

## ニセアカシア手漉き紙の物性

# Properties of black locust (*Robinia pseudoacasia* L.) handmade paper

東 眞央\*・齊藤 智\*・八島 光勇\*・廣瀬 孝\*, \*\*  
Mao AZUMA\*・Tomo SAITO\*・Mitsutoshi YASHIMA\*・Takashi HIROSE\*\*\*

### 要 旨

ニセアカシア間伐材を原料としたパルプより、スギパルプと混合率を変えながら手漉き紙を6種類作製し、得られたパルプ及び紙の物性を調べた。その結果、ニセアカシヤパルプの平均繊維長は1.11mm、スギパルプは2.57mmであった。手漉きにて抄紙した紙の引張強さは、ニセアカシヤパルプの割合を増やすとともに低下することが分かった。また色差を比較すると、L\*値の平均はニセアカシヤパルプ100%の紙が73.1、スギパルプ紙が94.3であった。

キーワード：ニセアカシア，パルプ，手漉き，紙，引張強さ，色差

### 緒言

ニセアカシア (*Robinia pseudoacasia* L.) は、ハリエンジュとも呼ばれる北米原産のマメ科高木種で、日本へ1873年に導入されて以降、主に街路樹、砂防林、蜜源植物、薪炭材、庭木、肥料等に利用されている<sup>1), 2)</sup>。樹皮には毒があり、馬などの家畜が食べると中毒を引き起こす<sup>1)</sup>。加えて耐暑性、耐乾性があり、繁殖力も旺盛であることから、日本の侵略的外来種ワースト100に指定されているほか、高速道路の整備時に多量の間伐材が発生する<sup>2)</sup>。ニセアカシアは他の木材と比較して結晶性セルロースの割合が高く、その繁殖力も相まって紙の原料であるセルロースを他種の木材より多く入手可能等、パルプ原料として適していると推察される<sup>3)</sup>。このことからニセアカシアは、①紙の材料となる成分が多い、②除去する成分が少ない2点より、大量生産を前提とした紙の原料として優れていると考えられる。

本研究では、ニセアカシヤパルプと他樹種パルプの混合率を変えながら手漉き紙を作製し、どのような物性を有しているかを調べた。

### 実験方法

#### 2.1 試料の作製

##### 2.1.1 チップの作製

ニセアカシアは2023年春にNEXCO 東日本青森管理事務所管内にて間伐されたものを用いた。チップ化は、チップパー機 (MUS-MAX 社製) を用いて行った。図1に作製したチップを示す。



図1 ニセアカシヤ間伐材チップ

##### 2.1.2 パルプ化および紙化

パルプ化は、西嶋和紙工業協同組合所有の装置で行った。蒸解釜に550kgのチップを投入し、苛性ソー

\* 弘前大学教育学部技術教育講座

\* Department of Technology Education, Faculty of Education, Hirosaki University

\*\* 弘前大学農学生命科学研究科農学生命科学専攻

\*\* Department of Agriculture, Graduate School of Agriculture, Hirosaki University

ダ220kg, 水分量45%で総質量995kgになるよう調整, ソーダ法を用いてケミカルパルプを作製した。また他樹種パルプとしては, スギを用いた。図2に作製したニセアカシアパルプを, 図3にスギパルプを示す。



図2 ニセアカシアパルプ

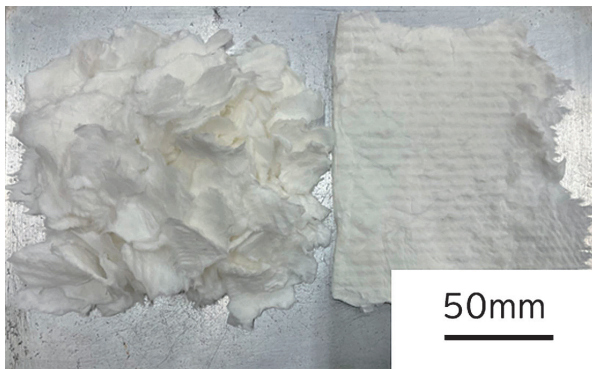


図3 スギパルプ

紙化は手漉きセット ((株) 大和科学教材研究所製) を用いて行った。手漉き紙は, ニセアカシアパルプの割合が0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%になるよう, 6種類作製した。図4に手漉き紙の写真を示す。なお10%の紙は, 環境に配慮した商品につけられるバイオマークの認定要件「申請商品に含まれるバイオマス割合が, 申請商品乾燥重量あたり10%以上であること」を意識したものである<sup>4)</sup>。



図4 作製した手漉き紙  
(左からニセアカシアパルプ混合率 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%)

## 2.2基本物性の評価

パルプの繊維長測定は, 始めに試験管へ蒸留水 (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) を用いてパルプを分散させた。次に, 試験管中の混合水をスポイトによりスライドガラスに滴下し, 100°C・12時間で乾燥, マイクロスコープ (Swift社製, SS-110) 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, 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を用いて測定し, 繊維の詳細な写真をSwift Easy Viewを用いて撮影した。

引張強さの測定は, それぞれの紙より150mm×15mmの試験片を計10枚切り出し, 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, それごと23°Cの定温乾燥機器 (アズワン社製, ONW-450S) 内に置き, 相対湿度 $50 \pm 2\%$ で24時間調湿した<sup>5)</sup>。次に卓上型引張圧縮試験機 (A&D社製, MCT-1150) を用いて JIS P 8113に準じて20mm/minで行い, 試料の最大応力等から得られた引張強さの結果を平均した。色差の測定は, 小型分光測色計 (Variable社製, Spectro1) を用いて行った。

## 結果と考察

図5にニセアカシアパルプ, 図6にスギパルプの顕微鏡画像, 図7に両パルプの繊維長を示した。ニセアカシアパルプの平均繊維長は $1.11 \pm 0.32\text{mm}$ , スギパルプは $2.85 \pm 0.67\text{mm}$ であった。既往の研究において, 針葉樹の繊維は長く, 広葉樹の繊維は短いことが示されている<sup>6)</sup>。ニセアカシアパルプは針葉樹パルプと比較して繊維が短くなり, 既往の研究と同様の結果が得られた。対して, 針葉樹パルプの混合率が高まるほど地合いのむらは強くなるため<sup>7)</sup>, 広葉樹であるニセアカシアパルプを混合して作製した手漉き紙の地合いは良いと考えられる。

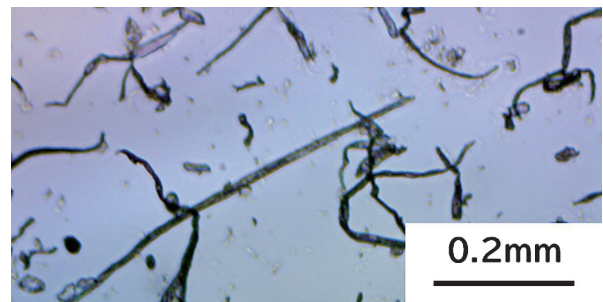


図5 ニセアカシアパルプの顕微鏡写真

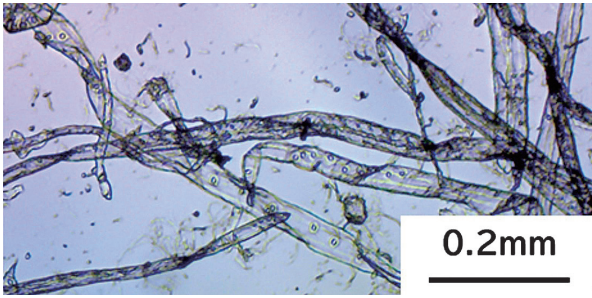


図6 スギパルプの顕微鏡写真

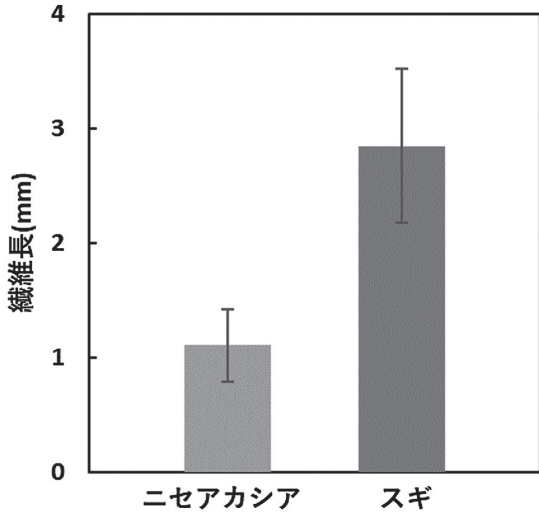


図7 両パルプの繊維長

図8に作製した紙のニセアカシアパルプ混合率と坪量との関係を示した。各紙の坪量は、 $220.0 \pm 20.5 \text{g/m}^2 \sim 258.7 \pm 11.0 \text{g/m}^2$ であり、混合率による大きな違いはなかった。

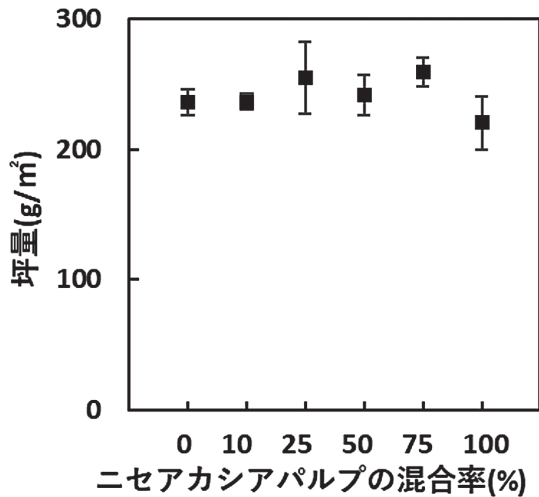


図8 手漉き紙の坪量

図9に作製した紙のニセアカシアパルプ混合率と引張強さとの関係を示した。最も高い値を記録したのは針葉樹パルプ100%の紙で、そこからニセアカシアパルプの混合率を高めていくにつれて、徐々に引張強さ

が低下する傾向を示した。

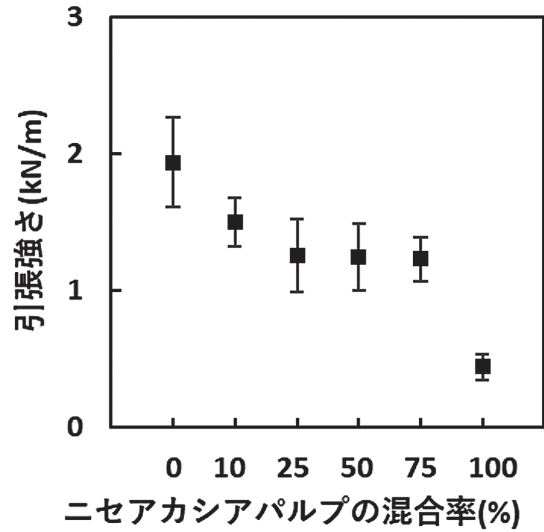


図9 手漉き紙の引張強さ

図10に作製した紙の比引張強さを示した。比引張強さとは、紙及び板紙の引張強さを坪量で除した数値である<sup>8)</sup>。最も高い値を記録したのは針葉樹パルプ100%の紙で、そこからニセアカシアパルプの混合率を高めていくにつれて、徐々に比引張強さが低下する傾向を示した。紙の繊維同士は水素結合で結びついており、引張強さの機構において最も大きな役割を果たしている<sup>9)</sup>。また短繊維パルプの混合率が増えると、単体の繊維強度の問題で引張強さが低下する<sup>9)</sup>。本研究では、短繊維であるニセアカシアパルプを増やしたため、強さが低下したと考えられる。

単体の繊維強度の問題で引張強さが低下する<sup>9)</sup>。本研究では、短繊維であるニセアカシアパルプを増やしたため、強さが低下したと考えられる。

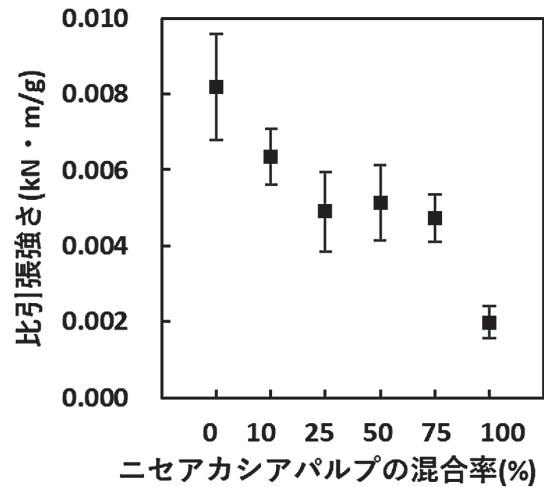


図10 手漉き紙の比引張強さ

図11に作製した紙の色差 ( $L^*$  値) を示した。 $L^*$  値は明度を示し、値が大きくなると白色に近づく<sup>10)</sup>。ニセアカシアパルプの混合率が高くなるに従って、 $L^*$  値は小さくなり白色から遠ざかる結果となった。

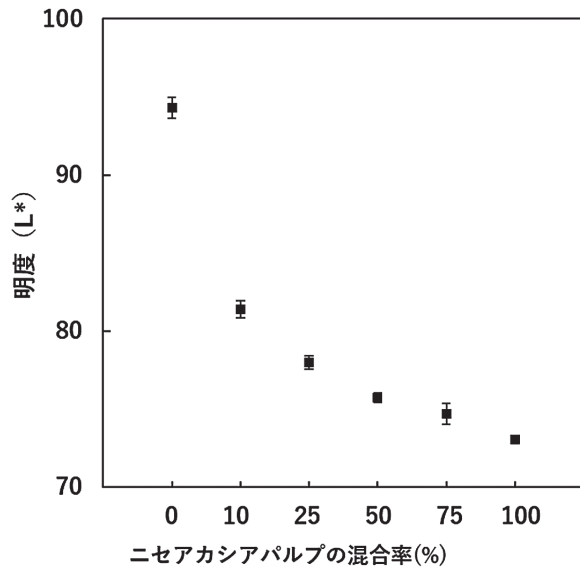


図11 手漉き紙の色差 ( $L^*$  値)

図12に作製した紙の色差 ( $a^*$  値) を示した。 $a^*$  値は色相・彩度を表しており、正の値が大きくなるほど赤色に近づき、負の値が大きくなるほど緑色に近づく<sup>10)</sup>。 $a^*$  値は、ニセアカシアパルプの混合率を高めるとともに値が大きくなり、赤色側に近づく結果となった。

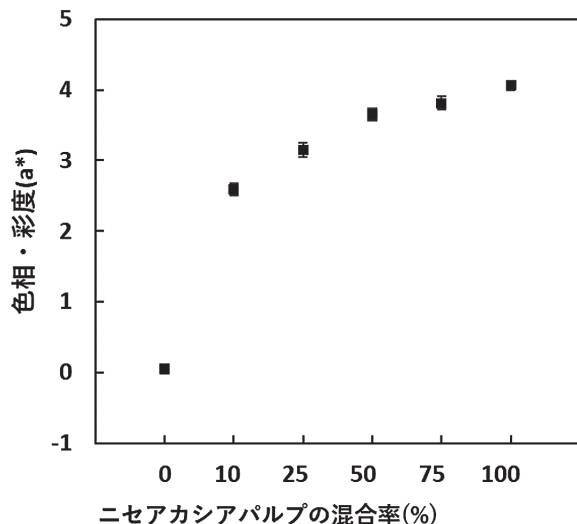


図12 手漉き紙の色差 ( $a^*$  値)

図13に作製した紙の色差 ( $b^*$  値) を示した。 $b^*$  値は色相・彩度を表しており、正の値であれば60に近づくほど黄色に近づき、負の値であれば-60に近づくほど青色に近づく<sup>10)</sup>。 $b^*$  値はニセアカシアパルプの混合率を高めるとともに値が大きくなり、黄色側に近づ

く結果となった。

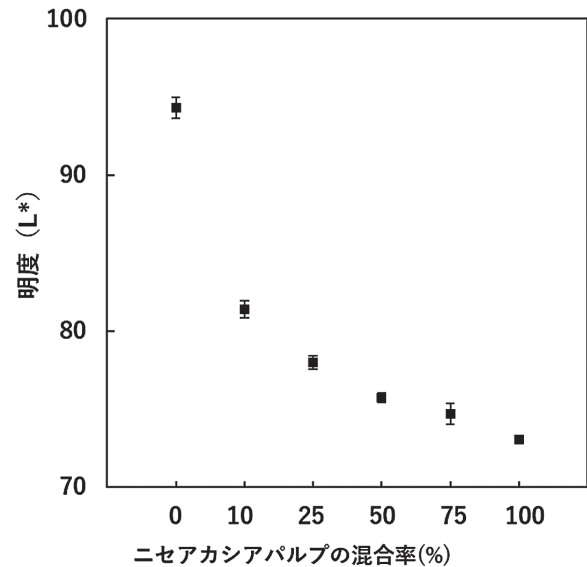


図13 手漉き紙の色差 ( $b^*$  値)

#### 結言

ニセアカシア材をパルプ化し、そのパルプとスギパルプを混合して作製した手漉き紙6種の物性を比較した結果、次のような知見が得られた。

- (1) ニセアカシアパルプの平均繊維長は $1.11 \pm 0.32$ mm、スギパルプの平均繊維長は $2.85 \pm 0.67$ mmで、約2.57倍の差が見られた。
- (2) ニセアカシアパルプの混合率を高めると、徐々に引張強さ、比引張強さが低下する傾向を示した。
- (3) ニセアカシアパルプの混合率を高めると、明度は低下し、色相・彩度はわずかに増加した。

#### 引用文献

- 1) 財団法人自然環境研究センター：日本の外来生物，株式会社 平凡社，pp. 281-282 (2008)
- 2) 国立研究開発法人 国立環境研究所：“日本の外来生物”，侵入生物データベース（最終閲覧日：2023. 12. 29）
- 3) 廣瀬孝：“高速道路間伐材由来活性炭の細孔物性に及ぼす化学成分の影響”，弘前大学教育学部紀要 第126号，pp. 117-122 (2021)
- 4) 一般社団法人日本有機資源協会：バイオマスマーク (<https://www.jora.jp/biomassmark/>)（最終閲覧日：2023. 12. 26）
- 5) 日本規格協会，日本工業規格：“JIS P 8111：紙，板紙及びパルプ－調湿及び試験のための標準状態” (1998)
- 6) 石津敦：木の化学－主成分とその利用－，化学と教

- 育第39巻第1号, pp. 11~15 (1991)
- 7) 永井弘一：紙の物理的性質, 電子写真学会誌第28巻第1号, pp. 61~68 (1989)
  - 8) 日本規格協会, 日本工業規格：“JIS P 0001：紙・板紙及びパルプ用語” (1998)
  - 9) 太田隆之, 八十島治雄, 水元正宏, 武裕一郎：紙の強度に関する研究 (第2報) 繊維長の影響について, 紙パ技協誌第16巻第132号, pp. 195~202 (1961)
  - 10) 日本電色工業株式会社：色と光・色の数値化 <[https://nippondenshoku.co.jp/web/japanese/color/color\\_story](https://nippondenshoku.co.jp/web/japanese/color/color_story)> (最終閲覧日：2024. 1. 8)

**謝辞**：本研究は NEXCO 東日本の令和4年度技術研究助成を受けたものである。また、ニセアカシア間伐材をご提供いただいた NEXCO 東日本青森管理事務所様に深く感謝の意を表す。

(2024. 1. 11 受理)