

さくら剪定枝パルプとリサイクルパルプより 作製された機械漉き紙の物性

Properties of machine paper made from cherry blossom pruned branches pulp and recycled pulp

八島 光勇^{*}，東 眞央^{*}，廣瀬 孝^{*}，山科 則之^{**}

Mitsutoshi YASHIMA^{*}，Mao Azuma^{*}，Takashi HIROSE^{*}，Noriyuki YAMASHINA^{**}

要 旨

本稿では、さくら剪定枝パルプ及びリサイクルパルプを混合し、抄紙機を用いて作製した紙及び市販されている紙の物性を比較することで、さくら剪定枝パルプの一般的な紙等への利用可能性について検討した。その結果、作製されたさくら剪定枝パルプの平均繊維長は0.44mmであり、他の広葉樹パルプと比較し、短いことが分かった。また、作製した紙には市販されている紙と同様に異方性があり、地合いの良い紙であることが推察された。比引張強さは紙の横方向に比べ、縦方向に3.3倍大きいことが分かった。

キーワード：さくら剪定枝パルプ，リサイクルパルプ，紙，坪量，引張強さ

緒言

弘前市にある弘前公園はさくらの名所であり、毎年2600本のさくらが咲き誇る¹⁾。弘前公園では、毎年2月ごろ、さくらの木の保護や管理のため、弘前公園緑地課による剪定作業が行われている。弘前公園緑地課の方にヒアリングを行ったところ、毎年20tほどの剪定枝が発生しており、大半が産業廃棄物として処理されていることが分かった。この問題を解決するためには、さくら剪定枝に新たな価値を見出し、商品開発を行う必要があることが推察される。この問題を解決するため、「りんご/さくら和紙研究会」（代表：弘前大学教育学部技術教育講座 廣瀬孝准教授）では、さくら剪定枝を原料とした手漉き和紙の作製やその和紙を利用した試作品の開発を行なっている²⁾。

一方、昨今の紙パルプ業界の動向は、環境に対する意識の高まりから、リサイクル対応商品への需要が強くなっており、新たな古紙配合製品の開発や古紙配合率の増加が要求されている³⁾。

本稿では、JIS 内容を比較項目とし、さくら剪定枝

から作製したパルプおよび裁断や印刷の工程で発生する損紙から得たリサイクルパルプをそれぞれ50%の率で混合し、抄紙機を用いて作製した紙（以下「さくら剪定枝紙」と称する）および市販されている紙の物性を比較した。

実験方法

2.1 試料の作製

2.1.1 チップの作製

さくら剪定枝は2022年2月に弘前公園内にて剪定されたものを収集した。チップ化は、大型チップパーを利用して行なった。

2.1.2 パルプ化および紙化

2.1.1で作製したさくら剪定枝チップのパルプ化は、西嶋和紙工業協同組合所有の装置で行った。紙化はさくら剪定枝から作製したパルプと裁断や印刷の工程で発生する損紙から得たリサイクルパルプをそれぞれ50%の率で混合し、丸重製紙企業組合所有の抄紙機によって紙化した。

* 弘前大学教育学部技術教育講座
Department of Technology Education, Faculty of Education, Hirosaki University

** 弘前大学研究・イノベーション推進機構
Institute for the Promotion of Research and Innovation, Hirosaki University

2.2基本物性の評価

さくら剪定枝パルプの繊維長測定は、始めに試験管に蒸留水とパルプを投入し、ボルテックスミキサー（サイエンティフィックインダストリーズ社製、SI-0286）を用いて分散した。次に試験管中に繊維の浮遊が目視で確認された混合水をスポイトにてスライドグラスに滴下し、105℃・12時間で乾燥、マイクロ스코ープ（Swift社製、SS-110）を用いて視野に入った完全な繊維100本を測定し、平均繊維長を求めた。

坪量の測定は、抄紙機にて作製した紙より210mm×297mmを16枚切り出し、長さは鋼尺（新潟精機社製、SD-300S）、また質量は電子天秤（島津製作所社製、TW323N）を用いて測定し、これらの値より坪量を算出、16枚の結果を平均した。引張強さの測定は、初めに坪量測定で用いたそれぞれの紙より210mmの横方向と297mmの縦方向に切り出した210mm×15mmの試料と硝酸マグネシウム六水和物（関東化学社製、特級）をデシケーターに入れ、それぞれ23℃の定温乾燥器（アズワン社製、ONW-450S）内に置き、相対湿度50±2%で24時間調湿した⁴⁾。次に卓上型引張圧縮試験機（A&D社製、MCT-1150）を用いてJISP8113に準じて引張速度20mm/minで試験を行った⁵⁾。試験片つかみ具から10mm以内で破断した試験片を除き、10枚の最大応力等から得られた引張強さの結果を平均した。また、坪量gと引張強さsより(1)式を用いて比引張強さIを算出し、10枚の結果を平均した。

$$I = s/g \times 10^3 \quad (1)$$

また、坪量、引張強さ、比引張強さの物性値比較用試料として、主に商業印刷、一般印刷の用途に用いられる印刷用紙A、本や冊子として用いることの多いクリーム上質紙を三菱製紙株式会社八戸工場様にご提供していただき、さくら剪定枝紙と同様、物性の測定を実施した⁶⁾。

結果および考察

図1に作製されたさくら剪定枝チップの画像を示した。Zhong Wangらによると製紙用の理想的なチップは、液体が均一に浸透・拡散できる程度に薄く、繊維長を保持する長さがあるものとし、具体的には厚さ4mm、長さ40mmのチップを最適チップ寸法と報告している⁷⁾。本稿で作製されたさくら剪定枝チップの大きさは、図1に示すように最適チップ寸法と同程度のものかそれより大きいものが混在していると考えられた。



図1 さくら剪定枝チップ

図2に作製されたさくら剪定枝パルプのマイクロSCOPE画像を示した。外観は、細く短い形状であった。また、得られたさくら剪定枝パルプの平均繊維長を測定したところ、繊維長の値（平均値±標準偏差）は0.44±0.18mmであった。守屋らは、63種類の木材をパルプ化し、それらの繊維長を測定したところ0.6～2.6mmの範囲にあったことを報告している⁸⁾。さくら剪定枝パルプの繊維長は、これらの繊維長よりも短いことが分かった。

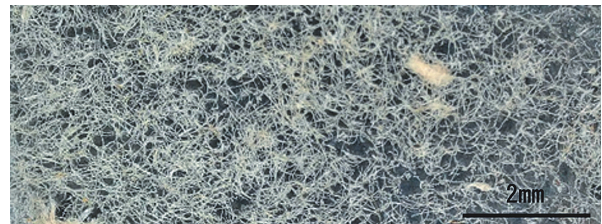


図2 さくら剪定枝パルプ

図3にそれぞれの紙の坪量を示した。坪量の値（平均値±標準偏差）は、さくら剪定枝紙が64.7±0.55g/m²、印刷用紙Aが63.5±0.54g/m²、クリーム上質紙が66.2±0.65g/m²であり、各紙とも同程度の坪量を有していることが確認された。一方、繊維が均一に分散している紙を地合いの良い紙であると表現されるが、この地合いの良さは紙の強度や印刷適性などの性質に影響をおよぼす重要な因子として知られている⁹⁾。地合いの良さを表す指数として用いられるのが、紙の坪量の変動係数である¹⁰⁾。この変動係数が小さいほど、地合いが良いとされ、坪量の変動係数Swは(2)式によって求めることが可能である。

$$Sw = SD/W \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

SD；坪量変動成分の標準偏差，W；坪量の平均値

(2)式に本稿での測定結果を当てはめると、桜剪定枝紙の坪量変動係数は0.85%、印刷用紙Aは0.85%、

クリーム上質紙は0.99%であり、さくら剪定枝紙と印刷用紙Aの変動係数は同程度だった。このことから、さくら剪定枝紙は印刷適正に優れている紙であることが推察された。

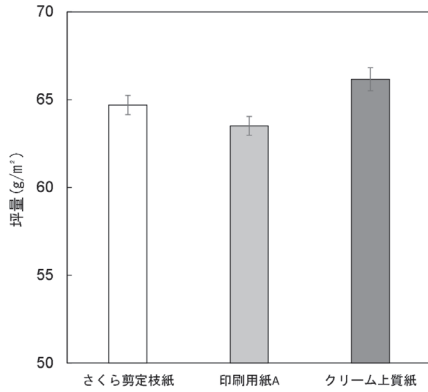


図3 坪量の比較

図4, 図5に各紙の縦方向と横方向における引張強さを示した。引張強さの値(平均値±標準偏差)は、抄紙機のローラー進行方向である縦方向でさくら剪定枝紙が 3.62 ± 0.24 kN/m, 印刷用紙Aが 5.60 ± 0.35 kN/m, クリーム上質紙が 3.82 ± 0.16 kN/m, であり、印刷用紙Aが最大であった。さくら剪定枝紙とクリーム上質紙は同程度であった。また、抄紙機のローラー進行方向と垂直な向きの横方向では、さくら剪定枝紙が 1.10 ± 0.05 kN/m, 印刷用紙Aが 2.45 ± 0.06 kN/m, クリーム上質紙が 3.01 ± 0.10 kN/m, であり、クリーム上質紙が最大だった。また、永井は、抄紙の際、パルプ繊維が流れ方向に多く配向することにより、流れすなわち縦方向の引張強さが横方向に比べて何割か強くなることを述べている¹¹⁾。さくら剪定枝紙も他の市販品と同様、紙の縦方向と横方向における引張強さが異なることから、紙に異方性があることが確認された。

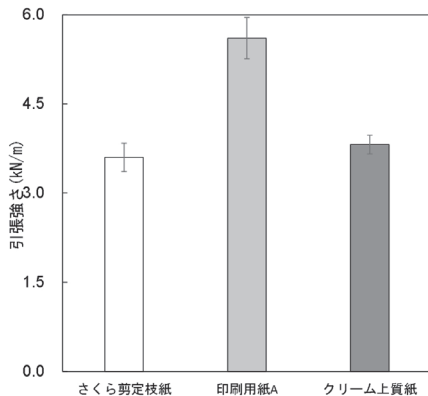


図4 縦方向における引張強さの比較

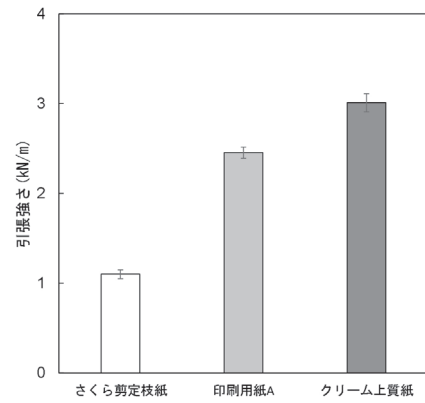


図5 横方向における引張強さの比較

図6, 図7に各紙の縦方向と横方向における比引張強さを示した。比引張強さの値(平均値±標準偏差)は縦方向で、さくら剪定枝紙が 0.056 ± 0.0037 kN/m, 印刷用紙Aが 0.088 ± 0.0054 kN/m, 印刷用紙Aが 0.088 ± 0.0054 kN/m, クリーム上質紙が 0.058 ± 0.0023 kN/mで、印刷用紙Aが最大であった。またさくら剪定枝紙とクリーム上質紙は同程度であった。横方向では、さくら剪定枝紙が 0.017 ± 0.0008 kN/m, 印刷用紙Aが 0.039 ± 0.0009 kN/m, クリーム上質紙が 0.046 ± 0.0015 kN/mであり、クリーム上質紙が最大であった。さくら剪定枝紙の比引張強さは横方向に比べ、縦方向に3.3倍大きいことが分かった。

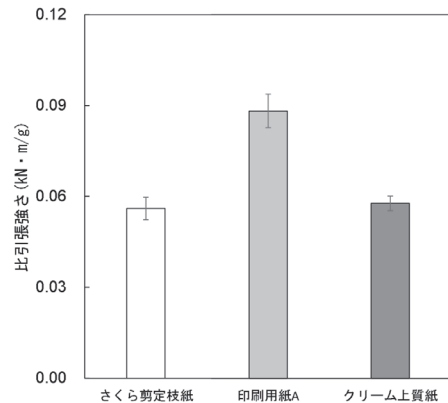


図6 縦方向における比引張強さの比較

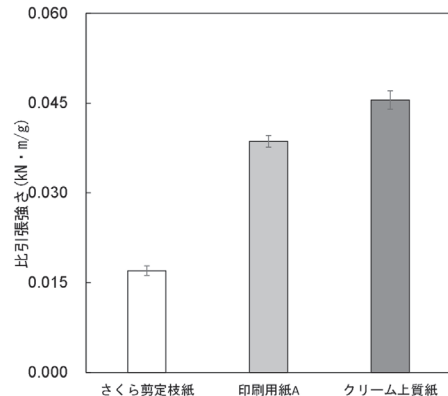


図7 横方向における比引張強さの比較

結言

本稿では、さくら剪定枝パルプとリサイクルパルプを50%の率で混合し、抄紙機を用いて作製した紙の物性を市販品と比較することで、さくら剪定枝パルプの一般的な紙等への利用の可能性を評価した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 作製されたさくら剪定枝パルプの平均繊維長は、0.44mmであることが分かった。
- (2) 坪量の変動係数より、作製された紙は地合いの良い紙であることが推察された。
- (3) 作製された紙の比引張強さを測定した結果、紙に異方性が確認された。また、比引張強さは横方向に比べ、縦方向に3.3倍大きいことが分かった。

引用文献

- 1) 弘前公園の桜の特徴：<https://www.hirosakipark.jp/sakura/hanami/hirosakisakura/>
- 2) 弘前大学プレスリリース,
<https://www.hirosaki-u.ac.jp/topics/52629/>

(2020.12.08)

- 3) 八重澤貴志：リサイクルにおけるパルプの物性評価, 紙パ技協誌, 第61巻, 第12号, pp1494-1511 (2007)
- 4) 日本工業規格：“JIS P8111：紙, 板紙及びパルプ-調湿及び試験のための標準状態”(日本規格協会)
- 5) 日本工業規格：“JIS P8113：紙及び板紙-引張特性の試験方法-第2部：定速伸張法”(日本規格協会)
- 6) 八島光勇, 東眞央, 廣瀬孝, 山科則之：機械漉きで作製されたりんご剪定枝和紙の物性, 弘前大学教育学部紀要, 128号, pp51-54 (2022)
- 7) Zhong Wang, Johan Gullichsen：新しいチップ化技術によるKPパルプ化の改良, 紙パ技術紙, 第52巻, 第7号, pp.922-928 (1998)
- 8) 守屋正夫：木材繊維の形態的特性と紙の性質について, 紙パ技術紙, 第21巻, 第3号, pp.112-221 (1967)
- 9) 佐藤一郎：印刷関連計測法と数値評価, 日本印刷学会誌, 第30巻, 第3号, pp162-168 (1993)
- 10) 村上浩二：紙・パルプ-紙, 繊維学会誌, 第50巻, 第6号, pp260-263 (1994)
- 11) 永井弘一：紙の物理的性質, 電子写真学会誌, 第28巻, 第1号, pp61-68 (1989)

謝辞：試料をご提供頂いた三菱製紙株式会社八戸工場様に深く感謝の意を表す。

(2023.1.12 受理)