

学位論文要旨

Summary of Dissertation

氏名 Name	カイルール
題目 Title	熱帯雨林生態系における樹木葉の動態に関する生態学的研究 (Ecological study on dynamics of tree leaves in a tropical rain forest ecosystem)

本学位論文は、熱帯二次林の活用と保全を狙いとし、生産および物質循環に大きな影響をおよぼす樹木葉の生活史と分解特性の解明への寄与を目的とする。研究は、第一に、植物季節学的特性について、リタートラップ法による継続観測を通じ、①葉および繁殖器官の落下速度の季節変化の評価とその至近要因の解明、②落枝速度の季節変化の評価を実施した。第二に、葉寿命特性について、小枝での着葉数の動態に関する継続観測と小枝の構造および樹木の肥大生長の観測を通じ、③攪乱圧が構成種の葉寿命に与える影響の評価、④“葉の更新速度（葉寿命の逆数）は着葉部位の小枝の維持コストを最小限にしている”とする仮説の検証を実施した。第三は、熱帯林での落葉の分解特性について、リターバッグ法による観測を日本の照葉樹林と並行することで、⑤分解率および炭素/窒素比の変化を通じた窒素代謝の評価を実施した。

植物季節学的研究を通じ、通常気象年では1-2月の少雨期で年間落葉量の1/3程度が集中し、その集中性は水分代謝量が大径木の同調落葉現象によること、小径木は、超年的に発生する異常少雨期のみで同調落葉する現象を明らかにした。群落レベルでは、花は5月、果実は8月に落下速度の弱いピークを持つこと、種レベルでの開花パターンには、年1回型、2回型および通年型の3タイプが存在し、二次林低木種では通年型で高い萌芽特性を持つ傾向があることを明らかにした。直径が0.5cm以下の小枝の落葉速度が落葉速度の $3/2$ 乗に比例したことから、パイプモデルに基づいて落枝は落葉に関連した自律的現象であると評価し、この現象が他の雨林にも共通していることを明らかにした。

葉寿命の研究を通じ、観測木の平均葉寿命は0.23-1.20年と種間で大きく異なり、幹材硬度と正の相関を持つことを明らかにした。幹材硬度と幹の肥大成長速度間のトレードオフ関係から、軟材種は物理的強度より体積成長を優先した、小形早熟型、すなわち攪乱適応型と判断し、このことから、攪乱圧の高い森林ほど構成種の葉寿命は短くなると評価した。数学モデルによる小枝の維持コストを最少にする最適葉寿命と実測葉寿命が比例したことから、種の違いに関わらず維持コスト最少の束縛条件は満足していることを検証した。

落葉の分解研究を通じ、雨林と照葉樹林の分解過程には、その温度差により分解率で温度係数 $Q_{10}=2.2$ の差があるが、相対重量の減少にともなうC/N比の変化から、基質からの窒素消失過程では両森林間で明瞭な差がないことを明らかにした。すなわち、窒素の持ち出しが多いシロアリ主体の分解ではなく、fungi主体型の分解が優先した分解過程であると評価した。分解率が異常少雨期に大きく低下したことから、当該地域において近年多発する異常少雨現象は生態系の物質循環に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

学 位 論 文 要 旨
Summary of Dissertation

氏 名 Name	Chairul
題 目 Title	Ecological study on dynamics of tree leaves in a tropical rain forest ecosystem (熱帯雨林生態系における樹木葉の動態に関する生態学的研究)

This dissertation seeks to explain life history and decay process of leaves of tropical forest trees showing large contribution in primary production and mineral cycling from viewpoints of conservation and sustainable management of a tropical secondary forest. It consists of several complementary studies on phenological behaviors of vegetative and reproductive organs, gradient of leaf longevity along natural and human disturbance, cost performance of leaves in a branch, decay ratio and nitrogen behavior in decay process of fallen leaves.

Phenological observation during three years revealed that leaf-fall rates in a year with normal rainfall peaked in the first dry season, January-February; leaves made up one-third of mean annual litter fall. Larger trees had highly synchronized leaf fall during the peak shedding period. Smaller trees shed simultaneously during severe drought. Reproductive fall rates in the year with normal weather peaked in May (flowers) and August (fruits). Seasonal patterns of flowering and fruiting were classified into three groups. Understory species had an "extended flowering" pattern with high sprouting ability. Twigs < 0.5 cm diameter tended to fall in proportion to the $3/2$ power of leaf-fall rates; therefore, it could be assessed to be autonomous twig fall in relation to the pipe model theory. It was suggested that this phenomenon is common in a tropical rain forest because of confirming of similar result with data of another forest.

Demographic observation of leaves revealed that leaf longevity had the wide range from 0.23 year to 1.20 year, and showed positive correlation with stem hardness. Basing on the trade-off relationship between stem hardness and stem growth rate, species with lower likely prioritize a higher volume of growth at early growth stages over the physical strength of stem. This trait is thought to be advantageous for species suffering frequent disturbance. Observed leaf longevity was proportional to the expected one satisfying the minimum maintenance cost of a twig from the weight ratio of leaves to stalks on it. Assessment of the niche of these species in a secondary sere according to stem hardness verified that leaf longevity increases with progressing succession as a regulation of the weight ratio.

Observation of decay process with litter-bag revealed that a tropical rain forest had high decay rates at the initial stages and apparently low rates during the severe dry weather. When time trends of carbon-weight loss could be approximated by a single exponential curve, the average value of decomposition factor was 2.3 times of one in an evergreen oak forest in Japan. The temperature coefficient between these two forests was $Q_{10}=2.2$. The carbon/nitrogen ratios of litter gradually decreased with the progress of decomposition at the initial stages, then tended to be constant at the last stages in both forests. Basing on these results it was suggested that fungi association has advantages in the decay process and recent frequent severe dry weather would largely impact on not only growth process but also decay process.

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏 名	C h a i r u l
審査委員	主査 鹿児島大学・教授 米田 健
	副査 鹿児島大学・教授 下川 悦郎
	副査 鹿児島大学・教授 曾根 晃一
	副査 鹿児島大学・准教授 舘野隆之輔
	副査 琉球大学・教授 新里 孝和
審査協力者	
題 目	Ecological study on dynamics of tree leaves in a tropical rain forest ecosystem (熱帯雨林生態系における樹木葉の動態に関する生態学的研究)
<p>本研究は、熱帯二次林の活用と保全を狙いとし、生産および物質循環に大きな影響をおよぼす樹木葉の生活史と分解特性の解明への寄与を目的としており、現代社会が直面している熱帯林の持続的利用、さらには保全という課題に対し十分に寄与できる重要な基礎研究であると位置づけられる。過湿潤気候下にあるインドネシア国スマトラ島の西海岸地帯に広がる熱帯雨林を研究対象として、1994年から2003年までの10年間にわたる野外観測を主体とした継続調査に基づいており、その周到な研究計画下での忍耐の要る観測法と努力は大いに評価できる。研究内容は3つの補完的課題から構成されている。具体的には、第一は落葉パターンを中心とした植物季節学的特性の解明、第二は葉寿命特性の解明、第三は落葉の分解特性の解明である。</p> <p>植物季節学的研究においては、過湿潤気候下における熱帯雨林の落葉・開花・結実さらには落枝の季節性を個体レベル、種レベルから明らかにしている。すなわち、温度・降水パターンにおいて季節変化が小さい雨林では、1) とくに下層木において上記両レベルでの固有性が保障され群集として同調性が低いこと、しかし2) 水代謝量</p>	

が大きな大径木においては1-2月の少雨期で年間落葉量の1/3程度が集中すること、また3)群落レベルおよび種レベルでの開花結実特性を明らかにした。さらに、近年は多発傾向にある異常少雨現象においては、これらのパターンが大きく変化し、乾燥刺激により誘発される大量の花が充実種子まで成長することなく落下していることを明らかにし、このことと林木の死亡率増大減少との関連性を考察している。これらの内容は、森林の維持管理においても重要な基礎資料になるものと評価する。

葉寿命に関する研究では、攪乱圧が高い場所に生育する種ほど葉寿命が短いことを明らかにし、それと並行して軟材化する傾向があることを検証している。これらの現象が、前者においてはエネルギーと栄養塩の有効利用が要因となり、後者においては強度より肥大成長を優先したことが要因と判断し、攪乱下での早熟型生存戦略との関連性から考察している。また、これら葉寿命の変化は枝の維持コストを最小限にするという束縛条件下で枝構造の変化をとめない達成されているとする数学モデルを検証している。長期観測に基づいた葉寿命の研究例はほとんどなく、学問的に高く評価できる内容である。林木の生育特性を反映した葉寿命に関する研究内容は、適材適所を基本とする林木の管理においても貴重な資料であると評価する。

落葉の分解研究に関する研究では、熱帯雨林と照葉樹林の分解過程には、その温度差により分解率で温度係数 $Q_{10}=2.2$ の差があるが、相対重量の減少にともなうC/N比の変化から、基質からの窒素消失過程では両森林間で明瞭な差がないことを明らかにした。さらに分解率が異常少雨期に大きく低下したことから、当該地域において近年多発する異常少雨現象は生態系の物質循環に大きな影響を及ぼしていること考察している。これらの研究内容は、森林生態系の栄養塩類の代謝の骨格をなす落葉の分解過程の特性を明らかにしており、林地の保全、森林の持続的管理にとって価値あるものであると評価する。

本研究で得られた新発見および検証結果は、過湿潤な熱帯雨林における初めての情報で学問的価値は高く、かつ当該地域の雨林の持続的利用さらには保全に充分活用できる内容であると判定する。したがって、本論文は、博士(学術)の学位を与えるのに十分な内容と見識を有すると認める。

学力確認結果の要旨	
学位申請者 氏名	Chairul
審査委員	主査 鹿児島大学・教授 米田 健
	副査 鹿児島大学・教授 下川 悦郎
	副査 鹿児島大学・教授 曾根 晃一
	副査 鹿児島大学・准教授 舘野隆之輔
	副査 琉球大学・教授 新里 孝和
審査協力者	
実施年月日	平成22年 1月27日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) (口答)・筆答	
<p>主査および副査は、平成22年1月27日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>また、口答による外国語（英語）の学力を確認した。また、研究内容は、農学の育林学・森林生態学分野および理学の植物生態学分野につながる基礎的な野外研究成果を踏まえて、さらに熱帯林の管理方法に関する総合討論を行っており学際的研究であることを確認した。以上の結果から、審査委員会は申請者が大学院博士課程修了者と同等以上の学力ならびに識見を有するものと認め、博士（学術）の学位を与えることに十分な資格を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏名	Chairul
<p>[質問1] 植物季節学的研究において落葉のパターンをクラスター分析しているが、その分析にはどのような種類のデータを用いたのか。</p> <p>[回答1] 25個のトラップを被う個体を対象とした、個体レベルのデータを用いた。すなわち、2週間間隔で採集した個体ベースの落葉パターンを45個体についてクラスター解析したものである。</p> <p>[質問2] 個体間での同調性を解析したということであるが、個体間および個体での変動幅はどの程度あったのか。</p> <p>[回答2] 個体での季節パターンの変動は多きいが、大量落葉の判定を個体の測定全期間の平均値+標準以上の落葉量を示したタイミングを大量落葉期と判断し、その同調性を個体間で調べたものである。個体間の同調性の程度と変動域を示したのが、先に示した図である。縦軸の同調性が1というのは、グループ全個体が大量落葉したことを示している。</p> <p>[質問3] 落葉パターンの要因であるが、強風との同調性が高い図が示されたが、強風が主要因か。</p> <p>[回答3] 強風も要因の一つと考えているが、それと同調して発生する少雨（乾燥）減少も大量落葉の要因と考えている。</p> <p>[質問4] 雨量パターンを示す図に描かれている2本の折れ線は何を意味するのか。</p> <p>[回答4] 太い線は全期間の平均値の変化で、細線は乾燥が厳しかった1997年のパターンを示している。</p> <p>[質問5] 開花パターンから種を“seasonal flowering species”と“extended flowering species”に二分している。後者の方のグループは萌芽特性も高く、そのことが攪乱地に有利な生存戦略と考察しているが、その開花特性と萌芽特性が共存する点で何か生理的な理由・原因があるのか。</p> <p>[回答5] 生理学の観点からの理由については、残念ながら分からない。</p>	

[質問6] seasonal fl. speciesに属しているCommersoniaも攪乱地で優占する二次林樹種であるがextendedグループではない。攪乱地に適応した種のすべてがextended fl. Species+高い萌芽特性を持つとはいえないのではないか。

[回答6] その通りと思います。しかし、そのカテゴリーの成長特性は攪乱地においては有利な特性であると考えます。

[質問7] 落葉分解過程の研究で、菌主導型の分解プロセスであると考察されましたがその根拠を示して下さい。

[回答7] その根拠は、リター中の炭素量/窒素量の比が分解の進行に伴い、菌主体型の分解である暖温帯と同じプロセスの変化を示したことを根拠にしています。ちなみに、熱帯での主要な分解者であるシロアリ主体型の分解の場合は、炭素量/窒素量比が分解の進行にかかわらず一定値を取る傾向にあることを先行研究で把握していましたので、先に示したような考察をしました。

[質問8] 分解に関わった菌の種類については同定されましたか。

[回答8] 生態プロセスに主眼を置いた研究でしたので、分類していません。分解者の同定は機能評価に置いても重要であると考えています。今後の研究に置いて、頂いたアドバイスをいかせたいと考えています。有難うございました。