

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07830

研究課題名（和文）根圏での樹木と林床植生間の競争緩和が窒素動態と菌根を介した樹木の生長に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of mitigation of competition in rhizosphere between tree and understory vegetation on nitrogen dynamics and tree growth through mycorrhiza

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・准教授

研究者番号：10456824

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：冷温帯林における代表的な林床植生であるクマイザサ地上部を実験的に除去し、土壌窒素動態や細根動態、樹木の生産量、樹木根での外生菌根の形成および種組成へ及ぼす影響を調べた。ササ除去による土壌中の無機態窒素量の変化は小さかった。ササ細根はササ除去後も維持されていたことから、ササによる窒素吸収が継続しているためと考えられた。またササ除去による樹木の生長、菌根化率、外生菌種組成の変化も小さかった。本研究から、短期的にはササ除去後が土壌の窒素動態、菌根菌動態および樹木の生長へ及ぼす影響は小さいことが明らかになった。これはクマイザサの地上部の攪乱に対する抵抗性が強いことによると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

樹木ではなく林床植生の地上部攪乱に着目して地下部応答と窒素動態の関係、樹木や外生菌根菌動態の応答を示し、いずれも短期的に変化しにくいことが明らかになった。これは、さまざまな攪乱や環境変化に曝されうる森林が細根動態や菌根菌動態を通じて森林の生産性や生態系機能を維持するメカニズムの解明において有用な知見である。また、集水域スケールで林床植生除去の影響を評価した研究はこれまでにない。社会的には、植生攪乱に対する生態系のレジリエンスがクマイザサが生育する森林では比較的大きいことが明らかになり、森林のもつ生態系サービスの維持・予測、北方林における持続的な林業の方策にも示唆を与えるものである。

研究成果の概要（英文）：We manipulated removal of a dominant understory vegetation, *Sasa senanensis* in cool-temperate forests in Japan, and investigated the effect of the removal on soil nitrogen dynamics, fine root dynamics, net primary productivity of the trees, mycorrhizal formation and composition in tree roots. The change in soil inorganic nitrogen availability by *Sasa* removal was small and fine root of *Sasa* remained even after above-ground *Sasa* removal, implying that maintained nitrogen uptake by *Sasa* attributes to stable nitrogen dynamics after the disturbance. The change in tree production, mycorrhizal formation rate, and mycorrhizal composition were also small. This study clarified that short-term effects of *Sasa* removal on nitrogen dynamics was small and suggest that resistance of *S. senanensis* to the above-ground disturbance might be the reason of the stable response of soil nitrogen dynamics.

研究分野：生物地球化学

キーワード：土壌窒素 ササ ミズナラ 細根 純一次生産 外生菌根菌 土壌環境 食害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

森林は水質形成など様々な生態系機能を有しており、生態系内部での物質循環プロセスと密接に関係している。窒素は生態系内部での土壌 - 植生間での循環量が大きく、植物の量や種類は窒素循環プロセスを規定する要因の一つである。森林生態系を構成するのは主に樹木であるが、林床植生についても純一次生産や窒素吸収への貢献度が高いことが報告されている。(Moore et al., 2007; Nilsson & Wardle, 2005)。我が国においては冷温帯を中心に林床植生としてササが広く分布しており、純一次生産や窒素吸収を通じて生態系内の窒素動態に深く関与すると考えられる(福澤 2013, Fukuzawa et al. 2013)。

一方、森林伐採などの攪乱は、植生による窒素吸収を停止させるために、土壌中の窒素量の増加や河川への溶脱を引き起こすことが知られている(Bormann and Likens, 1994)。それに対して我が国では林床植生ササが森林攪乱後の窒素溶脱を緩和する役割をもつことが指摘されている(Fukuzawa et al., 2006; 福澤 2013)。一方、近年全国でシカ等動物の食害によりササを含む林床植生の消失が進行していることが報告されており、窒素動態の変化を通じた生態系機能へ影響が懸念されるが(福島ら, 2013)、林床植生の消失が窒素動態に及ぼす影響は明らかではない。また、競争関係にある林床植生の消失が樹木の生長に及ぼす影響についても不明である。したがって、林床植生の食害が顕在化していない森林において、林床植生の除去操作を行うことにより、林床植生の消失を想定した土壌窒素動態や樹木の生長への影響が明らかになると考えられる。

また、多くの樹木は外生菌根と共生しており、外生菌根形成は樹木の生存にとって極めて重要であると同時に、窒素動態や生態系機能にも影響を及ぼすと考えられるが、菌根菌動態と森林の生態系機能の関係には不明な点が多く残されていることから、地下部での樹木・林床植生の細根動態の変化と関連づけて菌根菌動態を調べることも有用であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、冷温帯林における代表的な林床植生であるササを実験的に除去することにより、ササ消失が窒素動態(土壌中の無機態窒素量・窒素溶脱量)に及ぼす影響を定量的に評価するとともに、樹木と共生する微生物群集(外生菌根菌相)の変化を介して樹木の生長へ及ぼす影響を解明することを目的とした。ササ除去によりササによる窒素吸収が停止するために土壌中の無機態窒素量は増加すると予想した。

3. 研究の方法

北海道大学中川研究林内のクマイザサが密生した冷温帯林において、ミズナラ成熟木の周囲にプロットを設定し、2017年6月にクマイザサを刈り取り・搬出により除去した。以下の内容について、除去前後および対照区(非除去)との比較によりササ除去の影響を調べた。

- (1) 土壌中の無機態窒素量(0.5M K_2SO_4 抽出)および土壌環境
- (2) ササと樹木の細根量(根長, 細根バイオマス)
- (3) 樹木の生長
- (4) 外生菌根菌の量や組成

また、急傾斜斜面等を除いた集水域面積比 50%のササ除去を実施し、集水域末端にて河川水を採取して窒素溶脱を調べた。

4. 研究成果

(1) 土壌中の無機態窒素量と窒素溶脱の変化

表層 10cm 土壌中の無機態窒素の形態はアンモニウム態窒素(NH_4^+)が優占し、硝酸態窒素(NO_3^-)率は 2%(中央値)に過ぎなかった。表層土壌(10 cm)中の NH_4^+ 量は、ササ除去区、対照区の間

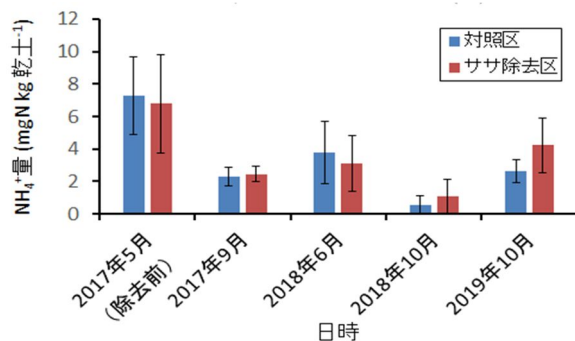


図 1. ササ除去前後での土壌中の NH_4^+ 量の変化。エラーバーは標準偏差を示す(n=6)。

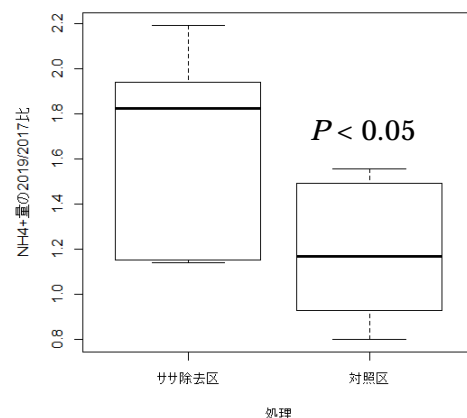


図 2. 土壌中の NH_4^+ 量の変化比 (2019/2017)。

で有意な差 ($P < 0.05$) はみられなかったが、2年経過後の2019年10月にササ除去区で高まる傾向があった(図1)。一方、ササ除去直後と2年経過後の同じ季節における各プロットでの NH_4^+ 量の変化量は、ササ除去区で有意 ($P < 0.05$) に高まったことから、ササ除去後に緩やかに NH_4^+ 量は増加していることが示された(図2)。 NH_4^+ 量の季節変化は非常に大きく、生育期前期の方が中期・後期より高い傾向があった。これは冬季には窒素の吸収量が少ないために無機態窒素が蓄積したためと考えられた。ササ除去による NO_3^- 量の変化は不明瞭であった。

河川水中の NO_3^- 濃度はササ除去流域での上昇がみられず、ササ除去は短期的には集水域スケールでの窒素溶脱に影響を及ぼさなかった。

(2) 細根量の変化

土壌0-10cm深のササ細根の根長密度は、処理前に樹木根と同程度以上であったことから、この森林ではササが樹木と並んで地下部における主要な生態系の構成要素であることが示された(図3)。また、FH層から20cmまでの垂直分布パターンは樹木とササで異なり、樹木では表層集中型であるのに対し、ササではFH層では少なく土壌では平均的に分布していた。ササ除去後もササ細根は対照区と同程度存在し、維持されていたことから、ササ除去後もササによる窒素吸収が継続していることが示唆され、そのことが土壌中の無機態窒素量が変化しにくいことと関係していると考えられた。2019年秋には処理区を問わずササ細根量は小さかった。

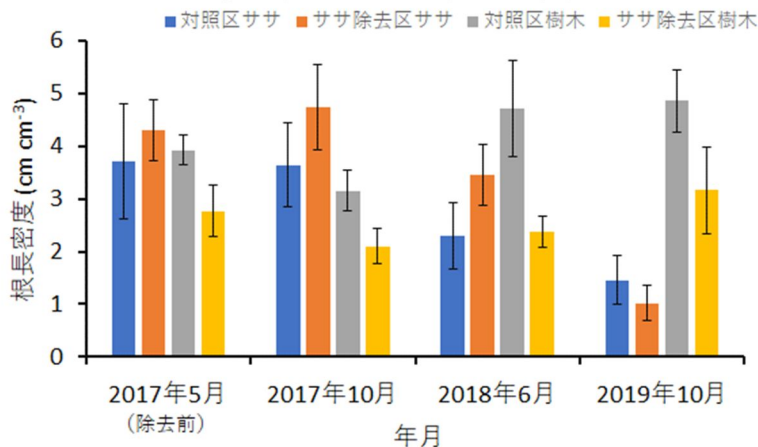


図3. 土壌深度別のササと樹木の根長密度の変化(エラーバーは標準誤差 (n=6) を示す.)

(3) 樹木の生長に及ぼす影響

ミズナラのリターフォールと肥大生長量ではササ除去前後ともに処理区間で有意な差はなく、ササ除去の影響は明確ではなかった。

(4) 外生菌根菌の量や組成に及ぼす影響

菌根化率はササ除去前後を通じて処理区間で有意な差はなかった(図4)。2016年、2017年に比べて2019年は処理区によらず高い傾向があった。ササ除去前の2016年と除去直後の2017年の比較では、外生菌根菌はササ除去処理前に110TU、処理後に100TUが同定された。上位3種は除去前後ともに *Helotiales* sp., *Russula* sp., *Lactarius* sp. で変わらなかった。ササ除去は短期的には外生菌根菌の形成や組成への影響は小さかった。

クマイザサは地上部の攪乱に対する抵抗性が強く、地下部の細根を維持しており、ササ除去後も林分・生態系スケールでの窒素動態は安定していることが明らかになった。しかし、より長期にわたり繰り返す攪乱に曝されることで次第に減少し、窒素動態が変化する可能性は残されており、より長期的な攪乱影響評価を行うことが必要であろう。

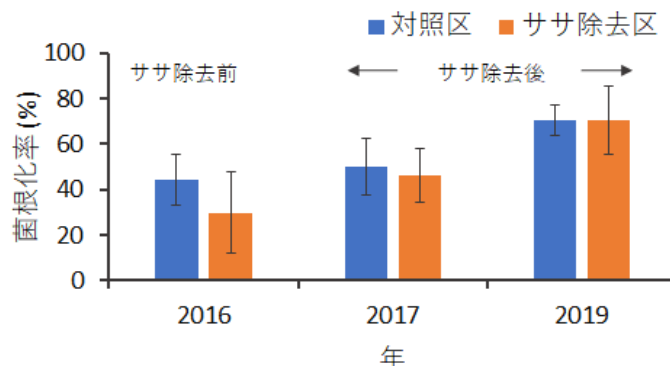


図4. ミズナラ細根の菌根化率の変化(エラーバーは標準偏差 (n=6) を示す.)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fukuzawa Karibu, Satoh Fuyuki, Shibata Hideaki, Kamiura Tatsuya, Kozuka Chikara, Takanishi Toshikazu, Hayakashi Shintaro, Hirano Yuya, Mamiya Wataru, Yabuhara Yuri, Sakai Rei, Sugiyama Hiroshi, Masumoto Hiroshi, Fukuzawa Naoko, Takeda Tetsuji, Morita Hideaki, Yamanouchi Makoto, Hasegawa Junko, Yoshida Toshiya	4. 巻 In press
2. 論文標題 Stream water quality in relation to watershed scale practical forest management in a cool temperate natural forest in northern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12094	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oda Tomoki, Green Mark B., Urakawa Rieko, Scanlon Todd M., Sebestyen Stephen D., McGuire Kevin J., Katsuyama Masanori, Fukuzawa Karibu, Adams Mary B., Ohte Nobuhito	4. 巻 54
2. 論文標題 Stream Runoff and Nitrate Recovery Times After Forest Disturbance in the USA and Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Water Resources Research	6. 最初と最後の頁 6042 ~ 6054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017WR021986	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hosokawa Nanae, Isobe Kazuo, Urakawa Rieko, Tateno Ryunosuke, Fukuzawa Karibu, Watanabe Tsunehiro, Shibata Hideaki	4. 巻 114
2. 論文標題 Soil freeze-thaw with root litter alters N transformations during the dormant season in soils under two temperate forests in northern Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soil Biology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 270 ~ 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.soilbio.2017.07.025	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Tsunehiro, Tateno Ryunosuke, Imada Shogo, Fukuzawa Karibu, Isobe Kazuo, Urakawa Rieko, Oda Tomoki, Hosokawa Nanae, Sasai Takahiro, Inagaki Yoshiyuki, Hishi Takuo, Toda Hiroto, Shibata Hideaki	4. 巻 142
2. 論文標題 The effect of a freeze-thaw cycle on dissolved nitrogen dynamics and its relation to dissolved organic matter and soil microbial biomass in the soil of a northern hardwood forest	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biogeochemistry	6. 最初と最後の頁 319 ~ 338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10533-019-00537-w	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyake Hiroki, Ishitsuka Sakiko, Taniguchi Takeshi, Yamato Masahide	4. 巻 30
2. 論文標題 Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in forest ecosystems in Japan's temperate region may be primarily constituted by limited fungal taxa	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	6. 最初と最後の頁 257 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00572-020-00945-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tatsumi Chikae, Imada Shogo, Taniguchi Takeshi, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Tateno Ryunosuke	4. 巻 176
2. 論文標題 Soil prokaryotic community structure is determined by a plant-induced soil salinity gradient rather than other environmental parameters associated with plant presence in a saline grassland	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Arid Environments	6. 最初と最後の頁 104100 ~ 104100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jaridenv.2020.104100	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tatsumi Chikae, Taniguchi Takeshi, Du Sheng, Yamanaka Norikazu, Tateno Ryunosuke	4. 巻 101
2. 論文標題 Soil nitrogen cycling is determined by the competition between mycorrhiza and ammonia oxidizing prokaryotes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology	6. 最初と最後の頁 e02963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecy.2963	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakayama Masataka, Imamura Shihomi, Taniguchi Takeshi, Tateno Ryunosuke	4. 巻 446
2. 論文標題 Does conversion from natural forest to plantation affect fungal and bacterial biodiversity, community structure, and co-occurrence networks in the organic horizon and mineral soil?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 238 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foreco.2019.05.042	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 福澤加里部・谷口武士
2. 発表標題 冷温帯林でのササ除去前後における樹木と共生した外生菌根菌組成
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福澤加里部・谷口武士・野村睦
2. 発表標題 冷温帯林におけるササの除去は土壌水分と窒素動態を変えるか？
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福澤加里部, 谷口武士, 野村睦, 中山理智
2. 発表標題 冷温帯林におけるササ除去が窒素動態および外生菌根菌組成に及ぼす影響
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	谷口 武士 (TANIGUCHI Takeshi) (10524275)	鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授 (15101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	中山 理智 (NAKAYAMA Masataka)		
連携 研究者	野村 睦 (NOMURA Mutsumi) (20271629)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教 (10101)	