

道産トドマツ材による圧縮木材の生産技術開発

北海道立総合研究機構 林産試験場 ○澤田哲則、戸田正彦、清水光弘、阿部龍雄
松原産業株式会社 山崎康弘、松原輝和

1. はじめに

圧縮木材は本州以南のスギ材を中心に、床材、家具材を主な用途として普及が進んでいるが、北海道においては生産拠点が無いことから思うように普及が進まないのが現状である。トドマツ人工林木は主伐期を迎えつつあり、中大径材の新たな用途、需要の創出が強く求められており、圧縮木材生産技術に対する木材産業界からの期待は大きい¹⁾。床材に関しては、有用な広葉樹資源が枯渇しつつあり、また人工造林による針葉樹材を地材地消で利用し、健全な森林の育成を持続的に図ろうという生物資源の循環利用に対する取り組みが認知されてきたことも、トドマツ圧縮木材の製品化を後押ししている。

圧縮木材にはロールプレスなどを用い、表裏面付近のみを圧縮する表層圧縮と、主に平盤プレスを用い、厚さ全域に渡って圧縮を施す全層圧縮とがある。今回の研究対象は、加工後の用途が重歩行（土足歩行）を含む床材であることから後者の全層圧縮とした。

圧縮木材生産には高温・高圧を加えることのできるホットプレス装置が必要となり、初期投資が大きいことから、プレス能力の設定を行うにも実生産規模での試作が必要である。また圧縮条件は樹種ごとに、あるいは樹種の中でも材質の区分ごとに設定する必要がある。トドマツに関しては先発メーカーから難圧縮材との評価が示された経緯もあったが、本研究ではスギ圧縮木材で蓄積された生産技術を活かし、必要とされる独自の技術開発に取り組み、生産条件等の検討を行った。

2. 試験方法

試作試験は、林産試所有の電気オイルヒーター式小型ホットプレス（熱盤寸法 50 × 50cm：写真1）を用いて加熱・圧縮条件等を検討しながら、蒸気加熱式大型ホットプレス（熱盤寸法 100 × 200cm：写真2）を用いて実大試作を行い、データを収集した。また圧縮用原板としては次に示す条件を満たすものが望ましいと考え、主に用いた。

- ・心去り材の板目板（部分的に追証を含むのは可）
- ・割れ、ねじれ、幅反りのないこと
- ・ヤニ抜き処理が施されていること（水食い材、アテ材の混入は可）
- ・含水率が 10%前後であること
（製品時標準含水率 + 2%が妥当）
- ・厚さが均一で、幅、長さが所定の寸法であること（四面鉋削が望ましい）
- ・厚さ 35 × 幅 120 × 長さ 1,820mm を標準サイズとすること

2.1 加熱・軟化

木材は一定温度であれば含水率が高くなるに従って軟化が進み、一定含水率であれば温度が上昇するに従って軟化が進む性質を持つ^{2,3)}。本研究においては、圧縮後に材料の乾燥を行うことによるデメリット（難



写真1 小型ホットプレス



写真2 大型ホットプレス

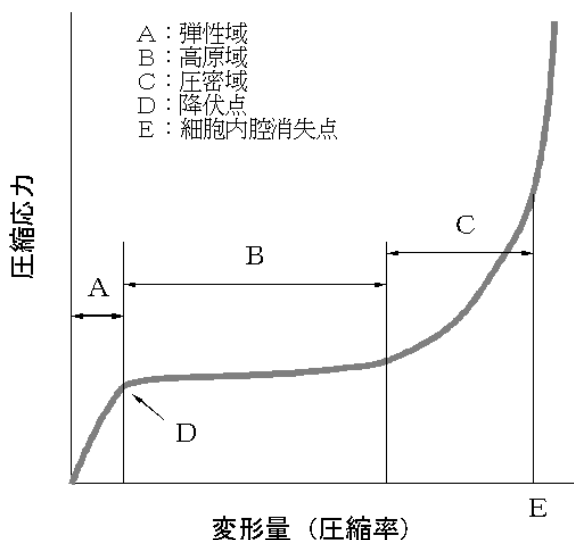


図1 変形量と圧縮応力との関係

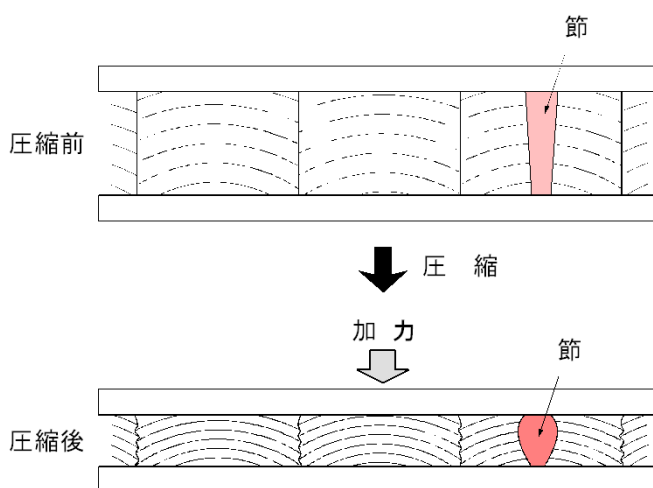


図2 木材同士による横幅寸法拘束

乾燥性、変形発生など) が大きいことを考慮し、出荷時の含水率に近い乾燥製材を圧縮用の原板として使用し、厚さ方向に上下からホットプレスの加熱された熱盤で挟み込んで原板を加熱し軟化させることとした。

2.2 圧縮・減寸

軟化した木材を厚さ方向に圧縮する際には、圧縮応力と変形量との間に図1に示すような関係があることが知られている⁴⁾。しかしながら各点の値やグラフの傾斜などは樹種や材質、圧縮工程の設定により異なるため、試作により検討することとした。

2.3 横幅寸法拘束

軟化した木材を圧縮する際には金型や型枠で幅方向への変形を拘束・抑制しないと、加力の直交方向かつ繊維方向と直交方向に拡幅しようとする応力が作用し、材面や材内部に割れや裂けが生じる。本研究においては、図2に示すように、圧縮しようとする木材同士を長手方向に接触させて並べ、お互いの幅方向へ拡張しようとする力を横幅寸法の拘束力として用いることとした。

2.4 加熱・形状固定

木材は 160 ~ 220 °C で熱処理することにより変形した状態で形状が固定される^{4)~7)}。本研究ではホットプレスの熱盤温度を 180 °C として材温変化や寸法安定性などから固定時間を検討した。

2.5 冷却・除圧

圧縮・加熱処理後の冷却に関して検討した事例は少ない。本研究においては冷却時に発生する様々な事象を検討しながら、冷却方法と除圧～解圧のタイミングを検討した。

3. 結果および考察

3.1 加熱・軟化

180 °C に加熱したホットプレスの熱盤で圧縮用トドマツ原板(厚さ 35 × 幅 120 × 長さ 1,820mm × 7 本+両長辺に横拘束材, 含水率 10 % 前後) を挟み込み, 上下熱盤と原板とが密着した状態で加熱を行うと、原板の中心付近の温度には図3に示すような変化がみられた。中心温度が 65 ~ 80 °C に達したあたりでは、圧縮変形に十分な軟化が生じて

表1 木材主要成分の熱軟化温度 (単位: °C)

成分	乾燥状態	湿潤状態
セルロース	231 ~ 253	222 ~ 250
ヘミセルロース	167 ~ 217	54 ~ 142
リグニン	134 ~ 235	77 ~ 128

いるものと考えられた。これは表 1 に示す湿潤状態におけるヘミセルロースおよびリグニンの熱軟化温度⁸⁾に相当するものと考えられる。

3.2 圧縮・減寸

トドマツおよび比較としてカラマツを用い、写真3に示すように圧縮用原板 7 枚と横幅寸法拘束用の供材 2 枚を並べ、軟化温度に達した後に圧縮し、プレスショットごとに圧縮率と加圧力の関係を計測した。平均的な結果を図4に、またプレスショットごとの原板の平均比重と、圧縮率 55 % 時の加圧力との関係を図5に示す。

スギ材においては圧縮率を 35 ~ 60 % の範囲で用途に合わせた設定がなされている。しかしながらトドマツ材においては、後述する寸法固定において樹種的な特徴である寸法戻りを抑制するため、圧縮率は 55 % 前後が望ましいと考えられた。これは寸法固定と、表面の傷つきにくさ、エア釘の打ち込みやすさなどを考慮した値である。

3.3 横幅寸法拘束

金型や型枠を使用せず、写真3のように木材同士を接触させて並べ、圧縮により原板が横幅方向に拡幅しようとする動きをお互いの原板の横幅拘束として利用することにより、節部が平坦に仕上がり、また節回りの割れを最小限に留めることができた。この横幅拘束を用いた際の加圧力と側圧との関係（材温は 65 °C）を感圧フィルムを用いて測定した結果を表2に示す。

表2 加圧力と側圧との関係

圧縮率(%)	側圧/加圧力
10	0.20
20	0.28
30	0.49
40	0.58
50	0.77

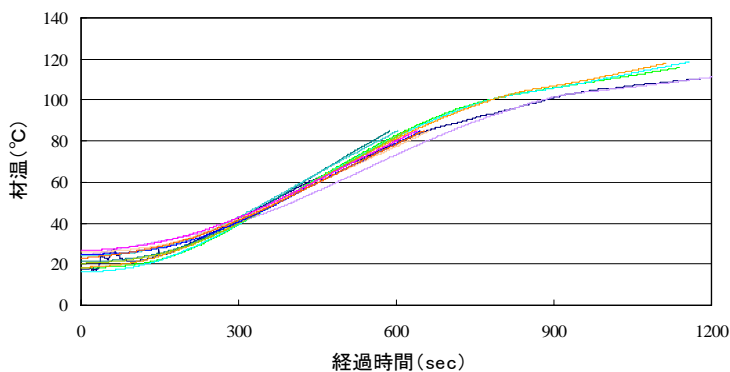


図3 熱盤180°Cの加熱による圧縮用原板の温度変化例



写真3 圧縮用原板のセッティング

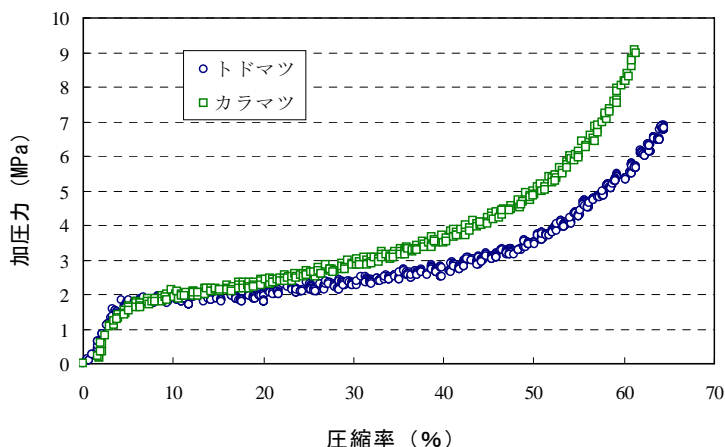


図4 圧縮率と加圧力との関係 (例)

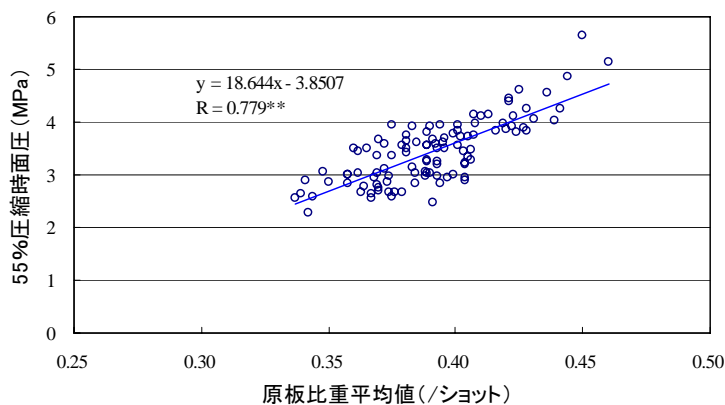


図5 原板平均比重と面圧との関係

3.4 加熱・形状固定

トドマツ乾燥材（含水率 10 % 前後）を 180 °C に加熱したホットプレス熱盤で圧縮し、圧縮率 55 % まで減寸させ、内部温度が 165 °C 以上に達したところから 15 分程度保持すると、圧縮材の断面には写真4に示すような濃褐色の変色域が生成される。この部分は熱変性による形状固定が高度に促進された部分であると考えられ、寸法安定性も高い。逆に変色域を囲むように存在する淡色域は、変色域に比べて吸放湿による寸法変化が大きく、ドラインゲットに近い部分であると考えられる。淡色域を薄く存在させることにより、材表面には針葉樹材の木目・色調を残すことができる。

3.5 冷却・除圧

冷却は製造時間を短縮する有用な工程であるが、実大研究における報告事例は見当たらない。本研究においては、ホットプレス上下熱盤内の加熱用蒸気の通気経路に分岐回路を設け、蒸気を遮断し抜気した後に、蒸気経路に冷却水を直接注水して冷却する仕様に改造を行った。なお上下熱盤への通水回路には、それぞれにバルブと流量計を取り付け、熱盤温度の降下を調整できるものとした。これを使用することにより、図6に示すように、材温の降下が促進され、除圧・解圧までに要する時間は飛躍的に短縮された。また、上下熱盤の温度差が大きくなると、解圧時に長さ方向の反りが発現するため、温度差の制御が必要であることが明らかになった。

4. おわりに

開放型ホットプレスを用いてトドマツ圧縮木材を生産する基本技術を確立した。製品化に移行するには、多段プレスによる生産方法、圧縮にかかる設備コストの回収、設備の効率稼働、節の意匠性向上、新製品の提案など、残された課題は多い。これらを検討し、道内での道産針葉樹圧縮木材生産につなげたい。

参考文献

- 1) 北海道緑の産業再生協議会：道産木製品マーケティング戦略ビジョン，5-14（2012）
- 2) 日本木材学会：木質の物理，146-151（2007）
- 3) 古田裕三，矢野浩之，梶田 熙，木材学会誌，41（8），718-721（1995）
- 4) 則元 京，木材研究・資料，巻 30，京都大学木質科学研究所，1-15（1994）
- 5) 井上雅文，木材工業，Vol.56，No.5，245-249（2001）
- 6) 師岡淳郎，木材工業，Vol.56，No.12，604-610（2001）
- 7) 東原貴志，木材工業，Vol.59，No.1，2-7（2004）
- 8) 伊藤洋一，林産試だより，12，1-4（1995）

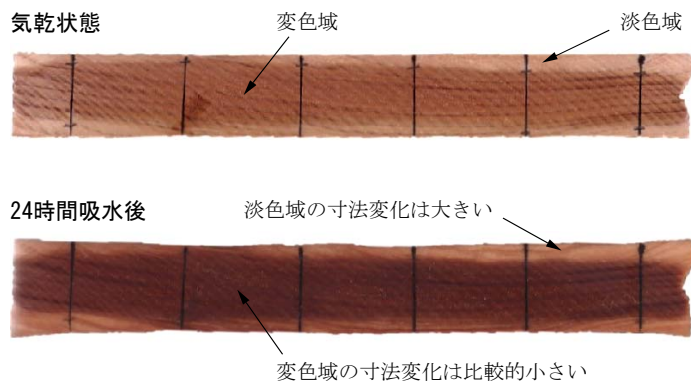


写真4 トドマツ圧縮材内に生じる変色域

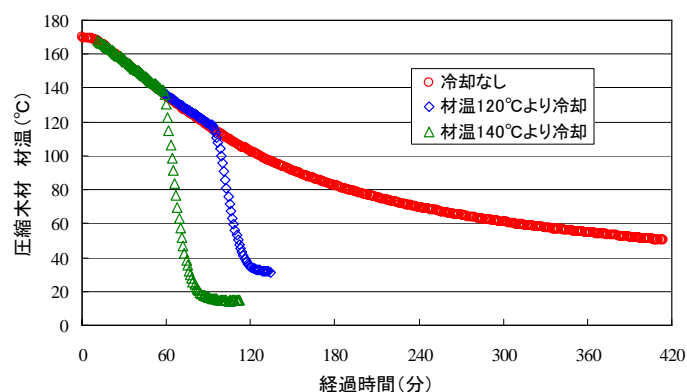


図6 冷却による材温変化