

研究資料

スギ間伐材の集成材用ラミナおよびクロスパネルの性能評価

阿部由紀子* 高信則男 村上香** 小川秀樹***

目 次

要 旨	
I はじめに	2
II 集成材用ラミナの表面粗さと接着性能	2
1 試験方法	
2 結果および考察	
III クロスパネルの性能評価	5
1 試験方法	
2 結果および考察	
IV おわりに	11
V 引用文献	11

要 旨

スギ間伐材を集成材用ラミナとして利用を進めるにあたり、ラミナ間の接着性能に影響を及ぼすラミナ表面の粗さについて検討した。また、スギ間伐材に含まれる強度性能の低い材の新たな用途として、異樹種等を組合せたクロスパネルを試作し、直張り用フローリングとしての性能評価を行った。ラミナの表面粗さの接着性能への影響は、表面粗さの指標である最大高さ粗さの平均値が $23.2\mu\text{m}$ 以下のラミナでは、集成材の日本農林規格の接着性能の基準を満たしていた。クロスパネルの性能評価では、接着性能を評価する浸せきはく離試験と寸法安定性を評価する収縮率の測定を実施したところ、浸せきはく離試験において、キリースギ、キリースギースギ、スギースギースギのクロスパネルでフローリングの日本農林規格の基準を満たしていた。また、収縮率の測定での幅方向の平均収縮率は、いずれのクロスパネルでも無垢材 > 2層 > 3層の順に低くなり、クロスパネルの幅方向の寸法安定性が無垢材に比べて高く、積層別では2層でキリースギとスギースギ、3層でキリースギースギの寸法安定性が高いことが明らかになった。

キーワード：スギ間伐材、ラミナ、接着性能、クロスパネル、寸法安定性

受付日 令和2年3月30日

受理日 令和2年12月9日

*現県中農林事務所、**元林業研究センター、***現農業振興課

課題名 県産間伐材の利用技術の開発（県単課題 平成27～令和元年度）

I はじめに

スギ間伐材には、柱や梁材に利用できない低質材も含まれており、有効な活用方法が求められている。集成材用原木の場合には、原木から欠点を除きひき板（ラミナ）を製材することから低質材の利用が可能である。そこで、スギ間伐材を集成材用ラミナとして利用を進めるため、ラミナ間の接着性能に影響を及ぼすラミナ表面の粗さについて検討した。

また、スギ間伐材に含まれる強度性能の低い材の新たな用途として、フローリングの下層材としての利用を検討した。上層には強度の高いスギ材のほか近年フローリングに利用されているが資源量が減少しているキリ材、きのこ原木以外の用途が求められているコナラ材を用いた。

II 集成材用ラミナの表面粗さと接着性能

集成材の製造工程でラミナは、接着前に通常プレーナーにより加工されている。加工された面の微細な凹凸は表面粗さと呼ばれ、表面粗さはラミナ間の接着性能に大きな影響を与えると考えられている。一般には表面が粗いと接着剤の塗布に際して適切なぬれや浸透が阻害されるとともに圧縮による均一な接着層の形成が困難となる⁴⁾。集成材工場では、プレーナーの刃の切削距離や削りむら等を目視により観察し材面基準を設け¹⁾、現場経験に頼ってラミナの表面粗さを管理している。そこで、ラミナの表面粗さを数値化し、表面粗さがラミナ間の接着性能に与える影響を評価することとした。

1 試験方法

(1) 表面粗さの異なるラミナの作製

スギラミナ（幅 120mm、厚さ 12mm、長さ 660mm）を、自動一面かんな盤及びワイドベルトサンダーで切削・研削することで4段階の表面粗さに調整し、各3枚作製した。各ラミナの表面粗さは表面粗さ形状測定機（株）東京精密サーフコム 480A）により、測定条件を評価し長さ 4mm、測定速度 0.6mm/s、カットオフ値 0.8mm として、板目材の早材部 6 点を測定し、接着性能に関係する表面粗さの指標として最大高さ粗さを求めた（表-1）。

表-1 表面粗さの異なるラミナ

名称	最大高さ粗さ(μm)		作製方法
	平均値		
ラミナA	49.2		①帯鋸での製材
ラミナB	23.2		①+②自動一面かんな盤をかける
ラミナC	15.3		①+②+③番手 150 のサントペーパーをワイドベルトサンダーによりかける
ラミナD	8.2		①+②+④番手 400 のサントペーパーをワイドベルトサンダーによりかける

(2) ラミナの接着

各ラミナは、クロスカットソーを用いて半分の長さ（長さ約 330mm）に切断し、表面粗さを測定した面同士に水性高分子-イソシアネート系木材接着剤を塗布し、集成材用コールドプレスを用いて圧縮し接着した。接着条件は、片面塗布、塗布量約 250g/m²、

圧縮圧力 0.7MPa、圧縮時間 50 分とし、養生期間は 5 日以上とした。

(3) 接着性能の試験

接着したラミナから試験片を採取し、構造用集成材の日本農林規格(JAS)²⁾に準じ、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験、ブロックせん断試験を実施した。

浸せきはく離試験では、接着したラミナから試験片(幅 120mm、厚さ 20~24mm、長さ 75mm)を各 3 個採取し、室温の水中に 24 時間浸せきした後、70℃の恒温乾燥器中に入れ、質量が試験前の質量の 100~110%の範囲となるように乾燥した。乾燥後試験片の両木口面におけるはく離の長さを測定し、両木口面における接着層の長さで割り、はく離率を算出した(1 回処理)。その後同試験片について上記処理を再度繰り返しはく離率を算出した(2 回処理)。

煮沸はく離試験では、接着したラミナから試験片(幅 120mm、厚さ 20~24mm、長さ 75mm)を各 3 個採取し、沸騰水中に 4 時間浸せきした後、室温の水中に 1 時間浸せきした。その後 70℃の恒温乾燥器中に入れ、質量が試験前の質量の 100~110%の範囲となるように乾燥した。乾燥後試験片の両木口面におけるはく離の長さを測定し、両木口面におけるはく離率を算出した(1 回処理)。その後同試験片について上記処理を再度繰り返しはく離率を算出した(2 回処理)。

ブロックせん断試験では、接着したラミナから試験片(図-1)を採取(ラミナ A 16 個、B 18 個、C 15 個、D 18 個)し、万能試験機(株)島津製作所 AG-100kNGM1)により、試験片の接着部に 5mm/min で荷重を加え、破壊時の接着剤層以外での破断割合(木部破断率)とせん断強さを測定した。

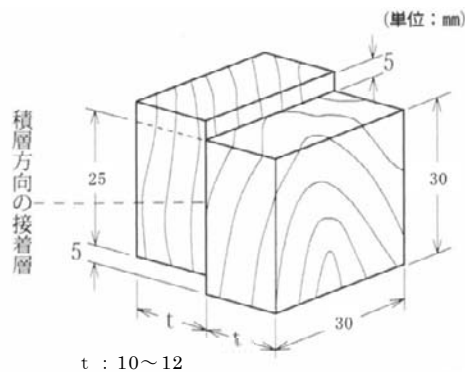


図-1 ブロックせん断試験用試験片

2 結果および考察

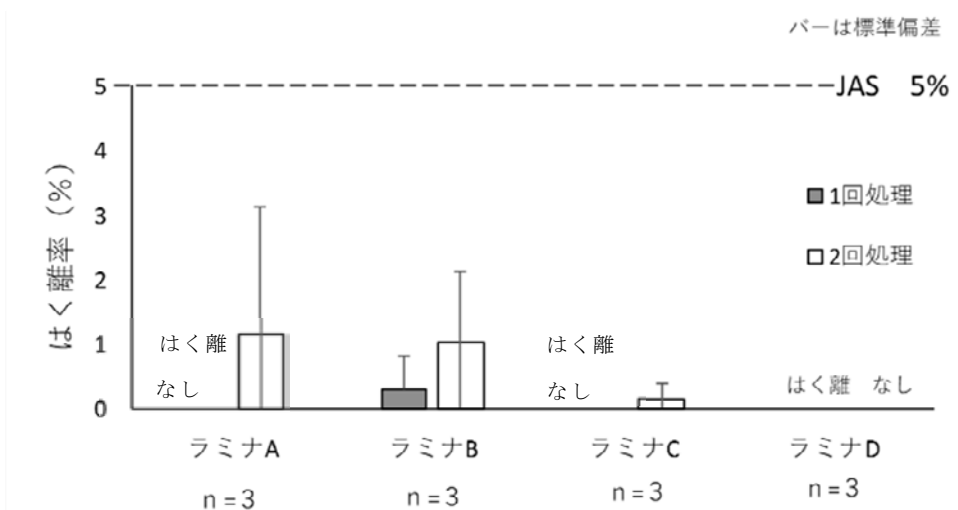
浸せきはく離試験の結果を図-2 に示す。1 回処理では、全ての試験片で JAS の基準(はく離率 5%以下)を満たしており、2 回処理でも JAS の基準を満たしていた。

煮沸はく離試験の結果を図-3 に示す。1 回処理では、全ての試験片で JAS の基準(はく離率 5%以下)を満たしていた。各ラミナで 1 回処理より 2 回処理後にはく離率が増加しており、ラミナ A ではく離率が 10%を超えるものが見られた。

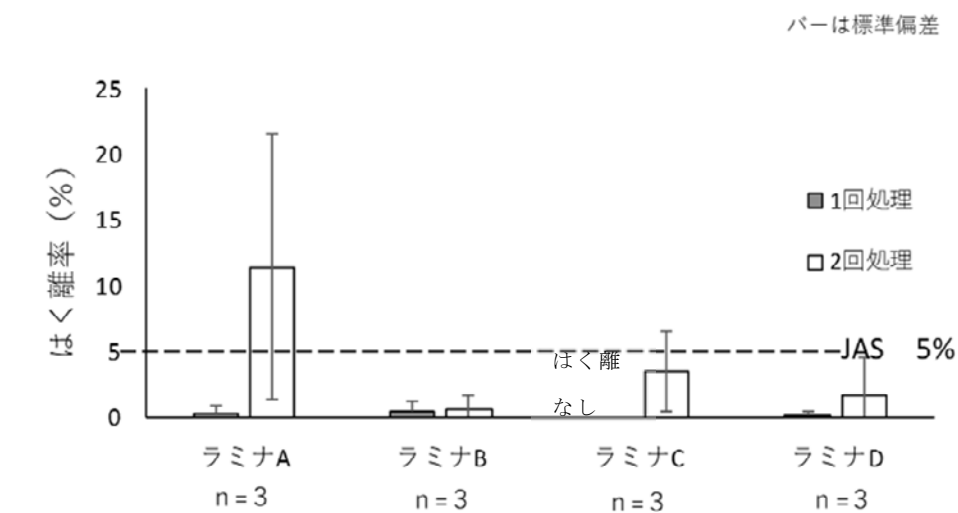
ブロックせん断試験による木部破断率を図-4 に、せん断強さを図-5 に示す。木部破断率は、接着部での破壊が木材部で起きた割合を示すことから、木部破断率が高いと接着剤層の強度が木材部の強度を上回り、接着が良好とすることができる。木部破断率

についてはラミナ B、C、D では全ての試験片で JAS の基準（木部破断率 70%以上）を満たしていたが、ラミナ A で JAS の基準を満たさない試験片が複数見られたことから、ラミナ A では一部接着不良があったと考えられた。接着強さを評価する値であるせん断強さについては、各ラミナとも平均値では JAS の基準(せん断強さ 5.4N/mm² 以上)を満たしていた。せん断強さはラミナ B に比べて D の値が低かったが、ラミナ D では木部破断率が 100%であったことから、破壊は木材部でおき、測定されたせん断強さは接着剤層ではなく、木材部の強度に由来すると考えられた。

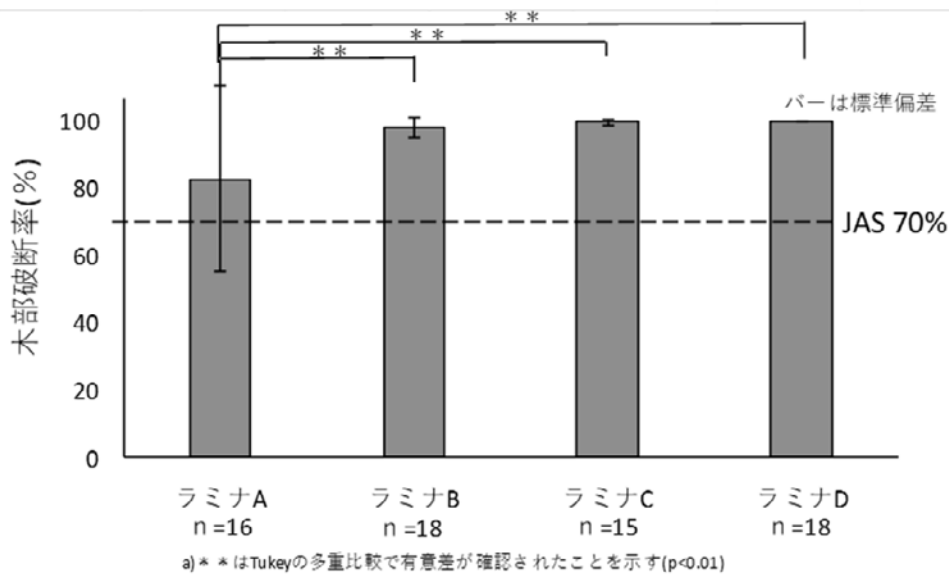
今回の試験では、浸せきはく離試験（1回処理、2回処理）および煮沸はく離試験 1回処理で、全ての試験片が JAS の基準を満たしていた。煮沸はく離試験 2回処理では、ラミナ A ではく離率が 10%を超えるものがあり、はく離率が高い傾向にあった。ブロックせん断試験の木部破断率は、ラミナ B、C、D では JAS の基準を満たしていた。また、せん断強さは、各ラミナとも平均値で JAS の基準を満たしていた。



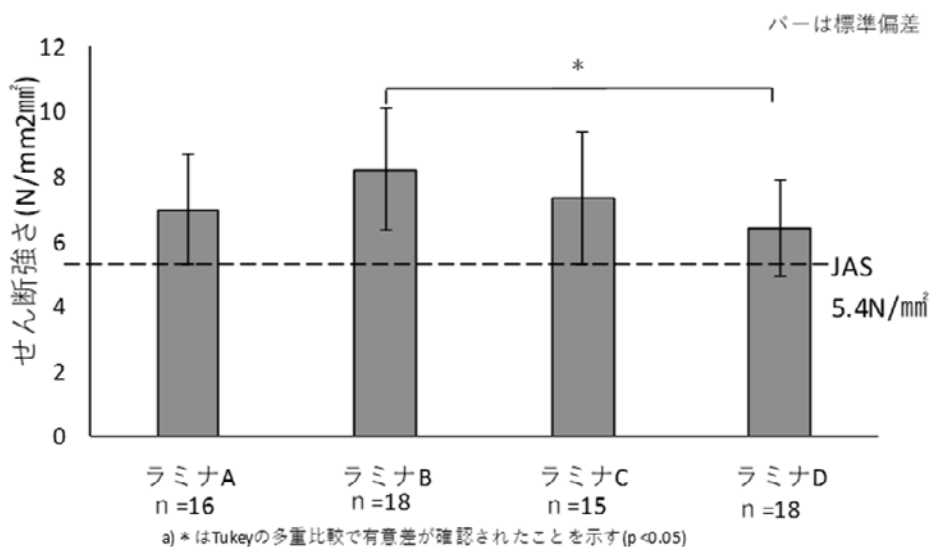
図一 2 各ラミナの浸せきはく離試験はく離率



図一 3 各ラミナの煮沸はく離試験はく離率



図一4 各ラミナの木部破断率



図一5 各ラミナのせん断強さ

Ⅲ クロスパネルの性能評価

集成材用のひき板（ラミナ）の中で曲げヤング係数が比較的高く強度性能が高いラミナ（L70以上）は構造用集成材に使用されるが、一部含まれる強度性能の低いラミナ（L70未満）には、新たな用途が求められている。そこで、下層に強度性能の低いスギ材、上層にキリ材、コナラ材等を組み合わせ、直張り用の利用を想定した2層及び3層クロスパネルを試作した。試作したクロスパネルは、異樹種等を繊維方向が直交するよう組合せ積層接着したため、接着性能を評価する浸せきはく離試験を実施した。また、フローリングとして利用する上で重要となる寸法安定性を評価するため、幅方向の収縮率を測定した。

1 試験方法

(1) クロスパネルの作製

① クロスパネルの組合せ

L70 未満のスギ材及びキリ材、コナラ材、L70 以上のスギ材を用い、2 層及び3 層クロスパネルを試作した(仕上がり寸法 厚さ 15mm、幅 300mm、長さ 300mm)。2 層クロスパネルは、下層に L70 未満のスギを用い、キリ-スギ、コナラ-スギ、スギ(L70 以上)-スギの組合せとした。3 層クロスパネルは中・下層に L70 未満のスギを用いキリ-スギ-スギ、コナラ-スギ-スギ、スギ(L70 以上)-スギ-スギの組合せとした(表-2)。

表-2 クロスパネルの組合せ

上層	中層	下層	積層数	各層の厚さ(mm)	試作数
キリ	-	スギ(L70 未満)	2	7.5	6
キリ	スギ(L70 未満)	スギ(L70 未満)	3	5	6
スギ(L70 以上)	-	スギ(L70 未満)	2	7.5	6
スギ(L70 以上)	スギ(L70 未満)	スギ(L70 未満)	3	5	6
コナラ	-	スギ(L70 未満)	2	7.5	6
コナラ	スギ(L70 未満)	スギ(L70 未満)	3	5	6

② キリとスギのクロスパネル

試験材には、キリ材(厚さ 16mm、幅 80mm、長さ 320mm)、スギ材(L70 未満、厚さ 16mm、幅 107mm、長さ 2,000mm)を用い、キリ材は 4 枚、スギ材は 3 枚ずつそれぞれ幅はぎ接着し、幅はぎ板を作製した(キリ幅はぎ板寸法 厚さ 16mm、幅 320mm、長さ 320mm、スギ幅はぎ板寸法 厚さ 16mm、幅 320mm、長さ 2,000mm)。幅はぎ接着には幅はぎ用コールドプレスを用い、接着剤は水性高分子イソシアネート系接着剤、接着条件は片面塗布、塗布量 250g/m²、圧縮時間 60 分とし、圧縮圧力は 0.7MPa とした。



図-6 幅はぎ用コールドプレス



図-7 キリ幅はぎ板

2 層クロスパネルでは、キリ幅はぎ板 6 枚とスギ幅はぎ板 1 枚を用い、各幅はぎ板を自動一面かんな盤で厚さ 10mm に加工した後、繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着には、プレス機を用い、接着剤は水性高分子イソシアネート系接着剤、接着条件は片面塗布、塗布量 250g/m²、圧縮時間 60 分、圧縮圧力 1.0MPa とした。積層接着から 5 日間以上養生した後、上・下層を 7.5mm の厚さ、幅及び長さを 300mm に加工した。

3層クロスパネルは、キリ幅はぎ板6枚とスギ幅はぎ板2枚を用い、キリ及び下層に使用するスギ幅はぎ板1枚を自動一面かな盤で厚さ7mmに加工し、中層に使用するスギ幅はぎ板は厚さ5mmに加工後に幅320mmの幅はぎ板6枚に切断した。加工した幅はぎ板を上層キリ、中層スギ、下層スギと繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着の方法等は2層クロスパネルと同様とした。養生後は、上・下層を5mmの厚さ、幅及び長さを300mmに加工した。



図一8 2層クロスパネル（積層接着前） 図一9 3層クロスパネル（積層接着前）

③スギとスギのクロスパネル

試験材には、スギ材(L70以上、厚さ16mm、幅107mm、長さ2,000mm)、スギ材(L70未満、厚さ16mm、幅107mm、長さ2,000mm)を用い、3枚ずつそれぞれ幅はぎ接着し、幅はぎ板を作製した(スギ幅はぎ板寸法 厚さ16mm、幅320mm、長さ2,000mm)。幅はぎ接着の接着方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とした。

2層クロスパネルでは、スギL70以上幅はぎ板1枚とスギL70未満幅はぎ板1枚を用い、各幅はぎ板を自動一面かな盤で厚さ10mmに加工した後、上層に使用するスギL70以上幅はぎ板は幅320mmの幅はぎ板6枚に切断し、繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着の方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とした。

3層クロスパネルは、スギL70以上幅はぎ板1枚とスギL70未満幅はぎ板2枚を用い、上層及び下層に使用する幅はぎ板2枚を自動一面かな盤で厚さ7mmに加工し、中層に使用する幅はぎ板は厚さ5mmに加工した。上層及び中層に使用する幅はぎ板は切断し幅320mmの幅はぎ板6枚とした。加工した幅はぎ板を上層、中層、下層と繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着の方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とした。

④コナラとスギのクロスパネル

試験材には、コナラ材(厚さ16mm、幅80mm、長さ320mm)、スギ材(L70未満、厚さ16mm、幅107mm、長さ2,000mm)を用い、コナラ材は4枚、スギ材は3枚ずつそれぞれ幅はぎ接着し、幅はぎ板を作製した(コナラ幅はぎ板寸法 厚さ16mm、幅320mm、長さ320mm、スギ幅はぎ板寸法 厚さ16mm、幅320mm、長さ2,000mm)。幅はぎ接着の接着方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とし、コナラの圧縮圧力は1.0MPa

とした。

2層クロスパネルでは、コナラ幅はぎ板6枚とスギ幅はぎ板1枚を用い、各幅はぎ板を自動一面かんな盤で厚さ10mmに加工した後、繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着の方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とした。

3層クロスパネルは、キリ幅はぎ板6枚とスギ幅はぎ板2枚を用い、キリ及び下層に使用するスギ幅はぎ板1枚を自動一面かんな盤で厚さ7mmに加工し、中層に使用するスギ幅はぎ板は厚さ5mmに加工後に幅320mmの幅はぎ板6枚に切断した。加工した幅はぎ板を上層キリ、中層スギ、下層スギと繊維方向が直交するよう組合せ積層接着した。積層接着の方法等はキリとスギのクロスパネルと同様とした。

⑤接着性能及び寸法安定性の試験

試作したクロスパネルからは試験片を採取し、フローリングの日本農林規格(JAS)³⁾に準じ、浸せきはく離試験を実施した。また、日本工業規格(JIS)の収縮率の測定に準じ、幅方向の収縮を測定した。

浸せきはく離試験では、試験片(厚さ15mm、幅75mm、長さ75mm)をクロスパネル1枚から4個、各組合せ2枚から各8個採取した。試験片は70℃の温水中に2時間浸せきした後、60℃の恒温乾燥器中に入れ、3時間乾燥し、試験片の同一積層接着層におけるはく離の長さをそれぞれの側面で測定し、はく離率を算出した。

寸法安定性の試験では、無垢フローリングの場合、幅方向の収縮が施工後の不具合として問題になることが多いため、JISの収縮率の測定に準じ、試験片(厚さ15mm、幅30mm、長さ30mm)をクロスパネル1枚から4個、各組合せ3枚から各12個採取した。また、無垢材からも試験片を同個数採取した。試験片は103℃で質量一定(全乾状態)になるまで恒温乾燥器中に入れ乾燥し、幅方向の収縮を測定した。

2 結果および考察

(1) 接着性能の試験

クロスパネルの浸せきはく離試験の結果を表-3に示す。はく離率の最大値は、スギ-スギ74.7%、コナラ-スギ99.4%、コナラ-スギ-スギ99.7%であり、JASの基準(はく離率33%未満)を満たさない試験片が見られ、キリ-スギ、キリ-スギ-スギ、スギ-スギ-スギでは全ての試験片でJASの基準を満たしていた。

表-3 クロスパネルの浸せきはく離試験結果

組合せ	試験片数	はく離率(%)	
		最大	平均
2層(キリ-スギ)	8	13.2	0.4
3層(キリ-スギ-スギ)	8	0.0	0.0
2層(スギ-スギ)	8	74.7	4.8
3層(スギ-スギ-スギ)	8	6.6	0.1
2層(コナラ-スギ)	8	99.4	13.9
3層(コナラ-スギ-スギ)	8	99.7	7.9

(2) 寸法安定性の試験

収縮率の測定での樹種別幅方向の平均収縮率を図-10、11、12に示す。いずれの樹種でも無垢材 > 2層 > 3層の順に低くなり、無垢材に比べクロスパネルで幅方向の寸法安定性が高いことがわかった。また、積層数別幅方向の平均収縮率を図-13、14に示す。2層ではコナラースギと比較しキリースギ、スギースギの幅方向の寸法安定性が高く、3層ではスギースギースギ、コナラースギースギと比較しキリースギースギの幅方向の寸法安定性が高い結果であった。

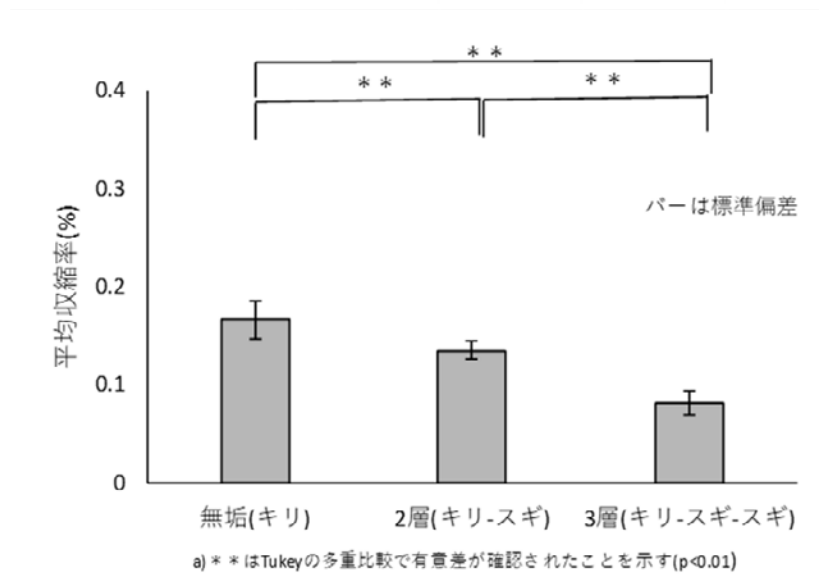


図-10 幅方向の平均収縮率 (キリ)

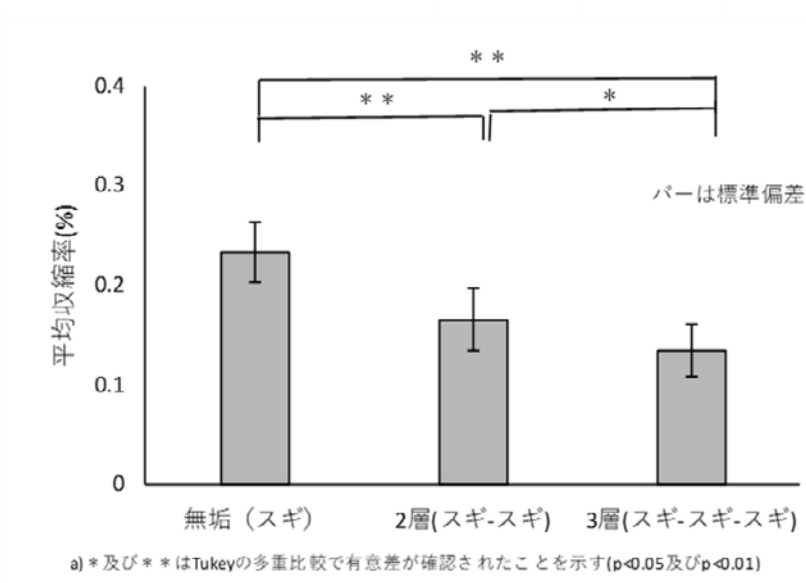
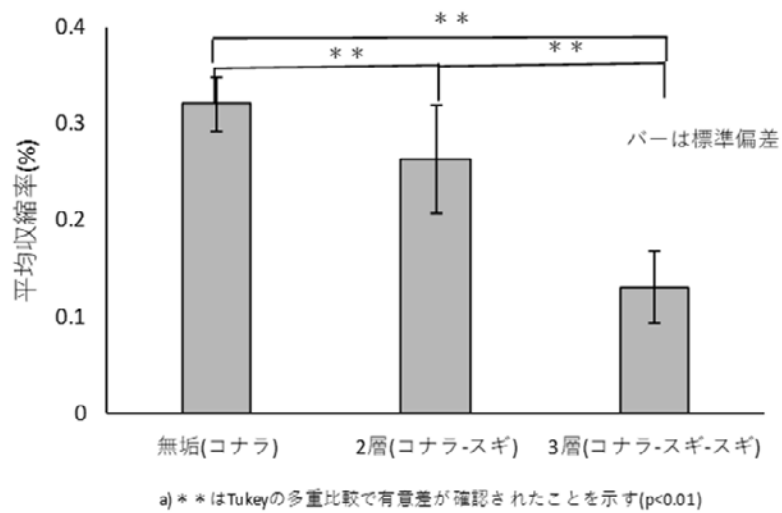
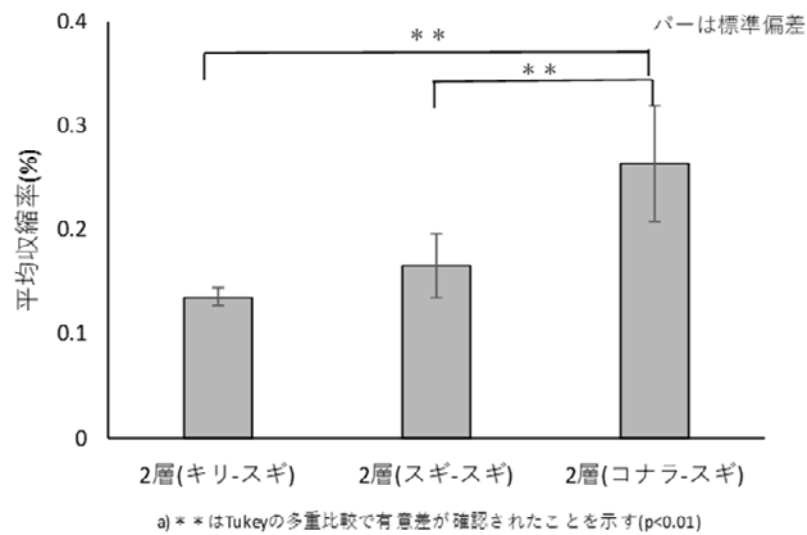


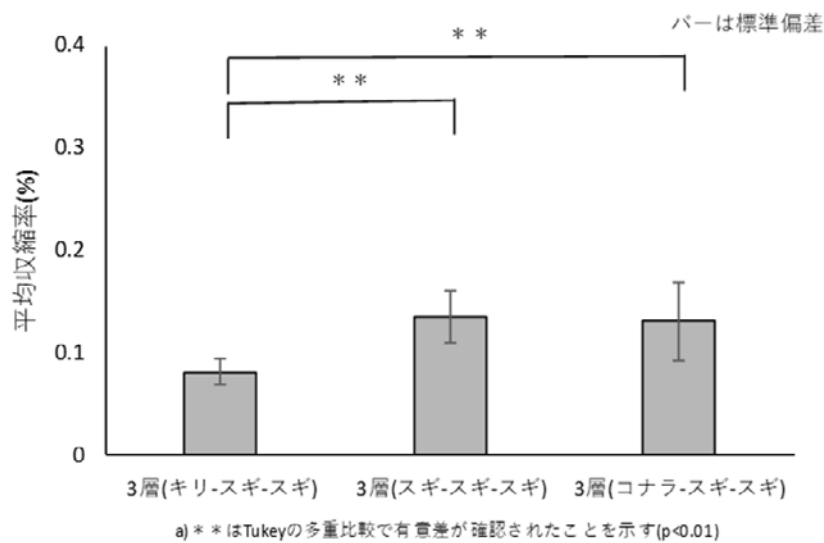
図-11 幅方向の平均収縮率 (スギ)



図一12 幅方向の平均収縮率（コナラ）



図一13 幅方向の平均収縮率（2層）



図一14 幅方向の平均収縮率（3層）

IV おわりに

集成材用ラミナの表面粗さと接着性能について、ラミナ B、C、D（最大高さ粗さの平均値 $23.2\mu\text{m}$ 以下）では、JAS の基準を満たす接着性能があった。なお、県内の集成材工場 3 社から提供いただいたラミナを測定したところ、最大高さ粗さの平均値は、1 社はラミナ B と C との間、2 社はラミナ C と D との間の値であった。接着剤の種類や塗布量などが各工場で異なるため、一概に今回の試験結果と比較することはできない。しかし、今回の結果を参考に、各工場がそれぞれの条件下で接着性能を試験するとともに、ラミナの表面粗さを管理する目安として用いているプレーナーの切削距離を見直し、刃の交換時期を延長することで、コスト削減に繋がると考えられた。

クロスパネルの性能評価では、浸せきはく離試験の結果キリ-スギ、キリ-スギ-スギ、スギ-スギ-スギで JAS の基準を満たしていた。また、幅方向の平均収縮率ではいずれの樹種でも無垢材 > 2 層 > 3 層の順に低くなり、無垢材に比べクロスパネルで幅方向の寸法安定性が高く、積層別では 2 層でキリ-スギとスギ-スギ、3 層でキリ-スギ-スギの寸法安定性が高かった。これらの結果から組合せにおいては、資源が有効活用でき、併せて高い寸法安定性が得られるキリとスギを組合せたクロスパネルが有望であると考えられた。

V 引用文献

- 1) 日本合板検査会 (2013) 「構造用集成材の適正基準」, 27pp
- 2) 農林水産省告示第 1587 号(2012)集成材の日本農林規格
- 3) 農林水産省告示第 2903 号(2013)フローリングの日本農林規格
- 4) 作野友康ほか(2010)木材接着の科学.p211,海青社,大津