

### 3. 道路内への進入防止技術

#### 3.1 動物の道路進入防止技術に関わる事例

道路内への進入防止技術に関連した事例について国内を中心に収集した。（一部海外の事例あり。）事例は、統一したカルテ形式でまとめた。

	実施場所	対策内容
1	国道 108 号 鬼首道路	動物誘導柵の形状提案
2	日光宇都宮道路	フェンス設置による進入防止。既往柵の嵩上げ事例
3	中国自動車道	爬虫類の進入防止。「カメ返し」の設置。
4	国道 334 号 斜里町地区	エゾシカの進入防止柵
5	国道 334 号 斜里町地区	エゾシカの進入防止対策（ディアガード）
6	北海道縦貫自動車道	エゾシカの進入防止柵
7	道東自動車道	動物進入防止用発光体「ミニピカ」の利用
8	道東自動車道	エゾシカ用のアウトジャンプの設置
9	カナダ バンプ	ワンウェイ（一方通行）ゲートの設置
10	アメリカ ワイオミング州	シカのアウトジャンプ
11	アメリカ	シカ警報機の使用
12	スイス チューリッヒ州	カエルの進入防止柵

## ■進入防止技術に関わる事例（1）

実施場所 国道108号 鬼首道路（その1）

### 動物誘導柵

フェンスを設置して哺乳類の道路内への立入を防止するとともに、横断可能な場所へ誘導する。

#### 【対策の内容】

ニホンカモシカのジャンプ力を考慮して2.5mの高さとし、動物が地面を掘って侵入するのを防ぐために地中まで網を埋める構造としました。当面は、調査結果から必要な区間から動物誘導柵を設置し、今後、追跡調査結果を踏まえた対応をしていく計画です。また、盛土の動物誘導柵は法面を動物の生息空間としてできるだけ広く確保するため、上から2段目に設置しました。



盛土に設置の動物誘導柵



切土(最上段)に設置の動物誘導柵

#### 【反省・課題】

鬼首エコロードは多雪の地域にあるので柵高が相対的に低くなることから、モニタリング調査結果をみながら検討を進める必要があります。

また、動物誘導柵は耐久性とともに運転者の視点から見た景観に配慮した色や構造とするよう、工夫が必要です。



雪に埋もれた柵

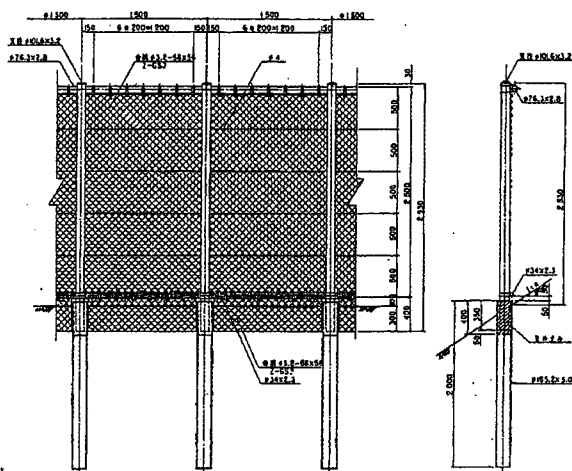
出典：鬼首エコロードガイドブック\*4

■進入防止技術に関わる事例（１）

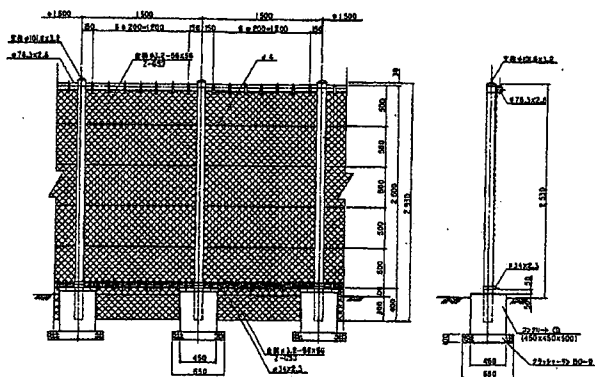
実施場所 国道108号 鬼首道路（その2）

（対応策の考え方）

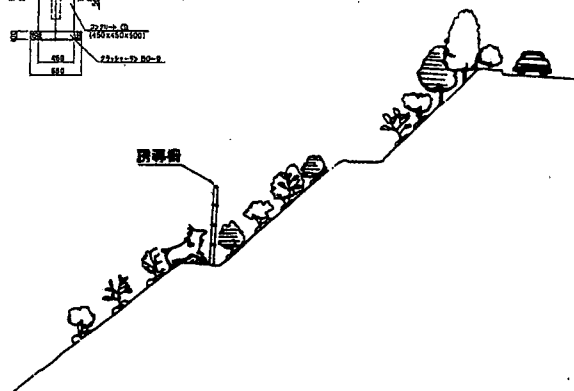
- ・動物誘導柵はニホンカモシカの跳躍を考慮して高さ2.5mとした。ただし積雪期には当然相対的に低くなるが、この期間の動物の反応をみて今後対応することとした。
- ・動物が掘ってくる可能性のある箇所では柵の下にネットを垂らし埋め込むこととした。
- ・設置位置は通行車両等からの景観、動物の行動圏及び積雪への対応を考慮し、盛土では上より2段目の小段、切土では最上部の敷地境界に設置した。



●杭基礎：鬼首道路では、雪が多いことから基本的にこのタイプを用いている。



●直接基礎：杭打ちの機械が入れない場所で設置。



出典：鬼首エコロードガイドブック\*4

## ■進入防止技術に関わる事例（2）

実施場所 | 日光宇都宮道路

### 目 標

フェンスを設置して哺乳類の道路内への立入を防止するとともに横断可能な場所へ誘導する。

### 実施内容

（考え方と事例）

樹林に生息する動物類が道路に侵入する可能性があるような区間においては、シカ、タヌキ、キツネ、カメ類等の野生動物が道路内に侵入しないように柵を設置することが望ましい。特に高速道路等では立入防止のための柵を設置することになるので、その際に動物への配慮も行うことが望ましい。

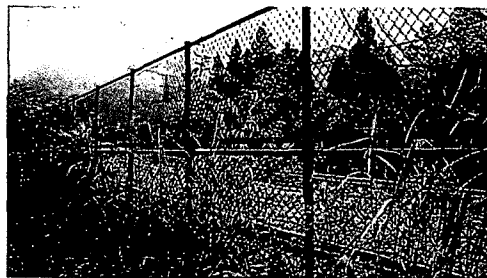
なお、カメ類やサンショウウオ類のように産卵のため特定の池に回帰する性質の強い種では、侵入防止のための配慮をするのと同時に、移動経路の確保について考慮することが必要である。

侵入防止柵の設置に際しては、衝突の多発する恐れのある地域を特定し、対象種に適した形状の柵を設置する必要がある。また、侵入防止柵の設置と同時に対象種が道路を横断できるような設備を設けて、その横断路への誘導を行うことが望ましい。

事例－1は、日光宇都宮道路において周辺に生息するカモシカが道路内に侵入するのを防ぐ、ために柵の高さを2.5mに嵩上げた事例である。改善後、道路への侵入は認められなくなっている。

東北自動車道では周辺に生息するカモシカやツキノワグマ等の大型動物の侵入防止を目的として、嵩上げするとともに、返しのついた柵を設置した区間がある。

■事例－1 大型ほ乳類のための立入防止柵設置の  
事例－日光宇都宮道路（栃木）



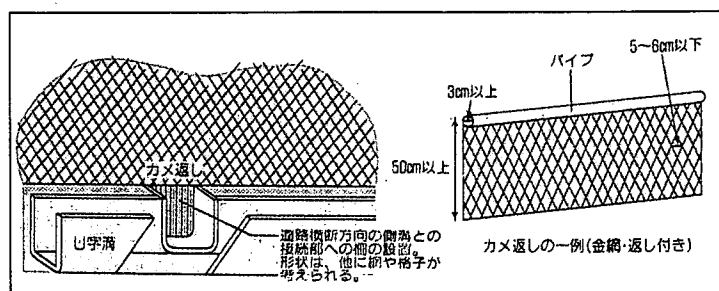
出典；自然との共生を目指す道づくり（エコロードハンドブック）\*1

■ 進入防止技術に関わる事例（3）

実施場所 中国自動車道

事例-2は、中国縦貫自動車道東城IC～庄原IC間で、カメ類が侵入しないように入立防止柵と地面との間に金網を設置した事例である。この区間では繁殖地の分断があり、開通直後から衝突が発生していたため改善策として「カメ返し」をつけ、道路への侵入を防いでいる。

■ 事例-2 カメ類の侵入を防ぐために入立防止柵の構造を検討した事例-中国縦貫自動車道（広島）



出典：自然との共生を目指す道づくり（エコロードハンドブック）\*1

■進入防止技術に関わる事例（４）

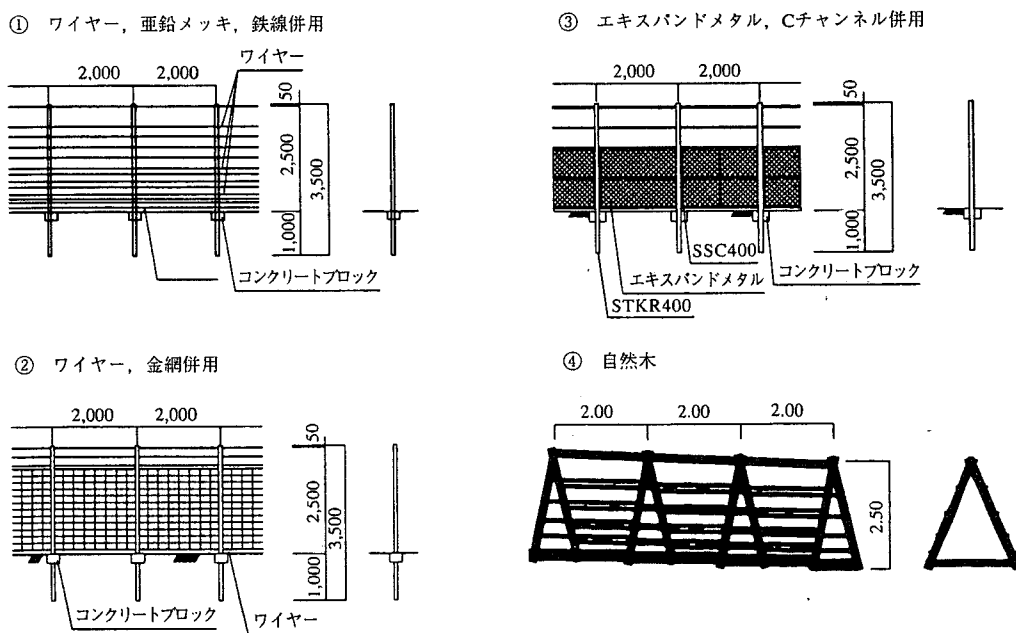
実施場所 国道334号 斜里町真鯉地区

国道 334 号線斜里町真鯉地区の動物(エゾシカ)に配慮した道づくり

最近の地球環境問題などへの関心の高まりの中で、希少種や貴重な動植物などの保全だけでなく、自然との共生を求める声が強まっており、網走開発建設部においても自然環境と調和した道路環境整備が重要なテーマとなっている。一般国道 334 号線の斜里町宇登呂～斜里町日の出間約 20 km はオホーツク海岸沿いを通過し、斜里町宇登呂地区住民の唯一の生活道路として重要な路線となっており、知床国立公園に隣接した豊かな自然環境に恵まれた地域を通過する。

このような環境の中にある真鯉地区(52 頁図 I-47 参照)ではエゾシカと自動車との衝突事故が多発している。エゾシカなどの大型動物の衝突はドライバーにとっても危険であり、交通安全および自然環境との調和という観点から緊急な課題と考えている。

真鯉地区における道路整備の検討にあたっては、1993 年度より学識経験者、関係機関職員などで構成される「一般国道 334 号斜里エコロード検討協議会」(以下協議会)を設置し、自然環境と調和した道路整備について計画の策定を進めている。



図III-34 誘導柵の例(道路建設における野生動物など対策調査委員会，1988より)

出典；野生動物の交通事故対策（エコロード事始め）\*2

## ■進入防止技術に関わる事例（5）

実施場所 | 国道334号 斜里町地区（その1）



写真 1 防鹿柵



写真 2 アウトジャンプ



写真 3 ワンウェイゲート

### （1）防鹿柵

防鹿柵は、エゾシカと自動車の導線を分離する施設であり、当該地域のロードキル対策の主たる施設である。エゾシカの跳躍力を考慮して地上からの高さを2.5mとして設計している。試験区間2.4kmはこの防鹿柵で完全に覆われている。

### （2）アウトジャンプ

アウトジャンプ（脱出用バンク）は、エゾシカが柵の端部などから進入した場合にエゾシカを脱出させるための施設である。このアウトジャンプは、防鹿柵の道路側に一部盛土して柵高を1m程度とし、エゾシカが容易にジャンプして飛び出せる構造とした。

真鯉地区では、アウトジャンプ部の防鹿柵は頂部を外側に折り曲げた形態とした。このような形態によって道路外のエゾシカが侵入しようとする時に、物理的、心理的負担が大きくなる。

### （3）ワンウェイゲート

ワンウェイゲートは、アウトジャンプ（脱出用バンク）同様にエゾシカを脱出させるための施設である。道路内から道路外にだけ通行可能なゲートで、鋼製のフォーク状の棒を15cmピッチで配置し、道路側から道路外に向けてだけ開く構造とした。15cm間隔は、子鹿の大きさを考慮して決定した。

■ 進入防止技術に関わる事例 (5)

実施場所 国道334号 斜里町地区 (その2)

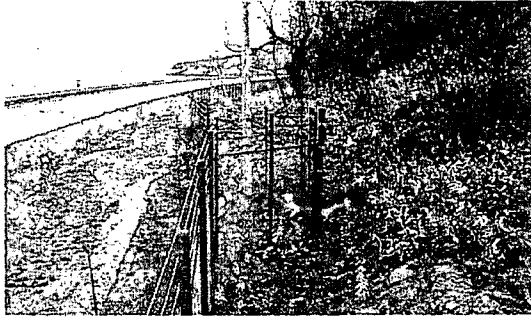


写真 4 鹿のワンウェイゲート利用写真

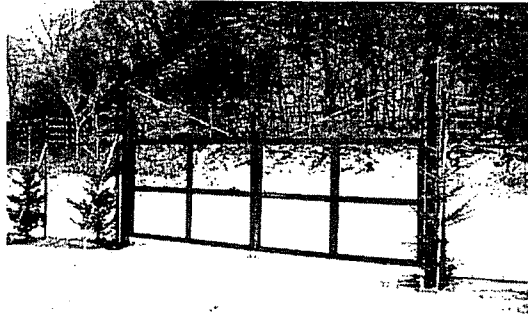


写真 5 開閉式ゲート

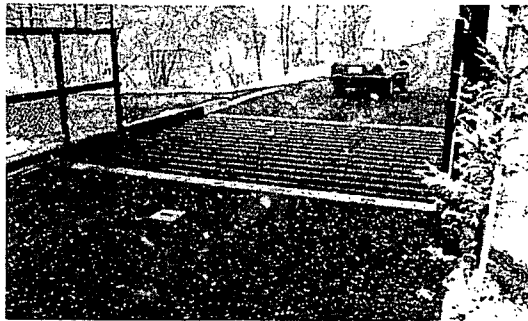


写真 6 ディアガード

(4) 取り付け道路部の処理

取り付け道路部は、フェンスが設置できない。鹿の侵入を防ぐため、試験区間内にある6カ所の取り付け道路には開閉式ゲートやディアガードを設置した。設置には、利用頻度の高い場所ではディアガードを、少ない場所では開閉式ゲートを、利用者と協議の上決定した。

写真6のディアガードは、鋼製パイプをはしご状に配置し、自動車は通過できるが、エゾシカは通過できない構造としたものである。パイプ間隔は、軽自動車も通過しても車の底面とパイプが接触しないように配置した。また、ディアガードの長さは、カナダブリティッシュコロンビア州の事例を参考に4.5mとした。



## ■進入防止技術に関わる事例（6）

実施場所 北海道縦貫自動車道

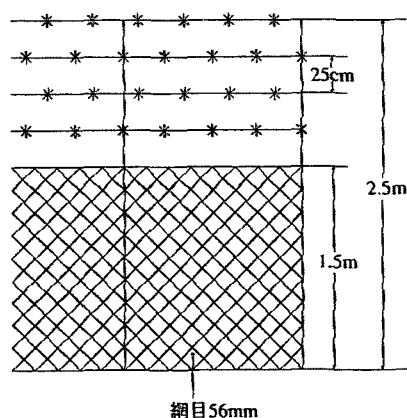
### 縦貫自動車道における基本的な考え方

現在高速道路の供用している区間のうち、登別室蘭IC～旭川鷹栖IC間は、エゾシカ対策に関して基本的に次の4つに分けて対応している。

#### エゾシカ分布境界区間

エゾシカ侵入防止柵は、高速道路がエゾシカの生息する山林地帯と、畑や人家の境界を通過している区域に設置している(図Ⅲ-8)。このような区域では、エゾシカが高速道路を越えて畑や市街地に侵入すると、農作物の被害や人間に対して思わぬ傷害を与えかねない。したがって、このような区域では侵入防止柵を張り、高速道路をエゾシカ分布域の境界(Barrier)として、積極的に利用している。

具体的には、エゾシカが分布する山林側のフェンスを、エゾシカの出没・事故の増加に対応させて、エゾシカを入れないよう順次嵩上げ施工していき、エゾシカ横断のための通路(ディアパス)は設置しない。



図Ⅲ-8 エゾシカ侵入防止柵

#### エゾシカ生息地を通過している区間

エゾシカ生息地を高速道路が通過している区間では、人道用の跨道橋やボックスカルバート(Box-C)を、エゾシカが通路として利用できるよう、ディアパス機能も合わせもたせて施工する。そこにエゾシカをフェンスで誘導して、オーバーパス、またはアンダーパスとしてシカを横断させる。すなわち、当該区域は、エゾシカ生息地の分断防止用通路設置地域と定義づけることができる。

出典：野生動物の交通事故対策（エコロード事始め）\*2

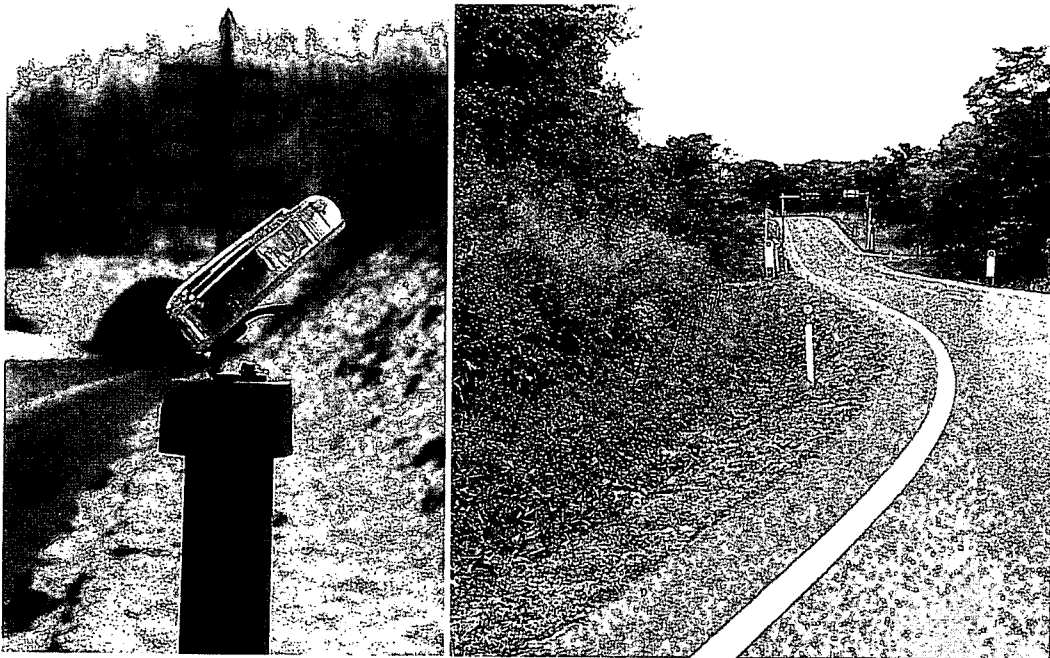
■進入防止技術に関わる事例（7）

実施場所 道東自動車道

野生動物保護用発光体「ミニピカ」の利用について

最近、太陽電池を利用して日没後に赤色点滅発光する「ミニピカ」(積水樹脂(株)雪国製品研究所製)が新たに開発されている。これは野生動物が生理的に赤色光を忌避する性質を利用し、警戒心を誘引し、忌避効果をねらったものである。

「ミニピカ」は、発光部を動物侵入ルートに向け、発光部の高さを対象とする動物の目の高さに合わせるだけで、太陽光の得られるところであれば簡単に設置できる(図III-16)。「ミニピカ」を設置したい場所の周囲に茂みなどがある場合は、光が届きにくく、充電もできなくなる



図III-16 マルチ発光体「ミニピカ」と設置状況

ため、その茂みを除去するなどの工夫が必要であるが、傾斜のある場所においては発光部の向きや角度を変えることにより、比較的場所を選ばずに設置できる。

1994年に、牧場や農場のエゾシカおよびヒグマの通路に置いて、動物が侵入すると考えられる方向に向けて「ミニピカ」を設置し、試験を行った。その結果、エゾシカ・ヒグマともに「ミニピカ」周辺にあったけもの道を放棄し、新たなけもの道を使用するようになっており、「ミニピカ」がかなりの忌避効果をもたらすものと考えられる。

以上の結果より、フェンスを設置していない箇所の交通事故対策として、特に見通しの悪いカーブ地点や過去に事故の発生した地点に重点的に「ミニピカ」を設置することで、動物を見通しの良い直線やディアパスへ誘導するという効果が得られる。

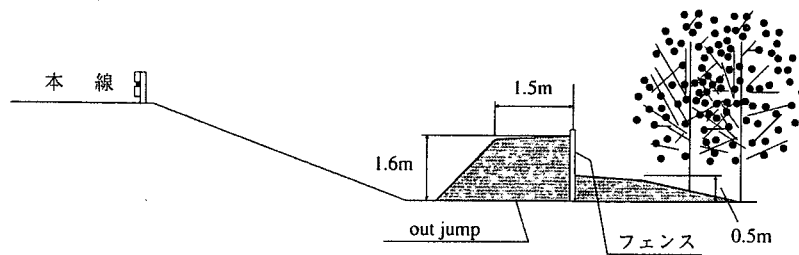
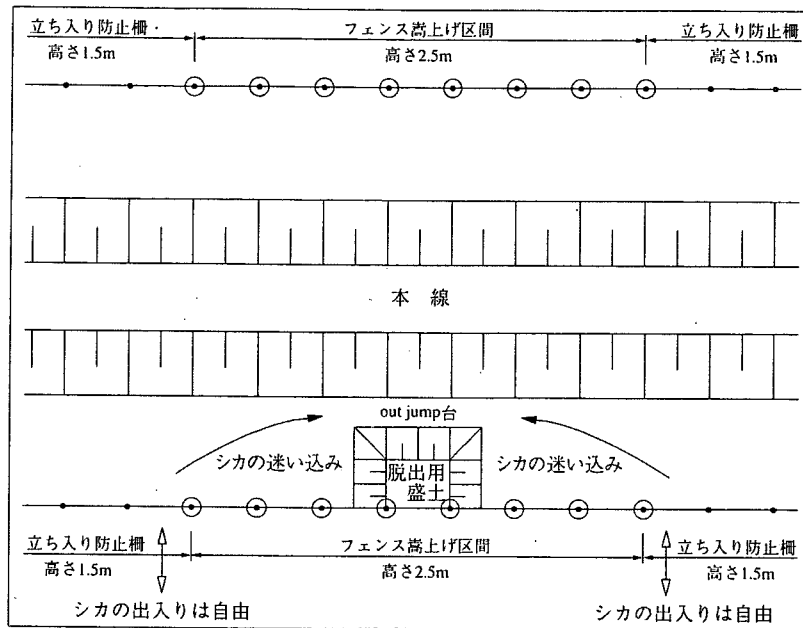
出典；野生動物の交通事故対策（エコロード事始め）\*2

■ 進入防止技術に関わる事例（8）

実施場所 道東自動車道

「アウトジャンプ」の設置

フェンスを設けていない箇所、またフェンス設置箇所においても、道路内にエゾシカが侵入する可能性はありうる。そのような場合に備えて、効果的なアウトジャンプについて検討することが望ましい(図III-17)。



図III-17 アウトジャンプの設置案(JH)

出典；野生動物の交通事故対策（エコロード事始め）\*2

■ 進入防止技術に関わる事例 (9)

実施場所 カナダ・バンフ

ワンウェイ (一方通行型) ゲート

フェンスを設置した場合、フェンスの端の起点から入り込んだシカや、フェンスを飛び越えて高速道路内に入り込んだシカを逃がす必要がある。そのためにはワンウェイゲートが必要である。

ワンウェイゲートは、高さ 2.44 m のフェンスに効果的に設置されれば、高速道路内に迷い込んだオジロジカを道路敷地外へ逃げ出させるのに大変有効である (Reed et al., 1974 a, 図 II-2)。ワンウェイゲートは、排水路や植生で覆われている箇所近くで最も効果がある。このワンウェイゲートは、アカシカやヘラジカ用に一部修正されて、バンフ国立公園 (カナダ) で使用されている (図 II-3)。また、アラスカでは、アンカレッジに近い Glenn Highway でヘラジカ用に手直して使われている (McDonald, 1991)。



図 II-2 ワンウェイゲート (一方通行の門) をちょうどシカが通過しようとしている様子 (D. F. Reed 氏撮影・提供)



図 II-3 改良された一方通行門 (D. F. Reed 氏撮影・提供)。バンフ国立公園の「バンフ改良型」。

出典；野生動物の交通事故対策 (エコロード事始め) \*2

■進入防止技術に関わる事例(10)

実施場所 | アメリカ ワイオミング州

(3)アウトジャンプ

シカを高速道路の敷地外へ逃げ出させるワンウェイゲートと類似した施設としてアウトジャンプ(outjumps)がある。ワイオミング州の高速道路 I-80 では道路両側の 2.44 m フェンスに併設されている(図 II-4)。

アウトジャンプは、道路敷地内に迷い込んだシカを道路敷地外へ逃がすための盛土構造物で、フェンスの道路内側に土を盛り、シカがこれを踏み台にして道路外へ出られるようにしてある。

インターチェンジのランプ(自動車が高速度道路へ出入りする箇所)に、効果的なシカ保護施設(ディアガード)が必要であることが、高速道路 I-80 のプロジェクトで実証された(Ward, 1982)。5つのディアガードプロトタイプでは、ほとんどのタイプに対してシカは渡ることにほとんど躊躇しなかったと評価されている(Reed et al., 1974 b, 1979)。



図 II-4 ワイオミング州の高速道路 I-80 沿いの“アウトジャンプ”(D. F. Reed 氏撮影・提供)

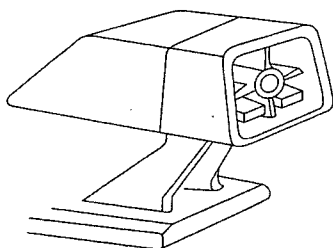
出典；野生動物の交通事故対策(エコロード事始め)\*2

## ■進入防止技術に関わる事例（11）

実施場所	アメリカ
------	------

### シカ警報機(Deer Warning)の使用

この警報機はアメリカで自動車用に開発されたものである。2個1セットの警報機には小さな穴が付いており、時速50 km以上で走行すると、穴に空気が通って16~20 kHzの超音波を発する(図III-45)。この超音波によりシカは動きを中断するため、衝突事故防止が期待されるものである。1セット約1,000円と価格が安く、運転手も音が気にならない。夜間だけでなく昼間の効果も期待された。車両に取付けて試したが、期待された効果は得られなかった。車両に取付けた警報機は北米のシカのワピチ用に作られており、エゾシカの場合、この機器が発する超音波では反応が鈍いといわれている。この後、メーカーに依頼して試作品を製作し、試験を行っている。



図III-45 シカ警告機(Deer Warning)

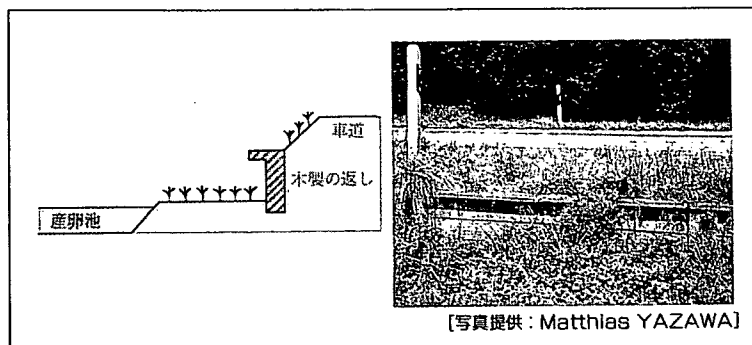
出典；野生動物の交通事故対策（エコロード事始め）\*2

■ 進入防止技術に関わる事例（12）

実施場所 | スイス チューリッヒ州

事例-3は、道路に隣接する産卵池に集まるカエル類が通行車両にひかれないように、路肩に木製の「返し」を設け、カエル類が道路へ侵入することを防止したスイスの事例である。カエル類はこのような「返し」におつかった場合、それに沿って進む習性があるため、この「返し」はカエル類が安全に道路を横断できるような場所（例えば橋梁部など）まで誘導する役割も持っている。

■事例-3 カエル類の侵入防止に関する事例（スイス）



出典：自然との共生を目指す道づくり（エコロードハンドブック）\*1

## 3.2 動物の進入防止技術の研究

### 3.2.1 概要

哺乳類の道路内への進入を防止するために、「3.1 動物の道路進入防止技術に関わる事例」で示したように、様々な取り組みが行われている。

この進入防止技術は、新設の道路建設でも重要であるが、すでに供用されている道路で発生しているロードキルの対策として、即効性を有するものと考えられる。

ここで、有効な道路進入防止対策を検討する上でいくつかの着目点が挙げられた。

- 道路進入防止柵の設置は有効な対策であるが、柵の設置範囲はどのように設定すべきか。
- 費用対効果に優れた道路進入防止柵の構造（材料・高さなど）は、どのようなものか。

この課題を検討するために、以下の調査・実験を行った。

- ① ラジオテレメトリーを用いたタヌキの行動圏調査（進入防止柵の設置範囲確認のため）
- ② タヌキの進入防止柵登はん実験（進入防止柵の構造検討のため）

なお、上記の調査・実験は、宇都宮大学農学部 小金澤教授の研究チームが実施した。



### 3.2.2 ラジオテレメトリーを用いたタヌキの行動圏調査

#### 1) 宮崎自動車道におけるテレメトリー調査の実施

この調査の目的は、動物の移動経路や行動圏を調査して、頻繁に移動が生じる箇所に対して、進入防止対策を講じることである。そのため、現地調査方法は、動物の分布調査や動物の移動経路や行動圏を確認する生態調査が必要である。

哺乳類の分布調査では目撃調査やフィールドサイン調査等が有効であり、生態調査では移動経路調査とラジオテレメトリー法等が挙げられる。

分布調査は、直接目撃調査やフィールドサイン（糞・食痕・足跡・爪痕等）からどのような種が生息しているかを確認する一般的な哺乳類調査である。この調査での留意点は、道路周辺に生息する動物種の出現頻度や分布状況を把握することであり、生態調査のベースデータとなる。

生態調査は、「哺乳類の行動圏を把握するラジオテレメトリー調査」と「主要動物（対象種）の移動経路を把握する調査」が挙げられる。

本調査では、有効な進入防止対策を検討するためには、動物の行動圏を把握する必要があるという観点から、「タヌキに着目したラジオテレメトリー調査」を実施した。

#### ■ラジオテレメトリー調査方法

ラジオテレメトリー調査は、調査対象の動物を捕獲し、発信機を取り付けて追跡し、行動圏を把握する調査である。このラジオテレメトリー法は、対象個体の行動圏を把握するためには非常に有効であり、道路への関わりを直接確認できる。

ただし、この調査法も万能ではなく、同一の種であっても、個体によって行動特性が異なることを念頭に置いておく必要がある。さらに、動物捕獲のリスクを負う。

また、調査精度については、下記の課題から正確な位置特定が難しい面もある。

①ラジオテレメトリー法は、複数地点から無指向性アンテナで大まかな位置を把握し、方向探査用指向性アンテナで最大強度が得られた箇所で方向角をコンパスで測定・図化し、直線の交点が対象物のいる位置と特定する方法である。このため、移動中の個体に対しては「入信音に強弱（入信不安定）」が生じ、方向角設定が難しい。停止している個体でも木や岩の陰に入ると安定しないため、誤差が生じる。

②測定点2箇所で時間的なズレがあれば誤差が生じ、2箇所の方向角が近似していれば、交点のズレは大きな誤差となる。

上記の課題を改善するために、調査員の増員や他の調査（移動経路調査等）と併用することも必要となる。多少の誤差はあるにしても、対象種の行動圏（範囲）を把握する目的であれば、十分有効な調査方法といえる。

次に、テレメトリー調査結果の活用方法を説明する。

## ■テレメトリー調査結果の活用方法

タヌキに対するテレメトリー調査結果は、以下のような活用方法が考えられる。

### ① 餌場や移動経路と道路との関係分析

タヌキの行動（1日）の場合、通常、餌場への移動が主体となっている。ロードキル対策においては、どのような餌場（内容・場所）への移動が多く、移動経路はどのようになっているかを分析する。なお、想定される餌場が複数ある場合には、季節によって行動圏が異なる可能性があるため、一季のみの調査でなく適宜複数の季節において調査を行った結果を反映する必要がある。

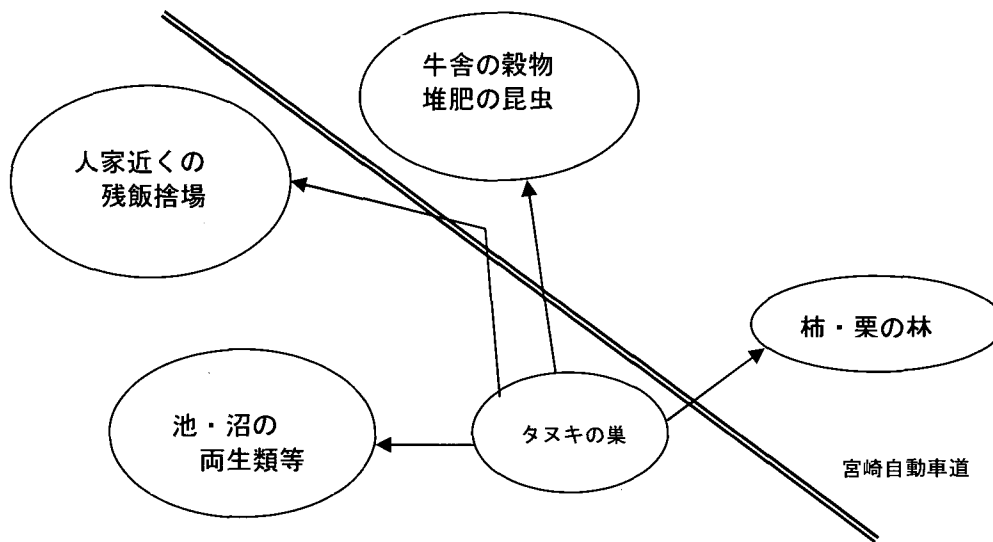


図 3.1 タヌキの移動経路根拠図

### ② 移動経路と道路との関係分析・環境対策へ

移動経路を分析して、道路と交差する地点や周辺状況から、問題となる箇所を選定する。また、最新のロードキルデータ（事故の発生場所が特定されているデータ）と分析結果を整合させて、進入防止対策を検討（柵の設置範囲の検討や、横断施設への誘導方法の検討等）する。

## 2) テレメトリー調査の内容

今回捕獲作業では、10月12日に捕獲地点1で1頭捕獲し、2月14日から20日にかけてそれぞれの捕獲地点2から4で3頭を捕獲し、合計4頭を捕獲することができた。

今回、捕獲した4頭は全てオスであった。(図3.2、図3.3 参照)

## 3) テレメトリー調査結果

4頭のタヌキについて、行動圏の位置と面積を結果として示す。

個体名称を、#1、#2、#3、#4と命名して、とりまとめた。

### ■行動圏の調査結果

#1個体の行動圏は、10月から3月にかけて359点の活動点を求めることができた。#1個体は、生駒集落の北側から宮崎自動車道を横断して、巣ノ浦集落にまたがるように行動圏を形成していた(図3.4参照)。面積は1.44km<sup>2</sup>であった(100%最小多角形法)。

#2個体の行動圏は、#1個体のそれと大きく重複し、ほとんど同じ場所を使っていると推定された(図3.4参照)。面積は1.12km<sup>2</sup>であった(100%最小多角形法)。

#3個体の行動圏は、#1個体の西側に位置し、生駒集落とその西の千才集落にまたがるように位置していた。

#4個体の行動圏は、家畜改良センターと霧島サービスエリアの間に位置し、面積は0.84km<sup>2</sup>であった(100%最小多角形法)。

### ■環境保全対策

以上の調査結果から、下記の対策が考えられる。

- ① 各個体の行動圏と道路が重なる区間において、タヌキの進入防止に有効な構造の柵を沿道の両側に設置する。
- ② 道路がすでに供用されていることから、横断施設の新設が難しいため、既存の横断施設への誘導柵を設置する。

注) 有効な進入防止柵の構造は、タヌキの登はん実験にて確認を行う。

誘導柵は、既存の横断施設に回り込めるような形状で、進入防止柵と兼用する。



図3.5 進入防止対策の概要

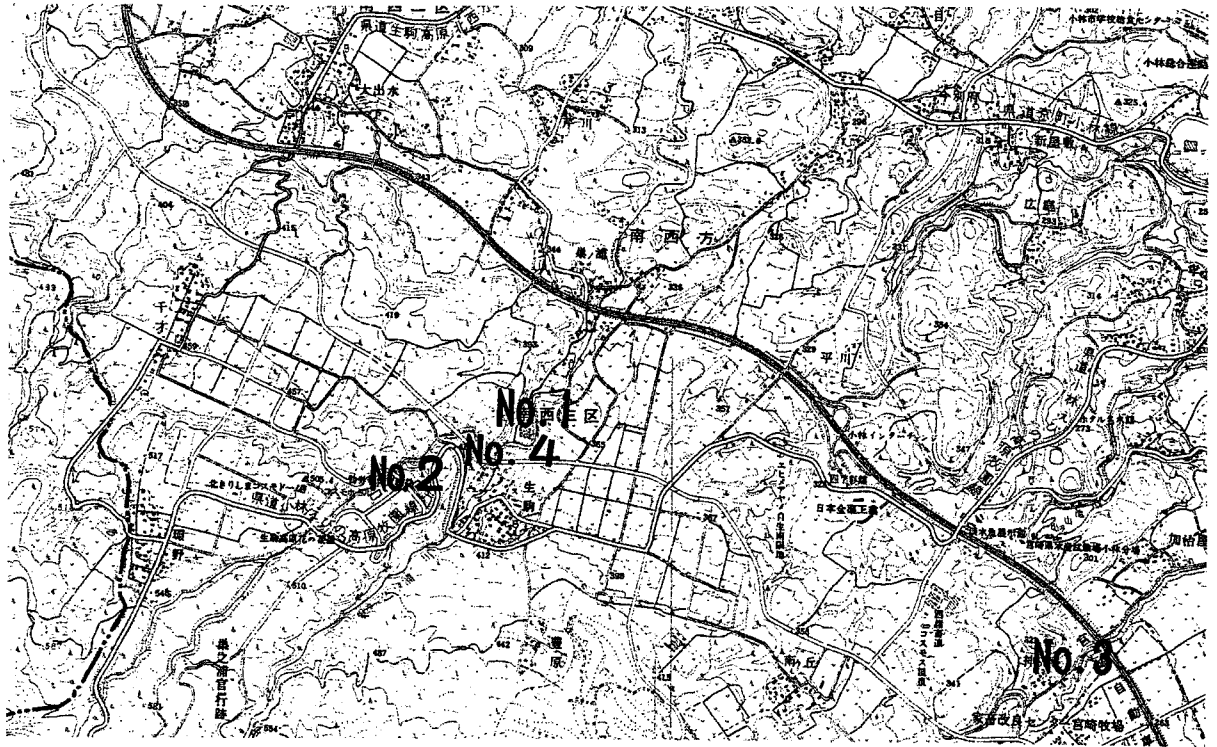


図 3.2 タヌキ捕獲位置図



図 3.4 宮崎道周辺に生息するタヌキの行動圏配置

2001年10月14日～2002年3月17日



No2. タヌキ♂



No1. タヌキ♂



No3. タヌキ♂



No2. タヌキ♂



No3. タヌキ♂



No4. タヌキ♂



No4. タヌキ♂

図 3.3 タヌキ捕獲状況とテレメトリー装着状況

### 3.2.3 タヌキの進入防止柵登はん実験

#### 1) 実験内容

##### ■実験目的

進入防止柵を設置しても、タヌキやハクビシン等の中型哺乳類は、柵を乗り越えることがあることが確認されている。特に、餌場や目的地がある場合には、柵を乗り越えると思われる。

今後、道路横断の防止のために、タヌキ等が容易に越えることができない進入防止柵の形状を研究することは必要である。

本実験は、経済的で進入防止が難しい柵形状を探る目的で、いくつかの構造の柵を作り、実際にタヌキが脱出できるか試みるものである。

##### ■実験概要

宮崎自動車道に設置されている進入防止柵と同様のフェンス（菱形金網タイプ、新設縦柵タイプ）を用いて、タヌキの登はん実験を行う。実験では、現在設置されているフェンスについてタヌキの登はん可否を確認するとともに、フェンスの形状や高さによる登はんの違いをタヌキの生態を踏まえて明らかにする。実験例数は、フェンスの形状や高さなどの異なる 10 例で行う。

##### ■実験施設

実験は、栃木県県民の森管理事務所内の大型獣収容施設内で行った。実験に用いたタヌキは、傷病獣として収容され、回復した個体を用いた。また、今回はタヌキとあわせてハクビシンも進入防止柵登はん実験に用いた。

##### ■登はん実験に使用した柵

実験に使用した柵のタイプは、A型柵～J型柵までの 10 タイプ。

具体的な柵の詳細は、図 3.6、図 3.7 に示す。

図 3.6 実験柵タイプ (その 1)

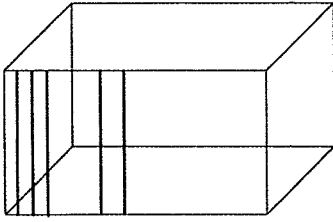
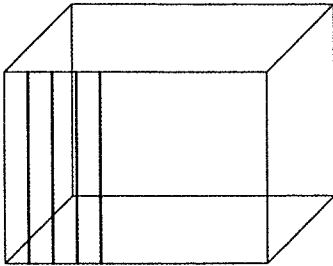
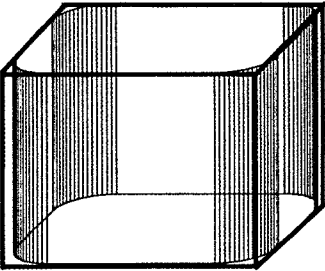
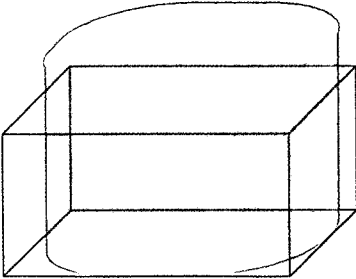
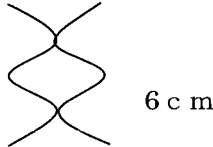
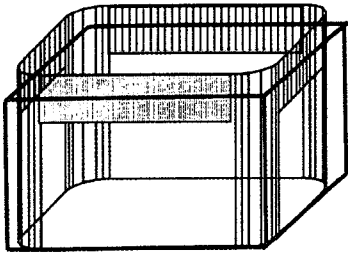
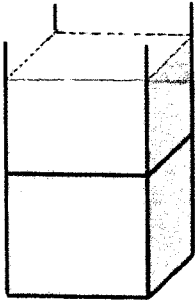
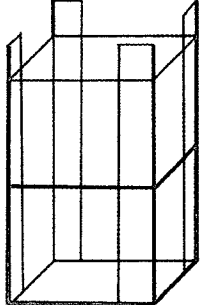
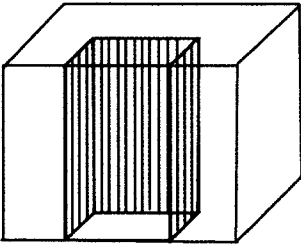
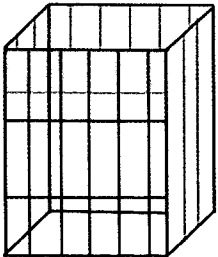
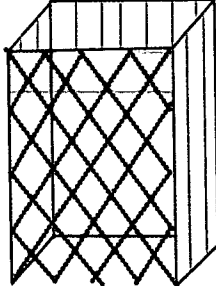
柵形状 (イメージ図)	柵の特徴
<p>A 型柵</p> 	<p>新設縦柵で、高さ 110 cm、幅 195 cm の縦柵を 4 枚張り合わせ、柵籠を作ったもの。</p>
<p>B 型柵</p> 	<p>A 型と同じ素材による縦柵で高さを 153 cm のものを使用した。幅は A 型と同じく 195 cm で A 型同様に 4 枚張り合わせ、柵籠を作成したもの。</p>
<p>C 型柵</p> 	<p>A 型、B 型とも少なくともタヌキの登はん能力から脱出可能であることが判明したことから、脱出ルートである柵の四隅を波型プラスチック板でカバーし、四隅に手足をかけることができないようにしたもの。</p>
<p>D 型柵</p> 	<p>一般に使用されている菱形金網 (下図) を用いた柵であるが、簡易型の柵で、A 型柵内に、四隅を作らないように円筒に近い形で金網を固定したため、柵の上辺は十分に固定されないで不安定な状態にある。</p> 
<p>E 型柵</p> 	<p>C 型柵の改良型で、C 型柵では四隅に波型プラスチック板を取り付けたが、E 型柵は、これに更に柵上端に乗り越え防止用に幅 30 cm の波型プラスチック板を取り付けたもの</p>

図 3.7 実験柵タイプ (その2)

柵形状 (イメージ図)	柵の特徴
<p>F型柵</p> 	<p>より実際の設置に近い形になるように、菱形金網柵をL字アングルの枠に取り付けたもので、高さ165cm、幅90cmの直方体</p>
<p>G型柵</p> 	<p>F型柵の四隅に登はん防止の幅30cmのプラスチック板を取り付けたもの。</p>
<p>H型柵</p> 	<p>B型柵の1つの面に幅90cm、高さ160cmのビニールの板を3枚組み合わせて取り付け、実験に用いるタヌキの行動範囲を限定したもの。</p>
<p>I型柵</p> 	<p>縦柵タイプで、天部に乗り越え防止板を取り付けたもの。乗り越え防止板は、なし、15cm、30cm、45cmの4通りのケースで検討。</p>
<p>J型柵</p> 	<p>ひし形金網柵タイプで、天部に乗り越え防止板を取り付けたもの。乗り越え防止板は、なし、15cm、30cm、45cmの4通りのケースで検討。</p>



## 2) 進入防止柵の登はん実験結果

実験結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 各柵に対するタヌキの登はん実験結果

タイプ	脱出状況	脱出の可否
A型柵	この個体は、20分かけて脱柵した。タヌキは、はじめ柵の中で脱出できる場所を探し、くるくる回っていたが、柵の四隅を使って柵を登り、脱出した。	可
B型柵	A型柵よりも高さのある柵だが、脱出方法を学習し5分で脱出した。 実験前に餌を与えた場合、飽食状態になり、オス、メスとも柵から脱出しようとする行動を示さず、柵からの脱出は見られなかった。	可
C型柵	A型、B型とも脱出可能であることから、脱出ルートである柵の四隅を波型プラスチック板でカバーし、四隅に手足をかけることができないようにしたC型柵では、タヌキは途中まで登はんすることができたが、足を地面から放すことができずに乗り越えることはできなかった。	不可
D型柵	四隅を作らないように円筒に近い形で金網を固定した構造で、柵の上辺は十分に固定されないために不安定な状態にあり、実験ではタヌキはオス、メスとも柵を乗り越えることはできなかった。	不可
E型柵	C型柵の更に柵上端に乗り越え防止用に幅30cmの波型プラスチック板を取り付けたものであり、オスタヌキだけを実験に使用したが、結局、柵を乗り越えることはできなかった。	不可
F型柵	菱形金網をL字アングルの枠に取り付けたもので、高さ165cm、幅90cmの直方体の柵であるが、実験にはオスタヌキのみを使用し、極めて容易に金網に手をかけて乗り越えることができた。	可
G型柵	F型柵の四隅に登はん防止の幅30cmのプラスチック板を取り付けたもので、登はん防止板を面の右側だけに取り付けたために、手をかけることができ、タヌキは容易に柵を乗り越えることができた。	可
H型柵	B型柵の内側に幅90cm、高さ160cmのビニール板を3枚組み合わせ、取り付けたものでタヌキの行動範囲を限定したが、経験を積んでいたタヌキであったが、柵を乗り越えるには最も長時間必要であった。	可
I型柵	縦柵では、タヌキは乗り越え防止板を取り付けない場合も含めて、4通りのケースでいずれも乗り越えが観察されなかった。	不可
J型柵	タヌキの場合、高さ15cmの乗り越え防止板を設置したものは乗り越えたが、30cm以上の高さでは乗り越えは観察されなかった。ハクビシンでは、高さ30cmの乗り越え防止板は乗り越えたが、45cmの場合は乗り越えることができなかった。	防止板の高さによって 不可

### 3) 実験結果考察

実験結果から以下のことが考察できた。

- ①これまで一般に使われてきた菱形金網柵は、タヌキの登はん能力から考えると、極めて容易に柵を乗り越えることができ、タヌキの進入防止柵としての機能を果たしているとは言いがたい。
- ②新設の縦柵についても、手足をかけて登ることができるようなコーナーをもって設置された場合には、容易に脱柵することができた。すなわち、縦柵もタヌキの進入を防止することはできないと判断された。(柵高さ 165cm まで脱柵可能を確認)
- ③ハクビシンは、縦柵でも金網柵と同様に縦棒を握り登っていたが、タヌキは柵をのぼる始めに柵に飛びつき、その跳躍力は 90cm 程度と判断できる。ハクビシンのようにタヌキよりも登はん能力が高く、樹上生活に適応した種ではこれまでの柵はほとんど有効ではなく、新たな柵の開発が求められる。
- ④縦柵で進入を防止するためには、I 型柵、あるいは J 型柵のように登はん防止のプラスチック板を取り付けるなどの工夫が必要である。
- ⑤ J 型柵 (ひし形金網柵) に対する高い登はん能力をもつタヌキやハクビシンでも、乗り越え防止板のように、爪や指をかけることができない一定の幅 (タヌキでは 30cm 以上、ハクビシンでは 45cm 以上) の高さがあると柵を乗り越えることができないことが明らかとなった。

以上のことから、目安として、柵でも、タヌキでは 30cm 以上、ハクビシンでは 45cm 以上の乗り越え防止板を付けることがより効果的であるといえる。

### 3.3 ロードキル防止効果の高い進入防止柵等のとりまとめ

#### 3.3.1 概要

ロードキル防止効果の高い進入防止柵等を検討する際、既往道路（すでに供用されている道路）と新設道路で対策の考え方が異なる。既往道路ではロードキルデータや横断施設の利用調査データがそのまま対策に反映できるのに対し、新設道路はロードキルデータや横断施設の利用状況のデータもない状況で、保全対策を予測し、整備計画を立案することになる。

このため、進入防止柵等の内容（位置・構造等）については、新設道路と既往道路でアプローチの仕方が異なってくるため、以下に新設道路と既往道路でそれぞれの違いについて整理を行った。

#### 1) 新設道路と既往道路における検討内容の違い

以下に、新設道路と既往道路における進入防止柵等を設定するための検討内容について、比較するものとする。それぞれで、検討内容の視点が異なるため、以下の表に留意して、個別に検討を行うものとする。

表 3.2 新設道路と既往道路の留意点の違い

条件・検討内容	新設道路	既往道路
ロードキルデータ	データなし。 近隣の道路におけるロードキルデータの使用可。	既往道路上のロードキルデータが存在し、件数や時期、発生箇所が判明している。
横断施設間隔	通常は、周辺道路や水路等の機能補償施設として、計画・設計されるが、動物にとって望ましい設置位置を把握するためには、動物の分布調査や生態調査による予測が必要となる。	すでに設置済みであり、動物の横断利用状況は、フィールドサイン調査や行動圏調査で把握できる。 横断施設の追加設置については、すでに供用中であるため、現状交通に影響のない施工法が取られるなど、後付け的な設置は難しい。
進入防止柵位置	柵設置位置についても、官民境界柵という位置づけだけでなく、動物が進入できないような位置・範囲を動物の行動圏調査や計画道路構造から類推せざるを得ない。	既往の柵（官民境界柵の兼用タイプが多い）の状況を把握できる。 ロードキルデータとの関係で、柵の設置位置や延長の妥当性を検証できる。
進入防止柵構造	柵の構造は、対象動物を何に設定するかによって異なってくるため、道路周辺の動物等の分布調査や生態調査を行いながら、必要な高さや材質を設定する必要がある。	既往の柵構造が基本であり、対象動物によっては、補強や構造の変更が必要となる。 ただし、全線の構造変更は難しい。
モニタリングの必要性	完全に動物の進入を防止する柵を設置することは、ほぼ不可能であることから、モニタリングを実施しながら、柵構造・設置位置等の改善を図っていく必要がある。	ロードキルデータの蓄積とモニタリングによって、環境対策の改善が図れる。

## 2) ロードキル発生原因とロードキル防止技術の方向性

前節で示したように、ロードキルは道路建設の影響で動物の生息域内の行動圏や移動経路を分断することによって起こる現象であり、新設道路においては、沿道の動物種の生息状況が十分に把握できれば、対処方法も比較的容易に検討できる。

この生息状況を把握せずに実際の環境対策を行っても、人間の勝手な思いこみによる効果の低い対策となってしまう。

新設道路においては、ロードキル発生メカニズムに対して、必要な対策方法の手順を下記に示す。

- ①周辺動物の分布調査結果から、ロードキル対象となる動物種（複数）を設定する。
- ②対象動物の生息状況（特に動物の行動圏や移動経路）を調査・把握する。
- ③計画道路ルートと対象種の生態（移動経路や生息域）とを照らし合わせながら、頻度の高い箇所に横断施設を相応に計画する等の有効な対策が必要となる。
- ④供用後はモニタリングを行い、対策の検証・改善を図る。

注) 現地調査とロードキル防止技術との関係については、前節で述べているので、ここでは省略する。

### 3.3.2 新設道路における進入防止柵等の位置・構造

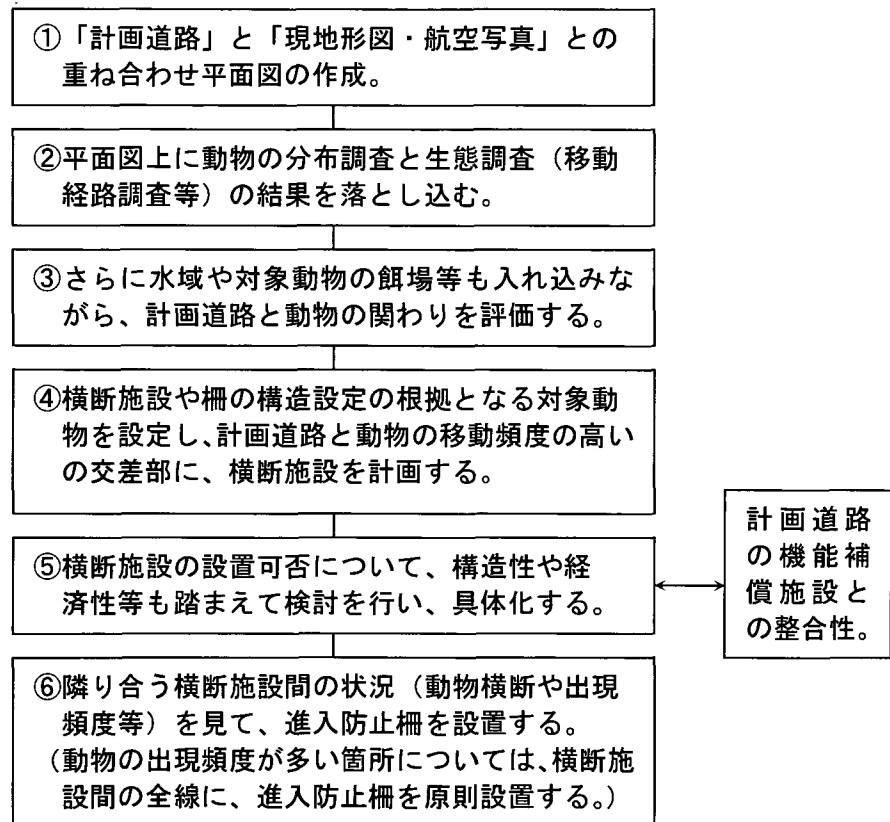
#### 1) 有効な設置位置と延長

設置位置と延長については、動物の分布調査や移動経路データ等から対象動物の生態を勘案し、計画道路が完成した後も、横断が行われる可能性が高い箇所については、横断施設（オーバブリッジ・ボックスカルバート・パイプカルバート等）を原則、設置する。

進入防止柵は、この横断防止柵の位置関係を把握した上で、動物の出現頻度が高いところでは、横断施設間の全線について、抜けが生じないように、原則、設置する。

この進入防止柵は、横断施設と一体になって効果を発揮するものである。

上記の内容についてのフロー図は以下の通り。



以上の手順で、横断施設と進入防止柵の設置位置を設定する。

## 2) 進入防止柵の構造と材質

進入防止柵の構造や材質は、対象動物によって異なってくる。  
 現実的な状況（経済性や維持管理のし易さ、メーカー指定にならない等）を踏まえると、進入防止柵としての健全性が図られていることが重要であり、構造・材質等に制約をつけることは現実的に難しい。ただし、乗り越え防止板（高さ 30cm 以上）をつけることが望まれる。  
 各々の地域の対象動物によって、横断防止柵の構造・材質・形状は異なるものと考えられる。それは、各対象種の習性或生態に大きな違いがあり、1 種類の柵ですべての動物に対応するのは難しい面があるため、工夫が必要である。

下表 3.3 は、対象動物ごとの進入防止柵に対する留意事項である。

表 3.3 進入防止柵構造の留意点

類型	対象種（例）	構造・形状・材質等の設定要因
大型哺乳類	カモシカ ニホンジカ	柵の高さ（飛び越えることが難しい高さ）
	イノシシ アナグマ等	柵の強度（力のある動物対応） 基礎部の構造（柵の下の隙間に穴を掘って横断しようとする）
中型哺乳類	タヌキ キツネ等	柵の形状や構造・材質（隙間があれば入り込んでくる）
小型動物	ネズミ等 爬虫類	柵と地面設置部構造（板塀）（通常の柵では対応不可能） 側溝交差部の構造（側溝と柵の直交箇所は絶好の進入部）

上表のように、本来、進入防止柵の構造や材質は、対象動物によって異なってくるため、その組み合わせによって、配慮する内容も異なってくる。

従って、ここでは、進入防止柵の構造（高さは別途設定）について、進入防止柵としての健全性が図られていれば、構造・材質等に制約をつけないもの（できれば、高さ 30cm 以上の乗り越え防止板は設置）とした。これは、以下の理由による。

- ① 強度が高く、多くの対象種に適用する進入防止柵を設計して、独自に設置するのはよいが、それで万全の効果が発揮される保証はないばかりか、コスト面で非常に高いものに付くことが想定できる。総じて柵延長は長くなるため、实际的でない。
- ② 特殊な構造の柵は、交通事故等で破損した場合など代替がきかない。
- ③ いくら立派な柵を設置しても、現地形の取り合い部や側溝との交差部では、隙間が生じてしまい、計画道路の全区間に対して、進入防止対応を図るほうが有効である。

なお、ここで言う「進入防止柵としての健全性」とは、

- 柵の構造が堅固で、対象動物が入り込める隙間が空いていない。
- 柵の所定の高さ以上（次項で指定する）を有している。
- 現地形との取り合い部や排水側溝との交差部にも、動物が入り込めないような対策が施されている。

といった条件を兼ね備えた柵という意味である。

### 3) 進入防止柵の高さ

対象種によって、進入防止柵の高さが異なるため、各地域の現地調査結果や事例を分析して、対象種の設定を行い、適切な柵の高さを選定するものとする。

進入防止柵の高さについては、様々な実績等を踏まえて、以下のような進入防止柵の高さを設定した。

表 3.4 道路における進入防止策柵の実績

道路・地域名	対象動物	進入防止高さ
日光宇都宮道路	ニホンカモシカ	H=2.5m (当初の柵高を改善して、進入が無くなった)
国道 108 号鬼首道路	ニホンカモシカ	H=2.5m
北海道縦貫自動車道	エゾジカ	H=2.5m (ロードキル発生に伴い嵩上げしてきた)
道東自動車道	エゾジカ	H=2.0m・2.5m (野生動物保護用発光体「ミニピカ」を併設。)
国道 334 号線	エゾジカ	H=2.5m
スイス高速道路 (N6)	カエル等小動物	H=1.5m (地上から 0.5m 区間は 5mm メッシュ構造)
アメリカコロラド州 高速道路 (I-70)	ミュールジカ	H=2.44m (設置後、事故減少)
野生動物の交通事故対策 の海外事例より	イノシシ	H=1.2~1.4m
	ノロジカ	H=1.6~1.8m
	アカシカ	H=2.6~2.8m
宇都宮大学農学部 <柵乗り越え実験報告>	タヌキ	H=1.65m は乗り越え可能。(金網柵) ※個体差があり、乗り越えられないタヌキもいた。フレキシブルな柵は乗り越えにくい。

注) 海外事例は、メートル換算で端数が生じている。

以上の事例を踏まえて、以下の高さを設定した。

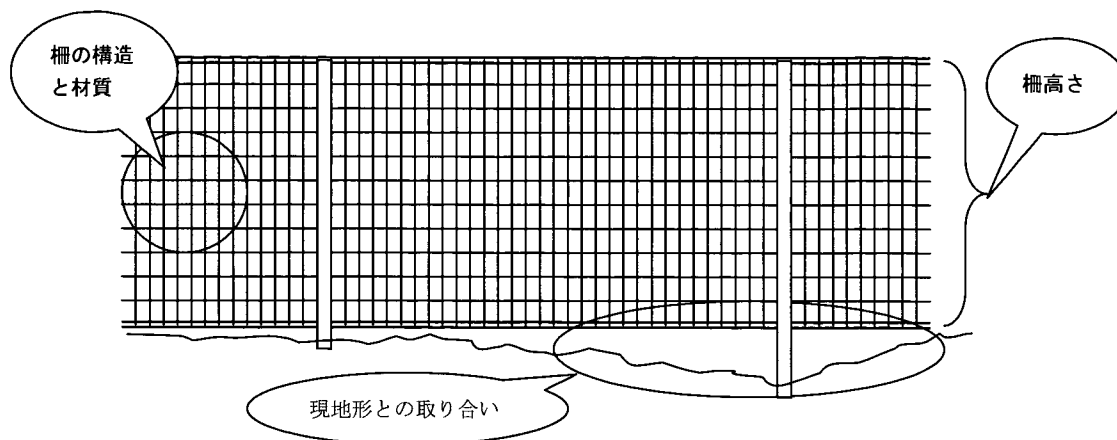
表 3.5 進入防止柵高さの設定

対象動物種 (例)	進入防止柵の高さ
カモシカ/ニホンジカ/ハクビシン等	H=2.5m 以上
タヌキ/キツネ等	H=1.8m 以上 (状況によって、より高く設置する必要あり)
イノシシ/アナグマ等	H=1.5m 以上 (基礎部補強を検討)

注) 上記は、金網柵を基本とした高さ。

#### 4) 柵と現地形との取り合い部の対応

進入防止柵を設置しても、柵と原地形との取り合い部に隙間が大きく空いていると、動物の進入が可能となるため、この取り合い部の対策も重要である。



進入防止柵と原地形との取り合い部の隙間については、動物の進入を防ぐために対策を実施する。この対策の実施例を以下に示す。

図 3.8 進入防止柵と原地形との取り合い部の実施例



側溝と交差する部分の対応例  
(宮崎自動車道)



柵と地盤の隙間対策 (トタン板埋込み)  
(宮崎自動車道)

対策の方向として、上記の実施例を参考にすることの他に、以下のことを追加する。

- ① 地山の変化が著しく、柵との隙間が空くときには、地山側を成形する方法も検討する。
- ② 単純に、隙間に碎石を道路側から積むことも有効である。



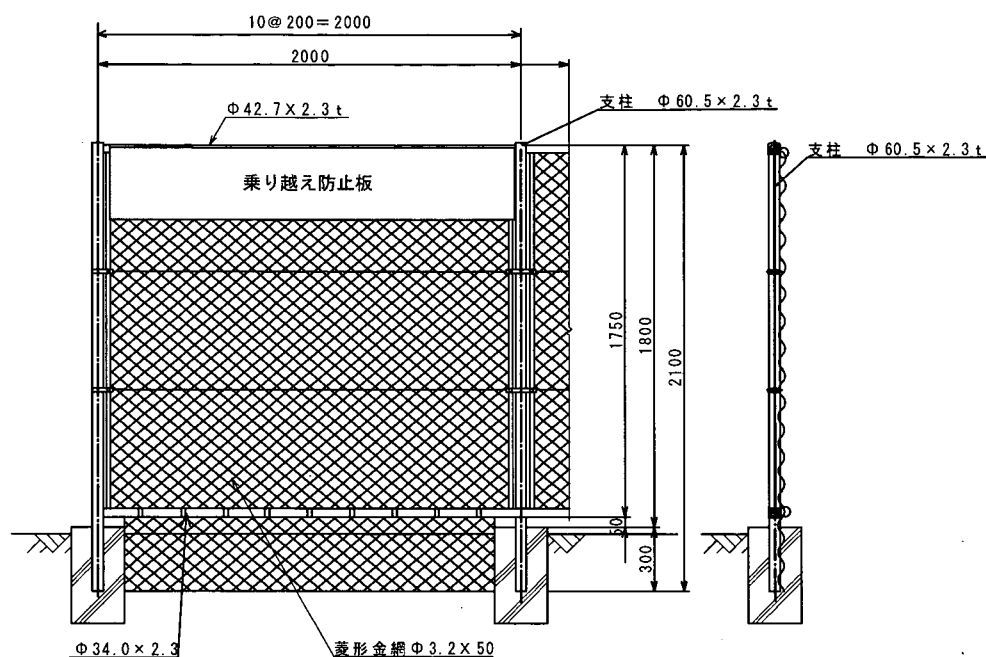
5) 望ましい進入防止柵の例

推奨案－1

<基本的な考え方>

- ・ 進入防止柵の高さについては、対象動物によって対応する。基本的な構造は、「金網柵」を採用する。支柱・笠木は相応の強度を確保する。
- ・ 柵と現地形との隙間は、柵金網を地中に 30cm 程度埋め込む。
- ・ 外側には、金具が飛び出ない構造とする。
- ・ 必要に応じて「乗り越え防止板 30cm（ハクビシン等の場合は 45cm）」を上方に設置する。

図 3.9 進入防止柵の推奨案



注 1) 柵の高さは、対象動物によって個別に検討して、変更する。

注 2) 支柱や笠木等の材質や断面は、構造計算によって設定する。特に積雪地域においては、雪の影響等を考慮して、対応を図るものとする。

注 3) 支柱基礎は、地形・地質状況を踏まえて設計を行う。

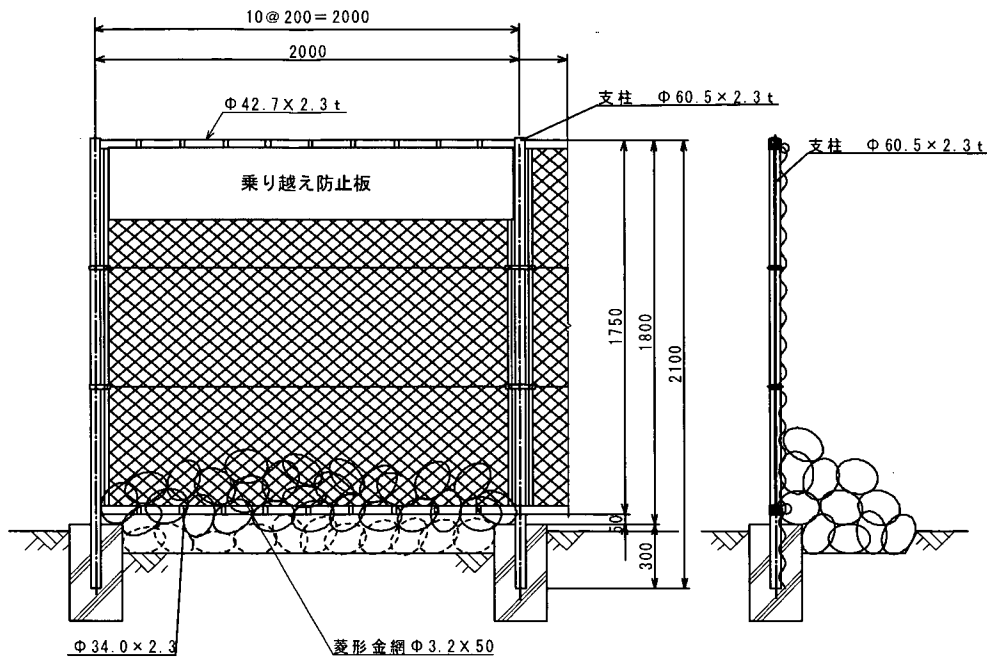
注 4) 完成後は、ロードキルのモニタリングを実施すると同時に、進入防止柵の健全度も経年的に観察することが望ましく、問題があれば補修・補強を実施するものとする。

## 推奨案-2

### <基本的な考え方>

- ・ 進入防止柵の高さについては、対象動物によって対応する。基本的な構造は、推奨案-1と同様。
- ・ 柵と現地形との隙間は、中小動物の進入を防止するために、20cm程度以上の碎石を積む。この碎石は、安易に移動されないように道路側をやや掘削して埋め込んでおく。

図 3.10 進入防止柵の推奨案



- 注1) 柵の高さは、対象動物によって個別に検討して、変更する。
- 注2) 支柱や笠木等の材質や断面は、構造計算によって設定する。特に積雪地域においては、雪の影響等を考慮して、対応を図るものとする。
- 注3) 支柱基礎は、地形・地質状況を踏まえて設計を行う。
- 注4) 完成後は、ロードキルのモニタリングを実施すると同時に、進入防止柵の健全度も経年的に観察することが望ましく、問題があれば補修・補強を実施するものとする。
- 注5) 碎石の代わりに、金属板や塩化ビニル板等で対応しても良い。

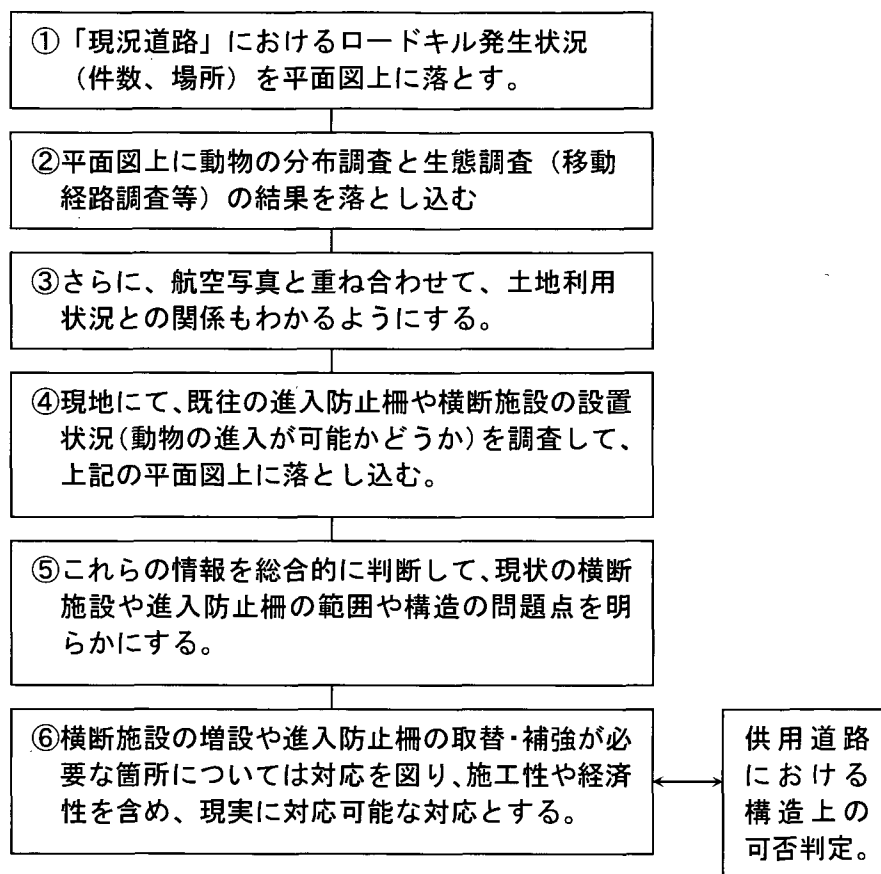
### 3.3.3 既設道路における進入防止柵等の位置・構造

#### 1) 有効な設置位置と延長

既設道路の進入防止柵は、横断施設の追加設置が難しい状況であれば、ロードキル対策で最も効果の高い施設であるため、以下の点に留意して対応を図るものとする。

設置位置と延長については、ロードキルデータや動物の移動経路データ等を勘案し、道路横断が行われている箇所については、原則、追加設置する。設置されている場合は、問題点を改良する。

実際の検討は、以下の手順例で行う



以上の手順で、横断施設と進入防止柵の設置位置・改善案を設定する。

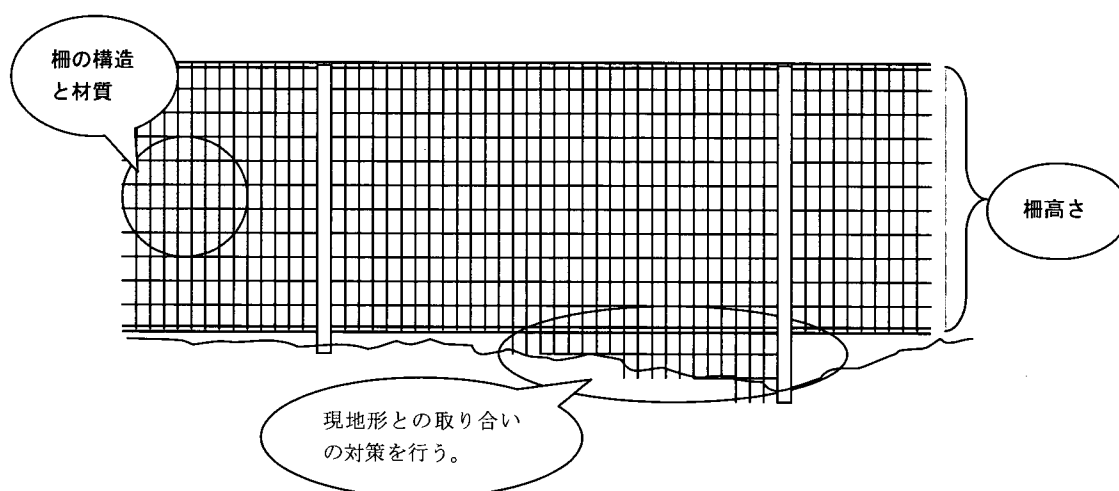
## 2) 進入防止柵の構造と材質

既設の防止柵がある場合は、現状の柵の健全度を把握しておくものとする。柵に問題があれば、補修・補強・取り替え等を行う。

進入防止柵の検討においても、「計画道路の場合」とほぼ同じ考え方で対応可能である。

ただし、進入防止柵（官民境界柵と兼用）がすでに設置されている場合は、以下の点に留意する。

- ① 既存の進入防止柵の健全度（穴が空いていないか、有刺鉄線タイプか）
- ② 既存の進入防止柵の高さ（対象動物の進入を防げる高さになっているか）
- ③ 現地形との取り合い部（隙間が空いていないか。）
- ④ 排水側溝や橋梁橋台巻き込み部との取り合い部（進入できないようになっているか）



## 3) 進入防止柵の高さ

対象種によって、進入防止柵の高さが異なるため、各地域の現地調査結果を分析して、対象種の設定を行い、適切な柵の高さを選定するものとする。既存の柵がある場合は、補修・補強する。

■高さ設置については、計画道路の場合と同様とする

## 4) 柵と現地形との取り合い部の対応

進入防止柵が十分に設置されていないながら、ロードキルが発生している区間については、柵と原地形との取り合い部の状況を調査する必要がある。もし、動物が進入可能な状況（隙間が空いている状況）であれば、追加の進入防止対策を講ずるものとする。

■取り合い部対応は、計画道路の場合と同様とする。