

学 位 論 文 題 名

Field experiments of top-down and bottom-up effects
on the structure of soil animal community in a cool-
temperate forest of Japan

(日本の冷温帯林における土壌動物群集構造に対するトップダウン効果とボトムアップ効果の野外実験)

学位論文内容の要旨

生態系における食物網の制御にはトップダウン効果による制御とボトムアップ効果による制御があり、そのどちらが重要であるかについては長年議論されてきた。土壌生態系では、相対的にボトムアップ効果がトップダウン効果よりも群集の成立や維持に大きな影響を及ぼすと一般的に言われてきた。しかし、こうした結果の多くはマイクロコズムなど小さな空間スケールの実験より得られたものである。また、同一地域においてボトムアップ効果とトップダウン効果の両者を調査した研究例も多くはない。そこで、本研究では、北海道大学苫小牧研究林の冷温帯広葉樹林において、土壌生態系における高次捕食者によるトップダウン効果とリター供給がもたらすボトムアップ効果の両者を評価するため、比較的規模の大きな空間スケールの野外実験を行なった。

第1章では、高次捕食者の土壌無脊椎動物へのトップダウン効果を検討することを目的に、高次捕食者のオオアシトガリネズミ（哺乳綱トガリネズミ科）の導入区（エンクロージャー）と排除区（エクスクロージャー）において、土壌無脊椎動物の個体数とリターの堆積量の変化を調べるとともに、リターバッグを用いてリターの分解速度を測定した。その結果、トガリネズミの存在により、ミミズ、ワラジムシ、クモなどトガリネズミの餌である土壌無脊椎動物の個体数は減少したが、トガリネズミがほとんど捕食しないトビムシは増加した。また、リター堆積量はトガリネズミの存在により増加した。リターバッグを用いた分解速度の調査では、大型のリター食者（ミミズやワラジムシなど）を排除するが菌食者である中型土壌動物（ダニ・トビムシ）は出入りできる小メッシュのリターバッグにおいて、トガリネズミの存在によりリター分解速度が上昇した。以上の結果より、トガリネズミがリター分解に及ぼす効果には少なくとも二つの経路があると考えられた。一つは、トガリネズミがリター食者であるミミズやワラジムシを捕食することにより、リター分解が遅くなる効果である。もう一つは、トガリネズミが無脊椎動物の捕食者であるクモなどを捕食し、その結果クモなどの餌であるトビムシの個

体数が増加し、トビムシによる菌類の摂食が増えることで微生物活動が促進され、リター分解が速まる効果である。実験を行った系では総体的には前者の効果が大きく、トガリネズミの存在により地表のリター堆積量が増加したと考えられた。

第2章では、リターからの土壤無脊椎動物群集へのボトムアップ効果を検討することを目的に、林床へのリター供給量の操作を行い、翌年から2年間、土壤無脊椎動物の個体数の変化を調べた。その結果、リター供給を制限した場合、ワラジムシ、フトミミズ科のミミズ、トビムシ、ハネカクシが減少したが、リターを追加した場合は、シデムシの個体数は増加したものの、他の動物群では明確な変化は見られなかった。つまり、リター供給の制限により、リターを直接摂食する無脊椎動物は減少したが、その他の動物群への影響は小さく、一方、リターを追加した場合はリターを餌資源として利用する動物でも個体数の変化は見られなかった。これは、土壤無脊椎動物にとって資源としてのリターは過剰にあるため、リター追加の影響が現れなかったためと考えられた。また、地表徘徊性甲虫にとっては、リター量の変化は、餌資源利用を通じた栄養的なカスケードではなく、リターのハビタットとしての効果に影響したと考えられた。

以上、比較的規模の大きいスケールでの野外操作実験を行った本研究により、土壤生態系における無脊椎動物群集へのトップダウン効果とボトムアップ効果が検出された。しかし、実験期間が2-3年と短かったこともあり、どちらの効果がより重要であるかについては分からなかった。両効果の相対的重要性を明らかにするには、より長期にわたる実験、さらには高次捕食者とリター供給量の両者を同時に操作する実験が必要であると考えられる。このように、本研究により、土壤生態系におけるこれら二つの効果を評価するための具体的な指針と方向性が示され、今後土壤生態系の研究が大きく進展することが期待される。

学位論文審査の要旨

主査	教授	木村正人
副査	教授	日浦勉
副査	助教	大舘智志
副査	名誉教授	戸田正憲

学位論文題名

Field experiments of top-down and bottom-up effects on the structure of soil animal community in a cool- temperate forest of Japan

(日本の冷温帯林における土壌動物群集構造に対するトップダウン効果とボトムアップ効果の野外実験)

生態系における食物網の制御にはトップダウン効果による制御とボトムアップ効果による制御があり、そのどちらが重要であるかについては長年議論されてきた。土壌生態系では相対的にボトムアップ効果がトップダウン効果よりも群集の成立や維持に対して大きな影響を持つと一般的に言われてきた。しかし、こうした結果の多くはマイクロコズムなど小さな空間スケールの実験より得られたものである。また、同一地域においてボトムアップ効果とトップダウン効果の両者を調査した研究例も多くはない。そこで、申請者は、北海道大学苫小牧研究林の冷温帯広葉樹林において、土壌生態系における高次捕食者によるトップダウン効果とリター供給がもたらすボトムアップ効果の両者を評価するため、比較的規模の大きな空間スケールの野外実験を行なった。

まず、申請者は高次捕食者の土壌無脊椎動物群集へのトップダウン効果を検討するため、土壌生態系の高次捕食者であるオオアシトガリネズミの導入区（エンクロージャー）と排除区（エクスクロージャー）において、土壌無脊椎動物の個体数とリターの堆積量を調べるとともに、リターバッグを用いてリターの分解速度を測定した。その結果、トガリネズミの存在により、ミミズ、ワラジムシ、クモなどトガリネズミの餌資源である土壌無脊椎動物の個体数は減少するが、トガリネズミがほとんど捕食しないトビムシは増加することを見いだした。また、トガリネズミの存在によりリター堆積量が増加すること、さらにリターバッグによる分解速度の調査では、ミミズやワラジムシなど大型のリター食者を排除するが、菌食者であるダニやトビムシなど中型

土壤動物は出入りできる小メッシュのリターバッグにおいて、トガリネズミの存在によりリター分解速度が上昇することを見いだした。以上の結果から、申請者は、トガリネズミがリター分解に及ぼす効果には少なくとも二つの経路があると推定した。一つは、トガリネズミがリター食者であるミミズやワラジムシを捕食したことにより、リター分解が遅くなる効果、もう一つは、トガリネズミが無脊椎動物の捕食者であるクモなどを捕食し、その結果クモなどの餌であるトビムシの個体数が増加し、トビムシによる菌類の摂食が増えることで微生物活動が促進され、リター分解が速まる効果である。総体的には前者の効果が大きく、トガリネズミの存在により地表のリター堆積量が増加した、と申請者は考えている。

次に、申請者はリターからの土壤動物群集へのボトムアップ効果を検討するため、林床へのリター供給の制限と追加を行う操作を落葉時期である秋期に行い、翌年から2年間大型土壤無脊椎動物の個体数を調べた。その結果、リター供給を制限した場合、ワラジムシ、フトミズ科のミミズ、トビムシ、ハネカクシが減少することを見いだした。しかし、リターを追加した場合は、地表徘徊性甲虫であるシデムシが増加したが、他の分類群には明確な影響は見られなかった。この結果について、申請者は、土壤無脊椎動物にとって資源としてのリターは過剰にあるため、リターを追加しても何の影響も現れなかったためと推測している。また、地表徘徊性甲虫の増加は、リター量の変化がリターのハビタットとしての効果に影響したためと考えている。

以上、申請者は、比較的規模の大きな空間スケールの野外操作実験により、土壤生態系における無脊椎動物群集へのトップダウン効果とボトムアップ効果を検出した。しかし、実験期間が2-3年と短かったこともあり、どちらの効果がより重要であるかについては明らかにすることはできなかった。両効果の相対的重要性を明らかにするには、より長期にわたる実験、さらには高次捕食者とリターの両者を同時に操作する実験が必要であると結論している。

このように申請者は、土壤動物の群集構造におけるトップダウン効果とボトムアップ効果の両者を研究するという難しいテーマに取組み、その一端を明らかにした。また、今回の結果は、この分野の今後の研究に具体的な指針と方向性を与えるものであり、土壤生態系についての理解が大きく進む契機となりうる。また、この研究を通して、申請者が、多大な努力を要するフィールドワークを遂行する能力とともに、実験室における分析、複雑な統計検定を行う能力も有することが示された。よって、審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。