

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	うしお まさゆき 潮 雅之
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
(学位論文題目) The role of condensed tannins as a potential driver of plant-soil feedbacks in a tropical montane forest (熱帯山地林における植物－土壌フィードバックの潜在的駆動力としての縮合タンニンの役割)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 工藤 洋 教授 永益英敏 准教授 藤田 昇 准教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士（理学）	氏名	潮 雅之
論文題目	The role of condensed tannins as a potential driver of plant-soil feedbacks in a tropical montane forest （熱帯山地林における植物－土壌フィードバックの潜在的駆動力としての縮合タンニンの役割）		
（論文内容の要旨）			
縮合タンニンはタンパク質と結合することにより難分解性有機物を形成する。また、それは分解酵素の活性を低下させることにより土壌微生物に対して選択的な効果を及ぼし、微生物群種組成の決定を通して栄養塩可給性を制御している可能性がある。本研究では、ボルネオ島キナバル山の熱帯山地林において樹木葉に含まれる縮合タンニンが土壌微生物群集、土壌栄養塩可給性、そして実生成長率に及ぼす影響を野外調査、実験、数理モデルから明らかにした。 葉の縮合タンニン濃度の異なる、2種の針葉樹（<i>Dacrycarpus imbricatus</i>、<i>Dacrydium gracilis</i> [ともにマキ科]）と3種の広葉樹（<i>Lithocarpus clementianus</i> [ブナ科]、<i>Palaquium rioense</i> [アカテツ科]、<i>Tristaniopsis clementis</i> [フトモモ科]）樹冠下において0 - 5cmの表層土壌を採取し、それから微生物起源のリン脂質脂肪酸を抽出し、分類群特異的な資質をマーカーとして土壌微生物群集の組成を解析した。その結果、土壌微生物群集の組成が樹種特異的に決定されていることが明らかとなった。土壌微生物群集の組成の主な違いは針葉樹と広葉樹の間で見られ、その違いは針葉樹の樹冠下土壌では腐生の真菌類が広葉樹の樹冠下土壌に比べて相対的に優占することであった。土壌の物理化学性と微生物属性の空間パターンを調べたところ、土壌の縮合タンニン濃度と腐生の真菌類のバイオマーカー濃度は樹幹からの距離と土壌深度に依存して変化した。このことから、樹木のリターの化学性、特に縮合タンニンがこの空間的なパターンに寄与している可能性が示された。 次に、<i>Dacrydium gracilis</i>の生葉から縮合タンニンを抽出し、異なる樹冠種下の土壌に添加することにより微生物群集組成と酵素活性への効果を実験的に検証した。どの土壌においても、タンニン添加により、コントロールに比べて真菌/細菌比が高く維持されること、土壌呼吸速度が有意に低下することが明らかとなった。窒素無機化速度については、<i>Lithocarpus</i>土壌においてのみタンニン添加により有意に低下したが、<i>Dacrydium</i>土壌においては変化がなかった。これらの結果により、<i>Dacrydium</i>の生葉中の縮合タンニンは土壌微生物群集、酵素活性、炭素・窒素動態に影響を与える一要因であることが実験的に示された。 実生成長率への樹冠種の効果を調べるために、高木3樹種（<i>Dacrydium gracilis</i>、<i>Dacrycarpus imbricatus</i>、<i>Lithocarpus clementianus</i>）を選定し、それぞれの樹冠下で樹木実生の成長率を2006年から2009年の間追跡調査した。<i>Dacrydium</i>と<i>Dacrycarpus</i>の樹冠下での全種込みの実生成長率は<i>Lithocarpus</i>の樹冠下でのそれよりも有意に低かった。土壌窒素無機化速度は、<i>Dacrydium</i>樹冠下で<i>Lithocarpus</i>樹冠下よりも低く、<i>Dacrydium</i>樹冠下での低い実生成長率と関係していた。実生成長率は実生の属によって違いがあり、<i>Dacrycarpus</i>の実生は<i>Dacrydium</i>の樹冠下で<i>Lithocarpus</i>の樹冠下よりも有意に高い成長率を示した。<i>Dacrycarpus</i>の実生は、窒素可給性が低い土壌で効率よく窒素を獲得できる適応機構を備えている可能性が示唆された。 以上から、縮合タンニンは土壌微生物群集の組成変化を通して間接的に土壌無機化過程を変化させること、および土壌酵素と複合体を形成することにより土壌有機物無機化を直接的に低下させることが示唆された。さらに、縮合タンニンの土壌無機化過程に対するこれらの影響は、その土壌に生育する植物の栄養塩獲得や実生の成長率に波及することが示唆された。			

(論文審査の結果の要旨)

先行研究によって、植物土壌間のフィードバック作用 (plant-soil feedback、PSF) が植物群集の遷移といった生態系動態の制御に寄与していることが明らかとなってきた。PSF による生態系動態の制御は、土壌有機物の無機化過程の制御を介して起こる。これまで、PSF を駆動する化学物質として樹木葉が生産する縮合タンニンの効果が大きいと考えられてきたが、その生態学的メカニズムは明らかではない。特に、縮合タンニンが土壌微生物群集を介在してどのように土壌有機物無機化に作用するのかについては明らかになっていない。本研究は、縮合タンニンによる土壌微生物群集への影響と微生物群集組成の変化がどのように土壌有機物無機化にフィードバックするのかについて、微生物生態学的に検証したものであり、評価できる点は以下の通りである。

1) 種多様な熱帯山地林をモデルとし、その中で樹冠葉縮合タンニン濃度の異なる複数の樹種下から表層土壌を採取して、リン脂質脂肪酸を指標とした土壌微生物群集の組成を決定した。その結果、林冠の広がりに応じて樹種依存的な土壌微生物群集が局所的に形成されていることが明らかとなった。また、土壌中の縮合タンニン濃度と真菌/細菌比に空間的に密接な対応関係があることが示された。さらに、生葉から抽出した縮合タンニンを土壌に添加した結果、縮合タンニンは土壌中の真菌/細菌比に有意な影響を与えることをはじめて実験的に示した。これらの結果から、樹冠葉に含まれる縮合タンニンが土壌微生物群集の組成を決定する一要因であることを明らかにした。

2) 有機態炭素や有機態リンの分解に関わる酵素活性を測定した結果、森林の林床は異なる酵素活性を持つ局所的なパッチから構成されていることが明らかとなった。それら酵素活性と土壌の物理化学性、分解基質、土壌微生物群集との関係を調べた結果、酵素活性と土壌微生物群集には密接な関係があり、特に、腐生の真菌類のバイオマーカーの濃度はリン酸分解酵素と有意な正の相関を持つことが示された。このことから土壌微生物群集の組成が土壌有機物分解と機能的に関係していることを実証的に明らかにした。

3) 樹木が縮合タンニンなどフェノール物質を生産する究極要因を、植物と微生物の窒素を巡る競争関係から説明する独創的な仮説を立て、これを数理モデルにより検証した。この数理モデルは、植物による有機態窒素の吸収とフェノール物質による微生物の分解阻害効果を介して窒素循環を制御するという概念を組み込んだものである。このモデルの解析によって、植物の窒素獲得量は、植物が有機態窒素を利用できるときには、ある程度の量のフェノール物質が存在しているときに最大になることが示された。この解析により、フェノール物質が植物の窒素獲得において潜在的に大きな役割を担っていることを明らかにした。

4) 樹木実生の成長率を長期観測し、樹木のリターを通して土壌に供給される縮合タンニンが土壌微生物群集の組成と酵素活性に影響を及ぼし、さらにこれが土壌の栄養塩可給性 (特に無機態窒素) を制御することによって樹木実生の生長率や分布を決定する新たな生態学的メカニズムを提示した。

以上のように本論文は、樹冠葉に含まれる縮合タンニンが土壌微生物群集と土壌有機物無機化への制御機構を介在して樹木の分布や動態に及ぼす影響を実証的、理論的に解明したものであり、森林生態学、微生物生態学、生態系生態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 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成 22 年 2 月 2 日、論文ならびにそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。