エゾシカの生態からみた事故発生区間の周辺環境と事故発生条件*

Determining Causal Factors in Deer-Vehicle Collisions by Examining Deer Ecology *

野呂美紗子**・原文宏***・萩原亨****
By Misako NORO**・Fumihiro HARA***・Toru HAGIWARA****

1. はじめに

野生動物と車輌との衝突事故は、世界中で課題となっている。欧米では、野生動物、特に有蹄類と車輌との交通事故の多発と、動物、人間双方への被害が報告されている。ヨーロッパでは、有蹄類との交通事故が年間 50 万件以上も発生しており、少なくとも死亡者 300 名、負傷者 30,000 名、物的損害が 10 億ユーロにも昇ると報告されている [1]。アメリカでは、シカ類との交通事故は、毎年 100 万件を越えると推定されている [2]。カナダのブリティッシュ・コロンビア州では、野生動物との交通事故によって年間約 5,000 件の動物の死亡と、負傷者約 300 人と報告されている [3]。一方、日本でも、全国の高速道路、国道、県道、市町村道全体での動物との交通事故件数は、推定で 11 万件から 37 万件との報告がある [4]。

エゾシカ生息数は、明治初期には大雪と狩猟による乱獲で、北海道の一部地域で生き残るのみで、一時は絶滅寸前まで個体数が減少した。その後の保護政策や生息環境の改変などにより、分布域を拡大しながら生息数を増加させてきた [5]。現在、北海道には約 30 万頭のエゾシカが生息していると言われている [6]。エゾシカの生息数の増加によって、エゾシカと車輌との事故が北海道で増えてきている。ところが、エゾシカと車輌との事故に関するしっかりした統計データはほとんどない。

本研究では、国道の道路管理者が道路維持作業時に回収したエゾシカの死体数をエゾシカと車両との交通事故の件数とし、エゾシカ事故と定義する。この定義に従ったエゾシカ事故の件数は、1996 年度には北海道の国道全体で 421 件であったが、2003 年度には 1030 件となり、8 年間に 2 倍以上に増えた（8 年間で記録されている全野生動物の死体処理記録 17,650 件のうち、エゾシカは 6,221 件（35%）と最も高い割合を占めている）[7]。古くからエゾシカの生息地となっている釧路・根室支庁にでは、2003 年度に 574 件のエゾシカ事故が記録された [8]。

*キーワーズ：野生動物、ロードキル、事故分析
**正員、農修、（社）北海道開発技術センター研究員
***正員、工博、（社）北海道開発技術センター理事
****正員、工博、北海道大学大学院工学研究科
（北海道札幌市中央区南1条東2丁目11番地、
TEL011-271-3022、FAX011-271-5366）

2003年1月から12月までの1年間での釧路・根室支庁の国道における交通事故発生件数は388件であり、エゾシカ事故の方が多く発生している[9]。また、高速道路では、エゾシカとの衝突事故が訴訟問題へと発展したケースも存在する[10]。

このように、エゾシカとの交通事故を減らすことが、ドライバーや地域住民の交通安全、観光イメージの維持、そして自然との共生が必要な北海道にとって重要な課題となっており、ローコストで効果的なエゾシカ事故防止対策の実施が求められている。

しかし、エゾシカ等の野生動物と自動車の交通事故防止対策は、事例が少ないほか、道路整備に関する諸基準も未整備な部分が多い。

例えば、道路構造令（平成 15 年 7 月 24 日政令第 321 号）第 19 条では、設計速度に応じた視距が定められており、道路設計上、視距の確保が重要であることが示されている。この制動停止視距は、車線中心線上の静止障害物（高さ 0.10m）を視認することを想定して設計されているが、エゾシカなどの移動障害物を路上で視認することは想定されていない。

一部、北海道の東部地域を通過する高規格道路においては、エゾシカの進入に対応した立入防止柵の整備が進められており、北海道開発局の道路設計要領 [11]の中にもエゾシカ進入防止柵兼用立入防止柵の設計計画に関する要領が示されている。高規格道路以外でも、エゾシカ事故が高頻度に発生している一部区間については、エゾシカの道路内への進入を防ぐための柵を道路沿いに巡らすとともに、エゾシカの道路両側への移動が可能となるよう、アンダーパスやオーバーパスの設置が行われている。しかし、数 km の整備区間で概算費約 6 千万円 [12]、約 1 億円 [13]との報告があるほか、分断による生態的な影響への懸念もあり、広域的な整備に至っていない。

シカ類と車輌との衝突防止対策には、シカ類に働きかける対策とドライバーに働きかける対策がある [14]。シカ類に対する物理的対策は、道路両側の柵の設置が主となっている。柵設置は、高価であるが事故防止効果の高い対策である。柵の設置は効果的である反面、柵の破損や設置方法が適切でない場合、シカが道路内に進入することになり、柵によって道路外への移動が制限されること

から、返って事故発生が高まる可能性もある。

シカ類に心理的な刺激を与え、一時的に道路に近づけない対策もある。「光・音・におい」などを用いて、シカ類の道路横断を抑制するものである。その効果について結論づけられるような結果は未だ得られておらず、効果はあるが一時的であるというのが通説となっている[14) 15)]。この他、シカ類が過密に生息している場合の、捕獲による個体数のコントロールや、道路法面の植生をシカ類が好まない植物にする対策がある[14) 15)]。

ドライバー対策は、一般的には標識、パンフレット、ドライバー相互の口コミなどによる注意喚起がある。これらのドライバーへの注意喚起は、比較的安価であることから、普及が進んでいる。この他、ドライバー対策には、見通しの確保、速度制限、線形改良などがあり、その明確な効果は把握されていない[14) 15)]。

現状でもっとも確実なロードキル対策は、フェンスと横断通路の組み合わせである[14) 15)]。しかし、前述したようにコストがかかることと、生態系への影響などを考慮すると、多発地域に限定せざるを得ない。したがって、他の手法を含めて、発生頻度や周辺環境等を考慮して、適切に対策手法を選択する必要がある。そのためには事故発生要因を、できるだけ精緻に分析し、その分析結果に基づいて対策手法を選択する必要がある。

シカ類と自動車との衝突事故に関する研究は、主に欧米を中心にこれまでに数多く報告されている[1) ~3) 16) ~18)]。このうち、事故の発生要因に関する研究は多数存在し[16) ~18)]、事故の季節性や事故地点の分布に作用する要因について報告している。事故の季節性に関与する要因として、シカ類の行動パターンとの関係を指摘している。Bruinderink et al.[1)] はヨーロッパでの有蹄類と自動車との衝突事故に関する季節性について、繁殖行動と分散行動の影響を挙げており、秋の繁殖期には、オスジカの事故割合が増加すると報告している。また、雪の影響を避けるための越冬地と夏の生息地間との季節的な移動の影響を指摘している。事故地点の分布に作用する要因について、Hubbard et al.[17)] は、アメリカ、アイオワ州におけるオジロジカと自動車との交通事故の発生位置に関して、橋の存在が事故地点に影響していることを報告しており、シカ類の移動経路（コリドー）としての機能を指摘している。

しかし、国内ではこのようなシカ類との交通事故に関する季節性や事故の発生要因に関する研究報告はほとんどなされていない。そこで、本研究では、エゾシカ事故に影響する要因として、エゾシカの生態（行動パターン）とエゾシカの生息環境、道路周辺環境（積雪、標高、土地利用、河川との距離、そして交通量）に着目した。GIS を用いてエゾシカ事故と道路周辺環境に関するデータセットを作成し、ポアソン回帰モデルを用いてエゾシカ事故要因分析を行った。さらに、道路周辺環境のひとつである土地利用割合とエゾシカ事故の関係性について定性的に調べ、エゾシカの行動パターンや道路周辺環境とエゾシカ事故の発生条件の把握を試みた。

2. エゾシカ事故とエゾシカの一年間の行動パターン

(1) エゾシカ事故の定義

前述したように、エゾシカ事故の発生状況を表す資料として、国土交通省北海道開発局所有の動物死体回収記録を用いた。動物死体回収記録は、国道の維持管理作業時に回収した動物の記録を集約したデータ（ロードキルデータ）である。回収した国道名、位置（キロポストで100m 単位まで）、動物名、回収月が記載されている。

分析の対象とした期間は、一定の書式でロードキルデータが記録され始めた 1995 年 4 月から 2007 年 3 月までの 12 年間である。ロードキルデータには 100m 単位での位置情報が記載されているが、死体回収情報であることから正確な衝突地点との間には乖離がある可能性があることや、既存研究では、マイルポスト（約 1.6km）ごとの事故件数で分析を行っており[17)]、これにならい 100m 単位を四捨五入して 1km 区間ごとの事故件数に集約し、基本単位とした。

分析の対象エリアは、エゾシカが古くから定着して生息している地域のひとつである北海道東部の十勝地方の国道とした。十勝地方における国道路線を図-1 に示した。

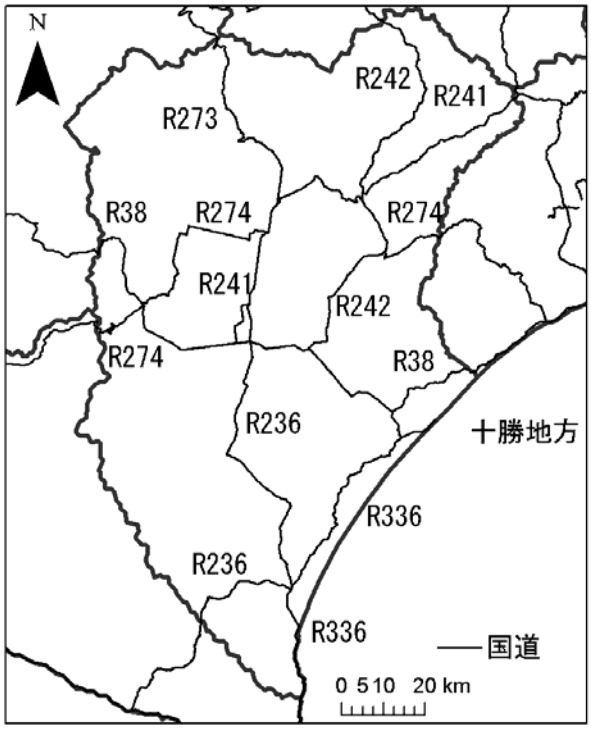

図-1 十勝地方の国道

DRM（デジタル道路マップ）のデータを元に、国道上に 1km ごとのキロポストを作成し、1km ごとに集約した 12 年間分のロードキルデータを結合し、分析に用いた。キロポストとは道路の地点を示す指標であり、予め定められた出発点からの距離（単位：km）で示される道標である。解析の基本単位は 1km 区間ごとのエゾシカ事故件数である。全体で 703 地点のキロポストとなった。なお、分析の際、キロポストは管内に入った地点から 0 地点として振り直している。

（2）エゾシカの行動パターン

エゾシカ（ニホンジカの一亜種）は性的二型の顕著な動物であり、雄は角を持ち、毎年春に落角し、その後角座から柔らかい袋角が伸び、秋の繁殖期の前には枯れ角（袋が破れて骨化）に成長する。雌は初夏に出産し、夏から初秋にかけて夏の生息地で育児を行う。その後、秋に繁殖期に妊娠する。雌雄共に繁殖期を迎えた後、深い積雪を避けるために越冬地へと移動する。その移動距離は長いもので 100km 以上になる [19]。生息環境として、外敵や悪天候から逃れられる森林とえさ場となる草地環境を好む。そのため、森林と草地の組み合わさった林縁環境は、エゾシカにとって生息しやすい環境といえる。移動経路として、森林内や河川沿いを利用することが知られている。

エゾシカの春の季節移動について、越冬地からの出発は 3 月上旬から 4 月下旬にかけて発生しており、夏の生息地への到着は 4 月上旬から 5 月中旬にかけて発生している [19]。エゾシカの出産期は 5 月下旬～6 月である [20]。出産期には、雌は普段生活している場所を離れて林の中に入り、出産する。出産後の 7～9 月中、雌は出産地付近に留まり、育児する。今年生まれの子の親子、あるいは血縁関係のある雌同士などで 2～数頭の群れで生息し、雄は雄同士の群れを形成する。夏は冬に向けて脂肪を蓄える時期であり、雄は角が伸びて骨化し繁殖期に備える。

夏にエサをたくさん食べたエゾシカは、秋には繁殖期（交尾期）に入る。繁殖期のピークは 10 月下旬にあり、雄は興奮し、警戒心が薄れる [20]。強い雄が数頭から十数頭の雌を保持し、ハーレムを形成する。その後、11 月には秋の移動期に入る。エゾシカの秋の季節移動について、夏の生息地から冬の越冬地への出発は 10 月上旬から 1 月下旬と、かなり幅を持った期間に開始し、越冬地への到着は 11 月上旬から 2 月上旬にかけて発生している [19]。

大規模なエゾシカの越冬地として、白糠丘陵や阿寒などが知られている [20]。越冬に適した環境は、針葉樹林の中のような雪が少なく、風も弱い場所である。越冬期には、大規模な越冬地だと 1,000 頭近いエゾシカが特定の場所に集まって生活する。

以上のような生態を考慮したエゾシカの一年間における行動パターンについて、図-2 に示す。エゾシカの行動パターンは、「春の移動期（4～5 月）」、「出産育児期（6～9 月）」、「繁殖期（10 月）」、「秋の移動期（11～1 月）」、「越冬期（2～3 月）」の 5 つの時期に分類される。

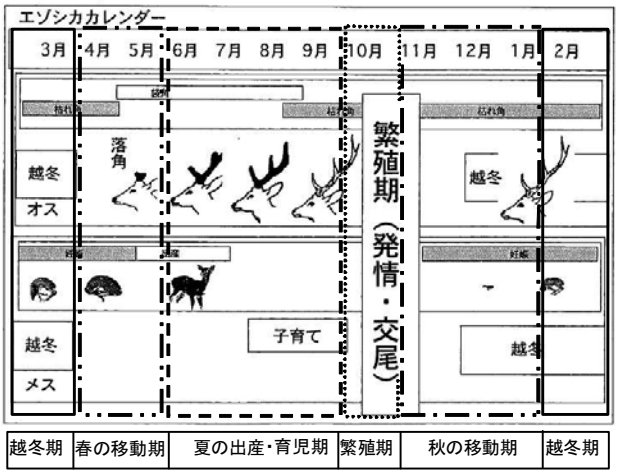

図-2 エゾシカの一年間の行動パターン

（文献 21 より作成）

（3）季節別のエゾシカ事故件数の変動とエゾシカの行動パターンの関係

1995 年度からの 12 年間における 5 つの行動パターン時期での月あたりの事故件数と集中度（事故発生 1km 区間あたりの事故件数）を図-3 に示す（ただし、位置の把握可能な 1,287 件のロードキルデータのうち、発生位置および発生月が不明な 7 件は除外している）。

これをみると、最も多いのは繁殖期で 260 件、次いで、春の移動期で 162 件、出産育児期で 109.5 件となっている。各時期における集中度は、出産育児期が 2.3 件/事故発生 1km 区間、春の移動期が 2.2 件/事故発生 1km 区間であり、繁殖期は 1.7 件/事故発生 1km 区間と、1 事故発生 1km 区間当たりでの事故件数は二時期に比べて少ない。

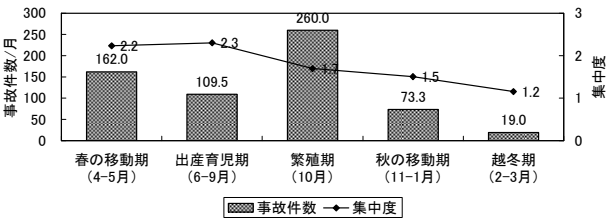

図-3 行動パターン時期別での事故件数（件/月）と集中度（件/事故発生 1km 区間）

国道 273 号と国道 236 号を例に事故発生時期による事故発生地点の変化を示す（図-4）。広域的にみると、各事故発生時期における事故発生地点の分布は、類似した

区間で発生している。しかし、事故の発生頻度は異なり、春の移動期と繁殖期に事故発生頻度が高く、秋の移動期と越冬期には頻度は低い。

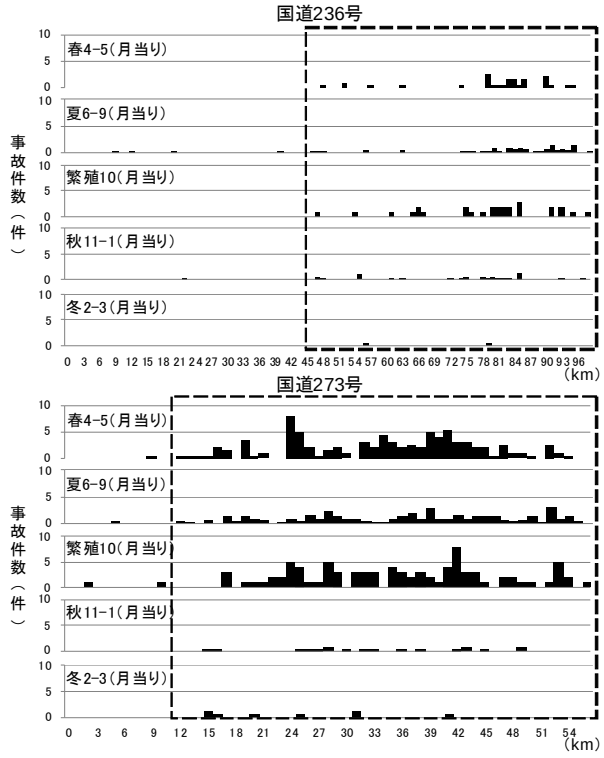

図-4 行動パターン時期ごとの 1km 区間別事故件数

3. エゾシカ事故と道路周辺環境との関係

(1) 周辺環境データ

エゾシカ事故に関係すると考えられる道路周辺環境として、積雪深、標高、土地利用（森林：カラマツ林・広葉樹林・針葉樹林、草地、農地、市街地、開放水域）、河川からの距離、交通量を用い、データを集めた（表-1）。各 1km 区間での道路周辺環境の積雪、標高、土地利用の特徴をマクロの視点で空間的に把握するため、GIS を用いてデータセットを作成した。使用した GIS のソフトウェアは、ArcView9.2（ESRI 社）である。

DRM を基に、キロポスト地点を中心とした両側 500m（計 1km）の 1km ラインデータを作成した。この 1km 線分データの各 1km ラインに半径 1000m のバッファ（端点を含む）を作成した。このバッファを、積雪深、標高、土地利用データの作成に用いた。

積雪深、標高は、それぞれメッシュ気候値 2000（気象庁、2002）、数値地図 50m メッシュ(標高、国土地理院、2001）の 50mDEM データを用いた。積雪深は 1km メッシュごとの最深積雪について、標高は 50m ごとの標高について、バッファ内での平均値を算出し、平均積雪深（cm）、平均標高（m）とした。最深積雪は、過去 30 年間（1971 年～2000 年）の平年値であり、対象地域での相対的な積雪深の地理的分布を示している。

土地利用には、自然環境情報 GIS（第 2-5 回植生調査、環境省、1998）を用いた。自然環境情報 GIS データの各分類群を森林（カラマツ林・広葉樹林・針葉樹林）、草地、農地、市街地、開放水域、その他（高山帯植生、果樹園・緑の多い住宅街、裸地、不明）に区分し、バッファ内での面積を集計しその面積割合をデータに用いた。

河川データには、数値地図 25000（空間データ基盤、国土地理院、2003）を用いた。GIS を用いて、キロポストから最も近接している河川との距離を算出し、各キロポストでの河川からの距離とした。

交通量には、平成 17 年度交通量センサスデータ（国土交通省・北海道開発局、2005）を用いた。交通量センサスはある一定区間での交通量を示しており、キロポストを含むセンサス区間の平日 24 時間交通量を、1km 区間の交通量とした。

(2) ポアソン回帰モデルによるエゾシカ事故要因分析

表-1 に示した説明変数がエゾシカ事故に与える定量的な影響を明らかにするため、ポアソン回帰モデルを適用した。目的変数は各 1km 区間でのエゾシカ事故件数、説明変数は表-1 に示すとおりである。ポアソン回帰モデルは(1)式のように定義される。

表-1 周辺環境として抽出した説明変数

	変量	単位	内容	資料年度	使用データ
1	平均積雪深	cm	バッファに含まれる最深積雪の平均値	1971年～2000年度	メッシュ気候値2000
2	平均標高	m	バッファに含まれる50mDEMの平均値	(2001年度刊行)	50mメッシュ標高
3	森林（針葉樹林）	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
4	森林（広葉樹林）	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
5	森林（カラマツ林）	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
6	草地	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
7	農地	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
8	市街地	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
9	開放水域	㎡	バッファ内に含まれる面積割合	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
10	河川からの距離	m	キロポストから再近接の河川までの距離	(2003年度刊行)	数値地図25000(空間データ基
11	交通量	台	キロポストを含むセンサス区間での平日24時間交通量	2005年度	平成17年度交通量センサス

$$f(n_i;\lambda_i)=\frac{\lambda_i^{n_i}}{n_i!}\exp(-\lambda_i) \qquad (1)$$

ここで n_i=0、 1、 2… i 番目の 1km 区間におけるエゾシカ事故件数

ここで λ_i=0、 1、 2… i 番目の 1km 区間におけるエゾシカ事故件数期待値

i 番目の 1km 区間におけるエゾシカ事故件数の期待値 λ_i は(2)式で表わされる。

表-1 に示した説明変数がエゾシカ事故に与える定量的な影響を明らかにするため、ポアソン回帰モデルを適用した。

$$\lambda_i=e^{(\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2\ldots+\beta_mX_m)} \qquad (2)$$

ここで、X_iは説明変数、β_0、β_1、$\beta_2\ldots\beta_m$ はパラメータ

目的変数の対数尤度が最大となるよう未知パラメータを決定する。本研究では JMP6.0（SAS JAPAN、 2007）を使ってパラメータを推定した。分析にあたり、各説明変数を正規化した。

エゾシカ事故モデルは有意となり（χ^2=456.19、$p<$0.0001）、各説明変数に対する推定値は表-2 に示す結果であった。平均積雪深、森林（針葉樹林、広葉樹林、カラマツ林、草地、農地、開放水域がプラスに影響し、河川からの距離がマイナスに影響していた（表-2）。

表-2 ポアソン回帰分析によるエゾシカ事故モデルと推定値（n=703）

説明変数	推定値	
平均積雪深	0.2066	***
平均標高	-0.0137	
森林（針葉樹林）	1.1832	***
森林（広葉樹林）	0.8848	***
森林（カラマツ林）	0.4960	***
草地	0.4754	***
農地	0.9187	*
市街地	0.0718	
開放水域	0.3666	**
河川からの距離	-0.1604	**
交通量（平日24H）	-0.1514	
対数尤度関数	423.528	
制限付き対数尤度	651.623	
ρ^2	0.350	

＊＊＊：0.1%有意　＊＊：1%有意　＊：5%有意

$$\rho^2=1-\frac{\text{対数尤度関数}}{\text{制限付き対数尤度}}$$

図-5 に 1km 区間での 12 年間の事故件数（観測値）を実線で、エゾシカ事故モデルに周辺環境の推定値を代入して求めた予測値をグレーの実線で示した。エゾシカ事故がほぼ連続して高頻度（2 件/km 以上）に発生している区間を高頻度事故区間（H-1～H-3）、さらに、エゾシカ事故がほぼ連続的に低頻度（2 件/km）に発生している区間を低頻度発生区間（L-1、L-3）として路線を特徴づけた。

これをみると、各路線ともに区間での事故件数と予測値の分布状況は概ね類似していることがわかる。しかし、国道 336 号の高頻度事故区間 H-1 では予測値よりもはるかに多く事故が発生しており、国道 38 号の高頻度事故区間 H-2、低頻度事故区間 L-2、国道 273 号の高頻度事故区間 H-1、国道 274 号の高頻度事故区間 H-1 においても、突出して事故件数が多い区間がみられる。逆に、国道 241 号の高頻度事故区間 H-1 では、予測値よりも観測値の事故件数が少なくなっている。

(3) 路線別の土地利用環境と事故頻度区間

次に、バッファで抽出した土地利用環境の割合と事故頻度区間を路線別に図-6 に示した。

・国道 38 号：国道 38 号は西から東に通過する路線である。広葉樹林割合が高い山間部を通過した後、農地割合が増える。その後、市街地・その他の割合が増え、再び農地割合が高くなり、最後に森林割合の高い丘陵地帯を通過する。図-6 に示すとおり、区間 H-1 と区間 H-2 が高頻度事故区間（区間 H-1：66 件、2.9 件/km、区間 H-2：66 件、3.9 件/km）、区間 L-1 と区間 L-2 が低頻度事故区間（区間 L-1：7 件、0.8 件/km、区間 L-2：31 件、1.2 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、高頻度発生区間である区間 H-1 と区間 H-2 では、区間 H-1 は広葉樹林とカラマツ林、区間 H-2 は広葉樹林、カラマツ林、針葉樹林といった森林の割合が高い。逆に、低頻度発生区間の区間 L-1 と区間 L-2 では、農地の割合が高くなっている。また、区間 H-1 と区間 L-1、区間 L-2 と区間 H-2 の間には、市街地が存在している。

・国道 236 号：国道 236 号は中心部から南に向かい、途中で西に曲がり、山間部の広葉樹林帯を通過する。南に向かう区間（0～71km 区間まで）では農地割合が高く、西に向かう区間から、広葉樹林割合が急激に増加する。事故頻度区間は図-6 に示すとおり、区間 H-1 と区間 H-2 が高頻度事故区間（区間 H-1：8 件、2.7 件/km、区間 H-2：117 件、4.7 件/km）、区間 L-1 と区間 L-2 が低頻度事故区間（区間 L-1：10 件、1.7 件/km、区間 L-2：10 件、1.4 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、区間 L-1、区間 L-2 は農地の割合が高く、ついで、カラマツ林と広葉樹林の割合が高くなっている。区間 H-1 についても、区間 L-1、区間 L-2 に比べて若干広葉樹林の割合が高いものの、同様の傾向を示している。

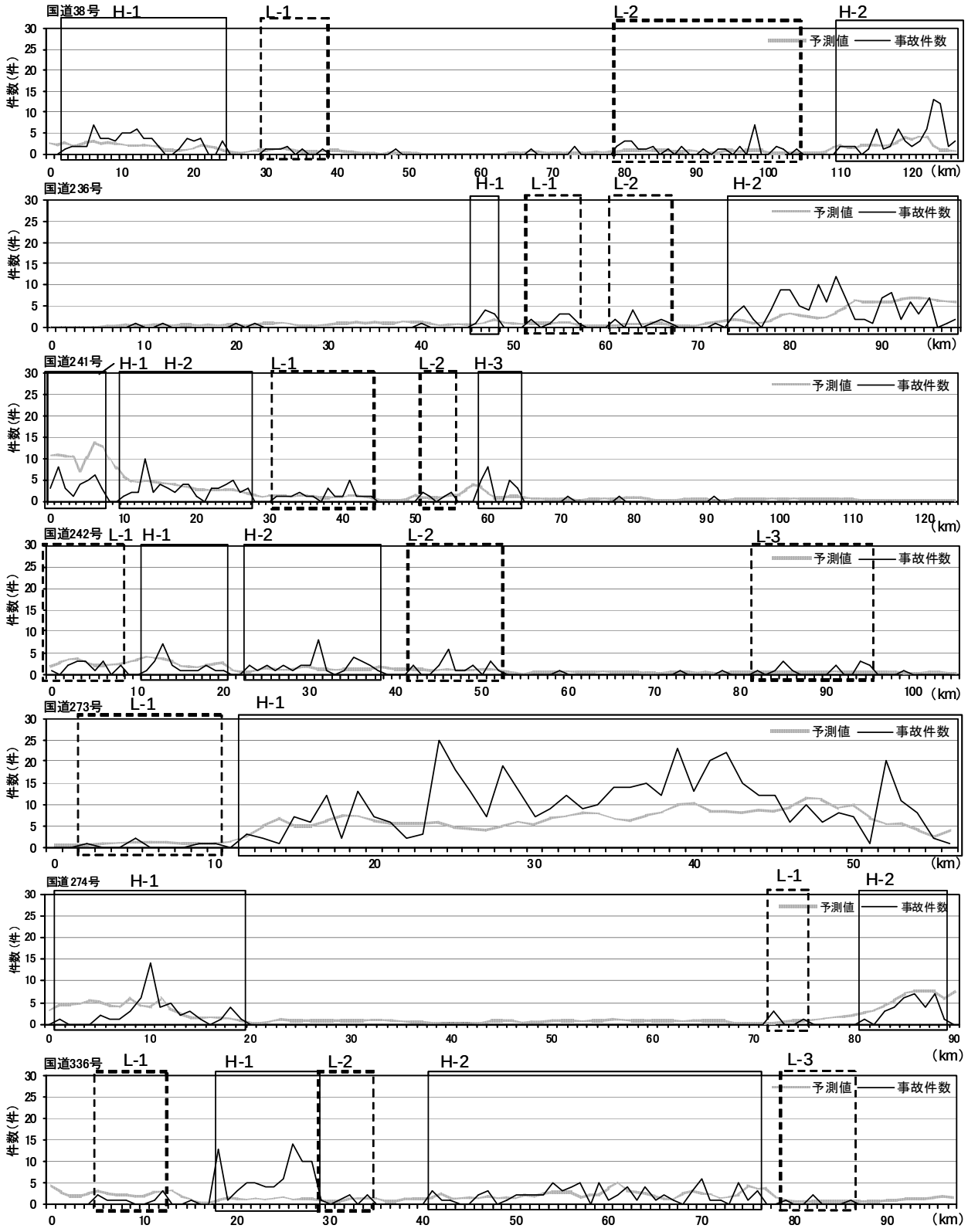

図-5 各路線における 1km 区間でのエゾシカ事故件数（観測値）と予測値

注 1）折線（実線）は 1km 区間での 12 年間の事故件数、折線（グレーの実線）は、1km 区間での予測事故件数を示す。

注 2）図内の H-1～H-3 は、ほぼ連続的に高頻度（2 件/km 以上）に事故が発生している区間（高頻度事故区間）を示す。

注 3）図内の L-1～L-3 は、ほぼ連続的に低頻度（2 件/km 未満）に事故が発生している区間（低頻度事故区間）を示す。

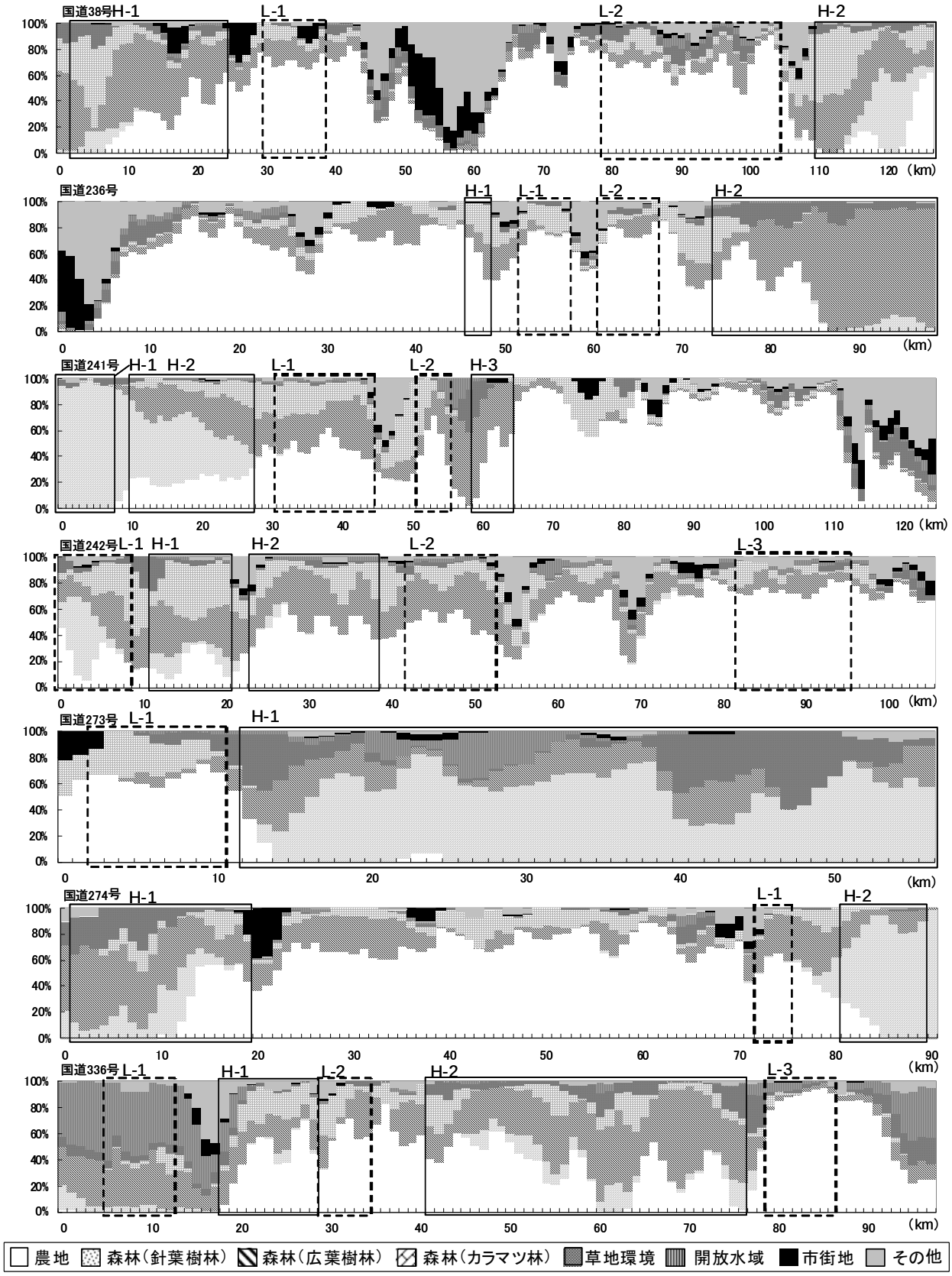

図-6 路線ごとの 1km 区間における土地利用割合と事故区間

注 1)図は、各 1km 区間でのバッファ内の土地利用割合を示す。

注 2)図内の H-1～H-3 は、ほぼ連続的に高頻度(2 件/km 以上)に事故が発生している区間(高頻度事故区間)を示す。

注 3)図内の L-1～L-3 は、ほぼ連続的に低頻度(2 件/km 未満)に事故が発生している区間(低頻度事故区間)を示す。

区間 H-2 は全体的に広葉樹林の割合が高く、農地の割合が徐々に減少し、広葉樹林割合が増加しており、森林地帯と農地帯との境界部に位置していることがわかる。

・国道 241 号：国道 241 号は、北東から南西方向に中心部に向かう路線である。針葉樹林割合の高い山間部を通過し徐々に農地割合が増加、市街地を通り、再び森林割合の高い丘陵地帯を通過した後、農地帯を通過し中心部で市街地・その他割合が増加する。事故頻度区間は図-6 の 5 区間であり、このうち、区間 H-1、区間 H-2、そして区間 H-3 が高頻度事故区間（区間 H-1：33 件、4.1 件/km、区間 H-2：55 件、3.1 件/km、区間 H-3：21 件、3.5 件/km）、区間 L-1 と区間 L-2 が低頻度事故区間（区間 L-1：20 件、1.4 件/km、区間 L-2：6 件、1.2 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、区間 H-1 では針葉樹林が高い割合を占めている。区間 H-2 では針葉樹林の割合が減り、広葉樹林、カラマツ林と農地の割合が増える。区間 L-1 では針葉樹林がほぼ存在しなくなり、さらに広葉樹林、カラマツ林の割合が 5 割程度となり、農地の割合も増えている。区間 L-1 と区間 L-2 の間は市街地となっており、事故が発生していない。区間 L-2 は区間 L-1 と類似の傾向で農地の割合がやや高く、区間 H-3 では、広葉樹林と草地の割合が減少し、農地割合が増加しており、森林地帯と農地帯との境界部に位置していることがわかる。

・国道 242 号：国道 242 号は北から南方向へ、中央部に向かう路線である。山間部の森林割合が高い区間を通り、途中市街地を通過しながら徐々に農地割合が増加する。事故頻度区間は図-6 の 5 区間であり、このうち、区間 H-1 と区間 H-2 が高頻度事故区間（区間 H-1：20 件、2.0 件/km、区間 H-2：33 件、2.1 件/km）、区間 L-1、区間 L-2 と区間 L-3 が低頻度事故区間（区間 L-1：15 件、1.7 件/km、区間 L-2：18 件、1.6 件/km、区間 L-3：13 件、0.9 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、区間 L-1 は森林割合が高く、農地も存在している。高頻度事故区間である区間 H-1 はカラマツ林と広葉樹林の割合が高く、区間 L-1 と同様に、割合は少ないが農地が存在している。高頻度事故区間である区間 H-2 と低頻度事故区間の区間 L-2 の土地利用割合はほぼ類似しており、広葉樹林とカラマツ林の割合と、農地の割合が高い。低頻度事故区間の区間 L-3 は、農地の割合が高く、広葉樹林とカラマツ林が割合が低く存在する。

・国道 273 号：北に向かう路線である。農地帯を通過した後、山間部の針葉樹林割合の高い区間を通る。山間部では全体的に針葉樹林の割合が高いが、途中、広葉樹林割合と草地割合が高い区間も存在する。事故頻度区間は大きく分けて 2 区間であり、このうち、区間 H-1 が高頻度事故区間（区間 H-1：458 件、10.2 件/km）、区間 L-1 が低頻度事故区間（区間 L-1：5 件、0.6 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、区間 L-1 は農地割合が高く、ついで、カラマツ林の割合が高い。区間 H-1 は全て山間部で針葉樹林の割合が高く、ついで広葉樹林と草地の割合が高い。途中、開放水域（湖）の割合が高くなる。

・国道 274 号：国道 274 号は国道 38 号と同様に西から東に向かう路線である。広葉樹林や針葉樹林、草地の割合の高い山間部から農地帯を通過し、再び針葉樹林割合の高い山間部を通過する。事故頻度区間は図-6 の 3 区間であり、このうち、区間 H-1 と区間 H-2 が高頻度事故区間（区間 H-1：49 件、2.6 件/km、区間 H-2：33 件、3.7 件/km）、区間 L-1 が低頻度事故区間（区間 L-1：4 件、1.0 件/km）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、高頻度事故区間である区間 H-1 は広葉樹林の割合が高く、他に針葉樹林、草地の割合が減少し、農地割合が徐々に増加する森林地帯と農地帯との境界部に位置している。区間 H-2 では、針葉樹林の割合が高い。低頻度事故区間である区間 L-1 は、農地割合が高く、ついで広葉樹林の割合が高い。

・国道 336 号：国道 336 号は、主に海岸部付近を通り、南西から北東方向に向かう路線である。開放水域の割合が高い海岸沿いから、市街地を通過した後農地割合が増加する。途中、広葉樹林割合の高い丘陵地帯を通過して再び農地割合が高くなる。事故頻度区間は図-6 の 5 区間であり、このうち、区間 H-1 と区間 H-2 が高頻度事故区間（区間 H-1：75 件、6.8 件/km、区間 H-2：77 件、2.1 件/km）、区間 L-1、区間 L-2 と区間 L-3 が低頻度事故区間（区間 L-1：9 件、1.1 件/km、区間 L-2：6 件、1.0 件/km、区間 L-3：4 件、0.5 件）である。各事故頻度区間の土地利用割合の特徴として、高頻度事故区間である区間 H-1 は開放水域の割合が減少し、徐々に農地割合が増えて農地、広葉樹林、カラマツ林の割合が高くなる。区間 H-2 は、全体的に広葉樹林の割合が高く、農地割合もところどころで高くなっている。低頻度事故区間である区間 L-1 は広葉樹林、開放水域（海）の割合が高い。区間 L-2 は農地の割合が高く、ついで広葉樹林、カラマツ林の割合が高い。区間 L-3 は農地割合が高い区間である。

⑷ 土地利用環境とエゾシカ事故の配置状況

エゾシカ事故区間と土地利用環境との関係として地図上での配置状況について、土地利用区分図を用いて比較を行った。

国道 236 号の事故区間の配置状況を図-7 に示す。低頻

度事故区間である区間 L-1 と区間 L-2 は農地帯を通過しており、区間 H-2 は農地帯から森林地帯を通過している。高頻度事故区間である区間 H-1 には樹林帯が隣接している。区間 H-1 のように森林地帯内もしくは森林地帯に細長く分布する農地帯を通過する区間で事故が多発し、農地が広域に広がっているような環境を通過する道路では、付近に樹林帯が存在している。

道路周辺の土地利用割合のほかに、構造的な要素も事故の発生に影響している。国道 38 号の低頻度事故区間 L-2 付近を図-8 に示す。点線で囲んだ 1km 区間では、事故件数が 7 件と周辺に比べて突出している。この地 1km 区間では、広葉樹林帯と道路が交差しており、エゾシカがこの林内を移動に利用する際に道路を横断し事故が発生していると考えられる。

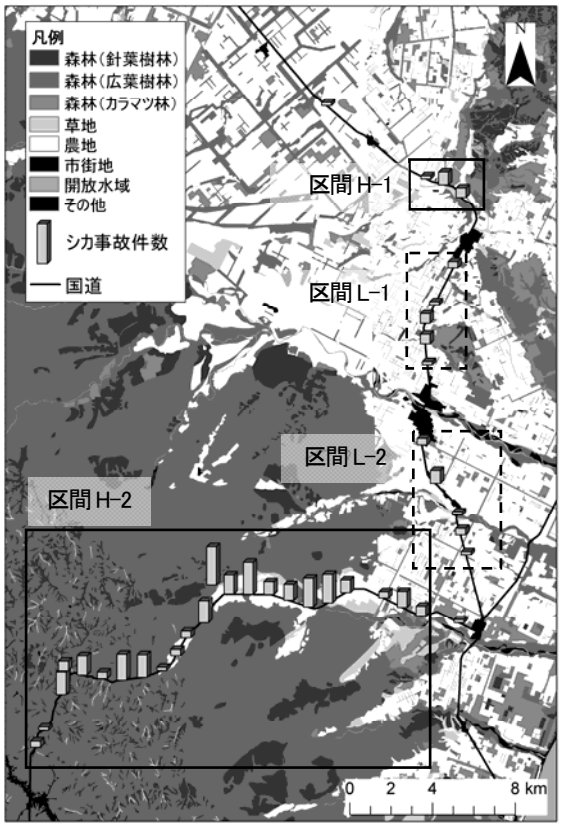

図-7 国道 236 号の事故頻度区間と土地利用区分図

（出典：第 2～5 回自然環境保全基礎調査より作成）

エゾシカ事故モデルを用いた予測値よりも事故件数が多発していた国道 336 号の区間 H-1 を図-9 に示す。各 1km 区間での事故発生時期別の事故割合を示している。A 地点では、春と秋の移動期に事故が多発している。また、B 地点付近では、特に繁殖期に事故が多発している。このような各地点での特異的な多発要因については、実際に現地の現況把握を行うとともに、エゾシカによる周辺環境の利用実態を把握するといった、さらに詳細なスケールでのデータ収集と分析が必要となる。

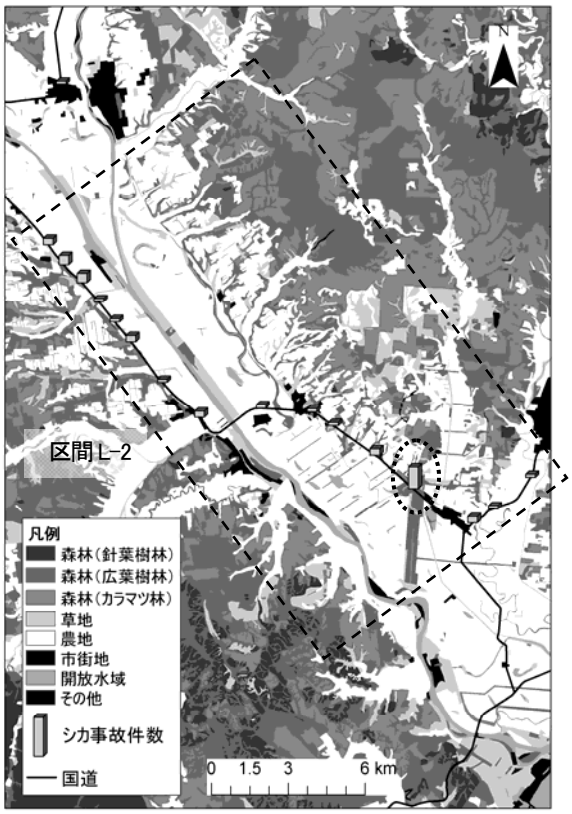

図-8 国道 38 号の事故頻度区間 L-2 と土地利用区分図

（出典：第 2～5 回自然環境保全基礎調査より作成）

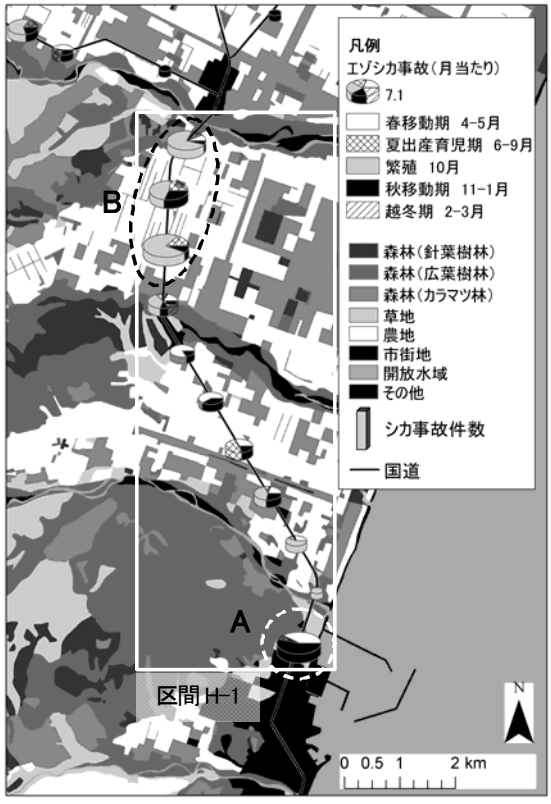

図-9 国道 336 号の事故頻度区間 H-1 での時期別のエゾシカ事故件数と土地利用区分図

（出典：第 2～5 回自然環境保全基礎調査より作成）

(5) 道路付近でのエゾシカ個体数と事故件数との関係

国道 273 号の高頻度事故区間 H-1 では、エゾシカ事故が多発している 1km 区間スポットが複数個所に存在しており、その要因の一つに道路付近でのエゾシカの滞在が挙げられる。図-10 は国道 273 号でのキロポスト地点ごとの道路沿いでのエゾシカ個体数と事故件数、そして予測値事故件数を示す。エゾシカ個体数とは、2002 年 5～11 月に、毎月 1～2 回、国道 273 号沿いで夜間に道路沿いを低速で走行しながら道路側方にスポットライトを照射し、個体数を数えるライトセンサス調査法によって観察した個体の数である。灰色で示した区間は、予測値事故件数に比べて観測された実際の事故件数が多く、かつ、エゾシカ個体数が多い区間を示す。この区間は、大規模な道路法面や開けた環境が多く存在しており、エゾシカのえさ餌場となる草地環境がミクロ視点でみると豊富に道路沿いに豊富に分布している区間であり、特に春と秋に道路付近での観察個体数が多くなる傾向がある[21)]。春と秋には、エゾシカは移動だけではなく、このような環境をより積極的に利用しており、道路沿いを横断する回数も増加し、事故が発生しやすい条件を生み出している。

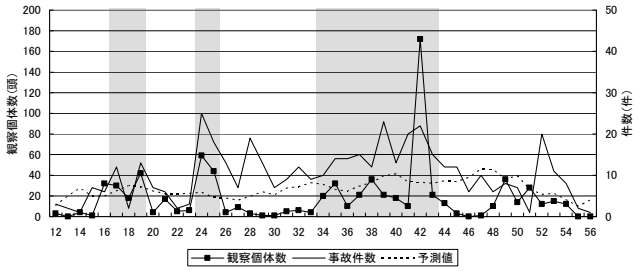

図-10 国道 273 号における道路付近でのエゾシカ個体数と事故件数・予測値

4. まとめ

本研究では、エゾシカと自動車との交通事故について、十勝地方の 7 つの路線を対象に、道路周辺環境として積雪、標高、土地利用、河川との距離、交通量に着目して事故の発生への影響を探索した。本研究で得られた結果をまとめる。

・エゾシカの行動パターンによって区分した時期ごとの事故発生頻度は異なっており、春の移動期（4～5 月）と繁殖期（10 月）に多く発生していた。

・路線全体でみると、1 年を通して事故の発生する区間は限られていた。

・道路周辺環境（積雪、標高、土地利用、河川との距離、そして交通量）を説明変数としたポアソン回帰分析によって作成したエゾシカ事故モデルは有意となり、エゾシカ事故には森林（針葉樹林、広葉樹林、カラマツ林）、草地、農地、開放水域の存在、河川からの距離が近いこと、平均積雪深が影響していることが明らかになった。

・路線別の土地利用環境と事故頻度区間の分析では、森林割合が高くなると事故が増加し、農地割合が高くなると事故は減少した。ただし、農地割合が少ないと事故が多くなりやすかった。

・エゾシカ事故は森林割合の高い森林地帯を通る区間と農地割合が減って森林割合が増える森林地帯と農地帯の境界部を通る区間で発生しやすいことがわかった。

・樹林帯と道路の交差部でエゾシカ事故が多発している事例がみられ、道路周辺での森林割合だけではなく、道路と森林の位置関係という構造的な要因の事故への関与が示唆された。

・森林地帯でエゾシカ事故モデルによる予測値よりも事故件数が多い 1km 区間では、道路周辺のエゾシカ個体数が影響している傾向が示された。

エゾシカ事故は、森林地帯と、森林と農地の境界部で発生しやすく、このような道路周辺環境の特徴から、エゾシカ事故の発生型としては森林型、境界型の 2 つに分類できる。森林型の事故発生区間での事故防止対策には、進入防止柵と横断用通路の設置、多発時期の速度規制強化、もしくは通過車両に deer warning（音を鳴らし、シカ類の道路横断を抑制させる装置）を取り付けるといった対策が考えられる。

森林型の事故には、エゾシカが道路法面に滞在することで事故が発生しやすくなる滞在型の事故が存在する。森林地帯では、森林はエゾシカに休息場や隠れ場所を提供し、道路法面はえさ場環境を提供する。道路付近は冬期の適正な路面管理として、除雪や融雪作業が行われていることから道路の周辺に比べて春先の融雪が早く、山間部では春先に緑化の早い道路脇の植物を求めて、誘引されることが知られている[1) 22)]。本研究でエゾシカ個体数と事故件数との関係性がみられた国道 273 号では、春先に道路法面で採食するためにエゾシカが集まってくることが報告されている[22)]。このような滞在型の事故を防ぐには、現時点では効果的な対策手法として確立されていないが、道路法面にエゾシカの好まない植物を生育させるといった対応策が挙げられる。

境界型の事故発生区間での事故防止対策には、農業用の交差道路が多いことから、進入防止柵の設置は困難である。そのような場所では、足跡調査などの現地調査を行い、エゾシカの道路横断箇所を把握した上で、横断を誘導するなどの対応を検討する。

年間を通して、エゾシカ事故の発生頻度は異なっており、通年を通して事故が発生するエリアは決まっていることから、道路管理者は道路利用者に対し多発時期、発生区間を周知することが重要である。十勝地方に在住し、

日常的に管内の道路を利用している地域住民は、いつ、どこで多くみかけるかなどの情報を自身の経験として得ている場合が多いが、十勝地方以外から訪れる道路利用者は、このような情報を持っていないため、周知することが重要である。また、通常の道路パトロール時に、エゾシカの出没状況を把握し、特に危険な時期・区間では、パトロールの頻度を高め、追い払い等の対応の検討を行うことが望ましい。

本研究において用いたエゾシカ事故データは、道路上での動物処理記録であり、「いつ」、「誰が」、「どのように」といった情報が不足している。エゾシカ事故モデルでの予測値から大きく外れていた国道 336 号の高頻度事故区間 H-1 では、今回の分析条件では検出されない事故多発要因があったものと考えられる。これらの解明には、実際の現地周辺環境の状況把握やエゾシカの痕跡調査などの現地調査の実施が望ましい。これによって、より細かい多発原因の追及とそれによる対応策の検討が可能となると考えられる。このように、突出して事故が多発している区間などには、現地の詳細な情報が必要であり、事故の発生状況を含め、詳細なモニタリングを行うことが重要である。それによって、事故がどこで、どのように発生しているのかが明確化し、事故を回避するために必要な低コストで効率的な対策を検討できるようになる。エゾシカ事故は、人間社会と自然環境との共生が必要であることを示す一つの例とも考えられ、それらの融合を進める知識や経験が、持続的な地域の発展に欠かせない。

謝　辞

本研究にあたり、動物死体回収記録および交通量等の道路関連のデータを提供して頂いた国土交通省北海道開発局に対し、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

1）Bruinderink, G. and Hazebroek E. : Ungulate traffic collisions in Europe.,Conservation Biology, Vol. 10, pp. 1059-1067, 1996.

2）Conover, M.R. et al. : Review of Human Injuries, Illnesses, and Economic Losses Caused by Wildlife in the United States, Wildlife Society Bulletin, Vol. 23, pp. 407-414, 1995.

3）Sielecki, L. E. : Comprehensive monitoring of wildlife mortality on British Columbia highways using the WARS system (1978-2005), IX International Mammalogical Congress Symposium “Wild animals and traffic accidents” proceedings, pp. 19-36, 2005.

4）Saeki, M. and Macdonald, D. W. : The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan, Biological Conservation, Vol. 118, pp. 559-571, 2004.

5）北海道環境生活部環境室自然環境課野生生物室：エゾシカ保護管理計画，2002.

6）朝日新聞，2006 年 4 月 14 日.

7）Noro, M. and Hara, H. : Current Status of Deer-Vehicle Collisions in Hokkaido, IX International Mammalogical Congress Symposium “Wild animals and traffic accidents” proceedings, pp. 63-70, 2005.

8）菊田悦二・原田邦彦・松山雄馬：釧路・根室管内におけるエゾシカ事故の実態と対策について，第 4 回「野生生物と交通」研究発表会講演論文集，pp.79-84，2005.

9）国土交通省北海道開発局道路維持課・独立行政法人北海道開発土木研究所交通研究室：平成 16 年度版　北海道の交通事故国道統計ポケットブック，2005.

10）読売新聞，1998 年 12 月 15 日.

11）北海道開発局ホームページ：
平成 21 年度北海道開発局道路設計要領,
http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/download/pdf/02/2-1-7.pdf

12）大泰司紀之ほか：野生動物の交通事故対策【エコロード事始め】，北海道大学図書刊行会，1998.

13）北海道釧路支庁地域政策部環境生活課：エゾシカ交通事故フォーラム報告書，1999.

14）原文宏：エゾシカのロードキル対策に関する計画及び設計方法，国際交通安全学会誌，Vol.28，pp.55-62．2003.

15）Knapp, K. K. : The Status of Safety-Based Deer-Vehicle Crash Countermeasure Research in the United States, IX International Mammalogical Congress Symposium “Wild animals and traffic accidents” proceedings, pp. 93-109, 2005.

16）Bashore, T. L. et al. : Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. Journal of Wildlife Management, Vol. 49, pp. 769-774. 1985.

17）Hubbard, W. M. et al. : Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa . Journal of Wildlife Management, Vol. 64, pp. 707-713

18）Joyce, T. L. and Mahoney S. P. : Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland, Wildlife Society Bulletin, Vol. 29, pp. 281-291, 2001.

19）北海道環境科学研究センター自然環境部：エゾシカテレメトリー調査報告書，北海道環境科学研究センター，2004.

20）斜里町立知床博物館編：知床の哺乳類Ⅰ，北海道新聞社，2000.

21）斜里町立知床博物館：「鹿DEER」知床博物館第18回特別展，1996.

22）野呂美紗子・柳川久：道路周辺のエゾシカと事故数との関係ー国道273号を例としてー，第2回「野生生物と交通」研究発表会講演論文集，pp.75-80，2003.

エゾシカの生態からみた事故発生区間の周辺環境と事故発生条件*

野呂美紗子**・原文宏***・萩原亨****

エゾシカと自動車との交通事故問題は、野生生物との共生の上で解決すべき問題であり、道路利用者の安全面からも解決が求められている。本研究では、北海道十勝地方における7つの国道を対象として、エゾシカ事故発生区間の周辺環境について、GISを用いて周辺環境データを作成し、定性的な分析とポアソン回帰によるエゾシカ事故モデルを作成し、分析を行った。その結果、事故発生区間の周辺環境には特徴があり、広域的には、事故発生区間は一定の区間に限定され、発生頻度が季節によって異なることや、森林の存在、河川からの距離の近さが事故発生に影響していることが明らかになった。このことから、エゾシカとの事故防止のためには、ドライバーへのこのような環境特性に関する情報提供や、道路横断施設の検討などが必要と考えられる。

Determining Causal Factors in Deer-Vehicle Collisions by Examining Deer Ecology *

By Misako NORO**・Fumihiro HARA***・Toru HAGIWARA****

An increase in deer-vehicle collisions in Hokkaido is a serious problem. A solution for this problem needs to be sought, taking into consideration coexistence with wildlife as well as traffic safety. This study analyses causal factors of deer-vehicle collisions from deer ecology. To develop a model to make the analysis, the data of the surrounding environment of the accident-prone road sections on the seven National Highways were collected and organized by using GIS. The target road sections are all located in Tokachi, east Hokkaido. Qualitative data analyses were performed on the data by applying Poisson Regression. As a result, statistically significant factors associated with deer-vehicle collisions were identified. The factors include specific surrounding environment of the accident site, specific seasons and closeness to riverside, which are likely to cause deer-vehicle collision accidents on specific road sections. To prevent the collision accidents, the provision of the information on such factors to drivers and construction of deer crossing facilities will be effective.