

上川産ヤチダモ人工林材の材質評価と利用適性の検討

佐藤 真由美, 大崎 久司, 村上 了, 秋津 裕志*¹, 渡辺 誠二

Timber quality and wood use of plantation-grown Yachidamo (*Fraxinus mandshurica* RUPRECHT).

Mayumi SATO, Hisashi OHSAKI, Satoru MURAKAMI,
Hiroshi AKITSU, Seiji WATANABE

Keywords: Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica*), plantation-grown timber, timber quality, timber utilization, furniture wood
ヤチダモ, 人工林材, 材質, 利用適性, 家具用材

1. はじめに

健全な森林資源の保続, 育成が求められ, 再生可能な産業資材, エネルギー源ともなる木材の有効利用の要望が高まっている今日, 公共建築物の木造・木質化推進などの木材利用の推進に加え, 木材自給率を高め, 持続的に木材を利用できる仕組みの創設が模索されている。建築構造材や産業資材としての需要が大きい針葉樹材については, 人工林からの供給がある程度安定化してきているのに対し, 広葉樹材は, 針葉樹材にはない多様な特性, 特殊用途を持ちながら, かつての過度の伐採などの要因で利用可能な資源量が減少しているなか, 近年, 広葉樹材が注目され, 持続的に利用可能な形での材の供給が模索され始めている。

北海道での広葉樹に関する取り組みの一つとして, 上川総合振興局南部森林室は, 持続可能な広葉樹林経営の推進と地域振興を目的として, 平成28年度から「広葉樹資源の持続的利用推進事業」を実施し, 後継樹の育成方法, 間伐による優良木の育成方法, 間伐により発生する中小径材の家具用材等への有効利用方法の検討を行っている。この事業の中で, モデル施業地として選定したヤチダモ人工林の間伐木の材質評価, 地域の重要な産業である家具用材としての利用適性について, 林産試験場へ協力要請があった。

木材の材料としての諸性質は, 樹木の種 (遺伝的特性) のほか, 年齢, 生育場所の土壌や気候, 生育期間中の気象など様々な要因で変動するため, 同一

種であっても, 生育地や個体, 樹幹内での位置により性質が異なることがあり, 用途によっては, その要求性能を満たす木材であるかどうか利用可能性を左右する。特に, 成長初期からの環境条件が異なる天然生木と人工林植栽木では, 材質に差があると推測され, 古来, 良質の大径材を天然林から得てきた経験から, 人工林材は材質が劣るのではないかと危惧する関係者は少なくない。今後, 木材を持続的に利用していくためには, こういった利用上の問題点を科学的に解決しておく必要がある。しかし, 針葉樹人工林材の材質はこれまでに旺盛に研究されてきているが, 広葉樹人工林材については, 針葉樹に比べ植栽例が少なく, 成長に長期間を要し試験可能な寸法に育っている立木も少ないため, 材質試験例が少なく資料に乏しい。このため, 「広葉樹資源の持続的利用推進事業」の一環として, モデル施業地のヤチダモ材の材質を明らかにするとともに, 特に望まれている脚物家具用材への利用適性を検討することとした。

なお本編は, 平成28年度受託研究報告書として北海道上川総合振興局南部森林室に提出したものの抄録である。

1.1 試験林分の概要

所在地: 道有林上川南部管理区81林班57小班
(旭川市東旭川町)

植栽年: 1931年 (85年生)

面積: 6.56ha

施業履歴: なし

現況（写真1）：

立木生育本数 300本/ha
 平均樹高 24.6m（19～28m），
 平均胸高直径 29.2cm（12～52cm）
 （森林室で実施した標準地調査による）

1.2 供試木の概要

標準地調査での胸高直径分布から、胸高直径34cm以上（優勢木）、32～26cm（標準木）、24cm以下（劣勢木）の各区分にあたる立木を選択した。供試木の概要を第1表に示す。

1.3 供試木の伐採

供試木の伐採は平成28年8月16日に実施した。

伐倒した樹幹は、試作品用材へ供することも考慮し、根張りがあるものはその部分を除去するように切断（追い上げ）した上で、元口から梢端までの長さを計測し、これに伐採高、追上げ長を加えた値を樹高とした。樹幹は元口から3mごとに切断し、切断した箇所から、含水率、容積密度測定、および樹幹解析用として厚さ約5～10cmの円板2枚ずつを採取した。発生した丸太のうち、造材業者（上川中部森林整備事業協同組合）の視点から製材利用可能と判断されたものを供試原木として林産試験場へ搬入した。

2. 基礎材質調査

2.1 原木品質



写真1 試験林分概観（伐採前）

原木の等級は「素材の日本農林規格」¹⁾に規定され、広葉樹は、直径24cm以上のものについて、節、曲がり、割れ、腐れ・虫喰い・空洞等の程度により1～4等の等級が定められているが、製材や単板切削の現場では、より直径の小さい原木も使っている。ここでは、原木の寸法、曲がりの測定及び枝痕などの節と、木口面で視認される腐れについて調査した。また、針葉樹材では現在一般的に行われるようになってきている打撃音法による原木ヤング係数の測定を行った。

2.1.1 数量および寸法

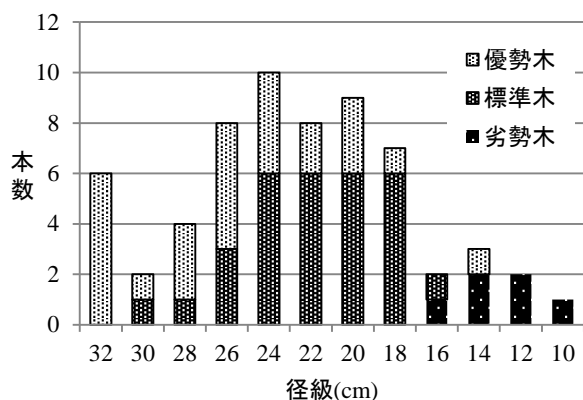
優勢木から得られた原木26本、標準木から30本、劣勢木から6本の計62本の原木について調査を実施した。

原木の径級は、末口最小径を2cm括約、端数切り捨てた値とした。素材の日本農林規格では、最小径と最大径に6cm以上の差がある場合（最小径が40cm以上の場合には8cm以上）は最小径に6cm（最小径が40cm以上の場合には8cm）につき2cmを加えた値をその原木の径とすることとしている。今回の原木では末口最小径と最大径の差が6cmを超えたものはなく、扁平度の小さい原木といえる。原木径級の平均は23cm、最大は32cmで6本、最小は10cmのものが1本であった。広葉樹素材として目安となる直径24cm以上の原木は30本で、全体の半数近くであった（第1図）。

原木の長級は、20cm括約、端数は切り捨てた値とした。樹幹解析、および製材用途での評価のため、

第1表 供試木の概要

No.	直径区分	樹高(m)	胸高直径(cm)	備考
1	標準木	26.8	26	
2	優勢木	28.8	42	
3	優勢木	28.7	36	根元腐れ
4	優勢木	26.8	40	
5	標準木	28.8	32	
6	標準木	28.7	28	
7	標準木	28.8	26	
8	標準木	28.1	32	
9	優勢木	27.8	34	
10	標準木	27.2	28	
11	劣勢木	23.9	18	
12	劣勢木	19.7	16	
13	標準木	29.6	28	
14	優勢木	29.3	36	
	平均	27.4	30	



第1図 原木の径級分布

3mを基準として玉切りした上で円板を採取したため、長級の平均は2.7m、20cm括約すると2.6mであり、最長は3.0m（5本）、最短は2.2m（1本）であった。今回得られた原木の長級と径級に基づく総材積は9.146m³となった。

2.1.2 原木品質

原木の曲がりについては、素材の日本農林規格に定める測定方法に従い、原木径に対する内曲面の最大矢高の割合（%）とした。今回の原木全てについての曲がりの平均は12.8%、最大は56.9%（劣勢木の2番玉で地上高5～6mの部位に相当、大きな枝痕の反対側で計測され、幹分かかれしていたものと考えられる）、最小は0%であった。同規格で対象となる24cm以上の原木30本に関しては、平均9.2%、最大22.8%であり、曲がりに基づく等級は、1等が24

本、2等が5本、3等が1本であった。3等となったものは優勢木の5番玉で、地上高では14～15mに相当し、曲がりか所だったものである。

節は24cm以上の原木30本のうち7本に認められた。腐れについては、樹幹上部（2～3番玉）で枝痕から腐朽が生じているものが優勢木、標準木でそれぞれ1個体ずつ、1番玉で心腐れのあるものが標準木で1個体あった。これらの腐朽は樹幹全体には及んでいなかったが、腐朽部分が含まれる原木の等級を下げる要因となる。枝節、枝痕からの腐れが2～3番玉に現れたものは、地上高10m以下に相当する。

2.1.3 原木ヤング係数

打撃音法による原木の動的ヤング係数の測定は、近年では、針葉樹人工林から伐出される原木について、非破壊で材の強度性能を予測する手段として一般的に行われているが、広葉樹原木については頻繁には実施されていない。ヤチダモ材は強度性能を要求される用途に多く用いられるので、この手法が応用できれば、原木の評価に役立つと考えられる。測定は一連の原木調査の流れの中で行った。使用機器はRION 2ch 小型FFT分析器SA-78で、施業現場、工場土場等で一般的に使われているものである。原木の一端をハンマーで叩き、反対側の木口近傍でマイクを通じて採取した打撃音の周波数を測定した。動的ヤング係数算出に用いる原木の見かけの密度は、測定済みの原木寸法と周波数測定直後の原木重量から得た。結果を第2表に示す。第2表では各供試木ごとに平均した値を示したが、供試木それぞれの中では地上高が高いほど見かけの密度、動的ヤング係数

第2表 原木ヤング係数

供試木番号	原木本数	見かけの密度 (g/cm ³)	丸太ヤング係数 (kN/mm ²)	備考
1	5	0.86	8.31	
2	5	0.94	10.58	
3	5	0.90	9.33	元腐れ追上げ
4	5	0.93	9.94	
5	6	0.92	11.75	心腐れ
6	4	0.77	8.97	
7	4	0.86	11.79	
8	4	0.92	11.22	
9	6	1.07	12.82	
10	4	0.90	11.11	
11	3	0.81	9.65	
12	3	0.90	9.22	
13	4	0.80	9.88	腐れ
14	4	0.89	12.43	腐れ
計	62	平均 0.89	10.59	

とも増える傾向が認められた。また、後述する強度試験の結果と突き合わせてみると、原木の動的ヤング係数はJIS準拠の静的曲げ試験による静的曲げヤング係数の原木ごとの平均値との相関があることが示された(第2図)。既往の報告がないので、既存の文献との比較はできないが、今後さらに事例を増やし、広葉樹原木でのヤング係数測定の有用性を考察するとともに、同様のデータを集積して活用するための基礎試料としたい。

2.2 年輪幅(樹幹解析)

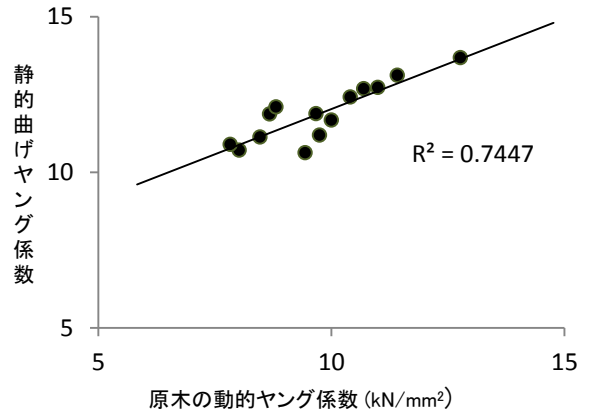
供試木の成長経過を知るために、伐倒したヤチダモから円板を採取し、年輪幅を測定し、成長量などを算出した。

円板表面を飽削し、東西南北の各方向ごとに、樹心から樹皮側に向けて、年輪幅をスケール付ルーペ(倍率:15~22倍)を用いて0.1mm単位で測定した。また、心材部の年輪数を記録し、各方向の心材径を定規を用いて1mm単位で測定した。

材積は、年輪幅を積算した値を各年の元口径と末口径とし、原木長さを円板採取位置の差として求めた各原木の材積と、梢端部について、最上部の円板を底面とした円錐と仮定して求めた材積の和とした。標準木のうち1個体は腐朽のため3.6m追い上げているため、1番玉を2番玉相当として集計した。材積はスマリアン式²⁾で、平均成長率はライブニッツ式²⁾を用いて算出した。

地上高3m付近の年輪幅の平均値を、優勢木、標準木、劣勢木の区分ごとに第3表に、年輪幅の推移を東西南北4方向の平均値として第3図に示す。なお、年輪幅は、東西南北の方角による差はほとんど見られなかった。優勢木、標準木は植栽後約30年目まで同様の年輪幅であったが、約30年目以降で優勢木の年輪幅が標準木より大きい期間が続いていた。一方、劣勢木は植栽直後から年輪幅が1mmを下回り、途中1mm以上になる期間もあったが、約40年目以降は1mmを下回っていた。標準木は約30年目以降に年輪幅が1mm程度となっており、既報の人工林の標準木の年輪幅と同様の値であった³⁾。

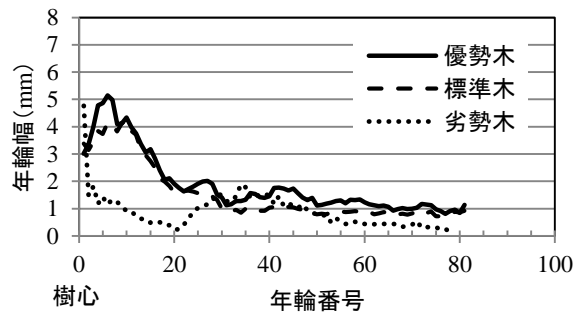
第4図に3m付近の高さにおける10年間ごとの直径平均成長量、第5図に直径平均成長率を示す。優勢木と標準木の直径平均成長量は、植栽後20年を超すと小さくなっていった。劣勢木は30年目から40年目辺りで増加に転じたが、40年目以降で再び減少傾向となった。直径平均成長率は20年目以降で5%を下



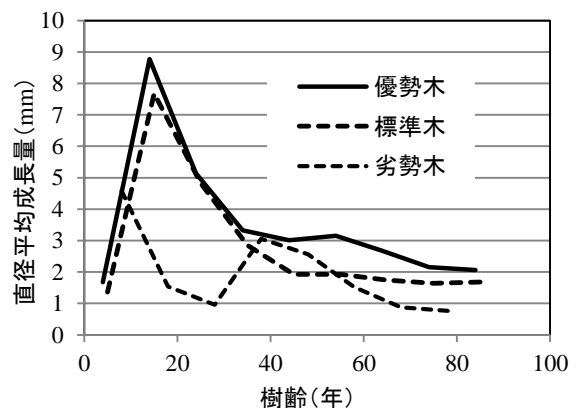
第2図 原木の動的ヤング係数と静的曲げヤング係数の関係

第3表 年輪幅(地上高3m)の平均値(mm)

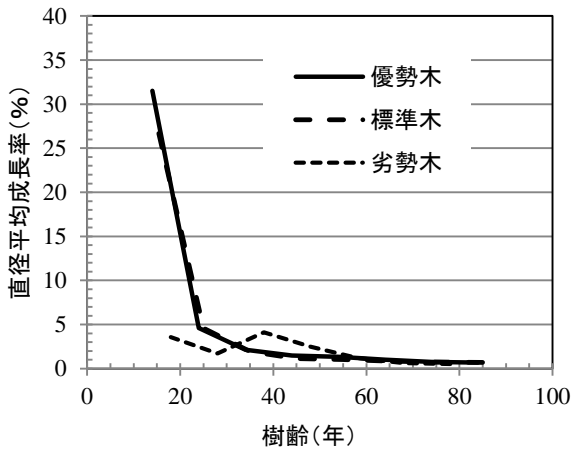
優勢木	標準木	劣勢木	平均
1.9	1.5	0.9	1.4



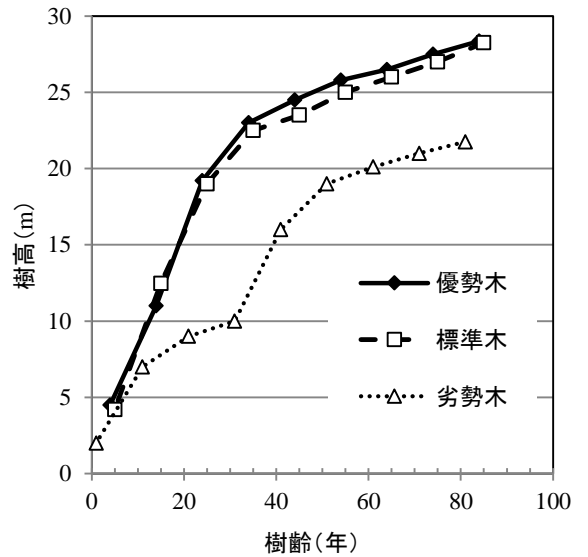
第3図 年輪幅の推移(地上高3m)



第4図 直径平均成長量の推移



第5図 直径平均成長率の推移



第7図 樹高の推移

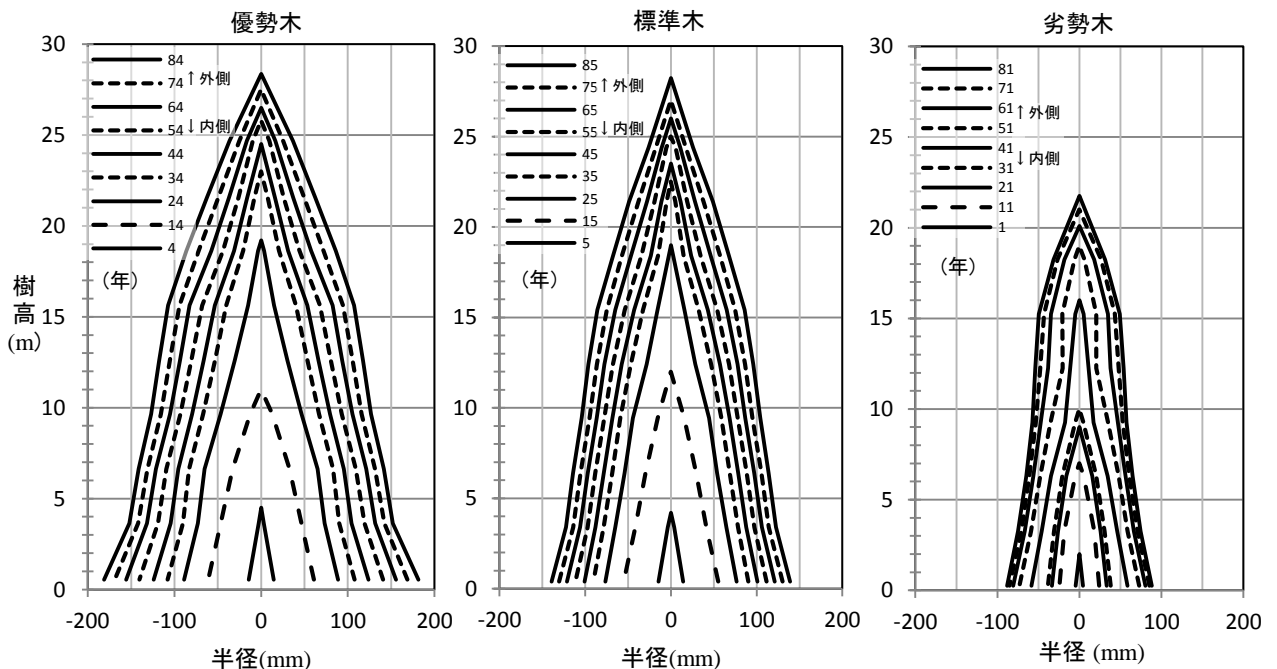
回っていた。

樹幹解析図を第6図に示す。樹幹解析図の各樹齢での樹高は推定値である。優勢木と標準木は、植栽後30年頃で樹高20m前後に達し、胸高直径では優勢木で20cm、標準木で15cm程度の成長を遂げていたと推定される。一方、劣勢木では、30年生頃には樹高10m、胸高直径は10cmに満たない状態であったと推定される。

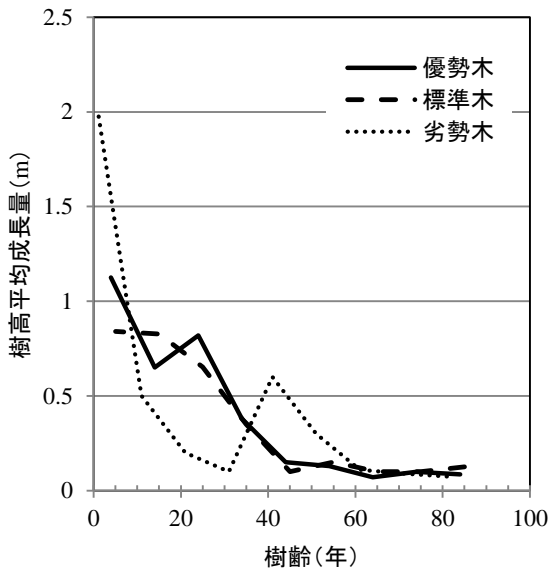
樹高曲線を第7図に示す。樹高成長は40年目までが大きく、それ以降は緩やかであった。第8図に10

年ごとの樹高平均成長量及び第9図に樹高平均成長率を示す。50年を経過すると値がともに小さくなってほぼ一定となっていた。

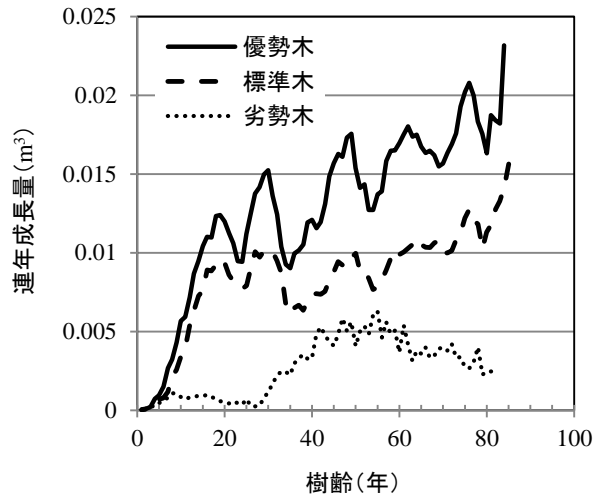
第10図に材積総成長量の推移、第11図に材積連年総成長量、第12図に10年間ごとの材積平均成長量、第13図に材積平均成長率を示す。伐採時の材積は優勢木で1.1m³、標準木で0.71m³、劣勢木で0.22m³で



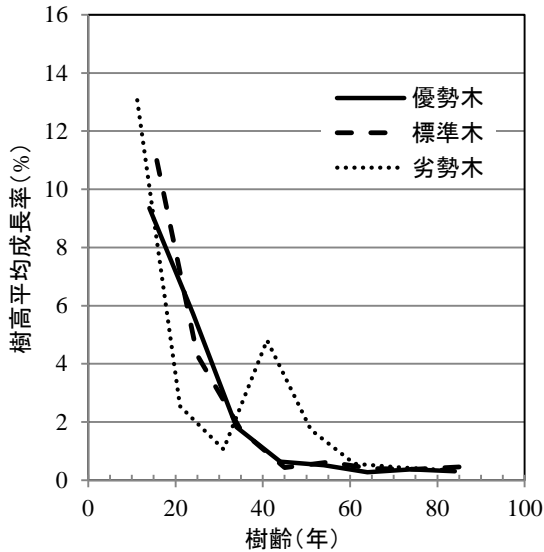
第6図 樹幹解析図



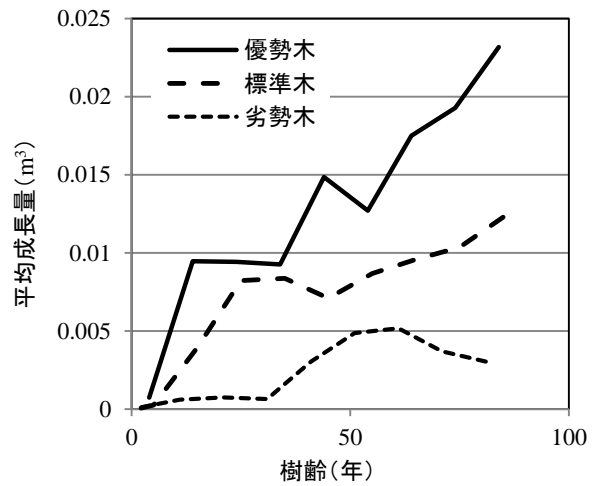
第8図 樹高平均成長量の推移



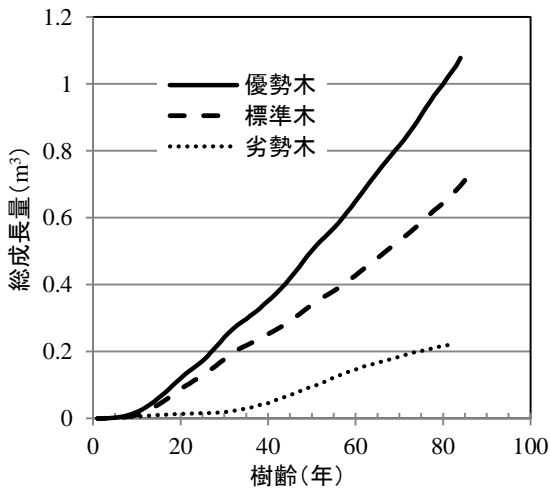
第11図 材積連年総成長量の推移



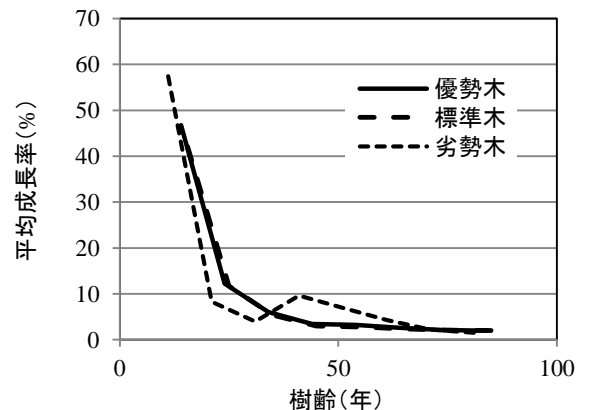
第9図 樹高平均成長率の推移



第12図 材積平均成長量の推移



第10図 材積総成長量の推移



第13図 材積平均成長率の推移

あった。優勢木、標準木は植栽後20年までに一気に材積を増大し、それ以降も増大しているが、劣勢木は30年まで材積成長量は小さく、60年目辺りで最大となった後に減少していた。材積平均成長率では、優勢木と標準木は同様な推移を示した。平均成長量は一般に樹齢が高くなるとピーク値をとった後に減少していくが、優勢木と標準木ではピークが見られていないことから、今後も成長できる状態であると推測される一方、劣勢木は成長が衰える方向である可能性が高い。

第14図に地上高ごとの心材率の推移を示す。優勢木と標準木は、地上高15mまでは60%以上、それより高い部位においては心材率は低下していた。劣勢木では、地上高3mでは優勢木、標準木と同じく70%を超えていたが、その他の部位では優勢木、標準木より低い値であった。

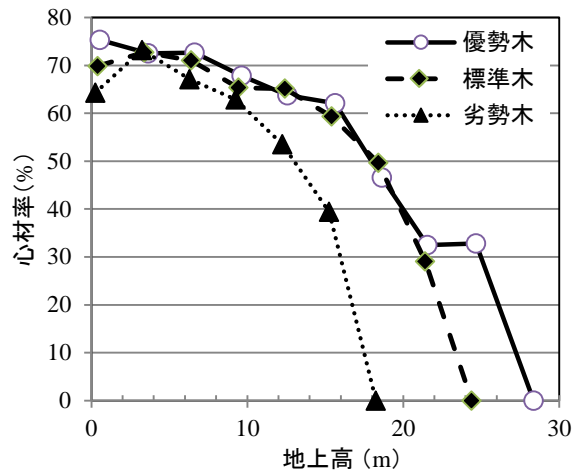
第15図に辺材幅、第16図に辺材年輪数の推移を示す。優勢木と標準木は樹高20mまでは辺材幅は約19~25mmで推移しており、辺材部の年輪数は約20~25年で樹幹内の樹皮側から厚さ25mm程度が辺材部となっていた。辺材部の平均年輪幅は、優勢木で1.2mm、標準木で0.9mm、劣勢木で0.6mmであった。

2.3 容積密度数

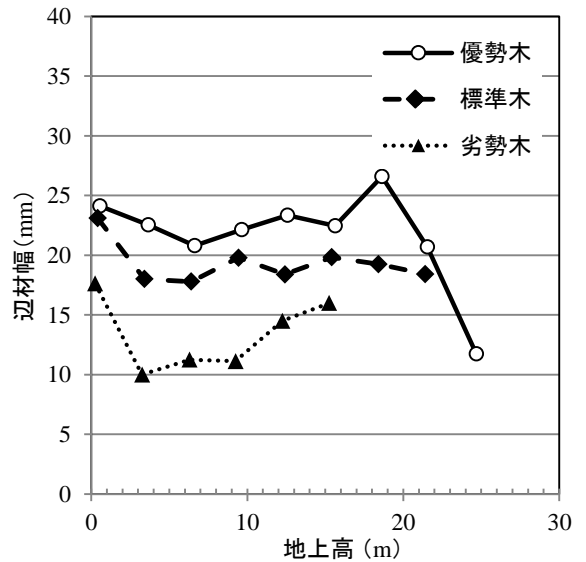
年輪幅を測定した円板から接線方向の幅が約3cmのブロックを東西南北の各方角で切り出し、それらを樹心から10年輪ごとに年輪に沿って割り分けたものを試験片とした。試験片を水中に沈めた状態で減圧加圧装置を用いて飽水状態とし、浮力法により体積 V_G を測定した後、電気恒温器を用いて103℃の条件で乾燥させ、恒量に達したものを全乾状態として重量 W_{OD} を測定した。容積密度数 (kg/m^3) は次式により算出した。

$$\text{容積密度数}(\text{kg/cm}^3) = W_{OD} / V_G$$

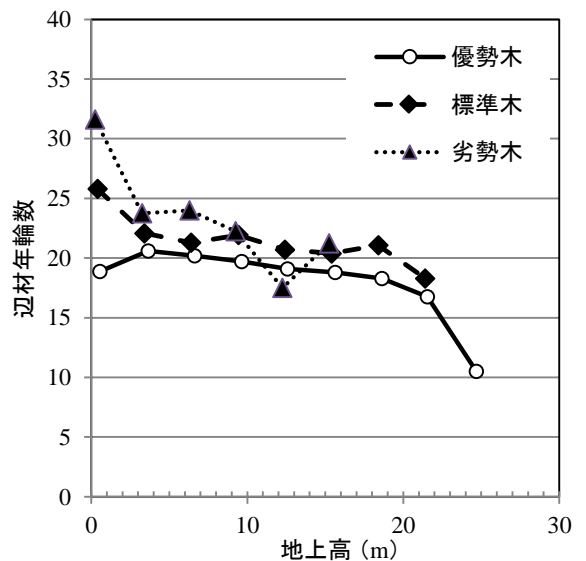
各円板の容積密度数を各方角ごとに集計した値を第17図、容積密度数の平均値を第4表に示す。図に示した数値は平均値である。腐朽箇所は集計から除外した。優勢木と標準木の容積密度数は大差なく、既往の値 ($536\sim 550\text{kg/m}^3$)⁴⁾と同程度とみなせるが、劣勢木のそれは低めであった。第18図に地上高ごとの容積密度数の推移を示す。容積密度数は地上高が高くなると若干大きくなる傾向が見られ、これも既往の報告⁴⁾と同じ傾向であった。



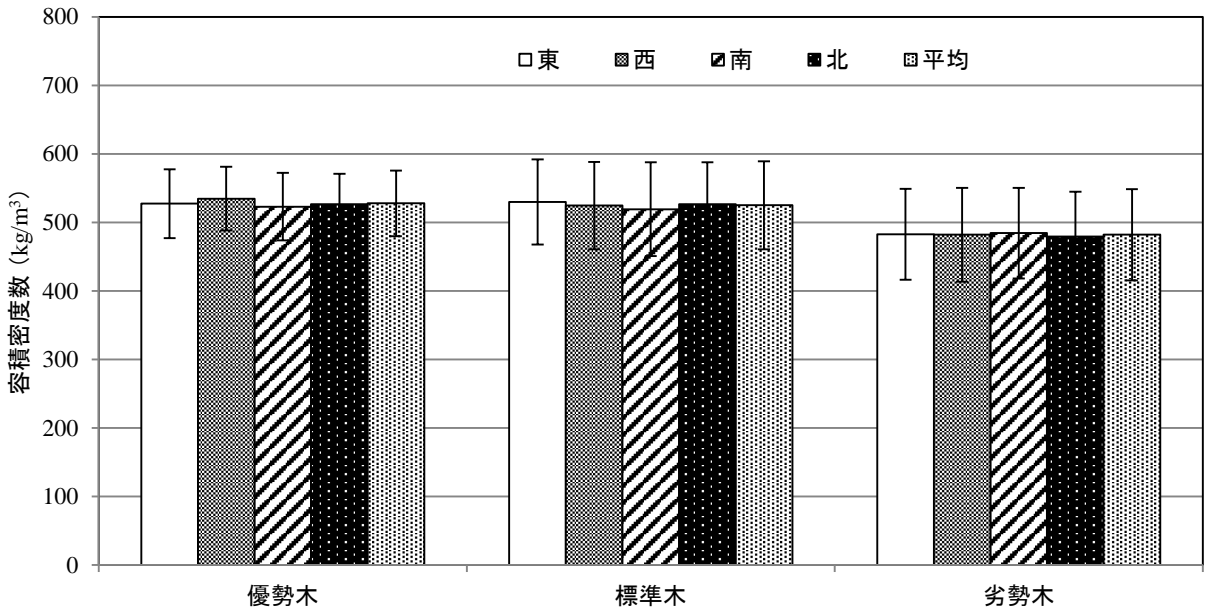
第14図 地上高ごとの心材率の推移



第15図 辺材幅の推移



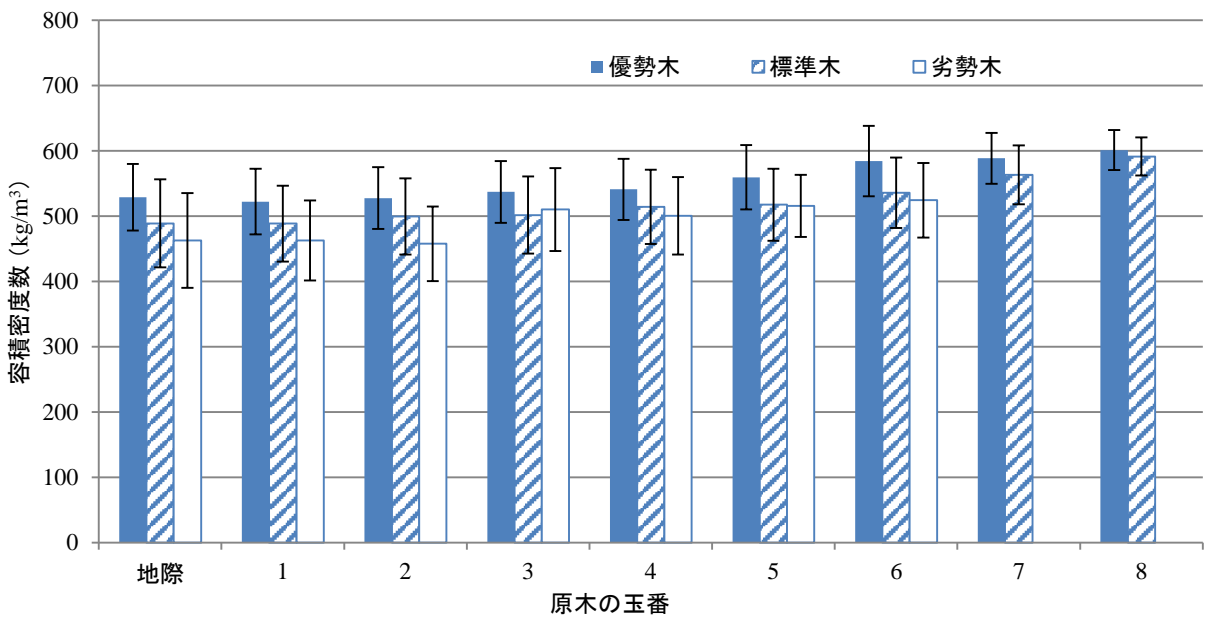
第16図 辺材年輪数の推移



第17図 容積密度数の比較

第4表 容積密度数の平均値

	優勢木	標準木	劣勢木	平均
容積密度数 (kg/m ³)	546.0	511.1	482.0	521.4
標準偏差	53.8	62.6	66.6	63.3



※ 原木長さは3m, 容積密度数は各原木の末口での値

第18図 容積密度数の樹高方向の推移

ヤチダモは環孔材を作る樹種であるため、一般に材の密度は年輪幅により変動する傾向がある。第19図に容積密度数と試験体の平均年輪幅の放射方向での推移を示す。成長初期は年輪幅が大きくかつ容積密度数も大きい、成長が進み年輪幅が小さくなるに従い、容積密度数も減少する傾向であった。第20図に年輪幅と容積密度数の関係を示す。優勢木と標準木は年輪幅が約2mm以上では試験体の容積密度数は一定であったが、約2mmより小さくなると容積密度数は高いものから低いものまで幅を持っていた。これは、年輪幅2mm以下で年輪幅の減少とともに容積密度数が減少する個体と、容積密度数があまり変化しなかった個体の2パターンがあるためと思われる。劣勢木では、年輪幅が約1.5mmになるまでは年輪幅の増加とともに容積密度数も増加し、1.5mm以上になると一定となる傾向が見られた。なお、腐朽部分の容積密度数は378kg/m³（標準偏差45.0）であった。

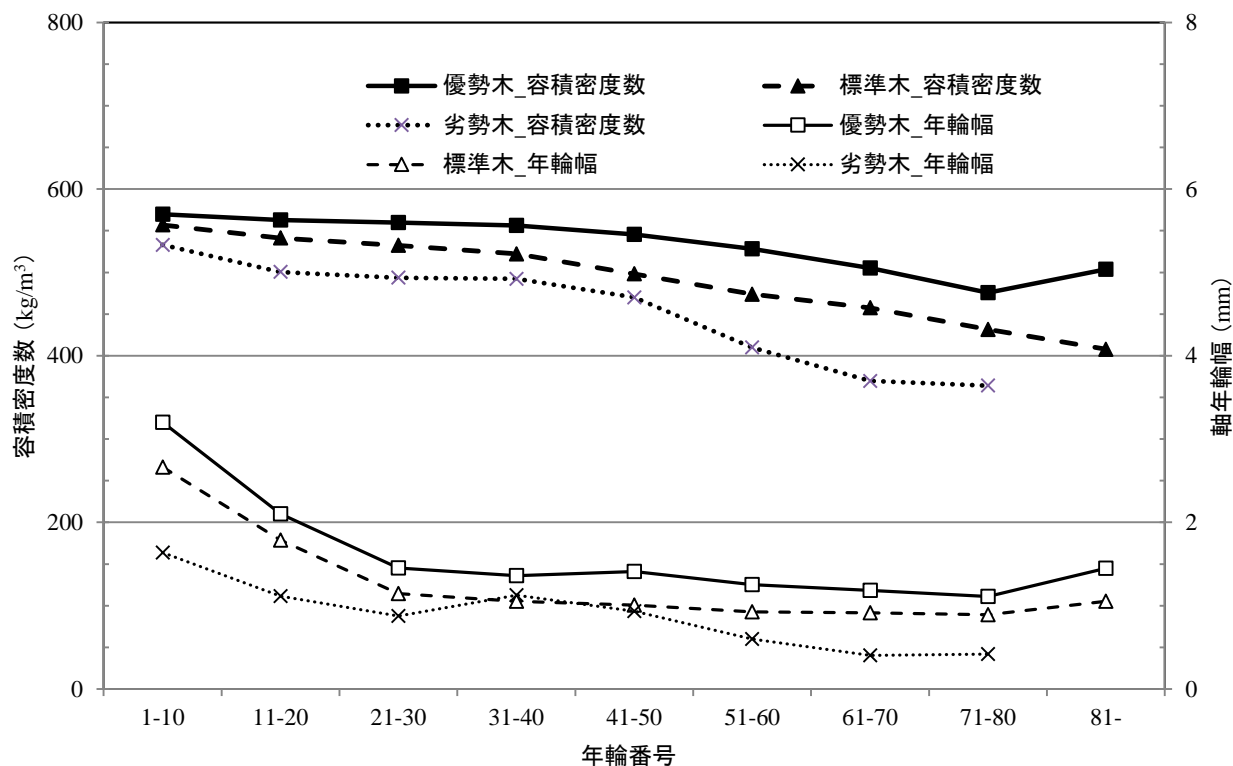
2.4 生材含水率

1番玉元口側から3番玉末口側にわたる3m間隔4か所の円板を用いて、伐採直後の含水率測定を行った。

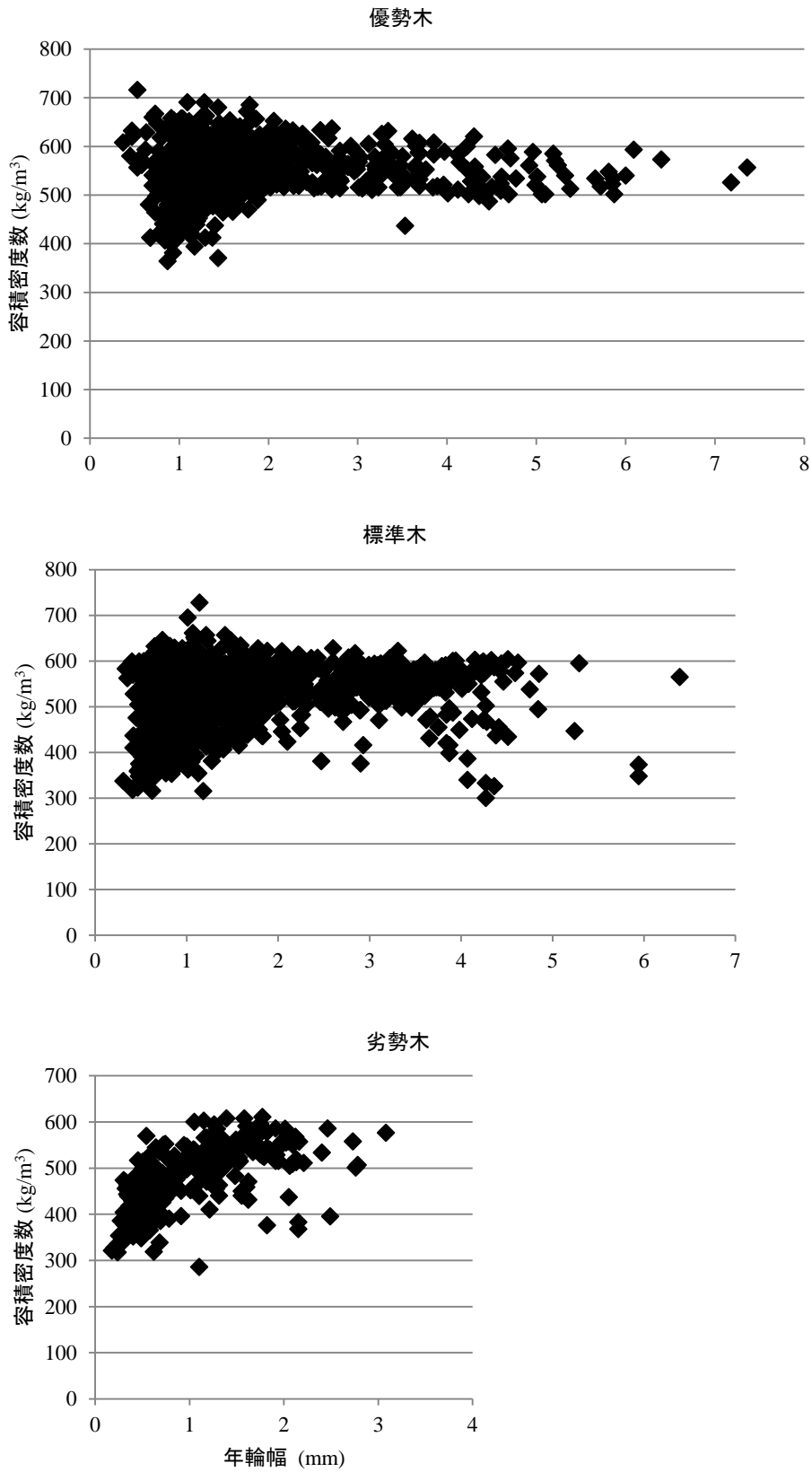
含水率測定用円板から東西方向に樹心を含む幅3cmのブロックを切り出し、樹心から外側に向けて各方向に心材部を3つ、辺材部を2つになるよう年輪に沿って割り、それぞれの生材重量 W_G を測定した。その後電気恒温器で103℃の条件で恒量として全乾重量 W_{OD} を測定し、次式にて含水率(%)を算出した。

$$\text{含水率(\%)} = 100 \times (W_G - W_{OD}) / W_{OD}$$

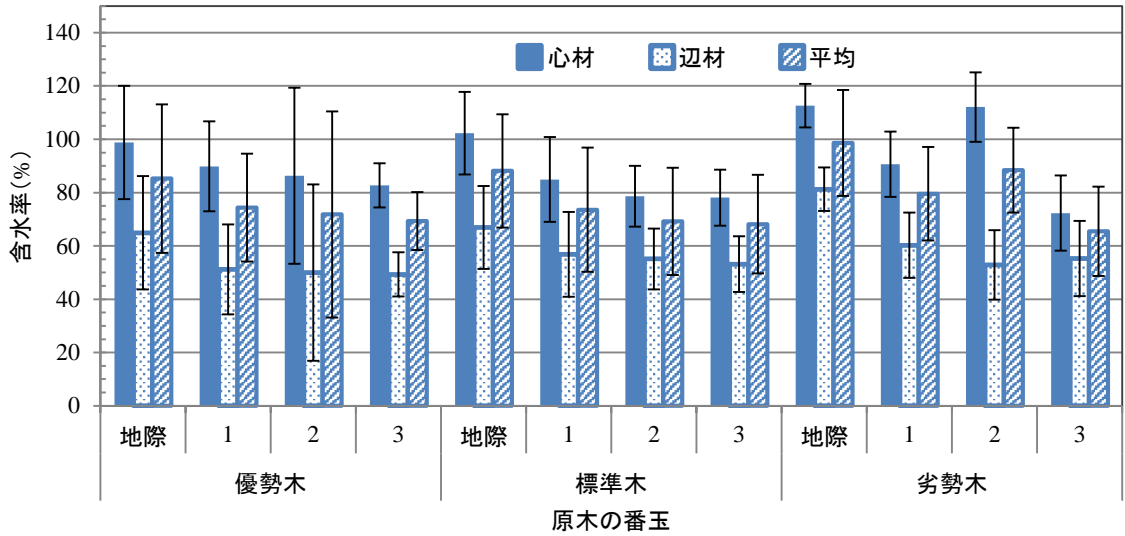
第21図に含水率の測定結果を、第5表に含水率の平均値を示す。ヤチダモは多湿心材を持つことが知られており、今回の供試木でも心材の方が辺材より、また、樹幹下部の方が上部より含水率が高かった。優勢木、標準木の含水率はほぼ同様の値を示し、劣勢木は若干高めであった。また心材の中でも樹心に近い方が、辺材に近い側よりも含水率が高かった。蕪木の報告⁵⁾の人工林材における樹高15mまでの範囲と比べると本林分の心材含水率は20ポイント高めであったが、矢沢らの報告⁶⁾の同範囲に対しては同様な傾向であった。



第19図 年輪幅と容積密度数の推移



第20図 年輪幅と容積密度数の関係



※ 原木長さは3m, 含水率は各原木の末口での値

第21図 含水率の測定結果

2.5 収縮率

JIS(Z2101)に基づき収縮率の測定を行った。樹心を含んだ厚さ40mmの柁目板を乾燥後、樹皮から30～60mm離れた位置から樹心に向かい断面30×30mmの角材を連続して2方向で切り出し、半径、および接線方向用収縮試験体(接線方向30×半径方向30×繊維方向5mm)、繊維方向用収縮試験体(接線方向5×半径方向30×繊維方向60mm)へ加

工した。この採材方法により、各試験体の樹幹内での位置、形成年を知ることが可能となる。

各試験体につき、気乾、飽水、103℃のオーブンで恒量とした全乾状態それぞれでの試験体寸法を測定し、半径、接線、繊維方向それぞれの全収縮率、含水率1%に対する平均収縮率を算出した。

第6表に試験体の平均年輪幅、気乾密度及び体積全収縮率、第7表に半径及び接線方向の全収縮率及

第5表 含水率の平均値

	含水率(%)			標準偏差		
	心材	辺材	平均	心材	辺材	平均
優勢木	88.1	54.4	74.6	14.1	9.0	20.6
標準木	85.6	57.7	74.4	16.0	10.1	19.5
劣勢木	94.3	64.3	82.1	26.7	19.3	28.1

第6表 半径及び接線方向収縮試験片の平均年輪幅、気乾密度並びに体積全収縮率

試験体数	平均年輪幅 (mm)		気乾密度 (kg/m ³)		体積全収縮率 (%)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
優勢木	120	1.52	0.26	701	35	16.63	1.88
標準木	160	1.75	0.44	655	45	17.02	1.25
劣勢木	12	0.97	0.00	620	7	15.41	0.25

第7表 半径及び接線方向の全収縮率及び平均収縮率

	半径方向全収縮率 (%)		接線方向全収縮率 (%)		含水率1%に対する平均収縮率(%:半径方向)		含水率1%に対する平均収縮率(%:接線方向)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
優勢木	5.52	0.68	11.77	1.44	0.19	0.02	0.34	0.03
標準木	5.46	0.71	12.23	0.84	0.18	0.03	0.33	0.03
劣勢木	5.77	0.21	10.23	0.21	0.19	0.01	0.29	0.02

第8表 繊維方向収縮率

試験体数	平均年輪幅 (mm)		気乾密度 (kg/m ³)		繊維方向全収縮率(%)		含水率1%に対する平均収縮率(%:繊維方向)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
優勢木	52	1.71	0.43	709	31	0.23	0.09	0.013	0.004
標準木	58	1.91	0.55	700	26	0.36	0.10	0.017	0.013
劣勢木	12	1.07	0.00	618	22	0.34	0.08	0.017	0.004

び平均収縮率を示す。半径方向と接線方向のそれぞれの収縮率は優勢木から劣勢木までほとんど変わらなかった。天然林材の過去の文献値（半径方向 0.17%、接線方向 0.31%）⁷⁾と比較すると、半径方向、接線方向共にほぼ同程度であった。半径方向と接線方向の全収縮率、平均収縮率の比は、どの位置でもおよそ1:2であり、これも過去の文献値と同様であった。第8表に繊維方向の収縮率を示す。ヤチダモも他の樹種と同様、繊維方向の収縮率は半径、接線方向の1/10以下であった。優勢木の収縮率は、標準木、劣勢木に比べ僅かに小さかった。

2.6 強度性能

JIS(Z2101)に基づき曲げ試験、縦方向圧縮試験を行った。樹心を含んだ厚さ30mmの柁目板を乾燥後、樹皮側から20~40mm離れた位置から樹心方向に向かう2方向で、断面20×20mmの角材を連続して切

り出し、曲げ試験体(20×20×320mm)、縦圧縮試験体(20×20×50mm)へ加工した。この採材方法により、各試験体の樹幹内での位置、形成年を知ることが可能となる。

2.6.1 曲げ強度

強度試験機を用いて曲げ試験を行い、曲げヤング率（以下、MOE）、曲げ降伏強度、曲げ最大強度（以下、MOR）を算出した。曲げ降伏強度は荷重変形曲線から求めた初期の傾きを0.95倍した傾きで、且つ原点を通る直線と荷重変形曲線の交点の荷重を降伏荷重として計算した。第9表に平均年輪幅、気乾密度及び含水率を、第10表にMOE、曲げ降伏強度及びMORをそれぞれ示す。

優勢木と標準木に比べ劣勢木は曲げ性能が1割ほど低かった。気乾密度にはほとんど差がないので、劣勢木では樹幹中心部に形成される未成熟材部が多

第9表 曲げ試験体の平均年輪幅、気乾密度及び含水率

試験体数	平均年輪幅 (mm)		気乾密度 (kg/m ³)		含水率 (%)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
優勢木	61	1.30	0.17	670	39	9.67	1.50
標準木	93	1.21	0.28	660	43	9.89	0.33
劣勢木	25	1.14	0.39	672	33	10.41	0.21

第10表 曲げ試験結果

	MOE (kN/mm ²)		曲げ降伏強度 (N/mm ²)		MOR (N/mm ²)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
優勢木	12.19	1.38	65.9	7.8	115.0	11.9
標準木	12.75	1.39	62.4	9.7	115.2	13.7
劣勢木	10.93	1.74	51.7	10.4	102.8	15.9

く含まれた可能性がある。優勢木と標準木では、曲げ性能はほとんど変わらなかった。天然林材の過去の文献値 (MOE 9.5 kN/mm², MOR 95 N/mm²) と比較すると、今回の人工林材はいずれも1~2割ほど高かった。しかし、今回の試験時含水率が10%前後と文献値の15% (13~18%) より低かったため、値が高めに出たと考えられ、今回の人工林材の曲げ強度性能は天然林材のそれとほぼ同程度であると考えられる。

2.6.2 縦圧縮強度

強度試験機を用いて、縦圧縮試験を行い、最大縦圧縮強度を算出した。第11表に平均年輪幅、気乾密度、含水率及び最大縦圧縮強度を示す。

圧縮強度は成長の良否に関わらずほぼ一定であった。天然林材の過去の文献値 (44 N/mm²) と直接比較すると、今回の人工林材の結果は2割ほど高いが、含水率の補正をするとほぼ同程度となった。

2.7 基礎材質試験のまとめ

ヤチダモは広葉樹の中では比較的通直完満な樹幹を作りやすい樹種である。今回の供試木も、原木品質では曲がり少なく円筒形に近い良質原木が多かった。このことは、製材原木としても、ロータリー単板原木としても優位である。

ヤチダモは、早材部に大型の道管が同心円状に並列する環孔材を形成する樹種である。このことは、環孔材一般の性質として、密度の低い早材部は年輪幅に関わらずほぼ一定の幅をとることから、年輪幅すなわち肥大成長の良否により、密度に変動を生じ、年輪幅の極端に狭い部分ではほとんど孔圏道管のみの低密度な材となり、年輪幅の広い部分では、高密度の孔圏外部の比率が増える結果、高密度な材となる。従来利用方法のなかでは、強度が必要な手摺や階段板、スポーツ器具、椅子やテーブルの脚部などに使うには、年輪幅の広いものの強度性能が活かされる一方、高密度であるため加工しづらい、変形が大きくなるといったデメリットも生じる。経験的に、年輪幅1.2mm程度のものが、いろいろな用途に対応できるとされている。このようなことを勘案すると、今回の試験地では、現在までに平均以上の肥大成長を遂げている優勢木、標準木は、長期にわたり1mm前後の年輪幅を保っているため、今後も同様の肥大成長が続けば、利用しやすい材質の木材をもつ大径材に育つ可能性が高いと考えられる。一方、現在までに平均以下の胸高直径にとどまっているものは、内部に極めて低密度の年輪幅の狭い部分があり、また、最近に至って成長が鈍化しているため、

第11表 縦圧縮試験体の平均年輪幅、気乾密度、含水率及び縦圧縮試験結果

試験体数	平均年輪幅 (mm)		気乾密度 (kg/m ³)		含水率 (%)		最大強度 (N/mm ²)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
優勢木	12	1.17	0.32	709	40	10.6	0.3	61.2	6.8
標準木	45	1.33	0.35	663	49	10.6	0.5	59.4	4.8
劣勢木	18	1.29	0.51	688	24	10.5	0.2	57.4	5.7

今後のさらなる成長は期待できず、積極的に間伐対象とするべきであると考えられる。

物理的性質では、密度、収縮率、強度性能とも、過去に報告のある天然生、人工林生のヤチダモでの試験結果と概ね同等であると判断できる。

3. 家具への利用適性試験

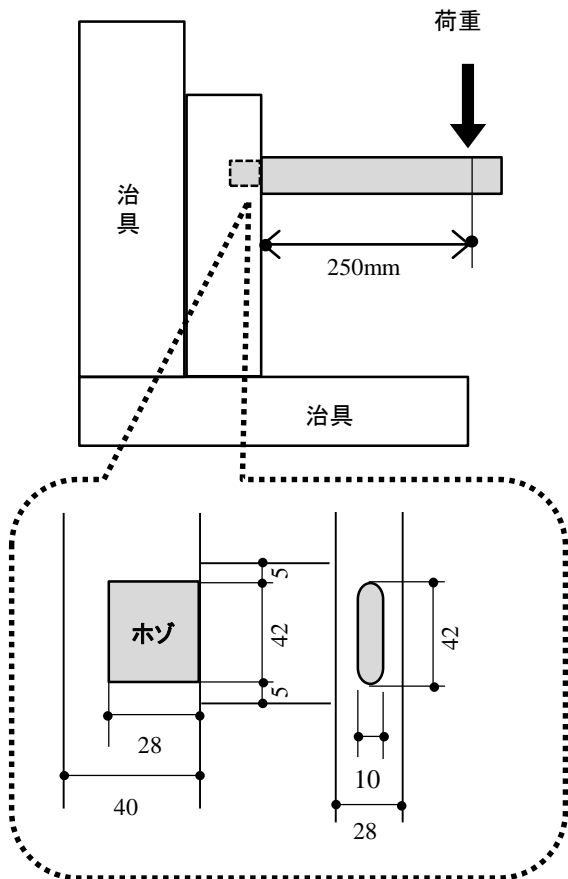
旭川近郊を中心とする上川地域では、当初は天然のヤチダモ材がミズナラ、ウダイカンバ等とともに豊富に産出したことにより家具製造が主要な木材産業のひとつとなっている。家具の中でも、近年需要が増している椅子は、人が座りその荷重に耐える強度が必要である。また、曲線を用いるデザインが多く、脚部の部材は切削により製作される場合が多いため、目切れによる強度低下が想定される。また、昨今の消費者ニーズが高いスタイリッシュなデザインでは、細い径の部材の組合せとなることから、接合部の強度が重要になる。このため、今まで天然林

材で製造してきたものを、人工林の中小径木を材料とした場合に製品としての性能が十分得られるか検討する必要がある。そこで、旭川家具の製作指導、製品評価をしている旭川市工芸センターの協力を得て、今回採取したヤチダモ人工林材を用いて椅子を製造し、家具への利用が可能か検討した。

3.1 接合部性能試験

接合部の強度を評価するため、第22図の試験体を作製した。ホゾは楕円で幅10mm、高さ42mm、長さ27mmとし、接合にはαオレフィン系の接着剤を用い、1470Nで3分間圧縮した試験体を、6体作成した。T字型接合部試験体を治具にセットし、胴付面から250mmの位置を荷重点として、3mm/minの速度で荷重を加えた(写真2)。比較のため、一般的な椅子製造に用いられるナラ材5試験体についても同様の試験を行った。

ヤチダモ人工林材接合部の荷重と変位の関係を第23図に示す。6試験体ともほぼ同じ傾向を示し、破



第22図 接合部強度試験

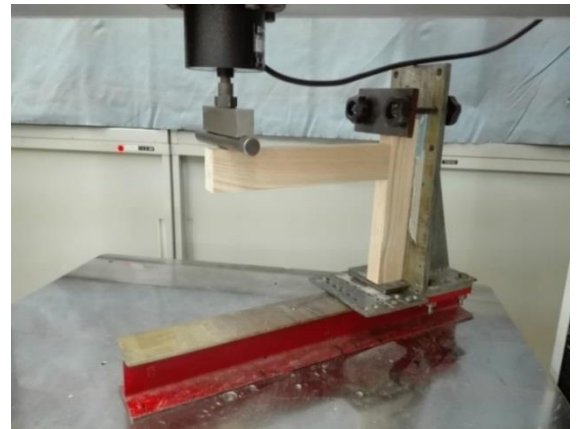
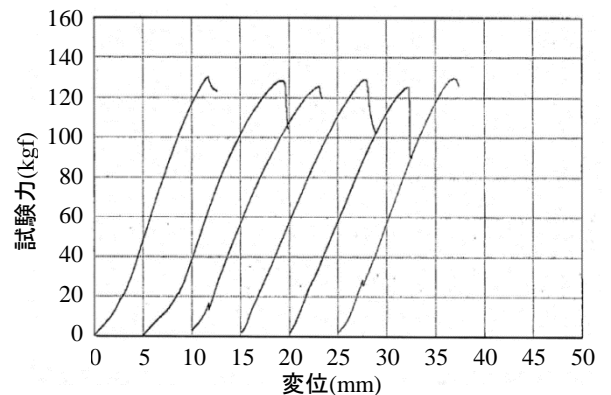


写真2 接合部強度試験



第23図 接合部強度試験の荷重-変位図

第12表 接合部強度試験結果

	ヤチダモ		ナラ	
	最大荷重	変位-強度	最大荷重	変位-強度
	(N)	(N/mm)	(N)	(N/mm)
平均	1255	121	1258	126
最大	1276	133	1366	143
最小	1228	112	1130	108



写真3 繰り返し衝撃荷重試験

壊に至る強度は、最大1276N、最小1228N、平均1255Nであった。試験結果をナラ材のそれと合わせて第12表に示す。今回のヤチダモ人工林材は、ナラ材とほぼ同じ値を示し、ナラ材と同様の椅子製作が可能であることが示された。

3.2 椅子の試作および性能試験

今回の供試材を用いて製作した椅子の性能を評価するため、旭川市工芸センターで家具製造業者に対して行っている研修課題である定型の椅子を製作した。この椅子は、曲線の部材を使用し、一般的なホゾの仕口となっているため、原料木材の性能を評価する上で妥当な椅子と考えられる。

試作した椅子に対し、座面と脚部の接合等の強度を確認するため、座面におもり60kgを載せ、後ろ脚下端を固定し、背を後方に引っ張り、前脚を30mm

引き上げた状態から落下させる動作を1分間に20回の割合で4000回繰り返した（写真3）。

製作した椅子は、繰り返し衝撃荷重試験終了後全ての接合部に緩みやガタは見られず、十分な強度を有していることが確かめられた。

3.3 まとめ

今回供試したヤチダモ人工林材は、椅子部材として十分な材料強度を有しており、一般的な部材寸法、接合部を持つ椅子の設計が可能であった。また、椅子の性能からテーブル等に対しても十分な強度が得られると考えられるが、テーブルの天板など、椅子以外の家具に利用する場合には、寸法安定性や表面硬さなど異なる性能が求められることから、製品にあった性能を個別に評価する必要がある。

4. おわりに

道有林上川南部管理区内に植栽された85年生ヤチダモ人工林の間伐木について基礎材質試験及び家具用材としての用途適性評価を行った。

年輪解析の結果から、林分内で優勢ないし標準的な胸高直径に育っているものは今後も継続して順調な肥大成長を維持する可能性が高く、大径木に仕立てられれば価値を上げられる可能性が高いと考えられる一方、現在劣勢木であるものは肥大成長が鈍化する傾向にあり、また極端に年輪幅の狭い部分を含むことから、受光伐等により今後肥大成長が回復するとしても、強度性能を要求される脚物家具部材としての用途には向かないと考えられるため、積極的に間伐対象とすることが推奨される。

現時点で平均以上の成長を遂げている立木については、材の物理的性質は一般的な天然林、人工林ヤチダモの範疇にあり、利用上の問題はなく、一般的に流通している製材用途の原木として通用するものと考えられる。

得られた製材は椅子部材として十分な性能を有し、試作した椅子においても、十分な耐久性を示したこ

とから、本研究の対象林分の間伐材は脚物家具の部材として利用可能と判断される。

参考文献

- 1) 平成24年3月28日農林水産省告示第1037号
- 2) 東京農工大学農学部林学科編，朝倉書院，林業実務必携（第三版），1987.
- 3) 大崎久司：林産試験場報，No.543，pp18-28，2015
- 4) 蕪木自輔：林業試験場研究報告，No.90，pp109-144，1956.
- 5) 蕪木自輔：林業試験場研究報告，No.90，pp77-109，1956.
- 6) 矢沢亀吉ほか：日本林學會北海道支部講演集（12），pp33-35，1963-11.
- 7) 日本木材加工技術協会編，「日本の木材」，1989.

－利用部 資源・システムグループ
－*1：性能部 構造・環境グループ
(原稿受理：17.11.9)