

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580205

研究課題名(和文) スギ、ヒノキ林における間伐が中長期的な養分循環に及ぼす影響の評価

研究課題名(英文) Evaluation of the mid- and long-term effects of thinning on nutrient cycling in sugi and hinoki forests

研究代表者

中西 麻美 (Nakanishi, Asami)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教

研究者番号：60273497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：間伐実施後、約10年が経過したスギ、ヒノキ林を対象としてリターフォールによる土壌への窒素供給速度と土壌の有機物層における窒素放出速度を評価し、間伐後の下層植生の発達が生じたスギ、ヒノキ林における中長期的な土壌肥沃度の保全に果たす役割を明らかにした。間伐実施林分のリターフォールの窒素供給は概ね回復した。有機物分解が速い林分では間伐後に有機物分解の促進は認められず、堆積有機物層は維持されること、有機物分解が遅い林分では下層植生の落葉供給の増加による窒素循環促進効果が認められた。したがって、間伐後のスギ、ヒノキ林分では、中長期的に見て土壌肥沃度は維持、保全されることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Nitrogen (N) input by litterfall and N release during decomposition in the organic horizon (O horizon) were evaluated in the sugi and hinoki forests 10 years after thinning. We hypothesized that understory vegetation which has higher N concentration in leaf litter enhances N cycling after thinning. N inputs by litterfall in thinned plots were similar to those in unthinned plots. The effect of thinning on N release in the O horizon was dependent on the amount of O horizon before thinning. In the sites with low accumulation of O horizon, the N release in the O horizon was not affected by thinning. On the other hand, in the sites with high accumulation of O horizon, N release in the O horizon was increased and this increase was partly due to higher input of leaf-litter of understory vegetation. These results suggest that enhancement of N cycling by understory vegetation after thinning is substantial in low-fertility sites and N cycling was not affected by thinning in high-fertility sites.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学、森林科学、森林生態・保護・保全

キーワード：間伐 窒素循環 リターフォール 堆積有機物 土壌養分供給速度 下層植生 スギ ヒノキ

1. 研究開始当初の背景

森林・林業再生プランでは、高密度路網の整備、長伐期化、間伐により国内の木材生産を増加させることを目標としている。しかし、人工林を長伐期化すると土壌肥沃度が低下して林分成長が低下することが懸念される。持続的に高い木材生産量を確保するためには土壌肥沃度の保全が重要である。

間伐をすると、その影響は残存木の成長だけでなく、下層植生の発達や生態系の物質循環にも及ぶ。森林生態系は内部循環による養分の再吸収システムが発達しているため、土壌肥沃度はリターフォールによる土壌への養分供給と、土壌微生物による養分供給によって決定されている。間伐直後に低下したリターフォール量は次第に増加することが予想されるが、どの程度の時間でどの程度の量まで回復するかについての知見は乏しい。また、間伐後は堆積有機物の分解速度が増加して、一時的に土壌の養分蓄積量が低下することが懸念される。

間伐により林床の光環境が改善すると下層植生が発達することが期待される。広葉樹からなる下層植生の落葉はスギやヒノキと比べて窒素濃度が高いため、下層植生の落葉量が増加するとリターフォールによる養分供給量が増加すると考えられる。このため、下層植生の回復、発達は土壌肥沃度を保全する上で重要となる。ただし、リターフォールによる養分供給量は、スギ、ヒノキと下層植生の存在割合によって変化することが予想される。木材生産機能を維持できるような土壌肥沃度を保全するためには、どの程度の間伐をして、下層植生をどの程度、回復、発達させればよいのかを明らかにすることが重要となる。したがって、間伐施業が下層植生の発達と生態系の窒素循環に及ぼす影響を評価することが重要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、間伐を実施してから約10年が経過したスギ、ヒノキ林を対象として、リターフォールによる土壌への養分供給速度と、堆積有機物層における養分放出速度を評価し、間伐後の下層植生の発達がスギ、ヒノキ林の土壌肥沃度の保全に果たす役割を明らかにすることである。

3. 研究の方法

茨城のスギ林、京都と高知のヒノキ林において、間伐後8-11年が経過した間伐率の異なる複数の調査区と、無間伐の調査区を設定する。それぞれの林分には、以下のように間伐率の異なる調査区を4-6ヶ所設定した。

- ・茨城スギ林：2003年間伐。対照区3林分、間伐区3林分。間伐率20-35%
- ・京都ヒノキ林：2000年小面積皆伐(数本のヒノキ、DBHが10cm以上の広葉樹、

数本のアカマツを残存木として、これら以外はすべて伐採)。斜面上部、中部、下部にそれぞれ対照区と伐採区を設定。対照区3林分、伐採区3林分

- ・高知ヒノキ林：2002年間伐、対照区2林分、間伐区4林分、間伐率25-70%

各林分における物質循環を評価するためにリターフォールと土壌(堆積有機物層と鉱質土壌)の炭素量および窒素量を測定した。リターフォールを定期的に採取し、落葉はスギ、ヒノキ、広葉樹に区分し、葉以外は器官別に区分した。堆積有機物層と表層土壌を採取した。各試料について炭素、窒素濃度を測定して炭素量および窒素量を算出し、炭素と窒素の供給量と蓄積量を求めた。

小面積皆伐を実施した京都の林分では、伐採から12年目に下層植生の調査を行った。胸高以上の樹木個体の胸高直径と樹高を測定した。樹高は複数の萌芽がある場合は最大の幹のみを測定した。

リターフォール中のスギ、ヒノキと下層植生の落葉の割合を明らかにして、下層植生の発達が生態系の窒素循環速度に及ぼす影響を評価した。リターフォール量による養分供給量と有機物層における養分蓄積量の関係から、堆積有機物層における炭素と窒素の滞留時間を算出して、土壌養分放出速度を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 茨城のスギ林分

リターフォール、スギ落葉による炭素・窒素供給量に、対照区と間伐後6-8年経過後の間伐区で有意な差は認められなかった。下層植生の落葉は、窒素量が間伐区で低く、CN比は間伐区で高かったことから、下層植生の発達による窒素循環の増大は認められなかった。この林分の対照区では、十分な光環境が確保されているので下層植生が多く、落葉量が多かった。このため、間伐後に下層植生の発達による窒素循環への影響が見られなかったと考えられた。伐採区のスギでは落葉量の増大とCN比の低下は認められず、間伐後にスギが窒素利用を増大していないことが示唆された。

堆積有機物層の炭素・窒素蓄積量は、対照区と間伐後6-8年経過後の間伐区で有意な差は認められなかった。堆積有機物層の滞留時間に間伐の影響は認められなかった。対照区の堆積有機物炭素量は、これまでに報告されている値よりも低く、有機物炭素の滞留時間も既報値より短かった。この林分は有機物分解が速い条件であるために、伐採の影響が明らかでなかったと考えられる。

以上の結果、間伐区のリターフォールによる養分供給量は無間伐林分と同等に回復し、堆積有機物層の分解促進も認められなかったことから、この林分では間伐から6-8年経

過後、堆積有機物層の窒素量は維持されており、土壌肥沃度の低下は認められなかった。

(2) 京都のヒノキ林分

小面積皆伐の実施から 10 年経過後、リターフォールの炭素量はすべての伐採区で対照区よりも低かったが(0.6-0.9 倍)、窒素量は斜面中部と下部で伐採区が対照区と同等または上回った(中部と下部で 1.0-1.1 倍)。上部の伐採区の窒素量は対照区の 0.7 倍と低かった。広葉樹(下層植生および残存木)の落葉による炭素・窒素量はすべての斜面位置において伐採区が対照区を上回った。斜面中部と下部の伐採区では、広葉樹の窒素量が対照区の 2 倍以上を示した。一方、ヒノキ落葉の炭素・窒素量は伐採区で対照区の 0.4-0.6 倍を示し、増加傾向は認められなかった。

リターフォールの CN 比は、斜面上部では伐採区と対照区でほぼ同じ値であったが、斜面中部と下部では伐採区の方が対照区よりも低い値を示した。ヒノキ落葉、広葉樹落葉の CN 比は伐採区で対照区の 0.9-1.3 倍を示した。伐採区のヒノキでは、落葉量の増加、落葉の CN 比の低下が認められず、ヒノキの窒素利用が伐採後に増加していないことが示唆された。広葉樹落葉の窒素量が大きい林分ほど、リターフォールの CN 比が低下しており(図)、伐採区では下層植生の回復、発達による窒素循環の促進効果が認められた。

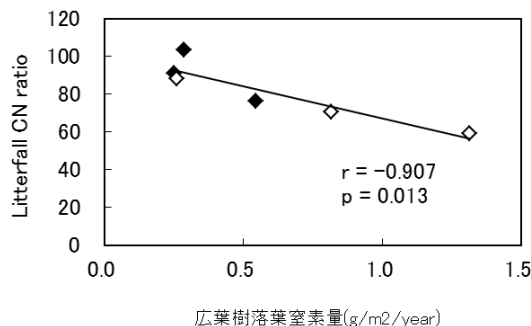


図 京都のヒノキ林における広葉樹落葉窒素量とリターフォール CN 比の関係。対照区、伐採区

伐採区における下層植生の毎木調査の結果、樹種の構成や割合、幹密度は斜面位置によって異なった。斜面上部の伐採区では、広葉樹種の幹密度は、中部、下部の 2 倍以上であったが、BA 比はもっとも低かった。また、幹密度に占める高木性樹種の割合が少なく、低木性樹種の割合が高かった。斜面中部の伐採区では成長の速いアオモジが侵入、定着して、BA 比、最大樹高ともに最大値を示した。斜面下部の伐採区では、伐採後に成長した下層植生の幹密度は低かったが、残存木のコナラが大きな BA 比と最大樹高を示した。伐採区における広葉樹落葉の窒素量および CN 比は、斜面位置によって異なった。このことから、斜面位置による下層植生および残存木の

樹種構成の違いが、広葉樹による窒素供給量や窒素循環の促進効果に影響を及ぼしていることが示唆される。

堆積有機物層の炭素・窒素蓄積量は伐採区で低く(対照区の 0.2~0.5 倍)、滞留時間は伐採区で短くなっていた(対照区の 0.3~0.8 倍)。斜面中部と下部では、リターフォールの窒素量が対照区よりも伐採区で上回っていたが、堆積有機物窒素の滞留時間は伐採区で短かった。これには、分解の速い広葉樹の落葉量が大きく増加したことが影響していると考えられる。表層土壌の炭素蓄積量は、中部では伐採区で対照区の 0.9 倍を示したが、上部と下部は伐採区で対照区を上回った(1.2-1.3 倍)。表層土壌の窒素蓄積量は伐採区で大きい傾向を示した(対照区の 1.2~1.4 倍)。表層土壌の CN 比は伐採区で対照区よりも低い値を示した(0.8-0.9 倍)。堆積有機物の分解産物が表層土壌に移動、蓄積されていると考えられる。堆積有機物と表層土壌を合わせた炭素・窒素蓄積量は、中部で伐採区が対照区を下回ったが、上部と下部では、伐採区と対照区でほぼ同等で養分蓄積は維持されていた。

堆積有機物炭素・窒素の滞留時間は、リターフォールの CN 比が高いほど長くなる傾向が認められた。伐採区では、CN 比の低い広葉樹落葉量の増大に伴って堆積有機物の養分放出速度が増大しており、下層植生の増大により養分循環が促進されていた。

小面積皆伐をした林分では、伐採から 10 年経過後にリターフォールによる窒素供給量は、下層植生(広葉樹)の落葉量の増大に伴って概ね回復していた。堆積有機物層は対照区のはほぼ 0.5 倍であったが、表層土壌と合わせると養分蓄積量は維持されていた。下層植生による窒素供給量や窒素循環の促進効果の斜面位置による違いは、下層植生や残存木の樹種構成が影響していることが示唆された。

(3) 高知のヒノキ林

リターフォールによる炭素・窒素供給量は間伐直後に低下した。間伐から 10 年後には、強度間伐区でも、間伐直後よりも大きく増加した。リターフォールの炭素量は強度間伐区では対照区よりも低い調査区もあったが、窒素量はほとんどの間伐区で対照区を上回るか同等となった。間伐区では下層植生が発達して、林分全体の窒素濃度が増加していた。一方で、ヒノキの窒素利用に明らかな変化は認められなかった。

間伐区では堆積有機物層の窒素量が低下する傾向は認められなかったため、土壌肥沃度の低下していないと考えられた。間伐区における堆積有機物の炭素・窒素量は、間伐直後と比べて 10 年後には増加を示した。堆積有機物炭素・窒素量の滞留時間と間伐率との間に明瞭な関係は認められなかった。したがって、この林分では間伐後 10 年経過後には

リターフォールによる養分供給量が増大し、堆積有機物層の分解促進は認められず、養分蓄積は維持され、土壌の肥沃度は保全されていた。

(4)まとめ

3地点の林分における傾向の差異は、土壌の肥沃度の違いを反映していると考えられる。京都のヒノキ林の土壌は非常に貧栄養である一方、茨城と高知の林分では土壌の窒素資源量が多いことが明らかにされている。貧栄養な林分で堆積有機物が多く、土壌の窒素資源量が多い林分で堆積有機物が少なかった。

貧栄養な林分では、伐採後に下層植生の発達に伴う窒素供給量の増加による窒素循環促進効果が認められた。有機物分解が速く土壌の窒素資源量が多い林分では、伐採から10年経過後、堆積有機物層の炭素・窒素蓄積量に伐採の明らかな影響は認められなかった。したがって、スギ、ヒノキ林の間伐後の窒素循環は、堆積有機物の蓄積様式および土壌の窒素資源量によって異なることが示唆される。

リターフォールによる窒素供給量は伐採から10年が経過すると間伐強度によらず、概ね回復した。下層植生が伐採後に発達した林分では、窒素濃度の高い下層植生の落葉供給量が増大を示し、土壌肥沃度の保全に大きな役割を果たしていた。一方で、各林分のスギ、ヒノキの落葉窒素量は、間伐区で顕著な増加を示さなかった。また、スギ、ヒノキの落葉のCN比は明らかな低下を示さず、スギ、ヒノキは窒素吸収を増大させていなかった。このことから、間伐から10年が経過した後の残存木のスギ、ヒノキの葉の生産および窒素利用は増大していないことが示唆された。

以上の結果から、堆積有機物が多く貧栄養な土壌のヒノキ林分では、間伐後の下層植生の回復、発達に伴う下層植生の落葉供給の増大が林分の窒素循環速度を増大させ、土壌肥沃度を維持、保全する役割を果たすことが示された。有機物分解が速く、土壌の窒素資源量が多い林分では、間伐後に有機物分解の促進は認められず、堆積有機物層は維持されることが明らかとなった。堆積有機物、土壌の肥沃度による違いはあるが、リターフォールによる窒素供給量は伐採から約10年が経過後に概ね回復し、堆積有機物と表層土壌の養分蓄積は維持されるため、中長期的に見て土壌の肥沃度は保全されるといえる。

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 4 件)

Inagaki Y, Nakanishi A, Fukata H. (2011) Soil properties and nitrogen utilization of hinoki cypress under

different climatic conditions in Shikoku Island and Kinki District of Japan. Journal of Forest Research 16: 405-413, 査読有

DOI:10.1007/s10310-011-0271-8

稲垣 善之・野口 享太郎・金子 真司・橋本 徹・三浦 覚 (2011) 立木密度の異なるスギ人工林における葉、幹、繁殖器官の分配率. 森林立地 53: 23-29, 査読有

URL:<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008686820>

Inagaki Y, Inagaki M, Hashimoto T, Kobayashi M, Itoh Y, Shinomiya Y, Fujii K, Kaneko S, Yoshinaga S (2012) Aboveground production and nitrogen utilization in nitrogen-saturated coniferous plantation forests on the periphery of the Kanto Plain. Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute 11: 161-173, 査読有

URL:<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/424/documents/424-6.pdf>

稲垣 善之・篠宮 佳樹・野口 享太郎・平井 敬三・金子 真司 (2014) 間伐がスギ人工林におけるリターフォール供給と土壌の炭素窒素蓄積量に及ぼす影響. 関東森林研究 65: 115-118, 査読有

URL:なし

〔学会発表〕(計 10 件)

稲垣 善之・野口 享太郎・深田 英久: ヒノキ人工林における間伐が下層植生の窒素利用に及ぼす影響. 第62回応用森林学会大会. 2011年11月19日, 鳥取大学(鳥取市)

中西 麻美・稲垣 善之・新井 宏受・木庭 啓介・大澤 直哉・柴田 昌三: 異なる斜面位置における小面積皆伐後のヒノキの窒素利用の変化. 第123回日本森林学会大会. 2012年3月27日, 宇都宮大学(宇都宮市)

稲垣 善之・野口 享太郎・深田 英久: ヒノキ人工林における間伐後9年間のリターフォール量の変動. 第63回応用森林学会大会. 2012年10月20日, 龍谷大学(大津市)

稲垣 善之・野口 享太郎・宮本 和樹・奥田 史郎・野口 麻穂子・伊藤 武治: 間伐がヒノキ葉の窒素濃度および炭素安定同位体比に及ぼす影響. 第60回日本生態学会大会. 2013年3月7日, グランシップ静岡(静岡市)

中西 麻美・稲垣 善之・新井 宏受・大澤 直哉・柴田 昌三: 異なる気象条件におけるヒノキ林分の葉の窒素安定同位体比と土壌特性との関係. 第124回日本森林学会大会. 2013年3月27日, 岩手大学(盛岡市)

稲垣 善之・篠宮 佳樹・野口 享太郎・平井 敬三・金子 真司：間伐がスギ人工林におけるリターフォール供給と土壌の炭素窒素蓄積量に及ぼす影響．第3回関東森林学会大会．2013年10月4日，ルミエール府中（府中市）

稲垣 善之・野口 享太郎・深田 英久：高知県のヒノキ人工林における間伐が堆積有機物層の分解に及ぼす影響．第64回応用森林学会大会．2013年11月10日，大阪市立大学（大阪市）

中西 麻美・稲垣 善之・柴田 昌三・大澤直哉：異なる斜面位置のヒノキ林における小面積皆伐がリターフォールと堆積有機物層に及ぼす影響．第64回応用森林学会大会．2013年11月10日，大阪市立大学（大阪市）

中西 麻美・稲垣 善之・柴田 昌三・今西亜友美・大澤 直哉：異なる斜面位置のヒノキ林における小面積皆伐後のリターフォールの変化．2014年3月30日，大宮ソニックシティ（さいたま市）

稲垣 善之・野口 享太郎・平井 敬三・金子 真司：スギ人工林における間伐が葉と幹の生産に及ぼす影響．第125回日本森林学会大会．2014年3月30日，大宮ソニックシティ（さいたま市）

〔その他〕

ホームページ等

<http://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/j/cA2eV>

6．研究組織

(1)研究代表者

中西 麻美（NAKANISHI ASAMI）

京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教

研究者番号：60273497

(2)研究分担者

稲垣 善之（INAGAKI YOSHIYUKI）

森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：00353590