

# 地域資源を活用した循環社会対応型集成材の開発

2003 年度～2005 年度（国補）

山本勝洋 豊嶋 勲\* 鴨下直史 大林育志

## 要 旨

循環社会に相応したスギ重ね梁集成材製造技術を開発するため、集成材工場等の木質廃棄物の実態調査、広葉樹材の材質調査、および構造用集成材等の製造方法の検討を行った。その結果、木質廃棄物は家畜敷料や堆肥に利用されているが、処理しきれないものは焼却するなど処分に困っている状況が明らかになった。広葉樹材の材質調査ではコナラの曲げヤング率は平均値  $13.6\text{kN/mm}^2$  で JAS 樹種群 B の 1 等扱いが可能であると考えられた。構造用集成材等の製造方法では、スギ重ね梁において圧縮コナラダボで結合した場合、ダボ本数が増加しても曲げ強度 (MOR)、曲げヤング率 (MOE) に差が認められず、国土交通省告示のスギの基準強度に満たなかった。しかし、圧縮コナラダボに生分解性接着剤を塗布しプレスで圧縮しながら製造した重ね梁は、通常の接着剤を使用した重ね梁とほぼ同等の強度が得られ、梁桁材としての利用の可能性が示唆された。

## I はじめに

近年、住宅等において集成材の需要が急増しているが、レゾルシノール等生分解しにくい接着剤が使用され、廃材の堆肥化や家畜敷料などリサイクルする場合に問題がある。また、県内にはスギ等の針葉樹、コナラ等の広葉樹の蓄積が増大し、その用途の開発が求められている。このため需要の大きな梁桁材について循環型社会に相応したコナラを活用したスギ集成材等製造技術を検討した。

## II 材料と方法

### 1. 木質廃棄物の実態調査

愛知県内の集成材製造工場、プレカット事業者等 3 社の集成材端材や削り屑等の処分方法に関する実態調査を実施した。調査方法は、①年間の接着剤の使用量と種類、②端材、削り屑の発生量、③再利用方法・破棄処理方法について平成 15・16 年にアンケート形式により聞き取り調査を行った。

### 2. 広葉樹材の材質調査

#### (1) コナラの強度および乾燥特性調査

設楽町産 30～50 年生のコナラ材を当センターで  $35 \times 120 \times 2000\text{mm}$  に製材し、2003 年 4 月～6 月まで屋内で板材約 200 枚を荷重なし、荷重あり ( $2\text{tf/m}^2$  の重りを載荷) の 2 つの条件で天然乾燥を行い、モニター材の含水率が 15% になった時点で幅反り量 (カップ量)、縦反り、曲がりおよびねじれの程度 (有-1、無-0) を目視により評価した。さらに、FFT アナライザーによるタッピング法によりヤング率 (MOE) を測定した。

#### (2) 圧密加工特性調査

コナラの板目材 ( $30 \times 120 \times 400\text{mm}$ ) をホットプレス温度  $80^\circ\text{C}$ 、 $120^\circ\text{C}$ 、 $160^\circ\text{C}$ 、 $200^\circ\text{C}$  の 4 条件で  $23\text{mm}$  (圧縮率 23%) に圧縮し 1 時間圧縮した。処理後、煮沸、水浸漬を行い、回復度を調査した。また、コナラの板目材および柾目材 ( $30 \times 120 \times 400\text{mm}$ ) をホットプレス温度  $80^\circ\text{C}$  で  $30\text{mm}$  厚を  $23\text{mm}$  厚

Katsuhiro Yamamoto, Isao Toyoshima\*, Naohumi Kamoshita, Yasuyuki Obayashi : Development of the Piled Beam used local wood adaptable for the circulatory society

\* 現豊田加茂農林水産事務所

(圧縮率 23%) に圧縮し 1 時間圧縮した。その後、割れの発生を目視で評価した。さらにコナラ圧縮材 (圧縮率 23%、寸法: 20×20×320 mm) の曲げ強度試験を JIS 2101 に基づき万能試験機 (島津 AG-100KNE) により曲げヤング率および曲げ強度 (MOR) を測定した。

### 3. 構造用集成材の製造方法の検討

#### (1) 生分解性接着剤の性能調査

アイカ工業調製の生分解性接着剤 (AUX-BD、AUX-25) と従来の市販接着剤 (AUX-58、PR-10) を使用し、JAS に基づいたスギ構造用集成材 (対称異等級構成集成材 7 プライ、寸法: 120×203×4000 mm) を作成し、実大試験機 (島津 UH-G1000KNA) によりスパン 3600 mm、3 等分点 4 点荷重法による曲げ強度試験を実施した。その後、両端部の健全部分よりブロック状試験体を採取し、浸漬剥離試験・煮沸剥離試験を実施した。同様に健全部からブロック状試験体 (寸法: 120×120×203 mm) を採取し、森林・林業技術センターの苗畑に埋設し、2003 年 8 月～2004 年 2 月の 6 ヶ月間生分解性試験を実施した。掘り取り後にブロック 1 個につきブロック中心部より接着面のせん断試験用試験体を 1 個作成し、JIS Z2114-1977 によりせん断試験を実施するとともに、木破率および剥離率を調査した。

#### (2) スギ重ね梁の強度性能

スギ心持ち正角材 (105×105×4000 mm、 $MOE 7.1 \sim 11.6 \text{ KN/mm}^2$ ) を図-1 に示すとおり MOE が同等のものを 2 段に重ね合わせ、径 20 mm のコナラダボ (以下普通ダボ) に生分解性接着剤 (アイカ工業製、AQ-1) を塗布し、一定間隔に打ち込んだ重ね梁 (D I)、圧縮 (圧縮率 23%) した径 20 mm のダボ (圧縮ダボ) を一定間隔に打ち込んだ重ね梁 (D II)、および圧縮ダボに D I 同様の接着剤を塗布し、一定間隔に打ち込んだ後プレスで 1 時間圧縮した重ね梁 (D III) を作成した。また、スギ心持ち正角材 (105×105×4000 mm、 $MOE 5.9 \sim 9.7 \text{ KN/mm}^2$ ) を図-2 に示す

とおり、側面に厚さ 10、30 mm、幅 50 mm の溝を加工し、MOE が同等のものを 2 段に重ね合わせ、長さ 1500、500 mm、幅 100 mm、厚さ 10、30 mm のコナラ板で中央と両端部を両側から挟み込み普通ダボで固定した重ね梁 (K) を作成した。これらを実大強度試験機によりスパン 3600 mm、3 等分点 4 点荷重法により曲げ強度試験を実施した。

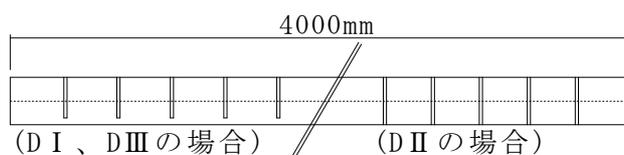


図-1 重ね梁模式図

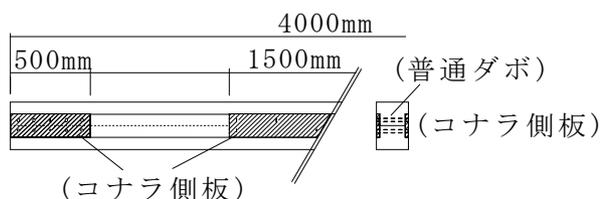


図-2 重ね梁模式図

## III 結果と考察

### 1. 木質廃棄物の実態調査

アンケート結果を表-1 に示す。集成材製造工場の A 社では、端材等の排出量は年間 110m<sup>3</sup> 程度で、ボイラーの燃料としてすべて自社で再利用できており、廃材の処理において特に問題はないとの解答であった。B 社は規模が大きな工場であるため、排出量が 470m<sup>3</sup> と多く、家畜敷料としての引き取りで処分しているほか、残量については自社焼却で対応しており、処分に困っている実態が明らかとなった。

一方、プレカット工場の C 社では、排出量 20m<sup>3</sup> と少量で集成材とムク材の削り屑を特に分別することなく、家畜敷料や堆肥化等への再利用のため、引き取られており、特に処分に困っている状況ではなかった。

表-1 アンケート結果

会社	接着剤の種類	接着剤使用料	端材等排出量 (m <sup>3</sup> /年)	処理方法	処理方法による問題点等
A	レゾルシノール	約4t/年	110	ボイラー燃料	問題なし
B	水性高分子イソシアネート	約112t/年	470	家畜敷料・焼却	家畜敷料の残量はやむなし焼却少量のため問題なし
C	-	-	20	家畜敷料・堆肥	問題なし

2. 広葉樹材の材質調査

(1) コナラの強度及び乾燥特性調査

コナララミナの密度と MOE の関係を図-3 に示す。密度の平均は 0.83g/cm<sup>3</sup>、MOE の範囲は 6.9 ~22.0KN/mm<sup>2</sup> であり、平均値は 13.6KN/mm<sup>2</sup> であった。また、95%以上が 9.5KN/mm<sup>2</sup> 以上であったことから、JAS 構造用集成材樹種群 B に相当することがわかった。

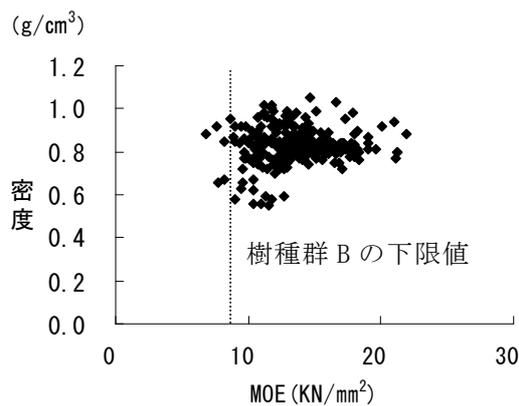


図-3 密度と MOE の関係

ラミナの乾燥後のカップ量、縦反り、曲がり、ねじれの発生率を表-2 に示す。カップ量は荷重なしの平均 2.4 mm に対し荷重ありは 0.8 mm と軽減されていた。一方、縦反り 5%、曲がり 16%、ねじれ 1% と荷重ありの発生率が全て低いもののそ

表-2 幅反り量及び縦反り・曲がり・ねじれの発生率

区分	カップ量 (mm)	発生率 (%)		
		縦反り	曲り	ねじれ
荷重あり	0.8±1.2	5	16	1
荷重なし	2.4±2.4	10	28	9

の差は認められなかった。また、ともに曲りの発生率が最も高く、次いで縦反り、ねじれの順で同様な傾向を示した。このことから、載荷の効果は幅反りの抑制に効果があることが認められた。また、縦反り、曲がり、ねじれの発生率をさらに軽減するには、栈木の間隔を狭くする等の工夫が必要であると考えられた<sup>1)</sup>。

(2) 圧密加工特性調査

各温度条件の圧縮処理材を室温で 6 ヶ月放置したが膨れ等が生じることはなかった。

煮沸による回復度を図-4 に示す。200℃の条件では回復度は 0% であったのに対し、それ以外は処理温度条件が低くなるに従って回復度は大きくなった。一般に 180~200℃のプレス機で 5~20 時間加熱処理すれば圧縮変形は永久固定されることから<sup>2)</sup>、コナラは 200℃で 1 時間程度の加熱処理で圧縮変形の永久固定が可能であると考えられた。

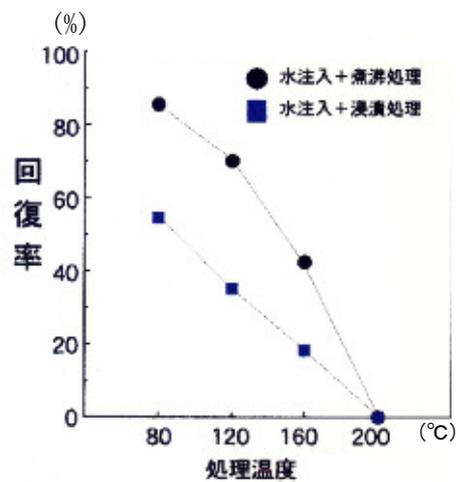


図-4 処理温度別圧縮処理材の回復率

コナラの板目材、柾目材を圧縮加工に割れの発生調査を目視で行った結果、ともに認められなかった。このことから、コナラは板目材、柾目材によらず圧縮加工して利用できることが示唆された。

圧縮加工前と加工後の MOE の関係を図-5 に

示す。コナラ材の MOE は圧縮率 23%で約 6 割向上し、圧縮加工による強度の向上が認められた。

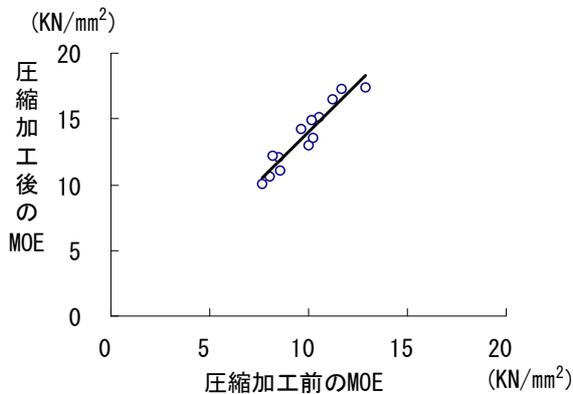


図-5 圧縮加工前後の MOE

### 3. 構造用集成材の製造方法の検討

#### (1) 生分解性接着剤の性能調査

曲げ試験の結果を図-6に示す。4種類の接着剤毎の MOE および MOR は、AUX-BD は 6.8KN/mm<sup>2</sup>、40.2N/mm<sup>2</sup>で強度が最も高く、AUX-25 は 6.9KN/mm<sup>2</sup>、35.3N/mm<sup>2</sup>、AUX-58 は 6.9KN/mm<sup>2</sup>、35.0N/mm<sup>2</sup>、PR-10 は6.87KN/mm<sup>2</sup>、29.8N/mm<sup>2</sup>で全て構造用集成材 JAS 基準 E-65 F-225 を満たしていた。

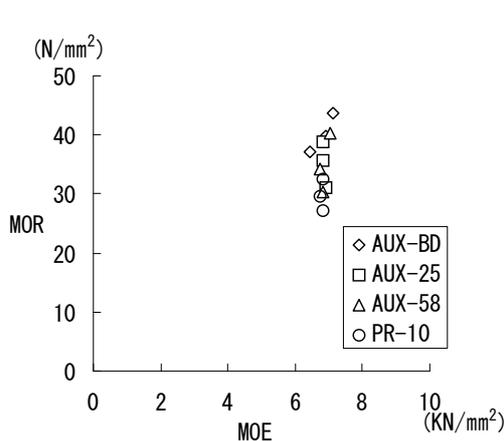


図-6 曲げ強度試験結果

浸漬剥離・煮沸剥離試験の結果を図-7に示す。JAS 基準の浸漬剥離・煮沸剥離率 5%以下をともに満たしたものは従来の AUX-58、PR-10 だけであった。AUX-BD は浸漬、煮沸剥離試験ともに基準を満たさなかった。また、AUX-25 は煮沸剥離試験は

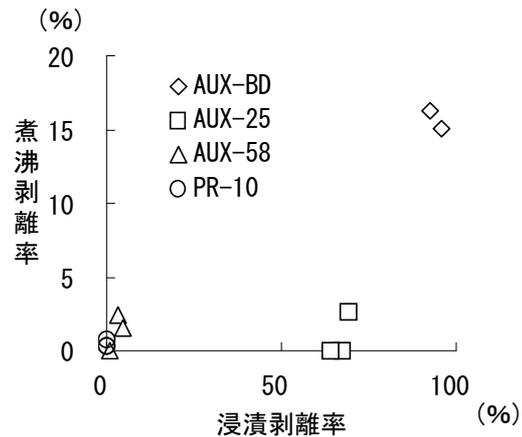


図-7 浸漬剥離率と煮沸剥離率の関係

基準を満たしたが浸漬剥離試験は満たさなかった。

せん断強度試験の結果を図-8に示す。AUX-BD、AUX-25、AUX-58、PR-10 の当初のせん断強度はそれぞれ、7.7、7.8、7.9、7.5N/mm<sup>2</sup>で、全て構造用集成材 JAS 基準のすぎせん断強度5.4N/mm<sup>2</sup>以上で接着強度に問題はなかった。土壌埋設後の最も生分解性の高いと考えられる AUX-BD のせん断強度は7.7N/mm<sup>2</sup>から3ヵ月後には4.6N/mm<sup>2</sup>、6ヵ月後には3.5N/mm<sup>2</sup>に急激に低下し埋設期間とともに他の接着剤よりも早く低下していた。

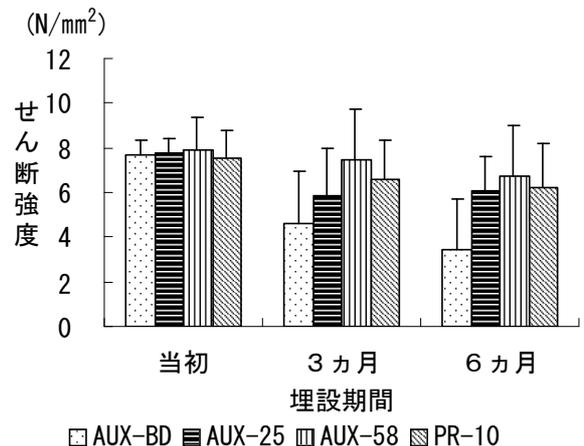


図-8 土壌埋設による剪断強度の経時変化

木破率及び剥離率の結果を図-9、10に示す。木破率もせん断強度同様 AUX-BD が最も早く減少していた。また、剥離率も同様に AUX-BD が最も早く高くなっていった。それ以外は埋設3ヵ月後と6ヵ月後に急激な変化は認められなかった。AUX-25

については、従来の生分解性が確認されていない AUX-58 や PR-10 と同様な強度低下傾向を示していることから生分解性はないものと推察された。以上のことから生分解性の高い接着剤は AUX-BD のみで、強度面でも問題はないが、煮沸剥離試験と浸漬剥離試験の JAS 基準を満たさなかったことから構造用集成材への適用は困難と判断された。

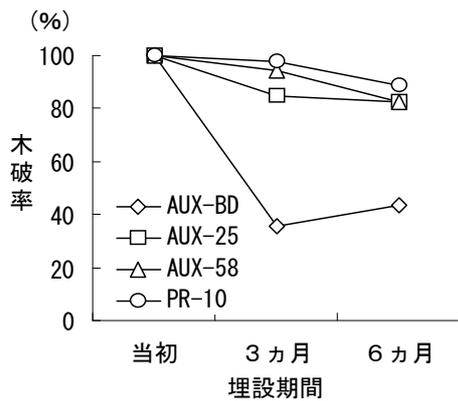


図-9 土壌埋設後の木破率

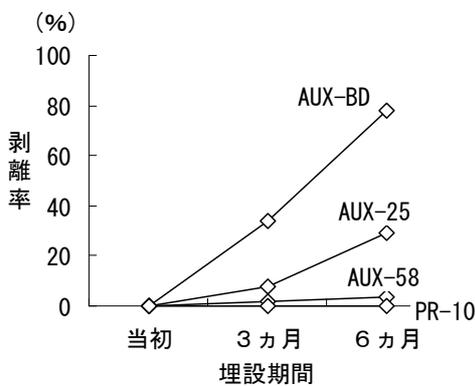


図-10 土壌埋設後の剥離率

(2) スギ重ね梁集成材の強度性能

スギ重ね梁集成材 D I - 5 (普通ダボ 5 本使用)・D I - 11 (普通ダボ 11 本使用)・D I - 21 (普通ダボ 21 本使用)・D II - 5 (圧縮ダボ 5 本使用)・D II - 11 (圧縮ダボ 11 本使用)・D III - 21 (圧縮ダボ 21 本使用)・K - 10 (10 mm 側板使用)・K - 30 (30 mm 側板使用) の MOR と MOE の関係を図-11、剛性効率(正角材の MOR と重ね梁の MOE の比)の関係を図-12 に、強度効率(重ね梁の MOR とスギ曲げ基準強度

22.2N/mm<sup>2</sup>の比)の関係を図-13 に示す。曲げ試験の結果、D II < K < D I < D III・Control の順で MOR、剛性効率および強度効率が高くなる傾向が認められた。D I - 5 の剛性効率は 36.7%、D I - 11 は 47.9%、D I - 21 は 53.8% とダボ本数の増加により剛性効率の向上に差が認められた。また、強度効率も全て 110% を超えていた。一方、D II - 5 の剛性効率は 28.1%、D II - 11 は 29.0% とダボ本数に

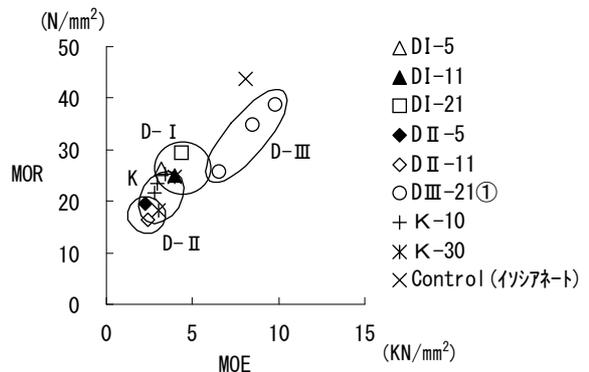


図-11 重ね梁の MOR と MOE の関係

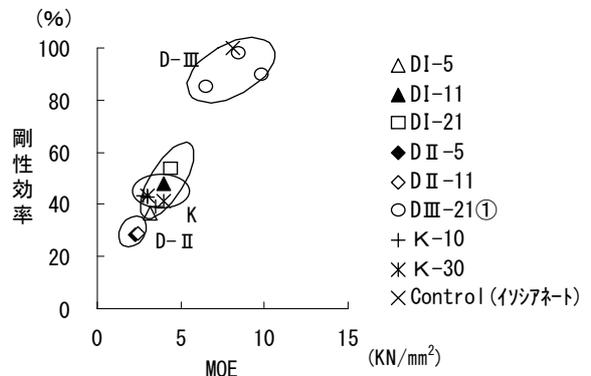


図-12 重ね梁の剛性効率と MOE の関係

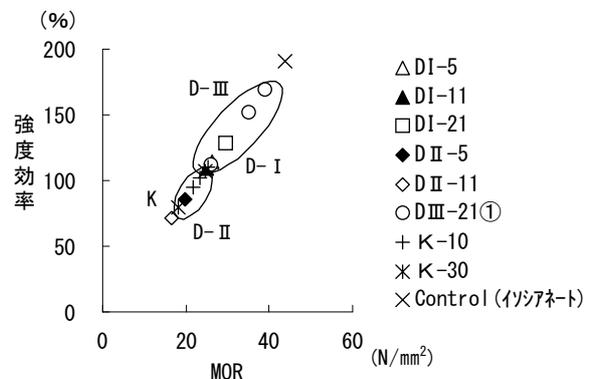


図-13 強度効率と MOR の関係

よる差は認められず、強度効率も 100%以下でスギ基準強度に満たなかった。DIII-21 の剛性効率は 85.2~97.7%で、強度効率も 112~169%と他の重ね梁よりも顕著に高い値を示し、通常の接着剤を使用した重ね梁とほぼ同等の強度であった。K-10 の剛性効率は 39.1~43.2%、K-30 は 41.4~43.3%で、強度効率も 80~110%でスギ基準強度に満たないものが一部認められた。また、曲げ試験後に破壊状況を見ると、K-10 では正角材自体には損傷は認められなかったが、中央に配置した側板の端部が一部破損していた。また、K-30 は K-10 とは対照的に中央に配置した側板の外側で破壊していたが側板の損傷は認められなかった。

以上の結果から、圧縮ダボに生分解性接着剤を塗布しプレスで圧縮する重ね梁は、せん断抵抗力が増加し、ダボ周辺の緊密化がより強固になり剛性効率および強度効率が向上するため梁桁材等への利用の可能性が示唆された。また、K-30 は K-10 に比べ側板が厚くなり側板自体の強度は向上したと考えられるが、正角材の断面が薄くなり強度が不足し、剛性効率および強度効率の向上が認められなかったため梁桁材等への利用は困難であると推察された。

#### IV まとめ

循環型社会に相応したスギ集成材等製造技術を開発するため、集成材工場等の木質廃棄物の実態調査、コナラの材質調査、および構造用集成材等の製造方法の検討を行った。その結果、木質廃棄物はボイラー燃料や家畜敷料および堆肥に利用されているが、廃棄物の比較的多い工場では焼却するなど処分に困っている状況が明らかになった。

コナラの材質調査ではコナラの曲げヤング率は平均値  $13.6\text{KN/mm}^2$  で JAS 構造用集成材樹種群 B の 1 等の扱いが可能であると考えられた。また、コナララミナの乾燥特性は載荷の効果は幅反りの抑

制に効果があると認められた。

コナララミナの圧密加工特性は、ホットプレスによる  $200^{\circ}\text{C}$  で 1 時間程度の加熱圧縮処理で圧縮変形の永久固定が可能であると示唆された。

生分解性接着剤の性能調査では、生分解性の高い AUX-BD は、強度面では問題はないが、煮沸剥離試験と浸漬剥離試験で JAS 基準を満たさなかったことから構造用集成材への適用は困難と判断された。

スギ重ね梁では、圧縮ダボに生分解性接着剤を塗布しプレスで圧縮することにより、剛性効率が向上し、強度効率もスギ基準強度を大きく上回ったことから梁桁材等への利用が示唆されたが、実用化に当たっては、生分解性接着剤の経年変化を調査し耐久性を明らかにする必要がある。

#### V 引用文献

- 1) 西尾 茂, (2001) 木材乾燥の実際. 175pp, (株)日刊木材新聞社, 東京.
- 2) 岡野健他, (2006) 木材科学ハンドブック. 435pp, 朝倉書店, 東京.