

高速道路進入に関わるタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) の フェンス登攀行動

蔵本 洋介^{1,5}, 古谷 雅理², 甲田菜穂子³, 園田 陽一^{4,6}, 金子 弥生^{1,7}

¹ 東京農工大学農学部野生動物保護学研究室

² 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科情報システム工学講座

³ 東京農工大学大学院農学研究院共生福祉論研究室

⁴ 国土交通省国土技術政策総合研究所

⁵ 現所属：環境省近畿地方環境事務所

⁶ 現所属：株式会社地域環境計画

⁷ 現所属：東京農工大学大学院農学研究院食肉目動物保護学研究室

摘 要

タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) がフェンスを通過するために試みる行動を明らかにすることを目的として、2010年10月18日から2010年11月7日まで、捕獲したホンダタヌキ (*N. p. viverrinus*) 3頭のフェンスに対する行動を実験装置において撮影および分析した。フェンスの素材として、高速道路において一般に設置されている菱形金網 (高さ150 cm) を用い、上部には乗り越え防止装置を2種類 (塩化ビニル板、トリカルネット) 施した。掘削 (成獣オス) や乗り越え (当年仔) により通過の成功が観察されたが、トリカルネットが張られているフェンスでは成功しなかった。トリカルネット、塩化ビニル板それぞれに対し、噛みつく、上方へ前肢を伸ばす、上方へ体を伸ばす行動がみられた。2011年10月から2012年10月の東京農工大学農学部キャンパスおよびFM多摩丘陵、東京都日の出町大久野付近の捕獲個体7頭の計測から、フェンスの網目の幅が前後肢の掌幅の最小値27 mmを下回ればフェンス上に留まることができないと考えられ、下顎の横幅12.4 mm以下であれば犬歯の位置まで顎を網目に入れられないためフェンスに噛みつくことができないと考えられた。前肢の前後方向への開きは最大53.6 cmであったことから、乗り越え防止装置の高さはそれ以上であれば前肢や体を伸ばしてもフェンス頂上に届かないと考えられた。

はじめに

道路上に進入した野生動物と道路走行中の車両との衝突による野生動物の死亡事故 (ロードキル) の発生は、野生動物個体群の絶滅リスクを増大させる一因となる (Forman et al. 2003; Jaeger and Fahrig 2004)。日本国内のロードキルによるタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) 個体群への影響として、一般の道路も含めると年間11万頭から37万頭が死亡していると推定され (Saeki and Macdonald 2004)、特に若齢個体の交通事故が多いことから、亜成獣の分散時期と関連があることが報告されている (木下・山本 1993; 橋 1998)。さらに、タヌキは雌雄で育仔をすることから、育仔期にロードキルによって片方の親が死ぬことは、子供の成育にも影響を与える可能性がある (金子 2002)。

一方で、道路通行者の安全確保の観点からも問題が提起されている (並河ほか 2004; 効率的な自然環境保全手法確立に関する検討委員会 2005; Litvaitis and Tash 2008)。日本の高速道路における動物 (哺乳類、鳥類、両生類、は虫類) のロードキルのうち最も報告が多いのはタヌキであり、約4割を占める (効率的な自然環境保全手法確立に関する検討委員会 2005)。また、中小動物の進入対策が講じられていなかった道路に出てきたキツネ (*Vulpes vulpes*) を回避しようとして人の死亡事故も起きている (岡山公法判例研究会 2010)。

ロードキルの防止策としては、有蹄類などの研究から、道路横断施設とフェンスを併用する方法の効果が高いこ

とが知られている (Forman et al. 2003). 一方で, スペインにおけるオオカミ (*Canis lupus*) のロードキルはフェンス設置道路に多いとの研究もあり, フェンスの存在が道路内における動物の滞在時間を延ばし, 車両との衝突の可能性を高めていると考えられている (Colino-Rabanal et al. 2011). これらのことから, 動物が道路内へ進入することを, フェンスによって確実に抑制することが必要である. また, 動物のフェンスに対する行動は「登る」, 「飛び越える」, 「くぐりぬける」など種によって異なるため, 対象とする種の行動を考慮したうえで, フェンスの効果的な構造や設置方法に関する検討が必要である (Colino-Rabanal et al. 2011; 園田ほか 2011).

日本の高速道路においては, 道路区域への人等 (関係者以外の者, 動物等) による進入や不法占拠を未然に防ぐため, 原則として立入防止フェンスを設置することが, 設計要領において定められている (東日本高速道路株式会社ほか 2006). タヌキはフェンスと地面の隙間から進入するため (神山・常本 2011), 隙間をふさいだ舞鶴自動車道 (現舞鶴若狭自動車道) において, ロードキル数がほぼ半減した事例がみられる (効率的な自然環境保全手法確立に関する検討委員会 2005). さらに, 無対策のフェンスはタヌキが乗り越えられることが示されている (並河ほか 2004). しかし, タヌキがどのように掘削行動や登攀行動をしており, いかなる要因がそれを可能にしているのか, またフェンス登攀中のタヌキの行動や形態に焦点をあて, 詳細に検討された例はない. さらに, より効果的・効率的な道路進入抑制対策を検討するために, 対策技術立案に向けて具体的な数値を示すことのできる研究が必要である.

そこで, 本研究では, i) タヌキのフェンスに対する行動を分析するとともに, 特に登攀行動に焦点を当て, 関連するタヌキの形態を調査することにより, タヌキがフェンスを通過するために試みる行動を明らかにすること, ii) その結果をもとに, タヌキの道路進入を抑制可能なフェンスの構造について考察することを目的として, 実験および形態の調査を行った.

方 法

1. 調査地と実験施設

実験は, 東京農工大学農学部附属広域都市圏・フィールドサイエンス教育研究センターの施設であるフィールド・ミュージアム多摩丘陵 (以下 FM 多摩丘陵, 東京都八王子市堀之内) において, 2010年10月18日から2010年11月7日まで行った. 縦6×横2×高さ2.5~2.8mの小

屋を2棟建設し, 各小屋の中央および端部にフェンスを設置した (Fig. 1). タヌキがフェンスの下部を掘り, あるいはくぐり抜けることを防止するために, 道路工法として一般に用いられる押出成形樹脂網 (タキロン社, トリカルネット N28, 網目 25×25 mm, 以下トリカルネット) をフェンス下部と地面との間に施した. 2棟の実験小屋の間をパイプでつなぎ, タヌキを移動させられるようにし, 複数のフェンス設備の実験を可能にした. 小屋には屋根を設置し, 雨の進入を防いだ. また, 側面の片側はアクリル板にして, 光の取り入れや外部からの観察を可能にし, もう一方の側面は木板とした. 各小屋には, IPカメラ画像撮影装置 (パナソニック社ネットワークカメラ, BB-HCM531) を2台設置, 1秒間に5枚の頻度で画像を撮影し, タヌキのフェンスに対する行動を録画した. 夜間の撮影を考慮し, 各小屋に1基の小型蛍光灯を設置した.

本実験において用いるフェンスは, 主として人の立ち入りを防止することを目的として, 一般に用いられている (東日本高速道路株式会社ほか 2006) 菱形金網の立入防止フェンス (ニッケンフェンスアンドメタル社, 一般非積雪地タイプ, 高さ150 cm, 網目50 mm) とした. また, タヌキがフェンスを乗り越えることを防ぐために, すでに提案されている2種類の乗り越え防止装置を菱形金網に施した (Fig. 2).

i) 塩化ビニル板を用いた乗り越え防止板

並河ほか (2004) は, 菱形金網の上部に乗り越え防止板を設置し, タヌキの登攀実験を行った. その際, タヌキは乗り越え防止板の高さが15 cmであれば乗り越えることができたが, 30 cmでは乗り越えることができなかった. 本実験では, タヌキにより乗り越えられることを防ぐために, 菱形金網フェンスの上部に乗り越え防止板として, 高さ30 cmの塩化ビニル板 (以下, 塩ビ板) を施した. 塩ビ板の上下端に穴を開け, 結束バンドで菱形金網と結束することにより設置した. 結束間隔は約45 cmとした.

ii) トリカルネットを用いた忍び返し

立入防止フェンス上部に高耐久弾性樹脂網を施し, 忍び返しとした実験 (神山・常本 2011) において, タヌキはフェンスを登ることはできたが, 忍び返しの自由端では樹脂網がしななって登ることができなかった. 本実験では軽量でハンドリングや現地加工に優れるとされ (神山・常本 2011), 道路工法として一般的なトリカルネットをフェンス上部に, 自由端が形成されるように設置し, 忍び返しの役割となるようにした. トリカルネットと菱形金網の接着面の上下端の網目に結束バンドを通し, 菱形金網と結束 (結束間隔は約27~36 cm) した.

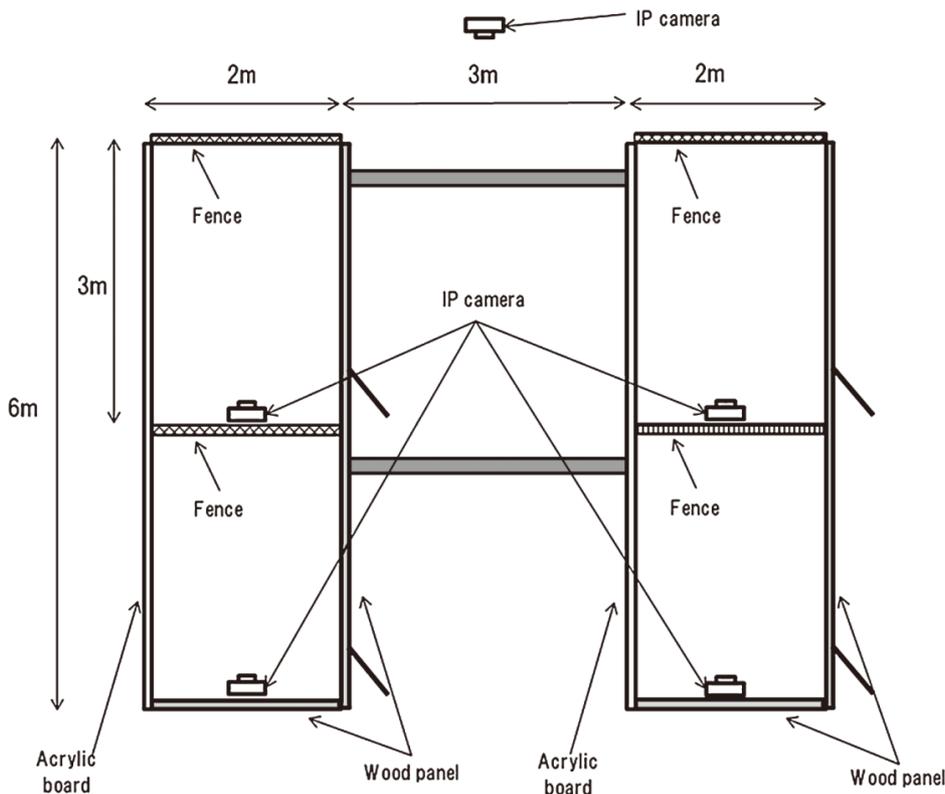


Fig. 1. Structure of the enclosure placed at the Field Museum Tamakyuryo (FMT). Each building had two rooms separated by a fence. The two buildings were connected by PVC pipes (30 cm in diameter), but these were not used in this experiment. Each room had an IP camera for recording raccoon dog behaviour.

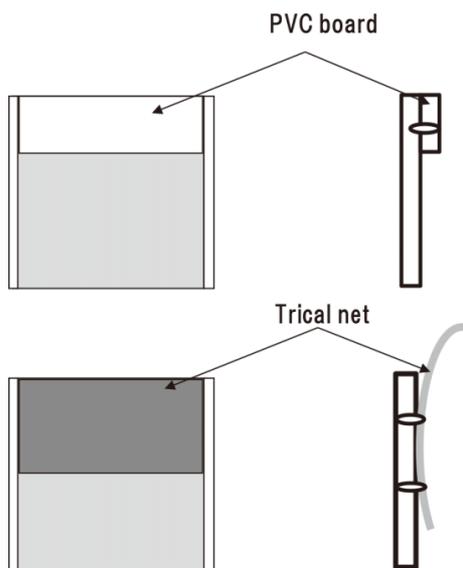


Fig. 2. Two types of raccoon dog prevention attachment. Left: front view. Right: side view.

2. 実験に用いたタヌキと行動記録

調査期間内に5台の箱罠をのべ14日間にわたり設置し、タヌキの捕獲を試みた。捕獲されたタヌキは3頭で

あった (Table 1)。捕獲個体は塩酸ケタミンおよび硫酸アトロピンを用いて不動化し (岸本・金子 2005), 体計測を行うとともに、歯の萌出と磨耗 (畑 1973; 山本・木下 1994) により当年仔と2歳以上 (成獣) に区分した。捕獲されたタヌキのうち2頭が2歳以上 (成獣), 1頭が当年仔であった。また、タヌキAとタヌキBは期間中にそれぞれ2回、タヌキCは3回捕獲された。

1個体の実験1回あたりの拘束は2昼夜以内とし、その期間内に脱出出来なかった場合は、小屋の扉を開放してタヌキを野外に解放した。また、各個体の管理は、日本学術会議による「動物実験の適正な実施に向けたガイドライン」(2006年6月)に従って行い、小屋内のフェンスで仕切られた各部屋に水および餌 (ドッグフード) を施し、自由に摂取することができるよう配慮した。

IPカメラ画像撮影装置を用いて撮影した行動を、以下の定義に基づき記録した。

i) 掘削行動

タヌキが小屋内で穴を掘ったとき、これを掘削行動と定義した。特に、フェンス下部を掘削するときには、地面を掘り始める前にくぐり抜け防止装置であるトリカルネットを破壊する行為も、この行動の中に含めた。5秒

Table 1. Raccoon dogs information and fence climbing experiment type

ID	Sex	Age	Body weight (g)	Total body length (mm)	Prevention type	Number of climbings	Observational time	Frequency of climbings (number/hour)
A	Male	Adult (Over 2 years)	6,000	822	PVC board	178	19:38:17	9.06
B	Female	Adult (Over 2 years)	5,100	760	Trical net	54	9:21:57	5.77
C	Female	Yearling	2,850	625	PVC board (first experiment)	35	4:57:26	7.06
					PVC board (second experiment)	1	0:00:54	—
					Trical net	53	12:24:31	4.27

以上の間隔を空けないものを同一の行動とし、掘削行動の継続時間を記録した。

ii) 登攀行動

タヌキがフェンスに登っている行動を登攀行動と定義した。また、四肢の全てが地面から離れてから身体の一部が地面に着くまでを、フェンス滞在として定義し時間を記録した。また、登攀行動中にフェンス上で起こした行動を以下の3種類に区分し、出現数を記録した。

① 噛み付く

フェンスの網目もしくはトリカルネットに対し、顎を入れて噛みつく行動。

② 前肢を伸ばす

乗り越え防止装置に前肢の片方を伸ばし、上方に前肢をかけようとする行動。

③ 体を伸ばす

乗り越え防止装置との境界部分のフェンスに前肢をかけた状態で、上方に体を伸ばし、顎や鼻先をかけようとする行動。

iii) 乗り越え

タヌキが登攀行動を経てフェンスを登りきる行動を、乗り越えと定義した。

これらの行動の観察時間は、タヌキがフェンスに対して初めて行動を起こした時間を始まりとし、最後に行動を起こした時間を終わりとした。人間が周囲にいる場合には正常な行動が観察されないと考えられたため観察時間から除外した。またトリカルネットの実験において、タヌキはトリカルネットを噛み切り、菱形金網とトリカルネットの間に挟まり、フェンス上に留まる行動を起こしたが、この行動は登攀行動に区分できないため、観察時間からは除外した。

3. フェンス登攀に関わるタヌキの形態の計測

形態計測のための捕獲調査を東京農工大学府中キャン

パス（東京都府中市幸町、2011年10月6日～2011年11月11日、捕獲努力は94ワナ・日）、東京都日の出町大久野付近（2012年7月30日～8月11日および10月8～19日、捕獲努力はそれぞれ168ワナ・日）の2か所で行った。タヌキは府中キャンパスで1個体（メス）、日の出町で5個体（オス2頭、メス3頭）捕獲された。また2012年2月28日に、FM多摩丘陵のタヌキBが敷地外にて交通事故に遭い保護されたため、この個体も治療の際に計測した。捕獲個体は、塩酸ケタミン、塩酸キシラジンおよび硫酸アトロピンを用いて不動化し（岸本・金子2005）、体計測を行うとともに、歯の萌出と磨耗により齢査定を行った。

捕獲された個体を用いて、本研究における行動分析の結果をもとにした形態の特徴の計測を行った。

i) 犬歯位置高、犬歯間隔、犬歯根元幅、前後掌幅

タヌキは、フェンスの網目に顎を入れて乗り越え防止装置に噛みつき装置を欠損・変形させた。また、トリカルネットが張られた境界線以上はフェンスを登ることができなかった。このことから、乗り越え防止装置への改変や登攀行動を防止するためには、顎や掌を入れられない網目の幅が重要であると考えられた。そこで、上顎・下顎ともに犬歯の位置までフェンスやネットの網目に入れる際に必要となる幅を求めるために犬歯位置高（犬歯先端と顎の上（下）端の間の幅）、犬歯間隔（犬歯先端部における唇側面間の幅）、犬歯根元幅（犬歯根元部における顎の幅）の3項目6計測部位（Fig. 3）を計測した。犬歯位置高は、犬歯の先端から鼻先方向へ水平に伸ばした線から、上方へ90°の角度になるようにノギスをあて、上顎の上端との交点までを計測した（Fig. 3）。下顎についても同様の方法で計測した。犬歯間隔と犬歯根元幅の大きいほうの値を、犬歯の位置までフェンスや網目に入れるときの横幅を規定する値として採用した。さらに、掌を奥までフェンスに入れるときに必要となる幅とし

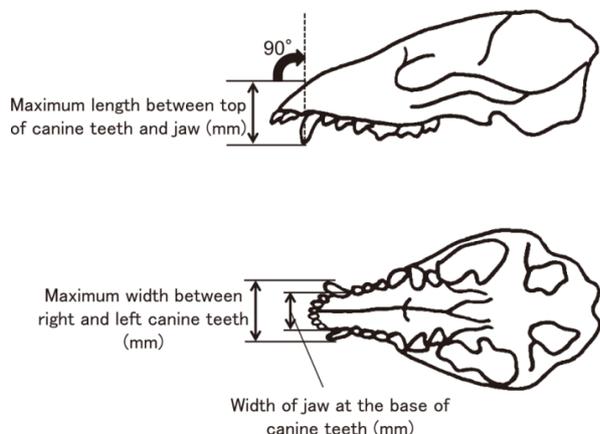


Fig. 3. Jaw measurements (shown in upper skull figures) in relation to fence climbing behaviour, and with reference to a cranial bone, figures of Kauhala et al. (1998) and Haba et al. (2008).

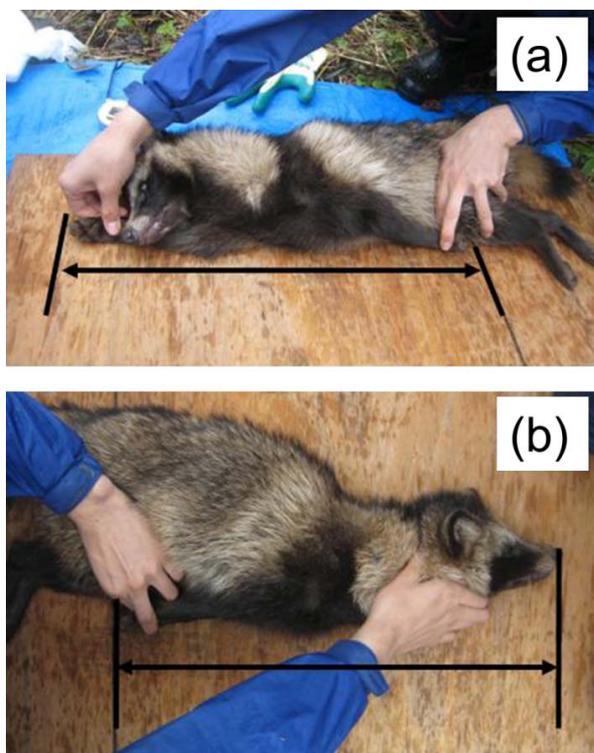


Fig. 4. Measurement methods related to the length of the raccoon dog prevention attachment. The arrowed line shows the measurements. (a) maximum antero-posterior length between forelimbs. (b) maximum length between nose and forelimbs.

て、前後掌幅を計測した。犬歯に関わる計測項目は、ノギスにより3回測った平均値、掌幅はコンベックスにより1回計測した値とした。

ii) 前肢の前後方向への開き、前肢から鼻先までの長さ
タヌキはフェンス上で、乗り越え防止装置に対し前肢や体を伸ばす行動を起こした。これらの行動により、フェ

ンス上端に前肢や顎がかかれば、乗り越えが可能になると考えられる。乗り越え防止に必要な装置の高さを求めるため、①前肢の前後方向への開き、②前肢から鼻先までの長さを計測した。いずれも計測者が補助をしてタヌキの身体を伸ばし、最大限伸ばした状態の値(最大値)を計測した(Fig. 4)。計測は、幅60×長さ90cmの木板に基線を描き、目的とする体の状態で固定し、基線から先端部への長さをコンベックスを用いて3回計測し平均値を採用した。

統計解析には解析ソフトのR version 2.13 (R Development Core Team (URL: <http://www.r-project.org/>; 最終確認年月: 2012年3月)を用いた。

結 果

1. 掘削行動

実験に用いたタヌキの中で、掘削行動を起こしたのは1頭(タヌキA)のみであった。タヌキAは、1度目に捕獲された際に小屋の外壁下部を掘削して脱出に成功した。IPカメラの撮影範囲外であったため、掘削行動の様子は記録されなかったが、掘削された穴はおおよそ幅20×深さ20×長さ20cmであった。

また、タヌキAは2度目に捕獲された際の実験においても、フェンス下部のトリカルネットを噛み破り、おおよそ幅20×深さ20×長さ27cmの穴を掘った。このときはフェンスの外側下部にベニア板を地中約20cmに打ち込んだため脱出には至らなかった。トリカルネットの破壊を始めてから19時間8分58秒の間に断続的に55回(累計1時間1分55秒)掘削行動を起こした。トリカルネットは、7回の掘削行動(累計9分16秒)を起こした後に穴が開き、地面が見えていた。このときのフェンスは、上部に高さ30cmの塩ビ板を設置したものであり、登攀行動と掘削行動がともに観察された。

2. フェンス登攀行動

i) 乗り越え

登攀行動を実験したのべ5頭のうち、1頭(タヌキC、2回目)の実験においてフェンスの乗り越えが観察された(Fig. 5)。このときのフェンスは、上部に30cmの塩ビ板を施したものであった。タヌキCはフェンスに対する最初の登攀行動(継続時間54秒)の中で、塩ビ板に噛み付き、塩ビ板とフェンスとの間を広げ、間に体を入れ、塩ビ板の後ろにある菱形金網に登りきることにより乗り越えに成功した。その他の実験では、乗り越えは観察されなかった。特に、トリカルネットの忍び返しでは、自由



Fig. 5. Escape (climbing over) behaviour of raccoon dog C.



Fig. 6. Biting behaviour against the prevention attachment of raccoon dog C.

端となっている部分まで登ることはなく、フェンスとトリカルネットの境界部分（網目が細くなる位置）以上は登ることができなかった。

ii) 登攀回数と登攀頻度

フェンスの乗り越えに成功した個体（タヌキ C）の行動 1 回以外においても、実験を行った全ての回（タヌキ A, B, C）において、登攀行動が観察された（Table 1）。タヌキ A（塩ビ板に対する実験）が登攀回数、登攀頻度ともに最多であり、それぞれ 178 回、9.1 回/時間であった。タヌキ B（トリカルネットの忍び返しに対する実験）は、登攀回数が 54 回、登攀頻度が 5.8 回/時間であった。タヌキ C は塩ビ板に対しては登攀回数が 35 回、登攀頻度が 7.1 回/時間であり、トリカルネットの忍び返しに対しては登攀回数が 53 回、登攀頻度が 4.3 回/時間であった。

iii) フェンス上での行動

フェンス上では、乗り越え防止装置に対して以下の 3 種類の行動が観察された。

①噛みつく：塩ビ板に対しては、フェンスの網目に顎を入れて、噛み付く行動を起こした（Fig. 6）。その結果、塩ビ板は変形し白く変色した。トリカルネットに対しては、ネット自体に噛みつく行動を起こし、ネットは欠損した。なお、トリカルネットの実験は、タヌキ C、タヌキ B の順に行ったが、タヌキ C によりトリカルネットの一部が大きく欠損させられ、タヌキ B の実験の際には、よりフェンスの高い位置まで登攀できる条件となっていた。

②前肢を伸ばす：乗り越え防止板に前肢の片方を伸ばし、フェンス上端に前肢をかけようとした（Fig. 7a）。またトリカルネットに対しては、トリカルネット上部に前肢をかけようとした。

③体を伸ばす：乗り越え防止装置との境界部分のフェンスに前肢をかけた状態で、上方に体を伸ばし顎や鼻先をかけようとした（Fig. 7b）。

それぞれの行動タイプが出現した登攀行動の数と、乗り越え防止装置のタイプ（塩ビ板、トリカルネット）には関連がみられた。すなわち、トリカルネットでは噛みつく行動が実験回数あたり平均 35.0 回（ $n=2$ ）と、塩ビ板の平均 11.7 回（ $n=3$ ）より多かった。一方で、塩ビ板に対しては前肢を伸ばす、体を伸ばす行動が実験回数あたり平均 10.0 回、15.7 回（それぞれ $n=3$ ）と、トリカルネットにおける 6.0 回、7.0 回（それぞれ $n=2$ ）に比べて多かった。

2. フェンス上での行動とフェンス滞在時間

フェンス上で観察された 3 種類の行動（噛み付く、前肢を伸ばす、体を伸ばす、Table 2）のうち、1 回の登攀行動中に観察された行動の種類は個体によって異なっており（0～2 種類の比較、 χ^2 -test, A と C: $\chi^2=27.8, P<0.01$, B と C: $\chi^2=6.8, P<0.05$ ）、タヌキ C はタヌキ A やタヌキ B よりも有意に多くの種類の行動を起こしていた（2～3 種類の比較、 χ^2 -test, A と C: $\chi^2=29.5, P<0.01$, B と C: $\chi^2=3.3, P<0.1$ ）。

また、登攀行動 1 回あたりのフェンス滞在時間を個体間で比較したところ、塩ビ板の実験におけるタヌキ A の 11 秒よりもタヌキ C の 19 秒は有意に長い傾向が見られ（Mann-Whitney *U*-test, $n_A=178, n_C=35, P=0.057$, Fig. 8a）、トリカルネットの実験におけるタヌキ B の 11.5 秒よりもタヌキ C の 23 秒が有意に長かった（Mann-Whitney *U*-test, $n_B=54, n_C=53, P<0.01$, Fig. 8b）。

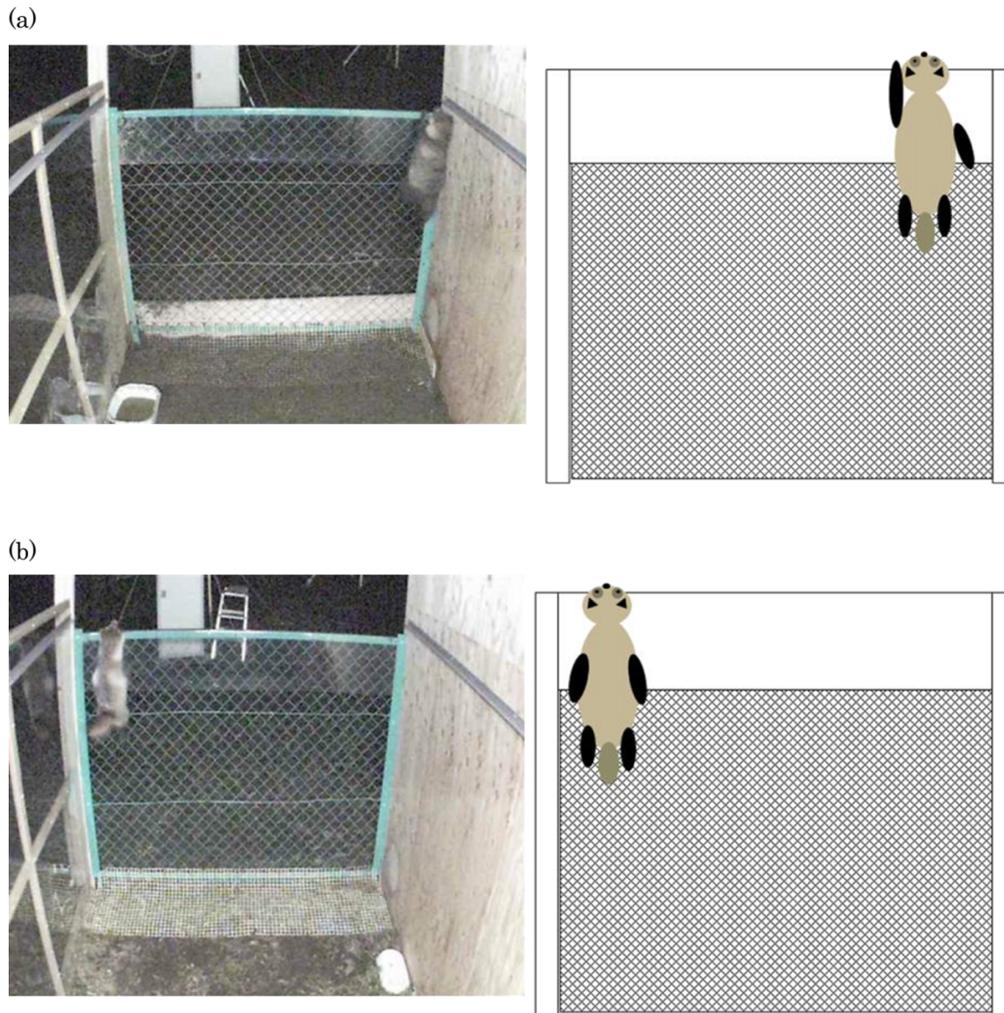


Fig. 7. Climbing behaviour over the fence: (a) stretch forelegs upward to the prevention attachment (raccoon dog A). (b) stretch body upward to the prevention attachment (raccoon dog C).

Table 2. Occurance of fence climbing behaviour types

Prevention type	Raccoon dog ID	Occurance of the behaviour type				Total
		0 type	1 type	2 types	3 types	
PVC board	A	112	53	8	2	175*
	C	13	9	11	2	35
Trical net	B	24	24	6	0	54
	C	10	30	9	4	53

* Behaviour type of three climbs of the raccoon dog A was not clear and not being involved in this table.

3. フェンス上での行動に関わるタヌキの形態

上顎の犬歯位置高は 25.4 ± 3.0 (SD) mm ($n=6$), 犬歯間隔は 20.8 ± 1.1 (SD) mm ($n=5$), 犬歯根元幅は 19.2 ± 3.4 (SD) mm ($n=7$) であり, 下顎の犬歯位置高は 16.0 ± 0.8 (SD) mm ($n=4$), 犬歯間隔は 17.5 ± 2.1

(SD) mm ($n=5$), 犬歯根元幅は 14.5 ± 1.3 (SD) mm ($n=6$) であった (Table 3). したがって, 犬歯の位置まで網目に入れる時に必要となる幅は上顎で縦が犬歯位置高の 25.4 mm, 横が犬歯間隔の 20.8 mm, 下顎では縦が犬歯位置高の 16.0 mm, 横が犬歯間隔の 17.5 mm である. これらは, 噛みつく行動・フェンスの網目およびトリカルネットによる対策に関連する計測値であるが, すべての値がフェンスの網目 (50×50 mm) よりも小さく, 上顎・下顎ともに犬歯の位置までフェンスに入れることが出来る幅であった. またトリカルネットの網目 (25×25 mm) よりも大きな値であったのは上顎の犬歯位置高のみであった. すなわち, 下顎の犬歯位置まではトリカルネットに入れることができ, 噛みつく行動を起こすことが出来る幅であった. 犬歯の位置まで網目に入れる際の幅のうち最小のものは下顎犬歯根元幅の 12.4 mm であった.

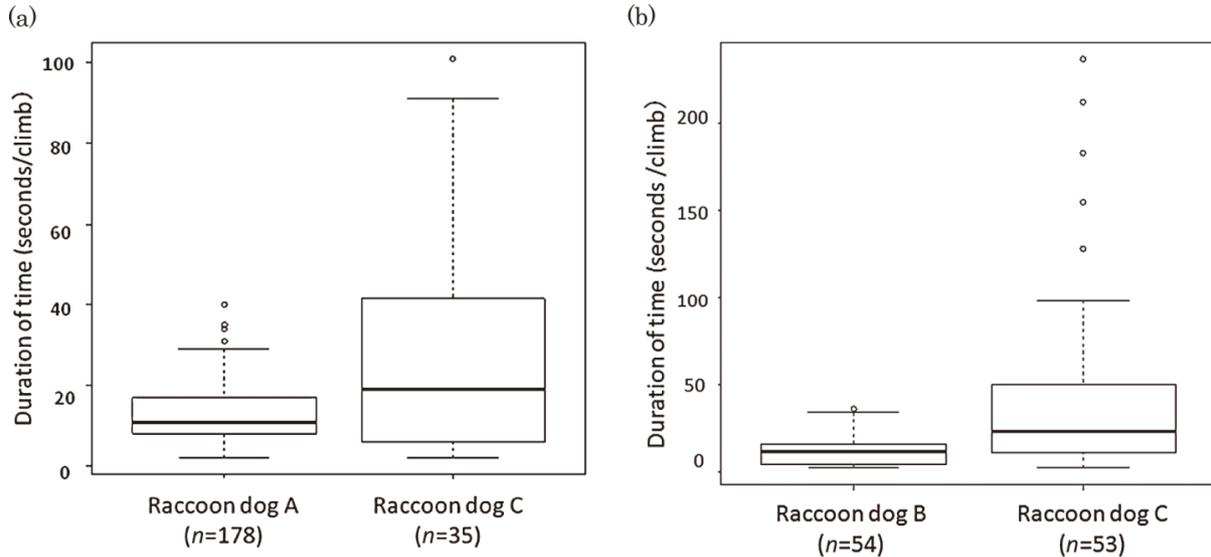


Fig. 8. Duration of each fence climbing behaviour. (a) PVC board (raccoon dog A and C) and (b) Tricalnet (raccoon dog B and C). These data are depict median (bold) with quartile (white box), vertical dotted lines depict the minimum and maximum value of 1.5 times of interquartile range.

Table 3. Raccoon dog body measurement related to prevention types of fence

		Measurement of raccoon dogs		Prevention fence items related to the measurement		
		<i>n</i>	Average±SD	Behaviour types	Prevention types	
Maximum length between top of canine teeth and jaw (mm)	Maxilla	6	25.4±3.0	Bite	Diamond shaped wire netting mesh size: 50×50 mm	
	Mandible	4	16.0±0.8	Bite		
Maximum width between right and left canine teeth (mm)	Maxilla	5	20.8±1.1	Bite		
	Mandible	5	17.5±2.1	Bite		
Width of jaw at the base of canine teeth (mm)	Maxilla	7	19.2±3.4	Bite		Trical net mesh size: 25×25 mm
	Mandible	6	14.5±1.3	Bite		
Palm width (mm)	Forelimb	7	38.6±3.3	Climb	PVC board height: 30 cm	
	Hindlimb	6	33.2±4.9	Climb		
Maximum anteroposterior length between forelimb and hindlimb (cm)		7	48.7±3.9	Stretching a fore leg		
Maximum length between forelimb and nose (cm)		7	47.1±4.8	Stretch head		

掌幅は、前掌幅が38.6±3.3 (SD) mm (n=7)、後掌幅は33.2±4.9 (SD) mm (n=6)であった (Table 3)。したがって、前後掌を全て網目に入れるときに必要な幅は33.2～38.6 mmである。また、これらは登攀行動、フェンスの網目およびトリカルネットによる対策に関連した計測値であるが、全ての計測値がフェンスの網目 (50×50 mm) よりも小さい値であった。また、これらの計測値のうち最小は後掌の27 mmであった。

乗り越え防止装置の高さに関わる項目の計測値では、前肢の前後方向への開きは48.7±3.9 (SD, レンジ43.2–53.6) cm (n=7)であった。前肢から鼻先までの長さは

47.1±4.8 (SD, レンジ39.7–51.8) cm (n=7)であった (Table 3)。

考 察

1. タヌキがフェンスに登る行動

一般に、前肢を回転運動など複雑に動かす動物や、物をつかむ、穴を掘るなどの行動に使う動物では鎖骨が発達している (小林ほか1982)。鎖骨は肩甲骨の下端と前肢を固定し、左右方向に動かす筋肉の附着部を提供する機能をもつが、タヌキを含む食肉目においては発達が悪

い(マクドナルド1986)。したがってタヌキの前肢は、複雑に動かすことに不向きである。また、タヌキの掌は木登りに適したものとはいえないが運動能力は特化しておらず、ミカンやモモの木に登っている様子も観察された(佐伯・竹内2008)。本研究においても、フェンスを登る行動が観察された。

また、タヌキC(当年仔)のみが乗り越えに成功したことからフェンスを乗り越える能力はタヌキの個体の属性によっても異なっていることが示唆された。すなわちタヌキCは若齢であることから体重が軽く、より長くフェンス上に滞在し多くの行動を起こすことができ、その結果乗り越え行動が可能となったのではないかと思われた。若齢個体の交通事故が多い原因は、亜成獣の分散時期と関連があることが報告されているが(木下・山本1993; 橋1998)、本研究の成果から、若齢個体の登攀能力の高さが高速道路への進入とロードキルの高い発生率の一要因であると推測される。しかし、本研究では観察個体数が少なかったため、今後さらなる研究が必要と考えられる。

さらに、乗り越え防止装置やくぐり抜け防止装置が施された条件下で、タヌキがフェンスを通過するためには、装置の変更が必要である。乗り越えが観察されたタヌキCは、フェンスと乗り越え防止板との間を噛み付くことにより広げ、その間に体を入れることにより乗り越えに成功した。また、フェンス下部の掘削が観察されたタヌキAは、まずフェンス下部に施されたトリカルネットに穴をあけた。さらに、フェンス上に施されたトリカルネットに対しても噛みつく行動が多く見られた。

2. タヌキによる道路進入を抑制するフェンスの構造およびその管理

上述したフェンス通過に関わる行動のメカニズムを基に、既存の道路設備に対する提案を以下に行う。フェンス設置に関する基本的な考え方として、タヌキはフェンスと地面の間に隙間があれば、そこから道路に進入すると考えられている(森崎1997)が、本実験で見られたようにタヌキは掘削能力を有しており、穴を掘って道路内に進入している可能性がある。実際に高速道路で掘削された穴がフェンス下部に存在する場合、その位置は複数回に渡ってタヌキによって使用される可能性が高い。下をくぐる事が出来る場所があれば、タヌキはフェンスを登ることはないと考えられる。したがってフェンス下部の閉塞は、タヌキの道路進入を防止するうえで最優先で行われるべき対策である。また、フェンスの切れ間などが存在すれば、そこからタヌキが進入することは容易

であると考えられるため、そのような隙間をなくすことが必要である。

しかし本実験において、乗り越え防止対策を行ったにも関わらず、乗り越えが起こった。また、既設の菱形金網タイプの立入防止フェンスの網目では、タヌキは掌や顎を入れることができ、登攀が容易であると考えられた。フェンスおよび各種対策の構造については、i) 下部の閉塞、ii) 網目サイズ、iii) 乗り越え防止装置サイズの3点への配慮が必要である。

i) 下部の閉塞

本実験で用いたトリカルネットのような押出成形樹脂網では、9分程度の行動によって穴が開いてしまった。したがって、既存のフェンスの下部を閉塞する際には、タヌキにより噛み切られないような強度の素材を用いる必要がある。神山・常本(2011)は、動物に噛み切られにくい強度の網として高耐久性樹脂網を提案している。

ii) 網目サイズ

乗り越えに成功しなかった実験においても、タヌキはフェンスの乗り越えを試みて数十回以上にわたり登攀行動を生起させ、装置を欠損・変形させた。したがってフェンスに乗り越え防止装置を施す際には、タヌキのフェンス上での長時間の行動を防止する必要がある。本実験において、乗り越え防止装置として用いた塩ビ板は、フェンス上端に近い位置に取り付けられていたために前肢や体を伸ばす行動が多く出現し、またトリカルネットは噛み切ることができる素材であった。網目に犬歯の位置まで顎を入れる際に必要となる幅のうち、最小のものは下顎の犬歯根元幅(12.4 mm)であった。したがって、この幅未満であれば上顎を入れることもできず、噛む行動を起こせないと考えられる。また、本研究における登攀行動実験では、自由端が出来るように忍び返しとしてトリカルネット(網目25×25 mm)を設置したが、実際にはトリカルネットが張られた部分でタヌキはフェンス上に留まることができなかった。掌を全てフェンスに入れる際に必要となる幅の最小値は後掌の27 mmであった。したがって27 mm未満であれば前掌を入れることも出来ず、フェンス上に留まることが困難になると考えられる。

iii) 乗り越え防止装置サイズ

並河ほか(2004)は30 cmの高さの乗り越え防止板を提案したが、本実験においては、乗り越えに成功しなかった際もフェンス上部に前肢や鼻先が届いている様子が観察された。乗り越え防止板の高さを決めるにあたって、前肢の前後方向への開きの最大値53.6 cm以上とれば確実にタヌキの乗り越えを防止することができると考えられる。

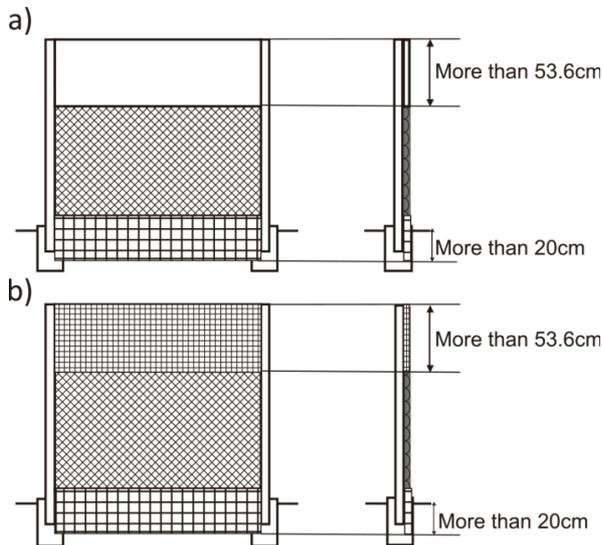


Fig. 9. Improved fence structure and concept that can resist raccoon dogs' digging or climbing, suggested by this study. a) Prevention board should be more than 53.6 cm in height and placed at the top of fence. Board should be tied to fence (welded, if possible). Fence net should be buried underground over 20 cm in depth against digging. b) Prevention net should be more than 53.6 cm in height and mesh size under 27 mm. Strong fabric material should be used for the net against biting. Fence net should be buried underground over 20 cm in depth against digging.

以上を踏まえ、既存のフェンスに乗り越え防止板およびネットを付加することによる、理想的なタヌキ進入防止フェンスの構造を示した (Fig. 9)。しかし、どのような対策をしても、野外において風雨に晒されているフェンスや対策装置は劣化していくため、定期的なモニタリングが必要である。適切な対策がなされることだけでなく、適切な管理がされることによって、ロードキルを防ぐことが出来るだろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、原 宏教授 (東京農工大学)、小澤博幸氏 (東京農工大学) には、実験に関わる施設の使用に多大なご協力をいただいた。本研究は、東京都鳥獣捕獲許可平成 23 年第 726 号、平成 24 年第 871 号により実施された。本研究の実験の一部は、株式会社高速道路総合技術研究所平成 22 年度業務「道路進入抑制対策に関する検討」において実施された。実験にあたっては、諸藤聡子氏 (株式会社協和コンサルタンツ)、寶田桂一氏 (同)、小堀 陸氏 (東京野生生物研究所) の多大なるご尽力によりタヌキの行動に関するデータを得ることができた。なお本研究の一部は、科学技術振興調整費「女性

研究者養成システム改革加速」の助成を受けて実施された。東京農工大学野生動物保護学研究室の皆様、特に石井宏章氏には、形態計測に関わる捕獲においてご協力いただいた。英文校閲は Dr. Chris Newman (University of Oxford) にご尽力いただいた。ご協力いただいた皆様に心より御礼申し上げる。

引用文献

- Colino-Rabanal, V. J., Lizana, M. and Peris, S. J. 2011. Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in Northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research* 57: 399–409.
- Forman, R. T., Sperling, D. J., Bissonette, A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C. R., Heanue, K., Jones, J. A., Swanson, F. J., Turrentine, T. and Winter, T. C. 2003. *Road Ecology—Science and Solutions—*. Island Press, Washington, D.C. 481 pp.
- Haba, C., Oshida, T., Sasaki, M., Endo, H., Ichikawa, H. and Masuda, Y. 2008. Morphological variation of the Japanese raccoon dog: implication for geographical isolation and environmental adaptation. *Journal of Zoology* 274: 239–247.
- 畑 礼子. 1973. タヌキの犬歯セメント質を用いた年齢査定. *解剖学雑誌* 48: 155–156.
- 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社. 2006. 設計要領 第五集 (交通安全施設編). NEXCO中央研究所, 30 pp.
- Jaeger, J. A. G. and Fahrig, L. 2004. Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology* 18: 1651–1657.
- 神山浩樹・常本信三. 2011. 高速道路における新しいロードキル対策工法 (高耐久弾性樹脂網). 「野生生物と交通」研究発表会講演要旨集 10: 13–21.
- 金子弥生. 2002. 第2部タヌキ. 現代日本生物誌3 フクロウとタヌキ (波多野鷹・金子弥生, 著), pp. 77–144. 岩波書店, 東京.
- Kauhala, K., Viranta, S., Kishimoto, M., Helle, E. and Obara, I. 1998. Skull and tooth morphology of Finnish and Japanese raccoon dogs. *Annales Zoologici Fennici* 35: 1–16.
- 木下あけみ・山本祐治. 1993. 川崎市域のホンダヌキ調査 (H). *川崎市青少年科学館紀要* 4: 45–50.
- 岸本真弓・金子弥生. 2005. 食肉目調査にかかわる保定技術. *哺乳類科学* 45: 237–250.
- 小林邦弘・阿部光雄・岩佐憲二・平賀武夫・竹花一成. 1982. イヌの鎖骨の肉眼的ならびに組織学的研究. *酪農学園大学紀要 自然科学編* 9: 465–475.
- 効率的な自然環境保全手法確立に関する検討委員会. 2005. エコロードガイド—自然環境に配慮した道づくりを目指して—. 社団法人道路緑化保全協会, 113 pp.
- Litvaitis, J. A. and Tash, J. P. 2008. An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management* 42: 688–697.
- マクドナルド, D. W. 1986. 動物大百科 第1巻 食肉類. 平凡社, 東京. 181 pp.

- 森崎耕一. 1997. 高速道路の自然環境保全—エコロードをめざして—. 土と基礎 45: 4-6.
- 並河良治・大西博文・曾根真里・角湯克典・桑原正明・川上篤史. 2004. ロードキル防止技術に関する研究—哺乳動物の生息域保全にむけて—. 国土技術政策総合研究所資料 No. 152. 国土技術総合政策研究所, つくば市, 103 pp.
- 岡山公法判例研究会. 2010. 小動物の高速道路への侵入と道路管理の瑕疵. 岡山大学法学会雑誌 60: 187-199.
- Saeki, M. and Macdonald, D. W. 2004. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammal in Japan. *Biological Conservation* 118: 559-571.
- 佐伯 緑・竹内正彦. 2008. タスキによる農作物被害の現状とその対策 [1]. 農業および園芸 83: 657-665.
- 園田陽一・武田ゆうこ・松江正彦. 2011. 野生動物におけるロードキル, バリアー効果とミティゲーション技術に関する研究の現状と課題. *ランドスケープ研究* 4: 7-16.
- 橘 敏雄. 1998. その他の野生動物による交通事故の現状. 「野生動物の交通事故対策—エコロード事始め—」(大泰司紀之・井部真理子・増田 泰, 編). 北海道大学図書刊行会, 札幌, 191 pp.
- 山本祐治・木下あけみ. 1994. 川崎市におけるホンダスキ *Nyctereutes procyonoides viverrinus* 個体群の死亡状況と生命表. *川崎市青少年科学館紀要* 5: 35-40.

ABSTRACT

**Fence climbing behaviour of raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*):
assessing their risk at highways**

Yosuke Kuramoto^{1,5}, Tadasuke Furuya², Naoko Koda³, Yoichi Sonoda^{4,6} and Yayoi Kaneko^{1,7,*}

¹Wildlife Conservation Laboratory, Department of Eco-region Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan

²Information Systems, Department of Maritime Systems Engineering, Engineering Faculty of Marine Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan

³Laboratory of Well-Being for Symbiosis, Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan

⁴National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Tsukuba, Ibaraki, Japan

⁵Present address: Kinki Regional Environment Office, Ministry of the Environment, Osaka, Japan

⁶Present address: Regional Environmental Planning Inc., Tokyo, Japan

⁷Present address: Carnivore Ecology and Conservation Research Group, Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan

*E-mail: ykaneko7946@gmail.com

Between 18th October and 7th November 2010, three raccoon dogs were captured in Field Museum Tamakyuryo (FMT), and behaviour at fences was recorded by IP cameras at an enclosure. In this enclosure, fencing constructed of diamond-mesh wire netting, 150 cm in height, was used in conjunction with two types of mitigation commonly used in highway fences to prevent raccoon dogs from climbing (PVC board, Trical net). The raccoon dogs escaped successfully by both digging under (adult male) and climbing over the wire fence (yearling), but were not able to climb over the Trical net. Attempts to circumvent the mitigation treatments included biting, stretching the forelegs and/or stretching the nose upwards with standing on rear legs and pawing at the fence. Between October 2011 and October 2012, seven wild raccoon dogs were captured and measured at the TUAT campus, FMT, and Hinode town. These had a minimum paw width of 27 mm, indicating the largest fence mesh size capable of preventing them from climbing the fence. Their minimum lower jaw and canine width was, however, 12.4 mm, and therefore they were able to bite onto even this small Trical net mesh size of. Thus, maximum Trical net mesh size appears to be within 12.4 mm for purpose of bite-proof by raccoon dogs. The maximum gap between the forelegs was 53.6 cm, therefore PVC prevention board larger than this should not be scalable by raccoon dogs.

Key words: fence climbing behaviour, highway, PVC board, raccoon dog, roadkill

受付日：2012年12月20日，受理日：2013年7月27日

著者：蔵本洋介，〒540-6591 大阪府大阪市中央区大手前1-7-31 環境省近畿地方環境事務所野生生物課

古谷雅理，〒135-8533 東京都江東区越中島2-1-6 東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科

甲田菜穂子，〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大学農学部共生福祉論研究室

園田陽一，〒154-0015 東京都世田谷区桜新町2-22-3 NDSビル 株式会社地域環境計画 自然環境研究室

金子弥生，〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大学農学部食肉目動物保護学研究室 ✉ ykaneko@cc.tuat.ac.jp