

# 熱帯早生樹の年輪年代・古気候学\*

田鶴 寿弥子\*\*, 杉山 淳司\*\*, 津田 敏隆\*\*\*, 田上 高広\*\*\*\*, 渡邊 裕美子\*\*\*\*

## Paleoclimate reconstruction and Dendrochronology using tropical wood species\*

Suyako Tazuru\*\*, Junji Sugiyama\*\*, Toshitaka Tsuda\*\*\*,  
Takahiro Tagami\*\*\*\* and Yumiko Watanabe\*\*\*\*

### 概要

熱帯地域、特にインドネシア周辺は、アジアモンスーン、エルニーニョ・南方振動、インド洋ダイポールモード現象などの支配下にあり、気候システムの関係を読み解くのに絶好の場所に位置している。インドネシア産樹木の成長輪の形態観察・安定同位体比測定を行い現在から過去に渡る気候変化を再現することで、将来の気候予測が可能となる可能性が高まった。

### 1. はじめに

樹木の形成層細胞の分裂活動には周期性があり分裂期と休眠期がある。それにより成長輪 (growth ring) が形成されるが、特に日本のような温帯や寒帯に生育する樹木についてはその周期が 1 年であるために年輪が形成される。一方熱帯などの地域では明確な周期性を持たない樹木が多く、周期性が見られても 1 年ではなく乾季と雨季に対応している場合が多い。Dendrochronology (dendros…樹木 chromos…年代 ology…学問) は、樹木の年輪パターンを分析することによって、年代を科学的に決定する学問で、近年、気象学、考古学、同位体化学などの他分野と関連して日々進化しており、幅広く応用されている。

近年、樹木の年輪研究は様々な分野との共同研究によって、多くの結果を生み出している。その中でも特に、熱帯樹木の有効利用という観点から熱帯樹木の生長に関心がもたれており、また年輪から環境の復元や気候の復元の可能性もあることから、グローバルな気候の変化の履歴や予測のために、熱帯地域の樹木の年輪研究が重要視されている<sup>1-4)</sup>。地球上では森林、特に熱帯の森林の減少が著しい。世界では、1990 年からの 10 年間で日本国土の 2.5 倍もの面積にあたる 94 百万 ha の森林が減少している。その 96% がアフリカや南米の熱帯林である。東南アジアでも 23 百万 ha が減少したが、東アジアでの造林面積の増加によって 4 百万 ha の減少にとどまっている。

多くの熱帯の広葉樹は高い商業価値があり、熱帯の国での主要な財源となっている。年輪分析による成長率の情報は資源の更新についての重要な指標となる。気候 (干ばつや洪水) の解明においても長期間にわたる熱帯の気候の記録が必要である。周期的な輪の成長と気候との関連づけができれば、現在から過去に渡る年輪・成長輪の情報から気候変化を再現することができる。このような目的のため

\*2011 年 10 月 12 日受理

\*\* 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所バイオマス形態情報  
E-mail: tazurusuyako@rishi.kyoto-u.ac.jp

\*\*\* 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所大気圏精測診断分野

\*\*\*\* 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学理科学研究科

め、研究会レベルの集まりから始まり、分科会、国際会議へとというように「熱帯樹木の成長輪解析」という一つの学問領域が発展してきている<sup>1-4)</sup>。

熱帯樹木の周期性リズムは温帯の樹木などに比べて非常に複雑で、熱帯の樹木の年輪学は依然として課題が多いが、年輪は一年一回であるのに対して、熱帯樹木の成長輪はそれよりも短い時間における環境、気候の歴史が、刻まれていると科学者の注目が高まっている。1680 年 1 月 12 日付の Leeuwenhoek の Royal Society of London への報告は、モーリシャス諸島の黒檀 (ebony) についての木材解剖学を記述したもので、熱帯の樹木の成長輪が欠如しており、絶え間なく成長していることを示す驚きの報告であった。明確な成長輪を持たない性質のため、熱帯樹木は長い間年輪年代学者の中では取り扱いにくい対象とされてきたが、1930 年代にはインドネシアでチークについて年輪気候学的な研究が試みられた<sup>5-6)</sup>。また、近年では熱帯樹木の木部形成の周期性が樹木生理的な側面から研究されている。一例を挙げると、Nobuchi ら<sup>7)</sup>の研究ではタイの乾季と雨季のある熱帯季節林において、そこに生育するチークなどの樹木の木部形成のフェノロジー的調査を行い、雨季から乾季に移行する際に成長輪が形成されるが、それ以外にも雨季における異常気象による雨の減少にも形成層が敏感に反応して成長輪構造を作ることなどが報告されている。

## 2. 研究例

このような背景のもと、本プロジェクトでは、熱帯樹木の生長と気候変動との関係性についての多角的な調査が進められてきた。以下 2.1-2.2 に例を示す。

### 2.1 熱帯樹木における年輪気候学に関する基礎技術開発

インドネシア産熱帯樹のうち特に環孔材と呼ばれる最も明瞭な成長輪を形成する樹木（チーク・スンカイ）についてデジタル画像解析手法を生長輪解析に適用し解析の自動化を試みられた<sup>8)</sup>。これにより、特に東ジャワ産のチークについて、同一個体の異なる断面での生長の相似性と、近接個体間の生長パターンの間の強い相関を確かめ、生長輪面積が気候因子の情報を含んでいる可能性を示唆した。また特にランパン産のスンカイについては雨量と生長との間により相関があることも明らかとなった。これらのことから、デジタル画像解析手法を今後より発展させることで、熱帯植林地などで伐採される多くの熱帯樹木を短時間で統計処理でき、エルニーニョで代表される赤道大気起源の気象現象の解明に寄与できるとした。

### 2.2 インドネシア産スンカイによる古気候復元

太平洋とインド洋に挟まれアジア大陸の縁辺に位置するインドネシアは、アジアモンスーン、エルニーニョ・南方振動、インド洋ダイポールモード現象の支配下であり、これらの気候システムの関係性を解き明かすのに絶好の場所に位置している。しかし、近代的な気象観測記録が乏しく、記録がある場所も限られているため、長期間にわたる気候変動を理解するためには気象観測記録と同等に扱える代替指標を確立する必要がある。古気候復元媒体としての樹木年輪には正確な年代決定ができ時間分解能が高いという大きな特長があるが、インドネシアで

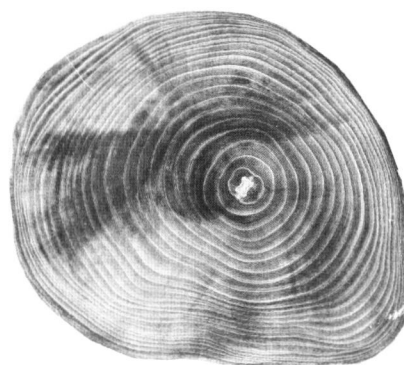


図 1：インドネシア産スンカイの年輪

の樹木年輪気候学研究は非常に限られており、年輪幅が降水量や ENSO の代替指標として確立されているにすぎない。年輪を構成する諸要素はそれぞれ別の時期の気候要素に反応するので、年輪幅以外の年輪構成要素と降水量以外の気候要素に有意な相関が発見されれば、より詳細な気候復元が可能になる。より詳細な気候復元のため、インドネシアの年輪気候学で用いられてきたチークと極めて近縁の関係にある、スンカイ（図 1）を用いて、年輪幅の他に、孔圏道管の平均面積、年輪セルロース中の炭素・酸素同位体比も測定し、これらを降水量、相対湿度、日照時間と相関解析した<sup>9)</sup>。その結

果、スンカイにおける複数の年輪構成要素と気候要素との間に有意な相関があることが明らかとなった。さらに代替指標を確立するためにインドネシア産スンカイにおける年輪セルロース中の炭素・酸素・水素安定同位体比の測定が進められた。それにより、酸素安定同位体比が、雨期の相対湿度の情報を記録している可能性が高いことが明確となった他、スンカイが古気候復元に有用な樹種であることが示唆された（投稿準備中）<sup>10)</sup>。また、インドネシア産チークについても、スンカイと同じく、セルロースの酸素安定同位体比が古気候代替指標となる可能性が高いことが判明した<sup>11)</sup>。

熱帯樹木の成長輪解析に関しては、1988 年の IUFRO の会議<sup>2)</sup>以来、①熱帯の国では年輪・成長輪を研究する研究者が少ないことから技術的、経済的なサポートが必要である、②熱帯の樹木についての研究の中心は熱帯で設立され、研究者同士のコミュニケーションが出来るような協力体制が必要である、③年輪分析が広く応用されるためにも多くの方法、結果、可能性を広く広めるべきである、④熱帯資源を保全の面からも国際的に認知され、またそのような研究プロジェクトが高い評価を受けるべきである、と認識されている。熱帯の一つであるインドネシアは、アジアモンスーン、エルニーニョ・南方振動、インド洋ダイポールモードの支配下にあり、そこに生育する熱帯樹木は、地球規模での気候システムの関係性を解き明かすのに絶好な情報を保存しているはずである。未来の気候変動予測のために今を生きる我々ができることは、熱帯樹木が知る過去を、より正確に抽出し、未来の予測能力を向上させることである。今後も、上記の①～④を念頭におき、引き続き熱帯樹木と気候変動に関する研究を進めていく予定である。

## 参考文献

- 1) Cultural Diversity, Environmental Variability (Chen, L., Qiu, H.-Y., Wang, X.-C., and Zhang, Q.-B. eds), Programme and Abstract Book of 7th International Conference on Dendrochronology, Jun. 11-17, 2006, Beijing, China, pp. 1-153.
- 2) Growth Rings in Tropical Woods (Baas, P., and Vetter, R. E. eds.), IAWA Bull. n.s. 10, pp. 95-174, 1989.
- 3) Growth periodicity in Tropical Trees (Eckstein, D., Sass, U., and Baas, P. eds.), IAWA Bull. n.s. 16, pp. 323-442, 1995.
- 4) Dendrochronology in Monsoon Asia (Eckstein, D., and Baas, P. eds.), IAWA Bull. n. s. 20, pp. 223-350, 1999.
- 5) Coster, Ch. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresringbildung in den Tropen., *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, **37**, 49-160, 1927 & **38**, 1-114, 1928.
- 6) Berlage, H. P., Jr., Over het verband tusschen de dikte der jaarringen van djatiboomen (*Tectona grandis* L.f) en den regenval op Java. *Tectona*, **24**, 939-953, 1931. (Translated by Bei, M., 1988).
- 7) Nobuchi, T. *et al.*: *IAWA J.*, **16**, 361-369, 1995.
- 8) 谷尾元聡, 熱帯における年輪気候学に関する基礎技術開発, 京都大学情報学研究科修士論文, 2006.
- 9) 田村茂樹, インドネシア産スンカイを用いた古気候復元の可能性, 京都大学大学院理学研究科修士論文, 2009.
- 10) 原田麻央, Basic study of paleoclimate reconstruction using tree-ring structure, oxygen and carbon isotopic ratios of Sungkai (*Peronema canescens* Jack) in West Java, Indonesia, 京都大学大学院理学研究科修士論文, 2011.
- 11) ブリーン佐助, インドネシア産チーク年輪を用いた古気候復元のための基礎的研究, 京都大学理学部卒業論文, 2011.