

構造材として十分使えるトドマツ人工林材

- 施業で決まる木の性質 -

森 泉 周

はじめに

北海道における人工林の面積は約150万haに達し、このうちトドマツが一番多く約79万ha，カラマツが約47万ha，エゾマツ約9万ha，その他という状況で、トドマツは造林樹種としても最も重要なものです。トドマツは全道的に植栽されており、間伐期、主伐期を迎え、出材されるようになってきました。今後トドマツ造林木が北海道内の主要製材用原木となることが予想されています。

人工林から出材されるトドマツの主要な用途は、天然林材と同様に住宅などの構造用材であると思われる。林産試験場では、道内各地の人工林から材料を入手して、それらの特徴や構造材料としての品質、強度性能などを調べ、日本農林規格、建築基準法、木構造設計規準などに示されている数値との適合性などを検討してきました。

その結果、トドマツ人工林は十分使えることがわかりましたので、ここでは、従来の報告などをもとにトドマツの生長と強度性能について触れ、次いで構造用材としての品質について述べてみたいと思います。

トドマツの生長と強度性能

生長型

トドマツの生長型は図1のように早生型、晩生型、安定型、人工林型に分類されています¹⁾。早生型は生育期間中40～60年頃に年輪幅8mm以上の最大生長を示し、100年程度しか生存できません。渡島半島、石狩、

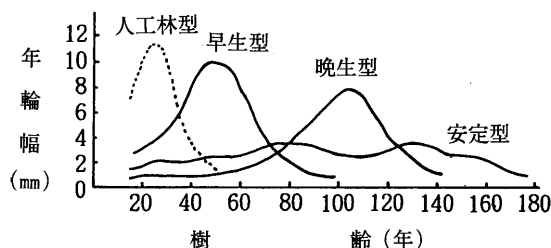


図1 精英樹の樹幹解析による生長型

佐呂間、新得に多くみられました。晩生型は90～100年の間に年輪幅6mm程度の最大生長量を示し、130～150年程度の長い寿命を持っています。下川、朝日、古丹別、本別、陸別、弟子屈に多くみられました。安定型は、著しいピークを示さず、ピークがあっても中期から後期にかけて4～5mm程度の最大年輪幅を2～3回繰り返しています。150年ほどの長い寿命を持っています。留萌、幌加内、道東の一部に多くみられました。人工林型は稚内の精英樹の例ですが、樹齢28年で最大生長量(11mm)を示し、寿命は55～60年程度です。これを材質や利用上からみれば、人工林木についても晩生型や安定型の生長型が好ましいこととなります。

天然林木と人工林木の特徴

年輪幅の現れ方だけから言えば、人工林木の劣勢木(年輪幅1.5～4.0mm出現頻度50%)が天然林木の立木群とほぼ同じ傾向を示しており、造林地の優勢木(年輪幅4.0mm以上が63%)は天然林の上層群(年輪幅1.5～4mmのもの60%，4.0mm以上が12%)より、はるかに生長がよいものであって、このようなものは天然林の林木には見あたらず、その性質もかなり異なってくるだろうと加納²⁾は述べています。また、厚田地方トドマツ原生林を調査した結果を図2のように示しており、下層木の群団の樹高は12m以下、中層木は12.1～17.9m、上層木は18m以上に区別しています。

最近、天然林施業またはこれに準ずる施業法が検討されているようですが、年々小径、低質化していくとされる天然林木から、利用サイドの求める優良材の生産は望めず、人工林木の保育によってしか期待できません。

天然林木は上述のように年輪が密ですので、木構造設計規準にみられるように上級構造材にも格付される場合もありますが、人工林木はほぼ普通構造材に格付されます。

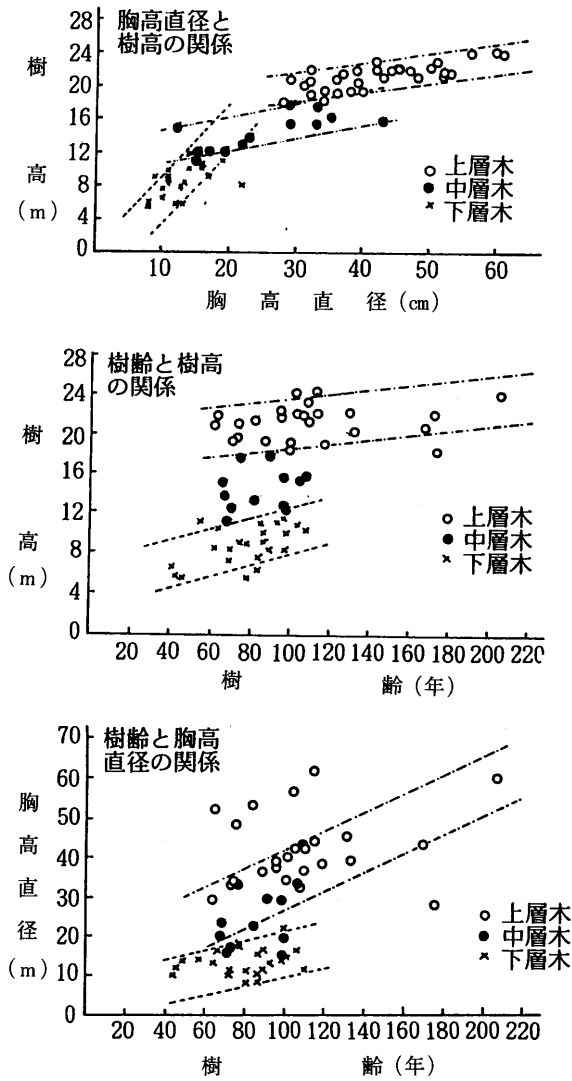


図2 厚田地方トドマツ原生林の樹高と胸高関係

強度性能

ここでは人工林材の無欠点小試験体を用いて、年輪幅と曲げ強さの関係を調査した結果を図3に示します。この図には林産試験場で試験したトドマツ、ヨーロッパトウヒのすべてとカラマツの一部を掲載しています。図中の添字は試験体数を示しています。

トドマツでは、全体に曲げ強さは小さいですが、年輪幅の広狭にかかわらず強さに余り差がなく、特に人工林材の中心的な年輪幅である3~8mmの間では、同一と考えてもよい程です。また、天然林材との比較では、年輪幅が同じであれば強さが変わらないと言えます。天然林材の平均年輪幅は2~3mm前後ですので、平均的な強さは人工林材より10%程度大きくなると考えられます。

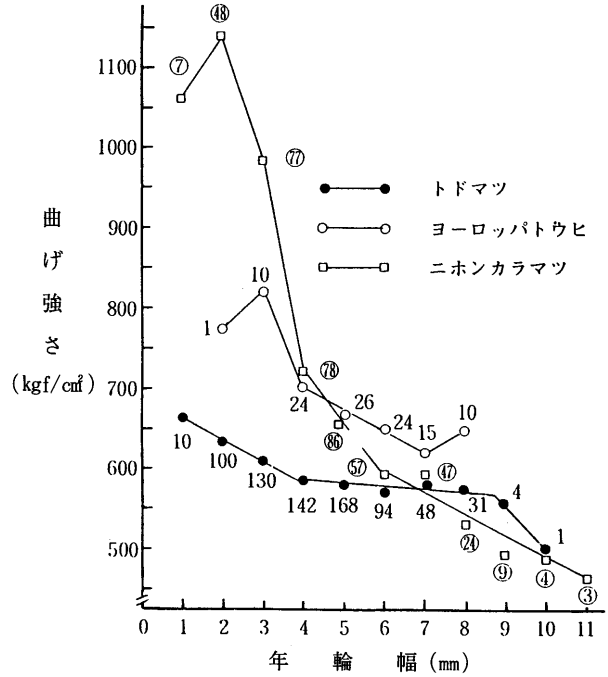


図3 年輪幅と曲げ強さの関係

これに対してニホンカラマツでは、年輪幅の広狭によって強さは著しく変動しています。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ます。

ヨーロッパトウヒは、図からも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ます。しかし、年輪幅が5mm以上の広い領域でもニホンカラマツのように強さはあまり低下せず、ニホンカラマツやトドマツよりも高い値を示しています。

3樹種を一瞥すると、樹種によって同一年輪幅であっても強さが大きく変わり、年輪幅の広狭によってその変動も異なり、それぞれの樹種特性が現れています。

構造用材としての品質

林産試験場では過去十数年にわたってトドマツ人工林材の材質を調査してきました³⁻⁶⁾が、これらの品質は主に旧日本農林規格で評価してきました。ここでは、過去にも報告しましたが⁷⁾、再度、構造用材としての品質を旧規格で取りまとめ、その強度性能について触れてみたいと思います。

供試木

供試木は、北海道内の4地方7か所(道南地方 - 函館44年生, 道央地方 - 岩見沢53年生, 道北地方 - 旭川

45年生・美深50年生・雄武45年生，道東地方 - 厚岸55年生・池田60年生）から入手しました。立木は普通仕立で中庸な生長のものから非常に生長の良好なものまで，また間伐方法が異なるもの，海岸線に近いものや内陸部のものなど，さまざまな林地のものを対象にしました。

製材品の木取り

製材は一般建築用材として多く使われている10.5cm正角材を主体に，1本の丸太からできる限り多く採材しました。末口径の大小からそれぞれ心持ち，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），心去りの4種類の材種を木取りました（図4）。製材対象の素材は長さ3.65m材，立木の3番玉～4番玉まで，末口径は12～36cmの範囲のものです。

こうして製材した正角材は屋外に積積みし，天然乾燥してから旧規格にしたがって製材の品質を調べ，等級付けを行いました。

製材品の品質

各地域の材について，節，丸身，曲がり，ねじれ，割れといった欠点がどのように現れるか，比較検討しましたが，欠点の現れ方には地域差が認められませんでした。そこで，以下では，各地域のものを一括しました。表1に，製材木取り別の現れ方を示しました。

節等級は，全体の90%が特等と1等に該当していました。なお，素材の1番玉から得た材は，2番玉以上からのものより表面に現れた節の数は幾分少なく，節

の径も小さい傾向がありました。

各正角材の表面に現れた節のうち，等級決定に関与した最大節と集中節の大きさを調べて図5に示しました。等級に関与した最大節の径は，20～70mmの範囲でその9割以上が50mm以下でした。集中節で等級に影響があった節の数は2～4個で，大半が2個でした。集中節径の最大径は80mmで，大半が40～50mm前後でした。この集中節径比が等級に関与した材の比率は，全体の70%以上でした。

丸身は，1本の原木からより多くの正角材を採材したために現れたものがほとんどで，原木の曲がりや影響したものは少数でした。

曲がりは，乾燥後に現れたもので，心割り，心がかり材の場合，心持ちや心去り材よりも多少多く，品質の低下するものがありました。

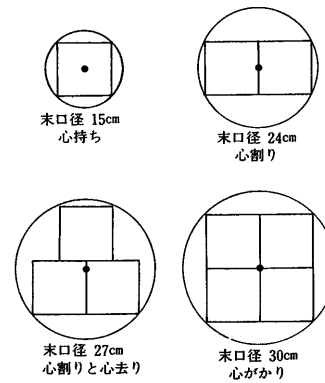


図4 製材品の木取り

表1 材種および欠点別の等級

材種	等級	節 (%)	丸身 (%)	曲がり (%)	ねじれ (%)	割れ (%)	総合等級 (%)	本数
心持ち	特等	39.4	72.0	80.7	11.0	7.3	1.8	119
	1等	51.4	22.0	11.0	20.2	5.5	3.7	
	2等	9.2	6.1	8.3	46.8	8.3	9.2	
	格外	0	0	0	22.0	78.9	85.3	
心割り	特等	36.9	82.5	46.2	29.2	20.0	0	79
	1等	52.3	14.0	36.9	35.4	20.0	20.0	
	2等	10.8	3.5	16.9	33.8	18.5	35.4	
	格外	0	0	0	1.5	41.5	44.6	
心がかり	特等	55.8	48.7	64.0	48.8	58.1	4.7	86
	1等	32.6	38.5	25.6	34.9	12.8	34.9	
	2等	11.6	11.5	10.5	14.0	18.6	45.3	
	格外	0	1.3	0	2.3	10.5	15.1	
心去り	特等	52.8	65.6	88.2	55.1	60.7	13.5	178
	1等	35.4	25.8	7.3	28.7	11.8	30.9	
	2等	11.8	7.8	4.5	15.7	16.9	41.0	
	格外	0	0.8	0	0.6	10.7	14.6	

ねじれは、心持ち材の場合、他の3種類の木取りより多く現われて等級も低下し、次いで心割り、心がかかり、心去り材の順にねじれが小さくなり、等級上位になるものの割合が多くなりました。

割れは、心持ち材の場合、かならずといってよい程発生し、しかも、その割れが製材品の全長におよぶものも多数あり、ほとんどの製品で格外になりました。心割り、心がかかり材では髓や樹心部付近から発生した割れが多く、この割れによって等級が低下したものが多くありました。心去り材の割れは、ほとんど木表側に発生しました。割れの形態も前者のものとは異なり、長さ、幅、深さが小さいことが特徴としてあげられます。

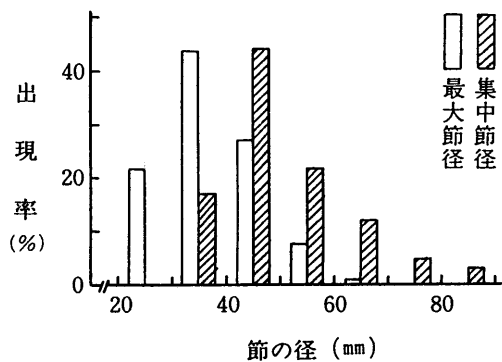


図5 最大節径と集中節径の出現割合

正角材の強さ

曲げ強度試験は10.5cm正角材で行い、その結果を表2に示しました。年輪幅と気乾比重は材種別ではほとんど変わりませんが、曲げ強さ、曲げヤング係数は、心持ち材で小さく、心割り、心がかかり、心去り材の順に強度値が増加しました。

これらのうちで、建築基準法施行令で定められているトドマツの材料強度(曲げ強さ225kgf/cm²)を下回ったものは全体で10本、そのうちの7本が心持ち材で、3本が心割り材でした。これは樹心をはずせば人工林材でも材料強度を下回ることがほとんどないことを示しています。

また、日本建築学会で決めている木構造設計規準では、木材の繊維方向の曲げヤング係数を、普通構造材、上級構造材についてそれぞれ70、80×10³kgf/cm²としていますが、この値を下回ったものが特級に格付された125本のうち47本ありました。材種別では心持ち材が10本(8.0%)、心割り材が7本(5.6%)、心がかかり材が11本(8.8%)、心去り材が19本(15.2%)でした。1等では182本中の12本で、そのうち心持ち材が4本(2.2%)、心割り材が4本(2.2%)、心がかかり材が2本(1.1%)、心去り材が2本(1.1%)でした。こうした材は平均年輪幅がいずれも広く5.5~8.4mmでした。

表2 材種別の年輪幅・気乾比重および曲げ強度の関係

材種			年輪幅 (mm)	気乾比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 (10 ³ kgf/cm ²)	本数
人工林材	心持ち	最小	3.1	0.32	180	53	111
		平均	5.1	0.38	344	79	
		最大	9.0	0.44	515	112	
	心割り	最小	2.9	0.34	190	58	76
		平均	4.9	0.39	366	81	
		最大	7.0	0.45	525	109	
	心がかかり	最小	3.3	0.31	244	55	69
		平均	4.8	0.38	408	82	
		最大	6.9	0.44	527	107	
	心去り	最小	2.3	0.31	248	62	160
		平均	4.9	0.38	413	84	
		最大	9.5	0.45	641	109	
天然林材	心持ち	最小		0.33	211	71	5
		平均		0.36	309	76	
		最大		0.41	394	85	
	心去り	最小		0.36	320	78	5
		平均		0.39	482	92	
		最大		0.43	668	113	

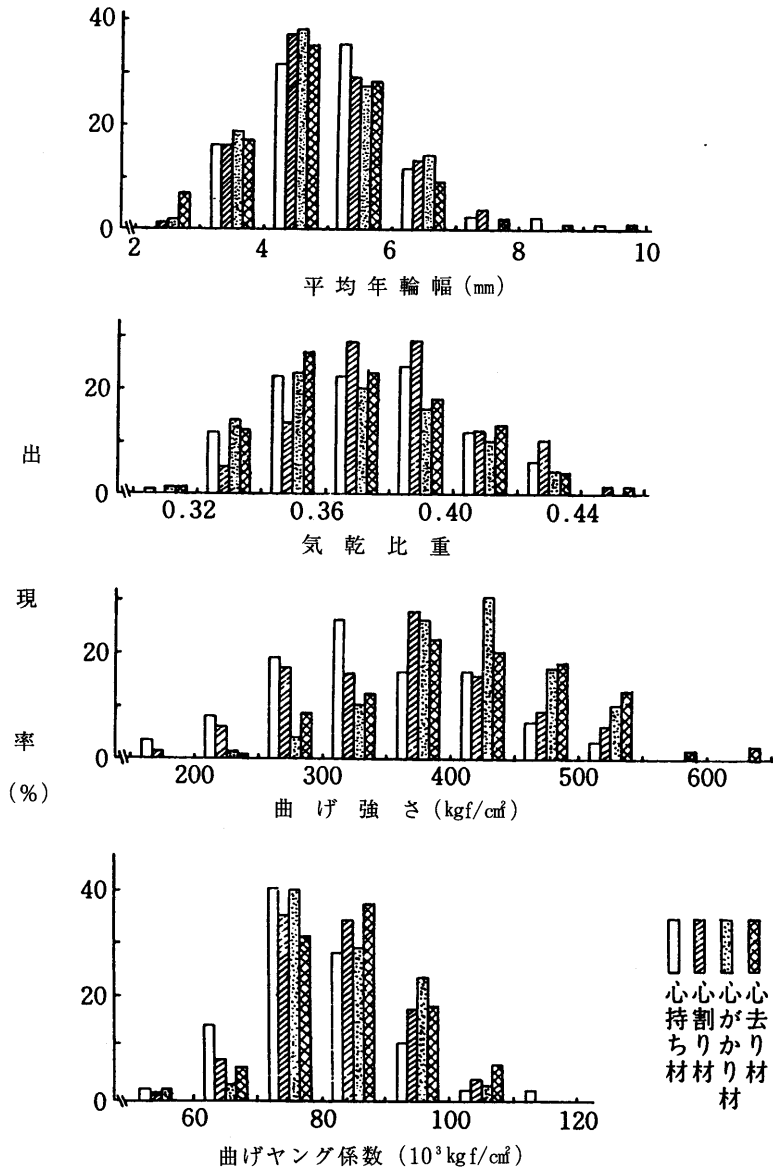


図6 正角材の木取り別の年輪幅，気乾比重および強度の出現割合

心去り材の強度を天然林材⁸⁾と比較すると若干低いものの，そんなに大きな差とはいえません。

試験を行った正角材の年輪幅，気乾比重および曲げ強さ，曲げヤング係数の出現率と範囲を図6に示しました。それぞれの出現範囲は，年輪幅が2～10mm，気乾比重は0.31～0.46，曲げ強さは151～650kgf/cm²，曲げヤング係数は50～120×10³kgf/cm²でした。この図から明らかなように材料の木取りによって値が異なります。つまり，丸太の樹心部から少しでも離れた材料ほどその強度性能は向上していきます。

おわりに

トドマツは，北海道の主要な針葉樹天然林木，人工林木樹種の一つであり，その材質特性としてはエゾマツ，カラマツ，スギに比べて特に難点はなく，均質で，比重や強度の樹幹内変動もカラマツより小さく，産地間でも差異が少なく，またエゾマツより耐腐朽性の点で優れています。

構造用製材を考えた場合，規格の中では節の有無が最も重要であり，強度性能面の評価も重要な因子です。前者については，材を利用する場合これがマイナス要因となり，製材品の品質低下につながりますが，林齢50～60年程度の人工林では，枝節はほとんど巻き込ま

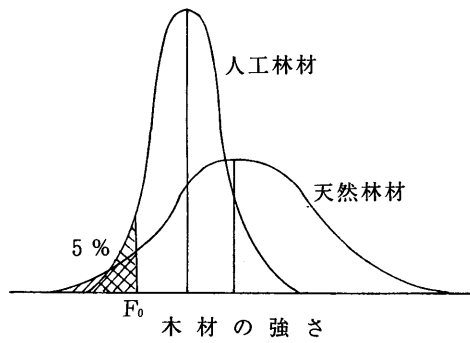


図7 育成木の材質目標

れずにそのまま幹の外周に残存します。また、トドマツは一か所に4～6本の枝が輪生するので、強度に大きく影響します。したがって、これを解消するには早期の枝打ちが必要です。後者については、旧規格では年輪幅は6mm以下、曲げヤング係数は $70 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 以上のものが要求されましたが、新規格（1991年7月より施行）ではこれらが緩和され、年輪幅は10mmまで、曲げヤング係数は $40 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 以上あれば、これに該当することになりました。

ある樹種の強度性能の評価は5%下限値によって行われます。一般に天然林木はその材質のばらつきが大きく、強度のかなり小さいものから大きなものまで含まれているはずですが、最も効率のよい人工林木一般の育成管理は図7に示すように、その目標を天然林木の上質なものに置かず、その下限値が天然木に対する値（トドマツ製材の場合 225kgf/cm^2 ）を下

回らないようにすればよいと考えられます。この範囲で、肥大生長も促進させつつ長伐期大径材を生産していくことが望まれます。

しかし、構造用集成材などの高性能を要求される材をとるための林木は、生長を抑えた育林が必要になります。これらのことは、矛盾しているようですが、用途を意識した造林をしていかなければならないことにつながるのです。

参考文献

- 1) 栄花茂：北海道の林木育種，26巻1号，p.1-4（1983）。
- 2) 加納孟：林木の材質，日本林業技術協会，p.46-47（1973）。
- 3) 大久保勲ほか2名：林産試験場月報，393号，p.1-6（1984）。
- 4) 高橋政治ほか2名：林産試験場月報，408号，p.1-5（1986）。
- 5) 高橋政治ほか4名：林産試験場報，4巻5号，p.5-19（1990）。
- 6) 高橋政治ほか3名：林産試験場報，8巻1号，p.14-20（1994）。
- 7) 高橋政治：林産試だより，1991年6月号，p.5-10
- 8) 林産試験場：試験結果報告書 - カラマツ材質試験 - p.26（1967）。

（林産試験場 材質科）