

博士學位論文

内容の要旨

及び

審査結果の要旨

令和6年3月

近畿大学大学院

農学研究科

学位論文審査結果の報告書

氏 名

葛 西 弘

生 年 月 日

1996 年 4 月 12 日

本 籍 (国籍)

奈 良 県

学位の種類

博 士 (農 学)

学位記番号

第 262 号

学位授与の条件

学位規程第5条該当

(博士の学位)

論 文 題 目

Specificity and species diversity of

Collembola communities on fallen branches

(落枝に生息するトビムシ群集の特異性と種多様性)

学位論文受理日

令和6年 1月 16日

学位論文審査終了日

令和6年 2月 6日

審 査 委 員

(主 査) 城 島 透

(副主査) 早 坂 大 亮

(副主査) 井 上 昭 夫

指 導 教 員

早 坂 大 亮

論文内容の要旨

【導入】

トビムシは森林土壌中において最も普遍的に生息し、森林内における節足動物の種多様性を形作る重要な構成員である。これまでのトビムシを指標とした研究の多くは腐植層から出現する分類群を対象としているが、トビムシの中には腐植層からほとんど出現しない分類群が存在しており、これらの種がどのように個体群を維持しているのかは謎であった。そこで、土壌層からごく少数しか出現しないトビムシは土壌とは別の環境に生息しているとの仮説を立て、これまで全く着目されてこなかった「落枝」に注目した。落枝は樹木において恒常的に起こる部分的な枯死であり、絶えず林床に供給されている。加えて、落枝は森林内の枯死木の45%を占めるという研究例があることから、落枝は腐植層と同様にトビムシにとって必要不可欠な資源であることが予想されるものの、これまで詳細な研究はされてこなかった。これら背景のもと、本研究では、① 林床生態系内で普遍的かつ安定的に存在する資源の中での落枝トビムシ群集の位置付けを明確にするため、腐植層を落葉層(L-H層)と土壌層(A層)に大別し、落枝がどの資源と類似するトビムシ群集を持つのかを検証した。さらに、② 森林タイプの変化による影響を受けやすいのは腐植層と落枝のどちらのトビムシ群集なのかについて検証した。そして、③ トビムシの中でも特に高い多様性を有し、汎世界的に分布するイボトビムシ亜科をモデルに、落枝に生息する本亜科の多様性を全国規模で定量的に調査した。これらのデータを統合して、落枝に生息するトビムシ群集の特異性と種多様性を明らかにした。

【材料および方法】

研究1では関西地域の潜在自然植生であるコジイ林をモデルに調査を行った。落枝(腐朽段階初期、中期、後期)、落葉層、土壌層を同量(100 ml)採取し、落枝内にトビムシがどの程度存在するのかを比較した。さらに、各基質間の群集構造の違いや多様性の違いについても検討した。研究2では、森林タイプの違いによって落枝トビムシ群集の種多様性や特異性がどのように変化するのかを検証するため、天然林(コナラ林)と人工林(スギ林・ヒノキ林)において、腐植層と落枝のトビムシ群集を比較した。研究3では、日本各地の落枝に生息するイボトビムシ亜科を収集し、これらの標本を元に未知種の数調査し、さらに未記載種の記載を行った。

【結果および考察】

研究1において、落枝のトビムシ群集を落葉層や土壌層のトビムシ群集と比較した結果、落枝の腐朽段階中期と後期では、落葉層や土壌層と同じ密度のトビムシが生息していることが明らかとなる一方、種数は落枝が最も多かった。さらに、群集構造も

基質間で明確に異なり、生息環境に特異的な種の数も落枝で最も多く見出された。加えて、未知種の出現割合も落枝で最も多かった。このことは、落枝がトビムシにとって重要な資源であることを示唆するとともに、未知種が多く出現することから分類学的な研究が早急に必要であることを示すものである。研究 2 の森林タイプの比較では、土壌層のトビムシ群集は森林タイプの変化の影響をほとんど受けないのに対し、落枝のトビムシ群集は表層性種 (epedaphic) が個体数、種数ともに人工林で少なかった。さらに、特に影響を受けていたのは落枝に特異的な分類群であり、落枝に生息するトビムシ群集の特異性は森林タイプの影響を受けやすいことが明らかとなった。研究 3 では、全国 82 地点で落枝のイボトビムシ亜科を調査したところ、想像をはるかに超える多様性が明らかとなり、64 地点で未知種が発見された。また、採集された 50 種のうち 36 種が未知種の可能性が高い種であった。さらに、この中には日本でこれまで記録がなかった属 (*Paralobella* 属、*Blasconura* 属) も含まれていた。これらをもとに、日本から 2 種のイボトビムシ亜科を記載し、日本の落枝に生息するトビムシ群集の多様性を分類学的アプローチから明らかにした。

総合考察では、上記の結果を踏まえ、落枝に特異的なトビムシの 1) 保全、2) 口器形態に着目した特徴、および 3) 分類学的な問題点について考察した。

【結 論】

生態学的・分類学的アプローチから、落枝のトビムシ群集は腐植層とは異なる独自の生態系を有しており、高い種多様性を保持することが明らかとなった。加えて、落枝に特異的な種は森林タイプの変化によって喪失する恐れがあることを示した。本研究は、未記載種の宝庫であり、高い独自性を持った生物群集の生息場所として機能している落枝の生態学的重要性を明らかにしたものである。

論文審査結果の要旨

トビムシは森林土壌中において最も普遍的かつ最も個体数が多い節足動物のひとつであるとともに、樹上でも最も個体数の多い節足動物のひとつに数えられるなど、森林内の節足動物の種多様性を形作る主要な構成員となっている。さらにトビムシは、森林生態系においては微生物食や微生物の分散といった機能の他に、「土の中のプランクトン」として食物連鎖の中で重要な位置を果たす節足動物でもある。したがって、森林というエコシステムの維持機構を正しく理解するためには、トビムシを含めた無数の小さなボールベアリングがどのように存在し、どのように機能しているのかの実態解明は欠かせない。

トビムシに限らず、土壌動物についての学問は、林木の育成に関わる土壌の生成＝有機物の分解に関する研究の中で進められてきた歴史がある。それを反映して、これまで森林でのトビムシに関する研究の多くは、林床の腐植層中に生息するトビムシの種や群集を対象としたものであった。つまり、森林内のトビムシ群集を調べる際に、何の疑問も感ずることなく、慣習的に、林床からコアサンプラーを用いて試料を採集し、ツルグレン装置でトビムシを抽出するという方法が用いられてきたということである。しかし、このような手法で研究していると、様々なトビムシの中に、腐植層からほとんど出現しない分類群が存在するのに気がつくのであるが、通常はこれらの種をマイノリティーとしてほとんど無視してしまってきた。しかし、葛西弘氏はこのような先入観にとらわれず、森林内の様々な環境で観察を行い、土壌層からごく少数しか出現しないトビムシは土壌とは別の環境、すなわち、落枝に生息していることを見出した。そこで葛西氏は、トビムシに関する様々な研究報告を調べ、これまでの研究は土壌、リターまたは樹上、腐朽材（倒木材）を対象としたものがほとんどで、土林床に普遍的に存在しているはずの「落枝」はこれまで全く着目されてこなかった事実を見出した。そこで、はじめに1) 落枝を利用するトビムシ群集の位置付けを明確にするため、林床環境に普遍的に存在する腐植層を落葉層（L-H層）と土壌層（A層）に大別し、落枝がどの資源と類似するトビムシ群集を持つのかを調査した。その結果、落枝には落葉層や土壌層とは明確に異なる群集構造をしたトビムシ群集が存在することが明らかになった。さらに、生息環境に特異的な種の数も落枝で最も多いとの結果も得た。次に、森林タイプの変化による影響を受けやすいのは腐植層と落枝のどちらのトビムシ群集なのかの明らかにすべく、奈良キャンパスの落葉広葉樹林（天然林）と針葉樹林（人工林）において調査した。その結果、土壌層のトビムシ群集は森林タイプの変化の影響をほとんど受けないのに対し、落枝のトビムシ群集は落枝に特異的な分類群が天然林より人工林で有意に少ない傾向にあることを明らかにした。次に、トビムシの中でも特に高い多様性を有するイボトビムシ亜科に着目し、落枝に生息する本亜科の多様性を全国規模で定量的に調査した。全国規模で落枝のイボトビムシ亜科の多様性を調査

したところ、予想をはるかに超える未知種が発見され、全調査地点の半数以上から未知種（計 36 種）が採取された。その中には、日本でこれまで記録がなかった属も含まれていた。そこで、日本から 9 種のイボトビムシ亜科を記載し、日本の落枝に生息するトビムシ群集の多様性について、分類学的アプローチから解明した。以上の成果をまとめ、本博士論文では、落枝に特異的なトビムシ群集について口器形態に着目して特徴づけた。その上で、落枝のトビムシ群集の分類学的な問題点を考察するとともに、落枝の経済利用を行う際に落枝上のトビムシ群集が消失する恐れがあるなど、生物多様性保全の問題についても考察している。

葛西氏は、本論文の中で、落枝のトビムシの生態学的・分類学的アプローチを用いて、落枝は土壌層とは異なる独自の生態系を有しており、高い種多様性を保持する環境であることを世界で初めて証明した。加えて、落枝に特異的な種は森林タイプの変化によって喪失する恐れがあることについても言及した。このように、本研究の成果は、未記載種の宝庫であり、高い独自性を持った生物群集の生息場所として機能している落枝の生態学的重要性を明らかにしたものとして極めて独創性が高く、学術的にも価値の高いものであると判断できる。実際、落枝のトビムシ群集の独自性を示した研究内容は、学会発表した際に高く評価されており、環境動物昆虫学会で最優秀発表賞を受賞している。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、審査にあたっては、論文に関する専攻内審査および公聴会など所定の手続きを経たうえ、令和 6 年 2 月 13 日、農学研究科教授会において、論文の価値ならびに博士の学位を授与される学力が十分であると認められた。