

# Karamatsu



カラマツ活用ハンドブック  
北海道立林産試験場

## 「カラマツ活用ハンドブック」の発刊にあたって

この半世紀、北海道のカラマツは、坑木、足場・杭丸太、パルプチップ、梱包材、ダンネージ、パレットとして重要な役割を果たしてきました。しかし、かつてのカラマツは若木が多く、木材需要に応えるには心許なさ、新たな材料に対する不安もあって、近年の主流となっている一般建築用材など加工材としての歴史はいまだ浅いところです。

そのようなカラマツも、2003年にはエゾマツ・トドマツを上回る道産材供給量の40%に達する144万m<sup>3</sup>が供給されるとともに、径級14cm以上の中大径材が4分の3以上を占めるようになりました。さらに植栽面積は45万ha、蓄積量は9,200万m<sup>3</sup>まで増加しており、数字から見ても、北海道のカラマツは主役となるべき時を迎えているのです。まさしく、これからがカラマツの旬といえます。

カラマツをマーケットに送りこみ、さらに新しいユーザー(ファン)を開拓するためには、性能や性質の明らかな木材、信頼される木材を継続的に提供する必要があります。それには、『北海道カラマツ』をブランドとして展開するのも一つの方法です。確かな技術に基づくブランドを創りあげ、カラマツの特徴を生かしていくことが重要であると考えます。

カラマツの利用が進んだのと同じくこの半世紀、林産試験場は木材を生かした快適空間の創出、豊かな木の文化の創造に取り組んでまいりました。今後も確かな製品を作る際の裏方としてお手伝いし、あるいは頼もしいパートナーでありたいと考えております。

これらのことを背景として、さらにファンを拡大すべく、林産試験場ではカラマツに係る情報を一冊に取りまとめ、「カラマツ活用ハンドブック」として紹介することとしました。このハンドブックは、カラマツの特徴を生かし、弱点を補い、他の部材と組み合わせ、端材も利用するなど、これまで培ってきたさまざまな技術が集大成されたものと自負しております。

木材は、太陽の恵みを受け、自然や環境と調和して育つ、人々にやさしい素材です。森林所有者・生産者、木材・木製品生産者が協力しあい、努力すれば、カラマツは本道林業、木材産業を代表する素材、木材の名優として、十分な力を発揮するものと信じております。そのために、皆さまと私どもが総力を出し合っていきたいと考えております。

これまでカラマツを支えてこられた林業・木材産業に携わる皆さまに敬意を表しますとともに、林産試験場をご支援いただいた皆さまに深甚の謝意を表し、今後の一層の連携によるカラマツ活用の進展を祈念してごあいさつとします。

2005年 3月  
北海道立林産試験場長 甲斐 武治郎



# 目 次

## 1 資源と基本性質

- 1.1 カラマツ人工林資源背景と素材生産 ..... 2  
カラマツ人工林資源背景の概況 /カラマツ人工林からの径級別素材生産予測 /  
予測結果
- 1.2 木材需給とカラマツ製材の現在 ..... 4  
木材需給の動向 /カラマツの需要 /カラマツ製材を取り巻く状況
- 1.3 カラマツの形質別利用 ..... 6  
コスト要素と生産形態 /大径化に対応していない製材工場のライン構成 /  
大径化への対応 /原木の形質と製品展開 /今後の課題
- 1.4 材質 ..... 8  
カラマツの材色 /カラマツの木理・繊維傾斜 /カラマツの含水率 /  
カラマツの年輪構造 /カラマツの密度 /年輪幅と強度の関係 /  
個体で異なるカラマツの強度
- 1.5 強度的性質 ..... 12  
樹心近くの材の強度が低い /成長によって強度が異なる /  
同一ヤング係数では他の樹種よりも強い /ヤング係数を測定して、効果的な利用を

## 2 利用技術

- 2.1 製材技術 ..... 16  
径級に応じた生産方式 /製材機のヤニ対策 /木取り方法 /  
住宅の性能に関わる製材品の歩増し寸法
- 2.2 乾燥技術 ..... 18  
カラマツの乾燥特性と解決方法 /ヤニについて /ヤニのしみ出し防止 /  
圧縮乾燥 /高温乾燥 /養生 /仕上がり含水率について /含水率計
- 2.3 加工技術 ..... 22  
切る /削る /穴あけ /ヤニの除去
- 2.4 接着・塗装技術 ..... 24  
接着技術 /塗装技術

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.5 防腐技術                                       | 26 |
| カラマツ材の無処理耐久性 / 木材保存処理 / 保存処理品質に関する規格 /         |    |
| 木材保存剤 / 薬剤注入性 / インサイジング / 集成材の保存処理 / これからの保存処理 |    |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 2.6 防火技術                               | 28 |
| 建築物の立地・用途・規模による制限 / 難燃化の必要性 / 木材の燃え方 / |    |
| 木材の難燃化 / 無処理での利用                       |    |

## 3 用途・製品

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.1 集成材                                     | 32 |
| 集成材の種類, 規格, 用途 / 構造用集成材の特徴 / 構造用集成材ができるまで / |    |
| カラマツと集成材 / 身近なカラマツを集成材に加工して活用する             |    |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 3.2 木質パネル                                              |    |
| 3.2.1 合板                                               | 36 |
| 構造用合板 / 内装用合板 / LVL                                    |    |
| 3.2.2 ボード                                              | 38 |
| パーティクルボード / MDF (Medium Density Fiberboard) / 木質系セメント板 |    |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.3 インテリア類                               | 40 |
| パネルボード / 圧密化木材 / アンモニア着色材 (塗料を使わず着色する) / |    |
| カラマツ WPC (材表面の硬さを改善する) / 家具類 / 学童用机・椅子   |    |

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 3.4 エクステリア類                               | 44 |
| カラマツエクステリアの基本的な考え方 / 木製コンテナ / 木柵 / 木製遊具 / |    |
| 景観に配慮した舗装資材 / 防耐火性能を持つ外壁                  |    |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 3.5 木質構造物                                  |    |
| 3.5.1 建築構造物                                | 48 |
| 大規模建築物 / 住宅 / 北海校倉ハウス (ログハウス) / 農畜産業用構造物 / |    |
| トレーラーハウス / ラチス梁 / 形梁                       |    |
| 3.5.2 土木構造物                                | 52 |
| 化粧型枠パネル / 木橋 / 河川資材 / 道路資材                 |    |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 3.6 チップ・粉碎物                                        |    |
| 3.6.1 暗渠疎水材                                        | 54 |
| カラマツチップ疎水材の特徴・性能 /暗渠の構造 /カラマツチップの耐久性 /<br>暗渠施工の機械化 |    |
| 3.6.2 木質系マルチング材                                    | 55 |
| カラマツのマルチング材としての特徴 /いろいろな木質系マルチング材                  |    |
| 3.6.3 家畜敷料と堆肥                                      | 56 |
| 木質系敷料の特徴 /木質系敷料の種類 /堆肥化と水分調整                       |    |
| 3.6.4 きのこの培地基材                                     | 57 |
| タモギタケの培地として /「えぞ雪の下」(野生型エノキタケ)の培地として               |    |
| 3.7 成分利用                                           | 58 |
| タキシホリンの利用 /アラビノガラクトランの利用 /<br>カラマツ樹皮による接着剤の製造      |    |
| 3.8 炭化物                                            | 60 |
| 油吸着材 /アンモニア吸着材料 /イオン交換材料 /液化物への変換                  |    |
| 3.9 エネルギー利用                                        | 62 |
| 燃料用木炭 /ペレット燃料 /温暖化対策の視点から                          |    |
| カラマツの現状と将来                                         | 66 |
| カラマツに関する林産試験場の研究                                   | 70 |
| 付録                                                 | 72 |
| インデックス                                             | 74 |

# 1 資源と基本性質

- カラマツ人工林資源背景と素材生産
- 木材需給とカラマツ製材の現在
- カラマツの形質別利用
- 材質
- 強度的性質



# 1.1 カラマツ人工林資源背景と素材生産

北海道内の豊富なカラマツ人工林材を有効に活用するため、  
径級 依 差 別に素材生産を予測しました。

## ◆カラマツ人工林資源背景の概況

北海道の森林面積は、5,577千 haで本道の総面積の71%に当たります(図 1)。この森林面積の27%が人工林です。

その人工林のうち、トドマツが52%の784千 ha、カラマツ(写真 1)が30%の451千 haの面積を占めます。森林蓄積(立木材積)ではカラマツが早くから造林されたこともあり、総量186,614千 m<sup>3</sup>のうち、カラマツが49%の91,939千 m<sup>3</sup>、トドマツが42%の77,716千 m<sup>3</sup>になります。

また、全国のカラマツ素材生産量に占める北海道の割合は80%を超えています。

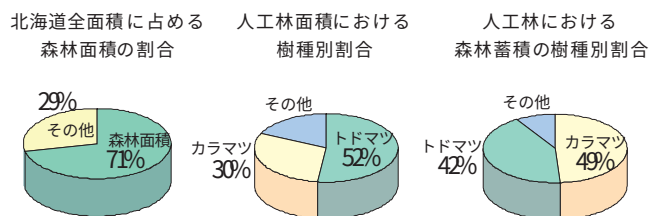


図 1 北海道の森林の概況 (2002年度)



写真 1 カラマツ人工林

カラマツ資源を所管別に見ると、国有林13,641千 m<sup>3</sup>、道有林2,415千 m<sup>3</sup>、一般民有林75,883千 m<sup>3</sup>となっています(表 1)。

年齢別に見ると、最も多いのが7齢級(31～35年生)となっており、次いで8齢級(36～40年生)、9齢級(41～45年生)の順となっています(図 2)。

## ◆カラマツ人工林からの径級別素材生産予測

林産試験場では1980年代後半から、それ以後資源的に充実していくカラマツ人工林材の有効利用のための研究を大きく展開してきました。

表 1 カラマツ人工林の所管別面積・蓄積 (2002年度)

| 区分                | 国有林          |                           | 道有林          |                           | 一般民有林        |                           |
|-------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
|                   | 面積<br>(千 ha) | 蓄積<br>(千 m <sup>3</sup> ) | 面積<br>(千 ha) | 蓄積<br>(千 m <sup>3</sup> ) | 面積<br>(千 ha) | 蓄積<br>(千 m <sup>3</sup> ) |
| 人工林 (a)           | 676          | 55,109                    | 131          | 16,075                    | 699          | 115,430                   |
| カラマツ人工林 (b)       | 110          | 13,641                    | 17           | 2,415                     | 321          | 75,883                    |
| 比率 (b/a) ×100 (%) | 16.3         | 24.8                      | 13.0         | 15.0                      | 45.9         | 65.7                      |

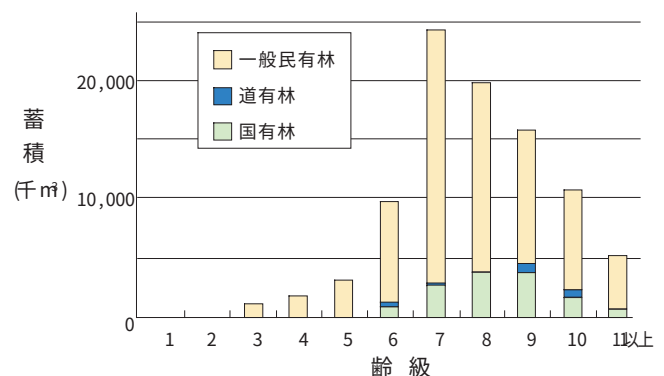


図 2 カラマツ人工林年齢別蓄積 (2002年度)

そのうち、資源背景を基礎にしたカラマツ総合利用モデルを提示するには、カラマツが素材として将来どのような資源背景を持ちうるのか明らかにする必要があります。原木の太さごとに有効な利用のあり方は変わってくることから、どのような太さの材がどこから出てくるのかということを主眼に、素材生産予測の研究に着手しました。

## ◆予測結果

1980年代に行ったカラマツの素材生産予測を図 3 に示します。中大径材の割合は、2002年以降急速に増大し、大径材の割合は2012～16年では、全生産量3,750千 m<sup>3</sup>のうち431千 m<sup>3</sup>と10%を超える予測になっています。

生産実績と生産予測を比較すると表 2のとおりとなります。

径級8～13cmの小径木は実績値が予測値を下回っています。予測値は間伐指針に沿った施業がきちんと将来ともに行われた場合に生産される最大値であるのに対し、それより少ない実績値は林地に残されている素材・立木があることを推測させます。

また、素材生産量は景気動向に大きく左右され、特

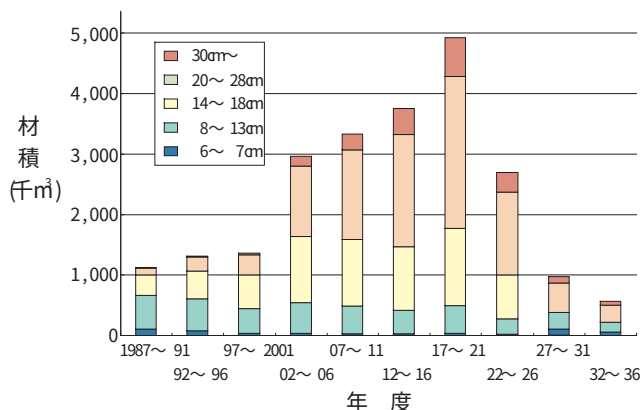


図 3 カラマツ人工林からの  
径級別素材生産予測 (5か年平均)

にカラマツ製材全体の 90%を占める<sup>こんぼう</sup>梱包材、パレット、ダンネージなどの流通関連資材の需要量に支配されており、1998年のカラマツ梱包材需要の後退時には、前年比 10%程度の素材生産量の落ち込みがありました。

将来値については 2022年以降の予測を見ると、生産量が大きく落ち込みます。ただし、素材生産業者・

表 2 カラマツ生産実績および予測値  
(5か年平均)

| 径級<br>(mm) | 87～91年 |       |       |       | 92～96年 |       |       |       |
|------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
|            | 実績値    |       | 予測値   |       | 実績値    |       | 予測値   |       |
|            | (千m³)  | (%)   | (千m³) | (%)   | (千m³)  | (%)   | (千m³) | (%)   |
| 6～7        | 141    | 12.7  | 107   | 9.5   | 99     | 8.1   | 73    | 5.6   |
| 8～13       | 391    | 35.1  | 555   | 49.3  | 334    | 27.2  | 531   | 40.4  |
| 14～18      | 416    | 37.4  | 339   | 30.1  | 515    | 41.9  | 462   | 35.2  |
| 20～28      | 152    | 13.7  | 116   | 10.3  | 245    | 19.9  | 226   | 17.2  |
| 30～        | 13     | 1.2   | 9     | 0.8   | 36     | 2.9   | 21    | 1.6   |
| 合計         | 1,113  | 100.0 | 1,126 | 100.0 | 1,229  | 100.0 | 1,313 | 100.0 |

林業労働力の減少、需要構造に合わせた施業体系の見直しから長伐期施業が導入され、生産量が後年に先送りされることで予測値が変化することも想定され、不確定なところがあるのも事実です。

いずれにしても、当面、予測値から素材生産能力は潜在的に大きいと推測され、林産業側では需要の創造は欠かせません。中大径材への移行が進んでいる中で、これらを生かす建築用材としての利用がますます求められます。

(経営科)

### 素材生産量を予測する

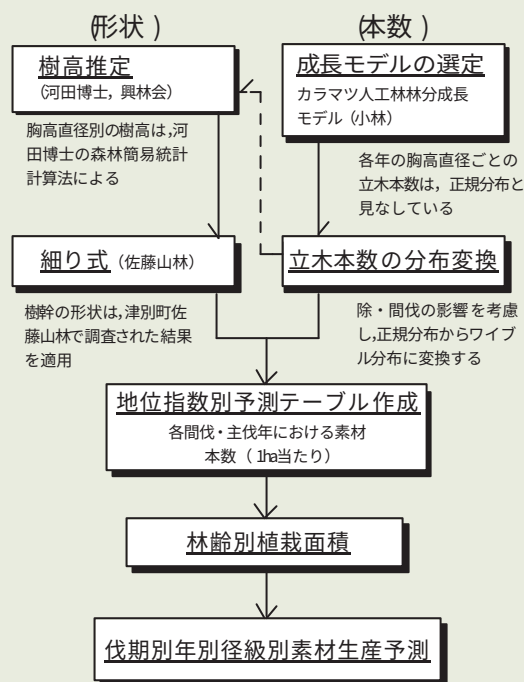
素材生産予測は、図に示した前提条件と計算過程により計算を行います。ここで述べる素材とは、製材用原木 (3.65m 直径 6cm以上) のことです。

#### ①成長モデルの選定

人工林からの素材生産予測を行う上で、その林分がどのような成長過程を示すのかが明らかになっている必要があります。カラマツについては成長モデルが作成され、これに基づいた間伐施業指針が作成されています。このモデルが、本予測計算の基礎となっています。

#### ②立木本数の分布変換

前述の成長モデルでは、各年の立木の胸高直径階別分布は、正規分布に従うものとして計算されています。この正規分布による表現は無間伐林にはよく適合しますが、下層間伐 (1980年代計算当時)にはこれが主流で下位の直径階が消滅すると適合が悪くなります。そのため、間伐後も比較的よく径級分布を表現できるワイブル分布で成長モデルを修正しました。



素材生産予測の計算の流れ



## 1.2 木材需給とカラマツ製材の現在

カラマツがどのような用途に利用されているか、データを基に解説します。  
製材用では、集成材用原板の利用が急激に増えています。

### ◆木材需給の動向

北海道における木材需要は、図 1 のとおり年々減少しています。2002年度において総需要 8,558千 m<sup>3</sup> に対して、供給では外材が約 6割を占めています。外材依存度の全国平均が 8割であることからすれば、本道はまだ多くの地場産材が使われているのですが、この本道の外材依存度も、1990年代後半から徐々に高くなっています。

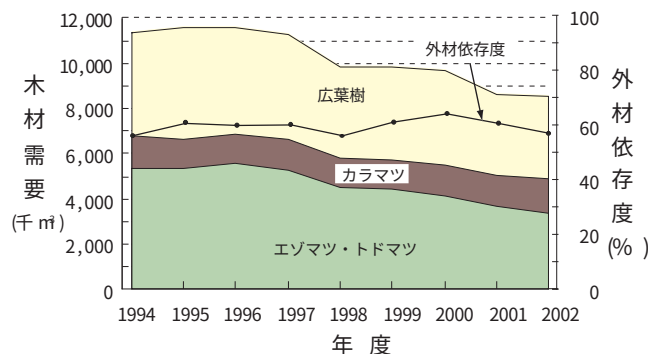
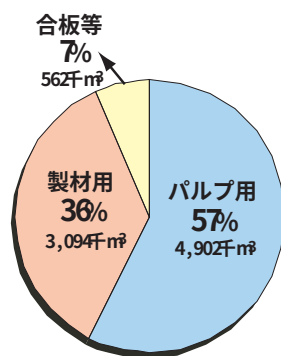


図 1 北海道における木材需要の推移

木材需要の内訳を大まかに見ると、2002年度においては、パルプ用が 57%、製材用が 36%、合板用が 7%となっています。本道に規模の大きな製紙工場があることからみても、このパルプ用需要は極めて大きく、また木材業界への影響力も大きいことがうかがわれます（図 2）。



木材需要合計 8,558千 m<sup>3</sup>  
図 2 需要内訳（2002年度）

### ◆カラマツの需要

これらの需要先のうち、カラマツが占める割合を示します（図 3）。

カラマツの割合が高いのは、合板用需要となって

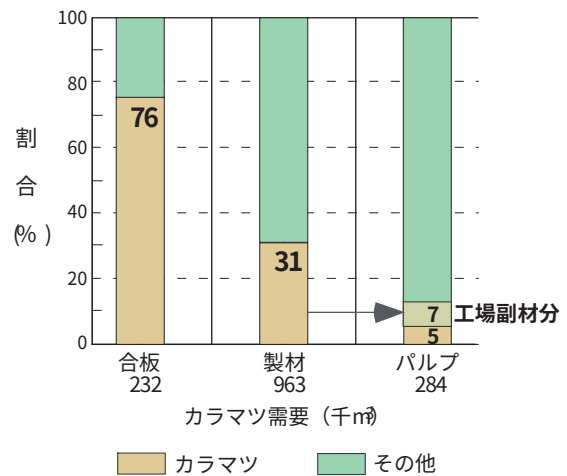


図 3 北海道における木材需要に占めるカラマツの割合（2002年度）

います。これは、合板用原木の南洋材から針葉樹への移行がここ数年で急激に進み、道東で大規模なカラマツ単板・合板工場が稼働したことによります。

製材用需要のうち、カラマツが占める割合は 31%です。住宅着工戸数の減少から一般建築用製材需要そのものが減っているのに対し、梱包材市場では、道産カラマツが他の材料と厳しいコスト競争にありながらも生産の合理化で健闘を続けていることから、相対的に徐々にですがこの割合は高まっています。また、梱包材のほかに、最近では、集成材用原板の伸びが目立ってきています。

パルプ用のカラマツ需要は 284千 m<sup>3</sup>ですが、製材用需要 963千 m<sup>3</sup>の約 4割が工場副材としてパルプ用需要に回っていると考えられることから、カラマツとしては約 570千 m<sup>3</sup>（約 12%）がパルプ用需要になっているものと考えられます。

いずれにしても、カラマツは北海道の木材業を支える重要な資源であることに相違ありません。

### ◆カラマツ製材を取り巻く状況

次に、住宅用構造・内装材や様々な製品の加工の出発点になる製材について、素材・製材の流通を中心にみてみます。

#### ①カラマツ素材の流通

カラマツの素材流通は、2000年度の資料によると図 4 のようになっています。

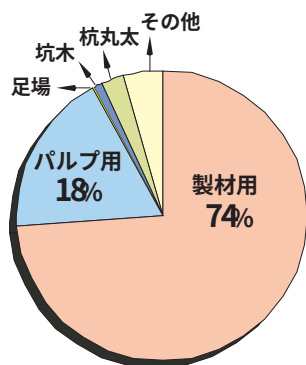


図 4 カラマツの用途別  
素材出荷割合 (2000年度)

カラマツ素材の出荷量は全体で 1,346千 m<sup>3</sup> ですが、そのうち、製材用が 995千 m<sup>3</sup>であり全体の 74%となっています。

また、製材工場で挽き立てられる原木の径級割合は、表 1のように、13cm下の小径材の割合は年々下がっており、

20cm以上の中大径材の割合が高まっています。

## ②カラマツ製材の流通

素材生産予測でも明らかなように、カラマツ素材は大径材の出材も今後見込まれますが、人工造林を続ける限り、将来にわたって中小径材が中心の出材となります。

現状ではカラマツ製材のほとんどは、中小径材に工場ラインを特化させてコストダウンを図った梱包材などの流通資材であり、それらは京浜を中心とした道外に送られています (表 2)。

先にも述べたように、製材用需要の新たな動向として、集成材用原板の出荷が多くなってきています。

図 5は、1994年度を 100としたときの、原料消費量の推移を表したのですが、カラマツは 1997年度以降、急激な伸びを示しています。

これは、梱包材のように競合製品が多いものは需要に左右されやすいのに対し、集成材の需要は 2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する

表 1 カラマツ原木径級別挽き立て実績

| 年度   | 総数<br>(千m <sup>3</sup> ) | 原木挽き立て実績 (%) |         |          |          |       |
|------|--------------------------|--------------|---------|----------|----------|-------|
|      |                          | ～ 7cm        | 8～ 13cm | 14～ 18cm | 20～ 28cm | 30cm～ |
| 1995 | 874                      | 2            | 24      | 48       | 23       | 3     |
| 1996 | 913                      | 2            | 21      | 49       | 25       | 3     |
| 1997 | 945                      | 1            | 22      | 47       | 26       | 4     |
| 1998 | 890                      | 1            | 19      | 48       | 29       | 3     |
| 1999 | 909                      | 1            | 19      | 48       | 28       | 4     |
| 2000 | 963                      | 1            | 17      | 46       | 32       | 5     |

表 2 カラマツ製材用途別出荷量 (2000年)

|    | 建築 | 土木 | 梱包 (定) | 梱包 (仕) | パレット | その他 |
|----|----|----|--------|--------|------|-----|
| 道内 | 14 | 16 | 72     | 222    | 118  | 28  |
| 道外 | 3  | 2  | 68     | 187    | 99   | 12  |

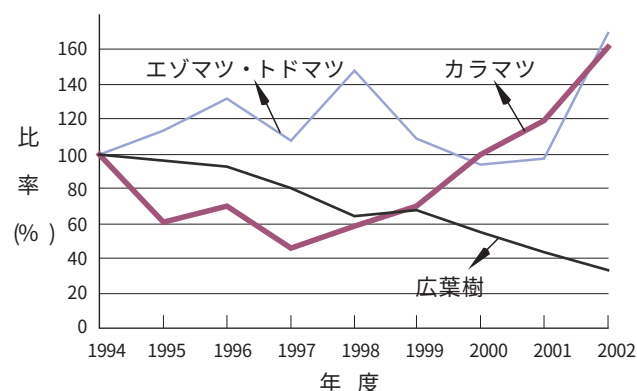


図 5 集成材用原料消費量の推移

法律 (いわゆる品確法)」により、狂いの少ない部材を選定し、クレームのない住宅づくりを工務店等が進める必要に迫られており、住宅建築において無垢材から集成材の利用が進んでいることに一因があるようです。

(経営科)

## カラマツを建築用材として利用していくためには

「カラマツ製材はどこで買えるのか」と、言われることがあります。工務店が新たにカラマツで住宅を建てようと思ったとき、カラマツ乾燥製材の入手の困難さが指摘されます。

その要因については、一般建築用材を採材するためには、樹心をはずして利用できる大径材が望ましいのですが、大径材自体の入手がそう容易ではないこと、大径材を挽ける工場が少ないこと、かつ乾燥室を併せて持っているところとなると更に数が限られてしまうこと、などが考えられます。

今後、大径材の出材比率が高くなっていくことから、カラマツ製材を一般製材並みの流通に乗せていくためにも、まず原木の所在情報の整備や工務店に対してのきめ細やかな PR活動や、製材・乾燥設備の対応強化が欠かせません。

# 1.3 カラマツの形質別利用

様々な径級(太さ)・形質のカラマツを最大限有効に利用するためには？  
生産の増大が見込まれる大径材への対応は？

## ◆コスト要素と生産形態

製造業における製品コストは、製品を作るのに要したすべての要素を合計したものを、生産量で割ることで求められます。原料コスト(変動費)を低減するためには、原料単価そのものを安く調達することと、原料を無駄なく使うという意味から歩留まりが重要になります。

加えて、これらの加工は設備投資や人的な経費(固定費)を伴うことから、固定費を製品に負荷させるとき、生産量が一単位あたりのコストに大きく関わってきます。

どのような製造業でも、原材料の価格、歩留まり、製品価格、生産量、設備投資等のバランスの中で生産をしています。

カラマツ材利用についてみれば、原料は中小径材が主体であり、製品価格は低位に抑えられることから、主に高能率に大量生産をする形をとっています。

## ◆大径化に対応していない製材工場のライン構成

一般的に<sup>こんぼう</sup>梱包材工場では、製品歩留まりや能率を追求するために、原木長さをそろえることを造材側に求め、また、工場土場では原木の長さ、径級の選別を行いストックします。そのような段取りを経て、製品に対して歩留まりの良い径級の原木を用意し、主にツインバンドソーを用いて製材をします。場合によっては、最終製品の2ないし3倍の長さでいったん製材を行った後に、トリマーと呼ばれる横切りを用いて、一気に必要な長さにすることもあります。

しかし工場によっては、歩留まりを生産量でカバーするところもあります。現在のカラマツ梱包材工場の平均的な歩留まりは50%程度ですが、過去に調査に入ったある工場では、40%前半でした。この違いは、機械設備や工場作業者の習熟度の違いからくるものです。

## ◆大径化への対応

梱包材工場のように中小径材に特化したラインに30cmを超える大径材が入ってくると、とたんに生産能率に影響が出てきます。大径材がバーカーやツインバンドソーにかからないこと、搬送装置の幅が狭

いことがネックとなってしまいます。通常の梱包材工場ではシングルバンドソーが設置されておらず、あったとしてもオペレータの不慣れさがあるなど、そう簡単に大径材を<sup>ひ</sup>挽くことにはなりません。

道東地域では、カラマツ単板工場が稼働しており、梱包材工場では持て余す大径材を利用することができます。中小径材は梱包材工場へ、大径材は単板工場へという、原木の太さに基づいて製品を区分し、全体でカラマツ材を有効に利用する体制ができています。

## ◆原木の形質と製品展開

原木の形質と考えられる製品展開について、過去に林産試験場で検討を行ったものについて触れたいと思います。

### ①化粧合板

化粧合板用への利用には無節材が前提となるので、適切な時期に枝打ちをされたものであることが必要です。

化粧合板用原木にとって適切な無節材を得るためには、成長の良い林分で、枝打ちをできるだけ早い時期から、かつ樹木の生長を妨げることのない高さまで行うことが必要となります。

例えば、合板工場での採算に乗る単板歩留まりを30%以上としたとき、末口径は1番玉で34cm、2番玉で28cm、3番玉で24cm以上必要ですが、植栽後7年、10年、15年の3回にわたり2m<sup>づ</sup>つ枝打ちを行えば、将来大径材が出てきたときには化粧合板用原木として十分用いることができ、原木価格も製材用原木より高くなると試算しました。

### ②内装用合板

最近、節に対する抵抗感が薄れ、節を自然なものとして受けとめる世代が多くなってきました。また、内装用に木質を使いたいという希望はあるものの、<sup>むく</sup>無垢のものは値段が高いことから断念しているケースがあります。このことから、当场では2002年度から、比較的安価に製造できる内装用合板としてカラマツを使うことを検討しています。この用途には無節である必要はないのですが、製造工程では、切削や乾燥段階で節が抜けるので抜け防止のための補修が

欠かせないことが分かっています。補修コスト低減のためにも、枝打ちされている方が望ましいといえます。

### ③パネルボード

当场では、1980年代後半にパネルボードを多く試験製造していました。カラマツ材の有効利用を考えたとき、中小径材での製造の方が原木価格や歩留まり面でも有利ということ、内装材として付加価値向上が図れるということが背景にありました。このパネルボードは、多くの公共事業での使用をきっかけとして市場で徐々に認知され、現在では各社で製造されています(3.3インテリア類参照)。

### ④無節製材

大径材の用途拡大のために、当场では大径材を用いて各種製造試験をしてきました。特に良質な原木からは、無節などのいわゆる役物製材が採材できます。役物を得るのには、原木の質もさることながら、製材本機のオペレータの技術によるところが大きいものです。慎重な回し挽きと、乾燥後の修正挽きが欠かせません。手間はかかるものの、製品価格は極めて高くなると考えられます。

### ⑤ボード

原木の形質を考慮しなくてもいいのが、粉碎成型物であるボード類です。育林過程で出てくる間伐材や、造材段階で切り捨てられてしまう未利用材を有効に活用するため、当场ではカラマツセメント板、日本型OSB(Oriented Strand Board)、SPB(Strand Particle Board)、樹皮成型物などの研究開発を進めてきました。

### ⑥その他

最近、カラマツ材が一般用住宅に用いられ始めてきました。当场においても大断面・柱材などの乾燥技術を完成させ、集成材についても研究を進めてきました。十勝地域においては行政も積極的に応援し、無垢材利用の住宅が建っています。一方、カラマツの集

成材利用もここ数年で大きく伸び、カラマツ集成材を前面に押し出した販売戦略を立てているハウスメーカーが増えてきました。

## ◆今後の課題

カラマツに限らず、原木が太くなれば大断面の製材品や、樹心を外してより品質の高い柱や集成材用原板が採材でき、これらの歩留まりの向上が大いに期待できます。また、乾燥したときの狂いが小さくなる傾向もあります。一般住宅にカラマツが使われる状況になれば、大径材の利用価値は急速に高まるものと思われます。大径化により高まった価値による利益を都市消費者側へ反映するとともに、林家が手塩にかけて育てた材を、それなりの価格で製造側(使用者)が評価し、林家に返すことにより循環するシステムが形成されます。

通常製造側では、原料の均一化を常に求めるものです。原料段階で種々の見通しを得られることが、利益計画や生産計画を立てるうえで非常に大切です。

仮に枝打ち時期と材中に占める無節材の割合のように製造段階での歩留まりに一定程度の予測がつけば、それに見合った価格で購入することも可能となります。一部の地域では枝打ち林分登録制度を設け、施業履歴を明らかにしています。

こうした取り組みのように、どのような原木がどのように分布し、どのような価格で販売されているかについて林家と製造側が連携することにより、製造側では過剰に抱えなければならない在庫を減らすことができ、そのメリットを林家側に返し、次の山つくりにつなげることもできるわけです。

それが実現すれば、情報を生かし、各種径級・形質のカラマツを最大限有効に利用することにつながります。

(経営科)



# 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

旧幾寅宮林署管内産  
(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んなどで仕上げ，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)。

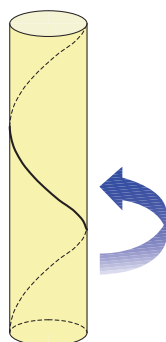


図 1 らせん木理

樹幹の中を繊維がらせん状に配列する。

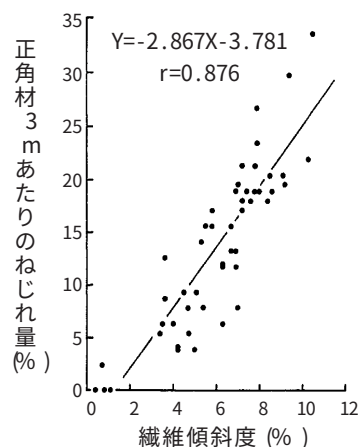


図 2 繊維傾斜度と正角材のねじれ量との関係

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，

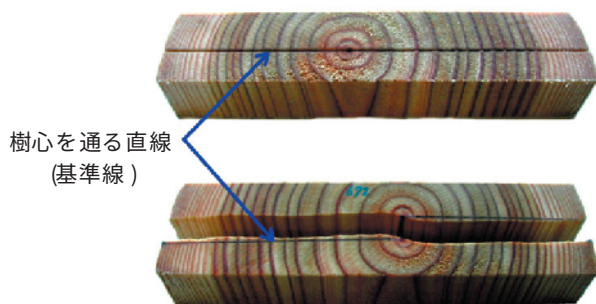


写真 3 繊維傾斜度の測定方法  
上：基準線，下：割裂線

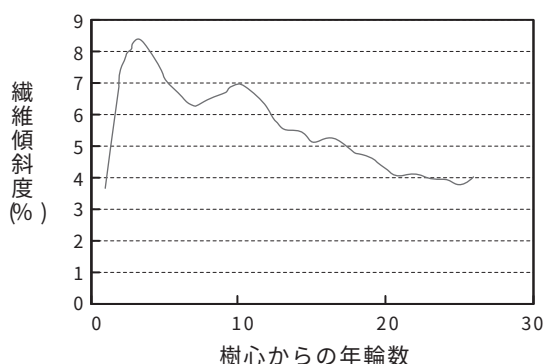


図 3 年輪ごとの繊維傾斜度

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

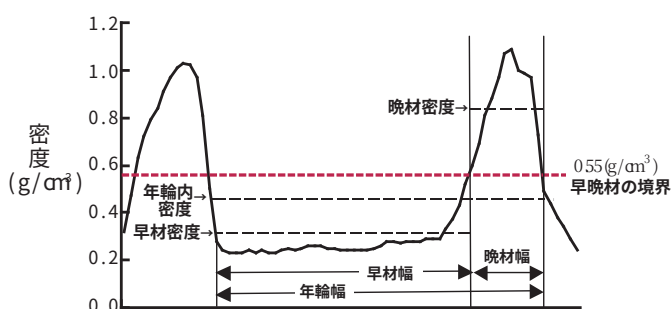


図 4 カラマツの年輪波形と年輪構成因子

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でるのでしょうか。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%

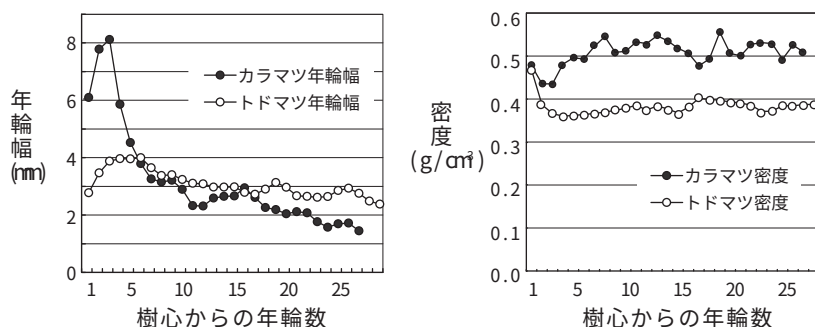


図5 年輪幅(左)と年輪内密度(右)の変動

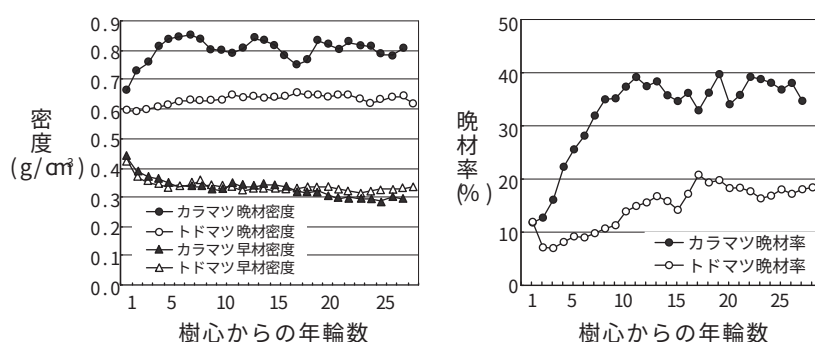


図6 早晩材密度(左)と晩材率(右)の変動

でした。図には示しませんでしたが、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。

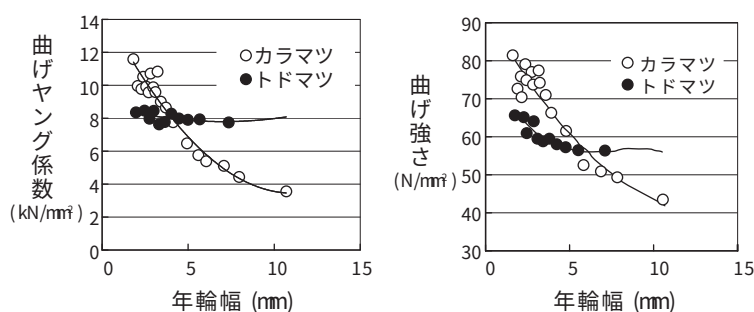


図7 年輪幅と曲げヤング係数、曲げ強さの関係

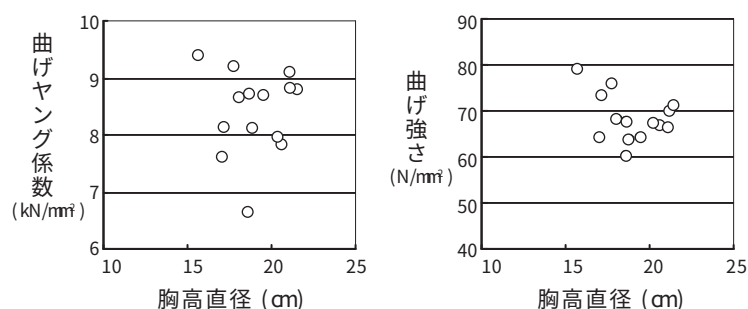


図8 胸高直径と曲げヤング係数、曲げ強さの関係(立木別)

### ◆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79.2 N/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

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。





# 1.5 強度的性質

カラマツは、部位や成長により強度が大きく異なります。建築構造用材として活用するには、強度への信頼性を高める必要があります。

木材の需要を拡大するためには、建築構造用材として利用することが望ましいのですが、その際には強度がどれくらいあるのかが問われます。ここでは、カラマツ材を建築構造用材として利用するにあたり、その長所を生かすことができるよう、カラマツ材の強度的性質について解説します。

## ◆樹心近くの材の強度が低い

カラマツ材の強度的な特徴として、樹心近くの材質が外側に比べ劣っており、強度も低いことが挙げられます。この傾向はカラマツ材に限らず、他の樹種でも見られますが、カラマツ材では著しいものとなります(1.4材質参照)。一方、高さ方向に関しては、強度の変動は大きくありません。図1に樹心からの距離別に曲げ強さ(耐えられる強さ)と曲げヤング係数(たわみにくさ)を示しました。この値は節、腐れ、キズなどの欠点を含まない、断面が2.5m角の無欠点小試験体によるものです。曲げ強さ、および曲げヤング係数は樹心に最も近いときが最も低く、樹心から遠ざかるにつれて増加するものの、その後安定化するという傾向が見られます。なお、安定化する距離は成長の度合いによって変わり、年輪数で表すと樹心から15ないし20年輪の部分に相当します。このことから、成長が良好なカラマツ材では、樹心近くの材だけを取り出して利用するような場合は、強度の面から注意が必要です。

## ◆成長によって強度が異なる

これまでに林産試験場で試験を行った産地や樹齢

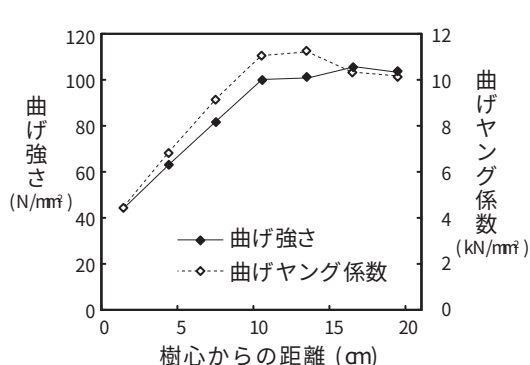


図1 樹心からの距離と曲げ強さ、曲げヤング係数の関係

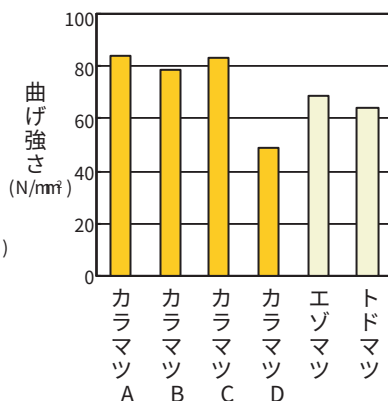


図2 曲げ強さの比較

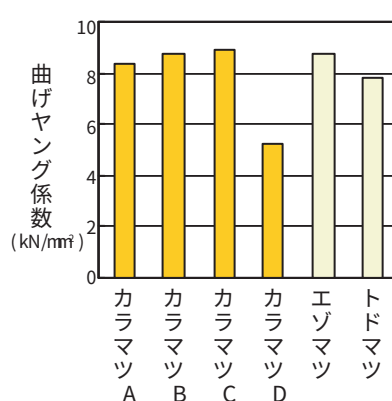


図3 曲げヤング係数の比較

が異なるカラマツ人工林材の曲げ強さを図2に示しました。この値も無欠点試験体によるものです。比較のため、日本の木材から引用したエゾマツ、およびトドマツ天然林材の値も載せています。カラマツA~Cの曲げ強さの平均値は約80N/mm²であり、エゾマツ、トドマツよりも高い値が得られています。しかし、カラマツDでは、曲げ強さの平均値はエゾマツ、トドマツよりも低くなっています。通常、カラマツは初期段階の成長が良く、樹齢が増すと成長のペースが落ちますが、このカラマツDは樹齢が増しても成長があまり低下しなかったものです。

図2で調べた同じカラマツについて、図3に曲げヤング係数を示しました。曲げヤング係数については、カラマツA~Cとエゾマツが同等で約9kN/mm²、トドマツがこれに続き、曲げ強さと同様に、成長が衰えなかったカラマツDの値が最も低くなっています。平均値で比較する限り、カラマツが特に優れているようには見えませんが、カラマツには高いヤング係数を持つものが現れやすいという特徴があります。

構造用集成材では、強度のグレードごとに使用するラミナ(集成材の各層を構成する挽き板)のヤング係数がJAS(日本農林規格)により決められているため、高いヤング係数をもつラミナを用いることで、エゾマツ・トドマツよりも上のグレードの、強い集成材を製造することができます。

## ◆同一ヤング係数では他の樹種よりも強い

実際に建築用材として使われる木材(実大材)は、無欠点小試験体より寸法が大きく、節や目切れなどの

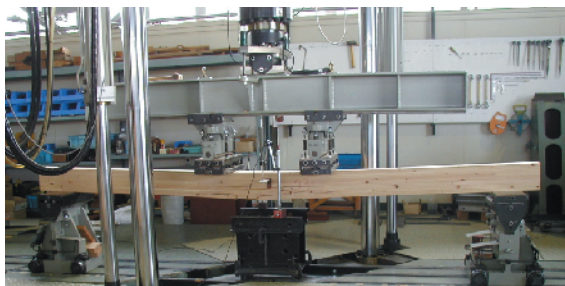


写真 1 実大材の曲げ試験の様子 (上) と  
破壊形態 (下)

欠点を含んでいます。ほとんどの場合、この欠点の原因となって破壊する(写真 1)ため、実大材の強度は無欠点小試験体よりも低くなります。ところで、欠点の現れ方や強度への影響の程度は樹種により異なりますが、節の大きさなどの制限値を樹種ごとに変えるというのは現実的ではなく、すべての樹種で同一の制限値が設定されています。このため、建物を設計するときに使われる強度では、カラマツ<エゾマツ・トドマツとなる場合もあります(図 4)。

木材に含まれる節などの欠点に基づいた目視等級区分では、カラマツの強度はエゾマツ・トドマツよりも低くなることがありますが、ヤング係数に基づい

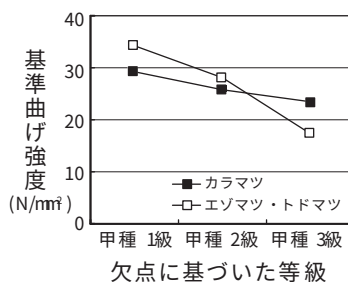


図 4 欠点に基づいた  
等級と強度  
(目視等級区分)

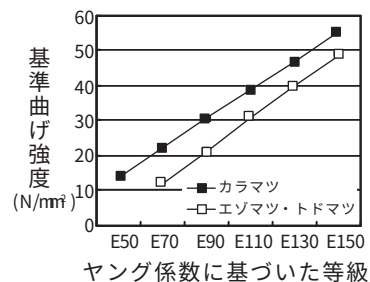


図 5 ヤング係数に  
基づいた等級と強度  
(機械等級区分)

て強度を決める機械等級区分では、異なる結果となります。図 5はヤング係数に基づいた等級とこれに対応した基準曲げ強度を示しています。Eに続く数字が大きいほどヤング係数が高いことを表していて、すべての等級でカラマツの基準曲げ強度はエゾマツ・トドマツの基準曲げ強度を上回っています。

### ◆ヤング係数を測定して、効果的な利用を

ヤング係数は木材を壊すことなく測定できるため、実際に使う木材で数値が得られます。曲げ等の強度に関しても、ヤング係数と強度の関係を利用することにより、信頼性を向上させることができます。これまでみたようにカラマツは、丸太から切り出した部位や成長の度合いによって強度が大きく変わります。カラマツを建築構造用材として利用するには、ヤング係数の測定が重要です。それにより、効果的で信頼性の高い強度性能評価が可能と考えます。

(構造性能科)

### 製材の等級区分方法について

針葉樹の構造用製材の JASでは 2通りの等級区分方法が規定されています。その一つは木材が含む欠点の大きさ、程度を見目で判断する目視等級区分で、もう一つは木材のヤング係数と強度の関係に基づいた機械等級区分です。目視等級区分では等級内の強度のバラツキが大きく、カラマツ材の基準曲げ強度は 1級材でも 29.4N/mm²となっています。一方、機械等級区分では強度を目視等級区分よりも高い精度で推定できるため、E150では 55.2N/mm²と 1級材のほぼ 2倍の値が割り当てられています。なお、木材を建築用材として使う場合、ヤング係数が分かっていることが望ましいのですが、目視等級区分では等級間のヤング係数の違いは小さく、高いヤング係数を持つ製材を選別できないという問題があります。

## 2 利用技術

- 製材技術
- 加工技術
- 防腐技術
- 乾燥技術
- 接着・塗装技術
- 防火技術



## 2.1 製材技術

カラマツ製品の価値を高めるためには、太さ（径級）や利用目的に応じた効率的な製材を行うことが重要です。

カラマツに限らず、原木（丸太）を板や角材にする製材技術は木材利用の第一歩です。原木には節・曲がり・アテ（幹の傾斜を修正するためにできる異常材部）など欠点があることも多く、製材作業においては、原木に対する製材品の材積歩留まりや等級（品質）、価格を考慮した価値歩留まり（原木の値段に対する製材品の販売価格の割合）を踏まえ、最大の利益を得る木取りをすることが必要です。

なお、製材品と同時に生産される樹皮（バーク）やおが粉は堆肥原料や燃料として、背板やチップはパルプ原料や暗渠疎水材（3.6. 暗渠疎水材参照）などの資材として有効に活用されています。

### ◆径級に応じた生産方式

径級によって、製材品の品質や歩留まり、木取り方法などが違ってきます。一般には材質の優劣から径級によって用途を使い分けるのが良いとされています。これは、カラマツに限ったことではなく、針葉樹人工林材に共通する製材技術です。

#### ①中小径材の利用

これまでカラマツの製材は、中小径材（末口径 28cm 以下）が主であり、節が比較的多いことなどから価値の高い製品を求めることが難しいため、能率本位でコストダウンを図りやすい単純木取りによる少品種・量産型の生産が行われてきました。これに対応する製材機として脚光を浴びたのはツイン帯鋸盤（写真1）やツイン丸鋸盤であり、今では人工林から間伐された中小径材を扱う製材工場で一般的となりました。これらは1回の送材で2面を挽くため、シングル帯鋸盤に比べ高能率で生産性が高くなります。



写真 1 ツイン帯鋸盤  
（企業カタログ）

#### ②大径材の利用

最近では林齢が上がり、径 30cm 以上で材質も比較的良好な大径材が見られるようになりました。大径

材を利用する際の視点は、価値の高い製品を生産することに尽きます。建築構造用材（柱や梁など）はその代表的な用途です。製品価値を重視した木取りや挽き材技術に主眼が置かれるため、節の位置や大きさ、原木の曲がり、両木口の割れ、心の位置などから、最適な材種と木取り位置を導き出す、いわゆる良質材ねらいの多品種少量生産となります。使用される製材機は送材車付帯鋸盤とテーブル式帯鋸盤が組み合わされた従来型の製材ラインが主流です。大規模工場では、低コスト・量産化を求め、ツイン帯鋸盤を用い、自動的に木取りを行う最新鋭の設備を備えたところもあります。

### ◆製材機のヤニ対策

カラマツの大径材は樹心から放射方向に心割れが生じているものが多く、この部分にヤニが多く含まれています。ヤニは挽き材中、鋸や鋸車に付着して歩切れ（製材寸法が公称寸法より小さくなる）を生じさせたり、挽き曲がりをおこすなど、作業性にしばしば悪影響を及ぼします。この対策としては、洗油を鋸身に直接噴霧する装置を備えるほか、ヤニをこまめに取り除くなど、付着を防止する工夫が必要です。

### ◆木取り方法

図 1 は径級別の角物を主体とした木取りの例です。小径材では質よりも量を重視し、材積歩留まりを高め、大径化に従って価値歩留まりを上げるといった方針に基づく木取り方法です。また、近年は中小径材の付加価値を少しでも上げることをねらい、管柱や梁桁用のラミナ（集成材の各層を構成する挽き板）として利用されています。

なお、樹心付近から木取った製材品は、乾燥時にねじれなどの狂いが大きく出やすく、不良率を上げる一因となります。価値の高い製品を生産するには乾燥による狂いを考慮し、原木の径級と形質別の木取り方法をあらかじめ計画しておくことが望まれます。

### ◆住宅の性能に関わる製材品の歩増し寸法

JAS（日本農林規格）では、製品の表示寸法と許容される実際の寸法の差を規定しています（巻末資料）。歩切れは認められていません。また、規格は木材を十分



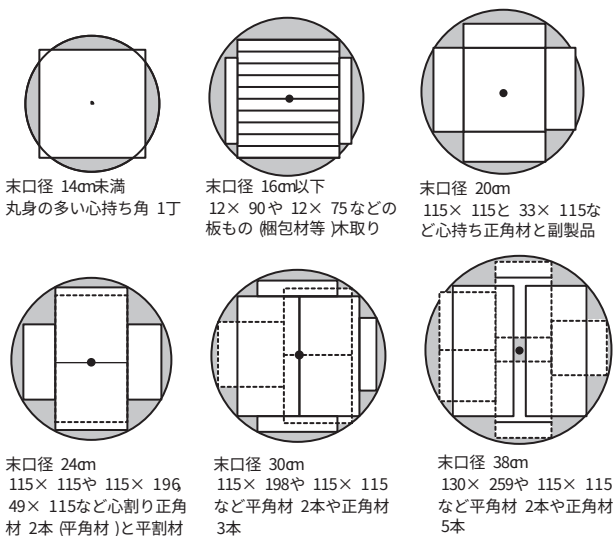


図 1 角物を主体とした木取り例

径 14cm未満：丸身の多い心持ち角一丁取りで押角やダンネージ  
 径 20cm以下：10～40mm厚の<sup>こんぼう</sup>梱包材または丸身のない心持ち正角材  
 径 22cm以上：構造用材および羽柄材等の造作用材

乾燥させた使用時についての規定であることにも注意が必要です。

乾燥が不十分な製材品は歩減りと狂いが生じ、透き間や壁面の亀裂などのトラブルも簡単に発生します。設計段階で見込んだ寸法を確保するためには、乾燥による収縮分と表面切削による<sup>しり</sup>削り代分を上乗せし

表 1 乾燥に伴う寸法の収縮および削り代を見込んだ製材寸法の目安

| 規定寸法<br>(mm) | 製材寸法<br>(mm) | 規定寸法<br>(mm) | 製材寸法<br>(mm) | 規定寸法<br>(mm) | 製材寸法<br>(mm) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 15           | 16.5         | 45           | 49.0         | 180          | 195.5        |
| 18           | 20.0         | 60           | 65.5         | 210          | 227.5        |
| 21           | 23.0         | 75           | 81.5         | 240          | 259.5        |
| 24           | 26.5         | 90           | 97.5         | 270          | 292.0        |
| 27           | 29.5         | 105          | 114.0        | 300          | 324.5        |
| 30           | 33.0         | 120          | 130.0        | 330          | 357.0        |
| 36           | 39.5         | 135          | 146.5        | 360          | 389.5        |
| 39           | 43.0         | 150          | 162.5        |              |              |

注：収縮は気乾密度 0.6(g/cm³)未満の一般的な材で、かつ、木材の接線方向を基準としている。

て製材を行う必要があります、これを歩増しと呼びます。

しかし、同じカラマツでも木取りや材質、乾燥方法や含水率などによって収縮量と狂いは一定とはならず、歩増し量をmm単位で決めることはそう容易なことではありません。そこで、一つの目安として(財)日本住宅・木材技術センターから、表 1のような製材寸法が標準として提案されています。乾燥に伴う極端に大きな割れや狂いが無いものとして、再加工後の製品寸法が「規定寸法」を確保できるように計算された寸法であり、あくまで参考値ですが、これに基づき各工場の実状に応じた歩増し量の算定が可能と思われます。

(製材乾燥科)

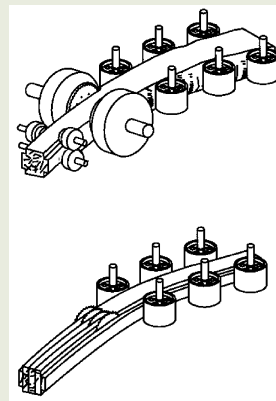
## 曲がり挽き製材

中小径材には曲がりのある原木が多く含まれます。大半は製紙の原料として利用されますが、林内に放置されるケースもあるようです。林内放置を防ぎ健全な森林づくりを進めるため、曲がり挽き製材が考案されました。

曲がり挽き製材では図のような基本構造の製材機械を用い、コンピュータによりローラーを制御して原木の曲がり沿った製材をします。製材された板は、そっているの、圧縮乾燥を行って通直な製材品にします。

林産試験場の試験では、曲がり大きいときは、直線挽きよりも3～5%歩留まりが改善されることが分かりました。アテが著しい材を除けば、圧縮乾燥によって枠組壁工法用製材としての利用に支障のない程度までそれを緩和でき、乾燥後の仕上げや時間経過による変化がないことも確かめています。

目切れ 製材の面や縁から木繊維が斜めに出ている状態で、強度低下等の原因になる)の少ない製材が得られるなどの利点もあるうえ、間伐材・未利用材の有効利用と歩留まり向上で生産コストの削減が期待できる新たな製材方式です。





## 2.2 乾燥技術

乾燥技術の向上によって、狂いやヤニなどカラマツの欠点を抑えることができるようになり、安定した材料として利用の幅が広がりました。

乾燥に伴う木材の特徴の一つに、収縮による外形の変化（狂い・割れ）が挙げられます。原木の径が比較的小さなものを主体に利用されるカラマツにおいて、常に問題視される欠点です。そのほか、ヤニが多いことなどから扱いづらいと見られがちなカラマツですが、最近では日常の身近な木製品として目にする機会も徐々に増えています。林齢が上がり比較的良質な中大径材が増えてきたことや乾燥技術および装置の普及が主な理由として考えられます。すなわち、材質的な要因とそれに応じる適切な乾燥方法が明らかになってきたことで、欠点の抑制が可能になったことによるものです。

### ◆カラマツの乾燥特性と解決方法

#### ①ねじれ

高温乾燥と圧縮（おもりを載せるなど）、心去り木取り（樹心からなるべく離れた木取り）が有効です。

#### ②割れ

高温乾燥が有効（特に心持ち材）です。

大径材は「心割れ」を有する場合があります。樹心付近の材ほど割れが多くなります。心去り材は、従来どおりの中温乾燥も可能です。

#### ③曲がり、そり

圧縮することが有効です。

曲がりやそりの程度は、アテ（幹の傾斜を修正するためにできる異常材部）などの材質に大きく左右されます。

#### ④ヤニのしみ出し

乾燥前の蒸煮処理（85～100℃）が有効です。

高温乾燥を行うときには、ヤニのしみ出し防止処理を同時に行うことができます。

#### ⑤養生

カラマツに限らず大断面材は水分が抜けにくいいため、製品となった後にも乾燥が進んで、狂いや収縮の起こることがあるので、乾燥後の養生が必要です。

### ◆ヤニについて

カラマツなど多くの針葉樹材は、樹脂道が発達しているので、天然乾燥中にあまりヤニが出てこない場合でも、かんながけて暖かい場所に置いておくと、切断された樹脂道からヤニがしみ出てくる場合

があります（写真 1）。

ヤニは、液体の精油成分（テルペン）に固体のロジン（樹脂酸）が溶けたものです。ヤニの成分は、低い温度では固まっていますが、高温になるにしたがって低粘度になり、材面にしみ出てきます。精油成分を以下に述べるとおり除去することでヤニのしみ出しを防止できます。



写真 1 ヤニのしみ出し（生材）

### ◆ヤニのしみ出し防止

ヤニがしみ出してこないようにする方法には、

- ①炭酸ソーダ等のアルカリ溶液に浸し、加圧煮沸することにより、ロジンを抽出除去する薬剤抽出法
- ②圧力容器に材を入れて加圧蒸煮、減圧の操作を繰り返す加減圧法
- ③蒸気式乾燥装置を使い、蒸煮や高温乾燥を行うことによって、脱脂と乾燥を同時に行う脱脂乾燥法などがあります。

この中で最も一般的に使われているのが、③の脱脂乾燥法です。ここでは、精油成分を取り除くことを主眼としています。精油の沸点はおおよそ 150～230℃ですが、水が共存すると 100℃以下に下がるので、効率良く精油成分を蒸発除去することができ、材には固形のロジンのみが残ります。

脱脂乾燥を行う材は、高含水率ほど有効ですから、できるだけ天然乾燥を避け、製材直後に行うようにします。ただし、北洋カラマツのようにヤニのしみ出しは少ないが材面にしみとなって現れる材や、ベニマツのように蒸煮によって変色するような材に対しては、天然乾燥を適当な期間行ってから処理します。

蒸煮をするときは、ダンパーを閉め、生蒸気で乾燥室内を満たします。蒸煮を開始すると冷えた材に蒸気が触れて凝着するとともに、生蒸気中に含まれている飽和水が材面に付着します。温度が上がった後も飽和水の付着は続き、材表面は熱水で覆われてい

ます。この熱水によって材面にしみ出してきた粘度の低いヤニが流出すると同時に、熱水が蒸発するときにヤニの中の精油成分も一緒に蒸発します。このとき、初期含水率に関係なく、材の含水率は3～6%程度上昇しますので、高温域で割れやすい樹種についても割れの心配がありません。

蒸煮温度は、一般的に100℃に近いほど効果が高いのですが、北洋カラマツのようにヤニがしみ込んでいる材では、60～80℃の低温で行った方がよい場合もあります。

蒸煮に要する時間は、目標の蒸煮温度に達してから①板厚50mm未満で2～4時間、②板厚50～105mmで4～12時間程度を目安とします。蒸煮回数は、普通は1回で十分ですが、北洋カラマツでは4回ほど繰り返すことで、ヤニのしみが少なくなります。

蒸煮後は、樹種ごとに推奨されている乾燥スケジュールで乾燥します。表1に、カラマツ板材の脱脂乾燥スケジュールの一例を示します。

表1 カラマツ板材の脱脂乾燥スケジュールの一例

| 含水率<br>(%)     | 乾燥温度<br>(℃) | 乾燥温度差<br>(℃) |
|----------------|-------------|--------------|
| 初期蒸煮<br>(ヤニ抜き) | 85          | 0            |
| 生～45           | 70          | 5            |
| 45～40          | 70          | 6            |
| 40～35          |             | 8            |
| 35～30          | 55          | 11           |
| 30～25          | 60          | 14           |
| 25～20          | 65          | 19           |
| 20～15          | 70          | 24           |
| 15～10          | 75          | 30           |
| 10～            | 75          | 30           |
| イコーライジング       | 80          | 10           |
| コンディショニング      | 80          | 5            |

注1: 板厚36mm 板幅123mm

注2: 初期含水率50%、目標仕上がり含水率10%

イコーライジング: 製材間の含水率をそろえる。

コンディショニング: 残留応力を除くとともに、目標含水率に調整する。

イコーライジングとコンディショニングを併せて調湿処理と呼ぶ。

## ◆圧縮乾燥

狂い(ねじれ、曲がり、縦ぞり、幅ぞり)を抑制するためには、栈積みの上におもりを載せる方法(載荷乾



写真2 載荷乾燥時の栈積み

燥)が一般的に用いられます(写真2)。

おもりの重さは1～5tで、栈積み材の大きさ、材厚に応じて載せます。過大なおもりを使うと栈木が材にめり込むので、栈木の数を増やす必要があります。

林産試験場では、特殊な治具と付属装置を使う方法を圧縮乾燥として検討してきました。これには、3種類の方法があります。

### ①平面圧縮乾燥

この方法は、図1のように栈積み材を圧縮治具によって、そのままの形で平らに締め付けながら乾燥する方法です。

栈木にかかる単位面積当たりの荷重は、0.5～1.0MPa(5～10kgf/cm<sup>2</sup>)が適当です。

### ②旋回圧縮乾燥

カラマツのようにねじれる方向が決まっている材

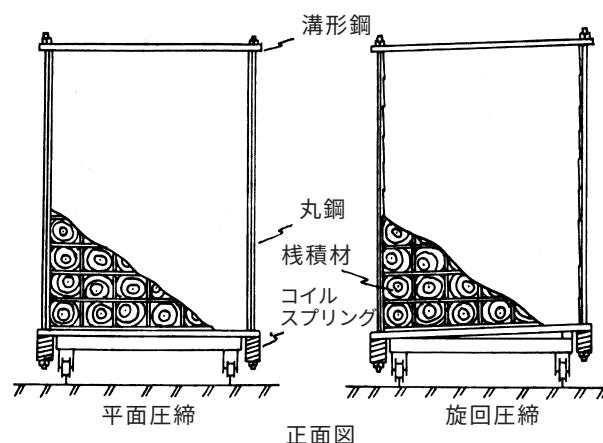


図1 圧縮乾燥

で平面圧縮乾燥をすると、圧縮している間は狂いを抑えています。圧縮治具を取り去ると、ある程度まで戻ってしまいます。この戻り量を少なくするために、図1のように平面圧縮乾燥と同じ治具を使い、材が乾燥によって狂おうとする方向と逆の方向にねじったり、曲げたりしながら乾燥します。乾燥終了後に狂いがなくなるように、加える力を調整しながら行います。この方法の場合、逆方向に与える変位量は、平面圧縮乾燥による戻り量より10%程度多くなります。

### ③旋回圧縮処理

旋回圧縮処理は、旋回圧縮乾燥と同じ操作を行いますが、生材を圧縮するのではなく、乾燥材を圧縮して狂いを矯正します。乾燥後に狂いの大きく出た材の狂い方向をそろえて積みし、その方向と逆方向に旋回圧縮をしながら、調湿処理を行います。

## ◆高温乾燥

高温乾燥は、乾燥温度を100℃以上に高めた乾燥法で、主に心持ち材を有効利用するために開発されました。これまで心持ち材は、100℃以下の温度域で乾燥する中温および中高温乾燥では表面割れが大きく生じるため、あまり利用されていませんでした。しかし、高温乾燥技術の進歩とともに、心持ち材の表面割れを防ぐ乾燥スケジュールが提示され、近年急速に普及してきました。

カラマツ材の高温乾燥には、次のようなメリットがあります。

- ①ヤニのしみ出し防止処理が同時にできる
- ②表面割れの発生を少なくできる
- ③乾燥時間が短い

一方、次のようなデメリットが挙げられます。

- ①高温の処理時間によっては、強度が低下する
- ②材色に変化(褐色化)する

これまで提案されてきた乾燥スケジュールにおいては、乾燥初期の上限温度は120℃くらいとして、表面割れの発生を防止した後、乾燥途中からは乾燥温度を次第に105℃くらいまで下げていく方法が一般的です。内部割れの発生を防ぐには乾燥後半の温度をさらに下げる必要がありますが、乾燥時間が長くなることから、内部割れの発生と乾燥時間のバランス

を考慮した乾燥条件が採用されています。表2に、カラマツ心持ち正角材の乾燥スケジュール例を示します。

表2 カラマツ心持ち正角材の乾燥スケジュール例

| 乾球温度<br>(°C) | 温度差<br>(°C) | 時間<br>(h) | 工程   |
|--------------|-------------|-----------|------|
| 95           | 0           | 14        | 初期蒸煮 |
| 120          | 30          | 7         | 乾燥   |
| 110          | 30          | 20        | 乾燥   |
| 90           | 30          | 94        | 乾燥   |
| —            | —           | 36        | 降温   |
| 合計           |             |           | 171  |

注1: 乾燥前製材寸法＝厚 115×幅 115×長 3,650mm

注2: 初期含水率：約 50%

注3: 目標仕上がり含水率：17%

## ◆養生

断面が大きい柱や梁の場合、乾燥が終了した後も材の中心部には水分が残ります。この水分が材内部で拡散し、含水率が低下するときにねじれや曲がりが起こります。したがって乾燥が終わった後の材は、1か月以上風通しが良く雨が当たらない場所に積みし、養生することが重要です(図2)。養生後に修正挽きすることで、狂いのない乾燥材になります。

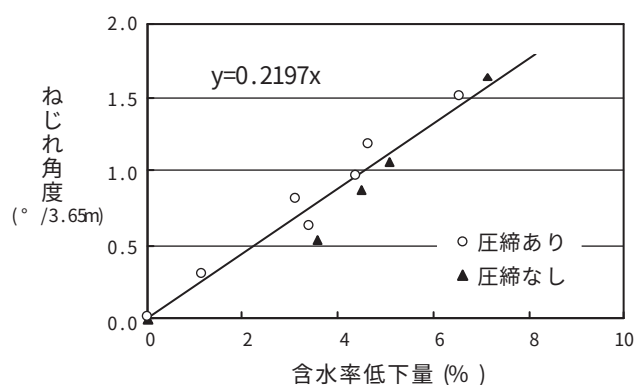


図2 養生中の含水率低下とねじれの関係

梁せい 300mmの場合。

ねじれ角度 1° は、ねじれ矢高約 5mmに相当する。

## ◆仕上がり含水率について

木材は、用途や使用する場所に応じた適切な含水率に乾燥させ、その含水率のまま保管しておく必要があります。木材は、周囲の温度と湿度に応じた含水



率 (平衡含水率 )になるので、もし、使用場所の温湿度に対する平衡含水率と乾燥後の含水率に大きく差があるときは、木材の含水率が変化し、これに伴って寸法変化や狂いを生じるからです。

表 3に、長期間使用した住宅の部位別平衡含水率を示します。この住宅ではエゾマツ、トドマツが使われていますが、カラマツでも同様に扱うことができます。

北海道においては、土台・床下回り用材は含水率 14～20%程度、これ以外については、理想的には12%まで乾燥した材を使うのが良いと思われます。

次に、表 4に使用場所による木製品の含水率と乾燥室での仕上がり含水率について示します。表には参考として、調湿処理の最終工程であるコンディショニング時の目標含水率も示してあります。

表に示されているとおり、製品が使用される条件

表 3 長期間使用した住宅の部位別平衡含水率 (%) (旭川市、建築後 35年 )

| 位置  | 部材と測定位置      | 1階       | 2階       |
|-----|--------------|----------|----------|
| 南東面 | 柱：天井から 10cm下 | 11.6(エゾ) | 11.6(トド) |
|     | 床から 150cm上   | 11.8(〃)  | 11.7(〃)  |
|     | 床から 10cm上    | 10.9(〃)  | 11.1(〃)  |
|     | 床下地          | 14.2(トド) | 10.9(〃)  |
|     | 大引き          | 21.0(エゾ) | —        |
| 北東面 | 柱：天井から 10cm下 | 16.7(エゾ) | 13.3(トド) |
|     | 床から 150cm上   | 16.7(〃)  | 12.4(〃)  |
|     | 床から 10cm上    | 16.3(〃)  | 12.2(〃)  |
|     | 床下地          | 15.3(トド) | 11.6(〃)  |
|     | 土台           | 18.6(〃)  | —        |

注：表中のエゾはエゾマツ、トドはトドマツである。

表 4 使用場所による木製品の含水率と乾燥室での仕上がり含水率 (%)

| 使用場所および用途      | 使用中の木製品含水率 | 乾燥終了時の試験材平均含水率の目安 | コンディショニング終了時の含水率の範囲 |
|----------------|------------|-------------------|---------------------|
| 完全冷暖房された室内家具   | 7～9        | 6                 | 6～8                 |
| 昼間のみ冷暖房された室内家具 | 8～12       | 7                 | 7～10                |
| 一般の家具          | 9～14       | 8                 | 8～12                |
| 倉庫等の内張り板       | 11～15      | 10                | 8～14                |
| 雨のかからない屋外材料    | 13～17      | 12                | 9～17                |
| 室外運動具          | 11～15      | 11                | 10～15               |

を十分考慮し、それに応じた乾燥をすることが必要です。その製品としての精度にもよりますが、人工乾燥末期の調湿処理によって、所定の含水率まで十分に平衡にしておくことが必要と思われます。

北海道においては、造作用材は含水率 15%以下、理想的には仕上がり後に含水率 8～12%まで乾燥して使うのがよいと思われます。

◆含水率計

含水率は、水分を含まない木材の重量に対する、木材に含まれる水分の重量の比で表わされます。

含水率 (%) = 
$$\frac{\text{乾燥前の重量} - \text{全乾重量}}{\text{全乾重量}} \times 100$$

したがって、正確に含水率を求めるには、重量を測定した後、105℃の乾燥器で十分乾燥して水分を取り除いてから重量を測定するという手順が必要です。この方法を全乾法と呼んでいます。人工乾燥中にサンプル材の重量を測って、含水率を推定するのは、この方法の応用です。

これに対し、木材中の水分量が変わると木材の電気抵抗や電気容量が変わることを利用して、含水率を測る機械が含水率計です。含水率計は簡便な方法ではありますが、材の密度、温度、水分傾斜などの影響を受けるため、おおよその含水率と考えた方がよいと思われます (写真 3)。

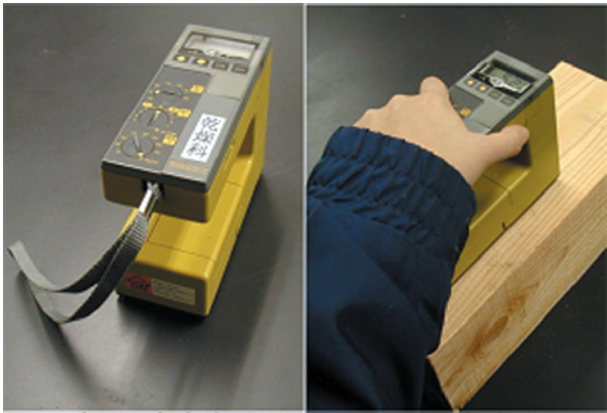


写真 3 含水率計の例 (左)と測定方法 (右) (高周波木材水分計)

(製材乾燥科)

## 2.3 加工技術

カラマツの特徴を踏まえた加工技術を紹介します。  
節や早材・晩材部の硬さの違いに注意します。

カラマツはエゾマツやトドマツなど他の針葉樹材に比べて、密度が高く、早材部と晩材部の硬さの差が大きいことも特徴の一つとして挙げられます。乾燥したカラマツの板に釘を打つと、材面が割れたり、釘が曲がったりするのは、この特徴に起因しています。

### ◆切る

カラマツを手鋸、丸鋸、帯鋸などで切るときには、節に注意が必要です。丸鋸で割れの大きな節や抜けやすい節を切ると、材面には節の欠けや脱落が、刃物には刃こぼれが生じることがあります(写真 1)。これらの発生を抑えるには、木材の送り速度を遅くするか、節にあらかじめ塗料や接着剤を充填しておく有効です。



写真 1 丸鋸による節の切削

### ◆削る

カラマツを手かんなや自動一面かんな盤などで節を削ると、節の欠け(写真 2)や脱落が多く見られます。これらの発生を抑える方法として、正面フライス削り(図 1)があります。この削り方は、自動一面かんな盤などによる周刃フライス削りで節を削るときよりも抵抗が小さくなるため、節の欠けや脱落を軽減することができます。



写真 2 節の欠けとさか目ぼれ

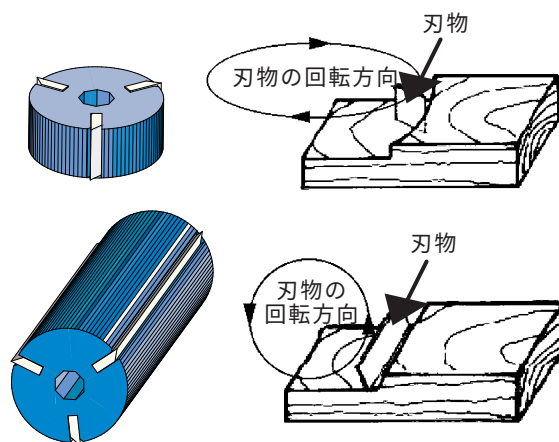


図 1 正面フライス削り(上)と周刃フライス削り(下)

次に、木工機械で節周りを削ると、さか目ぼれ(写真 2)が多く見られます。さか目ぼれとは繊維の一部が掘り取られて表面に凹みができる欠点です。特に、節周りの繊維は乱れているため、この欠点が最も顕著に現れます。さか目ぼれの発生は木材の送り速度を遅くすることによって軽減できます。さか目ぼれの凹みが深いときは、ウッドパテで埋めてからサンドペーパーで丁寧に仕上げます。

カラマツは早材部と晩材部の硬軟差が大きいことから、目違いや目離れも観察されることがあります。目違いとは削った材面が平滑にならずに、硬い晩材部が凸状に、軟らかい早材部が凹状になる欠点で、目離れとは晩材部分の一部が早材部から分離する欠点のことです。目離れと目違いの発生を抑えるには、刃物が磨耗したら直ちに再研磨を行い、常に良好な切れ味を確保しておくことが大切です。

ところで、木工クラフトとして、カラマツの表面に文字や風景画を焼き印のように黒褐色の線で彫刻したものは、炭酸ガスレーザーで加工しています(写真 3)。カラマツのレーザー加工では軟硬差を生かした立体感ある造形美を期待できますが、加工後の光変色により退色することがあります(2.4 接着・塗装技術参照)。



写真 3 レーザー加工



### ◆穴あけ

カラマツの材面に、電動ドリルで丸い穴を、手のみ  
や角のみ盤で四角い穴をあけるときは、いずれも節  
部を極力避けるのが基本です。節部に穴をあけたい  
場合は電動ドリルではなく、卓上ボール盤のように  
刃物をチャックした主軸が手ぶれを起こさない機構  
の木工機械を使い、刃物には先端部に案内きりとけ  
づめのあるビット (だぼきり (写真 4)) の使用が適して  
います。しかし、この方法も大きな割れのある節、節

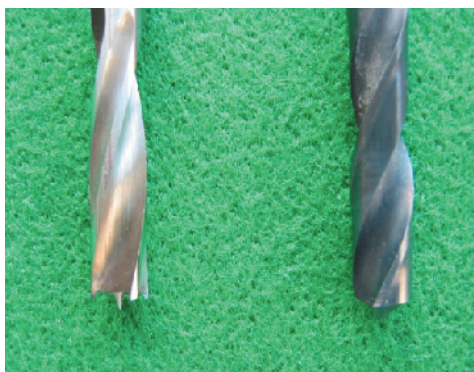


写真 4 だぼきり (左) と  
一般的なドリル (右)

の大きさがドリルの太さよりも小さい場合では、刃  
先が逃げやすいため高い加工精度は期待できません。

カラマツは早材部と晩材部の硬さの差が大きいこ  
とから、特に柾目や追柾目の板でも通常のドリルで  
は真直な穴をあけることが難しいときもあります。  
この場合は、だぼきりと卓上ボール盤の使用が適し  
ています。

### ◆ヤニの除去

カラマツは人工乾燥を行うときに蒸煮処理を施す  
と、ヤニが材表面にしみ出るとはほとんどありま  
せん (2.乾燥技術参照)。しかし、乾燥した厚い板を  
切ったり削ったりしたときに、ヤニツボが現れたり、  
ヤニがしみ出ることがまれにあります。ヤニツボは、  
どろどろしたヤニを木片などで取り除きます。その  
後、残ったヤニをベンジン、ノルマルヘキサン、ウレ  
タンシンナーまたはラッカーシンナーを含ませた布  
でふき取ります。ヤニのしみ出しも同様にふき取り  
ます。

(技術部主任研究員，加工科，デザイン科)

## プレカット

プレカットとは木造住宅の土台や柱などの軸組部材につい  
て、長さ方向につなぐ継手、直角や任意の角度につなぐ仕口  
などを、これまでの手作業に替わって専用機械で高精度かつ  
短時間に行う加工技術のことです。1980年代に開発された  
プレカットは近年急速に普及し、全国の新築住宅 (軸組構法)  
に占めるプレカットの割合は、2002年度で 60% に達してい  
ます。

プレカットの加工対象材は、現在では軸組部材に限らず、  
はがら 羽柄材 (軸組部材以外の板や小幅板など)、パネル、サイディ  
ングにまで範囲が拡大しています。

北海道内には、2003年度現在 38 のプレカット工場が稼動  
しています。工場の使用原材料は、輸入製材と道内挽き製  
材を合わせると全体の 割以上ですが、カラマツ集成材を軸  
組部材とした事例も増えてきています。これは、カラマツ集  
成材は輸入集成材や乾燥製材よりもややコスト高ですが、品  
質や寸法安定性などに優れているためと考えられます。



仕口の加工例



道内のプレカット工場内観

# 2.4 接着・塗装技術

カラマツを接着・塗装する場合、ヤニの除去がポイントとなります。  
美しい製品に仕上げるために、正しい方法で行いましょう。

## ◆接着技術

多くの木製品で接着は不可欠な技術であり、接着の良し悪しが製品の信頼性や安全性を左右する重要な要素となっています。ここでは、カラマツ材を良好に接着するための方法を紹介します。

接着剤は製品の用途に応じて、最適なものを選択しなければなりません。参考のため、表 1 に代表的な接着剤とその用途をまとめました。

接着に用いる木材は表面を平滑にして、汚れを除きます。とくにカラマツ材はヤニが接着不良の原因になるため、人工乾燥材やヤニツボを除いた材を用います(ヤニの除去については 2.2 乾燥技術を参照)。また、含水率を接着剤ごとに決められた値に調整します(一般に 7～13%)。

接着の手順は、①接着剤の塗布、②圧縮、③養生で

す(図 1)。接着剤の塗布量、圧縮時の圧力・時間・温度および養生期間は各接着剤の仕様書に従います。また、接着剤ごとに可使時間(接着剤の主剤と硬化剤を配合してから塗布するまでの時間)と開放時間(塗布してから圧縮するまでの時間)が決められているため、これらを考慮して、指定の時間内に接着操作が完了するような作業計画を立てます。

これまで述べた点に注意して接着すれば、カラマツ材は高い接着強度を示します。また、カツラやマカンパなどの広葉樹材やカラマツ以外の針葉樹材とも良好に接着できることが分かっています。

## ◆塗装技術

木材の美観は適切な塗装によって長く保護できます。そのためには、使用環境に適した塗料選びと正しい塗装方法が求められます。

内装材や家具の塗装には、塗膜を形成する塗料を用います。塗膜によって、木材表面は硬いプラスチック層で覆われるために、キズや汚れから保護され、光沢が付与されます。なお、最近では素材の質感を残すために光沢感を抑えたつや消し塗料も好まれて使われています。塗膜を形成する塗料はいくつかありますが、カラマツ材にはポリウレタン樹脂塗料が最も適しています。とくに、カラマツ材の明瞭な木目を生かすには透明なポリウレタン樹脂塗料を推奨します。ただし、屋内でも直射日光が当たる箇所では、木材が著しく変色するため、木材保護着色剤を塗布したり、木材保護着色剤を含むポリウレタン樹脂塗料を塗布したりすることで変色を抑えます(写真 1)。また、屋外で利用する場合、塗料には日光による変色の抑止作用はもちろん、耐水性、防腐性、防虫性、防カビ性が求められます。そのため、はっ水剤や防腐・防カビ剤が含まれるステイン系の木材保護着色剤を用います。

表 1 接着剤の種類と用途

| 接着剤                             | 用途                                      |
|---------------------------------|-----------------------------------------|
| ユリア樹脂接着剤                        | 内装用合板・集成材・ボード類・LVL(単板積層材)               |
| メラミン・ユリア樹脂接着剤                   | 内装用合板・集成材・ボード類                          |
| フェノール樹脂接着剤                      | 構造用合板・ボード類                              |
| レゾルシノール樹脂接着剤                    | 構造用集成材(大断面集成材、湾曲集成材)                    |
| エポキシ樹脂接着剤                       | 造作用(家具、内装など；金属・ガラス・プラスチック・コンクリートと木材の接着) |
| 水性高分子ーイソシアネート系接着剤(水性ビニルウレタン)    | 造作用集成材・構造用集成材など                         |
| 酢酸ビニル樹脂エマルジョン                   | 造作用集成材・一般木工・家具・建具                       |
| ホットメルト接着剤                       | 家具・単板の幅はぎ・縦継ぎ                           |
| シアノアクリレート(瞬間接着剤)                | 家具・一般木工                                 |
| α-オレフィン・無水マレイン酸樹脂接着剤(ハネムーン型接着剤) | 木質パネル                                   |
| 合成ゴム系接着剤                        | 家具・内装・一般木工(プラスチックや塗装面への接着)              |

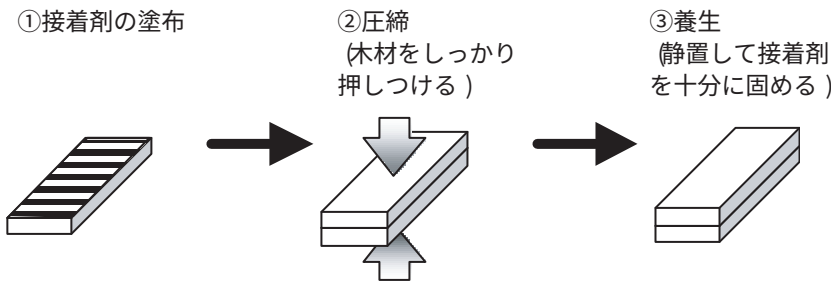
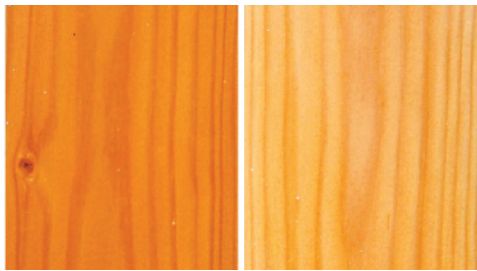


図 1 接着手順



(A)ウレタン樹脂塗料 (透明)

左：光を照射したもの、右：照射していないもの



(B)木材保護着色剤

左：光を照射したもの、右：照射していないもの

### 写真 1 ウレタン樹脂塗料および木材保護着色剤 で塗装したカラマツ材の光による変色

透明なウレタン樹脂塗料で塗装した場合は光によって変色するが、木材保護着色剤では光を照射してもほとんど変色していない。

塗装する木材は人工乾燥や脱脂処理などでヤニを除いたものが適しています。ヤニによって塗装が侵されたり、使用中に塗膜の下からヤニがにじみ出て塗膜を割ったりすることがあるためです。ヤニを除去したカラマツ材は、含水率を7～13%に調整します。

塗装工程は次のとおりです。①表面を研磨し、塗装面の汚れを除いて平滑にします。②下塗りを施してヤニのしみ出しを抑え、吸い込みムラを防ぎます。乾燥後に研磨します。③中塗りし、乾燥後に研磨します。④上塗りし、乾燥後に細かい研磨剤で仕上げます。

屋外で使用する場合、使用中に木材表面が割れて塗装されていない部分がむき出しになり、そこから腐朽する例が多く見受けられます。そのため、塗装が劣化したら塗装しなおしてください。一般に2～3年ごとに塗りなおすことが推奨されています。

(接着塗装科)

## 環境に配慮した接着剤・塗料について

接着剤や塗料といえば、かつてはでんぷんや柿渋<sup>かきしぶ</sup>など天然物を原料にしていました。これらは強度や耐水性が低いため、木材や木質材料に高い性能が求められるようになるに従い、化石資源を原料とした合成高分子を用いた接着剤や塗料に替わっていきました。現在市販されている接着剤・塗料の多くは合成高分子を原料にしています。

近年、地球環境問題に対する意識が高まり、天然物由来の接着剤や塗料が再び注目されています。林産試験場でも、天然物由来の接着剤や塗料に着目し、研究を行ってきました。

その一つとして1980年頃に、カラマツ樹皮を利用した接着剤の開発を行いました。カラマツ樹皮にはフェノール系樹脂接着剤と類似した成分(ポリフェノール)が多く含まれています。このポリフェノールをフェノール樹脂の替わりに使用することができるか検討を行いました。その結果、従来のフェノール樹脂のうち70%をカラマツ樹皮のポリフェノールで代替しても耐水性接着剤として使用できることを明らかにしました。

また、市販の自然系接着剤・塗料の利用を進めるために、2000～01年に自然系接着剤・塗料の性能と合成高分子系接着剤・塗料の性能を比較しました。その結果、自然系接着剤・塗料は作業性が劣りますが、接着剤は酢酸ビニル樹脂エマルジョンと同等の接着性能を持つこと、塗料はポリウレタン塗料と同等の耐光性と耐水性を持つことが分かりました。

現在のところ、性能や作業性、価格など多くの点で合成高分子系接着剤・塗料が優れているため、天然物由来の接着剤・塗料は高い関心を集めているにもかかわらずあまり使用されていません。しかし、環境負荷の少ない技術が求められる昨今、多くの企業や研究機関で天然物を利用した接着剤・塗料の性能向上を目指した研究開発が進められています。



## 2.5 防腐技術

カラマツの耐久性を向上させることにより、エクステリア・土木構造物など野外での用途が広がります。

### ◆カラマツ材の無処理耐久性

木材の心材の耐久性は樹種により異なり(表1)、カラマツ材は、主要樹種の中では「中程度」とされています。保存処理を施さず野外界地条件に置いた場合、おおむね5～6.5年で、腐朽、蟻虫害により分解され、供用に耐えなくなる可能性があります。ただし、この年数は平均的なものであり、環境条件により、長期健全に保たれたり、逆に、早期に分解が進むこともあります。なお、辺材は心材に比べ抗菌性成分が少ないので、耐久性は低くなります。

表1 各樹種の心材の耐久性

| 耐久性の区分<br>(野外界地耐用年数) | 日本材                                  | 北米等材               |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 極大<br>(9年以上)         | (該当なし)                               | (該当なし)             |
| 大<br>(7～8.5年)        | ヒノキ、サワラ、ヒバ、コウヤマキ、クリ、ケヤキ、ホオノキ         | ベイヒ、ベイスギ、ベイヒバ      |
| 中<br>(5～6.5年)        | <b>カラマツ</b> 、イチイ、スギ、カツラ、ナラ、アラカシ、シラカシ | ベイマツ、ホウソク、ダフリカカラマツ |
| 小<br>(3～4.5年)        | モミ、アカマツ、マカンバ、イヌエンジュ、ヤチダモ、キハダ         | ストロブマツ、ベイツガ、ヒッコリー  |
| 極小<br>(2.5年以下)       | トドマツ、エゾマツ、シラカンバ、ブナ、シナノキ、ドロノキ         | ベイモミ、ラディアータマツ、アスペン |

### ◆木材保存処理

腐朽や蟻虫害の起こりやすい使用環境で木材に長期耐用を期待する場合に、木材を分解する菌類や昆虫類の活動を抑制する薬剤を用いて木材の劣化を防ぐ技術が木材保存処理\*です。

現在、工業的には、薬剤注入缶(写真1)を用いて水溶性木材保存剤を木材に加圧注入する方法が主流です。この処理は、大がかりな設備を必要とするため、



写真1 薬剤注入缶

\*：一般には木材防腐・防蟻・防虫処理と呼ばれることが多いのですが、ここではJASの表記に従っています。

特定の工場でのみ行うことができます。これに対し、簡便な処理方法として、従来からクレオソート油等の薬剤を木材表面に塗布、あるいは、浸漬する方法がありますが、処理が木材の表面のみに限られ、乾湿繰り返しによるヒビ割れ発生等により内部の無処理部分が露出し、処理効果が失われる危険性があります。同様に、加圧注入処理でも、保存処理後に切断、切削、穴あけ等の加工を行うと、無処理部分を露出させるため、後加工の必要のない段階で部材を保存処理することが望まれます。施工時にやむをえず加工する場合や、メンテナンスにおける補助的手段としては、塗布処理が有効です。

### ◆保存処理品質に関する規格

木材保存処理の品質は、JAS(日本農林規格)の「枠組壁構法構造用製材」「針葉樹の構造用製材」など5種類の規格で定められています。これらの中で、主な樹種を無処理での耐久性からD1、D2の2階級に区分し、階級ごとに処理の品質基準を定めています。カラマツ材は、耐久性の高いグループであるD1に分類されています。保存処理の品質は、単位木材重量当たりの薬剤吸収量、および横断面における表面からの浸潤度により評価されます。また、JASでは、木材の使用環境条件を腐朽等の起こりやすさに従ってK1～K5の5段階に分類し、条件ごとに使用する薬剤および要求される処理品質を規定しています。

JASに規定のない円柱材等への処理や比較的新しく開発された薬剤については、(財)日本住宅・木材技術センターによるAQ認証(優良木質建材等認証)が設けられており、その規定内容はJASに準じます。

### ◆木材保存剤

現在、主に用いられている木材保存剤としてAAC(アルキルアンモニウム化合物)、ACQ(銅・アルキルアンモニウム化合物)、CuAz(銅・アゾール系化合物)といった水溶性の加圧注入用木材保存剤が挙げられます。これらの薬剤の効果については、実用化が比較的最近であるため長期の試験結果は出そろっていませんが、おおむね、野外界地条件で10年程度以上の効果が認められています。有効成分として銅を含むACQ、CuAz処理材の耐用年数はやや優れますが、カラ



マツ材に対しては、注入性の面からはAACがやや優れているとの報告があります。

### ◆薬剤注入性

木材を液状の薬剤で処理する場合、処理液がどれだけ深く浸透するかが、処理効果の持続性の面から重要です。一般に、建築構造用材等として利用される木材は主に心材であり、心材は辺材に比べ液体の注入が困難な場合が多いです。これは、樹木が成長する過程で、内部の心材化に伴い、液体の通路がふさがりためです。注入性は樹種によっても異なり、カラマツ材は主要樹種の中では注入が困難な部類です(表2)。

表2 各樹種の心材への薬液浸透性

| 浸透性の区分 | 日本材                                  | 北米材                              |
|--------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 良好     | ヒバ、イタヤカエデ、ハンノキ                       | レッドオーク、ボンデローサパイン                 |
| やや良好   | アカマツ、ヒメコマツ、クロマツ、モミ、スギ、ハルニレ、ツガ、マカンバ   | ジャックパイン、ベイツガ、ベイマツ(コースト)、ホワイtpパイン |
| 困難     | ヒノキ、トウヒ、エゾマツ、トドマツ、ブナ                 | シトカスブルース、ファー、ロッジポールパイン           |
| 極めて困難  | カラマツ、セン、カシワ、カツラ、キハダ、コナラ、クスノキ、クリ、ミズナラ | ベイマツ(マウンテン)、ベイスギ、ホワイtpオーク、ジャラ    |

### ◆インサイジング

前項に述べた難注入性を改善する技術の一つとして、あらかじめ木材の表面を刺傷し、薬剤が木材内部に浸透しやすくする方法がインサイジングです(写真2)。インサイジングは、薬剤の浸透性を向上させるのみならず、保存処理前後の木材の乾燥を容易にします。また、乾湿繰り返し激しい使用条件下で、大き

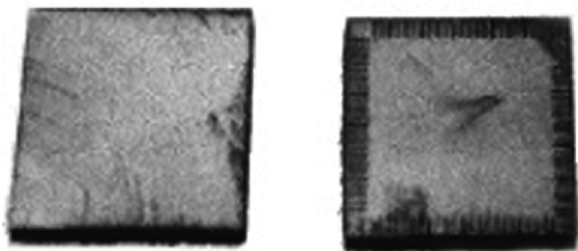


写真2 インサイジングの効果

左: インサイジング無し  
右: インサイジング有り

な割れの発生を緩和する効果も認められます。一方、表面に多数の傷ができるため、目に触れる用途では美観を損なう難点もあります。

### ◆集成材の保存処理

カラマツ材の用途として、強度性能を生かした大型建築物や木橋等の重構造部材が期待されます。このような用途では、大断面、長尺の部材が要求されることから、集成加工を行います。集成材の保存処理は、集成後処理と、ラミナ(集成材の各層を構成する挽き板)で処理後集成の2通り考えられます。後者では、ラミナ側面へのインサイジングが困難なこと、接着前の表面切削により処理層が一部除去されることから製品の処理効果が低下するため、集成加工後の加圧注入処理が優れています。しかし、大きな集成材を注入処理できる大容量の注入缶を設置できる工場は多くはないという課題もあります。

### ◆これからの保存処理

環境にやさしい保存処理として、木酢液、<sup>くんえん</sup>燻煙、表面炭化といった熱処理関係、墨汁、植物由来の抗菌物質の利用等、合成化学物質を用いない方法が注目されていますが、現時点でこれらの処理により「保存処理材としての性能を確保する技術は確立されていません。

しかし、合成化学物質に頼らない木材保存処理は時代の要請であり、国内外で研究開発が行われている段階です。今後、画期的な手法が開発される可能性はありますが、実用化に当たっては、性能および処理過程に問題がないかなど、十分に検証されなければなりません。

カラマツ材に限らず、木材に長期供用を望むときは、初期の乾燥、腐朽等の起こりにくい環境づくり、部材交換等のメンテナンスをしやすい設計といった考え方を採り入れます。その上で、更なる長期耐用を期待するときは、確立されている保存処理を適宜行う必要があります。一方、木材の無処理耐久性に見合った年限で更新していくような施設計画といった発想を採り入れることも、持続的資源利用の一つの形になると考えます。

(耐朽性能科)

## 2.6 防火技術

建築物は法律によって防火性能を求められることがあります。  
可燃物である木材を燃えにくくして利用するための技術を紹介します。

建築物の防火については、火災から生命や財産を守るため、建築基準法の中で細かく定められています。そこでは、木材や無機材料といった材質による区別は基本的にはなく、一定の性能を満たしていれば利用できる、いわゆる性能規定となっています。

### ◆建築物の立地・用途・規模による制限

建築基準法では、建築物の条件により防火上の制限をつけています。例えば、都市防災の観点から市街化区域は防火地域、準防火地域、および特定行政庁による法 22条区域の指定を受ける所があります。

防火地域や準防火地域では規模の大きな建築物は耐火建築物や準耐火建築物にしなければならないといった「立地・規模」による制限、また安全に避難できることなどの目的で、多くの入院患者を抱える病院や不特定多数の人が利用する規模の大きい百貨店などは耐火建築物や準耐火建築物にしなければならないといった「用途・規模」による制限があります。さらに、建物内で出火を防止することや初期火災の拡大を抑えること、また安全に避難できる（時間を確保すること）などを目的に、上記のような病院や百貨店などには、燃えやすい材料や有害ガスを発生する材料の使用を制限する「内装制限」が定められています。

### ◆難燃化の必要性

耐火建築物や準耐火建築物は、壁や梁・柱などの主要構造部を、それぞれ耐火構造や準耐火構造などにしなければなりません。このため、例えば木造住宅の外壁の場合、木材の枠組みに軽量気泡コンクリートパネルや石こうボードなどを重ねて張ることによって定められた性能を満たすことはできますが、外側に無処理の木材を使用することは困難です（ログハウスの場合は準耐火構造が可能）。

また、内装制限を受けるところに使われる材料は、定められた試験方法・評価により、不燃材料、準不燃材料、難燃材料に区分されます。不燃材料としてはモルタルやサイディングなどが、準不燃材料としては厚さ 15mm 以上の木毛セメント板（30mm 程度に細長く切削した木削片とセメントを混ぜて板状に成形したもの）や厚さ 9mm 以上の石こうボードなどが、難燃材料としては厚さ 5.5mm 以上の難燃合板などが該当しま

す。例えば規模の大きい病院などの廊下や階段には準不燃材料以上の性能を持つ材料を使う必要があります。

可燃物である木材を、防耐火構造や防火材料の制限を受けるところに、無処理の状態で使用することは難しいのですが、後述する方法で難燃化することで使用が可能になります。

### ◆木材の燃え方

木材を難燃化するためには、木材がどのように燃焼しているかを知る必要があります。木材に限らず、物質が燃焼するためには 3つの要素が必要です。それは、①燃えるもの（可燃物）であること、②空気（酸素）が供給されること、③熱源があることです。これらのどれかを取り去ることで燃焼を阻止できます。また、これらがそろっていても物質の形態によって燃焼の仕方は異なります。例えば、石油などの液体は、液体そのものが燃焼するのではなく、その表面で発生する可燃性蒸気が空気と混合して燃焼しています（蒸発燃焼）。木材の場合は、熱によって分解され、発生した可燃性ガスが燃焼しています（分解燃焼）。木材を燃やしたとき、状況により色の異なる煙が出ます。白い煙は主に水蒸気なので引火しませんが、黄色や茶色い煙は可燃性ガスのため一気に引火します。ちなみに、木炭の場合は、製造過程で可燃性ガスを発生する成分がほとんどなくなるため、表面自体が空気と反応して燃焼しています（表面燃焼）。

### ◆木材の難燃化

木材の難燃化は、上記の燃える状況を阻止することです。木材の難燃化には、図 1に示すように薬剤（難燃剤）を使って木材自体を燃えにくくする方法と、無機材料と組み合わせる方法とがあり、その主な用途も異なります。

薬剤を使う方法については、次の 4つの作用により

＜被覆作用＞木材が熱により分解して可燃性ガスを発生する前に薬剤が溶けて木材を被覆することにより、ガスの発生を抑えるとともに熱分解している部分への空気と熱の供給を阻害して燃焼を抑えます。ホウ素化合物などが、このような働きをします。

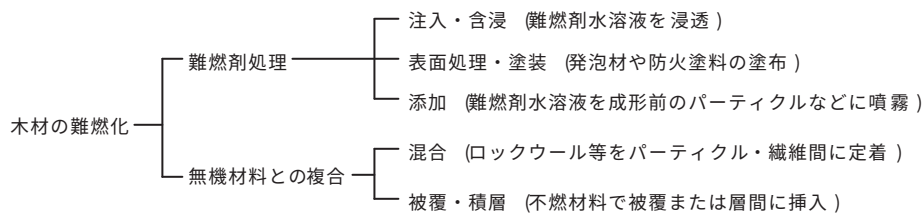


図 1 木材の難燃化方法

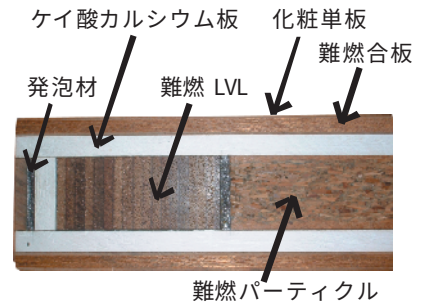


写真 1 防火ドアの構造

＜熱作用＞熱により薬剤で木材表面に炭化層や発泡層を形成させ、遮熱するとともに空気の供給を阻害して燃焼を抑えます。ポリリン酸アンモニウムなどが、このような働きをします。

＜ガス作用＞熱により薬剤から不燃性ガスが発生し、木材から発生する可燃性ガスを希釈・拡散させるとともに、不燃性ガスが触媒的に燃焼を抑えたり燃焼の連鎖を阻止します。塩化アンモニウムなどが、このような働きをします。

＜化学作用＞木材の熱分解の過程を化学的に変化させる方法で、脱水炭化作用などがあります。脱水炭化作用とは、薬剤が加熱により木材のセルロースを脱水して炭素と水にすることです。簡単に言うと、木材中の炭素を残して他の成分を燃焼させることにより、残った炭素同士が手をつなぎ、炭化層を形成するのと同じ効果になります。リン酸アンモニウムなどが、このような働きをします。

薬剤による難燃化の場合、難燃剤の注入される量が多いほど効果が大きくなるので、減圧加圧による注入方法が最も効果的です。ただし、難燃剤の注入量は、同じ処理方法をとっても心材と辺材によって異なり、また樹種によっても異なります。一般に、辺材への注入は容易ですが心材への注入性は樹種によって大きく異なります。道産材では、ヤチダモは注入性が良いのですが、エゾマツやトドマツはあまり良くありません。カラマツはさらに難しく、均一に注入することが困難な樹種です。薬剤で難燃化された木材は、主に内・外装材や天井などに使用されています。これに対し、無機材料と複合化する場合は(図 1 参照)、外壁構造として使用されたり、難燃化した木材と複合して防火ドアなどとしても使われています(写真 1)。

## ◆無処理での利用

### ①燃え代設計

木材の難燃化ではありませんが、防火対策を考慮した木材の利用方法として、「燃え代設計」があります。これは、火災時と同様の条件下で大断面の製材や集成材の炭化速度の平均値がおよそ  $0.6\text{mm/分}$  であることから、建物の自重を安全に支持できる断面寸法に表面の炭化する寸法(燃え代)を見込んであらかじめ付加しておくというものです。これは、大断面の製材や集成材などの設計に使用されています。

### ②木製防火窓

防火窓は、開口部の延焼防止を目的とした防火設備として扱われるため、用途により要求される性能が異なります。例えば、防火地域で使用される窓には、定められた評価方法で 20 分間燃え抜けない性能が要求されます。木製の窓でも、防火を考慮した構造とすることで、この性能を満足することができます。この評価方法における 20 分後の温度は約  $800^{\circ}\text{C}$  に達するため、融点が約  $660^{\circ}\text{C}$  であるアルミニウム製の部材は溶けることもあります。しかし、木材は燃え代設計で記した速度で炭化が進むので、部材の厚さを  $30\text{mm}$  程度確保することにより、部材自体は無処理でも耐えることができます。ただし、開き窓の障子四周の透き間や燃えやすいガラス押さえ付近など燃え抜けの危険性がある部分は、写真 1 の防火ドアにも使用されている発泡材を使用するなど、燃え抜けを防止する構造としています。

(防火性能科)

### 3 用途・製品

- ・集成材
- ・木質パネル
- ・インテリア類
- ・エクステリア類
- ・木質構造物
- ・チップ・粉碎物
- ・成分利用
- ・炭化物
- ・エネルギー利用





## 3.1 集成材

カラマツ住宅の普及や地材地消の推進に、  
カラマツを用いた集成材が一役買っています。

最近、カラマツが集成材に加工されて利用される機会が多くなりました。この章では集成材の性能、製造方法、カラマツと集成材の関係、そしてカラマツを集成材として利用している事例を紹介します。

### ◆集成材の種類、規格、用途

集成材とは、ラミナと呼ばれる挽き板を、互いに繊維方向をほぼ平行にして、厚さ、幅および長さ方向に集成接着した材料のことです。

集成材には、建築物の柱や梁など大きな力を支えるために用いられる構造用集成材と、階段やテーブルなど内部造作に用いられる造作用集成材の2種類があります(写真1)。また、構造用集成材は、その断面の大きさによって、大断面、中断面、小断面の3種類に分けられます。大断面は大規模木造建築に、中断面は住宅の梁に、小断面は住宅の柱に主に用いられます。



写真1 集成材の種類

左：構造用集成材，右：造作用集成材

構造用・造作用ともにJAS(日本農林規格)で性能などが定められており、適切な品質管理のもとで製造されています。

構造用集成材には主に針葉樹が、造作用集成材には主に広葉樹が用いられます。したがって、『カラマツの集成材』と言ったときにはカラマツの構造用集成材を指すことが多くなります。

強度性能が保証され、強度に対する信頼性の高い木質材料をエンジニアードウッドといい、構造用集成材はその代表的なものです。

1990年代半ば頃から構造用集成材が住宅に用いられる機会が大幅に増えたため、小断面と中断面の構

造用集成材の生産量が飛躍的に増加しました。

以前は、カラマツが建築用材に用いられることは少なかったのですが、集成材に加工することにより一般の住宅に用いられることが増えています。以下では、構造用集成材について説明します。

### ◆構造用集成材の特徴

#### ①狂い、割れなどが生じにくい

集成材用ラミナには、含水率15%以下に乾燥されているもののみを使います。写真2は含水率を連続的にチェックする含水率計です。十分に乾燥させたラミナのみを用いることにより、木材の割れ、狂い、やせなどを防ぐことができます。

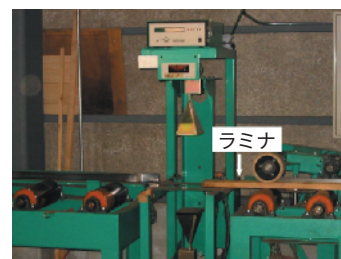


写真2 含水率計

#### ②要求される強度の集成材を製造できる

ラミナの強さを一枚ずつ調べ、外側に強い板を、内側に弱い板を配置して張り合わせます(図1)。板の組み合わせを変えることにより必要とされる強度を持つ構造用集成材を作ることができます。

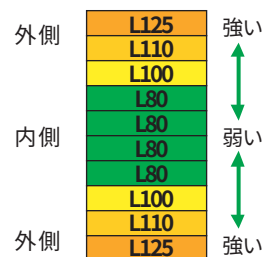


図1 断面構成

L125などはヤング係数を表す

#### ③製品のバラツキを小さくできる

ラミナにある節や割れといった欠点のうち、大きなものはラミナの製造過程で取り除き、小さなものは製品内部に分散させます。

木材は本来バラツキの大きい材料です。しかし、集成材のように構成するパーツを一度小さくし、欠点を取り除き、再度必要とする寸法に成形することによってバラツキが小さく、信頼性の高い材料に加工することができます(図2参照)。

#### ④寸法・形状を自由にできる

材料を重ねて接着することによって要求どおりの寸法をもった製品を造ることができます。道外では

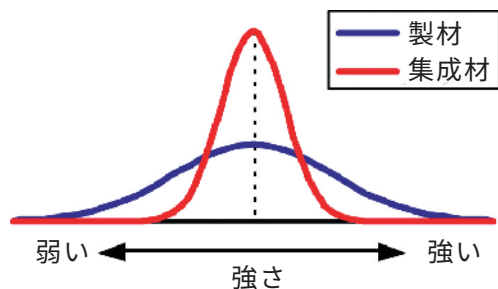


図 2 製材と集成材の強度のバラツキのイメージ



写真 3 車も通れる木橋



写真 4 湾曲集成材

スギの大断面集成材を用いた車道橋なども開発されています(写真 3)。

また、ラミナを曲げながら積層接着することで、湾曲部分をもった集成材を作することもできます(写真 4)。

#### ⑤大断面構造用集成材は防火性能に優れる

断面の大きな集成材は、火災にあっても表面だけが炭化して内部を守ります。このため強度は保たれ、建築物は崩れにくくなります。建築基準法でも燃え代設計として、この特徴が反映されています(2.6防火技術参照)。

#### ⑥接着剤を使用している

集成材の製造には、接着剤が用いられます。用いられる接着剤は大きく分けて 2 種類あります。一つは水性高分子ーイソシアネート系接着剤(API)、もう一つはレゾルシノール樹脂接着剤(RF)です。これらは使用環境等により使い分けが規定されています。

APIは白色で、中断面・小断面集成材に用いられ、屋内で使われる集成材の製造に用いられています。RFは赤褐色で、耐久性が高いため、大断面集成材や屋外で用いられる集成材に対して用いられます。近年、木質材料からのホルムアルデヒド放散が問題になっていますが、APIにはホルムアルデヒドが含まれておらず、RFにもごく少量しか含まれていません。どちらの接着剤を用いた集成材も、JASで最も厳しい基準である F☆☆☆☆を満たしています。

### 木の強さを調べる

構造用集成材の製造に用いるラミナは、一枚ずつ強度を調べています。板がどれくらい重さまで耐えられるかという、本当の意味での強度は破壊試験を行わなければ分かりません。しかし、ヤング係数という、板のたわみにくさを表す強度指標は、強度と高い相関を持ち、破壊しないで測定することができます。このヤング係数を測定する機械のことをグレーディングマシンと呼んでいます。グレーディングの方法は、大きく分けて 2 種類あります。一つはラミナを少したわませることで連続的にヤング係数を測定するもので、集成材工場のラインに採用されているのはこのタイプの機械です(写真上)。

もう一つはタッピング法で、木材の木口をハンマーなどでたたき、そのときの音を測定することによって木材のヤング係数を測るものです。ハンディタイプの装置もあり、住宅の梁や柱、そして原木などの重量物のヤング係数を測定するときには大変有効です(写真下)。



グレーディングマシン



タッピング法

## ◆構造用集成材ができるまで

集成材の主な製造工程は次のとおりです。

### ①製材・乾燥

最初に、製材し乾燥をします。確実に乾燥しておくことが集成材の製造では非常に重要です。

### ②含水率チェック

集成材工場の製造ラインにおいて最初に行われる工程は含水率チェックです。この工程で 19%以下に乾燥されていることを確認します。実際の工場では含水率 10%くらいまで乾燥していることが多いようです。

### ③グレーディング

ラミナの強度を一枚ずつ調べます。この工程で測定した強度をもとに、接着するときの板の配置を決めます。

### ④横切り

節などの欠点を除去します。また、狂いが大きいラミナはこの段階で切断し、一枚あたりの狂いを小さくします。

### ⑤縦継ぎ

横切りしたラミナを所定の長さにするために縦継ぎをします。縦継ぎはフィンガージョイントという方法で行います。読んで字のごとく、左右の手の指を組み

合わせたような形状をしています(写真 5)。フィンガージョイントを採用することによって接合性能・生産効率の高い集成材の製造が可能になりました。

### ⑥ラミナの仕上げ

縦継ぎした後のラミナをプレーナーと呼ばれる機械で 4面かんながけします。ラミナ同士を接着する際には平滑な面に仕上げておく必要があるためです。

### ⑦仕組み

グレーディングにより調べた強度を基にして、張り合わせるラミナの組み合わせを決めます。

### ⑧接着

ラミナに接着剤を塗布し、プレスにより接着します。

### ⑨仕上げ

接着後の集成材を所定の寸法に仕上げます。

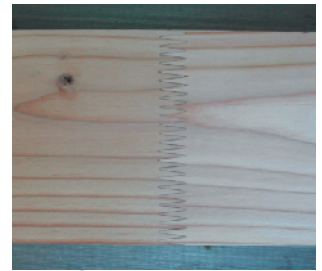


写真 5 フィンガー  
ジョイント

## ◆カラマツと集成材

構造用集成材の JASにおいてカラマツは樹種群 Qに分類されています。樹種群というのは、集成材に用い

## 異樹種集成材

最近、構造用集成材に対して、より性能の高いものを求める傾向にあります。構造用集成材を構成するラミナは、原則として同一樹種とすることになっていますが、樹種によっては求められる強度性能を持つ集成材を製造することが難しい場合も出てきます。強度に対する要求に応えるために、より高い強度を持つ樹種と組み合わせる異樹種集成材が考えられました。

他の都府県では、スギ材の利用拡大が重要な課題になっており、スギと高い強度が期待できるベイマツとを組み合わせた異樹種集成材が実用化されました。

北海道でも、地場のカラマツ・トドマツでは強度に対する需要に応えられない場合があります。そこで、林産試験場では道産材を用いた異樹種集成材の実用化に向けた取り組みを行っています。道産材と、ダフリカカラマツやベイマツを複合させた異樹種集成材を製造し、性能を調べました。その結果、JASを満たす性能を持つことが確認できました。



道産材を用いた異樹種集成材



られる木材を、ヤング係数のほぼ等しい樹種ごとに A (高)～ F(低)にグループ分けしたものです。トドマツ・エゾマツは E スギは Rに分類され、カラマツの方が高い強度を持つ樹種とみなされています。

カラマツの狂う、ねじれるなどの欠点は、集成材に加工することによって大幅に改善されることから、カラマツの集成材は強度が高く、欠点の少ない材料といえます。

### ◆身近なカラマツを集成材に加工して活用する

最近、地材地消の取り組みが全道各地でなされてきています。地域で産出される木材をその地域で利用することを地材地消(地産地消)と言い、それによって地元の森林整備や雇用創出などを図ることができます。

地元に豊富にあるカラマツ資源を集成材に加工し、建築物を建てている例があるので紹介します。

#### ①公共建築への利用

カラマツ大断面集成材を小学校(校舎と体育館)に利用している例があります(写真 6)。地元の十勝地方で生産したカラマツを地元の製材工場で製材し、そして道内の集成材工場で集成材に加工しています。

#### ②一般住宅へのカラマツ集成材の利用

カラマツ集成材を一般の住宅に用いている例があります(写真 7)。こちらの施主は自分が所有する山林でカラマツを育てており、その山から収穫したカラマツを用いて住宅を建てています。このほかにも、最近では道産のカラマツ材を用いた住宅が増えています。



写真 6 カラマツ大断面集成材を用いた小学校の建設風景(帯広市)



写真 7 カラマツ集成材を用いた住宅の建設風景(網走管内)

(加工科)

### 3層管柱

一般に住宅で用いられる柱は、1～2階を通してではなく、それぞれの階で独立しています。このような柱を、通し柱くたばしらに対して管柱と呼んでいます。最近では、管柱に集成材が用いられる機会が多くなり、集成管柱などと呼ばれることもあります。

みなさんは集成材の柱が何枚の板を張り合わせたものかご覧になったことがあるでしょうか？おそらく、板を 5枚張り合わせた、5層の管柱が多いはずで

す。ラミナ 1枚あたりの厚さを増やして張り合わせる枚数を 4枚や 3枚にすることによって、使用する接着剤量を減らしたり加工工程を合理化することができ、低コストで集成材の柱を製造できると考えられます。しかし、現状では、4層の柱は若干見られるものの、3層の柱は見られません。

そこで、現在現場では、積層数を 3,4,5とした管柱をそれぞれ製造し、その性能に違いがあるか調べています。性能に差がなければ積層数を減らした集成材が実用化できると考えています。



管柱：左から 5層、4層、3層



カラマツを用いて、性能に優れた構造用合板や独特の木目を生かした内装用合板を製造することができます。

カラマツ材の有用な用途の一つとして、合板やLVL (Laminated Veneer Lumber 単板積層材) への利用があります。合板は単板の繊維方向を直交して張り合わせるのに対して、LVLは単板の繊維方向を平行にして張り合わせます。合板が面材料であるのに対して、LVLは主に軸材料として使用されます。林産試験場では、1980年代に北海道産カラマツ中小径材を用いた林産試型LVLの製造技術を確立し、1990年代からカラマツ中大径材を利用した構造用合板の性能評価や内装用合板としての利用の可能性について取り組んできました。ここでは、今後の需要が期待されるカラマツ構造用合板を中心に、カラマツLVLの製造の現状についても簡単に紹介します。

#### ◆構造用合板

構造用合板はJAS(日本農林規格)において「建築物の構造耐力上主要な部分に使用する合板」とされており、主に住宅の壁下地、床下地等に使用されます。構造用合板に必要な性能として、JASでは接着性能、ホルムアルデヒド放散量、強度性能(曲げ性能、面内せん断性能)等が規定されています。

#### ①接着性能

接着の程度によって特類と1類に分類されており、特類の方がより高い接着耐久性を必要とします。カラマツ構造用合板では一般にフェノール樹脂接着剤を用いており、特類の合板が製造可能です。

#### ②ホルムアルデヒド放散量

近年、建材から放散される化学物質による室内空気汚染の問題が取り上げられていますが、構造用合板は主に住宅の下地材として使用されることからホルムアルデヒド放散量をできるだけ少なくする必要があります。フェノール樹脂接着剤を用いたカラマツ合板では、最も放散量の少ないF☆☆☆☆(放散量の平均値0.3mg/L以下)に十分合格できる性能を得ることができます。

#### ③強度性能

強度性能によって1級と2級に分類されています。1級ではより多くの強度試験が義務づけられており、巻末資料に示した基準に従い曲げヤング係数と曲げ強さを数値で表示するように規定されています。当場で行った道産カラマツ合板の曲げ試験結果の一例を道産トドマツ合板の値とあわせて表1に示します。

#### 住宅部材としての構造用合板

表に示すように、国内での合板生産量は近年減少傾向にあります。これは新設住宅着工戸数の減少の影響や東南アジアを中心とした海外からの安価な輸入合板に押されているためです。しかしその中で、構造用合板の国内生産量は近年急激に増加してきました。これには主に次のような理由があります。

まず、住宅の耐力壁には筋かいに代わって構造用合板やOSB (Oriented Strand Board)といった面材料が多く使用されるようになってきたことです。これらの面材料を使用すると筋かいを1本入れたものよりも高い壁倍率が認められており(昭和5年建設省告示第1100号)非常に剛性が高くなります。

また、床組には根太や火打ちばりを省略して厚さ24mm以上の厚物の構造用合板を張る工法が広まってきました。このような工法も地震や台風などの外力に対して強い性能があることが確認されています(平成12年建設省告示第1654号)。構造用合板は従来南洋材原木を用いて製造されていましたが、環境問題などから針葉樹材への転換が進み、合板生産量に占める針葉樹合板の割合は1999年が14.6%であったのに対して、2003年には62.6%にまで達しています。以上のことから、カラマツ合板などの針葉樹合板は地震に強い家づくりを目指すうえで重要な材料の一つであるといえます。

合板生産量の推移 (万m<sup>3</sup>)

| 年次   | 合板<br>国内生産量 | 構造用合板<br>国内生産量 | 合板<br>輸入量 |
|------|-------------|----------------|-----------|
| 1973 | 859.7       | —              | 176.0     |
| ：    | ：           | ：              | ：         |
| 1996 | 462.6       | —              | 531.4     |
| 1997 | 425.7       | —              | 532.6     |
| 1998 | 326.7       | 74.4           | 387.2     |
| 1999 | 326.1       | 94.6           | 480.2     |
| 2000 | 321.8       | 125.1          | 492.7     |
| 2001 | 277.1       | 119.0          | 491.4     |
| 2002 | 273.5       | 134.0          | 498.8     |
| 2003 | 302.4       | 171.0          | 457.5     |

※農林水産省「合板統計」より

表 1 合板の曲げ性能

| 樹種   | プライ数 | 曲げヤング係数 (GPa) |            | 曲げ強さ (MPa) |            |
|------|------|---------------|------------|------------|------------|
|      |      | 0°            | 90°        | 0°         | 90°        |
| カラマツ | 3    | 11.9(1.72)    | 0.80(0.12) | 62.3(16.4) | 11.8(1.59) |
|      | 5    | 10.4(1.23)    | 3.07(0.28) | 49.7(9.05) | 23.1(4.08) |
| トドマツ | 3    | 8.71(1.02)    | 0.60(0.04) | 42.1(6.98) | 8.15(0.79) |
|      | 5    | 7.35(0.67)    | 2.21(0.19) | 32.8(5.41) | 15.9(2.48) |

注：数値は平均値，( )内は標準偏差  
曲げヤング係数：たわみにくさ，  
曲げ強さ：耐えられる強さ

道産カラマツ合板では単板積層数に関わらず最も強度性能の高い E80-F270に合格する性能が得られています。合板の強度性能は原木や単板の品質，単板構成等に影響されるので必ずしも E80-F270に適合するとは限りませんが，道産カラマツ合板は他の針葉樹と比べても高い強度性能を持っていると言えます。

また，級の合板では単板積層数や厚さに関わらず面内せん断強さを 3.2MPa以上と定めています。道産カラマツ合板の面内せん断強さを測定した結果，これを大きく上回る性能が得られています。

このように，道産カラマツ材を用いた構造用合板は製造上の大きな問題もなく，構造用合板として必要な性能を十分持っていると言えます。現在のところ，針葉樹構造用合板の原料は北洋カラマツやラジアータパイン等の輸入材を用いたものが多く，今後は国産材の活用が望まれます。北海道内では道産カラマツ材を用いた構造用合板が生産されており，今後カラマツ人工林からの中大径材の生産量の増加が見込まれていることから，道産カラマツ材の構造用合板としてのより多くの活用が期待されています。

### ◆内装用合板

カラマツ材の構造用合板としての利用は進んでいますが，さらに付加価値の高い利用法として，内装用合板への利用が考えられます。近年，住宅の内装材は従来からのビニールクロス張りだけではなく，珪藻土や木質内装材等といった様々なものが求められています。

当场では単板の種類や節の配置等が異なる様々なタイプの内装用合板を試作し，アンケート調査によって消費者の嗜好性について調べました。その結果，表板にはロータリー単板（原木の円周に沿ってむいた単板）よりもスライス単板（製材を薄く切削した単

板）を用いた方が好まれることや，スライス単板は同じ木目のものを並べずに，異なる木目のものをランダムに並べた方が好まれることなどがわかりました。

このような結果を踏まえて，カラマツスライス単板を用いた内装用合板を製造し，試験的に施工しました（写真 1、2）。



写真 1 壁材への利用



写真 2 反響板への利用

### ◆ LVL

LVLは JASで規格化されており，単板の繊維方向を互いにほぼ平行に積層接着した製品です。このうち構造物の耐力部材として用いられるものを特に構造用 LVLと呼んでいます。LVLには主に以下のような長所があります。①単板を使用しているため集成材に比べて製品の歩留まりが高い。②単板の積層数が多いので節などの欠点が分散され強度のバラツキが小さくなる。③形状やデザインの自由度が高く，曲率の大きな湾曲材も製造できる。④防腐，防虫，難燃処理等の薬剤処理を単板や接着剤に施すことで容易に行える。一方，LVLの短所としては単板の裏割れの影響から，釘打ちによって割れが生じやすいことや，繊維に沿ったせん断強度が低いことなどがあります。

LVLは北米を中心に開発が進められ，構造用部材の一つとして利用されてきましたが，国内においては主に造作用材としての限られた用途に使用されてきました。近年，構造用を含めた LVLの生産量が徐々に増加していますが，合板や集成材と比較すると依然として少ない状況です。

北海道内ではカラマツを用いた LVLが製造され，家具用材，階段部材等に利用されています。しかし，長尺となる構造用 LVLについては専用の製造ラインが必要になることなどから，2005年現在のところ北海道では製造されていません。

(合板科)

間伐材や廃木材なども、ボードにすることで優れた工業材料として生まれ変わります。

ボードとは、木材小片を原料とし、接着剤、セメントなどの結合剤を用いて再構成された板状材料で、小片形状や結合剤の種類によりパーティクルボード、繊維板、木質系セメント板に大別されます。

小片を原料とすることから、主な特徴として①カラマツなどの間伐材や廃木材などの未利用資源を原料にできる、②製造工程の自動化が可能のため、木材産業の中では最も装置産業化、省力化が進んだ材料である、③製品寸法の自由度が高く、製品を利用するうえで歩留まりが高い、④均質な製品が得られるため、JIS(日本工業規格)により規格が定められた工業材料となる、⑤グリーン購入法の公共工事分野の特定調達品目に指定されている、⑥パーティクルボード、繊維板は、(財)日本環境協会によるエコマーク認定商品である、などが挙げられます。

国内供給量は、2003年実績でパーティクルボード 166万 m<sup>3</sup>、繊維板 135万 m<sup>3</sup>、木質系セメント板 15万 m<sup>3</sup> となっています。また、国内パーティクルボード工場は 13社 15工場(道内 1社 1工場)、繊維板工場は 9社 11工場(同なし)、木質系セメント板工場は 18社 23工場(同 2社 2工場)となっています。国内供給量に占める輸入品割合はパーティクルボード 23%、繊維板 37%、木質系セメント板 0%となっています。

以下に代表的なボードの概要について説明します。

#### ◆パーティクルボード

原料の木材小片には、微細なチップ(パーティクル)が用いられます。このチップに接着剤を添加後、マット状に堆積させプレス機で熱圧することにより得られる密度 0.40g/cm<sup>3</sup>以上 0.90g/cm<sup>3</sup>以下の板状材料です。原料には、小径間伐材の利用も可能ですが、国内ではコスト面の問題から、<sup>くさ</sup>釘などの異物を分離した建築廃木材を中心に製材・合板工場の廃材が用いられています。製品は、表面平滑性、加工性に優れており、6割が家具・木工に用いられています。また、密度、厚さを高めた製品は、強度性能に優れているため 4割が建築に用いられています。特に、重量感がマンションの置床などに好まれており、建築の主要な用途となっています。建築廃木材の利用割合を高めることで木質パネルの中で価格競争力が高まっていること、あるいは住宅着工数の減少の中でも比較的堅

調なマンション需要を背景として、パーティクルボードの国内供給量は横ばいあるいはやや拡大傾向となっています。

#### ① OSB(Oriented Strand Board)

パーティクルボードには、小片にストランド(木材薄片)を用いる OSB(写真 1)が含まれます。OSBとは、長さ 100～150mm、幅 20mm、厚さ 0.7mm程度のストランドに接着剤を添加し、表裏層ストランド



写真 1 北米産 OSB

と内層ストランドの繊維方向を合板のように直交配向させてマット状に堆積させ、プレス機で熱圧することにより得られる板状材料です。原料には、小径間伐材などの原木が用いられますが、原木価格の高い国内では生産されておらず、すべて北米や欧州からの輸入品です。製品は、安価で高強度なことから住宅下地材(壁、野地)として適しているため、一時的に輸入量が急増し年間 20万 m<sup>3</sup>程度となりました。しかし、吸水による厚さ方向の膨張の大きいことから、その後の輸入量は横ばい状態となっています。

#### ② SPB(Strand Particle Board)

木質パネルの最も大きな用途は住宅下地材であり、木質パネル全体の約 4割を占めています。日本では、安価、高強度、高耐水性であることが住



写真 2 道産カラマツ SPB

宅下地材に求められています。このため、これらの性質を満たす合板が大きなシェアを占め、国内におけるボードのシェアが低い一因となっています。

そこで、林産試験場では、住宅下地材向けを目標に SPB(写真 2)を開発し、現在、工業化に向けた検討をしています。SPBとは、表層にカラマツなどの小径間伐材からのストランド、内層に建築廃木材からのパー



ティクルを用いた3層構成の構造用ボードです。輸入OSBの問題であった吸水による厚さ方向の膨張率を低減したこと、内層に建築廃木材からのパーティクルを用いることでコストを抑えたこと、表層密度を高めることで高い強度性能が得られることが特徴です。また、表層ストランドの配向を行わないため、強度的な方向性がなく、両方向区別なく利用できます。

### ◆MDF(Medium Density Fiberboard)

繊維板の原料には、2～3mmのパルプチップを蒸煮(高温高圧の水蒸気で蒸す)後に解繊した、非常に微細なファイバー(木材繊維)が用いられます。このファイバーに接着剤を添加後、マット状に堆積させプレス機で熱圧することにより得られる板状材料です。繊維板は、製品密度により0.35g/cm<sup>3</sup>未満のインシュレーションボード、0.35g/cm<sup>3</sup>以上0.80g/cm<sup>3</sup>未満のMDF、0.80g/cm<sup>3</sup>以上のハードボードに大別されます。

原料には、小径間伐材などからの原木チップも利用可能ですが、国内ではコスト面の問題から製材・合板工場の廃材が主に用いられています。

近年は、造作建材として利用が伸びているMDFが繊維板供給量全体の69%を占めています。

MDFの国内供給量は、2003年実績で年間88万m<sup>3</sup>のうち48%を国内4社4工場で生産しています。輸入品は国内企業が海外生産し逆輸入したものが中心です。製品は、表面平滑性、加工性に優れることが特徴で、割を幅木・回り縁・窓枠など造作建材を主体とする建築向け、割をシステムキッチン・クローゼットなど住設機器、家具・木工用途が占めています。住宅着工数の減少にもかかわらず、他材料からの代替、住設機器の増大により、国内供給量は木質ボードで唯一拡大傾向となっています。

### ◆木質系セメント板

木質系セメント板は、木毛(写真3)や木片(写真4)といった木質原料とセメント、水などを混合し、均一な厚さ・密度に整えたマットに圧力を加えた状態でセメントを硬化させて板状のボードに成形するものです。JIS A 5404(2001)木質系セメント板に種類、品質、寸法・形状、性能、材料(原料)、製造方法、性能



写真3 木毛



写真4 木片

試験方法、検査方法、表示の仕方などが規定されています。

材料の主な特徴は、以下のとおりです。

- 不燃性に優れる。
- 釘打ち、切断、穴あけなどの加工が容易である。
- 耐火、耐朽、耐鼠、防虫性に優れる。
- VOCなどの有害な揮発成分を発散しない。

カラマツには水に溶け出してセメントの硬化を阻害する成分が非常に多く含まれているため、木質系セメント板の原料としては利用できないものとされていました。しかし当場では、カラマツを用いた硬質木片セメント板の製造技術に関する研究を行い、特殊な油でカラマツ木片を処理することによってボード化する技術を実用化しました(3.4エクステリア類コラムP46参照)。また硬質木片セメント板の成形時に用いる型枠に凹凸を付けて製造する視覚障害者用の誘導ブロック(写真5)を開発し、2000年に実用新案、2004年に特許を取得しています。硬質木片セメント板の高い耐久性と、ぬれても乾いても滑り抵抗性が安定しており歩行時の安全性が高いことから、舗装材としての利用拡大が期待できます。



写真5 視覚障害者用誘導ブロック(点状の例)

(成形科)



## 3.3 インテリア類

木目が美しいカラマツは、インテリア材料としても有望です。  
欠点を補う加工や化学処理などにより、さらに用途が広がります。

### ◆パネルボード

パネルボードとは、壁面を組み上げる板材のことです(写真 1)。林産試験場では、カラマツ間伐材の用途拡大のために 1960年代後半から内装用パネルボードの研究に取り組んできました。ここでは、パネルボードの施工と、高付加価値化の一例を紹介します。

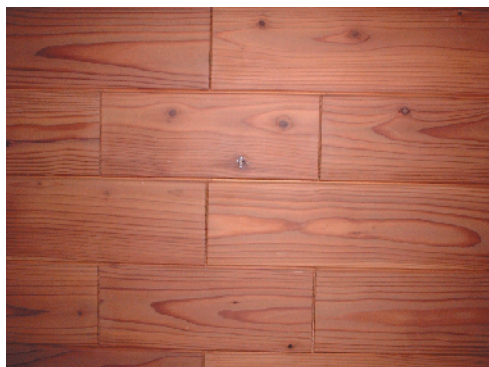


写真 1 パネルボード概観

板材で組み合わせられた壁面は、含水率の変動によってそれぞれの板材が幅方向に伸びて、中央部分が盛り上がり、組み合わせ部が外れたり釘が抜ける可能性があります。当场では、雄ぎねと雌ぎねの突き合わせ部分にすき間をつくり、さらに三角形にした雌ぎねの先端が押しつぶされることで伸びを吸収するパネルボードを開発しました(図 1)。

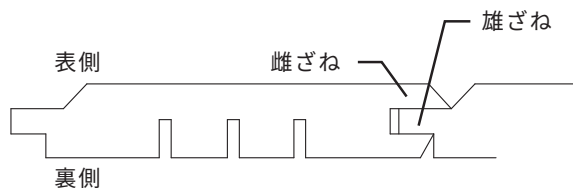


図 1 パネルボードの断面図

施工上、特に問題になるのが割れやすいカラマツ材への釘打ちです。通常、この割れを防止するためには、ドリルで先穴をあけなければなりません。そこで、先端が平坦で細長いステンレスの特殊釘を使い、かつ、ポータブルネイラーで先穴をあけずに打ち込むことで、作業時間を従来の約半分に短縮しました。

また、高付加価値化のために、カラマツ材の早晚材部分の硬軟の違いを生かし、樹脂製ブラシで表面を削り、浮き彫りのような装飾効果を得るエンボス加工や、節などの欠点を除去した短尺材をフィンガー

ジョイントで縦継ぎして、材をモザイク調に見せる工夫も行っています。

### ◆圧密化木材

木材の硬さや強さは一般的に密度に比例すると言われています。圧密化木材は、熱で柔らかくした木材を高圧プレスで圧縮しそのままの形状を維持することで見かけ上の密度を大きくし、硬さや強さを増した木材です(写真 2)。カラマツなどの針葉樹は全体に柔らかく、特に早材部の表面にキズが付きやすいため、フローリングなどの硬さが必要とされる所には広葉樹材が使われています。そこで当场では、圧密化した針葉樹をフローリングに適用する検討を行いました。

圧密化することで、硬さ以外に、磨耗抵抗性、曲げ剛性、寸法安定性、熱伝導率も向上することから床暖房用フローリングとしても機能を発揮するなど、床材としての適性が高いと思われます。圧密化木材は、接着剤を使わないで単層フローリングとして使用することもできます。

なお、企業が当场と共同で、針葉樹の圧密化フローリングに床暖房対応や歩行安定性などの機能を付したものを商品化しました。



写真 2 圧密化木材

左：圧密化木材、右：無垢材

### ◆アンモニア着色材（塗料を使わず着色する）

カラマツの心材部には「タキシホリン」というフラボノイドの一種が含まれています(3.7成分利用参照)。とりわけ日本産のカラマツの心材部に多く(約3～4%)含まれています。その特徴の一つにアルカリ

によって容易に暗褐色に変化するという性質があります。この性質を利用して、当场では 1990 年前半に、カラマツ材をアルカリ性のガスであるアンモニアにさらすことにより短時間で材自身の色を変化させる着色方法について検討しました。

#### ①着色処理方法

図 2 に実大製品の処理設備の概略図を示します。

処理に必要なものは、密閉容器、市販のアンモニア水（処理材と同重量程度）とそれを入れるための容器（腐食しない素材）、処理したいカラマツ製品、そしてアンモニア水を扱うためのゴム手袋や防臭マスクです。また、一度に大量に処理するなどアンモニアの臭気もれ出るおそれがある場合は、別途ファンを設けるなどします。処理は塗装前に行います。カラマツ製品を密閉容器の中でアンモニアガスにさらすと、1～2 日で材色が変わってきます。後は望みの色になるまで数日間放置します。処理後は密閉容器から材を取り出し、風通しのよい場所で材内に残存するアン

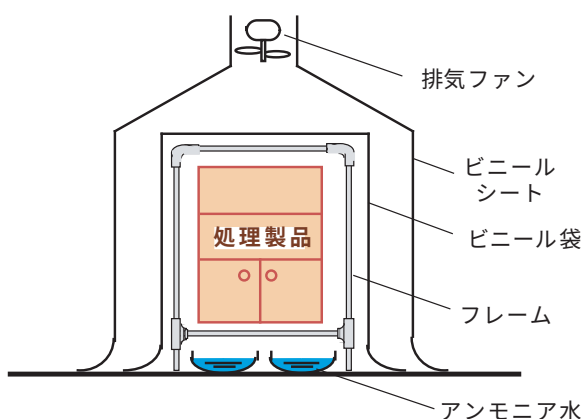


図 2 実大アンモニア処理の一例

モニアを揮散させます。処理に伴う寸法変化や強度低下はありません。

#### ②処理例・作品例

当场で試作した、アンモニア着色による製品の一例を示します（写真 3～5）。カラマツの赤みを帯びた色調が、焼きスギにも似た落ち着いた色調に変化しています。着色しているのは心材だけで辺材はほとんど変化していません。この特徴を上手に生かすと、アンモニア着色独特の意匠性に富んだ製品を作ることができます。



写真 3 アンモニアによるカラマツ材色の変化

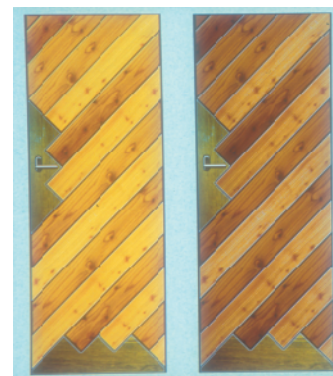


写真 4 アンモニア着色によるカラマツ製ドアの試作



写真 5 ログコテージの外装への使用例

### 木材の「変色」を「着色」に利用する

木材製品の日晒け（元の色に比べて濃くなる）や日あせ（元の色に比べて薄くなる）は、木材の成分が太陽光線や空気中の酸素などの働きによって変化することにより生じます。この現象を人為的に制御することができれば、木材成分を利用した着色方法として利用することができます。また、あらかじめ変色させておけば、実際に使用する際の変色を抑えることも期待できます。

### なぜアンモニアを使うの？

アンモニアは強烈な刺激臭を持つ揮発しやすい物質で、高濃度の蒸気を不用意に吸い込むと失神するなどの危険性もあります。しかし、臭い対策さえすれば、それ以外の作業性はとても良いという利点があります。揮発しやすいため常温・常圧で処理ができ、処理後は速やかに材内から揮散するので洗浄などの手間も不要です。またカラマツの心材はとても浸透性が低い材ですが、蒸気で処理することで、より内部への浸透が期待できるのです。

### ◆カラマツ WPC (材表面の硬さを改善する)

木材の細胞内孔 (空げき部分) に液状の樹脂液 (プラスチック) を注入し、材内部で硬化させて木材と一体化させた材料を WPC (Wood Polymer Composite: 木材-高分子複合体) と呼んでいます。 (図 3)。樹脂液の種類や処理条件を変えることで、強度や寸法安定性の向上など、木材の性能を補った様々な性質の WPC を得ることができます。

カラマツの早材部は軟らかくてキズが付きやすいため、机の天板や腰壁などキズ付きにくさが必要な部材としては不向きですが、WPC化することで硬さが

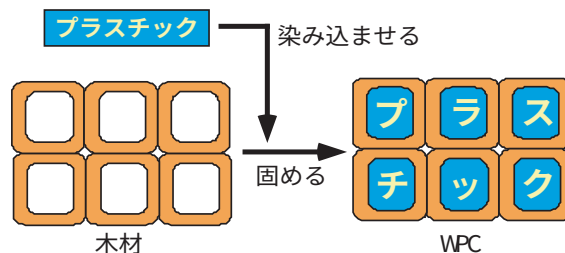


図 3 WPCの概略図

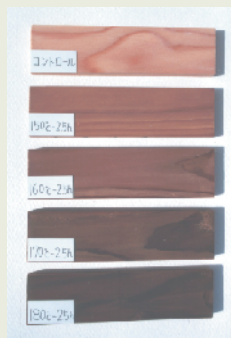
求められる用途へも利用が広がります。これまで当場では、アクリルやメラミン、フェノールといった樹脂を用いて検討を行ってきました。

### カラマツ材の注入性改善あれこれ

カラマツの早材部は軟らかくて空げきが多いので、一見とても注入性が良さそうに見えます。ところが実際に樹脂液を注入してみると、木口面からは多少入るものの、柾目面や板目面からは不思議なくらい注入されません。その原因は、材の組織構造にあります。カラマツなど針葉樹材は、仮道管と呼ばれる細長い細胞が相互につながっていることで水分などが通導します。カラマツの心材部では仮道管同士の連絡路 (壁孔) がふさがっています。つまり、個々の空げきが独立した状態となり、注入性が悪くなっているのです。そのため、WPCに限らずカラマツ心材部に薬剤を注入しようとする場合は、まずこの注入性の悪さを改善することから始めなければなりません。その方法として、インサイジング処理 (材表面に人為的に小さな穴をたくさん開ける処理) や圧縮処理 (材料を破壊されない程度に押しつぶし、ふさがった壁孔を開ける処理) など、様々な試みがなされてきました。ここでは当场で取り組んだ、蒸煮処理と溶媒置換処理について紹介します。

#### 蒸煮処理

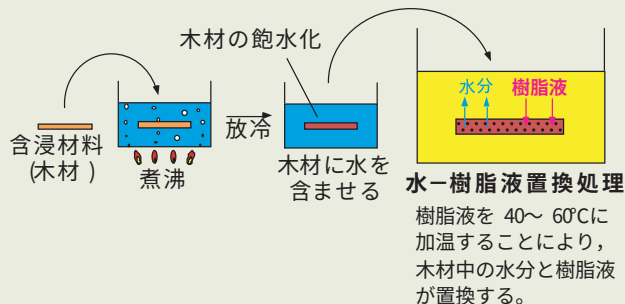
蒸煮処理は、高温高压の水蒸気で木材を蒸す処理です。蒸煮釜 (オートクレーブ) に材料を入れ、0.5~1.0MPa、温度：約 150~180℃の水蒸気で 0.5~2 時間ほど処理します。高温高压の水蒸気的作用により材表面が適度に加水分解 (低分子化) される結果、材色はやや暗色化しますが (写真)、ふさがった壁孔の通導性が改善されるようになります。処理条件を強めるとその分注入性も上がりますが、必要以上に処理を行うと材の強度や耐磨耗性が低下しますので、材表面の必要な部分のみ注入性が改善されるように蒸煮条件を調整する必要があります。



蒸煮処理による材色の変化

#### 溶媒置換処理

溶媒置換処理は、まず材料に水をしみ込ませ、次いでこの水を樹脂液と置換する方法です (図)。カラマツ心材にもかなりの量の樹脂液をしみ込ませることができます。今のところ使用できる樹脂液や材の厚み (5mm程度まで) に制限がありますが、注薬缶などが不要なこと、材色が暗色化しないなどのメリットがあります。



溶媒置換処理の概略



## 試作 WPCカラマツの紹介

注入性改善処理 (コラム参照)を行った後にWPC化したカラマツ材について、表面の硬さを測定した結果は図 4のとおりです。材内に十分に樹脂液がしみ込み、

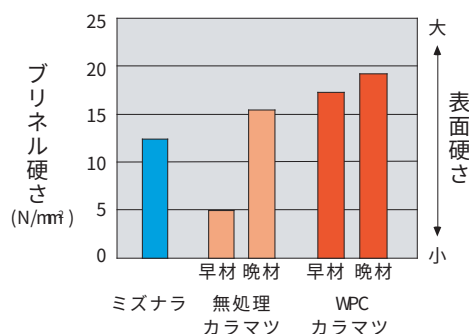


図 4 WPC化による表面硬さの改善

早材部の表面硬さが処理前に比べて 3倍以上と大きく改善しています。重厚な材で知られるミズナラと比べても高い値になりました。こうした特長を生かして、机の天板やフローリング (写真 6)などへの利用が期待されます。



写真 6 WPCカラマツを用いたフローリングの試作

## ◆家具類

カラマツは狂い・ヤニなどの問題から、家具材としては敬遠されてきました。特に手で触れる機会の多い家具において、ヤニのしみ出しはその大きな原因の一つと言えます。しかし近年の乾燥技術、蒸煮処理技術などの進歩により、こうした問題の解消が可能となり、家具類などへの用途の広がりも期待されています。

カラマツは早材と晩材の硬さの違いによって、加工に際していろいろ注意しなければならない点がありますが (2.3加工技術参照)、一方早材と晩材のコントラストが特徴的で、他の材では見られない美しさを持っています。そしてそのはっきりとした木目により、一つ一つの材の印象も異なるため、それぞれが個

性ある家具になると思われます。近年では内装材としてもカラマツが利用されつつあり、それとともにカラマツ材を使った家具 (写真 7)に対する要望も増えていくと考えられます。



写真 7 カラマツ材を使った文机

## ◆学童用机・椅子

カラマツを利用した家具の例として学童用机・椅子があります。地場の木材を使って木製の学童用机・椅子を製作し、地元の学校で使用するという試みは全国的に広がりを見せており、当场でも 1995～ 98年度にカラマツ材を使った学童用机・椅子の開発を行いました (写真 8、9)。カラマツのはっきりとした木目は、教室などの広い空間の中でもしっかりとその存在を示し、木の特徴と言える暖かさや柔らかみのある雰囲気を教室全体に与えるものと思われます。学童用の机・椅子は、毎日の掃除やグループ学習などにより移動する機会も多く、家庭などで使われる家具と比べ、高い強度が要求されます。そのため木製の場合、一定の強度を得るために部材数が増えたり、部材寸法が大きくなったりするため、一般的な金属パイプ製の机・椅子に比べて重くなる傾向があります。そこで当场では 2001年度に、十分な強度を持ち、かつ軽量化を図った学童用机・椅子を開発しました。



写真 8 カラマツ材を使った学童用机・椅子



写真 9 教室の様子

(加工科、化学加工科、デザイン科)



## 3.4 エクステリア類

耐久性の向上などに考慮することで、カラマツを景観調和型のエクステリア資材として用いることができます。

### ◆カラマツエクステリアの基本的な考え方

カラマツ材を使用して、デザイン性、施工性、メンテナンス性に優れたエクステリア製品を作ることができます。

#### ①木材と鋼材の組み合わせ

カラマツ材に限らず、木材をエクステリアに使用する場合、耐久性能や強度性能への配慮が求められます。これらの性能を向上させるために、木材と鋼材を組み合わせる手法が開発されています。

木材は、野外にさらされると腐朽や退色により表面が劣化したり、破損により使用できなくなる場合があります。これらの性能を向上させるために、木材と鋼材を組み合わせる手法が開発されています。鋼材には、溶融亜鉛メッキ処理などを施すか、耐候性の高いステンレスを用いるなどの錆対策を施します。

この手法により、鋼材は構造材として強度向上や破損防止を図り、木材は周囲景観との調和性やぬく

もりなどのイメージを創出させる外装材としての役割を果たします。

#### ②防腐処理・退色への対応

木材には何らかの防腐処理を施す必要があります。カラマツ材に防腐剤を加圧注入する方法もありますが、産廃処理上ほとんど問題のない表面保護着色剤を使用する方法が主流になってきています。ただし、これは定期的な再塗装や部材交換などが必要なので、積極的なメンテナンスが前提になります。

また、設計時にも雨水への対応、木口や地際の防腐処理、鉄汚染の防止、メンテナンスのしやすさなどを考慮します。

#### ③木材の割れへの対応

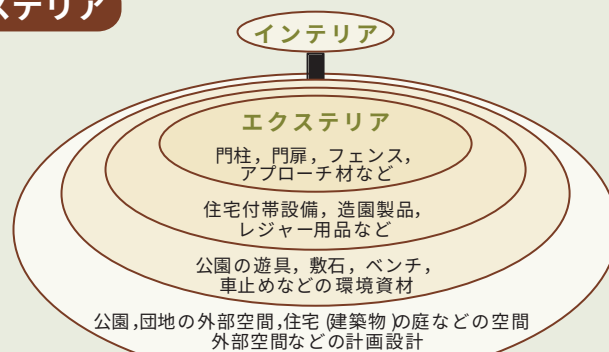
カラマツ材の割れは、部材寸法や木材の乾燥程度の調整によって極力防ぎます。もし割れた際にはその部材のみを簡単に交換できるような設計としたり、背割りにより割れを集中させる方法を用います。

### エクステリア

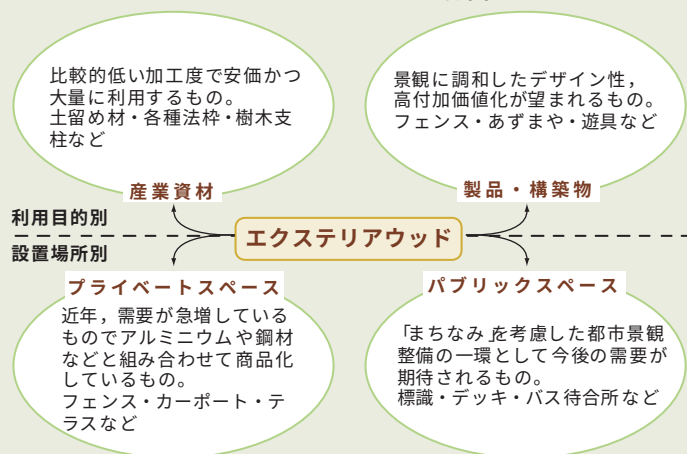
「エクステリア」とは1980年代半ば頃から住宅産業の一分野を指す言葉として、インテリアに対抗して意識的に使われ始めました。その当時、エクステリアは上図のようにインテリアの対語として、住宅の屋外設備の門柱や門扉などに限定されていましたが、その後は範囲がだんだん広がってきています。

エクステリア製品の素材としては、アルミニウムをはじめ、石材、コンクリートや鋼材などが用いられていましたが、木質系材料を用いた「エクステリアウッド」と呼ばれるものが増えてきています。エクステリアウッドは利用目的や設置場所によって下図のように分類されています。

エクステリアに木質系材料が適する理由として、質感の良さ、弾性特性による歩行感の良さ、伝熱特性による接触時の暖かさ、塩害を受けないなどが挙げられます。また、リサイクルやエコロジーといった観点から木材を使った公園・道路・河川用資材の需要が増えています。



エクステリアの範囲



エクステリアウッドの分類

#### ④カラマツ間伐材や端材の有効活用

カラマツの人工林では、間伐により多くの中小径材が出材します、また、製材工場やプレカット工場からは大量の端材やはね材が発生します。これらを有効活用するための製品設計を行ったり、集成化して使用します。

以上の設計手法を用いて開発された、カラマツ材を使用したエクステリアの実例を紹介します。

#### ◆木製コンテナ

写真 1は 2000年に林産試験場で開発した、プランターや鉢などを入れる木製コンテナです。

使用されるカラマツ材は、端材やはね材などの有効利用を考慮した部材寸法となっています。また、その形状については、製作コストを抑えるため、特殊な木工機械や技術を必要としない単純なものとなっています。

木部材の受け材は部分的に鋼材を使用し、製品の組み立てや解体が簡易になるよう考慮しました。木材を面単位でユニット化し、板材で構成された6面をボルトによって鋼材に取り付ける構造となっています(図 1)。



写真 1 木製コンテナ

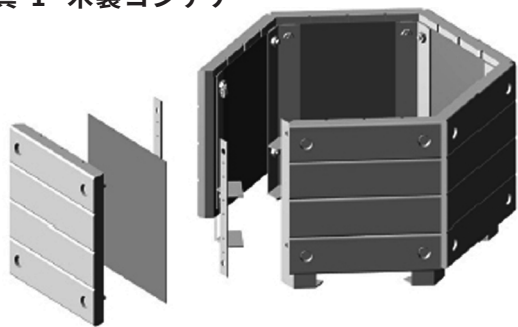


図 1 木製コンテナの構造

#### ◆木柵

写真 2は、2003年に旭川市の企業が開発した木柵です。構造部材として溶融亜鉛メッキで処理された鋼材が用いられ、ステンレス製のボルトで組み立てられています。表面には集成化されたカラマツ間伐材に、木材保護着色剤を塗布したものが用いられてい

ます。

積雪や衝撃にも耐える高い強度を持ち、木材部の部分交換が可能なメンテナンス性の優れた設計となっています。

手すりの下に空いている空間は、車いす使用者の視界を確保するためのもので、ユニバーサルデザインの考え方も取り入れられています。

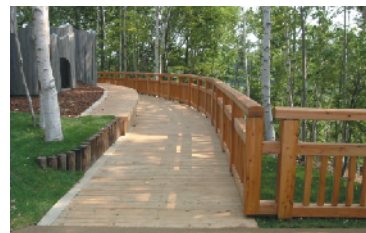


写真 2 木柵

#### ◆木製遊具

写真 3は、同じ企業が開発した、ツリーハウスを模した大型の木製遊具です。

構造部には鋼材、手に触れる部分には、ささくれなどが生じにくいナラ材、床には耐久性の高い

ヒバ材、その他にはカラマツ材が用いられています。

木材と鋼材の組み合わせの考え方をさらに推し進めて、木材部分にも適材適所の組み合わせを行った例です。

エクステリア設置後のメンテナンスは非常に重要です。特に遊具などでは、管理者が日常的に行う点検と、専門技術者が定期的に行う点検を、明確な計画を立てて、適切な内容と頻度で行うことが望まれます。



写真 3 木製遊具

#### ◆景観に配慮した舗装資材

公園や遊歩道などでは、自然な景観に配慮するという目的から、木レンガ(写真 4)や木道といった舗装が昔から採り入れられています。このように木材をそのまま使う木質舗装も木の温もりが感じられてとても心地良いものですが、もう少し手軽



写真 4 木レンガを使った公園内散策路



に導入できる木質舗装として、ここ数年、木チップ舗装の需要が伸びています。原料となる木チップは、製材工場などから出る廃材（丸太から製材品と製紙用チップを採った後の端材）を使った製品が多く、資源の有効利用にも役立っています。

現在、市販化されている木チップ舗装は、木チップをそのまま敷きならす散布工（写真 5）、アスファルト舗装と同じように現場で原料調整、圧縮する現場施工型（写真 6）、工場で生産されたブロックを敷設するブロック工法型（写真 7）の 3つに分かれます。現場施工型は、アスファルト乳剤を結合剤とする製品が一般的で、舗装用の機械設備が利用できることから大面積の工事に適しており、施工コスト



写真 5 散布工



写真 6 現場施工型



写真 7 ブロック工法型

も低く抑えられるというのが大きな特徴です。ブロック工法型は、結合剤として使われるウレタン樹脂系接着剤の価格が高く、現場施工型よりも割高となりますが、年間を通じて均一な製品が製造できるメリットがあります。

写真 8は、ブロック工法型の先駆けとなった、カラマツの樹皮と製材とを組み合わせた製品です。これまでほとんどが焼却処分されていたカラマツ



写真 8 カラマツ樹皮と製材を使った舗装ブロック

樹皮の新たな用途として注目され、北海道内だけでも数社が類似製品の製造・販売を行っています。

当场でも企業との共同研究で、1998～2000年に建築解体材チップを原料として製造コストの低減と耐久性の向上技術に関する検討を行い、表 1、2に示した用途および性能を目標に製品の試作を行いました。試作した製品は、2000年に士別市の協力を得て試験施工を行っています（写真 9、10）。耐水処理の有無や設定密度など耐久性の異なる 3つのタイプを施工したところ、4年経過した時点では、耐久性の低いタイプでも交換が必要になるほどの劣化は生じていません。

これらの試験結果や様々な木質舗装の事例から、

### カラマツとセメントは仲が悪いの？

セメントを結合剤とした木チップ成形体は耐久性と寸法安定性に優れ、エクステリア製品の開発に適した木質資材として期待されています。当场では、間伐材や木質廃材の有効利用対策として、住宅などの外壁材を目的としたカラマツセメント板、磯焼け防止を目的とした海藻礁、視覚障害者の歩行安全を目的とした誘導ブロックなどについて研究しています。

ところで木材をセメントと混合した場合、木材中の有機物がセメントの硬化を妨げることが知られています。カラマツはとくに硬化阻害の著しい樹種（ほかにはカエデ、ヤチダモ、キハダなど）とされています。そのためカラマツセメント板の実用化に際しては、木材をはっ水処理することにより硬化阻害成分の溶出を防ぐ製法を考案し、これまでセメント板原料として使えなかったカラマツが 100%使えるようになりました。

これに関連する話題をひとつ。カラマツの樹皮を含む原料でセメント成形体を試作する際、あらかじめ樹皮の混入限度を調べてみることにしました。無処理の木部であれば、混入割合が 15%を超えると硬化阻害の影響が出るはずですが、ところがふたを開けてみれば、樹皮 100%でも硬化阻害は起こりませんでした。同じカラマツでも部位によって硬化阻害成分の量が異なるため、樹皮にはこれらの成分がほとんど含まれていないのです。

表 1 舗装ブロックの用途別製品区分

| 区 分  | 仕 様                         | 想定される施工場所     |
|------|-----------------------------|---------------|
| 高耐久型 | 多少硬くなるが、強度・耐久性をもたせたもの       | 市街地内歩道、エクステリア |
| 耐久型  | 転倒時の安全性を確保し、ある程度の耐久性をもたせたもの | 市街地公園内園路      |
| 標準型  | 十分安全な弾力性（硬さ）をもち、より安価なもの     | 森林公園内散策路、遊歩道  |

表 2 舗装ブロックの目標性能

|      | 転倒衝突時床硬さ<br>(G) | すべり抵抗<br>(BPN) | 透水係数<br>( $\text{cm/s}$ ) |
|------|-----------------|----------------|---------------------------|
| 基準   | 100以下           | 湿潤状態で40以上      | $10^{-3}$ 以上              |
| 高耐久型 | 110～120         | 70～80          | $10^{-3}$ 以上              |
| 耐久型  | 95～105          | 同上             | 同上                        |
| 標準型  | 80～90           | 同上             | 同上                        |

基準値：転倒衝突時床硬さ：JIS A 6519「床の硬さ試験」

すべり抵抗、透水係数：アスファルト舗装要綱

注：転倒衝突時床硬さは室内試験。すべり抵抗は湿潤状態で値。

耐久性を高めるためのポイントを挙げます。

①基礎は一般のアスファルト舗装と同等のものを用意し、特に水はけに注意すること。

②施工時の目地は、ブロック寸法が30～40cm角程度のものであれば、1～2mm程度に設定しておくと、湿気による膨潤を吸収できるため安心です。充填材は砂などでかまいません。

③舗装表面は1～2年で退色し、元の木材の色は失われてしまいますが、塗装は厳禁です。せっかくの透水性が失われ、腐りやすくなってしまいます。



写真 9 土別市ふどう公園の試験施工状況 (2000年)



写真 10 施工後2年経過時の高耐久型舗装ブロックの状況

## ◆防耐火性能を持つ外壁

住宅の外装などに木材を使用したいという希望は少なくありません。しかし、防火規制により、どこにでも自由に使えるというわけではありません。防火

地域、準防火地域、法22条区域の指定を受けている地域では、外壁構造も含めて建物の満たすべき性能が定められています(2.6防火技術参照)。

防火地域では原則として耐火建築物とする必要があります。2005年現在、木造で建築可能なものは枠組壁工法のみです。しかも、外壁については窯業系サイディングと軽量気泡コンクリートパネルなどを重ね張りしなければならないため、板張りにはできません。しかし、2階建て以下で延べ面積が $100\text{m}^2$ 以下の住宅ならば2通りの方法が可能です。一つは、壁などの主要構造部のすべてを準耐火構造にすることです。最近、外装材に木材を使用した準耐火構造の性能を持つ外壁が開発されています。もう一つは、建物の軸組に鉄骨等の不燃材料を使い、壁材料に準不燃材料を使用することです。木材でも準不燃材料の性能を満たしているものがあります。

準防火地域では、上述の方法により3階建て以下で延べ面積が $1,500\text{m}^2$ 以下の建築物までが建築可能です。また、2階建て以下で延べ面積が $500\text{m}^2$ 以下の建築物ならば、外壁については、延焼のおそれのある部分(図2参照)を防火構造とする必要があります。法22条区域では同部分を準防火構造とする必要があります。

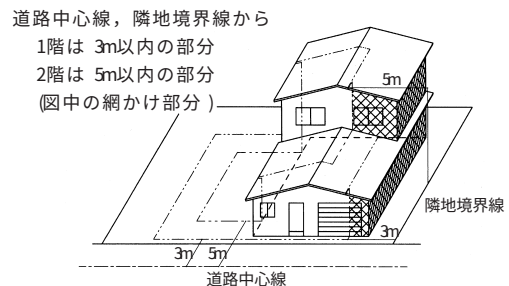


図 2 延焼のおそれのある部分

木材を外装材に使用した防火・準防火構造の外壁もいくつか開発されており、使用可能な外装材のバリエーションも広がります。ただし、これらの外壁に採用されている木材は難燃剤が注入処理されており、薬剤の注入が容易な樹種が使われています。このため、現在はベイツガなどの輸入材が多く、道産材ではヤチダモが使われていますが、カラマツは使われていません。なお、上記の規制を受けない場所では、基本的には、自由に外壁を設計することができます。

(デザイン科、性能部主任研究員、防火性能科)



加工技術の進歩や研究開発の積み重ねにより、カラマツを用いた建築構造物の可能性が広がっています。

住宅を中心として、カラマツ材を建築物へ利用する動きが北海道内各地で見られ、カラマツ建築物は一般の方にも定着してきました。

しかしながら、道産カラマツ材の建築用材としての歴史はまだ浅く、カラマツ材の特性を生かした使い方を確立するには、さらに建築実績の積み重ねが必要です。

カラマツに限らず木材を建築構造物に利用する場合、部材の製造・施工、使用に際して第一に留意すべきことは、水分管理です。特にカラマツ材は、含水率の変化に応じてねじれが発生しやすいため、適切な乾燥処理と、施工後の含水率変化を抑える設計・施工が必要となります。

住宅産業による集成材の導入や施工の合理化を目標としたプレカットの増加が、乾燥処理による寸法安定性の優れた材料の増加を結果的にもたらしたことは、カラマツに限らず木材を建築物に活用する上での大きな進展です。

カラマツが建築用材として用いられるには様々な品質が要求されますが、重要な点は特に高い性能ではなく、安定した供給と強度・含水率などの値が明示できる体制を確立することです。

#### ◆大規模建築物

構造体に木材を使用して大きな建築物を造る場合、部材の断面を大きくして、一つの部材が負担できる荷重を大きくする方法と、比較的断面が小さい部材を組み合わせて、負担する荷重を各部材に分散させる方法があります。

梁<sup>はり</sup>せいの大きな大断面の部材には、性能の信頼性から主に集成材が使われます。強度的に優れたラミナ（集成材の各層を構成する挽き板<sup>ひき</sup>）が得られるカラマツは、この構法に適しています。柱や梁など各部材をつなぐ接合部は、所定の耐力を発揮させるために特に厳密に設計・施工される必要があります。具体的には、先穴をあけた鋼板を各部材に挿入し、各部材の先穴と鋼板の先穴にドリフトピン（丸鋼棒）やボルトを貫通させて固定する鋼板挿入型の接合（写真 1、2）や、各部材を鋼板で挟み込む鋼板添え板接合などがあります。表面に鋼板やボルトなど金属部分が露出していない接合の方が、木材が耐火被覆の役割を果たして、火



写真 1 カラマツ集成材のドリフトピンによる剛節接合



写真 2 鋼板挿入型ドリフトピン接合の施工

災には強くなります。また、柱と梁の接合部分に、湾曲集成材を配置して両部材を一体化させることで、外力に対して抵抗する能力を高めたり、変形を低く抑えることができるようになります（写真 3）。



写真 3 湾曲集成材

小屋組や梁などに、比較的小さな部材を組み合わせて構造体を造り上げる構法に、トラスがあり、各部材を立体的に組む立体トラスと、面状に組む平面トラスに分類されます。トラスは各部材を構造部材として一体化させるために、個々の節点（部材同士のつなぎ）を強固に接合しなければなりません。部材が小断面であることから、各節点で接合に使える部分は限られます。平面トラスでは、耐力を十分に発揮できる数の接合具（釘やボルトなど）を配置させるため、合板や鋼板を切り出したガセット板<sup>ぐさ</sup>板<sup>い</sup>というものを接合

部分に使用します(図1)。また、トラスは、梁としてみた場合のせいを大きくするほど強度的な性能が向上するという特徴があります。

旭川市にある木材関連の団体では、ボルト接合の小屋組トラスを採り入れて、大きな木材加工工場や倉庫等を建設しています(写真4)。

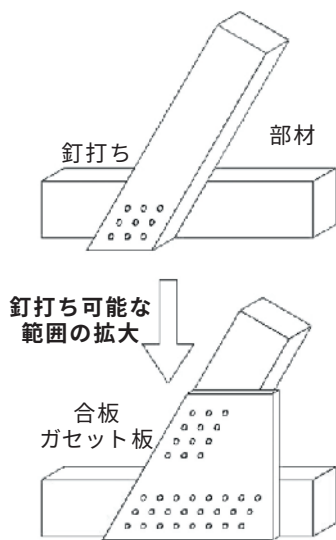


図1 釘打ち合板ガセット接合の特徴



写真4 小屋組トラスの施工  
(トラスはトドマツ、柱はカラマツ丸太)

## ◆住宅

住宅の構造<sup>くたい</sup>躯体にカラマツを使う場合(写真5)、加工性や施工性から、プレカット工法や接合部に金物を使う金物工法が主に採用されます(共に在来軸組構法、両工法が併用される場合も多い)。



写真5 カラマツを構造部材として使った住宅

どちらの工法でも、部材には集成材<sup>むく</sup>と無垢材の両方が使われていますが、両者に共通して重要なことは、

厳密に乾燥仕上げを行う(所定の含水率まで乾燥する)ということです。

プレカット工法と金物工法ともに、接合部分は、仕口等が密着して遊びがない状態で耐力を発揮します。乾燥が十分でないと施工後に部材が乾燥して収縮し、遊びが生じることで耐力が減少したり、変形が発生します。特に無垢材を使用する場合には、部材の内部が乾燥しづらいので、適正な人工乾燥と養生が必要です。

また、金物工法では、Zマーク金物等の認定を取得した品質や性能が保証されたものを使用し、使用する釘が指定されている(ZN釘など)場合にはそれに従います。腐食を防いだり、釘穴と釘の太さを確実に一致させて、接合のゆるみを防ぐためです。

## ◆あぜくら 北海校倉ハウス(ログハウス)

現在、ログハウスは丸太組構法という名称で建築基準法告示にその設計方法が明示されていますが、もともとは建築物としての規定を大きく外れた特殊な構法と位置づけられ、容易に建設することはできませんでした。

林産試験場では、1980年よりカラマツ材の用途拡大の一環として円柱加工製造装置を導入し、エクステリア用の資材のほか、円柱材を建築構造用材として利用する技術開発を進めました。当场構内にログハウスを試験施工し、実大規模での加力試験や部分的な壁体のせん断性能試験を実施して、構法認定において構造設計に求められる性能データを蓄積しました。

1984年には、建築基準法第38条に係わる(財)日本建築センターの構造評定を(社)北海道林産技術普及協会が取得したこともあり、同協会の技術指導により多くのモデルプランのログハウスが、煩雑な手続きを経ないで建設可能となりました。1986年には丸太組構法技術基準が建設省告示となりましたが、ここでの建設実績も検討の参考資料として使われました。

ログハウスは、生材のカラマツ円柱材を建築構造物に適用したまれな事例です。施工後、円柱材は緩やかに乾燥しますが、材の割れを背割りに集中させることができ、また、ねじれを発生させる力も緩和させることができます。



構造体が安定するまでの数年の間、ボルトの締め増しなどの管理は必要ですが、構造部材を水平方向に用いることで荷重を負担するログハウスは、他の

構法ではトラブルが発生しやすい生材を使えるという意味でも、大きな価値のある構法です(写真 6)。



写真 6 ログの形状(左上)とログハウスの概観(右下)

#### ◆農畜産業用構造物

農畜産業用施設には、農機具や生産物を保管・貯蔵する倉庫や家畜の育成や搾乳を行う畜舎あるいは<sup>たいひ</sup>堆肥舎等があり、耐用年数や建設コストから鉄骨造とすることが多いのですが、これらの施設を木造にすると、内部造作の模様替えや用途の変更が容易になり、使い勝手が良くなります。また、大量の水蒸気やアンモニアが発生する畜舎を木造にすると、鉄骨造に見られる結露や結霜を防ぎ、家畜の疫病発生を低減させる効果があるといわれています。畜産農家が用いる堆肥舎も、水蒸気等が発生するなどの同様の理由から、木造の方が好ましいと考えられます。

林産試験場では、1981年に農業用 PT型ハウスの標準仕様書を作成し、農畜産業用施設の主要構造材にカラマツ中小径材を利用する道を開きました。PT型ハウスは、防腐処理された丸太材を地中に埋め込んで柱とし、この上に釘打ち合板ガセットトラスを採用した小屋組を載せ架けて躯体とする建築構法です(写真 7)。

PT型ハウスは、自然換気方式の採用により畜舎等への利用では家畜の健康を損ないにくいなどの特徴



写真 7 PT型ハウスによる畜舎建築

があり、建設地域や用途に制限を持つものでしたが、多くの建設実績を残すとともに、地材地消の先駆けとなりました。

このように柱の脚部を地盤に直接埋め込む構法は、現行法規では特殊な構法に分類されるものですが、埋め込み構法の柱や、実大構築物の水平加力試験(地震や台風時の外力にどの程度耐えられるか確認する試験、写真 8参照)などで得られたデータにより、将来にも活用可能な技術です。



写真 8 埋め込み構法柱の水平加力試験

#### ◆トレーラーハウス

トレーラーハウスは建築基準法上では建築物には該当しませんが、トレーラーのシャシー上に建設されるという点を除けば建築物そのものであり、適用される技術等は一般の建築物に共通なものです。当場では、1997年に企業との共同研究で、カラマツ間伐材を活用したトレーラーハウスの開発に取り組みました。径級 18cm 程度の間伐材から 204材(枠組壁工法用材)を試作し、曲げ強さ(耐えられる強さ)などの諸性能を把握するとともに、この材料を使ったトレーラーハウスの施工性を調べました(写真 9)。

カラマツ材から製造した 204材は、釘打ちに自動釘打ち機が必要になるなどの制約はありましたが、強度性能は、枠組壁工法構造用製材の JAS(日本農林規格)に規定され、北米等から輸入される樹種分類の一つである SPF(スプルース・パイン・ファー)材と同等





写真 9 試作したトレーラーハウス

以上であり、十分な利用適性があることを明らかにしました。

### ◆ラチス梁

当场では 1980年頃に、カラマツ小断面部材の構造用途への活用と、生材使用に伴うねじれ・狂いの克服を目的として、カラマツラチス梁 (写真 10)を開発しました。製造時には生材であったものが、流通を経たのち施工時には乾燥状態になることを想定し、この過程でのねじれの発生を抑えることを主眼として研究を進めました。

梁の腹部に配置される斜材の接合にフィンガージョイントも併用しましたが、限られた節点に釘打ちで耐力を獲得しなければならず、必要な強度を確保するためには梁断面を大きくする必要がありました。軽量化と強度性能の向上のために、研究の最終段階では生材から乾燥材の活用に移行し、節点の接合方法にも接着工法が適用されました。カラマツ材の活用にあたり、乾燥技術の重要性を改めて認識させられた研究事例です。



写真 10 カラマツラチス梁の保証荷重試験

### ◆I形梁

I形梁は、名称にアルファベットの「I」が含まれているように、曲げ部材として力の負担が大きい上端および下端に材料の大部分を配置するという、構造部材としての力学的な合理性を追求した形状・材料構成を持つものです。上下のフランジ材にはトドマツ枠組壁工法用材が、中間部のウェブ材にはカラマツ構造用合板が使用されています (写真 11, 12)。

住宅部材への要求事項として、性能の高さ・安定性の保証とともに、価格や供給体制の安定化があります。道産 I形梁は、構成材料をすべて北海道産のものでまかなうことによって、この課題に回答を出しています。

この開発技術は企業に移転され、2005年 3月現在、建築基準法に規定される指定建築材料の認定を申請しています。従来すべての部材を輸入材に依存していた枠組壁工法住宅において、道産 204材やエンジニアードウッドに分類される道産 I形梁がその一端を担うことになりました。



写真 11 道産 I形梁の断面形状



写真 12 I形梁の床根太、屋根たるきへの適用

(性能部主任研究員)

環境に優しい土木用資材として、カラマツが注目されています。耐久性を考慮した土木構造物の設計例が示され、より使いやすくなりました。

カラマツは同じ人工林材のトドマツやアカエゾマツなどに比べて、強度性能に優れ、腐朽しにくい特性を持っています(1.5強度的性質, 2.5防腐技術参照)。林産試験場では、これらの特性を生かし、治山、河川および道路などの土木分野における各種構造物と、それに関連する設計・加工技術について検討してきました。ここでは、カラマツ土木構造物の耐久性向上やコスト削減のために、部材加工、防腐処理、維持管理などを行うときの注意点について説明します。

#### ◆化粧型枠パネル

旭川市の企業では、砂防ダム(写真1)や床固工などに使うカラマツのコンクリート型枠パネルを1990年頃に開発しました。



写真1 砂防ダム

この製品の特長は、コンクリートの硬化・養生後に型枠パネルを取り外さないで、そのまま化粧材として活用できることで、カラマツには防腐処理や塗装を一切行っていません。これは、カラマツの腐朽しにくい特性を生かし、耐久性向上よりもコスト削減や自然環境の保全に主力を置いて製品開発したためです。

カラマツを型枠材として用いると、コンクリート表面に硬化不良が発生する場合があります。しかし、コンクリートの硬化不良の深さは数mmまでであったことから、カラマツの材面に離型剤やはっ水剤処理

を施さずに、コンクリートを厚めに打設しています。

施工後15年経過したものについて調査したところ、地際や天端(上部の水平面)の部位では、法(斜面)に比べてカラマツの腐朽の進行がかなり速くなっていました。この対策として、腐朽や破損の生じた型枠パネルは交換できるように、特殊な金物を使用しました。

#### ◆木橋

カラマツ構造物集成材の新用途開発の一つとして、当场では1995年に人道橋(写真2)に取り組みました。カラマツ集成



写真2 人道橋

材を建築構造物ではなく、木材の使われ方としては極めて過酷であり、歩行者の安全を最優先に考えなければならない橋の構造部材として利用する場合の課題とその対策について検討しました。

人道橋の耐久性を向上させるために、<sup>けた</sup>桁や床板などの集成材には適正な防腐処理を施すとともに、雨水に直接さらされる<sup>ほうづえ</sup>方杖や床板の透き間から雨水が浸入する桁の天端は鋼板で被覆するなどの対策をとりました。また、部材交換や再塗装の頻度が高い床板や手すりは金物を使って取り外しができるようにし、方杖と橋台の接合金物には雨水がたまらないように水抜き穴を設けました。

カラマツは薬液の注入性が極めて悪いことから、通常の加圧注入処理だけでは、橋として用いるには

#### 土木構造物の設計

土木用資材として使われるカラマツなどの木材は、腐朽菌などの生物によって劣化し、その構造物としての耐力も時間とともに低下します。しかし、木製土木構造物の安定計算(土圧に対して構造物が安定であることを確かめるための計算)の際には、木材の腐れなどに伴う強度低下を考慮していません。

当场では、2001～03年に道内の土木構造物の現状調査を行い、経過年数と腐朽および強度低下の関係を調べました。これらの成果をもとに、土木構造物の各部材における耐力の経年変化の推定式を導き出すとともに、耐久性を考慮した土木構造物の設計例を示しています。この研究成果は「土木用木材・木製品設計マニュアル」の追加版として、道水産林務部木材振興課のウェブサイトに掲載されました。

木材振興課 <http://www.pref.hokkaido.jp/srimu/sr-rmsn/index.html>



十分な防腐性能を得ることはできません。また、集成材の防腐処理については、北海道には大容積の注入缶がないことから、桁のような大きくて長い部材は本州の工場に処理を委託していました。そこで、集成材の状態ではなく、インサイジング加工(2.5防腐技術参照)を施したラミナ(集成材の各層を構成している挽き板)の状態<sup>ひ</sup>で、防腐剤の加圧注入を行ってから集成材に仕上げました。この結果、従前の製造方法よりも防腐性能の高い集成材を道内の工場のみで、しかも安価にできるようになりました。しかし、この製造方法を採用入れても、人道橋に使うカラマツ集成材の防腐性能は十分ではなく、今後の防腐剤の開発や加圧注入処理の改善が期待されます。

また、写真2のような人道橋の上部工費(橋脚や橋台を除いた上部の工事費)は鋼橋の場合の約2～3倍であり、防腐処理費を含めた集成材や製材などの材料費は上部工費の約半分を占めていました。すなわち、カラマツ集成材を使った人道橋のコストを低減するためには、橋の規模が大きくなるほど、材料費を削減することが求められています。

そこで2001～02年に、道内の集成材メーカーで構成されている団体との共同研究により、鋼板との組み合わせによって集成材の使用材積を減らし、かつ強度性能を高めた桁を開発し、これを用いた長さ30m 幅1.8mの人道橋の設計(図1)を行いました。積算の結果、人道橋の上部工費は、従来の集成材だけの場合よりも削減できることが分かりました。

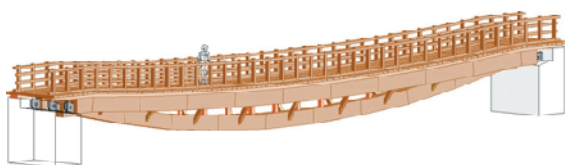


図1 人道橋の設計

### ◆河川資材

近年、環境に配慮した「多自然型川づくり」が奨励され、土石とともに木材を使った河川施設(木杭、木柵など)が多く見られます。1998～99年に当场が道内の木製河川資材の実態調査を行ったところ、使用樹種はカラマツが過半を占めていました。

木工沈床(写真3)のように、ほとんどが水中に隠れ

ている資材ではほぼ健全な状態を維持していましたが、木柵のようにほとんどの部位が水上に出ている資材では腐朽が観察されました。したがって、水上にほとんどの部位が出る資材ではJAS(日本農林規格)に沿った防腐処理が必須であり、施工後は木口割れや破損の生じた部分に対する維持管理(薬剤塗布、柱頭部の鋼板等による被覆など)が大切です。



写真3 木工沈床

### ◆道路資材

1998年に建設省(現国土交通省)が道路の防護柵(転落防止や横断防止のための柵)の設置基準をこれまでの仕様規定から性能規定に改訂したのに伴い、十分な強度があり、耐久性に優れ、維持管理に容易な材料を選定すれば、木材も利用できるようになりました。これまでは、カラマツなどの防護柵は林道や公園などで数多く設置されていますが、一般の道路での利用はかなり限定されていました。

当场では、1995～97年に旭川市の企業からの受託研究で、カラマツと鋼材を組み合わせた防護柵(転落防止柵、写真4)を検討しました。当



写真4 転落防止柵

時は設置基準の改訂前であり、耐久性の保証や鋼製品との価格差が大きかったことからさほど普及しませんでした。

なお、2002年には宮崎県の企業が開発したスギを使ったガードレール(車両用防護柵)が国内で初めて性能試験に合格し、その製品は一般道路に設置されています。また、歩行者と自転車を対象とした防護柵については、国や東京都などがスギを使った試作品の耐久性試験を実施しています。

(技術部主任研究員)



カラマツチップは、疎水材として優れた性能を持ち、全道各地で使用されています。

### ◆カラマツチップ疎水材の特徴・性能

#### ①圧縮に強い

もみがら ばっかん  
 籾殻や麦稈などの有機物資材に比べて圧縮に強く、  
 あんきよ  
 暗渠の形状を維持することができます。

#### ②排水性に優れ、圃場の乾きが良い

疎水材の飽和透水係数は  $10^3 \text{ cm/s}$  以上が望ましいとされています。カラマツチップの飽和透水係数は  $260 \times 10^3 \text{ cm/s}$  と、排水性に優れています。また、暗渠からの排水は環境への影響も少ないことが確認されています。降雨後の地下水位も、暗渠設計指針の標準値を満たしています。

#### ③作物への悪影響がない

これまでに、タマネギ、玄米、小麦などの収量調査を行い、籾殻や砂利疎水材と同等かそれ以上の収量が得られています。

### ◆暗渠の構造

一般的なカラマツチップ疎水材暗渠の構造は、図 1 のとおりです。掘削機械や作物によって、断面の形状や深さなどが異なります。水田の場合には、疎水材層の

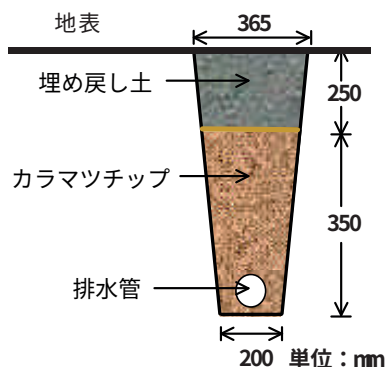


図 1 暗渠断面

上部 20cm 程度に籾殻をフィルター層として使用する場合があります。これにより、疎水材への土砂の流入が減少し劣化を抑制できると考えられますが、フィルター層を使用しなくても、暗渠の機能は十分に発揮されます。

### ◆カラマツチップの耐久性

カラマツチップのような有機物資材は腐朽による性能の低下が懸念されるため、施工後の暗渠の観察を行いました。施工後 11 年経過したカラマツチップの飽和透水係数は  $13 \times 10^3 \text{ cm/s}$  でした。カラマツチップは粒が大きくて軽い資材であるため、腐朽しても透き間が多く、透水係数にあまり変化はありません。17 年経過した暗渠にも排水効果が認められたことから、一般的に暗渠を施工する土壌条件では、カラマツチップは 20 年程度使用できると考えられます。

### ◆暗渠施工の機械化

カラマツチップ暗渠の施工能率を上げるため、チップ投入機械が開発されました（写真 1）

（成分利用科）



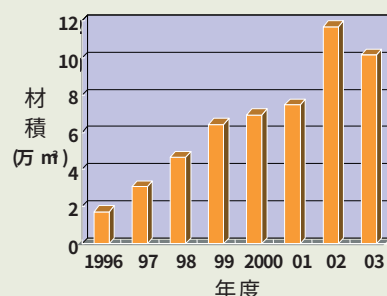
写真 1 チップ投入機による暗渠施工の様子

### 暗渠とは

暗渠とは、農地などに溝を掘り、水みちとなって排水を促進する疎水材を埋めたもので、水はけの悪い農地を改良するために設置します。水はけを良くすることで、例えば水田を畑作地に転換することができます。

カラマツチップは疎水材としての性能が認められて、1996 年の北海道農業試験会議（成績会議）において、農業普及上の指導参考事項になりました。また、樹皮付きチップ（樹皮の割合が 割程度のチップ）も疎水材として使用できます（2000 年指導参考事項）。

カラマツチップは疎水材として有効なうえ、北海道各地に供給可能な資材であり、使用量が増加しています（図）。今後増えてくると考えられるトドマツ間伐材や、土木工事、台風などの森林災害で出てくる抜根、流木（針葉樹）も粉碎し暗渠疎水材として使えます。



道営事業によるカラマツチップ使用量

※北海道水産林務部木材振興課調べ

## 3.6 チップ・粉碎物

### 3.6.2 木質系マルチング材

カラマツには、雑草防除作用など園芸資材として適した性質があります。樹皮や抜根なども利用することができます。

#### ◆カラマツのマルチング材としての特徴

カラマツの材や樹皮には、雑草に対する強い発芽・生長抑制作用が見られます(写真 1)。含まれているフェノール類、その他の抽出物や、木質の浸透圧、吸

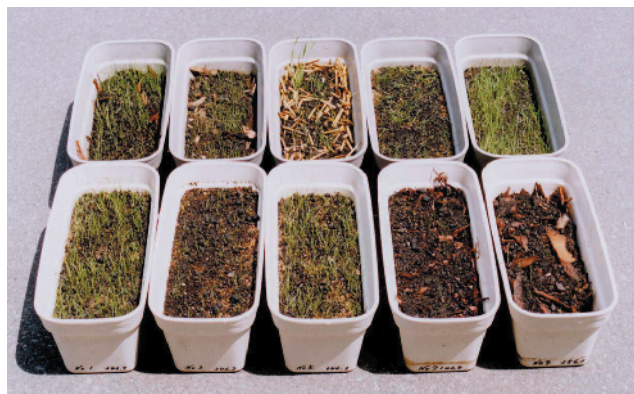


写真 1 発芽抑制作用の検証  
(木質類：黒土 =1: 1(体積比))

左上から：スギ樹皮，広葉樹樹皮，麦稈<sup>ばっかん</sup>，籾殻<sup>もみがら</sup>，黒土  
左下から：エゾマツ・トドマツおが粉，カラマツおが粉，  
スギおが粉，カラマツ樹皮，トドマツ樹皮

水力が影響しているようです。この作用を活用することで、雑草防除を目指した効果的なマルチングが期待されます。

#### ◆いろいろな木質系マルチング材

林産試験場では、カラマツのチップを木タール(木材の熱分解物)と混合して飛散しにくくしたり、チップを熱処理して(写真 2)、耐久性、景観にも優れたマルチング材を開発しました。



無処理      250℃・10分間処理      300℃・10分間処理

写真 2 熱処理したチップ

(成分利用科)

#### マルチング材とは

近年高まる自然志向から、花や緑と同時に天然材料を積極的に組み込んだ公園の施工が進められています。そのなかで、木質系のマルチング材(土壌被覆材)は、雑草の防除、地温の安定、病害虫の発生抑制などを目的として、畑や公園の植物の周りに敷設する材料として注目を集めています(写真)。

カラマツのマルチング材は、最終的に土に還るため、環境にやさしい園芸資材といえます。また、材以外の樹皮や抜根などの廃材もマルチング材として利用可能なため、さらに木質資源の有効活用の幅が広がります。



公園内のチップの遊歩道



樹木の周りに敷設された状況



カラマツなどの木質系敷料は、水分に関わる性能に優れ、利用が広がっています。

#### ◆木質系敷料の特徴

敷料（家畜の敷きわら、寝わら）に要求される性能の中で最も重視されるのが水分に関わる性能と言えるでしょう。木質系敷料（写真1）は水分を吸着しやすいため保水性能が高く、形状が崩れにくい透き間が多く、保持できなかった水分は素早く流れて表面にたまらないなどの点で優れています。

このほかにも木質系敷料には、家畜の安楽性や悪臭低下作用などに優れるという長所があります。



写真 1 木質系敷料

#### ◆木質系敷料の種類

木質系敷料の種類は、工場副産物と製品に大きく分けられます。工場副産物は、木材を加工する際に不要な部分や削り代として得られるもので、樹皮（バーク）、鋸屑、チップダスト、カッター屑（プレーナー屑）などがあります。カラマツ梱包材工場では鋸断回数が多く、鋸屑も多く産出します。製品は、丸太や背板などを専用機械で加工して得られるもので、おが粉とカールマット（木材を斜めにスライスし、厚さ3mm程度の楕円形としたもの）があります。

敷料には、一部の南洋材を除いて樹種に関係なく利用できますが、広葉樹は比較的価格が高いため、カラマツなどの針葉樹が多く利用されています。また、

これらの木質系敷料は製造方法、原料にする原木の太さ、樹皮の混入割合、伐採時期、加工までの保管期間などによって性能が異なります。

カラマツ樹皮のみを敷料原料とする場合、樹皮中に存在する細かい棘（スクレレイドと呼ばれる厚壁細胞）が刺さる可能性もあるようですので注意が必要です。樹皮付きカラマツを加工したおが粉はスクレレイドが切削されているため、棘の問題は起きにくくなります。

#### ◆堆肥化と水分調整

敷料は使用後、糞尿とともに発酵させて堆肥として農地に還元することができます。

堆肥化の際の適正な水分は65～70%程度です。これは発酵のための空気（酸素）を十分に与えるためにも重要なことです。したがって、敷料として限界まで使用した水分85%程度のものには、おが粉などの水分調整材を加えて堆肥化する必要があります。

木質系敷料は適正に堆肥化を行った場合でも、木材の分解が遅いため形状は残りますが、堆肥は土壌の通気性や透水性などの改良効果ももたらすので、問題とはなりません。適正な1次発酵を含め6か月程度堆積することで、生育阻害物は分解され腐熟します。

また、木材が分解されにくいことを利用したのが戻し敷料（堆肥敷料）です。適正な堆肥化により有害な菌は死滅するため、再利用における衛生上の問題はありません。

（再生利用科）

#### 敷料あれこれ

敷料として求められる性能は、家畜にとっての安楽性や安全性、農家の作業性や経済性、衛生面に優れること、堆肥化しやすいことなど多様です。そのため農家によっては、異なる敷料を併せて使う、使い分ける、優先させる性能に合ったものを使用する、などの工夫をしています。

家畜の種類や地域の実状に合わせて、わら（麦稈など）や籾殻、牧草に加え、木質系敷料（おが粉や樹皮）などが使用されています。最近では、木質系敷料の良さが理解されてきて利用が増えています。

2004年11月に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）」が完全施行され、農家には糞尿対策が義務付けられました。今後も木材は、敷料としての需要が増えることが予想され、その供給体制の確立が必要とされています。



カラマツおが粉は、タモギタケなどの栽培に用いることができます。  
適用できるきのこの種類の拡大が期待されています。

### ◆タモギタケの培地として

林産試験場の開発品種を用いたタモギタケの栽培結果を表 1に、道内企業によるカラマツを用いた実生産の様子を写真 1に示します。カラマツおが粉単独では、ダケカンバおが粉より栽培期間がやや延びるものの収量はダケカンバと同等でした。さらに、カラマツおが粉に消石灰を培地重量の 0.2%添加すると、ダケカンバおが粉に比べ収量が 20%増加しました。

カラマツおが粉は、タモギタケ培地として十分に使用可能であると考えられます。

表 1 タモギタケの栽培結果  
(1990年代後半実施)

| おが粉の種類 | 消石灰 <sup>注)</sup><br>(%) | 収量<br>(g/瓶) | 収量比 | 栽培日数<br>(日) |
|--------|--------------------------|-------------|-----|-------------|
| ダケカンバ  | 0                        | 79.4        | 100 | 18.2        |
| カラマツ   | 0                        | 79.1        | 100 | 20.1        |
| カラマツ   | 0.2                      | 95.9        | 121 | 18.9        |
| トドマツ   | 0.2                      | 73.0        | 92  | 23.1        |

注) 培地重量当たりの添加率



写真 1 タモギタケの企業生産

### ◆「えぞ雪の下」(野生型エノキタケ)の培地として

培地添加物として米ぬか 85g 水分64%の条件でカラマツおが粉を用いたところ、850ml容栽培瓶当たり 180gの収量が得られ、培地として十分に使用可能と考えられます。写真 2は試験時の発生状況です。



写真 2 「えぞ雪の下」の発生状況

表 2 道内の食用きのこ栽培における  
おが粉の使用状況と試験結果

| きのこの種類 | 主に使用されている<br>おが粉 | カラマツおが粉            |                    |
|--------|------------------|--------------------|--------------------|
|        |                  | 生産事例 <sup>1)</sup> | 栽培試験 <sup>2)</sup> |
| タモギタケ  | 針葉樹              | ○                  | ◎                  |
| えぞ雪の下  | 針葉樹              | ○                  | ◎                  |
| エノキタケ  | 針葉樹              | —                  | △                  |
| ナメコ    | 広葉樹              | —                  | △                  |
| ヒラタケ   | 針葉樹              | —                  | ○                  |
| マイタケ   | 広葉樹              | —                  | ×                  |
| ブナシメジ  | 針葉樹              | —                  | ○                  |
| 菌床シイタケ | 広葉樹              | —                  | —                  |

1) ○：生産が行われている，—：生産は行われていない

2) ◎：実用性が高い，○：使用可能，

△：条件により使用可能，×：使用困難，—：検討中

(生産技術科)

### カラマツの散水处理と利用に適した品種の育成

カラマツおが粉は、安価で入手しやすい材料として、北海道内ではきのこ生産の一部に使用されています。紹介した事例は無処理のおが粉で行いましたが、カラマツに多く含まれているフェノール成分等の抽出物(ヤニなど)はきのこの生育を阻害することがあるので、商用生産に使用する場合は 6ヵ月以上屋外散水堆積した後栽培すると生育が良くなります。

当該を含む試験研究機関の過去の結果では、カラマツおが粉を十分に散水堆積して、阻害成分を除去することで、ヒラタケ、ブナシメジが栽培できることが分かっています。条件によってはエノキタケ、ナメコも栽培できます(表 2)。

これまで針葉樹のおが粉は、エゾマツ・トドマツの混合物を利用することが主流でしたが、きのこの菌種を限定すればカラマツも十分に利用可能と考えられます。さらに、当該では新しくブナシメジやマイタケにおいてもカラマツを培地に利用できる品種の育成に取り組んでおり、今後、カラマツおが粉の使用量が増えると期待されます。

## 3.7 成分利用

カラマツの心材からは、タキシホリンなどの有用な成分が効率的に得られます。樹皮の成分を接着剤として利用する検討も行いました。

木材にはセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主要3大成分に加えて、抽出成分などの少量の成分も含まれています。抽出成分は、木材をアルコールなどの有機溶媒や水で抽出することで得られます。カラマツ心材中に含まれる抽出成分としては、ポリフェノールの仲間であるタキシホリンと多糖類（グルコースなどの糖がつながったもの）の仲間であるアラビノガラクトンがあります。そして、カラマツ樹皮中にはフェノール性成分が多量に含まれています。これらの資源を効率的に抽出し、その用途を提案することがカラマツ全体の高付加価値化につながると考えています。

### ◆タキシホリンの利用

タキシホリンには酸化防止、活性酸素低減、紫外線吸収、アンモニア吸着といった有用な機能があり、食品や化粧品などへの利用が考えられます。

タキシホリンの特徴としては、アセトン、エタノールに容易に溶けると同時に、水に対しても比較的溶けやすいことが挙げられます。構造が似た化合物であり、同様の機能を持つケルセチンがほとんど冷水



写真1 タキシホリン粗抽出物（左）と精製タキシホリン（右）

に溶けないのに対してタキシホリンは水（室温）に0.25%程度、熱水には13.5%程度溶解します。

写真1はカラマツ心材のアセトン抽出液を濃縮しただけの粗タキシホリン（左側）と精製、結晶化したタキシホリン（右側）です。カラマツ心材はタキシホリン濃度が高い上（2%程度）、他の成分があまりアセトンに抽出されないため、容易に結晶が得られます。

### ◆アラビノガラクトンの利用

アラビノガラクトンには、高い保湿性能（水分を保持する）、食感改良性能（ケーキやパンなどのスポンジ

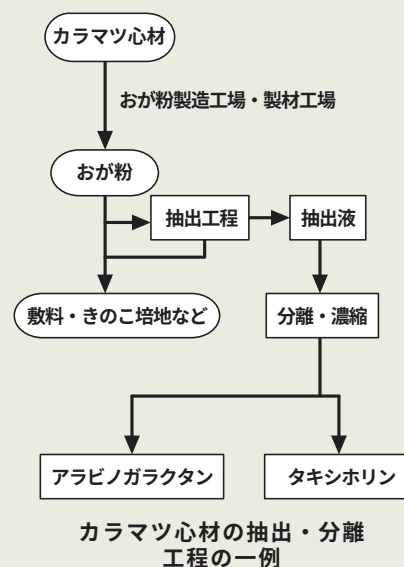
### 抽出残さも資源となります

抽出成分の利用を考えるうえでの課題として、抽出原料の確保があります。また、原料は粉体であることが望まれます。

原料供給量や供給体制について調査を行った結果、カラマツの製材量が多い十勝・網走地方では、近年、敷料不足などからおが粉の需要が高まっており、おが粉生産量、おが粉製造工場数（2003年3月現在北海道内に44工場）の増大が見込まれます。このことは抽出原料の入手と同時に抽出残さの用途を考えるうえで有利な状況です。これに製材工場から生じるおが粉も含めると、抽出原料として十分な供給量が期待されます。

植物中には薬理作用、芳香など様々な有用成分が含まれていますが、工業的規模で抽出・単離されている例は極めてまれです。これは、含有量が低すぎることや不純物が多い、分離しにくいといった理由で、経済的に見合わないためと考えられます。

カラマツ心材の場合、おが粉を抽出原料としてアラビノガラクトンとタキシホリンが得られ、抽出処理によって生じた残さを敷料等として利用することで、効率的に資源の利用ができます。



をきめ細かくする)、氷晶防止性能(氷の結晶ができるのを防ぐ)、増粘・結着性能(ゼリー状にする、保水力や弾力を向上する)など多くの機能があることから、パンやアイスクリームなどの食品や工業用原料への利用が可能であり、現在アメリカからの輸入品も市販されています。

アラビノガラクトンのカラマツ心材中における含有量率は5～7%とされ、冷水で容易に抽出できます。写真2はカラマツ心材の水抽出液から得られた粗アラビノガラクトンと市販の精製アラビノガラクトンです。



写真2 粗アラビノガラクトン(左)と精製物(右)

### ◆カラマツ樹皮による接着剤の製造

カラマツ樹皮は、土壌改良材等としての需要も少なくありませんが、貴重な森林資源として、より付加価値の高い利用方法が望まれています。カラマツ樹皮抽出成分は、熱水に20～25%程度、アルカリ水溶液に50～60%溶出されます。溶出した成分のうち50～60%はフェノール性成分で、接着剤として利用可能です。

林産試験場ではこのフェノール性成分に着目し、1980年頃に樹皮の抽出成分から合板やパーティクルボード等に用いる木材用接着剤の製造を試みましたが(2.4接着・塗装技術コラム参照)。製造方法としていくつかの方法を検討しましたが、ここでは全濃縮法(図1)を紹介します。この方法は工程が単純だけでなく、収率が高く、廃液処理の必要がないという利点があります。全工程で排出されるのは、樹皮抽出残さと濃縮時に出る水のみとなります。

#### ①接着剤の性能評価

接着剤の性能評価として、合板とパーティクルボードの製造を行い、JIS(日本工業規格)により接着

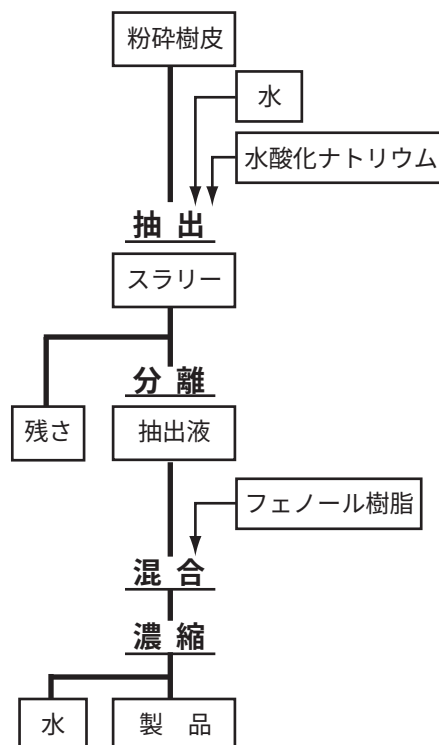


図1 全濃縮法の工程

性能を試験しました。その結果、全濃縮法で得られた接着剤は市販フェノール樹脂接着剤と比べ性能はやや劣りますが、JIS、JAS(日本農林規格)における接着性能基準を満たすことが分かりました。

接着性能を向上させるための製造条件もいくつか検討し、性能が良く取り扱いの容易な製品の製造が可能でしたが、工程が煩雑になるなどの課題も生じました。

#### ②接着剤の経済性

製造コストを、原料費、固定設備費、人件費など一定の算出基準を基に試算しました。その結果、自工場で排出する樹皮を原料として、アルカリ抽出物から自家消費する接着剤を生産するパーティクルボード工場を想定した場合、フェノール樹脂を自家生産するよりも有利になるケースもあるということが示されました(試算例：カラマツ樹皮重量：水の重量＝1：5 接着剤年間生産量3,000t以上で140円/kg)。

(化学加工科)



## 3.8 炭化物

木材をある条件の下で加熱すると、有害な物質の吸着など新たな機能を持つ炭化物が得られました。

間伐材を含む人工林材利用分野の拡大を目指して、林産試験場では燃料用途以外の新しい機能を持つ炭化物を開発するための検討を行ってきました。以下に示す例では主にトドマツ材を用いていますが、カラマツ材も同様に利用できます。

### ◆油吸着材

1990年代に当場で開発した油吸着材(写真1)は、トドマツファイバー(繊維)を原料として、燃え出さないよう酸素を少し窒素で置き換えた状態



写真1 油吸着材

で、350℃付近で約15～60分処理することで製造しました。この油吸着材は、水を吸わずに油だけをよく吸着するという性質を持っています。

油吸着量を調べると、粘度の高い油以外では、自重に対して約19～29倍もの油を吸着しました。カラマツ材を原料とした場合は、トドマツ材に比べてファイバーの長さが少し短く、かさ密度(1Lの容器に入る重量)が少し大きいために、トドマツより油吸着量が少し小さくなりますが、十分に使用できます。

油吸着材の製造方法と製造装置については、1996年に特許を取得し実用化を進めました。さらに、油吸着材をポリプロピレンの不織布の袋に入れてマット状に加工したものを、2000年に民間との共同研究で製品化しました。この製品は、運輸省(現国土交通省)



写真2 油吸着材の河川での使用例

海上保安庁の油吸着材の型式承認試験に合格し、主に河川や海上における油流出事故の処理等に利用されています(写真2)。

### ◆アンモニア吸着材料

アンモニアは主にトイレ、生ゴミ処理機、ペットのし尿、畜舎から生じる悪臭の主要成分で、工場等で排出する場合には規制対象となる物質です。そのため、アンモニアを除去する様々な吸着剤が市販されています。当场では2000年に、木材を原料としてアンモニアやアミン等に対し活性炭を上回る高い吸着性能を持つ吸着材料を開発しました。

この材料は、木材を酸素を含む条件下、300℃付近の温度域で熱処理することにより得られます。木炭にあるような小さな孔は見られませんが、多量の活性官能基(カルボキシル基、ラクトンなどのアンモニアと結合しやすい化学構造)が生成されるため、化学的な性質で吸着剤としての性能を発揮します。

図1にアンモニア吸着試験結果の一例を示します。アンモニア濃度を約100ppmに調製したガラス容器中に吸着剤を入れ、アンモニア残存率を経時的に測定

### 炭化条件について

木材を乾留(蒸し焼き)状態で、400℃以上に加熱して得られた材料を狭い意味で炭化物(木炭)と呼びます。一般的には、500～800℃に加熱し<sup>かま</sup>窯の中で冷却して製造した木炭を黒炭、800～1,200℃に熱して窯から出し、消し粉(火を消すための白い湿った粉)をかけて急冷して製造した木炭を白炭と呼びます。

400℃未満の熱処理で得られた材料も広い意味では炭化物と呼びますが、ここでは区別して熱処理物と呼ぶことにします。木材は250～400℃で急激に熱分解し、冷却したときに木酢液になる成分とガスが発生します。したがって、熱処理物を製造する場合、装置の温度制御が重要になります。

熱処理物は製造過程の温度条件と周囲の条件(酸素濃度)、処理時間によって、得られる材料表面の物理的・化学的性質が異なります。そのため、従来の炭化物では考えられない新たな用途も生まれました。

しました。その結果、対照として用いた市販活性炭では、試験開始後30分の残存率が約5.5%で、4時間経過後ようやく約1%となりました。一方、酸素を含む条件下、300℃で処理した材料では、試験開始後30分でアンモニア残存率は1%以下となり、その後は測定限界以下となりました。

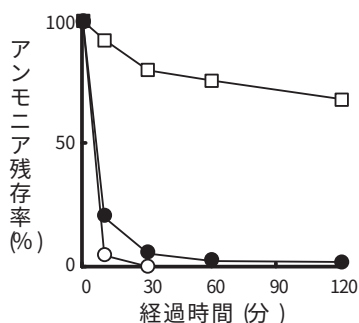


図1 アンモニア吸着試験結果

凡例：□：トドマツ材・無処理  
○：トドマツ材・酸素を含む条件下、300℃処理  
●：活性炭

## ◆イオン交換材料

イオン交換材料は、水の浄化・精製、固体酸触媒等として工業用水、排水等に用いられています。現在市販されているイオン交換材料は、樹脂製であることから使用後の廃棄方法が重大な問題となっています。

当場では、アンモニア吸着材料と同様の熱処理方法によって、木材にイオン交換材料としての性質も付与できることを明らかにしました。植物由来の材料なので、廃棄時の処理が容易になると思われることから、樹脂製の代替材料として期待されます。

イオン交換材料としての性能を示す酸性官能基量を測定した結果、市販イオン交換樹脂と同等の官能基量が認められました。次に、実際に金属イオン処理試験を行った結果、十分な性能を持つこと、再使用可能であることが分かりました。

## ◆液化物への変換

酸素を含む条件下、250～300℃で熱処理した木粉(写真3)には、所定の化学処理によって液化する性質が認められました。これは、熱処理した木粉を常温・常圧下、アミンの蒸気ガスと反応させることによるもので、写真4のように黒褐色のペースト状の生成物が得られます。この生成物を水で薄めてろ過した場合、ほとんど残さがないことも確認されました(図2)。



写真3 熱処理した木粉

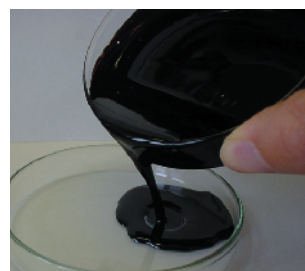


写真4 液化処理後

木材から直接液化する場合には、一般に触媒と液化溶媒、100～200℃程度での加熱が必要になります。この技術では、簡易な熱処理に加えて、室温に近い温度で液化処理できることが特徴です。得られた液化物は、生分解性樹脂原料、燃料等としての利用が期待されます。

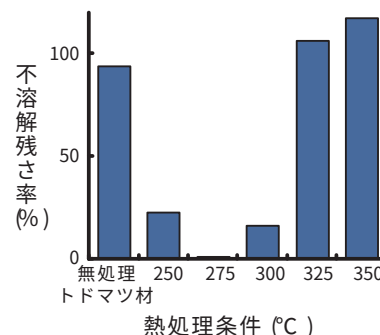


図2 液化処理試料の不溶解残さ率と熱処理条件との関係

(利用部主任研究員、化学加工科)

## 木酢液

木酢液は黒炭でも白炭でも、炭化温度が420℃以下で出てくる煙を冷却して得られます。炭化窯では実際の炭化温度は測りにくいので、排煙温度で炭化温度を推定し80～120℃の時に木酢液を採取します。早く採取しすぎると、収率は良くなりますが、水分を多く含んだ薄い木酢液になります。高い温度で採取すると発ガン性のある3,4-ベンツピレンが混じってしまいますので、避けなければなりません。得られた木酢液はまだ熟成や分離が進んでいないので、粗木酢液と呼ばれます。これを約1月から1年貯蔵すると、上から油、木酢液、木タールの3層に分かれます。木酢液が全体の70%以上を占めるのが一般的です。

## 3.9 エネルギー利用

従来からの薪や木炭などに加えて、環境に対する意識の高まりから、ペレット燃料が再び注目されています。

### ◆燃料用木炭

木炭は近年その多孔質な性状による有害物質の吸着性や調湿性が注目され、土壌改良材や住宅用調湿材などの環境資材としての需要が増加していますが、本来燃料として庶民に広く愛され、使用されてきました。

木炭は無煙で燃焼し、発熱量は 1gあたり 7,000cal と薪の 4,000cal と比べて値が大きく、燃料として優れた特徴を持っています。また、燃やした際に波長が 2～5μm の遠赤外線を多く発生し、燃焼ガスが無臭で水分が少ないので、焼鳥やウナギの蒲焼きなどの焼き物料理に適しています。

木炭といえばウバメガシを原料とした備長炭が有名ですが、最近は東南アジアから輸入されたマングローブ炭がバーベキュー用としてホームセンターなどで売られています。マツ炭は、灰分が少ないこと、軽く、風を送れば火力がグッとあがることから、刀鍛冶に用いられていたようです。

下川町では 1981 年からカラマツ人工林材を原料とした木炭の生産に取り組んでいます。当初は「灰もちが悪い」「カラマツの炭なんて扱ったことがない」と言われていました。しかし、カラマツ木炭の「灰もちが悪い」という欠点を「短時間で燃え尽き、後始末が楽である」として、アウトドアレジャー用にコンロを兼ねたブリキ缶に木炭とたき付けなどをセットにして売り出したもの（写真 1）が大ヒットし、全国的に有名になりました。



写真 1 バーベキュー用の木炭セット

### ◆ペレット燃料

ペレット燃料とはおが粉などの粉碎物を圧力と熱で、直径 6～8mm、長さ 2cm 程度の円筒状に成形した

燃料です。発熱量は 1gあたり 4,000～5,000cal と乾燥した薪とあまり変わりませんが、かさ密度が 0.5～0.7kg/L と高く、効率的に運搬・貯蔵することができます。

おが粉を成形した燃料としては、ほかに日本で考案されたオガライト（オガタン）があります。従来の薪ストーブをそのまま使用でき、水分が少ないなど燃料として優れた性質を持っていましたが、より扱いやすい灯油等の液体燃料に駆逐され、今ではほとんど生産されていません。

ペレット燃料はオガライトに比べて粒径が小さいので、微妙な温度調節が可能です。専用のストーブ（写真 2）などを使用すれば、灯油ストーブと同じような自動運転も可能で、地球環境に優しい住宅暖房用燃料として注目されています。



写真 2 輸入ペレットストーブ

2005 年現在、使用されているペレット燃料は海外から輸入されたホワイトペレットと呼ばれるものが主体です。これはヨーロッパパトウヒなどの針葉樹の材部のみを原料としたもので、灰分が少ないため後始末が楽で、灰が固まって燃焼障害を起こすことも少なく燃焼も安定しています。

林産試験場ではカラマツ・トドマツなどの北海道産樹種を原料としてペレット燃料の試作を行い、その性質を調査しました。おが粉を原料としたものは、灰分も 0.3% と低く、輸入ホワイトペレット（1% 以下）と遜色ない性質を持つことが明らかになりました。

2004 年 1 月より滝上町の企業ではトドマツおが粉を原料としたペレット燃料の商業生産に取り組んで



います。また、足寄町木質ペレット研究会では2003年に小型のペレット製造機を導入しカラマツを原料としたペレット燃料(写真3)の製造試験を行っており、企業化が期待されています。



写真 3 カラマツペレット燃料

ては最も蓄積量が多く、全国平均の2.倍の灯油を消費している冬季の家庭用暖房の熱源としておが粉などの製材副産物を利用できれば、森林資源による二酸化炭素固定機能と相まって、地球温暖化対策に大きく寄与することができます。

カラマツなどの木質系バイオマスのエネルギー利用に関しては、ここに紹介した単純に燃やして熱を得る方法のほかに、その熱を利用した発電や、高温高压処理による液体燃料への変換、ガス化などがあります(図1)。

### ◆温暖化対策の視点から

1997年の地球温暖化防止京都会議(COP3)以来、温室効果ガス(二酸化炭素、メタンなど)の削減は、世界的な課題となっています。木材は水と二酸化炭素から光合成によって作られる再生可能な資源です。石油や石炭のような化石燃料の代替として、計画的にエネルギー源として活用できれば、二酸化炭素削減効果が期待できます。

カラマツは北海道内の人工林材とし

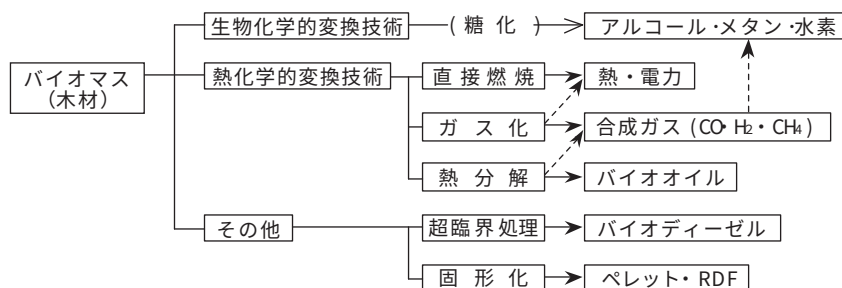


図1 木質系バイオマスのエネルギー変換技術

(物性利用科)

### バイオマス発電の可能性について

カラマツなどの木質バイオマスのエネルギー利用としてバイオマス発電が有望視されています。秋田県能代市では2003年に総事業費14億円をかけ、発電出力3,000kW、蒸発量34t/hの蒸気タービン方式のバイオマス発電施設を建設しました。蒸気タービン方式のバイオマス発電を検討する場合、施設が大規模となるためより安いバイオマス原料をいかに大量に確保するか、と余剰に発生する膨大な熱をいかに活用するか、が大きな課題となります。能代市の事例では、バイオマス原料については周辺の製材工場等から発生するスギ樹皮などを廃棄物として手数料を取って調達しており、余剰に発生する熱については隣接するボード工場に蒸気として供給しています。しかし北海道内で同条件で立地可能な地域は限られていると予想されます。それに対し、木質バイオマスをガス化し直接エンジンを回して発電を行うガス化発電は小型化も可能とされています。そこで当場では2003年から、小型コジェネレーション(電熱併給)システムのためにガス化発電の検討を行っています。



試作したガス発電装置

- ・カラマツの現状と将来
- ・カラマツに関する  
林産試験場の研究



## ◆環境資材としての木材

環境資材としての木材の役割が今後ますます重要になります。地球温暖化の原因物質である二酸化炭素は確実に増加しており、主として熱、動力や電気といったエネルギーを得るための化石燃料によって発生しています。したがって、エネルギーを得るために使用するものほど二酸化炭素放出量が大きく、地球環境に対して負荷が大きいことになります。

木材はそのような資源の中で特殊な位置にあります。樹木は大気中から二酸化炭素を、地中から水を吸収し、太陽エネルギーで樹幹内に炭素化合物を固定したものです。最終的に焼却もしくは腐朽などを経て二酸化炭素と水という振り出しに戻るだけです。一方、伐採された地で植栽と森林の管理が行われれば、新たな樹木として二酸化炭素の吸収固定が再開されることになります。すなわち、鉱物資源や化石燃料の消費は文字どおり「消費」ですが、木材資源は「生産につながる消費」ということになります。

炭素の収支を考慮したときに、木材を利用することによって以下の3効果が挙げられます。

- ・「炭素貯蔵効果」森林における二酸化炭素の固定、貯蔵と木造建築などにおける貯蔵
  - ・「省エネルギー効果」資材製造によるエネルギーが少ないことによる二酸化炭素の放出削減
  - ・「エネルギー代替効果」木材を焼却したときのエネルギーを有効利用しての化石燃料の消費削減
- いずれも木材を都市にストックされる資源としている点に特異性があります。

## ◆カラマツ利用技術開発の軌跡

上記のように木材利用の意義を地球規模の問題としてとらえる時代になってきていますが、カラマツ人工林材の利用という側面から林産試験場の果たしてきた役割は大きいものと自負しています。

当場の1960年代後半以降の歴史はカラマツとともにあったといっても過言ではありません。ここで、カラマツ利用技術に係わる歴史を当場の試験研究を中心に簡単に触れてみたいと思います。

戦後、成長の良いことからカラマツが人工林の植栽樹種として採りあげられましたが、主用途だった坑木の需要が石炭産業の衰退につれて減少しました。

新たな用途を開発しなければという60年代後半、カラマツに対する研究が若齢カラマツの材質を中心に始まりました。しかし、初期成長が非常に早いため若齢カラマツは低密度・低強度であるうえに、丸太も小径であり、心持ち材を製材しなければなりません。製材は割れや狂いが大きいといった、若齢で小径の針葉樹に共通の材質特性を示していました。これらの材質特性は信州産の高樹齢カラマツの既存データに比べて大きな差が存在するのは当然です。若齢人工林材の材質を高樹齢天然林材のそれと比較する形で発表した例が多かったため、カラマツ人工林材は低質で使い物にならないという先入観が広まってしまいました。マイナスイメージは、一度定着するとなかなかぬぐい去ることができません。この使いにくい性質はあくまで造林初期の一時期の問題で、ある程度の年月を経たカラマツ材は品質が向上し使いやすいものになるといっても、その不評はそのまま残ったように思われます。

70年代後半頃から大学や工場などの研究機関や一部業界で、新しい材料としての小径カラマツ材を乾燥する、切削する、接着するなどといった、いわば要素加工技術の研究開発に取り組み、大きな成果をあげました。加工に必要な要素技術はほぼ完成しましたが、カラマツを使った製品が世に出てこない、あるいは出てきても長続きしないという状態でした。

当時外国産針葉樹材の輸入が盛んで、これに加えて天然林からのエゾマツ・トドマツ製材との競合がありました。カラマツ製品は製材の段階にとどまっていたのは大きな需要拡大は難しいのではないかと考えて、集成材や合板・LVL(単板積層材)などの2次加工製品の開発に研究の方向がシフトしていきました。

また、そのころから木造住宅を始めとして、住宅の高断熱、高気密化に関心が高まり、それに適した工法や部材・部品の提案がされるようになりました。

小径のカラマツを高度利用する上で人工乾燥、縦継ぎ、幅はぎ接着などは不可欠で、コストアップは避けられません。当场では、販売価格の高い2次加工製品にすることでコストを吸収できないかと考えて、カラマツ材を利用した屋根トラスや箱型梁等のほか壁材、断熱ドアなど住宅部材の開発を進めてきました。

これらの成果を生かしたモデル的な建物が、厚岸



林務署庁舎(現釧路森づくりセンター)を始めとして北海道内各地に建設されました。20年以上経った現在もビクともしていません。カラマツを使っても問題がないことが見事に実証されています。これらのモデルは、提案した技術や製品が良くても悪くても、道内木材関係業界の方々に見ていただき、各社の技術でさらに改良し、コストダウンするための、いわばたたき台になることを願って建設されたものでした。見学者は多かったのですが、当時は一部の人を除いて技術的関心をあまり喚起しなかったようです。

中小径材の有効利用をねらった一連の試験研究は、この時点で一段落したものと考えてるのが適切ではないかと思います。

80年代の後半に入り中径材も多く生産されるようになってきましたが、需要の大勢を占めるべき住宅需要はほとんどなく、カラマツをダンネージなどの輸送用材や箱・パレットなどの梱包材こんぼうに使用する動きが盛んになってきました。この中で、生産体制から販売まで独自技術を打ち立てたカラマツ梱包材業界の誕生は特筆すべきものです。

90年代に入ると少しずつ大径材と呼ばれるものが出てくるようになりました。ただ、これらの大径材は林縁木や孤立した残存木が大半で、良好な環境の中で育った大径木ではないものが大半でした。大径材だからうまく使えば高品等材が生産できるだろうと期待されたのは当然ですが、下枝が張って太い枝がたくさんあり、幹がやせた樹幹(うらごけ)のものが多いなど、製材してみると期待どおりにはいかなかったようです。

それから年月がたち、品質の良い大径材がある程度まとまって出材されるようになりますと、梱包材以外のより高付加価値な用途、特に住宅建築への用途が要求されるようになりました。当场では2000年代に入って大径材における乾燥技術と加工技術について検証し、それらの技術が大径材にも十分に対応可能であることを明らかにしました。

## ◆カラマツの将来展望

### ①育種・育林のあり方

人工林材としてトドマツやアカエゾマツなど他の樹種と比較しても、優れた面を持つカラマツの造林

は重要です。カラマツの優位性である材の成長や強度特性を持ち、若齢カラマツの欠点である幹の曲りや材のねじれなどについては改善されたグイマツ雑種 R が、今後の造林樹種として期待されています。

当场では1996年に、高樹齢大径材の典型的な例として同一林分で生育状況が異なった3本のカラマツ立木について、材質を比較した調査を行いました。当然、自然放置に近い状態でしたので、節等の欠点は多く存在しましたが、成長の良し悪しにより、その材質には明確な差異が認められました。すなわち、成長が良すぎると材質面ではあまり良くなく、一方、成長が悪いと材質面では良好になりますが、さらに成長が悪くなると被圧木になり材質面も悪くなりました。

カラマツはトドマツとは異なり、成長の良し悪しによって、密度や強度の樹幹内変動が大きく、産地間でも差異があります。そのため、用途側で要求される性能を満足するような育林をしなければなりません。すなわち、やみくもに高樹齢大径化していただくではなく、用途を意識して育林することが必要です。

工業材料としての適正な性能が保持される条件を抽出し、それに見合った方向で、林地の特性を生かすようなかたちで育林をしていくことが重要となっています。

### ②大径材の需要拡大への方策

最近の木材加工技術の進歩は目覚ましいものがあります。カラマツは硬いため手作業で切ったり削ったりするのは大変ですが、今はほとんど電動工具を使用しており、動力がどんどんアップし、さほど大きな障害ではなくなりつつあります。

あわせて、ねじれ、曲がり、割れなどの狂いは人工乾燥技術でほとんど解決できるようになりました。また、高断熱・高気密化住宅の普及とともに乾燥材の使用は当たり前になり、乾燥経費がカラマツを使ううえで大きな足かせにはなくなっています。大径材の生産量の増加、加工技術の進歩、使いにくさの解消など、カラマツ大径材にある程度は追い風が吹いていると思われます。

カラマツのみならず国産材全体が外材との競合で大きく水をあけられ、何年も前から円高、関税の引き下げ・撤廃などで外材との価格差がますます広がっています。また、多くの住宅が年間に何百棟も受注す

る大規模なハウスメーカーによって建てられている現状では、製材の大量安定供給の問題もあります。しかし、国際的な木材の需給関係が大きく変わってきていることなどから、今後状況は好転する可能性もあります。

これからのカラマツ大径材の需要拡大に向けて 2つの方法が考えられます。

第一は、地域のカラマツの生産量に見合う狭いエリアの中でカラマツを使う住宅を供給するシステムを作り出すことです。実際にカラマツの利点を認め、また、カラマツを使うことの必要性も理解している設計事務所や工務店があり、カラマツを主体にした住宅を年間 10棟程度建築している例が見受けられます。このような建築屋を地域の中に育てていく、彼らとの協力関係の中から彼らの使いやすい部材（新しい特殊なものであっても）供給などをしていくことです。

これまでカラマツを使って建てられた建物では、構造用材はもちろん大半の部材にカラマツを使っていることが多いようです。

第二は、大径カラマツ材が得意な分野の部材、例えば一般にカラマツはエゾマツ・トドマツやスギなどより強度性能が優れているので梁材や大引きなどに使い、エゾマツ・トドマツと混合で使っていくことです。本州ではスギ主体の住宅でも梁材には強度の高いベイマツを使う場合があり、カラマツの乾燥梁材が一部本州方面に出荷されている事実もあります。

エゾマツ・トドマツや外材と共通の土俵にカラマツが踏み込まなければならず、リスクも大きく、困難な問題も多いですが、カラマツの大量需要を考えると避けて通れない道です。これまでエゾマツ・トドマツとカラマツでそれぞれ専用工場と専属の流通経路があり、北海道は木材市場が小さく、同じ土俵という状況はなかなか作りにくいと思われます。

いずれの方向を取るにしても、カラマツ大径材を一つの柱とした新しい木材需要の流れを生み出すこ

とが重要です。

道東地方では、針葉樹合板用原木にカラマツ大径材が大量に使用されていますが、今後も大きな需要先として期待が持てます。

直接大径材の需要には結びつきませんが、最近の動きとして、工務店より建設戸数が多い地場のハウスメーカーでも、構造用材として積極的にカラマツを使っている例が見られます。また、新しい北方型住宅の推進の中で、地材地消型住宅の建設が求められており、カラマツを使った住宅の可能性が高まってきています。

### ③カラマツ材利用への展開

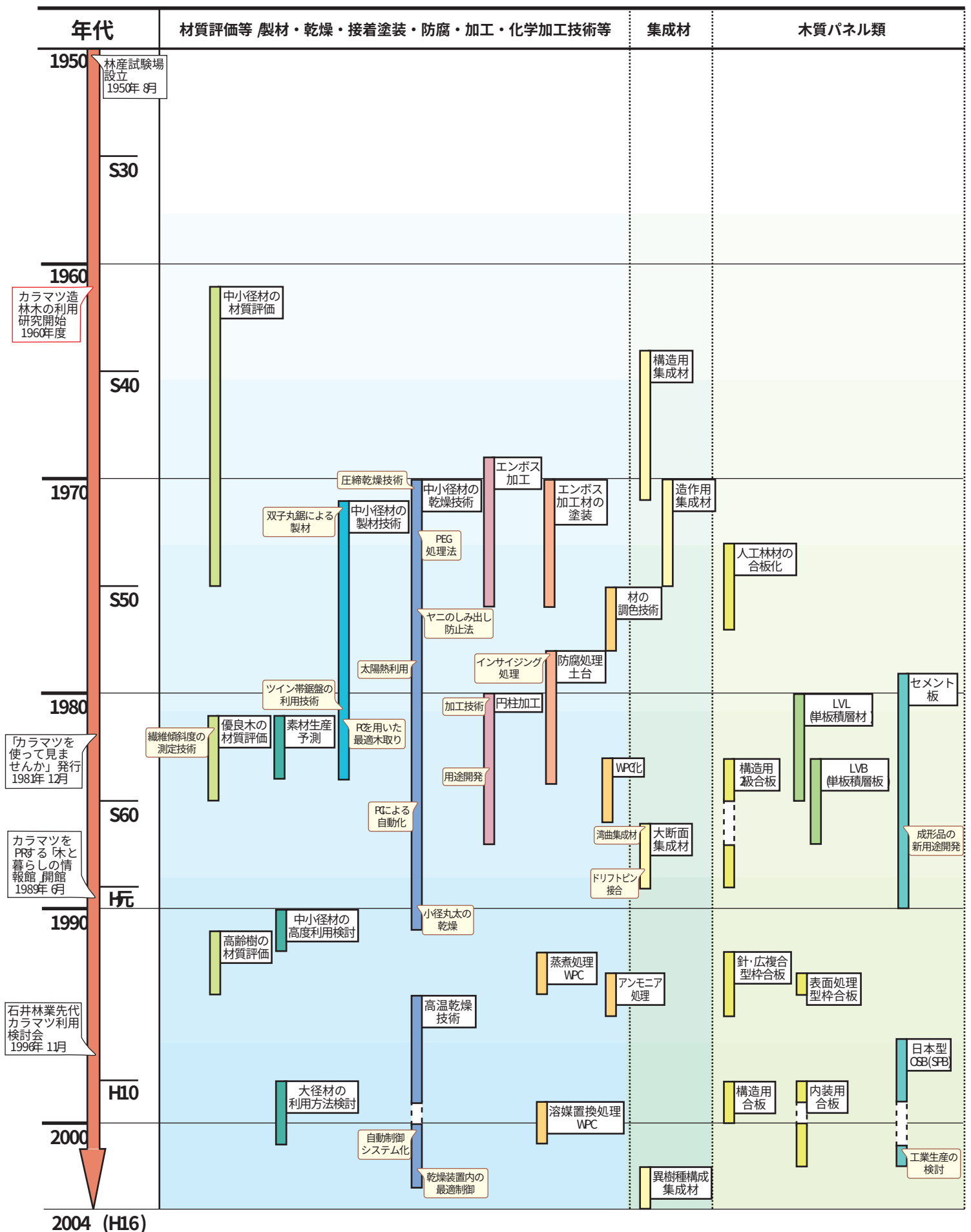
高樹齢大径カラマツ材の価値は計り知れないものがあります。大径材の最大の利点は、用途に応じた使い分けができることです。カラマツは樹幹内の部位によって性質がかなり変動します。大径材であれば、その変動を考慮して、構造用材、家具用材、集成材原板など、目的に見合った製材が可能です。

今後、カラマツは小径木のうちに枝打ちや適切な除・間伐を行い、大径化を目指して生産すれば、構造用材としての強度や材質面の性能は優れており、あわせて化粧的用途としての価値も高く、非常に有用な樹種であるといえます。

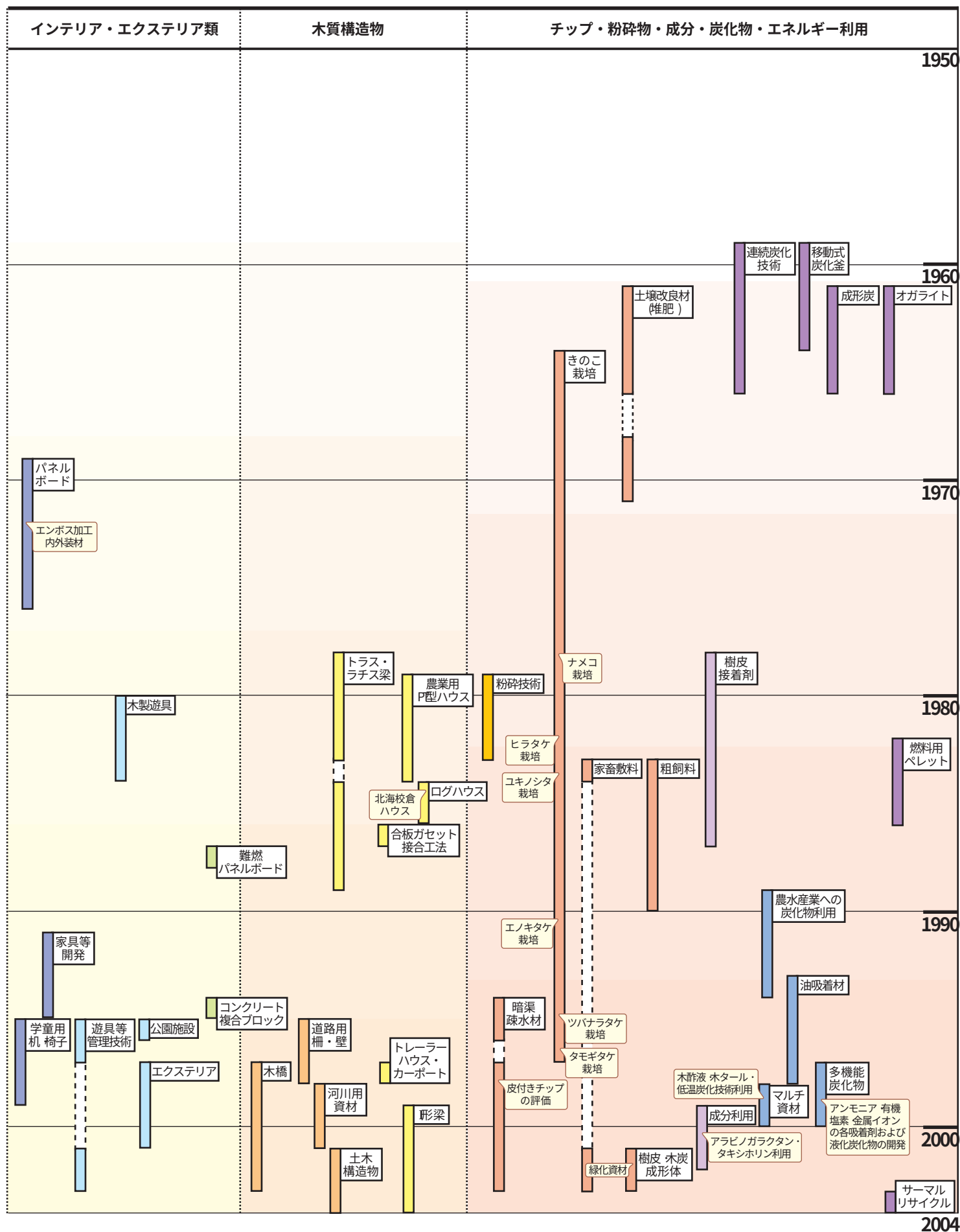
大径材といえども、その材が生産されるまでに除・間伐も含め、多くの中小径材が生産されてきます。むしろその量の方が大径材の量より大きく、中小径材の処理は従来と変わりません。当场では、それらの材を活用するための技術もすでに十分に蓄積しています。今後も、環境問題などを考慮し、新たな用途に向けた技術開発を行い、木材をより長い期間にわたり活用し、最終段階で二酸化炭素と水に分解させ、地球に戻すというプロセスに、関係業界の皆様とともに大きく寄与していきたいと考えております。

(性能部長)

# カラマツに関する林産試験場の研究







# 付 録

2.1表 JASの寸法規定 (P16)

| 構造用製材用         |       |     | (単位 mm)           |     |
|----------------|-------|-----|-------------------|-----|
| 区 分            |       |     | 表示された寸法と測定した寸法との差 |     |
| 木口の短辺<br>および長辺 | 仕上げ材  | 7未満 | + 1.0             | － 0 |
|                |       | 7以上 | + 1.5             | － 0 |
|                | 未仕上げ材 | 7未満 | + 1.0             | － 0 |
|                |       | 7以上 | + 1.5             | － 0 |
|                | 未乾燥材  | 7未満 | + 2.0             | － 0 |
|                |       | 7以上 | + 3.0             | － 0 |
| 材 長            |       |     | +制限なし             | － 0 |

| 造作用製材用         |       | (単位 mm)           |           |
|----------------|-------|-------------------|-----------|
| 区 分            |       | 表示された寸法と測定した寸法との差 |           |
| 木口の短辺<br>および長辺 | 仕上げ材  | 7未満               | + 1.0 - 0 |
|                |       | 7以上               | + 1.5 - 0 |
|                | 未仕上げ材 | 7未満               | + 2.0 - 0 |
|                |       | 7以上               | + 3.0 - 0 |
|                | 未乾燥材  |                   | +制限なし - 0 |
| 材 長            |       | +制限なし             | - 0       |

注：仕上げ材とは、乾燥後、材面調整を行い、寸法仕上げたものをいう。  
未仕上げ材とは、乾燥後、寸法仕上げをしないものをいう。

3.2.1表 JASの強度性能 (P36)

| 強度等級     | 曲げヤング係数 (GPa) |                                                                           | 曲げ強さ (MPa) |                                                                            |
|----------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|
|          | 0°            | 90°                                                                       | 0°         | 90°                                                                        |
| E50-F160 | 5.0           | 左の各等級共通<br>単板数が3の場合 0.4<br>単板数が4の場合 1.1<br>単板数が5の場合 1.8<br>単板数が6以上の場合 2.2 | 16.0       | 左の各等級共通<br>単板数が3の場合 5.0<br>単板数が4の場合 6.5<br>単板数が5の場合 9.0<br>単板数が6以上の場合 10.0 |
| E55-F175 | 5.5           |                                                                           | 17.5       |                                                                            |
| E60-F190 | 6.0           |                                                                           | 19.0       |                                                                            |
| E65-F205 | 6.5           |                                                                           | 20.5       |                                                                            |
| E70-F220 | 7.0           |                                                                           | 22.0       |                                                                            |
| E75-F245 | 7.5           |                                                                           | 24.5       |                                                                            |
| E80-F270 | 8.0           |                                                                           | 27.0       |                                                                            |

注：0° および 90° は表板の繊維方向と曲げ試験におけるスパンの方向の角度

## 参考資料

### 1.1 (P2-3)

- ・北海道水産林務部：“平成 14年度北海道林業統計”(2003).
- ・農林水産省統計情報部：“平成 14年度木材需給報告書”(2002).

### 1.2 (P4-5)

- ・北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会：季報，No.106(2002).
- ・北海道水産林務部木材振興課：“平成 15年度北海道集成材工場実態調査結果”(2004).

### 1.4 (P8-11)

- ・平川泰彦：“林木の材質検定法とその実際”，(社)林産種協会編 (2001).
- ・大島紹郎：日本林学会北海道支部論文集，17-22(2000).
- ・中川伸策：林業試験場研究報告，No.248 97-120(1972).
- ・(社)色材協会分析部会ほか：“色材の分析・試験法ハンドブック”(1986).

- ・深澤和三編：“樹木の年輪が持つ情報”，平成元年度科学研究費補助金(試験研究1)研究成果報告書(1990).
- ・高橋政治ほか 3名：林産試験場報，8(1)，14-20(1994).

### 1.5 (P12-13)

- ・木材工業編集委員会編：“日本の木材”，(社)日本木材加工技術協会(1966).

### 2.1 (P16-17)

- ・(社)全国木材組合連合会編：“わかりやすい品質・性能・表示マニュアル”(2002).

### 2.2 (P18-21)

- ・(社)北海道林産技術普及協会：“テクニカルノート No.5 木材乾燥(実務編改訂版)”(1992).
- ・(社)北海道林産技術普及協会：“テクニカルノート No.1 木材乾燥(基礎編改定版)”(1985).
- ・戸田正彦，前田典昭：林産試験場報，16(1)，7-14(2002).
- ・近藤佳秀：林産試だより，9月号，4-6(2002).
- ・北海道乾燥材普及協議会：“木材の人工乾燥技術・高温乾燥技術”(2004).

### 2.3 (P22-23)

- ・林野庁：“平成 15年度森林・林業白書”，(社)日本林業協会(2004).
- ・水産林務部木材振興課：“平成 15年度プレカット工場実態調査結果”(2004).

### 2.5 (P26-27)

- ・“木材工業ハンドブック改訂 4版”，独立行政法人森林総合研究所監修，丸善(2004).
- ・鈴木憲太郎：木材保存，21(3)，35-41(1995).
- ・北海道立林産試験場，北海道集成材工業会：“カラマツ材を用いた人道橋の実用化研究”，平成 13年度共同研究報告書(2002).

### 3.2.1 (P36-37)

- ・古田直之：林産試だより，5月号，7-10(2000).
- ・古田直之ほか 3名：林産試験場報，17(6)，14-22(2003).

### 3.2.2 (P38-39)

- ・日本繊維板工業会：会報 ファイバーボード・パーティクルボード，No.121(2004).

### 3.4 (P44-47)

- ・金森勝義：林産試だより，11月号，18-23(1994).
- ・石川佳生：林産試だより，3月号，1-3(2002).
- ・金森勝義：林産試だより，10月号，14-17(1998).
- ・葛西章ほか 5名：林産試だより，4月号，1-24(1995).
- ・石川佳生，金森勝義，大西人史：林産試験場報，9(6)，9-13(1995).

- ・松村博文：林産試だより，7月号，9-16(1990).
- ・石川佳生：林産試だより，9月号，1-4(1994).
- ・渡辺誠二ほか2名：木チップ舗装について，第44回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(2001).
- ・堀江秀夫：林産試だより，11月号，5-13(1999).
- ・山岸宏一ほか12名：林産試験場研究報告，74号(1985).
- ・堀江秀夫ほか3名：林産試験場報，12(1)，1-6(1998).
- ・青木光子：林産試だより，10月号，13-15(1999).
- ・窪田純一：林産試だより，11月号，4-7(2001).
- ・堀江秀夫ほか5名：林産試験場報，17(3)，1-7(2003).

### 3.5.1(P48-51)

- ・日本建築学会：“木質構造設計規準・同解説”(2002).
- ・日本建築学会北海道支部：“第29回研究会「ログハウスの現状と将来」”(1998).
- ・(社)北海道林産技術普及協会：“北海道倉ハウス”，ウッドイエージ特別号(1975).
- ・長谷川雅浩ほか3名：林産試験場研究報告，76号，1-22(1986).
- ・丸山武ほか3名：林産試験場研究報告，76号，23-44(1986).
- ・林産試験場プロジェクトチーム：林産試験場研究報告，72号，127-178(1983).
- ・北海道立林産試験場，株式会社サトウ：“木質トレーラーハウスの開発”，平成9年度共同研究報告書(1998).
- ・北海道立林産試験場，北海道立寒地住宅都市研究所：“道産材を用いたI形梁の製造試験と実用化”，平成11年度共同研究報告書(2000).
- ・北海道立林産試験場，北海道立寒地住宅都市研究所：“道産材を用いたI形梁の製造試験と実用化”，平成12年度共同研究報告書(2001).

### 3.6.1 (P54)

- ・津田真由美ほか9名：林産試験場報，11(2)，5-10(1997).
- ・津田真由美：木材工業，52(7)，330-335(1997).
- ・津田真由美：林産試だより，5月号，17-19(2001).
- ・佐藤真由美ほか4名：林産試験場報，17(1)，1-6(2003).

### 3.6.2 (P55)

- ・斎藤直人ほか6名：特許第3026206号(2000).
- ・竹花邦夫：林産試だより，10月号，2-4(2000).
- ・清水一：光珠内季報，No.109，1-5(1997).
- ・斎藤直人：林産試だより，3月号，1-3(2003).

### 3.6.3 (P56)

- ・(財)畜産環境整備機構：“家畜ふん尿処理・利用の手引き”(1998).
- ・北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム：“家畜糞尿処理・利用の手引き1999”，(社)北海道農業改良普及協会(1999).
- ・深澤和三：“樹体の解剖—しくみから働きを探る”，海青社(1997).

- ・大谷裕，中村源一：林業試験場研究報告，No.176，135-150(1965).
- ・藤原俊六郎：“堆肥のつくり方・使い方—原理から実際まで”，(社)農山漁村文化協会(2003).
- ・宿野部猛：センターだより，オホーツク農業科学研究センター，平成14年9月1日号(2002).
- ・北海道立滝川畜産試験場：“寒冷地における豚のバイオベッド方式”(2000).
- ・山崎亨史：林産試だより，11月号，1-4(2004).

### 3.6.4 (P57)

- ・米山彰造：林産試だより，5月号，20-22(2001).
- ・米山彰造：季報，北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会，No.103，32-38(2001).

### 3.7 (P58-59)

- ・水本克夫：木材工業，46(12)，606-610(1991).
- ・笹谷宣志：北海道大学農学部演習林研究報告，44(4)，1417-1434(1987).
- ・渡辺治夫：“樹皮の利用”，(社)北海道林産技術普及協会(1962).
- ・鷲野乾：New Food Industry，Vol.30，38(1988).
- ・中山勉ほか2名：特開平6-248267(1994).
- ・神原敏光ほか2名：特開平6-65074(1994).
- ・神原敏光ほか2名：特開平7-223933(1995).
- ・Cote, W.E. Jr. et al.: Holzforschung, 20, 178-192(1966).
- ・堀江秀夫：林産試験場報，15(5)，10-20(2001).
- ・窪田実：林産試験場研究報告，79号(1988).

### 3.8 (P60-61)

- ・本間千晶ほか4名：木材学会誌，46(4)，348-354(2000).
- ・本間千晶ほか3名：特許第3138749号(2000).
- ・本間千晶ほか4名：第11回日本MRS学術シンポジウム要旨集，33(1999).
- ・本間千晶ほか3名：特許第2987769号(1999).
- ・本間千晶ほか3名：第48回日本木材学会大会研究発表要旨集，520(1998).

### 3.9 (P62-63)

- ・岸本定吉：“木炭の博物誌”，(株)総合科学出版(1984).
- ・杉浦銀治：“炭焼革命”，(株)牧野出版(1992).
- ・炭やきの会編：“環境を守る炭と木酢液”，(社)家の光協会(1991).
- ・(財)北海道地域技術振興センター：“北海道の木質炭化物の現況とその利用”(1990).
- ・北海道経済部資源エネルギー課：“北海道の省エネルギー・新エネルギーノート”(2003).

### カラマツの現状と将来 (P66-68)

- ・北海道立林産試験場：“カラマツを使って見ませんか”(1981).



# インデックス

## あ行

I形梁 51  
 厚岸林務署庁舎 66  
 圧締 19  
 圧密化木材 40  
 油吸着材 60  
 アラビノガラクトン 58  
 暗渠 54  
 アンモニア 41  
 アンモニア吸着 58  
 アンモニア吸着材料 60  
  
 イオン交換材料 61  
 異樹種集成材 34  
 インサイジング 27, 53  
  
 AQ認証 26  
 液化 61  
 エクステリア 44  
 SPB 38  
 えぞ雪の下 57  
 枝打ち 6  
 エネルギー 63  
 エネルギー代替効果 66  
 MDF 39  
 L\*a\*b\*表色系 8  
 LVL 37  
 園芸資材 55  
 エンジニアードウッド 32, 51  
 延焼のおそれのある部分 47  
 遠赤外線 62  
 円柱材 49  
 エンボス加工 40  
  
 OSB 38  
 おが粉 56  
 雄ざね 40  
 温室効果ガス 63

## か行

加圧注入処理 26  
 ガードレール 53

開口部 29  
 外材依存度 4  
 家具 43  
 学童用机・椅子 43  
 ガス化 63  
 ガセット板 48  
 河川資材 53  
 型枠パネル 52  
 価値歩留まり 16  
 活性官能基 60  
 活性酸素低減 58  
 活性炭 61  
 カラマツ集成材 7  
 カラマツセメント板 46  
 カラマツ大径材 67  
 環境資材 62, 66  
 含水率 9, 34  
 含水率計 21  
 乾燥技術 67  
 乾燥材 67  
 乾燥心材 9  
 乾燥スケジュール 19  
 間伐施業指針 3  
  
 機械等級区分 13  
 基準曲げ強度 13  
  
 グイマツ雑種 F 11, 67  
 管柱 35  
 グレーディング 34  
 グレーディングマシーン 33  
  
 径級別挽き立て実績 5  
 削り代 17  
 建築構造用材 12  
 現場施工型 46  
  
 高温乾燥 18, 20  
 工場副産物 56  
 構造用合板 36  
 構造用集成材 12, 32  
 鋼板挿入型接合 48

鋼板添え板接合 48  
 合板用需要 4  
 コスト 6  
 小屋組トラス 49  
 梱包材 3, 67

## さ行

載荷乾燥 19  
 さか目ぼれ 22  
 雑草防除 55  
 砂防ダム 52  
 酸化防止 58  
 散水堆積 57  
 散布工 46  
  
 紫外線吸収 58  
 視覚障害者用誘導ブロック 39  
 敷料 56  
 仕口 23  
 資源背景 2  
 自然系接着剤・塗料 25  
 実大材 12  
 指定建築材料 51  
 集成材 27, 48  
 集成材用原板 5  
 修正挽き 20  
 住宅 35  
 樹皮付きチップ 54  
 準耐火建築物 28  
 準耐火構造 28  
 準不燃材料 28, 47  
 準防火地域 28, 47  
 省エネルギー効果 66  
 使用環境 33  
 蒸煮温度 19  
 蒸煮処理 18, 42  
 正面フライス削り 22  
 食感改良性能 58  
 心材 8  
 浸潤度 26  
 針葉樹合板 68  
 心割れ 16

水性高分子ーイソシアネート系  
 接着剤 33  
 スライス単板 37  
 寸法安定性 42  
 寸法変化 21

正規分布 3  
 製材木取り 16  
 製材の流通 5  
 製材用需要 4  
 生産実績 2  
 成熟材 11  
 成長 12  
 成長モデル 3  
 積層数 35  
 施業履歴 7  
 接着剤 24  
 接着性能 36  
 接着操作 24  
 Zマーク金物 49  
 繊維傾斜 8  
 繊維傾斜度 8  
 繊維板 38, 39  
 旋回圧縮乾燥 19  
 全乾法 21  
 全濃縮法 59

倉庫 50  
 早材 9  
 送材車付帯鋸盤 16  
 造作用集成材 32  
 増粘・結着性能 59  
 素材生産予測 2  
 素材の流通 4  
 疎水材 54

## た行

耐火建築物 28  
 耐火構造 28  
 耐久性 26  
 大径材 6  
 耐候性 44

大断面集成材 35  
堆肥化 56  
堆肥舎 50  
耐用年数 26  
タキシホリン 40 58  
卓上ボール盤 23  
多湿心材 9  
脱脂 18  
タッピング法 33  
縦継ぎ 34  
WPC 42  
タモギタケ 57  
炭化速度 29  
炭化物 60  
炭素貯蔵効果 66  
  
地温安定 55  
地球温暖化 66  
畜舎 50  
地材地消 35 50  
チップ 54  
着色 41  
抽出成分 58  
調湿処理 19 21  
  
ツイン帯鋸盤 16  
継手 23  
  
テーブル式帯鋸盤 16  
天然物由来 25  
天板 42  
  
透水係数 54  
塗装工程 25  
塗布処理 26  
土木構造物 52  
塗膜 24  
トラス 48  
ドリフトピン 48  
トレーラーハウス 50

## な行

内装制限 28  
内装用合板 6 37  
内部割れ 20

生蒸気 18  
軟X線デンシトメトリ法 10  
難燃化 28  
難燃剤 29  
難燃材料 28  
  
二酸化炭素固定機能 63  
2次加工製品 66  
日本農林規格 32  
  
ねじれ 8  
熱処理 55  
熱処理物 60  
熱処理木粉 61  
年輪構造 9  
年輪幅 10

## は行

パーティクルボード 38  
バイオマス発電 63  
培地 57  
パネルボード 7, 40  
パルプ用需要 4  
晩材 9  
  
日あせ 41  
PI型ハウス 50  
ビット 23  
日焼け 41  
氷晶防止性能 59  
表面保護着色剤 44  
  
フィンガージョイント 34  
フェノール成分 57  
節 22  
歩留まり 6  
不燃材料 28 47  
歩増し 17  
プラスチック 42  
プランター 45  
プレカット 23 48  
フローリング 40 43  
ブロック工法型 46  
糞尿対策 56

平衡含水率 21  
平面圧縮乾燥 19  
ペレット燃料 62  
辺材 8  
  
防火地域 28 47  
防火窓 29  
防護柵 53  
法 22条区域 28 47  
保湿性能 58  
舗装資材 45  
北海校倉ハウス 49  
北方型住宅 68  
ポリウレタン塗料 24  
ホルムアルデヒド放散量 36  
ホワイペレット 62

## ま行

曲がり挽き製材 17  
曲げ強さ 11, 12 36  
曲げヤング係数 11, 12 36  
丸太組構法技術基準 49  
マルチング材 55  
  
未成熟材 11  
密度 10  
  
無欠点試験体 12  
無節材 6  
  
目切れ 17  
雌ざね 40  
目違い 22  
目離れ 22  
メンテナンス 27 44  
面内せん断強さ 37  
  
燃え代設計 29  
木材需給 4  
木材保護着色剤 24  
木材保存処理 26  
木柵 45  
木酢液 61  
木質系セメント板 38 39  
木質舗装 45

目視等級区分 13  
木製コンテナ 45  
木製遊具 45  
木造住宅 66  
木炭 62  
木チップ舗装 46  
木片 39  
木毛 39  
木理 8  
木橋 52  
木工沈床 53

## や行

薬剤吸収量 26  
役物 7  
ヤニ 16 18 24 25 43  
ヤニツボ 23

ユニット化 45

養生 20  
要素技術 66  
用途別出荷量 5  
溶媒置換処理 42

## ら行

ラチス梁 51  
ラミナ 32  
  
利用モデル 2  
  
レーザー加工 22  
レゾルシノール樹脂接着剤 33

ロータリー単板 37  
ログハウス 49

## わ行

ワイブル分布 3  
湾曲集成材 33 48

## カラマツ活用ハンドブック

---

2005年3月 発行

編集 北海道立林産試験場研究成果普及推進会議  
カラマツワーキンググループ

編集 北海道立林産試験場  
〒071-0198 旭川市西神楽1線10号  
電話 0166-75-4233  
FAX 0166-75-3261  
URL <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp>

印刷 植平印刷株式会社  
〒070-0039 旭川市 9条通 7丁目左 2号  
電話 0166-26-0161  
FAX 0166-25-1039

---



# Karamatsu

カラマツ活用ハンドブック

北海道立林産試験場

2005年3月発行