

# ソハヤキ植物要素区系における和紙原料「楮」の葉の形態的 差違とその起源に関する地理情報システム GIS 応用研究 (第1報)

渡邊 高志<sup>1\*</sup>    ロギール・アウテンボーガルト<sup>1,2</sup>

村井 亮介<sup>1</sup>    南 基泰<sup>3</sup>    松田 時宜<sup>4</sup>

(受領日：2014年5月9日)

<sup>1</sup> 高知工科大学地域連携機構補完薬用資源研究室  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> Washi Studio かみこや  
〒785-0603 高知県高岡郡梶原町太田戸1678

<sup>3</sup> 中部大学応用生物学部環境生物科学科  
〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200

<sup>4</sup> 龍谷大学理工学部電子情報学科  
〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5

\* E-mail: watanabe.takashi@kochi-tech.ac.jp

**要約：**総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）の成果として、植物資源データベースと地理情報システム GIS 技術を駆使した統合地域基盤情報システム Lupines を活用し、植物地理分類学でいう「ソハヤキ植物要素区系」における和紙原料植物「コウゾ（楮）」及びその母親である「ヒメコウゾ」の生育環境と遺伝的特性に関する相関を明らかにするための基礎研究を行った。紙原料となるコウゾの地理的変異に関して、それらの葉の形態学的な差違について検討したが、共著者である R. アウテンボーガルト氏が、長年栽培してきたコウゾ株とその片親である高知県内自生種ヒメコウゾについて、電子顕微鏡を用いた品種ごとの繊維比較を行った結果、コウゾの種類によって繊維の長さや太さが異なり多様性がある事が解った。また、コウゾの葉の形態の多様性を認める結果を得た事で、優れた系統株として用途に応じた利用方法を考える必要がある。さらに本研究では、コウゾの起源種の自生地分布状況を把握するとともに、森林資源としてのコウゾの持続的利用に資する賦存量の調査研究を行っている。

## 1. はじめに

植物の生育地は地域ごとに特徴があり、さらに植物の持つ医薬学的効能を地域資源と考えれば、どんな植物が何処にどのように自生しているかという情報は重要な地域コンテンツといえる。一方で、広範

囲に及ぶ調査活動で集まるデータ量は膨大であり、かつ分類整理には専門性が必要である。そこで地域社会の持続安定的な発展に資する有用植物資源利活用システムとして膨大なデータを集約し公開するためのプラットフォームとデータベースが必要で

あった。平成 22-23 年度は、総務省の SCOPE（戦略的情報通信研究開発推進事業）により<sup>1-6)</sup>、地域植物資源のフィールド調査で収集した植物の情報、位置、撮影した写真を効率的に記録できる有用植物資源利活用システム・ルピナス（以下、Lupines と云う）<sup>5)</sup>を学内研究室との共同研究により開発した。現在 Lupines は、専門家だけでなく、一般利用者も対象とした設計を行い、平成 23 年度より植物データベースとして公開している。

本研究では、Lupines を起点として、高知県の基幹産業として重要な和紙文化の産業化への応用としての意味を持つ“和紙原料植物”の自生環境の評価、ならびに GIS を基盤とした生育環境と遺伝的特性に関する相関を明らかにするために「楮」の葉の形態学的な差違と起源に関する基礎研究を行なっている。

## 2. 研究の背景

### 2.1 日本の伝統和紙原料とは

高知県は植物の多様性に富み、医薬品、健康食品、そして化粧品素材となり得る数百種におよぶ潜在的な植物資源が未利用、未開拓の状態にある。研究代表者である渡邊を中心に、これら植物資源の長期的活用を図るべく、植物資源戦略のもとで実践的な研究に取り組んできた。本研究で対象とする日本の伝統和紙原料である「楮（コウゾ）・三椏（ミツマタ）・雁皮（ガンピ）」に関して、紙原料繊維以外の抽出物（廃液）からの有効成分を利用した応用研究を推進した。

30 年前にオランダから来日し、高知県旧伊野町で職人として歩み始めた頃から同県梶原町に移住するまで長年にわたり蒐集して来た多くの楮の自然交配選抜品種に自ら着目してきた手漉き和紙作家（土佐の匠）であるロギール・アウテンボーガルト氏（高知工科大学客員教授）との出会いにより、新たな和紙の世界の共同研究が始まった。

### 2.2 土佐和紙の歴史

610 年頃に曇徴という高麗（朝鮮半島）の僧侶によって、初めて日本に「紙」が伝えられた。その後、経典を書くことや、手紙を書くため多くの紙が使われるようになり、各地での紙づくりが盛んになった。高知県では「土佐日記」で有名な平安朝時代の歌人・紀貫之（866~945）により土佐の国司として製紙業が奨励され、「紙を作る国」としての地位を築いていった。江戸時代になると、安芸三郎佐衛門家友により「土佐七色紙」が創作され幕府への献上品として藩の保護を受け、土佐の主要な特産品と

して発展した。また、土佐藩家老・野中兼山（1615~1664）が楮（コウゾ）の栽培を進めたという記録があり、紙作りはますます盛んになっていた。江戸末期に現在の伊野町で生まれた吉井源太により製造能率の向上、紙質の改良等が進められ「土佐和紙の黄金時代」を迎えることとなった。明治時代に入ると日本紙業界の恩人として名を知られる吉井源太が典具帖紙・三椏改良半紙などを考案すると同時に製紙用具の改良に力をそそぎ紙業発展の基礎を築いた。こうして良き人材、自然環境、そして優れた和紙原料に恵まれた高知県は伝統ある地場産業として土佐市・伊野町をはじめ、各地に産地を形成し、紙業王国土佐として発展してきた<sup>7)</sup>。

時代の変遷に伴って全国的に手すき業は衰退したが、手すき和紙は今でも根強い人気があり、中でも土佐和紙は種類の豊富さと品質の良さで有名である。土佐典具帖紙や土佐清帳紙は国の無形文化財として指定されており、昭和 51 年 12 月には「土佐和紙」という名称で高知県の手すき和紙全体が国の伝統工芸品として指定された。

### 2.3 植物資源研究プラットフォームへの情報構築

植物資源研究プラットフォームは、フィールド調査で集まる膨大な採集位置データや撮影画像等を植物ごとに整理し、地域の発展に資する植物資源データベースを構築するために、効率よく調査データを記録し、集積するプラットフォームとなる。アクセス権限を持っているユーザーが、インターネットブラウザ上からプラットフォームに植物情報を登録できるように設計した。登録できるデータは 26 項目ある。登録できる情報は主に植物の種に関する情報群、分類と学名に関する情報群、画像に関する情報群に分類され、現在 19,479 の種を登録しており、特徴や利用法までの詳細情報を伴う登録種は約 500 種ある。さらに、画像情報はおよそ 18,771 点（植物種としては 1 万種に相当し、花、特徴的な部位、有用な部位、生育環境、葉、茎、根等の写真が含まれ、1 種につき 3 点を基準として撮影）の画像データベース化を達成している。登録済みの植物情報に加筆・修正する場合は、植物情報の表示画面から、1 工程で加筆・修正ができるよう配慮した。また、登録されている情報は、csv ファイルとして書き出しが行なえ、集積したデータを研究資料や地域コンテンツとして利活用でき、本研究成果を構築する。

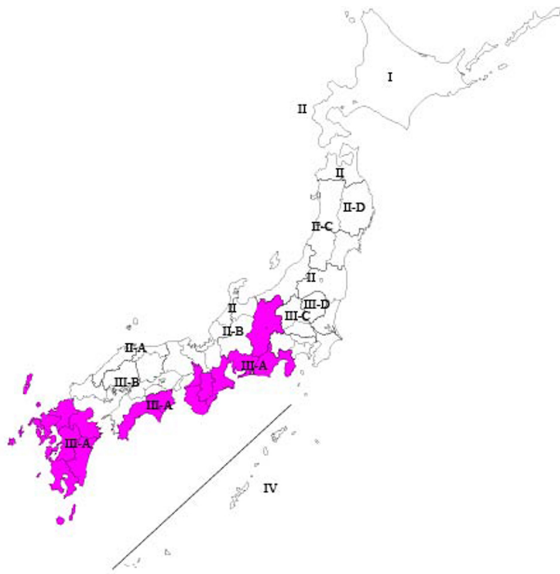


図 1. 森林植生基準にした日本の地理区分

### 3. コウゾ（楮）の概要

#### 3.1 ソハヤキ要素とは

高知県には「シコクブシ」、「ナンカイギボウシ」、「トサミズキ」など地域名が名前に用いられている植物が幾つもある。そして、四国内及び連続する植物要素区系に属する近隣地域の「コウゾ」についても各地域名が付けられている多品種が分布すると考えられているため、各地の系統保存株試料を用いて本研究を遂行する。

高知県には、蛇紋（じゃもん）岩が多く見られる。蛇紋岩はマグネシウムなど植物の成育に影響する無機成分が多く、高知市北側の山並みには、アサマリンドウ、ミシマサイコ、そしてガンビ属を初めとする紙原料植物などが、蛇紋岩地域の岩盤上に生育しているが、アサマリンドウやコウゾは蛇紋岩地域特有ではないと考えられる。

ソハヤキ要素植物とは植物の分布的な特性に従い、地域を区分した日本の植物区系（図1）<sup>8)</sup>の一つのソハヤキ地域を特徴付ける植物である。ソハヤキとは、漢字では「襲速紀」と書き、南九州の古名「襲国」（そのくに）のソ、豊予（ほうよ）海峡の旧名「速吸瀬戸」（はやすいのせと）のハヤ、「紀伊」のキをつないだ名称である。この考えは昭和31年に京都大学の植物学者である小泉源一博士が提唱し、ソハヤキ要素植物は、九州山地と四国山地、紀伊山地に特徴的に分布する植物を指す<sup>9)</sup>。なお、現在ではソハヤキ地域は、関東地方の秩父や日光までを分布域に含む地域として理解されている。これらの植物は中央構造線に沿うように分布が見られ、中国南西部や東部ヒマラヤのアジア大陸に起源を

持つ植物と指摘されているものも多い。主な種類としては、ヤハズアジサイ、クサヤツデ、そしてオンツツジなどが挙げられ、紀州地域の植物相を特徴付ける種類となっている。高知にはソハヤキ要素植物のほか、全域には黒潮の影響を受け高温多湿で降水量も極めて多い太平洋黒潮要素植物、それに加え、地理・地形的な要因も複雑にかかり合っているため、植生も変化に富み地域ごとに特徴的な植物を見ることができる。そして、これらの植物相の違いが要因の一つとなり、多様な高知の風景を生み出している。

#### 3.2 コウゾの植物学的特徴

コウゾはクワ科の被子植物双子葉植物（離弁花）で、日本では本州から九州・沖縄に分布し、人家に近い山地に自生し、または野生化している。朝鮮・中国（南部）にも分布する。高さ2~5m程の落葉低木で雌雄異株（梶原町「紙漉き体験民宿かみこや」で栽培を行っている楮は現在のところ全て雌）と考えられているが、まれに同株という説もあり曖昧になっている。

コウゾは、韌皮繊維の強い雌雄同株のヒメコウゾ（新枝の下部の葉腋に雄花序、上部の葉腋に雌花序をつける）と雌雄異株のカジノキ（正確な原産地は不明のため、現在台湾調査で蒐集したさく葉標本を追加し遺伝的な変異を解明中）の交雑種で、葉は互生する。葉は長さ5~15cm程の卵形~卵円形で、しばしば深く2~3裂、5裂する。先は尖り、基部は丸くて浅い心形、鋸歯を有する。上面は短毛があり少しざらつき、下面は淡色。葉柄は1~2cm程で毛を有する。花は4~5月頃に葉と同時に開花する。雄花序は本年枝の基部に腋生し、多数の雄花が集まる。雌花序は球形で上部の葉腋につき、長い糸状の花柱がのびる。ほとんど結実しないが、集合果は球形で10~15mm程。6月頃赤く熟し、花柱が残るためざらつく。生薬名を【楮実子（チョジツシ）、構皮麻（コウヒマ）】と称し、其々果実と根皮（構皮麻）、そして若い枝葉を強壯薬と和紙原料として使用する<sup>10)</sup>。

古い時代においてはヒメコウゾとの区別が余り認識されておらず、現在のコウゾはヒメコウゾとカジノキの雑種といわれている。また、江戸時代に日本を訪れた植物分類学者のフィリップ・フランツ・フォン・シーボルトもこの両者を混同してヨーロッパに報告したために今日ヒメコウゾの学名が「*Broussonetia kazinoki*」となってしまっていることから、我々は植物資源データベースと地域基盤情報GIS技術を駆使した統合地域基盤情報システム

表 1. 和紙原料に関する「楮（コウゾ）」の将来性に関する調査モデル検証

調査研究内容		現在の状況	研究成果による科学的貢献
■和紙原料植物資源の状況把握と品質評価		国産楮は、東北から九州に至る広範囲な地域で生産、生産の中心地域は高知県と茨城県。高知県は国産楮の40%～45%を生産	国産楮の葉・花・実など器官別の分類学的な差異比較、物理的特性、遺伝的多様性（DNA鑑定法確立）を解明し、国際競争に太刀打ち可能で品種特性評価による現代ニーズに応える優良系統株の生産のために、葉の形態的比較検討や野生種及び栽培品種別の紙漉き和紙試作品の物理的評価
■産地における調達状況		上質の国産楮の生産量が減少しており、一部の和紙産地では、調達不足が生じている。	GIS技術を用いて「楮」の賦存量を調査し、栽培可能な適地かどうかの検証
■問題点	供給側	楮の採取、皮剥ぎはきつい仕事であるが、年間収入は非常に少ないため、後継者がいない。そのため、楮の採取・加工農家は高齢化が進んでいる。	従来、未使用材（廃材）とされていた楮の皮を未利用資源として、補完食品や化粧品素材としての可能性検討により、有効性が確認されることによる収入の安定に資するかどうかの検証
	産地	和紙産地では国産楮の確保難（越前和紙、石州和紙、土佐和紙） 輸入楮の増加による和紙原料の品質が低下（大洲和紙、土佐和紙）	多様性の高い楮の多面的品質評価から、化粧品素材、うちわ用素材、病院治療室用ブラインド素材などの利用目的別の楮の商品化により、需要を増やせるかどうかの検証

Lupines を活用し、植物地理分類学でいう「ソハヤキ植物要素区系（図1 桃色塗り部分）」における和紙原料植物「コウゾ（楮）」に関し分類学的にも全貌の解明を目指したい。

#### 4. 研究課題

##### 4.1 日本の和紙原料植物に関する利用状況把握

1. 国産楮は、価格が輸入楮の10倍以上する（20倍するものもある）。生産量が少なくなって、10年前頃から必要量を確保することが難しくなっており、現状では何とか必要量を確保しているという状況である。タイ楮を使用した和紙の中には、染料や顔料の乗りが悪いなどの問題があり、和紙の利用者から国産楮に対するニーズがある。そこで、和紙原料に関する「楮（コウゾ）」の国産選抜品種の将来性に関する調査モデル検証研究（表1）が必要と思われるが、現時点では総合的な考察を記述できる段階には至っていない。
2. 和紙の原料としては、主に、楮（コウゾ）、三椏（ミツマタ）、雁皮（ガンピ）の韌皮（植物の外皮の下にある柔らかな内皮）繊維が使われて

きた。このうち、楮は繊維が太くて長く強靱なため、幅広い用途に最も多く使用されている。雁皮は山に生えているものを採って使うため、生産量は少ない。上記の3種類のほかに、紙の用途に応じて、麻、わら、桑、竹、木材パルプなども和紙原料として使用される。本来これらの原料は、日本の山野、原野に野生のものを採取したり、畑のあぜ道、山の傾斜地等に栽培をして収穫をしていたりしていたが、和紙の消費量が少なくなるのと同時に、原料の生産高も少なくなった。その大きな要因として、**i.** 原料の販売価格が労働に見合うだけの価格で販売が出来ず赤字生産になった。**ii.** 日本に於ける楮輸入の中心はタイ、パラグアイ、中国、韓国で、高知県にはパラグアイやタイなどから安い原材料の輸入が始まり各地の和紙メーカーは好んでその原材料を使うようになった事情がある。

そこで我々は、主に楮（コウゾ）など和紙原料植物の野生種及び栽培品種別の葉を用い、広さ・形状（幅と長さ）・切れ込み状態など形態的違いを比較検討し、同様に各種和紙原料植物を用いた紙漉き試作品について物理的評価

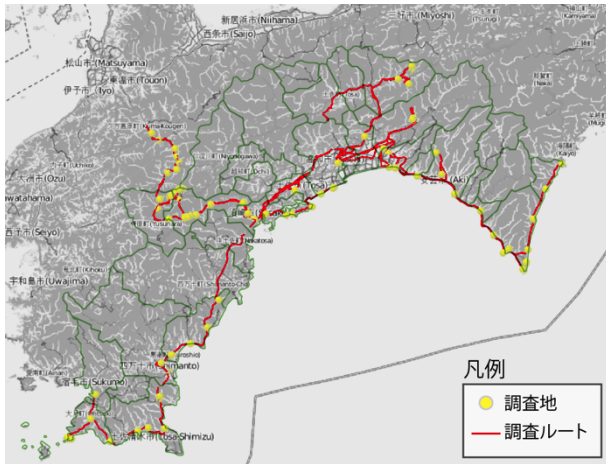


図 2. 調査ルート



図 3. ヒメコウゾの生育分布図 (2014 年 1 月調査開始の時点で、現在地点調査中)

を実施する。それらの結果をもとに、国際競争に太刀打ち可能で、現代ニーズに応える優良系統株の生産を提案し、産業促進に資する研究を行う必要が急務と考えている。

- 和紙の原料としては、楮（コウゾ）、三桴（ミツマタ）、雁皮（ガンピ）が使用されてきているが、それらの起源については学術的に明らかにされてこなかった。それら国内に生育する和紙原料植物と、外国産のものを分子系統学的に解析することにより、国内で利用されている和紙原料植物の海外の起源地を明らかにすることができれば、新規和紙原料植物の探索を海外で展開することが可能となる。また、安価な輸入楮を国内楮と偽表示するようなことを抑止するために、国内外の楮および品種識別可能な DNA 鑑定法を確立することは、我が国の和紙産業を保護する上で必須な技術である。

#### 4.2 新しい原理の発展や方法論の提案

- GIS 技術を利用して、植物が好み生育が盛んな自生適地の予測方法を確立する。統合地域基盤情報システム Lupines は研究調査成果を効率よく集約する植物資源データベースとなっており、調査した植物の位置情報を記録し、WEB 上で公開することで研究者同士の共同作業を支援している。そこで調査対象地域である高知県内をフィールドとして、AVNIR-2 画像と各種 GIS データとの組み合わせにより、自生地の植生環境を時空間モデルとして描き、これを地域基盤情報として研究者間で共有する。この地域基盤情報と植物の位置情報を重ね合わせることで、植物が好み生育が盛んな自生適地の予測方法を確立する。また、「救荒植

物（災害時食糧備蓄となる植物）」（平成 24 年総務省 SCOPE 採択）栽培適地評価システムと森林資源をリアルタイムに公開する地域基盤情報システムの研究開発”では小規模な地域が対象だったため海岸部など集約出来なかった自生地があった。そこで、本研究では 3 年程かけて四国～九州（襲速紀（ソハヤキ）植物要素区系を含む）をカバーする中規模な地域基盤情報を構築する。

- 自生地の地域基盤情報と、植物遺伝学的な面から含有成分活性との相関関係を明らかにする。成分含有量が異なる環境要因を作っていると考えられる自生地の基盤情報（地質、気温、雨量、土壌成分、被覆分類、傾斜角度、傾斜方位、高度）、主成分の含有量、そして成分活性値との相関関係を分析し、どのような環境要因が植物の生育・増殖に影響しているか明らかにする。

## 5. 調査方法

### 5.1 ヒメコウゾの分布の現地調査

高知県の西の端宿毛市から東の端室戸市までの区間を 1km～10km 間隔で広域に調査を行い（図 2）、Lupines を活用した植物分布図を作製した。また、地理情報システム上に生育調査結果をプロットした（図 3）。地理情報システム上には、三次元地形モデル、衛星画像解析による生育図が整備されており、現在はさらに水系図、地質図等のデータも利用可能である。これらの地理情報を基に自生地の選定を試みた。

## 新芽 — 正面



上段：(左) ワカヤマソ, (中央) クロソ, (右) アカソ  
下段：(左) オオタドソ, (中央) トラソ

図 4. コウゾ類の頂枝上部の新芽比較写真

## 枝 — 実



上段：(左) クロソ, (中央) オオタドソ, (右) ヤブソ  
下段：(左) トラソ, (右) ワカヤマソ

図 5. コウゾ類の頂枝上部の果の比較写真

### 5.2 植物分布調査と証拠標本の作成

楮（以降、「ソ」と云う）のもつ種の多様性について葉緑体DNA（母系遺伝）による分子生物学的系統解析を行い、国産楮の系統地理学的解析を行う。更に「ソ」の形態学的形質とリンクしたDNAマーカーを検索することによって、国内に生育する「ソ」を含む和紙原料植物（コウゾ = ヒメコウゾ × カジノキ）の種生物学的な体系化を目指すために、信憑性を高め証拠となるさく葉標本の作成を行なう。

### 5.3 高知県産楮「コウゾ」の葉の形態学的な差違と紙漉き試作品に対する物理的評価

和紙原料植物であるコウゾは、ヒメコウゾとカジノキとの交配で生まれた品種とされているが、野生化したものと栽培のものがあり、品種間の違いがはっきりしていない。そこで、本研究では葉の形態学的な観点から、葉面積と縦横比率に関する相関について検討する。また、R. アウテンボーガルト氏



図 6. オオタドソ（高知県梶原町太田戸）



図 7. タオリソ（高知県梶原町太田戸）

により5種のコウゾ、ヒメコウゾとカジノキの紙漉き作品が各種試作され、走査型電子顕微鏡（SEM）による品種評価を行う。

## 6. 実験（研究）試料について

6.1 以下にフィールド調査で蒐集した研究試料【コウゾ（楮）】について写真を用いて解説する。

【コウゾ】クワ科の落葉低木で、高さ3m程で、栽培が容易で毎年収穫できる。繊維は太くて長く強靱なため、障子紙、美術紙など、幅広い用途に原料として多く使用されている。コウゾには、繊維が粗いものから、繊維の細いものまで多品種（図8～図21）が知られている。現在では、価格の点も含めて、品質と量の安定供給がされており、機械抄和紙メーカーには重宝がられている。また、コウゾ類の新芽（葉）や果実には、品種により葉や実の大きさや毛の長さ、そして付き方など相違が見られる（図4、5）。一方でKazinolという植物成分が含まれ、化粧品素材としての利用が期待されている。



(a)



図 10. アカソ (高知県)



(b)

図 8. オオタドソ (高知県梶原町太田戸)



図 11. クロソ (高知県)



図 9. ワカヤマソ (和歌山県)



図 12. アオソ (高知県)

6.2 葉面積比計算用のさく葉標本(楮)の例として、次の3例(図8(a)、図8(b)、図9)をあげる。それぞれ記号は、下記の意味を示す。a = 葉の幅、b = 葉の長さ、c = 葉の切込みの長さ、e = 葉柄の長さ

6.3 試料で用いた保存系統株【コウゾ】*Broussonetia kazinoki* x *B. papyrifera* のさく様標本(図10~23)

かつて高知県梶原町は、和紙の原料植物栽培が盛んな地域であった。現在は土佐和紙作家であるR. アウテンボーガルト氏が原料栽培からの紙作りを行っており、地域住民とともに地域文化の保全と活性化を目的に栽培が図られている。



図 13. トラソ (メタカ) (高知県)



図 16. カナメソ (高知県)



図 14. ヤブソ (高知県)



図 17. ナスソ (栃木県那須)



図 15. タオリソ (高知県)



図 18. サガソ (佐賀県)





図 19. ヤメソ (九州)



図 22. ツルコウゾ (九州)  
*Broussonetia kazinoki* x *B. palyrifera*



図 20. テンテン (高知県)



図 21. ヤマナシソ (山梨県)



図 23. カジノキ (かもこや系統保存株)  
*Broussonetia papyrifera*



図 24. ヒメコウゾの開花状況 (2014.05.03 撮影)  
高知県香美市香北町谷相



図 25. トロロアオイ (アオイ科)  
*Abelmoschus manihot*



図 26. アオギリ (アオギリ科)  
*Firmiana simplex*

- 6.4 【ヒメコウゾ】 新枝の下部の葉腋に雄花序，上部の葉腋に雌花序をつける (図 24)。
- 6.5 その他，和紙製造に必要となる練り原料植物の葉 (図 25～図 27)

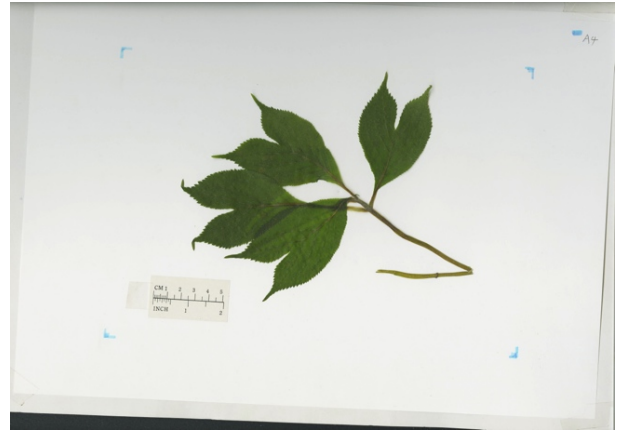


図 27. ギンバイソウ (ユキノシタ科)  
*Deinanthef bifida*

表 2. 実験試料に用いる和紙原料「楮」

植物区分	楮 (コウゾ)
原種	ヒメコウゾ / 雄雌同株
原種	カジノキ / 雄雌異株
自然交配選抜種	コウゾ類 (雄株・雌株不明) : アカソ, クロソ, ワカヤマソ (和歌山県産), オオタドソ (梶原町太田戸自生種), ヤブソ, アオソ, タオリソ, カナメソ, ナスソ (茨城県自生種), ヤメソ (九州産)

## 7. 結果と考察

### 7.1 楮 (コウゾ) 類の葉 (繊維含む) に対する物理的品質評価

本研究では、和紙の主要原料である「楮」に着目し、その多様性について解明をするために、共著者の R. アウテンボーガルト氏が蒐集し保存してきた選抜優良株 10 品種 {アカソ、クロソ、ワカヤマソ、オオタドソ、ヤブソ、アオソ、タオリソ、カナメソ、ナスコウゾ、ヤメコウゾ等 (表 2)} を研究対象としたことで、伝統和紙の差別化を目指すための科学的解明の意義が高いと考えられる。また、四国県内の和紙原料供給業者への聞き取り調査により、一部の業者においては供給不足又は未使用の状況にあることが判明した。その理由として、「資源の確保量が減少」、「原材料生産者数の減少 (後継者不足)」、「生産者の高齢化」、「品質の良い原材料の確保が困難」等が挙げられたため、本研究ではその中でも特に優良系統品種登録およびその権利保護の観点から、「品質の良さ」を示す一つの指標として、葉の形態的差異について品種により違いがあり多様であることが解った。共著者の松田は電子デバイスに

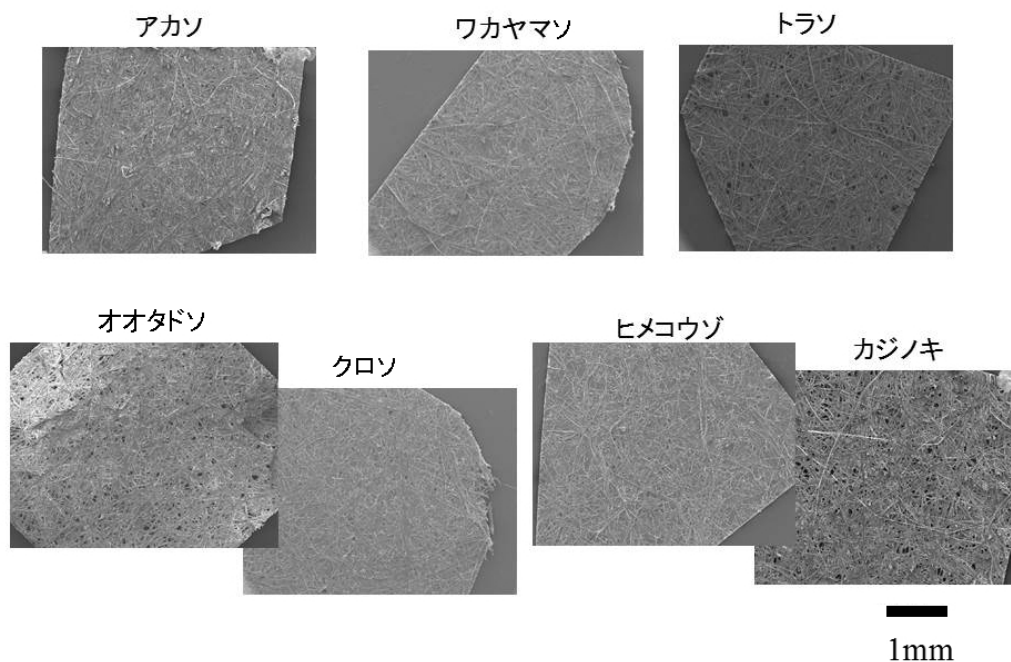


図 28. コウゾ紙の低倍率比較（35 倍）繊維状態

表 3. 紙の物理的性質一覧

	繊維の幅 ( $\mu\text{m}$ )	繊維粗度 (密度 $\mu\text{g}/\text{m}$ )	引張試験 ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )	紙の密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
アカソ	22.4	126	12.4	0.32
オオタドソ	25.2	161	9.9	0.29
ワカヤマソ	23.5	129	15.7	0.37
メタカ（トラソ）	26.5	171	12.6	0.32
クロソ	24.6	151	15.4	0.35
カジノキ（新枝）	24.3	140	12.9	0.36
ヒメコウゾ	21.6	122	15.3	0.36

使用する材料評価を専門としており、今回電子顕微鏡を用いた品種ごとの繊維比較実験（図 28）を行った結果、繊維の長さや太さが原料となるコウゾの種類によってかなりの差がある事が解った。

和紙の強度や透過性に及ぼす影響の解明を試みたが、表 3 に示すように引張試験結果としてクロソとワカヤマソが最も強く、繊維粗度（密度）と紙の密度のバランスが最も良いのがオオタドソであり、きめ細かさを指標とした場合、紙漉き原料としては優良と考えられた。但し、繊維の幅は、ヒメコウゾ、アカソの順に細く、トラソ（メタカ）が最も太かった。このように、コウゾの種類によってそれぞれの特徴が異なり用途の多様性が多いに認められる結果となった。そして、植物分類地理・遺伝学的な技術力を有する専門家の研究に、材料（素材）の物理的知見が加わることで、和紙原料の評価方法に学術的な意義があることが考えられた。

## 7.2 楮（コウゾ）類の葉面積と縦横比率に関する相関と形態的多様性

コウゾの葉面積（図 29）について検討した結果、枝の先端から第 2 位の葉の面積がコウゾに共通し大きく、タオリソ（19,116 $\text{mm}^2$ ）が最大で、サガソそしてトラソ（メタカ）の順に大きかった。切れ込み数について検討した結果、オオタドソ最も切れ込みの多い葉であり、ワカヤマソとヤブソについては比較的切れ込み数の多いタイプと判断した。また、葉の縦横比率（図 30）について検討した結果、枝の先端から第 1 位の葉に関してはヤメソ（0.98）が最大で、ナスソとカジノキの順に大きかった。枝の先端から第 2 位の葉に関してはトラソ（0.904）が最大で、タオリソとヤメソの順に大きかった。枝の先端から第 3 位の葉に関しては、ヤマナシソ（0.876）が最大であったものの他のコウゾ類には、葉が存在せず指標とはならなかった。以上の結果から、葉の面

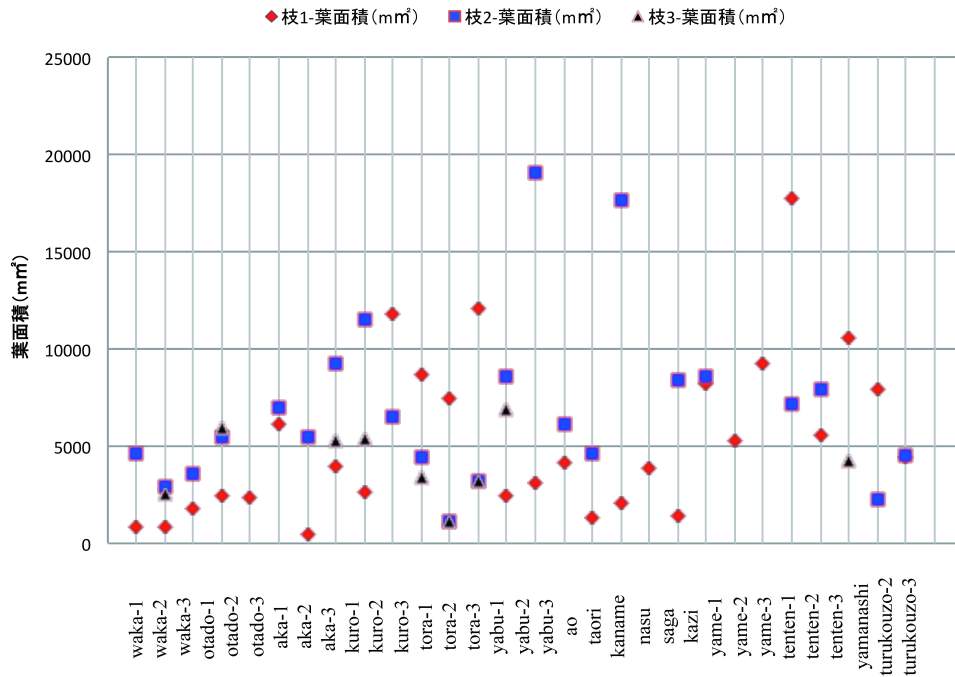


図 29. コウゾの葉面積の差分布

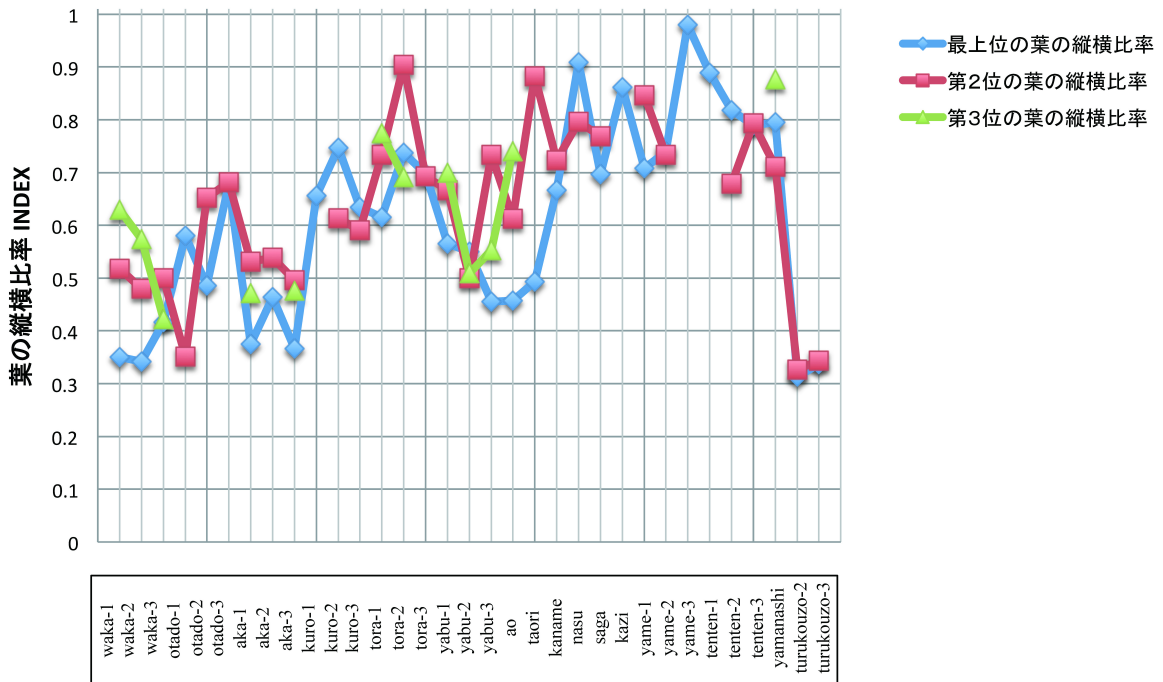


図 30. コウゾの葉の縦横比率

積が最も広く、丸い形状（楕円形～長楕円形）を有する葉を持つ株は、タオリソと考えられる。また、オオタドソが最も切れ込みの多い葉を有する株であることが解った。そして、コウゾの葉の形態の多様性を認める結果を得た事で、優れた系統株として用途に応じた利用方法を考える必要がある。

次報では、和紙原料の新しい応用研究として、“ソハヤキ植物要素区系における和紙原料「楮」の遺伝的特性に関する研究（第2報）”と称して、共著者の南基泰教授（中部大学）により研究結果報告の準備がされている。

## 謝辞

本研究に携わっていただいた共同研究者の皆様、そして調査協力を頂いた稲垣典年氏（植物研究家）、廣岡エリカさん（思月工房）、向井有香さん（高知工科大学研究補助スタッフ）に深謝する。

本調査は、高知県産学官連携産業創出研究推進事業により一部実施したことを記し、感謝の意とする。

## 文献

- 1) 渡邊高志, “梶原町松原久保谷溪谷・森林セラピーロードで見られた有用植物 (4) みねはな.” 61, pp. 117–125, 2014.
- 2) 渡邊高志, “工石山で見られた有用植物 (3) みねはな.” Vol. 60, pp. 118–125, 2013.
- 3) 渡邊高志, “満州引揚開拓民の故郷 (龍馬脱藩の町)・高知県梶原市面谷・太田戸で見られた有用植物 (2) みねはな.” Vol. 59, pp. 70–76, 2012.
- 4) 渡邊高志, “龍馬脱藩の道 (葦ヶ峠～四万川茶や谷)・国道 379 号葦ヶ峠文丸線で見られた有用植物 (1) みねはな.” Vol. 58, pp. 43–50, 2011.
- 5) T. Watanabe, Y. Kikuchi, K. Okamura, F. Takeda, M. Takagi and K. Sann Oo., “Development of LUPINES Database System for Local Useful Plant Inventory.” Proceeding of the third international conference on science and engineering, Vol. 2, pp.365–367, ICSW2011, Yangon, Myanmar, 2011.
- 6) 渡邊高志, 高木方隆, 菊池豊, 岡村健志, 竹田史章, “地域植物資源コンテンツ拡充と利活用を促進する地域フィールド活動支援プラットフォームの研究開発.” 平成 22–23 年度 総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)・地域 ICT 振興型研究開発, 2010–2011.
- 7) “土佐和紙について.” 国際版画トリエンナーレ展, (URL = <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/150501/8th-trien.html>).
- 8) 山中二男, “日本の森林植生.” 築地書館, p. 224, 1990.
- 9) 松本功, “アサマリンドウ.” 三重県立博物館 歴史の情報蔵, (URL = <http://www.bunka.pref.mie.lg.jp/rekishi/kenshi/asp/shijyo/detail.asp?record=652>).
- 10) 渡邊高志, “高知県有用植物ガイドブック 1 梶原町.” 高知工科大学地域連携機構 (総務省 SCOPE102309002), 145spcs, 2012.

# Study on GIS Applied Research about a Correlation between the Differences of Morphological Leaves of Wild Mulberry and These Origin as Japanese Paper Material “Kozo” in Sohayaki Region (Part1)

Takashi Watanabe<sup>1\*</sup> Rogier Uitenboogaart<sup>1,2</sup>

Ryosuke Murai<sup>1</sup> Motoyasu Minami<sup>3</sup> Tokiyoshi Matsuda<sup>4</sup>

(Received: May 9th, 2014)

<sup>1</sup> Laboratory for the study of Complementary Medicine and Medicinal Resources, Research Organization for Regional Alliances, Kochi University of Technology  
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> Washi Studio Kamikoya  
1678 Otado, Yusuhara Town, Takaoka County, Kochi, 785–0603, JAPAN

<sup>3</sup> Department of Environmental Biology,  
Faculty of Bioscience and Biotechnology, Chubu University  
1200 Matsumoto-cho, Kasugai, Aichi, 487–8501, JAPAN

<sup>4</sup> Department of Electronics and Informatics,  
Faculty of Science and Technology, Ryukoku University  
1–5 Yokotani, Seta Oe-cho, Otsu, Shiga, 520–2194, JAPAN

\* E-mail: watanabe.takashi@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** We have been conducting plant inventory research referring “Lupines”, as name for Local Useful Plants with Intelligent Networks of Exploring Surface since 2010 as Integrated base information system which is utilized both database of plant resources and local information GIS abbreviated geographic information system technology based on a result of the framework of Strategic Information and Communications R&D Promotion Programme (hereafter SCOPE).

Basic research for clarifying correlation about the growth environment and the hereditary characteristic of “Hime-kozo (*Broussonetia kazinoki*)” which are a Japanese paper material “Kozo (*Broussonetia kazinoki* x *B. papyrifera*)” in Sohayaki region as used in the field of phytogeography and taxonomy and its mother was performed.

Although the morphological difference among those leaves was examined about the geographic variation of the Kozo used as paper materials, it turned out clearly that both Kozo and Hime-kozo are superior genetic resources according to the usage by the characteristic results of an investigation.

Furthermore, while having grasped about the distribution of Kozo *in situ*, the inventory about the total amount drawn theoretically to continuous utilization of Kozo as forest resources was performed.