

高松塚古墳の微生物調査記録

1. 高松塚古墳の発見から初期の調査に至る時期

<初期の微生物調査>

古墳の環境を鑑みると、カビなどの微生物による被害は壁画に重大な損傷を与える劣化要因となり得る。この見地から、昭和 47 年発見時にはフランスやイタリアなどから壁画の保存に経験のある専門家の派遣を受け¹⁾、保存方法に関して慎重な検討が行われた。初期の微生物調査については概略が、新井により報告されている²⁾。これを以下に引用すると、

「高松塚古墳石室の微生物学的環境調査は、当初、落下法によって微生物の計測・採集が行なわれた。その結果は、石室内の微生物数が著しく高い値を示し、かつ、ばらつきが認められた。これは、次の理由によるものと推定される。すなわち、(1) 発見直後は、各分野の調査のために、種々の専門家が石室に入る必要があった。(2) 石室内には、盗掘口から出入りするので、土壌が入りやすい。」

したがって、初期には調査に伴い、外気の流入、人の出入りによって、石室内の微生物数は高い状況にあったことがわかる。

<フランスの専門家の所見>

昭和 47 年の秋の学術調査において、文化庁は当時フランスのラスコー洞窟の保存に経験の深かった Y. M. フロアドヴォ教授と J. ポション教授を招へいし、調査を依頼した。その所見を関野、三浦による要約³⁾をもとに紹介すると、

- (1) 石室内温度と湿度は季節的安定を保つこと。
- (2) 壁画面の結露は絶対に避けること。
- (3) 炭酸ガスの増加は避けること。
- (4) 微生物、緑藻類とカビの計数と性質の究明が大切であること。
- (5) 殺菌剤・除草剤の使用については、完全消毒後に薬剤が残留しないよう量を制限すること。

さらに、設備については、

「石室に隣接した 2 つの前室が必要であること、殺菌剤は使用する前に顔料に対する影響を実験しておくこと」などの示唆が加えられている。

また、壁画自身の保存について

「壁画は傷みが大きいので、一度剥がして強化し移しかえをするのがよいと思われる。この作業を学ぶため欧州に日本から専門家を派遣すること、同時に欧州から熟練者を日本に招致すること」などの要望が加えられた。

2. 保存施設の設計から壁画の修復にいたる期間

<保存施設の設計、建設と壁画の応急処置>

壁画の修復に際しては、昭和 48 年に壁画の修復に多くの経験を有するイタリアの専門家、モーラ氏夫妻が招致された⁴⁾。その結果、モーラ氏によって建言された恒久保存の方針は、現状での修復が可能であることを前提として、壁画の現状保存を強く主張するものであった。

昭和 48 年のモーラ氏夫妻の在日期间中に、当面もっとも危険と認められる箇所に対してのみ応急

補強処置が施されたが、本格的な壁画修復作業は、昭和 51 年の保存施設の完成をまって行なわれることになった⁴⁾。

この方針にたつて、フランスからの専門家の示唆により、前室 A,B とさらに準備室を加えた保存施設が設計された³⁾。石室内の環境の保全のため、前室や準備室で温度を保持し、炭酸ガスを排除して無菌の清浄な空気を循環させる装置が必要とされた。

関野、三浦による石室内の気温、湿度、炭酸ガス、微生物などについての記録³⁾によると、微生物については「人によって外部から持ち込まれる微生物を排除するため、前室 B で清潔な作業衣に着替えることを実施し、しかも閉塞時にパラホルムアルデヒドを一、二瓦ずつ数か所に残置し、滅菌をした。緑藻類の侵入は認められなかったが、春から秋にかけて石室を閉鎖した折に、木製の板戸が一緒に埋めこまれていた不注意から、開口時に黒い菌糸の蔓延をきたし、その一部が石室天井にも及ばんとしていたのには驚いた。これとは別に天井の一部に黴の黒い斑点も発見されている。これらは発見と同時に局部的な殺菌を行った。」とある。

<壁画面のカビ>

壁画面にカビが発見されたのは、昭和 50 年 3 月であり、発掘から 3 年が経過して当初認められなかったカビが壁画面上に出現したことが報告されている²⁾。壁画表面の微生物を滅菌綿で採集し、培養によって調査された結果、昭和 50 年 3 月以来、*Doratomyces* sp., *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp. などが分離され、そのほか、*Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. なども若干認められたとのことである²⁾。とくに *Doratomyces* sp. は当時、高松塚でもっとも蔓延しているカビであり、菌叢は灰色ないしは黒灰色を呈するものであった²⁾。

昭和 55 年 2 月には、「天井に付着させておいた和紙の表面、西壁白虎の上部、北壁の右上の灰色化が感じられ、石室内に *Doratomyces* sp. が広い範囲にわたって増殖していると考えられた。」と記述されている²⁾。昭和 55 年 11 月、昭和 56 年 6 月には、「青龍の横、白虎の下部、玄武の右上、中央天井石から採取したすべての資料から *Doratomyces* sp. と *Streptomyces* sp. が分離され、高松塚古墳の壁画面は両菌種によって覆われつつあることを示していた。」と述べられている²⁾。

対策として、虎塚古墳ではパラホルムアルデヒドが配置されていることや、フランスのラスコー洞窟の緑藻の処理には、ホルマリン水溶液が使用されていたことを参考に、第一次修理、第二次修理の際にはパラホルムアルデヒドがシャーレや布袋に入れて配置されていたが、第三次修理以降、昭和 56 年からは、パラホルムアルデヒド燻蒸が行なわれた^{2,5)}。昭和 56 年のパラホルムアルデヒド燻蒸では、*Doratomyces* sp. の壁面への発生を抑制することはできなかった。そこで、昭和 60 年 9 月に再度パラホルムアルデヒド燻蒸が薬量を増やして実施された結果、昭和 61 年 7 月の点検時には、これまで石室で優位を保っていた *Doratomyces* sp. が姿を消し、代わって *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., などのカビのほか、放線菌の *Actinomycetes* というホルマリン燻蒸に耐性を示すものが、主な微生物相を形成するようになったことが報告されている²⁾。

また、石室の壁画面で常に微生物が検出されることについては、「土壌と連結している多湿な埋蔵環境は、これを完全な無菌状態にすることは不可能とってよい。未発掘古墳でも無菌状態ではなく、その空間には微生物が生息している。ただし、それらの微生物が壁画面に繁殖せず、劣化要因となっていないことに留意すべきである。むしろ、微生物が皆無の状態の方が、異常な環境と考えるべきであろう。」と考察されている²⁾。

<前室のカビ>

高松塚古墳の保存施設が建設されて以降，入り口から準備室，A室，B室，取り合い部についても，昭和50年以降，観察が行なわれた。それによると「準備室の床下の凝灰岩の方形石があり，この表面に白色綿毛状のカビが発生した。*Fusarium* sp. と *Trichoderma* sp. が分離された。取り合い部の東壁土壌表面に白色集落が発生した。*Verticillium* sp. と *Penicillium* sp. が分離された。取り合い部の盗掘口の左右に広がる黒い束状の菌糸を調査すると，*Cladosporium* sp. であった。本菌は壁面に悪影響を及ぼすので，殺菌処理する必要がある。」と記録されている²⁾。

<石室内空間の微生物数>

準備室，A室，B室，取り合い部，石室などの空間の微生物数が測定されたところ，時期によって変動があったが，大体において石室内と取り合い部での微生物数が，準備室，A室，B室に比べて著しく高い値を閉める傾向があったことが報告されている²⁾。これは，空中浮遊菌を落下法で測定したため，ペトリ皿を配置するとき周辺に周囲の土壌起因の粉塵によって微生物数が増加したものと考察されている²⁾。また，石室内空間では，各種の作業前には認められない *Cladosporium* sp. が，作業終了後に増加しており，石室内への人間の出入りに伴って外気が流入していることを示していた，と述べられている²⁾。

3．壁画の修復後から近年にいたるまで

壁画の修復が終了して以降は，通常毎年3月に文化庁・美術学芸課（前美術工芸課）の担当官および東京文化財研究所（前東京国立文化財研究所）の職員による定期点検が実施され，その際に微生物の目視調査と，潜在的に存在するカビを調べるため，壁面の決められた場所（観測定点）の拭き取り・培養が行なわれてきた。また定期点検最終日にはパラホルムアルデヒド燻蒸が行なわれてきた。

4．近年の状況

<2001年の取り合い部の工事（補強，樹脂処置）以前の状況>

現在の東京文化財研究所生物科学研究室担当者が培養による調査を担当したのは1994年以降であるが，微生物については，望ましい「均衡」が保たれていた状況（すなわち，常在菌は存在するが被害は起きない状態）にあったと判断される。

この期間の調査結果の概要を以下に記す。

高松塚古墳の定期点検（毎年3月に実施，1994年～2000年）に伴う微生物調査は，毎年，目視調査と，定点の拭き取り／培養により行われてきた。

・目視による微生物調査結果（担当者2-3名により実施）

石室内には目視でみる限り，例年，顕著なカビの集落等は見あたらず，良好な保存状態にあると考えられた。石室入口のプラスチックカバーについては，例年，数箇所直径数mm程度の白いカビの菌糸による小塊が観察されたが，大きな異常にはつながらなかった。

・微生物の培養

壁画付近に潜在的に存在するカビを調べるために，壁面を滅菌綿棒で静かに拭き取ったものを培地に接種し，培養を行った。例年，以下の観測定点から採取することになっていた。

- A. 石室入口プラスチックカバー上（石室外側）のコロニー
- B. 石室奥壁（A 壁）玄武の尾と身体との下
- D. 石室西壁（E 壁）黄色の衣装の女子像裳の下部分
- E. 石室西壁（E 壁）白虎の顔外側
- F. 石室東壁（C 壁）青龍前足部分
- G. 石室南壁 盗掘口の真下

採集後の脱脂綿を 1.25% 麦芽寒天培地（MA）に塗沫して、室温で 7 日間培養した。

培養結果の所見

例年、石室内では、培養によりほぼ同じ種類のカビが検出されている。すなわち、もっとも主要に検出されるのは、1 種類の *Penicillium* sp. であり、その他、*Aspergillus* sp.、*Fusarium* sp.、*Trichoderma* sp. 等が例年、若干認められていた。これらは、石室内の常在菌と考えられるが、現在進行中の被害を及ぼしているわけではなく、大きな問題はないと思われた。

なお、定期点検の最終日に行われるパラホルムアルデヒド燻蒸は、新井英夫氏らによる方式に従い、行われてきた。しかし、この方法では、薬剤を気化したのちに石室に送るダクトで薬剤が再結晶するため、非常に高い殺菌効果が得られるわけではなかった（1995 年 3 月）。

< 取り合い部の工事（2001 年 2 月）以後 >

取り合い部の盛り土部分に少しずつ崩落が進んできたとの判断より、2001 年 2 月 13 日～ 3 月 2 日にかけて、取り合い部墳丘盛り土部分の崩落防止工事（盛り土部分の補強、樹脂処置）がとり行なわれた（文化庁）。

2001 年 3 月 25-28 日の定期点検時、取り合い部の石室外表面および墳丘盛り土部分に多量のカビが発生していることが確認された（写真 1）。カビはほぼ取り合い部全面を覆いつくしていたため、石室を開封・石室内の定期点検は中止され、取り合い部のカビの処置（パラホルムアルデヒド燻蒸、消毒用エタノールによる拭き取り、殺菌）が行われた。このとき、取り合い部に発生した部分から検出された主要なカビは、*Penicillium* sp.、*Aspergillus* sp.、*Fusarium* sp. など、石室内で例年検出されるものと同様のものが多かったが、ここ数年、石室内の調査では検出されていない *Cladosporium* sp. やそのほかの不明種などもみられた。

パラホルムアルデヒド燻蒸および消毒用エタノールによる殺菌・クリーニング作業の直後は、少なくともカビは効果的に殺菌されていた。

しかし、取り合い部の土は樹脂によって補強されており、カビの新たな栄養源が常に供給されている状態と考えられ、また環境の湿度は常に 95～100%RH であることを考えると、その後も完全にカビの再発を防止することは困難であることがその時点で予想された。

2001 年 4 月 24-25 日、全体的な発生量は 3 月よりは少なかったものの、取り合い部にカビの再発生がみられた。検出された菌種は 3 月の調査と同様であった。

2001 年 5 月 8-9 日、前回の殺菌処置からあまり時間があいていないためか、その時点の調査では、目視ではほとんどカビの発生がみられなかった。培養結果もそれと対応して、カビはほとんど検出されなかった。しかしながら、消毒用エタノールによる殺菌の効果は永続的なものではないので、今後も警

戒が必要であると考えられた。

2001年7月、取り合い部のカビが再発した。

殺菌処置を繰り返しても、カビの生育を抑えることは困難であった。

また、石室内の状況を確認できない状況が続いて石室の壁面の状態が懸念されたため、取り合い部の大発生をくい止め、内部の点検ができる状況にすることが必要であった。

当時タケダ薬品工業株式会社(現日本エンバイロケミカルズ)の防カビ剤関係の担当者に相談のうえ、処置法、薬剤等を検討した。その結果、「極めて湿度の高い環境での防カビ対策では、十分量の防カビ剤が添加されたある程度の厚みをもった塗膜を形成する必要がある。すでに樹脂が塗られているため、さらに上から防カビ剤を練りこんだ樹脂を上塗りし、塗膜を形成することによってカビの発生を減らす方法をとるしかない」と考えられた。

しかし、この部分の透水性を完全に遮断すると石室内の環境に望ましくない影響がでる可能性が指摘されたため、あくまでも通気性を維持する樹脂濃度で防カビ剤を使用せざるを得なかった。さらには、防カビ剤自体が劣化していくので、この効果は数年で衰えることが予想された。

2001年9月10-14日、取り合い部の殺菌、防カビ処置作業が実施された。

2001年9月20日、取り合い部の浮遊菌数の調査を実施した。その際は、バイオテスト社のRCS High Flow Air Samplerを用い、500リットルの空気を培地に吹き付け、生菌数を計測した。取り合い部のほか、古墳周囲の外気も採取した。

結果：

採取箇所	一般細菌(培地 TSM)	真菌(カビ)(培地 SDX)
古墳周囲の屋外(1)	100	158
古墳周囲の屋外(2)	136	156
取り合い部(1)	18	45
取り合い部(2)	24	30

その時点で取り合い部には、目視ではまったくカビが発生しておらず、浮遊菌数も上記のレベルであるので、石室内の安全確認を現段階で行って大きな支障はないのではないかと判断した。

2001年9月26-29日、石室内の調査が実施された。

石室を1年6ヶ月ぶりに開封したところ、石室内でところどころカビの発生が確認された(写真2)。彩色のある部分にはカビはほとんど確認されなかったが、カビの菌糸が確認された場所についてはエタノールをベースとした殺菌剤を含ませ、丁寧に除去作業が行われた。

2001年12月18-21日、取り合い部、石室内の調査が実施された。

防カビ処理の結果、取り合い部のカビの発生度はやや少なくなっはきたが、十分に抑えられたわけではない。石室内においても、壁面の複数の場所において顕著なカビの発生が確認された(写真3)。

取り合い部、石室内部の両方から、これまで培養で検出されたことのない、きわめて濃い褐色の色素を出すカビ(写真4)が検出された。食品分析センターに同定を依頼したところ、褐色の色素をもつ *Cylindrocarpon* sp.、また黒色の集落を呈する *Gliomastix* sp. のカビであることがわかった。

これらは、従来、ほとんど石室内で検出されなかったものであり、また褐色～黒色の濃い色を呈することから、今後、嚴重な注意が必要なものと考えられた。取り合い部、石室内部ともに、念入りな殺菌作業が行われた。

2002年1月8-10日、取り合い部のカビの発生量は、前回の殺菌処置からあまり期間があいていないこともあり、ごくわずかであった。石室内部には再び、白っぽいカビが発生していた。

培養結果では、主にこれまで石室でみられた常在菌（*Penicillium* sp.、褐色でない *Fusarium* sp. など）が中心であった。消毒用エタノール、および90%エタノールにより、殺菌処置が行われた。

2002年1月27-29日、取り合い部、石室内部ともに、カビの発生はごくわずかであった。

2002年2月25-27日、取り合い部、石室内部ともに、若干のカビの発生がみられたが、石室内部のもは密集したような状況ではなかった。培養結果からは、さほど問題のあるカビは検出されなかった。

2002年5月21-24日、石室内でカビの発生が続いている状況を受け、これまでのパラホルムアルデヒド燻蒸の方式ではなく、直接的に石室内部で、パラホルムアルデヒドガスを発生させる方式に変更した。今回の調査では、取り合い部では若干カビの再発生がみられたものの一時よりは落ち着いており、また石室内もさほど問題のある状況ではなかった。

2002年7月、取り合い部、石室内の調査が実施された

培養した結果、石室内は、ほぼ問題のないときの常在菌のレベルであった。取り合い部については、若干のカビを検出した。

2002年9月、取り合い部、石室内の調査が実施された。大きな異変はなかった。

培養した結果、石室内は、ほぼ問題のないときの常在菌のレベルであった。取り合い部については、若干のカビを検出した。

2002年10月、取り合い部、石室内の調査が実施された。

石室内に多数のムカデ、アリ等、生きた虫が侵入し、石室内の壁に黒い大きなしみが発生する（写真5,6）という大きな異変が発生した。石室内がこれまでより、湿っているように感じられた。

2002年11月、黒い汚れの原因微生物について同定を試みたが、培養してもこの時点では褐色、黒色を呈するカビは生育せず、最終的な同定は困難であった。

黒いカビ様の汚れ（青龍の下から殺菌処置前と処置後にそれぞれ採取）を光学顕微鏡で観察したところ、いずれにも褐色の有機物の塊のようなものが観察された（写真7,8）。かならずしも活性状態にあるカビの菌糸様のものが観察されたわけではないが、一部に *Fusarium* sp. の大型分生子に似た形状のものや、厚膜胞子のなれのはてと思われるような構造がみられるため、黒色の汚れは、現在は活性状態にはないカビの厚膜胞子等による褐色の成分が主因ではないかと考えられた。

2002年12月、青龍の下から採取された黒色の汚れから、微生物を分離、同定したところ、*Fusarium* sp.

および *Trichoderma* sp. が検出された。今回、検出された *Fusarium* sp. は褐色にはならないことから、黒いカビ様のよごれに直接関係するかどうかは疑問であり、おそらく褐色、黒色のカビは、すでに採取した時点では生存していなかったものと思われる。

5 . 2003 年 3 月緊急対策委員会設置後以降の記録

< 2003 年 3 月緊急対策委員会設置後の経過 >

その後の全体的な対策については、「国宝高松塚古墳壁画緊急保存対策について」(文化庁文化財部) に詳しいが、以下にとられた対策および現状をおおまかに述べる。

(墳丘) 降雨の後、取り合い部の天井から水がしたたっていた等の近年の観察結果を受けて、雨水の影響が懸念されていた。雨水のしみこみを防ぐため、その結果、2003 年 9 月墳丘の竹や枯木を伐採し、遮水シートがかけられた。さらに、一般通路から多量の雨水が墳丘へ浸入するのを防ぐため、2003 年墳丘の北側・東側に排水溝が設置された。

墳丘から石室内に侵入してくるアリなどの昆虫の対策としては、まずアリの対策として、2003 年 8 月にベイト剤の使用を試みられたがあまり効果がなかったため、ピレスロイド系殺虫剤を含浸させたナイロン製ネットで巣や通路を覆い、効果があった。

枯木の根周辺に生息すると考えられるワラジムシなどの侵入は依然として続いていたため、今後の対策として枯木の根の除去を行なう必要があるとされた。

2004 年 10 月からは墳丘の発掘調査が行なわれており、その際に遮水シートは撤去され、発掘のための仮覆屋がかけられている(2004 年 10 月~2005 年 4 月初旬現在)。

(取り合い部) 取り合い部にはカビが依然として散発的に発生していたため、効果的な防カビ対策が必要とされた。2003 年 8 月、再度、防黴剤(コートサイド 123)とキシレンに溶かしたアクリル系樹脂(パラロイド B72)を混合したものを擬土部分に塗布する処置を行なったが、かえってカビの再発をみたため、2003 年 11 月、ついに擬土部分の除去を行ない、土壌表面にポリシロキサン樹脂を何回かにわたって塗布することになった。この措置により、取り合い部のカビの発生は、非常に少なくなった。

(石室) 墳丘の枯木を伐採したのちでも、アリやワラジムシなどの石室への侵入は相変わらず止まっていない。昆虫類が侵入すると、壁面でカビの胞子を運ぶほか、歩行することによる漆喰面への物理的な損傷も懸念される。また、その死骸にカビが発生するため、侵入の防止が必要である。そこで、2003 年 9 月より石室内の間隙部に通気性を保持した素材をつめて目止めする作業が行なわれたが、完全に阻止することは困難であった。目止めを行なったあとは、侵入数はやや減少したように思われるが、依然として侵入は続いている。

(2003 年の石室内のカビの状況)

2003 年 4 月~2003 年末、カビの発生そのものは、しばらくは落ち着いた状況にあった。しかし、点検の際には壁画の上をワラジムシが歩行しているのがみつかると等、虫の侵入は止まっていなかった。

石室内は、体感では、とくに天井部分で以前より“乾いている感じ”がするとのことであった。

< 2004 年初めから 6 月までのカビの状況 >

しばらく沈静化していたカビが、2004年2月頃から再び小規模ながら観察され始めた。取り合い部では、若干、白いカビが発生する場合があった。石室では、以前にカビが生えたあとの黒いしみの上に再び白いカビの菌糸が発生している場合や、その他の箇所にもカビが発生している場合があった。また、石室内ではこれまでと同様にワラジムシやダニなどが生存、歩行していた。

検出されたカビの主要なものは、*Penicillium* sp. および *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp. などであり、これらは、いずれも2001年のカビの大発生をみる以前の定常状態のころからよく検出されていたカビと同種のものであり、とくに黒い色素を出すものは見い出されなかった。

2004年5月19日の点検

杉山純多東京大学名誉教授に同行いただき、石室内のカビを調査した。このときの試料の採取場所と結果は以下の通りである。

Fusarium sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. などが従来と同様に、主要なカビとして検出された。これらのカビは、土壤に一般的に見出されるものであるが、種類は多くはなくかなり限定された属のみが見出された。石室、取り合い部ともに、カビの種類は似通っていた。この時点では、とくに濃い色を出すカビは主に検出されていないが、2004年に入ってカビが発生する度合いが上昇しているため、警戒を要する状況であると考えられた。またダニが検出され、ダニによってカビの被害が拡大する危険性があることが指摘された。

採取場所：

- T 4519-1 取り合い部，石室南閉寒石，西側上面，白色コロニー
- T 4519-2 取り合い部，石室南閉寒石，中央下部，緑色コロニー
- T 4519-3 取り合い部，盗掘口下面，樹脂カバー，小球状緑色コロニー
- T 4519-4 取り合い部，石室南閉寒石，中央下部，綿状緑色コロニー
- T 4519-5 石室内床面，白色コロニー
- T 4519-6 石室内床面，ガーゼ上，白色コロニー
- T 4519-7 石室内床面，緑色コロニー
- T 4519-8 石室内，西壁
- T 4519-9 石室内，東壁
- T 4519-10 石室内，西壁近傍，漆喰

表 1. 高松塚古墳から分離した菌類(カビ)一覧. (2004/09/10 現在)

サンプル採取位置 Sample No. (T4519)	取合部				石室内					漆喰	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Acremonium</i> sp. (sect. <i>Gliomastix</i>)											
<i>Arthrobotrys</i> sp.											
<i>Cylindrocarpon</i> sp.											
<i>Fusarium</i> sp. 1											
<i>Fusarium</i> sp. 2											

<i>Fusarium</i> sp. 3												
<i>Fusarium</i> sp. 4												
<i>Fusarium</i> sp. 5												
<i>Fusarium</i> sp. 6												
<i>Fusarium</i> sp. 7												
<i>Fusarium</i> sp. 8												
<i>Fusarium</i> sp. 9												
<i>Fusarium</i> sp. 10												
<i>Fusarium</i> sp. 11												
<i>Fusarium</i> sp. 12												
<i>Gliocladium</i> sp. 1												
<i>Gliocladium</i> sp. 2												
<i>Gliocladium</i> sp. 3												
<i>Paecilomyces</i> sp. 1												
<i>Penicillium</i> sp. 1												
<i>Penicillium</i> sp. 2												
<i>Penicillium</i> sp. 3												
<i>Penicillium</i> sp. 4												
<i>Penicillium</i> sp. 5												
<i>Penicillium</i> sp. 6												
<i>Trichoderma</i> sp. 1-a												
<i>Trichoderma</i> sp. 1-b												
<i>Trichoderma</i> sp. 2												
<i>Trichoderma</i> sp. 3												
<i>Trichoderma</i> sp. 4												
<i>Trichoderma</i> sp. 5												
<i>Trichoderma</i> sp. 6												
<i>Trichoderma</i> sp.7												
<i>Trichoderma</i> sp.8												
<i>Verticillium</i> sp. 1												
<i>Verticillium</i> sp. 2												
Sterile mycelium 1												
Unidentified yeast T-1												
小動物の発生				ダニ			ダニ	ダニ				線虫・ダニ

表中の 印は、菌の出現を示す： は湿室培養法、 は塗抹培養法

2004年7月15-17日の点検

取り合い部には、従来通り数カ所に白いカビが発生、石室内部にはムカデ、ハサミムシ、ワラジムシなどがあり、死骸には白いカビが発生していた。壁画面は、従来とは異なる状況を呈していた。壁画面が、従来よりも、より湿っている感じになり、粘り気のある汚れや、ダニなどが見い出された(写真9, 10)。石室壁面に、新たなカビはみられなかったが、白虎の足の付近に、やや茶色見を帯びた乳白色の水分をふくんだ粒状のものが発見された(写真9)。滅菌綿棒採取試料からは、カビのほか酵母が分離された。消毒用エタノールやパラホルムアルデヒド燻蒸により石室を処理した。

2004年8月11日の点検

石室の壁画面はあいかわらず湿っており、拡大観察でダニや粘性のある汚れが多数認められた。また、白い菌糸や青緑色をした粘性のあるカビ様のものが観察された箇所もあった。パラホルムアルデヒドにより燻蒸が行なわれた。

2004年9月6-7日の点検

西壁南側群像上には、白い菌糸の湿り気のあるカビが広範囲に発生し(写真11)、東壁青龍前方には、2002年にみられたものと類似の黒い汚れが発生していた(写真12)。石室の壁面は、かなり湿り気、粘り気があり、ダニが多数認められ、このまま有効な対策がとれないと、劣化が急激に進行するきわめて危険な状況であると判断された。壁面では生きたワラジムシが歩行しており、壁面が微生物や、ダニ、昆虫などの死骸や排泄物などによって富栄養化している危険な状況と考えられた。

黒い汚れを一部採取して、顕微鏡で観察したところ、ダニの死骸が多数みられ、その死骸から、幾種類ものカビの菌糸が発芽、成長している様子が観察された(写真13)。

この状況では、急速に壁面の劣化が進行するのは、必定であり、すみやかに、微生物やダニ、昆虫の活動を阻止する必要がある、緊急事態と考えねばならない。生物による劣化は、いったん加速が始まると、生態系が形成され、もとの基質は急速に分解されていく。このような事態では、できるだけ早期に抜本的な対策をとる必要がある。

2004年12月21日の点検

2004年12月21日、文化庁美術学芸課による点検が行なわれた際、天井に直径5センチメートルほどの輪状に黒いカビが発生しているのが発見された。また、西壁女子群像の上にも若干の黒ずみがみられた。また、西壁の男子群像の左上にも白いカビが発生していた。

さらに、石室の中の温度は、2004年12月時点で21.4と高かったため、カビの発生には最適であった。早急に低温に移行する方法が必要であると考えられる。その際には、天井や壁面への結露を避けるための方策をとる必要がある。

引用文献

- 1)文化庁：『国宝 高松塚古墳壁画 -保存と修理-』(1987)
- 2)新井英夫：高松塚古墳壁画の微生物学的環境とその対策、『国宝高松塚古墳壁画 -保存と修理-』,文化庁, pp.186-196 (1987)

- 3) 関野克, 三浦定俊: 高松塚と保存対策, 「月刊文化財」230, 4-11 (1982)
- 4) 濱田隆: 高松塚古墳壁画の修復について, 「月刊文化財」230, 12-18 (1982)
- 5) 渡邊明義, 増田勝彦: 高松塚古墳壁画の修理器具と使用材料, 『国宝高松塚古墳壁画 -保存と修理-』, 文化庁, pp.154-156 (1987)



写真1. 取り合い部工事の後，2001年3月25-28日の点検時に取り合い部で発生していたカビの様子
上：石室外側閉塞部上面 中：石室外側上 下：石室外側右側面



写真2. 2001年9月26-28日、東壁、青龍付近の様子
2001年2月の取り合い部の工事-カビ大発生以来、初めて石室を開封したときの様子



写真3. 2001年12月18-21日の点検時に石室内で発生したカビの様子
東壁青龍付近

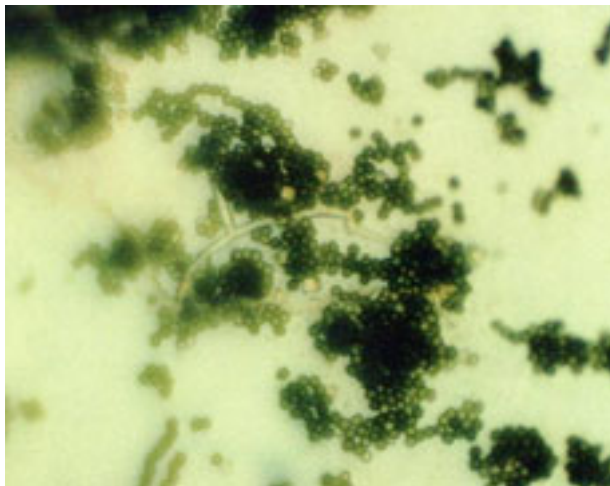
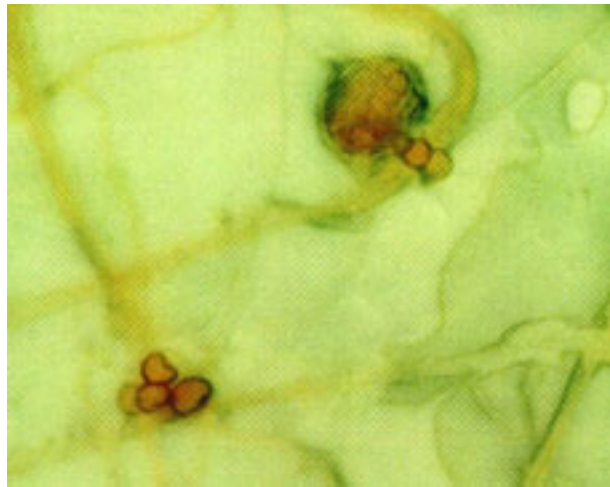
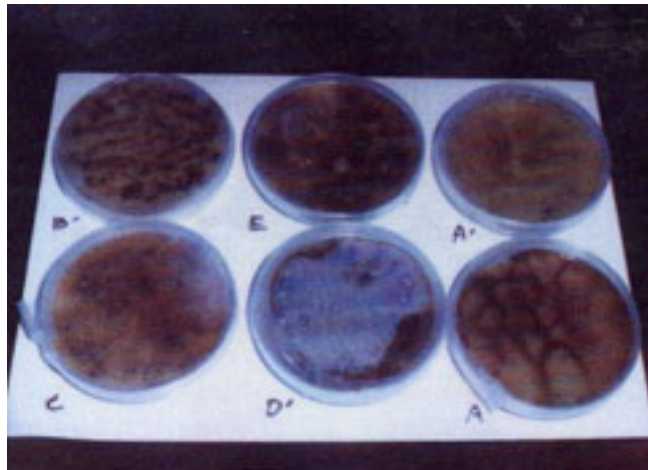


写真4. 2001年12月18-21日の点検時に石室内 / 取り合い部の
拭き取り試料より検出された褐色・黒色のカビ

上 培養したプレート (MA) 中 玄武下の拭き取り試料、褐色のカビ、明視野顕微鏡写真 (400倍)

下 青龍下の拭き取り試料、黒色のカビ、明視野顕微鏡写真 (400倍)



写真 5. 2002 年 10 月 28-30 日の点検時に東壁の青龍付近にみられた黒色の汚れ



写真 6. 2002 年 10 月 28-30 日の点検時に女子群像付近にみられた黒色の汚れ

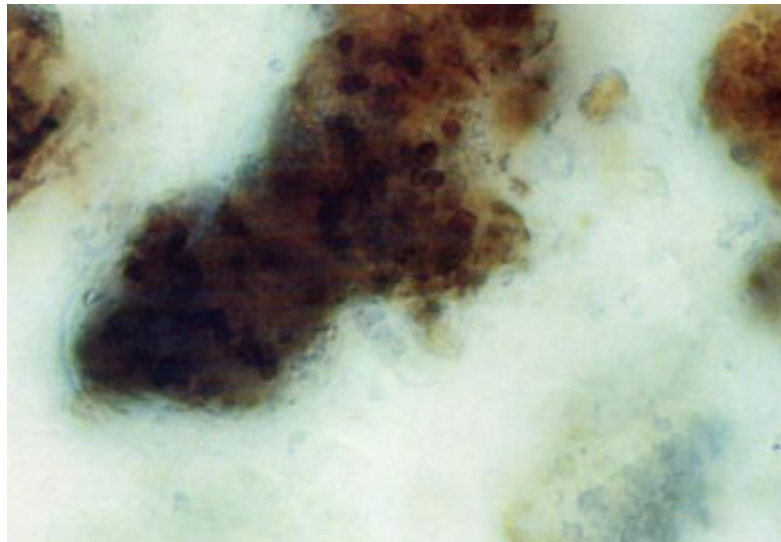
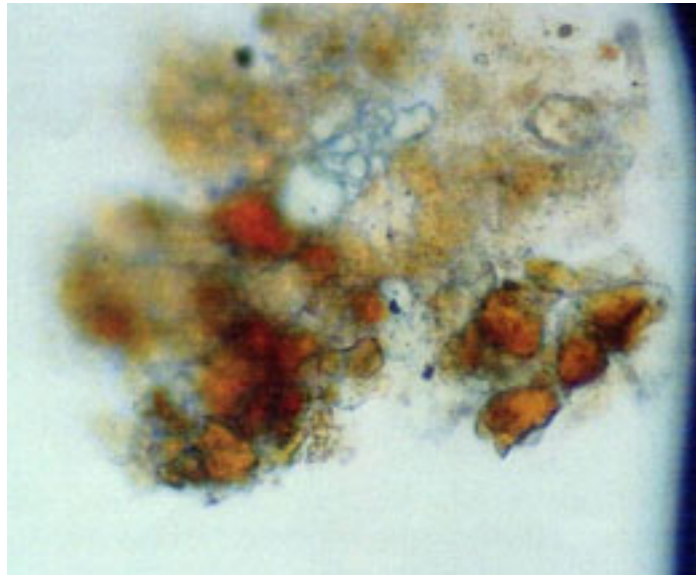


写真7. 2002年10月28-30日の点検時に東壁の青龍付近にみられた黒色の汚れの観察像
明視野顕微鏡写真 (400倍)

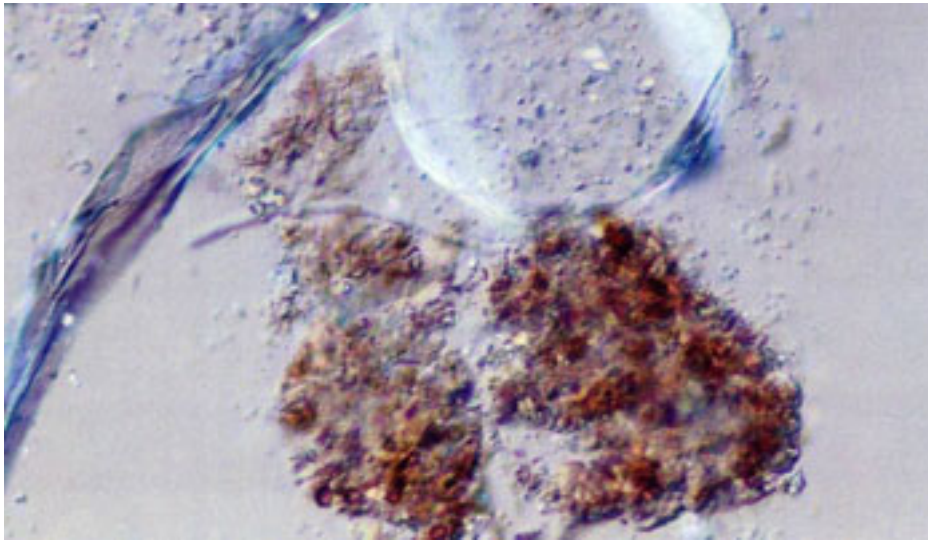
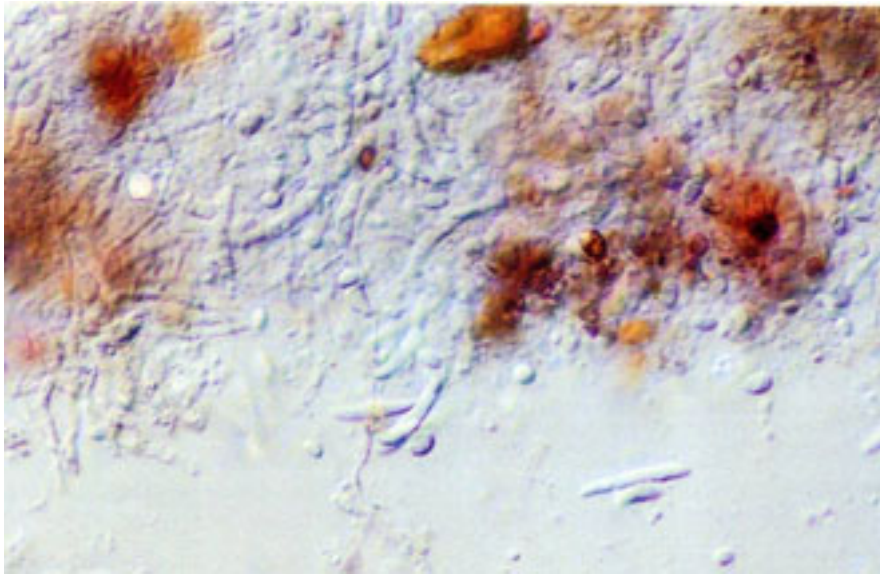


写真 8. 2002 年 10 月 28-30 日の点検時の石室内の黒色の汚れの観察像
微分干渉顕微鏡写真 (470 倍)

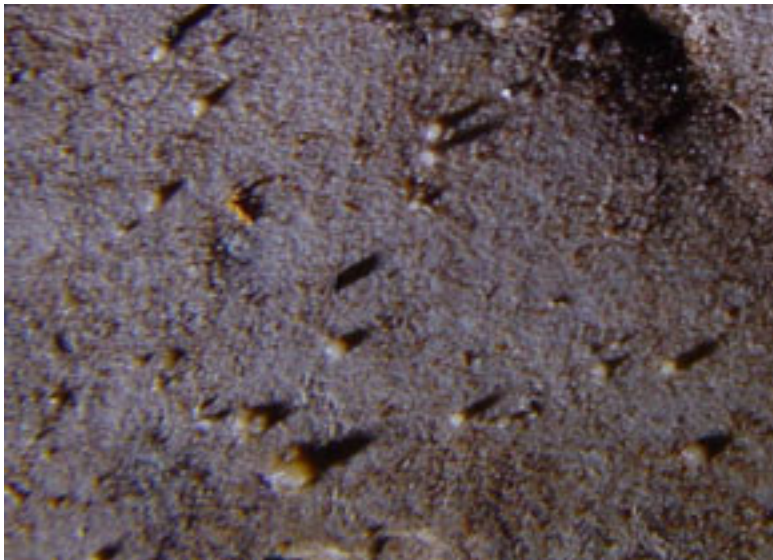
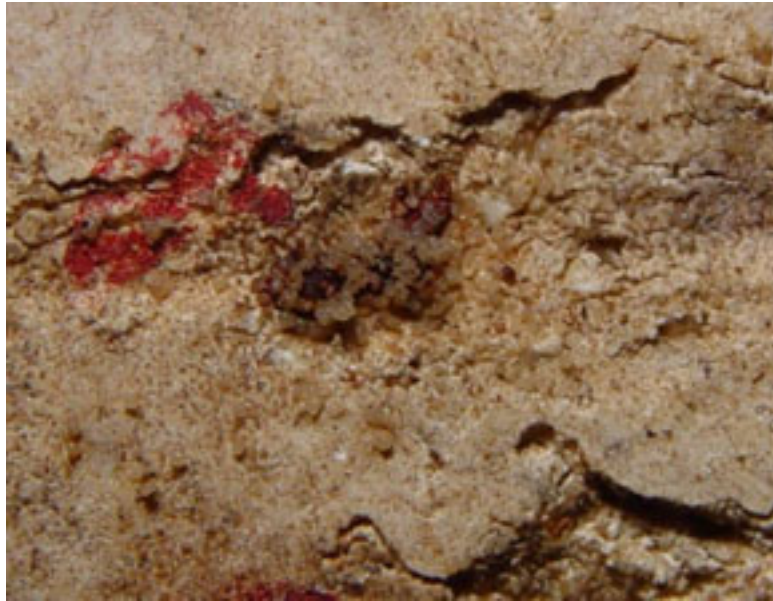


写真 9. 2004 年 7 月 15-17 日の点検時に壁面にみられた粘性のある塊状の物質

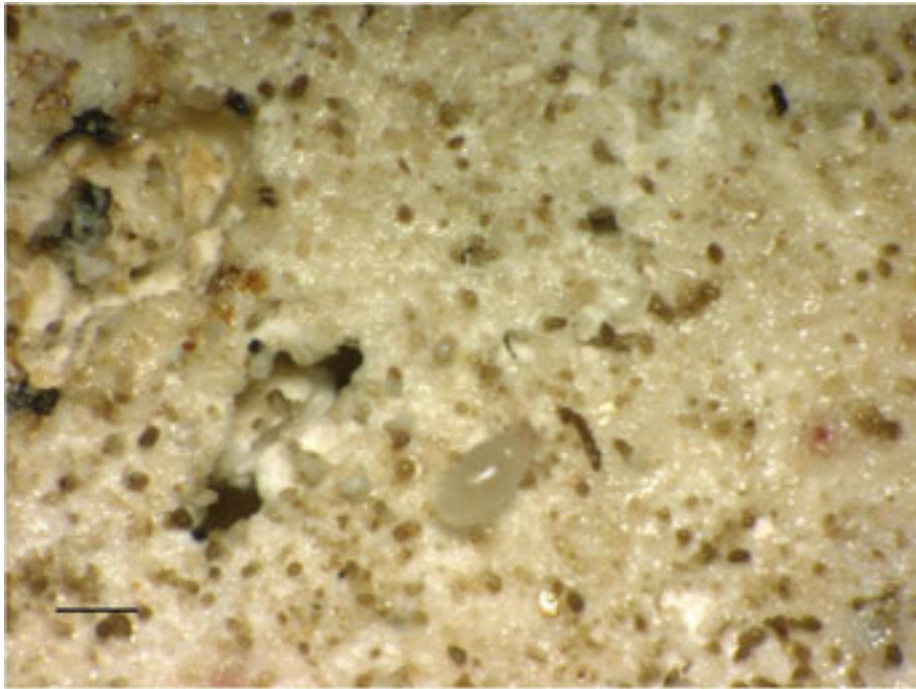


写真 10 . 2004 年 7 月 15-17 日の点検時に壁面にみられたダニ
バーは、約 1mm



写真 11 . 2004 年 9 月 6-7 日の点検時に発見された西壁群像付近の白いカビの菌糸



写真 12 . 2004 年 9 月 6-7 日の点検時に新たに発見された青竜前方の黒い汚れ

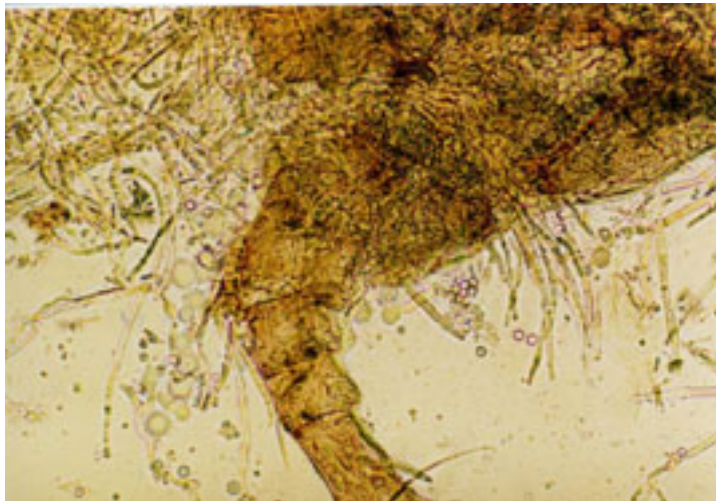
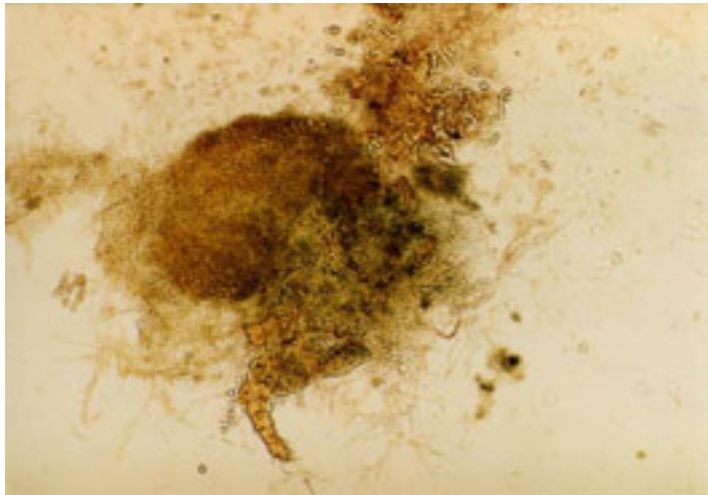
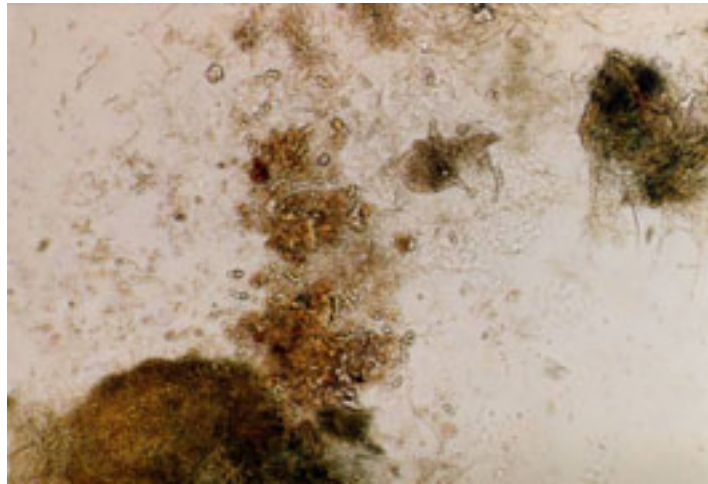


写真 13.2004 年 9 月 6-7 日の点検時に発見された青竜前方の黒い汚れを一部採取して顕微鏡で観察したもの
ダニの死骸とその死骸から、カビの菌糸が伸張している様子が観察される。

上、中 100 倍 下 400 倍