

5 4 野生中・小型哺乳類のための生態的回廊の整備手法に関する研究

国土交通省

国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室

藤原宣夫

日置佳之

金子弥生

飯塚康雄

佐伯 緑

大竹邦暁

研究期間 平成 12 年度～ 14 年度

14 年度当初予算額 29,428 千円

(研究予算総額 81,092 千円)

A Study of Planning Ecological Corridors for Medium and Small-sized Mammals

(FY2000～2002)

Nobuo FUJIWARA, Yoshiyuki HIOKI, Yayoi KANEKO,

Yasuo IIZUKA, Midori SAEKI, Kuniaki OTAKE

Landscape and Ecology Division, Environment Department

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure and Transport

The ultimate goal of this study is to establish guidelines of planning and designing for belt-shaped public investment in the suburbs represented by rivers and roads regarding to "the planning of ecological corridors," which are an essential element in the ecological network planning.

We obtained the following results for knowledge to establish guidelines by the concrete planning of ecological corridors in the case study area ('Mito Area').

Based on the species distributions in Mito Area and general ecology, we selected four umbrella species for the planning: the Japanese badger (*Meles meles anakuma*), the Japanese marten (*Martes melampus melampus*), the red fox (*Vulpus vulpus japonica*), and the Japanese squirrel (*Sciurus lis*).

DNA analyses on badgers and martens revealed that genetic barriers and genetically unique local populations unlikely occurred. Although there were only several individual samples obtained, we were able to develop 27 micro-satellite markers for squirrels. We also induced environmental factors that were favored by martens and squirrels regarding to environmental selection of the local populations.

We found that suitable habitats along roads and points of entering roads intermingled with each other under habitat fragmentation by roads. In addition, riparian areas appeared to function to connect habitats of upper and lower reaches as movement paths of wildlife.

From the results, we formulated a plan of ecological corridors for which the connectivity of the National Expressways and rivers can be utilized.

1. はじめに

キツネ、タヌキ、アナグマ等の中型哺乳類、イタチ、リス等の小型哺乳類は、里山や都市緑地などの「身近な環境」に生息する野生動物であり、地域生態系の維持・保全や生物との共存を図るための環境教育など、その普及啓発において、フラッグシップ・スピーシーズ（その種の保全が自然環境の保全をアピールすることにつながる象徴種を意味する）としての役割が期待されている。

これらの種は、主に森林内を歩いて移動する生活様式を有するが、各種の開発行為にともなう移動経路の分断により、ハビタット（生息地）の細分化・縮小化が生じており、現在では、地域個体群の孤立化や絶滅が問題となっている。これらの問題は、種の存続に関わる重要事項であることから、早急な解決が必要となっている。

このような状況に対し、最近では分断化を防止し、さらには積極的に生息環境をネットワーク化することによって地域の生物多様性を回復させるため、生態ネットワーク計画を策定しようとする動きが見られる。

生態ネットワーク計画 (ecological network planning) とは、ハビタットの分断化を防ぎ、生態系の水平的なつながりを回復させることにより、生物多様性の保全を図ることを目的とするランドスケープ計画である。そして、生態ネットワーク計画では、この目的を達成するために、緑地や水辺の質・規模・配置を決定する。

オランダで実践されている生態ネットワーク計画では、大きく分けて2つの段階の検討がある¹⁾。第一は、生態学的な側面から計画にアプローチする段階、第二は生態ネットワーク計画を現実のものにするために、生物の生育・生息空間に配慮して作られるインフラストラクチャー（生態的インフラストラクチャー）の整備計画を策定する、物的計画の段階である。

第一段階は、対象地域で与えられた自然条件の中で、保全目標とする種の生息にとって理想的なネットワーク形態を、できる限り生物の立場に立って考える段階である。第二段階では、生態学的な検討で得られた結果を、競合するあるいは共存できる様々な他分野の計画と調整をはかり、インフラストラクチャーの整備計画とする段階であり、この段階における検討は、事業実施計画としての性格を併せ持っている。

わが国ではハビタットの保全は1980年代の後

半から次第に行われるようになり、1990年代に入ると自治体の事業として本格化するに至っている。しかしながら、それらは孤立した状態での整備が多く、生物多様性の保全に十分な機能を発揮することはできず、相互に連結させることの重要性が指摘されている。また、わが国の生態ネットワーク計画や生態的回廊に関連する研究は、第一段階の検討に寄与する生態学的な基礎研究や、道路における移動路設置とそのモニタリングの事例紹介などが多く見られ増加傾向にあるが、第二段階にあたる生態的インフラストラクチャーの具体的な計画・整備手法に関する研究は、いまだ進んでいないのが現状である。

2. 研究目的と研究の概要

本研究では、生態ネットワーク計画の主要な要素となる「生態的回廊の整備手法」について、河川や道路に代表される都市近郊域におけるベルト状の社会資本を対象として、計画・設計の指針を作成することを最終目的とする。

調査・検討は、事例研究地（水戸地域）にて行い、事例研究地での具体的な回廊整備計画手法の開発を通して指針作成のための知見を得る。

対象生物は、中・小型哺乳類の中から、環境に対する要求が高く、その種の生存を保証することで自ずと他の多数の種の生存も確保されるような種、すなわちアンブレラ種を選定し対象とする。そして、これらの種が必要とするランドスケープエレメント、すなわち森林や草地などといったランドスケープの構成要素とその構造について評価することにより、コアとなる生息環境とそれらをつなぐネットワーク構造の実態を導き出す。

全体計画の概要は以下の通りである。

- (1) 広域的な分布調査と既存文献によるアンブレラ種の選定
- (2) DNA解析による地域個体群の遺伝的構造の把握
- (3) 集中調査地域における地域個体群の環境選択の調査
- (4) 生息地の分断・連続箇所の抽出、河川・道路整備手法の類型化と生態的回廊の設計
- (5) 生態的回廊を構成する移動経路の設置とモニタリング
- (6) 生態的回廊の整備手法の検討



図1 事例研究地

3. 事例研究地

茨城県水戸市周辺の約1,000平方キロメートルの地域を対象とした(図1)。本地域の概要は、以下の通りである。

①社会条件

- ・市街地のスプロール化がある程度進行
- ・人口が8万人以上
- ・隣接してより都市化の程度の低い自治体・地域が存在
- ・宅地化率が15~20%

②自然条件

- ・山林の比率が5~20%
- ・多様な地形を含有
- ・主要な河川などを他の自治体と共有

調査地域は、水戸市を囲むように道路網が発達し、山地から海岸部にかけて、丘陵地、農地・平地林、水田、谷戸と、多様な景観が存在する地域である。東西に那珂川、澗沼川・澗沼という2つの水系が存在し、市街化の進行により緑地が減少する中で野生動物の移動路としての機能を有することが予想される。また、これらの水系と交差するように、常磐自動車道、国道50号線、JR常磐線などの主要交通網が南北に走り、さらに北関東自動車道の建設が進んでいる。これらの交通網は動物の移動に対して何らかの影響を与えている可能性が高い。北部の海岸地域には原子力関連施設が集中しており、港湾整備も進んでいるが、海岸沿いにある国営ひたち海浜公園には、まとまった緑地が残存している。

4. 広域的な分布調査と既存文献によるアンブレラ種の選定

本研究では、まず既存の生息情報の少ない食肉目(アナグマ、テン、キツネ、タヌキ、イタチ、ハクビシン)について、現地踏査による痕跡調査および地域住民などへの聞き取り調査を行い、水戸地域における現在の分布状況を把握することをした。また、ニホンリスの生息分布状況も明らかにした。この情報に、国内外の既存研究による生態の特徴を加えて、環境整備におけるアンブレラ種を選定した。

4. 1. 食肉目の分布状況

4. 1. 1 方法

(1) 踏査ルート上における痕跡調査と聞き取り調査

水戸地域のうち、既に先行調査済み²⁾である桂村・常北町周辺と笠間市・岩間町・茨城町周辺を除く地域を対象として、2000年11月、12月と2001年11月に調査を行なった。25000分の1の地形図の16分の1(約2.5km×2.5km)の範囲を1調査区画とし、調査地域を128区画に分け、2000年は90区画、2001年は38区画で調査を行なった。

踏査ルートの設定に際しては、生態学的に注目される環境特性を概ね含み、調査地域全体で植生タイプの面積に応じてルート長が一定の値を満たすように設定した(図2)。注目した環境特性とは、山地では尾根、支尾根、平地と斜面の境界付近、平地では平地林、水田、水路である。また、1調査区画あ

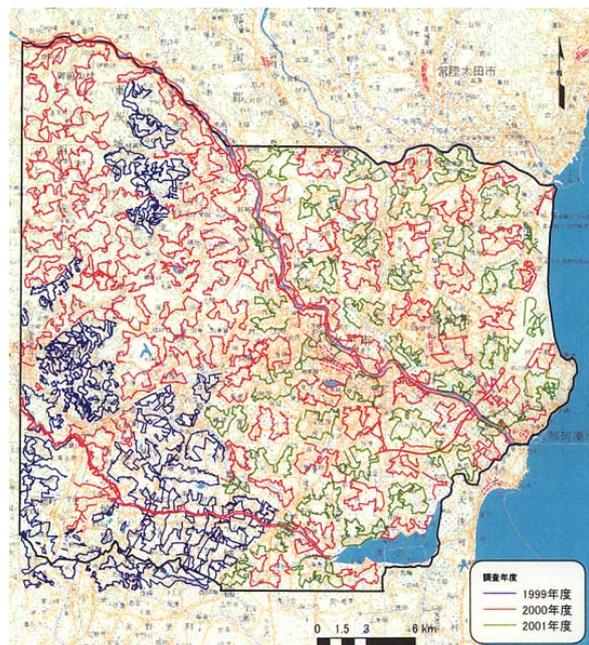


図2 分布調査の踏査ルート

注) 先行調査²⁾(1999)と合わせて記載

たりの最低踏査ルート長は、先行調査²⁾を踏まえて12kmとした。

設定ルートを踏査し、痕跡（フン、足跡、巣穴、食痕、掘り起こし）と発見場所の環境（植生、周辺環境、カバーや河川の有無、道路などの人為的環境の有無）の記録を行なった。これと並行して、地元住民、農業従事者、畜産業者、ハンターへの「現在」の生息状況の聞き取りを行なった。この「現在」の定義は、食肉目の寿命も考慮に入れて1994年以降とした。

(2) 聞き取り調査の精度判定

聞き取りでは、対象者の哺乳類に対する知識によって情報の精度が影響されるため、以下のレベル2～4の3段階で精度を判定した。

- ・「レベル2」：対象者が直接経験し、種や確認時期などの判断基準が確実な情報。
- ・「レベル3」：対象者が直接経験した情報であるが、種や確認時期などの判断基準が不確実な情報。レベル2と比べて精度が落ちる。
- ・「レベル4」：対象者が直接経験したものではなく他人からの伝聞などによる情報。

なお、「レベル1」は、調査員が痕跡や死体、目撃など直接確認した情報である。

4. 1. 2. 結果

以下、先行調査²⁾と合わせて述べる。

痕跡による生息情報は805件、聞き取りによる生息の情報は699件得られ、聞き取りではいずれの動物でも、レベル3の情報が最も多かった(表1、2)。

表1 痕跡調査により発見した痕跡の数と目撃回数

	キツネ	タヌキ	アナグマ	テン	イタチ	ハクビシン	総計
目撃	1	5	0	0	2	3	11
フン	38	83	0	80	214	15	430
足跡	38	132	3	3	106	11	293
巣穴	6	0	4	1	0	0	11
鳴き声	0	0	0	0	0	3	3
捕獲	0	1	0	3	0	6	10
交通事故死体	0	11	0	0	3	5	19
交通事故以外の死体	2	1	0	0	0	0	3
家畜関連施設で確認	0	0	0	0	0	0	0
農作物被害	0	2	0	0	0	0	2
その他	6	7	2	0	8	0	23
総計	91	242	9	87	333	43	805

表2 聞き取り調査により得られた情報

種名	確認レベル			総計
	2	3	4	
キツネ	8	67	11	86
タヌキ	56	218	35	309
アナグマ	0	1	0	1
テン	0	2	1	3
イタチ	22	161	5	188
ハクビシン	20	71	21	112
総計	108	523	77	699

①アナグマ (*Meles meles*)

足跡3ヶ所、巣穴4ヶ所、その他2ヶ所の計9ヶ所で痕跡を発見した(図3)。痕跡の数は、食肉類の中では最も少なく、発見したのは常北町、御前山村、岩間村の山地と、茨城町の竹林であった。常北町の巣穴の入り口では足跡も確認した。聞き取り情報は得られなかった。

痕跡発見場所の上層植生は落葉広葉樹林と手入れされたスギ・ヒノキ林、竹林で、下層には2ヶ所で低木が見られた。地形は2ヶ所が斜面であった。

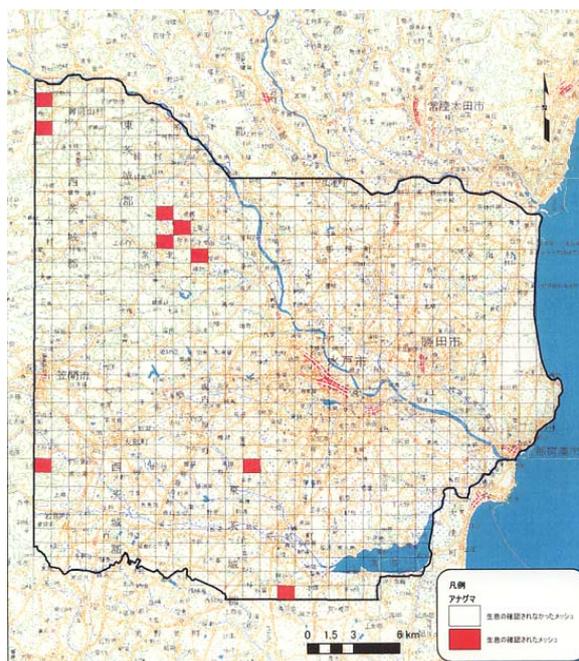


図3 アナグマの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布

②ホンドテン (*Martes melampus*)

フン80ヶ所、足跡3ヶ所、巣穴1ヶ所、捕獲3ヶ所の計87ヶ所で痕跡を発見した。聞き取りではレベル3の情報が2件、レベル4の情報が1件得られたのみであった。確認状況は、「目撃」によるものが2件、「その他」1件で、目撃は山地での確認であった。(図4)。痕跡は調査地域西部の御前山村周辺の山地と水戸市街地の南側で得られた。しかし、水戸市街地の情報はレベル4であり確かなものとはいえない。

痕跡発見場所の環境に関しては、落葉広葉樹林が14件と最も多く、次にスギ・ヒノキ林の11件、路上の6件であった。中下層に低木や藪、地形は尾根が多く見られた。周辺環境でも樹木や植物によるカバーが多かったが、道路周辺では少ない傾向が見られた。

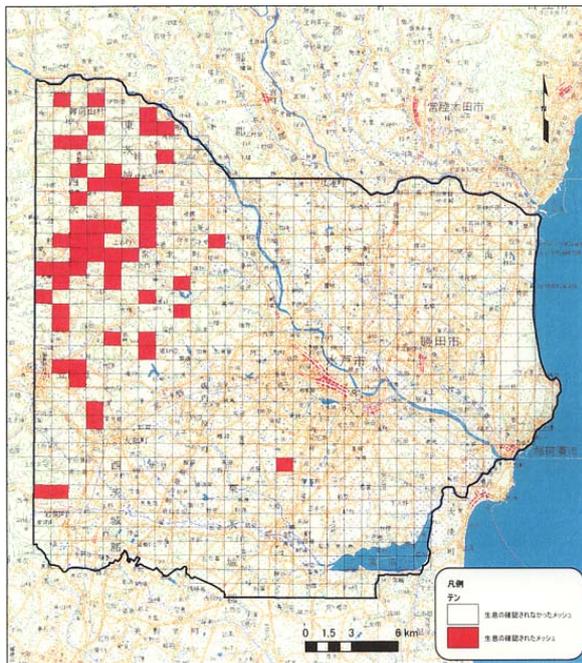


図4 テンの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布

③キツネ (*Vulpes vulpes*)

フン38ヶ所、足跡38ヶ所、巣穴6ヶ所、交通事故以外の死体2ヶ所、その他6ヶ所の計90ヶ所の痕跡を発見した。また、調査中の目撃が1件あった。聞き取りでは、レベル2が8件、レベル3が67件、レベル4が11件の、計86件の情報が得られた(図5)。

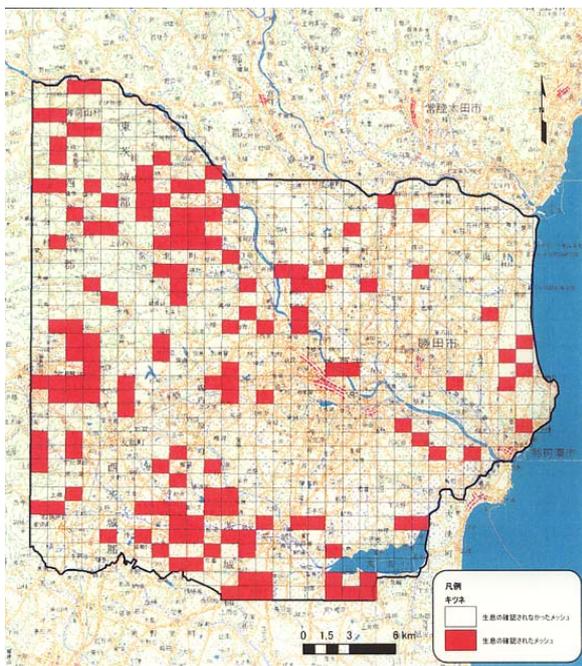


図5 キツネの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布

調査地域の西部の丘陵ではほぼ全域で痕跡が確認されたが、水戸市から茨城町にいたる平地や、水戸、ひたちなかの市街地では確認されなかった。発見された2死体は、放し飼いの飼いイヌに噛まれて死亡したキツネをイヌの飼い主が畑に埋めたものを確認したのと、笠間市の佐白山周辺で確認したものである。

痕跡発見場所の環境はほとんどが畑地と平地であった。聞き取りでは「家畜関連施設での目撃」として、養鶏場でのキツネによる食害の情報が得られた。また、調査対象地域西部の山地から常磐道にいたる地域で広く情報が得られたが、東部の平野部の水戸市付近や東海村付近では、痕跡が見られたにもかかわらず情報が無い地域があった。

④タヌキ (*Myctereutes procyonoides*)

フン83ヶ所、足跡132ヶ所、捕獲1ヶ所、交通事故死体11ヶ所、交通事故以外の死体1ヶ所、農作物被害2ヶ所、その他7ヶ所の計237ヶ所で痕跡を発見した。また、調査中に水田の畦や落葉広葉樹林内などで個体を5回目撃した。聞き取りでは調査地域のほぼ全域で309件の情報が得られた(図6)。

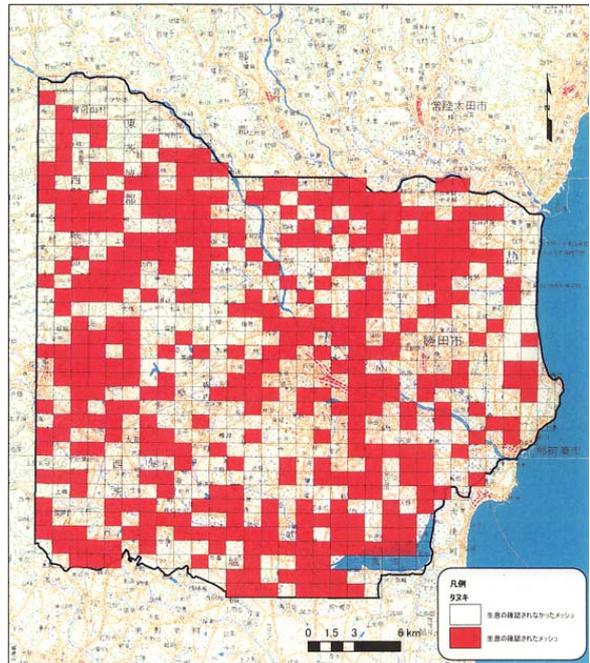


図6 タヌキの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布
痕跡を発見した場所は調査地域のほぼ全域に及び、水戸、ひたちなかの市街地でも情報が得られた。痕跡発見場所の環境には特徴が見られなかったが、周辺環境にゴミ捨て場がある場所が多く見られた。また、特に他の食肉類と比べて「交通事故死体」について多くの情報が得られた。なお、疥癬症にかか

ったと思われる全身脱毛したタヌキの情報が1件得られた。

⑤ニホンイタチ (*Mustela itatsi*)

フン214ヶ所、足跡106ヶ所、交通事故死体3ヶ所、その他8ヶ所の計331ヶ所の痕跡を確認した。また、調査中の目撃が2回あり、1件は田の畦を横切っているところ、もう1件は河川敷のコンクリート堤防上を移動しているところであった。他の在来種の食肉類と比べて最も多くの痕跡を発見した。聞き取りではレベル2が22件、レベル3が161件、レベル4が5件の計188件の情報が得られ、タヌキに次いで多い値を示した。聞き取り情報は調査対象地域のほぼ全域で得られた(図7)。痕跡の発見場所は調査地域のほぼ全域にわたっていたが、ひたちなか市街地付近と水戸市街地近辺では発見されなかった。その一方で、水戸市街地とひたちなか市の間に流れる那珂川では河川に沿って分布が確認された。

痕跡発見場所の環境では水田が多く、周辺環境に水系が多く見られた。

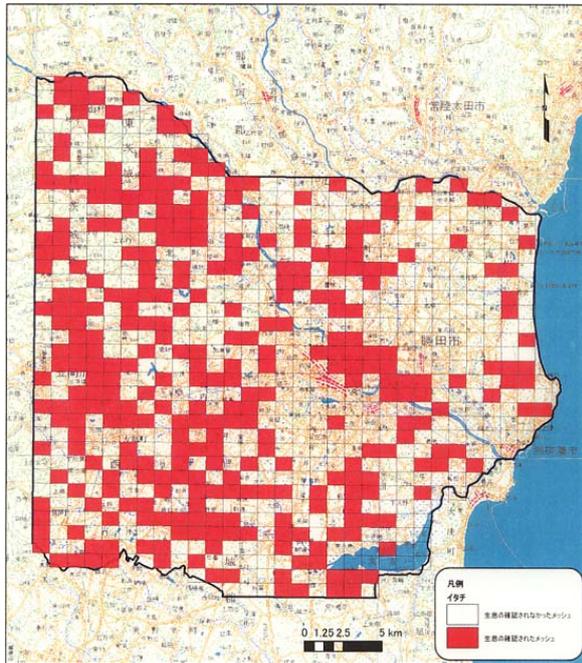


図7 イタチの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布

⑥ハクビシン (*Poguma larvata*)

フン15ヶ所、足跡11ヶ所、鳴き声3ヶ所、捕獲6ヶ所の計35ヶ所で痕跡を発見し、交通事故による死体を5ヶ所で発見した。また、農道上を移動中の個体の目撃や、アカマツ林にかけられたリスの古巣で2頭のハクビシンを目撃するなど、調査中の目撃事例が3件あった。聞き取りではレベル2が22件、レベ

ル3が71件、レベル4が21件の計112件の情報が得られた(図8)。

調査地域西側の山地や笠間市周辺で痕跡を多く確認され、東側の勝田市や東海村付近でも生息が確認された。しかし、水戸市街地や那珂川周辺では確認されなかった。発見場所の植生タイプとしては、水田やスギヒノキ林が最も多かった。

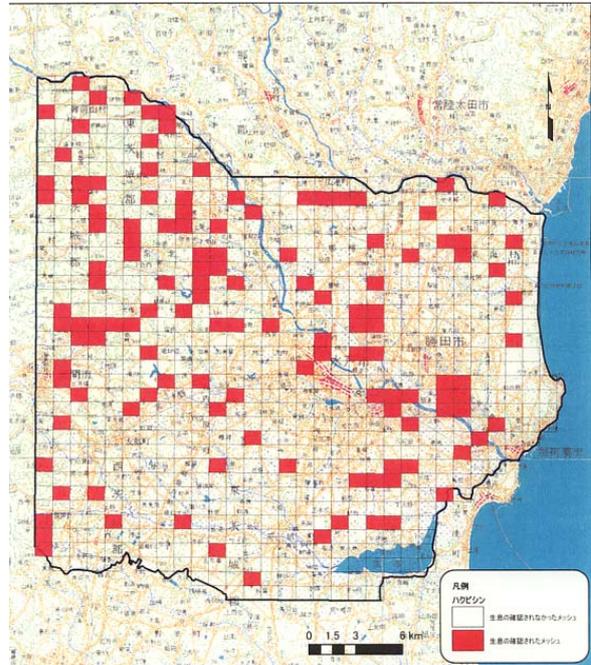


図8 ハクビシンの生息分布

注) 痕跡及び聞き取り調査結果を合わせた分布

4. 1. 3. 考察

(1) 水戸地域に生息する食肉目6種の分布の特徴
①アナグマ

水戸地域における本種の生息に関する情報は、先行調査²⁾と併せても計10件しか得られなかった。得られた情報は、常北町、御前山村、笠間市、内原町であり、内原町以外は山地の限られた地域であった。昭和53年度に環境庁が実施した第2回自然環境保全基礎調査では、茨城県における生息区画率は25%以下と低い値を示しており³⁾、さらに平成3年度に実施した第4回調査では茨城県での情報はほとんどない⁴⁾。したがって、近年個体群が著しく衰退した可能性が考えられる。しかし、踏査がアナグマが越冬のための活動減少期である冬に行なわれたため過小評価された可能性があることと、聞き取りでは体サイズが近いタヌキやハクビシンと混同された可能性が考えられるため、今後詳細な調査が必要である。

②テン

テンの生息は、調査地域の西部の山地でのみ確認された。これは、本種が樹上空間を積極的に利用する⁵⁾ことによるものと考えられ、痕跡発見場所の上層植生は森林が大部分であったこととも一致する。今回特に、落葉広葉樹林で痕跡が多く見られたが、対馬のテンは、主食である果実類、昆虫類、小動物を供給する広葉樹林が主要なハビタットであることが報告されている⁵⁾。また中村⁶⁾は、山梨県の広葉樹林がほとんどない地域におけるテンの、アカマツ林の選択的利用の理由について、下層植生が発達シカパーや餌となる果実類や齧歯類が比較的豊富であることを挙げている。また本種は、集落や別荘地近くの森林では、建物内を休息場として利用し、残飯に集まるネズミ類を捕食することはあるが⁷⁾、残飯などの人為的な食物は利用しないとされている⁶⁾。本調査においても、テンの分布域には人為的な環境は少ない傾向を示したことから、テンの生息地については上層植生の樹種構成や、中下層植生との組み合わせについて、詳細な研究が必要とされる。

③キツネ

痕跡及び聞き取り情報は、常北地区や笠間地区の山地や丘陵帯のほか、茨城町、那珂町付近の平地でも生息の情報が得られた。しかし、水戸やひたちなかの市街地とその近郊ではほとんど情報が得られなかった。本種の生息環境として中園⁸⁾は、田畑や草原、林、集落などがモザイク状に分布する多様な環境をあげている。本地域においても、東海村からひたちなか市、茨城町から友部町にかけての地域は、農耕地や平地林、住宅地がモザイク状に分布する。しかし同様な環境であるにも関わらず、東海村や茨城町東部にかけての地域では生息が確認されなかったのは、市街地や常磐自動車道により山地からの生息地の連続性が分断されている可能性が考えられる。これは、本種が生息できる要因として、中園があげたような生息環境の条件以外にも、周辺の土地利用、山地からの距離、回廊として機能しうる環境の配置などの空間配置が影響するためと考えられ、今後の検討が必要である。

④タヌキ

本種は、イタチに次いで多くの情報が得られ、本調査地域において山地から平地の市街地まで、ほぼ全域に広く分布することが明らかになった。平成10年度の本種の茨城県内での狩猟による捕獲数は433頭にも及んでいる⁹⁾。本種は人為的な環境や食物を積極的に利用することが報告され¹⁰⁾、¹¹⁾、本調査の痕跡発見場所の周辺環境はゴミ捨て場多い結果を示

している。芝田¹²⁾は、本種の高い順応性について、高い繁殖力、雑食性、巣の選択性の広さ、複数個体の行動圏の重複などをあげている。この高い順応性により、水戸地域でも広い範囲に生息しているものと考えられる。

⑤イタチ

イタチの情報数は最も多く、分布も調査地域のほぼ全域に渡っていたが、水戸やひたちなかなどの市街地には情報が見られなかった。本種は雑食性で、小型哺乳類、昆虫類、ザリガニ類から果実まで、環境に応じて主食を変化させる¹³⁾、¹⁴⁾、¹⁵⁾が、残飯などの人為的な食物を積極的に利用した例はなく、市街地は生息環境としては適していない¹⁶⁾、¹⁷⁾。本調査においても、痕跡発見場所の周辺環境における人為物はほとんどなかった。しかし東¹⁸⁾は、東京の多摩川河川敷の下流でイタチの生息を確認しており、市街地でもまとまった緑地や餌食物が安定供給される環境、中規模河川や緑地・水田地帯などの生息地との連続性があれば、生息可能であるとしている。痕跡発見場所の周辺環境は水系が多く、水戸市街地の水系に沿った緑地で痕跡が見られたことから、大河川から水路まで、本種にとっての水系とその連続性が採食場や移動経路として重要であるためと考えられる。

⑥ハクビシン

平地の分布は連続性が見られないものの、山地から平地まで広い範囲で生息を確認した。本種は北海道から九州まで、不連続に分布しているが¹⁹⁾、元々は帰化動物であると考えられており²⁰⁾、近年各地で急激に分布を拡大しつつある。茨城県でも同様に近年急激に分布を拡大し²¹⁾、本地域でも分布が拡大しつつあるものと考えられる。また、農作物被害の聞き取り情報が食肉類6種中で最も多く得られた。このことから、生態的回廊を整備する場合、農林業の加害獣の通り道の役割も担ってしまい、結果的に被害が拡大する可能性があることから、被害対策に配慮が必要と考えられる。

4. 2. ニホンリスの分布状況

4. 2. 1. 方法

本調査では都市部において生息林分の分断・孤立による地域的な個体群の絶滅が懸念されているニホンリス (*Sciurus lis*、以下リス) の生息分布状況を明らかにした。なお、調査中に生息が確認できたムササビについても把握した。

(1) 調査単位の設定

現地調査の対象となる林分を絞り込むため、リス

の生息する最小の林分面積について、矢竹²²⁾、片岡²³⁾ およびGurnell, et. al²⁴⁾ のアカリスでの報告を参考として、地形図とGIS植生図（環境省作成の自然環境GISの植生図をベースとし、調査時点の情報による修正を加えたもの）から面積10ha以上の林分図を作成した。ここではGIS植生図の常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、アカマツ林、スギ・ヒノキ林、竹林、伐採跡地低木林、植栽樹群、人工草地（芝地）を統合し林分とした。ただし、人工草地は主にゴルフ場の芝地を対象とした。

現地調査の目安として林分を山地部、孤立林分に区分した。山地部は後背の山地に連続している林分とし、調査は標準地域メッシュの3次メッシュ（約1×1km）を単位とした。また、孤立林分では面積400ha以上の林分では山地部と同じく3次メッシュを調査単位とし、面積400ha未満の林分では1林分を調査単位とした。現地調査はこれらの調査単位を用いて以下の要領で実施した。

①山地部および面積400ha以上の孤立林分

現地調査は原則として1メッシュ毎に行った。また、複数のメッシュに広がる林分については、その林分がメッシュの60%（60ha）以上を占めた場合を調査の対象とした。

②孤立林分

面積10ha以上400ha未満の林分を調査対象とし、現地調査は原則として林分毎に行った。

（2）現地調査

調査は林分の外観を確認後、アカマツやスギが存在し、リスの痕跡の得やすい部分を中心に行った。痕跡を確認した地点については2.5万分の1地形図に位置を記録した。また、開発による林分の分断、隣接林分との樹冠連続など、作成した林分図と現状が異なる場合には林分図の修正を行った。なお、現地踏査は以下の調査適期を考慮し2000年～2002年にかけて実施した。

①食痕確認調査の適期

- ・マツ球果：10～11月（成熟果）ほか通年
- ・スダジイ：10～11月の結実期

②目視確認の調査適期

- ・落葉期：見通しが効く
- ・発情期：11～1月頃

4. 2. 2. 結果

調査地域内での総林分数は227となった。このうち113林分でリスの生息を確認し、14林分でリスまたはムササビの生息を確認した。両種ともに生息を確認できなかった林分は150林分であった（図9）。

痕跡確認地点は224地点であった。このうち個体や巣を140地点で確認し、アカマツ食痕（樹上採食）、剥皮などの痕跡を104地点で確認した。

また、3次メッシュ単位では、リス生息確認メッシュは350メッシュ、リスまたはムササビの生息確認メッシュ数は16メッシュとなった。

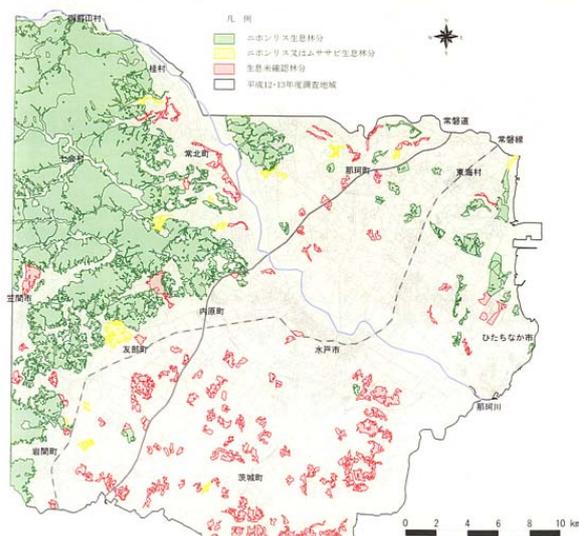


図9 ニホンリスの生息分布

4. 2. 3. 考察

リス生息林分の大部分は調査地域の西側に存在し、山地、丘陵部と連続しているため、良好な遺伝子交流が確保されているものと推測された。

東海村、ひたちなか市では海岸付近に生息林分が多い。海岸地域の個体群を維持するためには、これらの林分の個体交流を可能にする必要があると推測される。那珂川以南と常磐線東側で区切られた地域は、都市化等の開発によって生息林分が孤立し、周辺の他の個体群との遺伝子交流が困難と考えられる。今後、これら個体群の絶滅が懸念される。

4. 3. 孤立林におけるリスの生息状況

水戸地域においては、いくつかの孤立した林分においてリスの生息が確認されている。これらの孤立林分に生息するリスについて生息状況を調査することにより、孤立林分の利用形態を把握することを目的とした。

4. 3. 1. 調査地の選定

生息分布調査の結果から目視確認や個体の追跡が比較的容易と推測される調査地として以下の2地点を選定した。

①友部町大古山林分（図10）

私有地であり周囲の林分とは道路、耕作地、果樹園、鉄道で分断されている。植生は、アカマツ林、スギ・ヒノキ植林、落葉広葉樹林で構成されている。

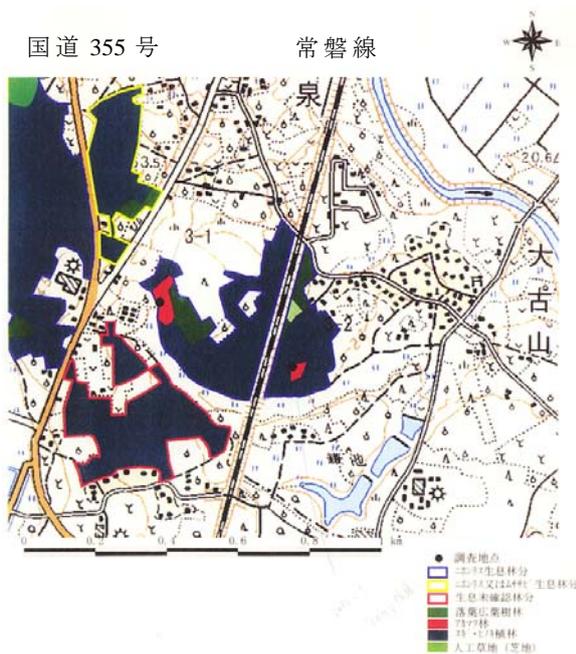


図 1 0 友部町大古山林分

林分西側は、スギの亜高木林の中にアカマツの高木が存在している。林内の傾斜は緩やかで下草刈りが実施されていて踏査は容易である。事前踏査ではリスの生息痕跡として食痕を多数確認できた。鉄道を挟んだ林分東側は、アカマツ林で林床にササが繁茂しているが林内の見通しは良好で追跡調査への支障はない。リスの生息痕跡として巣を確認することができた。

調査林分は常磐線で約 20m 分断されているが、東側の林分面積が 10ha 未満であるため、リスは両方の林分を利用してと推定される。この林分の南側に位置し、耕作地で分断(約 30 ~ 50m)されている林分では、痕跡は確認できなかった。

これらの林分の分断状況と、リスの利用状況を把握するには良い調査地であり、さらに国道 355 号で分断された東側の林分に生息する個体群との交流状況を把握することも重要である。

②水戸東部工業団地林分 (図 1 1)

私有地であり周囲の林分とは道路、耕作地、果樹園、住宅地で分断されている。植生は落葉広葉樹林、スギ・ヒノキ林、竹林で構成されている。林分西側は、落葉広葉樹林で、林内に数本生育するアカマツで新しい食痕を確認したが、数は少なかった。林床は草丈 50 ~ 100cm のネザサが繁茂していて、踏査しにくい状況であったが、林分面積が小さく平坦地であるため追跡調査には支障がない。林分東側は、スギ・ヒノキ植林で林内は平坦地で下草刈りが実施

されていて踏査は容易である。隣接するアカマツ林では草丈 50 ~ 100cm のササが繁茂していて踏査しにくい状況であったが林分面積が小さく平坦地であるため追跡調査には支障がない。リスの生息痕跡は生息分布調査・事前踏査のどちらでも確認できなかった。

周囲の孤立林分で痕跡確認がないため、分断がリスの移動を阻害しているとみられる。那珂川以南の調査地域では最も東側での生息確認地点であり、孤立林分での生息状況の把握には良い調査地である。また、この林分よりも面積が大きくアカマツの本数も多い林分にもかかわらず痕跡が確認できない林分もあるため、生息に必要な条件を把握するのに適している。

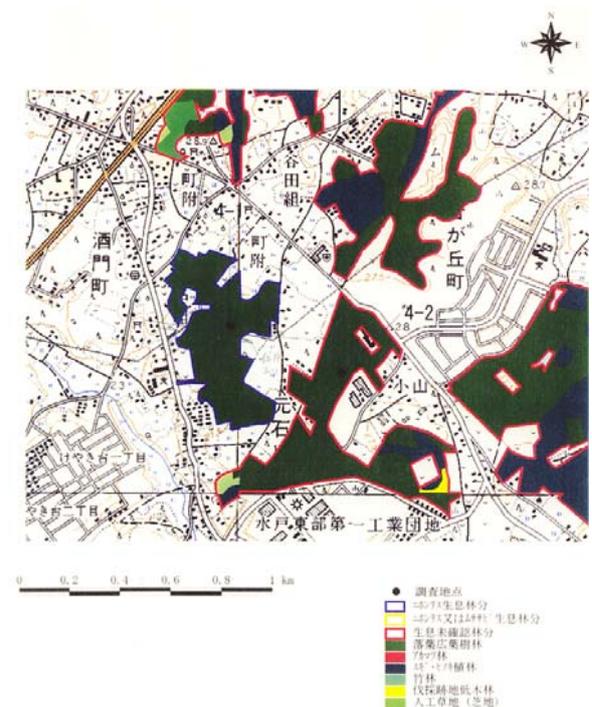


図 1 1 水戸東部工業団地林分

4. 3. 2. 方法

(1) 痕跡及び営巣状況のモニタリング

①友部町大古山林分

林分内のアカマツ調査木について 2001 年 7 月 ~ 2002 年 1 月に月 1 回、食痕の回収を行った。調査木は、東側林分ではスギ・ヒノキ植林内に散在するアカマツ 11 本、西側林分では 10m x 50m の調査区を設定し、調査区内のアカマツ 15 本とした。アカマツの食痕は、調査木の樹冠の下に落ちている食痕を全て回収した。なお、樹冠は 8 方位の枝張りを測定し、各方位を結んだ範囲とした。営巣状況については、林内を踏査し、巣とスギ剥皮の確認を行った。

②水戸東部工業団地林分

林内のアカマツ調査木について 2001 年 7 月～2002 年 1 月に月1回、食痕の回収を行った。調査方法については友部町の林分と同様に行った。

東側林分では、8 月に食痕を確認した 4 本のアカマツと、アカマツ林内において林冠移動が容易と推測した 2 本を加えて 6 本を調査木とした。西側林分では、林内に散在しているアカマツは 6 本のみであった。このため、全てのアカマツを調査木とした。

(2) 林分の変遷

調査地周辺の林分の変遷について、1974、1980、1986、1998 年の空中写真(国土地理院)より、植生図の常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、アカマツ林、スギ・ヒノキ林、竹林、伐採跡地低木林、植栽樹群を対象に林分図を作成した。なお、1998 年については、作成した林分図について、現地にて現在の状況を確認し、大規模な変化があった場所については林分図の修正を行った。

4. 3. 3. 結果

(1) 痕跡や営巣状況のモニタリング

①友部町大古山林分

2002 年 2 月時点での東側林分の林内におけるアカマツの総本数は 22 本で、4 本が枯死していた。西側林分では総本数 157 本で、28 本が枯死していた。また、両林分ともマツ枯れの進行が速く、調査木も東側で 3 本、西側で 1 本が調査期間中に枯死した。

リスによるアカマツの食痕は、調査期間を通して確認した。また、食痕は東側林分の方で多く確認した。アカマツ食痕以外では、クリの食痕を確認した。

林内踏査では、西側でスギ剥皮、古巣(7月)を確認したものの、現在使用中の巣などは両林分とも確認できなかった。

a. 東側林分

食痕数は 8 月が最も多く、総数 1030 個だった(表 3)。また、調査期間を通して調査木 No.1,2,4,5,11 の球果が多く採食されていた。

表3 アカマツ球果食痕数 (友部町大古山林分東側)

No.	計(2001.6.28)		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
	古	新								
1	51	0	57	296	125	93	42	242	23	21
2	4	2	54	462	134	144	50	104	24	4
3	19	0	2	6	4	4	5	2	5	0
4	14	3	18	51	30	35	12	5	7	2
5	11	68	43	77	62	100	68	39	69	35
6	5	1	2	0	7	7	18	8	0	47
7	0	0	2	7	6	4	2	0	-	-
8	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0
10	7	0	9	8	0	10	11	3	6	1
11	3	0	18	121	38	93	64	31	18	4
合計	123	74	207	1030	406	492	272	434	152	114

※古は古い食痕(2000年に結実した古い球果)
 新は新しい食痕(2001年に結実した球果)
 7～12月は約1ヶ月間に調査木で採食されたマツ球果数
 -は伐採により調査木消失

b. 西側林分

食痕数は 8 月が最も多く、総数 276 個だった(表 4)。12 月以降は調査木の食痕数が顕著に少なくなり、2 月には、食痕は僅かしかみられなかった。

表4 アカマツ球果食痕数 (友部町大古山林分西側)

No.	計(2001.6.28)		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
	古	新								
1	0	0	7	3	1	4	0	0	0	0
2	6	0	4	6	1	7	1	1	1	3
3	3	0	2	6	1	1	0	0	2	0
4	0	0	10	14	14	5	1	0	0	0
5	5	0	12	30	21	7	5	2	0	0
6	21	0	6	79	26	18	14	6	3	2
7	9	0	1	11	9	6	11	3	0	0
8	0	0	1	6	2	3	0	1	0	0
9	1	0	0	2	2	1	1	0	0	0
10	3	0	4	11	4	6	1	2	1	0
11	8	1	1	77	31	20	3	1	7	0
12	1	0	9	20	19	0	1	1	0	0
13	17	0	0	3	0	0	0	1	0	0
14	2	0	1	8	9	1	3	0	1	0
15	6	0	1	29	6	5	5	4	1	0
合計	82	1	59	305	146	84	46	22	16	5

※古は古い食痕(2000年に結実した古い球果)
 新は新しい食痕(2001年に結実した球果)
 7～12月は約1ヶ月間に調査木で採食されたマツ球果数

②水戸東部工業団地林分

東側の林分は枯死木が多く、調査木以外のアカマツでは、調査期間中に枯死したのも数本みられた。2002 年 3 月現在、調査木付近のアカマツは 28 本で、そのうち 10 本は枯死していた。また、林分内の他の場所ではアカマツは 1 本のみを確認した。

西側の林分は 2001 年 8 月以降、調査木に隣接する林分の一部が伐採された。このため、調査林分は北側と南側の林分に分割された。調査木以外に林内にまとまって存在するアカマツは、北西側のスギ林内に 6 本、林分の南西側に 7 本(3 本枯死)であった。このうち、北西側のスギ林内のアカマツと調査木で食痕を確認した。また、調査木付近でクリの樹上貯食を確認した。

林内踏査では、両林分とも巣やスギ剥皮などの痕跡は確認できなかった。また、調査林分の南側の、水戸東部工業団地内にアカマツ林を踏査したが、調査林分とは道路で分断されており、痕跡も得られなかった。

a. 東側林分

8 月に食痕を確認したが、その後はほとんど確認していない(表 5)。林分面積は西側より大きい、林分内の他の場所でも痕跡は確認できなかった。

表5 アカマツ球果食痕数 (水戸東部工業団地林分東側)

No.	計(2001.7.4)		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
	古	新								
1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	7	0	2	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	19	2	2	0	0	0	0

※古は古い食痕(2000年に結実した古い球果)
 新は新しい食痕(2001年に結実した球果)
 7～12月は約1ヶ月間に調査木で採食されたマツ球果数

b. 西側林分

調査期間を通して食痕を確認した。食痕数は 8 月が最も多く、総数 223 個だった(表 6)。採食は No.2 の木に集中していた。しかしながら、12 月には調査木で食痕は確認できなかった。また、調査木の食痕数の少な

った 1 月には、北西側のスギ林内にあるアカマツに新しい食痕を確認した。

表 6 アカマツ球果食痕数
(水戸東部工業団地林分西側)

No.	サト(2001.6.28)		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	単位:個
	古	新									
1	0	0	17	9	1	2	1	0	0	0	0
2	10	0	94	199	33	27	17	0	9	4	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0	0
6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	12	0	115	223	34	29	18	0	9	4	

※古は古い食痕(2000年に結実した古い球果)
新は新しい食痕(2001年に結実した球果)
7~12月は約1ヶ月間に調査木で採食されたマツ球果数

(2) 林分の変遷

① 友部町大古山林分(図12、表7)

調査林分の西側にある国道 355 号線(宍戸バイパス)は、1974 年に建設中で、既に調査林分と西側の山地は分断されていた。調査林分周辺でその他の大きな変化はみられなかった。ただし、部分的な伐採と植林が繰り返されていたため、調査林分周辺の林分状況は各年代で若干異なっていた。

調査林分では 1986 年以降に西側林分の一部が伐採され、裸地と草地になっている。また、2002 年 1 月に調査林分全域でアカマツ枯死木の伐採が行われ、東側林分のアカマツ林は消失した。

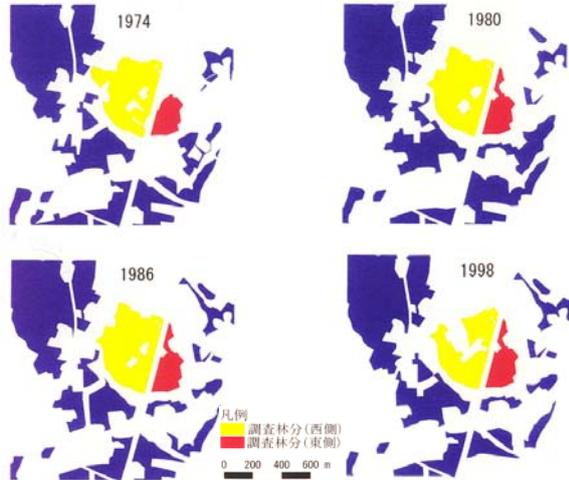


図 12 友部町大古山林分の変遷

表 7 友部町大古山林分の林分面積の推移

	単位: ha			
	1974	1980	1986	1998
全林分	69.8	74.9	69.7	64.5
東側林分	3.5	4.2	4.2	4.2
西側林分	12.6	13.4	13.7	9.7

*面積は図12から算出
全林分: 図12の全ての林分の面積合計
東側林分: 図12の赤色の林分
西側林分: 図12の黄色の林分

② 水戸東部工業団地林分(図13、表8)

調査林分の周辺では、東側の林分が、宅地化により林分の孤立と消失が起きていた。この消失した林分の一

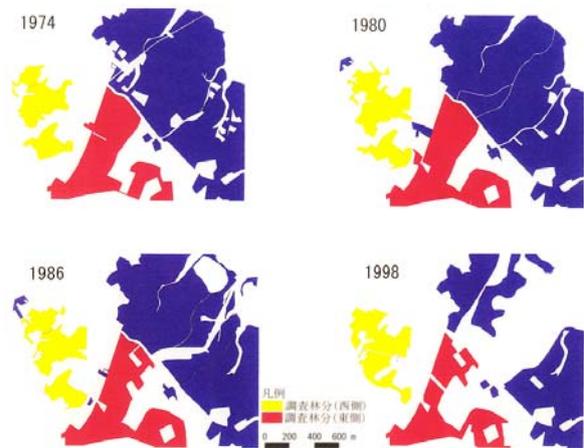


図 13 水戸東部工業団地林分の変遷

表 8 水戸東部工業団地林分の林分面積の推移

	単位: ha			
	1974	1980	1986	1998
全林分	121.1	134.6	121.5	83.6
東側林分	27.2	29.2	27.0	22.2
西側林分	13.4	15.8	14.9	13.8

*面積は図13から算出
全林分: 図13の全ての林分の面積合計
東側林分: 図13の赤色の林分
西側林分: 図13の黄色の林分

部は 1974 年時にはアカマツ林であった。現在、この調査範囲内の林分には、まとまったアカマツ林は存在せず、アカマツはスギ、ヒノキ植林内や林縁部に少数が散在するのみであった。調査林分においては、部分的な伐採と植栽のため、各年代で、林分の形状や面積が異なっていたが、大規模な林分の消失などの変化は確認できなかった。しかしながら、2001 年 8 月には西側林分において送電線に沿って伐採が進行中で、生息林分の分断、縮小が起きている。

4. 3. 4. 考察

① 痕跡や営巣状況のモニタリング

リスの行動圏の大きさは、餌の質・量や生息環境によって異なるが、オスで約 20 ~ 30ha、メスで約 10ha と推定され、成熟メスは互いに排他的に分布している²⁵⁾。調査林分の面積は、友部町大古山林分東側が 4.4ha、西側が 8.7ha であり、水戸東部工業団地北側林分東側は 26.3ha、西側が 18.0ha である。これらの林分に生息可能なメスは最大でも 2 頭と推測されるため、生息個体数も少ないと推測される。

① 友部町大古山林分

今回の結果から、調査林分内のリスは恒常的に生息していると推測されるが、実証するためには、年間を通したデータの収集が必要である。調査林分のリスは、面積が約 10ha あり、アカマツの本数も多い西側林分を主要な生息地にしていると推測される。この林分では、12 月

以降に調査木の食痕数が顕著に減少している。しかしながら、12月の踏査で、調査木以外のアカマツ2本で30個以上の新しい食痕を確認しているため、林分内のアカマツを恒常的に採食していると推測される。東側林分では面積が10ha未満で、主要食物のひとつであるアカマツの本数が少なく、この林分のみで生息することは難しいと推測される。このことから、生息個体の行動圏は両林分を含んでいると推測されるが、実態の把握には餌条件など詳細な調査が必要である。

また、クリの食痕を確認していることから、両林分に隣接しているクリ林も餌環境として重要な役割を果たしている可能性がある。市街地においては、クリ園の存在もリスの生息に重要や役割を果たしている可能性がある。

②水戸東部工業団地林分

東側林分は、2000年10月～2001年1月の痕跡調査で生息痕跡を確認できなかったが、2001年7月～2002年1月調査では8、9、10月にアカマツ食痕を確認した。しかしながら、7月以前と11月以降は食痕が確認されず、調査木以外のアカマツでも食痕がみられていないため、リスは恒常的には生息していないと推測される。また、食痕が一番多かった8月には西側林分の調査木付近で林分を分断する伐採作業が行われていた。この影響で、西側林分の生息個体が一時的に東側林分を利用した可能性もある。このため、東側林分について、リスが季節的に利用していることを検証するには、同調査を複数年実施する必要がある。

西側林分では、リスは恒常的に生息していると推測されるが、実証するためには、年間を通したデータの収集が必要である。また、13年度には林内の数カ所で伐採により林分の一部が消失し、林分の分断も発生した。林分内に生育するアカマツも少なく、今後の生息個体の存続が危ぶまれることから、生息個体の生態を調査して、保護対策を検討する必要がある。

(2) 林地の変遷

友部町大古山林分の生息個体は、1974年には既に孤立していたと推測される。そのため、調査範囲内における生息個体の孤立過程の把握には、1974年以前の林分状況を把握する必要がある。

水戸東部工業団地北側林分の周辺では、東側の林分において宅地化が顕著であったが、リス生息林分とは1974年当時から分断されていたため、生息個体に影響を及ぼしたとは考えにくい。また、生息林分においては、各年代での大きな変化は確認できなかったため、生息林分の孤立過程の把握には、1974年以前の林分状況を把握する必要がある。

今回の調査ではアカマツ林の状況を正確に把握でき

なかったが、両調査地とも調査範囲内に面積の大きなアカマツ林は存在しなかった。また、アカマツ林の大規模な衰退(消失)も確認できなかった。茨城県では、マツ枯れの原因であるマツノザイセンチュウが1971年に水戸市、那珂町で初めて確認されている²⁶⁾。これ以後1979年までに、県内の92市町村に拡大している²⁷⁾。このことから、アカマツ林の衰退過程も、1974年以前の資料により把握する必要がある。

友部町、水戸市の調査林分とも、13年度の調査中に林内のマツ枯れによるアカマツの伐採や、開発による林の伐採が行われ、生息環境が悪化してきている。周辺林分とのネットワーク造りによる生息環境の拡大や餌資源の増加など、早急に保護対策を講じて、貴重な生息域を維持する必要がある。

4. 4. アンブレラ種の選定

既存研究から得られた繁殖、休息場所、移動経路、移動能力、生活史、行動圏サイズ、社会構造の特徴に、本研究で行なった分布調査の結果を加えて、食肉目の在来種であるアナグマ、テン、キツネ、タヌキ、イタチとげっ歯目のリスについて、環境に対する要求性を評価し、要求性の高い種をアンブレラ種として選定した。

①繁殖、休息場所

アナグマは主として巣穴²⁸⁾、リスは巣²⁹⁾を利用するが、キツネやタヌキは子育て期のみ巣穴を利用し、藪や隙間を利用可能である⁸⁾。テンは樹洞や岩陰を利用する³⁰⁾が、イタチは河川敷のテトラポット間の隙間¹⁵⁾も利用する。したがって、アナグマとテン、リスの環境に対する要求性を高く評価した。

②移動経路と移動能力

アナグマ、タヌキ、キツネは地上を歩いて移動するが、アナグマとタヌキの移動速度は遅い^{31)、12)}。テンは樹上³⁰⁾、イタチは水系¹⁷⁾に沿った移動が可能であり、移動速度は速い。一方、リスは主に樹上を移動し、地上における移動能力が低い²⁹⁾ため、林冠の分断に脆弱である。したがって、アナグマ、タヌキ、リスの環境要求性を高く評価した。

③生活史

アナグマは、冬眠のために、冬期に継続して利用可能な巣穴を必要とするため、環境要求性を高く評価した。

④行動圏サイズ

各種の行動圏は、アナグマが10～200ha^{11)、28)}、タヌキは10～160ha^{11)、12)、32)}、キツネは10～2000ha^{8)、33)}、イタチは1～15ha^{14)、15)、17)}、テンは10～230ha^{5)、6)}、リスは10～33ha²⁹⁾である。行動圏面

積の狭いイタチとリスの環境要求性を高く評価した。

⑤社会構造

アナグマ、イタチ、テン、リスはソリタリーである⁵⁾、²⁸⁾、³⁴⁾、³⁵⁾ ため、メスの行動圏が狭く、子育てに特別な環境を必要とすることが考えられる。キツネは母系社会であるが、餌環境が貧弱な場合はヘルパーなしで母親が1人で子育てを行なう³⁶⁾。タヌキは雌雄ペアで子育てを行ない、子育てに環境要因が影響しにくい³⁷⁾。したがって、タヌキ以外の5種の環境要求性を高く評価した。

以上の結果に、水戸地域における各種の分布状況の評価を、丘陵、農耕地、都市緑地に分けて、非生息及び生息が部分的なところを高く評価して追加し、合計点数を求めたところ、アナグマとリスは6点、キツネとテンが4点、イタチが3点、タヌキが1点となった(表9)。このことから、本研究におけるアンブレラ種として、アナグマ、リス、テン、キツネの4種を選定した。

表9 アンブレラ種を選定要因

	アナグマ	タヌキ	キツネ	イタチ	テン	リス
繁殖・休息場所	巣穴	藪、巣穴、隙間	巣穴、藪	隙間	樹洞や岩陰	巣
移動経路	地上	地上	地上	地上、水系	地上、林冠	林冠(地上)
移動能力	低い	低い	高い	高い	高い	地上では限界者
生活史	冬眠					
行動圏サイズ(ha)	10~200	10~100	20~1000	1~10	10~230	10~33
社会構造	ソリタリー	ペア	母系集団	ソリタリー	ソリタリー	ソリタリー
分布:丘陵	生息	生息	生息	生息	生息	生息
分布:農耕地	非生息	生息	部分的に生息	生息	非生息	部分的に生息
分布:都市緑地	非生息	生息	非生息	部分的に生息	非生息	非生息
合計	6	4	4	3	4	6

空白は環境に対する要求性が高いと考えられる要因

5. DNA解析による地域個体群の遺伝的構造の把握

分子生物学的手法は、遺伝子や遺伝子プールにエンコードされた情報の歴史的な推論に効果をあげている。保全生態学の分野でも、地域個体群の構造や個体群間の遺伝的交流の有無を把握するために、行動調査と並行して遺伝的解析が行われるようになってきている³⁸⁾。

日本の哺乳類では、DNA解析は1990年代より本格的に取り入れられた。しかし、遺伝的研究で用いられる分子学用語や実験室の手法は、地域計画を作成する行政にとってはなじみのないものである。

本研究ではまず第一に、保全生態学を視点において遺伝的手法や既存情報を整理した。次に、水戸地域に生息する食肉目イタチ科のアナグマ、テン、イタチ、ニホンリスの遺伝的特徴について検討し、生態的回廊の設置における遺伝的解析の抱える問題点や課題について論じることとした。なお本研究は、食肉目については北海道大学 先端科学技術共同研

究センター遺伝的多様性研究室、ニホンリスについては石巻専修大学大学院理工学研究科と共同で実施した。

5. 1. 遺伝的劣化のメカニズムとDNA解析法

遺伝的劣化とは、遺伝的な均一化による、生息環境の変化(生息地の破壊、分断化、伝染病の蔓延、自然災害などの環境攪乱等)に対する適応の柔軟性の喪失である³⁹⁾。食肉目では、タンザニアのゴロンゴロクレーターのライオンに見られるような近親交配による近交弱勢⁴⁰⁾ ⁴¹⁾ や、イリオモテヤマネコに見られる遺伝的浮動による集団内の遺伝的多様性の減少⁴²⁾ が知られている。

DNA解析を用いると、集団内の遺伝的変異量や集団間の遺伝的相違が明らかになる。分析に用いられる遺伝的マーカーの種類は、大別してタンパク多型、核遺伝子の超可変多型(ミニサテライトDNA)、核遺伝子の超可変多型(マイクロサテライトDNA)、核外遺伝子(ミトコンドリアDNA)である。

①タンパク多型

アロザイムなどの多型をスターチゲルなどを用いた電気泳動によって検出。ランニングコストは安価。食肉目の遺伝子座のうちで多型のあるものは20%程度、またヘテロ接合度も6%程度。遺伝的変異量や遺伝的交流の推定にはたくさんの遺伝子座について調べる必要がある。サンプルは肉片である。

②核遺伝子の超可変多型(ミニサテライトDNA)

核遺伝子には、数十個の塩基が反復している領域があり、その反復回数に個体差(多型)が見られる。ゲノムDNAを制限酵素で切断後、アガロースゲルを使った電気泳動を行い、放射性物質でラベルしたプローブをハイブリダイズさせることにより多型を検出することができる。プローブの種類にもよるが、一般的には、複数のDNA領域の反復配列を同時に検出できる。サンプリングは血液(10cc以上)または組織。

③核遺伝子の超可変多型(マイクロサテライトDNA)

ミニサテライトよりも反復ユニットが短く(数塩基)、PCR法によってターゲットとする領域を増幅させ、アクリルアミドゲルを使った電気泳動で分離する。遺伝子座ごとの解析が必要。複数の遺伝子座によって、集団内の遺伝的変異および血縁関係の推定、個体識別が可能。サンプリングは骨、毛根、糞からも可能。

④核外遺伝子(ミトコンドリアDNA)

ミトコンドリアDNA(mtDNA)は遺伝子組み替えがなく、母系遺伝する。塩基配列を解析することによ

て、集団の遺伝的交流、交雑といった歴史的な背景を推定することができる。核遺伝子に比べて塩基置換速度が速いため、種内の集団間や近縁種間の分岐年代を推定するのに理想的なマーカー。PCR産物を用いて直接塩基配列を決定することができる。サンプリングは毛根などでも可能。

集団内の遺伝子すべてについてその変異を検出することは到底不可能である。また、研究対象となる集団は、生息数が少ない可能性もあるため、なるべく潜在的な多様性の大きい遺伝子マーカーを選択し、しかもサンプリングにおける生体へのストレスを軽減する必要がある。また、フィールドワークによって得やすいという点からは、多量の生体サンプルを解析に必要とするミニサテライトDNAは分析に使用できるサンプル数が小さくなるばかりか、捕獲という研究作業自体が絶滅促進要因になりかねない。したがって、体毛、糞、死体、標本等の微量あるいは劣化したサンプルを用いた解析方法とマーカーを選ぶ必要がある。このような条件を満たす遺伝子マーカーは、現在のところ、ミトコンドリアDNAとマイクロサテライトDNAである。

5. 2. 水戸地域における遺伝的解析の位置づけ

水戸地域には、イヌ科2種（キツネ、タヌキ）、イタチ科3種（アナグマ、テン、イタチ）の計5種の食肉目在来種が生息する。イタチ科3種のうち、アナグマとテンは西部丘陵地域の一部にのみ生息し、イタチは水戸市とひたちなか市の市街地を除く全域に分布する。食肉目5種の中からアンブレラ種として選定されたアナグマとキツネ、テンについての、本研究における遺伝的解析の役割は、哺乳類の回廊の設置に関わる科学的根拠を導くことである。分散個体の移動パターンなどの行動学的な情報を用いれば、個体群の交流可能な距離についての知見を得ることは可能である。しかし実際には労力的に困難であり、しかも寿命が長く世代交代の遅い哺乳類では、長期の研究期間を必要とする。また、狩猟や農作物被害などの人間との関わりにおいて認識されやすい、判別の容易な大型哺乳類は、聞き取りによって過去の生息状況を把握することが可能である。しかし体格や毛色の似たタヌキとアナグマや、テンとイタチでは、正確な情報を把握することは困難である。

遺伝的解析を用いれば、短期間で過去や現在の種内の遺伝的交流のパターンを明らかにすることが可能である。ソース個体群とシンク個体群それぞれについての遺伝的劣化の程度や分断の有無を判定し、生態学的情報とのオーバーレイから生息地の有する

問題点を明確化する。その原因が人為的に生じている場合は、ソース個体群から得られた情報を活用して、生息地の質の改善や周辺の個体群と連結するための移動経路を確保する⁴³⁾。逆に、地理的要因などにより分断されている個体群同士は、ネットワークによって連結する必要はない。これは個体群の歴史の変遷を知ることによって明らかになる。具体的には、遺伝的距離と地理的距離には差がないという仮説のもとに、位置情報とハプロタイプの分岐関係図を比較することによって推定する。

水戸地域のアナグマやテンのように、地域の一部にのみ生息する種では、生体サンプルを得るための捕獲作業が個体群に影響を与える可能性が高いため、糞やロードキル死体からのサンプリングを行なっている（図14）。水戸に限らず、生態ネットワークや回廊設計で注目種に設定される種は、生息状況が悪化している場合がほとんどであるものと思われるため、生体からのサンプリングは困難であることが想定される。近年の技術更新は、このような劣化の著しいサンプルの種、性判定を可能にしている。したがって遺伝的解析は、個体群の地域差や個体差を明らかにするだけでなく、メスすなわち繁殖個体の存在や、おおまかな行動圏についての情報を把握することも視野に入れて行なうこととした。

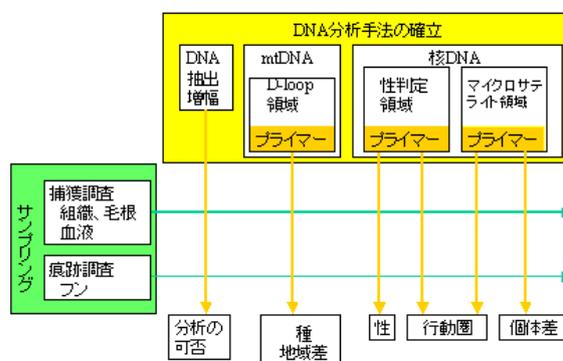


図14 食肉目のDNA解析イメージ

5. 3. イタチ科3種の遺伝的特徴

イタチ、テン、アナグマの3種を対象に分析を進めている。イタチについては、mtDNAのコントロール領域（約600塩基）、テンとアナグマではmtDNAのチトクローム（bCYT-b）遺伝子（1,140塩基）の塩基配列を比較し、日本国内における地理的変異を検出した。

イタチにおいては、本州とその周辺の島からなる北日本系列、および、九州・四国とその周辺の島からなる南日本系列で明瞭な遺伝的分化を見出した。それぞれの系列内で地理的特異性遺伝も検出さ

れた（未発表データ）。

また、テンとアナグマにおいては両種とも地理的特性はある程度は見られたが、地域集団間の遺伝的距離と分布地域の地理的距離との間に相関関係（クライン）は求められなかった⁴⁴⁾、⁴⁵⁾。よって、mtDNAデータに基づいて、水戸地域内におけるイタチ科3種の地理的変異を検出するには一塩基多型などの詳細な遺伝的変異に着目していく必要がある。さらに、高多型性のマイクロサテライトDNAを進める必要もある。

5. 4. 水戸地域におけるニホンリスの遺伝的解析

リスは、生息林分の分断・孤立によって地域的な個体群の絶滅が懸念されている。水戸地域においても、連続した森林の減少、道路や構造物による森林の断片化、マツ枯れによる餌の消失と森林のギャップが進んでおり、リスの生息にも何らかの影響が起きていると考えられる。そこで、水戸地域での孤立林におけるリスの分布を明らかにするための一助として集団の遺伝的構造を調査した。

遺伝的解析には、個体群の地域差や個体差を検出するための遺伝的マーカーが必要となる。mtDNAマーカーでは母系のみの家系構造、種の違いを見ることができる。核DNAマーカーでは地域個体群の遺伝的特徴と個体差をみることができ、個体識別、個体の移動の把握や親子判定などに使用することが出来る。本研究では、mtDNAと核DNAマーカーの双方を用いて、リスを対象とした基礎的調査を行った。

5. 4. 1. 方法

(1) DNAサンプルの検討

DNA分析サンプルとしては、組織サンプルである耳の先端約1mmを用いた。さらに、リスの個体をなるべく傷つけずにサンプリングできる毛、食痕、糞などでDNA分析が可能であるかサンプリング方法の検討を行った。捕獲をした際に採取可能である血液、唾液、尿を使用してのDNA分析の可能性についても検討を行った。

(2) DNA分析への取り組み

本研究では、リスの遺伝的変異を見るために、mtDNA CYT-b遺伝子（全長1,140bp）とD-loop領域（全長1,059bp）の塩基配列全長、核DNAとしてマイクロサテライト領域の3種類の遺伝子マーカーを用いて遺伝的多様性の解析を行うことを目標として取り組んだ。

マイクロサテライトマーカーは、マーカーが種に特異的であること、新たに開発する場合の費用と労力を必要とすることが短所である。しかし、この問

題点が解決できれば、多くの多型性をもつ有用な遺伝子マーカーを得ることができる。リスの遺伝的多様性を測れるマイクロサテライトマーカーはまだない。そこで、まず初めにマイクロサテライトマーカーの確立を目指した。既存のマーカーが使用できれば、開発の費用と労力を削減できるだけでなく、ニホンリスの多型性をみる上でも多くのマーカーを使用できることとなる。同属であれば異なる種でも共通のマイクロサテライト遺伝子座が存在する可能性があることから、リスと近縁種とされているキタリス (*Sciurus vulgaris*) で報告されているマイクロサテライトマーカー⁴⁷⁾、⁴⁸⁾ を使用して、ニホンリスの多型解析に利用できるか検討した。また別な試みとして、遺伝子クローニング用いてニホンリス独自のマイクロサテライトマーカーの開発を行った。

5. 4. 2. 結果

(1) DNAサンプルの検討結果

毛根なしの毛、血液、唾液、尿のいずれからもPCR法により増幅した増幅産物をアガロースゲル電気泳動によって確認し、DNA分析サンプルとして使用できることが確かめられた。しかし、食痕からは増幅産物が確認できなかった。この理由としては、DNA抽出時に、DNA以外の夾雑物が多いこと、食痕に付着する唾液の量が少ないことが考えられる。

(2) 遺伝的多様性の解析結果と考察

①mtDNA CYT-b 遺伝子の塩基配列全長の比較

ひたち海浜公園で捕獲したオス3個体、メス1個体と各地域から集めたリス14個体について塩基配列全長を決定し、解析を行った。この結果、CYT-b 遺伝子全長内には、30の変異箇所があった。ひたち海浜公園の4個体中には、2個のハプロタイプが存在した。各地域の個体は、1個体ごとに1つのハプロタイプが確認された。

②mtDNA D-loop領域の塩基配列全長の比較

ひたち海浜公園で捕獲したオス3個体、メス1個体と各地域から集めたリス14個体について塩基配列全長を決定し、解析を行った。この結果、D-loop全長内で65の変異箇所があり、15個のハプロタイプがあった。このうち、ひたち海浜公園に生息している4個体では、1つのハプロタイプしか存在しなかった。東京都多摩森林科学園（37.5ha）では、D-loop領域の約500塩基内で、20個体中5個のハプロタイプがあることが報告されている⁴⁸⁾。しかし、ひたち海浜公園内の母系家系の遺伝的多様性が下がっていると、直ちに結論づけることは困難である。

mtDNAの2領域について、地理的に明確なクラスタ

一は認められなかった（相関係数 CYT-b 遺伝子：0.026、D-loop領域：0.055、 $P < 0.05$ 、図15）。これまでの研究からもリスでは、地域的にはっきりとした遺伝的分化は見られず、一つの大きな集団を示すことが示唆されている⁴⁹⁾。ひたち海浜公園の4個体についても他地域と大きな違いは見られず、孤立している集団にみられる遺伝的な分化は認められなかった。

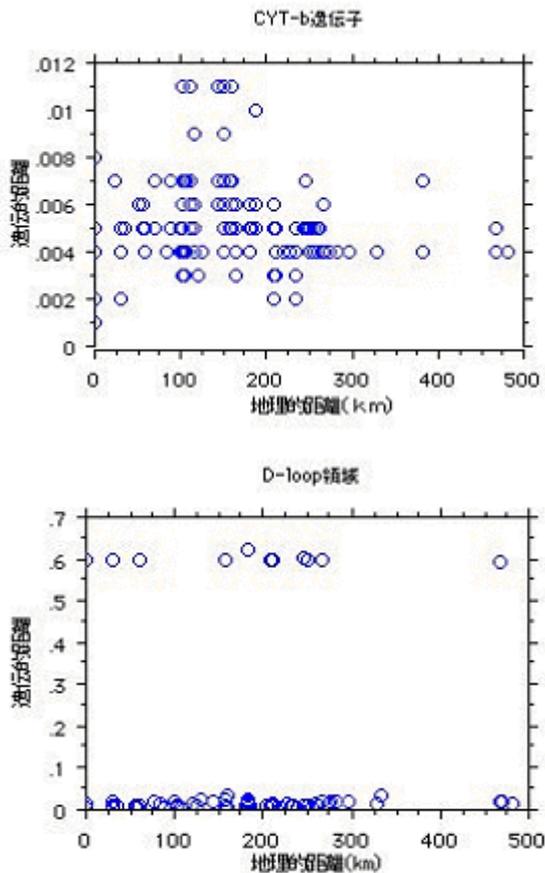


図15 地理的距離と遺伝的距離の相関

③マイクロサテライトマーカー開発と多型性分析

文献からの引用によるキタリス19個のマイクロサテライトマーカーについて分析条件、ならびにリスでの多型性の存在について検討した。その結果、14個のマーカーがリスの遺伝子分析に使用できることを確認した。

ニホンリス用のマイクロサテライトマーカーの開発では、石巻専修大学理工学部 柴田清孝博士らの協力を得て、遺伝子クローニングによって20個のプライマー組み合わせを設計し、分析条件ならびに多型性の存在について検討を行った。10個体のニホンリスを分析した結果、多型性があり遺伝子分析に使用可能な13個のニホンリスマイクロサテライトマ-

ーカーの開発に成功した（柴田ら、投稿中）。よって、本研究により、リスの遺伝分析に対して、27個のマイクロサテライトマーカーが使用可能であることが分かった。

イギリスのアカリスでは、4個のマイクロサテライトマーカーを使用して地域個体群の遺伝的解析を行っている⁵⁰⁾ことから、リスのマイクロサテライトマーカーが27個確認されたことは、今後のリスの遺伝的解析を行っていく上で十分な量のマーカーを得ることができたと考えられる。

5. 4. 3. 考察

今回の調査・研究によって、リスの遺伝的多様性に関する基礎的データが得られた。イギリスに生息しているアカリスでは、分断化した森林をつなぎ、生息環境の保全などに取り組み、数十年後、リスの生息地が拡大し、遺伝的構造も変化した事例が報告されている⁵⁰⁾。現在、ひたち海浜公園では周囲の環境との交流がなく孤立状態である。遺伝的多様性がある程度保持されていても、今後、自然状態で他地域からの個体に移入してくることや、遺伝的交流が起こるとは考えにくく、遺伝的多様性が減少していくのは時間の問題であると考えられる。生息環境の悪化（アカマツ枯れによる食物の減少や伐採による森林の断片化など）や遺伝的劣化によりニホンリスが生息しなくなる前に、人為的な環境保全が必要であると考えられる。

今回、新たな遺伝子マーカーが開発されたことにより、リスの生態遺伝学的研究を効率的に進めることが可能となった。今後は、捕獲調査、ロードキル遺体の回収などにより、地域集団のDNAサンプルを集積して、より詳細な生態遺伝学的研究を進める必要がある。

6. 集中調査地域における地域個体群の環境選択の調査

6. 1. キツネの食性調査

6. 1. 1. 方法

水戸地域のキツネの生息環境として必要なランドスケープエレメントの質と分布を明らかにするために、食性の特徴と、主食の有無、人為的要因との関わりについて把握した。

調査は、ひたち海浜公園と水戸地域西部の2地域で収集した糞の分析により実施した。

- ①ひたち海浜公園：調査地域東部の海岸部の大規模な孤立緑地（面積約350ha）。1999年1月～12月に、踏査ルートを設定し、キツネの

糞(n=82)を収集した。

②水戸地域西部：調査地域西部の笠間市、常北町を中心とした里山的環境。1999年12月～2000年1月の、分布を調べるための悉皆調査の際に、キツネの糞(n=19)を収集した。

収集した糞は、目合1mmのふるいを用いて1リットルの水で水洗し、残渣と洗浄水にわけた(図16)。残渣の構成物をシャーレにあげ、哺乳類、鳥類、昆虫類、植物、人為物の大まかなカテゴリーに同定した。カテゴリー分けされた項目のうち、哺乳類については、イカリ消毒株式会社⁵¹⁾を参考に、体毛の透過標本を作成し、200～400倍で鏡検して種同定を行った。また昆虫類については、専門家に依頼して種同定を行った。人為物についてはその内容を記録した。

洗浄水は1リットルのピーカーにあって15分間静置し、沈殿物と上澄み液に分けた。沈殿物15mlをシャーレ上にとり、顕微鏡(30倍)を用いて、ミミズの剛毛の有無を調べた。

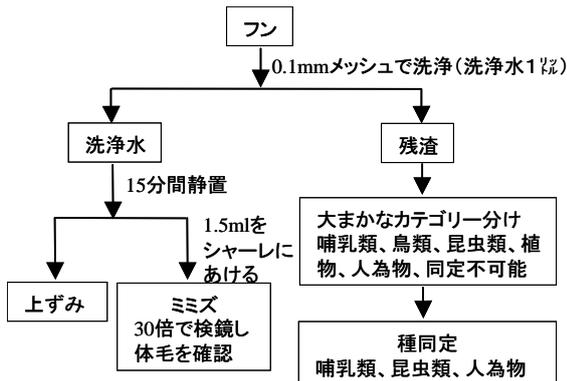


図16 キツネの糞分析の手順

6. 1. 2. 結果

(1) 食性の特徴

①ひたち海浜公園(図17)

春(3～5月)：人為物が28%、哺乳類が24%と、最も高い出現頻度を示した。次が鳥類、ミミズ、果実(いずれも17%)であった。

夏(6～8月)：昆虫の出現頻度が70%と最も高く、次がミミズで35%、果実が30%であった。人為物は5%、哺乳類は15%と春より低い値だった。

秋(9～11月)：昆虫の出現頻度が44%、ミミズは25%と期間内で最も高い値を示したが、いずれも夏と比較すると低下した。

一方、哺乳類は25%と、夏と比較して増加した。果実は利用されていないなかった。

冬(12～2月)：哺乳類の出現頻度が40%、果実が33%と、いずれも一年を通して最も高い値を示したが、人為物の出現頻度は53%と、期間内で最も高く、冬は依存が最も高くなるものと考えられた。

②調査地域西部(図17)

12月～2月の調査期間では、哺乳類の出現頻度が74%と最も高く、同時期のひたち海浜公園と比較すると3倍近い値を示していた。哺乳類の次が果実(53%)であり、その半分以上がカキ(*Diospyros kaki*)であった。ひたち海浜公園のキツネには、カキの利用は見られなかった。同時期のひたち海浜公園と比較すると、鳥類、昆虫類の利用は見られたが、ミミズの利用は見られなかった。

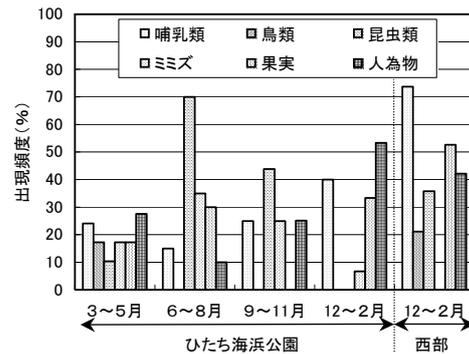


図17 キツネの食性出現頻度

(2) 種同定の結果

①哺乳類

- ・ノウサギ(*Lepus brachyurus*)

水戸地域西部で冬期に利用されていたが、ひたち海浜公園はノウサギの生息が確認されているにもかかわらず、利用されていないなかった。

- ・ハタネズミ(*Microtus montebelli*)、アカネズミ(*Apodemus speciosus*)、アズマモグラ(*Mogera minor*)

ハタネズミは、両方の地域で冬に利用されていたが、アカネズミとアズマモグラは水戸西部地域のみ出現した。

- ・その他

ドブネズミ(*Rattus norvegicus*)、ハツカネズミ(*Mus norvegicus*)、ネコ(*Felis catus*)が同定された。

②昆虫類

ひたち海浜公園では、アトボシアオゴミムシ(*Chlaenius naeviger*)、アオオサムシ(*Carabus insulicora*)、マメコガネ(*Popilla japonica*)、ヒメコガネ(*Anomala rufocuprea*)、カナブン(*Rhomborrhina japonica*)、サビキコリ(*Agrypnus binodulus*)などの甲虫目の種が5~8月に出現した。また、冬期には、ひたち海浜公園では昆虫類の利用は見られなかったが、水戸地域西部では、甲虫目のウバタマムシ(*Chalcophora japonica*)が利用されていた。他には直翅目のコオロギ科(*Gryllidae sp.*)、キリギリス科(*Tetridoniidae sp.*)、バッタ科(*Acrididae sp.*)の利用が見られた。

③人為物

人為物では残飯・生ゴミ由来と考えられる食物と、食物以外のものが出現した。

ひたち海浜公園では、すべての季節において、一つの糞に人為物のみが出現した割合が100%近い値を示した。一方、水戸地域西部では、そのような糞は見られなかった。食物以外の項目としては、アルミホイル、プラスチック片、ビニール片、紙、輪ゴムが出現した。

6. 1. 3. 考察

(1) キツネの食性の特徴

水戸地域においては、西部ではノウサギやネズミ類が利用されていることが明らかになった。しかし同時に果実、人為物、昆虫も広く利用する雑食性が高い特徴を示した。この理由として考えられるのは、水戸地域の開発が進み、ノウサギの生息地の条件である、餌植物が豊富で隠れ場所の多い林や草原⁵²⁾が減少しており、利用可能量が少ないことが考えられる。

キツネの餌動物の利用可能量に影響する人為的な要因の存在については、ひたち海浜公園の結果においてさらに極端な傾向を示した。哺乳類の餌としての利用が少なく、ハタネズミなどのネズミ類のみが利用されていたのは、ひたち海浜公園が孤立緑地であることと無関係ではないと考えられる。

本調査では、ドブネズミやネコなどがキツネによって利用されていることが明らかになったが、排水溝や民家、農耕地などの人為的環境に生息するこれらの種は⁵³⁾、人為的な環境に接して生息するキツネが利用可能な種の一つであるものと考えられる。

このように、哺乳類の利用可能量に制限があると考えられる地域では、キツネは昆虫類やミミズ、果実を多く利用する食性を示すものと考えられる。

(2) キツネの人為的食物の利用

ひたち海浜公園では、昆虫や果実、ミミズの少ない冬や春には、人為物の利用が高い値を示していた。また、糞中に人為物の占める割合が極端に高かったことから、この地域のキツネには、1日の採食行動において、人為的な食物のみを利用する行動様式が存在することが推察される。一方、水戸地域西部では、人為物のみが含まれる糞は見られなかったため、キツネは人為的な食物を利用しながらも、自然環境の食物も利用する行動様式を持つことが考えられる。また、食物以外の項目として、アルミホイル、プラスチック片、ビニール片、紙、輪ゴムが出現した。これらは人為的な食物を採食する際に、一緒に摂取した結果と考えられるが、多量に摂取した際の個体への影響が懸念される。

(3) 水戸地域のキツネの主食及び人間との関わり

水戸地域のキツネは、生息地に対する人為的影響の少ない地域と比較すると、哺乳類のスペシャリストとしての採食特性を有するものの、人為的な環境の多少やその地域の土地利用に応じて、利用可能な食物をうまく利用する採食特性を示していた。しかし、ひたち海浜公園のキツネは、本調査地域におけるキツネの分布の最前線であることから、昆虫や果実、ミミズによって得られるキツネ個体群への栄養学的な効果は低い可能性がある。したがって、生息が可能であっても、繁殖が可能であるかどうかについて、今後研究が必要とされる。

6. 2. 食肉目3種の食性

水戸地域には在来種 5 種 (キツネ、アナグマ、タヌキ、テン、イタチ)、帰化種 1 種 (ハクビシン)、野生動物 2 種 (ノライヌ、ノネコ) の合計 8 種の食肉目が生息する。本州に普通に生息する在来種 5 種の食肉目は、食物資源はもちろんのこと、空間的、時間的にもその生息環境を分けて利用しているものと考えられる。しかし水戸地域では、食物資源に対し競合している可能性が高いものと思われる。本研究では、アンブレラ種として選定した 3 種 (キツネ、アナグマ、テン) のうちキツネとテンに注目し、その食性がアンブレラ種ではないタヌキと競合しているかどうかを調べた。

6. 2. 1. 方法

1999 ~ 2001 年の冬 (11 月 ~ 翌年 1 月) に収集したキツネ (n=10)、タヌキ (n=40)、テン (n=31) の糞を用いて食性分析を行った。収集した糞は、目合 1mm のふるいを用いて 1 リットルの水で水洗し、残渣と洗浄水にわけた。残渣の構成物をシャーレに

あけ、哺乳類、鳥類、昆虫類、植物、人為物のカテゴリにわけた。

6. 2. 2. 結果

3種はそれぞれ、哺乳類、鳥類、昆虫類（直翅目、鞘翅目）、果実を利用していた。人為物と同定できなかったものは、その他としてまとめた。両生類はいずれの種でも見られなかった（図18）。

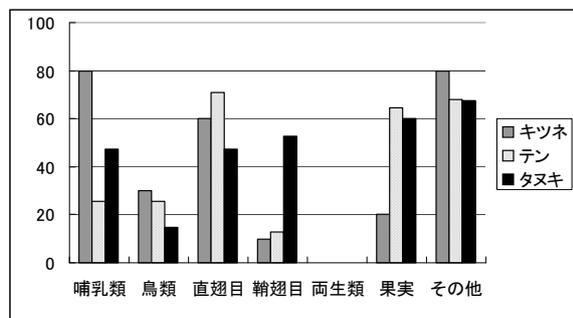


図18 水戸地域の食肉目3種の食性 (1999～2001年) 縦軸は出現頻度 (%)

哺乳類の利用は、キツネが最も多く80%を示し、これはキツネの餌の中で、最も高い頻度で利用されている食物項目であった。タヌキでは46%、テンでは26%を示した。鳥類は3種とも出現頻度が15～30%と少ない値を示したが、キツネとテンに比べて、タヌキは低い値を示した。

直翅目昆虫は、哺乳類と並んで高い出現頻度が得られた。3種中では、テンが最も高く71%を示し、テンの食物中最も高い頻度で利用されている項目であった。キツネにおいても直翅目昆虫の利用頻度は哺乳類の次に高く、60%を示した。タヌキでは48%を示し、これは哺乳類の利用頻度と同じであった。鞘翅目昆虫の利用は、キツネとテンではそれぞれ10%、13%と低い値を示したが、タヌキでは53%と突出して高い値を示した。

果実の利用は、キツネでは20%と低かったが、テンでは65%を示し、テンの食物では直翅目昆虫と並んで、高い利用が認められた。タヌキによる果実の利用も高く、60%を示し、これはタヌキの食物中、最も高い頻度で利用されている項目であった。

これらの結果を種別にまとめると、キツネは哺乳類とバッタなどの直翅目、テンは直翅目と果実が高い出現頻度を示した。タヌキはコガネムシなどの鞘翅目がキツネやテンと比較して高かったものの、哺乳類、果実、直翅目いずれの項目も50%程度の出現頻度を示した。

6. 2. 3. 考察

本研究でアンブレラ種として選定したキツネとテ

ンは、主に哺乳類、直翅目昆虫、果実を食物として利用していたが、キツネは哺乳類、テンは果実をそれぞれ高頻度で利用しており、これらの項目における2種の競合は低いものと考えられる。一般に、キツネは雑食の度合いが高く、その食性は地域的な食物種の変化、豊富さ、摂取しやすさを反映するといわれる。今回の調査では、キツネのサンプルは、水戸地域西部の丘陵部で収集されたが、2000年の水戸地域東部海岸地域の調査⁵⁴⁾では、キツネは人為物を大量に摂取していたことが報告されている。丘陵部は海岸部と比較して、ネズミ類などの小型哺乳類の種構成が豊富でその利用可能量が高く、さらにノウサギなどの中型の餌食物も生息していることから考えると、これらの種の捕獲能力に優れたキツネが、哺乳類を最も多く利用していたことは、餌食物の利用可能量を反映したものと考えられる。

一方で、テンは雑食の度合いが強いが、多くの地域で果実、小型哺乳類、昆虫類が最も重要で優位的な食物であり、果実の利用が特に多く見られるとされている⁵⁵⁾。本調査で、テンが果実を特に多く利用していたことは、この一般的傾向に従っていた。また、直翅目昆虫の出現頻度がキツネよりも若干高い値を示したことは、タンパク源である動物質の食物の供給源として、水戸地域のテンにとって、哺乳類よりも直翅目昆虫の方が利用しやすかったことが考えられる。山本⁵⁵⁾は、長野県入笠山でテンとキツネの食性を研究し、冬期にテンの哺乳類の利用が低いことを報告している。本調査の結果もこの内容を支持するものであったが、キツネはノウサギの利用も可能であることを考えると、テンの哺乳類の利用はネズミ類に限られていることが2種の哺乳類の利用頻度の差に反映された可能性が高い。したがって、キツネとテンの間では、小型哺乳類と直翅目昆虫において、競合がある可能性が考えられる。

このように、キツネとテンの哺乳類の利用が、小型哺乳類の利用可能性に影響されていることは、タヌキとキツネにもあてはまる。本研究で、哺乳類の利用はタヌキがテンよりも高い値を示したことから、タヌキもまたテンと同様にノウサギの利用は困難であることから、小型哺乳類であるネズミ類をめぐる3種の競合の可能性が考えられる。そしてこの傾向は、直翅目昆虫の利用が3種いずれも高かったことから、この資源においても、3種間の競合が考えられるが、冬期前期(11～12月)に利用可能量が高くなる直翅目昆虫の場合、その利用しやすさが雑食性の3種の食性に反映されたと考えることもできるた

め、今後小型哺乳類の利用可能量について調査することで、さらに深い考察が可能になると考えられる。

次に、本調査では、果実をめぐるテンとタヌキが競合関係にある可能性も示唆された。しかし、果実は直翅目昆虫と同様に、冬期前期にその利用可能量が高くなるために、2種の食性に反映されたものと考えられるが、果実が少なくなる冬期前期に2種間の競合が起こることは避けられないものと考えられる。特に、テンにとって果実は、餌資源として特に重要であること、テンは地上だけでなく樹上で果実の摂取も可能であることを考えると、地上で果実を利用するタヌキとの競合において、タヌキがたどりつけない林内上層部での利用可能量が高いこと、すなわち森林の樹種構成が、テン個体群の餌資源に影響するものと考えられる。

タヌキが、鞘翅目昆虫を高頻度で利用していたのは、本調査で得られたキツネやテンとの差異として特徴的である。キツネやテンとの小型哺乳類をめぐる競争、テンとの果実をめぐる競争があることを考えると、ゴミムシ科、オサムシ科などの地表性の昆虫は、タヌキにとって重要な餌資源となることが考えられる。鞘翅目の利用はアナグマでも高いことが報告されているが、この時期アナグマは穴ごもりのためにほとんど食物を食べないことを考えると、鞘翅目は、タヌキが独占的に利用できる資源である。したがって、3種の共存を保証するにはタヌキ個体群の他種との餌資源の競合を避ける意味において、食肉目の餌資源となるノウサギや小型哺乳類を十分に確保できるような土地利用について検討する必要がある。また、今回検討したのは、自然環境下で得られる項目のみであり、その他の項目に含まれる人為的な餌資源（残飯など）への3種の依存やその理由については、さらなる研究が必要であるが、自然環境下で得られる食物が減少して得られにくくなった場合や、採食効率が高い餌場として人為的食物が存在する場合に、雑食性のこれら3種の動物が、このような資源に移行しやすくなるのは明らかである。したがって、土地利用計画と並んで、地域住民への残飯処理方法も、必須の検討課題である。

6. 3. 遺伝子マーカーを用いたテンの環境選択の調査

夜行性、森林性である日本の食肉目の研究では、生態の情報を得るための主要な方法はラジオテレメトリー法である。しかし、特に体サイズの小さいテンやイタチの場合は、発信機の寿命が短いわりに捕獲や追跡のための労力が大きく、解析に必要なサン

プル数（特に頭数）を得るためには長い調査期間を必要とする。また、捕獲や発信機装着による動物へのストレスも懸念される。そこで本調査では、糞の遺伝子解析から得られる情報を活用することとし、糞からのDNA抽出方法、種判別および性別判別マーカーを開発し、検討を行った。具体的には、糞のDNA解析から得られる性別情報を、糞の収集場所の情報や食性の特徴とオーバーレイし、メスの生息域を特定する（図19）。用いた糞は2000年及び2001年の分布調査の際にサンプリングされたものである。

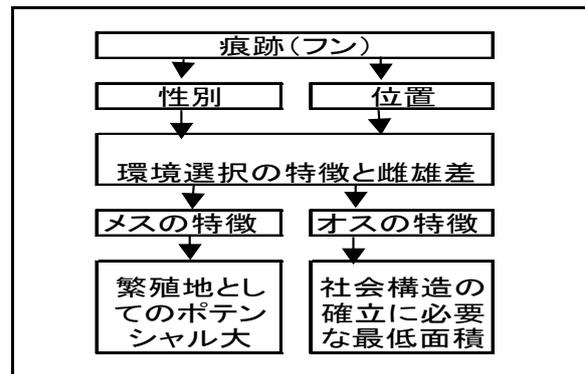


図19 糞を用いた食肉目の環境選択の調査方法

6. 3. 1. 方法

種判定用のマーカー設定は、既に得られているテンのmtDNACYT-b 遺伝子領域の塩基配列を元に、テンに特異的な約 300bp の領域を増幅する primer を設計した。

性別判定用のマーカー設定は、オスの Y 染色体上にある SRY 遺伝子領域（約 300bp）を増幅する primer 対を設計した。

2000年11月～2001年1月に採取した42サンプル、2000年2月に収集した7サンプルについて、このマーカーを用いてPCR増幅後、電気泳動により種及び性別の判定を試みた。

6. 3. 2. 結果

DNAマーカーを用いた種判定の結果、49サンプル中、テンと判定できたものは34サンプルであった。また、性別判定の結果、テンでオスと判定できたものは8サンプルであった。収集後すぐにアルコール保存したサンプルの増幅成功率は90.2%（37/41サンプル）であったのに対し、ビニール袋に入れて冷凍保存したサンプルの増幅成功率は42.8%（3/7サンプル）と低い値を示した。さらに、収集後アルコール保存されたサンプルでは、新しい糞の増幅成功率は93.1%（27/29サンプル）であったのに対し、古い糞の増幅成功率は50%（6/12サンプル）と低い

値を示した。

6. 3. 3. 考察

種判定では、収集したサンプルの69.4% (34/49 サンプル) がテンであることが明らかになった。テンと判定されたサンプル中、性判定によって、メスが 76.4 % (26/34 サンプル)、オス 23.5% (8/34 サンプル) であることがわかった。そしてテンは雌雄ともに、その分布域全体に生息することが明らかになった。このことから、この地域にはオスメス双

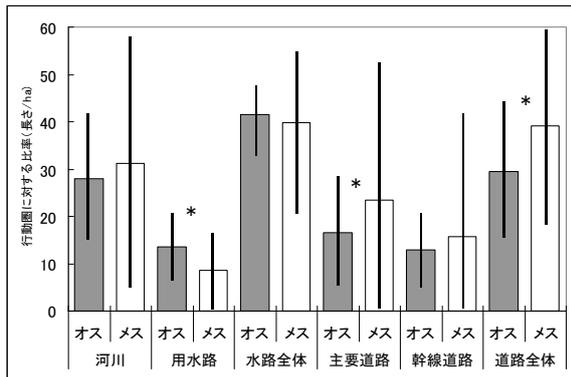


図 20 水戸地域におけるテンの環境選択（水路密度と道路密度）たて棒は SD。* < 0.05 (U-test)

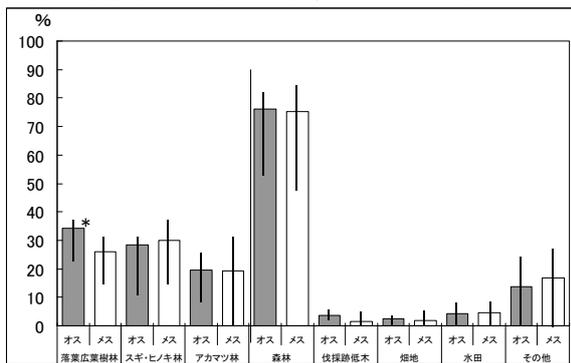


図 21 水戸地域におけるテンの環境選択（土地利用：面積比）たて棒は SD。* < 0.05 (U-test)

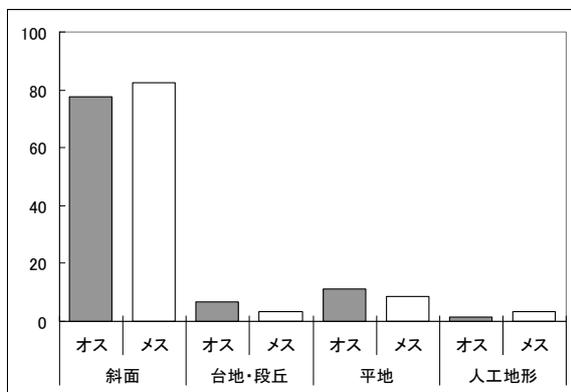


図 22 水戸地域におけるテンの環境選択（地形：面積比）たて棒は SD。

方が生息し、繁殖可能であることが明らかになった。

また、サンプルの性比は 1:3 (オス：メス) であった。一般に言われているテンの空間配置は、オスの大きななわばりの中にメスが数頭含まれるというものである。この結果を見る限り、糞の配置にもその結果が反映されているように思われる。したがって水戸地域北西部の丘陵にはテンの個体群が繁殖可能な状態で生息しているが、南西部の丘陵が連続しているのか、またこの地域で繁殖に十分な社会関係、例えばオスが複数のメスの行動圏を行き来して交尾するような移動が可能なのは、行動調査とあわせて検討が必要であると思われる。

次にこの情報を、糞の収集場所の道路、水路密度 (図 20)、土地利用 (図 21)、地形 (図 22) などの情報とオーバーレイして生息域の特徴について分析したところ、それぞれの行動域には、森林が 75 %以上を占め、落葉広葉樹林とスギ・ヒノキ林、アカマツ林が 19~34%の割合で含まれていた。オスはメスと比較して、落葉広葉樹林率と用水路密度、道路密度 (主要道路、道路全体) において有意差が認められたが、その他の環境である土地利用 (森林率、スギ・ヒノキ林、アカマツ林、伐採後低木林、畑地、水田)、地形率 (斜面、台地、平地、人工地形)、水路密度 (河川、水路全体)、幹線道路密度には差がなかった。

このことから、水戸地域においてテンは森林率 75 %の地域を生息域とすることが明らかになった。また、メスはオスよりも落葉広葉樹林率が低く、用水路や道路密度が高い地域を選択しているとされ、オスよりも体サイズの小さいメスは、林内よりも、道路や河川によってできた林縁を選択している可能性が考えられる。今後は、林縁長や森林種の構成など、複数の環境要素によって構成される環境についても検討する必要がある。

6. 4. 生息分布と周辺環境からみた環境選択把握

野生生物のハビタットを保全、創出するためには、野生生物種ごとに必要となるランドスケープエレメントを明らかにする必要がある。そのため、テンとニホンリスについて、環境選択に関係のある要因を分布調査により確認した痕跡情報と地形、植生等の環境情報を用いて解析を行った。

6. 4. 1. 方法

まず、既存文献を基にテンとリスが選好すると想定される自然環境要因を整理した。次に、それらの自然環境要因が国土技術政策総合研究所がGISデータベースとして整備した環境情報に存在するかを確

認め、存在していた場合には環境変数としてGISを用いて算出した。さらに、算出した環境変数については図表に集計、整理して環境選択に重要である項目を把握した。

6. 4. 2. 結果

(1) テン

以下の環境要因は、全てテンの痕跡確認地点を元点として算出した。

①500m以内の林地（上層植生）の割合

痕跡確認地点（87地点）から500mの円バッファを発生させ、その中の林地の面積を算出した。面積が大きい順に落葉広葉樹林、スギ・ヒノキ植林、アカマツ林、伐採跡地低木林となった（表10）。500m以内には落葉広葉樹林、スギ・ヒノキ植林が必ず存在した。アカマツ林も多かった。

表10 確認地点から500m以内の林地の面積(m²)

凡例	件数	最小	最大	平均	標準偏差
常緑広葉樹林	6	65	19969	6297	7902
落葉広葉樹林	87	7419	543404	284746	136625
アカマツ林	80	2621	443628	126964	106974
スギ・ヒノキ植林	87	52536	471306	251026	98981
竹林	22	183	20096	8727	7343
伐採跡地低木	33	1	182980	35230	49353
植栽樹群	6	8138	11955	10367	1432
果樹園	15	531	46166	12532	15021
クワ・茶畑	2	14302	19079	16691	3378
クロマツ林	0	0	0	na	na

②林地とされる地点数

痕跡確認地点が林地であった場合の植生別の地点数を集計した結果、落葉広葉樹林（41地点）が最も多く、次いでスギ・ヒノキ植林（25地点）アカマツ林（17地点）となった。

③500m以内の林地（上層植生）の縁辺長

痕跡確認地点から500mの円バッファを発生させ、その中の林地の縁辺長を算出した。平均林縁長はスギ・ヒノキ植林（7256m）、落葉広葉樹林（7049m）、アカマツ林（3547m）、伐跡地低木林（463m）、果樹園（121m）の順で大きかった（表11）。落葉広葉樹林およびスギ・ヒノキ植林は確認地点から500m以内に必ず存在した。

表11 確認地点から500m以内の樹種別の縁辺長(m)

件数	最小	最大	平均	標準偏差
常緑広葉樹林	6	0	952	22
落葉広葉樹林	87	455	14407	7049
アカマツ林	80	0	10176	3547
スギ・ヒノキ植林	87	1695	12889	7256
竹林	22	0	948	115
伐採跡地低木	33	0	5088	463
植栽樹群	6	0	496	27
果樹園	15	0	2660	121
クワ・茶畑	2	0	884	20
クロマツ林	0	0	0	0

④500m以内の草地系の縁辺長

痕跡確認地点から500mの円バッファを発生させ、その中の草地系のそれぞれの縁辺長を算出した。500m以内の草地系の植生としては、水田（69件）が最も多く、次いで緑の多い住宅地（49件）、放棄水田雑草群落（44件）となり、これらが存在する地域とテンの

分布が重複することが確認できた（表12）。

表12 確認地点から500m以内の草地系縁辺長(m)

ID	件数	最小	最大	平均	標準偏差
果樹園	15	531	46166	12532	15021
畑地	40	160	264807	41400	52268
自然草地	7	3389	20631	10297	6800
自然裸地	1	67612	67612	67612	
人工草地	22	106	193951	36778	53464
水田	69	365	201618	37684	41221
造成雑草群	16	2662	59794	12063	14201
造成裸地	32	685	170236	33860	46232
二次草地	13	2250	272710	58590	88185
放棄水田雑草群落	44	292	57317	10101	10797
放棄畑地雑草群落	10	2658	16876	11494	6337
緑の多い住宅地	49	3	63928	25087	22851

⑤500m以内にある工場、ゴルフ場、造成裸地、市街地、水面の面積

500m以内に確認されたのは、造成裸地（32件）、市街地（26件）、開放水面（12件）であり、工場、ゴルフ場は存在していなかった（表13）。このことから、工場、ゴルフ場が移動障壁としなる可能性が高いことが推察された。

表13 確認地点から500m以内にある工場、ゴルフ場、造成裸地、市街地、水面の面積

凡例	件数	最小	最大	平均	標準偏差
工場	0	0	0	0	
ゴルフ場	0	0	0	0	
開放水面	12	722	16782	8338	5985
市街地	26	131	84368	21148	21251
造成裸地	32	682	170245	33859	46230

⑥500m以内の緑の多い住宅地、水田等の土地利用

緑の多い住宅地、水田が500m以内に多く存在することが確認された。その他、水田放棄水田雑草群落（44箇所）畑地（40箇所）も分布が多く認められた（表14）。これらの場所は、餌場敵地としての機能が発揮され移動障壁としての機能はあまりないと推察される。

表14 テン確認地点から500m以内の緑の多い住宅地、水田等の面積(m²)

凡例名	件数	最小	最大	平均	標準偏差
水田	69	365	201618	37684	41221
緑の多い住宅地	49	3	63928	25087	22851
放棄水田雑草群落	44	292	57317	10101	10797
畑地	40	160	264807	41400	52268
造成裸地	32	685	170236	33860	46232
人工草地	22	106	193951	36778	53464
造成雑草群	16	2662	59794	12063	14201
果樹園	15	531	46166	12532	15021
二次草地	13	2250	272710	58590	88185
放棄畑地雑草群落	10	2658	16876	11494	6337
自然草地	7	3389	20631	10297	6800
自然裸地	1	67612	67612	67612	

⑦道路までの最短距離（高速道路・主要国道、幅13m以上、幅13m未満）

確認地点から道路までの距離は、幅13m以上道路が最も長く（平均4315m）、高速道路・主要国道（平均422m）、幅13m未満道路（平均751m）で短かった（表15）。このことから、テン確認地点から最短距離約4000m程度以内での存在が分布に影響を及ぼしていることが推察される。逆に、幅13m未満の道

表15 確認地点から道路までの最短距離(m)

	主要国道	高速道路	幅13m以上道路	幅13m未満道路
件数			87	87
最小		4	180	75
最大	1306		8637	1999
平均	422		4315	751
標準偏差	303		2058	445

路、高速道路・主要国道は忌避要因としての可能性は低い。

⑧主要河川、一般河川までの距離

確認地点から河川まで距離は、最大値が1,133m、最小値が1mであり、平均すると334mと比較的に近い結果が得られた。

(2) ニホンリス

①調査林分の面積

調査林分の面積について、生息地が明らかに分断されていると考えられる那珂川の北側と南側でリスの生息有無別に集計した。那珂川以北、以南でリスの生息の有無と最小林分面積には大きな違いが見られず、両者ともリス生息なし最大面積とリス生息あり平均面積が近い値となった(表16)。このことは、生息の有無はリス生息ありの林分面積が若干でも減少すると消失の恐れが生じる可能性が高いことを示唆していると考えられる。

表16 調査林分の面積(m²)

	リス生息有		リス生息無	
	那珂川以北	那珂川以南	那珂川以北	那珂川以南
平均面積	419300	2247062	165140	221830
最大面積	2850363	23509936	400825	1650562
最小面積	106366	86699	105372	48835
標準偏差	492930	4080084	63972	222176

②林冠疎密度

分布調査において測定した林冠疎密度について、那珂川の北側と南側でリスの生息有無別に集計した。林冠疎密度は、林分植生における最上層の植被率(%)とした。林冠疎密度が40%以下の林分においては、リスの生息が確認されたものは無く、林冠祖密度が低い林分はリス生息の可能性が低いことが示唆された(表17)。

表17 林冠疎密度(%)

項目	リス生息有		リス生息無	
	那珂川以北	那珂川以南	那珂川以北	那珂川以南
1:0~10%	0	0	0	0
2:11~20%	0	0	0	2
3:21~30%	0	0	2	2
4:31~40%	0	0	1	1
5:41~50%	1	2	3	5
6:51~60%	2	0	1	10
7:61~70%	8	7	9	16
8:71~80%	17	12	8	26
9:81~90%	6	20	2	50
10:91~100%	3	11	2	15

(単位:件)

③樹林種別の面積

調査林分の面積を樹林種別で、リスの生息の有無ごとに集計した。アカマツ林、スギ・ヒノキ林、落葉広葉樹林がリスの生息に好適性を示していることがうかがえた(図23)。

④生息確認地点の樹種

生息が確認された地点の樹木環境について集計を行った。その結果、アカマツが最も多く利用されていることが確認された(表18)。

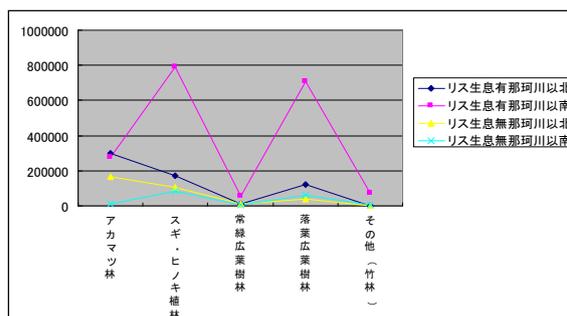


図23 樹林別平均林分面積とリスの生息の有無

表18 生息確認地点の樹種(地点)

樹種	那珂川以北	那珂川以南	全体
オニグルミ	0	4	4
スギ	2	1	3
ヒノキ・サワラ	0	0	0
アカマツ	32	58	90
その他のマツ科	3	1	4
その他	0	1	1

6.4.3. 考察

(1) テン

痕跡確認地点の植生や500m以内の林地面積と林辺長の解析結果は、テンが森林性動物であることの裏付けと考えられる。87箇所痕跡が確認されたうち、95.4%にあたる83箇所が林地であった。確認地点では落葉広葉樹林が突出し、逆に500m以内で林縁辺長の最も大きかったスギ・ヒノキ植林は確認地点では25箇所にとどまった。今後、森林利用の傾向を明らかにするため、落葉広葉樹林、アカマツ林及びスギ・ヒノキ植林の相対的重要性を探る必要がある。

500m以内の草地、果樹園、自然草地の面積と草地系の林辺長、水田や緑の多い住宅地等の土地利用については、農地が行動圏に含まれることを示唆している。また、水田や緑の多い住宅地、及び放棄水田が500m以内に多く存在することは、人為的土地利用地域をテンが積極的に利用していることの現われと言える。以上から、この地域のテンは、森林性でありながら人為的改変の顕著な地域も行動圏に取り込んでいることがうかがえる。

河川からの平均距離は334mであったが、これは確認地点が丘陵地に集中していることからでた結果であると考えられ、丘陵地にも関わらず確認地点の85.1%において500m以内に河川があったことで、テンが河川に付随する環境をどう使っているかが一つの研究課題になると思われる。一方、ゴルフ場や工場が確認地点から500m以内に無かったことや、幅13m以上の道路を忌避する傾向があったことは、生息地の分断化が進みつつあることの状況証拠になるかも知れない。特にゴルフ場は丘陵地にも数多く散在し

ており（例えば笠間市・七会村・常北町で計14箇所）、テンに与える影響を明らかにする必要がある。

環境選好性を得るためには、各環境解析項目について、それぞれの種のスケールで無作為抽出したデータと今回得られた利用データと比較することが最重要である。

（2）ニホンリス

調査林分の面積については、リスの生息する林分と生息しない林分でその面積には大きな違いがみられなかった。これは調査対象林分をリスの生息可能とされる10ha以上⁵⁶⁾ ⁵⁷⁾ ⁵⁸⁾ に絞りこんだためでもあるが、ある一定以上の面積以上では生息の有無に面積が関係しないことが示唆される。また、生息の有無は調査時点のもので、今後の生息の存続については本調査のみでは不明である。とくに小面積の生息林分は最小面積の生息地として、今後も存続する良好な生息林分面積を示したものではないことに注意する必要がある。

リスの生息林分はすべて林冠疎密度41%以上の区分にあり、とくに林冠疎密度71~90%付近の生息林分が多かった一方、91~100%では生息林分数は減少した。リスは樹上性でありながら、森林との関係が顕著にあらわれない報告もあり⁵⁹⁾ ⁶⁰⁾、完全な閉鎖林分よりも、やや疎、または明るい林分がリスの生息に好ましいことが推察される。また、水戸地域での主要な食物であるアカマツの種子・球果生産は樹冠の大きさに関係しているとの報告⁶¹⁾ もあり、陽性樹種のアカマツがある程度の樹冠の広がりを持つためには適当な立木密度と樹冠が陽光を十分利用できるような林冠の疎密状態が必要と考えられる。

アカマツ林、スギ・ヒノキ植林、落葉広葉樹林はいずれも水戸地域に優占する主要な植生タイプであるが、リスの植生選択については東京都西部の山地帯における田村⁶²⁾ や千葉県北部の低地部における矢竹ほか⁶³⁾ の報告があり、いずれも常緑性の森林が選択され、落葉樹林は選択されていない。水戸地域もこれらの調査地とほぼ同様に関東平野の低地から山地部の植生環境であり、常緑性のアカマツ林やスギ・ヒノキ林が同様に選択された。本調査の結果では落葉広葉樹林は選択されたが、落葉広葉樹林単独ではなく他の植生タイプとの混交によって生息林分となったと考えられる。

特定樹種の有無については、マツ、スギ・ヒノキ、オニグルミの有無とリスの生息に強い関係が示唆された。これらの樹種はそれぞれ、マツは食物と営巣環境、オニグルミは食物、スギ・ヒノキは巣材と営

巣環境を提供するものである。

リスの移動は林冠を介したものが多く、林冠の分断は移動の障害となる。リスの保全対策として橋状構造物も移動経路として利用される事例も報告されている⁶⁴⁾ ⁶⁵⁾。一方、地上移動の事例も少なくなく²⁾ ⁵⁾、道路横断による轢死事例もみられる⁶⁶⁾。地上移動の最大距離の例として30mが報告されており²⁵⁾、主要道路と幹線道路は横断可能な距離にあるが、忌避の傾向がみられた基幹道路は道路幅・車線数ばかりではなく、その交通量によってもリスの移動を不可能にしていると考えられる。

6. 5. ニホンリスの行動調査による環境選択の把握

分布調査の結果、水戸市周辺の調査地域における面積10ha以上の277林分のうち113林分でニホンリス（以下リスと略す）の生息が確認された。しかしながら、近年急速に進行しているマツ枯れや開発行為による林分の縮小や消失により、特に市街地近隣の孤立した生息林分では持続的な生息が危惧されている。

そのため、リスの生息林分の中から1地点を対象として、行動調査による孤立・分断環境における環境利用形態を把握することとした。

6. 5. 1. 方法

（1）調査地

分布調査結果から、水戸地域においては那珂川、常磐自動車道、JR常磐線が生息地の大きな分断要因として推測された。このため、分断された地域を①那珂川以北の内陸部、②那珂川以北の海岸部、③那珂川以南の内陸部、④那珂川以南の市街地の4地域とし、この中から①にある国営ひたち海浜公園（図2.4）を捕獲可能性や作業性などの理由から選定した。

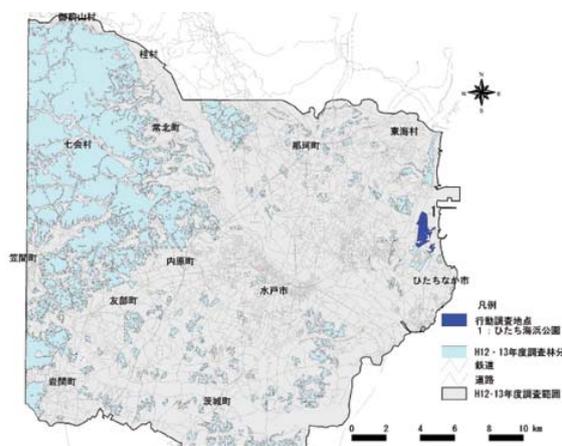


図2.4 国営ひたち海浜公園の位置

○国営ひたち海浜公園の概要

総面積は約350haで開園地区は約116ha、未開園地区は面積約234haである。なお、追跡調査の調査範囲は約155haで未開園地区と開園地区の一部を含んでいる。調査地の植生は勝田市教育委員会⁶⁷⁾の報告(図25)によると主にアカマツ林、落葉広葉樹林、アズマネザサ群集で構成されている。

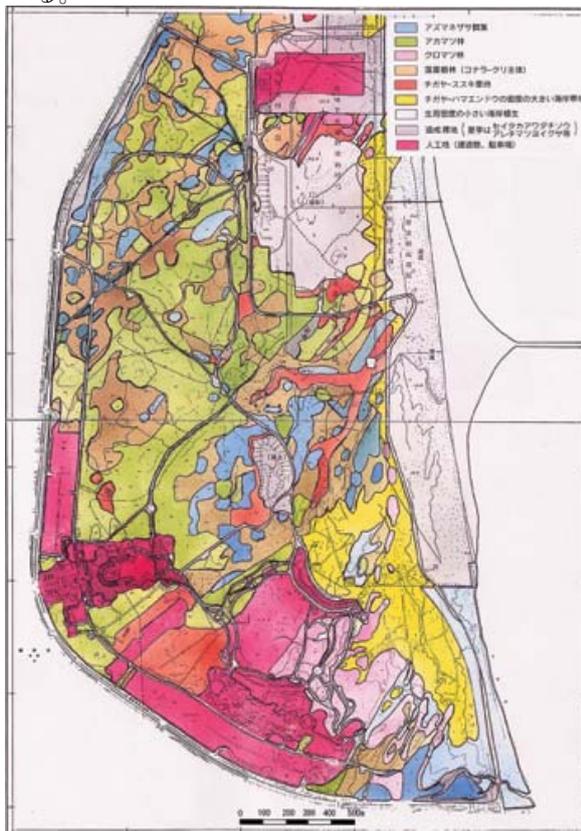


図25 調査地内の植生(勝田市教育委員会⁶⁴⁾)

(2) プレベイティング・捕獲

リスを捕獲する前作業としてプレベイティング(餌付け・トラップ慣らし)を行った。調査地で選定した地点のプレベイティングは地上1.5m程度の高さに餌台を20~50個設置し、7~14日の間隔で給餌を行い、餌の消失状況を見てセンサーカメラの設置や食痕などの痕跡によりプレベイティングの効果を確認した。

プレベイティングの餌はオニグルミ(殻付き、むき身)、カシグルミ、殻付きピーナツ、リンゴ、ピーナツバターなどから適当と判断したものを利用した。

リスへの餌付け効果が得られた後、餌台にトラップを設置し、扉を開放した状態で固定してトラップ内への給餌を行った。

トラップ内の餌の利用を確認した後に捕獲調査を実施した。アカネズミなどネズミ類による餌台の利用がみられた場合には、餌台を設置した木の地上高0.5~1.0mの幹周囲を幅約30cmのプラスチック製畦板で被った。

(3) 捕獲

捕獲は2002年11月と2003年2月に、3~5日間連続して行った。トラップの仕掛けは、捕獲前日の日没直前に行い、翌朝のリスの行動開始時刻からリスの活動が活発な午前12:00頃まで行った。捕獲作業中は捕獲された個体の衰弱など事故がないように約2時間間隔で各トラップの見回りを行った。トラップにリスが捕まっていた場合は、トラップごと布袋またはダンボールに入れて、保定可能な場所へ移動して一時保管した。捕獲作業終了時にはトラップを閉じ、日没直前に再度仕掛けを行った。捕獲終了時にはトラップの撤去またはプレベイティングの継続を行った。

その結果、2002年11月にオス3頭、2003年3月にオス3頭(11月に捕獲した個体)、メス1頭を捕獲した。捕獲した個体のうち3頭に発信器を装着し、捕獲地点で放逐した。発信器を装着した個体は、2002年11月に捕獲したオス2頭(HI-1、HI-2)と2003年2月に捕獲したメス1頭(HI-4)である。なお、発信機は50MHz帯(アルキテック社製、中根工房製)と144MHz帯(HOLOHIL SYSTEMS社製)のものを使用した。

(4) 追跡調査

調査はリスの活動開始に合わせて6:00~6:30頃から開始し、リスがねぐらに入り林内が暗くなる16:00~16:30頃まで行った。

リスの位置確認は、自動車で行きし車載アンテナ(無指向性)で受信するモバイル受信、踏査によって受信音の強弱で可能な限り個体に接近するホーミング法を組み合わせで行った。また直接観察が可能な場合は双眼鏡を使用して個体の行動を観察した。

直接観察できた場合はタイムスキニング法またはスタンダードオブザベーションテクニックと呼ばれる方法⁶⁸⁾⁶⁹⁾によって記録を行った。なお追跡中はリスの行動に影響を与えない程度の距離をおいた。

調査に使用した受信機は50MHz帯のYAESU社製FT690mk IIとAOR社製AR-8200、144MHz帯はALINCO社製DJ-X2000とAOR社製AR-8200、アンテナはロッドアンテナ、八木アンテナ、モバイルアンテナを使用した。

個体の確認位置や移動経路などは地図に記録し、

採食や休息など行動の詳細は記録票に記録した。また利用空間は矢竹ほか⁶³⁾に準じて林冠層、中下層(以下、中層とする)、低木層および地上の4区分とした。なお各層の地上高は林分の状況により異なるため一定の値ではない。

これらのデータは原則として6分を1単位として集計し、総単位数に対する各行動と利用植生および利用階層の出現割合を算出した。

行動圏はFixed Kernel法を用い95%行動圏と利用集中域(コアエリア)として50%行動圏を算出した⁷⁰⁾。なお、行動圏推定用ソフトとしてArc View ExtensionのAnimal Movement⁷¹⁾を利用した。

調査の実施期間は次のとおりである。なお追跡調査の初日はねぐらの位置確認のみ行った。

調査回数は秋季調査が2回、冬季調査が5回で、調査日数はHI-1個体が17日間(秋:5日間、冬:12日間)、HI-2個体が20日間(秋:7日間、冬:13日間)、HI-4個体が7日間(冬のみ)である。

6. 5. 2. 結果

調査期間のうち2月中旬と3月の調査ではHI-4個体に対してHI-2個体を含む複数個体が頻繁に接触し鳴きかわす交尾期特有の行動がみられたが、HI-1個体ではこのような行動は確認できなかった。

冬季における利用食物は3個体ともアカマツの球果の種子のみであった。餌台の給餌食物のオニグルミは定期的に消失していることから採食しているとみられるが、追跡調査中の餌台利用やオニグルミの採食は確認できなかった。

活動時間、行動圏、環境別利用、営巣環境については個体ごとに以下に示す。

(1) 活動時間

①HI-1

活動時間は4~6時間が多く、11月から2月にかけて徐々に短くなる傾向がみられた。活動開始はほぼ6:05~6:43の間にあり、1月は他の月と比較して活動開始時刻が遅くなっていた。ねぐら入りはほぼ10:15~12:43の間にみられ、11月は他の月と比較してねぐら入り時刻が遅く、2月は他の月と比較してねぐら入り時刻が早かった。

②HI-2

活動時間は4.5~5.5時間が多く、11月か1月にかけて徐々に短くなる傾向がみられた。活動開始時刻はほぼ6:12~6:44の間にあり、11月は他の月と比較して活動開始時刻が早かった。ねぐら入りは10:48~11:55の間が多く、2月は他の月と比較してねぐら入り時刻が早かった。3月は活動開始・ねぐら入り

時刻、活動時間にばらつきがみられた。特にHI-4や他の個体と頻繁に交尾期の追いかけ行動がみられた日の活動時間は約10時間と最も長時間であった。

③HI-4

活動開始時刻は3月の方が若干早くなったが、ねぐら入り時刻に差はみられなかった。活動時間は3時間前後から7時間前後とばらつきが大きく、HI-2や他の個体と接触していた日には約10時間活動していた。

(2) 行動圏 (図26)

①HI-1

行動圏(n=213)の大きさは95%行動圏で22.4ha、50%行動圏は2.0haであった。季節別では秋季の行動圏(n=59)は95%行動圏が18.4haで50%行動圏は4.1ha、冬季の行動圏(n=154)は95%行動圏が22.6ha、50%行動圏は3.7haであった。

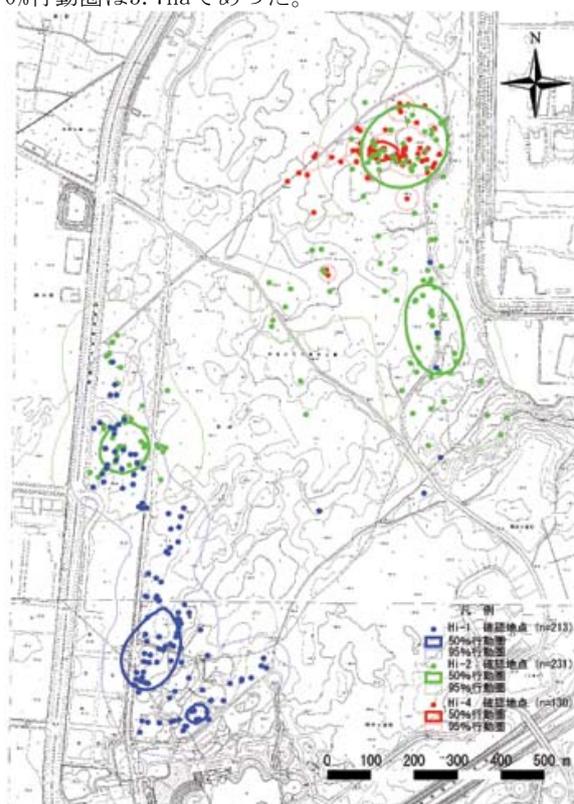


図26 各個体の行動圏

②HI-2

行動圏(n=231)の大きさは95%行動圏が45.2ha、50%行動圏は6.1haであった。季節別では秋季の行動圏(n=69)は95%行動圏が48.2ha、50%行動圏は4.8ha、冬季の行動圏(n=162)は95%行動圏が46.8ha、50%行動圏は6.8haであった。

③HI-4

行動圏(n=130)の大きさは95%行動圏が3.0haで5

0%行動圏は0.2ha (50%) であった。

(3) 環境別利用

①HI-1 (図27)

利用植生は秋季・冬季で差はみられず、行動のほとんどはアカマツ林でみられ、特にアカマツ高木林での行動が多かった。

利用階層も秋季・冬季で差はみられず、採食、休息の大部分は林冠と中層部でおこなわれていた。移動の多くは中層部で確認され、落葉広葉樹林内にある列状のアカマツを移動していた事例など、アカマツを主な移動経路としていた。

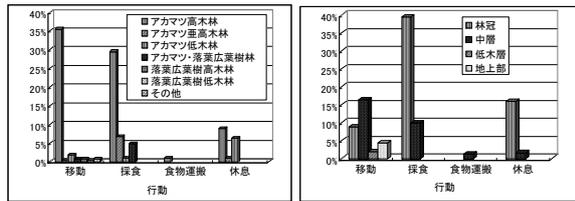


図27 HI-1の行動と植生及び利用階層 (冬)

②HI-2 (図28)

行動の多くはアカマツ林や落葉広葉樹林の樹上部と林床のアズマネザサ (草丈3~4) が密生した地上部でみられた。

採食、休息は秋・冬季とも主にアカマツ林の樹上部で行われていた。移動については樹上部と地上部の利用が多かったが、冬季にはアカマツ林の樹上部の利用が減少した。

追いかけ行動は秋季にも若干確認されたが、全体の行動に占める割合は冬季に増加した。また主にHI-4との間で確認されアズマネザサの地上部の利用が多かった。

また、行動範囲内に存在する2本の舗装道路 (1本はダンプや作業車が頻繁に往来) の地上部を横断してHI-1とHI-4の行動圏を往来していた。

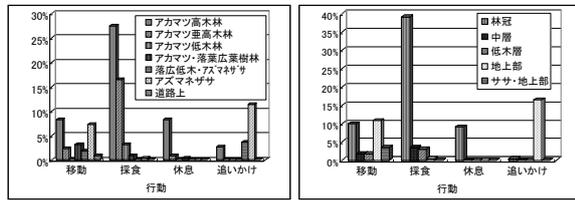


図28 HI-2の行動と植生及び利用階層 (冬)

③HI-4 (図29)

採食と休息の多くはアカマツ林の樹上部で行われていた。移動と追いかけ行動は主にアズマネザサの地上部 (ササ地上部を含む) で行われていた。この行動を多く確認したのは草丈3~4mのアズマネザサが密生し、その中にアカマツが点在する環境であり、

地上部が各アカマツ間の移動経路となっていた。

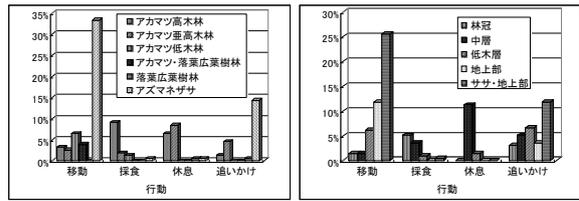


図29 HI-4の行動と植生及び利用階層 (冬)

(4) 営巣環境 (図30)

リスの営巣タイプは矢竹⁷²⁾により枝階内、幹と横枝、枝の分枝上、二また木の枝間に分類されている。今回の調査もこれに準じて4タイプに分類した。

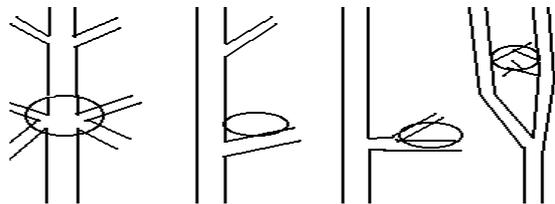


図30 架巣位置タイプ⁷²⁾

①HI-1

利用した巣は13個であった。営巣木は全てアカマツでアカマツ高木林内の営巣が多かったため、営巣地上高も10mと高い巣が多くみられた。架巣位置は枝階内、幹と横枝の2タイプがみられた。巣の向きは南向きの巣が多かったが特定の方位への集中はみられなかった。

②HI-2

利用した巣は11個で、営巣木は全てアカマツとクロマツであった。営巣環境はアカマツ林とアカマツ・コナラ亜高木林が多く、営巣地上高は4~10mと幅が大きかった。架巣位置は主に枝階内、幹と横枝の2タイプで、全て南向きの巣で南西方向が最も多かった。HI-4と共用していた巣があった。

③HI-4

利用した巣は7個で、コナラの1ヶ所以外は全てアカマツであった。営巣木付近の植生はアカマツ亜高木林とアズマネザサ群集であった。営巣地上高が3~5mと低い位置で、アズマネザサに隠れる高さのアカマツの枝上にある巣もあった。

架巣位置は枝階内、幹と横枝の2タイプであったが、枝階内の巣が多かったため、巣の向きの傾向はみられなかった。HI-2と共用していた巣があった。

6. 5. 3. 考察

(1) 食性

今回の追跡調査ではアカマツの種子のみの採食を確認し、1日の行動の大半を確認できた日においても他の食物の利用を確認することができなかった。このため、今回の調査個体において11～3月の主要な食物はアカマツの種子とみられる。

リスの食物は長野県軽井沢町の例では植物が99.9%で種子、果実、葉、花、樹皮、樹液が利用され、クルミの核果とアカマツ、カラマツの種子が全体の68.1%を占めている⁷³⁾。また千葉県野田市の公園地における放獣個体の例では給餌されたオニグルミの実とアカマツやクロマツの種子が全体の7～8割を占めており⁶³⁾、数種の食物に集中する採食様式は共通している。

追跡調査以外での採食確認は茨城県民の森に併設の植物園で1～3月にヒマラヤシーダの種子を採食するリス3頭を確認している。このヒマラヤシーダでの採食は頻繁に確認され、1回の採食時間も約30分以上であるため、利用している個体の冬季の主要な食物のひとつとみられた。

これらのことから水戸地域の孤立した林分に生息するリスでは、マツ類が食物の少ない冬季において重要な役割を担っていると推定される。

(2) 活動時間

今回の調査結果から活動時間は2～3月では2～4時間が多かった。長野県蓼科の例ではリスの活動性は冬季に非常に低下し、活動時間も1日平均2～3時間と短い⁷⁴⁾。しかしながら出巢前やねぐら入り後に巢内で動いている状態も数例確認しているため巢内においても休息のほかにグルーミングや巣の修理、採食などの行動を行っている可能性が高い。そのため今回の結果はリスの巣外活動においての状況を把握したものとなり、今後巣内活動の詳細が把握されればリスの活動時間は現在の結果より長くなると思われる。

(3) 行動圏

多摩森林科学園のリスの行動圏はオスが約20haでメスは約9ha、高尾山ではオスが約19haでメスは約7haであった。またオス同士の行動圏は重複するが、メスは互いに排他的で重複しなかった⁷⁵⁾。

西垣・川道⁷⁴⁾は冬季に行動圏は最小になり12～1月のオスは12ha、メスが10haで交尾期が始まる2～4月のオスの行動圏は33haに拡大すると報告している。

今回の調査結果をこれらの行動圏の大きさと単純に比較することはできないが、HI-4個体では95%行動圏が3.0haと小さかったが、理由については明らか

にできなかった。行動圏の重複はオス同士ではHI-1個体とHI-2個体の行動圏の一部が重複して上記の事例と同じであったが、メスについては1個体のみのデータであるため明らかにできなかった。また交尾期にはHI-4個体と追いかけて行動を行う個体がHI-2個体の他に1個体存在していたため、HI-4個体の行動圏は最低2頭のオスと重複していることが明らかとなった。HI-1個体の秋季における50%行動圏ではHI-2個体、HI-3個体の他に1個体(性別不明)を確認しているため、最低4個体の行動圏が重複していることが判明したが、ここでは追いかけて行動など交尾期の個体接触が確認されていないため繁殖やメスの存在については不明である。

(4) 植生と階層選択

今回の調査では採食、休息は3個体ともアカマツの樹上部を利用し、これらの行動についてはアカマツが重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

千葉県野田市の公園地における放獣個体の空間利用の例では林冠層45.0%、中下層22.2%、低木層17.6%、地上15.2%で林冠層を最も多く利用していた⁶³⁾。

各行動の中で移動はHI-1個体がアカマツの樹上部の利用が多いのに対して、HI-4個体ではアズマネザサやアカマツの地上部(ササ地上部を含む)の利用が多かった。

HI-2個体は行動圏の一部がHI-1とHI-4個体の行動圏の一部と重なっているため、両者の特徴を合わせ持った結果となった。HI-1個体は千葉県野田市の例に類似した傾向を示しているが、HI-4個体のような階層利用の事例はみられなかった。

HI-4個体の95%行動圏にはアカマツ林も生育するが、コアエリア内の多くをアズマネザサ群集が占めている理由として捕食者の影響が考えられる。

リスの捕食者としてホンドキツネやオオタカなどが挙げられているが⁷⁴⁾、都市近郊の生息地ではカラスやノネコが捕食者として挙げられている⁷⁶⁾。調査地である国営ひたち海浜公園にはホンドキツネ、オオタカ、ノスリの生息が確認されており⁶⁷⁾、カラスもよくみられる。捕食者の中でホンドキツネは今回の調査中に痕跡が確認されず、ノネコも周辺に住宅地がないことから生息数が少ないとみられ、これらの種はリスの捕食者としての影響は少ないと予想される。このことから調査地内では上空から狙う捕食者の影響が大きいと予想され、密生したアズマネザサの地上部は捕食者から身を隠しながら活動するのに適した環境であると推測される。

営巣についてもHALLORAN and BEKOFF⁷⁷⁾の報告によるとアベルトリス(*S. aberti*)のねぐらは捕食者から逃れやすいように樹冠が接している木を選択しているが、今回のHI-2とHI-4個体の最も頻繁に利用した巣は樹冠が不連続で出巣後は必ず地上を移動していたことから地上の捕食者の影響が少ないものと予想される。

このことから、地上性の捕食者の捕食圧が少なければ、樹冠がなくてもアズマネザサなどが植被としての役割を果たしている地上部もリスの活動に利用される可能性が高く、保全のための移動経路を確保したい場合のひとつの選択肢になると考えられる。

(5) 営巣環境

矢竹⁷²⁾によれば巣の外層材は営巣木の小枝が利用され、内層材は千葉県のアカマツ・スギ・ヒノキの人工林では主としてスギ・ヒノキの樹皮が利用され、スギ・ヒノキの生育していない山梨県鳴沢村ではコケ類や広葉樹の樹皮、草本などが利用されている。また営巣木はアカマツなどの常緑樹の利用が多く、落葉樹ではカラマツが利用されている。また営巣木から林縁までの距離は31例中17例が10m未満で、このうち5例は林縁木であった。

今回の追跡調査の調査地にはスギ・ヒノキがほとんど生育していないため、巣の内材は鳴沢村と同じものが使われていると推測される。巣の観察からもスギ・ヒノキの生育している茨城県民の森や水戸市森林公園の巣と比べると、巣内が透けて見え内層が貧弱な感じのものが多い。

営巣木はコナラに架巣された1例以外は全てアカマツとクロマツであり、落葉樹への営巣はみられず上記の結果と一致していた。

営巣木から林縁までの距離は今回の調査では計測していないがHI-1が最も頻繁に利用した巣はアカマツ高木林の林縁木で、HI-2が最も頻繁に利用した巣もアカマツ・コナラ亜高木の林縁木であった。林縁への営巣の明確な理由は明らかにされていないが、孤立した生息林分では林縁部に草地などの緩衝帯を設けることが、営巣に対しての負荷を軽減する可能性が高い。

(6) まとめ

今回の調査結果からリスは生息環境の違いにより行動の形態の違いが生じることが明らかとなった。他地域のリスの生息環境は常緑性の天然林⁶²⁾やアカマツ・クロマツ林⁶³⁾が選好されている。今回の調査でも低木層より上層の利用については同様の結果が得られた。しかしながら晩秋から冬季の調査で

あったため、行動圏内に存在する落葉広葉樹林の利用頻度が低かったことや利用食物がアカマツ球果のみであったことについては今回の調査結果のみで結論を導き出すことはできない。またHI-2個体では50%行動圏が調査地の東・西端に存在し、この間の区域にアカマツ林も生育したが移動するための利用が多く、採食や休息などの行動はほとんどみられなかった。これらについては春季から夏季の調査を行い、行動圏内の利用状況を把握して秋・冬季に利用が低かった植生の存在価値やアカマツ球果以外の主要な食物の有無を明らかにすることにより、水戸地域の孤立林に生息するリスの保全やネットワーク化へ適用していくことが可能になると推察される。

7. 生息地の分断・連続箇所の抽出、河川・道路整備手法の類型化と生態的回廊の設計

7. 1. 中型食肉目のロードキル発生状況から見た道路における移動経路の分断要因

7. 1. 1. 方法

水戸地域における各道路でのロードキルの発生件数、場所、種などの発生状況を把握するため、各道路管理者による道路管理記録により調査を行った。

調査対象道路は、次のとおりである。

- ・高速道路：常磐自動車道(岩間IC～日立南太田IC)
北関東自動車道(友部IC～水戸南IC)
東水戸道路(水戸南IC～ひたちなかIC)
- ・主要国道：6号(東茨城郡茨城町～那珂郡東海村)
50号(西茨城郡岩瀬町～水戸市)
51号(東茨城郡大洗町～水戸市)

調査項目として、轢死体を回収した年月日、場所(キロポストもしくは地名)、種名を整理した。また、高速道路については回収時刻も対象とした。

調査対象期間は、1994～2000年とした。なお、北関東道及び東水戸道はそれぞれ1996年、2000年の開通のため、それ以降を対象とした。また、主要国道については、1997年以降の記録を用いた。

7. 1. 2. 結果

(1) 高速道路

①件数

高速道路では計929件の情報が得られた(表19)。このうち常磐道では1994～2000年で845件、北関東道では2000年のみで46件、東水戸道は1996～2000年で38件であった。種別に見るとキツネが3件、タヌキが872件、イタチが31件、ハクビシンが4件、ノウサギ17件、その他2件となっていた。なお、このうちキツネとタヌキとハクビシンについては、轢死体

を発見、処理した作業員が野生動物に詳しくない可能性が高く、種類を混同している可能性が考えられたため、「中型食肉類」とひとまとめにすることにした。また、イタチについても同様にテンと混同している可能性があるため、「小型食肉類」とした。

表19 高速道路における野生動物の磔死体回収件数

種	学名	常磐道	北関東道	東水戸道	計
キツネ	<i>Vulpes vulpes</i>	3			3
タヌキ	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	801	38	33	872
ハクビシ	<i>Paguma larvata</i>	4			4
(中型食肉類小計)		808	38	33	879
イタチ	<i>Mustela itatsi</i>	26	4	1	31
ノウサギ	<i>Lepus brachyurus</i>	9	4	4	17
その他		2			2
計		845	46	38	929
対象期間		1994? 2000年	2000年	1996? 2000年	

※「その他」は、サルとモグラ各1

②季節的变化

中型食肉類の月別回収数の変化を集計した(図31)。なお、北関東道と東水戸道については、開通が比較的最近であること、区間によって開通期間がばらばらであることなどから、集計から除いた。中型食肉類については、年によって多少のばらつきはあるが、冬から夏にかけて回収が減少し、9~10月頃に急増する傾向が見られた。小型哺乳類については高速道路、主要国道とも数が少なく、季節的な変化は把握できなかった。

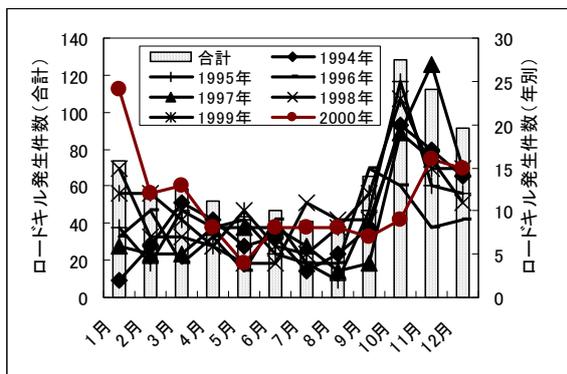


図31 中型食肉類の月別発生件数(高速道路)

③時間帯

中型食肉類について、1日を4時間ずつ6つの時間帯に分け、時間帯別の回収数を季節別に集計した(図32)。

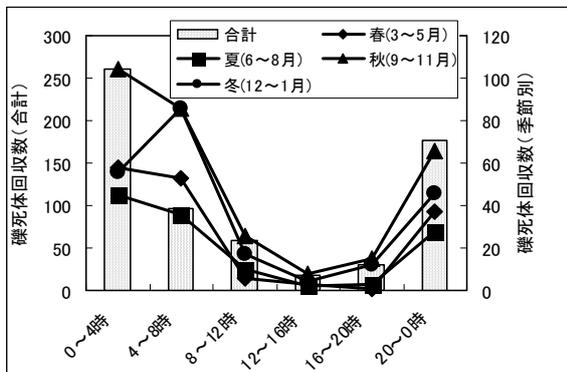


図32 中型食肉類の時間帯別回収数

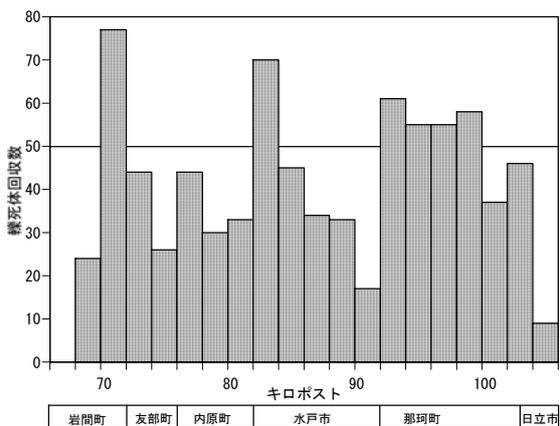
32)。その結果、中型食肉類については午前から夕方にかけては少なく、夜から朝にかけては多いという傾向が見られた。こうした傾向はどの季節も同様であった。小型食肉類については数が少なく、傾向の把握はできなかった。

④多発地点

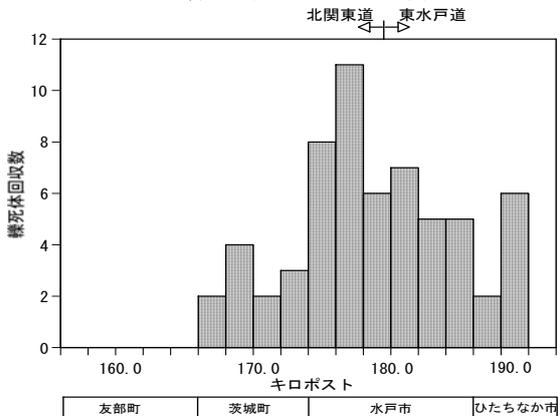
ロードキル発生場所について、周辺環境との関係を見るためデータの多い中型食肉類の2km毎の発生状況を示した(図33)。

常磐道における2km区間毎の発生件数を見ると、中型食肉類では70~72km区間が77件(1年あたり平均11件)と最も多く、ついで82~84km区間が70件(1年あたり平均10件)となるなど、6区間で50件を越す値を示した。

北関東道、東水戸道路の2km区間毎の発生件数は、176~178km区間が11件(1年あたりに換算すると約14.6件)、174~176km区間が8件(1年あたりに換算すると約10.1件)と高い値を示した。一方、2000年12月に開通したばかりの友部IC~友部JCT間(158~166km区間)では、1件もなかった。



常磐道(1994~2000年)



北関東道(2000年)・東水戸道(1996~2000年)

図33 中型食肉類の2km毎のロードキル発生状況

最も多かった常磐道の70～72KP付近は、潤沼川と交差する場所である（図34）。常磐道は潤沼川の両側の河岸段丘を切る形で交差しており、この段丘部でのロードキルが多かった。これは、段丘部の斜面が林になっており、ここが元々動物の移動路であったためではないかと考えられる。また、72KP付近は切土となっているが、この法面は草本類の植物が繁茂しており、またこの付近のフェンスには3ヶ所で道路敷地内へ動物が侵入している形跡が見られた。これは、道路法面が植物の繁茂により齧歯類などが豊富で、それを狙って道路敷地内へ侵入した結果、ロードキルが多発したのではないかと考えられる。道路法面はまた、人間などの外敵も侵入できない場所であり、食肉類にとっても好適な環境になっているものと予想される。

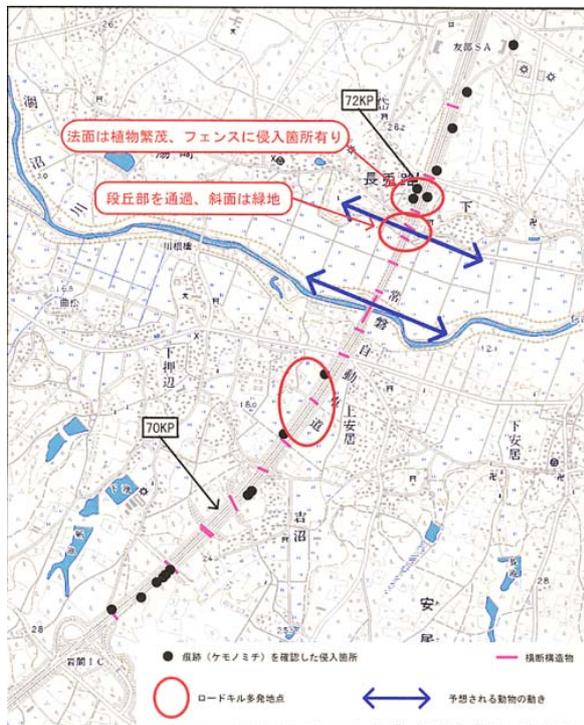


図34 常磐道におけるロードキル発生状況
(2) 主要国道

①件数

1994～2000年に、6号では105件、50号では166件（友部町以西は1996～2000年）、50号水戸バイパスでは15件、50号内原バイパスでは1件、51号では106件の轢死体の回収記録があった（表20）。種別に見るとキツネが2件、タヌキが343件、イタチが20件、ハクビシンが13件、ノウサギが14件、ネズミが1件であった。なお、高速道路と同様に、キツネとタヌキとハクビシンは「中型食肉類」に、イタチは「小型食肉類」に、それぞれひとまとめにすること

とした。

表20 主要国道における野生動物の轢死体回収件数

種	6号	50号	50号水戸BP	50号内原BP	51号	計
キツネ		1	1			2
タヌキ	95	145	10		93	343
ハクビシン	5	2	3	1	2	13
(中型食肉類小計)	100	148	14	1	95	358
イタチ	3	12	1		4	20
ノウサギ	1	6			7	14
ネズミ	1				1	1
計	105	166	15	1	106	393
対象期間	1994? 2000年	1994(一部 1997) ? 2000年	1994? 2000 年	1994? 2000 年	1994? 2000年	

②季節的变化

中型食肉類の月別回収数の変化を集計した（図35）。なお、1994年については1～3月のデータがないため1995年以降のデータのみとした。中型食肉類については、年によって多少のばらつきはあるが、高速道路と同様、9～10月頃に急増する傾向が見られた。また、3月頃にも若干多くなる傾向を示した。小型哺乳類については数が少なく、季節的な変化は把握できなかった。

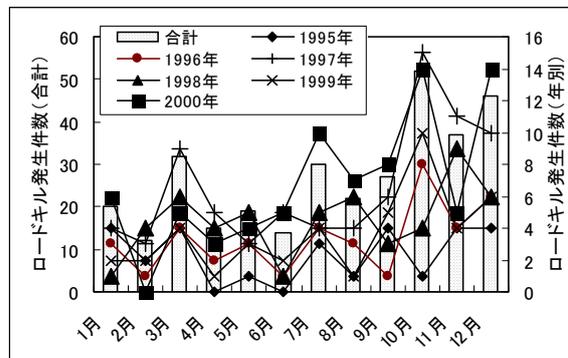


図35 中型肉食類の月別回収数（主要国道）

③時間帯

国道については巡回が日に1回であり、また回収時刻が記録されていないため、時間帯別の回収数については明らかにできなかった。

④多発地点

国道6号と50号におけるロードキルの多発地点を図36に示した。

国道は、高速道路と異なり道路境界をフェンスなどにより遮ることがないため、どのような場所でも横断が可能と考えられる。しかしながら、国道6号においては106kp～108kp付近（図37）が、国道50号においては126kp～128kp付近が多くなっていった。この付近では、林や山地が道路両側に連続しており、この中を移動してきた個体が道路を横断しようとして轢かれているものと考えられた。

7. 1. 3. 考察

(1) ロードキルの季節別の発生状況

ロードキルの時期については、中型食肉類について特に秋に急増する傾向が見られた。同様の傾向は

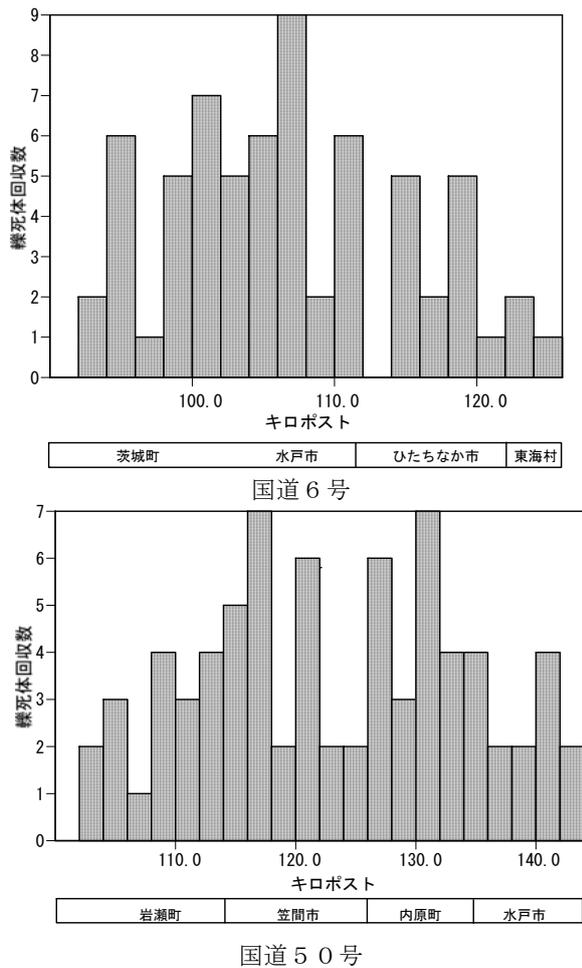


図 3 6 国道における 2km 毎のロードキル件数

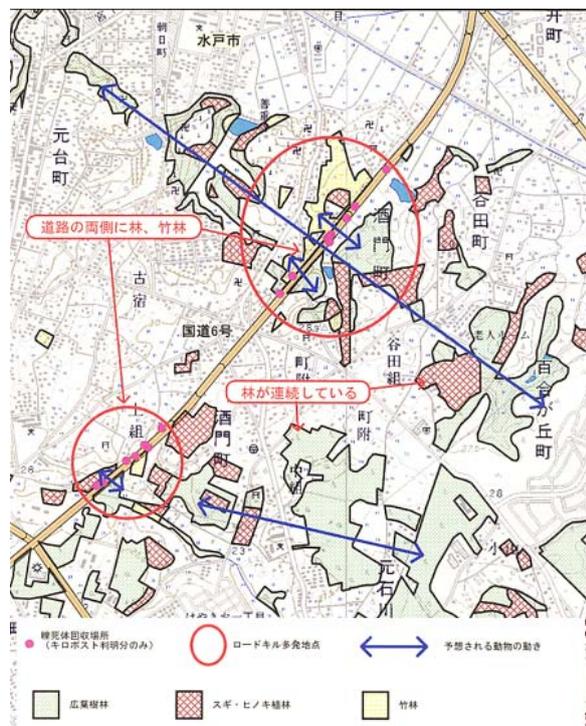


図 3 7 国道 6 号におけるロードキル発生状況

木下・山本⁷⁸⁾、⁷⁹⁾ や大泰司ら⁸⁰⁾ でも報告されており、これはこの時期がタヌキなどの当歳仔の分散期⁷⁹⁾ にあたるためではないかと思われる。分散期のため移動する個体が多く、また分散する個体の多くが親から離れたばかりでまだ経験が浅いため、ロードキルにしやすいと推測される。また、特に国道については3月頃にも若干多くなる傾向が見られたが、これはこの時期がタヌキの交尾期にあたるため、活動が活発になるためであると考えられる。

(2) ロードキルの時間帯別の発生状況

ロードキルが起きやすい時間帯については、中型食肉類については、時間帯別の轢死体回収数から、夜から朝、特に夜中であると推測された。キツネ³³⁾、タヌキ⁷⁸⁾、⁷⁹⁾ とも日周期活動は日没後から早朝までの夜間に活動時間が集中していることが報告されていることから、それを反映した結果であると考えられる。また、夜間は暗いため運転手も道路上の動物を発見しにくいことも、要因の一つとして考えられる。

(3) 道路による違い

高速道路と国道で轢死体回収数に差が見られたのは、高速道路は見回り回数が国道と比べて多いこと、国道の場合は見回りが来る前に付近の住民が片づけてしまう可能性もあること、などが要因として考えられ、必ずしも高速道路の方がロードキルの発生件数が多いというわけではないものと考えられる。

また、常磐道と北関東道や東水戸道で轢死体回収数に差が見られたのは、北関東道・東水戸道は開通が比較的最近であるのに対して、常磐道は開通して長い時間がたっており、道路法面に植物が繁茂して好適な生息環境を提供していることが考えられる。実際、常磐道では道路敷地内へ侵入している箇所を多数確認し、実際にタヌキの足跡も発見した。このような場所は、野生動物に好適な生息環境を提供する一方、道路敷地内へ動物を誘引することになり、結果的にロードキルを多数引き起こしているものと考えられる。

(4) 種によるロードキル数の違い

轢死体回収数のうち、大半がタヌキであると考えられる。タヌキのロードキルが多いことは、全国で報告されている⁷⁸⁾、⁷⁹⁾、⁸⁰⁾。分布調査の結果から、本地域において本種は広い範囲で生息していることが明らかになったが、これは本種の適応能力が高いため¹²⁾、様々な環境に広く生息し、その結果それだけロードキルに遭いやすいためではないかと考えられる。一方、キツネの回収数は、高速道路、国道と

もタヌキと比べて圧倒的に少なかったが、これはタヌキよりも俊敏性が高いなどの行動特性の違いによるものと考えられる。

一方、小型食肉類の轢死体回収数は少なかった。これは、イタチのような小さな動物は、車に轢かれた場合すぐにつぶれてしまうことも考えられる。道路の巡回は、原則的には交通の障害となるものを除去することを目的に行っており、イタチのような小さなものは無視されていることが多い可能性もある。一方、ロードキルが少ないのは、道路を横断する個体が少ないためとも考えられる。道路を横断する個体が少ないということは、横断構造物を頻繁に利用しているのか、もしくは道路により生息域が分断されているという二つの理由が考えられた。

(5) ロードキル多発地点からみたロードキル発生タイプ

常磐道におけるロードキル発生件数の多い地点の周辺環境状況を表2-1に示す。この5箇所の多発地点の状況からは、盛土、切土の道路構造に関係がみ

地点(キロポスト)	年間平均発生件数	環境状況
友部町(70~72kp)	11	<ul style="list-style-type: none"> ・常磐道は涸沼川の両側の河岸段丘を横切る形で交差している。 ・72KP付近は切土となっており、切土のり面は草本類の植物が繁茂している。 ・この付近のフェンスには3ヶ所で道路敷地内へ動物が侵入している形跡が見られた。
水戸市(82~84kp)	10	<p><82.4KP付近></p> <ul style="list-style-type: none"> ・常磐道と国道50号が交差している場所である。 ・常磐道は周辺より若干高い位置にあり、国道50号と交差する場所以外は盛土となっている。 ・盛土のり面には針葉樹林が植栽されており、下層は草本類が繁茂している。 ・国道50号と交差する部分は高架となっており、盛土部分は一旦途切れている。 <p><84.2KP付近></p> <ul style="list-style-type: none"> ・常磐道は周囲よりも低い位置を走っており、切土となっている。 ・切土のり面は草本類が繁茂している。 ・この付近は側道をはさんで林に隣接している。 ・道路沿いのフェンス下部分で1ヶ所、道路敷地内へ侵入しているケモノミチが確認された。
那珂町①(92~94kp)	9	<ul style="list-style-type: none"> ・常磐道は周辺よりも高い位置を走っており、盛土となっている。 ・盛土のり面は、下層部分を確認できないほど針葉樹林や草本類が繁茂している。 ・フェンス下の隙間からタヌキが道路敷地内へ入りしているのを多数の足跡で確認した。
那珂町②(98~100kp)	8	<ul style="list-style-type: none"> ・常磐道は、切土でのり面は草本類が繁茂している。 ・道路南側は、日本原子力研究所の敷地に隣接している。 ・敷地内は広葉樹林やスギ・ヒノキ林が広がっており、一般の立ち入りができない。 ・敷地との道路境界には有刺鉄線が設置されている。 ・道路を挟んで北側には谷に沿って林が連続している。
那珂町③(102~104kp)	7	<ul style="list-style-type: none"> ・久慈川の河岸段丘部と交差する場所である。 ・道路の両側には段丘の斜面部分に連続する林が隣接している。 ・林内から道路敷地内へフェンス下を通してケモノミチが2ヶ所で確認された。 ・反対側の林内ではタヌキのためフンも確認された。

られないものの、いずれのり面においても植生が繁茂していることがわかった。また、ほとんどのり面において動物が道路境界に設置してある立入防止柵の下側から侵入している形跡が確認された。

ロードキル多発地点の周辺環境を把握した結果から常磐道におけるロードキル発生タイプを分類すると以下のとおりである。

タイプ1・・・道路建設以前に生息地や移動経路として利用されていたタイプ

タイプ2・・・道路建設後に新たに造成された道路のり面等が樹林化して植生が繁茂し、新しく生息環境として利用されるタイプ

タイプ3・・・道路のり面に侵入してしまった動物が、道路構造上(立入防止柵の設置場所)から車道に侵入してしまうタイプ

ロードキルの多発は、道路敷地内への侵入箇所があること、道路に緑地が隣接しておりその緑地からフェンスの下などを通して道路敷地内へ侵入していること、道路のり面において植物が繁茂しておりカバーや採餌場として野生動物にとって好適な生息環境となっていて誘引しやすいこと、元々動物の移動経路であったこと、などの要因が複数絡み合うことによるもの推測された。ロードキルの多発地点は動物の移動経路分断地点であり、これを防ぐためには、道路内への侵入を徹底的に防ぐことが大切である。完全に侵入が防ぎきれない場合には、道路法面が動物を誘引する環境とならないような管理を行うこと(例えば、下層部分は除草してカバーを無くす等)、元々動物の移動路であったところは横断構造物などを設置して動物が安全に横断できるようにすること等が必要であると考えられる。

7. 2. 中型食肉類のロードキル発生と周辺環境要素の関係

7. 2. 1. 調査対象

中型食肉類目のロードキル発生状況に対する高速自動車国道の「移動の障壁」としての評価を行い、中型獣の移動経路の分断要因を検討した。研究対象地は、常磐自動車道の岩間IC



図3-8 研究対象地

間の、延長約 30km の区間 (図 3 8) とし、対象動物は、対象区間で 1994 ~ 2001 年の 8 年間に発生したイヌ・ネコを除くほ乳類のロードキル (計 936 件) の 95% (892 件) を占めた⁷⁸⁾ タヌキ (ホンドタヌキ: *Nyctereutes procyonoides viverrinus*) とした。タヌキは単独または家族群で行動し、生活周期が、平常期 (1 ~ 4 月)、子育て期 (5 ~ 7 月)、冬越し準備期 (8 ~ 9 月)、分散期 (10 ~ 12 月) の 4 期間に分けられる。この生活周期に応じ、行動圏内の高利用域も変動する⁸²⁾。先の 8 年間を通したタヌキのロードキルは、年間件数が 80 ~ 130 件で増減しているのに対し月間件数の変動が大きく、毎年の秋から冬にかけては、その他の月の 2 倍程度まで発生していた。

7. 2. 2. 方法

タヌキのロードキルと周辺環境との関係を判別分析により解析し、移動経路としての環境要素の選択傾向を抽出した。解析では、まず年間のロードキルデータから 0.1km 毎のキロポスト (KP) を単位に、各 KP を中心とした 0.1km 区間の 8 年間の総事故件数を求め、各 KP の 11 点移動平均値を求めた。次に判別群を、移動平均値に基づき件数の多少で 2 群に分けた。群を分ける値には、各 0.1km 区間の移動平均値の中央値を用いた。また、タヌキの利用域の変動に留意し、4 期間毎に同様の方法で 2 群を求めた。説明変数となる環境条件として、各 KP を中心とした半径 1 km および 0.5km の円に含まれる各環境要素の面積および、KP から各要素までの最短距離を集計した。さらに、道路構造のデータとして、各 KP 区間の上下線別の遮音壁の設置長、切り土・盛り土構造の区別、KP から動物が道路を横断できる構造物までの最短距離、そのうち用水路等の水系に接続した構造物までの最短距離、および高速道路のり面を分断する構造物までの最短距離を集計した。

7. 2. 3. 結果

タヌキのロードキル件数は、資料を得られた 8 年間を通して年間 80 ~ 130 件の間を安定して推移しているのに対し、月間の変動は秋から冬にかけて、その他の月の 2 倍程度にまで増加する傾向が見られた。また、1 km 区間当たりの件数は、区間により変動が大きかった (図 3 9)。

年間を通したロードキルは、自然裸地や果樹園からの距離が近く、0.5km 圏内の畑の面積および 1km 圏内の水面の面積が大きい場所では件数が少なかった (判別率 86.7 %, 相関比 0.492, $p=0.01$)。畑や果樹園はえさ場として付近での道路横断を促す効果が考

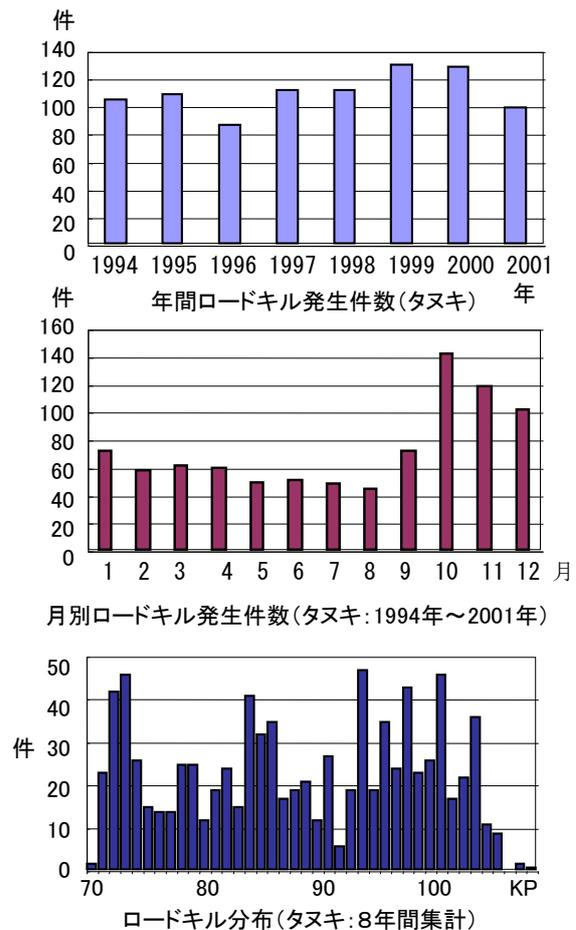


図 3 9 ロードキル発生状況

えられたが、逆の傾向を示した。これらの環境は利用できる時期が極限されるため、利用しない時期の長さが強く現れたと考える。自然裸地および水面は河川環境を指標する。河川に隣接する区間は橋梁となっており、仮に移動経路として選択されやすくとも、道路によって移動が分断されていないと考えた。ススキ草地等の自然草地在近接した区間にロードキルが多かった。この環境は年間を通して身を隠して移動できることから、タヌキが頻繁に利用すると考えた。また、ロードキル件数に対する遮音壁の設置延長は、傾向として下り線側で負の相関が、上り線側で正の相関が見られた。

タヌキの生活周期毎の解析のうち、平常期は、水田環境および林床が開けた林分環境の変数が正の相関、下り側遮音壁の設置長が負の相関を示した (表 2 2)。次に子育て期は、林床が開けた林分環境が正の相関、一方で畑地や低地といった開放的な環境が負の相関を示した。冬越し準備期は、農村地帯や低木林など、餌場となり得る環境に関する変数が正

表 2 2 タヌキの生活周期と判別関数の係数の符号

平常期 (1~4月) G1: RK<0.7, G2: 0.7<RK RK: ロードキル移動平均				子育て期 (5~7月) G1: RK<0.4, G2: 0.4<RK			
予測G1		予測G2		予測G1		予測G2	
合計		合計		合計		合計	
実際G1	139	23	162	実際G1	139	24	163
実際G2	40	99	139	実際G2	24	114	138
判別率	79.10%			判別率	84.10%		
変数(単位)		係数の符号		変数(単位)		係数の符号	
1km放棄畑地雑草群		+		1km放棄畑地雑草群		-	
1km竹林面積(m ²)		+		1km竹林面積(m ²)		+	
1km低地面積(m ²)		-		1km低地面積(m ²)		-	
水域までの近さ(m)		-		0.5kmアカマツ林面積(m ²)		+	
0.5km水田面積(m ²)		+		0.5km造成雑草群落面積(m ²)		-	
0.5kmアカマツ林面積(m ²)		+		1km人工草地面積(m ²)		+	
下り遮音壁1km区間集計(m)		-		判別に寄与している変数から順に記載。			
1km竹林面積(m ²)		+		道路の比高※		-	
道路の比高※		-		判別に寄与している変数から順に記載。			
※盛り土:3, 平坦部:2, 切り土:1の順位				分散期 (10~12月) G1: RK<1.0, G2: 1.0<RK			
予測G1		予測G2		予測G1		予測G2	
合計		合計		合計		合計	
実際G1	141	22	163	実際G1	132	20	152
実際G2	31	107	138	実際G2	24	125	149
判別率	82.40%			判別率	85.40%		
変数(単位)		係数の符号		変数(単位)		係数の符号	
1km農家面積(m ²)		+		1km居住地面積(m ²)		+	
1km竹林面積(m ²)		+		人工地形までの近さ(m)		+	
解放水域までの近さ(m)		+		下り遮音壁1km区間集計(m)		-	
山地斜面までの近さ(m)		-		0.5km農家面積(m ²)		+	
0.5km放棄水田群落面積(m ²)		+		0.5km二次地面積(m ²)		+	
0.5km放棄水田群落面積(m ²)		+		0.5kmアカマツ林面積(m ²)		+	
落葉広葉樹林までの近さ(m)		-		判別に寄与している変数から順に記載。			
判別に寄与している変数から順に記載。							

の相関、山林に関する変数は負の相関を示した。最後に分散期は、居住地に関する変数が正の相関を示した。

7. 2. 4. 考察

タヌキの生活周期毎に、ロードキルの発生と周辺の環境要素との相関が変化することから、移動経路に選ぶ環境要素も季節変動することが推察された。行動範囲が変動する動物については、通年の傾向に基づく単一なハビタットの分断防止対策では不十分であり、生活周期に応じた検討が重要である。

また、遮音壁の設置延長は、上下線間でタヌキのロードキルに対する効果が異なることが示唆された。この結果については、タヌキの個体群分布と移動方向の傾向を考慮し、遮音壁付近でのタヌキの移動実態も含めた詳細な検討を要する。

7. 3. 道路における移動経路の特徴

エコロジカルネットワークを構築するにあたっては、道路整備事業における移動経路確保・生息地整備のための生態的回廊が重要となる。

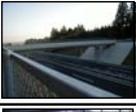
そのため、野生動物が道路を横断できる施設について、高速道路を対象に調査を行うとともに既存文献により整理を行った。

7. 3. 1. 既存の道路横断構造物

野生動物が高速道路を比較的容易に横断できる施設としては、以下の構造物が挙げられる(表 2 3)。

橋梁下は河川等の上を越える場合が多いことから横断幅が広く野生動物にとって利用しやすい。また、

表 2 3 道路横断構造物

道路横断施設	概要	
橋梁下	高速道路の本線が、河川や溪谷や海峡等の上を越えるための橋の下。	
オーバークリッジ	高速道路の上空を横断する道路、水路、鉄道のための橋梁(橋)の総称。	
ボックスカルバート	道路の盛土のなかを横断するスパンの短い人道、車道トンネルや水路を目的とした施設。	
ボックスカルバート(内側溝)	ボックスカルバートの内側に設置される排水用の溝	上記写真の右側の溝
排水用管路(パイプカルバート)	道路の盛土のなかを横断するスパンの短い水路を目的とした管路。	

河川は上流から下流に渡って連続的に自然環境が繋がっていることから野生動物の移動路としての機能が期待されているところであるが、道路が橋梁によって上空を通過するため移動路の分断が解消できる。

オーバークリッジは、道路の上空を通過するため、そこを通過する対象によって横断幅が異なり、自動車が通過可能なものから人間専用、管路専用のものまでである。動物利用を主目的としたものとしては大分自動車道の高崎山のサルの横断のために設置された事例があるが、ほとんどが人間活動を目的として設置されるため、動物の隠れ場所や移動しやすい構造にはなっていない。

ボックスカルバートは、オーバークリッジ同様に人道用、車道用、水路用として設置されるため横断幅は様々であり、また動物の好む移動路環境とはなっていない。併設される側溝がある場合はこの中を利用する動物も多い。

排水用管路は、道路建設前から水路や沢等の環境であることが多く、動物のけもの道として利用されていた場所に設置されると考えられる。しかしながら、その構造自体はコンクリート管であり動物の好む移動路環境とはなっていない。

ボックスカルバート、排水用管路等においては、近年、動物利用を目的として設置される場合も増えており、その際には出入り口付近に誘導のための植栽や隠れ場所を設けたり、排水用管路に動物移動用のステップを付けるなど工夫がされている(写真 1)。

7. 3. 2. 水戸地域における道路横断構造物

水戸地域を通過する高速道路は、常磐自動車道(水戸事例調査地内は岩間 IC ~久慈川橋)、北関東自動車



写真1 北関東自動車道の動物横断兼用用水路車道、東水戸道路がある(表2.4)。これらの高速道路における横断構造物について踏査した結果は表2.5のとおりである。表中のアンダーパスはボックスカルバートと排水用管路をまとめたものである。また、横断可能な構造物の分類は、タヌキとイタチがそれぞれ通ることができるかどうか(おおよそ直径がタヌキで6 cm 程度以上、イタチで4 cm 程度以上)で判断し、タヌキとイタチ両方が横断可能な構造物をAタイプ、イタチのみが横断可能な構造物をBタイプとした。

表2.4 高速道路の概要

道路名	区間(IC間)	延長(km)	車線数
常磐自動車道	岩間IC~日立南太田IC	36.2	6(4)
北関東自動車道	友部IC~水戸南IC	21.7	4
東水戸道路	水戸南IC~ひたちなかIC	10.2	4

()内は水戸IC~日立南太田IC間

表2.5 道路横断施設数

構造物の種類	常磐道		北関東道・東水戸道		確認した動物種
	横断可能なもの Aタイプ	Bタイプ	横断可能なもの Aタイプ	Bタイプ	
アンダーパス	70	67	1	53	イタチ
自動車通行可	11	11	0	1	イタチ
人間用	40	32	2	47	イタチ、ハクビシン
水路用	2	2	0	0	イタチ
その他	37	37	0	39	イタチ
オーバーブリッジ	23	23	0	20	タヌキ、イタチ
自動車通行可	8	2	0	0	タヌキ、イタチ
高架橋	2	2	0	0	タヌキ、イタチ
その他・不明	8	2	0	0	タヌキ、イタチ
計	191	174	3	160	152

①常磐道

常磐道においては、191 箇所の横断構造物を確認できた。構造物の種類別では、自動車が通行可能なアンダーパスが 70、人間用のアンダーパスが 11、水路用のアンダーパスが 40、その他の用途のアンダーパスが 2、オーバーブリッジ(いずれも自動車が通行可能なもの)が 37、高架橋が 23、その他・不明が 8 であった。このうち動物の横断が可能と判断できたのは、Aタイプが 174、Bタイプが 3 であった。この中で実際に動物の痕跡を確認できたのは全て Aタイプで、6 であった。ただし、横断が可能と判断された構造物のうち、構造物内の地面が砂や土など、動物の痕跡、特に足跡が残りやすいと判断されたものは Aタイプで 12 あり(Bタイプでは 0)、このうち実際に痕跡を確認したのは 3 (いずれも足

跡)で、痕跡が残りやすい構造物のみを見ると 25 %を占めた。痕跡の内訳は、タヌキが足跡 1ヶ所、イタチが足跡 3ヶ所とフン 1ヶ所の計 4ヶ所、ハクビシンが足跡 1ヶ所であった。構造物の種類別では自動車が通行可能なアンダーパスでイタチが 2、人間用のアンダーパスでイタチが 1とハクビシンが 1、高架橋でタヌキが 1とイタチが 1であったが、それぞれ発見した痕跡の数が少なかったため、構造物による痕跡発見数の差はでなかった。

②北関東道及び東水戸道

北関東自動車道及び東水戸道路では 161 箇所の横断構造物を確認できた。構造物の種類別では、自動車が通行可能なアンダーパスが 53、人間用のアンダーパスが 1、水路用のアンダーパスが 47、オーバーブリッジ(いずれも自動車が通行可能なもの)が 39、高架橋が 20 であった。このうち動物の横断が可能と判断できたのは Aタイプで 152、Bタイプで 2 であった。これらの横断構造物のうち、実際に動物の痕跡を確認できたのは Aタイプのみで、5 であった。ただし、横断が可能と判断された構造物のうち、構造物内の地面に動物の痕跡が残りやすいと判断されたものは Aタイプで 9、Bタイプで 1 であり、このうち実際に痕跡を確認したのは Aタイプで 3 (いずれも足跡)、Bタイプで 0 であった。痕跡の内訳は、タヌキが足跡 1ヶ所、イタチが足跡 2ヶ所とフン 1ヶ所の計 3ヶ所、ケモノミチ(種不明)が 1ヶ所であった。構造物の種類別では、自動車が通行可能なアンダーパスでイタチ、水路用のアンダーパス、オーバーブリッジでそれぞれイタチが 1、高架橋でタヌキが 1とケモノミチが 1であったが、常磐道と同様、それぞれ発見した痕跡の数が少なかったため、構造物による痕跡発見数の差は出なかった。

なお、痕跡を発見した横断構造物と発見しなかった横断構造物について、構造物の種類や周辺環境などを比較したが、痕跡を発見した横断構造物が少なかったため、はっきりとした傾向が見られなかった。

7. 3. 3. 野生動物のための道路横断施設

道路整備によって分断された生息地を繋ぐ回廊整備方法を検討するにあたって、野生動物の移動経路を確保することを目的として整備された道路横断施設の事例を収集するとともに、整備後のモニタリング調査等によって確認された利用状況について整理した。

道路整備による動物の生息地の分断化とその防止対策については、ヨーロッパで早くから体系的に検討され、道路計画も含めて適用されている。例えば

オランダでは、分断防止対策の全体像として、動物事故の防止、道路横断施設整備に加え、道路照明や騒音の改善、さらに一般道まで対象とした交通規制を含む道路網の再検討についても体系化されており、横断橋4箇所、小規模なトンネル300箇所、アカシカ用の大形トンネル3箇所、カルバート4箇所、動物に配慮し改善した施設100箇所が設置されている。また、横断施設の整備では、既存の施設が動物の利用に適した条件を満たさない場合に、欠けている条件を改善する手法が最も効率的であるとされている⁸³⁾。

(1) 中型哺乳類

動物の利用を目的とした道路横断構造物は、国内でも、十分な研究資料が得られない早期から、日光宇都宮道路や、霧ヶ峰有料道路美ヶ原線、茶臼山高原道路などで実用化されている。また、これら施設の動物による利用についても、主に中型哺乳類を対象としてこれまで多くの調査が進められてきた。例えば、整備事例としては、安房トンネルと共に設置されたボックスカルバート⁸⁴⁾、さらにモニタリングを実施した事例として、北海道東部におけるエゾジカ用設備（キタキツネの利用が確認された⁸⁵⁾）、鬼首道路における動物横断施設⁸⁶⁾がある。

複数の道路横断施設の利用状況を比較できる調査としては、日本道路公団によるものが上げられる。日本道路公団によると、この調査では全国の自動車道路のうち山地や山裾を通過するものを対象に、既設の道路横断施設の野生哺乳動物による利用状況が報告されており、そこで確認された結果の概要は以下の通りである（表26）。

調査は、ビーナスライン、東北自動車道、日光宇都宮道路、九州・長崎・大分自動車道および宮崎自表26 中型哺乳類による道路横断施設の利用状況（利用が確認された路線数）

調査された構造物	cb	cp	ob	ub
タヌキ	3○	3	1	1
イタチ類	3○	1		
キツネ	4		1	2
ノウサギ	4		1	1
テン	3	1		
オコジョ	1			
サル				1
調査路線数※	5	4	1	2

cb：カルバートボックス・トンネル，cp：コルゲートパイプ，ob：オーバーブリッジ，ub：橋梁下

○：多くの種の通過が確認された東北自動車道で、特に利用頻度が高かった種

※：各横断施設を調査した路線数。路線ごとに調査した横断施設の種類数が異なる。

自動車道、中国自動車道で実施され、調査方法はフィールドサイン及び自動撮影による観察である。

調査の結果、カルバートボックス（cb）がサルを除く一般的な中型哺乳類全てに利用されること、キツネ、ノウサギが、オーバーブリッジ（ob）と橋梁下（ub）を利用している一方で、同じ路線のものも含めてコルゲートパイプ（cp）を利用しなかったことから、開放的な横断施設を選好することが明らかとされた。

この傾向は、宮崎自動車道で2001年から2002年に実施された同様の調査でも見られ⁸⁷⁾た。なお、この調査では、カルバートボックスおよびコルゲートパイプでアナグマ、カルバートボックスでハクビシンの通過がそれぞれ確認された。

(2) 小型哺乳類

小型哺乳類を対象として設置された道路横断施設を表27にまとめた。リスやムササビ等は樹上での生活を種としており、地上を歩行して移動する中型哺乳類とは移動方法が異なる。リスは枝わたりにより樹上を移動することが多くヤマネも森の樹上を生活圏としている。

表27 小型哺乳類のための道路横断施設事例

設置場所	主な対象種	施設構造等	橋長	橋高	設置時期
北海道 札幌市	エゾリス	支柱+ステンレスロープ	20m	5m	1994年
北海道 帯広市	エゾリス	6cm径の丸太をワイヤーで連結			
山梨県 大月市	ニホンリス	支柱(コンクリート電柱)+ワイヤーにスギ板でまいたもの	28m	5m	1997年
北海道 斜里町	エゾリス	電柱+6mmワイヤーを芯に26mm漁業用ナイロンテープを3本よりわせたもの	19m	6m	2000年
山梨県 高根町 清里高原	ニホンヤマネ	鋼製門型柱(橋桁は横2メートル、縦1.5メートルの金網で囲まれ、内部にはシェルターとしての巣箱と移動用のつるを配置)	15m	9m	1998年

これらの種専用に整備されている横断施設は少なく、リス用として北海道と山梨県に道路脇に支柱を立ててその間をワイヤー等で繋いだタイプの事例⁸⁸⁾が数件みられた。これらの橋の橋桁は、リスが通過できる程度の大きさで、6cm程度の丸太から幅30cm程度のスギ板までであった。これらの橋ではほとんどの事例でリスの利用が確認されている。また、ヤマネ用の横断橋として山梨県の清里高原有料道路の事例⁸⁹⁾がある。構造は人間が通れるほどの大きなもので、フクロウなどの天敵からの攻撃を防ぎヤマネが安全に通れるように道路標識を改良して本体を金網で囲んでいる。橋の内部には隠れ場所として巣箱も設置され、ヤマネの他ヒメネズミの利用も確認さ

れている。

7. 3. 4. 考察

(1) 道路横断構造物の利用

野生動物が利用できる道路横断構造物数及び中型食肉目の利用状況（痕跡確認）を調査した結果、構造物の多くがアスファルト等で舗装され痕跡が残りにくかったり、幅の狭い水路等であったため、実際に痕跡が確認できた構造物は少なかった。しかし、痕跡が残りにやすい横断構造物のうち、実際に痕跡が確認された構造物の占める割合は3割程度と高かったことから、痕跡が残りにくかった横断構造物においても実際に利用されている可能性がある。今後、自動撮影装置などを用いて、実際の横断構造物利用状況を確認する必要がある。

北原ら⁹⁰⁾は、富士山周辺の有料道路において、2km区間毎の道路横断構造物数と轢死体回収数についての関係を見たところ、構造物が少ない区間では轢死体回収数が多く、逆に構造物が多い区間では轢死体回収数が少なくなるという傾向が見られたと報告している。このことは、横断構造物がロードキルの減少に貢献していることを示唆している。しかし、水戸地域で同様に比較したところ、両者間で有意な相関は見られなかった。これは、北原らが対象とした道路の大部分が森林や草地の中を走っており、そうした箇所を設置してある横断構造物では自動車や人間の利用が少なく、動物が利用しやすかったのに対して、本調査で対象とした高速道の多くが平地を走り、人間により利用されている横断構造物が多くそのような場所を動物が避けたためとも考えられる。今後、人間による利用状況の度合い別の横断構造物数と轢死体回収数の関係について、検討していく必要があるものと考えられる。

(2) 動物用道路横断施設

国内外を含めた哺乳動物のための道路横断施設の検討から、より動物に利用されやすい施設の整備に向けた知見が得られている。例えば、動物の移動を容易にする構造としては、ボックスカルバート内に設置する側溝の、横断方向中央に、嵩上げ部分を設ける、パイプカルバートの開口部の集水ますに、階段状の柵やスロープを設置する、また、パイプの中に犬走を設置するといった提案があり、一部が実用化されている。また、動物用道路横断施設の中に、シェルターを設置する方法については、カルバートの床面に砂や表土を撒き出し、切り株や植生によりシェルターを作ることにより小型哺乳類（ネズミ類）の利用が特に増加した例がある⁸³⁾。国内でも、オー

バーブリッジ上に根株を設置する⁹¹⁾、または橋の両端に植栽する⁹²⁾等の提案がなされている。

道路横断施設と周囲の生息環境とを連続させることも重要である。道路や橋梁構造物が法面を分断すると、法面上を移動する動物にとって障害となる。この問題は、法面を連続させたり、法面をつなぐ形で、犬走、小段などを橋梁やカルバートの下部に連続させることで解決できる。例えばオランダでは、道路が運河や水路と交差している個所が多い。このような個所での法面の植生が橋梁の下でも連続していると、法面上を動物が頻繁に利用することが確認されている⁸³⁾。

野生動物のための道路横断施設は、海外事例にあるグリーンブリッジのような（野生動物のための自然の土と植生を用いた幅広い大規模なオーバーパス）からリスのための細いロープ上の吊り橋まで構造物の形状、大小等様々であるが、最も重要なのは動物たちに利用される適切な形状と大きさであると考えられる。また、構造物が大きさが小さくなるほど最も適切な場所を選定することが重要であり、さらに、横断構造物の数と大きさも関連した問題であると考えられる。

事業者としては設置や管理コストを下げるために必要最低限の設備で最大の効果を求める面がある。しかしながら、現段階では保全の対象となる動物種に対して、必要な分断・事故防止の効果を上げるための具体的な施設を判断するには知見に少なく、今後の検討が必要となっている。

7. 4. 主要河川における野生動物移動経路調査

河川は、上流から下流に渡って連続的に自然環境が繋がっており、野生動物の移動路としての機能が期待されており⁹³⁾、また河川自体が連続的な生息地としての役割を果たす可能性が考えられる。

そのため、水戸地域を流れる主要河川である那珂川及び涸沼川について、踏査による痕跡及び聞き取り調査を行い、河川及び河川周辺の食肉類の生息状況を把握した。

7. 4. 1. 方法

調査対象地域を流れる那珂川（御前山村～河口、約47km）、涸沼川（笠間市～涸沼、約25km）と対象とした。

調査方法は、河川の両側の河川敷を踏査して痕跡の発見に努めた他、聞き取りにより河川敷及びその周辺の食肉類の生息状況の把握を行った。那珂川を4区間、涸沼川を2区間にそれぞれ分け、各区間につき河川の両側を1人ずつで踏査した。踏査をする

にあたっては、河川敷の水際から土手の間の、食肉類の痕跡が残っていると思われる場所をできる限りくまなく踏査するようにした。また、補足的に河川敷内を釣りなどで利用していた人や付近の住民に聞き取り調査も行った。

7. 4. 2. 結果

(1) 痕跡 (図40)

那珂川ではキツネ、タヌキ、イタチ、ハクビシンの痕跡を確認した。キツネは足跡を3ヶ所で、タヌキはフンを3ヶ所、足跡を20ヶ所で、イタチはフンを14ヶ所、足跡を28ヶ所で、ハクビシンは足跡を1ヶ所で確認した。

涸沼川ではテン、キツネ、タヌキ、イタチ、ハクビシンの5種の痕跡を確認した。テンは足跡を3ヶ所で、キツネは足跡を1ヶ所で、タヌキは足跡を14ヶ所で、イタチはフンを6ヶ所、足跡を14ヶ所で、ハクビシンはフンを1ヶ所、足跡を2ヶ所で確認した。

痕跡発見場所と周辺の環境の状況については、比較的痕跡の多かったタヌキとイタチについてまとめると、植生タイプではイタチで二次草地が多い傾向が見られた。

(2) 聞き取り

那珂川ではキツネ2件、タヌキ9件、イタチ4件、ハクビシン3件、リス1件の計19件の情報が得られた。確認レベル別では、キツネはレベル3が1件とレベル4が1件、タヌキではレベル3が8件とレベル4が1件、イタチではレベル3が3件とレベル4が1件で、ハクビシンとリスについては全てレベル3の情報であった。確認状況別では、キツネが目撃1件、狩猟が1件であった。タヌキは目撃が6件、交通事故死体が2件、交通事故以外の死体2件、イタチは目撃3件とその他が1件、ハクビシンは目撃が2件、屋根裏への侵入が1件、リスは全て目撃であった。

涸沼川ではタヌキ6件、イタチ6件、ハクビシン1件の計13件の情報が得られた。確認レベル別では、タヌキはレベル3が5件とレベル4が1件、イタチは全てレベル3、ハクビシンは全てレベル4であった。確認状況別では、タヌキが目撃4件と交通事故死体2件、イタチは目撃が5件と鳴き声が1件、ハクビシンは全て目撃であった。

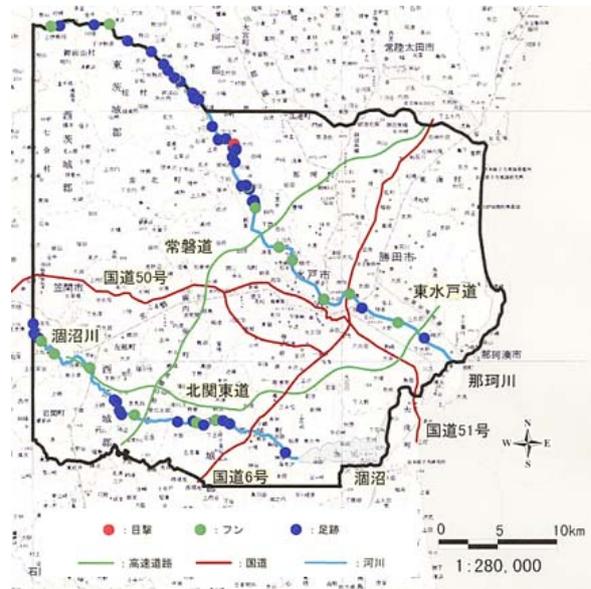
7. 4. 3. 考察

①移動路としての評価

都市近郊の河川のイタチの研究を行った藤井¹⁵⁾は、河川敷が上流域と下流域との生息地を結ぶ移動路として機能しており、流域で交流を助けていることを指摘した。同様のことは、イタチに限らず他の



タヌキの痕跡



イタチの痕跡

図40 那珂川、涸沼川における痕跡位置
動物でも指摘されている⁹³⁾。本地域においては、例えば那珂川が水戸市街とひたちなか市街で分断された上流と下流のキツネの生息地をつなげる重要な役割を果たしている可能性が高い。

②生息地としての評価

那珂川、涸沼川ともにキツネ、タヌキ、テン、イタチ、ハクビシンの生息を確認した。特にタヌキとイタチの痕跡は多数確認できた。これらの種は、河川敷を移動経路として利用する一方、まとまった緑地が連続して続く河川敷を恒常的な生息地として利用しているものと考えられる。キツネについては、

竹内³³⁾ が行動圏内では河川敷にしか生息しないハタネズミ (*Microtus montebelli*) を多く捕食していたことを報告している。またイタチについては、東京の多摩川河川敷において河川敷の外へ行動圏を持つ個体がほとんどおらず、また食物も齧歯類、魚類、甲殻類などいずれも河川敷に依存したものであったとしている¹⁵⁾。河川敷は、自然草原の成立できる数少ない空間であり、ハタネズミなどの齧歯類の好適な生息地となりうる^{13)、18)}。また、ザリガニ類が生息する水辺もあり、これらの小動物を餌食物とするキツネやイタチなどの食肉類にとっては好適な採餌環境となっている。このような生息環境が平地でまとまって、また連続的に残っているのが河川敷の特徴であり、本調査において得られた結果も同様のことを示しているものと考えられる。しかし、一方で、比較的まとまった面積の土地が得られる河川敷は、運動場やゴルフ場などに利用されやすい。このような場所では、丈の低い草本が生える程度で、野生生物の生息地としては適していない。那珂川河川敷ではそういった土地利用はそれほど確認されなかったが、今後、河川により野生生物の生息地の連続性を保持する上でも、こうした土地利用にあたって工夫が必要である。

また、那珂川は平成10年の大きな水害後、護岸整備などが進められている。水害防止のための治水工事は必要であるが、野生生物の生息環境を残すよう配慮が必要であると考えられる。

8. 生態的回廊を構成する移動経路の設置とモニタリング

生態ネットワークにおいては、中・小型哺乳類が恒常的に生息できる空間どうしを結びつけたり、道路等によって分断されている生息空間に移動経路を確保することで生態的回廊を形成し、生物の相互交流を図ることが重要である。

ここでは、道路建設により分断された生息地において、中・小型哺乳類が生息地間の移動時に道路上を移動経路として使うことで自動車との衝突事故死が起きないように、できるだけ安全に移動するための横断施設の検討を行うこととした。

現在、道路建設にあたっては、野生動物が横断できる施設としてボックスカルバート等の配置を適切に行うよう配慮して、歩行等による地上横断を誘引している。そのため、試験的な移動経路を設置するにあたっては、通常、地上歩行を好まず、樹上を横断することが多いニホンリスについて、横断施設

の構造検討から利用状況の検証までを行った。

8. 1. 設置場所の選定

ニホンリスが移動できる構造を検討してモニタリングまでを調査するには、ニホンリスの生息が確認され、かつ、道路等により分断されている必要がある。

そのため、文献等の調査により東富士五湖道路を選定した。以下に、道路と周辺環境、ニホンリスの生息状況を示す。

①東富士五湖道路

東富士五湖道路は、日本道路公団が昭和61年に建設した（全線開通は平成元年）、山梨県富士吉田市から静岡県小山町に至る延長18 kmの自動車専用道路である。このうち山梨県側の12.9 kmが富士箱根伊豆国立公園を通過している。道路は標高800m～1,050mの富士山北西麓に位置し、アカマツ林、クリ・ミズナラなどの二次林、ススキ草地が広がっている⁹⁴⁾。

②ニホンリスの生息状況

ニホンリスが生息している場所は、富士吉田インターチェンジ付近のアカマツ主体の樹林地である。アカマツに混じってオニクルミが点在している。ここでは、道路建設以前よりニホンリスが確認されており、現在でもカルバートボックス内を移動経路として道路両側に生息していることが足跡とテレメトリー調査によって確認されている。

8. 2. 横断施設の構造検討

横断施設の設置にあたっては、①カルバートボックス内を地上に降りずに横断可能、②道路のり面のアカマツ林を縦断的にも地上の降りずに横断可能、③リスが歩行しやすい構造、④道路占用物となるため、交通障害を起こさないような安全で耐久性のある構造、⑤予算的な制約から安価で設置可能等の条件を考慮して構造を検討した。

その結果、リス横断橋として、ステンレス製の箱形形状（30cm×30cm断面）のなかに針葉樹の樹皮付きの板を敷くこととした（図4-1）。この形状の橋をカルバートボックス内の上隅に設置し、さらに道路のり面のアカマツ等の樹木に連結した（写真2）。

8. 3. 設置とモニタリング調査

リス橋は、2002年8月1日にカルバートボックス壁面にブラケットをアンカーボルトで設置した上にリス橋を載せてボルト固定した。その際に、リス橋を通過する個体をモニタリングするため、自動撮影カメラをステンレス金網内に装着した。

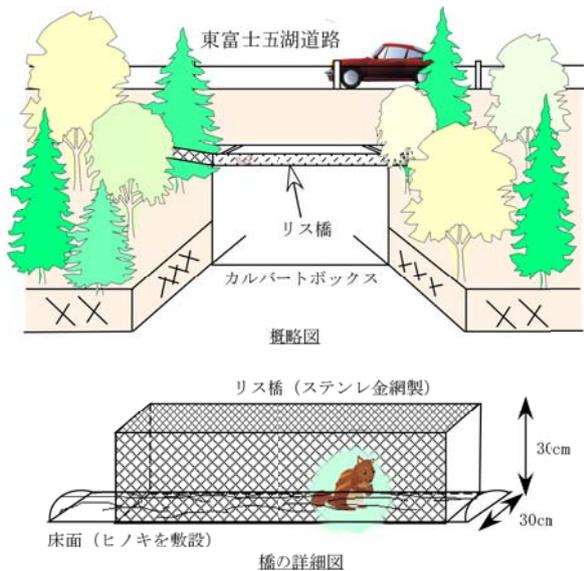


図 4 1 リス橋の配置図



写真 2 リス橋設置状況

カメラ設置直後から、アカネズミの利用が確認された。ニホンリスは、設置から1か月を経過した9月上旬に確認された（カメラの撮影日時が確認不可のため）。

その後は、11月から翌年1月まで撮影され、さらに3月までは写真に撮れなかったものの赤外線センサーの反応データにより継続した利用が確認された（写真3）。



写真 3 リス橋内を利用するニホンリス

8. 4. 考察

試作したリス橋においては、モニタリング調査により継続したニホンリスの横断利用が確認されたことから、ステンレス網の箱形状が有効な構造であることといえる。リスは、樹上につくった巣で休息をとり、また樹上で採食することが多いことから、樹上を安全な場所としていることが伺える。さらに、地上ではキツネ等、上空ではオオタカ等の猛禽類が捕食者としてあり、それらから身を隠せて移動することが重要となる。この観点からも、箱形状は有効であると考えられる。

今後は、リス橋の効果をより確認していくため、カルバートボックス内の地面上を利用する状況とリス橋を利用する状況を比較することが必要と考えられる。

9. 生態的回廊の整備手法の検討

調査対象地域では、ロードキル・データや主要河川調査結果から、中型哺乳類が道路や河川を利用していることがわかった。また、ソース個体群（主に北西側）とシンク個体群の接点となっている可能性がある⁹⁵⁾。シンク個体群は今後孤立化が進むと絶滅し、ソース個体群も分断化で分布の衰退や生息密度の減少を余儀なくされよう。

本地域は、2本の高速自動車道（常磐道と北関東道—東水戸道）が北東～南西方向に、また、二本の

一級河川（那珂川と澗沼川）が北西～南東方向に縦断している（図4.2）。



図4.2 高速道路と河川の位置図

従来、道路と河川は、小・中型哺乳類の生息地の分断要因となることが多いが、ここでは逆に道路及び河川自体の連続性に注目し、のり面や河岸・河川敷を整備することによって、その連続性を高め、移動経路及び生息地としても利用できる可能性を模索した。

野生哺乳類がのり面や河岸を移動経路として利用していることは、本調査だけでなく確認され⁹⁶⁾、⁹⁷⁾、その機能も認められている⁹⁸⁾、⁹⁹⁾、¹⁰⁰⁾が、その移動経路の連続性確保や哺乳類のための積極的な環境エンリッチメント及びミティゲーション¹⁰¹⁾は、景観生態学の先進国である西ヨーロッパや北米でも余り行われていない。しかし、技術的には確立されつつあり、小規模なビオトープをはじめ様々なものが試行及び実施されている¹⁰²⁾、¹⁰³⁾。

道路のり面及び河岸において陸生動物の平行移動障害となるボックスカルバートや水門などへの変容・改良を含め、植生回復、適切なフェンス設置等により、効率よく生息地の連続性を回復・維持することが可能である。例えば、澗沼川と常磐道の交差点は、ロードキル多発地点としてあげられるが（本報告 7. 1）、ボックスカルバートの改良で道路透過性を高めつつ、動物遮断フェンスを設置し道路進入を防ぎ、道路のり面と河川敷の往来を可能にする誘導フェンス及び植生を配すれば、僅かな面積でその地域の生態系ネットワークの連続性を回復することができる（図4.3）。ボックスカルバートの改良が不可能または効果的でない地点は、のり面へのアク

セスを与え、その地点のロードキルを防ぎつつ適正生息地へ誘導する。また、生息地のコアエリアやボトルネックの把握をすることにより、優先的に整備を進め、有効性をさらに高めることができる。

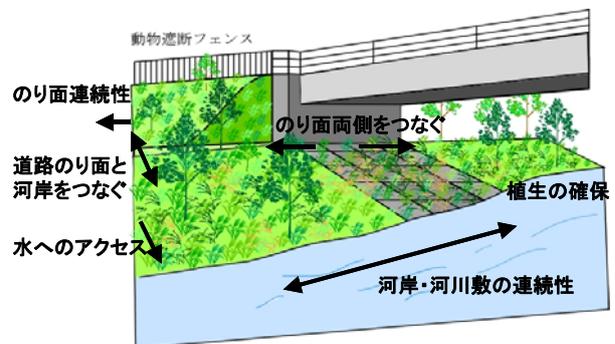


図4.3 道路及び河川の連続性を活かしたのり面及び河川敷整備部分（上）と道路と河川の交差点の例（下）

10. まとめ

アナグマやテンは、水戸地域西部の丘陵地域にのみ分布し、特にアナグマは近年個体群が著しく衰退した可能性が考えられた。一方、キツネは東部の平野部にも生息していた。イタチ、タヌキ、ハクビシンは調査地域全域に広く分布していた。これらの分布の特徴に、既存研究から得られた繁殖、休息場所、移動経路、移動能力、生活史、行動圏サイズ、社会構造の特徴を加えて、食肉目の在来種であるアナグマ、テン、キツネ、タヌキ、イタチとげっ歯目のリスについて、環境に対する要求性の評価を行ない、環境整備におけるアンブレラ種としてアナグマ、リス、テン、キツネの4種を選定した。

次に、個体群の歴史について検討するために、保全生態学を視点において、マーカーの特徴に対する取得可能なサンプルとの適合性を整理し、ミトコンドリアDNAとマイクロサテライトDNAを選出した。そしてアンブレラ種であるアナグマとテンについて、

ミトコンドリアDNAを用いて分析した遺伝的多様性の結果について検討を行ったところ、両種ともに、日本に生息する個体群自体の遺伝的多様性が低く、本州に生息する個体の遺伝的組成に地理的特性がある程度見られるものの、遺伝的に見て保持すべき自然障壁や地域特有の個体群が存在する可能性は低いものと思われた。したがって、水戸地域に生息する個体群の保全を行なうことは、日本に生息する両種の遺伝的多様性の保存にとって意義がある。また、リスについては、毛根なしの毛、血液、唾液、尿のいずれからもPCR法により増幅した増幅産物をアガロースゲル電気泳動によって確認し、DNA分析サンプルとして使用できることが確かめられた。そして、遺伝分析に対して、計27個のマイクロサテライトマーカーが使用可能であることが分かり、今後、捕獲調査等でDNAサンプルが得られた場合には、生息状況を把握するための遺伝学的解析を効率的に進める体制が整った。水戸地域においても孤立林生息調査からも明らかのように、森林の分断化・孤立化が進行し、マツ枯れや伐採による餌の消失と森林のギャップが広がっており、リスの生息にも何らかの影響が起きていると考えられるが、ミトコンドリアDNAのCYT-b 遺伝子及びD-loop領域においてひたち海浜公園の4個体については他地域と大きな違いは見られず、孤立している集団にみられる遺伝的な分化は認められなかった。しかしながら、現在、ひたち海浜公園では周囲の環境との交流がなく孤立状態で、将来的に自然状態で他地域からの個体が入り込んでくることや、遺伝的交流が起こるとは考えにくく、遺伝的多様性が減少していくのは時間の問題であると考えられる。生息環境の悪化（アカマツ枯れによる食物の減少や伐採による森林の断片化など）や遺伝的劣化によりリスが生息しなくなる前に、人為的な環境保全が必要であると考えられる。今後、これらアンブレラ種における地域内の遺伝的多様性の評価についてのより詳細な研究を行なう必要はあるが、生息地間の生態的回廊による連結を進めることは、個体群どうしの遺伝的交流をはかる方法のひとつになることが示唆された。

これらの遺伝的検討と並行して行なわれている、生態学的に見た個体群の構造は、生息環境の内部構造とその配置、すなわち動物にとっての餌場、休息場、移動経路と環境要素の関係やその空間的位置を反映しているものと考えられる。水戸地域の環境要素の説明要因として今回特徴的であったのは、西部から東部にかけての人為的要因の勾配と、それにと

もなう動物の順応性の有無である。

餌場や休息場の条件に、生息地の土層植生の樹種構成や、中下層植生との組み合わせが影響するテンが、丘陵地域にのみ分布していたのはこのことと関係があるものと考えられる。一方で、丘陵の田畑や草原、林、集落などがモザイク状に分布する多様な環境は、本来ノウサギやネズミ類を利用する哺乳類のスペシャリストであるキツネには重要であるものの、人為的な環境の多少やその地域の土地利用に応じて、利用可能な食物をうまく利用する採食特性を示した個体は、東部の大面積の緑地でも生息が可能であった。この順応が極端な形態に至ると、それは嗜好性となって、タヌキにとってのゴミ捨て場のようになり、誘引効果を持つかもしれない。一方で、移動能力が低いアナグマやリスにとっては、移動経路の分断や生息林分の孤立化は、餌場や休息場の条件よりも大きく作用した可能性が考えられた。リスでは、東部の孤立林に残存した個体群が存在する可能性が示唆され、アナグマは雑食性であるにもかかわらず、個体群が衰退するまでに分布域が限定された。これは移動能力の高いイタチにとって、水系の連続性がプラスに作用し、その結果全域に分布していたことからみてもとれる。

さらに詳しくランドスケープエレメントとしての各々の環境要因明らかにするため、テンとリスについて、環境選択に関係のある要因を分布調査により確認した痕跡情報と地形、植生等の環境情報を用いて国土技術政策総合研究所のGISデータベースを基に解析を行った。その結果、テンについては、森林性の傾向を強く示しながらも農地や緑の多い住宅地などの人為的土地利用地域も積極的に利用している模様だが、ゴルフ場や幹線道路を回避する様子もみてとれ、生息地の分断化が分布域内でも進行していることが示唆された。リスについては、全ての生息林分が林冠疎密度41%以上であり、71~90%で最も生息林分が多く、食物と営巣環境を供するマツ、巣材と営巣環境を供するスギ・ヒノキ、及び食物を供するオニグルミの重要性もうかがえた。また、幹線道路はテンと同じく回避されていることがみてとれた。今後、生息地モデリングに向けて環境選好性を得るためには、各環境解析項目について、テンとリス以外の種を含め、それぞれのスケールで無作為抽出したデータと今回得られた利用データと比較することが重要である。さらにそのモデルを評価するために、現地検証する必要があると思われる。

また、リスの行動調査では秋・冬季の活動時間、

行動圏、利用階層、営巣環境における個体差が明らかになり、アカマツ林の重要性はここでも示された。今後、春季から夏季の調査で行動圏内の利用状況を把握し、秋・冬季に利用が低かった植生の存在価値やアカマツ球果以外の主要な食物の有無を明らかにすることにより、水戸地域の孤立林に生息するリスの保全やネットワーク化へ適用していくことが可能になると推察される。

そしてロードキル多発地点には、今までに述べたような、動物にとっての好適な生息場所と侵入可能性の高い地点が混在するという特徴が見られた。移動経路の創出という視点からすると、横断橋の設置や橋脚などの移動可能な構造物は効果が期待できるため、今までに蓄積されたエコロードなどの設計のノウハウが活かされる可能性はある。しかし、繁殖・分散期や活動時間にロードキルが多く見られたことは、行動圏外の予測不可能な活動による事故発生を防ぐためには、道路への侵入の徹底的な防止と適切な横断構造物の設置が並行して行なわれる必要があることが明らかになった。さらに、中型食肉目（主にタヌキ）の移動が高速道路によってどのどのように阻害されているかを、高速道路上のロードキルを指標として推測し、ロードキルの防止に向けた施策を提案することを目的として移動経路の分断要因を検討した。その結果、移動経路に選ぶ環境要素も季節変動することが推察され、行動が季節変化する動物については、通年の傾向に基づく単一なハビタットの分断防止対策では不十分であり、生活周期に応じた検討が重要であることが分かった。また、遮音壁の設置延長は、上下線間でタヌキのロードキルに対する効果が異なることから、個体群分布と移動方向の傾向を考慮し、遮音壁付近で個体の移動実態も含めた詳細な検討を要することがうかがえた。

生態的回廊の設置条件を考えるためには、コアとなる生息地の現在の状態を把握することが不可欠である。本研究で明らかになった、キツネが他種との競合なしに独占的に利用可能な餌資源であるノウサギ、テンにとって同様な樹上性の果実類は、いずれも人間による土地利用の最近の傾向とは一致しないように考えられる。すなわち、ノウサギにとって重要なのは自然草地や天然林、樹上性の果実を供給する樹種構成の豊富な落葉広葉樹林だからである。水戸地域でもこのようなハビタットは少なく、今も減少し続けている。しかしテンでは、水戸地域西部の森林で雌雄両性が共存する繁殖可能な個体群が存在していることが、DNA解析より明らかになった。こ

のことは、水戸地域西部の森林が優占する丘陵は、テンの生息しない他地域へ移出する個体数とその地域へ移入する個体数を上回るソース個体群になりうる可能性が最も高い場所であることを示している。逆に、現在の水戸地域東部や南部は、シンク個体群（繁殖率が低いため、他地域へ個体を送り出せない排出口のような個体群）しか生息できない地域になっていることが、リスの孤立林の研究結果からも証明された。すなわち南部の友部では、自動車道によって分断された林地をリスが往復してその生活圏を維持する限界的な状態であったし、東部の工業団地では繁殖の形跡がなく、ソース地域からも遠いため、絶滅を待つだけのリス個体群の存在が発見された。

これらの生息地をつなぐ生態的回廊の条件の一つとして、食肉目では体を隠すことのできる下層植生の繁茂した地域が連続する地点が効果的であることが、ロードキル発生地点の解析から明らかになった。このようなハビタットは、カルバートボックスのような、食肉目各種が道路横断にとって有効な移動経路と共に設置されると、生態的回廊としての効果がさらに高まるものと思われる。一方で、リスのように樹冠を移動する哺乳類にとっては、その移動特性を保持しながら分断箇所を渡れる独自の構造物が必要であることが明らかになった。そこで、リスについては横断施設の構造検討から利用状況の検証までを行ったところ、設置後一ヶ月でリスの利用が確認された。その後も継続して利用が確認されており、このカルバートボックス上部に設置されたステンレス網の箱形状リス橋が、有効であることが示唆された。今後、複数のリス橋でその利用状況を分析し、設置場所や間隔についての知見を得たい。

このように、道路などで分断された生息地を、横断施設等で分断方向に対し垂直に点状に繋げるのも意義はあるが、積極的に広域に連続性を回復させるにはまだ不十分である。また、新たにランドスケープレベルで回廊を設置することも土地の確保や維持を考えると、余り効率的とはいえない。そこで、調査対象地域の既存の高速道路と河川の連続性を利用することを構想した。道路法面と河岸・河川敷を小・中型陸生哺乳類の生息地及び移動経路として整備し、各々連結していけば広域的にネットワークが完成する。今後、具体案や優先性を含め検討が必要である。

この研究が、日本国内はもとより野生動物保護の先進国においても、その規模と視野において画期的なレベルであることは明白であるものの、これらの

整備手法を確立し実施していくまでには、まだまだ克服すべき点が多いと思われる。しかし、それは長期展望のある保護計画に繋がるものである。

11. 参考文献

- 1) 日置佳之・井手佳季子. 1997. オランダの3つの生態ネットワーク計画の比較による計画プロセスの研究. 日本造園学会誌
- 2) 建設省土木研究所・(株)野生動物保護管理事務所. 2000. 平成11年度生態ネットワーク計画のための哺乳類分布・生態調査業務報告書
- 3) 環境庁. 1979. 第2回自然環境保全基礎調査動物分布調査報告書(哺乳類) 全国版
- 4) 環境庁. 1993. 第4回自然環境保全基礎調査動物分布調査報告書(哺乳類)
- 5) Tatara, M. and T. Doi. 1994. Comparative analyses of Japanese marten, Siberian weasel and leopard cat in the Tsushima islands, Japan. *Ecological Research*. 9:99-107
- 6) 中村俊彦・神崎伸夫・丸山直樹. 2001. 東京都日の出町、あきる野市におけるニホンテンの食性の季節的変化. *野生生物保護*. 6(1)
- 7) Buskirk, S. W. 1994. *Martes, Sables, and Fishers: Biology and Conservation*. Cornell Univ. Press.
- 8) 中園敏之. 1989. 九州におけるホンダギツネのハビタット利用パターン. *哺乳類科学* 29 (1)
- 9) 環境庁. 2000. 平成10年版鳥獣関係統計
- 10) 金井郁夫. 1991. 東京の中型獣5種640報の分析と考察. *東京都の自然* 17
- 11) 山本祐治・大槻拓己・清野 悟. 1996. 都市周辺部におけるホンダヌキ *Nyctereutes procyonoides viverrinus* の環境利用. 川崎市青少年科学館紀要7
- 12) 芝田史仁. 1996. タヌキ. (川道武男編: 日本動物大百科1). 平凡社
- 13) 荒井秋晴・白石 哲. 1982. 九州におけるハタネズミの個体群生態
- 14) 大津正英. 1971. イタチの冬期の食性とその保護. *応動昆*. 15: 87-88.
- 15) 藤井 猛. 1998. 多摩川河川敷におけるニホンイタチの食性、行動圏、環境選択および河川敷利用者の意識. 東京農工大学大学院修士論文
- 16) Hasegawa, M. and S. Nushikawa. 1991. Predation of an introduced weasel upon the lizard (*Eumeces okadae*) on Miyake-jima, Izu Islands. *Natural History Research*. 1:53-57.
- 17) Sasaki, H. and Y. Ono. 1994. Habitat use and selection of the Siberian weasel *Mustela sibirica coreana* during the non-mating season. *J. Mamm. Soc. Japan*, 19:21-32.
- 18) 東 英生. 1988. 多摩川河川敷に生息するイタチの生息状況の把握並びに行動圏の調査(ラジオテレメトリー法による). (財)とうきゅう環境浄化財団研究助成研究報告書. (財)とうきゅう環境浄化財団
- 19) 阿部 永・石井信夫・金子之史・前田喜四雄・三浦慎吾・米田政明. 1994. 日本の哺乳類. 東海大学出版会
- 20) 鳥居春己. 1996. ハクビシン. (伊沢紘生・粕谷俊雄・川道武男編: 日本動物大百科2). 平凡社
- 21) 吉武和治郎. 1998. 茨城県の獣類雑記-交通事故死した獣の鎮魂歌-. *茨城生物* 18
- 22) 矢竹一穂・高橋啓二. 1987. 都市近郊におけるニホンリスの生息環境. 第98回日本林学会大会発表論文集
- 23) 片岡知美. 1998. 高尾山周辺樹林におけるニホンリス (*Sciurus lis*) の生息分布と森林分断による生息域の減少. 筑波大学大学院環境科学研究科修士論文
- 24) Gurnell, J., Clark, M. J. and Feaver, J. 1997. Using Geographic information systems for red squirrel conservation management. In (Gurnell, J. & Lurz, P. eds.) *The conservation of red squirrels, Sciurus vulgaris*
- 25) 矢竹一穂・田村典子. 2001. ニホンリスの保全ガイドラインづくりに向けて III. ニホンリスの保全に関わる生態. *哺乳類科学*, 41: 149-157.
- 26) 岸洋一・海老根翔六. 1975. 茨城県におけるマツノザイセンチュウの発生と被害について. *茨城病虫研報*, 14: 4-6.
- 27) 茨城県林業試験場. 1979. マツノザイセンチュウに関する研究 マツノザイセンチュウの県内分布調査. *茨城林業報*, 17: 28-29.
- 28) 金子弥生. 2001. 東京都日の出町のアナグマの生態学的特徴. 東京農工大学博士論文. 119pp.
- 29) 西垣正男・川道武男. 1996. ニホンリス (川道武男編: 日本動物大百科1). 平凡社
- 30) 細田徹治・鐘 雅哉. 1996. テンとエゾクロテン (川道武男編: 日本動物大百科1). 平凡社
- 31) 金子弥生. ニホンアナグマ. (川道武男編: 日

- 本動物大百科1). 平凡社
- 32) Saeki, M. 2002. Ecology and conservation of the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) in Japan. Doctor Thesis, University of Oxford, UK. 294pp.
- 33) 竹内正彦. 1995. 栃木県産アカギツネ (*Vulpes vulpes*) の形態及び生態学的研究. 金沢大学大学院博士論文
- 34) Tatara, M. 1994. Social system and habitat ecology of the Japanese marten *Martes melampus tsuensis* (Carnivora; Mustelidae) on the Islands of Tsushima. Ph.D. thesis, Kyushu Univ. 79pp.
- 35) Sasaki, H. 1994. Ecological study of the Siberian weasel *Mustela sibirica coreana* related to habitat preference and spacing pattern. Ph.D. thesis, Kyushu Univ. 92pp.
- 36) Nakazono, T. 1994. A study on the social system and habitat utilization of the Japanese red fox, *Vulpes vulpes Japonica*. Doctoral thesis, Kyushu Univ.
- 37) Ikeda, H. 1984. Raccoon dog scent marking by scats and its significance in social behaviour. *J. Ethol.* 2: 77-84.
- 38) Avise, J. C. & J.L. Hamrick. 1996. Conservation Genetics. Chapman & Hall
- 39) 鷺谷いづみ・矢原徹一. 1995. 保全生態学入門. 文一総合出版
- 40) Gilbert, D., Packer, C., Pusey, A.E., Stephens, J.C. & S.J. O'Brien. 1991. Analytical DNA fingerprinting in lions: parentage, genetic diversity and kinship. *The Journal of Heredity* 82(5), 378-386.
- 41) Packer, C. 1992. The lion of Ngorongoro Crater. *National Geographic* 181, 124-138.
- 42) 環境庁自然保護局野生生物課. 1995. 希少野生動物の遺伝的多様性とその保存に関する研究. 地球環境研究総合推進費研究成果報告書 p247-245.
- 43) Morrison, M.L., B.G. Marcot and R.W. Mannan. 1992. Wildlife-habitat relationships Concepts and applications, Univ. Wisconsin Press, Madison. 343pp
- 44) Kurose, N., R. Masuda, Siriaroonrat, B., & Yoshida, M.C. 1999. Intraspecific variation of mitochondrial cytochrome *b* gene sequences of the Japanese marten *Martes melampus* and the sable *Martes zibellina* (Mustelidae, Carnivora, Mammalia) in Japan. *Zoological Science* 16: 693-700.
- 45) Kurose, N., Kaneko, Y., Abramov, A.V., Siriaroonrat, B., and Masuda, R. 2001. Low genetic diversity in Japanese populations of the Eurasian badger *Meles meles* (Mustelidae, Carnivora) revealed by mitochondrial cytochrome *b* gene sequences. *Zoological Science* (in press)
- 46) Rebecca Todd. 2000. Microsatellite loci in the Eurasian red squirrel, *Sciurus vulgaris* L. *Molecular Ecology*, 9, 2165-2166.
- 47) Hale, M. L. R. Bevan and K. Wolfe. 2001. New polymorphic microsatellite markers for the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) and their applicability to the grey squirrel (*S. carolinensis*). *Molecular Ecology Notes*, 1, 47-49
- 48) 田村典子・林文男. 2001. ミトコンドリアDNA D-loop領域解析によるニホンリス小集団の遺伝的多様性について. 日本哺乳類学会.
- 49) 八重柏典子. 2002. ニホンリスの遺伝的変異を測定する方法の開発および遺伝的多様性の解析. 石巻専修大学大学院理工学研究科修士論文.
- 50) Hale, M. L., P. W. W. Lurz, M. D. F. Shirley, S. Rushton, R. M. Fuller and K. Wolff. 2001. Impact of landscape management on the genetic structure of red squirrel populations. *Science*, 293: 2246-2248.
- 51) イカリ消毒株式会社. 1998. 獣毛の同定法と実際
- 52) 山田文雄. 1996. ニホンノウサギとエゾユキウサギ. 日本動物大百科第1巻. 平凡社
- 53) 矢部辰男. 1996. ドブネズミ・クマネズミ・ハツカネズミ. 日本動物大百科第1巻. 平凡社
- 54) 金子弥生、日置佳之、飯塚康雄、藤原宣夫 2001、哺乳類のハビタットネットワーク—食性からみたキツネのハビタットとしての水戸地域. 土木技術 資料 43(10): 38-43.
- 55) 山本祐治 1994、長野県入笠山におけるテン、キツネ、アナグマ、タヌキの食性の比較分析. 自然環境科学研究 7: 45-52.
- 56) 矢竹一穂・高橋啓二. 1987. 都市近郊におけるニホンリスの生息環境. 第98回日本林学会大会

- 発表論文集, 529-530.
- 57) Gurnell, J., Clark, M. J. and Feaver, J. 1997 Using geographic information systems for red squirrel conservation management. Gurnell, J. & Lurz, P. eds. The conservation of red squirrels, *Sciurus vulgaris* L. pp 153-159
- 58) 片岡友美. 1998. 高尾山周辺樹林におけるニホンリス (*Sciurus lis*) の生息分布と森林分断による生息域の減少. 平成9年度筑波大学環境科学研究科修士論文, 55pp.
- 59) 日本野生生物研究センター. 1983. 昭和57年度環境審査(動物調査). 193pp.
- 60) 原科幸爾・恒川篤史・武内和彦・高槻成紀. 1999. 本州における森林連続性と陸生哺乳類の分布. ランドスケープ研究, 62:569-572.
- 61) 沖津 進・池竹則夫・高橋啓二. 1986. アカマツの球果生産. 千葉大園学報, 38:131-135.
- 62) 田村典子. 1998. ニホンリス (*Sciurus lis*) の植生選択. 日本生態学会誌, 48 : 123-127.
- 63) 矢竹一穂・秋田 毅・阿部 學. 1999. 人工放獣されたニホンリスの空間利用. 哺乳類科学, 39 : 9-22.
- 64) 柳川久. 1998a. エゾリスの交通事故とその対策―帯広市における取り組み―. リスとムササビ, (3): 7-8.
- 65) 小松裕幸・小田信治. 1998. ニホンリスの回廊創出を目指して. リスとムササビ, (4): 5-6.
- 66) 柳川 久. 1998b. エゾリスのエコブリッジ利用. リスとムササビ, (4):7.
- 67) 勝田市教育委員会. 1994. ふるさと海浜の自然常陸那珂地区における生物調査報告書, 132pp.
- 68) 中村登流. 1977. 鳥類の社会. (坂上昭一・中村登流・杉山幸丸. 1977. 生態学研究法講座22 動物社会研究法. 共立出版, 162pp.)
- 69) 東和敬・江口和洋. 1982. 生態学研究法講座19、動物の相互作用研究法 I ―種内関係― 共立出版, 223pp.
- 70) 尾崎研一・工藤琢磨. 2002. 行動圏：その推定法、及び観察点間の自己相関の影響. 日本生態学会誌, 52:233-242.
- 71) Hooge, P. N. and B. Eichenlaub. 1997. Animal movement extension to arcview. ver. 1.1. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA.
- 72) 矢竹一穂. 1986. ニホンリスの巣材の植生環境による変化. 第 33 回日本生態学会大会講演要旨集, 158.
- 73) Kato, J. 1985. Food and hoarding behavior of Japanese squirrels. *Jap. J. Ecol.*, 35:13-20.
- 74) 西垣正男・川道武男. 1996. ニホンリス. (川道武男, 編: 日本動物大百科第 1 巻哺乳類 I) pp. 70-73.
- 75) 田村典子. 2000. 都市近郊における森林の断片化とリスの生息分布. 森林防疫, 49(2) : 2-6.
- 76) 矢竹一穂. 2001. ニホンリスの保全ガイドラインつくりに向けて I. ニホンリスの保全事例. 哺乳類科学. 41:125-136.
- 77) HOLLORAN, M. E. and BEKOFF, M. 1994. Nesting behaviour of Abert squirrels (*Sciurus aberti*). *Etology* 97:236-248.
- 78) 木下あけみ・山本祐治. 1993. 川崎市域のホンドタヌキ調査 (II). 川崎市青少年科学館紀要4
- 79) 木下あけみ・山本祐治. 1996. 川崎市域のホンドタヌキ調査 (III). 川崎市青少年科学館紀要7
- 80) 大泰司紀之・井部真理子・増田 泰. 1998. 野生動物の交通事故対策. 北海道大学図書刊行会
- 81) 日本道路公団資料
- 82) 川道武男 (編, 1996, 日本動物大百科第 1 巻哺乳類 I、156pp、平凡社
- 83) ハンス ベッカー. 2001. 生息環境の分断とその解消：インフラによる生息環境分断への対策の経緯、成果、及び事業化手法, 日蘭ワークショップ「道路による生息域の分断防止と生態系ネットワークの形成に向けて」, 土木研究所資料第 3820 号, 国土交通省土木研究所環境部交通環境研究室緑化生態研究室, 茨城県, 115-127
- 84) 奥田 隆, 1998, 飛騨と信州を結ぶ北アルプス横断安房トンネル, 高速道路と自動車 41.7, 37-41
- 85) 宗広一徳, 倉西秀夫, 矢野幹也, 三浦和郎, 大泰司紀之, 1999, 北海道東部における野生動物の交通事故対策, 土木計画学・講演集22. 2, 909-912
- 86) 藤木 修, 小野寺正明, 藤田公典, 1997, 鬼首道路でのエコロードの取り組み, 交通工学 32.2, 47-53
- 87) 川上篤史, 角湯克典, 並河良治, 若狭善弘, 七里浩志, 2002 道路横断施設を利用する中型哺乳類の傾向について, 土木学会環境システム工学
- 88) 「エコ・ブリッジ」ネットワーク, 2001, 樹上性動物のための「エコ・ブリッジ」ワークショップ報告書

- 89) 湊秋作, 1999, 森の動物との共生ーヤマネブリ
ッジ, 道路と自然, 104, 40-42
- 90) 北原正彦・藤井 猛・今木洋大・渡辺 牧.
2000. 富士山周辺におけるロードキル発生状況
の解析. 2000年度野生生物保護学会大会要旨集.
- 91) 辻 靖三, 足立善雄, 大西博文, 桐越 信, 2002,
道路環境, 山海堂, pp236
- 92) 亀山 章 (編, 1997, エコロードー生き物にや
さしい道づくりー, ソフトサイエンス社, pp210
- 93) Forman, R. T. T. 1983. Corridors in a land-
scape : their ecological structure and function.
Ekologia, 2 : 375-387.
- 94) 篠田貴, 2002. JHにおける自然環境保全の取り
組みー東富士五湖道路のニホンリス行動追跡調査
ー, リスとムササビ, No.11, 5-7
- 95) 大竹邦暁. 2003. 高速自動車道における中型食
肉類のロードキル発生予測手法の検討. 国土交通
省国土技術総合研究所環境研究部緑化生態研究
室.
- 96) 国土交通省国土技術総合研究所環境研究部緑化
生態研究室. 2003. 関越自動車道における冬季の
野生動物利用実態調査業務報告書.
- 97) 佐伯緑. 1995. 野生タヌキの行動生態: 基礎研
究をいかに保護や野生生物問題に応用できるかの
試み. 睦沢町立歴史民俗資料館研究紀要2 : 2-14.
- 98) Dawson, D. G. 1998. Roads and habitat cor-
ridors for animals and plants. In: *Wildlife and
Roads: the Ecological Impact*. B. Sherwood,
D. Culter, and J. Burton eds. P. 185-198.
Imperial College Press, London, UK. 299pp.
- 99) Spellerberg, I. F. 2002. *Ecological Effects
of Roads*. Science Publishers, Inc. Enfield,
USA. 251pp.
- 100) Malanson, G. P. 1993. *Riparian Landscape*.
Cambridge University Press, Cambridge UK.
296pp.
- 101) Burns Paiute Fish and Wildlife Department.
2002. Logan Valley Wildlife Mitigation Plan.
Available: [http://www.cbwfw.org/files/
wc/2002/Logan%20Valley%20Mitigation%20Plan
%20%20DRAFT.pdf](http://www.cbwfw.org/files/wc/2002/Logan%20Valley%20Mitigation%20Plan%20%20DRAFT.pdf) 37pp.
- 102) リバーフロント整備センター. 1996. 多自然
型川づくりの取組みとポイント. 山海堂. 230p
p.
- 103) Rocky Mountain Research Station. 2002. Ma-
nagement and Techniques for Riparian Resto-
rations: Roads Field Guide vol. 1 and 2.

1 2. 研究発表

- 1) 村田晴子・金子弥生・日置佳之・亀山章. 2000.
生態系ネットワークのためのニホンリス *Sciurus
lis* の生態調査. 水戸周辺域における分布. 日
本哺乳類学会大会
- 2) 金子弥生・小長谷尚弘・藤井猛・日置佳之. 20
00. 茨城県水戸地域における生態系ネットワ
ークのための食肉目の生態調査 I ホンドギツネ (*Vu
lpes vulpes*) の食性. 日本哺乳類学会大会
- 3) 藤井猛・金子弥生・羽澄俊裕・岸本真弓・小長
谷尚弘・日置佳之. 2000. 茨城県水戸地域にお
ける生態系ネットワークのための食肉目の生態
調査 II 水戸地域における食肉目6種の分布状況
(予報). 日本哺乳類学会大会
- 4) 金子弥生, 日置佳之, 飯塚康雄, 藤原宣夫 2001,
哺乳類のハビタットネットワークー食性からみた
キツネのハビタットとしての水戸地域. 土木技術
資料 43(10): 38-43.
- 5) 金子弥生・藤井猛・奥村忠誠・羽澄俊裕・小長
谷尚弘・日置佳之・飯塚康雄・藤原宣夫, 2001.
茨城県水戸地域における生態系ネットワークの研
究のための食肉目の生態調査 III 食肉目6種の分
布及びロードキルの発生地点から見た移動経路分
断の特徴. 日本哺乳類学会大会
- 6) 秋田毅・矢竹一穂・古川淳・金子弥生・日置佳
之・藤原宣夫. 2001. 生態系ネットワーク計画の
ためのニホンリス (*Sciurus lis*) の生態調査 II
水戸地域南部における分布状況. 日本哺乳類学会
大会
- 7) 金子弥生・奥村忠誠・藤井猛・日置佳之・松林
健一・藤原宣夫・羽澄俊裕・飯塚康雄・小長谷尚
弘. 2002. 茨城県水戸近郊域における食肉目6種
の分布と調査精度. 日本哺乳類学会大会
- 8) 秋田毅・矢竹一穂・古川淳・金子弥生・松林健
一・飯塚康雄・日置佳之・藤原宣夫. 2002. 水戸
生態ネットワーク計画のためのニホンリス (*Sci
urus lis*) の生態調査 II 水戸地域における分布
調査. 日本哺乳類学会大会