

〔報告〕 紙本、絹本の湿度差によるカビ発生

高鳥 浩介*・柳田 連太郎*・久米田 裕子*²・高橋 淳子*³・
早川 典子・加藤 雅人・佐藤 嘉則・木川 りか

1. はじめに

文化財の管理で問題となる生物被害としてカビが古くから知られている。カビによる被害は多くの文化財で発生するが、その発生する環境として大きく2とおりある。

一つは湿性環境である。湿性となる場合は屋外や高湿な室内であり、その場合多くは湿度が90%以上になることが多い。古墳に代表される場所がその例である。また建屋の外壁、屋上、屋根、床下などもその例である。

もう一つは、乾性環境である。乾性環境とは通常ある程度温湿度管理が行われている屋内の文化財が保管される環境を意味し、文化財を保管しても一般にはカビの発生することは想定されない。つまり湿度として60%前後またはそれ以下を意味することになる。

通常カビの発生する環境は4型あり、97%以上の絶対好湿性、90%以上の好湿性、80%台の中湿性、70%以下の好乾性に分けることがある。この環境に合わせてカビ生態をみると発育可能とする最低湿度90%以上の好湿性カビ、80%台の中湿性（耐乾性）カビ、70%以下の好乾性カビに分類される。

このような環境は、カビ種により、至適環境湿度を持つが一方では基質の問題も無視できない。すなわち、カビは発生しやすい基質、し難い基質がある。基質には蛋白、脂質、糖質などがあり、それぞれカビが特異的に汚染する基質がある。文化財には、基質にセルロース成分を含む素材が多い。紙、木材、繊維がその代表であり、綿布、建築物、書画のようなセルロースを多く含み、その素材を至適として汚染するカビがある。さらに、文化財には絹や膠などのタンパク質を含む材質も少なくない。

ここでは、カビの被害を受けやすい日本画の紙本、絹本を基質として異なる環境湿度においたときのカビ発生度を検討したので報告する。

2. 調査方法

2-1. 材料

紙本、絹本の試料は株式会社修護の協力で作製していただいた。その際、いずれも糊や膠などの接着剤の使用はカビの生育をより盛んにすることが予想されたため、接着剤の有無により、ふたつのグループの試料を準備した。すなわち、通常の方法で糊や膠などを使用したグループ（紙本 p-1、絹本 k-1）と、接着剤をいっさい使用しないグループ（紙本 p-0、絹本 k-0）を作製した（表1）。

紙本は、長谷川和紙工房製楮紙を使用し、肌裏紙、増裏紙、総裏紙を打つことで作成した。その際、p-1では、糊や膠ドーサを通常の技法で使用し、p-0はそのような接着剤をいっさい使用せず、打ち刷毛技法によって作成した。

*NPO 法人カビ相談センター

*²大阪府立公衆衛生研究所

*³桐生大学

表1 作成した試料

| 種別/作成条件 | 糊, 膠ドーサ (接着剤) あり | 糊, 膠ドーサ (接着剤) なし |
|---------|------------------|------------------|
| 紙本 | p-1 | p-0 |
| 絹本 | k-1 | k-0 |

*糊については、肌裏には小麦でん粉糊(沈糊)、増裏、総裏には古糊(坂田墨珠堂平成12年製)を使用し、膠ドーサについては、三千本膠1% ミョウバン0.1%を使用した。

絹本は、広信織物製絵絹を使用し、肌裏紙、増裏紙、総裏紙を打つことで作成した。そのさい、k-1では、糊や膠ドーサを通常の技法で使用し、k-0はそのような接着剤をいっさい使用せず、綿糸によって試料を固定した。

供試カビ

本研究の対象となるカビは、室内カビで紙試料でカビ発生事故の比較的多いカビ種を選定した。乾燥系で発生しやすいとされる1~5、やや乾燥するが湿気も必要とする6および7、湿気があるほどに発生しやすい8および本邦で繊維の試験で使用されるカビ種の混合胞子を対象とした9を用いた。

1. *Aspergillus penicillioides* KSS 810
2. *Aspergillus restrictus* KSS 537
3. *Eurotium herbariorum* KSS 668
4. *Eurotium tonophilum* KSS 633
5. *Eurotium amstelodami* KSS 522
6. *Aspergillus versicolor* KSS 782
7. *Penicillium biforme* KSS 612
8. *Cladosporium sphaerospermum* KSS 511
9. JIS Z 2911 かび抵抗性試験 繊維製品対象とする胞子混合液
(*Aspergillus niger* NBRC, *Penicillium citrinum* NBRC, *Chaetomium globosum* NBRC, *Myrothecium verrucaria* NBRC)

2-2. 試験環境湿度

相対湿度 (RH) 環境の設定は94%, 84%, 75%, 70%, 58%になるよう飽和無機塩で調湿した。なお調湿に用いた無機塩はそれぞれ硫酸カリウム, 塩化バリウム, 塩化カリウム, 臭化カリウム, 塩化ナトリウムであり、本試験前には調湿がされていることを確認した。

2-3. 試験法

2-3-1. 試料片の準備

紙本, 絹本は15×200mm 試料片としてスチーム殺菌処理 (80-90°C, 10分) 行った後, 2時間送風で乾燥した。

2-3-2. 供試カビ胞子液調整及び試料接種

各カビに適した培地で前培養した後, 胞子数 1×10^6 個/mL に調整した。この各胞子液0.1mL を1試料片に等間隔で接種した。

2-3-3. 試験容器と試料の設置

密閉式試料試験容器(100×270×50mm)の内面をエタノール消毒した後、容器内部に飽和無機塩の調湿液を入れ、その上に試料を載せる台を置き、さらに台上にカビ付着させた試料片を置いた。

2-3-4. 試験容器の調湿確認

試料試験箱内の調湿を測定し、それぞれ試験湿度範囲になっていることを確認した(図1)。



図1 密閉式試料試験容器5個を各湿度に安定させる

2-3-5. 観察

試料片試験箱は、設置場所の関係から実験室内(20~25℃での環境)に置き、以後目視観察を5か月行った(図2)。



図2 試験容器内部に各カビ胞子を接種した紙本(糊無 糊有)および絹本(糊無 糊有)を設置

2-3-6. 評価法

目視およびルーペで観察し試料片のカビ発生の有無を持って判定し、紙本、絹本に対する発生カビを総合的に評価した。

カビの発生評価は以下のとおりである。

- | | |
|--------------|------------------|
| - : 発生を認めない | ± : 多少カビ発生を認める |
| + : カビ発生を認める | ++ : 著しくカビ発生を認める |

3. 結果及び考察

3-1. 試料片のカビ発生 相対湿度による影響 (表2~5)

紙本、絹本それぞれについて 糊なし、糊ありの評価は毎月観察を行い、表2~5の通りであった。以下に各湿度の成績をまとめた。

3-1-1. 相対湿度94%

- 相対湿度94%の高湿度条件では、全てのカビで発生を認めた (図3)。
- 紙本と絹本で比較すると、紙本でのカビ発生が全体に速やかな傾向がみられた。
- 糊ありが糊なしに比べて全体に発生が速やかであった。
- もっとも速やかに発生がみられたのは、*C.sphaerospermum* および *A.niger* 混合菌液であり、1週目ですでにカビの発生を認めた。いずれも湿性カビであることにより94%の高湿度で著しく発生しやすいといえる。この結果は紙本、絹本に限らず以後20週5か月後によりはっきり発生が確認された (表2~表5)。
- 糊の有無では、糊ありの方がカビ発生しやすいことが分かったが、カビ1, 2は糊の有無にかかわらず著しく発生が遅く、3, 4, 5では糊なしの方がやや遅く、同じく6, 7では比較的1~2か月で糊なしで発生を認めた。
- 相対湿度94%では、紙本、絹本共に糊の有無にかかわらずカビが発生しやすいことが分かった。したがって紙本、絹本は湿度に強く影響をうけて比較的早く発生しやすいといえ、湿度



図3 湿度94% 8週で紙本、絹本にカビ発生が確認される (上から絹本糊無、紙本糊無、絹本糊有、紙本糊有)

管理が重要であるものといえる。

3-1-2. 相対湿度84%

- 相対湿度84%では、20週までに一部のカビで発生を認めた（表3, 表5）。
- 紙本と絹本で比較するとカビ発生がみられる場合、同程度の発生傾向といえた。
- 糊ありが糊なしに比べて速い傾向があった。
- 20週経過後に初めて多少ともカビ発生を認めたのは、*P.biforme*, *C.sphaerospermum*, *A.niger* 混合菌液であった（表3, 表5）。いずれも湿性カビであるが相対湿度84%でも長期間経過後には発生するものといえる。この結果は紙本, 絹本ともに同傾向であることから長期間の経過が今後どのように推移するかさらに経過観察が必要といえた。
- 好乾性カビのすべては、糊の有無にかかわらず発生を認めなかった。
- 相対湿度84%では、紙本, 絹本共に糊ありがカビ発生しやすいものと推測されたが、カビ発生は長期経過後であり、今後の経過進行に注目せねばならない。いずれにしても好湿性カビがこの湿度域で発生し始めたことから84%湿度での紙本, 絹本は湿度に多少とも影響をうけてカビが発生しやすいものといえ、この湿度域でも湿度管理が重要であるものといえる。

3-1-3. 相対湿度75%

- 湿度75%の湿度では、20週までにすべてのカビで発生を認めなかった（図4）。
- したがって、紙本と絹本及び糊の有無のカビ発生比較ができなかった。
- 一般に湿度75%では好乾性カビである *A.restrictus*, *Eurotium* のような好乾性カビは吸湿素材に対して発生することが言えるが、今回の20週の期間内では発生は確認できなかった。
- 糊の有無に多少の差がみられるものと仮定したが確認できなかった。これは経時観察をさらに進めねばならないことで調査の反省点であった。



図4 湿度75% 20週でも紙本, 絹本でカビ発生が確認されない
(上から絹本糊無, 紙本糊無, 絹本糊有, 紙本糊有)

3-1-4. 相対湿度70%

- 湿度70%の湿度では、20週までにすべてのカビで発生を認めなかった。

- ・したがって、紙本と絹本及び糊の有無のカビ発生比較ができなかった。
- ・一般に湿度70%であっても吸湿素材であれば *A.restrictus*, *Eurotium* のような好乾性カビは吸湿素材に対して多少とも発生することが言えるが、今回の20週では発生は確認できなかった。

3-1-5. 相対湿度58%

- ・湿度58%の湿度では、20週までにすべてのカビで発生を認めなかった。
- ・したがって、紙本と絹本及び糊の有無のカビ発生比較ができなかったが、一般にこの湿度では好乾性カビでも発生ができないとされる。
- ・湿度60%以下であれば吸湿素材といえども *A.restrictus*, *Eurotium* のような好乾性カビは発生することができないが、今回の20週ではその証明ができなかった。

3-2. 紙本、絹本及び糊の有無とカビ発生

文化財として重要な基質に文書などに用いられる紙本、絹本がある。これらは永年にわたり貴重な文化財となることから生物被害にあわないよう管理が必要になる。しかし紙本、絹本といえども管理者の意識によりカビの発生が起らないとは否定できない。そこで紙本、絹本についてカビ発生がどのような湿度環境で発生するものか基礎調査を行った。また糊の成分がカビ発生に影響を及ぼすことも知られており、糊の有無でその影響がどの程度あるものかを調査した。

その結果、高湿度(94%)であるが、紙本がカビ発生する傾向がみられた。また80%台では明確な結果が得られなかったが、糊の有無では差がみられ、糊の影響をうけてカビ発生しやすいことの推測はできたが断定ができなかった。さらに75%以下になるとカビ発生は確認できず、紙本、絹本及び糊の有無について確たる証明ができなかったことが今後の大きな課題となった。

この結果からもわかるとおり、カビの発生経過は本来半年程度の調査ではなく1年間以上にわたる必要がある。これは5か月間20週までの結果であるが、本来その後の継続が震災の影響でできなかった。この調査研究は重要な調査でもあり、さらに何らかの形で長期継続をしていかねばならない。

4. まとめ

文書などで用いられる紙本、絹本のカビ発生を比較するために湿度による影響を調査した。調査は紙本、絹本及び糊の有無の影響を合わせて検討した。カビ発生に影響を及ぼす湿度を94%から57%の5水準で20週まで実施した。その結果、高湿度の94%では1か月後からカビ発生が確認され、20週までにはほとんどのカビで発生した。また糊の有無の影響はあり、糊ありがカビ発生に強く影響を及ぼしていた。しかし、湿度84%以下になるとカビ発生が確認できず、さらに長期調査することが重要といえた。

謝辞

本調査研究に用いた貴重な紙本、絹本を作製していただきました株式会社修護の君嶋隆幸氏、井上さやか氏に感謝いたします。

本研究は、日本学術振興会から交付を受けた科研費23300328(研究課題 文化財展示収蔵施設の実状に即したカビ調査技術と制御に関する研究 研究代表者 木川りか)の助成を受けて実施したものです。

参考文献

- 1) Strang T.J.K. and Dawson J.E.: Controlling Fungi in Controlling Museum Fungal Problems Technical Bulletin, Canadian Conservation Institute, **12**, 2-6 (1991)
- 2) かび検査マニュアルカラー図譜, 高島浩介監修, 382-383 (2002)
- 3) Guild S. and MacDonald M.: Mould Prevention in Mould Prevention and Collection Recovery: Guidelines for Heritage Collections, Technical Bulletin, **26**, 1-15 (2004)

キーワード：紙本 (*shihon*) ; 絹本 (*kempon*) ; 湿度 (relative humidity %) ; カビ発生 (fungal occurrence)

Fungal Occurrence by Humidity Differences on Two Types of Substrates (*Shihon* and *Kempon*) for Japanese Paintings

Kosuke TAKATORI*, Rentaro YANAGIDA*, Yuko KUMEDA*²,
Atsuko TAKAHASHI*³, Noriko HAYAKAWA, Masato KATO,
Yoshinori SATO and Rika KIGAWA

Fungal occurrence by humidity differences on two types of substrates for Japanese paintings (*shihon*: Japanese paintings on paper, and *kempon*: Japanese paintings on silk cloth) was investigated. Mold growth was observed on samples of *shihon* and *kempon*, both types of which were made either using starch paste or without the paste.

Substrates inoculated with various mold species were placed under five conditions of relative humidity (RH): 94%, 84%, 75%, 70% and 57%. Mold occurrence was observed for 20 weeks under room temperature between 20 to 25 °C.

As a result, mold occurrence was observed in the environment of 94% RH after one month and, especially with samples using starch paste. However, in cases of environments of RH less than 84%, mold growth was extremely slow in all types of samples, just a few species having grown on the samples with starch paste in the observation period of 20 weeks even under the condition of 84%RH. Longer period of observation is necessary to grasp further tendency.

*Center for Fungal Consultation

*²Public Health Institute of Osaka Prefecture

*³Kiryu University