

# 木材接着に関する研究 (第7報)

熱帯産木材の接着性について (その2)<sup>※1</sup>

作野友康<sup>※2</sup>・後藤輝男<sup>※2</sup>

Tomoyasu SAKUNO and Teruo GOTO<sup>※2</sup>

Studies on the Wood Gluing VII

On the Gluability of Tropical Woods (Part 2)<sup>※1</sup>

## 1 はじめに

木材の接着において被着材の諸性質が接着性に大きな影響を及ぼす。とくに熱帯産木材はその諸性質の特異なものが多く接着性への影響も日本産材などと異なっている。そのため熱帯産木材を接着部材として利用する場合にはその諸性質と接着性との関係を検討して、各材の接着特性を知っておかねばならない。

今日まで熱帯産木材の諸性質と接着性の関係についての研究は比較的少ないが、材のぬれと接着性との関係を中心に研究が進められている。外国では FREEMAN<sup>1)</sup> および BODIG<sup>2)</sup> が熱帯産材のぬれあるいは比重および pH と接着性との関係を検討している。わが国では柳下<sup>4)</sup> が南洋材の抽出量との関係を、浅野<sup>5)</sup> が比重およびぬれと合板接着力との関係を検討している。また、後藤<sup>6)</sup>、金沢<sup>7)</sup> あるいは堀岡<sup>8)</sup> がいずれも熱帯産材の比重、pH、抽出率あるいはぬれと接着性との関係を検討した。

現在木材工業ではかなり多種類の熱帯産木材が使用されている。その際に各材の諸性質と接着性の関係が明らかでないために接着不良等の問題を生じる材も多い。これまでの報告で FREEMAN<sup>1)</sup> は比重 0.8 以下の材とそれ以上の材ではぬれなどの諸性質と接着性の挙動が異なることを明らかにしている。ところが先の研究<sup>6)</sup> では比重 0.8 以下の材のみを取り扱った。そこで本報ではさらに比重 0.8 以上の材 18 種類を加えて、36 種類 (比重 0.4 ~ 1.2) の熱帯産木材 (前報<sup>9)</sup> ではこれらの材のぬれに

ついて検討した) について既報<sup>6)</sup> の結果に加え、広範囲にわたって総括的に各材の比重、pH、エーテル抽出率およびぬれと接着性との関係を検討した。

## 2 供試材および接着試験

供試材は Table 1 に示す 36 種類の熱帯産木材で、前報<sup>9)</sup> に用いたものと同一の材である。

これらの材より無欠点、柁目板 (10×10×1.5cm) を採取して片面 (接着面) は手鉋仕上げをした。そして含水率約 10% になるよう調湿し、同一樹種の板を 2 枚ずつ集成接着した。

接着剤は一般木工用ユリア樹脂および常温硬化型フェノール樹脂接着剤を用いた。接着条件は塗布量 180g/m<sup>2</sup> で片面塗布、圧縮力 10kg/cm<sup>2</sup>、圧縮時間 24 時間、硬化温度 25°C とした。

接着した試片は再び含水率 10% になるよう調湿したのち、ブロックせん断接着力試験を行なった。

## 3 実験結果および考察

36 種類の熱帯産木材の常態接着力および木破率は Table 1 に示す。これらの結果について前報<sup>9)</sup> で測定した比重、pH、エーテル抽出率およびぬれとの相関関係について検討した。この場合 FREEMAN<sup>1)</sup> の報告およびその他の知見から比重 0.8 以上の材とそれ以下の材ではぬれなどの諸性質および接着性が異なっていることが多く、本実験の結果においてもそのような傾向がみられる。そこで本報では比重 0.8 以上とそれ以下の材に分けて接着力および木破率と比重、pH、エーテル抽出率、ぬれとの相関関係を比較検討した。各々の場合について相関係数を求めて、相関係数が 5% 以下の危険率で有意

※1 第 5 回接着研究発表会において発表した (1967 年 6 月)。

※2 改良木材学研究室

Laboratory of Chemical and Physical Processing of Wood

な場合については回帰直線式を求めてこれらの関係を明らかにした。

3.1 比重, pH, エーテル抽出率と接着力および木破率との関係

Table 1. Glue-joint strength and wood failure for tropical woods glued with urea- and phenol-formaldehyde resin adhesives.

Species	Urea		Phenol	
	Glue-joint Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Wood Failure (%)	Glue-joint Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Wood Failure (%)
Red Lauan	91	68	98	81
Manggasinoro	89	99	85	86
Hawaiiancore	110	58	—	—
Macore	138	94	142	50
Spinarl	111	89	117	6
Monkeypod	123	84	114	7
Walnut	160	92	155	39
Leoue	130	96	131	61
Septire	151	98	—	—
Kapur	146	80	122	11
Teak	109	78	126	10
Mansonia	171	98	178	84
Maka	166	77	—	—
Kwao	176	91	133	72
Matoa	156	95	130	72
Apitong	144	97	145	84
Zebra Wood	192	73	140	2
Rose Wood	181	72	107	21
Black Butt	176	89	137	18
Brush Box	159	48	144	30
New England Black Butt	172	99	148	60
Yellow Stringybark	192	100	133	10
Silvertop Ash	164	100	127	16
Grey Gum	184	94	158	70
Spotted Gum	190	84	161	5
White Stringybark	199	85	123	5
Sydney Blue Gum	141	83	124	40
Turpentine	188	99	146	13
White Mahogany	207	50	151	6
Red Mahogany	155	92	139	48
Tallow Wood	170	40	132	5
Forest Red Gum	168	96	149	25
Cost Grey Box	221	97	140	3
Red Blood Wood	155	99	130	6
Red Ironbark	251	67	132	0
Grey Box	160	9	137	3

一般に木材樹種と常態接着力との関係は比重によってほぼ定まり、比重の小さい材ほど接着力は低く現われる<sup>10)</sup>。日本産主要木材についての堀岡の報告<sup>15)</sup>においては木材の比重が増加するとともに接着力は直線的に増大する。ところが木破率は接着力に比例しない。これは比重の小さい材は概して木材自体の強度が低いため、それ以上の接着力は示さず木部が破壊されてしまうためである。

本実験における比重と接着力および木破率との相関関係を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。比重 0.8 以下の材では既報<sup>6)</sup> のように比重と接着力との間に高度の相関関係が認められた。すなわち比重の増大とともに接着力が増加する。ところが比重 0.8 以上の材においては相関関係は認められず、接着力は比重にほとんど支配されないことが明らかになった。

一方木破率との関係においては、比重 0.8 以下の場合には有意な相関関係が認められないが、0.8 以上の材では 5% の危険率で有意な相関関係が認められる。すなわち 0.8 以上の材では比重の増大とともに木破率は低下する傾向があるが、0.8 以下の材ではこの関係が明らかで

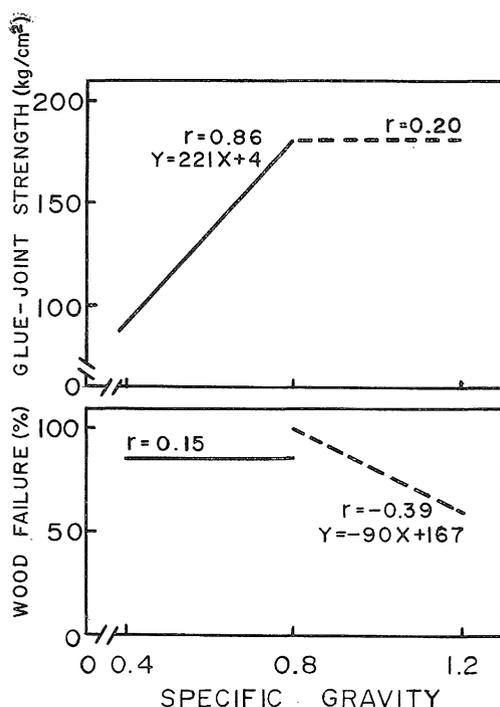


Fig. 1. Correlation between specific gravity and gluability for tropical woods glued with urea-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8

ない。これらの関係は FREEMAN<sup>2)</sup> の実験結果とほぼ同様の傾向である。

以上のように 0.8以下の材では接着力に及ぼす比重の影響が非常に大きいので、これを少なくするため各材の接着力を比重で除した値（以下これを比接着力とする）について検討した。

pH ならびにエーテル抽出率と比接着力および木破率との相関関係をそれぞれ求めた。pH と接着力および木破率との相関係数はいずれも有意でなく、pH は接着力、木破率に直接影響しないものと考えられこれまでの報告<sup>6)~8)</sup> でも同様の結果が得られている。しかしながら接着剤の硬化過程においては何らかの影響をおよぼすことが考えられる。そして FREEMAN<sup>2)</sup> は 0.8以下の材では接着力、木破率との相関関係は認められないが、0.8以上の材では両者ともに相関関係が認められることを報告している。これは供試材によって pH の接着性におよぼす影響が異なり、また他の含有成分との関係などによっても異なるのでさらに検討しなければならない

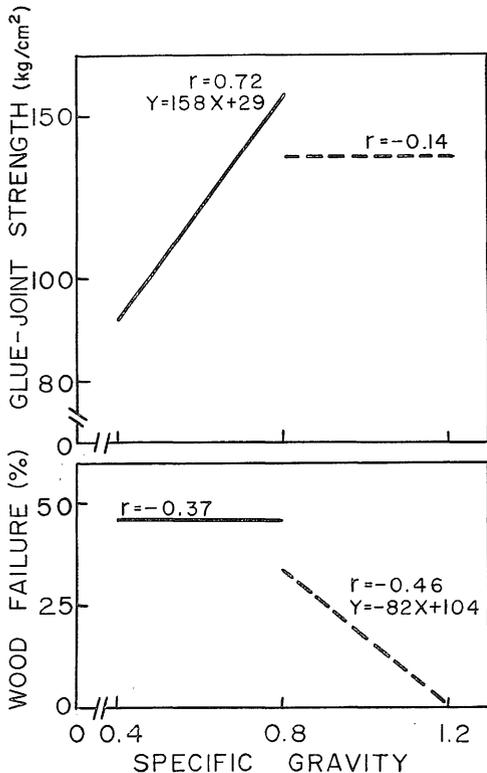


Fig. 2. Correlation between specific gravity and gluability for tropical woods glued with phenol-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8

と考える。

材の抽出成分が接着性に及ぼす影響については先に冷水、温水およびエーテル抽出を行なって、抽出率と接着力との相関関係を検討した。その結果、冷水、温水抽出率と接着力との相関関係は認められなかったが、エーテル抽出率との相関関係が比重のほぼ等しい材について認められた<sup>6)</sup>。

そこで本実験では各材のエーテル抽出率と比接着力および木破率との相関係数を求めて、これらの関係を検討した。これによると比重 0.8以下の材についてはユリア樹脂接着剤の比接着力との間にのみ有意な相関関係が認められ (Fig. 3)、他の場合にはすべて有意な相関関係は認められなかった。

抽出成分が接着力に影響することが考えられるが、その成分が各材によって異なるため、エーテル抽出のみならず種々の抽出方法によってこの関係を検討しなければならない。また pH と同様接着力に直接影響することは少ないが接着剤の硬化過程などに影響することが考えられる。

浅野<sup>2)</sup> は Kapur 材では他の樹種より抽出成分が多く、フェノール樹脂接着剤を用いた場合の接着不良の原因になることをあげている。また NARAYANAMURTI ら<sup>13)</sup>

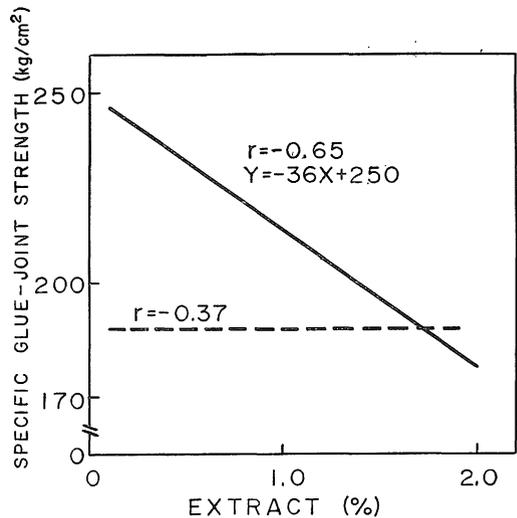


Fig. 3. Correlation between ether extract and specific glue-joint strength for tropical woods glued with urea-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8  
 Specific glue-joint strength : glue-joint strength/specific gravity

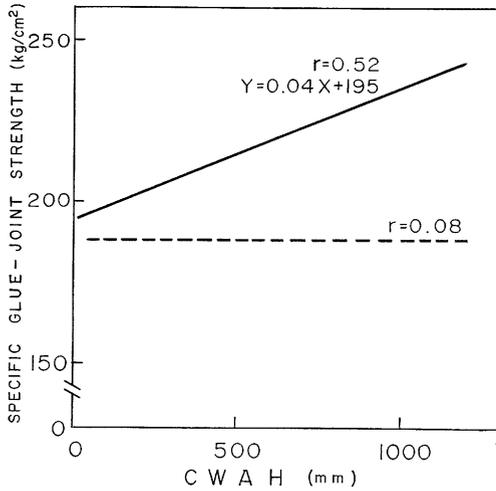


Fig. 4. Correlation between wettability (C. W. A. H.) and specific glue-joint strength for tropical woods glued with urea-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8  
 Specific glue-joint strength : glue-joint strength/specific gravity

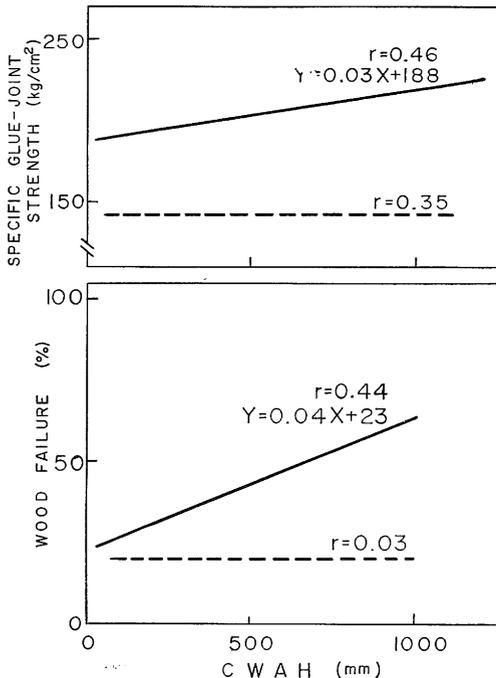


Fig. 5. Correlation between wettability (C. W. A. H.) and gluability for tropical woods glued with phenol-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8  
 Specific glue-joint strength : glue-joint strength/specific gravity

はインド産材について抽出処理と接着性との関係について検討し、ある樹種ではアルコール・ベンゼンおよびエーテル抽出処理が接着性改善に効果があったことを報告している。CHEN<sup>14)</sup> は抽出成分の多い南洋材をカセイソーダ、アルコール・ベンゼンなどで抽出処理することによってぬれおよび接着性を改善することを明らかにした。日本産のシナ材についても原田<sup>15)</sup>、阪口ら<sup>16)</sup> が抽出処理によってぬれおよび接着性が改善されることを報告している。そして接着剤の硬化過程におよぼす抽出成分（特にフェノール成分）の影響について阿部<sup>17)</sup> の報告がある。

### 3.2 ぬれと接着力および木破率との関係

木材接着とぬれは密接な関係があり、材のぬれの性質を知るために種々の方法でこれを測定し検討している。著者らも前報<sup>9)</sup> でその測定方法および測定値について検討した。

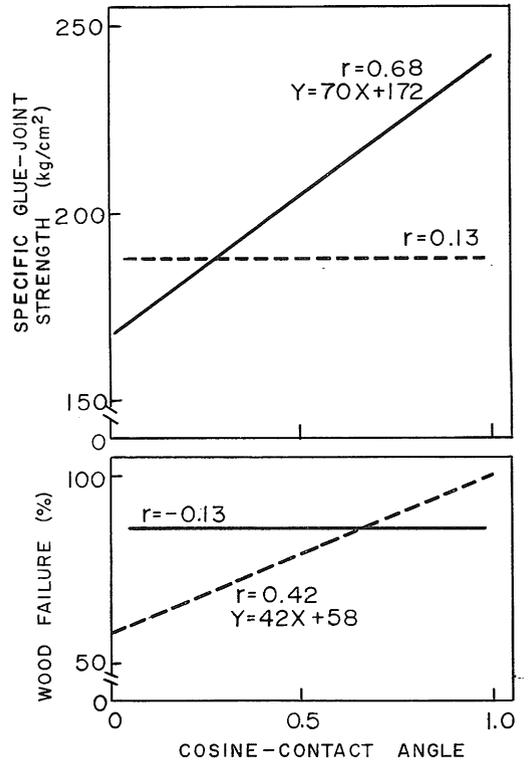


Fig. 6. Correlation between wettability (cosine of contact angle determined by inclined plate method) and gluability for tropical woods glued with urea-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity  
 Solid line : below 0.8  
 Broken line : above 0.8  
 Specific glue-joint strength : glue-joint strength/specific gravity

接着性とぬれの関係について FREEMAN<sup>1)</sup> はユリア樹脂、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた場合、傾板法で測定した接触角と接着力および木破率とは相関関係があることを報告している。BODIG<sup>2)</sup> は傾板法で測定した接触角および毛管上昇法で測定した水分吸収高と5種類のフィリップマホガニーの接着力との相関関係を検討し、ぬれやすい材ほど接着力が高くなることを明らかにしている。

一方嵯峨ら<sup>3)</sup> は南洋材単板および日本産材について毛管上昇法で測定したぬれと接着力との関係では、はっきりした傾向がつかめなかったとしている。さらに浅野<sup>5)</sup> は南洋材単板についてゴニオメーターによって液滴法で測定した接触角と合板接着力との間には明らかな関係が認められなかったとしている。

このように接着力とぬれの間には本質的な関係はあると考えられるが、他の因子の影響を受けることも多く接着性との間に常に比例的な関係があるとは限らない。

先の実験<sup>6)</sup> では毛管上昇法による水分吸収高と接着力との間には明確な関係は認められなかった。しかしユリア樹脂接着剤で接着した場合比重のほぼ等しい材については、ぬれやすい材ほど接着力が高くなることが認められた。

そこで本実験では毛管上昇法による水分吸収高および傾板法、液滴法（蒸留水およびユリア樹脂接着剤）によって測定した接触角と比接着力および木破率との相関関

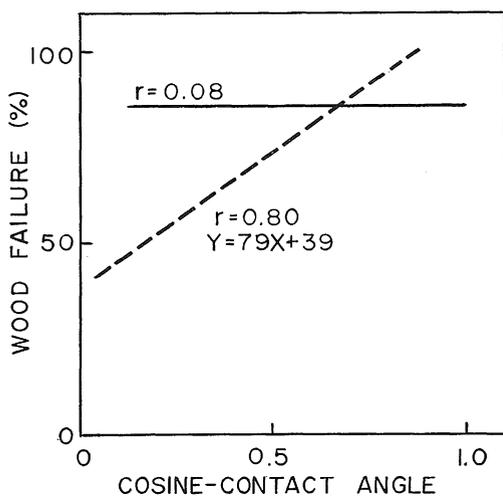


Fig. 7. Correlation between wettability (cosine of contact angle of urea resin determined by droplet method) and wood failure for tropical woods glued with urea-formaldehyde resin adhesive.

Specific gravity

Solid line : below 0.8

Broken line : above 0.8

係を検討した。水分吸収高と比接着力および木破率との関係は Fig. 4 および Fig. 5 に示す。比重0.8以下の材ではユリア樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤で接着した場合ともに比接着力との間に有意な相関関係が認められた。またフェノール樹脂接着剤で接着した場合の木破率との相関も有意であった。一方比重0.8以上の材ではユリア樹脂接着剤で接着した場合の木破率との間にのみ5%の危険率で有意な相関関係がみられた。

傾板法により測定した接触角との関係では比重0.8以下の材でユリア樹脂接着剤で接着した場合の比接着力との間のみ高度の相関関係が認められた。一方0.8以上の材では両接着剤で接着した場合とも木破率との間に有意な相関関係が認められた (Fig. 6)。

ところで液滴法で測定した接触角との関係については蒸留水液滴を用いた場合、すべての場合に有意な相関関係が認められなかった。しかしユリア樹脂の液滴を用いた場合には比重0.8以上の材についてユリア樹脂接着剤で接着した場合の木破率との間にのみ高度の相関関係が認められた (Fig. 7)。

以上のように接着力および木破率との相関関係がみられるのは毛管上昇法による水分吸収高との間に最も多く、傾板法、液滴法の順で液滴法の場合わずかに一条件でのみ相関関係が認められたにすぎない、すなわち接触角の測定値より水分吸収高と接着性との相関が高いことがわかった。これは接触角を測定する場合には液滴を滴下する表面の状態が影響を与えることが非常に大きく、わずかな表面の違いが接触角の値の変化をもたらすことになる。これに対して毛管上昇法では木粉によって測定するために、その粒度などがほぼ一定に規制でき、また72時間後の吸水高は吸水がほぼ平衡に達している。さらに C. W. A. H. の値は測定時の種々の因子を修正した値であることなどからぬれの値のバラツキが少ないものと考えられる。

ただし、接着力の測定方法などについても問題点があり、また接着力に接着剤塗布時のぬれ挙動がどのように影響するかを機構的に解明することが肝要である。この点から堀岡ら<sup>14)</sup> が各種接着剤液滴の被着材面上における経時変化について検討している。

またぬれは抽出成分とも密接に関係しており、前述のように抽出成分の多い材を抽出処理することによりぬれやすくし、接着性が改善されるものと思われる。

一方、接着性とぬれの関係を検討する場合に湿潤熱を測定する方法<sup>20)</sup>、あるいは表面張力や表面エネルギーの測定など<sup>21)</sup>の点からも研究されている。

#### 4 要 約

36種類の熱帯産木材について接着性と比重, pH, エーテル抽出率およびぬれとの相関関係について比重0.8以下の材とそれ以上の材とに分けて検討した。その結果を要約すると次のようである。

(1) 比重0.8以下の材では比重の増大とともに接着力は増加したが木破率は有意な相関関係が認められなかった。比重0.8以上の材ではこの逆の傾向を示し、木破率は比重の増大とともに低下した。

(2) pH と接着性との間に有意な相関関係は認められなかった。比重0.8以下の材でユリア樹脂接着剤を用いた場合の比接着力(接着力/比重)とエーテル抽出率との間に有意な相関関係が認められた。

しかしその他の場合はエーテル抽出率との相関関係は認められなかった。

(3) 水分吸収高(C. W. A. H.) と比接着力との間には比重0.8以下の材では有意な相関関係があった。木破率との間にはフェノール樹脂接着剤を用いた場合0.8以下の材に、ユリア樹脂接着剤では0.8以上の材に有意な相関関係が認められた。傾板法で測定した接触角とユリア樹脂を用いた場合の比接着力との間に比重0.8以下の材で、また0.8以上の材では木破率との間に有意な相関関係が認められた。液滴法の場合にはユリア樹脂液滴の接触角と比重0.8以上の材でユリア樹脂を用いた場合の木破率との間にのみ有意な相関関係が認められた。

#### 引用文献

1. FREEMAN, H. G.: For. Prod. J. **9**: 451~458, 1959
2. FREEMAN, H. G. and WANGAARD, F. F.: For. Prod. J. **10**: 311~315, 1960
3. BODIG, J.: For. Prod. J. **12**: 265~270, 1962
4. 柳下正・嵯峨途利: 第16回日本木材学会大会研究発表要旨: 1966, p. 130
5. 浅野信治: 木材工業 **22**: 318~323, 1967
6. 後藤輝男・作野友康・往西弘次: 島根農大研報 第15号, A-2: 53~60, 1967
7. 金沢宏・和田良雄・榊原寿一: 静岡県工業試験場報告 第13号: 25~36, 1969
8. 堀岡邦典・三成昭義・千葉保人: 東京農工大演習林報 第8号: 9~30, 1969
9. 後藤輝男・作野友康: 島大農学部研究報告 第4号: 97~102, 1970
10. 半井勇三: 木材の接着と接着剤, 森北出版, 東京: 1966, p. 14
11. 堀岡邦典: 林業試験場研究報告 No. 89: 105~150, 1956
12. 浅野信治: 接着 **11** (1): 62~66, 1967
13. NARAYANAMURTI, D., VERMA, G. M.: Adhesion **13** (16): 303~304, 1969
14. CHEN, C.-M.: For. Prod. J. **20**: 36~41, 1970
15. 原田一郎: 木材工業 **4**: 575~578, 1949
16. 阪口宏司・中塚友一郎: 第16回日本木材学会大会研究発表要旨: 1966, p. 131
17. 阿部勲: 木材工業 **25**: 441~444, 1970
18. 嵯峨途利・柳下正: 第17回日本木材学会大会研究発表要旨: 1967, p. 27
19. 堀岡邦典・堀池清・野口美保子: 林業試験場報告 No. 89: 1~55, 1956
20. 堀池清・加藤昭四郎: 第3回接着研究発表会講演要旨: 1965, p. 1
21. PATTON, T. C.: Tappi **53**: 421~429, 1970

#### Summary

The effects of various properties on the gluability of tropical woods have been investigated.

The tropical woods of 36 species which were used in the previous paper were glued with urea- (UF) and phenol-formaldehyde resin adhesive (PF). Glued woods were tested for block shear strength in air dried condition. The glue-joint strength and wood failure are shown in Table 1.

The coefficient of correlation between gluability (glue-joint strength and wood failure) and various properties (specific gravity, pH, extract with ether and wettability) was calculated. Then the regression line was yielded by regression analysis only when a significant correlation at five percent level or better was recognized. If the correlation was not significant, it was not shown or a horizontal line was through the mean value.

The results of analysis are presented in Fig. 1-7.

The correlation between gluability and various properties revealed a sharp break in the trend of dependent variable at 0.8 specific gravity. The following conclusions may be drawn from the results of the analysis.

S. G.	below 0.8	above 0.8
G. S.-S. G.	S (UF, PF)	NS
W.-S. G.	NS	S (UF, PF)
S. G. S.-E.	S (UF)	NS
S. G. S.-C.	S (UF, PF)	NS
W.-C.	S. (PF)	NS
S. G. S.-Ic.	S. (UF)	NS
W.-Ic.	NS	S (UF)
W.-Dc. (urea)	NS	S (UF)

S. G.:specific gravity. E.:extract with ether, C.:C. W. A. H.,  
 Ic.:cosine of contact angle (inclined plate method),  
 Dc.:cosine of contact angle (droplet method),  
 G. S.:glue-joint strength. S. G. S.:specific glue-joint strength (glue-joint  
 strength/specific gravity),  
 W.:wood failure  
 S:significant, (5% level) NS:not significant (5% level)