

## リネン紙復元実験の試み

小島 浩之・森脇 優紀

### はじめに

本稿は、リネン紙を実際に漉いて復元するという、実験考古学的な研究の成果報告である。

復元実験は、大川昭典、江渕栄貫、北岡竜之各氏の協力を得て、2016年8月29日（月）から9月1日（木）にかけて、高知県立紙産業技術センター（以下、紙業センター）にて行った。

### 1. 問題の所在

実際の報告内容に移る前に、紙および製紙技術の歴史の中で、リネン紙の位置づけを行い、筆者らの問題意識を明確にしておきたい。

中国後漢の蔡倫は、紙の改良者として知られている。蔡倫の紙改良は、製紙工程の広範囲に及んだと考えられるが、こと原料の選定という部分に着目すれば、ボロ布の使用を明確にした点、樹皮を原料の一つに取り上げた点は、特筆される。

よい紙を作るためには、原料を適度に叩解（ほぐして柔軟に）し、繊維のフィブリル化（毛羽立ち）を促すことで、繊維同士が絡みやすくなるようにする必要がある。この意味で、使い込まれて柔軟になった布繊維は、新しい繊維より紙の原料として適しているといえる。

一方で、樹皮は布類より叩解が容易で、労働生産性が高い。東アジアにおいて使用された紙は、当初は大麻や芋麻などの麻紙が使われたが、徐々に桑、藤、楮などの樹皮を使用した樹皮紙にその主流が移っていった。

さて、原料としての樹皮が入手できない地域では、最良の製紙原料は麻を中心としたボロ布においてほかになかった。シルクロード沿の敦煌の経

典の紙は、唐朝が十分に勢力を保っていた時期は、主に楮紙が使われているが、755年から763年にかけての安史の乱後は、麻紙が使われるようになった<sup>2)</sup>。この騒乱により、唐朝のシルクロード沿への影響力は低下し、786年以降は吐蕃（チベット）に占領されてしまう。楮紙から麻紙への移行がこの時期と重なることは、砂漠地帯単独では樹皮を製紙原料とすることが難しく、ボロ布から紙を漉かざるを得なかったということを如実に示しているといえよう。

製紙技術の西遷は、ほぼ同時期の751年であるが、最初に製紙技術の伝わったサマルカンドでは、やはり樹皮の入手は困難であったようで、ボロ布から紙が漉かれている。

製紙技術は、気候的に乾燥したイスラーム世界を経て、原料にボロ布を使用したいわゆる rag paper を作る技術としてヨーロッパに伝わったのである。

ヨーロッパの紙は、亜麻（リネン）や綿が中心原料であったため、リネン紙やコットン紙と呼ばれるが、後述するように、ヨーロッパの伝統や風土に合致するようによりよい紙が漉け、製紙原料として重視されたのはリネンであった。

このように考えると、中国から広がっていった製紙技術の東端が我が国の和紙だとすると、西端に位置するのがリネン紙であるといえる。

筆者らは、資料の保存という観点から媒体としての紙そのものや、紙の歴史について調査・研究を進めている。このため数年来、様々な和紙を復元するプロジェクトに参加してきた。しかし、上述のような紙の伝播の歴史を考えた場合、和紙だ

けでなくリネン紙についても、歴史的および技術的観点から考察を進める必要があると考えた。

さらに、筆者らの勤務する東京大学経済学部資料室では、数千点規模で洋書の古典籍を所蔵しており、この資料保存に取り組むにあたっては、古典籍の料紙に関する知識は不可欠である。

このように、歴史的な経緯と資料保存という観点の双方から、当該復元実験を行ったのである。

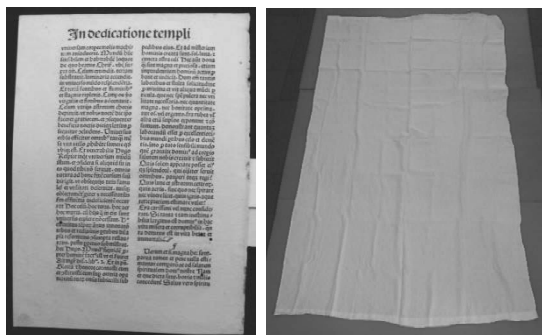


写真1 参考とした古紙 写真2 リネン原布

## 2. 原料見積より調達までの経緯

今回の実験においては、大川昭典氏が所蔵する厚手の古紙<sup>3)</sup> (1493年刊本の零葉、写真1) を基準として抄紙することとした。

ただし、抄紙用の器具や工程を、当時と同等に復元することにはかなりの困難が伴う。このため今回は、準備可能な環境の中で一通りの工程を踏んでリネン紙を漉きあげることを、第一の目的に掲げることとした。15世紀の抄紙との相違点については、実験現場でも逐一確認しつつ進めたが、本稿でも適宜指摘をしつつ論を進める。

この古紙の坪量は  $103\text{g}/\text{m}^2$ 、今回使用した金篋(後掲写真9)が  $32.5\text{cm} \times 45.5\text{cm}$  なので、同じ坪量の紙を漉くには1枚あたり  $15.2\text{g}$  の原料が必要となる。実験用に最低30枚は必要なので、原料の総量は約  $450\text{g}$  ( $15\text{g} \times 30$ 枚)となる。実際には歩留まりを考慮して、20%ほど多めに素材を用意することであったが、今回は余裕をもって  $1\text{kg}$  程度の亜麻布を用意することとした。

ところが、現在、国内でリネンのボロのみを調

達することは思いのほか難しかった。綿や大麻、芋麻ならまだしも、リネン100%の洋服やシャツで、しかも使い古したものを相当量ということになると、専門の取扱い業者も見当たらず、原料調達で早くもつまづいてしまった。

北海道では亜麻の栽培がそれなりに行われている。しかし、これは亜麻仁油を採油するためであり、繊維ではなく種子の採取が目的となっている。また、北海道では、第二次大戦前後は綿の代わりに亜麻を用いた洋服も作られていたというが、当時のものに製品タグがあるわけでもないの、製品ごとに原料繊維を鑑別することは難しいとのことであった<sup>4)</sup>。

さらに、長い間リネン繊維が利用されていた消防用ホースの素材も、20年ほど前から化学繊維に代わってしまっていた。

最終的に、麻を中心とした紡織事業の老舗であり、その企業理念に「リネンの帝国繊維を市場に確立する」<sup>5)</sup>と掲げている帝国繊維株式会社に助力を求めることとなった。同社の齋藤政城氏(繊維営業部麻事業グループ課長代理)に、今回の実験のために、わざわざ社内でリネン製の使用済ソファーカーバー(30回程度洗濯済で生成色のもの、約  $1.2\text{kg}$ )を探して提供いただけるという幸運に恵まれた<sup>6)</sup>。



写真3 裁断機 写真4 裁断後のリネン

## 3. 紙料作り

原料となる亜麻布から縫い目部分を除き(縫い

目部分は厚みがあるのと、別素材の糸が入っているため)、裁断機(写真3)で7mm四方のチップに裁断した(写真4)。

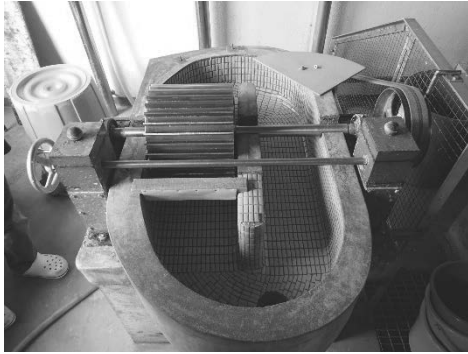


写真5 ホレンダー・ビーター



写真6 ビーターに紙料を投入したところ

次にこのチップをホレンダー・ビーターで叩解した。ビーターとは、「ぼろ布を製紙に適する繊維に変える円筒攪拌機」<sup>7)</sup>のことで、水槽中で鉄製の刃を回転させ、水流を作って原料を攪拌しながら磨砕する機械である。現在では刃型にバリエーションが見られるが、もっぱら西洋で使われてきたのは、17世紀後半にオランダで発明されたものであり、ホレンダー(もしくはホランダ)・ビーターと呼ばれている。

西洋中世では、水車や風力を利用して動く、杵のようなスタンプと呼ばれる打解装置で叩解を行っていた。1493年の古紙に準ずるのであれば、年代的には打解装置を使用すべきなのだが、今回の亜麻布が古布というほど古いものではなく、まだ繊維の力が十分に強いため、打解装置を利用した叩解では、所定の期間内に抄紙実験がで

きないと判断された。このため今回は、近世・近代の方法であるビーターを使用した叩解によった。

ビーターには都合2回かけた。なぜならば1回目のビーター処理では、多くの泡が発生したためである。これはおそらく、染料や残留洗剤などが水中に溶け出したものと考えられる。

一度、ビーターから原料を取り出して洗った後、再びビーターにかけ、適宜、叩解の度合いを見ながら全体で約100分間ビーターによる叩解処理を行った。

叩解の度合いは適宜、ろ水度(水切れの速度)で測定し、ろ水度が400mlとなった段階で、ビーターの刃を当てることを止めて攪拌のみにし、ろ水度が300ml前後になった時点で終了した。



写真7 参考古紙の繊維写真

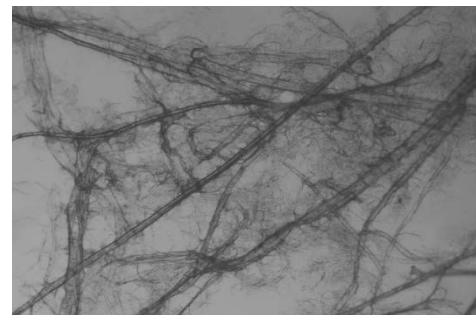


写真8 ろ水度300ml時点の繊維写真

参考とした1493年の古紙の繊維写真と、ろ水度300ml時点での実験用紙料の繊維写真(フィブリル化の状況)を写真7および8として掲げる(いずれも100倍撮影画像を1/2に縮小したものである)。

#### 4. 透かしの準備

紙料の調整と並行して、透かしを入れるための準備を行った。西洋の紙に入れられる透かしには主標 (watermark) と副標 (countermark) の二種があり、前者が紋様状、後者が製紙業者のイニシアルや製造年月日などを示すものである。ただし、副標の方は常に存在するわけではない<sup>8)</sup>。

今回は紙業センター所有の金簀を借用して、写真9のように主標 (左) と副標 (右) を取り付けた。通常、透かしの型は針金で作られるが、今回は水濡れに強い柿渋紙をデザインカッターで整形したものを両面テープで網に貼り付けた。



写真9. 網状金簀と透かし



写真10 リネン布からの紙料

なお、18世紀以前に使用されていた金簀は、縦方向が粗目で、横方向が密に編まれていた。このため、紙に残る針金の痕跡は、ちょうど竹簀・萱簀で漉いた和紙のような形で残っている<sup>9)</sup>。一方、19世紀以降は、一般的には網目状に編まれた金簀を使用した。今回、使用可能であったものは、網目状の金簀のみであった。

#### 5. 抄紙

##### 5.1 紙料の投入

ステンレス製の漉舟に水を満たした上で、紙料を投入し、竹棒や馬鍬を使用して十分に攪拌し、ネリ剤は入れずに、水とリネン繊維の懸濁液を作った。



写真11 攪拌の様子 (右が馬鍬)

諸書に示される西洋の抄紙図においては、漉舟にボイラーが附属していることがわかる。これは近世ヨーロッパの抄紙では、水抜け・乾燥を早めるために温水を使用していたからである<sup>10)</sup>。ただし、これは17世紀以降のことなので、今回の実験で参考とした紙が漉かれた15世紀のヨーロッパでは、水を使用していたはずである。温水であれば対流により、攪拌作用があると考えられる<sup>11)</sup>が、常温の水でかつネリが入っていない紙料液は、抄紙作業の合間に適宜攪拌を行う必要があった。

##### 5.2 紙料の汲み込み

ハンターによる抄紙工程の解説の邦訳版によれば<sup>12)</sup>、「抄紙工は漉き具を繊維液の中にほぼ垂直に突き込み、十分に浸水すると槽から水平に持ち上げ」、余分な「紙料は漉き具の最先端から流し捨て」た後、漉き具上の「紙料液を、最初は右から左に、それから後から前へ揺り動かす」のだという。

しかし、実際には邦訳版の言うように、捨て水してから左右前後に揺り動かすというのは不可能であった。というのも、金簀は水抜けが早く、簀の上からの余分な水を最初に捨ててしまうと、左右前後に揺り動かして形を整えることは難し

かった。さらに、ある程度の水が無いままに、左右に動かすと湿紙が型崩れしてしまう。



写真 12 汲み込み前 写真 13 汲み込み後

前掲の久米康生氏の翻訳では、余分な水を捨てたことのみが記されており、原文の"into the vat, to be used again"という部分<sup>13)</sup>が訳出されていない。余分な紙料液は捨てられたというより、漉舟に戻されて再利用されたのであり、この点不正確な翻訳となっている。和紙の抄紙でいうような捨て水というよりは、厚み調整のために多少の紙料液を漉舟に戻すこともあるということなのであろう。今回の実験では、適度な紙料を汲み込み(写真 12)、十分な水分がある間に軽く左右前後に揺する(写真 13)というのを基本動作とした。

左右前後に揺する動作は、和紙の流し漉きとは異なる緩慢な動作であり、ハンターも言及しているように、繊維の絡みを整えつつ平面に広げ、箆桁上の排水を促すためである<sup>14)</sup>。揺すりすぎると湿紙の表面が粗くなってしまう。

### 5.3 水切りから紙床移しまで

漉きあがった後の行程については、ハンターらの記述を元にして、雪嶋宏一氏が次のように簡便にまとめている<sup>15)</sup>。

抄紙作業は、紙を漉くメイカー (maker, vat-man)、漉舟の漉き網をメイカーに手渡すカウチャー (coucher)、漉き上げた紙から水分を絞り乾燥させるレイヤー (layer) という 3 人一組のチームで行なわれた。… (中略) …メイカーは漉舟の漉き網だけをカウチャー

に手渡し、カウチャーは代わりの漉き網をメイカーに手渡す。メイカーは常に同じ漉き枠を持ち、1 対の漉き網をカウチャーと交互に受け渡した。カウチャーは受け取った漉き網をひっくり返してフェルトの上に紙を置き、フェルトを重ねてポスト (post) を作る。



写真 14 上枠 (漉き枠) をはずす



写真 15 持ち替えて水切りへ

既に、製紙や印刷に関する種々の解説書や研究書に言及されているように、西洋の箆桁は金網を張った下枠 (漉き網) と、それを上から押さえる上枠 (漉き枠) からなっていた。このため、抄紙後に湿紙を紙床に置く際には、上下枠を分離する必要があった。しかも、紙が厚いため水抜けが悪く、紙床に寝かす時間を要することがわかる。抄紙から紙床に湿紙を寝かすまでの工程を一人で行うことは、大変効率が悪いのである。このため効率良く紙を漉くには、同じ網枠を複数用意して、複数人で工程を分担する方がよい。

一方で、東洋の抄紙の箆は枠に固定されていな



写真 16 水切り



写真 17 紙床

い独立したもので、上下の木枠で仮留めされているにすぎない。また、流し漉きで水切りもよいいため、抄紙後は簀だけ外して、湿紙を紙床に寝かせるのは作業工程としては、一人で十分なのである。

今回、漉き網は一つしかなかったため、抄紙から湿紙を紙床に寝かせるまでの工程を同一人が行っている。また本来は、傾斜した水切り台に漉き網ごと置いて水を切る<sup>16)</sup>ようであるが、今回は、水切り台の準備がないので、漉き網をしばらく斜めに持ちつつ水切りを行っている（写真 16）。

水切りの後は、紙床に湿紙を押しつけて漉き網から分離させた。和紙の紙床移しとは異なり、漉き網を一気に裏返して紙床に置き、枠木に体重をかけて圧着させないと、湿紙は金網から綺麗に分離しない。この際、漉き網に対して、真上から垂直に力をかけないと湿紙がつぶれたり、歪んでしまうので、かける力の大きさと、その方向をつかむのに苦労した（写真 18 および 19）。

湿紙と湿紙の間に入れる間敷<sup>あいじき</sup>は、一部をヨーロッパの製法に倣ってフェルトとしたが、予算の都合もあり、大部分は不織布で代用した。最終的に 64 枚のリネン紙を漉き、そのうち 11 枚をフェルト敷とした。

乾燥後の表面を観察すると、間敷にフェルトを用いたものは、不織布のものに比べ、細かな凹凸や毛羽立ちができ、全体的に引き締まった固い紙となった。この理由として、フェルトの羊毛に圧

着すること、不織布に比べてフェルトの方が水分を早く吸収できること、圧搾時にフェルトの厚みが圧力を緩和する緩衝材の役割を果たしていること、などが考えられよう。



写真 18 紙床への圧着 1



写真 19 紙床への圧着 2

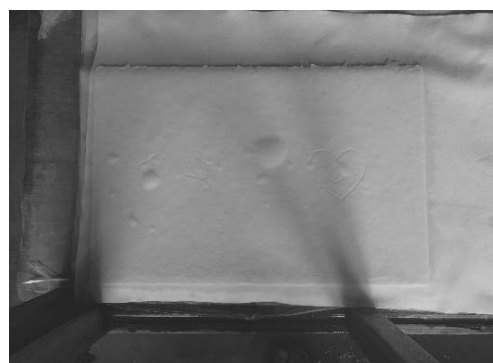


写真 20 フェルトの間敷上の湿紙

紙は、各地域の文化や自然、紙以前の伝統的な記録媒体の違いなどから、伝播した地域ごとの特徴を帯びたものとなる。ヨーロッパにおいて紙は、獣皮紙の代用であり、金属製のペンや活字にも強い強度が求められることとなった<sup>17)</sup>。後述するよ

うに、今回の実験ではサイジング処理を割愛しているため、間敷の相違がリネン紙の完成品に与える最終的な影響は判断できないが、フェルトが間敷として使われてきた事実は、物理的な特質や風合などにおいて、ヨーロッパの伝統や風土に合致するものであったことは間違いないのであろう。



写真 21 縄干



写真 22 吊干

#### 5.4 乾燥

漉き上げた紙は圧搾機で脱水し、翌日に乾燥工程に入った。通常は馬の尾の毛で編んだロープに掛けて乾燥させる(縄干)のだが、設備の関係上、縄干は5枚しかできなかつたので、以下のように様々な乾燥法を試してみることにした。

ステンレス板干	46枚
木板干	2枚
吊干	11枚
縄干	5枚

時間的な制約もあり、漉いた紙の大部分はヒーター付のステンレス製乾燥機にて乾燥させた。2枚だけ松の張り板によって板干も試みた。縄干の

縄は固いロープではなく、柔軟なものでなければならぬため、洗濯ロープを使用した。

吊干は、湿紙の2カ所を留めて干す方法であるが、そのまま湿紙を留めると崩れてしまう恐れがあるため、間敷ごと乾燥させている。

乾燥方法の違いにより、どのような差異が出てくるのかは、現在進めている物理量の測定や繊維の光学的観察のデータを集積した上で、今後考察を行いたい。

リネン紙製作の工程としては、この後に滲み留め処理(サイジング)があるのだが、今回は日程および設備の関係で割愛した。

#### おわりに

以上、簡単であるが2016年度に実施したリネン紙復元実験について概要を報告した。見本とした15世紀の抄紙・乾燥工程とは、かなり乖離する部分もあったことは否めない。しかし、実際にその相違の確認も含めて、一つ一つの工程を実験としてたどることで、文献を読むだけではわからない部分で多く得られるものがあった。

こういった実験の成果は、本格的な研究というレベルではないことは重々承知しているが、この経験・成果は、製紙技術に関する文献史料を読解する際に、必ずや役立つであろう。

なお、この実験において作成した紙の一部について、各種の計測と写真による記録を残した上で、第2回湘南白百合学園中学校オープンスクール(2016年10月29日開催)の体験授業教材として提供した。研究費による成果の社会貢献の一つとして本稿の末尾に特記しておきたい。

この体験授業では、今後入学を希望する小学生(4~6年生)15名が、当該実験で漉いたリネン紙を用いてしおりを作成するというものであった。担当の山田千夏子講師によれば、紙の書写材料としての有用性や作成方法を講義した上で、しおりを作成し、さらにペンを使ってギリシア文字で各

自の名前を書いたと、報告があった。参加児童から体験授業を補助した高校生に至るまで、今後を担う若い世代にも、紙の質感や製法への興味を抱いてもらえたとのことで、学術研究の社会還元の一つとして大変意義あることであったと思われる。

【附記】本稿は JSPS 科研費 25284129、16K12543 および東京大学大学院経済学研究科長期プロジェクト研究助成「学術資源の保存・修復に関する基礎的研究」による研究成果の一部である。  
本稿にかかる実験及び執筆に関して、多大なるご助言をいただいた大川昭典氏、実験に際して協力いただい

た江渕栄貫氏・北岡竜之氏並びに高知県立紙産業技術センター、リネンを提供いただいた帝国繊維株式会社の齋藤政城氏、北海道における亜麻の情報をいただいた浪漫屋店主伊藤氏、本研究の成果の社会還元に協力いただいた山田千夏子氏に、末筆ながら、記して謝意を表したい。

(こじま ひろゆき：東京大学大学院経済学研究科講師)  
(もりわき ゆき：東京大学大学院経済学研究科特任助教)

- 1) 以下、本章では、紙の歴史や紙の技術伝播に関わる諸点については、小島浩之「何に記録を残すのか：「紙」の誕生とその伝播」豊田浩志編『モノとヒトの新史科学』勉誠出版、2016に基づきつつ叙述した。
- 2) 龍谷大学古典籍デジタルアーカイブセンター・フランス国立図書館「敦煌文書の科学分析」および岡田至弘・坂本昭二「フランス国立図書館収蔵ペリオコレクションの科学分析とデジタルアーカイブ形成」<<http://www.ryukoku.ac.jp/news/detail.php?id=6498>> (2016-3-1 確認)。
- 3) 法量は 19.6cm×14.2cm、紙の平均の厚みは 0.183mm、罫目線 (wir lines / laid lines) の本数は 30 本/3cm、鎖線 (chain lines) の間隔は 3.5cm である。
- 4) 札幌市の古布取扱い専門店の浪漫屋店主伊藤氏からの教示による。
- 5) <http://www.teisen.co.jp/company/philosophy.html> (2016-3-1 確認)。
- 6) このほか、札幌市の古布店浪漫屋からは、おそらく亜麻布だろうということで古い蚊帳を提供いただいた。残念ながらこちらは、顕微鏡による検査の結果、綿糸を使用したものであった。
- 7) Hunter, Dard 著；久米康生訳『古代製紙の歴史と技術』勉誠出版、2009、p.92.
- 8) 高野彰『洋書の話』第2版、朗文堂、2014、pp.173-177.
- 9) 前掲註6 高野『洋書の話』p.172.
- 10) 前掲註5 Hunter『古代製紙の歴史と技術』p.105.
- 11) 高島晶彦「江戸時代の紙漉き技術について：外国人から見た日本の紙漉き」『東京大学経済学部資料室年報』7, 2017.
- 12) 以下、このパラグラフの引用部分は全て前掲註5の Hunter『古代製紙の歴史と技術』p.107による。
- 13) Hunter, Dard, *Papermaking: the history and technique of an ancient craft*, Dover publications, 2014, p.177.
- 14) 逆に全く揺らさないと、厚みに差が生じやすく水はけも悪い。一般に西洋は「溜め漉き」と称されて、紙料を組み込んで簀桁を漉舟から引き上げたら、そのまま揺り動かさないと考えられがちだが、それは誤りである。
- 15) 雪嶋宏一『西洋古版本の手ほどき』基礎編、明治大学リバティアカデミー、2011、pp.20-21.
- 16) 前掲註5 Hunter『古代製紙の歴史と技術』p.107.
- 17) 前掲註1 小島論文、pp.37-38.