

〔報告〕キトラ古墳の微生物等の状況報告（2007）

木川 りか・間渕 創・佐野 千絵・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、2004年に石室の発掘が行われた。その後、現在に至るまで壁画の取り外し・保護作業が進められている。前報^{1,2,3)}において、2003年から2006年までのキトラ古墳石室等における微生物等の状況を報告したが、本報告では、これまでの概要とともに2007年の状況をまとめる。

2. 2004年から現在までの概要

2004年1月末から開始された石室内の調査、発掘、壁画の取り出し・保護作業に伴い、2004年3月以降、石室入り口や石室内にカビは継続的に発生している。現在までおよそ週2回のカビ等の点検・殺菌作業が文化財研究所によって行われており、壁画への被害拡大を抑制するために最大限の努力が続けられている。これまで、主要なカビ等の種類を調査するとともに、壁画にできるだけ影響の少ない薬剤を選定し、念入りに局所的な殺菌作業を行ってきた。しかし、相対湿度が100%に近い高湿度の石室内で微生物の繁殖を抑制することは非常に難しく、石室内の微生物の多様性は徐々に増していき、2005年夏以降には、バクテリアを主体としたねばねばしたゲル状の物質（バイオフィーム）が壁面を覆うように発生し、それを基盤としてカビなどの菌類も繁殖しやすい状況となった。また、2005年に石室内の漆喰のところどころに穴が生じ、拡大していく現象が確認された。また、石室内に残っている漆喰の色も、繰り返し微生物等が発生することによって、年々着色が進み、漆喰そのものの堅牢性にも影響がでている。場所によっては、漆喰がすかすかになっているところや、まるで漆喰が溶けているように見受けられる場所もあり、有機酸などの微生物の代謝物との関連も憂慮されている。

現在、側壁については、確認できる絵画部分の取り外しは修復関係者の多大な努力により完了したが、天井の天文図については一部を除いて2007年12月現在ではまだ石室のなかにある。可能な限り早期の壁画の取り外し・保護作業が進められているなか、少しでも微生物による劣化を遅くするため、2006年からは新たに抗菌剤（ケーソンCG相当品⁴⁾）の使用なども検討された。しかし、抗菌剤もある期間（およそ1ヶ月）おけば分解してしまい、効果が落ちてくるため、取り外しの時期とにらみあわせ慎重に使用する必要がある。現在、点検においては、基本的には丁寧にカビなどを物理的に除去したあと、殺菌するという方法を継続しているが、微生物の被害は累積していき、絵画も汚損してきているため、一刻も早い天井天文図の取り外し・保護が待たれている。

*ケーソンCG相当品： アモルデン F S-14D（大和化学工業株式会社）

有効成分 5-クロロ-2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オン，2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オン原液には、それぞれの成分がおよそ1.0-1.3%，0.30-0.42%含まれる。

3. 天井などの漆喰の汚損や侵食について

天井などを中心に漆喰表面へのカビなどの発生は継続的に起こっている(写真1)が、2007年6月頃から表面には明らかに微生物が繁茂しているようにはみえないにもかかわらず、漆喰が青色や黒色がかかった色に変色する現象が目立つようになった(写真2, 3)。

2005年9月ごろから漆喰に穴が生成する現象が観察され、取り外した漆喰を観察すると、このような穴は裏面から生成してきているように見受けられた²⁾。今回の変色も漆喰の表面というよりは、裏面からの侵食を反映している可能性も考えられる。このような変色現象に対しては、今のところ有効な対処法がみつかっておらず、可能な限り早期の壁面の取り外しが切望される。

そのほか、天井部では昨年と同様³⁾、依然として漆喰の侵食がみられる箇所があり、とくに南側の絵のない部分を中心に漆喰が黒色化してねばねばした様子に変化し、剥離してくる現象がみられる。このような部分についても、バイオフィルムに含まれる微生物が原因である可能性から、可能な部分については抗菌剤(ケーソンCG相当品⁴⁾)を10倍希釈濃度で塗布したのち、順次取り外しが行われている。

また、2007年5月ごろから南壁の朱雀を取り外した後の面や、西壁上などに赤色のスポット(写真4)が出現した。その部分からはわずかにピンク色のゲルが採取され、直接観察や微生物分離が試みられたが、その赤色の原因となる微生物ははっきりしていない⁵⁾。しかし、バイオフィルムに含まれる微生物が原因である可能性があることから、抗菌剤(ケーソンCG相当品)を原液の10倍希釈濃度で塗布した。その結果、塗布したところについては、その後、赤色部の拡大はみられていない。



写真1 天井の漆喰表面に発生したカビの例 (2007年7月24日)

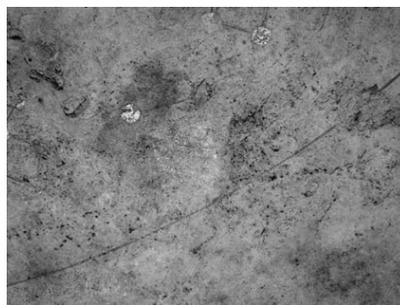


写真2 天井部の青黒い着色 (2007年8月10日)
(写真提供: 川野邊渉)

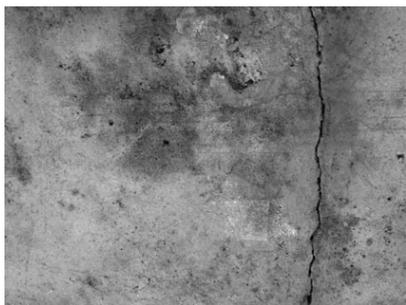


写真3 天井部の褐色の着色 (2007年8月10日)
(写真提供: 川野邊渉)

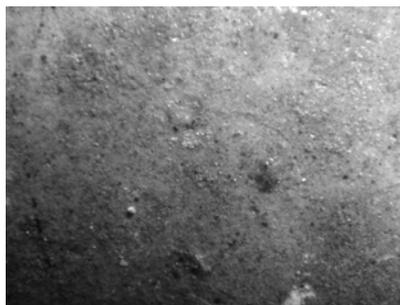


写真4 壁面の赤い着色 (2007年5月4日)

4. 天井・壁面の微生物の種類と処置について

2006年4月末から天井の天文図に黒い菌類(担子菌類)が発生し、杉山純多博士による各試料の“黒粒”の顕微鏡観察と培養株の解析の結果、この菌は、強固な菌核様構造体を作る担子菌門のアナモルフ菌類*Burgoa*属であると同定された³⁾。また、2007年3月16日の調査の際も同様の菌類が同定されている⁵⁾。強固な菌核様構造体のため、その処置についてはキトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会委員の高鳥浩介博士の助言に従い、点検の際、この菌類を発見した場合は、蒸留水を含ませた筆で除去し、その後、99.5%エタノールで発生箇所を殺菌処理している³⁾。

また、暗色系の*Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp.が、2006年6月、10月の時点で検出され³⁾、その後2007年に入ってから継続的に出現している⁶⁾。

これら、“黒粒”カビや暗色系の*Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp.については、キトラ石室からの分離株を用いて試験を行ったところ、抗菌剤ケーソンCG相当品によって、発育抑制効果があることが確認された⁵⁾ため、これらのカビがあまり顕著に出現するような場合は、2007年に入ってから必要に応じてケーソンCG相当品原液の10倍溶液を使用した。しかし、抗菌剤もある期間(およそ1ヶ月)おけば分解してしまい、効果が落ちてくるため、取り外しの時期とにらみあわせ慎重に使用する必要がある。

2007年3月、5月、7月に採取されたバイオフィルムなどから分離された菌類をみると、*Penicillium* sp.をはじめとして、*Paecilomyces* sp., *Gliocladium* sp., *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp., *Phialocephala* sp., *Phialophora* sp., *Phoma* sp., *Ophiostoma* sp., *Cladosporium* sp.などが検出され、なかには今年に入って初めて分離された菌種も含まれる(杉山純多博士らによる分離同定の結果、特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会(第12回)、資料6)⁵⁾。全体として石室壁面の微生物の種多様性は、増してきている傾向にあると考えられ、天井の天文図をはじめとして微生物の発生はくりかえし起きている⁵⁾。

2007年夏季には石室内の温度上昇に伴い、カビなどの微生物の発生がかなり顕著になったため、必要に応じてケーソンCG相当品の10倍希釈溶液の塗布を行った。このあと、およそ1ヶ月にわたり、カビ等の発生はかなり抑えられたが、その後、2007年9月ごろから再び微生物の発生が頻繁にみられるようになった。2007年9月5日、6日には、天井から1cm前後の白い菌糸の塊が下がっており(写真5)、観察結果より*Trichoderma* sp.のカビであることがわかった(杉山純多博士らによる分離同定の結果、特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会ワーキンググループ(第18回)、資料6)⁷⁾。また、2007年9月以降、床に緑色のカビ(*Penicillium* sp.)が大発生する事態がおき(写真6)⁷⁾、点検ごとにエタノールで拭き取ったのち、エタノール：ホルマリン9：1の溶液で処理しているが、2007年12月現在も繰り返し発生が起きている状況にあり、トビムシの発生とともに、対応に苦慮している⁷⁾。また、同様に9月に西壁の泥上には白い突起物なども観察され、*Verticillium* sp. (写真7)⁷⁾のカビが主因であることがわかっている。

しかし、繰り返し抗菌剤を使用するかどうかは、薬剤を繰り返し使用した際の影響と、濃い濃度で使用した際の薬剤の分解産物によるうすい黄色の着色の可能性、分解産物がかえって栄養源になる可能性なども考慮すると、被害の程度と、今後の取り外し予定をにらみあわせ、慎重に判断する必要がある、現在は物理的な除去と殺菌を中心に処置を行い、経過を観察している。

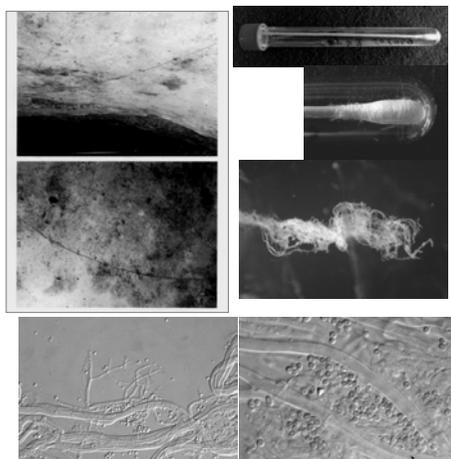


写真5 キトラ古墳石室内 天井「ち」天井からぶら下がっている白い菌糸の塊 (K7905-1) の試料採取箇所 (左上) (写真提供: 文化庁), 試料全体像 (右上) および光学顕微鏡観察像 (下) (写真提供: 杉山純多博士)

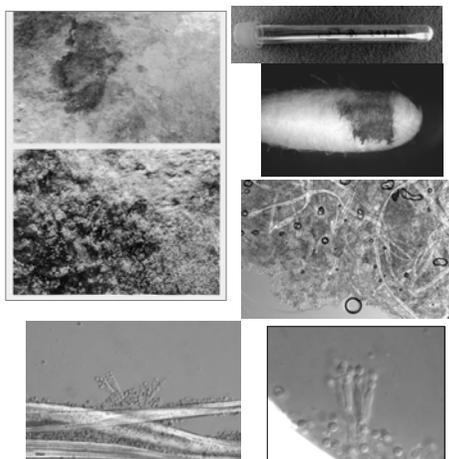


写真6 キトラ古墳石室内 床「し」緑色に大発生したカビ (K7905-2) の試料採取箇所 (左上) (写真提供: 文化庁), 試料全体像 (右上) および光学顕微鏡観察像 (下) (写真提供: 杉山純多博士)

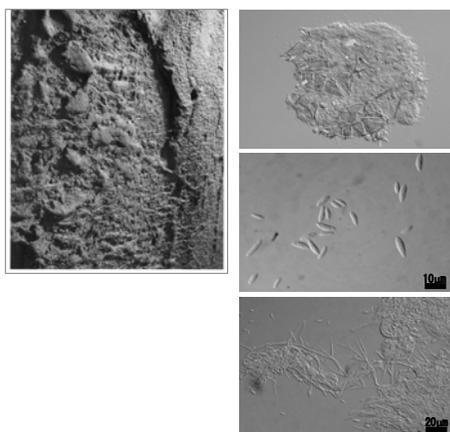


写真7 キトラ古墳石室内 西壁南側「む」泥上の白い突起物 (K7906-2) の試料採取箇所 (左上) (写真提供: 文化庁), 試料全体像 (右上) および光学顕微鏡観察像 (下) (写真提供: 杉山純多博士)

謝辞

本報告中の微生物の調査, 同定にあたりましては, 特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会委員の杉山純多東京大学名誉教授 (現(株)テクノスルガ・ラボ・東京事務所), 同調査研究委員会委員の高鳥浩介前国立医薬品食品衛生研究所衛生微生物部長 (現東京農業大学) にご援助をいただくとともに, 壁画の処置や保存方針につきましても大変貴重な助言をいただきました。株式会社テクノスルガ・ラボの喜友名朝彦氏, 小出知己氏には, 微生物の分離や試験等で多大なご協力をいただきました。また, 特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会ワーキンググループ委員の古田太郎サラヤ株式会社バイオケミカル研

究所所長には、微生物の除去法や薬剤につきまして貴重な助言をいただきました。記して心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 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, 44, 165-171 (2005)
- 2) 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, 45, 93-105 (2006)
- 3) 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, 46, 227-233 (2007)
- 4) 木川りか, 佐野千絵, 立里臨, 喜友名朝彦, 小出知己, 杉山純多:キトラ古墳のバイオフィルムから分離されたバクテリア・菌類に対するケーソンCG相当品(抗菌剤)の効果, 保存科学, 46, 39-50 (2007)
- 5) 特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会(第12回), 資料6(2007)文化庁
- 6) 佐野千絵, 犬塚将英, 間瀬創, 木川りか, 吉田直人, 森井順之, 加藤雅人, 降幡順子, 石崎武志, 三浦定俊:キトラ古墳保護覆屋内の環境について(3) —カビ点検報告記録の解析—, 保存科学, 47, 135-171 (2008)
- 7) 特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会ワーキンググループ(第18回), 資料6(2007)文化庁

キーワード:古墳(tumulus);菌類(fungi);カビ(molds);バクテリア(bacteria);抗菌剤(antibiotics)

Biological Issues in Kitora Tumulus during Relocation Work of the Mural Paintings (2007)

Rika KIGAWA, Hajime MABUCHI, Chie SANO and Sadatoshi MIURA

Excavation of Kitora Tumulus started at the end of January 2004. Some parts of the beautiful and very fragile mural paintings on a thin plaster layer had become detached. Thus it was decided to relocate the mural paintings and to restore them in a safe environment. This report describes the biological issues encountered during restoration work in 2007.

As we had reported earlier, in the summer of 2005 and 2006, a viscous gel (biofilm) developed on the plaster walls. From such biofilms, many kinds of fungi were isolated in a survey of March 2007: *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp., *Gliocladium* sp., *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp., *Phialocephala* sp., *Phialophora* sp., *Phoma* sp., *Ophiostoma* sp. and *Cladosporium* sp. It seemed that diversity of fungi and bacteria in the tumulus was increasing.

A biocide based on two isothiazolones (for example, Kathon CG) was applied to the biofilm to prevent its further growth, where it was necessary. But its use had to be carefully planned in consideration of the timing of relocation of the plaster parts.

Black fungi such as basidiomycetous fungus *Burgoa* sp. and ascomycetous fungus *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp. were also seen on the walls in 2006 and 2007. *Penicillium* sp. was also often seen on the floor stones. On the plasters of the ceiling and walls, *Trichoderma* sp. and *Verticillium* sp. etc. were seen like white strings or clumps. Special care must be taken until all the plaster paintings are relocated, and preventive measures must be carefully considered together with the conditions of the plasters and timing of the relocation work.