

令和3年度

厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金

調査研究報告書

厚岸町に生息するシュルツェマダニの密度と  
ライム病菌保有率

東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻

塚本 宝

# 目次

1. 背景	3
2. 方法	5
2-1. サンプルング	5
2-2. 形態同定	5
2-3. 実験	5
2-3-1. DNA 抽出	
2-3-2. ボレリア菌スクリーニング	
2-4. 統計解析	6
2-4-1. 地域ごとのマダニ類密度の比較	
2-4-2. 季節ごとのマダニ類密度の比較	
2-4-3. 地域ごとのマダニ属とチマダニ属の比率	
2-4-4. 季節ごとのマダニ属とチマダニ属の比率	
2-4-5. 地域ごとのシュルツェマダニ密度の比較	
2-4-6. 季節ごとのシュルツェマダニ密度の比較	
2-4-7. 地域ごとのシュルツェマダニのボレリア菌保持率の比較	
2-4-8. 季節ごとのシュルツェマダニのボレリア菌保持率の比較	
3. 結果	10
3-1. マダニ類密度	10
3-1-1. 地域ごとのマダニ類密度の比較	
3-1-2. 季節ごとのマダニ類密度の比較	
3-2. マダニ属とチマダニ属の比率	10
3-2-1. 地域ごとのマダニ属とチマダニ属の比率	
3-2-2. 季節ごとのマダニ属とチマダニ属の比率	
3-3. シュルツェマダニ密度	10
3-3-1. 地域ごとのシュルツェマダニ密度の比較	
3-3-2. 季節ごとのシュルツェマダニ密度の比較	
3-4. ボレリア菌保持率	11
3-4-1. 地域ごとのボレリア菌保持率の比較	

3-4-2. 季節ごとのボレリア菌保持率の比較

4. 考察	12
5. 引用文献	14
6. 謝辞	17
7. 表	18
8. 図	20
9. 写真	34

## 1. 背景

マダニ類は、様々な人獣共通感染症の病原体を媒介する節足動物 (Bratton and Corey, 2005) であり、近年の気候変動や野生動物の分布域の変化によって、世界各地で分布域が拡大している (Medlock et al., 2013; Sonenshine, 2018)。マダニ媒介性感染症の中には、ヒトに重篤な疾患を引き起こすだけでなく、家畜にも影響を及ぼす感染症もある (Stuenkel et al., 2013) ことから、経済的にも大きな損失をもたらすため (Jongejan and Uilenberg, 2004)、公衆衛生上大きな関心を集めている (Zhan et al., 2017)。

マダニ類は宿主動物に寄生・吸血を行うが、この吸血時に病原体が伝播される (辻・藤崎, 2012)。発育ステージは卵から始まり、幼虫期・若虫期・成虫期の3ステージ (図1) で、それぞれのステージで別々の宿主動物に寄生する (Anderson, 1989)。また、宿主動物の範囲も哺乳類・鳥類・爬虫類などと広く (LoGiudice et al., 2002)、マダニ類の種によっても異なる (角田, 2012)。宿主動物-マダニ類-病原体の関係は、感染症の複雑な感染サイクルや拡大プロセスをもたらすと考えられており (Kilpatrick et al., 2017)、地域によってその感染動態は異なる (McCoy, 2008)。

マダニ媒介性感染症のうち、最も蔓延している感染症はライム病であり (佐藤, 1993; Berglund et al., 1995)、欧米では年間数万件かつ増加傾向にある (Mead, 2015)。ライム病の患者数が増加傾向にある要因の1つとして、シカ類の増加によるマダニ類の密度増加や分布拡大が挙げられる (Kilpatrick et al., 2017)。欧米と比較すると、日本はライム病の

患者数が比較的少ない状況にある (Yamaji et al., 2018) が、日本ではシカ類が増え続けており (環境省, 2015)、潜在的にマダニ類の密度増加や分布拡大が進行し、ライム病の蔓延が生じている可能性がある。特に、北海道は、日本におけるライム病患者数の大半を占めており (Yamaji et al., 2018)、特に、北海道東部ではエゾシカが高密度に分布している (稲富ら, 2015) ことから、ライム病の感染リスクが高まる可能性が考えられる。

そこで、本研究では、ライム病の原因菌であるボレリア菌 (*Borrelia burgdorferi s.l.*) を媒介するシュルツェマダニ (*Ixodes persulcatus*) に着目し、①地域ごと・季節ごとの厚岸町に生息するマダニ類密度の比較、②地域ごと・季節ごとのマダニ属とチマダニ属の比率の比較、③地域ごと・季節ごとのシュルツェマダニの密度の比較、④地域ごと・季節ごとのシュルツェマダニのボレリア菌保持率の比較を目的に設定した。マダニ類や病原体の分布に関する疫学的な情報は各地に存在する (藤田ら, 1999; 瀬戸ら, 2020; 山内ら, 2020) が、地域スケールで詳しく調査した研究は多くはない。本研究の目的が達成されることで、厚岸町のマダニ類とライム病の潜在分布が明らかになり、エコツアーリズムにおける感染症のリスク評価や環境マネジメント施策に貢献できると考えられる。

## 2. 方法

### 2-1. サンプルング

2021年6月14日～15日・7月15日～17日・10月8日～9日に、計9地点（図2・写真1）において、旗振り法でマダニ類を採集した。旗振り法とは、約1 m×1 mのフランネル布を振ることで、下層植生上において宿主動物を待っているマダニを採集できるという方法（写真2）であり、マダニのサンプルングに広く用いられている手法である（Dantas-Torres et al., 2013）。採集したマダニ類はその場で70%エタノールに固定・保存し、実験するまで4°Cで冷蔵保存した。また、地点ごとのマダニ密度を算出するため、サンプルングを行っている時間を計測した。

### 2-2. 形態同定

実体顕微鏡を用いて、Takada et al., (2019) の方法に従って、形態学的に種を同定した（写真3）。なお、チマダニ属と幼虫期のマダニ類は正確に種を判定するのが困難であったため、属レベルまでの同定に留めた（表1）。

### 2-3. 実験

#### 2-3-1. DNA 抽出

形態同定した後、70%エタノールで個別にシュルツェマダニ表面を洗浄・滅菌し、ビーズ破碎法（Nucleo Spin Insect, MACHERY-NAGEL 社）でDNAを抽出した。マダニ

の破碎はビーズ破碎機 ( $\mu$ T-12, TAITEC 社) を使用した。DNA を抽出した後、吸光度測定器 (Qubit 2.0 Fluorometer, Thermo Fisher Scientific 社) で DNA 濃度を測定した。

### 2-3-2. ボレリア菌スクリーニング

DNA 抽出した 109 個体を対象に、ボレリア菌のハウスキーピング遺伝子の一つである *clpX* 遺伝子座を nested PCR で特異的に増幅させた。1 サンプルあたりの反応液は、DNA 溶液 1  $\mu$ l (1~20 ng/ $\mu$ l)、PCR Buffer (KOD One PCR Master Mix, TOYOBO 社) 10  $\mu$ l、プライマー (10  $\mu$ M) 各 0.6  $\mu$ l (表 2)、純水 7.8  $\mu$ l の計 20  $\mu$ l で行った。PCR サイクルは、1st PCR が (98°C 10 秒~55°C 5 秒~68°C 1 秒)  $\times$  40 サイクル、2nd PCR が (98°C 10 秒~53°C 5 秒~68°C 1 秒)  $\times$  25 サイクル行った。

PCR 反応後、1.2%アガロースゲル電気泳動 (Agarose S, Nippon Gene 社) を行い、増幅産物が得られたか確認し、ボレリア菌保持の有無を判定した。

## 2-4. 統計解析

### 2-4-1. 地域ごとのマダニ類密度の比較

まず、厚岸町サンプリング地点を、北部 (地点 A~D)・南部 (地点 E~G)・西部 (H~I) に分けた (図 1)。地域ごとのマダニ密度を比較するために、目的変数をマダニ個体数、説明変数を地域 (北部/南部/西部)、offset 項にサンプリング時間を入れて、統計ソフト R (R Core Team, 2021) の `glht` 関数でチューキーの多重比較検定を行

った。マダニ個体数の誤差構造はポアソン分布を仮定した。また、目的変数のマダニ個体数は、マダニ属とチマダニ属のそれぞれに対しても、同様の計算も行った。

#### 2-4-2. 季節ごとのマダニ類密度の比較

まず、マダニのサンプリングした時期を、夏（6月・7月）と秋（10月）に分けた。季節ごとのマダニ密度を比較するために、目的変数をマダニ個体数、説明変数を季節（夏／秋）、offset 項にサンプリング時間を入れて、統計ソフト R（R Core Team, 2021）の glm 関数で計算した。マダニ個体数の誤差構造はポアソン分布を仮定した。また、目的変数のマダニ個体数は、マダニ属とチマダニ属のそれぞれの個体数に対しても、同様の計算も行った。

#### 2-4-3. 地域ごとのマダニ属とチマダニ属の比率

採集したマダニ類は、マダニ属（*Ixodes*）とチマダニ属（*Haemphysalis*）に分けられた。地域ごとのマダニ類種組成を比較するために、目的変数をマダニ属が占める割合、説明変数を地域（北部／南部／西部）にして、統計ソフト R（R Core Team, 2021）の glht 関数でチューキーの多重比較検定を行った。マダニ属が占める割合の誤差構造は二項分布を仮定した。

#### 2-4-4. 季節ごとのマダニ属とチマダニ属の比率

季節ごとのマダニ類種組成を比較するために、目的変数をマダニ属、説明変数を季節（夏／秋）にして、統計ソフト R（R Core Team, 2021）の glm 関数で計算した。マダニ属が占める割合の誤差構造は二項分布を仮定した。

#### 2-4-5. 地域ごとのシュルツェマダニ密度の比較

シュルツェマダニの地域ごとの密度を比較するために、目的変数をシュルツェマダニの個体数、説明変数を地域（北部／南部／西部）にして、統計ソフト R（R Core Team, 2021）の glht 関数でチューキーの多重比較検定を行った。シュルツェマダニ個体数の誤差構造はポアソン分布を仮定した。

#### 2-4-6. 季節ごとのシュルツェマダニ密度の比較

シュルツェマダニの季節ごとの密度を比較するために、目的変数をシュルツェマダニの個体数、説明変数を季節（夏／秋）にして、統計ソフト R（R Core Team, 2021）の glm 関数で計算した。シュルツェマダニ個体数の誤差構造はポアソン分布を仮定した。

#### 2-4-7. 地域ごとのシュルツェマダニのボレリア菌保持率の比較

シュルツェマダニの地域ごとのボレリア菌保持率を比較するために、目的変数をボレリア菌保持の有無、説明変数を地域（北部／南部／西部）にして、統計ソフト R（R Core

Team, 2021) の `glht` 関数でチューキーの多重比較検定を行った。ボレリア菌保持の有無の誤差構造は二項分布を仮定した。

#### 2-4-8. 季節ごとのシュルツェマダニのボレリア菌保持率の比較

シュルツェマダニの季節ごとのボレリア菌保持率を比較するために、目的変数をボレリア菌保持の有無、説明変数を季節(夏/秋)にして、統計ソフト R (R Core Team, 2021) の `glm` 関数で計算した。ボレリア菌保持の有無の誤差構造は二項分布を仮定した。

### 3. 結果

#### 3-1. マダニ類密度

##### 3-1-1. 地域ごとのマダニ類密度の比較

マダニ類の密度は、厚岸町の北部や西部に比べて、南部が有意に高かった（図3）。マダニ属の密度はすべての地域間で有意な差があり、南部、北部、西部の順に密度が高かった（図4）。チマダニ属の密度はすべての地域間で有意な差があり、南部、西部、北部の順に密度が高かった（図5）。

##### 3-1-2. 季節ごとのマダニ類密度の比較

マダニ類の密度は、秋よりも夏の方が有意に高かった（図6）。マダニ属の密度は、秋よりも夏の方が有意に高かった（図7）。一方、チマダニ属の密度は夏よりも秋の方が有意に高かった（図8）。

#### 3-2. マダニ属とチマダニ属の比率

##### 3-2-1. 地域ごとのマダニ属とチマダニ属の比率

西部と南部よりも北部でマダニ属の比率が有意に高かったが、西部と南部で有意な差はなかった（図9）。

##### 3-2-2. 季節ごとのマダニ属とチマダニ属の比率

秋よりも夏の方がマダニ属の比率が有意に高かった（図 10）。

### 3-3. シュルツェマダニ密度

#### 3-3-1. 地域ごとのシュルツェマダニ密度の比較

シュルツェマダニの密度は、西部よりも南部の方が有意に高かったが、西部と北部間、南部と北部間では有意な差は見られなかった（図 11）。

#### 3-3-2. 季節ごとのシュルツェマダニ密度の比較

シュルツェマダニの密度は、秋よりも夏の方が有意に高かった（図 12）。

### 3-4. ボレリア菌保持率

スクリーニングの結果、109 匹中、21 匹（約 19%）がボレリア菌を保持していた。

#### 3-4-1. 地域ごとのボレリア菌保持率の比較

ボレリア菌保持率は、北部・南部・西部で有意な差はなかった（図 13）。

#### 3-4-2. 季節ごとのボレリア菌保持率の比較

ボレリア菌保持率は、夏と秋で有意な差はなかった（図 14）。

## 4. 考察

マダニ類の密度は、マダニ属とチマダニ属の両方で厚岸町の南部が高かった。詳細なデータはないが、南部の調査地点では、エゾシカを高頻度で見ることが多かった。エゾシカの密度が高いことで、マダニ類の密度も高くなっている可能性が考えられた (Matsuyama et al., 2019)。また、南部は、愛冠岬や原生花園あやめヶ原などの観光地があり、本調査では、人が通る道においてもマダニ類が多く採取されたことから、マダニ刺症リスクが高いと考えられる。むやみに草むらに入らないように注意喚起の看板を設置する必要があると考える。

マダニ類の密度は、秋より夏の方が高いことが明らかになった。また、マダニ属の密度は秋よりも夏の方が高く、チマダニ属は夏よりも秋の方が高かった。本研究で採取されたマダニ属は、ヤマトマダニとシュルツェマダニであったが、これら2種は春から夏にかけて活動が活発になるという先行研究 (藤本ら, 1987; Fujimoto, 1993) と一致している。

マダニ属とチマダニ属の比率は、北部でマダニ属の比率が高いことが明らかになった。地域が異なると、動物相が変化するので、マダニ種組成が異なることが知られている (松山ら, 2019)。今回の調査で、ローカルなスケールでも異なることが明らかになった。しかし、今回は1年間の研究であるため、年変動がある可能性を考慮して、より長期的に種組成の違いを調べる必要がある。また、動物相や植生など種組成に与える影響の要因

を解明する必要もあると考えられる。

シュルツェマダニの密度は南部で高いことが明らかになり、南部で刺症リスクが高い可能性がある。また、秋よりも夏に密度が高いことが明らかになり、シュルツェマダニの活動は春から夏にかけて多いという先行研究（藤本, 1993）と一致している。

ライム病の保持率は地域間・季節間で違いはないことが明らかになったため、ライム病は時空間的に均一に蔓延している可能性が考えられる。すべての地域・季節で、シュルツェマダニに刺されるとライム病に感染するリスクがあると言える。シュルツェマダニの季節消長も考慮すると、ライム病は特に、春から夏にかけて感染リスクが高いと考えられる。

本研究によって、厚岸町のマダニ類とライム病の潜在分布が明らかになった。本研究では、ボレリア菌の保持率は19%ほどであったが、北海道の他の地域と比べると、シュルツェマダニの密度とボレリア菌保持率は比較的高く（Tsukamoto and Hirao, 未発表）、ライム病の感染リスクが高い可能性がある。このことから、森林環境を体験するエコツアーリズムなどにおいて、マダニの刺症リスクがあることを参加者に周知させる必要性があることを提言する。

## 5. 引用文献

- Anderson F. John. Epizootiology of *Borrelia* in Ixodes Tick Vectors and Reservoir Hosts. *Reviews Of Infectious Diseases*. 1989, vol.11, supplement 6, p.S1451-S1459.
- Berglund J, Eitrem R, Ornstein K, Lindberg A, Ringér A, Elmud H, Carlsson M, Runehagen A, Svanborg C and Norrby R. An epidemiologic study of Lyme disease in southern Sweden. *N Engl J Med*. 1995, vol.333, no.20, p.1319-1327.
- Bratton L. Robert, Corey G. Ralph. Tick-Borne Disease. *American Family Physician*. 2005, vol.71, no.12, p.2323-2330.
- Dantas-Torres Filipe, Riccardo Paolo Lia, Gioia Capelli and Domenico Otranto. Efficiency of flagging and dragging for tick collection. *Exp Appl Acarol*. 2013, vol.61, p.119-127.
- Fujimoto Kazuyoshi. Effect of photoperiod on the attachment and development of immature *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina : Ixodidae). *Medical Entomology and Zoology*. 1993, vol.44, no.3, p.271-277.
- 藤本 和義, 山口 昇 and 高橋 守. マダニ類の生態学的研究 : 2. 埼玉県南西部における 3 種のマダニ類, キチマダニ, ヤマトマダニ, タネガタマダニの季節的消長の比較. *衛生動物*. 1987, vol.38, no.1, p.7-12.
- 藤田博己, 山本進, 野田伸一 and 渡辺百合子. 鹿児島県本土域におけるマダニ調査およびマダニ保有微生物の検索. *日本ダニ学会誌*. 1999, vol.8, no.1, p.9-19.
- 稲富佳洋, 上野真由美 and 宇野裕之. ライトセンサスによるエゾシカ生息動向の評価. *環境科学研究センター所報*. 2015, vol.5, p.61-71.
- Jongejan F. and Uilenberg G.. The global importance of ticks. *Parasitology*. 2004, vol.129, p.S3-S14.
- 環境省. “改正鳥獣法に基づく指定管理鳥獣捕獲等事業の推進に向けた全国のニホンジカの密度分布図の作成について (お知らせ)”. 2015. <http://www.env.go.jp/press/101522.html>, (参照 2022-01-14).
- Kilpatrick A. Marm, Andrew D. M. Dobson, Taal Levi, Daniel J. Salkeld, Andrea Swei, Howard S. Ginsberg, Anne Kjemtrup, Kerry A. Padgett, Per M. Jensen, Durland Fish, Nick H. Ogden and Maria A. Diuk-Wasser. Lyme disease ecology in a changing world: consensus, uncertainty, and critical gaps for improving control. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2017, vol.372,

p.1-15.

LoGiudice Kathleen, Richard S. Ostfeld, Kenneth A. Schmidt and Felicia Keesing. The ecology of infectious disease: Effects of host diversity and community composition on Lyme disease risk. PNAS. 2003, vol.100, no.2, p.567-571.

Margos Gabriele, Anne G. Gatewood, David M. Aanensen, Klára Hanincová, Darya Terekhova, Stephanie A. Vollmer, Muriel Cornet, Joseph Piesman, Michael Donaghy, Antra Bormane, Merrilee A. Hurn, Edward J. Feil, Durland Fish, Sherwood Casjens, Gary P. Wormser, Ira Schwartz and Klaus Kurtenbacha. MLST of housekeeping genes captures geographic population structure and suggests a European origin of *Borrelia burgdorferi*. Proc Natl Acad Sci U S A. 2008, vol.105, no.25, p.8730-8735.

Matsuyama Hiroyuki, Agetsuma Naoki, Okada Ayumi and Suzuki Maki. The effect of deer exclusion on tick abundance in Japan: the verification based on field experiment for controlling deer density. Med. Entomol. Zool. 2019, vol.70, no.3, p.153-158.

松山 紘之, 猪熊 壽, 岡田 あゆみ and 進藤 順治. 青森県八戸市のニホンジカとニホンカモシカから採取されたマダニ類—過去に報告されたマダニ種との比較—. 日本ダニ学会誌. 2019. vol.28, no.1, p.29-32.

McCOY K.D. The population genetic structure of vectors and our understanding of disease epidemiology. Parasite. 2008, vol.15, p.444-448.

Mead S. Paul. Epidemiology of Lyme Disease. Infect Dis Clin N Am. 2015, vol.29, p.187-210.

Medlock M Jolyon, Kayleigh M Hansford, Antra Bormane, Marketa Derdakova, Agustín Estrada-Peña, Jean-Claude George, Irina Golovljova, Thomas GT Jaenson, Jens-Kjeld Jensen, Per M Jensen, Maria Kazimirova, José A Oteo, Anna Papa, Kurt Pfister, Olivier Plantard, Sarah E Randolph, Annapaola Rizzoli, Maria Margarida Santos-Silva, Hein Sprong, Laurence Vial, Guy Hendrickx, Herve Zeller and Wim Van Bortel. Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe. Parasites & Vectors. 2013, vol.6, no.1. p.1-11.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. URL <https://www.R-project.org/>.

佐藤 七七朗. ライム病. 日獣会誌. 1993, vol.46, p.289-293.

- Schotthoefer M. Anna and Frost M. Holly. Ecology and Epidemiology of Lyme Borreliosis. Clin Lab Med. 2015, vol.35, p.723-743.
- 瀬戸順次, 東英生, 田中静佳, 小城伸晃, 中村夢奈, 池田辰也 and 水田克巳. 山形県内マダニのマダニ媒介感染症病原体調査. 日本獣医師会雑誌. 2020, vol.73, no.9, p.517-524.
- Sonenshine E. Daniel. Range Expansion of Tick Disease Vectors in North America: Implications for Spread of Tick-Borne Disease. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018, vol.15, no.478, p.1-9.
- Stuenkel Snorre, Erik G. Granquist and Cornelia Silaghi. Anaplasma phagocytophilum—a widespread multi-host pathogen with highly adaptive strategies. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2013, vol.3, no.31, p.1-33.
- Takada Nobuhiro, Takahashi Mamoru, Fujita Hiromi and Natsuaki Masaru. Medical Acarology in Japan. Hokuryukan publ, 2019.
- 角田 隆. 千葉県から記録された中型・大型哺乳類寄生性マダニ類. 千葉中央博自然誌研究報告. 2012, vol.12, no.1, p.33-42.
- 辻 尚利, 藤崎幸蔵. マダニの生存戦略と病原体伝播. 化学と生物. 2012, vol.50, no.2, p.119-126.
- Yamaji Kayoko, Aonuma Hiroka and Kanuka Hirotaka. Distribution of tick-borne diseases in Japan: Past patterns and implications for the future. 2018, Journal of Infection and Chemotherapy, vol.24, p.499-504.
- 山内 健生, 渡辺 護 and 沢邊 京子. 石川県におけるマダニ相調査 (2013~2014年). 衛生動物. 2020, vol.71, no.2, p.101-104.
- Zhan Jianbo, Qin Wang, Jing Cheng, Bing Hu, Jing Li, Faxian Zhan, Yi Song and Deyin Guo. Current status of severe fever with thrombocytopenia syndrome in China. Virologica Sinica. 2017, vol.32, issue.1, p.51-62.

## 6. 謝辞

本研究は、令和3年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金をもとに行われました。ご担当の澁谷辰生様をはじめ厚岸水鳥観察館の皆様には、調査のアドバイスを頂き、厚岸水鳥観察館を宿泊に利用させて頂きました。また、東京大学大学院の平尾聡秀講師には、本研究を進めるにあたり様々な指導と助言を頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

## 7. 表

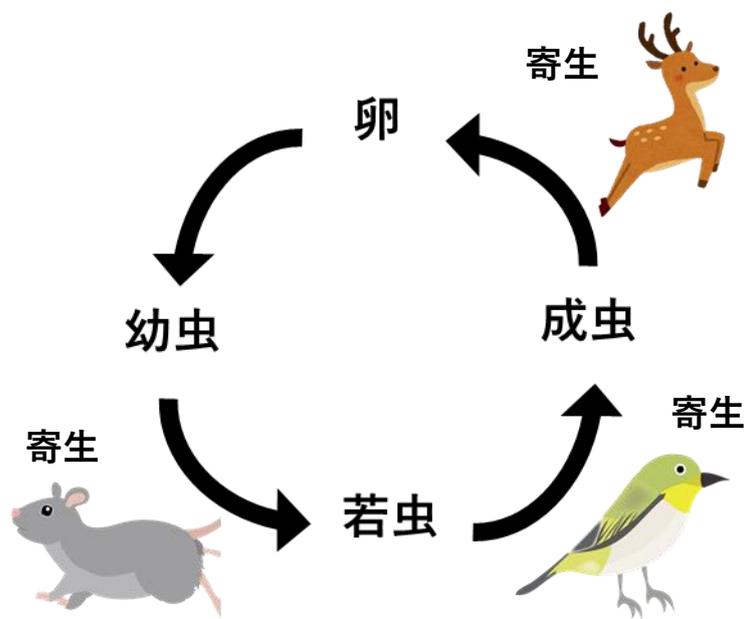
表 1. 形態同定の結果

location	シュルツェマダニ( <i>I. persulcatus</i> )			ヤマトマダニ( <i>I. ovatus</i> )			チマダニ属( <i>Haemphysalis</i> sp.)			マダニ属幼虫( <i>Ixodes</i> sp.)			チマダニ属幼虫 ( <i>Haemphysalis</i> sp.)			不明		
	6月	7月	10月	6月	7月	10月	6月	7月	10月	6月	7月	10月	6月	7月	10月	6月	7月	10月
A	1	5	0	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	13	5	1	5	11	0	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	3	0	0	18	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E	5	2	0	1	2	0	87	23	75	0	0	0	8	2	1	2	0	0
F	10	16	0	16	19	0	17	10	26	2	0	0	14	18	3	0	0	0
G	25	10	2	22	30	0	4	9	21	0	0	0	13	12	0	0	0	0
H	7	2	1	4	6	0	3	6	21	5	0	0	3	5	0	0	0	0
I	0	0	1	2	4	0	1	3	16	0	0	0	0	1	3	0	0	0
合計	64	40	5	73	78	0	123	56	160	7	0	0	39	38	7	2	0	0

表 2. ボレリア菌スクリーニングに用いたプライマーの塩基配列 (Margos et al., 2008)

遺伝子座	Primer(5'-3')	プライマー名	bp
<b><i>clpX</i></b>			
Inner forward	AATGTGCCATTTGCAATAGC	clpXF403	
Inner reverse	TTAAGAAGACCCTCTAAAATAG	clpXR1124	721
Outer forward	GCTGCAGAGATGAATGTGCC	clpXF391	
Outer reverse	GATTGATTTTCATATAACTCTTTTG	clpXR1273	

8. 図



Schotthoefer et al., (2015) を改変

図1. マダニ類の生活環

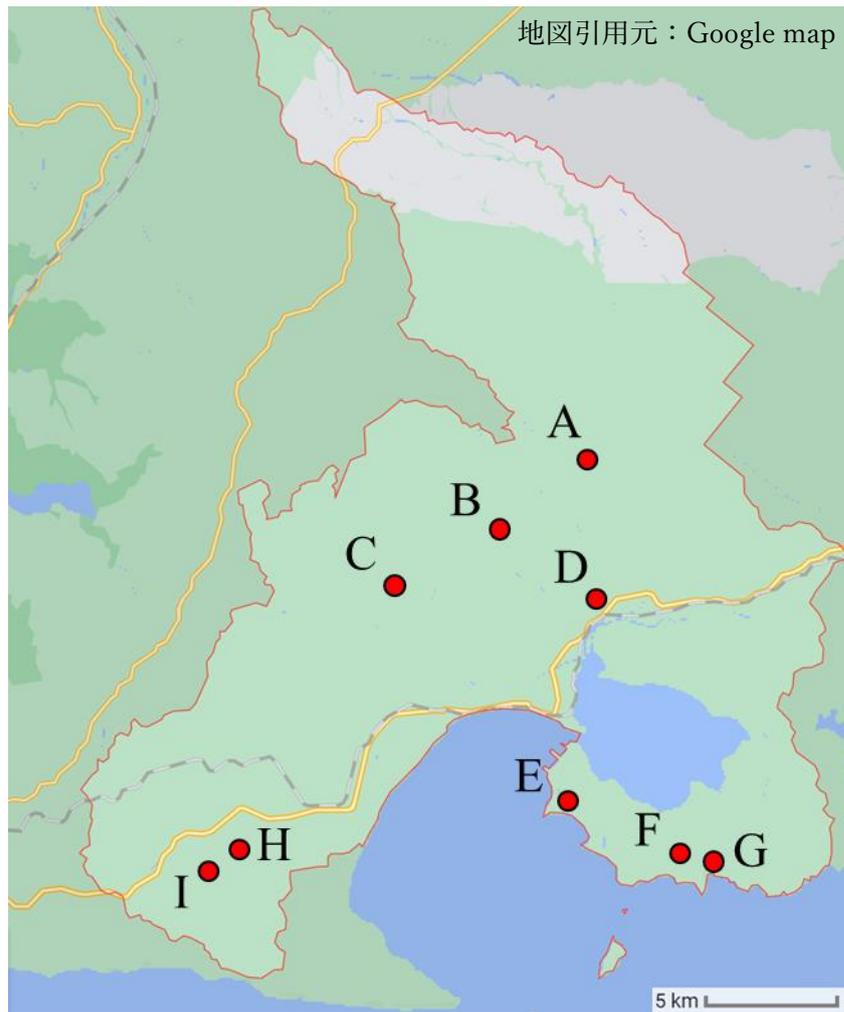


図2. 厚岸町サンプリング地点

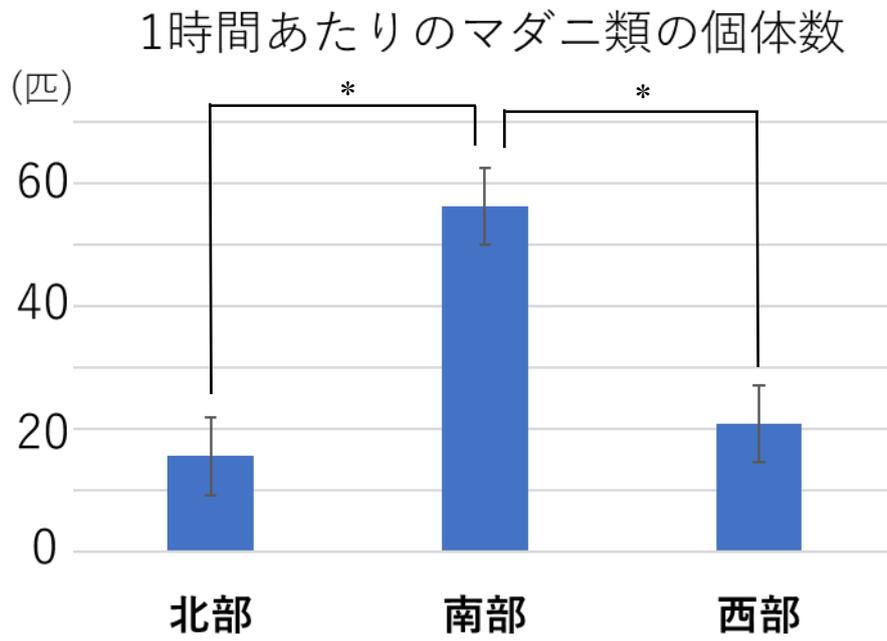


図3. 地域ごとの1時間あたりのマダニ類個体数の比較

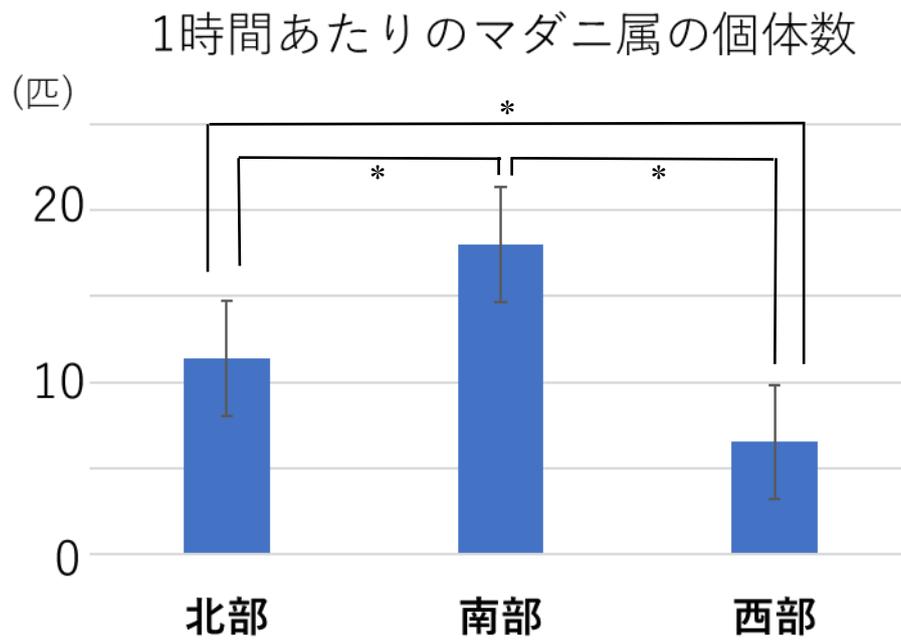


図 4. 地域ごとの 1 時間あたりのマダニ属個体数の比較

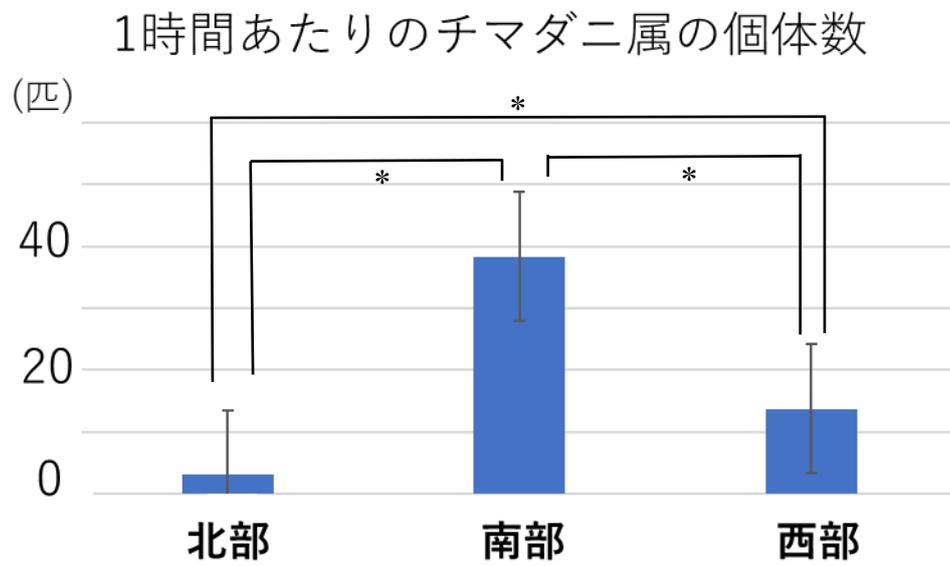


図 5. 地域ごとの 1 時間あたりのチマダニ属個体数の比較

## 1時間あたりのマダニ類の個体数

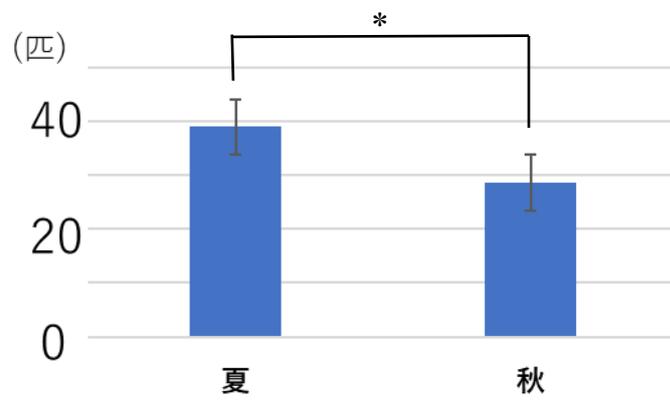


図 6. 季節ごとの 1 時間あたりのマダニ類個体数の比較

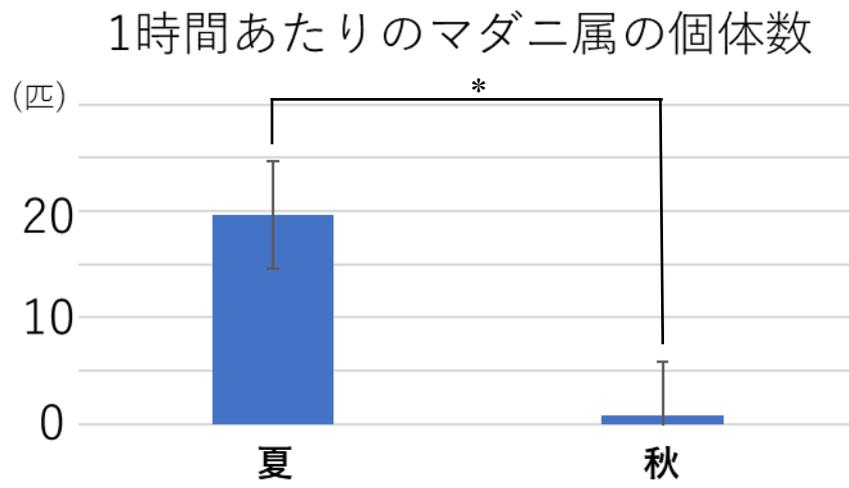


図7. 季節ごとの1時間あたりのマダニ属個体数の比較

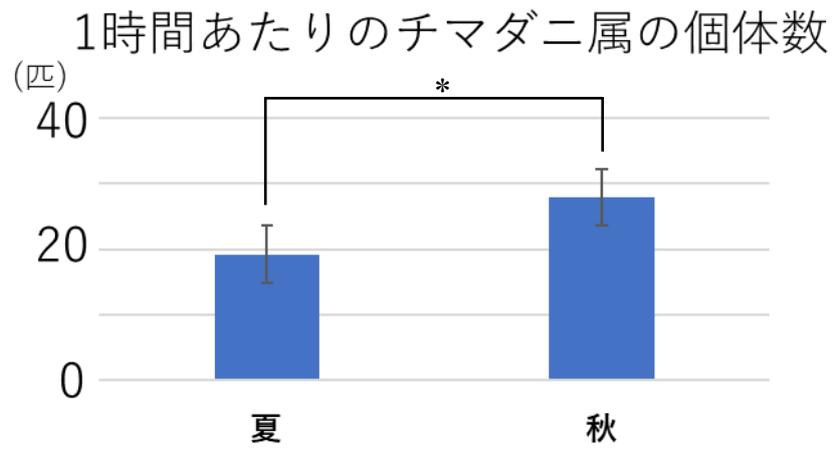


図 8. 季節ごとの 1 時間あたりのチマダニ属個体数の比較

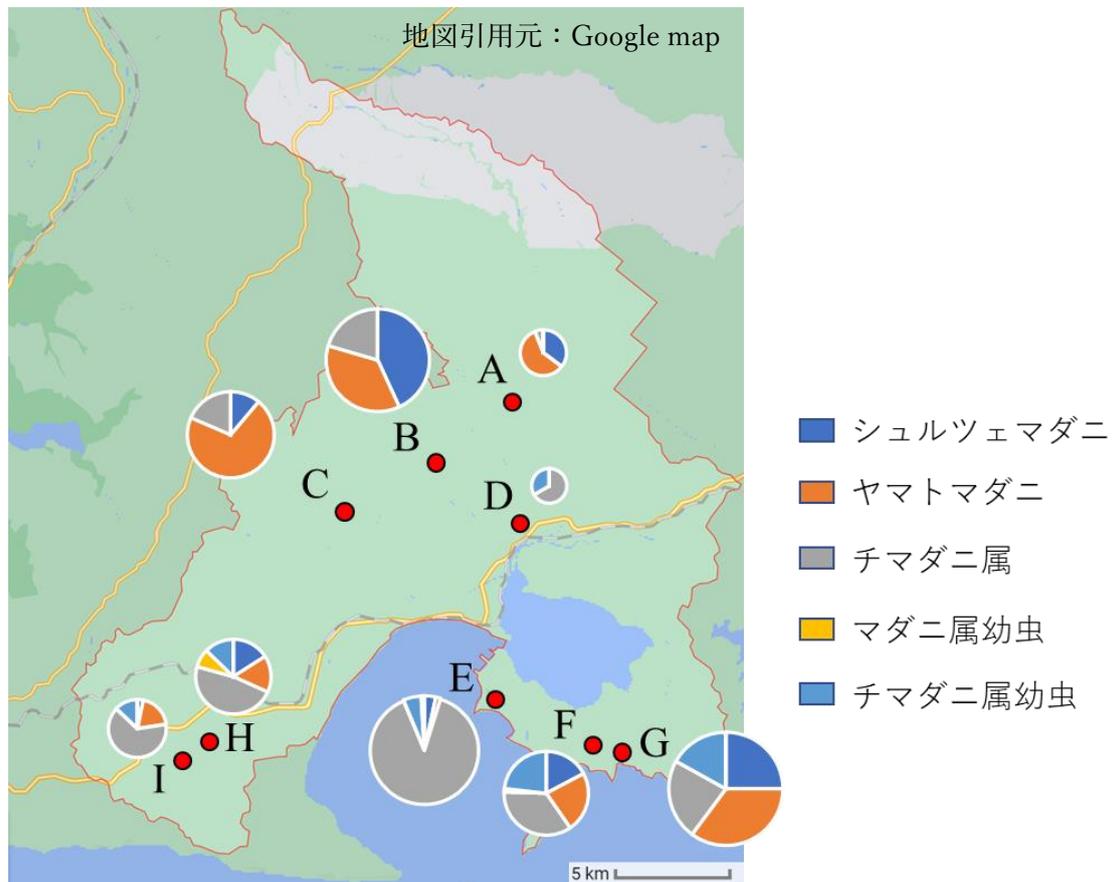


図9. 地域ごとのマダニ類の種組成（夏・秋含めた全期間）

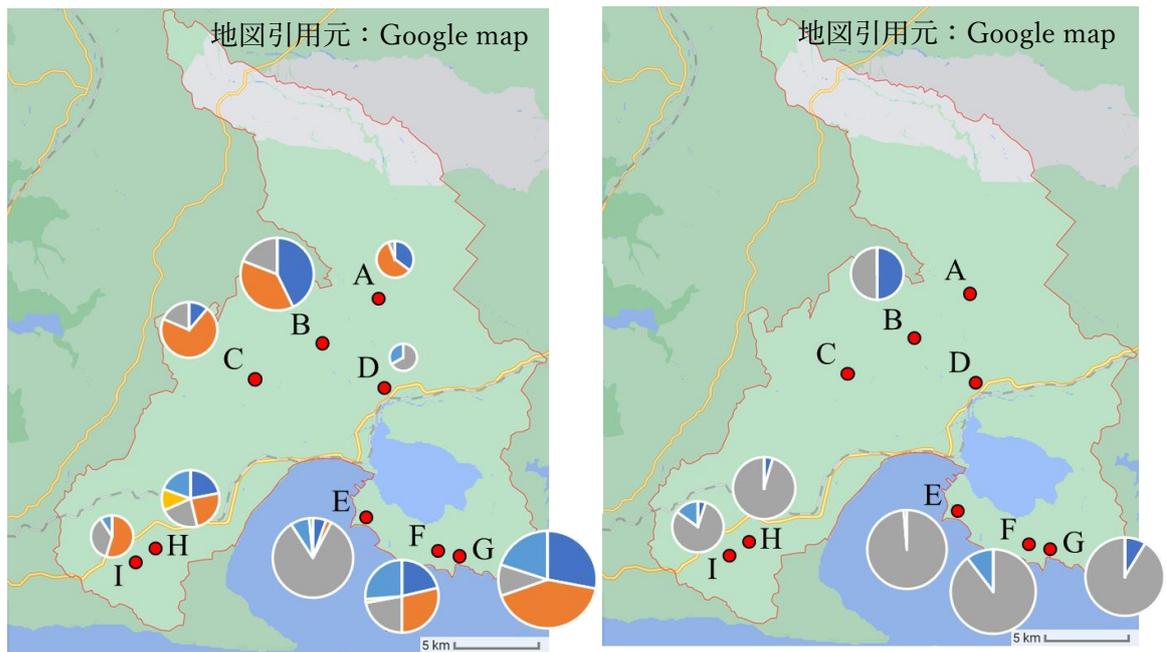


図 10. 地域ごとのマダニ類の種組成 (左図: 夏、右図: 秋)

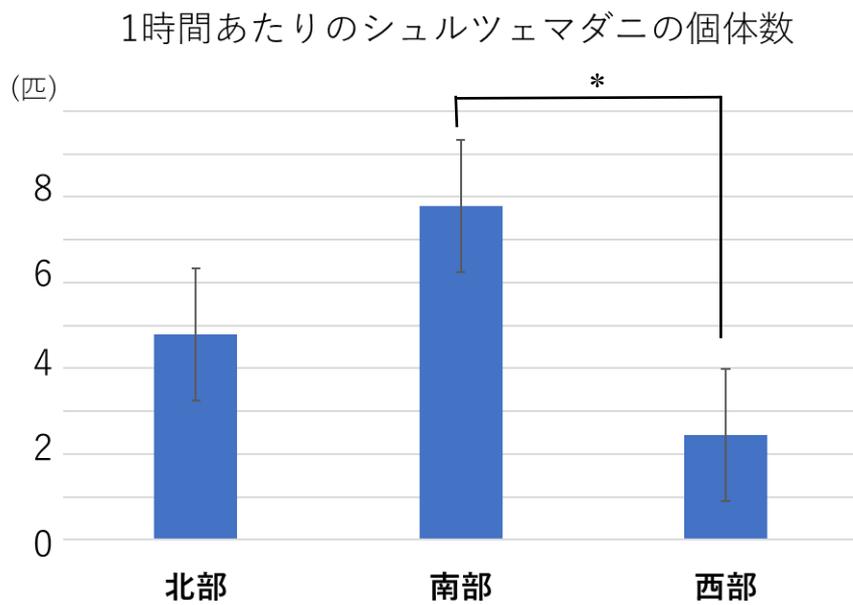


図 11. 地域ごとの 1 時間あたりのシュルツェマダニ個体数の比較

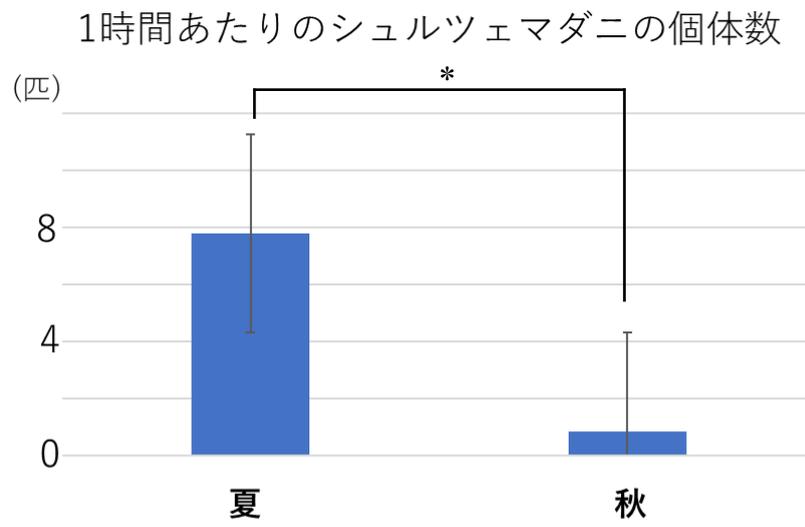


図 12. 季節ごとの 1 時間あたりのシュルツェマダニ個体数の比較

## ボレリア菌保持率

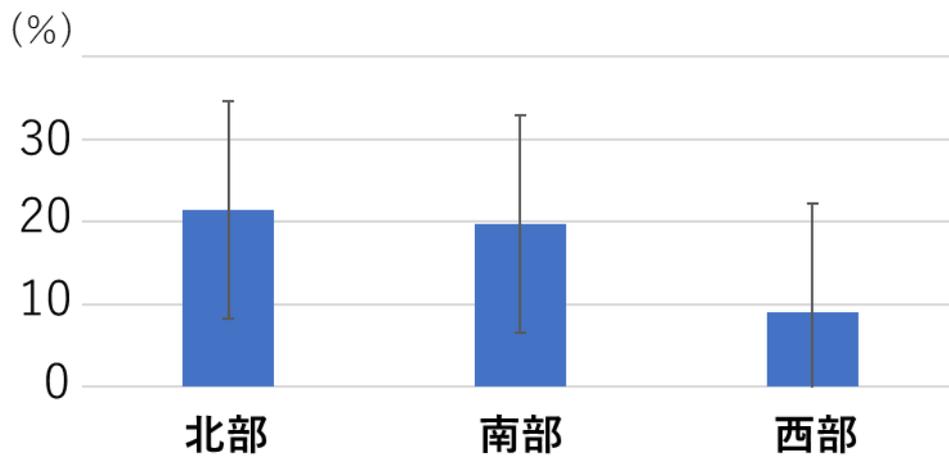


図 13. 地域ごとのボレリア菌保持率の比較

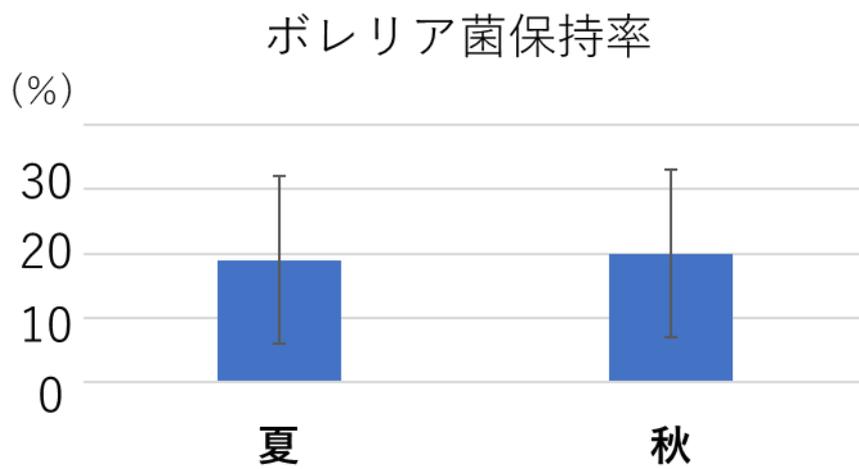


図 14. 季節ごとのボレリア菌保持率の比較

## 9. 写真



地点 A



地点 B



地点 C



地点 D



地点 E



地点 F



地点 G



地点 H



地点 I

写真 1. 各調査地点の写真



写真 2. 旗振り法の実際の様子（北海道函岳にて）



写真3. マダニ類の形態同定

左列が背面、右列が腹側

1行目：シュルツェマダニ成虫メス、2行目：ヤマトマダニ成虫メス、

3行目：チマダニ属成虫メス