

収穫試験地継続調査データによる炭素収支を基礎としたヒノキ成長モデルの構築

光田 靖・細田和男・家原敏郎・松本光朗 (森林総研)

要旨：気候変動や施業方法の変動に対応した林分の成長予測を可能とするため、オーストラリアで開発された 3PG モデルを基本形とし、植物の生理プロセスを考慮した炭素収支を基礎としつつ、汎用性に優れるモデルの構築を試みた。本研究で構築したモデルの構成要素は、日射の吸収、光合成による総一次生産、気温による光合成の律速、大気飽差による光合成の律速、呼吸とターンオーバーによる消費、および成長量の配分である。気象データは 3 次メッシュの気候平年値を、地上気象観測点の観測結果から得られた年次変動により補完したデータを用いた。林分データは長期的に継続調査がなされている収穫試験地データを用いた。なお、モデルパラメータの推定は MCMC 法を応用したベイジアン・キャリブレーションによった。推定したパラメータによる推定値と実測値を比較したところ、一部のプロットで大きく過小推定しているものの、比較的適合しており、気象データによって幹乾重量の成長経緯がある程度説明できていた。気象データにパラメータを当てはめて検証したところ、光合成を律速する要因としては気温の影響が強いという結果となった。

キーワード：3-PG, 成長モデル, ヒノキ, 収穫試験地

I はじめに

森林の成長予測は森林計画を策定する上での基本である。これまで実務上での森林の成長予測は主に収穫表に頼ってきた。しかし、現在使われている収穫表については様々な問題点が指摘されている(6)。また、管理放棄のような施業の変化が現実としてあり、収穫表が調製されたときに想定されていた「標準的な施業」から著しく逸脱した林分も多くなっており、収穫表というアプローチそのものの限界もある。また、懸念される気候変動が将来的に現実になった場合にも、変動した気候下では収穫表の成長予測は外れてくるであろう。このような気候変動や施業方法の変化に対応可能な成長モデルが必要である。

このような不可知の変動に対処するには、樹木生理や物質循環のプロセスに着目したプロセスベースモデルが適している(3)。一般的に、モデルで取り扱うプロセスを詳細にするほどパラメータ数が多くなってしまふ。そこで、本研究においては森林計画の実務に有効な成長モデルを対象を絞り、プロセスベースモデルの中でも構造が容易であり、応用性に優れていることから、オーストラリアで開発されている 3-PG モデル(4)をモデルの基本形として採用することとし、まず気象変動に対応可能なモデルの構築を目的とした。この 3-PG モデルをカスタマイズして、林分の炭素循環プロセスを考慮した成長モデルを構築することを試みた。

II 使用データ

本研究で使用した林分データは国有林において継続

的に調査されている収穫試験地データである。なお、対象樹種をヒノキとして、15 試験地(20 プロット)で計測された全 139 回の測定値を用いた。収穫試験地においては直径、樹高が継続調査されているため、変換式(1)を用いて幹材積から葉群、枝、幹および根別の乾燥重量へと変換した。

本研究で使用した気象データはメッシュ気候値 2000 および地上気象観測所の観測データ(いずれも、気象庁提供)である。メッシュ気候値 2000 は気象の 30 年間平年値の空間分布データであり、これに地上気象観測所の観測データから得られる時系列変化を与え、任意の地点における時系列の気象データを補完することとした。各収穫試験地の最近接地上気象観測所を探索し、この気象観測所が存在する 3 次メッシュを調べた。この 3 次メッシュにおける平年値からの変動を、各収穫試験地の全計測期間にわたって計算し、これを各収穫試験地が存在する 3 次メッシュにおける平年値に適用し、各収穫試験地の時系列気象データを推定した。

III モデルの構造

本研究で基本形とした 3-PG モデルは、簡略化すると、日射の吸収、光合成による生産、様々な要因による光合成の律速、呼吸とターンオーバーによる消費、成長量の分配である(4)。本研究においては、光合成の律速要因として気温および大気飽差を取り上げた。モデルで対象とする部位は葉群、枝、幹および根であり、全て乾重量に換算して用いている。モデルの単位時間は月単位である。モデルの流れを以下に列挙する。

Yasushi MITSUDA, Kazuo HOSODA, Toshiro IEHARA and Mitsuo MAISUMOTO (Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba Ibaraki 305-8687). Developing the growth model for Hinoki based on carbon balance using long term yield survey data.

- 1) 日射吸収量をベアの法則により求める (2)。
- 2) 非直角双曲線を用いて表現した光強度と光合成速度の関係から光合成速度を求める (2)。
- 3) 光合成に対する気温および大気飽差の律速係数 (modifier) を次式から求めて光合成速度を補正し、日射吸収量から総一次生産量を計算する。

$$\text{modifier} = 1/\exp(a(x-b))$$

ここで、 x は気象値 (平均気温もしくは大気飽差)、 a, b はパラメータを示す。

- 4) 現存量に対する比率から呼吸量とターンオーバー量を求め、総一次生産量から減じて成長量を得る。
- 5) 成長量を各部位へ成長量として割り振る。

IV パラメータ推定方法

収穫試験地の継続調査データおよび時系列気象データを用いてパラメータの推定を行った。ある時点での測定値を初期値として次調査時点まで時系列気象データを用いてモデルによる推定を行い、推定値が実測値とよく適合するようなパラメータを推定した。ここでデータに対するあてはめには、今回構築するモデルが複数の式からなる複合的なモデルであるため、柔軟なパラメータ推定を可能とするベイズ推定を応用したベイジアン・キャリブレーションを用いた (5)。なお、呼吸、ターンオーバー、および生産量の分配に関するパラメータについては固定している。

V 結果および考察

ベイジアン・キャリブレーションによりパラメータの推定値を得た。推定値と実測値を比較したところ、一部のプロットで大きく過小推定しているものの、比較的よく適合していた。本モデルの入力データは日射量、平均気温および大気飽差だけであるが、これだけの気象データによって幹乾重量の成長経緯がある程度説明できていた。大きく過小推定してしまった観測点のうちいくつかは、間伐のあと成長量が著しく大きくなったデータであった。今回のモデル構造では施業の影響を評価できないため、今後の改良が必要である。

光合成の律速因子である気温と大気飽差について、どちらが強く成長に影響を与えるのかを検討した。パラメータの推定に用いた気象データを利用して、対象期間中のそれぞれの律速係数を月別に計算した。その結果、律速係数の中央値および第1四分位点は気温については0.52および0.23であり、大気飽差については0.81および0.70であった。値が小さい方がより光合成速度を減じていることとなることから、モデルにおいては気温の方がより成長に影響している結果となった。他の樹種についての3-PGモデルでは、大気飽差の影響が大きいとされており (4)、対象樹種としたヒノキの特徴である

可能性がある。

本モデルは炭素循環プロセスを表現した3-PGモデルを基礎としたモデルであり、気候変動の影響を表現できるモデルとなっている。しかし、モデルは部位別乾重量での表現であり、林業の現場で必要とされる材積、直径、樹高といった項目については予測を行うことができない。今後さらにモデルを改良していく必要がある。

最後に、本研究で使用した収穫試験地をこれまで維持、測定してこられた全ての方々に感謝いたします。

引用文献

- (1) FUKUDA, M., IEHARA, T., and MATSUMOTO, M. (2003) Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. For. Ecol. Manage. 184: 1-16.
- (2) 彦坂幸毅 (2004) 光合成過程の生態学. (植物生態学. 寺島一郎ほか, 431pp, 朝倉書店, 東京) . 42-80.
- (3) 小松 光・橋本昌司 (2002) 森林生態系における水・炭素・窒素循環の研究に役立つ Process-based model. 日林誌 84: 54-62.
- (4) LANDSBERG, J.J. & WARING, R.H. (1997) A generalized model of forest productivity using simplified concept of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. For. Ecol. Manage. 95: 209-228.
- (5) VAN OIJEN, M., ROUGIER, J. & SMITH, R. (2005) Bayesian calibration of process-based forest models: bridging the gap between models and data. Tree Physiol. 25: 915-927.
- (6) 吉田茂二郎・松下幸司 (1999) 民有林分の収穫表の特性について. 森林計画誌 33: 19-27.

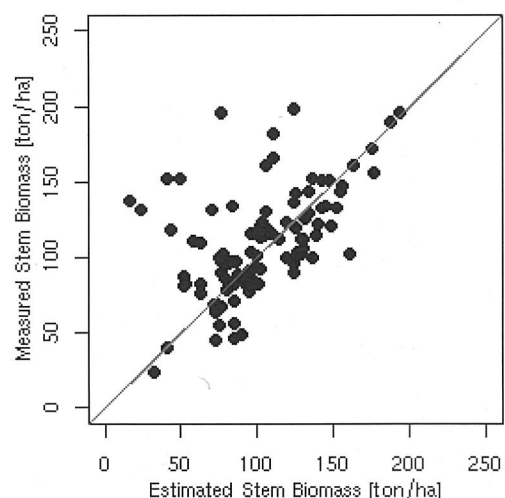


図 - 1. 幹乾重量の実測値と推定値の比較