

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23570016

研究課題名(和文) 富士山の森林限界および溶岩流上の植生構造に対する栄養塩制限の効果

研究課題名(英文) Effects of nutrient limits on vegetation structure in forest limit and lava flow sites 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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：富士山の森林植生における土壌栄養塩制限の特性を、葉と土壌の栄養塩の動態の解析によって明らかにした。スコリア基質上の森林では、高標高ほど栄養塩制限が厳しくなり、特に広葉樹では標高に伴って窒素よりもリンの制限が厳しくなることがわかった。溶岩流上のアカマツ林の亜高木層に優占する常緑広葉樹は、同所的に生育する落葉広葉樹より、窒素・リンのどちらも、より保存的・効率的に利用していることが明らかになり、貧栄養地での常緑性の有利性と関係づけられた。

研究成果の概要(英文)：Analyses of nutrient dynamics in tree leaves and soils indicated characteristic patterns of soil-nutrient limit to tree growth on Mt. Fuji. In the forests on scoria soils, severity of the nutrient (N and P) limit increased with altitude, and that of P-limit changed more than that of N-limit for broad-leaved species. In pine forests on the lava flows, an evergreen broad-leaved tree species dominating in the sub-canopy of the forest had more conservative and efficient use of N and P than a co-occurring deciduous broad-leaved species. This indicated an advantage of the evergreen habit in nutrient-poor habitats.

研究分野：基礎生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：土壌栄養塩 火山地 森林限界 植生動態 常緑樹 落葉樹

1. 研究開始当初の背景

(1) 土壌栄養塩類は、温度条件や水分条件とともに植物の生育と植生の発達における制限要因であり、とくに窒素(N)とリン(P)は多くの自然植生で制限要因としての重要性が確認されている。N-P制限体制の研究は水界生態系で早くから発展してきたが、近年陸上生態系においても重視されるようになり、NとPのどちらがより制限的かを知るための研究手法が発展してきた。水界藻類群集では生物体中のNとPの含有量の比(N:P比)の値=14がN制限とP制限の境界値として知られるが(Redfield比)、この指数は湿地草原植生にも適用できることが検証され、森林を含む陸上生態系での栄養塩制限の研究にも使用された。NとPのどちらがより制限的かを知る、もう一つの間接的な指標として栄養塩利用効率があり、簡便には「リター中の栄養塩濃度の逆数」や「落葉時の栄養塩回収率」などの指数が用いられる。植物は土壌の栄養条件によってこの値を可塑的に変化させ得るので、土壌栄養条件の変化に対するN・P利用効率の反応の大きさからどちらがより制限的かを推測できる。

(2) 一般に温帯以北の植生ではN制限の方が起こりやすく、熱帯雨林ではPの方がより制限的であることが知られているが、N制限とP制限の相対的重要性は同じ気候条件下でも様々な立地条件によって異なると思われる。火山地では栄養塩が植生成立の重要な要因の一つであり、Nは一次遷移初期の制限要因であることが指摘されてきた。一方、土壌のPは基本的に母岩由来であるため古い溶岩流上の植生ではP制限の方が重要となることが示唆されている。筆者らは富士山亜高山帯の林床草本について、上記の二つの指数を用いて予備的な研究を行い、NよりもPの方がより制限的である可能性を見出した。

(3) 富士山は新しい火山であるために一次遷移の進行によって森林限界は上昇の途上にある。そこでは土壌が未発達で、栄養条件が植物の定着や成長の制限要因の一つになっていると思われる。北側斜面と南側斜面の森林限界では、表層を覆うスコリアの年代が異なっているため、これによる栄養塩条件の違いが植生の構造や動態に影響している可能性がある。また1000年以上を経た古い溶岩流上の山地帯のアカマツ林では、亜高木層に常緑広葉樹のソヨゴが優占する独特な植生構造が見られるが、貧栄養条件下で常緑広葉樹が落葉広葉樹に比べて効率的な栄養塩経済をもつことが優占の原因と考えられる。このような植生構造と栄養塩条件との関係は、上記の手法を用いることにより、その因果関係を解明できるとであろう。

2. 研究の目的

土壌栄養塩環境が植物の生育や植生発達の制限要因であると考えられる、富士山の二つの土壌基質(スコリア基質と溶岩基質)上の植生を対象として、以下の目標を達成するために研究を行う。

(1) スコリア基質上の森林限界植生の構造と動態、および主要樹種のN・P制限様式を調査し、栄養塩制限が一次遷移過程に与える効果を明らかにする。また、標高の異なる森林で樹木の葉と土壌のN、P含量を調査し、栄養塩制限パターンに与える標高の効果を検証する。

(2) 溶岩流上の森林に同所的に生育する常緑広葉樹と落葉広葉樹の葉と土壌のN、P含量を調査し、常緑広葉樹の優占と栄養塩制限の関係を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 調査地の設定

富士山において以下の4つの調査地を設定する。富士山北斜面と南斜面のスコリア基質上の森林限界植生、約1100年前に堆

積した剣丸尾溶岩流上のアカマツ林（標高1000m）北斜面の山地帯から亜高山帯までのスコリア基質上の標高の異なる3地点の森林、青木ヶ原樹海（溶岩基質）とそれに隣接する草原（スコリア基質）の境界部。

(2) 森林限界植生の分布様式の解析

一次遷移過程と栄養塩の関係を明らかにするための基礎情報を得るため、北斜面と南斜面のそれぞれで、森林限界植生をカラマツ林、ダケカンバ林、低木優占群落、草本優占群落などに区分し、空中写真の識別判定とGPSを用いた植生分布調査によって植生分布図を作成する。

上記植生分布図とマクロスケールの地形特性データ（斜面方位など）、既知の地質データ（表層基質の種類と年代）を用いて、植生分布特性と地形・地質の関係について統計分析を行う。

(3) 森林限界、標高の異なる森林の栄養塩制限の調査

各植生の主要樹種の生葉と落葉、土壌を採取し、NとPの分析を行う。植物の葉は、葉面積を測定後乾燥して重量を量り、粉碎して分析に供する。全窒素量をNC分析機（全自動炭素窒素分析装置、NC-95A、住化分析センター）で測定し、全リン量は湿式分解を経てモリブデン青法で比色定量する。

土壌は冷蔵保存して持ち帰り、一部の試料を用いてKCl溶液や蒸留水で抽出後に、硝酸態N、アンモニア態N、リン酸態Pをそれぞれの方法で比色定量する。試料の一部は風乾した後、全窒素と全リン量を葉試料と同じ方法で定量する。

樹種ごとにN:P比と落葉時N・P回収率を算出し、これらの指数の種間の差を分析する。N:P比は、14より小さい場合をN制限、16より大きい場合をP制限とする既定の基準を参考にして分析する。

(4) 溶岩流上の森林での常緑樹と落葉樹の栄養塩制限の比較

剣丸尾溶岩流上のアカマツ林において、亜高木層に優占する常緑広葉樹ソヨゴと同所的に生育する落葉広葉樹ミズナラの生葉と落葉、土壌を、年間を通して定期的に採取する。

シュート単位での栄養塩動態を解析するため、試料木を決め、毎回シュートごと採取し、各部を齡ごと分けて測定する。(3)と同じ方法で、試料の処理、N・P含量の測定、及び指数の算出とデータ解析を行う。

(5) 環境勾配と植生構造の関係

溶岩流上の針葉樹林である青木ヶ原樹海とスコリア基質上のススキ草原の境界部で、数個のトランセクト調査区を設置し、光・土壌環境と出現種の空間的な変化を調査する。環境変化への個々の種の出現応答を種反応曲線モデルに当てはめ、エコトーン形成と環境勾配の関係を解析する。

4. 研究成果

(1) 富士山の北斜面と南斜面において、森林限界植生の分布様式を明らかにし、年代の異なる空中写真に基づく植生変化から、植生の最近の上昇速度を算出した。森林限界の主要樹種であるカラマツやダケカンバの分布は、両斜面ともに地形要因と密接な関係が認められ、ダケカンバ林は谷地形で発達すること、森林限界の上昇速度は北斜面より南斜面でより高いことが明らかになった。富士山の森林限界の上昇速度を広域的に示した例は、本研究が初めてである。斜面間での上昇速度違いは、基質年代による栄養条件の違いに関連すると考えられたが、土壌とカラマツとダケカンバの生葉および落葉の栄養塩量の分析結果の検証は課題として残った。

(2) 山地帯から樹木限界までの様々な環境に

生育する樹木について、落葉時栄養塩回収率を調査した。データは、高標高ほど栄養塩制限が厳しくなり、特に広葉樹では標高に伴ってNよりもPの制限が厳しくなることを示した。森林限界より上のスコリア荒原では、パイオニアの高木種(カラマツ,ダケカンバ)の定着には、より先駆的な植物(ミヤマナギ)による土壌栄養塩を含む環境の改善効果が重要であることを立証した。

(3)溶岩流上のアカマツ林で、亜高木層に優占する常緑広葉樹ソヨゴと落葉広葉樹ミズナラのシュート(葉を含む先端の枝)と落葉、土壌を定期的に採取し、NとP量を分析し、年間の栄養塩経済を比較した。これにより、調査地の土壌は利用可能なN、P濃度がともに低く貧栄養であること、落葉時の栄養塩回収率はN、Pともにソヨゴの方がミズナラより高く、より保存的経済を有していることが明確になり、貧栄養地での常緑性の有利性が示された(下表)。また、両種ともにNよりPの方が回収率は高く、損失率は低いことから、NよりPの方がより制限的であることが推察された(下表)。葉のN:P比は、いずれの種でも有意な偏りが検出されなかった。

表 常緑広葉樹ソヨゴと落葉広葉樹ミズナラの栄養塩回収率と回転率。

	栄養塩回収率[%]		栄養塩回転率[% yr ⁻¹]	
	N	P	N	P
ソヨゴ	65.4	81.9	15.0	7.89
ミズナラ 林縁個体	63.2	73.6	36.8	26.4
ミズナラ 林内個体	57.7	76.1	42.3	23.9

(4)溶岩流上の森林とスコリア基質上の草原との境界において、環境勾配の大きさと植生構造の変化を調査し、エコトーンの成立要因を解析した。個々の種の環境勾配への出現応答に基づいて、空間的に緩やかな環境変化が

ある場合に、独特な種類構成をもつエコトーンが形成されることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

竹内雅人、安田泰輔、中野隆志、堀良通、山村靖夫、森林-草原境界のエコトーン形成における光強度勾配の影響-富士山野尻草原と青木ヶ原樹海の境界を例として-、富士山研究、査読有、8巻、2014、23-32

〔学会発表〕(計 7 件)

鍋田健人、山村靖夫、中野隆志、安田泰輔、富士山スコリア荒原におけるカラマツの定着・成長・生残へのミネナギパッチの効果、日本生態学会、2014年3月15日、広島。

Yamamura Yasuo, Miyajima Ryouta, Shibata Mayuko, Nakano Takashi. Comparison of nutrient-use efficiency between evergreen and deciduous broad-leaved trees in a nutrient-poor site. 56th IAVS Symposium. 2013.6.28, Tartu, Estonia.

Nakano Takashi, Ohi Mina, Yamamura Yasuo, Distributional pattern of alien species along the road side in alpine and sub-alpine area of Mt. Fuji. 56th IAVS Symposium. 2013.6.28, Tartu, Estonia.

宮島良太、山村靖夫、中野隆志。貧栄養地に生育する常緑広葉樹と落葉広葉樹の栄養塩経済の比較、日本生態学会、3013年3月6日、静岡。

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

(3)連携研究者

中野 隆志 (NAKANO Takashi)
山梨県富士山科学研究所・研究員
研究者番号：90342964

安田 泰輔 (YASUDA Taisuke)
山梨県富士山科学研究所・研究員
研究者番号：40372106