



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Shifting snow and vegetation : How does tree canopy modify the response of understory plants to warming winter? [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	蔡, 一涵
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16527号
Issue Date	2025-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95778
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	CAI_Yihan_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 蔡 一涵

審査委員 主査 准教授 小林 真
副査 教授 高木 健太郎
副査 教授 内海 俊介
副査 准教授 鈴木 智之

学 位 論 文 題 名

Shifting snow and vegetation: How does tree canopy modify the response of understory plants to warming winter?

(積雪変化と植物：樹冠は冬の温暖化に対する林床植物の応答をどのように改変するか)

気温上昇や降水パターンの変化により、積雪のダイナミクスが地球規模で変化し、植物の生育に影響を与えています。これまで、さまざまな気候帯、生態系タイプ、植物の機能タイプを対象に、積雪変化に対して植物の成長がどのように反応するかについて研究がされてきました。しかし、積雪変化に対する植物の成長応答を定量的に分析し、これらの反応の変化を包括的に捉えた研究はほとんどありません。一方、植物の成長が積雪変化に対して負の影響を大きく受ける条件を理解するためには、生態系内での反応がどのように異なるかを調べることも重要です。特に森林生態系は、陸上生態系の中でも複雑な三次元的な樹冠構造を有しているため、環境の異質性が最も顕著な生態系です。したがって、森林生態系は、生態系内の環境の異質性が積雪変化に対する植物の生育にどのような影響を与えるかを検証するのに最適なモデルシステムといえます。

本論文では、1) 積雪変化に対する植物の成長や植生被度の反応を定量化し、気候帯、生態系タイプ、植物機能タイプによってこれらの反応がどのように異なるかを評価すること、2) 樹冠によって作り出される異なる環境において、植物が積雪減少に対してどのように異なる反応を示すかを明らかにすることを目的としました。具体的には、まずメタ解析を実施し、個々の植物の生存、成長、バイオマス、および植生被度が積雪減少と増加の両方にどのように反応するかを調べました。次に、北海道北部のアカエゾマツ人工林において野外操作実験を実施しました。具体的には、積雪減少が地表温度や土壌温度などの非生物的環境や、植物のフェノロジー、生存、成長に及ぼす影響が、樹冠の構造によってどのように変化するかを検討しました。試験地は、木が生えていない林冠ギャップ(以下、ギャップ)と樹冠下に設置し、それぞれに対照区と除雪区を設けました。試験地には、この地域で優占する4種の樹木が植栽され、2年間の実験期間にわたり積雪期間を短くするための除雪操作が行われました。

メタ解析の結果、積雪減少に応じて植物の生存率、地上部のバイオマス、地下部のバイオマスが有意に減少することが明らかになりました。また、植物の地下部の成長とバイオマスを除き、ほぼすべての植物のパフォーマンスを示すパラメータは積雪増加とともに増加す

る傾向がありました。サブグループ分析により、そもそもの積雪量が少なく、比較的気温が低い地域の植物は、積雪の深い地域に比べて積雪の減少に対して特に脆弱であることがわかりました。なお、生態系タイプ間での違いについては、ツンドラ生態系のみにおいて積雪減少に応じて植物の生存率と地上部バイオマスを有意に減少させることがわかりました。さらには、植物の機能型については、樹木の実生や低木などの木本種のみが積雪減少に対して生存率と地上部バイオマスを有意に減少させることを発見しました。

続いて森林における野外操作実験により、樹冠による積雪遮断が根雪の開始時期を遅らせるとともに、根雪の終了時期を早めることが明らかになりました。その結果、樹冠下の実生はより厳しい寒さを経験していました。初冬には、地上から20cmの高さでの気温の日平均と日最低気温は、樹冠下のほうが樹冠ギャップよりも低くなっていました。また、晩冬には、除雪区の日最低気温は、対照区よりも低かったが、除雪区の日平均気温は、対照区より除雪区で高くなりました。樹冠の条件と除雪操作の両方の影響を受けたこれらの温度条件の違いは、春のフェノロジー、樹木実生の生存と成長に大きな影響を及ぼしていました。具体的には、4種すべてにおいて、除雪によって有効積算温度の蓄積が早まったため、開芽と展葉の時期が早まりました。さらに、このフェノロジーが早まる程度は、樹冠下よりもギャップでより顕著でした。

また、除雪により4樹種全て死亡率が上昇しましたが、常緑針葉樹は樹冠下の方がギャップよりも死亡率の増加程度が大きくなりました。全体として、生存は積雪の減少によって悪影響を受け、特に常緑針葉樹種では樹冠下の方が影響が大きくなりました。この実験により、樹冠の様子によって積雪減少に対する実生の反応が変わることが浮き彫りになりました。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定しました。