

# 〔報告〕 高松塚古墳壁画修理施設における 生物対策について

木川 りか・高鳥 浩介\*・久米田 裕子\*<sup>2</sup>・辻本 与志一\*<sup>3</sup>・川野邊 渉・  
佐野 千絵・宇田川 滋正\*<sup>4</sup>・建石 徹\*<sup>4</sup>

## 1. はじめに

高松塚古墳壁画は、2007年に解体・保護され、現在、奈良県明日香村の修理施設において修復が進められている。修理施設に保護されたのちは、壁画面には、カビなどの生物被害は発生していないが、修理施設の浮遊菌レベルなどの微生物環境を把握することは、壁画の保存・修理環境としても、作業員への健康管理のうえでも重要である。このため、2008年3月以降、修理施設での浮遊菌レベルの調査が実施されてきたので、その結果を報告する。

また、修理施設の立地環境は、きわめて自然が豊かであり、修理施設内にその土地に棲息するムカデなどの侵入がみられる。大型のムカデなどが侵入した場合、万一壁画面に登って画面を移動したりすると、絵画への影響が懸念され、また作業員が咬まれたりする危険性もあるため、対策を施すために侵入経路の調査や、仮の目張りなどを実施し、状況を観察している。この経過についても報告する。

## 2. 施設の微生物環境についての調査結果

現在、高松塚古墳壁画は仮設修理施設において保存・修理が行われており、石室を構成する16枚の石材が保管されている修理作業室内の環境は温度およそ21℃、湿度55%に調節されており、石材のカビ発育は抑制された状態にあると考えられる。

修理作業施設内での長期管理には同環境下でのカビ管理が重要であり、同環境の落下カビ、浮遊カビ、付着カビの調査を、現在までに2008年3回、2009年2回、以下の方法で行ってきた。

### 2-1. 調査方法

カビの調査は、落下法、エアースンプラー法、ドレッシングテープ法の3手法で行った。試料の採取場所は図1に示した。

- ①落下法（5定点）：1定点につき、平板5枚を30分間放置し、落下カビを捕捉した。
- ②エアースンプラー法（5定点）：エアースンプラーMAS100ECO（メルク）を使用し、1定点につき、500 Lを2回吸引し、浮遊カビを捕捉した。
- ③ドレッシングテープ法（30-40カ所）：3M Tegaderm1624W1（3Mヘルスケア）を使用し、付着カビを捕捉した。

培地はすべてクロラムフェニコール加PDA平板を使用し、25℃で培養後、4日目と7日目に菌数を測定した。カビの同定については形態観察またはrDNAのITS領域の塩基配列に基づき決定した。

### 2-2. 結果と考察

今まで5回調査した結果はほぼ同様であり、以下のとおり考察できた。

\*NPO 法人カビ相談センター

\*<sup>2</sup>大阪府立公衆衛生研究所

\*<sup>3</sup>奈良文化財研究所

\*<sup>4</sup>文化庁古墳壁画室

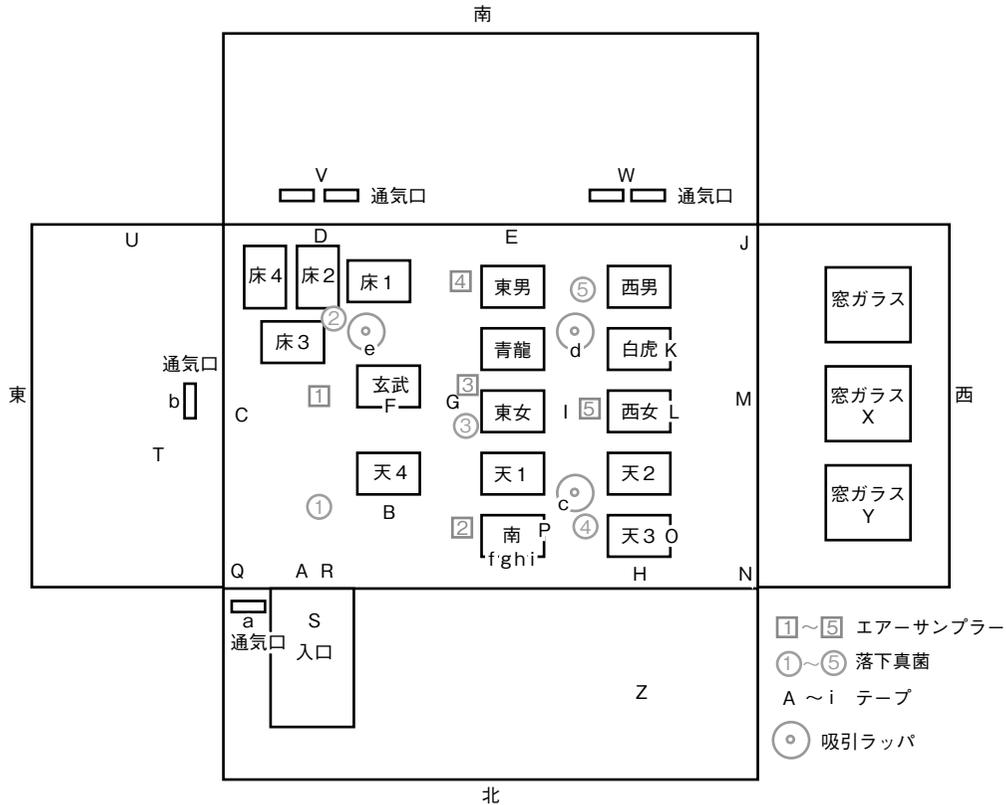


図1 施設のカビの調査, 試料採取点

・落下カビ数は1 定点あたり平均 1 CFU/5 平板/30分, エアークンプリャーで捕捉された浮遊カビ数は1 定点あたり0-8CFU/1,000 Lと少なかった(図2)。仮設修理施設の空中カビ数は通常の生活環境に比較して顕著に少ないと考えられた。

・ドレッシングテープ法で捕捉された総付着カビ数は少なく, 場所によるが床面では多少見られ壁面では極めて少なかった。すなわち, 前者はホコリがたまりやすい場所であり, 後者は埃が少ないためと考えられる。

・カビの種類は *Alternaria* sp. が落下法とエアークンプリャー法で, *Cladosporium* sp. がエアークンプリャー法で採取された。ドレッシングテープ法で採取された主な付着カビは *Aspergillus versicolor*, *Penicillium paneum* 等少なかった。

・他にも石室から分離されたカビと同種の *Penicillium paneum*, *Penicillium chrysogenum* などが付着カビあるいは落下カビとして検出された。しかし, 量としては少なかった。

・エアークンプリャー法は3法の中では空中カビを定量するのに最も適した方法であった。1回目(2008年3月27日)に比較し, 2回目(2008年8月7日)は, 菌数もカビの種類も若干少なく2009年も同様に少なかった。

結果をまとめると, 以下のようになる。

- 1) 仮設修理施設の空中カビ数は全般に非常に少なく, 清浄な環境であった。
- 2) 空中浮遊カビとしては, *Alternaria* sp. と *Cladosporium* sp. がやや多い程度であった。付着カビとしては *Penicillium* sp. と *Aspergillus versicolor* が確認された。

3) 壁画の主要汚染カビであった *Penicillium* spp. は、ドレッシングテープ法において、量的には少ないものの検出された。

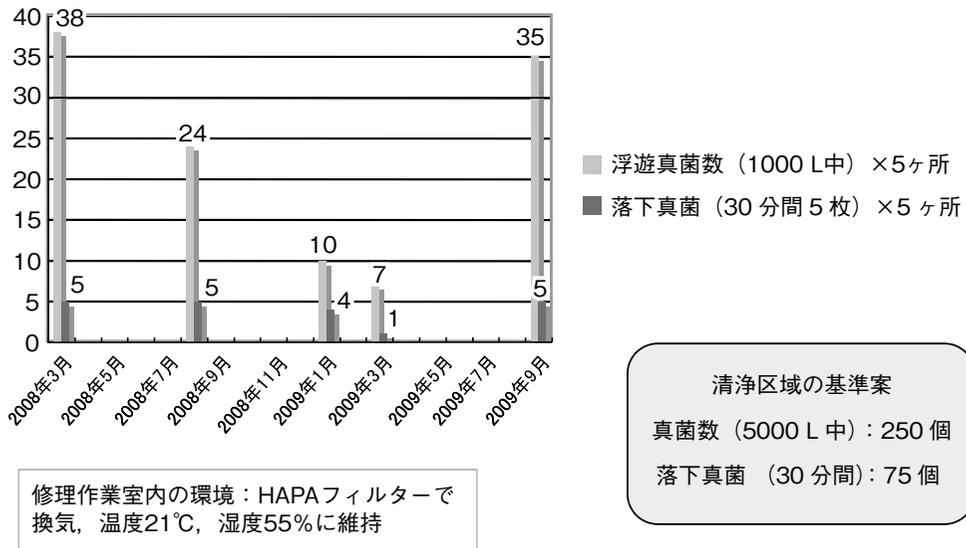


図2 施設内の空中真菌数の推移

### 3. ムカデなどの侵入経路の調査と当面の対策

#### 3-1. 2008年度の状況

2008年秋の一般公開で壁画修復施設の作業室内でムカデが発見されたため、文化庁担当者、研究所担当者、イカリ消毒(株)担当で建物外周、建物内、地下ピット、天井裏などの目視調査を行った(2008年11月20日)。地下ピットの配置図を図3-1に、一階の部屋との対応関係を図3-2に示す。その結果、

- ・建物外壁の基礎コンクリートと水切りのジョイント部に隙間が生じているところがあること(写真1~3)。
- ・地下ピットを調査したところ、ムカデの死骸が落ちていたこと(写真4,5)。
- ・魔法瓶構造の建物であるため、地下ピットと作業室などの内壁の裏側の空間は、つながっていること(写真8)などが確認された。

また、作業室の空調ダクト接合部などは、地下ピットと連続しているため、地下ピットに、もしムカデが侵入すれば、作業室などにムカデが上ってくる可能性も考えられた。

以上のことから、2008年度内には、建物の入り口などを通じて直接侵入してくるムカデを止めるために、屋外に面した扉などの隙間をシールすること、および、ムカデが外壁の隙間から侵入するのを阻止するため、外壁隙間をピレスロイド系の防虫剤をしみこませたネットなどで試験的にうめる作業が行われた(写真6)。この外壁の隙間は、地下ピットの空間へつながっていると考えられる。

この状態で当面ムカデなどの侵入が減るかどうかを観察することとなり、侵入のモニタリングのために、2008年11月20日からすでに作業室など一部で実施していたトラップ調査に加え、2009年3月13日から施設内全域にトラップが設置された。

また、建物に直接手を入れる隙間埋めなどの工事については、この方法で原因を特定する努力を行い、特定できた段階で実施を考えてはどうか、ということになった。

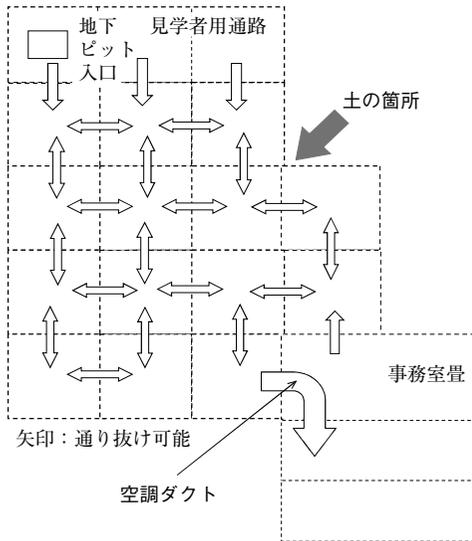


図3-1 地下ピット配置図

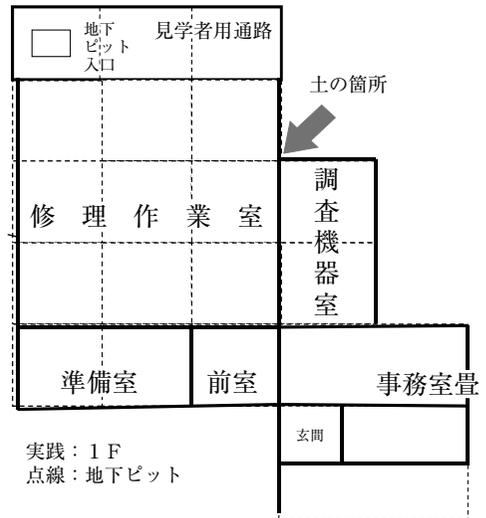


図3-2 地下ピット配置と1階部分との対応



写真1 建物外周の状況（修理作業室側）  
2008年11月20日



写真3 外壁の継ぎ目の隙間  
2008年11月20日



写真2 建物外周外壁の継ぎ目 2008年11月20日



**写真4** 地下ピットの調査（見学通路床面より）  
2008年11月20日



**写真5** 地下ピットの中でみつかったムカデの死骸  
2008年11月20日



**写真6** 外壁の隙間に薬剤を含浸させたネットを挿入し、  
隙間をふさぐ施工をした後の様子 2009年3月

### 3-2. 2009年3月～5月の状況

2009年3月13日～5月21日の間に設置していたトラップの調査の結果では、ムカデは機械室で1匹のみ捕獲があったが、ほかではみられなかった。

しかし、一方で、地下ピットには、大量のチャタテムシが捕獲されていた。

### 3-3. 2009年6月以降の状況

2009年の6月ごろから、作業室内など、建物内のあちらこちらで再びムカデがみられるようになった。

・2009年5月21日～7月17日の間に設置していたトラップ調査では、前室、調査機器室、作業室、準備室で1匹ずつムカデが捕獲されていた。

このほか、この期間に、現場の方が作業室入口付近、休憩室で1匹ずつ捕獲したほか、7月17日の調査では、機械室奥でムカデ1匹の死骸が発見された。

・2009年7月17日、文化庁担当者、研究所担当者、イカリ消毒担当で再び現地調査を行った。

その結果、地下ピットと通じる隙間や穴がある可能性が高い場所が何か所か確認された。特に、作業室の下の地下ピットからのぞくと、壁の接合部に隙間がある箇所があることが確認さ

れた(写真9)。しかし、釘などが出ているため、全域をくまなく観察することはできなかった。

また、修理作業室と調査機器室の間の壁にあたる地下ピット部分に、土あるいは砂が流れ込んでいる箇所(写真10)があり、ムカデなどの虫などの侵入に関係している可能性もあることが指摘された。

土が流入している部分の上部の天井では、雨漏りしていて鉄骨がぬれているような箇所(写真13)も発見され、この部分は、作業室と機器室の境にあたり、ここではムカデや小さい虫(チャタテムシなど)がよく観察されていたエリアであった(図3-1, 3-2)。

このことをふまえ、ムカデが捕獲されていた作業室の一部のエリア(機器室側のエリア)では、壁の接合部から部屋の中に虫が侵入している可能性も考えて、応急的な対策として、作業室の床と壁の接合部の一部を、養生テープで仮止めした(写真14)。

近いうちに、同様な仮止め作業をもっと広い範囲で行い、また、念のため、大きく開口している空調のリタン口にも防虫網を貼って観察を行うことになった。

地下ピットは、全体に湿っており、やはり大量のチャタテムシが確認された。地下ピットの



写真7 地下ピットの調査 2009年7月17日



写真8 地下ピットから見上げた作業室の壁の裏側(作業室へ接続された空調ダクトのリタン口がみえる) 2009年7月17日



写真9 地下ピットから見上げた際、部屋の内壁のボード接合部にみられた隙間 2009年7月17日



写真10 地下ピットに流入していた砂 2009年7月17日



写真11 地下ピットの水溜り 2009年7月17日



写真12 天井裏の調査 2009年7月17日



写真13 天井裏の水濡れ 2009年7月17日



写真14 作業室内に一部仮の目張り  
2009年7月17日

一部には、水溜り（写真11）ができている箇所もあり、チャタテムシ、トビムシなどの発生の一因と考えられた。

### 3-4. 2009年8月5日の応急対策

2009年7月17日の調査結果を受け、2009年8月5日に応急的な処置（作業室壁面接合部の仮の目張り、一部の空調リタン口への防虫網の添付）が行われた。8月4日までは、ムカデは確認されていなかったということであったが、8月5日の朝に休憩室のトラップで12cm程のムカデが発見され、また、他のトラップを点検したところ作業室内の床石横のトラップ内に4cm程の生きているムカデが発見された。

8月5日の作業内容は、（1）作業室のリタン口開口部の一部に防虫網を張る、（2）作業室内の床と壁の接合部の残った区画の養生テープによる仮止め、（2）前室の地下ピットと通じる可能性のある配電盤の隙間などの仮止めによる隙間塞ぎ、であった。

### 3-5. 2009年8月25日、関係機関担当者による調査

2009年8月25日、文化庁古墳壁画室担当者、文部科学省文教施設企画部担当者、建設時の施工業者担当者による現地確認調査を実施した（写真15, 16）。7月17日の調査報告書を受け、

その報告内容に重点をおき、調査を行った。その結果、地下ピットと修理作業室などの内壁の裏側の空間は、建物の構造上つながっているが、作業室などの壁は床面に固定された金具に差し込むような形で立ち上がっているため、ムカデなどの虫の侵入は難しい構造と考えられた。さらに、壁面には空調用のダクトが取り付けられているが、取合部は隙間埋め用のテープによって施工されていることから、接合部からの虫などの侵入も難しいと考えられた。建物外壁の、コンクリートとステンレスのジョイント部に隙間が生じているところがあるが、その内側は施工時に吹付発泡断熱材を施しているため、その箇所からムカデ等が侵入してくることは難しいと判断された。また、修理作業室と調査機器室の間の壁にあたる地下ピット部分に、土あるいは砂が流れ込んでいる箇所が先の調査で見つかったが、この箇所は、施設周辺よりも10cm高い位置であり、土らしきものは左官用の砂（施工時の置き忘れ）であることがわかり、土の注入ではないと判断した。天井裏で確認された鉄骨がぬれているような箇所は、屋根下側の野地板部分の結露水が鉄骨に伝い、雨漏りのような痕跡を残したと考えられた。地下ピットでは水溜まりを1箇所確認し、スポンジを使って水を吸い取り、後日改めて確認をした。翌月3日に地下ピット水溜まり箇所を確認したが、前回のような水溜まりは見あらず、さらに期間をあけた後、再度確認することとした。



写真15 地下ピットの詳細調査 2009年8月25日



写真16 天井裏の詳細調査 2009年8月25日

### 3-6. 2009年12月の一般公開

2009年12月の修復施設の一般公開において、再度、4cm程度のムカデが作業室内にて確認された。

このことを受け、ムカデの生態に詳しい専門家にも協力をあおぎ、今後の対策をより強化するところである。

## 4. 今後の対策について

### 4-1. 施設内の浮遊菌環境について

これまでの作業室の浮遊菌レベルなどの調査結果から、作業室内の性浄度はきわめて高いことが明らかとなった。温湿度管理によりカビによる壁画面の被害はなく、施設での管理は十分なされていた。また、修理施設での作業者は、マスクを着用して実施しており、健康管理の面からもこれは望ましい。

今後修理作業が進む中、修理施設の環境管理に加え、作業従事者の健康管理は非常に重要で

あるため、今後も修理施設内のカビの調査を継続していく予定である。

#### 4-2. ムカデなどの侵入対策について

2009年7月17日に作業室の壁と床の接合部を部分的に仮止めの目張りを行ったのちは、現地で作業している方によると、作業室のチャタテムシが減ったということから、このようなシールを本格的に行うことによって、地下ピットからの虫類の侵入防止がある程度見込める可能性がある。

また、地下ピットの清掃を一度、行うことによって、それ以降の侵入をモニタリングすることが可能となる。

このような建物の隙間のシール施工や、清掃を行ったうえで、それでも侵入が起きる部分については、今後、ムカデの生態に詳しい専門家などの意見を取り入れ、対策を強化する必要がある。

屋上で空調機の室外機などがおかれている付近には、落ち葉がたまっているが(写真17)、落ち葉を食べる虫に誘われてムカデが誘因されることもある。同様に、屋根の雨どいにたまった落ち葉などにも留意する必要があるかもしれない。また、ムカデが外壁を本当によじのぼっているのかどうかを検証するため、テープを用いた調査なども考えられる。

さらには、作業室や作業室内の壁画のおかれている台などにムカデが登りにくいような材質の防御板を工夫するなどの対策も考えられる。

また、施設建物外周部などに、ムカデが忌避する薬剤を使用し、外からムカデなどの侵入を防止する方策もある。薬剤の使用は、即効性のある方法であるが、建物のそばに池があるため、雨水を介しての二次汚染を起こさない配慮が必要である。ムカデの侵入防止や忌避に用いられるエクスミンなどピレスロイド系の薬剤は、魚毒性が高く、散布したのち雨のあとなどに近くの池に流れ込むと魚やザリガニが死ぬおそれがある。また、カーバメイト系の薬剤も、魚やザリガニ、また池で遊ぶ子供などへの影響を慎重に考える必要がある。粒剤を土とまぜて使用するなどの方法もあるが、子供が踏んだり、遊んだりした場合の影響を考えると、子供が入らないなどの対策を講じる必要がある。



写真17 建物屋上、室外機置き場にたまった落ち葉 2009年7月17日

#### 謝辞

ムカデの侵入経路の調査にあたりましては、イカリ消毒(株)、川越和四氏、山下雄司氏をはじめとする皆様に多大なご協力をいただきました。記して、感謝申し上げます。

キーワード： 浮遊菌 (airborne fungi) ; 有害生物管理 (pest management)

# Pest Management in a Facility for Restoration of Takamatsuzuka Murals: Levels of Airborne Fungi and Contamination, and Countermeasures for Invasion of Crawling Pests

Rika KIGAWA, Kosuke TAKATORI<sup>\*</sup>, Yuko KUMEDA<sup>\*2</sup>,  
Yoshikazu TSUJIMOTO<sup>\*3</sup>, Wataru KAWANOBE, Chie SANO,  
Shigemasa UDAGAWA<sup>\*4</sup> and Tohru TATEISHI<sup>\*4</sup>

Mural paintings of Takamatsuzuka Tumulus were relocated to a restoration facility in 2007, and now restoration is proceeding. No obvious mold colonies have been observed since the paintings were restored in the facility. But to monitor airborne fungal level is important in ensuring a clean environment both for the paintings and the staff working there. Levels of airborne fungi and contamination on the surfaces of the floor and walls have been monitored since March 2008. The results showed that the environment had been kept extremely clean.

On the other hand, centipedes have been seen in the restoration room. Probably they invaded from the outside as they were usually seen in the area. If they climb to the painting surface, they might harm the paintings. They are also dangerous to the staff. We surveyed the whole facility to stop their invasion. In the basement, dead centipedes were found. To stop the centipedes from entering the restoration space, tentative sealing of the joint of walls and the floor was performed, and insect traps were placed to monitor the effect.

---

<sup>\*</sup>NPO Center for Fungal Consultation    <sup>\*2</sup>Institute of Public Health of Osaka Prefecture  
<sup>\*3</sup>Nara Cultural Properties Research Institute    <sup>\*4</sup>Agency for Cultural Affairs