

令和 5 年 6 月 2 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03023

研究課題名（和文）広葉樹林化のための人工林撤退戦略を経済性から考える

研究課題名（英文）The strategies of planted forest management for converting to mixed forests

研究代表者

中島 徹（Nakajima, Tohru）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・助教

研究者番号：10598775

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000 円

研究成果の概要（和文）：東京大学秩父演習林では、航空機レーザー測量に基づく高精細な地形情報と、不成功造林地・二次林・原生林で観測された時系列出現種数を基に、原生林や二次林で認められた高い多様性も、微地形などの空間方向の多様性と関連しており、不成功造林地も含め、局所的な林相の十分な時間の経過によって、同じような林分構成に収束するわけではないということも確認された。さらに、地域の伐採計画に応じ、バランスのとれた年齢別面積分布を環境多様性と定義し、木材生産量・炭素蓄積量・土壌流出量等からなる多目的最適化問題として定式化し、公益的観点から林業経営に課される制約によって異なる木材生産量等とのトレードオフを、定量化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義・社会的意義は、以下の3点である。（1）多様な林型や立地条件に対する広葉樹林化の可能性の検証。（2）多面的機能の相対比較による、広葉樹林化も考慮した人工林管理の最適化の実現。（3）（1）および（2）を基礎とした林業実務者へのヒアリングに基づく、意思決定支援・社会還元の可能性の実証。

研究成果の概要（英文）：At the Chichibu Forest of the University of Tokyo, high-resolution topographical information based on aerial laser surveying and time-series numbers of species observed in unsuccessful afforestation areas, secondary forests, and old growth forests were used for comparison analysis. The high diversity observed is also associated with spatial diversity such as microtopography, which converges to similar stand composition with sufficient aging of the local forest physiology, including unsuccessful plantations. Furthermore, according to the logging plan of the region, we defined the balanced area distribution by age class as environmental diversity, and formulated it as a multi-objective optimization problem consisting of wood production, carbon stock, soil runoff, etc. We quantified the trade-offs with different timber production volumes, etc., depending on the constraints imposed on forestry management.

研究分野：森林科学

キーワード：森林経営 広葉樹 針葉樹 経済性 木材生産 多様性 最適化

1. 研究開始当初の背景

わが国において、森林は国土の7割を覆い、亜寒帯から亜熱帯という多様な気候帯に分布するとともに、豊富な生物相を形成している。日本の全森林面積 2500 万 ha のうち、約 40%は人工林によって占められているのに対し、林野庁の掲げる国策においては、このうちの3割以上を天然林等へ転換することを志向している(林野庁, 2011)。天然林は、林分構造が多種多様であり、一般に、人工林に比べて高い生物多様性を有する。生物多様性と生態系サービス (Millennium Ecosystem Assessment 2005) との間には、相乗効果があるとされ、生物多様性の向上を図り、人工林を天然林へ転換する手法を確立することは国土の公益的機能の向上においても重要である。他方、生物多様性の生態系サービスへの寄与は一樣でなく (Dobson 2006)、例えば、木材生産に代表される供給サービスについては、同齢単層林たる人工林から、より効率的に便益を享受し得る。人工林の天然林への転換技術としては、立地環境を生かした広葉樹林化の生態学的知見も、林分単位では確立されつつある(森林総合研究所 2010, 2012)。他方、上記生物多様性と供給サービスとのトレードオフの示唆するように、生産される木材やそれを売却することによって得られる経済的便益は、広葉樹林化によって損なわれる可能性も高い。また、林床植生に配慮した伐出など、広葉樹林化に求められる追加的なコストも考慮したうえで、経済面でも合理的な林分からランドスケープレベルの施業・路網配置も十分に確立されているとはいえない。

2. 研究の目的

本研究は、針葉樹と広葉混交林の適地競合を把握可能な具体的フィールドにおいて、生物多様性の向上と経済的損失の関係を林分からランドスケープレベルにかけて調べ、生物多様性を高める広葉樹林化のうえで、経済的にも合理的な施業計画や路網配置を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

0. 基礎情報の収集

本研究では、伐採方法や生物多様性回復に対する戦略の違い、伐採圧の地域性などを考慮し、人工林主伐後の広葉樹誘導(宮崎県綾市国有林・長野県信濃町国有林等)、不成績造林地への広葉樹侵入(埼玉県秩父市)、人工林伐採後の広葉樹侵入(千葉県鴨川市)等を調査候補地とする。伐出や路網開設をはじめとした人為の伴う経済性評価や、林床に侵入した広葉樹の種や林分構造の多様性評価には、上木から下木にかけての三次元構造の把握が必要である。そこで、試験区を中心に、TLS(地上レーザースキャナー)等の三次元計測を実施する。これらの計測は広葉樹林化に伴う多様性評価、材積等の予測において、植生調査・毎木調査・三次元データによる材積式推定などの基礎情報となる。また、伐採履歴をはじめとする対象地の基本的な記録も整理する。

1. 広葉樹林化はどこでも可能なのか

前土地利用(現状の人工林の成立する以前が広葉樹林であったかどうか。埋土種子等も関係)地形、現状の土地利用から、広葉樹林化の可能な範囲を明らかにする。前土地利用が、広葉樹林であった人工林だとしても、埋土種子や種子の供給可能性等によって、すでに広葉樹林化されている領域、人工林から広葉樹林化への転換が可能な領域、人工林から広葉樹林化への転換が困難な領域などを明らかにする。

2. 広葉樹林化で生物多様性は回復できるか

1で得られた広葉樹林化の可能地を基礎に、潜在自然植生・林業適地(地位等)などを考慮しながら、木材生産可能量と生物多様性とのトレードオフを明らかにする。例えば、地位の高い、経済的に有利な箇所を広葉樹林化するかどうかで、その後の植生タイプによって異なる生物多様性や、木材生産量・収益性に差が出る可能性がある。このように、本研究では、広葉樹林化の可能地における施業の選択によって、変動する生物多様性の違いを明らかにする。

3. 広葉樹林化でどれくらい追加コストがかかるのか?

3-1 広葉樹林化施業における 広葉樹林化施業における 広葉樹林化施業における追加コスト

林分レベルで実施された計測や調査を基礎に、流域以上のランドスケールレベルで木本の種多様性の回復や、広葉樹林化に伴う経済的な損失を明らかにする。多様性、植生回復については申請者らの既往研究に基づく予測手法や、伐採後の植生調査等によって評価する。経済的な損失については、従来のコストモデルによる費用計算と、林分レベルで開発したコストモデルによる費用計算による場合とを比較することによって推定する。まず上に述べた「0. 三次元計測」で実施した路網開設や伐出の予定される試験区において、複数回にわたる更新伐の経済的ロスを、皆伐と比較する。このことによって、広葉樹林化を前提としない従来のコストモデルで推定された費用との相対化を行い、更新伐のコストを評価する。更新伐のコスト評価の際には、県の歩掛など、既往研究・行政資料による文献調査から得ることの難しい地形・林分条件・伐出システムによって異なる作業費用を、生産性調査によって補完するという方法をとる。また、伐採の有無

等、過去の施業履歴によって異なる広葉樹侵入の違いを比較する。次に、林分レベルで実施された計測や調査を基礎に、流域以上のランドスケールレベルで木本の種多様性の回復や、広葉樹林化に伴う経済的な損失を明らかにする。多様性、植生回復については申請者の既往研究に基づく予測手法や、伐採後の植生調査等によって評価する。経済的な損失については、従来のコストモデルによる費用計算と、林分レベルで開発したコストモデルによる費用計算によった場合とを比較することによって推定する。最後に、林分レベルの検討結果を踏まえて、林班や流域以上のスケールへ拡張する。路網の配置については、河川の周辺や、ハビタットへの路網開設制約、尾根沿いに配置する場合など、特徴的な複数のパターンを想定し、伐採圧、伐採計画や路網計画に対する制約に応じた、生物多様性と経済性を評価する。これらの評価においては、人工林および広葉樹林の適地、人工林の不適地など、条件の違いに応じて、広葉樹の誘導によって回復する生物多様性と損なわれる経済性両方の効率化の観点から検討する。

3-2 広葉樹林化で施業のための林道開設における 広葉樹林化で施業のための林道開設における追加コスト、人工林林床への広葉樹侵入を促進する伐開・林道開設手法を開発する。具体的には、人工林として循環させる場合よりも広葉樹林化に配慮した路網整備により得られる経済的便益が減少することを考慮し、適切な路網のあり方（路網密度、規格等）を検討する。生物多様性への影響は、個別林分内の路網配置で、どのように林床光環境が変化し、どのようにコストが変わるのかを含めて評価する。なお、伐区・路網からの距離等に応じたエッジ効果によって変化する林床光環境は、林内および林外の照度計測、地上 LiDAR 計測による林分の三次元構造などから推定する。以上を踏まえ、個別林分を対象に、作業道の配置を複数設定し、路網計画に応じた林床光環境への影響を調べる。林床光環境を説明変数とする広葉樹侵入は、後述するこれまでの研究実績でモデル化されつつあり、これら成果や3-1.の更新伐コスト等とを組み合わせることで、生物多様性に資する路網配置とそれに伴う路網開設費、維持費等の経済的損失も検討する。同時に、生物多様性の向上を前提に、コスト低減にも寄与し得る伐開・林道開設手法も模索する。対象地における生物多様性回復と経済性の多目的最適化シナリオ設定によるシミュレーション等によって、両者のトレードオフを考慮した広葉樹林化適地を抽出する。そのうえで、例えば幹線作業道および林業専用道について、コスト削減を優先した配置と、潜在植生タイプに配慮した場合等の複数の森林管理シナリオを設定し、広葉樹導入のための路網配置や伐採条件を制約として組み込んだ最適化問題(Nakajima et al. 2016)の解の比較を通し、生物多様性・経済性両面の合理性を踏まえた広葉樹林化手法や林業の戦略の在り方を提言する。

4．研究成果

本研究は、皆伐と植栽によって、経済的に循環可能な人工林を林分単位で明らかにするとともに、針葉樹から広葉樹への転換可能な領域や条件に加え、地域レベルの広葉樹林化にともなう多様性、木材生産、経済性、炭素蓄積量、土壌流出量等の得失を多目的最適によって明らかにすることを検討した。具体的には、信州大学演習林において、アカマツ・ヒノキ二段林の上層アカマツ択伐を行った林分の林床における2年後の天然更新過程を調べ、一般に低木種の繁茂が高木種の成長や生残を阻害するといわれるものの、現時点では制約にはならないことが示された。また、東京大学千葉演習林で防鹿柵の有無に応じた、混交林化を調査した結果、落葉高木であるイイギリの成長を維持できれば針広混交林化の進展が見込めること、高木性常緑広葉樹の中では、シロダモを中心とする複層林化であれば防鹿柵なしでも達成が期待できること、防鹿柵を設置した場合でも、間伐実施による林冠層を構成する高木性常緑広葉樹の侵入の促進は容易でないこと等が示唆された。東京大学秩父演習林では、航空機レーザー測量に基づく高精細な地形情報と、不成績造林地・二次林・原生林で観測された時系列出現種数を基に、各試験地の多様性とシャノン・ウィナーの多様度指数の比較を検討した。その結果、原生林や二次林で認められた高い多様性も、微地形などの空間方向の多様性と関連しており、不成績造林地も含め、局所的な林相の十分な時間の経過によって、同じような林分構成に収束するわけではないということも確認された。さらに、地域の伐採計画に応じ、バランスのとれた年齢別面積分布を環境多様性と定義し、木材生産量・炭素蓄積量・土壌流出量等からなる多目的最適化問題として定式化し、公益的観点から林業経営に課される制約によって異なる木材生産量等とのトレードオフを、定量化し得ることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 一柳 きくの, 城田 徹央, 岡野 哲郎
2. 発表標題 ヒノキ人工林における間伐後経過年数に対するスズタケと広葉樹の応答
3. 学会等名 第11回中部森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中来実, 城田徹央, 岡野哲郎
2. 発表標題 下刈り完了後5年が経過したスギの成長と競合状態に及ぼす省力化の影響
3. 学会等名 第11回中部森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 城田徹央, 田中来実, 飯島健史, 岡野哲郎
2. 発表標題 下刈省力化完了から 5 年が経過したスギの成長と競 合状態は良好に保たれた
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野田直弥, 城田徹央, 大塚大, 齋藤仁志, 岡野哲郎
2. 発表標題 株立ち下広葉樹の樹冠可塑性と幹傾斜
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎千種, 城田徹央, 齋藤仁志, 岡野哲郎
2. 発表標題 アカマツ上木の択伐跡地における2年目の広葉樹の更新
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022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	當山 啓介 (Toyama Keisuke) (00613001)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	
研究分担者	城田 徹央 (Shirota Tetsuo) (10374711)	信州大学・学術研究院農学系・助教 (13601)	
研究分担者	光田 靖 (Mitsuda Yasushi) (30414494)	宮崎大学・農学部・教授 (17601)	
研究分担者	長島 啓子 (Nagashima Keiko) (40582987)	京都府立大学・生命環境科学研究科・教授 (24302)	
研究分担者	北原 文章 (Kitahara Fumiaki) (50582748)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

6．研究組織（つづき）

	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	斎藤 仁志 (Saito Hitoshi) (60637130)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	
研究分担者	瀧 誠志郎 (Taki Seishiro) (70714103)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	中澤 昌彦 (Nakazawa Masahiko) (90455262)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------