

〈資料〉

屋外ばくろ試験による集成材の接着耐候性評価 (第3報) 屋外ばくろ試験開始から3年経過後の結果

宮崎祐子・和田 博・満名香織*

集成材の接着耐候性を評価するため、銅・アルキルアンモニウム化合物系、ならびにプロピタンホス・アゾール化合物系防腐薬剤を加圧注入したスギラミナおよび無処理のスギラミナを接着して集成材を作製し、さらに木材保護塗料を塗布して、屋外ばくろ試験を行った。試験開始から3年経過後、保護塗料を塗布した集成材では、集成材側面に出現するはくり率の増加が抑制されていた。また、JASに準じたブロックせん断試験の結果、薬剤処理集成材のせん断強さが薬剤無処理集成材のせん断強さと比較して低くなる傾向がみられた。また、屋外ばくろ試験に供する前の集成材と比較した場合、保護塗料を塗布しなかった集成材において、せん断強さが若干低下していた。

1. はじめに

構造用集成材の使用範囲は住宅などの屋内をはじめ、橋などの屋外へと拡大しており、屋外使用する集成材では特に高い耐久性が求められてきている。集成材へ耐久性を付与する方法の一つとして、ラミナに防腐薬剤を注入した後に接着する方法がある。これは集成材の製造後に防腐薬剤を注入する方法と比較して防腐薬剤の浸透量が大きいため、より高い耐久性が期待できる。一方、ラミナに処理した防腐薬剤が接着性能に影響を及ぼすことが報告されている^{1)~3)}。そこで、ラミナに防腐薬剤を注入した後に接着した集成材を屋外で長期間使用する場合における接着耐久性を正確に把握するためには、経年過程で接着層がどの程度劣化し、接着強度が低下するかについて知ることが重要である。

当センターでは、屋外使用を想定したスギの防腐処理集成材の接着耐久性を評価する目的で、屋外ばくろ試験を行っている⁶⁾。本報告では、試験開始から3年経過後の結果について報告する。

2. 材料と方法

2.1 試料

屋外ばくろ試験に用いた防腐処理集成材の種類と数を表1に示す。2種類の防腐薬剤、すなわち、銅・アルキルアンモニウム化合物系防腐薬剤 (以下ACQと略)、ならびにシプロコナゾールとプロピタンホスを主成分とするプロピタンホス・アゾール化合物系防腐薬剤 (以下AZPと略)を加圧注入したスギラミナおよび無処理のスギラミナを2種類の接着剤、レゾルシノール系樹脂接着剤 (以下RFと略) および水性高分子イソシアネート系

樹脂接着剤 (以下APIと略) を用いて接着を行った。いずれの集成材も5プライであり、木口面の断面寸法はACQ処理集成材が105mm×117mm、AZP処理集成材および無処理集成材が105mm×105mm、長さはACQ処理集成材が3m、AZP処理集成材が2m、無処理集成材が1mである。防腐薬剤の注入量および製造工程の詳細については前報⁶⁾を参照されたい。また、木材保護塗料の効果についても調査するため、屋外ばくろに供した集成材表面に浸透性の木材保護塗料を塗布した。塗布の条件は、原則として1年おきに塗り替えを行うものと塗り替えを行わないもの、および無塗布のものである。したがって、防腐薬剤、接着剤、保護塗料の組み合わせで、屋外ばくろ試験に供した集成材の種類は16種類となった。

2.2 屋外ばくろ試験

作製した集成材から、ACQ処理集成材およびAZP処理集成材は長さを120cmに、無処理集成材は長さを100cmに調整した。南側に面した日照の障害物のない場所で、地上高1mのばくろ台を設置し、材軸が南北、接着層が水平になるよう、集成材を設置した。試験片の採取は集成材の南端部より順次行った。

なお、木口面からの劣化の影響を軽減するため、全ての集成材木口面には保護塗料を塗布した。同様に、試験片採取後の木口面には新たに保護塗料を塗布した。

2.3 集成材側面に出現するはくりの測定

屋外ばくろ試験開始から3年経過後に、全ての集成材の東西両側面の繊維方向のはくりを目視により測定した。はくり率は以下の式によって求めた。

$$\text{はくり率 (\%)} = \frac{\{(\text{両側面のはくりの長さの合計}) / (\text{両側面の接着層の長さの合計})\} \times 100}{}$$

2.4 ブロックせん断試験

屋外ばくろ試験開始から3年経過後に、屋外ばくろ試

*: 元 奈良県森林技術センター職員

表1 屋外ばくろ試験に供した防腐処理集成材の種類と本数

防腐薬剤	接着剤	木材保護塗料	屋外ばくろ試験に供した集成材本数
銅・アルキルアンモニウム化合物系 (ACQ)	レゾルシノール系 (RF)	塗り替えあり	3
		塗り替えなし	3
		無塗布	2
	水性高分子イソシアネート系 (API)	塗り替えあり	3
		塗り替えなし	3
		無塗布	2
プロピタンホス・アゾール化合物系 (AZP)	レゾルシノール系 (RF)	塗り替えあり	3
		塗り替えなし	3
		無塗布	2
	水性高分子イソシアネート系 (API)	塗り替えあり	3
		塗り替えなし	3
		無塗布	2
無処理	レゾルシノール系 (RF)	塗り替えあり	2
		無塗布	2
	水性高分子イソシアネート系 (API)	塗り替えあり	2
		無塗布	2

験に供した集成材から試験片を採取し、室温20℃、相対湿度65%で調湿した後、図1に示したJASに規定されているブロックせん断試験を行った。試験片の採取方法を図2に示す。試験片は集成材の南端部より北側へ連続して3か所採取し、さらに1ブロックを西の側面部分、その幅方向の隣接部、および東の側面部分に分け、合計9か所から階段状の試験片を採取した。接着層数は、原則として集成材1体につき計36層となった。

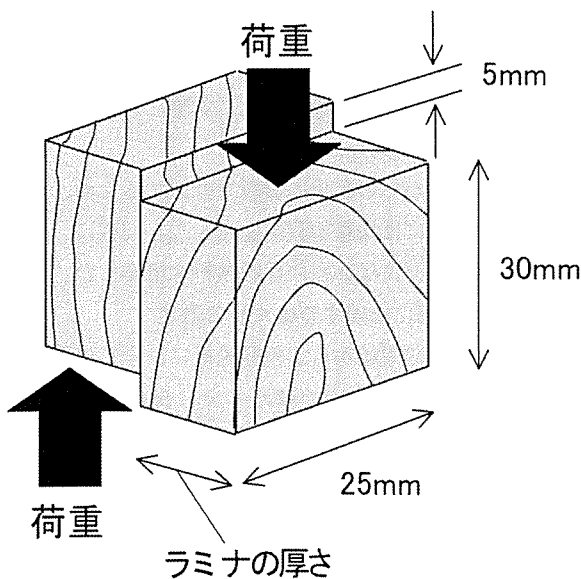


図1 JASに規定されたブロックせん断試験

3. 結果と考察

3.1 集成材側面に出現するはくり

屋外ばくろ試験開始より3年経過後の集成材側面に出現するはくり率の結果を、レゾルシノール系樹脂接着剤を用いた接着（以下RF接着と略）の場合を図3-1に、水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を用いた接着（以下API接着と略）の場合を図3-2に示す。保護塗料無塗

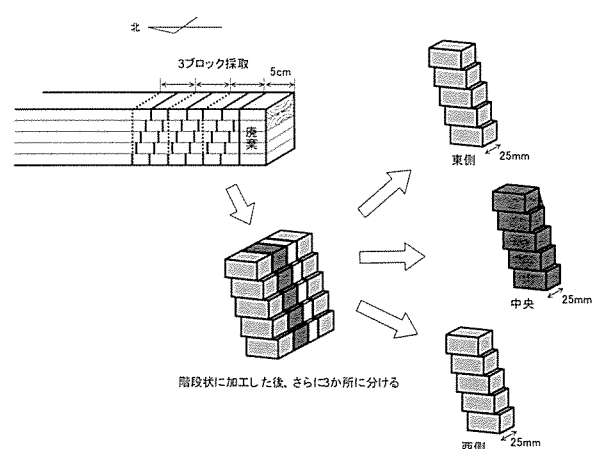


図2 屋外ばくろ試験に供した集成材からのブロックせん断試験片の採取方法

布の集成材のはくり率は、保護塗料を塗布した集成材のはくり率と比較して高い値を示した。保護塗料を塗布した集成材のうち、塗り替えの有無に関しては、明瞭な傾向はみられなかった。また、西側側面と東側側面では出現したはくり率に明瞭な差はみられなかった。

図4に、屋外ばくろ試験開始より1年経過後と3年経過後の集成材側面のはくり率の比較を示した。1年経過後と比較して、3年経過後では、はくり率が大きく増加しているが、保護塗料を塗布したものでは、はくり率の増加が抑制されていた。

3.2 ブロックせん断試験

屋外ばくろ試験開始より3年経過後の集成材のブロックせん断試験の結果を、RF接着の場合を表2-1に、API

接着の場合を表2-2に示す。表2-1および表2-2における平均値は密度については考慮せず、接着剤、防腐薬剤、および保護塗料の条件の組み合わせ別に示した。JASにおけるブロックせん断試験の規定は、スギの場合、「試験片の90%以上が、せん断強さ5.4N/mm²以上、木部破断率70%以上を有すること」となっている。せん断強さにおいて基準を満たさなかったものは、RF接着・ACQ処理集成材の、保護塗料の塗り替えを行わないものの西側面、および保護塗料を塗布しないものの東側面から採取した試験片、API接着・ACQ処理集成材の、保護塗料を塗布しないものの西側に隣接した場所から採取した試験片の3種類であった。ただし、平均値で評価すると、せん断強さは全て5.4N/mm²以上であった。木部破断率に関

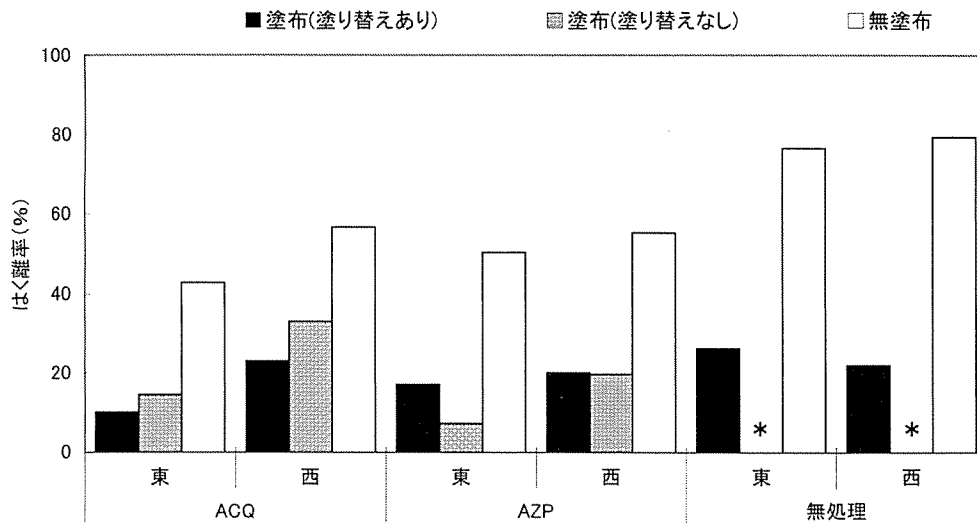


図3-1 屋外ばくろ試験開始より3年経過後の集成材側面のはくり率 (レゾルシノール樹脂系接着剤) 無処理集成材は「塗り布 (塗り替えなし)」の設定がないため、*で示した。

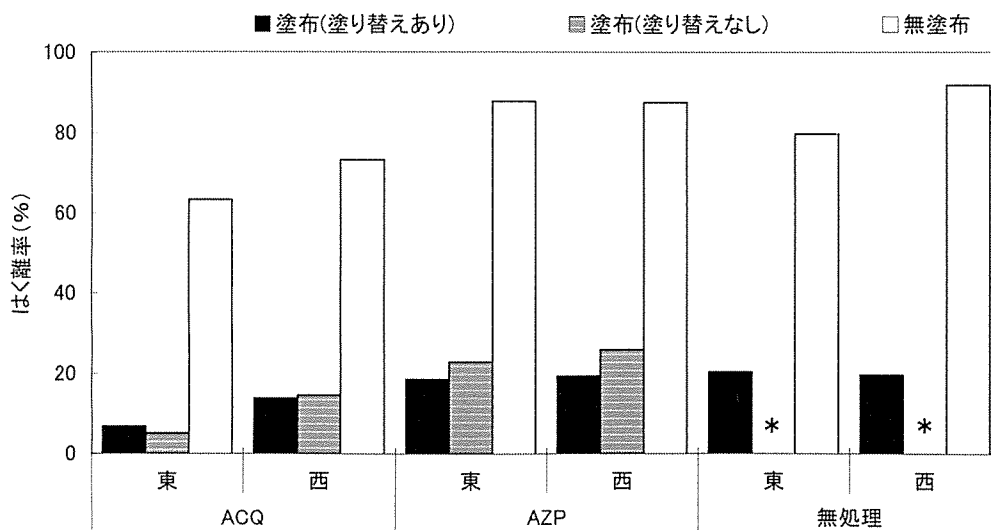


図3-2 屋外ばくろ試験開始より3年経過後の集成材側面のはくり率 (水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤) 無処理集成材は「塗り布 (塗り替えなし)」の設定がないため、*で示した。

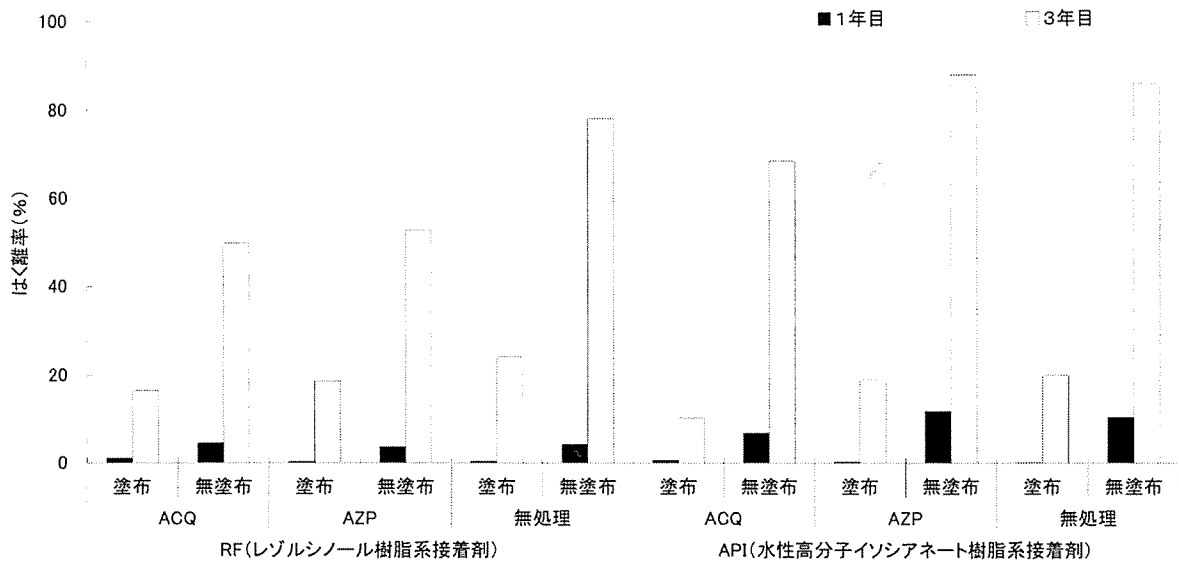


図4 屋外ばくろ試験開始より1年経過後と3年経過後の集成材側面のはく離率の比較

はく離率の値は西側および東側のはく離率の平均値で示した。「塗布」の値は塗り替えを行った集成材のはく離率を用いた。

しては、全て基準を満たしていた。

防腐薬剤の種類がせん断強さに及ぼす影響に関しては、無処理集成材のせん断強さが最も高い傾向がみられ、次いでAZP、ACQの順であった。この結果は、防腐薬剤がその種類によっては接着性能に悪影響を及ぼすという先行研究¹⁻⁵⁾と矛盾しないものであった。

保護塗料塗布の有無に着目すると、保護塗料を塗布しない集成材では、塗布した集成材と比較してせん断強さが低い傾向がみられた。保護塗料を塗布した集成材のうち、塗り替えの有無に関しては、API接着のAZP処理集成材においては明瞭な差はみられなかったが、その他の条件においては、塗り替えを行わない集成材が、塗り替えを行った集成材と比較してせん断強さが低い傾向がみられた。また、集成材側面が面する方角（西側および東側）によるせん断強さの差は、明瞭には現れなかった。

保護塗料を塗布しない集成材のうち、薬剤処理集成材2種類においては、屋外ばくろ試験開始より3年経過後では、屋外ばくろ試験に供する前の集成材と比較して**、せん断強さが若干低下している。一方、保護塗料を塗布したものについては、ほとんど変化がみられなかった。これらの結果より、3年経過後におけるせん断強さの低下は、主に保護塗料を塗布しないことによる木部の劣化が原因であることが考えられる。また、無処理集成材においては、保護塗料塗布の有無に関わらず、屋外ばくろ試験に供する前の集成材と比較して、せん断強さに変化はみられなかった。無処理集成材では、屋外ばくろ試験

に供する前の集成材のせん断強さを測定した試験片の密度が、対応するばくろに供した集成材の密度より小さかった⁶⁾ことを考慮する必要があるが、3年経過後では接着層に顕著な劣化はみられなかった。

4. まとめ

集成材に保護塗料を塗布することにより、接着層のはく離りが抑制される効果がみられた。また、保護塗料の塗布は接着層のせん断強さにも影響を与えている可能性が示唆された。屋外ばくろ試験開始より3年経過後においては、集成材表面に保護塗料を塗布するといったメンテナンスを行っていれば、接着層のせん断強さは維持されることが明らかになった。以上のことから、集成材の屋外での長期使用における保護塗料塗布の重要性が改めて示された。接着層の耐候性評価のためには、今後も継続して屋外ばくろ試験を行い、経時変化を調査することが必要である。

**：屋外ばくろ試験に供する前のせん断強さのデータに関しては前報⁶⁾を参照されたい。

表 2-1 屋外ばくろ試験開始時より3年経過後の集成材のブロックせん断試験結果
(レゾルシノール樹脂系接着剤)

			RF (レゾルシノール樹脂系接着剤)								
			ACQ			AZP			無処理		
			西 ^{a)}	隣 ^{b)}	東 ^{c)}	西	隣	東	西	隣	東
塗料塗布 (塗り替えあり)	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	8.3	9.0	9.1	9.3	9.0	9.8	9.9	9.4	9.8
		標準偏差	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.8	1.7	1.3	1.4
	木部破断率 (%)	平均値	95	97	97	97	98	97	100	99	98
		標準偏差	5.9	5.1	4.4	4.5	5.1	5.4	1.4	2.3	3.6
	試験時含水率 (%)		13.1	13.0	13.1	12.6	12.6	13.0	13.4	13.3	13.6
	測定接着層数 ^{d)}		35	33	35	35	36	35	24	24	24
	せん断強さJAS規定値以上数		32	31	35	35	35	35	24	24	24
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数 ^{e)})		35	33	35	35	36	35	24	24	24	
		36	36	36	36	36	36	24	24	24	
塗料塗布 (塗り替えなし)	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	6.9	7.9	7.7	8.4	8.5	8.6	-	-	-
		標準偏差	1.6	1.1	1.5	1.3	1.3	1.1	-	-	-
	木部破断率 (%)	平均値	93	98	95	96	97	97	-	-	-
		標準偏差	9.9	2.9	5.8	7.5	7.7	4.4	-	-	-
	試験時含水率 (%)		13.2	12.9	13.2	13.0	13.0	13.2	-	-	-
	測定接着層数		34	35	32	34	35	36	-	-	-
	せん断強さJAS規定値以上数		30*	34	30	34	35	36	-	-	-
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数)		32	35	32	34	34	36	-	-	-	
		36	36	36	36	36	36	-	-	-	
塗料 無塗布	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	7.3	7.8	7.0	7.6	8.4	7.3	9.4	9.3	9.1
		標準偏差	1.0	1.1	1.5	0.9	0.7	1.2	1.2	1.6	0.9
	木部破断率 (%)	平均値	98	99	96	97	94	99	98	99	98
		標準偏差	3.9	2.2	5.0	6.6	11.5	2.2	2.4	2.8	3.2
	試験時含水率 (%)		12.4	12.1	12.4	12.8	12.5	12.9	13.1	13.3	13.4
	測定接着層数		23	24	23	23	24	24	23	24	24
	せん断強さJAS規定値以上数		22	24	18*	23	24	24	23	24	24
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数)		23	24	23	23	22	24	23	24	24	
		24	24	24	24	24	24	24	24	24	

a) : 集成材の西側面より採取した試験片
 b) : 西側面試験片の隣接部より採取した試験片
 c) : 集成材の東側面より採取した試験片
 d) : 実際に測定した接着層数
 e) : 測定が計画された接着層数
 * : せん断強さがJAS規定値以上であった接着層数が90%に満たなかったもの

表2-2 屋外ばくろ試験開始時より3年経過後の集成材のブロックせん断試験結果
(水性高分子イソシアネート系樹脂系接着剤)

			API (水性高分子イソシアネート系樹脂系接着剤)								
			ACQ			AZP			無処理		
			西 ^{a)}	隣 ^{b)}	東 ^{c)}	西	隣	東	西	隣	東
塗料塗布 (塗り替えあり)	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	9.1	8.8	9.1	8.4	9.0	8.9	9.4	8.9	9.6
		標準偏差	1.1	1.5	1.5	1.3	1.3	1.5	1.6	1.6	1.2
	木部破断率 (%)	平均値	100	100	100	99	100	100	100	100	100
		標準偏差	1.8	0.8	1.2	2.0	0	1.2	0	0	0
	試験時含水率 (%)		11.8	11.8	12.1	12.6	12.4	12.4	13.7	13.7	13.9
	測定接着層数 ^{d)}		35	34	35	35	35	36	23	23	24
	せん断強さJAS規定値以上数		35	34	35	34	35	36	22	23	24
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数 ^{e)})		35	33	35	35	36	35	24	24	24	
		36	36	36	36	36	36	24	24	24	
塗料塗布 (塗り替えなし)	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	8.1	7.9	8.7	9.0	9.2	8.6	-	-	-
		標準偏差	1.7	2.0	0.8	1.5	1.4	1.8	-	-	-
	木部破断率 (%)	平均値	99	96	100	99	100	100	-	-	-
		標準偏差	3.4	11.5	0	3.0	0	0.8	-	-	-
	試験時含水率 (%)		12.2	14.1	12.2	12.5	12.9	13.1	-	-	-
	測定接着層数		32	32	33	34	35	36	-	-	-
	せん断強さJAS規定値以上数		30	28	33	34	35	32	-	-	-
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数)		32	30	33	34	35	36	-	-	-	
		36	36	36	36	36	36	-	-	-	
塗料 無塗布	せん断強さ (N/mm ²)	平均値	7.0	7.3	7.6	8.0	8.3	7.9	8.3	8.5	8.7
		標準偏差	1.8	1.6	1.5	0.8	1.1	1.3	1.2	1.5	1.3
	木部破断率 (%)	平均値	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		標準偏差	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	測定接着層数		24	24	23	24	24	24	22	22	24
	試験時含水率 (%)		12.2	12.0	12.3	12.9	13.1	13.4	13.9	13.5	13.7
	木部破断率JAS規定値以上数		24	24	24	24	24	24	22	22	24
せん断強さJAS規定値以上数 (原則接着数)		22	21*	22	24	23	22	22	22	24	
		24	24	24	24	24	24	24	24	24	

a) : 集成材の西側面より採取した試験片

b) : 西側面試験片の隣接部より採取した試験片

c) : 集成材の東側面より採取した試験片

d) : 実際に測定した接着層数

e) : 測定が計画された接着層数

* : せん断強さがJAS規定値以上であった接着層数が90%に満たなかったもの

引用文献

- 1) 酒井温子、増田勝則：圧縮法を導入した薬剤注入法による木材の改質（第1報）防腐集成材の作製と防腐性能および接着性能の評価。奈良県林試木材加工資料. 28, 30-36 (1999)
- 2) 和田 博、高橋真紀子、藪岡貞治：防腐剤を加圧注入したラミナを用いた集成材の接着性能（第1報）JASによる3種類のはくり試験5回繰りかえし：奈良県林試研究報告. 29, 29-35 (1999)
- 3) 宮崎淳子、中野隆人、平林 靖、岸野正典：接着性能に及ぼす防腐薬剤の影響。木材学会誌. 45(1), 34-41 (1999)
- 4) 宮崎淳子、中野隆人：接着性能に及ぼす防腐薬剤の影響（第2報）銅によるレゾルシノール樹脂接着剤の硬化反応への影響. 48, 178-183 (2002)
- 5) 宮崎淳子、中野隆人：接着性能に及ぼす防腐薬剤の影響（第3報）防腐薬剤による水性高分子イソシアネート系接着剤の硬化への影響. 48, 184-190 (2002)
- 6) 満名香織、和田 博：屋外ばくろ試験による集成材の接着耐候性評価(第1報). 奈良県森技セ研究報告. 32, 83-87 (2003)

(2004年12月28日受理)