

異なる混合率で作製したりんご剪定枝由来紙の 物性に関する研究

Properties of paper from different rate apple pruned branch pulp

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

Takashi HIROSE^{*}，Mitsutoshi YASHIMA^{*}，Mao Azuma^{*}，Noriyuki YAMASHINA^{**}，Shu-huai ZHANG^{***}

要 旨

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を異なる比率で混合し、その物性評価を目的として検討を行った。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それらを異なる比率で作製した紙の引張強さや色差等の物性を比較した。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25%の時、0%の引張強さの10%減に留まった。一方、混合率が高くなるに従ってL*値は低く、a*値、b*値は高くなることが分かった。

キーワード：りんご剪定枝，パルプ，坪量，引張強さ，色差

緒言

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」と定義されている¹⁾。既往の研究において、著者らは1)りんご剪定枝パルプおよび楮パルプを異なる比率で混合し、手すきで作製した紙の物性、2)りんご剪定枝パルプを手すきおよび抄紙機を用いて作製した紙の物性を比較し、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、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が分かった。また、密度は手すきが0.25～0.31g/cm³の範囲にあったのに対して、抄紙機を用いて作製した紙は、手すきと比較して2.1倍大きかった。引張強度は楮パルプの混合率0%の紙と他との間に差があったが、その他の間では差がなかった。また抄紙機を用いて作製した紙は、手すきと比較して13.8倍大きかった²⁾

と報告している。

一方、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³⁾。しかし、広葉樹であるりんごの剪定枝から作製したパルプと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。

そこで本研究では、りんご剪定枝から作製したパルプに対して針葉樹パルプを異なる比率で混合し、手漉きにて紙を作製、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。

* 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
*** 弘前大学農学生命科学部
Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

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℃まで1時間、その後43分間、温度を維持して行った。紙化は、上記で作製したりんご剪定枝パルプおよび針葉樹パルプ(三菱製紙社製)を用い、混合率はりんご剪定枝パルプが0%, 10%, 25%, 50%, 100%とした。また、目標の坪量はコピー用紙を想定し、65g/cm²とした⁴⁾。更に紙化は、丸形抄紙装置(熊谷理機工業社製)を使用し、230mm径の型枠を用いて行った。

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グラスに滴下し、105℃・12時間で乾燥、顕微鏡を用いて、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、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、色差の測定を行った。坪量の測定は、抄紙装置にて作製した紙(230mm径)4枚を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℃の定温乾燥器内に置き、相対湿度50±2%で24時間調湿した⁵⁾。次に質量を電子天秤で測定し、面積と質量の値より坪量を算出、4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、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。

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

色差の測定は、簡易型分光色差計(Variable社製, Spectro 1)を用いて、それぞれの紙より任意の10か所のL*a*b*色空間(L*値: 明度, a*値: +赤~-

緑, b*値: +黄色~-青⁶⁾)を測定、その結果を平均した。

結果および考察

図1および図2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。観察すると、両繊維とも扁平な形状であった。既往の研究で観察された繊維外観も同様に扁平だった⁷⁾ことより、他の原料由来のパルプと形状においては相違ないことが分かった。これらの画像を用いて測定した繊維長を図3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。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⁸⁾。またらは、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^{9), 10)}。りんご剪定枝パルプの繊維長は、広葉樹であるポプラと比較して同等か若干短いことが分かった。

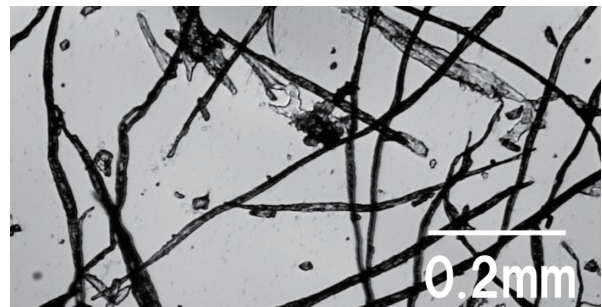


図1 りんご剪定枝パルプ

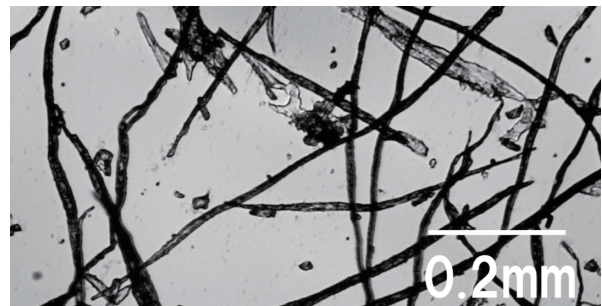


図2 針葉樹パルプ

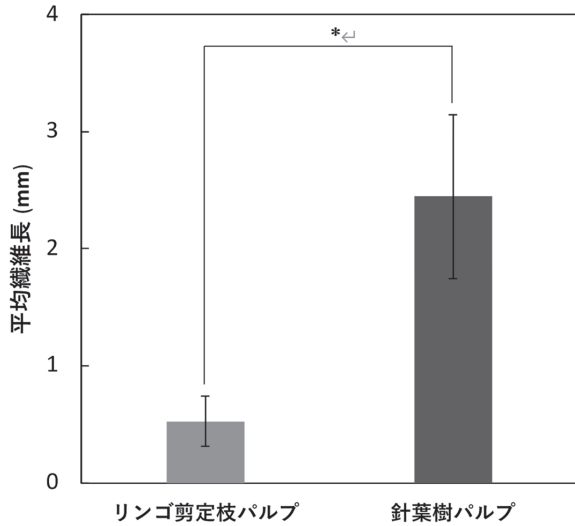


図3 パルプの繊維長
*: $p < 0.05$

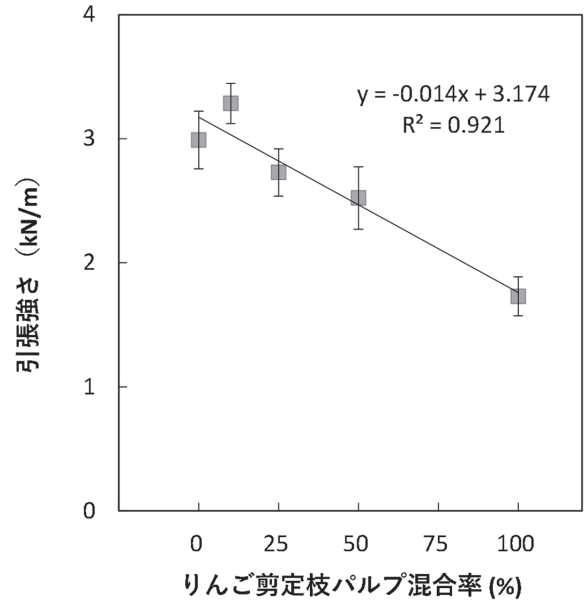


図5 混合率と引張強さとの関係

図4に混合率と坪量との関係を示した。坪量は59～62g/cm²の範囲にあり、それぞれの条件で大きくは異ならならず、また、今回想定したコピー用紙の坪量である65g/cm²とほぼ近い値で作製することができた。

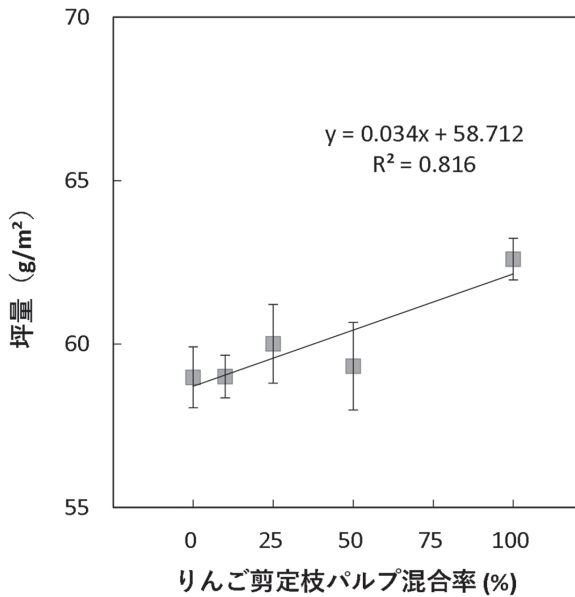


図4 混合率と坪量との関係

図5に混合率と引張強さとの関係を示した。引張強さは混合率が高くなるに従って低くなる傾向にあり、また決定係数 $R^2=0.921$ と高い値を示した。りんご剪定枝パルプの混合率が25%で0%の引張強さの10%減に留まった。また、混合率100%は0%と比較して約42%低く、繊維長の短いりんご剪定枝を多く混合することで引張強さは低くなることが分かった。

図6に混合率と比引張強度との関係を示した。引張強さは混合率が高くなるに従って低くなる傾向にあり、また決定係数 $R^2=0.921$ と高い値を示した。また、混合率100%は0%と比較して45%低く、引張強さと同様に繊維長の短いりんご剪定枝を多く混合することで引張強さは低くなることが分かった。

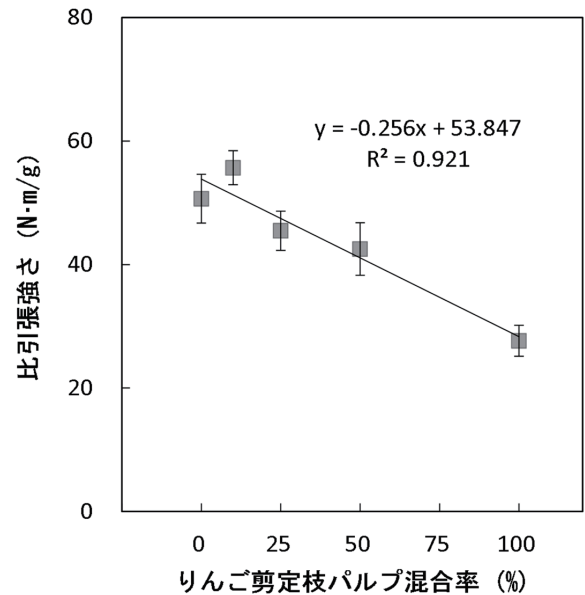


図6 混合率と比引張強さとの関係

図7～図9に各紙の色差（L*a*b*色空間）を示した。L*a*b*色空間（L*値：明度，a*値：+赤～-緑，b*値：+黄色～-青⁶⁾）の内，L*値はりんご剪定枝の混合率が高くなるに従って低くなる傾向を示した。一方，a*値とb*値は楮の混合率が高くなるに従って高くなる傾向を示した。

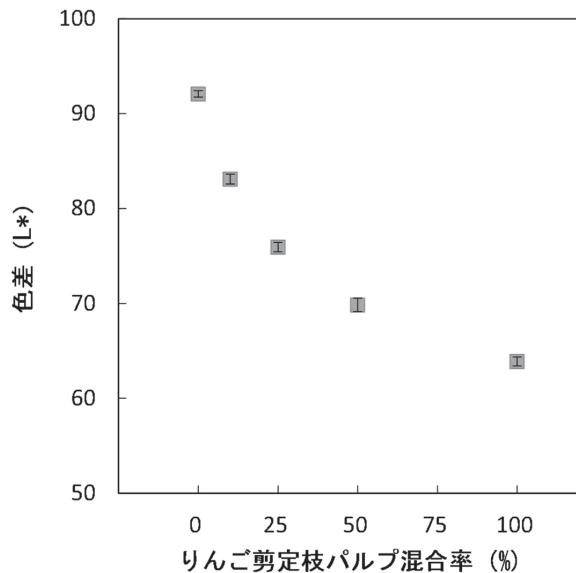


図7 混合率とL*値との関係

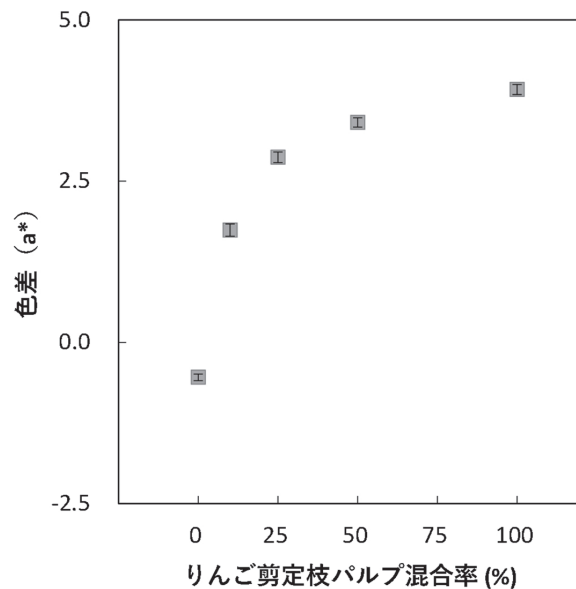


図8 混合率とa*値との関係

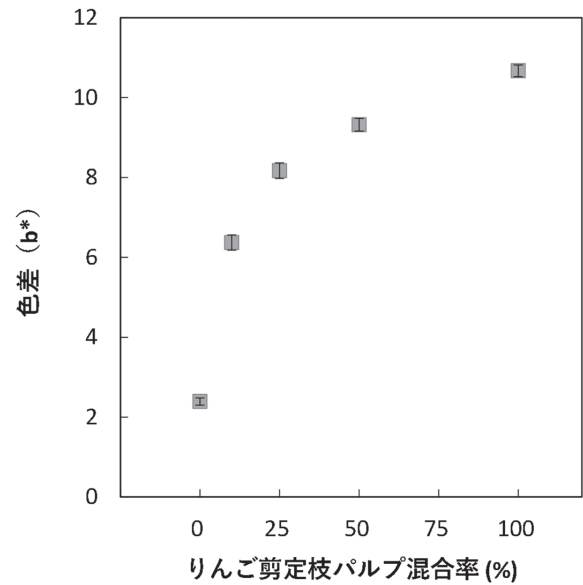


図9 混合率とb*値との関係

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を異なる比率で混合し，その物性評価を目的として検討を行った。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それらを異なる比率で作製した紙の引張強さや色差等の物性を比較した。

- (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25%の時に0%の引張強さの10%減に留まった。
- (3) 色差は，L*a*b*の内，混合率が高くなるに従ってL*値は低く，a*値，b*値は高くなることが分かった。

引用文献

- 1) 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）
- 2) 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）
- 3) 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）
- 4) 細村弘義：コピー用紙消費の環境問題改善アプローチ，電子写真学会誌，第35巻，第1号，pp.59-66（1996）
- 5) 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）

- 6) 妹尾拓司, 橋本晋輔, 三ツ井奨一朗, 山本涼平, 猪谷富雄: 紫稲および黄稲系統の品種特性ならびに色素発現に及ぼす光の影響, 日作紀, 第90巻, 第2号, pp. 182-193 (2021)
 - 7) 細村弘義: コピー用紙消費の環境問題改善アプローチ, 電子写真学会誌, 第35巻, 第1号, pp. 59-64 (1996)
 - 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) 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 (2017)
 - 10) 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)
- 謝辞:** 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。
- (2023. 1. 12 受理)