

D2 永久凍土と植生の相互作用の分析と生態系モデルへの導入

Analysis of Interaction between Vegetation and Permafrost and Introduction to an Ecosystem model

地球循環共生工学領域

08E12037 関口 渉 (Sho SEKIGUCHI)

Abstract: The ecosystem is maintained by interaction between larch forest and permafrost in Eastern Siberia, but climate change can disrupt the interaction. This study aims quantitative assessment of carbon and water cycles of larch forest, recognizing the interaction clearly, and improvement of ecosystem model. I integrated Biome-BGC model with Simultaneous Heat and Water Model (SHAW model) . The integrated model showed frost soil restrains amount of water for vegetation growing and limits vegetation growing.

Keywords: interaction of between vegetation and permafrost, Biome-BGC, SHAW model, larch forest, limit of available water by frost soil

1. 研究背景と目的

東シベリアに存在する北方林は、近年の地球温暖化による気候変動の影響を最も顕著に受ける地域であり、カラマツ林と永久凍土の相互作用によって保たれてきた生態系に気候変動が特異な影響を与えることが懸念されている¹⁾。そのため先行研究²⁾では連続的永久凍土分布域での気候変動による影響を反映した炭素・水収支を定量的に評価するために、生態系モデル Biome-BGC を用いてカラマツ林を含む生態系の炭素・水収支を評価したが、土壌中の永久凍土の水の動態がモデルに考慮されていない問題が指摘されている。そこで本研究では、永久凍土の融解・再凍結とその植生へのフィードバックを生態系モデル内で表現するために土壌中の熱収支と水収支が再現可能なモデルと既存の生態系モデルを統合したモデルを用いることで、植生と永久凍土の相互作用を定量的に評価することを目的とする。

2. 分析方法

2. 1 Biome-BGC と SHAW モデルの統合

Biome-BGC は森林植生を含む生態系の炭素・水収支を計算可能なモデルであるが、永久凍土分布域での熱・水収支は実装されていない。一方、SHAW (Simultaneous Heat And Water) モデルは植生、雪、植物残存量と表土を通して熱・水の移動をシミュレートし融解・再凍結プロセスを計算可能なモデルであるが、SHAW モデルのみでは植生の地上部の成長量を表現できない。そこで本研究で Biome-BGC で植生の成長量の計算と、SHAW モデルの地表面の境界条件の入力をオフラインで統合した。

1981～2010 年の植生の成長量を Biome-BGC で計算し、その出力を SHAW モデルに入力することにより融解深を計算した。次にシミュレーション期間の各日の最大融解深を Biome-BGC の入力値として与えることで凍土の融解・再凍結プロセスを表現した。これによって土壌中の水分が凍土として存在するとき、植生の成長に必要な水分量が制限されるプロセスおよび、凍土による土壌中の下層への浸透防止プロセスが表現可能になる。

2. 2 統合モデルと Biome-BGC との炭素収支・水収支の比較

この統合モデルと既存の Biome-BGC での 1981～2010 年まで各年の純一次生産 (NPP: Net Primary Production) の出力結果を比較した。この出力結果から、シミュレーション上の傾向が変化した 1983～1986 年の NPP、土壌含水率、気孔コンダクタンスを日単位で比較した。また、SHAW モデルで計算された融解深が土壌含水率と NPP の増減に与える影響を考察した。

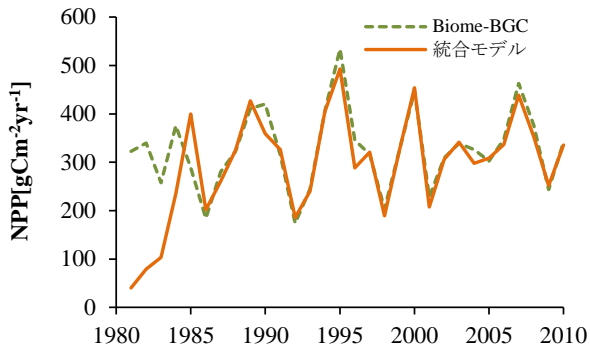


図 1. 統合モデルと Biome-BGC の NPP の比較

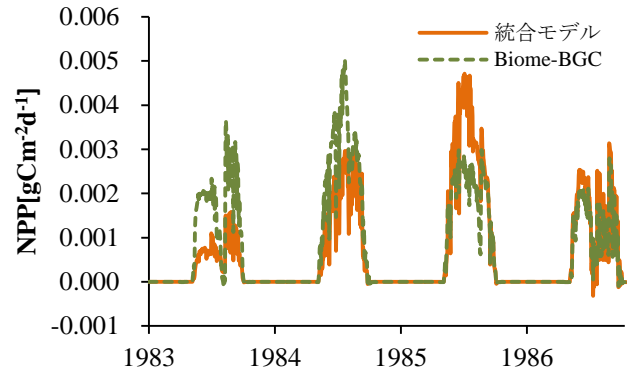


図 2. 統合モデルと Biome-BGC の NPP

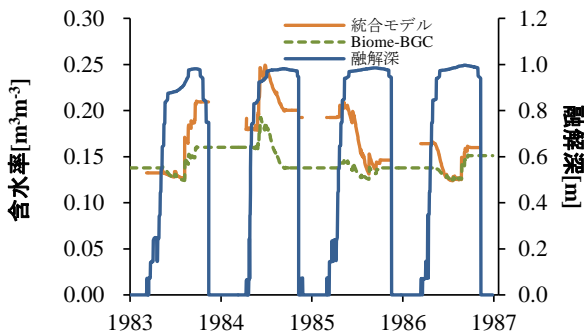


図 3. 統合モデルと Biome-BGC の土壌含水率及び融解深

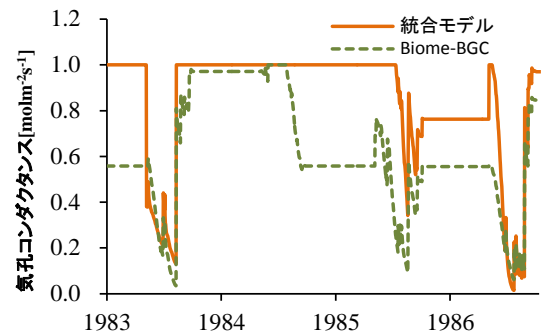


図 4. 統合モデルと Biome-BGC の気孔コンダクタンス

3. 分析結果・考察

図 1 に統合モデルと Biome-BGC の NPP の出力結果を示す。1981～1984 年の統合モデルの NPP は Biome-BGC の NPP と比較して下回った。この乖離を分析するため、図 2 に統合モデルと Biome-BGC で NPP の動態が変化した 1983～1986 年の NPP を示す。1985 年の統合モデルの NPP は Biome-BGC の NPP と比較して上回った。これは土壌の表層の水分が凍土として存在する期間が減少し植生の成長に十分な水分が存在し、土壌中の融解していない凍土によって深層への水分の浸透が妨げられたためである。また、図 3 に土壌含水率および融解深を示す。融解深が 0 であるとき統合モデルの土壌中の水分は全て凍土として存在し、その期間の土壌含水率は 0 である。1983～1985 年について、6 月～11 月にかけて凍土の融解が進行し、統合モデルの含水率が Biome-BGC と比較して上回った。最後に、図 4 に気孔コンダクタンスを示す。1984 年 8 月～1986 年 5 月の統合モデルの気孔コンダクタンスが Biome-BGC と比較して上回った。また、1983 年の凍土の融解と比較して 1984 年以降、凍土の融解がより早期化した。この結果から凍土の融解および、浸透防止効果により土壌中の水分量が増加するほど植生の成長量が増加する、植生と永久凍土の相互作用が示された。

4. 今後の課題

SHAW モデルによって出力された融解深はシミュレーション期間の経過とともに融解の早期化および、再凍結の晩期化が確認された。1986 年以降、NPP にほとんど差異が確認されない原因は凍土の融解・再凍結が実際の凍土の挙動を正確に反映していないためであると考えられる。そのため正確な凍土の挙動を反映した融解深を統合モデルに導入することを今後の課題とする。

参考文献

- 1) UNEP Policy Implications of Warming Permafrost <<http://www.unep.org/pdf/permafrost.pdf>>(2015. 12. 20 参照)
- 2) M. Ueyama, K. Ichii, R. Hirata, K. Takagi, J. Asanuma, T. Machimura: Simulating carbon and water cycles of larch forests in East Asia by the BIOME-BGC model with Asia Flux data, *Biogeoscience*, Vol. 7, pp. 959-977, 2010.