

論文要旨

農学研究科 向井真那

【論文題目】Differentiation of the vegetation-soil system through the interactions of soil N and P availabilities along an elevational gradient on Yakushima Island, Japan (屋久島における標高傾度に沿った土壌窒素・リン可給性の相互作用を介した土壌－植生系の分化)

【論文内容の要旨】現在、屋久島では低地から山地まで連続した森林植生帯が見られるが、これは7300年前の鬼界カルデラ噴火により厚く堆積したアカホヤ火山灰上の一次遷移の結果、形成されたと考えられる。本研究では屋久島の標高の異なる7つの森林調査区を用いて、現在の土壌－植生系がどのように形成されたのかを調べた。

第1章では、土壌風化に伴う窒素・リン可給性の変化と森林の生産性の変化についての既往研究を整理した。窒素とリンは風化程度に応じて異なる動態を示し、窒素かリンが風化段階の異なる時期に相対的に欠乏することにより森林の生産性に影響を与えることを指摘した。その一方で、標高傾度に沿っても気温変化を反映して風化の程度の差が見られること、さらに、第四紀の火山灰が堆積した山岳においては火山灰の風化傾度が標高傾度に沿ってより明瞭に現れる可能性を指摘した。また、窒素・リン可給性の標高パターンを観察することの意義を指摘し、第四紀の火山灰が堆積した山岳の標高傾度に沿った窒素・リン可給性と樹木応答に関する仮説を立てた。また、仮説を検証するための調査地として屋久島が有効である理由について述べた。

第2章では、標高傾度に沿った表層土壌のリン画分と窒素可給性（無機態窒素濃度）を明らかにした。土壌リン画分は、Tiessen and Moir (1993)の方法に従い決定した。標高の上昇に伴い一次鉱物起源のリン酸カルシウムや難分解性の吸蔵態リンの濃度は減少していた。リン酸カルシウム濃度が全リン濃度に占める割合はわずか数パーセント程度しかなく、全標高でほとんど消失していた。全リン濃度も標高の上昇に伴い減少していた。また、無機態窒素濃度も標高の上昇に伴い減少していた。このように、土壌窒素・リンともに、高標高に向けて可給性が同調して減少することが屋久島の特長と考えられた。土壌の窒素・可給性と樹木の窒素・リン利用効率には有意な負の相関が見られた。高標高では土壌の窒素・リン可給性の低下を反映して、窒素・リン利用効率の高い樹木が優占している可能性が示唆された。

第3章では、ストロンチウムと鉛の安定同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) を用いて火山灰起源のリンが現在の表層土壌にどの程度残留しているのかを調べた。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ はカルシウムやマグネシウムのトレーサーとして使われ、混合物の起源を推定するのに有効な手段である。表層土壌のカルシウムとマグネシウムへの寄与に関わる端成分として、母岩、火山灰、降水を考慮した。まず、表層土壌のマグネシウムとカルシウムへの寄与率

を算出し、その後求めた寄与率から降水の寄与率を除いて火山灰と母岩からなる寄与率を算出し、これを表層土壌のリンへの寄与率とした。表層土壌のリンへの寄与率は5.6～90.0%の範囲で推移し、標高の上昇とともに寄与率は減少していた。この表層土壌のリンへの寄与率には土壌のリン濃度と正の相関が見られ、また、非晶質鉱物 ($Al_{0.1}+1/2Fe_0$) 濃度と有意な正の相関が見られた。以上の結果から、推定した火山灰寄与率が高いほど火山灰の影響が強くなり、火山灰に起源を持つリンが土壌に多く残留することによって、第2章で確かめられた土壌リンの勾配が形成されていることが示唆された。

第4章では、内在する土壌の有機物の質が土壌窒素純無機化速度に与える影響を明らかにした。窒素純無機化速度は野外では温度と難分解性物質の影響をともに受けており、どちらが窒素純無機化速度により強く影響を与えているのかを明らかにすることは難しい。そこで、異なる標高から採取した土壌を同じ温度で培養し、温度の影響を排除して土壌窒素純無機化速度を決定した。さらに、この実験を4つの温度 (15, 20, 25, 30℃) で繰り返した。どの培養温度でも土壌窒素純無機化速度は採取した土壌の標高に応じて減少し、特に15, 25, 30℃で培養した際には採取した土壌の標高と有意な負の相関がみられた。また、標高に対する傾きは4温度間で有意差がなく、さらに15–25℃では切片が同じであった。また、土壌有機物の難分解性を指標するPhenolics/N比は標高と有意な正の相関を示し、15℃で培養したときの土壌窒素純無機化速度とは有意な負の相関を示した。以上の結果から、標高の上昇に伴う窒素可給性 (窒素純無機化速度) の減少は、温度低下ではなく、土壌有機物の難分解性によって引き起こされている可能性が示唆された。

第5章では、イングロースコア法を用いて細根の生産速度を決定した。細根バイオマスも細根生産速度も中標高で高くなり、標高傾度に沿って一山型の傾向を示した。また、高標高の針葉樹林帯において根長/根重比は大きくなる傾向が見られた。低標高の常緑樹林帯では、細根の寿命や根長/根重比を大きくする代わりに、標高の上昇に伴い細根への炭素投資量や細根バイオマスを増加させ、その一方で、高標高の針葉樹林帯では、細根への炭素投資量を大きくする代わりに、根長/根重比を大きくすることにより、土壌栄養塩の減少や気温の低下に適応していると考えられた。このように、屋久島の標高傾度に沿った細根動態は気温や土壌栄養塩可給性に伴う線的な変化というよりも、常緑広葉樹林帯から常緑針葉樹林帯への樹種組成の変化を反映していることが示された。

第6章では、以上の結果を総合的に考察した。屋久島では残留する火山灰量が標高とともに減少することにより、土壌リン可給性の標高パターンが決定されたと考えられる。また、土壌窒素純無機化速度の標高上昇に伴う減少は土壌の有機物の難分解性が標高とともに増加するためと解釈された。土壌窒素・リンの標高パターンを反映し、樹木の窒素・リン利用効率は標高の上昇に伴い上昇し、その結果、リターの窒素・リン濃度は標高とともに低下した。屋久島では高標高に向かい土壌有機物の質を低下させる正のフィードバックが働いて現在の土壌—植生系が成立していることが示唆された。