

# 製紙に関する古代技術の研究

大川 昭典\*・増田 勝彦

## 1. 研究の目的

奈良・平安時代の料紙のうち、いわゆる麻紙の再現を現在に伝わる伝統技術だけによって成功させることは不可能である。そのことは『正倉院の紙』（昭和45年・日本経済新聞社発行・正倉院事務所編集）の中に標本紙として添付されている、故岩野市兵衛氏（重要無形文化財保持者）抄製による麻紙の模造品や、現在日本画用紙として出廻っている麻紙が、奈良時代の麻紙とは全く似ていないことから理解できる。

そこで、筆者等は、文化財修理の立場からその麻紙の再現にとり組むために、現行の和紙製造工程から離れて、古代の製紙技術を想定し、紙を試作して、奈良時代の麻紙に一步でも近づこうとした。

表一 現代の手漉紙工程と延喜式に書かれている工程の比較

Tab. 1 Comparison of the processes in present time and in Engishiki  
(a code of the 10th century)

原 料 material	楮 皮 koso		麻 ramie or hemp		布 woven ramie or hemp
	越 前 奉 書 Echizenbosho	延 喜 式 Engishiki	日 本 画 用 麻 紙 Paper for Japanese painting	延 喜 式 Engishiki	延 喜 式 Engishiki
工    程  processes	水 洗 washing in water	煮			
	煮 熟 boiling		切 断 cutting		
	あく出し rinsing		水 洗 washing in water		
	塵 取 taking off the spots	拭	塵 取 taking off the spots	拭	
		截 cutting		截	截
	打 解 beating	春	離 解 disintegrating	春	春
	紙出し rinsing				
	紙漉き forming	成 紙	紙漉き forming	成 紙	成 紙
	圧 搾 pressing		圧 搾 pressing		
	乾 燥 drying		乾 燥 drying		

※越前奉書と日本画用麻紙の工程は「日本美術工芸」所載の柳橋眞著「和紙」を参考にした。

\* 昭和54年度招へい研究員：高知県紙業試験場

## 2. 製 造 工 程

奈良時代に行われていた技術を最も濃く反映していると思われる文献として「延喜式」があるが、その巻十三・図書寮・造紙の項には、一年を通しての製紙に関する諸工程のノルマが記されている。今、この工程を抜き出して、現行の手漉和紙の工程と対照してみると、大略対応していることがわかる（表一1）。しかし、楮皮（穀皮）について、延喜式の“截”に対応する工程が、現行の手漉和紙工程には無い。また、麻では“截”と“扱”の順序が入れちがっているのが目につく。

それにしても、この程度の工程の違いで、現在の手漉和紙が、奈良時代の紙とは、非常に異質なものになってしまうのは、何故であろうか。

表一2 延喜式に記されている各工程別労働基準

Tab. 2 The norm of each process, shown in Engishiki

	煮 boiling	扱 taking off the spots	截 cutting	春 beating	約 2 kg (3.3 斤) の紙料 調製に必要な日数合計 total days to prepare apx. 2 kg material
穀 皮 kozo	2 kg/day (1 day)	1 kg/day (2 days)	2 kg/day (1 day)	0.5 kg/day (4 days)	8 days
麻 ramie, hamp		0.7 kg/day (2.8 days)	0.9 kg/day (2.2 days)	0.08 kg/day (25 days)	30 days
布 woven ramie or hemp			0.7 kg/day (2.8 days)	0.08 kg/day (25 days)	27.8 days

そこで、延喜式に記されている造紙工程をもう少し詳しく検討してみた。

表一2は、延喜式の造紙工程を表にしたもので、比較しやすいように文中の“両、斤”をkgに換算してある。また、長功・中功・短功と季節によって3段階のノルマが記されているが、表一2では、長功即ち、日の長い4月から7月までの1日のノルマだけを取り上げている。各項目の下に記している日数は、3.3斤（約2kg）（楮皮を煮熟する1日当りの量）を処理するために必要な日数である。

一見して明らかなように、春に要する日数が他の工程に比して極端に長い。これは、現在の手漉和紙の打解・離解工程に要する時間とは比較にならない。手作業による打解を行っている工房でも、約3kgの紙料に対して、1～2時間半程度である。この春の工程の長短が、出来上った紙に大きな影響を与える最大要因と考えて次のような実験を行った。

## 3. 実 験 抄 製

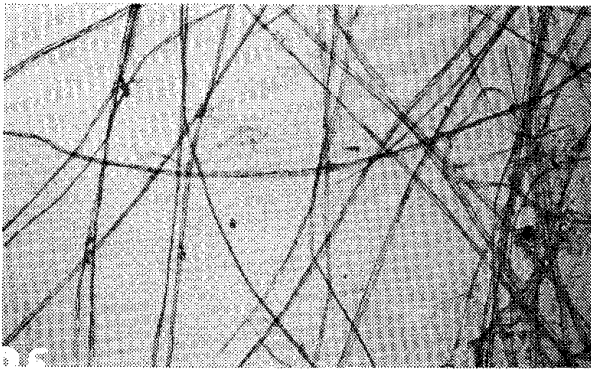
### 3-1 実験抄製その1

延喜式の春に当る“離解”“叩解”の時間が増加するに従って、紙の仕上りがどのように変化するかを見るため、楮・大麻・苧麻の3種の原料を、ホランダービーターによって離解・叩解処理を行い、抄製後の紙の仕上りを比較した。表一3及び図一1, 2, 3, 4, 5

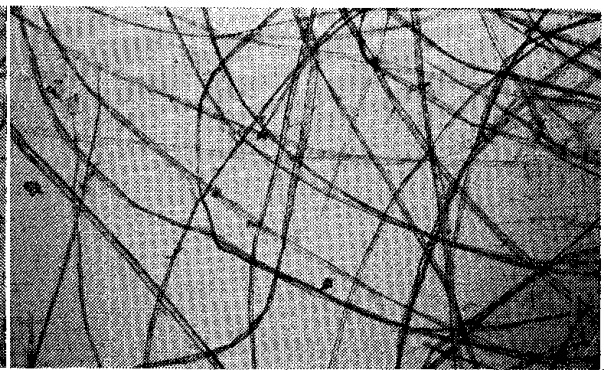
### 3-2 実験抄製その2

その他、次のような実験も行った。

○麻製古着(検鏡によれば苧麻と思われる)をホランダービーターで15～20分間叩解した後、抄製したが、繊維結束も出来ずに地合の良い紙が出来た。



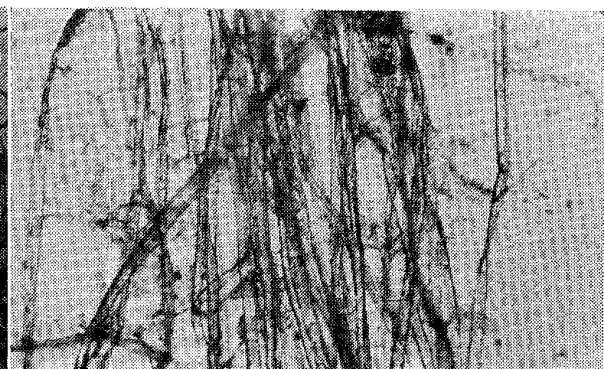
図一1 楮 B<sub>1</sub> 離解 5 分間  
Fig. 1 Kozo B<sub>1</sub> disintegration 5 min.



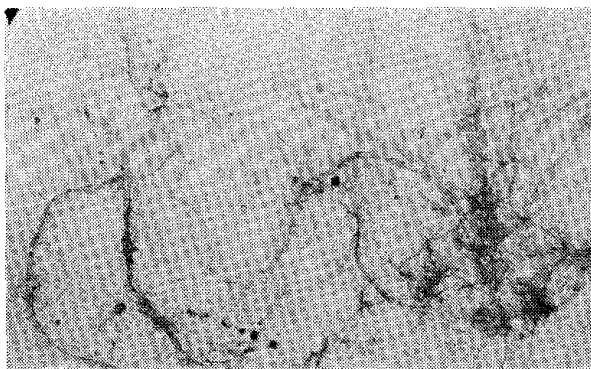
図一2 楮 B<sub>2</sub> 離解 25 分間  
Fig. 2 Kozo B<sub>2</sub> disintegration 25 min.



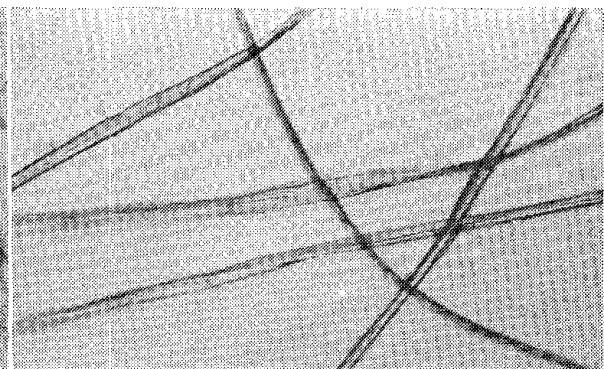
図一3 楮 B<sub>3</sub> 離解 30 分間, 叩解 30 分間  
Fig. 3 Kozo B<sub>3</sub> disintegration 30 min.,  
beating 30 min.



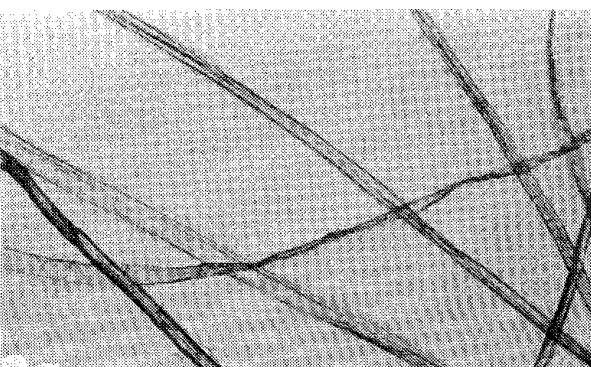
図一4 楮 B<sub>4</sub> 離解 30 分間, 叩解 90 分間  
Fig. 4 Kozo B<sub>4</sub> disintegration 30 min.,  
beating 90 min.



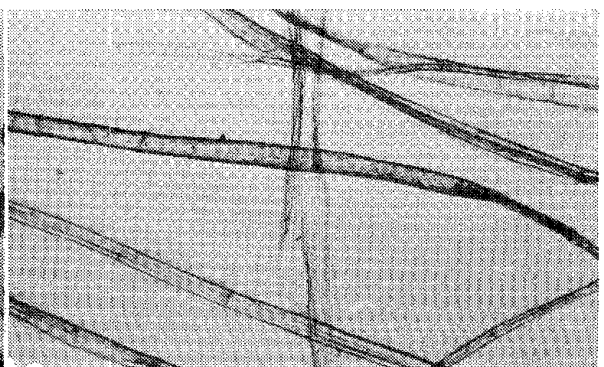
図一5 楮 B<sub>5</sub> 離解 30 分間, 叩解 150 分間  
Fig. 5 Kozo B<sub>5</sub> disintegration 30 min.,  
beating 150 min.



図一6 楮, 切断せずに臼杵で打解 1 時間  
Fig. 6 Kozo, not cut, beating 1 hr. by  
mortar and pestle



図一7 楮, 切断せずに臼杵で打解 2 時間  
Fig. 7 Kozo, not cut, beating 2 hrs. by  
mortar and pestle



図一8 楮, 切断せずに臼杵で打解 3 時間  
Fig. 8 Kozo, not cut, beating 3 hrs.  
by mortar and pestle

表—3 ビーター処理時間による紙の仕上りの変化

Tab. 3 beating period and texture of the paper

		ホランダービーターによる処理時間 beating time by Hollander beater		紙の仕上り texture of the paper
		フライバー ロールを上げて 離解が主 disintegration	フライバー ロールを受けて 叩解が主 beating	
楮 kozo	B <sub>1</sub>	5 min		肌のキメは細かいが従来の美濃紙の肌に似る 図—1 参照 fine, similar to good Mino-gami, see Fig-1
	B <sub>2</sub>	25 min		同上 ditto 図—2 参照 see Fig-2
	B <sub>3</sub>	30 min	30 min	繊維結果が急激に増え、パリパリした感じ、図—3 参照 remarkable increase of sheave, become crisp, see Fig-3
	B <sub>4</sub>	30 min	90 min	繊維結束は益々増加し地合のムラが大、図—4 参照 further increasing of sheave, more uneven formation, see Fig-4
	B <sub>5</sub>	30 min	150 min	繊維結束は少なくなり、フィルム状になる、図—5 参照 decreasing sheave, become filmy, see Fig-5
大麻 1.5 cm 2.0 cm に切断 hemp cut to 1.5~2.0cm	1	30 min		地合にムラがあり、繊維は荒く、紙という感じではない、 very uneven formation, stanch fibre, like a coarse felt,
	2	30 min	10 min	やや改良されるが、地合のムラは相変わらず大きい uneven formation
	3	30 min	30 min	繊維結束が多くなり、パリパリしてくる increasing sheave, become crisp
	4	30 min	90 min	繊維結束は少さくなる。フィルム状となる sheave becoming smoller, become filmy
苧麻 0.5 cm 1.0 cm に切断 ramie cut to 0.5~1.0cm	1	30 min		表皮のついたまま処理したので茶色の破片が一面に散るが、地合は良く、厚さも均一 fine formation and even thickness
	2	30 min	20 min	表皮の破片は小さくなるが、地合にムラが出てくる繊維結束は見えない formation become uneven, no sheave
	3	30 min	50 min	パリパリしてくる、フィルム状である become crisp and filmy

○楮を切断せずに、石臼・木杵で打解した。電動モータにより、1分間66回の速度で、1時間、2時間、3時間、4時間にそれぞれ打解し、ナギナタビーターでさらに5分間離解した後、抄製した。しかし、長時間打解した効果は殆んど見られなかった。打解中は、臼と杵が直接に当り易く、5秒に1度位は原料の楮を杵の下に送ってやる必要があった。原料が、臼の中で自然に回転し対流しないためである（図—6, 7, 8, 9）。

これらの実験から、楮や大麻を長い皮のままホランダービーターで長時間処理すると、繊維結束が出来て、地合の良い紙を漉くのは難しく、また、楮を長い皮のまま臼搗してもあまり効



図—9 楮, 切断せずに臼杵で打解4時間  
Fig. 9 Kozo, not cut, beating 4 hrs. by mortar and pestle

断して叩解用試料とした。

#### 。叩 解

叩解に当って, 切断した試料 100 g を水に浸し手で絞り(繊維に水を吸収させるため), そして鉄鉢に入れ, 1 分間に 100 回程度の速度で叩解をおこなった。臼搗の力を均等にするために, 鉄製杵の重さのみで叩解を行った。叩解状態を見るために, ①未叩解 ②1時間20分 ③2時間 ④3時間30分の4種類をサンプリングし, 繊維の検鏡と写真撮影を行った(図—10, 11, 12, 13) ①②④については, 叩解(°SR)をも測定した(表—4)。

#### 。抄紙

①は JIS-P-8209 のシートマシンで抄製し, ②はスキバメ機により抄製し, プレスはおこなわず風乾した。③④については, 叩解した試料を漉舟中に入れ, 撈拌棒でよく繊維を分散し, ヨーロッパ式金簀(60メッシュ)を用いて抄紙粘剤を入れずに溜漉きを行った。湿紙は毛布上に敷いた合敷紙の上に, 金簀を反転して上から手で押え移し, 1 枚ごとに合敷紙を入れて重ねた。プレスは, 16時間後に手まわしジャッキにより, 一般の手漉紙同様の搾り具合に脱水した。乾燥は三角乾燥機(表面にカシュー塗料塗布)に蒸気を通さず湿氏を貼りつけ自然乾燥した。

#### 試作 No. 2

#### 。原 料

中国産苧麻繊維(未使用の生繊維)

果が期待出来ないことがわかった。

#### 3—3 実験抄製その3

これまでの実験で知り得た事実を参考にし, 次に苧麻製古着と中国産苧麻を原料として, 抄製の実験をさらに進めた。

#### 試作 No. 1

#### 。原料

原料は, 苧麻製夏用背広古着(縫製年次不明)

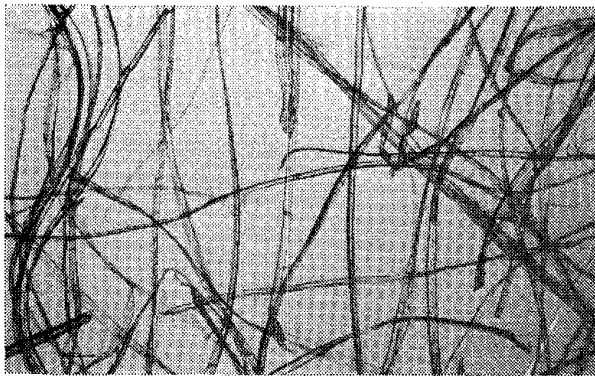
#### 。布の切断

背広の縫目の糸をはずし布とし, 写真用カッターで 5 mm を目標として, 縦横方向に切

表—4 苧麻古着による試作

Tab. 4 Test making from old ramie clothes

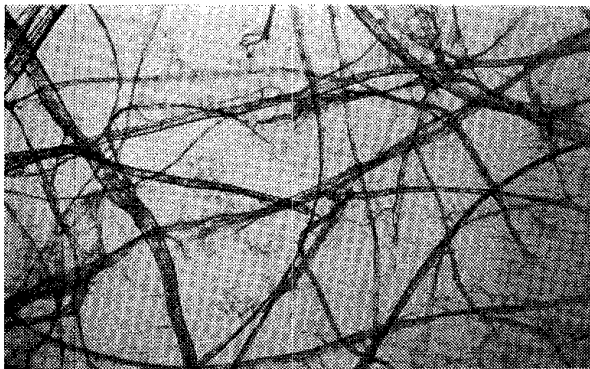
試 料 sample	叩 解 時 間 beating period	叩 解 度 degree of beating	紙 の 密 度 bulk density of the paper	
1	0	°SR 12	0.24 g/cm <sup>3</sup> (布細片をミキサーで離解抄紙) (measured paper made from only disintegrated clothes fibre)	see Fig 10
2	1時間20分 1 hr, 20 min	—	—	Fig 11
3	2時間 2 hrs	°SR 19	0.32 g/cm <sup>3</sup>	Fig 12
4	3時間30分 3 hrs, 30 min	°SR 25	0.39 g/cm <sup>3</sup>	Fig 13



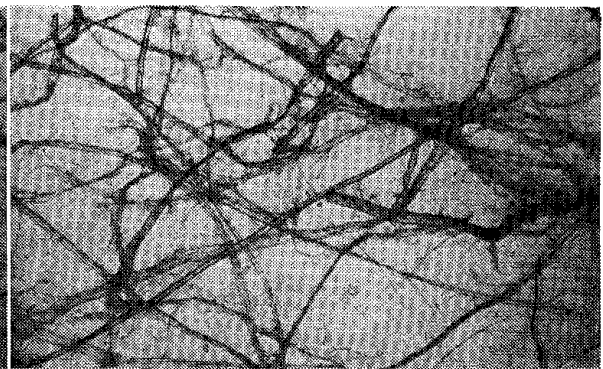
図一10 苧麻古着, 5 mm に切断, 未叩解  
Fig. 10 Ramie from old clothes, not  
beaten, cut to 5 mm



図一11 苧麻古着, 5 mm に切断, 鉄臼杵  
で叩解80分間  
Fig. 11 Ramie from old clothes, cut to  
5 mm beaten by iron mortar and  
pestle 80 min.



図一12 苧麻古着, 5 mm に切断, 鉄臼杵で  
叩解 120 分間  
Fig. 12 Ramie from old clothes, cut to 5 mm,  
beaten by iron mortar and pestle  
120 min



図一13 苧麻古着, 5 mm に切断, 鉄臼杵で  
叩解 210 分間  
Fig. 13 Ramie from old clothes, cut to  
5 mm, beaten by iron mortar  
and pestle 210 min.

#### ○ 繊維の切断

苧麻繊維は繊維長が長く、そのままでは処理できないので、写真用カッターで 5 mm を目標に切断した。

#### ○ 叩 解

切断した試料を水に浸し、手で強く絞り、鉄鉢に入れて、鉄杵の重さで、1 分間に 100 回程度の速度で叩解した。繊維の叩解状態を見るために、①35分 ②60分 ③1時間30分で試料のサンプリングを行い、検鏡と写真撮影をした(図一14, 15, 16)。

#### ○ 抄 紙

試料が少なかったため、1時間30分叩解を行ったものだけを、JIS-P-8209 のシートマシンで、抄紙粘剤を使用せずに抄紙し、プレスは  $1 \text{ kg/cm}^2$  でおこない、乾燥は風乾でおこなった。

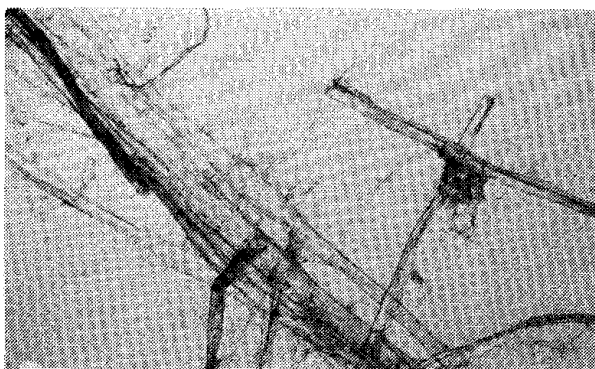
#### 3-4 実験抄製の結果に対する考察

○ 試作 No.1 の原料は  $5 \times 5 \text{ mm}$  の細片としたが、3時間30分叩解しても、紙の中に糸が残っていた。叩解中にも、織目がくずれるまでに時間がかかり、もっと短く切断する必要があると思われた。

○ 長時間の叩解にも拘らず、抄紙後に糸の形が残るのは、細片の大きさも重要であるが、一回に叩解する細片の量、臼の大きさや形状などの点も重要であると思われる。

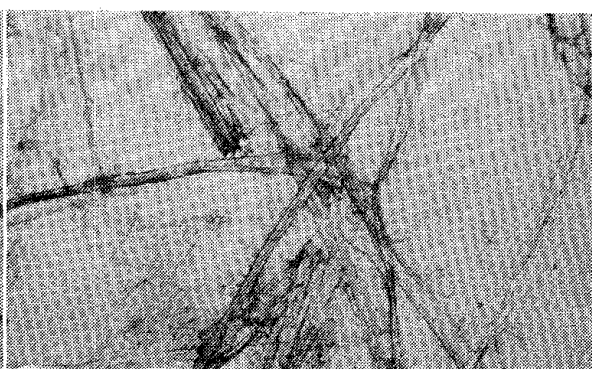
試作 No.2 の原料は生苧麻だったが、叩解時間が短かくても叩解度が高くなり、紙も緊ったものとなっている。布でないのに糸も残らず、臼に入れる一回分の量も少なかったため、臼の





図一14 中国産苧麻, 5 mm に切断, 鉄臼杵で叩解35分間

Fig. 14 Ramie from China, cut to 5 mm, beaten by iron mortar and pestle 35 min.



図一15 中国産苧麻, 5 mm に切断, 鉄臼杵で叩解60分間

Fig. 15 Ramie from China, cut to 5 mm, beaten by iron mortar and pestle 60 min.



図一16 中国産苧麻, 5 mm に切断, 鉄臼杵で叩解90分間

Fig. 16 Ramie from China, cut to 5 mm, beaten by iron mortar and pestle 90 min.

中で効率良く叩解がおこなわれたためと思われる。叩解度を測定していなかったのが残念である(図一10~16参照)。

#### 4. 延喜式の造紙工程について

##### 4-1 穀皮(楮)の場合の煮と截の順序について

"煮"の前に"截"を行うとすると、水に浸漬後に行うとしても、皮がまだ硬く、手で切断するには労力が大変で、"煮"のあとの釜出しも、紙料を網・籠などに入れてやらねばならず、"択"の塵とりでも、数mmに切断したものの塵取りを手で行うのは非効率である。

その点、長いまま煮熟すれば、紙料の皮をそのまま川に並べて水洗出来るし、塵取りも、長いまま出来るので扱いが容易で能率的である。"截"の際にも、皮が既に軟化しているので、刃物による切断が容易である。"延喜式"当時の煮熟剤(草木灰)は弱かったもので、煮熟後の楮皮は、現在のものより硬かったと想像され、却って、切断には都合が良かったかも知れぬ。現在の良く煮熟をした楮は、刃物で切断することは容易だが、柔軟で動き易いこともあって、揃えて切断するのは困難である。

楮皮を切断する時の硬さの問題については、次のような例がある。機械漉和紙の工場では、大量の楮を使用するために、開放釜でなく圧力釜を使用する場合もある。その時、楮を短く切断しないと、釜詰め、釜出しがうまく出来ない上、紙料の処理工程で結束繊維が多く発生してしまう。そこで、乾燥楮皮をカッターで短く切断する必要があるが、乾燥楮皮をカッターで切断する場合には、皮が硬い方が、うまく一定の寸法に切断することが出来る。

##### 4-2 "截"と"舂"について

平安時代の黄楮紙などを透過光で観察すると、繊維の分散が悪く、繊維束が多く残っているものがあり、その場合には、木灰による紙料の楮皮の煮熟が十分でなかったことが想像される。煮熟の不十分な場合、長い皮のまま臼搗しても繊維の分散は困難だが、楮皮を切断すると、臼中での返り(回転)が自然に起るようになり、効率良く臼搗が進行し、抄紙の際に抄紙粘剤(トロロアオイなど)を混入しないでも、短い繊維が水中で良く分散する。短く切断した

楮皮は、叩解度の調節も可能になり、水中での分散が良いので抄紙性も向上し、地合の良い紙が出来る。

実験の際にも、楮皮を長いま電動モータによる臼搗を行った場合は、楮皮は自然に回転せず、竹の棒で楮皮を杵の下に送り込んだ。しかし、5 mm 位に切断した楮皮は、手による臼搗でも自然に回転し、効率良い臼搗がおこなえた。麻の場合も同じで、切断は短いほど、臼搗の際に叩解度が上昇し易く、その上、漉簀上で水漏れが悪くなるので、紙の地合が取り易くなる。

#### 4-3 “成紙” (抄紙) について

麻・楮などを短く切断し、十分な臼搗によって叩解度の高くなったものは、抄紙後に重ねる際、1枚毎に何か合敷となるものを挟んで重ねたと思われる。十分に叩解された繊維で抄製した紙は、合敷を挟まずに重ねると、繊維同志がくっついてしまい、圧搾・脱水後に湿紙がはがれにくくなる。乾燥は、合敷ごと湿紙をはがし、干板に湿紙を張りつけた後に合敷だけををはがすか、合敷から湿紙だけををはがして干板に張りつけ乾燥するかの2通りが考えられる。

### 5. 顕微鏡による古紙の観察

叩解の程度によっては、楮を原料としていても、グラシン紙のような紙となることを実験で確認したのと、奈良時代の麻紙が一見して光沢があり、腰も強く、現代の麻紙とあまりにもかけ離れた表情をしていることから、料紙の原料について明確な判断を得るためには、直接繊維を取り出して観察することが必要であると考えた。結果としては、奈良・平安時代の写経料紙の繊維について顕微鏡による観察が、非常に有効であったが、プレパラート作成のために料紙の一部を採取しなければならない。そこでサンプルを主に下記の標本集から採取し、それに個人所有の1点を加えて計9点について、観察を行った。

「古今色紙之譜」昭和38年刊、「古今紙漉紙屋絵図」昭和40年刊、「古紙之鑑」昭和52年刊、いずれも関義城氏の紙のコレクションから抽出した実物を添付した紙の標本集である。

プレパラートを準備するには、サンプル紙の表面の出来るだけ中央に水を滴下して、ピンセットで表面の繊維を取って試験管中の水に入れ、激しく攪拌して繊維を離解してからプレートガラス上に水とともに流し出して、そのまま乾燥する。繊維の離解が困難なものは、水を煮沸させたり、カセイソーダを加えたりした。サンプル紙中央から繊維を採取したのは、サンプル切断の際に切断された繊維を避けるためである。

天平12年の写経2点(サンプル1, 2)は、繊維間の接着が良いためプレパラートにつくる際にも繊維が仲々分散されず、結束した部分が残し、多くの繊維が重なり合っているため、正確な繊維長の測定が困難であった。実際の平均繊維長は計測値より少し長いものと思われる。結束した部分は、繊維が十分に叩解され、非常に良くフィブリル化されて、良く絡み合っている部分である。

叩解してすぐにプレパラートを検鏡した場合と、一度紙にしてからプレパラートを作ったものとは、繊維のフィブリルは同じではない。紙を離解してプレパラートを作ると、繊維の絡み合がはずれて、フィブリルが少なくなる傾向にあるので、実際にはもう少しフィブリル化しているものと思われる。叩解度(°SR)を測定してから紙を製造し、その紙を離解して再び叩解度を測定しても、その値は同じにならず、かなり低い叩解度を示す。

### 6. 叩解と離解

「紙はビータで作られる」と云われている様に、紙を作る工程の中でも叩解は非常に重要な機械処理工程であるが、それは、叩解工程が紙の物性に対して幅広い変化を与えるためである。



表—5 検 鏡 結 果 一 覧  
Tab. 5 Microscopic observation

サ      ン      プ      ル Sample			織 維 fibre	織 維 形 状 そ の 他 Figure of fibre, and so	参照写真 Fig. No.
古今色紙之譜所収 Sample from "Kokonshikishinofu" by Yoshikuni Seki					
1	四分律蔵 天平12年 (740年) Shiburitsuzo Tempyo 12 (A. D. 740)	黄 麻 紙 komashi	苧 麻 ramie	繊維は切断されている 繊維長 100 本平均 1.75 mm フィブリル多い, 填料は無い fibres cut, average length of 100 fibres 1.75 mm, highly fibrillated fidres	図—17 Fig-17
古紙之鑑所収 Samples from "Koshinokagami" by Y. Seki					
2	光明皇后願経 四分律蔵 平平12年 (740年) Komyokogogankyo Tempyo 12 (A. D. 740)	黄 麻 紙 komashi	苧 麻 ramie	繊維は切断されている 繊維長 100 本平均 1.92 mm フィブリル多い, 填料は無い fibres cut average length of 100 fibres 1.92 mm, highly fibrillated fibres	図—18 Fig-18
3	金剛寿命院羅尼経 鎌倉初期 (～1200年 ～) Kongojumyoindara- nikyo beginning of Kama- kura period period (～A. D. 1200 ～)	白 麻 紙 hakumashi	楮 kozo	繊維は切断されている。 フィブリルの発生した繊維がある 填料は無い, 繊維表面に付着物 fibres cut some fibrillated fibres, no filler, something stuck on fibres	図—19 Fig-19
古今紙漉紙屋図絵所収 Samples from "Kokonkamisukikamiyazue" by Y. Seki					
4	大般若経 天平2年 (730年) Daihannyakyo Tempyo 2 (A. D. 730)	黄 穀 紙 kokokushi	楮 kozo	繊維は切断されている フィブリルの発生した繊維有り fibres cut some fibrillated fibres	図—20 Fig-20
5	大般若涅槃経 平安初期 (～820年～) Daihatsunehangyo beginning of Heian period (～A. D. 820 ～)	黄 穀 紙 kokokushi	楮 kozo	繊維は切断されている 少しフィブリルの発生した繊維有り fibres cut some fibres a little fibrillated	図—21 Fig-21
6	大般若経菅田八幡写 経 永承元年 (1046年) Daihannyakyo Eisho 1 (A. D. 1046)	黄 楮 紙 kochoshi	楮 kozo	繊維は切断されていない 少しフィブリルの発生した繊維有り fibres not cut some fibres a little fibrillated	図—22 Fig-22
7	写経 (経名不明) 承暦3年 (1079年) Sutra Shoreki 3 (A. D. 1079)	白 麻 紙 hakumashi	楮 kozo	繊維は切断されていない 少しフィブリルの発生した繊維有り fibres not cut some fibres a little fibrillated	図—23 Fig-23

サ ン プ ル	Sample	紙	繊維 fibre	繊維形状その他 Figure of fibre, and so	参照写真 Fig. No.
8	法華経(紺紙金泥経)	紺紙 konshi	楮 kozo	繊維は切断されている 繊維に藍が付着している 少しフィブリルの発生した繊維有り fibres cut indigo stuck on fibres some fibres a little fibrillated	図-24 Eig-24
個人所有 Sample from private collection					
9	写経断簡(経名不明) 奈良時代末(~781~) Sutra end of Nara period (~A. D. 781~)	—	楮 kozo	繊維は切断されている 繊維表面に付着物有り 繊維は傷んでいる フィブリルの発生した繊維有り fibres cut and damaged, something stuck on fibres, some fibrillated fibres	図-25 Fig-25



図-17 四分律蔵(天平12年)黄麻紙, 苧麻  
Fig. 17 Shiburitsuzo (AD 740) Komashi, Ramie

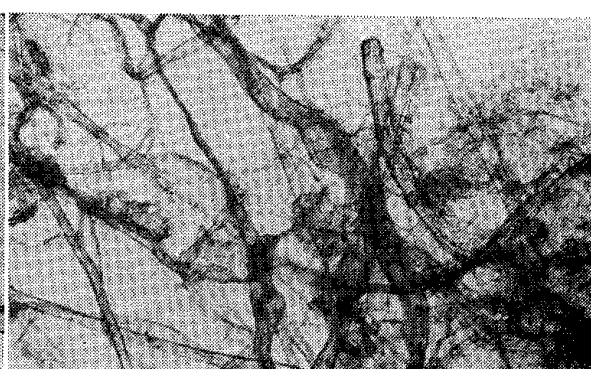


図-18 光明皇后願経(天平12年)黄麻紙, 苧麻  
Fig. 18 Komyokogogankyo (AD 740) Komashi, Ramie

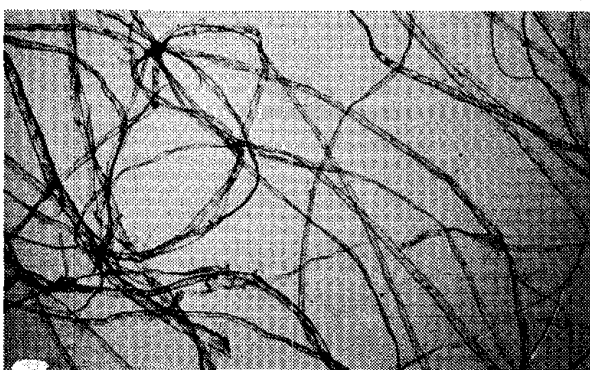


図-19 金剛寿命院陀羅尼経(鎌倉初期)白  
麻紙, 楮  
Fig. 19 Kongojumyoin Daranikyo (~A. D.  
1200~) Hakumashi, Kozo

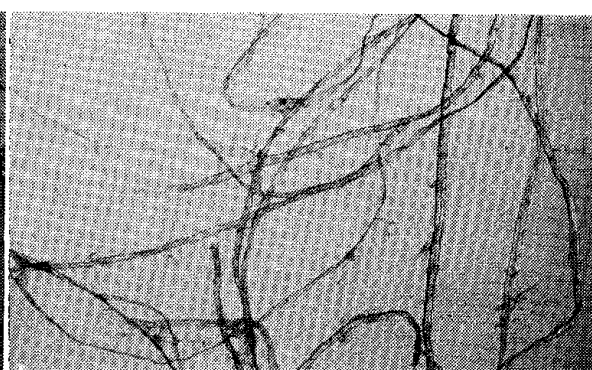
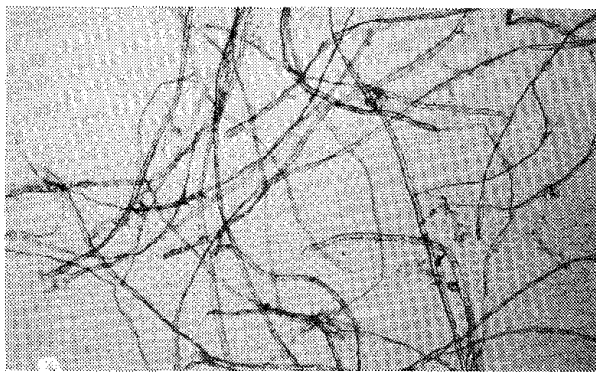
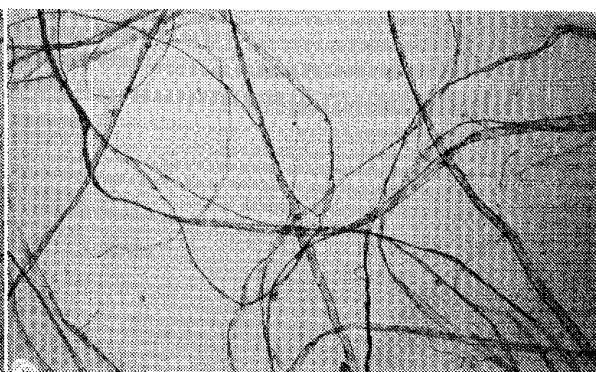


図-20 大般若経(天平2年)黄穀紙, 楮  
Fig. 20 Daihannyakyo (A. D. 730) Kokokushi, Kozo

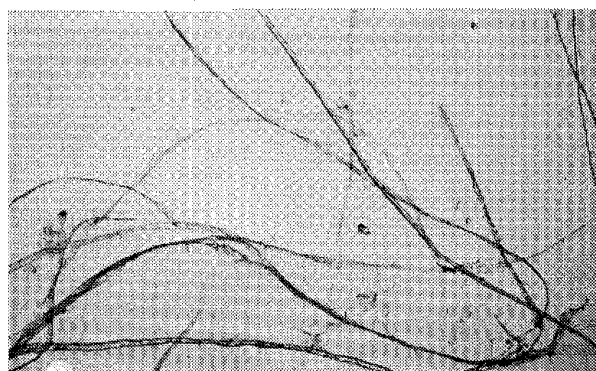
叩解の主な作用は、繊維をとりまく周壁を傷つけ、内容が水によって膨潤を起し、これによって繊維本体からフィブリルを分岐させ水中に遊離することと、繊維の長さの短縮の2点である。叩解しない堅い繊維は、繊維同志の接触面積が少なく、繊維間の空間が大である。したがって密度の低い嵩高の紙となる。一方、叩解され、しなやかになった繊維は、繊維同志が良く接触しあい、結果として、結合面積が大となり、繊維間の空間が少なくなり、密度の高い、緻密な紙となる。



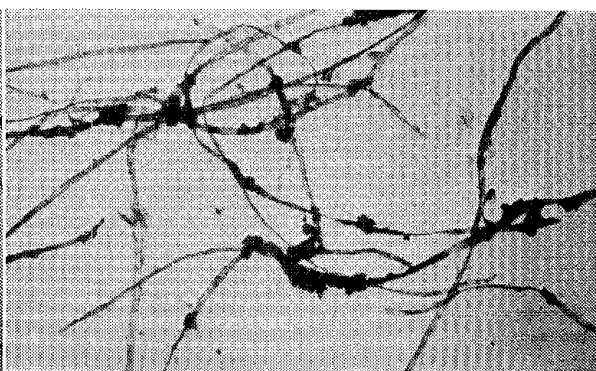
図一21 大般涅槃經(平安初期)黄穀紙, 楮  
Fig. 21 Daihatsunehangyo (~A. D. 820~)  
Kokokushi, Kozo



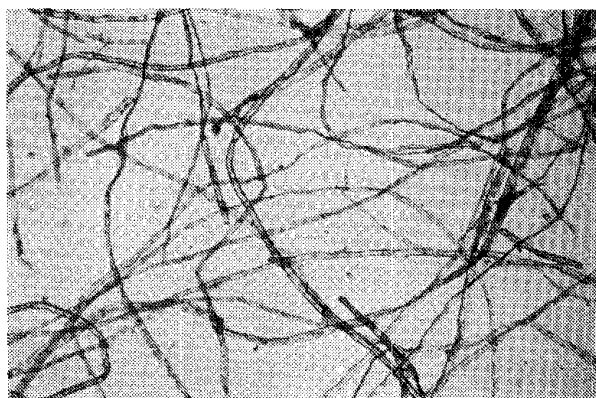
図一22 大般涅槃經(永承元年)黄楮紙, 楮  
Fig. 22 Daihannyakyo (A. D. 1046)  
Kochoshi, Kozo



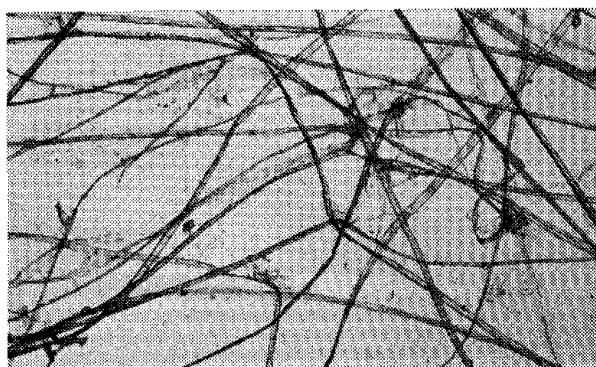
図一23 写經(承暦3年)白麻紙, 楮  
Fig. 23 Sutra (A. D. 1079) hakumashi,  
Kozo



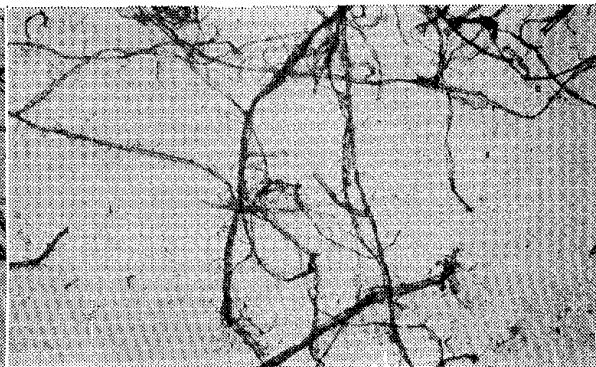
図一24 法華經(鎌倉時代)紺紙, 楮  
Fig. 24 Hokekyo (A. D. 1185~1391)  
Konshi, Kozo



図一25 写經断簡(奈良時代末), 楮  
Fig. 25 Sutra (~A. D. 781~), Kozo



図一26 日本画用麻紙  
Fig. 26 Paper for Japanese painting



図一27 イタリア版本1673年刊  
Fig. 27 Italian printed book, published in 1673

手漉和紙の製造工程において、叩解と比較すべき打解や離解は、繊維の束をバラバラにして単繊維にするだけであって、フィブリルは繊維から分岐しない。それで、叩解とはいわずに、打解または離解と呼ぶのである。<sup>1)</sup>

手漉和紙において叩解が行なわれず、単なる離解だけが行なわれているという事実は、原料が楮、雁皮、三桠など、叩解をしなくても地合の良い優秀な紙が作られるものに限定されているということにもよるが、日本の工芸品によく見られる通り、素材を大切に扱い、その持味を最大限に引出すという伝統が深く影響しているとも考えられるだろう。

その点が、奈良時代の方法とは大きく異なる方向に発展してきた現在の和紙技術では、奈良時代の紙の復元模造が困難な背景であるとも思うのである。そこで目をヨーロッパの手漉紙に向けてみると、現在も作られている水彩画用紙や版画用紙は、木綿、亜麻などのボロ布を、臼で25～30時間叩解して、溜漉で作られていて、むしろ奈良時代に行なわれたと想像される技術に良く似ており、中国から中東を経て伝わった時以来、あまり変化せずに温存されていることに驚かされる(図-26, 27)。

## 7. ま と め

原料、叩解設備、叩解条件などは、互いに複雑に関係しあって叩解の作用に影響を与えているが、奈良時代写経料紙の調査結果と、実験結果から、それらを部分的にでも推察してみようと思う。

検鏡によれば、奈良時代の麻紙の繊維には、次の3つの特徴が観察された。

- ① 刃物によると見える切断面
- ② 分岐した多数のフィブリル
- ③ 著しく短い繊維長(2 mm 弱)

また、実験によって次のようなことが、わかった。

④ 長い皮をそのまま臼に入れて搗いても、回転による対流が起らず、叩解の効果は表われ難い。

⑤ 細断した繊維を臼に入れて搗くと、回転による対流もほどよく起り、叩解も進行しやすく、したがって、フィブリルが表われ易い。

⑥ 細断した繊維を、乾燥状態のまま臼で搗くと、回転は良好で見かけは粉状となるが、単なる繊維の切断にとどまり、フィブリルは表われ難い。

⑦ 細断した繊維に回転が起る程度に適量の水を与えて(20～30%試料濃度)臼で搗くと、フィブリルが表われ易い。叩解が進行しやすい。

⑧ 延喜式に記すように、生麻や麻布に対しては、煮熟は不要であり、予想以上に容易にフィブリルの分岐した試料が得られた。

以上の、検鏡結果と実験結果から、奈良時代の製紙工程のうち、“截”と“春”の工程を次のように推測した。

- ① まず刃物で、繊維を入念に切断する。2～3 mm を目標とする。
- ② 水に浸した後、手で固く絞る。含水率70～80%。
- ③ 少量ずつ、長時間にわたって臼で搗く。

現在作られている手漉の麻紙は、大麻の繊維を1.5～2.0 cm に切断し、そのまま、または煮熟後に打解と、ビータによる離解をしているが、切断した繊維が、奈良時代の麻紙より5倍～10倍長い場合、ビータで長時間処理すると、繊維結束が出来てしまうので、本当の意味の叩解は行われていない。その結果、嵩高で地合が悪く密度の低い紙となり、紙力も不足するので、

楮その他の靱皮繊維を配合して、紙の物性を補っている。

最後に、こうして試作した紙の繊維は、顕微鏡で見ると、奈良時代のものと同等であるのに、紙の表面はマット状でキメが細かく、古い画箋紙のような肌をしていて、奈良時代写経料紙のあの艶は少しも無い。また墨の吸収も良く、そのしみ具合も画箋紙に似ている。やはり、成紙の後で打・螢などの表面加工が行なわれていたに相違なく、打・螢技法の研究と併行して、この研究を今後進めて行く必要を感じた。

また打・螢技法による加工が行なわれたことを予測するために、現在の手漉和紙の密度と、奈良時代写経料紙の密度を測定してみたところ、表一6の結果が得られた。

表一6 古い紙と新しい紙の密度の比較  
Tab. 6 Comparison in density of papers

	米坪量 g/m <sup>2</sup> areal weight	厚さ mm thickness	密度 g/cm <sup>3</sup> bulk density	
本美濃紙 Honminogami	36.0	0.102	0.35	テスト No. 45
黒谷紙 Kurodanishi	60.5	0.148	0.41	テスト No. 56 木灰煮
石州半紙 Sekishubanshi	24.3	0.068	0.36	テスト No. 65
『手漉和紙』（無形文化財記録）文化庁 昭和46年刊の中の試験表に基き算出				
黄麻紙 Komashi, 8 thC	82.3	0.100	0.82	表一5, 図一18参照 see Tab-5, Fig-18
白麻麻 Hakumashi, 13 thC	55.3	0.062	0.92	表一5, 図一19参照 see Tab-5, Fig-19
『古紙之鑑』の中のサンプルを実測				

表中に見られる密度の値を比較してみると、現在の和紙との差が、想像をはるかに超えて高いことが明らかであり、そこから、“打”加工による紙の密度の向上が推測されるのである。

#### ◎世界の紙の歴史における“フィブリル化”の意味

本報告の中で明らかになった製紙技術の中で最も重要な点は、麻繊維が単なる離解にとどまらず、十分な叩解を受けて“フィブリル化”していたという事実である。文中にも述べているように、叩解によるフィブリル化は、近代製紙の中でも最も基本的かつ重要な条件である。そして“フィブリル化”という視点から世界の紙の歴史をみると、次のような非常に興味ある事実が浮び上ってくる。

すなわち、中国を起点とする製紙技術の伝播において、繊維の“フィブリル化”系統の技術は、アジア諸地域に於ては主流とはならず、いわば“非フィブリル化”技術が、豊富な原料に支えられて、現在まで伝統技術として伝わっている。他方中東地域を経てヨーロッパに伝わった“フィブリル化”技術は、用具の変遷はあるものの、そのまま18世紀まで伝えられ、近代の木質パルプによる製紙技術へと引継がれて行くのである。こうして見ると、木質繊維をフィブリル化して紙をつくる近代製紙技術がヨーロッパで起ったことは、甚だ必然性のある出来事であったと言える。そしてそのことは、紙の歴史を、“フィブリル化”系技術と“非フィブリル化”系技術とに、分類して考える必要性を著者に感じさせている大きな理由である。

#### おわりに

この論文は、大川研究員が実際の実験計画と実験を行い、最終的に増田が実験データを基に

まとめたもので、文責は増田にある。また、実験が進む中で、当初の予想より良い結果が出て、この論文を非常に有益なものとしたが、これはひとえに、大川研究員の経験や知識が生かされたもので、今後も、このような実際の現場に居る科学者と文化財と直接関係することの多い我々との協力が有効であり必要性があることが痛感された。

#### 文 献

- 1) 門屋卓, 角祐一郎, 吉野勇『紙の科学』中外産業調査会 (1977)

### Technical Study on Paper Making in the Nara Period (7-8 th Century)

Akinori OKAWA\* and Katsuhiko MASUDA

When restoring art on paper, restorers hope to use paper similar to the original. Today, however, the Japanese hand-made paper maker can not reproduce hemp or ramie paper similar to the type used in the 7-8 th century. The need for such a paper initiated this study. After an examination of many such papers, the authors concluded that "fibrillation" is the most important characteristic to reproduce from 8 th century paper; this is also the characteristic used to distinguish the fibre of the 8 th century's paper from today's paper.

Through the examination of the texts in Engishiki (a code of the 10 th century), after making observations of fibre from old papers, and actually making paper, the authors developed a hypotheses concerning the steps in the maceration process in the Nara period;

- 1) cut the woven or unwoven fibre to the size of 2-3 mm by knife,
- 2) apply water, about 70-80% water content by weight,
- 3) put a small part of the cut fibre into a mortar,
- 4) beat it efficiently with a pestle.

The reproduced paper made by this process is not similar enough to the original type of paper, even though the microscopic appearance of its fibre is very similar to the old one. Furthermore, the bulk density of the old paper is much higher than the reproduced one. These steps outlined above assumed that there should have been a beating process to finish the paper in that period. Tests on the beating process are going on in order to complete this study.

\* Invited researcher from Kochiken Seishi Shikenjo, Kochi Prefectural Pulp and Paper Institute