

6 1 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

金子弥生

飯塚康雄

研究期間 平成 12 年度～14 年度

13 年度当初予算額 27,594 千円

A Study of Planning Ecological Corridors

for Medium and Small-sized Mammals

(FY2000～2002)

Nobuo FUJIWARA, Yayoi KANEKO and Yasuo IIZUKA

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.

In the fiscal year 2001, we investigated in the study area ('Mito Area') 1) environmental selection by local populations, 2) the Japanese squirrel in isolated forests, and 3) road-crossing facilities for wildlife.

First (the environmental selection by local populations), we analyzed food habits of foxes and martens to find food competition with raccoon dogs using fecal analysis. The results showed the following relationships may be important: fox and mammals, marten and fruits, and both fox and marten and insects (Orthoptera).

Second (the isolated squirrel populations), we found that the isolated forests, fragmented by roads and other factors in the southern Mito Area, can hold only sink populations (in which the population growth rate at low density and in the absence of immigration is negative).

Third (road-crossing facilities for wildlife), we confirmed use of over-bridges, culvert boxes, and under-bridges by medium-sized mammals. In addition, for small-sized mammals, use of crossing bridges had been confirmed, and more facilities for squirrels and dormice are need to be established.

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

本年度は、(3)の一部として、食肉目3種の食性による環境選択と競合、フンDNA解析によるテ

ンの性別及び環境選択、リスの孤立林分の利用形態についての調査検討を行ったほか、(4)の一部として高速道路における分断箇所抽出等を行った。



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)。本地域を選定した理由は、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。東西に久慈川、那珂川、澗沼川・澗沼という3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. 集中調査地域における地域個体群の環境選択の調査

4. 1. 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ることにした。

4. 1. 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)のフンを用いて食性分析を行った。収集したフンは、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げ、哺乳類、鳥類、昆虫類、植物、人為物のカテゴリーにわけた。

4. 1. 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2)。

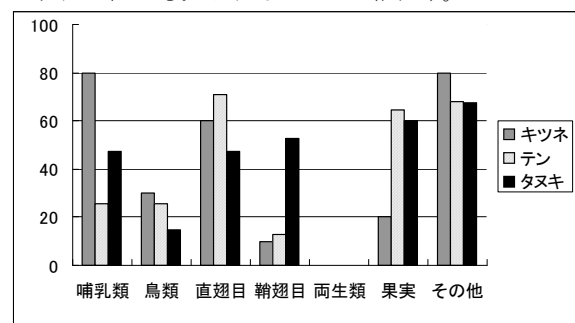


図2 水戸地域の食肉目3種の食性(1999~2001年)縦軸は出現頻度(%)

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。

4. 1. 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、金子ら²⁾が調査した水戸地域東部の海岸地域では、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性が高く、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、餌食物の利用可能性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³⁾。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³⁾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)に利用可能性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性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性が高くなるために、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性が高いこと、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。

4. 2. 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、フンの遺伝子解析から得られる情報を活用することとし、フンからの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、フンのDNA解析から得られる性別情報を、フン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3）。用いたフンは平成12年度の分布調査の際にサンプリングされたものである。

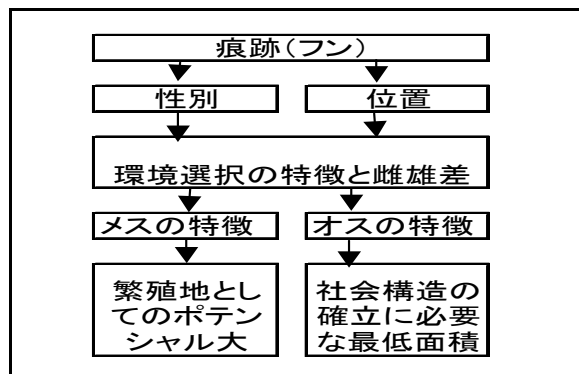


図3 フンを用いた食肉目の環境選択の調査方法

4. 2. 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ミトコンドリア DNA チトクロム *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。

4. 2. 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、新しいフンの増幅成功率は 93.1 % (27/29 サンプル) であったのに対し、古いフンの増幅成功率は 50% (6/12 サンプル) と低い値を示した。

4. 2. 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、性別判定によって、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、フン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かは、行動調査とあわせた検討が必要であると思われる。

次にこの情報を、フンの収集場所の道路、水路密度（図4-1）、土地利用（図4-2）、地形（図4

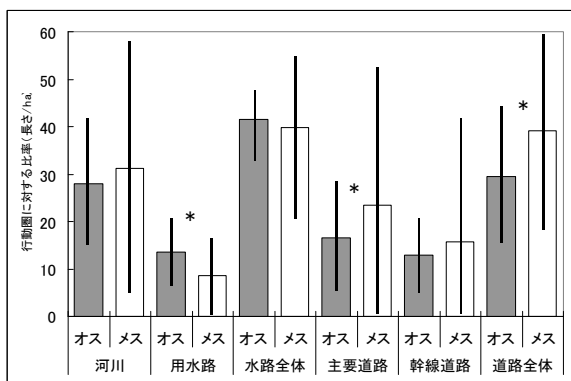


図4-1 水戸地域におけるテンの環境選択（水路密度と道路密度）たて棒はSD。* < 0.05 (U-test)

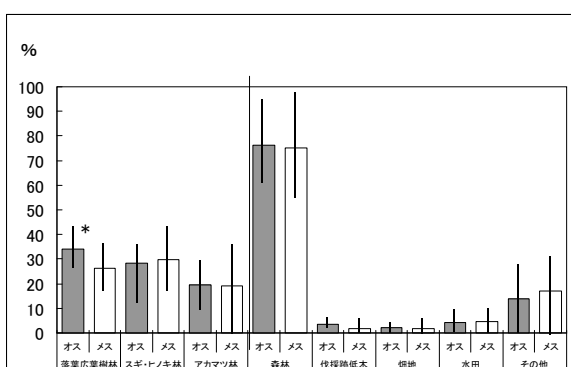


図4-2 水戸地域におけるテンの環境選択（土地利用：面積比）たて棒はSD。* < 0.05 (U-test)

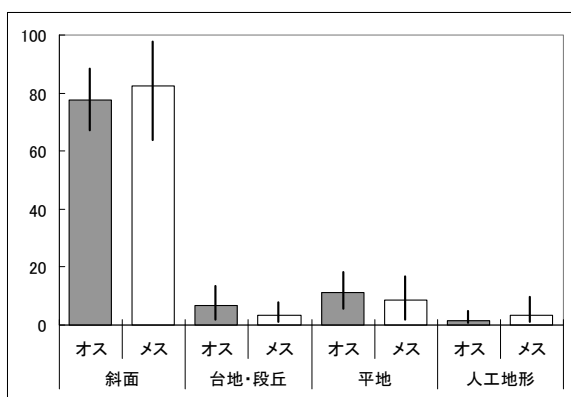


図4-3 水戸地域におけるテンの環境選択（地形：面積比）たて棒はSD。

一3)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（斜面、台地、平地、人工地形）、水路（河川、水路全体）、幹線道路密度には差がなかった（図4-1~3）。

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。

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ニホンリス（以下リス）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、孤立林分における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

13年度より実施している痕跡調査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5-1）

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。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。

調査地点間は常磐線で約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いると推定される。候補地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5-2）

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

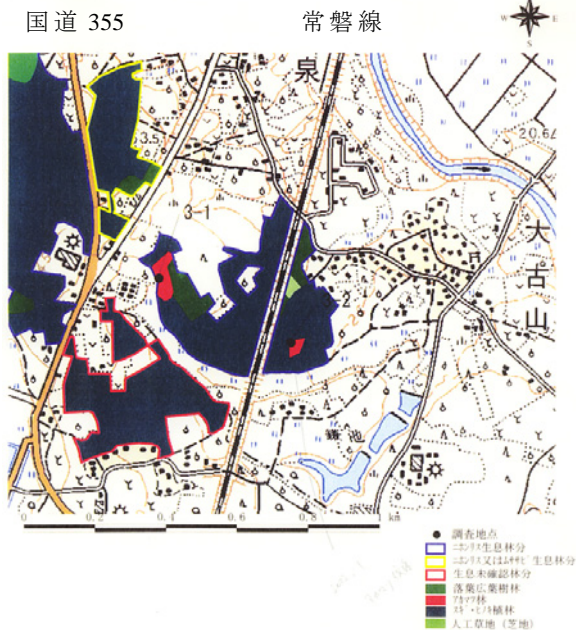


図 5-1 友部町大古山林分

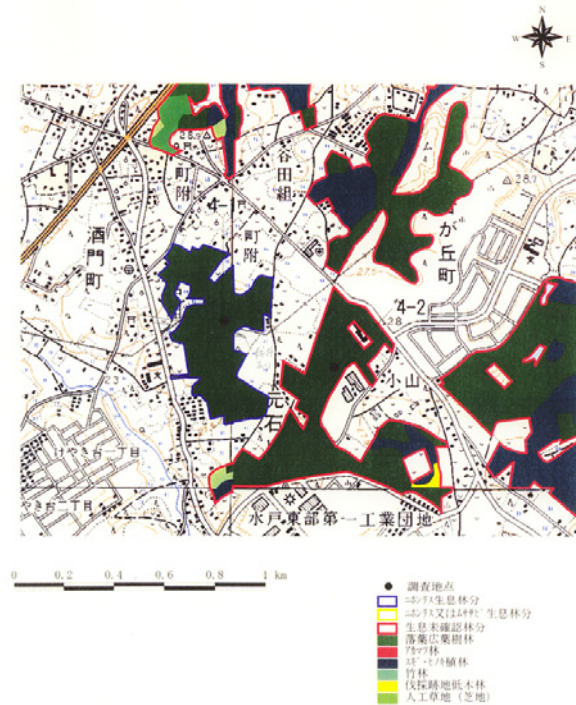


図 5-2 水戸東部工業団地林分

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。リスの生息痕跡は痕跡調査・生態調査地の選定調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、この林分よりも常磐線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。

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 × 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、古巢(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1-1)。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1-1 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	単位:個
	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1-2)。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1-2 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	単位:個
	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	21	0	12	30	21	7	5	2	0	0	
6	9	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	3	

※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2-1)。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2-1 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	単位:個
	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	1	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2-2)。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かった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2-2 アカマツ球果食痕数
(水戸東部工業団地林分西側)

No.	計(2001.6.28)		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	単位:個
	古	新									
1	0	0	17	9	1	2	1	0	0	0	
2	10	0	94	199	33	27	17	0	9	4	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	1	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6-1、表3-1)

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。その他の調査林分周辺での大きな変化はみられなかった。但し、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。

(2) 水戸東部工業団地林分(図6-2、表3-2)

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

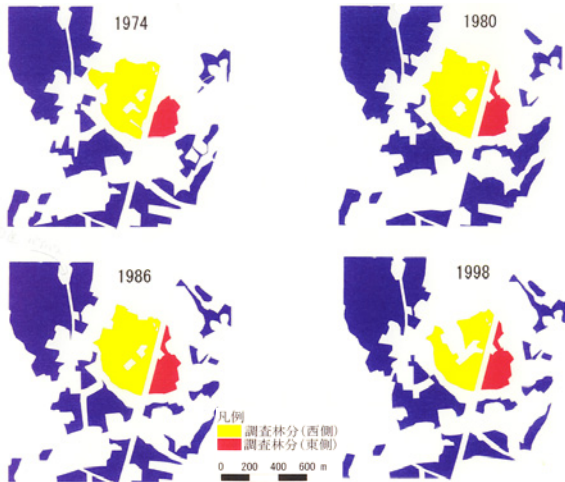


図6-1 友部町大古山林分の変遷

表3-1 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6-1から算出

全林分: 図6-1の全ての林分の面積合計

東側林分: 図6-1の赤色の林分

西側林分: 図6-1の黄色の林分

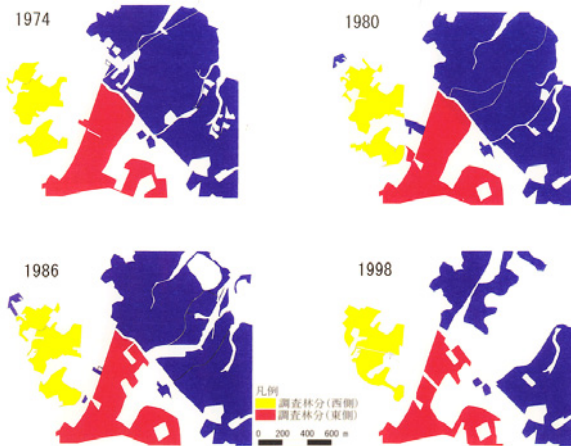


図6-2 水戸東部工業団地林分の変遷

表3-2 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6-2から算出

全林分: 図6-2の全ての林分の面積合計

東側林分: 図6-2の赤色の林分

西側林分: 図6-2の黄色の林分

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。

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⁴⁾。GIS ソフトから算出した調査林分の面積は、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、年間を通じ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行っ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、林分内のアカマツは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、12 年度の痕跡調査で生息痕跡を確認できなかったが、13 年度のモニタリング調査では 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、年間を通じ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⁵⁾。これ以後1979年までに、県内の92市町村に拡大している⁶⁾。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、今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。

5. 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

都市近郊域に生息する野生動物にとっては、河川や道路に代表される社会資本は生息域や移動経路の分断を生じさせる可能性がある。特に連続した社会資本である道路では、生息域の連続性を分断するのみでなく、道路を利用する自動車の断続的な走行に

より野生動物と自動車の衝突事故(ロードキル)を発生させる。そのため、エコロジカルネットワークを構築するにあたっては、河川や道路の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。

13年度は、高速道路を対象として移動経路の分断箇所、連続性を確保している箇所の抽出を行うとともに野生動物のための横断施設整備について既存文献を基に整理した。





5. 1. ロードキル発生地点からみた移動経路の特徴

12年度に収集した現地踏査及びロードキルデータ等を基に、野生動物が高速道路を横断する経路について検討した。

5. 1. 1. 道路横断構造物

野生動物が高速道路を比較的に容易に横断できる施設として、以下の構造物が挙げられる(表4)。

表4 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。	
オーバブリッジ	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。	

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、河川は上流から下流に渡って連続的に自然環境がつな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。

オーバブリッジは、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、オーバブ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）。



写真1 北関東自動車道の動物横断兼用用水路

5. 1. 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）、北関東自動車道、東水戸道路がある（表5）。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6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5 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6 道路横断施設数

構造物の種類	常磐道			北関東道・東水戸道		
	構造物数	横断可能なもの (Aタイプ)	確認した動物種 (Aタイプの)	構造物数	横断可能なもの (Bタイプ)	確認した動物種 (Aタイプの)
アンダーパス	70	47	イタチ	53	0	イタチ
自動車通行可	11	11	イタチ	1	0	イタチ
人間用	40	32	イタチ、ハクビシン	47	41	イタチ
水路用	2	2	0	0	0	0
その他	37	37	0	39	39	0
オーバブリッジ	23	23	0	20	18	0
高架橋	8	7	タヌキ、イタチ	0	0	0
その他・不明	191	174	3	180	152	1

①常磐道

常磐道においては、191箇所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出なかった。

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。

5. 1. 2. ロードキル発生件数と周辺環境

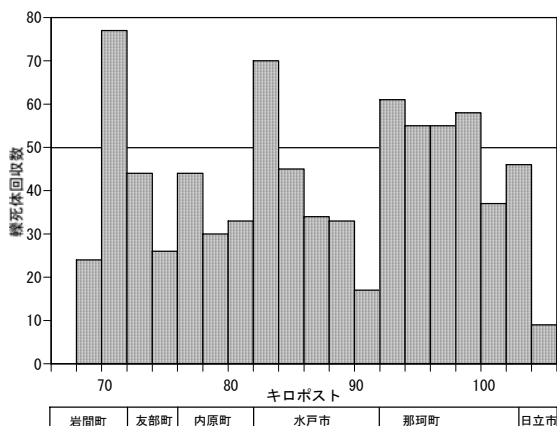
(1) ロードキル発生件数

水戸地域の高速道路におけるロードキル件数は表7に示すとおりである。図7にロードキル発生場所

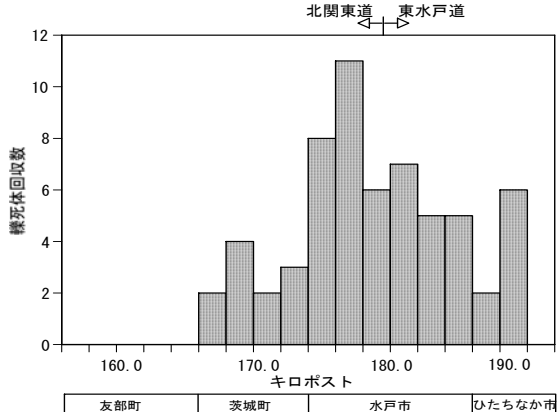
表7 ロードキル数

種	和名	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
ハクビシン	<i>Paguma larvata</i>		4			4
(中型食肉目小計)			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



常磐道 (1994 ~ 2000年)



北関東道 (2000年)・東水戸道 (1996 ~ 2000年)

図7 中型食肉目の2 km 毎のロードキル発生状況

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目の2 km 毎の発生状況を示した。

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。

(2) ロードキル多発地点周辺の環境状況

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8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られないものの、いずれの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

表8 ロードキル多発地点の環境状況

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"> 常磐道は溜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を確認した。
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過してケモノミチが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。

柵の下側から侵入している形跡が確認された。立入防止柵はフェンスの場合に友部町と那珂町の2地点においては、涸沼川、久慈川と交差する場所であった。

5. 1. 3. 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、痕跡が残し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⁷⁾は、富士山周辺の有料道路において、2 km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、そうした箇所に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) 道路内における野生動物の移動経路（ロードキル発生タイプ）

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。

5. 2. 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⁸⁾。

5. 2. 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⁹⁾、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¹⁰⁾）、鬼首道路における動物横断施設¹¹⁾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9）。

表9 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。

調査は、ピーナスライン、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¹²⁾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。

5. 2. 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10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。

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¹³⁾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、6 cm 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¹⁴⁾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。

表10 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

5. 2. 3. 考察

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⁸⁾。国内でも、オー

パーブリッジ上に根株を設置する¹⁵⁾、または橋の両端に植栽する¹⁶⁾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⁸⁾。

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。

6. まとめ

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。

以上のことから、本研究の次なる2つの課題が導きられる。一つは、水戸地域の各種の環境選択の条件を整理して、ソース個体群のハビタットとそれらの移動経路の設計にとって必要な、総合型環境モデルを作成すること、もう一つは、リスの移動に必要な構造物を設計し、その効果を調べて設置技術を完成させることである。

7. 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) 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.
- 3) 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.
- 4) 矢竹一穂・田村典子. 2001. ニホンリスの保全ガイドラインつくりに向けて III. ニホンリスの保全に関わる生態. 哺乳類科学, 41: 149-157.
- 5) 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.
- 6) 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.
 - 7) 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.
 - 8) 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
 - 9) 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
 - 10) 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
 - 11) 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
 - 12) 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
 - 13) 「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
 - 14) 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
 - 15) 辻 靖三, 足立善雄, 大西博文, 桐越 信, 2002, 道路環境, 山海堂, pp236
 - 16) 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
- 3) 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

8. 研究発表

- 1) 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.
- 2) 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