

## 〔報文〕 大学における学術資料の保管状況とその問題点 — 東京大学経済学部図書館の事例 —

吉川 也志保\*・小島 浩之\*\*・佐野 千絵

### 1. はじめに

現在、国内の大学に附設される図書館では、研究に資する貴重な学術資料を所蔵しているにも関わらず、増加した資料の収蔵場所の確保や、建物の移転や改築のために、元々は書庫用に設計されていなかった場所に、資料を保管することがある。しかし、このような図書館施設に所蔵されている資料の微生物による被害に関する相談が東京文化財研究所に多く寄せられている。一般的に、図書資料に影響を与える微生物には、真菌類や細菌類が挙げられる。真菌類とは、菌類のなかで単細胞または菌糸から成り、細胞壁を持つものである。このなかで菌糸によって生育するものが糸状菌、あるいは「カビ」と呼ばれている。細菌類とは、原核生物に属する単細胞の微生物である。細菌類が、水害や火災を消火した際の水濡れ、あるいは漏水・結露といったように水分が豊富な環境でないと生育できないのに対し、いわゆるカビは、室温環境でも生育が可能であるため、問題となりやすい<sup>1)</sup>。したがって、本研究では、真菌類を対象に調査を進め、図書館における微生物の劣化被害を便宜上、「カビ被害」と呼ぶこととする。

図書館におけるカビ被害は、高温多湿な気候である日本だけで起こりうる問題ではなく、ヨーロッパでも古くから被害が記録されている<sup>2)</sup>。カビの発生を防ぐために必要である最も重要な措置は、水分のコントロールであることは周知の通りであり、図書館・文書館の書庫の温湿度環境については様々な規格が設けられている<sup>3)</sup>。しかしながら、被害が発生するリスクを軽減するためには、温湿度環境の把握だけでなく、書庫内での浮遊菌量や付着菌などの調査も必要である。

1990年代に保存科学室が設けられたフランス国立図書館では、ルクレールらが、温湿度環境のコントロールを行うとともに、空中浮遊菌量を測定している<sup>4,5)</sup>。17世紀以降、増改築を繰り返していた同国立図書館の建築は、今日は建築自体が文化財として指定・登録されているため、大規模な改修を行って室内の温湿度を完全にコントロールすることは困難である。このような環境で広範な書庫の保存環境を管理するために、数ヶ月に一回の頻度でカビの発生しやすい書庫を中心に浮遊菌の測定を行っている<sup>6)</sup>。国内の図書館施設において空中浮遊菌測定を行った事例としては、東京文化財研究所が三康図書館の依頼を受け、資料に発生したカビ被害の原因究明と対策の検討に活用したことが記憶に新しい<sup>7)</sup>。さらに、大学に附設する図書館施設の事例としては、予防的保存の観点から書庫内の空気清浄度を把握するために、一橋大学社会科学古典資料センターで測定を行った結果、調査期間中の書庫内では、一般的な室内環境と比較して浮遊菌量が低い値を示し、清浄度が高かったことが確認された<sup>8)</sup>。だが、室内の衛生環境を把握するための手段である浮遊菌の測定を図書館等の保存環境調査に応用した継続的な研究事例は未だ少なく、書庫内の清浄度を含めた保管環境に関する具体的な規格は設けられていない。

このため、本研究では書庫内の清浄度の計測と評価を行うための指針を明らかにすることを目的に、今回、東京大学経済学部資料室の協力を得て、書庫等で温度湿度測定、空中浮遊菌等の各種調査を行った。

\*一橋大学大学院言語社会研究科博士後期課程、\*\*東京大学大学院経済学研究科

## 2. 調査地について

### 2-1. 所蔵資料

東京大学経済学部図書館は、経済学の実証的研究に供する各種資料の収集および管理を目的に、主として一般書籍を収集する図書館部門、各種統計資料、白書、報告書および近現代の一次資料を収集する資料室、江戸期を中心とする近世の一次資料を収集する文書室があり、2006年現在で約72万点の図書および資料を所蔵している。

同資料室の所蔵資料は、政府や地方自治体の刊行物、民間団体刊行物、旧植民地資料等、多岐に渡る。いわゆる灰色文献や、国や企業、労働組合の意志決定に関わる一次資料も多く、現在では同資料室しか所蔵していない貴重なものもある。現在も、年間約4000冊余りの冊子体資料の他、マイクロフィルム、マイクロフィッシュ、CD-ROMなどの電子媒体資料を数多く受け入れており、これらの資料は経済学部図書館の書庫に収められている。

### 2-2. 書庫建築と被害状況

経済学部図書館および資料室は、1965年に建造された赤門総合研究棟に設置されている。2001年(平成13年)から2003年(平成15年)にかけて耐震補強工事を含めた大改修が行われた(以下、平成の大改修と記す)。この建物は地上7階、地下1階建てであり、東側約1/3の5階までの部分に、図1のような地上7層、地下1層の書庫が入り込んだ構造になっている。現在は、後述のように地階部分の約1/2をも書庫として地層と繋げ、両者を併せて地下書庫として運用している。ただし地下部分の周囲は、ドライエリアで囲まれているため外壁面には直接日光や風雨があたり、外気の影響を受ける状態であることを付記する。この地下書庫部分は、当時の改修によって大きく環境が変化し、地上の1層から7層では発生したことの無い、カビ被害が繰り返し発生するようになったため、本調査では地下書庫を中心に各種の測定などを行った。

改修工事以前は、既存書庫スペースの狭隘化に対処すべく、地階の教室数カ所も書庫として改造し利用してきていた。ただ、これらの改造書庫は空調設備の無い教室に書架を設置しただけのものであり、書庫内環境はなんら考慮されていなかった。また、これらの書庫は本来の書庫スペースから離れた場所に点在しており、セキュリティや利用の面からも問題の多いものであった。そこで、平成の大改修に際しては、これらの分散した書庫を集中させ、本来の地層書庫と直接繋ぐことを目的とした。これによりセキュリティレベルを上げ、さらには利用者の便宜を計れることとなった。当時、図書館側からは保存環境を良好に保つため除湿機や断熱壁、窓の撤去などを要望した記録が残っている。しかし、諸般の事情から、これらの案は最終的に見送られてしまった。書庫内には空調、換気扇などが設置されたが、書庫としての環境を考慮したものではなかった。空調は、湿度調整のできない一般的なオフィスタイプのものが取り付けられたため、湿気を含んだ外気をそのまま取り込んでいた。また、地下書庫は旧教室間の間仕切り壁はほぼそのまま生かし、A, B, C, D, E, Fという区画分けされたスペースに書庫が配置されている(図2)。既存壁は、RC壁で覆い塗装してある。この閉じられた空間に図書の収容能力のみを考慮して集密書架が隙間無く並べられ、書庫内の空気の対流は大きく阻害された。このように平成の大改修によって書庫の利便性は高まったが、書庫内環境という点では予算等の制約を受け、十分な対処がなされたとは言いがたい。その結果、改修後1年を経過した時点でカビの大量発生が確認された。そして、酸化エチレン・臭化メチルによる混合製剤燻蒸を行い、追加の改修工事を行う必要性が生じた。

追加の改修工事は2005年(平成17年)3月に行われ、窓ガラスをアルミパネルに変更し内側

	7階
	6階
書庫7層	5階
書庫6層	
書庫5層	
閲覧室	4階
書庫3層	3階
書庫2層	2階
書庫1層	1階
書庫地層	
	地階

図1 書庫の構造

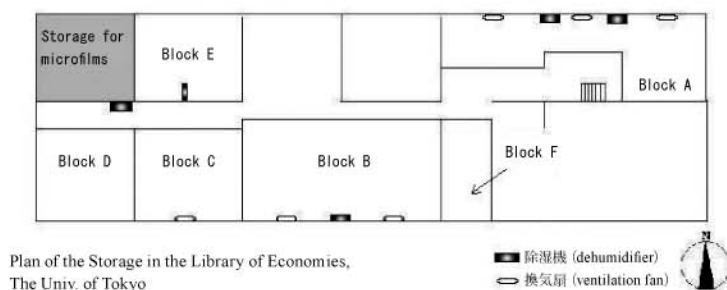


図2 東京大学経済学部図書館地下書庫の平面図

はパーテーションで塞いだ。これらの窓は、南壁面に計34枚、北壁面Aブロックに18枚、北壁面Eブロックに12枚設置されている。そして、換気扇を増設することで書庫内における空気の流動性を高めるように配慮し、各ブロックに新たに除湿機を設置した。マイクロ資料庫には中低温エアコンディショニングを設置し、低温・低湿の環境温度に整えるため温度15℃、相対湿度30%に設定した<sup>9)</sup>。

しかし、このような対処を施したにも関わらず、地下書庫ではB・C・Eブロックにおいてカビの被害が発生し続けていた(写真1)。このため、東京大学経済学部図書館は、東京文化財研究所に協力を依頼し、燻蒸、改修といった対処療法のみならず、長期的な視点から資料保存のための環境を考える予防的保存対策を行うように方針を変更した。

### 2-3. 資料に発生した真菌の塗抹検査

#### 2-3-1. 調査目的と方法

2006年3月17日、地下書庫のBブロック、Dブロック、Eブロックから、菌糸の発達が顕著だった図書資料を1点ずつ選び、滅菌綿棒で発生部分から胞子を採取して、直径9cmの真菌用培地に塗抹し培養した。この検査は、サンプラーを用いた浮遊菌の定量的測定を行う前に、まず発生した真菌の活性から今後被害が拡大する可能性があるのかを確認したのち、菌種を同定することで菌相から、おおよその原因となる環境を予想することを目的にしている。なお、検査対

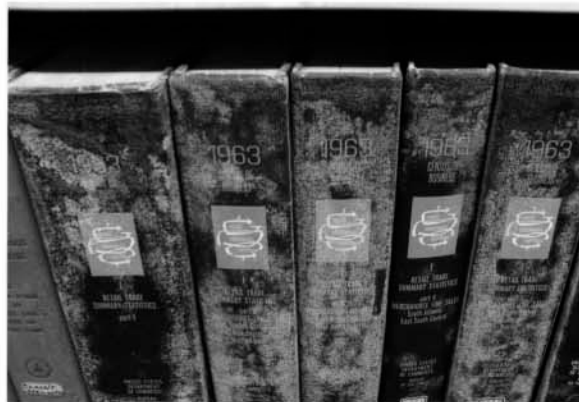


写真1 表紙にカビが発生した様子

表 1 塗抹検査結果

請求番号	部所	採取日	培地			
			PDA	DG18	MY40	
試料 1	B81/653	黒擬革布表紙	2006/3/17	—	—	<i>Aspergillus</i> sp.
試料 2	B81/653	天小口	2006/3/17	—	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp.	—
試料 3	D81/3626	青クロス表紙 上部	2006/3/17	—	—	—
試料 4	D81/3626	青クロス表紙 下部	2006/3/17	—	—	—
試料 5	E Us/Ag. 2 yea/912	天小口	2006/3/17	<i>Alternaria</i> sp. Unidentified	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp.	—
試料 6	E Us/Ag. 2 yea/1911	天小口	2006/7/7	—	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Eurotium</i> sp.

象は、配架されていた場所を把握し、被害の履歴を記録するのに役立つように、図書資料の請求番号で呼ぶ(表 1)。培地には、一般真菌用のクロラムフェニコールを添加したポテト・デキストロース寒天培地(PDA, 日水製薬(株)製)を用いるほか、紙や図書資料に発生する真菌には乾性菌のものが多くみられると一般的に認識されているため、好乾性真菌の培養に適しているジクロラン・グリセリン18培地(生培地DG18, アテクト社製)、麦芽エキス・ショ糖40寒天培地(生培地MY40, 日水製薬(株)製)を用いることにした。

また、同年7月上旬にEブロックの同じ書架でカビの再発生が報告されたため、同様の検査を行った結果についても報告する。なお、この書架はEブロックの中でマイクロ資料庫側の壁に面しており、被害が繰り返し発生する場所だった。

### 2-3-2. 調査結果と考察

B81/653の表紙(試料 1)からは、*Aspergillus*属が、天小口(試料 2)からは*Aspergillus*属、*Cladosporium*属が検出された。D81/3626(試料 3・4)からは、コロニーが検出されず、培地との適性が合わなかった可能性、あるいは表面に見られた菌体が、すでに胞子を生成していなかった可能性がある。EUs/Ag2. yea/912(試料 5)からは、*Penicillium*属、*Aspergillus*属、*Cladosporium*属などが検出された。EUs/Ag. 2 yea/1911(試料 6)は、EUs/Ag2 yea/912と同じ書架に配架されていたが、7月に菌糸の発達が確認されたため、検査したところ*Penicillium*属、*Aspergillus*属、*Eurotium*属が検出された(表 1)。

*Cladosporium*属は、空中に最も多い菌であると考えられ、乾燥や高温に弱いものの、結露壁面に発生しやすく、室内環境汚染の原因となるカビの代表であることが指摘され<sup>10)</sup>、文化財や資料に黒い汚損を生じる可能性がある。*Aspergillus*属は、中温性・高温性で、耐乾性・好乾性の性質を持ち<sup>11)</sup>、*Cladosporium*属と同様に真菌アレルゲンのひとつである<sup>12)</sup>。

今回の検査で検出された真菌類は、いずれも環境微生物としては一般的に見られる部類に入るが、ここでは特に書籍文化財に被害を及ぼした事例を以下に引用する。*Aspergillus*属は、紙質文化財に被害を与える真菌のひとつとして知られている<sup>13)</sup>。また、紙だけでなく出土羊皮紙の変色部位から微生物の分離を行ったときに、*Penicillium*属と*Aspergillus*属が検出された事例も報告されている<sup>14)</sup>。*Eurotium*属は、中温性かつ好乾性の性質を持ち乾燥下で長期間にわたり生残することで知られるほか<sup>10)</sup>、羊皮紙や皮革にも発生することが指摘されているため、洋書は被害にあいやすい<sup>15)</sup>。また、*Aspergillus*属と*Eurotium*属は、紙質文化財の褐色斑点(Foxing)から、分離同定された事例もある<sup>16)</sup>。

上記の出土羊皮紙やFoxing部位からの分離同定を行った実験では、試料片を培地上に置いた状態で分離培養をおこなっていた<sup>14)</sup>。しかし、本調査では現在活用されている知的情報媒体としての図書資料を保存することを方針としているため検査対象から試料片を切り取ることはせず、あくまで表面から付着菌を滅菌綿棒で分離することを試みた。ただし、今回この方法で、天小口から採取した場合は、2～5種の菌が含まれていた。この結果は、天小口にはホコリがたまりやすいため、その部位に発生した特定の菌糸の同定を試みても、ホコリに含まれる雑多な菌も同時に滅菌綿棒に付着してしまうので、結果的に特定の菌を採取するには適していないことを示している。しかしながら、この検査方法は、表紙やその他の部位といった、発生した菌を採取した場合は、培地上に発生した菌種が1種に限定されていたので、天小口以外の部位を対象に分離同定するには有効であると考えられる。

検査対象となった試料から、このように真菌が検出されている場合は、その部位が微生物によって劣化しているという可能性が高いことが指摘できる。上記の結果から、対策を講じるために温湿度環境調査および空中浮遊菌調査を行った。

### 3. 地下書庫の環境調査

#### 3-1. 温湿度調査

##### 3-1-1. 調査目的と方法

調査地である地下書庫は、Aブロックのみが元々書庫として使用されていたのだが、Bブロック、Cブロック、Dブロック、Eブロックは教室として建設された部分を書庫に転用している区画である。先述の通り、カビ被害が発生しやすい区画は、Bブロック、Cブロック、Dブロック、Eブロックであり、一方でAブロックに関しては被害が報告されていない。温湿度環境はカビの生育を決定付ける非常に重要な要素のひとつであることを鑑みても、この違いは建築的な差異から生じる温湿度環境の違いである可能性が高い。

書庫内環境の現状を把握するために、2006年8月15日から温湿度データロガー HOB0 H8Pro (オンセット社製：1時間毎測定)を用いて、地層書庫のブロックごとに地層書庫内の温湿度を測定した。データロガーは、各ブロックの中央部に1箇所ずつ設置したほか、とりわけ被害の甚大だったEブロックでは10箇所を設置したが、本稿では、各区画の特徴を捉えることを目的とするため、区画の中央部で測定した結果を取り上げる(図3)。なお、同調査地では、後述する停電時を除いて2006年5月17日から10月31日の期間中、空調が稼動していた。

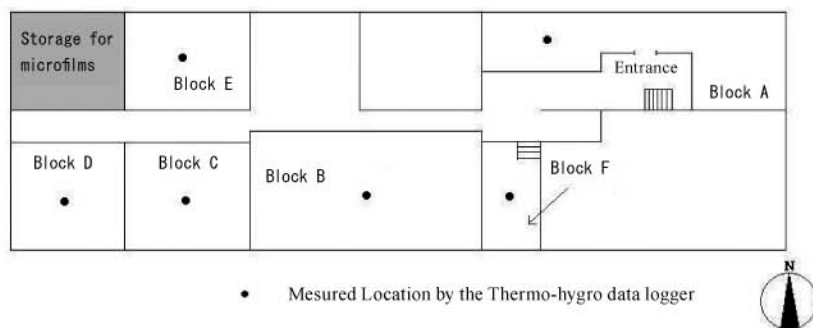


図3 書庫内の温湿度測定点

## 3-1-2. 調査結果と考察

2006年8月15日から11月1日までの各測定地点における温湿度変動をみたところ、Aブロックの方が他のブロックより、変動が穏やかで安定性が高かったことが確認された(図4)。書庫の改修歴について先述したように、Aブロックは、図1の地層部分に該当し、改修前から書庫として使用されていた唯一の区画である。この測定地点においては、書架と書架との間隔が他のブロックよりも広く、現在にいたるまでカビが発生した報告はない。Fブロックは、他区画よりも約1m低い場所に位置しているため、他のブロックよりも天井が高い。また、Fブロッ

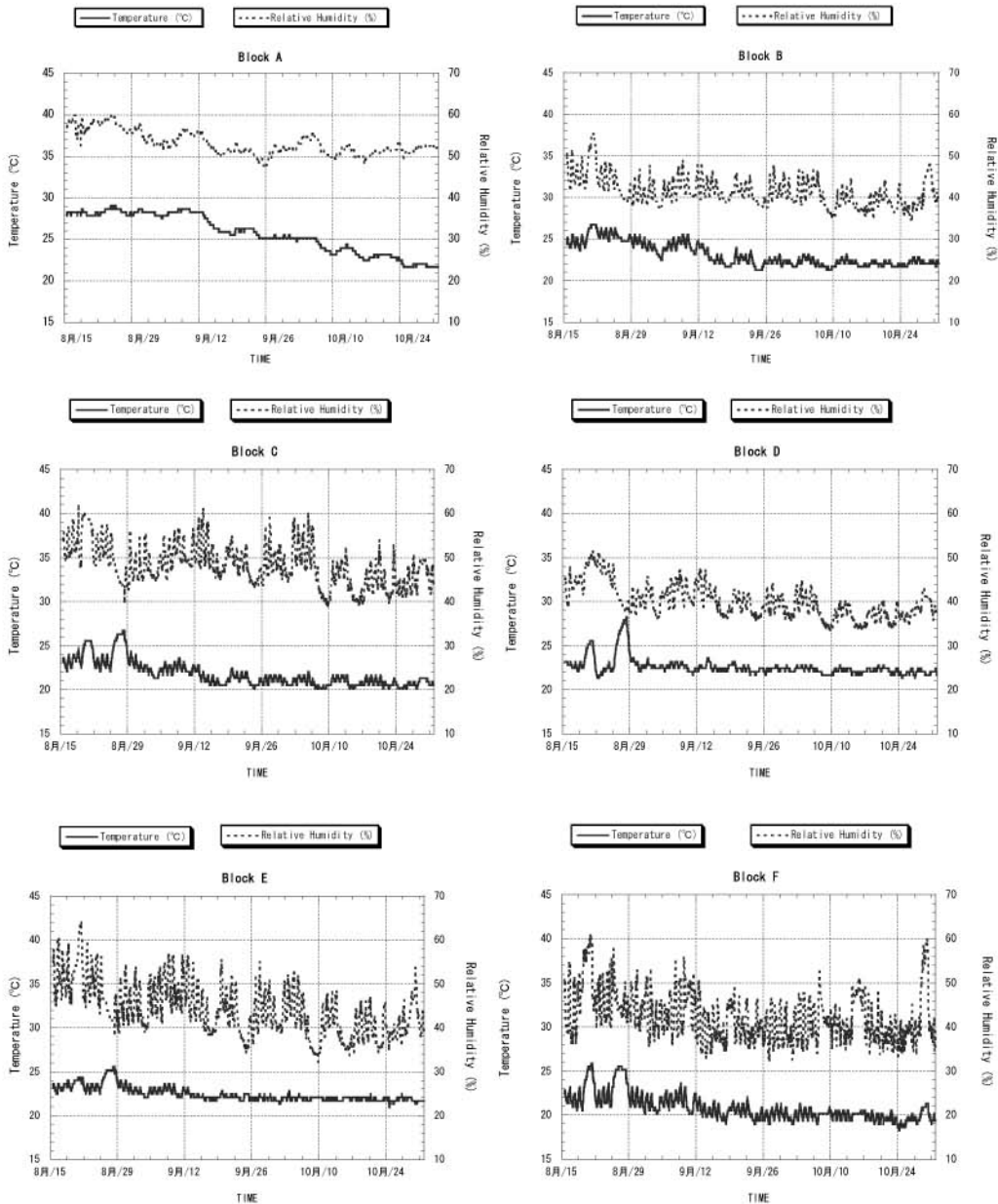


図4 各ブロックの温湿度変動

クには、現在のところ配架されている図書資料がほとんどなく、書籍自体の調湿効果が得られないため、湿度の変動幅が大きいが、カビの発生は報告されていない。

また、特筆すべき点として、測定期間中の2006年8月19日と同年10月29日に起きた停電の影響は、Eブロックで最も顕著であったことを述べたい。Eブロックでは、8月18日18時から8月19日8時まで湿度が38% RH前後であったのに対し、8月20日8時には59.2% RHを記録し、24時間で約20% RH上昇したのち、8月20日15時には60% RHに達しているのが確認できる。このことは、Eブロック付近に設置された2台の除湿機の停止によるものだと考えられる。この影響は、同様にCブロック・Bブロックへ波及している。10月29日の停電に関しては、Fブロックでも湿度の上昇が著しかった。

CブロックやFブロック等でも、Eブロックと類似した温湿度の変動傾向がみられるにも関わらず、Eブロックでカビ被害がとりわけ顕著である原因のひとつとして、Eブロックに隣接するマイクロ資料庫が地層書庫における他の区画とは大きく異なる温湿度制御条件を設定されていることが挙げられる。室内環境が15℃という低温に設定されているマイクロ庫に隣接しているため、恒常的にEブロックのマイクロ庫側の壁面は低温に冷やされている状態である。夏季のEブロックでは、温度が27℃前後から30℃近くにまで上昇していた(図4)。温度30℃・相対湿度40%の空気の露点は15℃である。したがって、27℃の空気は相対湿度40%であったとしても、20℃に冷やされた場合は、相対湿度が60%に上昇し、15℃に冷やされた場合は、相対湿度は約80%にまで上昇する。このような高湿度環境は、カビが生育できる条件を十分満たしているといえる。実際に、本稿の第3項で述べたとおり、2006年3月と7月に塗抹検査で真菌が検出されたのもEブロックのマイクロ書庫側壁面に面した場所に配架された図書資料だった。

全体的にみると、一般的にカビの生育に適しているといわれる相対湿度65%を上回っている期間は比較的少ないことが指摘できる。しかし、上記のようなマイクロ資料庫とEブロックの間の温度差から生じる結露の可能性を含め、今後、壁面温度に関しても調査を行う必要がある。

### 3-1-3. 対策

書庫内の温湿度を管理する上で、外気の影響をなるべく和らげ、湿度を低減させ結露を防ぐことは非常に重要な課題である。以前窓だった部位(以下、窓部位と略記する)は、2005年にアルミパネルに変更して内側はパーテーションで塞いでいた。調査期間中に、より一層の温湿度安定化をはかるため、9月初旬から末日にかけて、B・C・D・Eの下段の窓部に緩衝材としてエアパッキンを貼るという処置を施し、その効果を確認するためBブロックの窓部位と緩衝材

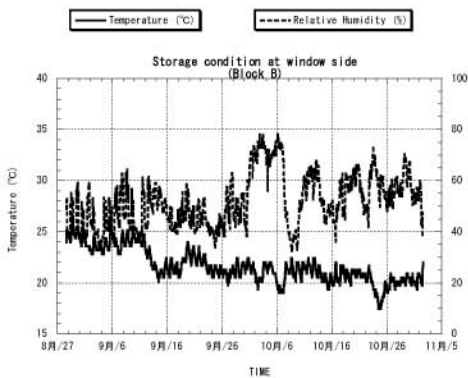


図5 緩衝材と窓の間の温湿度変動

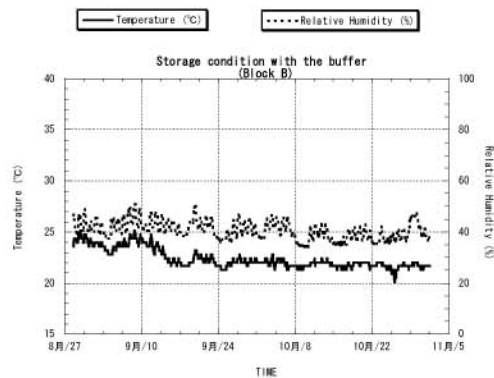


図6 緩衝材を設置したBブロックの温湿度変動

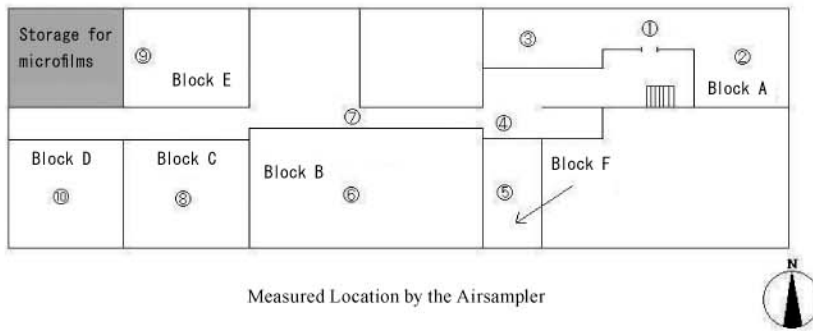


図7 書庫内の空中浮遊菌測定地点

の間に1箇所、そして緩衝材の貼ってある区画の書架で1箇所、データロガーを設置し温湿度を比較した。その結果、同書架における湿度の上昇がある程度抑えられ、比較的安定した状態となることが確認された(図5, 6)。今後、経済学部図書館で記録していた過去の温湿度記録と照らし合わせながら、緩衝材の効果について検討を続けたい。

### 3-2. 浮遊真菌測定調査

#### 3-2-1. 調査目的と方法

書庫内で発生しているカビ被害の原因を究明するため、2006年6月から、およそ月に1回の頻度で行い、測定器にはBIOSAMP MBS-1000 (Biotesto社製) を使用した。測定原理は、多孔板を通して寒天平板培地に定量のサンプリング空気を吹きつけ菌を捕集する衝突法である。本調査では測定にあたって、床上120cmの高さで100ℓの空気を吸引した。測定地点は、地下書庫内で10ヵ所(図7)、そして館内環境と館外環境の比較をするために屋外で1ヵ所とした。なお、測定調査は図書館の開館前には、館員の出入りが制限された状態で行い、9月以降にAブ

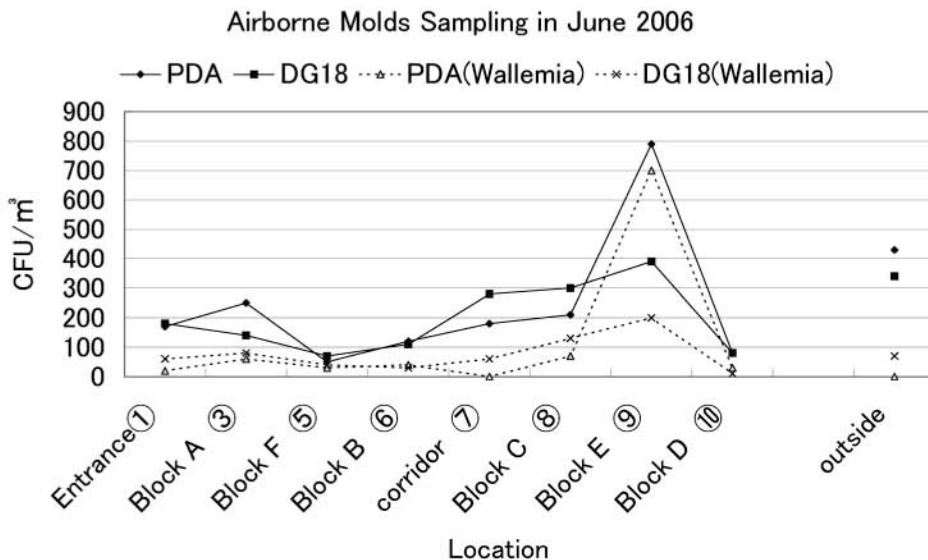


図8 2006年6月 空中浮遊菌測定結果



ロックの除湿機が故障していたことを除いて、空調が稼動している状態だった。初回は、各地点につき、PDA培地、DG18培地を使用することにした。その結果から、PDA培地とDG18培地の両培地ともCFU値は同様の傾向を示していることが確認され（図8）、同定された主要菌種には *Wallemia* 属をはじめ、好乾性真菌が多かったため、2回目以降、測定を継続するにあたってはDG18培地を用いることにした。

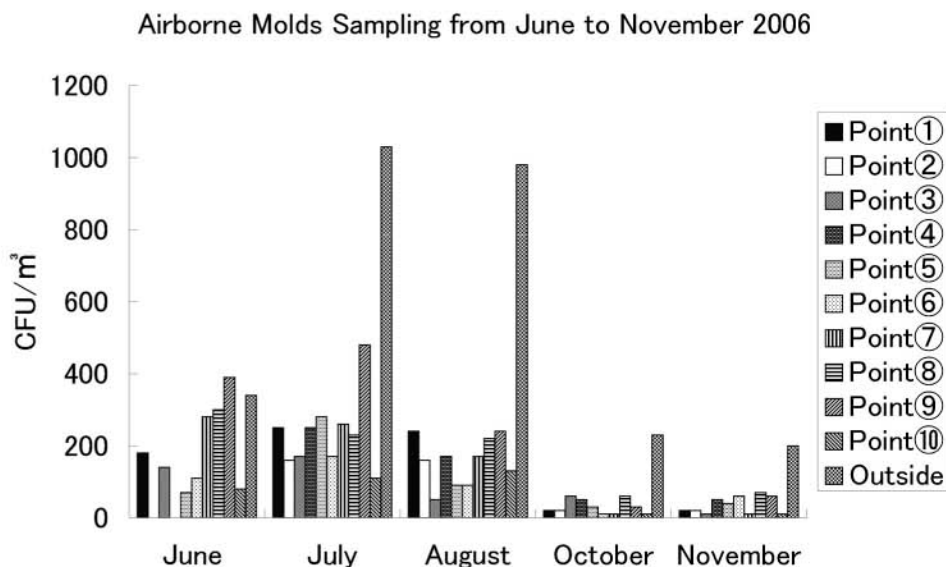


図9 2006年6月-11月 空中浮遊菌測定結果

表2 主要浮遊菌同定結果

	①	②	③	④	⑤	⑥
June	<i>Wallemia</i>	—	<i>Wallemia</i>	—	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i> <i>Cladosporium</i>
July	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>
August	<i>Cladosporium</i> <i>Rhizopus</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Paecilomyces</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i> <i>Eurotium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Penicillium</i>
October	<i>Wallemia</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Aspergillus</i>	Unidentified	Unidentified
November	<i>Aspergillus</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Aspergillus</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Aspergillus</i>	<i>Cladosporium</i>	—
	⑦	⑧	⑨	⑩	outside	
June	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i>	
July	<i>Wallemia</i> <i>Penicillium</i>	<i>Wallemia</i> <i>Penicillium</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i>	
August	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Trichoderma</i> <i>Eurotium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i> <i>Trichoderma</i>	
October	<i>Penicillium</i>	<i>Wallemia</i>	<i>Wallemia</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>	
November	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	

採取後は、25°Cで7日間培養して成長したのちコロニー数を計数し、各地点におけるCFU/m<sup>3</sup> (colony-forming unite/m<sup>3</sup>) を算出するにあたっては測定器BIOSAMPの換算表をもとに培養後の重なり誤差を補正した。

### 3-2-2. 調査結果と考察

外気が流入してくる階段とつながっているAブロックの入り口付近から、空気の流れは廊下に沿ってBブロックの方向に進み、廊下の突き当り付近に位置するEブロックのあたりへとたどり着く。そして、2006年6月から11月の測定結果から、この外気の流入に対応するように、CFU値はAブロックの入り口付近(測定地点①)でやや高めで、その後、Bブロックに面する廊下(測定地点⑦)ではやや低い値を示しながら、Eブロック(測定地点⑨)で最も高い値を示す傾向があることが確認された(図9)。EブロックにおけるCFU値が高く、特にマイクロ資料庫と隣接する壁面に近い書架で被害が頻発していたことに関しては、温湿度環境の項で述べたように、マイクロ資料庫内との温度差が原因である可能性が指摘できる。

書庫内の主要菌種をみると(表2)、6月から7月にかけて、*Wallemia*属が書庫内の主要菌種であった。現在、調査中である幾つかの図書館書庫で検出された主要菌種は、*Cladosporium*属、*Penicillium*属、*Aspergillus*属といった一般的住環境でよくみられる真菌であるのに対し、図書館書庫内における浮遊菌の主要菌種に*Wallemia*属が検出された例は、国内では殆ど報告されていない。ただし、フランス国立図書館分館であり主に洋古書を所蔵するアルスナル図書館で2003年12月16日に行われた空中浮遊菌調査では、主要菌種のひとつとして*Wallemia*属が挙げられたほか、同時に行った図書資料上の付着菌においても*Wallemia*属が検出されていることを付記する<sup>17)</sup>。

経済学部図書館で、8月には*Wallemia*属の検出が減少する傾向がみられたのは、高湿性真菌が95% RH以上、そして耐乾性真菌が85~95% RHで生育するのに対して、*Wallemia*属は、65~90%で生育する好乾性真菌であるため、他の好湿性あるいは耐乾性真菌が検出される環境ではあまり発生しないという性質によるものであると考えられる。

CブロックはEブロックと菌相が類似し浮遊菌量が比較的多く、Eブロックの影響を受けている傾向がみられる。しかしながら、同様にEブロックから近いDブロックでは、CFU値が低い値を示し、菌相も異なり、*Wallemia*属も検出されてはいない。その理由としては、Dブロックがマイクロ資料庫と同様に個別の部屋として独立しているため、外気の流入は扉を開閉した際などに限られているため、他のブロックで発生した胞子の侵入を防いでいる可能性が指摘できる。このため、被害の拡大を防ぐには、書庫の設計段階で区画ごとに部屋を仕切ることが有効であるといえる。

また、10月以降に浮遊菌量が著しく低下したのが、季節的に外気の浮遊菌量が減少した影響であるのか、9月に温湿度の安定化を図るため窓部位に緩衝材を貼った効果によるものなのかは、現段階では判断することができないため、今後も調査を続行する必要がある。

## 3-3. 書庫内の化学物質に関する調査

### 3-3-1. 調査目的と方法

空気中の化学物質が図書資料を劣化させる要因のひとつであり、劣化したマイクロ資料から生じるガスなどが保存環境に悪影響を及ぼすことは、現在広く知られている<sup>18)</sup>。また、塵やホコリのような粒子状の汚染物質は、空気中のガス状汚染物質を吸収し、塩類による腐食、加水分解、酸の放出とともにカビの成長を促すとされているため<sup>18)</sup>、本調査の目的である空気の清

浄度の評価を行うにあたって、空気中の化学物質に関する調査も行った。地下書庫(Eブロック)・マイクロ資料庫で、有機酸用・アンモニア用のパッシブインジケーター<sup>19)</sup>(太平洋マテリアル社製)を用いて、測定対象ガスの有無を判定することを試みた。有機酸用は7日間、アンモニア用は4日間、曝露した後に回収した。

### 3-3-2. 調査結果

地下書庫に設置されたアンモニア用インジケーターはほとんど変色しなかったが、有機酸用インジケーターは7日間でやや緑色に変色した。また、マイクロ資料庫に設置されたアンモニア用インジケーターは変色しなかったが、有機酸用インジケーターは4日間で完全に変色した。マイクロ資料庫で検出された有機酸量は極めて多かったことが言えるため、劣化したマイクロフィルム・マイクロフィッシュから発する酢酸等の影響が懸念される。地下書庫からも、微量ながら有機酸が検出されており、その発生源についても、追跡調査が必要な状況である。

### 3-4. 考察

上記の結果から、一般書庫と温度制御が著しく異なるマイクロ庫との間で生じる温度差や、停電による空調停止の影響などが、地層書庫のEブロックでカビの被害が発生しやすい環境を形成している可能性があることが明らかになった。さらに、本稿では詳しく触れることができなかったが、経済学部図書館の地下書庫のマイクロ資料庫とDブロックに接する壁には扉があり、この扉を隔てた西側には、演習室・機械室等が設置されている。2006年8月、マイクロ資料の西側に接する演習室の壁面下部全体にカビが発生したという報告を受けて、塗抹検査を行ったところ、*Penicillium*属、*Cladosporium*属が検出され、この件に関してもマイクロ資料庫と演習室の室内温度差によって生じる結露が原因であると推測される。

現段階では、対策としてマイクロ資料庫と他の諸室間との壁の断熱性能を上げる工事が有効であると推定されるが、今後さらに被害の発生源を究明し、詳細な対策を提言するにあたっては、問題となっている壁面の表面温度の測定や、マイクロ書庫内のデータロガーの設置が必要であり、隣接する教室などの室内における温湿度環境および微生物発生状況を的確に把握することも重要であるため、今後の調査で明らかにしていきたい。

## 4. まとめ

保管環境の改善を視野に入れて書庫内の温湿度と空中浮遊菌量を測定した今回の調査結果から以下の点が明らかになった。まず建築的な観点から、カビ被害の拡大を防ぐためには、書庫を区画ごと空間的に仕切ることで、特定の区画で孢子が大量発生した場合に他の書庫への飛散を防止することが有効である可能性を指摘できる。また、セルロースアセテートなど、化学的に不安定で劣化しやすい材質で構成されるマイクロ資料は、低温環境で保管することが推奨されているが<sup>20)</sup>、周囲に隣接する書庫があり、両者間で著しい温度差があるにもかかわらず、壁材の断熱が不十分であった場合には、壁面に結露を生じる可能性があり、カビの発生の一因となりうると思われる。

現段階では対象となった地下書庫における温湿度や浮遊菌量を大まかに捉えることを試みた。書庫内の空気の流動や、各区画(ブロック)における書架の集密度について詳しく触れることができなかった。今後は、それらを踏まえた上で被害が発生した区画を中心に測定地点を増やして、検出される付着菌との相関関係も視野に入れつつ継続的データを蓄積する必要がある。

また、被害が発生するリスクは、温湿度条件だけではなく、図書資料を形成する基質の違いによっても左右されるため、今後はその点についても考察を深めたい。

大学図書館全般でみられる傾向ではあるものの、所蔵資料を高湿度あるいは温湿度の変動が激しい室内に収蔵した場合や、結露が発生しやすい場所に放置した場合、こういった被害は発生しやすい。しかしながら、そこにしか現存していないような一次資料を含めた貴重な学術資料を保管しているからこそ、大学に附設する図書館は一般図書館以上に、被害を防ぐための書庫環境に配慮するべきである。今後も、学術資料を保管する環境における清浄度の計測と評価を行うための指針を明確化することを目的に、研究を継続する所存である。

#### 謝辞

本報告をまとめるにあたり、ご協力をいただいた東京大学経済学部図書館および資料室の関係者各位に厚く御礼申し上げます。また、今回、微生物の分離同定等に有益なご助言をいただいた東京文化財研究所保存科学部木川りか氏に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 木川りか, 間瀬創, 佐野千絵: 文化財展示収蔵施設におけるカビのコントロールについて, 文化財保存修復学会誌, 48, 98-113 (2004)
- 2) Richard de Bury "The love of books : The Philobiblon of Richard de Bury : newly translated into English by E.C.Thomas", London, Alexander Morning (1901)  
原著は、14世紀にリチャード・ド・ベリーによって、ダラムで書かれたラテン語写本であるため、英訳本を典拠とする。
- 3) ISO : ISO11799 Document storage requirements for archive and library materials (2003)
- 4) Pingaud, N., Leclerc, B., Brandt A. : Suivi de la Biocontamination de l'air dans les magasins de la Bibliothèque Nationale ; Environnement et Conservation de l'écrit, de l'image et du son, *Actes des Journées internationales d'études de d'ARSAG*, Paris, 72-78 (1994)
- 5) Leclerc, B., Kikkawa, Y. : Analyse de la qualité microbiologique de l'air des magasins et de la salle de lecture du département des ESTAMPES, Campagne du 20 février 2002 effectuée par Brigitte Leclerc et Yashiho Kikkawa, Département de la conservation, Bibliothèque nationale de France, Paris (2004)
- 6) 吉川也志保: フランス国立図書館における予防的資料保存の実践, 日仏図書館情報研究, 31号 (2005)
- 7) 佐野千絵, 志多伯峰子, 佐藤一博, 浅井真帆, 早川仁英, 能見勝利, 木川りか, 三浦定俊: 図書資料のカビ対策: 三康図書館の事例, 保存科学, 42, 87-100 (2003)
- 8) 吉川也志保, 佐野千絵: 古典資料保管施設のための微生物環境調査への取り組み, 文化財保存修復学会第28回大会発表要旨集, 文化財保存修復学会, 150-151 (2006)
- 9) マイクロ資料についてはマイクロ資料庫の環境を整えた後, 詳細な劣化状況調査を行った。これについては, 小島浩之: 東京大学経済学部における資料保存対策事業とその意義, 『月刊IM 2006年6月号』日本画像情報マネジメント協会 (2006) を参照のこと。
- 10) 山崎省二『環境微生物』オーム社, p. 72, 78 (2002)
- 11) 同上 p. 56-65
- 12) 高島浩介監修『カビ検査マニュアル カラー図譜』テクノシステム, p. 62 (2002)
- 13) 新井英夫: 紙質文化財の保存に関する微生物学的研究 (第1報), 保存科学, 23, 33-39 (1984)
- 14) 木川りか, 新井英夫: 各種文化財等の糸状菌同定報告, 保存科学, 34, 8-12 (1995)

## Preservation of Academic Materials in a University — Case Study at the Library of Economics, The University of Tokyo —

Yashiho KIKKAWA<sup>\*</sup>, Hiroyuki KOJIMA<sup>\*\*</sup> and Chie SANO

The control of conditions for academic materials, which include books and documents, in libraries is important. Though the biodegradation of books and documents is a frequent problem in Japan, there is no standard to deal with the biological conditions of the book storage. We performed experiments in microbiological and hygrothermal measurements in The University of Tokyo in order to establish a standard for correct conditions in the storage.

The storage of this library is divided into several blocks, from Block A to Block F. Block E has the most serious problem with mold attack, particularly with the books on the shelf near the wall of the microfilm storage where a low temperature of 15°C is kept to protect the microfilms from chemical deterioration. This large difference of temperature between Block E and the microfilm storage can form condensation that promotes the germination of mold spores.

To test biological activity and to identify fungi which were found on the books in the storage room, we conducted a direct smear experiment by PDA (Potato Dextrose Agar) plates, DG18 (Dichlorane Glycerol Agar) plates and MY40 (Malt Yeast Extract 4% Sucrose) plates. By this experiment, we found adhesive fungi on the top edges of the books at Blocks B and E. From the sample in Block B, two genera of fungi, *Aspergillus* sp. and *Cladosporium* sp., were incubated on DG18. From the books in Block E, *Alternaria* sp. was detected on PDA, *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp. on DG18 and *Eurotium* sp. on MY40.

Airborne spore concentration was measured once a month, using an impactor sampler, Bio Sampler (Biotesto, Co. Ltd.) with PDA plates and DG18 plates, at ten points in the storage and one outside. Measurements were performed before opening of the library and the number of librarians entering the storage was limited. Samples were incubated at 25°C for 7 days and the number of C.F.U. (Colony Forming Unite) was recorded. As a result of airborne mold sampling in June 2006, it was found that the main fungus in this storage was *Wallemia* sp. (xerophilic fungi) on PDA and DG18. This fungus is not frequently found in Japanese libraries, but it was found in French libraries where relative humidity is low as in the Library of Economics in The University of Tokyo. To identify *Wallemia* sp. with PDA plates is hard, because its colonies are extremely tiny. In this case, we chose DG18, the plate for xerophilic fungi, to continue this experiment. As a result of the experiment, it was found that the C.F.U. of the storage decreased from October due to the change of the season but that the C.F.U. at Block E was always at the highest level in the storage. This means that airborne mold sampling could measure the actual deterioration that happened at these sampling spots in this case study.

This kind of biological experiments with an airborne sampler for the preservation of academic materials has not yet developed in Japan. However, it is important to preview the risk of biodeterioration in storage and to evaluate not only hygrothermal but also aerobiological conditions.

---

<sup>\*</sup>Hitotsubashi University, <sup>\*\*</sup>The University of Tokyo

- 15) FLIEDER, F., CAPDEROU, C. : “Sauvegarde des collections du patrimoine : La lutte contre les deteriorations biologiques” CNRS (1999)
- 16) 新井英夫, 根本ちひろ, 松井紀恵, 松村典孝, 村北宏之: 紙質文化財の保存に関する微生物学的研究 (第8報) —Foxing部位の構成成分について—, 保存科学, 28, 7-16 (1989)
- 17) LAFFONT, C. : Analyse de la qualité microbiologique de l’air des magasins climatisé de la Bibliothèque de l’Arsenale, Campagne du 16 décembre 2003, Département de la conservation, Bibliothèque nationale de France, Paris (2003)
- 18) エドワード・P. アドコック編『IFLA図書館資料の予防的資料保存対策の原則』日本図書館協会, 33-34 (2003)
- 19) 佐野千絵, 吉田直人, 石崎武志: 文化財公開施設の空気環境評価における変色試験紙法の再評価, 保存科学, 45, 215-226 (2005)
- 20) JIS Z6009-1994: 「銀-ゼラチンマイクロフィルムの処理および保存方式」(1994)

キーワード: カビ被害 (mold attack); 図書館 (library); 学術資料 (academic material); 浮遊菌測定 (bioaerosol measurement)