

# 知覧特攻平和会館に収蔵された手紙等紙製遺品を構成する製紙原料について

有 吉 正 明

## 1. はじめに

知覧特攻平和会館には特攻隊員、戦没者1036名の遺品が展示収蔵されている。手紙等の紙を基材とする遺品については約4,500点が収蔵されており、その内容としては、1) 軍から提供されたもの(軍事郵便、軍事手帳、教本等)、2) 個人のもの(手紙等)がある。現在も遺族からの寄贈等により年間数百件単位で収蔵品が増加している。開館から33年目を迎え、長年にわたり公開・展示されてきた遺書や手紙なども含め、今後これら貴重な資料を保存、管理するための方法の検討が始まったところである。

今回の調査対象は全体のごく一部であるが、使用されている紙はいわゆる和紙風や洋紙風のものの、厚さ、風合いなど多種多様であった。そこで今回の調査対象のうち、できるだけ特徴の異なる20点を選び、繊維組成試験を実施し、これらの紙がどのような製紙原料からできているかを調べたので報告する。

## 2. 昭和初期に製造された紙とその原料についての概要

平和会館に収蔵されている紙資料は昭和初期から第二次世界大戦前までの間に書かれた手紙や遺書などであり、当時製造された紙が使用されていると考えられる。この昭和初期の紙の原料や製造方法については、明治初期に欧米から導入された抄紙機(紙を製造する装置)による紙の製造が大きく関係している。日本において紙は江戸時代までは主に楮や雁皮の韌皮部に含まれる繊維を原料とし、手漉き法により製造されるものであったが、明治初期に欧米で開発された抄紙機を輸入し紙の製造を開始した。そのため日本では明治以降、従来の和紙製造と欧米で開発された抄紙機を用いた紙の製造という異

なる起源を持つ2つの製紙産業が並存することとなった。それに伴って紙の原料は多様化し、明治以前より主に使用されてきた楮、雁皮のほか、明治以降は三桮や綿ボロ、稲ワラ、針葉樹(モミ、ツガ、エゾマツ、トドマツ)が原料として多く使用されるようになり、大正にはマニラ麻も使用された<sup>1)</sup>。さらに、昭和10年前後、木材パルプを主原料とするレーヨン繊維の生産が急速に拡大すると、それまでほとんど製紙用にむけられていた木材パルプがレーヨン繊維用にも利用されるようになった。加えて国際情勢の悪化によって国内における木材パルプの不足、及び自給体制の確立が懸案事項となる。そのような状況下、昭和10年代初めには、それまで未利用であった広葉樹(ブナ)や針葉樹(アカマツ)からパルプを製造する技術が研究、開発された<sup>2)</sup>。また、木材パルプの不足を補うための代用パルプの増産が計画され、植民地であった台湾ではバガスやオニガヤ等も製紙原料として用いられた<sup>3)</sup>。

次に、明治以降の抄紙機による紙の製造について見てみると、当初抄紙機による紙の製造は、装置は輸入したものの操業技術が低く満足な紙を製造することができなかった。また国内における機械抄き紙に対する需要も低く<sup>4)</sup>、明治初期の紙需要の増加には従来の手漉き和紙が対応した。しかしその後、明治9年以降の地券用紙の大量発注や明治10年に勃発した西南戦争後の新聞、雑誌の盛行などにより、国内の機械抄き紙の需要は増大し生産量も増加した。製紙原料は、当初主に綿ボロが使用されたが、需要が増加すると増産の難しいボロは集荷が難しくなり価格も高騰したため、明治10年代前半にはボロの補助原料として稲ワラパルプが使用されるようになった。また、明治23年には、国内で初め

て安くて大量に得られる木材から亜硫酸パルプ（化学パルプの1種）及び碎木パルプ（機械パルプの1種）の製造が国内で開始された。さらに明治30年代半ば以降当時ほとんど手付かずであった北海道や樺太の豊富な森林資源から木材パルプを製造するようになったことで大量生産が可能となった。その後、明治後半から大正期にかけて順調に発展し、昭和元年には国内で生産された紙のうち、和紙を除く洋紙と板紙の合計の割合は83%となり、昭和20年には92%になっている<sup>5)</sup>。また、表1は、明治42年と大正10年に西洋紙として製造された紙の原料の移り変わりを示したものである<sup>6)</sup>。当時の紙の原料の主体は、ボロ、木材パルプ、稲ワラであったが、明治42年は稲ワラが約半分を占めていたのに対して、大正10年には木材パルプの生産量が増加し、木材パルプが主原料となっている。

表1 製紙原料の変遷（明治42年、大正10年）

原料種	明治42年 (A)	大正10年 (B)	増加率 B/A %
ボロ (トン)	34,118 (14%)	31,688 (6%)	93
木材原質 (トン)	53,728 (22%)	272,531 (54%)	507
稲ワラ (トン)	126,870 (52%)	149,400 (29%)	118
その他 (トン)	28,260 (12%)	54,068 (11%)	191

また、抄紙機により紙を製造する会社の中には、明治以前より日本で紙の原料として使用されていた楮等を原料として取り入れ製造する会社も現れた。明治16年には下郷製紙所で木綿、麻、綿ボロ、三極、楮を原料として和風紙が製造された<sup>7)</sup>。また、明治28年には真島製紙所にて竹簧を巻いた円網抄紙機で模造和紙が製造されている<sup>8)</sup>。これらの製品は、明治以降始まった抄紙機による紙の製造に、従来使用されてきた和紙の原料や手漉き和紙に特徴的な簧の目跡を取り入れたいわゆる手漉き和紙風の紙である。他方、手漉き和紙も紙漉き道具の改良など独自の発展をする一方で、明治以降導入された

原料や製法を取り入れた。例えば、明治28年には機械製紙で使用されていた原料である木材パルプを用いて模造紙が製造され<sup>9)</sup>、明治39年には土佐紙合資会社で和紙の機械生産が始められた。このように手漉き和紙や明治以降導入された抄紙機による紙の製造はそれぞれ独自に発展する一方で、原料や製法がお互いの領域にまたがる製品も開発されるようになりその境界は曖昧になっていった。

以上をまとめると、平和会館の収蔵品に使用されている紙が製造されたであろう昭和初期は、紙製造の主流は機械製紙であり、その原料としては、木材パルプが最も多く使用され、稲ワラが補助原料として使用されたと考えられる。加えて明治以前、主に日本の紙の原料として使用された楮、雁皮や、戦時下の物資が不足した時代ならではの製紙原料も使用されている可能性がある。また、手漉き和紙が生産を続ける一方で、機械抄紙される和紙風の紙も存在しており、紙の目視及び表面の拡大観察や風合いから、原料の種類や、機械製紙か手漉きかを特定するのが難しい紙も多いと思われる。

### 3. 繊維組成試験方法

今回の調査対象の中から特徴のある20点を選び、繊維組成試験を実施した。各々について目視による簡易な観察を行った後、約1mm角程度をピンセットで採取し、JIS P 8120「紙、板紙及びパルプ 繊維組成試験方法」に基づいて繊維組成試験を実施した。試験は、繊維鑑別用のC染色液を用い、C染色液で染色したプレートと未染色のプレート2枚を準備して観察に用いた。

#### 4. 顕微鏡観察所見および試験結果

##### (1) No. 11 (写真1)

白色度は高いが地合いが悪く、ダマ状の繊維塊が多く漉き込まれているように見える紙。

繊維分析の結果、繊維はC染色液で青色を呈した。①立体的で幅方向の広狭が少なく、先端が細く尖った繊維（長さ0.7~2.5mm程度、幅15~20 $\mu$ m程度）、②立体的だがやや扁平で①よりも幅が広く、幅方向の広狭が多い繊維（長さ2mm程度、幅30~40 $\mu$ m程度）、③短く太い繊維（長さ0.5mm程度、幅30~40 $\mu$ m程度）が観察された。繊維の他に、大型の柔細胞（直径150~200 $\mu$ m程度の丸型や長さ300 $\mu$ m、幅160 $\mu$ mの俵型等）や導管（長さ350 $\mu$ m、幅80 $\mu$ m）が観察された（写真2）。

繊維の呈色や形態、非繊維細胞からバガス繊維と判断した。

##### (2) No. 22 (付) (写真3)

紙は濃い茶色で劣化が進み脆くなっている感じであった。表面を拡大観察したところ、結束した着色繊維と白色の繊維が混合しているように見受けられた。繊維分析の結果、繊維はC染色液で鮮やかな黄色を呈する繊維と薄紫や薄黄色を呈する繊維が観察された。

鮮やかな黄色を呈した繊維は繊維が結束している箇所や短く切れて断片化していたり、繊維の形が崩れている箇所が観察された。また、繊維表面には放射状組織によると思われる跡や有縁壁孔が確認された。

また薄紫や薄黄色を呈した繊維は立体的なものや扁平なものが観察され、繊維幅に広狭がみられた。繊維は途中で切れており長さは確認できなかったが、幅は30~60 $\mu$ m程度であった。また、繊維表面には有縁壁孔が確認された（写真4）。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹機械パルプ（C染色液により鮮やかな黄色を呈する繊維）と針葉樹化学パルプ（C染色液により薄紫や薄黄色を呈する繊維）の混合で、針葉樹機

械パルプが主体、針葉樹化学パルプは僅かであった。

##### (3) No. 23 (写真5)

2種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色に呈色した繊維は、長さ1~4mm程度、幅20~60 $\mu$ m程度で扁平な繊維の表面に有縁壁孔が観察された。繊維は立体的なものや扁平なものが存在し繊維幅は広狭が見られた。

また、青色を呈した繊維は、長さ0.6~2.6mm程度、幅5~15 $\mu$ m程度で、立体的で先端は細く尖っていた。繊維の他に、柔細胞や鋸歯型の表皮細胞（長さ100~250 $\mu$ m程度、幅10 $\mu$ m程度）、導管が観察された。柔細胞はC染色液で薄い赤紫色を呈するものもあった（写真6）。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ（C染色液により薄紫色を呈する繊維）とイネ科の植物の繊維（C染色液により青色を呈する繊維）の混合である。イネ科の植物の繊維は表皮細胞のサイズより稲ワラ繊維と思われる。その他にC染色液で薄黄色に染色され、表面に鱗模様が観察される獣毛のような繊維が数本観察された。

##### (4) No. 57 封筒 (写真7)

繊維分析の結果、2種類の繊維が観察され、1種類は青色や薄黄色、灰色、オリーブ色を呈し、もう1種類は薄紫色を呈した。

青色等を呈した繊維は立体的で繊維幅の広狭は見られず、末端は尖ったものや丸みのあるものが見られた。長さ1~2mm程度、幅20~30 $\mu$ m程度の繊維が多かった（最大46 $\mu$ m）。繊維以外の細胞類として、大型の柔細胞（直径160 $\mu$ m程度の丸型や長さ430 $\mu$ m、幅90 $\mu$ mの俵型等）や鋸歯型の表皮細胞、リング状細胞、導管が観察され、C染色液で青色や薄黄色を呈した。

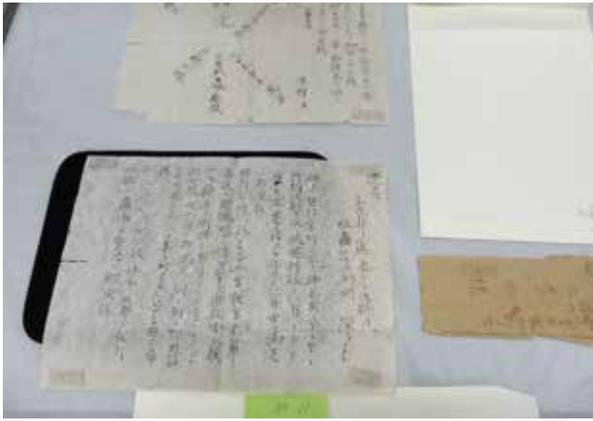


写真1 No.11 外觀

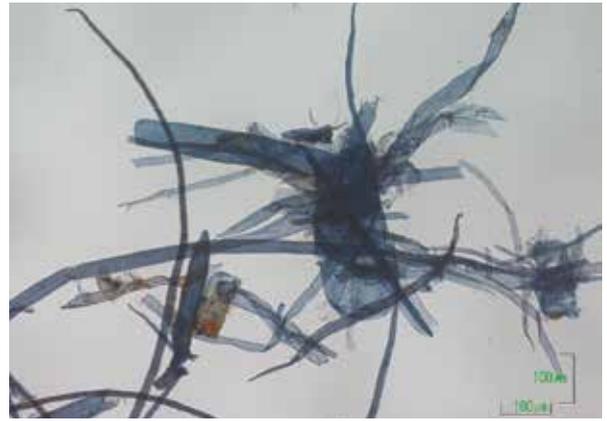


写真2 No.11 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真3 No.22 (付) 外觀

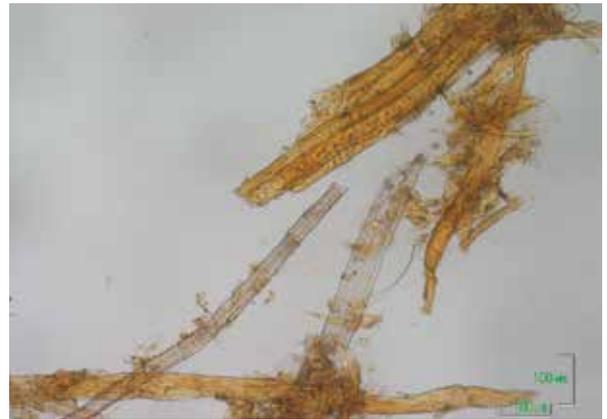


写真4 No.22 (付) 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

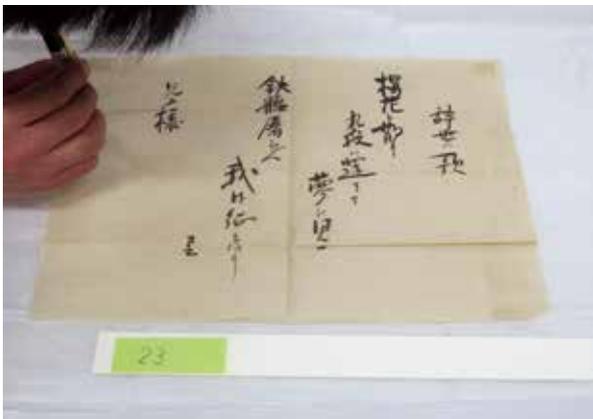


写真5 No.23 外觀



写真6 No.23 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真7 No.57封筒 外觀

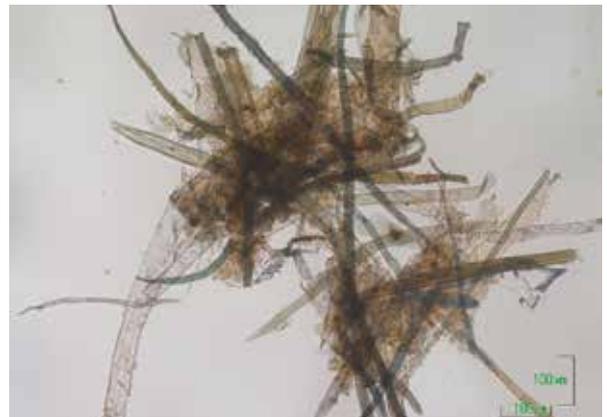


写真8 No.57封筒 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

また、薄紫色を呈した繊維は切れており長さは測定できなかったが、幅は30~70 $\mu$ mで繊維表面に有縁壁孔が確認された(写真8)。

以上の観察結果より、これらの繊維はイネ科の植物の繊維(C染色液により青色等を呈する繊維)と針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)の混合である。イネ科の植物の繊維は、繊維や非繊維細胞の形態や大きさからバガス繊維と思われる。

#### (5) No. 71 (写真9)

端に「朝鮮紙製品工業所謹製便箋第五号」の文字が印刷された便箋。紙は薄い茶色で、紙中には夾雑物が多数確認された。繊維分析の結果、3種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、1種類は鮮やかな黄色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維は長さ1.5~3.5mm程度、幅30~75 $\mu$ m程度であった。繊維表面に有縁壁孔が確認された。

また、鮮やかな黄色を呈した繊維は、結束部や繊維の断片化、放射状組織の跡が確認された。

また、青色を呈した繊維は立体的で細く先端は尖っていた。繊維長は1mm程度が多く、幅は5~10 $\mu$ m程度であった。繊維の他に長さ250 $\mu$ m程度、幅10 $\mu$ m程度の鋸歯型の表皮細胞が観察された(写真10)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)、針葉樹機械パルプ(C染色液により鮮やかな黄色を呈する繊維)、イネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。イネ科の植物の繊維は非常に少なかった。表皮細胞のサイズよりイネ科の植物の繊維は稲ワラ繊維と思われる。繊維表面にC染色液で青紫色に染色される不定形物質が僅かに観察された。

#### (6) No. 111 (写真11)

繊維分析の結果、4種類の繊維が観察され、C染色液により、薄紫や薄青、くすんだ黄色に

染色される繊維、鮮やかな黄色に染色される繊維、青色に染色される繊維、薄いオリーブ色に染色される繊維が観察された。

薄紫色等を呈した繊維は長さ1~3mm程度、幅30~70 $\mu$ m程度で繊維表面に有縁壁孔が観察された。

鮮やかな黄色を呈した繊維は結束したものや断片化したものが観察され、繊維表面には有縁壁孔が確認された。

青色を呈した繊維は長さ1~3mm程度、幅10 $\mu$ m程度で細く立体的で末端は尖っていた。丸型や俵型の柔細胞や細長い鋸歯型の表皮細胞が確認された。

薄いオリーブ色を呈した繊維は長さ2~4mm程度、幅5~10 $\mu$ m程度であった。繊維は細く立体的な部分とやや扁平に見える部分が観察され、薄く赤色に染色される節が観察された(写真12)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫等を呈する繊維)、針葉樹機械パルプ(C染色液により鮮やかな黄色を呈する繊維)、イネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)、不明繊維(C染色液により薄いオリーブ色に染色される繊維)の混合であった。繊維表面にC染色液で青紫色に染色される不定形物質が観察された。

#### (7) No. 113 (写真13)

白色度の高い紙。繊維分析の結果、繊維はC染色液により薄紫色を呈した。立体的な繊維と扁平な繊維が存在し繊維幅の広狭が見られた。また、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。繊維長1~3.5mm程度、幅25~70 $\mu$ m程度であった(写真14)。以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプである。

#### (8) No. 143 便箋 (写真15)

端に「コクヨ」の文字が印刷された便箋。罫線の周りは白くその他の部分は茶色に焼けているように見える。繊維分析の結果、繊維はC染

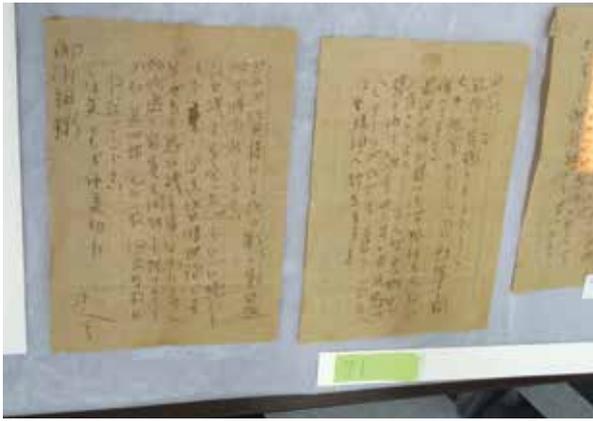


写真9 No.71 外觀

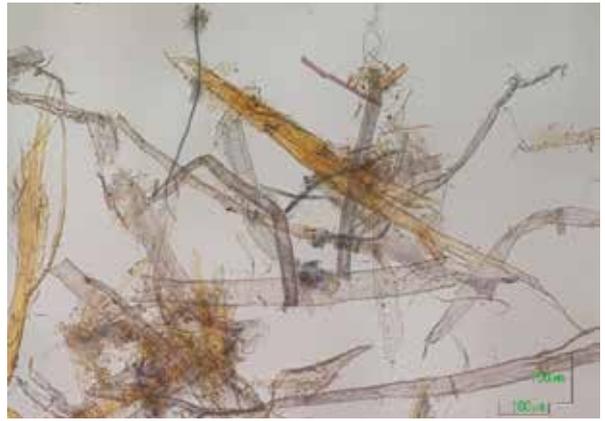


写真10 No.71 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真11 No.111 外觀

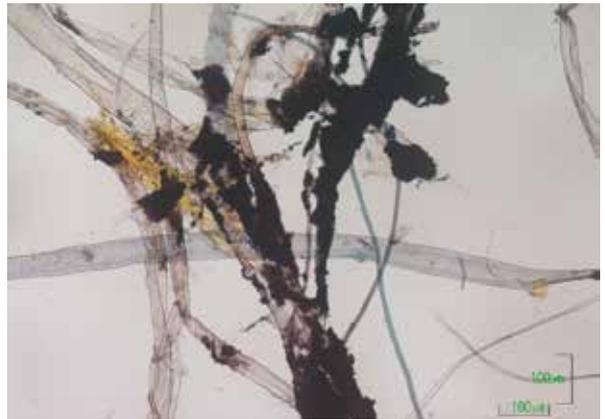


写真12 No.111 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

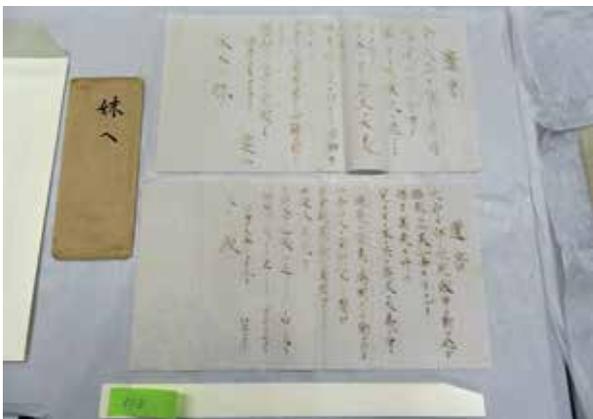


写真13 No.113 外觀



写真14 No.113 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真15 No.143便箋 外觀 (右)



写真16 No.143便箋 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

色液により薄紫色を呈した。立体的な繊維と扁平な繊維が存在し繊維幅は広狭が見られた。また、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。繊維は切れていて長さは不明であるが、幅は25~60 $\mu$ m程度であった(写真16)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプである。繊維表面がC染色液でやや黄色に染色されているのが観察された。

#### (9) No. 143 封筒 (写真17)

繊維分析の結果、繊維はC染色液により薄紫、黄色、くすんだ黄色を呈した。立体的な繊維と扁平な繊維が存在し繊維幅は広狭が見られた。また、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。繊維は切れているものが多く長さは不明であるが、幅は25~55 $\mu$ m程度であった(写真18)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプで、晒パルプと未晒パルプが観察された。

#### (10) No. 179 (写真19)

ダンディーロールによると思われる明瞭な簀および糸目のような跡が観察された。また、紙中に夾雑物が確認された。繊維分析の結果、C染色液により薄紫色と青色を呈する繊維がそれぞれ観察された。

薄紫色を呈した繊維は壁孔が観察され、長さ1~4mm程度、幅20~60 $\mu$ m程度であった。

また、青色を呈した繊維は立体的で先端は尖っており、長さ1mm程度、幅は5~15 $\mu$ m程度で、俵型の柔細胞が観察された(写真20)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)とイネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。イネ科の植物の繊維は僅かであった。

#### (11) No. 182 (写真21)

2枚とも同じ種類の紙と思われるが、1枚は他の資料と重ねて展示されていたため変色の度

合いが異なっていた。紙に亀裂が生じており、また、透過光で観察すると紙表面にメッシュ状の模様が観察された。2紙のうち色の薄い方の紙からサンプリングし観察した。その結果、3種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は鮮やかな黄色、1種類は薄紫色やくすんだ黄色、もう1種類は青色を呈した。

鮮やかな黄色を呈した繊維は結束したものや断片化したものが観察され、繊維表面に有縁壁孔や放射状組織と思われる跡が観察された。

薄紫色やくすんだ黄色を呈した繊維は、幅広で扁平な繊維と立体的な繊維が観察された。繊維幅は広狭があり、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。断片化しており繊維の長さは不明であったが、幅は30~55 $\mu$ m程度であった。

青色を呈した繊維は長さ1mm程度、幅は細く8~13 $\mu$ m程度であった。立体的で末端は尖っていた(写真22)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹機械パルプ(C染色液により鮮やかな黄色を呈する繊維)、針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色等を呈する繊維)、イネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。針葉樹機械パルプが主体で、イネ科の植物の繊維は僅かであった。

#### (12) No. 183 (写真23)

「陸軍」の文字が印刷された公文書用紙。2種類の繊維が観察され、C染色液によりグレーや青、茶色に染色される細く立体的な繊維と薄紫色に染色される幅広で扁平な繊維が観察された。

グレー等を呈した繊維は、直線的で中央に窪みがあり末端は細い。繊維の長さは3.5mm程度(途中で切れている繊維が多い)、幅7~25 $\mu$ m(染色時)程度。C染色液で赤く染まる幅広の節のある繊維が観察された。

また、薄紫色に染色された繊維は繊維表面に有縁壁孔が観察された(写真24)。



写真17 No.143封筒 外観



写真18 No.143封筒 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

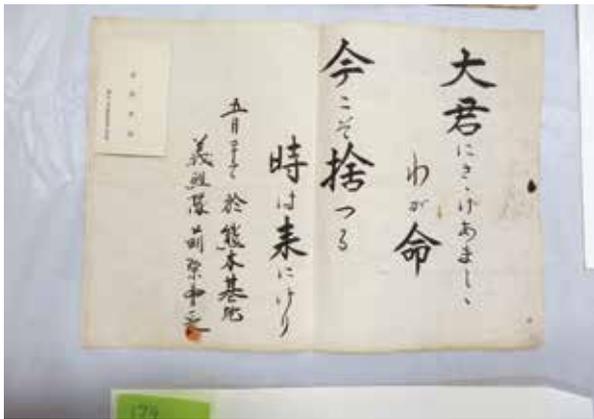


写真19 No.179 外観



写真20 No.179 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

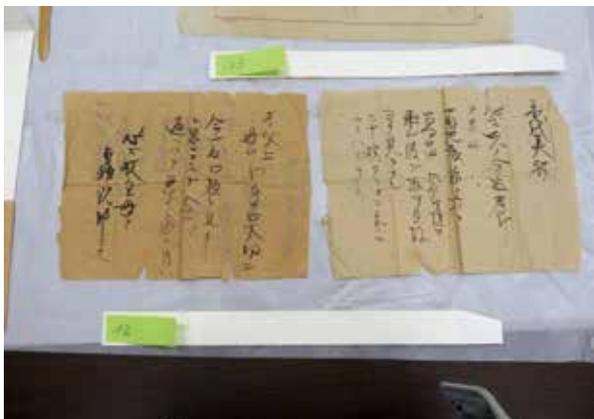


写真21 No.182 外観 (右を分析)

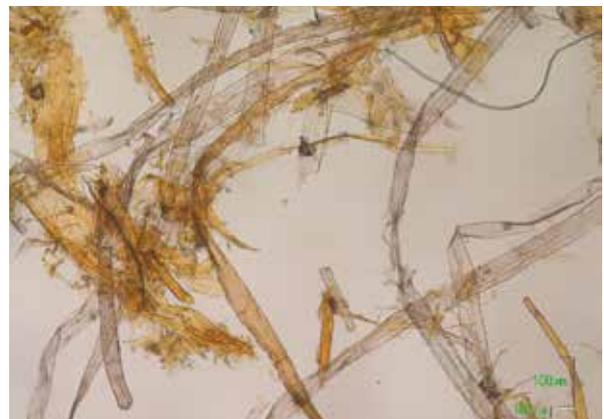


写真22 No.182 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真23 No.183 外観



写真24 No.183 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

以上の結果より、これらの繊維はマニラ麻繊維（C染色液によりグレー等を呈する繊維）と針葉樹化学パルプ（C染色液により薄紫色を呈する繊維）の混合である。配合はマニラ麻が主体であった。C染色液により黄色に染色される不定形物質が繊維表面に付着しているのが観察された。

(13) No. 186 (写真25)

締りがなくふわっとした紙で、裏側から別の紙が貼り付けられている。繊維分析の結果、繊維はC染色液で茶色を呈した。また、繊維の周りに薄皮が観察され、C染色液で水色を呈した。繊維は1本の繊維の中に立体的な部分と扁平な部分が存在し、幅方向に広狭が見られた。繊維は断片化しており長さは不明であったが、繊維幅は10~25 $\mu$ m程度であった（写真26）。

以上の結果より、これらの繊維はこうぞ繊維である。C染色液により青紫色に染色される不定形物質が繊維表面に付着していた。裏打ちに使用したデンプン系の糊と思われる。

(14) No. 201 (写真27)

地合の良い薄葉紙。繊維分析の結果、3種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、1種類は茶色や紫、くすんだ青やくすんだオリーブ色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維は切れており長さは不明であったが幅は30~50 $\mu$ m程度であった。繊維表面に有縁壁孔が観察された。

茶色等を呈した繊維は立体的で幅は一定のものが多かった。繊維の中央に軸方向に沿って窪みが観察され末端は尖っているもしくはやや尖っていた。繊維は切れており長さは不明であったが、幅は10~20 $\mu$ m程度であった。

また、青色を呈した繊維は立体的で末端は尖っており、繊維の長さ0.5~1.5mm、幅5~15 $\mu$ m程度であった。繊維の他に鋸歯型の表皮細胞が確認された（写真28）。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学

パルプ（C染色液により薄紫色を呈する繊維）、不明繊維（C染色液により茶色等を呈する繊維）、イネ科の植物の繊維（C染色液で青色を呈する繊維）の混合である。

(15) No. 211 (写真29)

白色度が高く罫線の青色が明瞭な便箋。紙は硬く触感は原料が叩解されているようであった。繊維分析の結果、2種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維は切れており長さは不明であったが、幅は25~55 $\mu$ m程度であった。繊維表面に有縁壁孔が確認された。

また、青色を呈した繊維は、立体的で繊維幅の広狭が確認された。先端は尖っており長さは1mm程度、幅20~30 $\mu$ m程度であった。繊維の他に、繊維状仮導管や導管が確認された（写真30）。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ（C染色液により薄紫色を呈する繊維）と広葉樹化学パルプ（C染色液により青色を呈する繊維）の混合である。

(16) No. 288 (写真31)

柔らかい風合いの紙で黄色の夾雑物が確認された。また、透過光により簀目が観察された。繊維分析の結果、3種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、1種類は薄いオリーブ色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維は立体的な繊維と扁平な繊維が観察された。繊維幅は広狭があり、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。

薄いオリーブ色を呈した繊維は立体的で繊維の端部が細く、中央部がやや幅広になっているのが観察された（5（端部）~25 $\mu$ m（中央部））。繊維が切れて短くなっており長さは測定できなかった。先端はやや丸く、C染色液により色がやや濃くなっているのが確認された。

また、青色を呈した繊維は立体的で先端は細



写真25 No.186 外観



写真26 No.186 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

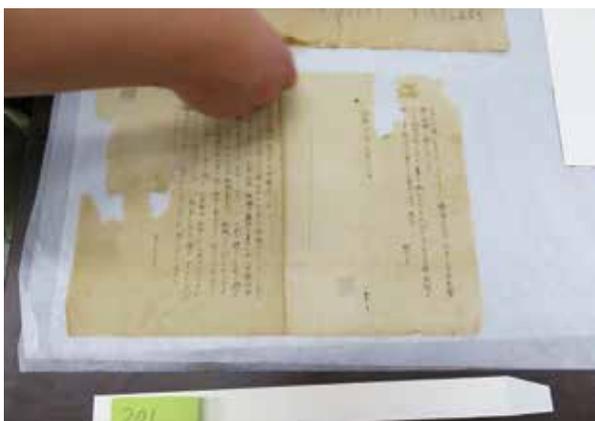


写真27 No.201 外観



写真28 No.201 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真29 No.211 外観



写真30 No.211 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真31 No.288 外観

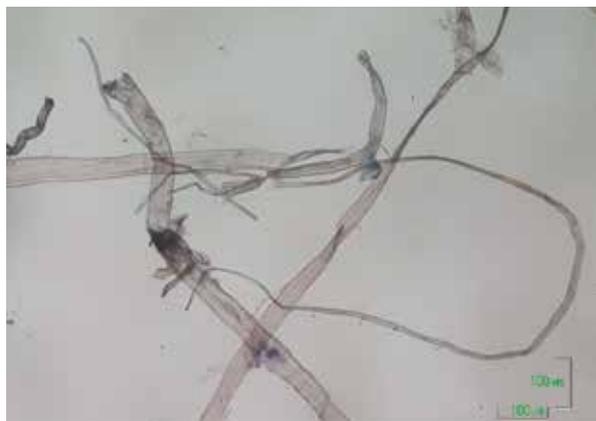


写真32 No.288 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

く尖っていた。また、繊維の他に鋸歯型の表皮細胞が確認された(写真32)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)、三桎繊維(C染色液により薄いオリーブ色を呈する繊維)、イネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。

(17) No. 336 (写真33)

「陸軍」の文字が印刷された公文書用紙の裏面に書かれた手紙。「岡本ノート株式会社納」の文字が端に印刷されているのが確認された。繊維分析の結果、3種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、1種類は赤茶色やくすんだオリーブ色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維の長さは不明であったが幅は45~70 $\mu$ m程度であった。繊維表面に有縁壁孔が観察された。

赤茶色等を呈した繊維は、立体的な繊維と扁平な繊維が観察され、先端は尖っていた。繊維長3mm程度、幅10~25 $\mu$ m程度で、明瞭な節のある繊維が観察された。繊維以外にC染色液で鮮やかな黄色を呈するブロック状の細胞が観察された。

青色を呈した繊維は立体的で先端は尖っていた。繊維長0.5~1.5mm程度、幅10 $\mu$ m程度であった(写真34)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)、マニラ麻繊維(C染色液により赤茶色等を呈する繊維)、イネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。

(18) No. 348 (写真35)

便箋。濃い茶色の紙で、変色したように見受けられた。繊維分析の結果、2種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は鮮やかな黄色、もう1種類は薄紫色を呈した。

鮮やかな黄色を呈した繊維は結束繊維や繊維

の断片化、有縁壁孔、放射状組織の跡が確認された。

また、薄紫色を呈した繊維は、長さは不明であったが、幅は30~55 $\mu$ m程度で有縁壁孔が確認された(写真36)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹機械パルプ(C染色液により鮮やかな黄色を呈する繊維)と針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)の混合で、針葉樹機械パルプが主体で針葉樹化学パルプは少なかった。

(19) No. 351 (写真37)

繊維分析の結果、2種類の繊維が観察され、C染色液により1種類は薄紫色、もう1種類は青色を呈した。

薄紫色を呈した繊維は、長さ1~3mm程度、幅20~65 $\mu$ m程度で扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。繊維は立体的なものとは異なるものが存在し繊維幅は広狭が見られた。

また、青色を呈した繊維は、長さ0.6~1.4mm程度、幅5~10 $\mu$ m程度で、立体的で先端は細く尖っていた。繊維の他に、丸型や俵型の柔細胞や鋸歯型の表皮細胞(長さ90 $\mu$ m程度、幅10 $\mu$ m程度)が観察された(写真38)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学パルプ(C染色液により薄紫色を呈する繊維)とイネ科の植物の繊維(C染色液により青色を呈する繊維)の混合である。イネ科の植物の繊維は、繊維の長さや幅、表皮細胞のサイズより稲ワラ繊維と思われる。

(20) No. 352 (写真39)

軍事郵便用のはがき。繊維分析の結果、繊維はC染色液で薄紫色を呈した。繊維は立体的な繊維と扁平な繊維が観察された。繊維幅は広狭があり、扁平な繊維の表面には有縁壁孔が観察された。繊維は切れているものが多かったが、長さ1~2mm程度、幅20~55 $\mu$ m程度であった(写真40)。

以上の結果より、これらの繊維は針葉樹化学



写真33 No.336 外觀

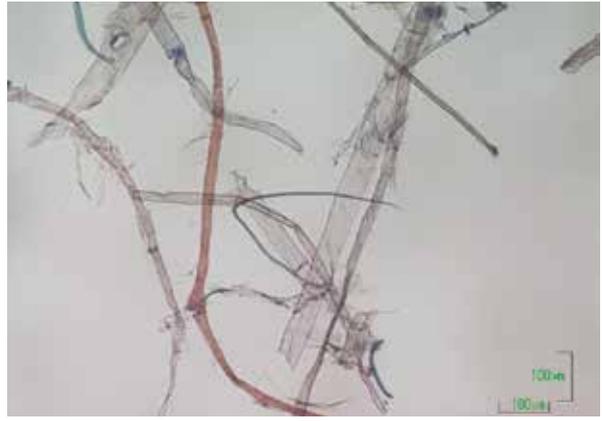


写真34 No.336 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

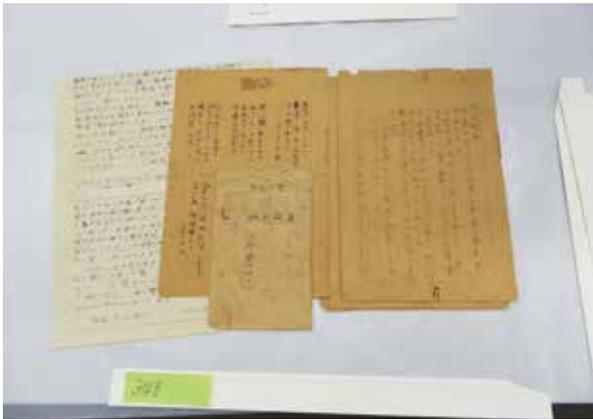


写真35 No.348 外觀 (右を分析)



写真36 No.348 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真37 No.351 外觀

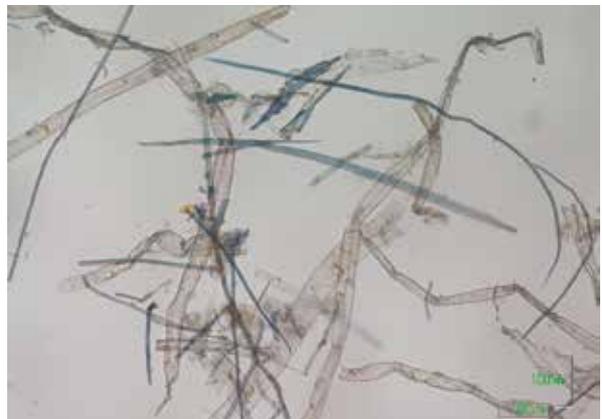


写真38 No.351 顕微鏡写真 (100倍、C染色)



写真39 No.352 外觀



写真40 No.352 顕微鏡写真 (100倍、C染色)

表2 繊維組成試験結果まとめ

No.	繊維組成結果	備考
11	バガス繊維	
22(付)	針葉樹機械パルプ(主体)、針葉樹化学パルプ(僅か)	
23	針葉樹化学パルプ、イネ科の植物の繊維(稲ワラ繊維と思われる)	獣毛のような繊維数本
57封筒	イネ科の植物の繊維(バガス繊維と思われる)、針葉樹化学パルプ	
71	針葉樹化学パルプ、針葉樹機械パルプ、イネ科の植物の繊維(稲ワラ繊維と思われる)(僅か)	C染色液で青紫色に染色される不定形物質
111	針葉樹化学パルプ(主体)、針葉樹機械パルプ、イネ科の植物の繊維、不明繊維	C染色液で青紫色に染色される不定形物質
113	針葉樹化学パルプ	
143便箋	針葉樹化学パルプ	C染色液で繊維表面がやや黄色に染色される
143封筒	針葉樹化学パルプ	
179	針葉樹化学パルプ(主体)、イネ科の植物の繊維(僅か)	
182	針葉樹機械パルプ(主体)、針葉樹化学パルプ、イネ科の植物の繊維(僅か)	
183	マニラ麻繊維(主体)、針葉樹化学パルプ	C染色液で黄色に染色される不定形物質
186	楮繊維	C染色液で青紫色に染色される不定形物質
201	針葉樹化学パルプ(主体)、不明繊維、イネ科の植物の繊維	
211	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	
288	針葉樹化学パルプ、三桠繊維、イネ科の植物の繊維	
336	針葉樹化学パルプ、マニラ麻繊維、イネ科の植物の繊維	
348	針葉樹機械パルプ(主体)、針葉樹化学パルプ	
351	針葉樹化学パルプ、イネ科の植物の繊維(稲ワラ繊維と思われる)	
352	針葉樹化学パルプ	繊維表面や含まれる細胞類の多くがC染色液で黄色に染色される

パルプである。また、繊維表面の所々や多くの細胞類が薄黄色に染色されているのが観察された。

## 5. 分析で検出された製紙原料の特徴について

### (1) 稲ワラ繊維

稲ワラや麦ワラは江戸時代以前から製紙原料として使用されていたが、本格的に使用されるようになるのは明治以降になる<sup>10)</sup>。明治12年には印刷局抄紙部で稲ワラをボロ原料に混入する機械抄きに成功した。さらに、製紙会社(後の王子製紙株式会社)の大川平三郎はアメリカに留学して麦ワラのパルプ化について視察、研究し、明治13年に帰国後、稲ワラパルプの製造に成功した。稲ワラパルプは当初ボロ原料の補助原料として使用されたが、その後稲ワラのみをパルプ原料とするもの、あるいは主原料とするものも現れ、19世紀末頃まで日本における機械抄き紙の主力原料であった<sup>11)</sup>。

#### 〈特徴〉

繊維壁は厚く、内腔は狭く、繊維は末端が尖っている。繊維長0.52~1.41mm、幅6.0~13.0 $\mu$ m程度の繊維が多い<sup>12)</sup>。また、繊維の他に、表

皮細胞(鋸歯型細胞)、柔細胞(俵型、丸型)、導管節を含む。鋸歯型細胞は他のイネ科の植物に比べて細長く、幅は10 $\mu$ m程度ものが多い。C染色液で青色に染色される。また、C染色液で赤紫色に染色される柔細胞が観察される場合もある(写真41)。



写真41 顕微鏡写真 稲ワラ繊維(100倍、C染色)

### (2) 針葉樹化学パルプ、針葉樹機械パルプ(碎木パルプ)

現在、木材から紙の原料となる繊維の集まりであるパルプを製造するための方法は多数あるが、大きく2つに分類すると、木材を化学的に処理してパルプ化する化学パルプ化法と機械的な処理でパルプ化する機械パルプ化法がある。

化学パルプは繊維間に存在するリグニンを化学処理により溶解することでパルプ化するため、繊維の形状が保たれるのに対し、機械パルプの1種である碎木パルプは、樹皮を剥いだ丸太に水をかけながら砥石に押し付けすり潰してパルプ化するため繊維は断片化し、結束した繊維も多く見られる。

明治初期の欧米では、すでにボロやワラよりも安く大量に得られる木材を原料とするパルプ製造技術が開発、工業化されており、この木材パルプから製造された製品は、日本にも輸出された。これらの輸入紙は価格が安かったため、対抗するには、日本国内でも安く大量に得られる木材を原料とし、紙の製造原価を引き下げざるを得なかった<sup>13)</sup>。そのような中、明治23年には、国内で初めて木材から亜硫酸パルプ（化学パルプの1種）及び碎木パルプ（機械パルプの1種）が製造された。

化学パルプについては、日本では白色度の高いパルプの製造が容易であった亜硫酸パルプが先に工業化するが、昭和20年代にクラフトパルプの漂白プロセスが確立すると、使用可能な樹種の制約がなく、使用薬品を循環使用できるクラフトパルプが優位となり、昭和32年には生産量が亜硫酸パルプと逆転<sup>14)</sup>、現在はクラフトパルプが化学パルプ製造法の主流となっている。

#### 〈針葉樹化学パルプの特徴〉

繊維はすべて水の流通と構造維持の機能を受け持つ仮導管である。繊維は扁平なものと比較的立体的なものがあり、繊維幅に広狭が見られる。また、扁平な繊維には表面に有縁壁孔が観察される。繊維長2～4.5mm、幅20～70 $\mu$ m程度<sup>15)</sup>。C染色液により晒パルプは薄紫色や薄茶色に、未晒パルプはくすんだ黄色に染色される(写真42)。

#### 〈針葉樹機械パルプ（碎木パルプ）の特徴〉

原木は針葉樹のため、繊維はすべて仮導管であり、有縁壁孔が観察される。また、ちぎれて断片化した繊維や結束繊維が観察され、単繊維は基本的に観察されない。C染色液で鮮やかな

黄色を呈する(写真43)。



写真42 顕微鏡写真 針葉樹晒し亜硫酸パルプ (100倍、C染色)



写真43 顕微鏡写真 針葉樹碎木パルプ (100倍、C染色)

### (3) 楮繊維

江戸時代まで日本で製造された紙の主原料である。師部に含まれる繊維（韌皮繊維）を常圧下アルカリ液で煮熟することにより取り出し、紙の原料とする。明治以降も主に手漉き和紙の原料として使用されたが、前述のように明治16年には下郷製紙所で和紙原料と洋紙原料（木綿、麻、綿ボロ、三桠、楮）を混合して和風紙が製造されており、一部機械製紙の原料としても使用されたようである<sup>7)</sup>。昭和30年代には高岡丑太郎により手漉きに代わり楮などの和紙原料の機械抄造を目的とした懸垂短網抄紙機が開発され、楮を主原料とする高級障子紙などの製造に用いられた<sup>16)</sup>。

#### 〈特徴〉

繊維は扁平な部分と立体的な部分があり、繊

維幅の広狭が見られる。節が観察される。繊維長6~21mm、幅10~30 $\mu$ m程度<sup>15)</sup>。C染色液で染色すると茶色に染色される。また、繊維の周りには薄皮が存在し、薄皮はC染色液により水色に染色される。繊維の他に非繊維物質が観察され、C染色液により黄色や水色を呈する(写真44)。



写真44 顕微鏡写真 楮繊維 (100倍、C染色)

#### (4) 三桠繊維

天平時代の駿河国正税帳に三桠繊維が使用されていたことが明らかになっており<sup>17)</sup>、古くから日本で使用されている製紙原料である。しかし、江戸時代までの三桠紙は純白な紙とならず時間とともに赤色を呈するため<sup>18)</sup>、楮や雁皮に比べてマイナーな存在であった。しかし明治以降、印刷局は西洋から導入されたソーダ灰や苛性ソーダ、クロールカルキを三桠の煮熟や漂白に用いることにより、明治10年には三桠から白い高級紙が製造できるようになり<sup>19)</sup>、明治14年には三桠100%の紙幣が開発された。それ以降、手漉き、機械抄き両方で使用されるようになった。

##### 〈特徴〉

三桠繊維は、中央が幅広で末端は細く先端は丸みがある。また、繊維は立体的で折り返しやよじれは観察されない。節が観察される。繊維長3~5mm、繊維幅10~30 $\mu$ m程度<sup>15)</sup>。C染色液でオリーブ色に染色される。また繊維の他に、C染色液で黄色や水色を呈する非繊維物質が観察される(写真45)。



写真45 顕微鏡写真 三桠繊維 (100倍、C染色)

#### (5) マニラ麻繊維

大正7年に土佐紙業組合製紙試験場でマニラ麻を使用して蚕卵台紙の研究開発が行われている<sup>1)</sup>。また、マニラ麻からは丈夫な繊維が取れるため、フィリピンでは1800年代からロープ用に栽培されており、第二次世界大戦前には、多くの日本人がフィリピンのミンダナオ島ダバオ市に渡り麻栽培に従事した<sup>20)</sup>。船舶用ロープ、油井用ロープ、農業用ロープのほか、製紙原料として、主に日本に輸出された<sup>21)</sup>。

マニラ麻はバショウ科バショウ属の植物で、葉は楕円形で大きく、基部は鞘状で茎を包むようになっている。この茎の部分(葉鞘)から肉質を除去し繊維を取り出す。

##### 〈特徴〉

マニラ麻繊維は、立体的な繊維が主だが扁平な繊維も観察される。立体的な繊維は、幅方向の広狭の変化が少なく、明瞭な節が観察され、先端は尖っている。扁平な繊維はやや針葉樹パルプの仮導管と似ているが、壁孔は観察されない。繊維長2.0~6.0mm、幅6.6~22 $\mu$ mの繊維が多い<sup>12)</sup>。繊維はC染色液で青や茶色、紫、グレーなどに染色される。また、薄桃色を呈する俵型の表皮細胞(ステグマタ)が観察される(写真46)。



写真46 顕微鏡写真 マニラ麻繊維 (100倍、C染色)

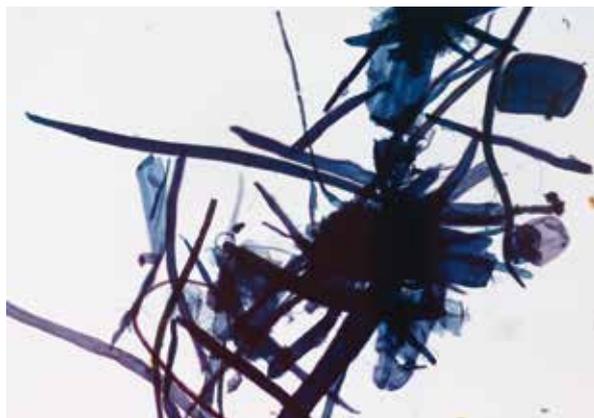


写真47 顕微鏡写真 バガス繊維 (100倍、C染色)

#### (6) バガス繊維

バガスはサトウキビ搾汁後の残渣に含まれる繊維である。昭和8年 植民地下の台湾に大川平三郎が設立した台湾製紙でバガスやオニガヤ等を原料とするパルプが生産されている<sup>3)</sup>。また、昭和13年企画院が企画した「木材パルプ増産五カ年計画」には、木材パルプの増産とともに、「新原料として、台湾のバガス10万トン、大豆粕及び豆殻5万5千トンの増産」とある。戦時経済を想定して可能な限り原料の自給生産体制の確立を図らなければならなかった中、不足する木材を補う新資源としてバガスの増産が計画されていた<sup>22)</sup>。

#### 〈特徴〉

バガス繊維はイネ科の植物で、繊維長1.02～2.28mm、幅17.0～30.0 $\mu\text{m}$ <sup>12)</sup>の繊維が多く、イネ科の植物の中では大型である。繊維の他に表皮細胞(鋸歯型細胞)、柔細胞(丸型、俵型、長形)、導管節を含み、鋸歯型細胞は幅15～30 $\mu\text{m}$ 程度のものが多く、稲ワラのものに比べ太く溝が浅い。また、柔細胞は大型で長形のは、長さ400～500 $\mu\text{m}$ 、幅100 $\mu\text{m}$ 程度、丸形は直径80～180 $\mu\text{m}$ 程度のものが観察される。C染色液で青色に染色される(写真47)。

#### (7) 広葉樹化学パルプ

広葉樹材を用いた本格的な製紙用パルプの国内生産は第二次世界大戦後になるが、広葉樹材からレーヨンパルプを製造する研究は昭和9年より始まり、昭和11年には広葉樹である白樺からレーヨン用と製紙用のパルプが製造されている<sup>23)</sup>。昭和15年には東北パルプ株式会社でレーヨンパルプ及び製紙用パルプの生産が開始され、原木として広葉樹(ブナ)や針葉樹(アカマツ)が使用された。レーヨンパルプの生産が主であったが、一部製紙用パルプも製造されていたようである<sup>24)</sup>。

#### (特徴)

繊維は細胞壁が厚く、中央は円筒形で先端は細く尖っている。繊維以外に繊維状仮導管、導管節、柔細胞を含んでいる。繊維長0.8～1.8mm、幅10～50 $\mu\text{m}$ 程度<sup>15)</sup>。C染色液で青色を呈する(写真48)。



写真48 顕微鏡写真 広葉樹化学パルプ (100倍、C染色)

## 6. 繊維組成試験結果のまとめ

繊維組成試験の結果を表2にまとめた。分析の結果、最も登場回数が多かったのが針葉樹化学パルプで18点、次いで種類の判別できないイネ科の植物、針葉樹機械パルプ、稲ワラと思われる繊維であった。今回は20点をランダムにサンプリングして分析した結果ではあるが、針葉樹化学パルプが当時の紙の主原料として用いられ、稲ワラを含むイネ科の植物が補助原料として使用されていた傾向が実際の紙からも見られた。針葉樹機械パルプを含む5点は全て単独では用いられず、他の原料と混合して用いられていたが、そのうち3点は主原料として用いられていたことから、主原料、補助原料いずれにも用いられたと考えられる。また、分析した20点のうち、単独の原料種から構成される紙は6点で、その他は複数の種類の原料を混合して製造されていた。

また、明治以前より日本で用いられた紙の原料としては楮繊維と三桎繊維が観察された。楮繊維が観察されたNo.186は楮100%で構成されていた。また、三桎繊維が観察されたNo.288は主原料は針葉樹化学パルプで三桎繊維は少し観察される程度であったが、紙は簀目や糸目などが観察された。今回分析した20点の中にも、目視により「手漉き和紙風」の紙が見られたが、そのほとんどは、木材パルプ等明治以降導入された原料が用いられていた。

## 7. おわりに

今回の分析の結果、当時の紙の原料として針葉樹化学パルプを中心として様々な植物由来のパルプ原料が使用されており、複数の種類の繊維が混合されているものも多かった。軍用紙には木材パルプに比べ繊維長が長く、一般的に強度の優れたマニラ麻が使用されるなど用途に応じて原料を選択しているように思われる紙や、バガス繊維など戦時下物資が不足した時代に使用された原料も見られた。このように、平和会館に収蔵されている紙資料は、昭和初期から第

二次世界大戦前までの間に製造された紙について知る上での実物資料として価値があると思われる。一方で、戦時下ならでは原料が使用されていたり、地合いも悪く品質のあまり良いとは思えない紙が遺書として使用されているものもあり、物資が不足し、また十分に準備する時間もないまま、戦地に赴いた隊員達の当時の様子を使用した紙を通して垣間見ることができた感じがした。

## 8. 参考文献

- 1) 清水泉編著、土佐紙業史、高知県和紙協同組合連合会、1956年、p193-195
- 2) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会1967年、p263-269
- 3) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p293
- 4) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p79
- 5) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、参考文献p14より洋紙と和紙の生産量から算出
- 6) 農商務大臣官房統計課編、農商務統計表第28次（明治44年）、p231、及び第38次（大正10年）、第2編p77より作成
- 7) 村上弥生、明治期における和紙製造の技術開発とその展開、博士論文、2009年、p83
- 8) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p104
- 9) 清水泉編著、土佐紙業史、高知県和紙協同組合連合会、1956年、p90
- 10) 久米康生著、和紙文化辞典、わがみ堂、1995年、p354
- 11) 丸尾敏雄、洋紙製法発展の歴史、紙パルプの技術 Vol.58No.3・4、2008年
- 12) 王菊華編著、中国造紙原料繊維特性及顕微図譜、中国軽工業出版社、1999年
- 13) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p90
- 14) 通商産業大臣官房調査統計部編、紙・パルプ統計

- 年報, 昭和40年、1966年、p38
- 15) 紙パルプ技術協会編、紙パルプの試験法、紙パルプ技術協会、1995年、p214-216
  - 16) 尾鍋史彦編、紙の文化事典、朝倉書店、2006年、p334-336
  - 17) 正倉院紀要第32号正倉院宝物特別調査紙（第2次）調査報告、2010年、p29、31
  - 18) 吉井源太、日本製紙論1976年復刻版、有隣堂、1898年、p117
  - 19) 村上弥生、明治期における和紙製造の技術開発とその展開、博士論文、2009年、p32
  - 20) マニラアサ、wikipedia
  - 21) 丹野勲著、戦前日本企業のフィリピン進出とダバオへのマニラ麻事業進出の歴史と戦略、国際営論集50、p38
  - 22) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p259
  - 23) 東北パルプ株式会社社史編纂委員会編、東北パルプ社史、1952年、p100-102
  - 24) 鈴木尚夫編、現代日本産業発達史12紙・パルプ、現代日本産業発達史研究会、1967年、p280-281

(ありよし・まさあき

高知県立紙産業技術センター主任研究員)

## <要旨>

知覧特攻平和会館に収蔵されている遺品のうち、紙製遺品20点について繊維組成試験を実施した。その結果、針葉樹化学パルプが最も多く観察され、次いで種類の判別できないイネ科の植物、針葉樹機械パルプ、稲ワラと思われる繊維であった。今回はサンプリング数が限られたデータではあるが、針葉樹化学パルプが当時の紙の主原料として用いられ、稲ワラを含むイネ科の植物が補助原料として使用されていた傾向が実際の紙からも見られた。欧米から抄紙技術が導入される明治以前より日本で用いられた紙の原料としては楮繊維と三桠繊維が1点ずつから観察された。目視により「手漉き和紙風」の紙が見られたが、実際に伝統的な和紙原料が使用されているものは僅かであった。その他、軍用紙にはマニラ麻が使用されており用途に応じて原料を配合しているように思われる紙や、バガス繊維のような戦時下の物資が不足した時代に使用された原料も見られた。

## <Summary>

### Overview of Techniques and Fiber Analysis of Materials Used in Letters and Other Paper Documents Conserved at the Chiran Peace Museum

Fiber composition examination of 20 paper mementos preserved at the Chiran Peace Museum was carried out. Results showed an abundance of chemically treated conifer pulp, and smaller quantities of fiber thought to be mixtures of conifer machine pulp and rice straw or just rice straw. Although only a limited number of samples were examined at this time, results suggest that chemically treated conifer pulp was the main material used at that time and that gramineous plants, including rice straw, were used as supplementary raw materials. Prior to the introduction of papermaking technology from Europe and America during the Meiji era, paper was made in the traditional way in Japan using fibers from the inner bark of the gampi tree, the mitsumata shrub (*Edgeworthia chrysantha*), or the paper mulberry (kōzo) bush. Visually, it looked like traditional Japanese paper, but only few of the raw materials used in traditional Japanese papermaking were used. In addition, military materials were made from Manila hemp (*Musa texilis*), which was thought to be mixed according to the intended use, and bagassu fibers, which were used at that time of wartime shortage.