



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Typhoon disturbance effect on forest dynamics and carbon balance at a cool-temperate forest in northern Japan simulated by SEIB-DGVM [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	烏, 蘭
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13917号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/77841
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Wu_lan_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 烏 蘭

学 位 論 文 題 名

Typhoon disturbance effect on forest dynamics and carbon balance at a cool-temperate forest in northern Japan by using SEIB-DGVM

(SEIB-DGVM を用いた北日本の冷温帯林における森林動態と炭素収支に対する台風攪乱の影響の解明)

台風は、世界の沿岸地域の森林生態系における主な自然災害要因であり、その強度は、気候変動に伴い、特に北西太平洋で今後増加すると予測されている。台風は、森林生態系の物理的構造と炭素収支に強い影響を与え、エネルギー収支や温室効果ガスである CO₂ の放出を招き、ひいては地域やグローバルな気候変動へフィードバックを与える。しかし、森林構造と炭素の動態に対する台風の頻度と強度の長期的かつ将来的な影響を、実測で調べることは大変困難である。一方で、動的全球植生モデル SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual-Based Dynamic Global Vegetation Model) は、林分内の樹木の配置を個別に取り扱い、林分の空間構造を明示的に計算することで、各個体の光環境および光合成量、そしてバイオマス成長を再現できる。これにより、SEIB-DGVM は森林生態系の樹木個体群と炭素収支の動態を定量的に評価することができる。そこで、本研究では SEIB-DGVM を用いて、苫小牧の冷温帯林を対象とし、台風による倒木が与える影響を評価するため、次のとおり目的を設定した。(1) 過去の森林構造と炭素収支の動態を再現する。(2) 予測された気候変動シナリオのもとで、将来の台風倒木の頻度と強度が森林に及ぼす可能性を評価する。

第2章：対象としている苫小牧の冷温帯林は、ミズナラ・ダケカンバ等が優占する落葉広葉樹林で、1667 年の樽前山の噴火による大量の降灰後から、現在まで成立してきた。しかし 1954 年の洞爺丸台風によってほとんどの樹木が倒伏したのち、カラマツを植林された。さらに 2004 年に Songda 台風によって 90% 以上のカラマツが倒伏し、その後は天然更新が進んでいる。モデル実験では過去（1901～2017 年）について SEIB-DGVM を実行し、同地で実測された CO₂ フラックスデータ等と比較することで精度の検証を行なった。次に、将来（2017～2100 年）について予測を行なった。モデル実験では、台風の頻度と強度が森林の動態と炭素収支にどのように影響するかを系統的に評価するために、倒木シナリオを次のように設定した。将来 84 年間（2017～2100 年）にわたる台風の頻度（到来回数）を、1、2、4、8、16、20 回の 6 ランクを想定し、各到来における倒木率（= 倒木本数/総木本数）を、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100% の 10 レベルで与えた。台風の頻度と強度は、2017 年から 2100 年の期間における台風の数、および台風による樹木立木の除去率としてそれぞれ定義された。6 ランクの頻度と 10 レベルの強度を組み合わせた、60 セットの倒木シ

ナリオを構成した。さらに確率論的な SEIB-DGVM での木本個体動態の再現において、不確実性を減らすために、84 年間 (2017-2100) のシミュレーションをシナリオ毎に 10 回反復し、それらの平均を求めた。入力気候データは、ベースライン、Representative Concentration Pathways (RCP) 2.6 および 8.5 の 3 つの気候シナリオを使用した。全体として、60 台風シナリオ×10 反復×3 気候シナリオでの、計 1800 回のモデル実験が行なわれた。

第 3 章：地上観測との比較検証を行った。GPP (総一次生産) と RE (生態系呼吸) は、全体的にはモデル-観測データ間で高い相関を示した ($r^2 = 0.80$ および 0.89)。また台風後の AGB (地上部バイオマス; $r^2 = 0.63$) と LAI (葉面積指数; $r^2 = 0.77$) を、わずかに過小評価した程度にとどまり、モデルの再現精度は高かった。また、将来予測シミュレーションでは、RCP 2.6 と 8.5 シナリオにおいて、2017 年から 2100 年までの台風の頻度と強度の増加に伴い AGB が大幅に減少することを示した ($p < 0.01$)。台風の頻度が 2 以下 (つまり、2017-2100 年の間に台風が 2 回発生)、強度が 40% 以下 (すなわち、樹木個体数の 40% までが倒伏した) の条件において、21 世紀の最後 10 年間 (2091-2100) の平均 AGB は、台風前よりも大きくなった。AGB と同様に、NPP (純一次生産) と NEP (正味生態系生産) の年々変化は、RCP2.6 と 8.5 の両方で、台風の強度と頻度の増加と有意な関係を示した ($p < 0.01$)。NPP は、台風頻度よりも、台風強度に対して敏感であり、強度の増加によって、大幅に減少した。NEP は、台風の頻度・強度が増加すると、最初に増加し、その後減少した。土壌有機物、落葉落枝、従属栄養呼吸は、台風頻度・強度が増加するにつれて低下を示した。

第 4 章：SEIB-DGVM による結果を他の研究と比較し、それらとの一致と違いの理由について考察した。2004 年の台風後の AGB と LAI は両方ともわずかに過小評価されていたが、これは木の死亡率がランダムに選択されたために発生した可能性が高い。また将来シミュレーションにおける、台風の頻度と強度が増加に伴う森林物質生産の大幅な減少は、既往のシミュレーション研究と一致した (O'Brien et al., 1992, Boose et al., 2004, Holm et al., 2017)。21 世紀の最後 10 年間の NPP は、台風の強度の増加によって大幅に減少したが、台風の頻度の影響は少なかった。対照的に、熱帯林における研究 (Holm et al., 2017) では、台風の頻度の増加に応じて NPP が増加したが、強度の増加には反応しないと報告していた。さらに、台風の影響を定量化するために、RCP2.6 および 8.5 の気候シナリオ下で台風の頻度と強度による森林構造 (AGB、樹高、樹木密度、木質および草の LAI) と炭素動態 (NPP、NEP) の間の強い線形関係が見つかった。

第 5 章：本研究をまとめる。SEIB-DGVM は、地上観測された炭素動態をよく再現し、精度の高いモデルであることを証明した。すなわち、将来の予測に使用できると判断された。苫小牧サイトの森林において、台風の頻度と強度の増加は、森林のバイオマスと炭素吸収量を抑制する方向に導く。しかし一方で、昇温や CO_2 濃度増加による両者の上昇効果もある。最終的な正味の効果としては、台風到来の頻度が 2 以下、強度が 40% 以下の倒木被害においては、21 世紀末の森林バイオマス量が現在よりも大きくなることがわかった。

森林生態系の主要な物質循環プロセスに対する自然撓乱の影響を調べることは、森林生態学だけでなく、林学、環境科学、気候学等の国際的な研究フロンティアにおいて注目を浴びている。その中で本研究は、個体ベースの全球動的植生モデルによるアプローチが、将来の台風による撓乱の冷温帯林の森林構造、炭素貯蔵量、回復に及ぼす影響を調べることに非常に有効であることを示した。