

MI3 北方林における炭素循環予測のための 永久凍土プロセスを実装した生態系モデルの開発

Development of Ecosystem Model by Implemented Permafrost Process for Carbon Cycle Estimation in Boreal Forest

指導教官 町村尚准教授（地球循環共生工学領域）

28H16037 関口 渉 (Sho SEKIGUCHI)

Abstract: In boreal forest ecosystems on permafrost, previous researches reported that the estimation of carbon cycle by process based ecosystem models was inconsistent with the observations. One of the causes is not considering permafrost process in the ecosystem models. In this study, I developed the permafrost thawing and freezing process model and integrated it in an ecosystem model Biome-BGC to resolve the problem. I implemented the regulation of stomatal conductance, and transpiration, leaf development phenology and soil organic matter decomposition associated with soil freezing and thawing in the integrated model. The integrated model represented carbon and water flux associated with permafrost thawing and freezing.

Keywords: permafrost dynamics, larch forest, East Siberia, Biome-BGC, stomatal conductance

1. 研究背景と目的

北方林が立地する高緯度地域は、気候変動による影響を最も顕著に受ける地域であると報告されている¹⁾。そのため永久凍土域の北方林において生態系モデルを用いた森林炭素循環の評価が行われているが、永久凍土上の北方林において従来の生態系プロセスモデルによる炭素循環予測と実測値との不一致が報告されており、その原因のひとつに永久凍土のプロセスを考慮していないことが挙げられる²⁾。本研究では、永久凍土域の北方林の気候変動下における炭素循環予測を行うために、永久凍土の融解・再凍結プロセスとそれに伴う植生と土壌有機物の応答を実装した生態系モデルの開発を目的とする。

2. 方法

2. 1. モデル開発

本研究ではまず、永久凍土の融解・再凍結プロセスを計算するため、土壌内の温度と水分の空間分布及び時間変化を計算可能な多層の土壌からなる凍土モデルを開発した。つぎに凍土モデルを、生態系モデル Biome-BGC³⁾ (以下、オリジナルモデル) と統合した。凍土モデルは土壌温度および平均気温、降水・融雪を凍土への温度と水分の境界条件とし、オリジナルモデルの地表面蒸発および地表面流出を凍土の動態に基づいて修正した。つぎに、土壌の融解・再凍結に伴う植生の応答を計算するメカニズムを実装した(以下、統合モデル)。実装したメカニズムは、土壌凍結を考慮した土壌水ポテンシャルのによる気孔コンダクタンスの抑制、凍結した土壌からの蒸散の抑制、凍結を考慮した着葉フェノロジーおよび土壌有機物分解である。土壌有機物分解のメカニズムは、オリジナルモデルにおける土壌温度と土壌の水ポテンシャルによる土壌有機物分解の制限に、土壌の凍結に伴い、分解を制限するものである。

2. 2. 評価方法

ロシア・ヤクーツク市の北西約 35km(62°19'N,129°31'E)に位置する Neleger を対象としてモデル評価を行った。対象地は連続的永久凍土帯に属するカラマツ林が主な上層植生として分布している。統合モデルによる土壌水分の融解・再凍結の予測精度の検証のため、2000~2005 年に対象地で観測された、日毎の土壌の温度プロファイルから推定した融解深を用いた。オリジナルモデルと統合モデルの 1981~2010 年の水収支を比較し、水ポテンシャルの変化に伴う気孔コンダクタンスの抑制、統合モデルの土壌水分の凍結に伴う蒸散の抑制効果を評価した。また、凍土の動態による有機物分解と炭素収支の応答を検証するため、統合モデルとオリジナルモデル及び対象地で観測された炭素収支を比較した。

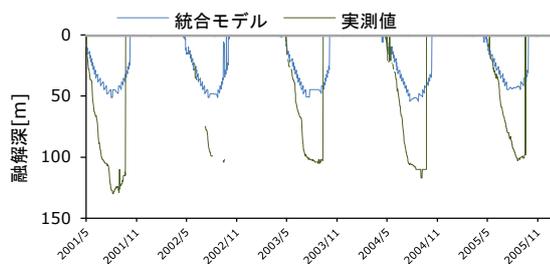


図 1 融解深の比較

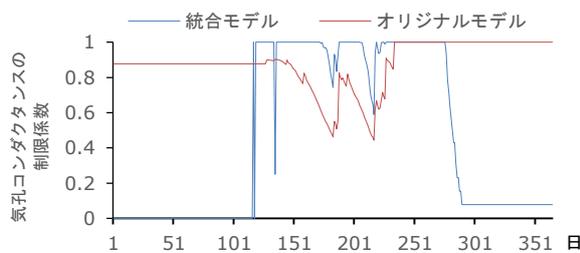


図 2 2006年の気孔コンダクタンスの比較

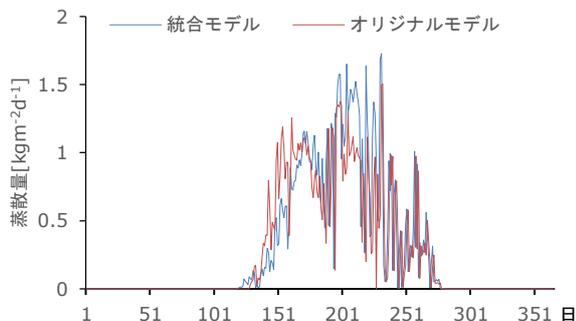


図 3 蒸散量の比較

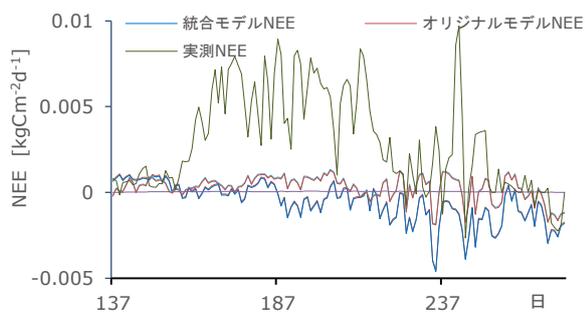


図 4 NEEの比較

3. 結果と考察

図 1 に、2000~2005 年の凍土の融解深の計算値と実測地を比較した。凍土の融解始・再凍結の挙動は一致しているが、統合モデルによる凍土の最大融解深はおおよそ 60[cm]の過小評価となった。これは土壤の熱収支計算の境界条件として、日平均気温を用いたため、実際の土壤面加熱を正確に再現できていないこと、土壤の熱伝導率などのパラメータチューニングを行っていないことが原因として挙げられる。Error! Reference source not found. に 2006 年における水ポテンシャルによる気孔コンダクタンスへ制限係数を、図 3 に 2006 年の日蒸散量のそれぞれ統合モデルとオリジナルモデルの比較を示す。統合モデルは凍土の融解にともなって制限係数が増加し、オリジナルモデルを上回ったが、植生の着葉開始から 169[DAY]まで統合モデルの蒸散量がオリジナルモデルを下回った。これは融解層からの水供給によって含水率が増加するため水ポテンシャルが増加するが、融解深が根群域未満であるとき、蒸散が抑制されるためである。図 4 に 2006 年 5 月 6 日~9 月 20 日の統合モデル、オリジナルモデルおよび、フラックス観測から得られた正味生態系生産(NEP)を示す。モデルによる計算結果は実測と比較して過小評価であるが、モデルは小規模攪乱による短期的な炭素収支の変動を考慮していないためである。統合モデルがオリジナルモデルより小さい NEP を示した原因として、凍土融解に伴って土壤水分量の増加による水ポテンシャルの増加によって、有機物分解が促進されたためである。

4. 今後の課題

凍土の融解深の過小評価から、実際の凍土の水分動態の予測精度を改良する必要がある。境界条件やパラメータチューニングを行い、凍結・融解プロセスの改良を今後の課題とする。

参考文献

- 1) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Climate Change 2007: Synthesis report Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 104 pp, 2007.
- 2) M. Ueyama, Simulating carbon and water cycles of larch forests in East Asia by the BIOME-BGC model with AsiaFlux data Biogeosciences, 7, 959–977, 2010.
- 3) Jordan Golinkoff : Biome BGC version 4.2 Theoretical Framework of Biome-BGC January, 2010