



Title	広葉樹樹皮の利用に関する基礎研究
Author(s)	川瀬, 清; KAWASE, Kiyoshi; 鈴木, 誠 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 25(1), 211-234
Issue Date	1967-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20852
Type	departmental bulletin paper
File Information	25(1)_P211-234.pdf



広葉樹樹皮の利用に関する基礎研究

川瀬 清* 鈴木 誠**

Fundamental Studies on the Utilization
of Hardwood Barks

By

Kiyoshi KAWASE and Makoto SUZUKI

目 次

はじめに	211
1. 試 料	212
a. 分析用試料	213
b. 繊維観察用の試料	213
c. シラカンバ材との混煮試料	215
d. パルプ化試験用シナノキ樹皮	215
2. 実験方法	215
a. 成分分析と顕微鏡による観察	215
b. シラカンバ材との混煮	215
c. シナノキ樹皮のパルプ化	216
3. 結果と考察	216
a. 成分組成	216
b. 繊維と繊維長	216
c. 樹皮混入のパルプへの影響	223
d. シナノキ内皮のパルプ	227
おわりに	227
参考文献	228
Summary	232

はじめに

わが国における樹皮利用の歴史はふるく、それは和紙への利用の歴史でもある。したがって利用の対象となったものはコウゾ、ミツマタ、ガンピといった小木の優良靱皮繊維と、これにつぐクワノキなどの樹皮であって、1950年以前に国内文献で扱っているものは、

* 北海道大学農学部演習林助教授 農学博士

** 河合楽器製作所(当時北海道大学農学部林産学科 学生)

ほとんどがこれである。

木材パルプ工業の発展するにともなって、調木のさいに除かれる樹皮が年々多量に産出されるにいたり、さらには世界的に木材の不足が目立ってくるにおよんで、いままで工業資源として取扱われていなかった樹皮の利用に対する関心が、北アメリカや北部ヨーロッパの国々の間に急速に高まり、樹皮の研究が行なわれるようになった。1956~7年、それまでの樹皮に関する文献を MARIAN と WISSING^{49)~56)} が利用の立場からひろく集録したのがきっかけとなって、樹皮の利用に関する報告が目立っておおくなっている。とくにタンニンなどのようなこれまで利用の対象となっていた抽出物のほかに、新たに数おおくの抽出成分が研究され、工業的に生産されている例もある。しかし今日までの樹皮利用は量的にみてほとんどが燃料としてであって、これに関する研究や特許はおおくみられる。一方樹皮の利用方法としては土壌改良剤や根囲い、しきわらなどの農業用や、繊維板原料、プラスチックの補強剤、循環泥水への利用、マッシュルームの培養などきわめて多方面にわたっていて、これらについては PEARL と ROWNE⁷⁸⁾ や BROWNING¹⁰⁾ などのくわしい解説がある。最近 SRIVASTAVA⁹³⁾ は樹皮中のリグニン分布を組織化学的に研究し、針葉樹 22、広葉樹 74 種類について報告している。また針葉樹皮の組織については島地⁸⁷⁾、重松^{83~86)} の報告があるが、組織に関する研究もきわめてすくない。北海道においてはパルプ工場から出るきわめて安価な樹皮を原料として、北海道林業 KK が旭川市において樹皮のみの繊維板やオガタンの製造を行なっている例がある。

さて筆者らの行なった研究では、まず北海道産広葉樹樹皮の中に、和紙の原料となるような良質の靱皮繊維があるかどうかを検索し、とくに北海道における蓄積がおおく、剥皮が容易で、ふるくから補助紙料として考えられていたシナノキ内皮については、くわしく検討した。つぎに小径木の調木に当っては、剥皮がとくに困難なので、剥皮しないでチップ化した場合、混入した樹皮がパルプに対してどのように影響するかを樹種別に検討した。チップ中に混入する樹皮がパルプの性質にどのように影響するかの研究は、NSSCP⁸⁰⁾ KP^{43), 59), 78)}、SP^{5), 35), 40)} などについてすでに行なわれているので、筆者らの結果と、これらの既往の結果を比較検討することも合わせて行なった。

1. 試 料

供試木は北海道大学苫小牧地方演習林で1965年6月24日伐採した。供試木には胸高直径10 cm内外のものをえらび、胸高部分をはさんで1.5 mの長さに玉切り、全生材重量、剥皮後の樹皮および材の重量を測定後、一部をとって樹皮および材部の水分を測定した。実験に用いた樹種はつぎの14種類である。

ケヤマハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i> TURCZ.
シラカンバ	<i>Betula platyphylla</i> SUKATCH. var. <i>japonica</i> HARA
サワシバ	<i>Carpinus cordata</i> BL.
アサダ	<i>Ostrya japonica</i> SARG.
ミズナラ	<i>Quercus mongolica</i> FISCH. var. <i>grosseserrata</i> REHD. et WILS.
ハルニレ	<i>Ulmus Davidiana</i> PLANCH. var. <i>japonica</i> NAKAI
ヤマグワ	<i>Morus bombycis</i> KOIDZ.
カツラ	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> SIEB. et ZUCC.
ホウノキ	<i>Magnolia obovata</i> THUNB.
キハダ	<i>Phellodendron amurense</i> RUPR.
イタヤカエデ	<i>Acer Mono</i> MAXIM.
ヤマモミジ	<i>Acer palmatum</i> THUNB. var. <i>Matsumurae</i> MAKINO
ヤチダモ	<i>Fraxinus mandshurica</i> RUPR. var. <i>japonica</i> MAXIM.
シナノキ	<i>Tilia japonica</i> SIMONKAI

供試木の樹高、胸高直径、樹齡、水分および皮付丸太の絶乾重量に対する樹皮の割合(樹皮率とする)を示すと、第1表のようである。樹高は5.9~12.7 m、胸高直径は7.7~13.0 cm、樹齡は21~72年で、ハルニレのみが72年ととびぬけて高かった。水分は樹皮21~51%で20%台はアサダ、ヤマグワ、カツラ、ヤマモミジの4種、残りのほとんどは30~50%の間で、ホウノキが最高の51%であった。樹皮の水分は材に近いもののおおいが、材より高いものにミズナラ、ハルニレ、ホウノキ、イタヤカエデ、シナノキ、の5種類があった。樹皮率は10~21%、平均14%であった。

a. 分析用試料

樹皮を丸鋸で2 cm 平方の大きさに切断し、小刀を用いて内皮を分離した。内皮の重量の全樹皮重量に対する割合を測定したものを第1表にのせてある。ケヤマハンノキ、ホウノキ、ヤマモミジは外皮がきわめてうすく、かつ境界が不明瞭なものもあったので分離が困難であったから、内外皮の比率は求められなかったが、外部をけずりとったものを内皮として実験に用いた。内皮はWiley millにかけて粉碎し、40~60 moshをホロセルローズ、1% NaOH抽出物、リグニンおよびペントサンの定量に、60~100 moshを灰分およびアルコール・ベンゼン抽出物の定量に用いた。なお樹皮はハンノキ、シラカンバのようにサラサラした粉末のものもあり、またハルニレ、ホウノキ、シナノキのように粉碎すると粉末と毛状の部分に分離するものがあり、後者のタイプはふるい分けした試料の状態が前者とかなりことなっていた。

b. 繊維観察用の試料

内皮を縦に小割りしてマッチの軸状の細片をつくり、これを熱水で処理後、SCHULZE氏液を加えて40~50°Cで32時間処理し、半透明となったときよく水洗し、試験管を振っ

第1表 供試木
Table 1. Sample trees

樹種 Wood species	剥皮可能期間 ⁶⁵⁾ Period able to peel	樹高 Height of tree (m)	胸高直径 Diameter at breast height (cm)	樹齡 Age (year)	水分 Moisture		樹皮率 Bark Wood with bark (%)	内外皮率 Inner bark Total bark (%)
					樹皮 Bark (%)	材 Wood (%)		
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	Apr. 30~Aug. 30	11.6	11.5	31	40	47	10	内外の境界不鮮明
シラカンバ <i>Betula platphylla</i> var. <i>japonica</i>	" ~ "	10.2	10.5	21	33	37	12	86
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	May 10~Aug. 30	7.0	9.0	28	34	37	10	52
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	Apr. 30~Aug. 15	9.5	9.5	37	22	41	13	50
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	Apr. 25~Aug. 30	7.0	9.5	23	40	37	13	48
ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> var. <i>japonica</i>	Apr. 20~Aug. 10	10.6	9.7	72	45	40	11	73
ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>	Mar. 20~Sep. 10	8.7	7.7	37	29	43	16	53
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	Apr. 15~Aug. 30	9.7	9.5	40	21	43	15	53
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>	Apr. 20~Aug. 20	11.7	9.5	26	51	46	13	内外の境界不鮮明
キハダ <i>Phellodendron amurense</i>	Apr. 20~Aug. 30	11.9	13.0	39	38	41	15	45
イタヤカエデ <i>Acer Mono</i>	" ~ "	11.0	8.0	26	36	33	13	70
ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>Matsumurae</i>	Apr. 20~Aug. 20	5.9	8.0	41	27	33	11	内外の境界鮮明 なるも剥離困難
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	May 10~Aug. 30	10.6	12.5	27	44	40	21*	75
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	Apr. 30~Aug. 30	12.7	9.0	25	47	47	16	82
平均 Average		9.9	9.8	34	36	40	14	62

* 測定に失敗したため直径10cmの材3本について測定した値の平均を用いた。

て解離するか、やや困難なものは1G4のグラスフィルターに移し、ガラス棒の先で軽くつぶして解離させた。

c. シラカンバ材との混煮試料

シラカンバ材は苫小牧地方演習林の樹高11.6mのもので、剥皮後チップーにかけ、長さ12mmのチップをつくり、スクリーンにかけてから、さらに節その他の不純物を取除いたものを用いた。混煮用樹皮は内皮、外皮に分けないで、全樹皮を3cm平方の大きさに切断したものを用いた。

d. パルプ化試験用シナノキ樹皮

苫小牧地方演習林において1964年11月シナノキ樹皮を伐木現場ではぎとった。これの外層部をナタでけずりとってから、丸鋸を用いて3cmの長さに切断したものをパルプ化用樹皮チップとした。一方、マッチの軸状に割ったものを亜塩素酸ソーダで処理してから、1G4のグラスフィルター中でガラス棒で押しつぶして繊維を離解し、繊維長の測定に用いた。さらに丸鋸による切断のさいに生じたノコクズをふるい分けして40~60メッシュをホロセルロース用に、60~100メッシュをその他の成分分析用とした。

2. 実験方法

a. 成分分析と顕微鏡による観察

分析は木材分析法に従って行なった。灰分はルツボを用いて完全に灰化後、秤量ビンに入れて105°Cで30分間加熱、デシケーター中で30分間冷却後、デシケーターから取出してから5分目に秤量した。アルコール・ベンゼン抽出物はソックスレー抽出器を用い、アルコール・ベンゼン1:2の混液を用いて8時間抽出した。ホロセルロースは亜塩素酸ソーダ法で3回脱リグニンしてから、リグニンと灰分を補正した。顕微鏡による観察にはニコンS-Ke型顕微鏡写真撮影装置を用い、40倍で観察し、写真をとった。

b. シラカンバ材との混煮

樹皮率15%の混合チップ、すなわちシラカンバ材チップ85、樹皮チップ15の割合の試料を絶乾400g相当量とり、4ℓのオートクレーブを用いて活性アルカリ25%、硫化度25%、液比4で170°C、60分間(170°Cまで上昇に60分間)で蒸解し、冷却後パルプをサラシの袋の中に入れて洗滌してから脱水し、水分含有率をもとめて収量を測定した。このパルプを王研式ラバス型ピーターにかけて、フリーネス400ml内外のパルプをつくり、TAPPI Standardシートマンソンを用いて手すき紙葉をつくり、HUNTER式比色光度計を用いて白色度を、MULLEN式破裂度試験機を用いて破裂度、ELMENDORF式引裂試験機を用いて引裂度、SCHOPPER型抗張力試験機を用いて抗張力を測定し、裂断長としてあらわした。

c. シナノキ樹皮のパルプ化

絶乾 600 g 相当量のチップを 4ℓ のオートクレーブにとり、カセイソーダを絶乾チップに対しそれぞれ 15%, 30%, 炭酸ソーダを 15% 加え、液比 5 で 2 時間ボイルする方法と、絶乾チップに対し亜硫酸ソーダ 6% と重曹 3% を加え、それぞれ 150°C および 165°C で 30 分間蒸解した。えられたパルプを水洗し、中性亜硫酸ソーダ法によるもののみはあらかじめ 0.1 mm のクリヤランスでデスクリファイナーにかけて解繊してから、他は直ちにランペンミルに 5 分間かけて叩解処理したもから前記同様の方法で手すき紙葉を調製して紙力試験に供した。なお比較参考のためシラカンバ材とササを同様蒸解した。

3. 結果と考察

a. 成分組成

内皮の成分組成を示すと第 2 表のようである。またパルプ化に用いたシナノキ内皮の成分組成は第 3 表のようである。さらに参考のために材の成分組成⁴¹⁾を附表 1 に示した。これによると樹皮は木材とことなり、それぞれの成分が樹種によって大きくことなっている。また灰分と抽出物の量は木材にくらべておおく、ホロセルロースはすくない。またペントサンとリグニンは木材の場合とほとんどことならない。それぞれの成分についてみると、灰分は 2.4~13.0%, 平均 6.3% で木材の 0.23~0.91%, 平均 0.54% にくらべて 11 倍に達している。抽出物のうち 1% カセイソーダ抽出物は 15.4~46.6%, 平均 29.7% で木材の 14.7~27.6%, 平均 18.8% にくらべて 1.6 倍となっている。アルコール・ベンゼン抽出物は 2.6~22.3%, 平均 10.3% で木材の 0.7~8.6%, 平均 2.3% の約 4 倍となっている。また冷水抽出物は濾過困難のため測定できないものがおおかった。温水抽出物は第 3 表シナノキ樹皮の 22.0% やシラカンバ内皮の 18.5% の例でわかるように、他の抽出物と同様木材よりもおおいことがうかがわれる。つぎにホロセルロースは 31.6~79.8%, 平均 55.2% で木材の 72.1~82.8%, 平均 73.6% にくらべて低く、とくにケヤマハンノキの 31.6% はきわめて低い。これは抽出物とリグニンがおおいことと共にケヤマハンノキの特色である。ペントサンは 11.7~20.8%, 平均 17.6% で、木材の 19.6~25.8%, 平均 20.2% とくらべてやや低いが大差なく、リグニンは 15.0~34.8%, 平均 22.7% で、木材の 16.5~23.8%, 平均 19.1% にくらべてやや高いが、平均値は木材と大差ないといえる。これらの成分組成に関する値は既往の報告^{12), 40), 41), 59)}ともほぼ一致している。

b. 繊維と繊維長

内皮を SCHULZE 液で分解したものの顕微鏡写真と繊維長の分布を平均繊維長の大きなものから順にならべて示すと、カツラ (第 1 図, 第 2 図), シナノキ (第 3 図, 第 4 図), ホウノキ (第 5 図, 第 6 図), ハルニレ (第 7 図, 第 8 図), ヤマモミジ (第 9 図, 第 10 図),

第2表 内皮の成分組成

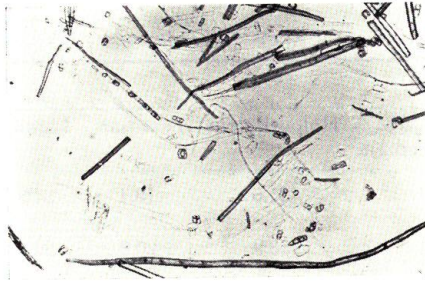
Table 2. Chemical composition of the inner barks of 14 kinds of hardwoods (%)

樹種 Wood species	灰分 Ash	抽出物 Solubility in			ホロセルロース Holocellulose	ペントサン Pentosan	リグニン Lignin
		1% NaOH	アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene				
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirusuta</i>	3.9	46.5	20.0		31.6	18.4	34.8
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	2.4	23.6	2.6		58.9	20.8	33.4
サワソバ <i>Carpinus cordata</i>	9.0	15.4	7.7		46.0	16.9	25.5
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	4.2	21.3	7.4		57.9	19.4	28.2
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	8.1	33.1	12.8		46.4	16.3	19.2
ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> var. <i>japonica</i>	6.0	15.9	6.1		69.5	11.7	15.0
ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>	13.0	36.2	7.8		51.6	17.6	24.6
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	6.4	24.4	8.3		56.7	17.6	23.2
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>	4.4	38.0	22.3		46.4	17.4	19.9
キハダ <i>Phellodendron amurense</i>	7.3	46.6	12.6		51.6	17.9	18.4
イタヤカエデ <i>Acer Mono</i>	8.6	25.7	4.1		54.5	19.7	26.3
ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>Matsumurae</i>	8.6	22.9	9.3		79.8	16.3	16.4
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	3.3	32.2	11.4		65.9	18.7	15.8
ヤチダモ <i>Fracinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	3.0	34.2	12.1		56.6	17.6	17.1
平均 Average	6.3	29.7	10.3		55.2	17.6	22.7

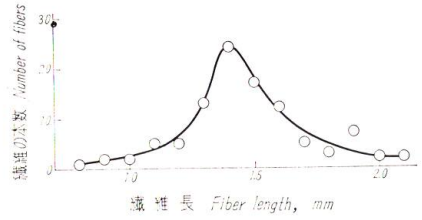
第3表 パルプ化に用いたシナノキ内皮の成分組成

Table 3. Chemical composition of basswood inner bark for pulp (%)

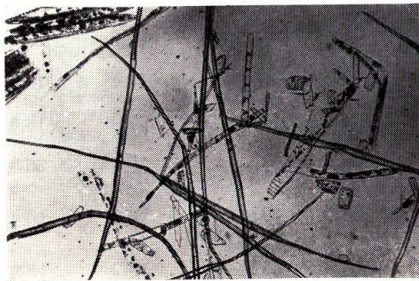
灰分 Ash	3.3
抽出物 Solubility in	
アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	15.7
温水 Hot water	22.0
1% NaOH	52.6
ホロセルロース Holocellulose	65.9
ホロセルロース中のペントサン Pentosan in holocellulose	23.4
ペントサン Pentosan	17.7
α-セルロース α-Cellulose	45.8
リグニン Lignin	13.4



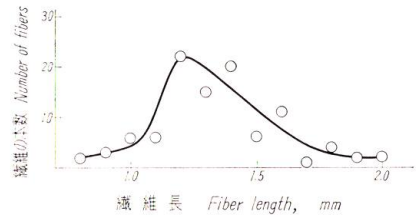
第1図 カツラ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 1. Fiber of the inner bark of *Cercidiphyllum japonicum* (×37)



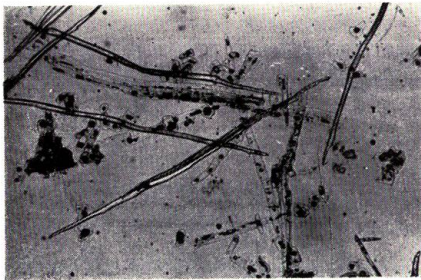
第2図 カツラ内皮の繊維長分布
 Fig. 2. Fiber length distribution of the inner bark of *Cercidiphyllum japonicum*



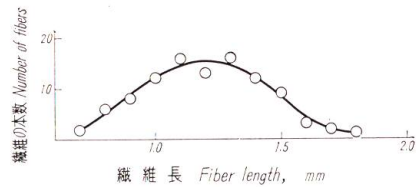
第3図 シナノキ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 3. Fiber of the inner bark of *Tilia japonica* (×37)



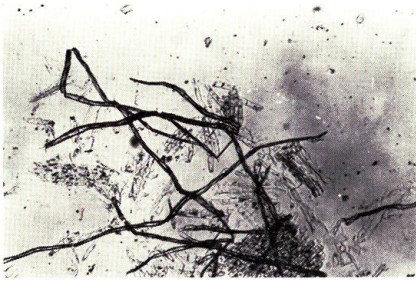
第4図 シナノキ内皮の繊維長分布
 Fig. 4. Fiber length distribution of the inner bark of *Tilia japonica*



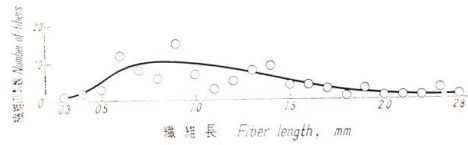
第5図 ホウノキ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 5. Fiber of the inner bark of *Magnolia obovata* (×37)



第6図 ホウノキ内皮の繊維長分布
 Fig. 6. Fiber length distribution of the inner bark of *Magnolia obovata*



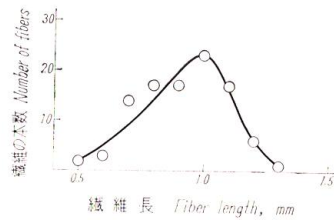
第7図 ハルニレ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 7. Fiber of the inner bark of *Ulmus Davidiana* var. *japonica* (×37)



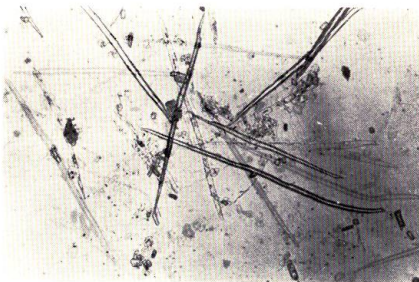
第8図 ハルニレ内皮の繊維長分布
 Fig. 8. Fiber length distribution of the inner bark of *Ulmus Davidiana* var. *japonica*



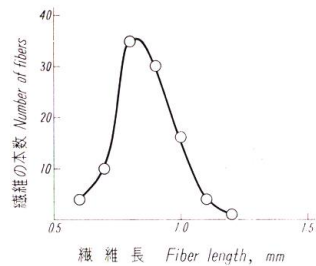
第9図 ヤマモミジ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 9. Fiber of the inner bark of *Acer palmatum* var. *Matsumurae* (×37)



第10図 ヤマモミジ内皮の繊維長分布
 Fig. 10. Fiber length distribution of the inner bark of *Acer palmatum* var. *Matsumurae*



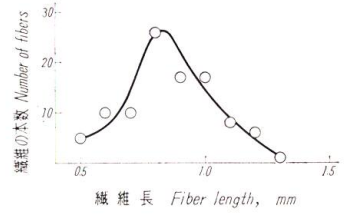
第11図 アサダ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 11. Fiber of the inner bark of *Ostrya japonica* (×37)



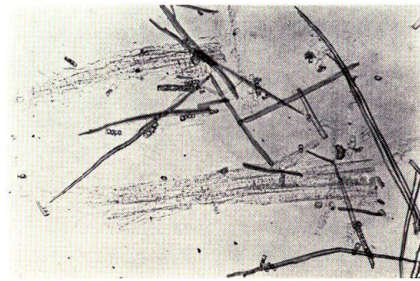
第12図 アサダ内皮の繊維長分布
 Fig. 12. Fiber length distribution of the inner bark of *Ostrya japonica*



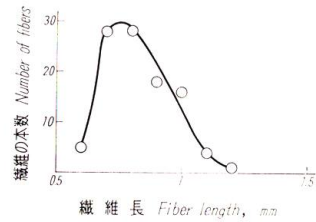
第13図 ヤチダモ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 13. Fiber of the inner bark of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* (×37)



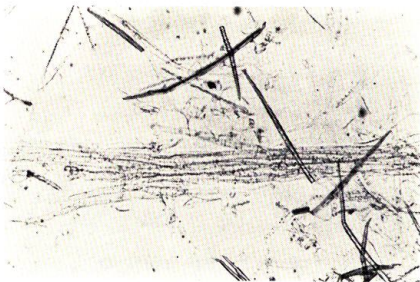
第14図 ヤチダモ内皮の繊維長分布
 Fig. 14. Fiber length distribution of the inner bark of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*



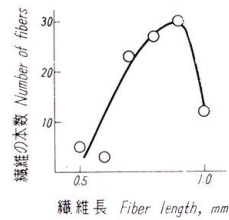
第15図 ミズナラ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 15. Fiber of the inner bark of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* (×37)



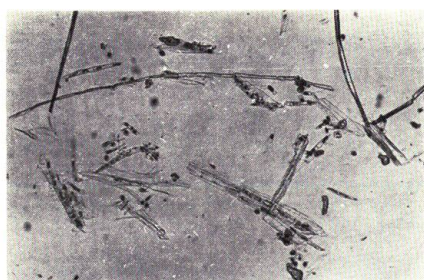
第16図 ミズナラ内皮の繊維長分布
 Fig. 16. Fiber length distribution of the inner bark of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*



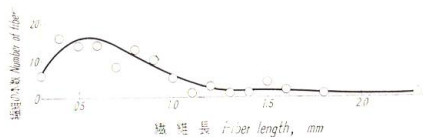
第17図 キハダ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 17. Fiber of the inner bark of *Phellodendron amurense* (×37)



第18図 キハダ内皮の繊維長分布
 Fig. 18. Fiber length distribution of the inner bark of *Phellodendron amurense*



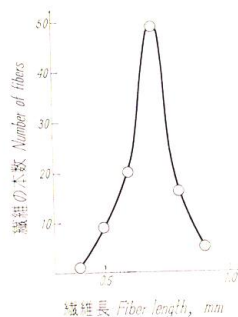
第19図 ヤマヅ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 19. Fiber of the inner bark of *Morus bombycis* (×37)



第20図 ヤマヅ内皮の繊維長分布
 Fig. 20. Fiber length distribution of the inner bark of *Morus bombycis*



第21図 サワシバ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 21. Fiber of the inner bark of *Carpinus cordata* (×37)



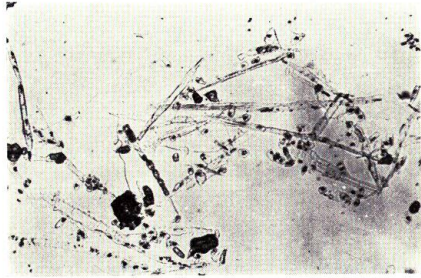
第22図 サワシバ内皮の繊維長分布
 Fig. 22. Fiber length distribution of the inner bark of *Carpinus cordata*



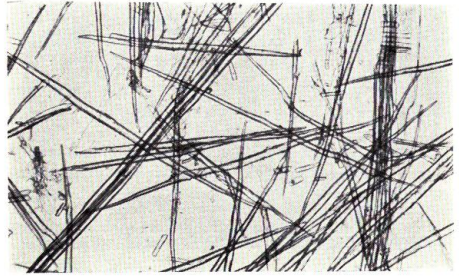
第23図 イタヤカエデ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 23. Fiber of the inner bark of *Acer Mono* (×37)



第24図 シラカンパ内皮繊維の顕微鏡写真
 Fig. 24. Fiber of the inner bark of *Betula platyphylla* var. *japonica* (×37)



第25図 ケヤマハンノキ内皮繊維の顕微鏡写真

Fig. 25. Fiber of the inner bark of *Alnus hirsuta* (×37)

第26図 シラカンバ材繊維の顕微鏡写真

Fig. 26. Fiber of the wood of *Betula platyphylla* var. *japonica* (×37)

第4表 内皮の繊維長

Table 4. Fiber length of inner barks (mm)

樹種 Wood species	最大 Maximum	最小 Minimum	平均 Average
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	2.1	0.8	1.47
ツナノキ <i>Tilia japonica</i>	2.0	0.8	1.34
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>	1.8	0.7	1.20
ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> var. <i>japonica</i>	2.8 (繊維の折れたものがおおい)	0.3	1.14
ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>Matsumurae</i>	1.3	0.5	0.92
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	1.2	0.6	0.86
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	1.4	0.5	0.86
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	1.2	0.6	0.83
キハダ <i>Phellodendron amurense</i>	1.4	0.5	0.81
ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>	2.3 (繊維の折れたものがおおい)	0.3	0.74
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	0.9	0.4	0.69
イタヤカエデ <i>Acer Mono</i>	繊維が非常にすくない		
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	"		
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	"		
平均 Average	2.3	0.3	0.99

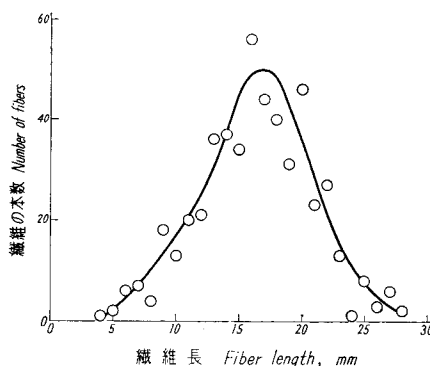
アサダ (第 11 図, 第 12 図), ヤチダモ (第 13 図, 第 14 図), ミズナラ (第 15 図, 第 16 図), キハダ (第 17 図, 第 18 図), ヤマグワ (第 19 図, 第 20 図), サワシバ (第 21 図, 第 22 図), イタヤカエデ (第 23 図), シラカンバ (第 24 図), ケヤマハンノキ (第 25 図) のようである。またこれらを総合したものは第 4 表のようである。

繊維の種類や形は木材の場合にくらべてきわめて複雑で、折損、切断、ねじれなどによる変形が目立ち、ハルニレやヤマグワは一応繊維長を測定したが、参考程度のものである。測定できたものについてみると、最大 2.3 mm, 最小 0.3 mm, 平均 0.99 mm となっている。細胞膜の厚さは測定できなかったが、一般にうすいことが顕微鏡の観察でうかがわれた。総括的にみると、ケヤマハンノキとシラカンバ内皮にはパルプとして利用できる繊維状の細胞はきわめてすくなく、ヤマグワやイタヤカエデ内皮には繊維状以外の細胞が目立ち、カツラなど 10 種類の内皮には繊維状細胞がおおかった。繊維長の分布をみると、広範囲に分布するものにハルニレ、ヤマグワ、カツラ、シナノキ、ホウノキの内皮があり、小範囲にかたまっているものに、サワシバ、キハダ、ミズナラ、アサダ、ヤチダモ、ヤマモミジの内皮がある。ハルニレとヤマグワに長繊維がみられるが、平均繊維長は小さく、かつ分布が不規則であるのは、長繊維が切断されたためと思われる。

つぎにパルプ化に用いた別のシナノキ内皮の繊維を NaClO_2 によって離解し、500 本の繊維長を測定したものは第 27 図のようであって、SCHULZE 氏液による解繊の場合よりも損傷がすくなかった。繊維長が前記シナノキ内皮のそれよりもやや大きいのは、そのためとも考えることができよう。

c. 樹皮混入のパルプへの影響

実験に用いた 14 種類の丸太の樹皮率 (皮付丸太の絶乾重量に対す樹皮の絶乾重量の割合) はシナノキの 21% からケヤマハンノキの 10%, 平均 14% である。丸太の樹皮率は直径の小さいものほど高く、たとえばシナノキについてみると、直径 4 cm の場合 42% と高く、直径 10 cm では 21% となっている。体積率については測定した結果⁷¹⁾もあるが、筆者の測定では直径 4 cm の場合 29%, 直径 10 cm の場合 17% となっている。したがって、直径 10 cm 内外の小径木をパルプ化する場合は樹皮率 15% とみて大差ないことを考え、かつ 15~16% の樹皮率についてのパルプ化試験の例^{8), 43), 59)}もみられるので、これを用いた。シラカンバ材に 15% の樹皮を混入し



第 27 図 シナノキ内皮の繊維長分布 (NaClO_2 による解繊)

Fig. 27. Fiber length distribution of the inner bark of *Tilia japonica* (Defibrated with NaClO_2)

て行なった試験の結果をまとめると第5表のようである。これによると、

収量：樹皮を混入した場合のパルプ収量は37~42%，平均40%で標準シラカンバ材パルプ収量の41%よりやや低い。これは一般に樹皮にはアルカリ可溶性の成分が木材にくらべて多量に含まれていることから理解できる。

白色度：樹皮を混入したパルプの白色度は18~29%，平均24%で、標準シラカンバ材の28%よりかなり低くなっている。樹皮混入によって白色度の高くなったものはホウノキの29%のみで、これは樹皮全体の色が比較的明るいことから理解できる。この紙葉は肉眼による観察でも標準シラカンバ材紙葉にくらべてやや白いと判定できた。つぎに樹皮の混入によって白色度が低下したものを低下度合の少ない順に説明すると、ヤマモミ

第5表 シラカンバ材の15%樹皮混煮試験成績

Table 5. Effect of barks on the pulp properties of birch wood (bark : wood=15 : 85)

樹皮の種類 Kind of bark added	パルプ収量 pulp yield (%)	C.S. フリーネス C.S. Freeness (mℓ)	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	41	413	18	6.9	5.4	101
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	40	348	23	6.9	5.6	78
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	39	363	23	6.9	4.8	88
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	41	340	24	5.9	4.4	82
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	40	397	20	6.8	4.5	86
ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> var. <i>japonica</i>	40	412	23	6.5	4.2	78
ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>	42	300	25	6.7	4.6	85
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	39	357	23	6.0	4.2	74
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>	39	406	29	6.3	4.7	80
キハダ <i>Phellodendron amurense</i>	37	352	26	7.1	4.5	70
イタヤカエデ <i>Acer Mono</i>	41	367	25	5.8	4.0	81
ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>Matsumurae</i>	40	370	26	6.9	4.5	78
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	40	377	24	8.0	5.5	94
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	40	381	25	6.6	4.7	83
Average	40	370	24	6.7	4.7	83
シラカンバ材 Birch wood alone	41	412	28	6.4	4.5	91

シラカンバ樹皮混入紙葉の白色度は26%で標準シラカンバ材紙葉と肉眼的にはほとんど同じ程度である。キハダ樹皮混入紙葉の白色度もヤマモミジと同じ26%であるけれども、紙葉の全面にわたって最大0.5×0.5 mm内外の不定形黒灰色の斑点を多数生じ、外観をいちじるしくそこなっていて、肉眼的には樹皮混入の影響がはっきり判断できた。イタヤカエデ樹皮混入紙葉の白色度は25%であるが、肉眼的には標準シラカンバ材紙葉との差を判定することはできない程度であった。ヤマグワおよびヤチダモ樹皮混入の場合も白色度が25%で、前者はやや赤味をおび、黒色の斑点がともに散在する。

つぎにシナノキ、アサダ、カツラの樹皮を混入した紙葉の白色度はそれぞれ24, 24, 23%で、この順序にわずかず次第に低下していることが肉眼的に観察できるが、散在する黒灰色の斑点が、カツラの場合に目立っている。シラカンバ、サワシバ、ハルニレの樹皮を混入した紙葉の白色度はいずれも23%でカツラと差がないが、いずれも黒灰色の斑点が目立たないところがカツラとことなっている。また肉眼的にはシラカンバ樹皮混入の紙葉は赤味のつよい特色のあるものである。ミズナラ、ケヤマハンノキの樹皮の混入した紙葉の色白度はそれぞれ20, 18%であって、肉眼的観察でもこの両者は全体を通じて目立って暗色で、黒灰色の斑点も多い。

樹皮混入による影響を総合してみると白色度の低下、着色および濃色夾雑物による斑点状の汚染の3つが考えられる。ケヤマハンノキとミズナラは白色度の低下、斑点状の汚染がともにひどく、紙葉の外観がいちじるしくそこなわれ、キハダは斑点状の汚染が目立ち、シラカンバは赤味をおびた着色に特色がある。なおパルプのフリーネスが低下するにしたがって白色度がやや低下するが、標準シラカンバ材のフリーネスが412 mlで、樹皮混入パルプのフリーネスは300~413 mlの範囲にあるのでほとんど影響はないものと考えた。

パルプ強度：強度はフリーネス400 mlの場合の比較である。実際には最高ケヤマハンノキ樹皮混入の413 mlから最低ヤマグワの300 ml、平均370 mlで、シラカンバ材パルプの412 mlよりもやや低い。裂断長は最高シナノキ樹皮混入の8.0 kmから最低イタヤカエデ樹皮混入の5.8 km、平均6.7 kmで標準シラカンバ材パルプの6.7 kmとほとんど差がない。比破裂度は最高シラカンバ樹皮混入の5.6から最低イタヤカエデ樹皮混入の4.0平均4.7で標準シラカンバ材パルプの4.5と引張り強度同様ほとんど差がない。つぎに比引裂度は最高ケヤマハンノキ樹皮混入の101から最低キハダ樹皮混入の70、平均83で、標準シラカンバ材の91よりやや低い。これらの結果から、樹皮混入による強度への影響は15%程度の混入であればきわめて少ないということが出来る。これは用いた蒸解条件がかなり強いため、アルカリ可溶成分の多い樹皮の影響が小さかったと考えられる面もある。

これらの結果は既往の結果とほぼ一致している。すなわちMARTINとBROWN⁵⁹⁾(1952)はshortleaf pine材に0, 8, 16, 24, 100%の樹皮を混入して試験した結果、樹皮の混入に

第6表 シナノキ内皮のパルプ化試験成績
 Table 6. Pulping test of inner bark of *Tilia japonica*

試料 Sample 薬品 Kind of Chemicals	シナノキ内皮 (a) Inner bark of basswood					シラカンバ材 Birch wood		ササ (b) Sasa bamboo	混煮 Mix digestion a : b = 1 : 1
	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₃	NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₃
薬品添加量 (%) Chemicals added	6	6	30	15	15	6	6	6	6
蒸解温度 (°C) Cooking temperature	165	150	100	100	100	165	150	165	165
蒸解時間 (hr.) Cooking time	0.5	0.5	2	2	2	0.5	0.5	0.5	0.5
パルプ収量 (%) Pulp yield	53	66	—	64	89	77	90	76	73
廃液のpH pH of waste liquor	5.8	5.8	—	—	—	4.8	5.8	5.2	6.0
パルプの組成 (%) Chemical composition of pulps									
アルコール・ベンゼン抽出物 Alcohol-benzene solubility	3.2	4.5	—	7.6	6.5	1.0	—	2.7	—
ペントサン Pentosan	18.6	17.2	—	17.8	19.4	23.3	—	26.6	—
リグニン Lignin	15.3	15.2	—	15.6	17.1	15.7	—	17.6	—
フリーネス (mℓ) C.S. freeness	215	230	—	620	310	160	320	220	285
パルプ強度 Strength properties of pulps									
裂断長 (km) Breaking length	2.7	1.8	2.8	3.0	—	5.7	3.9	2.4	1.5
比破裂度 Burst factor	1.3	0.9	1.5	1.5	—	5.5	2.0	1.2	0.5
比引裂度 Tear factor	71	52	80	122	—	90	85	35	51
比重 Density	0.32	—	—	—	—	0.58	0.42	0.44	0.24

よって 1) 収量が低下, 2) 白色度が低下, 3) 薬品消費量が増加することをみとめている。16%の樹皮混入の場合を標準木材パルプと比較すると収量は44%から40%に, 白色度は未さらしの場合27%から16%に, さらしパルプでは68%から58%に低下し, 薬品消費量は68%から74%に増加している。KURTH⁴³⁾(1956)はセミクラフト法によってDouglas fir材に樹皮を混入して試験した結果, 収量が低下し, 薬品消費量は増加するが9ポイント段ボール芯には充分使える製品が15%以下の混入率で得られた。さらにBROWN⁸⁾(1956)は易漂白とセミケミカルパルプ級のKPについてred oakおよびwhite oakの樹皮混煮を行ない, 1) 釜当りの収量は低下するが皮付材当りの収量は増加する, 2) 白色度は低下する, 3) 強度が低下すると報告し, 16%の樹皮を混入した場合の易漂白パルプの強度は遠心式クリーナーで, 剥皮材からのパルプと同程度の強度がえられるとしている。またセミクラフトの場合は16%混入すると使用できないほど強度が低下すると述べている。またPIPER, COWGILL およびLAUER⁷⁹⁾(1964)はred oak材を樹皮と混煮し, 節などにくらべて汚染が大きいとしている。

このほかにも樹皮からのパルプ⁴⁰⁾や, 広葉樹NSSCPに及ぼす樹皮の影響³⁹⁾, SPへの影響^{41, 35)}などがあり各方面において検討が行なわれている。

d. シナノキ内皮のパルプ

シナノキ内皮のパルプ試験の結果は第6表のようである。シナノキ内皮はカセイソーダや炭酸ソーダを用いて常圧下で煮て容易にパルプ化することができるが, 炭酸ソーダで煮た場合は紙葉を調製することができなかった。すなわち抄紙機にかけた場合, 繊維間からみ合いがきわめて弱く, ワイヤーから濾紙に移すことができなかった。絶乾チップ重量に対し, 15%のカセイソーダを加えた場合, パルプの強度はいずれの蒸解条件よりも高かった。中性亜硫酸ソーダ法により165°Cで, 30分間蒸解したパルプは, 同一条件で蒸解したシラカンバ材パルプより引張り, 破裂, 引き裂きのいずれの強度もきわめて低かった。シナノキ内皮の繊維は細胞膜がうすく, 剛度の低い紙がえられるので, 細胞膜の厚いササとの混煮を行なってみた。ササパルプはシナノキ内皮パルプと強度的にはほとんど同じであるが, 混煮の結果は引き裂き強度が両者の平均値を示したほかは, 引張り, 破裂強度とも低かった。パルプの成分組成は樹皮パルプのアルコール・ベンゼン抽出物の量が木材パルプにくらべておおく, ペントサンやリグニン含有率には大差がなかった。これらの結果を総合すると, 樹皮パルプから造った紙葉はやわらかい特色のあるものであるが, 強度は木材パルプにとおくと及ばなかった。

おわりに

北海道の広葉樹樹皮の中で, 多量に産し, 剥皮が比較的容易で, 靱皮繊維に富むものと

しては、筆者らのえらんだケヤマハンノキ、シラカンバ、サワシバ、アサダ、ミズナラ、ハルニレ、ヤマグワ、カツラ、ハウノキ、キハダ、イタヤカエデ、ヤマモミジ、ヤチダモ、シナノキの14種類の中ではシナノキのみである。しかし内皮をパルプ化して試験した結果ではすぐれた特色は見出せなかった。したがって北海道産広葉樹樹皮の和紙原料としての積極的な利用は現段階では考えられない。

一方樹皮の木材パルプへの混入の影響をみると、紙葉の汚染がもっとも大きいと考えられる。しかし15%程度の混入では強度には比較的影響が小さいので、使い方を考えれば充分利用できる。筆者らの行なった試験は強い蒸解条件の場合であるので、実際に用いる場合はさらになんらかの検討を要することが配慮されなければならない。

参 考 文 献

- 1) ANDERSON, A. B. and RUNCKEL, W. J.: Utilization of barks in hardboard. *Paper Trade J.*, **134**, No. 4, 22 (1952).
- 2) ANDERSON, A. B., BREUER, R. J. and NICHOLLS, G. A.: Bonding particle boards with bark extracts *Forest Prods. J.*, **11**, 226 (1961).
- 3) 厚木勝基: パルプ及紙, 15 (1960), 東京.
- 4) BECKER, E. S. and KURTH, E. F.: The chemical nature of the extractives from the bark of red fir. *Tappi*, **41**, 380 (1958).
- 5) BIRKHIMMER, E., ROWLAND, T. C., SANTOS, H. B. and LAVER, B. E.: The development of dirt contribution factors for dirt in pulpwood chips. *Tappi*, **43**, 989 (1960).
- 6) BOLLEN, W. B. and GLENNIE D. W.: Fortified bark for mulching and soil conditioning. *Forest Prods. J.*, **13**, 209 (1963).
- 7) BRANION, R.: Fibreboards from bark-wood mixtures, *Pulp. Paper Mag. Can.*, **62**, 7506 (1961).
- 8) BROWN, K. J.: Effect of bark in the sulphate pulping of a northern oak mixture. *Tappi*, **39**, 443 (1956).
- 9) BROWNING, B. L. and BUBLITZ, L. O.: Extractives of aspenwood and bark. *Tappi*, **36**, 418 (1953).
- 10) BROWNING, B. L.: The chemistry of bark. *The chemistry of wood*, 587 (1963), New York.
- 11) BURGON, W. J.: Extracts and reaction products from bark. *Tappi*, **47**, No. 5, 124 A (1964).
- 12) BURTON, R. E.: Marking fertilizer-soil conditioner from bark as a trickling-filter media, *Forest Prods. J.*, **9**, No. 4, 19 (1959).
- 13) BURTON, R. E.: Process of preparing a soil conditioner from subdivided bark, *Abstr. Bull. Inst. Paper Chem.*, **32**, 717 (1962).
- 14) CHANG, Y. and MITCHELL, R. L.: Chemical composition of common north American pulpwood barks. *Tappi*, **38**, 315 (1955).
- 15) DYSKIN, I. M. and SHIRYAEV Yu. D.: The utilization of wood bark. *Abstr. Bull. Inst. Paper Chem.*, **33**, 1687 (1964).
- 16) ELMORE, C. P. and ROCHFROD, R. S.: Simultaneous burning of pulverized coal, bark, and oil or gas. *Tappi*, **46**, No. 6, 157 A (1963).
- 17) ELY, H., KURTH, E. F. and BECKER, E. S.: Bark chemicals from Shasta red fir as stiffening agents for corrugating medium. *Abstr. Bull. Inst. Paper Chem.*, **32**, 1511 (1962).

- 18) ERMAN, W. F. and Lyness, W. I.: The isolation, purification and structure determination of a phenolic acid fraction from slash pine bark. *Tappi*, **48**, 249 (1965).
- 19) FARBER, E.: Chemicals from bark, *Forest Prods. J.* **9**, No. 4, 25-A (1959).
- 20) HAAS, B. R. and KREMERS, R. E.: Analysis of stone cells from bigtooth and quaking aspens. *Tappi*, **44**, 747 (1961).
- 21) HALL, R. B., LEOMOND, J. H. and Nicholls, G. A.: Bonding particle boards with bark extracts, *Forest Prods. J.*, **10**, 263 (1960).
- 22) HANSEN, H. and Copian, L. P.: The simultaneous barking of bark and coal. *Tappi*, **38**, 634 (1955).
- 23) 幡克美・十河村男: 樹皮の化学的研究 (第3報), アカマツ樹皮のリグニンについて. *木材学会誌*, **4**, 5 (1958).
- 24) HATA, K. and SOGO, M.: Chemical studies on the bark IV. Comparison of lignin between bark of Gymnosperm trees and that of Dicotyledonous trees. *木材学会誌*, **4**, 85 (1958).
- 25) 幡克美・十河村男: 樹皮の化学的研究 (第6報), スギ樹皮より xanthoperol の分離. *木材学会誌*, **5**, 125 (1959).
- 26) Hata, K. and Sogo, M.: Chemical studies on the bark. VII, On the lignin of the outer bark of "Mizunara". *木材学会誌*, **6**, 71 (1950).
- 27) 幡克美・十河村男: 樹皮の化学的研究 (第8報), アカマツ樹皮フェノール酸について. *木材学会誌*, **8**, 112 (1962).
- 28) 幡克美・十河村男・亀丸祐典: 樹皮の化学的研究 (第9報), ヒノキ外皮の抽出成分. *木材学会誌*, **8**, 167 (1962).
- 29) 幡克美: 樹皮の化学. *木材工業*, **19**, 103 (1964).
- 30) HAUG, F. R.: Pneumatic conveying of bark and hogged fuel. *Tappi*, **48**, 80 (1965).
- 31) HERGERT, H. L., VAN BLARICOM, L. E., STEINBERG, F. C. and GRAY, K. R.: Isolation and properties of dispersants from western hemlock bark. *Forest Prods, J.*, **15**, 485 (1965).
- 32) HERRICK, F. W. and CONCA, R. J.: The use of bark extracts in cold-setting waterproof adhesives. *Forest Prods. J.*, **10**, 361 (1960).
- 33) 本田 収: 樹皮の利用. *木材工業*, **13**, 396 (1958).
- 34) 本多静六: 染色に利用する樹種. *森林家必携*, 645 (1961), 東京.
- 35) IRWIN D. and LAUER, B. E.: Dirt contribution values for natural dirt in coniferous woods. Balsam, alpine fir and black spruce. *Tappi*, **44**, 33 (1961).
- 36) IVORY E. P. and FIELD, P.: Utilizing bark at a medium-size mill... *Forest Prods. J.*, **9**, No. 4, 28-A (1959).
- 37) 川瀬 清: 樹皮とササのバルブへの利用, 第15回木材学会研究発表要旨. 141 (1965).
- 38) KELLER E. L.: Effect of bark in the neutral sulphite semichemical pulping of aspen, hickory, and slash pine. *Tappi*, **33**, 556 (1950).
- 39) 木原芳次郎・中原彦之丞: [シナノキ]. **81**, *繊維植物* (1942), 東京.
- 40) KLEINERT, T. N. and WURN, P.: Sulfzellstoffe aus Buchenrinde und ihre verhalten in Viskoseprozess. *Svensk Papperstidn.*, **57**, 19 (1954).
- 41) KURTH, E. F. and TOKOO, G. M.: The chemical composition of grand fir bark. *Tappi*, **36**, 301 (1953).
- 42) KURTH, E. F. and BECKER, E. L.: The chemical nature of the extractives from red alder. *Tappi*, **36**, 461 (1953).
- 43) KURTH E. F.: The effect of bark in Douglas-fir chips used to make corrugating medium. *Tappi*, **39**, 520 (1956).
- 44) LANDT, E. F.: Knife action and storage loosen bark on ponderosa pine pulp chips. *Abstr.*

- Bull. Inst. Paper Chem., **35**, 1468 (1966).
- 45) LENZ, B. J. and KURTH, E. F.: Hydrotropic pulping of the bark from Douglas-fir and the properties of the resulting phenolic acids. *Tappi*, **46**, 28 (1963).
 - 46) LUNT, O. R. and CLARK, B.: Horticultural application for bark and wood fragments. *Forest Prods. J.*, **9**, No. 4, 39-A (1959).
 - 47) 前松陸郎・日野原忠男・帯広守彦: 和紙製造に関する研究(第一報), 三極蒸煮廃液と苛性曹達との反応について. *紙パ技協誌*, **4**, No. 3, 29 (1950).
 - 48) 前松陸郎・日野原忠男: 和紙製造に関する研究(第3報), アルカリ蒸解液中のペクチン並びに樹脂及び蠟の挙動に就て. *紙パ技協誌*, **4**, No. 6, 28 (1950).
 - 49) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **59**, 751 (1956).
 - 50) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **59**, 800 (1956).
 - 51) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **59**, 836 (1956).
 - 52) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. continued from No. 23, p. 837, *Svensk Papperstidning*, **60**, 45 (1957).
 - 53) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **60**, 124 (1957).
 - 54) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **60**, 170 (1957).
 - 55) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **60**, 255 (1957).
 - 56) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 1. Index to bark literature. *Svensk Papperstidning*, **60**, 522 (1957).
 - 57) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 3. The utilization of polyphenols in spruce bark extractives. *Svensk Papperstidning*, **62**, 187 (1959).
 - 58) MARIAN, J. E. and WISSING, A.: The utilization of bark, Part 4. Fibres from spruce bark in wet process hardboard. *Svensk Papperstidning*, **62**, 225 (1959).
 - 59) MARTIN, J. S. and BROWN, K. J.: Effect of bark on yield and quality of sulphate pulp from southern pine. *Tappi*, **35**, 7 (1952).
 - 60) MASTIN, R. E.: Thermal properties of bark. *Forest Prods. J.*, **13**, 419 (1963).
 - 61) MILLER, R. W.: Commercial uses for redwood bark dust. *Forest Prods. J.*, **9**, No. 4, 22-A (1959).
 - 62) 木材編集者: 本州製紙における剥皮の有効利用. *土壤改良肥料キノックス*, 木材, No. 5, 31 (1966).
 - 63) 村田藤橋・高村憲男: ファイバーボード原料としての樹皮の利用に関する研究(第1報), ハードボードの材質に及ぼす樹皮混入率の影響. *木材学会誌*, **5**, 194 (1959).
 - 64) MUSIKHINA, L. N.: The composition of spruce bark extracted with alkali. *Abstr. Bull. Inst. Paper Chem.*, **37**, 48 (1966).
 - 65) 成田留五郎: 樹木の開花期, 剥皮期及び種子について. *北大演習林造林ノート*, No. 1 (1966).
 - 66) 日本総合紙業研究会: 代用パルプの研究. (1941) 東京.
 - 67) 荻山紘一・近藤民雄: クロキ樹皮成分の研究(第6報), Symplocosigenol の立体構造について. *木材学会誌*, **11**, 65 (1965).
 - 68) 岡田元・生源寺廷: 楮皮苛性曹達煮熟について. *紙パ技協誌*, **2**, No. 1, 5 (1948).
 - 69) 岡田元・生源寺廷: 楮皮苛性曹達煮熟について(第2報). *紙パ技協誌*, **3**, No. 4, 21 (1949).
 - 70) OLSON, J. D.: Preparing bark for burning—some design considerations. *Pulp Paper Mag. Can.* **65**, T-88 (1964).

- 71) 大平裕・中村源一：小径丸太の容積重、樹皮率、貯材期間による重量減少および樹皮付着力の変化について。林業試験場研究報告, **176**, 135 (1965).
- 72) 太田基・又木義博・河辺純一・河野洋一郎：キハダ内樹皮(特殊成分抽出後)を原料とする硬質繊維板の製造とその品質について。木材工業, **20**, 277 (1965).
- 73) 尾崎至誠：桑皮パルプの精製法。紙パ技協誌, **1**, No. 3, 26 (1947).
- 74) PAINTER, T. J. and PURVES, C. B.: Polysaccharides in the inner bark of white spruce. Tappi, **43**, 729 (1960).
- 75) PEARL, I. A., Darling, S. F., DEHAAS, H., LOVING, B. A., SCOTT, D. A., TURLEY, R. H. and WERTH, R. E.: Studies on barks of the family Salicaceae IV. Preliminary evaluation for glucosides of barks of several species of the genus *Populus*. Tappi, **44**, 475 (1961).
- 76) PEARL, I. A., TUSTMAN, O., BEYER, D. L. and WHITNEY, D.: Studies on the barks of the family Salicaceae VI. Further studies on the hot water extractives of *Populus grandidentata* bark. Tappi, **45**, 663 (1962).
- 77) PEARL, I. A. and DARLING, S. F.: Further studies on the isolation of glucosides from the barks and leaves of *Populus tremuloides* and *Populus grandidentata*. Tappi, **47**, 377 (1964).
- 78) PEARL, I. A. and ROWE, J. W.: Review of chemical utilization. Forest Prods. J., **10**, No. 2, 91 (1960).
- 79) PIPER, J., COWGILL, R. and LAUER, B. E.: Dirt contribution values for natural dirt in red oak chips—sulphate digestion. Tappi, **47**, 368 (1964).
- 80) RUTKOWSKI, J.: Effect of bark on the properties of hardwood NSSC pulps. Abstr. Bull. Inst. Paper Chem., **34**, 1358 (1965).
- 81) 里中聖一：木材炭化の基礎的研究。北大演習林研究報告, **22**, No. 2, 609 (1963).
- 82) SCHWARZ, H.: Structural boards from cedar barks. Paper Trade J. **128**, No. 24, 27 (1949).
- 83) 重松頼生：針葉樹における樹皮の顕微鏡的構造について。第10回日本木材学会大会研究発表要旨, 16 (1960).
- 84) 重松頼生：針葉樹における樹皮の顕微鏡的構造について(2)。第11回日本木材学会大会研究発表要旨, 27 (1961).
- 85) 重松頼生：針葉樹樹皮の厚膜組織について。第12回日本木材学会大会研究発表要旨, 14 (1962).
- 86) 重松頼生：シロエゾマツの樹皮組織について。第12回日本木材学会大会研究発表要旨, 14 (1962).
- 87) 島地 謙：トドマツの内樹皮組織の構造と発達。日本林学会誌 **46**, 199 (1964).
- 88) 十河村男・幡克美：樹皮の化学的研究(第11報), アカマツ外皮リグニンスルホン酸の性状。木材学会誌, **10**, 136 (1964).
- 89) 十河村男・幡克美：樹皮の化学的研究(第12報), アカマツ外皮リグニンスルホン酸の分子量および粘度的性質。木材学会誌, **10**, 136 (1964).
- 90) SOGO, M., ISHIHARA, T. and HATA, K.: Chemical studies on the bark XIII, On the hydrogenolysis of the outer bark lignin of *Pinus densiflora*. 木材学会誌, **12**, 96 (1966).
- 91) SOULE, E. L. and HEUDRICKSON, H. E.: Bark fiber as a reinforcing agent for plastics. Forest Prods. J., **16**, No. 8, 17 (1966).
- 92) SPROULL, R. C. and PIERCE, G. A.: Bark utilization I—Soil amendment. Tappi, **46**, No. 8, 175 A (1963).
- 93) SRIVASTAVA, L. M.: Histochemical studies on lignin. Tappi, **49**, 173 (1966).
- 94) SUTER, P. L. and YOUNG, R. B.: Hot gas conveying of hogged fuel. Tappi, **45**, No. 8, 142 A (1962).
- 95) SWAN, E. P.: Characteristics of a phlobaphene from western red cedar bark. Forest Prods. J., **13**, No. 5, 195 (1963).
- 96) SWAN, E. P.: A study of western red cedar bark lignin. Pulp Paper Mag. Can. **67**, T-456 (1966).

- 97) VAN BLARICON, L. E. and TOKOS, G. M.: Process for forming a chemical product from bark. Abstr. Bull. Inst. Paper Chem. **31**, 1914 (1961).
- 98) 渡辺治夫: 樹皮の利用. 木材工業, **17**, 57 (1962).
- 99) 善本知孝・南享二: イソノキ樹皮中のオキシアントラキノロン類. 木材学会誌, **9**, 171 (1963).

Summary

For about eighteen hundred years paper has been manufactured from phloem fiber of "Kozo" (paper mulberry-*Broussonetia kajinoki* Sieb.), "Mitsumata" (paper birch-*Edgeworthia papyrifera* Sieb. et Zucc.) and "Gampi" (*Diplomorpha papyrifera* Sieb. et Zucc.) in Japan.

In general, bark is the largest contributor to specks in the pulp and the bark that comes from debarking of pulp wood or in lumber mills is used for fuel to generate power for the mill in northern Europe and North America. Recently, bark has become to be used as soil conditioner, building board, raw material of various extractives. A number of recent review articles have discussed the chemical properties of extractives and their utilization.

The purposes of this investigation are (1) to search good phloem fibers for Japanese paper from inner barks of hardwoods in Hokkaido island, and (2) to investigate the effect of bark on pulp properties.

Fourteen species of hardwood (*Alnus hirsuta* TURCZ., *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica*, *Carpinus cordata* BL., *Ostrya japonica* SARG., *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS., *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI, *Morus bombycis* KOIDZ., *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC. *Magnolia obovata* THUNB., *Phellodendron amurense* RUPR., *Acer Mono* MAXIM., *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO, *Tilia japonica* SIMONKAI, *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.) of about 10 cm in diameter at breast-height, were felled in Tomakomai experiment forest on June 24, 1965, and their barks were tested.

1. The properties of the barks are printed in Table 1. The bark content of the 14 species of hardwood was ranged from 10 to 21%, and the mean value was 14%, by oven-dried weight.

2. Chemical composition of the inner barks presented in Table 2 showed higher content of ash and extractives and lower content of holocellulose than that of wood (See Appendix 1).

3. Microphotographs and the illustration of fiber-length distribution of inner-bark fibers were shown in Figures 1-25. Average fiber length was presented in Table 4. In the case of *Acer Mono*, *Alnus hirsuta* and *Betula platyphylla* var. *japonica* very little fibrous cells were found. The average fiber length ranged from 1.47 mm to 0.74 mm and the mean value of the average length of 11 species was 0.99 mm. As a result, no inner bark containing abundant fibers long enough to be used for Japanese paper was observed.

4. Sulphate pulping tests were made on birch chips without bark and on the mixture of the wood chip and bark, the mixing rate of bark being 15% by weight.

The percentage is considered the average in small diameter pulpwood.

The cooking conditions for all digestion were: liquor-to-wood ratio, 4 to 1; temperature-pressure increase period from about 20°C to maximum temperature of 170°C, 1.0 hour; duration at maximum temperature, 1 hour: active alkali, 25%; sulphidity, 25%. The physical properties of all the pulps were tested by standard methods, and the data are given in Table 5.

a) The yield of sulphate pulp obtained from the mixture of wood and bark ranged from 37% in the case of *Acer Mono* to 42% of *Cercidiphyllum japonicum* and the mean value of the 14 species was 40% which was 1% lower than that of wood alone.

b) Brightness ranged from 18% in the case of *Alnus hirsuta* to 29% of *Magnolia obovata* and the mean value of the 14 species was 24%, which was considerably lower than the 28% in the case of wood alone.

c) In the case of *Alnus hirsuta*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Cercidiphyllum japonicum* and *Phellodendron amurense* the presence of bark caused not only a decrease in pulp brightness but also an increase in dirt over the sheet surface.

d) Breaking length ranged from 5.8 km in the case of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* to 8.0 km of *Tilia japonica* and the mean value of the 14 species was 6.7 km, which was the same as the value of wood alone.

5. Bark of *Tilia japonica*, which grows abundantly in Hokkaido island, is relatively rich in fibrous cells. From the inner bark of the species the pulp was prepared by the neutral sulphite semichemical process and the properties of this pulp was presented in Table 6. The bark was digested easily with sodium carbonate and sodium hydroxide solutions under atmospheric pressure. The yield of neutral sulphite semichemical pulp obtained from the bark was 53 to 66% and those values were 24% lower respectively than that of wood alone. The sheet strength of this pulp made from bark alone was much lower than that of from wood alone.

付表 1 北海道産広葉樹材 14 種類の成分組成

Appendix 1. Chemical compositions of 14 kinds hardwood in Hokkaido (%)

樹種 Wood Species	抽出物 Solubility in						
	灰分 Ash	1% NaOH	アルコール ベンゼン Alcohol- benzene	温 水 Hot water	ホロセル ロース Holo- celulose	ペントサン Pentosan	リグニン Lignin
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	0.26	21.6	4.5	4.9	79.3	20.0	19.9
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	0.37	15.5	1.4	2.9	82.8	22.7	18.6
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	0.54	22.8	2.0	3.9	79.4	20.1	21.2
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	0.70	19.0	1.9	4.9	78.3	21.3	20.7
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	0.28	22.2	1.8	8.5	78.6	22.2	21.6
ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> var. <i>japonica</i>	0.86	14.7	0.7	2.8	80.3	20.3	21.3
ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>	0.82	27.6	8.6	10.3	72.1	25.8	21.1
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	0.72	20.6	0.4	6.3	77.6	23.3	23.8
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i>	0.23	16.7	1.9	2.8	81.0	19.6	23.5
キハダ <i>Phellodendron amurense</i>	0.58	19.5	0.7	4.6	79.5	20.8	18.7
イタヤカエデ <i>Acer Mono</i>	0.40	16.6	1.6	4.3	81.3	22.2	18.6
ヤマモミジ <i>Acer palmatum</i> var. <i>Matsumurae</i>	0.45	23.6	2.8	7.0	76.8	23.3	21.5
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	0.75	26.0	6.6	5.6	79.9	20.2	16.5
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	0.91	18.5	1.0	5.4	82.1	20.6	20.2
平均 Average	0.54	18.8	2.3	6.1	73.6	20.2	19.1