

## 圧密処理木材の特性評価に関する研究

|       |   |
|-------|---|
| 誌名    | 徳島県立工業技術センター研究報告 = Report of Tokushima Prefectural Industrial Technology Center |
| ISSN  | 21865574  |
| 巻/号   | 9   |
| 掲載ページ | p. 91-96  |
| 発行年月  | 2000年11月  |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 圧密処理木材の特性評価に関する研究

住友将洋\*<sup>1</sup>，佐野 募\*<sup>1</sup>，永井良昌\*<sup>2</sup>

## 抄 録

間伐材製材品をパラフィンによる加熱の後、4面プレスで圧密化を行った。加熱条件、プレス条件の検討を行った。また、圧密処理材の材料性能を評価した。その結果、パラフィンによる加熱は、材料内部まで加熱する際に含水率の影響を受けることが分かった。加熱方法による変色では、パラフィン加熱が蒸気加熱に比べ変色が若干小さかった。プレス条件ではプレスの温度及び加熱時間が材料の寸法安定性に影響が大きかった。圧密処理により硬さは向上し、圧密度が高い方が硬くなった。曲げ強度は、圧密で高くなったが、圧密度を高くしてもそれほど大きくはならなかった。

## 1 はじめに

通常の圧密材の処理法では上下にプレスを行うため、板目の製材をプレスしているが、永井機械製作所製の4面プレスでは、上下及び左右からのプレスが可能であり、上下及び左右の圧縮率を設定でき、円形の木材を四角くすることも可能である。この装置を用い、間伐材の高付加価値化が可能であると考えられる。

また、木材を軟化するためには、水蒸気による処理が必要で、材中に含まれる樹脂分の浸出及び空気酸化に基づくと考えられる変色を生じている。この点を改良するため、加熱方法をパラフィンの中で加熱軟化させる方法を用いて圧密化することとした。

今回、間伐材製材品を用いて、圧密化を行いその際の変色、寸法安定性及び材料性能を評価した。

## 2 内部温度変化

### 2・1 試験方法

含水率の異なるスギ材を80×80×280mmに切断、木端面中央部に1mmφ穴を約20mm開け、1mmφのK型熱伝対を挿入し、約150℃に加熱したパラフィン浴中に浸し温度変化を測定した。

### 2・2 結果と考察

初期含水率の如何に関わらず、約1時間で材温の測定値は120℃まで上昇した。その後ほぼその温度を保った後、初期含水率の低い材料(21.4%)では5時間後から上昇を始め、8時間後には140℃を突破した。一方、初期含水率の高い材料(64.3%)では約

24時間を経て140℃以上になった(図1)。このような経過をたどるのは材内水分の影響で、含水率が高い間は熱は水分の蒸発に使われ、含水率が低下することによって再び温度上昇が始まったと解釈される。

140℃まで、加熱した試験片の含水率を測定したところ5～8%まで含水率が低下していた。この結果から、パラフィンによる加熱では、含水率によって加熱時間を決定するか、材内部が十分に加熱されたことをプレスの前に確認する必要があると考えられる。

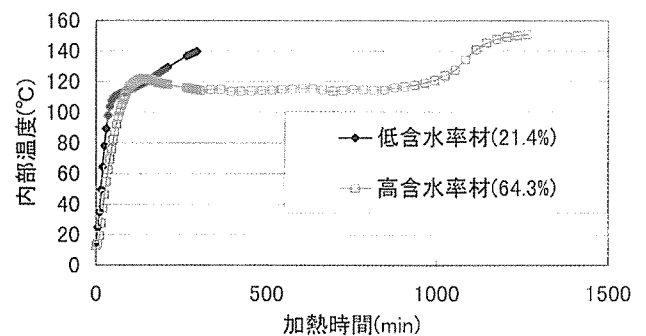


図1 150℃パラフィン浴に浸漬した供試材の内部温度変化

## 3 材料の加熱による変色

### 3・1 試験方法

含水率のよく似た3個の試験片(80×80×280mm)の鉋削直後の試料表面の色を心材、辺材に分けて8ヶ所ずつ測定し、加熱試験に供した。一つは圧力容器内で、約150℃の蒸気で2時間加熱した。残りの二つは150℃に設定したパラフィン浴中に浸漬

\*<sup>1</sup>生活科学課 \*<sup>2</sup>(株)永井機械製作所

し、片方は2時間放置、もう一方は前出の方法で内部温度を測定し内部温度140℃になるまで加熱し、材色を測定した。いずれの試験片も加熱中の汚染による変色が懸念されたため、試験片表面を一度鉋削してから測色とした。また、試験片内部の変色について検討するため、片側40mm鉋削し、材中央部の材色を測定した。

### 3・2 結果と考察

それぞれの測定値の平均値を表1～表3に示す。これらを比較すると、パラフィン加熱による変色( $\Delta E^*$ )は蒸気加熱によるそれと比べて表層部、中心部共に小さな値を示した。また、2時間のパラフィン加熱では温度上昇も少ないことから、変色も少なかった。内部温度を十分に上げた場合、蒸気加熱よりは変色はわずかに少なくなるものの、変色が少ないとは言えないと考えられる。

表1 蒸気加熱による材色の変化  
温度：145～150℃ 加熱時間：2時間

|      | L*   | a*   | b*   | $\Delta E^*$ |
|------|------|------|------|--------------|
| 無処理材 | 74.2 | 11.4 | 19.3 |              |
| 材表面  | 64.1 | 8.8  | 23.0 | 11.1         |
| 材中心部 | 69.2 | 9.1  | 24.9 | 7.9          |

表2 パラフィン加熱による材色の変化  
浴温度：150℃ 加熱時間：2時間

|      | L*   | a*   | b*   | $\Delta E^*$ |
|------|------|------|------|--------------|
| 無処理材 | 70.4 | 12.9 | 21.9 |              |
| 材表面  | 71.2 | 9.7  | 19.2 | 4.2          |
| 材中心部 | 71.4 | 10.6 | 22.0 | 2.5          |

表3 パラフィン加熱による材色の変化  
浴温度：150℃ 加熱時間：16時間

|      | L*   | a*   | b*   | $\Delta E^*$ |
|------|------|------|------|--------------|
| 無処理材 | 69.3 | 13.5 | 21.7 |              |
| 材表面  | 67.2 | 8.7  | 24.5 | 6.0          |
| 材中心部 | 65.7 | 8.8  | 26.7 | 7.8          |

## 4 寸法変化の評価

### 4・1 試験方法

#### 4・1・1 処理条件による寸法安定化

芯持ちのスギ材を80×80×280mmに加工し、約150℃に加熱したパラフィンに浸漬、4面プレス（永井機械製作所製）で圧縮、放冷後取り出した。それ

ぞれの試験片処理条件（パラフィン加熱、プレス定盤温度、プレス時間、放冷時間）を表4に示す。圧縮時のプレス間隔は縦横53mmとした。

圧密処理した各試験体について、解圧直後の長さ方向等分点の寸法を測定した。室内に1ヶ月間放置後、同一の個所を測定し、自然放置による寸法変化を測定した。

次に、試験体の四面を鉋削し、断面形状が正方形になるように加工した。厚さ10mmに切断し、各試験片の繊維に垂直な2方向の寸法を測定した後、各試験片を110℃の恒温器中で恒量になるまで乾燥した。各試験片の重量及び寸法を測定した後、吸湿試験及び吸水試験により寸法変化を求めた。

吸湿試験は、試験片を40℃、90%の恒温恒湿器に重量がほぼ一定になるまで放置し、重量及び縦横2方向の寸法の経時変化を測定した。

吸水試験は、試験片を常温の水中に24時間浸漬し、重量及び縦横2方向の寸法の変化を測定した。

表4 処理条件

|    |      | パラフィン浴中加熱条件 | プレス定盤温度 | プレス時間 | 放冷時間 |
|----|------|-------------|---------|-------|------|
|    |      | 予備          | D1      | 3時間   | ---  |
| 実験 | W1   | 3時間         | 150℃    | 20分   | 15時間 |
|    | D2   | 1時間         | ---     |       | 1時間  |
|    | D3   | 3時間         | 180℃    | 30分   | 15時間 |
|    | DX-1 | 材温140℃      | 140℃    | 30分   | 15時間 |
|    | WX-1 | 材温150℃      | 140℃    | 30分   | 10時間 |
|    | D2-1 | 材温140℃      | ---     |       | 2時間  |
|    | D2-2 | 材温140℃      | ---     |       | 10時間 |
|    | W2   | 材温140℃      | ---     |       | 2時間  |
|    | W3   | 材温140℃      | 180℃    | 30分   | 15時間 |
|    | W2-1 | 材温140℃      | ---     |       | 2時間  |
|    | W3-1 | 材温140℃      | ---     |       | 6時間  |
|    | W3-2 | 材温140℃      | 120℃    | 30分   | 15時間 |
|    | D4-1 | 材温140℃      | ---     |       | 15時間 |
|    | W4-1 | 材温140℃      | ---     |       | 10時間 |
|    | D4-2 | 材温130℃      | 160℃    | 2時間   | 15時間 |
|    | W4-2 | 材温140℃      | 160℃    | 2時間   | 15時間 |

#### 4・1・2 長さ方向の寸法固定化について

80×80×500mmの材を120℃のパラフィン浴を5時間以上行い、圧縮時のプレス間隔は縦横55mm（圧縮率約50%）とし、定盤温度160℃で2時間加熱圧縮し、圧縮したまま室温になるまで放置し解圧した。

圧密処理材を1週間以上放置後、周囲を3mm以上鉋削し断面形状を整え、材端部から1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25cmの部分の厚さ約10mmに切断した。各試験片の繊維に垂直な2方向の寸

法を測定した後、各試験片を105℃の恒温器中で乾燥し、寸法を測定した後、沸騰水中に5分間浸漬し寸法を測定した後、105℃の恒温器中で乾燥し寸法を測定した。

### 4・2 結果と考察

#### 4・2・1 処理条件による寸法安定化

圧密処理材を室内に放置し、1ヶ月経過した時点で目視により形状の変化を判別し、変形の認められる試料と変形の認めがたいものに区分して寸法をプレス設定寸法との比で図2、図3に示す。処理条件と照らし合わせると、プレス時に定盤を加熱していないとすべて変形を起こすことが、また加熱した場合でも高温(140℃)にしないと寸法の安定に効果がないことが分かった。

吸湿試験の経過の例を図4、図5に示す。また、結果を表5に示す。この表では、含水率1%当たり

の寸法変化率の小さい順に並べてある。プレス時に180℃で処理したD3が最も寸法安定性が高かったが、その他の試験片については明確な傾向をつかむことができなかった。

吸水試験の結果を表6に示す。この場合もD3が最も寸法安定性の高い処理材という結果となり、その他の試験体では明確な傾向を得られなかった。吸水後の含水率が高すぎることも原因の1つと考えられる。

これらの結果、今回の条件の中では最も寸法安定性の良い処理温度は180℃であると考えられたが、材が黒色に変色していたため、現実的な処理条件として、プレス条件は160℃、2時間が良いと考えられる。

また、パラフィンでの加温は、150℃付近が限界で、長時間の加熱ではパラフィンの劣化が見られ

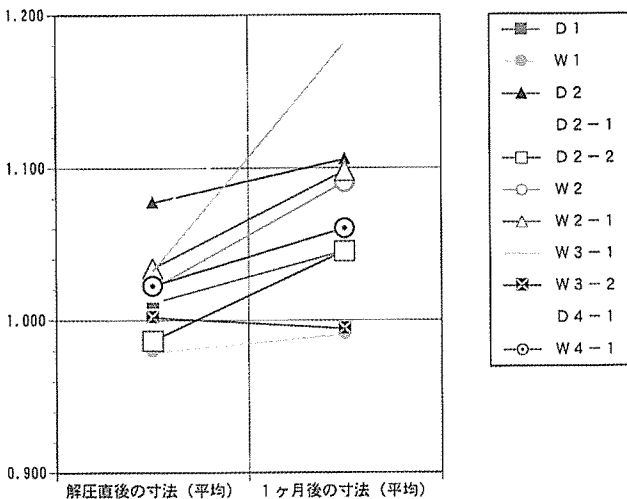


図2 自然放置による寸法変化 (目視により明らかに変形が認められた試料)

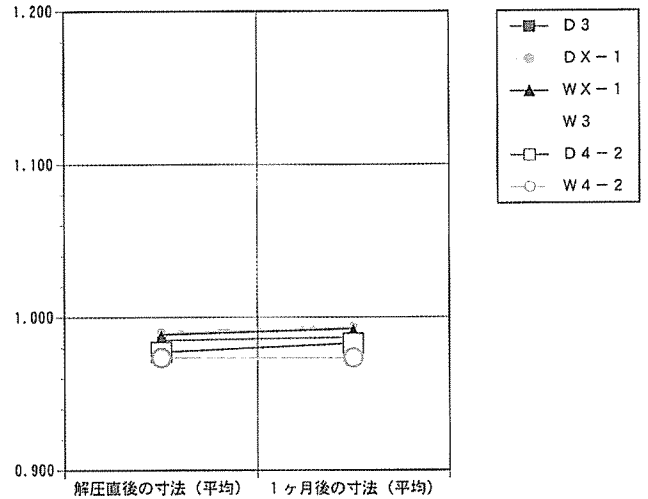


図3 自然放置による寸法変化 (目視によりほとんど変形が認められなかった試料)

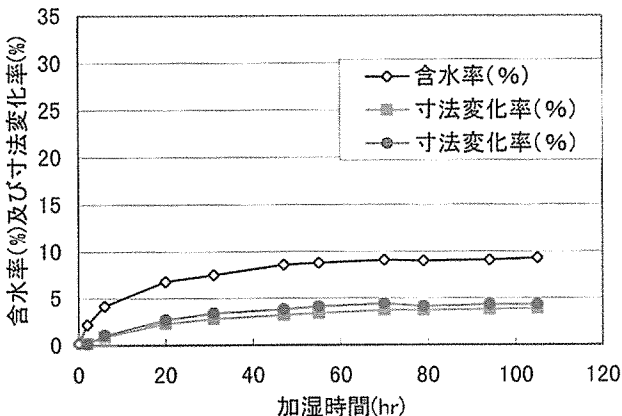


図4 絶乾状態からの加湿による含水率及び寸法変化率の推移 試料：D3

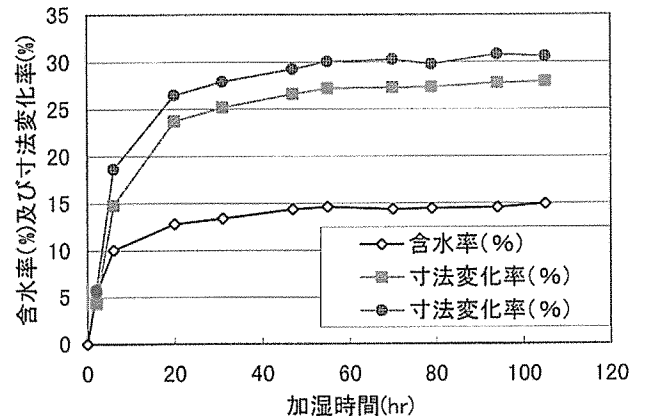


図5 絶乾状態からの加湿による含水率及び寸法変化率の推移 試料：DX-1

表5 吸湿による含水率及び寸法変化  
加湿条件：40℃，90%

|      | 吸湿による<br>含水率変化 | 吸湿による<br>寸法変化率(%) | 含水率1%当たりの<br>寸法変化率(%) |
|------|----------------|-------------------|-----------------------|
| D3   | 9.3            | 4.6               | 0.50                  |
| W3-2 | 15.1           | 12.2              | 0.81                  |
| W3-1 | 15.6           | 14.7              | 0.94                  |
| W2-1 | 15.2           | 14.7              | 0.96                  |
| D2-1 | 16.6           | 17.6              | 1.06                  |
| D2   | 15.5           | 16.6              | 1.07                  |
| W1   | 11.8           | 15.3              | 1.30                  |
| W2   | 11.6           | 18.9              | 1.63                  |
| D2-2 | 15.3           | 26.6              | 1.73                  |
| D4-2 | 14.0           | 26.4              | 1.88                  |
| D1   | 13.5           | 25.5              | 1.88                  |
| D4-1 | 13.9           | 26.2              | 1.88                  |
| W4-1 | 12.1           | 23.0              | 1.91                  |
| DX-1 | 15.0           | 30.1              | 2.01                  |
| WX-1 | 13.0           | 27.6              | 2.12                  |
| W3   | 12.1           | 25.8              | 2.13                  |
| W4-2 | 13.0           | 28.9              | 2.22                  |

表6 吸水による寸法変化率

|      | 吸水による<br>含水率変化 | 吸水による<br>寸法変化率(%) | 含水率1%当たりの<br>寸法変化率(%) |
|------|----------------|-------------------|-----------------------|
| D3   | 17.9           | 2.0               | 0.11                  |
| D4-2 | 61.8           | 12.4              | 0.20                  |
| W3-1 | 101.1          | 21.7              | 0.21                  |
| W3-2 | 53.2           | 13.8              | 0.26                  |
| D4-1 | 153.8          | 41.5              | 0.27                  |
| D2-1 | 107.8          | 29.2              | 0.27                  |
| W2-1 | 72.3           | 20.3              | 0.28                  |
| WX-1 | 132.3          | 39.9              | 0.30                  |
| W2   | 103.9          | 39.8              | 0.38                  |
| DX-1 | 104.8          | 40.3              | 0.38                  |
| W4-1 | 110.4          | 42.9              | 0.39                  |
| D2   | 56.6           | 22.7              | 0.40                  |
| W1   | 34.1           | 14.1              | 0.41                  |
| D1   | 92.4           | 38.9              | 0.42                  |
| W4-2 | 89.3           | 42.2              | 0.47                  |
| D2-2 | 51.0           | 25.9              | 0.51                  |
| W3   | 41.7           | 26.3              | 0.63                  |

たため120℃の加温とし、パラフィン加熱時間を短くするためパラフィンに浸漬する材は乾燥材がよいと考えらる。よって以降の試験における圧密処理条件とした。

4・2・2 長さ方向の変形固定化について

長さ方向における変形を図6に、また、長さ方向における材の寸法を図7に示す。このように材の端面になっている部分は、変形の固定化ができておらず、約7cmほど内側に入ったところで変形が固定されている。これは、材の内側では、材中の水分が抜けにくかったため水蒸気として材内部で封入されていたためだと考えられる。

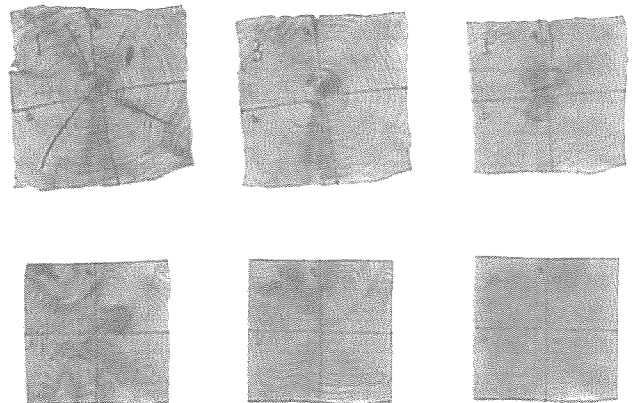


図6 長さ方向での吸水による変形  
上段左から1cm, 3cm, 5cm  
下段左から7cm, 10cm, 20cm

5 圧縮材の材料性能評価

5・1 試験方法

5・1・1 試験体の作成

90mm角、約2mの1本の気乾製材(芯持ち)品を80×80×500mmの4体に切断した。それぞれを無処理(0%)、10%厚密、30%圧密、50%圧密の4段階の断面の縮小率を設定し、圧密処理を行った。

圧密は、120℃のパラフィン浴を5時間以上行い、定盤温度160℃で2時間加熱圧縮し、圧縮したまま室温になるまで放置し解圧した。圧縮時のプ

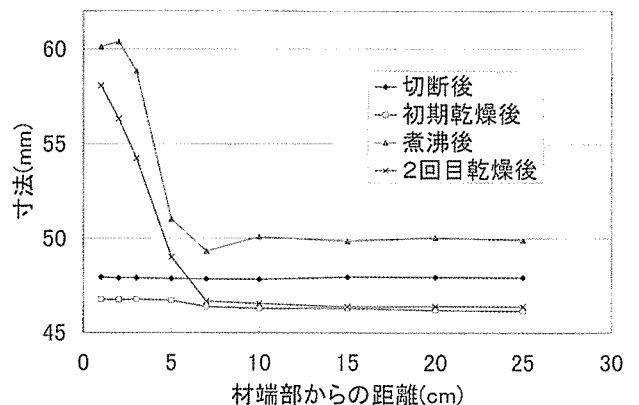


図7 長さ方向での煮沸および乾燥による寸法の変化

レス寸法は、10%圧密で縦横76mm、30%圧密で縦横67mm、50%圧密で55mmとした。

圧密処理材を1週間以上放置後、鉋削し断面形状を整え、材端部から55mmの部分で切断し、密度を測定し、硬さ試験に供した。残りの部分はさらにほぼ無節になるよう、20mm角に製材し曲げ試験に供した。

5・1・2 硬さ試験

硬さ試験は、JIS Z 2101の硬さ試験に準じ、島津製作所製オートグラフAG500Dで、10mmの鋼球を0.5mm/minの速度で材に圧入し、深さが0.32mmとなった時の荷重から硬さを求めた。

5・1・3 曲げ強度試験

曲げ強度試験は、JIS Z 2101の曲げ強度試験に準じ、島津製作所製オートグラフAG500Dで、スパン280mm、ヘッドスピード5mm/minで中央集中荷重方式により行い、曲げ強度及びヤング係数を求めた。

5・2 結果と考察

5・2・1 材の密度

材の密度は、気乾状態で0%は0.52g/cm<sup>3</sup>、10%圧密は0.54g/cm<sup>3</sup>、30%圧密は0.69g/cm<sup>3</sup>、50%圧密は1.13g/cm<sup>3</sup>であった。これを無処理(0%)に対する密度の比率は、10%圧密は103.8%、30%圧密は132.7%、50%圧密は226.0%であった。

5・2・2 硬さ試験

圧密処理により得られた材の板目面硬さ及び木口面硬さを図8、図9に示す。いずれも、圧密することにより硬さの向上が見られ、30%圧密と50%圧密との間で硬さの向上が著しかった。これは、材の細胞がほとんど完全につぶれた状態となっているためだと考えられる。このため、圧密処理材を硬さが重要な役割を果たす表面材料として使用する場合には、50%圧密材がよいと考えられる。

5・2・3 曲げ強度試験

圧密処理により得られた材の曲げ強度及び曲げヤング係数を図10、図11に示す。いずれも、圧密することにより硬さの向上が見られるが、圧密の間で著しい向上は見られなかった。これは、圧密の度合いが大きくなるにつれて材の破壊も大きくなっているためだと考えられる。このため、圧密処理材を強度が必要な軸材料として使用する場合には、圧密

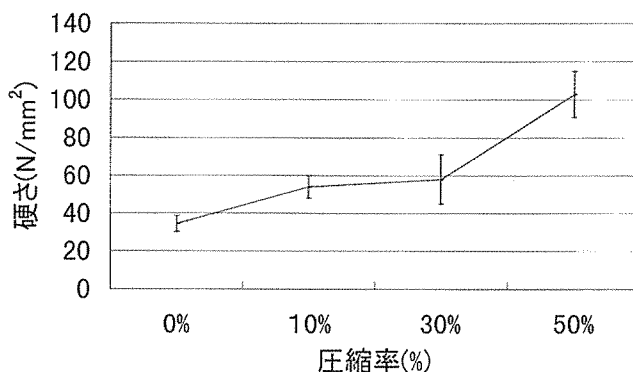


図8 圧密材の木口面平均硬さ

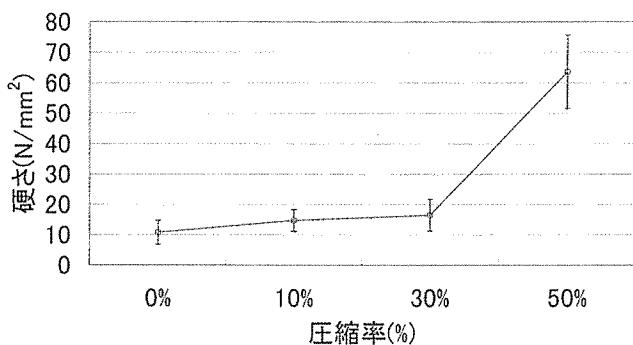


図9 圧密材の板目面平均硬さ

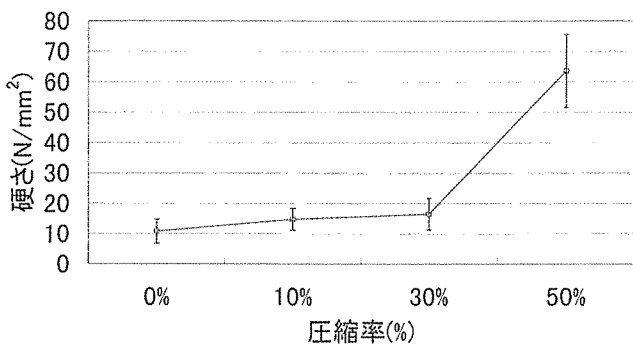


図10 圧密材の平均曲げ強度

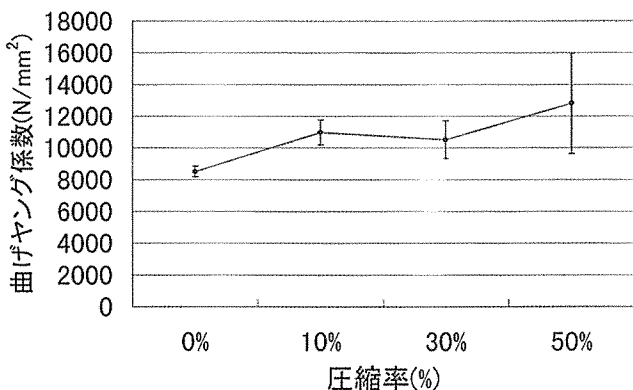


図11 圧密材の平均曲げヤング係数

の度合いを小さくとどめ、材料の歩留まりを向上させるのがよいと考えられる。

## 6 解圧温度についての評価

### 6・1 試験方法

スギ材（80×80×100mm）を120℃のパラフィン浴を5時間以上行い、圧縮時のプレス間隔は縦横55mmとし、圧縮を行った。このとき、プレスの温度を室温または160℃とした。材の端面に1mmφ穴を約20mm開け、1mmφのK型熱伝対を挿入し温度変化を測定しつつ60～100℃まで放冷しプレスから取り出した。取り出した直後、材の中央部で寸法を測定し、変形を目視で観察した。

### 6・2 結果と考察

いずれの条件でも、材の寸法はプレスの設定寸法から2mm以上のずれは認められなかった。しかし、目視による変形では、80℃以上で変化が見られた（表7）。材の内部温度が十分に低下しないままプレスから取り出すと、材が変形することが分かった。

## 7 まとめ

材の変色は、パラフィン加熱が蒸気加熱に比べ若干の変色抑制効果が見られたが、根本的に材の変色を防止することはできなかった。プレス条件では、自然放置時に材の寸法変化がほとんどない処理方法が見いだせたが、吸湿時、吸水時の寸法安定性については問題が残った。このとき、プレスの温度及び加熱時間が材料の寸法安定性に影響が大きかった。

また、寸法の回復性については、木口面からの距

表7 冷却温度による材の変形の様子

| プレス条件<br>温度 | 放冷温度<br>(°C) | 放冷時間<br>(分) | 材の様子                 |
|-------------|--------------|-------------|----------------------|
| 160℃        | 100          | 85          | 材面にうねり及び割れを生じた。      |
| 160℃        | 90           | 110         | 変形はしなかったが、微細な割れが生じた。 |
| 160℃        | 80           | 140         | 変形はしなかったが、うねりが生じた。   |
| 160℃        | 70           | 180         | 変形、割れを生じなかった。        |
| 160℃        | 60           | 240         | 変形、割れを生じなかった。        |
| 常温          | 100          | 12          | 材中央部にふくれが生じた。        |
| 常温          | 90           | 15          | ふち周りにゆがみを生じた。        |
| 常温          | 80           | 18          | 変形はしなかったが、うねりが生じた。   |
| 常温          | 70           | 20          | 変形、割れを生じなかった。        |
| 常温          | 60           | 25          | 変形、割れを生じなかった。        |

離の影響が大きいことが分かった。このため、プレスの端と中央の均一性を高め同時に材内の水分のリークを防ぐ必要があると思われる。

また、圧密処理により硬さは向上し、圧密度が高い方が硬くなった。曲げ強度は、圧密で高くなったが、圧密度を高くしてもそれほど大きくはならなかった。こういった点から間伐材を圧密処理して材料性能を高め利用していくためには用途に合わせた処理が必要だと考えられる。