

キトラ古墳の前室および石室における菌類調査報告

木川 りか・佐野 千絵・間渕 創・三浦 定俊

1. はじめに

キトラ古墳は、高松塚と同時代の壁画を有する古墳であり、2002年に文化庁により調査のための覆い屋が建設され、発掘計画が進められた。本稿では、文化庁の受託研究の一環として、2003年7月以降、キトラ古墳の発掘に伴うカビの発生状況と菌種の調査を担当した結果を報告する。

2. 発掘調査が始まるまでの状況

キトラ古墳の墓道部の発掘の準備に伴い、2003年7月以降、小前室内部、墓道部周辺墳丘土等にてカビが顕著に発生した。この時、小前室内部は結露水でつねに濡れており、消毒用エタノールで処置しても、すぐにカビが再発する状況であった。カビの防除策を考慮する一方で、作業者の安全対策を考慮するため、主要なカビの種類の同定を行なった。

なお、このうち、墳丘土におけるカビの大発生の問題は、墳丘土がポリシロキサン系の樹脂ER-002（（株）ケミカルプロセスシーピー）で2回処置されたのちビフォロン（同社製）で仕上げ処置されたことと、小前室の天井部の結露対策が行なわれたことによって、大幅に改善された。

2-1. カビの培養，同定方法

発生したカビを、滅菌綿棒にて採取し、MA培地にて培養し、主要なカビを調査した。容易に同定ができない種については、（財）日本食品分析センターに詳しい同定を依頼した。

2-2. 結果

(1) 2003年8月、盗掘口付近の土のうの下でみつかった白い菌糸の塊

観察の結果、菌糸に担子菌類（キノコのなかま）に特有のクランプ構造がみられたため、キノコのなかまと考えられた。

(2) 2003年9月に小前室より主に検出されたカビ

Trichoderma sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. （以上、不完全菌類）, *Cunninghamella* sp. （接合菌類）などが主要な種として検出された。

2-3. 所見と考察

いずれも、土壌のなかに一般的にみられるカビである。一般的には、*Fusarium* sp. や、接合菌類には、薬剤耐性の高いものが多いと言われ、安易な防カビ剤による処理は、効果の面からも作業環境の問題からも避けるべきであると考えられた。また、日和見感染を起こすカビもあるので、カビが大発生しているときに作業を行う際は、カビを吸入しないよう十分な性能のマスクや手袋を着用し、作業後は手洗い・うがいを行うなどの注意を促した。

この後、青木、佐野らによって進められた小前室の土のポリシロキサン系の樹脂による処置

と結露対策の組み合わせは、小前室のカビ対策に大きく貢献した。

3. 発掘調査開始以降の石室等でのカビの状況

キトラ古墳の墓道部の発掘に伴い、2004年3月以降、石室入り口や石室内等にかビが発生している。ただし、キトラ古墳の発掘中は、つねに監視の目が行き届いているため、関係者の多大な努力によって、カビの発生をみると即座に殺菌、除去作業が行なわれてきたため、壁面に繁殖が広がるような事態には至っていない。カビが発見された場合は、滅菌綿棒で採取された試料を培養し、主要なカビの種類を調査した。カビが発生した箇所については、局所的に消毒用エタノールにより念入りに殺菌作業が行なわれ、必要な場合にはパラホルムアルデヒド燻蒸が行なわれた^{注1)注2)}。

現在のところ、石室からは、黒色など濃い着色を伴うカビは検出されていないが、小前室側の石室の天井石側面には、黒から褐色の剛毛のような構造をもつカビ（後述）が発見されており、このような濃い色で、かつ除去が困難なカビが石室内の壁画面に移らないよう、今後厳重な警戒が必要である。

注1) パラホルムアルデヒド燻蒸は、従来高松塚古墳の石室においても行なわれてきた殺菌法である。局所的なカビの処置だけでは心配がある場合に使用されてきた。キトラ古墳石室におけるパラホルムアルデヒド燻蒸の日時と使用薬剤量は、以下の通りである。2004年2月7日 6g、2月13日 6g、3月21日 6g、4月9日 9g、4月30日 12g、5月20日 4g、6月16日 12g、7月3日 12g、7月16日 10g。これ以降は、必要がなければ特に行なわないこととし、本原稿執筆の時期（2004年12月現在）までの間は、パラホルムアルデヒド燻蒸は行なわれていない。

注2) パラホルムアルデヒドによる影響がもっとも懸念されるのは、漆喰壁の鉛系の顔料であるが、漆喰の成分については、部分的ではあるが、2004年の2件の調査による知見がある。早川（泰弘）・佐野によるEDAX（株）蛍光エックス線分析装置XT-35による南壁の朱雀の赤色部および周縁部の白色の漆喰の現地調査では、朱雀赤色部からは水銀が検出されており、赤色部と白色漆喰面のいずれから鉛は有為に検出されていない。また、肥塚らによる石室E区の白色漆喰片（顔料なし）のICP発光分光分析法および原子吸光法による分析によると、漆喰片の酸化鉛含有量は極めて少なく、原料にもともと含まれる微量成分程度であると考えられている*。

*奈良文化財研究所埋蔵文化財センター Conservation Information Networks NNRICP Vol011、12月号

3-1. 2004年3月～4月の状況

西壁入り口付近に緑色のカビのスポットが、また、流入土表面にも白いカビの菌糸が発生した。南壁にも白い菌糸が発生したため、絵のない部分については、滅菌ガーゼに消毒用エタノールをしみこませて湿布を行なうことにより、殺菌が行なわれた。絵の上の部分のカビは、修復家によりエタノールを浸した筆により、注意深く殺菌された。

MA 培地に塗布し、室温にて培養したところ、緑色のカビは、*Trichoderma* sp.（主に2種類、TBK-1、TBK-3）その他は、*Penicillium* sp.（TBK-2）が主要なカビとして検出された（写真1，2，3）。いずれも、土壌のなかに一般的にみられるカビである。

なお、TBK標記は、キトラ古墳関係で分離され、東京文化財研究所において保存菌株になっ

ているものであることを示す。

3-2. 2004年5月の状況

石室外の天井石側面に直径10cmほどのカビが発生していた。石室内、東壁の上端から天井石すき間にかけて、および石室内、墓道の壁面にカビが発生していた。

MA培地に塗布し、室温にて培養したところ、石室外の天井石側面に直径10cmほどの範囲からは、*Acremonium* sp., *Penicillium* sp. (濃い色のもの) が検出された。*Acremonium* sp. は、やや黒っぽい灰色を呈するものであった(写真4)。そのほかの部分からは、*Trichoderma* sp.が主要なカビとして検出された。

小前室側のほうが、石室側よりもカビの種類が多く、前述のカビ、数種類の*Penicillium* sp.のほか、粘菌様の黄色い菌などの未同定のカビが検出された。

3-3. 2004年6月～7月の状況

石室内にカビが発生しているのが発見された。修復の専門家により、翌日の16日、消毒用エタノール塗布あるいは消毒用エタノールによる湿布処置が施されて殺菌されたのち、パラホルムアルデヒド燻蒸が行なわれた。

石室から見い出されたものは、*Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. が主要種であり、これまで石室内でみられたものから、ほぼ大きな変化はなかった。

パラホルムアルデヒド燻蒸は、石室内のカビの密度を減らすのには役立つと思われるが、カビのコロニーが残っている場合などは、燻蒸のみでは十分に殺菌するのは難しいといえる。小規模のうちに被害を発見し、手作業で殺菌を行なったのちに燻蒸を組み合わせれば、ある程度の効果は発揮されと考えられる。

3-4. 2004年8月の状況

2004年8月初旬に石室内にて、剥離している部分の壁面のはぎとり、保護作業が行なわれた。青龍付近の壁面を無事、保護したあと、その下にカビの菌糸が発見されている(写真5)。なお、無事保護された壁画は、脱酸素剤(RP system-Kタイプ、三菱ガス化学株式会社)とともに封入され、脱酸素環境でカビの発生を抑制した状態で保存されている。

一方、小前室側の石室の天井石前面の閉塞石近傍に、黒から褐色の剛毛のような構造をもつカビが発見されていたため、8月下旬の調査時に、その一部が採取され、応急処置として、消毒用エタノールによる湿布を行なうこととなった。

杉山純多東京大学名誉教授による同定の結果、*Phialocephala* sp. のカビ(写真6)であることがわかった。黒褐色を呈し、とげ状の堅固なカビであるため、今後拡大しないよう、厳重な対策が必要である。

3-5. 2004年9月～12月の状況

現在までは、関係者の努力により石室の監視体制が整っているため、カビの早期発見と処置が行なわれている。このおかげで石室内でカビが大発生するような事態には至っていない。

しかしながら、石室内では、依然として、*Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. などが主要種として小規模ながら発生しており、警戒を怠れない状況である。

また、小前室においても、小規模ながら土の部分へのカビの発生がみられるため、繰り返しビフォロンによる樹脂処置のメンテナンスが行なわれている。さらに、閉塞石近傍の

Phialocephala sp.の発生範囲が拡大したことから、9月29日に次亜塩素酸ナトリウム10%溶液（水酸化ナトリウム0.4%含有）で30分湿布し、その後、石材表面を歯ブラシをあてた状態で10回振動させ、水でぬらした紙タオルで拭き取るという方法で除去作業が行なわれた。しかし、根絶に至っておらず、繰り返し処置が続けられている状況である。

4. ま と め

ここでみられた例のような、相対湿度がほぼ100%の古墳環境においては、常にカビの発生による被害と隣り合わせの状況といえる。関係者の多大な努力によって、カビ等の発生と戦いながら、現在壁画のとりはずし作業が進められている。本記録が、今後、同様の環境でのカビ等の微生物制御について、情報を提供することになれば幸いである。

謝辞

カビの同定にあたりましては、杉山純多東京大学名誉教授、（現NCIMB Japan学術顧問）、および（財）日本食品分析センター、微生物試験課、馬場浩氏にお世話になりました。記して心より感謝致します。

キーワード：古墳 (Tumulus)；カビ (Moulds)

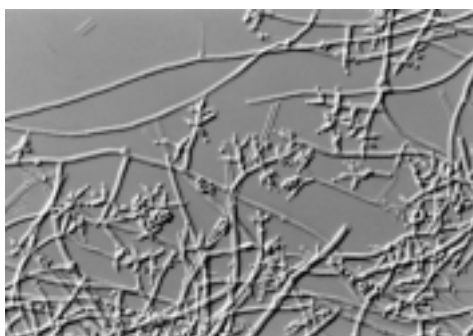
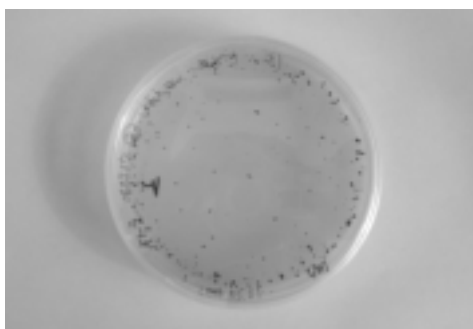


写真1 2004年3月に石室内で発生した
Trichoderma sp. (TBK-1)
上 培養したプレート (MA)
下 微分干渉顕微鏡写真 (490倍)

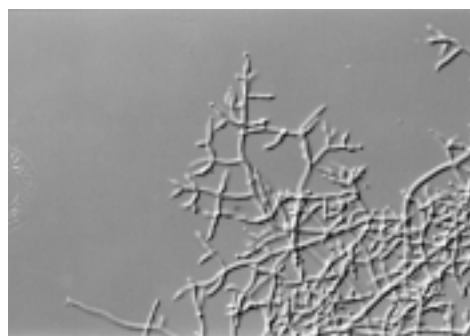
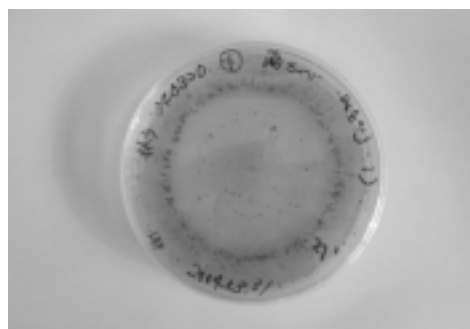


写真2 2004年3月に石室内で発生した
Trichoderma sp. (TBK-3)
上 培養したプレート (MA)
下 微分干渉顕微鏡写真 (490倍)

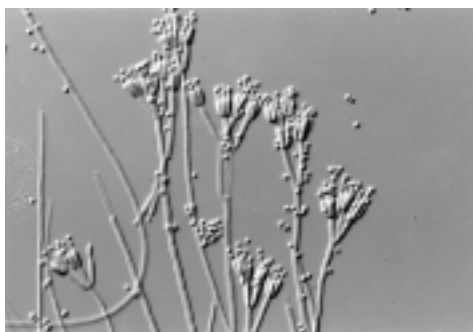
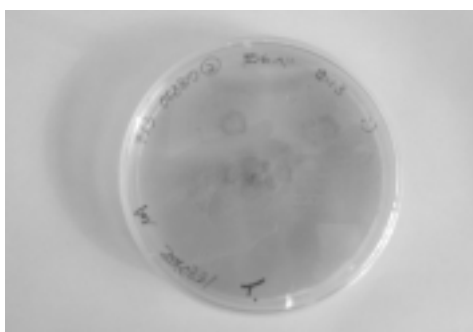


写真3 2004年3月に石室内で発生した
Penicillium sp. (TBK-2)
上 培養したプレート (MA)
下 微分干渉顕微鏡写真 (490倍)



写真4 2004年5月に石室外の天井石側面で
検出された *Acremonium* sp.
上 培養したプレート (PDA)
下 微分干渉顕微鏡写真 (980倍)

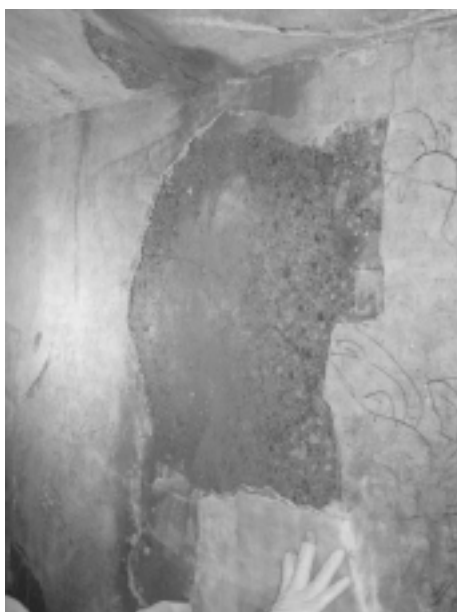


写真5 2004年8月に東壁の青龍を取り外した跡に見られたカビ
(写真提供 川野邊渉)

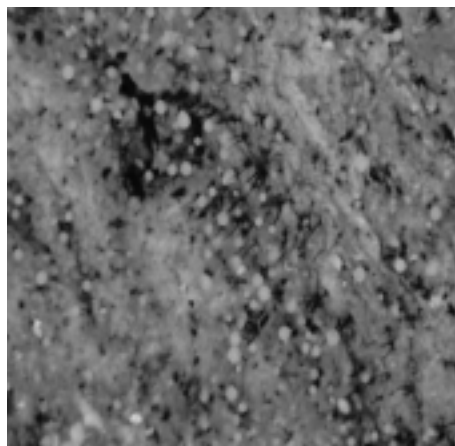


写真6 2004年8月に石室外の天井石側面で発生したカビ
上 現地での拡大画像 (50倍)
中 明視野顕微鏡写真 (100倍)
下 明視野顕微鏡写真 (400倍)
バーの長さは0.1mm

Investigation of Moulds in Kitora Tumulus during Its Excavation and Restoration Works

Rika KIGAWA, Chie SANO, Hajime MABUCHI and Sadatoshi MIURA

Moulds seen in Kitora Tumulus in Nara in the course of excavation and restoration works were examined. On the soil part of the front room of the tumulus, there had been a major outbreak of moulds in 2003 owing to condensation. The major species were *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Cunninghamella* sp. and Basidiomycetes. But the outbreak was repressed after treating the soil part of the walls of the front room with a synthetic resin, Vipholon (cross linking product of ER-002, C&P), and its repeated maintainance.

In the course of the excavation of the tumulus and restoration works of the mural paintings in 2004, some moulds were seen in the tumulus. Major species seen inside the tumulus were *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. and *Fusarium* sp. Other kinds of species such as *Acremonium* sp., *Phialocephala* sp. and several kinds of *Penicillium* sp. were also seen in the front room. *Phialocephala* sp. was found on stones in the front room, and it was a very tough mould which was difficult to remove. Great caution and care must be taken to keep the mural painting safe from mould damage.

