ごとのシカの進入頻度 ..	20
2-2-2. 電気柵の有無による市街地へのシカの利用の違い .....	25
3. 電気柵の効果と進入経路ごとの進入状況 .エラー! ブックマークが定義されていません。	
3-1. 手法.....	31
3-1-1. 電気柵点検 .....	31
3-1-2. カメラトラップ調査.....	34
3-1-3. カメラトラップ調査 2.....	36
3-1-4. 解析方法 .....	37
3-2. 結果・考察.....	39
3-2-1. 電気柵点検による電気柵の被害状況 .....	39
3-2-2. 電気柵の進入箇所の特定制及びシカの撮影頻度と進入回数の関係 .....	42
3-2-3. 電気柵, 木道入口, 河川, 道路, 山からの進入割合 .....	53
4. エゾシカの効果的な通過防止対策の評価及び点検の頻度と電圧の変化.....	54
4-1. 手法.....	54
4-1-1. 進入防止対策実験 .....	54
4-1-1. 電気柵点検 .....	68
4-1-2. カメラトラップ調査.....	68
4-1-3. 解析方法 .....	68

4-2. 結果・考察.....	70
4-2-1. 5 種類の進入防止対策の月ごとと実験ごとの評価.....	70
4-2-2. 通過防止対策実験箇所におけるシカの行動反応.....	83
4-2-3. 電圧の高低と破損個所数の関係 .....	85
5. まとめ .....	86
5-1. 市街地及び干場におけるシカの進入状況の把握 .....	86
5-2. 電気柵の効果と進入経路ごとの進入状況 .....	87
5-3. シカの効果的な進入防止対策の評価及び点検の頻度と電圧の変化による効果.....	89
6. 総括 .....	91
7. Abstract.....	93
8. 謝辞 .....	95
9. 引用文献.....	96

## 1. はじめに

### 1-1. 北海道におけるエゾシカの過去と現在

エゾシカ(以下,「シカ」とする)は開拓以前には北海道全域に広く分布し,アイヌ民族重要な食料資源であった(梶 2003, 梶 1995). 1860 年代以降北海道の開拓のための移住者や肉と毛皮目的の過度な乱獲,大雪により一時絶滅寸前まで減少した(犬飼 1952, 大泰司 1971, 宇野ら 2017). その後は,主な越冬地として現在も利用されている阿寒,大雪,及び日高地域で生き残った個体が,保護対策や禁猟などにより個体数が徐々に回復し(北海道 2022, 梶 1995, エゾシカ協会 2003), 1970 年代前半までに北海道東部に分布域を拡大した(梶 1995). 1970 年代後半になると個体数の増加や暖冬の影響により(北海道 2022),西部地域への分布も拡大した(北海道 2022, 梶 2003, 宇野ほか 2007). 1980 年代後半から 1990 年代半ばにかけて北海道東部ではシカが爆発的に増加し(松浦ら 2013, 梶 2003),これに伴い農作物である牧草や樹木に対する食害(奥田ほか 2009),人の生活圏に出没し,自動車との衝突事故や列車事故,人と遭遇したことによる人身事故発生リスクが高まり問題となってきた(松浦 2018).

厚岸郡浜中町が位置している北海道東部では 1970 年代後半から平成初期にかけてシカが爆発的に増加した(北海道 2022, 梶ほか 2006). 1980 年代に入っところから個体数が急激に増加したことにより,人とシカの軋轢が深刻化した(梶ら 2006). 2011 年度の約 39 万頭を境に,徐々に減少し 2021 年度では約 31 万頭生息していると推定されている(北海道 2022). 東部地域は積雪が少なく,餌条件が良いことからシカの重要な生息地となっているため,人と軋轢が甚大である(北海道 2022).

### 1-2. エゾシカの被害と対策

上記で述べたようにシカの爆発的な増加に伴い北海道各地では,様々な被害が発生している. 牧草や水稲,ビートといった農作物やカラマツ (*Larix kaempferi*), トドマツ (*Abies*



*sachalinensis*)などの若齢人工林の枝葉、樹皮の食害、樹木の幹での角擦りや樹皮剥ぎ等による農林業被害(阿部 2014, 奥田ほか 2009, 梶 2003, 宇野ほか 2006, エゾシカ協会 2003, 梶ほか 1998, 小野山ほか 1990, 熊谷 1988, 大泰司 1971)が 2021 年度で 44 億 8000 万円(北海道 2023)となりシカの被害のほとんどが農林業被害を占めている(長尾 2017, 梶 2003). また自動車との交通事故(三好ほか 2006, エゾシカ協会 2003, 梶ほか 1998)が 2022 年度で年間 4,480 件発生(北海道警察 2023)し、北海道警察が調査を開始した 2004 年から過去最多記録を更新した. 列車との衝突事故(三好ほか 2006, エゾシカ協会 2003, 梶ほか 1998)では 2021 年度で 2,632 件発生しており(JR 北海道 2022)こちらも年々増加している. さらに放牧地では牛との接触により感染症が伝染する可能性や、人の生活圏に進入し人と遭遇したことによる人身事故やシカに付着するマダニ類によるダニ媒介性感染症などの感染症へのリスクが高まり問題となっている(松浦 2018, 鈴木 2004).

シカによる被害増加を防ぐために北海道や市町村、自治体などは様々な対策を行ってきた. 農作物への進入と被害を防ぐために防鹿柵が北海道東部を中心に設置されている(櫻井 2017, 梶 2003). 防鹿柵には物理柵や電気柵(高山ほか 2008, 北海道 1991, 小野山ほか 1990)があり、一部地域では漁網を用いた柵も普及している地域もある(北海道 1991). さらに忌避剤の散布や爆音機によるシカの追い払いなどの効果検証が行われたが電気柵などの防鹿柵と比べシカの進入防止効果が低いことが報告されている(小野山ほか 1990). また人工林や天然林への樹皮剥ぎや角擦りを防ぐために枝打ち(明石 1998)や樹皮剥ぎを防ぐために忌避剤の散布、食害防止チューブや食害対策保護ネットなどを巻き付ける(北海道 2022, 前田一歩園財団 2022, 北海道 2004)などの対策を行っている. 自動車との交通事故はシカとの衝突を防ぐための普及啓発(北海道 2023)や野生動物の横断が多い場所へはアンダーパスやオーバブリッジによる横断通路の確保などが行われている(原 2003, エゾシカ協会 2003). さらに道路沿いに防護柵(エゾシカ協会 2003)や電気や音、光、臭いによって心理的に道路への進入を防止する心理フェンスの設置も行われている(原 2003). しかし音や光、臭いは多少効果が

あるもののシカの慣れによって効果が明確ではないものが多い(原 2003)。

### 1-3. 浜中町におけるシカの現状と目的

厚岸郡浜中町ではシカの高密度地域になっており(北海道 2022), 主に牧草を中心とする農林業被害額は2022年度に1億円を超える被害(北海道 2023)やシカが関係する交通事故では2020年に浜中町内で39件発生している(北海道警察 2023)。さらに, 市街地を利用することによる生活被害が発生している(酪農学園大学 2019, 河田 2013)。また, 浜中町内にある霧多布湿原においても湿原植生に対してシカの食害被害などが発生しており, 観光資源となっているエゾカンゾウ(*Hemerocalis dumortieri var. esculenta*)への食害も問題となっている。さらにシカによる昆布干場(以下, 「干場」とする)への進入により糞や尿による漁業被害が確認されさらなる被害が発生している(梅田ほか 2022)。梅田ほか 2022 が行った調査では霧多布湿原周辺の市街地に10kmあたり最多で129.7頭/10km観察され, 高密度(梶ほか2006)のシカが市街地周辺に進入していたことや干場に高頻度で進入していたことが分かっている。しかし浜中町沿岸部での干場に進入するシカに関する長期的なモニタリング調査は行われていない。

### 1-4. 霧多布湿原に設置された電気柵

浜中町内にある霧多布湿原には, 2013年に仲の浜地区, 2016年に琵琶瀬地区, 2015年に新川地区に電気柵(以下, 「電気柵」とする)を設置し植生を保護してきた(酪農学園大学 2019)。しかし一部の住民からシカが電気柵を飛び越えていた等の目撃情報があり電気柵の効果が問題視されていた。梅田 2021 の調査においても, 電気柵設置地域(新川地区, 仲の浜地区, 琵琶瀬地区)全体ではシカの進入をある程度防止出来ていたが, 市街地や干場へのシカの進入や電気柵をくぐり抜けていた様子が観察された。一部地域では地域産業の繁忙期等に維持・管理が間に合っていないため, 点検頻度が低下し漏電や電気柵の故障に気づくのが遅れ電

圧が低下し電線に接触せずシカの進入が常態化していた。さらに霧多布湿原に設置された電気柵は、市街地全体を囲っていないためシカ柵のわずかな隙間や設置することが困難な河川や道路からの進入や山の斜面からの進入も考えられた。これは浜中町で調査を行っていた際、山から下りたシカが車と接触しそうになっていた場面を目撃したためである。このような市街地全体を囲っていない電気柵によるシカへの効果に関する調査はあまり行われていない。

#### 1-5. 電気柵に慣れたシカに対する進入防止対策

電気柵は柵に触れたシカに強いショックを与えることにより激痛を覚えさせ、心理的な忌避効果を与える効果がある(成田ほか 2015)。しかし非通電時や電気柵の刺激を感受できないほどに電圧が低下している電気柵に対して、時間の経過とともに電線に接触せず通り抜けを行う個体が大幅に増加するという報告がある(中村ほか 2019, 高山ほか 2017)。霧多布湿原の電気柵においても常に通電はされているものの、一部地域では地域産業の繁忙期等に維持・管理が間に合っていないため、点検頻度が低下し漏電や電気柵の故障に気づくのが遅れ電圧が低下し電線に接触せずシカが進入してきているのではないかと考えられる。一度電気柵を通過できると学習した個体は、電気柵を忌避しなくなるため再通電だけでは通過を阻止することは不可能である(中村ほか 2019)。そのため、シカの進入を防止するための進入防止対策を実施する必要があると考えられるが、シカが電気柵に慣れた状態の電気柵に対する新たな進入防止方法の調査はまだ行われていない。また電気柵は日常的に点検を行うことによって電線への通電を維持することができる(高山ほか 2012)。しかし琵琶瀬地区の電気柵の場合は点検頻度が低いため、増やすことで電気柵の効果が上がるのか、パワーユニットを交換し電圧や電流を上げることで効果が出やすくなるのかを進入防止対策と並行して調査を行う必要があると考えられる。

## 1-6. 目的

本研究では、浜中町霧多布湿原周辺の干場が集中する沿岸部の市街地におけるシカの進入状況を明らかにするとともに、霧多布湿原に設置された琵琶瀬地区の電気柵を対象地とし、電気柵の効果及び電気柵からの進入が常態化したシカに対する進入防止対策方法の評価を行うことを目的とした。

## 1-7. 調査地

厚岸郡浜中町は、北海道東部である釧路地方の最北端に位置し、423.44 km<sup>2</sup>の町域面積を有している(図 1-1)。東は根室市、西は厚岸町、北の別海町に接し、南東は太平洋に接しており海岸線は約 67 kmである。町内には 1993 年にラムサール条約に登録された霧多布湿原を有している。面積は約 3168ha で、タンチョウやハクチョウなどの鳥類、エゾカンゾウやヒオウギアヤメな



図 1-1. 浜中町全体地図

どの植物が確認されている。中央部の 803.46ha は「霧多布湿原泥炭形成植物群落」として 1922 年に国の天然記念物として指定された(新浜中町史 2015)。

浜中町の基幹産業は農業と漁業と商工観光である。漁業は、昆布漁を中心とした沿岸漁業とサケ・マスなどの沖合漁業を行っている。また、近年ウニやアサリなどの栽培漁業を推進している(浜中町 2022)。町内の海岸沿いには昆布漁でとった昆布を干す干場が多くみられる。農業は、酪農・肉用牛生産が主体で、内陸部と一部海岸地域で営まれており、耕地面積は約 15,000ha でそのほとんどが牧草地である(新浜中町史 2015)。

## 2. 市街地及び干場におけるシカの利用状況の把握

### 2-1. 手法

#### 2-1-1. ライトセンサス調査

日没1時間後より低速で移動する車両にて、左右にライトを照射しシカの個体数をカウントした。調査コースは浜中町沿岸部で、干場が集中する道道123号線沿いの総延長距離14.8kmを設定した(図2-1)。調査体制は車両を用いて時速20～30kmの速度で走行し、調査者は運転手1名、観察者2名、記録者1名の計4名とした。住宅及び所業施設付近では、ライトの照射を中断し、可能な限り目視及び暗視スコープ(Bushnell社：EQUINOX Z4R)でのカウントを行った。調査開始時間は日没1時間後とした。シカが確認された箇所をGPSポイント、発見時刻、目撃方向、発見頭数、年齢と性別、環境、距離を可能な限り記録した。野生動物の調査を行っていることを周囲の人々や車に周知させるために、車両には調査中の旨を記載し目立つように反射板のシールを使用したステッカーを掲示した。また、事前に調査対象の地域で調査を行うことを告知するために防災無線を利用し、地域住民に告知することで未然にトラブルを回避するように心がけた。後続車や対向車が確認された場合、ハザードランプを点灯し路肩に車を停車させ、車両が通過するまで調査を一時中断した。

### 2-1-2. ルートセンサス調査

この調査は、冬季のライトセンサス調査にて発見頭数が少なかったことから日没前にシカが出没しているのではないかと考え浜中町沿岸部に生息するシカの正確な季節推移を観察するために実施した。

調査は日没 1 時間前に開始し、浜中町沿岸部の干場が集中する道道 123 号線沿いの総延長距離 14.8km を調査コースとして設定した(図 2-1)。調査体制は車両を用いて時速 20～30km で走行し、目視でシカの個体数カウントを行った。調査体制は運転手 1 名、観察者 2 名、記録者 1 名の計 4 名とした。シカが確認された箇所を GPS ポイント、発見時刻、目撃方向、観察頭数、年齢と性別、環境、距離を可能な限り記録した。また、事前に調査対象の地域で調査を行うことを告知するために防災無線を利用し、地域住民に告知することで未然にトラブルを回避するように心がけた。後続車や対向車が確認された場合、ハザードランプを点灯し路肩に車を停車させ、車両が通過するまで調査を一時中断した。



図 2-1. ライトセンサ調査・ルートセンサ調査コース

### 2-1-3. カメラトラップ調査

干場及び住宅横空き地での場所による利用頻度を観察するために、自動撮影カメラ (TROPHYCAM Trail, Bushnell 社, 16MP Trophy Cam HD Essential E3 119837c Bushnell 社, 以下, カメラとする) を霧多布湿原周辺の干場 10 か所に 1 台ずつ, 住宅横空き地の 9 か所に 1 台ずつの計 19 台設置した (図 2-2, 2-3). 干場周辺には設置できる場所が限られていたため三脚や干場周辺に置かれていた船, 木材などを利用して干場を利用するシカを撮影できるようカメラを設置した. カメラは, 撮影間隔を 15 分 (一度撮影したら 15 分間撮影しない) に設定し同じ個体が重複するのを避けるとともに, 調査地が遠距離であることから不測の事態を考慮し SD カードの容量や電池の消費を防ぐために設定した. 調査地の干場が人通りや車の通りが多いため無駄な撮影をしないためにセンサー感度を Normal とした.





図 2-2. 干場カメラ設置場所

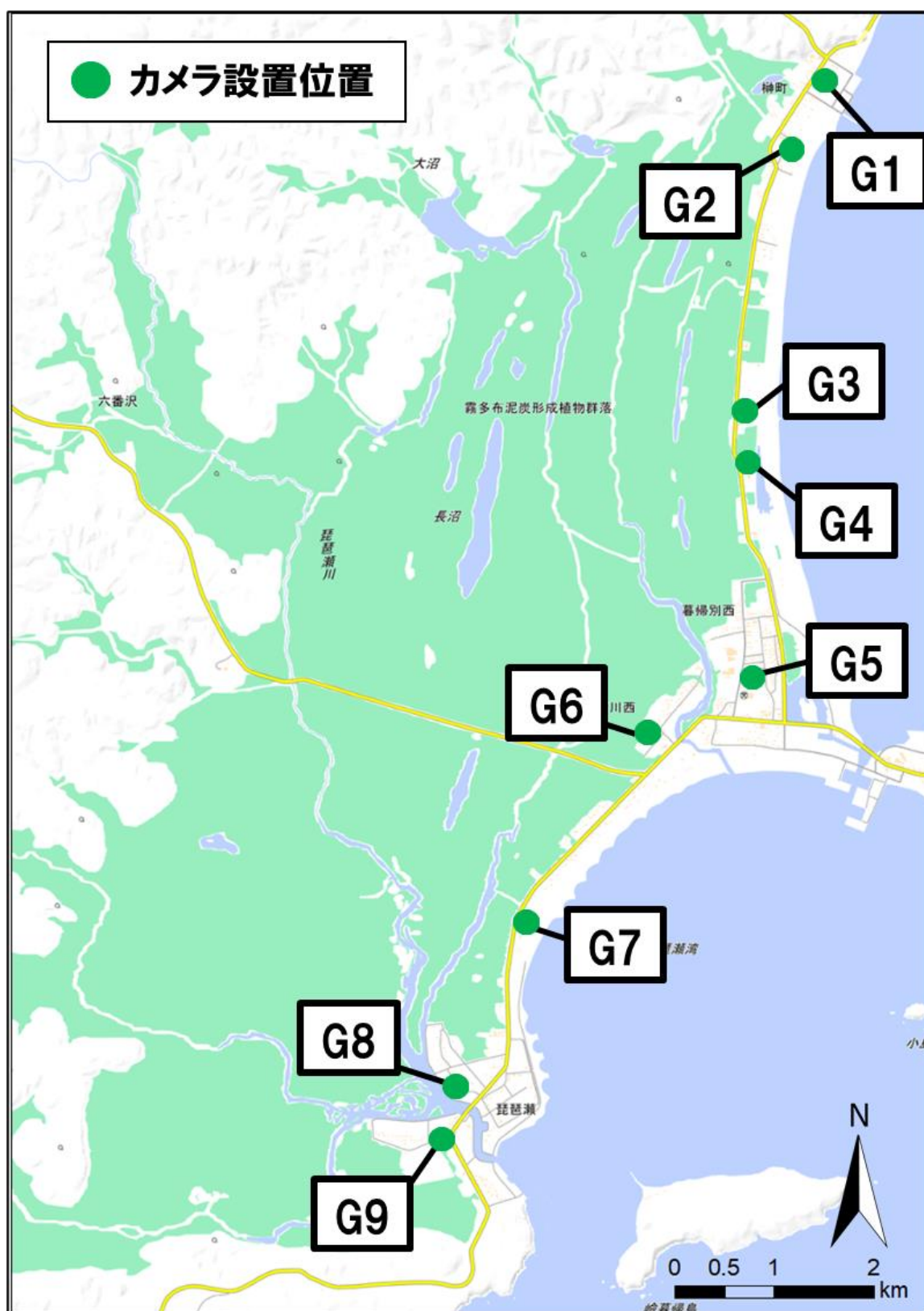


図 2-3. 住宅横空き地カメラ設置位置

#### 2-1-4. 解析方法

##### ・ライトセンサス調査

ライトセンサス調査で記録したデータは、各調査日ごとに 10km あたりの発見頭数(頭数/10km)は式 1 を用いて算出した(梶ほか 2006). また地理情報システム(ArcGIS Pro 2.7.0:ESRI 社, 以下「GIS」とする)を用いて、地域ごとの発見回数を可視化した. 可視化するため調査区画を 100m に区切り、その区画から特定の範囲エリア(以下、「バッファ」とする)を発生させすべての期間の GPS で記録した位置情報ポイントと結合した発見回数の年度ごとのデータを集計及び色分けした. 建設物等の影響により GPS の測位結果に誤差が生じていた可能性があるため、バッファの半径を 20m とした. さらに、3～5 月を春、6～8 月を夏、9～11 月を秋、12～2 月を冬として季節ごとで市街地周辺を利用するシカの頭数の違いを調べるため説明変数を季節、目的変数を 2019 年 8 月～2022 年 10 月に発見された際に記録した頭数の平均として Kruskal-Wallis 検定を実施した. 帰無仮説を季節による差はなしとした. Kruskal-Wallis 検定から出た結果の P 値を補正するため Steel-Dwass の多重比較補正を行った. 統計解析には統計ソフトウェア R4.2.2(以下、「R」とする)を用いて解析を行った.

$$\text{式 1: 密度指標(頭/10km)} = (\text{合計頭数(頭)} / \text{調査距離(km)}) \times 10$$

##### ・カメラトラップ調査

1 頭以上シカが撮影された場合を 1 枚とし、撮影間隔 30 分間の後に映った個体は重複個体とせず別個体としてカウントした. 30 分後に横臥をしており明らかに同一個体であると判断したものはカウントせず 1 枚としてカウントした. 撮影した画像のデータから RAI(撮影頻度指標: Relative Abundance Index)を式 2 によって算出した(O'Brien et al. 2003). さらに、干場と住宅横空き地の月別の RAI の比較を行うため、説明変数を月別、目的変数を干場は 2020 年 2 月～2022 年 11 月、住宅横空き地は 2021 年 12 月～2022 年 11 月の RAI とし Kruskal-Wallis 検定を実施した. 帰無仮説は月別での RAI の変化はなしとした. Kruskal-

Wallis 検定から出た結果の P 値を補正するため Steel-Dwass の多重比較補正を行った。また道道 123 号線の交差点を境に電気柵設置地域(以下、「電柵有」とする)と電気柵未設置地域(以下、「電柵無」とする)の干場への進入の違いを検証するために、説明変数を電柵有・電柵無の地域、目的変数を 2021 年 11 月～2 月の地点ごとの RAI の平均として、Mann-Whitney の U 検定を実施した。データ中に同じ値がある場合正確な  $p$  値が計算できないため、同順位の補正を行うため exactRankTest を行い正確な  $p$  値を算出した。この検定の帰無仮説を電気柵の有無による進入頻度の差はないとした。統計解析には R を用いて解析を行った。3～5 月を春期、6～8 月を夏期、9～11 月を秋期、12～2 月を冬期とした。

$$\text{式 2 : RAI} = (\text{シカ撮影回数(回)} / \text{カメラ稼働日(日)}) \times 100$$

## 2-2. 結果・考察

### 2-2-1. 市街地における年・季節ごとのシカの観察頭数

ライトセンサス調査には 2019 年 8 月～2022 年 10 月の調査においてのべ 2,186 頭(表 2-1)、ルートセンサス調査では 2020 年 6 月～2022 年 10 月で、のべ 1,593 頭のシカを観察した(表 2-2)。

ライトセンサス調査では 3～9 月はほぼ同数のシカが観察され、10 月～12 月にかけ観察頭数が増加、1,2 月に減少していた(表 2-1, 図 2-4)。2020 年は 12 月に最も多く計 192 頭(129.7 頭/10km)であった(表 2-1, 図 2-4)。2021 年は 11 月が最も多く 125 頭(84.5 頭/10km)のシカが観察されたが、12 月も 124 頭(83.8 頭/10km)観察され 11 月とほぼ同数のシカが観察された(表 2-1, 図 2-4)。2022 年は 11 月の観察頭数が最も多く計 181 頭(122.3 頭/10km)であった(表 2-1, 図 2-4)。2019 年と 2021 年、2022 年は 11 月に最も多くシカが観察され、それぞれ計 111 頭(75.0 頭/10km)、125 頭(84.5 頭/10km)、計 181 頭(122.3 頭/10km)であった(表 2-1, 図 2-4)。全期間を通して 2020 年 12 月に最多で計 192 頭(129.7 頭/10km)、最少で 2020 年 2 月の計 16 頭(10.8 頭/10km)のシカを観察した(表 2-1, 図 2-4)。ルートセンサス調

査では3～9月にかけて減少していたが、10～2月に増加していた(表2-2, 図2-5)。2021年の1, 2, 3月に多くのシカが観察され、それぞれ計156頭, 計155頭, 計124頭であった(表2-2, 図2-5)。また2022年2月では、すべての期間を通して最も多い計312頭のシカを観察し、ライトセンサス調査の密度指標を用いて10kmあたりの観察頭数を算出すると416.8頭/10kmとなり、釧路湿原右岸堤防にて観察された約400頭/10km(環境省2016)とほぼ同数のシカが市街地周辺を利用していた。最少は2020年9月の8頭であった(表2-2, 図2-5)。2020年と2021年のライトセンサス調査から浜中町沿岸部のシカは12～2月に個体数が減少していると考えられたが、2021年と2022年のルートセンサス調査で個体数は減少せず増加していたことが分かった(表2-1, 2-2, 図2-5)。さらに、2022年2月のライトセンサス調査でも計124頭観察され、冬季にシカが増加していたことが明らかになった(表2-1, 図2-4)。また、ライトセンサス調査での季節ごとの観察頭数を比較したところ有意な差はなかった( $p=0.06$ , 図2-6)。このことから、年中多くのシカが浜中町沿岸部の霧多布湿原周辺を利用していたことが分かった。年別では2019年( $75.1 \pm 23.3$ )から2020年( $63.7 \pm 47.9$ )にかけて観察頭数が減少していたが、2020年( $63.7 \pm 47.9$ )から2022年( $90.3 \pm 45.2$ )にかけて月平均26.7頭増加していた(図2-7)。

浜中町沿岸部では年間20～100頭以上のシカが市街地周辺に生息しており、梶ほか(2006)によると、21～100頭/10kmは中密度、101頭/10km以上はシカが高密度に生息していることを指しているため、浜中町沿岸部では中・高密度でシカが生息していることが分かった。さらに二ホンジカは2歳で繁殖をはじめ、1年に1頭から多くて2頭出産する(梶ほか2006)。そのため1年に3頭、2年で9頭、3年で18頭、4年で54頭、5年で162頭と年々シカが増加していくため、今後対策を行わなければ干場に進入するシカは増加していくと推測された。シカが高密度で接触している場合、感染症の拡大を引き起こす可能性がある(松浦2018)。さらに10月～翌年2月にかけシカが増加していた要因として狩猟期と雄による繁殖行動が盛んになったことが考えられた。北海道の狩猟期間は10月1日から1月31日であるため、可

猟区となっている森林内などからシカが湿原に移動したため個体数が増加したと示唆された。この繁殖行動等が原因でシカと車との交通事故が多発しているとの報告もあり(宮本ほか 2013), 今後は人との事故がおこる可能性も十分考えられた。また 12～2 月の冬期に浜中町沿岸部にシカが多く観察された要因として、積雪量が少ないことが関係していると推測した。その理由としてシカの生存率を上げる最も重要な要因が積雪だからである(梶ほか 2006)。浜中町の積雪量は 70 cm(北海道 2022)と低く、積雪深 1m 以下に進出したシカは冬季に膨大な食料を得ることができるため(梶ほか 2006)多くのシカが利用していると推測された。さらに、浜中町沿岸部には霧多布湿原があることで日光を遮るものがないため雪が溶けやすいことや、海や山からの風が毎日最大瞬間風速で 5～15m/s(国土交通省 2022)吹いているため積雪しにくいこと、市街地に水はけのよい干場があること等も浜中町沿岸部の市街地や霧多布湿原を利用する要因であると考えられた。

表 2-1. ライトセンサス調査の観察頭数

実施日 年/月/日	オス		メス	仔	不明	合計	頭/10km
	成獣	一尖					
2019/8/7	10*	1*	17*	9.5*	9*	46.5	32.4
2019/8/9							
2019/9/30	8	4	21	19	15	67	45.3
2019/11/1	8**	1**	47**	26.5**	28.5**	111	75.0
2019/11/2							
2019/12/17	9	0	37	22	8	76	51.4
2020/1/29	3	0	18	11	3	35	23.6
2020/2/16	3	0	5	5	3	16	10.8
2020/6/24	2	0	10	5	22	39	26.4
2020/7/27	6***	0***	14***	7***	20***	46	31.1
2020/7/28							
2020/8/18	7	0	23	10	27	67	45.3
2020/9/16	10	1	31	16	2	60	40.5
2020/10/28	7	2	37	15	6	67	45.3
2020/12/17	5	2	94	40	51	192	129.7
2021/1/28	0	0	25	5	22	52	35.1
2021/2/18	0	0	23	3	25	51	34.5
2021/3/24	4	1	76	26	16	123	83.1
2021/4/20	0	0	27	16	16	59	39.9
2021/6/30				濃霧のため調査中止			
2021/7/20	17	0	18	3	9	47	31.8
2021/8/13	10	0	8	4	27	49	33.1
2021/9/24	8	2	29	19	15	73	49.3
2021/10/28	9	2	26	17	22	76	51.4
2021/11/24	6	0	75	28	16	125	84.5
2021/12/22	6	1	70	28	18	123	83.1
2022/2/28	2	0	69	25	28	124	83.8
2022/4/20	0	0	19	7	9	35	23.6
2022/5/24	2	0	51	0	26	79	53.4
2022/6/30	3	0	10	0	10	23	15.5
2022/7/27	15	0	40	10	13	78	52.7
2022/8/24	9	0	28	12	24	73	49.3
2022/9/8	14	2	49	21	29	115	77.7
2022/10/22	12	7	49	23	14	105	70.9
2022/11/23	24	3	73	25	56	181	122.3
小計	195	27	1041	415	532	2413.5	1632

\* : 2019/8/7・9 の平均観察頭数    \*\* : 2019/11/1・2 の平均観察頭数

\*\*\* : 2020/7/27. 28 の平均観察頭数

表 2-2. ルートセンサス調査の観察頭数

実施日 年/月/日	オス		メス	仔	不明	合計
	成獣	一尖				
2020/6/24	1	3	16	0	2	22
2020/7/27	0	0	11	3	3	17
2020/8/18	1	0	4	3	1	9
2020/9/16	1	0	5	2	0	8
2020/10/28	12	1	44	11	0	68
2021/1/28	6	1	103	20	26	156
2021/2/18	12	0	71	36	36	155
2021/3/24	4	2	33	6	79	124
2021/4/20	13	1	12	10	15	51
2021/6/29	2	1	34	0	0	37
2021/7/20	10	5	11	2	0	28
2021/8/13	4	0	23	7	10	44
2021/9/24	1	1	11	8	8	29
2021/10/28	9	2	31	14	3	59
2021/11/24	5	2	20	11	0	38
2021/12/22	4	1	34	11	2	52
2022/2/28	8	0	210	75	19	312
2022/4/20	50	0	36	8	1	95
2022/5/24	4	6	18	0	4	32
2022/6/29	4	3	45	8	0	60
2022/7/27	9	1	11	6	1	28
2022/8/23	1	5	20	10	3	39
2022/9/7	0	2	16	12	2	32
2022/10/23	11	8	52	20	7	98
2022/11/24	13	3	57	23	17	113
小計	185	48	928	306	239	1706



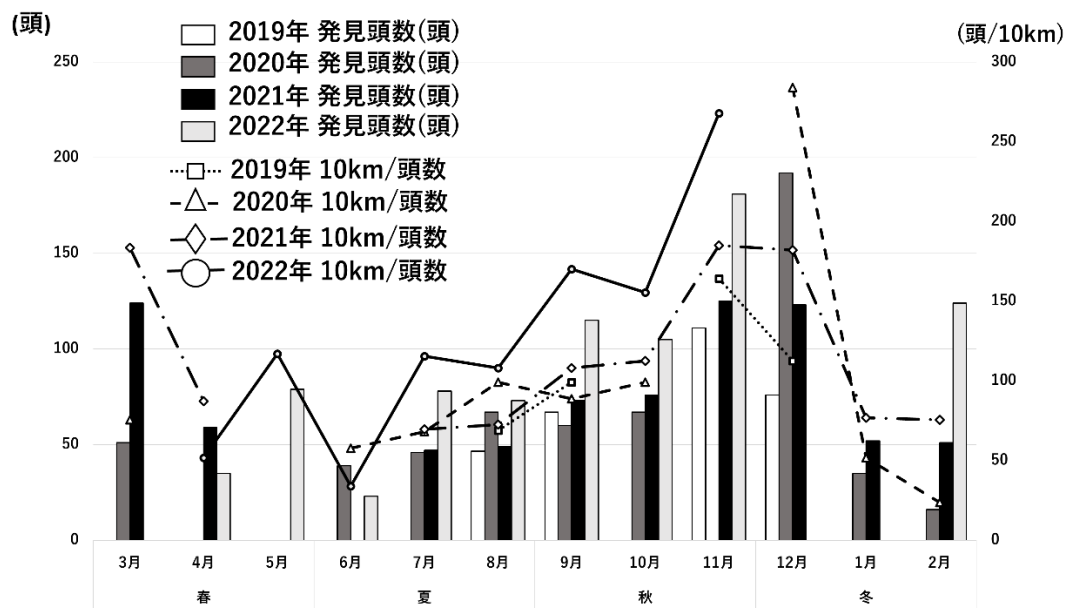


図 2-4. 2019～2022 年のライトセンサス調査の観察頭数及び 10km あたりの観察頭数

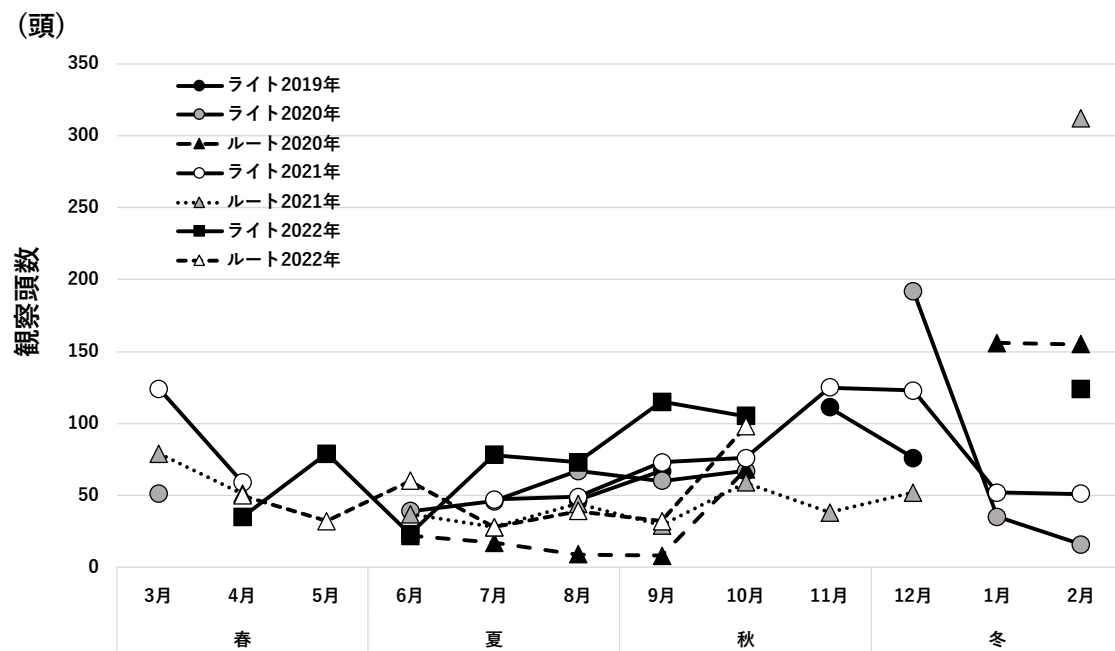


図 2-5. 2019 年 8 月～2022 年 10 月のライト・ルートセンサス調査の月ごとの観察頭数

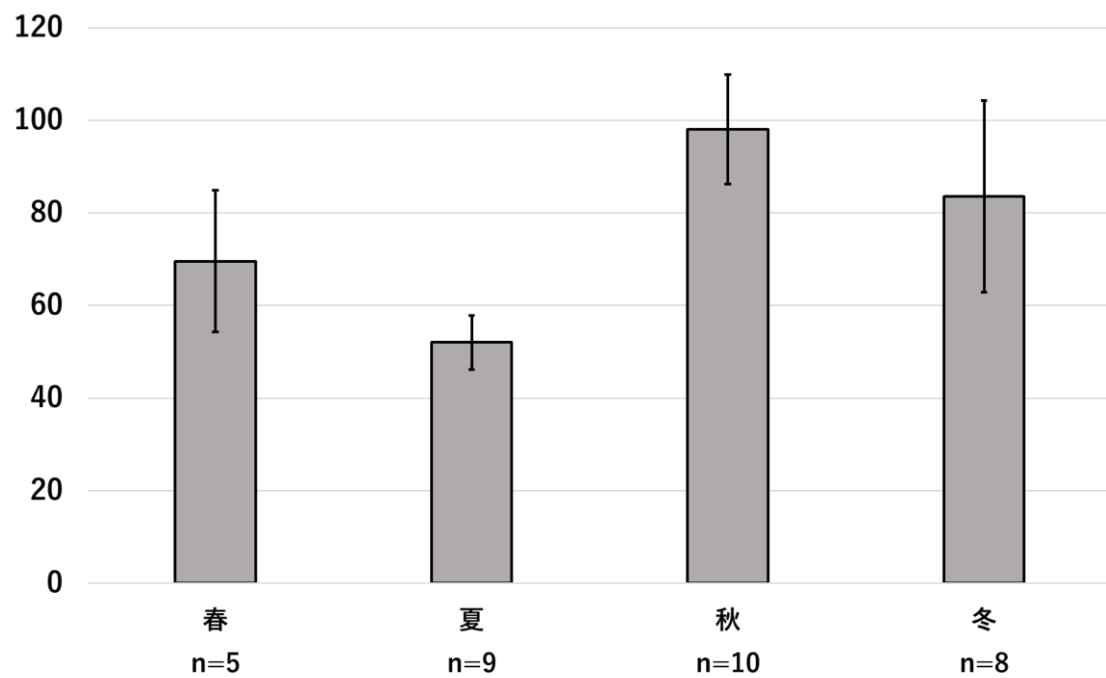


図 2-6. ライトセンサス調査での季節ごとの平均観察頭数

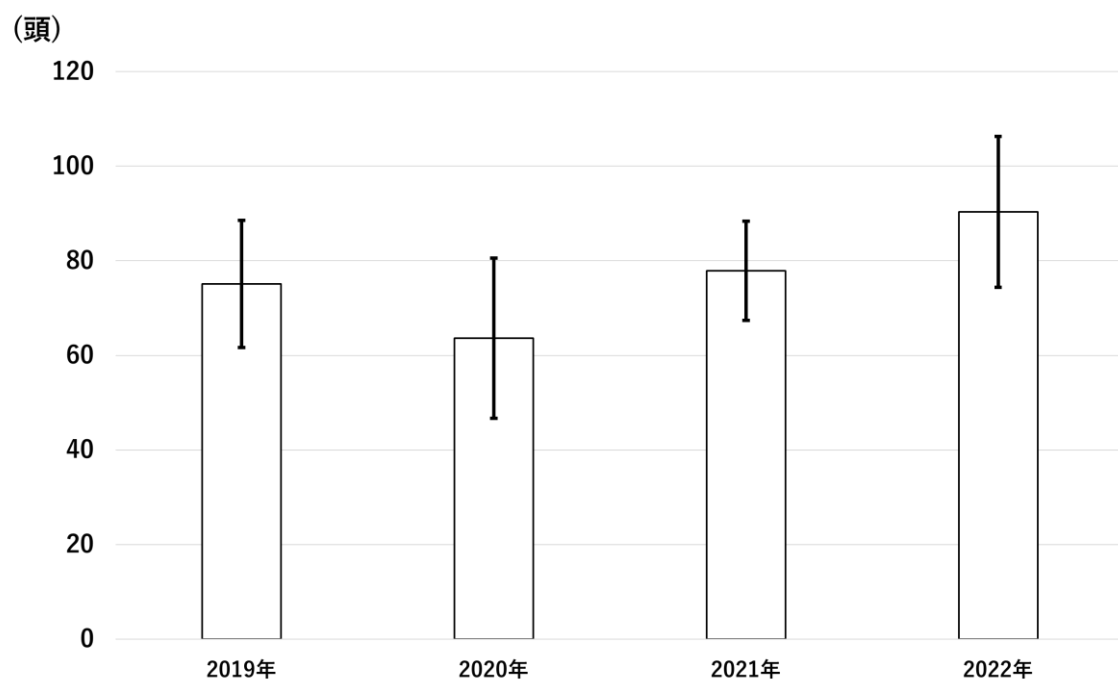


図 2-7. ライトセンサス調査での年毎の平均観察頭数

### 2-2-1. 干場及び住宅横空き地における月別と設置場所, 時間ごとのシカの進入頻度

カメラトラップ調査では, 各カメラの月別とカメラ設置場所別, 時間ごとでデータの集計を行った(表 2-3, 2-4, 図 2-8~2-11). 干場のカメラは C1 を 2020 年 2 月~2022 年 11 月(計 763.1 日)設置し, その後 C2 を 2020 年 8 月~2022 年 11 月(計 698.5 日), C3 を 2020 年 9 月~2022 年 11 月(計 677.7 日), C4 を 2021 年 7 月~2022 年 11 月(計 507.6 日), C5~C10 を 2021 年 11 月~2022 年 11 月(365.8 日)に設置した. 2022 年 11 月 23 日に C4, C10 を除くすべてのカメラを回収した. 住宅横空き地では 2021 年 12 月~2022 年 11 月(計 360.0 日)の期間カメラを設置し, 2022 年 11 月 23 日に W9 を除くすべてカメラを回収した.

干場の月別の RAI は, 3 月~11 月にかけて RAI が有意に増加していた( $p<0.05$ , 図 2-8). また時間別では日の入りの 16~18 時に撮影回数が増加していた(図 2-9). 住宅横空き地の月別 RAI は, 月別での RAI に有意な差はなかったが干場と同様 3 月の春期から 11 月の秋期にかけて RAI が増加していた(図 2-10). 干場は 16~18 時の日の入りの撮影回数が多かったが, 日没 17 時から日の出の 4 時にかけて住宅横空き地の利用していたことが分かった(図 2-11). シカは, 基本的に日周変化に行動を合わせているが, 季節や人の活動に多少影響を受けていると考えられ(塚田 2012), シカ類に広くみられる行動である(北川ほか 2017). これらの行動は干場及び住宅横空き地に進入するシカにも見られた. また日中での行動が極端に低いことから, 人からの影響を避けるために日没後から日の出に利用していたと考えられた.

表 2-3. 干場設置したカメラの RAI の月別の集計結果

	2020																2021												2022											
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月						
C1	48.1	16.1	13.3	16.1	0.0	0.0	0.0	96.7	67.7	100.0	74.2	0.0	7.1	11.5	36.1	-*	*-	44.7	9.3	-*	71.6	83.3	61.3	32.3	14.3	41.9	56.7	16.1	6.7	12.2	48.8	96.7	154.8	132.5						
C2	-	-	-	-	-	-	115.8	80.0	109.7	125.8	57.0	29.0	232.1	31.0	53.3	16.1	-*	55.0	97.0	3.8	235.5	150.0	38.7	19.5	-*	60.7	41.6	35.5	80.0	51.6	96.8	130.0	103.2	24.7						
C3	-	-	-	-	-	-	-	129.8	116.1	216.1	147.8	61.3	64.3	75.2	46.7	83.9	47.2	58.1	67.7	65.8	103.2	86.7	93.5	90.3	153.6	45.2	36.6	35.5	-*	-*	127.9	130.0	332.3	515.9						
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	56.5	41.7	9.7	68.8	35.5	6.5	14.3	51.6	50.0	29.0	14.2	32.3	25.8	26.7	38.7	47.3						
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	125.8	71.0	171.4	67.7	56.7	45.2	63.3	64.5	47.6	73.3	96.8	135.2						
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	93.4	29.0	60.7	3.2	20.0	45.2	13.3	45.2	61.3	60.0	80.6	123.7						
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	9.7	9.7	7.1	6.5	3.3	3.2	4.7	3.2	3.2	3.3	5.9	21.4						
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	9.7	71.0	121.4	9.7	6.7	0.0	0.0	0.0	9.7	6.7	29.0	29.9						
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	61.3	22.6	21.4	3.2	20.0	45.2	30.0	61.3	64.5	70.0	158.1	136.8						
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-*	19.4	16.1	6.5	3.2	3.3	22.6	26.7	38.7	9.7	20.0	9.7	17.1						
平均	48.1	16.1	13.3	16.1	0.0	0.0	57.9	102.1	97.8	147.3	93.0	30.1	101.2	39.2	45.4	50.0	47.2	41.0	57.6	37.1	105.0	97.2	54.8	36.8	63.4	29.3	29.5	27.7	26.5	34.3	49.5	61.7	100.9	118.4						
合計	48.1	16.1	13.3	16.1	0.0	0.0	115.8	306.4	293.5	441.9	279.1	90.3	303.6	117.7	136.1	100.0	47.2	164.2	230.6	111.4	420.0	388.8	548.2	367.9	570.7	293.0	294.8	277.4	238.9	309.0	495.3	616.7	1009.1	1184.4						

\*：撮影稼働日数が 10 日未満であったため集計なし

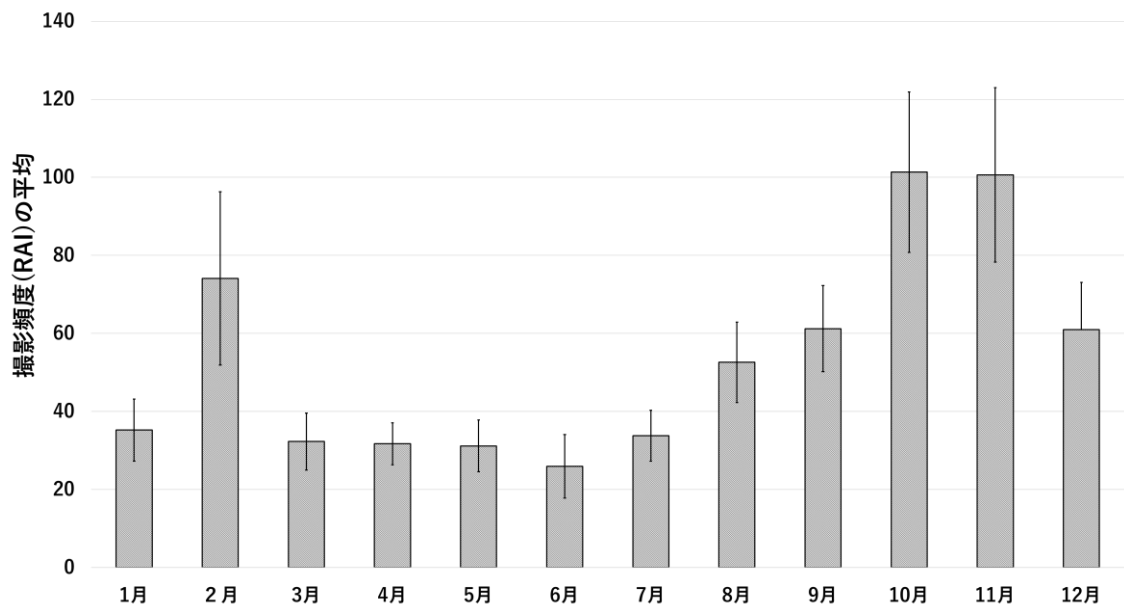


図 2-8. 干場の月別のRAI

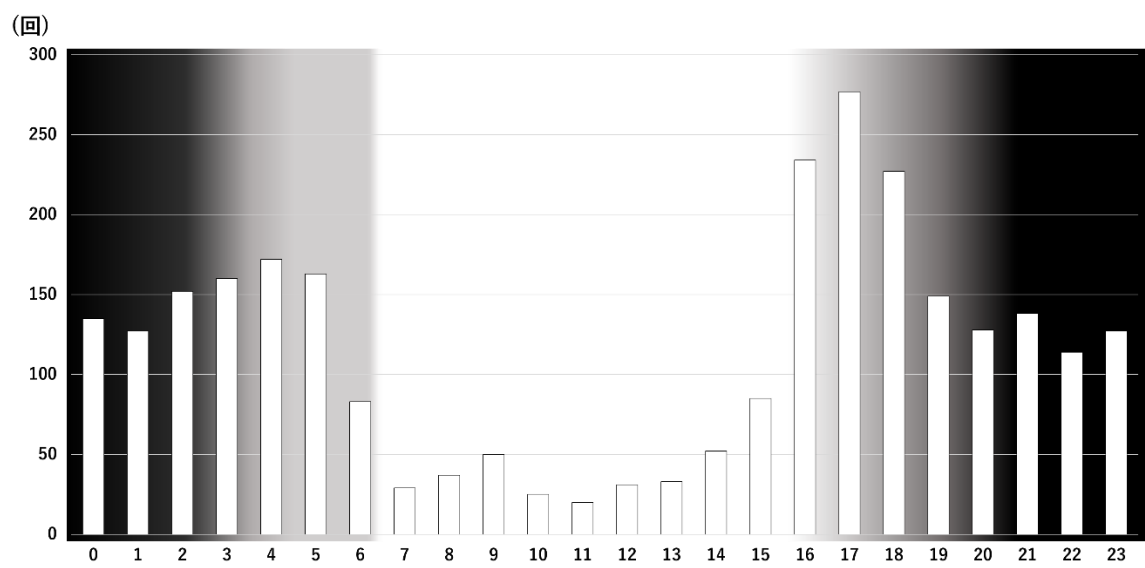


図 2-9. 干場の時間別の撮影回数

表 2-4. 住宅横空き地に設置したカメラの RAI の月別の集計結果

	2021					2022						
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
W1	242.5	-*	-*	119.0	-*	77.4	-*	-*	150.1	263.3	300.0	458.3
W2	51.6	45.2	67.9	61.3	110.0	61.3	16.7	16.1	12.9	36.7	148.4	154.2
W3	54.8	51.6	75.0	61.3	63.3	116.1	150.0	122.6	54.8	83.3	77.4	89.1
W4	171.0	112.9	132.1	58.1	113.3	158.1	110.4	254.8	303.2	346.7	364.5	339.5
W5	138.7	196.8	185.7	3.2	16.7	41.9	36.7	29.0	35.5	36.7	90.3	144.2
W6	129.0	241.9	232.1	93.5	73.3	38.7	6.7	96.8	112.9	-*	-*	188.3
W7	54.8	106.5	53.6	22.6	40.0	16.1	33.3	6.5	9.7	13.3	77.4	68.4
W8	90.3	35.5	46.4	16.1	70.0	138.7	146.7	74.2	48.4	60.0	129.0	273.6
W9	145.2	129.0	150.0	209.7	173.3	130.0	66.7	58.1	22.6	30.0	19.4	34.3
平均	119.8	114.9	117.9	71.6	82.5	86.5	70.9	82.3	83.3	108.8	150.8	194.4
合計	1077.9	919.4	942.9	644.8	660.0	778.4	567.1	658.1	750.1	870.0	1206.5	1750.0

\*：撮影稼働日数が 10 日未満であったため集計なし

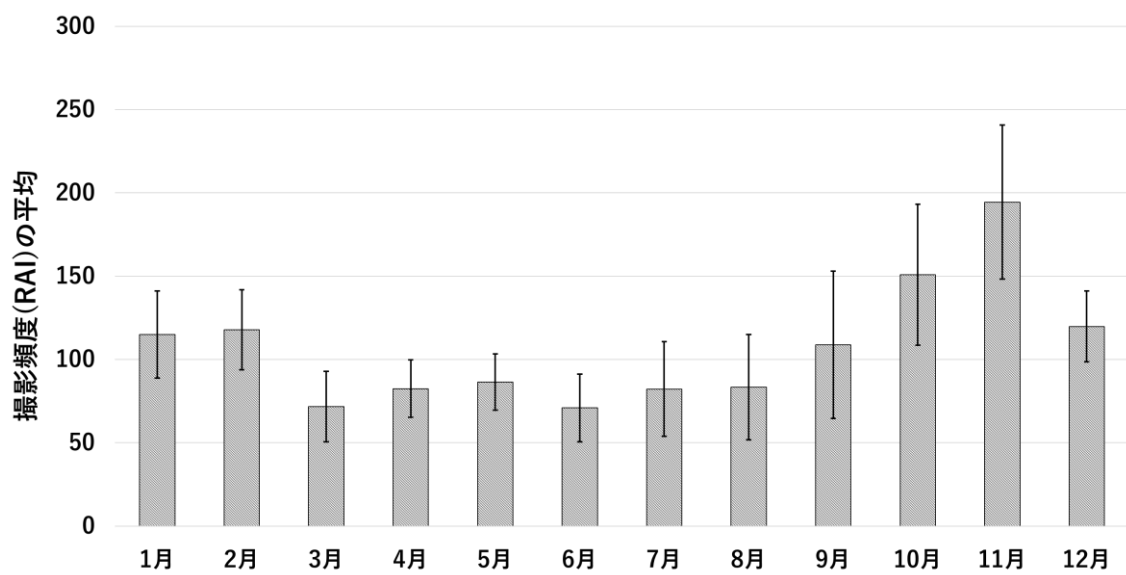


図 2-10. 住宅横空き地の月別の RAI

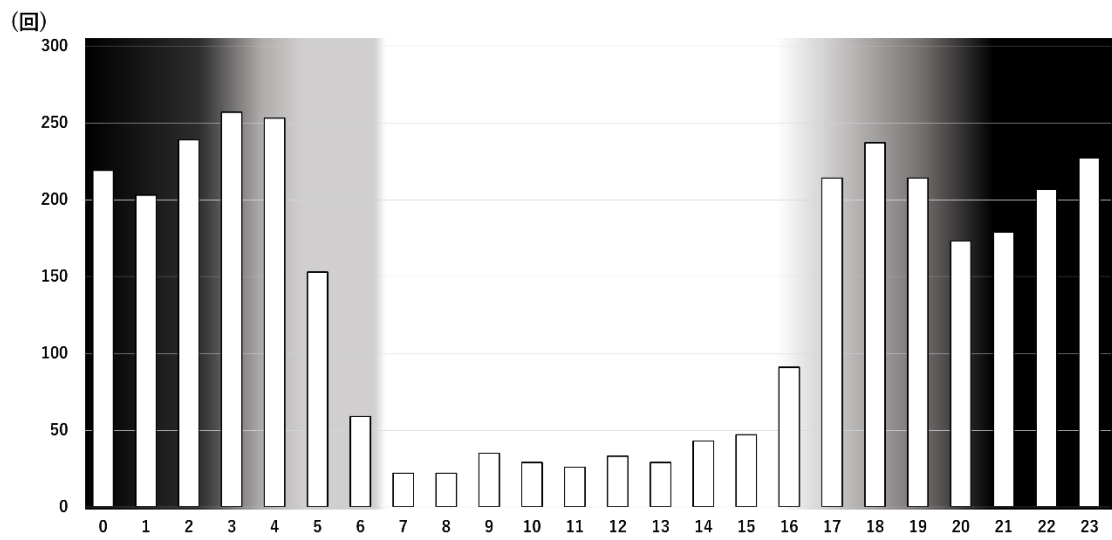


図 2-11. 住宅横空き地の時間別の撮影回数

## 2-2-2. 電気柵の有無による市街地へのシカの利用の違い

調査コースの榊町, 暮帰別地域の電柵無の地域と新川, 仲の浜, 琵琶瀬の電柵有(図 2-1)の観察頭数を地図上で可視化したところ(図 2-12~2-15), 電気柵無でシカが多く観察された. 電柵無では 2020 年では 1 地点で 1 年間最多の計 47 頭(図 2-13), 2021 年では最多計 45 頭観察された(図 2-14). 2022 年は 10 月までの調査で, 最も多い地点で計 51 頭観察された(図 2-15). 電柵有では 2020 年で最も多く観察された地点で計 21~30 頭(図 2-13), 2021 年は最多で計 31~40 頭(図 2-14), 2022 年は最多計 21~30 頭のシカが観察された(図 2-15). 観察されたシカは電気柵より湿原側で観察されることもあるが, 住宅横や干場, 海岸でも観察され電気柵の内側に進入していた. また, 電柵有と電柵無の干場を利用するシカの撮影頻度を比較したところ電柵無が有意にシカの撮影頻度が高かった(図 2-16,  $p<0.01$ ). このことから電気柵のない地域を多くのシカが利用しており, 電気柵の効果が出ていたことが分かった. しかし電柵有は電柵無より観察頭数や撮影頻度が低かったものの, 多い地点で計 21~30 頭のシカを観察された. 電気柵は市街地全体を囲んでいないため, 河川や道路等から進入している可能性が考えられる. また梅田 2021 の定点観察調査で電気柵を通過したシカを観察したことや地域住民が電気柵を飛び越えるシカを目撃したことから, 電気柵の効果が十分に出ていないのではないかと推測された.





図 2-12. 2019 年ライトセンサス調査の場所ごとの観察頭数



図 2-13. 2020 年ライトセンサス調査の場所ごとの観察頭数



図 2-14. 2021 年ライトセンサス調査の場所ごとの観察頭数





図 2-15. 2022 年ライトセンサス調査の場所ごとの観察頭数

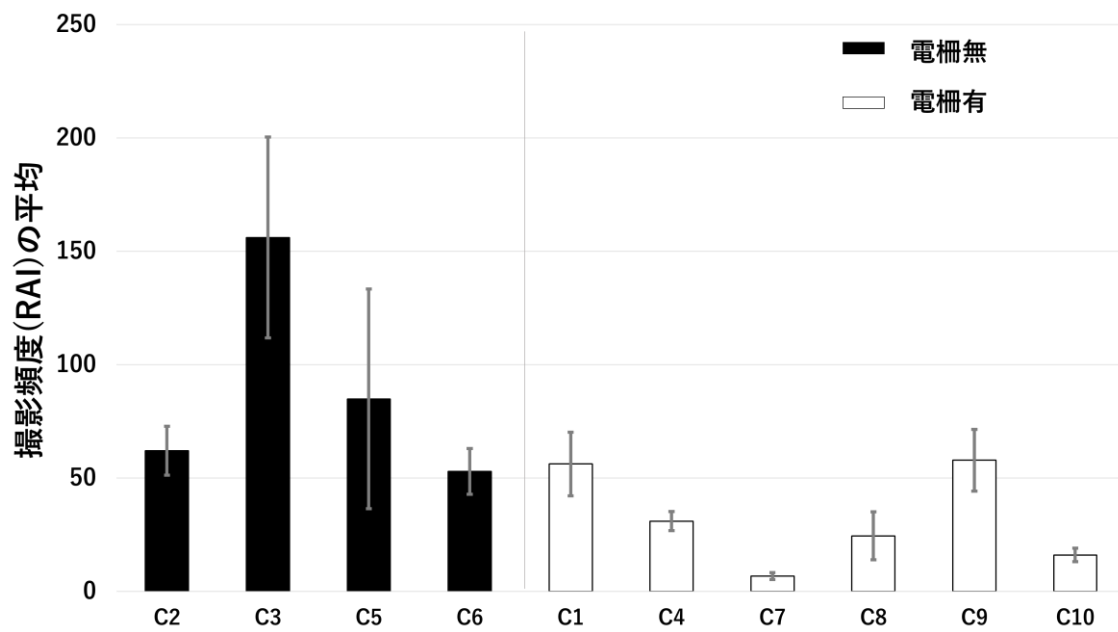


図 2-16. カメラトラップ調査した干場ごとの平均 RAI と電柵の有無

### 3. 電気柵の効果と進入経路ごとの進入状況

#### 3-1. 手法

##### 3-1-1. 電気柵点検

琵琶瀬地区の霧多布湿原内に設置された全長 1.38km の電気柵沿いを歩き(図 3-1, 画像 3-1), シカが電気柵を通過した際に破損した箇所(断線, 支柱の折れ等)(画像 3-2)及びくぐり抜けた箇所(支柱でワイヤーを支えるためのクリップの外れ(画像 3-4), 電線の上下のずれ(画像 3-3)等)に GPS ポイントを記録した. 記録後は工具や電気柵修復用の器材を用いて修復を行った. 調査期間は 2021 年 1 月~2022 年 3 月の月 1 回実施した.



図 3-1. 琵琶瀬地区に設置された電気柵

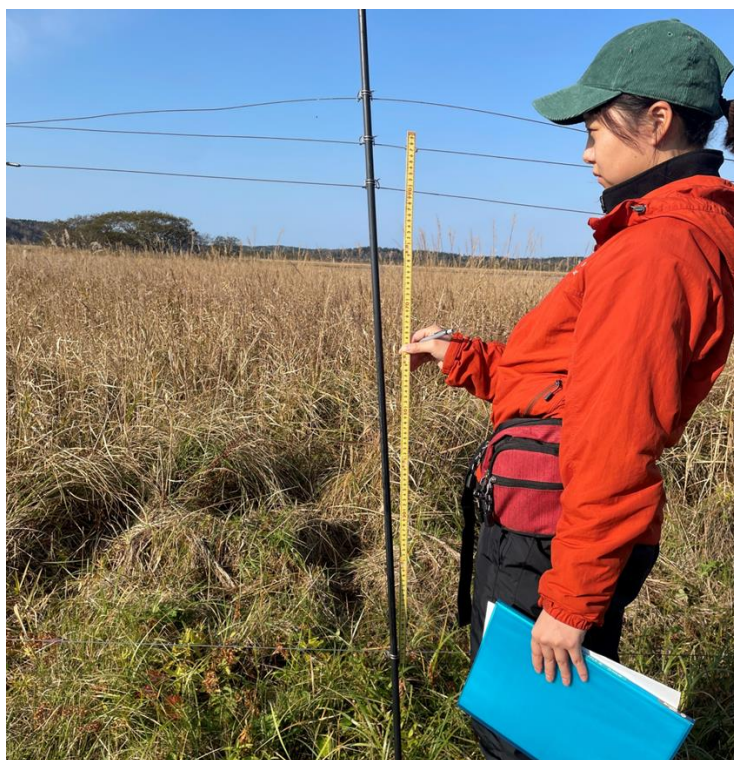


画像 3-1. 電気柵点検時の様子



画像 3-2. 電線が断線した様子





画像 3-3. 電線がずれている様子



画像 3-4. 電線のクリップが外れている様子



### 3-1-2. カメラトラップ調査

電気柵周辺の利用頻度及び電気柵に対する行動(飛び越える, 感電等), 通過頻度, 性別, 年齢を観察するためにカメラ(Bushnell 社: 16MP Trophy Cam HD E3 Model:119837C, LTL ACON 社: Ltl-5210 Series)を電気柵の木柱に計 13 台設置した(図 3-2, 画像 3-5). カメラは撮影間隔を 10 分に設定した. これは調査地が遠距離であることから不測の事態を考慮し, SD カードの容量や電池の消費を防ぐために設定した. 調査地周辺の草や風による電気柵の揺れによる無駄な撮影を少しでも防ぐためにセンサー感度を Normal, カメラの撮影設定を動画とした. 撮影期間は, M1~M7 が 2021 年 2 月~2022 年 2 月, M8~M12 が 2021 年 7 月~2022 年 2 月, M13 が 2021 年 10 月~2022 年 2 月に撮影を行った.



図 3-2. 自動撮影カメラ設置位置



画像 3-5. 電気柵の木柱に設置した自動撮影カメラの例

### 3-1-3. カメラトラップ調査2

電気柵以外の場所から市街地に入っているかを観察するためカメラを河川に1台, 道路に1台, 丘の斜面に2台の計4台設置した(図 3-3). カメラは撮影間隔を10分に設定した. これは調査地が遠距離であることから不測の事態を考慮し, SD カードの容量や電池の消費を防ぐために設定した. 調査地周辺の草や風による電気柵の揺れによる無駄な撮影を少しでも防ぐためにセンサー感度を Normal, カメラの撮影設定を動画とした.

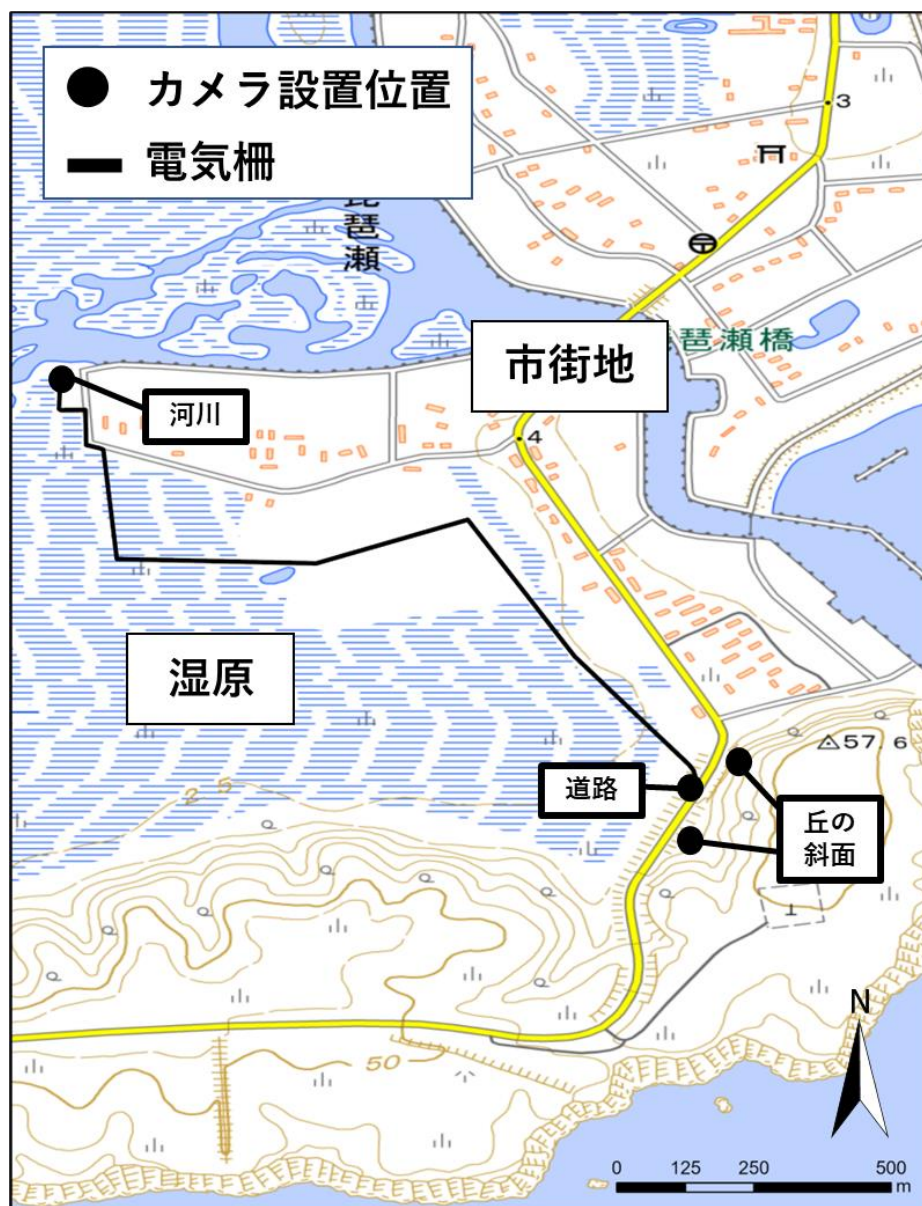


図 2-3. 河川, 道路, 丘の斜面のカメラ設置位置

### 3-1-4. 解析方法

#### ・電気柵点検

電気柵点検では, GIS を用いてシカが電気柵を通過した際に破損した箇所(断線, 支柱の折れ等)及びくぐり抜けた箇所(支柱でワイヤーを支えるためのクリップの外れ, 電線の上下のずれ等)を確認した回数を可視化した. 可視化するため現地で電気柵の支柱ごとに落とした GPS ポイントとそれを基に繋いだラインに, 記録内容と破損や電線のずれ等を集計及び色分けをした.

#### ・カメラトラップ調査 1

カメラトラップ調査 1 では, 1 頭以上シカが撮影された場合を 1 枚とし, 撮影間隔 30 分以上後に映った個体は重複個体とせず別個体としてカウントした. 30 分後に横臥をしており明らかに同一個体であると判断したものはカウントせず 1 枚としてカウントした. 撮影した画像のデータから RAI (撮影頻度指標: Relative Abundance Index) を式 1 によって算出した (O'Brien et al. 2003). さらに, 電気柵周辺での撮影頻度と電気柵を通過する頻度の関係を見るため, 電気柵に設置したカメラごとの撮影頻度を比較した. 説明変数をカメラの設置場所, 目的変数を M1~M7 の 2021 年 2 月~2022 年 2 月の撮影頻度と 2021 年 7 月~2022 年 2 月の M1~M12 の撮影頻度, 2021 年 10 月~2022 年 2 月の M1~M13 の撮影頻度として Kruskal-Wallis 検定を実施した. 帰無仮説を場所による撮影頻度の差はないとした. Kruskal-Wallis 検定から出た結果の P 値を補正するため Steel-Dwass の多重比較補正を行った. 統計解析には R を用いて解析を行った. また電気柵をシカが通過していた回数をカウントし, 湿原から市街地への通過と市街地から湿原への通過に分け割合を算出した. その通過方向ごとの通過方法(くぐり抜ける, 飛び越える)の割合も算出した. 3~5 月を春期, 6~8 月を夏期, 9~11 月を秋期, 12~2 月を冬期とした.

式 1:  $RAI = (\text{シカ撮影回数(回)} / \text{カメラ稼働日(日)}) \times 100$

#### ・カメラトラップ調査2

電気柵に設置した M1～M13 と木道入口が撮影できる M8, M10 と河川, 道路, 丘の斜面に設置したカメラから, 湿原と丘から市街地へ進入するシカの撮影回数をカウントし割合を算出した.

## 3-2. 結果・考察

### 3-2-1. 電気柵点検による電気柵の被害状況

電気柵点検は、2021 年 1 月～2022 年 3 月に月 1 回点検作業を行った。その内 2021 年 5 月はコロナの影響により作業を行うことができなかった。2022 年 1, 2 月も作業を実施しなかった。2021 年 1, 2 月は破損やくぐり抜けの痕跡に関する記録方法が明確ではなかったため、破損した箇所全体で GPS ポイントが 1 つであったことからくぐり抜けと破損箇所数が少なく記録していた(表 3-1)。

2021 年 1 月から電気柵の点検作業を開始した。1, 2 月は電圧が 2.5～3.0kv と低く、積雪による漏電も確認され 1 月は飛び越えによる破損の被害数が多かった(表 3-1)。2021 年 3 月にサージミヤワキ株式会社の神武海氏同行のもと電気柵を正確に張り直したことにより、電圧が 7.2kv に増加し正常に作動していた(表 3-1)。しかし、4 月の点検でパワーユニットのアーチが抜けていたため電圧が 0.7kv と低下し、破損の被害が増加していた(表 3-1)。その後 6 月の点検時には、2.9kv に電圧が低下し破損やくぐり抜けによる被害が計 43 か所に増加、7, 8 月も被害が多くそれぞれ計 35 箇所と計 44 か所と 6 月同様被害が増加していた(表 3-1, 図 3-4)。9 月は電圧が 6.5kv で被害が計 19 か所と 6～8 月に比べ減少したが、その後の 10 月～2022 年 3 月にかけて被害が増加し、電圧も減少していた(図 3-4)。2022 年 5 月においても被害が計 45 か所と 3 月に比べ被害数が減少し電圧も 3.6kv 出しており、次の 6 月の点検では被害数計 8 か所、電圧が 3.9kv と前月に比べ減少していた(表 3-1, 図 3-4)。さらに点検を行った月ごとの 4 人あたりの作業時間を記録した。最も作業時間が多かった 2021 年 6 月 30 日～7 月 3 日は 11 時間 10 分で 3 日間に渡り点検を行った。毎月作業を行うため作業効率は上昇したが、破損箇所が計 40 か所以上になると作業時間は 2～5 時間以上になることが分かった。今回行った点検の頻度が月 1 回であったことから、破損箇所数やくぐり抜けた痕跡の数が増加し、作業時間や労力が大幅に増加したと考えられた。またグラスファイバーの支柱が草刈り機の歯で切断された箇所や湿原であることから地中が柔らかくうまく支柱が刺さらず高

さが低くなっていた箇所, 高さの高い草による漏電等が見られたため電気柵の一斉補修を行う必要があると考え 2022 年 8 月 1～5 日に実施した.

琵琶瀬の電気柵と同様の 4 段張りで設置された電気柵はシカの進入を防止する効果が高いことが示されており(高山ら 2008, 高山ら 2013), 下草による漏電や断線, パワーユニットの故障がないことなどを定期的に見回る管理作業を行うことで十分な効果が出る(中村ら 2019). しかし, 琵琶瀬の電気柵は定期的な点検が地域産業の繁忙期等で維持・管理が間に合わないことがあり, 下草の処理や断線等を放置してしまうことがあった. そのため, 漏電による電圧の低下や断線による電線の高さが低くなり飛び越えが起こりやすくなるなど, 電気柵の効果を発揮できていなかったと考えられた. また, 電圧の低下や非通電時の場合は時間の経過とともに電線に口唇で危険が無いか触れる探索行動が無くなり通過率が増加する(中村ら 2019)ため, 一部の個体が学習し電気柵への通過が頻繁に見られるようになったのではないかと考えられた.

表 3-1. 電気柵点検の日にとの点検内容

年月日	被害記録			電気柵点検	備考
	電圧	くぐり抜け	破損	作業時間/4人	
2021/1/28	3.0	1	6	記録なし	—
2021/2/18	2.5	0	1	記録なし	—
2021/3/24	7.2	12	0	記録なし	—
2021/4/21	0.7	7	3	1h37m	パワーユニットのアースが抜けていた
2021/6/30~7/3	2.9	38	5	11h10m	
2021/7/21~25	5.2	32	3	9h9m	—
2021/8/12,13	4.6	41	3	9h45m	—
2021/9/24,25,27	6.5	18	1	3h43m	—
2021/10/29	3.3	22	1	2h6m	—
2021/11/25	4.1	32	8	7h25m	—
2021/12/22	2.8	24	7	3h4m	—
2022/3/1	0.8	52	6	5h30m	—
2022/5/24	3.6	41	4	2h5m	—
2022/6/29	3.9	6	2	2h45m	—
小計	—	326	50		—

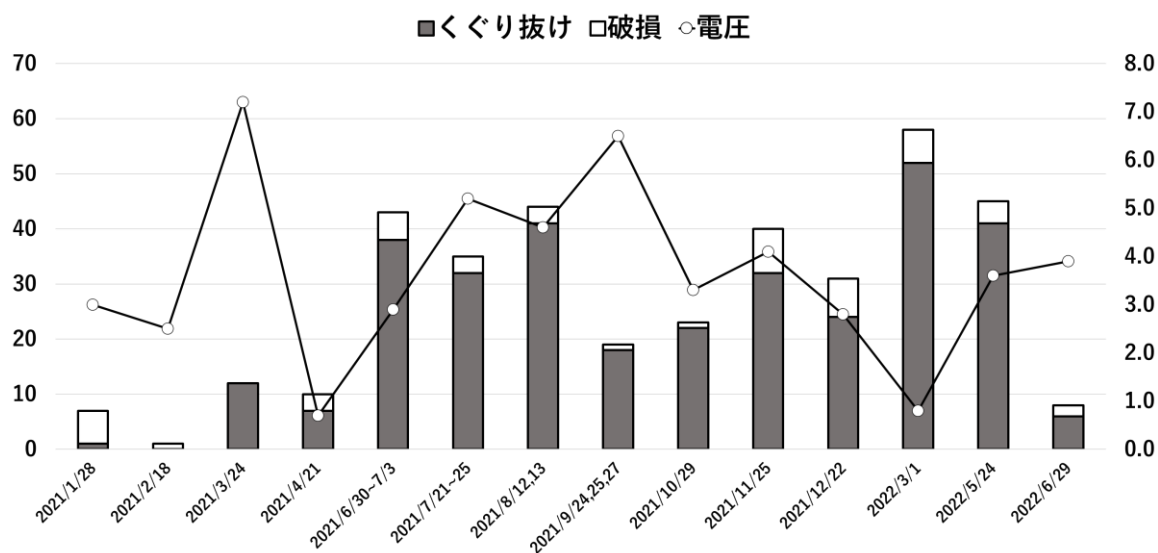


図 3-4. 電気柵点検時の修復前の電圧とくぐり抜け, 破損の箇所数



### 3-2-2. 電気柵の進入箇所の特定制及びシカの撮影頻度と進入回数との関係

電気柵点検で記録した被害箇所を地図上に可視化した結果、2021 年 1 月～2022 年 2 月に月 1 回の点検で電気柵が 4 回以上破損した箇所が 2 か所、3 回破損した箇所が 3 か所確認された(図 3-5)。また、電線をくぐり抜けた際にクリップから電線が外れた箇所と電線がずれた箇所は、4 回以上の箇所が 5 か所確認された(図 3-6)。くぐり抜けや破損が多かった箇所周辺でもくぐり抜け等の痕跡が確認され(図 3-5, 3-6)、通過できる場所と判断し同じ場所を通過していたと考えられた。この結果から、シカが電気柵を通過する際に主に利用していた箇所は 7 か所であると特定した(図 3-5, 3-6)。電気柵設置直後は進入が可能な箇所をシカが認識していないため進入防止効果を発揮するが、年数の経過や漏電などにより進入可能箇所を学習した個体による進入が増加したと考えられた(高山ほか 2017, 稲富ほか 2013)。

カメラトラップ調査は 2021 年 2 月～2022 年 7 月の M1～M7 を地点ごとで比較した結果、M1, M3, M7 の電気柵周辺でシカが多頻度で確認されたが、M6 では撮影頻度が低かった(表 3-3)。2021 年 7 月～2022 年 7 月は M8～M12 の地点にカメラを新しく設置し地点ごとで比較した結果、M3, M7, M11 の撮影頻度が高く、M4, M6, M9 で撮影頻度が低かった(表 3-4)。2021 年 10 月～2022 年 7 月に M13 の地点にカメラを新しく設置し地点ごとで比較した結果、M3, M7, M11～13 で撮影頻度が高く、M4, M6, M8, M9 で撮影頻度が低かった(表 3-5)。M1, M3, M11, M12 は地面が平坦であり歩きやすく採食もしやすいことからシカの利用頻度が高いのではないかと推測された。M7 も湿原側が斜面となっていることから日当たりが良く雪が溶けやすいため冬の利用頻度が増加したのではないかと考えられた。M13 は斜面になっており電気柵の電線から地面までの間が大きく開いたため、シカが進入場所として多く利用していたと推測された。反対に M4, M6, M8, M9 の撮影頻度が低かった理由として、M4, M6 は電気柵のすぐ横に干場があり人が多く利用していたため撮影頻度が低いのではないかと考えられた。また、M8, M9 もすぐ横に船着き場や道路があり人の移動が多いことから撮影頻度が低かったと考えられた。

月ごとの撮影頻度が1～3月に増加し、進入回数も2、3月に増加していた(図3-7, 3-8). 電気柵周辺の利用が増加し、さらに積雪により電線が雪に埋まり漏電していたため電圧が一時的に低下し、進入が増加したと考えられた. また2、3月に進入が増加した箇所としてM3, M7, M13が多く、越冬や狩猟期に森林から湿原に移動したシカが3か所を採食の他に市街地への進入箇所としても利用していたと示唆された(図3-9).

シカの電気柵からの進入方向は、湿原から市街地への進入が55%, 市街地から湿原への進入が45%とほぼ同じ割合であったことから、湿原から市街地へ進入した個体が湿原へ戻る際にも電気柵から進入し戻っていたのではないかと考えられた(図3-11). さらに進入方法として、湿原から市街地へはくぐり抜けを100%行っていた(図3-12). 市街地から湿原へは飛び越えによる進入が20%, くぐり抜けは80%と進入の方法は主にくぐり抜けを行っていたことが分かった(図3-12). 飛び越えによる破損等は湿原から市街地へ通過する際に飛び越えて破損していた可能性がある.

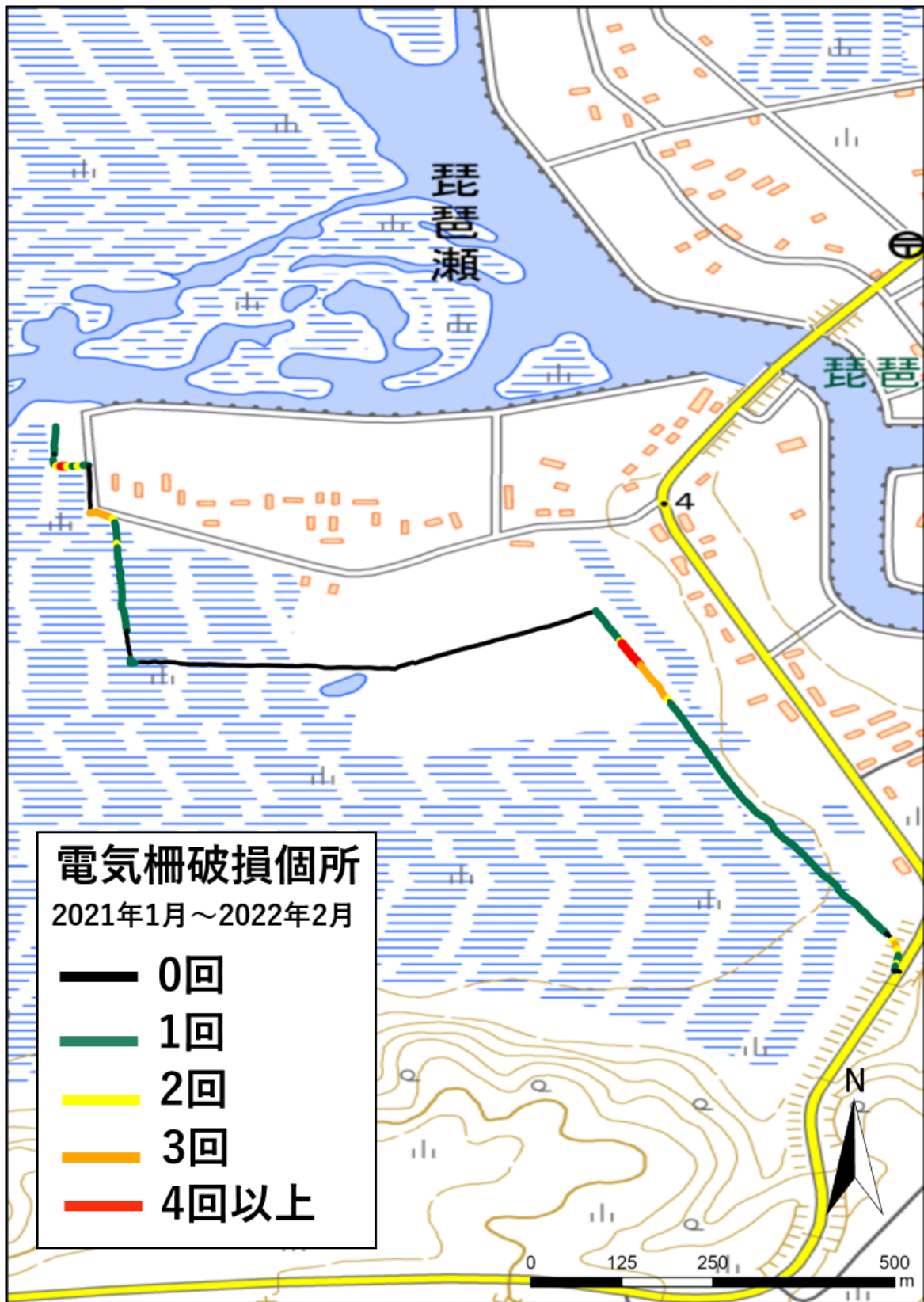


図 3-5. 電気柵点検時の破損箇所と破損回数



図 3-6. 電気柵点検時の電線のずれ・外れ箇所とその回数

表 3-2. 2021 年 2 月～2022 年 7 月の地点ごとの RAI

	月	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
2021	2月	197.7	218.2	724.5	115.2	—	42.1	504.0	—	—	—	—	—	—
	3月	83.3	71.5	154.8	38.7	53.9	6.5	19.4	—	—	—	—	—	—
	4月	26.7	10.0	46.7	3.3	6.7	0.0	20.0	—	—	—	—	—	—
	5月	19.4	6.5	67.7	3.4	—	0.0	9.7	—	—	—	—	—	—
	6月	20.0	0.0	20.0	—	—	0.0	16.7	—	—	—	—	—	—
	7月	29.0	12.9	35.5	3.2	21.5	7.8	25.8	34.6	17.3	52.4	95.1	67.8	—
	8月	35.5	12.7	203.8	14.6	5.1	0.0	19.4	48.4	29.0	71.0	96.8	58.1	—
	9月	16.7	0.0	130.4	0.0	0.0	0.0	3.3	3.3	3.3	13.3	90.0	0.0	—
	10月	19.4	10.9	174.2	6.7	3.2	0.0	119.4	0.0	0.0	3.2	109.7	41.0	87.9
	11月	12.9	0.0	93.5	4.5	3.2	0.0	116.0	0.0	0.0	0.0	90.3	22.6	119.4
	12月	19.4	16.1	171.0	6.5	6.5	0.0	93.2	0.0	0.0	116.1	93.5	16.1	74.2
	1月	132.3	106.5	351.6	12.9	48.4	3.2	166.1	0.0	9.7	161.3	212.9	83.9	189.3
2022	2月	107.1	110.7	407.1	10.7	103.6	0.0	282.1	3.6	0.0	171.4	210.7	196.4	206.5
	3月	125.8	154.8	154.8	3.2	116.1	0.0	238.7	9.7	3.2	112.9	383.9	296.8	212.9
	4月	23.3	26.7	46.7	6.7	13.3	0.0	83.3	3.3	3.3	63.3	56.7	70.0	63.3
	5月	6.5	3.2	67.7	0.0	6.5	0.0	67.7	29.0	12.9	77.4	19.4	64.5	48.4
	6月	30.0	26.7	103.3	13.3	16.7	13.3	46.7	16.7	10.0	100.0	66.7	116.7	93.3
	7月	16.1	12.9	122.6	0.0	9.7	6.5	58.1	38.7	29.0	80.6	45.2	61.3	22.6
	小計	—	921.0	800.3	3076.1	243.0	414.2	79.4	1889.6	187.3	117.9	1023.1	1570.7	1095.1

表 3-3. 2021 年 2 月～2022 年 7 月, M1～M7 の RAI の比較

2021.2～2022.7

	カメラ設置箇所ごとの比較・撮影頻度(RAI)大小関係	
		<i>p</i>
Mann-WhitneyのU検定	M1 > M4,M5,M6	<0.01
	M2 > M6	<0.05
	M3 > M1,M2,M4,M5,M6	<0.01
	M4 > M6	<0.01
	M5 > M6	<0.01
	M6 < M1,M2,M3,M4,M5,M7	<0.01
	M7 > M2,M4,M5,M6	<0.05

表 3-4. 2021 年 7 月～2022 年 7 月, M1～M12 の RAI の比較

2021.7～2022.7

	カメラ設置箇所ごとの比較・撮影頻度(RAI)大小関係	<i>p</i>
Kruskal-Wallis検定 + Steel-Dwassの多重比較補正	M1 > M4,M6	<0.01
	M2 < M3	<0.05
	M3 > M1,M2,M4,M5,M6,M8,M9	<0.05
	M4 < M1,M3,M7,M11,M12	<0.01
	M5 > M6	<0.05
	M6 < M1,M3,M5,M7,M10,M11	<0.05
	M7 > M4,M6,M8,M9	<0.05
	M8 < M7,M11,M12	<0.05
	M9 < M3,M7,M11,M12	<0.05
	M10 > M6	<0.01
	M11 > M4,M6,M8,M9	<0.01
	M12 > M4,M8,M9	<0.05

表 3-5. 2021 年 10 月～2022 年 7 月, M1～M13 の RAI の比較

2021.10～2022.7

	カメラ設置箇所ごとの比較・撮影頻度(RAI)大小関係	
		<i>p</i>
Kruskal-Wallis検定 + Steel-Dwassの多重比較補正	M1 > M6	<0.01
	<b>M2 – 全てのカメラ</b>	n.s.
	M3 > M4,M6,M8,M9	<0.01
	M4 < M3,M7,M11,M12,M13	<0.01
	<b>M5 – 全てのカメラ</b>	n.s.
	M6 < M1,M3,M7,M11,M12,M13	<0.01
	M7 > M4,M6,M8,M9	<0.01
	M8 < M3,M7,M11,M12,M13	<0.05
	M9 < M11,M12,M13	<0.05
	<b>M10 – 全てのカメラ</b>	n.s.
	M11 > M4,M6,M8,M9	<0.05
	M12 > M4,M6,M8,M9	<0.05
	M13 > M4,M6,M8,M9	<0.05



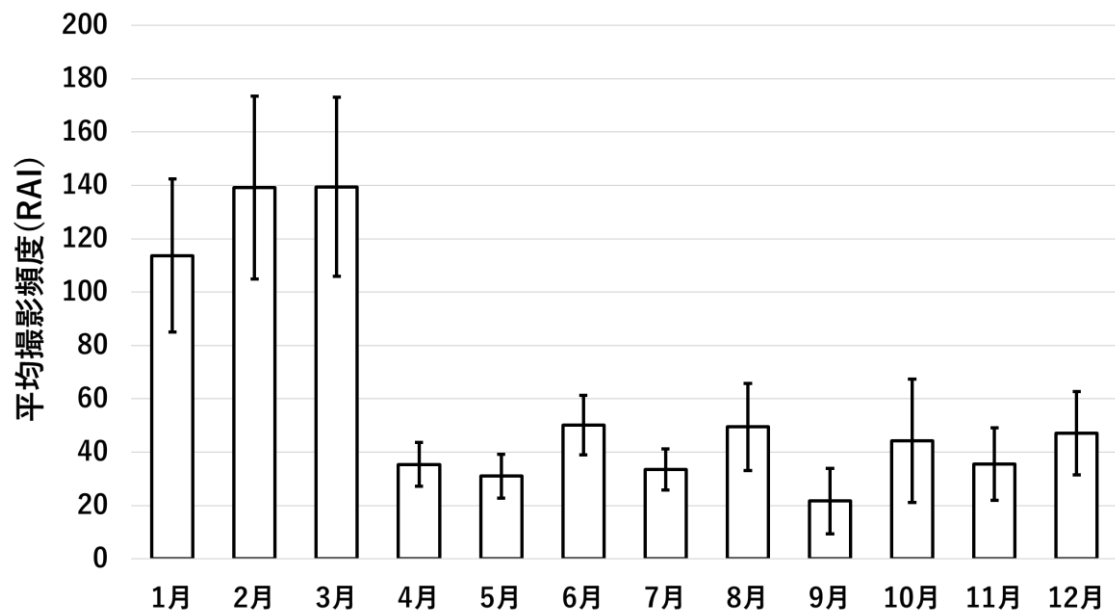


図 3-7. 月ごとの撮影頻度 (RAI) の平均

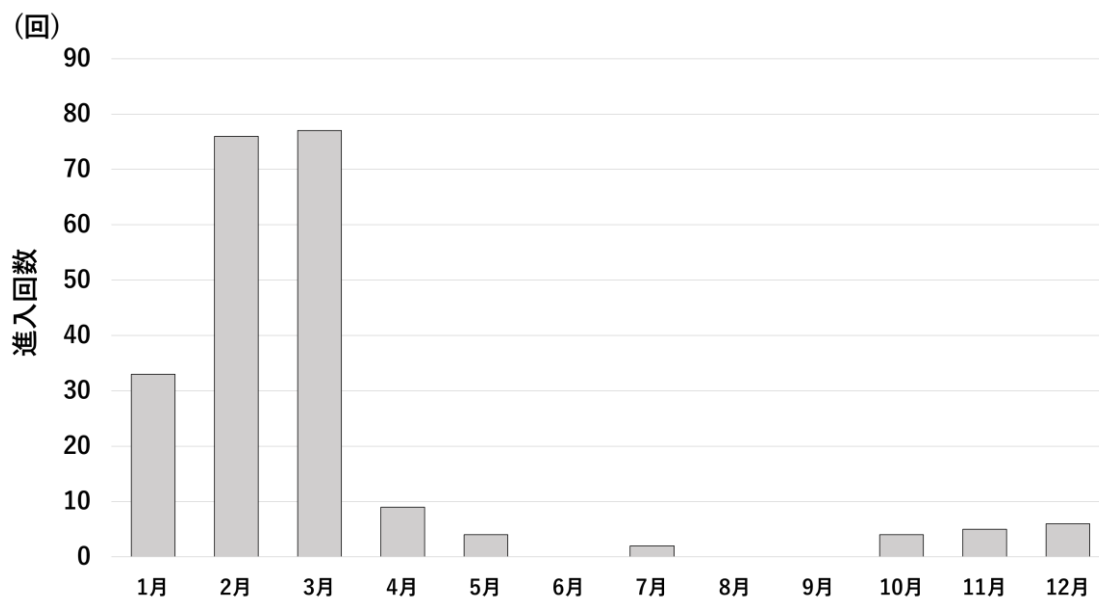


図 3-8. 月ごとの進回数

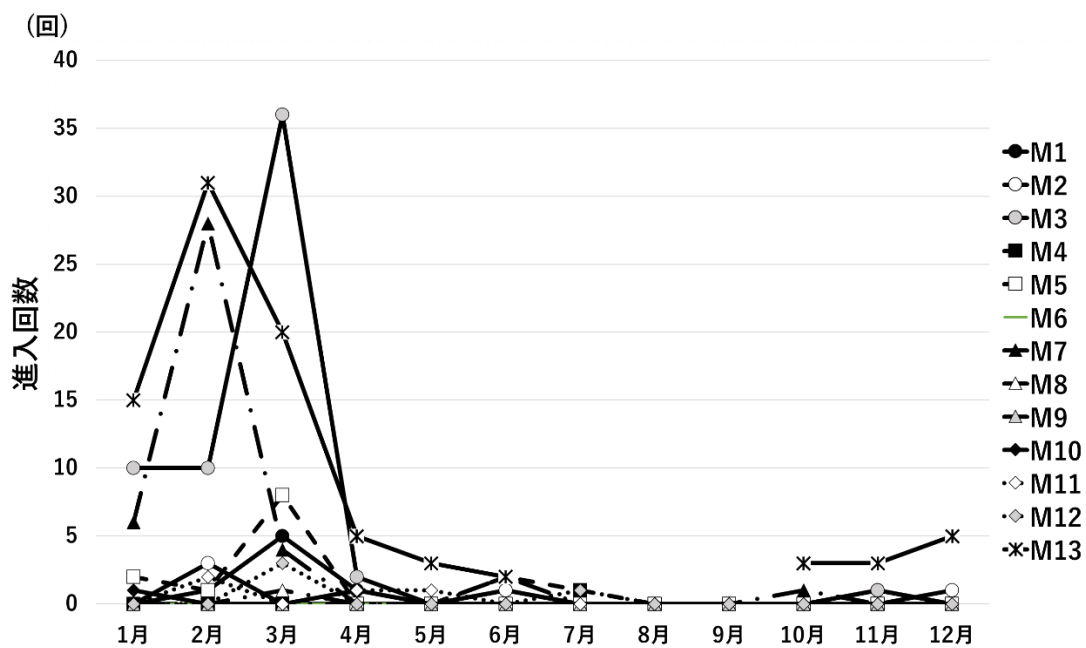


図 3-9. 月と実験ごとの進入回数

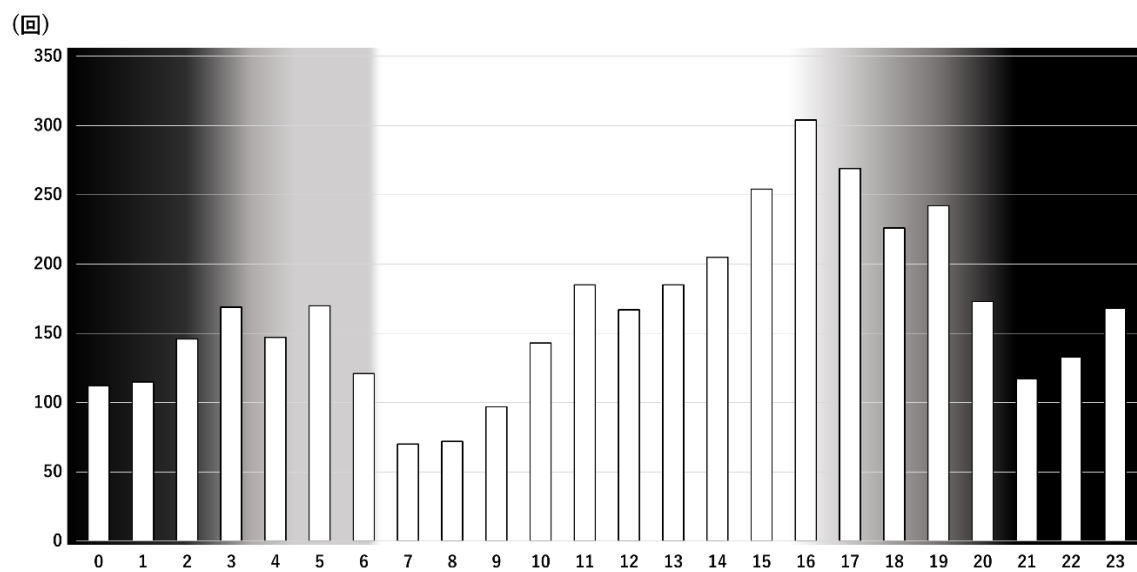


図 3-10. 電気柵周辺の時間ごとの撮影回数

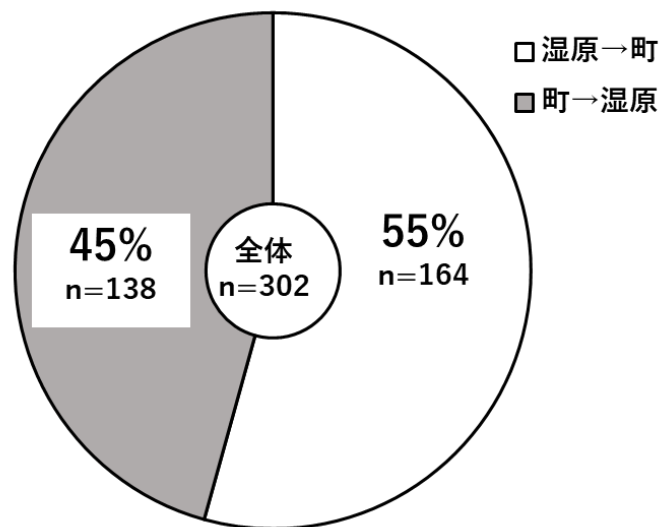


図 3-11. 電気柵への通過方向

湿原→町(湿原から電気柵を通過し, 市街地に進入)

町→湿原(市街地から電気柵を通過し, 湿原に戻る)

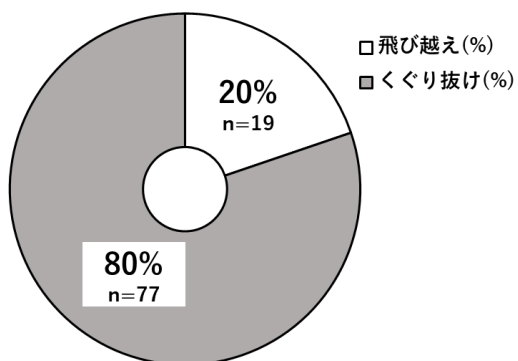


図 3-12. 市街地から湿原への通過方法

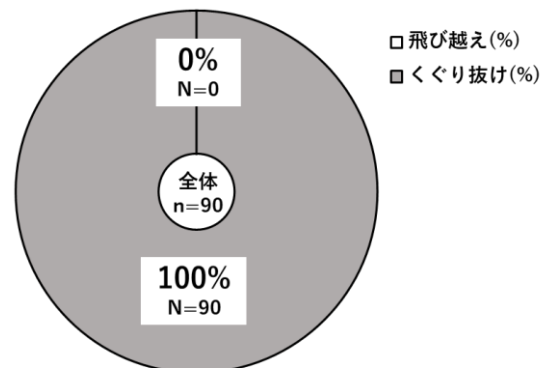


図 3-13. 湿原から市街地への通過方法

### 3-2-3. 電気柵, 木道入口, 河川, 道路, 丘からの進入割合

電気柵と木道入口, 河川, 丘, 道路の 5 つの場所からシカの主な進入場所を割り出したところ, 電気柵は 5%, 木道入口からは 5%, 河川からは 23%, 丘からは 26%, 道路からは 40%であった。電気柵と木道入口は 10%以下と進入頻度が低く, 河川と丘からはほぼ同じ割合で進入していた(図 3-14)。最も進入割合が高かった道路は湿原から道路を挟んですぐに山があるため進入頻度が多いのではないかと推測された。市街地を利用するシカの進入場所は, 電気柵も含まれていたが 95%は電気柵以外から進入していたことが明らかになった(図 3-14)。しかし, 5%のシカが毎月 1 回電気柵の修復を行っているのにも関わらず電気柵を通過していたことは上記の「電気柵点検による電気柵の被害状況」で述べた通り, 一部のシカが通過できることを学習し常態化したのではないかと考えられた。

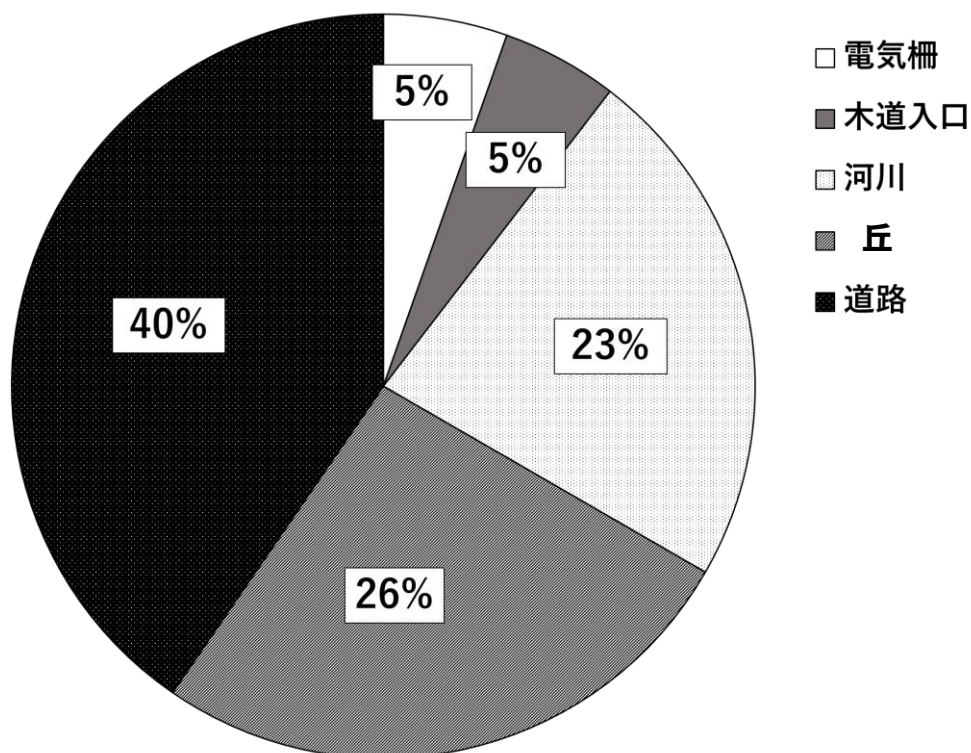


図 3-14. 電気柵・木道入口・河川・道路・山のシカの進入割合

## 4. エゾシカの効果的な通過防止対策の評価及び点検の頻度と電圧の変化 によるエゾシカへの効果の検証

### 4-1. 手法

#### 4-1-1. 進入防止対策実験

2021年1月から2022年2月に行った電気柵の点検及びカメラトラップ調査の結果で特定した7つの通過箇所には、5種類の進入防止対策実験(以下、実験とする)を行った(図4-1)。飛び越えが多く確認された4か所には、実験1：二重電気柵、実験2：三重電気柵、実験3：五段張りの電気柵を設置し、くぐり抜けが多かった3か所には、実験4：電線間への斜線の追加、実験5：電線間への横線の追加し試験を実施した。実験1～5の詳細は以下に記載した。

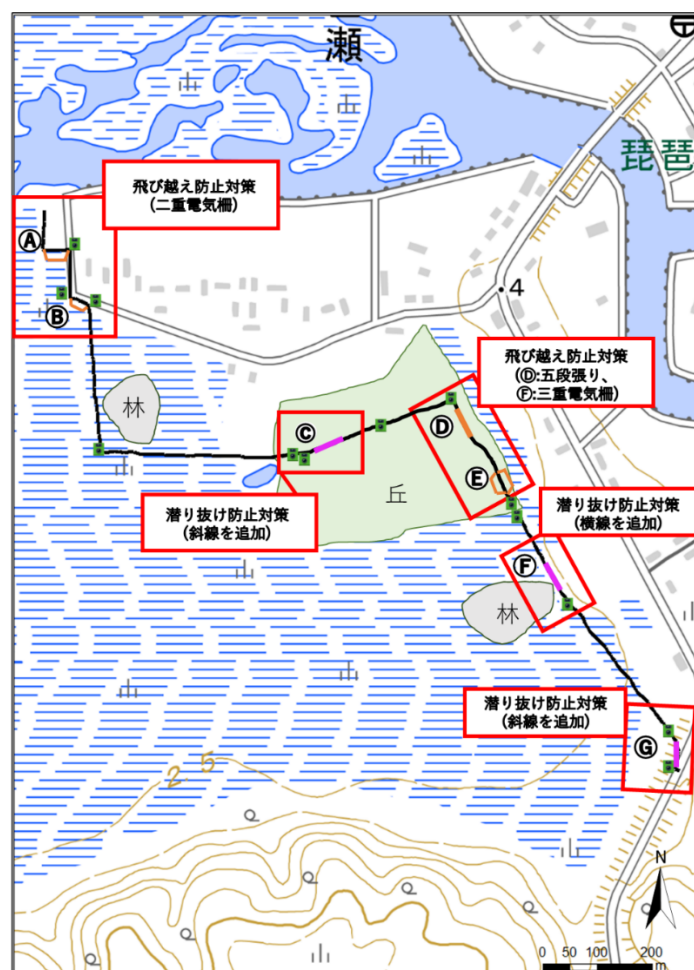


図 4-1. 進入防止対策実験設置場所

### 【飛び越え防止対策実験】

#### 実験 1：二重電気柵

設置地点：㊶, ㊷地点(図 4-1) 設置期間：2022 年 8 月 1 日～現在

設置距離：A 地点 33m, B 地点 23.5 cm 高さ：75 cm

二重電気柵は, 湿原側に地上から 75cm の高さにポリワイヤーとポールの 1 段の柵を設置した(図 4-2, 画像 4-1). ポリワイヤーの端は電気柵の電線に繋ぎ通電させた(画像 4-2). 1 段の柵と電気柵の幅を㊶地点では 50 cm(画像 4-3), ㊷地点では 120 cm あけ, 幅による防除効果の違いを観察した(画像 4-4).

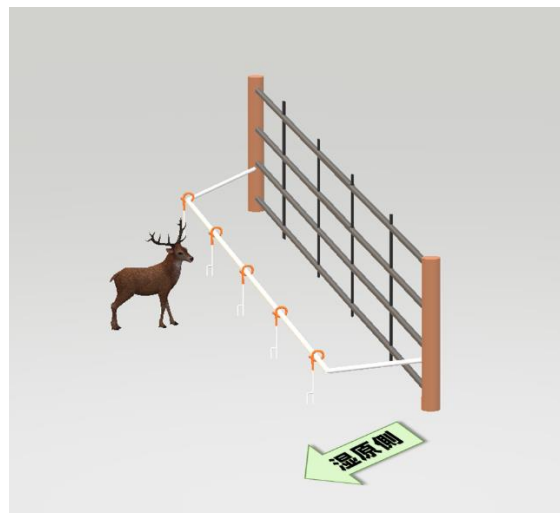
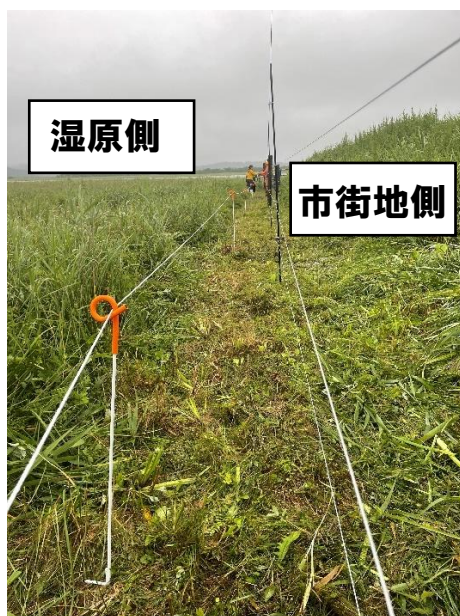


図 4-2. 二重電気柵モデル図

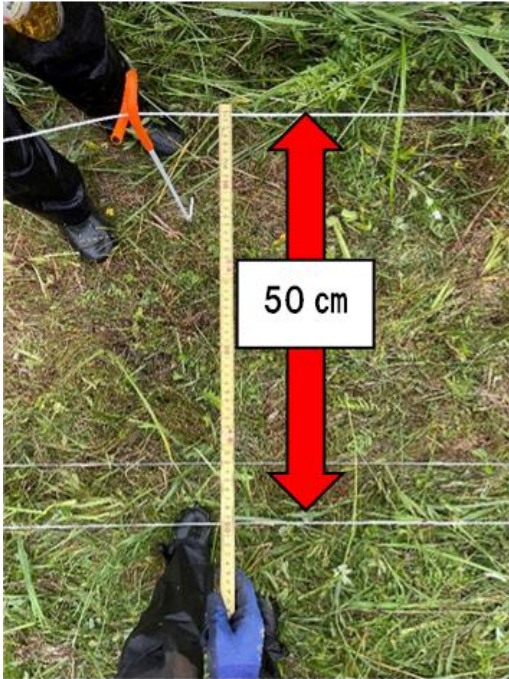


画像 4-1. 二重電気柵設置後

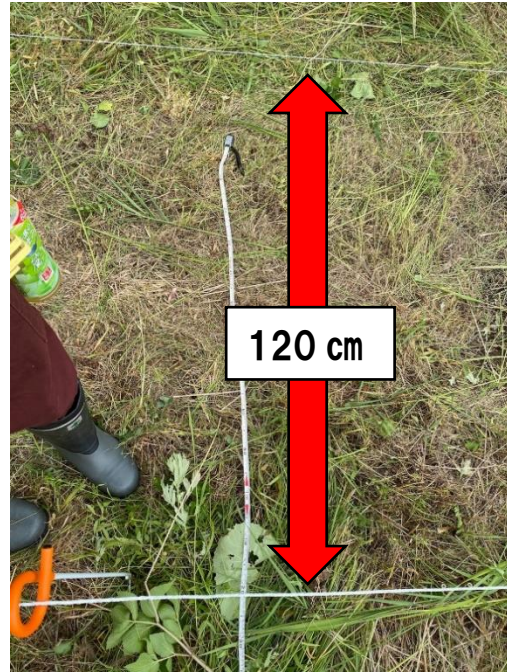


画像 4-2. ポリワイヤーの端を電気柵に接続





画像 4-3. A 地点の二重電気柵の幅



画像 4-4. B 地点の二重電気柵の幅



## 実験 2：三重電気柵

設置地点：E 地点(図 4-1) 設置期間：2022 年 8 月 1 日～現在

設置距離：33.2m×2 高さ 75 cm

三重電気柵は、湿原側と市街地側に地上から 75cm の高さにポリワイヤーとポールの 1 段の柵を設置した(図 4-3, 画像 4-5). ポリワイヤーの端は電気柵の電線に繋ぎ通電させた(図 4-2). 1 段の柵と電気柵の幅を 90cm になるよう設置した(画像 4-6).

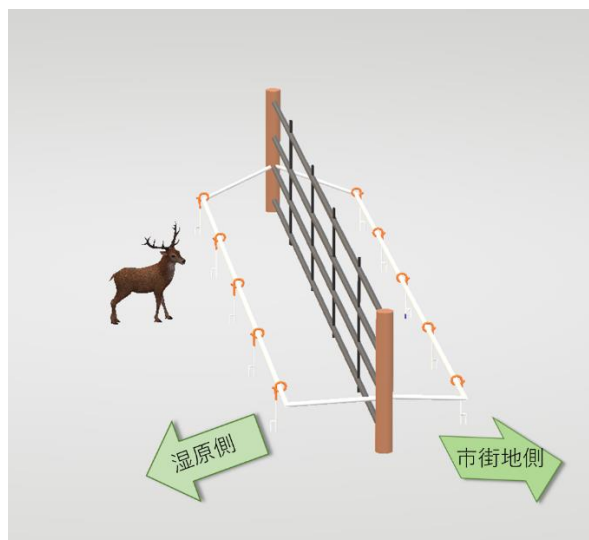
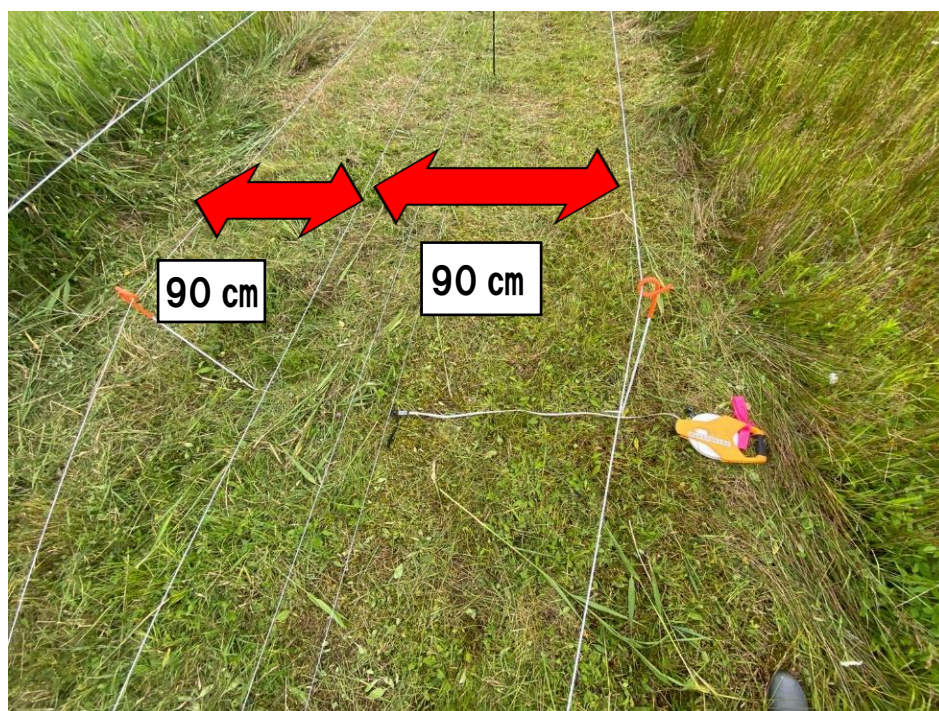


図 4-3. 三重電気柵のモデル図



画像 4-5. 三重電気柵設置後



画像 4-6. 三重電気柵の幅

### 実験 3：五段張りの電気柵

設置地点：D 地点(図 4-1) 設置期間：2022 年 8 月 1 日～現在

設置距離：34.8m 地上高：200 cm

地上 150 cmある既存の電気柵のさらに 50 cm上部に, 無通電のロープを設置した(図 4-4, 画像 4-8). ロープの端を木柱に括り付け(画像 4-7), ロープが垂れ下がらないようグラスファイバーの支柱にワイヤーを通すためのクリップをつけそこにロープを通した.

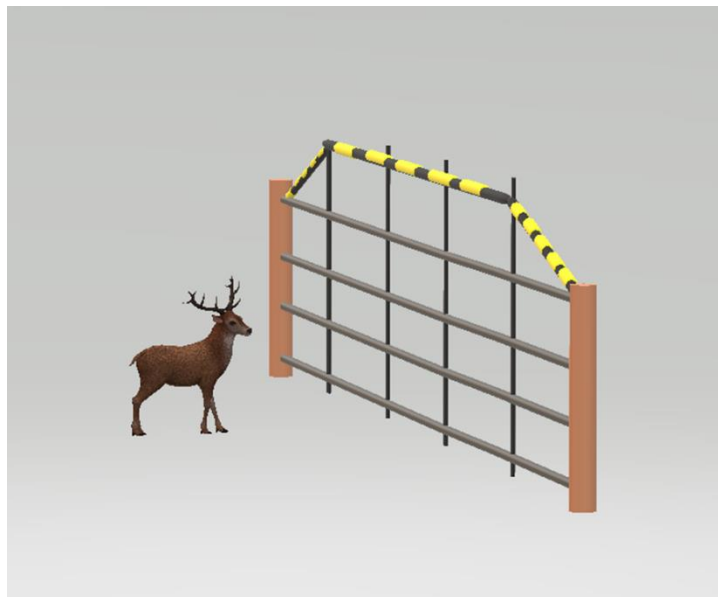
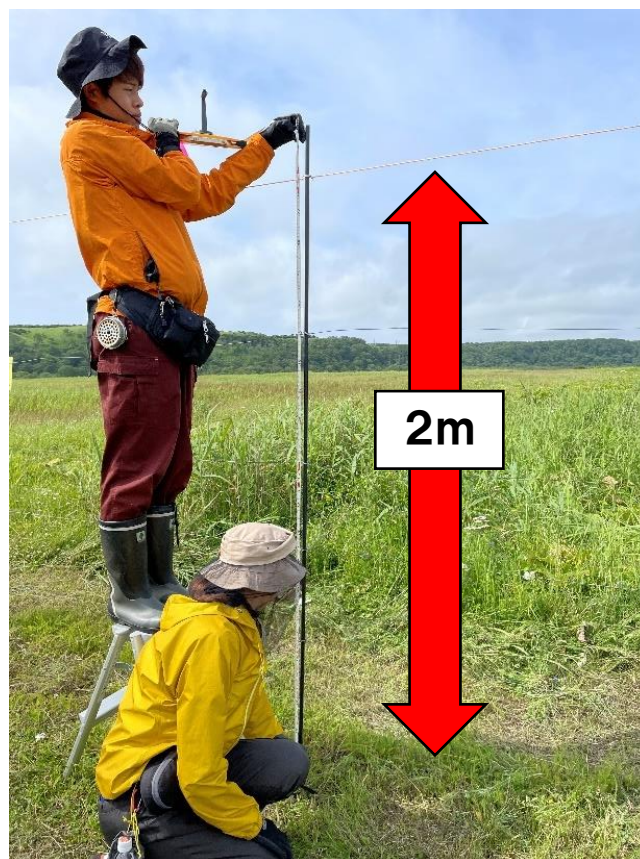


図 4-4. 五段張りの電気柵のモデル図





画像 4-7. ロープを木柱に括りつける



画像 4-8. 五段張りの電気柵の高さ

## 【くぐり抜け防止対策実験】

### 実験 4：電線間への斜線の追加

設置地点：C, G 地点(図 4-1) 設置期間：2022 年 8 月 1 日～現在

設置距離：C 地点 35.9m, G 地点 25.8m

電気柵の 4 段の電線の上にワイヤーを斜めに追加した(図 4-5, 画像 4-10). 電気柵 1 段目のワイヤーに 1 本のワイヤーの端を T 型ラインランプを用いて接続した(画像 4-9). 1 本のワイヤーは切断せず, 2～4 段目も同様に接続した.

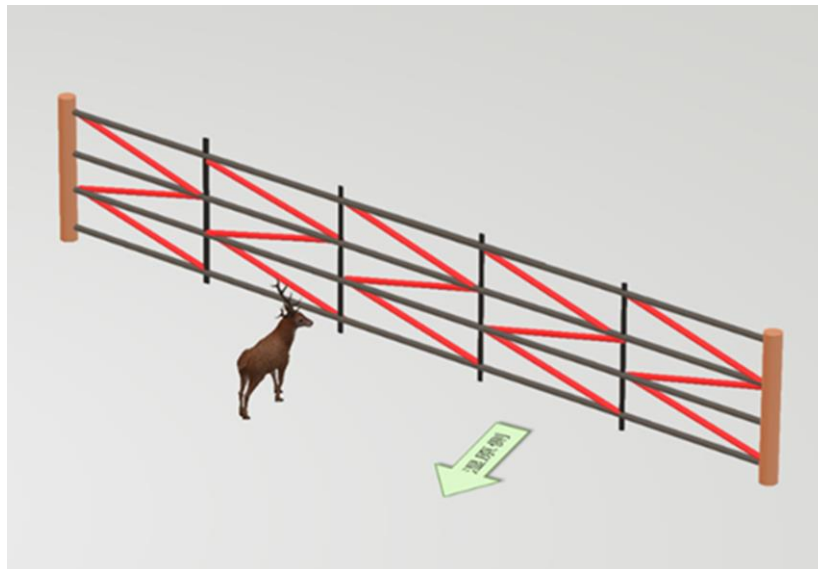
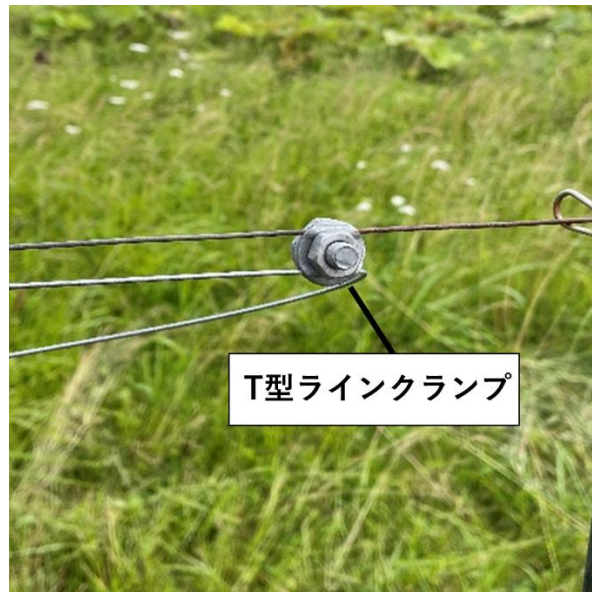
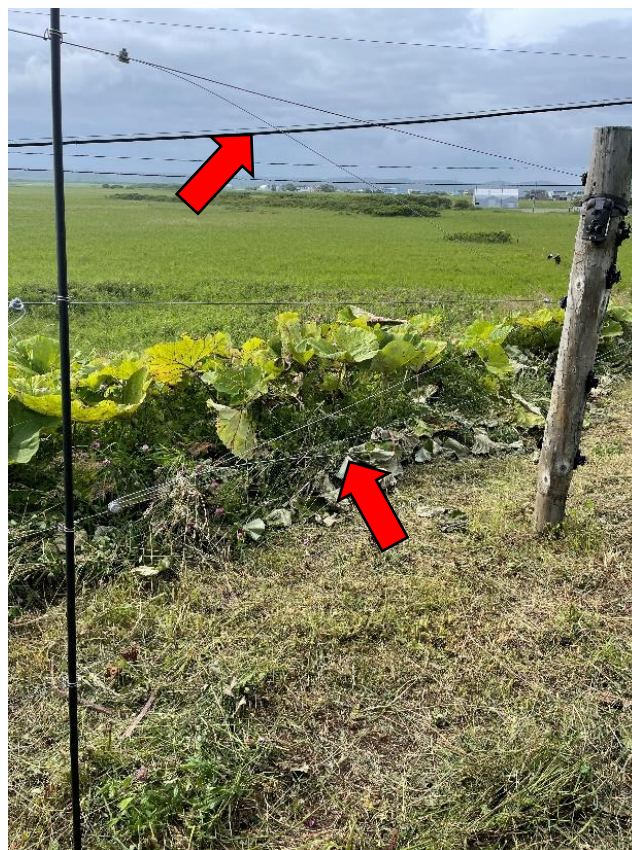


図 4-5. 電線間への斜線の追加モデル図



画像 4-9. 電線とワイヤーを接続した様子



画像 4-10. 電線間への斜線の追加設置後

#### 実験 5：電線間への横線の追加

設置地点：F 地点(図 4-1) 設置期間：2022 年 8 月 1 日～現在

設置距離：36.6m

電気柵の 4 段の電線の上にワイヤーを斜めに追加した(図 4-6, 画像 4-11). 電気柵の木柱に碍子を取り付け, 碍子に新しいワイヤーを通しワイヤー同士をワイヤーロックで固定した(図 4-7). この工程を上から 1～3 段の電線の間で行った(図 4-7). 設置したワイヤー①を通电させるため縦にワイヤーを電気柵の電線に接続するよう設置した(図 4-7).

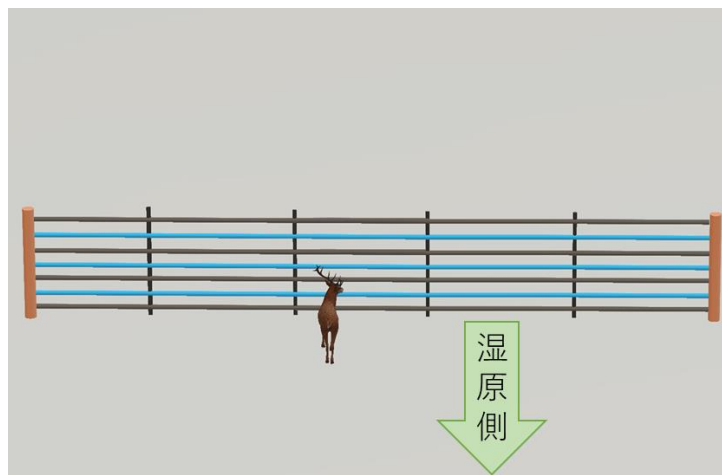
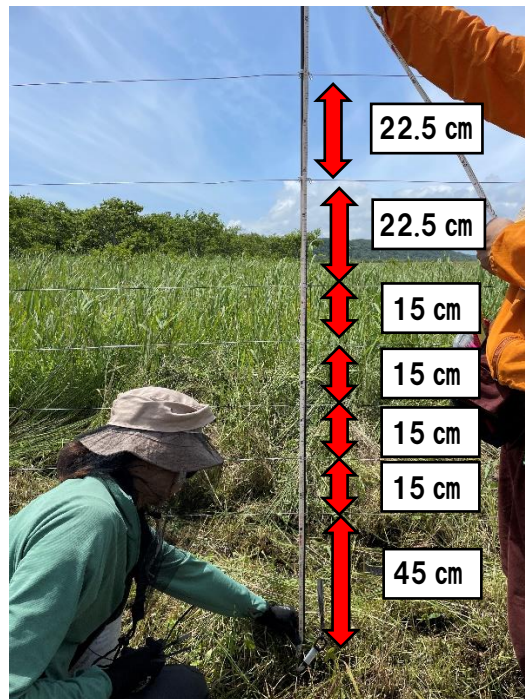
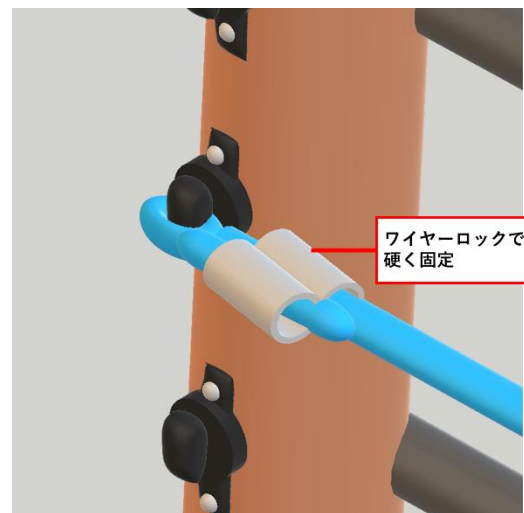
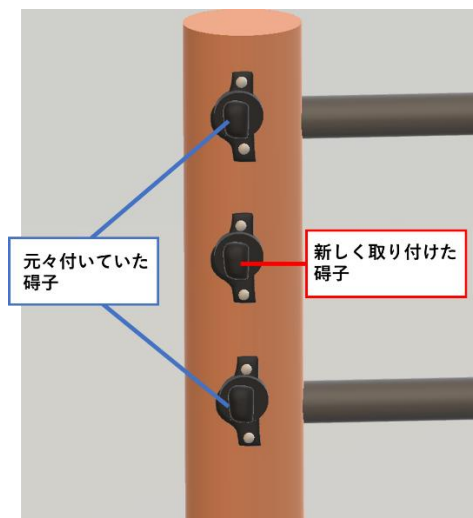


図 4-6. 電線間への横線の追加モデル図





画像 4-11. 電線間への横線の追加及び電線間の高さ





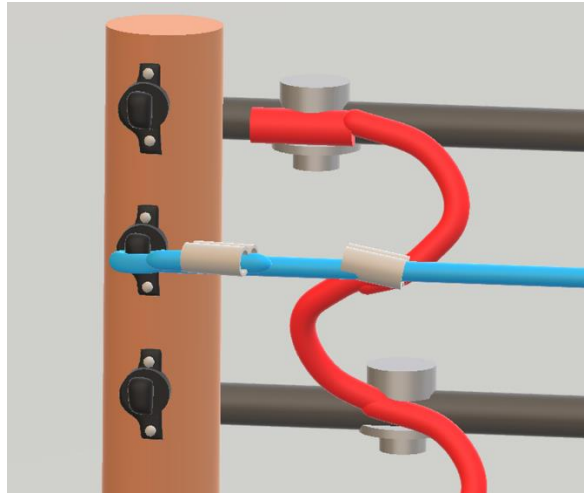


図 4-7. 電線間への横線の追加の設置工程

表 4-1. 実験ごとの調査区, 設置期間, 使用機材

実験	調査区	設置期間	使用資材	段数/ 地上からの高さ	電柵の重なり	比較実験
実験1	A,B	2022年8月～ 現在	ビッグテールポール、 ビッグホワイトワイヤー・ネオ、 SM電柵ワイヤー、簡易緊張具	4段 45,75,105, 150cm	二重	実験1～3
実験2	C	2022年8月～ 現在	ビッグテールポール、 ビッグホワイトワイヤー・ネオ、 SM電柵ワイヤー、簡易緊張具	4段 45,75,105,150cm	三重	実験1～3
実験3	D	2022年8月～ 現在	PVロープポピン巻 (ポリエチレンポリエステル)	5段 45,30,30,45,50cm	-	実験1～3
実験4	E,F	2022年8月～ 現在	フェンシングワイヤーG(1.6mm)、 T型ラインクランプ	4段 45,75,105,150cm	-	調査区e:片側斜面 調査区f:平地 (環境別で比較)
実験5	G	2022年8月～ 現在	フェンシングワイヤーG(1.6mm)、 T型ラインクランプ、ワイヤーロック、 主杭用ポリ碍子PL型	7段 45,60,75,90,105, 127.5,150cm	-	調査区e:斜線 調査区g:横線 (電線の追加方法で比較)

#### 4-1-1. 電気柵点検

電気柵沿いを歩き(図 4-1), シカが電気柵を通過した際に破損した箇所(断線, 支柱の折れ等)(画像 4-2)及びくぐり抜けた箇所(支柱でワイヤーを支えるためのクリップの外れ(画像 2-4), 電線の上下のずれ(画像 4-3)等)に GPS ポイントを記録した。記録後は工具や電気柵修復用の器材を用いて修復を行った。調査期間は 2022 年 8 月 11~15 日, 8 月 23~26 日, 9 月 6~16 日(11, 12 日以外)の毎日及び 10 月 23 日, 11 月 22 日の月 1 回実施した。

#### 4-1-2. カメラトラップ調査

実験を行っている電気柵に対する行動(飛び越える, 感電等), 撮影頻度, 進入頻度, 性別, 年齢を観察するためにカメラ(Bushnell 社: 16MP Trophy Cam HD E3 Model: 119837C, LTL ACON 社: Ltl-5210 Series)を電気柵の木柱に計 13 台設置した(図 2-2 参照)。カメラは撮影間隔を 10 分に設定した。これは調査地が遠距離であることから不測の事態を考慮し, SD カードの容量や電池の消費を防ぐために設定した。調査地周辺の草や風による電気柵の揺れによる無駄な撮影を少しでも防ぐためにセンサー感度を Normal, 撮影の設定を動画とした。調査期間は 2021 年 8~11 月と 2022 年 8~11 月に観察を行った。

#### 4-1-3. 解析方法

##### ・電気柵点検

2021 年 8・9 月と 2022 年 8・9 月の電気柵点検データから GIS を用いてシカが電気柵を通過した際に破損した箇所(断線, 支柱の折れ等)及びくぐり抜けた箇所(支柱でワイヤーを支えるためのクリップの外れ, 電線の上下のずれ等)を確認した回数を可視化した。可視化するため現地で電気柵の支柱ごとに落とした GPS ポイントとそれを基に繋いだラインに, 記録内容と破損や電線のずれ等を集計及び色分けをした。また可視化した地図(図 4-15~4-30)から実験箇所の総延長及び破損箇所の総延長, 実験箇所内の全支柱本数及び進入痕跡ありの支柱本数を抽出し, 月ごとと実験ごとの進入防止対策の効果を評価した。飛び越え対策(二

重電気柵, 三重電気柵, 五段張り電気柵)では実験設置箇所の電線の総延長から破損した総延長の割合を算出し破損率(式 1)とし, くぐり抜け防止では実験設置箇所の支柱の本数からくぐり抜けの痕跡があった支柱の割合を進入頻度(式 2)として算出し評価を行った(高柳ほか 1988 参照).

さらに, 月 1 回の点検と毎日の点検, パワーユニットの交換後の点検, 一斉補修とパワーユニットの交換と 5 種類の通過防止実験を設置した後の点検の 4 つのタイプそれぞれの点検前の電圧と点検時の破損箇所数の相関関係を調べるため, 説明変数を点検前の電圧, 目的変数を点検時の破損箇所とし Spearman の積率相関係数を実施した. 帰無仮説を点検前の電圧と点検時の破損箇所数に有意な差はないとした. また, 電圧による破損箇所数の変化を解析するため, 電圧を説明変数, 月 1 回の点検, 毎日の点検, パワーユニットの交換後の点検, 一斉補修とパワーユニットの交換と 5 種類の通過防止実験を設置した後の点検での破損箇所数を目的変数として, 一般化線形混合モデル(Generalized linear mixed model: GLMM)を用いたモデル解析によって解析した.

$$\text{式 1: 破損率} = (\text{破損総延長 (m)} / \text{実験箇所総延長 (m)}) * 100$$

$$\text{式 2: 進入頻度} = (\text{進入痕跡ありの支柱本数 (本)} / \text{実験箇所内の全支柱本数 (本)}) * 100$$

#### ・カメラトラップ調査

1 頭以上シカが撮影された場合を 1 枚とし, 撮影間隔 30 分間の後に映った個体は重複個体とせず別個体としてカウントした. 30 分後に横臥をしており明らかに同一個体であると判断したものはカウントせず 1 枚としてカウントした. 撮影した画像のデータから RAI (撮影頻度指標: Relative Abundance Index)を式 3 によって算出した (O'Brien et al. 2003). また月ごとと実験ごとでのシカの進入日数割合を式 4 を用いて算出した (塚田ほか 2016).

$$\text{式 3: RAI} = (\text{シカの撮影回数 (回)} / \text{カメラ稼働日数 (日)}) * 100 (\text{日})$$

$$\text{式 4: (進入日数割合} = \text{進入回数 (回)} / \text{カメラ稼働日数 (日)}) * 100$$

## 4-2. 結果・考察

### 4-2-1. 5 種類の進入防止対策の月ごとと実験ごとの評価

2021 年 8～11 月の進入防止実験設置前と 2022 年 8～11 月の進入防止実験設置後の月と実験ごとの飛び越えによる破損率とくぐり抜けによる進入頻度, カメラによる進入日数割合を比較した. 2022 年 9 月は破損率(図 4-8)と進入日数割合(図 4-10)は 2021 年 9 月より増加していた. 破損した長さは 13.8m 増加し, カメラでの観察では進入回数が 1 回増加していた. しかし, 実験設置個所の総延長 222.8m とカメラ稼働日数 113.4 日内では破損と進入は少なかった. 2022 年 8, 10, 11 月は 2021 年に比べ全て減少していた(図 4-8～10). 破損率は 8 月が 16%から 0%, 10 月は 26%から 0%, 11 月は 22%から 3%と大きく減少していた(図 4-8). 進入頻度は全体的に 3～12%pt(パーセントポイント)減少していた(図 4-9). 進入日数割合は 8 月が 2021 年に比べ 24%pt と大きく減少し, 10, 11 月もそれぞれ 4%pt, 5%pt と減少していた(図 4-10). 9 月は破損率と進入日数割合で増加していた要因は分からないが, 他の月で破損率と進入頻度, 進入日数割合が減少していたことから, 進入防止対策実験の効果が出ていたと考えられた. 次に実験ごとの比較では, 飛び越え防止のために設置した二重電気柵と三重電気柵, 五段張り電気柵の破損率は, 二重電気柵 A 地点, B 地点と五段張り電気柵で飛び越えによる破損が減少していた(図 4-12). 二重電気柵の A 地点と B 地点では 2021 年に比べそれぞれ 12%pt と 25%pt 減少していた(図 4-12). 五段張り電気柵も 25%Pt 減少していた(図 4-12). 三重電気柵は 2021 年からの破損率の減少が確認されなかった(図 4-12). さらにくぐり抜け防止のために設置した斜線の追加と横線の追加では, 斜線 G 地点と横線で進入頻度が減少していた(図 4-13). 斜線 G 地点では 15%pt, 横線では 20%pt 減少し効果が出ていた(図 4-13). 斜線 C 地点は 2021 年に比べ進入頻度が増加していた(図 4-13). 斜線 C 地点と G 地点の違いとして C 地点は湿原が埋め立てられており地面が平坦であることから斜線を追加しても進入しやすいのではないかと推測された. また G 地点は電気柵が張られていない箇所が横にあることから斜線の追加を嫌がったシカが電気柵のない箇所から進入したと考えられた. あと斜

線の追加の際, 図 4-5 の設置モデル図のように斜線を設置できず, シカへの接触点が少なかったことから効果が出づらかったのではないかと考えられた. 飛び越え防止には二重電気柵と五段張り電気柵, くぐり抜けの防止には斜線(地形が関係する)と特に横線の追加が電気柵からの進入に慣れていた個体に効果が出ていた.

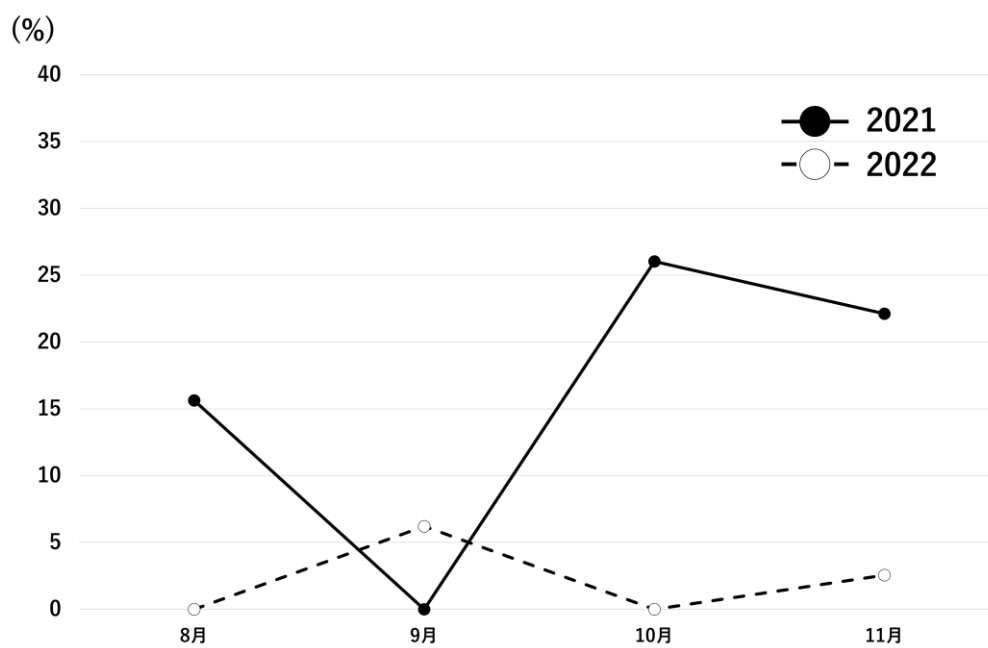


図 4-8. 月ごとの破損率

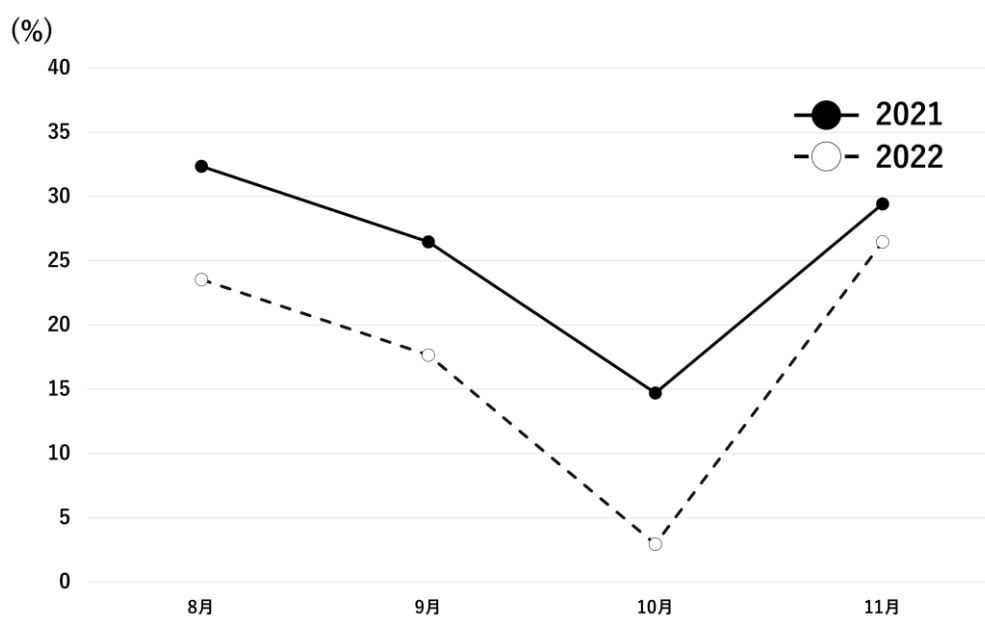


図 4-9. 月ごとの進入頻度

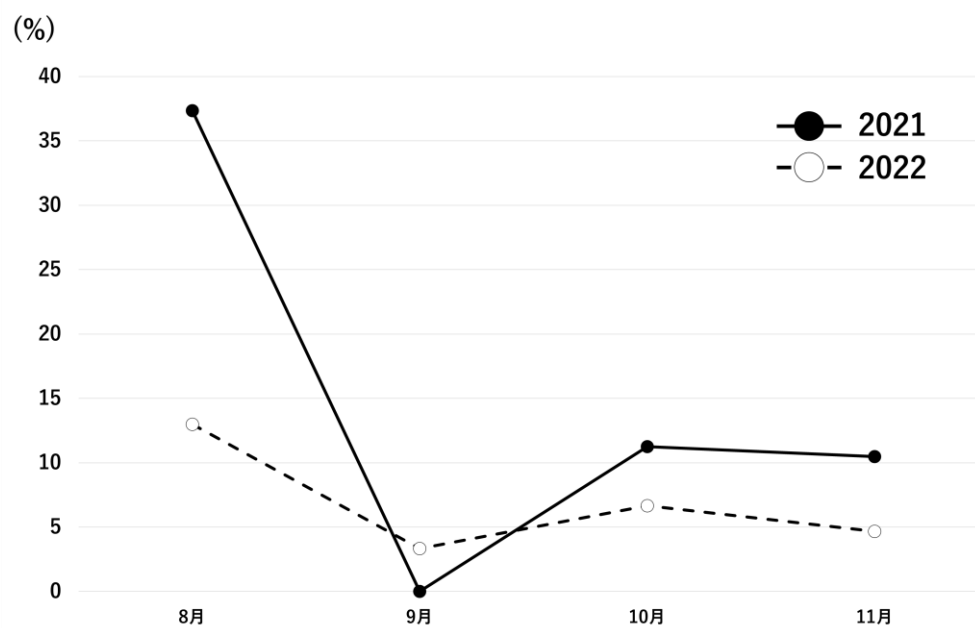


図 4-10. 月ごとの進入日数割合

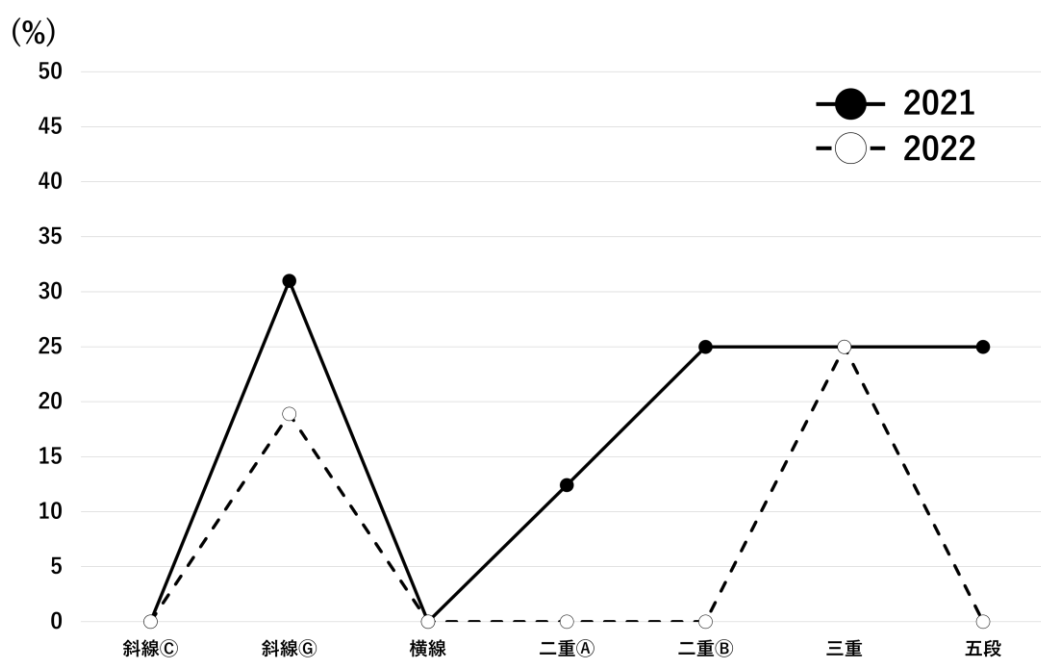


図 4-12. 実験箇所ごとの破損率



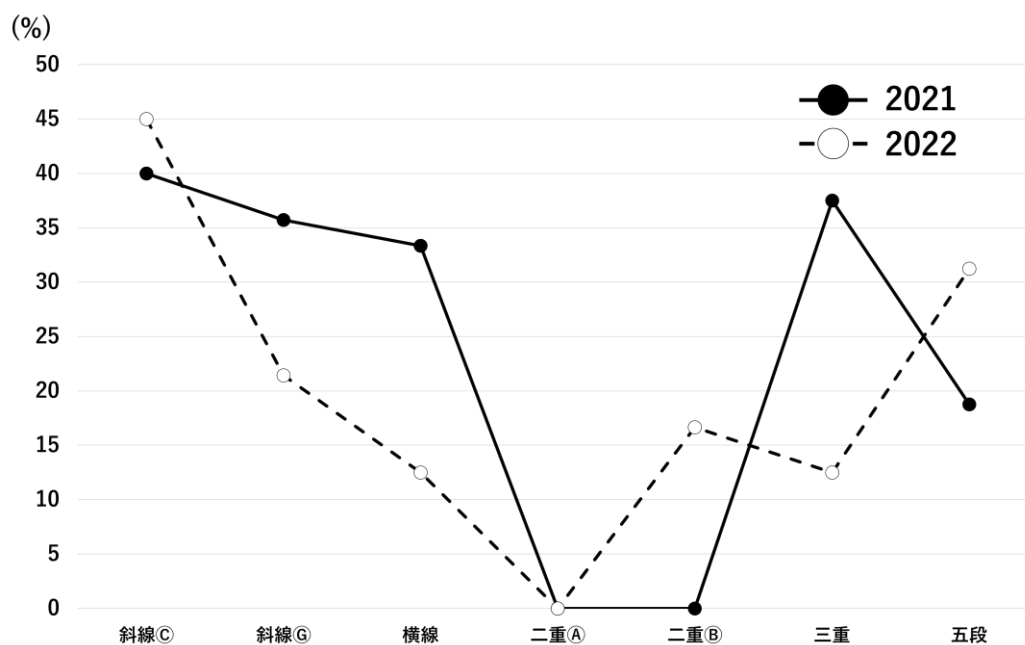


図 4-13. 実験ごとの進入頻度

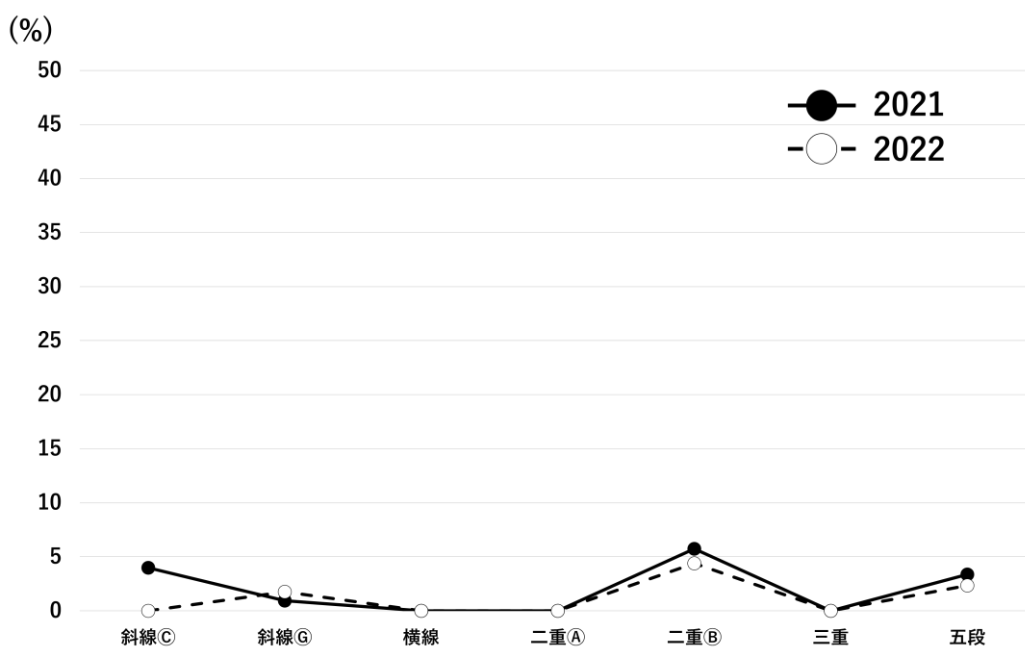


図 4-14. 実験ごとの進入日数割合



図 4-15. 2021 年 8 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-16. 2022 年 8 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-17. 2021 年 8 月の電気柵破損箇所



図 4-18. 2022 年 8 月の電気柵破損箇所





図 4-19. 2021 年 9 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-20. 2022 年 9 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-21. 2021 年 9 月の電気柵破損箇所



図 4-22. 2022 年 9 月の電気柵破損箇所





図 4-23. 2021 年 10 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-24. 2022 年 10 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-25. 2021 年 10 月の電気柵破損箇所



図 4-26. 2022 年 10 月の電気柵破損箇所





図 4-27. 2021 年 11 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-28. 2022 年 11 月のくぐり抜けた痕跡確認箇所



図 4-29. 2021 年 11 月の電気柵破損箇所



図 4-30. 2022 年 10 月の電気柵破損箇所

#### 4-2-2. 通過防止対策実験箇所におけるシカの行動反応

実験の観察を行った 2022 年 8 月 1 日～11 月 23 日(カメラ稼働日数：113.4 日)の間で実験を設置した電気柵に対して、計 60 頭の行動を観察した(表 4-2). 二重電気柵 A 地点と三重電気柵、横線の追加では電気柵に対するシカの行動は観察できなかった. 電気柵に対する行動反応が確認された残り 4 つの実験箇所では、電気柵を目視のみ行う個体が計 24 頭観察された(表 4-2). 採食を行いながら電気柵を見ていた個体や電気柵が風で揺れるのを警戒していた個体も確認された(表 4-2). さらに五段張り電気柵と斜線の追加の C 地点では目視を行った後逃走した個体(計 15 頭)と口唇を電気柵に近づけ接触せず確認し逃走した個体(計 4 頭)を確認し、二重電気柵 B 地点と斜線の追加 C, G 地点では電気柵に接触後逃走したシカ(計 3 頭)の中に湿原側に逃走した個体が観察された(表 4-2). また電気柵から進入せず他に進入できる場所を探し電気柵の横を歩いていた個体も確認された(表 4-2). 実験を設置しぐり抜けと飛び越えを防いでいたが、二重電気柵 B 地点と五段張り電気柵では飛び越えが確認され、斜線の追加 C, G 地点でぐり抜けが確認された(表 4-2). 飛び越えは両実験とも市街地から湿原に走りながら進入していたことから人もしくは車に驚いて咄嗟に電気柵を飛び越えたと推測された. 斜線の追加 G 地点では市街地から湿原に進入しておりこちらも走りながら進入していたことから、飛び越え同様に人などに驚き進入したのではないかと考えられた. 斜線の追加 C 地点では湿原側から進入していたため斜線の追加がうまく機能しなかったことや、電気柵に口唇が接触した際感電していない個体も確認されたことから電気柵に慣れた個体が電気柵に接触せず進入したと考えられた.

表 4-2. 進入防止対策実験設置箇所に対するシカの行動反応(2022 年 8～11 月)

	実験	観察個体	探索行動		侵入の阻止			侵入方法			侵入方向
			目視のみ	口唇接触 (非感電)	逃走 (視認後)	逃走 (口唇で確認後)	逃走 (接触後)	電気柵の横を移動	潜り抜け (非接触)	飛び越え (非接触)	
飛び越え防止対策	二重①	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	二重②	5	3	-	-	-	1	-	-	1	市街地→湿原
	三重	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	五段張り	4	1	-	-	1	-	1	-	1	市街地→湿原
くぐり抜け防止対策	斜線㉔	40	12	2	15	3	1	3	3	-	湿原→市街地(2)・市街地→湿原(1)
	斜線㉕	11	8	-	-	-	1	1	2	-	市街地→湿原
	横線	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
計		60	24	2	15	4	3	5	5	2	-

\*二重電気柵 A 地点：二重①, 二重電気柵 B 地点：二重②, 三重電気柵：三重, 五段張り電気柵：五段張り

斜線の追加 C 地点：斜線㉔, 斜線の追加 G 地点：斜線㉕, 横線の追加：横線

#### 4-2-3. 電圧の高低と破損箇所数の関係

月 1 回点検と毎日点検, パワーユニットの交換後の毎日点検, 一斉補修・パワーユニットの交換・通過防止対策実験の設置・毎日の点検のそれぞれの電圧と破損箇所数の 4 つのタイプの関係を調べた(図 4-31). 4 つのタイプ別では, 電圧と破損箇所数での相関関係は見られなかった(図 4-31). 月 1 回点検では電圧の増加で破損箇所数が減少しているように見られたが, 相関に有意な差は見られなかった(図 3-14). 4 タイプ全てを合わせた場合は電圧の増加に伴って破損箇所数が有意に減少していた( $p<0.05$ ). 4 タイプそれぞれの電圧による破損箇所の減少は見られなかったが, 全てを合わせると減少していたため電圧を高くした場合, 電気柵の破損や通過が防げるのではないかと考えた.

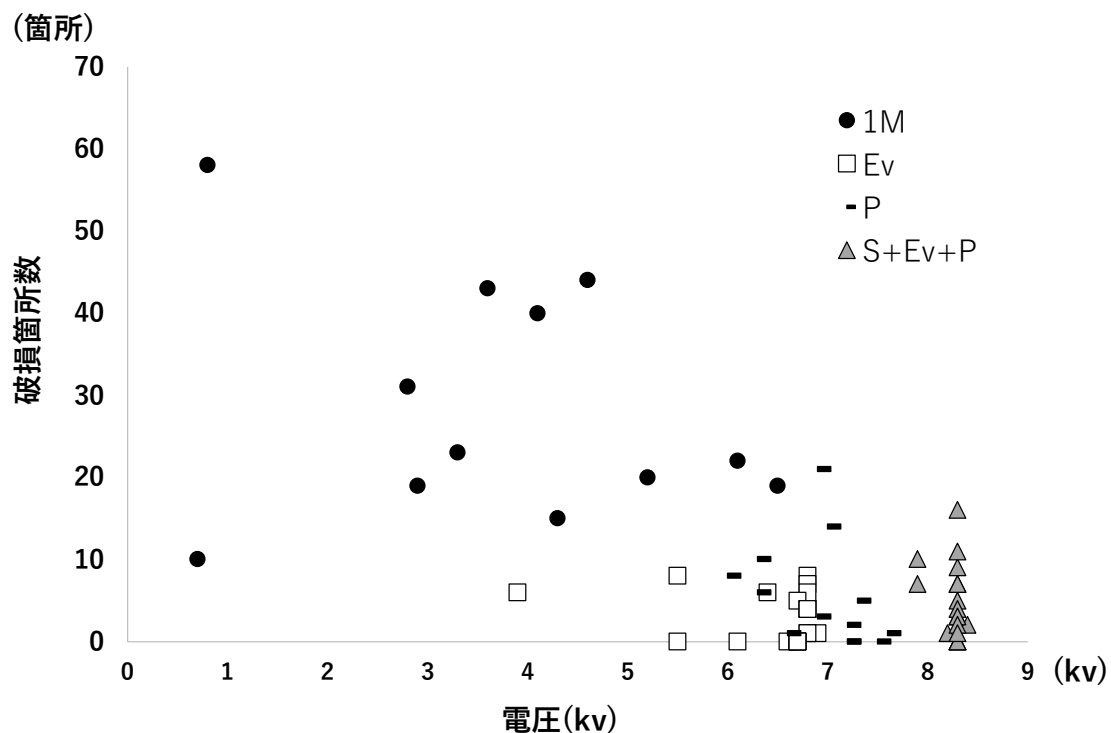


図 4-31. 電圧と破損箇所数の相関関係を示した散布図

※月 1 回の点検 : 1M 毎日の点検 : Ev

パワーユニットの交換後の点検 : P

一斉補修とパワーユニットの交換と 5 種類の通過防止実験を設置した後の点検 : S+Ev+P

## 5. まとめ

### 5-1. 市街地及び干場におけるシカの進入状況の把握

2019 年 8 月～2022 年 10 月の調査においてライトセンサス調査の結果から、最多観察頭数は 2020 年 12 月で 192 頭(129.7 頭/10km)であり 2020 年は 12 月が最も多くシカが観察された。他の年においても 2019 年と 2021 年、2022 年は 11 月が最も多く、2022 年は 11 月に計 181 頭(122.3 頭/10km)とシカが多く観察された。ルートセンサス調査では、ライトセンサス調査で観察頭数が減少していた 2 月に最多頭数 312 頭(ライトセンサスで用いられる密度指標の 10km あたりの頭数では 416.8 頭/10km)のシカを観察し、釧路湿原右岸堤防にて観察された約 400 頭/10km(環境省 2016)とほぼ同数のシカが市街地周辺を利用していた。干場及び住宅横空き地でのシカの撮影頻度(RAI)は、干場で 3～11 月にかけて有意に増加していた( $p<0.05$ )。住宅横空き地は月別での RAI に有意な差はなかったが干場と同様 3～11 月にかけて RAI が増加していた。このことから、10、11 月の秋と 12、2 月の冬にかけて市街地全体と干場への進入が増加していたと考えられた。市街地全体では季節ごとでの発見頭数に差が見られず年中多くのシカが浜中町沿岸部の霧多布湿原周辺を利用していたと推測された。年別では 2019 年( $75.1 \pm 23.3$ )から 2020 年( $63.7 \pm 47.9$ )にかけ観察頭数が減少していたが、2020 年( $63.7 \pm 47.9$ )から 2022 年( $90.3 \pm 45.2$ )にかけて月平均 26.7 頭増加していた。シカは 1 年で 1～2 頭の仔を出産するため、5 年後には 162 頭のシカが増加する計算になる。そのため霧多布湿原周辺に進入するシカへの対策を行う必要がある。地域ごとでは電気柵を設置していない地域(榊町地区、暮帰別地区)は電気柵が設置してある地域(新川地区、仲の浜地区、琵琶瀬地区)に比べ、シカの干場への進入頻度が有意に多くなった( $p<0.05$ )。この結果から電気柵によるシカの進入防止効果が出ていたが、地域住民からの電気柵を飛び越えるシカの目撃情報や梅田 2021 の調査での電気柵を通過したシカを観察したことから、電気柵の効果が十分に出ていないと推測された。

## 5-2. 電気柵の効果と進入経路ごとの進入状況

2021 年 1 月～2022 年 2 月に月 1 回の電気柵点検を行った。2021 年 1, 2 月での電気柵の破損が多く見られたが, 3, 4 月に減少後 6～8 月に被害が増加, 9 月に電圧が 6.5kV 出ており被害も減少したが 10 月～2022 年 3 月にかけて被害の増加とともに電圧も低下した。琵琶瀬地区に設置されている電気柵は 4 段張りであり, この 4 段張りは定期的な点検や漏電や断線, パワーユニットの故障が無いよう定期的に見回することでシカの進入を十分に防止する効果がある(高山ほか 2008, 高山ほか 2013, 中村ほか 2019)。しかし, 琵琶瀬の電気柵は定期的な点検が地域産業の繁忙期等で維持・管理が間に合わないことがあり, 下草の処理や断線等を放置してしまうことがあったため電気柵の効果を十分に発揮することができなかったと考えられた。また, 電圧の低下や非通電時の場合は時間の経過とともに電線に口唇で危険が無いかわかる探索行動が無くなり通過率が増加する(中村ほか 2019)ため, 一部の個体が学習し電気柵への通過が頻繁に見られるようになったのではないかと考えられた。この電気柵を通過できることを学習した個体が主に通過地点として利用していた箇所を特定した。飛び越え等で破損した箇所が 1 年で合計 3～4 回以上だった箇所は計 5 か所確認された。また, くぐり抜けにより電線のずれや電線を支えるクリップから電線が外れた箇所は 1 年間で計 5 か所確認された。同じ場所で被害が出ていたことから, シカが安全であると判断した箇所を通過経路として何度も利用していたと考えられた。

カメラトラップ調査の結果では, 2021 年 2 月～2022 年 7 月の M1～M7 と 2021 年 7 月～2022 年 7 月は M8～M12, 2021 年 10 月～2022 年 7 月で撮影日数が異なるため 3 つのパターンに分け, それぞれ地点ごとで比較した。電気柵周辺でシカが多頻度で確認されたのは M1, M3, M7(2021 年 2 月～2022 年 7 月)と M3, M7, M11(2021 年 7 月～2022 年 7 月), M3, M7, M11(2021 年 10 月～2022 年 7 月)のカメラであった。撮影頻度が低かったのは, M6(2021 年 2 月～2022 年 7 月)と M4, M6, M9(2021 年 7 月～2022 年 7 月), M4, M6, M8, M9(2021 年 10 月～2022 年 7 月)であった。M1, M3, M11, M12 は地面が平坦であり歩きやすく採食もしやすいことからシカの利用頻度が高いのではないかと推測された。M7 も湿原側が斜面となっていることから日当たりが良く, 雪が溶けやすいため冬の利用頻度が増加したのではないかと考えられた。M13 は斜面になってお



り電気柵の電線から地面までの間が大きく開いたため、シカが進入場所として多く利用していたと推測された。反対に M4, M6, M8, M9 の撮影頻度が低かった理由として、M4, M6 は電気柵のすぐ横に干場があり人が多く利用していたため撮影頻度が低いのではないかと考えられた。また、M8, M9 もすぐ横に船着き場や道路があり人の移動が多いことから撮影頻度が低かったと考えられた。月ごとの撮影頻度が 1~3 月に増加し、進入回数も 2, 3 月に増加していた。越冬や狩猟期に森林から湿原に移動したシカが電気柵周辺での採食の他に市街地への進入箇所としても利用していたと示唆された。

シカの電気柵からの進入方向は、湿原から市街地への進入が 55%, 市街地から湿原への進入が 45%であった。進入方法は、湿原から市街地へはくぐり抜けを 100%, 市街地から湿原へは飛び越えによる進入が 20%, くぐり抜けは 80%と進入の方法は主にくぐり抜けを行っていたことが分かった。湿原から市街地へ進入した個体が湿原へ戻る際にも電気柵から進入し戻っていたのではないかと考えられた。さらに飛び越えによる破損等は湿原から市街地へ通過する際に飛び越えて破損していたと推測された。

電気柵以外の進入経路の割合を算出したところ電気柵が 5%, 木道入口が 5%, 河川が 23%, 山が 26%, 道路が 31%の割合で湿原や山から市街地に進入していた。このことから 95%の割合で電気柵以外から市街地へ進入していたことが明らかになった。しかし、5%のシカが毎月 1 回電気柵の修復を行っているのにも関わらず電気柵を通過していたことは一部のシカが通過できることを学習し常態化しまったのではないかと考えられた。

### 5-3. シカの効果的な進入防止対策の評価及び点検の頻度と電圧の変化による効果

2021 年 8～11 月の進入防止実験設置前と 2022 年 8～11 月の進入防止実験設置後の月と実験ごとの飛び越えによる破損率とくぐり抜けによる進入頻度, カメラによる進入日数割合の比較を行った. 2022 年 9 月は破損率と進入日数割合は 2021 年 9 月より増加していた. 破損した長さは 13.8m 増加し, カメラでの観察では進入回数が 1 回増加していた. 2022 年 8, 10, 11 月は 2021 年に比べ全て減少していた. 9 月は破損率と進入日数割合で増加していた要因は分からないが, 他の月で破損率と進入頻度, 進入日数割合が減少していたことから, 進入防止対策実験の効果が出ていたと考えられた. 次に実験ごとの比較では, 飛び越え防止のために設置した二重電気柵と三重電気柵, 五段張り電気柵の破損率が減少していた. さらにくぐり抜け防止のために設置した斜線の追加と横線の追加では, 斜線 G 地点と横線で進入頻度が減少していた. 斜線 C 地点と G 地点の違いとして C 地点は湿原が埋め立てられており地面が平坦であることから斜線を追加しても進入しやすいのではないかと推測された. 両地点とも図 3-5 のように斜線を追加できなかったこともくぐり抜けが減少しなかった要因ではないかと考えられた.

実験の観察を行った 2022 年 8 月 1 日～11 月 23 日(カメラ稼働日数: 113.4 日)の間で実験を設置した電気柵に対して, 計 60 頭の行動を観察した. 二重電気柵 A 地点と三重電気柵, 横線の追加では電気柵に対するシカの行動は観察できなかった. 二重電気柵 B 地点と五段張り電気柵, 斜線の追加で電気柵を目視のみ行う個体が計 24 頭観察された. さらに五段張り電気柵と斜線の追加の C 地点では目視を行った後逃走した個体(計 15 頭)と口唇を電気柵に近づけ接触せず確認し逃走した個体(計 4 頭)を確認し, 二重電気柵 B 地点と斜線の追加 C, G 地点では電気柵に接触後逃走したシカ(計 3 頭)の中に湿原側に逃走した個体が観察された. また電気柵から進入せず他に進入できる場所を探し電気柵の横を歩いていた個体も確認された. 実験を設置しくぐり抜けと飛び越えを防いでいたが, 二重電気柵 B 地点と五段張り電気柵では飛び越えが確認され, 斜線の追加 C, G 地点でくぐり抜けが確認された. 飛び越えは及びくぐり抜けの両実験とも市街地から湿原に走りながら進入していた個体は人もしくは車に驚いて咄嗟に電気柵を飛び越えたと推測された. 斜線の追加 C 地点は湿原側から進入していたため斜線の追加がうまく機能してお

らず、電気柵に慣れた個体には効果がなかったと示唆された。

5 種類の通過防止実験の設置前に行っていた月 1 回点検と毎日点検、パワーユニットの交換後の毎日点検と一斉補修・パワーユニットの交換・通過防止対策実験の設置・毎日の点検のそれぞれの電圧と破損箇所数の 4 つのタイプの関係を調べた。4 つのタイプ別々では、電圧と破損箇所数での相関関係は見られなかったが、4 タイプ全てを合わせた場合は電圧の増加に伴って破損箇所数が有意に減少していた ( $p < 0.05$ )。4 タイプそれぞれの電圧による破損箇所の減少は見られなかったが、全てを合わせると減少していたため電圧が高ければ電気柵の破損や通過が防げるのではないかと考えた。

## 6. 総括

現在の浜中町沿岸部である霧多布湿原周辺の市街地には、1 年中シカが中～高密度で進入していた。干場へは 3 月の春期から 11 月の秋期にかけ増加しており、住宅横空き地への 10、11 月の進入も増加していた。また道道 123 号線を境に電気柵がある地域とない地域では、シカの進入頭数や進入頻度に差が見られた。このことから電気柵があることによるシカへの効果は出ていたと考えられた。電気柵のない榊町や暮帰別は住宅や干場が林縁や河川沿いにあるためシカが進入しやすい環境となっている。林縁の干場に設置した C3 のカメラにおいても林内から干場へ進入していた個体を複数確認し、他の干場より撮影頻度が高かった。地域住民もシカが干場やその周辺を利用することを快くは思っていないものの許容していた。さらに先行研究で霧多布湿原周辺の市街地のシカによる人馴れ個体が確認された(高橋ほか 2022)。稚内市や厚岸町に比べ多くはないが、今後人馴れ個体が増加していくと示唆されていた(高橋ほか 2022) ことから今後も進入個体が増加すると推測された。また霧多布湿原内と市街地に進入するシカが年々増加していたことから、電気柵で進入を防いでいる新川地区や仲の浜地区、琵琶瀬地区においても電気柵を設置できない河川や道路、山などからの進入を確認したため今後進入が増加する可能性がある。そのため榊町や暮帰別においても同様に湿原内に電気柵を設置し霧多布湿原と市街地の境界全域に電気柵を設置するとともに、電気柵が設置できない河川や道路などから進入する個体に対して罾などを用いた捕獲も並行して行っていく必要があると考えた。さらに進入箇所を学習した個体に対する進入防止対策実験では、飛び越え防止対策では二重電気柵と五段張り電気柵が有効で、くぐり抜け防止には斜線の追加(地形による)、横線の追加がシカに対して有効であることが分かった。この実験により進入を嫌がった個体が他の場所から進入を行っていたことが確認された。このことから今回の実験で有効だった 4 つの進入防止対策を地形などに合わせて今後他の場所にも設置していくことで、電気柵の効果が上がると考えられた。また電気柵の点検頻度を上げることでシカの進入防止効果が上昇したことから、進入防止対策の設置と点検頻度を上げることでシカの進入を防止していく必要があると考えられた。今回は琵琶瀬地区を対象に調査や実験を行ったが、新川地区や仲の浜地区の電気柵においても

シカの進入が確認されている. そのため今回進入防止の効果が確認された 4 つの実験方法の設置及び琵琶瀬地区同様に電気柵の効果の調査を行っていく必要があると考えた.

## 7. Abstract

Damage to the fisheries is caused by sika deer (*Cervus nippon yezoensis*) entering kelp drying fields in the coastal areas of Hamanaka. The electric fences have been set up in Kiritappu wetlands to protect wetland vegetation and prevent entry into the kelp drying fields. However, sika deer are entering the urban area through the electric fence. Therefore, the purposes of this study were evaluate of entering Sika deer to kelp drying fields, inspection the effectiveness of electric fences, and the assessment of methods to prevent entry.

Compared to the sika deer numbers found in each season from 2019 to 2022 showed no difference in numbers ( $p < 0.05$ ), indicating that many deer used the urban area throughout the year. In particular, the number of sika deer that entering urban area and kelp drying fields increased in October, November (fall), December and February (winter). RAI (Relative Abundance Index) showed lower value in the areas where electric fences were installed ( $p < 0.05$ ). The result of observation of electric fence indicates the RAI was increased from January to March. 55% of entering deer came from wetlands to the urban area while 45% from the urban area to the wetlands. Furthermore, all (100%) deer getting through between electric wires when entry from the wetlands to the urban area. On the other hand, from the urban area to the marshland, 20% of deer by jump and 80% were getting through between electric wires. In addition, seven major entering points were identified along the fence. For those seven locations, following five different prevention methods were installed to experiment; 1) adding a wire to a four-stage electric fence to make it seven-stage, 2) adding a diagonal wire between the wires, 3) installing one wire in wetlands side of the existing electric fence, 4) adding wire on both the wetlands sides and urban area

sides of the electric fence, and 5) adding a rope for the fifth stage of the electric fence. The results of the experiment showed that the method of 1) 2) 3) 5) were confirmed effectiveness against deer.

## 8. 謝辞

本論文は筆者が酪農学園大学大学院酪農学研究科酪農学専攻修士課程に在籍中の研究成果をまとめたものである。同専攻立木靖之准教授には指導教官として本研究の実施の機会をいただき、その遂行にあたって終始ご指導いただいた同専攻佐藤義和教授並びに同専攻伊吾田宏正准教授には副査としてご助言いただくとともに本研究の細部にわたりご指導いただいた。浜中町茶内役場農林課の渡邊馨氏並びに久野義仁氏をはじめとする職員の皆様には、空き地のカメラ設置場所の手配やライトセンサス調査に関する町民の方々への周知等で本研究を進めるにあたりご協力いただいた。また、浜中町琵琶瀬地区の自治会長をはじめとする浜中町沿岸部の町民の方々には昆布干場への自動撮影カメラの設置にあたり設置場所を提供していただいた。さらにサージミヤワキ株式会社の神武海氏には電気柵の補修並びに通過防止対策実験設置に関するご助言をいただいた。最後に生物多様性保全研究室の同期、学生は現地調査時や論文の作成にあたり様々なご支援とご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。



## 9. 引用文献

- 稲富佳洋・上野真由美・宇野裕之（2013）農耕地のエゾシカ観察頭数に対する侵入防止柵の効果の評価. 環境課化学研究センター所報 3:67-70.
- 犬飼哲夫（1952）北海道のシカとその興亡.（北方文化研究報告 第七輯）:1-45 北海道大学.
- 井上雅央・金森弘樹（2006）山と田畑をシカから守る-おもしろ生態とかしこい防ぎ方-. 社団法人 農山漁村文化協会.
- 宇野裕之・梶 光一・車田利夫・玉田克巳（2007）エゾシカの個体群管理とモニタリング. 哺乳類学 47(1):133-138.
- 梅田実里（2021）浜中町霧多布湿原周辺の昆布干場見置けるエゾシカの利用. 酪農学園大学.
- 梅田実里・立木靖之（2022）霧多布湿原周辺のエゾシカによる昆布干場周辺での行動と出没状況. 酪農学園大学紀要 46(2):73-79.
- O'Brien, T.G., Kinnaird, M.F. and Wibisono, H.T., (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2):131-139.
- 大泰司紀之（1971）エゾシカの生態-日高地方南部における聞き込み調査の覚書-. 哺乳類学 第 22 号:9-18.
- 奥田郁夫・古林英一（2009）野生動物と農林業の共存-北海道のエゾシカ被害を事例として-. 農林業問題研究第(175):224-230.
- 小野山敬一・赤川武彦・刈田康雄 1990 エゾシカによる農作物被害の実態と防除法およびその効果: アンケート調査帯広畜産大学大学学術研究報告. 第 1 部 17:57-67.
- 梶 光一（1995）シカの爆発的增加-北海道の事例-. 哺乳類科学 35(1):35-43.
- 梶 光一・松田裕之・宇野裕之・平川浩文・玉田克巳・斉藤隆（1998）エゾシカの個体群の管理方法とその課題. 哺乳類学会 38(2):301-313.
- 梶 光一（2003）エゾシカと被害: 共生のあり方を探る. 森林科学 39:28-34.
- 梶 光一・宮木雅美・宇野裕之（編）（2006）エゾシカの保全と管理. 北海道大学出版会.
- 梶 光一（2018）科学的な野生動物管理を目指して-シカの爆発的增加と個体群管理-. 哺乳類科学 58:125-134.
- 環境省（2016）釧路湿原にて超高密度化状態となったシカの管理を成功させる戦略と戦術. 環境研究総合推進費(4-1405):19-21.
- 霧多布湿原ナショナルトラスト（2015）霧多布湿原ナショナルトラスト 2015 年の歩み. 霧多布湿原ナショナルトラスト.
- 霧多布湿原ナショナルトラスト（2021）霧多布湿原ナショナルトラスト 2021 年の歩み. 霧多布湿原ナショナルトラスト.
- 久馬忠・石橋晃（2007）飼料学(40)-産業動物; 反芻動物(10)-. :921-927.
- 国土交通省 気象庁（2022）過去の気象データ.
- 櫻井哲史・森本淳子・三島啓雄・宇野裕之（2013）エゾシカ高密度生息域における捕獲および防鹿柵による農業被害の抑制効果. ランドスケープ研究 76:469-472.

社団法人 エゾシカ協会・社団法人 北海道開発技術センター（2003）エゾシカの被害と対策～エゾシカの共存をめざして～. 社団法人 北海道開発技術センター.

JR 北海道（2022）鹿・熊による列車運行への影響件数更新について.

鈴木正嗣（2004）エゾシカをめぐる個体群管理と感染症の問題獣医疫学雑誌. 8(2):117-118.

高橋一希・立木靖之（2022）市街地に出没するエゾシカの人馴れ程度の評価. 酪農学園大学:1-35.

高山耕二・内山雄紀・赤井克己・廣瀬 潤・片平清美・伊村嘉美・中西良孝（2008）電気柵設置による牧場採草地へのニホンジカの侵入防止効果. 西日本畜産学会報 51:33-38.

高山耕二・石井大介・内山雄紀・吉田美代・赤井克己・城戸麻里・伊村嘉美・中西良孝（2009）電気柵の設置方法(高さ・段数)の違いが牧場採草地へのシカの侵入に及ぼす影響. 日本暖地畜産学会報 52(1):45-49.

高山耕二・吉田美代・石井大介・廣瀬 潤・大島一郎・赤井克己・中西良孝（2012）4 段張り電気柵による牧場採草地へのシカの侵入防止効果. 日畜会報 84（1）:81-88.

高山耕二・園田 正・林田雄大・石井大介・柳田大輝・富永 輝・松元里志・片平清美・大島一郎・中西良孝・稲富陽尉・塩屋克典・赤井克己（2017）牧場草地における野生シカの侵入実態. 日本暖地畜産学会報 60(1):21-26

塚田英晴・石川圭介・喜田環樹・清水矩宏・竹内正彦・福江佑子・南 正人・中村義男・花房泰子・深澤 充・須山哲男（2016）4 段張り電気柵牧草地へのニホンジカ侵入防止効果の比較. 農作業研究(Japanese Journal of Farm Work Research)51(2):39-49.

中村南美子・園田 正・富永 輝・石井大介・柳田大輝・飯盛 葵・松元里志・片平清美・稲留陽尉・塩谷克典・赤井克己・大島一郎・中西良孝・高山耕二（2019）非通電状態の電気柵の放置はシカの通り抜けによる侵入を助長するか?. 日本暖地畜産学会報 62(2):125-128.

成田和義・菅生晴彦・吉沢昌弘・吉田剛司・原 文宏・佐藤真人（2015）エゾシカの被害と対策～農林業被害対策編～ 第 5 章 防鹿柵による対策. 北海道開発技術センター第 5 章:89-118.

浜中町（編）（2015）新浜中町史. 浜中町.

浜中町公式ホームページ（2022）人口.<https://www.townhamanaka.jp/>(浜中町) 2022 年 11 月 30 日確認.

北海道庁 環境生活部 自然環境局（2017）北海道エゾシカ管理計画(第 6 期).

北海道庁 環境生活部 自然環境局（2022）令和 3 年度(2021 年度)エゾシカ推定生息数等について.

北海道庁 住宅局建設指導課（2022）垂直積雪量.

北海道庁 環境生活部 自然環境局（2022）野生鳥獣被害調査結果(令和 3 年度分). 北海道庁 水産林務部 林務局森林整備課（2022）エゾシカの森林被害対策.

北海道本部 交通企画課 事故分析係（2023）エゾシカが関係する交通事故の発生状況(令和 4 年中).

北海道立林業試験場（2004）エゾシカによる森林被害とその対策.

松浦友紀子（2018）札幌市街地周辺におけるエゾシカのスポットライトカウント調査. 森林総合研究所研究報告(Bulletin of FFPRI) Vol. 17 No. 2:149-154.

宮本修司・佐藤博知・角張 章・松田泰明・井内彰宏・高野 進（2013）釧路・根室地域の国道におけるエゾシカロードキル多発箇所の特徴について. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集/北海道開発技術センター編.