HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Ecological consequences of genetic variation in a foundation species on above -and below-ground communities in the field [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	鍵谷, 進乃介
Citation	北海道大学. 博士(環境科学) 甲第13894号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/78586
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Shinnosuke_KAGIYA_abstract.pdf (論文内容の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 鍵谷 進乃介

学 位 論 文 題 名

Ecological consequences of genetic variation in a foundation species on above- and below-ground communities in the field

（地上部−地下部群集への生態系基盤種の遺伝的変異の影響に関する生態学的研究）

近年、生物種内にみられる遺伝的変異が生物間相互作用の強度や正負、帰結に及ぼす影響への関心が高まっている。多くの研究によって、植物種内の遺伝的変異から、表現形質の変異を介した、多様な生物の群集構造への波及効果が示されてきた。しかし、ほとんどの研究が圃場実験を用いた均質な環境下での結果に基づいている。そのため、生物群集形成における植物の遺伝的変異の重要性に関して、複雑な野外環境下での理解は不十分である。また、これまでの研究では、植物と植食者のような捕食－被食相互作用に基づく群集形成に着目しているが、生物群集でみられる生物間相互作用は捕食－被食関係だけではない。特に、ほとんどの陸上植物が普遍的に根圏微生物と共生しているが、共生関係にみられる遺伝的変異が群集構造に与える効果は明らかにされていない。共生微生物には、寄主植物の成長や生存に多大な影響を及ぼし得るほどの多様な遺伝的変異が存在する。しかし、共生関係における遺伝的変異の効果に関する知見のほとんどが操作実験に基づいており、植物と共生する共生微生物の群集構造の野外実態はまだわかっていない。そのため、野外における植物－根圏微生物の共生関係によって生み出される植物種内の表現型変異とその生態学的波及効果も見過ごされている。野外環境下における植物の種内変異から生物群集への波及効果の理解には、捕食－被食に基づく地上部群集と、共生微生物の地下部群集を統合する必要がある。

本論文では、森林生態系を構成する基盤的樹種における遺伝的変異が樹上性節足動物と地下部共生細菌のそれぞれの群集形成に与える影響の違いを解明し、地上部と地下部の生物群集の植物を介した相互作用を明らかにすることで、野外生物群集の形成における生態系基盤種の遺伝的変異の役割を包括的に理解することを目的としている。この目的を達成するため、河畔林の構成樹種であるケヤマハンノキ（以下、ハンノキ）と、ハンノキ属植物と根粒共生する窒素固定細菌フランキアの野外共生系モデルを確立し、次世代シーケンサー（NGS）を活用したゲノム解析手法によって、以下の研究を行った。

第2章では、野外環境下においてハンノキの遺伝的変異によって樹上に形成される節足動物群集が異なることを検証するため、北大雨龍研究林に生育するハンノキを対象として、RAD-seqによるゲノムワイド多型解析と節足動物群集の野外調査を行った。その結果、地理的距離には依存しないハンノキの遺伝的空間構造が検出された。また、樹上に形成される節足動物の群集は、遺伝的に離れたハンノキ集団ほど異なる関係がみられた。さらに、本研究で計測したいくつかの説明要因の中

でも、ハンノキの遺伝的距離は節足動物群集の違いを予測する上で最も重要な要因であることが明らかとなり、野外における遺伝的類似則が支持された。さらに、構造方程式モデリングにより、樹上生物群集における生物間相互作用網の構造にも植物の遺伝的変異が影響していることがわかった。

第3章では、森林内における共生可能なフランキアの遺伝的多様性とその遺伝的空間構造を明らかにするため、同研究林内に生育するハンノキ稚樹 213個体に形成された根粒を約100m間隔で連続的に採取し、遺伝解析を行った。その結果、18タイプの遺伝子型のフランキアが見つかった。そして、森林内には遺伝的に異なるタイプのフランキアが、弱い地理構造を伴ってモザイク状に分布していることを明らかにした。

第4章では、遺伝的に多様に存在する共生細菌から形成される植物と共生する細菌群集の実態を調べた。共生細菌の遺伝的多様性が高い環境下で相利共生を維持するためには、利益を搾取する共生細菌との関係を避けるメカニズムが働く。そのため、植物－細菌共生系では捕食－被食相互作用とは異なるプロセスにより群集が形成されることが予想される。そこで、ハンノキと共生関係にあるフランキア群集の形成プロセスを明らかにするために、ハンノキ個体内に共生するフランキアと周囲の土壌中に存在するフランキアについて、NGSによる網羅的な探索を行った。その結果、ほぼ全てのハンノキ個体から複数のフランキア遺伝子型が検出された。しかし、周囲の土壌中には多様なフランキア遺伝子型が検出されたにも関わらず、ハンノキ根粒中からは特定の遺伝子型のみが検出された。さらに、ほとんどのハンノキ個体に形成されるフランキア組成が共通した遺伝子型で構成されていた。以上より、共生相手の選別が機能的に行われていることが示された。加えて、群集解析手法を応用した共生相手の選別度合の指標（選別度指標）を発案し、ハンノキの遺伝的変異との関連性を解析した。選別度指標は近縁なハンノキ集団では類似し、土壌などの環境条件などの影響はみられなかった。即ち、共生相手の群集形成において、選別が重要であることを明らかにしたとともに、その度合いには樹木の遺伝的変異が影響している可能性が示唆された。

第5章では、ハンノキ個体内のフランキア遺伝的組成が、植物の表現形質を介して植食者の成長や生存、嗜好性に与える影響を検証するために、野外ハンノキ個体を用いた実験を行った。植食者として、ハンノキ属植物を主な餌種とするハンノキハムシ（以下、ハムシ）を用いた。第4章の結果に基づき、フランキア組成の異なるハンノキから葉を採取し、ハムシ幼虫に与える採餌実験と、これらのハンノキ葉の2組を用いた選好性実験を行った。その結果、フランキア組成によってハムシ幼虫の生存率が異なった。また、ハムシ生存率に対して、正と負の相反する効果を与える遺伝子型がフランキア組成に存在しており、植物防衛形質に対する共生細菌の遺伝的変異の効果が示された。一方で、ハムシの嗜好性に対するハンノキ集団の効果がみられ、樹木と共生細菌の遺伝的変異は異なる経路を通して植食者に影響している可能性が示唆された。

本研究より、野外環境下において、樹木の遺伝的変異が樹上性節足動物の群集構造の重要な決定要因であることが示された。一方で、共生細菌の群集構造は樹木の遺伝的変異による違いはみられなかったものの、選別度合が樹木の遺伝的変異によって異なることが示唆された。以上から、植物の遺伝的変異から生物群集への波及効果は相互作用の経路によって異なることが明らかになった。また、樹木共生細菌の群集組成は植食性昆虫の生存に影響を与えており、その影響は樹木の遺伝的変異とは異なる経路を通っている可能性が示唆された。以上より、植物－微生物共生関係の統合に

より、遺伝的類似則の発展に繋がると考えられる。遺伝情報と同様、植物と共生する微生物群集の変動は少ないことが4章の結果から予測される。しかし、植食者の生存率に影響するほどの組成の変異が植物個体間でみられたことから、樹木の遺伝的変異よりもより狭い空間スケールにおける群集予測に役立つ可能性がある。加えて、その共生細菌の群集形成プロセスには植物の遺伝的変異が影響する可能性が示唆された。以上から、植物の被食ー捕食相互作用に関わる防衛形質の遺伝的基盤に加え、共生相互作用に関わる遺伝子にも注目することで、自然生態系における生物群集の成り立ちのより深い理解が期待される。