 黒岩菊郎記念研究奨励賞受賞論文要旨

軟X線デンストメトリーによる容積密度数 および樹木年輪情報の解析法 *

野 堀 嘉 裕 **

I. 樹木年輪

地球の高緯度地域の樹木に顕著に現れる年輪は、個々の樹木が持つ遺伝的要素、周囲の樹木等との競合の結果、また気象など周囲の環境要素が複雑に作用してできた生物生産の成果であり、この中には年周期の過去の記録が取り込まれている。1年輪内の切片を放射方向に移動しながら観察すると多数の細胞から構成されていることがわかる。多くの針葉樹では1年輪の始めの部分では径が大きく壁の薄い細胞がみられ、1年輪の終りの部分では径が小さく壁の厚い細胞がみられる。このことは樹木の成長様式と密接に関連していることははっきりしているものの、詳細が解明されているとはいえない状態である。広葉樹ではこれらの細胞の中に極めて径の大きな細胞（道管）が混ざってみられるが、樹種によって混ざりかた、道管の分布様式が様々である。いずれの場合も年輪を構成する要素は遺伝的因子、競争、環境などにより変化するのである。

II. 軟X線デンストメトリー

軟X線は透過光であり透過線量は被写体の容積密度数に指数的に反比例する。この性質を利用すれば樹木の年輪内の様々な情報が採取できる。すなわち樹木の木口を一定の厚さに製材した木材試料を軟X線写真撮影すると試料各部分の容積密度数に対応した濃淡がフィルム上に現われる。容積密度数の基準となる標準吸収体を試料とともにフィルムに写し込んでおけば、デンストメーター（濃度測定装置）でそれぞれの濃淡を観測しコンピューター解析することにより試料の濃淡を容積密度数に変換することができ、年輪内の容積密度数と年輪幅のデータが同時に得られる。この方法は一般的に軟X線デンストメトリーシステムと呼ばれている。デンストメーターでは普通樹心から樹皮方向に向かって幅30ミクロン程度（早材部の仮道管幅1～3個の大きさ）で10ミクロン単位の測定が行なわれ、多数の年輪の内部の詳細な容積密度数情報がえられる。年輪の識別はコンピューターによっておこなうが、筆者は針葉樹の場合モルクの定義（放射方向に測定した細胞内こう径と隣接する仮道管の間の2重の接線壁の厚さの比が2より小となることを晩材とする）から導かれる容積密度数 $0.55\text{g}/\text{cm}^3$ より低い部分を早材、高い部分を晩材とし、これら一対を1年輪と識別するようなプログラム、及び解析システムを開発した。このシステムで得られる情報は当該年輪の樹心からの距離、早材幅、晩材幅、早材部容積密度数、晩材部容積密度

* Yoshihiro NOBORI : Analysis of tree-ring information and density by X-ray densitometry

** 東北大学農学部附属農場 Experimental Farm, Faculty of Agric., Tohoku University, Naruko, Miyagi 989-67

数、最低容積密度数、最大容積密度数であり、計算値として年輪幅、1年輪平均容積密度数、晩材幅の年輪幅に対する比率、早晚材容積密度数の差などが得られる。針葉樹の場合このシステムを用いることにより比較的容易に年輪情報を得ることができるが、年輪内に道管がある広葉樹の場合、現時点では解析がなかなか難しい。また針葉樹の場合であっても全ての試料が標準的年輪で構成されているわけではないので、材の割れ、疑年輪や晩材不認識年輪などに対する処理は調査者が手動で対応しなければならないことがしばしばである。

III. 情報の解析

軟X線デンストメトリーで得られる年輪情報は年代ごとの早・晩材別幅と容積密度数他であり、1試料で基本的に2次元配列のデータが得られる。育種的解析を目的とする場合は産地別に多数の試料を解析して3次元配列のデータを用意し、同年における各年輪構成要素の分散を解析したり、特徴的個体をピックアップすることができる。例えば年輪幅が大きくしかも容積密度数の大きな個体が検出されればこれをクローン化して植栽することにより重たい材が短期間で収穫できるので、高強度の用材生産に好都合であるばかりでなく、紙パルプ収量増の可能性も開けることがわかる。この場合は遺伝的因子を主に解析していることになる。

森林経理学的解析を目的とする場合は1林分内の多数の試料を解析して3次元配列データを用意し、個々の林木の年輪構成要素の経年変化を解析して成長の論理を解明し林分全体の成長様式を把握することができる。この場合これまでの森林経理学では材積成長に解析の主眼がおかれていたが、軟X線デンストメトリーを用いることにより容積密度数が把握できるので重量成長様式の解明も可能であるばかりでなく、個々の林木の光合成や代謝の把握により新たな生物学的解析が可能となろう。この場合は年輪に含まれる競争の経過を主に解析していることになる。

樹木年輪から過去の気象を復元しようとする場合一般的には同地域に生息する競争過程を大きく過ぎた複数の天然木を解析し、年輪構成要素ごとの年代標準曲線式を求め、これと気象情報との関係を重回帰分析で調べ、この関係式をもとに気象データを過去に延長して推定するのである。この場合は環境要素の解析が主となっている。勿論林分内競争時代のデータは信頼性がなく使用できないのでどうしても高齢の試料が必要となる。このような研究は日本では始まったばかりであり、どのような気象要素がどの年輪構成要素に影響するのかなど詳細が解明されているわけではない。

IV. おわりに

「木をみて森をみず」といいますが、筆者はこのところ「年輪をみて森をみる」ことに終始しています。軟X線デンストメトリーが万能なわけでもないし、実際には樹木という生物社会の細胞レベルのスケールから森林のスケールをみつこうというわけですから、かなり大胆不敵です。但し、森林科学の基礎は過去・現在・将来ともに年輪研究で在り続けると考えていますので、これからは森林科学、特に年輪研究に意欲のある後輩の育成に最大限の努力をしていきたいと思っています。最後になりましたが、この度森林計画学会黒岩菊郎記念研究奨励賞の栄誉を与えて頂きましたことに対し心からお礼申し上げます。