

木質飼料の製造に関する研究 (第2報)

- 適用樹種の拡大について -

安久津 久 松本 章
吉田 兼之* 斎藤 直人*
葛西 章*

Studies on the Production Wood Roughage by Steaming ()

- A variety of wood species available for roughage -

Hisashi AKUTSU Akira MATSUMOTO
Kaneyuki YOSHIDA Naoto SAITO
Akira KASAI

Experiments were performed to make roughage from various wood species in the steaming process. As raw materials were used 11 hardwood species such as Shirakanba, Mizunara, Buna, etc., and two softwood species, Karamatsu, Todomatsu and Chishimazasa. Steaming was conducted for four different periods of time, that is, 5, 10, 15, and 20 minutes. The steaming pressure varied from 8 to 18 kgf/cm². The wood roughage was evaluated according to the degree of its saccharification in a test tube. The results are summarized as follows:

1. Most hardwood species reached a saccharification ratio of 60 percent. This means that the wood roughage made from them can be regarded as a sufficient energy resource. It also means that those wood species have a high possibility of being available for roughage. On the other hand, experiments with the softwood species produced unfavourable results such as a low degree of saccharification. Therefore some other method of cooking must be found out with the softwood species to make them available for roughage.

2. It was possible, however, to use the softwood species as raw materials for roughage by mixing them with species having a high saccharification degree, and that, in a condition less severe than when the softwood alone was used.

さまざまな樹種を用いて、蒸煮法による木質飼料の製造の可能性を検討した。供試樹種は、シラカンバ、ミズナラ、ブナなど広葉樹11種、針葉樹のカラマツ、トドマツ、及びイネ科のチシマザサである。

蒸煮条件は、蒸煮時間5, 10, 15, 20分、蒸煮圧力は8~18kgf/cm²である。木質飼料の評価には試験管内で行う酵素糖化率を用いた。

その結果、次のようなことが分かった。

- 1) 多くの広葉樹は、目標糖化率である60%に達し、飼料化の可能性が高い。針葉樹は蒸煮法のみでは木質飼料化は難しく、他の方法を検討する必要がある。
- 2) 樹種を混合することによって比較的糖化率の低い樹種でも木質飼料に利用でき、かつ蒸煮条件の緩和も可能となる。

1. はじめに

現在木質飼料に関する研究は、国立林業試験場、畜産試験場、その他の研究機関で行われており、シラカンバについては、飼料化の基本条件は、ほぼ確立されている。しかし、シラカンバだけを原料として行う飼料化は、地域が限定され、原料の安定供給という面からも望ましくない。したがって、他の樹種についても飼料化の可能性を検討し、原料樹種の範囲を広げることが、樹種選別費、輸送コストの低減などローコスト化につながるメリットが考えられる。本研究では北海道産広葉樹を中心に蒸煮条件と糖化率、優良牧草などの糖化率60%を得るための蒸煮条件、混合樹種の飼料化条件などについて検討し飼料化の可能性を考察した。

木質飼料とは、セルロース、ヘミセルロースなどの繊維質含量の大きい粗飼料である。しかし、生の木材は、セルロース、ヘミセルロースがリグニンによって固く覆われている。そのため、これらの炭水化物を分解する酵素（セルラーゼやヘミセルラーゼ）が浸入できず、反すう動物の胃の中ではこれらの炭水化物はほとんど消化されない。しかし、高压で蒸煮するとヘミセルロースの一部が溶脱され、空隙ができ、また、セルロース、リグニンも一部破壊される。このため酵素が浸入しやすくなり、消化（糖化）できるようになる。これが木質飼料である。

タンパク質、ミネラルの成分は、ほとんど含まれていないが、ワラなどに比べると非常にエネルギー価値の高い粗飼料ということができる。

本試験は、第16回日本木材学会北海道支部研究発表会（昭和59年11月、旭川市）で報告したものである。

2. 試験方法

2.1 供試樹種

広葉樹としてシラカンバ、ウダイカンバ、ダケカンバ、シナノキ、ミズナラ、ブナ、イタヤカエデ、ポプ

ラ、北洋カバ、アスペン、ハンノキの11種類、針葉樹としてカラマツ、トドマツを用いた。なお、イネ科のチシマザサについても検討した。

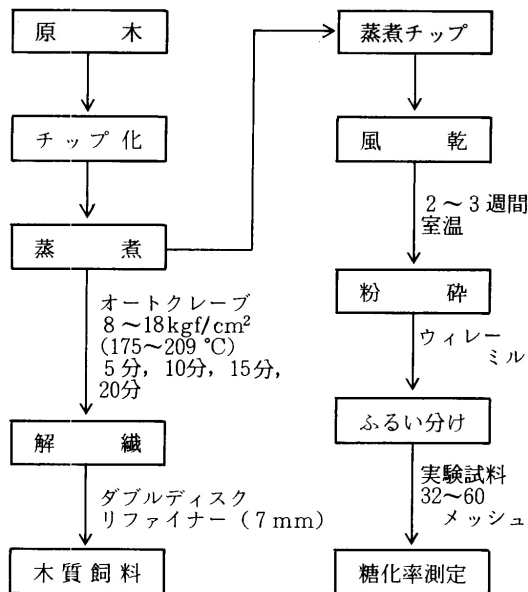
2.2 試料の製造工程

あらかじめ水分調整（約40%）したチップをアスブルンド蒸煮缶または500lオートクレープで蒸煮圧力8～18kgf/cm²（176～209℃）、蒸煮時間5、10、15、20分の条件で蒸煮した。なお、ここでの蒸煮時間は、所定圧力に到達した後の蒸煮時間を意味する。

蒸煮後、室内に2～3週間放置するか、あるいは40℃で1昼夜風乾したチップをウイレーミルで粉碎し、32～60メッシュ粒分を酵素糖化率の測定及び組成分析の試料として用いた（第1図）。

2.3 混合樹種の蒸煮

樹種の混合については、シラカンバと、シナノキ、ミズナラ、カラマツ及びトドマツのいずれか一樹種との混合チップを12kgf/cm²（191℃）、10分、及び18kgf/cm²（209℃）、5分の条件で蒸煮し、糖化率を



第1図 木質飼料製造工程並びに糖化率測定法

測定した。

混合比率はシラカンバ100, 75, 50, 0%に対し、他樹種をそれぞれ0, 25, 50, 75, 100%の5水準とした。

2.4 酵素糖化率の測定

志水ら¹⁾の方法に準拠し、前報²⁾に従って酵素糖化を行った。すなわち約200mgの試料を試験管にとり、酵素(明治製菓株式会社製メイセラゼ)50mgの入ったpH 4.8の酢酸緩衝液10mlをこれに加え、40℃で48時間振とうした。その後1G4ガラスフィルターを用いてろ過、洗浄(蒸留水250ml)し、残さを得た。これを105℃で一昼夜恒量となるまで乾燥した。糖化率は、もとの試料の絶対重量から残さを引いたものを初めの重量で割った値(%)とした。

3. 結果と考察

3.1 原料の成分分析

一般に、針葉樹と広葉樹を比べるとセルロース含有率は大きく、両者とも50~60%の範囲内にある。しかし、針葉樹はリグニンの割合が広葉樹に比べると高く(約30%)、逆に広葉樹ではヘミセルロースの割合が高い(約30%)と言われている。

今回用いた原料の成分分析結果は第1表のようである。栄養源となるホロセルロース量は表から明らかのように針葉樹の約75%に対し、広葉樹は80%以上の高

い値を示している。特に現在、牛の飼養試験に供されているシラカンバ及び道産カンバ類のホロセルロース量は85%以上もあり、潜在的栄養価の高い樹種であることが分かる。

リグニンは、酵素によるホロセルロースの消化の障害となっているものであるが、針葉樹の28~29%に対し、広葉樹は19~25%と少なく、特にカンバ類は19~20%と広葉樹類の中でも最も少ないリグニン含有量であった。

チシマザサについては、ホロセルロース量は75%と針葉樹とほぼ同じ値であったが、リグニン量は24%と広葉樹に近い値を示した。また、チシマザサの溶媒抽出量は針葉樹、広葉樹よりも高い値を示し、特にアルカリ抽出量は木材の14~22%に対し、28%とかなり大きい値を示した。

3.2 蒸煮収率と糖化率

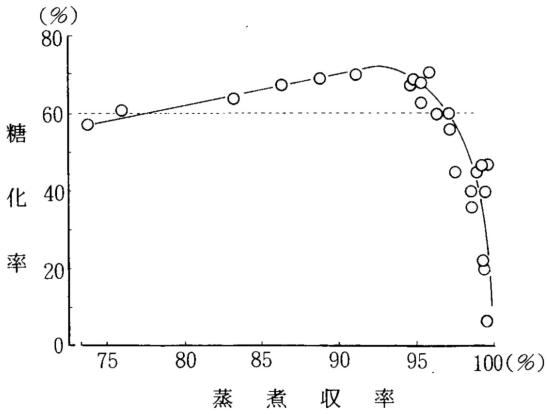
蒸煮条件とチップ収率との関係について検討したが、いずれの樹種も蒸煮条件が強くなるにつれて収率は低下した。これは高温高压の条件下においては、ヘミセルロースの分解が促進され、酢酸、フルフラールなどがパーシ蒸気とともに排出されるためと思われる。

現在、牛の飼養試験に供されているシラカンバ飼料は、11kgf/cm²、20分の条件で蒸煮されているが、この収率は90~92%程度であった。

蒸煮収率と糖化率の関係は樹種によって異なり、蒸

第1表 供試樹種の成分分析値(%)

樹種	溶媒抽出率				リグニン	ホロセルロース
	冷水	熱水	1%アルカリ	アルベン		
シラカンバ	0.6	1.5	18.0	1.6	18.9	86.1
ウダイカンバ	0.3	1.5	16.8	0.7	19.8	85.1
ダケカンバ	0.4	1.8	16.4	1.0	19.4	85.4
ミズナラ	2.5	5.7	19.0	1.6	23.1	82.0
シナノキ	0.7	2.9	21.6	2.6	19.7	83.7
イタヤカエデ	1.4	4.3	16.7	1.8	23.5	84.2
ブナ	0.3	1.4	16.1	0.5	22.8	81.9
ポプラ	1.0	2.4	18.9	1.0	24.5	80.1
トドマツ	0.6	2.8	15.2	1.6	29.2	74.5
カラマツ	1.7	4.1	14.4	1.2	28.1	75.9
チシマザサ	3.2	7.1	27.8	1.2	24.1	75.3
北洋カバ	2.0	1.9	17.6	2.6	19.0	83.6
アスペン	2.0	5.6	20.8	3.2	19.3	83.1
ハンノキ	2.5	2.3	22.0	2.5	21.7	82.5



第2図 各種条件下で蒸煮するときのウダイカンバ木質飼料の収率と糖化率との関係

煮圧力ごとにみた場合、収率90%前後を示した飼料の糖化率が高い。一例としてウダイカンバについて蒸煮収率と糖化率の関係を示した。図より、収率100%（無蒸煮）から収率95%前後までは、収率が下がるとともに急激な糖化率の上昇がみられるが、収率93%前後をピークとして、その後は糖化率は収率の低下に伴って漸減する。シラカンバ、ダケカンバについては、ウダイカンバとほぼ同じ傾向となるが、他の樹

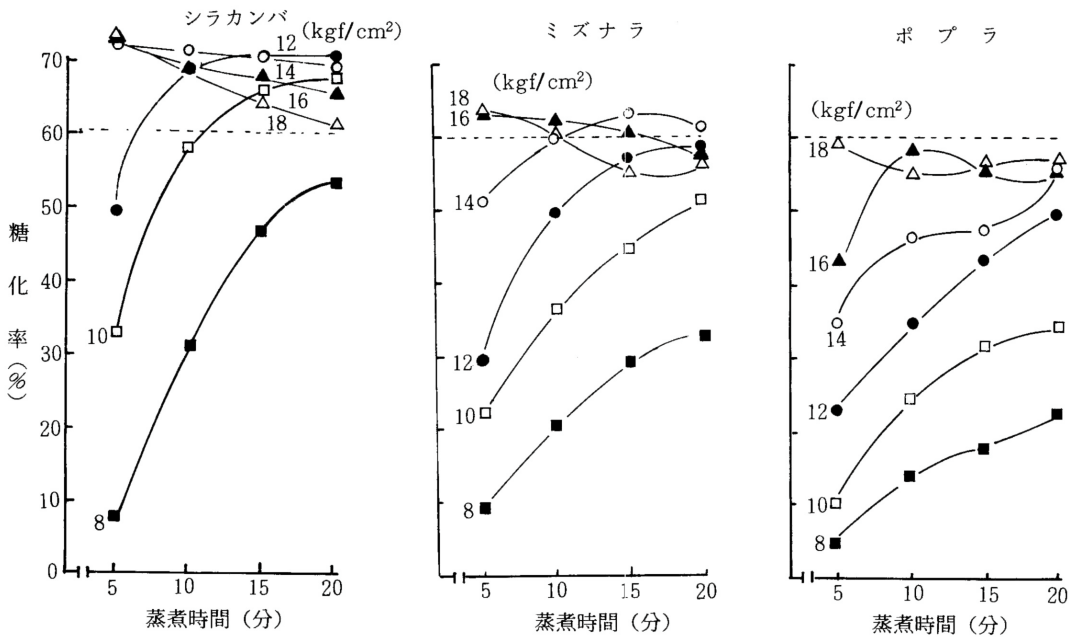
種については、それぞれ異なった傾向を示す。

3.3 蒸煮条件と糖化率

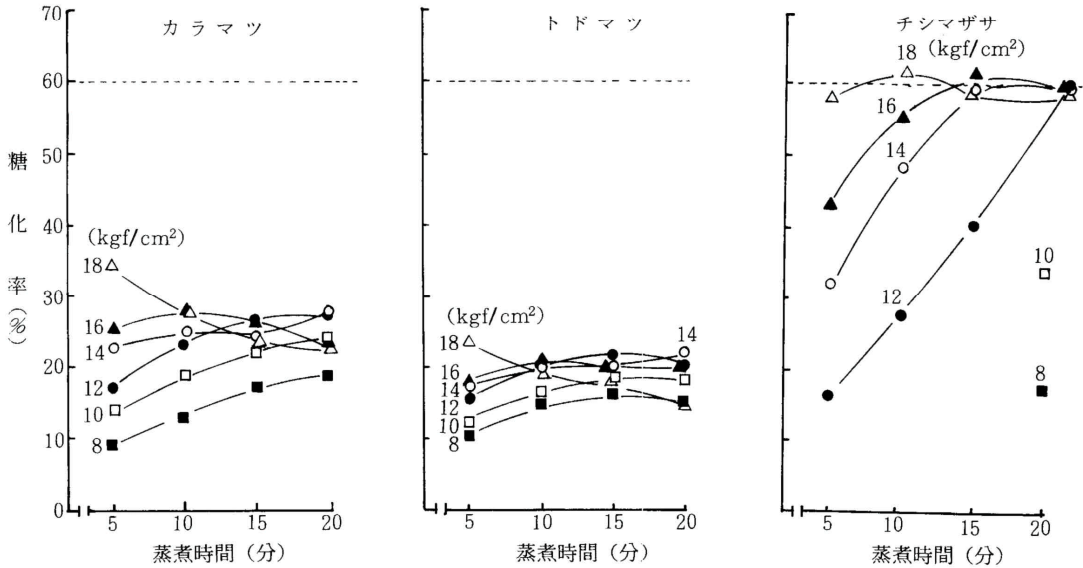
蒸煮条件と糖化率の関係についてシラカンバ、ポプラ、ミズナラ、トドマツ、カラマツ、チシマザサの結果を第3-1, 2図に示した。図に示すとおり、いずれの樹種とも蒸煮圧力14kgf/cm² (197)以上の条件では蒸煮時間が長くなると糖化率は逆に低下する傾向がみられた。ほとんどの樹種で圧力14kgf/cm² (197)では15分、16kgf/cm² (203)では10分、18kgf/cm² (209)では5分という蒸煮条件で糖化率のピークが認められた。このことから、長い時間の蒸煮は糖化率を下げ、かつむだに蒸気を消費するため、飼料製造の上からは好ましくないといえる。

木質飼料の糖化率の目標値を優良牧草なみの60%とすれば、広葉樹についてみると、今回の試験条件の範囲内では、ほぼ全樹種とも60%の糖化率を得ることが可能であった。

チシマザサ及び針葉樹についての蒸煮条件と糖化率の関係は第3-2図に示すとおりである。チシマザサについては広葉樹と同じような傾向を示し糖化率も広葉樹並みに60%に達した。



第3-1図 蒸煮条件と糖化率の関係



第3-2図 蒸煮条件と糖化率の関係

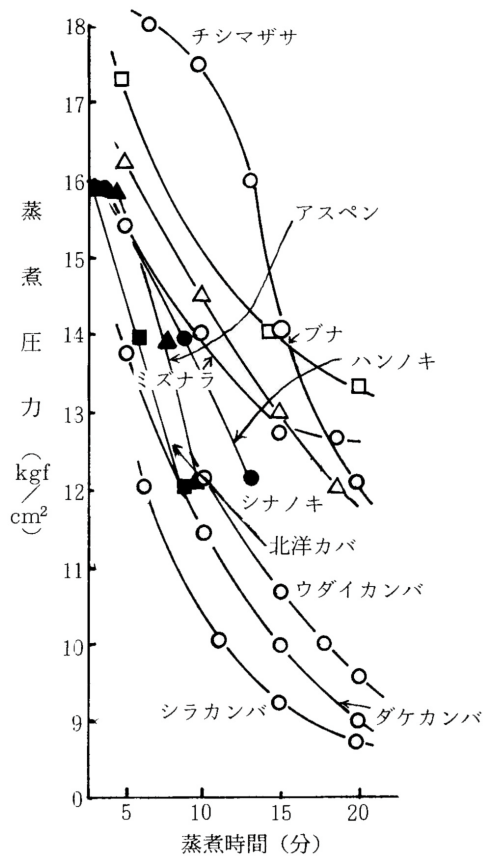
針葉樹については広葉樹と同じように蒸煮圧力14 kgf/cm² (197) 以上では糖化率は蒸煮時間とともに減少する。しかし広葉樹に比べて最大糖化率はかなり低く、カラマツ、トドマツの最大糖化率は、それぞれ18kgf/cm² (209) 5分の条件で34.0% , 23.6% であった。目標糖化率を60%とすれば、針葉樹については蒸煮法のみによる飼料化は難しく、薬品を添加して蒸煮するなどの方法を考える必要があると思われる。

3.4 糖化率60%を得る蒸煮条件

糖化率60%を得るための蒸煮圧力及び蒸煮時間の関係をまとめると第4図のようになる。例えば蒸煮圧力を10kgf/cm² (183) とした場合、シラカンバ13分、ダケカンバ16分、ウダイカンバ18分の蒸煮で糖化率60%のものが得られることが分かる。またグラフの下側にある樹種ほど糖化の容易な樹種であるが、カンバ類以外の樹種でも12kgf/cm² (191) より高い圧力で蒸煮するならば糖化率60%を得ることができる。

3.5 最大糖化率

今回の蒸煮条件で得られた最大糖化率を第2表にまとめた。いずれの樹種も高圧 (18kgf/cm²) , 短時間 (5分ないし10分) の蒸煮で最大糖化率が得られる。供試広葉樹のほぼ全樹種及びチシマザサは60%以上の



第4図 糖化率60%を得るための蒸煮条件

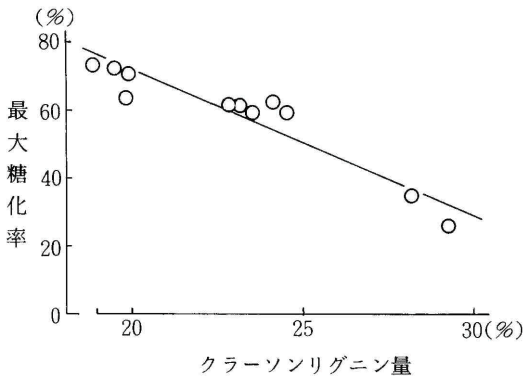
[J. Hokkaido For. Prod. Res. Inst. 413 (6) 1986]

第2表 樹種別最大糖化率と蒸煮条件

樹種	蒸煮条件	糖化率
シラカンバ	18kgf/cm ² , 5分	73.2%
ダケカンバ	"	72.2
ウダイカンバ	"	70.5
シナノキ	"	63.9
ミズナラ	"	63.7
ブナ	"	60.6
イタヤカエデ	"	59.9
ポプラ	"	59.1
北洋カバ	"	67.4
ハンノキ	18kgf/cm ² , 10分	63.4
アスペン	18kgf/cm ² , 5分	67.4
カラマツ	18kgf/cm ² , 5分	34.0
トドマツ	"	23.6
チシマザサ	18kgf/cm ² , 10分	61.9

糖化率が得られた。特に道産のカンバ類は、糖化率70%以上を示し、蒸煮処理によって非常にエネルギー価値の高い飼料になることが分かった。

供試樹種の最大糖化率と原料のクラソンリグニン量について検討した結果を第5図に示す。すなわち最大糖化率はリグニン量の増加と共に低下する傾向がみられ、例えば原料リグニン量を20%, 30%とした場合、最大糖化率はそれぞれ71.1, 29.1%であった。このことから、前述のように樹種によって糖化率に差が生じるのは、リグニン含量の違いが大きく影響しているためと思われる。

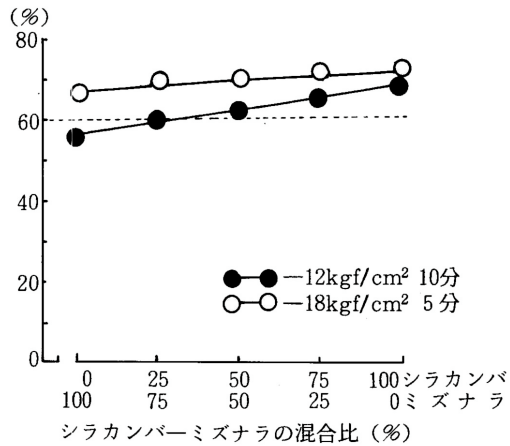
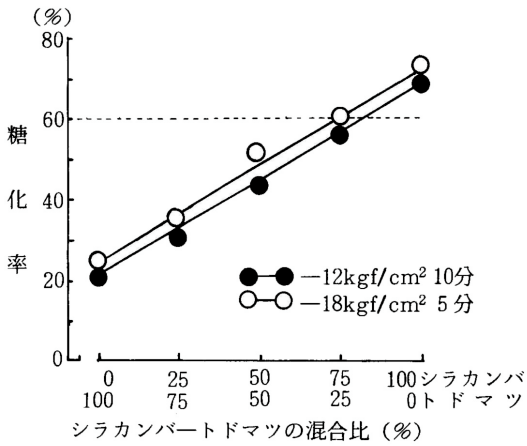


第5図 供試樹種の最大糖化率とリグニン量との関係

3.6 樹種混合

木質飼料の原料として単独樹種ではなく、数種の樹種の混合チップを使う場合も多いと考えられる。したがって混合樹種の糖化率が、単独樹種の糖化率から計算で求めた値と一致するか否かその整合性を検討した。

第6図はシラカンバ-トドマツ及びシラカンバ-ミズナラについて18kgf/cm² (209) 5分及び12kgf/cm² (191) 10分の条件で蒸煮した時の樹種の混合比率の関係を示したものである。図より明らかなようにいずれの樹種とも実測値と計算値は一致し、単独樹種の糖化率と混合比率とから計算で求め得ることが分かった。シラカンバ-トドマツの混合の場合を例にとると、糖化率60%に達する混合比は、18kgf/cm² (209) 5分ではシラカンバ:トドマツ=75:25,



第6図 樹種混合に関する蒸煮条件と糖化率との関係

12kgf/cm²(191)10分の場合シラカンバ:トドマツ=80:20である。

ラカンバ等と混合して使用することも飼料化の一方法と考えられる。

なお、この試験を実施するに当たって、中村繁夫、大宮康則技能員の尽力が大きかったことを付記し謝意を表す。

4. おわりに

飼料化可能樹種拡大を目的として、種々検討の結果次のことが明らかとなった。

1) 広葉樹については、供試したほぼ全樹種で糖化率60%を得ることができた。その中でもシラカンバを中心としたカンバ類は、比較的條件の緩和な12kgf/cm²(191)以下でも飼料化は可能であった。この外の広葉樹では14kgf/cm²(197)以上の圧力が必要であった。

2) 最大糖化率と原料のリグニン量との関係を見るとリグニン量の多い樹種ほど最大糖化率は低く、逆にホロセルロースの多い樹種ほど最大糖化率は高かった。

3) 混合樹種の糖化率は、その混合比率が分かれば単一樹種の糖化率から計算で求めることができる。また、針葉樹のように糖化率の上がりにくい樹種は、シ

文 献

- 1) 須藤賢一, 松村義人, 志水一允: 木材学会誌 22, 670 (1976)
- 2) 斎藤直人ほか3名: 林産試月報, 410, 7 (1986)

- 林産化学部 繊維化学科 -
- *試験部 繊維板試験科 -
(原稿受理 昭61.4.16)