

りんごおよびさくら剪定枝パルプを用いた機械漉き紙の物性 Properties of machine paper made from apple and cherry trees pruned branches pulp

廣瀬 孝*, 八島 光勇*, 山科 則之**
Takashi HIROSE*, Mitsutoshi YASHIMA*, Noriyuki YAMASHINA**

概要

本稿では、本稿では、JIS 内容を比較項目とし、未検討であるりんご剪定枝およびさくら剪定枝パルプを抄紙機にて作製した紙の物性を比較し、両パルプの一般的な紙等への利用の可能性を評価した。その結果、繊維長は、りんご剪定枝パルプが0.80 mmであったのに対して、さくら剪定枝は0.58 mmであった。坪量は、りんご剪定枝紙が196.9 g/m²であったのに対して、さくら剪定枝紙は79.6 g/m²であった。また、引張強さはりんご剪定枝紙が7.4 kN/mであったが、さくら剪定枝が3.2 kN/mとの値を示すことが分かった。更に、色差において、L 値およびb 値はりんご剪定枝、a 値はさくら剪定枝の方が高いことが分かった。

キーワード：りんご剪定枝、さくら剪定枝、パルプ、紙、引張強さ

緒言

農林水産省の調査によると国内のバイオマスは、間伐材等の林地残材、農作物非食用部（もみ殻や剪定枝等）等の利用率が低い¹⁾とされている。これは収集作業の難しさや高付加価値化に関する利用技術の未確立等に起因していると推察される。

青森県内では、りんご剪定枝の年間発生量約15万トンのうち、約3割を占める細い枝約4.5万トンの大半が園内で野焼きされている²⁾。これは利用率が低いとされる農作物非食用部に該当し、解決のためには、上述の通り、新たな利用技術を開発する必要がある。一方、弘前市にある弘前公園はさくらの名所であり、園内には約2,600本のさくらの木がある³⁾とされている。毎年2月ごろに保護や管理のため、剪定作業が行われ、剪定後の枝は、市民に配布されている⁴⁾。しかし、その他の有益な利活用方法がなく、「弘前のさくら」というブランドを活かした新たな商品開発が望まれている。

JISによると「和紙」は、「我が国で発展してきた特有の紙の総称。手すき和紙と機械すき和紙とに分類される。本来は、じん皮繊維にねりを用い、手すき法

によって製造された紙。現在では化学パルプを用い、機械すき法によるものが多い⁵⁾と定義されている。著者らは、既往の研究において、りんご剪定枝やさくら剪定枝をパルプ化し、手漉きした紙の物性評価を行った研究を報告している^{6), 7)}。しかし、それらの原料を用い、機械すきにて作製した紙に関する研究は行われていない。

本稿では、上述のJIS内容を比較項目とし、未検討であるりんご剪定枝およびさくら剪定枝パルプを抄紙機にて作製した紙の物性を比較し、両パルプの一般的な紙等への利用の可能性を評価した。

実験方法

2.1 試料の作製

2.1.1 チップの作製

りんご剪定枝は2020年4月に青森県弘前市内にて剪定されたものを用いた。チップ化は、図1のようなチップパー（山陽機器社製、グリーンフレカ）を用いて行った。一方、さくら剪定枝は2021年2月に弘前公園にて剪定されたものを用いた。チップ化は、弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎

* 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

農場の大型チップパーを用いて行った。



図1 りんご剪定枝のチップ化に用いた可動式チップパー

2.1.2 パルプ化および紙化

パルプ化は、図2および図3のりんごおよびさくら剪定枝チップを用いた。始めに4Lの蒸解釜に300g(乾燥質量)のチップおよび水道水に溶解した対チップ質量当たり16.0%のNaOH, Na₂S, Na₂CO₃を投入した。次に170°Cまで1時間、その後43分間、温度を維持して行った。紙化は、丸形抄紙装置(熊谷理機工業社製)を用いて、230mm径の型枠を用いて行った。



図2 りんご剪定枝チップ



図3 さくら剪定枝チップ

2.2 基本物性の評価

パルプの繊維長測定は、始めに試験管に蒸留水(共栄製薬社製)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。次に試験管中の混合水をスポイトにてスライドグラスに滴下し、100°C・12時間で乾燥、マイクロスコープ(サンワサプライ社製, LPE-06BK)を用いて、スライドグラスに定規型微小目盛りMR-2目盛り(全長20mm, 最小0.05mm)を挿入して画像を撮影した。その後、画像より100本を任意に選び、面積や長さ等を測定可能なソフトであるLeafareacounter Plusを用いて測定した。

坪量の測定は、抄紙機にて作製した紙(230mm径)より150mm×30mmを3枚切り出し、長さおよび幅は上記の鋼尺を用いて、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、3枚の結果を平均した。

引張強さの測定は、始めに坪量測定で用いたそれぞれの紙より切り出した150mm×15mmの試料を5枚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°C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⁸⁾。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20mm/minで行い、最大応力等より引張強さを算出し、5枚の結果を平均した。また、坪量と引張強さより比引張強さを算出し、5枚の結果を平均した。

色差の測定は、簡易型分光色差計(日本電色工業株式会社製, NF-333)を用いて、それぞれの紙より150mm×100mmを1枚切り出し、任意の10か所のLab色空間(L値: 明度, a値: +赤~-緑, b値: +黄色~-青⁹⁾)を測定、その結果を平均した。

結果および考察

図4, 図5にりんごおよびさくら剪定枝パルプのマイクロスコープ画像を示した。外観は、どちらの繊維も細長い形状であった。図6にりんごおよびさくら剪定枝パルプの繊維長を示した。繊維長は、りんご剪定枝パルプが0.80mmであったのに対して、さくら剪定枝は0.58mmであった。また、これらの値に対して有意差があるかt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ の有意差が確認された。これより、繊維長はりんご剪定枝の方が長いことが確認された。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¹⁰⁾。また、哈らは、繊維長3.7mmの針葉樹パルプを研究に用い、宮西は広葉樹であるポプラの繊維長は0.77～0.79mmと報告している^{11), 12)}。りんごおよびさくら剪定枝パルプの繊維長は、針葉樹パルプには及ばないものの、守屋の研究の最も短い範囲のパルプや広葉樹であるポプラと比較して、おおむね同等の繊維長であることが分かった。一方、木村は、上質紙を代表とする一般的な紙には広葉樹が主体となるが、風合いの変化や強度面の補強で針葉樹を混ぜる場合があると報告している¹³⁾。既往の研究より、本稿のりんごおよびさくら剪定枝パルプは広葉樹であるポプラのパルプとおおむね同等の繊維長であることから、一般的な紙への利用が可能と考えられた。



図4 りんご剪定枝パルプ

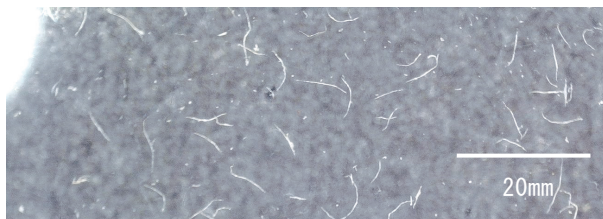


図5 さくら剪定枝パルプ

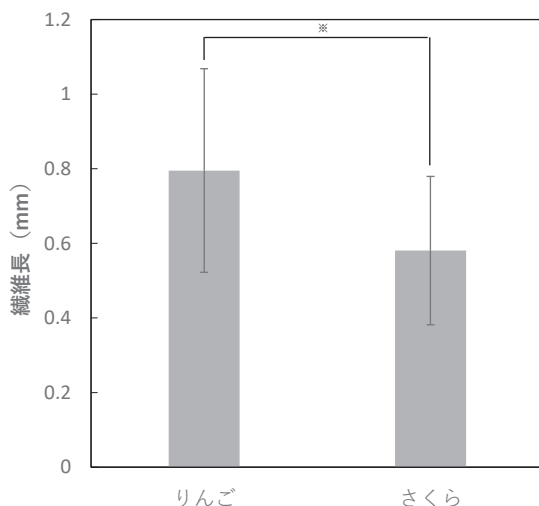


図6 りんごおよびさくら剪定枝パルプの繊維長
* : $p < 0.05$

図7, 8に両紙の表面画像を示した。りんご剪定枝の方が若干白っぽかった。これは、さくら剪定枝からの紙の方が樹皮等を多く含んでいたためと推察された。

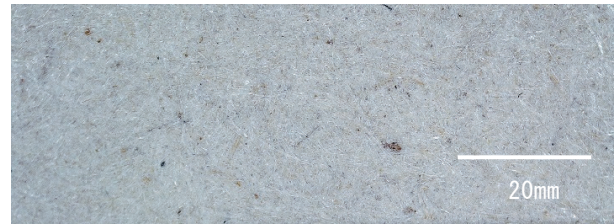


図7 りんご剪定枝紙の表面



図8 さくら剪定枝紙の表面

図9に両紙の坪量を示した。坪量は、りんご剪定枝紙が 196.9g/m^2 であったのに対して、さくら剪定枝紙は 79.6g/m^2 であった。また、これらの値に対して有意差があるかt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ の有意差が確認された。これより、坪量はりんご剪定枝の方が大きいことが確認された。江前は、製紙工場の機械にて坪量 170g/m^2 で作製された上質板紙を試料として用い、紙のトライボロジーに関して研究を行っている¹⁴⁾。また吉原らは、坪量 63.9g/m^2 の紙を試料として用い、引張強さに関する知見を得ている¹⁵⁾。既往の研究より、本稿で作製したりんごおよびさくら剪定枝の紙は一般的な範囲の坪量を有したものであることが分かった。

図10に両紙の引張強さを示した。引張強さはりんご剪定枝紙が 7.4kN/m であったが、さくら剪定枝が 3.2kN/m との値を示すことが分かった。また、これらの値に対して有意差があるかt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ の有意差が確認された。これより、引張強さはりんご剪定枝の方が大きいことが確認された。引張強さに関して、長澤らは 6.7kN/m 、哈らはパルプ/PLA機能紙の引張強さは、PLAの混合率が20%で 2.5kN/m だったと報告している^{8), 16)}。本稿で作製したりんごおよびさくら剪定枝の紙は一般的な範囲の引張強さを有したものであることが分かった。

図11に両紙の比引張強さを示した。比引張強さはりんご剪定枝紙が $37.8\text{kN} \cdot \text{m/g}$ であったが、さくら剪定枝が $40.3\text{kN} \cdot \text{m/g}$ との値を示すことが分かった。また、これらの値に対して有意差があるかt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ の有意差が確認された。これより、比引張強さはさくら剪定枝の方が大きいことが確認された。

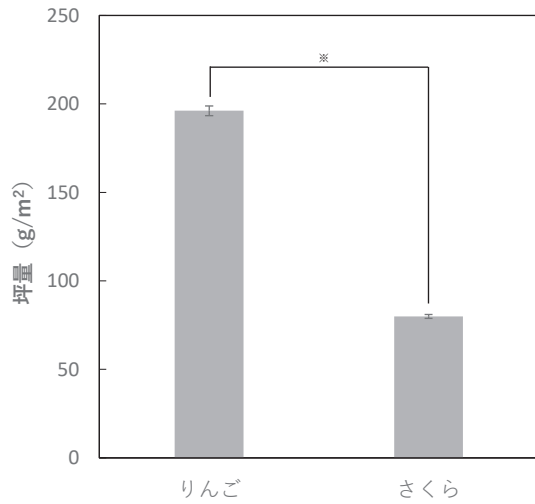


図9 両紙の坪量

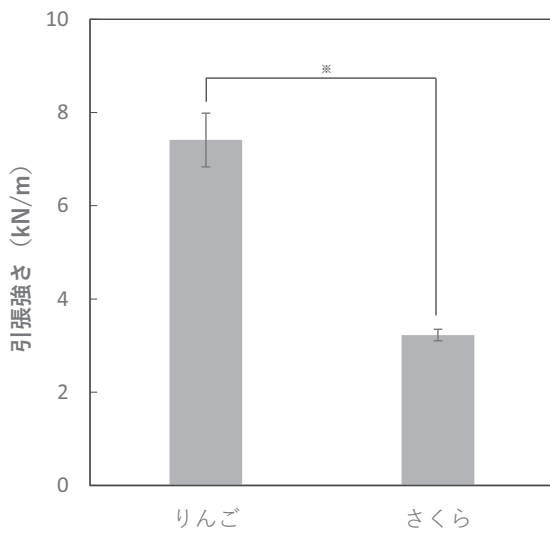


図10 両紙の引張強さ

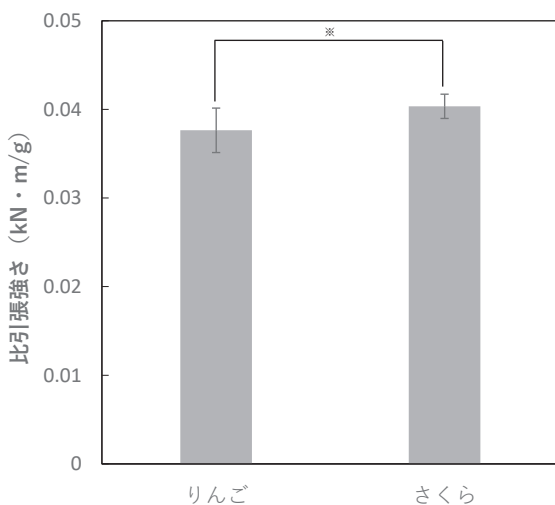


図11 両紙の比引張強さ

図12～図14に各紙の色差 (Lab 色空間) を示した。Lab 色空間 (L 値: 明度, a 値: +赤～-緑, b 値: +黄色～-青⁹⁾) の内, L 値およびb 値はりんご剪定枝紙の方が高かった。一方, a 値はさくら剪定枝の方が高かった。また, これらの値に対して有意差があるかt検定を行ったところ, $p < 0.05$ の有意差が確認された。これより, L 値およびb 値はりんご剪定枝, a 値はさくら剪定枝の方が高いことが分かった。

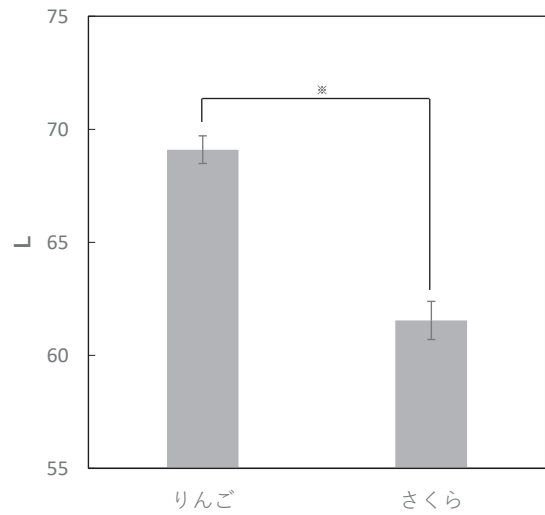


図12 両紙のL値

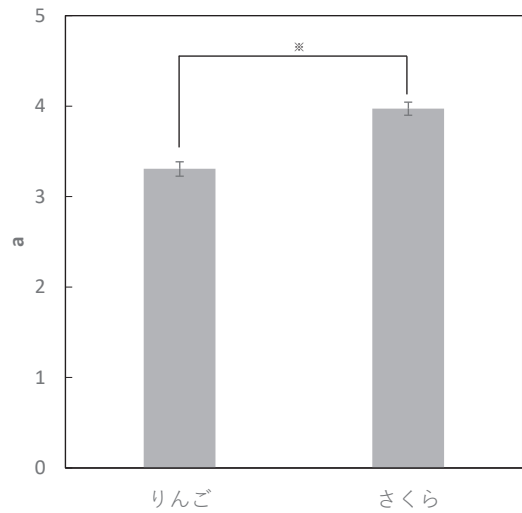


図13 両紙のa値

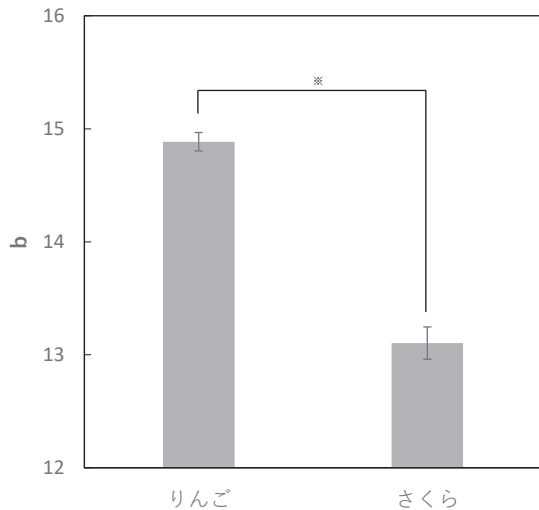


図14 両紙の b 値

おわりに

本稿では、JIS 内容を比較項目とし、未検討であるりんご剪定枝およびさくら剪定枝パルプを抄紙機にて作製した紙の物性を比較し、両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) 繊維長は、りんご剪定枝パルプが0.80mmであったのに対して、さくら剪定枝は0.58mmであった。
- (2) 坪量は、りんご剪定枝紙が196.9g/m²であったのに対して、さくら剪定枝紙は79.6g/m²であった。また、引張強さはりんご剪定枝紙が7.4kN/mであったが、さくら剪定枝が3.2kN/mとの値を示すことが分かった。
- (3) 色差において、L 値および b 値はりんご剪定枝、a 値はさくら剪定枝の方が高いことが分かった。

引用文献

- 1) 農林水産省：バイオマスの活用をめぐる状況，<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-96.pdf> (2021.1.5)
- 2) 青森県：青森県バイオマス活用推進計画 (2011)
- 3) 弘前さくらまつり2022，<https://www.hirosakipark.jp/sakura/2014/05/6044/> (2022.1.3)
- 4) 陸奥新報社，<http://www.mutusinpou.co.jp/news/2021/02/63812.html> (2022.1.3)
- 5) 日本工業規格：“JIS P0001：1998 紙・板紙及びパルプ用語”（日本規格協会）
- 6) 廣瀬 孝，八島光勇，山科則之：りんご剪定枝を原料としたパルプとその物性に関する研究，弘前大学教育学部，第125巻，pp.145-148 (2021)
- 7) 廣瀬 孝，八島光勇，山科則之，張 樹槐：異なる混合率で作製したさくらの剪定枝紙の物性，2021年度日本産業技術教育学会-東北支部大会-，B22 (2021)
- 8) 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）
- 9) 宮西孝則：ユーカリ植林木の高白色度メカニカルパルプ製造技術，紙パ技協誌，73巻，4号，pp.328-333 (2019)
- 10) 木村篤樹：紙メディアの未来と動向，日本画像学会誌，第56巻，第5号，pp.530-536 (2017)
- 11) 河野孝央：減塩しおで作る自然放射能線源および教材としての実用性評価，RADIOISOTOPES，67巻，11号，pp.559-569 (2018)
- 12) 中村昌英：オフィス製紙機を実現する乾式古紙再生技術の開発，紙パ技協誌，72巻，7号，pp.779-785 (2018)
- 13) 江前敏晴：紙のトライボロジー概説，トライボロジスト，46巻，10号，pp.741-746 (2001)
- 14) 吉原 浩，吉延匡弘：手動式つかみ具およびタブを使用したコピー用紙の引張特性の簡便な評価，Journal of the Society of Material Science, Jaman，64巻，5号，pp.350-355 (2015)
- 15) 長澤 茂，菊池一哉，多賀智治，村山光博，福澤康，片山 勇：くさび刃による板紙の切断特性，48巻，558号，pp.650-654 (2015)
- 16) 哈 斯，木村照夫：加熱成形可能なパルプ/PLA機能紙の開発と特性，Journal of Fiber Science and Technology，73巻，12号，pp.355-362 (2007)

謝辞：さくら剪定枝のチップ化にご協力を頂いた弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場，りんご剪定枝のパルプ化および紙化を行って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る。

(2022. 1. 18 受理)