

学 位 論 文 題 名

森林生態系の物質循環におけるササリターの役割

(The role of Sasa litter on biogeochemical cycling in forest ecosystem)

学位論文内容の要旨

森林生態系の物質循環においてリターフォールとリター分解は、植生から土壌に対する有機物や化学成分の主要な経路であり、森林生態系の有するさまざまな環境保全機能や生態系サービスと密接に関連している。これまでの研究では、樹木を対象としていることが多く、下層植生によるリターフォールやリター分解、それらの物質循環過程における役割については十分には明らかにされていない。本研究では北海道北部をはじめとして日本の代表的な下層植生であるササを対象に、そのリターフォールやリター分解の特性を明らかにするとともに、攪乱に対する動態変化について着目した。これまでの研究により、北海道北部の森林生態系ではササが下層植生として密生しているため、樹木の天然更新や攪乱後の植生回復を阻害する要因であることが指摘されている。また、森林伐採などの森林施業の影響で土壌無機態窒素が増加した場合、ササの窒素吸収によって根圏土壌外への窒素流出を抑制する役割を果たすことが報告されている。しかしながら、そのような攪乱影響下における窒素循環変化とリターフォールやリター分解との関係性については十分に理解されていない。そこで、本研究は森林生態系におけるリターフォールとリター分解に伴う有機物と養分動態についてササと樹木との違いに着目し、自然条件下および攪乱影響下での森林生態系の物質循環におけるササリターの役割を解明することを目的とした。

第2章では、ササと樹木のリター動態の差異とその要因を解明することを目的として、リターフォールとリター分解速度に関する現地観測を行った。その結果、自然生態系におけるササのリターフォール量は、樹木を含む全リターフォール量の約29%を占めていることが明らかとなった。また、樹木葉のリターフォールは積雪前の秋期に最大値を示したのに対し、ササの葉や稈のリターフォールは、積雪の影響によって冬期間に多いという傾向を示していた。リターの分解過程において、ササ葉や稈のリターには難分解性物質であるリグニン濃度が樹木と比較して低いのに関わらず、ササリターの分解速度は樹木葉リターよりも有意に遅いことが明らかとなった。その原因として、ササリターは樹木葉リターよりもケイ素濃度が有意に高く、ケイ素が難分解性物質としてササリター分解速度に負の影響を及ぼしているものと考えられた。ササリターの分解速度が遅いことは、リターフォールによって土壌に供給された有機物や養分をリター層に保持する上で定量的に重要な役割を果たしていた。

第3章では、森林伐採や掻き起こしなどの短期的な土壌窒素の増加が、ササが優占する生態系の窒素循環に及ぼす影響をリター動態の変化を中心に解明することを目的として、異なる窒素施肥量によるプロットレベルの窒素施肥実験を行った。窒素施肥による土壌窒素増加に対し、ササ地上部の乾物重量や窒素吸収量は、高窒素施肥区 ($15\text{g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$) において対照区や低窒素施肥区 ($5\text{g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$) よりも有意に増加した。一方で、低窒素施肥区では有意な変化は認められなかった。窒素施肥による土壌一植生内の各コンパートメントにおける窒素増加量を解析したところ、低窒素施肥区では施肥された窒素のほとんどがリター

層に保持されていると考えられた。一方、高窒素施肥区ではリター層に保持しきれなかった窒素が生じたため、ササによる窒素吸収や根圏土壌下への窒素流出量が増加したものと考えられた。高窒素施肥区では、施肥によって窒素吸収量が増加したものの、ササ葉のリターフォール量やリターの窒素濃度には有意な変化が認められなかった。このことは、土壌窒素増加に伴う窒素吸収量増加とササ地上部乾物量が連動し、その結果としてリターの窒素濃度が維持されたことが示唆された。これらの結果より、森林伐採などの攪乱による短期的な土壌窒素増加に対するササリターの動態は、その攪乱規模の違いによって異なるものの、その余剰窒素はリター層やササ地上部に保持されることで、リターフォールやリター分解への攪乱影響が緩和されているものと考えられた。

第4章では、大気窒素沈着などの長期的な土壌窒素の増加が、ササ地上部とリター動態に及ぼす影響について、ササと樹木の窒素応答を比較することで明らかにすることを目的とした。そのため、流域レベルでの長期窒素施肥実験において、ササ地上部やリターフォール、リター分解の動態を比較した。ササ地上部バイオマスに含まれる窒素量と、樹木葉のリターフォールによる窒素還元量は対照流域よりも施肥流域で有意に高く、長期にわたる施肥処理によってササと樹木の窒素吸収量が増加したものと考えられた。ササ地上部バイオマスは対照流域よりも施肥流域で有意に高くなる傾向が認められたのに対し、ササのリターフォールやリターの窒素濃度については流域間で有意な差は認められなかった。したがって、樹木葉では施肥窒素の影響によってリター窒素濃度が上昇し、リター分解が速まったのに対して、ササリターは窒素濃度の変化が認められず、施肥流域におけるササリターの分解速度には施肥による有意な変化が認められなかった。つまり、大気汚染などの長期的な土壌窒素増加に対して、下層植生であるササの応答パターンは林冠植生である樹木とは異なり、窒素吸収量が増加するものの、リター動態への影響はほとんど認められなかった。

第5章では、各章で得られた知見を統合し、自然・攪乱生態系におけるササリターの役割について総合的な考察を行った。自然生態系においてササリターフォールによる有機物・養分還元量は非常に多く、その分解速度は樹木葉リターよりも遅いため、リター層により多くの有機物と養分が保持される役割を果たしていた。森林伐採などの短期的な攪乱において、土壌微生物を含むリター層への窒素保持が重要な役割を果たしていた。しかしながら、攪乱程度が大きくなり、リター層の窒素保持容量を超えてしまうと、ササの窒素吸収が増加すると同時に、土壌からの窒素溶脱リスクが高まった。その場合においても、攪乱後のササ地上部バイオマスの増加によって、ササ地上部の窒素濃度は維持され、リターフォール量やリター分解プロセスの変化が緩和される傾向が認められている。一方、大気汚染などの長期的な攪乱によって土壌無機態窒素量が増加した場合には、ササによる窒素吸収や地上部バイオマスの窒素濃度が高まることが明らかとなった。このことは長期的な窒素流入により、リター層の窒素保持容量を超えたことを示唆している。しかしながら、ササのリターフォールやリター分解速度は樹木と比べて変化が小さいという特性を有していることが示された。

以上のことから、下層植生であるササのリター動態は、林冠植生である樹木とは異なる特性を持っており、さまざまな攪乱要因に対する森林生態系の物質循環応答を評価する上で非常に重要な役割を果たしていた。攪乱影響下において、ササのリターフォールやリター分解速度の変化規模は樹木と比べて小さく、ササリターの動態は環境変化に対する抵抗力が高いシステムであると考えられた。このことから、将来における地球規模、地域規模での自然・人為攪乱に対する森林生態系の環境保全機能や生態系サービスの変化や応答を予測する上でも、ササリターの持つ役割が重要な要素であることが示唆される。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	柴 田 英 昭
副 査	特任教授	笹 賀 一 郎
	教 授	佐 藤 冬 樹
	特任助教	福 澤 加里部

学 位 論 文 題 名

森林生態系の物質循環におけるササリターの役割

(The role of Sasa litter on biogeochemical cycling in forest ecosystem)

森林生態系の物質循環においてリターフォールとリター分解は、植生から土壌に対する有機物や化学成分の主要な経路であり、森林生態系の有するさまざまな環境保全機能や生態系サービスと密接に関連している。これまでの研究では、樹木を対象としていることが多く、下層植生によるリターフォールやリター分解、それらの物質循環過程における役割については十分には明らかにされていない。また、森林伐採などの森林施業の影響で土壌無機態窒素が増加した場合、ササの窒素吸収によって根圏土壌外への窒素流出を抑制する役割を果たすことが報告されている。しかしながら、攪乱影響下における窒素循環変化とササリターフォールやリター分解との関係性については十分に理解されていない。そこで、本研究は森林生態系におけるリターフォールとリター分解に伴う有機物と養分動態についてササと樹木との違いに着目し、自然・攪乱影響下での物質循環におけるササリターの役割を解明することを目的とした。

第2章では、自然生態系におけるササのリターフォール量は、樹木を含む全リターフォール量の約29%を占めていることが明らかとなった。また、ササの葉や稈のリターフォールは、積雪の影響によって冬期間に多いという傾向を示していた。リターの分解過程において、ササリターは樹木葉リターよりもケイ素濃度が有意に高く、ケイ素が難分解性物質としてササリター分解速度に負の影響を及ぼしているものと考えられた。ササリターの分解速度が遅いことは、リターフォールによって土壌に供給された有機物や養分をリター層に保持する上で定量的に重要な役割を果たしていた。

第3章では、森林伐採などの短期的な土壌窒素の増加が、ササが優占する生態系の窒素循環に及ぼす影響をリター動態の変化を中心に解明するために、異なる窒素施肥量による施肥実験を行った。窒素施肥に対し、ササ地上部の乾物重量や窒素吸収量は、高窒素施肥区 ($15\text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$) において対照区や低窒素施肥区 ($5\text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$) よりも有意に増加した。一方で、低窒素区では有意な変化は認められず、施肥された窒素のほとんどがリター層に保持されていると考えられた。一方、高窒素区ではリタ

一層に保持しきれなかった窒素が生じたため、ササによる窒素吸収や根圏土壌下への窒素流出量が増加したものと考えられた。高窒素区では、施肥によって窒素吸収量が増加したものの、ササ葉のリターフォール量やリターの窒素濃度には有意な変化が認められなかった。このことは、施肥による窒素吸収量増加とササ地上部乾物量が連動し、その結果としてリターの窒素濃度が維持されたことが示唆された。これらの結果より、森林伐採などの短期的な攪乱による土壌窒素増加に対して、その余剰窒素はリター層やササ地上部に保持されることで、リター動態への攪乱影響が緩和されているものと考えられた。

第4章では、大気窒素沈着などの長期的な土壌窒素の増加が、ササリター動態に及ぼす影響について、ササと樹木の窒素応答を比較することで明らかにするため、流域レベルでの長期窒素施肥実験を行い、ササ地上部やリターフォール、リター分解の変化を調べた。樹木葉のリターフォールによる窒素還元量は施肥流域で有意に高く、長期にわたる施肥処理によってササと樹木の窒素吸収量が増加したものと考えられた。また、余剰窒素の一部は河川へと流出した。一方で、ササ地上部バイオマスは施肥によって高くなる傾向が認められたのに対し、ササのリターフォールやリター窒素濃度、リター分解については施肥による影響は認められなかった。これらの結果から、大気汚染などの長期的な土壌窒素増加に対して、下層植生であるササの応答パターンは林冠植生である樹木とは異なり、窒素吸収量が増加するものの、リター動態への影響はほとんど認められないことが示された。

以上のことから、下層植生であるササのリター動態は、林冠植生である樹木とは異なる特性を持っており、さまざまな攪乱要因に対する森林生態系の物質循環応答を評価する上で非常に重要な役割を果たしていた（第5章 総合考察）。攪乱影響下において、ササのリターフォールやリター分解速度の変化規模は樹木と比べて小さく、ササリターの動態は環境変化に対する抵抗力が高いシステムであると考えられた。このことから、将来における地球規模、地域規模での自然・人為攪乱に対する森林生態系の環境保全機能や生態系サービスの変化や応答を予測する上でも、ササリターの持つ役割が重要な要素であることが示唆された。

審査委員一同は、森林生態系の物質循環におけるササのリター動態に関わるこれらの成果を高く評価し、また野外の長期観測や操作実験に対して熱心に取り組んできたことや、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、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。