

集成材の適正接着条件の検討（第1報）* 冬期および夏期における積層接着

柳川 靖夫

水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤（API 接着剤）および短時間硬化型のレゾルシノール樹脂接着剤（RF 接着剤）を使用し、スギ、ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、およびベイマツの5プライ集成材を冬期および夏期に種々の接着条件で作製した。減圧加圧はく離試験を行った結果、API 接着剤を使用し冬期に接着した試験体では、圧縮時温度 10℃で 30 分間圧縮した場合、スプルースを除きはく離が多く発生した。しかし時間圧縮時間を長くすると、いずれの樹種でもはく離は顕著に減少した。圧縮時に保温した試験体では、保温しなかった試験体と比較して、はく離はわずかに減少し、さらに圧縮時および養生時に保温を行うと、はく離は顕著に減少した。RF 接着剤の冬期接着では、圧縮時温度が 10℃であっても長時間圧縮するとはく離はわずかであった。また、圧縮時の雰囲気温度が 15℃以上であれば、はく離は少なかった。API 接着剤の夏期接着では、ベイマツを除いた他は、堆積時間が適切であれば、塗布量を削減してもはく離は少なかった。RF 接着剤の夏期接着においても、堆積時間が適切であれば、圧縮時間が短くともはく離は少なかった。ブロックせん断試験では、冬期に保温せず、圧縮時間が短い条件で木部破断率が低下する場合があったものの、せん断強度は低下せず、全般的に接着条件の差は明瞭には認められなかった。

1. はじめに

奈良県は集成材製造が盛んであり、著者等は過去に、レゾルシノール樹脂接着剤を使用した低温時のヒノキの接着性能¹⁾、および水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤（以下 API 接着剤とする）を使用した、ヒノキ集成材等の適正な接着条件について検討を行ってきた^{2,3)}。一方、製造装置および接着剤の改良により、近年集成材の接着工程は著しく短時間化している。また、製造コスト削減および工程の改良により、接着剤塗布量も従前より減少する傾向が見られる。短時間圧縮や塗布量の削減は、冬期および夏期とも、接着不良の発生が懸念される。しかし、過去の研究例での適正な接着条件と現在とでは、上述のとおり接着剤塗布量や圧縮時間等が異なるため、接着性能を担保するためには、現在の適正な接着条件を解明する必要がある。そこで本研究では、近年の集成材製造工程の変化を鑑み、集成材の冬期および夏期の積層接着の条件と接着性能との関係について、短時間硬化型の接着剤を使用して検討を加えた。

2. 材料および方法

2.1 材料

集成材作製のための短時間硬化型の接着剤として、API 接着剤およびレゾルシノール樹脂接着剤（以

下 RF 接着剤とする）を使用した。表 1 に、両接着剤の性質を示す。

API 接着剤は株式会社オーシカ製のピーアイボンドを使用し、冬期は、推奨使用温度が 15～25℃である 5340 を使用し、夏期は、同 20～35℃の 5340S を使用した。硬化剤にはいずれも同社製の H-50 を使用し、主剤 100 部に対し 15 部を添加した。

RF 接着剤は、アイカ工業株式会社製のアイカネオレジン PRX-275AW / PRX-350B を使用した。PRX-275AW は主剤で、PRX-350B は液状硬化剤である。主剤 100 部に対し、硬化剤は 30 部添加した。

表 1 使用した接着剤の性状

接着剤	API		RF	
	ピーアイボンド 5340	ピーアイボンド 5340S	アイカネオレジン PRX-275AW	アイカネオレジン PRX-350B
区分	主剤		主剤	硬化剤
推奨使用温度 (°C)	15~25	20~35		
不揮発分 (%)	61	59	55	—
粘度 (Pa·s)	9	8	11	1.3
PH	6.4		9	6.5
推奨塗布量 (g/m ²)	200~300		250~300	
推奨堆積時間	10分以内		10分以内	
推奨圧縮時間	30分以上		材温25℃以上、雰囲気温度40℃以上の場合60分以上	

注: API: 水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤。RF: レゾルシノール樹脂接着剤。

集成材の作製には、スギ、ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、およびベイマツを使用した。いずれの樹種も、気乾ラミナを幅 110mm、厚さ 25mm、長さ 400mm に調製して実験に供した。

2.2 試験体の作製

表 2 に、API 接着剤の冬期および夏期の試験体

* 本研究の一部は第 67 回日本木材学会年次大会（福岡 2017）において発表した。

作製条件を示す。

冬期の接着条件として、圧縮時間、圧縮時の雰囲気温度（以下圧縮時温度とする）、および養生温度について調べた。AW-1～3は、圧縮時温度および養生温度は5～10℃であり、圧縮時間のみを変化させた。AW-4およびAW-5では圧縮時間を30分とし、圧縮時温度および養生温度を変化させた。AW-4では圧縮時温度を20℃とし、10℃雰囲気中で養生を行った。AW-5は圧縮時温度および養生温度とも20℃とした。

夏期の接着条件としては塗布量を変化させ、表2に示すとおり、AS-1は250g/m²、AS-2は220g/m²、AS-3は190g/m²とした。その他の条件は同一で、圧縮時温度は30～35℃、圧縮時間は20分、養生温度は30～35℃とした。

なお、冬期の接着は1～2月に、夏期の接着は8月に行った。また、接着直前にラミナを厚さ21mmに調製し、接着剤はゴムローラーを使用して片面に塗布した。開放堆積時間は30秒以内、閉鎖堆積時間は6分以内とし、圧縮圧力は、スギのみ0.7MPaで、それ以外の4樹種は1.0MPaとした。試験体の作製数は、各1体ずつとした。

表2 APIを使用した試験体の接着条件

冬期・夏期 共通	接着剤塗布方法		片面塗布		
	堆積時間(開放/閉鎖)	圧縮圧力	30秒以内 / 6分以内 スギ:0.7MPa ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、ヘイマツ:1.0MPa		
時期	試験条件	塗布量 (g/m ²)	圧縮時温度 (°C)	圧縮時間 (分)	養生温度 (°C)
冬期	AW-1	250	10	30	10
	AW-2		10	60	10
	AW-3		5~10	120	5~10
	AW-4		20	30	10
	AW-5		20	30	20
夏期	AS-1	250	30~35	20	30~35
	AS-2	220			
	AS-3	190			

表3に、RF接着剤の冬期および夏期の試験体作製条件を示す。

冬期の接着条件として、圧縮時温度、圧縮時間および養生温度を変化させた。いずれも低温時の長時間圧縮を想定した条件であり、RW-1の圧縮時温度および養生温度は5～10℃で、圧縮時間を24時間とした。RW-2の圧縮時温度は10℃、RW-3は同15℃で、圧縮時間はいずれも6時間、養生温度はいずれも5～10℃とした。RW-4は圧縮時温度15℃、圧縮時間は3時間、養生温度を15℃とした。RW-5は、圧縮時温度を20℃として6時間圧縮し、養生温度を20℃とした。

夏期では、圧縮時間の影響を調べた。表3に示すとおり、RS-1～3の圧縮時温度はいずれも30℃

であり、圧縮時間は、RS-1は6時間、RS-2は3時間、RS-3は1時間とした。

なお、接着時期はAPI接着剤と同じで、接着直前にラミナを厚さ21mmに調製し、接着剤はゴムローラーを使用して片面に塗布した。開放堆積時間は30秒以内、閉鎖堆積時間は10分以内とし、圧縮圧力および作製体数はAPI接着剤と同じとした。

表3 RFを使用した試験体の接着条件

冬期・夏期 共通	接着剤塗布方法		片面塗布		
	堆積時間(開放/閉鎖)	圧縮圧力	30秒以内 / 10分以内 スギ:0.7MPa ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、ヘイマツ:1.0MPa		
時期	試験条件	塗布量 (g/m ²)	圧縮時温度 (°C)	圧縮時間 (時間)	養生温度 (°C)
冬期	RW-1	250	5~10	24	5~10
	RW-2		10	6	5~10
	RW-3		15	6	5~10
	RW-4		15	3	15
	RW-5		20	6	20
夏期	RS-1	250	30	6	30
	RS-2			3	
	RS-3			1	

2.3 接着性能試験

すべての試験体は、1ヶ月以上養生した後に断面を105×105mmに調製した。図1に示すとおり、1試験体から長さ75mmの減圧加圧はく離試験片を4個ずつ、およびブロックせん断試験片を3個ずつ採取した。減圧加圧はく離試験およびブロックせん断試験は、集成材の日本農林規格（以下JASとする）に準拠して行った。減圧加圧はく離試験の工程は以下のとおりとした。

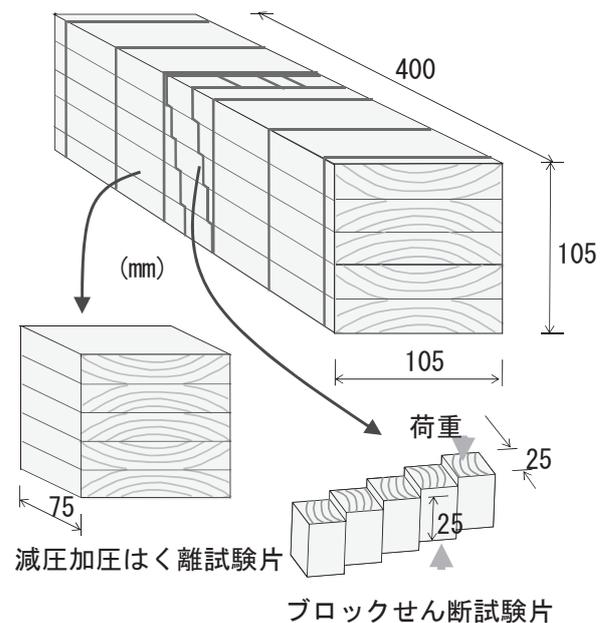


図1 接着性能試験片の採取

- ① 試験片を室温水中浸せきし 0.085MPa の減圧 5 分
 - ② 0.51MPa の加圧 60 分
 - ③ ①および②を再度繰り返す
 - ④ 70℃雰囲気中で、試験前重量の 100 ~ 110% と なるまで乾燥
- ①~④を 1 回処理とし、2 回の処理を行った。各回数終了後、下記のとおりはく離率および最大はく離率を算出した。

$$\text{はく離率 (\%)} = \frac{\text{両木口面でのはく離長さの合計}}{\text{両木口面の接着層長さの合計}} \times 100$$

ブロックせん断試験片は、採取後 20℃ 65% 雰囲気中に 1 ヶ月以上静置した後、株式会社東京衡機試験機製のアムスラー型試験機を使用して、荷重速度毎分約 15MPa で試験を行った。破壊後にせん断強度を算出し、木部破断率を測定した。

$$\text{最大はく離率 (\%)} = \frac{1 \text{ 接着層における最大はく離長さ}}{\text{当該接着層の長さ}} \times 100$$

3. 結果と考察

3.1 減圧加圧はく離試験の結果

表 4 に、冬期および夏期に作製した試験片の平均密度を示す。含水率は、12 ~ 13% であった。

表 4 減圧加圧はく離試験片の平均密度 (g/cm³)

接着剤 ¹⁾	時期	試験条件 ²⁾	樹種 ³⁾				
			Su	Hi	Sp	Ep	Df
API	冬期	AW-1	0.37	0.48	0.45	0.54	0.59
		AW-2	0.37	0.54	0.54	0.55	0.59
		AW-3	0.42	0.51	0.43	0.52	0.53
		AW-4	0.43	0.49	0.57	0.58	0.65
		AW-5	0.40	0.45	0.55	0.59	0.65
	夏期	AS-1	0.36	0.45	0.51	0.53	0.58
RF	冬期	AS-2	0.36	0.46	0.52	0.54	0.59
		AS-3	0.37	0.47	0.52	0.54	0.59
		RW-1	0.43	0.56	0.43	0.52	0.53
		RW-2	0.42	0.49	0.53	0.55	0.62
		RW-3	0.42	0.53	0.43	0.52	0.53
	夏期	RW-4	0.40	0.47	0.53	0.55	0.62
		RW-5	0.43	0.46	0.52	0.59	0.56
		RS-1	0.43	0.46	0.48	0.53	0.52
		RS-2	0.43	0.47	0.47	0.54	0.52
RS-3	0.43	0.45	0.48	0.54	0.53		

注:n=4。¹⁾:表1を参照。²⁾:表2を参照。³⁾:Su:スギ、Hi:ヒノキ、Sp:スプルース、Ep:オウシュウアカマツ、Df:ヘイマツ。

3.1.1 API 接着剤の冬期接着

表 5 に、各回数終了後の減圧加圧はく離試験の結果を示す。また、1 回処理終了後の各試験片のはく離率および最大はく離率を、図 2 および図 3 に示す。

表 5 に示すとおり、圧縮時温度を 10℃、圧縮時間を 30 分とした AW-1 の、1 回処理終了後のはく離率および最大はく離率の平均値は、スプルースを除き、JAS 基準値である 5% および 25% を上回った。図 2 (a) に示すとおり、スプルースを除く各樹種では半数以上の試験片が JAS 基準値である 5% を上回り、相対的にはく離率は高かった。最大はく離率も同様で、図 3 (a) に示すとおり、スプルースを除く各樹種で半数以上の試験片が JAS 基準値である 25% 以上であり、ヒノキでは全試験片が JAS 基準値を上回った。

これに対し、圧縮時間を 60 分とした AW-2 では、はく離は AW-1 より顕著に減少した。表 5 に示すと

表 5 API 冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果 (1)

(%)

処理回数	樹種 ¹⁾	試験条件 ²⁾									
		AW-1		AW-2		AW-3		AW-4		AW-5	
		T	10℃	T	10℃	T	5~10℃	T	20℃	T	20℃
		PT	30分	PT	60分	PT	120分	PT	30分	PT	30分
		ST	10℃	ST	10℃	ST	5~10℃	ST	10℃	ST	20℃
		はく離率 最大はく離率		はく離率 最大はく離率		はく離率 最大はく離率		はく離率 最大はく離率		はく離率 最大はく離率	
1	Su	7.4	32.3	2.1	9.7	0	0	4.8	24.1	3.3	26.6
	Hi	14.7	55.4	1.6	9.2	0.5	3.1	7.8	38.4	0	0
	Sp	0	0	1.2	7.5	0	0	0.2	1.5	0	0
	Ep	7.9	36.1	0.3	2.4	0	0	1.3	10.4	0	0
	Df	11.8	43.8	4.7	18.7	0	0	8.1	30.1	3.8	18.6
2	Su	9.1	36.2	3.9	23.1	0.2	1.9	5.4	25.2	3.7	29.5
	Hi	16.9	59.3	2.1	9.9	1.1	5.0	8.0	38.4	1.8	14.1
	Sp	0.2	1.9	1.8	7.7	0.8	6.7	2.7	15.6	0.9	6.1
	Ep	9.0	36.1	0.4	3.2	1.3	7.7	1.4	10.9	11.8	47.7
	Df	12.9	45.6	4.9	18.7	0.1	1.2	8.2	30.3	4.6	20.8

注: 平均値、n=4。太字は集成材の JAS 基準値 (はく離率 5%、最大はく離率 25%) 以上。¹⁾: 表 4 を参照。²⁾: AW-1~5: 表 2 を参照、T: 圧縮時温度、PT: 圧縮時間、ST: 養生温度。接着剤塗布量は 250g/m²。

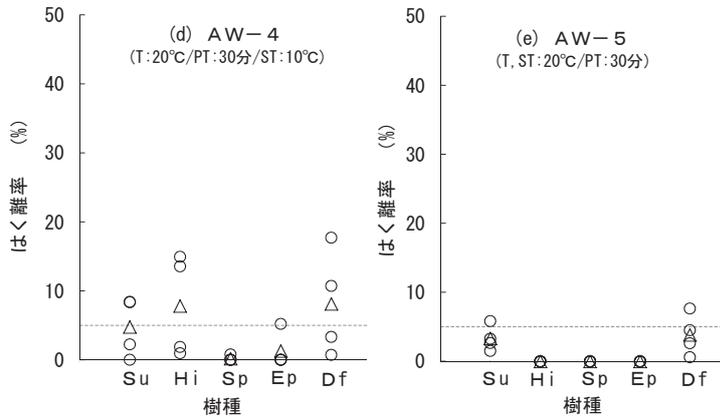
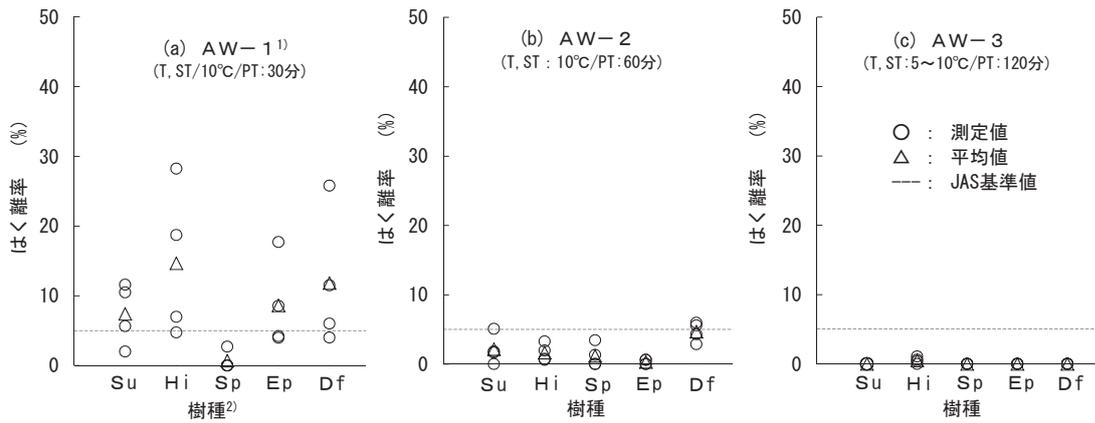


図2 API 冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果(2)

1 回処理後のはく離率

注: n=4。接着剤塗布量は 250g/m²。¹⁾: AW-1~5: 表2を参照、T: 圧縮時温度、PT: 圧縮時間、ST: 養生温度。²⁾: 表4を参照。

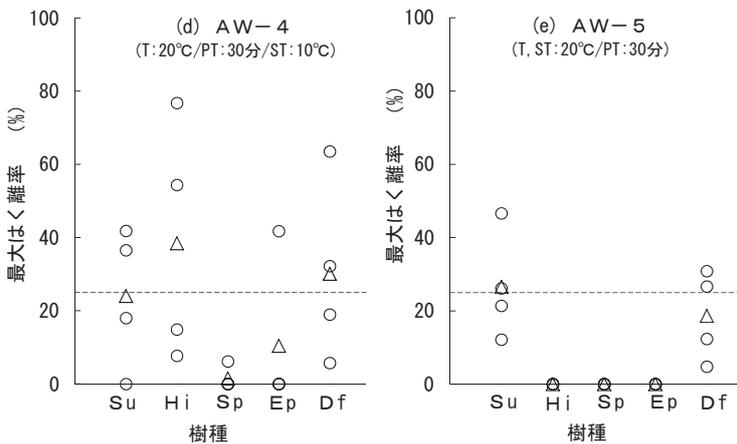
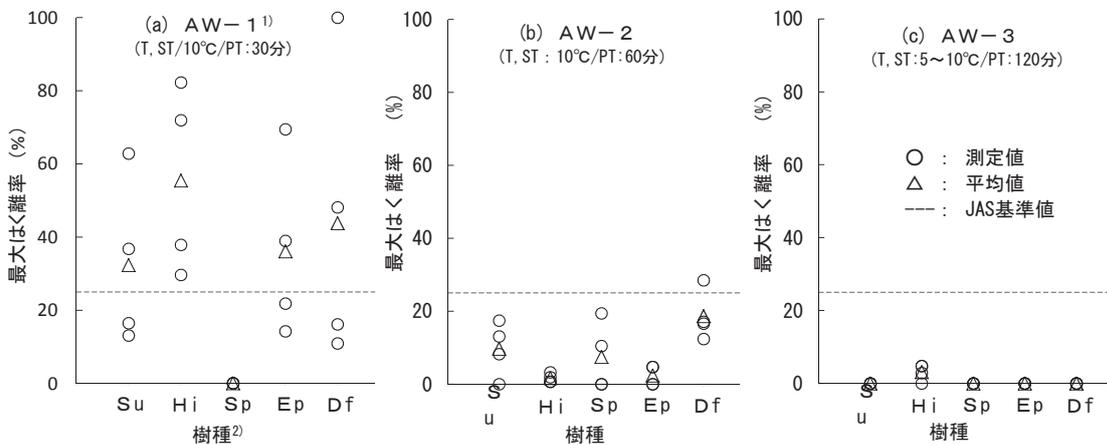


図3 API 冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果(3)

1 回処理後の最大はく離率

注: 図2を参照。

おり、1回処理終了後のはく離率平均値および最大はく離率平均値は、すべての樹種でJAS基準値を下回った。ただし、図2(b)に示すとおりベイマツでは、はく離率がJAS基準値を上回った試験片が存在した。圧縮時間を120分に延長したAW-3では、圧縮時温度および養生温度は5~10℃であり、AW-1およびAW-2よりも低かったにもかかわらず、図2(c)および図3(c)に示すとおり、1回処理後の全樹種ではく離の発生はわずかで、すべての樹種でJAS基準値を下回った。また、表5に示すとおり、2回処理後においても、はく離率平均値および最大はく離率平均値はJAS基準値を下回った。以上のとおり、API接着剤の冬期積層接着では、圧縮時間を長くすると、減圧加圧はく離試験ではく離は顕著に減少した。

圧縮時温度が20℃、養生温度が10℃のAW-4では、表5に示すとおり、1回処理後のヒノキおよびベイマツのはく離率平均値および最大はく離率平均値は、JAS基準値を上回った。また、スギおよびオウシュウアカマツでは、はく離率および最大はく離率の平均値はJAS基準値以下であったものの、図2(d)および図3(d)に示すとおり、JAS基準値を上回る試験片が存在した。

一方、圧縮時温度および養生温度が20℃のAW-5の1回処理後では、図2(e)および図3(e)に示すとおり、はく離率および最大はく離率ともAW-4より低かった。しかし、スギの最大はく離率平均値はJAS基準値を上回っており、ベイマツでも、JAS基準値を上回る試験片が出現した。以上の結果より、API接着剤の冬期接着では、圧縮時および養生時に保温を行った場合であっても、スギおよびベイマツ

では圧縮時間が30分では不十分と考えられる。

3.1.2 RF接着剤の冬期接着

表6に、減圧加圧はく離試験の結果を示す。また、2回処理終了後の各試験片のはく離率を図4に、同じく最大はく離率を図5に示す。

表6に示すとおり、2回処理後のRW-1~3では、スギのはく離率平均値または最大はく離率平均値はJAS基準値を上回った。その他、RW-2のベイマツで、はく離率平均値がJAS基準値を上回った。RW-1およびRW-2の圧縮時温度はいずれも5~10℃で、圧縮時間は、RW-1が24時間であり、RW-2は6時間であった。両者を比較すると、図4(a)および図4(b)に示すとおり、スギおよびベイマツとも、RW-1のはく離率はRW-2より低かった。したがって、RF接着剤の冬期接着でも、圧縮時間が重要と考えられる。

圧縮時温度15℃で6時間圧縮し、養生温度が5~10℃であったRW-3の2回処理後では、スギ試験片のはく離率平均値はRW-1に近似していたものの、最大はく離率平均値はRW-1よりも低く、JAS基準値以下であった。圧縮時温度15℃で3時間圧縮し、15℃で養生したRW-4の2回処理後は、すべての樹種ではく離率および最大はく離率の平均値はJAS基準値以下であった。しかし、RW-4のスギおよびベイマツでは、図4(d)および図5(d)に示すとおり、JAS基準値を上回る試験片が存在した。圧縮時温度が20℃で6時間圧縮し、20℃で養生したRW-5の2回処理後は、すべての樹種ではく離率および最大はく離率の平均値はJAS基準値以下であった。しかし、図4(e)および図5(e)に示すとおり、スギでJAS基準値を上回る試験片が存在した。

表6 RF冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果(1)

(%)

処理回数	樹種 ¹⁾	試験条件 ²⁾									
		AW-1		AW-2		AW-3		AW-4		AW-5	
		T	10℃	T	10℃	T	5~10℃	T	20℃	T	20℃
		PT	30分	PT	60分	PT	120分	PT	30分	PT	30分
ST		10℃		ST		10℃		ST		20℃	
はく離率		最大はく離率		はく離率		最大はく離率		はく離率		最大はく離率	
1	Su	7.4	32.3	2.1	9.7	0	0	4.8	24.1	3.3	26.6
	Hi	14.7	55.4	1.6	9.2	0.5	3.1	7.8	38.4	0	0
	Sp	0	0	1.2	7.5	0	0	0.2	1.5	0	0
	Ep	7.9	36.1	0.3	2.4	0	0	1.3	10.4	0	0
	Df	11.8	43.8	4.7	18.7	0	0	8.1	30.1	3.8	18.6
2	Su	9.1	36.2	3.9	23.1	0.2	1.9	5.4	25.2	3.7	29.5
	Hi	16.9	59.3	2.1	9.9	1.1	5.0	8.0	38.4	1.8	14.1
	Sp	0.2	1.9	1.8	7.7	0.8	6.7	2.7	15.6	0.9	6.1
	Ep	9.0	36.1	0.4	3.2	1.3	7.7	1.4	10.9	11.8	47.7
	Df	12.9	45.6	4.9	18.7	0.1	1.2	8.2	30.3	4.6	20.8

注：平均値、n=4。太字は集成材のJAS基準値（はく離率5%、最大はく離率25%）以上。¹⁾：表4を参照。²⁾：AW-1~5:表2を参照、T:圧縮時温度、PT:圧縮時間、ST:養生温度。接着剤塗布量は250g/m²。

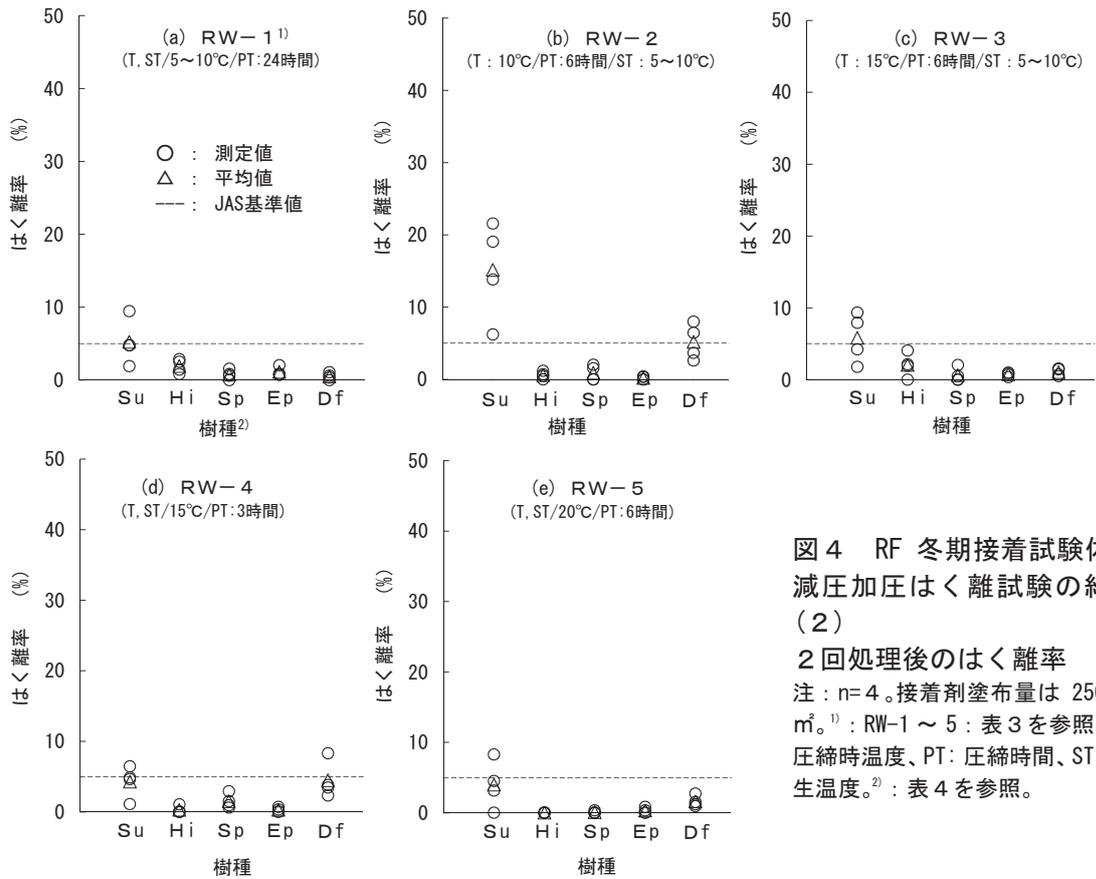


図4 RF 冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果 (2)

2回処理後のはく離率

注: n=4。接着剤塗布量は 250g/m²。¹⁾ RW-1~5: 表3を参照、T: 圧縮時温度、PT: 圧縮時間、ST: 養生温度。²⁾ 表4を参照。

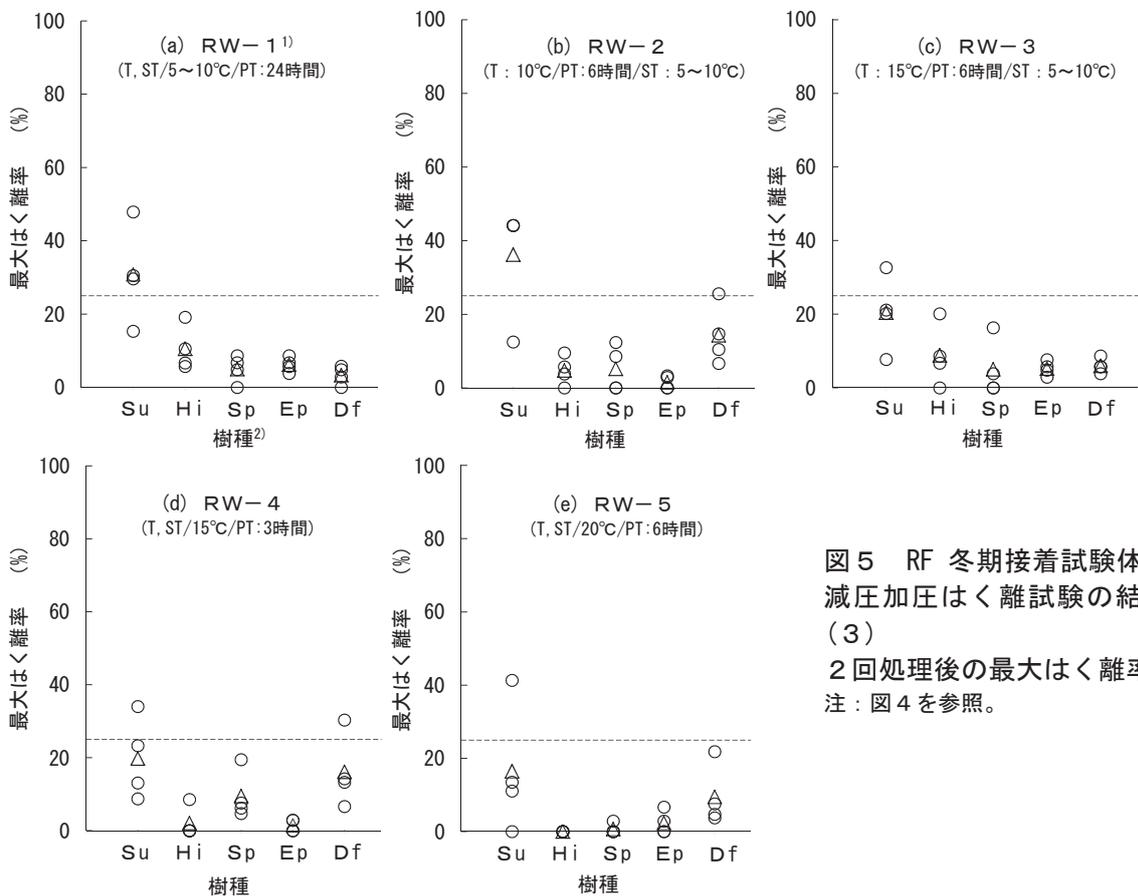


図5 RF 冬期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果 (3)

2回処理後の最大はく離率

注: 図4を参照。

以上の結果より、RF 接着剤の冬期接着時における圧縮時温度は 15 ~ 20℃以上が望ましく、圧縮時間は 6 時間以上が必要と推測される。また、スギの接着に際しては、他樹種よりも圧縮時間を長くする等の措置が必要と考えられる。

3.1.3 API 接着剤の夏期接着

表 7 に示すとおり、ベイマツでははく離が多く発生し、1 回処理後の AS-1 ~ 3 のはく離率平均値および最大はく離率平均値は、すべて JAS 基準値を上回った。また、塗布量の減少に伴い、はく離率および最大はく離率は増加した。個々の試験片では、図 6 に示すとおり、ベイマツの他ヒノキで JAS 基準値を上回る試験片が出現した。これらの原因として、圧縮時間の不足が考えられる。

表 7 API 夏期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果(1)(%)

処理回数	樹種 ¹⁾	試験条件 ²⁾					
		AS-1		AS-2		AS-3	
		AR 250g/m ²	T, ST 30~35℃	AR 220g/m ²	T, ST 30~35℃	AR 190g/m ²	T, ST 30~35℃
		PT 20分	PT 20分	PT 20分	PT 20分	PT 20分	PT 20分
		はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率
1	Su	2.4	18.0	1.5	8.3	0.8	6.4
	Hi	2.2	12.6	0.7	3.5	4.1	17.0
	Sp	0	0	0	0	0	0
	Ep	0.1	1.0	0.5	3.1	1.3	10.2
	Df	9.7	27.5	10.0	29.9	14.2	34.1
	2	Su	4.2	20.7	2.0	10.3	1.2
Hi		2.9	16.7	1.0	5.4	4.8	18.7
Sp		0	0	0.3	2.4	1.4	9.7
Ep		2.9	23.0	1.6	8.9	2.0	15.4
Df		10.3	28.1	12.7	30.1	17.7	37.9

注: 平均値、n=4。¹⁾: 表 4 を参照。²⁾: AS-1~3: 表 2 を参照、T: 圧縮時温度、PT: 圧縮時間、ST: 養生温度。AR: 接着剤塗布量。

一方、ヒノキおよびベイマツ以外では、塗布量の減少に伴いはく離率が増した樹種も見られるものの、増加はわずかであった。以上のとおり、堆積時間等が適切である場合、塗布量の減少が接着性能に大きな影響を及ぼすことは無かった。

3.1.4 RF 接着剤の夏期接着

表 8 に示すとおり、圧縮時間にかかわらず、全樹種ではく離率および最大はく離率の平均値は低かった。また、JAS 基準値を上回った試験片は出現しなかった。表 1 に示すとおり、RF 接着剤の夏期における推奨接着条件は、「材温 25℃以上で雰囲気温度 40℃以上であれば 1 時間以上」、とされている。一方、RS-3 では、材温および雰囲気温度とも約 30℃で、圧縮時間は 1 時間であった。したがって、RF 接着剤の夏期接着では、雰囲気温度が 30℃以上であれば圧縮時間は 1 時間で良いと考えられる。圧縮時温度が 30℃以下の場合は、冬期接着の結果を鑑みると、圧縮時間を延長する必要があるものと推測される。

表 8 RF 夏期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果 (%)

処理回数	樹種 ¹⁾	試験条件 ²⁾					
		RS-1		RS-2		RS-3	
		T, ST 30℃	PT 6時間	T, ST 30℃	PT 3時間	T, ST 30℃	PT 1時間
		はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率	はく離率 最大はく離率
1	Su	0	0	0.5	2.4	0	0
	Hi	0	0	0	0	0	0
	Sp	0.2	1.7	0.8	6.2	0	0
	Ep	0	0	0	0	0	0
	Df	0.3	2.7	0	0	0.1	1.0
	2	Su	0.8	4	1.5	8.3	0.6
Hi		0.7	4.1	0.5	3.9	0	0
Sp		0.3	2.4	1.1	7.1	0	0
Ep		0.3	2.6	0.1	0.8	0	0
Df		0.9	4.0	0.8	4.3	1.4	5.9

注: 平均値、n=4。¹⁾: 表 4 を参照。²⁾: RS-1~3: 表 3 を参照、T: 圧縮時温度、PT: 圧縮時間、ST: 養生温度。R: 接着剤塗布量は 250g/m²。

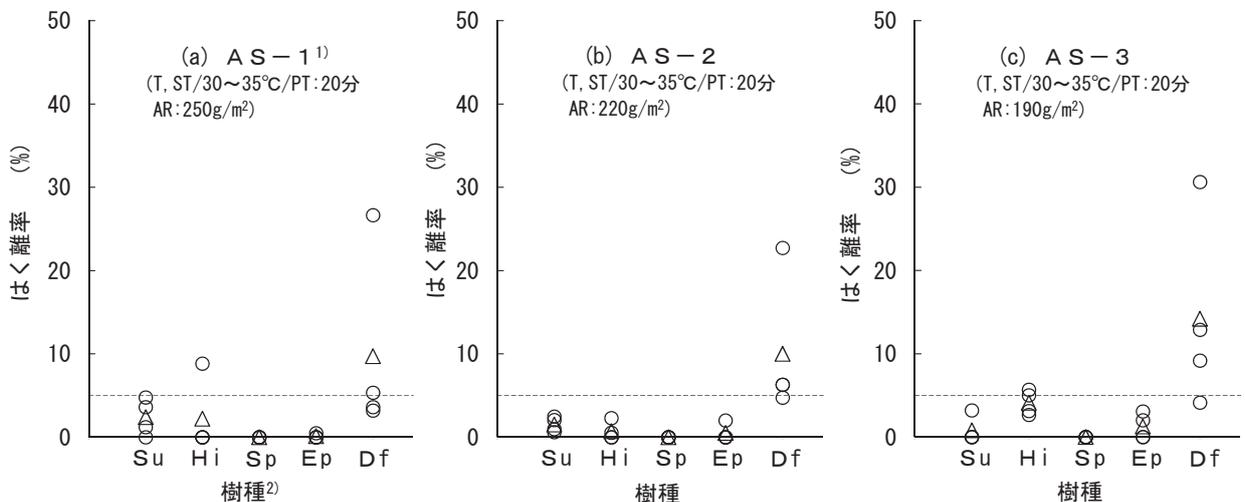


図 6 API 夏期接着試験体の減圧加圧はく離試験の結果 (2) 1 回処理後のはく離率

注: n= 4. ¹⁾: AS-1 ~ 3: 表 2 を参照, T: 圧縮時温度, PT: 圧縮時間, ST: 養生温度, AR: 接着剤塗布量. ²⁾表 4 を参照

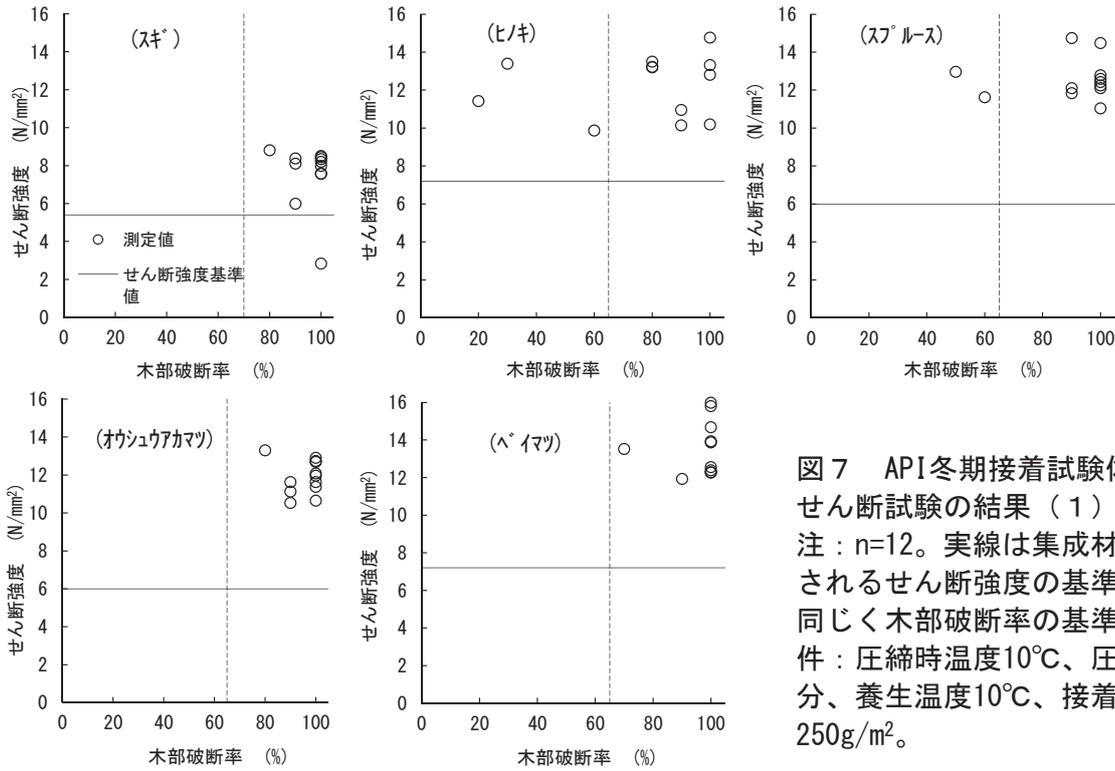


図7 API冬期接着試験体のブロックせん断試験の結果(1) AW-1
注: n=12。実線は集成材のJASに規定されるせん断強度の基準値。破線は同じく木部破断率の基準値。接着条件: 圧縮時温度10℃、圧縮時間30分、養生温度10℃、接着剤塗布量250g/m²。

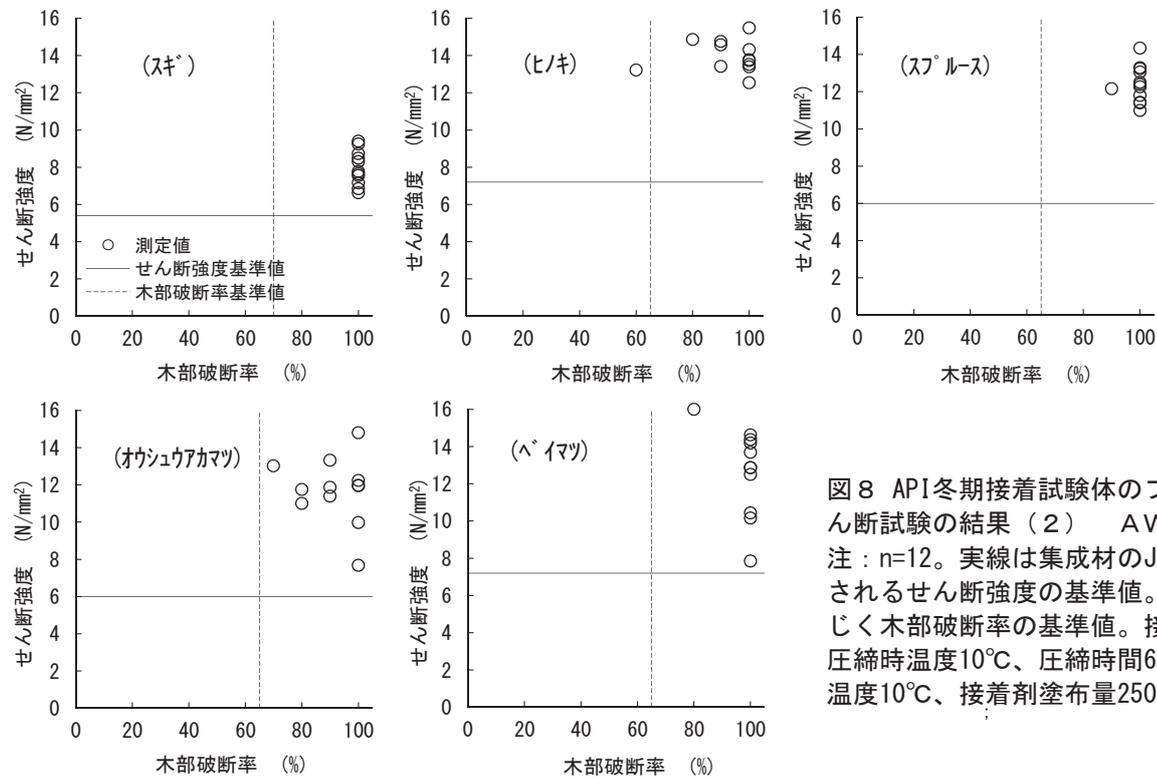


図8 API冬期接着試験体のブロックせん断試験の結果(2) AW-2
注: n=12。実線は集成材のJASに規定されるせん断強度の基準値。破線は同じく木部破断率の基準値。接着条件: 圧縮時温度10℃、圧縮時間60分、養生温度10℃、接着剤塗布量250g/m²。

3.2 ブロックせん断試験

使用した接着剤および接着時期にかかわらず、せん断強度および木部破断率では、各試験体の間に明確な差は認められなかった。しかし、減圧加圧はく離試験で差が認められた API 接着剤の冬期接着では、接着条件が適当でないと考えられる試験体の一部で、木部破断率の低い測定値が出現した。一例として、AW-1 および AW-2 の各樹種の、せん断強度－木部破断率相関図を、図 7 および図 8 に示す。

図 7 に示すとおり、圧縮時間が 30 分であった AW-1 のヒノキおよびスプルースでは、木部破断率の JAS 基準値を下回った測定値が複数出現した。一方、圧縮時間が 60 分であった AW-2 では、図 8 に示すとおりヒノキの 1 試験片で木部破断率が JAS 基準値を下回ったのみで、その値も、JAS 基準値に近似していた。

4. 結論

接着剤として水性高分子－イソシアネート系木材接着剤 (API 接着剤) およびレゾルシノール樹脂接着剤 (RF 接着剤) を、木材にはスギ、ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、およびベイマツを使用し、5 プライの小断面集成材を冬期および夏期に作製して、減圧加圧はく離試験およびブロックせん断試験を行い、接着性能を調べた。その結果、API 接着剤の冬期接着では圧縮時間が重要であり、保温を行った場合であっても、圧縮時間が不足すると集成材の日本農林規格 (JAS) を満たす接着性能が得られない可能性が示唆された。RF 接着剤の冬期接着でも圧縮時間は重要であり、10℃以下の雰囲気温度であっても、長時間圧縮することにより、接着性能は概ね JAS の基準を満たした。API 接着剤の夏期接着では、ベイマツ集成材の減圧加圧はく離試験ではく離が多く発生した。この理由として、圧縮時間の不足が考えられた。しかし、他樹種では塗布量の影響は小さく、接着性能は JAS の基準を満たした。RF 接着剤の夏期接着では、30℃以上の雰囲気温度であれば、短時間の圧縮でも JAS の基準を満たし、それ以下の温度であれば、圧縮時間を長くする必要性が示唆された。

引用文献

- 1) 柳川靖夫:冬期 (低温時) のヒノキの接着性能. 奈良県林試木材加工資料. **21**, 19-21 (1992)
- 2) 増田勝則, 柳川靖夫:水性高分子－イソシアネート系接着剤で接着したヒノキ集成材の接着はく離試験における接着性能. 奈良県森技セ研究報告. **34**, 91-96 (2005)
- 3) 柳川靖夫, 増田勝則:各種接着条件での API 接着剤の接着性能. 奈良県森技セ研究報告. **35**, 29-36 (2006)

(2017 年 3 月 31 日受理)