

☒ 2 Probability that an imported animal is incubating rabies ($P_{I,S}$) for each sub-region. The rabies prevalence is assumed to be zero (hence a zero $P_{I,S}$) for the following sub-regions: Australia/New Zealand, Melanesia, Micronesia and Polynesia.

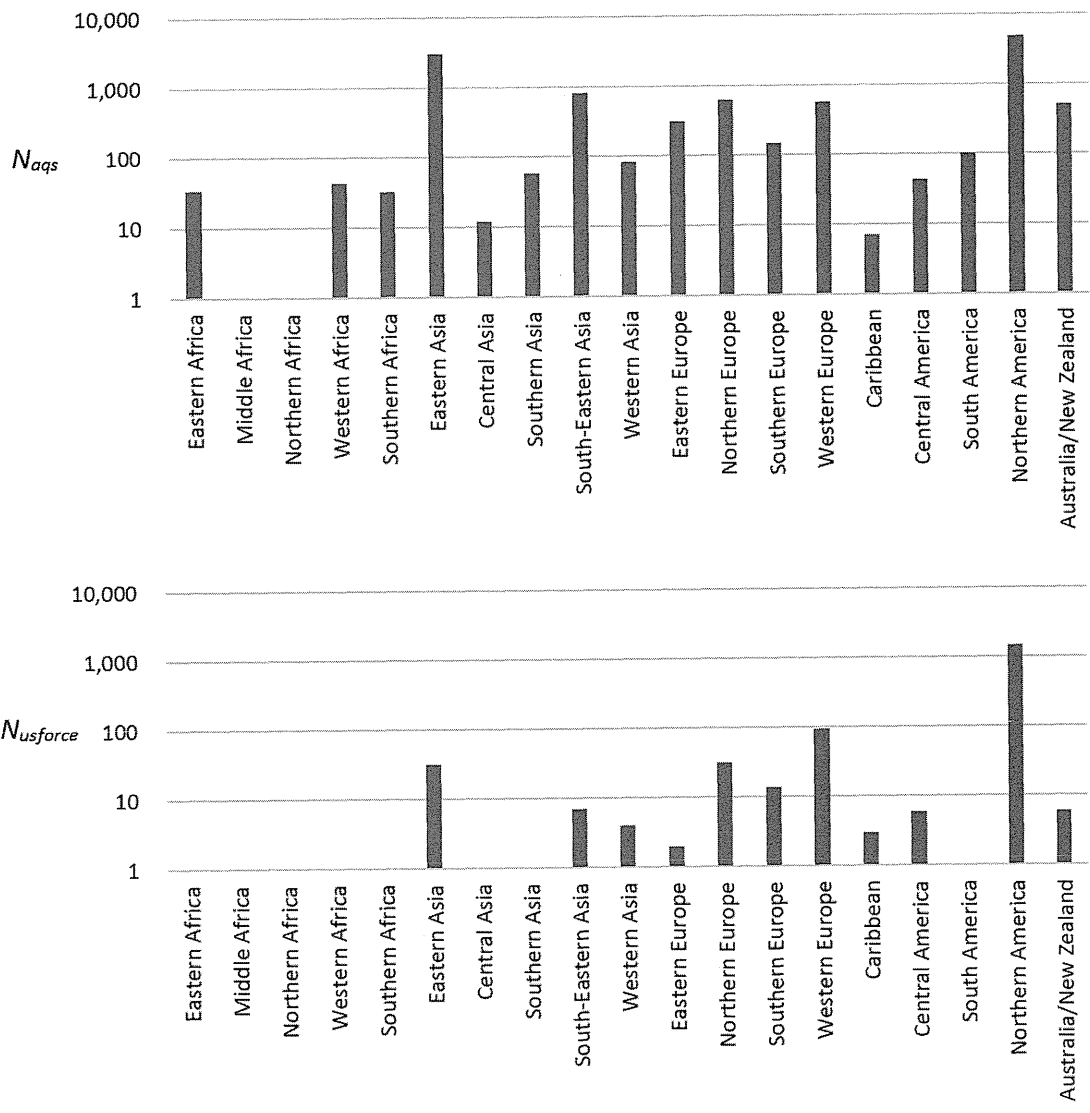
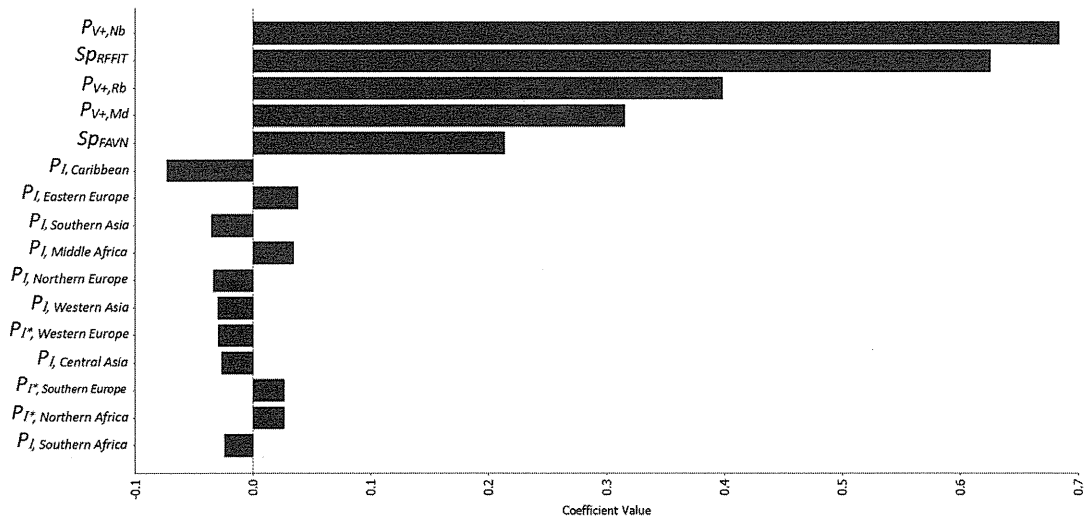
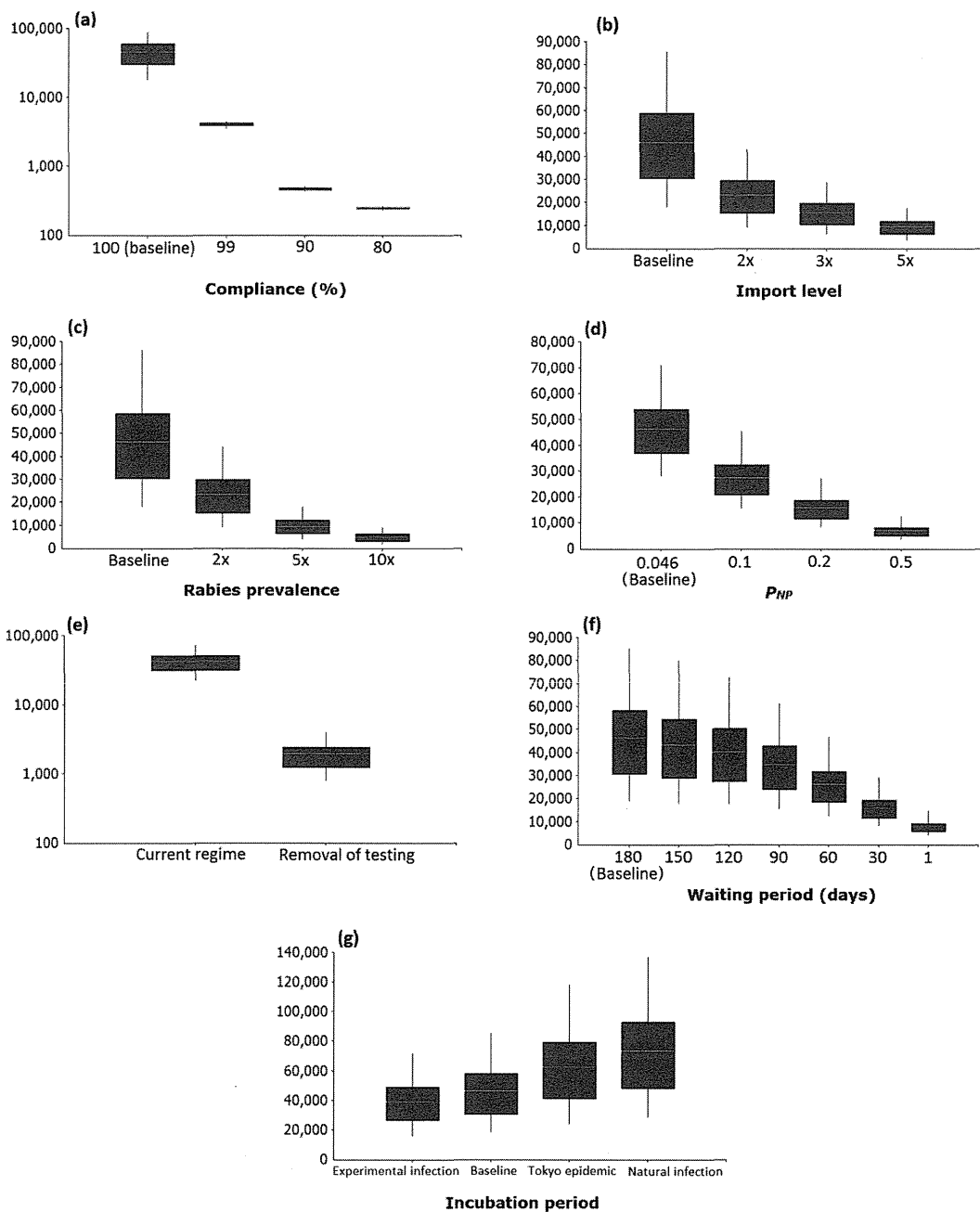


Figure 3 Maximum number of dogs and cats imported to Japan per year during 2010 to 2013 (N) through the AQS (above) and USFJ (bottom) for each sub-region included in the model



☒ 4 Tornado graph of sensitivity analysis using Spearman's rank correlation coefficient



⊗ 5 Scenario analysis showing the effects of tested scenarios on risk of rabies entry. The Y axes show the values of $Y_{worldwide}$. For each box-whisker plot, the width of the box indicates the inter-quartile range; the white line indicates the mean; the ends of the whiskers indicates the 5th percentile and the 95th percentile respectively.

厚生労働科学研究費補助金（新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業）
分担研究報告書

1948～1954年の東京における狂犬病流行のデータを用いた狂犬病潜伏期間の
確率分布の推定

研究分担者 杉浦 勝明 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
研究協力者 唐仁原景昭 NPO 法人いきいき畜産千葉サポートセンター
柿谷 樹 東京大学大学院農学生命科学研究科
ナイジェル・クワン 東京大学大学院農学生命科学研究科

研究要旨 1948～1954年の東京における狂犬病流行のデータを用いて狂犬病潜伏期間の確率分布の推定を行った。最尤法を用いて対数正規分布、ガンマ分布およびワイブル分布を当てはめたところ、平均値は用いた分布により 27.3～28.56 日であった。対数正規分布を当てはめた場合の平均値が最も小さく、ワイブル分布の平均値が最も大きかった。AIC 値から最も妥当性の高い確率分布は、対数正規分布であり、平均値 27.30（95%信頼区間：23.26～31.55）日で標準偏差は 20.20（15.27～26.31）日であった。

A. 研究目的

狂犬病の潜伏期間は、ウイルス株、宿主の動物種、ウイルスの侵入部位（暴露部位）、侵入したウイルス量、宿主の免疫状態により異なる。現在までに、感染実験および自然感染例のデータをもとに、いくつかの確率分布が推定されているが、動物が最初にウイルスに暴露された日が不明であることが多いことから、正確な確率分布の推定は困難である。本研究では、1948～1954年の東京における狂犬病流行のデータを用いて狂犬病潜伏期間の確率分布の推定を行った。

B. 研究方法

1948～1954年の東京における狂犬病流行時に当時の東京都公衆衛生研究所に持ち込まれた検体を検査した結果、884頭の狂犬

病が確認された。これらのうち狂犬病への暴露日が記載された書類が添付されていた98頭のデータ（表1）を用いて、潜伏期間の確率分布の推定を行った。推定にあたっては、最尤法を用いて対数正規分布、ガンマ分布およびワイブル分布を当てはめ、AIC値により妥当性の検討を行った。

C. 研究結果

当てはめを試みた3つの確率分布のパラメータ推定値を表2に示した。中央値は分布により異なり、対数正規分布が最も短く、ガンマ分布が最も長く、21.94～23.96日であった。AIC値が最も小さかったのは、対数正規分布であり、平均値 27.30（95%信頼区間：23.26～31.55）日で標準偏差は 20.20（15.27～26.31）日であった。サンプルサイズが98と小さかったを反映し、

各パラメータ推定値の 95%信頼区間は幅広となった。

図 1 は推定された潜伏期間の確率密度曲線および実際に観察された感染動物の潜伏期間の度数分布を示している。最も良い AIC 値を示した対数正規分布が当てはまりがよいことが視覚的にも見て取れる。

D. 考察

本研究により推定された狂犬病の潜伏期間の確率分布 Lognormal (27.30, 20.20) は、英国への狂犬病の侵入リスク評価で用いられた潜伏期間 Lognormal (35.0, 36.8) より短い。一方、タンザニアでの流行データをもとに Hampson ら (2009 年) により推定された潜伏期間より長い。

狂犬病の潜伏期間は、ウイルス株、宿主の動物種、ウイルスの侵入部位 (暴露部位)、侵入したウイルス量、宿主の免疫状態などの要因により異なるとされる。今回の研究に用いたデータについて、これらの要因に関するデータは入手できなかったが、戦後まもない時期の犬や猫の栄養状態は不十分であり、免疫状態も必ずしも良好でなかったと推定され、その結果、潜伏期間が通常より短いものが多かったことが考えられる。

E. 結論

60 年以上前の日本での狂犬病流行データをもとに潜伏期間の確率分布が得られた。狂犬病の潜伏期間に関する情報は、侵入リスク評価やリスク管理措置の検討に有用であり、我が国への侵入リスク評価において

も重要な入力変数の 1 つとして用いることができる。

F. 健康危機情報

なし。

G. 研究発表

Preventive Veterinary Medicine 第 123 巻 102~105 ページに掲載済み。

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし。

2. 実用新案登録

なし。

3. その他

なし。

表 1 Age distributions of dogs and cats (by ownership and gender) used for estimation of incubation period

Species	Gender/ownership		n	Age distribution (years)						Mean*
				0<1	1<2	2<3	3<4	4=<	Unknown	
Dog	Owned	Owned	86	52	17	9	6	1	1	1.2
	or stray	Stray	6	3	3	0	0	0	0	1.0
	Gender	Male	58	40	10	4	2	1	1	1.0
		Female	34	15	10	5	4	0	0	1.4
Subtotal			92	55	20	9	6	1	1	1.2
Cat	Gender	Male	2	1	0	0	0	0	1	6.0
		Female	4	0	1	1	1	1	0	3.0
	Subtotal		6	1	1	1	1	1	1	4.5
Total			98	56	21	10	7	2	2	1.3

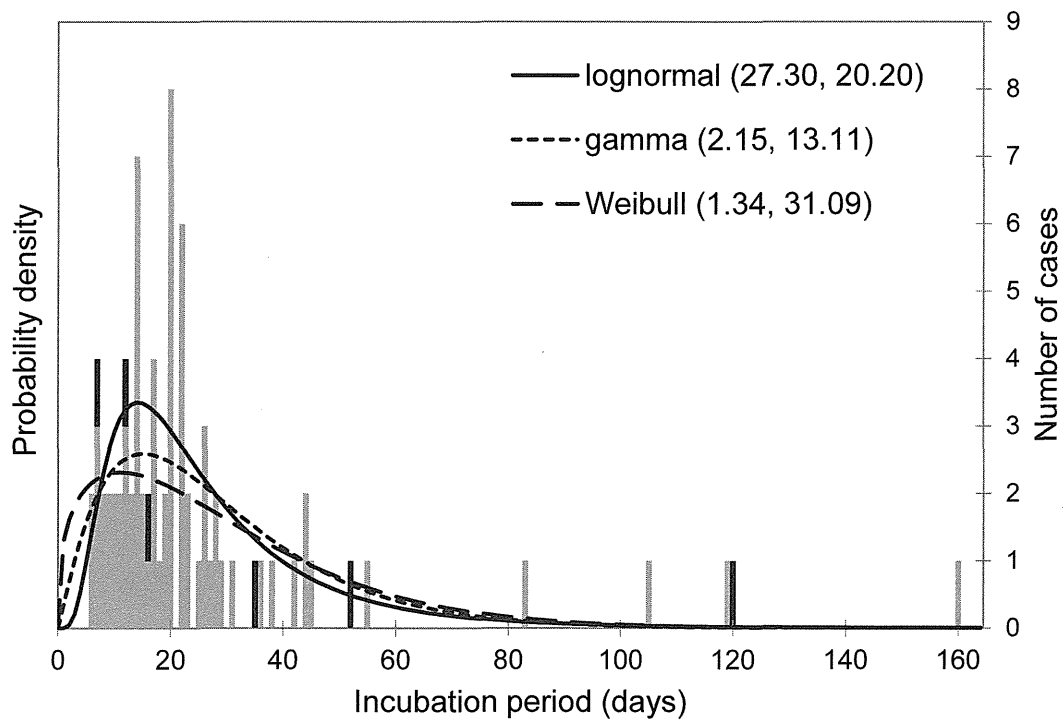
Source: Ueki, H. (2007)

*: The mean age was calculated assuming that all animals within the bands 0<1, 1<2, 2<3 and 3<4 were aged 0.5, 1.5, 2.5 and 3.5 respectively. Animals of unknown age were ignored.

表 2 Estimates of the parameters of incubation period for rabies of dogs and cats combined

	Shape (95%CI)		Scale (95%CI)		mean	mode	median	AIC*
Lognormal	3.09	(2.98 -3.19)	0.66	(0.59-0.73)	27.30	14.18	21.94	806.4
Gamma	2.15	(1.69 -2.87)	13.11	(9.41-17.08)	28.18	15.08	23.96	827.6
Weibull	1.34	(1.16-1.59)	31.09	(26.15-36.00)	28.56	11.09	23.64	839.9

* AIC=Akaike's Information Criterion



⊠ 1 Probability distribution of incubation period for rabies estimated using data of rabies cases during the 1948-1953 epidemic in Tokyo. Lognormal (solid line), gamma (dotted line) and Weibull (dashed line) distributions were used to model the incubation period. Black and gray stacked bars indicate the distribution of rabies cases of cats and dogs respectively with known incubation period actually observed.

厚生労働科学研究費補助金（新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業）
分担研究報告書

ロシア船からの不法上陸犬を通じた狂犬病侵入リスクの評価

研究分担者 杉浦 勝明 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
研究協力者 ナイジェル・クワン 東京大学大学院農学生命科学研究科
小川 英仁 北海道上川家畜保健衛生所指導課長

研究要旨 北海道に寄港するロシア船からの犬の不法上陸が報告され、これらの不法上陸犬を通じた狂犬病の侵入リスクの懸念が示されている。今回フィールド調査などを通じて入手したデータと、確率論的なシミュレーションモデルを用いて、ロシア船からの不法上陸犬を通じた狂犬病の侵入リスクを推定した。その結果、ロシア船1隻の寄港に伴う侵入リスクは 1.08×10^{-9} (90%信頼区間: $5.2 \times 10^{-11} \sim 9.37 \times 10^{-9}$) であり、年間侵入確率は 6.19×10^{-6} (90%信頼区間: $2.98 \times 10^{-7} \sim 5.36 \times 10^{-5}$) であり、侵入間隔は、161,652 (18,640～ 3,352,682) 年に1回であった。

A. 研究目的

我が国では、狂犬病予防法に基づき犬などに対する輸入検疫が実施されている。現行の輸入制度では、本病汚染国から輸入される犬及び猫に対して、マイクロチップを用いた個体確認、ワクチン接種（不活化予防液又は組み換え型予防液、生後90日を経過した個体に30日以上1年以内の間隔で2回接種）、我が国農林水産大臣の指定する検査機関による中和抗体価の測定、抗体価測定のための採血後180日間の待機期間の設定により構成されている。現行制度では、汚染国から犬及び猫を輸入する際には、これらの諸条件を全て充足すれば12時間以内に解放される。輸出国における待機期間が採血後180日に満たない場合は、不足する日数の検疫を動物検疫所の係留施設で受ける。ワクチン接種または抗体検査の条件を満たしていない場合には180日間の検疫を受けることとされている。

しかしながら、ロシアは狂犬病予防法に基づき狂犬病の汚染国であるにもかかわらず、北海道の港に寄港するロシア船からの犬の不法上陸が報告され、これらの不法上陸犬を通じた狂犬病の侵入リスクの懸念が示されてきた。

今回、ロシア政府から公表された同国における狂犬病の発生状況、稚内港および根室花咲港に寄港するロシア船などに対するインタビュー調査の結果並びに2001年に小川らによって実施されたアンケート調査の結果得られた情報を用い、確率論的モデルを構築し、ロシア船からの犬の不法上陸に伴う狂犬病侵入リスクの再評価を行った。

B. 研究方法

B 1. 侵入リスク評価モデル

B 1. 1. 侵入経路

図 1 のシナリオツリーに基づき、ロシア船からの不法上陸犬による狂犬病の侵入は、次の 8 つの確率（割合）に影響されると仮定し、リスク評価モデルを構築した。

- ① ロシア船に犬が乗船している確率
- ② 犬の出身州別の割合
- ③ 州別の犬の有病率
- ④ 犬が上陸する確率
- ⑤ 犬が上陸時に感染性を有する確率
- ⑥ 犬が上陸後感受性動物と接触する確率
- ⑦ 接触時に噛みつく確率
- ⑧ 噛みつくことにより感染が成立する確率

これらのうち、⑥以降の感染が成立するまでの過程においては、⑥国内の犬がワクチン接種を受けている確率、および⑥ワクチンの効果も考慮した。

B 1. 2. 入力変数

侵入リスク評価モデルに用いた上記のパラメータおよび関連する入力変数のリストと入力した値または分布については、表 1 に示した。

B 1. 3. データの入手源

パラメータに入力した値または分布は、主に次の情報源に依存した。

- ① 稚内港および根室花咲港において実施したロシア船などに対する聞き取り調査により入手したデータ
- ② 船舶代理店などの専門的な意見
- ③ 文献調査により入手したデータ

B 1. 4. リスク推定

狂犬病の侵入リスクについては、以下の 4 つの方法で推定した。

- ① ロシア船舶 1 隻の寄港に伴う侵入リスク
- ② 少なくとも 1 頭の狂犬病の感染が生じるのに必要な寄港隻数
- ③ 1 年間に少なくとも 1 頭の狂犬病の感染が生じる確率
- ④ 何年に 1 回狂犬病の感染が生じるか（侵入間隔）

B 2. 不確実性の分析

モデルに含まれるパラメータの不確実性を反映させるため、ソフトウェア@Risk (Palisade, Ithaca, New York) Version 6.3 をアッドオンした表計算ソフト Microsoft Excel Version 2013 を用いて、ラテン方格法により 20000 回繰り返し計算し、結果の確率分布を求めた。

シミュレーションの結果については、現状（2005～2014 年のデータに基づく結果）と過去の状況（1998～2004 年のデータに基づく結果）を求め、この十数年間の侵入リスクの変化についても評価した。

感度分析は、スピアマンの順序相関係数を用いて侵入リスクに影響のあるパラメータを特定した。

B 3. シナリオアナリシス

リスク管理にあたって留意すべき項目を特定する観点から、次の 6 つのパラメータの値をベースラインから変化させるとともに、7 番目のシナリオとして、不法上陸した犬が永久に船に戻らない場合を想定し、侵入リスクがどう変化するかを検討した。

- ① ロシア船に犬が乗船している確率 (P_{presence})
- ② ロシア船から犬が上陸する確率 (P_{landing})
- ③ 犬が感染している確率 (P_{infected})
- ④ 犬が国内の動物と接触する確率 (P_{contact})
- ⑤ 国内の飼育犬がワクチン接種を受けている確率 ($P_{\text{vaccinated}}$)
- ⑥ ワクチンが有効である確率 ($P_{\text{protection}}$)

C. 研究結果

C. 1. リスク推定の結果

リスク推定の結果を表2に示した。

C. 1. 1. ロシア船1隻の寄港に伴う侵入リスク (P_{boat})

P_{boat} は現状では、 1.08×10^{-9} (90%信頼区間： $5.2 \times 10^{-11} \sim 9.37 \times 10^{-9}$) であり、過去の状況 6.63×10^{-9} (90%信頼区間： $4.09 \times 10^{-10} \sim 5.93 \times 10^{-8}$) に比べ、6分の1となっている。

C. 1. 2. 狂犬病の侵入に必要な寄港隻数 (Volume)

Volumeの中央値は年間5億隻であるが、年間4千万隻のロシア船が寄港すれば狂犬病が侵入するリスクが5%以上ある。

C. 1. 3. 年間侵入確率 (P_{annual})

P_{annual} は現状では、 6.19×10^{-6} (90%信頼区間： $2.98 \times 10^{-7} \sim 5.36 \times 10^{-5}$) であり、過去の状況では 2.04×10^{-4} (90%信頼区間： $1.26 \times 10^{-5} \sim 1.82 \times 10^{-3}$) であった。

C. 1. 4. 侵入間隔 (Y_{entry})

Y_{entry} は現状では、161,652 (90%信頼区間： $18,640 \sim 3,352,682$) 年に1回であり、過去の状況 4,898 (90%信頼区間： $547 \sim 79,446$) 年に比べ、33倍となった。

C. 2. 感度分析の結果

感度分析の結果、最も影響力のある入力変数は、 P_{landing} 、 $P_{\text{contact_wildlife}}$ 、 $P_{\text{infected_eastern}}$ であった。いずれもこれらの変数の不確実性を反映していた (図2)。

C. 3. シナリオアナリシスの結果

シナリオアナリシスの結果を図3に示した。

ロシア船に犬が乗船している確率 (P_{presence})、ロシア船から犬が上陸する確率 (P_{landing})、犬が感染している確率 (P_{infected}) および犬が国内の動物と接触する確率 (P_{contact}) を増加させると、侵入リスク (P_{boat}) も顕著に増加した (図3(a), (b), (c), (d) および (e))。一方、国内の飼育犬がワクチン接種を受けている確率 ($P_{\text{vaccinated}}$) およびワクチンが有効である確率 ($P_{\text{protection}}$) を変化させても P_{boat} はあまり変化しないことが確認された (図3(f) および (g))。

D. 考察

D. 1. 侵入リスク

ロシア船からの不法上陸犬を通じた狂犬病の侵入リスクは極めて小さいことが推定された。現在の侵入リスクは十数年前に比べ大幅に低下しているが、これは、主に P_{landing} および $\text{Volume}_{\text{actual}}$ の減少によるとこ

ろが大きい。20 年前には犬の不法上陸は大きな問題であったが、最近では警告看板の設置、定期的見回り、パンフレットを用いたロシア船員の教育などの努力もあり、大幅に改善された。さらに、北海道の港に寄港するロシア船の隻数が減少したことも侵入リスク低下に貢献している。2000 年代初頭には密漁および密輸入が常態化しており、大量のロシア船が北海道に寄港した。しかしながら、密漁および密輸入防止のための協定が日ロ間で合意されたこともあり、この十年間で大幅に減少した。興味深いことに、この十数年間に犬を乗船させるというロシア船員の行動は変わっていないが、上陸させるという行動はほとんどとらなくなったようである。

D. 2. シナリオアナリシスの結果を踏まえた考察

北海道はロシア東部地域と隣接していることから、今回の調査で特定された犬の出身はすべてサハリン州、沿海地方などのロシア極東地域であった。サハリン州はこの 10 年間狂犬病の発生がなく、一方、沿海地方では狂犬病が散発している。今回の調査でインタビューを拒否したロシア船の犬については、最悪の事態を想定し、出身をロシア西部として有病率を計算した。今後、仮にロシア西部における狂犬病の流行が拡大すれば、東部における状況も悪化することも考えられる。このため、シナリオアナリシスの一環として、ロシアにおける狂犬病の有病率が増加した場合に侵入リスクに与える影響も計算した。その結果を図 3(a) に示した。

専門家の意見に基づき、 $P_{\text{contact_pet}}$ および $P_{\text{contact_stray}}$ には極めて低い値を用いた。専門家（船舶代理店）によれば、これらの確率は、埠頭にフェンスを設置し警備員を配

置したこと、および市役所などが野犬の捕獲活動を強化したことにより激減したとのことである。研究協力者による 1 週間の野外調査において野犬も飼育犬も港湾地域には確認されず、専門家の意見との整合性が確認された。一方、 $P_{\text{contact_wildlife}}$ については、専門家の意見に基づき 0.087 としたが、この意見についても野外調査中に実際に埠頭地域にキツネの生息が観察され、野外調査との整合性が確認された。以上から、港湾地域において野生動物の防除活動が狂犬病予防のために重要であることが示唆された。

日本では国内の飼育犬に対しワクチン接種が義務付けられており、1950 年以降飼育犬には毎年 1 回ワクチン接種が義務付けられている。2005～2014 年の稚内市におけるワクチン接種率は平均 40%と推定されるが、 P_{contact} が極めて小さいことから、 $P_{\text{vaccinated}}$ および $P_{\text{protection}}$ が変わっても狂犬病の侵入リスクはほとんど変化しない（図 3(f) および 3(g)）。このことは、ワクチン接種の実施は、ロシア犬と国内の犬との間の接触が最小限に抑えられる限り、ロシア船からの不法上陸による狂犬病の侵入防止にほとんど貢献していないことを示している。

ロシア漁船から船員が犬を上陸させ置き去りにした例があったという報告がある（佐藤ら 2004 年）。現地調査では、ロシア船上に大型犬が金属製の鎖でつながれていたが、一部の犬は船上を自由に徘徊していた。これらの観察結果から、犬がロシア船から逃避し永久に戻らないケースも潜在的な侵入ルートとして考えられる。このようなルートを通じての侵入リスクは、図 3(h) に示したとおり、侵入リスクは大幅に増加する。以上から、港湾の見回り、フェンスの設置、警備員の配置の重要性が示唆された。

E. 結論

ロシア船からの不法上陸犬を通じたわが国への狂犬病の侵入リスクは、極めて小さい。現在の侵入リスクは、ロシア船舶の寄港隻数の減少、不法上陸犬の取締の効果によりかつてに比べ減少している。今後とも、犬の不法上陸の監視、港湾地域における野生動物の防除により効果的にリスク管理することができる。また、ロシア、特に東部における狂犬病の発生状況を詳細に把握し、状況の悪化が認められた場合には侵入防止策を強化することが重要である。

引用文献

佐藤 克、杉山和寿 2004年：水際での狂犬病防疫—小樽市における狂犬病サーベイランスの現況（2004.8）

http://www.jsava.org/ippan/junju/2004_2.html

F. 健康危機情報

なし。

G. 研究発表

・ Preventive Veterinary Medicine（投稿中）

・ 第47回獣医疫学会学術集会（平成28年3月20日発表予定）

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし。

2. 実用新案登録

なし。

3. その他

なし。

表1 List of input variables and their values

Input variable	Notation	Node ¹	Input values (in distribution or fixed value)	Nature of uncertainty	Data source
Probability of presence of dog on fishing boat (current situation)	$P_{presence}$	1	Beta (14+1,20–14+1)	Uncertainty	Interview and field observation
Probability of presence of dog on fishing boat (past situation)	$P_{presence_past}$	1	Beta (65+1,108–65+1)	Uncertainty	Interview and field observation
Proportion of different origins of dogs (current situation)	$P_{origin_eastern}$ $P_{origin_western}$	2	Beta (10,4) Beta (4,10)	Uncertainty	Interview
Proportion of different origins of dogs (past situation)	$P_{origin_sakhalin}$ $P_{origin_primorsky}$	2	0.96 0.04	Fixed value	Interview
Probability of dog being infected with rabies	$P_{infected_eastern}$ $P_{infected_western}$	3	Gamma (0.19+1,1) / 209,759 Gamma (119.46+1,1) / 12,500,000	Uncertainty	OIEc, 2014 FEDIAF, 2012 FSSS, 2011
Probability of illegal landing (current situation)	$P_{landing}$	4	Beta (0+1,11–0+1)	Uncertainty	Interview and field observation
Probability of illegal landing (past situation)	$P_{landing_past}$	4	Beta (22+1,65–22+1)	Uncertainty	Interview and field observation
Probability of infectiousness	$P_{infectious}$	5	0.28	Fixed value	Calculation by $P(A \text{ and } B) / P(A)$
Mean incubation period	$Incubation_{mean}$	5	Parametric bootstrap on data sets: 34.63 (95% CI : 30.33-39.44)	Uncertainty	Goddard et al., 2012 Vose, 2008
Standard deviation of incubation period	$Incubation_{stdev}$	5	Parametric bootstrap on data sets: 31.12 (95% CI : 24.43-38.49)	Uncertainty	Goddard et al., 2012 Vose, 2008
Incubation period	$Incubation$	5	Lognorm ($Incubation_{mean}$, $Incubation_{stdev}$)	Variability	Goddard et al., 2012
Latent period	$Latent$	5	$Incubation - 10$	Variability	OIE, 2015b Calculation by IF ($Incubation - 10 < 0$, 0, $Incubation - 10$)
Days post exposure	$D_{exposure}$	5	Uniform (0,X) X is the age of dogs in days; the estimated mean is 2,800	Variability	Inoue et al., 2015
Sailing time (days)	$T_{sailing}$	5	Lognorm (bootstrapped data set); the estimated mean is 0.43	Uncertainty and variability	Interview
Probability dog does not show	$P(A)$	5	0.029	Fixed value	Calculation by IF ($Incubation > D_{exposure}$,

clinical signs prior to sailing					1, 0)
Probability dog becomes infectious after landing	$P (B)$	5	0.98	Fixed value	Calculation by IF ($D_{exposure} + T_{sailing} > \text{Latent}, 1, 0$)
Probability dog does not show clinical signs prior to sailing and becomes infectious after landing	$P (A\&B)$	5	0.0082	Fixed value	Calculation by IF (AND ($P (A), P (B), 1, 0$))
Probability of contact with susceptible animal after landing (current situation)	$P_{contact_pet}$ $P_{contact_stray}$ $P_{contact_wildlife}$	6	0.0012* 0.001* 0.087* Refer to 2.1 Scenario Tree Node 6. for use of distributions	Uncertainty	Expert opinion
Probability of contact with susceptible animal after landing (past situation)	$P_{contact_pet_past}$ $P_{contact_stray_past}$ $P_{contact_wildlife_past}$	6	0.0014* 0.001* 0.087* Refer to 2.1 Scenario Tree Node 6. for use of distributions	Uncertainty	Expert opinion
Probability that a domestic dog is vaccinated	$P_{vaccinated}$	6a	0.40	Fixed value	MHLW, 2013 JPFA, 2014
Probability that rabies vaccination is protective	$P_{protection}$	6b	$[\text{Beta}(98+1,107-98+1) + \text{Beta}(10+1,15-10+1) + \text{Beta}(44+1,47-44+1)] / 3$	Uncertainty	Goddard et al., 2012
Probability of bite post contact	P_{bite}	7	$B_{non-clinical} \times (D_{non-clinical} / D_{whole}) \times 100\% + B_{furious} \times (D_{furious} / D_{whole}) \times 25\% + B_{paralytic} \times (D_{paralytic} / D_{whole}) \times 75\%$	Variability	Calculation Banyard and Fooks, 2011
Infectious period (days)	$D_{furious}$ $D_{paralytic}$ $D_{non-clinical}$ D_{whole}	7	Uniform (6,13) Uniform (4,11) 10 10 + Uniform (4,13)	Variability	CFSPH, 2012
Chance of biting dog	$B_{furious}$ $B_{paralytic}$ $B_{non-clinical}$	7	Uniform (0.71,1) Uniform (0.05,0.3) Uniform (0.31,0.7)	Variability	Ward and Hernández-Jover, 2015
Probability of transmission after a bite	$P_{transmission}$	8	Uniform (0.45,0.52)	Variability	Hampson et al., 2009

¹ Nodes correspond to the nodes presented in Fig. 1.

* Estimated median.

表 2

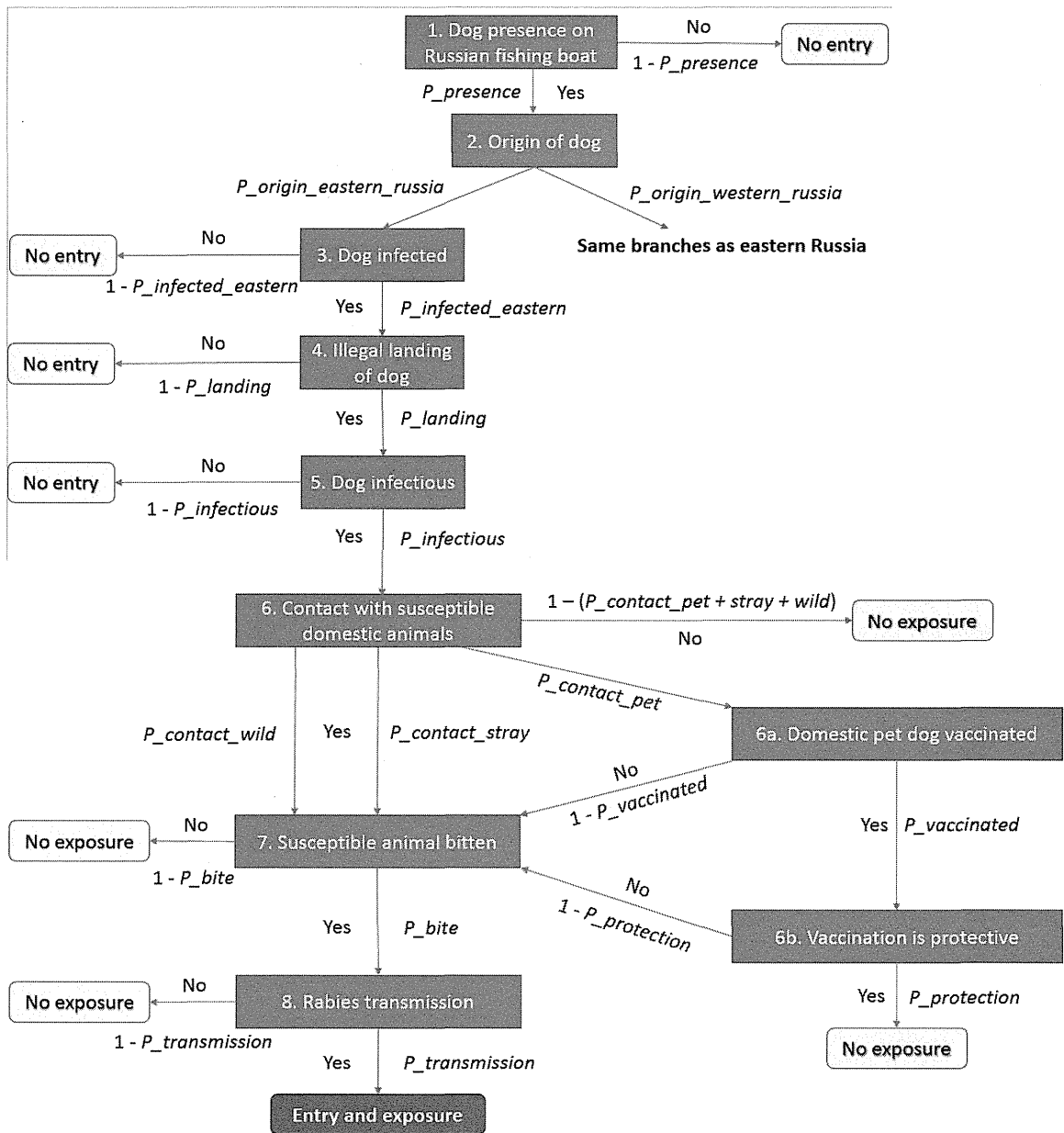
Results of simulated model outputs and information on the volume of Russian fishing boats.

Model parameters	Current situation (2005-2014)	Past situation (1998-2004)
P_{boat}^*	1.08×10^{-9} (5.2×10^{-11} , 9.37×10^{-9})	6.63×10^{-9} (4.09×10^{-10} , 5.93×10^{-8})
$Volume_{95\%}^{**}$	40,000,000	10,000,000
$Volume_{median}^{**}$	500,000,000	130,000,000
$Volume_{actual}^{***}$	5,725	30,766
P_{annual}^*	6.19×10^{-6} (2.98×10^{-7} , 5.36×10^{-5})	2.04×10^{-4} (1.26×10^{-5} , 1.82×10^{-3})
Y_{entry}^*	161,652 (18,640; 3,352,682)	4,898 (547; 79,446)

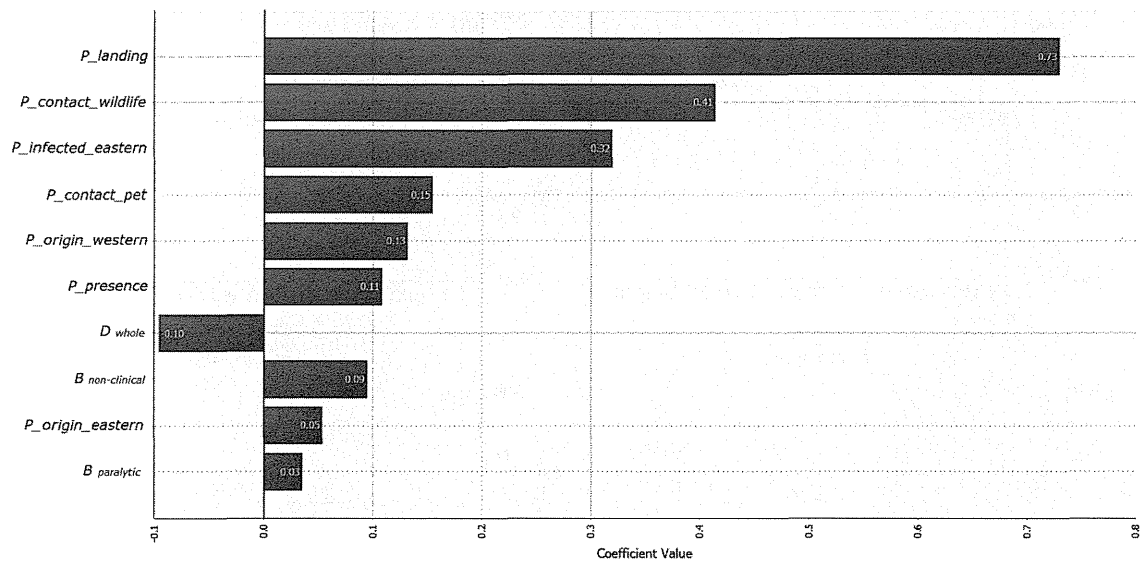
* P_{boat} , P_{annual} and Y_{entry} are presented in the form: median (5th percentile, 95th percentile).

** $Volume_{95\%}$ and $Volume_{median}$ refer to the volume of boat movements required to bring the 95th percentile of Poisson distribution to one rabies case and the volume required to bring the median to one case, respectively.

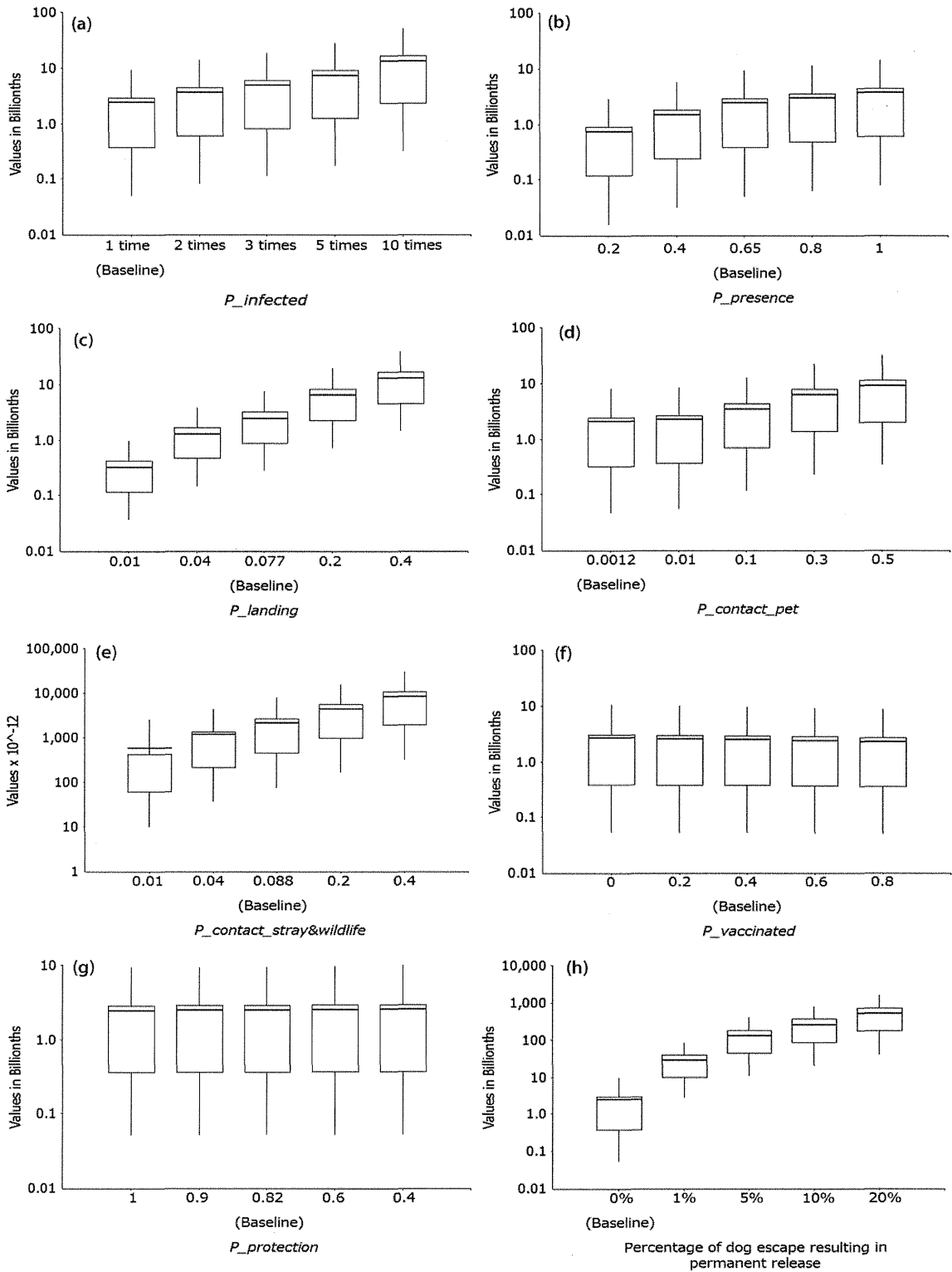
*** $Volume_{actual}$ refers to the actual average yearly volume of Russian fishing boat movements; the number of Russian fishing boats entering ports of Hokkaido is based on data from Japan Coast Guard (2014) and the total volume is subsequently calculated based on the estimation that every boat would enter a port 4.06 times each year.



☒1. Scenario tree of the risk pathway of rabies entry into Japan through the illegal landing of dogs from Russian fishing boats in ports of Hokkaido



☒ 2. Tornado graph of the input model parameters affecting P_{boat} ranked by Spearman's correlation coefficient



3. Scenario analyses showing the effect of tested scenarios on P_{boat} . The Y axes show the values of P_{boat} . For the box-whisker plot, the width of the box indicates the inter-quartile range; the thick black line indicates the mean; the end of the bottom whisker indicates the 5th percentile while the end of the top whisker indicates the 95th percentile.

厚生労働省科学研究費補助金（新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業）
分担研究報告書

分担課題：わが国における狂犬病拡散リスクの評価に関する調査研究

研究分担者 蒔田浩平 酪農学園大学大学院獣医学研究科 獣医疫学准教授
研究協力者 唐仁原景昭 NPO 法人いきいき畜産ちばサポートセンター
門脇 弾 酪農学園大学大学院獣医学研究科

研究要旨 狂犬病清浄国であるわが国における適切な狂犬病対策の検討のため、わが国に狂犬病が侵入した際の拡散リスクを、北海道と茨城県を対象として数理モデルを用いて評価した。評価には一頭の狂犬病感染犬が侵入し発症した場合にその犬が感染させる頭数：基本再生産数 R_0 と合計発生頭数を用いた。人での影響を考慮し、発症犬一頭による咬傷人数を、昭和4年から29年までに東京で発生した咬傷事件を新聞から、犬の狂犬病は告示から収集したデータをもとに推定した。また狂犬病発生時における対策の評価を、初動が30日遅れ、疫学調査による発症犬と接触した犬の検出能力を50%、放浪犬捕獲能力が一日当たり10頭、緊急ワクチン接種能力が一日当たり100頭をベースラインとして、それぞれの対策を向上あるいは悪化させたシナリオでのシミュレーション結果の変化により評価した。さらにこれら対策の費用対効果を、増分費用対効果比を用いて評価した。

現在の R_0 は北海道で0.01、茨城県で0.38であった。平時のワクチン接種を実施しないシナリオでも、 R_0 は北海道で0.03、茨城県で0.79であり、流行が起こる閾値1を下回った。

狂犬病発生時の平均合計発症頭数は、一頭目の発症犬を含め、現行のワクチン接種率において北海道で1.02頭（95%CI: 1-1頭）、茨城県で1.6頭（95%CI: 1-5頭）であった。平時のワクチン接種を実施しないシナリオでは、北海道で変化なく1.02頭（95%CI: 1-1頭）、茨城県で15.4頭（95%CI: 1-141頭）であった。狂犬病発症犬が少なくとも一人を咬む確率は1.4%（117件 / 8095件）、一頭による平均咬傷数は2.21人であった。

発生時対策の評価には、北海道の予想発生頭数が少ないため、茨城県のみで実施した。初動の遅れが90日の場合発生頭数は、現行のワクチン接種率では1.5頭（95%CI: 1-6頭）、ワクチン接種をしない場合は15.8頭（95%CI: 1-197頭）であった。疫学調査での接触犬検出力を80%に改善した場合、現行の接種率では1.4頭（95%CI: 1-5頭）、接種しない場合11.9頭（95%CI: 1-182頭）であった。放浪犬捕獲能力を一日当たり20頭に向上させた場合、現行の接種率では1.5頭（95%CI: 1-5頭）、接種しない場合8.9頭（95%CI: 1-46頭）であった。獣医師の投入による緊急ワクチン接種能力を一日当たり200頭に向上した場合、現行の接種率で1.5頭（95%CI: 1-5頭）、接種しない場合9.3頭（95%CI: 1-75頭）であった。

費用対策効果の評価は現行のワクチン接種状況では二次感染犬の発症がほとんどないため、平時にワクチン接種しないシナリオを選択した。平時のワクチン接種を実施しない場