



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on the influences of trees and understory vegetation on the soil nitrogen dynamics in a cool-temperate mixed forest [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	井上, 貴央
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12676号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65310
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Takahiro_Inoue_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 井上 貴央

学 位 論 文 題 名

Studies on the influences of trees and understory vegetation on the soil nitrogen dynamics
in a cool-temperate mixed forest

(冷温帯混交林における土壌窒素動態に対する樹木と下層植生の影響に関する研究)

森林生態系において土壌中での窒素動態は森林の純一次生産や生態系機能・サービスをコントロールするプロセスであり、植生はリターの供給や養分吸収を介して土壌窒素動態に影響する重要な要因である。林床にササが密生する針広混交林は北海道の代表的な森林タイプであり、そのような森林では台風などの攪乱により林冠ギャップが形成されると、急速にササが林床を覆うため樹木の天然更新が起こりにくい。その結果、林冠ギャップが長期的に維持されるため、針葉樹、広葉樹、ササが密生する林冠ギャップがモザイク状に分布する特徴をもつ。土壌の窒素無機化・硝化速度は植生や土壌タイプによって異なることが知られているが、局所的な林冠ギャップの存在を通じて樹木と下層植生が不均一に分布する冷温帯針広混交林において、植生の空間分布による水、有機物、養分フローの空間パターンが土壌窒素の動態にどのように影響しているのかは十分に理解されていない。そこで本研究は、冷温帯針広混交林において植生による林床リター、溶存有機物の質、土壌水分の違いが土壌中の窒素動態にどのように影響するのかを明らかにすることを目的とした。

研究は北海道北部に位置する北海道大学雨龍研究林の冷温帯針広混交林で行った。第二章では土壌中の窒素無機化速度に影響する要因として、植生によるリターの質と土壌水分の違いに着目し、針広混交林内におけるリターフォール、土壌水分、林床リター、土壌窒素プールの空間分布を詳細に分析し、それらと植生分布との関係性を解析した。林内48ヶ所におけるグリッド調査 (約800m²) では、表層土壌に含まれる無機態窒素、土壌水分および林床リター層の厚さを測定した。また、下層植生 (ササ) の被度に基づいた3種類のコードラート調査 (各5反復) では、リターフォールの量・組成、表層土壌の理化学性、室内培養による正味無機化・硝化速度などを測定した。その結果、リターフォールの種組成 (針葉樹、広葉樹、ササの相対割合) には、周囲の針葉樹・広葉樹本数、ササバイオマスと有意な正の相関関係が認められた。また、針葉樹のリターフォールは広葉樹やササと比べて炭素／窒素比が有意に高かった。林床のリター層は針葉樹リターの割合が多い場所ほど厚くなる一方、ササが優占して広葉樹が混じっている場所では薄くなる傾向があった。これらの結果から、林内における針葉樹と広葉樹、ササの不均一分布により、土壌へ供給されるリターフォールの組成が場所により異なることが示された。また、針葉樹リターは広葉樹やササよりも分解速度が遅いことから、リターの分解性の違いによって林床リター層の厚さの空間パターンが形成されていることが示唆された。さらに、周囲に針葉樹が多く、林床リター層が厚い場所ほど土壌水分は低い傾向にあったことから、針葉樹の林冠による高い降雨遮断や、針葉樹下での厚いリター層の存在が土壌水分の分布に影響していることが示唆された。そして、土壌水分と土壌の硝酸態窒素 (NO₃⁻) 現存量には有意な正の相関関係が認められ、土壌のNO₃⁻ 現存量は室内培養実験による正味硝化速度と有意な正の相関関係を示した。こ

れらのことから、森林内における不均一な植生分布に影響されている土壌水分の違いは、土壌微生物による硝化活性への影響を介して土壌 NO_3^- 現存量の空間パターンを形成していることが示唆された。つまり、リター分解と土壌水分、微生物活性への影響を介して、針葉樹周辺では NO_3^- 現存量が小さく、逆にササが密生する林冠ギャップと広葉樹の周辺では土壌 NO_3^- 現存量が大きくなることが明らかとなった。

第三章では、土壌微生物により無機化、硝化される窒素の基質として、また土壌微生物活性のエネルギー源としての溶存有機物 (DOM) に着目した。DOMは様々な特徴をもつ画分の集合であり、植生によって溶存有機態炭素／窒素比 (DOC／DON比) や分解性、分子量などの特徴が変動する可能性がある。ここでは、針葉樹と広葉樹、ササにおけるDOC、DONの濃度やフラックス、DOMの質の違いが土壌中の窒素動態に及ぼす影響について、特に土壌における NO_3^- 生成や溶脱に着目して研究を行った。第二章の調査地を含む約3haの集水域において、アカエゾマツ、ミズナラ、林冠ギャップ (ササ優占) が優占する場所で林内雨、リター層浸透水、鉍質土壌浸透水 (深度10 cm) を採取し、DOC、DONの濃度とフラックスを分析するとともに、吸光光度法・蛍光光度法を用いてDOMの質的評価を行った。また、それぞれの水サンプルに含まれる NO_3^- の三酸素同位体異常 ($\Delta^{17}\text{O}$) を分析し、大気由来 NO_3^- と土壌微生物由来 NO_3^- の相対的な寄与率を求めた。そして、土壌に供給されるDOMの量や質が硝化プロセスに与える影響を調べるため、主成分分析および重回帰分析によりDOMの量や質と溶存 NO_3^- 濃度や溶存無機態窒素 (DIN) に占める NO_3^- の割合 (NO_3^-/DIN 比) との関係性を解析した。浸透水に含まれる NO_3^- に占める大気由来 NO_3^- の割合は、リター層浸透水で平均16%、土壌水で平均7%であり、リター層や土壌から溶脱する NO_3^- は大気沈着を直接的に由来するよりも、土壌微生物による窒素無機化・硝化のプロセスを経由するものが主体であることが明らかとなった。ササの下を浸透するDOMは、アカエゾマツやミズナラと比べてDOC、DON濃度、DOC/DON比が低く、難分解性を示す腐植様物質の割合も低かった。一方、これらの値はアカエゾマツの下を浸透するDOMが最も高い値を示した。また、リター層および鉍質土壌の浸透水による NO_3^- フラックスと NO_3^-/DIN 比はアカエゾマツよりもササが有意に高かった。さらに、林内雨やリター層浸透水として供給されるDOC/DON比が低いほど、リター層と鉍質土壌浸透水の NO_3^-/DIN 比が高くなることが示された。また、リター層や土壌のDOMに占める微生物由来の割合が高く、腐植様物質の割合が低いほど、溶脱する NO_3^- 濃度や NO_3^-/DIN 比が高い傾向が認められた。このことから、植生により土壌のDOMの質 (DOC／DON比、DOMの由来) が異なり、それが土壌からの NO_3^- 溶脱に強く影響していることが明らかとなった。

本研究から、林冠ギャップを含む冷温帯針広混交林の針葉樹、広葉樹、ササの不均一分布は、リターフォールの質と土壌水分率、溶存有機物の質の違いを介して土壌 NO_3^- の現存量、正味硝化速度、溶脱 NO_3^- 濃度やフラックスの空間変動に影響していることが明らかとなった。そして、ササが優占する林冠ギャップでは針葉樹周辺と比べて土壌中の NO_3^- 濃度やフラックスが高いことが明らかとなった。本研究の成果は、台風攪乱等で形成された林冠ギャップによる植生の不均一分布と土壌窒素動態の空間的な関係性を示したものであり、将来の気候変動による植生変化が生態系の窒素循環に与える影響を予測するうえでも非常に有意義なものである。