

論文

未利用広葉樹の有効利用に関する基礎的研究 (II)

コナラ, クヌギおよびニセアカシアの

接着耐久性について

山田 希仁*・作野 友康*・古川 郁夫*

岸本 潤*

Studies on the Utilization of Unused Hardwoods (II)

Gluing Durability of Konara, Kunugi and Niseakashia

Marehito YAMADA, Tomoyasu SAKUNO, Ikuo FURUKAWA

and Jun KISHIMOTO

Summary

Three species of unused hardwood, i. e. Konara, Kunugi and Niseakashia, either singly or in combination with each other, were evaluated for their gluing durability by using six commercial adhesives.

1. Under normal conditions, shear strength was not affected by the wood species combination. Shear strength values are comparable with those of the more commonly wood species such as Kaba and Buna.
2. Hot water ($60 \pm 3^\circ\text{C}$) soak test, however, showed a significant effect of the species and their combinations on the glue bonds. PI and PRF bonds were found superior after hot water treatment.
3. After heating at 100°C , solid Niseakashia was found to degrade drastically, which probably explains the same tendency as the glue bonded samples. However, such tendency was less conspicuous when it is combined with Konara or Kunugi.
4. The result of uniform loading (100 kg for 20 minutes) test was not different from that of the normal condition test. Likewise, exposure at 100°C for 48 hours and uniform loading at 100°C gave comparable results.

*鳥取大学農学部林学科木材工学及林産化学研究室：Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Tottori University.

I 緒言

未利用広葉樹材を有効に利用するには、まずこれらの材質特性や加工特性を把握しておくことが必要である。著者らは、これまでに鳥取大学蒜山演習林産広葉樹材を中心に、未利用材の繊維長、比重、変色性、接着性などについて検討してきた。^{1,2,9,11,12)}

特に、未利用材を加工・接着して利用する場合には、素材挽板の接着性を調べておくことが重要である。例えば、木工品などでは、接着接合部が時々かなりの高温に暴露されることがあり、このような場合には、使用される接着剤の種類によっては、接合部がはく離することもある。一方、最近では木材工業用接着剤の種類が非常に多くなっており、その接着特性を熟知したうえで、これらの接着剤を適切に使用しなければならない。したがって、未利用材と各種接着剤の組み合わせ条件による接着性を把握することによって、未利用材の有効利用が一層拡大されるものと考えられる。

本報では、コナラ、クヌギ、及びニセアカシアについて、それらの接着性、ならびに乾熱暴露における接着耐久性について検討した。被着材は、同一樹種同士と異樹種の組み合わせで、また接着剤は、最近注目されている変性SBR、水性ビニルウレタン等を含めた6種類を用いた。

II 材料及び方法

1. 供試材料

被着材として、鳥取大学蒜山演習林産のコナラ (*Quercus serrata* THUNB.), クヌギ (*Quercus acissima* Carr.), 及び鳥取大学湖山演習林産のニセアカシカ (*Robinia pseudoacacia* L.) の挽き板 (260×50×5 mm) を用いた。使用接着剤はいずれも市販のもので、ユリア樹脂 (UF), フェノール・レゾルシノール樹脂 (PRF), α -オレフィン樹脂 (α -0), 水性ビニルウレタン樹脂 (PI), 酢酸ビニル樹脂エマルジョン (PVAc), および変性SBR樹脂 (SBR) の6種類を用いた。なお本報において、以下各接着剤名は上記の略号で示す。

2. 接着操作及び接着力試験

気乾状態にした各挽板の繊維方向を平行にして、先に示した6種類の接着剤を用いて接着した。この場合、被着材の組み合わせは同一樹種同士、及び異樹種の組み合わせによる計6とおりとした。接着条件は、すべて圧縮力を10kg/cm²とし、その他の条件は各種接着剤メーカーの指示による最適条件とした(表1)。

接着後1週間養生した接着ブロックより、JIS K 6851に準拠した引張せん断接着力試験片を各6個作製した。

各接着剤および被着材の組み合わせ毎に、ランダムに選んだ5個の試験片について、次のような条件下で引張せん断接着力試験を行い、せん断接着力及び木破率を測定した。

表1 接着剤及び接着条件

使用接着剤	商品名	略号	塗布量(g/m ²)	圧縮力(kg/cm ²)	圧縮時間(時間)	圧縮温度(°C)
ユリア	大鹿レジン106号	UF	280	10	15	25
フェノール・レゾルシノール	ディアノール35号	PRF	250	10	15	25
α -オレフィン	クラタックN110	α -0	250	10	2	25
水性ビニルウレタン	ピーアイボンド127号	PI	280	10	3	25
酢酸ビニルエマルジョン	ボンドCH18	PVAc	200	10	24	25
変性SBR	ボンドHB10	SBR	主剤200 プライマー50	10	0.5	25

- 1) 常態試験 (25°C, 60%RHで放置後試験)
- 2) 耐温水試験 (60°Cの温水に3時間浸漬した後、冷水で室温まで冷やして、ぬれたままの状態試験)
- 3) 耐熱試験 (50°C及び100°Cにそれぞれ48時間連続暴露後、同一温度で試験)
- 4) 定荷重負荷試験 (常温及び100°Cで100kgの荷重を負荷した状態で一定時間放置した後、同一温度で試験)

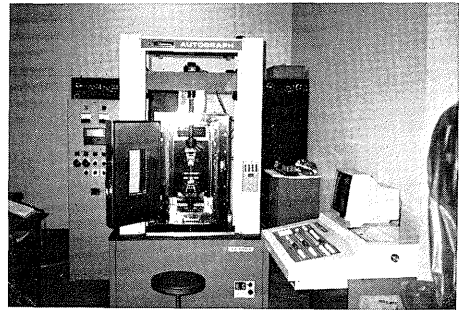


写真 島津オートグラフAG5000A及び恒温そう

また素材についても同型の試験片を作製して、接着試験と同様の条件でそれぞれ引張せん断試験を行った。

以上の試験はすべて島津オートグラフAG5000Aを用いて行い、50°C及び100°Cでの引張せん断接着力試験、ならびに100°Cでの荷重負荷後の接着力試験は、チャック部を付属の恒温そう内にセットして行った(写真)。なおこの試験機は、鳥取大学農学部広葉樹生態情報総合解析設備経費によって設置されたものである。

III 結果及び考察

1. 常態試験

各種接着剤の常態接着力及び木破率を、被着材の組合わせ毎に図1に示す。

すべての接着剤の接着力を、被着材の組合わせ毎に総括して分散分析を行った結果、被着材間における接着力の有意差は認められなかった。素材のせん断強さは、各樹種間で有意性が認められなかった。

一般に、木材のせん断接着力は比重と相関関係があるといわれている³⁾。そして異樹種材の接着を行った場合に、被着材の比重が同程度であれば、樹種の組合わせによる差はほとんど認められないという報告がある⁸⁾。今回試験に供したコナラ、クヌギ、及びニセアカシアについても、全乾比重がそれ

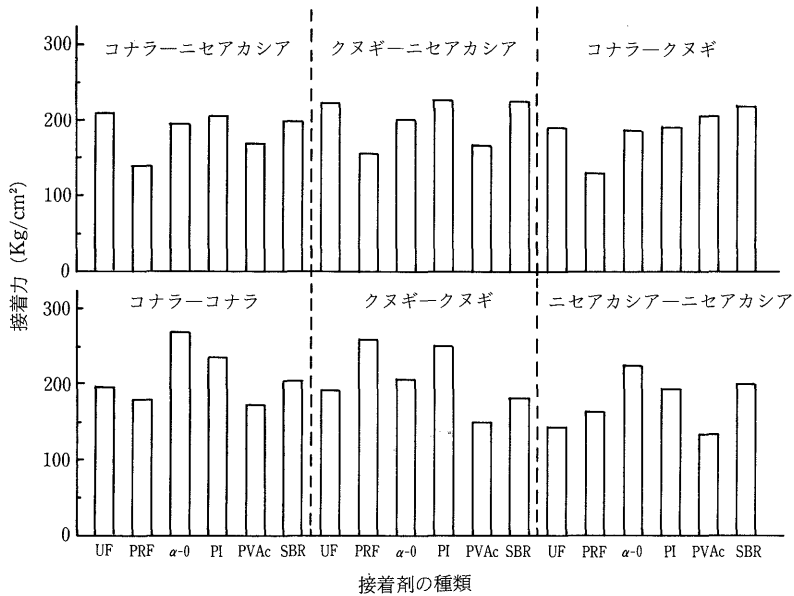


図1 常態接着力

ぞれ0.69, 0.78, 0.72と比較的近い値であり, せん断接着力に及ぼす樹種の影響はほとんど認められなかった。

本実験に用いた3樹種とほぼ同程度の比重をもつブナ, ミズナラ, ヤチダモ, マカンバ, ミズメ, 及びケヤキをUFで接着した場合のブロックせん断接着力は, 140~160kg/cm²であると報告されている⁴⁾。本実験でUFを用いて接着した場合の引張せん断接着力は150~200cm²であり, 試験方法が異っているもののほぼ同程度の値を示した。またPIを用いて接着した場合, 本実験での接着力は200~250kg/cm²であり, 同程度の比重のカバ材を用いて接着した場合の報告にみられる値 (188kg/cm²)⁹⁾に比べるとかなり高い値を示した。

各種接着剤間について分散分析を行った結果, 5%レベルで有意差が認められた。すなわち, PIが最も高く218kg/cm²の値を示し, ついでα-0, SBR, UF, PRFの順で低くなり, PVAcが166kg/cm²と最も低い値であり, PIとPVAcとの差は, 50kg/cm²以上であった。また, 木破率はPIが最も高い値を示し, PRFで最も低い値であった。

以上のことより, 接着剤の種類の違いにより接着力に差は認められるが, 被着材間ではどのような組合せで接着しても, 同程度の接着力が得られた。

2. 耐温水試験

被着材別の, 各種接着剤における温水浸漬後の接着力及び木破率を図2に示す。

すべての接着剤の接着力を, 被着材の組合せ毎に総括して分散分析を行った結果, 被着材間の

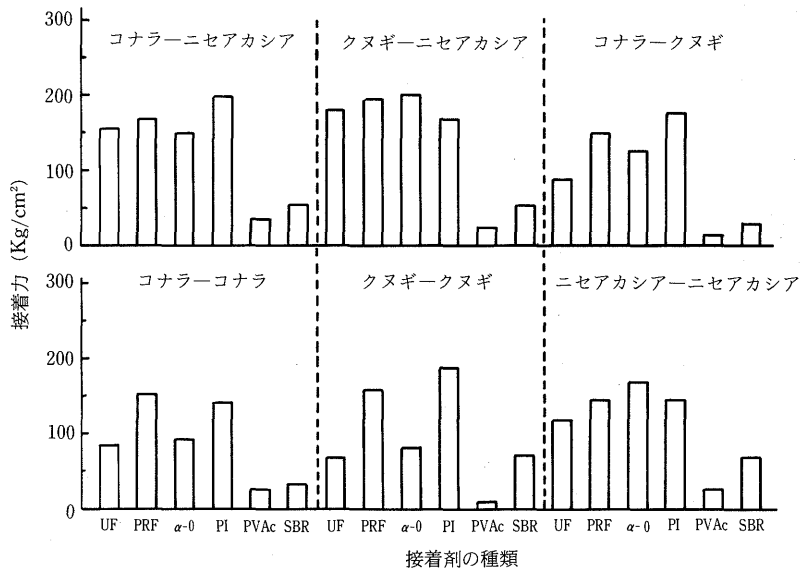


図2 温水浸漬後の接着力

接着力に5%レベルで有意差が認められた。すなわち、ニセアカシア同士およびニセアカシアと他樹種を組合わせて接着した場合に、コナラあるいはクヌギ同士、およびコナラ、クヌギの組合せ接着に比べて、高い接着力を示す場合が多かった。特に $\alpha-0$ では、同樹種のコナラ及びクヌギが 100 kg/cm^2 以下であるのに対し、ニセアカシアでは 150 kg/cm^2 以上であった。

各種接着剤間の接着力について分散分析を行った結果、1%レベルで有意差が認められた。これは、PVAc及びSBRによる接着力が低く、これに対し、PRF及びPIによる接着力が比較的高いことによるものと思われる。特に、PVAcは熱可塑性があり耐水性に劣るため、 $60\sim 80^\circ\text{C}$ になると軟化して接着力は低下することが知られている⁹⁾。PVAcによる接着力が 60°C 温水浸漬後低下したのは、このことによるものであろう。また一般に、変性SBRの基質であるスチレンブタジエンラバーは、耐水性は良いが耐熱性に劣ることが知られている⁸⁾しかし、分別塗布型で、圧縮時間が短かく、常態で接着性が良好ということで最近注目されている変性SBR接着剤に関するデータは少ない。そこでこの接着剤について、これまで接着条件と接着性について検討を行ってきたが、その結果耐温水性に劣ることが認められた^{7,10)}本研究においても、SBRによる接着力はPVAcよりも高い値を示したが、耐温水性が劣っていた。PRFは熱硬化性樹脂接着剤であり、耐温水性に優れ接着力及び木破率が高かった。本研究においてPRFの温水浸漬後の木破率は、常態試験での木破率よりも高かった。これは、接着剤が温水に浸漬して加温することによって、さらに硬化度が増したためだと思われる。またPIは、その接着性及び接着耐久性が優れている接着剤であり、本研究においても耐温水性が優れていることが認められた。

3. 耐熱試験

50°C及び100°Cに連続暴露した後の、各素材のせん断強さを図3に示す。素材のせん断強さは、常態ではコナラ、クヌギ、ニセアカシアのいずれも、250kg/cm²前後とほぼ同程度の値を示した。しかしながら100°Cでは、コナラ及びクヌギが約200kg/cm²と、常態に比べ20~30%の劣化を示しているのに対して、ニセアカシアでは120kg/cm²と、常態に比べ50%の劣化を示している。このように素材の熱劣化は、ニセアカシアで最も大きく、コナラ、クヌギでは比較的小さかった。

50°C及び100°Cに連続暴露した後の各接着剤のせん断接着力を、被着材毎に図4に示す。被着材の組合わせ毎にみると、同樹種接着において、100°C暴露では、ニセアカシアをPRF及びPIで接着した場合を除いたすべての場合で、樹種のちがいによる接着力の差は認められなかった。

ニセアカシアを用いた場合、耐熱性の挙動が他の樹種の場合と異っていたのは、先に示した材自体の熱劣化の差によるものと思われる。すなわちコナラ及びクヌギでは、乾熱暴露後の接着力に比べ被着材の熱劣化が少ないため、接着力に及ぼす被着材の熱劣化の影響は少ないものと思われる。

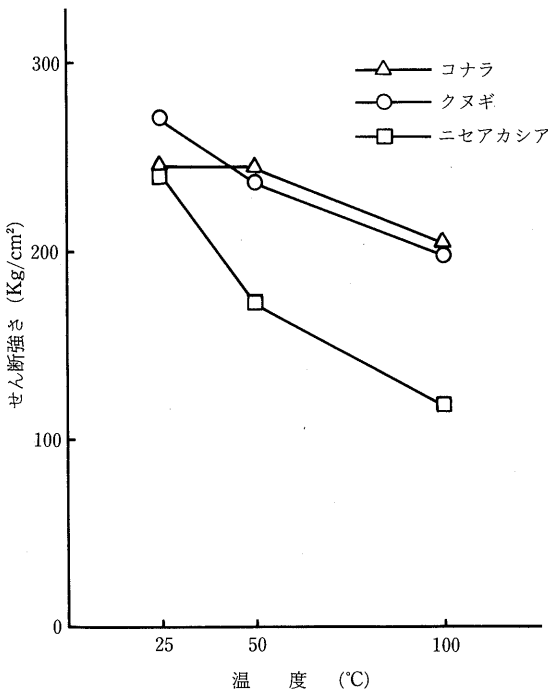


図3 素材の常態及び乾熱暴露後のせん断強さ

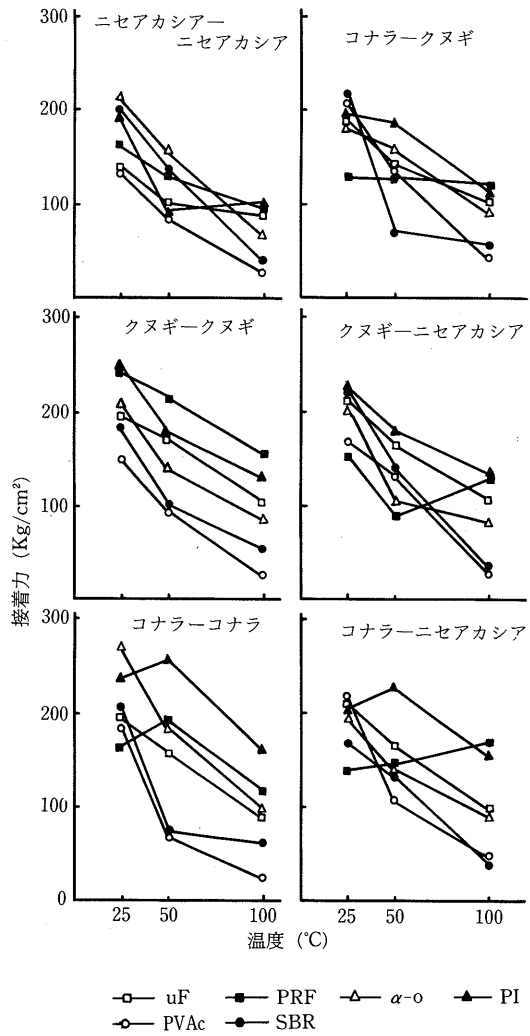


図4 常態及び乾熱暴露後の接着力

これに対し、素材の熱劣化が大きいニセアカシアでは、 $\alpha-0$ 、PVAc、及びSBRのように、乾熱暴露後の素材せん断強さよりも暴露後の接着力の方が小さい場合、破断は接着剤と被着材の界面で生じるため、被着材の熱劣化の影響は小さい。しかしながら、PRFおよびPIのように、乾熱暴露後の接着力に比べ暴露後の素材のせん断強さが小さい場合、被着材で破断が生じるため被着材の熱劣化の影響が大きい。このことは木破率の値からも推測され、100°C乾熱暴露後に木破が生じたのは、PRF、PI、及びUFを用いた場合のみであった。特に、ニセアカシアをPRF及びPIで接着した場合は、木破率は100%で、すべて木部破断であった。

しかしながら異樹種接着においては、コナラークヌギをPRF及びPIで接着したときのみ、暴露後の接着力は多少低かったが、被着材の組合わせによる接着力の差は認められなかった。すなわち、ニセアカシア同士接着した場合にみられたような被着材の熱劣化の影響は、ニセアカシアをコナラ及びクヌギと組合わせた場合には認められなかった。

接着剤についてみると、PRFを除いた各接着剤で、温度の上昇に伴い接着力が低下する傾向にあったが、PIでは、50°Cで高くなる場合が認められた。PRFは、他の接着剤と異なる傾向を示した。すなわち、コナラニセアカシアやコナラークヌギの組合わせの場合、乾熱暴露後の接着力が常態接着力より高かった。これは耐温水試験でも認められたように、乾熱暴露により、接着剤の硬化がさらに進んだためであると思われる。

4. 定荷重負荷試験

常温で一定荷重負荷後の接着力を、常態接着力と比較して図5に示す。一定荷重負荷後の接着力

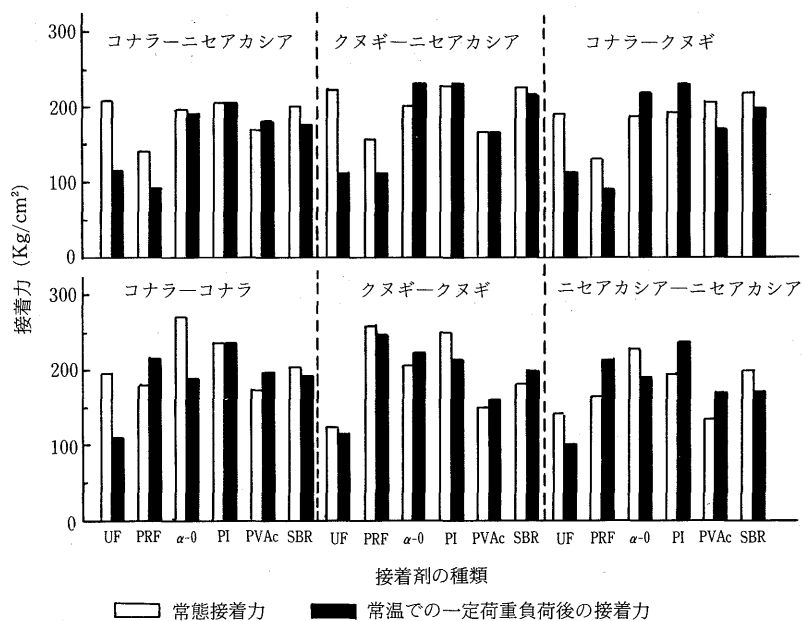


図5 常態接着力及び常温での一定荷重負荷後の接着力

を、各被着材についてみると、各被着材間で顕著な差は認められなかった。しかしながら、異樹種の組合わせでPRFを用いた場合、一定荷重負荷後の値はわずかに低くなった。

一定荷重負荷後の接着力は、接着剤間で顕著な差は認められなかったが、UFでは全体的にわずかに低い値であった。

一定荷重負荷後の接着力と常態接着力を比較すると、UFで一定荷重負荷後の接着力が低い他は、ほとんど荷重負荷の影響は認められなかった。このことより、常温で破壊荷重の約1/4~1/5の荷重を20分間負荷した程度では、せん断接着力には影響がないものと思われる。

100°C中で一定荷重負荷後の接着力と100°C連続暴露後の接着力とを比較すると、図6のようになる。

各被着材について一定荷重負荷後の接着力は、同樹種接着のニセアカシアでわずかに低く、この傾向は、100°C連続暴露後の接着力での傾向と一致していた。

また、各種接着剤について一定荷重負荷後の接着力はPRF及びPIで他の接着剤に比べ高く、ついでUF、 $\alpha-0$ 、SBR、PVAcの順に低くなり、これは、100°C乾熱暴露の結果と一致していた。

荷重負荷の影響についてみると、100°C暴露における破壊荷重の1/2以上の荷重を20分間負荷することで、48時間連続暴露後の接着力とほぼ同程度の劣化を示すことが認められた。

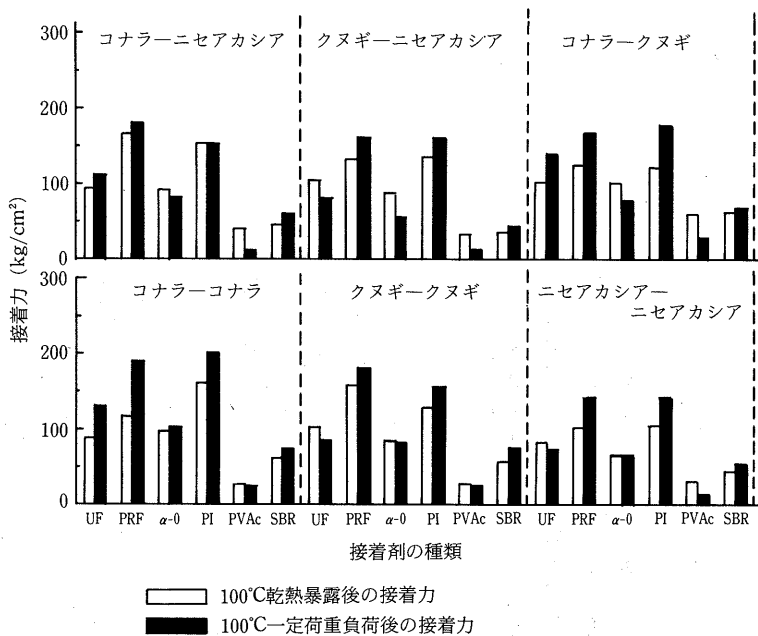


図6 100°C連続乾熱暴露後の接着力及び100°C一定荷重負荷後の接着力

IV 結 論

未利用広葉樹 3 樹種 (コナラ, クヌギ, 及びニセアカシア) を被着材として, 市販の 6 種の接着剤 (UF, PRF, $\alpha-0$, PI, PVAc, 及びSBR) を用いて接着し, その接着性及び接着耐久性について検討した。その結果, 次の結論が得られた。

- (1) 常態接着力では, 被着材の組合せによる各接着力間に有意差は認められず, これらの値は, ブナあるいはマカンバの接着力に匹敵する値であった。また接着剤の種類により, 接着力は異っていた。
- (2) 耐温水試験での接着力には被着材により差があり, コナラ及びクヌギを用いた場合, ニセアカシアよりも低かった。またPI及びPRFを用いて接着した場合, 最も耐温水性が優れていた。
- (3) ニセアカシアは他の樹種に比べ熱劣化が大きく, 乾熱暴露後の接着力に大きく影響を及ぼした。しかしながら, ニセアカシアを他樹種と組合わせて接着した場合, この傾向は認められなかった。
- (4) 一定荷重負荷の影響は, 常温では認められなかった。これに対し100°Cでは, 100kg負荷20分放置後の劣化が, 100°C, 48時間連続暴露における劣化と同程度であった。またPRF及びPIを用いて接着した場合, 100°Cで一定荷重負荷後の接着力は最も高かった。

謝 辞

本研究の一部は, 昭和60年度文部省科学研究費補助金総合研究(A) (研究代表者 水町浩) の援助によって行ったものである。

文 献

- 1) 古川郁夫・世古口昌子・松田雅子・作野友康・岸本 潤: 鳥大農広葉樹研究, **2** pp. 103~134 (1983)
- 2) 古川郁夫・中山秀樹・作野友康・岸本潤: 鳥大農学部研究報告, **35** pp. 42~49 (1983)
- 3) 半井勇三: 木材の接着と接着剤. 森北出版. 東京, pp. 14 (1977)
- 4) 半井勇三: 木材の接着と接着剤. 森北出版. 東京, pp. 15 (1977)
- 5) 半井勇三: 木材の接着と接着剤. 森北出版. 東京, pp. 101 (1977)
- 6) 名取潤・渡辺利一・秋山喜蔵: 林試情報, pp. 19~36 (1985)
- 7) 成谷美貴子: 卒業論文, 鳥取大学, pp. 1~86 (1984)
- 8) 農林水産省林業試験場: 木材工業ハンドブック. 丸善株式会社. 東京, pp. 422 (1982)
- 9) 大賀雅司・作野友康・古川郁夫・岸本潤: 鳥大農演習林報告, **14** pp. 137~147 (1984)
- 10) Sakuno, T., Naritani, M., Kishimoto, J.: Journal of the Faculty of Agriculture, Tottori University, **20** pp. 26~33 (1985)

11) 高嶋幸司：修士論文，鳥取大学，pp. 1～159 (1984)

12) 山田希仁・作野友康・古川郁夫・岸本潤：鳥大農広葉樹研究. **3** pp. 107～120 (1985)