

学 位 論 文 題 名

堆積有機物層の養分レジムとその管理に関する研究

学位論文内容の要旨

森林土壌の特徴は地表面が落葉落枝（リター）とそれが分解しつつある有機物層に覆われていることである。リター中の養分は土壌生物の作用で無機化し、再び植物へ吸収され、森林生態系を循環している。この過程で、堆積有機物層は養分プールの一形態であり、落葉の分解・無機化にともなう養分の有効化過程を支配する場を形成している。森林土壌の肥沃度の形成機構を解明するためには、有機物層中のリターの分解過程を明らかにすることが重要である。

そこで、先ず、安定した森林植生下におけるリターの分解にともなう養分濃度の変化、集積量と植生や土壌などの立地条件との関係を解析した。つぎに、生態系の分解者である土壌動物による物理的碎片化の意義を、微細な有機物の養分特性の面から明らかにした。またもう一つの分解者である土壌微生物については、森林を構成する有機物の特徴であるリグニン含量の高い有機物を分解する落葉分解菌がもつ養分無機化能を評価した。また人間による森林伐採は森林生態系の物質循環を停止させるとともに、林床の環境を激変させるので、伐採が堆積有機物の養分環境へおよぼす影響を明らかにした。温帯低山の落葉広葉樹であるコナラ、クヌギ林の伐採と萌芽更新過程での堆積有機物量の動態を調査し、また日本の代表的人工林であるスギ林においては、表層土壌の無機態窒素や土壌溶液組成も含めて堆積有機物への影響を調査した。ここではとくに、伐採にともない林地に残される枝や梢端部などの枝条の機能を明らかにした。

広葉樹と針葉樹の堆積有機物の各層位の養分濃度を比較すると、広葉樹の方が針葉樹より新鮮落葉の養分濃度が高く、分解が進みH層となっても Ca、Na、N、C以外の養分元素濃度には有意な差が見られた。堆積有機物層の各層毎の養分濃度は、森林植生によって決まり、分解の最終段階まで影響していた。日本の森林の堆積有機物の蓄積量は中央値で 13.1 Mg ha^{-1} あった。暖かさの指数、土壌型、樹種が堆積量と密接な関係にあった。立地環境要因を数量化I類で解析した結果、地表

面の傾斜、土壌型、樹種が堆積有機物量を決定する重要な要因であり、偏相関係数は $R^2=0.67$ であった。また、北海道の針葉樹天然林では、倒木に由来する有機物が重要な炭素蓄積形態となっていた。

リターは分解にともないサイズが小さくなるが、堆積有機物の各層位には特徴的なサイズが認められた。微細な部分には土壌動物、土壌微生物の組織が多数認められた。落葉の碎片化にともない、サイズが小さくなるほどCa以外の養分は濃縮され、水懸濁画分の養分濃度が最も高くなる傾向にあった。そのため、微細な画分の有機物は鉱質土壌への養分移動形態として重要であると考えられた。F層の粗大有機物画分および最も微細な画分では、微生物分解による CO_2 発生量が多く、微生物分解を受けやすかった。 CO_2 発生量は水溶性養分、特にP濃度と相関が高かく、これが律速因子として重要であった。H層の分画有機物の形態や養分の全濃度は、F層とほぼ同じであったが、 CO_2 発生量は少なく、微生物による分解性は大きく異なった。

落葉広葉樹林では、*Collybia* 属が強いリグニン分解力で落葉を白色化し、白色腐朽コロニーを作る。*Collybia peronata*のコロニー中心部は周囲の褐色落葉より10倍以上の無機陽イオン、特に NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} を多く含み、強酸性を呈した。また水溶性有機物も多く蓄積し、その量は陽イオンの総量に比例した。水溶性成分濃度はコロニーの中心を外れると急に低くなり、また菌の活動にともなう季節変動が認められた。リターが厚く堆積するような場所では、落葉の分解と養分の無機化は、主に落葉分解菌によって行われていた。

森林伐採による堆積有機物の養分動態を、伐採後に残される枝条の意義を中心に明らかにした。コナラ・クヌギ林では、伐採後、萌芽更新による落葉量の回復が速く、堆積有機物量の回復も速かった。また萌芽枝の整理枝条も有機物として重要である。スギ林では、伐採後1年目には土壌養分濃度が上昇し、養分流亡が起きるが、伐採後2年目から雑草木が繁茂し、生態系に養分を固定していた。枝条は養分を土壌へ供給するとともに、地表面の急激な環境（土壌水分や地温）変化を緩和し、土壌有機物の急激な無機化による養分流亡を抑制する効果があった。このことは無機態窒素濃度および土壌溶液組成の変動から裏付けられた。しかし、そのため、植栽木の初期成長は抑制される傾向にあった。

森林植生の違い、短伐期、長伐期人工林、天然林などの森林管理方法によって堆積有機物と養分の動態は異なってくる。生態系の分解過程の理解に基づいた森林管理により森林資源の持続的利用が可能であり、地域全体の環境の安定にも貢献することが期待できる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 佐久間 敏 雄

副 査 教 授 五十嵐 恒 夫

副 査 教 授 但 野 利 秋

学 位 論 文 題 名

堆積有機物層の養分レジムとその管理に関する研究

森林土壌の表面は、落葉・落枝（リター）とそれが分解しつつある堆積有機物層に覆われているのが特徴である。本論文は、この堆積有機物層の特徴と養分プールとしての機能を解析したものであり、表29、図45、写真10を含む総ページ数163の和文論文である。別に、参考論文21編が添えられている。

森林土壌のリター中に保持された養分は土壌生物の作用で無機化し、再び植物へ吸収され、森林生態系を循環している。この時、堆積有機物層は養分プールの一形態であり、落葉の分解・無機化にともなう養分の有効化過程を支配する場を形成し、森林土壌の肥沃度を決定すると考えられる。しかし、堆積有機物層の蓄積量、構造および分解過程は、森林を構成する樹種や環境条件、森林伐採後の処理などによって異なるために、その実態、養分有効化過程に関する知見は必ずしも十分ではない。本研究は、これらに関わる情報を蓄積・整理し、森林施業に役立てることを目的としたものである。

1. 先ず、国内の代表的な広葉樹林と針葉樹林各15地点について、堆積有機物の量、養分濃度を比較した。広葉樹林のほうが針葉樹より新鮮落葉の養分濃度が高く、分解が進みH層となってもその影響が残り、Ca, Na, N, C 以外の養分元素濃度には有意な差が認められた。堆積有機物の蓄積量は中央値で13.1Mg ha⁻¹であったが、林分による変動が大きく、暖かさの指数、土壌型、樹種と高い相関を示した。その量は、傾斜、土壌型、植生を用いた数量化I類によって予測できた($R^2=0.67$)。北海道の針葉樹天然林では、倒木由来の有機物も重要な炭素蓄積形態であった。
2. 次に、代表的な堆積有機物の物理的分画を試み、リターの分解にともなって堆積有機物の各層位には特徴的なサイズ分布が出現すること、堆積有機物を物理分画すると、サイズが小さくなるほどCa以外の養分は濃縮され、水懸濁画分の養分濃度が最も高くなる傾向にあること明らかにし、微細な有機物画分が鉍質土壌へ

の養分移動形態として重要なことを示した。

3. さらに、堆積有機物各層の分解性について検討した。F層では、粗大画分および最も微細な画分が微生物分解を受けやすいこと、分解にともなうCO₂発生量は水溶性リン濃度と高い正の相関を示し、これが分解の律速因子として重要なことを明らかにした。一方、H層では、有機物の全養分濃度はほぼ同じであったが、CO₂発生量は少なく、分解性はF層のそれに比べてかなり低くなっていた。

4. 落葉広葉樹林の堆積有機物層には、リグニン分解力の強い *Collybia* 属が白色コロニーを作る。*Collybia peronata* のコロニー中心部は、周囲の褐色落葉に比べて10倍以上の無機陽イオンを含み、水溶性有機物も多く蓄積して、強酸性を示すこと、これらの水溶性成分濃度には菌の活動にともなう季節変動が認められることなどを明らかにし、リターが厚く堆積する場所では、落葉の分解と養分の無機化は、主に落葉分解菌によって行われているとした。

5. 以上の基礎的知見を踏まえて、森林伐採による堆積有機物の養分動態を、伐採後に残される枝条の意義を中心に研究した。コナラ・クヌギ林では、伐採後、萌芽更新により落葉量の回復が速いため、堆積有機物量の回復も速かった。これに対して、スギ林では、伐採後1年目には土壤養分濃度が上昇し、養分流亡が起きるが、伐採後2年目から雑草木が繁茂し、生態系に養分を固定していた。枝条は養分を土壤へ供給するとともに、表層土壤の水分や地温の変動を緩和し、土壤有機物の急激な無機化による養分流亡を抑制する効果があった。このことは無機態窒素濃度および土壤溶液組成の変動からも裏付けられた。しかし、これによって植栽木の初期成長は抑制される傾向にあった。

森林植生の違い、短伐期、長伐期人工林、天然林などの森林管理方法によって堆積有機物と養分の動態は異なる。生態系の分解過程の理解に基づいた森林管理により森林資源の持続的利用が可能であり、地域全体の環境の安定にも貢献することが期待できる。

以上のように、本研究は、堆積有機物層の構造と機能の関係を究明しただけでなく、森林施業の実際との関係を明らかにしたもので、森林の物質循環理論の構築とその応用に大きく貢献するものである。よって、審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者高橋正通は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。