

手漉きにより作製したりんご剪定枝由来紙の 物性に関する研究

— 針葉樹パルプ混合による影響 —

Properties of hand-made paper from different rate apple pruned branch pulp

— Effect of mixed softwood pulp —

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

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

要 旨

本稿では、和紙の原料である楮とりんご剪定枝から得たパルプおよび針葉樹パルプを異なる混合率で混合し、手漉きにて紙を作製、その物性評価を行った。具体的には、りんご剪定枝パルプと針葉樹パルプの平均繊維長の測定やそれらを異なる比率で作製した紙の坪量や引張強さの物性を比較した。その結果、りんご剪定枝パルプの平均繊維長は0.52mmであったのに対して、針葉樹パルプは2.45mmであった。また、りんご剪定枝パルプの混合率が高くなるに従って、引張強さはゆるやかに減少することが分かった。また、比引張強さは減少することがわかった。

キーワード：りんご剪定枝，パルプ，坪量，引張強さ，比引張強さ

緒言

弘前大学や地元企業などでつくる「りんご／さくら和紙研究会」（会長：弘前大学教育学部技術教育講座・廣瀬 孝 准教授）は、2023年1月28日～2月5日にかけて青森県八戸市や南部町で開催される「特別国民体育大会冬季大会」向けの表彰状として、未利用資源であるりんご剪定枝を原料にした「りんご剪定枝和紙」を提供した¹⁾。表彰状は「オール青森」を目標に作製され、具体的には県内のりんご剪定枝から作製したパルプおよび、青森県・岩手県産材の針葉樹パルプを主原料として表彰状を作製した。既往の研究において、著者らはりんご剪定枝パルプおよび楮パルプを異なる率で混合し、手漉きで作製した紙の物性やりんご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。その結果、りんご剪定枝パルプの繊維長は、広葉樹であるポプラのパルプと同等であることを報告し

ている¹⁾。また、引張強さは、楮パルプの混合率0%の紙と楮パルプ20%の紙との間に差があったが、その他の間では差がなかったと報告している²⁾。

しかし、和紙の原料である楮と、広葉樹であるりんごの剪定枝から作製したパルプおよび針葉樹パルプを混合し、作製した紙に関する研究は行われていないのが現状である。

そこで本稿では、引張強さに変化があった楮混合率20%の率に対してりんご剪定枝から作製したパルプおよび針葉樹パルプを異なる比率で混合し、手漉きにて表彰状用紙のサンプルを作製、その物性を評価した。

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2021年4月に青森県弘前市内にて剪

* 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

定されたものを用いた。またチップ化は、大型チップパーを利用し、10mmのスクリーンを通して行なった。

2.1.2 パルプ化および紙化

りんご剪定枝チップのパルプ化は、始めに4Lの蒸解釜に2.1.1で作製した図1のりんご剪定枝チップ300g（乾燥重量）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、りんご剪定枝パルプをスティックブレンダー（テスコム社製、THM310）、針葉樹パルプおよび楮パルプをナイヤガラピーター型の叩解機（メーカー不明）にて叩解（紙を抄造するための前処理として製紙用繊維を水道水とともに機械的に処理すること³⁾）した。次に直径50cmほどのタライの中に、上記で得たりんご剪定枝パルプ、針葉樹パルプ（三菱製紙社製）および楮を混合したものと、とろろあおい（和紙をすくとき長繊維が沈降するのを防ぎ、これを均等に分散させ、重ね合わせた和紙の接着を防ぐために用いる粘質物³⁾）を溶かした水道水を投入し、150mm×100mmの漉桁を用いて「溜め漉き」という技法により、抄紙を行なった。楮パルプの混合率は20%で設定した。また、りんご剪定枝パルプの混合率は10%、20%、30%、40%とし、その比率に合わせて針葉樹パルプを混合した。



図1 作製したりんご剪定枝チップ

2.2 基本物性の評価

パルプの物性評価として、繊維長の測定を行った。まず、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ガラスに滴下し、105°C・12時間で乾燥、顕微鏡を用いて、スライドガ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、100本の視野に入った完全な繊維を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。

紙の物性評価として、坪量、引張強さの測定を行った。坪量の測定は、溜め漉きにて作製したそれぞれの紙3枚から、150mm×30mmの試験片を6枚切り出し硝酸マグネシウム六水和物と共にデシケーターに入れ、それぞれ23°Cの定温乾燥器内に置き、相対湿度50±2%で24時間調湿した⁴⁾。次に長さおよび幅は鋼尺（新潟精機社製、SD-300S）、質量は電子天秤（島津製作所社製、TW323N）を用いて測定し、面積と質量の値より坪量を算出、6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の試験片を10枚準備し、上記条件で調湿を行った。次に卓上型引張圧縮試験機を用いてJISP8113に準じて引張速度20mm/minで行い、最大応力等より引張強さを算出し、10枚の結果を平均した⁵⁾。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。

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

結果および考察

図2および図3にりんご剪定枝パルプおよび針葉樹パルプの画像を示した。両繊維とも細長い形状であった。また、これらの画像を用いて測定した繊維長を図4に示した。繊維長（平均値±標準偏差）は、前者が0.52±0.22mm、後者が2.45±0.70mmであることが分かった。この結果から、本稿で使用したりんご剪定枝パルプと針葉樹パルプの繊維長の差は4.7倍であることが確認された。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。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⁶⁾。使用した針葉樹パルプはこの範囲に含まれており、りんご剪定枝パルプの繊維長は、範囲内には含まれないものの、近い値であることが分かった。

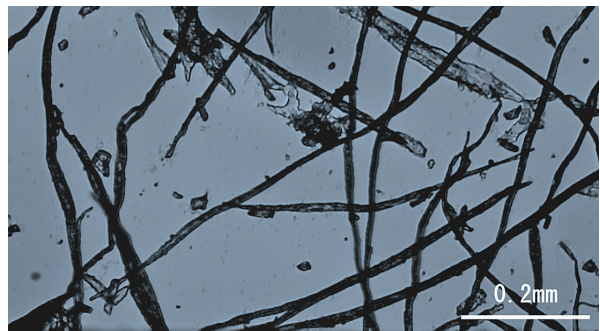


図2 りんご剪定枝パルプ



図3 針葉樹パルプ

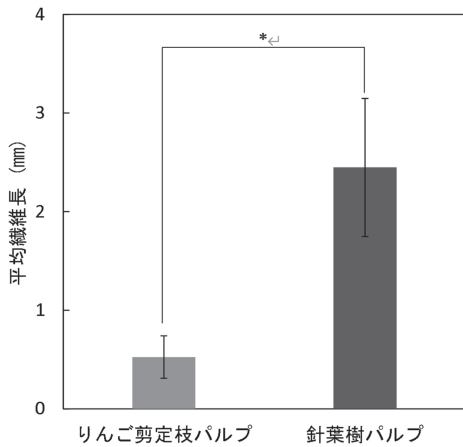


図4 パルプの繊維長
* : $p < 0.05$

図5に混合率と坪量との関係を示した。坪量は112~218g/cm²の範囲にあり、それぞれの条件で大きく異なった。数森らは、坪量107.9g/m²の上質紙を研究に用い、また、柄沢らは坪量202.7g/m²の葉書印刷用板紙を研究に用いている^{7, 8)}。本稿で作製した紙の坪量は上質紙よりも大きく、最大のものははがき程度の坪量であることが分かった。一方、針葉樹パルプの混合率が高くなるに従って、坪量は減少する傾向を示した。坪量にばらつきが出た原因として、抄紙の際、タ

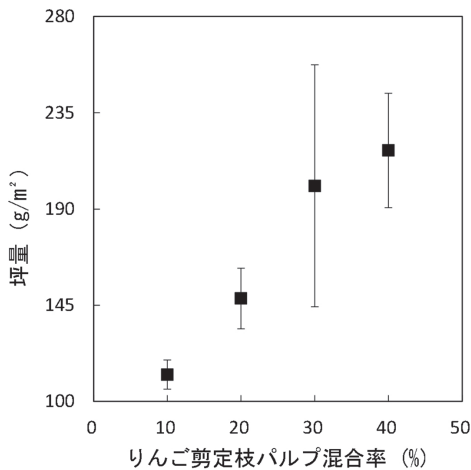


図5 混合率と坪量との関係

ライ内で浮遊している繊維の量が各条件によって異なり、漉き桁内のパルプ量に変動があったことが原因と考えられる。

図6に混合率と引張強さとの関係を示した。引張強さはりんご剪定枝パルプの混合率が高くなるに従ってゆるやかに減少し、決定係数 R^2 は0.906と高い値を示した。針葉樹パルプの混合率が40%の紙と70%の紙の引張強さを比較すると後者が10.15%高くなっていることが分かった。

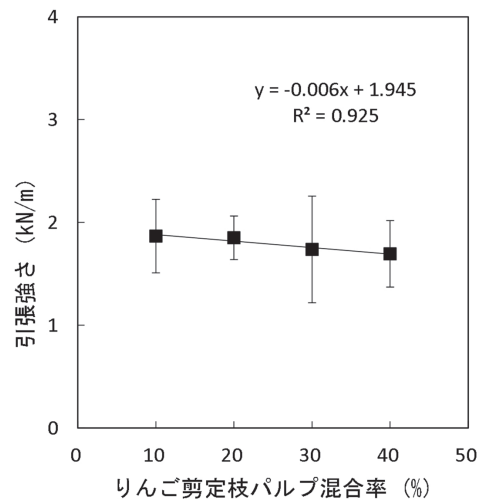


図6 混合率と引張強さとの関係

図7に混合率と比引張強さとの関係を示した。比引張強さはりんご剪定枝パルプの混合率が高くなるに従って減少し、決定係数 R^2 は0.958と高い値を示した。この結果より、繊維長の長い針葉樹パルプの混合率が高くなるに従って、繊維長の短いりんご剪定枝パルプと置き換わることで繊維間結合力が大きくなり、比引張強さが増加したと考えられる。

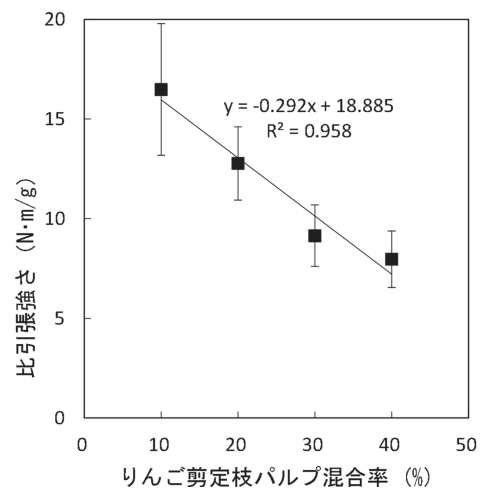


図7 混合率と比引張強さとの関係

結言

本稿では、りんご剪定枝から作製したパルプと針葉樹パルプおよび、和紙の原料である楮を異なる比率で混合し、その物性を評価した。具体的には、りんご剪定枝パルプおよび針葉樹パルプの平均繊維長の測定や作製した紙の引張強さや比引張強さの物性を比較し、以下の知見を得た。

(1) りんご剪定枝パルプの平均繊維長は0.52mmであったのに対して、針葉樹パルプは2.45mmであった。

(2) りんご剪定枝パルプの混合率が高くなるにつれて、比引張り強さは減少する傾向を示した。

引用文献

- 1) 弘前大学トピックス (2022. 12. 20)
<https://www.hirosaki-u.ac.jp/topics/81816/>
- 2) 廣瀬 孝, 八島光勇, 山科則之: りんご剪定枝パルプおよび楮パルプを用いた紙の物性, 弘前大学教育学部, 第127巻, pp. 123-127 (2022)

- 3) 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)
- 4) 日本工業規格: “JIS P8111: 紙, 板紙及びパルプの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) 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)
- 7) 数森康二, 内藤 勉, 白田誠人, 門屋 卓: 紙の触感と物性値の対応, 紙パ技協誌, 第35巻, 第8号, pp. 703-712 (1981)
- 8) 柄沢元文, 永澤 茂, 福澤康: 非対称刃による印刷板紙の押抜切断挙動 (OS1-2 生産加工システム II), 生産システム部門講演会講演論文集, pp. 37-38 (2009)

謝辞: りんご剪定枝のパルプ化を行って頂いた三菱製紙株式会社八戸工場様, 紙の作製にご協力頂いた成田雅美様に深く感謝の意を表する。

(2023. 1. 12 受理)