

表 8 The probability of single infected dog or cat entering Japan, assuming 100% compliance

AQS	Region	Sub-region	Probability (5 th and 95 th percentiles)			Probability (5 th and 95 th percentiles)			Probability (5 th and 95 th percentiles)			Probability (5 th and 95 th percentiles)		
AQS	Africa	Eastern Africa	1.71E-08	4.27E-09	4.00E-08	2.76E-08	4.48E-09	4.48E-09	1.53E-09	1.79E-11	6.95E-09	1.76E-09	2.54E-11	6.45E-09
		Middle Africa*	1.60E-07	4.08E-08	3.75E-07									
		Northern Africa*	1.63E-08	4.08E-09	3.81E-08									
		Western Africa	4.64E-08	1.16E-08	1.08E-07									
		Southern Africa	1.33E-08	3.32E-09	3.13E-08									
	Asia	Eastern Asia	8.42E-10	2.11E-10	1.98E-09	2.61E-09	2.35E-10	2.35E-10						
		Central Asia	1.73E-08	4.30E-09	4.08E-08									
		Southern Asia	6.49E-09	1.63E-09	1.52E-08									
		South-Eastern Asia	5.98E-09	1.49E-09	1.40E-08									
		Western Asia	2.87E-08	7.31E-09	6.69E-08									
	Europe	Eastern Europe	6.88E-09	1.72E-09	1.61E-08	1.48E-09	2.25E-11	2.25E-11						
		Northern Europe	2.90E-10	8.79E-11	6.40E-10									
		Southern Europe	8.32E-10	2.19E-10	1.93E-09									
		Western Europe	4.85E-11	1.56E-11	1.04E-10									
	Latin America and Caribbean	Caribbean	4.24E-09	8.18E-10	1.07E-08	1.15E-09	2.45E-10	2.45E-10						
		Central America	1.33E-09	3.34E-10	3.11E-09									
		South America	8.64E-10	2.21E-10	2.02E-09									
	North America	Northern America	2.73E-10	6.58E-11	6.53E-10	2.73E-10	6.58E-11	6.58E-11						
Oceania	Australia/New Zealand**	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00							
US Force	Africa	Eastern Africa*	8.94E-08	7.97E-08	9.98E-08	6.85E-08	5.29E-08	5.29E-08	2.98E-09	4.96E-10	5.01E-09			
		Middle Africa*	1.11E-06	4.95E-07	1.92E-06									
		Northern Africa*	9.06E-08	6.41E-08	1.21E-07									
		Western Africa*	2.44E-07	1.86E-07	3.09E-07									
		Southern Africa	6.85E-08	5.29E-08	8.57E-08									
	Asia	Eastern Asia	4.54E-09	3.43E-09	5.79E-09	2.42E-08	3.52E-09	3.52E-09						
		Central Asia*	9.63E-08	5.01E-08	1.55E-07									
		Southern Asia*	3.51E-08	2.75E-08	4.35E-08									
		South-Eastern Asia	3.10E-08	2.71E-08	3.52E-08									
		Western Asia	1.70E-07	1.30E-07	2.15E-07									
	Europe	Eastern Europe	3.58E-08	3.22E-08	3.95E-08	3.00E-09	6.94E-10	6.94E-10						
		Northern Europe	4.46E-09	2.58E-09	6.77E-09									
		Southern Europe	6.10E-09	3.88E-09	8.68E-09									
		Western Europe	1.39E-09	6.27E-10	2.38E-09									
	Latin America and Caribbean	Caribbean	1.53E-07	2.73E-08	3.65E-07	5.64E-08	5.02E-09	5.02E-09						
		Central America	7.51E-09	4.73E-09	1.08E-08									
		South America*	5.22E-09	3.90E-09	6.67E-09									
	North America	Northern America	1.96E-09	4.90E-10	4.24E-09	1.96E-09	4.90E-10	4.90E-10						
	Oceania	Australia/New Zealand**	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00						

*: There was no import of dogs or cats from these countries. **: Rabies prevalence was assumed to be zero for these countries.

厚生労働省科学研究費補助金（新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

分担課題：我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我が国における適切な狂犬病対策の検討のため、本分担研究班では我が国に狂犬病が侵入した際の拡散リスクを、数理モデルを用いて評価した。数理モデルは犬個体の発症、移動、次世代感染個体の発症を連鎖的に作出し、空間的に表現する推計学的空間感染モデルとした。モデルは国内の狂犬病拡散リスクを総合的に勘案し、北海道と茨城県を選定した。狂犬病を考える上で必要な地理学的、人口学的情報、ワクチン接種率等を収集し、モデルに反映させた。また感染症学的パラメータの推定には、過去の大阪での発生情報をもとに基礎再生産数（ R_0 ）を算出し、また近年のバリ島での発症犬の移動および新規発症犬の発生様式から作出された距離カーネルと人口密度に依存した地理学的発生確率を調整するそれぞれのパラメータについて最尤推定法を用いて推定した。作出された数理モデルによる推定では、北海道でワクチン接種率が 55%、45%、35% の場合の狂犬病総発生数はそれぞれ中央値が 2 頭、4 頭、354 頭であった。また、終息までの期間は中央値がそれぞれ 53.5 日、92.5 日、339.5 日であった。茨城県ではワクチン接種率が 55.6%、45.6%、35.6% の場合の狂犬病総発生数はそれぞれ中央値が 2 頭、3 頭、389 頭であった。また、終息までの期間は中央値がそれぞれ 35 日、89.5 日、397.5 日であった。

来年度はさらに現実に則したモデルの改善を行い、経済評価も含めた結果をもとにリスクコミュニケーションを実施する。

A. 研究目的

我が国における狂犬病対策の検討には、二段階のリスク評価が必要である。それらはすなわち、海外の狂犬病発生国からの感染動物の侵入と、侵入した場合の拡散についてである。本研究ではリスクを考える上で最も重要な犬のみを扱うこととし、本分担研究班では上記二段階のうち、狂犬病感染犬が我が国内に上陸し、検疫で摘発され

ずに、または一つの仮定として検疫を通らずに市中に侵入し、そこで狂犬病を発生した場合に、飼育犬および放浪犬に感染拡大させるリスクを評価することを目的とする。

我が国に狂犬病が発生した場合の拡散リスクを考える上で焦点となるのは、1950年代に狂犬病が市中に蔓延している中でその撲滅を目的として施行された狂犬病予防

法の妥当性である。

現代は狂犬病が流行していた当時と比べて社会情勢の変化により人と動物の関係が変化し、飼育犬が徘徊しているような状況は一部の村落部を除いて見られず、屋内飼育も増加し、狂犬病発生時に拡散しにくい状況であることも考えられる。また一方で1957年の狂犬病撲滅達成以降飼い主の危機意識は低下していると考えられ、ワクチン接種率も有効集団免疫の閾値を下回るほど低下している。

本分担研究班では発生拡大リスクの観点から、上記の現状も考慮しながら数理モデルを用いてコンピュータ上で発生拡大を再現し、現在の狂犬病対策の有効性を検討するとともに、発生時に適応される対策のうちどれが有効か、また経済的に優れているか検証する。数理モデルには、地理的特性を考慮するため過去の我が国の発生例からパラメータを導き用いる。

研究開始から2年目の今年度は、過去の狂犬病発生例から更なる疫学的パラメータを推定し、狂犬病感染症モデルでは世界で最も先進的であるグラスゴー大学と共同で狂犬病拡散モデルの基礎を構築した。さらに、モデル対象地域の状況を調査し、本研究の目的に適した独自のモデルを作成した。

B. 研究方法

1. 狂犬病拡散モデルフレームの構築

2014年7月4日から20日にかけてグラスゴー大学に Sarah Cleveland 教授と Katie Hampson を訪れ、過去の狂犬病発生情報を解析し、狂犬病拡散モデルの基礎を構築した。本モデルは、バリ島の狂犬病研究

で Dr. Sunny Townsend により作成された Individual based model を参考に構築した。モデルは 1km ごとに北緯統計量軸に沿ってグリッドを走らせ、これによって仕切られた「セル」を固有の地理的代表的地点とする空間数理モデルである。各セルには、人口密度や犬のワクチン接種率など、実際モデル化する地域の市町村情報が付与されている。

狂犬病発生拡大様式の再現方法は以下のとおりである。まず n 次症例（犬）の発生であるが、各 $n-1$ 次症例が発生すると、それぞれ基本再生産数 R_0 を平均とした負の二項分布に基づいて非感染犬を咬み狂犬病ウイルスに感染させる。咬傷から感染、発症への各段階はモデル化せず、その代わりに一次症例から二次症例発生までの時間（世代間隔）を用いて $n-1$ 次症例の発生から n 次症例発生までの時間をモデル化する。この世代間隔には指数関数を用いる。

次に n 次症例の地理的分布の決定方法である。基礎モデルでは上記各セルについて、他の全てのセルからの距離を予め計算した行列を作成しておき、 $n-1$ 次症例が発生すると、その行列を参照して発生地点から全てのセルの情報を用い、過去の事例から確率論的に移動距離をモデル化した距離カーネルに従って各セルの選択確率の高さを表現した。さらに人口密度の高い地域がより高い確率で選択されるようモデル化し、最も高い確率を示したセルを採択し、 n 次症例の発生場所とする方法を取った。

また2015年1月24日から2月2日に再度グラスゴー大学を訪問し、帰国後改良したモデルについて検討した。

2. 我が国のモデルに必要な情報収集

2. 1. モデル対象地域の情報収集

表 1 にモデル地域対象選定で考慮した因子を挙げる。北海道と茨城県の行政区画に関する情報は国土交通省国土数値情報ダウンロードサービスより収集を行った。市町村毎の人口については両道県庁ホームページにより公開されている情報を用いた。

両道県の市町村毎の登録犬頭数とワクチン接種率ならびに収容及び捕獲犬頭数については両道県を訪問して情報を収集した。真の飼育頭数およびワクチン接種率推定にはペットフード協会のインターネット調査結果を参考にした。

2. 2. モデル対象自治体における狂犬病対策に関する情報収集

狂犬病発生時の対策実施要領は厚生労働省ホームページより収集した。また北海道庁と茨城県庁への訪問調査から狂犬病発生時の緊急対策実施要領について情報収集した。

稚内市は狂犬病発生国であるロシアからの漁船が出入りする北海道の港のひとつであり、以前からロシア船からの犬の不法上陸が狂犬病侵入に関して問題となっていたことから、狂犬病侵入に対する最前線とも言える稚内保健所を訪問し、狂犬病予防対策実施状況について直接稚内保健所を訪れその状況を調査した。

3. 数理モデルによる拡散リスク評価

3. 1. 過去の狂犬病発生情報を用いた疫学的パラメータ推定

モデル構築に必要なパラメータ推定には、1914 年から 1933 年までの大阪府での狂犬病発生例を用いた。当時の人口につい

ては 1920 年の国政調査結果を用いた。世代間隔については前年度に推定が行われているので、今年度は①基本再生産数と、新規発症犬 (n 次症例) が発生する地理的条件に関する二つのパラメータ：②一世代前の発症犬 ($n-1$ 次症例) からの距離ならびに③人口密度に関するパラメータの推定を実施した。

3. 1. 1. 基本再生産数の推定

基本再生産数は、感受性個体の集団において一次感染者が生み出す二次感染者数の平均として定義され、疾病の感染力の強さを示す。また感染症コントロールで非常に重要である集団免疫割合はこの基本再生産数から推定するので重要な指標である。

基本再生産数の推定は、二回にわたる大阪府での大規模発生の情報を用い、前年度に推定した世代間隔 (G_t) と発症犬の成長率 (増殖する速度) を用いて実施した。

$$R_0 = 1 / \sum_{t=0}^{\infty} G_t \lambda^{-t}$$

G_t : 世代間隔

λ : 成長率

3. 1. 2. 新規症例が発生する地理学的条件に関するパラメータの推定

第 n 次症例の新発生位置は、第 $n-1$ 次症例からの距離に依存するはずであり、また犬が密集した地域においては発症犬による咬傷が起こりやすいのは当然想定されるため、妥当な仮説として考える。

まず $n-1$ 次症例発生地点から n 次症例発生地点までの距離であるが、距離依存性の多くの感染症で用いられる距離カーネルの概念を用い、一定の定数 (パラメータ) で

この距離が規定されると仮定した。この計算は、大阪での距離カーネル (dK_{Osaka}) は Sunny Townsend らが用いた分布 (dK_{Bali}) に比例するとし、 α を解くこととした。

$$dK_{Osaka} = \alpha \times dK_{Bali}$$

本シミュレーションに用いた狂犬病発生時の大阪では、正確な飼育頭数が分からない。そこで人は一定の割合(確率)で犬を飼育し、犬の密度は人口密度 (D_H) に比例すると仮定し、かつ $n-1$ 次症例からの距離カーネル ($dK_{Bali\ n-1}$) と同時に人口密度によっても任意のセル i における n 次症例が発生する確率 (P_{ni}) は規定されると仮定した。

$$P_{ni} = \frac{\alpha \times dK_{Bali\ n-1} + \beta \times D_{Hi}}{\sum (\alpha \times dK_{Bali\ n-1} + \beta \times D_{Hi})}$$

この推計確率に基づき、モデルは最も高い確率を示したセルに n 次症例を発生させた場合、過去の大阪での発生様式と最も近くなるように最尤推定法を用いて α と β を推定した。

推定結果の妥当性の検証には、カイ二乗検定を行い、シミュレーションによる大阪府の各市町村の発生数と実際の大阪府の各市町村の発生数に差がないことを確認した。

3. 2. 我が国の狂犬病拡散モデルによるリスク評価

3. 2. 1. モデル化地域の選択

狂犬病の拡散モデルを構築するにあたり、日本全国のデータを用いてモデル化を実施するのはデータ量、作業量、またコンピュータへの負荷・時間の点で困難である。そこで狂犬病拡散に関わるリスク因子を列挙し、ランク付けを行うことでモデル化対象地域北海道と茨城県を 47 都道府県から選択した。

3. 2. 2. 狂犬病拡散リスク評価

調査地域として選択された北海道と茨城県で狂犬病が侵入した際の発生拡大シミュレーションを行った。コンピュータへの負荷が大きく処理に長時間かかるため、モデル化調査は札幌市近郊と水戸市近郊に局限してシミュレーションを実施した。

人口密度とワクチン接種率は、市町村ごとのデータを用い、不均一性を表現した。シミュレーションは両道県についてそれぞれ 500 回行い、シミュレーション毎に第一症例が発生する位置はランダムに選択した。また、ワクチン接種の効果を検証するため、市町村毎のワクチン接種率の不均一性を保ったまま全体のワクチン接種率を 10% と 20% 低くし、それぞれ同様に 500 回のシミュレーションを行った。

C. 結果

1. モデル化地域の選択

モデル化対象地域として北海道と茨城県を選択したが、根拠となる統計を紹介する(表 2)。社会学的因子に関して、北海道は人口密度が全国で最も低かった(70.6 人/km²)。世帯当たり飼育頭数は全国平均より少し低く(0.11 頭/世帯)、室外に犬を出す

機会のある飼主は全国平均よりも低かった(66.7%)。放浪犬数は全国平均よりも多く(1211頭)、ワクチン接種率は全国平均よりもやや低かった(73.1%)。次に地理学的因子に関して、北海道は単位面積当たりの川の長さが短く(0.002km/ha)、森林率が高かった(70.7%)。

一方で、茨城県は人口密度が高く(500.4人/km²)、世帯当たりの飼育頭数は多かった(0.16頭/世帯)。室外に犬を出す機会のある飼主は全国平均よりも高かった(76.1%)。放浪犬の数は全国平均よりも多く(2048頭)、ワクチン接種率は全国平均よりもやや低かった(67.6%)だった。続いて地理学的因子に関して、単位面積あたりの川の長さが短く(0.0038km/ha)、森林率が低かった(30.8%)。

両県とも人口がある程度大きな都市を持ち、放浪犬の存在や隣国からの船舶による侵入リスクなどを総合的に勘案し、異なる二つの状況でのシミュレーションをするには妥当と考えられたため選択した。

2. 我が国のモデルに必要な情報収集

2. 1. モデル対象地域のワクチン接種率

平成25年度現在で、北海道庁が報告する登録犬頭数は278,085頭、うちワクチン接種を受けた犬の数は198,858頭であり、ワクチン接種率は71.5%である。一方茨城県庁が報告する登録犬頭数は183,820頭、うちワクチン接種率を受けた犬の数は120,428頭であり、ワクチン接種率は65.5%である。両道県では市町村毎にワクチン接種率が異なり、これを地図上に表現すると図1、図2のとおり地理学的不均一性が観察される。さらに日本ペットフード

協会のインターネット調査結果によると、犬の役所への届出・登録率は北海道で80.8%、北関東で79.0%であり、真の予防接種率は北海道で57.8%、茨城県で51.8%であると推定された。

2. 2. モデル化選定地域地方自治体の抱える狂犬病対策の課題

北海道は緊急時の狂犬病予防対策について、厚生労働省による狂犬病ガイドライン2001及び狂犬病ガイドライン2013を基に狂犬病対策要領を作成しており、狂犬病疑い症例の判断と環境・疫学調査及び被害拡大防止対策についてその基準と範囲を定めている。

稚内市では、消防署、警察、海上保安庁、地方自治体や保健所などが連携して対応に当たれるよう外国犬不法上陸防止対策連絡会議を毎年実施している。稚内の港には動物検疫所がないため、各機関が対策にあたらなければならないことが背景にあった。そのため、その他の自治体と比べ狂犬病に対する意識が高いと思われた。

不法上陸犬による咬傷事故への対応について、不法上陸犬による人の咬傷事故発生時保健所への通報後病院での診断と当該犬の捕獲・抑留が指示されるが、不法上陸犬による犬の咬傷事故発生時について対応はマニュアル化されていなかった。狂犬病感染疑い犬の抑留について、稚内保健所では個別房はなく最大で2,3頭の犬が収容可能である程度の施設整備しかされていない。ロシアの漁船の全てが犬を連れているわけではなく、またロシアからの漁船の数が減少していることと船員のマナー向上により、稚内港での不法上陸犬の数と咬傷事故は

年々減少している。稚内市の港には不法上陸犬の侵入防止のためのフェンスが設置されているが、いくつか隙間が存在しており、度々不法上陸犬がフェンスを越えていることが確認されている。また狂犬病予防対策に関連して、稚内市では畜犬登録とワクチン接種の有無に関して全戸調査を行っていたことがあり、その調査結果の報告書を得ることができた。

茨城県の狂犬病予防対策に関して、茨城県では昭和 54 年に茨城県動物指導センターを開設し、狂犬病予防法・動物保護管理法関係業務を一本化している。このため茨城県内の保健所では、狂犬病業務は分掌から外れている。野犬・放浪犬対策に関しても茨城県動物指導センター職員 10 名で行われており、県内を 5 地区に分け、一週間に二回、全地区の野犬対策や放し飼いの指導等の苦情処理を実施していた。茨城県動物指導センターでは、最大 100 頭ほど犬の保護が可能であり、個別房については 27 房であった。狂犬病発生時の対応については、この茨城県動物指導センター職員が中心となり、厚生労働省による狂犬病ガイドラインに準拠して行われるとのことであった。

3. 狂犬病拡散リスク評価

3. 1. 過去の狂犬病発生情報を用いた疫学的パラメータ推定

過去の大阪府における狂犬病大規模発生時の R_0 は 1 回目の発生（大正 3-4 年）では 2.8 であり、この時、感染拡大阻止に必要なワクチン接種率は、64.3%であった。また 2 回目の発生（大正 15 年から昭和 4 年）では R_0 は 1.4 であり、必要ワクチン接種率は 28.6%であった。なお、1 回目の

発生では 2 回目の発生時とは異なり殆どワクチン接種が行われていないことから、狂犬病拡散モデルのパラメータには 1 回目の発生における R_0 を用いた。

$n-1$ 次症例が発生したセルに基づいて n 次症例発症位置を決める距離カーネルの調整パラメータ α と人口密度依存性パラメータ β は、それぞれ 2.28 と 2.24 であった。またカイ二乗検定による妥当性の検定では、シミュレーションの発生数と実際の大阪府における発生数に有意な差は認められなかった ($p=0.997$)。

3. 2. 狂犬病拡散モデルによる狂犬病発生数の推定

表 3 に狂犬病拡散モデルに使用したパラメータを示す。

北海道での解析では、ワクチン接種率が 55%、45%、35% の場合の狂犬病総発生数はそれぞれ中央値が 2 頭、4 頭、354 頭であった（図 3）。また、終息までの期間は中央値がそれぞれ 53.5 日、92.5 日、339.5 日であった（図 4）。

茨城県での解析では、ワクチン接種率が 55.6%、45.6%、35.6% の場合の狂犬病総発生数はそれぞれ中央値が 2 頭、3 頭、389 頭であった（図 5）。また、終息までの期間は中央値がそれぞれ 35 日、89.5 日、397.5 日であった（図 6）。

D. 考察

地域のワクチン接種率が低下することで、狂犬病の総発生数が大きくなり、また狂犬病終息までの時間が長くなったことでワクチン接種が狂犬病発生時の被害を小さ

くすることを客観的に示すことが出来た。
しかしながら、現在のモデルでは、室内で飼育されている犬の割合や、狂犬病発生時の緊急対策の効果が考慮されていない。

来年度はさらにモデルの信頼性を高めるためこれらの要因を考慮に入れて計算することで狂犬病拡散の現実的なリスクの定量を行うことを予定している。

また、複数の制御オプションを設定し、この経済的評価を行うことにより、よりインフォーマティブなシミュレーションを実施する。

E. 結論

現状の日本における狂犬病侵入時の拡散リスクが明らかになった。しかしながらモデルには改良の余地があり、来年度はより現実に即した拡散リスクを作成し、経済分析を実施することによりリスクコミュニケ

ーションを実施して行く。

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

黒澤愛子・門脇弾・蒔田浩平・唐仁原景昭. 大正及び昭和初期の大阪府における狂犬病発生疫学解析. 2014年9月10日開催の獣医学会学術集会にて発表。

門脇弾・Katie Hampson・蒔田浩平・山田章雄. 感染症モデリングを用いた我が国に狂犬病侵入した場合の流行拡大の解析. 2015年3月28日開催の獣医疫学会学術集会にて発表予定。

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1. 狂犬病拡散に影響すると考えられる因子

リスク因子	理由	情報源
1. 社会学的因子		
人口密度	人口密度の高さは犬の飼育頭数と正の相関があると考えられるため。	北海道庁 茨城県庁
世帯当たり飼育頭数	世帯当たり飼育頭数が多いと狂犬病がより速く拡散すると考えられたため。	厚生労働省 国土地理院
飼養状況	屋内・屋外飼育や一日の散歩回数等飼養状況は狂犬病発症犬との接触頻度に影響すると思われる。	日本ペットフード協会
放浪犬の数	放浪犬は繋留されていないことから狂犬病に感染し、感染させるリスクが高く、また狂犬病の発見が困難である。	北海道庁 茨城県庁 環境省
ワクチン接種率	集団免疫に影響する。	厚生労働省
2. 地理学的因子		
単位面積当たりの川の長さ	川は狂犬病拡散において障害となり、また拡散の方向に影響する。	国土地理院
森林占有率	森林は狂犬病拡散にとって障害物となると考えられた。	林野庁

表2. 北海道と茨城県における表1に挙げられた因子の状況

項目	北海道	茨城県	全国平均
人口密度(人/km ²)	70.6	500.4	343.4
世帯当り犬飼育頭数(頭/世帯)	0.11	0.16	0.13
犬飼養割合(%)	66.7	76.1	69.1
放浪犬数(頭)	1211	2048	823.3
ワクチン接種率(%)	73.1	67.6	73.2
単位面積当たりの川の長さ (Km/ha)	0.0020	0.0038	0.0045
森林占有率(%)	70.7	30.8	62.8

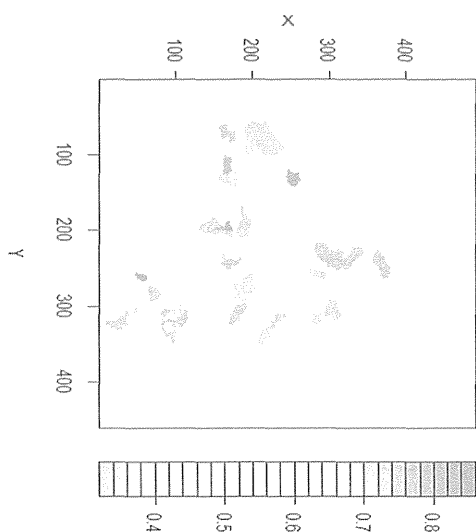


図 1. 北海道のワクチン接種率

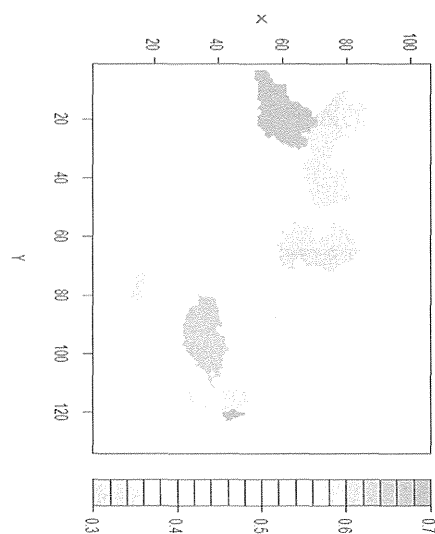


図 2. 茨城県のワクチン接種率

表 3. 狂犬病拡散モデルで用いたパラメータ

パラメータ	情報源
1. 人口密度 (平均)	
北海道: 70.6 人/km ²	北海道庁
茨城県: 500.4 人/km ²	茨城県庁
2. ワクチン接種率 (平均)	
北海道: 57.8%	北海道庁・日本ペットフード協会
茨城県: 51.8%	茨城県庁・日本ペットフード協会
3. 基礎再生産数	
2.8 頭 (2.53 – 3.03)	過去の大阪府の狂犬病発生情報より推定
4. 世代間隔	
31.0 日 (2.3 – 133.9)	過去の大阪府の狂犬病発生情報より推定
5. 距離カーネル	
0.88km (0.83 – 0.92)	バリ島でのデータ (Townsend et al.)
6. 調節パラメータ	
距離の倍数 α : 2.28	過去の大阪府の狂犬病発生情報
人口密度の倍数 β : 2.24	過去の大阪府の狂犬病発生情報

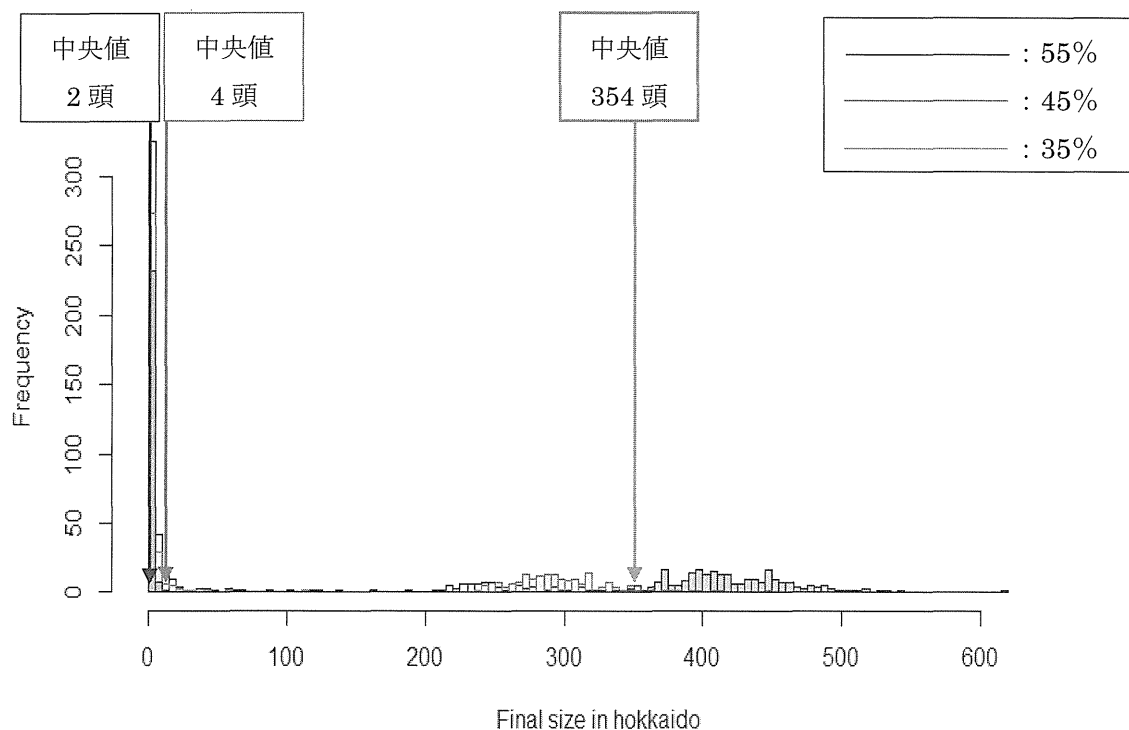


図 3. 札幌市近郊での異なるワクチン接種率下での狂犬病総発生数

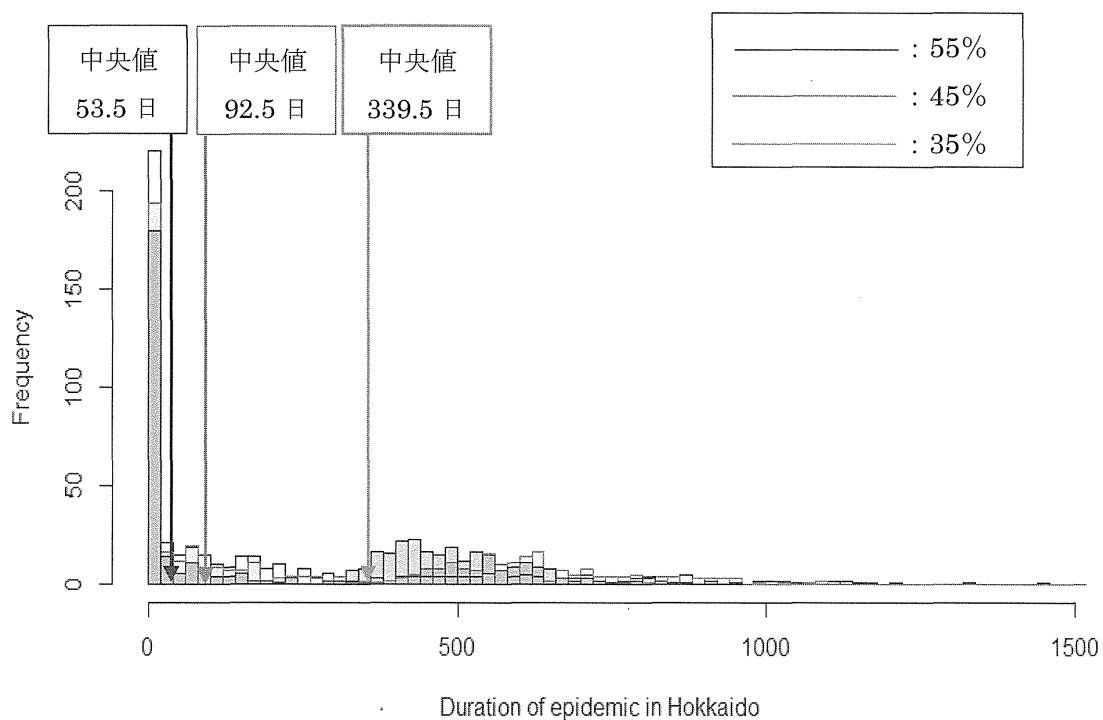


図 4. 札幌市近郊での異なるワクチン接種率下での狂犬病終息までの期間

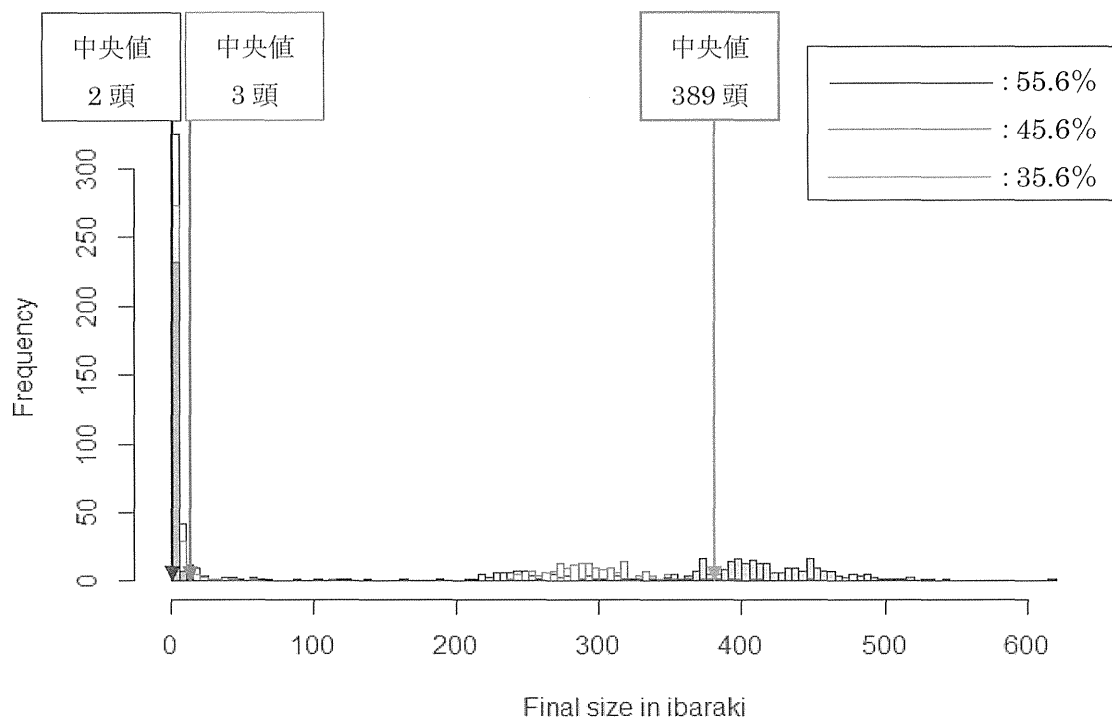


図 5. 水戸市近郊での異なるワクチン接種率下での狂犬病総発生数

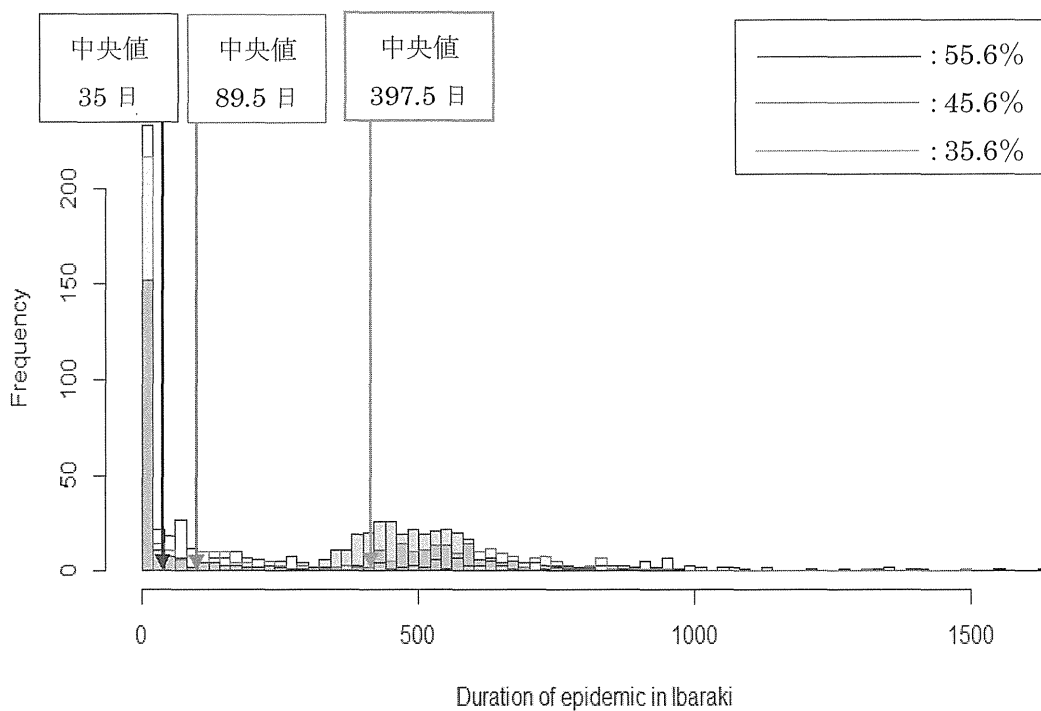


図 6. 水戸市近郊での異なるワクチン接種率下での狂犬病終息までの期間

オーストラリアおよび台湾における狂犬病の防疫対策に関する訪問調査

研究分担者: 杉山 誠 岐阜大学応用生物科学部・教授

研究協力者: 伊藤直人 岐阜大学応用生物科学部・准教授

研究協力者: 岡田和真 岐阜大学大学院連合獣医学研究科

研究要旨: 2014年2月、日本と同じく狂犬病清浄国として知られるオーストラリアで訪問調査を実施し、同国における狂犬病の防疫対策に関する情報を収集した。本年度はその成果をまとめ、将来における狂犬病対策を考える上での基礎情報とした。また、2014年12月、狂犬病の再流行が確認された台湾にて調査を行い、狂犬病の防疫対策と撲滅に向けた取り組みについて調べた。その結果、日本で狂犬病が再流行した場合の対策を立案する上で重要な基礎情報を得ることができた。

A. 研究目的

狂犬病は、重篤な神経症状とほぼ100%の高い致死率を主徴とするウイルス性人獣共通感染症である。本病は、一部の清浄国を除き全世界に分布し、アジアやアフリカの発展途上国を中心に毎年5.5万人以上の犠牲者をもたらしている。

日本は、1957年の猫における1例を最後に、狂犬病の撲滅に成功し、世界でもまれな本病の清浄地域になっている。一方、オーストラリアも日本と同様に狂犬病の清浄地域として知られている。日本とオーストラリアのいずれにおいても、海外の流行国からの狂犬病の侵入阻止・定着阻止が重要な課題となるものの、両国の狂犬病の防疫対策は大きく異なっている。例えば、日本では狂犬病予防法によって飼育犬の予防接種が義務づけられているのに対し、オーストラリア

ではそのような措置は取られていない。他の清浄地域の狂犬病対策を具体的に知ることは、将来の日本における対策のあり方を検討する上で極めて重要と言える。

2013年7月、日本と同様に長い間清浄地域として知られていた台湾において狂犬病の再流行が確認された。イタチアナグマという野生動物に狂犬病の流行が確認されて以降、台湾が実際に行ってきた狂犬病対策を知ることは、今後、日本で狂犬病が再流行した場合の防疫対策を考える上で重要となる。

昨年度の末に(2014年2月)に研究協力者の岐阜大学准教授・伊藤直人及び大学院1年・岡田和真がオーストラリア・ビクトリア州政府の環境・一次産業部門およびCISRO オーストラリア動物衛生研究所を訪問し、同国における狂犬病対策の現状について調査・討議を行った。本年

度は、その調査結果に基づき、オーストラリアの狂犬病対策の現状と課題についてまとめることとした。また、2014年12月には、研究協力者の伊藤直人准教授が台湾の家畜衛生試験所を訪問し、同国における狂犬病の防疫対策についての調査を行った。

B. 研究方法

1) オーストラリアにおける狂犬病対策に関する訪問調査のまとめ

オーストラリア・ビクトリア州の主任獣医官(CVO)である Malcolm Ramsay 博士と面談し、オーストラリアの狂犬病対策に関して討議を行った。また、CSIRO の Peter Walker 博士の紹介により、オーストラリア農務省の Lyndel Post 博士から Eメールによる情報提供を受けた。

2) 台湾における狂犬病の流行状況と防疫対策に関する訪問調査

台湾の家畜衛生試験所の副研究員である曾俊憲(Chun-Hsien, Tseng)氏らを訪問し、同国における狂犬病の流行状況および防疫対策に関して討議を行った。

(倫理面からの配慮について)

該当なし

C. 研究結果

1) オーストラリアにおける狂犬病対策に関する訪問調査のまとめ

ビクトリア州 CVO の Ramsey 博士との面談では、まず、オーストラリアにおける狂犬病の防疫に関する組織体系について説明を受け、オース

トラリア政府が主に検疫を含む国境管理やリスク分析、州政府が狂犬病の侵入・発生時における具体的な対応・動物検体の診断、地方政府が動物の登録と野犬管理に責任を持つことが明らかとなった。

日本において「オーストラリアでは犬への狂犬病ワクチンの投与が禁止されている」という情報を耳にすることがあったため、その真偽を確認したところ、正確には「厳密に狂犬病ワクチンの使用が制限されている」というべきであることが判明した。実際、①犬・猫の輸出時に必要な場合、②オーストラリア・コウモリ・リッサウイルス(ABLV)に暴露された可能性のある場合については、CVO の許可に基づき、動物へのワクチンの接種が行われている。このように、厳密にワクチンの使用を制限している理由については、他の海外悪性感染症(ワクチン誘導抗体がその診断の障害となる感染症を含む)と包括的にワクチンの使用が制限されているという事実がある。

その他、犬の登録制度や野生動物における狂犬病の監視体制に関する情報を得ることができた。

オーストラリア農務省の Lyndel Post 博士からの情報により、オーストラリアでは、海外からの狂犬病の侵入を防ぐため、様々な対策が取られていることがわかった。また、バイオセーフティ上の危険物の保持や虚偽申請に対して厳しい罰則が設けられている。さらに、パプアニューギニアやインドネシアと国境を接する北部検疫エリアでは追加の措置が取られていることが判明した。

また狂犬病侵入を想定した訓練の有無について質問したところ、「少なくとも最近は実施して

いない」との回答を得た。狂犬病対策に関するワークショップについては何度か開催されたようである。

オーストラリア国内において、非常時に使用するための狂犬病ワクチンの備蓄が存在するかどうかの質問に対しては、「オーストラリア政府の管理する備蓄ワクチンは存在しない」という回答を得た。行政とワクチン輸入業者の連携により、ワクチンの備蓄は可能であるが、どれほどのドーズのワクチンが備蓄されているかは輸入業者の商品管理に依存しているため正確には把握されていない。

2) 台湾における狂犬病の流行状況と防疫対策に関する訪問調査

台湾・家畜衛生試験所の曾俊憲氏らとの情報交換により、同国の動物感染症の防疫システムは、日本のものをモデルとして確立されていることが明らかとなった。具体的な例のひとつとして、台湾では日本と同様に飼育犬への狂犬病予防接種を義務づけていることが挙げられる。その接種率は、イタチアナグマにおける狂犬病の流行が確認される前の時点で約 20%と低かった。しかし、流行確認後は流行地域（山間部）で約 90%、非流行地域の都市部でも約 70%まで上昇した。狂犬病の再流行が確認された後、飼育犬への予防接種の促進と違反者への罰則強化が実施されたこと、流行地域の住民の危機意識の高さがその背景にあると考えられた。

狂犬病の再流行の確認後、多くの国が台湾から輸出される犬に対しての予防接種を要求するようになった。一方、輸入検疫については流行の確認後も変更はなく、犬を 3 週間係留し、観察

するシステムを継続している。

現在、台湾では、狂犬病の撲滅を目標に、イタチアナグマに対する経口狂犬病生ワクチンの使用が検討されている。家畜衛生試験所では、イタチアナグマを繁殖飼育し、ワクチンの効果・安全性を検証する実験を始めている。

D. 考察

昨年度末の訪問調査により、オーストラリアにおける狂犬病対策の実態を知ることができた。具体的には、オーストラリアにおける狂犬病の防疫対策が検疫主体であることが確認された。繰り返し実施された詳細なリスク分析が検疫主体の防疫体制の根拠となっていることも判明した。

一方、この調査では、オーストラリアの狂犬病対策に課題があることも判明した。狂犬病発生時の対応マニュアルである「AUSVETPLAN-rabies」には、その制圧におけるワクチンの有用性が明記されている。しかし、現在、オーストラリアでは、狂犬病を封じ込めるためのワクチンの使用は認可されていないため、感染拡大を封じ込める目的でワクチンを実際に使用するためには、最初に、この目的でのワクチン使用の認可を得る必要がある。

さらに、感染拡大を封じ込めるためには大量の動物用ワクチンが必要となることが予想されるものの、現在、オーストラリアの行政機関には、この目的での使用を前提とした備蓄ワクチンは存在しないことが明らかとなった。したがって、狂犬病発生時には、大量のワクチンを海外から輸入することが前提となっている。一般的に、感染症の封じ込めには、迅速な対応が必要となるも

の、上記のような現状は、狂犬病発生時の迅速な対応を妨げる要因となる可能性がある。 該当なし

台湾での訪問調査の結果、狂犬病の再流行に対する具体的な取り組みを知ることができた。 2. 実用新案登録
該当なし

例えば、飼育犬に対する予防接種を推進することで、接種率がかかなり高いレベルにまで上昇していることがわかった。2013年7月の狂犬病の再流行の確認後、イタチアナグマから犬への狂犬病ウイルスの伝播については1例が確認されているのみである。このことより、飼育犬に対する予防接種の推進が功を奏し、イタチアナグマから犬への伝播が阻止されている可能性が考えられた。 3. その他
該当なし

E. 結論

狂犬病清浄国であるオーストラリア、ならびに本病の再流行が確認された台湾において、狂犬病対策に関する情報を入手した。これらの情報は、将来の日本の狂犬病対策を考える上で重要な基礎情報となると考えられる。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

厚生労働科学研究費補助金（新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

狂犬病清浄国における対策（2）

研究分担者 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 山田章雄
研究分担者 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 杉浦勝明

研究要旨 昨年度に引き続き日本以外の狂犬病清浄国における狂犬病対策について、ハワイ州（訪問は昨年度末）及びフランスへの現地訪問並びに文献調査等により情報収集を実施した。ハワイ州における狂犬病対策の主体は検疫制度であり、この体制での狂犬病のリスクは150年に1度程度と推定されている。州内で生まれたイヌへの狂犬病ワクチン接種は義務化されておらずマイクロチップの装着も義務化されていない。フランスでは北アフリカからの狂犬病の侵入リスクが高く、1～2年ごとに不法なペットの持ち込みによる狂犬病の発生が認められている。このような状況にあるフランスでの最も重要な対策は、侵入を早期に発見し、速やかな封じ込め対策を講じることである。平時におけるイヌネコへの狂犬病ワクチン接種は義務付けられていない。フランスにおいてはマイクロチップあるいはタトゥーによる個体識別が義務付けられているが、これは動物福祉の実践のために導入されている。

A. 研究目的

昨年度に引き続きわが国以外の狂犬病清浄国における狂犬病対策の実際を把握することにより、わが国における現状に即した狂犬病対策の立案に資することを目的とした。

B. 研究方法

昨年度末（3月3日から8日まで）にアメリカ合衆国ハワイ州保健省、農務省動物検疫所、ハワイ動物愛護協会を訪問し、ハワイにおける狂犬病対策及び畜犬登録制度等について情報収集を実施した。また、本年11月30日より12月7日までフランスパリの農務省、ANSES本部、パスツール研究所、リヨンの国立獣医科大学、並びにナンシーのANSES野生動物・狂犬病研究所を訪問し、フランスにおける狂犬病対策に

ついでの情報収集を行った。さらに論文、単行図書などから入手した資料を基に文献的調査を実施した。

C. 結果

1. ハワイにおける狂犬病対策に関する調査

1. ハワイにおけるイヌおよびネコの飼養頭数

イヌおよびネコの飼養頭数はそれぞれ315,372頭および344,533頭。ネコは同一飼養者により複数頭飼われているケースが多いので、イヌの飼育者の方が猫の飼育者より多いと推定。

2. ワクチン接種の状況

ハワイは狂犬病フリーであることから、ハワイ在住のイヌおよびネコにはワクチン接種は義務付けられていない。輸入されるイ

ヌおよびネコには輸入条件として義務付けられている。また、軍基地のイヌ、トレーニングクラブのイヌにも義務付け。その結果接種率は全体の数%程度と推定される。

3. ハワイへの輸入頭数

ハワイへは毎年 11,000~13,000 頭のイヌおよびネコが輸入されている。そのうち 1/4 が軍による輸入。輸入元は米本土が最も多く、次いで日本、韓国、ドイツの順。

4. ハワイにおけるイヌおよびネコの輸入検疫制度

イヌおよびネコの輸入検疫プログラムの詳細は AQS の Web に掲載されている。それ以外の動物については、植物検疫の Website に禁止動物、輸入条件が掲載されている。禁止動物でも動物園動物は動物園で検疫を受けることを条件に輸入が認められている。

米軍が輸入するイヌおよびネコについても、同じ検疫を行っている。サービス犬(盲導犬など)は検疫を免除(ワクチン、標札は必要)。

豪州、NZ は狂犬病フリーなので、輸入条件が緩い(個体識別だけでよい)。日本については、米軍のイヌの状況がよくわかっていないのでフリー扱いをしていない。

4-1. 1996 年までの検疫制度

輸入されるイヌおよびネコは、ハワイ到着時にすべて 120 日間の係留。

4-2. 1997 年~2002 年

次の条件を満たすイヌおよびネコは、ハワイ到着時に 30 日間の係留。条件を満たしていない場合には最長 120 日間の係留。

- マイクロチップによる個体識別がなされていること
- 生後 2 回以上ワクチン接種がなされていること(直近の接種はハワイ到着前

3~12 か月以内になされていること)

- ハワイ到着前 3~12 か月以内に実施された血清中和試験で 0.5IU 以上の抗体価を示したこと
- 輸出国でワクチン接種および血清検査後 90 日間待機したこと
- ハワイ到着後の血清中和試験で 0.5IU 以上の抗体価を示したこと

4-3. 2003 年以降

次の満たすイヌおよびネコは、輸入時に 5 日以内の係留(ホノルル空港に 8:00~17:00 に到着し、ダニその他の寄生虫がいなければ即刻解放。それ以外は動物検疫所で 5 日以内の係留)。条件を満たしていない場合には最長 120 日間の係留。

- 抗体検査実施前にマイクロチップによる個体識別がなされていること
- 生後 2 回以上ワクチン接種がなされていること(30 日超の間隔。直近の接種はハワイ到着前 3~12 か月以内になされていること)
- ハワイ到着前 120 日~36 か月以内に実施された血清中和試験で 0.5IU 以上の抗体価を示したこと
- 輸出国で血清検査実施(実施日=指定検査機関であるカンザス州立大学がサンプルを受領した日)後 120 日間待機したこと(待機期間が短いと、その分輸入時の係留期間が長くなる)。

5. 今までに実施された狂犬病のリスク評価

1996 年に Sturges らにより、2002 年に Foppoli により実施された。それぞれ、1997 年、2003 年の検疫制度の改正の根拠となった。現在も民間のリスク評価機関に委託し

実施中。120日間の待期期間の90日への短縮を考えている。それほどリスクは上がらないという結果がでるだろうが、その公表の仕方については議論好きな人もいたので要注意と考えている。

5-1. 1996年のリスク評価の概要

現行（当時）の120日間の検疫に比べ、提案中の30日間の検疫では侵入リスクが4分の1に減少。さらに、マイクロチップによる個体識別および血清検査の導入によりリスク管理も確実。

5-2. 2002年のリスク評価の概要

①120日間の検疫、②現行（当時）の30日間の検疫、③4つのオプションを適用した場合の侵入リスクを評価（表1）。なお、これらの評価を行うにあたっては、密輸の可能性も考慮（図1）。

表1 ハワイ農業省によるリスク評価の結果

	制度の概要			リスク評価結果（狂犬病の侵入間隔）	
	検疫期間	血清検査後の待機期間	ハワイ到着後の血清検査	平均	90%信頼区間
120日間検疫	120日間	0日間	検査しない	86年	46～211年
30日間検疫（現行）	30日間	90日間	検査する	141年	89～265年
5日間検疫	5日間	90日間	検査しない	109年	67～208年
0日検疫+0日待機	0日間	0日間	検査しない	49年	28～119年
5日検疫+180日待機	5日間	180日間	検査しない	149年	84～308年
検疫も待機もなし	0日間	0日間	検査しない	19年	10～47年

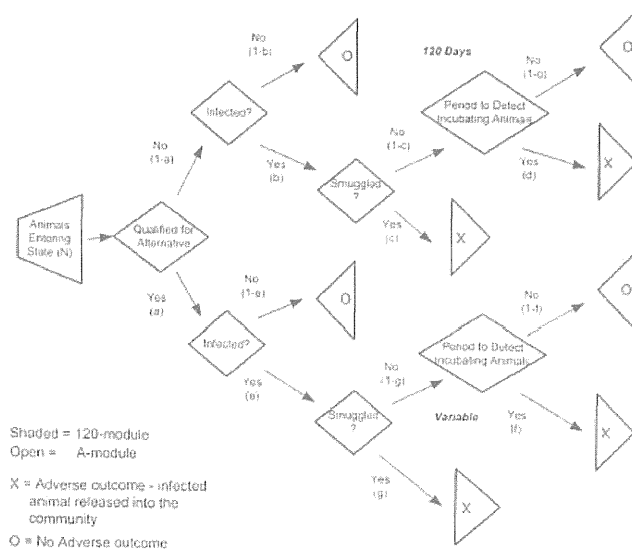


図1 2002年の侵入リスク評価モデル

5-3. その他

以下を要望してきた。

1996年の報告書の完全版（表、図が省略されていないもの）

1996年、2002年のリスク評価に使った表計算モデル

現在委託中のリスク評価会社の名称、連絡先

6. 外国船舶からの不法上陸犬

- 外国船舶から不法に上陸したイヌおよびネコについては、所有者が特定できる場合にはワクチン接種、マイクロチップ装着後120日間を検疫。
- 所有者が特定できないイヌについては、安楽死後、狂犬病の検査。
- 所有者が特定できないネコについては、ワクチン接種、マイクロチップ装着、去勢手術後新しい飼養者に譲渡することがある。
- 外国船舶からの不法上陸する動物とし

ては、ネコがヨットで持ち込まれる例が時々あるが、イヌでは過去10年間に1頭しかない。

7. コンテナ迷入動物の取扱い

- 不法上陸動物と同じ扱い。安楽死か120日間検疫度譲渡。

8. 条件不履行、密輸

- 条件不履行は、たとえば2013年では輸入されたイヌおよびネコ13732頭のうち1329頭が条件を十分に満たしていなかったとして120日間または120日未満（平均40日間）の検疫を受けた。
- 密輸頭数については、把握しようがなく、不明である。その防止には航空会社が大きな役割を果たしている。航空会社や通常税関が見つけるとAQSに通報するので、密輸される頭数は少ないと推定される。2002年のリスク評価で使った数字は関係者に聞いた主観的な数字。いずれにせよ、密輸された動物は、リスク評価の結果に大きな結果を与え