

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こととなり、旧制度で行っていた最低14日間の係留検査が省略できることとなった。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。

現行制度は、旧制度に比べてリスク管理措置が大幅に強化されたことに伴い、大幅にリスク低減が図られた。鎌川ら(2009年)は、米国からの犬および猫の輸入による日本への狂犬病の侵入リスクを計算し、新制度の下では旧制度に比べ、日本への狂犬病の侵入リスクが25分の1から70分の1に低減すると推定した。

今回の研究では、米国以外の国からも相当頭数の犬および猫が輸入されていること、動物検疫所を通じてだけでなく、日本に駐留する米軍およびその家族によっても動物検疫所による輸入検査を経ずに相当頭数の犬および猫が輸入されていることにかんがみ、狂犬病に関する最新の科学的知見を踏まえつつ、犬および猫の輸入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

B 1. 1. 1. 動物検疫所を通じた犬又は猫の輸入に伴う侵入経路(図1AおよびB)

日本に輸入される犬および猫については、米軍またはその家族が輸入するもの以外は、輸入時に動物検疫所による検査を受け、合格したものだけが輸入が認められる。現行制度の下で、本病汚染国から輸入される犬及び猫に対して、①マイクロチップを用いた個体確認、ワクチン接種(2回接種)、抗体検査、抗体検査のための採血後180日間の輸出国内での待機(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、動物検疫所の係留施設で不足する日数の検疫)、②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動物検疫所の係留施設で180日間の検疫、のいずれかを経て輸入される。動物検疫所の検査を経て輸入される犬および猫については、2011年以降の実績にかんがみ、すべて①の手続きを経て輸入されると仮定すると、狂犬病ウイルスを保有している犬又は猫が我が国に侵入する経路として以下の12の経路が考えられる。経路2~6および経路8~12は違法な輸入であり、シナリオアナリシスにおいてこれらの経路も考慮した。

ア 侵入経路1

輸出国におけるワクチン接種時に既に感染し潜伏期にある犬又は猫で、その後、抗体価は上昇しないものの、血液検査では抗体陽性と判定(偽陽性)され、入国まで潜伏し続け、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

イ 侵入経路2

輸出国におけるワクチン接種時に既に感染し潜伏期にある犬又は猫で、その後、抗体価は上昇しないものの、血液検査では抗体陽性と判定（偽陽性）され、入国まで潜伏し続け、輸入検査を受けずに輸入され、日本国内で発症する。

ウ 侵入経路 3

輸出国におけるワクチン接種時に既に感染し潜伏期にある犬又は猫で、その後、抗体価は上昇しないものの、血液検査を受けずに、偽装された証明書が添付され、発症しないまま輸入され、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

エ 侵入経路 4

輸出国におけるワクチン接種時に既に感染し潜伏期にある犬又は猫で、その後、抗体価は上昇しないものの、血液検査を受けずに、偽装された証明書が添付され、発症しないまま輸入検査を受けずに輸入され、日本国内で発症する。

オ 侵入経路 5

感染し潜伏期にある犬又は猫が、ワクチン接種も血液検査も受けずに、偽造された証明書が添付され、発症しないまま輸入され、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

カ 侵入経路 6

感染し潜伏期にある犬又は猫が、ワクチン接種も血液検査も受けずに、偽造された証明書が添付され、発症しないまま輸入検査を受けずに輸入され、日本国内で発症する。

キ 侵入経路 7

ワクチン接種時には、狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種により抗体価は上昇しないが、血液検査で抗体陽性と判定（偽陽性）されるとともに、予防接種から出国までの間に感染、潜伏し続け、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

ク 侵入経路 8

ワクチン接種時には、狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種により抗体価は上昇しないが、血液検査で抗体陽性と判定（偽陽性）されるとともに、予防接種から出国までの間に感染、潜伏し続け、輸入検査を受けずに輸入され、日本国内で発症する。

ケ 侵入経路 9

ワクチン接種時には、狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種により抗体価は上昇しないが、血液検査を受けずに、偽造された証明書が添付され、ワクチン接種から出国までの間に感染、潜伏し続け、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

コ 侵入経路 10

ワクチン接種時には、狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種により抗体価は上昇しないが、血液検査を受けずに、偽造された証明書が添付され、ワクチン接種から出国までの間に感染、潜伏し続け、輸入検査を受けないで輸入され、日本国内で発症する。

サ 侵入経路 11

狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種も血液検査も受けずに、偽造された証明書が添付され、出国までの間に感

染、潜伏し続け、輸入検査終了後に日本国内で発症する。

シ 侵入経路 1 2

狂犬病に感染していない犬又は猫で、ワクチン接種も血液検査も受けずに、偽造された証明書が添付され、出国までの間に感染、潜伏し続け、輸入検査を受けずに輸入され日本国内で発症する。

B 1. 1. 2. 米軍による輸入に伴う侵入経路 (図 1C)

米軍およびその家族により輸入される犬および猫については、日米地位協定に基づき、米軍により日本の検疫と同等の検疫を受けることとなっている。したがって、米軍関係者により輸入される犬又は猫については、①マイクロチップを用いた個体確認、ワクチン接種（2回接種）、抗体検査、抗体検査のための採血後 180 日間の輸出国内での待機（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、米軍基地の係留施設で不足する日数の検疫）、②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米軍基地の係留施設で 180 日間の検疫、のいずれかを経て輸入されることとなっている。

米軍により輸入される犬および猫がこれらのいずれの手続きを経て輸入されているのか、輸入検疫の実態に関する情報が入手できなかった。日本に赴任する米軍関係者は、直前に赴任命令を受けるなどワクチン接種などを実施するのに十分な準備期間がなく、米軍およびその家族により輸入される犬および猫については、ワクチン接種および血液検査を受けずに②の手続きを経て

輸入されると想定される。この場合、侵入経路として次の 2 つの経路が考えられる。経路 1 4 は違法な（日米地位協定違反の）輸入であり、シナリオアナリシスにおいてこの経路も考慮した。

ア 侵入経路 1 3

感染し潜伏期にある犬又は猫が、発症しないまま輸入され、180 日間の輸入検査終了後に日本国内で発症する。

イ 侵入経路 1 4

感染し潜伏期にある犬又は猫が、発症しないまま輸入検疫を受けずに輸入され、日本国内で発症する。

B 1. 2. 侵入リスク評価モデル

B 1. 2. 1. 各径路により狂犬病が侵入する確率

世界を 6 つの地域、19 のサブ地域に分けた（表 2.1）。サブ地域 s から 1 頭の犬又は猫を輸入した場合に、侵入経路 1 により狂犬病が侵入する確率 $R_{s,1}$ は、次式により計算できる。

$$R_{s,1} = P_{s,I} \times P_V \times P_{NP} \times P_{ST} \times P_{ST+} \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

ただし、 $P_{s,I}$ は、サブ地域 s からの犬又は猫が狂犬病に感染している確率（有病率）である。 P_V は、ワクチン接種を受ける確率である。 P_{NP} は、ワクチン接種後抗体価が上がらない確率である。 P_{ST} は、抗体検査を受ける確率である。 P_{ST+} は、抗体価が上がらなくても抗体検査の結果陽性となる確率である。 P_{NCS} は、待機期間中に発症しない確率である。 P_C は、輸入検査を受ける確率である。 P_{C+} は、輸入検査に合格する確率である。

同様に侵入経路 2～14 により狂犬病が侵入する確率 $R_{s,2} \sim R_{s,14}$ は、次式によりそれぞれ計算できる。

$$R_{s,2} = P_{s,I} \times P_V \times P_{NP} \times P_{ST} \times P_{ST+} \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,3} = P_{s,I} \times P_V \times P_{NP} \times (1 - P_{ST}) \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,4} = P_{s,I} \times P_V \times P_{NP} \times (1 - P_{ST}) \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,5} = P_{s,I} \times (1 - P_V) \times (1 - P_{ST}) \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,6} = P_{s,I} \times (1 - P_V) \times (1 - P_{ST}) \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,7} = (1 - P_{s,I}) \times P_V \times P_{NP} \times (1 - P_{ST}) \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,8} = (1 - P_{s,I}) \times P_V \times P_{NP} \times (1 - P_{ST}) \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,9} = (1 - P_{s,I}) \times P_V \times P_{NP} \times P_{ST} \times P_{ST+} \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,10} = (1 - P_{s,I}) \times P_V \times P_{NP} \times P_{ST} \times P_{ST+} \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,11} = (1 - P_{s,I}) \times (1 - P_V) \times (1 - P_{ST}) \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,12} = (1 - P_{s,I}) \times (1 - P_V) \times (1 - P_{ST}) \times P_{I^*} \times P_{NCS} \times (1 - P_C)$$

$$R_{s,13} = P_{s,I} \times P_{NCS} \times P_C \times P_{C+}$$

$$R_{s,14} = P_{s,I} \times (1 - P_C)$$

B 1. 2. 2. 動物検疫所を通じた犬および猫の輸入に伴う侵入リスク

B 1. 2. 2. 1. 1頭の犬又は猫の輸入により狂犬病が侵入する確率

世界を6つの地域および22のサブ地域に分け、まず各サブ地域からの侵入リスクを

計算し、各サブ地域からの侵入リスクを統合することにより、各地域からの侵入リスクを計算した。最終的に各地域からの侵入リスクを統合することにより世界からの侵入リスクを計算した。

各サブ地域から犬又は猫1頭を輸入した場合の狂犬病が侵入する確率 $R_{aqs,s}$ は、次式により計算できる。

$$R_{aqs,s} = \sum_{i=1}^{12} R_{s,i}$$

ただし、 $R_{s,i}$ はサブ地域 s から犬又は猫を1頭輸入した場合に経路 i により狂犬病が侵入する確率である。

B 1. 2. 2. 2. 狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率

各サブ地域から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{aqs,s}$ は次式により計算される。

$$P_{aqs,s} = 1 - (1 - R_{aqs,s})^{N_{aqs,s}}$$

ただし、 $N_{aqs,s}$ は米軍以外によるサブ地域 s からの犬および猫の年間輸入頭数である。

次に各地域から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{aqs,r}$ は次式により計算される。

$$P_{aqs,r} = 1 - \prod_s (1 - P_{aqs,s})$$

ただし、 s は地域 r に属するサブ地域である。

世界から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{aqs,worldwide}$ は次式により計算される。

$$P_{aqs,worldwide} = 1 - \prod_r (1 - P_{aqs,r})$$

ただし、 r は6つの地域である。

B 1. 2. 2. 3. 狂犬病の侵入間隔

各サブ地域、地域および世界から犬および猫の輸入により何年に1回狂犬病が侵入するか（狂犬病の侵入間隔）は、 $P_{aq,s}$ 、 $P_{aq,r}$ および $P_{aq,worldwide}$ の逆数をとることにより計算される。すなわち、サブ地域 s からの犬および猫の輸入に世狂犬病の侵入間隔 $Y_{aq,s}$ は、 $1/P_{aq,s}$ により計算される。地域 r からの犬および猫の輸入に世狂犬病の侵入間隔 $Y_{aq,r}$ は、 $1/P_{aq,r}$ により計算される。世界からの犬および猫の輸入に世狂犬病の侵入間隔 $Y_{aq,worldwide}$ は、 $1/P_{aq,worldwide}$ により計算される。

B 1. 2. 3. 米軍による輸入に伴う侵入リスク

B 1. 2. 3. 1. 1頭の犬又は猫の輸入により狂犬病が侵入する確率

各サブ地域から犬又は猫1頭を輸入した場合の狂犬病が侵入する確率 $R_{usforce,s}$ は、次式により計算できる。

$$R_{usforce,s} = \sum_{i=13}^{14} R_{s,i}$$

B 1. 2. 3. 2. 狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率

各サブ地域から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{usforce,s}$ は次式により計算される。

$$P_{usforce,s} = 1 - (1 - R_{usforce,s})^{N_{usforce,s}}$$

ただし、 $N_{usforce,s}$ は米軍によるサブ地域 s からの犬および猫の年間輸入頭数である。

次に各地域から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{usforce,r}$ は次式により計算される。

$$P_{usforce,r} = 1 - \prod_s (1 - P_{usforce,s})$$

ここで、 s は地域 r を構成するサブ地域である。

世界から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{usforce,worldwide}$ は次式により計算される。

$$P_{usforce,worldwide} = 1 - \prod_r (1 - P_{usforce,r})$$

ここで、 r は6つの地域である。

B 1. 2. 4. 米軍および米軍以外による輸入に伴う侵入リスク

B 1. 2. 4. 1. 狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率

米軍および米軍以外による輸入に伴い世界から狂犬病にかかった犬又は猫が1年間に少なくとも1頭輸入される確率 $P_{worldwide}$ は次式により計算される。

$$P_{worldwide} = 1 - (1 - P_{aq,worldwide})(1 - P_{usforce,worldwide})$$

B 1. 2. 4. 2. 狂犬病の侵入間隔

世界から犬および猫の輸入により何年に1回狂犬病が侵入するか（狂犬病の侵入間隔）は、 $P_{worldwide}$ の逆数をとることにより計算される。すなわち、世界からの犬および猫の輸入による狂犬病の侵入間隔 $Y_{worldwide}$ は、 $1/P_{worldwide}$ により計算される。

B 2. パラメータの推定

侵入リスク評価モデルに用いたパラメータのリストと入力した値または確率分布を表 2 に示した。

B 2. 1. 狂犬病の潜伏期間

輸出国での待機期間中や日本国内での検疫中に発症する確率の推定のもととなる潜伏期間の確率分布については、英国獣医研究所 (AHVLA) が英国への狂犬病の侵入リスク評価を行う際に用いた平均 35.0 日、標準偏差 36.8 日の対数正規分布を用いた (AHVLA, 2010)。この分布を用いると潜伏期間は 6 か月以上となることもあり、したがって、180 日の検疫を行っても侵入するリスクは残る。

B 2. 2. サブ地域 s からの犬又は猫が狂犬病に感染している確率 (有病率) (P_{Is}) (図 2)

あるサブ地域からの犬又は猫が感染している確率は、そのサブ地域において狂犬病の発生頭数と犬および猫の飼養頭数の両方のデータが入手可能な国のデータに基づき推定した。

各国における 2008 年～2013 年の各年の犬及び猫の狂犬病の発生報告頭数 ($I_j^{(2010)}$, $I_j^{(2011)}$, $I_j^{(2012)}$, $I_j^{(2013)}$) のうち最大値 $I_j^{(max)}$ をサブ地域別に合計し、そのサブ地域の発生頭数として用いた。最大値を用いたのは、①最悪の事態を想定したのと、②未報告の発生がある発生頭数が過小評価されている可能性を考慮したためである。

$$I_j^{(max)} = \max(I_j^{(2010)}, I_j^{(2011)}, I_j^{(2012)}, I_j^{(2013)})$$
$$I_s = \sum_j I_j^{(max)}$$

ここで、 j はサブ地域 s を構成する国である。

あるサブ地域 s における犬および猫の感染頭数 λ_s は、狂犬病の発生頭数 I_s に潜伏期間を乗じて推定し、さらにその不確実性については、 λ_s がポアソン過程に従うと仮定し、ベイズ定理により λ_s の事後分布を次式により推定した。

$$\lambda_s = \text{Gamma} \left(\left(I_s \times \frac{\overline{IP}}{365} \right) + 1, 1 \right)$$

ここで、IP は平均潜伏期間 (35 日) である。狂犬病の発生の報告がない場合には、発生頭数の確率分布は Gamma(1, 1) となる。あるサブ地域からの犬又は猫が感染している確率 P_{Is} は、 λ_s をそのサブ地域の犬および猫の飼養頭数で割ることにより求めた。犬及び猫の飼養頭数は、世界動物保護協会 (World Society for the Protection of Animals, WSPA)、国際獣疫事務局 (OIE) の世界動物衛生情報データベース (WAHID)、ペットフード業界のデータをもとに推定した。なお、わが国が清浄国 (地域) として指定している国・地域 (豪州、ニュージーランド、ハワイ、フィジー) については、 $P_{Is}=0$ と仮定した。

B 2. 3. ワクチン 2 回接種後抗体価が上昇しない確率 (P_{NP})

狂犬病ワクチンの防御効果は 100% ではなく、ワクチンを接種しても一部の動物は狂犬病ウイルスの感染を防ぐだけの十分な免疫を獲得しない。現在の OIE の基準では、抗体価が 0.5IU/ml 超のときに防御効果があると仮定しているが、抗体価 0.1～0.5IU/ml でも十分な (90% 以上の) 防御効果がある (Aubert, 1992) ことを考えると、0.5IU/ml は保守的な閾値であると言える。今回のリスク評価では、英国獣医研究所 (AHVLA, 2010) と同様、最悪の場合を想定して、抗体価 0.5IU/ml 超の場合には防御効果があり、それ以下の場合にはないと仮定した。

英国獣医研究所が推定した3つのメーカーの狂犬病ワクチン Rabisin、Madivak および Nobivak の防御確率 $P_{V+,Rb}$ 、 $P_{V+,Md}$ 、 $P_{V+,Nb}$ をもとに、ワクチン2回接種後抗体価が上昇しない確率を次式により推定した。

$$P_{NP} = \frac{(1 - P_{V+,Rb})^2 + (1 - P_{V+,Md})^2 + (1 - P_{V+,Nb})^2}{3}$$

B 2. 4. 抗体価が上昇していなくても抗体検査の結果陽性と判定される確率 (P_{ST+})

狂犬病のワクチン接種を受けた犬又は猫は、血清学的検査により中和抗体価が 0.5IU/ml 超となったとき防御効果があったと仮定した。動物検疫所は、蛍光抗体ウイルス中和法 (FAVN) と迅速蛍光焦点抑制法 (RFFIT) の2つの血清学的検査法を抗体価測定に認めている。これらの検査法はいずれも特異度は 100%ではなく、一部の動物は抗体価が 0.5IU を下回っていても陽性の結果がでることがある。

今回のリスク評価では、英国獣医研究所 (AHVLA, 2010) と同様、Cliquet ら (1998) による①ワクチン接種犬 30 頭と未接種犬 20 頭に対して MNT と FAVN を適用した結果および②ワクチン接種犬 77 頭と未接種犬 78 頭に対して FRRIT と FAVN を適用した結果に基づきベイズモデルにより推定した FAVN および RFFIT の特異度 (それぞれ $Sp_{FAVN} = \text{Beta}(124.8, 1.1248)$ および $Sp_{RFFIT} = \text{Beta}(92.97, 5.132)$) を用いて次式により、抗体価が上昇していなくても抗体検査の結果陽性と判定される確率 (P_{ST+}) を推定した。

$$P_{ST+} = 1 - \frac{Sp_{FAVN} + Sp_{RFFIT}}{2}$$

B 2. 5. 待機期間中に感染を受ける確率 (P_{I*})

今回のリスク評価においては、あるサブ地域における犬又は猫が狂犬病に感染する確率はどの犬又は猫においても同一であると仮定し、サブ地域 s において免疫を持たない犬又は猫が待機期間中に感染する確率 ($P_{I*,s}$) は、そのサブ地域における狂犬病の発生頭数をもとに推定した。まず、サブ地域 s における発生頭数の不確実性を Gamma 分布を用いて推定し、それを同地域における犬及び猫の飼養頭数 N_s と 365 日で除することにより、一日当たりの感染確率 $P_{I',s}$ を推定した。

$$P_{I',s} = \frac{\text{Gamma}(I_s; +1, 1)}{N_s \times 365}$$

サブ地域 s において免疫を持たない犬又は猫が待機期間中に感染する確率 $P_{I*,s}$ は、次式により推定した。

$$P_{I*,s} = 1 - (1 - P_{I',s})^T$$

ここで T は待機期間である。待機期間は、実際には抗体価測定のための採血後 180 日以上ワクチン有効期間であるが、最悪の場合を想定して、180 日間と仮定した。

B 2. 6. 待機期間中に発症しない確率 (P_{NCS})

狂犬病に感染した犬又は猫は、輸入検査時までには発症しない場合に限り、日本国内に侵入する。狂犬病の臨床症状を表している犬又は猫は輸入検査までに必ず摘発されると仮定した。待機期間中に犬又は猫が発症しない確率は、感染してから日本到着までの日数 t と潜伏期間との関係で決まるとの考えに基づき、英国獣医研究所 (AHVLA, 2010) と同じ方法で推定した。

すなわち、ワクチン接種の前に感染した犬又は猫については、最悪の事態を想定し、ワクチン接種直前に感染すると仮定し、 t は210日と仮定した。潜伏期間の方が待機期間を上回る確率 P_{NCS} は、潜伏期間の確率分布 $\text{Lognormal}(\mu, \sigma)$ の累積確率量をもとに計算した。

$$P_{NCS} = P(IP > T)$$

ここで、 $T=210$ とすると、 $P_{NCS}=0.0059$ が得られた。

待機期間中に感染する犬又は猫が発症しない確率については、待機期間のどの日も感染する確率が同一であるとの前提で各日に感染した場合の発症しない確率の平均として計算した。

$$P_{NCS} = \frac{\sum_{t=1}^T P(IP > t)}{T}$$

ここで $T=212$ とすると、 $P_{NCS}=0.164$ が得られた。

B 2. 7. 輸入検査に合格する確率 (P_{C+})

2010年～2013年の4年間で計35836頭の犬及び猫が動物検疫所による検査を受け、そのうち75頭が狂犬病関係の書類の不備で返送されるか、検疫中に衰弱死した(表3.2)。

動物検疫所から入手した情報によれば、狂犬病以外の理由で不合格となった事例(たとえば、家畜伝染病予防法に基づき求められているレプトスピラ病に関する証明書の不備など)はなかったことから、狂犬病に関する書類が整備され、狂犬病の症状が認められない場合に合格する確率は100% ($P_{C+}=1$) とした。

B 2. 8. コンプライアンス・パラメータ

B 2. 8. 1. ワクチン接種を受ける確率 (P_V)

現行制度の下で輸入時に係留検査の免除を受けるためには、輸出国においてワクチン接種を受ける必要がある。動物検疫所から入手したデータによれば、2010年から2013年の4年間に輸入された犬及び猫35490頭全頭がワクチン接種を受けたことを示す証明書が添付されていた(表3.2)。したがって、ベースラインモデルでは、日本に動物検疫所を通じて輸入されるすべての犬/猫がワクチン接種を受ける ($P_V=1$) と仮定した。

B 2. 8. 2. 血液検査(抗体検査)を受ける確率 (P_{ST})

現行制度の下で輸入時に係留検査の免除を受けるためには、輸出国においてワクチン接種とともに、抗体検査を受ける必要がある。動物検疫所から入手したデータによれば、2010年から2013年の4年間に輸入された犬及び猫35490頭全頭が抗体検査を受けたことを示す証明書が添付されていた(表3.2)。したがって、ベースラインモデルでは、日本に動物検疫所を通じて輸入されるすべての犬/猫が抗体検査を受ける ($P_{ST}=1$) と仮定した。

B 2. 8. 3. 輸入検査を受ける確率 (P_C)

日本に輸入される犬・猫は、輸入時に動物検疫所又は米軍による検査を受けることが義務づけられている。旅行者が犬・猫をかばんやポケットに隠したり、国際カーフェリーで車両に隠して輸入検査を受けずに持ち込むことは、訓練された税関職員などの監視の下、起こりにくいと考え、ベースラインモデルでは、日本に輸入されるすべ

ての犬/猫が動物検疫所又は米軍の検査を受ける ($P_c = 1$) と仮定した。

B 2. 9. 犬及び猫の年間輸入頭数 ($N_{aqs, s}$, $N_{usforce, s}$)

米軍以外による日本への犬・猫の輸入頭数 (2010 年～2013 年) のデータについては、動物検疫所統計から入手した。米軍による輸入頭数 (2010 年～2013 年) については、米軍獣医部から動物検疫所に報告のあった輸入頭数のデータを動物検疫所を通じて入手した。各サブ地域 s からの輸入頭数 ($N_{aqs, s}$, $N_{usforce, s}$) については、最悪の場合を想定し、4 年間のうち最も輸入頭数が多かった年の輸入頭数をサブ地域別に集計して推定した (図 3)。

B 2. 10. シナリオアナリシス

後述 B 2. 11 のとおり、確実性の分析を行ったほか、コンプライアンスの水準、犬および猫の輸入頭数、輸入国における有病率、ワクチンの防御効果、輸出国における待期期間が変化した場合に侵入リスクがどのように変化するかについて検討した (表 3)。

B 2. 10. 1. コンプライアンスの水準

輸入されるすべての犬・猫がワクチン接種および抗体検査を受けているか否かについては、書類上でしか確認できない。実際には受けていなくても偽造された証明書が添付され輸入される可能性もある。また、すべての犬・猫が輸入検査を受けているか否かについては確認しようがない。このため、ベースラインモデルでは、これらのコンプライアンスを 100% としたが、十分に遵守されない場合も想定し、遵守率が 100% 未満の場合 (90% および 80% の場合) に侵入リスクがどの程度上昇するかについても検討した。

B 2. 10. 2. 犬および猫の輸入頭数の増加

2005 年以降わが国への犬及び猫の輸入頭数 (米軍による輸入を除く) は毎年 10000 頭前後、米軍による輸入頭数は 1700 頭前後で推移している。しかしながら、輸入頭数は将来増加することも考えられることから、輸入頭数が 1.5 倍、2 倍に増加した場合に侵入リスクがどの程度上昇するかを検討した。

B 2. 10. 3. 輸出国の有病率

今回のリスク評価でパラメータの 1 つである各サブ地域における狂犬病の有病率については、各国における発生頭数をもとに推定した。しかしながら、これらの発生頭数には未報告のものがあるなど実際の発生頭数より少なく、その結果表有病率が過小評価されている可能性がある。このような過小評価の可能性および将来の世界的な狂犬病の状況の悪化に対応するために、有病率を現行の 5 倍または 10 倍に増加させた場合に侵入リスクがどう変化するかを検討した。

B 2. 10. 4. ワクチンの防御効果

今回のリスク評価では、ワクチンの防御効果を推定するのに、先進国のワクチンメーカー 3 社のデータを用いて 2 回接種による防御効果が平均 94.5% という高い値を用いた。しかしながら、途上国では獣医サービスが不十分であり、コスト削減のために高価な輸入ワクチンではなく自国産の低品質のワクチンが使用される可能性がある。途上国における自国産ワクチンを使った免疫実験で抗体陽転率が 10% だったという報告がある (Hu ら, 2008)。ワクチンの防御効果が 90%、80% または 50% に下がった場合に侵入リスクがどの程度上昇するかを検討した。

B 2. 10. 5. 輸出国における抗体検査

現行の輸入制度においては輸出国における抗体検査が輸入者にとって大きな負担となっている。そこで抗体検査を廃止した場合に侵入リスクに与える影響について検討した。

B 2. 10. 6. 輸出国における待機期間

現行の輸入制度においては輸出国における長期間（180 日間）の待機が輸入者にとって大きな負担となっている。そこで待機期間を 150 日、120 日、90 日、60 日、30 日または 1 日に短縮した場合に侵入リスクに与える影響について検討した。

B 2. 10. 7. 狂犬病の潜伏期間

ベースラインモデルでは、英国獣医研究所（AHVLA, 2010）が英国への狂犬病の侵入リスク評価を行う際に用いた潜伏期間の確率分布 *Lognormal*(34.97, 36.80) 日を用いた。この潜伏期間は、英国などにおける自然感染および実験感染のデータに基づいている。① 感染実験に基づく潜伏期間 *Lognormal*(23.7, 15.0)、②1946 年～54 年の東京における狂犬病のデータに基づいて推定された潜伏期間 *Lognormal* (27.30, 20.20)（唐仁原, 2015）、および③自然感染に基づく潜伏期間 *Lognormal*(39.7, 41.9) を用いた場合に侵入リスクに与える影響について検討した。

B 2. 11. 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 をアドオンした表計算ソフト Microsoft Excel Version 2013 を用いて、50000 回繰り返し計算し、結果の確率分布を求めた。

C. 研究結果

C. 1. 1 年間に少なくとも 1 頭の感染動物が侵入する確率 (P)

表 4 に各サブ地域、各地域、世界全体からの犬及び猫の輸入により 1 年間に少なくとも 1 頭の感染動物が侵入する確率（年間侵入確率）を示した。図 4.1 に世界全体からの輸入による年間侵入確率を動物検疫所と米軍別に示した。動物検疫所を通じた輸入に伴う年間侵入確率 $R_{aqs, worldwide}$ は、0.0000202（5 パーセントイル 0.00000503, 95 パーセントイル 0.0000476）であり、米軍による年間侵入確率は、0.00000662（0.00000533, 0.00000810）であり、全体では 0.0000269（0.0000116, 0.0000541）であった。

C. 2. 狂犬病の侵入間隔 (Y)

表 5 に各サブ地域、各地域、世界全体からの犬及び猫の輸入により何年に 1 回狂犬病が侵入するか（侵入間隔）を示した。図 4.2 に世界全体からの輸入による侵入間隔を動物検疫所と米軍別に示した。狂犬病の侵入間隔は、動物検疫所を通じて 78,199（5 パーセントイル 20,997, 95 パーセントイル 198,717）年に 1 回、米軍による輸入を通じて 153,503（123,339, 187,430）年に 1 回、全体では 46,280（18,460, 86,261）年に 1 回であった。

C. 3. 1 頭の犬又は猫を輸入した場合の感染している確率 (R)

表 6 に各サブ地域、各地域、世界全体から 1 頭の犬及び猫の輸入により狂犬病が侵入する確率を示した。1 頭の犬又は猫の輸入による狂犬病の侵入確率は、動物検疫所を通じた場合、 1.84×10^{-9} （5 パーセントイル 9.62×10^{-12} , 95 パーセントイル 8.19×10^{-9} ）であり、米軍により輸入された場合、 3.91×10^{-9} （ 5.38×10^{-10} , 3.42×10^{-9} ）であり、全体では 2.14×10^{-9} （ 1.55×10^{-11} , 7.48×10^{-9} ）であった。

C. 4. 感度分析の結果

感度分析の結果を図 4 に示した。最も影響力のある入力変数は、 $P_{V^+, Nb}$, Sp_{RFFIT} , $P_{V^+, Rb}$, $P_{V^+, Md}$ および Sp_{FAIN} 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。

C. 5. シナリオアナリシスの結果

C. 5. 1. コンプライアンスの水準が侵入リスクに与える影響

コンプライアンスの水準が 100%から 90% および 80%に下がった場合の狂犬病の侵入間隔を図 5(a)に示した。コンプライアンスの水準が下がると、侵入間隔は大幅に短縮する(コンプライアンス水準が 100%から 90%に下がると、侵入間隔は 462 年になる)。これは、規則が順守されない場合には待機期間が 1 日となり、感染し潜伏期間にある動物はほとんどが発症することなく日本に到着することが主な原因である。

C. 5. 2. 犬および猫の輸入頭数の増加が侵入リスクに与える影響

輸入頭数が現状の 2 倍、3 倍、5 倍に増加した場合の狂犬病の侵入間隔をそれぞれ図 5(b)に示した。輸入頭数が 5 倍に増加に増加すると、侵入間隔は 9,212 年に短縮する。

C. 5. 3. 狂犬病の有病率の上昇が侵入リスクに与える影響

輸出国における狂犬病の有病率が現行の 2 倍、5 倍、10 倍に上昇した場合の狂犬病の侵入間隔を図 5(c)に示した。狂犬病の有病率が仮に 10 倍に上昇すると、侵入間隔は 4716 年に短縮する。

C. 5. 4. 狂犬病ワクチンの防御効果の低下が侵入リスクに与える影響

ワクチンの防御効果(現行 94.5%)が 90%、80%または 50%に下がった場合の侵入間隔を図 5(d)に示した。ワクチンの防御効果が

50%に下がると、侵入間隔は 6,889 年に短縮する。

C. 5. 5. 抗体検査の廃止が侵入リスクに与える影響

輸出国における抗体検査を廃止した場合の侵入間隔を図 5(e)に示した。抗体検査を廃止した場合の侵入間隔は 1,939 年に短縮する。

C. 5. 6. 待機期間の短縮が侵入リスクに与える影響

輸出国における待機期間を 150 日、120 日、90 日、60 日、30 日または 1 日に短縮した場合の侵入間隔を図 5(f)に示した。待機期間を 1 日に短縮すると、侵入間隔は 7,816 年に短縮する。

C. 5. 7. 異なる潜伏期間が侵入リスクに与える影響

様々な潜伏期間の確率分布、①感染実験に基づく潜伏期間 $Lognormal(23.7, 15.0)$ 、② 1946 年～54 年の東京における狂犬病のデータに基づいて推定された潜伏期間 $Lognormal(27.30, 20.20)$ および③自然感染に基づく潜伏期間 $Lognormal(39.7, 41.9)$ を用いた場合の侵入間隔を図 5(g)に示した。② $Lognormal(27.30, 20.20)$ を用いると、侵入間隔は 62,734 年と拡大した。これは、潜伏期間の短い確率分布を用いることにより待機期間中に発症する確率が増加することか感染動物が輸入される確率が低下するためである。

D. 考察

D. 1. 英国獣医研究所 (AHVLA, 2010) による侵入リスク評価との比較

今回のリスク評価を行うにあたっては、英国獣医研究所が 2010 年に英国への犬又は

猫の輸入に伴う狂犬病の侵入リスクを行うのに開発したモデルを入手し、日本の状況に合うように一部モデルを変更し、リパラメタライズしてリスク評価に使用した。主な相違点は以下のとおりである。

- リスク評価の起点となる有病率 P_{I^*} の計算にあたって英国のモデルでは、EU 加盟国、第三国リスト掲載国および非掲載国の 3 地域に分け、さらに各地域を清浄国、年間発生頭数が 5 頭以下の国および 5 頭超の国に分け、最終的に世界の国々を 9 グループわけて、有病率を計算した。わが国の輸入制度では、第三国リストに相当するものはなく、指定地域とその他の地域に分けている。我々のモデルでは、世界を地理的観点から 5 地域 19 サブ地域に分けて、有病率を計算した。
- 有病率を推定するために用いた各国における狂犬病の発生頭数のデータについては、英国のモデルでは 2007～2009 年の 3 年間のデータが用いられたが、我々のモデルでは 2010 年～2013 年のデータを用いた。
- 英国の PETS 制度は輸出国におけるワクチン接種回数を 1 回だけ要求しており、リスク評価モデルもワクチン接種 1 回を前提に構築されていた。わが国現行制度ではワクチン接種が 2 回求められている。このため、パラメータ P_{NP} をわが国制度を反映させリパラメタライズした。
- 年間侵入リスク、侵入間隔を推定するために用いた犬及び猫の輸入頭数のデータについては、当然のことながら、英国モデルでは英国への輸入頭数が用いられたが、我々のモデルでは日本への輸入頭数を用いた。

英国のリスク評価では PETS 制度の下での侵入間隔は平均 13272 年であるが、わが国では 46,280 年であり、侵入リスクは英国の約 6 分の 1 との結果が得られたが、その主

な原因は日本は英国に比べ輸入頭数が約 4 分の 1 であること、ワクチン接種が 1 回多くワクチンによる防御効果が高いことである。

D. 2. 鎌川ら (2009) による侵入リスク評価との比較

鎌川ら (2009 年) は、米国からの犬及び猫の輸入に伴う狂犬病の侵入間隔を 4932 (90%信頼区間 1812～13412) 年と推定した。我々の評価では北米からの犬及び猫の輸入による侵入間隔は 699,000 年であり、リスクは数字上 140 分の 1 となった。この主な原因は、抗体検査の特異度などのパラメータが最近の知見を踏まえ改善されたこと及び待機期間中の感染確率の推定方法をより合理的な方法に変更したことである。

D. 3. 動物検疫所を通じた輸入と米軍による輸入との比較

今回のリスク評価では、米軍獣医部による検疫の実態に関する情報を入手できなかったことから、米軍により輸入されている犬及び猫全頭に対して輸入後 180 日間検疫 (ワクチン接種 2 回+抗体測定+180 日間待機よりリスク低減効果が小さい) が適用されていると想定した。その結果、米軍の輸入による侵入リスクは、動物検疫所を通じた輸入による侵入リスクの 3 分の 1 (全体のリスクの 4 分の 1) であり、無視できないことが判明した。米軍により輸入される犬及び猫に対しては、日米地位協定に基づき動物検疫所による検疫と同等の検疫を実施することとされているが、実際にどのような検疫が実施されているのか、コンプライアンスの状況も含めて情報収集を行い、正確なリスク評価を行う必要がある。

D. 4. シナリオアナリシスの結果を踏まえた考察

コンプライアンスの水準が 100%から 90%、80%に下がると、侵入リスクが大幅に増大することが判明した。これは、規則が順守されない場合には待機期間が 1 日となり、感染し潜伏期間にある動物はほとんどが発症することなく日本に到着することが主な原因である。輸入される犬又は猫にワクチン接種および抗体検査がなされたことを証明した真正の証明書が添付されていることを確保することが極めて重要であることを示している。また、輸入される犬および猫が動物検疫所や米軍獣医部による輸入検査を免れることがないようにすることも重要である。

また、仮に将来世界における狂犬病の有病率の増加や犬および猫の輸入頭数の増加があっても侵入リスクは非常に低いレベルが維持されることが示された。

輸出国における抗体検査を廃止した場合には侵入リスクは大幅に増加し、一方、待機期間については 120~60 日に短縮しても侵入リスクは依然低いレベルが維持されることが示された。

E. 結論

わが国への犬および猫の輸入による狂犬病の侵入リスクは、現在の輸入規則の下で 1 年間に少なくとも 1 頭の感染動物が侵入する確率（年間侵入確率）は、0.0000269（90%信頼区間：0.0000116~0.0000541）であり、侵入間隔は、46,280（90%信頼区間：18,460~86,261）年に 1 回とリスクは極めて低かった。しかしながら、この低いリスクは、規則が順守されていることに大きく依存しており、コンプライアンスの水準が

下がるとリスクは大幅に増大することが判明した。一方、世界における狂犬病の発生が増加したり、わが国への犬・猫の輸入頭数が増加したりしても侵入リスクには大幅には上がらないことが判明した。

F. 健康危機情報

なし。

G. 研究発表

第 15 回人と動物の共通感染症研究会学術集会（平成 27 年 19 月 31 日）

Preventive Veterinary Medicine（投稿予定）

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 regions and sub-regions of exporting countries included in the model

| Region | Sub-region | Country |
|-----------------------------|-----------------------|---|
| Africa | Eastern Africa | Burundi, Comoros, Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Madagascar, Malawi, Mauritius, Mayotte, Mozambique, Réunion, Rwanda, Seychelles, Somalia, South Sudan, Uganda, United Republic of Tanzania, Zambia, Zimbabwe |
| | Middle Africa | Angola, Cameroon, Central African Republic, Chad, Congo, Democratic Republic of the Congo, Equatorial Guinea, Gabon, Republic of the Congo, São Tomé and Príncipe |
| | Northern Africa | Algeria, Egypt, Libyan Arab Jamahiriya, Morocco, Sudan, Tunisia, Western Sahara, |
| | Western Africa | Benin, Burkina Faso, Cape Verde, Côte d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Saint Helena, Senegal, Sierra Leone, Togo |
| | Southern Africa | Botswana, Lesotho, Namibia, South Africa, Swaziland |
| Asia | Eastern Asia | China, China/Hong Kong SAR, China/Macao SAR, Democratic People's Republic of Korea, Japan, Mongolia, Republic of Korea, Other non-specified areas |
| | Central Asia | Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan |
| | Southern Asia | Afghanistan, Bangladesh, Bhutan, India, Iran (Islamic Republic of), Maldives, Nepal, Pakistan, Sri Lanka |
| | South-Eastern Asia | Brunei Darussalam, Cambodia, Indonesia, Lao People's Democratic Republic, Malaysia, Myanmar, Philippines, Singapore, Thailand, Timor-Leste, Viet Nam |
| | Western Asia | Armenia, Azerbaijan, Bahrain, Cyprus, Georgia, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, State of Palestine, Syrian Arab Republic, Turkey, United Arab Emirates, Yemen |
| Europe | Eastern Europe | Belarus, Bulgaria, Czech Republic, Hungary, Poland, Republic of Moldova, Romania, Russian Federation, Slovakia, Ukraine |
| | Northern Europe | Channel Islands, Denmark, Estonia, Faeroe Islands, Finland, Iceland, Ireland, Isle of Man, Latvia, Lithuania, Norway, Sweden, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland |
| | Southern Europe | Albania, Andorra, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Gibraltar, Greece, Holy See, Italy, Malta, Montenegro, Portugal, San Marino, Serbia, Slovenia, Spain, The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| | Western Europe | Austria, Belgium, France, Germany, Liechtenstein, Luxembourg, Monaco, Netherlands, Switzerland |
| Latin America and Caribbean | Caribbean | Anguilla, Antigua and Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, British Virgin Islands, Caribbean Netherlands, Cayman Islands, Cuba, Curaçao, Dominica, Dominican Republic, Grenada, Guadeloupe, Haiti, Jamaica, Martinique, Montserrat, Puerto Rico, Saint Kitts and Nevis, Saint Lucia, Saint Vincent and the Grenadines, Sint Maarten (Dutch part), Trinidad and Tobago, Turks and Caicos Islands, United States Virgin Islands |
| | Central America | Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama |
| | South America | Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Falkland Islands (Malvinas), French Guiana, Guyana, Paraguay, Peru, Suriname, Uruguay, Venezuela (Bolivarian Rep. of) |
| North America | Northern America | Bermuda, Canada, Greenland, Saint Pierre and Miquelon, United States of America |
| Oceania | Australia/New Zealand | Australia, New Zealand |
| | Melanesia | Fiji, New Caledonia, Papua New Guinea, Solomon Islands, Vanuatu |
| | Micronesia | Guam, Kiribati, Marshall Islands, Micronesia (Federated States of), Nauru, Northern Mariana Islands, Palau |
| | Polynesia | American Samoa, Cook Islands, French Polynesia, Niue, Samoa, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Wallis and Futuna Islands |

表 2 List of parameters input into the model and their values

| Parameter | Notation | Input values or formula | Data source |
|---|--------------|---|---|
| Incubation period | IP | Lognormal (35 , 36.8) | Goddard et al., 2010; 2012 |
| Rabies prevalence in each sub-region | λ_s | $Gamma\left(\left(I_s \times \frac{\overline{IP}}{365}\right) + 1, 1\right)$ | OIEb, 2015 WHO, 2013 |
| Probability that an imported animal is incubating rabies | $P_{I,S}$ | λ_s divided by estimated companion dog and cat population in sub-region ($N_{companion,s}$) | FEDIAF, 2012 OIEb, 2015 |
| Daily probability of an animal becoming infected with rabies | $P'_{I,S}$ | $Gamma\left(\frac{I_s}{365} + 1, 1\right) \div N_{companion,s}$ | FEDIAF, 2012 OIEb, 2015 WHO, 2013 |
| Probability that the animal becomes infected during waiting period | $P_{I^*,S}$ | $1 - (1 - P'_{I,S})^T$ | |
| Specificity of Fluorescent Antibody Virus Neutralization | Sp_{FAVN} | Beta (124.8, 1.1248) | Cliquet et al., 1998 |
| Specificity of Rapid Fluorescent Focus Inhibition Test | Sp_{RFFIT} | Beta (92.97, 5.132) | Cliquet et al., 1998 |
| Probability that an unprotected animal passes the neutralizing antibody titration test | P_{ST+} | $1 - \frac{Sp_{FAVN} + Sp_{RFFIT}}{2}$ | |
| Efficacy of Rabisin | $P_{V+,Rb}$ | Beta (+1, 107- +1) | Bahloul et al., 2006; Kallel et al., 2006; Minke et al., 2009; Sihvonen et al., 1995 |
| Efficacy of Madivak | $P_{V+,Md}$ | Beta (+1, 47- +1) | Sihvonen et al., 1995 |
| Efficacy of Nobivak | $P_{V+,Nb}$ | Beta (+1, 15- +1) | Minke et al., 2009 |
| Probability that the animal is not protected against rabies after two-time vaccination | P_{NP} | $\frac{(1 - P_{V+,Rb})^2 + (1 - P_{V+,Md})^2 + (1 - P_{V+,Nb})^2}{3}$ | |
| Probability that the infected animal does not show clinical signs upon arrival in Japan | P_{NCS} | Pathway 1 and 2: $P(IP > 210)$ Pathway 7 and 8: $\frac{\sum_{t=1}^T P(IP > t)}{T}$ Pathway 13: $P(IP > 181)$ Other non-compliant pathways: $P(IP > 1)$ | |
| Compliance parameters: | | | |
| 1. Probability that the animal is vaccinated | P_V | 1 | |
| 2. Probability that the animal is serologically tested | P_{ST} | 1 | |
| 3. Probability that the animal is inspected by AQS officer | P_C | 1 | |

表 3 List of scenarios that were tested in scenario analysis and the modified parameter values under each scenario

| Parameter | Scenario | Value | Comments |
|---|----------|--|--|
| Compliance parameters (P_V, P_{ST}, P_C) | 1 | 100% (baseline) | To assess the effect of reduced compliance. If 100% compliance is not observed, the waiting period is assumed to be 1 day. |
| | 2 | 99% | |
| | 3 | 90% | |
| | 4 | 80% | |
| Annual number of imports (N_{ogs}) | 1 | Current level (baseline) | To assess the effect of increased level of importation |
| | 2 | Current level x 2 | |
| | 3 | Current level x 3 | |
| | 4 | Current level x 5 | |
| Probability that the animal is incubating rabies (P_I) | 1 | Current level (baseline) | To assess the effect of increased number of rabies cases in all exporting countries |
| | 2 | Current level x 2 | |
| | 3 | Current level x 5 | |
| | 4 | Current level x 10 | |
| Probability that a vaccinated animal is not protected (P_{NP}) | 1 | 0.046 (baseline) | To assess the effect if vaccines with poor efficacies are used in the exporting country |
| | 2 | 0.1 | |
| | 3 | 0.2 | |
| | 4 | 0.5 | |
| Probability that an unprotected animal passes serological testing (P_{ST+}) | 1 | 0.031 (Current regime) | To assess the effect if serological testing is removed from the current import regime |
| | 2 | 1 (Removal of testing) | |
| Waiting period in exporting countries | 1 | 180 days (baseline) | To assess the effect if the waiting period is reduced due to policy amendment |
| | 2 | 150 days | |
| | 3 | 120 days | |
| | 4 | 90 days | |
| | 5 | 60 days | |
| | 6 | 30 days | |
| | 7 | 1 day | |
| Incubation period (IP) | 1 | Lognormal (23.7, 15) (experimental infection) | To assess the effect if a different probability distribution of IP is input into the model |
| | 2 | Lognormal (27.3, 20.2) (Tokyo epidemic) | |
| | 3 | Lognormal (35, 36.8) (baseline) | |
| | 4 | Lognormal (39.7, 41.9) (natural infection or naturally-acquired cases) | |

表 4 Annual probability of rabies entry into Japan through importation of dogs and cats (P) for each sub-regions and regions

| | Region | Sub-region | P_S | P_R | $P_{aq,worldwide} / P_{usforce,worldwide}$ | $P_{worldwide}$ |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|
| AQS | Africa | Eastern Africa | 5.82E-7 (1.45E-7, 1.37E-6) | 3.02E-6 (7.43E-7, 7.12E-6) | 2.02E-5 (5.03E-6, 4.76E-5) | 2.69E-5 (1.16E-5, 5.41E-5) |
| | | Western Africa | 2E-6 (4.94E-7, 4.71E-6) | | | |
| | | Southern Africa | 4.3E-7 (1.06E-7, 1.01E-6) | | | |
| | Asia | Eastern Asia | 2.51E-6 (6.23E-7, 5.9E-6) | 1.16E-5 (2.86E-6, 2.72E-5) | | |
| | | Central Asia | 2.1E-7 (5.18E-8, 4.96E-7) | | | |
| | | Southern Asia | 2.94E-7 (7.31E-8, 6.9E-7) | | | |
| | | South-Eastern Asia | 5.95E-6 (1.47E-6, 1.4E-5) | | | |
| | | Western Asia | 2.62E-6 (6.48E-7, 6.15E-6) | | | |
| | Europe | Eastern Europe | 2.2E-6 (5.46E-7, 5.17E-6) | 2.54E-6 (6.33E-7, 5.94E-6) | | |
| | | Northern Europe | 1.96E-7 (4.73E-8, 4.66E-7) | | | |
| | | Southern Europe | 1.26E-7 (3.12E-8, 2.96E-7) | | | |
| | | Western Europe | 2E-8 (4.46E-9, 4.95E-8) | | | |
| | Latin America and Caribbean | Caribbean | 6.67E-7 (1.67E-7, 1.57E-6) | 8.29E-7 (2.07E-7, 1.94E-6) | | |
| | | Central America | 5.73E-8 (1.41E-8, 1.34E-7) | | | |
| South America | | 1.05E-7 (2.58E-8, 2.46E-7) | | | | |
| North America | Northern America | 2.27E-6 (5.59E-7, 5.35E-6) | 2.27E-6 (5.59E-7, 5.35E-6) | | | |
| USFJ | Africa | Southern Africa | 6.97E-8 (5.38E-8, 8.72E-8) | 6.97E-8 (5.38E-8, 8.72E-8) | 6.62E-6 (5.33E-6, 8.1E-6) | |
| | Asia | Eastern Asia | 1.41E-7 (1.05E-7, 1.8E-7) | 1.06E-6 (8.88E-7, 1.26E-6) | | |
| | | South-Eastern Asia | 2.62E-7 (2.34E-7, 2.91E-7) | | | |
| | | Western Asia | 6.59E-7 (4.9E-7, 8.48E-7) | | | |
| | Europe | Eastern Europe | 7.4E-8 (6.66E-8, 8.18E-8) | 2.38E-7 (1.71E-7, 3.22E-7) | | |
| | | Northern Europe | 6.47E-8 (2.2E-8, 1.26E-7) | | | |
| | | Southern Europe | 6.48E-8 (3.81E-8, 9.72E-8) | | | |
| | | Western Europe | 3.42E-8 (3.91E-9, 8.94E-8) | | | |
| | Latin America and Caribbean | Caribbean | 1.65E-6 (7.74E-7, 2.78E-6) | 1.69E-6 (8.17E-7, 2.83E-6) | | |
| | | Central America | 4.3E-8 (2.67E-8, 6.26E-8) | | | |
| North America | Northern America | 3.56E-6 (2.68E-6, 4.55E-6) | 3.56E-6 (2.68E-6, 4.55E-6) | | | |

Values are presented in: Mean (5th percentile, 95th percentile); E-n refers to multiplying by 10ⁿ. There was no import of dogs or cats into Japan during 2010 to 2013 from the following sub-regions: Middle Africa and Northern Africa (via AQS); Eastern Africa, Middle Africa, Northern Africa Western Africa, Central Asia, Southern Asia and South America (via USFJ). The rabies prevalence is assumed to be zero for the following sub-regions: Australia/New Zealand, Melanesia, Micronesia and Polynesia. The P_S for all these sub-regions are therefore assumed to be zero.

表 5 Number of years between rabies entry into Japan (Y) for each sub-regions and regions

| | Region | Sub-region | Y_S | Y_R | $Y_{aq,worldwide} / Y_{usforce,worldwide}$ | $Y_{worldwide}$ |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|
| AQS | Africa | Eastern Africa | 2.72E+6 (7.3E+5, 6.89E+6) | 5.26E+5 (1.4E+5, 1.35E+6) | 7.82E+4 (2.11E+4, 1.99E+05) | 4.63E+4 (1.85E+4, 8.63E+5) |
| | | Western Africa | 7.92E+5 (2.12E+5, 2.02E+6) | | | |
| | | Southern Africa | 3.69E+6 (9.86E+5, 9.39E+6) | | | |
| | Asia | Eastern Asia | 6.32E+5 (1.69E+5, 1.61E+6) | 1.37E+5 (3.67E+4, 3.49E+5) | | |
| | | Central Asia | 7.61E+6 (2.01E+6, 1.93E+7) | | | |
| | | Southern Asia | 5.39E+6 (1.45E+6, 1.37E+7) | | | |
| | | South-Eastern Asia | 2.26E+5 (7.14E+4, 6.77E+5) | | | |
| | | Western Asia | 6.05E+5 (1.62E+5, 1.54E+6) | | | |
| | Europe | Eastern Europe | 7.22E+5 (1.93E+5, 1.83E+6) | 6.24E+5 (1.68E+5, 1.58E+6) | | |
| | | Northern Europe | 8.2E+6 (2.14E+6, 2.11E+7) | | | |
| | | Southern Europe | 1.26E+7 (3.37E+6, 3.21E+7) | | | |
| | | Western Europe | 8.57E+7 (2.02E+7, 2.24E+8) | | | |
| | Latin America and Caribbean | Caribbean | 2.39E+6 (6.36E+5, 5.99E+6) | 1.91E+6 (5.16E+5, 4.83E+6) | | |
| | | Central America | 2.78E+7 (7.48E+6, 7.11E+7) | | | |
| South America | | 1.52E+7 (4.06E+6, 3.87E+7) | | | | |
| North America | Northern America | 6.99E+5 (1.87E+05, 1.79E+6) | 6.99E+5 (1.87E+05, 1.79E+6) | | | |
| USFJ | Africa | Southern Africa | 1.47E+7 (1.15E+7, 1.86E+7) | 1.47E+7 (1.15E+7, 1.86E+7) | 1.54E+5 (1.23E+5, 1.87E+5) | |
| | Asia | Eastern Asia | 7.31E+6 (5.56E+6, 9.5E+6) | 9.53E+5 (7.96E+5, 1.13E+6) | | |
| | | South-Eastern Asia | 3.84E+6 (3.44E+6, 4.28E+6) | | | |
| | | Western Asia | 1.56E+6 (1.18E+6, 2.04E+6) | | | |
| | Europe | Eastern Europe | 1.36E+7 (1.22E+7, 1.5E+7) | 4.37E+6 (3.1E+6, 5.84E+6) | | |
| | | Northern Europe | 2.07E+7 (7.96E+6, 4.55E+7) | | | |
| | | Southern Europe | 1.67E+7 (1.03E+6, 2.62E+7) | | | |
| | | Western Europe | 8.93E+7 (1.12E+7, 2.62E+7) | | | |
| | Latin America and Caribbean | Caribbean | 7.08E+5 (3.59E+5, 1.29E+6) | 6.84E+5 (3.54E+5, 1.22E+06) | | |
| | | Central America | 2.49E+7 (1.6E+7, 3.75E+7) | | | |
| North America | Northern America | 2.88E+5 (2.2E+5, 3.73E+5) | 2.88E+5 (2.2E+5, 3.73E+5) | | | |

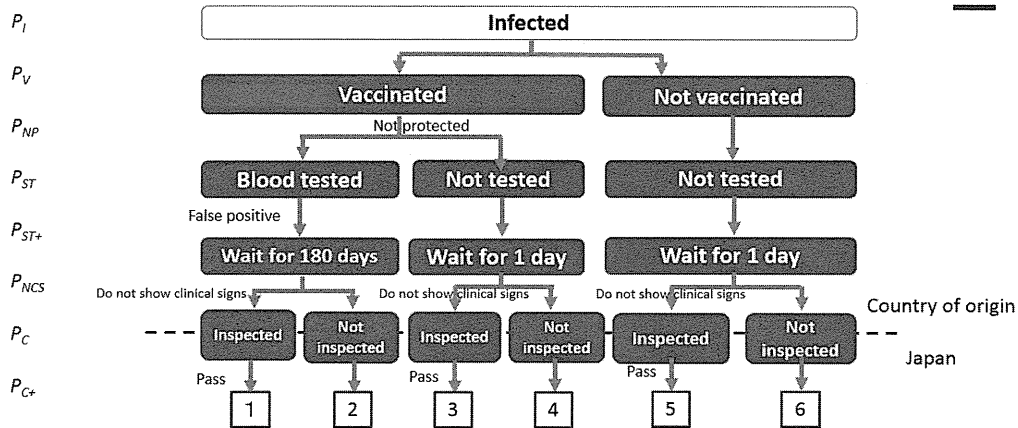
Values are presented in: Mean (5th percentile, 95th percentile); E+n refers to multiplying by 10ⁿ. There was no import of dogs or cats into Japan during 2010 to 2013 from the following sub-regions: Middle Africa and Northern Africa (via AQS); Eastern Africa, Middle Africa, Northern Africa Western Africa, Central Asia, Southern Asia and South America (via USFJ). The rabies prevalence is assumed to be zero for the following sub-regions: Australia/New Zealand, Melanesia, Micronesia and Polynesia. The Y_S for all these sub-regions are therefore assumed to be zero.

表 6 Probability that a rabies-infected animal is imported into Japan (R) for each sub-regions and regions

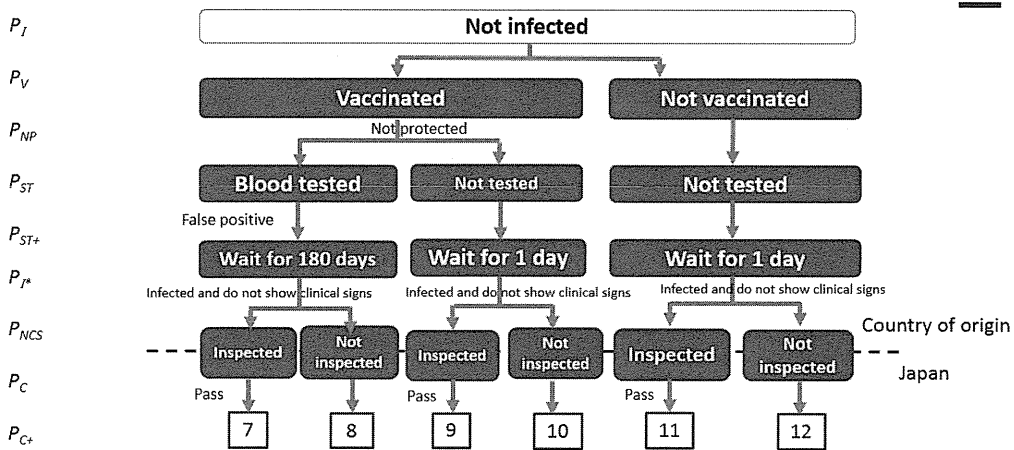
| | Region | Sub-region | R_S | R_R | $R_{AQS,worldwide} / R_{USforce,worldwide}$ | $R_{worldwide}$ | | |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| AQS | Africa | Eastern Africa | 1.72E-8 (4.37E-9, 4.04E-8) | 2.77E-8 (4.6E-9, 4.6E-9) | 1.84E-9 (9.62E-12, 8.19E-9) | 2.14E-9 (1.55E-11, 7.48E-9) | | |
| | | Middle Africa | 6.48E-7 (1.65E-7, 1.53E-6) | | | | | |
| | | Northern Africa | 1.59E-8 (4.3E-9, 3.74E-8) | | | | | |
| | | Western Africa | 4.67E-8 (1.19E-8, 1.1E-7) | | | | | |
| | | Southern Africa | 1.35E-8 (3.42E-9, 3.17E-8) | | | | | |
| | Asia | Eastern Asia | 8.45E-10 (2.15E-10, 1.99E-9) | 2.93E-9 (2.39E-10, 1.21E-8) | | | | |
| | | Central Asia | 1.75E-8 (4.44E-9, 4.13E-8) | | | | | |
| | | Southern Asia | 5.09E-9 (1.3E-9, 1.2E-8) | | | | | |
| | | South-Eastern Asia | 7.32E-9 (1.86E-9, 1.73E-8) | | | | | |
| | | Western Asia | 3.17E-8 (8.06E-9, 7.47E-8) | | | | | |
| | Europe | Eastern Europe | 7.26E-9 (1.85E-9, 1.71E-8) | 1.55E-9 (1.27E-11, 8.91E-9) | | | | |
| | | Northern Europe | 3.16E-10 (7.92E-11, 7.53E-10) | | | | | |
| | | Southern Europe | 8.52E-10 (2.16E-10, 2E-09) | | | | | |
| | | Western Europe | 3.55E-11 (8.02E-12, 8.74E-11) | | | | | |
| | Latin America and Caribbean | Caribbean | 9.55E-8 (2.41E-8, 2.25E-7) | 5.44E-9 (2.85E-1, 4.89E-9) | | | | |
| | | Central America | 1.34E-9 (3.39E-10, 3.16E-9) | | | | | |
| | | South America | 1.04E-9 (2.63E-10, 2.43E-9) | | | | | |
| | North America | Northern America | 4.69E-10 (1.19E-10, 1.11E-9) | 4.69E-10 (1.19E-10, 1.11E-9) | | | | |
| | US Force | Africa | Eastern Africa | 8.76E-8 (7.78E-8, 9.78E-8) | | | 6.97E-8 (5.39E-8, 8.72E-8) | 3.91E-9 (5.38E-10, 3.42E-9) |
| | | | Middle Africa | 3.35E-6 (2.61E-6, 4.17E-6) | | | | |
| Northern Africa | | | 8.36E-8 (5.75E-8, 1.14E-7) | | | | | |
| Western Africa | | | 2.42E-7 (1.84E-7, 3.07E-7) | | | | | |
| Southern Africa | | | 6.97E-8 (5.39E-8, 8.72E-8) | | | | | |
| Asia | | Eastern Asia | 4.39E-9 (3.29E-9, 5.63E-9) | 2.46E-8 (3.38E-9, 1.6E-7) | | | | |
| | | Central Asia | 9.79E-8 (5.1E-8, 1.57E-7) | | | | | |
| | | Southern Asia | 2.63E-8 (2.01E-8, 3.33E-8) | | | | | |
| | | South-Eastern Asia | 3.74E-8 (3.34E-8, 4.16E-8) | | | | | |
| | | Western Asia | 1.65E-7 (1.22E-7, 2.12E-7) | | | | | |
| Europe | | Eastern Europe | 3.7E-8 (3.33E-8, 4.09E-8) | 1.65E-9 (5.48E-11, 5.01E-9) | | | | |
| | | Northern Europe | 2.02E-9 (6.87E-10, 3.93E-9) | | | | | |
| | | Southern Europe | 4.63E-9 (2.72E-9, 6.94E-9) | | | | | |
| | | Western Europe | 3.56E-10 (4.08E-11, 9.32E-10) | | | | | |
| Latin America and Caribbean | | Caribbean | 5.49E-7 (2.58E-7, 9.27E-7) | 1.88E-7 (4.72E-9, 7.59E-7) | | | | |
| | | Central America | 7.17E-9 (4.44E-9, 1.04E-8) | | | | | |
| | | South America | 5.41E-9 (3.93E-9, 7.07E-9) | | | | | |
| North America | | Northern America | 2.44E-9 (1.84E-9, 3.11E-9) | 2.44E-9 (1.84E-9, 3.11E-9) | | | | |

Values are presented in: Mean (5th percentile, 95th percentile); E-n refers to multiplying by 10⁻ⁿ. The rabies prevalence is assumed to be zero for the following sub-regions: Australia/New Zealand, Melanesia, Micronesia and Polynesia. The R_S for all these sub-regions are therefore assumed to be zero.

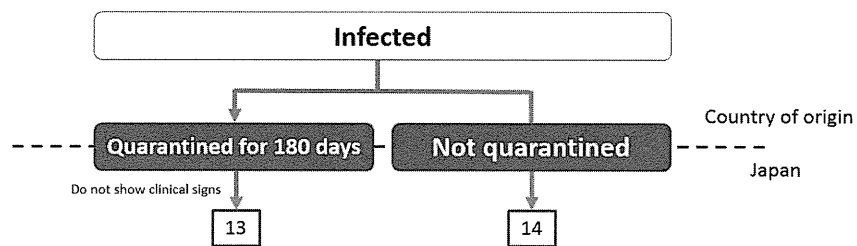
A



B



C



- ☒ 1 Scenario trees showing the 14 risk pathways of rabies entry into Japan
- A: Rabies entry through importation via the AQS assuming the animal is infected before first vaccination
 - B: Rabies entry through importation via the AQS assuming the animal is infected during the waiting period
 - C: Rabies entry through importation via the USFJ assuming the animal is infected before the quarantine