

樹木の成長輪の解析と関連科学の動向*

水野 寿弥子**, 杉山 淳司**

Recent trends in dendrochronology

Suyako Mizuno and Junji Sugiyama

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。そのことによって成長輪 (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 (annual ring) が形成される。しかし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ことが多い。

Dendrochronology (dendros: 樹木+chronos: 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。

2006 年には中国の北京で Dendrochronology の国際学会¹⁾が開催された。本稿では、この学会での発表内容を検討し、①樹種と研究目的、②熱帯樹木の年輪研究の現状と展望、についてまとめたので報告する。

本学会では、以下の 16 個のセッションに分けて研究成果が発表されている。すなわち、S1: 年輪と同位体について、S2: 地形学における年輪の応用、S3: 青海-チベット高山での年輪学、S4: 環境に応じた樹木生理学、S5: 熱帯での年輪年代学、S6: 年輪と古環境記録について、S7: アジアにおける年輪年代法、S8: 年輪年代学と文化遺産、S9: 森林における害虫発生の指標としての年輪、S10: 資源活用における年輪年代法の利用、S11: 森林の生態とマネージメント、S12: 年輪気候学における方法とモデル、S13: 年輪化学、S14: 環境の因子に反応した年輪形成、S15: 年輪から気候を復元する、S16: 年輪水文学である。参加者は 33 カ国、利用された樹種は 73 属にわたる。国別にはアメリカ、中国、日本、ヨーロッパで研究が盛んであり、東南アジアの諸国も、先進国の研究機関との共同研究という形で研究を進めている。

研究例の一部を列挙すると、次のようである。年輪と同位体に関連した古環境の復元や気候変動 (S1)、ポーランドの地すべり発生地域における年輪応用の研究 (S2)、青海-チベット高山での過去の気候や降水量の復元 (S3)、環境に応じた樹木生理学として、干ばつや洪水が年輪に与える影響 (S4)、降雨と気温の影響で出来たと考えられるタイのチークにおける 448 年分の年輪データの構築 (S5)、中国乾燥地域における年輪を用いた乾燥の歴史の復元 (S6)、東日本における広葉樹のブナの年輪幅暦年変動を民芸品にも応用した研究 (S7, 8)、昆虫の発生と年輪との関連性の研究 (S9)、西アメリカやカナダでの年輪を用いた過去の森林火災や気候の復元 (S10)、中央アフリカのガボンに生育するオコウメの年輪解析をプランテーションに生かす研究 (S11)、年輪年代法における C14 ウィグルマツチング法の応用 (S12)、年輪中のストロンチウム 90 を放射能汚染の指標とした研究 (S13)、降雨や気

* 2007 年 8 月 17 日受理

** 〒611-0011 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分野
E-mail: mizunosuyako@rish.kyoto-u.ac.jp

温によって変動する年輪の研究 (S14)、北方チベットでの過去 500 年に渡る乾湿の変動履歴や年輪年代を用いたフィンランドでの 7,520 年間にわたる気候の復元 (S15)、中国の黄河上流での過去 700 年間の水量の復元 (S16) などである。

このように、近年、樹木の年輪の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 (S7, S5)、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¹⁻⁴⁾。

2. 年輪学における樹種とその利用目的

本学会¹⁾での研究例が年輪学の研究成果を全て網羅している訳ではないが、近年の研究トレンドを知る上での参考として、目的毎の使用樹種についてまとめた結果を表 1 に示す。

表 1：樹種と研究内容について

属名	気候学	解剖学・方法	環境学	年代学	化学	考古学	水文・地形学	生態学	総計
マツ属	21	14	11	12	8	2	2	3	73
コナラ属	15	15	5	5	5	3	1	2	51
トウヒ属	15	9	5	3	8	3	3	5	51
モミ属	3	5	7	4	1	4	1	3	28
カラマツ属	3	6		2	2	2	2		17
アオカズラ属	6	3	1			1			11
ハンノキ属	1	3	5			1	1		11
ブナ属	2	3	2		1	1	2		11
シラカンバ属	3	2	3	1		1			10
チーク属	3	2	1	1		2		1	10
ハコヤナギ属	2	3	3		1				9
ヒメツバキ属	3		3	1		1			8
ビャクシン属	2	1	1		2	1		1	8
スギ属	1	1	2		3				7
トネリコ属		2	4			1			7
ヒノキ属	1	1				2	1		5
カエデ属		1	1	1			1		4
クリ属		2	1	1					4
ヌマスギ属	3						1		4
トナナ属	2			1					3
トガサワラ属	2	1							3
マテバシイ属		2	1						3
その他	10	21	12	4	4	4	5	3	63
総計	98	97	68	36	35	29	20	18	401

総計約 73 属 192 種の樹木が研究に用いられており、これらの内容を主観的に 8 つの内容項目に当てはめて分類した。古気候の復元や気候変動の復元については気候学、年輪部位の組織構造や年輪データの読み取り法は解剖学的方法、過去の森林火災の痕跡や害虫の発生、古環境復元は環境学、年

輪データの構築は年代学、年輪解析に安定同位体を用いたものは化学、年輪データを考古学的に適用したものは考古学、地すべりや森林水文学と年輪の関連は水文・地形学、森林マネジメントや森林資源の有効活用関連は生態学というようにそれぞれに分類した。

73 属の樹木について、針葉樹と広葉樹の比率は 21:52 であった。用いられた樹種は多い順にマツ属、コナラ属、トウヒ属、モミ属、カラマツ属となっており、針葉樹の研究例が圧倒的に多い。また研究内容は、多い順に気候学、解剖学・方法、環境学、年代学、化学、考古学、水文・地形学、生態学となっており、特に気候復元や、環境学に年輪情報が積極的に活用されていることがわかる。熱帯樹木については、年輪（成長輪）が明瞭なチークやトーナ属の樹木が使用されており、降水量やエルニーニョ現象などの気候との関連が研究されていた。また年代学においては、年輪年代データ（マスタークロノグラフ：年代の特定に使うもっとも重要なものさし）が得られた樹種（日本ではスギやヒノキ）について考古学や環境復元などが行われており、今後さらに多くの樹種についての時代を超えた幅広い年輪サンプルが収集解析されることによって、年代を特定する指標として貴重なデータとなるであろう。その意味では、我が国においてもブナが年輪年代学に用いることができるようになったことは意義深い⁵⁻⁶⁾。

3. 樹木の年輪研究の現状と展望

前節でも記したように熱帯樹木の年輪学は近年注目されている。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。このような多方面への要求にこたえるために、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¹⁻⁴⁾。

熱帯樹木の成長輪解析に関しては、1988 年の IUFRO の会議²⁾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 熱帯の樹木に関する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、可能性を広めるべきである、④ 熱帯資源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。その中でも特に重要なのは ③ であり、現在インターネットを通してデータの閲覧が可能であるが⁷⁾、それも国によりやや隔たりがあるようである。マスタークロノグラフ等は、誤った利用をされた場合は歴史を変えることにもなりかねないので、やはりデータの公開の仕方や、利用者については今後も議論の対象となるだろう。いずれにせよ、方向としてはグローバルな研究目標に対してデータを共有してゆくの必然といえる。

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⁸⁻⁹⁾。

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、Nobuchi¹⁰⁾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。

またこのような解剖学・植物生理学上の進展と平行して、木口断面の周期構造の画像処理などにより、道管分布、道管率、密度変化など様々な側面からのデータと、精密な気象データと照らし合わせることで、熱帯樹木の生長と気候変動すなわち、正確な時間軸を与えることが出来る可能性が高くなってきた¹¹⁾。

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。

参考文献

- 1) Cultural Diversity, Environmental Variability, *Programme and Abstract Book of 7th International Conference on Dendrochronology* (Chen, L., Qiu, H-Y., Wang, X-C. and Zhang, Q-B. eds), Jun. 11-17, 2006, Beijing, China, pp. 1-153.
- 2) Growth Rings in Tropical Woods, *Proceedings of the joint session of IUFRO P5. 05 Tree Ring Analysis and IAWA on Age and Growth Rate Determination in Tropical Trees* (Baas, P. and Vetter, R. E. eds), *IAWA Bull. n. s.*, **10**, 95-174, 1989.
- 3) Eckstein, D., Sass, U. and Baas, P., Growth periodicity in Tropical Trees, *IAWA Bull. n. s.*, **16**, 323-442, 1995.
- 4) Eckstein, D. and Baas, P., Dendrochronology in Monsoon Asia. *IAWA J.*, **20**, 223-350, 1999.
- 5) Hoshino, Y., Dendrochronology of Japanese Beech (*Fagus crenata* Bl.) on the Eastern Honshu Island, Japan. Ph. D. Thesis, Kyoto University, pp. 1-64, 2007.
- 6) 星野安治, 米延仁志, 安江恒, 野堀嘉裕, 光谷拓実, 東日本におけるブナ年輪幅暦年変動パターンの広域ネットワーク構築, *日本文化財科学学会誌*, **54**, 69-79, 2006.
- 7) National Climatic Data Center. WDC for Paleoclimatology:
<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/treering.html>
- 8) Coster, Ch., Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen- und Jahresringbildung in den Tropen. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, **37**, 49-160, 1924 & **38**, 1-114, 1928.
- 9) Berlage, H. P., Over het verband tusschen de dikte der jaarringen van djatiboomen (*Tectona grandis* L. f) en den regenval op Java, *Tectona*, **24**, 939-953, 1931.
- 10) Nobuchi, T., Ogata, Y. and Siripatanadilok, S., Seasonal characteristics of wood formation in *Hopea odorata* and *Shorea henryana*, *IAWA J.*, **16**, 361-369, 1995.
- 11) 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, pp. 1- 65, 2006.