

トドマツおよびヨーロッパトウヒ人工林材の材質

高橋 政治 滝沢 忠昭*¹
 大久保 勲*² 故川 口 信 隆*³

Wood Qualities of Plantation Grown Todomatsu (*Abies sachalinensis*
 (Fr. Schm.) Mast.) and Norway Spruce (*Picea abies*(L.)Karst.)

Masaji TAKAHASHI Tadaaki TAKIZAWA
 Isao OKUBO /ate Nobutaka KAWAGUCHI

Keywrds: timber from plantaion, *Abies sachalinesis*, *Picea abies*, annual ring width, bending strength
 人工林材, トドマツ, ヨーロッパトウヒ, 年輪幅, 曲げ強度

1. はじめに

道内の人工林にはトドマツが全道的に最も多く植栽されており、間伐材はもとより、主伐材も生産されるようになってきた。したがって近い将来、トドマツ造林木が製材用原木の主要樹種になることは間違いない。このため、トドマツ人工林材の材質について、天然林材との比較も含めて明らかにすることが緊急の課題とされてきた。

そのため、林産試験場では、道内の数か所からトドマツ人工林材を入手し、その材質を調べ、すでに報告している^{1~3)}。トドマツ人工林材の試験については、この他にも依頼によって実施したものや林野庁のプロ

ジェクト研究等によって行ったものがある。

今回は、これらの試験結果を整理し、取りまとめを行ったのでここに報告する。なお、人工林材の試験を行う過程でヨーロッパトウヒについても試験を行っているので、その結果も報告する。ここでヨーロッパトウヒの結果を含めたのは、北海道での造林樹種として、トドマツ、カラマツに次いでヨーロッパトウヒがあげられ、樹齢70~80年を超えるものも生育しており、ここ数年来、この樹種の利用適性についても関心が高まっているので資料の一部としてここに示した。

本報告では、すでに報告しているものとなるべく比較できるように内容を整理した。しかし、試験の目的

第1表 産地と供試木の概要

産地	林齢 (年)	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	供試木 本数	実施年度 (昭和)
道有林旭川経営区当麻82林班 トドマツ	45	17.9 12.2~23.0	9.6 3.6~12.9	23 14~34	37	50
道有林雄武経営区幌内46-56小班 トドマツ	45	18.7 14.2~22.0	8.3 4.3~12.3	25 18~44	20	54
道有林美深経営区253林51小班 トドマツ	50	19.9 18.2~21.9	10.5 8.3~13.6	30 24~37	10	59
道有林厚岸経営区3林班 トドマツ	55	16.4 14.9~17.5	7.1 5.5~8.4	36 30~41	4	60
道有林厚岸経営区4林班 トドマツ	60	16.5 15.9~17.5	7.6 5.3~10.1	34 28~38	6	60
東京大学北海道演習林27林班(山部) ヨーロッパトウヒ	58	27.1 24.3~29.1	— —	34 26~44	30	56

によって立木の選定や試験，測定方法が必ずしも一致しないものもある。なお，これらの試験実施時期を第1表に示した。

2. 供試木

供試木は，第1表に示したようにトドマツは道有林の旭川，雄武，美深，厚岸の各経営区から，ヨーロッパトウヒは東京大学北海道演習林から，それぞれ採取した。供試木を採取した林分の林齢は，45～60年生の範囲である。また，いずれの林分も良く管理され，間伐も繰り返し行われていた。このうち，雄武経営区のもは，地上高3m程度まで枝打ちされていたが，この供試木を採取した時にはまだ枝の巻き込みは完了していなかった。

枝の巻き込みは，立木の樹齢や肥大生長および枝の大小にもよるが，林産試験場で調べた結果^{4,5)}から想定すると，枝打ちされてから巻き込みが完了し，年輪の蛇行が完全に終了するまでにおおよそ6～7年かかることが分かっている。

これまでのトドマツ素材を調べた結果から，枝は間伐の繰り返し程度では取り除くことは難しく，枝打ちは，できる限り若齢木のうちに実行しないと効果は少ないといえる。

次に立木の選定は，試験の目的によって異なっているが，表に示したようにそれぞれの林分の中から胸高直径に着目して，平均木，優勢木，最優勢木等を数本ずつ選んでいる。したがって，表に示したそれぞれの数値は林分の値ではなく，供試木の平均値である。

第1表に示したトドマツの樹高を，トドマツ人工林間伐の手引⁶⁾の地位区分に示されている値と比較すると，旭川，雄武，および美深経営区のもは，2等地と3等地の間であった。厚岸経営区のもは，両林分ともに4等地のAに相当していた。この厚岸の2か所の林分は隣接地で海岸に近い尾根筋に位置していたので，風や気象的条件の影響があったものと思われる。

なお，ヨーロッパトウヒについては間伐の手引書は作られていないので，トドマツ人工林の手引に示されている値に当てはめてみると，1等地のAとBとの中

間値に相当していた。

3. 立木の細り

供試木の幹の細りは，それぞれの素材の元口と末口の直径から長さ1m当りに換算して求めた。結果を第2表に示す。なお，素材の長さは，すべて一般材木取り(3.7m)である。

立木の細りは，トドマツでは美深産と厚岸産(60年生)のもの根張りが大きかったため，1番玉の細りは他のものより大きくなった。2番玉と3番玉では，厚岸産が大きく，先細りの素材であった。このような細りの出現傾向は，函館産¹⁾のものも同様であった。これは前述のように海岸に近いので，風や気象条件等の影響を受けた結果であると思われる。

ヨーロッパトウヒは，1番玉の根張りが大きかったため細りが大きくなった。しかし，2番玉以上は細りが小さく非常に完満な素材であった。

4. 素材の品質

供試材を「素材の日本農林規格」に従って区分し，それぞれの欠点を調べ等級を付けた。その結果を第3表に示す。厚岸産の両林分のものについては，これ以後まとめて示す。なお，表中の欠点項目とは，それぞれの素材の等級を決定づけたものである。

これらの供試材は，間伐対象木であったが，各林分から平均以上の立木を選んでいるので径級が大きかった。そのため素材区分した結果，小の素材はトドマツでは，すべて3番玉と4番玉であった。ヨーロッパトウヒは，樹高生長が良好で細りも少なかったため6番

第2表 素材の細り (cm/m)

産地	玉番号					
	1番玉	2番玉	3番玉	4番玉	5番玉	6番玉
当麻	1.2	0.7	0.9	1.6	—	—
雄武	1.3	0.9	1.3	—	—	—
美深	1.6	0.8	1.1	1.7	—	—
厚岸 (55年生)	1.1	1.2	2.2	—	—	—
厚岸 (60年生)	1.9	1.2	2.4	—	—	—
山部	2.4	0.5	0.9	1.1	1.4	1.6

第3表 素材の等級

産地	欠点項目	小の素材		中の素材			大の素材			本数
		1等	2等	1等	2等	3等	1等	2等	3等	
当麻	節	—	—	22	40	3	—	—	—	85
	曲がり	15	5	62	2	1	—	—	—	
雄武	節	—	—	2	15	0	0	2	1	20
	曲がり	—	—	14	3	0	2	1	0	
美深	節	—	—	1	30	0	0	0	1	34
	曲がり	1	1	24	5	2	1	0	0	
厚岸	節	—	—	2	20	0	0	1	5	30
	曲がり	1	1	12	9	1	2	4	0	
山部	節	—	—	10	100	5	11	9	4	141
	曲がり	2	0	100	14	1	24	0	0	

玉のみであった。

日本農林規格では、小の素材は主として曲がりによって等級が決定されることになっている。測定した結果、これらの素材は、樹幹の上部から得たものであるため曲がりは少なかった。

中および大の素材は、トドマツ、ヨーロッパトウヒともに、曲がりよりも節によって等級が決定されるものが多かった。大の素材では節による格付けが一層厳しく、等級に大きく影響している。

当麻産の素材は、1番玉の節がすでに巻込まれているものが多かったため1等材が多かった。一方、雄武産の立木には枝打ちが行なわれていたが、節の等級で明らかにならないようにその効果は現れていない。

5. 製材の木取りと品質

製材の木取り方は、これまでに報告した試験方法と同様に、一般建築用材として多く使われる10.5cm正角材を1本の丸太からできる限り多く採材するようにした。そのため、一般の製材ではあまり行われていない木取りになっている。それは心持ち、心割り（樹心から二つ割り）、心がかり（樹心を中心に四つ割り）、心去り（樹心を含まないもの）の4種類の木取りである。

製材品の等級は、生材時と乾燥後の材では異なるのが普通であるが、農林規格では、製材後のどの時点で等級付けをするかについての決まりはない。そのため、ここでは同じ規格を用いて製材直後と乾燥後に等級を決めた。なお、この製材品の等級は「製材の日本農林規格」（昭和56年3月、農林水産省告示第406号）で示

されている。この規格と新しい農林規格「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」（平成3年1月、農林水産省告示第143号）の違いと材料の評価については文献⁷⁾に説明してあるので参照されたい。

製材の対象にした素材の末口径は、12～36cmの範囲のものである。

製材の木取り別に欠点の現れ方を調べたのでその結果を第4表に示す。なお、ここに示した欠点のほかにアテ、腐れ、変色などがあったが、これによって等級が決定されたものは少なかったため、ここには示さなかった。

節によって決定された等級は、採材方法による違いはなく、ほとんどが特等と1等であった。一斉造林の場合、枝はあまり太くならないので節は比較的小さく等級格付けには有利である。しかし、輪生節が材面に現れ、これが集中節となり、集中節径比により等級が左右されたものが多かった。

丸身は、1本の丸太からできるだけ多くの正角材を得るように製材したために現れたものがほとんどで、素材自体の曲がりによるものは少なかった。

丸身の現れ方は、製材方法によっても異なるが、今回試験した程度の末口径の素材からでは心去り材はほとんど得られず丸身も避けることはできない。

乾燥後の欠点調査は、試験の目的によっては測定していないこともあり、その場合は空欄とした。

曲がりは、心割り、心がかり材の木取りの場合、心持ち材や、心去り材の木取りよりも少し大きく現れ、等級も下位になるものが多かった。

第4表 製材の木取りと欠点別の等級

木取り	産地	等級	製材直後の等級		乾燥後の等級			総合等級	本数
			節	丸身	曲がり	ねじれ	割れ		
10.5cm 心持ち 正角材	当麻	特等	8	29	28	6	1	—	製材直後の測定本 数は51本 乾燥後の測定本数 は36本
		1等	36	18	7	12	1	—	
		2等	7	4	1	7	2	—	
		格外	0	0	0	11	32	—	
	雄武	特等	5	4	—	—	—	—	7
		1等	2	3	—	—	—	—	
		2等	0	0	—	—	—	—	
		格外	0	0	—	—	—	—	
	美深	特等	10	12	20	1	1	0	27
		1等	14	13	7	5	0	1	
		2等	3	2	0	19	0	0	
		格外	0	0	0	2	26	26	
厚岸	特等	3	10	9	0	0	0	12	
	1等	7	2	2	7	0	0		
	2等	2	0	1	5	1	1		
	格外	0	0	0	0	11	11		
山部	特等	1	19	15	3	—	1	22	
	1等	18	3	4	5	—	6		
	2等	3	0	3	6	—	7		
	格外	0	0	0	8	—	8		
10.5cm 心割り 正角材	雄武	特等	6	6	—	—	—	—	14
		1等	8	5	—	—	—	—	
		2等	0	3	—	—	—	—	
		格外	0	0	—	—	—	—	
	美深	特等	5	9	3	1	0	0	11
		1等	6	2	4	5	4	2	
		2等	0	0	4	5	0	2	
		格外	0	0	0	0	7	7	
	厚岸	特等	6	17	4	12	5	0	21
		1等	11	2	15	7	4	5	
		2等	4	2	2	2	7	11	
		格外	0	0	0	0	5	5	
10.5cm 心がかり 正角材	雄武	特等	3	1	—	—	—	—	12
		1等	8	9	—	—	—	—	
		2等	1	2	—	—	—	—	
		格外	0	0	—	—	—	—	
	美深	特等	9	6	7	5	5	0	15
		1等	3	9	7	10	2	5	
		2等	3	0	1	0	3	5	
		格外	0	0	0	0	5	5	
	厚岸	特等	8	9	2	15	8	0	16
		1等	6	6	11	1	2	7	
		2等	2	1	3	0	4	7	
		格外	0	0	0	0	2	2	
山部	特等	4	5	2	1	—	1	製材直後の測定本 数は10本 乾燥後の測定本数 は3本	
	1等	1	4	1	2	—	2		
	2等	5	1	0	0	—	0		
	格外	0	0	0	0	—	0		
10.5cm 心去り 正角材	当麻	特等	4	3	11	6	7	—	14
		1等	10	9	3	2	1	—	
		2等	0	2	0	5	1	—	
		格外	0	0	0	1	5	—	
	雄武	特等	1	2	—	—	—	—	2
		1等	1	0	—	—	—	—	
		2等	0	0	—	—	—	—	
		格外	0	0	—	—	—	—	
	美深	特等	1	1	1	2	0	0	3
		1等	2	2	2	0	0	0	
		2等	0	0	0	1	1	1	
		格外	0	0	0	0	2	2	
厚岸	特等	0	1	0	2	0	0	2	
	1等	2	1	2	0	1	1		
	2等	0	0	0	0	1	1		
	格外	0	0	0	0	0	0		
山部	特等	40	35	19	27	—	12	製材直後の測定本 数は63本 乾燥後の測定本数 は33本	
	1等	13	20	9	5	—	14		
	2等	10	6	5	1	—	7		
	格外	0	2	0	0	—	0		

ねじれは、心持ち木取りの場合、ほかの木取りよりも大きく等級も低下し、格外になる割合が多かった。心持ち以外の木取りでは、心割り、心がかり、心去り材の順にねじれは小さくなっていった。

割れは、心持ち材の場合には必ず発生し、その割れが全長に及ぶものが多く、それによってほとんどが格外になった。心割り、心がかり材は、髓や樹心部付近からの割れが多く、これによって等級の低下したものが多かった。心去り材の割れは、長さ、幅、深さが小さく木表側に発生し、他のものとは異なっていた。

これらの測定結果を、これまでの試験結果と比較した結果がほとんど同様であり、地域による差もなかった。

6. 正角材の曲げ強さ

曲げ強さは、10.5cm正角材をそのままの実大寸法で試験した。その結果を第5表に示す。

曲げ試験を行ったトドマツの平均年輪幅および気乾比重は、産地間でも、正角材の木取り別でも大きな違

いはなかった。

曲げ強さと曲げヤング係数は、産地間で多少の違いがある傾向を示しているが、各産地内での値のバラツキの方が大きい。

製材品の木取り別の強さでは、心持ち材が弱く、次いで心割り、心がかり材の順になっている。心去り材は、試験体の数が少なく明らかではないが、年輪幅の出現傾向から考えると、心がかり木取りとほぼ同等であると思われる。

この結果から丸太の外側から得たものほど強い値を示しており、これまでの試験結果とも一致している。

ヨーロッパトウヒの平均年輪幅はトドマツよりも広がったが、気乾比重は少し大きめであった。曲げ強さは、トドマツと大差ないが丸太の外側から得た材の方が高い値を示している。曲げヤング係数は、いずれの木取りにおいてもトドマツより高い値を示している。

7. 無欠点材の強さ

第5表 正角材の曲げ強度

木取り	産地	年輪幅 (mm)	比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 (10 ³ kgf/cm ²)	本数
10.5cm 心持ち 正角材	当麻	4.7	0.37	340 246~429	86 60~104	20
	雄武	-	-	300 256~353	81 72~91	5
	美深	5.1 3.4~7.4	0.39 0.36~0.44	350 269~516	82 73~98	27
	厚岸	4.9 3.1~7.2	0.41 0.38~0.44	277 192~354	78 69~96	12
	山部	5.6 3.4~7.4	0.42 0.38~0.46	305 189~488	96 68~140	21
10.5cm 心割り 正角材	雄武	-	-	400 350~450	88 76~90	不明
	美深	5.1 4.4~6.1	0.39 0.37~0.41	393 282~589	86 66~109	11
	厚岸	4.5 2.9~6.1	0.41 0.37~0.44	321 209~454	76 48~89	21
10.5cm 心がかり 正角材	美深	5.1 4.1~6.3	0.39 0.37~0.41	446 349~527	90 79~107	15
	厚岸	4.8 3.8~7.1	0.39 0.34~0.45	347 247~431	81 60~98	16
	山部	6.3 5.7~6.8	0.41 0.38~0.42	382 309~455	102 73~136	2
	雄武	-	-	400 310~521	88 79~92	不明
10.5cm 心去り 正角材	美深	4.8 4.5~5.4	0.37 0.36~0.38	416 302~477	79 73~89	3
	厚岸	4.6 4.5~4.6	0.41 0.40~0.41	372 368~376	86 85~86	2
	山部	5.5 4.1~7.5	0.41 0.36~0.47	372 226~566	95 72~117	33

第6表 無欠点材の強度

産地	年輪幅 (mm)	比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 (10 ³ kgf/cm ²)	縦圧縮 (kgf/cm ²)
当麻	4.7	0.38	577	78	351
	1.4~8.7	0.32~0.44	371~811	31~108	251~451
雄武	5.9	0.35	—	88	345
	2.2~9.0	0.30~0.43	—	43~126	270~509
美深	4.7	0.39	645	85	326
	2.5~7.5	0.34~0.44	402~777	39~109	245~391
厚岸	3.9	0.38	581	87	320
	3.3~4.4	0.36~0.41	528~638	77~98	—
山部	5.4	0.39	677	91	423
	2.4~8.3	0.32~0.47	460~944	68~132	310~540

無欠点小試験体は、心持ちの耳付き柁目板から木取ったものと、10.5cm正角材の曲げ破壊試験を終了した材の非破壊部から、欠点のない正柁目木取にしたものの2種類である。なお、この両者について木取りによる強さの違いを調べたが差はなかった。各強度の試験結果をまとめて第6表に示す。

トドマツでは、当麻と雄武産の年輪幅の出現範囲が広がったので比重と強度値の出現範囲も広がった。厚岸産の年輪幅は3.3~4.4mmで、出現範囲は非常に狭かったため比重と強度値の出現範囲も狭く数値が安定していた。美深産は年輪幅、比重、強度値の出現範囲はいずれもこれらの中間程度であった。

これら個々の平均値を、これまでの試験結果に比べてみたが年輪幅、比重、各強度値のいずれも大差なかった。

ヨーロッパトウヒは、厚岸産以外のトドマツと同様に年輪幅の出現範囲が広がったので、比重と強度値の出現範囲も広がった。しかし、平均年輪幅が比較的広いにもかかわらず、比重、強度値は全体的にトドマツより高い値を示していた。これらのことがヨーロッパトウヒとしての特性であろうと思われる。

8. 年輪幅と強さの関係

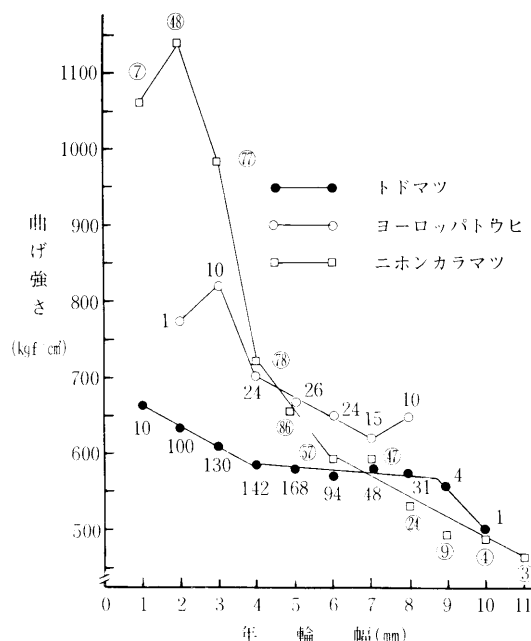
無欠点小試験体を用いて年輪幅と曲げ強さの関係を調べたので、その結果を第1図に示す。図には、今回試験したトドマツとヨーロッパトウヒのほかに既往のトドマツ¹⁻³⁾と、参考値として道内4か所に生育していたニホンカラマツ(北見の4齢級と6齢級のもの、

幾寅の67年生のもの、浦幌の31年生のもの)から得た試料の値も示した。なお、図中に示した数値は試料の数である。

針葉樹では、一般的に年輪幅が広がると強さは低下するのが普通である。

ここでは、樹種によってどの程度の強度差があるかを示した。

この図で明らかなようにトドマツは、年輪幅が4mm以下の狭い領域でも強さはあまり増加せず、強さの増減幅も小さい。また、年輪幅が4~8mmの領域では、強さは570kgf/cm²前後で変動は小さくほぼ一定の値を



第1図 年輪幅と曲げ強さの関係

示している。

林産試験場で試験した天然林のトドマツ⁹⁾では、平均年輪幅が1.9mmで曲げ強さは632kgf/cm²であった。また、人工林のトドマツ¹⁰⁾では、平均年輪幅が3.7mmで610kgf/cm²となっており、どちらの値も今回試験した人工林トドマツの値とほとんど変わらなかった。また、木材工業ハンドブック¹¹⁾では、年輪幅は分からないが曲げ強さは平均値で650kgf/cm²になっている。

これらの値から判断すると、天然林材も人工林材も年輪幅が同じであれば強さはあまり変わらないであろうと思われる。

これに対してニホンカラマツは、年輪幅の広狭によって強さは著しく変動する。しかも、年輪幅が8mmを超えるものでは、トドマツの強さよりも低い値を示している。

ヨーロッパトウヒは、一地域のもので試料数も少なくこの結果が一般的なものといえるかどうか明らかではないが、図で分かるように年輪幅が4mm以下の狭い領域ではニホンカラマツとトドマツの中間の値を示している。そして年輪幅が5mm以上の広い領域でもニホンカラマツやトドマツのように強さはあまり低下せず、この両者のものより高い値を示している。旭川営林支局の神楽見本林から得たヨーロッパトウヒ¹⁰⁾の結果では、平均年輪幅が3mmで曲げ強さは749kgf/cm²であった。この値も、この図に示すニホンカラマツとトドマツの間に位置している。

これらの値から総合的に判断すると、地域の異なる林分から得た材料であっても、それほど大きな差はないであろうと思われる。

この図で明らかなように、樹種によって同一年輪幅であっても強さが大きく変り、年輪幅の広狭によって

その変動傾向も異なり、それぞれの樹種特性が現れている。

文 献

- 1) 大久保勲ほか2名：林産試月報，No.393，1-6（1984）
- 2) 高橋政治ほか2名：同上，No.408，1-5（1986）
- 3) 高橋政治ほか3名：林産試験場報，4（5），5-19（1990）
- 4) 高橋政治ほか2名：昭和49年度林業技術研究発表大会論文集，札幌，1976，p.156-159
- 5) 高橋政治ほか2名：林産試験場報，2（1），27-33（1988）
- 6) トドマツ人工林間伐の手引，北海道林業改良普及協会編，p.1-12，1987
- 7) 高橋政治：ウッドエイジ，39（6），5-10（1991）
- 8) 高橋政治：ウッドエイジ，41（2），1-7（1993）
- 9) 川口信隆ほか1名：林産試月報，No.412，1-4（1986）
- 10) 川口信隆ほか1名：日本木材学会北海道支部講演集，No.14，札幌，1983，p.16-20
- 11) 木材工業ハンドブック，農林水産省林業試験場編丸善，p.188（1982）

- 利用部 材質科 -

- *¹技術部 乾燥科 -

- *²企画指導部 主任研究員 -

- *³元技術部 乾燥科 -

（原稿受理 平成 5 . 10 . 26）