

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	大橋 伸太
論文題目	Detecting invisible annual rings of tropical tree species (熱帯樹種の年輪の検出)		
(論文内容の要旨)			
熱帯では生育環境の季節変化が乏しいため、ほとんどの樹木が目に見える明確な年輪を形成しない。そのため樹齢や成長速度を知ることが困難であり、森林生態や環境動態、古気候などを知る上で大きな妨げとなっている。しかし熱帯でも降水量や日射量などは一年を通して変化するため、年輪の代わりとなる指標の存在が期待される。明瞭な乾季のある季節熱帯においては材の安定同位体比（$\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{18}\text{O}$）を指標として年輪を検出した研究例がいくつか報告されている。しかし同位体比による検出は、同位体分別の不確かさやコストの高さといった点などに課題が残る。また、完璧な年輪検出手法がない現状では別の方法によるクロスチェックが重要であり、そのための新しい手法が望まれる。そこで本論文では、より簡便で信頼性の高い年輪検出手法の確立のために、樹幹マーキング実験および材の木口面に現れた材組織形態の木材解剖学的観察、測定をおこなった。本論文の内容は以下のように要約できる。 1. 季節熱帯において材の炭素安定同位体比（$\delta^{13}\text{C}$）の放射方向の変化がDipterocarpaceaeの6樹種及びVerbenaceaeに属するティークのすべてにおいて周期性を示し、1年で1周期していることがわかった。ただし、ティークは年周期のピークが若干異なり、これは成長期間初期の肥大成長が昨シーズンの貯蔵物質によるものであると考えることで説明できた。また、$\delta^{13}\text{C}$ と木材解剖学的特徴との比較から、道管径の変化が同様に年周期性を示すこと、目視では不明確な年輪を検出することが可能であることを明らかにした。 2. 季節熱帯において軸方向柔細胞の帯からなる明確な年輪様バンドを形成するLeguminosaeの5樹種において、道管径の変化と$\delta^{13}\text{C}$の放射方向の変化との間で周期が一致することを確認した。また、軸方向柔細胞の帯のパターンと$\delta^{13}\text{C}$の放射方向の周期が一致する樹種はまれなので、道管径の変化の方が年輪の指標として信頼性が高いことが明らかになった。 3. 道管径を周期的に変化させる要因を明らかにするため、温帯、季節熱帯、および湿潤熱帯のそれぞれに生育する樹木を対象とし、道管形成の定期観測を行った。温帯の5樹種は4週間おきに採取した幹の成長錐コアにもとづき、また、季節熱帯と湿潤熱帯の8樹種は形成層の定期的ナイフマーキングにもとづき、道管径の季節的時系列変化を推定した。また、樹木個体の各時点での水ストレス状態を評価するため、プレッシャーチェンバー法による葉の水ポテンシャル測定と、熱帯地域においては土壌水分センサーによる地下30cmの土壌水ポテンシャル測定をおこなった。道管径は、乾燥ストレスによって減少するという研究例があり、また$\delta^{13}\text{C}$ との強い負の相関から、樹木の水分条件と共に変化すると予想された。しかし多くの調査樹種において、水分条件だけでは道管径の変化は説明できず、他の要因も大きく関わっているこ			

とが明らかになった。一方、季節熱帯だけでなく湿潤熱帯でも道管径は年周期性を示すことが明らかになり、また樹種によっては道管密度の変化の方がより信頼性が高いことがわかった。

4. 季節熱帯及び湿潤熱帯の12ヶ所の同齢人工林において、林齢の確認できる8熱帯樹種それぞれのサンプル木の胸高位置から幹サンプルを採集し、樹木の成長にともなう道管径の系統的な変化を除去した後、道管径の周期的変化を解析した。その結果、樹齢推定はほとんどの地域・樹種で±10%以内の精度で行うことができ、信頼性の高い推定が可能なことを明らかにした。ただし、道管径データの周期性を解析する際に重みつき移動平均を採用しており、採用する重みの値によって道管径パターンの周期数が異なってくるという弱点がある。この点の克服が今後の課題といえる。

以上より本論文では、道管径および道管密度を指標とする年輪推定手法は、季節熱帯と湿潤熱帯の両地域において普遍的に、また比較的安価で簡便に、年輪を検出することが可能な有力な手法であることを示した。

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)

熱帯ではほとんどの樹木が目に見える明確な年輪を形成しないが、降水量や日射量などは一年を通して変化するため、年輪の代わりとなる指標の存在が期待される。明瞭な乾季のある季節熱帯においては材の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{18}\text{O}$) を指標として年輪を検出した研究例がいくつか報告されている。しかし同位体比による検出は、同位体分別の不確かさやコストの高さといった点などに課題が残る。また、完璧な年輪検出手法がない現状では別の方法によるクロスチェックが重要であり、そのための新しい手法が望まれる。本研究は、材組織形態の木材解剖学的特徴を用いて信頼性が高くかつ簡便な年輪検出手法の確立を目指したものであり、評価できる点は以下の4点にまとめられる。

1. 季節熱帯において材の炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の放射方向の変化が1年1周期の周期性を示すことが確認された。また、この周期性と、木材解剖学的特徴から定量化した道管径の変化パターンの周期性の間に対応があり、ほとんどの樹種でどちらも年周期を示すことを発見した。

2. 明確な年輪を形成する熱帯季節林樹種において、道管径の変化パターンにも年輪に対応した年周期性があることを確認し、道管径変化の1年周期が熱帯季節林で一般的な現象であることを明らかにした。さらに、樹種によって見られる軸方向柔細胞の帯は必ずしも年輪には対応しておらず、道管径パターンの方が年輪の指標として信頼性が高いことを明らかにした。

3. 道管径を周期的に変化させる要因をさぐるため、温帯、季節熱帯、および湿潤熱帯のそれぞれに生育する樹種を対象として道管形成の定期観測を行い、道管径が樹木の水分条件によって変化するという仮説を検証した。多くの樹種において、道管径は水分条件だけではなく他の要因の影響も受けていることを明らかにした。同時に、季節熱帯だけでなく湿潤熱帯でも道管径は年周期性を示すことを発見するとともに、樹種によっては道管密度の方がより信頼性が高いことを明らかにした。

4. 季節熱帯及び湿潤熱帯において樹齢推定精度の検証を行い、いずれの地域でも信頼性の高い推定ができることを明らかにした。

以上のように、本論文は、道管径および道管密度を指標とする手法によって、明瞭な年輪の存在しない熱帯樹種においても材成長の年変動パターンが検出できることを明らかにしたものであり、これまで実質的に不可能と思われていた熱帯林の年成長解析、樹幹解析、林分構造発達解析の実現が十分可能であることを示唆している。今後、熱帯の森林生態学、造林学、年輪年代学、古気候学、環境動態学、考古学などの解析手法に大きな変革をもたらす可能性を秘めている。

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24年2月10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。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開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