HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Role of root litter on soil nitrogen transformations under winter climate change in forest ecosystems [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	細川, 奈々枝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12947号
Issue Date	2017-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68184
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Nanae_Hosokawa_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 細川 奈々枝

学 位 論 文 題 名

Role of root litter on soil nitrogen transformations under winter climate change in forest ecosystems
（冬季気候変動下における森林生態系の土壌窒素変換に根リターが果たす役割）

冬季の気候変動は、降雪の量やパターンの変化を通じて森林土壌の凍結融解レジームを変化させる。凍結融解の振幅域や頻度の増加は、植物細根や土壌微生物の損傷や死亡率の増加をもたらす。これらの変化は、冬季から春季にかけての森林生態系からの窒素流出の増加を引き起こすと考えられている。土壌の窒素変換速度に影響する要因を明らかにするためには、土壌微生物の活性や機能とともに、基質の量や利用性を考える必要がある。土壌や有機物に含まれる窒素（N）は土壌窒素無機化の基質となり、炭素（C）は土壌微生物のエネルギー源となる。そして、CとNの量と比（C/N比）は、土壌微生物による窒素変換のバランスを変化させる。森林生態系での土壌微生物への主要な有機物供給源は落葉と枯死根である。特に、冬季の土壌微生物の基質源として枯死細根の寄与は大きいと考えられている。そのため、冬季の気候変動による細根リターの増加は、土壌の窒素変換を大きく改変する可能性があるが、その影響は十分には分かっていない。細根リターの植物種が異なると、分解性（C/N比）の違いを介して、凍結融解下の土壌中の窒素変換に影響する可能性がある。また、異なる植生下の土壌での土壌窒素変換は、冬季の気候変動に対して異なる応答を示す可能性がある。そこで本研究では、冬季気候変動を想定した凍結融解環境下において、細根リターが土壌の窒素変換に与える影響を明らかにすることを目的とした。具体的には、細根リターの植物種の影響と、異なる林分からの土壌による応答性の違いについて明らかにした。

調査は北海道東部に位置する京都大学北海道研究林標茶地区で行なった。標茶地区内のミズナラ二次林（下層植生：ミヤコザサ）に野外操作プロットを設置した。2014年から2015年の冬にかけて、冬季気候変動による積雪量の低下を模倣した除雪実験を行なった。第二章では、野外操作プロットの基礎情報を示した。細根量は、生根ではミズナラがササよりも多いのに対し、枯死根ではササがミズナラよりも多かった。さらに、現地の地温変化を参考に予備培養実験を行い、第三章での室内実験の温度条件を設定した。異なる温度条件設定のうち、0 ～−5 ℃での地温振幅条件下で窒素無機化速度が最も高まることを示した。

第三章では、細根リターの種類の違いが土壌の窒素変換に与える影響を明らかにするため、室内培養実験を行った。研究地の主要構成種であるミズナラとササを対象植物とした。土壌の凍結融解は細根リターの種類に関わらず、正味硝化速度を有意に低下させ、正味アンモニウム化速度および正味窒素無機化速度を有意に増加させた。また、ミズナラとササでは窒素無機化速度の促進時期が異なり、ササ細根は土壌凍結融解期間中に、ミズナラ細根は凍結融解後の融解期間中に窒素無機化を促進させた。凍結融解イベントによってササの細根リターから溶脱する溶存有機窒素（DON）はミズナラ細根

リターよりも有意に多かった。また、ササ細根リターから放出される溶存有機炭素（DOC）とDOC/DON比はミズナラ細根リターよりも有意に小さかった。これらのことから、C/N比が低く、分解されやすい基質であるササ細根リターは、土壌微生物に利用されやすい溶存有機物を迅速に供給するため、土壌凍結期間中の窒素無機化が促進されたものと考えられた。一方、ミズナラ細根リターの添加では、凍結融解イベントによる物理的破砕等の作用によってリターの利用性が高まり、細根リターからの溶存有機物供給が増加することで融解期間中の窒素無機化が促進されたものと考えられた。さらに、細根リターの窒素無機化促進作用は凍結融解によって増加し、その増加程度はミズナラ細根の方がササ細根よりも大きかった。このことから、凍結融解は分解性の低い細根リターの分解促進とそれに伴う窒素無機化の促進をもたらすと考えられた。

第四章では、異なる植生下の土壌における凍結融解に対する土壌窒素変換の応答を、野外操作実験によって検討した。野外操作プロットであるミズナラ林と、隣接するカラマツ林からそれぞれ土壌を採取した。各土壌には、両林分で共通の下層植生であるササ細根を添加した。この土壌試料を野外操作プロットの除雪区と対照区に埋設し、冬季の正味窒素無機化速度を測定した。除雪処理は土壌の最低地温を低下させ、凍結融解の振幅数を増加させた。除雪区の正味硝化速度と窒素無機化速度は、対照区よりも有意に低下した。一方、正味アンモニウム化は除雪区で対照区よりも有意に増加した。全C量、全N量、C/N比に土壌間での有意差はなかったのにも関わらず、除雪区でのササ細根リターの添加に対する窒素無機化速度の応答は土壌間で異なっていた。すなわち、除雪区において、細根添加の無い土壌では、ミズナラ林土壌の方がカラマツ林土壌よりも窒素無機化速度が大きかったのに対し、細根を添加した土壌では、両土壌間の窒素無機化速度に有意差が認められなかった。これは、除雪区においてミズナラ林土壌は細根添加によって窒素無機化速度が低下したのに対して、カラマツ林土壌では細根添加による窒素無機化速度の変化は小さかったことに起因すると考えられた。細根添加に対する窒素無機化の応答の違いには、両林分下の土壌での溶存有機物の生成や利用に関する土壌微生物の機能の違いが関係していると考えられた。窒素無機化過程の基質であるDONの正味消費速度は、ミズナラ林土壌の方でカラマツ林土壌よりも多かった。一方、土壌微生物のエネルギー源となるDOCの変化は、細根添加に対して土壌間で異なる応答を示した。細根添加によって、ミズナラ林土壌ではDOC生成量が低下したのに対し、カラマツ林土壌では増加した。このことは、溶存有機物の利用性や生成速度がカラマツ林土壌でミズナラ林土壌よりも高いことを示唆していた。

第五章では総合考察として、野外操作実験と室内培養実験の結果に基づき、気候変動による土壌の凍結融解イベントの変化が土壌の窒素変換に与える影響を議論した。野外実験で観測された冬季のDOC生成速度の植生による違いは、土壌微生物による窒素消費への影響を介して、成長期における正味窒素無機化速度に対して植生間で対照的な変化を生み出すと考えられた。すなわち、冬季にDOC生成量が低下したミズナラ林では成長期の正味窒素無機化速度が増加するのに対し、冬季にDOC生成量が増加したカラマツ林では成長期の正味窒素無機化速度が低下すると予想された。また、室内実験で示された、凍結融解による細根リターの分解性の増加は、窒素無機化の促進とともに、両林分で土壌のCとN蓄積量を減少させうると考えられた。

本研究から、冬季気候変動による凍結融解レジームの変化は、細根リターのような新鮮有機物の増加を介して、土壌の窒素変換に影響することが明らかとなり、その応答は植生によって異なっていた。また、細根リターの植物種の違いは、窒素無機化の増加タイミングが異なることで、土壌中の窒素変換に影響していた。以上のことから、冬季の気候変動が森林生態系の窒素動態に与える影響を評価する上で、森林の構成種や土壌微生物の機能の違いや、それらによる溶存有機物の動態を考慮することの重要性が示された。