

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	JIANG LINZI
論文題目	Ecology of soil microbial communities in degraded logged-over tropical rainforests (劣化した熱帯雨林における土壌微生物群集の生態学)		
(論文内容の要旨)			
<p>多くの熱帯雨林では、大径木を選択的に伐採する択伐が行われ、地上部の森林構造が大きな攪乱を受けている。地上部の攪乱は、土壌への落葉供給の量や質の変化を通して土壌有機態炭素 (SOC) の量や質を改変し、さらには土壌微生物バイオマス、群集組成および機能に影響を与えると考えられる。しかし、森林劣化に伴う地上植生、土壌有機態炭素、微生物バイオマス、微生物群集組成と機能の変化の関係を包括的に研究した例はほとんどない。また、従来の研究は原生林と劣化林の2グループの平均値の差の検定が主であり、森林劣化傾度に沿った連続的な変化を定量的に評価できていなかった。本論文では、毎木調査データを用いて森林劣化傾度に関する指標を確立し、その指標に沿って土壌理化学性と土壌微生物群集を調べ、それらの関係性を分析した。</p> <p>第1章では文献調査を行い、劣化した森林における土壌微生物群集の生態について概説し、未解明の研究問題を指摘し、作業仮説を提示した。さらに、本論文の調査地である北ボルネオ (マレーシア) のデラマコット及びタンクラップ森林保護区における熱帯雨林の森林劣化に関するこれまでの研究を概説した。</p> <p>第2章では、森林劣化傾度に沿った土壌理化学性、土壌微生物バイオマス、土壌酵素活性の変化を研究した。まず、衛星画像に基づいた層化ランダムサンプリング法によって設置された35の調査プロットの毎木データを用いて、樹木群集の属レベルの組成を元に主座標分析 (PCoA) を行った。このPCoAの第1軸を森林劣化傾度の指標と定義した。これらのプロットにおいて、土壌理化学性、土壌微生物バイオマス、土壌酵素活性を調査した。SOC濃度、全窒素 (N) 濃度、土壌C/N比、土壌微生物バイオマス濃度は森林劣化の進行と共に単調に減少したが、土壌pHは上昇した。酸性ホスファターゼ (ACP)、β-グルコシダーゼ (BG)、ロイシンアミノペプチダーゼ (LAP)、N-アセチルグルコサミニダーゼ (NAG) の活性はすべて、森林劣化とともに単調減少した。</p> <p>第3章では、森林劣化傾度に沿った土壌細菌と真菌の群集組成の変化、およびそれらが土壌酵素活性に与える影響を調べた。細菌と真菌では生活環や分解基質が異なることから森林劣化への応答は異なると考えられるが、森林劣化に伴う細菌と真菌の群集組成の変化はよくわかっていない。土壌からDNAを抽出し、細菌の16SrRNA遺伝子領域と真菌のITS領域をアンプリコン解析した。また、土壌から真菌マーカーであるエルゴステロールを抽出し、アンプリコン解析の結果と合わせることで、細菌と真菌の門レベルの絶対優占度を算出した。このデータを用いて、主座標分析を行い、その1軸の値をそれぞれの群集組成の代表値とした。細菌群集組成は森林劣化傾度に沿って変化しなかったが、真菌群集組成は変化していた。また、真菌群集組成の変化は、ACP、BG、LAP活性の変化とも関係していた。</p> <p>第4章では、森林劣化傾度に沿った細菌群集と真菌群集の潜在的機能構造の変化について研究した。第3章で得られたアンプリコン解析の結果にPICRUST2 (Phylogenetic Investigation of Communities by Reconstruction of</p>			

Unobserved States 2)を適用し、細菌と真菌の潜在的機能構造の予測メタゲノム解析を行った。酵素群の相対存在量を予測し、細菌と真菌それぞれについて主座標分析を行い、その1軸の値を各プロットの微生物群集の潜在的機能構造の指標とした。細菌の機能構造は森林劣化傾度に沿って変化した。真菌の機能構造は変化しないことがわかった。真菌の機能構造において劣化傾度と有意な相関が見られない原因として、真菌の機能的冗長性が高いことが考えられた。また、細菌と真菌のBG酵素群と、細菌のNAG酵素群の相対存在量は森林劣化とともに増加しており、これはセルロースとキチンの分解に対する微生物のポテンシャルの向上を示唆すると考えられた。

第5章では、上述の章における解析結果に基づいて、総合考察を行った。択伐による森林劣化に伴い、真菌群集組成は大きく変化した。細菌群集組成は有意には変化しなかった。真菌群集組成の変化は、地上植生の劣化によって新鮮落葉の供給が減り、土壌有機物の分解基質が大きく変化したことと関係している、と考察された。一方、細菌群集組成の安定性は、細菌の基質利用が真菌の基質利用の下流に位置し、土壌有機物変化の影響が緩和されるため、と解釈された。劣化林では、真菌群集組成が変化していたが、機能的冗長性により潜在的機能構造はある程度維持されると考えられた。本研究は、熱帯雨林の森林劣化傾度に沿って、土壌の理化学性、微生物群集組成と機能構造を分析することで、地上部の攪乱が、地下部生態系に与える影響を明らかにした。これらの知見は、人為的攪乱に対するボルネオの熱帯雨林生態系の応答を理解する上で、新たな視点となるものである。

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。

(論文審査の結果の要旨)

熱帯雨林では木材生産のための択伐によって森林劣化が進んでおり、土壤理化学性や土壤微生物群集に影響を及ぼしていると考えられるが、その実態はよくわかっていない。本研究は、ボルネオの熱帯雨林において、森林劣化傾度に沿った35ヶ所のプロットを調査し、土壤理化学性、真菌と細菌の群集組成、および土壤酵素活性を解析し、人為的攪乱に対する熱帯雨林生態系の応答を明らかにしたものである。本研究の評価できる点は以下の通りである。

1. 熱帯雨林の森林劣化を樹木群集組成に基づく連続的指数として表し、森林劣化の進行に伴い、土壤有機態炭素濃度、土壤微生物バイオマス及び主要な土壤酵素活性が単調減少することを明らかにした。
2. 森林劣化傾度に沿って、土壤の真菌群集組成は変化するが、細菌群集組成は有意に変化しないことを明らかにした。真菌群集組成の変化には、地上植生の劣化による土壤への落葉供給の停滞が関わっていることを指摘した。
3. 森林劣化傾度に沿った真菌群集組成の変化が土壤酵素活性の低下と関わっていることを指摘した。
4. 予測メタゲノム解析により、森林劣化に対する土壤真菌群集と細菌群集の機能的な応答を解析し、森林劣化が進行しても土壤真菌群集の潜在的機能構造が維持されることを示した。

以上のように、本論文は、熱帯雨林の劣化に対する土壤真菌群集と細菌群集の応答の違いと土壤酵素活性への波及効果を解明したものであり、森林生態学、熱帯林環境学、土壤微生物学の発展に寄与するところが大きい。

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、令和6年8月9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）