

平成30年 5月28日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18708

研究課題名(和文) 雪解けの早まりが大型土壌動物を介して北方林の樹木へ及ぼす影響

研究課題名(英文) Influence of advancing snowmelt on northern tree via soil macro fauna

研究代表者

小林 真 (KOBAYASHI, Makoto)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教

研究者番号：60719798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：温暖化にともない北海道北部で観察されている雪解け時期の早まりが、大型土壌動物であるミミズを介して、樹木の利用可能な土壌の無機態窒素の生成量へ及ぼす影響について評価した。春先に実施した積雪時期を操作する野外実験から、雪解けが早まると、硝酸態窒素の生成量は増加することが明らかになった。一方、雪解け時期の早まりによる土壌窒素への影響程度は、越冬したミミズの存在の有無およびミミズの個体サイズの違いに関わらず同程度であった。これらのことは、雪解けの早まりによる樹木の利用可能な土壌窒素への影響は、ミミズなどの大型土壌動物ではなく、土壌微生物など他の生物の活性が増加したことによるものであることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We have evaluated the effect of advancing snowmelt on the production of inorganic nitrogen, which is available for northern tree, via the change of earthworm, a abundant macro fauna species. As the result of the field manipulation experiment, the advancing snowmelt has increased the production of nitrate in soil. However, the amount of the increased nitrate production was similar between the condition with and without earthworm. Furthermore, the amount of increased nitrate production was similar between the condition with small and large earthworm. These results indicate that, in the forests of northern Hokkaido, the effect of advancing snowmelt on soil inorganic nitrogen production is controlled not by the earthworm and their trait but done by other soil organisms such as soil microbe.

研究分野：森林科学

キーワード：冬の気候変動 土壌-植物系 窒素動態 土壌動物 温暖化 機能形質

1. 研究開始当初の背景

世界規模で気温上昇が進行し、森林の持つ生態系機能へ及ぼす影響が懸念されている。中でも北方林は、巨大な炭素の貯留庫として重要な機能を果たしている一方、気温上昇に対して脆弱な生態系とされている。したがって、気温上昇が北方林において主に炭素固定を担っている樹木へ及ぼす影響とそのメカニズムを理解する事は、科学的根拠に基づいて、全球レベルでの将来の炭素動態を精度高く予測する上で不可欠である。

気温上昇が樹木へ及ぼす影響については、これまで気温上昇が直接的に樹木の生理へ及ぼす影響に関して盛んに研究が行われてきた。一方、気温上昇が樹木に係る生物を介して間接的に樹木へ及ぼす影響については、未解明点が多い。

北方林では、一般的に土壤中に含まれる無機態窒素量が樹木による炭素固定を規定している。土壤中の無機態窒素は、落葉に由来する高分子の有機態窒素を低分子に分解する土壤動物や、有機態窒素を無機化する土壤微生物の働きで生成されており、これらの土壤生物と樹木は窒素の供給と利用を介して関係しているといえる。

一方、北方林において積雪期間は土壤生物や樹木の成長期間を規定する主要因の一つである。しかし、北方林の分布南限域である北海道北部では、過去 80 年間で約 2 週間、温暖化にともない雪融け時期が早まっており、今後も更なる進行が予想されている (Makoto et al. 2014)。こうした気温上昇にともなう雪解けの早まりは、北方林に生育する樹木へ直接的・間接的に大きく影響すると予想される。しかし、過去の研究では、夏以外の季節の気温上昇が土壤生物を介して間接的に樹木へ及ぼす影響について未解明な点が多い。

2. 研究の目的

そこで本研究では、北海道北部の森林において、雪解け時期を早める野外操作実験を実施し、樹木が利用する無機態の窒素の生成量へ及ぼす影響を評価することを目的とした。

その際に、北海道北部の森林で優占する大型土壤動物であるミミズの密度やその形質を操作した条件を設け、雪解けの早まりが大型土壤動物を介して樹木が利用しやすい土壤中の無機態窒素の生成に及ぼす影響や、樹木への影響を評価した。

3. 研究の方法

本研究では、北海道大学天塩研究林内の森林において、除雪をすることにより雪解け時期を早める野外操作実験を行った。除雪処理は、2017 年 3 月下旬に実施し、その地温などへの影響とともに、土壤中の無機態窒素の生成速度への影響を評価した。雪解けの早まりによる土壤中の窒素動態の変化が、樹木へ及ぼす影響については、葉の窒素含有率などへの影響を評価した。

土壤の無機態窒素の生成速度の評価は、2016 年の初冬 (11 月) に森林から採取し、篩をかけて塩化ビニルで作成した幅および長さが各 30cm、深さが 20cm の容器 (メソコズム) に設置しておいた土壤 (湿重 2.3kg) について、2017 年 4 月の雪解け直後までの 5 ヶ月間に生産された無機態窒素 (アンモニア態窒素、硝酸態窒素) の生成速度を、それぞれ積雪期のアンモニア態窒素生成速度、硝酸態窒素の生成速度として、また、4 月の雪解け直後から、5 月末までのそれぞれを、春期のアンモニア態窒素生成速度、硝酸態窒素の生成速度として評価した。

また、実験には、調査地である天塩研究林内で最も優占しているサクラミミズ (*Eisenia japonica*) を用いた。サクラミミズは 2017 年の 10 月に森林内で採取し、大型の個体 (平均個体重 $0.8 \pm 0.18g$) と小型の個体 (平均個体重 $0.24 \pm 0.07g$) に分けて実験に用いた。これらのミミズを、先に述べたメソコズムの中に、0 頭、10 頭の小型ミミズ、10 頭的大型ミミズが含まれるようにした。なお、30cm 四方の範囲に 10 頭というミミズの密度は、天塩研究林内で観察された、サクラミミズの最大の密度の値を参考に、野外にて現実的に存在しうる密度の最大値に近い値として設定した。なお、ミミズが容器から逃げ出さないように、塩化ビニル製の箱の上下については、目開き 1mm のメッシュにて蓋をした。各ミミズ条件、雪解け条件について、5 個ずつメソコズムを設置した。

樹木への影響については、2m x 3m の範囲に 3 本ずつ植栽された樹高約 12m で 14 年生のカラマツを対象に同様の雪解け処理を行った。対象となるカラマツについて、専用の樹冠へのアクセスシステムを作成し、2017 年 8 月下旬に葉のサンプリングを行った。サンプリングした葉は、乾燥させた後、粉末にした後に NS アナライザーにて窒素の含有量を測定した。

4. 研究成果

除雪処理によって、雪解け時期は、約 14 日間早まり、雪解け処理区 (SM) では、対照区 (CON) に比べて早期から地温の上昇が見られた (図 1)。

雪解け処理は、積雪期のアンモニア態窒素の生成速度へは顕著な影響を及ぼさなかった (図 2)。一方、雪解け処理は、硝酸態窒素生成速度を、有意に増加させた (図 2)。一方、そうした雪解け処理による積雪期のアンモニア態窒素生成速度、硝酸態窒素の生成速度への影響は、ミミズの密度やミミズの体サイズによって影響を受けなかった (図 2)。

これらのことは、雪解け時期の早まりは、積雪期の硝酸態窒素の生成速度を顕著に増加させるが、その増加には、大型土壤動物のミミズではなく、より小型の土壤動物や土壤微生物が関与していることが示唆された。

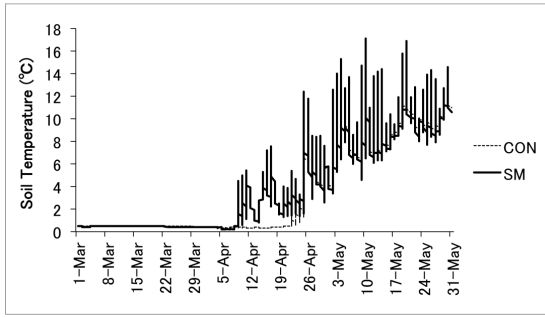


図 1: 2017 年春先の試験地での土壌表層(5cm 深)での地温動態。CON は対照区(斜線)、SM は除雪により雪解け時期を早めた雪解け処理区(実線)。

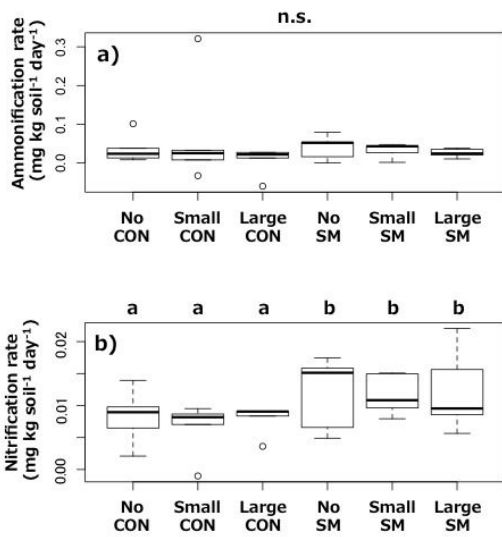


図 2: 冬期の土壌中でのアンモニア態窒素(a)および硝酸態窒素の生成速度(b)に対する雪解け処理およびミミズの密度や形質の影響。異なるアルファベットは、条件の間で統計的に有意な差があることを示す(Tukeyの多重比較, $p < 0.05$)。CON は対照区、SM は除雪により雪解け時期を早めた雪解け処理区、No はミミズ無し、Small は小さなミミズ、Large は大きなミミズがそれぞれいる条件を示す。

一方、そうした雪解け処理による積雪期のアンモニア態窒素生成速度、硝酸態窒素の生成速度への影響は、ミミズの密度やミミズの体サイズによって影響を受けなかった(図2)。これらのことは、雪解け時期の早まりは、積雪期の硝酸態窒素の生成速度を顕著に増加させるが、そうした増加には、大型土壤動物であるミミズではなく、より小型の土壤動物や土壌微生物が関与していることを示唆している。

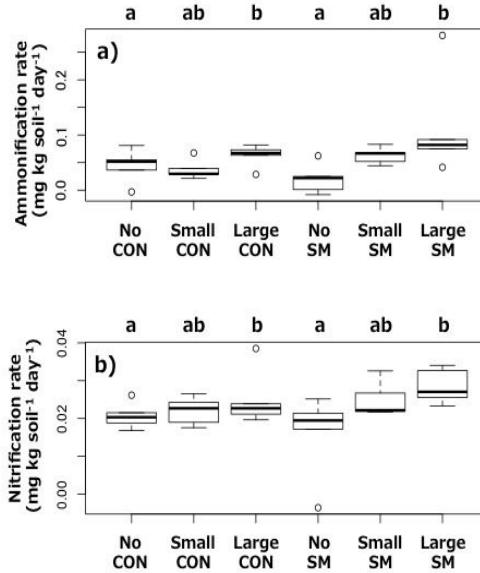


図 3: 春期の土壌中でのアンモニア態窒素(a)および硝酸態窒素の生成速度(b)に対する雪解け処理およびミミズの密度や形質の影響。異なるアルファベットは、条件の間で統計的に有意な差があることを示す(Tukeyの多重比較, $p < 0.05$)。CON は対照区、SM は除雪により雪解け時期を早めた雪解け処理区、No はミミズ無し、Small は小さなミミズ、Large は大きなミミズがそれぞれいる条件を示す。

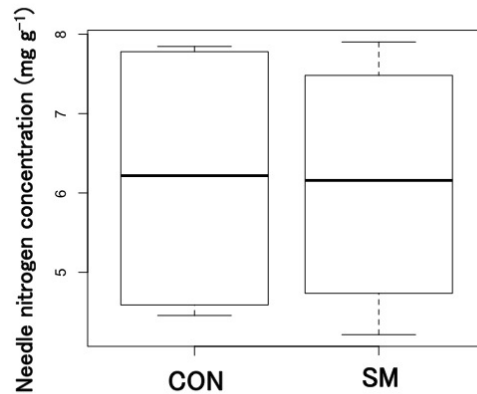


図 4: 14 年生カラマツの葉の窒素含有率に対する雪解け処理の影響。CON は対照区、SM は除雪により雪解け時期を早めた雪解け処理区。

一方、春期のアンモニア態窒素および硝酸態窒素の生成速度には、雪解け処理の影響は既に残っていなかった。一方で、ミミズの密度が高く、しかも大型のミミズが存在している条件では、春先の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の生成速度は顕著に大きかった。これらのことは、冬の気温上昇にとまなう雪

解け時期の早まりは、雪解け直後の窒素動態へは影響を及ぼすが、そうした影響は樹木の生育時期までは残らないことや、雪解け時の早まりによる土壌窒素を介した樹木への影響は限定的で、むしろ春先に存在しているミミズの密度や形質（ここでは体サイズ）によって大きく影響を受けることを示唆している。

実際に、14年生のカラマツを対象に積雪除去実験を行い、生育最盛期における葉の窒素含有量を測定したが、雪解け処理による顕著な影響は見られなかった（図4）。今後は、大型土壌動物だけではなく、他の土壌生物についても注目し、雪解けの早まりによる影響が土壌を介して間接的に樹木に及ぼす影響のメカニズムについても検証を進めることで、冬の気候変動が森林に及ぼす影響メカニズムの解明に迫ることができると考えられる。

5. 主な発表論文等

小林真は英文では Makoto, K. として執筆〔雑誌論文〕(計 5 件)

長谷川元洋・藤井佐織・金田哲・池田紘士・菱拓雄・兵藤不二夫・小林真 (2017) 土壌動物をめぐる生態学的研究の最近の進歩. *日本生態学会誌*. 67:95-118. (査読有)

Pingree, M.R.A., Makoto, K., DeLuca, T.H. (2017) Interactive effects of charcoal and earthworm activity increase bioavailable phosphorus in sub-boreal forest soils. *Biology and Fertility of Soils*. 53: 873-884. (査読有)

Kawakami, T., Makoto, K. (2017) Does an earthworm species acclimatize and/or adapt to soil calcium conditions? The consequence of soil nitrogen mineralization in forest soil. *Ecological Research*. 32: 603-610. (査読有)

Makoto, K., Minamiya, Y., Kaneko, N. (2016) Differences in soil type drive the intraspecific variation in the responses of an earthworm species and, consequently, tree growth to

warming. *Plant and Soil*. 404: 209-218. (査読有)

小林真・南谷幸雄・竹内史郎・奥田篤志・金子信博 (2015) 初冬期に北海道北部の河川水中で発見された大量の陸棲ミミズ: 一斉移動への示唆. *Edaphologia*. 97: 37-40. (査読有)

〔学会発表〕(計 7 件)

小林真. 雪解けの早まりが土壌を介して森林植物に及ぼす影響. 第 129 回日本森林学会, 2018.

片山歩美・Bryanin, S.V.・高木健太郎・小林真. 雪解け時期の早まりが土壌呼吸に与える影響: 大面積操作実験による検証. 第 65 回日本生態学会, 2018.

河上智也・小林真. 森林土壌のカルシウム可給性はミミズによる難分解性炭素生成を変化させるか. 第 129 回日本森林学会, 2018.

丸毛絵梨香・上田実希・関宰・高木健太郎・小林真. 雪どけ時期を早めると樹木のフェノロジーや成長は種によってどう異なるか. 第 129 回日本森林学会, 2018.

小林真・片山歩美・丸毛絵梨香, Bryanin, S.V. 高木健太郎. 雪解け時期の早まりが森林の下層植生と成木に及ぼす影響の違い: 大面積操作実験による検証. 第 64 回日本生態学会, 2017.

Makoto, K., Kawakami, T., Minamiya, Y., Kaneko, N. Intraspecific variation in the responses of an earthworm species to climate warming: the driver and consequence in tree growth. The XVII International Colloquium on Soil Zoology, 2016.

小林真・金子信博. 気候変動が土壌-植物系のもつ生態系機能へ及ぼす影響-大型土壌動物を介したプロセス. 第 63 回日本生態学会, 2016.

〔その他〕

ホームページ等

<https://makoto-plant-soil.weebly.com/>

6．研究組織

(1)研究代表者

小林 真 (KOBAYASHI, Makoto)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学セン
ター・助教

研究者番号：60719798

(2)研究協力者

高木 健太郎 (TAKAGI, Kentaro)

片山 歩美 (KATAYAMA, Ayumi)