和紙抄造用粘液に関する研究*

(第4報) ガンピ繊維の分散性について

町田 誠之** 錦織 禎徳***

Studies on the Mucilagenous Solution concerning

Japanese Hand-made Paper

Part IV. On the Dispersion of Bast Fiber of Ganpi Plant

Seishi Machida and Sadanori Nishikiori

(Kyoto University of Industrial Arts and Textile Fibers)

Bast fibers of Ganpi (*Wickstroemia sikokiana* Franch. et Savat.) and Kôzo plant (*Broussonetia Kazinoki* Sieb.) were respectively boiled with dilute alkali and beaten enough. The condition of the pulping process was as mild as possible. Chemical analysis has shown that a pretty amount of hemicellulose remains in the Ganpi pulp. Analytical data of pentosan and uronic acid of the Ganpi pulp have been about twice of those of Kôzo pulp respectively.

Both pulps were mixed together in various proportions, and each mixture was suspended in water.

Sedimentation of fibers in the suspension was found to decrease in proportion to the rate of the mixing amount of Ganpi pulp.

Paper making test confirmed actually the dispersion ability of the Ganpi fiber. Mixing the Kôzo pulp with the Ganpi pulp has improved the dispersion of fibers in water and accomplished a good distribution of fibers in the fiber mat.

It was found by the physical test of the paper that the more the Ganpi fibers are contained the more density, tensile strength, bursting strength, breaking length and bursting factor are increased, and thickness, tearing strength and tearing factor are decreased.

These paper making properties, especially dispersion capability, of the Ganpi pulp are due to the presence of a great amount of hemicelluloses of which molecule has comparatively long linear structure and strongly hydrophilic on account of the presence of uronic acid residue along the molecular chain.

It would be a suggestion to the mechanism of fiber dispersion that the molecular structure and properties of the hemicellulose are similar to those of the plant mucilage, for example Tororo-aoi mucilage, which is used as the dispersing agent in the paper making by traditional Japanese hand process.

The results of the present studies, further, lend some support to the hypothesis that the application of Ganpi fiber to paper making in Japan in the ancient time might be the first step towards the discovery of the dispersing agent such as Tororo-aoi and Noriutsugi.

1. 緒 論

雁皮紙は「鳥の子」とも呼ばれて、古くから最も優れた和紙の一つとして知られている。著者らはさきに

ガンピ (*Wickstroemia sikokiana* Franch. et Sav.) の靱皮繊維について化学的研究を行ない、その特徴として繊維が繊細で美しく、成分としてヘミセルロースを多量に含むことを見出した。そしてヘミセルロースの分子構造を明らかにした¹⁾。ガンピ紙が優美でしかも強靱なのはこのヘミセルロースの存在によるもので、製紙に際して、繊維の叩解性を高め、柔軟な紙料をつ

* 原稿受付 38. 10. 26

** 京都工芸繊維大学

*** 島根県工業試験場

くり、水中によく繊維を分散させ、乾燥後は強く接着性を発揮するものと考えられる。

ガンピが日本の特産であり、現存する古代紙（たとえば正倉院古文書）の中に、ガンピまたはガンピとコウゾその他の混合抄造によると見られる紙も多くあることから、著者の一人（町田）は、昔はガンピ繊維を分散剤の目的で使用したものと推定した²⁾。つまり現在の粘剤（ネリ、ノリ、ネベシ、タモ）すなわち植物性粘液の使用の原始的形態を想像し、ガンピ繊維の粘質性の効用を認めることによって、やがて粘剤を分散剤として用いる道が開かれたものと推定したのである。

そこで、本研究ではこの推定を立証する一つの方法として、ガンピ繊維の分散性に関して実験を行なった。それには、ガンピおよびコウゾの白皮をそれぞれ出来るだけゆるやかな条件で蒸解および叩解し、各成分を分析した。そして両者を一定の割合に混合した紙料をつくり、水中における繊維沈降度およびロ水度を測定し、分散性を評価した。また各混合試料をそのまま抄紙して抄紙性を検討し、できた紙の物理的性質を測定した。これらの実験結果を考察して、ガンピ繊維の分散性についての特質を検討した。

2. 実験および結果

1. 試 料

島根県産のガンピ (*Wickstroemia sikokiana* Franch. et Savat.) およびコウゾ (*Broussonetia Kazinoki* Sieb.) より得た靱皮繊維の白皮を使用した。

2. 蒸 解

各白皮に対して無水炭酸ナトリウム10%量を加え、水量20倍量で、平釜（開放）中で1.5時間直火加熱で煮熟し、流水中で洗浄した。

3. 叩 解

石のウスの中で、木製のキネを用いて試料をよく打解した。ガンピは68分間、コウゾは20分間を要した。ジョッパー・リーグラ試験器で叩解度を測定すると、ガンピは、50.1°SR コウゾは17.5°SR であった。このようにして得られた紙料の収量は、ガンピ67.0%、コウゾ68.1%であった。

4. 紙料の分析

木材一般分析法にしたがって、上記のガンピおよびコウゾの紙料について分析した結果は第1表の通りである。重合度は銅アンモニア溶液の粘度測定から求めた。

5. 水中における繊維沈降度の測定

上記のガンピおよびコウゾの紙料を一定の割合に混合して混合試料とした。各試料番号と混合比は第2表

の通りである。

各試料を 1l の水中に 0.03% の濃度に懸濁させて、

Table 1 Composition of paper stuff

	Ganpi	Kôzo
Moisture	13.88%	9.95%
Ash	2.84 "	4.89 "
Benzene-Ethanol extract	1.31 "	0.61 "
Cold water extract	0.40 "	1.06 "
Hot water extract	1.52 "	1.99 "
1 % NaOH extract	12.70 "	14.41 "
Lignin	4.23 "	4.08 "
Uronic acid	6.70 "	3.86 "
Total cellulose	70.24 "	72.98 "
α -cellulose	75.40 "	86.87 "
β -cellulose	—	6.10 "
γ -cellulose	—	7.03 "
Pentosan	16.74 "	7.42 "
Degree of polymerization	1850	1,560

Table 2 Sample

Sample No.	Ganpi	Kôzo
1	100%	0
2	80 "	20%
3	60 "	40 "
4	40 "	60 "
5	20 "	80 "
6	0 "	100 "

Fig. 1 Sedimentation of fibers in water.

1: Ganpi; 6: Kôzo;
2, 3, 4, 5: Mixture.

それぞれ11メスシリンダーの中でよくかきまぜた。その後繊維の沈降する容積を一定時間ごとに読み、その速度を測定した。その結果は第1図に示した。図中の曲線の番号はそれぞれ試料番号を示すものである。明らかにガンピ繊維の沈降速度は小さく、コウゾ繊維に20%混入するだけですでに明白な分散作用の効果を示して沈降速度を著しく改善することが見られる。

6. 口水度の測定

上記の各試料について、ショッパー・リーグラー叩解度試験機を用いて、JIS規格に従って口水度を求めた。その結果は第3表に示した。ガンピ繊維の口水度はコウゾ繊維のその2倍以上あり、混合試料では混合比に応じて口水度の増加がみられる。

Table 3 Filterability

Sample No.	1	2	3	4	5	6
Filterability (°SR)	33.0	30.5	30.0	27.0	24.7	16.3

Table 4 Physical properties of paper

Sample No.	basis weight (g/m ²)	thickness (mm)	density (g/cm ³)	tensile strength (kg/15mm)		bursting strength (kg/cm ²)	tearing strength (g)		breaking length (K _m)		bursting factor (%)	tearing factor (%)	
				Lo	La		Lo	La	Lo	La		Lo	La
1	63.5	0.064	0.85	9.44	7.92	5.33	55.2	59.0	11.57	9.71	9.28	101	108
2	57.1	0.081	0.63	8.62	5.12	3.03	134.4	158.0	11.22	6.67	7.78	263	309
3	53.3	0.096	0.57	7.26	5.76	4.03	174.4	242.0	8.90	7.06	7.11	321	445
4	45.9	0.115	0.46	5.80	5.54	2.69	252.8	411.2	7.32	6.99	6.47	479	779
5	55.1	0.116	0.43	5.22	3.20	2.87	269.6	388.0	6.94	6.26	7.48	538	774
6	65.6	0.149	0.46	6.46	6.38	4.74	528.0	628.8	6.76	6.18	7.38	767	914

3. 考察

本研究に用いた白皮の処理方法は非常に温和なもので、繊維の成分は変化することが少ないと考えてよい。延喜式(10世紀初期)によれば、古くは木灰の浸出液すなわちいわゆるアクが用いられていたもので⁹⁾、この蒸煮による繊維の解糸は少なく、むしろ叩解に長時間をかけて十分に打解したものであると思われる。とにかく、第1表に見られるごとく、ガンピ紙料もコウゾ紙料もかなり多くのヘミセルロース成分を含有したままである。

ことにガンピのウロン酸量とペントザン量とがいくらでもコウゾのそれらの約2倍も多いことは注目されることである。第1図における繊維沈降速度および第3表における口水度の結果はヘミセルロースの影響によるものと考えてよい。ガンピをコウゾに混合すればその量に比例して紙料の分散性を向上することが明らかである。もっとも、すでに著者の指摘したごとく、沈降速度や口水度は、分散性のすべてを示すものではないが⁴⁾、少なくともその一面を示すもので、この点

7. 抄紙試験

試験用スキブネ(漉槽)に水20lを入れ、上記の各試料を3.3%の濃度になるように懸濁させ、手漉法の常法により、31×62cm²の紙葉を抄造した。特に粘剤を加えることなしに抄造したために、ナガンズキ(流漉)法は不可能であったので、タメズキ(溜漉)法によった。ガンピ紙料の混合率の高くなるにつれて抄紙性の向上することが明らかに見られ、ガンピ紙料の混合率が30%以上になると繊維の分散がよく粘剤を用いたとほぼ同様に抄紙性が向上するのが確かめられた。ガンピ紙料のみの場合はナガンズキ法も可能であった。紙は平板にはりつけ、日光にあてて自然乾燥をした。

8. 成紙の物理的試験

各試料について、できるだけ地合の均一な部分をとって、常法による強度試験を行なった。おのおのの試料片につき5回の測定を行ない、その平均値をとった。その結果は第4表に示す通りである。

実際に混合試料の抄紙試験によって事実を確かめるのが確実である。本実験によればガンピ繊維の混入によってコウゾ繊維だけではとてもできない抄造が比較的よく達成されることが認められ、ガンピのみではナガンズキ法もある程度可能なことが知られた。コウゾだけでは繊維のかたまりができて全く紙層はできない。

抄造した紙は、タメズキ法によったために、多少厚く、また厚さが不均一になりやすかった。しかし一般によくからみ合いが行なわれて、繊維間の接着が強く、じょうぶな和紙が得られた。常法による物理試験の結果(第4表)をみると、厚さはガンピの混合量が増すにつれて低下し、逆に密度が増すことがわかる。つまりガンピはキメの細かい紙をつくることがわかり、これは繊維の繊細なことから、ヘミセルロース成分による粘着性によるもので、これはまた紙の強度にも大きく影響している。すなわちガンピの混入は、引張り強度、破裂強度、裂断長、比破裂度などを増加し、引裂強度や比引裂度を減少することがわかる。測定値に多少の

バラツキが見られたが、これは地合の悪さに関係するもので、全般的の傾向は明白である。

繊維のからみ合いの状態は後日顕微鏡写真による観察で解析しようと考えている。

要するに、ガンビ繊維の製紙に与える影響は特徴的なものがみられ、これはそのヘミセルロース成分に基づくことは明らかと言える。そのヘミセルロースの含有量の特に多いことのほかに、これが蒸解、漂白、叩解などの処理によって変化を受け難く、最後まで残ってその機能を発揮するものである。

ガンビのヘミセルロースの分子構造は、著者の研究によれば、D-キシロースが 1,4-β-グリコシド形に約 160 個直鎖状に連結し、この主鎖の所々に、キシロース基 6~8 個につき 1 個の割合で 4-O-メチルグルクシロン酸が側鎖的に結合した構造であることが知られている。¹⁾ この分子構造はトロロアオイ⁵⁾ やノリウツギ⁶⁾ の粘質物の構造と類似のもので、したがってその性質や機能にも類似性を当然考えてもよい。すなわちガンビヘミセルロースの分散性はここに化学的な論拠が確立されるわけである。その分散作用の機構については、粘剤の作用機構とも関連してなお研究を要する問題である。⁷⁾

古代の日本人が、乏しい科学的知識の中で、このガンビ繊維の特徴をよく見出して、コウゾやアサなどの紙料に混合して抄紙性を向上させたことは重要な発明であると考えられる。そして、これが粘剤利用の源をなし、やがて植物体から粘液をしばって抄紙液に混入する方法に発展し、更にトロロアオイやノリウツギのような多量に粘液を出す植物を利用するようになって、抄造法もタメズキ法からナガシズキ法へと進歩して行ったものと著者は想像するのである。

メキシコ紙パルプ技術協会

第 4 回年次総会を来る 5 月 26, 27, 28, 29, 30 日の 5 日間にわたって開くので、当協会会員の方の出席と論文提出を歓迎すると申入れて来た。

会場は Hotel Alameda, Mexico City, 会議は次の各セクションに分かれている。

一実験方法と標準	一加工
一山林	一製版術
一パルプ	一溶解パルプ
一紙	一特殊研究
一エンデニアリング	(経営, 原価, 統計等)

4. 総 括

ガンビおよびコウゾの靱皮繊維をそれぞれできるだけ温和な条件で蒸解および叩解して紙料をつくった。

その各成分を比較して、ガンビはコウゾに比較してヘミセルロース成分が多く、ペントザン量およびウロン酸量は約 2 倍の値がみられた。

各紙料、およびそれらを一定の割合に混合したものの中における繊維沈降度を測定すると、ガンビの含量の多いものほど著しく沈降速度がおそいことが見られ、液のロ水度もガンビ量に比例して増大した。また各混合紙料をそのまま抄紙試験を行ない、ガンビ繊維の混入が紙料の分散性を向上することを実際に認めた。

できた紙の物理的性質を測定し、ガンビの混入が多いものほど厚さが少なく、密度を増し、引張り強度、破裂強度、裂断長、比破裂度などをそれぞれ増加し、引裂強度や比引裂度を減少することを見た。

これらの結果からガンビ繊維に含まれるヘミセルロースが繊維の分散に重要な関係があることを確かめることができた。なお古代の粘剤発見についても考察した。

文 献

- 1) S. Machida, S. Nishikiori, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 31, 1021 (1956); 34, 916 (1961).
- 2) 町田誠之, 紙パ技協誌 17, 115 (1963)
- 3) 町田誠之, 紙及パルプ, 3, 222 (1953)
- 4) 町田誠之, 錦織慎徳, 紙パ技協誌, 14, 35 (1960) 15, 116 (1962).
- 5) 町田誠之, 内野規人, 日化, 74, 183 (1953); *Bull. Facult. Textile Fibers, Kyoto Univ. Ind. Arts & Textil eFibers*, 1, 116 (1954).
- 6) S. Machida, M. Inano, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 28, 629 (1953)
- 7) 町田誠之, 吉野泰, 織学誌, 18, 142, 981 (1962)

《新刊紹介》

五十嵐, 片寄, 金子, 森本共著「段ボールの技術」

日本包装タイムス社 (東京都千代田区飯田町 2-11)

A 5 判 320 ページ クロス製本 定価 800 円

本書は数年前出版し、暫らく絶版となっていたものの改訂版で、聯合紙器の上記 4 氏が故井上社長の命を受けて共同執筆したものである。

内容は段ボールの歴史から初まり、第 1 編段ボール厚紙、第 2 編段ボール接着剤、第 3 編段ボールの製造機械、第 4 編段ボールおよび段ボール箱、第 5 編特殊な段ボール、第 6 編段ボール工場の計画運営、第 7 編段ボール規格、第 8 編段ボール関係用語と多方面にわたり述べてあり、価格も安く、装幀もよく、ハンドブックとして座右に備えて便利であると思う。