

アカシア属造林木の塗装性能および接着性能

平林 靖

中野 隆人

Coating and Adhesive Properties for *Acacia* Species

Yasushi HIRABAYASHI

Takato NAKANO

Key words : *Acacia* spp., coating strength test, adhesive shear strength test, Japan Agricultural Standard, Japan Industrial Standard.
アカシア属, 塗膜密着力試験, せん断接着強度試験, 日本農林規格, 日本工業規格

1. はじめに

木材資源の枯渇に伴う環境への影響が指摘されるようになって久しい。中でも熱帯林の減少は著しく、マレーシアにおいては森林資源の枯渇に対処するため、植林による人工林の育成が行われている¹²⁾。南洋材に関する研究は、すでに森林総合研究所(旧林業試験場)において数十種類にわたって幅広く検討がなされている³⁹⁾。しかしこれらの研究は多くが天然林材についてのものである。本試験では人工造林木の中からアカシア属の塗装性能、接着性能について検討した。

なお、試験材は財団法人国際緑化推進センターから提供を受けた。

2. 試験方法

供試木として、マレーシア産造林木の *Acacia mangium* 若齢木(8年生)、*Acacia mangium* 高齢木(30年生)、*Acacia* Hybrid(推定24年生)、*Acacia auriculiformis*(30年生)の3樹種、4種類(以下、それぞれYoung, Old, Hybrid, Auriと略す)を用いた。なお、*Acacia* Hybridは、*Acacia mangium*と *Acacia auriculiformis*との交雑種である¹⁰⁾。各供試木

は製材後、仕上がり含水率8%まで人工乾燥した後、20・65%R.H.の恒温恒湿室で気乾状態になるまで調湿し、プレーナーを用いて厚さ10mmに仕上げ、幅130~140mm、長さ300mmの試験材を作成した。試験に供した各樹種の気乾比重を第1表に示した。試験材は各樹種とも、追柁~板目材を使用した。

2.1 塗装試験

塗料として、木質用汎用塗料であるポリウレタン樹脂塗料(以下、PUと略す)、アミノアルキッド樹脂塗料(以下、AAと略す)および不飽和ポリエステル樹脂塗料(以下、UPEと略す)の3種類を用いた。試験片はPUおよびAAはエアスプレー塗装による3回塗り、UPEは刷毛による2回塗りにより作製した。各塗料の塗装工程および塗装条件は第2表に従った。塗布量は下塗りが120~133g/m²、中塗りが100g/m²、上塗りが120~133g/m²であった。

塗装時の塗装状態、作業性を目視で観察し、さらに塗膜密着性能を特殊合板の日本農林規格(JAS)に定められている平面引っ張り(塗膜密着力)試験により評価した。

第1表 各試験体の気乾比重

Table 1. Specific gravity in air dry.

樹種 Species	気乾比重 Specific gravity in air dry.			
	塗装試験体 Coating strength test piece		接着試験体 Adhesive strength test piece	
		平均 Av.		平均 Av.
アカシア・マンガウム (8年生) <i>A. mangium</i> (8 years)	0.68 ~ 0.68	0.68	0.58 ~ 0.69	0.65
アカシア・マンガウム (30年生) <i>A. mangium</i> (30 years)	0.65 ~ 0.70	0.67	0.61 ~ 0.69	0.65
アカシア・ハイブリッド (推定24年生) <i>A. Hybrid</i> (Estimated 24 years)	0.70 ~ 0.71	0.71	0.68 ~ 0.74	0.71
アカシア・アウリキュリフォルミス (30年生) <i>A. auriculiformis</i> (30 years)	0.82 ~ 0.83	0.83	0.78 ~ 0.87	0.83

第2表 塗装条件

Table 2. Coating process and condition.

下地調整 Sanding before coating	#240サンドペーパーで研磨 Sanding with #240 sandpaper				
下塗り Under coating	塗料 Paint	主剤 Base resin	硬化剤 Curing agent	シンナー Reducer	塗布量 Quantity for application
	ポリウレタン Polyurethane resin	100	50	20	120g/m ²
	アミノアルキッド Aminoalkyd resin	100	10	30	123 ~ 133g/m ²
	不飽和ポリエステル Polyester resin	100	1.5	15	124 ~ 129g/m ²
研磨 Sanding	一昼夜乾燥後, #320サンドペーパーで研磨 Sanding with #320 sandpaper after drying overnight				
中塗り Intermediate coating	塗料 Paint	主剤 Base resin	硬化剤 Curing agent	シンナー Reducer	塗布量 Quantity for application
	ポリウレタン Polyurethane resin	100	25	25	100g/m ²
	アミノアルキッド Aminoalkyd resin	100	10	25	100g/m ²
研磨 Sanding	一昼夜乾燥後, #320サンドペーパーで研磨 Sanding with #320 sandpaper after drying overnight				
上塗り Sanding after coating	塗料 Paint	主剤 Base resin	硬化剤 Curing agent	シンナー Reducer	塗布量 Quantity for application
	ポリウレタン Polyurethane resin	100	25	25	120g/m ²
	アミノアルキッド Aminoalkyd resin	100	10	25	128g/m ²
	不飽和ポリエステル Polyester resin	100	1.5	15	121 ~ 133g/m ²
養生 Aging	一昼夜乾燥後, 20・65%で1週間以上調湿し, 塗膜密着力試験に供試 Conditioning for one week at 20 and 65%RH after drying overnight				

第3表 各接着剤の接着条件

Table 3. Adhesion conditions for various adhesives.

接着剤 Adhesive	接着条件 Adhesion condition			
RF プライオーフェン 6000 Resorcinol-formaldehyde resin	配合比 Mixing ratio	主剤 Base resin 100	硬化剤 Curing agent 15	
	塗布量 Spread	250g/ m ²		
	圧縮 Pressing	1.3MPa		24時間 for 24hr
API KR-120 Water based polymer-isocyanate	配合比 Mixing ratio	主剤 Base resin 100	硬化剤 Curing agent 15	
	塗布量 Spread	250g/ m ²		
	圧縮 Pressing	1.3MPa		24時間 for 24hr
UF ユーロイド S50 Urea-formaldehyde resin	配合比 Mixing ratio	主剤 Base resin 100	硬化剤 ^{a)} Curing agent 5	増量剤 ^{b)} Extender 15
	塗布量 Spread	250g/ m ²		
	圧縮 Pressing	1.3MPa		24時間 for 24hr
PVAc CH-131 Polyvinyl acetate emulsion	塗布量 Spread	250g/ m ²		
	圧縮 Pressing	1.3MPa		24時間 for 24hr

注：a)：10%塩化アンモニウム，b)：小麦粉
Note:a): 10%NH₄Cl solution, b): Wheat flour.

2.2 接着試験

接着剤として、レゾルシノール樹脂接着剤（以下、RFと略す）、水性高分子 - イソシアネート接着剤（以下、APIと略す）、ユリア樹脂接着剤（以下、UFと略す）、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（以下、PVAcと略す）を用いた。各接着剤の接着条件を第3表に示した。接着性能はブロックせん断試験（常態試験、耐水試験）とはく離試験によって評価した。API、UF、PVAcのブロックせん断試験は各接着剤の日本工業規格（JIS K 6806，6801，6804）に従って実施した。RFについてはフェノール樹脂接着剤の試験方法（JIS K 6802）を用いた。はく離試験は集成材の日本農林規格（農林水産省告示第112号）に従って実施した（以下、JASと略す）。RFとAPIは煮沸はく離試験を、UFとPVAcは浸せきはく離試験を実施した。

3. 試験結果および考察

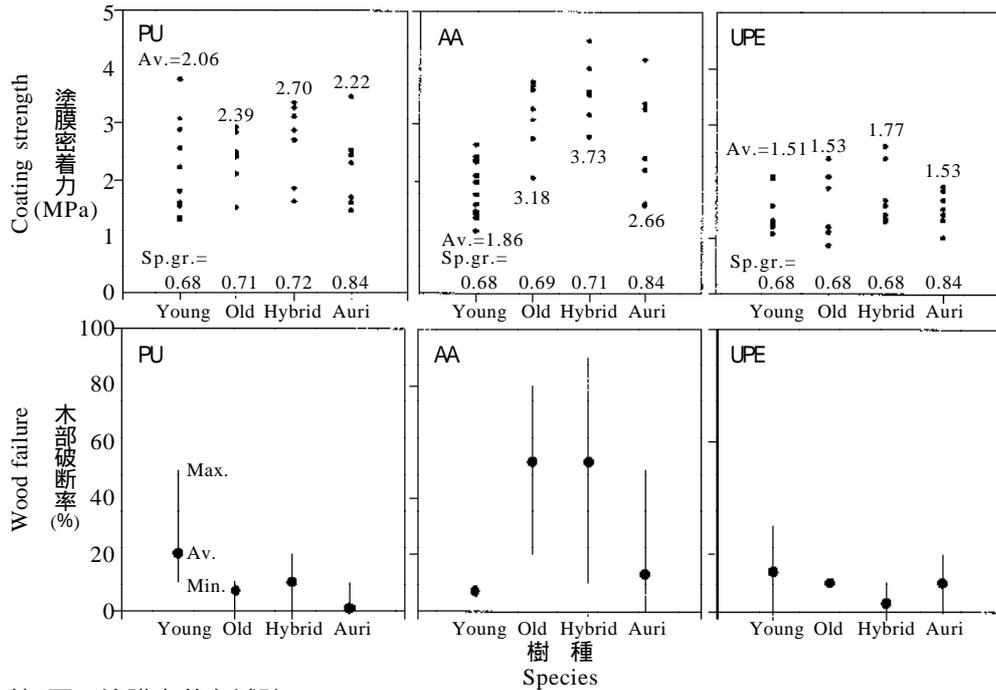
3.1 塗装試験

3.1.1 塗装時の表面観察

下塗り塗装の硬化過程において、PU、AA、UPEとも下塗り塗料の乾燥不良、硬化不良、基材からのしみ出し、塗膜割れ、研磨不良等の塗装障害はいずれの樹種にも観察されなかった。下塗り塗装での塗料のしみ込みは各塗料とも吸い込みの顕著な差は見られず、いずれの樹種も120～133g/m²は適正塗布量であると判断された。中塗り、上塗り工程においても、各塗料とも密着不良や塗膜割れは観察されなかった。

3.1.2 平面引っ張り（塗膜密着力）試験

各塗料の塗膜密着力および木部破断率を第1図に示した。各樹種の気乾比重はYoung，Old，Hybridは0.68～0.72とそれほど大差はなく、Auriが0.84と最も高い気乾比重を示した。塗料別の塗膜密着力では、各塗料ともYoung < Old < Hybridの順に塗膜密着力は



第1図 塗膜密着力試験

記号: Sp.gr.: 気乾比重, PU: ポリウレタン樹脂, AA: アミノアルキッド樹脂, UPE: 不飽和ポリエステル樹脂, Young: *Acacia mangium*(8年生), Old: *Acacia mangium*(30年生), Hybrid: *Acacia Hybrid*, Auri: *Acacia auriculiformis*.

Fig. 1. Relationships between coating strength and wood species for various paints.

Legend: Sp.gr.: Specific gravity; PU: Polyurethane resin; AA: Aminoalkyd resin; UPE: Polyester resin; Young: *Acacia mangium*(8 years); Old: *Acacia mangium*(30 years); Hybrid: *Acacia Hybrid*; Auri: *Acacia auriculiformis*.

増加し, Hybridが最も高い密着性を示した。しかし気乾比重の最も高いAuriは, 各塗料ともYoungとOldの中間の密着力にとどまった。塗膜密着力は各塗料ともYoung, Old, Hybridは基材の比重を反映する傾向が見られたものの, 最も比重の高いAuriでは低下する結果が得られた。木部破断率は, 2.9MPa以上の塗膜密着力を示したAAのOld, Hybridが平均50%以上となった他は20%以下であり, 塗膜密着力と木部破断率の間に明確な相関は認められなかった。

この試験における特殊合板のJASの適合基準は, 同一試料から採取した試験片の塗膜密着力の平均値が0.39MPa以上あることとなっている。供試材の塗膜密着力はいずれの塗料も基準値を上回った。

3.2 接着試験

3.2.1 圧縮時の接着剤のはみ出し

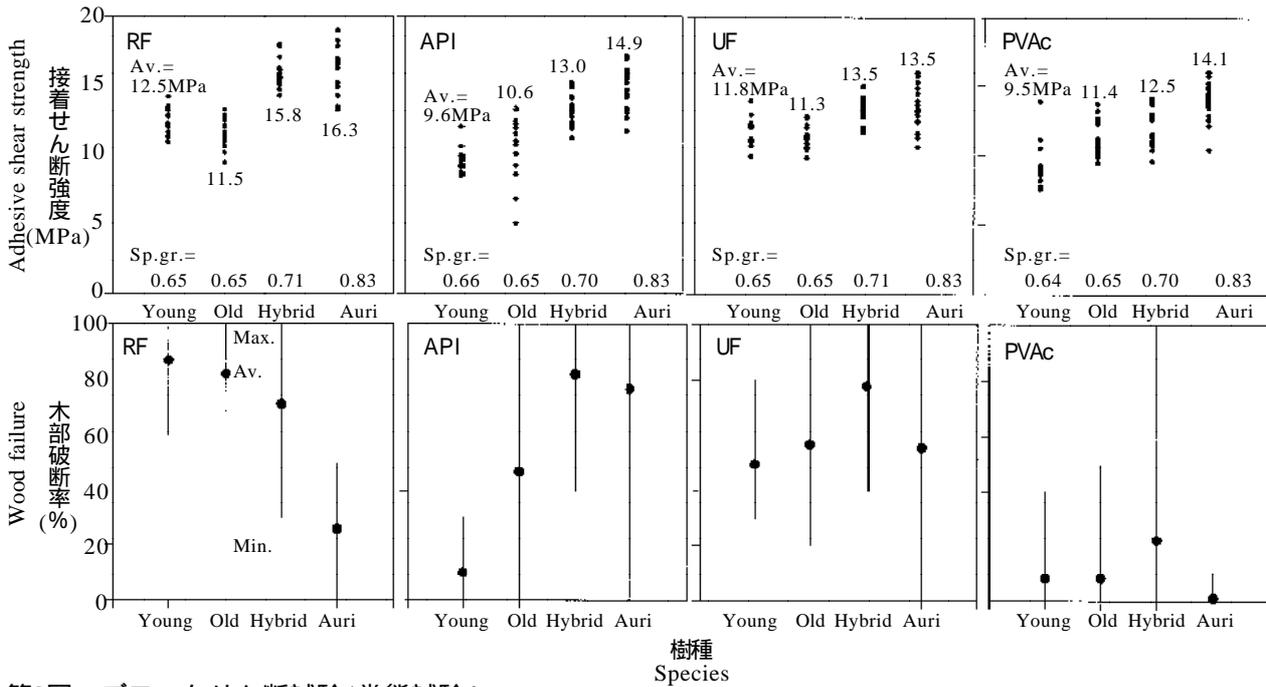
接着剤の塗布量は接着性能に大きな影響を与えるだけでなく経済的にも大切な要因である。圧縮時の接着剤のはみ出しは適性塗布量を判定する目安となる。はみ出し量を目視により観察したところ, 塗布量250g/m², 圧縮圧力1.3MPaの接着条件で, 4樹種, 各接着

剤の組み合わせとも接着剤のはみ出し不足, 著しいはみ出しは観察されなかった。

3.2.2 ブロックせん断試験

ブロックせん断試験の常態試験の結果を第2図に, 耐水試験の結果を第3図に示した。常態せん断強度は, 各接着剤ともほぼ気乾比重に比例してYoung < Old < Hybrid < Auriの順となった。木部破断率は各接着剤とも気乾比重およびせん断強度と明確な相関は見られなかった。

接着剤のJISでは常態試験の基準値が各接着剤ともせん断強度9.8MPa以上と規定されている。また, 樹種別の基準値が設定されている構造用集成材のJISでは, 樹種区分1(イタヤカエデ, カバ, ブナ, ケヤキおよびアピトンと同等の強度を有する樹種)がせん断強度9.4MPa以上, 木部破断率60%以上と規定されている。樹種別に常態せん断強度を比較すると, YoungのAPI(9.6MPa)およびPVAc(9.5MPa)がJISの樹種区分1に適合したもののJISの適合基準に及ばなかった。その他の樹種, 接着剤の組み合わせでは, せん断強度に関してはJIS, JAS(樹種区分1)の基準に適合した。しかし木部破断率ではRFのAuri, APIのYoungお



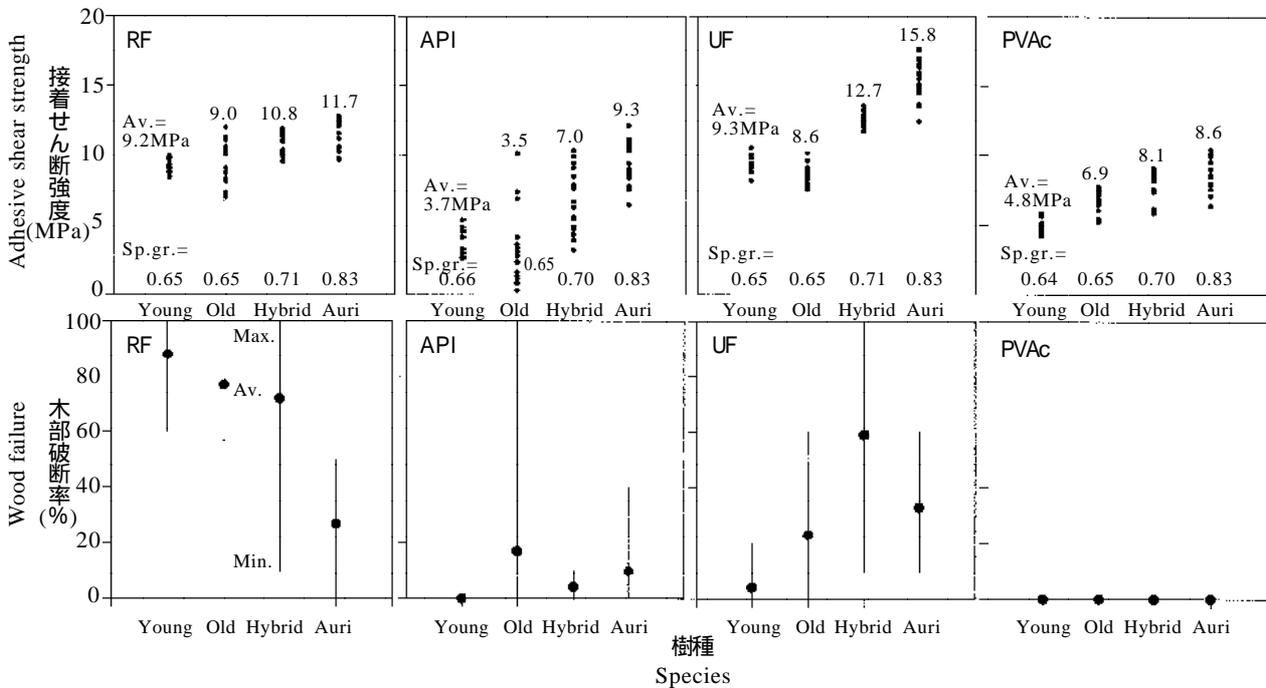
第2図 ブロックせん断試験(常態試験)

記号: Sp.gr.: 気乾比重, RF: レゾルシノール樹脂系, API: 水性高分子 イソシアネート系, UF: ユリア樹脂系, PVAc: 酢酸ビニル樹脂エマルジョン系

Young: *Acacia mangium*(8年生), Old: *Acacia mangium*(30年生), Hybrid: *Acacia* Hybrid, Auri: *Acacia auriculiformis*.

Fig. 2. Relationships between adhesive shear strength of dry condition and wood species for various adhesives.

Legend: Sp.gr.: Specific gravity; RF: Resorcinol; API: Water based polymer-isocyanate; UF: Urea resin; PVAc: Polyvinyl acetate emulsion; Young: *Acacia mangium*(8 years); Old: *Acacia mangium*(30 years); Hybrid: *Acacia* Hybrid; Auri: *Acacia auriculiformis*.

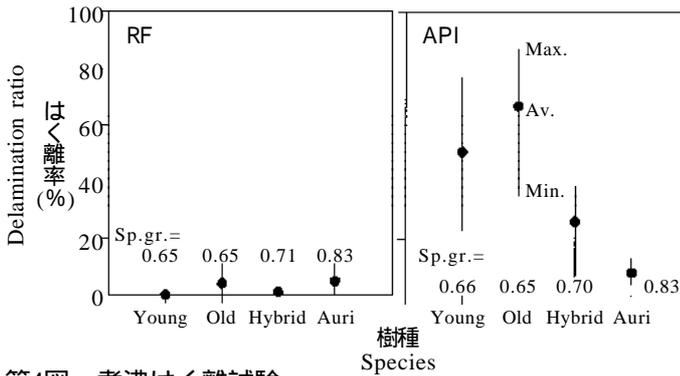


第3図 ブロックせん断試験(耐水試験)

注: 記号は第2図参照

Fig.3. Relationships between adhesive shear strength of wet condition and wood specimens for various adhesives.

Note: Symbols are the same as shown in Fig. 2.

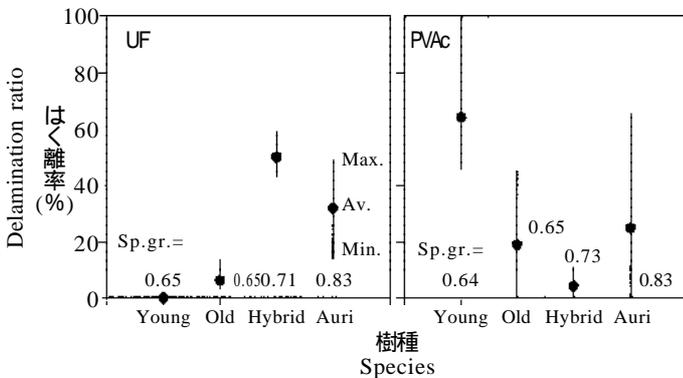


第4図 煮沸はく離試験

注：記号は第2図参照

Fig. 4. Relationships between delamination ratio and wood species in delamination tests in hot water.

Note: Symbols are the same as shown in Fig. 2.



第5図 浸せきはく離試験

注：記号は第2図参照

Fig. 5. Relationships between delamination ratio and wood species in delamination tests in cool water.

Note: Symbols are the same as shown in Fig. 2.

およびOld, UFのYoung, OldおよびAuri, PVAcではすべての樹種が木部破断率60%を下回り, JASの樹種区分1の基準に及ばなかった。

耐水試験はJISにのみ基準値があり, RF, API, UFはせん断強度5.9MPa, PVAcは3.9MPa以上と規定されている。また, 耐水試験は各接着剤ごとに試験方法が異なり, 接着剤の耐水性能も異なる。RFのせん断強度は, 常態試験の結果と同じく気乾比重に比例してYoung < Old < Hybrid < Auriの順となり, 木部破断率はほぼ逆のYoung > Old > Hybrid > Auriの順となった。せん断強度は各樹種ともJISの基準値である5.9MPaを満たした。APIのせん断強度もRFと同様, 気乾比重に比例してYoung < Old < Hybrid < Auriの順となったものの, 木部破断率は各樹種とも小さく, 比重依存, せん断強度との相関は観察されなかった。せん断強度はYoung, OldがJISの基準に適合しなかつ

た。UFのせん断強度もRF, APIと同様, 気乾比重に比例してYoung < Old < Hybrid < Auriの順となり, 木部破断率はAPIと同じく明確なせん断強度との相関は見られなかった。せん断強度はすべての樹種でJISの基準を満たした。また, Auriは常態試験 (13.5MPa) よりも耐水試験 (15.5MPa) の方が高いせん断強度を示した。これはAuriの耐水性能が高く, 耐水履歴による接着層への影響が小さいことと, 加温による接着力上昇のためと考えられる。PVAcのせん断強度も, 気乾比重に比例してYoung < Old < Hybrid < Auriの順となり, すべての樹種でJISの基準 (3.9MPa) を満たした。AuriはUFと同様, 比較的高い耐水性能を示した。木部破断率は接着剤の低い耐水性能を反映してすべての樹種で0%であった。

3.2.3 はく離試験

煮沸はく離試験の結果を第4図に, 浸せきはく離試験の結果を第5図に示した。煮沸はく離試験を施したRFは各樹種とも大きなはく離は観察されず, すべての樹種でJASの基準 (両木口におけるはく離率が5%以下であること) を上回った。これに対し, APIではすべての樹種でJASの基準に達しなかった。他方, 浸せきはく離試験を施したUFにおいては, Youngにはく離は観察されなかった。またOldもはく離率6%とJASの基準 (両木口面におけるはく離率が10%以下であること) を満たしたものの, HybridおよびAuriはそれぞれはく離率50%, 32%とJASの基準に達しなかった。PVAcではHybridのはく離率が4%とJASの基準に達したものの, Young, Old, Auriではそれぞれ64%, 19%, 25%とJASの基準に達しなかった。これら二つの試験では, 各接着剤ともはく離率に明確な比重依存は観察されなかった。PVAcではHybridを除いて高いはく離率を示したが, これは接着剤自体の耐水性能によるものと考えられた。

4. ま と め

- 1) ポリウレタン, アミノアルキッド, 不飽和ポリエステル樹脂塗料を用いた塗装性能試験において, 各樹種とも抽出成分等による塗料の硬化阻害, 塗装不良は目視観察されなかった。また, 塗膜密着力では供試材すべてがJASの基準に合格し, 実用上問題がないと判断された。

- 2) レゾルシノール樹脂, 水性高分子 - イソシアネート, ユリア樹脂, 酢酸ビニル樹脂エマルジョンの各接着剤を用いて, 常態および耐水履歴後の接着性能をブロックせん断試験で評価するとともに浸せきはく離試験, 煮沸はく離試験で耐水性能を比較した。常態のせん断強度は, 同一樹種のYoungとOldでは接着剤により上下はあるものの比較的近い値となった。比重の高いAuriが最も大きいせん断強度を, 交配種である中間の比重のHybridが中間の値を, 最も比重の低いOldとYoungが低い値を示し, 木材のせん断強度にみられる一般的な比重依存の傾向を示した。これは耐水履歴後のせん断強度にも観察された。
- 3) 木部破断率は各接着剤とも明確な樹種間の相関は観察されなかった。YoungはRF接着剤でJASの樹種区分1の基準を満たした。API, UFおよびPVAcではせん断強度の基準は満たしたものの木部破断率が, JASの樹種区分1の基準に達しなかった。Old, Hybrid, Auriではせん断強度についてはすべての接着剤でJASの樹種区分1の基準を満たしたものの, 木部破断率ではOldはAPI, UFおよびPVAcが, HybridはPVAcが, AuriはRF, UFおよびPVAcが基準に達しなかった。耐水履歴後のせん断強度では, API, PVAcの耐水性能が低かったが, これは樹種特性よりも接着剤の耐水特性を反映したものと判断された。煮沸はく離試験ではRFはすべての樹種でJASの基準を上回ったものの, APIではすべての樹種がJASの基準に達しなかった。浸せきはく離試験ではUFはHybridおよびAuriが, PVAcはYoung, Old

およびAuriの3樹種でJASの基準に達しなかった。はく離試験においては樹種間の明確な相関は観察されなかった。本試験で用いた*Acacia mangium*若齢木, *Acacia mangium* 高齢木, *Acacia Hybrid*, *Acacia auriculiformis*の3樹種, 4種類の供試材のせん断強度の差は各供試材の比重差によるものと判断された。

文 献

- 1) 林産試験場研究報告第86号(1998).
- 2) 林産試験場研究報告第87号(1999).
- 3) 未利用樹種研究班: 林業試験場研究報告, No. 292, 27-160; No.294, 1-49; No.295, 175-220 (1977).
- 4) 未利用樹種研究班: 林業試験場研究報告, No. 299, 23-187 (1978).
- 5) 未利用樹種研究班: 林業試験場研究報告, No. 312, 45-55 (1980).
- 6) 熱帯産造林木研究班: 林業試験場研究報告, No. 338, 17-67 (1986).
- 7) 熱帯産造林木研究班: 林業試験場研究報告, No. 347, 105-185 (1987).
- 8) 木材工業, **32**, 477-529 (1977).
- 9) 木材工業, **33**, 468-517 (1978).
- 10) 加藤亮助: 熱帯造林木利用技術開発等調査事業 (平成9年度調査事業報告書) 161-185 (1998).

- 性能部 接着塗装科 -
(原稿受理: 00.8.30)