

【解 説】講 座

林木育種の現場の ABC (13) 材質調査 (材質調査の基本)

藤澤 義武^{*,1}

はじめに

木材には1万とも2万とも言われる極めて多様な利用場面がある。そうしたそれぞれの利用場面において、木材に求められる性能が材質である。したがって、材質は木材の利用場面の数だけ存在することとなり、この材質の善し悪しを比較するための基準とするのが材質指標である。また、近年は目視など主観に頼る材質の評価から、客観的な値、例えば、材の密度であるとか、ヤング率など理学、力学的性質を評価の指標とするようになっている。ここで留意しなければならないのは、密度、ヤング率などの値は何らかの材質を示す指標値となっているのでなければ、単に木材の性質を示しているに過ぎない。すなわち、ヤング率が、Aと言うクローンは5 GPa、Bと言うクローンは8 GPaと評価されても、BがAより材質が優れていることを示しているのではない。クローンBは、ヤング率が単に高いことを示しているに過ぎない。しかし、ここに構造材として利用するという場面を設定することによって、ヤング率は単なる木材の理学的性質を示す値から、構造材としての適応度を示す指標値として機能し、BはAよりも構造材として優れていると言うことができる。すなわち、ヤング率などは木材の性質を示すスカラー量にしか過ぎないが、利用場面を設定することによって、材質を評価する方向と大きさを示すベクトル量になるとも言える(藤澤1989)。

ここでは、色々な場面で材質を示す指標となる木材の基本的な性質について、常法による基本的な測定手法を紹介する。

基本的な木材性質

木材性質には、①生物的な性質、②物理・力学的な性質、

③化学的な性質がある。これらは最も基本的な項目であり、さらに詳細に考えていくと、例えば、切削性などの加工に関するものなど、木材の多様な性質をすべて含む。最も基本的な木材性質を一般材質あるいは基礎材質と呼ぶことがあるが、その場合は生物的な性質および物理・力学的な性質を指すのが一般的である。それぞれの項目における主な木材性質を次に示す。

①生物的な性質: 幹の形、枝節性、年輪構造、繊維傾斜、繊維長(仮道管長)、細胞の直径・壁厚、ミクロフィブリル傾角、あて材など

②物理・力学的性質: 密度、ヤング率、収縮率、含水率、強度、遮音性、耐熱性、通電性など

これらの中から基本的なものを選択し、まずは育種分野ではあまりなじみのない木材の性質についての理解を深めるため、供試材による基本的な測定手法を紹介する。育種分野において有用な簡易で効率的な測定手法については、改めて紹介する。

基礎的材質の定法による測定

生物的性質

樹幹形状: 樹幹形状は、幹曲り、根本曲り、あるいはクライテリオン RD1000 による相対樹幹形の評価として検定林における基本的な調査項目の中に取り入れられており、すでに紹介したところである。これらの性質は素材丸太としての重要な材質指標となる。すなわち、幹曲りや根本曲りは、打ち出しの有無、A・B・C・D材に示される曲がりを中心とした用途区分の評価因子であり、相対樹幹形で評価される細りは製材の際の端材の量に関係してくる。細りが大きいと素材材積に占める端材の比率が大きくなり、歩留まりが低下する。すなわち製材利用では、曲がりがなく通直で、細りも少ないことが求められる。パルプ、薪炭材利用を含むバイ

* E-mail: yochan53@agri.kagoshima-u.ac.jp

¹ ふじさわよしだけ 鹿児島大学農学部

オマスとしての利用面ではこのことは考慮されず、木質の実質量を示す容積密度や運搬コストに関係する含水率が重要な指標となる。

節枝性：節は材の中に枝、もしくはその基部が残されたものであり、枝が枯死後に巻き込まれた死に節、生存中に巻き込まれて周囲の木部と一体化している生き節とがある。死に節は周囲の木部との間にほとんどつながりがないため、曲げなどの応力が加わった場合に破壊のきっかけとなり、重大な欠点となることは容易に想像がつくであろう。しかし、生き節であってもその部分で木理が乱れることから、特に材の縁の部分（材縁部と呼ばれる）に位置する場合には、破壊のきっかけとなりうる。節は製材品の重要な材質指標であるが、木材利用の分野では節をどのように評価するのかを理解しておくのは無駄ではないだろう。節の測定手順は次のとおり。

節の直径は節の巻き込み部（JAS：日本農林規格では節ばかまと呼称する）を除いた部分の大きさを節の径とし、巻き込み部がはっきりとしない場合は周囲の木部と材色で区別できる部分を節として測定する。先述の通り節の位置が重要なので、材縁部と材の中央部に区分し、それぞれで節の径を測定する。JAS では材の両側の縁からそれぞれ材幅の1/4幅を「材縁部」、中央部に残された1/2幅を「中央部」として定義している。また、節の長径と短径の差が2.5倍以上になるような細長い節では長径の半分を節径とする。こうして、節径を測定した後、節径比を次の式に従って、計算する。

$$\text{節径比} = (\text{節の径} / \text{材の幅}) \times 100$$

また、材長方向に15cmの範囲に存在する全ての節（一部でもこの範囲に入るものは全てカウントする）の径を合計して算出した節径比を集中節径比と言い、構造材利用では重要な指標とされる（太田ら2001）。

年輪幅：一般的に温帯等季節の変化が明確な地域に生育する樹木は一年間の肥大成長によって一つの成長輪を形成し、これを年輪という。針葉樹は色調の濃淡の繰り返しによって比較的明確に一年輪を区分できる。針葉樹は木部の90%以上が仮道管で構成される単純な構造になっており、この仮道管が水分の通道と樹体の構造の維持の双方を担っていることによる。これは、多量の水分の通道を必要とする成長期には壁の薄い空洞部の比率の大きい早材と呼ばれる仮道管を形成し、その後、壁が厚くて空洞部が極めて少ない晩材と呼ばれる樹体の維持を主目的とした形態を取る仮道管を形成し、

それぞれの間で色調に大きく違いを生じることによる。すなわち、針葉樹では、晩材部は壁が厚いことから深い色調となってより薄い色調の早材部と容易に区分でき、晩材から早材に移り変わる境目が年輪の始まりである。

一方、広葉樹の年輪幅の測定は、針葉樹に比べて格段に難しい。広葉樹は水分の通道を担う導管、樹体の維持を担う木繊維など、針葉樹に比べて組織構造がより複雑になっているが、年輪は針葉樹のように明確ではない。それでも、ケヤキ等の環孔材と呼ばれる範疇に属する樹種では、年輪が比較的明瞭である。しかしながら、色調が濃く縞のようになって晩材部のように見える部分は導管が集中した孔圏と呼ばれる部位であり、これらは成長の開始と同時に形成される。したがって、針葉樹では晩材と早材の間、すなわち、色調の濃い部分の外周部が年輪界であったが、環孔材では導管が集中した孔圏の内周部が年輪界となることに留意しなければならない。それでも、環孔材では年輪界は比較的明瞭に区分することができるが、散孔材と呼ばれる導管が比較的均等に分布する樹種や、放射孔材と呼ばれる導管が放射方向に筋のように集中して分布する樹種では、年輪界を識別するのはより難しい。散孔材、放射孔材であっても、1年輪の始まり部分の導管は径が大きく、終端部分に向かって小さくなっていく傾向にあり、この点に留意して区分するしかない。

年輪幅はこれまで構造材利用において重要な材質の指標と考えられてきたが、近年では強度の指標とするのは不適切であるとされる。それは、多くの樹種で年輪幅と強度特性との間に明確な相関関係が見いだせないうえに、年輪幅そのものよりも年輪幅に占める晩材部分の比率（晩材率）が重要であり、年輪幅が晩材率に与える影響は樹種などの違いによって変化するからである。極端な例として、ケヤキ等の環孔材では、成長が悪く、導管部分の多い材はヌカ材と呼ばれ、極端に強度が低下するが、成長が良好であると木繊維部分が増大するため、密度、強度ともに高くなる。また、針葉樹であっても年輪幅を狭めるために極端に植栽密度を高めるなどして成長を抑制した場合、晩材部そのものの密度も低下し、本来期待される強度が発揮されないことがある。

測定手順は次のとおりである。まず、樹幹の木口面を切り出し、木口面の長径、短径方向に髓から樹皮の放射方向に基準線を鉛筆などで引く。このとき、木口面全体、あるいは基準線に沿って平滑にしておく必要があるが、サンダーなどの研磨系の用具で平滑にすると、細胞の断面の角が崩れ、年輪界が不明瞭になることがある。このため、カンナや彫刻刀など切削系の用具で

平滑にするのがみそである。長径、短径方向に髄から4方向、あるいは、それぞれの方向にアテ材などの異常部分のない方向を選択して、2方向を測定する。それぞれの方向に年輪を数え、基準線へ5年輪毎あるいは10年輪毎にチェックを入れる。それぞれの方向の年輪数が一致することを確認した上で測定に入る。もし、年輪数が異なる場合はもちろん再カウントする。それでも、数が合わない場合は偽年輪をカウントしている可能性もあるので、年輪の全周のつながりを確認する。不連続年輪といって断続した年輪を形成するカヤなどの樹種もあることも留意しておく。

年輪幅はルーペ、実体顕微鏡で拡大しながら、ノギスや各種のスケールで測定する。写真-1に示した専用の機器もあり、これらは正確かつ直接デジタルデータ化してくれるので、可能であれば利用する。しかし、比較的年輪幅が大きい造林木であれば、直径の小さいものではスキャナで画像を取り込み、直径の大きなものであればデジカメで分割して撮影し、その画像を例えばDendromeasure (山形大学資源計画研究室作成) などのフリーの解析ソフトで測定すると極めて効率的である。ただし、先述した年輪数の確認などの準備作業は必ず行っておくのは言うまでもない。



写真-1 年輪幅測定機

繊維傾斜度：マツ、カラマツなどでは成長時の樹幹のねじれが大きく、これが製材品の捻れや反りの原因となって問題となることがある。これを旋回木理という。カラマツではねじれのないものは少なく、一般林分での出現率は数%以下とされ、製材品として利用するうえでの深刻な欠点であるにとらえられている (三上 1988)。旋回木理の測定法は次のとおり。

樹幹の測定したい部分から樹幹方向に正確に直角で

厚さ 10 cm の円盤を切り取る。この円盤の上面に髄を通り、樹皮から樹皮にいたる基準線を引く。次に基準線の両端から下げ振りを下げ、円盤のもう一方の面に上面に平行な同様の基準線を引く。あるいは試験材がそれほど大きくない場合、写真-2のように、底面に鏡を置き、ここに写る基準面の写像に合わせて反対面に基準線を引く。次に上面の基準線に両刃の鉋をあて、割裂する。反対側の基準線で割裂で発生した曲線について、それぞれの年輪で基準線からのずれを測定する。基準線からのズレを円盤の厚み、この場合は 10 cm で割り、これを 100 倍すると繊維傾斜度 (%) となる。一連の作業は写真-2に示したとおり。



写真-2 繊維系斜度の測定

繊維長 (仮道管長)：木部を構成する仮道管や木繊維の長さは、パルプ等の原材料として利用する場合に重要な材質の指標となる。また、それだけではなく、成熟材、未成熟材の区分の指標ともなる。すなわち、Sanio K. (1872) は髄からある年輪までは繊維長は漸次長さを増し、その後、概ね一定の値をとることを見出した。繊維長が漸次長さを増す範囲はヤング率やその他の木材性質も漸次増加する。この部分は強度やその他の性能が劣ることが数多くの研究者によって報告されており (例えば、深沢 1957 ; 太田 1972 ; 渡辺ら 1963)、未成熟材と呼称してそれより外側の安定した性質を示す部分、成熟材と区別する。繊維長 (仮道管長) はこの未成熟材の範囲を示す指標となる。

繊維長 (仮道管長) の測定手順は次のとおり。まず、パルプ化同様に木材からリグニンを取り除き、仮道管や木繊維がバラバラなる状態にしなければならない。これを解繊と言い、解繊して得た仮道管や木繊維を顕微鏡や万能投影機などで拡大して測定する。具体的には次のとおり、スギを念頭においているが、他の樹種、

広葉樹でも同様である。

まず、対象となる個体から樹幹方向に1.5 cm程度の厚みで、髓から樹皮までに至る幅2 cm程度の供試材を切り出す。この供試材のそれぞれの年輪の晩材部分からカッターナイフなどでマッチの軸程度の断面を持った晩材片を切り出し、10～20 ml程度の管瓶に入れる。ここに解繊液入れ、場合によっては加熱するなどの処理を加えて解繊する。このとき、全体が崩れてパルプ化するところまで進めるのではなく、一部が剥がれかける程度に抑えておくのがみそである。進めすぎると仮道管が曲がったり、折れたりする頻度が高まり、測定が難しくなるので注意する。解繊の程度については、処理温度、時間などを変えて予備試験を行って決めておく。

解繊が終わると解繊液を水と入れ替える。その後、スポイトで軽く空気を吹き込むと繊維がばらけるので、これを吸い込んでスライドグラスに垂らす。このとき、懸濁度の高い部分ではなく、比較的、濁りの少ない部分を吸いとるのがミソ。濁りの強い部分では、検体が多くなりすぎて重なり合うことから、測定が難しくなる。また、空気の吹き込みが強過ぎると検体が折れたりするので留意する。仮道管の水溶液を滴下したスライドグラスを顕微鏡、万能投影機などで拡大して測定するが(写真-3)、仮道管長は大きいもので数ミリ程度あり、低倍率で十分である。一年輪当たり50本程度の検体を測定するが、測定に際して闇雲に測定するのではなく、仮道管の両端のつながった部分、チップと呼ばれる部分が完全であるかを確認したうえで測定する。仮道管の先端部分に角がある場合はチップが折れているので測定から外す。正常な仮道管は極めて細長い紡錘形をしている。完全な仮道管のみを測定することで測定精度が向上する。



写真-3 スギ仮道管の顕微鏡観察

解繊液にはいくつか種類があるが、氷酢酸と過酸化水素を用いるフランクリン法が、悪臭はあるものの有毒ガスの発生がなく、廃液の処理が容易なので適当であろう。処理方法を次に示す。

氷酢酸と過酸化水素(30%)を等量混合したものを解繊液とし、60℃程度でインキュベータの中で24時間程度加熱する。ただし、過酸化水素は皮膚などに付くと危険であり、常温では分解が早くなるので冷蔵庫で保存するなど取り扱いには十分注意する。

物理的性質

含水率：スギでは、心材に辺材部の含水率が辺材同様に高い多湿心材が存在し、これが人工乾燥における重大な障害となり、スギの深刻な欠点の一つとされる。また、製紙においては、含水率は容積密度とならび木材実質の歩留まり量や輸送コストに影響する重要な材質の指標としてとらえられている。木材中における水分は、細胞壁中に存在する結合水と細胞内腔などの空隙に存在する自由水にわけられる。繊維飽和点(概ね30%前後)以下では水分は結合水のみであり、結合水によって細胞壁が膨潤するため、サイズが変化するだけではなく、ヤング率などの物理特性にも影響を与える。また、気乾状態とは、大気中で木材を乾燥させると、最終的にそれ以上乾燥しなくなり大気湿度に応じた変化を示すようになった状態であり、我が国では $12 \pm 4\%$ 前後とされる。木材はほとんどの場合、成りゆきでの状態で利用されるので、気乾状態の木材の性質が最も実用的と言えよう。ただし、先述の通り繊維飽和点以下では含水率の変化がサイズや物理特性に影響を与えるので、12%を標準含水率として規定し、この状態で測定した木材の特性を気乾状態の木材特性とする。これらのことから、木材は含水率の状態によって全乾状態、気乾状態、繊維飽和点、生材状態、飽水状態にわけられている。

含水率の測定には、木材実質量と水分量から含水率を得る全乾法に加え、電気抵抗、高周波の吸収など間接的な方法で含水率を推定する手法がいくつか存在する。ただし、基本は全乾法である。全乾法の測定手順は次のとおりである。すなわち、生材状態の試験材を適当に分割し、それぞれの重さを速やかに量る(写真-4)。その後、105℃で重量の変化が無くなるまで乾燥させて、水分を全く含まない全乾状態にする。この試験体を速やかにシリカゲル入りのデシケータに入れて室温まで冷やし、全乾重量を量る。含水率は以下の式で求める。

$$\text{含水率 (\%)} = [(\text{生材重量} - \text{全乾重量}) / \text{全乾重量}] \times 100$$

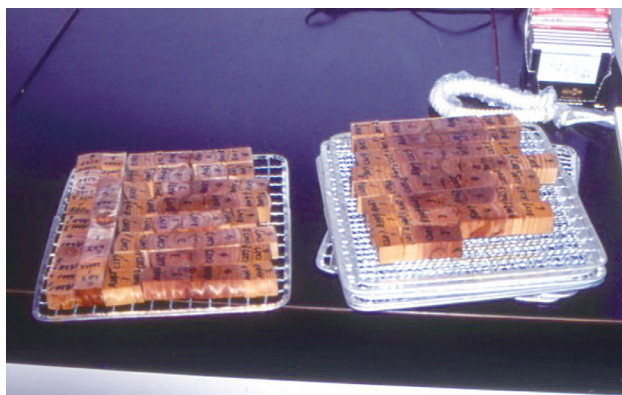


写真-4 含水率測定用の試験体 - 辺材、白線帯、心材で分割

ここで留意するのは、木材では全乾状態を規準として含水率を算出することである。このため、スギなど密度の低い材では、飽水状態の含水率が200%を超えることとなる。

試験体を採取する場合、辺材部、白線帯部（辺材部の最内周部に数年輪存在し、含水率が低いため、採取直後では白く見えるため、このように呼称される）、心材部に区分し、含水率を測定する。通常、辺材部は細胞の空洞部分が全て水で満たされている飽水状態となっており、逆に白線帯部は最も乾燥した状態にある。したがって、辺材部の含水率が極端に低い場合は、個体が異常な状態にあった、または、試験材が乾燥してしまった可能性を示唆する。

試験体の作成にあたっては、樹幹方向にある程度の厚みを持ち、幅2～3cm程度の試験材を切り出し、曲率を持ったのみで辺材、白線帯、心材それぞれを割裂させて作成する。また、表面が乾燥することによる影響を最小限に留めるため、測定直前に上下それぞれの部分から適当な厚みを切り取り、ただちに測定するなどの配慮も必要である。伐倒後、直ちに測定するのが理想的であるが、そうでない場合は適度な大きさを持った丸太の状態で測定設備に搬入し、丸太の中央部から試験体を切り取り、直ちに測定するのが良い。このとき、辺材部分の含水率が試験体の乾燥程度の目安となることは先述の通りである。辺材部分が極端に低い場合、試験材が乾燥してしまっていた可能性がある。また、試験体を作成し、冷凍保存することによってある程度保存期間を延ばすことができるが、この場合も昇化によって乾燥し続けていることを念頭におき、測定にあたってはこのことによる影響を予め評価し、測定手順を決めておく必要がある。

密度：単位体積当たりの木部質量を示す。木材の最も基本的な性質であるが、測定が難しい値でもある。それは、木材では含水率が0%から30%程度（繊維飽和点）まで変化するのに伴い、サイズも大きく変化するためであり、接線方向では数%以上変化する。そのため、どのような条件で体積を測定したのかによって密度の定義が異なる。それぞれの条件における密度の定義を次に示す。

全乾密度 = 全乾重量 / 全乾体積

気乾密度 = 気乾重量 / 気乾体積

生材密度 = 生材重量 / 生材体積

容積密度 = 全乾重量 / 生材体積

最も一般的な値は容積密度であり、これは立木状態において、一定の材積からどれほどの木材実質量を得ることができるのかを示すので、パルプ生産においては最も重要な材質の指標となる。

具体的な測定手順としては、立方体、直方体などの定型の試験体を作成し、その寸法と重量を測定して得る測長法と体積を液体で置換して測定し、その後、重量を測定して密度を得る置換法とがある。全乾密度、気乾密度は測長法を用いるのが一般的であるが、水銀など木材に吸収され難い媒体を用いることができれば、置換法によることも可能である。しかし、一般的に媒体には水を用いるので、置換法は実質的に容積密度の測定に限定される。水置換法で体積を測定する際には木材を飽水状態にしておく必要がある。これは試験体の寸法変化と吸水を防ぐためである。写真-5に水置換法による測定の様子を示した。水を入れたビーカーを風袋引きし、ここに試験体を針などで押し込むと、排水量、すなわち体積が重さとして示される。ただし、水置換法では水に溶ける成分が抜けるので、厳密にはこのことを考慮しておかなければならない。一定年輪数ごとの密度の変化を知るためには、髄と各年輪の両端を結



写真-5 水置換法による体積の測定

んだ扇形に広がる試験体を作成する必要がある。これは、髄を通る一定幅の試験体を作成し、それを一定年輪毎に割裂して試験体を作成した場合、早材部の比率が大きい試験体となり、特に髄に近い部分では過小に評価する傾向にあることを避けるためである。

ヤング率：物体に引っ張り力を加えて伸ばした場合に、力の大きさに従って伸び、その力を減少させると元に戻ろうとする性質がある。これを弾性と呼び、鋼材や木材、さらにはコンクリートを含む多くの物体において、一定の範囲で弾性体としての性質を示すことがわかっている。ヤング率が重要なのは、木材ではヤング率と強度との間の相関が高いとされていることであり、それ自体が変形の容易さを表す指標であるだけではなく、破壊せずに強度を推定するための値として、構造材利用における重要な指標として捉えられていることにある。測定法には静的な手法と動的な手法がある。静的な手法は加重を加え、その際の変形量からヤング率を得る方法であり、動的な手法は材料の固有振動数等からヤング率を得る方法である。静的な手法では、万能試験機によって一定の速度で破壊に至るまで加重を加えて、応力-変形曲線を描き、両者の間に比例関係のある直線領域の傾きからヤング率を得る。ただし、このとき、加重を加える速度が重要であり、同じ試験体であっても加重速度が遅い方が加重速度を早くするよりも小さく評価される。これは、木材が粘土のような性質をもっており、加重速度が早いほど完全弾性体により近い性質を示すことによる。このため、どのような手法で測定したのかを明記しておくのは当然であるが、一連のサンプル群に対して複数の手法を混用して測定してはならない。

動的な方法で最も一般的なものはタッピング法であり、一定長の供試材料を切り出し、材の一端を金槌などで叩くことによって得た打音をマイクや加速度計でFFT(Fast Fourier Transform)アナライザに取り込み、樹幹方向の固有振動数を得る方法である(写真-6)。このとき、材の密度を測定する必要があるが、台秤を用いて重量を測定し、材の断面積と材長から材積を算出し、密度を得る。試験体が丸太の場合は細りがあるが、元口、木口双方の直径を測定し、それらの平均値と材長から材積をもとめて密度を得る。ヤング率は、次式から得る。

$$\text{ヤング率 (GPa)} = 4 \times [\text{材長 (m)}^2 \times \text{固有振動数 (kHz)}^2 \times \text{密度 (kg/m}^3)] / 1000,000,000$$

この式に示されるように、材長、固有振動数は二乗されるので、これらの測定の精度を上げるように留意する



写真-6 タッピング法によるヤング率測定

必要がある。FFTアナライザは、かつて小野測器やリオンなどからハンディタイプで16ビット精度の廉価な製品があったが、現在は販売されていないようである。このタイプを利用したいのであれば、高価であるがCrystal Instruments社のTHE CoCo-80 DYNAMIC SIGNAL ANALYZERは10時間にわたって24ビット精度で100 kHzまでの分析が可能な製品として入手可能である。この製品はパワースペクトル分析のみならず、より高度の分析が可能であり、タッピング法への適用ではオーバースペックではある。その他、システムプラス社のImpaq Eliteと呼ばれる製品もあるが、こちらの詳細は不明である。ラボに供試材を搬入して測定するのであれば、一体型専用機よりも高速AD(アナログ/デジタル)コンバーターとFFTアナライズソフトの組み合わせが一般的となっており、1チャンネルであれば数十万円程度で導入できる。これらはチャンネル数を順次追加することも可能であり、ソフトの制限までADコンバーターを追加できる。また、かつては測定機のロールスロイスと呼ばれたHPの35670Aは、HPが測定機部門を分社化したAgilent社で製造・販売が継続されてきたものの、2014年をもって終了したようである。ただし、まだ市場に出回っているようで、入手できる可能性がある。

一方、タッピングによって発生させた応力波の速度、すなわち木材中の縦方向の音速を、ファコップなどのストレスウェーブタイマーで測定すると、以下の式でヤング率を得ることができる。

$$\text{ヤング率 (GPa)} = [\text{音速 (m/sec)}^2 \times \text{密度 (kg/m}^3)] / 1000,000,000$$

GPa値を、重力加速度(9.8 m/sec²もしくは980 cm/sec²)で除し、さらに荷重の単位面積をcm²に変換すると、かつて用いられたkgf/cm²やtf/cm²が得られる。

ヤング率の測定において必ず留意しなければならないのは、試験体の含水率の状態である。ヤング率は含水率が30%以下（繊維飽和点）になると乾燥に従ってヤング率が上昇する傾向にあり、ときには20%以上変化する。したがって、気乾状態まで乾燥させたうえで測定する、あるいは温度、湿度が一定の環境試験室の中で測定する等の配慮が必要となる。大量の丸太をタッピング法で処理する場合には、そのような配慮は現実的ではなく、生材状態で測定するのが良い。丸太の場合、2、3ヶ月以上は水分が繊維飽和点を越えた状態が継続するので、この期間内に測定を終えれば、含水率の影響を考慮しなくても良い。ただし、気乾状態で測定するよりも過小評価していることを念頭においておかなければならない。

まとめ

今回は、材質の指標となり得る基本的な木材の性質について、供試材から常法によって測定する方法を示した。林木育種では多数の供試材料を対象としなければならないこと、伐倒によって供試材を得た場合は貴重な育種素材を失ってしまうこととなるなど、林木育種の分野では現実的な選択ではないが、木材性質を理解することを目的として紹介した。重要な木材性質について、林木育種の分野においてより現実的な測定手法につい

ては、改めて紹介する。

引用文献

- 藤澤義武 (1989) 材質の意味. 林木の育種 153: 24
- 深沢和三 (1957) スギ樹幹内の材質変動に関する研究 —産地を異にする林木樹幹の未成熟材などの区分とその材質特徴— . 岐阜大学農学部研究報告 25: 47–127
- 三上 進 (1988) カラマツの材質育種に関する研究 —旋回木理の遺伝的改良— . 林木育種場研究報告 6: 47–152
- 太田貞明 (1972) スギ・ヒノキ樹幹内における未成熟材の力学的特性に関する基礎的研究. 九州大学農学部演習林報告 45: 1–77
- 太田貞明・倉本哲嗣・栗延 晋・近藤禎二・高田克彦・田島正啓・千葉 茂・長坂壽俊・平川泰彦・藤澤義武 (2001) 林木の材質検定法とその実際 —国産材を活かす林木育種へ向けて— . 林木育種協会, 東京
- Sanio K (1872) Über die Grösse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*) . Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 8: 401–420
- 渡辺治人・堤 壽一・小島敬吾 (1963) 未成熟材に関する研究 (第一報) —スギ樹幹についての実験— . 木材学会誌 9: 225–230