

文化財IPMによる 図書資料の保存

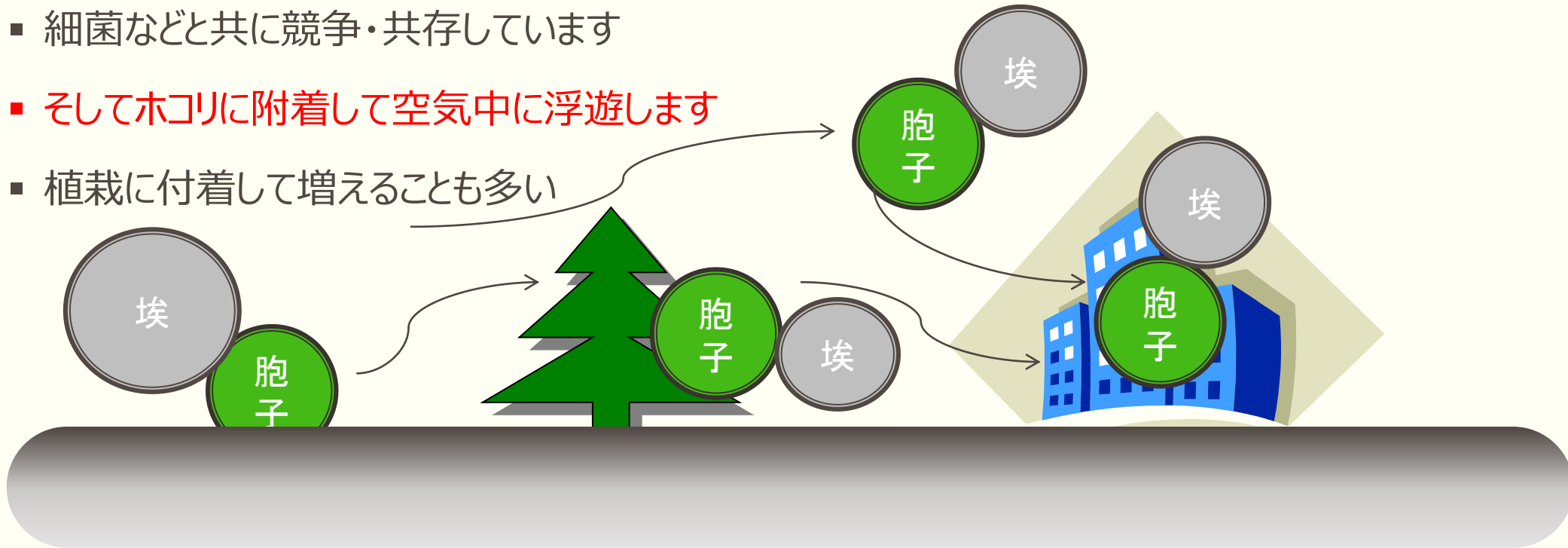
第42回西洋社会科学古典資料講習会
株式会社明治クリックス 大西夏生



1. カビそのものを知る – ①カビはどこからやって来る？

●カビはどこにいる？

- 土壌中に孢子や菌糸の状態で生きています
- 細菌などと共に競争・共存しています
- **そしてホコリに附着して空気中に浮遊します**
- 植栽に付着して増えることも多い



1. カビそのものを知る – ①カビはどこからやって来る？

●どうやって建物に入る？

- 空調機械や熱交換型換気扇等々のフィルターを経由して。
屋外から入る胞子をフィルターで全て防ぐことは難しい。
- 人の出入りで気流に乗って外気が入ります。人が靴裏や服にくっつけて持ち込みます。
- 窓を開放したら、開放中は外気が入ります。

1. かびそのものを知る – ②資料のかびの発生プロセス

では建物に入ったカビがどのようにして図書に付着し発生するのでしょうか？



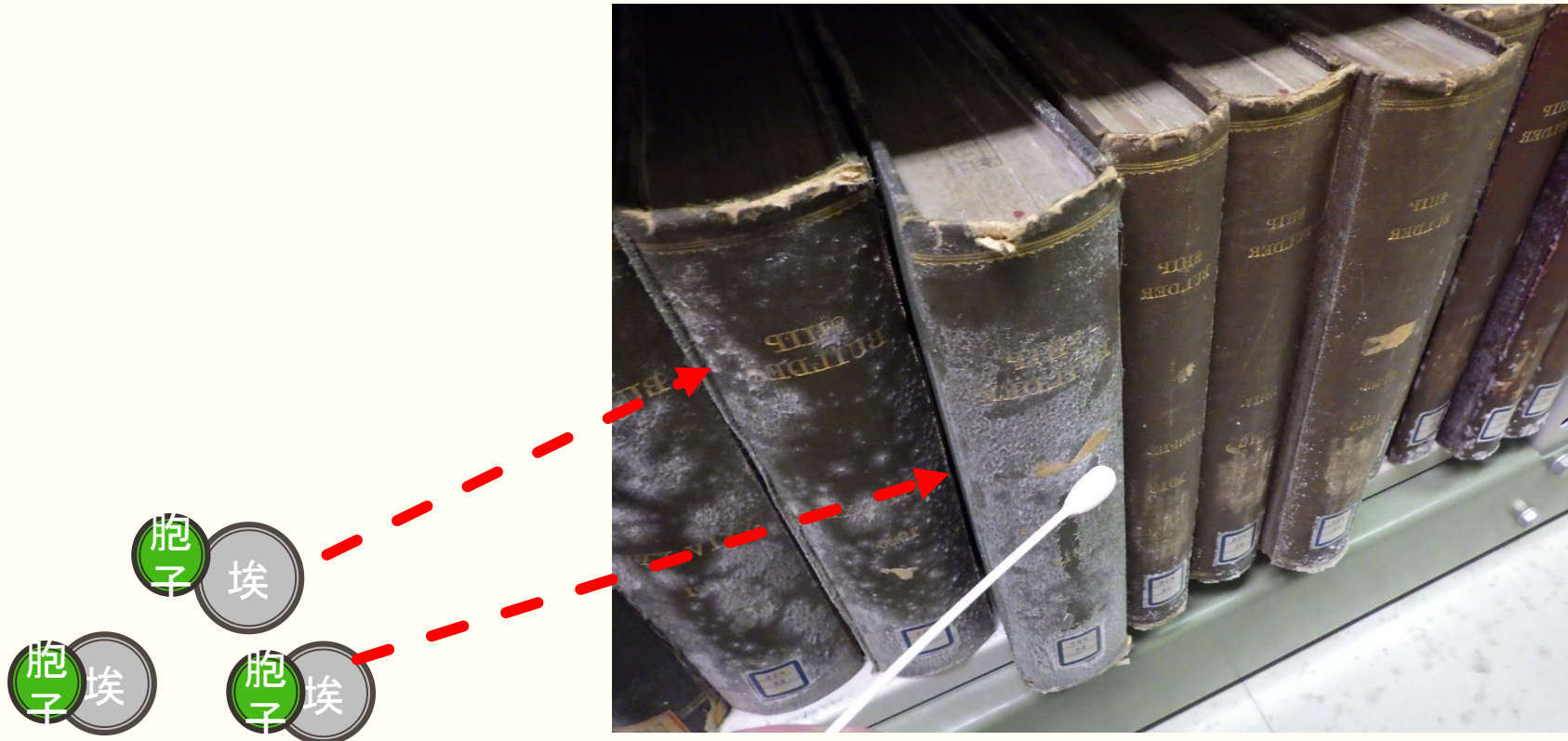
1. かびそのものを知る – ②資料のかびの発生プロセス

●カビはどのようにして付着するの？

カビはホコリに附着して浮遊しています。

⇒やがて室内の気流（人・空調）に乗って基質（図書）に孢子が付着します。

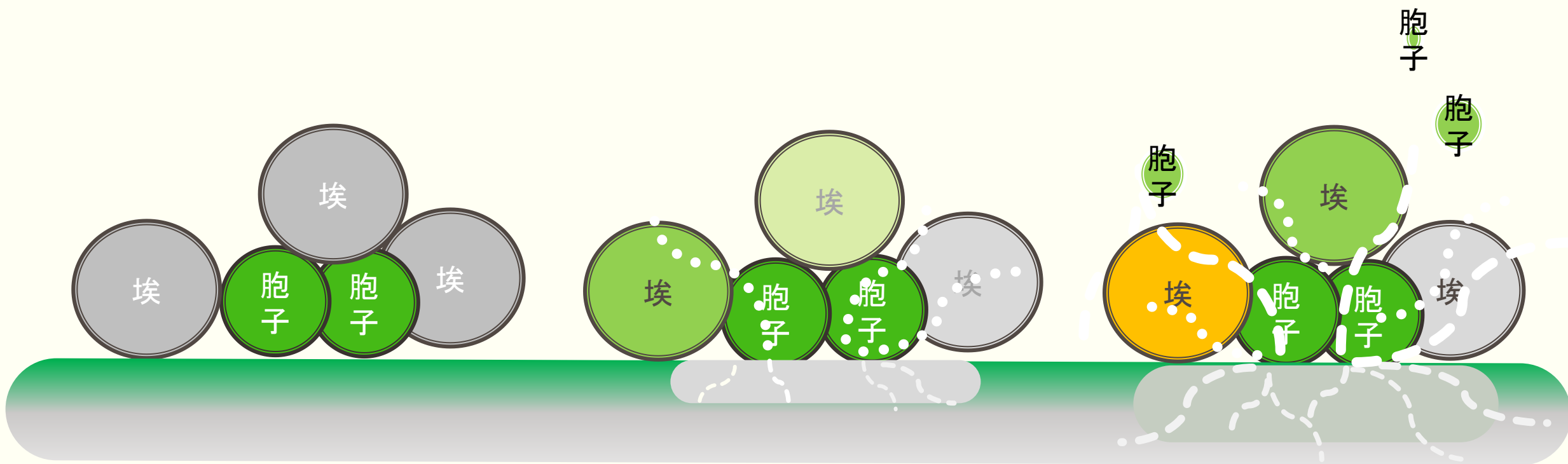
⇒特に空気の通る**図書の天、若しくは背に多く付着**します。



1. かびそのものを知る – ②資料のかびの発生プロセス

胞子が付着し、条件が整えば

発芽し、菌糸を伸ばします



資料に胞子が付着

カビ発生(軽微なレベル)

カビ発生(重度なレベル)

1. かびそのものを知る – ②資料のかびの発生プロセス

■ かびが発生する条件 大きく分けて3つ

湿度	65%から95%程度 「嫌気性のボツリヌス菌、メタン菌などは水中で増えるが かびは不可能」 (かび対策マニュアル 基礎編 文部科学省)
栄養	土壌、飼料、食品、紙、木材、繊維、皮革、植物、 ハウスダスト、乾草等
温度	25℃から30℃くらいが至適

1. かびそのものを知る – ②資料のかびの発生プロセス

- **湿度** ⇨種類によって活性化する条件が異なります。※湿度65%以上から活性化する種もあります！
- **栄養** ⇨少ない栄養で繁殖できます。ホコリ、紙、木等。※ホコリ除去・清掃が大切です！
- **温度** ⇨10℃以下の低温域でも35℃以上でも繁殖します。※実質温度でコントロールできません。
- **その他特徴**
 - **大きさ**⇨胞子は3μmと小さいです。※大量に産し、簡単に舞いあがり、浮遊し続け拡大します。
 - **被害** ⇨ 1.健康被害（アレル源です。長期間、あるいは大量に吸い込むとアスペルギルス症等の健康被害が出る可能性があります）
2.図書に一旦色を付ける、変色させると削り取るしかありません。星、ホクシング、シミ。
 - **寿命** ⇨好乾性のかび（胞子）は意外と長生きで乾燥した空間でも6～7年以上生きています。
※処理後も油断してはいけません。
 - **場所**⇨どこにでもいる種です。屋外から幾らでも入ります。 ※定期の清掃でホコリ除去が重要（有効）です。

1. かびそのものを知る – ③カビの種類

- 主に3つに分類されます。

①好湿性カビ→95%以上

②耐乾性カビ→85%以上

③好乾性カビ→65%以上

②耐乾性 : ●アスペルギルスバージカラー

●ペニシリウムオーランティオグリセウム／シトリナム

●エメリセラニドランス

③好乾性 : ●アスペルギルス属カビ

Aspergillus亜属Restricti節(アスペルギルスレストリクタス/ペニシリオイデス)

Aspergillus亜属Aspergillus節(ユーロチウム)

●ワレミアセビ

2. カビ対策 – ①文化財IPMを取り入れた資料保存を進めましょう

様々な手段を合理的に組み合わせ、資料の生物被害を未然に（最低限に）防ぎましょう



段階	手段の一例
回避 (Avoid)	環境の整備 温湿度管理 湿度60%以下の管理（好乾性のカビ予防） 粘着マットや玄関マットを配置する
遮断 (Block)	図書館の日常のメンテナンス 蔵書のホコリ除去 寄贈を含む受け入れ図書の点検やホコリ除去
監視 (Detect)	温湿度記録と分析 図書の点検 生物被害を確認したら記録・隔離する
対処 (Respond)	生物被害の処理対策（燻蒸）、クリーニング 空調運用の見直し、除湿機や送風機の導入を検討
復帰 (Recover)	利用の再開 継続的な図書の点検や設備確認、管理体制の見直し

的確な対処で
復帰
回避へ
つなげる

本題に入る前に

突然ですが

燻蒸処理を依頼されたことはありますか？

文化財虫菌害研究所の認定薬剤のうちのひとつ

「エキヒュームS」が2025年3月末で販売終了しました。

燻蒸薬剤の現在の状況

公益財団法人文化財虫菌害研究所の認定薬剤

商品名	目的	有効成分	製造・販売
エキヒュームS	殺菌・殺虫・殺卵	酸化エチレン	日本液炭(株)
アルプ	殺菌・殺虫・殺卵	酸化プロピレン	エア・ウォーター(株)
ヴァイケーン	殺虫・(殺卵)	フッ化スルフリル	(株)スミコエアー
えきたんくん	殺虫・殺卵	二酸化炭素	日本液炭(株)

よくあるご質問

Q. 代替え薬剤があるのでは？

エキヒュームS以外のガスがたくさん出回るのでは？

A. エキヒュームSの撤退をきっかけに今後は強い薬剤での燻蒸の継続は不透明

Q. 文化財虫菌害研究所や東文研、文化庁が何とかするのでは？

変わりの手段が出てくるでしょ？

A. 新たな強力な薬剤の開発も困難

⇒カビ・虫といった生物被害対策について改めて考える転換期

カビの予防対策がより重要になる

広く多くの人に、IPMの考え方を取り入れた資料保存を認知してもらう必要がある

2. カビ対策 -②回避・遮断・監視（日常管理）

- 温湿度の記録
- カビ（ホコリ）の持ち込みを減らす
- 点検と清掃（IPMメンテナンス）

2. カビ対策 -②回避・遮断・監視（日常管理）

● 温湿度の記録

湿度60%以下で管理 湿度50%～55%、上限60%

図書に被害を及ぼすカビは湿度65%以上で活性化するため

湿度65%以上で活性化する好乾性のカビは
アスペルギルス・レストリクタス、ユーロチウム属等

最近は耐乾性のカビ（湿度85%程度で活性化）のカビが図書に発生している現場も増えてきた…

温湿度の記録

- 現状を自分たちも把握しておくことが大切
⇒図書の近くで実際の温湿度を把握しておくことが重要。空調運用の兼ね合いで記録がある可能性もあるが、それだけでは×
- 夜間も含めて記録をとる
⇒夜間に湿度が上がることもある
- 外気、天候の影響を検証する
⇒気象庁のHPから、地域別過去のデータを検索することができる

おすすめのデータロガー

Wifiを介してデータを集積してくれる機種や、Bluetooth、USBでデータを引き出せる機種がある。



おんどとり 写真の機種はTR72A



HOBO 写真の機種はMX1011

参考事例紹介

夏季休暇明けにカビ被害を発見！

〈被害発生要因〉

- 空調が1～2週間停止
- 停電復旧に失敗し除湿機が止まったまま
- 換気給気口から緩やかに外気が流入し続けていた

だいたい元から少しカビがある。夏季休暇に一気に成長しよく見えるようになっただけ

2. カビ対策 -②回避・遮断・監視（日常管理）

●カビ（ホコリ）の持ち込みを減らす

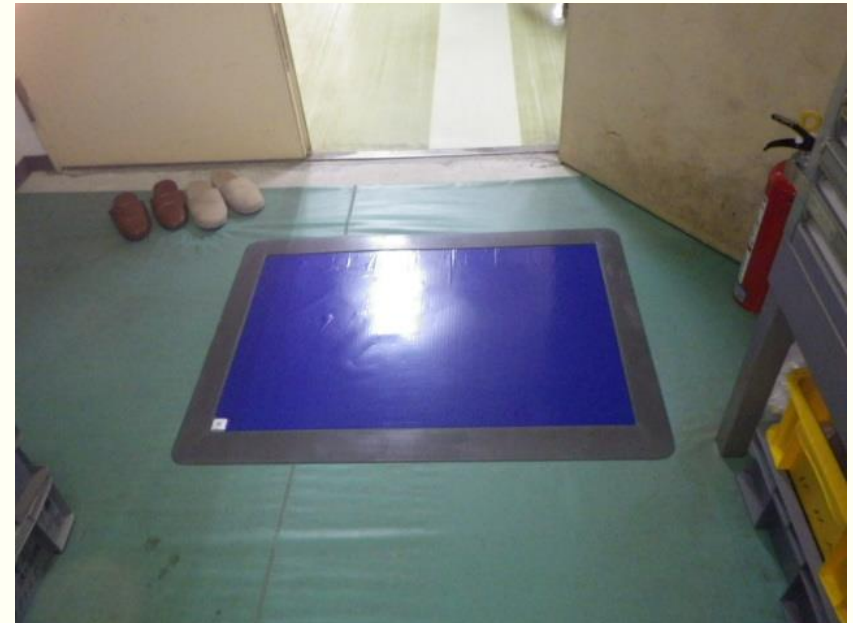
カビは土壌由来 靴の裏にはたくさんのカビがついている

ホコリには多量にカビの胞子が含まれている（ホコリ1gあたり1万～1千万のカビ）

カビはホコリを栄養にすることができる

- 貴重書庫→下足の履き替えや粘着マット
- 図書館出入口のマットも大事

お手入れはどうなっている？



2. カビ対策 -②回避・遮断・監視（日常管理）

●点検

LEDライトを使って点検する

見たい箇所に対して水平に光を当てる



点検のポイント

- カビは早期発見し素早く処理しましょう。LEDライトは必須です。
- 点検する箇所は

○天、背の順です。**天のホクシングを見流さない**ようにしましょう。

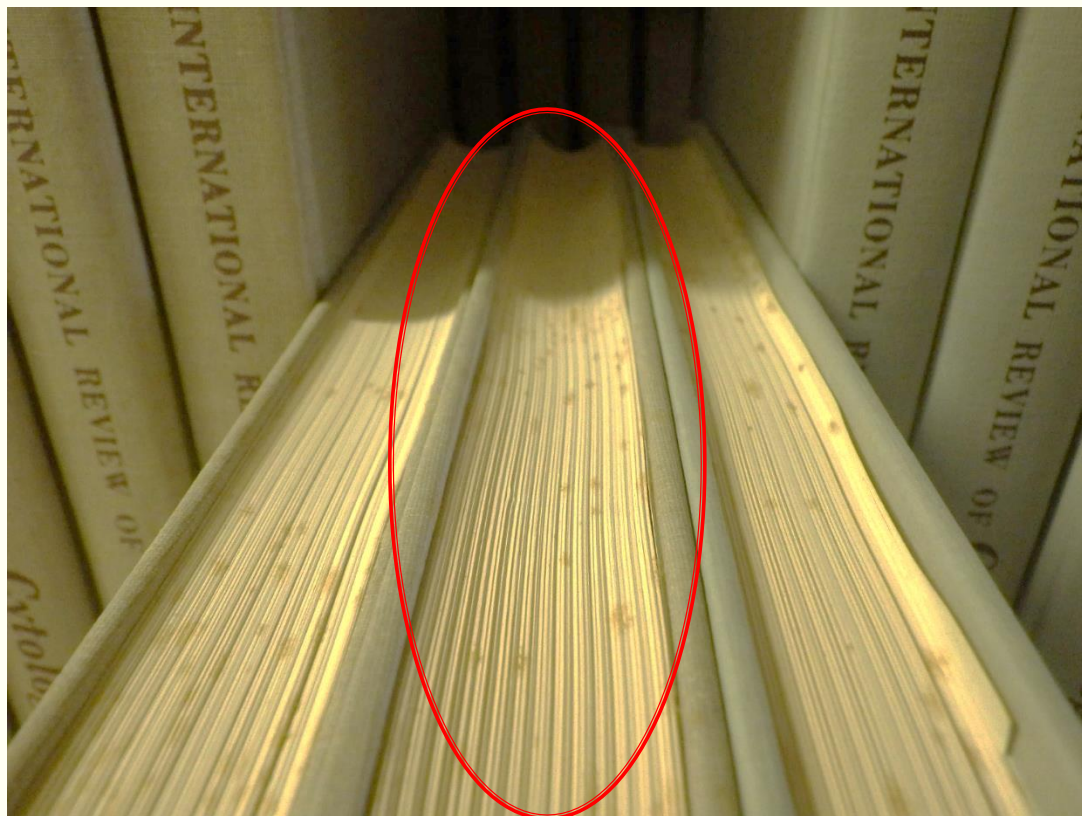
何故なら、この段階なら**消毒用エタノールで殺カビが可能**（＝軽微な被害レベル）だからです。

○但し、カビ再発の場合、**背に被害は無くても表紙側で増えている図書があります。**

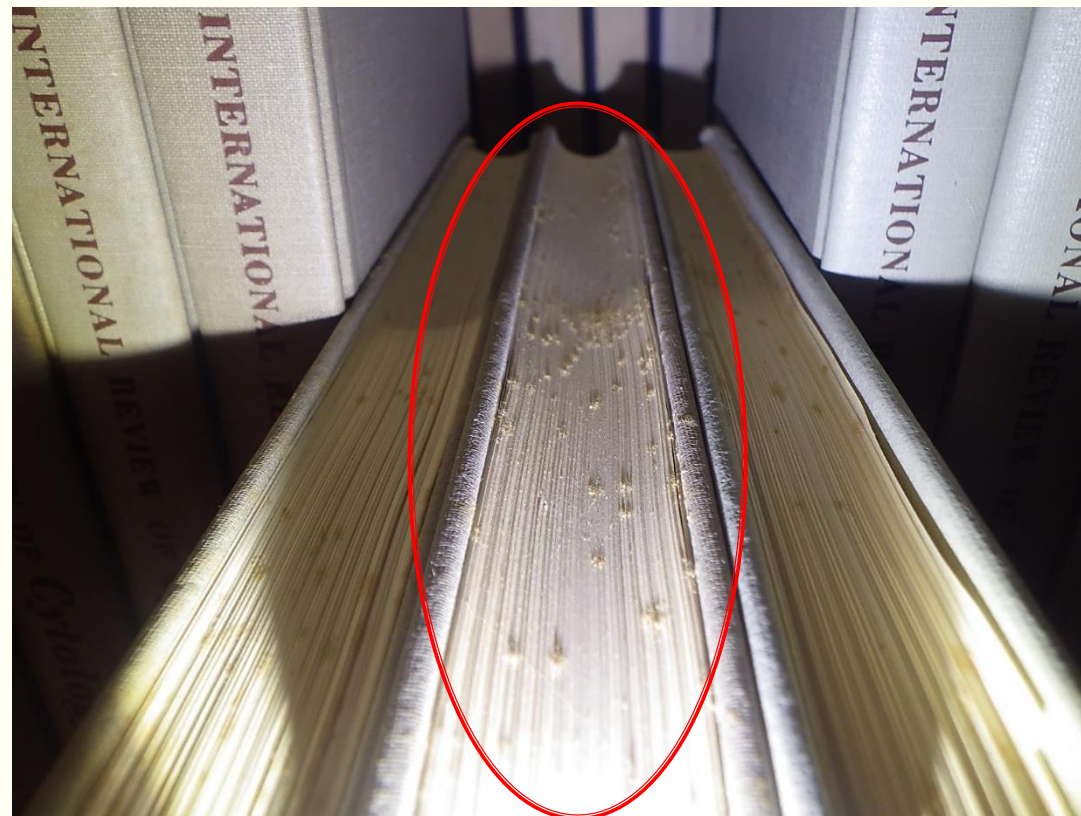
点検の時に少しでも異常を感じたら、図書を棚から取り出して表紙側も観察しましょう。



参考画像 1/3



LEDライトなし



LEDライトあり

参考画像 2/3 （異変に気付けるか？）



LEDライトなし



LEDライトあり

参考画像 3/3 （カビか？ホコリか？）



これはホコリ

カビの判別方法例 ATPふき取り検査

ATP 測定（A3 法）とは？

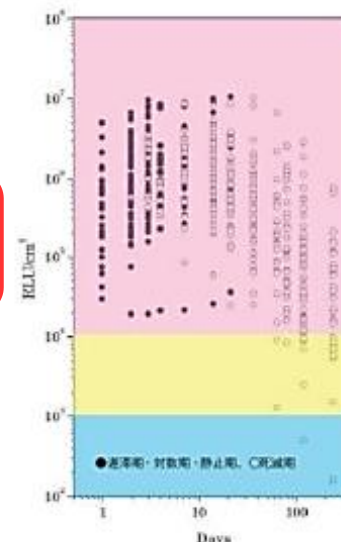
専用の綿棒を用いて検査箇所の ATP を採取し、試薬と反応させることで発光を生じさせ、その発光量を数値化することで、生物由来の汚染度を客観的に評価する方法。



カビ集落の活性評価

▶実験事例－培地上カビ集落のATP測定

- 10⁴ RLU/cm²以上 (赤)**
活性が高く被害が拡大・拡散する可能性がある、隔離や殺菌処置
- 10³ RLU/cm² (黄)**
カビではあるが活性が低い、除菌クリーニングと環境管理
- 10² RLU/cm²以下 (青) (BG)**
死滅／カビではない、ドライクリーニング



(参照)

左図:測定器「ルミテスターSmart」

<https://biochemifa.kikkoman.co.jp/kit/atp/product/61234/>

右図:東文研フォーラム「ポストエキヒュームSの資料保存を考える」より抜粋

https://www.tobunken.go.jp/ccr/pest-search/2025forum/2025forum_online.html

ATP測定法の詳しい紹介⇒東文研HP「文化財保存公開施設での ATP 測定による環境カビ調査」

<https://www.tobunken.go.jp/ccr/pest-search/2025forum/pdf/文化財保存公開施設でのATP測定による環境カビ調査.pdf>

2. カビ対策 -②回避・遮断・監視（日常管理）

●清掃(IPMメンテナンス)

図書のホコリ取り

カビ被害が怪しい図書は掃除機を使って吸引除去するのがよい

こんなハンディモップでカビがあるところを繰り返し触ると、被害を広げる危険性がある



ぜひ掃除機を購入して下さい

- HEPA相当のフィルター付き掃除機

HEPAフィルターという名称にこだわる必要はない

カビの胞子を排気から出さないことが重要

HEPAフィルターが付いてても、ノズルが隙間だらけだと意味がない…

〈掃除機選択のポイント〉

- 吸い込み力の切り替えが可能
⇒資料を傷ませない力で吸引除去する
- 紙パック式である
⇒お手入れが簡便
- カビがある場所のタイルカーペットにも使用する
なら吸い込み仕事率600ワット程度欲しい
⇒経験則
- 資料のクリーニングに使用するならアタッチメント
で先端にブラシが付けられるものを
⇒効率的にたくさんの資料をクリーニングできます



紙パック式クリーナー

かるパック CV-KP900M

写真は以下より

<https://kadenfan.hitachi.co.jp/clean/lineup/cv-kp900m/>

書架のIPMメンテナンス

〈ポイント〉 **IPMメンテナンスの考えをもって取り組むことが大切**

たまには棚板を外して拭ければベスト

右図のように棚受けも含めてメンテナンスする



スチールの書架の場合

- ①掃除機でホコリを吸い取る、難しければモップで拭ったりする
- ②仕上げに消毒用エタノールで拭く

Q.水拭きじゃだめですか？

空き棚の汚れをとる目的であればいいと思うが、最後の仕上げ拭きは消毒用エタノールを使用することをおすすめ

書架のIPMメンテナンス

無垢材の貴重書庫の場合

何を優先するか？

- カビが発生している ⇨消毒用エタノール

※アセトアルデヒドがでる原因と言われているがやむなし

- カビ予防、清浄度向上⇨脱水ウエスを使う 洗濯機で脱水をかけたくらい

3. カビ被害処理 – ①燻蒸薬剤の状況

公益財団法人文化財虫菌害研究所の認定薬剤

商品名	目的	有効成分	製造・販売
エキキュラムS	殺菌・殺虫・殺卵	酸化エチレン	日本液炭(株)
アルプ	殺菌・殺虫・殺卵	酸化プロピレン	エア・ウォーター(株)
ヴァイケーン	殺虫・(殺卵)	フッ化スルフリル	(株)スミコエアー
えきたんくん	殺虫・殺卵	二酸化炭素	日本液炭(株)

2025年3月末販売終了

3. カビ被害処理 – ① ‘代替の処理について

● 殺カビ

- ・ 消毒用エタノールを使用したクリーニング … 重度レベル = 図書の台紙まで及んだカビまで殺カビできない可能性あり
- ・ 認定薬剤(アルプ)を使用した燻蒸処理 … 日本全国をカバーすることは困難

● 殺虫・殺卵 ※殺カビはできないので注意！

- ・ 二酸化炭素処理(カミキリムシ・キクイムシ類には効きにくい)
- ・ 脱酸素処理
 - ・ 低温処理
- ・ 高温処理
 - ・ 窒素処理(耐性強いシバンムシ等は死なない)
- ・ 湿度制御温風処理(開発中)

● その他

3. カビ被害処理 – ②図書のクリーニング(軽微な被害)



点検

LEDライトでカビ被害箇所や被害の有無を確認する



乾式処理

HEPA相当のフィルター付き吸引機でカビ・ホコリを除去



湿式処理

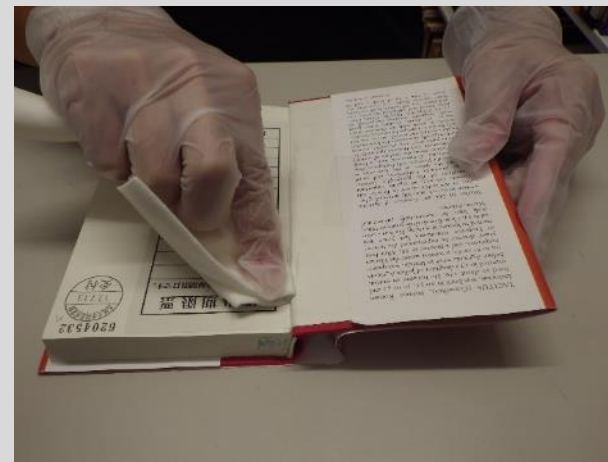
必ず乾式処理とセット。
表6面と見返し、ちり、花布を消毒用エタノールを含侵させた不織布で拭く

3. カビ被害処理 ー②図書のクリーニング(軽微な被害)



乾式処理の目的を理解し
必ず湿式処理の前に行う

- ①汚れがつくことを防ぐ
- ②図書の表面に消毒用エタノールを接触させるため



湿式処理には
消毒用エタノールを使用する

- ①国立国会図書館、東京文化財研究所等が推奨している
- ②図書・ヒトへの安全性・効果・実績でみたときにベスト
- ③乾燥に15秒程度かかるくらいの量をたっぷり使用する

3. カビ被害処理 ―③外部の力を借りた方がいいこと

被害の範囲	被害の程度	処理方法
広範囲	重度被害	クリーニング+湿度管理(上限60%)徹底
	軽度被害	クリーニングを委託 現地作業可能
部分的	重度被害	クリーニング+湿度管理(上限60%)徹底
	軽度被害	自分たちでも クリーニング可能

- 表紙や背に明らかな被害がではじめてもの
- 被害が広範囲に及ぶ

この2点に当てはまる場合は無理に自分たちで処理しようとするしない

3. カビ被害処理 ―③外部の力を借りた方がいいこと

軽微な被害だけにした方が良い理由

- 再発リスクが非常に高い
- 被害の全容がよくわからなくなる ⇨せめて記録をとって下さい

3. カビ被害処理 ―③外部の力を借りた方がいいこと

現在進行形の虫損（特にシバンムシ！）に対する処理



発見が早い・発生源が特定できる状況であれば、脱酸素処理等の処置で済むことも？

4. まとめ

- 燻蒸ガスに依存した資料保存対策から脱却

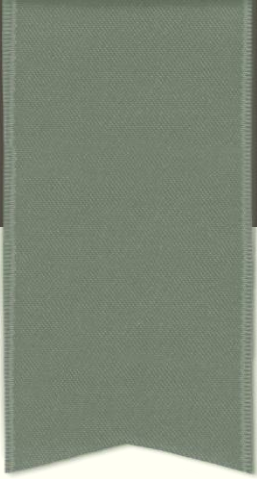
⇒IPMの考え方を取り入れてカビを未然に防ぐ

図書館IPMは自分たちだけで抱え込まず、いろんな立場の人を巻き込んで
より良いものにしていく

- 被害が発生して処理をせざるを得ない場合、正しい知識と正しい道具で取り組む

⇒重度被害＝資料の台紙に伸びたカビ菌糸までエタノール清拭の殺カビは困難

カビを発生させない・重度化させないような日常管理がますます重要！



ご清聴ありがとうございました。