

## ウレタン樹脂による圧縮変形固定と圧縮処理木材の性質

本多 琢 己

Fixation of Compressive Deformation of Wood by Urethane Resin and Physical Properties of the Products

Takumi HONDA

**Summary :** Karamatu, akamatu and sugi lumber in the oven-dry conditions were compressed in the radial direction and the compressive deformation fixed using a low molecular weight urethane resin . Urethane resin solution was impregnated by pre-platen pressing method. The effects of the compressive conditions on the mechanical properties as well as the set recovery of the compressed specimens were investigated. The hardnesses of the compressed specimens increased with increasing compression sets and the weight percent gain, and it was possible to obtain values larger than those of high-density hardwoods. Compressive set of the compressed specimens maintained stability during wetting and drying cycles, but with boiling they decreased drastically. Cross-lap specimens made from the compressed woods were used for the measuring of adhesive tensile strength of aqueous polymer isocyanate adhesive. Tensile strength was less than that of the normal specimens but fracture fatigure showed cohesive failure.

**要旨：**針葉樹材を横方向に圧縮し、その変形を低分子量ウレタン樹脂を用いて固定した。ウレタン樹脂の注入は平板プレスを用いて前圧縮法により行った。前圧縮および変形固定における圧縮条件が圧縮木材の変形回復や物性に及ぼす影響を調べた。圧縮木材の硬さは圧縮率やウレタン樹脂含浸率に比例して増加し、代表的な広葉樹と同程度の硬さになった。変形固定は水中浸漬に続き乾燥を繰り返す処理に対しては比較的安定していたが、煮沸処理では急激に回復した。圧縮木材の接着性は、水性高分子イソシアネート系接着剤で接着されたクロスラップ試験体を用いて引張り接着試験により評価した。引張り接着強さは未処理木材を被着体とした試験体よりも低くなったが、破壊形態そのものは一般的な木部破壊を伴う凝集破壊であった。

### 1 はじめに

カラマツなどの針葉樹材は、広葉樹材に比べて軟質で早材と晩材の比重差が大きいことから、傷ついたり凹んだりしやすいためフローリングなどには利用しにくい。そこで、針葉樹材の表面物性を改良することを目的に、低分子水溶性ウレタン樹脂を用いて圧縮変形を固定することを特徴とする圧縮木材を試作した。ウレタン樹脂の注入は、前圧縮法、すなわち、平板プレスを用いた液外での圧縮変形に続き溶液中に浸漬する方法で行った<sup>1)</sup>。さらに平板プレスを用いて圧縮変形の固定を行った。その際に圧縮変形に伴う内部応力が発生し、一部は変形固

定後も残留していると考えられる。この残留応力は圧縮木材が吸湿・吸水した時の変形回復量に影響する。ここで、ウレタン樹脂が圧縮変形を固定する際に可塑剤として機能すれば、圧縮変形が容易になり、その分だけ内部応力が少なくなり、さらには固定過程において応力緩和が起きるものと想定される。そこで、圧縮木材の変形回復挙動から、ウレタン樹脂の木材に対する可塑化効果および変形固定機能について考察した。また、圧縮木材の表面硬度と含浸率の関係を調べ、表層の高硬度化に対するウレタン樹脂の寄与について考察した。

一方、ウレタン樹脂含浸木材を圧密化した場合、表層部分においては、樹脂との複合化や高密度化に伴う多孔質の減少が生じ、液体浸透性およびぬれが低下する可能

Table. 1 前圧縮及び変形固定条件

試 験	前圧縮処理	変形固定処理
T1	40%の圧縮を3回	40%の圧縮変形を保持し、160℃で30分間加熱
T2	40%の圧縮を3回	60%の圧縮変形を保持し、160℃で30分間加熱
T3	60%の圧縮を3回	60%の圧縮変形を保持し、160℃で30分間加熱
T4	60%の圧縮を3回	40%の圧縮変形を保持し、160℃で30分間加熱
T5	60%の圧縮を3回	40%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱
T6	60%の圧縮を3回	60%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱
T7	40%の圧縮を3回	40%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱
T8	40%の圧縮を3回	60%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱
T9	40%の圧縮を3回	50%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱
T10	60%の圧縮を3回	50%の圧縮変形を保持し、140℃で30分間加熱

性がある。液体浸透性やぬれの低下は、接着剤の広がりをも悪くし投錨効果を減少させることから、接着性に対しても影響を及ぼす。複合フローリングは接着製品であるから、それに圧縮木材を利用する際には接着性が大変重要となる。しかし、これまでのところ圧縮木材の接着性に関する報告はほとんど見当たらない。そこで、クロスラップ法を適用した引張り接着試験により接着性能評価を行った。

## 2 実 験

### 2.1 供試材料

ウレタン樹脂については、前報<sup>1)</sup>と同じPUa(無黄変・架橋タイプ)、PUb(黄変タイプ)およびPUc(無黄変タイプ)の3タイプを用いた。

供試材料には、無欠点のカラマツ、アカマツおよびスギの心材を用い、厚さ(放射方向)の中心に晩材部を二列含むように木取りした。そこから寸法が220mm(繊維方向)×75mm(接線方向)×10mm(放射方向)の試験片を採取した。恒温恒湿室内(20℃、65%RH)に静置して気乾状態とし、さらに50℃で充分乾燥したものを供試した。

### 2.2 平板プレス前圧縮法によるウレタン樹脂の注入と圧縮変形固定処理

平板プレスを用いて、試験片を放射方向に40%または60%圧縮を3回繰り返した後、直ちに除荷し、そのまま濃度20%のウレタン樹脂溶液中に72時間浸漬した。50℃で充分乾燥後に重量を測定した。含浸率は、処理前

後の試験片の50℃恒量により算出した。平板プレスで放射方向に40%、50%または60%圧縮し、140℃または160℃で30分間の変形固定処理を行った。前圧縮処理と変形固定処理を組合わせて設定した試験条件T<sub>1</sub>~T<sub>10</sub>をTable. 1に示した。このうち変形固定処理における160℃の条件では樹脂の発泡によると思われる部分的な膨れが観察されたため、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>およびT<sub>4</sub>の試験はカラマツについてのみ行った。

### 2.3 表面硬度測定

早材部のブリネル硬さをJIS Z 2101に従って測定した。恒温恒湿室内(20℃、65%RH)に静置して気乾状態としたものを測定に供試した。

### 2.4 変形回復試験<sup>2)</sup>

20℃-98%RHの雰囲気中に48時間静置し吸湿させ、50℃で72時間乾燥させる操作を5回繰り返した。さらに、室温で20時間水中に静置し吸水させた後50℃で120時間乾燥させる操作を2回繰り返した。変形回復率は次式から算出した。

$$\text{変形回復率(\%)} = (1 - (T_0 - T_2) / (T_0 - T_1)) \cdot 100$$

ここで、T<sub>0</sub>: 50℃恒量での初期の試験片の厚さ、T<sub>1</sub>: 変形固定後50℃恒量での試験片の厚さ、T<sub>2</sub>: 回復試験過程での50℃乾燥時の試験片の厚さである。

### 2.5 クロスラップ引張り接着試験

圧縮木材の接着試験はクロスラップ法<sup>3)</sup>によって行い、引張り接着強さを求めた。被着体として未処理木材の柁目板、他に合板、MDFも供試した。接着剤は水性高分

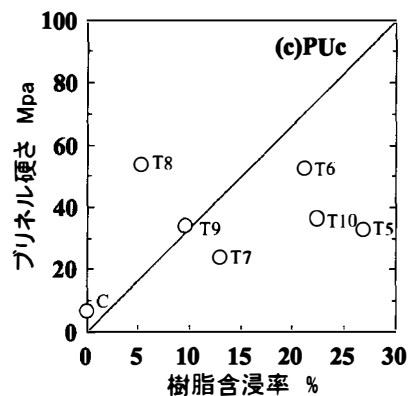
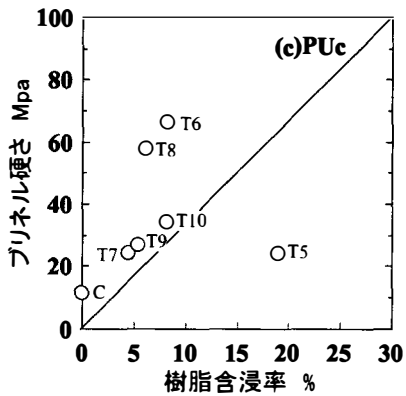
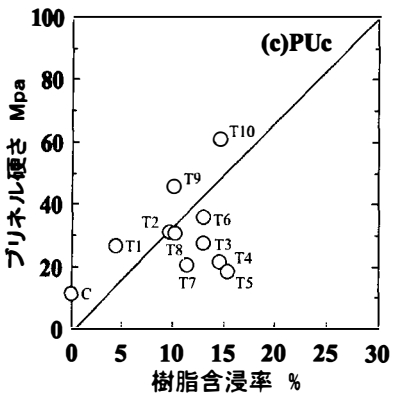
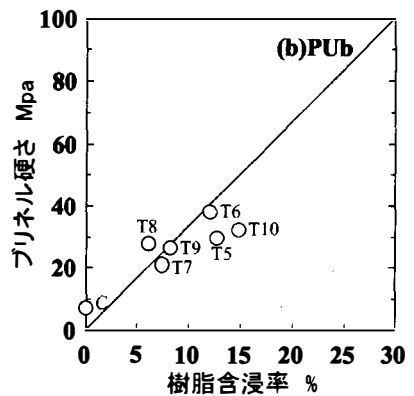
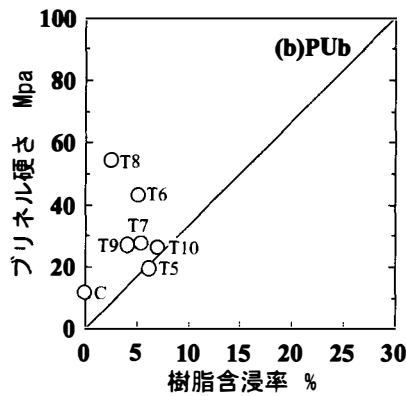
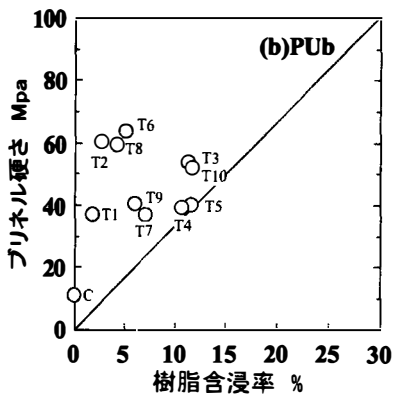
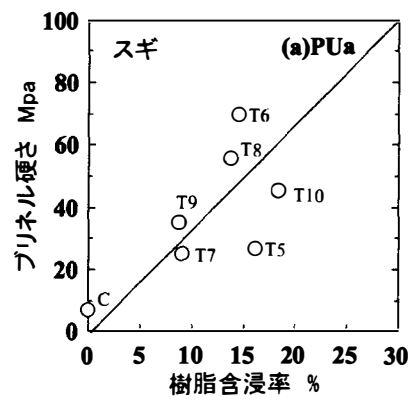
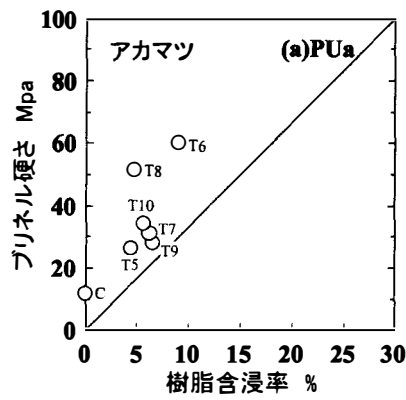
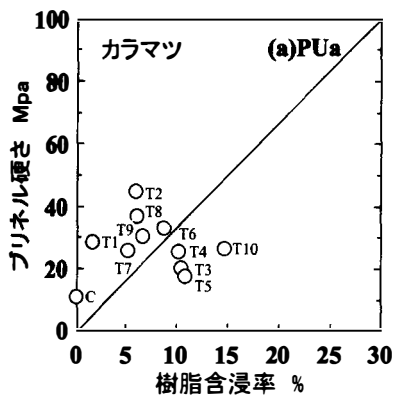


Fig.1 ブリネル硬さと含浸率の関係

Fig.2 ブリネル硬さと含浸率の関係

Fig.3 ブリネル硬さと含浸率の関係

子イソシアネート系樹脂接着剤を用い、接着面積  $4\text{cm}^2$ 、塗布量  $250\text{g}/\text{m}^2$ とし、圧縮圧  $0.98\text{Mpa}$  で2時間圧縮した。恒温恒湿室内 ( $20^\circ\text{C}$ 、 $65\%\text{RH}$ ) に静置し気乾状態としたものを測定に供試した。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 圧縮木材の表面硬度

ウレタン樹脂の含浸率と圧縮木材のブリネル硬さの関係について、Fig. 1 にカラマツの結果を、Fig. 2 にアカ

マツの結果を、Fig. 3 にスギの結果を示した。圧縮木材のブリネル硬さは、いずれの樹種においてもウレタン樹脂のタイプに関わらず、未処理 (=C) と比べて増加した。ブリネル硬さは未処理に対してカラマツで3.2倍、アカマツで5.6倍、スギで7.4倍となった。このように圧密化の効果はスギが最も大きかった。ミズナラ、ケヤキ、クリなどの広葉樹のブリネル硬さが  $20\text{Mpa}$  程度<sup>4)</sup> であることから、針葉樹を圧密化することで広葉樹並みの硬さにできることが分かる。また、変形固定時の圧縮率が高い方がブリネル硬さの値が大きい。しかし、含浸

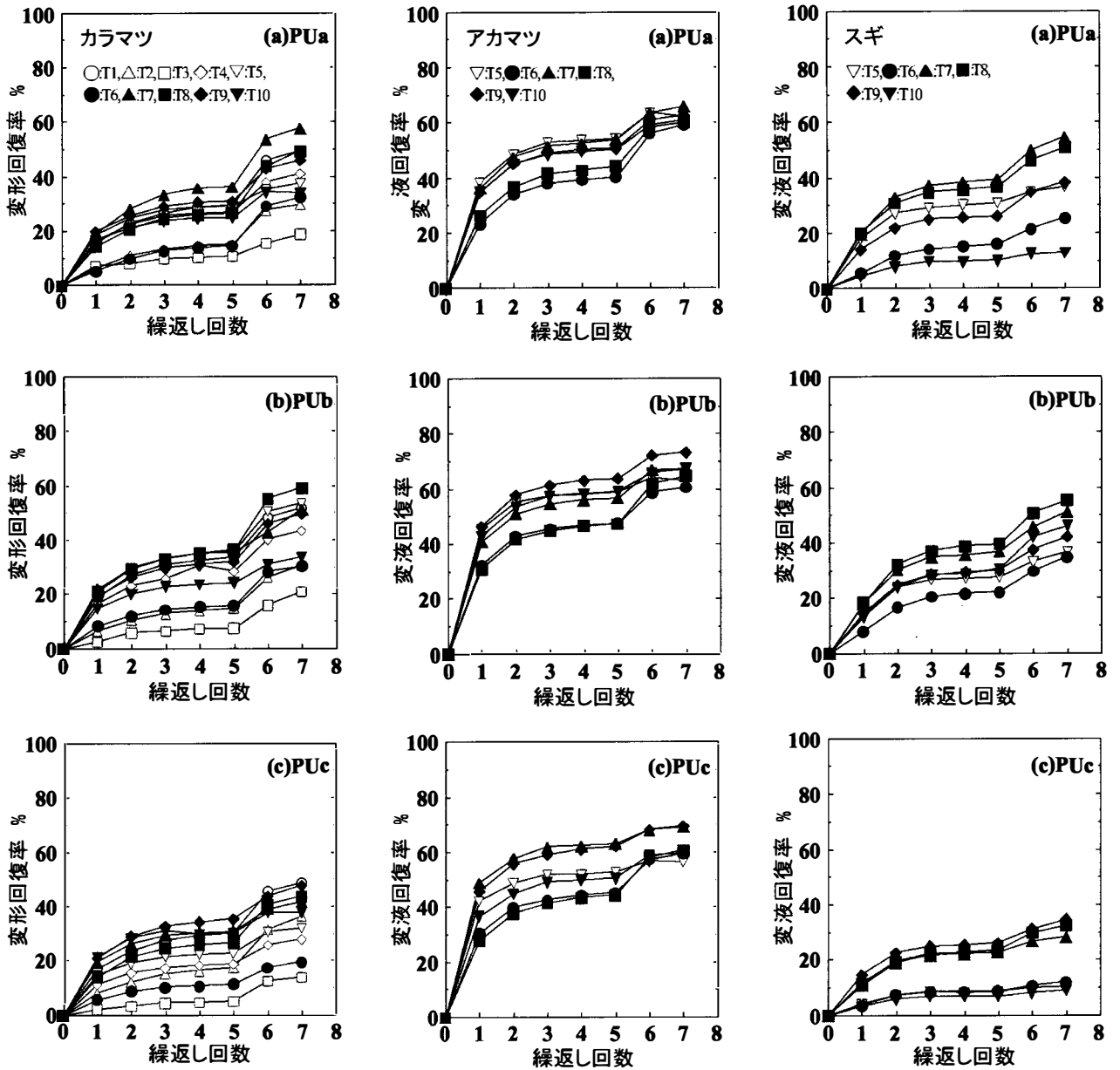


Fig.4 変形の回復率と加工条件の関係

Fig.5 変形の回復率と加工条件の関係

Fig.6 変形の回復率と加工条件の関係

率とブリネル硬さの関係が不明瞭であるため、樹脂がブリネル硬さの増加にどの程度寄与しているかは明らかではない。

160℃で変形固定した試験片は非常に強い光沢を呈し、表面の仕上がり状態は良好であった。しかし、試験体の中には表面の一部に膨れの発生が確認されたものもあった。これは、試験体を高温の状態での圧縮したことが原因と考えられる。そのため、室温付近まで冷却した後に解圧を行うようにすれば、膨れなどが生じることなく、しかも光沢に優れた表面が期待できよう。

### 3.2 圧縮木材の変形回復

圧縮木材に吸湿・吸水処理を繰り返したときの変形回復挙動について、Fig. 4にカラマツの結果を、Fig. 5にアカマツの結果を、Fig. 6にスギの結果を示した。前圧縮と変形固定の圧縮率が等しい条件の場合、異なる条件と比べて変形回復率はより小さくなる。これは、前圧縮の圧縮率が変形固定の圧縮率よりも小さい場合はウレタン樹脂未注入部分が、また、前圧縮の圧縮率が変形固定の圧縮率よりも大きい場合は未固定部分が変形回復に影響

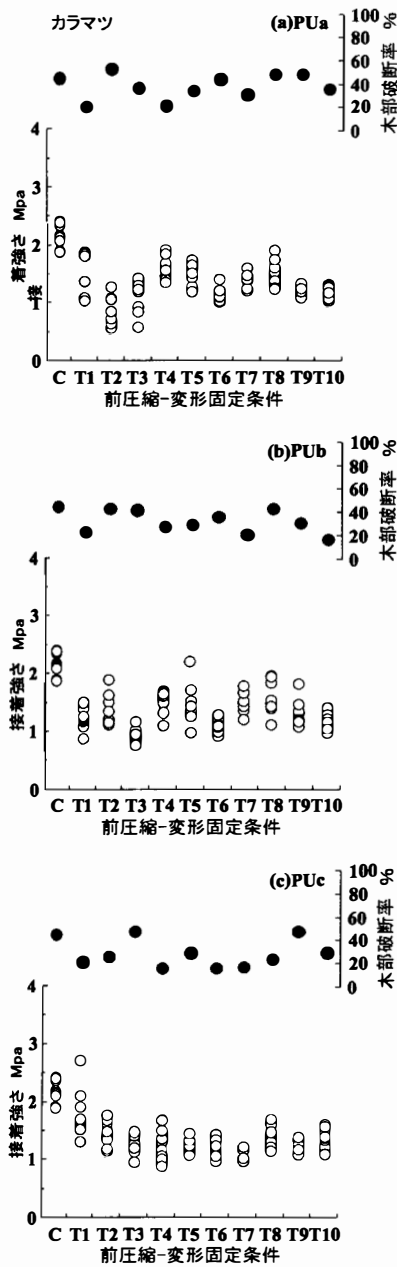


Fig.7 引張り接着強さと加工条件の関係

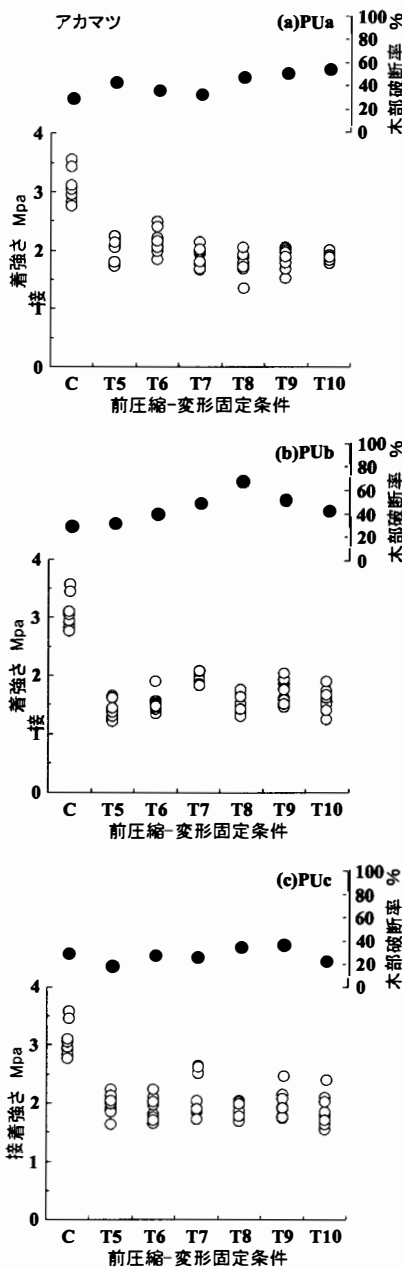


Fig.8 引張り接着強さと加工条件の関係

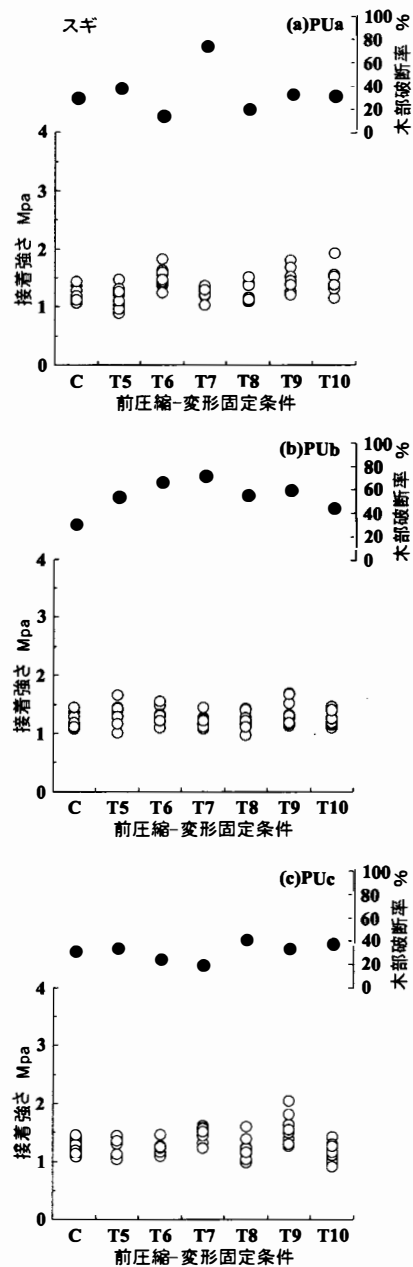


Fig.9 引張り接着強さと加工条件の関係

するためと考えられる。

### 3.3 圧縮木材の接着性

圧縮木材のクロスラップ引張り接着強さと圧密化条件の関係について、Fig. 7にカラマツの結果を、Fig. 8にアカマツの結果を、Fig. 9にスギの結果を示した。カラマツの場合、圧縮木材の接着強さは未処理材に比べて低下するものの、破断面は正常な破壊形態を示した。また、アカマツもカラマツとほぼ同様の傾向を示した。スギの場合、圧縮木材の接着強さは未処理材のそれとほぼ同じ

大きさで、破断面も正常な破壊形態を示した。カラマツのT<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>のように高温・高圧縮率の条件(圧縮率60%、圧縮温度160℃)で圧密化された試験片の一部においては、剥離が年輪界付近から発生するなど、やや脆性的な破壊性状を示した。一方、被着体が合板とMDFの場合、全試験片において被着体側の凝集破壊であった。このように圧縮木材は、二次接着された試験片の接着強さや破壊形態に関して異状が認められなかったことから、複合フローリングの基材としても利用が可能である。

#### 4 ま と め

ウレタン樹脂を含浸させた針葉樹材を放射方向に圧縮し、その変形を固定した圧縮木材を調製した。この方法によれば、針葉樹材を広葉樹材並みの硬さに改質できることが分かった。また、圧縮木材に吸湿・吸水処理を繰返したときの変形回復挙動を把握した。一方、クロスラップ法による引張り接着試験から、二次接着性についても問題のないことが分かった。

#### 文 献

- 1) 本多琢己：山梨県森林総合研究所研究報告, 28, 19-22 (2009)
- 2) 伊藤貴文：奈良県林試木材加工資料, 28, 5-9 (1999)
- 3) 松本庸夫：林業試験場研究報告, 232, 97-108 (1970)
- 4) 木材工業ハンドブック, 丸善株式会, 194-197 (2004)