

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710027

研究課題名(和文) 客観的モデル簡略化手法を用いた広域森林水利用モデルの作成と変動要因の抽出

研究課題名(英文) Developing a system to evaluate forest water use in large scale area using objective model redundancy method

研究代表者

澤野 真治 (Sawano, Shinji)

独立行政法人森林総合研究所・水土保持研究領域・任期付研究員

研究者番号：50598729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、統計的な手法を用いてモデル構造を簡略化していく客観的モデル簡略化手法を適用して日本全域などの広域を対象とした森林生態系の水利用に影響を及ぼすパラメータの抽出するモデルを作成する事を目的とした。既往の森林生態系モデルであるBiome-BGCに山地森林流域の流出特性を再現するために流出サブモデルを統合した。また、山地森林流域における流出再現や森林群落における蒸発散量推定に影響が大きいパラメータを特定し、客観的モデル簡略化手法を適用するためのパラメータ選定を行った。これにより、日本の森林が主に分布している山岳地域における水利用を評価するためのシステムが構築された。

研究成果の概要(英文)：In this present study, we developed the system to evaluate forest water use in large scale area to integrate the method of objective model redundancy developed by Crout et al. (2009). Our system is based on Biome-BGC, which is one of the forest ecosystem model, with introducing exponential tank model (Kondo et al., 1992) to take into account the characteristics of discharge at mountainous forest watershed in Japan. We checked the model performance of new developed system using observed data obtained at mountainous forest experimental watershed located in Kyushu region, Japan and investigated significant model parameters on reproduce the daily discharge and evapotranspiration in Japanese forest ecosystem.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：森林 広域水循環 森林生態系モデル

1. 研究開始当初の背景

日本の森林は、国土の約7割を占める日本の代表的な土地利用であり、そのほとんどが山岳地域に分布しているため、水源としての認識が定着している。そのため、森林と水資源の関係については古くから社会的な関心が高い。また、日本の森林は時代的な背景から、森林面積の4割を、木材生産などを目的として人工林化しているが、林業経営の行き詰まりから管理が放置される森林が増加している。

このような状況を踏まえて、森林の水源涵養機能を十分に発揮させるための林種転換などの森林管理の方法が議論されている。しかし、現状では森林水文試験地で得られた観測結果に基づき、森林管理と流量増加についての定性的な結果から、森林の水源涵養機能の効果を発揮させるための管理の必要性が全国一律に議論されているにすぎない。日本の森林は、幅広い気候帯に分布していることや、水需要に地域的な違いがあるため、森林の水源涵養機能の効果を発揮させるための管理に関する議論はこうした森林の立地環境の違いを考慮する必要がある。

水源涵養機能といった森林の環境応答を考慮した森林管理手法の提示には、森林における物質循環過程を統合的に把握する目的で開発が行われている様々な森林生態系モデルを用いることが検討されている。しかし、森林生態系モデルはモデル開発者が目的に応じた仮定を設定し、得られた観測データに基づいてモデル開発がなされるため、観測データが得られないような場所への適用や地球温暖化といった未体験の環境変動下での森林の環境応答を予測する際、用いる森林生態系モデルによって得られる結果が異なる可能性がある。従って、日本のような多様な気候条件下に森林が分布している地域へ森林生態系モデルを適用する際、森林生態系モデルの持つ不確実性を知ることは不可欠になる。

2. 研究の目的

日本全域を対象に水源涵養機能のための森林管理手法を森林の立地条件に応じて提言するための前段階として、森林生態系モデルに、モデルの持つ予測不確実性を把握する手法の一つである客観的モデル簡略化手法を適用し、多様な気候下に位置する森林の水利用を予測するモデルを作成する。また、客観的モデル簡略化手法の適用を通じて、モデル作成の過程で取捨選択されたパラメータや関数を比較することで、森林の水利用に対して大きな影響を及ぼす要因の抽出・類型化を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本課題では、既存の森林生態系モデルの一つである Biome-BGC に、山地森林流域における流出特性を再現する目的で近藤ら(1994)

による指数型タンクモデルに深部浸透を取り扱う改良を加えた流出サブモデルを結合し、また客観的モデル簡略化手法を適用するためにマルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション手法のアルゴリズムの実装を、ソースコードレベルでの統合作業にて行う。プログラム言語は Python を選択した。

また、構築されたモデルを、森林総合研究所の長期森林理水試験地の一つである宮崎県去川試験地 号沢(31°51' N, 131°13' E)と FFPRI-FluxNet の観測サイトの一つである熊本県鹿北試験地 号沢(33°8' N, 130°43' E)のともに温暖多雨な気候帯に位置する2流域に適用し、モデル予測に影響を及ぼすパラメータや関数等の要因の抽出を行う(図1)。

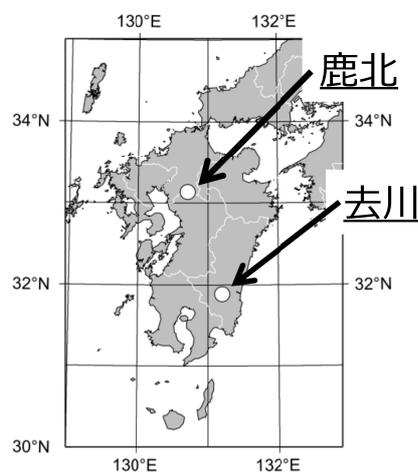


図1 流域位置図

4. 研究成果

マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション手法のアルゴリズムの実装について、メトロポリス-ヘイスティングスアルゴリズムの実装を行った。

次に、山地森林流域における流出特性を再現する目的で近藤ら(1994)による指数型タンクモデルに深部浸透を取り扱う改良を加えた流出サブモデルを Biome-BGC への統合を行った。Biome-BGC の流出サブモデルの挙動について、オリジナルモデルと改良型 Biome-BGC による推定結果を比較した(図2)。図では、去川試験地近傍の気象官署である都城において、年降水量の変動が大きかった1993年(年降水量4065.5mm)と1994年(同1861mm)の2カ年の結果を示す。Biome-BGC をそのまま適用した場合、降雨に対する流出の応答が観測値よりも鋭敏で、また、降水の多かった1993年においても流出が全く無い状況が頻発した。一方、指数型タンクモデルを導入するとモデル値の流況は安定し、観測値で見られるような流況と良好な対応を示した。1993年と1994年の2カ年の積算流出量

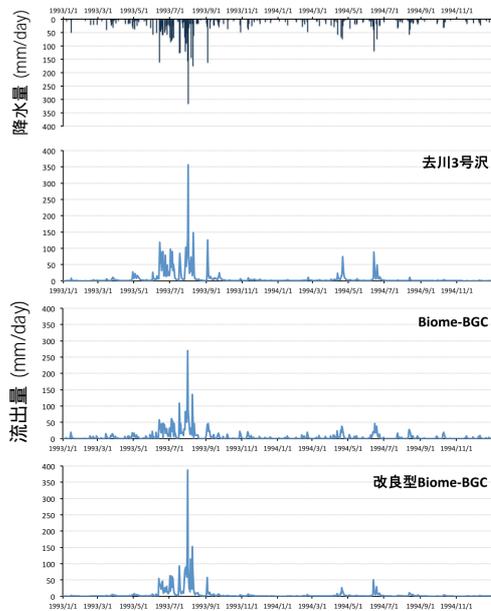


図 2. 1993 年及び 1994 年の日流出量の比較

及び流出率（流出量/降水量）は、去川試験地 3 号沢における観測値が 4932.1mm と 64.7% であったのに対し、Biome-BGC では 4337.7mm と 75.7% であり、改良型 Biome-BGC では、3714.4mm と 64.8% であった。広域の気象データセットは、気象観測地点が山岳地域ではほとんど見られないことに起因して、観測地点が多い低標高地と比較して精度が落ちることが指摘されている。モデル推定値はいずれもこの問題の影響を受けて流出量を低く推定していた。しかし、流出率で比較した場合、流出過程を改良したモデルでは観測と同程度の流出率を示しており、深部の貯留の役割

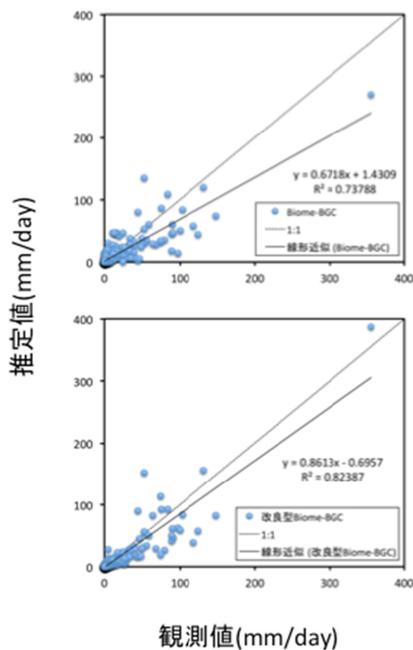


図 3. 日流出量の比較

が山地森林流域における流出特性を再現するために重要な役割を示していることが示された。

また、日流出量の再現性については特に日流出量 100mm 以下の領域で観測値との対応で改善が見られ、推定値と観測値の相関係数も Biome-BGC では 0.85 から 0.91 へと値が大きくなった(図 3)。

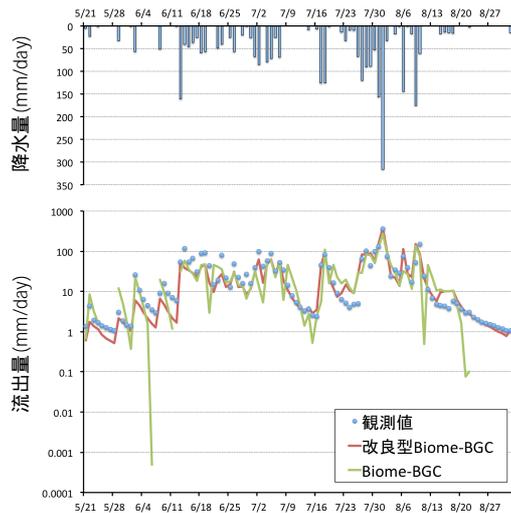


図 4. 1993 年 5 月 21 日から 9 月 1 日までの流出量の比較

降雨時及び降雨後の流出の再現性について、アメダスメッシュ化データで期間総降水量 2967mm、最大日降水量 316mm を記録した 1993 年 5 月 21 日から 9 月 1 日までを対象に観測値と計算値の比較検討を行ったところ(図 4)、いずれの推定値も日単位の流出のピークが出現するタイミングは同じであった。しかし、ピークからの逓減過程において 2 つのモデルは異なる挙動を示した。オリジナルモデルを用いた場合、ピークからの逓減が観測に比べ急であり、降雨が連続している場合は流量が保たれている一方で、数日間降雨がなくなるととたんに流出が途切れることがあったが、改良型 Biome-BGC を用いた場合、流出の逓減は緩やかになり、流出も対象期間において常に推定されるなど、観測値と良好に対応していた。

Biome-BGC では森林生態系からの水損失は、森林生態系の上層木、下層部からの蒸発散及び遮断蒸発量の 3 つの成分をそれぞれ計算する。これらの成分は土壌水分条件を通じて、降水開始後の流出が増加するタイミングや降水終了後の流出の逓減に影響を及ぼす。この 3 成分の総量に対するそれぞれの割合を比較した(図 4)。森林からの蒸発散量の計算値は、乱流変動法に基づいて推定される水蒸気輸送量と良好に対応していた。しかし、Kumagai et al. (2014, J. Hydrol.) 内で観測に基づいて推定した樹冠遮断蒸発量、森林上層部からの蒸散量、及びモデルによって推定した下

層部からの蒸発散量と比較を行った場合、森林の下層部からの蒸発散量に大きな違いが見られた。そこで、森林下部からの蒸発散に関わるパラメータを変化させた結果、Biome-BGCの中で用いられる森林下層部の水蒸気輸送における空気力学的抵抗値と森林の上層部の吸収日射量推定に用いられる吸光係数が、森林の下層部からの蒸発散量推定に強く影響を及ぼしていることがわかった。森林下層部からの蒸発散量は、空気力学的抵抗値のみを変化させた場合(107 s m⁻¹ から 250 s m⁻¹)に年間で 50mm、2つのパラメータを変化させた場合(空気力学的抵抗は上記と同じ変化、吸光係数は 0.51 から 0.7)には 74mm 減少した。乱流変動法に基づく水蒸気輸送量との差は、2つのパラメータを変化させた場合で約 40mm であった。

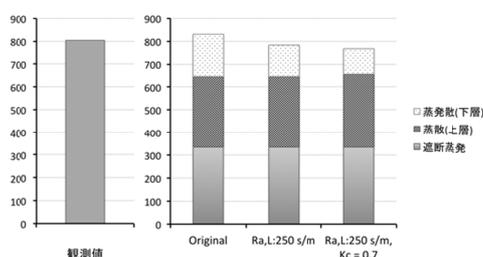


図 3. パラメータの違いによる蒸発散各成分の違い。

左図は観測から推定された蒸発散量、右図は左からオリジナルモデル、空気力学的抵抗値を変えた場合、空気力学的抵抗に加え吸光係数を変えた場合のモデル推定値を表す。

本課題の取り組みによって、日本の森林が主に分布している山岳地域における水利用を評価するための環境が整備され、山地森林流域における水循環過程を再現する上で影響が大きいパラメータや関数の抽出を行った。現在、選定されたパラメータについて、客観的モデル簡略化手法による最適値及び最適関数形の抽出のためのモデルシミュレーションを実施している。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1 件)

澤野真治、玉井幸治、清水貴範、野口正二、壁谷直記、黒川潮、長期流出変動予測のための山地森林流域への Biome-BGC の適用、2014 年度水文水資源学会大会、宮崎、2014 年 9 月(予定)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

澤野 真治 (SAWANO, Shinji)

森林総合研究所・水土保持研究領域・任期付研究員

研究者番号：50598729