

〔報告〕 キトラ古墳の微生物調査報告(2010)

木川 りか・佐野 千絵・喜友名 朝彦*・立里 臨*・杉山 純多*²・
早川 典子・川野邊 渉

1. はじめに

キトラ古墳は、高松塚古墳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、壁画の取り外し・保護作業が進められ、2008年には目視で確認される範囲の側壁の絵画部分、また天井の星宿図の取り外し作業が完了した。その後、2009年以降は、間欠的紫外線の照射により微生物対策が実施された¹⁾が、この方法が採用されて以降は、目視上ではあまりカビなどの微生物の発生が問題になることはなく、2010年には、ほぼ余白塗漆についても取り外しが終了した。本報告では、2010年の状況と微生物相調査（5月、10月の2回）の結果を報告する。

2. 石室内の状況および微生物調査結果

2009年3月以降、石室内の微生物制御法を紫外線殺菌灯による間欠的照射、および必要な場合は低濃度の次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いて物理的に除去する方式に切り替えて後、石室内で白いカビの菌糸の発生はほとんどみられなくなった。ただし、2009年5月11日～6月5日（4週間）および、2009年10月19日～12月4日（6週間、1週間の中断を含む）の集中的剥ぎ取り作業中における点検では、“黒粒カビ”，いわゆる小型菌核をつくる黒色のアナモルフ菌類（担子菌類の系統）*Burgoa* 属は目視で観察されており、小型菌核を作る構造的特徴や黒色の色素を有する点で、紫外線に強い種類と考えられた¹⁾。しかし、全体的にみれば、カビなどの発生は石室が高温になる時期においてもかなり抑制されていたといえる¹⁾。

2010年度のキトラ古墳石室内の微生物調査は、2010年5月10日と10月8日の2回実施された。2010年5月（2試料）と10月（7試料）に採取した計9試料を微生物の分離作業に供した。2010年5月の調査では目視で“黒粒カビ”が認められる箇所から2試料を採取し、菌類を対象に調査を行った。また、2010年10月にはゲル状塊や土壌等の7試料を採取し、ゲル状試料も含まれていたことから、菌類に加え細菌についても分離作業を行った。各試料からの菌類の分離・同定結果を表1に、細菌の分離結果を表2に示す。

2010年の5月には、目視上は、石室内でほとんど目立ったカビなどはみられなかったとのことであったが、2009年に石室で主要に見出されたいわゆる“黒粒カビ”*Burgoa* 属のカビが見られた場合には採取していただくこととした。

2010年5月に東壁と天井壁から採取した“黒粒”を含む2試料からは“黒粒”の正体である担子菌系アナモルフ菌類の*Burgoa* sp.を含め、13株が分離された（表1）。このときの試料は、東壁の泥の上や、天井の目地付近などの、比較的表面の部分から採取されたものであり、紫外線も比較的届きやすい環境にあったためか、黒っぽい色素を産生し、比較的紫外線に強いと考えられる種類の菌類が割合として多く含まれていた（表1）。

* (株)テクノスルガ・ラボ *² (株)テクノスルガ・ラボ千葉分室

表1 キトラ古墳石室内2010年採取9試料(2010年5月および10月)からの菌類の分離・同定結果.

菌種名	2010.5.10		2010.10.8						
	K10510		K101008						
	1	2	1	2	3	4	5	6	7
	東壁	天井	東壁	東壁	東壁	天井中央	西壁	西壁	南壁
	北側泥上	中央目地付近	北側上部(天井近く)漆喰上	北側上部(天井近く)漆喰上	北側中ほど漆喰上	石材間の隙間	南側中ほど漆喰上	南側石の上	上部(天井近く)石の上(石材間)
	黒粒	黒粒	赤紫皮状(ゲル状)	白色硬い層(漆喰小片?)	土(泥)	黒~灰褐色塊	濃茶色ゲル	黒色部ゲル状	茶~黒褐色泥
<i>Burgoa</i> sp.	●	●							
<i>Fusarium</i> sp. (FSSC clade)	●								●
<i>Phialophora</i> sp.	●			●					●
Unidentified hyphomycete (green)	●	●	●	●				●	
<i>Acremonium</i> cf. <i>strictum</i>	●	●	●		●				
Unidentified hyphomycete (white)	●			●				●	
Sterile mycelium 1 (white)	●		●						
<i>Phoma</i> sp.	●								
<i>Acremonium</i> -like hyphomycete		●	●				●		
<i>Acremonium</i> (sect. <i>Gliomastix</i>) <i>tumulicola</i>		●					●		
<i>Acremonium</i> (sect. <i>Gliomastix</i>) <i>murorum</i>							●		●
<i>Acremonium</i> sp. (yellow)					●	●	●		
<i>Cladophialophora</i> sp.						●	●		●
<i>Clonostachys</i> spp.					●		●		●
<i>Penicillium paneum</i>					●	●	●	●	●
<i>Paecilomyces</i> cf. <i>lilacinus</i>							●		
Yeasts			●		●	●	●		
Yeast (mucous)						●			●
<i>Arthrinium</i> sp.				●					
<i>Arthrobotrys</i> sp.			●						
<i>Cladosporium</i> -like sp.						●			
<i>Phialocephala</i> cf. <i>phycomyces</i>								●	
<i>Penicillium</i> sp.								●	
<i>Penicillium</i> sp. A									●
<i>Penicillium</i> sp. type 2									●
<i>Penicillium</i> sp. type 3									●
<i>Penicillium</i> sp. type 4							●		
<i>Penicillium</i> sp. type 5					●				
Sterile mycelium 2 (white)				●					
Sterile mycelium 3 (white)						●			
Unidentified yellow sp.								●	
Unidentified <i>Acremonium</i> -like sp.								●	●
Unidentified hyphomycete spp.			●	●					
分離株数	8	5	8	8	9	13	9	8	10

●:各試料から当該菌種が分離されたことを示す

2010年10月の調査では、ゲル状の試料や、漆喰表面の試料だけでなく石材間の隙間などからも採取した土なども含む7試料を調べた結果、65株(複数の未整理株除く)が分離された(表1)。

2010年5月と10月の菌類の分離結果を比較すると、5月には“黒粒カビ”を含む試料を意図的に採取したため、いずれの試料からも“黒粒カビ”*Burgoa*属が検出されているが、10月の試料からは*Burgoa*属は検出されていない。しかし、5月に分離されたその他の菌の種類は、いずれも10月に分離されたものと共通していた。また、10月にはゲルのみられる部分や紫外線の届きにくい石材の隙間の土など、より多種の試料を採取したためか、5月の試料と比較して分離された菌類の種類も多かった。昨年までの菌類相¹⁾と比較したところ、構成種はほぼ類似している傾向が認められ、ゲル状の試料からは比較的、酵母が多く分離される傾向が認められた。

一方、細菌の分離の結果については、分離株のコロニー性状と形態観察(グラム染色)の結果において、2009年までの分離結果と比較すると、各試料から分離された種類数が少なく、分離された細菌の中では粘稠性コロニーを形成するグラム陰性桿菌が多く分離された(表2)。また、分離株の中で、グラム陽性菌は*Bacillus*属細菌(グラム陽性芽胞桿菌)と放線菌のみで、グラム陽性桿菌(芽胞非形成)がほとんど分離されない結果となった(表2)。

表2 キトラ古墳石室内2010年10月採取7試料からの細菌の分離・同定結果.

試料採取年月日 試料No. 試料採取箇所 および試料の基質 グループ名	2010.10.8						
	K101008						
	1	2	3	4	5	6	7
	東壁	東壁	東壁	天井中央	西壁	西壁	南壁
	北側上部 (天井近く) 漆喰上	北側上部 (天井近く) 漆喰上	北側中ほど 漆喰上	石材間の隙間	南側中ほど 漆喰上	南側 石の上	上部 (天井近く) 石の上 (石材間)
	赤紫皮状 (ゲル状)	白色硬い層 (漆喰小片?)	土(泥)	黒~灰褐色塊	濃茶色ゲル	黒色部 ゲル状	茶~黒褐色 泥
グラム陰性桿菌 1 (淡黄色、粘稠性あり)	●		●				
グラム陰性桿菌 2 (黄色、粘稠性あり)	●						
グラム陰性桿菌 3 (滑走あり、黄色、粘稠性あり)		●			●		
グラム陰性桿菌 4 (淡黄色)				●			
グラム陰性桿菌 5 (淡黄色)				●			
グラム陰性桿菌 6 (淡黄色、粘稠性あり)					●		
グラム陰性桿菌 7 (淡黄色)							●
グラム陰性桿菌 8 (淡黄色)							●
グラム陰性桿菌 9 (淡黄色)							●
放線菌					●		
<i>Bacillus</i> sp. 1 (グラム陽性芽胞桿菌(淡黄色))						●	
<i>Bacillus</i> sp. 2 (グラム陽性芽胞桿菌(淡黄色))							●
分離株数	2	1	1	2	3	1	4

●:各試料から当該菌種が分離されたことを示す

2010年には、石室内の間欠的紫外線照射を行った結果、目視では、ほとんど壁面上にカビなどによる顕著な被害はみられなかった。しかし、今回の調査で壁面上の隙間、泥、ゲル状物質など、内部まで紫外線が届きにくい箇所などからも試料を採取した結果、従来キトラ古墳石室内で頻繁に分離されていた *Penicillium paneum*²⁾ をはじめとして、多数の微生物株が分離された。したがって、目視上の目立った被害はなくても、間欠的 UV 照射で微生物を完全に死滅させることは困難であり、紫外線の影響が完全には及ばない壁面や石の間、泥の中、ゲルの内部など、わずかな隙間や影の下で微生物が生きながらえていることがわかった。

3. まとめ

2009年3月以降、集中剥ぎ取り作業、および紫外線殺菌灯の間欠照射による微生物制御が行われ、2010年には余白漆喰などについても取り外しがほぼ完了した。この作業工程と微生物制御法に切り替えられて以降、カビなどの発生はかなり抑制されており、2010年に入ってから1週間ごとの目視による現場点検でもほとんど被害は確認されていなかった。しかし、微生物分離の結果からは、紫外線の影響が完全には及ばない壁面や石の間、泥の中、ゲルの内部など、わずかな隙間や影の下で微生物が生きながらえていることがわかった。

土中環境で、完全に微生物を死滅させるということは困難であるが、目視上で特にカビなどの被害がみられなかったという点では、ここで試みられた紫外線の間欠照射は、紫外線などが色料やその他の材料に影響しない古墳などの現場においてひとつの制御方法を提示するものではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 木川りか, 佐野千絵, 喜友名朝彦, 立里臨, 杉山純多, 高鳥浩介, 久米田裕子, 森井順之, 早川典子, 川野邊渉: キトラ古墳の微生物調査結果と微生物対策について (2009), 保存科学, 49, 253-264 (2010)
- 2) An K-D, Kiyuna T, Kigawa R, Sano C, Miura S, Sugiyama J: The identity of *Penicillium* sp. 1,

a major contaminant of the stone chambers in the Takamatsuzuka and Kitora Tumuli in Japan, is *Penicillium paneum*, *Antonie van Leeuwenhoek*, 96, 579-592 (2009)

キーワード：古墳 (tumulus)；生物劣化 (biodeterioration)；菌類 (fungi)；カビ (molds)；バクテリア (bacteria)；紫外線 (ultraviolet rays)；次亜塩素酸ナトリウム (sodium hypochlorite)

Microorganisms in Kitora Tumulus during Intermittent UV Irradiation between Restoration Works (2010)

Rika KIGAWA, Chie SANO, Tomohiko KIYUNA*, Nozomi TAZATO*,
Junta SUGIYAMA *², Noriko HAYAKAWA and Wataru KAWANOBE

In the Kitora Tumulus, almost all of the paintings on the side walls and the star charts on the ceiling were relocated in 2008, except for those which might have been hidden by a thin layer of mud on the walls. Therefore, controlling measures such as intermittent UV irradiation have been applied since March 2009 to control microorganisms on the plaster. Intermittent UV irradiation has been performed in the stone chamber of Kitora Tumulus in interval periods between relocation works of the plaster walls without paintings. Growth of most fungal mycelia was suppressed effectively. Dark colored fungi such as a black basidiomycetous fungus *Burgoa* sp. were sometimes observed, but there was not much problem as a whole. Many species of microorganisms were isolated from nine samples from the stone chamber interior at the sampling in May and October 2010. But the microbiota was almost similar to the ones which we observed in surveys of the last several years. Microorganisms seem to survive at places where sufficient UV light does not reach, such as inside cracks of the stones, inside mud layer, and inside gels of biofilm.

* TechnoSuruga Laboratory Co., Ltd.

*² TechnoSuruga Laboratory Co., Ltd., Chiba Office