

アカシア材の利用*

矢野 浩之**, 森 拓郎***, 梅村 研二****

Acacia mangium for building materials

Hiroyuki Yano **, Takuro Mori *** and Kenji Umemura ****

概要

アカシアマンギウム材の建築用途や家具用途への利用に関係する乾燥特性、強度特性、塗装・接着性能について整理すると共に、樹皮の利用について紹介した。アカシアマンギウムは乾燥の難しい材であるが、強度特性は優れており、グレーディングを行うことで住宅構造材料として利用可能である。また、塗装性・接着性においても、塗膜や接着層の硬化不良等は認められていない。また、樹皮は多量のタンニンを含み、粉碎によって得られる樹皮微粉末は接着剤成分あるいは添加剤として利用できる。

1. はじめに

アカシアマンギウムは、東南アジア一帯で広く植林されている早生樹である。中でも、インドネシアでは、100 万ヘクタールにおよぶ植林が行われている。主としてパルプや繊維板（MDF）原料用に植えられたものであるが、環境意識の高まりや伐採可能な天然林の減少に伴い、アカシアマンギウムからの製材品や集成材、合板製造に対するニーズが年々高まっている。また、アカシアマンギウムは、外観がチークに似ていることから、家具用途や住宅内装材用途への利用にも期待が集まっている。

本稿では、アカシアマンギウム材の建築用途や家具用途への利用に関係する乾燥特性、力学特性、接着特性を整理する。さらに、パルプ用チップの製造や製材過程で大量に排出される樹皮の利用について述べる。

2. アカシアマンギウム材の乾燥特性¹⁾

乾燥は、木材を建築や家具用途に利用する上で最も重要なプロセスの一つである。木材加工において最もエネルギーと時間を消費するプロセスであるとともに、その間に生じる製材品のねじれや割れ、変色が製品の歩留まりに直接影響する。アカシアマンギウムは、急激に成長するためか、乾燥においてねじれが生じやすい。また、乾燥に長い時間がかかり、かつ乾燥歩留まりが低いなど、一般に乾燥の困難な材である。林¹⁾は、アカシアマンギウムの乾燥特性について次のように述べている。① 高温で乾燥すると内部割れが生じやすい ② 60℃ 程度の穏和な乾燥であれば、変色や収縮の可能性は残るが、内部割れは防げる ③ 乾燥時間短縮のためのスチーミング処理は変色を助長する。その上で、林は除湿乾燥法（shed）と太陽光と廃材の燃焼エネルギーを併用した加熱乾燥法（solar/biomass energy）でアカシアマンギウムの乾燥特性を評価している。除湿乾燥は生材状態から含水率 15% にまで乾燥するのに平均で 32 日間必要としたが、

* 2007 年 8 月 16 日受理

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所生物機能材料分野 E-mail: yano@rish.kyoto-u.ac.jp

*** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所生活圏構造機能分野

E-mail: moritakuro@rish.kyoto-u.ac.jp

**** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所循環材料創成分野 E-mail: umemura@rish.kyoto-u.ac.jp

変色や収縮を生じなかった。一方で、加熱乾燥法では、18 日間で含水率 15% にまで乾燥出来たが、そり (warp) が生じた。アカシアマンギウムについては、低コストで変色やそりを生じない乾燥技術についてさらなる開発が必要である。

Table 1: Comparison among drying properties of *Acacia mangium** wood by three drying methods¹⁾

Drying method	Average drying time from green 90% to 15% Mc., days	Drying quality		
		Warp	Honey-comb	Color
1. Shed	32	X	X	bright
2. Solar + biomass energy	18	fair	X	pale
3. Combination	23	X	X	rather pale

The main material used was 10-year old *Acacia mangium*, originally from plantation estate in Subanjeriji, Sumatera Selatan. The samples were taken from the heartwood portion of *Acacia mangium*. The green moisture content of freshly sawn *Acacia mangium* timber ranged from 85% to 125%. The specific gravity of 10-year old *Acacia mangium* was 0.52.

3. アカシアマンギウム材の強度特性¹⁾

アカシアマンギウムは密度が 0.5-0.6 g/cm³ あり、それに比例して木材の中では弾性率が高く強度面では建築構造用途に利用可能な材であるといえる。このことからインドネシアでは、政府系の研究機関の主導でアカシアマンギウム材を用いた住宅に関する研究が進められている。Table 2 に、Firmanti が行った実大材試験の結果を示す。

Table 2: Physical and mechanical properties of full-scale *Acacia mangium*¹⁾

Timber Properties	Minimum	Maximum	Average	Standard Deviation	Coefficient of variation
Indramayu					
Moisture content (%)	14.9	19.5	16.5	1.5	0.1
Density (g/cm ³)	0.41	0.60	0.47	0.10	0.05
MOE flat-wise (GPa)	4.1	14.3	8.5	2.8	0.3
MOE edge-wise (GPa)	6.6	20.8	11.6	3.3	0.3
MOR (MPa)	15.3	92.0	43.6	15.7	0.4
Banten					
Moisture content (%)	15.2	19.4	16.9	1.8	0.1
Density (g/cm ³)	0.45	0.67	0.56	0.06	0.1
MOE flat-wise (GPa)	5.3	15.8	9.3	2.26	0.2
MOE edge-wise (GPa)	5.7	19.1	10.1	2.82	0.3
MOR (MPa)	11.6	75.7	41.6	15.8	0.4
For both locations					
Moisture content (%)	14.9	19.5	16.7	1.6	0.1
Density (g/cm ³)	0.41	0.67	0.53	0.06	0.1
MOE flat-wise (GPa)	4.1	15.8	8.9	2.6	0.3
MOE edge-wise (GPa)	5.7	20.8	10.9	3.2	0.3
MOR (MPa)	11.6	92.0	42.2	15.9	0.4

Remark: MOE, modulus of elasticity; MOR, modulus of rupture

供試体の平均密度は 0.53 g/m^3 である。試験体のほとんどに節が認められたが、曲げ強度（MOR）は弾性率との間で高い相関を示した。平均曲げ強度は約 40 MPa であった。また、Table 3 に示す様に、グレーディング材の許容応力度は、E15 グレードでは 25.2 MPa であり、これは一般の木材よりも高い。

Table 3: The allowable stress of mechanical-graded *Acacia mangium* timber¹⁾

No.	Grade	MOE (GPa)	Allowable stress (MPa)
1	E 15	15.0	25.2
2	E 13.5	13.5	22.7
3	E 12	12.0	20.3
4	E 10.5	10.5	17.8
5	E 9	9.0	15.4
6	E 7.5	7.5	13.0
7	E 6	6.0	10.5

これまでアカシアマンギウムは、パルプ用途や MDF 原料用途として育種や植林がなされてきたため、樹幹が通直ではなく、また、横断面も真円ではない。したがって、現時点では製材品の歩留まりが低く、またバラツキも大きい。今後は、建築用途を目指した育種や森林施業が、集成材製造技術の開発やグレーディングの精度向上といった木材側の技術開発とともに重要である。

4. アカシアマンギウム材の塗装・接着性

アカシアマンギウム材の建築や家具への用途に関係して、塗装性能や接着性能が研究されている。平林、中野²⁾は、8 年生の若齢木と 30 年生の老齢木について代表的な木材用塗料であるポリウレタン樹脂塗料、アミノアルキッド樹脂塗料、不飽和ポリエステル樹脂塗料の塗装性能を評価し、いずれの塗料においても抽出成分等による硬化阻害や塗装不良は生じず、また、塗装接着力についても実用上の問題は無かったことを報告している。さらに、接着性能について、レゾルシノール樹脂接着剤、水性高分子ーイソシアネート樹脂接着剤、ユリア樹脂接着剤、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤を用いブロックせん断試験およびはく離試験による評価を行っている。せん断強度については、すべての接着剤で若齢木、高齢木ともに JAS の樹種区分 1 を満たしており、抽出成分等による硬化阻害や接着不良は生じていないと考えられる。また、耐水性のあるレゾルシノール樹脂接着剤を用いた場合は、若齢木、高齢木ともに JAS の煮沸試験に合格した。Alamsyah³⁾もアカシアマンギウム材の接着特性について、種々の接着剤を用い構造用集成材の JAS 規格に基づいた常態および促進劣試験により評価している³⁻⁴⁾。それによると、レゾルシノール樹脂接着剤や水性高分子ーイソシアネート樹脂接着剤のような構造用木材接着剤を用いた場合は良好な接着性が得られることを明らかにしており、構造材料としての可能性を示唆している。

5. 樹皮の利用

一般に、アカシアは樹皮にホルムアルデヒドあるいはホルムアルデヒド系接着剤と反応して縮合硬化する縮合型タンニンが含まれている。アカシアマンギウムの樹皮には、特に多くのタンニン（レゾルシノール型）が含まれており⁵⁾、その外樹皮を粉碎し機械的に篩うと、粒径 $63 \mu\text{m}$ 以下に縮合型タンニンを 50～60% も含む微粉末を 50% 近い収率で集められる⁶⁾。この微粉末は、ホルムアルデヒド水溶液と混合すると、タンニン抽出プロセスを経ることなく高耐久性の合板用接着剤として直接利用できる。また、ホルムアルデヒドとの反応性は長期にわたり安定しており、 105°C で 48 時間加熱しても、抽出物量や抽出物

のゲル化時間には明確な変化は認められない。このことから、樹皮粉末の工業的利用を目指し、フェノール樹脂への樹皮粉末の効果が検討されている。

外樹皮粉末を固形分換算で 20% を加えたフェノール樹脂接着剤 (80:20) を利用して製造したレッドメランチ三層合板について、熱圧温度と合板の接着強度の関係を Figure 1 に示す。熱圧時間は 5 分である。図より、常態では樹皮添加接着剤の方が高い接着力を示すことがわかる。その傾向は、熱圧温度が低いほど顕著で、特に、90℃ での熱圧において明確な差が認められる。これはレゾルシノール型タンニンによる硬化温度の低下効果によると考えられる。樹皮粉末添加の効果は、72 時間煮沸後の接着強度においてより明確で、100℃ での熱圧ではフェノール樹脂接着剤のみで製造した合板は、煮沸実験中に剥離したが、樹皮粉末を 20% 添加した接着剤では、90℃ の熱圧においても高い接着強度を示した。また、木破率も高い値を示した (Table 4)。

上記の成果を踏まえ、実際の合板工場の製造ラインを用いて、アカシアマンガウム樹皮粉末の接着剤添加に関するファクトリートライアルを行った。合板を約 1,000 枚製造し、諸製造条件と製品の外観、耐水性等との関係を調べたところ、樹皮粉末の添加でプレス時間を 2/3 に低下でき、ラインの生産効率を飛躍的に向上できた。さらに、接着剤の染み出しによる汚染も防げることが明らかになった。

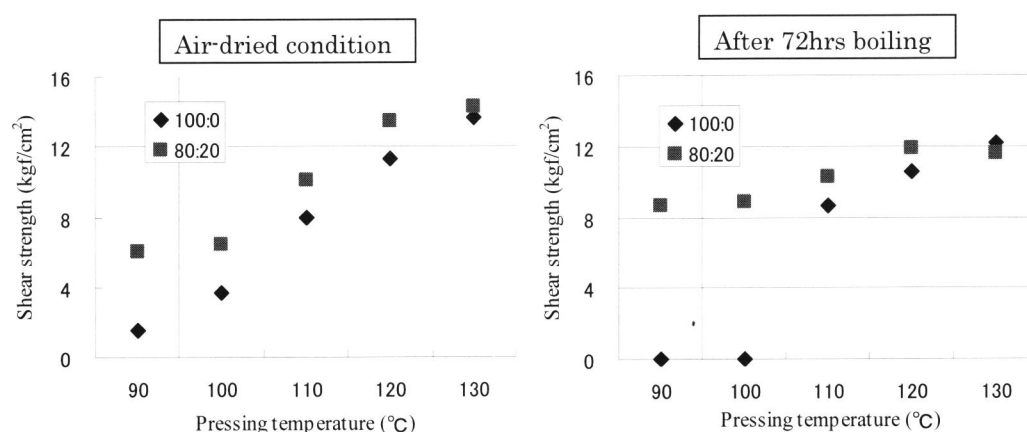


Figure 1: Effect of bark powder adding to PF resin on bonding strength of plywood

Table 4: Wood failure (%) of plywood using bark powder mixed PF resin

Pressing Temp. (°C)	90	100	110	120	130
Air-dried condition	28	45	55	60	93
After 72 hours boiling	93	92	93	93	100

6. おわりに

アカシアマンガウムはそりや変色の生じやすい乾燥の難しい材であるが、強度特性は優れており、グレーディングを行うことで住宅構造材料として利用できる。また、塗装・接着に際しても塗膜や接着層の硬化不良等は認められていない。また、樹皮は多量のタンニンを含み、粉砕によって得られる樹皮微粉末は接着剤成分あるいは添加剤として利用できる。アカシアマンガウムは熱帯の人工造林木として、今後ますますその重要性は増していくといえる。

参考文献

- 1) Yano, H., Kawai, S., Tanaka, E., Hayashi, K., Basri, E., Firmanti, A., Susanti, C. M. E., Subiyanto, B. and Subyakto, Total Utilization of *Acacia mangium* wild, Sustainable development and utilization of tropical forest resources, (Immaura, Y., Umezawa, T. and Hata, T. eds), Universe Printing, Kyoto, Japan, 101-107, 2006.
- 2) 平林靖、中野隆人, アカシア造林木の塗装性能と接着性能, 林産試験場報, **14(6)**, 6-12, 2000.
- 3) Alamsyah, E. M., Nan, L. C., Yamada, M., Taki, K. and Yoshida, H., Bondability of tropical fast-growing tree species I: Indonesian wood species, *J. Wood. Sci.*, **53**, 40-46, 2007.
- 4) Alamsyah, E. M., Yamada, M., Taki, K., Yoshida, H. and Inai, A., Bondability of tropical fast-growing tree species II: Malaysian wood species, *J. Adhesion Soc. Japan*, **42(12)**, 499-505, 2006.
- 5) Yazaki, Y., Morita, S. and Collins, P. J., Potential use of *Acacia mangium* bark for waterproof wood adhesives, *Proceedings of the Fourth Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Nov. 2-5, 1998, Bogor, Indonesia, 36-44.
- 6) Ogawa, S., Susanti, C. M. E. and Yano, H., Direct utilization of *Acacia mangium* bark as water proof wood adhesives, *Proceedings of the Fourth International Wood Science Symposium*, Sep. 2-5, 2002, Serpong, Indonesia, 182-187.