

製紙に関する古代技術の研究 (III)

——苧麻布・楮の臼搗による叩解——

大川 昭典*・増田 勝彦

1. はじめに

中国製苧麻布と日本産楮を原料として、臼搗叩解によって紙料の準備を行い、抄紙して、各種強度を測定したので報告する。

現在の伝統的手漉和紙を製造する際には、楮などの韌皮を長いまま、煮熟、手打して抄紙前の準備作業としている。それに反して、筆者らの行った研究によれば、奈良時代は、原料繊維を2～3ミリメートルに切断した後、長時間臼搗叩解を行って、抄紙したと推定される¹⁾。しかしながら、長時間にわたる臼搗作業を手で行うことは、筆者らにとってかなりな重労働であった。本年度、高知県紙業試験場に、動力式臼搗機(図-1)が設置されたのを機に、楮と苧麻布を2～3ミリメートルに切断、臼搗叩解して抄製し、各種強度及び特性を測定した。

臼搗機の臼底は御影石、杵は檜、1分間に61回の速度で杵が落下する。

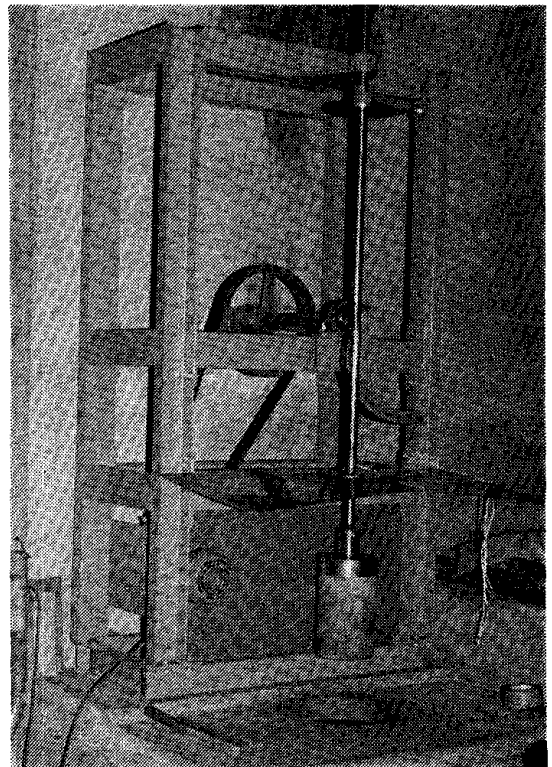


図-1 電動臼搗機
Fig. 1 Electric Powered Stamper

2. 原 料

中国製麻布(苧麻)を切断機により2～3ミリメートルに切断後、布に施されていた糊を除去するために70°Cの熱湯中に5分間浸漬し、サラン製網に入れ水洗し、遠心脱水機で脱水して、臼搗叩解を行った。

楮韌皮は、表皮・芽・傷等を取除いた「6分へぐり」といわれる皮を、乾燥状態で2～3ミリメートルに切断、開放釜に風乾原料重量2に対し、水6倍量、炭酸ソーダ15%で2時間煮熟した後、サラン製網に入れて水洗した。水洗後、ホルンダービーターで15分間遊離状叩解(フライバーロールを上げて、受け刃との間隔を広く設定する)、フラットスクリーンとセントリクリーナでゴミ等を取除き、遠心脱水機で脱水してから、臼搗叩解を行った。

それぞれの臼搗時間における繊維のフィブリル化状態は図-6、図-7を参照。

3. 抄 製

角型シートマシン(金網80メッシュ)を使用した。抄紙用粘剤(トロロアオイやPEOなど)を混入せずに抄紙後、濾紙を2枚湿紙の上にあて、その上に金属板をのせ、金属板上からクーチロールを転がし、湿紙を濾紙に移行させる。湿紙側をクロムメッキ金属板にあて、 3.5 kg/cm^2 で5分間圧搾、再び濾紙を交換して同じ圧力で2分間圧搾を行う。圧搾後に濾紙を剥がし取り、湿紙を金属板に張付けたまま、乾燥リングに挟んで自然乾燥を行った。

4. 測 定

楮靱皮、苧麻ともに5回にわけて、叩解度をショッパーリーグラー法により測定した後抄製し、得られた紙片を測定に供した。抄紙後に測定した項目は、密度、破裂強さ、引張強さ、引裂強さ、耐折強さ、クレム式吸水度の6項目である。(表-1, 表-2 参照)

第I報²⁾にもあげたように、延喜式に述べられている楮(穀)と麻布の臼搗時間の違いを確認するために、臼搗時間と叩解度 $^{\circ}\text{SR}$ の変化を見た(図-2)。明らかなことであるが、楮は短時間に叩解度の上昇が

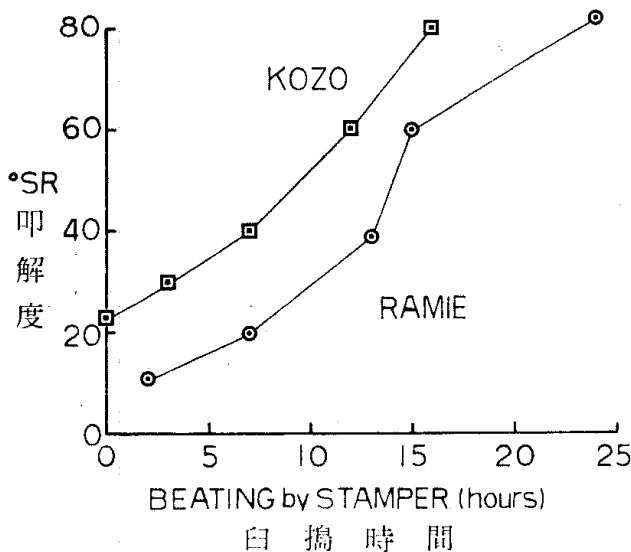


図-2 臼搗による叩解度の上昇
Fig. 2 Rise of degree of beating by Stamping

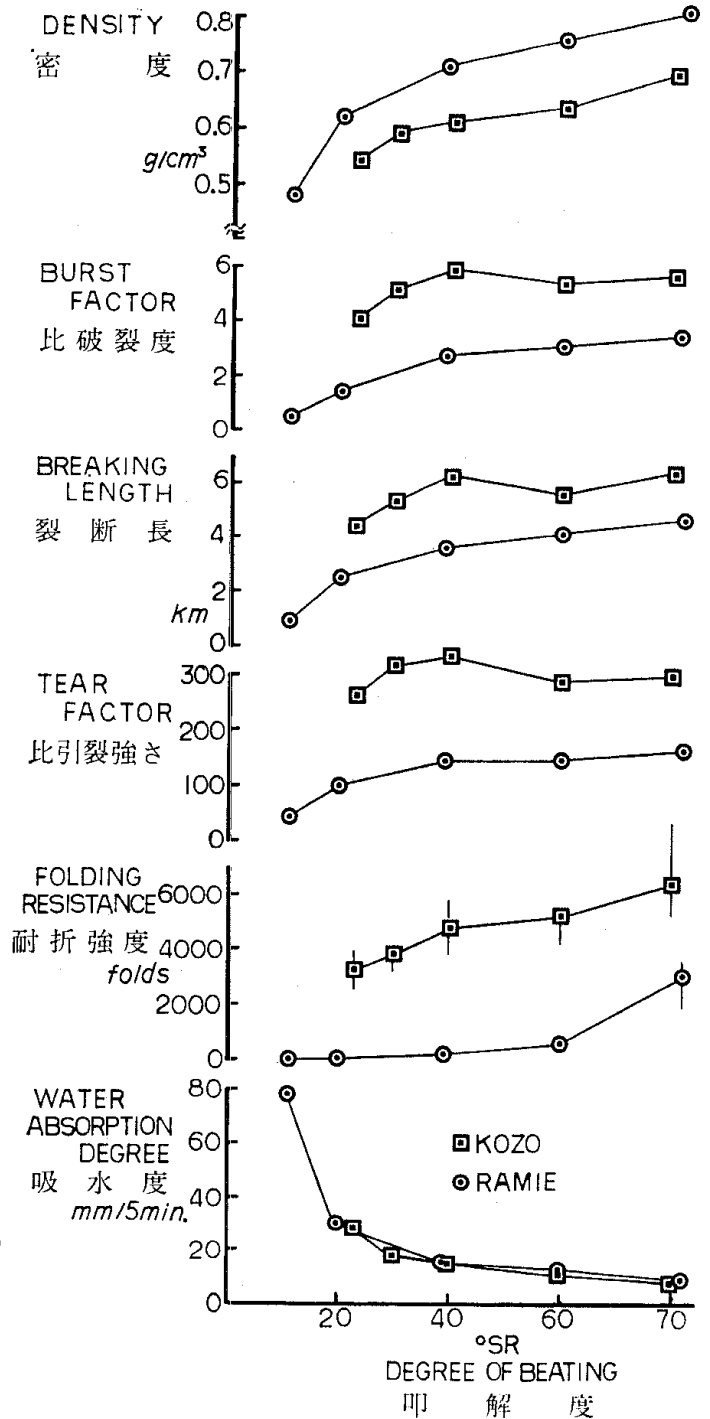


図-3
Fig. 3

著しい。苧麻と楮の臼搗時間の割合はおおよそ $^{\circ}\text{SR} 60$ で比較すると、苧麻布紙5対楮紙4である。この数字は、延喜式に見られる楮麻布に対する臼搗時間(約6対1)と比較すると、差が少ない。一般にセルロース分子の重合度が高くその配列が均一で、結晶領域が多く、不純分が少く、繊維壁が

表一1 苧麻布を臼搗叩解して抄製した場合の物理的諸性質
Table 1 Physical Properties of Ramie Paper Prepared by Stamping

試料 No.	Sample Ramie	1	2	3	4	5
臼搗時間 (hrs.)	Stamping	2	7	13	15	24
叩解度 (°SR.)	Degree of Beating	11	20	39	60	82
米坪量 (g/m ²)	Areal Weight	156	145	149	152	162
厚さ (mm)	Thickness	0.325	0.434	0.209	0.201	0.199
密度 (g/cm ³)	Bulk Density	0.48	0.62	0.71	0.76	0.81
破裂強さ (kg/cm ²)	Bursting Strength	0.78	2.03	4.10	4.58	5.59
比破裂度	Burst Factor	0.50	1.40	2.75	3.01	3.45
引張強さ (kg)	Tensile Strength	2.32	5.40	8.14	9.50	11.5
裂断長 (km)	Breaking Length	0.99	2.48	3.64	4.17	4.73
伸度 (%)	Elongation	0.7	1.7	3.0	2.8	2.5
引裂強さ (g)	Tearing Strength	64	142	213	227	272
比引裂度	Tear Factor	41	98	143	149	168
クレム法吸水度 (mm/5 min.)	Water Absorption Degree	78	30	15	12	9
MIT 耐折強さ (回)	Folding Resistance	2	18	200	560	3,000
		2~3	15~20	147~248	428~670	1,777~ 3,677

表一2 楮を臼搗叩解して抄製した場合の物理的諸性質
Table 2 Physical Properties of Kozo Paper Prepared by Stamping

試料 No.	Sample Kozo	1	2	3	4	5
臼搗時間 (hrs.)	Stamping	...	3	7	12	16
叩解度 (°SR.)	Degree of Beating	23	30	40	60	80
米坪量 (g/m ²)	Areal Weight	168	169	168	163	176
厚さ (mm)	Thickness	0.311	0.284	0.277	0.253	0.253
密度 (g/cm ³)	Bulk Density	0.54	0.59	0.61	0.64	0.70
破裂強さ (kg/cm ²)	Bursting Strength	6.90	8.76	9.96	8.82	9.94
比破裂度	Burst Factor	4.10	5.18	5.93	5.41	5.65
引張強さ (kg)	Tensile Strength	11.2	13.6	15.8	13.8	17.1
裂断長 (km)	Breaking Length	4.44	5.36	6.27	5.64	6.48
伸度 (%)	Elongation	2.0	3.8	4.5	3.8	3.6
引裂強さ (g)	Tearing Strength	440	539	560	473	526
比引裂度	Tear Factor	261	319	333	290	299
クレム法吸水度 (mm/5 min.)	Water Absorption Degree	28	18	15	11	8
MIT 耐折強さ (回)	Folding Resistance	3,200	3,800	4,800	5,200	6,400
		2,488~ 4,002	3,262~ 4,187	3,727~ 5,827	4,159~ 5,407	5,389~ 8,668

厚い繊維は叩解されにくい³⁾。

また、楮と麻では、同じ叩解度でも物理的な特性に相違があることを確認するため横軸に $^{\circ}\text{SR}$ 縦軸に密度、比破裂度、裂断長、比引裂強さ、耐折強さ、吸水度をそれぞれとって比較した(図-3)。強度については、全てにわたって楮が上まわっている。 $^{\circ}\text{SR}$ 60の位置において、楮の値が下降ないし停滞している原因は、叩解度測定の後、紙料を冷蔵庫中に一時放置したための影響と思われる。

さきほど、苧麻布と楮に対する臼搗時間の相違が、同じ叩解度に至るまででは、延喜式に示めされている程大きくないと述べたが、同じ強度に至るまでの臼搗叩解時間を比較してみると楮を3時間足らず臼搗して造った紙の強度と苧麻を24時間臼搗して造った紙の強度が、およそ等しくその臼搗時間の比は約1対8となり、延喜式の記述にはほぼ等しい。裂断長と臼搗時間の関係を見ると図-4の通りである。

叩解度 $^{\circ}\text{SR}$ 11において、麻の強度がきわめて低いのは、吸水度が80mm分を示していることから推測されるように、繊維間の接着がルーズであることによると思われる。最下段の吸水度に着目してみると、叩解度 $^{\circ}\text{SR}$ と吸水度mm/5分の関係が良く一致している。

しかし、吸水度と強い関係が有る密度は相異を示しているので、両者を軸として図を描いて比較すると図-5のごとくである。同じ密度における楮紙と苧麻布紙との吸水度の差が、何に由っているかは、現在のところうまく説明できない。

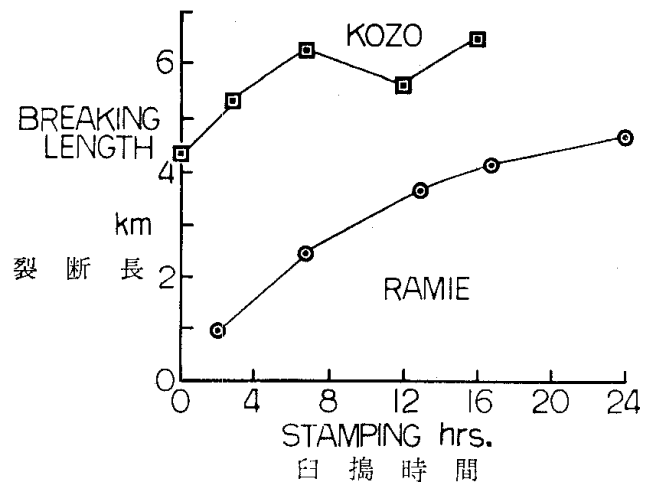


図-4
Fig. 4

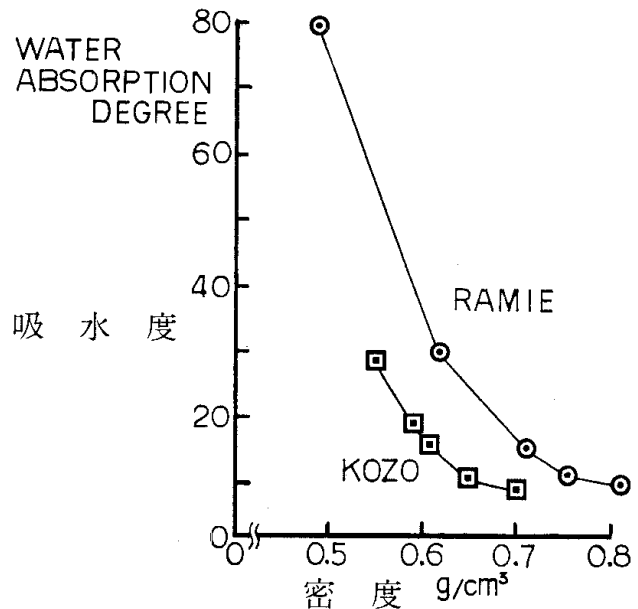


図-5
Fig. 5

5. 結 果

楮鞣皮と苧麻布を原料として臼搗叩解したところ、同程度の叩解度に至るまでの臼搗時間に差があるものの、延喜式に見られる麻布と楮に対する臼搗の時間の差ほどには大きくない。しかし、紙の強度に注目すると臼搗時間の差は、延喜式に見られる数値と良く合っていることがわかった。即ち、楮3時間に対して苧麻布24時間である。約1対8の割合。このことは、延喜式で定めている臼搗に要する一日の仕事量(原料によって異なる)の基準が、同じ強度の紙を造ることを目標としていたのではないかと推測を生ませる根拠となる。出来上がった紙の見映えだけが判断の基準ではなかったのではないかと推測を生ませる根拠となる。出来上がった紙の見映えだけが判断の基準ではなかったのではないかと推測を生ませる根拠となる。出来上がった紙の見映えだけが判断の基準ではなかったのではないかと推測を生ませる根拠となる。

あろう、往時の技術者の感覚に、筆者らも大いに親近感をおぼえるものである。

同程度の叩解度に至る臼搗時間が、楮の場合は短だけでなく、同じ叩解度における各種強度も苧麻布紙よりかなり上回っている。こうして見ると、楮靱皮の製紙原料としての優秀さが明らかである。当然のことながら、高価で叩解に時間を費し、出来上った紙の強度も楮紙に比して下まわる苧麻布紙は、実用紙としては使われず、専ら、正式公文書料紙、写経料紙として使われていたのもうなずける。

しかし、楮紙と苧麻布紙の吸水度の相違は書写の際の料紙の特徴として、興味が引かれる。正倉院文書中の楽毅論の料紙の表面は極めてキメが細いにもかかわらず、墨が滲んでおり、麻紙の特徴を示していると思われる。

〔注〕

- 1) 大川昭典・増田勝彦：「製紙に関する古代技術の研究」『保存科学』20号 pp. 43～56, 昭和56年
- 2) 同上
- 3) 上野桂助：「繊維の種類及び成分と叩解との関係」『紙の強度』pp. 146～150, 昭和30年

Technical Study on Paper Making in The Nara Period
(7—8 th century) (III)

—Stamping Ramie and Kozo—

Akinori OKAWA and Katsuhiko MASUDA

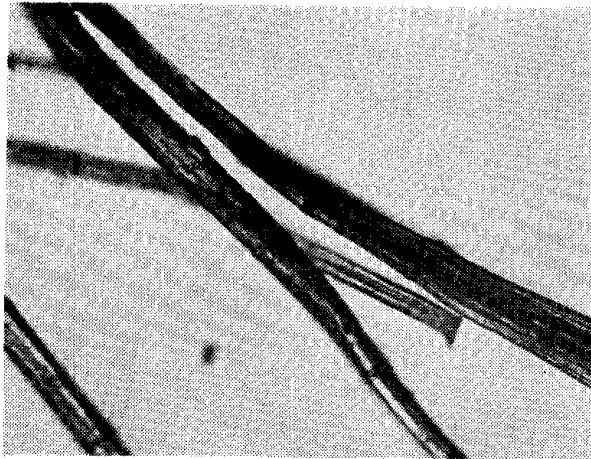
In order to compare the papers made from ramie and kozo both of which were main materials for paper making in the 7—8th century, the authors examined the mechanical characteristics of the papers which were sampled at different periods of stamping, because the materials should be prepared by cutting into 2—3 mm and stamping for many hours, according to the authors' previous study.

All kinds of strength of Kozo paper are superior to those of Ramie paper at any degree of beating, while density and water absorption degree of Kozo paper are less than those of Rami paper. In other words, if one uses Koze as material for paper making, he can make paper of the same strength as ramie paper in only one eighth stamping period.

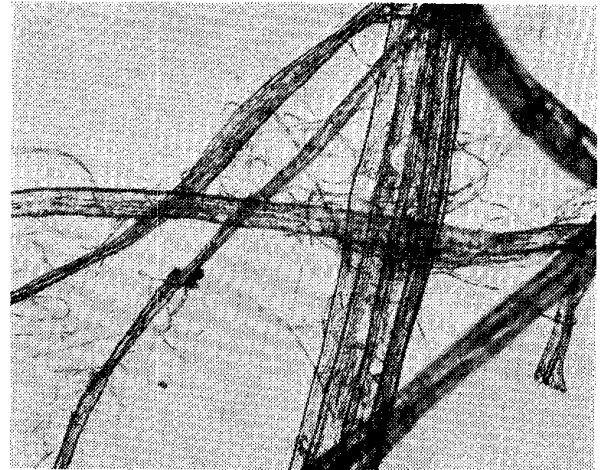
These results suggest that the norm of paper making process recorded in Engishiki (a code of the 10th century in Japan) must have been decided for making equally strong paper from different materials and not for same texture and/or writing effects.

The authors confirmed that Kozo is the supreme material for paper making when compared with Ramie which was a material for making formal paper.

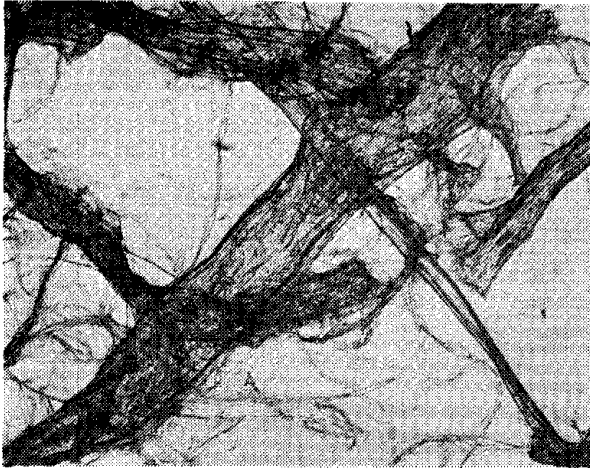
The authors understood it was very natural for the people of the 8th century to prefer Kozo to Ramie because Kozo was easily available and cheap, and needed shorter stamping to make finer texture.



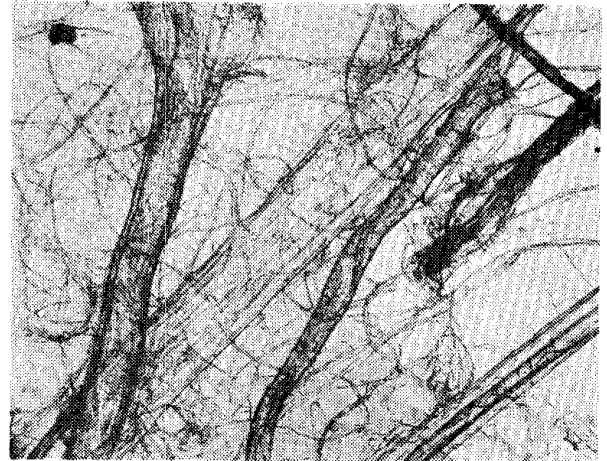
苧麻, 白搗前
Ramie, before stamping



苧麻, °SR 11, 2時間白搗
Ramie, °SR 11, 2 hrs. Stamping



苧麻, °SR 20, 7時間白搗
Ramie, °SR 20, 7 hrs. Stamping



苧麻, °SR 39, 13時間白搗
Ramie, °SR 39, 13 hrs. Stamping



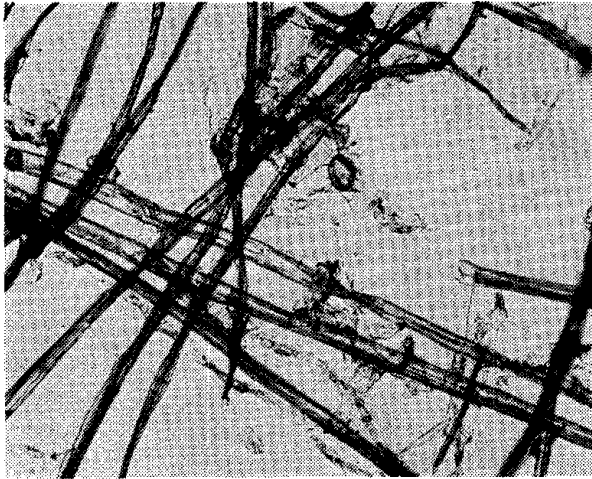
苧麻, °SR 60, 15時間白搗
Ramie, °SR 60, 15 hrs. Stamping



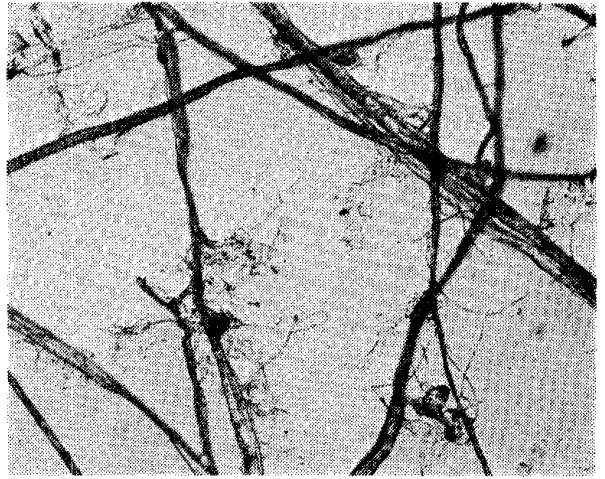
苧麻, °SR 82, 24時間白搗
Ramie, °SR 82, 24 hrs. Stamping

図-6 苧麻繊維の叩解状態

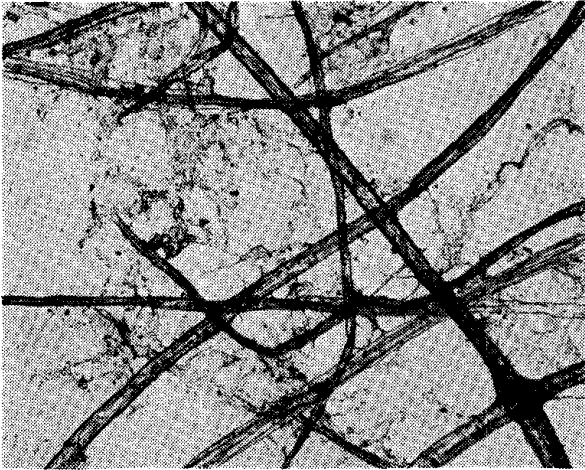
Fig. 6 Microscopic View of Ramie Fibre Fibrillation, ×100



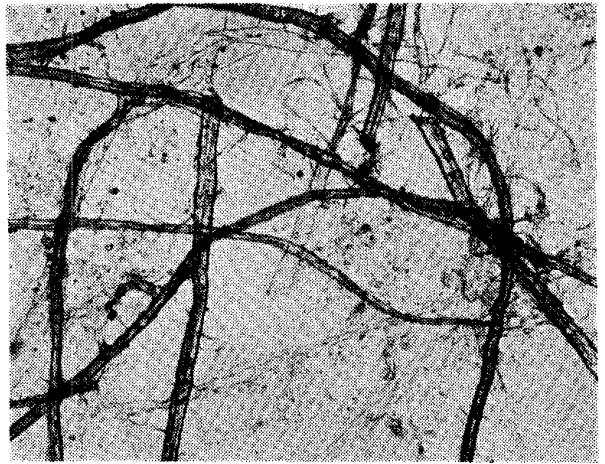
楮, °SR 23, 白搥前
Kozo, °SR 23, before stamping



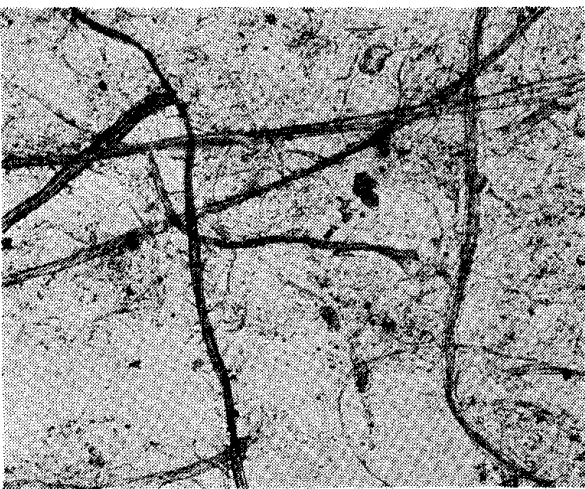
楮, °SR 30, 3時間白搥
Kozo, °SR 30, 3 hrs. Stamping



楮, °SR 40, 7時間白搥
Kozo, °SR 40, 7 hrs. Stamping



楮, °SR 60, 12時間白搥
Kozo, °SR 60, 12 hrs. Stamping



楮, °SR 80, 16時間白搥
Kozo, °SR 80, 16 hrs. Stamping

図一7 楮繊維の叩解状態

Fig. 7 Microscopic View of Kozo Fibre Fibrillation, ×100