



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Clarification of vegetation dynamics in alpine ecosystems under climate change : Responses of Pinus pumila and snow-meadow communities [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	雨谷, 教弘
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12419号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63809
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yukihiro_Amagai_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 雨 谷 教 弘

学 位 論 文 題 名

Clarification of vegetation dynamics in alpine ecosystems under climate change:

Responses of *Pinus pumila* and snow-meadow communities

(気候変動下における高山生態系の植生動態の解明：ハイマツと湿生草原群落の応答)

日本の山岳地域における高山植物群落は、積雪環境の違いにより、主に風衝地植物群落、ハイマツ低木群落、雪潤草原・雪田植物群落に大別される。ハイマツ低木群落は風衝地と雪田環境の中間に位置し、森林帯に匹敵する大きなバイオマスを有している。ハイマツの伸長成長は生育期の気象条件（温度や日照）に応答する。雪潤草原・雪田植物群落は雪渓が残る場所に成立し、雪解け時期の違いを反映して構成植物種が変化する。従って、気候変動に伴う気温や積雪環境の変化は、ハイマツ低木群落と雪潤草原・雪田植物群落で顕著であると考えられる。本研究は、北海道大雪山国立公園のハイマツ個体群と雪潤草原群落において、植生変化の定量化とその動態メカニズムを解明することを目的とした。

ハイマツの気候変化に対する応答は、風衝地側と雪田側で異なると考えられる。第1章では、ヒサゴ沼周辺（風衝地側）と五色ヶ原（雪田側）におけるハイマツの分布域の変化を定量化し、ハイマツの伸長成長に作用する環境要因の違いを解析した。また、北海道内の6山域9地点において、過去19年間のハイマツ伸長成長と気温との関係を明らかにした。ハイマツ分布の変化は、GISを用いた1977年と2009年の航空写真解析から、32年間の変化率として算出した。その結果、風衝地側(25ha)と雪田側(50ha)の双方で植被面積は約14%増大していた。一般化線形混合モデル（以下GLMM）を用いた解析の結果、風衝地側と雪田側双方で、前年夏の気温と日照時間が伸長成長と正に相関していることが判明した。さらに風衝地側では、当年春の気温が負に作用していた。いずれの立地でも、雪の吹き溜まりができる南東側で伸長成長が大きかった。また、6山域9地点のデータ解析から、近年伸長成長は年間で1%ずつ増加しており、気温が1度上昇すると伸長成長は約10%増加することが示された。これらの結果から、夏の温暖な気候はハイマツの伸長成長を促し、分布を拡大すると考えられた。一方で、風衝地側における春先の温暖化は、耐寒性の早期消失をもたらし、霜害を引き起こす可能性が示唆された。以上から、ハイマツの気候変動に対する応答予測には、それぞれの個体群の立地環境の違いを理解することが重要である。

第2章では、生育期の気候（温度と日射量）と生育環境（標高と雪解け時期）の違いがハイマツの生理活性と伸長成長に及ぼす影響を解析した。生育シーズン初期に同じ株のハイマツの枝に「遮光処理」、「温暖処理」、「部分摘葉処理」を行い、「無処理（対象処理）」の枝と共に生育期間を通じて光合成収率を測定した。各処理を行った枝に小型温度ロガーを設置して処理による温暖効果の違いを測定し、生育期間の終わりに伸長成長を測定することで各処理による成長への影響を調べた。さらに、標高と雪解け環境の異なる複数のハイマツ個体群の光合成収率を、生育期間を通じて測定した。GLMMによる解析から、遮光処理と温暖処理では共に生育シーズン初期の光障害の影響が小さくなっていた。一方、伸長成長は温暖処理のみで増大し、遮光処理や摘葉処理は伸長生長に影響しなかった。光合成収率の個体群間比較では、標高と雪解け時期に交互作用が検出され、標高が高く、雪解けが遅いほど春に光障害の影響を強く受けていた。このことから、温度と光はどちらも光合成収率に影響を及ぼしており、伸長成長は温暖な気温によって促進され、雪解けの早まりにより光合成活性の持続期

間が延長されていた。

第3章では、ハイマツの球果生産、ならびに実生の発生と生存にどのような要因が関係しているのかを解析した。ハイマツの球果生産は個体サイズや伸長量と関係があるため、気候変動により球果生産も変化している可能性がある。ヒサゴ沼付近で1994年から1999年にかけて行われたハイマツ個体追跡記録を基に当時の調査プロットを復元し、2013～2015年にハイマツ個体の追跡調査を行なった。個体のマッピングに際し、樹齢30年未満の個体は樹齢計測を行い、発芽床の植生タイプを記録した。過去の球果生産は、プロット周辺個体の球果痕を数えることにより推定し、同時に計測個体の伸長成長も測定した。球果痕は、五色ヶ原と北大雪山5地域の個体群でも計測した。GLMMによる解析の結果、球果生産は夏の気温と一昨年の球果生産と正の相関が認められた。また、自己相関モデル解析の結果、いずれの調査地においても球果生産に周期性が認められた。しかし、実生の出現数は球果生産数や温度との相関は認められなかった。1年目の実生の生存率は、8月（発芽直後）の平均気温が暖かい程増加した。一方で、長期的な生存率は、リターと地衣類が混在している発芽床で高かった。近年、0～5年生の実生数が減少しており、種子散布者や捕食圧との関連が示唆された。一方で、樹齢が6年を超える個体数は増加しており、温暖環境により定着できた実生の生存率が増加したためと考えられた。以上のことから、気温上昇はハイマツの個体成長だけでなく、個体群構造にも影響を与えていることが示唆された。

第4章では、雪潤草原群落の種組成と構造の変化を定量化した。典型的な雪潤草原である五色ヶ原と黄金ヶ原では、1972年と1988年にそれぞれ植生の記載が行われている。これらのデータを、2012年に行なった植生調査データと比較した。さらに、2012年には植生調査プロットの土壌含水率の計測も行った。解析の結果、40年間の植生変化は種毎に特異的であり、種構成や群落構成が変化していた。とりわけ、1972年に優占種であった高茎草本種のチシマノキンバイやハクサンイチゲが大きく衰退し、禾本類のタカネショウジョウソウやミヤマヌカバに置き換わっている傾向が認められた。その変化パターンは黄金ヶ原よりも五色ヶ原でより顕著であり、土壌水分状態が植生構造の違いを反映していた。これらの結果から、大雪山系では高山雪潤草原の植生構造が大きく変化しており、その原因として気候変動に伴う雪解け時期の早期化と土壌水分の変化が重要であると推測された。さらに、気候変動に対する植生構造の脆弱性は、似通った植生タイプであっても立地環境により異なることが示唆された。

以上から、本研究によって高山植物群落の構造と種組成が近年変化してきており、気候変動との強い関連性が示唆された。さらに、気候変動が高山植物の分布に作用する要因は、群落タイプや生育環境に大きく依存しており、高山生態系への影響予測には、高山生態系の多様な生育環境を考慮することの重要性が示された。