

学位論文題名

The Ecologies of *Borrelia* spp. in Hokkaido, Japan

（北海道におけるボレリア種の生態）

学位論文内容の要旨

The ecologies of *Borrelia* spp. are very specific to location, since they are dependent upon the spirochete species, the vectors, and the host vertebrates present. The intent of this research was to describe the poorly studied ecological interactions of each of the most common *Borrelia* spp. found in Hokkaido, Japan, with their respective vectors and suspected host species. To this end, this research was endeavored in order to identify factors involved in *Borrelia* spp. maintenance by cross-comparison between sampling areas within Hokkaido (eastern and central), across time (May through September), among host species (deer, five rodent species and three shrew species), and between important vector ticks (*Ixodes persulcatus* and *Ixodes ovatus*).

First, a study was performed to examine questing tick infection rates with various *Borrelia* spp., and to contrast those rates between the two sampling areas in Hokkaido. Furthermore, comparison was made for tick abundance between the two areas by species and stage. Notably, tick abundance was significantly greater in eastern Hokkaido, yet infection rates of *I. persulcatus* with each *Borrelia* spp. were similar between areas. *Borrelia garinii*, a Lyme disease *Borrelia* sp., was the most common species found carried by questing *I. persulcatus*, and *Borrelia miyamotoi*, a relapsing fever *Borrelia* sp., was the least common.

Second, a study was performed on whether deer act as important reservoir hosts for Lyme disease *Borrelia* spp. Although it is difficult to determine with conviction that deer do not act as hosts, the results of this study suggest that, if deer are involved, they play a minor role. However, a novel *Borrelia* sp. similar to *Borrelia lonestari*, a relapsing fever *Borrelia* sp. also found among deer in the United States, was discovered during this study, and is herein reported for the first time. The absence of this *Borrelia* sp. among rodents or shrews, and the prevalence among deer suggest that deer may be an important host for this species.

Third, a study was performed on wild rodents to determine the infection rates with various *Borrelia* spp., the level of exposure to feeding nymphs and larvae of

both *I. persulcatus* and *I. ovatus*, and the level of exposure to Lyme disease *Borrelia* spp. Furthermore, comparisons were made for rodent abundance, infection rates, and tick exposure between the two sampling areas by species. Notably, rodent abundance was greater in eastern Hokkaido, but infection rates between respective rodent species were generally similar between areas. Furthermore, differential infection rates among rodent species were correlated with tick burdens of the respective vectors of each Lyme disease *Borrelia* sp. Also, this study showed for the first time, in Hokkaido, that infections with Lyme disease *Borrelia* spp. are age-dependent. For *B. miyamotoi*, however, this is not true, and this species likely does not cause persistent infections in rodents the way that the Lyme disease *Borrelia* spp. do. Moreover, *B. miyamotoi* infections in blood were highly correlated with larval *I. persulcatus* attachment, suggesting that larvae may be important vectors of this *Borrelia* sp.

Finally, a study determined the infection rates of shrew species with various *Borrelia* spp. This study agreed with previous research suggesting that these species are only moderately involved in the maintenance of pathogenic Lyme disease *Borrelia* spp. More importantly, this is the first report of *B. miyamotoi* in shrew species, and the herein recorded data indicates that shrews may be at least as important for the maintenance of this *Borrelia* sp. as rodents.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 坪 田 敏 男
副 査 教 授 大 橋 和 彦
副 査 教 授 杉 本 千 尋
副 査 川 端 寛 樹 (国立感染症研究所)

学位論文題名

The Ecologies of *Borrelia* spp. in Hokkaido, Japan

(北海道におけるボレリア種の生態)

ボレリアの生態は、地域ごとに混在するボレリア種、ベクター（ダニ）の種類および自然宿主動物種によって異なる。本研究は、北海道における疫学上重要なボレリア種について、媒介するダニと宿主動物との生態的相互作用を明らかにすることを目的とした。

最初に、自然界に存在するダニに感染しているボレリア種および各々の感染率を調べ、それを北海道の2地域（道東と道央）で比較した。さらに2地域におけるダニの個体数を比較した。ダニの個体数は、道央よりも道東で有意に高かった。しかし、シュルツェマダニ *Ixodes persulcatus* における各ボレリア種の感染率に差はみられなかった。ライム病の病原菌として重要な *Borrelia garinii* がダニで最も感染率が高く、回帰熱ボレリアであり、人間への病原性が示唆されている *B. miyamotoi* の感染率が最も低かった。

次に、Polymerase Chain Reaction および抗体検査により、北海道においてシカがライム病ボレリアの宿主としての役割をはたしているかを調べた。シカが宿主としての役割をはたしていないと結論付けるのは困難ではあるが、本研究の結果から、少なくとも重要な宿主ではないことが示唆された。しかし、本研究において、米国でシカから検出されている *B. lonestari* という種に近縁なボレリアを初めて発見した。一方、げっ歯類や食虫目でこのボレリアが発見されなかったことから、シカがこのボレリアの維持に重要な役割をはたしていることが示唆された。

三つ目に、野生のげっ歯類におけるボレリア種および各感染率、*Ixodes persulcatus* と *I. ovatus* の幼ダニ・若ダニへの暴露、そしてライム病ボレリアへの暴露率等を調べた。さらに、ネズミ種毎の個体数を2地域で比較した。個体数が道央より道東で多かったのに対して、ボレリア感染率は2地域で差がない傾向を示した。なお、各ネズミ種におけるライム病ボレリア感染率に差がみられ、吸着しているダニの数と有意に関連性を示した。さらに、ライム病ボレリア感染率がげっ歯類の月齢とともに増大した。一方、回帰熱ボレリア *B. miyamotoi* の感染率は年齢と関連なく、感染は一過性で、持続しないことが示唆された。*B. miyamotoi* の血液感染が *I. persulcatus* 幼ダニの吸着と強い関連性を示したことから、このボレリアの媒介に幼ダニが重要な役割をはたしていると思われる。

最後に、食虫目におけるボレリア感染について調べた。本研究は、ライム病ボレリア感染にトガリネズミは重要ではないことを示唆する過去の論文を裏付けるものであった。しかし、トガリネズミでの *B. miyamotoi* 感染が本研究で初めて報告され、トガリネズミが *B. miyamotoi* の重要な宿主として役割をはたしていることが示唆された。

本研究では、北海道におけるボレリアの生態を、ボレリア種、ベクターの種類および自然宿主動物の観点から明らかにした。これらの知見は、人獣共通感染症であるライム病および回帰熱ボレリアの疫学上重要な知見を提供している。よって審査員一同は、上記博士論文提出者 Kyle Rueben Taylor 氏の博士論文は、北海道大学大学院獣医学研究科規程第6条の規定による本研究科の行う博士論文の審査等に合格と認めた。