

熱帯造林材から合板を製造する

高谷 典良

キーワード: 単板切削性, 単板乾燥性, 合板接着性能, セメント硬化不良, 合板ヤング係数

はじめに

日本の主要な合板用原木であった熱帯天然材は低質化、資源量の減少が著しく進み、輸入量は大幅に減少しています。これに加え、地球環境保護の問題から伐採は制限され、今後供給はますます減少するものと考えられます。

このような背景から熱帯、亜熱帯地域における早生樹種を主体とする造林が進み、1995年現在では人工林面積は6,980万haに及ぶとされています¹⁾。現在、日本に輸入されている熱帯材は大半が天然材ですが、今後は造林材の増加も予想されます。

今回、(財)国際緑化推進センターよりマレーシア、ソロモン諸島産の造林材を入手することができました。これらの材から普通合板とコンクリート型枠用合板(以下型枠用合板)を製造し、合板用原木としての適性を評価しました。

供試樹種

試験に用いたのは表1に示すモルッカネム、ユーカリ、

メリナ、アカシヤマンギウム(以下、アカシヤ)、キャンブノスペルマ(以下、キャンブ)、カメレレ、イエロターミナリア(以下、ターミナリア)、オールド・アカシヤマンギウム(以下、オールド)、アカシヤ・ハイブリッド(以下、ハイブリッド)の9樹種です。

試験方法

①単板切削試験

外周駆動式のベニヤレースを用いて0.8mmと4.25mm厚さ(単板厚さはむき出し厚さ)の単板を下記の条件で切削し、肉眼による単板面の観察と、4.25mm厚さ単板の裏割れを測定しました。

- ・前処理：無処理と一部は煮沸処理
- ・刃角：22+4° (二段研ぎ)・逃げ角：0°
- ・水平距離：単板厚さの90%
- ・垂直距離：単板厚さの30%

②単板乾燥試験

4.25mm厚さの単板を、ローラーベニヤドライヤを用いて乾燥温度150℃、風速3m/secで乾燥し、含水率

表1 供試樹種

樹種	産地	製造した合板	原木径 (cm)	単板比重	備考
モルッカネム <i>Paraserianthes falcataria</i>	マレーシア サバ州	普通合板 型枠用合板	30	0.34	12年生
ユーカリ <i>Eucalyptus deglupta</i>	マレーシア サバ州	普通合板 型枠用合板	32	0.40	13年生
メリナ <i>Gmelina arborea</i>	マレーシア サバ州	普通合板 型枠用合板	30	0.42	13年生
アカシヤマンギウム <i>Acacia mangium</i>	マレーシア サバ州	普通合板 型枠用合板	35	0.60	以下アカシヤ 13年生
キャンブノスペルマ <i>Camponosperma brevipedunculata</i>	ソロモン群島	普通合板 型枠用合板	38	0.36	以下キャンブ 17~18年生
カメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i>	ソロモン群島	普通合板 型枠用合板	56	0.42	17~18年生
イエロターミナリア <i>Terminalia calamansanai</i>	ソロモン群島	普通合板 型枠用合板	48	0.47	以下ターミナリア 17~18年生
オールド・アカシヤマンギウム <i>Acacia mangium</i> (Old)	マレーシア サバ州	普通合板	32,45	0.58	以下オールド 30年生
アカシヤ・ハイブリッド <i>Acacia Hybrid</i>	マレーシア サバ州	普通合板	21,30	0.64	以下ハイブリッド 24年生

注) 原木径：単板切削試験に用いた原木の末口径 (cm)
単板比重：含水率12%のときの比重

表2 合板の製造条件

ユリア樹脂	配合 (部)	樹脂：小麦粉：水：硬化剤 100：15：15：1.5
	塗布量	26~28g/900cm ²
	冷 圧	12kgf/cm ² - 2時間
	熱 圧	115℃ - 8 kgf/cm ² - 30秒/mm
メラミン樹脂	配合 (部)	樹脂：小麦粉：水：硬化剤 100：20：10：1.5
	塗布量	32~34g/900cm ²
	冷 圧	12kgf/cm ² - 2時間
	熱 圧	120℃ - 8 kgf/cm ² - 45秒/mm
フェノール樹脂	配合 (部)	樹脂：小麦粉：炭カル：硬化促進剤：水 100：12.5：4：4：2.5
	塗布量	32~34g/900cm ²
	冷 圧	12kgf/cm ² - 2時間
	熱 圧	140℃ - 8 kgf/cm ² - 60秒/mm

注) 1 kgf/cm²=0.098MPa

60%から10%までの乾燥時間と、生材から全乾までの幅収縮率および厚さ収縮率を測定しました。

③合板の接着力試験と熱圧による厚さ減り

5.5mm厚さ(0.8+4.25+0.8mm, 3プライ)の30×30cmサイズの合板をユリア樹脂接着剤, メラミン-ユリア共縮合樹脂接着剤(以下, メラミン樹脂接着剤), フェノール樹脂接着剤の3種類の接着剤で製造し, JASに準じて温冷水浸せき試験または煮沸繰返し試験をおこないました。製造条件を表2に示します。また, これらの合板の熱圧による厚さ減りを測定しました。

④普通合板の狂い

5.5mm厚さの90×180cmサイズの合板を, ユリア樹脂接着剤で製造して狂いを測定しました。合板を平滑な台に置いたときの, 周囲8点の合板と台とのすき間を測定し, その平均値を合板の狂いとしました。

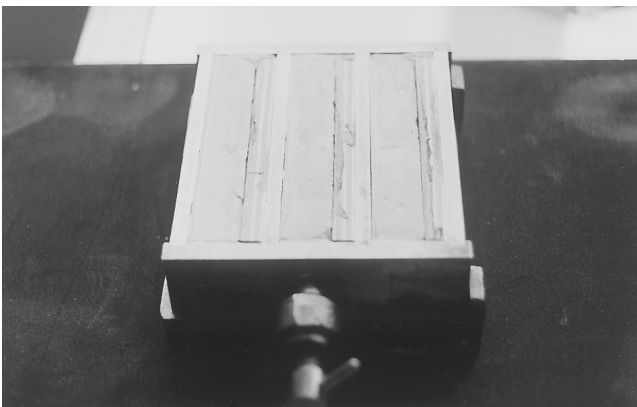


写真1 三連型枠を用いたセメント硬化不良試験

表3 単板の裏割れと肉眼観察による評価

樹種	裏割れ率 (%)	裏割れ密度 (本/cm)	肉眼観察評価	前処理
モルッカネム	61	3.6	○	生剥き
ユーカリ	67	4.6	○	生剥き
メリナ	81	4.2	△	生剥き
アカシア	90	3.4	×	生剥き
キャンプ	60	2.5	△	生剥き
カメレレ	51	2.2	◎	生剥き
ターミナリア	70	3.0	○	生剥き
オールド	79	4.3	○	煮沸処理
ハイブリッド	83	4.3	○	煮沸処理

◎：メランティと比べてほぼ同等の剥き肌が得られた
○：メランティよりは若干劣るが良好な剥き肌が得られた
△：メランティより劣るが合板製造上問題はない
×：剥き肌がかなり悪く合板製造上問題あり

⑤型枠用合板の曲げヤング係数

12mm厚さ(1.6+3.6+1.6+3.6+1.6mm, 5プライ)の90×180cmサイズの型枠用合板をメラミン樹脂接着剤で製造し, JASに準じて長さ方向の曲げヤング係数を測定しました。

⑥セメント硬化不良

写真1に示すように三連型枠にモルタル(水：セメント比=0.35)と供試合板を入れ, 20℃-90%RHの恒温恒湿室で2日間養生した後脱型して, 合板と接するモルタル部分の硬化不良深さを測定しました。

試験結果

①単板切削試験

裏割れと肉眼観察による評価を表3に示します。裏割れ率はメリナ, アカシア, ハイブリッドが80%を超え, かなり大きな値を示しました。裏割れ密度はおおよそ2.5~4.5本/cmで, 特に問題となる値ではありません。

肉眼観察による評価は, 一般的なメランティの剥き肌と比較しましたがメリナ, アカシア, キャンプが低い評価でした。前2樹種は面粗さが大きく, キャンプは毛羽立ちのためです。メリナ, アカシアを切削したのは冬期間で, 単板切削時の材温がかなり低く, このことが面粗さが大きかった一因だと推定されます。

②単板乾燥試験

図1に比重と乾燥時間の関係を示します。一般に乾燥時間は比重が高くなるにしたがい長くなります。今回の結果でも同様の傾向が認められ, 特に乾燥性の悪い樹種はありませんでした。むしろキャンプは比重に比べ乾燥時間が短く, 乾燥性の良好な樹種だといえます。

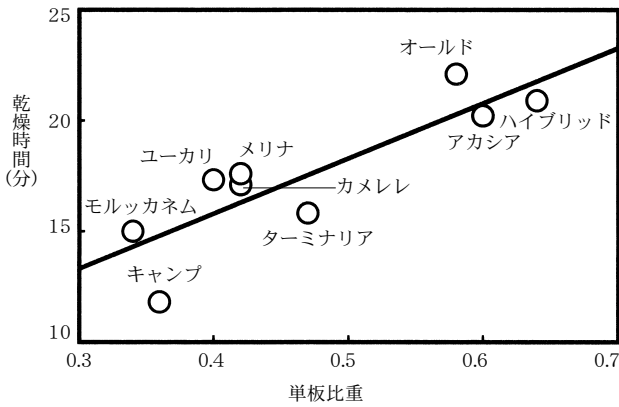


図1 单板比重と乾燥時間

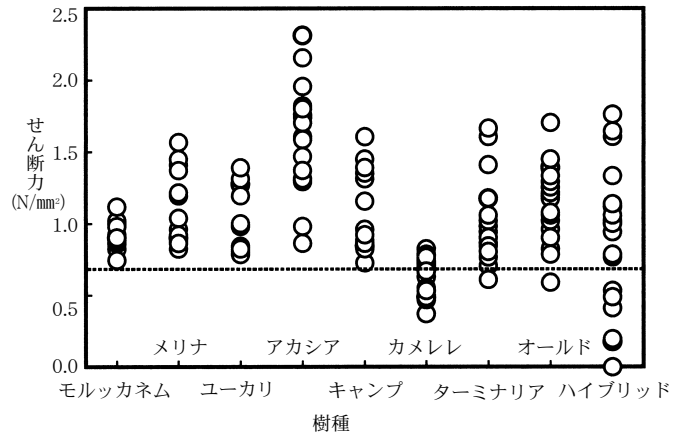


図4 温水浸せき試験結果 (ユリア樹脂接着剤)

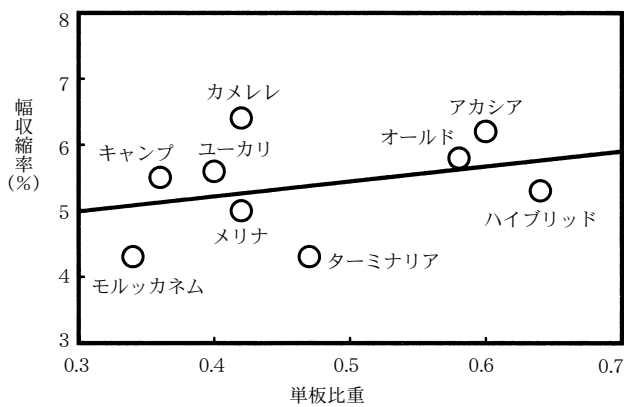


図2 单板比重と幅収縮率

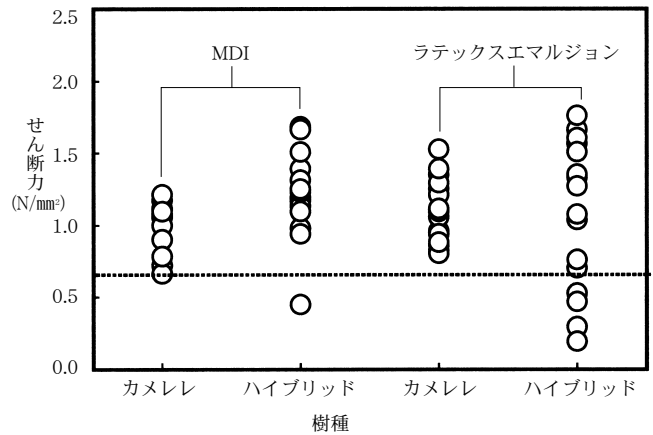


図5 MDIとラテックスエマルジョンによる粘着性能の改善

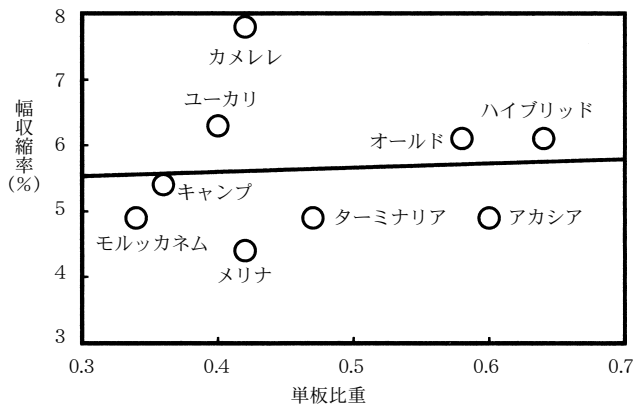


図3 单板比重と厚さ収縮率

図2, 図3に比重と収縮率の関係を示します。素材では両者の間には相関が認められますが、ローラードライヤで乾燥される単板では、ローラーの重さで単板が押し潰される傾向があるため、明確な相関は認められないことが多いようです。今回の結果でも、幅方向では比重が高くなるにしたがい収縮率は大きくなる傾向はあったものの、厚さ方向ではほとんど相関は認め

られません。特徴的なのはカメレレで、幅方向、厚さ方向とも収縮率が大きく、クリッパでの切断幅、剥き出し厚さを決めるときには注意が必要です。

③合板の接着力と熱圧による厚さ減り

図4にユリア樹脂接着剤で製造した合板の温水浸せき試験の結果を示します。各樹種16~18片測定しましたが、この図はその値をすべて図示したものです。JASではせん断力が0.686N/mm²(7kgf/cm², 図中の破線)以上が合格です。しかし、カメレレでは16片中10片が、ハイブリッドでは18片中6片が下回り、JASには合格できませんでした。ターミナリア、オールドでも下回る試験片がそれぞれ1片ありましたがJASには合格しました。

図5はカメレレ、ハイブリッドの接着性を改良するため、ユリア樹脂接着剤にMDI(ジフェニルメタンジイソシアネート)2部、またはラテックスエマルジョン10部を配合した接着剤で製造した合板の温水浸せき試験の結果です。カメレレでは両者とも、ハイブリッドはMDIにより明らかに接着性能は向上しました。

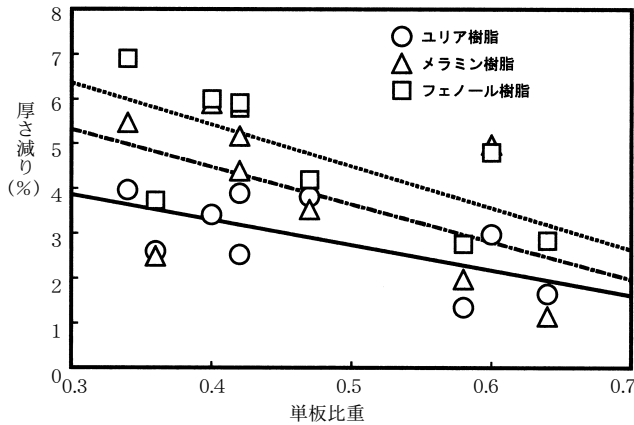


図6 単板比重と熱圧による厚さ減り

図6に熱圧による厚さ減りを示します。この値は比重と接着剤の種類，すなわち熱圧条件に影響され，比重が高いほど小さく，熱圧温度が高く，時間が長いほど大きくなります。今回の結果でも，各接着剤とも比重の高い樹種は小さく，接着剤で比較するとフェノール樹脂>メラミン樹脂>ユリア樹脂の順に小さくなり，熱圧条件と一致しました。

④普通合板の狂い

図7に狂い測定結果を示します。この値が5~6mmを超えると肉眼で観察してその合板の狂いはやや大きく，10mmを超えるとかなり大きな狂いであると判断できます。今回の結果では，測定したキャンプ15枚すべての合板が10mmを大きく超えました。その他の樹種はほとんどが5mm以下で小さな狂いでした。

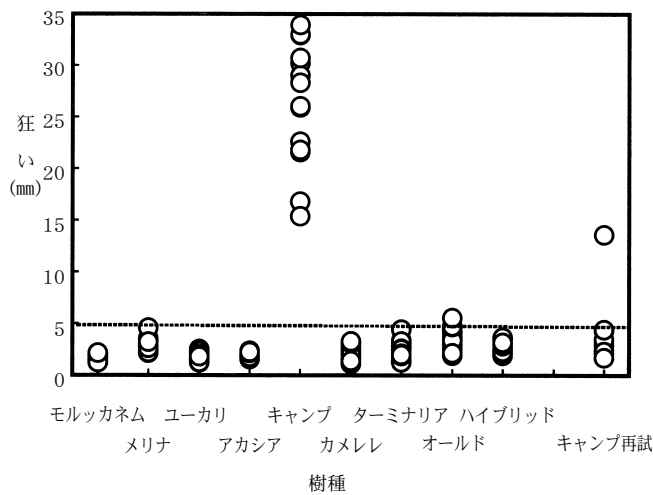


図7 普通合板の狂い

狂いの大きかったキャンプを観察すると，斜走歪理が認められ，これが狂いの原因だと考えられました。そこで，斜走歪理の少ない原木を選び，再び合板を製造して測定しました。その結果が図7のキャンプ再試です。1枚だけはやや大きな狂いを示したものの，ほとんどが5mm以下で小さな狂いでした。

⑤型枠用合板の曲げヤング係数

図8にヤング係数の測定結果を示します。JASではこの値が6.86kN/mm²(7×10³kgf/cm²)以上と規定されています。今回の結果を見ると測定したすべての合板がこの値を上回ったのはアカシアのみで，他の6樹種には下回る合板がありました。特にモルッカネム，ユーカリ，メリナ，キャンプの4樹種ではほとんどすべての合板が下回り，曲げ剛性の面からみると型枠用合板には適さないといえます。カメレレ，ターミナリアは表板厚さをもう少し厚く，1.8~2.0mmにすればJASをクリアできるのではないのでしょうか。

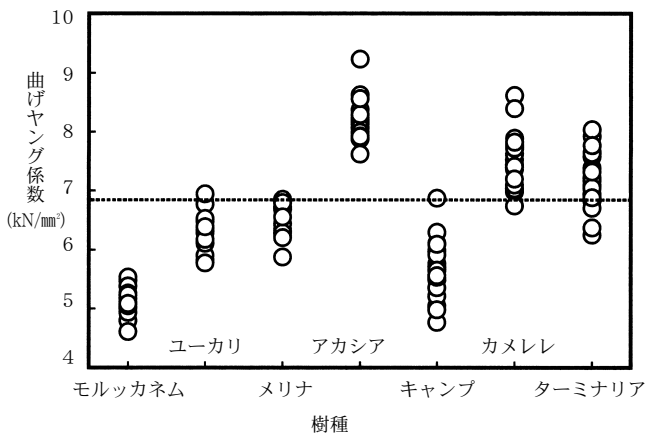


図8 型枠用合板の曲げヤング係数

なお，メラミン樹脂接着剤，フェノール樹脂接着剤で製造した合板の煮沸繰り返し試験もおこないましたが，一部の樹種で標準値を下回る試験片があったものの，木破率は100%近い値で接着性能に問題はありませんでした。

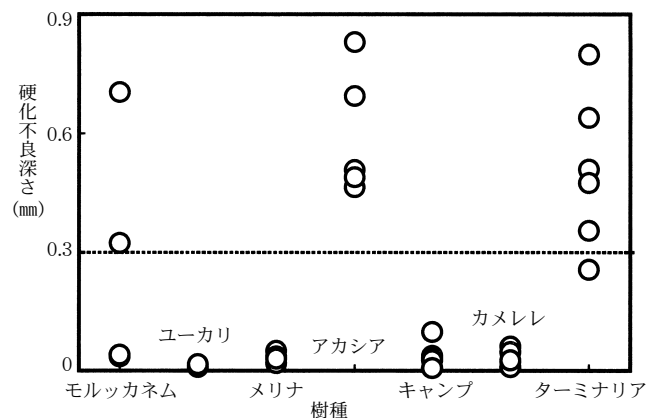


図9 型枠用合板の硬化不良深さ

表4 合板適正評価

樹種	単板切削性		単板乾燥性		単板接着性			厚さ減り	狂い	曲げヤング	硬化不良
	裏割れ	面粗さ	時間	収縮率	U	M	P				
モルッカネム	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎	△	△
ユーカリ	○	○	○	○	◎	○	△	△	◎	△	◎
メリナ	△	△	○	○	◎	◎	○	○	◎	△	◎
アカシア	△	×	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×
キャンプ	◎	△	◎	○	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
カメレレ	◎	◎	○	△	×	◎	○	○	◎	○	◎
ターミナリア	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	×
オールド	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	-	-
ハイブリッド	△	○	○	○	×	◎	◎	◎	◎	-	-

注) 評価の基準

1) 単板切削性

◎：メランティとほぼ同等 ○：メランティよりやや劣るが良好 △：メランティよりかなり劣るが実用上問題無い
×：面粗さがかなり大きく実用上問題あり

2) 単板乾燥性

◎：比重に比較して早い、または小さい ○：比重に見合った乾燥時間と収縮率 △：比重に比較して遅い、または大きい

3) 単板接着性 (U：ユリア樹脂, M：メラミン樹脂, P：フェノール樹脂)

◎：すべての試験片がJAS標準値を上回った ○：90%以上の試験片がJAS標準値を上回った、または下回った試験片の木破率は90%以上であった
△：JASの判定では再試験 ×：JASに合格しなかった

4) 厚さ減り

◎：比重に比較してやや小さい ○：比重に見合った値 △：比重に比較してやや大きい

5) 狂い

◎：非常に小さく実用上全く問題なし ○：狂いは小さい △：狂いが大きく実用上問題あり

6) 曲げヤング (供試合板数：12~20枚)

◎：すべての合板がJASの基準値を上回った ○：80%以上の合板がJASの基準値を上回った △：JASの基準値を上回った合板は60%未満

7) 硬化不良

◎：ほとんど硬化不良を生じなかった △：硬化不良を生じる場合があり注意を要する ×：大きな硬化不良を生じ、実用上問題あり

⑥セメント硬化不良

図9に硬化不良深さを示します。この値が0.3mmを超えると型枠に使用するのでは問題があるとされています²⁾。ターミナリア、アカシアが大きな硬化不良を示し、この2樹種は型枠用合板の表板には適しません。モルッカネムは試験片により差がありました。したがって、使用するときには注意を要する、または、使わない方が無難でしょう。

最後に

それぞれの試験の結果から判断した、供試樹種の合板適正の評価を表4に示します。判断基準は表の下に示してありますが、単板切削性はメランティと比較した評価、乾燥時間、収縮率、厚さ減りは比重と比較した評価、接着性、ヤング係数はJASによる評価、狂い、

硬化不良は独自の基準による評価です。この評価には若干の独断と偏見が入っていることはお許しください。合板製造に使用する機械、製造条件等が異なれば評価の結果も異なるかもしれません。

はじめにも述べたように、今後熱帯天然材の輸入が増加することは期待できません。増加するとすれば造林材でしょう。その造林材から合板を製造するときの一助になれば幸いです。

参考資料

- 1) 荒谷明日兒：新しい世界の木材需給構造と熱帯造林木、合板技術講習会テキスト、2000年11月。
- 2) 南 享二、善本知孝、近藤基樹：木製型枠による硬化不良、建築技術、No.179、1966。

(林産試験場 技術部主任研究員)