

# 1.4 材質

カラマツを活用するための基礎となる材質について，トドマツなどと比較しながら解説しました。

## カラマツの材色

木材を木口から見たとき，中心部の心材と，樹皮に近い辺材とに分けられます。

心材と辺材は含有成分の違いから材色が異なります。心材は着色物質を多く含み，樹種ごとに特徴があります。一方，辺材は樹種による材色の違いが少なく，一般に淡い色をしています。カラマツは心材，辺材の色の差がはっきりしていて，心材は褐色，辺材は黄白色を示します(写真1)。



写真1 カラマツの木口  
旧幾寅営林署管内産  
(南富良野町)  
59年生(1982年伐採)

材色は，木材の柁目または板目面をかねで仕上げ，色差計を当てて測定します。材色の表示方法は様々ありますが，L\*a\*b表色系が多く使われています。

カラマツとその他の針葉樹の心材色を表1に示します。カラマツは，トドマツなど他の道産針葉樹に比べると赤みが強く，スギに近い材色を示します(写真2)。

表1 北海道産樹種の心材色

	L*	a*	b*
カラマツ	74.5	8.5	24.2
トドマツ	84.7	1.5	21.3
スギ	68.2	7.5	24.2

L\*: 明るさを示す指数，値が大きいほど明るい。  
a\*, b\*: 色相と彩度を表す指数，  
+ a\*は赤方向，- a\*は緑方向，  
+ b\*は黄方向，- b\*は青方向の度合いを示す。  
木材はほとんどが a\*, b\*ともに+の値になる。



写真2 材色の比較

屋外で木材を使用していると，紫外線や降雨の影響で色彩が失われ，材色は白～灰褐色に変化します。逆に，屋内で使用した場合には，材色は濃くなり，カラマツの場合は，より赤みの強い色へ変化します。このような材色の変化は，塗料などで保護することによって緩和することができます。

## カラマツの<sup>もくり</sup>木理・繊維傾斜

木材の縦断面に現れる組織，年輪の配列の状態を木理といいます。カラマツは，繊維が左上がり(S旋回)に傾斜して配列するらせん木理です(図1)。らせん木理の大きさを繊維傾斜度で表しますが，繊維傾斜度が大きいほどねじれは大きく，乾燥の際に狂いを起こしやすくなります(図2)。

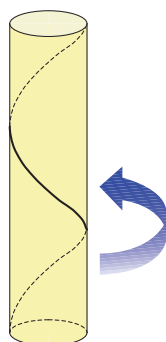


図1 らせん木理

樹幹の中を繊維がらせん状に配列する。

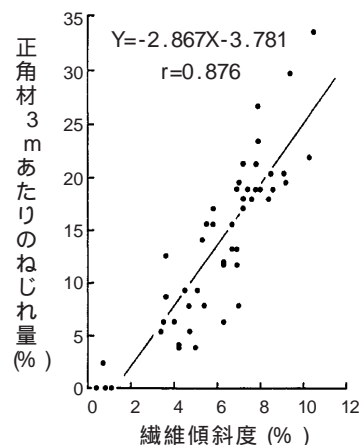


図2 繊維傾斜度と正角材のねじれ量との関係

繊維傾斜の測定方法の一つを紹介します(写真3)。まず樹心から樹皮までを含んだ厚さ30mmの試料を採取します。次に試料の両面に樹心を通る直線を引き，これを基準線とします。片側の基準線にナタを当て金づちでたたいて割裂すると，試料は繊維の方向に沿って割れるため，反対側の面では基準線からずれが生じます。このずれた距離を測定し，厚さで除したものが繊維傾斜度(%)です。この方法では，年輪ごとに連続した測定ができます。

図3に，年輪ごとの繊維傾斜度の一例を示します。カラマツの繊維傾斜度は，樹心に近い中心部で最大となり，その後は横ばいか減少する傾向にあります。つまり，製材時には樹心を除いた心去り材の方が，

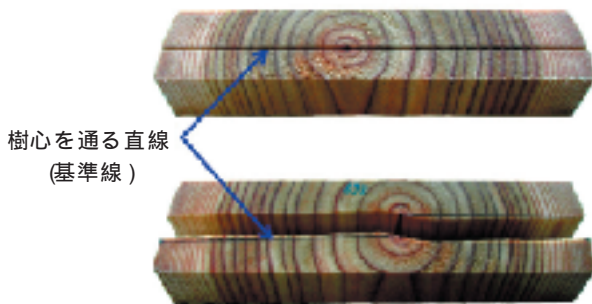


写真3 繊維傾斜度の測定方法  
上：基準線，下：割裂線

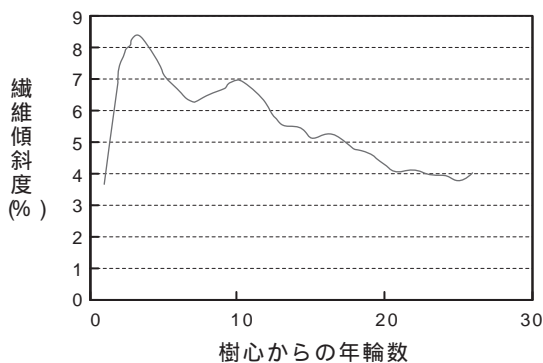


図3 年輪ごとの繊維傾斜度

心持ち材よりもねじれが小さいということになります。

### カラマツの含水率

含水率は、木材に含まれる水分の割合であり、製材などの用途では、全乾状態（水分の全くない状態）の木材の重さに対する水分量を、百分率で表したものです。含水率は、密度、強度など他の性質に影響する重要な指標です。

生材の含水率は、樹種によって異なり、個体内では、辺材と心材で異なります。カラマツは、心材の含水率が40%前後、辺材の含水率は150%前後で、それほど高くありません（表2）。心材の含水率が辺材より高い

表2 主な日本産樹種の生材含水率(%)

樹種	辺材	心材	樹種	辺材	心材
(針葉樹)			(広葉樹)		
カラマツ造林木	151	43	ドロノキ	84	165
トドマツ造林木	219	82	シラカンバ	95	90
エゾマツ	169	41	ウダイカンバ	77	65
スギ	159	55	ミズナラ	79	75
アカマツ	145	37	ヤチダモ	53	101
			ハルニレ	73	112

ものを多湿心材、逆に低いものを乾燥心材と呼ぶことがあります。カラマツは乾燥心材にあたります。

心材の含水率は多くの樹種では100%以下であり、辺材の含水率は一般に心材に比べて高い値を示します。しかし局部的に水が集積するトドマツ、心材の含水率が高いヤチダモ、ハルニレなど、例外も多くあります。

### カラマツの年輪構造

写真4の黒丸で示した所の年輪波形（密度分布）をモデル化すると図4のようになります。図の左から右に成長します。一年輪の成長の始まりは密度が小さく、成長終期に密度が大きくなります。前者を早材、後者を晩材といいます。

カラマツとトドマツの変動を樹心から外側に向かって年輪ごとに見てみましょう。試料は、道立林業試験場道東支場（新得町）植栽の32年生のカラマツ14本と道立林業試験場（美唄市）植栽の38年生のトドマツ75本を用いました。カラマツは一般事業用苗で、トドマツは精英樹家系です。試料は胸高部付近から採取しました。

図5にカラマツとトドマツの年輪幅と密度を示しました。カラマツもトドマツも平均年輪幅は3.1mmです



写真4 木材の年輪構造  
上：トドマツ，下：カラマツ

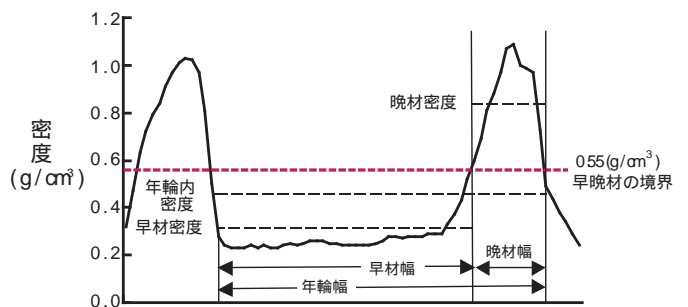


図4 カラマツの年輪波形と年輪構成因子

が、樹幹内の変動は両樹種で大きく異なります。すなわち、カラマツは初期成長が大きく、樹心部の10年輪の平均年輪幅は4.8mmで、それ以降は2.1mmでした。このように、カラマツは樹齢が増すにつれ年輪幅が小さくなることはよく知られています。一方、トドマツの平均年輪幅は、樹心部では3.5mmで、外側で2.8mmでした。全年輪幅の変動係数(バラツキの目安)はカラマツが57.3%で、トドマツは14.3%でした。ここでは、トドマツの方が目のそろった材料といえます。

### カラマツの密度

年輪内密度はカラマツの総平均が0.50g/cm<sup>3</sup>、トドマツは0.38g/cm<sup>3</sup>でした。変動係数はそれぞれ5.6%と4.8%で小さいものでした。それではなぜ年輪幅が同じであってもカラマツとトド

マツの密度に差があるのでしょ。早材密度は両樹種とも同じような変動で、両樹種とも平均早材密度は0.33g/cm<sup>3</sup>で差がありません。しかし、平均晩材密度はカラマツが0.80g/cm<sup>3</sup>で、トドマツの0.63g/cm<sup>3</sup>より大きくなっています(図6)。

晩材率は年輪幅に占める晩材幅の割合です。カラマツの晩材率は樹心から外側に10年輪ぐらいまで大きく増加し、その後30~40%で推移します。トドマツはカラマツに比べ増加が小さく10~20%で推移します。年輪幅が安定すると晩材率も安定します。晩材率の平均値はカラマツが32.5%でトドマツが14.4%

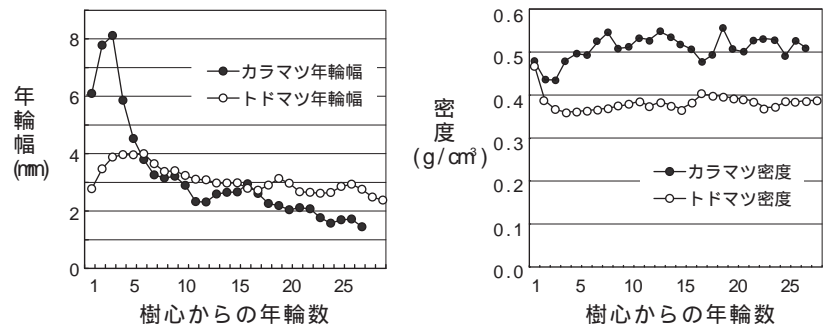


図5 年輪幅(左)と年輪内密度(右)の変動

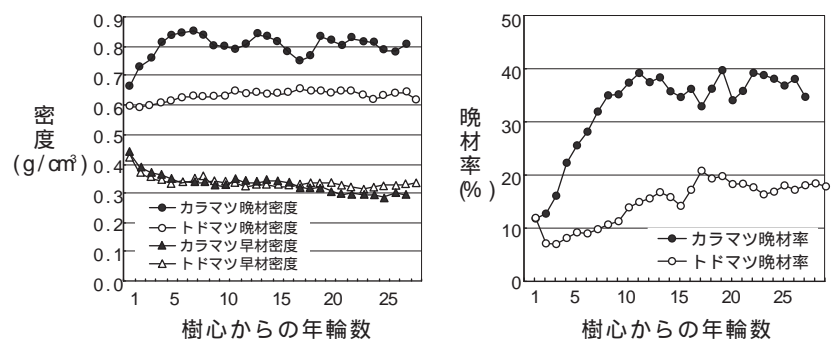


図6 早晩材密度(左)と晩材率(右)の変動

でした。図には示しません。晩材幅はカラマツが0.89mmに対し、トドマツが0.43mmでした。以上のことからカラマツはトドマツに比べ、晩材密度と晩材幅が大きいことから密度が大きくなります。エゾマツやスギと比べてもカラマツの方が密度が大きくなります。

### 年輪幅と強度の関係

針葉樹は、年輪幅が増加すると密度が減少し、強度低下につながるがよく知られています。同じカラマツとトドマツを用い、JIS(日本工業規格)の曲げ

### 年輪を X線 で透かして見る

樹木の年輪を解析する手法として、軟 X線デンシトメトリ法があります。この方法では厚さを一定にした薄板を取り、水分を調節した後、X線(軟 X線)写真を撮ります。このフィルムの濃淡をデンシトメータという機械で読み取ると年輪波形が得られます。フィルムの濃淡は材の密度に相当しますので、写真を詳しく分析すると早材部と晩材部の密度や幅が分かります。



試験を行いました。その結果を簡素化して、年輪幅と曲げヤング係数(たわみにくさ)、曲げ強さ(耐えられる強さ)の関係を図7に示しました。

トドマツは年輪幅の増加に伴う曲げヤング係数と曲げ強さの減少が小さく、年輪幅の影響が小さい樹種といえます。カラマツはトドマツに比べ、年輪幅の増加に伴う曲げヤング係数と曲げ強さの減少が大きく、曲げヤング係数では年輪幅が4mm以上、曲げ強さでは6mm以上となると、トドマツより値が小さくなります。前述したように、本試料の年輪幅の広い領域は10年輪程度までで、その部分(未成熟材部)の強度が小さいといえます。しかし、これまでの調査結果から、外側(成熟材部)でも年輪幅が5mmを超えるような旺盛な成長をしたカラマツで、強度値の小さい事例もありました。

### 個体で異なるカラマツの強度

供試したカラマツ14個体の胸高直径と曲げヤング係数、曲げ強さの年輪幅との関係を図8に示します。

曲げヤング係数と曲げ強さが最大の個体は胸高直径が15.7cmで、値は9.4kN/mm<sup>2</sup>と79.2N/mm<sup>2</sup>でした。一方、最小の個体は胸高直径が18.6cmで、値は6.7kN/mm<sup>2</sup>と60.0N/mm<sup>2</sup>でした。この個体の胸高直径は供試木の平均的な値でした。また、同一樹齢において胸高直径の大きいものが、必ずしも強度の劣るものでもありません。この事例のように、同一林分内でも胸高直径と強度との間で負の相関が認められないこともしばしばあります。このように、強度の異なるカラマツが産出される理由の一つとして、現在植栽されている

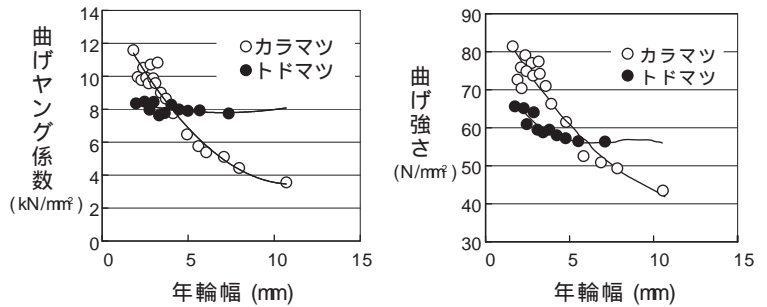


図7 年輪幅と曲げヤング係数、曲げ強さの関係

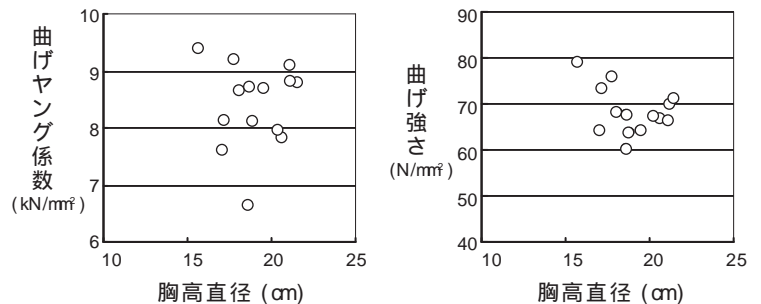


図8 胸高直径と曲げヤング係数、曲げ強さの関係(立木別)

カラマツの種苗は系統や材質の明らかなものではなく、多様なカラマツから得られた種苗であることが考えられます。

今後、カラマツ資源を有効に活用していくためには、資源量の把握に加え、材質を的確に把握しなければなりません。そのためには、材質を林分ごとに把握する手法を開発し、今後の施業指針に生かす必要があります。

(材質科)

### 新たなカラマツ類の創出

北海道ではカラマツ類の交雑育種が盛んに行われています。中でも母親をグイマツ、花粉親をカラマツに持つグイマツ雑種Fはカラマツよりも強度の大きい樹種です。その理由として早材密度、晩材密度、晩材幅がカラマツよりも大きく、密度で2割増の家系もあります。将来、グイマツ雑種Fを用いた1ランク上の構造材が得られるかもしれません。

