

令和元年6月6日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07469

研究課題名(和文) 非皆伐施業を組み込んだ森林計画策定に関する研究

研究課題名(英文) Study on creating forest plans incorporating non-clearcutting regime

研究代表者

龍原 哲 (TATSUHARA, Satoshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・准教授

研究者番号：40227103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非皆伐施業も含めた人工林の収穫計画を策定することにより、作業システムと採材方針に対応した森林経営の収益を評価した。高単価な丸太生産を目指し、集材機による架線系作業システムを用いる従来型経営方針と、通常の丸太を大量生産し、高性能林業機械による車両系作業システムを用いる効率型経営方針の二つの方針について、地域森林レベルで比較した結果、収穫材積に違いがないものの、効率型のほうが少ない労働量で高い収益性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

まず、様々な要因を考慮して林分レベルでの収益の差を明らかにした。次に、地域全体で持続的な木材生産をすることを前提とした収穫計画を策定し、地域レベルの収益性を評価すると共に、各森林に対して皆伐または非皆伐、皆伐の場合には伐期齢を割り当てた。これらの成果によって、林業事業者は経営方針が森林経営に与える影響を林分レベルだけでなく地域レベルでも把握することができ、より良い意思決定を行うための判断材料とすることが可能となる。

研究成果の概要(英文)：This study valued profitability of forest management according to logging systems and bucking strategies, by creating harvest schedules of plantation forests including non-clearcutting regime. The first strategy uses a traditional logging system with cable yarders yielding high-value logs; the second, efficient strategy uses vehicle-based forestry machines to mass-produce regular logs. The two strategies were compared at a regional scale. They yielded similar harvests, although the efficient strategy required fewer person-days and generates greater profits than the traditional strategy.

研究分野：森林科学

キーワード：森林管理 森林評価 伐期齢 地理情報システム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国の人工林の林齢別面積はだいたい 50 年生をピークに分布している。すなわち、国内に主伐期を迎えた人工林が多数存在しており、国産材の潜在的な供給能力が高まっている。大型製材工場の建設やスギ材の合板への利用などにより、スギ材など国産材の需要が増加傾向にある。現在、丸太価格、製品価格ともに国産材が外材を下回っており、外材を使用してきた大型製材工場や集成材工場も国産材利用への関心を示している。また、木質バイオマス発電所の建設が進み、発電所燃料となる C 材の需要が高まっている地域も多い。特に大型製材工場や合板工場が近辺にない地域では A 材（製材用材、集成材用材）、B 材（合板用材）の需要に比べて C 材（パルプ用材、木質バイオマス発電所燃料、ペレット原料など）の需要だけが突出して増加する傾向がみられる。国内の森林資源を有効活用して国産材の需要を増加させるためには、長期にわたって安定的に原木を供給する能力を高めることが重要である。そのため、現在の人工林の資源状況から将来に渡って安定的に供給できる原木の量を A 材・B 材・C 材という材種ごとに把握することが必要となる。

また、木材価格の低迷により民有林では人工林の主伐が手控えられ、採算が取れる伐採齢が高くなったり、高齢であっても採算が取れなくなったりした人工林が増加している。人工林では、地ごしらえ、植え付け、下刈りなどの保育作業にも多くの労働力が必要とされ、再造林とその後の保育作業に経費が必要となる。そのため、人工林が収穫されても、その後に再造林しない林分が増加している。したがって、非皆伐施業を含めて、各林地の特性を基にどの林分をどのように管理していくかを明確にすることが求められている。

2. 研究の目的

本研究では林地が露出する機会を減らすため、植栽と伐採の周期を長くして利用間伐による木材生産を行う長伐期施業、主伐を行わない非皆伐施業を組み込むことにより、環境保全を考慮した人工林管理の仕組みを示す。GIS を活用して各林分の特性を考慮するとともに、施業を行うのに必要となる労働量や収益を均一にできるような収穫計画を同時に策定することにより、各人工林小班の育林体系を決定するような時間空間の両面に関わる森林計画を策定する手法について検討する。

(1) 採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

富山ら（2012）は様々な林分条件・社会条件を想定したシミュレーションを行い、収益性の観点から人工林の伐期や間伐体系の検討を行ったが、森林の管理状態、地位、地利、林齢など複数の要因を変化させた場合に、採材方針の違いが収益性に与える影響を考察した研究はこれまで行われていない。そこで、林業事業者が各需要先の購入条件を考慮した採材方針をとった場合、森林の管理状態、地位級、地利級、林齢の各要因によって収益の差がどのように変化するかを示した。

(2) 作業システムと採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

単一林分の収益性を総合的に検討した例は車両系作業システムを対象としてスギ人工林の収益性を検討した富山ら（2012）以外に見当たらない。また、林業経営の変遷を対象として、経営方針の変化を収益性の観点から定量的に分析・評価した研究はこれまでなかった。そこで、対象地で平均的な条件を持つ仮想的な単位面積のモデル林分を用いて、様々な条件下で作業システムと採材方針の違いが林業経営の収益性に与える影響を評価した。なお、丁寧な採材を行って優良材生産を目指し、集材機による架線系作業システムを用いる経営方針を従来型、並材を大量生産し、高性能林業機械による車両系作業システムを用いて低コスト化を進める経営方針を効率型と定義し、二つの経営方針について収益性を評価した。

(3) 非皆伐施業を組み込んだ森林計画の策定

林業事業者は地形や年齢構成といった選択の余地がない地域固有の条件に合わせて、採材方針（需要先）・伐出システム・育林体系などを適切に組み合わせた経営方針を選択していく必要がある。そこで、林業事業者が安定した経営を行うための条件を満たす将来予測を示し、それを分析・評価することによって経営方針選択の際により良い意思決定が行えるよう、地形・地位・地利・林齢等が多様な林分から構成される実在の森林を対象とし、様々な条件下で作業システムと採材方針の違いを反映できる収穫計画モデルを作成した。

3. 研究の方法

(1) 採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

対象地は新潟県村上市山北地区（旧山北町）とした。対象林分は対象地内の民有林スギ人工林とした。

A 材は並材だけではなく長尺材や大径材などのできるだけ単価の高い材を生産する採材方針（以下、A 方式と呼ぶ）と採材する丸太の種類を絞り、大量の材を安く安定供給することを目指す採材方針（以下、B 方式と呼ぶ）を適用した場合の収益を比較した。シミュレーションにおける採材では、同一の材長・末口径級の丸太に対して、需要先の購入条件のうち最も高い単価を提示している需要先へ販売するものと仮定した。作業システムは架線系システムとし、チェーンソーによる伐倒・枝払い後、集材機による全幹集材を行い、林道等トラック道上でチェ

ーンソーによる造材を行うことを想定した。

新潟県の地位指数曲線式と裏東北・北陸地方スギ林分密度管理図を用い、前述の採材方針と森林の管理状態の組み合わせごとに地位級別、林齢別に金員粗収穫を計算した。また、樹幹のうち根曲がり排除のために用材丸太を採材しない地際から0.3m～1mの部分と先端部分については、バイオマス発電燃料材として販売するものとし、金員粗収穫の計算に組み込んだ。さらに、地利級別の伐出費用を計算し、金員粗収穫から伐出費用と育林費用を引き、補助金を加えることによって、ha 当たり森林純収益を求めた。さらに各林齢における森林純収益をその林齢で除し、ha 当たり年当たり森林純収益を求めた。

(2) 作業システムと採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

対象地は山形県鶴岡市温海地区とした。対象林分は対象地内の民有林スギ人工林とした。

従来型作業システムは(1)で想定した架線系システムである。従来型では、A材は並材だけではなく長尺材や大径材などのできるだけ単価の高い材を生産する採材方針とした。一方、効率型作業システムは車両系システムとし、チェーンソーによる伐倒後、ウインチ付きグラブで木寄せ・集材し、プロセッサで造材し、フォワーダによる搬出を行うことを想定した。なお、効率型作業システムでは路網密度を高密度路網として100m/haとした。効率型では大量の材を安く安定供給することを目指し、採材する丸太の種類を、大規模製材・集成材工場向けのA材、組合が所有する短尺ラミナ製造工場向けのB材、木質バイオマス発電所向けのC材に絞った採材方針とした。A材大径材の需要先を持たないため、末口径級34cmを超えるものは、B材として扱った。

山形県の地位指数曲線式と裏東北・北陸地方スギ林分密度管理図を用いて、(1)と同様な方法で地位級別林齢別にha 当たり年当たり森林純収益を求めた。

(3) 非皆伐施業を組み込んだ森林計画の策定

対象地は山形県鶴岡市温海地区にある民有林スギ人工林6,445haとした。使用したデータは、山形県庁の森林GISデータと森林簿、国土地理院から入手した数値標高モデル(DEM)データである。

まず、GISを用いて小班の統合し、一度に施業する森林経営単位(FMU)を作成した。全小班に対して重心を設定した。次に、面積8haの同一の正方形タイルポリゴンに重心が含まれる小班をそれぞれ統合した。さらに統合後の面積が3ha以上となるものを抽出し、これらを対象全FMUとした。従来型では、対象全FMUのうち、林班界をオーバーレイし、林班界がかからなかったFMUはそのままに、林班界によって分断されたFMUは分断後の面積が3ha以上となるものを抽出し、これを従来型の対象FMUとした。効率型では、対象全FMUのうち、FMU内の平均傾斜角が30度以下となるものを抽出し、これを効率型の対象FMUとした。

各FMUが伐期齢を採用することができるのは、収益が正となる場合のみとした。収益はFMUの属性情報を用いて、(1)、(2)と同様の方法で齢級ごとに求めた。労働量は保育や主伐・間伐にかかる労働量を齢級ごとに求めた。収穫材積は主伐・間伐時の出材量を齢級ごとに求めた。FMUごとに育林体系別分期別の収益・労働量・収穫材積の値を求めた。

計画期間を24分期120年とし、0-1整数計画法を用いて収穫計画を定式化した。目的関数は計画期間における森林純収益合計の最大化とした。林業事業体が安定的な経営を行うために必要な要素として、労働量(雇用)と収穫材積の安定性を考慮した。計画期間前半10分期を移行期として安定期における水準からの許容幅+30%を上限とし、後半14分期を安定期として水準からの許容幅±10%をそれぞれ上限・下限として設定した。ここで、水準とは各分期の値を一定の許容幅に収めるための基準のことである。

4. 研究成果

(1) 採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

年当たり森林純収益を見ると、管理状態、地位級、地利級の条件が良い場合には、林齢80年以降両方で頭打ち傾向が見られた。逆に条件の悪い場合には、林齢の増加に応じて増加しつづけた。長伐期になるほど年当り総必要労働量は減少するため、年当り経費は林齢に応じて減少する。条件のよい場合は年当り金員粗収穫の減少の度合いと年当り経費の減少の度合いがほぼ等しく、そうでない場合は年当り金員粗収穫の減少の度合いが年当り経費の減少の度合いに比べてやや小さかった。

A方式では管理状態による収益差が大きく、特に管理状態がよい場合、B方式と比べて非常に高い収益性を示した。これは単価の高いA材大径材をより多く採材できることによる。したがって、地位が高く、A材が多く採材できると予想される林分については、枝打ちを積極的に行うことで高い収益性をあげることができる。しかし、想定よりもA材の採材できる割合が少なかった際のリスクが高く、その場合には急激に収益性が悪化する可能性がある。一方、B方式では管理状態による収益差が小さかった。これはA材大径材の単価が高い販売先がないため、A材大径材の生産量が増加しても全体の単価が上昇しないからである。したがって、B方式は絶対的な収益の大きさではA方式に劣るものの、A材を採材できる割合が想定より低くても、リスク管理を比較的容易に行うことができる。

(2) 作業システムと採材方針がスギ人工林の収益に与える影響

同じ条件下では、従来型の伐出経費が常に効率型の伐出経費を上回った。そして、70年生までは両者の伐出経費の差は徐々に大きくなっていったが、75年生以降は50~60万円/haの差でほぼ一定となった。地位による育林費用の差は切り捨て間伐される材積の大小による。収益性において効率型が従来型を上回ったのは、A材の採材を並材に絞ったことによる木材販売収入の減少よりも、高密度路網と高性能林業機械による生産性向上によって伐出時間が短縮され作業人員が縮減できたことによる伐出費用削減が大きく、全体的な収益性が高かったためである。ただし、A材採材高が高く、かつ長伐期の場合については、高単価の長尺材と大径材が多く採材されるため、収益性の評価において従来型が効率型を上回ったと考えられる。

伐期齢に対する材質別収穫材積の推移を見ると、従来型、効率型共にA材およびバイオマス材の材積は伐期齢が高くなって微増であったが、B材の材積は伐期齢が高くなるにつれて大きく増加した。そのため、収穫材積全体に占めるB材材積の割合は伐期齢の増加にしたがって大きく増加した。伐期齢に対する材質別収入の推移を見ると、材質別収穫材積の推移と同様の傾向が示された。A材、B材、バイオマス材の単価がこの順で減少するため、A材の場合、収入全体に占める割合は収穫材積全体に占める割合より大きく、B材とバイオマス材の場合は逆になった。そのため、A材の収入は伐期齢が高くなるにつれて増加したが、収穫材積の増加率より大きくなった。一方、B材の収入は伐期齢が高くなるにつれて大幅に増加したが、収穫材積の増加率よりは小さくなった。従来型のほうが効率型よりもより高単価なA材を採材するため、従来型と効率型を比較すると、この傾向は効率型で顕著に見られた。

(3) 非皆伐施業を組み込んだ森林計画の策定

分期ごとの収穫材積は従来型と効率型でほぼ同じになった。11分期以降の安定期における収穫材積水準も両者でほぼ同じであった(表1)。収穫材積は平成27年度時点で年間21,000m³(10,5000m³/分期)である。従来型、効率型共に現状の約1.3倍

表1 2つの経営方針の比較

	従来型	効率型
総収益(百万円)	5,449	10,939
収穫水準(m ³ /分期)	137,940	136,913
労働量水準(人日/分期)	60,813	40,884

の収穫材積が見込めるということが示された。また、分期ごとの利益は全分期で効率型が従来型を上回った。しかし、分期別の必要労働量は利益とは逆に全分期で従来型が効率型を上回った。11分期以降の必要労働量水準は効率型が従来型の約2/3となった。必要労働量は、現在森林整備を担当する13人が年間250日勤務とした場合、1分期当りの労働量は16,250人日となる。現状に比べて従来型で約3.7倍、効率型で約2.5倍の労働量が必要であると示された。このように収穫材積水準に比べて必要労働量が大きく増加したのは、保育作業の増加が原因と考えられる。現在に至るまで近年主伐がほとんど行われてこなかったため、本来大きな労働量を要する保育が発生してこなかった。したがって将来的に必要な労働量が大きく増加するというよりは、現状が極端に少ない労働量に留まっているというのが正しい認識といえる。利益で効率型が従来型を大きく上回ったのは、上記の(2)で示したように効率型の方が高い収益性を持っているからである。従来型・効率型共に、利益の変動はほぼ収穫材積の変動に一致した。

採用された伐期齢の割合を見ると、従来型では120年が最も多く、次いで80年と非皆伐が同程度で多かった(図1a)。効率型でも120年が最も多かったが、次いで75年と80年が同程度多く、非皆伐はほとんど無かった(図1b)。従来型では、地位3には伐期齢75~85年が、

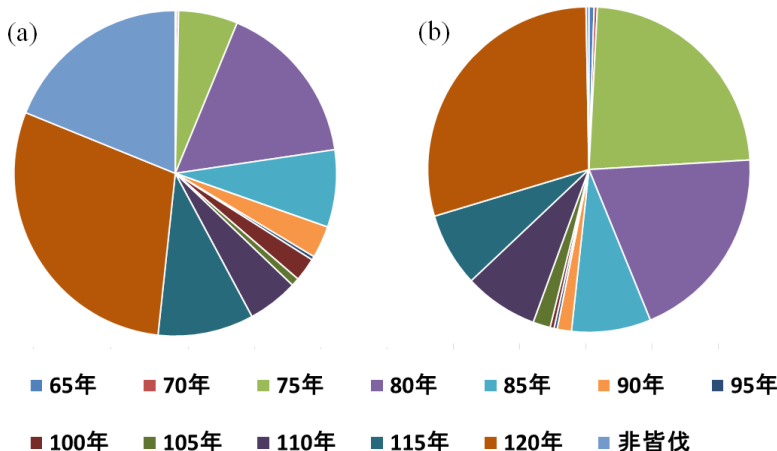


図1 採用された育林体系の割合

地位 5 には非皆伐施業が多く採用されたと考えられ、育林体系の選択に地位が大きく関係したことが示唆された。効率型では、ほぼすべての林分が一度は伐採された 16 分期において、7 齢級以上に地位 3 が、6 齢級以下に地位 5 が固まっており、地位によって明確に育林体系が分かれたことが示された。

< 引用文献 >

富山啓介・龍原 哲・白石則彦 (2012) 多様な条件下でのシミュレーションによるスギ人工林の伐期と間伐体系の検討．日林誌 94, 269-279

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

Komei Suzuki, Satoshi Tatsuhara, Tohru Nakajima, Hidesato Kanomata, and Masaru Oka, Predicting effects of logging systems and bucking strategies for privately owned sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations in Atsumi District, Tsuruoka City, Yamagata Prefecture, Journal of Forest Planning, 査読有、Vol.24, No.2, 2018、15-27

DOI:10.20659/jfp.24.2_15

鈴木洸明・龍原 哲・中島 徹・鹿又秀聡・岡 勝、作業システムと採材方針がスギ人工林の収益に与える影響 - 山形県鶴岡市温海地区民有林の事例 -、森林計画学会誌、査読有、51 巻、2 号、2018、69-79

DOI:10.20659/jjfp.51.2_69

龍原 哲・山田弘二・明石浩見・大橋聡子・竹内公男、新潟県糸魚川市大所における台杉状天然スギの利用、森林計画学会誌、査読有、50 巻、2 号、2017、75-84

DOI: 10.20659/jjfp.50.2_75

Tomoyuki Moriya and Satoshi Tatsuhara, Effects of harvest restraint periods and fluctuation tolerances of profits and harvests on sustainable timber supply levels from private forests in a district, Forest Science and Technology, 査読有、Vol.13, No.1, 2017、17-24

DOI: 10.1080/21580103.2016.1274274

鈴木洸明・龍原 哲、採材方針と管理状態がスギ人工林の収益に与える影響 新潟県村上市山北地区民有林の事例、森林計画学会誌、査読有、50 巻、1 号、2016、27-39

DOI:10.20659/jjfp.50.1_27

[学会発表] (計 5 件)

龍原 哲・山田弘二・明石浩見・竹内公男、新潟県阿賀町三川地域における天然スギの利用、第 130 回日本森林学会大会、2019

龍原 哲、新潟県におけるスギ素材生産の現状、第 129 回日本森林学会大会、2018

龍原 哲、新潟県村上市山北地区で生産されるスギ素材の利用動向、第 128 回日本森林学会大会、2017

龍原 哲・山田弘二・明石浩見・高橋聡子・竹内公男、新潟県糸魚川市大所地区における天然スギの利用、第 127 回日本森林学会大会、2016

鈴木洸明・龍原 哲、経営方針がスギ人工林の収益に与える影響、第 127 回日本森林学会大会、2016

6 . 研究組織

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。