

手漉和紙に就て

世良 明・後藤 良造

(木材化学第3研究室)

Akira SERA and Ryozo GOTO : On Japanese Hand-made Paper

我々が和紙又は日本紙と称している紙と洋紙との厳密な差異は明確でない。現在抄造されている和紙の中には、殆んど洋紙と変らないものがあり、一方洋紙にも和紙に非常に近いものがある。従つて和紙と洋紙とを区別するために、ある人は所謂“ネリ”を使用して抄紙したものを和紙、そうでないものを洋紙と言ひ、又或る人は手漉の紙を和紙、機械漉の紙を洋紙としている。しかしこれらの区別は、両者の差異を充分に言い表わしていないから不都合の生ずる場合が屢々ある。今ここで取上げるのは、従来の習慣に従つて我々が漠然とした意味で和紙と称している日本固有の手漉紙である。

和紙の起源は日本史を擧げてみてもあまり明瞭でないが、日本書紀の推古天皇の御巻に、

十八年三月、高麗王貢上僧曇徴法定、

曇知王経、且能作彩色及紙墨

とある。即ち推古帝の18年3月（西暦610年）に、高麗の貢僧曇徴が来朝して聖徳太子に抄紙と彩色の法を伝えたと言われている。これが我国の書籍に記録として紙のことが現れた最初であるが、曇徴の来朝する以前から既に我国人は、紙に関する知識を有していたとする説が相当有力である。植物の繊維(樹皮)による抄紙は、後漢和帝の元興元年（西暦105年）の頃蔡倫によつて始められたと言われている。恐らくこれ

が朝鮮半島を経て我国に伝わつたとするのが、色々伝えられている紙の我国への伝来記としては、一番穏当なようである。曇徴の作つた紙は、弱く、虫が好んで食うので、聖徳太子は我国伝来の楮を用いて抄紙を始めた。その後程なく楮の皮を煮るのに植物の焼灰を混ぜること、紙を抄く時に“ネリ”を加えることなどの方法が発明された。奈良朝に到つてようやく雁皮を原料とする紙が現われ、次いで平安朝に入ると抄紙業が頗る盛大となり、特にその後期にいたつて無比の発達を遂げたのである。産地は越後、伊勢、美濃から遠く大隅にいたる四十余国に及んだということである。この時代に「宿紙」、^{うすやみし}「薄墨紙」、^{ばんし}「檀紙」等が漉かれた。その後足利時代になつて「奉書」、^{ほうくよ}「鳥の子」、^{とりの子}「杉原」、^{みのくよいん}「美濃書院」等の優良紙が作られ、明和年間になると、駿河で始めて三楮が紙の原料として使用された。これが「駿河半紙」^{するがはんし}の始まりである。明治時代に入ると苛性ソーダなどを煮熟に使用するようになり、又叩解機が使用され、抄紙法に格段の改変進歩が見られるに至つた。

原 料

現在使用されている主な和紙の原料は、楮、三楮、雁皮の三種類である。その他に補助原料として、桑、麻、藁の繊維や、亜硫酸パルプ等

が使用されている。次に主要原料の概略を記すと、

I 楮 (こうぞ, かぞ, かじ, かご) *Broussonetia Kazinoki. Sied.* 楮は桑科多年性喬木で、桑に似ていて、印度、支那、日本には古から野生していたものである。紙の発明者である後漢の蔡倫が使用した原料は、麻と楮ではなかつたかと言われている。楮は栽培が容易で、その上に処理も簡単であるから、昔から紙と言えば楮紙と言うことであつた。この様に楮は古くから和紙の原料として珍重されて来たが、その繊維がやや粗剛であるために、三極のように優美で滑らかな紙は作られないが、強靱性を必要とする紙には最適である。楮の繊維は带状に長くて所々に結節があるから、ビーター(Beater)で叩解すると一部の繊維が相互に絡み合つて「双眼」と称する結節を作るためビーター叩解は困難である。従つて楮を使用する際には臼又は板上で手打叩解を行うことが多い。特に「典奥帖」などの高級な楮紙は今日でも手打叩解されている。

II 三極(みつまた, むすびき) *Edgeworthia Papirifera. Sied.* 三極は瑞香料双子葉多年性灌木である。その枝が必ず三又をなして分かれているので三極の名がある。三極の靱皮繊維は細小でそれ自身光沢を有し、且つ緻密であるから平滑な紙を作るのに適している。又他の補助原料と混用しても比較的優れた紙を漉くことが出来る。三極繊維は樹令が加つて来ても粗剛にならず、数年を経た莖でも下部の繊維の方が上部の繊維よりも優れている。維纖は幾分木質化しているけれども、稀アルカリで処理すれば、純纖維素に近いものを抽出することが出来る。三極繊維は楮繊維に比較して長さも短かく、強度

も劣るが、紙魚の害にかかることが少なく優美で光沢を有し、処理も容易で機械抄造にも適し、特に印刷用紙、筆記用紙として最適であるから、現今では和紙原料中の第一位を占めるに至つてゐる。三極は抄紙原料としては比較的新らしく、前述の様に使用され始めてからまだ160年にしかない。明治初期までの三極紙(主に駿河半紙)は、技術が幼稚であつたために、紙質が粗雑で弱く、色も茶褐色を帯びていて、品質は到底楮に及ばなかつた。明治13年頃から煮熟剤として炭酸ソーダ、苛性ソーダを使用するようになつて始めて三極繊維の純良な真価が認められるようになり、所謂「改良半紙」^{かいりようはんし}、「局紙」^{きよくし}、「紙幣用紙」などが抄造されるようになった。

III 雁皮(がんび) *Wikostroemia Sikokiana.* 雁皮は瑞香料双子葉多年性灌木である。本邦には古くから野生して居り、普通の雁皮の他に、やま雁皮、こ雁皮、みやまこ雁皮、しま雁皮、あお雁皮、ま雁皮、おに雁皮の七種があり、これらの靱皮繊維は抄紙原料としては極めて上等である。雁皮繊維には亜麻、大麻に見られるような結節がある。一般に三極繊維と良く似ているので両者を区別することは困難である。性質は優美で光沢があり、半透明で粘着力に富み一見絹の様な外觀を呈する。雁皮を用いて抄造した紙は、光沢を有し紙質は緊締し、透明度は大きく、湿潤状態でも強靱であるから、薄葉紙類、特にコピー紙用としては理想的である。又雁皮繊維はビーター叩解も可能であり、和紙の原料として優れている。このように貴重な原料であるが、元来この植物は人工栽培が困難で、野生のものを採集している状態であるから漸次減少し、特に明治以後需要の激増に伴つて濫伐し、その結果今日では非常に少くなつたと言われている。

いる。

上記三靱皮繊維の長さ及び幅は次の通りである。

第 1 表

	繊維の長さ(mm)			繊維の幅(μ)		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均
三 楮	10.5	1.2	4.1	23	7	11
楮	30.0	4.5	10.9	23	10	16
雁 皮	7.5	3.0	4.6	10	3	7

但し測定は 100 本の繊維について行つてある。上表のように雁皮繊維は他の繊維と比較して長さも幅も小さい。従つて雁皮から「鳥の子」系の緻密な紙が漉けるのは当然のことである。

製 皮

和紙原料の靱皮繊維は、勿論そのままでは使用出来ないの、これをそれぞれの目的の紙料（パルプ）にまで精製しなければならない。例を楮にとると、刈り取られた楮の枝はこれを蒸して剥皮し乾燥させる。剪ぎ取つた皮は生皮と呼ばれ、生皮を乾燥させたものを黒皮（又は荒皮、粗皮）と呼ぶ。黒皮を水に漬けて柔らかくし、小刀等で外皮を取り去つたものを白皮と呼ぶ。水に浸すのは単に黒皮を柔らかくするためだけでなく、水溶性の不純物を溶出させる目的もある。一般に流水に浸しているが、浸漬時間は水温によつて異なり、夏は数時間で足りるが、冬は一昼夜以上を必要とする。上晒又は本晒と称する白皮は外皮剝離後数日間流水中に浸漬し且つ日光漂白を行つたものである。地方によつては夜晒と称して夜露にあてるもの、雪晒と称して積雪上に放置するもの等がある。楮及び三

楮の刈取られた枝100kg に対する生皮、黒皮、白皮及び紙料の収量は、土地、気候、樹令等によつて差はあるが、大凡の値は第 2 表の通りである²⁾。

第 2 表

原料	収量 生 茎 (含水) kg	生 皮 (含水) kg	黒 皮 (乾燥) kg	白 皮 (乾燥) kg	紙 料 (乾燥) kg
楮	100	33	17	9.0	5.0
三楮	100	40	16	7.5	3.5

三楮及び雁皮の処理も大体楮と同じである。しかし雁皮では剥皮の場合に一般に蒸煮を行わない。

白皮から紙料までの処理のことを「コナシ」と言っている。「コナシ」方はその白皮が楮であるか三楮であるか、又何年本であるかによつて同一とは言えないが、基本的な操作過程は全く同じである。「コナシ」方は次の三過程に大別することが出来る。即ち煮熟、漂白、叩解である。

煮 熟

煮熟は白皮から稀アルカリ可溶分を溶出させるのと同時に、繊維間の結合をゆるめるために行われるものである。白皮を水に数時間浸漬した後、稀アルカリ水溶液中で煮熟する。使用するアルカリは、古い時代には木灰を使用した。木灰は作用が緩慢で繊維の損傷が殆んどないから、今日でも極く特殊な場合には稀に使用されることがある。次の時代には煮熟剤として石灰が使用されたが、これは現在でも時々使用されている。石灰は作用が緩慢だけでなく、その水に対する溶解度が僅少であるから、過剰の水酸化カルシウムを含む飽和溶液で煮熟すると、煮

熟の開始時と、終了時との効力に差が生じない。この点が苛性ソーダによる煮熟と異なる点である。従つて石灰煮熟は過激に陥る心配がないから、小工場ではよく使用されている。しかし石灰煮熟は処理中に難溶性石灰塩（主として炭酸塩）が繊維上に沈着するので、光沢を減じ漂白等の処理が困難となる。そのために煮熟後の繊維は流水中で良く洗滌しなければならない。最近では、煮熟後稀硫酸で処理することもある。炭酸ソーダを煮熟剤として使用し始めたのは、明治15年以後のことである。これは石灰より効力が大きく、使用法も簡単であるから一般に広く使用されている。開放釜式の煮熟法は水 100 l に炭酸ソーダ約 1.2~1.5kg を加え 10kg の白皮と共に約1時間半煮熟を行う。煮熟後はそのまま放冷し、流水中で“アク”抜きをする。煮熟の完否は一本の白皮が指で摘んで切れれば良いとされている。炭酸ソーダ煮熟の三極は、三極繊維特有の卵黄色を呈し、抄紙すると滑沢な紙が得られる。「紙幣用紙」、「証券用紙」、「局紙」などの優良紙は炭酸ソーダによつて煮熟されている。しかし炭酸ソーダ煮熟は純白な紙料を得ることが困難で、そのためには多量の晒粉を必要とする。純白な紙料を得るためには、苛性ソーダ煮熟によらなければならない。苛性ソーダが使用され始めたのは、明治20年前後からである。苛性ソーダは効力が強いためにその濃度又は煮熟時間の過剰などで繊維を傷つけ、その強度を減じたり、光沢を損じたりすることが屢々ある。三極の苛性ソーダ煮熟を例にとると、白皮は煮熟前約8~15時間流水に浸された後、水 100 l、苛性ソーダ 1kg、白皮 10kg の割合で混ぜられ、この溶液が沸騰するまで加熱される。沸騰後約30~40分で煮熟が

完了するから、完了後は白皮を引き出し、流水中でアク抜きをする。最近の機械抄紙業では、円筒又は球形のダイジェスター (Digester) を使用している。この中に原料と苛性ソーダと水とを入れ、水蒸気を吹込みながら罐を回転させる。この方法によると煮熟に約2~8時間を要する。苛性ソーダは前述の様に効力が大であるから、煮熟時間も少なく済み、且つ美しい紙料が得られるので、現在では煮熟剤中の主位を占めている。最近苛性ソーダに少量の硫化ソーダを混用することが行われているが、苛性ソーダ単独の場合よりも成績のよいことが知られている。硫化ソーダの量は苛性ソーダの約20%である。

一般に煮熟された白皮を見ると、煮熟法の如何に拘らず、根部と穂先部の煮熟状態が異なる。即ち根部が煮熟完了の時には、穂先部は煮熟が過度であり、繊維が傷められている。このような欠点を補う為に、元漬煮熟法、石灰漬煮熟法、石灰混合法などの方法がある。詳述は避けるが、いずれも面倒な点があり、一般にはあまり用いられていない。

煮熟は成紙の性質に重要な関係を有するものであるから、煮熟剤の撰択、煮熟時間の決定には注意しなければならない。楮を「半紙」用の紙料に煮熟する際に、アルカリの種類とその濃度とを変えると、成紙の性質上にどんな影響があるかは、第3表によつて明白である。

第3表の記載は高知県製紙試験所で試験的に漉いた「半紙」の性質であつて、原料の楮は同一産地のものを使用している⁷⁾。

漂 白

白皮中に存在する不純物は、煮熟によつて大

第 3 表

No	アルカリ	色	厚さ	重さ	緊度	破裂度	抗張力(kg)		断裂長(km)		耐折度(回)	
			(mm)	(gr/m ²)	(kg.)	(kg/cm ²)	縦	横	縦	横	縦	横
15	15%Ca(OH) ₂	濃黄色	0.70	25	0.36	2.0	2.7	1.6	7.20	4.27	1534	71
16	30%Ca(OH) ₂	黄褐色	1.05	27	0.26	1.9	2.8	0.9	6.91	2.82	873	7
17	10%NaHCO ₃	淡黄色	0.75	27	0.35	1.7	2.0	1.5	4.94	3.70	138	28
18	30%NaHCO ₃	〃	0.65	19	0.29	1.7	2.3	0.9	8.07	3.16	727	4
19	12%Na ₂ CO ₃	極淡黄色	0.85	35	0.41	2.7	3.9	2.3	7.43	4.38	2123	3018
20	25%Na ₂ CO ₃	白	0.70	25	0.36	1.6	2.2	1.2	5.87	3.20	480	11
21	25%結晶Na ₂ CO ₃	〃	0.65	25	0.38	2.2	3.0	2.1	8.00	5.73	2335	1584
22	15%NaOH	〃	0.75	26	0.35	1.9	2.8	1.6	7.18	4.10	714	48

部分が可溶性のものになり、洗滌によつて流出するが、尙幾分か残存する。未晒試料が淡褐色をしているのは即ちこの不純物によるのであつて、その量は平均約5～10%である。和紙では往々この未晒紙料をそのまま抄紙することも尠くないが、未晒紙料で抄紙した紙は、時日を経るに従つてその色相が変化し、色が濃くなる。これは残存している有色不純物が空気酸化を受けるためであると考えられている。その為、不純物を漂白によつて除去せなければならぬ。漂白剤を多量に使用し、漂白時間を長くすることによつて、非繊維物の除去は完全になるが、一方繊維が傷つけられる。煮熟と漂白とは密接な関係を有することは言うまでもなく、漂白を完全に行うにはその前提である煮熟を完全に行うにしくはない。漂白剤としては酸化剤が使用される。現在使用されているものは、晒粉、塩素、次亜塩素酸ソーダ等であるが、就中晒粉を使用する場合が最も多い。

1 晒粉法

煮熟後“アク”抜きをした白皮は叩解後に漂白されるのが普通であるが、楮、三桠などを使

用する場合には叩解前に漂白されることも多い。使用される晒粉量は、白皮の種類、汚染度によつて一定していないが、通例は白皮に対して約5～15%である。今、二三の例を示すと、
(1) 三桠 苛性ソーダ煮熟のものは白皮の

約5%

炭酸ソーダ 〃 〃 約8～10%

苛性ソーダと消石灰混用 〃 〃 約6%

(2) 楮 普通は川晒をする場合が

多いが、晒粉を使用する

時は川晒後に白皮の 約5%

漂白時間は原料、晒粉濃度などによつて一定しないが、漂白ビーターを使用するか、水蒸気による加温か或は加酸などで促進する場合は約1時間、そうでない場合は約2～3時間以上を必要とする。漂白速度促進法も色々あり、一般には加温又は加酸が行われている。温度が7°C上昇すると漂白速度は約2倍になる。しかし40°C以上になると塩素酸イオン(ClO₃⁻)を発生して漂白作用が悪くなり且繊維自身も変化を受ける恐れがある。加酸には硫酸が使用され、有効塩素33%の晒粉を使用する時は晒粉量の

5.4% 以下で充分である。硫酸が多量に加えられると、かえつて赤褐色の汚点を生じ脱色し難くなる。硫酸の他に醋酸等も使用される。

Ⅱ 塩素法

主として多段式漂白の時に使用される。水温15°C の場合は原料に対して約1~1.5% の塩素を必要とする。時間は約30分で、塩素化と洗滌とを数回繰返えす必要がある。

Ⅲ 天然晒

上記の他に薬品を使用しない漂白法がある。川晒は流水中で行い、冬期は二昼夜、夏期は数時間で完了する。川晒では日光の照射が重大な要素となり、日光の照射時間が長いほど短時間で漂白が完了する。川晒によると繊維の損傷は殆んどない。小晒と称するのは、前記の様に川晒した白皮を叩盤上で打叩し、更にもう一度漂白するもので、このようにすると繊維は柔軟となり、一種の軟質白色の上質紙が得られる。「吸収紙」^{もとやいし}、「典具帖」^{うちやましといん}、「元結紙」などはこの方法で作られる。障子紙として最上のものの一つである「内山書院」は冬期積雪上に拵げて晒している。和紙は洋紙と異つて、紙質の純白なものが必ずしも優良紙ではない。「鳥の子」^{はこむら}、「程村」^{せきしゅうはんし}、「石州半紙」などは皆純白なものでなく、むしろ色を有しているが、穏やかで上品な紙である。漂白後にも充分な紙料の洗滌を行わねばならない。漂白過程に生じた塩化物の他に、晒粉の残留分が紙料に附着していると、著しく紙の強度を弱める。特に染色又はサイズを必要とする場合には、完全な洗滌を行い、残留物を充分除去して置く必要がある。

叩 解

靱皮繊維は繊維束であつて、これは煮熟等の

処理を経てもなお集団状態を保っているから、抄紙に当つては、これらの繊維を分散させねばならない。この工程を離解^{なれ}と言う。離解しただけの繊維で抄紙すると、紙面が粗離^{なれ}で「地合」が悪く、紙の強度が劣る。従つて抄紙しようとする時は、紙質に応じて離解した繊維をそれ相応の長さに切断し、又適当な幅に碎裂しなければならない。この工程を叩解^{なれ}と言う。叩解は非常に重要な工程であつて、紙質の優劣はこれによつて決定されると言つても過言ではあるまい。和紙の種類は千差万別であるが、使用する原料は比較的少ない。この限られた原料から、多種多様の紙の漉けるのは叩解工程の工夫によるものである。三極の叩解による紙質の差異は第1図~第12図に示すようであつて、叩解度と紙の性質には、深い関係のあることが判る。

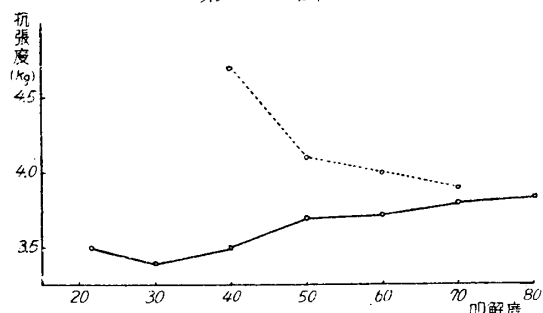
この試験に用いられた試料の製作は次のようである。風乾三極皮に対して8%の苛性ソーダと10倍量の水とを加え、これを約1時間煮熟する。放冷した三極皮は良く水洗した後、繊維を損傷しないように、カナダ (Canada) 式離解機 (ロール回転数は1800回/分) で20分間離解する。この時の叩解度は22である^{a)}。これ以上の叩解度の試料を得るために、小型ビーター (ロール回転数は120回/分) で叩解し、各々叩解度30, 40, 50, 60, 70, 80, の試料を造る。(これをA系列とする)。別に叩解度22のものと叩解度80のものとを適当に混合し、全体としての叩解度 (即ち混合叩解度) 40, 50, 60, 70のものを造る (これをB系列とする)。これらの試料をそれぞれ抄紙し、得られた成紙につ

脚註 a) 叩解度は、ショッパ (Schopper) 叩解度試験機で測定してある。

いて物理的性質を測定した結果が次の図（1～12）である。

(1) 抗張度 (kg)^{b)} [Tensile strength]

第 1 図

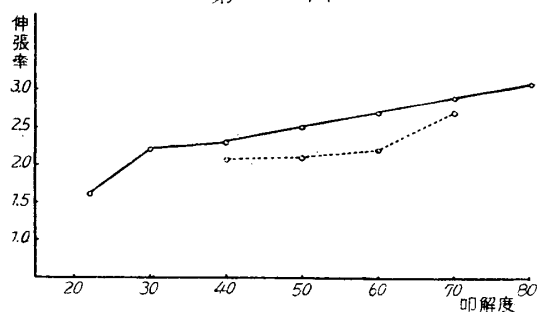


(実線はA系列，点線はB系列を示す。以下の図に於ても同様である)。

叩解度が上昇すると抗張度が増加の傾向を示すが，叩解度の異なつたものを混合した場合は，抗張度は叩解度の増加と共にかなり急激に減少する。同一叩解度に於ては，混合した方が抗張度が大である。

(2) 伸張率 (%) [Elongation by tension]

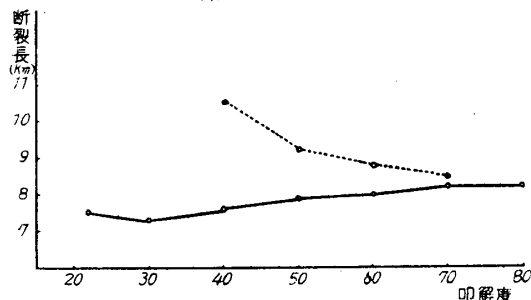
第 2 図



叩解度が増加すると伸張率が大となる。これは木材パルプの場合と全く同様である。

(3) 断裂長 (km) [Breaking length]

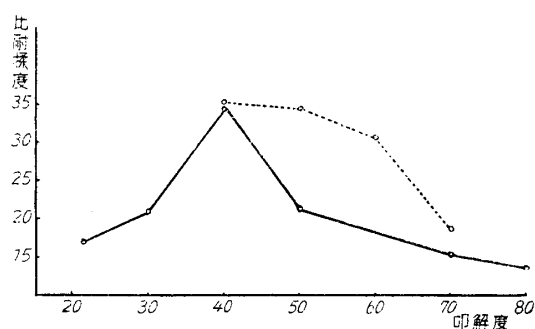
第 3 図



元来断裂長は抗張度と同一性質のものであるから，叩解度の増加と共に大となり，叩解度の異なるものを混合した場合には，逆に叩解度の増加と共に小となる。

(4) 耐揉度の [Holding endurance]

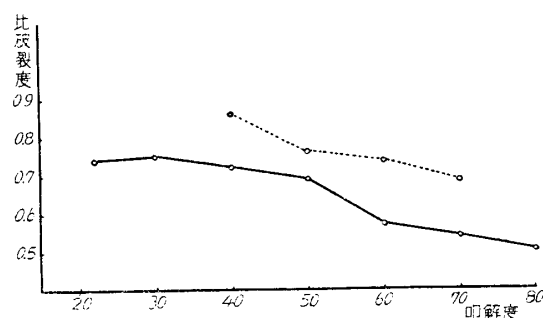
第 4 図



叩解度40に於て，比耐揉度の極大がある。叩解度の異なつたものを混合した場合の方が比耐揉度が大である。

(5) 破裂度の [Bursting strength]

第 5 図



脚註 b) 抗張度はショツパー試験機で測定してある。

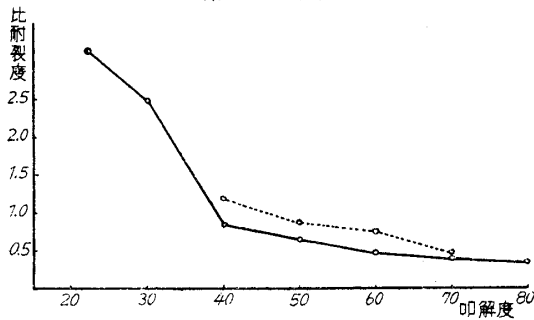
強度の測定は，総て65%の恒湿室内で行つてある。

脚註 c) ショツパー耐揉度試験機を使用している。張力を 1.3 kg としたときの比耐揉度である。

脚註 d) ミュレン (Mullen) 試験機を使用して，比破裂度を計算してある。

(6) 耐裂度 [Tearing strength]

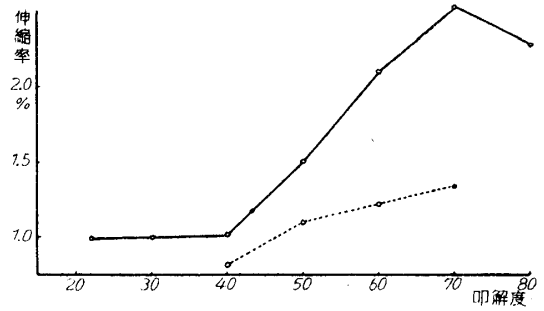
第 6 図



高度の相解を受けた紙の強度性質中で、最も弱いのが耐裂度であることが知られているが、三極製和紙にもこのことが言える。

(9) 伸縮率 (%) [Elongation by water]

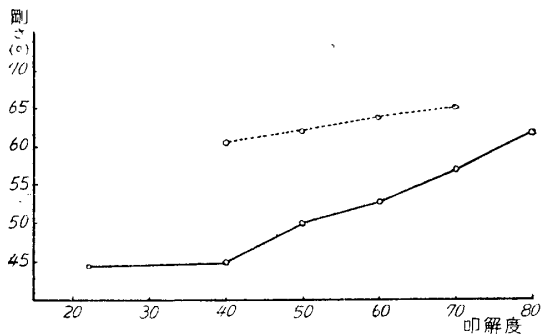
第 9 図



比湿度65%の室内に放置しておいた三極紙を水中に浸漬するときは伸びを生ずる。相解度40までは極めて小さい伸びを示すが、それ以上の相解度に於ては急激に伸びが増加する。

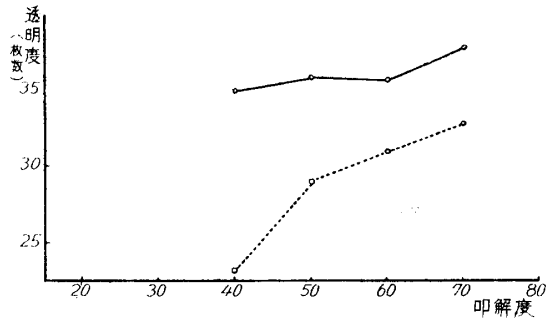
(7) 剛さ [Stiffness]

第 7 図



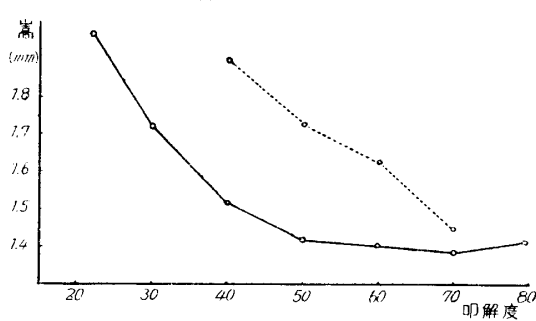
(10) 透明度 (枚数) [Transparency]

第 10 図



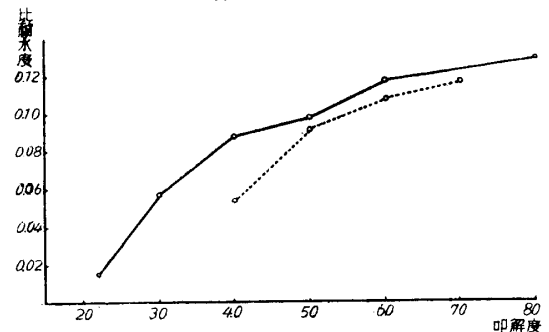
(8) 嵩 (mm) [Bulk]

第 8 図



(11) 耐水度 [Water resistance]

第 11 図



脚註 e) シヤクト (Schact) 試験機を使用して測定してある。

剛さの単位は度である。

脚註 f) 嵩 = $\frac{\text{紙の厚さ (mm)}}{\text{単位面積の重さ (gr)}} \times 100$

嵩 = $\frac{1}{\text{緊度}}$ の関係がある。

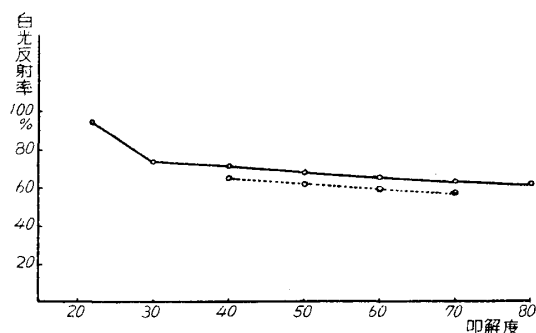
脚註 g) フェンチエル (Fenchel) 伸縮率測定機を使用してある。

脚註 h) クレム (Klemm) の透明度測定機を使用してある。

脚註 i) シエツキツト (Stöckigt) 氏法によつて、比耐水度が求められてある。

(12) 白光反射率の(%) [Reflective index
of white light]

第 12 図



一般に三極パルプは叩解度の増加と共にその色調が暗くなる傾向を示す。

上記のように紙の物理的性質は、一定の叩解度を境として変化している。即ち、抗張度、破裂度、伸張率は50、耐揉度、耐裂度は40、剛さは30を境として変化している。三極繊維の膨潤開裂が、叩解度40附近から急激に生ずることが知られているから、上記12種の試験結果は、これと関係づければよく理解出来る。又上記の様に異なつた叩解度の繊維の混合物は、元の繊維よりも物理的性質が良好である。このような点に、和紙の性質向上の鍵が存在するように思われる。

叩解作用を理論的に見ると、微細繊維化と水和作用から成る。植物繊維は繊維素とペクチン(Pectin)質とから形成される第1次層(厚さ 0.5μ)と、その内側の第2次層とから成る。第2次層は繊維素で、糸状のフィブリル(Fibrille)から成るラメル(Lamell)層(厚さ 0.2μ)が約10層重なつて出来ている。叩解によつて第1次層は開裂し、一部は除去される。第2次層はフィブリルに分裂し、表面がけば立つて来る。このように繊維が微細化されると、単位重量当りの表面積が増大するから水和作用を受け易く

なる。X線分析の結果では、叩解の前と後とでは全然変化が見られないから、繊維中に含まれた水は単に水和作用であつて、ミセル(Micell)構造の変化は生じてないものと想像される。微細繊維化した繊維によつて抄紙すると、繊維間の接触面積が大となるから、繊維の交錯度が多くなり、緊つた紙のシート(Sheet)が得られる。その他に、叩解された繊維は粘性が大となるから緻密な紙のシートが得られる。

叩解は叩解用ホーレンダー(Hollander)又はピーターで行う。紙料を水に分散させてこれを楕円形の槽中に回流させ、ロールで叩解する。ロールにはロール齒と承齒とが取付けられていて、両齒の磨合せによつて叩解出来るようになっている。齒の枚数、鋭鈍、角度を変えることによつて任意の叩解を行うことが出来る。叩解には大別して次の2種類がある。

I 遊離状叩解

遊離状叩解は一名粗状叩解とも言い、各繊維を短く切断するものである。繊維自身には何らの変化を与えず、単に長さを短くするだけであるから、紙の強度は減殺されるけれども、“ナレ”は均一となる。漉網上の水漏は良好で抄紙し易いが、湿紙の強度は弱い。成紙は嵩に富み、弾力を有し吸水度が大で不透明である。「吸収紙」、「濾紙」、「印刷用紙」は遊離状叩解によつて造られている。

II 粘状叩解

粘状叩解は繊維の剪断を避け、打碎を主とし

脚註 j) 白光反射率算出のための全反射光度は、ヘッスーアイヴエス(Hess-Ives)色彩試験機を使用して測定してある。

て、縦の細裂を行う方法である。この目的に対しては、紙料濃度を大にし、鈍いロール齒で長時間叩解を行う。粘状叩解を受けた繊維は膨大して粘着力を増し、一部は泥状となつて繊維間の粘着を助け、又繊維が柔軟になるにつれて小繊維を分岐し、絡み易くなる為に成紙の強度を増大する。漉网上的水漏は悪いけれども、湿紙の強度が大で、染料その他の吸着性が良い為にサイズ効果、染色効果等は良好である。出来上つた紙は緊つて居て強靱であり、又透明度も大である。「帳簿用紙」、「証券用紙」、「薄葉^{うづは}紙」、「耐油紙」等は粘状叩解によつて作られる。

実際の作業では遊離状叩解と粘状叩解とに区別することは難しく、両者の中間で叩解が行われている場合が多い。両者を比較すると第4表のようになる。

第 4 表

紙料 処理 成紙 の性質	紙料	
	遊 離 状 叩 解	粘 状 叩 解
緊 縮 度	あまり無い	緊縮度が高い
紙 面	粗い	密で平滑
強 度	小さい	大きい
透 明 度	不透明	透明
耐 水 性	小さい	耐水性がある(サイズ効果がある)。
吹 水 性	大きい	小さい
厚 さ	厚紙に適する	薄紙に適する
乾燥変化	乾燥時に収縮しない	収縮が大きい

靱皮繊維、特に雁皮は極めて粘状になり易い

から、遊離状叩解を行わなければならない。この為には紙料濃度を薄くしたり、叩解時間を短くしたり、ビーター槽中にアルカリ又は"ネリ"を添加したりしている。楮はビーター叩解が出来ないから、打叩解機を使用することが多い。

和紙工業が機械化される以前は、総て手打叩解であつた。手打叩解では遊離状又は粘状に叩解し分けることが困難である。繊維は単に離解の程度に止まり、剪断が生じていない。手打叩解の次に使用されたのが水車利用による臼搗叩解であり、これが改良されて楮打叩解機が発明された。

抄 紙

叩解及び漂白を行つた繊維は即ち紙料であつて、これで紙を漉くのである。抄紙法には流漉法と溜漉法とがあるが我国の和紙工業では古来流漉法を採用している。流漉法の概要は次の様である。紙料は水と共に漉槽中に投入されて"馬銚"と称する櫛状のものを槽中に入れて前後に動かすことによつて攪拌される。繊維が水中に均一に分散したら"ネリ"液を加えて再び攪拌する。水中に浮遊している繊維は、底面に竹簀を張つた"簀桁"と称する道具で掬い上げられ、前後左右に揺られると、水の為に弾性を失つている繊維は互に絡み合う。この時水の大部分は濾過されるから繊維層が簀の上形成される。この紙層が適当な厚さになつた時に過剰の水を溢流させて棄てる。この溢流の操作が流漉の特長であつて、これによつて浮塵等の汚物が除去される。機械漉のようにスクリーン(Screen)を使用しない手漉紙が比較的純粹であるのは、流漉法による為であると言われている。紙料の濃度は紙質に密接な関係を有する。紙料の濃度が大

であると、紙の緊度が減じる。“ネリ”に関しては後述するが、“ネリ”は抄造には非常に重要なもので、これの使用は和紙に限られている。“ネリ”は漚上の水漏とも関係があり、“ネリ”が薄いと水漏が大となつて繊維が十分に絡み合わないから紙質が締らない。逆に“ネリ”が濃いと上記の欠点は補われるが、漉き上つた紙に“ネリ”が多く含まれて来るために、湿紙が相互に密着して離れ難くなることがある。

溜漉法は、「葉袋紙」^{やくたいし}、「間似合」^{まにあい}、「仙貨紙」^{せんくわし}等の抄造に用いられる。溜漉に於ては、汲上げた紙料液を全部漚の上に溜めて、捨て水を行わ

ない。洋式の溜漉は“ネリ”を使用していないが、大体同じである。我国古来の漉き方は溜漉であつたが、改良を加えられて流漉になつたのであると言われている。

抄造された湿紙は紙床に移し、水を流し去らして後に圧搾する。圧搾された湿紙は一枚ずつ乾燥板に貼られて乾燥される。以前は日光乾燥であつたが、現在では殆んど蒸気又は電気乾燥である。乾燥された紙を成紙と言う。

和紙抄造法には手漉の他に機械漉法もある。これについてはここでは述べないが、両者の得失を比較すると第5表の様である。

第 5 表

漉き方 成紙の性質	手 漉 法	機 械 漉 法
繊維の配列	配列は優美で縦横の差がない	繊維が縦だけに配列する
強 度	縦横の差があまりない	縦だけ強くなる。平均強度が小さい
使用繊維	長繊維・特に楮に適する	短繊維に適し、楮は抄造困難である
印刷用として	巻取りが困難で輪転印刷は出来ない	輪転印刷用に巻取れる
乾 燥	—	急激な乾燥のため、繊維を損傷する
紙 質	一般に上等紙が出来る	あまり上等紙は出来ない

和紙の種類

元来和紙には系統的な分類方法がない。又名称は産地別のもの、紙質を表わすもの、用途を表わすものなどまちまちで、紙の名前から分類することは不可能である。ここでは中村直次郎氏の聚王紙集の分類法によつて記述することにする。

I 儀式及び包飾用紙

「檀紙」^{ほうしよ}、「奉書」^{ひまわらせ}、「引合」^{ひまわらせ}、「杉原」等が

これに属する。「檀紙」は紙面に縮緬のようなしわがある。「奉書」は楮製厚紙で、「大広奉書」^{ほうしよ}、「色奉書」等がある。「引合」は「檀紙」と似た紙であつて、同じく楮製である。「杉原」は糊入紙で、漉槽中に米粉などを入れて漉かれる。

II 薄紙

薄紙は紙が薄いばかりでなく、下が透視出来る程空隙の多い紙であつて、良く離解された楮で漉かれている。

(1) 「典具帖」は薄紙の代表的なもので、主に岐阜県と高知県とで作られている。海外にも輸出されて居り、貴金属包装やタイプライター用騰写原紙等に使用されている。

(2) 「吉野和良」は吉野に産する薄紙で、「典具帖」よりも薄い上質紙である。油の濾過紙等に用いられている。

(3) 「京花」^{きょうはな}、「三栖」^{みす}は極上質のはな紙である。

Ⅲ 懷中紙

はな紙のことであつて、「小菊」^{こぎく}「七九寸」^{ひちくすん}「小杉原」等がある。

Ⅳ 「書院」^{しよいん}，「半紙」^{はんし}，「半切」^{はんせつ}

(1) 「美濃書院」「薄美濃」は共に岐阜県に産する障子紙であつて、記録用にも使用出来る。

「薄美濃」はやや薄く紙肌が平滑である。「美濃書院」は楮であるが、「薄美濃」には三極が混入されている。

(2) 「書院」にはその他に純白の「土佐書院」「晒書院」、長野県産の「内山書院」、紗で漉いた「紗漉書院」、樹脂サイズを施してある「脂入書院」等がある。三極だけで漉いた「改良書院」は純白で紙肌が滑かで柔い感じがする。

(3) 「半紙」には楮製としては鳥根県の「石州半紙」、高知県の「州崎半紙」^{しゅうさきはんし}、「城下半紙」等があり、三極製のものは、「駿河半紙」^{しゅんがはんし}「改良半紙」^{かいりょうはんし}「紗漉半紙」^{しやうりくはんし}、鳥取県の「佐治川半紙」^{さじがわはんし}がある。三極製半紙は漂白が良く行われているから純白で、紙面が平滑である。現在では殆ど半紙が三極と亜硫酸パルプの混用で漉かされている。

V 「生漉」^{きすゐ}

「生漉」とは楮繊維を「ネリ」だけで仕上げたもので他に澱粉その他の混在物を入れない紙であるが、この定義は明確でない。と云うのは他にも楮を「ネリ」だけで漉いて「生漉」と言われていない紙が沢山あるからである。「生漉」としては埼玉県^{ほそかわ}の「細川」^{ほそがわ}、栃木県^{ごわ}の「五杷」^{ごわ}、「飛駒」^{ひこま}、岐阜県^{もりした}の「森下」^{もりした}等がある。一般に「生漉」は紙肌は粗雑であるが丈夫である。

Ⅵ 「厚紙」

習慣的に厚紙と言ひ慣らされた紙であるが、種類のには色々な紙が含まれている。

(1) 「程村」^{ほどむら}は栃木県又は福井県で漉かれる。栃木県のは楮であり、福井県のは三極である。いずれも高級印刷用紙として用いられる。

(2) 「西の内」^{にしのうち}は栃木県又は茨木県に産し主に楮である。選挙用紙などに使用される。

(3) 「辞令用紙」は三極を主原料として、紙質は密である。主に福井県に産する。

Ⅶ 「漉色紙」^{すきいろがみ}

染色和紙のことで、名称は色によつて附けられている。

Ⅷ 「局紙」^{きょし}，「雁皮紙」^{かりわし}

(1) 「局紙」は明治初年に印刷局抄紙部で溜漉で漉かれた三極紙である。紙質は「鳥の子」に似て居り、ロール (Roll) をかけて光沢が出してある。精巧印刷用、公債、株券、カード、地図用紙などに用いられている。

(2) 「雁皮紙」は雁皮で漉かれた紙であつて、紙肌は滑らかであり、光沢も豊かである。写字

用紙として用いられている。「コッピー紙」は「雁皮紙」である。

IX 「鳥の子」

紙色が淡黄色で鳥の卵に似ているのでこの名がある。元来雁皮だけで漉かれるのが本当であるが、近年は三椶を混用している。抄造の時に白堊又は黄土を混ぜて漉くので、灰分が多い。「江州鳥の子」「色鳥の子」「巻物鳥の子」「一枚張鳥の子」「薄鳥の子」「紺紙」等がある。

X 上記の他に揮毫用紙として「^{じんぐうし}神宮紙」,
「^{かほうし}雅邦紙」「^{おむたきし}大漉紙」「^{あさがみ}麻紙」等がある。「麻

紙」は麻を主原料としている。

以上和紙の種類及び名称について記述したが、正確な分類は困難で、例えば「紺紙」は「鳥の子」類でもあり、漉色紙でもあり「雁皮紙」でもある様にどの種類に属するか正確に決定出来ないものが多い。又、原料についても、元来「鳥の子」は雁皮、「西の内」は楮と決つたものであつたが、現在では、三椶、亜硫酸パルプその他の補助原料を混入しているものも多く、純粋な和紙は少くなつた。

現在抄造されている和紙を顕微鏡で観察して原料繊維を確認すると第6表に示されている様である。第6表を見ると判るように代用原料が相当混入されている。

第 6 表

紙 名	産地	原 料	灰分
小 高 檀 紙	福井	楮と亜硫酸パルプ等量	8.62%
生 漉 奉 書	〃	純楮	1.94
杉 原	〃	楮と亜硫酸パルプ等量	0.92
典 具 帖	高知	純楮	0.64
〃	岐阜	楮と少量の亜硫酸パルプ	0.82
石 州 平 紙	島根	純楮	3.10
飛 駒	栃木	純楮	2.78
西 の 内	〃	楮と少量の亜硫酸パルプ	2.50
程 村	〃	純楮	2.40
鳥 の 子	福井	雁皮と三椶と少量の亜硫酸パルプ	10.79
色 鳥 の 子	〃	雁皮と三椶（三椶の方が多い）	2.42
長 森 下	岐阜	楮と少量の亜硫酸パルプ	1.04
コッピー紙	高知	純雁皮	1.81
下等コッピー紙	〃	亜硫酸パルプ	0.34

和紙の性質

和紙の耐久力が極めて大であることは、聖徳太子時代の紙が今日なお保存されていることか

らもわかる。少くとも今から150年前の紙は、今日顕微鏡で観察してもその繊維が殆んど損傷されていない。これは往時は煮熟に強い薬品を

使用していないので、原料繊維が傷められず抄造されているからである。要するに和紙の性質は原料繊維の性質に帰すべきであろう。紙が破れるのは繊維の絡み合いがほどけるのであつて、決して繊維自身が切れるのではない。従つて強い紙とは繊維同志が良く絡み合っている紙

であるとも言える。

紙の強い弱い度を表現するのに適当な方法がないので、今日では第7表のような数値で示している。主要な和紙についての数値を示すと次のようになる。

第 7 表

紙 名	厚さ	重さ	緊度	破裂度	抗張力(kg)		兩裂長(km)		耐折度 ^{a)} (回)	
	(mm)	(gr/m ²)	(gr)	(kg/cm ²)	縦	横	縦	横	縦	横
小 高 檀 紙	3.05	85	0.28	0.9	1.8	1.0	1.14	0.78	5	*
生 漉 奉 書	1.80	58	0.32	1.8	4.6	1.6	5.29	1.84	70	2
杉 原	1.20	44	0.37	0	1.0	0.5	1.52	0.77	*	*
典具帖(高知)	0.35	12	0.34	0	0	0	—	—	*	*
典具帖(岐阜)	0.45	10	0.22	0	0	0	—	—	*	*
純楮障子紙	0.85	31	0.36	2.3	3.9	1.7	8.39	3.66	1325	206
白 製 書 院	1.05	35	0.33	1.8	3.3	2.1	6.29	4.00	333	39
石 州 半 紙	0.50	26	0.52	1.8	3.6	1.4	9.23	3.08	2482	24
半 紙	0.70	25	0.36	2.0	2.7	1.6	7.20	4.27	1534	71
飛 駒	0.65	27	0.42	1.7	3.5	1.3	8.63	3.21	6871	22
長 森 下	1.10	39	0.35	1.0	2.1	1.4	3.59	2.39	141	27
仙 貨	1.25	37	0.30	2.9	4.7	2.3	8.47	4.14	11148	127
西 の 内	1.45	42	0.29	4.2	7.2	3.9	7.06	3.82	10586	119
程 村	2.00	68	0.34	2.6	3.6	3.2	5.00	4.44	251	165
傘 紙	1.40	48	0.34	2.9	5.8	1.9	10.74	3.52	9278	119
鳥 の 子	1.15	28	0.48	3.4	8.6	4.6	10.42	5.85	18454	1830
色 鳥 の 子	0.55	28	0.51	2.9	5.1	3.8	12.14	9.05	4711	7567
コ ッ ピ ー 紙	0.20	12	0.60	2.5	3.3	2.6	11.58	9.12	2633	3189
下等コ ッ ピ ー 紙	0.30	16	0.56	0.1	1.6	0.25	6.64	1.04	16	*

註 a) 耐折度は、ミュレン試験機を使用して測定してある。

* 印は測定不可能である。

緊度の最高は「コッピ紙」である。これは、「コッピ紙」が微細な雁皮で漉かれていることからわかる。緊度は繊維中の無機物に影響される。例えば「石州半紙」は楮紙であるから

緊度は約0.3の値を有する筈であるが（一般に楮紙は緊度約0.3である。）他の生漉紙に比較して灰分が目立つて多いので、そのために0.52のように大きい緊度を有するのであると思われる。

る。（洋紙の緊度は和紙のそれよりも著しく大きい、これは洋紙が長短各種の繊維を配合し、更に填充物を加えて繊維間の空隙を埋めているからである。）

破裂度及び断裂長は紙の強度を示すのであるが、破裂度は「コピー紙」が最大であり、「色鳥の子」「半紙」「傘紙」等が大きく、次に「書院」「障子紙」の一群があり、「奉書」「石州半紙」「下等コピー紙」は小である。「杉原」「典具帖」のような柔らかい紙に至つては測定不可能であるほど小さい値である。これ等の順位から見ると、雁皮を使用してある紙は破裂度が比較的大であり、楮がこれに次ぎ、木材パルプが最低である。又同じ楮紙についても第3表の No.15 と No.16 の楮半紙、又は No. 19 と No. 20 の楮半紙を比較して判る様に、アルカリを多く使用して煮熟した繊維で漉いた紙は破裂度が小である。これは繊維がアルカリで損傷された結果である。

断裂長は縦と横とで著しい差がある。「コピー紙」及び「色鳥の子」を除いて他は、横の断裂長は縦の断裂長の約半分である。縦の断裂長が 10km 以上のものは「傘紙」「鳥の子」類、「コピー紙」であり、これに次ぐものとして「石州半紙」「西の内」「楮障子紙」「飛駒」「仙貨」がある。「小高檀紙」「杉原」は洋紙よりも小さい断裂長しかなく、「典具帖」はその値を知ることは出来ない。

耐折度は「色鳥の子」等の例外を除いて一般に縦が横よりも遙かに大である。両者の比は不同であつて、断裂長の様に一定の比が認められない。「鳥の子」の 18454 回を最高にし、「小高檀紙」の 5 回を最低にして差が非常に大きい。「典具帖」「杉原」の耐折試験は不可能で

あるが、これ等の紙は実際には相当回数の折り返しに耐えるのであるから、この様に柔らかい紙をミユレン試験器で試験するのは不適當なのであろう。

要するに上試記料の内、強さは「鳥の子」類が最大であり、「書院」「半紙」がこれに次ぎ、「奉書」「檀紙」等の儀式用紙が最少である。和紙は概して白色紙が弱く、帯色紙が強いが、これは白色紙が、強アルカリ煮熟繊維や、強度漂白繊維や、或は漂白亜硫酸パルプ等を使用しているからである。

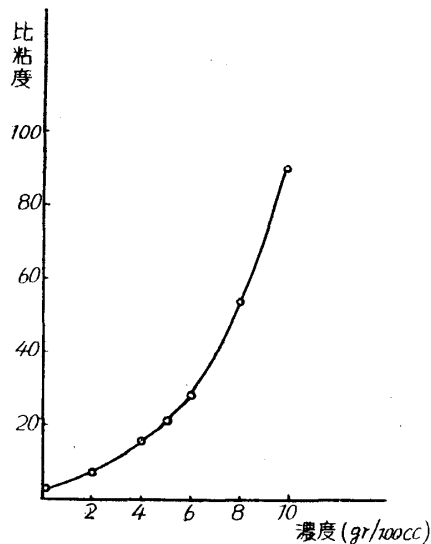
"ネ リ"

和紙抄造上に重要で、且つ興味のあるものに "ネリ" と称せられる植物粘質液がある。三桎、楮は長繊維であるから、抄造する時に結束を作つて不均一な集団を作り、且つ水漏が早くなる。これを防ぐために "ネリ" を混入して粘性を与え、同時に繊維が水中でむらなく分散する様にする。"ネリ" にはこの他に紙の緊度を増し、紙床の剝離を容易にし、紙に光沢を与える作用がある。"ネリ" には一般に "トロロアオイ" (*Abelmoschus. mainihot*) の根から抽出される "トロロ" か、又は "ノリウツギ" (*Hydrangea. paniculata. varfloviunda.*) の内皮から抽出される "タズノリ" を使用する。

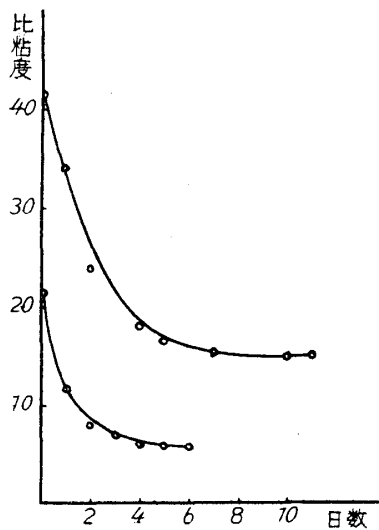
"ネリ" 液は長時間の放置か、攪拌、加温によつてその粘度を低下する。"トロロアオイ" 粘質液の粘度については、小栗氏等⁶⁾によつて興味ある事実が報告されている。第13図は粘質液の濃度と粘度との関係を示すもので、両者の関係は直線的でないことが知られる。濃度の単位としては、1~10gr "トロロアオイ" 根部を 100cc の水で抽出したものを使用している。

時間による粘質液の粘度低下は第14図に示されている。始めは粘度の低下が急速であるが次第に緩慢となり、最後には略々一定値に達する。粘質液は温度によつても又著るしく粘度を低下させる。第15図には 15°C ~ 50°C の間の

第 13 図

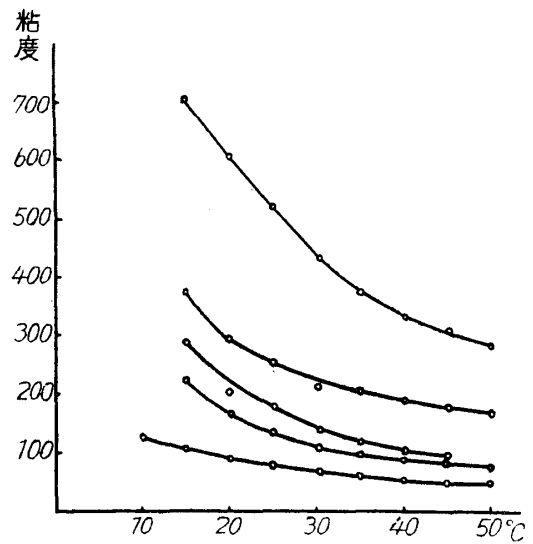


第 14 図

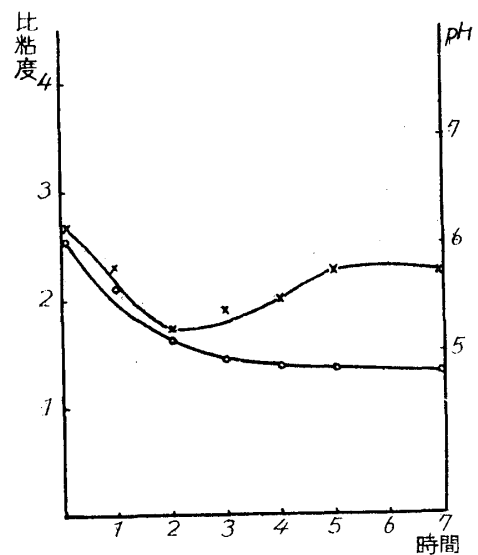


粘度変化が示されているが、温度上昇に従つて次第に各粘質液の粘度は相接近し、曲線の傾向から見ると、50°C 以上に加熱すると粘度は互に一致することが予想される。又 15°C から一

第 16 図



第 15 図



且 50°C にまで加熱された粘質液は、冷却してから再び粘度を測定すると、前に 15°C で示した粘度よりも低い値を示すのであつて、粘度の完全な回復が生じない。このことは粘性の根源である粘質物が熱によつて変質を起したことを物語るものである。更に粘質液を 25°C ~ 27°C に放置して粘度と共に水素イオン濃度 (pH) を測定すると第 16 図の様に、粘度の低下と共に pH は次第に下り、比粘度が一定値に達しよう

とするとときに pH は最少となり、その後再び pH は上昇して最後に殆んど一定値となる。この様に pH に極少値がある原因についてはいまだ充分解明されていない。

“トロロアオイ”の粘度と関係して更に興味のある事実が知られている。それは“トロロアオイ”粘質液をメチレンブリユウ (Methylene blue) で染色し、余分のメチレンブリユウを洗滌除去して後に顕微鏡下で観察すると、粘質液が網目構造を呈することである。この網目構造は粘質液の粘度が高いときには緻密に現れ、粘質液が加温されると短時間の内に弱体化する。従つて粘質液の初期の高粘度は恐らくかかる構造によるものであらうと考えられたのである。その後、顕微鏡下に観察出来る網目構造は粘質液中に初めから存在するのでなく、メチレンブリユウの作用で初めて出来ること、メチレンブリユウの他に硫酸銅、塩化第二鉄、塩化クロム等の溶液で処理しても網目構造を観察出来ること、網目構造は平面的なものでなく、立体的なものであることなどが知られて来たが、この構造に関しては、まだ十分に釈明されていない。

“トロロアオイ”粘質液を、アルコールエーテル混合液 (80:20) と混合すると、粘質物の沈澱が得られる。この沈澱 (第一粘質物と云うことにする) についての分析値は第8表の通りである。

この中で、澱粉、リグニン、蛋白などは粘質物の本体とは関係がないものと想像される。事実、粘質物を水に再溶解させて放置して置くと、澱粉などは容易に沈澱して来て、遂には溶液は澱粉の呈色反応を呈しなくなる。この澱粉の呈色反応のなくなつた粘質液の濾液にアルコールエーテル混合液を加え、粘質物を再沈澱

第 8 表

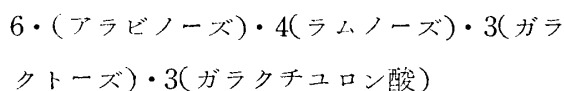
化 合 物	第1粘質物	第2粘質物	沈 澱
水 分	12.60%	11.77%	12.56%
灰 分	8.32	5.86	2.83
ガラクチュロン酸	6.61	10.36	痕 跡
アラビノーズ	9.64	14.96	痕 跡
ラムノーズ	8.96	17.54	痕 跡
ガラクトーズ	6.32	8.12	0
澱 粉	15.80	0	70.60
リ グ ニ ン	4.58	0	8.28
蛋 白	3.20	痕 跡	1.95

させ、これを第2粘質物とすることにする。

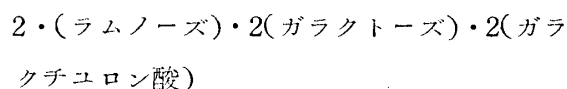
第2粘質物についての分析値は第8表に示す通りである。

沈澱として分離する部分は粘質物の本体ではないが、その沈澱物中に少量のアラビノーズとラムノーズとが見られることは、粘質物の本体が若干加水分解を受けて、アラビノーズとラムノーズとを少量放出したのであらう。

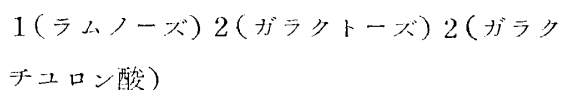
更に粘質物の加水分解による研究によると、粘質物の本体は、



なる複合体であるらしく、これが約3～5時間の加水分解によつてアラビノーズを失い、



となり、更に約10～12時間の加水分解後には



を少量残してあとは加水分解されてしまうと考えられる。このことは、ラムノーズ、ガラクトーズ、ガラクチュロン酸の結合は強固でアラビ

ノーズの結合は比較的弱いことを示している。

結局、粘質液が時間の経過と共に粘度を低下させるのは、粘質物の結合の弱所で加水分解が起り、それが網目構造に影響を与え、又それと同時に解膠作用が生じて来るためであろうと考えられている。

分 析

和紙の原料である三桧、楮の成分分析は、可成多くの人々によつて行われているが、これらの分析値は一定していない。これは試料の差によるものであつて、対称が植物であるから産地、年数、気候などによる環境の差異が大きく影響しているものである。ここに代表的な例として三桧の分析値を示すと第9表の様である。

この分析値では灰分は3.31%である。一般に三桧、楮の灰分は他の木材に比較して多く、三桧では5%に達することもある。三桧の方が楮よりも灰分が多いのが普通である。エーテル及びアルコール抽出分は主として樹脂、油脂、臘等であつて、比較的多く含まれている。これ等は和紙の光沢に関係が深く、紙料中にもこれが残存していて、自然サイズ効果を有するものと言われている。

植物体は同種のものでもそれぞれある程度の差即ち個体差を有するばかりでなく、一個の植物体でも、穂先部と根元部とではその成分比が異なっている。三桧に於けるこの差異は、第10表に示す様に著るしく現われている。

和紙原料を紙料にまで処理して行く過程に於て、原料の成分比が変化して行く。この変化を追跡して行くと第11表の様な結果になる。この表は楮を原料としてこれを約30%の炭酸ソーダ水溶液で煮熟し、晒粉漂白を行つた後に粘状

叩解して抄紙した過程のものである。

第 9 表

化 合 物	%
水 分	14.01
灰 分	3.31
エーテル抽出物	3.00
アルコール抽出物	2.81
リグニン	2.34
メチルセルロース	0.25
全 纖 維 素	55.99
全 澱 粉	0.89
ペン トーザン	16.03
メチルペン トーザン	1.42
ガラクトマンナン	2.89
マニナン	0.47

灰 分 分 析	%
SiO ₂	3.19
Mn ₂ O ₃	0.61
CuO	38.65
MgO	1.10
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	13.94
SO ₃	2.08
K ₂ O	26.18
Na ₂ O	13.85

註：使用した試料は静岡県亀富士村産の三桧である。

原料の処理によつて繊維素の比率が上り、多糖類、リグニン、アルコール抽出分の比率が下つているのは予想される所である。多糖類が成紙に於て少し増加しているのは、抄造の過程で澱粉又はネリを加えた為であろう。リグニンは

第 10 表—I

化 合 物	黒 皮		白 皮	
	根元部 (%)	穂先部 (%)	根元部 (%)	穂先部 (%)
水 分	11.30	10.18	13.31	11.25
灰 分	4.01	4.92	5.44	5.40
アルコール・ベンゼン 抽 出 物	11.51	10.87	11.23	9.99
冷 水 抽 出 物	16.96	18.43	21.77	21.19
温 水 抽 出 物	18.80	21.49	23.99	22.83
1%NaOH 抽 出 物	48.34	45.44	44.39	46.62
ペ ン ト ー ザ ン	9.54	9.19	9.31	9.61
ウ ロ ン 酸	—	—	6.64	—
ペ ク チ ン	7.30	10.79	8.23	10.84
ガ ラ ク タ ン	5.86	5.80	7.88	4.95
ペクチン抽出済の試料 によるガラクトサン	1.32	—	1.92	—
マ ン ナ ン	0.29	0.12	0.74	0.11
リ ゲ ニ ン	8.07	(17.09)	4.11	3.31
全 繊 維 素	63.62	64.81	62.37	59.51
全繊維素中の α 繊維素	85.05	—	84.32	83.48
メ ト キ シ ル 基	—	0.50	0.31	—
タ ン ニ ン	0.06	0.17	0.06	0.05
粗 蛋 白	7.94	—	—	—

第 10 表—II

灰 分 分 析	黒 皮	白 皮
SiO ₂	13.71	14.12
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	15.65	15.20
CuO	31.25	31.37
MgO	3.19	3.42

註 使用した試料は愛媛県宇摩郡新立村
産の三極である。

アルカリ煮熱で殆んど除かれている。叩解過程
で繊維素が88%から84%に減少し、一方ペント
ーザンが3%から5%に増加しているのは注目
に値する。これは繊維素の加水分解と水和作用
によつて一種の粘質物を形成すると云われてい
るが^{9) 10)}、ここはまだ研究の余地が残されてい
る。

ビーター叩解と手打叩解とは成紙の性質に異
つた影響を及ぼすことは前述したが、分析結果
にもそれが明白に現れている。第12表は同一未
晒三極を本槌で叩解した場合と、ビーターで叩
解した場合の成分の対照表である¹¹⁾。

第11—I表

成分 過程	水 分 (%)	灰 分 (%)	全窒素 (%)	ペントザン (%)	メチル ペントーザ ン (%)	リ ゲ ニ ン		繊維素
						72%硫酸 法 (%)	メトキシル 価法 (%)	
黒 皮	15.50	4.15	1.64	9.17	0.47	10.62	8.35	50.59
白 皮	16.21	3.59	1.44	10.06	0.68	8.11	7.26	59.02
アルカリ煮熱後	15.40	3.38	1.24	5.79	0.34	9.54	2.36	66.89
漂 白 後	11.97	2.42	0.59	3.30	0.31	2.84	1.38	88.58
叩 解 後	11.42	3.42	0.70	5.21	0.55	3.10	1.84	84.22
成 紙	10.30	2.28	0.64	4.18	0.65	2.78	1.21	79.67

第12表によると、ビーター叩解紙料の平均重
合度は手打叩解紙料の僅か1/2にもならない。

従来手打叩解されて来た手漉和紙の強靱性はこ
の様な点に由来するのではなかろうか。又銅価

第11—II表

成分 過程	熱水可溶部			熱95%アルコール可溶部			10% HCl 処理		3% H ₂ SO ₄ 処理	
	熱水可溶部中		残渣 (%)	アルコール可溶部中		残渣 (%)	多糖類 (d-グルコースとして計算%)	残渣 (%)	多糖類 (d-グルコースとして計算%)	残渣 (%)
	還元糖 (%)	窒素 (%)		全可溶部 (%)	窒素 (%)					
黒皮	3.61	0.68	70.12	15.84	0.25	77.46	16.39	39.55	16.84	35.67
白皮	0.51	0.15	92.73	3.04	0.11	96.20	15.64	50.44	15.93	56.94
アルカリ煮熟後	—	0.09	82.40	2.73	0.07	97.99	14.59	68.59	14.78	69.09
漂白後	—	0.41	97.90	1.12	0.07	98.98	12.91	76.12	14.94	69.24
叩解後	—	0.25	90.93	2.52	0.04	97.03	12.48	68.29	12.92	73.66
成紙	—	0.25	87.25	2.10	0.08	97.58	13.56	64.39	13.64	56.76

註 使用した試料は高知県名張産の楮である

第 12 表

成分	叩解法 手 打 叩 解	ビーター叩解
水分	10.7	9.0
灰分	1.1	2.0
温水抽出物	3.8	2.7
1% NaOH 抽出物	13.4	8.4
アルコール・ベンゼン抽出物	2.4	3.5
全セルローズ	85.7	90.0
α-セルローズ	59.9	59.7
β-セルローズ	22.4	30.7
γ-セルローズ	17.7	10.2
平均重合度	2730	1200
銅 価	11.9	3.4

木材パルプ(1.5~2.5)に比して大であるのは、セルローズ以外に何か残存物がある為であろう

む す び

以上手漉和紙について簡単に述べたが、和紙の化学については未だ解明されていない点が非常に多く、今後の研究に俟たねばならない。特に問題として取りあげたいのは“ネリ”の物理

が化学的な釈明と、靱皮繊維の強度に関する根本的な究明であろう。和紙の優美さ、強さが“ネリ”に又楮、三桮、雁皮の繊維に起因すると考えられている以上、この問題を解決せずして、和紙の今後の発展はあり得ないと思われる。

Résumé

Japanese paper, which is widely hand-made in Japan, is generally made from the bast fibers of “Mitsumata” (*Edgeworthia papyrifera* Sieb.), “Kôzo” (*Broussonetia kazinoki* Sieb.) or “Gampi” (*Wikstroemia sikokiana*). Japanese paper, as well known, is very elegant and refined, strong and tannacious, and considered as a work of Japan's characteristic art. This artistic beauty of Japanese paper is due to the treatment with rather mild handlings of the raw fibers and the original properties of its bast fibers.

The process of Japanese paper making.

in general, may be represented by the following sequences :

- i) Stripping barks.
- ii) Boiling with alkaline solution.
- iii) Beating in wet state.
- iv) Bleaching.
- v) Making paper.

It seems that these handlings have a great influence on the properties of Japanese paper. The properties of paper, indeed, can be modified by controlling the boiling process—reaction time and temperature, alkaline concentration, etc.,—furthermore by the degree of beating. It is clear that, more than all, the degree of beating gives the apparent difference on the mechanical properties of Japanese paper.

There is considerable published information on the effects of “Neri”, which is the mucilage of the root of “Tororoaoi” (*Abelmoschus mani hot*), on Japanese paper making, but no general agreement as to the nature of these effects. It should be noted, however, that the presence of “Neri” in making paper may distinguish Japanese paper from the others.

There is scarcely any chemical basis on Japanese paper, especially on “Neri”. Then, chemical studies on Japanese paper are being investigated further.

文 献

- (2) 中嶋今吉：最新和紙手漉法 p27 (1946)
- (3) 小栗捨三：工化 **42** 609 (1939)
- (4) 今井久男：織工 **12** 287 (1936)
- (5) 小栗捨三：工化 **42** 609 (1939)
- (6) 小栗捨三，川崎博三：工化 **45** 307 (1942)
小栗捨三，中野常文：工化 **45** 644 (1942)
苔米地和雄，小栗捨三：工化 **46** 146 (1943)
小栗捨三，苔米地和雄：工化 **47** 432 (1944)
野津竜三郎，富田恒夫等：日化 **72** 1094 (1951)
日化 **74** 776 (1953)
町田誠之，内野規人：京工專記念論文集 110 (1948) 日化 **72** 917 (1951) 日化 **74** 183, 615 (1953)
- (7) 今井久男，中嶋今吉：内印 **23** 111 (1932)
- (8) 川井繁義：パルプ工業 **5** 589 (1951)
- (9) S. Komatsu : Mem. Coll. Sci. Kyôto Univ. **8** 257 (1925)
- (10) S. Minor : J. Ind. Eng. Chem **13** 131 (1921)
A. Schorger : J. Ind. Eng. Chem. **15** 812 (1923)
- (1) 早稲田大学編集：最新応用化学大観 p309 (1947)