

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 土 井 寛 大

マダニ媒介性感染症の発生には、マダニの宿主である野生動物の関与が疑われている。しかし、実際にどの野生動物種が、どこでマダニの拡散にどの程度影響しているかといった、宿主寄生体間の生態学はほとんど知られていない。特に関東地域の景観と動物相は、明治期以降の野生動物の激減から第二次世界戦以降の分布拡大を経て大きく変化したため、野生動物を宿主とするマダニにも大きな変化があったと推察される。

昨今、イノシシやアライグマなど人の生活圏へ進出する野生動物 (Urban Wildlife) や、人為的な環境変化によって起こるシカなどの **Overabundance** が、マダニに生態学的影響を与えていることが予想され、これらのメカニズムを解明することは、マダニへの人の暴露を制御し、マダニ媒介性感染症の予防に活用されることが期待されている。

本論文は、今後ますます重要となるマダニおよびマダニ媒介性感染症の制御に寄与する生態系管理の在り方を明らかにすることを目的として、1) 関東西側地域のマダニ生息分布の把握と予測を試みたうえで、2) 宿主野生動物とマダニの宿主寄生体関係と、3) 宿主野生動物の抗体保有状況とマダニ生息分布の関係を検討した。人の生活圏に出没する野生動物を対象に、マダニとの生態学的関係性および野生動物によって運ばれるマダニが病原体分布に与える背景因子を解明することは、マダニ媒介性感染症とベクターコントロールを目的とした生態系管理に対して有用な知見となると期待される。

### 1. 関東西側地域のマダニ生息分布予測

分析対象は、関東地方西側にあたる関東山地の亜高山帯や山地帯から丘陵地帯を経て市街地や農地が広がる関東平野を含む 90×180km の地域とした。分析に用いた背景情報は、衛星写真から抽出された土地利用状況、森林連続性、標高、気象データに加えて、ニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下シカ)、ニホンイノシシ (*Sus scrofa leucomystax*, 以下イノシシ)、アライグマ (*Procyon lotor*)、タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*)、ハクビシン (*Paguma larvata*) といったマダニを運びうる主要な中大型野生動物の生息分布である。マダニの生息分布調査は、対象地域内の 134 地点について旗振り法で行い、得られたマダニ 16 種のうちの 9 種について、各マダニ種の潜在的な生息分布を Maximum Entropy (MaxEnt) モデルによって得られる生息適度から推定した。

結果から 7 種のマダニ種で森林連続性が 18.6-51.1%の寄与率を示し、次いでアライグマの生息分布が 6 種のマダニの重要な寄与因子 (7.3-19.1%) となった。モデルから作成した分布予測図から、複数のマダニ種にとって生息適度の高い環境は、山奥ではなく関東山地の山地帯低部から丘陵地帯にかけて分布することがわかった。加えて、市街地であっても、半径 2km 以内に緑地が存在している環境かつ野生動物が分布する地域ならば、孤立する緑地にマダニは分布することが判明し、Urban Wildlife となった中大型動物はマダニ分布に寄与することが示された。

## 2. 宿主野生動物とマダニの宿主寄生体関係

マダニ分布に寄与する主要な宿主であったアライグマを中心に、本種と生態ニッチが重複すると考えられるタヌキ、ハクビシンにおけるマダニ拡散能力をマダニ寄生状況の比較と資源選択係数を用いて評価した。神奈川県では、アライグマにおける寄生マダニはキチマダニ (*Haemaphysalis flava*) が 97.4%を占め、強い宿主寄生体関係を築いており、アライグマはキチマダニの生息密度および優占度合に影響を及ぼすことが示された。一方、ハクビシンとアライグマを比較した神奈川県三浦半島では、ハクビシンにおいて有意にマダニ咬着数が少なく、毛づくろい行動に伴ってマダニを摂食することでマダニ咬着数を減らす、Ecological Trap としての生態学的機能を持つ宿主であることが示された ( $p < 0.05$ )。反対に、アライグマはマダニ拡散能力が高い Ecological Booster としての役割を持つと考えられた。

また、群馬県で行った Marcum 法で示された宿主選択性はアライグマとタヌキがハクビシンに比べて有意に多種のマダニに咬着されやすく、アライグマとタヌキを選択するマダニの種および発育期には違いがあることが示された ( $p < 0.05$ )。Urban Wildlife として知られる 3 種の中型食肉目について、ハクビシンがマダニの宿主としての機能は最も弱く、森林環境を比較的多く利用するとされるタヌキと林縁部と市街地を利用しやすいアライグマが低山から市街地にかけてマダニを拡散することを発見した。

既存の提言では、個体数増加が懸念されるシカとイノシシの対策がマダニ媒介性感染症のリスクを下げることを期待されるが、この 2 種に限定した対策がマダニ刺症のリスク低減につながるかはわかっていない。そこで、大型動物の移出入に注目し、伊豆諸島の新島へ人為的に導入されたシカによって、島内にオオトゲチマダニ (*H. megaspinosa*) がもたらされ、ツノチマダニ (*H. cornigera*) とフタトゲチマダニ (*H. longicornis*) の生息密度を上昇させた可能性が示された。一方で、シカを導入した後に根絶に至った近隣の島である地内島においてオオトゲチマダニ、ツノチマダニ、フタトゲチマダニの生息は確認できず、マダニ生息密度は新島に比べて極端に低かった ( $p < 0.05$ )。また、シカの導入を経験しなかった別の近傍の島である式根島に生息するマダニ種は、キチマダニおよびアカコッコマダニ (*Ixodes turdus*) に限定され、マダニの生息密度は地内島と同程度であった。このことから、地上棲野生動物の移出入

がほとんど無い島嶼環境では、主要な宿主として機能する動物の消失がマダニの生息密度に大きな影響を与え、時として、地内島に見られたような顕著なマダニ生息密度の減少が起こると考えられた。

さらに、神奈川県三浦半島へ人為的導入されたと考えられるイノシシも、タカサゴキララマダニ (*Amblyomma testudinarium*) とヤマアラシチマダニ (*H. hystricis*) を本地域に持ち込んだ可能性が示され、タカサゴキララマダニの生息密度の上昇の要因となっていることが示された (若ダニ:  $rs=0.92$ ,  $p<0.05$ ; 幼ダニ:  $rs=0.94$ ,  $p<0.05$ )。外来種として同地域に数十年にわたって生息分布し続けるアライグマ、ハクビシン、クリハラリス (*Callosciurus erythraeus*) からもタカサゴキララマダニとヤマアラシチマダニの咬着が確認されたことから、同所的に宿主として機能する動物相が存在する場合には、導入した宿主が持ち込んだマダニが、先住する野生動物を宿主として利用すること、さらに環境中と動物上のマダニ相の変化が調査によって検知できるまでに 3 - 7 年を要することが明らかになった。

このことから、閉鎖環境でない場合には、ある 1 種の宿主動物の個体数を極端に減らすことができたとしても、問題となっているマダニの生息密度が先住する野生動物によって維持されて、島嶼部に観察されるような顕著な減少を起こさない可能性がある。また、野生動物とマダニの生息分布の監視を並行して、少なくとも 3 年毎に行うべきと考えられた。

### 3. アライグマが保有する KAMV 抗体とマダニ生息分布の関係

高いマダニ拡散能力が示されたアライグマについて、Kabuto mountain uukuvirus-like virus (KAMV) をモデル病原体として、間接 ELISA 試験による血清抗体保有調査を行った。神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県において捕獲されたアライグマの血清またはミートジュースをサンプルとしたところ、アライグマは KAMV 抗体を保有することが示され、各地域の陽性率と地域内における環境のキチマダニの生息適度の平均値を比較すると、MaxEnt モデルで算出された生息適度はキチマダニの分布可能性を示す閾値として 0.279 示した。この閾値を超える地域では、平均 34.2% の KAMV 抗体保有率を示し、0.279 未満の地域は平均 7.9% であった。オッズ比から、キチマダニが生息しやすい環境に分布するアライグマの KAMV 抗体保有確率が相対的に 4.39 倍高いと考えられた。

さらに、抗体保有情報とキチマダニの生息適度を用いてロジスティック回帰を行い、統計モデルを作成した。得られた回帰式からアライグマ分布地域における KAMV 抗体保有確率の分布をマップ化し、アライグマが KAMV のリザーバーであった場合のリスクマップとした。本例では KAMV をモデル病原体として、アライグマが抗体を保有する確率を算出し、抗体保有確率の高い地域として多摩地域西部から南部、三浦半島を推定することができた。本モデルの構築方法はベクターの候補検索やリザーバー候補動物の検出などにも利用できる可能性が期待される。

#### 4. 本論文が示す提言

本論文によって、山地から丘陵地、市街地へと動物から動物へマダニが渡っていくことが分かった。特に、Urban Wildlife による人の生活圏へのマダニの分布拡大がすでに進行していることが判明した。アライグマやタヌキ、ハクビシンなどの Urban Wildlife が市街地を頻繁に利用している現状から、もはや大型動物の進出を危惧するだけではマダニの拡大は防ぐことができない状態にあることが示唆される。特に、アライグマは緑地と市街地が隣り合う地域を多く利用することが知られており、Ecological Booster として人の生活圏でのマダニの拡散に与える影響が大きいことが示された。加えて、アライグマが多くのマダニ種の分布に寄与した。これらの成果から、人や飼育動物に対するマダニの暴露の要因になることが示唆されるアライグマは、優先的に対策をしなければならぬ野生動物であると考えられる。

WHO はベクターコントロールには統一された調査手法を広域に行うことが重要であると説いている。しかし、現在の日本における野生動物ならびにマダニに関する調査の実施状況は都道府県や市町村の自治体によって主導されていることが多く、その調査・評価方法が一定ではない。本論文の成果においても、ベクターコントロールに有用なマダニ生息分布予測を行うにあたって、野生動物とマダニの調査が、統一された方法によって定期的に行われる必要があることを示すものであり、WHO の提言を支持している。

昨今では、生物多様性の保全が求められる中で、自然環境を取り入れた街づくりが推進されている。こうした街づくりは、さらなる野生動物の進出の機会を増やす可能性をはらんでいる。自然環境と予防医学を両立するためには、リスクとなる野生動物の監視と管理が必要であり、人の利用する自然環境でマダニとの遭遇を予防する環境を作るアプローチが不可欠と言える。

以上のように、本論文は、マダニ、宿主野生動物ならびにそれらの生息環境相互の関係性を解明し、マダニ媒介性感染症の制御に資する生態系管理の方向性を示すなど、学術上、応用上貢献するところが少なくない。

よって審査委員一同は、本論文が博士（獣医学）の学位論文として十分な価値を有するものと認め、合格と判定した。

# 最終試験の結果の要旨

申請者氏名 土 井 寛 大

成 績 : 合 格

審査委員一同は、令和 4 年 1 月 18 日、学位論文審査申請者に対し、論文の内容ならびに関連事項について試験を行った結果、本申請者が博士（獣医学）の学位を受けるに必要な学識を有するものと認め、合格と判定した。