

トドマツ人工林材の構造用材料としての品質 — 現行の農林規格と新規格との比較 —

高橋 政治

はじめに

北海道の人工林の面積は約 150万ha に達し、このうちトドマツが一番多く約 79.2万ha になっています。トドマツは全道的に植栽されており、間伐、主伐期を迎え、出材されるようになってきました。今後カラマツと共にトドマツ造林木が道内の主要製材用原木となることが予想されます。

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ろうと思います。そこで、当场では道内各地のトドマツ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、木構造計算規準などに示されている数値との適合性を検討してきました。

さて、このほど新しく針葉樹の構造用製材の日本農林規格が設けられ、平成 3 年 7 月 31 日から施行されることになりました。

そこで、これまでに検討してきた人工林トドマツの評価が、この新しくできた日本農林規格ではどのように位置付けられるかを一度検討する必要があると考えました。

トドマツ人工林材の品質は

この新規格を用いて検討するまえに、これまでに調査した人工林トドマツの品質についてまとめてみました。

(1) 供試木について

供試木は、道内各地 7 箇所から入手しました。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、様々な林地のものを対象にしました。供試木には、その林分の平均木か、優勢木を選びました。

立木の樹齢は、44～60年生のもので胸高直径は 24～38 cm の範囲のもです。


(2) 素材の品質について

素材の品質の良否は、いずれの地域のものも、多くは節によって支配されました。地域によってはアテ、腐れ、変色、曲がりなどが多く出現することがありました。しかし、これらによって等級付けが低下したものはわずかでした。

枝の枯れ上がりは大きいようですが、落枝はあまり進んでいません。巻込みの高さは、いずれの地域も地上から 2～3m 程度です。

このように、素材の品質については顕著な地域差はあまりないようです。

(3) 製材品の木取り方について

製材は一般建築用材として多く使われる 10 . 5 cm 正角材を主体に、1 本の丸太からできる限り多く採材するようにしました。そのため、 1 に示したように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ます。つまり、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）心がかり（樹心を中心に四つ割）、心去り（樹心を含まないもの）の 4 種類の木取りです。製材の対象にした素材は長さ 3.65m 材、立木の 3 番～4 番玉まで、末口径は 12～36 cm の範囲のもです。

こうして製材した正角材は屋外に棧積みし、天然乾燥してから日本農林規格にしたがって製材の

品質を調べ等級を付けました。なお、これらの材の含水率は14～18%の範囲でした。

(4) 製材の品質について

各地域の材について、節、丸身、曲がり、ねじれといった欠点がどのように現われるかを調べ比較検討しましたが、欠点の現われ方には地域差は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て紹介したいと思います。

表1に、製材木取り別の欠点の現われ方を示し

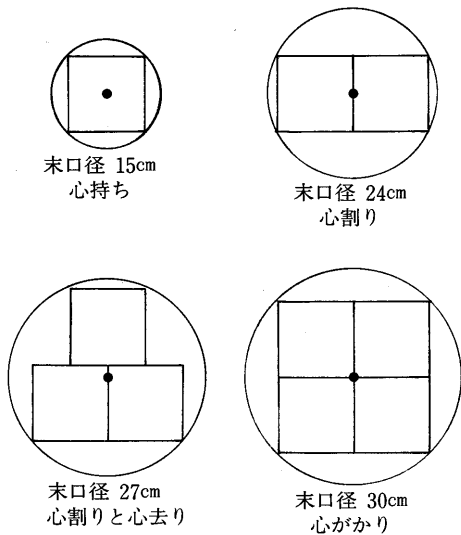


図1 製材品の木取り

ました。なお、ここに示した欠点の他にアテ、腐れ、変色、入皮などがありましたが、これによって等級が決定されたものは少なかったため表には示しませんでした。

節は、製材の採材方法による差はありませんでした。等級は、全体の約90%が特等と1等に該当しました。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われた節の数は幾分少なく、節の直径も小さい傾向がありました。

次に各正角材の表面に現われた節のうち、等級決定に関係した最大節と集中節の大きさを調べて図2に示しました。もちろん20mm以下の節も多くありましたが直接等級に影響しなかったため図には示していません。

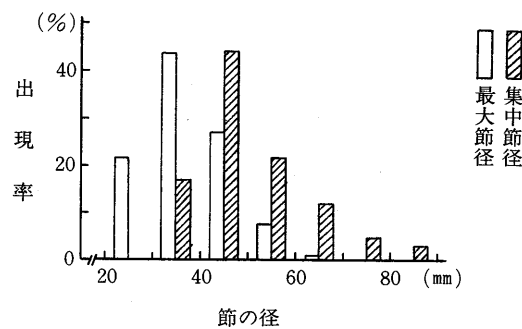


図2 最大節径と集中節径の出現割合

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	109
	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	65
	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	

等級に関係した最大節の径は、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。集中節径の最大値は80mmで、大半が40～50mm前後です。この集中節径比が等級に関係した材の比率は、全体の70%以上になります。

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われたものがほとんどで、原木の曲がりや影響したものは多くありませんでした。図1に示したように丸太の末口径によって4種類の正角材を採材しましたが、正角材に丸身が全く付かないように製材するには、素材に曲がりや無いものと仮定しても心持ち材1本取るのに末口径が15cm以上必要になります。以下、24cmで心割り材2本、27cmで心割り材2本と心去り材1本、30cmで心がかり材4本が採材できることになります。もちろんこれ以上の太い丸太からはすべて心去り材が取れることになります。今回の供試材もこれに準じた木取りになっています。なお上記の数値は、のこ厚を考慮していません。

曲がりや、乾燥後に現われたもので心割り、心がかり材木取りの場合、心持ち材や心去り材木取りよりも多少大きく、品質の低下するものが多いです。

ねじれは、心持ち材の場合、他の3種類の木取りより大きく現われ等級も低下し、そのうち格

外が22%になりました。次いで心割り、心がかり、そして心去り材の順にねじれは小さくなり、等級上位になるものの割合が多くなっています。

割れは、心持ち材の場合必ずといってよい程発生します。しかも、その割れが製材品の全長におよぶものも多くあります。この場合も同様で、ほとんどの製品が格外になりました。ついで心割り、心がかり材で、これらは随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の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。

(5) 正角材の強さについて

曲げ強度試験は10.5cm正角材そのままの実大寸法で行い、その結果を表2に示しました。

その結果、年輪幅と気乾比重は材種別ではほとんど変わりませんでした。曲げ強さ、曲げヤング係数は、心持ち材は小さく、以下心割り、心がかり、心去り材の順に強度の値が増加しています。

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。

また、日本建築学会で決めている木構造計算規準では、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×

表2 材種別の年輪幅、気乾比重および強さの関係

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
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	

10³kgf/cm²としています。

この値を下回ったものは特等に格付けされた125本のうちでは47本ありました。材種別では心持ちが10本(8.0%)、心割りが7本(5.6%)、心がかりが11本(8.8%)、心去り材が19本(15.2%)でした。また、1等では182本中の12本で、そのうち心持ちが4本(2.2%)、心割りが4本(2.2%)、心がかりが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、5.0~8.4mmでした。

次に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3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151~650 kgf/cm²、曲げヤング係数は50~120×10³ kgf/cm²でした。この図から明らかのように材料の木取りによって値が異なってい

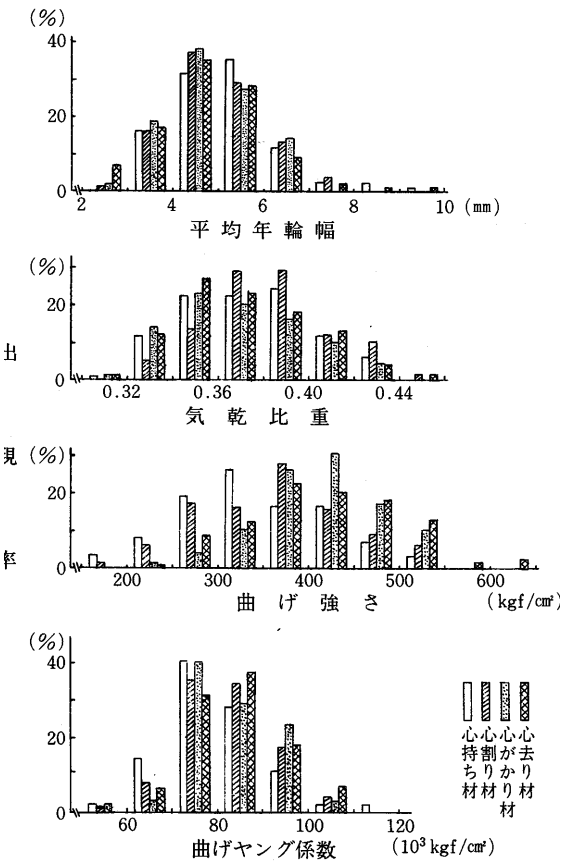


図3 正角材の木取り別の強度、比重、年輪幅の出現割合

ます。つまり、丸太の樹心部から少しでも遠く離れた材料ほどその強度性能は向上しています。

新しい日本農林規格

今回制定された、針葉樹の構造用製材の日本農林規格では、製材の強度に基づく等級区分がこれまで以上に明確化されました。新しく規格化された等級区分材は、目視等級区分製材と機械等級区分製材に分けられています。そして、目視等級区分製材を甲種構造材と乙種構造材の二つに分け、さらに甲種構造材を構造用とに分けています。

これまでに評価してきたトドマツの10.5cm正角材をこの新規格で同様に評価するために、新規格の目視等級区分の甲種構造材のを通用してみました。表3にその両方の規格を示しました。

まず、この双方の規格の違いを比較することになります。そのため、新規格の1級、2級、3級を現行規格の特等、1等、2等に対応させて考えてみました。

まず、節では、現行の規格にない材縁部の基準が新たに加わり、また割れの制限も厳しくなりました。一方、緩和されたものには、丸身についての1級の基準と、曲がり、ねじれ、年輪幅、繊維走行の傾斜などの基準があります。その他の項目では現行の規格とほぼ同様になっています。

新規格でのトドマツ人工林材の評価

(1) 目視等級区分製材、甲種構造材、構造用の基準で評価した場合

まず節については、材縁以外の節では、1級および2級の節径比は、現行の規格と同じ扱いになっているので表1に示した特等および1等材の比率は変わりません。材縁部の節は、新たにできた基準なので比較はできませんが、例えば新規格では10.5cm正角材の場合、1級の節径は15.8mmとなり、2級では26.3mmになります。図2に最大節および集中節の出現率を示しましたが、これらの節径から考えると材部に掛かる節の場合、かなり厳しいことになり、特等、1等の比率はかなり低くなるのが予想されます。

表3 目視等級区分規準

区分	現 行 の 基 準			区分	新 規 格 (構 造 用 II) の 基 準			
	特 等	1 等	2 等		1 級	2 級	3 級	
節 径 比 (%)	30	40	70	節径比 (%)	材縁部 材縁以外	15 25	30 40	70 70
集 中 節 径 比 (%)	40	60	80	集中節径比 (%)	材縁部 材縁以外	20 45	40 60	50 90
丸 身 (%) 全体 1角	0 0	20 10	60 30	丸身 (%以下)		10	20	30
曲がり (%) 下記以外 土台用	0.2 0.5	0.2 0.5	0.5 -	曲がり (%以下)		0.2	0.5	0.5
ね じ れ 下記以外 土台用	きわめて軽微 であること 顕著でない	同左 同左	同左 同左	狂い, その他 (ねじれ)	軽微である こと	顕著でない こと	利用上支障 のないこと	
割 れ (%) 木口 材面	5 その長さの1/3 木口割れに同じ	10	20	割 れ 木 口 材 面	長辺の寸法 以下 ないこと	長辺の寸法 の1.5以下 材長の1/6以下	長辺の寸法 の2.0以下 材長の1/3以下 短辺の寸法の1/2以下	
目まわり (%)				目まわり				
繊維走行の傾斜	5	8	-	繊維走行の傾斜比	1:12以下	1:8以下	1:6以下	
年輪幅 (cm以下)	0.6	0.6	-	平均年輪幅 (mm以下)	6	8	10	
腐れ又は虫あな	きわめて軽微 であること	軽微であ ること	顕著でな いこと	腐 朽 下記以外 土台用	ないこと	軽微なこと 同左	顕著でない こと 同左	
端落ち	材の長さ方向20cm以下			狂い, その他の欠点	軽微である こと	顕著でない こと	利用上支障 のないこと	
入皮, やにつば, あて, その他	きわめて軽微 であること	軽微であ ること	顕著でな いこと					

割れは、現行の規格よりさらに厳しくなりました。10.5cm正角材の場合、木口割れの長さは1級で10.5cm、2級で15.8cm、3級では21cm以下になるので、先に示した表1の結果から判断すると、樹心を含む材はほとんど合格しないこととなります。また心去り材でも天然乾燥の場合、材面割れが発生しますので注意が必要です。

丸身は、新規格では多少緩和されましたが素材の曲がり、末口径、製材品の木取り方などによって丸身の付き方が変わります。図1に丸太の末口径の大きさが変わった時の正角材の木取り方法を示しましたが、完全な心去り材を採材するには、多少の曲がりなどを考慮するとそれぞれの末口径がこの図の寸法より数cm大きくなければなりません。

曲がりは、現行の特等の規格と新規格の1級の規格は変わらないので、表1に示す比率は変わりません。2級は緩和されたので、この比率が多少変わるようになります。

ねじれは、かなり大幅に緩和されましたので2等、格外になっている材のうち上位等級に格上げ

されるものが増えると思います。

年輪幅は、広がったために等級が低下する場合も多少ありましたが、これも緩和されましたのでほとんど問題はないこととなります。

(2) 機械等級区分製材の規格で評価した場合
新規格で機械等級区分製材が設けられましたので、これについて検討しました。

機械等級区分とは、材料に一定の荷重を加えてそのたわみの大小の値から曲げヤング係数を算出して区分することを言います。曲げヤング係数は曲げ強さと高い相関をもっています。これを求めることによって構造物の安全性を一層高めることができます。機械等級は表4に示すように6段階に区分されており、実際に測定した値を機械等級として表示することになっています。

この機械等級区分製材の材料の品質基準は、ここには示していませんが、欠点項目のすべてが構造用の基準の3級に該当します。ただし、節、年輪幅、繊維走行の傾斜の3項目が除かれています。なぜならば、これらの欠点は直接強度に関係

表4 新規格による機械等級区分

等級	曲げヤング係数 (10^3kgf/cm^2)
E 50	40以上～ 60未満
E 70	60 " ～ 80 "
E 90	80 " ～ 100 "
E 110	100 " ～ 120 "
E 130	120 " ～ 140 "
E 150	140以上

するもので、それを確かめるために荷重を加えて強度値を算出しますので欠点項目に加える必要がないという考えです。

さて、当场で試験した人工林トドマツがこの機械等級区分製材の規格を用いて評価した場合どうなるかを検討しました。

これまでに試験したトドマツ材の曲げヤング係数の値の等級区分ごとの出現率を表5に示します。

E = 50には、心去り材を除く3材種が該当し、以下E = 70～130までに4材種がそれぞれ該当しています。心去り材のヤング係数の値が幾分高い傾向にありますが、これらの材の木取りは樹心を外した程度なので、もう少し外周部からの材が得られればこの値はさらに向上するであろうと思われます。

おわりに

ここでは、製材の品等格付け上、欠点とみなされるいくつかの項目について若干ふれてみたいと思います。これらの中には育林方法を改善することによって除去したり、極力少なくしたりすることができるものも含まれています。

人工林の場合、林を育てる過程で除間伐が行われるので素材の曲がりは、あまり問題ないと思います。

節は、材料を利用する場合これがマイナス要因となり製材品などあらゆる木質製品の品質低下、価格の低落につながります。また、強度性能や美観を損ねるばかりでなく、水食い材の発生原因の一つにもなっています。林齢50～60年程度の人工林では、枝節はほとんど巻込まれずにそのまま幹

表5 材種別の曲げヤング係数の出現率

E (10^3kgf/cm^2)	心持ち (%)	心割り (%)	心がかり (%)	心去り (%)
E 50	2.7	1.3	1.3	0
E 70	54.9	43.4	43.5	37.4
E 90	38.7	51.3	52.2	55.6
E 110	1.8	3.9	2.9	7.1
E 130	1.8	0	0	0

の外周部に残っています。また、トドマツは一箇所に4～6本の枝が輪生しますので、これが強度に大きく影響します。これを解消するには、枝打ちが必要になります。枝打ちは早くから始める方が効果的で節の径も小さいので材質や強度的にも有利になります。

枝打ちを実施したトドマツについて、強度試験を行ったところ、従来の節を多く含むトドマツよりも曲げ強さは30～40%高く、曲げヤング係数の値も安定した非常に良い結果が得られました。この時の供試材は、立木の胸高径が16～20cm程度の細いものでしたので、10.5cmの心持ち正角材を木取って試験しました。

木材は、乾燥過程で曲がり、ねじれ、割れなどの欠点が出やすくなります。これらの欠点を極力少なくするには、できる限り心去り材木取りにして、乾燥は人工乾燥の方が良いと思います。

強度性能は、丸太の樹心部から離れた材料ほど向上し安定します。曲げヤング係数はトドマツの場合、心去り材であれば $60 \sim 120 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 程度のもので大半を占めるであろうと思います。

これまでは木材を構造用材料として使用する場合には、年輪幅は6mm以下、曲げヤング係数は $70 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 以上のものが求められており、あまり年輪幅の広いものはこれに該当しませんでした。今回の規格改正によりこれらが緩和され、年輪幅は10mmまで、曲げヤング係数は $40 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 以上であれば、これに該当することになります。したがって今後、より生長を促進させ長伐期大径材を生産してゆくことが望まれます。

(林産試験場 材質科)