

パピルス紙の製造に関する諸説とパピルス紙の保存処置

ワフィーカ・ノスヒー・ワフバ*

青木 彩香 訳

1 序

パピルス紙は、パピルス草から作られた古代エジプトの筆記具である。パピルス紙は歴史上最も重要な植物性の筆記具のひとつであり、また、パピルス草は世界中で知られているように、エジプト工芸にとって最も有用な植物のひとつであり、どの湿地にも生えていた (Erman, 1894)。

それは、われわれの今日の紙ともあらゆる点で比較し得る、最初の筆記具となっている。パピルス紙は筆記具として、エジプトで数千年の間使われた。それはパピルス草の髄から作られ、少なくとも紀元前 3500 年から 11 世紀まで使われた (Gilmour, 1956)。パピルス紙の用紙や巻物は、葦のペンや、カーボンブラックや代赭石の顔料の塊を用いる筆記にとって、理想的な表面を提供した。エジプトの書記たちは、日常の細部をパピルス紙に記録することができた。パピルス紙はいくつかの特徴において紙と類似した筆記具であるが、用紙の製作以前の段階において紙では食物繊維が分離される一方で、パピルス紙では分離されずに作られるという点では異なっている (Hunter, 1974)。エジプトの気候はその保存に好都合であるだけでなく、また、われわれに伝わっているほぼすべてのものがその土地で見つけられた (Menei, 1998)。

2 パピルス草の特徴

パピルス草 (*Cyperus papyrus*、その名前はわれわれの世界の紙 [paper] の最終的な起源である) は、熱帯アフリカの多くの地域の川や湖の浅瀬に育つカヤツリグサ科 (*Cyperus papyrus* L.) の一種である。19 世紀までに、増大する作物栽培が葦の本来の生育地を破壊していたため、パピルス草は 150 年以上前にエジプトではほとんど絶滅したと信じられていた。エル・ハディーディは 1971 年に、ワディ・ナトルーン地域のオウム・リーシャ湖の岸に沿って自生するほんの一連のパピルス草の存在を報告した。その植物は湿地の多い地域のナイル河岸に沿って十二分に育った。現在は、パピルス草はスーダンの上ナイル地方に土着して生育している。最近ではカイロの近くで栽培されている。

パピルス草はおよそ 4 メートルの高さにまで育ち、背の高い、緑の三角形の形をした茎を持つ。茎は基部では幅が広く、上部に向かって先細り、Fig. 1 に示すように、上部で幅広の頭状花序または散形花序に分かれる。

* カイロ大学考古学部保存修復学科

(Department of Conservation and Restoration, Faculty of Archaeology, Cairo University, Egypt)

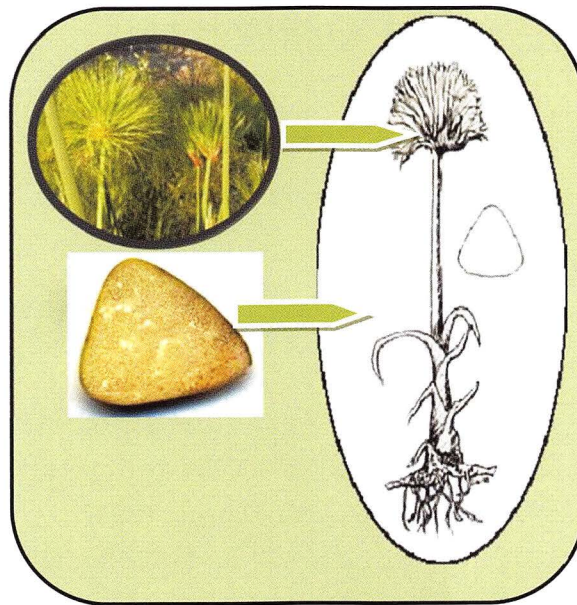


Fig. 1 パピルス草とパピルス草の茎の断面図
(<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/12-tige.htm>)

茎は厚さおよそ5～8センチメートルである。基部は幅が広く槍の形をした葉で囲まれている。葉は茎の基部で形成される (Fig. 2)。

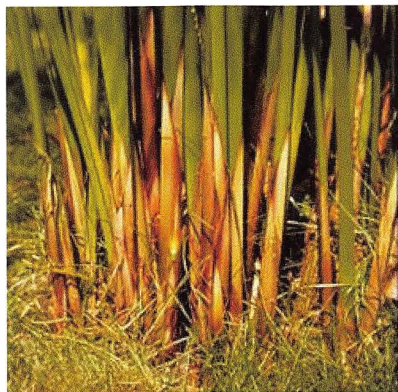


Fig. 2 茎の基部
(撮影：Eve Menei、<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/12-tige.htm>)

根茎と呼ばれる、水平で、下方の表面からは芽を出し上方の表面からは葉状の芽を出す根のような茎から散形花序や茎が発生する場所では、通常横向きの姿勢で、土壌に沿って水平に育つ。根茎はしばしば太く、栄養を与えるための貯えを含んでいる (Fig. 3)。



Fig. 3 土壌に沿って水平に這い、根のある太い根茎をつくるパピルス草
(<http://www.pflanzenblog-in.de/2008/04/19/cyperus-papyrus-rhizome-zur-vermehrung/>)

2.1 パピルス草の茎の解剖学的構造

茎はパピルス草の髄を覆っている。髄からは筆記具が作られ、髄の中に根から散形花序へ栄養分を運ぶ繊維が埋め込まれている。髄、あるいは柔組織は、海綿状組織と高いセルロース含有量によってクリーム色であるが、繊維は木に似ている質、あるいは木質である。それゆえに、繊維が硬度を与えるため、パピルス草は紙の用紙の生産や髄の中身を抄造紙にするのに適している。パピルス草は、たとえば、柔細胞の高含量といった特有の性質を持っている。

柔らかな白い髄の拡大した断面図は、髄が垂直の気管を構築している多くの比較的大きな柔細胞で作られていることを示している。これらの空気を運ぶ細胞間隙と平行して、根から頭状花序へ栄養分や水分を運ぶのに役立つ、組織に硬度を与える多数の維管束が走っている。維管束は時折、斜めの薄い繊維束によって相互に連結されている。細胞間隙は、積み重ねた蜂の巣のような網状組織を垂直に整える柔細胞の外に、長さを増していく。

断面図では、これらの柔細胞は気管の周りに環状に整列されているように見える (Figs. 4, 5)。柔細胞は通常は空だが、時にはひとつか、あるいはそれ以上のシュウ酸カルシウムの結晶が含まれることがある (Wallert, 1989)。

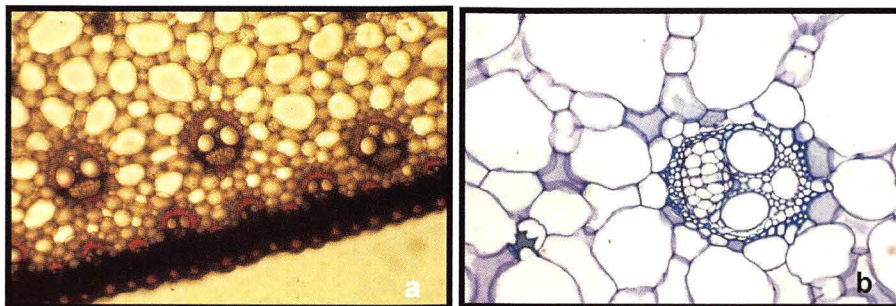


Fig. 4 (a) 手製の断面図：リグニン化した組織（維管束と表皮の一部）が赤く見える、着色しているフルオロ酸グリシン

(b) 気管を形成するように環状に整列した維管束と柔細胞を示す新鮮なパピルス草の断面図、100 倍
(E. Franceschi, et al., 2003)

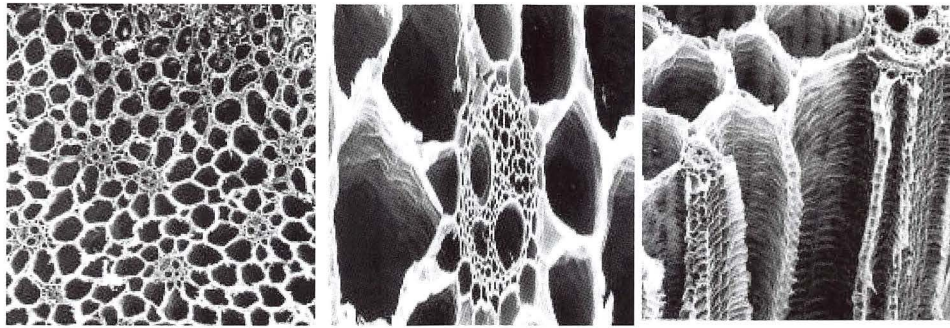


Fig. 5 顕微鏡 (SEM) によるパピルス草の中心茎領域の細部。空隙を制限する柔組織の葉の単細胞形成 (<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/12-tige.htm>)

2.2 パピルス草の化学組成

パピルス草はおよそ 57% のセルロース、27% のリグニン、9 % の無機物、そして 7 % の化学的結合水で構成されている。髄質は主にセルロース (54 ~ 68%) やリグニン (32 ~ 34%) から成る。その割合は経年や製造工程、環境の影響による変動に基づく (Weidemann and Bayer, 1983)。

3 パピルス紙

パピルス草の最も重要な用途は、文書を記録するための材料であった。パピルス紙の写本は国家遺産であるとみなされている。また、写本はエジプト全土の修道院の図書館や私的なコレクション、学会に散り散りになっており、とりわけ、エジプト、コプト、イスラムの博物館で発見されている。パピルス用紙の一般的な特徴は、その薄さや、なめらかな質感を有する弾力性、際立った耐久性、張力や圧力への高い耐性、軽量さ、サテンのような触感、無孔性、そしてその黄色から茶色の間で変動する明るい色である (Waly et al., 2002)。パピルス草はまた、船や箱、ロープ、サンダル、花の首飾り (Fig. 6)、カルトナーージュ、動物のミイラの包帯にも用いられた (Abd el-Maksoud and El-Amin, 2013)。



Fig. 6 ツタンカーメンの墓より、小さなパピルスの箱、花の首飾り、セマタウイのシンボルで飾られたパピルス製のサンダル。王家の谷、エジプト、第 18 王朝 (新王国時代)、紀元前 1332-1323

(左: <http://www.egyking.info/2012/03/tutankhamun-papyrus-box.html>、

中: <http://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/09.184.214-216>、

右: <http://www.agefotostock.com/en/Stock-Images/Rights-Managed/FAI-18085>)

3.1 パピルス紙の製造に関する諸説

われわれが古代エジプトについて考える時、われわれはパピルス紙について考えている。エジプトはその発明者であった。パピルス紙の本質的な重要性は、文書や図版に適した表面ゆえであった。ただし、正確にいつパピルス紙がエジプトにおいて筆記具として作られたのかはいまだに不詳である。パピルスのシートは、垂直な一層と水平なもう一層から成る繊維で構成された積層構造物である。この積層構造は、透過光中で見た場合に、その特徴的な格子型をパピルス紙に与えるものである (Owen and Danzing, 1993)。

エジプトや古代世界の歴史に関するほとんどは、パピルス紙に記録されたものとしてわれわれに伝わっている。パピルス紙はおおよそ紀元前 3100 年の第 1 王朝から用いられたが、本の典型とも考えられている、パピルスの巻物のヒエログリフの文字によって証明された。このようなパピルス紙の巻物は初期の遺跡で見つかった。第 1 王朝のヘマカの墓の中でパピルス紙の巻物が発見されたが、あいにく、それは白紙であった。小さな断片が、ギザの近くのアブシールにある紀元前 2477 ~ 2467 年の第 5 王朝のネフェルイルカラー王の神殿から発見されたことが知られており、これらの断片は現在、カイロやベルリン、ユニヴァーシティ・カレッジ・ロンドンに収容されている。それゆえに、それは初期王朝あるいは古王国時代に製造されていた。通常、パピルス紙の巻物や文書は、木製のチェストや壺、あるいは神聖な彫像の中に保存されていた。

3.2 パピルス紙：エジプト人の秘密

筆記の補助としてのパピルス紙の製造はほぼ 5,000 年経つけれども、それらの工程を説明するためのエジプト人による説明書は存在していない。墓の壁画や彫刻にある絵入りの画面は用紙形成の工程を示していない。ただし、これらの絵入りの画面は、しばしばパピルス草を描いている (Fig. 7) (Owen and Danzig, 1993)。

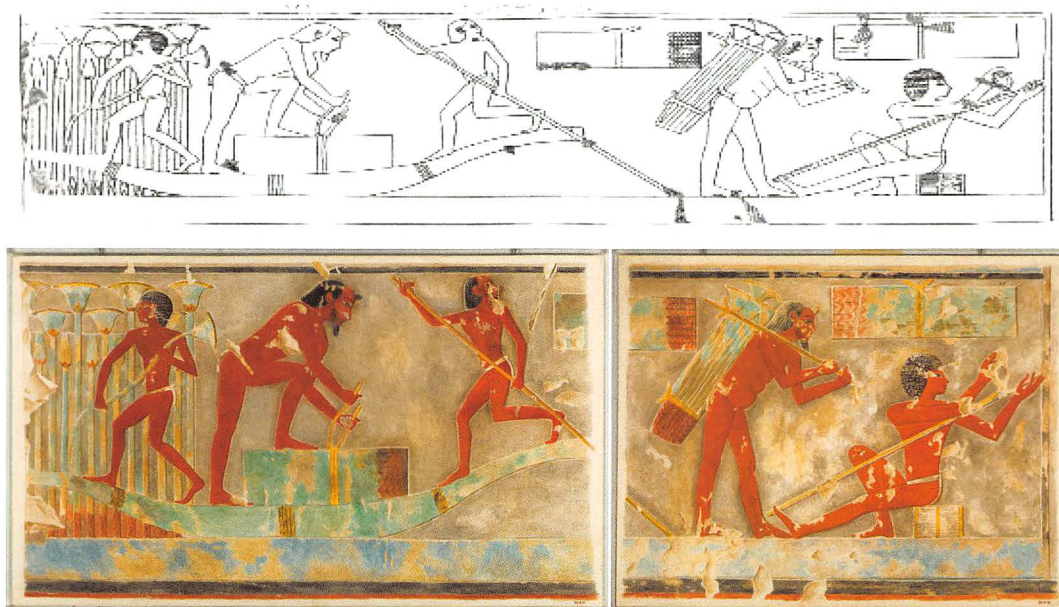


Fig. 7 プイエムラーの墓より、パピルス用紙の製造を示していると思われる場面。新王国時代、第 18 王朝、ルクソール

(下段左: <http://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/search/544591>、

下段右: <http://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/search/544592>)

『博物誌』（第13巻、74-82）の著者であるローマの博物学者、大プリニウスによる文書のみが、パピルス紙の製造のための設計書を詳細に記述している。不運にも、この記述は不明瞭であり、細部に欠損がある。

製造工程の再構成をおこなう試みは、長らく不首尾に終わったままであった。ジェームズ・ブルース（1790年）から始まる、ストッダート（1834年）、最後にルーカス（1928年）による再構成は、大きな成功には至らなかった。その後が続いたパーキンズとガン（1930年）の方法のみ多少の結果をもたらした。ルイス（1974年）、ラガブ（1980年）による近代の研究と実験は、結果として、古典的な製造工程として現在一般に認められる方法となっている。ラガブとエル・カッタンによって商業的に製造されたパピルス用紙は、確かに、古代のパピルス紙とのいくつかの類似点を示している（Wallert, 1989）。

パピルス草の茎を切るための異なる過程が、パピルス用紙の製造の異なる方法につながる（Fig. 8）。

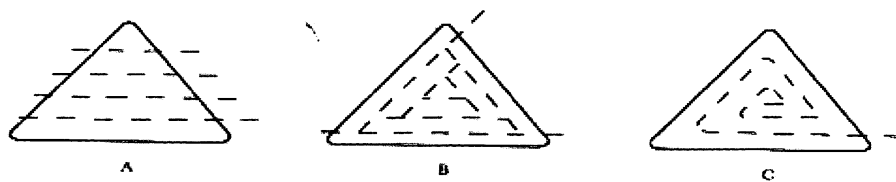


Fig. 8 パピルス草の髄をどのように切るのかについての3つの提案（Parkinson and Quirke, 1995）

(A) 一方から切る案（ラガブ法）、(B) 三方向から切る案（コッラード・バジールによって提唱された方法）、(C) 皮を剥ぎ取る案（ヘンドリックス法）

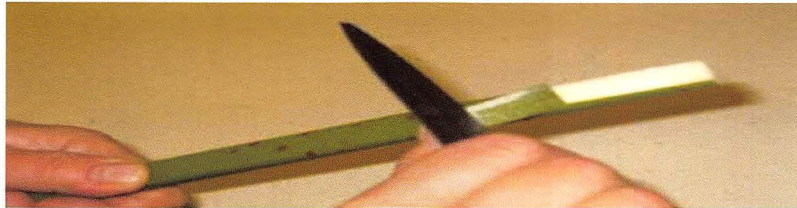
3.3 ストリップ法（伝統的な仮説、古典的な工程）

われわれは古代エジプト人がどのように紙を製造したのかについての記録を持たないけれども、近代の科学者たちはストリップ法として知られるこの方法を用いた植物で実験した。以下の手順が、用いられた方法におそらく最も近いものである（Fig. 9）。

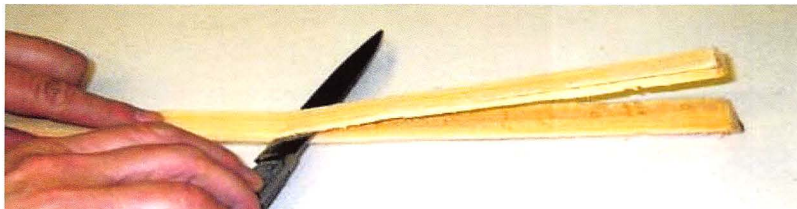
- 1 パピルス草の茎を基部近くで切り取り、水平面のちょうど上の茎は必要な長さ（通常およそ 30cm）の破片に切る。
- 2 外側の層は取り除く。次に、三角形の中を髄に沿って、あるいは三角形の各面に沿って、細長い一片「ストリップ」に切る。
- 3 ストリップは、用紙に適した一定の形を作るために、すべてずっと同じ長さで厚さであるべきである。これらのストリップは、柔細胞内の配水をなすため、そして、ストリップを柔軟にするために水に入れる。また、パピルス草のストリップを水に浸けることは、ストリップを結合させるための接着剤として作用する、植物の天然の分泌液を活性化させるために重要である。古くは、ナイル川の水はパピルス紙の製造工程に不可欠なものであると考えられていた。水中でパピルス草のストリップは、見た目にかすかに茶色がかったものになる。
- 4 ストリップはそこで、平行に1つずつ、ちょうど触れているか、あるいは互いに 1/16 インチずつわずかに重なり合うように、なめらかな面に置く。ストリップは互いに密着していたのか、あるいは重なり合っていたのか、といういくつかの議論が今もなお存在する。古代の原料の実験は、どちらの方法も使われていた可能性があることを示している（Leach and Tait, 2000）。
- 5 次に、ストリップの2つ目の層を、最初のストリップの上に垂直に置く。
- 6 槌や石で叩解する、または、押しつぶすか叩いて、ストリップを互いに結合させ、2つの層の繊維が

絡み合う (Bloom, 1999)。

- 7 ストリップをすべて広げきったら、リネンとフェルトのシートで覆い、その後2枚の板に挟んでプレスに差し込む。シートは乾燥するまで数日間プレスに入れたままにする。
- 8 シートが乾いたらプレスから外す。初め、パピルス紙の表面はやや粗い。平らにするため、また粗さをなめらかにするために、石で少し磨くか、あるいは紙を象牙の欠片や貝殻で研いでもよい。最後は長い用紙にするために重ね合わせて一緒に叩かなければならない。



(a) 外皮の除去



(b) 髄からストリップへの切り取り



(c) パピルス草のストリップ



(d) 水に浸した後のパピルス草のストリップ



(e) ストリップの最初の層を置いた後、直角に置かれる2つ目の層

Fig. 9 ストリップ法の工程 (http://www.lib.umich.edu/papyrus_making/)

そうして、紙はすでに筆記できるようになっている。

パピルス紙はこれらの方法で作られており、また、透過光中で見た場合にその格子型がはっきり見えるため、ストリップ間の重なり合う部分が多いのは極めて明白である (Fig. 10)。

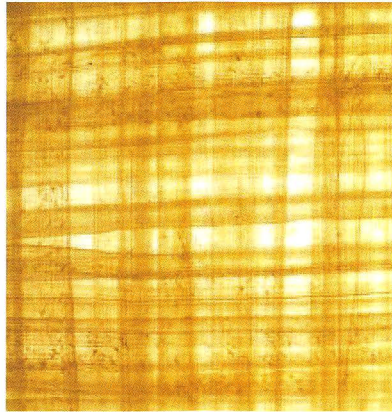


Fig. 10 ストリップ法で作られるパピルス用紙の格子型
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blank_papyrus_paper.jpg)

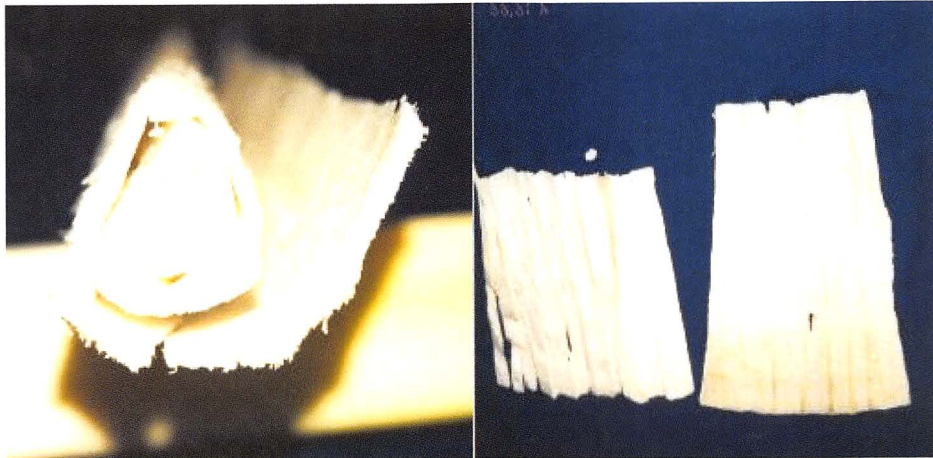
3.4 剥ぎ取り法

次に、パピルス用紙の古代の製造に関するより新たな説が、その工程についてのプリニウスの記述のある解釈から得られた。それは、髓をストリップ状に切らず、芯の方へ切れ目なく剥ぎ取るという方法である。この方法は以下の手順を用いている。

- 1 パピルス草の外皮を最初に取り除く。
- 2 次に、針を上から下に向かってひとつの面に平行に動かす。
- 3 2つ目の角に達したら、剥ぎ取りを中断なしに続けるため、髓を単に 60 度回転させる。
- 4 このようにして、単一の用紙に開くため、茎を途切れずに芯に向かって下へ剥ぎ取る (Fig. 11)。



(a) 芯に向かって剥ぎ取られる髓 (Effendi, 1999 and Wallert, 1989)



(b) 単一の用紙を形成するために互いに直角をなして一緒に押しつぶした、2つの剥ぎ取った層

Fig. 11 剥ぎ取り法の工程 (Effendi, 1999)

5 これらの剥ぎ取られた2つの層は、良質の筆記用の単一のパピルス用紙に形成するように、互いに直角をなして一緒に押しつぶされた。剥ぎ取られた層から作られた用紙は、近代のパピルス紙に見られるような格子のような見た目にはならなかった。

接着剤は、巻物を形成するために、個々の用紙を接合するためだけに用いられた (Fig. 12)。

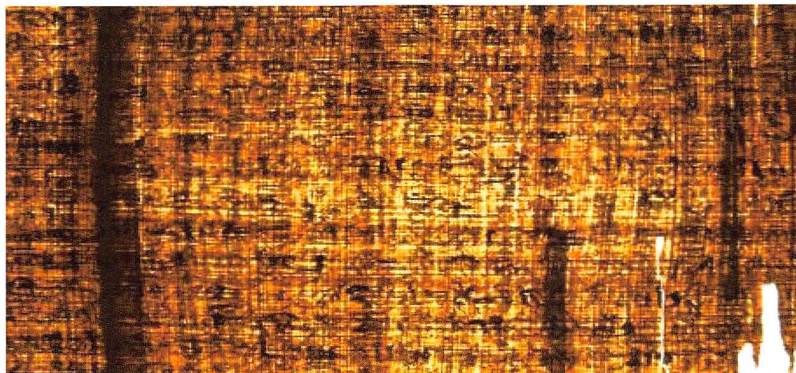


Fig. 12 巻物を形成するため、個々の用紙を接合する目的で古代エジプト人が用いた接着剤
(<http://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/wp-content/uploads/2011/01/Image-032.jpg>)

新しい研究では、古代にはおそらくどちらの方法も利用されていたということが提唱されている。

パピルス紙の製造の3番目の工程は以下の通りである。

植物の外側の層を取り除く。内側の層は薄いストリップにスライスし、これらのストリップは水に浸す。その後、編み合わせてそれらを数時間押しつぶす (Fig. 13)。植物内の天然糖質がストリップを結合させる接着剤として働く。

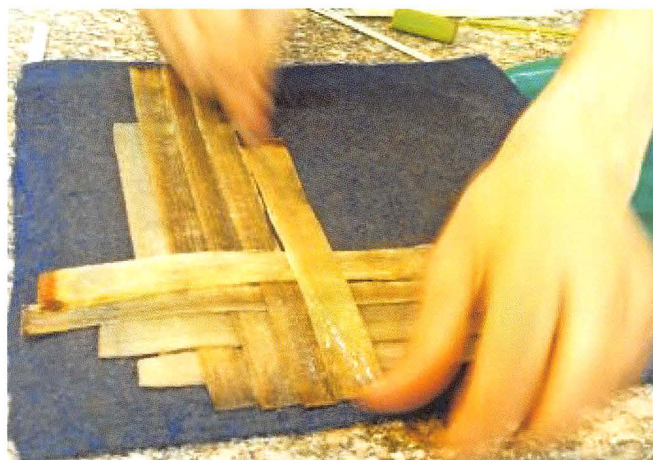


Fig. 13 パピルス紙の製造の3番目の工程

(T. Jeremy, http://farm7.staticflickr.com/6025/5960430916_2f35b28218_z.jpg)

4 2層のパピルス紙の接着あるいは結合に対する推考

パピルス用紙を形成するためにどのようにパピルス紙の層を接合させるのかについて、古今、多くの執筆者が異なる説明を示してきた。

プリニウスは、泥のようなナイル川の水に含まれるコロイド状の物質に接着剤の性質があるとした (Dimarogonas, 1995)。ラガブは、カイロのラガブ・パピルス・インスティテュートでおこなわれた彼の研究において、ナイル川の水で運ばれた泥は接着剤の役割を何も果たしていないことを示した。より近年では、ウェイクはコロイド状の浮遊物として水中に

存在し浮遊するシルトや微生物が、他の接着剤の作用をするものを少なくとも補助したかもしれないと提唱した。

バジーレは、ナイル川の水は通常「ナトロン」(炭酸ナトリウム/重炭酸ソーダ)を含んでいることに注目した。そして彼はナトロンがしばしばかなりの割合の硫酸アルミニウムを含んでいたことを発見した。これに伴う試みは、改良品をもたらしたと思われる。また、彼の古代エジプトのパピルス紙の化学的分析は4.05%のアルミニウムを示し、一方で、シラクーサの新鮮なパピルス草は0.009%のみであった。したがって、付加されたアルミニウム塩がパピルス紙の筆記具に採り入れられていたという考えが裏付けられたため、川の水との関連性が証明されるかもしれない (Allen, 1996)。

レイノルズはパピルス草に関する相当な化学的分析をおこなったが、デンプンは全く発見できなかった。そして彼はふやかした髓から抽出した冷水を調査した。公正で徹底的な分析は、窒素含有物に加えてアラビナンやガラクタン、少量のラムナンの存在を示した。これらの多糖類(アラビノースやガラクトース、ラムノースから得られる)はすべて天然ガムとしてよく知られている。明らかにこれらは、パピルス紙の筆記具の結合に適当かつふさわしい (Allen, 1996)。

ラガブは、パピルス草の液は接着に何も関与していないと主張していた。彼は、水平と垂直の層を層状にしている主な根拠は、物理的な結合であるという意見を提唱した。ラガブは、結合は繊維の密接な物理的もつれであるとし、それは紙に非常に似ていると示唆している (Ragab, 1978)。

1979年までヴィーデマンによっておこなわれた、エジプトのパピルス草の切片を用いるミクロトームでの実験は、長さと側面において明らかに2つの層を示した (Fig. 14)。ヨウ素/ヨウ化カリウムを用いる試験はデンプン糊が存在しないことを証明した。パピルス草内で生じたデンプンの分離した粒子のみがはっ

きりと認識できる (Wiedemann, 1979)。偏光顕微鏡を用いることで、植物組織内のデンプン粒も見つけることが可能になった。同様の混合物は、近代や古代のパピルス用紙の断片に見つけることもできる (Fig. 15)。

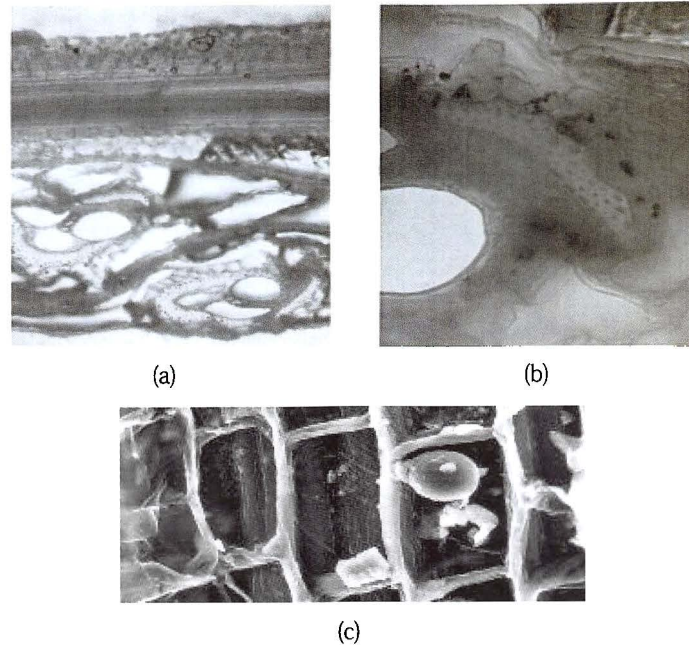


Fig. 14 (a) 長さと側面において2つの層を示すマイクロームの切片、250 倍、
 (b) パピルス草内で生じたデンプン粒、1,000 倍、
 (c) 大きなデンプン粒の層が見られる古代のパピルス紙 (SEM)
 (a, b; Wiedemann, 1979; c; 撮影: Marie-Caroline Bignicourt, <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/22-micro.htm>)

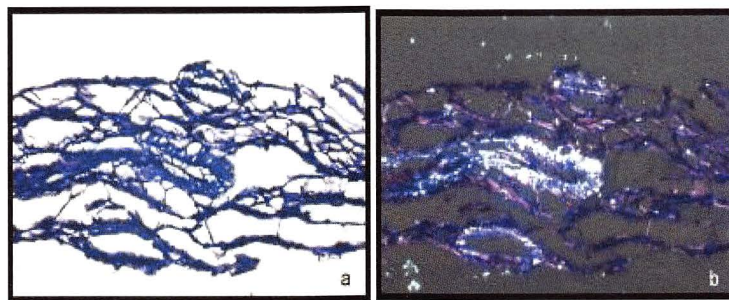


Fig. 15 偏光顕微鏡を用いたパピルス用紙の断面 (E. Franceschi, et al., 2003)

紙の構造についての近代の見解は、紙を作る髓が活発に分裂して形成される、非常に細い繊維の間の水素結合の形成に紙の構造と強度を帰する。この「叩解」あるいはパピルス紙の製造中に生じる完全に不揃いな繊維の浮遊物に比較できるものはない (Hunter, 1974)。アレンは、根本的な作用因はパピルス草の液であるというヘッパーとレイノルズの結論にならない、この論を全体的に支持している (Hepper and Reynolds, 1967)。アレンの説は、完全に適切な化学組成について、そして、古代の資料の実例についての自身の実験に、まったく矛盾がないということを示している。ナイル川の水の中に存在するアルミニウム塩は、おそらく、筆記に十分な表面の提供にいくつかの役割を果たしている (Allen, 1996)。

5 博物館のパピルス紙コレクション

博物館のパピルス紙の所蔵品の一般的な状況は、経年や以前の不適切な扱い、問題のある収容方法、不十分な環境制御の結果として劣悪である。パピルス紙に見られる状態の問題のほとんどは、紙への作用にしばしば見られるものと似ていた。たとえば、洋紙の裏打ちや多数の感圧性テープの小片でおこなわれた修繕のような、かつての修復が注目される。固有の問題は、銅を含む顔料の腐食作用や塗料の剥げから来るパピルス紙の劣化を含んでいた。よごれや樹脂のような付着物が多くの破片の表面に見られた。環境要因は、パピルス紙の状態にもまた影響を及ぼす。湿度の変動はカビの成長の一因となり、また、多くのパピルス紙の表面における塩分移動はサンドイッチ状のガラスの中に蓄積した。虫害の形跡はパピルス紙内部に付随する欠損として認められた。いくつかの破片には用紙に広がる相称的な欠損があり、パピルス紙が巻かれていた間に損傷が生じたことを示している。わずかな事例で、不活性の卵囊が塗料層の虫の痕跡に加えて見つかった。

6 古代パピルス紙の劣化要因

パピルス紙は出来立ての時には柔軟であるけれども、他の有機物のように劣化する (Leach and Tait, 2000)。パピルス紙は常に、読者の手での断裂や破損を受けていた。もし不適当な状況で保管されれば、パピルス紙は加水分解によって傷ついてさらに黄褐色になるか、あるいは、酸化によってよりもろく傷つきやすくなる。用紙はやがて、繊維組織まで腐敗し、一握りの塵となる。倉庫にある時には、巻物はカビを育て、湿気で腐り、埋葬されている時には、ネズミや虫、とりわけシロアリに食べられる。また、多くのパピルス紙が理想的な状況で発掘されなかったために、近代においてパピルスが発見された時のその手法は、しばしば被害を一層大きくした (Parkinson and Quirke, 1995)。

ほとんどの問題は、不適当な古い修復によって起こされる。科学者たちはしばしば、パピルス紙を開くことや文章を読むことのみに興味を持った (Menei, 1998)。

過去の一世紀、パピルス紙は白や色付きの紙、または酸性の台紙の裏打ちにじかに広げられた。一度開かれると、パピルス紙は裏打ちに都合のよい断片に切断された。残念ながら、使われた紙や台紙の低品質が原因で、裏打ちは劣化した。これもまた、パピルス紙に損傷をもたらした。時には、パピルス紙の管理者はパピルス用紙をゼラチン状のフィルム (硝酸セルロースを含む、または含まない接着剤) の上に保管し、あるいは、蠟を塗ったガラスや金箔打ち用の薄膜皮の上に直接置いた。これらのフィルムは時間をかけて劣化し、徐々に黒くなる。

パピルス紙は開かれ、日に焼けたセルロイドのフィルムに裏打ちされた (Parkinson and Quirke, 1995)。

7 パピルス紙の保存処置

7.1 保存の目的

パピルス紙の保存の目的は、それ以上のいかなる損傷も防ぐため、対象を安定させることである。それゆえに、洗浄作業や繊維の矯正、以前の修繕のすべてのテープの除去、断片の接合や修繕、カビの処置のために、最小限の介入がおこなわれる。

パピルス紙の保存の最も重要な方針は、その処置が、対象を保護すると同時に、その歴史的な整合性を維持するものであるべきであるということである。処置が役に立たない、あるいは、長期間には不適当である

場合には、処置は可逆的でもあるべきである。

7.2 文書化（保存前の第一段階）

すべての断片の撮影後、断片は損傷について、その管理者によって検査されるべきである。

それぞれの断片の文書の形式は、以下のように記入されるべきである。

目録：目録番号を局所的に割り当てる

年代：断片の年代（あるいは推定される年代）

場所：断片の本来あるべき場所（あるいは推定される場所）

主題：断片の内容の簡潔な解説

寸法：1 ミリ方眼紙の上端に断片を置いて測る。巻物の最初から最後までを測る

色調：たとえば、薄いクリーム色やライトブラウン、ミディアムブラウン、ダークブラウン、チャコールブラウンなど

硬度：たとえば、頑丈、砕けやすい、層が剥離した繊維など

状態：たとえば、害虫、火災、水分、またはカビによる被害、泥、塩分、ほこりやその他

インク

ランプブラック（すす）：黒、紀元前 300 年。通常は水中で安定する

没食子インク：茶色、3、4 世紀。しばしば日に焼けているインクが見つかる

混合インク（ランプブラックと没食子インク）：茶色がかっている。混合インクは水溶性であることがある

緑インク：銅に含まれる顔料由来の緑青

インクの状態：たとえば、頑丈、剥げ落ちている、欠けている、こすり落ちた、色あせなど

繊維の方向：最も一般的な例は、紙の表面のように水平に置かれた繊維の面を用いるものである。繊維は巻物の長辺と平行である。紙の裏面では繊維は垂直である。

写真資料：処置の前、最中、後（Lamb, 2005）

パピルス紙の実験や文書化の後、実質的な保存作業が始められる。保存処置にはインクの試験や強化、溶剤の処理、結合や修繕、そして吸取り紙の洗浄や加湿、しみの軽減、酵素処理のような水性の処理を含んでいる。表打ちや真空吸着テーブルの使用は不適当であるとわかった。

7.3 インク試験

どの処置を始める前にも、パピルス紙のいくつかの異なる範囲でインクを試用する。湿った綿棒か点眼器で、インクにごく小さな一滴の水を落とし、その後、小さな吸取り紙片とガラスの重りで覆う。数秒後（もし湿った処理が予想されるなら、2 分かそれ以上まで）、綿棒か吸取り紙と、そしてインクのどちらも検査し、色が滲み出ないように、あるいは不鮮明でないようにする。

7.4 インクの固定

インクが膨れ上がる、あるいは非常に剥げ落ちやすい場合は、いくらかの薄いメチルセルロースかヒドロキシプロピルセルロース（HPC）を良質なクロテン毛の筆（No. 00）からそのすぐ下に走らせ、小型のヘラできわめてやさしくインクをつなぎ合わせる。非常に薄い小麦デンプン糊が使われることもある。

7.5 機械的な洗浄

修繕する範囲に閉じ込められるほこりの粒子の有害性により、洗浄は修繕作業がおこなわれる前に常に必要である（Murrell, 1971）。

この工程は、断片の繊維がもろすぎなければ、柔らかい筆でおこなうことができる。常に繊維の方向に中央から端までブラシをかける。泥が非常に重いところがあるいくつかのケースでは、泥は剛毛の筆でばらばらにできる。それから、鋭く先の尖った道具（細くとがったピンセットや歯科用医療器具のような）でほこりをそっと吹き払い、また、ゴム製の空気バルブでの送風によってもろい粒子を取り除くために空気だけを用いる。紙の表面と裏面どちらも、時間が許すならこの方法で洗浄されるべきである。ほこりの除去からパピルス紙の個別の繊維の配置にわたる保全作業には、専用の道具が必要とされる。これらの道具は綿棒から高品質な外科用スチール製ピックやピンセットにまで及ぶ（Lamb, 2005）。

7.6 低品質なテープの除去

時には、古く不適当に修繕された保存において、茶色いテープやグラシン紙のテープ、粘着紙、感圧性のテープの無数の小さな破片で接着していた多くの断片は、サンドイッチ状のガラス中に置かれる前に取り除かれなければならない。このような種類のテープの除去は、接着剤の非保存的な性質のため、また、テープによって保たれた多くの結合が十分には配置されなかったため必要である。テープを溶剤に浸し、およそ 10 ～ 15 分間マイラーフィルムで覆って蒸発を遅らせることによって、テープと接着剤は機械的に取り除かれ得る。テープと接着剤はまた、筆や湿った吸取り紙できわめて軽く湿らせ、その数分後にテープは切り離すか、あるいは剥がすことができる。エタノールやトルエンは接着剤の膨張に使用でき、その場合、ピンセットや溶剤に浸した綿棒で取り除かれなければならない。これらの溶剤はパピルス紙や塗料層に対していかなる影響も与えることはなかった。

8 パピルス紙の加湿

加湿はパピルス紙の保存に関して欠くことのできない重要な部分である。とりわけ、感水性の物体を扱う場合には、湿気の処理が問題を引き起こす。

管理されたパピルス紙の加湿をおこなうためには、異なる補助物質が特に有用であることがわかった。たとえば、超音波加湿器や加湿室のような高価な先端技術、「ゴアテックス」のような透湿性材料などの使用である。これらの「ゴアテックス」の商品名で知られる膜組織である透湿性材料の使用は、特に、テフロンとの類似性を持つ物質である拡張したポリテトラフルオロエチレンを用いて処理される。対象を濡らすことなく湿気を広げることを可能にするという、この目的に対する透湿性材料の使用は、残留する接着剤の除去やパピルス紙からの古い裏打ちの除去にも用いる、もろいパピルス紙のような感水性の物体の加湿に対する

容易で安価な技術を提供する。「ゴアテックス」は保存処置に適している。「ゴアテックス」膜の多孔性組織や疎水性の性質によって、「ゴアテックス」は、水や、流動体内部の水と極性溶剤の混合物の浸透を防ぐが、水蒸気や溶剤蒸気のような気体を透過させる (Dobrussskin, 1990) (Fig. 16)。

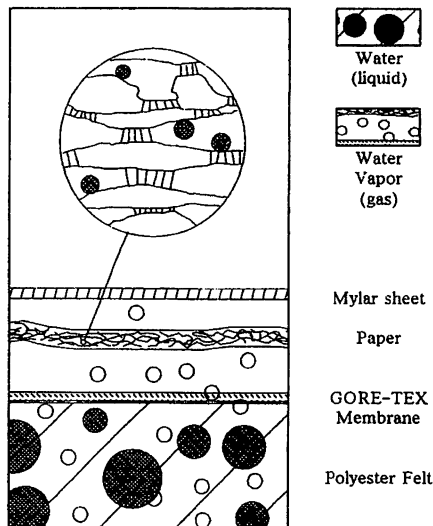


Fig. 16 「ゴアテックス」膜によって、小さな水滴が浸透や紙の湿りをどのように止め、水蒸気が膜を通してさらに広がるのかを示した図。紙のセルロース繊維はこの水蒸気を吸収し、半流動体の状態に結合することができる (Dobrussskin, 1990)

「ゴアテックス」の特性は、非常に制御された方法における水蒸気によるパピルス紙の処理手段を管理者に与える。加湿処理には、サンドイッチ状の「ゴアテックス」をつくるのが賢明である (Fig. 17)。

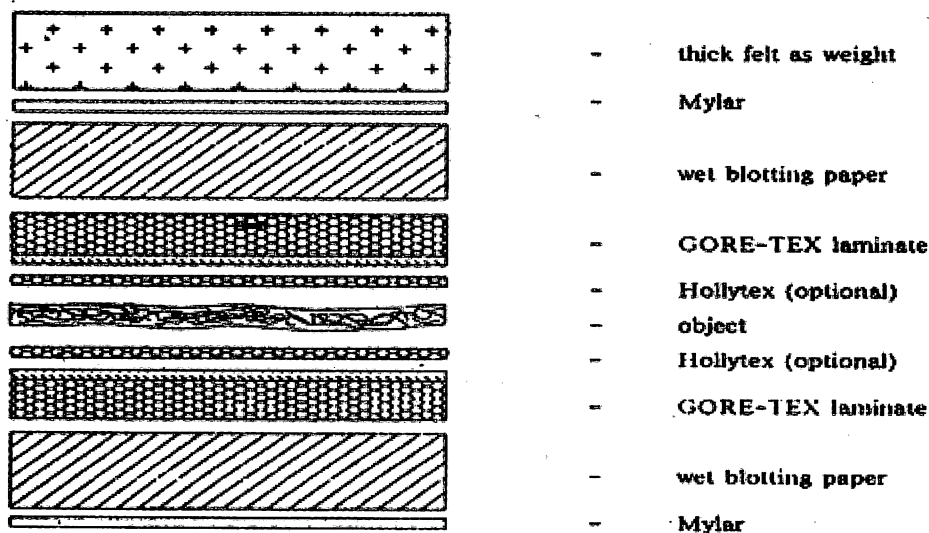


Fig. 17 サンドイッチ状のゴアテックス (Dobrussskin, 1990)

9 考古学的パピルス紙の強化と不適當な裏打ちの除去

ほとんどのパピルス紙は巻物の形態で発掘された。科学者たちはしばしば、文書を開くことと文章を読むことにしか興味を持たなかった。彼らは不適當な裏打ちの補助材（たとえば、厚みの変動する木材パルプの台紙や、酸性の物質を含む白か色付きの紙、金箔打ち用薄膜皮など）を用い、それらがパピルス紙の劣化を引き起こした。

長い年月をかけてこれらの裏打ちは劣化し、パピルス紙に損傷を与えた。酸性紙の裏打ちによってもたら

されたその他の問題は、しわを引き起こした相対湿度における変動に対する感度起因する。用いられた台紙は低品質で、その手法は剥離という力学的な問題を免れなかった。それは典型的なパピルス紙の2層構造に不適當でもあった。もし下の層が台紙に十分に接着されていれば、上の層は接着されていない。台紙の変形によって分離や瓦解しがちになり、そのため、第2層、つまり下の層が無傷で残され台紙に接着されていないければ、文字のある上の層にたびたび脱落が見られる (Fig. 18) (Menei, 1998)。



Fig. 18 台紙の変形とパピルス紙の分離 (Menei, 1998)

9.1 大英博物館における挿絵入りパピルス紙の不適當な裏打ちの除去

- 1 ゴアテックスを通してパピルス紙を湿らせる。
- 2 2%のアイシングラス水溶液を吹きかけることで、塗装された範囲を強化する。
- 3 0.5%の布海苔水溶液を吹きかけることで、塗装されていない範囲を強化する。
- 4 24時間後、細長い組織同士が小さく重なり合うように10%のパラロイド B72 のアセトン溶液で紙の表面に表打ちの薄紙を当てる。
- 5 ピンセットで除去する前に、パピルス紙を湿った吸取り紙の上で数時間プレスすることで、古い裏打ちの台紙を柔らかくする。
- 6 必要であれば、小麦デンプン糊を使用している高品質の薄紙で紙の裏面を取り替える。
- 7 アセトンに浸した吸取り紙に挟んでプレスすることで、表打ちの薄紙を取り除く。
- 8 アセトンで残留する表面の接着剤を取り除く。
- 9 処理や展示の容易さのために、パピルス紙はガラスの薄板の間に据え付ける (Fig. 19) (Leach and Green, 1995)。



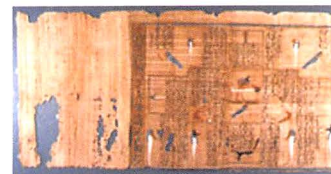
(a) 修復処置前のパピルス紙



(d) 小さな紙片を用いたパピルス紙の裏面の修繕



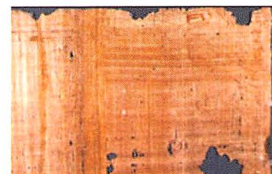
(b) 仮の裏打ち、あるいは表打ち



(e) 修復後のパピルス紙



(c) ピンセットによる裏打ち紙の除去



(f) 以前は古い裏打ちに覆われていたヒエログリフの文字が現れたもの

Fig. 19 大英博物館におけるパピルス紙の不適當な裏打ちの除去

(http://www.britishmuseum.org/explore/highlights/articles/c/conserving_a_papyrus.aspx)

9.2 ルーヴル美術館での挿絵入りパピルス紙の不適當な裏打ちの除去における日本式技術の利用

- 1 カーボンインクの粒子が引っかからない非常になめらかな表面を持つ雁皮紙（19g/m²）の面を当て、また、処置中の湿気による寸法変化の問題を避けるため、雁皮紙は小さな方形の破片にカットする。接着剤には 0.5% の布海苔水溶液を用いる。布海苔の接着力は強くはないが、薄紙の方形の破片同士が小さく重なり合うように雁皮紙を維持するには十分強固である。
- 2 古い台紙の裏打ちを柔らかくし、ピンセットで剥がす。

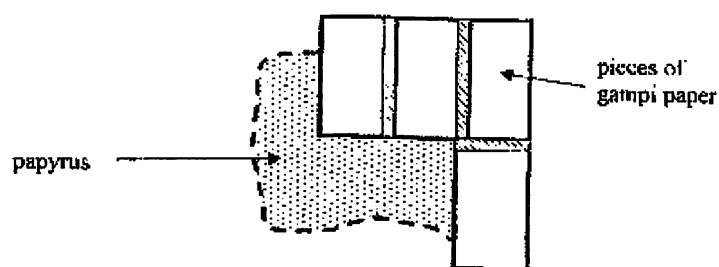


Fig. 20 表打ちのための紙片の配置 (Menei, 1998)

- 3 楮紙(18g/m²)で紙の裏面を取り替える。楮紙は十分に柔軟で、表面はそれほどなめらかではないため、小麦デンプン糊は柔軟性を増すために薄める。この層はいくつかの四角形の破片から成る。

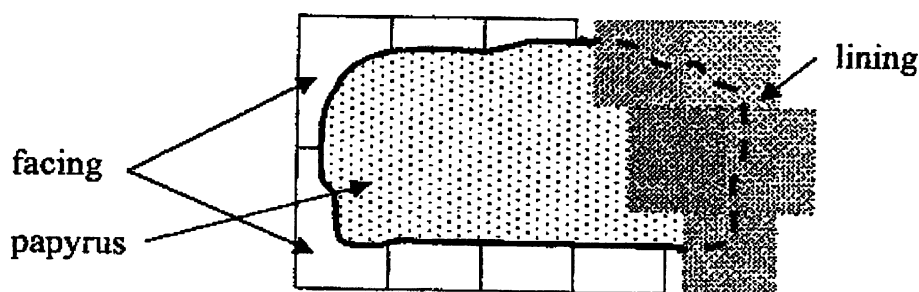


Fig. 21 裏打ちの最初の破片 (Menei, 1998)

- 4 パピルス紙を自然乾燥させておく。
- 5 紙片の1つをたっぷり濡らした後、濡れた柔らかい筆とピンセットで表打ちを取り除く。

裏打ちは十分に柔軟であり、パピルス紙によく適合し、パピルス紙を平らにしている (Menei, 1998)。

10 パピルス紙の保存における酵素の利用

酵素はあらゆる生細胞内で形成される無生化学物質である。それらは特有の性質が一定の化学反応を促進するという能力（1,000 兆回を 100 京回に）を持つ触媒である。酵素は、大きな分子を持ち、1つかそれ以上のアミノ酸鎖によって構成される自然界におけるタンパク質である。酵素はただ1つの化学反応のみに触媒作用を及ぼす固有のものである。それらは pH や温度、基質、通気性金属などのような、タンパク質反応に影響を及ぼす要素に敏感である (Wendelbo, 1991)。プロテイナーゼはタンパク質をアミノ酸に加水分解する酵素で、動物や植物、微生物によって生産される (Wendelbo, 1974)。

パピルス紙や写本の保存分野において、タンパク質分解を生ずる酵素の主な利用は、次のことを含んでいる。(1) 不要なパピルス紙と、とりわけ紀元後 16 世紀以降の古い本の装丁に、装丁を硬く補強するために接着剤によってくっついた紙との酵素による分離。この不要な紙やパピルス紙は、本や写本にとって文学的な出典として重要であると見なされることもある (Hey, 1979)。(2) 不完全な修復の除去。(3) パピルス紙の不適当な裏打ち (低品質の台紙) を取り除くこと。(4) カルトナージュからの古いパピルス紙の文書の抜き取りについての問題を解決すること。

酵素は、デンプンや、接着剤の基となるタンパク質で取り付けられた裏打ちの除去を容易にするのにも用いられた。これは、水だけではうまく裏打ちの接着剤を溶かせないことが明らかになった場合におこなわれた。水浸、液浸、ブラッシング、あるいは湿布のような、多くの技術が用いられた。

ブルックリン美術館では、パピルス紙片の吸取り洗浄の間、純水に 0.01% の α アミラーゼ溶液を入れたものが裏打ちに塗られた。紙片は、酵素が最適な温度領域内で働くことができるように、温かいランプの下に置かれた。およそ 25 分後、裏打ちは機械的に取り除かれ、過剰な酵素や接着剤の残留物、変色などを取り除く目的で吸取り洗浄が継続された (Owen and Danzing, 1993)。

ワフバとラマダン (2005 年) は、それらの特性やタンパク質反応に影響を及ぼす要素を確認するため、パピルス紙のサンプルにおける 6 つの酵素の効果を調査した。これらの酵素の 1 つは、他の 5 つの酵素がエジプトの土壌 (好気性細菌の孢子を形成する桿菌) から分離された細菌培養液から抽出されたのに対して、パパイナから得られた。セルロース上で有害な影響なしにタンパク質を破壊する能力の点で、酵素の使用の利点は明らかである。なぜなら、それは炭化水素材で構成されるからである。また、これらの酵素の使用の利点の中には、適温で急速作用を伴う働きができるということがある。すべての事例で一般に良い結果が得られた。

パパイナ由来のタンパク質分解を生ずる酵素は、固く封をした強力な接着剤を再び開くために用いられた。本来は本の形態に装丁されていたと思われるシリアのパピルス紙は、ブロックのように固くなっている。これらの台紙を数秒の間中、文章へのいかなる損傷もなしに分離することは、注意を要する作業であった。酵素による分離の後、そのブロックは 83 のパピルス紙の断片を含んでいることが判明した。これらの酵素の主な利点は、食品加工に使われたこともある、高度に浄化された、遅効性の有害な影響なく容易に使用できる形態である。これらの酵素の準備は、緩衝剤の代わりに水に溶かし、室温で利用できる。

11 塩分の除去

パピルス紙の劣化は、発掘されたところの土壌内の塩分によっても引き起こされる。汚染されたパピルス紙では、これらの塩分が湿気を吸収し、その表面で結晶化や腐食を引き起こす可能性がある (Parkinson and Quirke, 1995)。

時には裏打ちされたパピルス紙が、断片の模様に付随してガラスの表面に不正確に生じる「幽霊」のような模様や、あるいは「光輪」のような現象を見せる (Fig. 22)。ある物体上の以前の塩分分析は、堆積物が主に塩化カリウムや塩化ナトリウムから構成されていたことを証明した。それは他の場所のパピルス紙コレクションにおける塩分堆積物の分析と一致する。

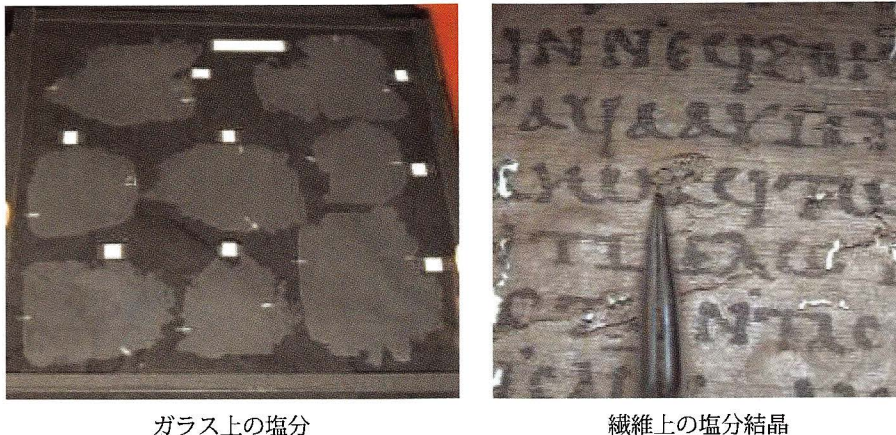


Fig. 22 塩分の除去

(<http://www.lib.umich.edu/papyrology-collection/papyrology-related-links>)

塩分は、変動する相対湿度の大気中においてより速く発生するであろうが、非常に安定した環境においても生じる。

塩分を除去するためには、台紙を開き、白粉を湿ったペーパータオルで拭き取るのがよい。これらの塩分結晶は繊維の間にはまり込み、繊維やインクの文書を破壊する。

一度結晶が形成されれば、結晶は顕微鏡下で鋭いピンセットを用いて取り出すことができる。もしはまり込みすぎているだけならば、水に浸すか、あるいは湿った吸取り紙にパピルス紙を置くことによって洗い落とすことができる。その後、管理された除湿をおこなう。しかしながら、いくらかの塩分は溶けないか、あるいは部分的にのみ溶ける。この場合は、湿気の吸収やさらなる塩分の結晶化を防ぐため、パピルス紙は安定して低い相対湿度に保たれるべきである。

大エジプト博物館の保存修復センターの管理員は、95%のアルコールに溶解した5g/Lのプロピオン酸カルシウム溶液を使用し、95%のアルコールに溶解した酸化防止剤の溶液（ボラン）を塗って、処置したパピルス紙をおよそ2週間、軽い重りの下で2枚の吸取り紙に挟んで乾燥させる。

12 パピルス紙の強化

古代のパピルス紙は多くの劣化要因にさらされ、劣化は経年（物質自身における成分の破損）や物理的な損傷、虫害、カビの増加によって生ずる。これらのすべての要因は、発見やパピルス紙が受けていたその後の処置以前の、それらが長年置かれていた状況に関連している（Leach and Tait, 2000）。

強化に関する理想的な特性は以下の通りである。経年による変色がない物体の色に大きな影響を及ぼすべきではないこと（Leach, 1993）。無毒であり、少なくとも短期間は可逆性を持ち、年月を経ても安定した機械的な性質を維持し、十分な強度や柔軟性、硬度を持ち、安価で容易く入手できるものであるべきであること（Nakhla, 1986）。

いくつかの事例では、パピルス紙はもろく、部分的に裂けているようにも見える。

少数の事例では、時には、ゆるやかな加湿や、パピルス紙の繊維（6g/m²）の非常に薄い層による両面の強化によって改善された（Wahba and Ramadan, 2005）。極端な事例では、強化は、パピルス紙の繊維が他のパピルス紙へ再接着するのを助けることができるものを採り入れられなければならない。

2013年にアブドル・タッワブは、布海苔（0.5%）、アイシングラス（2%）の繊維形状における様々

な強化材の効果を調べるために、いくつかの実験をおこなった。経時変化の前後にブラシ技術によって調べたメチルセルロース（0.5%）、ヒドロキシプロピルセルロース（2%）、デンプン（1%）は、セルロースエーテルの使用が、パピルス紙の外観と機械的な性質のどちらにとっても最良の結果をもたらすことを示した（Abd el-Twab, 2013）。

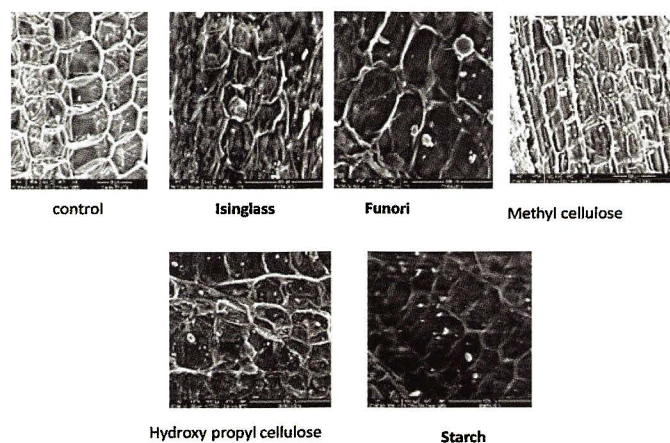


Fig. 23 経時変化前の走査型電子顕微鏡（SEM）による形態シート表面の調査（Abd el-Twab, 2013）

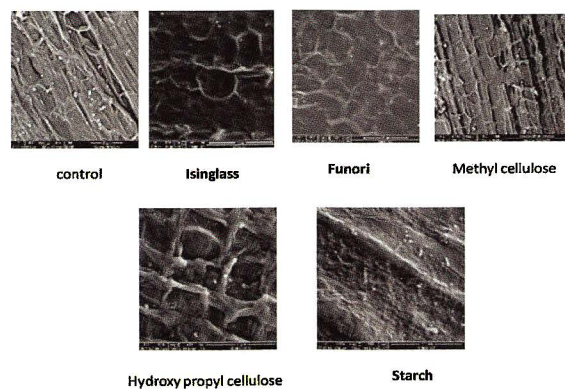


Fig. 24 経時変化後の走査型電子顕微鏡（SEM）による形態シート表面の調査（Abd el-Twab, 2013）

13 保存：再収容と裏打ち

処置を終えた後、パピルス紙が自由に移動するのを防ぐため、頑丈な断片は緩衝材となる吸取り紙に挟んで保管されなければならない。その後、フォルダー内部に置かれた。これらのフォルダーは適当な標準的な箱の中に保存する。

13.1 パピルス紙の裏打ち

特に研究者や学生によって、あるいは展示のためにたびたび利用されるなら、もろい断片は2層のガラスの間にはめ込まれるべきである。パピルス紙は、ガラスの間に置かれる前に、乾燥させ、あらゆるものが正しい場所になければならない。断片はガラスの片面に接着させるために、細長い和紙で固定されるべきであ

る。

重みで壊さないように、ガラスで覆ったパピルス紙は垂直に保管される必要がある。あるいは、水平に別々に、またはガラスの間にパッドのようにカットした吸取り紙で3枚以下の積み重ねにして保管される必要がある。

大型のパピルス紙はさらに、ガラス（厚さ 1/8 インチのガラス）の間に收容され、その寸法に切られたアルミニウム製や木製の額縁で支えられることがある（Lamb, 2005）。

いくつかの収蔵物では、より軽く、そしてよりもろくないことから、パースペックスが採用された。しかしながら、それは柔軟であるが、もしパースペックスのフレームが再び開かれる必要があるなら、静電気が問題を引き起こす可能性がある。これらの理由から、一般にはなおさらガラスが選ばれる（Parkinson and Quirke, 1995）。

パピルス紙の断片は、糊や和紙で保存用や、あるいはミュージアムボードの台紙に蝶番式に取り付けられることがある。もしそのパピルス紙が恒久的な（あるいは長期間の）展示品であるなら、紫外線の傾斜ガラスが光による損傷を減少させる助けとなるであろう。これらの化学物質が長い時間をかけてもたらす可能性のある有害な影響はわかっていないため、パピルス紙と直接接触するように紫外線遮蔽材を置くことは避ける（Leach and Green, 1995）。

14 パピルス紙の保存に推奨される環境

倉庫や展示の状態は、紙上の芸術作品に推奨される基準を満たすことを目指すべきである。相対湿度 45～55%、気温 19℃（+2）が十分であり、急激な湿度や気温の変動は避けられるべきである。光レベルは 50 ルクスである（Brown, 1997）。

参考文献

- 1 Allen, K. W., Papyrus: Some Ancient Problems in Bonding, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 16 (1996), pp. 47-51.
- 2 Abd el-Maksoud, G., and A. El-Amin, The Investigation and Conservation of a Gazelle Mummy from the Late Period. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 13, No. 1 (2013), pp. 45-67.
- 3 Abd el-Twab, A., Experimental Study of Materials and Methods Used in Consolidation and Removal Archaeological Papyri from Unsuitable Linings Applied on Some Selected Papyri, Cairo University, Faculty of Archaeology, Conservation Department (2013), pp. 108-112.
- 4 Bloom, J. M., History of Paper, *Saudi Aramco World*, May, Vol. 50, No. 3 (1999).
<https://www.saudiaramcoworld.com/issue/199903/revolution.by.the.ream-a.history.of.paper.htm>
- 5 Brown, A., The Conservation of Illustrated Papyri Artifacts, *Conservation Journal*, No. 24 (1997), 40-45.
- 6 Dimarogonas, A., Pliny the Elder on the Making of Papyrus Paper, *The Classical Quarterly*, New Series, Vol. 45, No. 2 (1995), pp. 588-590.
- 7 Dobrusskin, S., H. Singer, and G. Banik, Humidification with Moisture Permeable Materials, *IADA* (1990), pp. 1-12.

- 8 Effendi, A., Experimental and Applied Study on the Factors Damaging the Papyrus Manuscripts and the Methods of Treatment, Conservation and Restoration, Cairo University, Faculty of Archaeology, Conservation Department (1999), pp. 108-112.
- 9 Erman, A., *Life in Ancient Egypt*, London: Macmillan and Co. (1894), p. 447.
- 10 El-Hadidi, M., Distribution of *Cyperus Papyrus L.* and *Nymphaea Lotus L.* in Inland Waters of Egypt, Mitt. Bot.: Staatssaml. München (1971).
- 11 Franceschi, E., G. Luciano, F. Carosi, L. Cornar, and C. Montana, Thermal and Microscope Analysis as a Tool in the Characterization of Ancient Papyri, *Thermochimica Acta*, 418 (2004), 39-45 (2003). Available online, 2 March (2004).
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040603104000358>
- 12 Gilmour, S., Paper: Its Making, Merchanting and Usage, Longmans, Green And Co. Ltd., London (1956).
- 13 Hey, M., The Washing and Aqueous Deacidification of Paper, *Journal of Institute of Paper Conservation*, Vol. 4 (1979), pp. 66-77.
- 14 Hepper, F. N., and T. Reynolds, Papyrus and the Adhesive Properties of its Cell Sap in Relation to Paper-Making, *Journal of Egyptian Archaeology* 53 (1967), 156-157.
- 15 Hunter, D., Papermaking: The History and Technology of an Ancient Craft, Pleiades Books, 2nd ed. (1974).
- 16 Lamb, L., Advanced Papyrological Information System Guidelines for Conservation of Papyrus, University of Michigan (2005).
- 17 Leach, B., Papyrus Conservation at the British Museum, *Papyrologica Lupiensia*, No. 3 (1993), p. 137.
- 18 Leach, B., and L. Green, Removal of Unsuitable Linings from Illustrated Papyri: An Investigation into Suitable Consolidants and Facings, Conference of the United Kingdom Institute for Conservation, London (1995), pp. 29-35.
- 19 Leach, B., and J. Tait, Papyrus, in *Ancient Egyptian Materials and Technology*, Cambridge University Press (2000), p. 239.
- 20 Menei, E., Use of Japanese-Style Techniques in Conservation of Egyptian Papyrus, Spider Webs and Wall Papers: International Applications of the Japanese Tradition in Paper Conservation, ICCROM (1998), pp. 55-67.
- 21 Murrell, V., Some Aspects of the Conservation of Wax Models, *Studies in Conservation*, 16 (1971), 95-109.
- 22 Nakhla, S., Comparative Study of Resins for the Consolidation of Wooden Objects, *Studies in Conservation*, Vol. 31, No. 1 (1986), p. 38.
- 23 Neate, S., et al., An Investigation of the Extent and Causes of Salt Migration in the Papyrus and Related Collections in the Bodleian Library, *Restaurator*, V. 32, 2011.
- 24 Owen, A., and R. Danzing, The History and Treatment of Papyrus Collection at the Brooklyn Museum, the Book and Paper Group Annual, V. 12, AIC, 1993.
- 25 Parkinson, R., S. Quirke, et al., *Papyrus*, Egyptian Bookshelf, British Museum Press, 1995.
- 26 Pliny, E., *Natural History Book XII-XVI*, Translated by Rackham London, Cambridge (1968), pp. 143-147.
- 27 Ragab, H., A New Theory Brought forward about the Adhesion of Papyrus Strips, reprints of 4th Int., Congress of Paper Historians, Manchester (1978).

- 28 Ragab, H., *Le Papyrus*, Dr. Ragab Papyrus Institute, Cairo, 1980.
- 29 Wahba, W., and E. Ramadan, *The Use of Proteolytic Enzymes in Restoration and Conservation of Syriac Papyrus and Arabic Paper*, Conference of Archaeology in Syria: Reality and Perspectives, 12-14, September, Faculty of Architecture, Aleppo University (2005).
- 30 Wallert, A., *The Reconstruction of Papyrus Manufacture Preliminary Investigation*, Studies in Conservation, Vol. 34. No. 1, 1989.
- 31 Waly, N., N. Wafika, and A. Affendi, *Comparative Study of the Sheets Similar to Papyrus, Manufactured from Different Plants*, Papyrologica Lupiensia, No. 11 (2002).
- 32 Wendelbo, O., *The Use of Enzymes for Restoration Purposes*, Archives et Bibliothèques de Belgique, Numéro Spécial, 12 (1974).
- 33 Wendelbo, O., *How Enzymes Work and when they can Be Used in Paper Restoration*, Internationaler Graphischer Restauratorenkongress, Uppsala (1991).
- 34 Wiedemann, H. G., "Paper Technology from Egyptian, Chinese, and Many Cultures," *The State-of-the-Art of Thermal Analysis*, Gaithersburg, 1979.
- 35 Weidemann, H. G., and G. Bayer, *Papyrus: The Paper of Ancient Egypt*, Analytical Chemistry 55, No. 12, October (1983).

URL:

- (1) *Le Papyrus: La tige de Papyrus, structure anatomique:*
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/12-tige.htm>
- (2) *Cyperus Papyrus: Rhizome Vermehren:*
<http://www.pflanzenblog-in.de/2008/04/19/cyperus-papyrus-rhizome-zur-vermehrung/>
- (3) *Tutankhamun Papyrus Box:*
<http://www.egyking.info/2012/03/tutankhamun-papyrus-box.html>
- (4) *Floral Collar from Tutankhamun's Embalming Cache:*
<http://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/09.184.214-.216>
- (5) *Tutankhamun's Sandal:*
<http://www.agefotostock.com/en/Stock-Images/Rights-Managed/FAI-18085>
- (6) *Men Gathering Papyrus, Tomb of Puyemre:*
<http://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/search/544591>
- (7) *Men Splitting Papyrus, Tomb of Puyemre:*
<http://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/search/544592>
- (8) *Papyrus: Secret of the Egyptians:*
<http://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/2010/06/23/papyrus-secret-of-the-egyptians/>
- (9) *Papyrus Making 101: Rediscovering the Craft of Making Ancient Paper:*
http://www.lib.umich.edu/papyrus_making/index.html

Seminar on Egyptology and Monuments

(10) Blank Papyrus Paper:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blank_papyrus_paper.jpg

(11) Looking for Adhesives and Identifying Binders in the Book of the Dead Using FTIR:

<http://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/wp-content/uploads/2011/01/Image-032.jpg>

(12) Making Papyrus Paper:

http://farm7.staticflickr.com/6025/5960430916_2f35b28218_z.jpg

(13) Le Papyrus: Le Papyrus support d'écriture, étude microscopique:

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/papyrus/22-micro.htm>

(14) Conserving a Papyrus from the Book of the Dead of Muthepti:

http://www.britishmuseum.org/explore/highlights/articles/c/conserving_a_papyrus.aspx

(15) Papyrology-Related Links:

<http://www.lib.umich.edu/papyrology-collection/papyrology-related-links>

“Theories of Papyrus Manufacture and the Conservation Treatment of Papyrus” was translated by Ayaka AOKI.