

キハダ材の人工乾燥スケジュールの推定

成瀬達哉*・酒井温子

キハダの木材利用を進めるために、奈良県内で伐採されたキハダ材について、100℃試験法により人工乾燥スケジュールを推定した。健全なキハダ材では、乾燥に伴う割れや変形は少なく、人工乾燥は比較的容易であると判断された。

1. はじめに

キハダの内樹皮（オウバク）には抗菌成分であるベルベリンが含まれ、古くから胃腸薬として陀羅尼助等に利用されてきた。キハダは奈良県内にも自生しているミカン科の広葉樹であるが、現在は日本におけるオウバク消費量の大半を中国からの輸入に頼っている。

1960年代ごろから日本全国各地でオウバクを得る目的でキハダの造林が行われ、当センターにおいてもキハダの育苗や植栽、病虫害、人工林における成長量等に関する調査が行われた¹⁻³⁾。しかし、その後も、奈良県内においては、キハダの造林および伐採後の利活用は、小規模な範囲に留まっている。

そこで、2018年から奈良県研究分野統合本部（事務局：産業政策課）では、県内の公設試験研究機関が連携して、キハダの有効活用に関する研究と栽培指導を開始した。樹齢が30年前後またはそれ以上で、伐採し試験材料を採取できる樹木が奈良県内で生育していることから、内樹皮のみならず各部位の有用成分の調査をはじめ、食品として利用できる葉や実の残留農薬や味覚、栄養成分の調査を行い、多方面から商品化の可能性を検討している。キハダの木材は艶があり木目も美しいが、まとまった量が入手しにくいこともあり今のところ利用量は少ない。木材利用に関する試験や調査は、奈良県では今まで行われていないことから、奈良県研究分野統合本部の活動の一環として取り組むこととなった。

また、奈良県民有人工林に占める広葉樹の割合は、平成30年4月時点において面積割合で1.2%とわずかであり⁴⁾、その多くは、原木シイタケ生産用のほだ木を得る目的で、クヌギが育てられている。しかし、これからの多様な森林のあり方を考える上で、広葉樹の育苗や植栽、生育後の木材利用に関する研究は、時流に合う内容といえる。

今回は、キハダの木材利用に関する第1報として、人工乾燥スケジュールについて試験結果を報告する。

2. 材料および方法

2.1 木材試験体

2019年に奈良県内で伐採され、オウバク採取後の5本のキハダ丸太を使用した。産地や樹齢等、樹木に関する情報は表1のとおりである。

表1 試験に供したキハダ材

丸太番号	産地 (伐採日)	推定樹 齢(年)	長さ 末口直径(cm)	試験体	採取 位置	初期含水 率(%)
2019-01	山添村 (6月23日)	32	101 28.5	A B	外側 内側	71.1 81.3
2019-03	天川村 (6月27日)	63	129 20.5	C D	外側 内側	65.8 71.6
2019-05	首爾村 (7月6日)	27	98.5 21	E	内側	79.3
2019-08	奈良市都祁 (7月9日)	28	100 27	F G	外側 内側	119.6 105.3
2019-26	山添村 (8月8日)	25	97.5 22	H I	内側 外側	80.0 72.2

試験体の採取については、丸太番号2019-26の場合を図1に例示した。すなわち、伐採直後の未乾燥丸太を帯鋸で製材し、各丸太から厚さ約30mmの板目板を5~7枚得た。その中から、傷や節、腐朽が疑われる変色や脆弱部分を含まず、無欠点で健全と推定された心材部分から、長さ200mm、幅100mm、厚さ20mmの試験体を切り出した。試験体数は、各丸太から1~2体とし、2体採取する場合には、随から離れた外側の板と、随に近い内側の板から1体ずつを採取した。200×100mmの板目面はプレナー仕上げとし、その他の面は丸鋸で平滑に仕上げた。作製した試験体は、直ちに2.2の試験に供した。

2.2 試験方法

人工乾燥スケジュールの推定は、100℃試験法⁵⁾により行った。100℃試験法とは、人工乾燥のスケジュールが不明な樹種について、適切な乾燥スケジュールを推定するために考案されたものである。

* 現 奈良県 食と農の振興部 南部農林振興事務所

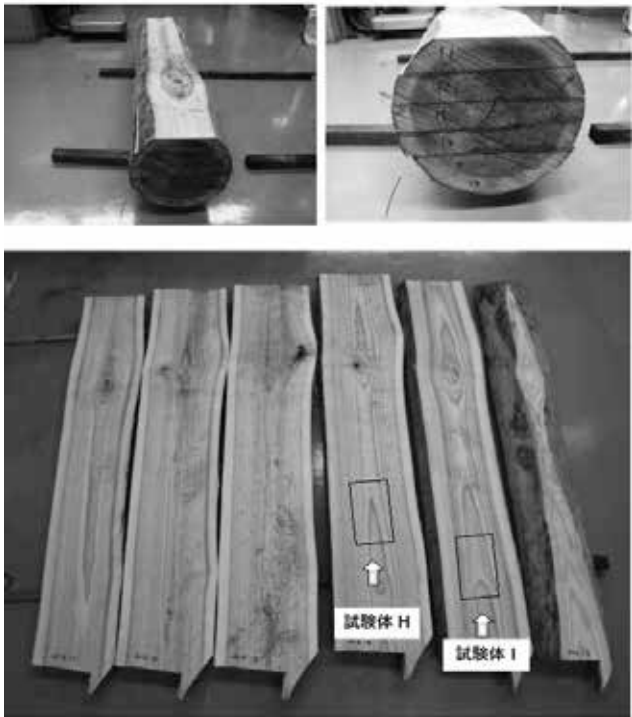


図1 試験体の採取 (丸太番号 2019-26 の場合)

具体的には、100°Cの恒温器内に試験体を200×20mmの面を下にして入れ、定期的に重量を測定するとともに、発生する初期の表面割れを観察し、図2により⁵⁾ 8段階で分類した。この測定と観察は、試験体が完全に乾燥し重量変化がなくなるまで、2～3日間継続した。その後、繊維方向のほぼ中央で繊維に垂直方向に切断し、木口断面において厚さがもっとも大きい部分と小さい部分の寸法をノギスで0.01mmの位まで測定し、寸法の差から変形の程度を表2により⁵⁾ 8段階で分類した。また、内部割れの様子も観察し、図3により⁵⁾ 6段階で損傷の程度を判定した。

表2 断面の変形程度分類⁵⁾

段階	1	2	3	4
寸法の差(mm)*	0-0.3	0.3-0.5	0.5-0.8	0.8-1.2

段階	5	6	7	8
寸法の差(mm)*	1.2-1.8	1.8-2.5	2.5-3.5	3.5以上

* : 乾燥後の木口断面において、厚さが最も大きい部分と小さい部分の寸法の差

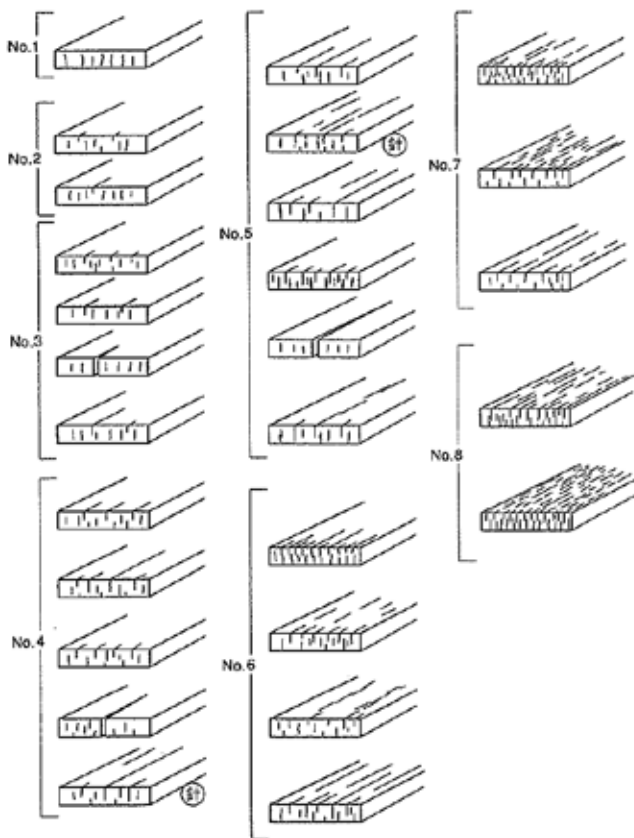


図2 初期割れの分類⁵⁾

- No. 1 : 割れは木口面のみ。
- No. 2 : 木口面の割れに加えて、板目表面に軽微な割れ。
- No. 3 以降 : 木口面の裂け、板目表面の多数の割れ等。

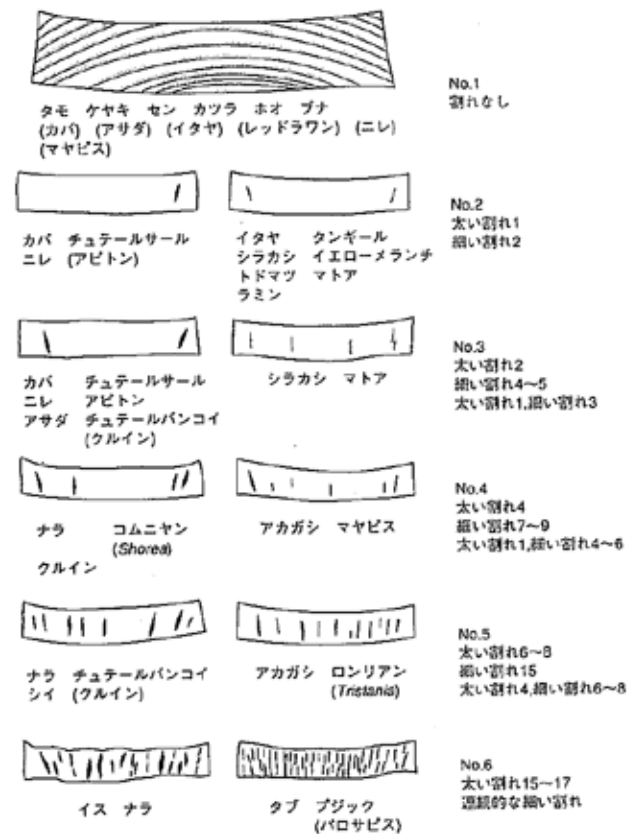


図3 内部割れの区分⁵⁾

以上により得られた、試験体の初期割れ、断面の変形および内部割れの程度から、表3に基づき⁵⁾、人工乾燥初期の乾球温度、乾湿球温度差および乾燥末期の乾球温度について、もっとも穏やかな条件、すなわち、温度は低く、乾湿球温度差は小さい条件を選択した。さらに、試験体を含水率1%まで乾燥させるために要した時間と、乾湿球温度差から、同法⁵⁾に従って実際の人工乾燥にかかる日数も推定した。

また、使用した9試験体のうち1体は、その他の8体に比べて大きな断面変形を生じたため、その試験体を採用した残りの板を用いて、木口面からカミソリ刀で切片を切り出し光学顕微鏡で観察することで、その原因を調査した。

表3 損傷の程度と乾燥条件の関係⁵⁾

損傷の種類	乾燥の条件	損傷の段階							
		1	2	3	4	5	6	7	8
初期割れ	乾燥初期温度(°C)	70	85	80	55	50	50	47	45
	乾燥初期乾湿球温度差(°C)	8.5	5.5	4.3	3.8	3.0	2.3	2.0	1.8
	乾燥末期温度(°C)	95	90	85	83	82	81	80	79
断面の変形	乾燥初期温度(°C)	70	88	58	54	50	49	48	47
	乾燥初期乾湿球温度差(°C)	8.5	8.0	4.7	4.0	3.8	3.3	2.8	2.5
	乾燥末期温度(°C)	95	88	83	80	77	75	73	70
内部割れ	乾燥初期温度(°C)	70	55	50	48	48	45	-	-
	乾燥初期乾湿球温度差(°C)	8.5	4.5	3.8	3.3	3.0	2.5	-	-
	乾燥末期温度(°C)	95	83	77	73	71	70	-	-

3. 結果と考察

3.1 人工乾燥スケジュールの推定

図4に乾燥前および乾燥初期割れ最大時の木口面の様子を、また図5に乾燥後の切断面の様子を示すと共に、各試験体に見られた損傷の程度について表4に結果を示した。試験体Eの断面の変形が6で、目視においても他の試験体に比べて大きな変形が見られた。この原因については、3.2で詳しく説明するが、細胞壁の劣化に由来する現象と推定され、試験体Eは健全材ではないと判断されたことから、Eの結果はここでは例外として取り扱うことにする。

同一丸太から採取した試験体同士で比較すると、外側の試験体よりも内側に位置した試験体の方が、初期割れや断面の変形が大きい傾向にあった。随に近い内側の試験体には未成熟材が含まれていたためと考えられる⁶⁾。

そこで、乾燥に伴い割れや変形が生じやすい内側の試験体に注目し、その損傷の中央値(初期割れ2、断面の変形4、内部割れ1)を表3にあてはめて、初期条件の乾球温度が54°C、乾湿球温度差が4.0°C、末期乾球温度が80°Cとし、表5に示すように人工乾燥スケジュールを決定した。既往研究においてすでに明らかになっている

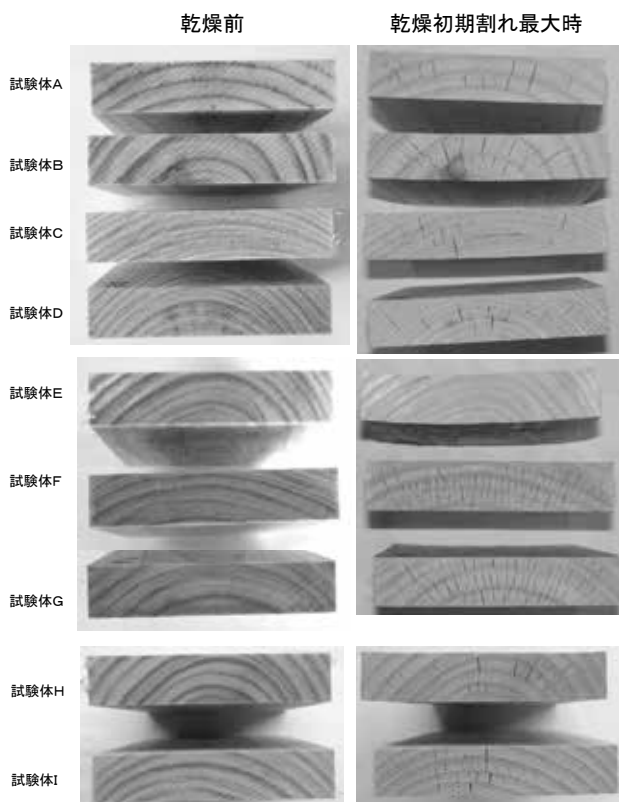


図4 乾燥前および乾燥初期割れ最大時の木口面の様子

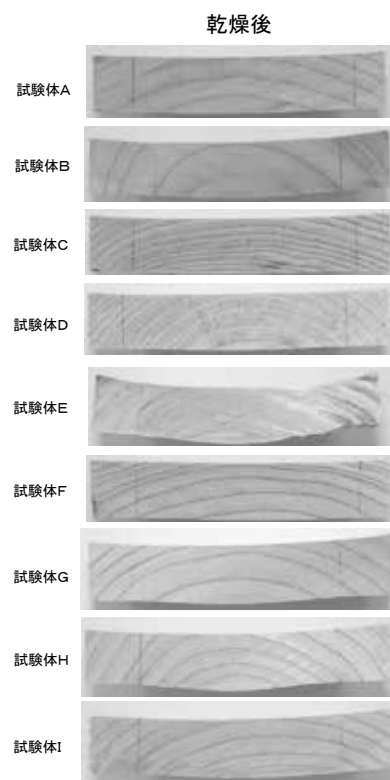


図5 乾燥後の切断面の様子

試験体内の実線は厚さが最も小さい部分を示す。

他の広葉樹と比較すると⁵⁾、キハダは 100°C乾燥による損傷は少なく、人工乾燥が比較的容易な樹種と考えられた。

さらに、内側に位置した試験体について、含水率 1%まで乾燥する際に約 35 時間かかったこと、また乾湿球温度差が 4°Cであることから、厚さ 20mm の板について含水率 10%までの人工乾燥に要する日数は 7~10 日と推定された。

中野らは、岩手県産キハダ材について 100°C試験を行っている⁷⁾。彼らは、随から 5 cm 以上離れた位置で試験体を採取しており、損傷の程度は、初期割れ 1、断面変形 2~3、内部割れ 1 と報告している。本報における外側の試験体と同じ部位と仮定すると、奈良県産材の方がやや損傷が多い結果となっているが、最終的に決定された岩手県産材の人工乾燥スケジュールは、初期条件の乾球温度が 55°C、乾湿球温度差が 4.0°C、末期乾球温度が 80°Cであり、奈良県産材のそれとほぼ同じであった。また、岩手県産材の乾燥に要する日数は 7.5 日と推定されたことから、この点でも岩手県産材と奈良県産材による結果は、ほぼ一致しているといえる。

表 4 100°C試験法による試験体 (A~I) の損傷の程度

損傷の種類	損傷の程度									中央値 (内側)
	A (外側)	B (内側)	C (外側)	D (内側)	E (内側)	F (外側)	G (内側)	H (内側)	I (外側)	
初期割れ	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2
断面の変形	2	4	3	3	6	3	4	5	4	4
内部割れ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 5 人工乾燥スケジュールの決定 ※

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
~50	54	4
50~40	54	6
40~35	54	9
35~30	54	15
30~25	60	25
25~20	65	30
20~15	70	30
15以下	80	30

※ : 表 4 の中央値 (内側) の損傷の程度を基準とした。

3.2 大変形を生じた木材の様子

100°C試験法で大変形を生じた試験体 E の隣接部位について、光学顕微鏡で観察した木口面の様子を図 6 に示した。図 6 上のように、細胞の形状が正常な部分もあったが、図 6 中のように、細胞壁が内腔に落ち込んで大きく変形している部分もあり、さらに、図 6 下のように、細胞の変形はほとんど生じていないものの細胞壁に多くの微小な孔が確認された部分もあった。これらの様子から、樹木として生育中に細胞壁が部分的になんらかの劣化を受けたと推定され、たとえば、微生物による腐朽が

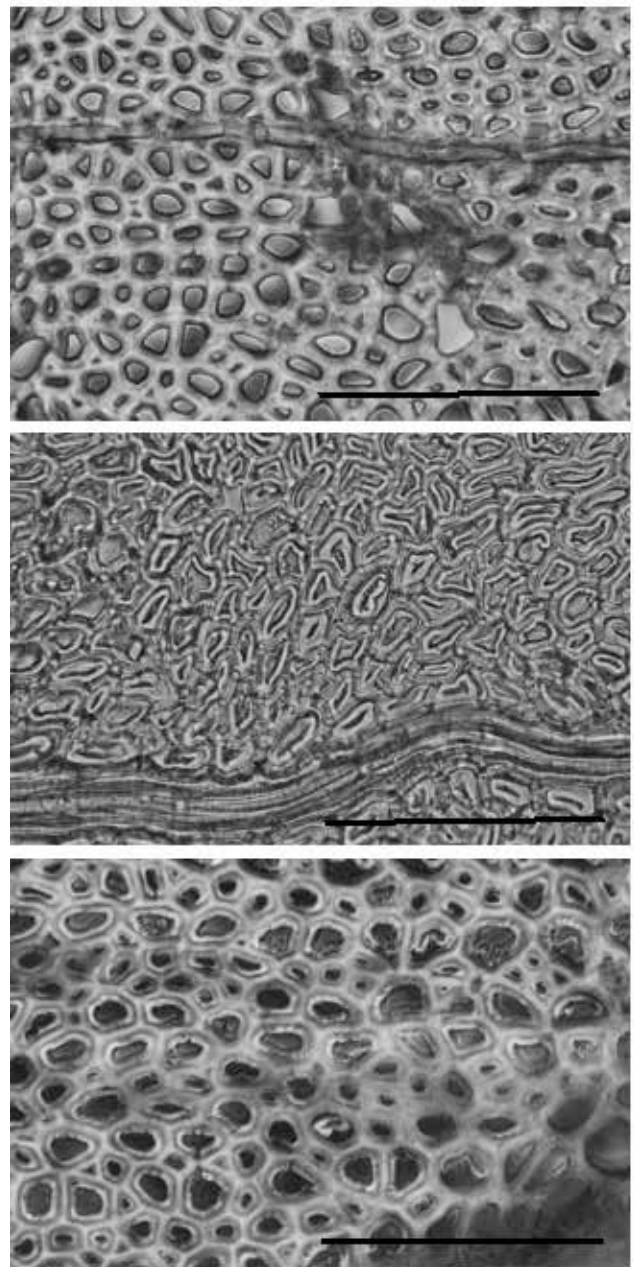


図 6 乾燥により大きな変形を生じた部位の細胞 (上: 正常、中: 細胞壁の落ち込み、下: 細胞壁の劣化) バーは 100 μm を示す。

起こり、細胞壁が脆弱な状態になったのではないかと考えられた。内樹皮に含まれるベルベリンは抗菌力を持つことで知られるが、丸太番号 2019-08 のキハダ材の元口付近に腐朽による材の脆弱化が目視確認されたことから、キハダの心材部分は木材腐朽菌に対して抵抗力が弱い可能性がある。キハダの木材利用に関しては、樹木として生育中に生じた劣化について留意する必要がある。

4. まとめ

木材利用には乾燥工程が不可欠である。本報では、100°C試験法により、奈良県産キハダ材の人工乾燥スケジュールを推定したが、今後は、実際の人工乾燥工程の中で、割れや変形等の発生を観察し、必要に応じてスケジュールを修正する必要がある。特に、今回の試験では無欠点の材料を使用しており、節を多く含む等、木材の等級が低い場合には、留意が必要である。また、樹木として生育中に発生する木材の劣化についても、発生頻度や原因の究明等、今後、さらに検討が必要である。

謝辞

本研究にあたり、試料を提供いただいた関係各位に感謝いたします。

引用文献

- 1) 上田富茂：薬用原木生産を目的としたキハダの造林。奈良県林試林業資料. 2, 1-8 (1987)
- 2) 上田富茂：キハダの病虫獣害。奈良県林試林業資料. 2, 9-13 (1987)
- 3) 和口美明, 上田富茂, 西口陽康, 岩田戩毅：人工造林におけるキハダの成長。奈良県林試林業資料. 4, 7-10 (1989)
- 4) 奈良県農林部：平成 29 年度奈良県林業統計（平成 31 年 3 月発行）. 2019, 11.
- 5) 寺沢 真：木材乾燥スケジュールの簡易決定法。木材工業. 20(5), 2-7 (1965)
- 6) 渡辺治人：木材理学総論。東京，農林出版株式会社，1978, 171-172
- 7) 中野正志, 東野 正：県産広葉樹小径材（43 樹種）の乾燥条件と乾燥日数の推定-100°C試験による方法 -. 岩手県林業試験場成果報告. 21, 19-22 (1989)

(2020 年 3 月 26 日 受理)