

植栽されたキハダの材質 — 年輪幅、密度および乾湿に伴う寸法変化 —

酒井温子

2021年6～7月に奈良県内で伐採されたキハダの根元付近の輪切り材を用いて、年輪幅、密度および乾湿に伴う寸法変化を調査した。いずれも植栽木であった。

キハダは環孔材であるため、年輪幅が狭くなるほど密度が低くなる傾向が見られた。年輪幅が約3mm以上の部位では気乾密度は0.5～0.65g/cm³であったが、年輪幅が約1mmでは0.4g/cm³を下回る部位もあった。一般に密度と強度の間には相関があることから、キハダの場合、年輪幅が3mm未満の部位は強度が低い可能性がある。

一方、水濡れに伴う膨潤率も乾燥に伴う収縮率も、年輪幅が広がるほど大きくなったことから、年輪幅が広い部位は乾燥割れや反りが発生しやすいと考えられた。

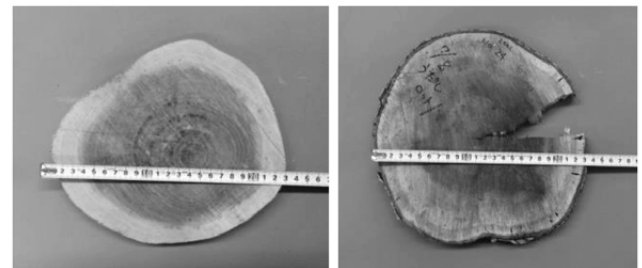
以上から、キハダ材の加工や利用にあたっては、年輪幅の大小によって材質が異なることに留意する必要がある。

1. はじめに

キハダ (*Phellodendron amurense* Ruprecht) はミカン科の広葉樹で、古来より内樹皮は生薬オウバク¹⁾として利用されてきた。たとえば、胃腸薬(和漢薬の陀羅尼助等)の原料となっている。しかし、内樹皮以外の実、葉や木部等については、ほとんど利用されず破棄されてきた。キハダの内樹皮を採取する際には、樹木を伐採する必要があるため、内樹皮とともに内部の木材も利用することができれば、収入の増加につながる。また、奈良県内では、多様な森林を目指して、2021年ごろからスギ・ヒノキ人工林内や皆伐跡地にキハダ苗の植栽が始められている。

そこで、キハダの木材利用を検討するため、奈良県森林技術センターでは、今までに、キハダ材の人工乾燥スケジュールの推定²⁾や微生物抵抗性の調査³⁾を実施してきた。今回、奈良県内で伐採されたキハダ植栽木34本の根元付近の輪切り材を入手する機会に恵まれた。これらを室内で自然乾燥させたところ、図1に示すように、顕著な割れが発生したものと、割れが生じない、もしくはほとんど目立たないものがあった。乾燥割れの大小は、加工や利用にあたって留意すべき事項であることから、年輪幅、密度および乾湿に伴う寸法変化について調査し、生育時の肥大成長と材質について考察した。

なお、本検討は、奈良県研究分野統合本部(事務局:産業政策課)における研究テーマ「県産キハダ(オウバク)の栽培促進と有効利用に関する研究」の一環として実施した。



年輪幅 2～12mm、年輪数 28個 年輪幅 10～30mm、年輪数 6個

図1 根元付近の輪切り材でみられた乾燥割れの有無

2. 材料と方法

2.1 材料

2021年6月～7月に奈良県内で伐採されたキハダ植栽木の根元付近の輪切り材を使用した。これらの中には、髄を2つ有し年輪形成が複雑なものや、大型の節や腐れ等の欠点を含むものもあったことから、それらの欠点が少なく、繊維方向が20～30mmの7個体を調査対象とした。この7個体の生育場所および樹齢、樹高、胸高直径を表1に示した。

次に、気乾状態の輪切り材を、図2に示すように、髄を中心に放射状に切断した。この際、接線方向の寸法を約30mmとした。引き続き、1mmの目盛つきスケールを木口面上で半径方向に沿わせて置き、目視または実体顕微鏡により肥大成長の様子を観察した。その後、年輪幅が2mm未満、2～5mm、5～10mm、10～15mm、15mm以上の5区分のいずれかに分類されるように、半径方向の長さを約10～40mmとして切断し、直方体の試験体を

得た。この際、試験体は1年輪以上を含むこととし、髄、節、割れ、腐朽等の欠点は含まないこととした。未成熟材と成熟材の区別は行わなかった。使用した試験体の数を5区分ごとに表2に示した。

表1 試験体を採取した木

個体番号	生育場所	生育状況		
		樹齢※ (年)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)
①	奈良市 矢田原町	27	8.8	24
②	山添村 室津	31	12.1	22
③		31	11.0	19
④	桜井市 池之内	55	15.3	35
⑤		56	12.5	25
⑥		57	24.0	27
⑦	御所市 今住	35	15.0	19

※ 樹齢は、根元付近の輪切り材の年輪数

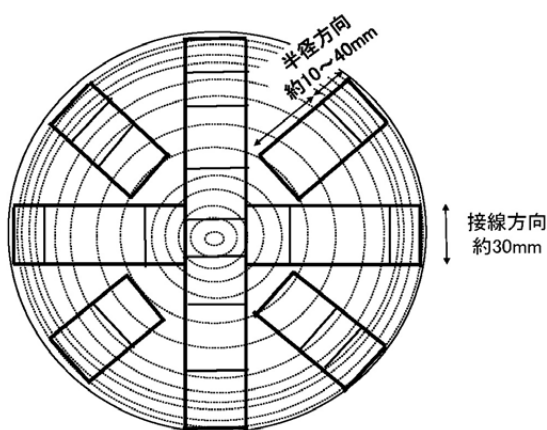


図2 試験体の採取

表2 試験体数

個体番号	年輪幅 (mm)				
	~2	2~5	5~10	10~15	15~
①	2	2	7		
②		5	2		
③		3	1		
④	4	1	3	1	1
⑤	2	1	1	2	
⑥	2	2	1	1	2
⑦		2	1	1	
計	10	16	16	5	3

2.2 方法

試験体の木口面に寸法測定的位置を示す基準線を接線方向と半径方向に引き、その線上でデジタルノギスを用いて気乾状態の寸法を、繊維方向、接線方向および半径方向で0.01mmのけたまで測定するとともに、電子天秤で重量を0.001gのけたまで測定した。気乾状態の寸法と重量から気乾密度を算出した。また、各試験体の平均年輪幅は、試験体中央において、年輪幅が2mm以上の場合には肉眼で0.5mm単位でスケールから読み取って平均して求めるとともに、2mm未満の場合には試験体の半径方向の寸法を年輪数で除して算出した。

次に、試験体を浮き上がらないように重しを乗せた状態で脱イオン水に沈め、2時間煮沸し、その後常温になるまで放置し吸水させた。20時間後に重しを除いたところ、8個の試験体が浮き上がったため、これらについては吸水が不十分と判断し、同様の方法で再度吸水させた。その結果、すべての試験体が水に沈んだ。水に沈めた状態でさらに1日間室内に放置したところ、重量が気乾時の2倍以上となりほぼ飽水状態になったと考えられたので、気乾時と同じ方法で寸法と重量を測定した。

その後、試験体は、40℃送風下で1日間、引き続き105℃送風下で1日間置き、全乾状態とした。気乾時と同じ方法で寸法と重量を測定したが、この乾燥工程で一部の試験体に割れが発生したため、全乾時の寸法は誤差を含んでいた。なお、気乾時と全乾時の重量から気乾時の含水率を算出したところ、9~12%であった。

3. 結果と考察

3.1 肥大成長の様子

今回の試験に供した7個体の中から2個体について、髄から樹皮までの肥大成長の様子を図3に示した。また、図4に年輪幅の異なる2カ所、具体的には図3(イ)のAとBの位置における木口面の様子を、実体顕微鏡写真で示した。

図3(ア)は多くの部位において年輪幅が3~5mmで連続する様子、(イ)は年輪幅が狭い部位と広い部位が両方存在する様子が見てとれる。

(ア)は、山の南斜面に数百本のキハダが植栽された単層林で生育した木で、下刈りや除間伐等の保育がされていた。伐採時の樹間距離は約5mであった。一方、(イ)は、田畑に囲まれた里山で、スギ、他の広葉樹、タケ等とともに生育した木で、伐採時の林内は樹木密度の高い状況であった。所有者からの聞き取りによると、除間伐等の保育はされなかったようである。このため、(イ)

の年輪幅の推移は、たとえば以下の要因が推定される。すなわち、植栽から数年間は草で覆われて成長が阻害されたが、樹高が草丈を超えると十分な日光を受けることができ、光合成が活発になることで、急速に肥大成長し年輪幅が広がった。しかし、その後、周囲の樹木との競合により肥大成長が阻害され、年輪幅が狭くなったと推定された。

キハダは日光を好む陽樹であるため、今回の観察結果が示すように、植栽後の環境や保育の有無によって、肥大成長量も大きく影響を受けることが明らかになった。

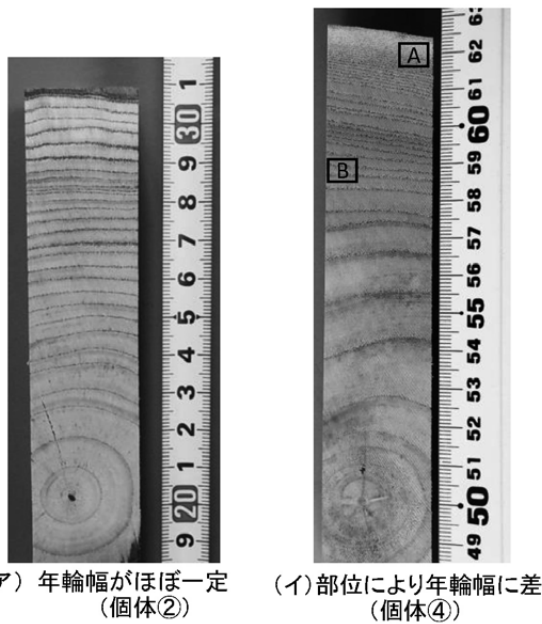


図3 肥大成長の様子

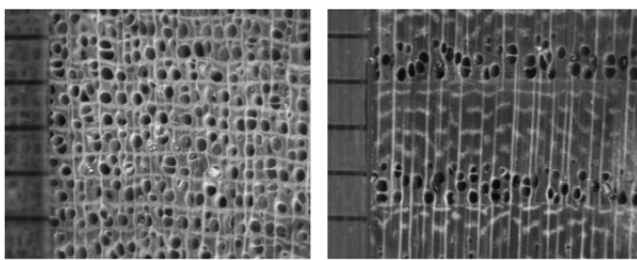


図4 年輪幅と細胞の様子

3.2 年輪幅と密度

年輪幅と気乾密度の関係を図5に示した。図中では、凡例に示すように、個体ごとに記号を変えている。同一個体から採取した試験体間で比較すると、年輪幅が約3mm未満は気乾密度が小さく、0.4g/cm³を下回ることもあった。一方、年輪幅が約3mm以上では、気乾密度は年輪幅の増加に伴い徐々に増加する傾向にあり、0.5~0.65g/cm³であった。

キハダは環孔材であるため、毎年春先に大型の孔圏道管を形成する。しかし、日当たりが悪い等で光合成量が少ないと、孔圏外の小型で細胞壁の厚い細胞（木繊維等）の形成数が少なくなることから、図4（A）に示すように、年輪のほとんどが孔圏道管によって占められる。このことが、年輪幅が狭いと低密度になる理由と考えられ、強度を要する用途には不適と推定された。釘の引き抜き強度も低い可能性がある。このような特徴を持つ材は一般にぬか目材と呼ばれ、他の環孔材たとえばケヤキやミズナラ等にもみられる⁴⁾。

一方、年輪幅が広いと密度が高くなるが、図4（B）に示すように、孔圏道管が1年輪に占める割合が小さくなるのが理由と考えられる。

また、他の環孔材、たとえば、北海道の人工林で生育したヤチダモの材質調査でも、今回のキハダと類似の結果が出ており、年輪幅が約1~6mmの範囲において、約3mmまでは年輪幅が大きくなるにつれて密度も大きくなるのが報告されている⁵⁾。

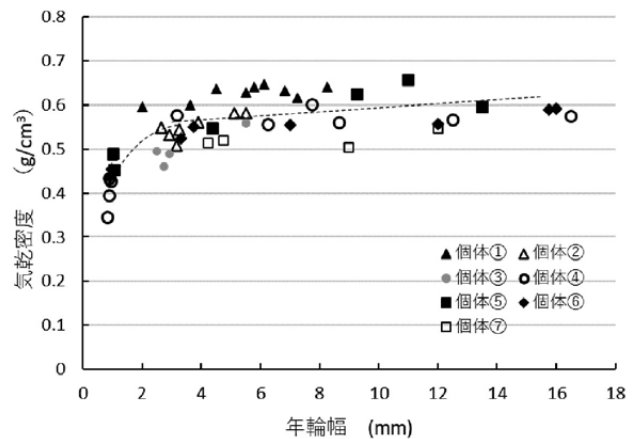


図5 年輪幅と気乾密度の関係

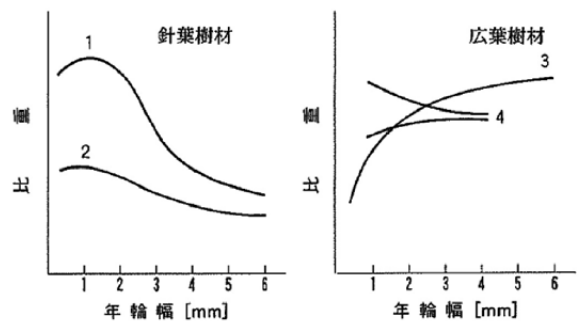


図6 他樹種における年輪幅と比重の関係⁶⁾

- 1: 晩材への移行の急な樹種(例:アカマツ, カラマツ)
- 2: 晩材への移行の緩やかな樹種(例:ゴヨウマツ, トドマツ)
- 3: 環孔材(例:ミズナラ, トネリコ)
- 4: 散孔材(例:ブナ, カバ)

このように、広葉樹環孔材における年輪幅と密度の関係は、図6に引用して示すように⁶⁾、針葉樹材や広葉樹散孔材とは異なっている。ここでは、図6の比重は密度と読み替えて解釈した。

3.3 年輪幅と乾湿に伴う寸法変化

図7～9では、同一個体から8個以上の試験体を採取した3個体について、年輪幅と寸法変化の関係を示した。ここでは、横軸を年輪幅、縦軸を気乾から飽水までの接線方向と半径方向の膨潤率とした。また、飽水から全乾までの収縮率は、一部の試験体で割れが発生したことから誤差を含んでおり、図での表示を割愛するが、図7～9と同様の傾向であった。

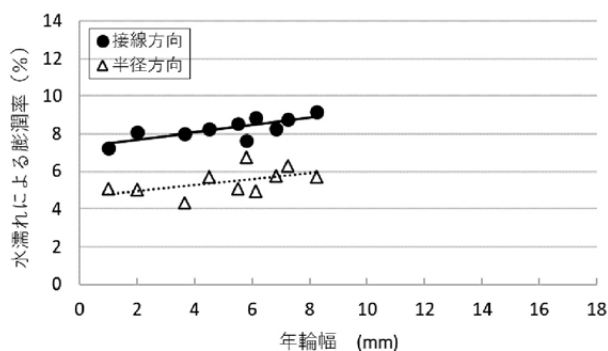


図7 年輪幅と水濡れに伴う膨潤率の関係 (個体①)

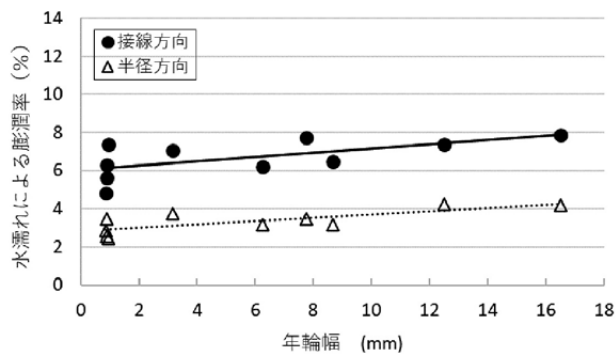


図8 年輪幅と水濡れに伴う膨潤率の関係 (個体④)

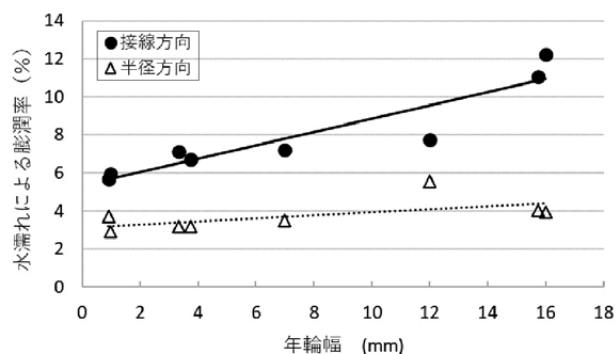


図9 年輪幅と水濡れに伴う膨潤率の関係 (個体⑥)

一般に、密度が高い樹種は、水ぬれによる膨潤や乾燥に伴う収縮が大きいこと、また、接線方向は半径方向よりも約2倍の膨潤・収縮率を示すことが知られている⁷⁾。キハダは、図5で示したように、同一個体内で年輪幅によって密度が異なる部位を持つが、図7～9から年輪幅が狭い部位は寸法変化が小さく、年輪幅が広く高密度になるにつれて、寸法変化が大きくなるのがわかる。

既報では²⁾、キハダ材は人工乾燥が比較的容易な樹種という報告を行ったが、その時に用いた9個の試験体の年輪幅は2～10mmで、乾燥に伴う寸法変化が比較的小さい材であった。一方、図1右で示したように、年輪幅が大変広い輪切り材で大きな乾燥割れが発生したが、接線方向への収縮率が大きかったことが原因と考えられる。

乾燥に伴う収縮が大きい材は、生材で製材する際に、仕上げ予定寸法よりも大きめに製材する必要がある。また、図3(イ)のように、年輪幅が狭い部位と広い部位が混在する材は、乾湿に伴う寸法変化が部位により異なることとなり、大きな反りや暴れが生じる恐れがある。歩留まりの低下にもつながると推定される。

4. まとめ

奈良県内で植栽され生育したキハダ材の根元付近の輪切り材を使用し、年輪幅、密度および乾湿に伴う寸法変化について調査し、生育時の肥大成長と材質について考察した。

その結果、年輪幅が約3mm未満の部位は、密度が低いこと、また、年輪幅が大きくなると、乾湿に伴う寸法変化が大きく、乾燥割れ等が起こりやすくなることが明らかになった。このため、キハダ材の利用にあたっては、年輪幅に注目し、用途や加工に留意する必要がある。また、同一個体内に年輪幅の大小があると、乾湿に伴い反りや暴れを生じやすく、歩留まりの低下にもつながると推定された。密度や寸法変化率にばらつきが少ないキハダ材を得るための施業や保育方法は確立していないが、年輪幅が3～10mm、胸高直径に換算すると6～20mm/年の肥大成長速度が目安になるであろう。

最後に、図1右の著しい乾燥割れが発生した材に再度注目する。この木は、伐採の5年前に、南向きで日当たりが良く土壌も肥沃な畑地に、樹間距離10～15mで2本植栽された内の1本である。周囲に遮るものもなく、枝を十分に広げた様子であった。この材の年輪幅は10～30mmで、木材部分を製材品として利用するには不適な状態と判断した。しかし、内樹皮に含まれるベルベリン

等の有効成分含有量は、2021年夏に伐採した他の33本とともに、日本薬局方の規格¹⁾を十分に満たしていたことから、木材利用は想定せず内樹皮の収穫のみをめざす場合には、短期栽培の可能性も示唆されている⁸⁾。

謝辞

本研究にあたり、試料や情報をご提供いただいた関係各位に感謝いたします。

引用文献

- 1) 厚生労働省：“オウバク”. 第十八改正日本薬局方. 厚生労働省, 2021, 1879-1880.
- 2) 成瀬達哉・酒井温子：キハダ材の人工乾燥スケジュールの推定. 奈良県森技セ研報. 49, 51-55 (2020)
- 3) 清川陽子・酒井温子・岩本頼子・都築正男：キハダ材の微生物抵抗性. 奈良県森技セ研報. 50, 25-31 (2021)
- 4) 日本材料学会木質材料部門委員会編：“ぬか目材”. 木材工学辞典. 東京, 工業出版株式会社, 1982, 445.
- 5) 利用部マテリアルグループ：“道産人工林ヤチダモ・ウダイカンバの材質調査”. 道総研森林研究本部研究成果選集 2010～2014. 北海道立総合研究機構編. 北海道, 2015, 44.
- 6) 古野毅・澤辺功編：“第2節 細胞の寸法と形態”. 木材科学講座 2 組織と材質. 海青社, 1994, 126-129.
- 7) 日本木材加工技術協会編：日本の木材. 第3版, 東京, 日本木材加工技術協会, 1989.
- 8) 内原正和：国産キハダの栽培促進と優良な県産製品の拡大に向けた奈良県研究分野統合本部の挑戦～短期栽培のキハダは生薬として利用できるか～. 令和3年度森林・林業交流研究発表会発表要旨. 林野庁近畿中国森林管理局編. オンライン, 2021-11, 林野庁近畿中国森林管理局. 2021, 05.

(2022年3月15日 受理)