

氏名(本国籍)	Eka Mulya Alamsyah (インドネシア共和国)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	農博甲第475号
学位授与年月日	平成20年3月13日
学位授与の要件	学位規則第3条第1項該当
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	静岡大学
学位論文題目	Studies on the Bonding Performance of Fast-growing Wood Species from Tropical Plantation Forest (熱帯産早生樹の接着性に関する研究)
審査委員会	主査 静岡大学 教授 滝 欽 二 副査 静岡大学 教授 鈴木 滋 彦 副査 岐阜大学 教授 篠田 善 彦 副査 信州大学 教授 徳本 守 彦

### 論文の内容の要旨

近年、インドネシアをはじめとする熱帯に属する各国では、植林地で生産される早生樹がパルプや製紙原料、繊維や合板原料以外に、集成材など接着剤を使用した製品の材料として増産が期待されている。この動きを実現させるためには、密度とぬれ性などの木材特性と接着性能との関係や、集成材としての性能に影響を与える種々の因子に関する研究が必要である。そこでこれらの因子を解明するため本研究を行った。

第1章では早生樹についてのこれまでの研究概要をまとめた。

次いで第2章をでは2枚あわせ合板試験片をPVAc、UF、API、RFを使って作製し、木材密度と接着強さ・木部破断率との関係について調べた。試験片は構造用集成材の日本農林規格(JAS)に従い常態試験と、促進劣化処理を行った。その結果、常態試験では、広葉樹より決定係数( $R^2$ )は低いものの、それらと同様密度が高いほど接着強さが上昇する相関を示した。木部破断率が高く、密度が $0.30\sim 0.49\text{ g/cm}^3$ の *Enterolobium cyclocarpum*, *Paraserianthes falcata*, *Shorea* and *Toona sinensis* は、*Gmelina arborea*, *Pinus merkusii*, *Acacia mangium* and *Acacia hybrid* ( $0.51\sim 0.70\text{ g/cm}^3$ ) よりも多く接着剤が浸透した。*A. mangium* と *A. hybrid* をRFで接着したものは木部破断率が低かったが、抽出成分が硬化を妨害し7日間では硬化が完了しなかったためと考えられる。

第3章では、煮沸および減圧浸漬処理条件下での集成材の剥離特性を明らかにした。試験はJASにおいて最も厳しい屋外構造用集成材の条件で行った。試験片API、RFで接着された長さ75mmの5枚あわせ集成材である。密度は $0.51\sim 0.64\text{ g/cm}^3$ でAPIとRFで接着された *G. arborea* とRFで接着された *P. merkusii* と *A. mangium* はJASの基準に達しなかった。この理由は高い密度により大きな膨張力が接着層に働いたためと考えられる。

第4章では木材表面の濡れ性について考察した。濡れ性は木材表面を液体が濡れ広がる速度の参考になる。これは接触角（コンタクトアングル、固体表面と液滴の成す角度）を測定することで迅速に分かるので、未知の樹種についての接着性能を予測する方法の一つと言える。接触角の測定機にはCA-DT type Aを使用した。表面を平滑にしたのち、60 x 20 x 5 mmの試験片を作製した。その後試験片をスライドガラス上に乗せ、20℃、65%RHで24時間放置した。液は蒸留水（0.20ml、pH5.76、29.5℃）を選び、木材表面に滴下した。接触角は10秒ごとに2分間まで測定した。一試験片毎に5回繰り返した結果をまとめた。接触角の小さい*P. falcataria*、*E. cyclocarpum*、*P. merkusii*、*T. sinensis* and *Shorea*は*G. arborea*、*A. mangium* and *A. hybrid*よりも濡れ易かった。濡れ性の高い*P. falcataria*、*E. cyclocarpum*、*P. merkusii*、*T. sinensis*、*Shorea*は接着剤の塗布がしやすく、木材表面となじみやすかった。濡れ性の良好な*P. merkusii*と密度が同程度で濡れの悪い*A. mangium*、や*A. hybrid*と比較した結果から、濡れ性は密度と共に接着性能に大きく影響するといえる。

第5章では、*A. mangium* に対する接着剤の硬化時間とメタノール抽出成分の影響およびメタノールで表面を清拭した場合の影響について、接着剤の中でとくに硬化挙動がとくに異なるRFについて検討した。硬化時間とメタノール抽出成分の影響の評価には熱機械分析（TMA）装置を使用した。木材表面をメタノール清拭後の濡れ性の評価に接触角を測定した。RFを使用した場合の接着強さと木部破断率の測定は養生時間の影響を評価するため、常温で1週間、2週間、1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月放置した後に行った。接着材塗布前のメタノール清拭の影響をみるため接着強さと木部破断率を用いて評価した。室温での硬化挙動の結果、1～2週間程度ではRF接着剤は完全に硬化していないことを示した。その後2週間を経過したのち1～2ヶ月の間は硬化が進み、3ヶ月過ぎると完全に硬化したことが確認された。*A. mangium*のメタノール抽出成分をRFに加えた場合、添加していないRFだけに比較すると、硬化が開始温度は高くなった。このことは抽出成分がRFの硬化を妨げていることがわかった。濡れ性の評価によれば、木材表面を清拭したものは、心材辺材ともに接触角が25°程度低くなったことから、メタノール清拭が表面の濡れ性を改善していると思われる。また前章の接着性能試験結果では、常温で*A. mangium*をRFで接着する場合、高い木部破断率と接着強さを得るには養生を最低1カ月必要とすることが認められたが、メタノールで清拭すると1週間程度で高い接着強さと木部破断率を示した。すなわちメタノール清拭および養生時間の組み合わせが接着性能を高めることが明らかとなった。

## 審 査 結 果 の 要 旨

近年、インドネシアをはじめとする熱帯に属する各国では、植林されて生産される早生樹がこれまで利用されてきたパルプや製紙原料、繊維板や合板原料以外に、木質構造用、家具用集成材などの製造原料にも期待されている。この動きが実現するには、早生樹の密度やぬれ性など木材特性と接着性能との関係や、集成材としての性能に影響を与える因子についての研究が急務である。

そこで、本研究では早生樹の材質等に関するこれまでの研究状況を調査し、次いで2枚あわせ集成材を日本で集成材の製造に多用されている代表的な接着剤4種類、PVA c、UF、API およびRF を使って作製し、木材密度と接着強さ・木部破断率との関係について調べた。その結果、常態試験では、木材素材そのもののせん断強さよ

り決定係数 ( $R^2$ ) は低いものの、それらと同様に、密度が高いほど接着強さが増加する傾向を示した。また、密度が  $0.30\sim 0.49\text{ g/cm}^3$  の *E. cyclocarpum*, *P. falcataria*, *Shorea* と *T. sinensis* は、*G. arborea*, *P. merkusii*, *A. mangium* and *A. hybrid* ( $0.51\sim 0.70\text{ g/cm}^3$ ) よりもいずれの接着剤の浸透性が良く、木部破断率は高くなった。一方、*A. mangium* と *A. hybrid* を RF で接着したものは密度が高いため接着剤の浸透性が悪く、またこれらの材の抽出成分が硬化を阻害して接着後 7 日間の養生では硬化が完了しなかったため木部破断率も低くなったことが原因であると考えた。

次いで煮沸および減圧浸漬処理条件下で 5 枚合わせ集成材の剥離性を検討した結果、API と RF で接着された密度の高い *G. arborea* と RF で接着された *P. merkusii* および *A. mangium* は JAS の基準値に達しなかった。この理由は高密度の木材ははく離試験中に接着層に水による大きな膨張力が働いたためと推察している。

また、木材表面の濡れ特性について検討した。濡れ性は木材表面を液体が濡れ広がる速度の参考になるが、これは接触角（固体表面と液滴の成す角度）を測定することで勘弁でかつ迅速に分かる未利用樹種についての接着性能を予測する方法のひとつである。蒸留水 1 滴を木材表面に滴下して測定した。接触角が小さいすなわち濡れ性が良い *P. falcataria*, *E. cyclocarpum* などは、*G. arborea*, *A. mangium* および *A. hybrid* よりも濡れ易かった。とくに濡れ性の高い *P. falcataria*, *E. cyclocarpum*, *P. merkusii*, *T. sinensis*, *Shorea* は接着剤の塗布がしやすく、木材表面となじみやすかった。一方濡れ性の良好な *P. merkusii* と密度が同程度であるが濡れの悪い *A. mangium*, や *A. hybrid* の測定結果から、濡れ性は木材密度と共に接着性能に大きく影響することを明らかにした。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

「学位論文の基礎となる学術論文」

1. Alamsyah EM, Yamada M, Taki K, Yoshida H, Inai A (2006). Bondability of tropical fast-growing tree species II: Malaysian wood species. J of the Adhesion Society of Japan, Vol.42 No.12, pp.499-505
2. Alamsyah EM, Liu CN, Yamada M, Taki K, Yoshida H (2007). Bondability of tropical fast-growing tree species I: Indonesian wood species. J Wood Sci, Vol.53 No.1, pp.40-46
3. Alamsyah EM, Yamada M, Taki K, Bondability of tropical fast-growing tree species III: Curing behavior of RF resin adhesives in room temperature and effects of extractives of *A. Mangium* wood on bonding. J Wood Sci, (in press)