

素材としての和紙に関する基礎的研究

園 田 直 子

はじめに

- 1 紙の原料と製紙技術
- 2 紙の原料の繊維の形態

3 試料を採取せずに調査する方法

おわりに

論文要旨

和紙の当初の製法は溜漉法で、原料の繊維は予め短く切断された後、臼などで搗かれてから使用されていた。繊維を短くし、フィブリルを発生させることによって、しなやかで、よく結合しあう繊維に変えていたのである。一方、現在の手漉和紙では流漉法を主流とし、原料の持ち味をなるべく損なわないように生かして使っている。紙を特徴づける普遍的で客観的な基準を導き出すための準備として、ここでは、紙の代表的な原料の繊維の形態の特徴をまとめた、標準となる写真資料を作成した。その際、原料の持ち味を生かして漉いた紙（コウゾ、クワ、ガンピ、ミツマタ、竹、稲わら）のみならず、古代の溜漉法に準じて原料を処理してから漉いた紙（アサ、カラムシ、コウゾ、クワ、ガンピ、クララ）の繊維も試料とし、原料本来の形態の特徴が繊維の切断・叩解などの処置を経た後、どの程度まで残っているのかにも注目している。偏光顕微鏡での単ニコル・直交ニコル下の観察と合わせて、染色後の繊維の観察も含めた。これらの繊維の形態の特徴が、紙から繊維を採取することなく、紙表面を観察することのみでどこまで読み取れるかの検討も行なっている。また、試料を採取せずに行なえる方法の検討の一環として、紙の特徴（厚みの均一性、糸の目・簀の目の有無とその間隔、繊維の分散の様子など）の記録に関し、画像瞬間校正紙の可能性とその限界を調べた。

はじめに

紙は我々の生活に密接に関係しており、紙のない生活は考えられないといっても過言ではない。その一方、古代近世の料紙などを取り上げてみても素材としての紙の基礎的な研究はまだ未開拓な部分が多いのに気付く。料紙研究の方法が確立されているともいえず、文献から又は産地ごとの製紙に関する技術的な研究はあっても、文献に表われている紙名に対して、この料紙に相当するのだという明確な結びつきが完成しているともいえない。そこで、ここでは、紙を特徴づける普遍的で客観的な基準を見出すための準備として、素材としての和紙に関する基礎的な研究を行った。

基礎的な概念を把握するために、まず、紙の原料や製紙技術に関する知識や情報を整理した。そのあと、和紙の基礎的調査方法を二つの方向から検討している。一つは、紙の原料は何であるのか、どのような処理を経て使用されていたかを調べる技術史・材料史的観点である。そのための基礎資料として、和紙の原料として用いられている植物繊維の標準となる写真資料を作成した。その際、現在の手漉き和紙に見られるように原料の持ち味を生かして漉いた紙（コウゾ、クワ、ガンピ、ミツマタ）の繊維のみならず、古代の溜漉法に準じて原料を処理してから漉いた紙（アサ、カラムシ、コウゾ、クワ、ガンピ、クララ）の繊維も対象とした。また比較のために、竹、稲わらでできた紙の繊維も観察した。二つめは、用途別・時代別の変遷の有無をみていく上での指針となりえるような紙の特徴を比較調査する方法の検討である。ここでは紙から試料を採取することなく行なえる調査方法を対象とした。紙表面の観察、そして、画像瞬間校正紙による紙の特徴の記録という二点の可能性を見る。

1 紙の原料と製紙技術

紙は火薬・磁石・印刷術とともに中国古代科学技術の四大発明の一つといわれ、日本の製紙技術の源も中国にある。紙の歴史を技術や材料の面からみていくにおよんで、まず中国の事情についてまとめた上で、日本における原料や製紙法について言及する。

(1) 中国の紙の原料と製紙法

紙は後漢時代（25—220）の蔡倫（？—121）が発明したという説があったが、今世紀になって蔡倫以前の時代の紙の実物資料が中国各地で出土し、この説は覆された。最近でも、例えば1990年冬に、敦煌に近い甜水井の遺跡から前漢時代の文字のある麻紙が出土した事実がある。⁽¹⁾すなわち、紙がいつの時代に誰によって発明されたかということは結局は分かっていないことになる。

〔原料〕

製紙原料としては様々な植物が利用されている。それぞれの植物の使用が始まった時期を整理(2, 3, 4, 13)してみる。()内に記載したのは、各々の植物の使用に関する記述をのせている文献名で、文献4に因った。

- ・麻 : 前漢
- ・構 皮: 後漢 (范曄撰『後漢書』)
- ・桑 皮: 晋 (蘇易簡『紙譜』)
- ・籐 皮: 晋 (蘇易簡『紙譜』, 張華『博物志』, 虞世南『北堂書鈔』, 徐堅『初學記』)
- ・竹 : 晋 (稽含『南方草木狀』, 趙希鵠『洞天清祿集』)
唐 (李肇『國史補』)
- ・香 樹 皮: 唐 (『新唐書』蕭倣, 劉恂『嶺表錄異』, 段公路『北戸雜錄』)
- ・木芙蓉皮: 唐 (宋応星『天工開物』)
- ・青 檀 皮: 唐 (『新唐書』地理志, 張彦遠『歷代名画記』)
- ・稻麦わら: 唐 (元稹の詩句)
宋 (蘇易簡『文房四譜』)

潘吉星は多くの実物資料を調査し、その結果を発表している^(5~12)。前漢・後漢時代の紙をはじめ、調査の対象となった新疆出土古紙、敦煌石室写経紙、そして中国古代書画用紙のうち、年代が確定あるいは推定できているものを、年代順に、原料の種類・紙の特徴とともにまとめてみた(参考資料1)。この表には、Collings と Milner が行なった中国の古紙の調査結果も付け加えてある⁽⁴⁷⁾。調査の対象の多くが敦煌・新疆という北部地域からの出土物であるため地域に若干の偏りが見られるが、実物資料の調査で確証がとれている結果は希有といえよう。これらの結果を総合すると、中国では、まず漢紙において麻(大麻、苧麻)が使用されていた。その中には麻縄の切れ端が認められるものもあり、麻の繊維は、多くの場合古くなった麻縄・魚網・布からの再利用と考えられている。敦煌や新疆出土の古紙では、麻はその後も広く用いられ、南北朝に至る時期までの紙のほとんどが麻紙である。隋・唐になると麻以外の原料、楮や桑などの木本性靱皮繊維(樹皮紙)もでてくる。五代では麻紙が多い。宋になると木本性靱皮繊維が大半を占めている。竹紙は北宋で初めて現われ、それ以前のはまだ発見されていない。^(4, 7, 11, 12)

〔製紙法〕

漢代の古紙を再現する実験を潘吉星が行なっているが、漢代の紙の特徴は次のようなものである。^(5, 8, 10, 12)

- ・早期、すなわち前漢時代の紙は、粗厚で表面に麻の繊維束がしばしば存在している。原料の麻縄の切れ端が残留していることもある。繊維が緊密に交わっていることはなく、その分布は不均一である。繊維のフィブリル化はそれほど進んでいず、繊維細胞は破壊されていない。漉き簣の文様が明確に現われていない、いわゆる布紋紙である。

・これに対し、後漢あるいは晋の時代になると紙の質は向上し、うすい紙も出てくる。繊維は均一で細くなり、大きな繊維束は少なくなる。繊維のフィブリル化は進み、繊維細胞は破壊されてくる。簀の文様が明確にみられるもの（簾紋紙）が多くなってくる。

実際に出土した古紙と再現実験でできた紙とを比較検討した結果、前漢時代の麻紙は比較的原始的な方法で造られていたと推察されている。麻縄や古布を水中に浸し、細かく切断する。不純物を洗浄で取り除いたあと、原料を草木灰を含むアルカリ性の灰水に浸す。少量ずつ取って石臼の中で搗き砕く。再び洗浄する。このようにして準備した麻料を水中に入れ、繊維を分散させ、紙を漉く。紙に簀の文様が現われていないことから、糸あるいは馬尾の硬毛で編んだ網を底にした浅い木枠を用いて紙を漉いていたのではないかとされている。木枠の中に紙料をくみあげる、あるいは、木枠の中に紙料を注ぎ入れることによって抄紙していたのであろう。^(6, 8, 12)

後漢に入ると造紙技術は様々な点で発達してくる。とくに原料をアルカリ液に浸すだけでなく蒸煮する工程が加わってきたのではないかと考えられている。蒸煮工程が加わることにより、紙の白さは増し、繊維の分散はさらに細かく均一になってくる。簾紋紙が出てくるのは現在のところ晋以降だが、この場合は木枠に取り外し可能な簾（漉き簀）をおいて紙を漉いていたと考えられている。古来の方法では木枠の数だけしか紙が漉けなかった（紙が乾いたら紙をはずして、再び同じ木枠を使うことはできる）が、簾は木枠から取りはずせるため、製紙の能率は格段にあがったことであろう。^(6, 8, 12)

木本性韌皮繊維の構（カジノキ）を原料とした紙づくりは、久米の調査によると、西安近郊の北張村で今世紀になっても二千年の伝統を守った原始的技法で続けられている。その工程を簡単に記す。まず原料を蒸煮して皮を剥ぐ。水に漬けた後、碾子を用いて外皮をとる。石灰汁に漬けた後、一晚乾かす。蒸煮する。水洗いし、日光で乾かす。再び水で洗い、踏うすで踏む。こうしてできた紙料を切断し、石桶の中で少量の水とともに搗く。もう一度洗浄し、漉桶の中に水とともに入れる。紙を漉く。漉いた紙を重ね合わせ、重石を用いてしぼる。最後は壁面に張って乾かす。

潘吉星が再現した麻紙づくりでも、久米が調査した構紙づくりでも、原料の植物繊維は短く切断され、搗かれている。繊維を叩解することで繊維の短縮化をはかると同時にフィブリルを発生させるのが目的とみられる。言い換えると、溜漉法に適した紙料になるように原料を処理しているのである。繊維を短くし、フィブリルを発生させる効用については（2）〔製紙法〕で詳しく述べる。

（2）日本の紙の原料と製紙法

『日本書紀』の中に「推古天皇十八年春三月、高麗王貢上僧曇徴法定、曇徴知五経、且能作彩色及紙墨、並造碾磑、蓋造碾磑始干是時。」という記述があり、これが我が国における最も古い製紙の記録といわれている。⁽¹³⁾しかし、最後の「蓋造碾磑始干是時」という書きそえがあるため、絵具・紙・墨の製作を初めて伝えたのは本当に曇徴だったのかという疑問がおり、4世紀には朝

鮮半島からの帰化人が多くいた事実と考え合わせても、紙のつくり方は曇徴の来朝以前に既に伝わっていたのではないかと考えられるようになって⁽¹⁴⁾いる。紙の需要は戸籍の作成や写経事業を通して急激にのび、律令体制下になると紙づくりは図書寮で管理されていた。また、中央のみならず地方でも紙が漉かれていた。大同年間になると図書寮別所として紙屋院といわれる紙漉場がつくられている。

〔原料〕

正倉院の文書や図書類の中には、⁽¹⁴⁾寿岳によると二百三十三の紙名があるという。一方、⁽¹⁵⁾関は702年から760年の間に百七十八種の紙名が出てきているという。紙名の中には原料を表わすと思えるものもあり、それらから推察するとアサ、コウゾ、ガンピ、ワラ、タケ、ニレ、マツ、マユミ、マサキ（ツルマサキ）などが紙の原料として使用されていたのではないかと^(14, 16, 17)されている。

一方、延長5（927）年頃に完成した『延喜式』の巻13図書寮の項には、製紙原料として穀、麻、斐、苦参があげられている。穀はコウゾ、カジノキ、ツルコウゾ、あるいはクワまでを指していたとされ、麻という名称もアサ（大麻）のみならず麻類を総称していたと考えられている。また穀、そしてとくに麻は一度布に織ってから使用される場合も多かったようである。斐はガンピのことで、これもコガンピ、トサガンピ、ミヤマガンピ、キガンピ、シヤクナンガンピ、サクラガンピ、シマサクラガンピなど多くの品種があるという。苦参はクララのことだが正倉院文書には記載がなく、また実物も見つけられていない。このような原料が単独、あるいは混合されて紙がつくられていたといわれており、たとえば色紙の場合には必ずガンピを混入することが『延喜式』に規定^(16, 18, 19)されている。

麻の使用は徐々に減少していく傾向がある。このことに関しては、『延喜式』に記載されている一日の成紙量および書写量のノルマが、麻紙の場合は他の原料より少ないことから、⁽¹⁹⁾大澤は麻紙が造りにくく書きにくい紙であったためと推察している。また大澤は、⁽¹⁹⁾古来、麻紙と呼び称せられたものは純粹の麻紙とは必ずしも限らないとしている。

以上をまとめると、古代の和紙の原料は麻・コウゾ・ガンピが主ということになろう。そして、これらの名称はある一つの植物を指すというよりは、総称として使われていたようである。斐紙の原料にはガンピのみならず同じじんちょうげ科のミツマタも含まれているという説もあるが、⁽²⁰⁾一般にはミツマタが和紙の原料として使用されるようになるのは慶長以降といわれて⁽⁵⁵⁾いる。

日本の古紙が実際に調査され、その結果が発表された例は少ない。というのも、紙の原料識別には繊維を少量採取する必要があるためである。例外ともいえる調査は、古紙の標本集、あるいは、修復の際に昔の裏打ち紙についていた繊維などを対象に行なわれている（参考資料2）。

〔製紙法〕

『延喜式』の上記の項に季節によって異なる製紙諸工程のノルマが原料別に記されていることはよく知られている。諸工程は、布の場合は截・春・成紙、麻と苦参の場合は扱・截・春・成紙、穀と斐の場合は煮・扱・截・春・成紙となっており、漉き方は現在でいう溜漉法に相当する。

原料は一度煮てから（原料の種類によってはこの工程がない場合もある）、精製（扱）され、切断（載）され、そして臼でつかれて（舂）いるのである。^(14, 17, 21, 22)

この“舂”という工程の目的は、繊維を傷つけ、繊維本体からフィブリルを発生させることによって、しなやかで良く結合し合う繊維にかえることにある。繊維が短く、よくフィブリル化されているほど水中での分散がよく、また箕にくみことだときの水漏れが遅くなるため、この工程は地合のよい紙を得るにはなくてはならないものである。⁽²¹⁾ ⁽²²⁾ 森本によると、この工程が“載”の後にあるのは非常に絶妙な組み合わせということである。というのも製紙原料となる植物は繊維のほかに柔細胞と呼ばれる非繊維細胞を多く含んでいるからである。柔細胞は繊維と繊維の間の結合を強める働きをする以外にも出来上がった紙の色や風合いを決める重要な要素となるものである。コウゾなどの繊維を切断せずにそのまま臼でつくと、繊維細胞はフィブリル化しにくい上、柔細胞などの非繊維細胞は比較的簡単に崩壊してしまう。ところが、予め繊維を切断して短くしておくと、柔細胞の崩壊を極力さげながらも繊維のフィブリル化を進めることができるのである。⁽²¹⁾ 大川らが古代の製紙技術を再現した実験でも長い皮をそのまま臼で搗くより、2ミリ前後に短く切断してから搗く方がフィブリル化しやすいという結論を得ている。また、切断した繊維を乾燥状態でつくよりも、水分を与えた方がフィブリルが表われやすいという。

『延喜式』では麻と穀の一日あたりの“舂”の仕事量に大きな差（長功では、穀一日十三両に対して麻は二両⁽¹³⁾）がある。すなわち、原料の種類によって“舂”に費やす時間に差があるということになる。大川らは、麻布（中国製苧麻）および楮の繊維を臼搗する時間を徐々に長くしていき、叩解の程度と紙の特性の変化を測定している。それによると、楮の叩解度は最初から苧麻より高い。臼搗の時間が長くなるにつれて楮も苧麻もそれぞれ叩解度が上がっていく。同程度の叩解度に至るまでに有する時間は楮の方が苧麻より短くてすむが、その差は『延喜式』にみられる差ほどは大きくない。ところが、できた紙が同程度の強度に至るまでに必要な時間となると大きく異なり、その臼搗時間の比は『延喜式』の処理時間の差にはほぼ相当するという。

この二つの実験の結果を総合すると、麻は短く切断された後、繊維が十分にフィブリル化するまで叩解されていたと考えられる。一方、楮は同じように繊維が切断されてはいるが、もともと叩解度の高い紙料でもあり、麻の繊維と比較するとそれほどフィブリルの発生していない状態で使用されていたと推察できる。標本集から採取した奈良・平安時代の古紙九点を大川ら⁽²¹⁾（参考資料2）が顕微鏡で観察しているが、これらの写真を見比べても楮の繊維のフィブリル化の程度は、麻の繊維と比べると少ないようである。九点のうち天平時代の黄麻紙二点は苧麻で、繊維には切断された跡がある。比較的太い繊維のあらゆる部分から細い繊維がでており、繊維のフィブリル化が進んでいる様子が分かる。あとの七点の原料は楮で、そのうちの五点で繊維が切断されており、フィブリルが発生しているものもある。残りの二点の繊維は切断されてはいるが、一部でフィブリルが少し発生している。このほか、鎌倉時代の料紙からもこのように短く切断されフィブリル化した繊維が見出された例がある^(21, 25)（参考資料2）。紙の繊維のこのような特徴は、原料処

理の特徴を現わしているといえる。

さて、このようにして叩解が終わった原料は水とともに槽中で混ぜ合わされ攪拌される。紗をひいた漉簀の上に紙料をすくいこみ、水面と平行に保ちながら揺り動かすことによって紙層がつくられていく。紙の厚さは、くみこんだ紙料液の濃度およびその量によって決められる。簀から外した湿紙を重ねるときは、湿紙と湿紙の間に同じ大きさの布が置かれていたとされている⁽¹⁸⁾。というのも叩解度の高い紙料は、湿紙どうし重なるとくっつき合うため、乾燥の際、剥がすことが困難になるからである。これがいわゆる溜漉法であり、原理的には前述の中国の製紙法と大差はない。

その後、流漉法が考案されてくる。原料の繊維は切断されず、長いまま、原料の持ち味を殺さないように使用されるようになる。“ねり”と称する粘液を加えることも始まる。ねりとしては、トロアオイやノリウツギが一般的だが、その他にもビナンカズラ、アオギリ、ノリアサ、ヒガンバナ、ナシカズラ、ギンバイソウ、タブノキなど多くの植物がある⁽²⁶⁾。ねりの効用は、切断されていない長い繊維の水中での分散を良くし、その沈殿を防止することにある。ねりを添加することによって、原料を切断し充分フィブリル化させる処置をとるまでもなく、紙料液の水漏れの速度を遅くすることができるため、繊維は十分に絡み合うようになるのである。紙の腰も強くなり、うすい紙を漉くこともできるようになる。湿紙を重ねあわせても一枚一枚剥ぐことができるのも、ねりの添加で一枚の紙において長い繊維どうしが充分かつ均一に絡み合っているからである^(26, 27)。

⁽²⁸⁾石川によると、代表的なねりであるトロアオイの粘質物分子は、D-ガラクトウロン酸とL-ラムノースが2：1の比からなる分子量15万の鎖状のポリウロン酸という。ねりを加えるということは、繊維の表面を粘質物分子で被膜するということである。吸着された粘質物分子は枝状に水中にのび、吸着されていない粘質物分子と絡み合って全体では網状構造を形成している。その結果、繊維間に反発作用がおこり、繊維が均一に分散されるのである。粘質物分子は少量で効果があり、⁽²⁹⁾錦織の実験では、コウゾとサルファイト混合パルプの場合、抄紙に必要な最少限度の粘液量は、抽出粘液中の固形分で0.785g/lであった。別の報告によるとレーヨンパルプの場合、抄紙限界濃度はトロアオイ粘質物で0.0025%、ノリウツギ粘質物で0.003%ということで、それぞれの相対粘度は各々1.20と1.27である。⁽³⁰⁾トロアオイ粘質物は水の中で不安定な網状の構造をとっており、加熱するか激しくかき混ぜたりすると、この構造は簡単に崩壊してしまう。夏期にトロアオイ粘質物の粘度が低くなり抄紙効果が低下する原因はここにある^(28, 30)。

⁽¹⁶⁾町田は、正倉院の紙における繊維の配列の仕方を顕微鏡で観察した結果から流漉法は8世紀の後半頃に凶書寮で始まり、9世紀前半には全国に広まったとしている。延長5(927)年に完成した『延喜式』の記述が溜漉の製紙法という事実と矛盾することになるが、この点については『延喜式』が当時の実情を表わすというよりも上代への回顧の面が強かったためと説明している⁽¹⁸⁾。また町田は、流漉法の考案をガンビ繊維が大きな役割を果たしたという「ガンビ粘剤説」で説明し^(17, 18, 31)ている。ガンビ繊維にはセルロース以外の成分、とくにヘミセルロースが多く含まれており、そ

のヘミセルロースは古代の処理法ではさほど取り除かれない。ヘミセルロースの化学的構造がトロロアオイやノリウツギなどの分子と非常に類似しているところから、ガンピ繊維は固形のねりと考えられるとしている。すなわち、ガンピ繊維を含んだ紙料から地合のよい強く美しい紙ができることが経験的に分かると、ガンピ繊維の特質である粘質性が注目され、そこから粘液、すなわちねりの使用が考えつかれたのではないかという。

流漉では、紙料を幾度も汲み上げては縦方向、ときには横方向に揺さぶり、紙の厚さを整えていくという漉き方をする。最後には簀上のあまった液を捨てる操作を行なうため、不純物のない紙を漉くことができる。現在、各地で伝承されている手漉き和紙の漉き方はこのような流漉法によるものが主流となっている。

2 紙の原料の繊維の形態

製紙原料は大きく木材繊維（針葉樹，広葉樹）とそれ以外の非木材繊維とに分けられるが、ここの調査の対象となる非木材繊維植物は更に次のように分類できる。⁽³²⁾

・被子植物 (Angiospermae) 双子葉門 (Dicotyledones)

種 毛……綿，カボック

韌 皮……アサ，アマ，ツナソ，ミツマタ，コウゾ，ガンピ，クワ

・被子植物 (Angiospermae) 単子葉門 (Monocotyledones)

葉 繊維……マニラ麻，サイザル麻，ニュージーランド麻

カ本科植物…エスパルト，麦わら，稲わら，アソ，竹，バガス

すなわち日本や中国で昔から紙の原料とされているものは主として韌皮繊維（麻類などの草本性韌皮，コウゾ・ミツマタ・ガンピなどの木本性韌皮），あるいは，カ本科植物（竹・わら等）ということになる。韌皮繊維の意味はあまり明確ではないが，実用上は茎の形成層より外側から採れる繊維をさしている。⁽³³⁾たとえばミツマタでは，形成層を底として外側に向かって三角形あるいは台形に集中しており，アマの場合は形成層の外側に数本から数十本環状に配列している。⁽³⁵⁾製紙原料として活用されるのは主に表皮および木質部を取り去ったあとの韌皮繊維の部分だが，普通，その周りにある柔細胞も一緒に含まれることになる。韌皮繊維を生木からではなく古い衣類の再利用で得た場合は，柔細胞は処理の過程でなくなっている。カ本科植物の場合は表皮が薄い⁽³²⁾ため取り除かれることはなく，表皮系の細胞も製紙原料に含まれている。

繊維を識別するには，繊維の形態と同時に染色挙動を観察するのが一般的である。非木材繊維の特徴は文献32，36～42などに，染色挙動は文献32，43にまとめられている。繊維の形態や染色挙動と並んで，繊維の膨潤挙動の試験を行なうこともある。膨潤剤には，17.5%カセイソーダ溶液，84.5%リン酸液，酸化銅アンモニア液，銅エチレンジアミン液など多数あるが，この中でも17.5%カセイソーダ溶液を用いる方法は，繊維の染色挙動が類似しているミツマタとガンピが混合し

ている場合の両者の識別にとくに役立つ。^(44~46)日本あるいは中国の紙の繊維の識別を顕微鏡観察で体系的に行なうことは、外国においても Wei Liang-Yung, Collings et al. ⁽³⁾ ^(47~50)などが試みている。

和紙の製紙技術に関しては、今までは溜漉法と流漉法の違いを繊維の方向性（紙の繊維に特定の方向がない場合は溜漉の紙、ある一定の方向に繊維がほぼ平行に走っていれば流漉の紙）に注目して論じられることが多かった。第1章でみたように日本で当初行なわれていた製紙法の大きな特徴は、原料の繊維を短く切断し叩解してフィブリルを発生させていることである。この処理の仕方は、今のいわゆる流漉法の手漉きにおいて原料の持ち味を生かすように繊維を長いまま使用していることと大きく異なっている。原料処理の工程の中で、繊維の切断・フィブリル化の工程の有無の検討は、技術の根本的な相違を表わす一つの重大な要素と理解できる。ねりの使用の有無もあげられようが、⁽¹²⁾潘吉星によると溜漉法にもかかわらず中国では遅くとも宋の時代には植物粘液の使用が知られていたということなので、この点の検討は行なわないことにする。

このように、とくに昔の紙の場合、現代とは異なる製紙技術でつくられているため紙の外観や風合いのみを基準として原料を推定するのでは正確とはいえず、紙の原料が何であるのか、どのような処理を経て紙になっているのかを解明する鍵となるのは繊維の顕微鏡観察である。ところが和紙の原料となる繊維の形態を染色前・染色後、あるいは、膨脹挙動とともにまとめた標準となる写真資料で、古紙の調査に応用できるものは少ない。というのも繊維の形態の標準写真があっても、ほとんど傷ついていない状態の繊維を対象としているためである。コウゾとカラムシ（中国製苧麻）の繊維の切断・叩解後の写真を掲載している文献²³は稀な例である。

そこで、ここでは紙の代表的な原料の植物繊維の形態の特徴をまとめるにあたって、古代の溜漉法に準じて製作した紙から採取した繊維の試料もまじえて、原料本来の形態の特徴が繊維の切断・叩解などの処理の後でどの程度まで残っているのかにも注目して観察を行なった。その際、^(23, 32~50)上述の文献からの知識も参考にしながら観察したのはいうまでもない。写真1から9は、各々の繊維を単ニコルおよび直交ニコル下（オリンパス BHSP 高級偏光顕微鏡）で観察したもの、および、C染色液で染色後の試料である。第3章（1）では繊維の特徴を試料を採取することなく紙面より読み取ることを試みているが、その基準となるのもここでの観察である。写真10は、ガンピとミツマタの繊維の膨潤挙動による識別である。なお、今回は、第1章のまとめに基づいて最も代表的な原料として麻類（アサ、カラムシ）、コウゾ、ガンピ、そして比較対照のためにクワ、ミツマタ、クララ、竹、稲わらを選んだ。

- 繊維を短く切断した後、叩解によりフィブリルを発生させてから抄紙（高知県紙業試験場にて抄造）：アサ、カラムシ、コウゾ、クワ、ガンピ、クララ

なお、『延喜式』⁽¹³⁾の記述に準じてコウゾ、クワ（コウゾの諸工程に準拠）、ガンピの場合のみ“煮”の工程を加えた。カラムシは布（中国製苧麻）からとったものである。クララの場合は原料が少なかったため抄紙できず、繊維の形態の観察のみ行なった。試料が充分にあるものについては、叩解度の測定（°SR）⁽²⁴⁾もしている。

• 繊維の持ち味を尊重して抄紙

『土佐手漉きと紙製造工程⁽⁵¹⁾』の見本紙：コウゾ，ガンピ，ミツマタ

高知県紙業試験場にて抄造：クワ，稲わら

中国の書道用紙「白蓮」：竹

(1) ア サ

くわ科アサ属の一年草 (*Cannabis sativa* L.)。南アジア・中央アジアの原産だが，日本へは古代に入ってきている。和名の青麻 (あさ) はアオソの略で，ソは繊維をさす。漢名を大麻とい⁽⁵²⁾う。

アサの繊維は長さの方向に多くの条線があり，節や条痕もある。細胞壁は厚い。横断面は，円味のある多角形である。内腔は不明瞭，ときには膜壁より広い場合もあり，おしつぶされた形⁽⁴²⁾である。直交ニコル⁽⁵³⁾の下で観察するときステージを回転させることによって，長さの方向にある条線，あるいは節などがよりはっきり見えてくる。繊維の干渉色は非常にきれいである。これらの特徴は繊維が傷ついていない場合，たとえば布から採取した繊維などで観察できるものである。

ここでは繊維を2～3ミリに切断したのち，離解・叩解処理をしてから抄紙した。繊維が一本ずつバラバラになった，離解した状態での叩解度は $^{\circ}\text{SR}13$ 程度だが，既に一部の繊維にフィブリルが発生し始めていた。叩解度が上がるにつれて繊維は縦に裂かれるようにフィブリル化⁽⁴⁸⁾してくる。これは，とくに平べったい繊維において顕著に見られた。全体では，繊維本体に細いフィブリルが密集してくっついている (写真1 a, b)。写真1の試料の叩解度は $^{\circ}\text{SR}38$ である。フィブリルの部分は直交ニコル⁽⁴⁸⁾の下では白く見えるかほとんど消えてしまっている (写真1 c)。

C染色液では，うす赤，灰味赤，灰味赤紫，にぶ赤紫になる^(32, 43) (写真1 d)。

(2) カラムシ (マオ)

いらくさ科マオ属の多年草 (*Boehmeria nivea* Gaud.)。有史以前から日本にあるのか，あるいは，南方または西方より持ってきたものが野生化したのかは定かでない⁽⁵⁴⁾。和名は，茎 (から) を蒸して皮をはぎ取ることに由来する。またマオともいい，これは真の麻の意味である。漢名を苧麻⁽⁵⁵⁾という。

カラムシの繊維は他の麻類に比べると長く太い⁽⁴¹⁾。麻類の繊維は一般に短く切断されているので，長さの把握はできないが，他の繊維に比べて幅が明らかに太いのがカラムシの特徴である。繊維は扁平，または円筒系である⁽³²⁾。繊維の先端は鈍で，細胞壁は，はっきりしている⁽⁴⁸⁾。フィブリル化の始まっていない繊維は，アサと同様に直交ニコル⁽⁴⁸⁾の下ではきれいな色に見える。

Collings et al.⁽⁴⁸⁾ はカラムシの繊維はアサの繊維に比べてフィブリル化しにくいとしているが，今回製作した限りではそのような感じはなかった。写真2の繊維の叩解度は $^{\circ}\text{SR}39$ で，十分にフィブリル化している。全体から長いフィブリルを発生させており，繊維が縦方向に裂けたり，

繊維の切断面がホウキ状にほつれているものもある（写真2a）。直交ニ科尔下では、フィブリルは白く見えるかほとんど消えている（写真2c）。

C染色液では、にぶ赤、赤茶、赤紫^(32,43)となる（写真2d）。

（3） コ ウ ゾ

くわ科コウゾ属には、次の三つの植物がある⁽⁵⁵⁾。

- コウゾ（カゾ） *Broussonetia kazinoki* Sieb.
- ツルコウゾ（ムキミカズラ） *Broussonetia kaempferi* Sieb.
- カジノキ *Broussonetia papyrifera* Vent. 楮，構，穀

⁽⁵⁶⁾中条によると、古事記や日本書紀などに表われる様々な呼び名がどの植物に相当するのかという同定は難しいが、少なくともコウゾとカジノキの二種は区別し認めていたということである。

一方、⁽⁵⁷⁾深津は、カジとコウゾは古代では同一物視されていたらしいとしている。現在の呼び名を各地で調査した結果では、“こうぞ紙”の原料としてはコウゾだけでなくカジノキもかなり使用されているようである。⁽⁵⁶⁾いずれも和紙の原料として使用され、植物自体としても往々にして取り違えられている。ましてや繊維の形態で差を認めるのは不可能ということ、これら全てを総称して「コウゾ」と呼び習わされていたと考えるのが妥当のようである。

コウゾの繊維の形態は、その産地や種類によって異なり、一般には細長いものと幅の広いものがある。繊維の表面に線があることもある。ところどころに十字痕があり、それらが集まるときには節を形成している。なかには、らせん状によれているものもある。横断面を見ると、^(32,41,48)内腔は小さい。

この繊維において殊に特徴的なのは、繊維の周りにうすい皮があることである（写真3a, b）。とくに先端の部分で顕著に見られる。先が丸みを帯びた透明のうす皮は、繊維より長めのため、ちょうどぬぎかけのストッキングのように見える。うす皮の部分は直交ニ科尔下ではほとんど見えなくなる⁽⁴⁸⁾か淡い白色に見える。繊維自身は、幅の大小によるが、きれいな干渉色を示すことが多い（写真3c）。

柔細胞はかなり存在し、長円と円形の二種がある^(32,48)。柔細胞は直交ニ科尔下では、ほとんど見えなくなるか淡い白色である（写真3c）。

C染色液では、にぶ赤からうす紫になる^(32,43)。うす皮の部分は淡い青緑色である（写真3d）。

繊維を短く切断して搗いても、コウゾの繊維の特徴であるうす皮は残っている（写真3e, f, g, h）。写真3e, f, g, hの試料の叩解度は $^{\circ}\text{SR}40$ で、上記のカラムシの叩解度（ $^{\circ}\text{SR}39$ ）と大差ないが、コウゾの繊維ではカラムシの繊維と違って、外部フィブリル化はほとんど始まっていないといえる。繊維の側面から短いフィブリルが発生しているというよりも、うす皮あるいは柔細胞の崩壊が始まっているようである。繊維の切断面はやや扇状に広がり始めている。叩解度が高くなるほど柔細胞の形は不明瞭になり崩壊していく。

(4) ク ワ

くわ科クワ属 (*Morus bombycis* Koidz.) の落葉高木で、葉は養蚕に用いられる⁽⁵⁵⁾。

繊維の表面が網の目のような細い線でおおわれている場合もあるが、このような特徴を有しないものもある。繊維の先端は鈍な場合と鋭く上がった場合があり、ときには分岐していることもある^(32,42)。内腔は狭い。コウゾの繊維のような節がところどころにある。

コウゾの繊維と同様にうす皮で包まれているもの (写真4 b) があり、コウゾとクワの区別は困難である。直交ニコルの下で観察すると、繊維はきれいな色 (写真4 c) で、このこともコウゾの繊維とよく似ている。

C染色液でもコウゾと同様に、にぶ赤からうす紫になる (写真4d)^(32,43)。

繊維を切断して叩解したものが写真4 e, f, g, h である。この試料の叩解度は^{°SR55}と高く、フィブリルが多く発生している。繊維によっては、周りのうす皮は残らずに、繊維から剥がれてしまっている (写真4h)。

(5) ガ ン ピ

じんちょうげ科ガンピ属としては、

- ・ガンピ *Wikstroemia sikokiana* Franch. et Sav.
- ・コガンピ (イヌガンピ) *Wikstroemia gampi* Maxim.
- ・キガンピ *Wikstroemia trichotoma* Makino.

があるが、このうちコガンピの繊維は弱く製紙原料としての品質は良くないという。いずれも温暖な地方の山中に自生し、移植は困難である⁽⁵⁵⁾。

他の繊維と比べると非常に透明度が高いという特徴がある。顕微鏡観察では、繊維が重なり合っているにもかかわらず、下の繊維が透けて見えるほどである。また、一本の繊維を端から端まで観察すると、幅の広い部分と狭くなっている部分が交互にあるのが分かる。繊維の先端は丸みをおびている (写真5a, b)。直交ニコルの下で観察すると繊維は白く光って見え、色はついていない (写真5c)。

柔細胞をかなり有し、長円と円形の二種がある^(32,48)。柔細胞は直交ニコル下ではほとんど見えなくなる (写真5c)。

C染色液では、明るいオリーブ色から明るい青味灰色になる (写真5d)^(32,43)。

ガンピの繊維は、17.5%カセイソーダ溶液を加えると全体が膨潤し円柱状になるため、ミツマタの繊維と区別することができる^(44~46) (写真10a)。

繊維を切断し、塊のないように十分に離解しただけの状態では、叩解度は既に^{°SR35}と高い。写真5 e, f, g, h の試料は叩解度を^{°SR47}まであげたものであるが、繊維の外部フィブリル化はそれほど進んでいないのが分かる。繊維の切断面が扇状に広がっているものも少ない。先端が縦に裂け始めた繊維も一部には観察できるが、多くの場合、繊維の側面から短いフィブリルが発

生している程度である。

(6) ミツマタ

ミツマタは、ガンピと同様にじんちょうげ科の落葉低木である。学名を *Edgeworthia chrysantha* Lindl. (= *E. papyrifera* Sieb. et Zucc.), 漢名を黄瑞香という。中国原産の植物で、日本には慶長年間に渡来している。⁽⁵⁵⁾ ミツマタを製紙原料として栽培し始めたのは18世紀後半の駿河の渡辺兵左衛門定賢という人といわれている。⁽²⁰⁾

ミツマタの繊維は、コウゾの繊維より短い幅は同じようなものである。⁽⁴²⁾ 繊維の先端は丸く、ときには分れていることもある。繊維膜は厚い。内腔は小さく、時々中断されている。不整形管状で、膜のところどころに断層がある。^(32,34) 繊維全体の形を見ると、中央の幅が一番広く、両端にいくに従って徐々に細くなっている (写真6 a, b)。直交ニコル下では、繊維は白く光って見え、一部は僅かに色づいている (写真6 c)。

柔細胞は、円形、楕円形、長形、短形などさまざまな形をしている。⁽³⁴⁾ 柔細胞の中に色素の集落 (写真6 b) があり、これがミツマタ紙独特の黄色の色の原因となっている。⁽³⁴⁾ 柔細胞は、直交ニコル下では淡い白色に見えるか、あるいはほとんど見えなくなる (写真6 c)。

C染色液では、明るいオリーブから明るい青色灰である。^(32,43) (写真6 d)。

ミツマタの繊維を17.5%カセイソーダで膨脹させると、数珠状または球状膨潤を示すのでガンピの繊維と区別しやすくなる。^(44~46) (写真6 b)。

(7) クララ

まめ科クララ属の多年草 (*Sophora angustifolia* Sieb. et Zucc.)。和名は眩草 (くらくさ) の略で、根汁は苦くて目がくらむほどという意味である。⁽⁵⁵⁾

繊維の形態としては、幅が広い平べったいリボン状のものが多く、先端は丸みを帯びているようである。写真7の試料はクララの生の茎の皮を剥ぎ、乾燥・切断の後90分間あまり搗いたもので、端が縦に裂け始めている繊維が一部に見受けられる。最初まとまりのなかった繊維も、水で湿らしながら搗いていると徐々にフェルト状の肌合いを持ってくる。しかし90分間搗いた程度では、それほどフィブリルは発生していないようである。直交ニコルの下で観察すると、繊維の干渉色はかすかに色づいている程度で、ほとんど白色である (写真7 c)。繊維以外にも、長方形の細胞の重なり合った、表皮細胞と思われるものが観察できた。

C染色液で染色 (写真7 d) すると、繊維と思われるものは黄色あるいは赤紫色をしている。オレンジ色に近いものもあるが、これは黄色の膜のようなものの中に赤紫色の繊維が入っているためようだ。長方形が繋がり合った細胞はオレンジに近い濃い黄色である。

(8) 竹

竹材の繊維は、幅が狭いために繊細な形である⁽³⁸⁾。 *Bambusa arundinacea* の繊維は細長く、横に筋がはいっている。細胞壁や内腔は、はっきりしている。フィブリル化はしにくい⁽⁴⁸⁾。繊維以外にも多くの細胞があるが、その代表的なものに導管と柔細胞がある(写真8 a, b)。まが玉状細胞も見られる⁽³²⁾。直交ニボル下では、いずれも色がついていなく、明暗の差がある程度である(写真8c)。なお、中国の竹(種類は不明、直径約5 mm)の特微的な繊維の形態として、一方の端が二またに分岐した紡錘型の細胞があげられている。また、もとの竹の種類は不明だが、虎斑紋様のある中国の竹の皮では、細胞辺が波形をした、あるいは端が二またに分岐した仮導管、細長いらっぱ状の細胞、長さに対して幅の小さい厚壁の鋸歯状細胞などが見出されるという⁽³⁶⁾。

C染色液では、にぶ青から灰味青となる(写真8d)^(32,43)。

(9) 稲 わ ら

わらの可能性としては稲わらと麦わらとが考えられるが、寿岳は古代の葉蘘紙の原料は稲わらとしている⁽¹⁴⁾。

いね科イネ属(*Oryza sativa* L.)の稲わらの繊維は真っ直ぐで細く、その先端は次第に細くなっている。他の韌皮繊維に比べて、繊維が明らかに短くて細いのが特徴である。繊維には、一定間隔で結節がある。随伴する特徴のある細胞として、鋸歯状の表皮細胞、たわら型の柔細胞などがあげられる(写真9 a, b)^(3, 32, 48)。直交ニボルの下で観察するといずれも干渉色はなく、白く光って見える(写真9c)。

C染色液では、にぶ青から灰味青となる(写真9d)^(32,43)。

3 試料を採取せずに調査する方法

試料を採取せずに紙を調査する方法としては、多くの資料に適應でき、かつ比較・検討に便利な方法ということ念頭に次の二点の可能性と限界を調べた。まず、紙表面の観察ということでは、低倍率ならびに高倍率のそれぞれでどのような要素が読み取れるのかを検討した。とくに高倍率においては、第2章でまとめた各繊維の形態の特徴を紙表面の直接観察を通してどこまで把握できるのかという点に留意している。次に、視覚的に把握できる紙の特徴(籾の目、糸の目、繊維の分散の均一度など)を記録する方法として、和紙調査にはまだ応用されたことのない、画像瞬間校正紙の可能性を検討してみた。

(1) 紙表面の観察

紙表面を低倍率で観察することによって、どのような要素が読み取れるのか、まず、第2章で

用いた標準試料の紙と同時に、いくつかの古紙の表面を観察して検討した。30倍の倍率（サンライズ・ライトスコープ No. 1984）では、繊維の太さ、方向性・絡み合いの様子、表面加工の有無、あるいは、墨の付着の仕方（表面上か一層下にまで浸透しているか、にじみ方などの輪郭線の様子）は明らかになるが、繊維自体の識別は困難である。ただ、カラムシの場合は、繊維の太さが一本一本違うにせよ、全体としてはやはり明らかに他の繊維より太いので、そのことからカラムシの使用を推察することができる。紙によっては、繊維がある一定の方向にきれいに平行に並んでいるものがあり、そのような場合は流漉で漉いたものと判断できる。ただし、繊維に方向性がないからといって、直ちに溜漉の紙とはならないと思われる。というのも、漉くときのゆすり方によって繊維の絡み合いが異なり、流漉の紙に必ずしも明瞭に繊維の方向性がでるとは限らないからである。墨の“かすれ”があるかどうかは、紙面が平らかどうかということに因る。表面から飛び出した繊維に墨がひっかかることにより“かすれ”がおこり、これは墨が濃い場合だけでなく淡い場合にもおこる。当然のことながら紙の表面を平らにするための何らかの処置（紙を打つ、紙を磨く、紙の表面に何かを塗るなど）を行えば、“かすれ”はおこらない。一方、“にじみ”が紙の表面上にあるか、一層下の方にまで浸透しているかということは、同じ一枚の紙でも墨の濃淡によって違う。特別な加工を行っていない紙の場合、“にじみ”の程度は使用している墨の水の量に左右されるようである。また、筆に力が加わる部分にはより多くの墨が付着する。紙によっては墨を十分に吸収するものと、その部分だけ明らかに墨が表面に残っている（紙に吸収されずに表面で乾燥）ものがある。また、墨が付いていても、均一に塗布されず、よく見ると墨の付き方がまだら状になっているものもある。これらの要素も“かすれ”や“にじみ”と並んで紙の表面加工、もしくは、⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾ 填料の有無・種類あるいは原料そのものの種類⁽⁶⁷⁾ に関係がある。料紙の研究では、紙の大きさあるいは紙の質や厚さは注目されているが、このような視覚的に把握できる特徴も同時に考慮することで、より詳しい考察を導くことができるようになるのではないだろうか。というのも、紙の大きさの比率に年代的な変遷が見出されるとすれば、⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾ 紙自体の大きさと同時に加工処理の有無とその方法は、紙の重要性すなわち用途に結びつく要素であると考えられるからである。

紙の表面を顕微鏡で観察することは、すでに大澤が正倉院の紙の調査^(62,63)で行なっている。その方法は、繊維の走向・伸展・屈曲・波状長短・分節の存在・顆粒・繊維間の混合物、表面性状、繊維の太さについての情報を一定の基準に基づいて定められた記号や数値で記録するというものである。紙の特徴を写真で視覚化することと平行して、記号の組み合わせでも現わそうという試みである。一枚の紙について多くの数字と記号が羅列されるため、異なる紙の比較はよほど慣れていない限り難しいように思われる。ここでは記号や数値で書き記すことは考えず、繊維の形態の特徴を、試料を採取しなくても、どの程度まで紙表面から観察できるのかについてみていく。写真11は紙表面の顕微鏡写真のネガを2倍（実物の約100倍）に引き伸ばしたものであるが、実際の観察は200倍で行なっている。コウゾでは、繊維を包むうす皮が観察できる（写真11e）。織

維の先端の部分が観察できれば、うす皮はより明確に見える。ガンピの繊維は非常に透明感があるため、何本かが重なっても上の方の繊維を通して下の方の繊維が透けて見える。また、繊維が細くなっている部分の“くびれ”がある(写真11 i)。繊維以外の細胞の存在は、重要な情報源である。たとえば、わらの場合は特徴ある鋸歯状あるいは俵型の細胞(写真11 m)、竹類の場合には繊維の間に導管(写真11 l)が観察できる。コウゾ・ガンピ・ミツマタなどを原料とする紙では、たいていの場合、繊維と繊維との間を橋渡しをするように柔細胞が付着している(写真11 e, i, k)。ときとして繊維の周りに付着している柔細胞をフィブリルと混同してしまう恐れがあるので注意が必要である。なお、ミツマタ紙の場合、柔細胞は染料の存在から黄色がかってみえる特徴がある(写真11 k)。麻類にも柔細胞は含まれているが、原料を生植物でなく古い布からもとめた場合には、Collings et al.⁽⁴⁸⁾の指摘にもあるように、柔細胞は認められなくなる。以上の特徴は既に第2章で観察されたものであるが、原料の持ち味を大切に抄紙した紙(写真11 e, g, i, k, l, m)においては繊維が変形されていないため、紙表面からでも容易に見ることができるのである。また、原料を切断せずに抄紙した紙の場合、繊維の先端が観察できることはあっても、当然のことながら繊維の切断跡は存在しない。原料が混合して使用されていたり填料が多く含まれていたりする場合、繊維の観察が困難であるという問題は残るが、紙表面からでも期待していた以上に原料繊維の特徴が観察できることが分かった。

製紙技術の変遷の問題として興味が引かれるのは、切断されフィブリルの発生した繊維の有無であることは既に述べた。古代の溜漉法に準じて、繊維を短く切断し、よく叩解して抄紙した紙(写真11 a, b, c, d, f, h, j)では、切断された繊維が多くある。繊維からフィブリルが発生している様子も観察できる。フィブリルの発生している程度は叩解度だけでなく、原料の種類によっても異なっている。一般にアサ(写真11 a)やカラムン(写真11 b, c, d)などでは外部フィブリルがよく発生しており、繊維と繊維の間の隙間は細かいフィブリルによって埋めつくされている。写真11 b, c, dの紙の原料はいずれもカラムンであるが、叩解度は11 bが°SR11, 11 cが°SR39, そして11 dが°SR82と異なる。叩解度が上がるに従って外部フィブリルが増え、発生したフィブリルが繊維と繊維の間の隙間を埋めていく様子が分かる。一方、コウゾ(写真11 f)やガンピ(写真11 j)などでは、繊維を紙から採取して顕微鏡で観察したときでも側面から短いフィブリルが少々発生している程度であったが、紙表面の観察からでもフィブリルがそれほど多く発生していないことが分かる。写真11 hのクワの叩解度は°SR25であり、コウゾやガンピと比較するとかなりフィブリルが発生している。

古紙の中には、顕微鏡下で拡大しても表面がほとんど凹凸なく見えるものがある。繊維は押しつぶされ、お互い隙間なくくっつき合っている。このような場合、原料の識別は困難だが、繊維の切断跡・フィブリルの有無などの情報は得ることができる。このような紙は墨の輪郭線が乱れることなく真っ直ぐに引けるような紙である。墨の付着は極く表面に限られており、一本繊維がはずれると、その部分だけくっきりと下の地が見える。少々透明感がある紙の場合が多い。紙の

表面を打つたりの何らかの加工をしたものと思われる。今後、紙表面の観察を続けるにあたって、繊維の観察と同時に紙の加工の問題にも留意していく必要があることが示唆されてくる。

(2) 画像瞬間校正紙による紙の特徴の記録

紙を光に透かして見ると、繊維の分散の様子が分かる。糸の目や簀の目もより顕著になり、これらの要素は紙を特徴づける指針となりうるものである。

洋紙においては古くから透かしの研究が行われてきた。透かしは、その部分に相当する紙がうすくなっているために模様が透けて見えるのである。すなわち原理的には和紙に見られる簀の目あるいは糸の目などの要素と同じといえる。欧米においては、透かしの研究に平行して透かしを記録する方法もいろいろと考察されている。というのも透かしというのは、長い年月の間に往々にして模倣されており、透かしの比較を通して紙の同定や年代推定を行なおうとすれば、単に構図の一致だけでなく、簀の目や糸の目の数や間隔、全体における位置関係をも含む、微細な部分までの一致がもとめられてくるからである。そこで、正確に透かしの記録する方法が必要となり、トレースをはじめとして透光写真・軟X線撮影・ベータ線撮影などの各種撮影方法が応用されてきた。⁽⁶⁸⁾ これらに加えて、新しいものとして、ダイラックスフィルム（デュボン社）という瞬間画像校正紙を用いた方法がある。

紙の特徴を記録する方法を考えると、資料に対して安全であり、かつ、正確な画像が得られるということがまず第一条件である。また、原寸大である方が個々の比較には何かと便利である。体系的に調査する場合を想定すると、大規模な装置を必要としない方法が望ましい。そこで、ここでは今まで和紙の特徴の記録に応用されていなかったが、上記の条件を満たしているダイラックスフィルムの可能性を検討してみた。ダイラックスフィルムとは、紫外線の露光により画像が青色に発色（280nmから410nm付近で発色、ピークは約330nm）し、可視光により定着（370nmから520nm付近で定着、ピークは約450nm）する単色用画像瞬間校正紙のことである。デュボン社技術資料によると使用方法は二通りある。⁽⁶⁹⁾ ネガフィルムからの校正の場合は、紫外光により発色させた後、可視光により定着させる。ポジフィルムからの校正の場合は、可視光により定着させた後、紫外光により発色させる。いずれの使用法においても薬液や熱などを使わずに、実物大で解像力のよい画質を得ることができるのが特徴である。

ダイラックスフィルムによる透かしの記録は、洋紙の場合は⁽⁷⁰⁾ Gravellによって既に行なわれている。しかし和紙、とくに流漉の紙では“透かし模様”が明確には出にくいので、ダイラックスフィルムにどのくらいの情報が写し取れるかはまだ未知数である。そこで、和紙の見本紙（コウゾ・ガンピ・ミツマタの各種の紙、厚さは0.01mm以下のものから0.08mmのものまで）をはじめ、関義城の『古紙之鑑』⁽⁵¹⁾に収めてある古紙の断片数点を用いてダイラックスフィルムの可能性を調べてみた。ダイラックスフィルムの露光・定着には、デュボン社の装置（Quick Proof Clearing Unit model 20C single sided, Quick Proof Imaging Unit model 20I）を使用した。

いずれの場合も、紙とダイラックスフィルムを重ねて装置に差し入れる仕組みになっており、紙とダイラックスフィルムが装置内で移動する速さを変えることにより露光時間を調節するようになっている。このテストで使用した紙は小片のため、ポリエステルフィルム(厚さ0.1mm)でダイラックスフィルムと紙をサンドイッチ状にはさんで露光を行なった。

- (ア) 可視光による定着の後、紫外光で発色：ダイラックスフィルムに紙を重ね Clearing Unit に入れて可視光で暴露する。その後、紙を外し、ダイラックスフィルムのみを紫外光にあてて発色させる (Imaging Unit)。光が透過した部分は白く、遮られた部分は青くでる。
- (イ) 紫外光による発色の後、可視光で定着：ダイラックスフィルムと紙を Imaging Unit に入れ、紫外光で露光させる。紙を外し、ダイラックスフィルムのみを Clearing Unit に入れて、定着させる。画像は(ア)とは逆に、光が透過した部分は青く、遮られた部分は白くでる。

資料の安全性を考えると、順番としては(ア)の可視光による定着、フィルムのみ紫外光での発色が望ましいのは言うまでもない。テストでは、(ア)の方法で得られる画像は(イ)の方法と比べると不鮮明で、輪郭線がすべてにじんだようになっていた。可視光で露光する際、装置内で紙とダイラックスフィルムがうまく密着していないためである。紙とダイラックスフィルムとを空気をぬくことで密着させ、上から露光する別のタイプの装置でやり直したところ、この問題は解決できた。

紙とダイラックスフィルムとの密着がよければ、(ア)(イ)いずれの方法でも鮮明な画像を得ることができると分かった。ただし、どのような紙にでも応用できるというわけではなく、おのずから紙の密度による上限と下限がでてくる。たとえば厚さが 0.01mm 以下の填料を含まない紙では、露光の時間を一番短くしても透過する光の量が多すぎてしまうため画像のコントラストが悪い。逆に、表面が非常に平滑な、繊維同士が押しつけ合うようにくっつき合っているような紙は、とくに填料を含んでいる場合、密度が高いため光をほとんど透過させず、そのため画像が得られない。関義城の『古紙之鑑』の標本紙から具体的な例をあげると、細川紙の武州高麗領土我野村御縄打水帳(寛文8年)や高野次第紙の丈田比遠盧那経供養次第法疏(弘安2年)などでは簀の目・糸の目や繊維の分散の様子を明確に記録することができた。ところが、光明皇后御願経(四分律蔵経、天平12年)や河内国誉田八幡宮蔵経・大般若波羅密多経卷第551(永承元年)などの紙になると光をほとんど通さないため、はっきりした画像を得ることができなかった。

結論をいうと、填料や特殊な表面加工のない和紙の場合は、ダイラックスフィルムを用いて原寸大で正確に紙の特徴を記録することができる。すなわち紙の厚みの均一性、糸の目・簀の目の間隔と位置、繊維の分散の様子などの情報が鮮明に写し取れるのである。繊維の方向性については一本一本の確認はできないが、全体の流れは把握できる。縁付きの見本紙では、たとえば縁に見られる波状の繊維の流れも見出すことができる。

おわりに

ここでは、とくに素材・技術の面から和紙を調査する上で基礎となる知識を集約した。第2章では、紙の原料として代表的な植物の繊維の形態の特徴をまとめたが、実際の調査にあたっては基礎となる標準試料が多ければ多いほど、調査が正確に行なえるのは言うまでもない。比較検討のための標準試料としてより多くの原料に関する知識が必要であることを実感する。紙の原料と紙ができるまでの製紙技術を中心に見てきたわけだが、漉きあげたままの紙は生紙である。第3章で少し言及したが、紙は様々な加工を経て、いわゆる熟紙として使用されることも多い。たとえば紙がそのままでは書きにくい場合、紙を湿らし槌で打ち締めて“打紙”とし、平滑な紙面を持った吸水性の少ない書きやすい紙にする技術がある。⁽⁷²⁾既に述べた凹凸のない紙はこれに相当するものであろう。紙を書きやすくする方法にはこの他にも硬いもので表面を磨くなり、目止めをするなり、多くの方法があった。染紙の例をとっても、正倉院御物に天平時代の五色染めの麻紙があるし、写経用の紫紙や紺紙などもよく知られているところである。平安時代中期以後からは詩歌や書道の料紙として様々な加工紙が表われている。また、江戸時代以降には多くの種類の紙が外国に万国博覧会などを通して紹介されており、⁽⁷³⁾外国では当時から既に和紙の良さを工芸・装飾に使用される加工紙の中に見出している。^(74,75)日本における“紙”を考えると、古代から現在までを通しての大きな流れの中で把握する必要性を感じる。料紙の調査においては紙一枚一枚の大きさに加えて紙の視覚的特徴にも注目する必要があるであろう。どのような紙を、どのような用途のために、どのようにして加工したのかという点に関する研究は今後の課題にしたい。

中国を源とした製紙技術は中国とアラビアとの戦いを契機に西へ伝わり、中国人の捕虜によって751年にサマルカンドで製紙が始まったとされている。そして12世紀の中頃にはスペインに伝わり、その後ヨーロッパ各地、アメリカ大陸にまで広がっていったのである。⁽¹⁵⁾このようにして西へ伝わった技術の原理は、そのまま木材パルプによる近代の洋式の製紙法に受け継がれていく。⁽²¹⁾増田は“フィブリル化”系統の技術と“非フィブリル化”系統の技術を区別して考えており、この西へ伝わった技術が繊維の“フィブリル化”系統に相当する。洋式の製紙事業は日本では1872年から始まり、今の日本の製紙法の主流となっている。⁽¹⁵⁾このように見ていくと、日本の手漉き和紙に見られる原料の持ち味を大事にする“非フィブリル化”系統の技術は、製紙技術史においては特異な存在であることが理解できる。原理的には古代の製紙法の方が、現代の洋式の製紙法と共通するところが多いというのも面白いところである。今後日本のみならず他の国々、特にアジア各国の製紙技術・製紙原料に調査対象を広げていくことで、日本の紙文化の独自性・特異性をより理解できるようになるであろう。

本論文は、平成4年度科学研究費補助金による奨励研究A（萌芽）「古代中世の紙を試料採取

することなく科学的に特徴づける方法の確立のための基礎研究」の成果をもとにまとめたものである。なお、標準となる紙試料の作成をはじめとして懇切なご教示やご協力をいただいた高知県紙業試験場の皆様、とくに大川昭典氏に厚く謝意を表します。

参考資料1 中国の古紙の調査結果

年代	資料	原料	特徴	文献
前漢 BC 180—141	放馬灘紙（甘肅省天水市）	大麻 苧麻		22
前漢 BC 140—80	灊橋紙（陝西省西安市）	大麻 苧麻	表面にしわ、繊維束あり、麻繩の切れ端、フィブリル化少ない、布紋紙	5, 10, 12, 22, 58
前漢 BC 73—49	中顔紙（陝西省扶風県）	大麻 苧麻	簾紋あり	22
前漢 BC 65—50	完整な紙葉（20cm×32cm） 馬圍湾紙	麻	周縁は切断されていない、繊維の分散悪い	58
前漢 BC 52—6	金闕紙（甘肅省肩水）	大麻 苧麻	簾紋あり	12, 22
前漢 BC 49頃	ロブ・ノール紙（新疆省楼蘭）	麻	白色、ムラあり、麻のすじ、表面にこすった跡	12
後漢 2世紀後半	早灘坡紙（武威）	大麻	フィブリル化、繊維は均一で細かい	10, 12, 22
3世紀中頃	写経残段巻（24.5cm×41cm）	麻	白い紙、表面粗い、粗い横の簾文あり	11
西晋 265—269	陸機 平復帖（24cm×20.7cm）	麻	浅黄色、灰色、繊維束多い、未打碎の麻繩あり、簾文ははっきりせず表面にしわ	7, 11, 12
晋 265—420	新疆出土古紙 三国志・孫権伝 （23.3cm×48cm）	麻	白色、薄い紙、粗い横の簾文あり、フィブリル化、繊維の分散性良好、平滑、表面に白粉	6, 12
晋 265—420	写経残段巻 （23.7cm×?）	麻		11
晋 265—420	写経残段巻 （25cm×42cm）	麻		11
晋 265—420	写経残段巻 （25.5cm×56cm）	麻		11
十六国 304—439	敦煌石室写経紙・波羅密経守空品 第十七（24cm×41cm）	麻	黄色がかかった色、平滑、粗い横の簾文あり	11, 12
十六国 304—439	敦煌石室写経紙・維摩経 （27cm×43.7cm）	麻	黄色がかかった白色、繊維の相互結合均等、粗い横の文様あり	11, 12
十六国 304—439	敦煌石室写経紙・写経残巻 （24cm×41.5cm）	麻	白い紙、横の簾の筋文様あり、筋の残りあり	12
十六国 304—439	敦煌石室写経紙・大方広仏華嚴経 （26.7cm×46cm）	麻	黄色がかかった白色、粗い横の文様あり、筋あり、厚さ不均一	11, 12

年代	資料	原料	特徴	文献
前涼 348	新疆出土古紙・前涼残文書 (8.5cm×8cm)	麻	白色厚紙, 布文様, 表面に白粉, 繊維の分散均等, 繊維はあまり打ち砕かれていない, 繊維束あり	6, 12
前涼 370	新疆出土古紙・升平十四年文書 (9.5cm×7.5cm)	麻	浅黄色, 厚さ不均等, 繊維束多い 繊維の相互結合緊密でない	6, 12
前秦 384	新疆出土古紙・衣物説明文 (23.4cm×35.5cm)	麻	白色, 簾文あり, 平滑, 繊維束あり, 表面に白粉	12
北魏 386—534	敦煌石室写経紙・写経残卷 (24.1cm×40.5cm)	麻	白色, 平滑, 粗い横の文様あり, 繊維の相互結合均等	11, 12
北涼 397—460	写経残段 (24.5cm×46cm)	麻		11
北涼 397—460	写経残段 (26cm×55cm)	麻	横の簾文あり	11
北涼 399	敦煌石室写経紙・賢劫千仏品経第十 (24.3cm×54.2cm)	麻	粗い横の簾文あり, 平滑, 白色	11, 12
5世紀 後半	British Museum S116	大麻 苧麻	フィブリル化	47
5世紀 初め	British Museum S88	大麻	少々フィブリル化	47
西涼 405—419	新疆出土古紙・残紙片	麻	褐色, 薄く脆い紙, 平滑, 繊維束少ない, 粗い横の簾文あり, 繊維は細い, 紙料液に澱粉剤を加えた可能性あり	6, 12
406	British Museum S797	大麻 苧麻		47
西涼 416	敦煌石室写経紙・律蔵初分第三 (23.5cm×44.5cm)	麻	少し黄色がかかった白色, 澱粉剤あり, 簾の筋文様あり, 麻の筋きれあり	9, 11, 12
西涼 418	新疆出土古紙・紙くつ	麻	浅黄色, 厚い紙, 粗い布文様が横にあり, 繊維の分布均等, 夾雑物あり	6, 12
西涼 418	新疆出土古紙・西涼残文書	麻	灰褐色, 厚い紙, 繊維束あり, 切断された繊維あり, 繊維の分散度高くない, 紙背に黒色のもの付着	6, 12
南北朝 420—534	敦煌石室写経紙・勝蔓経疏 (25.2cm×36.6cm)	麻	黄色の薄い紙, 粗い横の文様あり, 繊維は長い, 充分たたいた繊維, みがいてある	11, 12
南北朝 420—534	敦煌石室写経紙・写経残卷 (26.5cm×?)	麻	粗い横の文様あり	11
南北朝 420—534	敦煌石室写経紙・写経残卷 (26cm×54.1cm)	麻	薄い紙, 繊維の相互結合均等	11
北涼 438	新疆出土古紙・衣物説明文	苧麻	粗い横の簾文あり, 平滑, 浅黄色, 繊維の分布均等	6, 12

年代	資料	原料	特徴	文献
北魏 458	敦煌石室写経紙・戒縁下巻 (27.7cm×47cm)	麻	白い紙, 平滑, 繊維は細長い, 繊維の相互結合均等, 粗い横の文様あり, 筋きれ少ない	11, 12
北魏 513	敦煌石室写経紙・大方広仏華嚴経 巻第八 (24.5cm×36.3cm)	麻	浅黄色, 薄い紙, みがいてある, 充分たたいた繊維	11, 12
506	British Museum S81	大麻 苧麻		47
561	British Museum S2082	苧麻 楮		47
隋 581—618	新疆出土古紙・節道衡 典言 (残片の大きなもので28cm×17.5cm)	麻	白色, 紙質良好, 細い横の簾文あり, 繊維束少ない	6, 12
593	British Museum S227	楮 苧麻	フィブリル化なし	47
隋 600	敦煌石室写経紙・護国般若波羅密 経巻下 (25.5cm×53.2cm)	楮	黄色, 薄い紙, 平滑, 繊維の相互結合均等, 打ち砕かれた繊維	7, 11, 12
隋・唐 7世紀初葉	敦煌石室写経紙・妙法蓮華経法師 功德品第十九巻 (26.7cm×43.5cm)	桑	染色紙, 平滑, 細い横の簾文あり, 繊維の相互結合均等, 打ち砕かれた繊維	11, 12
唐 7世紀	新疆出土古紙・糊紙冠用紙	樹皮	黄色, 薄い紙, 粗い簾文あり, 繊維束少ない, 精細, 紙上に金箔付着	12
高昌 615	新疆出土古紙・高昌残文書	樹皮	白色, 横の簾文あり	12
高昌 616	新疆出土古紙・高昌田部科水奏文 (26cm×36cm)	麻	白色, 薄い紙, 粗い横の簾文あり, 繊維束少ない, 繊維の分散よい, 紙料液の叩解均等	6, 12
初唐 618—741	敦煌石室写経紙・法華経 (26cm×47.3cm)	麻	黄色, 硬黄紙*1, 細い横の簾文あり, 繊維の相互結合均等, よくたたいた繊維, 平滑	11, 12
唐 618—907	旧題呉彩鸞写 切韻巻 (26cm×48cm)	麻	白色で灰色・浅黄色がまじる, 繊維束少ない, 白蠟紙, 平滑, 厚い紙, 層に分けてはがすことができる	7, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・戸籍簿	桑	白色, 薄い紙, 繊維束少ない, 繊維の交織均等	12
唐 618—907	新疆出土古紙・“萎蕤丸”薬の紙 (30cm×19.2cm)	麻?	浅黄色まじった白色, 細い簾文あり, 繊維束あり, 繊維の相互結合不均等, 紙料液の叩解不均等	6, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・残字紙片	麻	浅黄色, 粗い横の簾文あり, 繊維の相互結合不均等, 繊維束多い, 紙質粗い	6, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・中医湯薬方 (29cm×17cm)	麻	浅黄色, 厚い紙, 粗い横の簾文あり, 繊維束多い, 繊維の交織は不均等, 表面に糊	6, 12

年代	資料	原料	特徴	文献
唐 618—907	新疆出土古紙・仏教經典殘片	麻	黄色, 粗い横の簾文あり	6, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・殘字紙片	麻	黄色, 粗い横の簾文あり, 纖維束多い, 纖維の相互結合不均等, 紙質不良	6, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・妙法連華經	麻	浅黄色, 厚い紙, 纖維の分散細かい	6, 12
唐 618—907	新疆出土古紙・花鳥画 (紙を数枚合わせて201cm×141cm)	麻	白色, 層に分けてはがすことができる, 厚い紙, 纖維束少ない, 粗い横の簾文あり, 表面に白粉, 平滑, みがいている	6, 12
唐 618—907	敦煌石室写經紙・波羅蜜多經 (26cm×44cm)	樹皮	黄色, 纖維は細かく均等, 簾文あり, 澱粉粒あり	11, 12
高昌 628	新疆出土古紙・趙善衆売舎地契 (27.5cm×39cm)	大麻	白色, 厚い紙, 粗い横の簾文あり, 纖維束多い, 纖維の相互結合均等, 紙料液の叩解均等	6, 12
初唐 630	敦煌石室写經紙・四分戒本一卷 (27.5cm×40.5cm)	麻	浅黄色, 粗い横の文様あり, 纖維の相互結合均等, 打ち砕かれた纖維	11, 12
637	British Museum S312	大麻 苧麻		47
初唐 640	新疆出土古紙・安苦唎延手実 (25cm×18.6cm)	麻	黄色がかっている, 纖維の相互結合良い, 纖維束少ない	6
初唐 648	敦煌石室写經紙・善見律 (22cm×53cm)	麻	染色紙, 纖維は細かく均等, 平滑	11, 12
初唐 663	新疆出土古紙・張海隆借錢契 (29cm×40cm)	麻	浅黄色, 薄い紙, 粗い横の簾文あり, 紙料液の叩解均等, 纖維の分布均等	6, 12
初唐 665	新疆出土古紙・卜老師借錢契 (30cm×40.6cm)	麻 樹皮	白色, 薄い紙, 纖維束少ない, 纖維の相互結合良好, 紙料液の叩解均等, 平滑	6, 12
初唐 670	新疆出土古紙・白懷洛借錢契 (28.6cm×42.9cm)	樹皮	浅黄色および白色, 細い横の簾文あり, 濃い色の纖維束あり	6, 12
初唐 689	新疆出土古紙・寧和才授田戶籍 (29cm×43cm)	樹皮	白色, 薄い紙, 細い横の簾文あり, 纖維束少ない, 纖維の分散よい, 纖維の相互結合均等	6, 12
唐 8世紀	新疆出土古紙・殘文書紙 (21.7cm×8.5cm)	麻	膚色, 簾文あり, 纖維束少ない, 紙質は細かく均等	12
初唐 705—707	馮承素摹 蘭亭叙	樹皮	浅黄色, 白色まじる, 平滑, みがかれている, 纖維束なし	12
初唐 710	新疆出土古紙・卜天寿抄 論語鄭注 (27cm×43.5cm) 縦の 長さ欠けている	麻	淡い丁字色および白色, 厚い紙, 粗い横の簾文あり, 未打砕の纖維束あり, 纖維の分布不均一, 紙料液の叩解均等	6, 12
710	British Museum S2424	楮		47

年代	資料	原料	特徴	文献
初唐 715	新疆出土古紙・西州宮名籍 (29.3cm×40cm)	楮	白色, 薄い紙, 横の簾文あり, 叩解していない, 繊維束多い	6, 12
初唐 716	新疆出土古紙・開元籍帳簿 (28.5cm×52cm)	麻	浅黄色, 粗い横の簾文あり, 平滑, 紙料液の叩解均等	6, 12
初唐 718	敦煌石室写経紙・無上秘要卷第五十二 (24.9cm×50.8cm)	樹皮	黄色, 硬黄紙*1, 平滑, 細い横の竹文様あり, 繊維は細長い, 繊維の相互結合均等	9, 11, 12
723—787	韓滉 五牛図 (21cm×30.9cm)	桑	膚色をまじえた浅黄色, 平滑, むがいている, 繊維束少ない, 蠟を加えている	12
中唐 742—820	敦煌石室写経紙・妙法蓮華経妙音菩薩品第二十四卷 (25.5cm×46.5cm)	桑	黄色, 平滑, 繊維の相互結合均等	11, 12
756	British Museum S717	楮 苧麻		47
晚唐 9世紀	新疆出土古紙・ウイグル語写経 (20cm×39.7cm)	麻	白色, 表面に澱粉糊, 繊維束少ない, 粗い横の簾文あり	6, 12
803	British Museum S912	大麻 苧麻	フィブリル化	47
829	杜牧 張好好詩 (24.5cm×87cm)	麻	灰色, 繊維束あり, 平らですべすべしている	7, 12
晚唐 821—907	敦煌石室写経紙・一切智清浄経 (25.5cm×46.5cm)	麻	黄色がかっている, 厚さ不均一, 粗い横の文様あり, 筋の残りあり	11, 12
晚唐 821—907	敦煌石室写経紙・波羅密経 (26.8cm×43.5cm)	麻	浅黄色, 粗い横の文様あり, 表面粗い, 筋の残りなし	11, 12
873—954	楊凝式 神仙起居法 (27cm×21.2cm)	麻	濃い灰色, 繊維束あり, 平滑	7, 12
875	British Museum S4476	大麻 苧麻	フィブリル化	47
唐・五代	旧題虞世南摹 蘭亭叙 (24.8cm×57.7cm)	麻	灰色, 繊維束あり, つくり方はよくない	12
唐・五代	旧題欧陽詢 卜商帖	麻	白色, 平滑, つくり方はかなり精細	12
五代 907—960	敦煌石室写経紙・般若波羅密多心経 (21.5cm×45cm)	麻	生地色の紙, 粗い横の文様あり, 厚い紙, 紙料のたたき方不均等	11, 12
五代 907—960	敦煌石室写経紙・仏説無量寿経 (32.3cm×46cm)	麻	生地色の紙, 粗い横の文様あり, 厚い紙, 紙料のたたき方不均等	11, 12
北宋 967	敦煌石室写経紙・救諸衆生苦難経 (30.5cm×42cm)	麻	桜色のまじった白色, 還魂紙*2, 粗い横の文様あり, 平滑でない	11, 12
929	British Museum S4012	楮	柔細胞あり	47
945—1018	李建中 同年帖 (33cm×(42+8.4)cm)	楮	浅灰色, 二枚の紙, 横に簾文あり, 後の小紙は暗花紙*3	7, 12

年代	資料	原料	特徴	文献
945—1018	李建中 貴宅帖 (31cm×27.3cm)	木本 鞣皮	浅黄色, 灰色になっている, 繊維 束多い, 紙質粗い	7, 12
北宋以降 960—	旧題王羲之 雨後帖 (27cm×11.5cm)	竹	濃い褐色, 繊維束あり, 細い横の 簾文あり	7, 12
北宋以降 960—	旧題王献之 中秋帖 (26cm×15.3cm)	竹	浅黄色, 繊維束あり	7, 12
968	British Museum S4632	大麻 苧麻		47
989	British Museum S3985	大麻 苧麻		47
991	British Museum S86	大麻 苧麻		47
1036—1101	蘇軾 人来得書帖 (31.5cm×45.7cm)	楮	浅黄色, 平滑, 強くみがいている	7, 12
	三馬図賛 (29cm×79cm)	桑	浅黄色, 蠟加工, 平滑	7, 12
	新歳未獲帖 (31.8cm×51.2cm)	樹皮	浅黄色まじる白色, 平滑, 繊維束 少ない, 表面に白粉	7, 12
1051—1107	米芾 韓馬帖 (33.2cm×33.2cm)	麻	白色, 厚い紙, 表面みがいている る, 紙表に雲中楼閣のかくれた図 案あり, 暗花紙*3	12
	淡墨秋山詩 (29.1cm×31.9cm)	楮	浅黄色, みがいている	7, 12
	菴溪詩 (30.5cm×50.5cm)	楮	細い横の簾文あり, 表面に白粉, 平滑, 灰紙の地に浅黄色のけば, 塊状・束状の斑点あり	7, 12
	珊瑚帖 (26.5cm×47cm)	竹	浅黄色, 繊維束がかなり多い	7, 12
	寒光二帖 (27.4cm×32.4cm)	楮, 竹	繊維束あり, 平滑	7, 12
	高氏三図詩 (29.4cm×26.4cm)	楮, 麻	浅灰色, 平滑	7, 12
	公議帖 (33.2cm×42cm)	麻, 竹	浅黄色まじる白色, 表面に白粉, 平滑	12
	新恩帖 (33cm×48cm)	麻, 竹	白色, 厚い紙, 繊維束少ない, 細 い布の文様あり	12
	破羌帖跋 (22.7cm×32.5cm)	竹など 混合原 料	浅黄色, 繊維束あり, 蠟でみがか れている	12
1082—1118	趙佶 夏日詩 (43.7cm×54.2cm)	樹皮	浅黄色がかった白色, 繊維細い, 平滑, 繊維束少ない	7, 12
1165	楊无咎 四梅図 (37cm×60cm)	桑	白色, 平滑, 細い横の簾文あり	12

年代	資料	紙原料	特徴	文献
平安中頃	大慈恩寺三蔵法師伝 本紙 表紙	楮 楮・雁 皮	切断面なし、柔細胞少ない 切断面あり、フィブリル化、藍染の 楮繊維あり、麻の結束繊維あり、雲 母、古紙の漉返しの可能性あり	25
平安末期	箔散料紙墨書法華経 本文用紙 表紙 見返し用紙 見返し裏打紙 見返し裏打紙	楮・雁 皮 雁皮・ 楮 雁皮・ 僅かに 楮 雁皮・ 楮 雁皮・ 楮	切断された繊維、フィブリル化 切断された繊維、雁皮の繊維はフィ ブリル化 切断された繊維、雁皮の繊維はフィ ブリル化 切断された繊維、フィブリル化 切断された繊維、雁皮の繊維はフィ ブリル化	25
平安末期	江ノ上遺跡埋蔵経巻 (フトン綿状)	楮	切断された繊維、繊維は損傷うけて いる	25
12世紀?	紙本墨書法華経残巻 (フトン綿状)	大麻?		60
鎌倉初期	色定法師一筆一切経	楮	切断された繊維、柔細胞多い、フィ ブリル化	25
鎌倉初期	金剛寿命院陀羅尼経	白麻紙 楮	切断された繊維、フィブリルの発生 した繊維あり	21
鎌倉	三十六歌仙切 小大君	楮	切断された繊維、フィブリルの発生 した繊維あり	25
鎌倉	法華経(紺紙金泥経)	紺紙 楮	切断された繊維、藍の付着、少しフ ィブリルの発生した繊維あり	21
?	色定法師一筆一切経		切断面少ない、柔細胞多い	25

(注) *1 大川氏からの情報：苧麻の他に少量のガンビも含まれている。

*2 日本印刷学会西部支部の調査(61)では、植物繊維の識別は極めて困難とした上で、広義の麻紙以外にも楮紙などが併せ用いられていたとしている。

文献および注

- (1) 何 双全「最近中国で発見された最古の紙」(1993年2月5日、紙の博物館での講演)
- (2) TSUEN-HSUIN TSIEN, "Raw Materials For Old Papermaking in China", Journal of the American Oriental Society 93 (1973) 510—519
- (3) WEI LIANG-YUNG, "The Preliminary Study of Paper-Making Fibers in Ancient China", The National Palace Museum Quaterly 15 (1981) 3—16
- (4) 久米康生『造紙の源流』雄松堂(1985)
- (5) 潘 吉星「製紙術の起源に関して」(文物1973年第9期所載) —中国古代理製紙技術史專題研究其之一— 『百万塔』臨時増刊(1979) 5—21
- (6) 潘 吉星「新疆出土紙研究」(文物1973年第10期所載) —中国古代理製紙技術史專題研究其之二— 『百万塔』臨時増刊(1979) 22—38
- (7) 潘 吉星「故宮博物院藏若干古代法書用紙之研究」(文物1975年第10期所載) —中国古代理製紙技術史專題研究其之三— 『百万塔』臨時増刊(1979) 39—50
- (8) 潘 吉星「出土した古紙の模擬実験により漢代の麻紙製造技術を見る」(文物1977年1期所載) —中

国古代製紙技術史專題研究其之四一『百万塔』臨時増刊(1979)51—67

- (9) 潘 吉星「中国古代加工紙十種(文物1977年第2期所載)—中国古代製紙技術史專題研究其之五一」『百万塔』臨時増刊(1979)68—89
- (10) 潘 吉星「早灘坡東漢墓出土の麻紙を論ず(文物1977年1期所載)」『百万塔』臨時増刊(1979)90—94
- (11) 潘 吉星「敦煌石室写經紙の研究(文物1966年3期所載)」『百万塔』臨時増刊(1979)95—111
- (12) 潘 吉星(佐藤武敏訳)『中国製紙技術史』平凡社(1980)
- (13) 関 義城『和漢紙文獻類聚 古代・中世編』思文閣(1976)
- (14) 寿岳文章『日本の紙』第3版 吉川弘文館(1969)
- (15) 関 義城『手漉紙史の研究』木耳社(1976)
- (16) 町田誠之「正倉院の紙」『百万塔』33(1972)1—8
- (17) 町田誠之「日本の手漉紙—流漉の発見—」『百万塔』44(1977)26—32
- (18) 町田誠之「上代の紙の化学的考察」〔正倉院事務所編『正倉院の紙』日本経済新聞社(1970)143—164〕
- (19) 大澤 忍「麻紙に就て」『和紙研究』2(1939)47—72
- (20) 町田誠之「三椶再考—その斐紙とのつながり—」『和紙研究』17(1984)32—49
- (21) 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(1981)43—56
- (22) 森本正和「和紙と洋紙の接点(その1)」『紙パルプの技術』43(1992)19—39
- (23) 大川昭典, 増田勝彦「製紙に関する古代技術の研究(Ⅲ)苧麻布・こうぞの臼搗による叩解」『保存科学』24(1985)17—23
- (24) 纖維を叩解すると, 内部フィブリル化(纖維は水を取り込んで膨張する)や外部フィブリル化(纖維外部にフィブリルのけぼだち)などがおこる。叩解の程度を評価するひとつの方法が河水度試験で, ここでは叩解度をショッパー形河水度試験器で測定した結果のショッパー河水度(°SR)であらわしている(高知県紙業試験場にて測定)。
- (25) 大川昭典「和紙纖維の調査」『月刊文化財』2(1987)4—11
- (26) 小路位三郎「「ねり」について」『百万塔』9(1959)1—5
- (27) 西 健男「榆(ねり)……抄紙用粘剤に就て」『百万塔』37(1974)16—20
- (28) 石川久雄「トロロアオイ粘質物が和紙抄造に及ぼす効果について」『紙パ技協誌』32(1978)389—395
- (29) 錦織禎徳, 上野 正, 町田誠之「和紙抄造用粘液に関する研究(第3報)トロロアオイ根の貯蔵とその抄紙性」『紙パ技協誌』17(1963)501—504
- (30) 石川久雄, 大久保克美, 沖 妙「和紙抄造工程に及ぼす粘質物の効果について」『紙パ技協誌』36(1982)725—732
- (31) 町田誠之「斐紙考—いわゆる町田学説「ガンビ粘剤説」の概要—」『百万塔』26(1968)1—7
- (32) 『非木材パルプの概要, 非木材パルプ特集』印刷局研究所時報別冊(1976)1—39
- (33) 『岩波生物学辞典』第3版 岩波書店(1983)
- (34) 大蔵省印刷局研究所(編)『みつまた紙』(1959)
- (35) 原 啓志「製紙用亜麻の構造について」『紙パ技協誌』30(1976)548—553
- (36) 原 啓志「中国の製紙用非木材植物纖維の形態について」『紙パ技協誌』34(1980)635—649
- (37) 原 啓志「製紙用麻類の構造について(第8報)亜麻パルプの特性」『紙パ技協誌』38(1984)1145—1156
- (38) 小泉信義「非木材パルプ資源(二十)」『製紙工業』13(1964)185—188
- (39) 小泉信義「非木材パルプ資源(三十)」『製紙工業』14(1965)19—23
- (40) 小泉信義「非木材パルプ資源(三十四)」『製紙工業』14(1965)377—381
- (41) 小泉信義「非木材パルプ資源(三十五)」『製紙工業』14(1965)409—414
- (42) 小泉信義「非木材パルプ資源(三十六)」『製紙工業』14(1965)441—444
- (43) 『紙の纖維組成試験方法』日本工業規格 JIS P8120—1976
- (44) 今井久男「三椶の研究 三椶纖維と雁皮纖維の區別」『纖維素工業』13(1937)352—353
- (45) 小宮英俊「紙の鑑定について—纖維分析を主とした試験方法—」『百万塔』73(1989)72—77
- (46) 前松陸郎, 曾我部隆紀「中国紙に関する研究(第2報)檀皮(青檀)纖維の形態について」『紙パ

- 技協誌』29 (1975) 505—509
- (47) COLLINGS, T. J., MILNER, W. D., “An Examination of Early Chinese Paper”, *Restaurator*, 3 (1977) 129—151
- (48) COLLINGS, T., MILNER, D., “The Identification of Oriental Paper-Making Fibers”, *The Paper Conservator*, 3 (1978) 51—79
- (49) COLLINGS, T., MILNER, D., “The Identification of Non-Wood Paper-Making Fibers: Part The Paper Conservator, 4 (1979) 10—19
- (50) COLLINGS, T., MILNER, D., “The Identification of Non-Wood Paper-Making Fibers: Part 2”, 3”, *The Paper Conservator*, 7 (1982—83) 24—27
- (51) 『土佐手漉き和紙製造工程』高知県地場産業課, 高知県紙業試験場 (年月日なし)
- (52) 牧野富太郎『原色牧野植物大図鑑, 続編』北隆館 (1985)
- (53) GAY, M.-C., MONROCCQ, R., “Identification des fibres textiles naturelles par examen microscopique”, *Annales du Laboratoire de Recherche des Musées de France* (1972) 16—22
- (54) 山口 力「特集・麻と麻紙」『べにばな』13 (1986) 134—162
- (55) 牧野富太郎『原色牧野植物大図鑑』北隆館 (1985)
- (56) 中条 幸『楮の呼び名について』百万塔紙業シリーズ第4編 (1961)
- (57) 深津 正『植物和名語源新考』植物と文化双書 八坂書房 (1985)
- (58) 久米康生「出土紙が証言する前漢造紙—潘吉星氏から新しい情報を聞いて—」『百万塔』70 (1988) 1—6
- (59) 大澤 忍「百万塔陀羅尼に関する研究 (其一) —特にその用紙について—」『和紙研究』14 (1951) 51—66
- (60) 増田勝彦「埋納経の保存処置に関する研究」『保存科学』19 (1980) 77—83
- (61) 中根 勝(編)『百万塔陀羅尼の研究』百万塔陀羅尼の研究刊行委員会 (1987)
- (62) 大沢 忍「顕微鏡で見た正倉院の紙」『百万塔』29 (1969) 1—11
- (63) 大沢 忍「正倉院の紙の研究」〔正倉院事務所編『正倉院の紙』日本経済新聞社 (1970) 47—100〕
- (64) 田中 稔「紙・布帛・竹本」〔赤松俊秀他監修『日本古文書学講座総論編』雄山閣出版 (1978) 151—165〕によると, 写経料紙は奈良時代から平安時代初期では56cmあるいは51cm前後という。平安時代後期以降になると51~52cm前後が主流となり, 55cmを超えるものは稀になる。その後は50cm以下のものが多くなって来る。文書料紙では, 平安時代では縦が約30cm, 横が55~56cm前後のものが多く, 鎌倉時代から縦は約32~33cm, 横は51~52cm前後になる。
- (65) 上島 有「古文書と和紙」『百万塔』48 (1979) 6—13
- (66) 上島 有「古文書の料紙について(一)」『古文書研究』27 (1987) 101—111
文献65と66によると, 平安時代以降の料紙では次のような縦横の比率の変遷がある。
- 平安, 鎌倉時代 1 : 1.7前後
 - 鎌倉中期以降, 南北朝, 室町時代 1 : 1.6から1.5
 - 戦国時代, 近世 1 : 1.4以下
- (67) 上島 有「中世文書の料紙の種類」〔小川信編『中世古文書の種類』吉川弘文館 (1991) 330—357〕では, 中世文書の料紙に関して紙の大きさのみならず, 紙の質や厚さなどにも注目し, 共通性のあるものを8種類に分類することを提案している。実際の文書の中世の文献にあらわれる紙名ではなく, 現在の抄紙技術に基づいて分類しようというものである。
- (68) ASH, N., “Watermark research: Rembrandt prints and the development of a watermark archive”, *The paper Conservator*, 10 (1986) 64—69
- (69) 『デュボンダイラックス瞬間画像校正紙 503-1/503-2』デュボンジャパン技術資料 (年月日なし)
- (70) “The wizard of watermarks”, *Dupont Magazine*, 84 (1990) 4—6
- (71) 関 義城『古紙之鑑』木耳社 (1977)
- (72) 増田勝彦, 大川昭典「製紙に関する古代技術の研究。(2)打紙に関する研究」『保存科学』22 (1983) 99—119
- (73) 久米康生「万国博覧会と和紙」(1992年11月7日, 和紙文化研究会第38回例会講義)
- (74) 久米康生「シーボルトと和紙」『百万塔』68 (1987) 28—37

国立歴史民俗博物館研究報告 第57集 (1994)

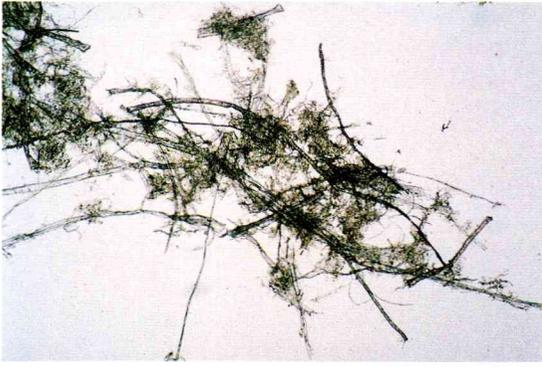
(75) 久米康生「J・Jラインの和紙論」『百万塔』69 (1988) 19—37

(国立民族学博物館)

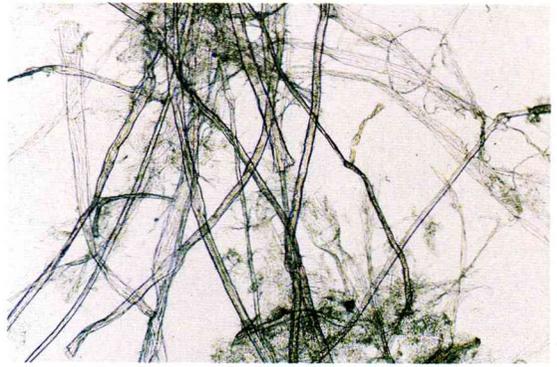
Basic Study on *Washi* (Japanese Paper) Material

SONODA Naoko

Washi was at first produced by the *tamezuki* method, and the fibers of the raw material had been cut short and pounded in a mortar. Cutting the fibers short and producing a fibrillation made the fibers pliant and cohesive. Nowadays however *washi* is mostly produced by the *nagashizuki* method, and the characteristic features of the raw material are retained as far as possible. As a preliminary study to find out a general and objective standard to characterize different papers, the writer has here compiled photographic data showing the standard characteristics of paper-making fibers. Samples of fibers were taken not only from papers for which the special features of the raw material had been respected (paper mulberry, mulberry, *gampi*, *mitsumata*, bamboo, rice straw), but also from papers for which the raw material had been treated according to the ancient *tamezuki* method (hemp, ramie, paper mulberry, mulberry, *gampi*, *kurara*). We examined if the characteristics of the original material remained or not after the fibers had been cut and pounded. Fibers were observed using a polarizing microscope, under one nicol and crossed nicols. Observations were also made after the fibers had been dyed. We also studied how far the characteristic features of these fibers can be recognized from the surface observation of the paper, without taking samples of fiber. As part of the consideration of methods that do not involve sampling, a study was made of the possibilities and limitations of an instant image proof paper with regard to the recording of the paper characteristics (thickness uniformity, presence of laid lines or chain lines and their spacing, distribution of the fibers, etc).



a



b



c

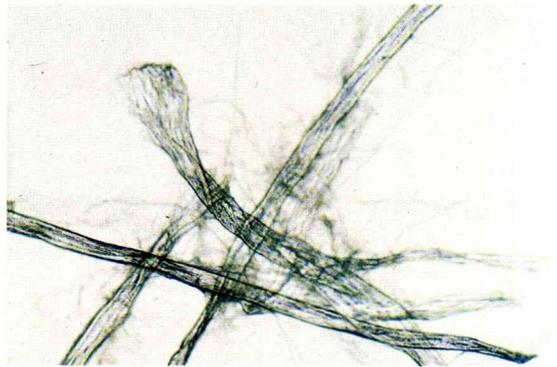


d

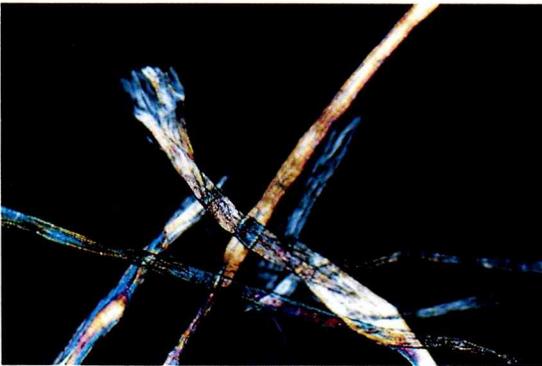
写真1. アサ Hemp, °SR38 : (a)単ニコル ×20 (b)単ニコル ×50
(c)直交ニコル ×50 (d)単ニコル、染色後 ×50



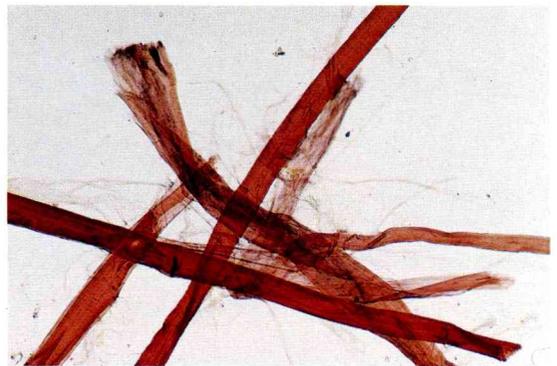
a



b



c



d

写真2. カラムシ(マオ) Ramie, °SR39 : (a)単ニコル ×20 (b)単ニコル ×50
(c)直交ニコル ×50 (d)単ニコル、染色後 ×50

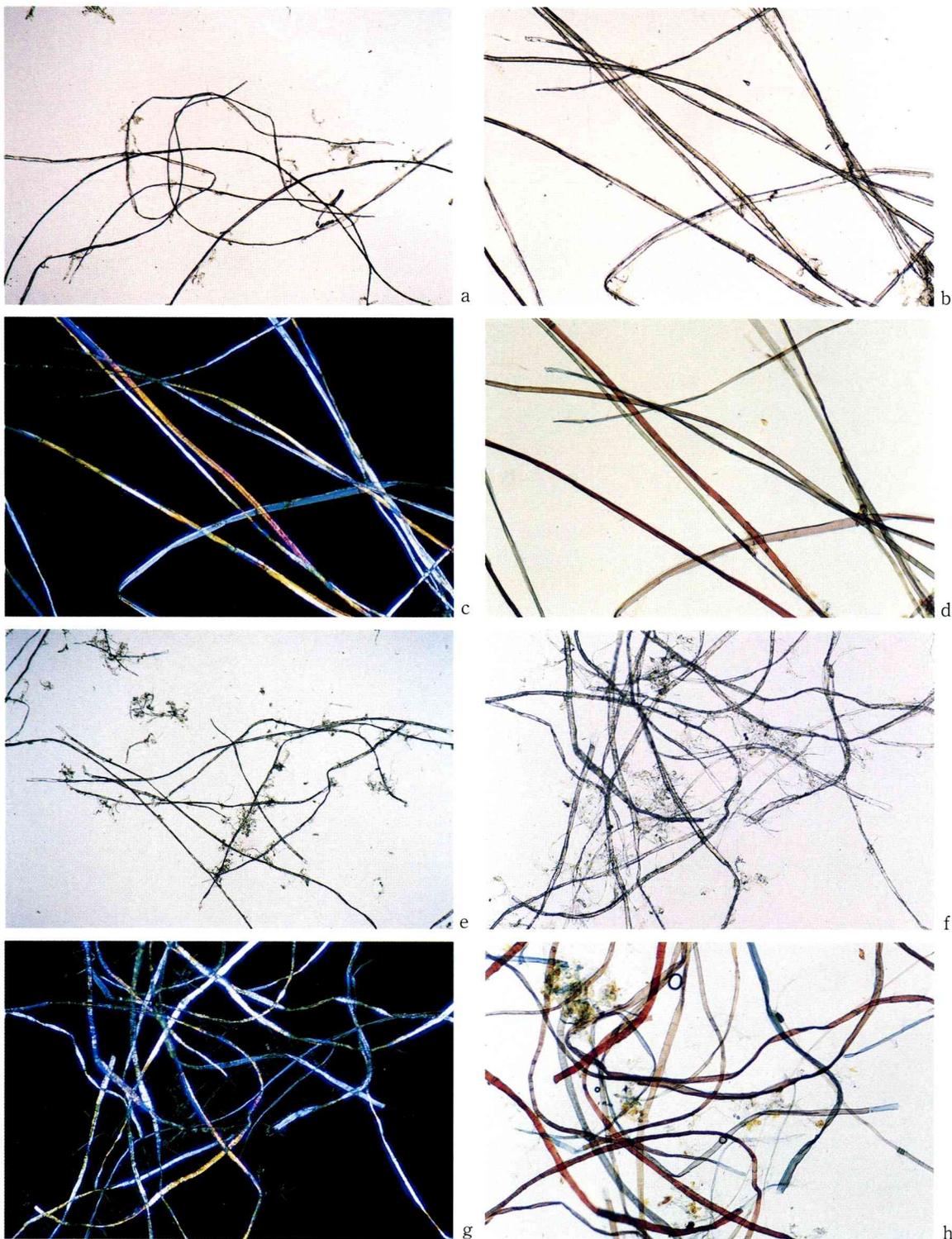


写真3. コウゾ Paper mulberry : (a)単ニコル ×20 (b)単ニコル ×50
 (c)直交ニコル ×50 (d)単ニコル、染色後 ×50
 コウゾ Paper mulberry, °SR40 : (e)単ニコル ×20 (f)単ニコル ×50
 (g)直交ニコル ×50 (h)単ニコル、染色後 ×50

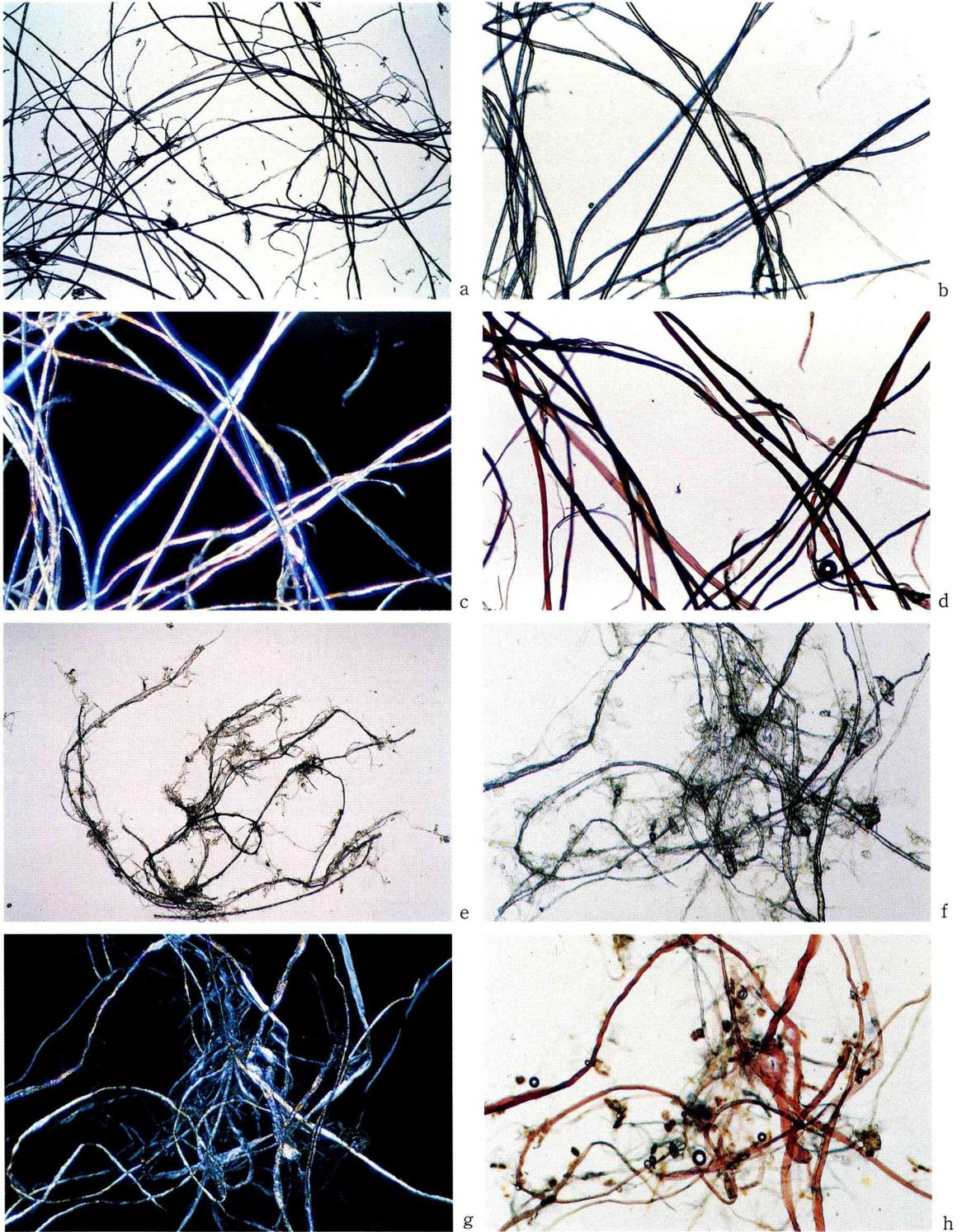


写真4. クワ Mulberry : (a)単ニコル×20 (b)単ニコル×50 (c)直交ニコル×50 (d)単ニコル、染色後×50
クワ Mulberry, °SR55 : (e)単ニコル×20 (f)単ニコル×50
(g)直交ニコル×50 (h)単ニコル、染色後×50

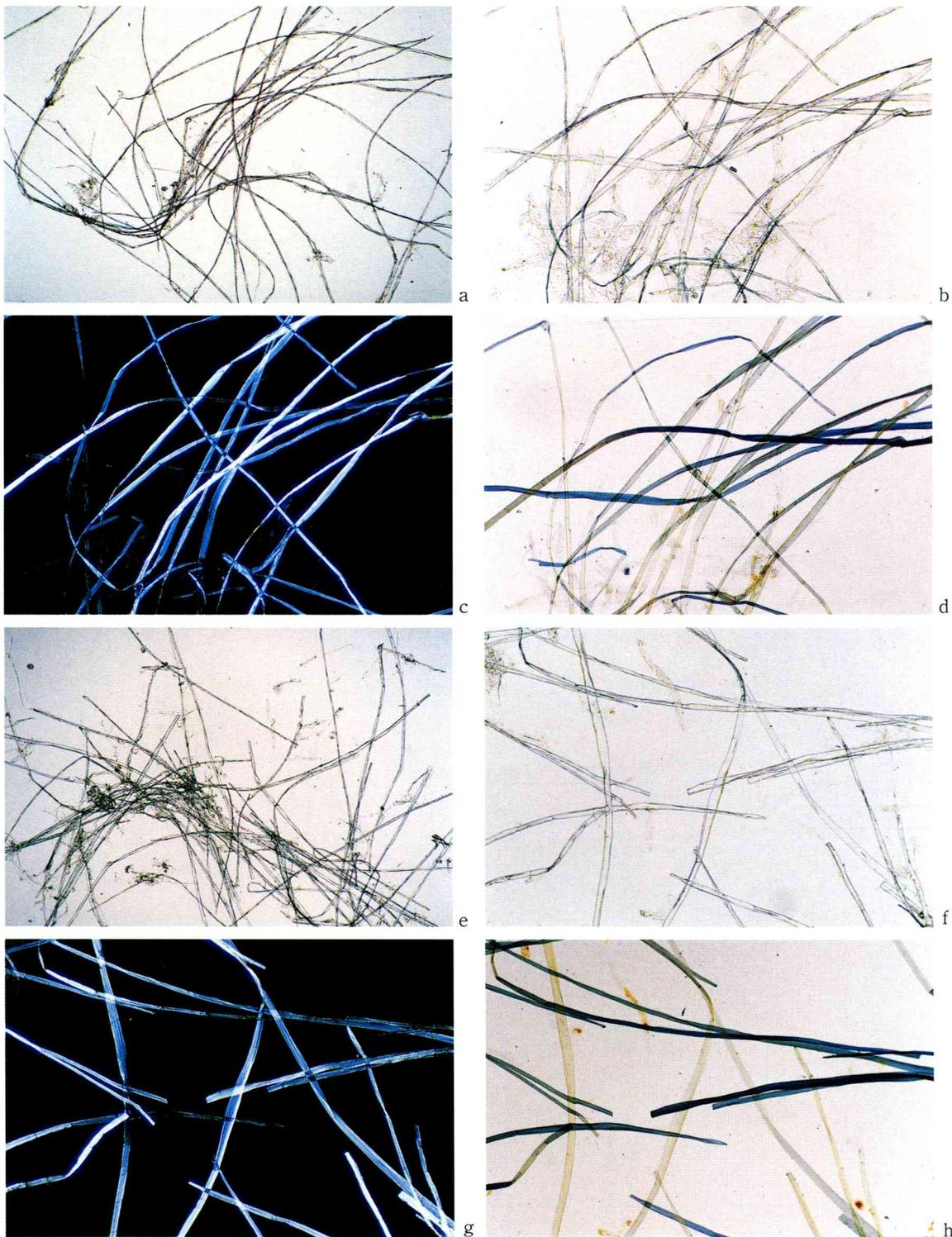
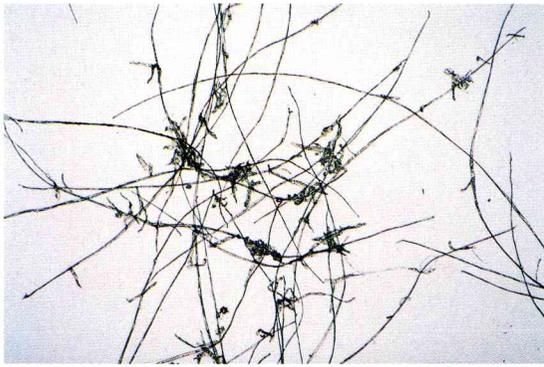
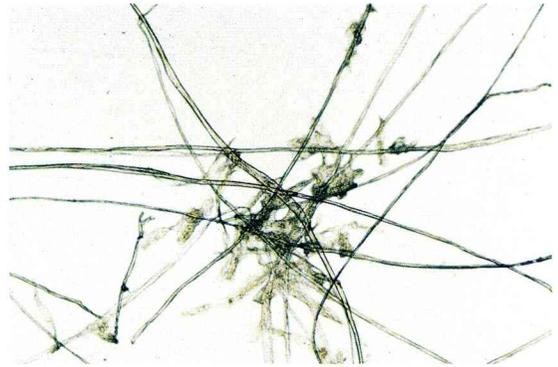


写真5. ガンピ *Gamphi* : (a)単ニコル×20 (b)単ニコル×50 (c)直交ニコル×50 (d)単ニコル、染色後×50
 ガンピ *Gamphi*, °SR47 : (e)単ニコル×20 (f)単ニコル×50
 (g)直交ニコル×50 (h)単ニコル、染色後×50



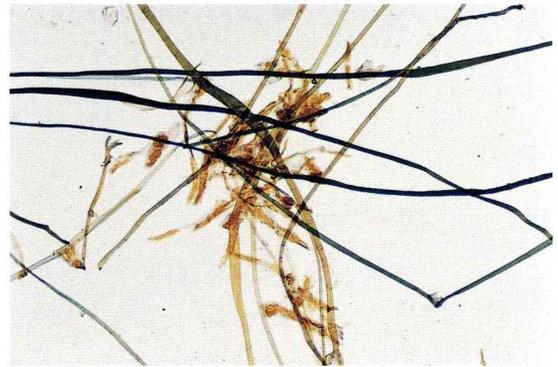
a



b

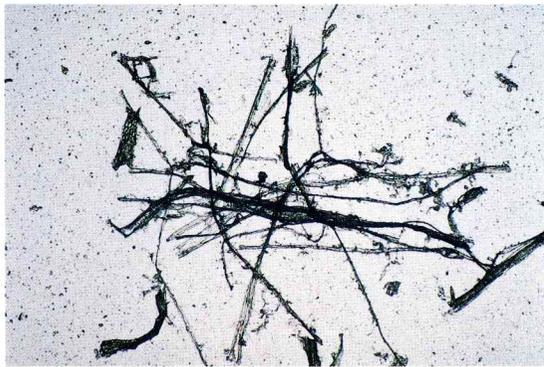


c

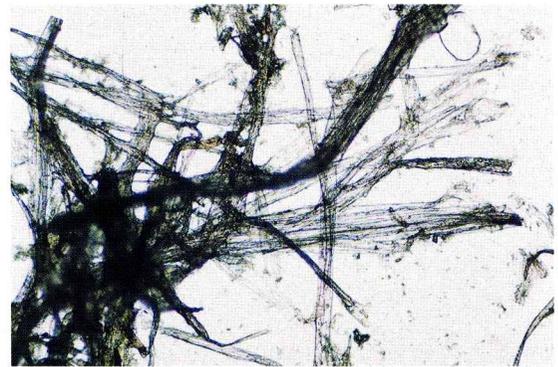


d

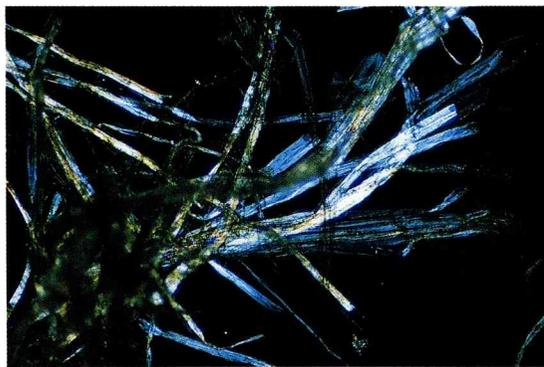
写真6. ミツマタ *Mitsumata* : (a)単ニコル ×20 (b)単ニコル ×50
(c)直交ニコル ×50 (d)単ニコル、染色後 ×50



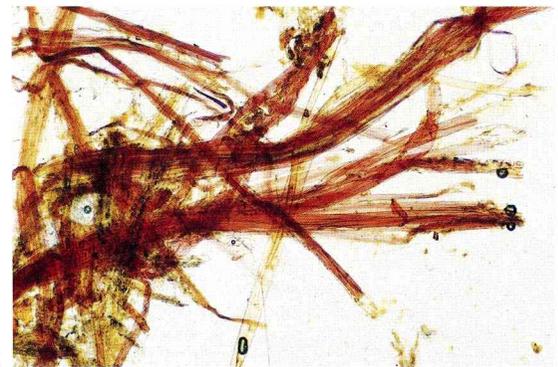
a



b

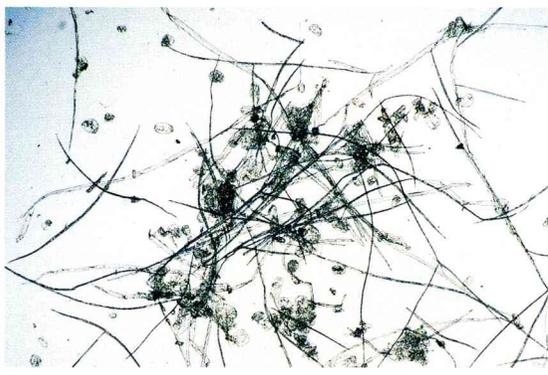


c

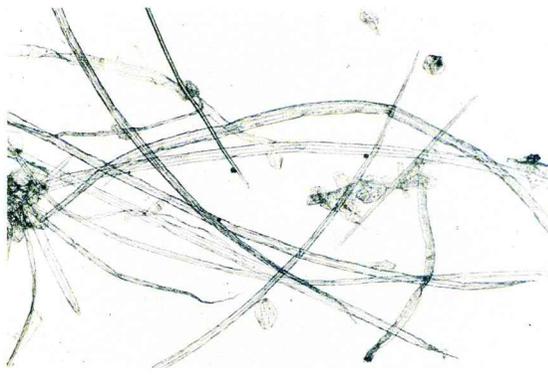


d

写真7. クララ *Kurara* : (a)単ニコル ×20 (b)単ニコル ×50 (c)直交ニコル ×50 (d)単ニコル、染色後 ×50



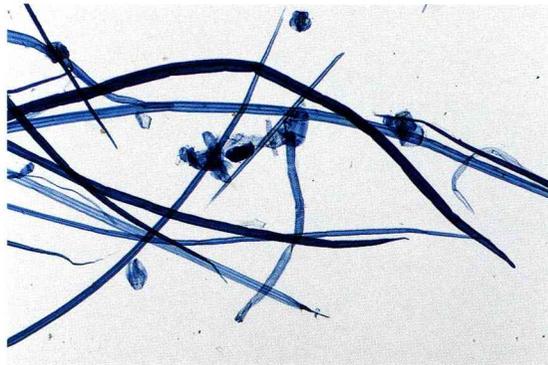
a



b

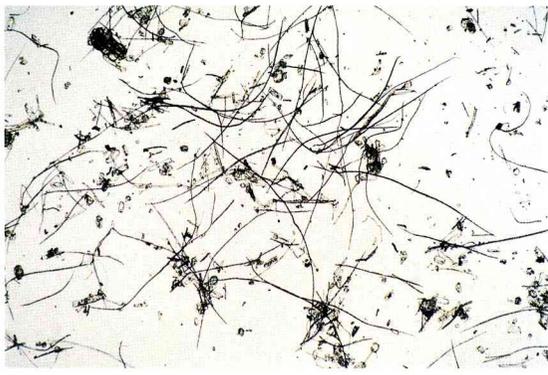


c

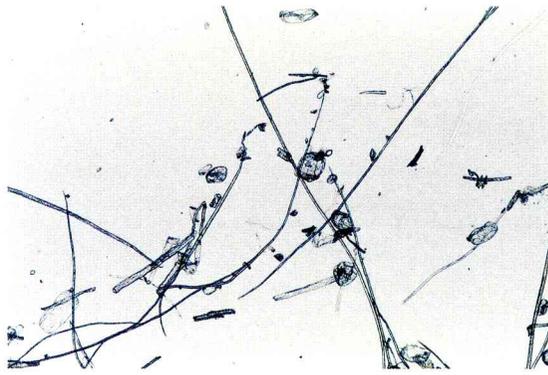


d

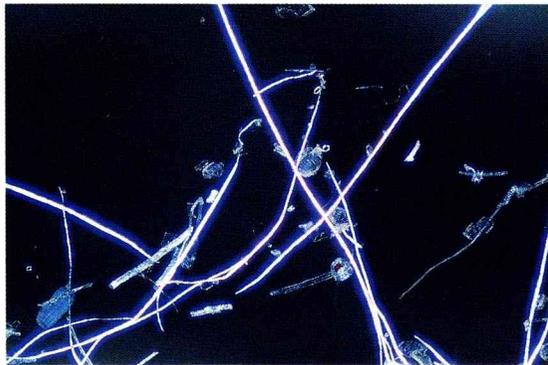
写真8. 竹 Bamboo : (a)単ニコル×20 (b)単ニコル×50 (c)直交ニコル×50 (d)単ニコル、染色後×50



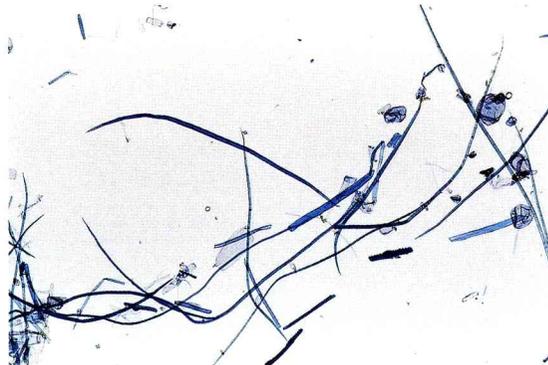
a



b



c



d

写真9. 稲わら Rice straw : (a)単ニコル×20 (b)単ニコル×50 (c)直交ニコル×50 (d)単ニコル、染色後×50

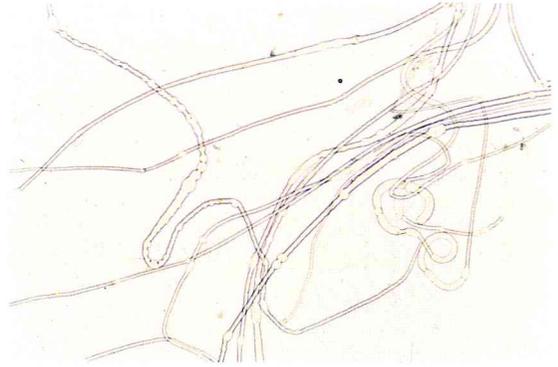
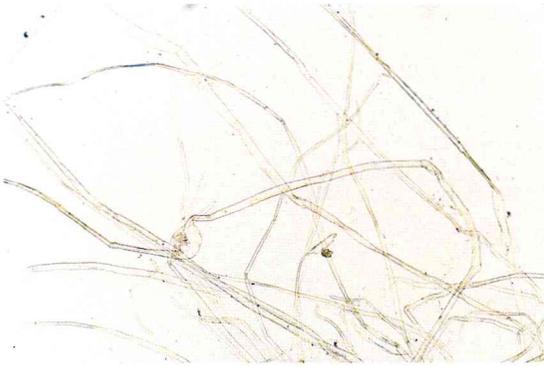


写真10. (a)ガンピ *Gampi* と(b)ミツマタ *Mitsumata*の繊維の17.5% NaOH (カセイソーダ)溶液による膨張、×50

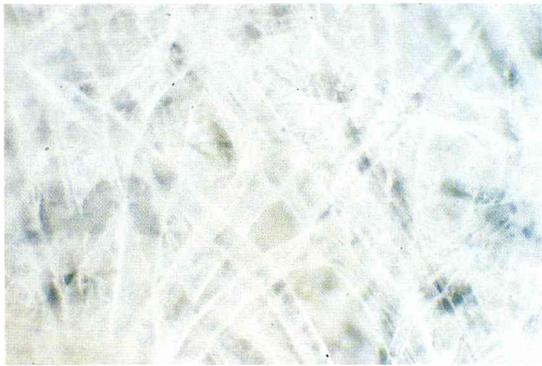
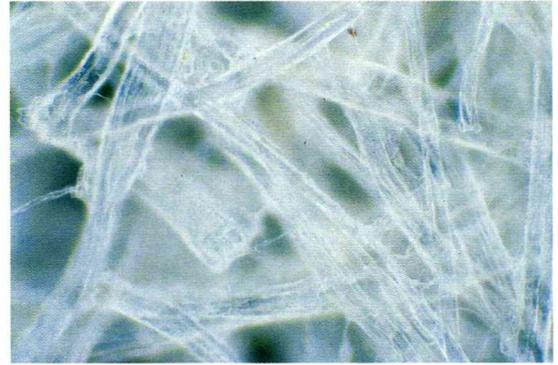
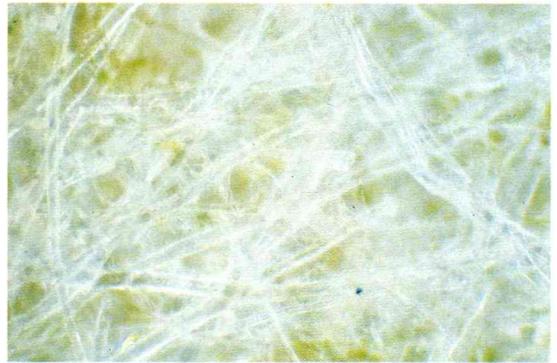


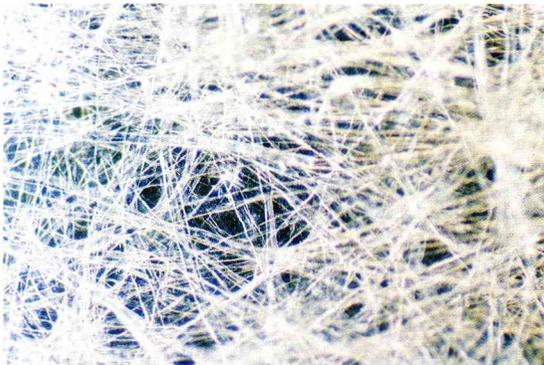
写真11. 紙表面の顕微鏡写真、×100 (a)アサ *Hemp*°SR38 (b)カラムシ(マオ) *Ramie*°SR11 (c)カラムシ(マオ) *Ramie*°SR39 (d)カラムシ(マオ) *Ramie*°SR82 (e)コウゾ *Paper mulberry* (f)コウゾ *Paper mulberry*°SR40



g



h



i



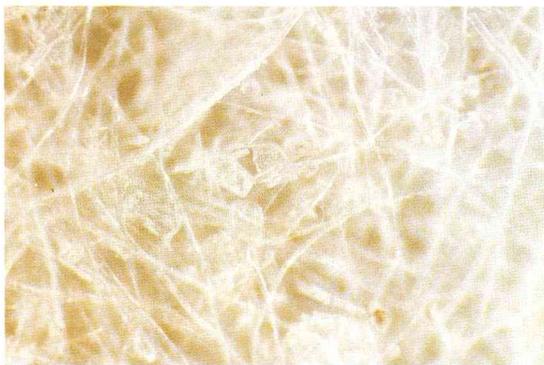
j



k



l



m

写真11. (続き) (g)クワ Mulberry (h)クワ Mulberry °SR25 (i)ガンピ *Gampi* (j)ガンピ *Gampi* °SR47
(k)ミツマタ *Mitsumata* (l)竹 Bamboo (m)稲ワラ Rice straw