

高松塚古墳における微生物被害への対応について

平成 17 年 9 月以降、カビ等の微生物の生育を抑制することを目的として、墳丘部の冷却を行っている。平成 18 年 3 月までに、微生物の生育抑制に対し一定の効果があるとされる 10℃までの冷却を達成したものの、それ以降の点検で西壁女子群像周辺等に新たな黒いカビが確認されるなど、壁画をとりまく環境は予断を許さない状況にある。

平成 18 年 2 月 2 日点検で撮影された写真照合で西壁女子群像に認められた黒いシミについて、また 5 月 2 日点検で撮影された写真照合で西壁女子群像近傍の新たな場所に認められた黒いシミについて、微生物専門の検討会委員（杉山純多委員、高鳥浩介委員）による現地調査を行い、微生物同定と今後の対応に関する基礎情報の整理を行った。また各種薬剤の効力について、両委員の協力を得て、古墳から分離した菌株を使用して抗菌性試験を行って、除去・滅菌作業等の対応を行った。

平成 18 年 5 月 17 日現地調査時に検討会委員より指摘のあった取合部の黒いカビについては、6 月 6 日取合部抗カビ性維持管理作業において、すでに除去・消毒を終了した。

＜専門家（検討会委員）による現地調査＞

平成 18 年 2 月 9 日	西壁女子群像に黒いシミ報告（第 5 回検討会）
2 月 20 日	杉山委員
3 月 10 日	高鳥委員
5 月 17 日	高鳥委員、杉山委員
6 月 2 日	高鳥委員



平成 18 年 5 月 17 日撮影（処置前）



平成 18 年 6 月 2 日撮影



同拡大（6 月 2 日）

2006年3月29日

高松塚古墳女子群像肩のしみ(2006年2月20日)について

東京大学名誉教授 杉山 純多

2006年2月20日現地調査において、女子群像の肩の「しみ」ほか全サンプル 7点を採取し、細菌ならびに菌類が多数分離された。「しみ」と報道された部分には、細菌と菌類(カビと酵母)によるバイオフィルムが形成され、生きた状態にあることが明らかである。従って、適当な水分の供給と温度上昇があった場合には、バイオフィルムが拡大する、すなわち生物劣化が進行することが予測される。

なお、女子群像の肩の「しみ」の部分から直接検出された細菌、菌類、その他の微小動物の微分干渉顕微鏡写真からも細菌と菌類によるバイオフィルム形成が見取れる。

2006年5月31日

2006年5月17日 高松塚古墳石室および取り合い部 微生物調査結果

東京大学名誉教授 杉山 純多

2006年5月17日現地調査で、石室内から採取されたサンプルの直接顕微鏡観察で *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) の存在を確認したサンプル全てから、*Acremonium* (sect. *Gliomastix*) を分離培養した。

報道された「黒色のカビ」はすべて同じ暗色系の *Acremonium* (section *Gliomastix*) sp. である可能性が高いと考えられる。

このカビはこれまでも高松塚石室内から分離されたことはあるが、これほど複数の箇所から多量に分離されたことはないと思われる。

同日、高松塚古墳取り合い部で採取された黒色カビサンプルについては、分離培養の結果、*Oidiodendron* sp. を優占種として分離培養した。おそらくこの *Oidiodendron* sp. が取り合い部「黒色のカビ」の主要菌種ではないかと考えられる。

また、この取り合い部のサンプルから *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) は分離されなかった。

2006年5月17日 高松塚古墳 石室内試料採取箇所



2006年5月17日 高松塚古墳 石室内試料採取箇所および試料の直接顕微鏡観察結果

No. ※	Sample No.	SIID番号	採取部位(仮名)	試料の状態		直接顕微鏡観察結果(06/5/18)
①	T6517-1	3992-19	西壁 女子 額の黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	分生子の塊: (1細胞、紡錘形、楕円形～倒卵形、 黒褐色)
②	T6517-2	3992-20	西壁 女子 襟部分の黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	
③	T6517-3	3992-21	西壁 左女子 頭部後方の黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	分生子形成構造体あり → <i>Acremonium</i> (sect. <i>Gliomastix</i>)
⑤	T6517-5	3992-22	西壁 中央部 黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	分生子の塊: (1細胞、紡錘形、楕円形～倒卵形、 黒褐色)
⑥	T6517-6	3992-23	西壁 朱線の下 黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	
⑦	T6517-7	3992-24	西壁 白虎頭上 黒色部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	
⑧	T6517-8	3992-25	東壁 右女子上 白いカビ	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	多数の細菌細胞、カビの分生子 および菌糸様構造
⑨	T6517-9	3992-26	東壁 右女子足元下 ゲル状部分	綿棒入り 懸濁液	湿室平板 (ろ紙)	
⑩	T6517-10	3992-27	西壁 左女子 頭部後方で捕獲した白 い虫	綿棒入り 懸濁液	—	直接顕微鏡観察なし。
⑪	T6517-11	3992-28	西壁 女子 額の黒色部分 (①(T6517-1)と同じ箇所)	現地作製プレパラート 1枚のみ		分生子形成構造体あり → <i>Acremonium</i> (sect. <i>Gliomastix</i>)

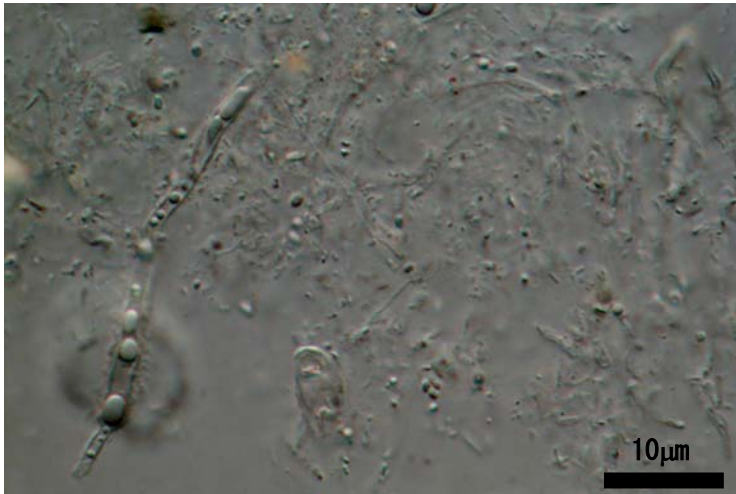
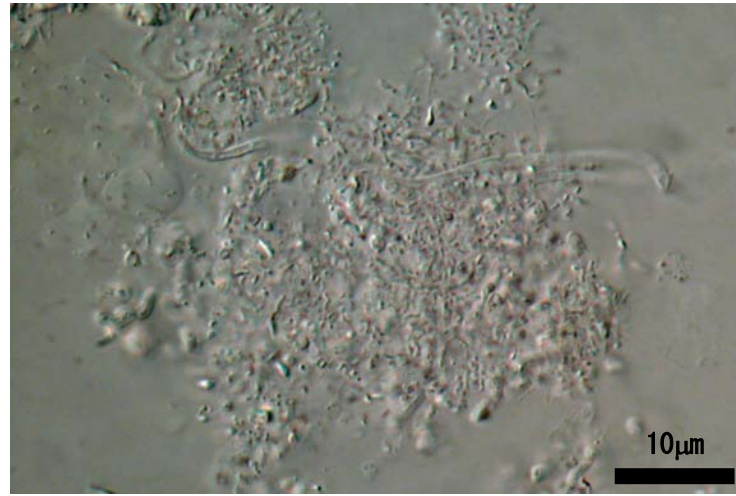
※ 注意: No. ④試料は欠番。

→ 今回の試料で観察された“黒色カビ”は全て同じ *Acremonium* (sect. *Gliomastix*) sp. である可能性が高いと考えられる。

表. 高松塚古墳 (2006年2月~5月採取サンプル) 細菌・菌類 分離菌株リスト : (2006年6月26日時点).

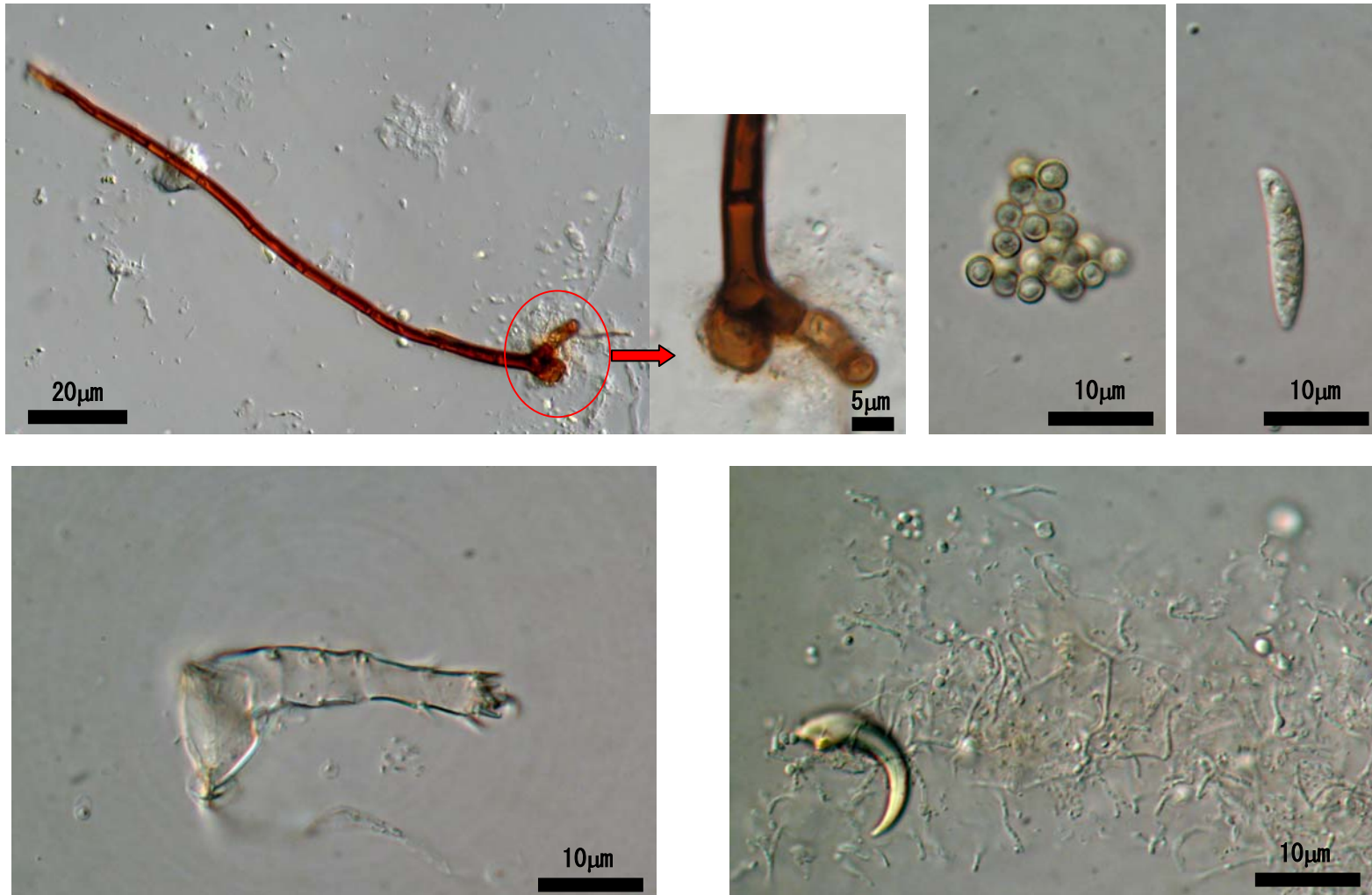
サンプルNo.枝番 (SIID番号)	T6220 (SIID3992)							T6517 (SIID3992)													
	1 (12)	2 (13)	3 (14)	4 (15)	5 (16)	6 (17)	7 (18)	1 (19)	2 (20)	3 (21)	5 (22)	6 (23)	7 (24)	8 (25)	9 (26)	10 (27)	11 (28)	12 (29)	13 (30)	14 (31)	
分離源	西壁			東壁		西壁		西壁					東壁		西壁		取り合い部				
	女子		白虎		青龍		女子		女子			白虎		女子		女子					
特記事項	左	頭上	肩	下方	前足	後足 付近	右肩 の赤 い着 物上 のス ポット	額	襟部分	左女子 の頭部 後方	中央部	朱線 の下	頭上	右女子 上	右女子 足元下	左女子 頭部後 方	額	左(西)側下方	右(東) 側		
特記事項							現地 でプレ パラ ト作製	黒色部分					白いカビ	ゲル状 部分	捕獲した 白い虫	黒色部 分(-1と 同じ)	黒色部分				
細菌類																					
Bacillus cereus (SIID3992-12-1)	●	●	●	●	●	●	●														
Stenotrophomonas sp. ? (SIID3992-12-2)	●	●					●														
Ochrobactrum sp. (SIID3992-13-3)		●																			
Bordetella sp. (SIID3992-14-2)			●																		
Microbacterium resistens (SIID3992-14-3)			●																		
Agromyces sp. (SIID3992-15-2)				●																	
Streptomyces luridiscabiei (SIID3992-15-4)				●																	
Cellulosimicrobium sp. (SIID3992-16-2)					●																
Stenotrophomonas sp. (SIID3992-17-1)						●															
Tetrathiobacter sp. (SIID3992-17-3)						●															
Flavobacterium sp. ? (SIID3992-18-2)							●														
Microbacterium sp. (SIID3992-18-3)							●														
グループ1 グラム陽性桿菌 芽胞形成								●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
グループ2 グラム陰性桿菌 粘稠性								●	●	●	●	●	●	●		●	●				
グループ3 グラム陽性桿菌(コリネフォルム)								●													
グループ4 グラム陰性桿菌								●													
グループ5 グラム陰性小桿菌								●													
グループ6 グラム陰性小桿菌									●												
グループ7 グラム陰性桿菌 粘稠性									●												
グループ8 グラム陽性桿菌 芽胞形成									●					●							
グループ9 グラム陰性桿菌										●			●	●							
グループ10 グラム陰性桿菌											●										
グループ11 グラム陰性桿菌 黄色粘稠性													●								

グループ12 グラム陰性桿菌														●						
グループ13 グラム陰性桿菌														●						
グループ14 グラム陰性桿菌 黄色粘稠性															●					
グループ15 グラム陽性桿菌(コリネフォルム)																●				
グループ16 グラム陰性桿菌																		●		
菌類(カビ・酵母)																				
Penicillium sp. 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Acremonium (sect. Gliomastix) sp.								●	●	●	●	●	●	●			●			
Oidiodendron sp.																		●	●	
Penicillium sp. whitish yellow	●	●		●																
Penicillium sp.A						●														
Penicillium sp.F					●															
Penicillium type 2											●									
Penicillium type 3																			●	●
Penicillium type 4																				●
Penicillium type 5																				●
Aspergillus niger-group									●											
Aspergillus sp. green									●											
Cladosporium sp.				●																
Fusarium sp. g	●	●	●		●															
Fusarium sp. yellowish-brown															●					
Sporotrichum sp.																	●			
Unidentified sp. cottony												●								
Un sp. Pseudozyma-like										●										
Unidentified sp. orange										●		●								
Unidentified sp.																		●	●	
Unidentified J -white	●																			
Unidentified L -white			●																	
Unidentified k -cottony white																				●
Yeast spp.	●					●	●	●		●			●	●	●			●		●



T6220-7 (SIID3992-18)

高松塚古墳 西壁女子群像 右肩の赤い着物上のスポット (2006年2月21日、杉山先生によって現地で作製されたプレパラート)



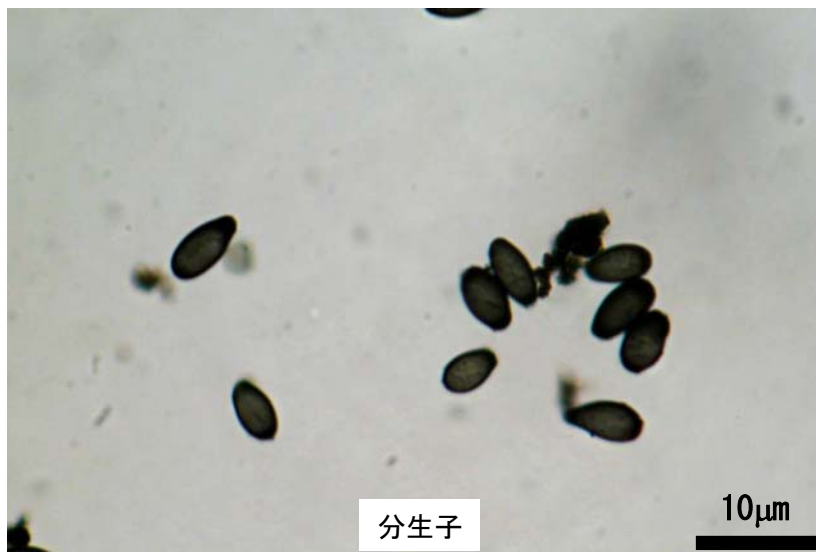
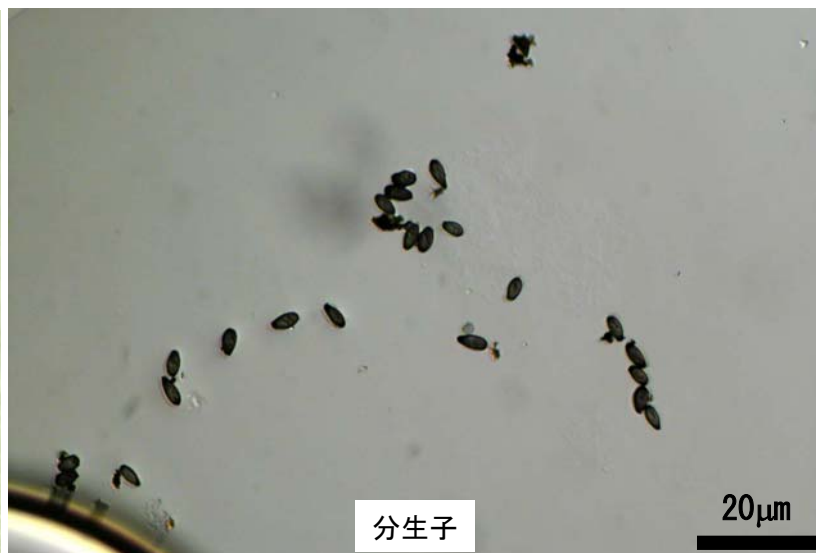
T6220-7 (SIID3992-18)

高松塚古墳 西壁女子群像 右肩の赤い着物上のスポット (2006年2月21日、杉山先生によって現地で作製されたプレパラート)

T6517-1 高松塚古墳 西壁 女子 額の黒色部分

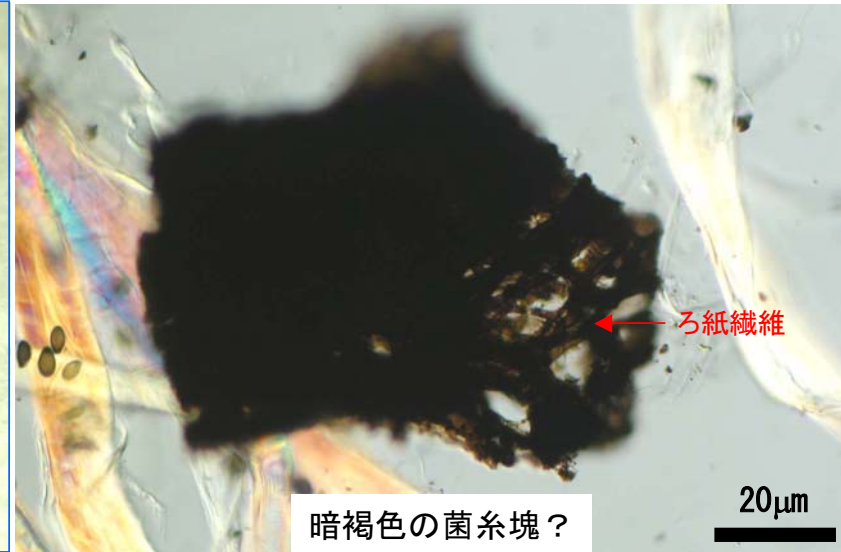
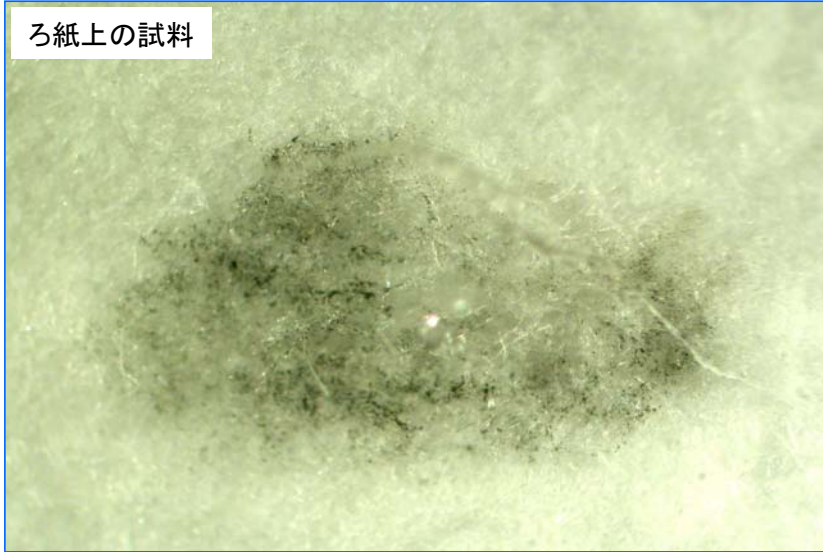
試料直接顕微鏡観察像—2006/5/18

ろ紙上の試料

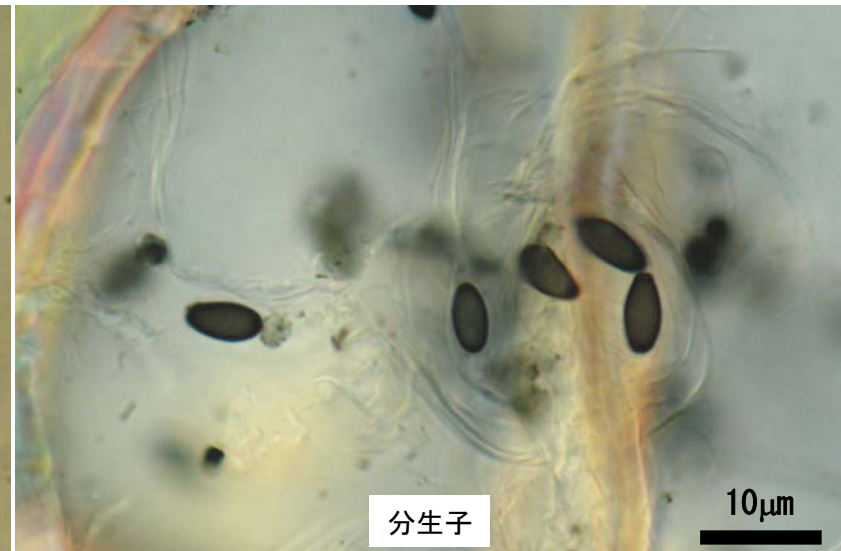
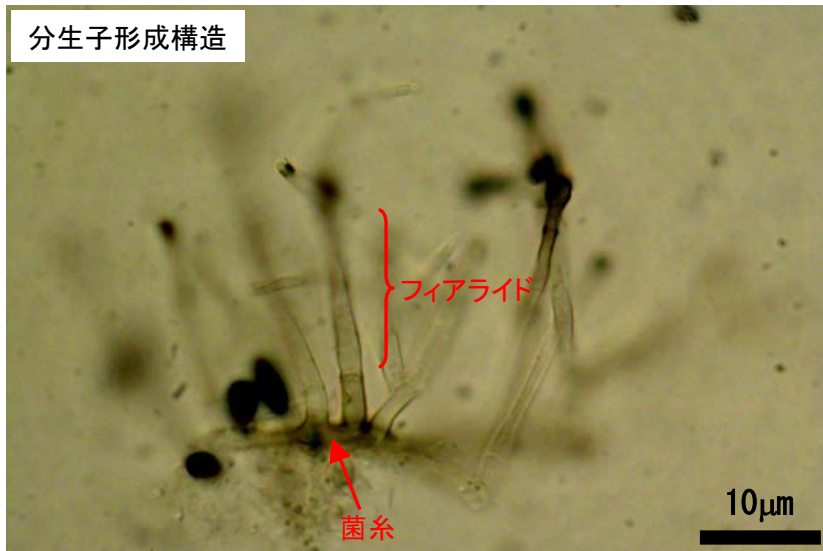


T6517-3 高松塚古墳西壁 左女子 頭部後方の黒色部分

ろ紙上の試料

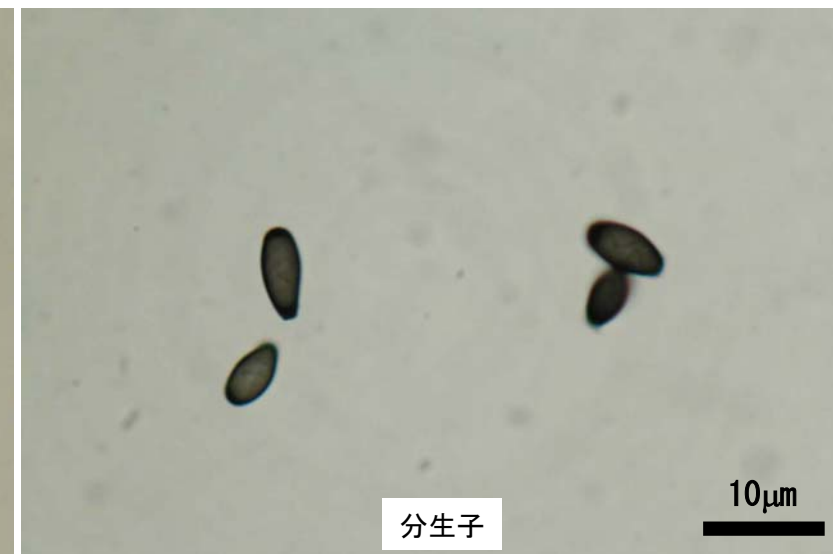
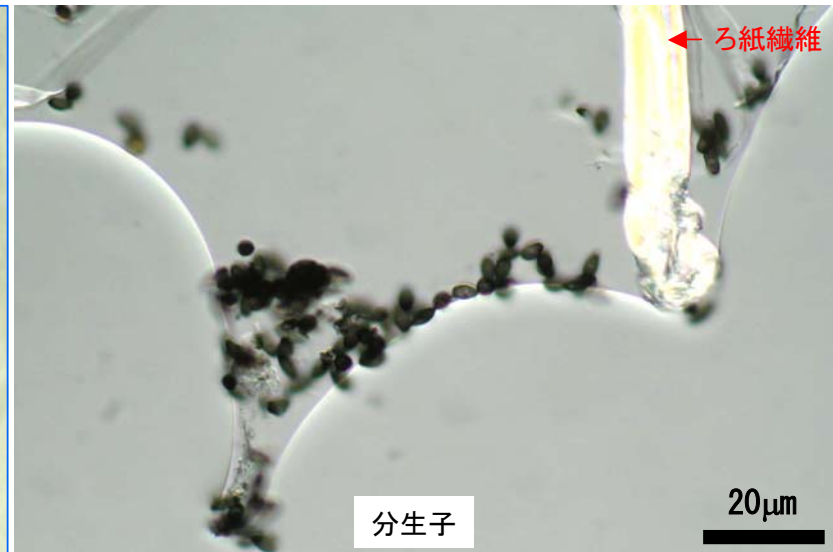
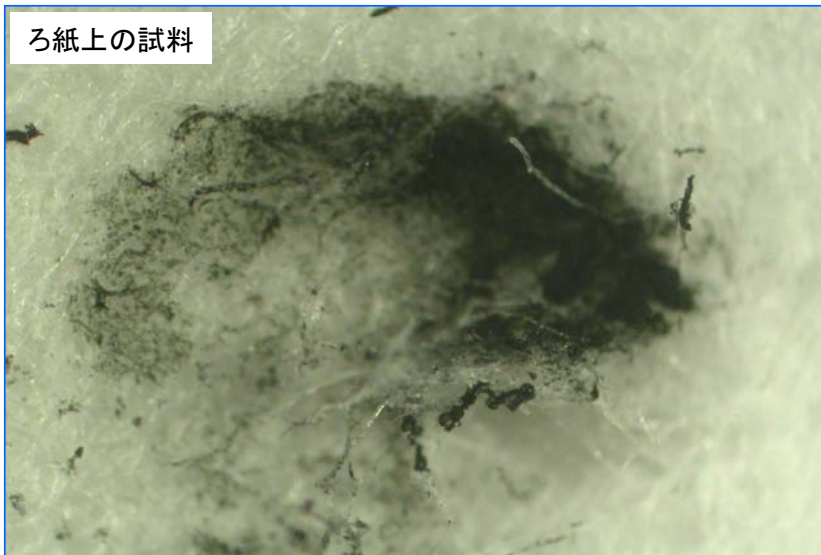


分生子形成構造

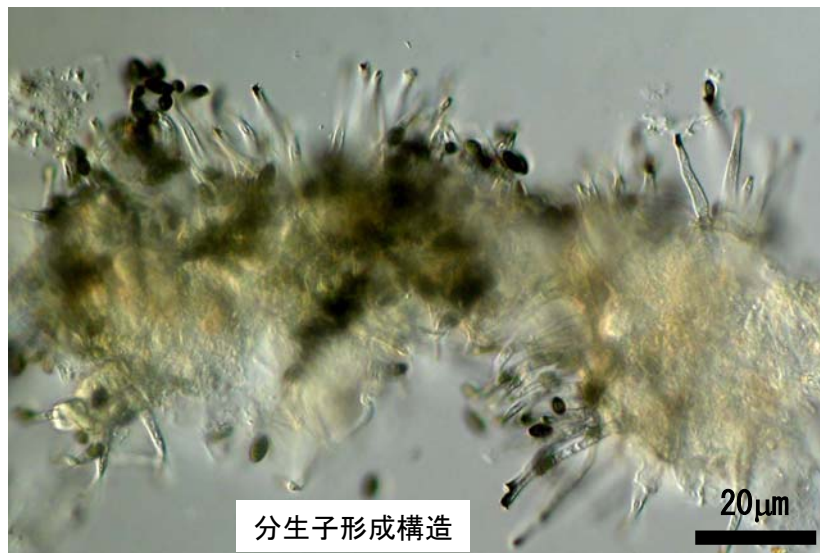


T6517-7 高松塚古墳 西壁 白虎頭上 黒色部分

試料直接顕微鏡観察像—2006/5/18

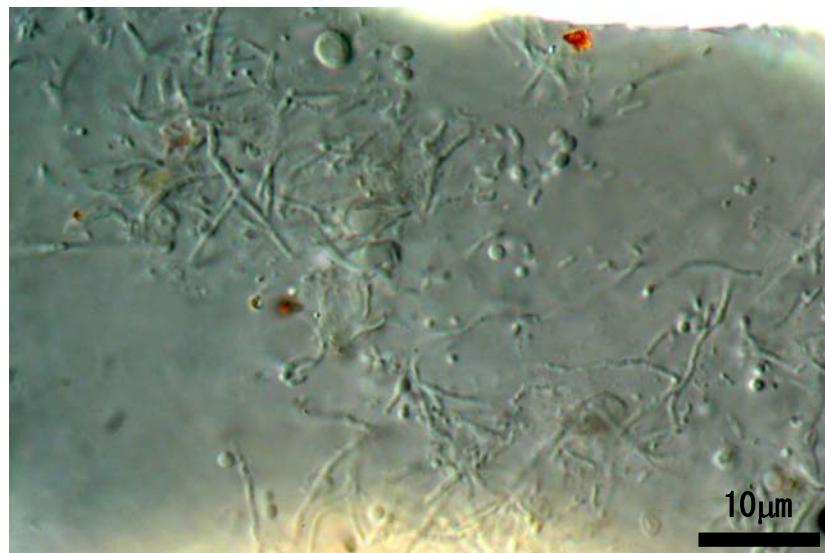
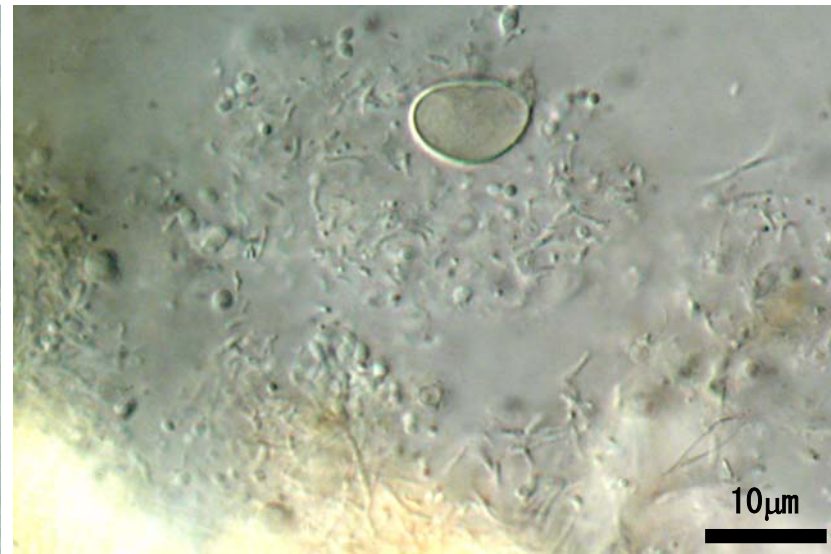


T6517-11 高松塚古墳 西壁 女子 額の黒色部分 (T6517-1と同じ箇所の現地作製プレパラート)



T6517-9 高松塚古墳 東壁 右女子足元下 ゲル状部分

試料直接顕微鏡観察—2006/5/18



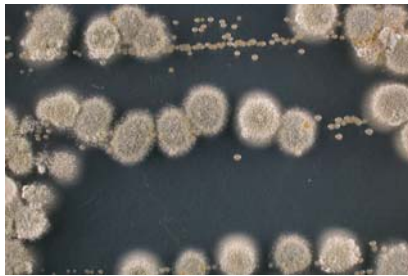
多数の細菌細胞およびカビの菌糸様構造

「2006年5月17日 高松塚古墳取り合い部(西側)に発生した黒いカビ様の汚れ」の主要な分離菌

2006年5月22日付で試料の直接顕微鏡観察像を報告した取り合い部の黒色部分3試料(5月17日採取)の分離培養の結果、現時点で「取り合い部 左(西)側下方(T6517-12、T6517-13)」の2試料から、試料の直接顕微鏡観察像で確認された“暗色の分生子柄を持つカビ”と同一の形態を持つ菌株を分離することができた(現在、純粋分離作業中)。現時点で分離に成功していないが、「取り合い部 右(東)側(T6517-14)」試料も同じ菌種が含まれている可能性が示唆される。



分節型分生子と暗色の分生子柄を持つ等の形態的特徴から不完全菌類の*Oidiiodendron*属の1種と考えられる。



PDA培地上で生育は遅く、灰褐色のコロニーを形成する。

分生子柄

: 暗褐色～黒褐色、
表面は粗面、高さ約
100-300 μm.

分生子

: 分節型分生子、卵形
～楕円形、垂球形、
無色～明褐色、表面
が微疣状、2-3 x 1-2
μm.



20μm



10μm



10μm

高松塚古墳

測定日:2006.0310 高鳥浩介

採材場所		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
		青龍	青龍	白虎	白虎	天井	床	床	西女子	西女子	西女子	東女子	東女子	西女子	西女子	西女子	白虎	白虎	青龍	西女子	北壁	西女子	西女子	東女子	
		右上	左	後脚	前脚	北西	中央	南	左下方	5センチ左下	左下スカート	10センチ下		下部	右側	右上	中央上部	下方	前足下部	下部	左側	右上	床やや上部	下方	下方
		黒シミ部				ゲル状部			健全部分			黒カビあと													
全体		+3	-	-	-	+1	+1	+2	+3	+3	+3	+3	+1	+2	+2	+2	+1	+2	+2	+3	-	-	-	+1	
カビ・酵母	<i>Acremonium</i>																								
	<i>Fusarium</i>														+1										
	<i>Paecilomyces lilacinus</i>																								
	<i>Penicillium</i>	+3				+1		+2	+3	+3	+3	+3	+1	+2	+2	+2	+1	+2	+2	+3				+1	
	<i>Penicillium</i> の種類	1				1		1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	
	<i>Trichoderma</i>																								
	<i>Verticillium</i>																								
	<i>Cylindrocarpon</i>																								
	接合菌																								
	Yeasts (除 <i>Rhodo</i> & <i>Mala</i>)							+1	+1																
放線菌		+1	+1	+1	+1				+2	+1		+1		+1		+1	+1	+3	+1	+1				+1	
細菌	細菌	+2					+1	+1	+1	+1	+2	+1	+3	+2	+2	+2		+1	+1	+2	+2				
	細菌の種類 <i>Bacillus</i>	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1				

※PDA培地とSA培地で培養した結果を示す

西壁



北壁



東壁



天井



2006年5月17日

高松塚古墳および取り合い部 微生物調査結果

高鳥 浩介

国立医薬品食品衛生研究所

2006年5月17日高松塚古墳現地調査結果は、以下の通りであった。

1. 石室内

現地調査当日、壁面（西壁）の黒く汚れている部分から直接綿棒で採材し、培養及び直接鏡検を行った。

その結果、石室内で見られる黒い汚れ状のものは *Acremonium* が原因であり、早期に消毒処置をする必要がある。

<結果>

採材部位	培養による主要真菌	直接鏡検
No.1	<i>Acremonium</i> 僅かに <i>Penicillium</i>	<i>Acremonium</i> 多量孢子
No.2	<i>Acremonium</i> 僅かに <i>Penicillium</i>	<i>Acremonium</i> 多量孢子
No.3	<i>Acremonium</i>	<i>Acremonium</i> 多量孢子
(No.4 採材せず)		
No.5	<i>Acremonium</i>	<i>Acremonium</i> 多量孢子

2. 取り合い部

同日、取り合い部で黒く汚れている壁面2か所から、直接綿棒で採材し、培養及び直接鏡検した。

その結果、取り合い部左右壁面の黒く汚れている部分はいずれもカビの発生によるものであり、早期に消毒処置をする必要がある。

<結果>

取合部	培養結果	直接鏡検
左（西）	<i>Trichoderma</i>	<i>Acremonium</i> （孢子少ない）
右（東）	<i>Penicillium</i> （2種）	<i>Acremonium</i> （孢子少ない）

2006年6月16日

2006年6月2日高松塚古墳および取り合い部微生物調査結果

高鳥 浩介
国立医薬品食品衛生研究所

1. 石室内

培養開始 2006年6月3日 直接鏡検 2006年6月7日

培養観察結果を以下に記す。

検体番号	培養 結果	直接鏡検
T060602-1	<i>Acremonium</i> ++(暗色系) <i>Penicillium</i> +	<i>Acremonium</i> ++
T060602-2	<i>Acremonium</i> ++(暗色系) 酵母?	<i>Acremonium</i> ++
T060602-3	<i>Penicillium</i> +	<i>Acremonium</i> + <i>Penicillium</i> ?
T060602-5	<i>Acremonium</i> +(暗色系) <i>Penicillium</i> +++ 酵母?	<i>Acremonium</i> ++
T060602-6	<i>Penicillium</i> ++	<i>Acremonium</i> ++
T060602-7	<i>Acremonium</i> ++(暗色系)	<i>Acremonium</i> +
T060602-8	<i>Penicillium</i> + バクテリア++?	?, (<i>Acremonium</i> -)
T060602-9	<i>Penicillium</i> ++	?, (<i>Acremonium</i> -)
T060602-21	<i>Acremonium</i> +++ (暗色系) <i>Penicillium</i> +	<i>Acremonium</i> ++
T060602-22	<i>Acremonium</i> +++ (暗色系) <i>Penicillium</i> +	<i>Acremonium</i> ++

2. 取り合い部

培養開始 2006年6月3日 直接鏡検 2006年6月7日

培養観察結果を以下に記す。

検体番号	培養 結果	直接鏡検
T060602-31	<i>Penicillium</i> + <i>Oidiodendron</i> +++	暗褐色菌糸++ (<i>Oidiodendron</i> ?)
T060602-32	<i>Fusarium</i> + <i>Penicillium</i> + <i>Oidiodendron</i> +++	暗褐色菌糸++ (<i>Oidiodendron</i> ?)
T060602-33	<i>Penicillium</i> ++ <i>Oidiodendron</i> ++	暗褐色菌糸++ (<i>Oidiodendron</i> ?)
T060602-34	<i>Penicillium</i> +++	暗褐色菌糸+, 黄土色塊
T060602-35	<i>Penicillium</i> + <i>Oidiodendron</i> ++	黄土色塊
T060602-36	<i>Penicillium</i> + <i>Oidiodendron</i> +	暗褐色菌糸++
T060602-37	<i>Penicillium</i> ++(3種) <i>Oidiodendron</i> +	黄土色塊
