

リーフキャストイングによる脆弱化した資料の修復

有友 至・中島郁子・阿久津智広
国立公文書館

1. はじめに

リーフキャストイングは、水の中に繊維を分散させて、その繊維を資料の欠損部に流し込むことで、欠損部を埋めて補紙を形成する修復方法である。国立公文書館では、これまで虫損の激しい和紙の資料をリーフキャストイングによって修復してきたが、その他にも使用されている竹紙が脆弱化してしまった漢籍や使用中・下級紙が酸性劣化してしまった公文書など修復を必要とする資料が大量に所蔵されている。また、公文書は今後も毎年移管され、その中にも酸性劣化したものが多く含まれると予想される。そこで、リーフキャストイングによって欠損部の充填を行うとともに、すでに脆弱化してしまった資料の紙力強化を行い、大量に劣化した資料を機械的に速く、効率的に行うことができないかと考えた。

2. リーフキャストイングの歴史と特徴

リーフキャストイングは、1950年代にソビエトで開発され、その後ヨーロッパ各国でさかんに研究開発がなされてきた。日本には1970年代

に東京国立文化財研究所（現・東京文化財研究所）の増田勝彦氏（現・昭和女子大学教授）が紹介し研究がはじまった。また、1980年代、坂本勇氏（現・有PHILIA）がデンマーク王立図書館のペア・ラウアセン氏のリーフキャストイング技術を習得し日本へ紹介した¹。日本では大きく分けて、2種類のリーフキャストイングが稼働している。前者の流れをくむのがサクショントーブルを利用した吸引式で、後者の流れをくむのが水頭圧式である。2種類のリーフキャストイングは、目的は同じ欠損部を充填することであるが、少し長所・短所が異なる部分がある。どちらが優れているというよりは、資料によって使い分けるのが良いであろう。ただし、本稿では紙面の都合上、当館で稼働している水頭圧式のリーフキャストイングについてのみ見ていくことにする。

当館で稼働している水頭圧式は、デンマーク製のものを参考に日本で製造されたものである。その長所は、流し込んだ繊維が欠損部分とその周りの本紙数ミリにしか掛からず、本紙全体の厚みが増加しないことと、繊維が本紙と水素結

有友至（ありとも いたる）

独立行政法人国立公文書館業務課修復係長

中島郁子（なかじま いくこ）

独立行政法人国立公文書館業務課修復係員

阿久津智広（あくつ ともひろ）

独立行政法人国立公文書館業務課修復専門員

¹ リーフキャストイングの詳しい歴史については、下記の資料を参照。

小平市中央図書館『小平市立図書館の資料保存と古文書補修 東京都文化財保存事業「小川家文書保存修理」に関する報告書』2007

<http://library.kodaira.ed.jp/pdf/olddoc0402.pdf>,

<http://library.kodaira.ed.jp/pdf/olddoc0406.pdf>

合によって接着するため、接着剤を使用する必要がなく柔らかな仕上がりになることである。また、手作業の修復（繕い、裏打ちなど）に比べると、リーフキャストイングの方が短期間で技術を習得することができ、ある程度同じ仕上がりになることも長所である。それに対し短所は、本紙全体が水に浸かるため、水溶性の書写材料で書かれていたり、本紙に特別な加工（打ち紙、空押しなど）が施されていると、適用できないことである。しかし、逆に本紙を浸漬させることは、洗浄効果が高く、紙中の水溶性の汚れを取り除くことができるという長所にもなる²。

3. 10年間の実績と新型機購入の経緯

当館では1999年11月にリーフキャストイング（N 3型 株ニチマイ製）を導入し、約10年間稼働していて、年間約5000枚～6000枚の所蔵資料をリーフキャストイングによって修復している。その耐久性は高く、10年間でパッキンの交換以外、ほとんどメンテナンスの必要がなかった。しかし、2009年とうとうギア部分が長年の使用により摩滅し破損してしまい、これを機会に新型機を購入することになった。今回購入した新型機（N 3A型 株ニチマイ製）（写真1）は、旧型機を改良したもので、脇水槽から本水槽への水の移動の際にホースを手で持っている必要がなくなり、固定された筒から水が出るよ

² 吸引式の特徴でも本文中に記述した3点（厚みが増加しないこと、接着剤を必要としないこと、比較的短期間で技術を習得できること）が挙げられる。また、吸引式独自のものとしては、サクシオンテーブル上に作る枠の置き方によって、部分的なリーフキャストイングを行うことができ、資料全体を浸漬させたくないものへの処置が可能なが挙げられる。詳しいリーフキャストイングの特徴については、下記の資料を参照。

福島 希「リーフキャストイングの技術と歴史」2009
<http://www.hozon.co.jp/report/fukushima/fukuno021-leafcasting.html>



写真1 新型リーフキャストイング

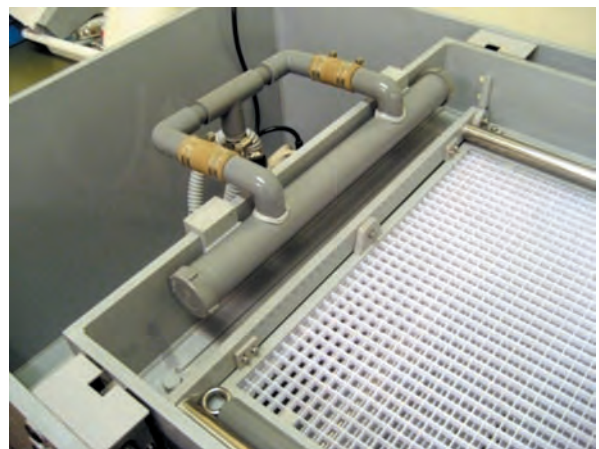


写真2 改良点その1



写真3 改良点その2

³ 当館のリーフキャストイングの構造・手順については、下記の資料を参照。

丸山正広「国立公文書館におけるリーフキャストイング 第一回」『アーカイブズ』第7号 2001

丸山正広「国立公文書館におけるリーフキャストイング 第二回」『アーカイブズ』第8号 2002

うになったこと（写真2）と、格子棚の上げ下げが手動からペダル式の電動になったこと（写真3）の2点が改良された。これらの改良により、作業者の負担が軽減された³。

これまでリーフキャストによる修復を行ってきた主な資料は、多聞櫓文書や民事判決原本などの虫損の激しい資料群で、本紙には和紙（ほとんどが楮紙）が使用されていた。特に使用する繊維に着色はせず、楮のみでリーフキャストを行ってきて、仕上がりは安定し、良好な結果を得ている（写真4、5）。しかし、前処理に時間がかかるという問題点があった。資料をセットし、欠損部を埋め、プレス・乾燥をするまでに要する時間は1枚当たり10分程度と、手繕いを行うより格段に速いが、虫損の激



写真4 修復後・多聞櫓文書

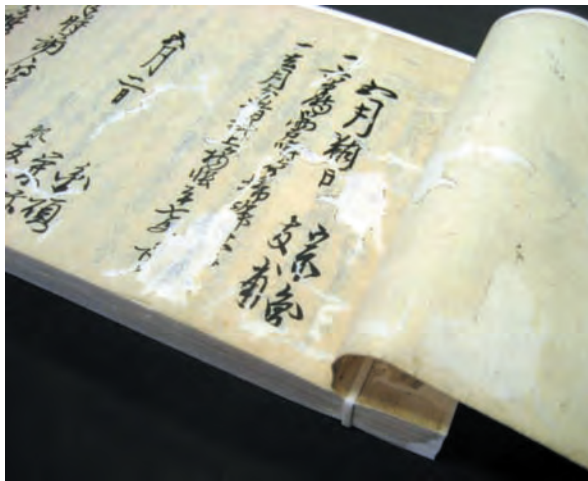


写真5 修復後・多聞櫓文書

しい資料などを解体し、虫糞を除去し、紙片や虫損部を作業中に動かないように仮止めをするためには、1枚1枚手作業で行わなければならないと、とても時間を必要とする。そのため、前処理を工夫し、リーフキャストをより効率的に活用することが今後の課題と言える。

4. 漢籍（竹紙）への適用

4.1 竹紙の劣化状況と修復法の考察

当館には約18万冊の漢籍が所蔵されている。漢籍は一般的に、竹紙が多く使用されているが、竹紙は中国で8世紀から9世紀頃に使用されはじめ、16世紀、明の時代以降多くの印刷本の本文紙として使用されてきた⁴。しかし、その多くが現在、茶褐色に変色したり、脆弱化し前小口が破れたりしている。その原因としては、竹紙製造時の原料の精製不足と礬砂引き（中国では印刷本の本文紙に礬砂引きが行われていた）が挙げられる⁵。当館所蔵の漢籍も多くが茶褐色になり脆弱化し、本紙の前小口が破れてしまっている。

従来、漢籍の修復は、裏打ちや破れた前小口部分にだけ細長く喰い裂きにした和紙を貼って行ってきた（悠久紙8gを使用することが多い）。しかし、これらの方法だと全体もしくは部分的に和紙を貼ることで、仕上がった資料が修復前より厚みが出てしまうという欠点があった。また、裏打ちで湿りを入れた時に、その扱いには注意が必要で、皺を入れずに平らにすることは楮紙に比べると難しいという問題もあった。そこで、厚みの増加を最小限にし、より簡単に竹

⁴ 銭存訓著 久米康生訳『中国の紙と印刷の文化史』法政大学出版局 2007

⁵ 東京大学東洋文化研究所図書室「第3回アジア古籍保全講演会記録集（平成19年11月20日）総合討論」『アジア古籍保全講演会記録集（第1回～第3回）』2008

http://www.ioc.u-tokyo.ac.jp/library/gaiyo/asia_lec/rep/3_discus.pdf

紙を修復するために、リーフキャストイングを使用することにした。また、本紙が脆弱化しているため、リーフキャストイングで欠損部を充填するとともに、薄い和紙を貼り付けて紙力強化も行えないかと考えた。

4.2 使用する繊維の選択

他の機関や工房を見ると、使用する繊維は本紙の紙質調査を行い、同じ原料・加工を施したものであったり、いくつかの繊維を混合したものであったり、さまざまな工夫がなされている。当館では、前述した通り、和紙（ほとんどが楮紙）が使用されている資料を、楮のみでリーフキャストイングしてきたが、今回は、本紙に合わせて竹繊維を試してみることにした。

使用した竹繊維は中国産、タイ産の2種類（株竹尾提供）で、水に分散させると繊維が細く短いのが分かる。仕上がりは、楮繊維に比べると柔らかく、しっとりとした風合いになったが、繊維が短いため簡単に裂くことができた。2種類の竹繊維を比較すると、タイ産の方が中国産より柔らかな仕上がりとなった。おそらく精製度が影響していると思われる。仕上がりとしては悪いものではなかったが、使用した竹繊維はサンプルで、今後継続的に入手することの難しさがあったため、繊維に関しては、どの紙質に対しても比較的馴染みやすい楮繊維を使用することにした。ただし、本紙である竹紙と充填する楮繊維の収縮率の違いから、本紙と繊維の間に隙間ができたり、本紙が引きつってしまったりするような不具合が生じた場合には、本紙の紙質に合わせてより馴染みやすい竹繊維を使用する必要も出てくるだろう。

4.3 紙力強化の方法

本来、リーフキャストイングは欠損部の充填を行う処置であり、そのままでは紙力強化にならない。そこで、リーフキャストイングを行うと同時に、本紙に薄い和紙（MKr3.5・3.5g/

m² ひだか和紙(有製) を貼り付けて、紙力強化を行うことにした。しかし、そのままでは和紙が貼り付かないので、リーフキャストイング後に生糞糊を噴霧することにした。接着剤を使用することは、前述したリーフキャストイングの長所を1つ失うことになるが、竹紙への適用は、脆弱化した本紙の紙力強化を目的としていて、接着剤は不可欠な要素となる。そのため、最少限の生糞糊を薄めて噴霧する。また、竹紙は充填する繊維との接着力が弱く、乾燥後に周囲の余白部分を引っばると簡単に繊維がはずれてしまうという問題点があった。本紙が楮紙の時には全く問題なかったが、使用する繊維が楮・竹どちらの場合でも竹紙では接着力が弱かった。そこで生糞糊を噴霧することを、充填する繊維の接着力強化にも利用することにした⁶。

4.4 工程

- 1) リーフキャストイングにネットとマスクングを置き、資料の裏側を上にしてセットする。
- 2) 紙力強化のための和紙（MKr3.5）を重ねる。
- 3) リーフキャストイングを行い、欠損部分の充填とともに薄い和紙で紙力強化も同時に行う。
- 4) リーフキャストイング後に、和紙の上からスプレーで生糞糊を噴霧する。和紙はとても薄いため、その上から生糞糊を噴霧しても本紙にまで浸透し、きちんと貼り付く。
- 5) 資料の上に不織布をかぶせ、ネットを付けたまま、フェルト・中性ボードに挟み、40秒間電動プレスに入れる。
- 6) ネットを資料からはずして、そこに不織布をかぶせる。さらに、中性ボードに挟み、手

⁶ 今回は紙力強化を目的としていたため、接着剤を使用した。紙力強化の必要のない場合のために、今後繊維の加工を工夫して、竹紙との接着力強化を行っていきたいと考えている。

動のプレス機に入れて、一晩乾燥させる。

- 7) 不織布・中性ボードを新しいものに交換し、さらに2～3日プレス・乾燥を行う。

4.5 結果

修復前の竹紙の厚みは0.05～0.06mmであったが、悠久紙8gで裏打ちしたものは厚みが0.09～0.11mmに増加した。それに対して、MKr3.5を使用してリーフキャストを行うと0.07～0.08mmと厚みの増加を抑えられた。悠久紙8gの厚みは0.04～0.06mm程度、MKr3.5は0.02mm程度で、そのまま仕上がりにこれらの厚みが反映されていた。修復後の両者の厚みの差は、わずか0.02～0.04mmであるが、折丁が多数あれば大きな差となってくるだろう。また、厚みの数値以上に修復後の両者の感触は異なり、裏打ちを行った資料の方が、リーフキャストを行った資料よりも硬い仕上がりになった。

5. 中・下級紙への適用

5.1 中・下級紙の劣化状況と修復法の考察

公文書に使用されている紙には、さまざまな種類のものがあり、そのうち中・下級紙⁷は茶褐色になり脆弱化してしまっている。これらに酸性紙が多い。酸性紙は、欧米では18世紀後半から19世紀前半、日本では第2次大戦中から昭和30年代くらいにかけての資料に多く見られる。その原因は、製造過程で添加される滲み止め由来の酸と、低質な木材パルプと言われている。

⁷ 中・下級紙は化学パルプに機械パルプを混ぜて作られた洋紙である。再生紙やわら半紙、ザラ紙など。

⁸ 当館所蔵資料の劣化状況については下記の資料を参照。

「国立公文書館所蔵公文書等保存状況調査について(平成12年5月)」

http://www.archives.go.jp/law/pdf/acv_4_01.pdf

「国立公文書館所蔵公文書等保存状況調査 - 第二次調査報告書 - (平成13年3月)」

http://www.archives.go.jp/law/pdf/acv_6_03.pdf

日本でアメリカの図書館などにあるようなひどく脆弱化した紙を見ることは稀であるが、当館で所蔵している公文書館の中にも開くたびに端の部分がポロポロと欠けていく資料がある⁸。そのため、すでに劣化してしまっている酸性紙をいかに効率良く、修復するかということで、竹紙と同様にこの場合もリーフキャストを使用することにした。また、リーフキャストとともに薄い和紙を重ねることで紙力強化も行う。酸性紙にリーフキャストを使用する利点としては、周囲に余白を付けることで端からそれ以上資料が欠けるのを防げることと、本紙を水に浸漬させるため洗浄できることが挙げられる。

5.2 使用する繊維の選択

充填する繊維は竹紙と同様に、楮繊維を使用することにした。特に中・下級紙の場合、わら半紙やザラ紙など低質な原料のものが多い。そのため、低質な原料に合わせて繊維を選択するよりは、どの紙質にも比較的馴染みやすい良質な楮繊維を使用する方が良いと考えた。

5.3 紙力強化の方法

紙力強化に関しては、文字が片面にしか書かれていないものには、裏から薄い和紙(MKr3.5)を貼り付け、両面に書かれているものには、極薄の和紙(MKr2.0・2.0g/m² ひだか和紙(宍製))を両面に貼り付けることにした。しかし、中・下級紙でも、充填する繊維との接着力が弱いという問題が発生した。竹紙の場合と同様に、中・下級紙でも紙力強化を目的にしているため、本紙に和紙を貼る必要があり、接着剤も不可欠な要素となる。そこで、本紙と充填する繊維との接着力強化と、紙力強化の和紙を貼り付けるために、リーフキャスト後にスプレーで生糞糊を噴霧することにした。

5.4 工程

<片面書写の資料>

竹紙と同じ工程

<両面書写の資料>

- 1) リーフキャストにネットとマスキングを置く。
- 2) 紙力強化のための和紙 (MKr2.0) を先にネットの上に置き、次に資料の裏側を上にして置く。さらに同じ極薄の和紙をもう1枚資料の上に重ねる。
- 3) リーフキャストを行い、欠損部分を充填するとともに、極薄の和紙でサンドイッチし紙力強化を行う。
- 4) リーフキャスト後に、和紙の上からスプレーで生麩糊を噴霧する。和紙はとても薄いため、その上から生麩糊を噴霧しても本紙にまで浸透し、きちんと貼り付く。
- 5) 資料の上に不織布をかぶせ、ネットを付けたまま、フェルト・中性ボードに挟み、40秒間電動プレスに入れる。
- 6) ネットをはずし、資料の表側の和紙を貼り付けるために、スプレーで糊を噴霧する。
- 7) 不織布をかぶせ、中性ボードに挟み、手動のプレス機に入れて、一晩乾燥させる。
- 8) 不織布・中性ボードを新しいものに交換し、さらに2～3日プレス・乾燥を行う。

5.5 結果

中・下級紙の修復前の厚みは0.11mmであったが、MKr3.5で片面からリーフキャストを行ったものは0.13～0.14mmに増加し、MKr2.0で両面からリーフキャストを行ったものは、0.12～0.13mmに増加した。

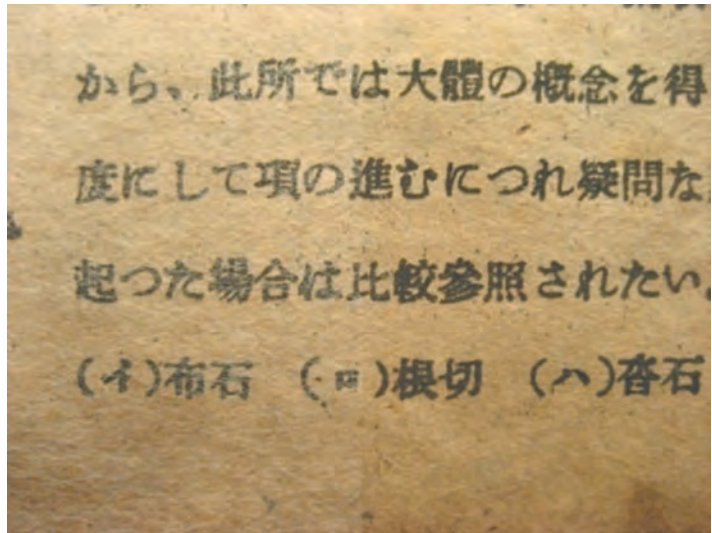


写真7 左・MKr2.0有 右・MKr2.0無



写真8 左・MKr2.0有 右・MKr2.0無



写真9 左・悠久紙 8g 中央・MKr3.5
右・MKr2.0

MKr3.5の厚みが0.02mm程度で、MKr2.0が0.015mm程度であるので、ここでもそのまま和紙の厚みが仕上がりに反映された。また、両面印刷がされているものは、MKr2.0でサンドイッチするため、文字の上にも和紙を貼ることになる。しかし、MKr2.0はとても薄く、文字の上に貼っても、ほとんど違和感がなく、閲覧に支障はない(写真7)。印刷面に黒が多い場合は多少和紙が上に貼ってあるのが分るが、こちらも閲覧には支障はないだろう(写真8)。今回使用した3種類の和紙の透明度を比較したのが(写真9)である。

6. まとめ

本稿では、竹紙や中・下級紙(酸性紙)など脆弱化した資料の紙力強化という点に着目してきた。しかし、どちらの紙にも劣化の主要原因である酸は残されたままである。竹紙(年代不明)の場合、処理前の平均がpH4.39であったのが、処理後の平均はpH5.01と、また中・下級紙(昭和22年出版の書籍)の場合、処理前の平均がpH4.33であったのが、処理後の平均はpH4.99と、わずかな上昇であった⁹。このように、リーフキャストを行っている間に水の中へ浸かることで、わずかながらpH値の上昇は見られるが、アルカリ域までには達せず、アルカリ・リザーブも入っているわけではない。そのため、本稿での処置は根本的な解決法ではなく、将来的な保存環境によっては劣化が促進される危険性も含んでいる。今後は、脱酸性化処置をどのようにリーフキャストと組み合わせていくかが課題となる。

現在考えられる方法の1つ目としては、大量脱酸(ブックキーパー法、DAE法など)をまず行っておき、それ以上の劣化を抑制しながら、

利用頻度の多い資料からリーフキャストによる紙力強化を行う方法である。2つ目は、少量脱酸(ビュッケブルグ法、炭酸水素マグネシウム、炭酸水素カルシウムなど)を行った直後に、そのままリーフキャストによる紙力強化を行う方法。3つ目はリーフキャストに使用する水の中にアルカリを加えて脱酸を同時に行う方法である。今後これら以外の方法でも、より効率的で効果の高い脱酸法をリーフキャストと組み合わせていくことを検討していく。

もう1つの課題としては、接着剤の選択である。従来、当館では生糞糊のみを使用してきた。それは、メチルセルロースなどと比べると生糞糊の使用の歴史は長く、ある程度の劣化状況などを予想できるという理由からである。しかし、今回はあえてメチルセルロース(80-120 mPa・s 東京化成工業(株)製)も使用してみたところ、仕上がりに違いがでた。生糞糊を使用した資料は、ぼつりとした感触になったが、メチルセルロースを使用した資料は、生糞糊で行った資料に比べて柔らかな仕上がりと化した。また、メチルセルロースは濃度が高いと均一に噴霧することが難しい一方、濃度が低いと若干接着力に不安を感じるという結果もでた。使用した生糞糊の濃度は原糊(粉1:水3で煮たもの)を5倍程度に薄めたもの、メチルセルロースの濃度は0.5%と1.0%、2.0%のものを使用した。今後は、仕上げ具合はもちろんのこと使い勝手や可逆性を考慮して、接着剤の種類や濃度も検討していく。

大量に劣化した資料を所蔵する当館にとっては、効率性というのは重要なポイントである。そのため、少ない工程で多くのことができる可能性を持つリーフキャストをうまく活用していきたいと考えている。

最後に、今回の実験にあたりご協力していただいた(株)ニチマイ、ひだか和紙(有)、(株)竹尾にこの場を借りて御礼を申し上げます。

⁹ pH値は平面測定用ガラス電極を用いて、紙の表面pHを測定した。デジタルpH計「スキンチェッカーMJ 120」を使用。