バイオマス「ペーパーヤーン」

石川 順一 ISHIKAWA Jyunichi
株式会社 和紙のイシカワ

1. 和紙というもの

繊維産業に携わる方々にとって、紙という物は近くて遠い存在であると思います。機織りの技術が伝来し、紙の製造技術が伝来して以来、和紙を裂いて、撚って糸にして、それを織り上げて紙布を作り、生活の様々な場面で利用するという、日本の優れた文化が忘れ去られています。何故なのでしょう？使用する和紙の原料となるコウゾやミツマタが綿や化繊と比べて高価なためなのか、テープ状に裂いて、撚らなければならぬ煩わしさの故なのか、経済性と利便性を追い求めていた時代の中で、古の日本人の知恵は埋もれてしまいつつもあります。しかし、今、時代の風向きが変わりつつあります。21世紀になって、環境という視点抜きには、商品づくりが出来なくなりました。化石資源の限界も見えてきました。そういった風をいち早く感じ取って、バイオ繊維を開発、上市した会社も出始めましたが、当社は紙の原料である植物繊維に注目しました。

市販されている紙の原料の99%は植物繊維です。そして、その植物繊維は故紙であったり、建築廃材であったりの繊維長5mm以下の、紡績不可の「いわゆるクズ繊維」を利用しています。コットンのうぶ毛の部分や、稲わら、竹、さとうきびといった繊維も使っています。他にユーカリ等の植林材も利用し始めていますが、まだまだ量は多くはありません。

紙の場合、故紙は脱インク再生処理をして、廃材は粉碎や化学処理でパルプ化して利用します。他の植物繊維の場合でも同じですが、苛性ソーダで煮て、リグニン等の樹脂分を除去した繊維を使用します。紙は水中に繊維を均質に分散させ、水を抜いてワイヤーネット上に繊維を堆積させてシートを作りますので、繊維が水になじむようリグニン等の樹脂分をアルカリ石鹼で洗浄、除去しておかねばなりません。私はこの脱脂処理が、別の意味でペーパーヤーンの最大の特徴を引き出すと考えています。周知のように、植物繊維は数多くの細胞から出来ています。そして、この細胞間の浸透圧で根が吸い上げた水分を枝の末端部まで持ち上げています。その細胞がセ

ルロース膜だけを残して洗い落とされた状態の繊維になり、紙を構成するのです。つまり、紙は繊維が網目状にランダムに重なり、多孔質のシートを作るだけでなく、そのシートを構成する繊維自身も人工的には作れない、微細な空隙を持ったシートなのです。油とり紙の特性はこの構造上の特性によるものです。そして、和紙の場合、機械漉でも、10mm前後の（コットン等、紡績用の繊維と比べれば全く短いけれども）比較的長めの繊維を原料に使用する都合上、水に粘剤と呼ばれている繊維の分散性を向上させ、紙に残留しない薬品を添加します。当然、水の粘度が高くなり、ワイヤーネットを通して濾過される水のスピードは遅くなりますが、その間にワイヤーネットを揺らして、繊維を、ワイヤーロープの針金が撚られているように互いをうまく絡ませて、薄くても強靱な紙を作ります。和紙独特の「流し漉き」と呼ばれる製造法です。その上、和紙は洋紙のように、粘土質の無機物を塗工したりしませんので、繊維の多孔質性もそのまま生かします。当然、洋紙と比べれば生産効率は悪くなりますが、現在の技術で、 8g/m^2 といった最薄の和紙が機械で生産可能です。ティッシュペーパー2枚重ねの1枚が 14g/m^2 の厚さですから、その薄さが想像できると思います。

一般に紙は水に弱いとされています。もちろん、一般の紙は繊維同士が水素結合で互にくっつきあっていますので、そこに水が入ってくると、水素結合が切れて、元の分散された繊維状態に戻ってしまいます。シャツ等をクリーニングに出して、返ってきた時に付けられているクリーニングタグや肉まん、餡まんの底に付いていて、蒸しても大丈夫な紙をほとんどの方はご存知だと思います。これらの紙は、繊維同士の交差点を樹脂で補強したり、紙に撥水性を付与したりすることで、紙の湿紙強度を向上させています。昔は揉んだ和紙にコンニャク糊を塗って着物を作ったり、柿渋を塗って番傘にしたりしていました。博物館で御覧になった方もいるはずです。これらは後加工によって耐水性や撥水性を付与したのですが、現在の技術では、後加工しなくても、こうした機能紙は製造可能です。

最近、植物繊維は製紙の原料処理時に分離・除去した

樹脂（リグニン）を再添加して木質化し、再度分離する、このプロセスを循環させる研究の実用化が、三重大の船岡教授を中心に進められています。極薄和紙のランプシェードがリグニンの添加で木質化・強靱化し、脱リグニン処理で、またリサイクルできる、画期的植物資源の有効利用法です。紙についての常識がまた変わると思います。

また、和紙の場合、ほぼ100%セルロース繊維で構成されていますので、その平衡水分率は6~7%と低く、浅草海苔の乾燥状態9%と比べて、全く干物状態であることは、あまり知られていない特性です。

2. ペーパーヤーンの物性

当社が開発したペーパーヤーンは、そんな後加工なしで耐洗性を付与した15g/m²の厚さの機械漉和紙をテープ状にスリットし、撚ったものです。原料は紙袋や包装紙に多用されている針葉樹のクラフトパルプ。このパ

ルプを水に分散させた状態で、耐洗性を付与する樹脂（食品包材認可樹脂）を数%添加して抄紙します。製法は特許第2994209号で認可されています。原紙の抄紙幅は1230mmです。この原紙を3mm・5mm・10mm等、目的に応じてテープ状に連続してスリットします。そして、このテープを撚って和紙糸に仕上げるのですが、撚糸の際は、テープを解きながら紡績用油剤で湿らせて撚り上げます。きれいで、スムーズな和紙糸を得るための工夫です。出来上がったペーパーヤーンは織機にかけるとに必要な経糸伸度もあり、ホールガーメント織機でも、条件を調節すれば編める柔らかさと滑りを持っています。ペーパーヤーンの太さは綿番手で、10mmテープの撚糸品が6番、5mmテープの撚糸品が12番、3mmテープの撚糸品は20番相等です。

ペーパーヤーンは上述の通り、抄紙→スリット→撚糸といった工程を経て製造する関係上、コストは高価になってしまいますが、従来の糸に無い数々の特長を持っています。構造上の特長は、薄い多孔質のシートの中空螺旋

図1 吸放湿速度

図2 ベとつき力

図3 水分の後戻り性

図4 紫外+可視

(1) アンモニア臭 (2時間後)

(2) 酢酸臭

図6 ペーパーヤーンの断面

図5 消臭試験

和紙織物 物性 (No.1)

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
名 称		PC-1111 荒目	PC-2323 未晒し	PC-2323 白	タテ編地	和紙／綿	綿(平)	PET(平)
生地規格	素 材	紙100	紙100	紙100	紙100	紙50/C50	C100	T100
	組 織	平	平	平	タテ編み	平	平	平
	和紙目付[g/m ²]	23	15	15	15	15		
	和紙スリット巾[mm]	20	10	10	5	5		
	撚り数[回／尺]	30	31	31	120	120		
	織り密度[本／in.]	11	23	23				
基本物性	後 加 工		撥水	染色＋撥水		染色		
	目付[g/m ²]	L0	700	311	306	277	256	98
		L5	739(+5.6%)	352(+13.2%)	377(+23.2%)	448(+61.7%)	260(+1.6%)	64
	厚さ[mm]	L0	1.43	0.59	0.66	1.36	0.45	0.21
		L5	1.55(+8.4%)	0.89(+50.8%)	0.91(+37.9%)	1.96(+44.1%)	0.48(+6.7%)	0.08
	嵩高性[cm ³ /g]	L0	2.04	1.91	2.16	4.90	1.76	2.08
		L5	2.10(+2.9%)	2.52(+24.2%)	2.43(+12.5%)	4.37(-10.82%)	1.83(+4.0%)	1.23
	通気度[cc/cm ³ .s]	L0	138	28	32	505	72	99
		L5	132(-4.3%)	28(-0%)	25(-21.9%)	438(-13.3%)	69(-4.2%)	29

和紙織物 物性 (No.2)

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
名 称		PC-1111 荒目	PC-2323 未晒し	PC-2323 白	タテ編地	和紙／綿	綿(平)	PET(平)
水分特性	ウィッキング[s]	L0	180以上	180以上	16.2	6.6	180以上	2
		L5	180以上	6.4	0	0	2.8	180以上
	バイレック[mm] (タテ／ヨコ)	L0	0/0	0/0	25.8/30.8	38.3/34.3	0/0	86.3/66.5
		L5	0/0	19.5/22.5	38.5/41.5	49.3/48.8	55.0/45.0	24.0/19.8
	抱水率[%]	L0	63.4		97.1	123.8	153	31
		L5		135.1	112.6	152.6	94.0	—
熱特性	乾燥速度[min.]	L0						
		L5						
	接触温冷感 [cal/cm ² .s]	L0	—	—	—	—	—	—
		L5	0.084	0.104	0.107	0.058	0.139	0.124
	保温率[%]	L0	—	—	—	—	—	—
		L5	0	11.2	10.6	8.2	8.7	14.0

旋状の糸であること、繊維自身が通常の撚糸に適さない短繊維であることです。そして、天然の毛羽の無い糸に仕上がっています。

図1～5は帝人(株)商品開発センターで測定した物性、図6はペーパーヤーンの断面写真です。

3. ペーパーヤーンの特長

例えば衣類について考えてみた場合、現在、その素材の40%が綿・麻に代表される植物繊維で、20%がシルクやウールといった動物繊維で、残り40%がポリエステル等の合成繊維で作られています。地球上の人口は増え続けており、石油等の化石資源は減少していくと予測されています。植物繊維は再生産可能で、収穫効率も良いのですが、作付面積には限りがありますし、連作すると土地が瘠せます。人口増加による需要の増加に如何に対応してゆくべきか、次世代の繊維開発を迫られています。20世紀初めに合成繊維を提案した米国・デュポン社は次世代繊維として、バイオ繊維を開発しています。たぶん、主流の繊維として育って行くと思います。でも、とりあえず、収穫した植物繊維のうち、撚糸できないと捨ててしまっていた「クズ繊維」から糸を作り、植物繊維を無駄使いしないことも、ひとつの有効な提案だとは思いませんか？ペーパーヤーンは、まさにそれを意図した次世代繊維と考えています。クズ繊維を一度和紙の製法でシートにして、テープ状にスリットして、撚って糸を作るのです。紙の製造法は、水を使ってシートをつくる、我々が持っているシート製造法のうち、フィルムよりも、もちろん布よりも、効率良く、安価に大量にシートを作れるやり方です。

その上、先述の物性からもわかるように、従来の糸にない機能を持っています。ペーパーヤーンの機能から発現する特長は下記の通りです。

- ①サラサラした、他に類のない快適な肌触り。
- ②吸水・吸湿性に優れ、ベトつかない。
- ③放湿速度が大きい。
- ④保温・断熱性に優れているが、ムレない。
- ⑤紫外線吸収性・赤外線反射性に優れている。
- ⑥消臭性がある。
- ⑦耐摩擦性に優れている。
- ⑧カビが発生しにくく、ダニ等も増殖しにくい。
- ⑨綿と同程度の洗濯耐性を持っている。
- ⑩優れたリサイクル性と生分解性を持ち、環境にやさしい。
- ⑪反応性染料で染色できる。(漂白剤は使用不可)

日本独自の和紙の製法によるペーパーヤーンは、日本から世界へ発信できる次世代繊維であると確信しています。

4. ペーパーヤーンの特長を生かした商品展開

以上のペーパーヤーンの特長を生かした商品を開発すべく、織る、編む、植毛(タフト)等に挑戦してみました。

■ 織る

最初に綿番手6番のペーパーヤーンを経糸・緯糸とも23本/インチ打ち込みの平織り紙布を使ってシートとピローケースを作りました(図7)。使い心地は、まさに「熱帯夜の友」でした。そのサラサラした肌触りは、どんな工夫をした綿や朝のシートよりも快適でした。(株)イトイテキスタイルは原紙に熊笹を6%添加して、綿番手12番のペーパーヤーンを経糸・緯糸とも29本/インチ打ち込みの平織り紙布を使ったジャケットをライカやバーバリーのブランド品で、半袖シャツをバーバリーブランドで販売し、好評を得ました(図8)。また、倉敷紡績(株)は経糸はデニム、緯糸は綿番手12番のペーパーヤーンを使った和紙デニムジーンズをリーバイス等のブランドで発売致しました。デニム織りは経糸の80%が表に出る織り方ですから外見は通常のジーンズと何ら変わりませんが、逆に緯糸の80%が内側に出ていますの

・ケバがなく、汗を吸収してもベト付かない優しい肌触り。

図7 和紙シート&ピローケース

図8

- ・和紙独特のやさしい洗い上がりとマッサージ効果。
- ・独自の和紙織りが更に泡立ちを豊かにし、今までにないサッパリ感を実現。

図9 和紙ボディタオル（ハイクオリティータイプ）

で、履き心地はサラサラして、蒸れずに快適でした。変わった試みとして、5mmスリットテープをポリエステル糸と一緒にカラミ織りした和紙ボディタオルも造っています。油とり紙がウォッシュタオルになり、その快適な使い心地から好評を得て、ロングセラーになっています（図9）。

■ 編 む

綿番手12番のペーパーヤーンで靴下を作りました。履き心地は図10のグラフに示されたように、足の裏の湿度を60%以下に保てるので、蒸れません。通常丈、ショート丈、おやすみ用ゴムなし、スニーカー用と発売しています。丸編地でポロシャツも試作しました。綿番手6番のペーパーヤーン100%です。帝人㈱のアパレル・グループの方々や伊勢丹デパートの武藤社長（当時常務）に試着して頂き、その着心地の良さに驚き、絶賛して頂きましたが、小売価格が23,000円／枚と高価で、展示していてもその良さをお客に伝えられぬということで、商品化致しませんでした（図11）。

■ 植毛（タフト）

厚手の綿生地に綿番手6番のペーパーヤーンを植毛した生地を作り、40cm角の座ぶとんと45×65cmのバスマットを作りました。植毛の長さは、座ぶとんが15mmバスマットが7mmです。和紙糸の表面積の極大化を考え、生かそうとした商品です。座ぶとんはオフィスの椅子や車の運転席に敷いておくと、汗でズボンが皮膚にくっつくこともなく、蒸れず、雑誌「家庭画報」の通販でベストセラーになっています。バスマットの植毛を短くしたのは、濡れた足で踏まれても和紙糸が倒れにくくする為です。先に入浴した人の跡のベタつきや冷たい感触を解消できる究極のバスマットではなかろうかと自負しています（図12）。

和紙くつした

- ・和紙糸をつま先部とかかと部に使用しムレとヒビワレを解消。
- ・ゴム無し（婦人用）はお休みくつしたに最適。

図11 ペーパーヤーン100%のポロシャツ

- ・7ミリの植毛和紙糸が足の裏を適度に刺激。
- ・吸収した水分の後戻りが無くサラッと快適。

図12 和紙タフト バスマット

■ ゴザ織り

愛知県のニチハ㈱の依頼で、顔料でイ草色に着色した原紙の別製ペーパーヤーンを使った、ゴザ織りの和紙畳表の開発に着手しました。この分野では大建工業㈱が先行していましたが、大建工業㈱の特許が一部しか認可されず、基本的に製造可能な状況であったことと、大建製品では「足跡のへこみが残る、やはり紙では駄目だ」という畳業者の声が聞こえてきたからです。畳の原料であるイ草は、大半が中国で生産される状況にあり、その中国が工業重視政策をとっていて、10年後、20年後にも生産可能かどうか？その頃になると、日本同様、刈り取る人手が問題となるのでは？平均降水量が日本の半分しかない国で、異常気象による干ばつでイ草の値段が暴沸しないか？といった不安要素を考慮しての依頼でした。日本文化の畳の将来を考え、農作物から、工業製品への転換の試みです。個人的には、イ草では不可能な平織りで、経糸にもペーパーヤーンを使った、100%紙布の畳表（特許第3432689号）の方が、洋間にも違和感なく、今後の展開にも適していると思っていますが、依頼は天然物と同じ見映えのする物をということでした。足跡のへこみを残りにくくするべく、テープを螺旋・筒撚りに工夫し（図13）販売しています。ちなみに100%紙布の畳表は図14です。そして、特長は以下の通りです。

- ①夏サラサラの肌触りで1年中快適。
- ②摩擦テスト（JIS L-1096）2万回以上と抜群の耐久性。
- ③顔料着色なので、紫外線による焼け、退色が少ない。
- ④表面撥水加工で醤油やコーヒーをこぼしても、拭き

取れ、シミが残らない。

⑤乾燥に強く、床暖房システム用に最適。

⑥好みの色に着色可能。

⑦ダニやカビが発生しにくい。

尚、この畳表の市場には、三井物産㈱も参入し、中国での撚糸・ゴザ織りをすすめており、将来の激戦が予想されます。

5. 原紙での利用

ペーパーヤーンのコストの半分以上が撚糸コストで、原紙のコストは糸単価の約20%です。原紙自体は高価ではありません。そこで、当社では、原紙をそのまま生かす商品づくりもすすめています。水・湿気に強く、ベタつかぬ、連想ゲームではありませんが、マスクやフェイスパックに最適では？と考え、業者に、ペーパーヤーン原紙のバクテリア捕集効率を測定してもらったところ、医療用にも使用可能な95%以上という結果を得ました。さらに原紙の抄紙時に熊笹6%を添加した紙は抗菌性も発揮しました。そこで、耳に掛けるゴムを保持させる熱融着繊維入不織布を支持体に使用し、この不織布に超音波ミシンで熊笹入和紙を溶着させる方法で、ささ和紙マスクを開発致しました（図15）。口元が蒸れず快適で、安価なマスクです。この方法で、紙おむつの内側にこの和紙をライナー的に採用することで、サラサラ、履き心地の良い紙おむつも作れないものかと思案しています。

図13 イ草色ペーパーヤーンのゴザ織り畳表

図14 100%紙布の平織り敷物

図15 ささ和紙マスク

トイレットペーパーやティッシュペーパーは2枚重ねが主流です。もし、ペーパーヤーン原紙をプライ（重ね）構造にしたら…と思ったのは、ある書家の方が、奥様が寝たきり状態になったとき、買い置きしていた和紙を奥様のシーツ代わりに重ね敷きして使ったところ、奥様は亡くなるまで床ずれにならなかった、という話を聞いた時です。原紙を5枚重ねした巻取紙を作り、布団業者にキルトミシン掛けをしてもらって、1×2mのキルトインク和紙マットも作りました（図16）。

6. ペーパーヤーンの未来

スーパー繊維やナノ加工繊維が日本発世界行の繊維として注目を集めています。私はペーパーヤーンにも、世界行の未来を予感しています。ファッション業界では

拡大図

図16 原紙5枚重ねの和紙マット

ヨーロッパの著名なデザイナーに紙布のサンプルを出荷しましたし、エコロジー分野での利用価値の開発はこれからの課題です。

ただ、近年、当社の特許を侵害している類似品が、業界紙に登場しています。提訴してもメリットの出る販売数量になるようであれば、当社の主力商品であるOAサプライ商品でとったように、賠償金を取るべく対処する意向です。

石川 順一（いしかわ じゅんいち）

1971年、東京理科大学機械工学科卒、同年、日立製作所入社（小田原工場・超大型コンピュータ開発グループ）、1974、年日立製作所退社・単身渡米、1975年、Stanford Univ. 機械工学科修士課程卒、同年、家業（石川利忠商店）を継ぐ、1987年、(株)和紙のイシカワ設立、1989年、NHK教育テレビ日本地理「製紙先進地帯」出演。

【主要開発商品】

1982年、ワープロ・コピー用和紙、1985年、表裏差のない両面コピー用和紙、1987年、ワープロ・コピー用粘着フィルム、1989年、洗濯できるカラーコピー用和紙、1991年、美術印刷対応カラーコピー用和紙、紙ぞうり、1994年、洗濯できる紙糸と織布、インクジェット用紙布、1995年、インクジェット用透明フィルム、インクジェット用和紙、和紙シート、1997年、インクジェット用銀紙・金紙、和紙ボディタオル、1998年、インクジェット・レーザー共用和紙、インクジェット用綿布、1999年、インクジェット用Pongee Cloth、和紙くつした、2000年、擬似接着名刺・はがき、和紙植毛マット、2001年、インクジェット用手漉和紙、2003年、両面プリントクリアカット名刺、2005年、プリントできるPop upカード。