

平成22年 5月 24日現在

研究種目： 基盤研究 (C)

研究期間： 2007~2009

課題番号： 19570013

研究課題名 (和文) 富士山における森林限界上昇の過程と機構の研究

研究課題名 (英文) Research on process and mechanism of the forest-limit elevation on Mt. Fuji.

研究代表者

山村 靖夫 (YAMAMURA YASUO)

茨城大学・理学部・教授

研究者番号： 50202388

研究成果の概要 (和文) : 空中写真の解析と植生構造の調査から、富士山亜高山帯の火山荒原では一時遷移の進行によって植生が拡大する一方で雪崩による植生破壊があり、その結果として森林限界が低い速度で上昇していることが明らかになった。先駆林を形成するカラマツが火山荒原に侵入するには、先に定着した低い植物の保護作用が重要な役割を果たしていた。雪崩は光、水分、土壌などの環境を激変させて遷移後期種の定着と光合成・成長を制限することにより遷移を停滞させることがわかった。

研究成果の概要 (英文) : The analysis of aerial photograph and investigation of vegetation structure indicated that the forest-limit of Mt. Fuji was moving upward through the vegetation development into the volcanic desert and destruction of vegetation by avalanche. Establishment of the seedling of larch, a dominant early-successional tree species, depended on a nurse-plant effect of a pioneer dwarf species. Avalanches frequently disturbed the succession in the forest-limit by a drastic change of light-, moisture- and soil-conditions, which limited the photosynthesis, growth and survival of late-successional species.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：森林限界、植生分布、画像解析、生理生態、一次遷移、植生動態、火山植生、富士山

1. 研究開始当初の背景

(1) 富士山は新しい火山であるため、森林限

界は一次遷移の進行によって上昇の途上に

ある。最近の研究によって森林限界植生の発達は地形とそれに関係する環境要因（風、積雪、雪崩など）の影響を受けていることが分かってきた。

(2) 一次遷移における植生動態のメカニズムを解明する上で、植物の定着過程への微環境および種間関係の効果を解析することは重要であり、特に環境条件が厳しいほど植物種間の促進効果（正の相互作用、ナース植物効果）の果たす役割が重要になることが指摘されている。

(3) 植生遷移・植生動態に関する研究手段として、画像解析や統計解析の技術が発展し、富士山の森林限界の上昇の過程や機構は、解析可能な研究対象となってきた。

## 2. 研究の目的

富士山森林限界の分布変化のパターンや速度を正確に把握するとともに、植物種間関係と環境条件を主要因ととらえて、森林限界上昇をもたらす一次遷移の過程と機構を解明することを目的とした。そのために以下の4点を具体的な到達目標とする：

(1) 富士山北斜面の森林限界植生の最近数十年間の分布変化を、空中写真を用いて解析し、森林限界の変化速度とその要因を明らかにする。

(2) 森林限界上部のスコリア荒原での遷移初期過程における植物間相互作用の効果を明らかにする。

(3) 先駆林から極相林への森林遷移における雪崩攪乱の効果を明らかにする。

(4) 樹木種の光合成能力・水分利用様式等の

生理生態的特性と森林の遷移との関係を明らかにする。

## 3. 研究の方法

植物の分布の画像データの解析、植生・環境調査による個体群・群落構造の解析、植物生理生態学の3つの手法を用いた研究を行った。

### (1) 空中写真の解析

北斜面の標高 2300 m~2600 m を対象区域とし、1975年と2002年に撮影された空中写真を幾何補正し、5 m メッシュで区分し、植被を5段階の被度に分類して植被分布図を作成した。これに地形、雪崩のデータを合わせて27年間の植被変化とその要因を解析し、この間の森林限界の移動速度を算出した。森林区域の一部について植生をタイプ分けし、その空間分布から遷移過程を推定する。

### (2) 植生と環境の野外調査

森林限界の外側のスコリア荒原に設置した永久方形区において、出現する全ての植物の位置とサイズを記録し、あわせて光・温度・土壌水分と栄養・基質移動性などの微環境を測定した。各植物種の分布様式、成長、微環境の関係を解析した。

森林部でトランセクト調査区を設置して、種の空間配置、サイズ・齢構成のほか、微地形や積雪量を調査し、森林の構造と遷移過程を解析した。

### (3) 樹木の生理生態学的特性の調査

雪崩によって生じた裸地とそれに隣接する森林内に生育する主要樹種の稚樹について、クロロフィル蛍光、光合成速度、蒸散速度、気孔開度、水ポテンシャルの日変化を野外で測定し、同時に微環境として光量子密度、

気温、地表・地中温度、葉温、大気湿度を測定した。これらのデータより、光合成特性と水利用様式を解析し、光合成に対する環境ストレスの受け方を種間で比較した。

#### 4. 研究成果

主たる研究成果は以下の4点にまとめられる。

##### (1) 森林限界植生の動態 (学会発表の②)

富士山の北斜面の森林限界の標高は平均的として 2400 m 付近にあるが、温度条件からの推定では、潜在的にはおよそ 2800 m まで上昇する。森林限界の上昇速度は、標高にもなって厳しくなる強風や低温、スコリアの表層基質の不安定性、頻発する雪崩などにより非常に低い。森林限界植生は山頂方向に細長く伸びた楔形の植生 (半島状植生) を単位として構成されている。北斜面全体と半島状植生の2つのスケールで、空中写真の解析と植生および微地形の調査によって、以下のように森林限界の動態とその要因を明らかにした。

① 1975 年における調査区 (図1) の植被面積は 53ha だったが、2002 年までの 27 年間に 7.7ha (15%) の増加と 2.4ha (5%) の減少があり、結果として 5.3ha (10%) 増加した。植被の拡大のほとんどは森林限界の縁で起こっているため、森林限界が上昇したことを意味する。植被が均一に拡大したと仮定すると、最近の森林限界の標高としての上昇速度は、平均 0.4 m/yr と計算された。植被の拡大は実際には空間的に不均質であり、半島状植生の東側での拡大が顕著で、西側では小さく、北側 (斜面上方) での拡大はその中間であった。この不均質な拡大は、微地形と冬の季節風の影響によると考えられる。植被面積減少の原因の大部分は雪崩による植生破壊であった。



図1. 幾何補正された調査区域の空中写真. 上方が頂上方向で赤枠内が調査区域 (146ha).

② 半島状植生はカラマツ林とダケカンバ林からなり、下部ではシラビソ林への移行帯となっていた。カラマツとダケカンバは先駆種であり、ダケカンバ林は谷状の地形に分布した。これは両種の積雪に対する耐性の違いによると考えられる。カラマツとダケカンバの樹齢の空間分布から、カラマツは斜面に沿って断続的に上方の裸地へ侵入・定着し、矮性樹形を経て高木林を形成する。カラマツ林の風下側の谷地形の積雪の多いところにはダケカンバが侵入・定着し森林を形成することが明らかになった。

##### (2) スコリア荒原での樹木の定着に対する矮性低木のナース植物効果 (雑誌論文②)

森林限界の上に広がるスコリア荒原において、矮性低木であるミネヤナギのパッチが先駆高木種であるカラマツの実生の定着にナース植物として作用することを検証した。

カラマツ実生の出現率、成長、生残はすべて、裸地よりもミネヤナギパッチの中の方が高かった。パッチ内ではパッチ外よりも低温や強光が緩和され、土壌の水分と栄養が豊富で、表層安定性にすぐれていることが示された。以上の調査結果より、ミネヤナギがカラマツの実生に対してナース植物効果を持ち、裸地から先駆林形成へ一次遷移の進行を促

進することが明らかになった。

(3) 森林限界のカラマツ林の構造と動態への雪崩の効果 (雑誌論文③)

富士山の森林限界付近で発生するスラッシュ雪崩は、森林全体を破壊するだけでなく、遷移初期の森林 (カラマツ林) 内にスコリアを堆積させることによって極相林 (シラビソ林) への遷移を停滞させる効果を持つことを明らかにした。

雪崩道に隣接するカラマツ林と、雪崩の影響のないカラマツ林に斜面方向のトランセクト調査区を設置して、森林構造と土壌構造を比較した。前者の土壌断面は過去に繰り返しスコリアが流入した証拠を示した。雪崩の影響のない森林では、カラマツ林冠木は斜面の上部から下部へ樹齢が増加し、若木は存在せず、約 100 年遅れて陰樹であるシラビソが連続的に更新していた。一方、雪崩道に隣接する森林では、カラマツは 3 つの齡グループからなり、シラビソの樹齢は若く稚樹がほとんどを占めた。以上より、スコリアの流入が林床でのカラマツの更新を可能にする一方で、シラビソの更新を阻害しカラマツ林の自己更新を可能にしていることが明らかになった。

(4) シラビソ稚樹の光合成と成長への雪崩攪乱の効果 (雑誌論文①)

森林限界では表層雪崩が頻発しており、これによる大規模ギャップの形成が森林の遷移を遅らせる生理生態的なメカニズムを検証した。1998 年の雪崩で生じた大規模ギャップ下で生き残ったシラビソ稚樹と林内の稚樹を用いて、光合成特性や水分生理特性を比較したところ、ギャップ下の稚樹は強光によって光化学系の働きが阻害され、光合成酵素の Rubisco も少なかった。このため光合成能

力が低下し、成長速度が低いことがわかった。また、ギャップ下ではシラビソは気孔を閉じて乾燥ストレスに対応しており、これも低い光合成の原因と考えられた。一方、雪崩後に実生更新したカラマツは旺盛な成長を示し、回復した森林はカラマツ林になると思われる。以上より、表層雪崩による林冠木の破壊は強光阻害と乾燥ストレスによって遷移後期種のシラビソの更新を阻害し、遷移を停滞させることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Mitamura Masako, Yamamura Yasuo, Nakano Takashi. Large-scale canopy opening causes decreased photosynthesis in the saplings of shade-tolerant conifer, *Abies veitchii*. *Tree Physiology*, 査読有, Vol.29, 2009, pp137-145.
- ② Endo Megumi, Yamamura Yasuo, Tanaka Atsushi, Yasuda Taisuke, Nakano Takashi. Nurse-plant effect of a dwarf shrub on the establishment of tree seedlings in a volcanic desert on Mt. Fuji, central Japan. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 査読有, Vol.40, 2008, pp335-342.
- ③ Tanaka Atsushi, Yamamura Yasuo, Nakano Takashi. Effects of forest-floor avalanche disturbance on the structure and dynamics of a subalpine forest near the forest limit on Mt. Fuji. *Ecological Research*, 査読有, Vol.23, 2008, pp71-81.

[学会発表] (計 6 件)

- ① 後藤友紀、本間彩織、山村靖夫、中野隆志。富士山における植物の生育への栄養塩制限と標高の関係、日本生態学会、2010年3月18日、東京。
- ② Yamamura Yasuo, Serizawa Moriya, Yasuda Taisuke. Elevation mechanism of forest limit on Mt. Fuji, a volcanic high mountain in Japan. The 10th International Congress of Ecology. 2009.8.18, Brisbane, Australia.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山村 靖夫 (YAMAMURA YASUO)  
茨城大学・理学部・教授  
研究者番号：50202388

(2) 研究分担者

堀 良通 (HORI YOSHIMICHI)  
茨城大学・理学部・教授  
研究者番号：30125801

(3) 連携研究者

塩見 正衛 (SHIOMI MASAE)  
茨城大学・名誉教授  
研究者番号：80250976  
中野 隆志 (NAKANO TAKASHI)  
山梨県環境科学研究所・研究員  
研究者番号：90342964