

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580194

研究課題名(和文)多様な生態系機能を考慮した非皆伐による森林施業

研究課題名(英文)Uneven-aged forest management with considering ecosystem functions

研究代表者

吉田 俊也 (YOSHIDA, TOSHIYA)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：60312401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：北海道北部の、択伐によって管理されている天然生林を対象として、持続可能な森林管理モデルを提示することを目的とした。生物多様性と密接な関係を持つ、森林の構造的な特性に注目すると、択伐林においては、下層植生の多様性や枯死木の量が少ないことが明らかになった。一方、立木の蓄積を保つことができれば、択伐施業は炭素貯留では有効な方法であることが示された。上述の調査で新たに得られたパラメータ値の一部を取り込んだ森林動態のシミュレーションの結果、原生林の林分構造および樹種組成を維持するためには、伐採の回帰年を長くして伐採量を少なくし、とくに小径木および針葉樹の伐採率を下げる必要があると結論づけられた。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to show a sustainable management regime using selection cutting in natural mixed forests of northern Japan. Regarding the forest structural features, which can be an indicator of biodiversity, forest stand under selection cutting had less understory plant species diversity and deadwoods. On the other hand, selection stand had comparable ecosystem carbon stock with unmanaged stand. An individual-based forest simulation, based on parameters obtained in this study, suggested that it is required to reduce cut volume, especially in small-sized trees and coniferous species, by extending rotation period for maintaining structure and composition of original natural mixed forest.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林圏科学・森林科学

キーワード：生態系管理 多面的機能 非皆伐施業 針広混交林 シミュレーションモデル

1. 研究開始当初の背景

わが国において持続可能な生物生産の確立は大きな課題であり、とくに山村地域において大きな面積を持つ森林資源の活用は、地域振興の観点からも重要である。従来の森林管理においては、森林の成長量を最大限にすることが最重要視され、その考えに沿った森林管理技術が普及してきた。近年は、森林に対して、炭素の貯留や生物多様性など生態系全体の保全に資する機能への期待が高くなっており、国公有林をはじめとする各種の森林計画ではそれらが高く掲げられているものの、管理現場における技術はそれに対応していないのが現状である。

このような機能の発揮に適應する森林の管理方法として、国際的に「非皆伐施業」に注目が集まっている。本申請課題が対象とする北海道の天然生林では、開拓以来、非皆伐の抜き伐り(択伐施業)が広く用いられてきた。そこでは、森林内の木の総量(通常、蓄積 m^3 で表される)を一定に保つ、すなわち、ある期間内の森林全体の成長量に見合う分を伐採するという考え方が重視された。これは一見合理的な考え方であるが、森林の持つ他面的な諸機能の保全を考えると、適正伐採量は、決して森林の蓄積や成長量から導かれるものではない。というのは、それらの多くの機能に貢献するのは、木々の複雑な空間配置や、倒木や枯木、あるいは大径木の存在など、必ずしも森林全体の蓄積とは関わらない構成要素だからである。従来の方法が、木材の生産量を最大にし、それを最終的にすべて収穫することを意図したのに対して、新しいシステムでは、生物生産の一部を、さまざまな形や配置で森林に「残す」という理念の転換が求められるのである。このような、多面的な生態系機能の保全を考慮した森林管理の技術的側面を具体的・総合的に検討する試みが必要である。

2. 研究の目的

本申請課題では、北海道で長期大面積に継続されてきた伐採試験地のデータを基礎として、各種生態系機能の評価と、森林動態シミュレーションモデルの構築を組み合わせることによって、地域固有の生態のプロセスを考慮した「生態的森林管理」の指標・ガイドラインを提示することを目的とした。

具体的には、北海道北部の、択伐によって管理されている天然生林を対象として、人為・自然攪乱の影響を考慮した森林の動態パラメータの推定、森林の持つ複数の機能評価とそれらの森林の構造的な特性との関係解明、そして森林動態シミュレーションモデルの結果に基づく、量的・質的なガイドラインを含む森林管理モデルの提示を行なった。

3. 研究の方法

開拓以降、広く非皆伐による森林施業が行われてきた北海道北部の森林を対象とした。その中で、広大な面積の中で原生林や択伐林を管理してきた北海道大学研究林の、過去数十年に及ぶ森林動態のデータをとくに利用した。既存の長期大面積の伐採(非皆伐施業)試験地を、本申請課題のコアサイトとして、集中的な調査、とりわけ森林の各種生態学的機能に係る計測を行なった。また、研究林内の他のサイトで行なわれている各種の生態系モニタリングで得られた各種のデータを研究全体に活用した。なお、個別の調査方法については4で記述する。

4. 研究成果

(1)人為・自然攪乱の影響を考慮した森林の動態パラメータの推定動態

まず、人為攪乱(択伐施業)下での長期にわたる天然林の組成・構造の変化を明らかにした(学会発表10)。過去の森林データを、北海道大学研究林の「伐採案計画標準地調書」から得た。1950年4月、長さ1000m、幅10mのライン上の標準地が複数設けられ毎木調査が行われた。これらの箇所では、その後数回にわたって択伐が行われた。これらのうち2箇所、2013年に毎木調査の再測を行なった。その結果、森林の変化は明らかであった。立木の本数はわずかに増加したものの、立木の蓄積はおおむね半減したと見積もられた。とくに針葉樹の減少が著しく、新規加入も大きく制限されていた。全体の本数の微増は広葉樹の新規加入によっており、広葉樹の蓄積はほぼ維持されていた。このように、全体的な蓄積の減少と、針葉樹から広葉樹への移行傾向が明らかであった。

次に、北海道北部の天然生針広混交林に設置された大面積施業試験地(面積68ヘクタール)を対象に、1970年台以降、30年間の林分の変化を明らかにした(学会発表7)。調査地内では、すべての立木の毎木調査に基づき、成長量に見合った単木択伐を10年間隔で行なわれた。この試験地における20年間の変化を記載した前報(Yoshidaら, 2006: Canadian J For Res, 36: 1363-1375)においては、1.蓄積の漸減、2.とくに耐陰性の高い広葉樹の減少、3.針葉樹の更新の減少が認められた。それらの傾向は今回の30年間の評価でも続いたものの、期間の後半ではそれらの負の影響がやや改善することが示された。

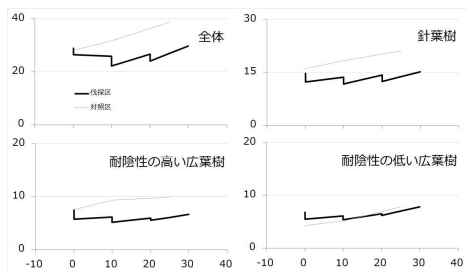


図. 全体および樹種グループ別にみた 30 年間の樹木量(胸高断面積合計)の変化. 20-30 年の期間にやや回復の傾向が強くなっている. そこではとくに針葉樹と耐陰性の低い広葉樹が寄与した

さらに、多くの森林における主要な攪乱である風倒の影響について明らかにした(論文 1)。天然林内に 3 つの孤立した林分サイズ(面積 400m², 1600m², 6400m²)を試験的に設定して 10 年間にわたって動態を記述することにより、孤立林の林縁からの距離に伴う樹木個体の死亡のパターンを検討した。死亡率は小さい林分で高い傾向があったが、それは研究前半の期間でしか認められなかった。また、距離依存的な死亡の傾向も、優占種であるトドマツにおいて、やはり最初の 5 年間のみで顕著であった。一方、2004 年 9 月の強い台風の影響があった後半の期間には、そのような傾向は認められず、樹木個体の死亡は林分内の各所で生じていた。これらの結果は、風倒の生じるパターンが風の強さによって異なることを示唆していた。林縁効果は、例外的な強風時には生じにくい、すなわち、林分孤立化の影響は比較的小規模な攪乱時のみ重要となる可能性が示唆された。

また、2004 年 9 月に発生した台風攪乱から 8 年間にわたり、時間経過に伴う枯死木発生の空間分布パターンとその要因の変化を明らかにした(学会発表 11、関連研究として論文 3,4)。天然生針広混交林設置された面積 3ha の調査プロットにおいて 2004 年の台風時以降に供給されたすべての枯死木を対象に、その枯死原因に関する特性(穿孔虫・菌痕の有無など)を記録するとともに、生立木も含めて年輪コアを採取した。その結果、2004 年の台風時、立木の枯死率は 13.0%(胸高断面積比)であった。これに対して攪乱 1-3 年後の年枯死率は 3.1%、3-8 年後は 1.3%と地域内の林分の平均的な率を上回っていた。攪乱時の枯死との空間的な関係性は 1-3 年後と 3-8 年後の両期間とも同所的であり、枯死が空間的に広がっていく傾向が示唆された。また、攪乱による周辺の森林構造の変化が成長量を減少させ、枯死が発生していることが示唆された。強風攪乱は、その直後にギャップ近接個体の物理的なダメージ、さらにその後はより広い範囲での生理的・生物的ストレスの増加により、ある程度の長期(少なくとも 8

年間)にわたって森林の動態に影響を及ぼすことが明らかになった。

(2) 森林の持つ複数の機能評価とそれらの森林の構造的な特性との関係解明

まず、北海道の天然生林における択伐施業が、林分内のさまざまな構造的要素に対して与えている影響を評価した(学会発表 6、関連研究として学会発表 12)。約 40 年間にわたって回帰年 10 年の単木択伐が行われてきた施業区と、試験地設置以来伐採が行われていない無施業区を対象とし、上層生立木、枯死木、下層木・下層植生の 3 項目に關係する構造的要素について比較を行なった。その結果、択伐施業は、上層生立木に関する林分構造をある程度維持していたと評価することができた。これは、伐採量を成長に見合った量とし、選木も樹種に偏りなく行うという集約的な施業の成果であると言えた。しかし一方で、枯死木と下層木・下層植生には変化が見られた。とりわけ、生物多様性保全の観点からは、多様な生物種の生息環境を提供する枯死木の減少と、下層植生の種数の減少が懸念された。今後はこれらの量や質をできるだけ変化させないような施業が望まれる。その際、重視する構造的要素の空間分布も考慮して施業を改善することが重要である。

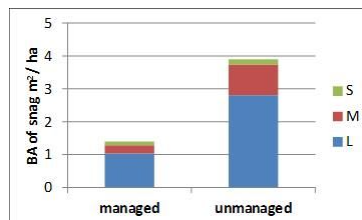


図. 施業区(左)および無施業区(右)における立ち枯れ木の量. 施業区では、とくに大(L)中(M)サイズのものが著しく少ないことがわかる

次に、天然生針広混交林を対象として、択伐施業地の過去 30 年間の生態系炭素貯留量の長期変化を推定した(学会発表 4,5、関連研究として論文 2)。森林の構成要素を 6 つ(上層木、下層木、下層植生、枯死木、リター、土壌)に区分し、各項目について林相カテゴリーごとにサンプリングによって炭素貯留量を推定した。その結果、施業開始から 30 年時点での林分全体の炭素貯留量は、229.9 Mg C ha⁻¹ と見積もられ、構成要素ごとの比率は、上層木 47.9%、下層木 1.2%、下層植生 5.3%、枯死木 9.5%、リター 1.6%、土壌 34.5%であった。また、施業開始時点と比較して、林分全体の炭素貯留量は、30 年間で 38.5 Mg C ha⁻¹ 増加していた。その主な要因は、上層木の蓄積増加(+19.3 Mg C ha⁻¹)によっており、他の構成要素については、施業による炭素の喪失は起きていないと推察

された。他の施業シナリオとの比較では、択伐施業は、無施業または皆伐一斉造林施業と比較して、炭素貯留効果が同程度あるいは大きくなる結果となった。これらのことから、立木の蓄積を保つことができれば、択伐施業は炭素貯留の面でも有効な施業方法になると結論づけられた。

さらに、森林の機能評価を人工林にも拡張した(学会発表3)。針葉樹人工林への広葉樹の混交によって、森林のさまざまな生態系機能が高まるという仮説を検証した。34年生アカエゾマツ人工林内で、ほぼアカエゾマツで構成された箇所、ダケカンバが多く混交した箇所、ミズナラが多く混交した箇所を調査対象とした。まず、下層植生のバイオマスは、広葉樹混交林で高い傾向が明らかになった。ただし、ササの優占度が高いため、出現種数・多様度でみると、アカエゾマツ優占林との差は小さかった。また、地表徘徊性昆虫ではダケカンバ混交林で有意に小さくなった。既存の研究では、複数樹種の混交が土壌中の養分状態に影響を与えることが報告されているが、土壌・リター中の無機態窒素量にも大きな違いは認められなかった。さらに、水ポテンシャルでみた土壌の保水力でも、林分間の差は認められなかった。ただし、上述のように混交林では下層植生の量(被覆率)が大きかったことから、表土の流出が抑えられ他可能性が示された。このように、この34年生人工林においては、広葉樹の混交の多面的な機能への効果は限定的で、主要な影響は下層植生のみに見られた。

最後に、森林生態系において生物の資源・物質循環の構成要素として重要な生態学的機能を有している枯死木に焦点をあてた(学会発表2、関連研究として学科発表1,8,9)。針広混交林において、供給年代の異なる枯死木材を調査し、腐朽過程に及ぼす材の部位、樹種、周辺環境の影響を評価した。13樹種、合計192本の伐根を対象とし、それぞれのサイズ、腐朽段階(外観の腐朽状態を5段階で評価)を記録した。また、材の試料を部位別(辺材および心材付近)に採取して材密度を測定し、樹種ごとにその半減期を算出した。主要樹種であるトドマツ、ダケカンバ、ベニイタヤ、ミズナラ、シナノキにおけるそれぞれの辺材付近の材の半減期は48、13、17、25、39年、心材付近では69、22、20、50、33年であった。部位間では概ね心材のほうで腐朽速度が遅いが、樹種によっては大きな違いが見られない場合もあった。各樹種の腐朽速度と初期材密度との間には有意な負の相関が見られた。腐朽過程に及ぼす周辺環境の影響についてみると、材密度には光環境が、腐朽段階には周囲のササの存在量が、それぞれ腐朽を促進する要因として検出された。このように、部位間や樹種間での腐朽傾向の違いを定量的に評価することができた。材の腐朽に

寄与する要因が地域によって異なることが示唆され、また、ササの影響のような、この地域特有の要因の存在も示された。北海道の天然林のように多樹種が混交し、環境条件の不均質性が高い林分では、複雑な腐朽過程が存在することが明らかとなった。

(3) 森林動態シミュレーションモデルの結果に基づく、量的・質的なガイドラインを含む森林管理モデルの提示

以上のデータをもとに、森林動態のシミュレーションモデルである SORTIE-ND を用いて、持続的な択伐施業の要件を示した(論文5,6)。北海道北部の森林に設定された15の調査サイトにおける樹木個体の長期観測データからシミュレーションのパラメータを求めた。複数の施業シナリオを分析した結果、期首の林分構造および樹種組成を維持するためには、伐採の回帰年を長くして伐採量を少なくすることが避けられず、また小径木および針葉樹の伐採率を下げるのが有効であることが明らかになった。そのような方法は、ある程度持続的に伐採量を確保できることから、長期的に見れば従来の方法より経済的に優れていると考えられた。林分の劣化をもたらす要因としては伐採直後に高くなる死亡率の影響が無視できなかった。更新の不足を補うための補助施業が必要であることも定量的に示された。

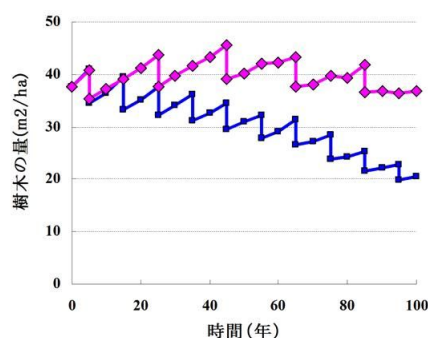


図. シミュレーションの結果. ふたつの施業シナリオ下での樹木量の100年間の変化. 現在の施業方法(青線)では樹木量は半減してしまうが、伐採率・回帰年を調整し(伐採量はおよそ半減)かつ小径木・針葉樹の伐採率を相対的に抑えることで(赤線)ようやくもとの樹木量を維持することができた。

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7件)

- Yasuda, A., Yoshida, T., Miya, H. and Harvey, B. 2013. An alternative management regime of selection cutting for sustaining stand structure of mixed forests of northern Japan - a simulation study. *Journal of Forest Research*, 18: 398-406. (査読あり)
DOI 10.1007/s10310-012-0362-1
- 吉田俊也. 2012. 北海道北部における天然林択伐施業の展望 - 北大研究林での研究から. *北方林業*, 64: 341-343. (査読あり)
- Vodde, F., Jogiste, K., Kubota, Y., Kuuluvainen, T., Koster, K., Lukjanova, A., Metslaid, M., and Yoshida, T. 2011. The influence of storm-induced microsites to regeneration patterns in boreal and hemiboreal forest: a review. *Journal of Forest Research*, 16: 155-167. (査読あり)
DOI 10.1007/s10310-011-0273-6
- Kangur, A., Yoshida, T., Kubota, Y. and Metslaid, M. 2011. Approaches for forest disturbance studies: natural variability and tree regeneration. *Journal of Forest Research*, 16: 153-154. (査読あり)
DOI 10.1007/s10310-011-0284-3
- Yoshida, T., Noguchi, M., Uemura, S., Yanaba, S., Miya, H. and Hiura, T. 2011. Tree mortality in a natural mixed forest affected by stand fragmentation and by a strong typhoon in northern Japan. *Journal of Forest Research*, 16: 215-222. (査読あり)
DOI 10.1007/s10310-011-0274-5
- Aoyama, K., Yoshida, T., Harada, A., Noguchi, M., Miya, H. and Shibata, H. 2011. Changes in carbon stock following soil scarification of non-wooded stands in Hokkaido, northern Japan. *Journal of Forest Research*, 16: 35-45. (査読あり)
DOI 10.1007/s10310-010-0204-y

[学会発表](計12件)

- 吉田俊也. 択伐施業が残存木の材の腐朽の有無に及ぼす影響. 第125回日本森林学会大会. さいたま. 3月28日. 2014年.
- 兵頭夏海・吉田俊也. 択伐施業による林分構造の変化が鳥類の生息環境に与える影響. 第125回日本森林学会大会. さいたま. 3月28日. 2014年.

佐藤剛・吉田俊也. 北海道の天然生林における台風攪乱が引き起こした森林構造の変化に対する残存木の応答. 第61回日本生態学会大会. 広島. 3月16日. 2014年.

吉田俊也・坂井励・高橋廣行・高木健太郎. 抜き伐りが繰り返し行われた天然生針広混交林の63年間の変化. 第61回日本生態学会大会. 広島. 3月15日. 2014年.

吉田俊也. 北海道北部の天然生混交林択伐施業地の30年間の動態. 第124回日本森林学会大会. 盛岡. 3月26日. 2013年.

井上太樹・吉田俊也. 樹木更新サイトとしての枯死木の利用性と樹種組成との関係. 第60回日本生態学会大会. 静岡. 3月6日. 2013年.

吉田俊也. 生立木における材の腐朽-北海道の天然生混交林における林分動態との関係. 第123回日本森林学会大会. 宇都宮. 3月27日. 2012年.

南雲未智・井上太樹・吉田俊也・柴田英昭. 天然生針広混交林の炭素貯留量の長期変化-経時的な変化の評価と将来予測. 第123回日本森林学会大会. 宇都宮. 3月27日. 2012年.

井上太樹・南雲未智・吉田俊也. 天然生針広混交林における枯死木の腐朽に及ぼす立地・樹種の影響. 第59回日本生態学会大会. 大津. 3月18日. 2012年.

Kato, S., Takeuchi, F. and Yoshida, T.. Effects of mixture of broadleaved species on ecosystem services in a coniferous plantation. 第59回日本生態学会大会. 大津. 3月18日. 2012年.

南雲未智・井上太樹・吉田俊也・柴田英昭. 天然生針広混交林の炭素貯留量の長期変化-林分タイプの違いに注目して. 第59回日本生態学会大会. 大津. 3月18日. 2012年.

Naito, S., Inoue, T., Nagumo, M., Yoshida, T. and Nakamura, F.. Effects of selection cutting on complexity and heterogeneity of mixed forests in northern Japan. 第59回日本生態学会大会. 大津. 3月18日. 2012年.

[その他]

ホームページ:

<http://forest.fsc.hokudai.ac.jp/~member/yoshida/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 俊也 (YOSHIDA, TOSHIYA)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号: 60312401