

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	青柳 亮太
論文題目	Significance of C:N:P stoichiometry for determining tree demography and structure of Bornean lowland forests (ボルネオ低地熱帯林の樹木個体群動態と森林構造の決定要因に関するC:N:P化学量論からの考察)		
(論文内容の要旨)			
<p>熱帯林の構造や組成は大きな空間変異を示し、混交フタバガキ林は世界で最も巨大な構造を示す一方、ポドゾル土壌上のヒース林では遥かに小さな森林が形成される。これらの空間変異には、窒素やリンなどの土壌栄養が関わることが指摘されてきたが、変異を生み出すメカニズムは未解明であった。本研究では、樹木個体の栄養状態と個体群動態に着目し、対照的な栄養条件を持つ土壌に分布するボルネオ熱帯林樹木を対象として、成長速度、耐陰性、サイズ依存的な個体群動態の変化の3項目に対して、窒素とリンの可給性がどのような影響を与えるのかを解明した。そして、以上の結果をもとに、森林構造が森林タイプ間で大きく異なるメカニズムを考察した。</p> <p>第1章では、世界の熱帯域から報告されている熱帯林の構造と組成に関する既往論文を調べ、環境傾度(特に土壌栄養)によって熱帯林の構造と組成が大きく変化することを示した。さらに、熱帯樹木はリン可給性が低下しても巨大な森林構造を維持する一方で、無機態窒素の土壌中の濃度が著しく低下した地域では、低リン環境の森林とは対照的に、森林のバイオマスが大きく低下することを指摘した。このような窒素とリンの可給性低下に対する熱帯林構造の応答の違いが、窒素欠乏とリン欠乏に対する樹種の動態(成長と死亡)の差に起因する可能性を指摘し、この可能性を証明するための作業仮説を提示した。</p> <p>第2章では、窒素欠乏とリン欠乏下で植物の成長速度が異なるメカニズムを理解するため、窒素・リンの配分と窒素・リン生産力(植物に含まれる単位窒素・リン当りの成長速度)が、窒素とリンの欠乏に対してどのように応答するかを調べた。土壌のリン濃度が著しく低い貧栄養なフタバガキ林では、稚樹の幹や根のリン濃度が低下するが、生産に関わる葉のリン濃度は維持されていた。対照的に、土壌無機態窒素濃度が低いヒース林では、稚樹の幹や根の窒素濃度が維持される一方、葉の窒素濃度は低下していた。このことから、樹木は、リン可給性低下に対して葉の栄養濃度を維持できるが、窒素可給性低下に対しては葉の栄養濃度を高く維持できないことを示した。さらに、ヒース林における葉窒素濃度の低下が、全ての個体サイズにおける樹木の相対成長速度の低下に結びついていることを示した。</p> <p>第3章では、第2章と同じ個体を対象として、光制限下での樹木稚樹の動態(耐陰性)が、栄養欠乏によってどのように変化するかを調べた。その結果、窒素欠乏下</p>			

で生育する樹種はリン欠乏や富栄養環境に生育する樹種と比較して耐陰性が有意に高いこと、耐陰性の増加に伴って葉のターンオーバーや地上部へのバイオマス配分が低下することを明らかにした。以上の結果から、窒素欠乏によって成長速度が強く制限される森林では、樹木が暗い環境で耐陰性を高めるように選択を受けてきたことを示した。

第4章では、栄養環境の大きく異なる4カ所の熱帯林において、胸高直径(DBH)が10 cm以上の林冠の主要構成種(フタバガキ科またはマキ科)の個体群動態を調べた。その結果、全ての森林でDBHが大きくなるにつれ相対成長速度が低下することを明らかにした。リン欠乏の森林ではDBHが100 cm以上になっても相対成長速度が正の値に維持されたのに対し、窒素欠乏の森林ではDBHが40-80 cm程度で相対成長速度が0まで低下する、という対照的な樹木の応答様式を明らかにした。

第5章では、原生林の構成種であるフタバガキ科樹種の更新に、人為的攪乱(択伐)が与える効果を定量化した。伐採林の代表的なパイオニア種であるマカラング属樹木の純林内では、土壌の栄養可給性が低下しており、それによってフタバガキ科樹木の新規加入が制限されている可能性を示した。さらに、強度伐採を繰り返すことが、実生更新への栄養制限を介して、将来のフタバガキ科樹木密度の低下に繋がる可能性を示唆した。

第6章では、以上の結果を総合的に考察し、熱帯林においては窒素欠乏がリン欠乏よりもより強く成長速度を制限する要因になることを指摘した。このような違いは、樹木の非光合成器官の栄養要求性の違い(細胞壁はタンパク質として窒素を含むが、リンはあまり含まない)に起因する可能性を指摘した。さらに、窒素欠乏とリン欠乏は樹木の更新動態・森林構造に異なる影響を与える可能性を示した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

熱帯林の構造や組成の空間変異には、土壌栄養が関わるということが指摘されてきた。すなわち混交フタバガキ林は世界で最も巨大な構造を示す一方、ポドゾル土壌上のヒース林では遥かに小さな森林が形成される。本研究では、こうした森林構造の違いを生み出す機構について、生産を制限することが知られている必須元素である窒素・リンの樹木の利用様式と相対成長速度などの個体群動態特性の関係に着目し、解析を行った。その結果、窒素欠乏とリン欠乏は樹木の更新動態・森林構造に異なる影響を与え、これが森林構造の違いを生み出す可能性を指摘した。本研究の評価できる点は以下の通りである。

1. 熱帯林の森林構造の違いを生み出す機構に、実生から成木までの相対成長速度などの個体群特性の樹種間差が関係していることを実証的に示した。
2. 光合成器官と非光合成器官の配分様式には窒素とリンの間で大きな違いがあり、窒素欠乏下において光合成器官への窒素配分が著しく低下するが、リン欠乏下においては光合成器官へのリン配分は著しく低下しないことを示した。このことが、窒素欠乏下とリン欠乏下の樹木の成長速度の違いをもたらし、さらに森林構造の違いに伝播することを実証的に示した。
3. 窒素欠乏によって成長速度が強く制限される森林では、樹木が暗い環境で耐陰性を高めるように選択を受けてきたことを初めて示し、森林構造の決定要因としての樹木における栄養と光利用の相互作用の重要性を指摘した。
4. 樹木の窒素とリン利用様式の違いは、非光合成器官の窒素とリンへの栄養要求性の違いに起因するという独自の考えを提示し、熱帯林の構造や種組成の変異を理解する上で、C: N: Pの化学量論的な理解が必要であることを初めて指摘した。
5. 熱帯林伐採が土壌栄養の可給性を変化させ、これが実生更新への栄養制限を介して将来のフタバガキ科樹木密度の低下に繋がることを実証的に示し、持続的な森林管理における土壌栄養の重要性について新たな知見をもたらした。

以上のように、本論文は、ボルネオ低地熱帯林の樹木個体群動態と森林構造の決定要因をC:N:P化学量論の視点から初めて明らかにしたものであり、森林生態学、生態系生態学、熱帯林環境学の発展に寄与するものであり、熱帯林の持続的森林管理への貢献も大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成27年4月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)