

# 応用範囲の広い木材の蒸煮処理技術

北海道立林産試験場利用部

主任研究員 窪田 實

この記事は、昨年11月当協会および社団法人日本木材加工技術協会北海道支部の通常総会特別講演を収録し、演者のご了解を得て文章化したものです。特別講演会のメインテーマは「カラマツ材の需要創出に向けた高付加価値化製品の開発」で、お二人の方にご講演を賜りました。このうち「カラマツ材の流通、加工から製品開発まで」については、十勝からまつ製材協同組合秋元紀幸理事長にご講演頂き、すでに本誌平成6年1月号に掲載いたしました。今回は、カラマツ材の高付加価値技術の一つとして蒸煮処理技術を中心とした「応用範囲の広い木材の蒸煮処理技術」をご紹介します。

## はじめに

本日の課題は、カラマツ材の高付加価値化ということですが、一口に高付加価値化といってもそのための方法はいろいろあると思います。今回私どもは「蒸煮処理技術」を取り上げ、昨年から2年計画で、中小企業庁の「地域技術起こし事業」の補助事業として研究を行っております。本誌1月号で十勝からまつ製材協同組合の秋元理事長から、カラマツ材の高付加価値化について、10年にわたる根気のいる思考錯誤の経過や問題の提起がありました。物は出来ても品質の安定が図れないとか、裏付けになる科学的データが不足している。したがって、商品としての信頼性を欠く、といったことだったと思います。私どもが蒸煮処理を取り上げたのは、こうした十勝地域でのカラマツ材の高付加価値化についてのたゆまないご努力の結果、さまざまな高付加価値技術の中で、比較的実用化に近い技術まで育てられ、カラマツのみならず、いろいろな樹種、目的に応用できると判断したからです。これは、同時に十勝地域における蒸煮材の商品開発を支援することにもなるわけです。

現在、まだ試験中の段階でありますので、今日

は昨年度（平成4年度）実施した試験内容を中心にお話したいと思います。今日ご紹介する内容は、蒸煮処理の目的、方法、蒸煮条件と重量減少率の関係、材色、物性変化、強度性能の変化、蒸煮処理材の接着・塗装性、切削加工性などについてご紹介したいと思います。

## 蒸煮処理の方法

まず、蒸煮処理の方法からお話します。蒸煮処理とは、要するに蒸気で蒸すことです。1気圧での水の沸点は100℃ですが、圧力が高くなると蒸気温度は高くなります。ここでいう蒸煮処理とは、150℃とか170℃とか高い温度の飽和水蒸気（圧力の高い蒸気）で蒸すことですから、当然耐圧釜が必要です。耐圧10kgf/cm<sup>2</sup>程度の耐圧釜とボイラーが基本的な施設となります（図1）。例えば、150℃で処理したい時は、ゲージ圧3.9kgf/cm<sup>2</sup>の蒸気を吹き込み、この圧力を保ちながら所定時間処理することになります。

## 蒸煮処理の目的

蒸煮処理の最大の目的の一つは、木材への薬液

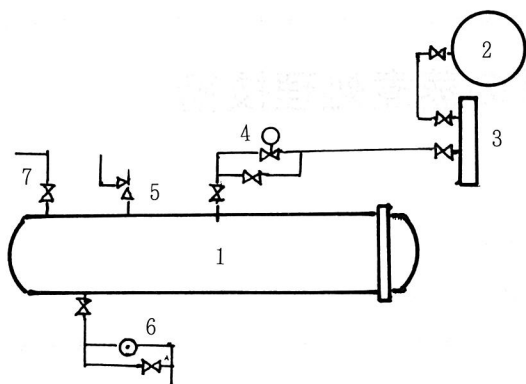


図1 蒸煮処理装置の概略図

- 1 : 本体, 2 : ボイラー, 3 : スチームヘツク,  
4 : 蒸気圧調節器, 5 : 安全弁, 6 : トラップ,  
7 : 排気弁,

の浸透性を向上させるということです。浸透性が良くなれば、さまざまな薬剤などを木材に注入することが可能になり、WPC化、難燃処理、防腐・防虫処理などの化学処理が容易に行えるようになります。

カラマツは、国産材の中で、最も浸透性の悪い樹種の代表です。こうした木材を化学的に処理しようと思えば、どうしても浸透性を向上させるように処理をしておかなければなりません。そういう意味で、蒸煮処理は有効な手法ではないかと思っています。

もう一つの目的は、秋元さんからお話がありましたが、蒸煮処理によって材色が変わるということで、塗装では出ない、ごく自然な着色ができ、ある程度高級観を与えるということです。材色が変わるということは、樹種や使用目的によっては欠点にもなりますが、カラマツのような材では、茶褐色に変色して重量感がでるとか、春材と秋材の極端な色の違いや節が目立たなくなるといった利点があるのではないかと考えます。また、色の濃さ、特に明度ですけれども、蒸煮条件によってある程度変ることができます。

### 試験の条件

これからお話しする蒸煮処理材は、次のような材料と処理条件で調製したものです。

まず、材料ですが、カラマツの心材部で、厚さ2 cm、幅が15 cm、長さ1.2 mの板目材です。これをいろいろな条件で処理しました。その条件は、温度が140～180℃の範囲で、時間が0～300分です。時間0は無処理です。なお、処理時間は、耐圧釜内の圧力が所定温度の飽和水蒸気圧に達してからとしました。昇温や降温時間はそれらの影響がでないよう、いずれも2分以内としました。

### 蒸煮処理の程度を表わす指標

蒸煮条件は、蒸煮温度と時間の組み合わせで、その組み合わせは無数にあります。その組み合わせ一つ一つについて、いろいろ物性を測定するとなると大変な数になりますし、手間も大変です。

また、蒸煮条件については、まだ重大な問題があります。実験用の小型装置の場合、所定の温度に上げたり、処理が終わって温度を下げるのにそれほど時間がかかりません。今回の実験では2分以内で行っています。しかし、これが実装置になると、昇温、降温に何時間もかかる場合があります。この間も反応は進むわけですから、実験用装置と実装置では、結果が全く違ってくることになります。ですから、蒸煮温度と時間以外に、何か蒸煮条件とかかわりがあるって、蒸煮処理の程度を表わす指標があると便利です。

そこで、蒸煮処理による重量減少率と材色の変化に注目してみました。

図2は蒸煮条件と重量減少率の関係を表わしたものです。難しくいうと相関図(温度、時間との多重相関)といいます。両者の密接さを示す相関係数は0.92と大変高い値でした。

同じく、材色についても高い相関関係が得られました。図3は、明度(L\*)と蒸煮条件の相関図です。明度(L\*)とは、色を数値化する際の指標の一つで、色の明るさを表わします。数値が高いほど明るさが増します。この場合の相関係数は0.93でした。

後ほどお話ししますが、重量減少率や材色は強度性能や注入性など蒸煮処理材のさまざまな物性と

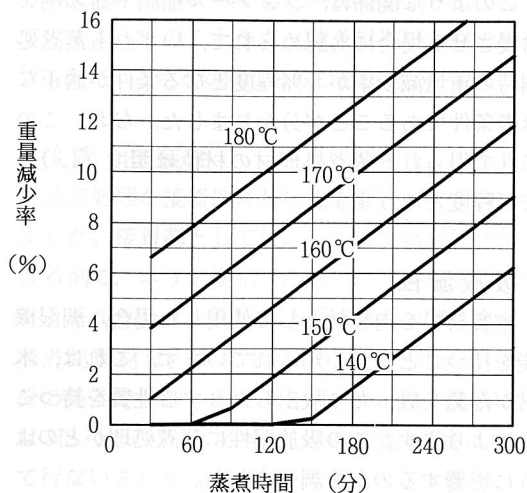


図2 蒸煮条件と重量減少率の相関図

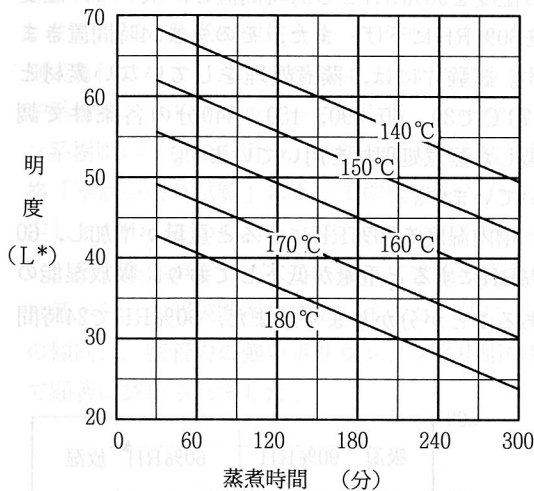


図3 蒸煮条件とL\*の相関図

も密接な関係にあります。ですから、昇温時間や降温時間が長い蒸煮釜で得られた処理材でも重量減少率や材色を測定しておけば、図2や図3から、蒸煮処理の程度がどの程度であるのかが分かり、また、その処理材の強度性能なども推定することができます。

これで、温度と時間以外に材色と重量減少率が蒸煮の程度を表わす指標になることが分かったわけです。次に蒸煮処理が強度性能に及ぼす影響についてお話します。

### 蒸煮条件と強度性能

まず、曲げ強度性能ですが、図4は、蒸煮処理材の曲げ強さと蒸煮処理時の重量減少率との関係を図にしたものです。蒸煮条件は温度が140～180℃、時間が30～300分です。縦軸は保持率になっていますが、これは、素材（無処理材）の曲げ強さ（772 kgf/cm<sup>2</sup>）に対する蒸煮処理材の曲げ強さの割合を表わしています。これで見ますと、蒸煮処理がきつくなるに従って曲げ強さの低下する様子が分かります。

次に、表面硬さ（ブリネル硬さ）についてです。

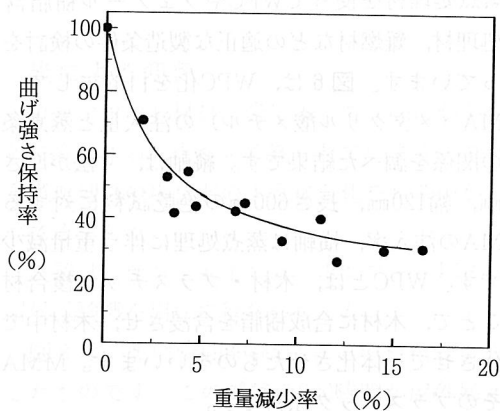


図4 蒸煮処理に伴う重量減少率と曲げ強さ保持率の関係

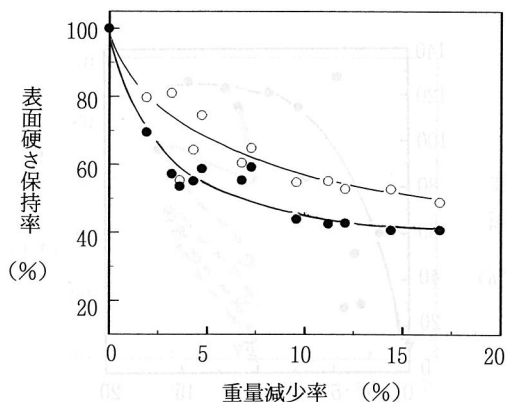


図5 蒸煮処理に伴う重量減少率と表面硬さ保持率の関係  
(○：早材部，●：晩材部)

曲げ強さの場合と同じように、測定結果を保持率と蒸煮処理に伴う重量減少率との関係で図5に示しました。素材の表面硬さは早材部で0.78kgf/mm<sup>2</sup>、晩材部は2.16kgf/mm<sup>2</sup>です。この場合も蒸煮処理がきつくなるに従って低下します。特に、晩材部の低下率の大きいのが特徴的です。

耐摩耗性については、フローリングのJAS摩耗A試験によって測定しましたが、蒸煮処理条件と明確な相関関係は認められず、素材とほぼ同等でした。

### 薬液の浸透性

蒸煮処理材を使ってWPCやフェノール樹脂含浸処理材、難燃材などの適正な製造条件の検討を行っています。図6は、WPC化を目的にして、MMA（メタクリル酸メチル）の注入量と蒸煮条件の関係を調べた結果です。縦軸は、寸法が厚さ16mm、幅120mm、長さ600mmの絶乾試料に対するMMAの注入率、横軸は蒸煮処理に伴う重量減少率です。WPCとは、木材・プラスチック複合材のことで、木材に合成樹脂を含浸させ、木材中で硬化させて一体化させたものをいいます。MMAはそのプラスチック原料です。

図6から分かりますように、蒸煮処理によってMMAの注入率は増加し、重量減少率が5%となる蒸煮条件で注入率がほぼ100%となっています。

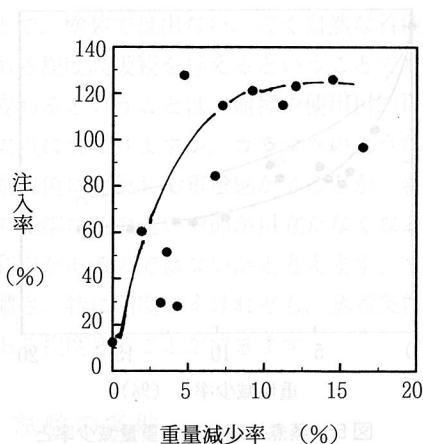


図6 蒸煮処理に伴う重量減少率とMMAの注入率の関係

このような関係は、フェノール樹脂や難燃剤を含浸させる場合にも認められて、いずれも蒸煮処理時の重量減少率が5%程度となる条件が適正な蒸煮条件であることが分かりました。なお、この条件で得られる蒸煮処理材の材色は明度(L)で45程度となります。

### 吸放湿性

木質材料を内装材として使用した場合、調湿機能を持つことは良く知られています。これは、木材が湿気を吸ったり放したりする性質を持つことによります。この吸放湿性に蒸煮処理がどのように影響するのかを調べました。

図7は、恒温恒湿槽内にセットした<sup>てんびん</sup>試験片を乗せ、温度を25℃と一定にして、まず、槽内の湿度を90%RHとし24時間置き、次いで、湿度を60%RHに下げ、また、そのまま24時間置きます。試験片には、蒸煮処理をしていない素材と170℃で30、60、90、150、240分の各条件で調製した蒸煮処理材を用いています。

槽内湿度を90%RHにすると重量が増加し、60%RHにすると重量が低下しており、吸放湿能のあることが分かります。また、90%RHで24時間

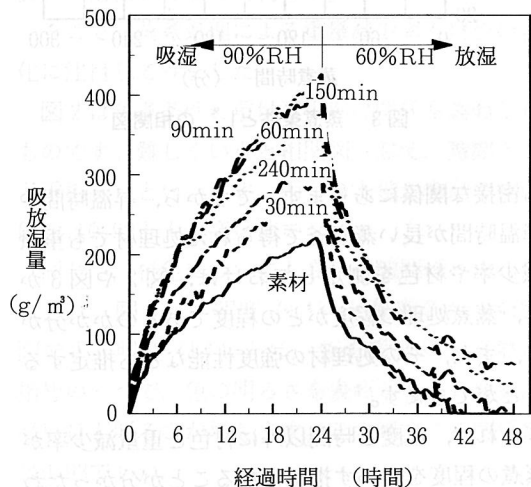


図7 吸放湿に伴う蒸煮処理材（蒸煮温度170℃）の含湿率の変化

経過後の最大値は、素材より蒸煮処理材が高くなっています。このことから、蒸煮処理は木材の吸放湿能を向上させる効果のあることが認められます。

### 接着・塗装性

蒸煮処理が接着性に及ぼす影響について検討しました。接着剤としては、いずれも常温硬化型の接着剤で、ユリア樹脂、酢酸ビニール樹脂、水性ビニールウレタン樹脂の3種類を用いています。蒸煮処理材は、蒸煮温度170℃で時間が30～240分の条件で処理したものを用いました。接着試験はJIS K 6852のブロックせん断試験によって行ないました。

いずれの接着材についても、蒸煮時間が長くなるに従って接着強さは低下し、木部破断率は増加する傾向を示しました。

また、同じ蒸煮処理材を使って塗膜の密着力の測定も行ないました。塗料には、アミノアルキッド系樹脂、ニトロセルロース系樹脂、ポリウレタン系樹脂の3種類を用い、特殊合板の日本農林規格「平面引張り試験」によって塗膜の密着力を測定しました。この場合も、接着強さの場合と同様に、蒸煮条件がきつくなるに従って塗膜の密着力は低下し、木部破断率は増加しました。特に、この傾向は、密着力の強いポリウレタン系樹脂塗料で顕著に認められました。

このように、接着強さや塗膜の密着力が低下するのは、蒸煮処理によって材が劣化し、材が剥離しやすくなったためと考えられます。このことは、木部破断率が高くなっていることから分かります。

以上のように、蒸煮処理は、曲げ強さや表面硬さ、接着強さを低下させ、塗膜もはがれやすくなります。したがって、蒸煮処理材をそのまま使うような場合、例えば、内装用の壁面材とか天井材など、あまり強度性能を要求されない用途でも、必要以上に厳しい条件は避け、せいぜい重量減少率が5%程度となる条件以内に止めるべきと考えています。

### 光による変色

カラマツの心材は、光によって赤味のかかった色に変色することがよく知られています。では、蒸煮処理材の場合どのような変化をするのか、調べてみました。

試験は、サンシャインカーボンアーク灯式促進耐侯試験機を用いて行ないました。

図8は、照射時間864時間までの材色変化を示したものです。この試験の200時間が屋外暴露の1年間に相当しますから、約4年間の屋外暴露を行ったこととなります。試料は、素材と蒸煮処理材（170℃で60～240分処理）で、いずれもポリ

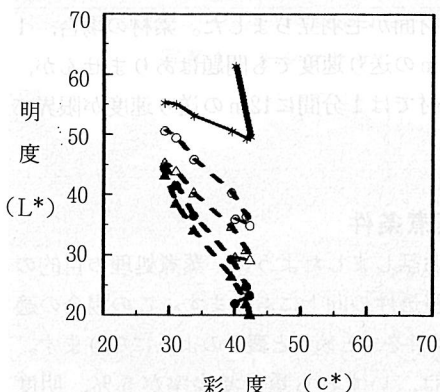
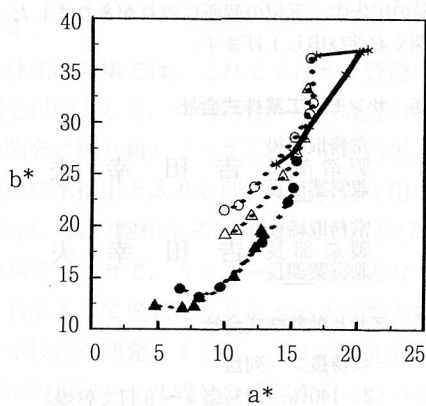


図8 ポリウレタン塗装した蒸煮処理材の光変色  
\* : 素材, ○ : 170℃-60分, △ : 170℃-90分,  
● : 170℃-150分, ▲ : 170℃-240分

ウレタン樹脂塗料で塗装したものです。

a\*とb\*の関係は、色相（色合いと鮮やかさ）を、またc\*とL\*の関係は色調（鮮やかさと明るさ）を表わしています。a\*軸は赤色，b\*軸は黄色を表わし，a\*とb\*が同じ値では赤と黄色が半々混ざった色，橙色を表わします。これよりa\*が大きな値になれば赤味が増し，b\*が大きくなれば黄色味が増すこととなります。また，a\*とb\*の交点と原点までの距離が鮮やかさを表わす彩度c\*です。L\*は明度で，色の明るさを表わし，値が高いほど明るさが増すこととなります。

素材の場合（図の実線），照射初期にa\*が増加しており，赤味の増すことが分かります。その後，明度が増加し，彩度が減少する方向へわずかに変色していきます。一方，蒸煮処理材の場合，照射時間に比例して明度が増加し，彩度が減少する方向へ変色し，だんだん白っぽくなっていきます。

### 加工性

次に，蒸煮処理材の加工性についてですが，プレーナで表面仕上げをする場合，蒸煮処理材の所要動力は少なく，素材の80%程度です。しかし，よく原因は分かりませんが，刃物の摩耗は早く，通常，カラマツ材の場合，5500～5800m切削すると材面に毛羽立ちが観察されますが，蒸煮処理材の場合，約半分の2700～2800mで毛羽立ちが認められました。また，蒸煮処理材は，送り速度を速くしても材面が毛羽立ちました。素材の場合，1分間に15mの送り速度でも問題はありますが，蒸煮処理材では1分間に12mの送り速度が限界でした。

### 適正蒸煮条件

初めにお話しましたように，蒸煮処理の目的の一つは，浸透性の向上にあります。この場合の適正な蒸煮条件をまとめると表1のようになります。この条件は，いずれも重量減少率が5%，明度Lが45前後となる蒸煮条件です。これ以上に厳しい条件になりますと，材の劣化が激しく，例え

表1 注入性向上を目的とする場合の適正蒸煮条件

蒸 煮 温 度 (°C)	蒸 煮 時 間 (分)
150 (4.9)	210～270
155 (5.5)	165～226
160 (6.3)	120～180
165 (7.0)	100～140
170 (8.1)	60～90

( ) 内は飽和水蒸気圧kgf/cm<sup>2</sup>

WPC化などによっても，表面硬さなどの強度性能が回復せず，素材以下になってしまいます。また，蒸煮処理材をそのまま使用する場合にも，強度性能や接着性，塗装性などの面から，表1の条件以内にすべきではないかと考えています。

以上，駆け足でいろいろなことをお話ししてきましたので，分かりずらかったのではないかと思います。そろそろ，受け持ちの時間も過ぎましたので，この辺で終わらせていただきます。なお，WPC化やフェノール樹脂処理などについては，3月に帯広で開催される第2回目の成果普及講習会でお話させていただくことになっております。今日はどうも有り難うございました。

### — 訂正とお詫び —

新年号の広告中，下記の個所に誤りがありました。訂正し深くお詫び申し上げます。

会社名 サンモク工業株式会社

(正) 常務取締役  
製造部長 兼営業部長 吉田 幸夫

(誤) 常務取締役  
製造部長 兼営業課長 吉田 幸夫

会社名 アサヒ動熱株式会社

<特長>=列目

(正) 2. 140%→70%迄5～6日で乾燥。

(誤) 2. 140%→170%迄5～6日で乾燥。