

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	中山 理智
論文題目	Soil nitrogen dynamics affected by fine roots of a canopy tree species in a northern hardwood forest in eastern Hokkaido, Japan (北海道東部の北方広葉樹林において林冠木の細根が影響を及ぼす土壌窒素動態)		
(論文内容の要旨)			
<p>窒素は多くの森林生態系において一次生産を制限する要因である。森林土壌に蓄積する窒素の多くは植物が直接利用できない高分子量の有機態窒素であるが、微生物による分解・無機化を経て、低分子量の有機態窒素や無機態窒素へと変換されことで植物に吸収される。植物は細根の周囲の土壌(根圏)の微生物に根滲出物と呼ばれる炭素化合物を供給し、微生物の群集構造を変化させたり、微生物の量や活性を高めたりすることで、有機物の分解・無機化を促進することが知られている(根圏効果)。しかし、根圏効果の駆動要因である根滲出物の研究は、主に草本や稚樹で行われることが多く、林冠木の根滲出物に関する知見は限られている。さらに根滲出物に関する研究は、光合成が盛んな夏季の生育期に行われることが多く、植物の活性が低い冬季の研究は限られる。気候変動下で、特に冬季の気候変動の影響が強く受ける北方広葉樹林の持続可能な管理に向けて、林冠木の細根と土壌窒素動態の関係性を冬季も含めて解明することが重要である。</p> <p>第一章では、既往研究の整理し、森林生態系における細根と土壌窒素動態の関係性を解明するためには、森林を構成する主要な林冠木において(1)根圏効果を駆動する要因である根滲出物の動態に与える要因を明らかにし、(2)冬季も含めた根圏効果の季節性を明らかにしたうえで、(3)細根による窒素吸収と窒素循環促進効果のバランスを明らかにする必要性を指摘し、本研究の目的を設定した。</p> <p>第二章では、本研究における調査地である北海道東部の北方広葉樹林の概要を整理し、また調査地で優占する対象樹種ミズナラ(<i>Quercus crispula</i> Blume)に関する情報を整理した。</p> <p>第三章では、ミズナラ林冠木の根滲出物の量の季節性とその量に影響する要因の解明を行った。その結果、ミズナラの根滲出物量は明確な季節性を示さない一方で、日々の変動が大きいこと、さらに日射量が根滲出物量に強く影響することが明らかとなった。また、落葉後も一定量の根滲出物の放出がみられた。このことから、落葉後も根から炭素が一定量供給されるため、冬季も根の周りでは微生物の量が多く、活動が活発であり、分解・無機化が促進されることが示唆された。</p> <p>第四章では、ミズナラ林冠木の根圏効果および細根と土壌窒素動態の関係性を落葉後の休眠期も含めて明らかにするために、初冬、初春および盛夏に根圏・非根圏土壌を採取し、微生物群集の解析と土壌酵素活性の測定を行った。その結果、真菌の量は季節を問わず根圏で多く、盛夏は菌根菌、初冬や初春は菌根菌以外の真菌が多くみられた。また、細菌の量は根圏・非根圏で有意な差はみられないが、富栄養性の細菌が季節を問わず根圏で多いことが明らかとなった。さらに土壌窒素動態に関連する酵素活性は季節を問わず根圏で高かった。土壌中の可給態窒素量は初冬や初春では根圏で多かったが、盛夏では根圏・非根圏の有意な差はみられなかった。これは盛夏にはミズナラによる可給態窒素の吸収が多い一方で、落葉後である初冬や初春では吸収が低下するためであると考えられた。これらのことから、ミズナラ林冠木の細根は、根圏効果によって季節を問わず微生物群集に影響を及ぼし窒素循環を促進するが、可給態窒素プールに対しては窒素吸収量とのバランスにより、冬季はプールサイズを増大させ、夏季は縮小させる方向で影響していることが示唆された。</p>			

第五章では、第四章で明らかにした細根と土壤窒素動態の現地での実態を1年単位で評価するために、野外における生きた根を用いた現地土壤培養法を開発し、また森林の窒素内部循環における窒素収支から林冠木の窒素吸収量を推定する方法を組み合わせ評価した。さらに現地土壤培養では培養終了時の土壤中の無機態窒素現存量および根圏・非根圏の細胞外酵素活性を測定した。その結果、細根による年間の窒素吸収の推定値は、根圏効果によって促進された窒素の無機化量よりやや多いかほぼ同等であると推定された。また、土壤中の可溶態の有機態窒素量も細根の有無で差はみられなかった。つまり、細根による根圏効果によって無機化が促進されるものの、無機化された窒素は速やかに樹木に吸収され、見かけ上、細根は土壤の可給態窒素の現存量や流亡量に影響しないということが示唆された。

第六章では、第三～五章の結果に基づき、1年単位および各季節におけるミズナラの細根と土壤窒素動態の関係性について、総合的に考察を行った。第三章および第四章の結果から、落葉後でも、ミズナラは地下部への炭素投資によって根圏の窒素循環を促進していることが示唆された。一方で、細根の吸収と窒素循環促進のバランスにより、冬季と夏季ではミズナラの細根が可給態窒素量に与える影響が異なることが示唆された。しかし、第五章の結果から、土壤窒素量への影響の季節的な違いにもかかわらず、吸収と分解・無機化促進効果は1年間というタイムスケールでは絶妙なバランスでつり合いが取れていることが示唆された。地球温暖化による植物の成長期の長期化が報告されているが、本研究の結果から、北方広葉樹林で成長期が長期化することで林冠木の窒素吸収が増加し、現在の吸収と分解・無機化促進のバランスが崩れ、植物間の窒素獲得競争にも影響を及ぼすことが示唆された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究では、今後冬季の気候変動の影響を強く受けると考えられる北海道東部の北方広葉樹林において、従来は草本や稚樹で生育期に限って行われることが多かった細根と土壌窒素動態の関係性について、森林生態系を構成する林冠木のミズナラ (*Quercus crispula* Blume) で、冬季も含めて解明することを目的として行われた。

本研究の評価できる点は、以下のとおりである。

1. 林冠木の根滲出物および根圏効果に対し、冬季も含めた季節性に着目し、また細根による吸収と根圏における窒素循環促進の双方を考慮することで、森林生態系における林冠木の細根と土壌窒素動態の関係性の総合的な解明を目指した。
2. 林冠木の根滲出物の量を落葉後も含め長期間、高頻度で採取し、林冠木の根滲出物量の変動に寸前の日射量が強く影響すること、また光合成が低下する落葉後も一定量の根滲出物が滲出されることを明らかにした。
3. 成長期および落葉後における根圏の微生物、土壌酵素活性および可給態窒素量の測定により、林冠木の細根が季節を通して根圏の窒素循環を促進することを明らかにし、さらに吸収と促進効果のバランスにより土壌の可給態窒素量に対して季節的に異なる影響を与える可能性を示唆した。
4. 野外での定量的な評価が難しいとされてきた根圏効果の研究において、生きた根を用いたまま土壌を野外で培養するという新手法を開発することで、吸収および窒素循環の促進効果を考慮しつつ、森林における年間での窒素動態の変化に対する細根の影響を定量的に明らかにする試みを世界に先駆けて行った。
5. 気候変動下において、成長期が長期化することが予測されている北方広葉樹林で、林冠木による窒素吸収と分解・無機化促進効果のバランスが変化する可能性を指摘した。

以上のように、本論文は、森林を構成する林冠木が土壌微生物群集に与える根圏効果を季節性を考慮して詳細に明らかにしたものであり、森林情報学、森林生態学、森林管理学、樹木生理学、生態系生態学の発展に寄与するところが大きい。

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、令和4年2月10日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)