

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 11日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20780116

研究課題名（和文） 森林生態系における細根生産量と養分吸収能が窒素動態に及ぼす影響

研究課題名（英文） Effects of fine root production and nutrient uptake by vegetation on nitrogen dynamics in forest ecosystems

研究代表者

福澤 加里部（FUKUZAWA KARIBU）

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・特任助教

研究者番号：10456824

研究成果の概要（和文）：

ミズナラと林床植生であるクマザサの細根生産および養分吸収の季節変化パターンの違いを同一環境下で別々に栽培することにより測定した。ミズナラとクマザサでは異なる細根生産および窒素吸収の季節変化パターンを示した。この違いは葉のフェノロジーの違いによると考えられた。このことから森林生態系の窒素動態の時間変化を評価するうえでは、樹木だけでなく林床植生も考慮する必要性が示された。

研究成果の概要（英文）：

Seasonal patterns of fine-root production and nutrient uptake by oak (*Quercus crispula*) and understory vegetation, Sasa (*Sasa veitchii*) were determined and compared by growing separately under the same environmental condition. The two plants revealed different seasonal patterns of root production and nitrogen uptake. This difference might have been caused by difference in leaf phenology among the plants. These results show that not only tree species but also understory vegetation should be taken into account for evaluating temporal pattern of nitrogen dynamics in forest ecosystems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：窒素、硝酸還元酵素活性、窒素安定同位体、林床植生、ミズナラ、ササ、フェノロジー

1. 研究開始当初の背景

森林のもつ炭素固定や窒素保持を通じた河川の浄化などの生態系機能を評価するためには、森林生態系における物質循環プロセスの解明が重要である。窒素は生物に必須の元素であり、植物による無機態窒素の吸収と微生物による有機物の分解・無機化を繰り返

し、余剰分が主に硝酸態として河川へ流出する。河川水中の硝酸濃度は季節変動を示すことが知られ、植生による窒素吸収は渓流水質を決定する上で重要な要因であるといえるが、植生による窒素吸収量の季節変化については評価されていない。

植物細根（根系の先端に位置する、直径数

mm オーダーの根)は植物と土壌のインターフェースであり、その動態は陸域生態系の炭素循環において重要な経路となり、また土壌中の養分を吸収するのも主に細根である。しかし、その動態は不明な点が多く、いっどれだけの根が生産され、また枯死するのか、あるいはどれくらいの期間生きるのか(寿命)に関する情報は地上部の葉の動態と比べるとはるかに乏しく、地下部での物質循環プロセスを評価するうえでのブラックボックスとなっている。一方、近年の研究から、細根の寿命は1年未満と短く、つまり回転が速いために、森林の純一次生産への寄与が大きいことが報告されている。また新しい根ほど活性が高いことが報告されており、細根動態と養分吸収能は密接に関連し合っているといえる。したがって、その両方を同時に測定することにより、土壌-植生系の物質動態メカニズムの解明に寄与すると考えられる。

また、森林には多様な植生が生育しているため、細根生産や養分吸収能に種間差があると考えられる。我が国における冷温帯林の林床植生として広く分布するササ類は樹木と並ぶ生態系の構成要素である。また冷温帯林において、ササの細根バイオマスは樹木よりも大きいことが報告されている。それにもかかわらずササが物質循環に果たす役割についてはほとんど明らかになっていない。ササの細根動態や養分吸収について評価することにより、生態系の植生のプロセスが明らかになるであろう。

2. 研究の目的

そこで本研究では、樹木と林床植生の細根生産および養分吸収の季節変化パターンの違いを明らかにするために、冷温帯林の優占樹種であるミズナラと代表的な林床植生であるクマザサを別々に栽培し、根箱法による細根生産の観測と窒素吸収量(安定同位体 ^{15}N を用いた窒素吸収量の評価、硝酸還元酵素活性)の季節変化を評価した。また樹木とササでの細根の形態の違いを解析した。

3. 研究の方法

研究にはミズナラ苗木およびクマザサを用い、また京都大学北白川試験地において両植物を根箱またはポット内で有機物をほとんど含まない砂質土にて植栽して実験を行った。両植物とも寒冷紗下の同一の環境下で栽培した。また細根動態観測実験では、地下部への光の侵入と地温上昇を抑えるために、根箱周囲にアルミマットを巻いた。土の乾燥を防ぐために、定期的に水を散布した。

(1) 細根動態観測

ミズナラ、クマザサそれぞれ5本(株)ずつ透明の亚克力製根箱にて栽培し、スキャ

ナーを用いて根箱側面を2週間間隔で撮影した(図1)。そして画像解析ソフトImage Measureを用いて、得られた画像から1本1本の根をトレースして根長および直径を測定し、一定期間の伸長量を細根生産速度として評価した。また根フェノロジーと地上部フェノロジーの関係を明らかにするために、全当年葉の葉面積やクマザサ群落の光合成速度を測定した。光合成速度の測定では、根箱全体を透明板または遮光板で密閉し、 CO_2 濃度の測定により呼吸量を求め、両者の差として光合成速度を計算した。

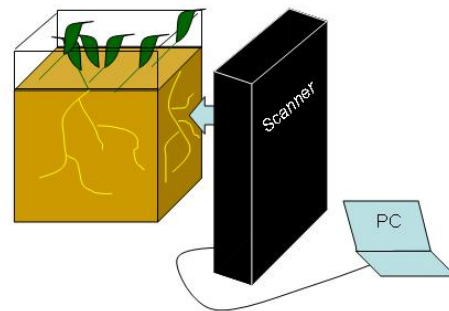


図1 細根動態観測の概略図

(2) ^{15}N 添加による養分吸収能測定

両植物をポット内で砂にて植栽し、8月・10月・2月・5月に窒素安定同位体 ^{15}N を与え、収穫した。処理区は ^{15}N 硝酸区、 ^{14}N 硝酸区を設定した。2008年8月、10月、2009年2月、2009年5月に各処理区において $\text{KNO}_3(^{15}\text{N})$ 、 $\text{KNO}_3(^{14}\text{N})$ をそれぞれ与え、48時間後に植物を収穫した。 ^{15}N は自然界にはきわめて微量にしか存在しないことからトレーサーとなり、 ^{14}N は対照区という位置づけである。各処理区において、それぞれ2.1 mM $\text{KNO}_3(^{15}\text{N})$ 、 $\text{KNO}_3(^{14}\text{N})$ 溶液300mlを散布した。ポットの下には皿を敷き、与えた溶液が皿にたまった場合には、繰り返し上からかけた。収穫後の植物体は、水道水および0.5 mM CaCl_2 溶液に浸けて洗浄し、さらに脱イオン水で洗浄した。

部位別(葉、枝、幹、根:3次根以下、4次根以上)に分け、70°Cで重量が一定になるまで乾燥後に重量測定し、ボールミルを用いて微粉碎した。葉は4-5枚以上をサンプリングし、微粉碎した。微粉碎サンプルを ^{15}N 同位体分析に用いた。 ^{15}N 区と ^{14}N 区での差を ^{15}N 吸収量とした。

(3) 硝酸還元酵素活性

硝酸還元酵素活性の測定は、 ^{14}N 区の植物体を用い、トレーサー実験と同一の日程で8月、10月、2月、5月の4回行った。洗浄直後の各部位の新鮮サンプル100mgを用い、比色に

よる亜硝酸窒素(NO_2)定量を行い、 NO_2 量をもって硝酸還元酵素活性とした。

4. 研究成果

(1) 細根生産の季節変化

根生産速度はミズナラでは7月にピークがあったのに対して、クマザサでは7月と10月の二山型ピークとなり、異なる季節変化パターンを示した(図2)。一方、冬季間の根の生産はなかった。ミズナラでは地温と根生産速度の間に非常に強い相関があったが、クマザサにおいては必ずしも地温が高くない秋に根の生産があり、地温だけでは説明できなかった(図3)。一方、クマザサの葉フェノロジーはミズナラとは異なり、当年葉は夏後半に展開した。またクマザサの光合成速度は葉面積変化に同調して9月に最大になった。このことからクマザサでは夏後半の光合成で獲得した炭素を用いて10月に細根生産速度が高まったと考えられ、同じ環境条件化でさえも地上部フェノロジーが異なる植物種間では根生産の季節パターンが異なることが示唆された。

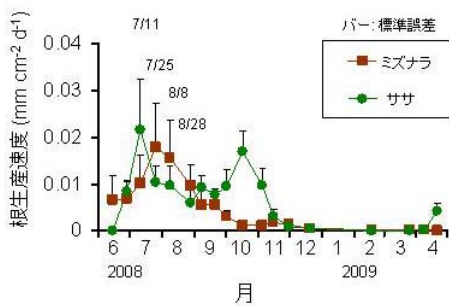


図2 根生産の季節変化

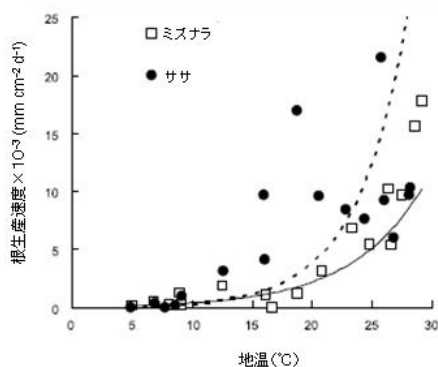


図3 根生産速度と地温の関係

(2) 窒素吸収の季節変化

部位別では、ミズナラ、クマザサともに3次根以下の根(以下では‘3次根’とよぶ)で ^{15}N 含有率が最も高く、4次根以上の根(以下では‘4次根’とよぶ)と葉では同程度に低

かった。より細い先端の根で高かったのは、そのような細い根においてより吸収活性が高く、また散布から48時間後では吸収された窒素がまだ他の部位へ転流していないことが示唆された。

季節変化をみると、ミズナラでは3次根において8月に圧倒的に高く、次いで10月に高く、2月と5月にはきわめて低かった。4次根と葉では明瞭な季節変化がなかった。一方クマザサでも8月に最も高かったものの、季節変化のレンジはミズナラに比べて小さかった。3次根、4次根では8月に最も高く、5月、2月、10月の順で低下した。ササ葉では、10月に最も高く、次いで8月であり、2月と5月は同程度に低かった。このようにクマザサでの季節変化がミズナラと比べて比較的小さかったことから、クマザサでは冬季でもある程度の硝酸吸収活性があるものと考えられた。一方、9月から10月には根の生産ピークがあったにもかかわらず、10月の ^{15}N 濃度は低く、吸収活性が低いことが示された。その一方でむしろ2月や5月の方が高かった。このメカニズムについてはさらなる検討が必要であるが、冬季を含むいわゆる休眠期でも葉をつけているクマザサは、その期間にも休眠しておらず、養分吸収ポテンシャルが高いことが明らかになった。

また本研究では根の次数別に分けたことで、より養分吸収活性が高い先端の根における季節変化が明瞭に明らかになった。

(3) 硝酸還元酵素活性の季節変化

硝酸還元酵素活性もミズナラとクマザサでは異なる季節変化パターンを示した。ミズナラでは、全部位において5月に低かったが、根では他の期間の季節変化が明瞭でなかった。葉では8月に高く次いで10月に高かった。一方クマザサでは葉と3次根において10月と2月に他の月に比べて有意に高かった。また4次根でも10月に最も高くなった。このことからクマザサでは秋から冬の養分吸収ポテンシャルが高いことが示唆された。

(4) 植生間での細根生産および養分吸収季節パターンの違い

以上から、ミズナラと林床植生であるササでは、細根生産と養分吸収の季節変化パターンが異なることが明らかになった。この違いを生んだ要因として、両者での葉フェノロジーの違いが考えられた。ミズナラでは生育期に生産した葉はすべて秋に落葉するのに対し、ササの葉は夏に生産したものが、冬を越し翌年まで生きる。ササでは当年葉の生産が8月から9月に高まるために、温度などの条件がよければ秋にも根を生産できると考えられた。一方、養分吸収は夏(8月)に最も高いという点ではミズナラもササも変わらないことから、養分吸収パターンは細根生産の季節パターン

と完全に一致しているわけではないものの、ササでは秋から翌春までの期間にも養分吸収ポテンシャルが高いことが明らかになった。

以上のことから、さまざまな種が混在する森林生態系においては、根の生産や機能の季節性は樹木と林床植生では異なり、根の機能を評価する際には樹木だけでなく林床植生をも考慮する必要があると考えられた。また実際の生態系においてササの有無により、生態系全体としての植生による養分吸収の季節変化パターンが変化する可能性が示唆された。

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1件)

- ① Fukuzawa K, Dannoura M, Kanemitsu S, Kosugi Y (2010) Seasonal patterns of root production of Japanese oak seedlings and dwarf bamboo grown in the rhizoboxes. *Plant Biosystems*, 査読有, 144: 434-439

[学会発表] (計6件)

- ① Fukuzawa K, Nakaji T, Nakamura M, Oguma H, Hiura T, Effects of soil warming on fine root dynamics in cool-temperate deciduous forest in northern Japan, *Rhizosphere3*, 2011年9月27日, Burswood convention centre, Perth, Australia
- ② Fukuzawa K, Dannoura M, Kanemitsu S, Kosugi Y. Seasonal patterns of fine-root production and respiration of oak seedlings and dwarf bamboo, 7th ISRR Symposium Root Research and Applications, 2009年9月4日, University of natural resources and life sciences, Vienna, Austria
- ③ 福澤 加里部, 上田 実希, 徳地 直子. ミズナラとササの硝酸還元酵素活性の季節変化, 日本地球惑星連合大会 2009, 2009年5月20日, 幕張メッセ (千葉市)
- ④ 福澤 加里部, 檀浦 正子, 兼光 修平, 坂井 百々子, 上田 実希, 小杉 緑子, 徳地 直子. ミズナラとクマザサの細根生産と機能の季節変化, 第121回日本森林学会大会, 2009年4月4日, 筑波大学 (つくば市)
- ⑤ 福澤 加里部. ミズナラとササの細根生産速度と根呼吸速度の季節変化, 第56回日本生態学会大会, 2009年3月19日, 岩手県立大学 (岩手県滝沢村)
- ⑥ 福澤 加里部. 根箱を用いたミズナラとクマザサの細根動態パターンの解析, 根研究会, 2008年11月7日, 千葉科学大学 (銚子市)

[図書] (計1件)

Fukuzawa K, Dannoura M, Shibata H (2012) Fine root dynamics and root respiration, In: Stefano Mancuso (eds) *Measuring roots: An updated approach*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp291-302

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福澤 加里部 (FUKUZAWA KARIBU)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・特任助教
研究者番号: 10456824

(2) 研究分担者

なし

(3) 研究協力者

なし