HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	過酢酸によるササのパルプ化に関する研究
Author(s)	山岸, 宏一; 里中, 聖一; 半沢, 道郎
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 27(2), 459-486
Issue Date	1970-11
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20884
Type	bulletin (article)
File Information	27(2)_P459-486.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

過酢酸によるササのパルプ化に関する研究

山岸宏一* 里中聖一** 半沢道郎***

Studies on Pulping of *Sasa* with Peracetic Acid

By

Kōichi YAMAGISHI, Seiichi SATONAKA
and Michio HANZAWA

目　　次

序　　論 …… 460
1. 実　　験 …… 461
1.1 試　　料 …… 461
1.2 ササ，シラカンバ粉末試料の過酢酸 (PA) 処理 …… 461
1.3 ササ，シラカンバチップの PA によるパルプ化 …… 462
1.3.1 蒸　　解 …… 462
1.3.2 解繊と精選 …… 463
1.3.3 叩解とフリーネス …… 463
1.3.4 抄紙と調湿 …… 463
1.3.5 強度と白色度 …… 463
1.3.6 化学的組成 …… 464
1.4 比較のためのササ，シラカンバセミクラフトパルプの調製 …… 464
1.5 PA パルプとセミクラフトパルプの繊維形態 …… 465
2. 結果と考察 …… 465
2.1 ササ，シラカンバ粉末試料の PA 処理 …… 465
2.1.1 ササ，シラカンバの化学的組成 …… 465
2.1.2 収率とリグニン含有率との関係 …… 466
2.1.3 収率とペントサン含有率との関係 …… 468
2.2 ササ，シラカンバチップの PA とセミクラフト法によるパルプ化 …… 469
2.2.1 収　　率 …… 470
2.2.2 化学的組成 …… 470
2.2.3 収率とリグニン含有率との関係 …… 470
2.2.4 収率とペントサン含有率との関係 …… 471
2.2.5 収率とホロセルロース含有率との関係 …… 471
2.2.6 収率と白色度との関係 …… 471

* 北海道大学大学院　農学研究科　林産学専攻　農学修士
** 北海道大学農学部　林産学科　林産製造学教室　助教授
*** 北海道大学農学部　林産学科　林産製造学教室　教　授

2.3 パルプの強度 …… 473
2.3.1 ササパルプの強度 …… 473
2.3.2 シラカンバパルプの強度 …… 476
2.4 PA パルプとセミクラフトパルプの繊維形態 …… 480
結 論 …… 482
摘 要 …… 483
文 献 …… 484
Summary …… 485
写 真

序 論

近年パルプ産業の発展に伴って，国内パルプ資源が次第に減少し，最近ではパルプ原木およびチップを多量に海外から輸入している現状である。

一方，パルプ製造法の進歩によって種々のパルプが造られるようになった。木材以外のパルプ原木として，農産物の廃物，竹，葦等が用いられている。北海道の山地に広く分布しているササについても早くから注目されていたが，伐採，集荷，継続生産，貯蔵，歩留り，品質等の点から種々の不利の点があるために未だパルプ原料として利用されるに到っていない。

しかし，ササの分布，蓄積，生長量等に関する調査研究はたびたび行なわれ[2),3),9),11),12),13)]，面積は約70万ha[2)]，蓄積量は4,200万トン[14)]と推定されている。その利用に関する研究も古くから行なわれ[9)]，パルプ化についても種々の研究が行なわれている。

パルプ原料として使用される，いわゆる大形のササ，ネマガリダケについての化学的および化学的利用の研究の結果から[5),10),15),23),25),40)]ササは灰分が多く，ペントサンに富み，柔細胞が多く，パルプ収率はやや低く，セルロースは重合度が低く，従来のパルプ化法によっては余り良質のパルプは得られず，紙葉とした場合，引裂強度以外の強度がやや低い欠点を有する[10),29)]。近年，繊維板[6),7),8)]やパーティクルボード[37)]の原料として一部利用されるに到ったが，製紙，その他の用途としては用いられていない。

本研究は近年注目されている過酢酸 (Peracetic acid 略称 PA) による蒸解をササに応用し従来欠点とされた収率を向上させ，かつ品質の優良なパルプを製造することを目的として実験を行なった。

過酢酸 (PA) は強い酸化力をもっていることで知られ，工業的には繊維工業，合成樹脂，医薬の製造などに利用されている。PA と木粉との反応については1948年よりドイツの Poljak ら[26)27)28)]によって研究が進められ，リグニンの脱離が多いにもかかわらず収率が高いことが明らかとなり，リグニンが選択的に除去され，炭水化物が高収率で得られることが明らかとなった。

その後，Leopold ら[24)]は PA を用いホロセルロースの調製を試み他のホロセルロース調製法と何ら変わらないことを明らかにした。また，Sarkanen ら[31)]はリグニンモデル物質に

PA を反応させて，その分解物の検索からリグニン分解機構の一部を明らかにしている。STEVENS[36]，BAILEY[1] らは PA を用いパルプの漂白を試み，漂白剤としての利用の研究も進んでいる。

日本においても石川ら[20),21),22)]，坂井ら[33),34),35)]，畠山ら[16),17),18),19)] はリグニンモデル物質を PA で分解し，リングニン分解機構の一部を明らかにした。また，畠山らは，PA によるホロセルロースの分解をしらべている。利用に関する研究においても石川ら[24)]，坂井ら[33),35)]，谷口ら[32)] は漂白剤としての研究を報告しており，PA が漂白剤として充分工業化できることを立証している。近藤ら[30)] は鉋削試料，チップの蒸解を試みており，PA による木材のパルプ化の研究も報告されている。

本研究においては今まで研究が行なわれていない通常のパルプ化に近い条件で PA によるパルプ化を行ない，パルプの物理的性質および化学的性質を測定，分析し他の木材パルプと比較し，その特徴を見いだすことを目的とした。その結果比較的好成績が得られたので，その研究の結果について報告する。

なお，本研究にあたり種々ご援助をいただいた，北海道大学農学部林産学科助手氏家雅男博士，北大演習林助教授川瀬　清博士に深く感謝の意を表する。

1. 実　　験

1.1 試　　料

ササは 1967 年 5 月天塩地方演習林河西事業区第 1 林班産，シラカンバは北大雨竜地方演習林産である。両試料の化学組成を知るために灰分，抽出物およびリグニン，ペントサン，ホロセルロースの定量を東大農学部林産化学教室木材分析法に準じて行なった。

1.2 ササ，シラカンバ粉末試料の過酢酸 (PA) 処理

粉末の PA 処理は反応温度，液比の関係を調べるために実験を行なった。今までの研究によると反応時間 1.5～2.0 hr でリグニンと急速に反応することが知られているため今回は表-1 の条件で PA 処理を行ない収率を求め，リグニン，ペントサンの定量を行ないパルプ化条件を求めた。

ササ，シラカンバチップのパルプ化の準備のためにそれぞれの試料を粉末 (40～60 メッシュ) にし，PA 処理に用いた。PA 処理は 200 mℓ 容のコニカルビーカーに絶乾約 5 g の粉末試料と PA を添加し，口は時計皿でおおい，温浴上で加温した。PA 処理した粉末は 1G2 ガラスフィルターでろ過し，水で充分洗浄し，ろ液が $FeSO_4$ で着色しなくなるまで水洗し，水をアセトンで置換し 105°C で乾燥し収率を求めた。次に処理粉末のリグニン，ペントサンの定量を行なった。

表—1 ササ，シラカンバ粉末の PA 処理条件

Table 1. PA treatment conditions of *Sasa* and birch powder

	PA 添加率 PA added (%)	温度 Temperature (℃)	液比 Liquor ratio	時間 Time (hr)
ササ *Sasa*	100 75 50 25	70	5	1.5
シラカンバ Birch	100 75 50 25	70	10	1.5
	100 75 50 25	70	20	1.5
ササ *Sasa*	100 75 50 25	50	20	1.5
ササ *Sasa*	100 75 50 25	30	20	1.5

1.3 ササ，シラカンバチップの過酢酸 (PA) によるパルプ化

実験3より求められた結果からパルプ化に適当と思われる条件を選び PA により蒸解し，PA パルプを調製し，収率，白色度，強度，化学組成を求めその性質を調べた。

1.3.1 蒸　解

パルプ化条件は表-2に示すとおりである。

なお，シラカンバの場合チップが完全に PA 蒸解液におおわれるよう液比は6とした。パルプ化は絶乾約 200 g のチップを 2 ℓ 容の三角フラスコにとり，PA を添加し，口は時計皿でおおい温浴上で加温した。得られた PA 蒸解チップは，水で充分に洗浄し，重量を測定した後その一部をとって含水率を測定し収率を求めた。

表—2 パルプ化条件

Table 2. Pulping conditions

	PA 添加率 PA added (%)	温度 Temperature (°C)	液比 Liquor ratio	時間 Time (hr)
ササ *Sasa*	100 80 60 40 20	70	5	$\frac{1}{3}$+1.5
シラカンバ Birch	100 80 60 40 20	70	6	$\frac{1}{3}$+1.5

1.3.2 解繊と精選

得られた PA 蒸解チップは Sprout Waldron の小型デイスクリファイナーで解繊した。リファイナーの歯型は plate No. 1257-A でクリアランス 0.1 mm，濃度 8% で各 1 回行なった。PA 添加率 40%，20% のものはクリアランス 0.3 mm と 0.1 mm とで 2 回解繊した。解繊時間は各 2.5 分で行なった。

また，12 カットのフラットスクリーンを通過させたものを精繊パルプとした。

1.3.3 叩解とフリーネス

叩解は王研式 10 ℓ 容の Rabus 型ビーターを用い濃度 3% で行なった。フリーネスの測定は Canadian Standard Freeness Tester を用い，各パルプはフリーネスを測定しながら叩解し，フリーネス 600 mℓ，500 mℓ，400 mℓ，300 mℓ，200 mℓ の 5 種類のパルプを調製した。

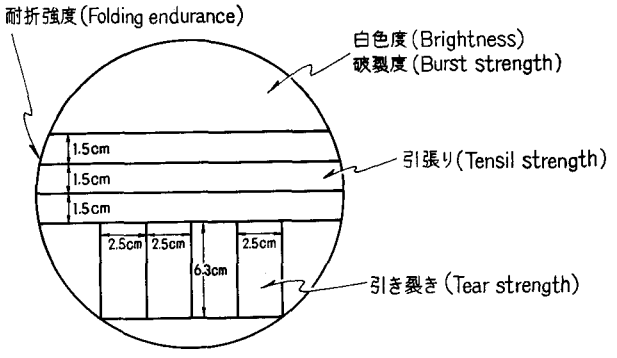
1.3.4 抄紙と調湿

抄紙はすべて TAPPI 式標準抄紙器を用い，全パルプ 4 枚ずつ抄紙した。強度，白色度を測定するために温度 20°C，相対湿度 70% の恒温恒湿室に一昼夜放置した。

1.3.5 パルプの強度と白色度

調湿したパルプ紙葉は厚さ，重量を測定した後，TAPPI 式標準法に基づき 図-1 のごとく試験紙を作製し，強度，白色度を測定した。強度試験は引張り，破裂，引き裂きを行ない，その強度は裂断長，比引裂度，比破裂度として，また耐折強度は回数として算出した。各試験には下記のような試験器を用いて行なった。

厚　さ　ダイヤル式厚さ試験器
白 色 度　ハンター白色度測定器
引張強度　ショッパー抗張力試験機
破裂強度　ミューレン破裂度試験機



図—1　強度試験紙

Fig. 1.　Preparation of specimens.

引裂強度　　エルメンドルフ引裂試験機

耐折温度　　M.I.T 式耐揉疲労試験機

1.3.6 化学組成

精選したパルプの一部は化学組成を求めるため TAPPI 式標準抄紙器で抄紙し，圧締せず乾燥し細かに切り試料とした。

パルプの分析は，リグニン，ペントサン，ホロセルロース，α セルロースの定量を行なった。分析法は東大農学部林産化学教室編の林産化学実験書に基づいた。

1.4 比較のためのササ，シラカンバセミクラフトパルプの調製

PA パルプとの比較のために高収率のササ，シラカンバセミクラフトパルプを調製した。試料は PA パルプと同一のものであり，パルプ化条件は表-3 に示したとおりである。

パルプはフリーネス 600 mℓ，400 mℓ，200 mℓ と 3 種のパルプを調製し，各パルプ 4 枚ずつ抄紙し強度を測定した。パルプの解繊，叩解，抄紙，強度および白色度の測定は PA パルプの場合と同一の条件で行なった。

表—3　セミクラフトパルプ蒸解条件

Table 3.　Cooking conditions of semikraft pulp

	硫化率 Sulfidity	活性アルカリ Active alkali	温度 Temperature (°C)	液比 Liquor ratio	時間 Time (hr)
ササ *Sasa*	25	15 10 5	160	5	1+1.5
シラカンバ Birch	25	15 10 5	160	5	1+1.5

1.5 PA パルプとセミクラフトパルプの繊維形態

各パルプはその繊維形態の違いを観測するために顕微鏡を用い，繊維の形態を写真におさめた。

2. 結果と考察

2.1 ササ，シラカンバ粉末試料の PA 処理

2.1.1 ササ，シラカンバの化学組成

両試料の化学組成は表-4に示すとおりである。ササは灰分，抽出物が非常に多く，ペントサン，リグニンの含有率はシラカンバとほぼ同程度である。

また，PA 処理によって得られた処理粉末のリグニン，ペントサンの含有率は表-5に示すとおりである。

表—4 ササ，シラカンバ試料の化学組成 (%)

Table 4. Chemical composition of samples

	灰分 Ash	抽出物 Extractives			ペントサン Pentosan	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
		温水 Hot water	1% NaOH	アルコールベンゼン Alcohol-benzene			
ササ *Sasa*	1.68	9.2	35.3	3.2	26.8	68.5	21.5
シラカンバ Birch	0.24	3.2	19.2	2.3	29.1	78.8	19.6

表—5 PA 処理粉末の収率，ペントサン，リグニン含有率 (%)

Table 5. Cooking yields and pentosan, lignin content of PA pulp from *Sasa* and birch

	薬品紙加率 Chemicals (PA) added (%)	温度 Temperature (°C)	液比 Liquor ratio	収率 Cooking yields	ペントサン Pentosan	リグニン Lignin
ササ *Sasa*	100	30	20	88.4	25.0	15.3
	75			88.8	25.3	16.0
	50			90.0	25.4	18.3
	25			92.5	26.1	19.6
ササ *Sasa*	100	50	20	77.1	23.0	8.1
	75			79.3	23.0	9.5
	50			81.0	24.6	10.5
	25			84.7	25.6	13.2
ササ *Sasa*	100	70	20	57.3	15.6	0.1
	75			63.5	17.7	2.0
	50			65.4	19.5	4.5
	25			69.9	21.2	5.2

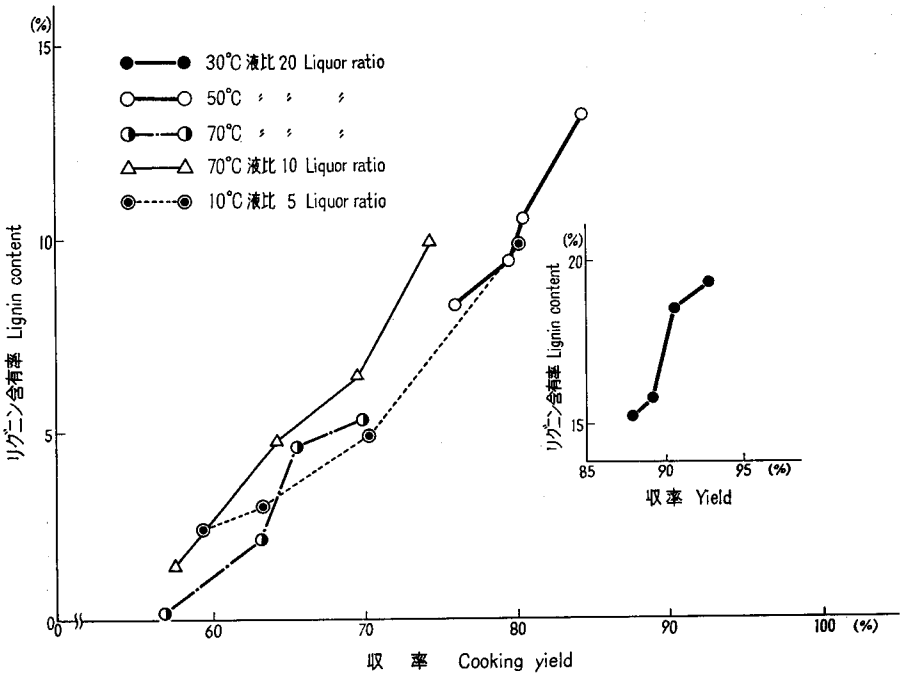
	薬品添加率 Chemicals (AP) added (%)	温度 Temperature (°C)	液比 Liguor ratio	収率 Cooking yields	ペントサン Pentosan	リグニン Lignin
ササ *Sasa*	100	70	10	57.5	15.6	1.3
	75			64.0	18.8	4.6
	50			69.6	21.6	6.2
	25			74.6	22.0	9.8
ササ *Sasa*	100	70	5	59.2	17.8	2.2
	75			63.2	19.5	2.7
	50			70.9	20.4	4.7
	25			80.4	22.4	9.8
シラカンバ Birch	100	70	20	59.6	13.2	0.7
	75			66.5	14.9	2.4
	50			67.8	18.3	6.3
	25			72.8	20.8	7.3
シラカンバ Birch	100	70	10	61.2	13.4	1.2
	75			67.0	17.8	5.4
	50			68.3	22.0	7.3
	25			74.0	22.0	8.8
シラカンバ Birch	100	70	5	62.0	13.5	2.5
	75			68.5	18.0	6.7
	50			73.2	20.0	8.2
	25			78.9	22.1	9.4

2.1.2　収率とリグニン含有率との関係

図-2はササの処理粉末の収率とリグニンの関係を，図-3はシラカンバの処理粉末の収率とリグニン含有率との関係を示したものである。これらによると，PA添加率が減少することにより収率は高くなり，リグニン含有率も高くなる。30°C，50°Cのものは収率，リグニン含有率ともに高い値を示したが処理不充分であることが解った。

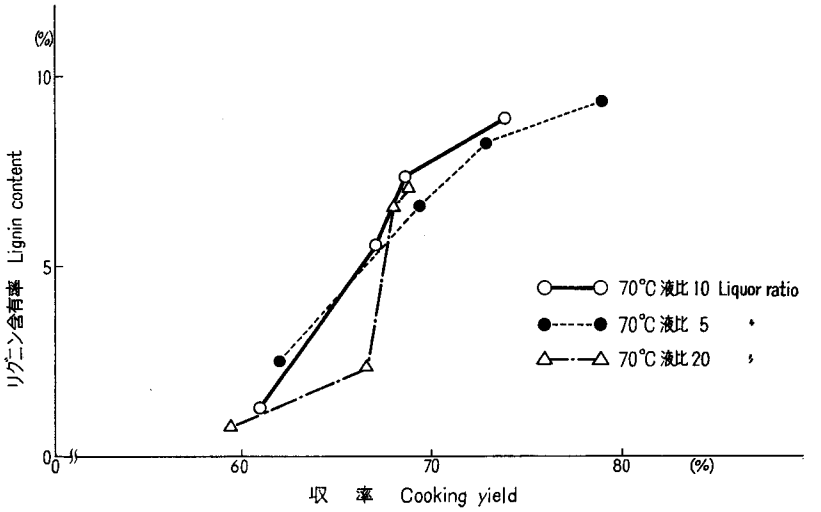
70°Cのものは収率は少し低くなるが処理が充分であり，リグニンが多く脱離されていることが明らかとなった。

次に液比との関係をみるとササでは70°Cで蒸煮した場合，液比を20，10，5に変えても収率，リグニン含有率ともにあまり大きな変化がなかった。これはシラカンバの場合もほぼ同様の傾向を示した。



図—2 ササ PA 処理粉末の収率とリグニン含有率

Fig. 2. Cooking yield and lignin content of *Sasa* powder treated with PA.

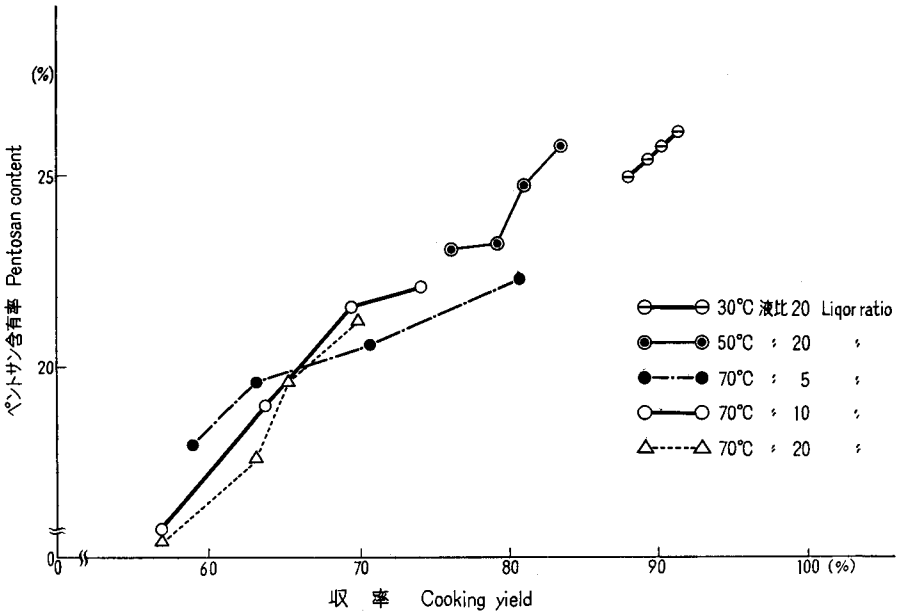


図—3 シラカンバ PA 処理粉末の収率とリグニン含有率

Fig. 3. Cooking yield and lignin content of birch powder treated with PA.

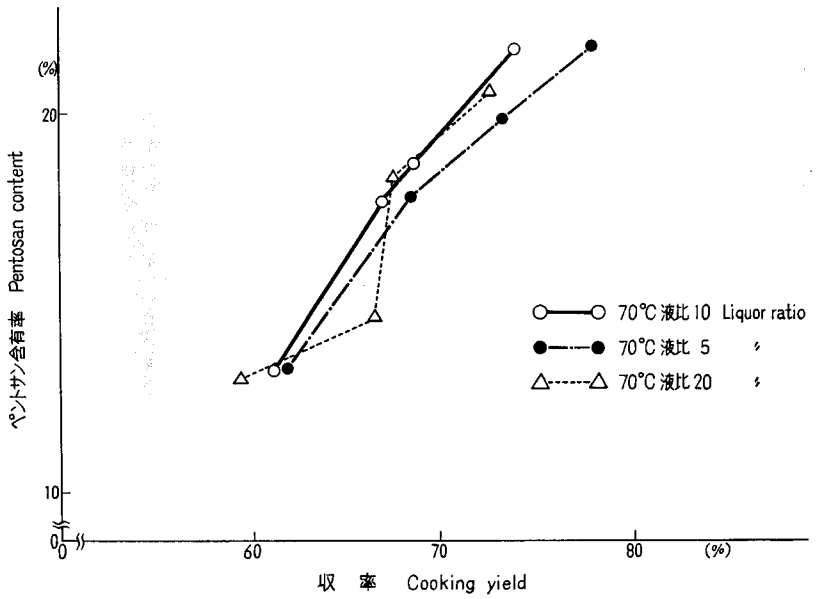
2.1.3 収率とペントサン含有率との関係

図-4，図-5は，それぞれササ，シラカンバのPA処理粉末の収率とペントサンの含有率の関係を示したものである。これによると，全体的にペントサンの含有率が極めて高いことが



図—4 ササPA処理粉末の収率とペントサン含有率

Fig. 4. Cooking yield and pentosan content of *Sasa* powder treated with PA.



図—5 シラカンバPA処理粉末の収率とペントサン含有率

Fig. 5. Cooking yield and pentosan content of birch treated with PA.

明らかとなった。30℃, 50℃で処理したものは, 収率, ペントサン含有率ともに高い値を示したが, 処理不充分である。70℃における処理は収率, ペントサン含有率ともに減少するが処理は充分であった。

液比とペントサンの関係をみると液比の多少はペントサンの含有率にあまり影響を与えないことが明らかとなった。

以上の結果より次のことが言える。今までの過酢酸蒸解の研究においては処理温度80℃, 時間6時間, 液比20等と比較的強い条件で処理されていたが, PA添加率40～100%, 70℃, 1.5時間, 液比5程度の弱い条件でも充分パルプ化が出来ることが明らかとなった。

また処理粉末は, 全体的にみて収率, ペントサンの含有率が極めて高く, リグニン含有率が非常に低いことが明らかとなった。

このことからPAによる粉末処理はリグニンが選択的に脱離され, 炭水化物が極めて高収率で残されることが考えられる。

2.2 ササ, シラカンバチップのPAとセミクラフト法によるパルプ化

表-6はパルプ収率, 白色度, 化学組成を示したものである。

表—6 パルプの収率と白色度および化学組成

Table 6. Cooking condition, yields, brightness and chemical composition (%)

	試料 Sample	薬品添加率 Chemicals added (%)	収率 Cooking yields	白色度 Brightness	ホロセルロース Holocellulose A	ホロセルロース Holocellulose B	セルロース α-cellulose A	セルロース α-cellulose B	ペントサン Pentosan A	ペントサン Pentosan B	リグニン Lignin A	リグニン Lignin B
PAP	ササ *Sasa*	100	66.7	53.0	89.4	59.4	66.7	44.5	26.3	17.5	2.2	1.4
		80	72.4	48.3	88.8	64.3	65.9	47.7	25.3	18.3	4.1	2.9
		60	75.0	47.8	87.2	65.2	67.2	47.3	24.5	18.6	4.7	3.1
		40	80.7	35.2	82.0	66.2	60.2	48.6	24.8	20.0	6.4	5.2
		20	85.0	32.8	76.2	64.8	59.2	49.6	26.4	22.4	14.5	12.3
	シラカンバ Birch	100	67.9	60.9	94.1	63.9	75.7	48.5	19.5	13.0	1.3	0.9
		80	75.5	57.8	91.4	69.0	73.9	50.9	20.0	15.0	3.7	2.8
		60	78.8	52.5	88.6	69.8	68.8	48.1	20.5	16.2	5.2	4.1
		40	86.5	47.5	84.6	73.2	59.8	51.7	24.2	20.9	6.7	5.8
		20	90.5	37.8	83.1	75.0	58.6	53.1	26.9	25.2	11.5	10.9
SKP	ササ *Sasa*	15*	44.2	35.8	94.0	41.5	77.2	34.1	12.1	5.3	5.2	2.3
		10	52.2	31.8	84.0	44.0	67.3	35.3	14.3	7.5	7.2	3.8
		5	64.4	30.2	80.2	51.6	64.8	41.8	17.9	11.5	15.6	10.0
	シラカンバ Birch	15*	53.3	38.2	97.4	52.2	84.6	45.5	11.1	5.9	1.0	0.5
		10	73.2	31.2	96.1	70.3	68.7	50.3	17.2	12.6	8.4	6.1
		5	81.6	16.5	81.8	66.8	61.7	50.4	22.5	18.4	13.6	11.1

note; A: Content in pulp
B: Content based on the original
* active alkali (sulfidity is 25%)

2.2.1 収　　率

PA パルプ (PAP) は PA 添加率の減少とともに収率は高くなるが，ササの PA 添加率 20% のものは蒸解が充分でなくパルプ化することが出来なかった。一般に収率は高い値を示したが，シラカンバの方が相対的に高収率を示した。

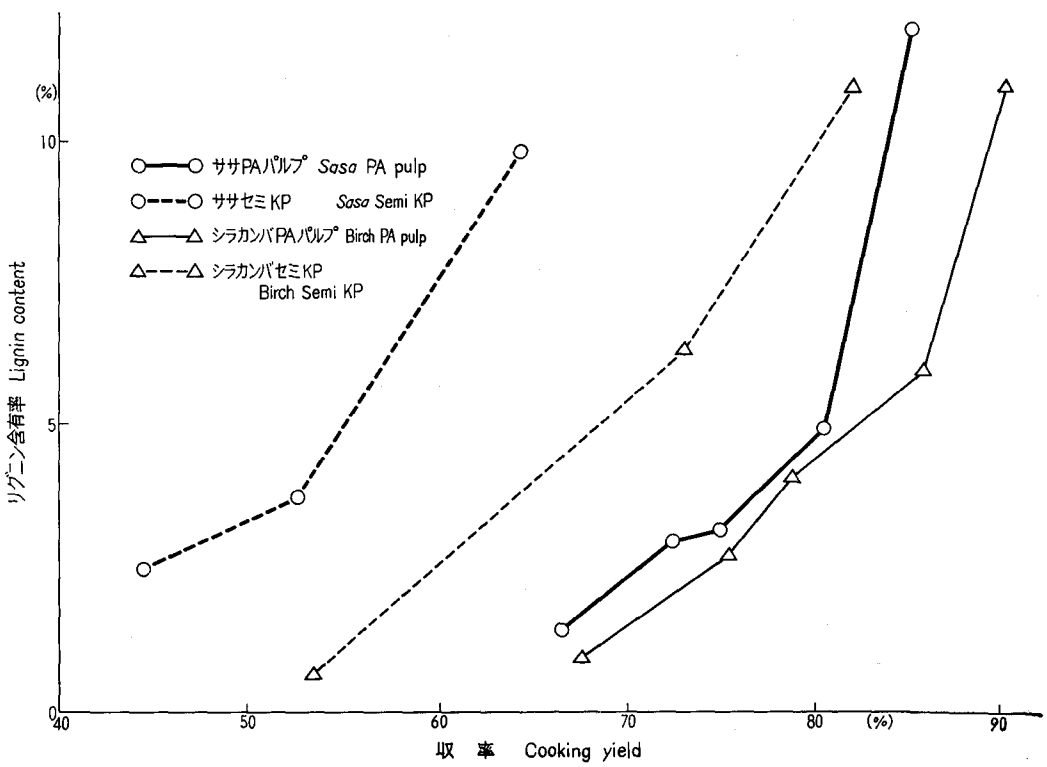
2.2.2 化学的組成

PA パルプは収率が極めて高いのにもかかわらずリグニンの含有率は低く，またホロセルロース，ペントサンの含有率は高い値を示した。

2.2.3 収率とリグニン含有率との関係

図-6 はパルプ収率とリグニン含有率を示したものである。全体的に収率が高いにもかかわらずリグニン含有率が低いことが示された。

同収率のセミクラフトパルプ (SKP) と比較すると，PA パルプはササ，シラカンバともにリグニンの含有率が極めて低いことが明らかとなり，粉末処理と同じ傾向を示した。ササとシラカンバを比べるとシラカンバの方が収率が高く，リグニン含有率の最低のものはシラカンバ PA 添加率 100% のもので，収率 67.9% であるのにリグニン含有率は 0.9% と極めて低い値を示した。



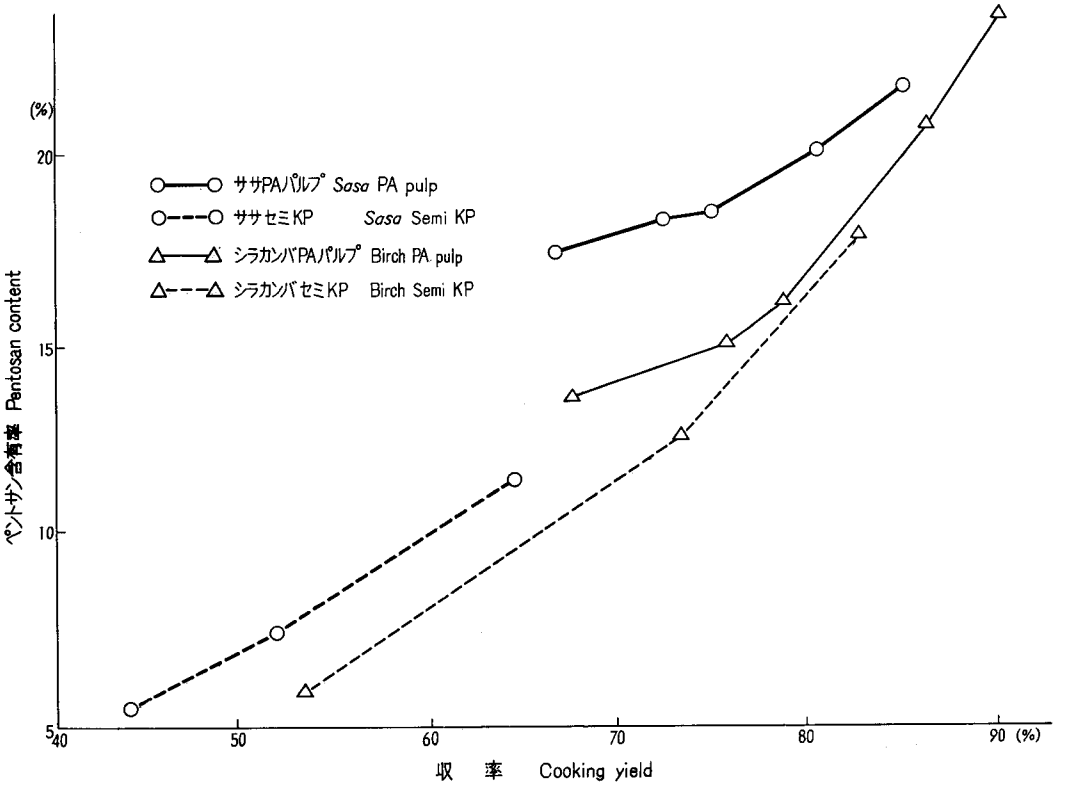
図—6　パルプ収率とリグニン含有率

Fig. 6. Cooking yield and lignin content of pulp.

2.2.4 収率とペントサン含有率との関係

図-7はパルプ収率とペントサン含有率の関係を示したものである。

PA パルプは収率が高いにもかかわらずペントサンの含有率も高い。最高のものはシラカンバ添加率20% のもので25.5% を示した。



図—7 パルプ収率とペントサン含有率

Fig. 7. Cooking yield and pentosan content of pulp.

2.2.5 収率とホロセルロース含有率との関係

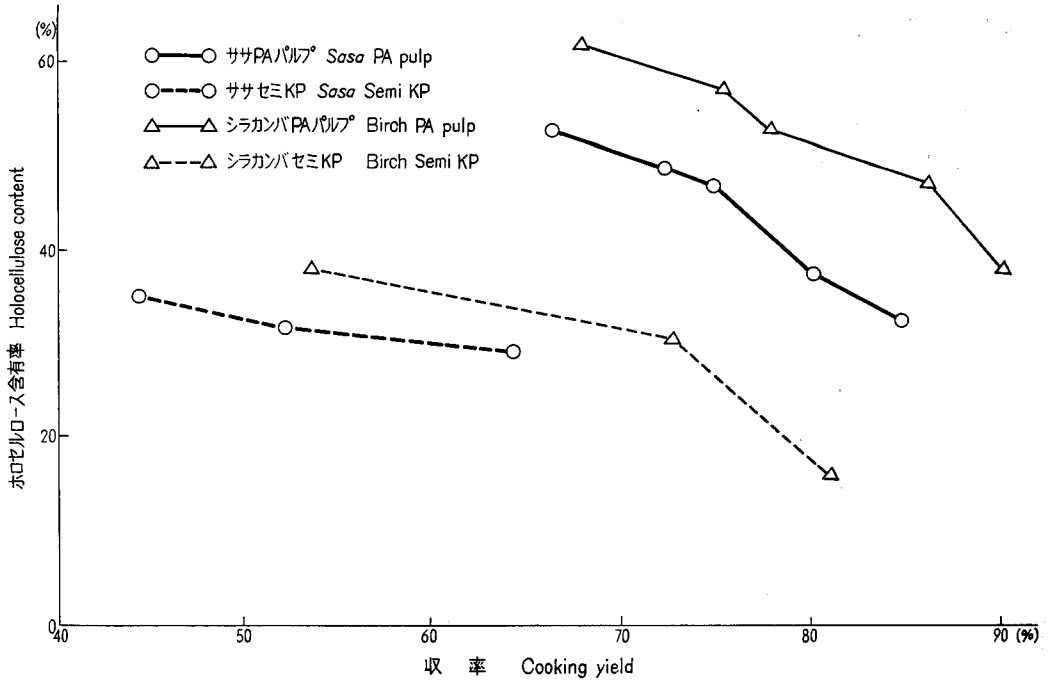
図-8はパルプ収率とホロセルロース含有率の関係を示したものである。PA パルプのホロセルロース含有率は収率が同程度のセミクラフトパルプと比較するとペントサン含有率と同様に高いことを示している。

2.2.6 収率と白色度との関係

図-9は PA パルプ収率と白色度の関係を示したものである。

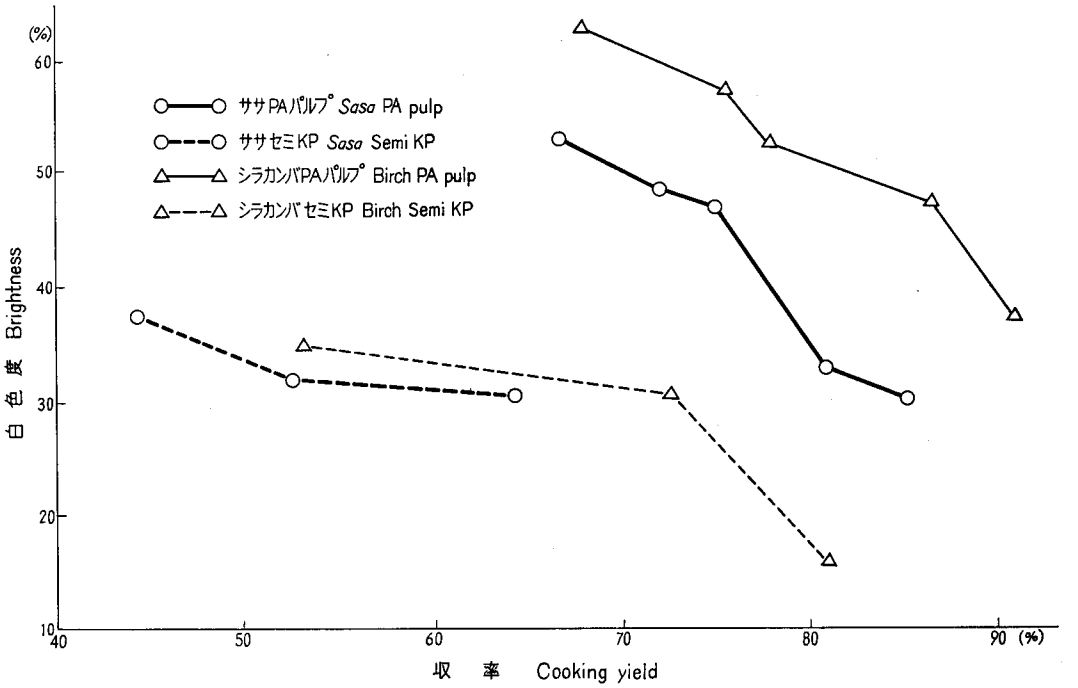
収率67.9% の PA パルプは60.9% の白色度を示し，収率90.5% のものでも37.8% の白色度を示した。

PA パルプは収率が高いにもかかわらず白色度は高く，同収率のセミクラフトパルプと比較するとほぼ2倍近い白色度を示し，PA パルプが極めて高い白色度をもつことが明らかとなった。



図—8 パルプ収率とホロセルロース含有率

Fig. 8. Cooking yield and holocellulose content.



図—9 パルプ収率と白色度

Fig. 9. Cooking yield and brightness.

以上の結果より次のようなことが言える。PA によるパルプ化は高収率であるにもかかわらずリグニン含有率は極めて低く，ペントサン，ホロセルロース含有率が極めて高いことがわかった。

さらに PA パルプは色が大変白く，極めて良質なパルプであることが明らかとなった。PA は脱リグニン作用と漂白作用を同時に備えていることが知られた。

2.3 パルプの強度

2.3.1 ササパルプの強度

表-7 はササの PA パルプ (PAP) とセラクラフトパルプ (SKP) の各フリーネス段階における強度を示している。PA パルプは PA 添加率の増加とともに強度が増加し，裂断長，比破裂度はフリーネスの低下とともに上昇しているが，比引裂度はフリーネス 400 mℓ，300 mℓ のものが最高値を示した。全体的に収率が高いのに強度もセミクラフトパルプと比較して非常に高い値を示すことがわかった。

表—7 ササ PA パルプとセミクラフトパルプの強度

Table 7. Strength of *Sasa* PA pulp and semikraft pulp

	PA 添加率 PA added (%)	フリーネス mℓ CSf	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor	耐折強度 Folding endurance
PAP	100	500	5.3	3.2	86	110
		400	5.7	3.7	98	170
		300	6.3	4.7	105	180
		200	6.5	4.8	91	320
	80	600	4.6	2.5	77	30
		500	4.8	2.4	76	40
		400	5.2	2.7	84	60
		300	5.5	3.2	98	90
		200	5.6	3.7	79	100
	60	600	4.5	2.6	74	30
		500	4.8	3.0	74	30
		400	4.9	2.8	89	30
		300	4.9	3.0	95	50
		200	5.0	3.4	78	60
	40	600	3.1	1.4	44	5
		500	3.2	1.5	54	7
		400	3.6	1.6	58	8
		300	3.8	1.6	62	9
		200	3.8	1.7	49	10

	活性アルカリ active alkali (%)	フリーネス mℓ CSf	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor	耐折強度 Folding endurance
SKP	15*	600	3.1	2.7	95	110
		400	3.6	2.9	108	220
		200	3.8	3.2	90	360
	10	600	2.8	2.4	87	90
		400	3.5	2.5	94	180
		200	3.7	2.9	79	240
	0	600	2.7	2.0	64	70
		400	3.3	2.4	69	120
		200	3.4	2.8	58	140

* sulfidity 25%

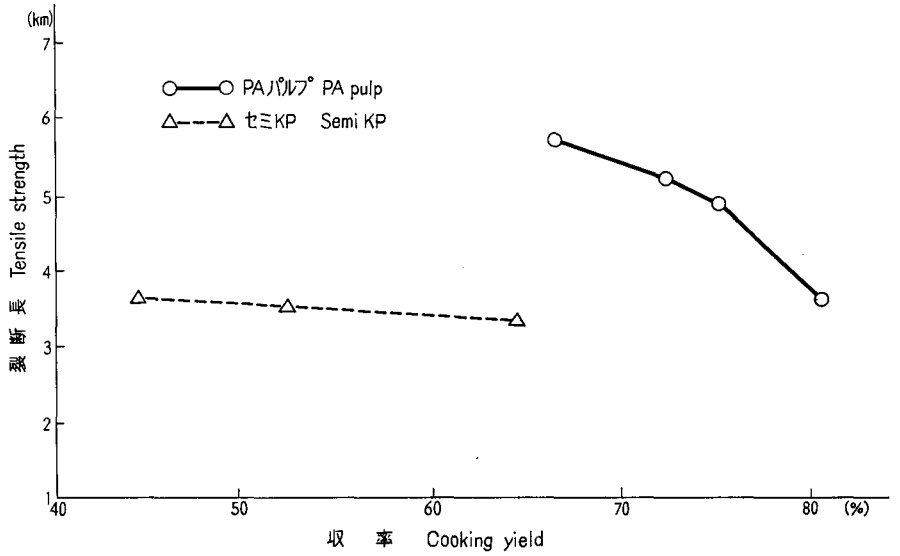
a. 裂 断 長

裂断長と収率との関係

図-10はパルプ収率と裂断長の関係を示したものである。

裂断長はPA添加率100%，フリーネス200 mℓのものが最高で6.5 kmを示した。

PAパルプの裂断長は同収率のセミクラフトパルプと比較するとほぼ2倍近い強度を示している。また，強度の同じパルプを比較すると収率は2倍近くであり，セミクラフトパルプと比較にならないほど良質であることがわかる。

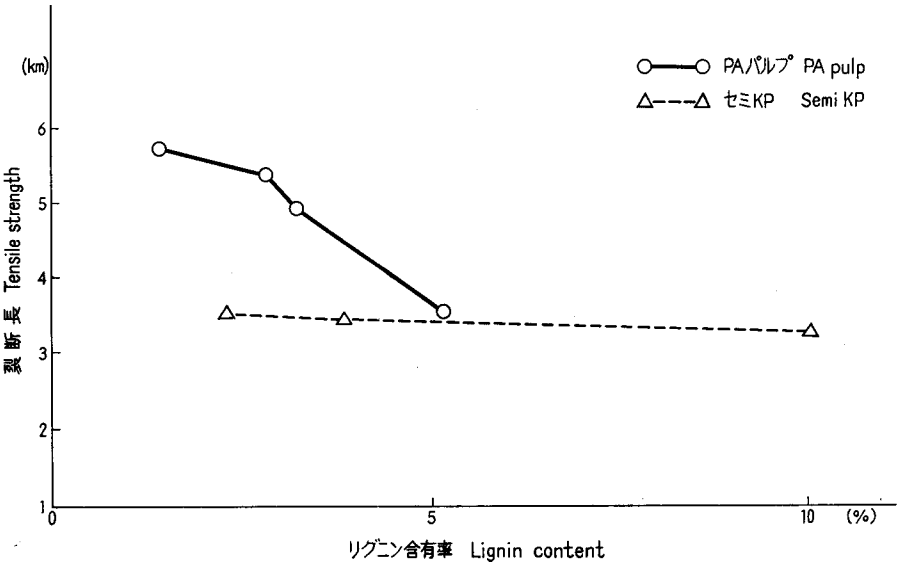


図—10 ササPAパルプの収率と裂断長（フリーネス400 mℓ）

Fig. 10. Cooking yield and tensile strength of *Sasa* PA pulp (CSf 400 mℓ).

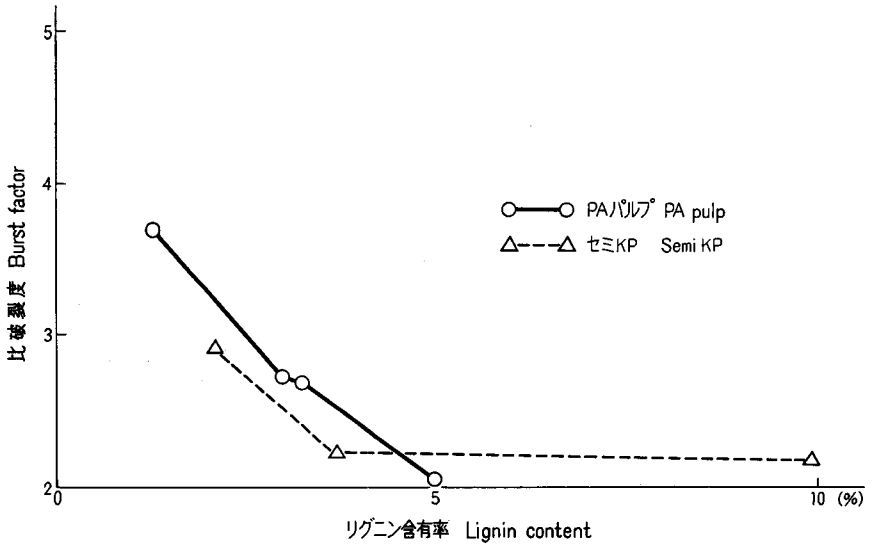
裂断長とリグニン含有率との関係

図-11はリグニン含有率と裂断長を示したものである。収率における比較と同様リグニン含有率2.9%のPAパルプと2.3%のセミクラフトパルプを比較すると6.5 km, 3.8 kmと2倍近くの強度を示していることがわかる。



図—11 ササパルプの裂断長とリグニン含有率 (フリーネス 400 mℓ)

Fig. 11. Tensile strength and lignin content of *Sasa* pulp (CSf 400 mℓ).



図—12 ササパルプの比破裂度とリグニン含有率

Fig. 12. Burst factor and lignin content of *Sasa* pulp.

b. 比破裂度

PA パルプの比破裂度は裂断長と同様 PA 添加率の増加とともに上昇しており，またフリーネスの降下とともに強度は上昇している。最高値を示したものは PA 添加率 100%，フリーネス 200 mℓ で 4.8 を示した。

比破裂度とリグニン含有率との関係

図-12 は破裂度とリグニン含有率との関係を示したものである。セミクラフトパルプとの比較では PA 添加率 100%，80%，60% の PA パルプは含有リグニンとの割合では高い強度を示したが 40% のものは低い値を示した。

c. 比引裂度

PA パルプにおける比引裂度は PA 添加率増加とともに強度が上昇している。また，同一パルプではフリーネス 400 mℓ，300 mℓ のものが一般に高い強度を示している。最高値は PA 添加率 100%，フリーネス 300 mℓ で 105 を示した。

d. 耐折強度

耐折強度は PA 添加率の増加とともに上昇している。セミクラフトパルプとの比較では PA 100% 添加の PA パルプ以外は低い値いを示した。

2.3.2 シラカンバパルプの強度

シラカンバの PA パルプ (PAP) とセミクラフトパルプ (SKP) の強度は表-8 に示すとうりである。PA パルプは全体的に極めて高い強度を示し PA 100% 添加のものが最も高い強度であった。ササの場合よりも強度は高く同収率のセミクラフトパルプと比較すると 2 倍以上の強さを示すことが明らかとなった。

a. 裂断長

PA パルプの裂断長は非常に高い強度を示した。最高値を記録したものは PA 添加率 80% でフリーネス 600 mℓ のパルプで 10.5 km を示し，同程度の収率をもつセミクラフトパルプと比較すると約 2.5 倍の強度が得られた。

PA パルプは普通 PA 添加率 60%，40%，20% のものはフリーネスの低下とともに強度は上昇しているが 100%，80% のものはフリーネスの低下とともに，わずかに裂断長は降下していく傾向を示した。このことは 100%，80% のパルプは叩解によって繊維のフィブリル化が進むと繊維のヘミセルロースが多いためフィブリル化が激しく起き，単繊維は Swelling してしまい単繊維強度が減少したために全体として，からみ合いは多く起きるが，強度は低下したものと考える。

裂断長とパルプ収率との関係

図-13 はパルプ収率と裂断長の関係を示したものである。

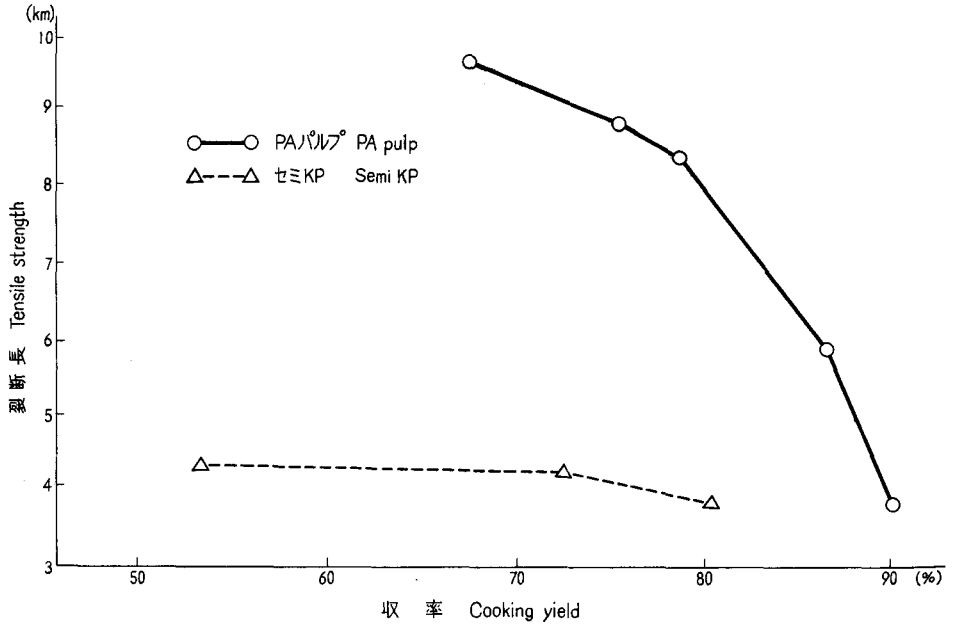
この結果からみると PA パルプの裂断長は極めて高い値を示していることが明らかとなった。収率 75.5% の PA パルプと 73.2% のセミクラフトパルプを比較すると 8.9 km，4.3 km

表—8 シラカンバパルプの強度

Table 8. Strength of birch pulp

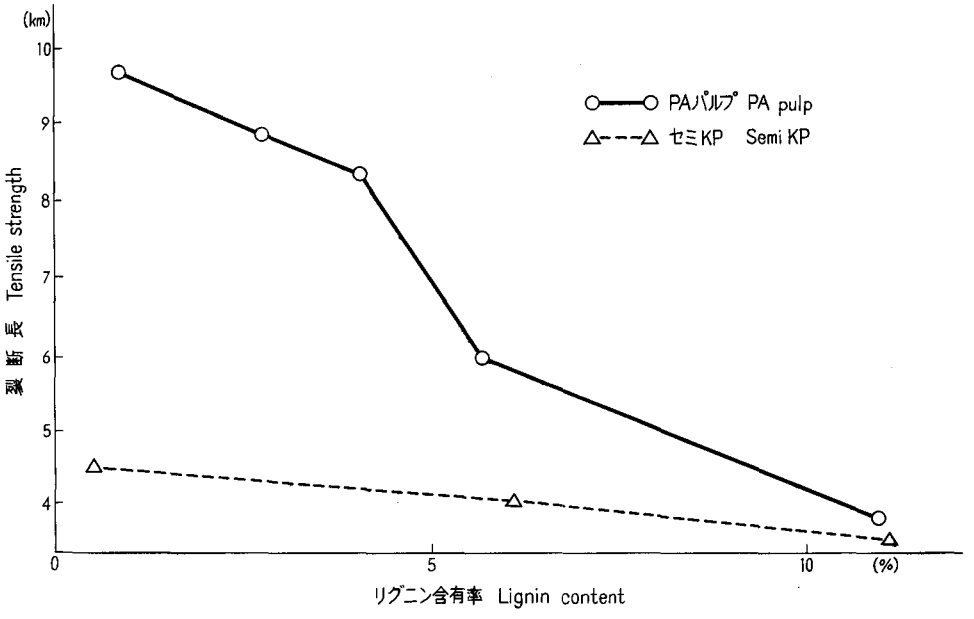
	PA 添加率 PA added (%)	フリーネス mℓ (CSf)	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor	耐折強度 Folding endurance
PAP	100	600	10.0	6.8	95	870
		500	9.8	6.7	85	1000
		400	9.7	6.4	79	2080
		300	9.6	6.4	75	3300
		200	8.6	5.3	70	4500
	80	600	10.5	7.3	86	1000
		500	9.6	5.7	75	1400
		400	8.9	5.5	70	2100
		300	8.5	6.0	68	3500
		200	8.0	6.8	57	4200
	60	600	7.3	5.8	76	780
		500	8.6	6.2	74	1600
		400	8.4	6.3	65	2200
		300	8.5	6.9	64	2800
		200	8.5	6.9	62	3100
	40	600	5.5	3.6	74	70
		500	5.9	3.6	74	220
		400	5.9	4.0	67	390
		300	6.2	4.5	67	780
		200	6.8	5.6	63	990
	20	600	3.0	1.6	61	6
		500	3.7	2.2	59	10
		400	3.8	2.7	57	14
		300	4.5	2.9	55	17
		200	4.6	3.0	49	33
SKP	15*	600	4.0	2.5	108	180
		400	4.5	3.0	98	210
		200	4.7	4.5	95	340
	10	600	4.0	2.9	85	70
		400	4.3	3.6	84	180
		200	4.4	4.0	79	270
	5	600	3.6	2.3	70	50
		400	3.9	3.0	65	70
		200	4.1	3.4	63	100

* active alkali (sulfidiiy 25%)



図—13 シラカンバパルプの裂断長と収率（フリーネス 400 mℓ）

Fig. 13. Tensile strength and cooking yield of birch pulp (CSf 400 mℓ).



図—14 シラカンバパルプの裂断長とパルプ収率（フリーネス 400 mℓ）

Fig. 14. Tensile strength and cooking yield of brich pulp (CSf 400 mℓ).

と2倍以上の強度を示している。また，裂断長が3.8 kmのPAパルプと3.9 kmのセミクラフトパルプとでは収率は90.5%，81.6%とかなり高い収率を示していることがわかった。

裂断長とリグニン含有率との関係

図-14は裂断長とリグニン含有率との関係を示す。裂断長とリグニン含有率との比較は収率におけるそれと同様の傾向を示した。リグニン含有率が同程度のセミクラフトパルプと比較するとPAパルプは大変高い強度をもっていることが明らかになった。

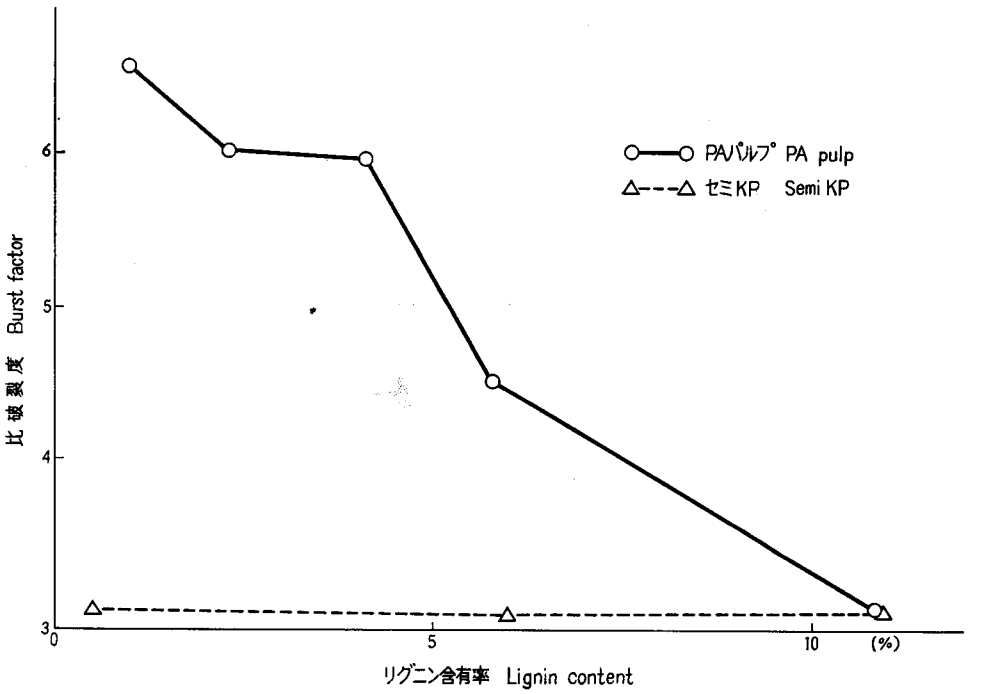
リグニン含有率0.9%のPAパルプと0.5%のセミクラフトパルプはそれぞれ裂断長9.7 km，4.5 kmであって，2倍以上の強度を示している。

b. 比破裂度

比破裂度においても裂断長と同じ傾向であった。PAの添加率が増加するにつれ強度は上昇したが，100%のものは80%のものよりも低い強度を示した。

PAパルプで最高値を示したものはPA添加率80%，フリーネス600 mℓのもので7.2を示した。PA 60%，40%，20%添加のパルプはフリーネスの低下により強度は上昇したがPA添加80%，100%のパルプはフリーネス低下によりわずかに強度は低下した。

このことは裂断長と同様で叩解によりフィブリル化が極度に進み，ヘミセルロース含有率が大変高いことも原因となり繊維が膨潤し，フリーネス低下により絡み合いは強くなるが単繊維強度が低下し，相対的に強度が低下したと考えられる。



図—15 シラカンバパルプの比破裂度とリグニン含有率

Fig. 15. Burst factor and liglin content of birch pulp.

比破裂度とリグニン含有率との関係

図-15は比破裂度とリグニン含有率との関係を示すものである。

比破裂度は裂断長と同様の傾向を示したが，セミクラフトパルプとは全く問題にならないほど高い強度を示している。強度はリグニン含有率が同程度のものを比較すると2倍以上を示した。

c. 比引裂度

比引裂度においては裂断長，比破裂度の場合ほど，顕著な差はみられなかったが，収率と強度の関係においては明らかにPAパルプの方が高い値を示した。

d. 耐折強度

耐折強度は裂断長，比破裂度で現われた傾向をさらに明確にし，比較にならないほど強度的上昇をみた。最高の強度を示したPAパルプはPA添加率100%，フリーネス200 mℓのもので4500回を示した。

以上の結果より次のようなことが言える。PAパルプの強度はPA添加率の低いもの(20%)は強度はあまり高くないが，PA添加率40%，60%，80%，100%のパルプは極めて高い強度を示し，高収率でリグニン含有率が低く，さらに白色度も高い良質のパルプが得られることがわかった。

このような強度の高いパルプが得られた原因はPAが選択的脱リグニン剤であり，パルプ化に当ってリグニンの酸化反応が急速に進み，糖の分解がほとんど起らずにリグニンが溶出され収率が極めて高く，しかもリグニン含有率はたいへん低いパルプとなる

しかもPAは漂白剤としての役割をしているため得られたパルプの白色度も極めて高く，廃液の色も薄い。また，パルプ中のヘミセルロースの含有率が高いため，繊維の膨潤を促進し叩解し易く，繊維の絡み合い効果を増加させ，さらにパルプ繊維間の接着効果を増加し，相対的にパルプの強度を極めて高くするものと考えられる。

2.4 PAパルプとセミクラフトパルプの繊維形態の観察

Photo 1 ササ (PA 100%) ×40

柔細胞が多く存在し，繊維は針状でほとんど破壊されていない。

Photo 2 ササ (PA 100%) ×100

Photo 3 ササ (PA 100%) ×200

Photo 4 ササ (PA 80%) ×40

柔細胞が多く存在しているが繊維束もみられる。

Photo 5 ササ (PA 80%) ×100

Photo 6 ササ (PA 80%) ×400

Photo 7 ササ (PA 60%) ×40

柔細胞，繊維束が多く存在する。

Photo 8 ササ (PA 40%) ×40

繊維束が数多く存在している。脱リグニンが充分でなく，リファイナーにより折れ，切断の繊維もみられる。

Photo 9 ササ (PA 40%) ×100

解繊により細胞壁が剝離している。

Photo 10 ササ (PA 20%) ×40

パルプ化出来なかったもので，単繊維まで蒸解されず，繊維束が多くみられ，繊維は切断されたものが多い。

Photo 11 ササ (PA 20%) ×100

Photo 12 ササ (PA 20%) ×200

Photo 13 シラカンバ (PA 100%) ×40

Photo 14 シラカンバ (PA 80%) ×40 CSf 400 mℓ

膨潤した繊維がみられ，なかには完全にフィブリル化しているものもある。このパルプの強度が一番高かったのは繊維が叩解によりフィブリル化され，絡み合いが強く，繊維間結合を増加させた。

Photo 15 シラカンバ (PA 80%) ×40 CSf 200 mℓ

このフリーネス 200 mℓ における紙葉は硫酸紙のように半透明であった。そのことはこの写真によってその原因が明らかにされた。

ヘミセルロースの含有率が高いため叩解により膨潤が容易になり，細胞膜がくずれ単繊維の形態を失い膜状になっている。

Photo 16 シラカンバ (PA 60%) ×40

Photo 17 シラカンバ (PA 40%) ×40

PA 80% のように繊維は破壊されず単繊維の形態をしている。

Photo 18 シラカンバ (PA 40%) ×100 CSf 400 mℓ

フィブリル化がみられるが PA 80% (Photo 14) ほど激しくない。

Photo 19 シラカンバ (PA 40%) ×200

繊維のフィブリル化が進み，膜状になったものも存在する。

Photo 20 シラカンバ (PA 20%) ×40

ササと同様切断された繊維が多く存在する。

Photo 21 シラカンバ (PA 20%) ×200

Photo 22 ササ KP (活性アルカリ 15%) ×40

Photo 23 ササ KP (活性アルカリ 10%) ×40

繊維束がみられる。

Photo 24 ササ KP (活性アルカリ 5%) ×40

脱リグニンが充分でなく，繊維束や切断された繊維が存在する。

Photo 25　シラカンバ KP (活性アルカリ 15%)　×40

Photo 26　シラカンバ KP (活性アルカリ 10%)　×200　CSf 600 mℓ

フィブリル化している繊維が存在する。

Photo 27　シラカンバ KP (活性アルカリ 10%)　×200　CSf 400 mℓ

叩解によりフィブリル化して細胞膜が破れている。

Photo 28　シラカンバ KP (活性アルカリ 10%)　×200　CSf 200 mℓ

叩解によりフィブリル化が進み繊維壁が膜状になっている。

Photo 29　シラカンバ KP (活性アルカリ 5%)　×40

繊維の切断がおきている。

結　　論

北海道の高冷地には大量のササが自生しており，現在その利用が問題となっている。今まで本研究室においてパルプ化の研究を進めて来たが収率がやや低く，パルプも比引裂度を除いて強度がやや低いことが欠点であった。このササの欠点を改善すべくさまざまな検討をした結果，最近注目されて来ている過酢酸に着目し，これによってパルプ化を試みた。

その結果，今までのセミクラフト法によるパルプ化と脱リグニンが同程度の PA パルプは収率は非常に高く，強度が2倍近いパルプが得られた。

過酢酸 (PA) は NaOH や Na_2S などと比較すると価格がやや高く，強力な酸化作用をもっているため取り扱いにくく，金属製の器機を腐蝕させ易いなどの欠点がある。しかし，PA をパルプ化に用いることにより今までの蒸解法で得られなかった様な多大の利を得る。

まず第1に PA は選択的脱リグニン剤としての特徴をもち，しかも炭水化物との反応はほとんど起らない。そのためパルプ収率は極めて高くしかもリグニン含有率が非常に少ないパルプが得られる。また PA は漂白剤としての作用を併せてもち，パルプの白色度は収率が高いにもかかわらず高い値を示している。

また PA によるパルプ化は反応温度は比較的低くて良く，圧力もいらない。さらに PA パルプ廃液は色がうすく長く放置しておくと透明になる。この廃液中にはなお PA が残留しているのでパルプの漂白等に利用出来ることも考えられる。パルプの強度は裂断長，比破裂度は極めて高い値を示している。

ササのパルプ化条件として PA 添加率 60%，80%，100% のものは収率も高く，強度においても脱リグニンが同程度のセミクラフトパルプと比較すると，今までササパルプの弱点であった裂断長，比破裂度において2倍近い強度を示したことからみて PA 蒸解法はササのパルプ化に適当であることが明らかになった。

注　フリーネスの記入してないものは未叩解のパルプである。

このようなことから，PAによるパルプ化は今後大いに利用され得るものと思われる。今までササは蒸解収率，強度において他の木材パルプより劣ると言われているがPAによりその点もかなり解決出来ると考えられる。

摘　　要

北海道の高冷地には旺盛な繁殖力をもつササ (ネマガリダケ，*Sasa senanensis*) が大量に自生している。その分布は70万haと推定されha当り約60tの蓄積量がある。このササは重要な林産資源として知られているが，いまだその利用は極めて僅かである。

本研究ではこのササを用い，最近注目されてきた選択的脱リグニン剤である過酢酸 (PA) を使用してパルプ化を試みた。

試料は北海道大学天塩地方演習林産のササを用い，比較のために同雨竜地方演習林産のシラカンバを用いた。

パルプ化の条件を決めるために，予めササの稈とシラカンバ材の粉末試料についてPA処理を行ない，PAの濃度 (添加率)，蒸煮温度，時間，液比等の蒸煮条件と生成物の収率，リグニンおよびペントサン含有量との関係について実験し，その結果からチップによるパルプ化条件を次のように決めた。なお，ササのセミクラフトパルプおよびシラカンバのPAパルプとセミクラフトパルプを製造して比較した。

パルプ化条件：

温度：70°C，　時間：1.5 hr，　液比：5，　圧力：常圧，　PA添加率 (対チップ)：100%，80%，60%，40%，20%

パルプ化は2ℓ容の三角フラスコに絶乾チップ約200 gを採り，過酢酸を添加し，温浴上で加熱して行なった。処理チップは充分水洗し，フリーネス600 mℓ，500 mℓ，400 mℓ，300 mℓ，200 mℓの5段階に叩解し，それぞれの段階のパルプで4枚ずつ抄紙し，白色度，強度を測定した。また別にパルプの化学組成を調べ，パルプの繊維形態を光学顕微鏡で観察した。

実験の結果から次のようなことが明らかとなった。

1. 粉末試料のPA処理では，蒸煮温度が30°C，50°Cでは脱リグニンが充分でなく，70°Cが適当であった。

PA添加率100%，液比20，蒸煮温度70°Cで処理した場合，ササ試料からの生成物のリグニン含有率は0.1%で，収率は57.3%であった。70°Cの条件で液比を20，10，5と変えても収率，リグニンおよびペントサンの含有率には大きな差はみられなかった。

2. PAによるパルプ化は粉末試料の場合と同様収率は高く，リグニンの含有率が極めて低かった。

(1) 白色度はパルプ収率66.7%のもので，53.0%と非常に高い値を示した。

(2) リグニン含有率は収率が72.4%の場合でも2.9%と非常に低い値を示した。

(3) ペントサンは20%以上の含有率を示し，ほとんど脱離していないことを示した。

(4) パルプ強度は収率，リグニン含有率が同程度のセミクラフトパルプと比較すると次のとおりである。

(イ) 裂断長

リグニン含有率2.9%のササPAパルプとセミクラフトパルプを比較すると強度はそれぞれ6.5 km，3.8 kmと2倍近い値を示した。

(ロ) 比破裂度

比破裂度も裂断長とほぼ同じ傾向を示し，同程度のリグニン含有率のパルプを比較すると，それぞれ4.8，2.9と2倍近い値を示した。

(ハ) 比引裂度

比引裂度においては裂断長や比破裂度ほど大きな違いはなかった。

(ニ) 耐折強度

裂断長，比破裂度とほぼ同じ良好な傾向を示した。

3. シラカンバPAパルプもササと同じ傾向を示したが，強度はシラカンバの方が高い値を示した。

4. 顕微鏡写真によると，ササでは損傷を受けていない針状の繊維と多数の柔細胞がみられた。

文　献

1) BAILEY C. W. and DENCE: Tappi **49**, 9 (1966).
2) 福山伍郎: 日本林学会北海道支部大会講演集 (10), 178 (1962).
3) 福山伍郎: 日本林学会北海道支部大会講演集 (9), 90 (1961).
4) 福山伍郎: 日本林学会北海道支部大会講演集 (10), 62 (1962).
5) 福山伍郎・川瀬　清・里中聖一: 日本林学会北海道支部大会講演集 (3), 2 (1954).
6) 福山伍郎・川瀬　清: 第62回日本林学会講演集, 254 (1953).
7) 福山伍郎・川瀬　清: 北大演習林報告 **17**, 383 (1955).
8) 福山伍郎・川瀬　清・里中聖一: 北大演習林報告 **17**, 417 (1955).
9) 福山伍郎: 札幌農林学会報, No. 135 (1937).
10) 福山伍郎・川瀬　清・里中聖一: 北大演習林報告 **17**, 321 (1955).
11) 北海道開発庁: 北海道のササ，パルプ資源調査報告 (1962).
12) 北海道開発局長官房開発調査課: 林産資源開発計画調査 (1966).
13) 北海道開発局長官房開発調査課: ネマガリダケ資源開発について (1965).
14) 北海道開発庁: 北海道のササパルプ資源調査報告 (1952).
15) 半沢道郎・川瀬　清: 日本林学会北海道支部大会講演集 (9), 64 (1960).
16) 畠山兵衛・岸井真明・中野準三・右田伸彦: 工化誌 **71**, 153 (1968).
17) 畠山兵衛・岸井真明・中野準三・右田伸彦: 工化誌 **70**, 953 (1967).
18) 畠山兵衛・岸井真明・中野準三・右田伸彦: 工化誌 **71**, 247 (1968).
19) 畠山兵衛・中野準三・右田伸彦: 工化誌 **70**, 947 (1967).
20) 石川久雄・木下良郎・沖　妙・大久保克美: 紙パ技 **22**, 32 (1968).
21) 石川久雄・木下良郎: 紙パ技 **21**, 24 (1967).

22) 石川久雄・大久保克美・沖　妙: 紙パ技 **20**, 251 (1966).
23) 川瀬　清・里中聖一・氏家雅男: 日本林学会北海道支部講演集 (10), 117 (1961).
24) LEOPOLD, B.: Tappi **44**, 230 (1961).
25) 三宅　勇・杉浦銀治: 日本林学会 **33**, 207 (1951).
26) POLJACK, A.: Angew. Chem. **60**, 45 (1948).
27) POLJACK, A.: Holzforschung **50**, 31 (1951).
28) POLJACK, A.: Angew. Chem., **66**, 302 (1954).
29) 資源調査会: 北海道に於けるササ, パルプ資源 (1949).
30) 島田五佐生・河野通能・近藤民雄: 紙パ技 **21**, 29 (1967).
31) SARKANEN, K. V. and SUZUKI, J.: Tappi **44**, 230 (1961).
32) 谷口栄一: 紙パ技 **20**, 22 (1966).
33) 坂井克巳・近藤民雄: 木材学会誌 **12**, 310 (1966).
34) 坂井克巳・近藤民雄: 木材学会誌 **12**, 57 (1966).
35) 坂井克巳・岸本定吉: 木材学会誌 **14**, 411 (1968).
36) STEVENS, W. P. and MARTON, R.: Tappi **49**, 10 (1966).
37) 上田恒司: 北大修士論文 (1963).
38) 氏家雅男: 北大演習林報告 **20**, 279 (1958).
39) 氏家雅男: 北大修士論文 (1955).
40) 氏家雅男・松本　章: 北大演習林報告 **25**, 287 (1965).

Summary

"*Sasa*" (*Sasa senanensis*, etc.) is a wild plant belonging to the family of Gramineae, growing on the high land of Hokkaido, and its distribution is about 700,000 ha, and it's accumulation is about 60 t/ha. Because of the great amount, this plant is considered as one of the important forest resources, but has rarely been utilized to date.

In this studies, "*Sasa*" was pupled with peracetic acid (PA) which is lately considered as an useful delignifing agent. Samples of "*Sasa*" and birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*) were collected at the Teshio and Uryu Experiment Forests of the Hokkaido University, respectively. At first, the wood meals of "*Sasa*" stalk and birch wood were prepared by the Wiley mill, and treated with PA and examined the yield of the products and the effects of temperature, time and liquor ratio on pulping reactions.

The contents of lignin and pentosan in the products were determined. From the results of these preliminary tests, the pulping conditions were settled as follows:

About 200g of the oven dried chip was placed in a 2-*l*-Erlemmeyer flask and it was added with each cooking solution of PA equivalent amount to 100–, 80–, 60–, 40–, and 20–% of the dry chip with liquor ratio 1 : 5, and heated at 70°C for 1.5 hr under normal pressure. The treated chip was washed throughly with water and treated with the Sprout-Waldron experimental type refiner, and was regulated the freeness at stages of 600–, 500–, 400– 300–, and 200-mℓ by the Canadian Standard Freeness tester. Then four hand sheets were made from each freeness sample, and their brightness and strength properties were measured. Also these pupls were analyzed on the chemical composition and were observed on the structure of the fibers by a microscope.

From the sesults of this work, the following conclusions were made:

I) As to the temperature of PA treatment for the powdered sample, 30° and 50°C were not sufficient for delignifing, and instead 70°C was suitable. The lignin content

of the product treated at 70°C with 100 per cent amount of PA to dry sample and liquor ratio of 20, was as small as 0.1%, and the yield was as high as 57.3%. The contents of lignin and pentosan of the pulp treated at 70°C with liquor ratio of 10 and 5 were not so different from these treated with liquor ratio of 20.

II) In case of pulping of chip with PA, the yield was high and the lignin content of the pulp was low as well as the results obtained by the powdered sample.

1) Brightness was very high as 53.0% (Hunter brightness tester) for the pulp, yield of which was 66.7%.
2) Lignin content of the pulp was very low as 2.9% though the yield was 72.4%.
3) Pentosan content of the pulp was more than 20%, and it showed that penosan was not eliminated by the treatment with PA.
4) Compared with those of the semi-kraft pulp which have almost the same yield and lignin content, strength properties were obtained as follows:
   a) Breaking-length: The PA pulp was 6.5 km and the semi-kraft pulp was 3.8 km, lignin contents of which were 2.9 and 2.3% respectively.
   b) Burst-factor: There were the same tendencies in the burst-factor and the breaking-length. As compared with the pulps which had almost the same content of lignin, the burst-factor of the PA pulp was two times higher than that of the semi-kraft pulp.
   c) Tear-factor: The tear-factor of the PA pulp was not so high as in the strength properties of the breaking-length and the burst-factor.
   d) Folding-endurance: The PA pulp showed a good result of the strength property.

III) The strength properties of the birch wood pulp obtained by the PA pulping method were higher than those of "*Sasa*" PA pulp.

IV) The microscopic observation of "*Sasa*" PA pulp showed that the fibers had an intact structure, accompanied by many small parenchyma cells.

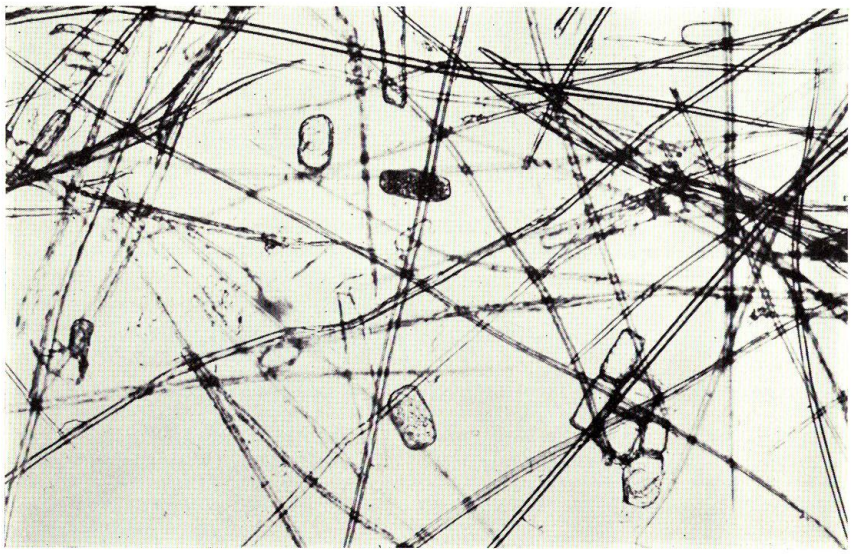


Photo 1. ササ (PA 添加率 100%) ×40

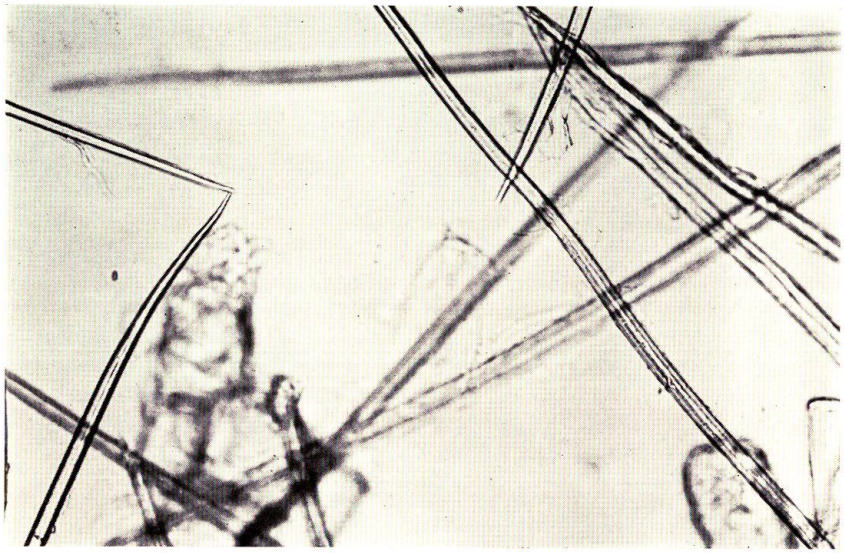


Photo 2. ササ (PA 添加率 100%) ×100

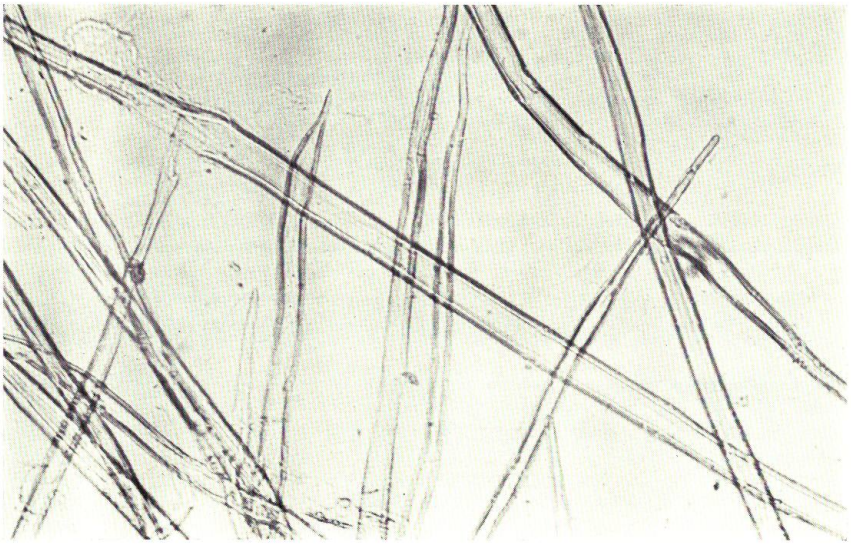


Photo 3. ササ (PA 添加率 100%) ×200

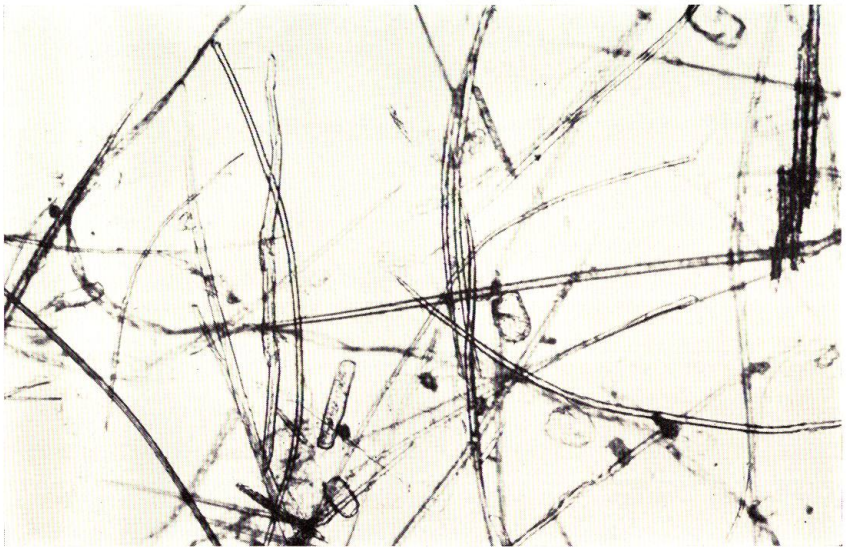


Photo 4. ササ (PA 添加率 80%) ×40

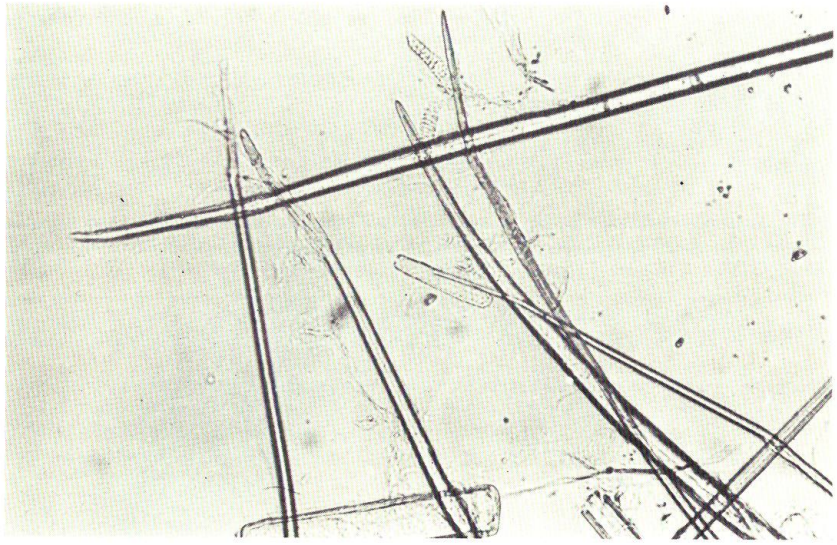


Photo 5. ササ（PA 添加率 80%） ×100

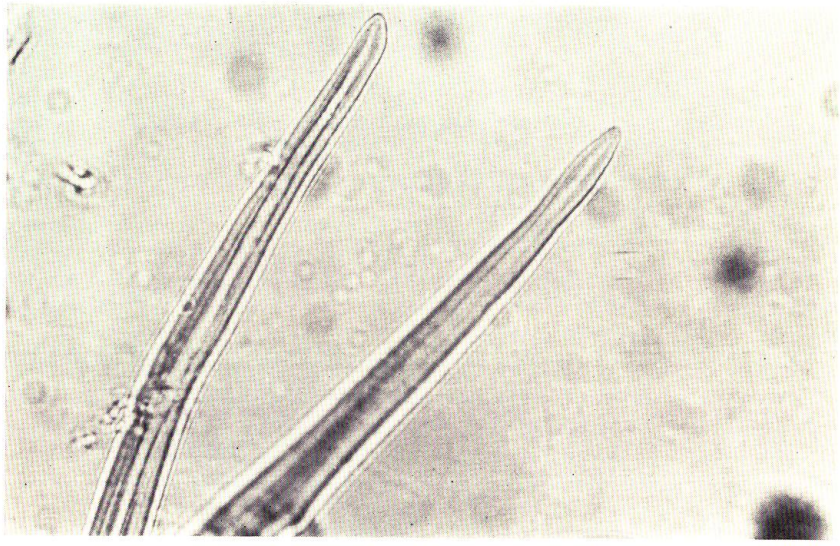


Photo 6. ササ（PA 添加率 80%） ×400

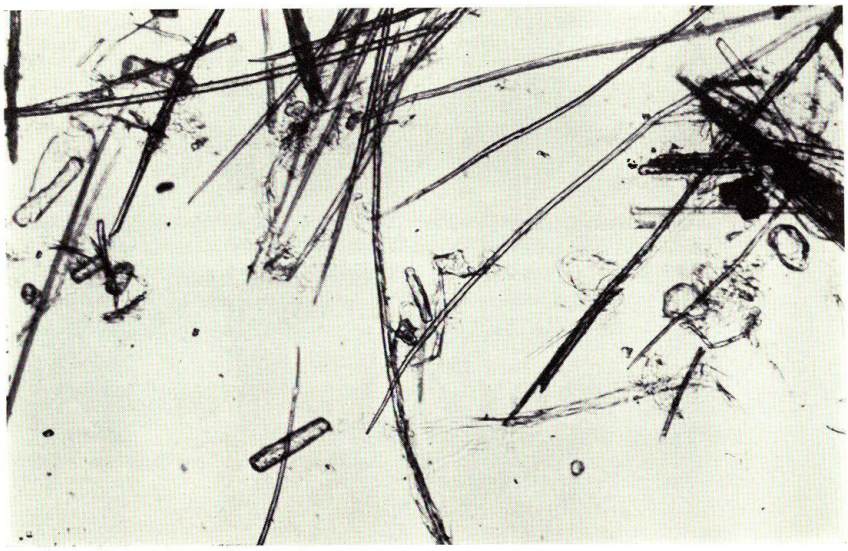


Photo 7. ササ (PA 添加率 60%) ×40

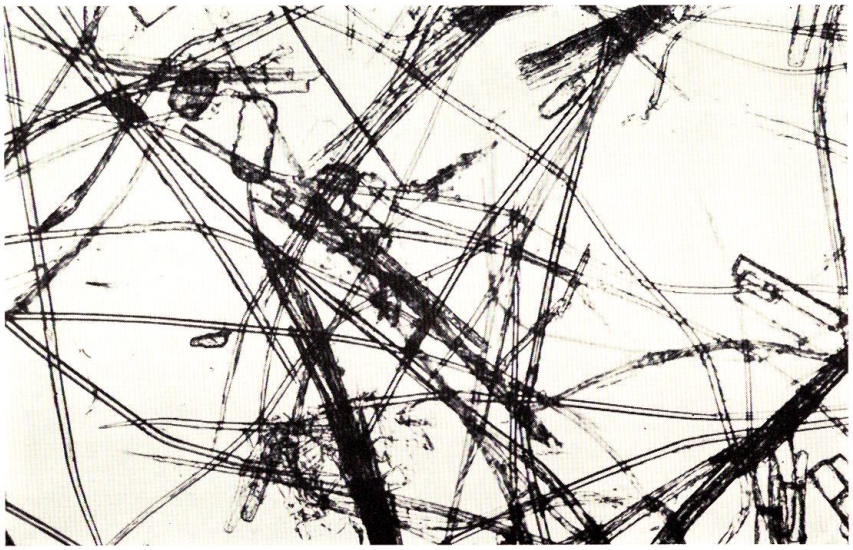


Photo 8. ササ (PA 添加率 40%) ×40

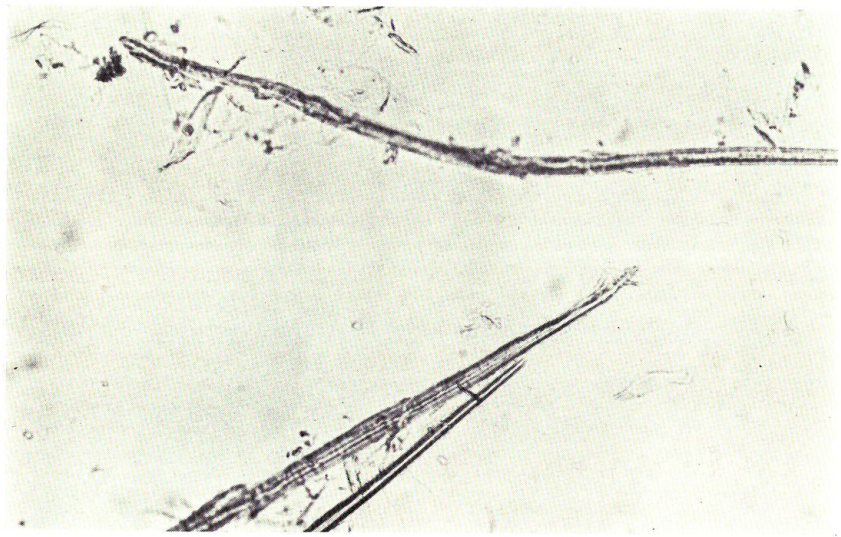


Photo 9. ササ (PA 添加率 40%) ×100

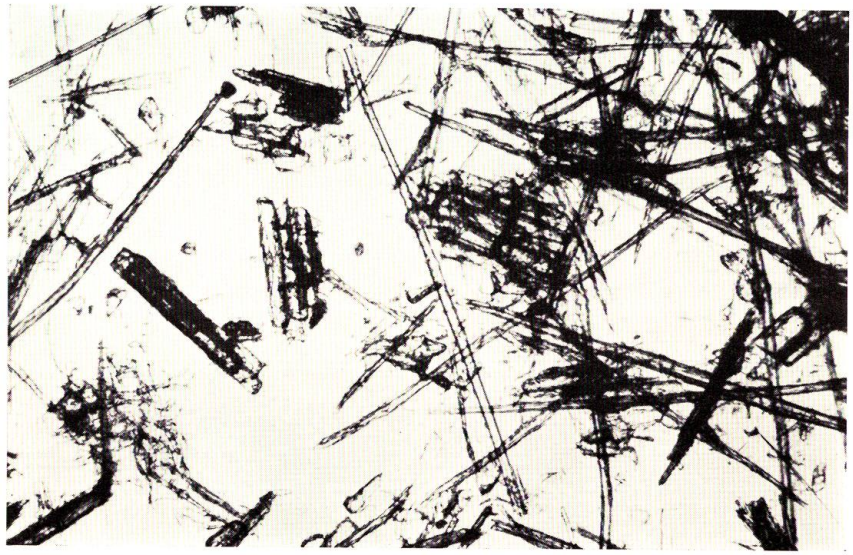


Photo 10. ササ (PA 添加率 20%) ×40

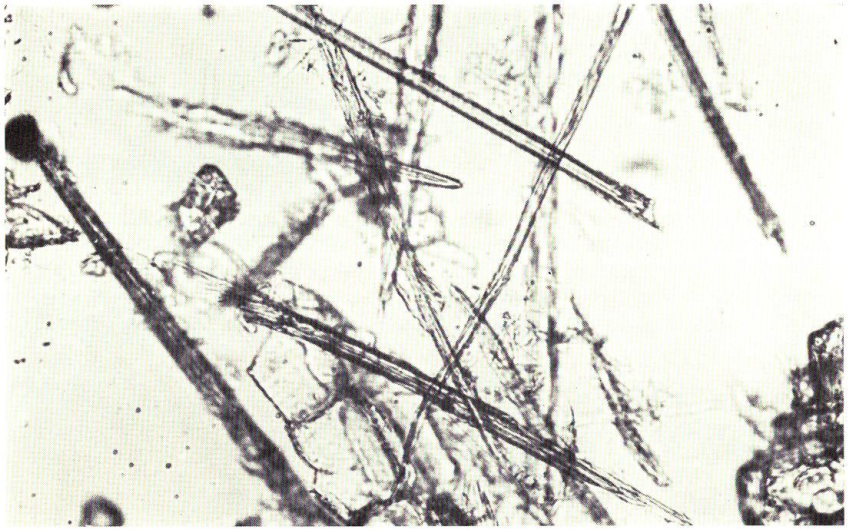


Photo 11. ササ (PA 添加率 20%) ×100

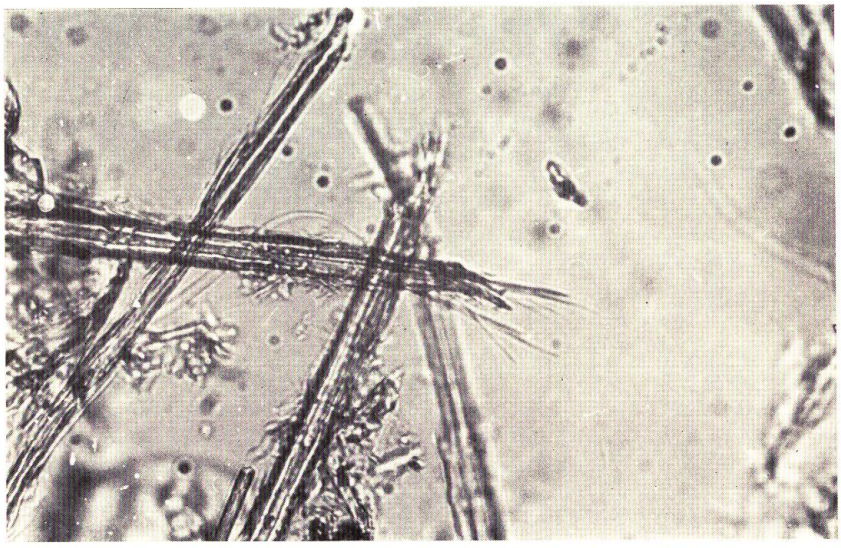


Photo 12. ササ (PA 添加率 20%) ×200

Photo 13. シラカンバ (PA 添加率 80%) freeness 600 mℓ ×40

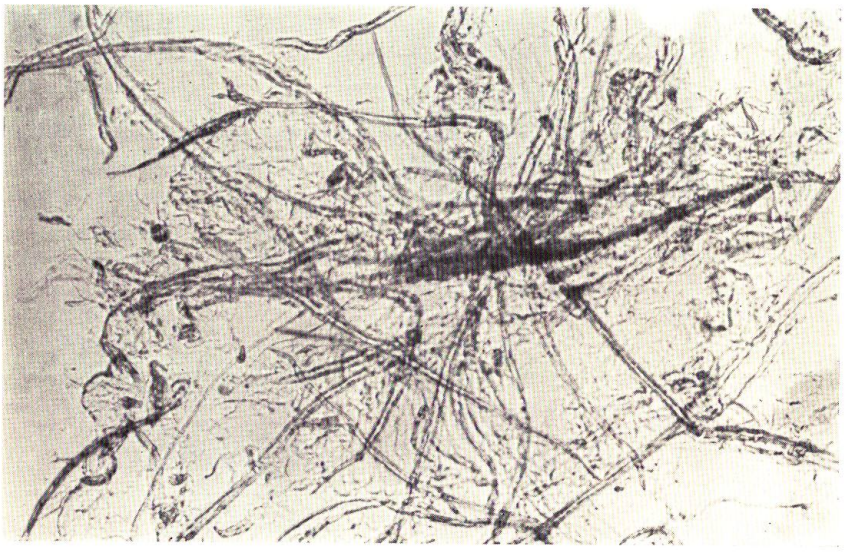


Photo 14. シラカンバ (PA 添加率 80%) freeness 400 mℓ ×40

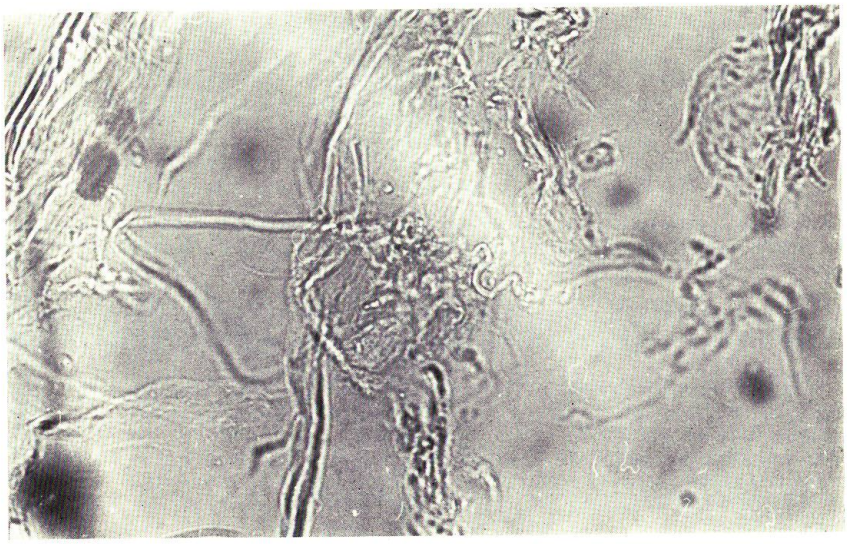


Photo 15. シラカンバ (PA 添加率 80%) freeness 200 mℓ ×100

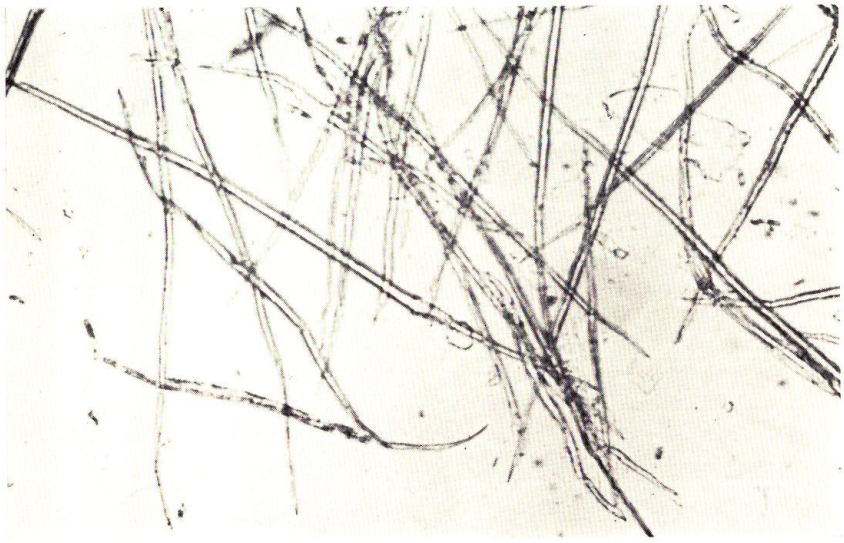


Photo 16. シラカンバ (PA 添加率 60%) ×40

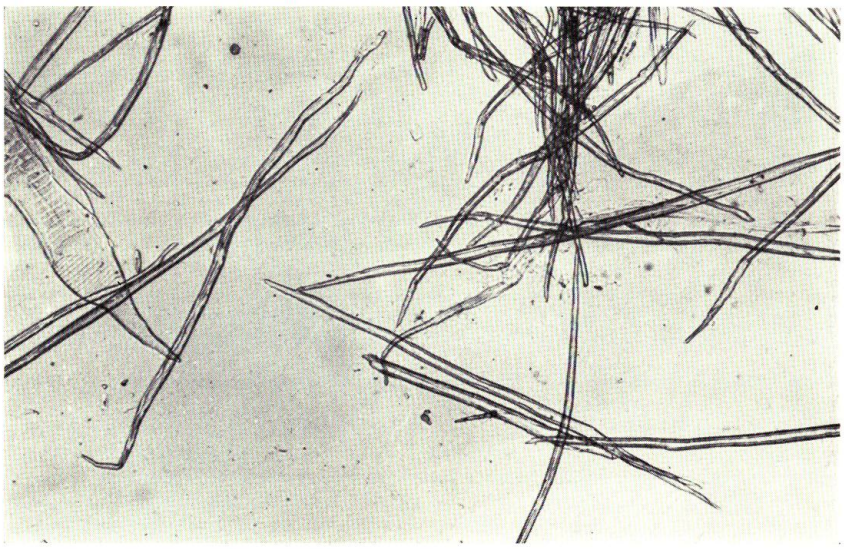


Photo 17. シラカンバ (PA 添加率 40%) ×40

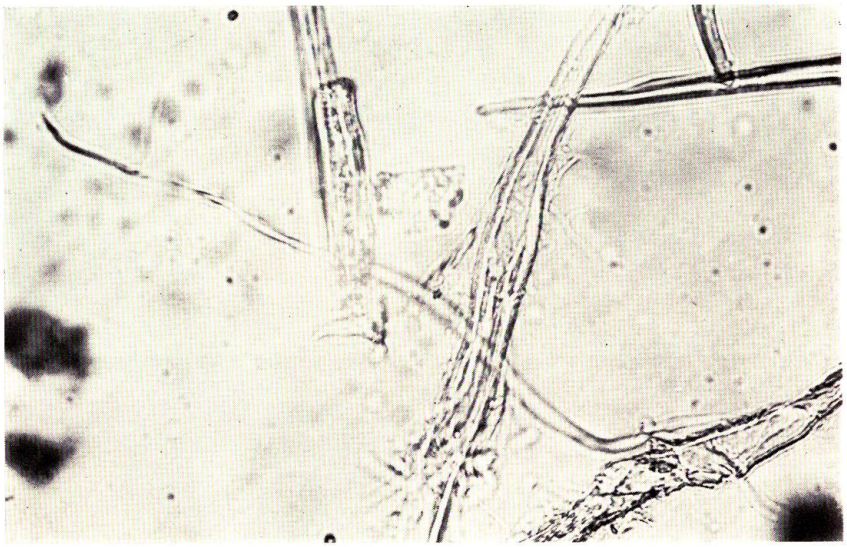


Photo 18. シラカンバ (PA 添加率 40%) freeness 400 mℓ ×100

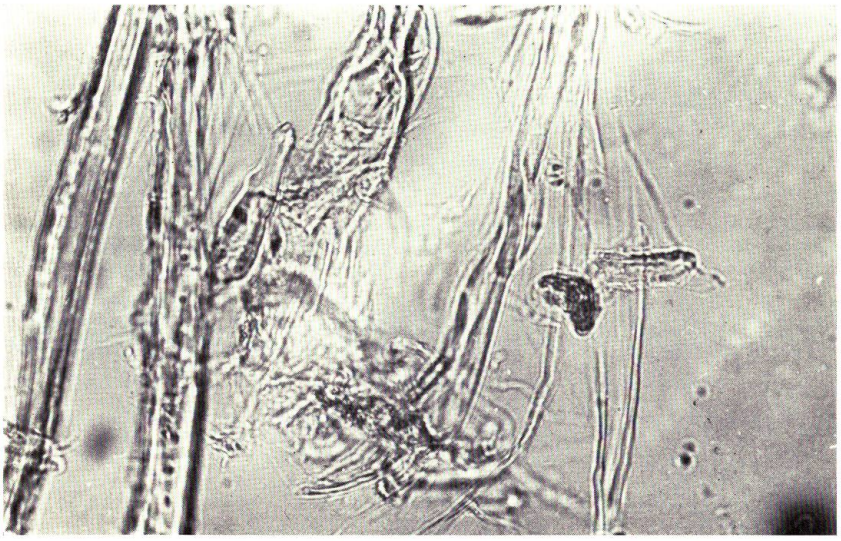


Photo 19. シラカンバ (PA 添加率 40%) freeness 200 mℓ ×200

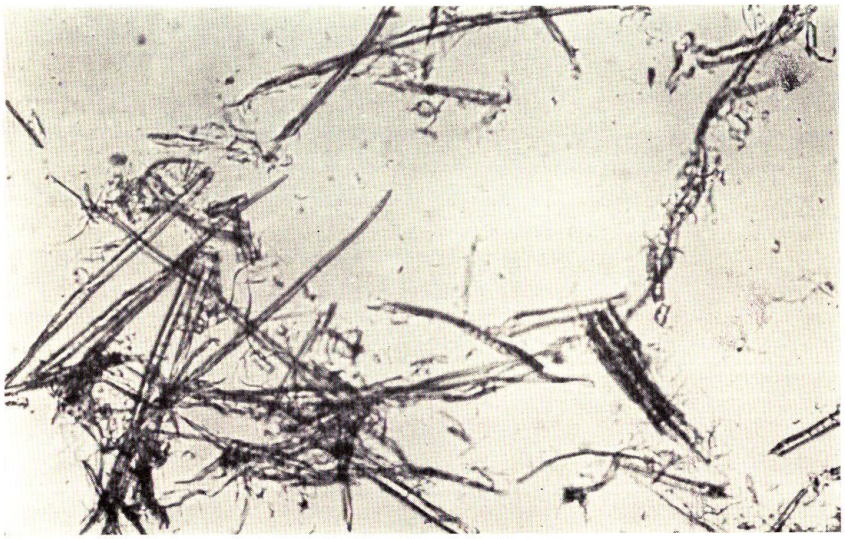


Photo 20. シラカンバ (PA 添加率 40%) freeness 200 mℓ ×200

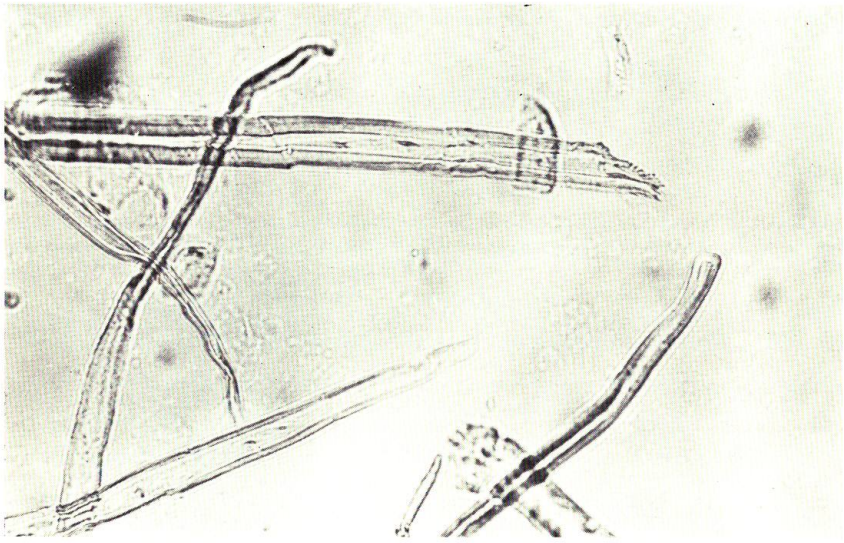


Photo 21. シラカンバ（PA 添加率 20%） ×200

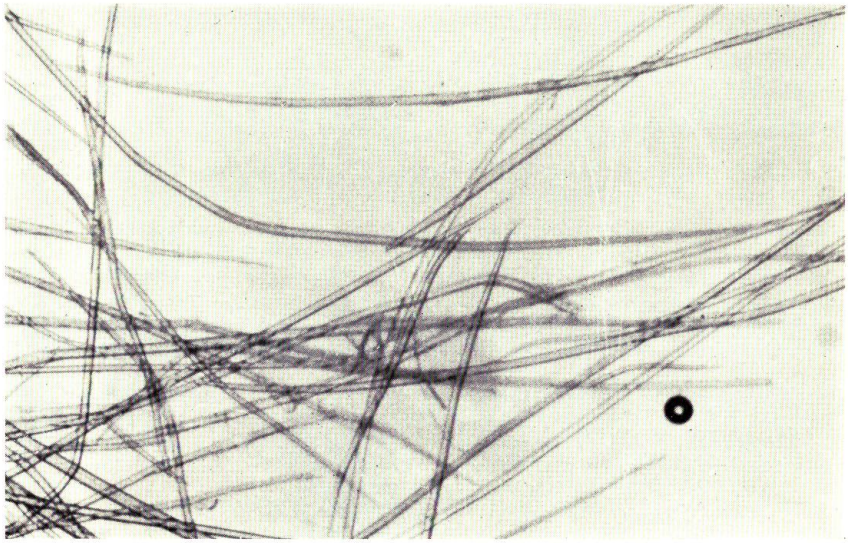


Photo 22. ササ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 15%）　×40

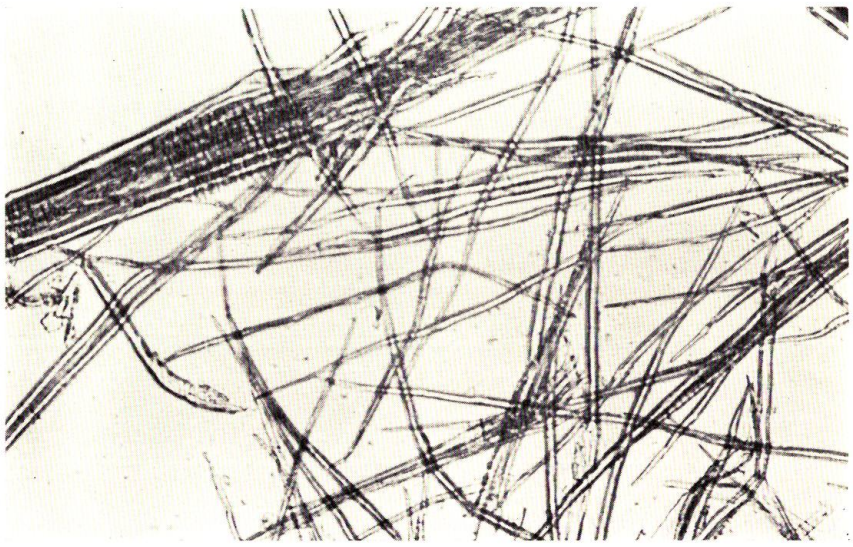


Photo 23. ササ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 10%）　×40

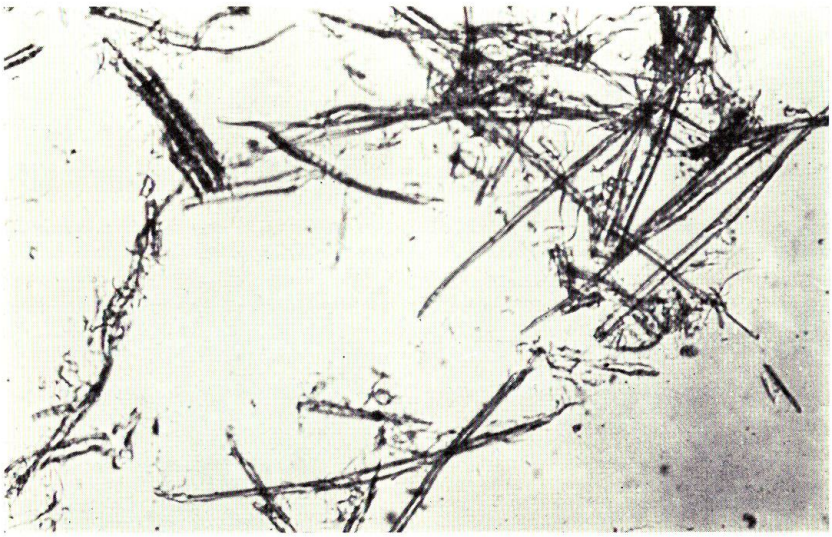


Photo 24. ササ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 5%）　×40

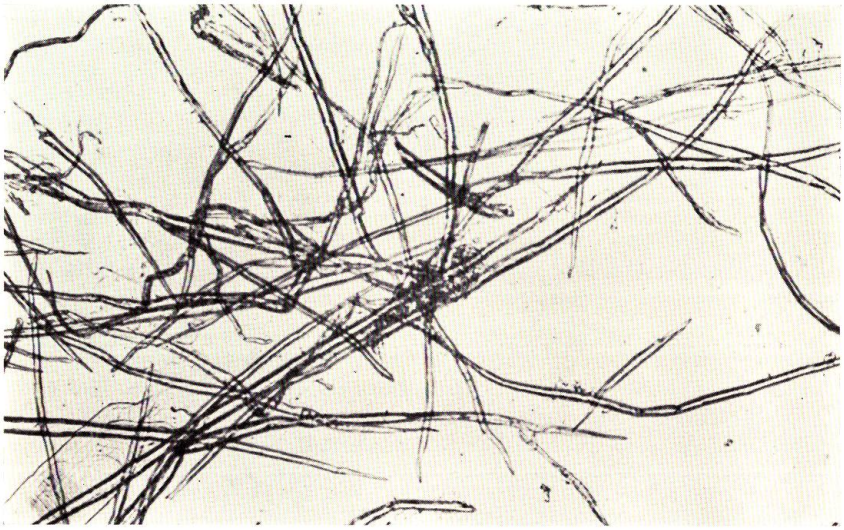


Photo 25. シラカンバ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 15%）　×40

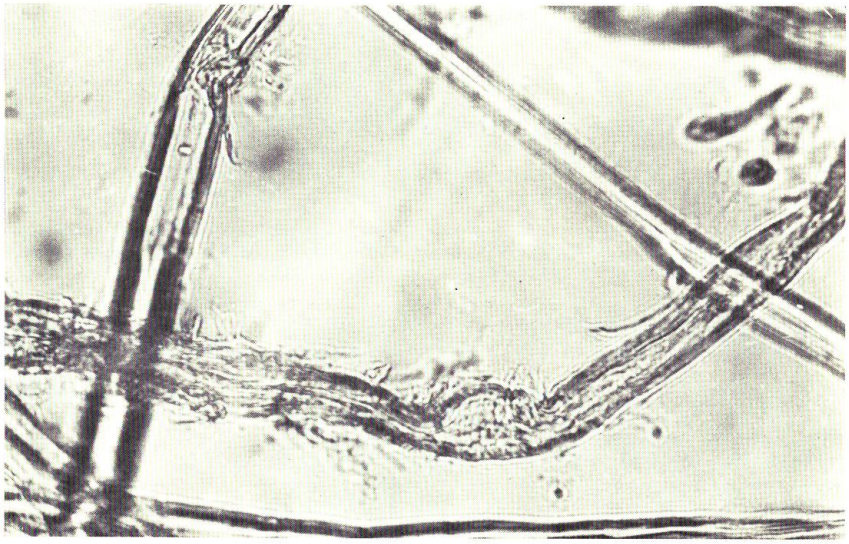


Photo 26. シラカンバ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 10%）
freeness 600 mℓ　×200

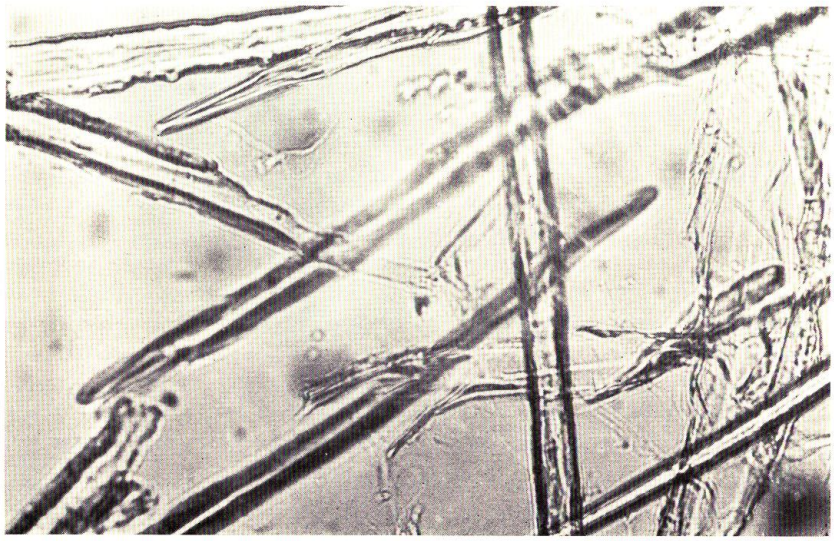


Photo 27. シラカンバ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 10%）
freeness 400 mℓ　×200

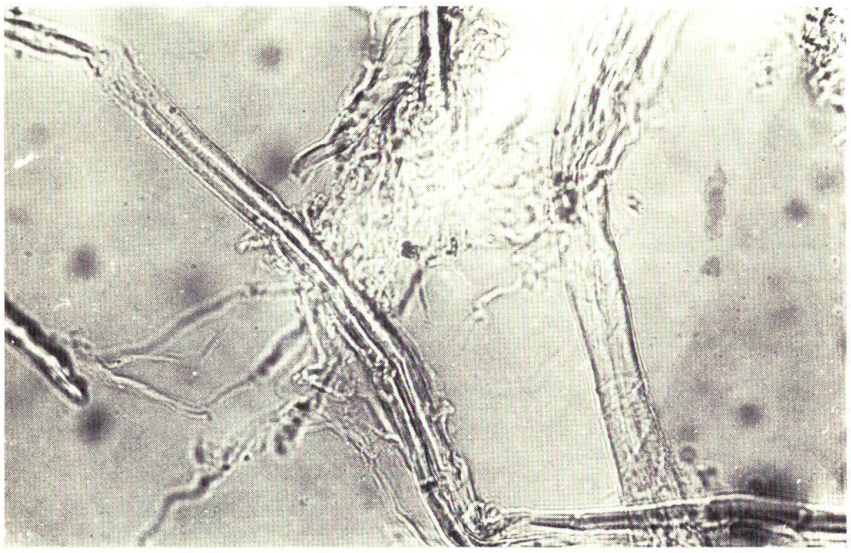


Photo 28. シラカンバ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 10%）
freeness 200 mℓ　×200

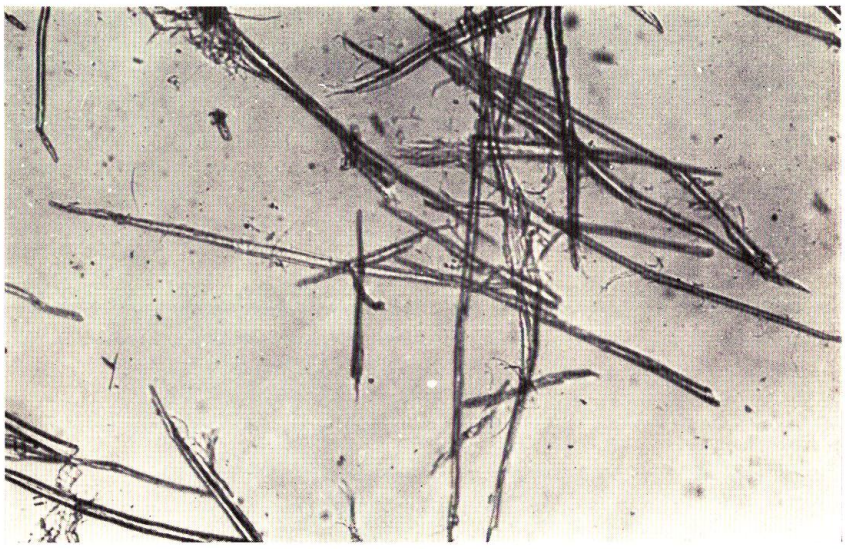


Photo 29. シラカンバ　セミクラフトパルプ
（硫化率 25%　活性アルカリ 5%）　×40