

# 木材接着に関する研究 (第6報)

熱帯産木材のぬれについて<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 VI

On the Wettability of Tropical Woods<sup>※1</sup>

## 1 はじめに

木材のぬれ(湿潤性)と接着とは密接な関係があり接着剤の塗布、硬化過程および接着性などに大きく影響を及ぼす。そこで木材の接着にあたっては各材のぬれについてあらかじめ知っておく必要がある。特に熱帯産木材ではその挙動の特殊なものも多いので、これらを明らかにしておくことが肝要であるが、材面粗さ、抽出物の化学成分と量および測定法などによってぬれの正確な評価は非常に困難である。

ところで木材のぬれを測定する方法は種々あり、これについて各方面から研究されている。堀岡<sup>1)</sup>は接着剤の液滴の接触角を測定してぬれを検討している。FREEMAN<sup>2)</sup>およびBODIG<sup>3)</sup>は傾板法による接触角と毛管上昇法による水分吸収高とを測定して比較検討している。また浅野<sup>4)</sup>および梶田<sup>5)</sup>はゴニオメーターを用いた液滴の接触角と水分吸収高との値について検討し、GRAY<sup>6)</sup>および堀岡<sup>7)</sup>もやはりゴニオメーターによって液滴の接触角を測定している。さらに梶田<sup>8)</sup>は毛管上昇法による測定について各因子の挙動を詳細に検討している。またHERCZEG<sup>9)</sup>、木方<sup>10)</sup>および堀池<sup>11)</sup>は表面張力あるいは湿潤熱の測定によって木材のぬれを検討している。

著者らは前報<sup>12)</sup>で毛管上昇法によって水分吸収高を測定し、接着性との関係を検討した。その結果水分吸収高は比重の増加につれて低く(ぬれやすく)なり、比重のほぼ等しい材ではぬれやすいほど接着性が良好であることを明らかにした。前報ではいずれも比重0.8以下の熱帯産材について検討したがFREEMAN<sup>2)</sup>は比重0.8

以上の材では湿潤性等の挙動が異なってくることを報告している。そこで本報では前報で用いた比重0.8以下の材18種類に0.8以上の材18種類を加えた36種類の熱帯産材について毛管上昇法のほか傾板法および液滴法でぬれを測定した。これらの測定結果について各測定値の相関関係ならびに各測定法の得失について検討した。さらに各樹種のぬれと比重、pHおよびエーテル抽出率との関係についても検討した。抽出率とぬれの関係について前報<sup>12)</sup>で温、冷水抽出率よりエーテル抽出率との関係が深いことが明らかになったので本報でもエーテル抽出を行なって検討した。

なお本研究のため試材を提供していただいた朝日特殊合板株式会社、内外木材工業株式会社および日本国有鉄道技術研究所に感謝の意を表します。

## 2 実験方法

供試材として Table 1 に示す36種類の熱帯産木材を用いた。

### 2.1 湿潤性の測定

#### 2.1.1 毛管上昇法

各材から20~40メッシュの木粉を採取し前報<sup>12)</sup>と同様の方法で72時間経過後までの水分吸収高を測定した。これらの測定値より修正水分吸収高(C.W.A.H.)を次式によって計算した。

$$C.W.A.H. = h_1 \frac{d^2 \pi h_2}{4WS} \text{ (mm)}$$

$h_1$  = 実測水分吸収高 (mm)

$h_2$  = ガラス管中の木粉高さ (cm)

$d$  = ガラス管内径 (cm)

$W$  = 木粉の絶乾重量 (g)

$S$  = 水の比容積 (cm<sup>3</sup>/g)

$\pi$  = 3.1416

※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

Table 1. Specific gravity, pH, ether extract and wettability (C. W. A. H and cosine of contact angle) for tropical woods.

| No. | Common Name            | Botanical Name                              | Specific Gravity | pH   | Percentage of Ether Extract (%) | C.W.A.H. (mm) Capillary Rise Method | Cosine of Contact Angle |                |            |
|-----|------------------------|---|------------------|------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------|------------|
|     |                        |   |                  |      |                                 |                                     | Inclined Plate Method   | Droplet Method |            |
|     |                        |   |                  |      |                                 |                                     |                         | Water          | Urea Resin |
| 1.  | Red Lauan              | <i>Shorea negrosensis</i> F.                | 0.41             | 5.30 | 0.61                            | 1205                                | 0.899                   | 0.783          | 0.896      |
| 2.  | Mangasinoro            | <i>S. philippinensis</i> BRANDIS            | 0.44             | 4.97 | 0.51                            | 1043                                | 0.923                   | 0.853          | 0.925      |
| 3.  | Hawaiiancore           |   | 0.45             | 5.60 | 0.50                            | 1251                                | 0.822                   | 0.916          | 0.868      |
| 4.  | Macore                 | <i>Mimusops heckelii</i> HUCH.              | 0.58             | 5.93 | 0.44                            | 1006                                | 0.839                   | 0.858          | 0.834      |
| 5.  | Spinarl                | <i>Anisoptera thurifera</i> BL.             | 0.60             | 5.23 | 1.14                            | 75                                  | 0.156                   | 0.373          | 0.492      |
| 6.  | Monkeypod              | <i>Lecythis ollaria</i> LIM.                | 0.60             | 5.92 | 0.80                            | 839                                 | 0.883                   | 0.876          | 0.826      |
| 7.  | Walnut                 | <i>Juglance nigra</i> LINN.                 | 0.64             | 4.82 | 0.51                            | 699                                 | 0.807                   | 0.762          | 0.789      |
| 8.  | Leoue                  | <i>Hexalobas crispiflorus</i> A. RICH.      | 0.64             | 4.99 | 1.52                            | 46                                  | 0.105                   | 0.771          | 0.748      |
| 9.  | Sepetire               | <i>Pseudosindora paiustris</i> SYM.         | 0.66             | 5.20 | —                               | 942                                 | 0.829                   | 0.792          | 0.816      |
| 10. | Kapur                  | <i>Dryobalanops aromatica</i> GAERTN.       | 0.69             | 4.10 | 0.98                            | 74                                  | 0.395                   | 0.896          | 0.822      |
| 11. | Teak                   | <i>Tectona grandis</i> LINN.                | 0.69             | 5.02 | 5.08                            | 366                                 | 0.345                   | 0.257          | 0.374      |
| 12. | Mansonia               | <i>Mansonia altissima</i> A. CHEV.          | 0.69             | 5.60 | 0.66                            | 772                                 | 0.743                   | 0.631          | 0.679      |
| 13. | Maka                   | <i>Shorea assamica</i> DYER                 | 0.70             | 6.20 | 0.60                            | 620                                 | 0.829                   | 0.937          | 0.830      |
| 14. | Kwao                   | <i>Oler cuspidata</i> WALL                  | 0.70             | 4.85 | 0.22                            | 776                                 | 0.875                   | 0.863          | 0.801      |
| 15. | Matoa                  | <i>Pometia pinata</i> FOREST                | 0.71             | 6.30 | 0.28                            | 614                                 | 0.731                   | 0.770          | 0.537      |
| 16. | Apitong                | <i>Dipterocarpus Grandiflorus</i> B.        | 0.72             | 5.50 | 1.00                            | 305                                 | 0.530                   | 0.706          | 0.771      |
| 17. | Zebra Wood             | <i>Microberinia blazzavilensis</i> A. CHEV. | 0.79             | 6.15 | 0.25                            | 591                                 | 0.766                   | 0.740          | 0.744      |
| 18. | Rose Wood              | <i>Dalbergia latifolia</i> ROXB.            | 0.80             | 5.41 | 5.01                            | 390                                 | 0.616                   | 0.564          | 0.683      |
| 19. | Black Butt             | <i>Eucalyptus pilularis</i> SMI             | 0.83             | 4.55 | 0.91                            | 329                                 | 0.485                   | 0.706          | 0.419      |
| 20. | Brush Box              | <i>Tristania conferta</i> R. BR.            | 0.84             | 4.82 | 5.03                            | 78                                  | 0.087                   | 0.096          | 0.174      |
| 21. | New England Black Butt | <i>Eucalyptus patens</i> BENTH.             | 0.86             | 4.44 | 0.34                            | 294                                 | 0.469                   | 0.806          | 0.749      |
| 22. | Yellow Stringybark     | <i>E. Scabra</i> DUM=COURS.                 | 0.88             | 4.45 | 0.95                            | 212                                 | 0.545                   | 0.755          | 0.725      |
| 23. | Silvertop Ash          | <i>E. sieberiana</i> F. MUELL               | 0.88             | 4.51 | 0.37                            | 230                                 | 0.857                   | 0.800          | 0.692      |
| 24. | Grey Gum               | <i>E. propinqua</i> DEANE                   | 0.88             | 4.44 | 0.43                            | 287                                 | 0.848                   | 0.772          | 0.687      |
| 25. | Spotted Gum            | <i>E. Meculata</i> HOOK                     | 0.91             | 5.19 | 0.62                            | 515                                 | 0.616                   | 0.811          | 0.598      |
| 26. | White Stringybark      | <i>E. globoidea</i> BLAKELY.                | 0.91             | 4.55 | 0.70                            | 225                                 | 0.766                   | 0.790          | 0.607      |
| 27. | Sydney Blue Gum        | <i>E. Saligna</i> SMITH                     | 0.92             | 5.00 | 0.44                            | 242                                 | 0.454                   | 0.735          | 0.400      |
| 28. | Turpentine             | <i>Syncarpia glomulifera</i> SM.            | 0.95             | 4.70 | 0.54                            | 271                                 | 0.766                   | 0.686          | 0.756      |
| 29. | White Mahogany         | <i>E. triantha</i> IINK                     | 1.00             | 4.65 | 1.40                            | 213                                 | 0.656                   | 0.741          | 0.508      |
| 30. | Red Mahogany           | <i>E. resenifera</i> SM.                    | 1.00             | 4.86 | 0.27                            | 255                                 | 0.391                   | 0.602          | 0.627      |
| 31. | Tallow Wood            | <i>E. microcorys</i> F.                     | 1.00             | 4.46 | 3.68                            | 178                                 | 0.602                   | 0.769          | 0.712      |
| 32. | Forest Red Gum         | <i>E. tereticornis</i> SM.                  | 1.06             | 4.61 | 0.74                            | 238                                 | 0.799                   | 0.545          | 0.793      |
| 33. | Cost Grey Box          | <i>E. bosistoana</i> MUELL                  | 1.09             | 4.77 | 0.63                            | 250                                 | 0.777                   | 0.776          | 0.728      |
| 34. | Red Blood Wood         | <i>E. gumfiera</i> HOCHR.                   | 1.13             | 4.53 | 1.09                            | 226                                 | 0.485                   | 0.706          | 0.600      |
| 35. | Red Ironbark           | <i>E. sideroxylon</i> A. Cunn ex BENTH      | 1.13             | 5.20 | 0.44                            | 223                                 | 0.438                   | 0.670          | 0.387      |
| 36. | Grey Box               | <i>F. hemiphloia</i> F. MUELL               | 1.21             | 5.50 | 0.48                            | 249                                 | 0.656                   | 0.765          | 0.746      |

2.1.2 傾板法

各材から幅 10mm, 長さ 80mm, 厚さ 2mm の柾目板を採取し測定面を精密プレーナー仕上げた。これらの試片についてコンタクタンゲルメーターを用いて蒸留水との接触角を測定した。

2.1.3 液滴法

傾板法に用いたものと同様の試験片に蒸留水ならびにユリア樹脂接着剤(粘度 2 ポイズ/20°C)を滴下した。そして30秒経過後の液滴の接触角を傾板法の場合と同一の装置を用いて測定した。

なお傾板法および液滴法の測定方法の詳細は後藤ら<sup>13)</sup>のアルミニウム板について測定した場合と同様にした。

2.2 pHおよびエーテル抽出率の測定

pH は各材の木粉口過液についてガラス電極 pH メーターで測定した。なお口過液は木粉 3g に蒸留水 50g を添加し、攪拌後 1 時間吸引して24時間経過後に口紙で口過し採取した。エーテル抽出率は40~60メッシュの木粉について常法のエーテル抽出を行なって求めた。

3 実験結果および考察

実験の結果を総括して Table 1 に示す。これらの結果について、比重 0.8 以上の材とそれ以下の材とに分けて各測定法によって測定したぬれの値の相関関係ならびにその値と比重, pH およびエーテル抽出率との相関関係をそれぞれ比較検討した。

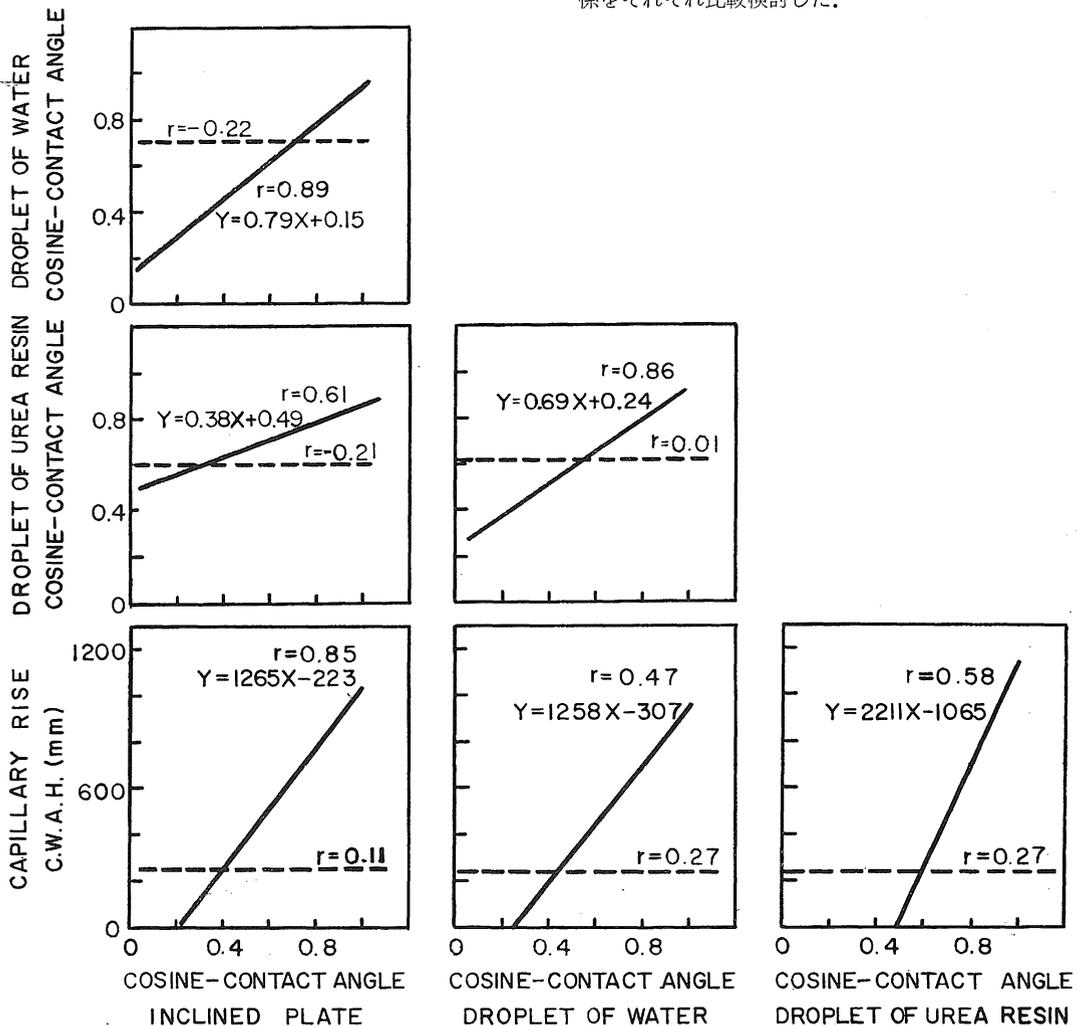


Fig. 1. Comparison of wettability determined by the three methods.

Specific gravity

Solid line : below 0.8

Broken line : above 0.8

### 3.1 各測定法で測定したぬれの相関関係

各樹種のぬれの値はいずれの方法で測定した場合にも1%の危険率で有意な差が認められた。すなわち各樹種間のぬれの差は大きく、いずれの測定法でもその差があらわれた。

各測定法によって求められた測定値間の相関係数を求めた。そして相関係数の検定によって5%以下の危険率で有意な場合については回帰直線式を求めて、その関係を明らかにし Fig. 1 に示した。

これによると比重0.8以下の材ではすべての測定法の間に有意な相関関係が認められた。しかし比重0.8以上の高比重材ではすべての場合に有意な相関関係は認められなかった。このことから高比重材は測定法によって異なった挙動を示す場合があり、またとくにぬれにくい材などが多いものと考えられる。一方比重0.8以下の材ではいずれの測定法でもほぼ同一の傾向を示すものである。

ところで各測定法にはそれぞれ得失がありそれによってぬれの傾向もいく分異なってくる。これについては従来の研究でも検討されている。

毛管上昇法については原田<sup>14)</sup>が水分吸収高と時間の対数との間に直線関係があり、これが接着性にも影響することを明らかにしている。しかし水分吸収高の測定に際しては測定時間、木粉の粒度、ガラス管内径、ガラス管への木粉の詰め方、測定時の水温などの因子が影響をおよぼす。梶田ら<sup>58)</sup>はこれについて基礎的な検討をしているが、それによると水分吸収高の増加率は測定初期では大きく時間の経過とともに小さくなり、ほとんどの場合に50~72時間後にほぼ平衡に達するとしている。さらに木粉粒度を一定にし、ガラス管内径の大きいものを用いることが好ましく、木粉の詰め方は比較的影響が少ないが測定水温は著しく影響するため規制しなければならないことをあげている。

本実験では測定時間は72時間までとし、木粉粒度20~40メッシュ、ガラス管内径約0.45cm、水温20°Cの条件で規制した。しかし測定初期のごく短時間(30秒~5分)における挙動が接着性に影響することが考えられるが、この間の測定は困難であった。一方他の方法に比べて長時間にわたるぬれの時間的経過が測定でき値のバラツキが少なく再現性のある値が得られる利点がある。

浅野<sup>7)</sup>は合板原本用の南方材についての実験で測定初期と48時間経過後では樹種によって水分吸収の増加率が異なり、ぬれの経時変化が樹種によって異なっていることを明らかにした。そこでどの程度の経過時間における水分吸収高の値が接着に際して最も関係が深いかを検討

することが必要である。

一方接触角を測定する傾板法および液滴法では測定試片として材の小片または単板を用いるために測定が簡便である。とくに傾板法は測定が容易であるが測定に際して測定者による値の差があることが問題となり、また正確な時間経過に伴う測定はできない。

これに対して液滴法の場合には従来多く用いられてい

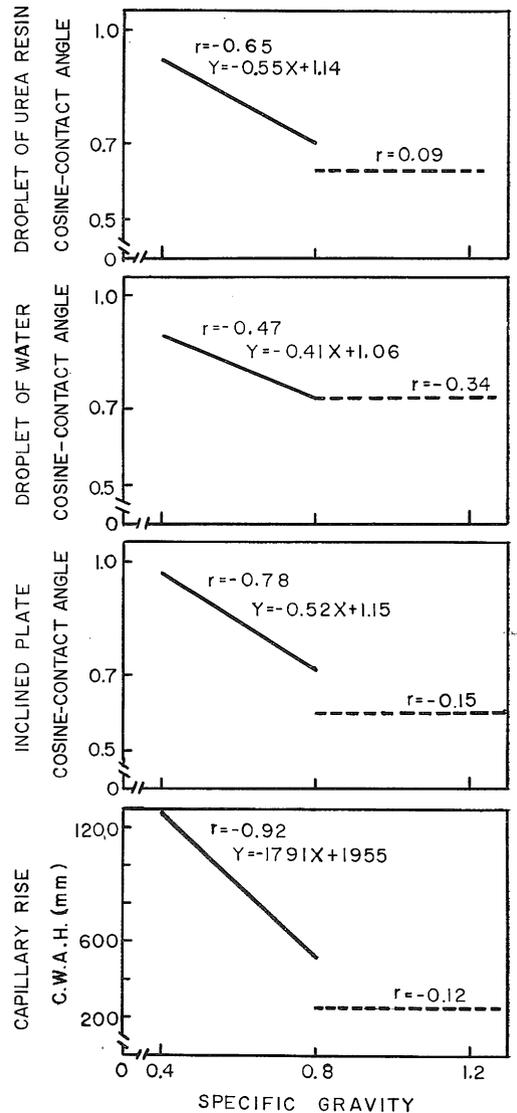


Fig. 2. Correlation between specific gravity and wettability determined by the method of capillary rise, inclined plate and droplet (water and urea resin).

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

るゴニオメーターによって直接液滴の接触角を測定する方法は傾板法と同様測定者による値の差が考えられる。その点では本報で用いた写真撮影による方法が正確な接触角の測定ができる。この関係について梶田ら<sup>6)</sup>は直読は写真による場合より接触角が大きいとしている。この方法の場合も測定時間が大きな問題となるが液滴落下後短時間の測定は正確にできる。しかしながら測定試片上に液滴が存在する間のみ測定が可能であり長時間の経時変化の測定は不可能である。

またこの方法は写真による測定のため写真装置、ネガフィルムの拡大装置などを必要とし、測定時から結果の判定までにかかなりの時間を要するので簡便な方法ではない。

一般に木材に対する液滴の接触角を測定する場合には技術的な問題として測定法の精度、測定時間、材面の粗さ、液体の温度および滴下量などがあげられる。測定法の精度、測定時間については前述したが材面の粗さは特に注意すべき因子であり、表面の加工法によって異なる。本実験ではプレーナー仕上げをしたが BODIG<sup>9)</sup> および梶田ら<sup>5)</sup>は加工法による差異を明らかにしている。一般的には材面の粗い方が接触角は小さくなる。また測定面の切削後の経時変化によってぬれが異なってくることを GRAY<sup>6)</sup> や HERCZEG<sup>9)</sup> が報告している。しかしながら同一試片でも測定部分によって接触角が異なるので同一試片について多数測定しなければならない。本実験では傾板法では5個、液滴法では10個の測定を行ないその平均値を求めた。

浅野<sup>4)</sup>は毛管上昇法と液滴法との相関関係が経過時間によって異なることを明らかにし、毛管上昇法測定初期(1~6分)では水分吸収高と接触角とが同一傾向であったが48時間経過後には両者に相関関係が認められなかったとしている。しかし梶田ら<sup>5)</sup>による低比重材の実験では各測定法によってほぼ同一傾向を示したが高比重材ではいく分異なっていた。

### 3.2 比重、pHおよびエーテル抽出率とぬれとの関係

各測定法で測定したぬれの値と比重、pH およびエーテル抽出率との相関係数を求めてそれぞれの相関関係を検討した。その結果相関係数の検定によって5%以下の危険率で有意な場合には回帰直線式を求めてその関係を明らかにした。

比重とぬれの関係については Fig. 2 に示すように比重0.8以下の材ではすべての場合に逆相関関係を示し比重が高くなるにつれてぬれにくくなった。Teak および SpinarI は特にぬれにくい材であった。このような傾向は金沢ら<sup>15)</sup>の実験においても認められている。

一方比重0.8以上の材ではいずれの場合とも両者の相

関関係は認められず、低比重材よりもぬれにくい材が多い。このように低比重材は比重の影響が大であるが高比重材では比重以外の因子が影響していることが考えられる。

エーテル抽出率とぬれとの関係では比重0.8以下の材について傾板法で測定した値との間のみ有意な相関関係が認められた。すなわち Fig. 3 に示すようにエーテル抽出率の大きい材ほどぬれにくい。ただし Teak, Brush box, Rose wood, および Tallowwood は特にエーテル抽出物の多い材である。

本実験ではエーテル抽出率についてのみ検討したが他の抽出方法による抽出率とぬれとの関係をみればさらに異なった結果が得られるものと考えられる。

堀岡ら<sup>7)</sup> および金沢ら<sup>15)</sup>はエーテル抽出のほか2, 3の抽出方法による抽出率とぬれとの関係を検討しているがいずれもアルコール・ベンゼン抽出などで抽出率とぬれはほぼ逆相関関係がみられるとしている。また各材の抽出処理によってぬれおよび接着性を改善することが検討されており原田<sup>14)</sup>は日本産のシナ材について有機溶剤による抽出処理で、CHEN<sup>16)</sup>は南洋材についてカセイソーダあるいはアルコール・ベンゼン抽出処理でいずれもぬれおよび接着性が改善されることを報告している。さらに梶田ら<sup>17)18)</sup>はラワン材および日本産材について抽出処理とぬれとの関係を詳細に検討している。

そこで今後、本実験に用いた熱帯産材の中で抽出成分の多い材については各種抽出処理を施したあとのぬれを

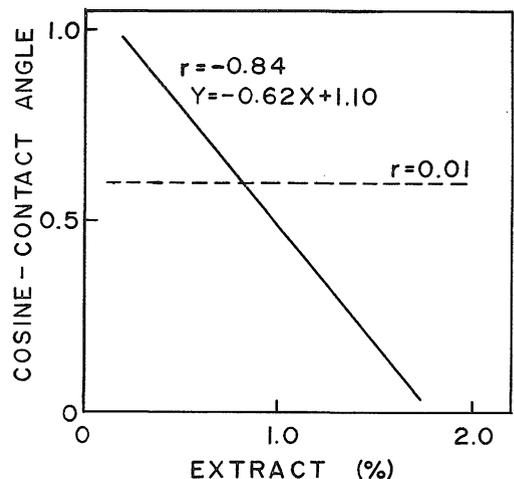


Fig. 3. Correlation between ether extract and cosine of contact angle of water mesured by inclined plate method.

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

測定してその改善方法を明らかにしなければならない。

pH とぬれとの関係はいずれの場合にも有意な相関関係は認められずぬれの値に直接影響がないものと考えられる。

#### 4 要 約

36種類の熱帯産木材のぬれを毛管上昇法、傾板法、および液滴法で測定した。これらの測定値の相関関係ならびに比重、pH およびエーテル抽出率とぬれの関係について検討し、結果は次のように要約される。

(1) 比重0.8以下の材ではすべての測定値間に有意な相関関係がみられた。しかし比重0.8以上の材ではすべての場合にその相関関係は認められなかった。

(2) ぬれの測定方法として毛管上昇法は長時間の経時変化をみるのによい。傾板法は最も簡便な方法であるが測定者による値の差がある。液滴法は短時間の測定法として最も正確であるが液滴滴下材面の状態によるバラツキがある。

(3) 湿潤性に影響を与えるのは比重0.8以下の材では比重、エーテル抽出率、pH の順であり比重0.8以上の材ではこれらの因子の影響は少なくはっきりした傾向はみられなかった。

#### 引 用 文 献

1. 堀岡邦典・堀池 清・野口美保子：林業試験場報告 No.89：1～55, 1956
2. FREEMAN, H. A.: For. Prod. J. **9**: 451～458, 1959
3. BODIG, J.: For. Prod. J. **12**: 265～270, 1962
4. 浅野信治：木材工業 **22**: 318～323, 1967
5. 梶田熙・中戸莞二：京大演習林報, 第38号：215～229, 1966
6. GREY, V. R.: For. Prod. J. **12**: 452～461, 1962
7. 堀岡邦典・三成昭義・千葉保人：東京農工大農学部演習林報, 第8号：9～30, 1969
8. 梶田熙・椋代純輔：材料 **18**: 933～937, 1969
9. HERCZEG, A.: For. Prod. J. **11**: 499～505, 1965
10. 木方洋二・増田勝則：木材学会誌 **15**: 237～240, 1969
11. 堀池清・加藤昭四郎：木材学会誌 **5**: 181～185, 1959
12. 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
13. 後藤輝男・作野友康：島大農学部研究報告 第1号：104～109, 1968
14. 原田一郎：木材工業 **4**: 24～27, 1949
15. 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
16. CHEN, C.-M.: For. Prod. J. **20**: 36～41, 1970
17. 梶田熙・椋代純輔：京都府立大学学術報告・農学, 第19号：76～83, 1967
18. 梶田熙・椋代純輔・中戸莞二：京都府立大学演習林報, 第13号：32～38, 1969

#### Summary

On the tropical woods, the comparative wettability measured by three methods, and also the effect of specific gravity, pH or extract with ether on the wettability, were determined.

The wettability for each wood was determined by the methods of capillary rise, inclined plate and droplet (water and urea resin). The results of the experiment are shown in Table 1. The coefficient of correlations was calculated from the results. Then the regression line was yielded by regression analysis only when a significant correlation at five percent or better was recognized. If the correlation was not significant, it was either not shown or horizontal line was drawn through the mean value.

The following conclusions may be drawn from the results of the analysis.

1) The wettability behavior revealed a sharp break in the trend of the dependent variable at about 0.8 specific gravity. On the woods below 0.8 specific gravity, the correlation of the wettability determined by the three methods was significant. (Fig. 1)

2) The specific gravity had more effect on the wettability of woods below 0.8 specific gravity, followed by the extract with ether and pH. These factors had no effect on the wettability of woods above 0.8 specific gravity. (Fig. 2, 3)

3) The capillary rise method gave reproducible values of wettability but was a time-consuming method. On the other hand, the contact angle method (inclined plate and droplet) was a quick and simple method to use. However, the values obtained by inclined plate and droplet methods showed a variation according to the researcher and to surface condition of the wood, respectively.