

美濃和紙を用いた機能性紙糸の開発(第1報)

山内寿美、林 浩司、佐藤幸泰¹、山口穂高²

Development of Functional Paper-yarn using MINO WASHI (I)

Hisami YAMANOUCHI, Koji HAYASHI, Yukiyasu SATO and Hodaka YAMAGUCHI

機能性紙糸の作製を目的として、木質系未利用資源の粉末を和紙に混入し、抗菌性試験、消臭性試験を行った結果、爆砕竹の開繊わたの粉末を混入した和紙に抗菌性があることがわかった。作製過程の簡便化と低コスト化するため、竹の粉末に爆砕の処理条件を模した処理を行って和紙に混入した結果、基準値以上の抗菌性が認められた。この粉末を混入した機械抄紙和紙を作製し、紙糸にするため3mm巾と4mm巾でスリットを行った。

1. はじめに

当所では、昨年度まで県内の木質系未利用資源の繊維素材への活用を目指してきた。竹材を爆砕してできた繊維状のものや、住宅建築用針葉樹の加工工場から出るスギ・ヒノキ間伐材の粉末を、合成繊維のウェブの間に挟む方法により、抗菌性や消臭性のある機能性不織布の開発を行い、ペット用排泄シートに応用した。¹⁾

一方、平成26年に本美濃紙の技術がユネスコ世界無形文化遺産に登録されたことにより、紙糸への注目度が、繊維業界や国内外の消費者に高まってきている。また、当所では、以前、軽量紙糸の研究を実施しており、紙糸に関する知見も蓄積している。

そこで、これまでの知見を活かし、和紙に木質系未利用資源の粉末を混入することによる新たな風合いと機能性を付与した紙糸を開発することとなった。感性工学を用いて生地への触り心地や視覚による印象を検証しながら、その客観的データも含めて消費者に提案できる商品開発を行っていく予定である。初年度においては、混入する粉末、和紙の機能性を検討し、機能性の高いものでスリット紙を作製した。

2. 実験

2. 1 木質系未利用資源

昨年度行った研究¹⁾で一定の抗菌性と消臭性が認められた下記に示す3種類の木質系未利用資源粉末を使用した。

- ①爆砕竹開繊わた
- ②スギ・ヒノキ間伐材の粉末
- ③乾燥竹(破竹)の粉末

2. 2 爆砕処理を模した乾燥竹粉末他の処理 (I)

2. 1で使用した爆砕竹開繊わたは、バッチ処理で製作しているため、製作に手間がかかり高コストとなる。そこで、爆砕処理条件(175℃で40分間、1Mpaの圧力で処理)を参考に、乾燥竹粉末、竹材、及び乾燥竹粉末を混入したタッピ抄紙和紙に以下の処理を行った。

- ①竹粉末の高温高圧処理

- ②竹材(3cm角)の粉碎加熱処理

- ③竹粉末混入和紙の乾熱処理

①は、爆砕処理では高温水蒸気による高熱、高圧を利用していることを参考に、密閉系において、加熱処理温度における飽和水蒸気分の水分を添加した条件と、水分を添加しない処理を行った。②は、3cm角に切断した竹材を、ターボミル装置を使用し高速で粉碎した。ターボミルによる粉碎では、粉碎時に試料は180℃程度の熱が与えられる。③は、乾燥竹粉末を混入した和紙を175℃で10分間乾熱処理した。

2. 3 爆砕処理を模した乾燥竹粉末の処理 (II)

爆砕処理を模した処理について、2. 2よりさらに簡便な方法として、乾燥竹粉末を以下の条件で乾熱処理を行った。

- ・175℃1時間 ・175℃8時間
- ・200℃1時間 ・200℃8時間
- ・250℃1時間

2. 4 タッピ抄紙による和紙の作製

紙業部のタッピスタンダードマシン(200×250mm)を使用して、2. 1～2. 3で調整した木質系未利用資源を混入した坪量20g/m²の和紙を試作した。

2. 5 機械抄紙による和紙の作製

紙糸の原紙となる坪量20g/m²の連続した和紙を、紙業部のコンビネーションテストマシンを使用して作製した。

2. 6 機能性の評価

抗菌性試験は、JIS L 1902の菌液吸収法を準用し、黄色ぶどう球菌を供試菌とした。(一社)繊維評価技術協議会のSEKマーク評価基準は抗菌活性値2.2以上である。

消臭性試験は、SEKマーク繊維製品認証基準に基づいた試験方法のうち、試験対象臭気成分をアンモニアとした検知管法を行った。SEK評価基準は、2時間後の臭気成分減少率が80%以上である(n=3)。

3. 結果及び考察

3. 1 木質系未利用資源を利用した試験

表1に、マニラ麻パルプに、①爆砕竹開繊わた、②スギ・ヒノキ間伐材の粉末、③乾燥竹(破竹)の粉末を単独、あるいは

¹紙業部

²岐阜県生活技術研究所

は混合して混入した和紙(タッピ抄紙)の、抗菌性と消臭性の試験結果を示す。

表1 木質系未利用資源を混入した和紙(タッピ抄紙)の機能性

試料	抗菌性試験 抗菌活性値	消臭性試験 臭気成分減少率(%)		
		臭気成分減少率(%)		
		2時間後	4時間後	6時間後
マニラ麻100%	0.2	27	32	24
爆砕竹開繊わた入り和紙(50%)	>5.6	33	38	—
爆砕竹開繊わた入り和紙(30%)	>5.5	20	31	—
爆砕竹開繊わた入り和紙(20%)	4.8	11	15	—
爆砕竹開繊わた入り和紙(10%)	3.2	12	10	—
スギ・ヒノキ入り和紙(50%)	1.2	29	25	25
スギ・ヒノキ入り和紙(30%)	0.9	22	22	26
スギ・ヒノキ入り和紙(20%)	0.3	22	21	22
スギ・ヒノキ入り和紙(10%)	0	22	23	29
乾燥竹入り和紙 (30%)	1.3	2	4	—
乾燥竹入り和紙 (20%)	0.5	8	8	—
乾燥竹入り和紙 (10%)	0.3	5	5	—
爆砕竹開繊わた(10%)、スギ・ヒノキ(20%)	0.2	21	14	28
爆砕竹開繊わた(10%)、スギ・ヒノキ(10%)	1	30	14	16
爆砕竹開繊わた(20%)、スギ・ヒノキ(10%)	3.9	36	20	14

爆砕竹開繊わたを、単独であれば10%、その他の粉末との混合使用であれば20%以上混入した和紙について抗菌性がみられることが分かった。消臭性については、単独、混合のいずれの和紙にも、SEK評価基準を満たす消臭性は認められなかった。爆砕竹開繊わたは、上述のとおりバッチ処理で作製しているため、生産性、コストに課題がある。そこで、次に爆砕処理を模した粉末の利用を検討する事とした。

3. 2 爆砕処理を模した試験(I)

表2に、2. 2に記述した①、②の処理を行った粉末を10%~30%混入して作製した和紙(タッピ抄紙)、及び③の処理を行った和紙(タッピ抄紙)の抗菌試験結果を示す。

①の処理では、水分の添加の有無に関わらず、竹粉末の色は、薄い黄土色から、加熱温度130℃では茶色、175℃ではこげ茶色と変化し、その影響で和紙は全体的に茶色を帯びたものとなった。②は比較的和紙の色の変化は認められなかった。③については和紙の黄変が目立った。マニラ麻の変色も発生していると考えられた。

抗菌性は、①竹粉末の高温高压処理、③竹粉末混入和紙の乾熱処理の和紙について基準値以上の性能が認められたが、②のターボミルを使用した粉末混入和紙では、抗菌性が認められなかった。

①-1~①-4の水を添加した高温高压処理竹粉末を用いた和紙と、①-5~①-9の水を添加しない高温高压処理竹粉末を用いた和紙の抗菌性試験結果を図1に示す。水を添加しない方が全体的に高い抗菌性が認められることが分かった。

表2 爆砕処理を模した処理(I)による和紙(タッピ抄紙)の抗菌性

試料	処理条件			和紙への粉末混入率(%)	抗菌性試験 抗菌活性値
	処理温度(℃)	処理時間(分)	備考		
①-1	175	10	水添加	10	4.7
①-2	175	10	水添加	20	>5.7
①-3	130	10	水添加	10	2.2
①-4	130	10	水添加	20	3.9
①-5	175	10	—	10	3.1
①-6	175	10	—	20	5.5
①-7	175	10	—	30	>5.7
①-8	130	10	—	10	3.7
①-9	130	10	—	20	5.4
②-1			—	10	0.3
②-2	180程度	約20	—	20	0.5
②-3			—	30	1.9
③-1	175	10	—	10	4.2
③-2	175	10	—	20	4.0
③-3	175	10	—	30	4.5

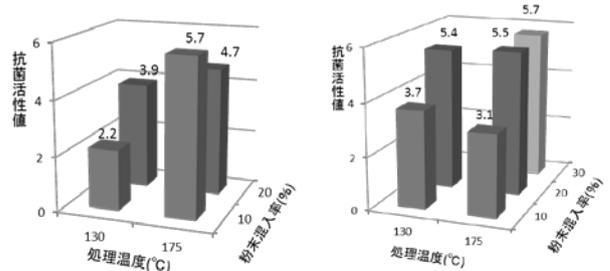


図1 抗菌活性値の比較 (左:表2①-1~4 右:表2①-5~9)

3. 3 爆砕処理を模した試験(II)

爆砕処理を模したさらに簡易な手法として、2. 3に記述したように、乾燥竹粉末を175℃~250℃で、1時間~8時間乾熱処理した粉末を使用し、20%混入して和紙(タッピ抄紙)を作製した。粉末の外観を図2に、作製した和紙の外観を図3に示す。なお、粉末の粒度は150 μmのふるいにかけて、和紙の原料に分散しやすくした。



図2 乾熱処理した粉末の外観 (左から175℃1h、200℃1h、250℃1h、175℃8h、200℃8h)

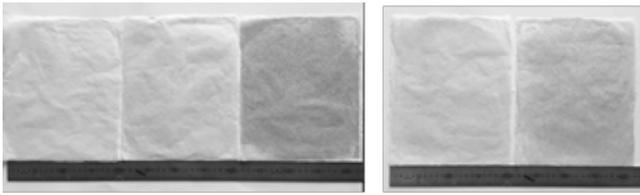


図3 乾熱処理粉末を混入した和紙
(左から、粉末(175°C1h)20%混入和紙、同(200°C1h)、同(250°C1h)、同(175°C8h)、同(200°C8h))

和紙の抗菌性試験結果を表3に示す。

表3 爆砕処理を模した処理(Ⅱ)による和紙(タッピ抄紙)の抗菌性

乾熱処理条件		粉末混入率(%)	抗菌活性値
乾熱温度(°C)	処理時間(h)		
175	1	20	2.7
200	1	20	3.3
250	1	20	3
175	8	20	4
200	8	20	4.2

この結果から、いずれの和紙も基準値以上の抗菌性があることが分かったので、図4より、処理時間と抗菌性能の観点から、200°C1hの処理条件で和紙を試作することとした。

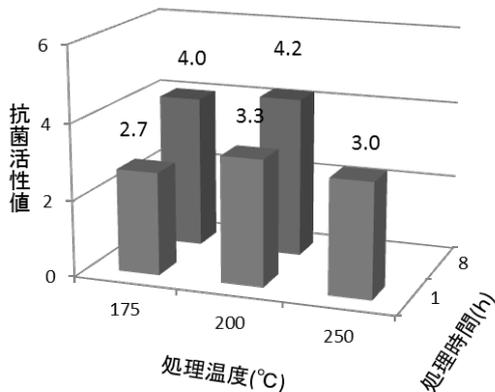


図4 熱処理温度と熱処理時間に対する抗菌活性値

3. 3 機械抄紙による和紙の機能性評価

紙糸用の和紙は、後の工程で数ミリ巾のスリットと撚糸を行うので、ある程度の強度が必要である。また、粉末を混入したため表面がざらざらしている。そこで、粉末を混入した和紙と、マニラ麻パルプのみの和紙と二層構造とした。これにより、スリット、撚糸をした際に、マニラ麻パルプの比較的滑らかな紙面と、粉末を混入した紙面が撚り合わさって、ざらざらした感触が低減するのではないかと考えたためである。

使用した粉末は表3の結果から、200°C1h乾熱処理したものを全体重量の20%混入する条件と、粉末を混入率が高いほど和紙の強度が低下することを予測して、混入率15%の2条件とした。

結果、混入率20%の機械抄紙和紙は、粉末の分散ムラが多く発生し、連続した和紙を作製することができなかったが、混入率15%の和紙は作製することができた。外観を図5に、抗菌試験結果を表4に示す。混入率15%の和紙に基準値以上の抗菌性が認められた。



図5 機械抄紙を行った和紙の外観(粉末配合率15%)

表4 乾熱処理粉末入り和紙(機械抄紙)の抗菌性試験結果

乾熱処理条件		粉末混入率(%)	抗菌活性値
乾熱温度(°C)	処理時間(h)		
200	1	15	4.5
200	1	20	5.7

3. 4 スリット紙の作製

上記の機械抄紙和紙を、巾3mmと4mmの2条件でスリットを行った。通常、衣服に用いる紙糸のスリット巾は1.5~2mm程度で、当初はそれを目指に行ったが、粉末により、スリットの際に和紙が切断するなど不具合が生じた。よって、スリット巾を3mmと4mmの2条件とした。スリット紙外観とスリット紙を図6、図7に示す。



図6 スリット紙外観
(左:4mm巾スリット紙、右:3mm巾スリット紙)

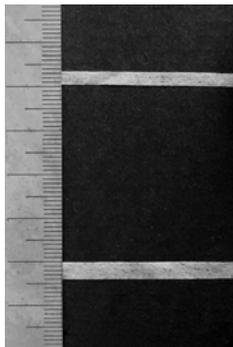


図7 スリット紙外観
(上:3mm巾スリット紙、下:4mm巾スリット紙)

4. まとめ

3種類の木質系未利用資源の粉末を混入した和紙を作製し、抗菌試験、消臭試験を行った結果、爆砕竹の開繊わたの粉末を混入した和紙に抗菌性があることがわかった。より安価で簡便な手法にするために、竹の粉末に爆砕処理条件を模した条件で熱処理後、和紙に混入して抗菌試験を行った結果、基準値以上の抗菌性が認められる熱処理条件があることがわかった。

紙業部において、紙糸の原紙となる連続した和紙を作製した。全体重量の15%と20%粉末を混入したもののうち、連続した和紙ができたのは15%混入したものであった。その後、3mm巾と4mm巾でスリットを行った。

来年度は、このスリット紙にいくつかの条件で撚糸を行い、ニットを作製する。官能評価実験によって触り心地や見た目の印象を評価し、得られた結果より、ニット生地の感性的な特徴を活かした商品の提案を行う予定である。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、研究推進にご協力いただきました岐阜県繊維デザイン協会デザイナー交流会の皆様へ深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 山内ら, 岐阜県産業技術センター研究報告, No.10, pp. 35-38, 2016
- 2) 山内ら, 岐阜県産業技術センター研究報告, No.9, pp.19-21, 2015