

# ホットプレスを用いたヒノキの圧密処理条件

溝口哲生

キーワード：圧密，ヒノキ，表面硬さ，寸法安定性，材色

The Condition of Compressing Hinoki Using Hot-pressing

Tetsuo MIZOGUCHI

## 目次

1. 緒言
2. 材料および方法
3. 結果および考察
  - 1) 圧縮率とデュロメータ硬さ
  - 2) 圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さ
  - 3) 寸法安定性
  - 4) 材色
4. 摘要
5. 引用文献

Summary

## 1. 緒言

長崎県内のスギ・ヒノキの民有林は 8 万 9 千 ha, そのうち 40 年生以上の森林が 6 万 9 千 ha と 8 割を占めており<sup>5)</sup>, 素材生産量は今後増加していくと見込まれる. 平成 27 年次の長崎県のスギ・ヒノキの素材生産量は 6 万 3 千 m<sup>3</sup>, ヒノキがその 6 割を占めている<sup>5)</sup>. しかし, 丸太価格は長期的に下落傾向にあるため, 用途の拡大や付加価値をつけた製品の開発が必要となっている. これまで, ヒノキは県内では主に構造材として利用されてきた. ヒノキやスギは広葉樹と比較して,

軟質であるため, 用途が限られ, 家具材やフローリング等の内装材としての利用は少なくなっている. その軟質な性質を補う加工技術として圧密加工技術があるが, その研究の多くはスギを用いて行われている<sup>2) 4) 10) 11)</sup>. そこで, 今回, 長崎県産のヒノキを用いて, 圧密加工技術のための圧縮固定の温度や固定時間, 圧縮率を変えて圧密加工を行い, 木材の表面硬さ, 材の厚さの寸法安定性, 材色により圧密材を評価し, ヒノキの圧密処理の条件を明らかにしたので報告する.

## 2. 材料および方法

### 1) 材料

試験には, 長崎県内で伐採, 製材してから, 3 年以上室内に保管していたヒノキを用いた (産地, 樹齢などは不明). 試験材はそのヒノキから, 6cm (繊維方向) ×幅 12cm (接線方向) ×厚さ 4cm (半径方向) (図 1) と長さ 9cm (繊維方向) ×幅 8.5cm (接線方向) ×厚さ 0.5cm ~ 1cm (半径方向) (図 2) (以下, 4cm の厚さのものを厚板, 0.5cm ~ 1cm の厚さのものを薄板という), に調製したものとした.

### 2) 圧密材の調製

試験材の圧密処理は, ホットプレス機 (榊洋精機製作所社製試験用卓上プレス) を用いて行った. 圧密処理の手順は次のとおりである.

- ① 試験材に接するホットプレスの上段下段の金属板をともに処理条件の温度まで加熱する.
- ② 金属板の温度が処理条件の温度に達した後, 試験材をホットプレスに置き, 加圧して処理条件の圧縮率のスペーサーの厚さまで圧縮する.
- ③ 金属板の温度を処理条件の温度に一定に保ち, 条件の時間固定する.
- ④ 処理条件の時間経過後, 金属板の加温を停止し, 金属板の温度が 100℃以下になるまで自然冷却する. その後, 圧力を解放して試験材をとりだす.
- ⑤ 試験材を室内に放置する. このときの放置条件については, 温湿度の調整は行わなかった. また, 室内で試験材を放置する時期は各試験材によって異なった.

### 3) 圧密処理条件

厚板の圧密処理条件を表 1, 薄板の処理条件を表 2 に示す. 厚板ではヒノキ圧密処理に適した圧縮固定温度と固定時間を調べるため温度を 150℃, 180℃, 200℃に設定し, それぞれの温度において 0 分, 10 分, 30 分, 60 分の固定処理をした. そのときの圧縮率は 45%とし, 厚さ 2.2cm まで圧縮した. また, 圧縮率と表面硬さの関係を調べるため, 圧縮率を 12.5%, 25%, 50%, 62.5%とし, それぞれに対して 180℃で 30 分固定処理した. 各処理条件において, 2~6 試験体を用いた. 薄板では, 圧縮固定温度を 120℃, 150℃, 180℃, 200℃とし, 各温度において, 10 分, 30 分, 60 分の固定処理をした. 各処理条件において, 4~7 試験体を用いた.

### 4) 木材の表面硬さ

木材の表面硬さの測定は JIS Z 2101 に試験とその評価方法が定められているが<sup>7)</sup>, 今回は江越ら<sup>1)</sup>の報告にあるデュロメータ (今回の試験では, テクロック社製 GS-720R を使用) を用いて行った. デュロメータは, 軽量で取り扱いが簡単で JIS において, ゴムやプラスチックの硬さを測定するときに用いるものである. 大谷<sup>8)</sup>の報告では, 木材の表面硬さは, デュロメータを用いた場合でも JIS に定められる木材の表面硬さの評価方法と同様に評価できるとしている. デュロメータによる測定は, 圧密処理前後にそれぞれ 1 試験体あたり, 10 箇所行い, 値はその平均値とした (図 3, 図 4). 測定は木表側で行った.

### 5) 材の厚さ

材の厚さの測定は、厚板では、圧密処理前後と室内に放置した試験体を処理後から10日ごとに70日目までと100日目に行った。薄板では、圧密処理前後と処理後10日ごとに100日目まで行った。厚板の材の厚さは1試験体あたり、6箇所測定し、その平均値で評価した(図1)。薄板の材の厚さは1試験体あたり、8箇所測定し、その平均値で評価した(図2)。

### 6) 材色

材色はコニカミノルタ社製の色彩色差計CR-400を用いて、 $L^*a^*b^*$ 表色系により圧密処理前後にそれぞれ

1試験体あたり3箇所、木表側の面の試験片の両端部と中央部の測定をした。その3箇所の値の平均値で評価した。材色の変化の評価は圧密処理後の $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ の各値から処理前の各値を引いたものとし、それぞれの値を $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ とした。材色の測定は厚板のみで行った。

### 7) プレーナ処理

圧縮率45%に処理した試験材のうち数個は、100日以上の養生後、実際の利用を想定して材の両面をプレーナ処理した。その後、4)と6)に記した方法により木材の表面硬さと材色の測定を行った。

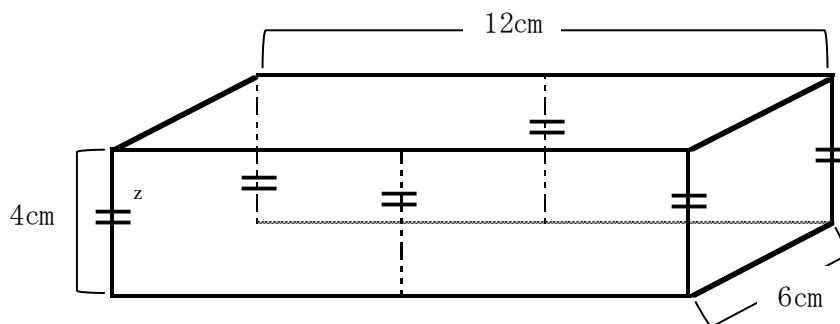


図1 厚板の寸法と厚さ測定位置  
zは厚さを測定した位置

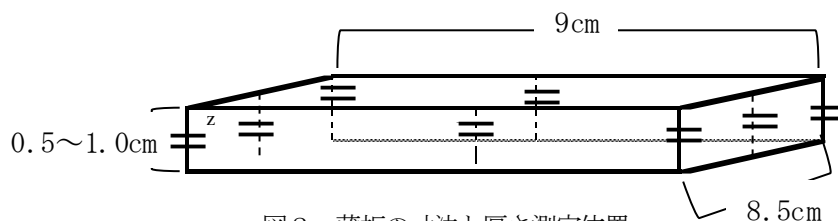


図2 薄板の寸法と厚さ測定位置  
zは厚さを測定した位置

表1 厚板の圧密処理条件

圧縮率 (%)	圧縮固定温度 (°C)	固定時間 (分)
12.5, 25, 50, 62.5	180	30
	150	0, 10, 30, 60
45	180	0, 10, 30, 60
	200	10, 30, 60

<sup>z</sup>各試験区 n = 2~6

表2 薄板の圧密処理条件

圧縮固定温度 (°C)	厚さ (mm)	固定時間 (分)
120, 150, 180, 200	3	10, 30, 60

<sup>z</sup>各処理区 n = 4~7

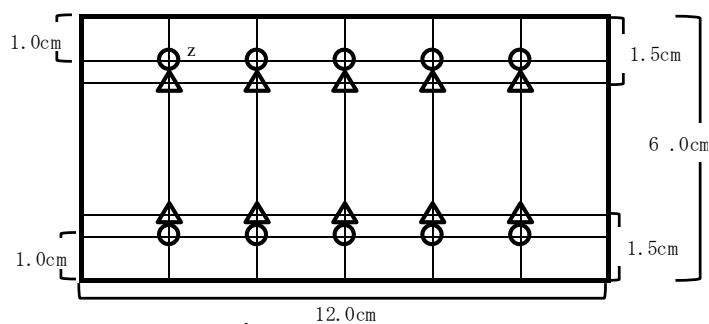


図3 厚板の表面硬さの測定位置  
<sup>z</sup>○は圧密処理前, △は圧密処理後の測定位置

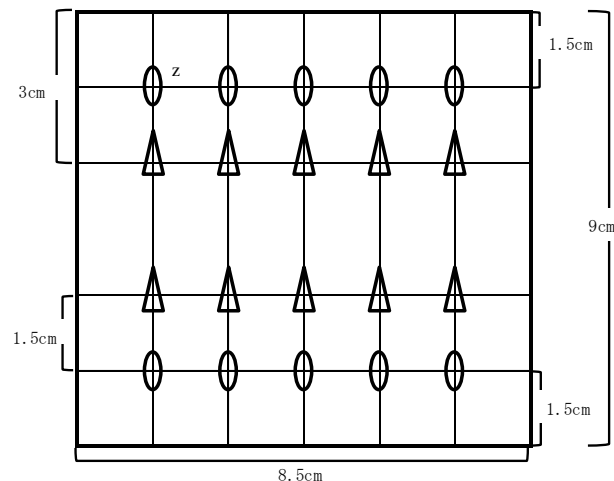


図4 薄板の表面硬さの測定位置  
<sup>z</sup>○は圧密処理前, △は圧密処理後の測定位置

### 3. 結果および考察

#### 1) 圧縮率とデュロメータ硬さ

厚板を圧縮固定温度 180℃, 固定時間 30 分, 異なる圧縮率で処理したときの圧縮率とデュロメータ硬さの関係を図 5 に示す. ヒノキの圧密処理前のデュロメータ硬さは 53.2, 処理後では圧縮率が 12.5%, 25%, 45%, 50%, 62.5%ではそれぞれ, 68.6, 73.6, 74.4, 72.7, 81.9 であった. ヒノキは圧密処理をすることによりデュロメータ硬さが上昇した. デュロメータ硬さは, 圧縮率

12.5%, 25%, 45%, 50%の間には有意な差はみられなかったが, 圧縮率が高くなるにつれ, デュロメータ硬さも高くなる傾向を示した. 圧縮率 12.5% の場合のデュロメータ硬さは, 県内の木工所で家具などに利用されているナラより高くなったが, 62.5% 圧縮した場合でも一般的に普及しているメラミン樹脂加工された学童机の天板の硬さには至らなかった.

圧縮率 50% のデュロメータ硬さは 25%, 45% より低

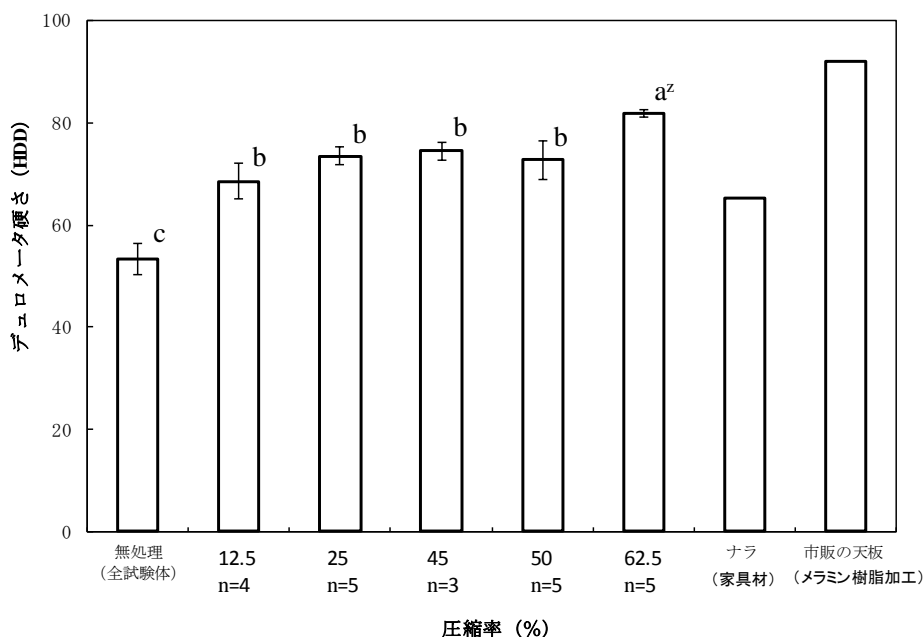


図5 圧縮率とデュロメータ硬さの関係

<sup>z</sup>異なる文字間に有意差あり. Tukey-Kramer 法 (p < 0.05)

くなっていた。圧密処理前後のデュロメータ硬さの比が圧縮率と強い正の相関関係を示している(図6)ことから、圧縮率 50%の試験材の処理前の硬さが圧縮率 25%と 45%の処理前のものより低かったと考えられる。そのため、圧密処理により一定の表面硬さの製品を生産する場合は処理前の表面硬さごとに圧縮率をかえて処理する必要がある。図7に薄板の圧縮率と圧密処理前後のデュロメータ硬さの比の関係を示す。薄板の圧縮率と圧密処理前後のデュロメータ硬さの比の関係も厚板と同様、圧縮率が高くなるにつれて、圧密処理前後のデュロメータ硬さの比も高くなる傾向を示した。

**2) 圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さ**

圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さの関係を図8に示す。圧縮固定温度を 150°C, 180°C, 200°C, 固定時間を 10分, 30分, 60分として、それぞ

れ 45%圧密処理した場合、デュロメータ硬さは 69.8~78.1 であり、圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さには関係性はみられず、各処理間にも有意な差は認められなかった。今回の結果から、圧縮率が同じで固定温度が 150°C以上であれば、固定時間が異なっても圧密材のデュロメータ硬さには影響しないことが示唆された。次に圧縮率 45%の試験材をプレーナ処理した後にデュロメータ硬さを測定した結果を図9に示す。プレーナ処理前のデュロメータ硬さは 74.9, 処理後は 77.8 であった。プレーナ処理は両面併せて 3mm~4mm 程度であった。今回の結果からホットプレスを用いて、圧縮率 45%処理をしたヒノキは、その後プレーナ処理を行っても表面硬さが維持されることが示唆された。

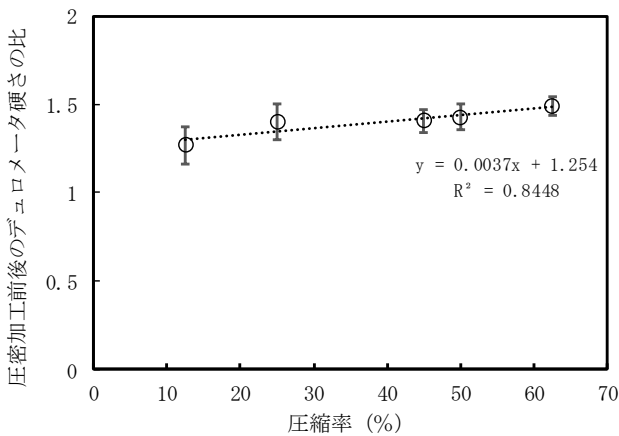


図6 厚板の圧縮率と圧密処理前後のデュロメータ硬さの比の関係

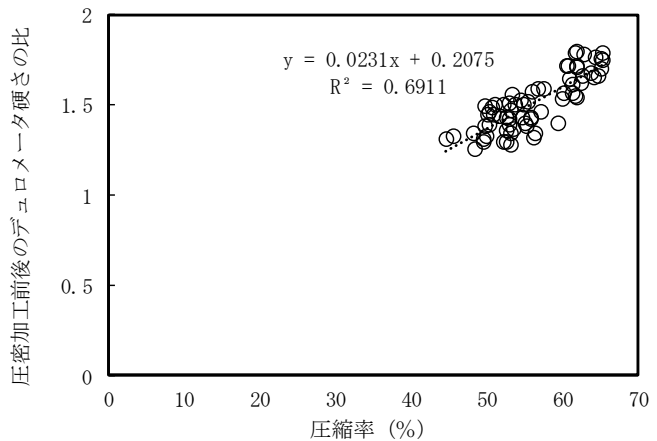


図7 薄板の圧縮率と圧密処理前後のデュロメータ硬さの比の関係

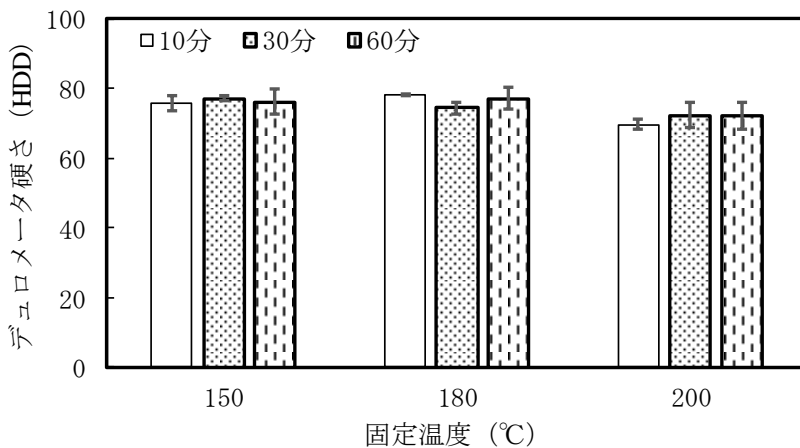


図8 圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さ  
 異なる処理間に有意差なし。Tukey-Kramer 法 (p < 0.01)

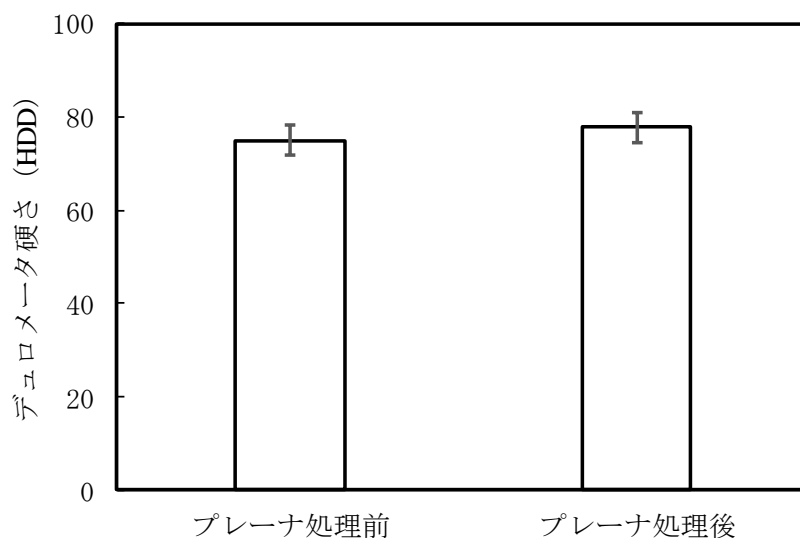


図9 プレーナ処理前後のデュロメータ硬さ

### 3) 寸法安定性

厚板を圧縮固定し、解圧した後の材の厚さの変化を図 10、薄板の材の厚さの変化を図 11 に示す。厚板では、圧縮固定温度を 150℃又は 180℃、試験材の固定時間を 0 分とした場合、材の厚さは解圧後すぐに 3cm 程度まで回復したので、材の厚さの経時変化は調査しなかった。その他の処理条件では、解圧して 10 日後の材の厚さの回復量は 0.09cm～0.19cm であった。各処理区とも 10 日目以降は、試験材が膨張、収縮を繰り返しているが、その変化量は小さいものであった。薄板では、10 日後の材の厚さの回復量が 0.04mm～0.17mm であった。こちらも、各処理区とも 10 日目以降の材の厚さの変化は厚板の結果と同様な傾向を示した。これは、中山と岸<sup>6)</sup>が熱圧ロールプレスを用いてスギ・ヒノキを圧縮した場合、圧縮後、養生・放置しても材の厚さが大きく回復することはないとする報告と一致する。今回も、圧密処理した材は圧密処理して解圧後、10 日以上経過すると材の厚さは安定していると考えられる。今回のホットプレスを用いた圧密処理の方法においては、解圧後すぐの材の厚さの回復はみられるが、通常的环境下では、圧縮固定温度が、厚板では 150℃、薄板

では 120℃、固定時間がホットプレスの効率的な利用を考えると 10 分、これらの処理を行うと、その後も圧縮が保たれることが明らかになった。また、厚板では 150℃、180℃で処理した場合、圧縮固定温度および固定時間と材の厚さの回復量に明確な関係はみられなかったが、200℃で 60 分固定すると 1 試験体ではあるが、10 日後の回復量が小さくその後の変化量も小さくなる傾向がみられた。薄板においても、200℃で固定するといずれの固定時間においても同様の傾向がみられた。井上と則本<sup>3)</sup>は圧縮した木材を熱処理した場合、熱処理温度、時間の増加に伴い圧縮変形の回復は減少するとしている。今回の結果からも、圧縮固定温度、固定時間を変化させることで、解圧後の材の厚さの回復が小さくかつその後の材の厚さの変化量も小さい寸法安定性が高い圧密材が製造できると考えられた。また、高橋ら<sup>9)</sup>は、処理前の材の含水率が 25%より 10%のものの方が厚さの戻りが小さい圧密材が製造可能としていることから、今後は、寸法安定性の高い圧密材の製造のため圧密処理前の材の含水率も併せて検討する必要があると考える。

ホットプレスを用いたヒノキの圧密処理条件

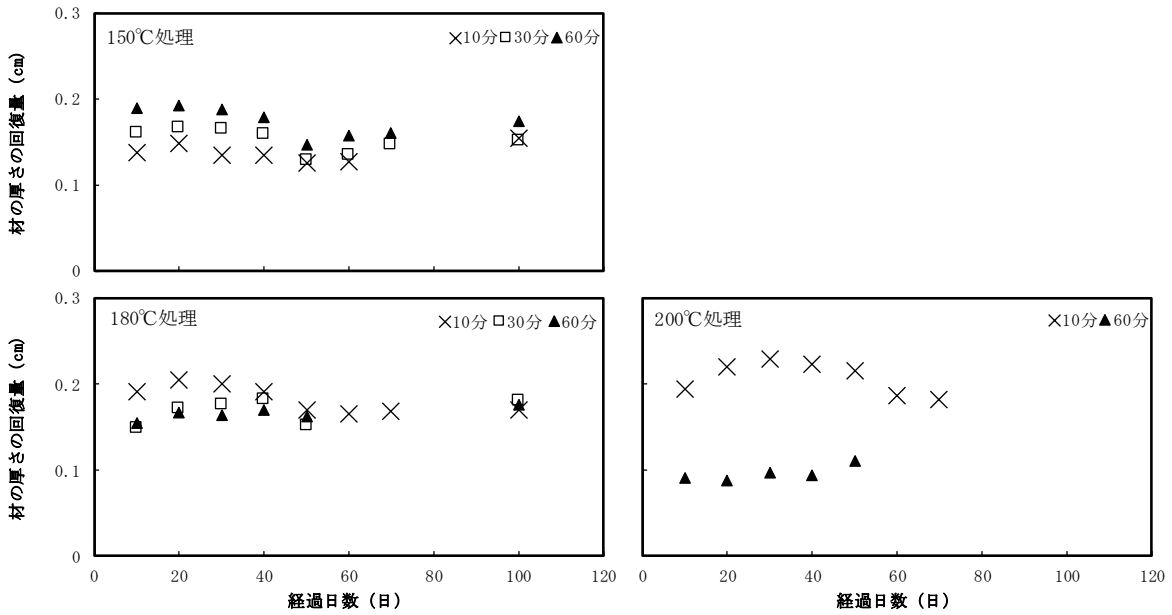


図10 厚板を45%圧縮したときの厚さ回復量の変化  
 \*200°C60分の処理は1試験体だけのデータである。

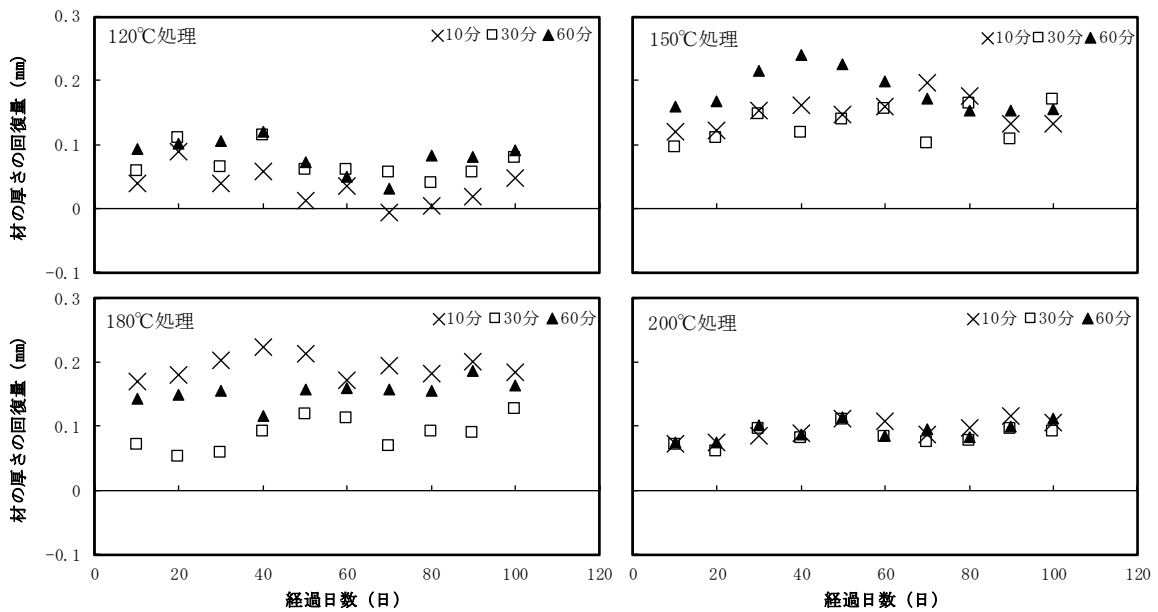


図11 薄板を圧縮したときの厚さ回復量の変化

4) 材色

厚板の圧密処理前後の処理条件別の材色の変化を図12に示す。 $\Delta L^*$ は圧縮固定温度 150°Cの10分, 30分, 60分処理では, -0.61, -0.73, -1.49, 180°Cの10分, 30分, 60分では, -4.26, -4.78, -10.5, 200°Cの10分, 30分, 60分では, -7.94, -11.6, -16.4であり, いずれにおいても, 固定時間が長くなるにつれて小さくなる傾向がみられた。また, 同じ固定時間においては, 温度が高いほど $\Delta L^*$ が小さくなる傾向を示した。 $\Delta a^*$ は150°C, 180°C, 200°C処理のいずれの処理温度でも固

定時間が長くなるにつれて, 値は大きくなる傾向を示したが,  $\Delta a^*$ の値は-1.4~2.6であり, いずれも小さかった。 $\Delta b^*$ は全処理条件において, 正の値を示し, 180°Cの60分処理において, 7.9の値を示したが, その他においては1.8~4.7の値を示し, 処理前と比較して大きな変化はみられなかった。また, 圧縮固定温度および固定時間との間には関係性は認められなかった。150°Cの圧縮固定温度では, 固定時間が長くなっても $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ とも値は小さく, 目視による材色の変化は確認できなかった(写真1)。180°C処理では目視

によって、暗色化しているのが確認できる試験体がみられた。200℃処理では $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ の値は小さいが、 $\Delta L^*$ が $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ と比較して負の方向に大きな値を示し、暗色化していた。今回の結果から、ヒノキの圧密加工の熱処理による材色の変化は $L^*$ 値の変化によるところが大きいのことが明らかになった。また、ヒノキは圧縮固定温度が150℃で固定時間60分までの処理であれば、ヒノキの明るい材色を保つことが可能であることが明らかになった。今回の試験により、圧密処理前後の値の変化が大きかった圧縮固定温度180℃と200℃の固定時間60分の処理を行った試験材において、プレーナ処理を行い、その後、材色の測定を行った結

果を図13に示す。圧縮固定温度180℃では、圧密処理前、圧密処理後、プレーナ処理後の $L^*$ 値はそれぞれ、79.2、70.3、77.0であり、熱処理により、低下がみられたがプレーナ処理を行うことにより、圧密処理前と同じ程度まで値は回復した。200℃処理のそれぞれの $L^*$ 値は、79.5、63.1、67.0であった。 $L^*$ 値はプレーナ処理後、回復がみられたが、圧密処理前の値までは回復しなかった。このことにより、木材の圧密処理で熱処理を行う場合、プレーナ処理により、 $L^*$ 値の回復はみられるが、圧縮固定温度と固定時間によっては、材の表面だけでなく、表面から離れた深い部分まで材色の変化しており、プレーナ処理では $L^*$ 値が回復しないことが示唆された。

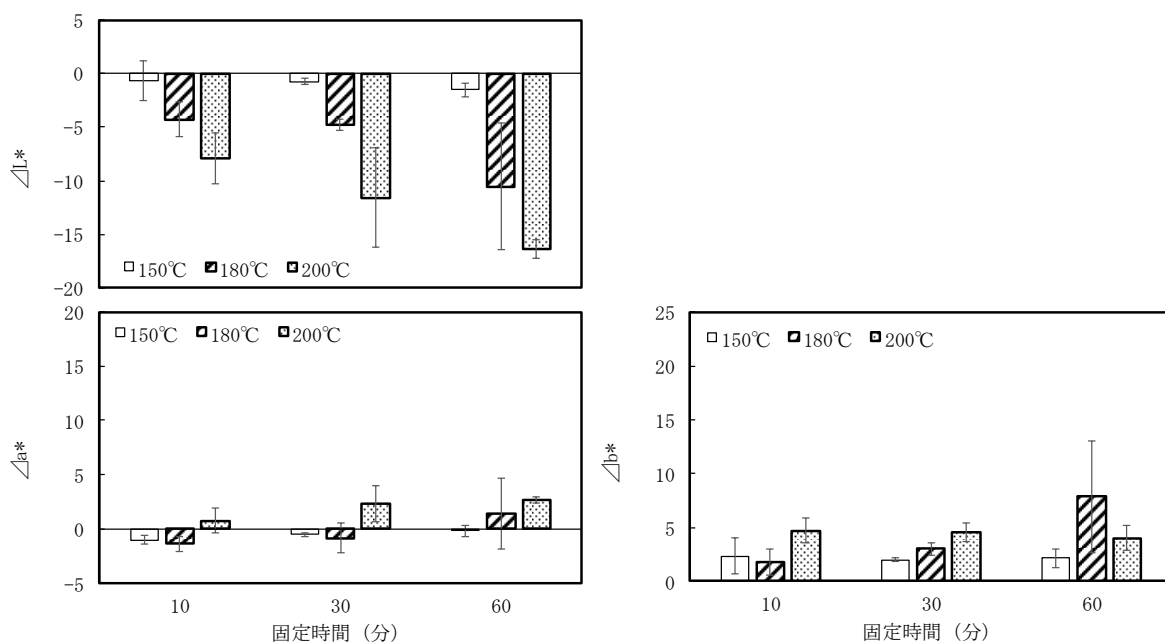


図12 処理条件別の材色の変化



写真1 処理条件別に圧密処理した試験体



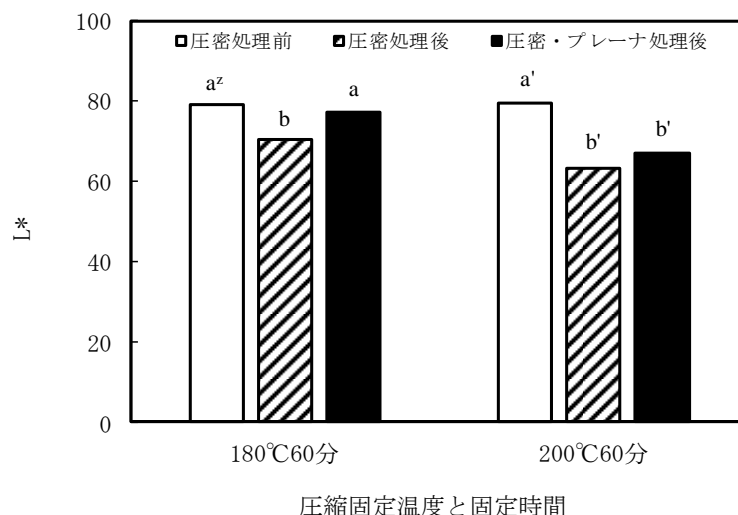


図 13 圧密処理前後とプレーナ処理後の L\*

<sup>2</sup>同じ圧縮固定温度・固定時間内で統計処理を行った結果、異なる文字間に有意差あり。  
Tukey-Kramer 法 ( $p < 0.01$ )

#### 4. 摘要

ホットプレスを用いて厚さ 4cm (半径方向) のヒノキ材の表面硬さを向上させる圧密処理の条件を検討した。本試験では、圧密処理の条件を圧縮固定温度 150°C, 180°C, 200°Cとし、処理時間は 0 分, 10 分, 30 分, 60 分とした。また、圧縮率は 12.5%, 25%, 45%, 50%, 62.5%として試験を行った。圧密材はデュロメータ硬さ、寸法安定性、材色により評価した。その結果、デュロメータ硬さは圧縮率が高くなるにつれて上昇した。圧縮率 45%の処理では、圧縮固定温度および固定時間とデュロメータ硬さには関係性はみられず、各処理間に硬さの差はみられなかった。寸法安定性は固定時間 0 分の処理を除き、処理条件が異な

っても、解圧後 10 日目以降には全ての処理条件において材の厚さが安定していた。このこととホットプレスの効率的な利用を併せて考えると寸法を安定させる処理は圧縮固定温度が 150°C, その固定時間が 10 分であった。また、材色は圧縮固定温度 150°C, 固定時間 60 分までの処理では  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ の値が小さく目視による変化は認められなかった。これらの結果から、ヒノキの圧密処理は、圧縮固定温度 150°Cで固定時間を 10 分、その後、10 日養生することで、表面硬さが上昇し、材の厚さとヒノキの材色が保たれた圧密材が製造可能であることが明らかになった。

#### 5. 引用文献

- 1) 江越 航・古山安之・松浦 力: ラジアータパインの表面圧密 (第 3 報), 広島県東部工業技術センター研究報告, 16, 58-61 (2003)
- 2) 長谷川良一・児玉順一: 軟質木材の高度利用研究 (第 3 報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, 10, 35-39 (2008)
- 3) 井上雅文・則本 京: 熱処理による圧縮変形の永久固定, 木材研究・資料, 27, 31-40 (1991)
- 4) 松本奈緒美・辻 直幸・中山信吾・小原光博・金山公三: 圧密加工木材の材色変化, 三重県工業技術センター研究報告, 22, 50-53 (1997)
- 5) 長崎県農林部林政課・森林整備室: 平成 28 年度長崎県の森林・林業統計 (2017)
- 6) 中山伸吾・岸 久雄: 熱圧ロールプレス材表面

- の経時的変化について, 三重県科学技術振興センター工業技術総合研究所研究報告, 25, 67-69 (2001)
- 7) 日本工業標準調査審査会: JIS 木材の試験方法 JIS Z 2101, 35-36(2009)
- 8) 大谷 忠:デュロメータ硬さ計を用いた木材の表面硬さ特性と早晚材密度計測への応用可能性, 木材工業, 56 (7), 317-322 (2001)
- 9) 高橋雅和・阪上宏樹・藤本登留・ヘルマワン ア  
ンディ:表面硬さの向上を目的としたスギ板材の簡易圧密法, 木材学会誌, 59 (2), 97-104 (2013)
- 10) 徳田道夫・内迫貴幸・鈴木直之:熱ロールプレスで表面圧密化したスギの床板としての利用, 木材工業, 58 (3), 112-118 (2003)
- 11) 辻 直幸・金山公三・中山信吾・岸 久雄・木村 哲:圧密加工木材の表面物性の評価, 三重県工業技術総合研究所研究報告, 23 (1999)

### Summary

The conditions of compression processing using hot-pressing to improve surface hardness of Hinoki was investigated. In this study, hot plate temperature was set at 150, 180, 200°C. The pressing time was set at 0, 10, 30, 60 min. The compression ratio was set at 12.5, 25, 45, 50, 62.5%. The dimensional stability, durometer hardness, and color changes were examined. From results in this study, the condition of compression processing was hot plate temperature at 150, and including 10 minutes pressing and then leaving the compressed wood in the room temperature for 10 days.