

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07483

研究課題名(和文)人工林における温暖化適応技術としての植栽樹種選択手法の開発

研究課題名(英文) Selecting a suitable planting species for a specific site as a climate change adaptation option in planted forest management

研究代表者

光田 靖 (Mitsuda, Yasushi)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：30414494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：スギ、ヒノキおよびカラマツについて気象条件と地形条件によって地位指数を推定するモデルを開発した。開発したモデルを利用して、現在の気象条件と温暖化した気象条件における地位指数分布を推定した。温暖化気象条件において、カラマツおよびヒノキでは地位指数は現在気象条件よりも向上する結果となった。一方、九州および四国において、スギでは地位指数が温暖化気象条件において低下する結果となった。スギ地位指数が低下した場所において、温暖化条件における地位指数をスギとヒノキで比較したが、ヒノキが高くなる場所は存在せず、本研究では気候変動適応策としての樹種転換候補地は見つからなかった。

研究成果の概要(英文)：Site index prediction models for sugi, hinoki, and karamatsu using climatic and topographic factors were developed. Spatial distribution maps of site index of these species under current and climate change condition were developed using these models. For hinoki and karamatsu, site indices were estimated to increase under climate change condition. On the other hand, in large part of Kyushu and Shikoku, sugi site index was estimated to decrease. Estimated sugi and hinoki site index under climate change condition were compared at sites where sugi site index was estimated to decrease. There were no sites where hinoki site index was greater than sugi site index, thus we could not find a suitable site to change planting species in this study.

研究分野：森林計画学

キーワード：植栽樹種選択 気候変動適応策 地位指数推定モデル スギ ヒノキ カラマツ

1. 研究開始当初の背景

近年、生態系サービスの観点から人工林の重要性が再認識されている。2013年に開催された第3回人工林に関する国際ワークショップでは、特に供給サービス(木材供給)および調整サービス(気候変動緩和)において人工林は天然林を補完する存在であり、人工林に対する持続可能な管理が重要であることが確認された。その流れをうけて、2014年10月にソルトレイクシティにおいて開催された国際森林学会では人工林に関して様々な観点から多数のセッションが開かれ、活況を呈していた。このように北米や欧州を中心として世界的に人工林管理に関する研究が高まりを見せている。日本は戦後拡大造林の結果として森林の44%を人工林が占める状況にあり、人工林研究の蓄積は多く欧米諸国と比較して遜色のないレベルにある。今後さらに人工林研究を推し進めることによって、世界的な研究ネットワークの中で研究をリードできる可能性がある。

本研究において着目するのは人工林が特に期待されている気候調整サービス、つまり森林の二酸化炭素吸収による気候変動緩和機能である。申請者のこれまでの研究では、国家レベルで見て人工林は天然林より多くの炭素を大気中から吸収していることが示唆されている(光田ほか, 2013; Mitsuda et al., 2012; 2013)。一方で、将来的に予測される温暖化環境下では、現在の気象条件下よりも炭素吸収が低下する林が出現することが予測された(農林水産省委託プロジェクト成果)。このような温暖化が生態系サービスに及ぼす影響に対して何らかの適応策が必要である。温暖化への適応策としては、植生分布ポテンシャルモデルを活用した天然林保護区の改定に関するものはあるが(例えば、Nakao et al., 2003)、人工林における温暖化適応策の研究は少ない。これまでは炭素吸収量の維持・向上による温暖化緩和機能の評価に関する研究が主流であり(例えば、Matsumoto et al., 2016)温暖化適応策としての人工林管理については研究が遅れている状況にある。将来的な気候変動環境下で人工林から持続的に気候変動緩和サービスを楽しむためには、適切な温暖化適応策を展開する必要がある。

日本国内に目を向けると、九州南部では主伐面積が飛躍的に増加しており、皆伐を行った後の林地管理が重要な課題となってきた。将来的な気候変動の影響を考慮しないまま同じ樹種を植栽して人工林経営を継続すると、将来の二酸化炭素吸収機能に大きな負の影響を及ぼす可能性がある。温暖化適応策として、将来的な気候変動の影響を考慮して伐採後の植栽樹種を選択することは重要な課題となる。

引用文献

Matsumoto, M., Oka, H., Mitsuda, Y., et al

(2016) Potential contributions of forestry and wood use to climate change mitigation in Japan. *Journal of Forest Research* 21(5): 211-222.

光田 靖・鹿又秀聡・松本光朗(2013)森林炭素動態シミュレーションシステムを用いた気候変動が森林炭素吸収量に及ぼす影響評価の試行. *統計数理* 61: 181-188.

Mitsuda, Y., Kanomata, H., Matsumoto, M. (2012) Developing a national-level system for simulating the carbon dynamics of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) planted forests in Japan. *Journal of Forest Planning* 18: 105-110.

Mitsuda, Y., Kanomata, H., Matsumoto, M. (2013) Effects of initial stand age distribution on simulations of the national-scale carbon dynamics of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted forests. *Forest Resource Management and Mathematical Modeling* 12: 103-119.

Nakao et al. (2013) Spatial conservation planning under climate change: Using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of *Fagus crenata* in Japan. *Journal of Natural Conservation* 21: 406-413.

2. 研究の目的

本研究の目的は人工林における温暖化適応策として、気候変動下においても持続的に温暖化緩和サービスを受けることができるように植栽樹種を選択するための情報を提供することである。将来的に予測される温暖化状況下では、場所によっては現在に比べて人工林の成長が低下し、温暖化緩和サービスが低下する可能性がある。これに適応する策として、伐採後に再造林する際に温暖化した環境により適した樹種へと植え替えるという選択肢がある。本研究では温暖化に適応した人工林の植栽樹種選択を科学的に判断するための支援情報を提供することを目的とする。

3. 研究の方法

研究の流れ

本研究においては、以下の手順で植栽樹種を変更するのが適切である場所を明らかにする。

(1)人工林の成長について気象および地形の影響を表現する統計モデルを開発・検証する。

ここで開発されたモデルを利用して、

(2)スギ・ヒノキ・カラマツについて、それぞれ現在の気象による成長を評価する。

(3)スギ・ヒノキ・カラマツについて、それぞれ温暖化した気象による成長を評価する。

(4)現在気象および温暖化気象における成長を比較して、著しく低下する場所を抽出す

る。

(5) 温暖化気象における成長を樹種間で比較して、植栽樹種変更が適切な場所を抽出する。

具体的な研究手法

(1) 対象樹種の人工林において現地(対象地:宮崎大学田野演習林[スギおよびヒノキ]九州大学北海道演習林[カラマツ])を行ったデータを用いて、気象条件から成長を予測するモデルのパラメータ推定および検証を行う。この成長モデルを利用して、同じくデータを用いて、気象条件と地形を考慮した地位指数(成長の良さをあらわす指標)を推定するモデルのパラメータ推定および検証を行う。

(2) 現在気象を代表するデータとして、近年30年間(1971-2000年)の1 km 解像度気象データを用いて対象樹種の地位指数分布を推定する。なお、地形データの解像度に合わせて、地位指数分布推定は50 m 解像度で行う。

(3) 温暖化した気象条件として、気象モデルを用いて推定された2050年の1 km 解像度気象データを用いて対象樹種の地位指数分布を推定する。

(4) 現在気象および温暖化気象条件において推定された50 m 解像度地位指数マップを比較して、それぞれの樹種で地位指数が低下した場所を抽出する。

(5) 抽出された場所において、他樹種の地位指数について検討し、植栽樹種転換の可能性について検討する。

4. 研究成果

(1) スギおよびヒノキについては宮崎大学田野演習林に設定された固定試験地のデータを用いて、カラマツについては九州大学北海道演習林に設定された固定試験地のデータを用いて、気象条件を説明変数とする成長モデルのパラメータを推定し、データとの適合をみたところ、信頼性の高い推定ができていたことが確認された。

また、成長モデルのパラメータと地形因子(地形による環境条件[日当たりの良さや土壌水分の集まりやすさ]を表現する指標)との関係についてモデル化することを試みたが、明確な関係性を見出すことはできなかった(発表論文2)。そこで、当初の計画通り、気象の影響を成長モデルによって表現し、地位指数推定モデルの変数として組み込むこととした。

(2) 成長モデルを用いて、林分の初期条件を一定にして1 km 解像度で10年間の成長予測を行い、その平均成長量を気象条件によって決定する成長のポテンシャルとした。次に、気象条件によって決定する成長ポテンシャルと地形因子を説明変数とする地位指数推定モデルを開発した(発表論文1, 5)。全ての樹種に共通して、気象条件として気温が高い、大気乾燥度が低い、地形条件として過

度に日当たりが高くない、凹地形で土壌水分が集積しやすいという条件で地位指数が高くなるという結果となった。

この地位指数推定モデルを用いて、スギおよびヒノキの比較については九州および四国、スギおよびカラマツの比較については北海道東部を対象として、現在気象条件における地位指数分布を推定した(図1)。

(3) および(4)同様に、温暖化気象条件における地位指数分布を推定した(図2)。また、両者の差分を計算して温暖化気象条件において地位指数が低下する場所を抽出した(図3)。その結果、ヒノキおよびカラマツでは地位指数が低下する場所は抽出されなかった。一方で、スギについては九州および四国で地位指数が低下した(図4、発表論文4)。このような結果となった原因は、温暖化気象条件においては気温が上昇することにより、成長モデルによって予測される成長が現在気象条件よりも高くなるため、地位指数も上昇するためである。ただし、九州および四国では気温上昇による呼吸量増加が著しくなり成長が減少するように予測され、そのため地位指数が低下する結果となった。

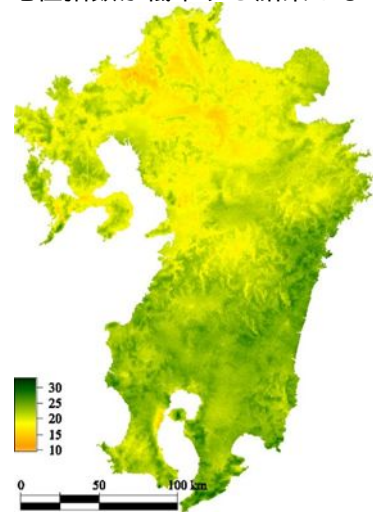


図1 現在気象条件におけるスギ地位指数

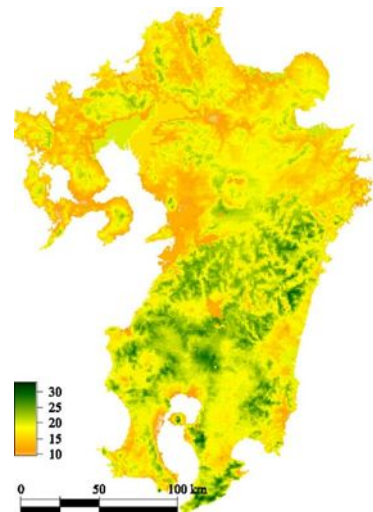


図2 温暖化条件におけるスギ地位指数

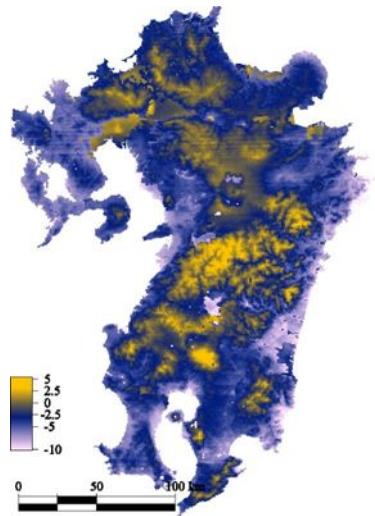


図3 地位指数の差分

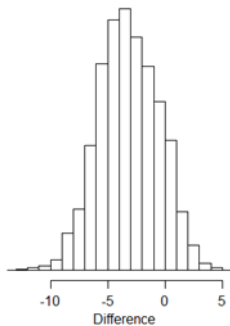


図4 地位指数の差分における度数分布

(5)九州においてスギ地位指数が低下した場所において、ヒノキ地位指数の変化を確認したところ、ヒノキ地位指数は上昇していた。しかし、温暖化気象条件において推定された、40年生時における上層木平均樹高である地位指数をスギとヒノキで比較したところ、スギの地位指数が高くなっていった。つまり、ヒノキに樹種転換しても、温暖化によって成長が低下したスギより成長が良くなる訳ではない。

本研究で対象としたスギ、ヒノキおよびカラマツでは、九州、四国および北海道東では温暖化適応策として植栽樹種を転換すべき場所は見つからなかった。

問題点として、地位指数推定モデルにおいて気象要因と地形要因が独立していることが挙げられる。気象条件が変わったときに、地形要因の効果が不変であるという仮定は再考すべきである。本研究では成長モデルに地形条件を取り込むことに失敗した(発表論文2)が、さらにデータを蓄積してこのような試みを継続する必要がある。

また、地位指数を比較するという手法についても検討する必要がある。そこで、研究計画からさらに進展して、成長モデルと伐出作業コストモデルを利用して、最適化により最も儲かる間伐および主伐をした際の収益性

を樹種で比較するという手法を試行した。九州および四国について、スギとヒノキを比較したところスギよりもヒノキで収益が高くなるという場所はほとんどなかった(学会発表8、10)。この結果は現在気象条件におけるものであり、温暖化気象条件において検証することで植栽樹種転換について検討する必要がある。しかし、この手法では木材価格に結果が大きく依存する点には注意が必要である。

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 6件)

1 Mitsuda, Y. (2018) Evaluating the effects of climate change on the potential site productivity of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted forests in Kyushu Island, Japan. *Journal of Forest Planning*, accepted. (査読あり)

2 Mitsuda, Y., Tsutsumi, H. (2018) Comparing methods for developing site index prediction model of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted stand. *Forest Resources and Mathematical Modeling*, 17: 1-11. (査読あり)

DOI: <https://doi.org/10.15684/formath.17.004>

3 Mitsuda, Y., Hosoda, K., Iehara, T. (2017) Comparison of growth responses to climatic conditions of sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) using a carbon balance-based growth model. *Forest Resources and Mathematical Modeling*, 16: 32-42. (査読あり)

DOI: <https://doi.org/10.15684/formath.16.004>

4 光田 靖, 柴田矩良 (2016) LiDAR データを用いた林冠データに基づく広域人工林資源動態シミュレーションに向けて. *九州森林研究*, 69: 181-183. (査読なし)

5 Mitsuda, Y. (2016) Relationship between the parameter of photosynthetic rate of a process-based growth model for sugi (*Cryptomeria japonica*) planted forests and topographic factors. *Forest Resources and Mathematical Modeling*, 15: 10-19. (査読あり)

DOI: <https://doi.org/10.15684/formath.15.002>

6 Mitsuda, Y., Ito, S. (2015) Modifying the site index model of sugi planted forests in Miyazaki Prefecture

considering the effects of DEM quality and scale of digital terrain analysis. Journal of Forest Planning, 20(2): 45-51. (査読あり)

DOI: https://doi.org/10.20659/jfp.20.2_45

〔学会発表〕(計 10 件)

1 光田 靖, 北原文章, 田中真哉, 四国における林分最適化によるスギおよびヒノキの植栽適地比較. 第 129 回日本森林学会大会(高知市), 2018 年 3 月 27 日

2 Mitsuda, Y., Kitahara, F., Evaluation of carbon loss derived from wind disturbance in planted forests in Japan using repeated measurement data of permanent plots. IUFRO 125th Anniversary Congress 2017 (Freiburg), 2017 年 9 月 19 日

3 Mitsuda, Y., Developing a spatial distribution map of maxim soil expected value of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted forest in Kyushu Island, Japan. Symposium on Systems Analysis in Forest Resources 2017 (Washington), 2017 年 8 月 28 日

4 光田 靖, 北原文章, 日本全国を対象としたスギ、ヒノキ、カラマツ地位指数分布の推定. 第 128 回日本森林学会大会(鹿児島市), 2017 年 3 月 27 日

5 Mitsuda, Y. Comparing site index estimation methods using time series data from permanent plots of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted stand. FORMATH Hiroshima(広島市), 2017 年 3 月 17 日

6 光田 靖, 固定試験地データを用いたヒノキ地位指数モデルのパラメータ推定. 第 72 回九州森林学会大会(福岡市), 2016 年 11 月 6 日

7 Mitsuda, Y., Evaluating effects of climate change on potential site productivity of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted forests in the southwest part of Japan. IUFRO International Symposium FORCOM2016(津市), 2016 年 8 月 30 日

8 光田 靖, 伊藤 哲, 再造林に向け植栽樹種選択を再考する. 第 127 回日本森林学会大会(藤沢市), 2016 年 3 月 28 日

9 Mitsuda, Y. Evaluating species characteristics of growth response to climatic conditions using the parameters of carbon balance model. FORMATH Shiga(彦根市), 2017 年 3 月 17 日

10 光田 靖, 柴田矩良, LiDAR データを用いた林冠データに基づく広域人工林資源動態シミュレーション. 第 71 回九州森林学会大会(大分市), 2015 年 10 月 6 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光田 靖 (MITSUDA, Yasushi)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号: 30414494