

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 9日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22770020

研究課題名（和文） 寒帯林の遷移過程における植物の窒素源の変化

研究課題名（英文） Changes in plant nitrogen sources during boreal forest succession

研究代表者

兵藤 不二夫 (HYODO FUJIO)

岡山大学・異分野融合先端研究コア・助教

研究者番号：70435535

研究成果の概要(和文):寒帯林の遷移過程における植物の窒素源の変化を明らかにするために、スウェーデン北部において約400年と5000年の遷移系列を対象にし、その植物及び土壌窒素の窒素同位体分析を行った。その結果、2つの遷移系列において植物の窒素同位体比が有意に変化することが明らかになった。土壌の溶存有機態窒素や無機態窒素の同位体分析の結果と合わせると、この植物の窒素同位体比の変化は、植物が溶存態有機窒素やコケによる窒素固定、そして菌根菌へとその窒素源を変化させていることを反映しているものと考えられる。

研究成果の概要(英文): To examine whether plants change nitrogen sources during boreal forest succession, I measured nitrogen isotopic signatures of plants and soil nitrogen across two chronosequences of time frame of approximately 400 years and 5000 years in northern Sweden. I found that the nitrogen isotopic signatures significantly changed along the forest succession. Based on the preliminary results on nitrogen isotope ratios of dissolved nitrogen sources in soil, these results suggest that the importance of dissolved organic nitrogen, biological nitrogen fixation by mosses, and nitrogen derived from mycorrhizal fungi as plant nitrogen source change along the forest succession.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：寒帯林、窒素循環、安定同位体、遷移、野火

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

生態系は、攪乱の後、植物バイオマスの増加や土壌への栄養塩類の蓄積が増加する発展期を迎える。しかし、その後、長期にわたり大規模な攪乱がない場合、一次生産速度や分解速度など生態系プロセスの速度の低下が生じる衰退期（退行遷移）を迎えることが、近年の研究で明らかになってきた (Wardle et al. 2004 Science)。寒帯林においては、退行遷移が進むにつれ、土壌中の窒素利用可能性は減少するにもかかわらず、土壌中に蓄積される有機物や窒素は増加する。これは、遷移が進行するにつれ、難分解性の有機物をリターとして土壌に供給する植物が優占し、窒素はそれら難分解性物質に吸着されるため、微生物や植物に利用されにくくなるためであると考えられている (Nilsson and Wardle 2002 Front Ecol Environ)。しかし、この過程において植物の窒素源がどのように変化するかについては、ほとんどわかっていない。

我々は寒帯林の島々において、退行遷移が進むほど窒素同位体比が高くなることを明らかにしている (Hyodo and Wardle 2009, Rapid Comm Mass Spect 図 1)。この退行遷移は、島の面積が小さくなるほど、より進行することがわかっている。これは小さい島ほど雷に当たる確率が低く、寒帯林の主要な攪乱要因である野火の発生頻度が低くな

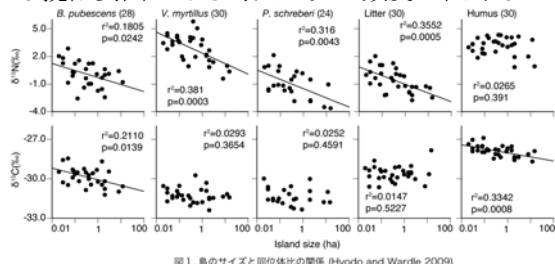


図 1. 島のサイズと同位体比の関係 (Hyodo and Wardle 2009)

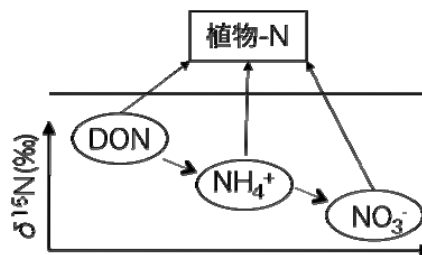


図2. 植物の異なる窒素源と予想されるδ¹⁵N値の関係

るためである。申請者らは、この同位体比の変化の原因について、退行遷移の進行に従い植物が（1）コケと共生しているシアノバクテリアによって固定された大気窒素を利用している（2）溶存態有機窒素をより多く利用している、という二つの仮説を挙げている。本研究では、植物が利用している可能性のある窒素源、すなわち、溶存態有機窒素 (DON)、アンモニア (NH₄⁺)、硝酸 (NO₃⁻) の窒素同位体比を測定し、植物の窒素同位体比と比較することで、この仮説の検証を行う。

2. 研究の目的

本研究は、寒帯林の遷移過程における植物の窒素源の変化を解明することを目的とした。長期にわたって大きな攪乱がない場合、遷移が進むにつれリンや窒素などの栄養塩制限をうけ、一次生産性が低下するなど生態系の衰退期（退行遷移）を迎える。しかし、その過程で植物の窒素源がどのように変化するか、ほとんどわかっていない。本研究では土壌中の溶存窒素（溶存態有機窒素、アンモニア、硝酸）と植物の窒素安定同位体比を比較することで、植物の窒素源を明らかにする。

3. 研究の方法



図3. スウェーデンにおける調査地

平成22年8月に、ノルボッテン郡アリエプログのハルナバン湖及びウッジャール湖に浮かぶ30の島々を対象に調査を行った。先行研究により、この島々ではサイズに応じて退行遷移の程度が異なることがわかっている。各島々から高木3種(*Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pubescens*)、矮小低木3種(*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*)、コケ2種(*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*)そして土壌(腐植)を採集した。これら試料は調査地において風乾したのち、実験室に持ち帰り60℃で2日間乾燥させた。その後、ボールミルを用いて粉碎し、窒素同位体比を測定した。また、調査地においては2M KClを用いて土壌抽出液を得た。この土壌抽出液を直ちに冷凍し、日本に持ち帰った。帰国後、脱窒菌法を用いて硝酸態窒素の窒素同位体比を測定した。また、アンモニア態窒素については、アルカリ条件下において酸性濾紙に回収し、その後、ペルオキシ二硫酸カリウムによって酸化し、脱窒菌法を用いてその窒素同位体比を測定した。溶存態有機窒素については、溶存態全有機窒素をペルオキシ二硫

酸カリウムを用いて酸化分解し、硝酸態窒素として脱窒菌法を用いて全窒素の窒素同位体比を測定したのち、硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度と同位体比から計算によって求めた。

H23年8月には、ノルボッテン郡アルビジャーラにおける9つの調査地において、調査を行い、高木3種(*P. sylvestris*, *P. abies*, *B. pubescens*)、矮小低木3種(*E. hermaphroditum*, *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea*)、コケ2種(*P. schreberi*, *H. splendens*)、草本1種(*Deschampsia flexuosa*)そして土壌(腐植)を採集した。H22年度と同様に、植物試料は風乾後、実験室に持ち帰り60℃で乾燥し、ボールミルによって粉碎した。また土壌抽出液については、上述のように、2MKClを用いて抽出し、脱窒菌法を用いて、各窒素形態ごとの窒素同位体比を測定した。

4. 研究成果

アリエプログにおける遷移系列において、先行研究(Hyodo and Wardle 2009 Rapid communications in Mass Spectrometry)で見られたのと同様に、島のサイズが減少するに従ってすべての植物種で窒素同位体比の上昇が見られた。このことは、植物が有機態窒素をより多く利用している、あるいは、大気中からコケによって固定された窒素をより多く植物が利用していることを意味している。土壌の溶存態窒素に関する窒素同位体比の解析は現在進行中であるが、おおむね、土壌(腐植)の窒素同位体比の変動を反映しており、溶存態有機窒素のほうがアンモニア態窒素よりも高い同位体比を持つ傾向があるようである。

一方、アルビジャーラにおける400年の遷移系列に関して、山火事からの経過時

間が増えるについて、植物の窒素同位体比は減少傾向を示すことが明らかになった。この遷移系列においても、遷移後期にコケに共生しているシアノバクテリアによる窒素固定が卓越することが知られている。大気窒素は0‰であるため、このような減少傾向が示されたということは、窒素固定が必ずしも寒帯林の遷移系列の窒素同位体比の変動に影響を与える主要な要因でないことを意味している。この遷移後期の窒素同位体比の減少は、菌根菌由来の窒素への強い依存、あるいは大気性降下物の取り込みによって植物が窒素を獲得していることを示している。

この他、共同研究として寒帯林の窒素炭素同位体比の変動要因として、ヤマアリの一種 (*Formica rufa* group) の除去区と対照区を設置し、植生や土壌窒素、土壌微生物群集などと共に下層植生や土壌の同位体組成を分析した。その結果、アリ除去区で有意な植生の変化や土壌炭素の減少や土壌水分や微生物活性の上昇、植物の炭素同位体比の上昇や窒素同位体比の減少が見られた。これは、アリによる種子の持ち去りがなくなったため、イネ科草本が卓越し、そのことが地下部における栄養塩濃度の上昇をもたらし、植物の光合成活性が強まったことを反映していると考えられる。また、この他にも、アリエプログにおける島々の生態系において、矮小低木3種 *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* の窒素資源を巡るニッチ分割に関する研究を行った。その結果この3種間でのニッチ分割と、同所的に生息する種や窒素資源の存在量（土壌の肥沃度）によって、種間関係が受ける影響の方向性が異なることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

Long-term aboveground and belowground consequences of red wood ant exclusion in boreal forest, David A. Wardle, Fujio Hyodo, Richard D. Bardgett, Gregor W. Yeates, and Marie-Charlotte Nilsson Ecology, 査読有、2011、vol.92、645-656

Nitrogen niches revealed through species and functional group removal in a boreal shrub community

Gundale, Michael, J., Fujio Hyodo, Marie-Charlotte Nilsson, David A. Wardle, Ecology、査読有、(in press)

[学会発表] (計1件)

兵藤不二夫、日下宗一郎、David A. Wardle, Marie-Charlotte Nilsson、寒帯林の野火による遷移過程における植物と土壌の炭素・窒素同位体比の変化、日本生態学会、2012年3月21日、龍谷大学

[その他]
特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

兵藤 不二夫 (HYODO FUJIO)

岡山大学・異分野融合先端研究コア・助教
研究者番号：70435535