

〔報告〕コンクリート壁面における付着真菌の累積挙動

間 淵 創・佐野 千絵

1. 目的

文化財の予防的保存において、文化財展示施設内の真菌を主とする微生物環境の把握は、予見される生物被害のリスク評価を目的に行われ、これまでも文化財そのものやこれらを取り巻く保存環境中の落下真菌・浮遊真菌・付着真菌について多くの報告がされている¹⁻³²⁾。

これまで筆者らは文化財公開施設等における浮遊真菌についての調査手法の確立³³⁾や生物被害リスクの評価方法について検討を行い、年間を通じた施設内の浮遊真菌調査を行うことで施設内の気流を含めた動的な空気環境と実際の運用面における施設の特徴を把握することが可能であることを検証した³⁴⁾。

一般に落下・浮遊真菌と本研究で着目する付着真菌とは、空間と壁面との間で浮遊・沈降(付着)・再浮遊という機構で関連していると理解されている。しかし落下・浮遊真菌測定は瞬間値であるのに対して、付着真菌測定は積算値であることから、実際の測定では気流や季節等に変動する浮遊真菌数から文化財表面の微生物汚染度を、或いは壁面に長期間堆積した付着真菌数から収蔵庫の微生物空気環境を推定することは難しい。ただ定期的な浮遊真菌測定において、その測定間隔の間の微生物空気環境の変動の有無は検出できないという点を、付着真菌測定による積算値によって補完することは可能であると考えられる。

本研究では浮遊真菌測定と合わせたトータルな室内微生物環境のモニタリングの可能性を検討するために、定期的な壁面の付着真菌測定から付着真菌の累積挙動・機構を理解することを目的として行った。

2. 実験

2-1. 手法

付着真菌の測定には分離法、レプリカ法、直接法、表面沈着・付着法などの手法があるが³⁵⁾、文化財の収蔵・展示施設における微生物環境を測定するという目的を勘案し、また半定量的な測定が可能であることから、水蒸気透過性ポリウレタンフィルム(Tegaderm™ HP Transparent Dressing, スリーエムヘルスケア株式会社、ポリウレタンフィルム+アクリル系粘着材、6 cm×7 cm、無菌性保証水準[SAL]10⁻⁶)を用いたサンプリングを行った。壁面をポリウレタンフィルムの粘着面で直接サンプリングし、それをMA培地に接種、3日間の転写期間の後フィルムを除去し、転写した培地をさらに2日間培養・コロニー(CFU: Colony Forming Unit)計数を行うことで付着真菌数とした。付着真菌を測定する壁面は平滑性や均一性を考え、また測定のための一定面積を確保し易いコンクリート壁を対象とした。

2-2. 付着真菌採取効率

ポリウレタンフィルム(粘着部約42cm²)を用いたサンプリングが、どの程度サンプリング面積内の付着真菌を採取するのかを知るために、コンクリート壁面の同じ場所を繰り返し5回

サンプリングし、その付着真菌数の減衰傾向から採取効率を求めた。

2-3. 定期的な付着真菌測定

測定対象としたコンクリート壁面は屋内で、風が直接あたらず比較的気流の少ない場所を選択した。測定期間中の室内の温湿度は12~13℃程度、85~90%RHで概ね安定していた。壁面温度は約13℃程度で、測定対象の壁面全体は70%消毒用エタノールで消毒・滅菌し（初期滅菌）、そこから定期的な付着真菌測定を開始した。サンプリングは壁面の上部（250cm）・中部（150cm）・下部（20cm）の各地点を4枚のポリウレタンフィルム（約168cm²）を用いて行った（図1）。

また同時に浮遊真菌測定をBIO SAMP MBS-1000（ミドリ安全社製）とMA培地の組み合わせで行った。測定は対象壁面のある空間の中央で、床から100cm程度の高さで行った。

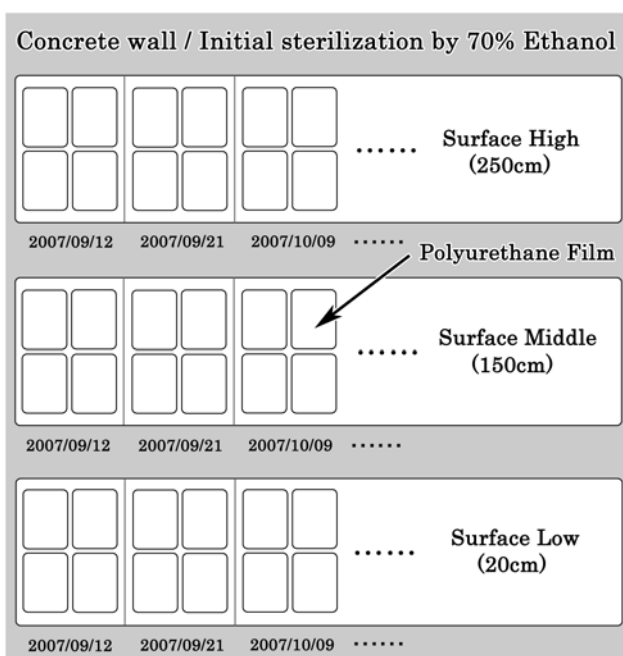


図1 コンクリート壁面のサンプリング模式図

3. 結果と考察

3-1. 付着真菌採取効率

2地点において同じ場所を繰り返し5回サンプリングして測定を行った結果を図2に示す。log CFUの値が線形性をもつと考えると2地点の平均採取効率は約0.35であった。このポリウレタンフィルムを用いた測定は、スタンプアガーの様に壁面に栄養分を残すことはなく、また長期間の設置が必要ないこと、転写する培地（好乾性・好稠性等）を選択できることなどから文化財公開施設内での使用に有効であると考えられる。

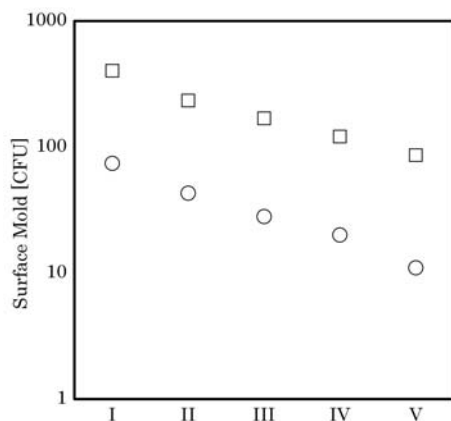


図2 付着真菌採取効率測定
繰り返しサンプリング (I-V) に対して、縦軸に採取された付着真菌のCFUをとった。

3-2. 定期的な付着真菌測定

図3に付着真菌測定と浮遊真菌測定の結果を示す。浮遊真菌は空間の環境によって変動しているが、これに対して付着真菌は壁面に累積していることが分かる。浮遊真菌と付着真菌数は空間と壁面間での、浮遊-沈降(付着)-再浮遊という平衡だけではなく、付着後に定着(繁殖)・累積する機構が見取れた。この累積速度は、浮遊真菌レベルによって変化すると考えられるが、今回の測定ではそこまでの差異が確認できなかった。採取効率も含め、サンプリング面の材質や形状によって違いがあると考えられるが、壁面に累積する機構には大きな違いがないと考えられる。

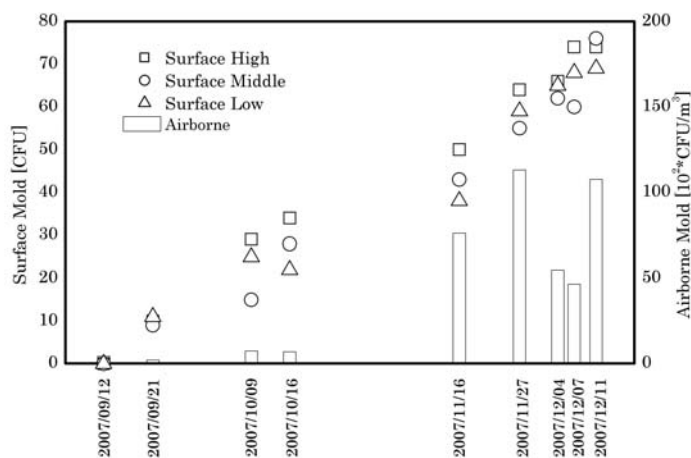


図3 付着真菌の累積挙動
横軸に日付、縦軸左に付着真菌CFU、縦軸右に浮遊真菌CFUをとった。

4. まとめ

屋内真菌の付着真菌の累積の機構が明らかになったことにより、浮遊真菌調査によって微生物空気環境の改善が確認されていても、それまでの履歴として文化財の表面には付着真菌が累積したままであり、文化財への直接的な微生物汚染リスクは低減されない可能性が明示された。また文化財公開施設において動的な空気環境や施設の特徴を把握するための浮遊真菌測定を行う場合、外気真菌レベルの季節変化や空調稼動状況を考え、最低でも年4回は行う必要があると考えられるが、測定と測定の間約3ヶ月の期間中には、空調設備に関わる作業やトラブル、漏水や結露などの突発的な異常、新規収蔵物の搬入や展示物入れ替え等の作業などのイベントが想定され、それに伴い浮遊真菌が一時的に増加する可能性がある。将来的に浮遊真菌レベルと付着真菌の累積速度の定量的な相関が得られれば、浮遊真菌レベルの一時的な変化の履歴を付着真菌調査によって認識できると考えられる。

謝辞

本研究に際し助言を頂きました東京農業大学高鳥浩介氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 江本義数: 奈良正倉院構内及びその付近の空中微生物, 殊に糸状菌に就いて, 保存科学, 第1号, 12-27 (1964)
- 2) 江本義数: 日光東照宮等二社一寺建造物の黴害とその防除, 保存科学, 第2号, 1-15 (1966)
- 3) 江本義数: 国宝中尊寺金色堂に発生した黴と建築用材, 保存科学, 第3号, 40-54 (1967)
- 4) 江本義数: 法隆寺金堂焼損壁体の黒斑と黴, 保存科学, 第5号, 21-33 (1969)
- 5) 江本義数: 法隆寺壁画再現パネルの防黴, 保存科学, 第7号, 99-106 (1971)
- 6) 江本義数: 広島県立美術館内の空中菌, 保存科学, 第7号, 107-111 (1971)
- 7) 江本義数: 寺院収蔵庫内の空中菌, 保存科学, 第8号, 73-79 (1972)
- 8) 江本義数: 奈良国立博物館内の空中微生物, 保存科学, 第8号, 81-86 (1972)
- 9) 江本義数: 日本万国博覧会美術館内の空中微生物, 保存科学, 第9号, 43-50 (1972)
- 10) 江本義数: 神奈川県伊勢原市宝城坊の薬師三尊の防黴, 保存科学, 第9号, 51-53 (1972)
- 11) 江本義数, 江本義理: 装飾古墳内の微生物調査 福岡県王塚古墳, 熊本県チブサン古墳, 保存科学, 第12号, 95-101 (1974)
- 12) 新井英夫: 建築彩色に発生する糸状菌の防除法, 保存科学, 第18号, 27-34 (1979)
- 13) 新井英夫, 森八郎, 門倉武夫: レオナルド・ダ・ヴィンチ展における生物劣化防除, 保存科学, 第18号, 35-39 (1979)
- 14) 新井英夫, 森 八郎: 新設博物館における生物的問題, 保存科学, 第19号, 1-7 (1980)
- 15) 新井英夫: 木造建造物に発生した変形菌について—明治村・北里研究所本館—, 保存科学, 第21号, 41-45 (1982)
- 16) 新井英夫: 紙質類文化財の保存に関する微生物学的研究 (第1報) 紙の褐色斑 (foxing) から糸状菌の分離, 保存科学, 第23号, 33-39 (1984)
- 17) 新井英夫: 紙質類文化財の保存に関する微生物学的研究 (第5報), 保存科学, 第26号, 43-52 (1987)
- 18) 木川りか, 新井英夫: 各種文化財などの糸状菌同定報告, 保存科学, 第34号, 8-12 (1995)
- 19) 佐野千絵, 三浦定俊, 木川りか: 東京都美術館「法隆寺金堂壁画展」に関する保存環境調査, 66-73

(1996)

- 20) 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, 第42号, 87-100 (2003)
- 21) 木川りか, 佐野千絵, 三浦定俊: 高松塚古墳の微生物調査の歴史と方法, 79-85 (2004)
- 22) 佐野千絵, 間瀬創, 三浦定俊: 国宝・高松塚古墳壁画保存のための微生物対策に関わる基礎資料ーパラホルムアルデヒドの実空間濃度と浮遊菌・付着菌から見た微生物制御ー, 保存科学, 第43号, 95-105 (2004)
- 23) 木川りか, 佐野千絵, 間瀬創, 三浦定俊: キトラ古墳の前室および石室における菌類調査報告, 保存科学, 第44号, 165-172 (2005)
- 24) 新井英夫: 障壁画保存環境の微生物, 保存科学, 第12号, 35-38 (1974)
- 25) 江本義理, 門倉武夫, 見城敏子, 新井英夫: 史跡虎塚古墳彩色壁画保存に関する調査研究(受託研究報告第51号), 保存科学, 第22号, 121-146 (1983)
- 26) 新井英夫: ネフェルタリ王妃墓の微生物について, 保存科学, 第27号, 13-20 (1988)
- 27) 佐野千絵, 間瀬創, 三浦定俊: キトラ古墳開封前の石室内空気環境調査報告, 保存科学, 第44号, 157-164 (2005)
- 28) 木川りか, 佐野千絵, 石崎武志, 三浦定俊: 高松塚古墳の微生物対策の経緯と現状, 保存科学, 第45号, 33-58 (2006)
- 29) 木川りか, 間瀬創, 佐野千絵, 三浦定俊: キトラ古墳における菌類等生物調査報告(2), 保存科学, 第45号, 93-106 (2006)
- 30) 佐野千絵, 石崎武志, 三浦定俊: 古墳の保存と活用のための生物等被害状況アンケート調査ー九州ー, 保存科学, 第45号, 107-120 (2006)
- 31) 木川りか, 佐野千絵, 石崎武志, 三浦定俊: 高松塚古墳における菌類等微生物調査報告(平成18年), 保存科学, 第46号, 209-220 (2007)
- 32) 木川りか, 佐野千絵, 間瀬創, 三浦定俊: キトラ古墳における菌類等生物調査報告(3), 保存科学, 第46号, 227-234 (2007)
- 33) 間瀬創, 小鷺悠, 篠原史彦, 岩田利枝, 木川りか, 佐野千絵: 文化財公開施設内生物調査における浮遊菌測定手法の検討, 保存科学, 第45号, 195-204 (2006)
- 34) 間瀬創, 佐野千絵: 浮遊真菌調査を用いた動的な室内環境評価法の検討ー特別史跡キトラ古墳仮設保護覆屋をモデルとしてー, 保存科学, 第46号, 27-36 (2007)
- 35) 山崎省二編: 環境微生物の測定と評価, 株式会社オーム社 (2001)

キーワード: 付着真菌 (surface mold) ; 浮遊真菌 (airborne mold) ; 微生物環境 (microorganism environment) ; 室内環境 (indoor environment) ; IPM (Integrated Pest Management)

Accumulation Behavior of Surface Mold on Concrete Walls

Hajime MABUCHI and Chie SANO

In general, it is understood that airborne mold and surface mold are correlated in the mechanism of float - fall(stick) - refloat. However, because results from surface mold measurement are integrated value while those from airborne mold measurement are momentary value, it is difficult to presume surface microorganism pollution on cultural properties from the results of airborne mold measurement or to evaluate current environment air of storage in museums from the results of surface mold measurement.

The aim of this research was to understand the accumulation behaviors and mechanism of surface mold on walls. It was confirmed that surface mold constantly increased and accumulated, while airborne mold fluctuated and temporarily decreased.

This report concludes that the results from surface mold measurement may compensate the restriction of airborne mold measurement that cannot monitor changes of microorganism environment between measurements. If measurement of accumulation rate is achieved, it will contribute toward the total monitoring of the indoor microorganism environment.