

- 研究 -

カラマツ樹皮を原料とするバインダーレスボード

松 本 章 西 川 介 二

Binderless Boards from Larch Bark

Akira MATSUMOTO Kaiji NISHIKAWA

The properties of larch bark boards without adhesive were reported. The boards were pressed at different temperatures (200 to 350 °C) and times (1 to 60 minutes). The board properties such as water absorption, thickness swelling and internal bond, became better in a short time at temperatures above 250 °C. It was found that the polymerization of the phenolic extractives in bark had an important role in occurrence of internal bond. Boards made from bark except phenolic components by 1% NaOH aq previously, had small water resistance and weak internal bond.

カラマツ樹皮を用いてバインダーレスボードを製造した。プレス条件は温度が 200～350℃、時間が 1～60分である。250℃以上の温度では短時間で吸水率や厚さ膨張率が小さく、内部結合力の高いボードが得られた。また、樹皮中に含まれているフェノール性成分の加熱重合が、ボードの内部結合力発揮に果たす役割りが大きいことも分かった。さらに、あらかじめアルカリ抽出処理をしてフェノール性成分を取り除いた樹皮からボードを作った場合、吸水特性や内部結合力が大幅に低下した。

はじめに

樹皮の中には、木質部分の主要成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン以外にも特殊成分が多く含まれており、樹種によってはその特定成分だけで用途のあるものも多い。

廃棄処理をしたり、あるいはただ単に燃料として用いるような場合には、樹皮中の成分について、特に論ずる必要性は認められないが、より一層の有効利用を図るためには、当然樹皮中の各種成分について知らなければならない。

外国産樹種ではあるが、樹皮中の化学的成分を総合的に明らかにした報告もあり^{1,2)}、また、樹皮の利用について検討を加えた多くの研究も報告されている。これらの例をみると、樹皮を用いたパーティクルボードやファイバーボードの製造に関するものや、あるいは

特殊成分を取り出して接着剤として利用しようとする研究が圧倒的に多い。さらに、このような利用を意図した基礎的な研究として、樹皮の熱的軟化³⁾や自己接着力⁴⁾について検討した報告もある。

このような研究の対象となった特殊成分とは、タンニンなどのフェノール性成分であるが、これらは樹皮中に存在したままでも、熱と圧力のみで接着剤的效果を発揮することが予想され、ダグラスファー樹皮を用いて、バインダーレスボードを製造した報告もなされている⁵⁾。

ところで、北海道産樹種の樹皮中の成分についての分析例⁶⁾によれば、カラマツ樹皮中にはタンニンやフェノール酸などのフェノール性成分が多量に含まれており、これを接着剤として利用しようとする研究も、積極的に行われている^{7,8,9)}。

このようなことから、カラマツ樹皮を用いたバインダーレスボードの製造も十分可能と思われたので、ホットプレス時の熱と圧力のみによりボードを造り、プレス条件とボード材質との関係について検討を加えた。なお、本研究の一部は第13回日本木材学会北海道支部大会（昭和56年11月、札幌市）において発表した。

試験方法

伐採後約6ヵ月経過したカラマツ原木（樹齢約20年）から手むきにより樹皮を採取し、ほぼ気乾状態となつてから、ハンマータイプの粉碎機により粉碎してボード用原料とした。

策1表 プレス条件

時間(分) 温度(℃)	1	2	3	5	10	20	30	60
200				○	○	○	○	○
225			○	○	○	○	○	○
250		○	○	○	○	○	○	
275	○	○	○	○	○	○		
300	○	○	○	○				
325	○	○	○					
350	○							

これを27×32cmのフォーミング枠の中に、厚さ5mmのボードが得られるようにマットをフォーミングした後、第1表に示す条件によりホットプレスを行った。プレススケジュールは最高圧力(25kg/cm²)到達時間が1分、同保持時間が1分、その後この2分を含めて表に示すプレス時間になるまで10kg/cm²の圧力を保持した。したがって、表中プレス時間が1分とある場合は、最高圧力到達と同時に圧力を抜いてプレスから解放し、2分とある場合には、最高圧力を1分間保持後、ただちに圧力を抜いてボードをプレスより取り出したことを意味している。なお、ボード製造に際しては、ホルマリンやパラホルムアルデヒドの薬剤を始め、ワックスなどのサイズ剤は一切使用していない。

ボード製造後、20℃、65%RHで十分調湿後材質試

験を行った。さらに一部試料をウイレーミルで粉碎してから、32~80メッシュの部分であらかじめノルマルヘキサンで抽出処理を行って油分を取り除いたものについて、熱水及び1%カセイソーダ水溶液による抽出率を求めた。さらに両抽出液100mlに対して37%ホルマリン水溶液10ml、36%濃塩酸5ml(アルカリ抽出液については中和量を加味して10ml)を加え、30分間煮沸後生成した沈澱(HCl・HCHO沈澱物と呼ぶ)をろ過、洗浄、乾燥後秤量してフェノール性成分の加熱による量的変化の指標とした。

試験結果と考察

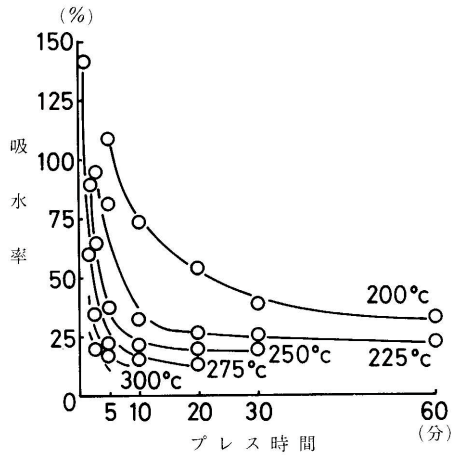
原料としたカラマツ樹皮粉粒体の粒度分布を下に示す。115メッシュまでの各粒分については、ほぼ同じ

~9メッシュ	13.7%	60~115メッシュ	18.9%
9~16 "	18.6%	115~250 "	8.9%
16~32 "	16.5%	250~ "	6.4%
32~60 "	17.0%		

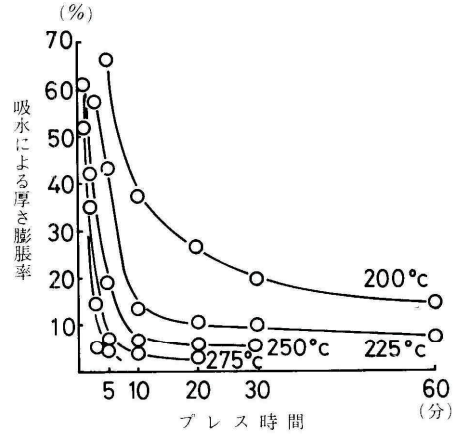
割合で分級されており、115メッシュパスの微粉は約15%ほどある。これら粉粒体はファイバーと呼ぶには余りにも程遠い形状のもので、どちらかと言えばパーティクルに近く、幅と長さの比は1:1~3程度のやや細長い粒体で、ボード用原料としては必ずしも適しているものとは思われない。カラマツ樹皮の場合、粉碎の方法を変えても、形状という面からみるとボード用原料として良好なものは得にくいように思われる。

これとは別に、70%以上が32~80メッシュの範囲に収まるように粉碎して、分析用試料とした。主な分析値(対全乾樹皮当たり)は次のとおりである。

ホロセルロース	47.2%
72%硫酸不溶分(リグニン)	52.3%
還元糖(グルコースとして)	32.5%
ノルマルヘキサン抽出量	1.3%
アルコールベンゼン抽出量	3.5%
熱水抽出量	8.8%
うちHCl・HCHO沈澱量	6.4%
1%カセイソーダ抽出量	42.8%
うちHCl・HCHO沈澱量	26.8%



第1図 プレス条件と吸水率の関係



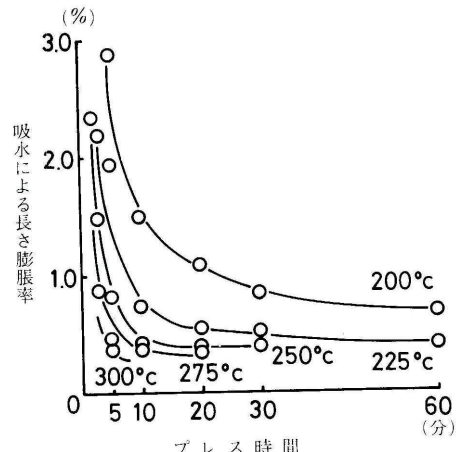
第2図 プレス条件と吸水による厚さ膨張率の関係

伐採後、余り時間の経過していない比較的新鮮なカラマツ樹皮を、全道的規模で収集して、その化学的成分を分析した例*と比較すると、伐採後の経過日数、土場あるいは林地での貯蔵状態、生育環境、あるいは固体差等の影響のためか、本試験で用いた樹皮についての値はかなり小さい。しかし、本分析値よりも低い値を報告している例¹⁰⁾もあるので、この種の数値についてはバラツキが相当大きいのではないと思われる。

第1図に樹皮ボードの吸水率とプレス条件との関係を示した。これによると、200で60分のプレス条件では32.4%のものが、温度25度のアップで22.1%まで低下する。更に25度の上昇により10分でも同等の値(20.8%)を示した。一番良かったのは、275、20分のときで吸水率は13.4%であった。温度が高くなると、極めて短時間にその効果が現れることがわかる。

吸水による厚さ膨張率とプレス条件(第2図)との関係は、吸水率の場合と全く同様である。やはり275、20分のときが一番良く、3.2%の値であった。吸水による長さ膨張率についても全く同様である(第3図)。

Wellonsらによると⁴⁾、205前後における樹皮の自己接着力は、主として物理的な現象によるもので、化学的な結合はまだ発生する段階でないか、または、極めて少ないとしている。したがって次の曲げ強さと

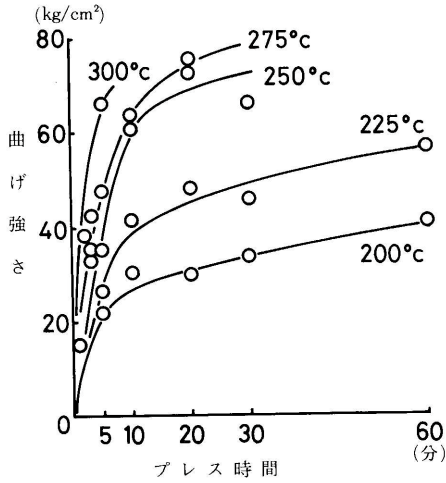


第3図 プレス条件と吸水による長さ膨張率の関係

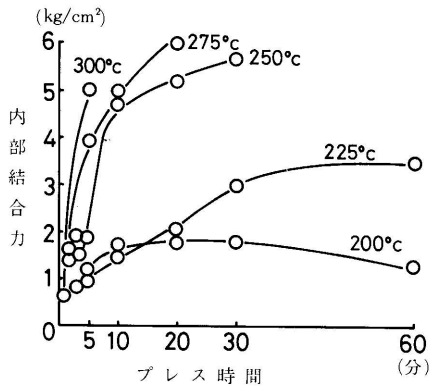
内部結合力の項でも考察するが、プレス温度が高くなると、化学的な結合力の発生も加わって、自己接着力が一層増強され、その結果、吸水特性が向上するのである。

曲げ強さと内部結合力については、それぞれ第4図及び第5図に示した。プレス条件(特に時間)により比重が異なっていたので、両者とも比重で補正した値(形質商)で表している。多少のバラツキを無視すれば、プレス条件が曲げ強さと内部結合力に及ぼす影響はほぼ同じとみて良い。すなわち、プレス温度が200と225の比較的低いものは、250以上のものに比較して、強度的性質がかなり低い値を示しているということである。特にプレス温度が225から25度アップして250になると曲げ強さと内部結合力は極

*林産試験場化学利用科にて分析。



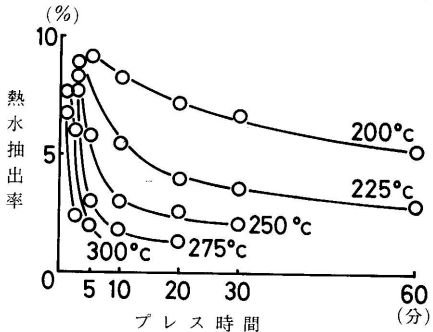
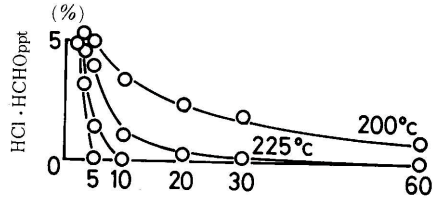
第4図 プレス条件と曲げ強さの関係



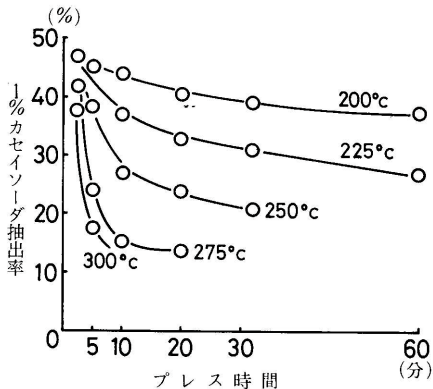
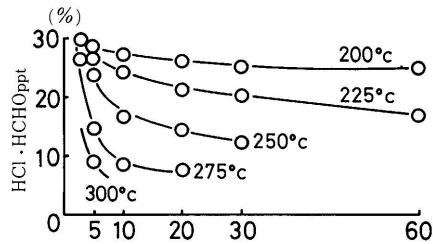
第5図 プレス条件と内部結合力の関係

めて短時間に上昇する。プレス温度が高くなるに従って、低温領域での物理的な自己接着力に、新たに化学的な結合力が加わったためである。この化学的な結合力とは、樹皮中の主要成分であるフェノール性成分が、熱と圧力により重合した結果、生じたものである。第6図にも示した如く、熱水抽出物中の HCl・HCHO 沈澱物の量が、250 で10分、275 で5分あるいは300 では約4分(図が繁雑になるので省略)で完全に0になっている。このことは樹皮中に含まれる熱水可溶のフェノール性成分が、このプレス条件において、熱水でも容易に溶出されなくなるほどの化学的变化を起こしていることの、間接的な証明にもなるものと考えられる。類似する現象がアルカリ抽出においてもみられた。第7図には1%カセイソーダ抽出率と同抽出

液中の HCl・HCHO 沈澱物の量を示してある。これらのプレス条件では、1%カセイソーダ抽出液中の HCl・HCHO 沈澱物は0にはなっていない。しかし、原料中では26.8%あった同沈澱物の量が250、10分では16.9%となり約10%ほど減少している。同温度で20及び30分ではそれぞれ14.2及び12.3%で、プレス時間が良くなるほどフェノール性成分が溶出されにくく



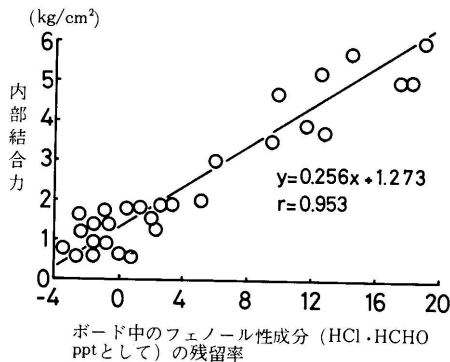
第6図 プレス条件と熱水抽出率・HCl・HCHO ppt の関係



第7図 プレス条件と1%カセイソーダ抽出率・HCl・HCHO ppt の関係

なり、275 で20分ではわずかに7.8%しか溶出されなくなっている。この時の値は原料中の値の約29%である。これらの値はホットプレス後の重量減少を考慮に入れた値であり、また、重量減少の主な原因は、ヘミセルロースなどの低分子量成分の熱分解、あるいは揮発性成分の揮散と考えられ、比較的熱に強いフェノール性成分は、この段階では重量減少の要因としては小さいであろうと思われる。

熱水や1%カセイソーダで抽出されなくなったフェノール性成分は、熱と圧力により化学的变化を起こして、ボード中で接着剤的な役割を果たしているものと思われる。そこで、フェノール性成分の加熱による不溶化率と内部結合力との関係を調べてみた(第8図)。横軸は当初原料中に含まれていた1%カセイソーダ抽出液中のフェノール性成分の量(HCl・HCHO 沈澱物として26.8%)から、ボード中のその値を差引いたものである。両者の間には極めて高い相関性($r=0.953$)が認められた。このことから内部結合力の発揮に対



第8図 フェノール性成分の不溶化率とボード内部結合力の関係

第2表 樹皮の粒度別材質と前処理の効果

粒度	比重	吸水率 (%)	吸水厚膨 (%)	内部結合力 (kg/cm ²)
9mesh on	0.97	15.2	7.0	3.7
16 "	1.02	16.4	6.6	3.8
32 "	0.94	17.9	6.9	4.5
" 1)	0.97	40.7	21.6	2.2
60mesh on	0.97	14.4	8.8	4.8
" 1)	0.95	37.8	24.0	1.8
115mesh on	0.97	22.8	7.8	4.7
250 "	1.01	21.4	6.7	4.6
250mesh pass	1.00	23.4	5.5	10.5

注1) 前処理したもの

〔林産試月報 1982年6月〕

して、フェノール性成分の熱的变化は十分寄与しているものと考えられる。なお、横軸上でマイナスの値があるのは次のような理由による。すなわち、熱水抽出の場合も1%カセイソーダ抽出と同様であるが、樹皮に対して短時間熱が加わると、原料の状態では抽出されなかった成分が、一時的に熱分解して低分子化することにより抽出可能となり、既存の抽出可能なものと合わさって、抽水率が高くなったためである。しかし、さらにプレス時間が良くなると、一度低分子化したものも再度重合し、高分子化することにより抽出されなくなるのである。

このように、タンニンやフェノール酸などのフェノール性成分が熱的变化を受けることにより、接着剤として作用している可能性があることを述べてきた。それではこれらの成分をあらかじめ前処理により取り除いておいた場合、ボードの内部結合力はどうなるであろうか。ボード用原料は前述の如く、多くの粒度成分から成り立っている。各粒度ごとにボードを作り、その内部結合力を測定してみると、第2表に示す如く、最も細かい1250メッシュパスの部分の強度が高い。これは細かい部分にフェノール性成分が多いということではなく、空隙充填性が高いためと思われる。各粒度が混合されている原料樹皮は、前処理により特に細かい部分が、洗浄等の工程で流出して失われる恐れがあり、しかもこの部分は量こそ全体の6.4%であるが、強度が最も高いので、前処理によりフェノール性成分を取り除いた効果と交絡する可能性がある。それで中心的粒度と考えられる16~32, 32~60メッシュの二つの部分について、1%カセイソーダにより抽出を行った。この場合、木材分析法の条件をそのまま当てはめることは不適當と思われたので、液温60~70、液比15(分析条件は煮沸、液比100)で行った。この前処理後の樹皮を再度、木材分析法に従って1%カセイソーダ抽出を行ったところ、第3表に示す如く、1%カセイソーダ抽出率で未処理原料の約1/3、同抽出液中のHCl・HCHO沈澱物の量は1/8~1/7に減っている。したがって、フェノール性成分は完全ではないが、かなり除かれているものと考えられる。この前処理原料

第3表 粒度別及び前処理樹皮中の1%カセイソーダ抽出率とHCl・HCHOppt (%)

粒 度	前 処 理 な し		前 処 理 あ り	
	1%カセイソーダ抽出率	同HCl・HCHOppt	1%カセイソーダ抽出率	同HCl・HCHOppt
9 mesh on	41.6	26.9		
16 "	45.5	27.6		
32 "	45.5	28.1	15.4 (33.8)	4.0 (14.2)
60 "	42.2	25.0	14.0 (33.2)	3.2 (12.8)
115 "	43.9	25.9		

注) () 内の数字は前処理なしのものに対する割合 (%)

からボードを作り (250°C, 10分), 内部結合力などを測定した結果を第2表に示した。表より明らかなように, あらかじめタンニンなどのフェノール性成分を取り除くことにより, 内部結合力は1/2以下に, 吸水率は2倍以上, 吸水による厚さの膨張率で3倍程度の低下が認められた。なお, フェノール性成分の残留量の低下ほど, 内部結合力が低下していないのは, 両者の関係が第8図からも明らかのように, 原点を通る直線関係ではないからである。第3表に示した前処理樹皮中のHCl・HCHO沈澱可能なフェノール性成分が, ホットプレスにより全部ボード中に残留すると仮定して, 第8図に示した両者の関係式に第3表の4.0あるいは3.2という値を代入すれば, その時の内部結合力はそれぞれ2.3および2.1kg/cm²となる。前処理原料中に残っていたフェノール性成分が, 250°Cで10分のホットプレスによりすべてボード中に残留するとは限らないので, その時の内部結合力は前述の計算値以下になるが, いずれにしても実測値に近い値である。

おわりに

バインダーレスボードの強度性能のアップや, 耐水性向上に対して, 樹皮中に含まれているタンニンやフェノール酸などのフェノール性成分の果たす役割りが大きいことがわかった。内部結合力を例にとれば, 5~6kg/cm²という強度は, パーティクルボード製造時に通常のフェノール樹脂接着剤を5~8%程度添加したときの値に匹敵するほど大きい。また, 吸水による厚さの膨張率が3.2%という値は, これまでにほとんど例をみないほど小さな値である。しかし, カラマツは原料樹皮の形状特性が, 必ずしもボード用原料と

して適しているとは言いがたく, その結果, 曲げ強さが良いもので70~80kg/cm²と小さい。したがってこのままの状態で用途を考えることは困難であろうと思われるが, あまり比重を高めないで, 単板等をオーバーすれば構造用の面材としての利用も十分可能と言われているので^{11,12)}, 省資源の見地からも樹皮の有効利用につながるものと考えられる。

文献

- 1) Chang Y.P. and Mitchell R.L. : Tappi, Vol. 38, No.5, 315 (1955)
- 2) FPL-091 : Bark and its possible uses (1971)
- 3) Chow S.Z. and Pickles K.J. : Wood and Fiber, Vol.3, No. 3, 166 (1971)
- 4) Wellons J. D. and Krahmer R. L. : Wood Science, Vol. 6, No. 2, 112 (1973)
- 5) Chow S. Z. : FPJ. Vol. 25, No.11, 32 (1975)
- 6) 窪田 実ほか3名 : 木材学会道支部講演集, No.9, 27 (1977)
- 7) 窪田 実ほか2名 : 木材学会道支部講演集, No.11, 24 (1979)
- 8) 窪田 実ほか2名 : 林産試月報, 346, 1 (1980)
- 9) 齊藤 勝ほか2名 : 木材学会道支部講演集, No.13, 55 (1981)
- 10) 笹谷宜志・関口新造 : 木材学会道支部講演集, No.12, 67 (1980)
- 11) Biblos E. J. and Coleman G. J. ; Forest Industries, No.7, 70 (1974)

12) Biblos E. J. and Coleman G. J. ; Forest Industries, No.3, 72 (1975)

—林産化学部 繊維化学科—
(原稿受理 昭57. 5. 6)

—研究要旨—

カラマツ中小径材の農業用構築物への利用

伊藤 勝彦 小倉 高規*

The Application of Small Larch Logs to Farm Buildings

Katsuhiko ITO Takami OGURA

はじめに

カラマツ材の利用促進は北海道の重要施策となっており、特に、中小径材の用途開発が求められている。

カラマツ中小径材を製材して、建築部材として利用する場合に心持ち材の割合が多くなり、乾燥に伴う割れ、曲がり、ねじれなどの欠点が出やすく、現状では一般建築材として利用されにくい状況にある。このようなカラマツ中小径材を主要部材として使用するために農業用構築物を対象として開発を進めてきた。

対象となる農業分野では畜産部門における畜舎建設費の高騰、鉄骨ブロック造畜舎の結露および畜舎内環境の改善などが問題とされており、畜産関係者の助言を得て、畜舎として実用化に至っている。

なお、本報は日本木材学会北海道支部大会（昭和56年11月、札幌市）で発表したものの要旨である。

構造および施工

この建物は、防腐処理をしたカラマツ丸太を地中に深く埋めて柱とし、それに壁、屋根を取り付けていくもので、小屋組には現場で組み立てが可能な、合板ガセット釘打ち接合トラスを用いた、内部に柱のない建物である。

構造の概要は第1図に示すようなものである。

この構法による建物を農業用PT型ハウスと呼び、農業用建築施設を対象とし、設計標準仕様書が作られている。

建設例

これまで建設されたPT型ハウスを第1表に示す。

PT型ハウスの牛舎を第2図に、乾草舎を第3図に示す。