

高松塚古墳石室解体に伴う微生物汚染状況調査

東京農業大学 高鳥浩介

国立医薬品食品衛生研究所 朴奉柱

東京文化財研究所 木川りか 佐野千絵

調査目的

高松塚古墳石室解体により、今まで調査できなかった石材小口面での微生物、特にカビについての調査を行った。調査目的は、以下のとおりである。

- ① 石室解体に伴う石材小口面のカビ分布調査
- ② 石室解体に伴う石材小口面の汚染カビ調査
- ③ 石室環境周辺の空中カビ調査

調査

2007年4月17日から6月26日までに解体した石材から採集した試料と試料数は表1のとおりである。

表1 解体調査で採取した試料と試料数

調査日 (2007年) 解体等	サンプリング		
	ドレッシングテープ	土壌など	空中カビ
4月17日 北壁解体	5	4	
5月10日 西壁3解体	9	4	
5月17日 東壁3解体	9	5	6
5月28日 天井石2解体	14	4	6
5月30日 天井石1解体	9	13	6
6月7日 東壁2解体	8	12	4
6月8日 東壁2解体翌日		10	
6月11日 東壁2解体4日後		10	
6月14日 西壁2解体	9	11	6
6月15日 南壁解体	15	18	4
6月22日 東壁1解体	7	6	12
前室			4
修理施設			4
6月26日 西壁1解体	9	19	11
前室			4
修理施設			4
計	94	116	71

また解体に伴いカビ汚染の可能性が高いと思われた試料数は表 2 のとおりである。

表 2 解体調査で確認されたカビ汚染性高いと推測される採取試料と試料数

調査日 (2007 年) 解体等	サンプリング	
	ドレッシングテープ	土壌など
4月17日 北壁解体	3	
5月10日 西壁3解体		2
5月17日 東壁3解体		3
5月28日 天井石2解体		1
5月30日 天井石1解体		2
6月 7日 東壁2解体		3
6月 8日 東壁2解体翌日		2
6月11日 東壁2解体4日後		4
6月14日 西壁2解体		4
6月15日 南壁解体		6
6月22日 東壁1解体		3
6月26日 西壁1解体		5
計	3	35

調査法

1. 石室解体に伴う壁石等のカビ調査
 - 1) ドレッシングテープ法 (図 1) :



図 1 ドレッシングテープ法



図 2 黒く汚れた部分からの採材

壁石表面から無作為に抽出した部位のカビ分布を調査した。採材した試料は、直接微生物用培地に貼付した。カビはポテトデキストロース寒天培地 25℃ 1週間、また湿性試料については細菌検査を実施し、普通寒天培地 30℃、48時間培養した。評価は検出頻度による半定量法とした。

2) 土壌などの培養法：

カビ汚染性の強い壁面や土壌等から採取した試料について汚染カビの分布を調査した（図 2）。採材した土壌等は、上記と同じ培地を用いて直接培地表面に微量接種または塗抹した。培地、培養条件、同定及び評価は上記と同じである。

2. 空中カビ測定法



図 3 東畦での空中カビ測定

石室でのカビ汚染が確認されていることから解体作業時でのカビ飛散と作業者の健康管理面を考慮して落下法により空中カビを測定した（図 3）。測定時間は 10 分とした。

結果及び考察

1. 石室解体による石材小口面のカビ

石室解体により、石材小口面を重点的に試料採取した。試料の培養により石材小口面から確認されたカビ等を色分けしてそれぞれの分布を示し、その結果を図 4 にまとめた。

図 4 では代表的なペニシリウムと暗色系アクレモニウムとフザリウムを中心にまとめ、それ以外に多かった酵母を色で示した。

① 小口面にカビが確認されたか

ほとんどの小口面からカビ等が確認され、主要な微生物はカビであった。

② 小口面でのカビは付着か汚染か

小口面でのカビは部位により異なり、少数のカビ付着している部位と高濃度に汚染している部分を確認された。

目視では、茶色で乾燥している部位はカビの量が比較的少ない傾向にあった。しかし、茶色部位でも必ずしも汚染していないとはいえなかった。

暗色部では全般にカビが量的に多い傾向がみられた。特に湿っぽい試料ではカビ等による汚染がみられた。

③ 付着しているカビの種類は多いか少ないか

比較的カビが付着している部位では菌種はさまざまであった。またほとんど検出されない部位もあった。

④ 石材小口面のカビ分布の特徴は

小口面でのカビ分布をみると東壁および西壁ともに南側で分布が広い傾向にあった。

東壁石材小口面のほうが西壁小口に比べると多少分布が広いようであった。

東壁石材小口面は、壁間での分布に大きな差は見られないが全体に広い分布であった。

西壁石材小口面は、比較的単純な分布を示しているようであった。

南壁と東西壁石材小口面では、東側小口面で多種のカビ分布を示した。一方、西側小口面では単純な分布を示した。

⑤ 確認されたカビとして何が多かったか

培養により、確認されたカビの中で多かったのはペニシリウム、暗色系アクレモニウム、フザリウムであり、ほかにはトリコデルマ、バーティシリウム、オーレオバシディウムなど多種が確認された。

⑥ カビ以外で何が確認されたか

酵母と放線菌と細菌が確認された。

2. 石室解体による石材小口面の汚染カビ

石室解体により、石材小口面を重点的に試料採取した。試料の中でカビ汚染性の強い暗色系で湿っぽい部位から確認されたカビ等を色分けしてそれぞれの分布を示し、その結果を図5にまとめた。

- ① 汚染性の強いカビは何か
ペニシリウム、暗色系アクレモニウム、フザリウムであった。
- ② どの小口面に多いか
小口面で共通して多いのはペニシリウム、暗色系アクレモニウム、フザリウムであり、なかでもペニシリウムが最も多かった。東壁と西壁小口を比較すると、東壁小口は、ペニシリウム、暗色系アクレモニウム、酵母であり、一方、西壁小口は、ペニシリウム汚染の傾向がみられた。
- ③ 暗色系部分がカビであるか
暗色系部分から高汚染したカビが確認され、カビが原因の一つと考えられた。
- ④ 湿っぽい部分がカビであるか
湿っぽい部分から高汚染したカビが確認され、カビが原因の一つと考えられた。
- ⑤ カビ以外では何が多いか。
暗色部及び湿っぽい部分小口から、ペニシリウム、暗色系アクレモニウム以外に酵母、細菌などが確認された。これらが汚染の原因かどうかは今後の調査による。

3. 石室周辺環境の空中カビ

石室での汚染カビが解体作業に伴い空中に飛散する可能性があり、作業時での空中カビ調査を行った。その結果を表3にまとめた。

1) 石室周辺環境

- ・空中カビは、通常的生活環境より多量であった。
- ・石室解体により飛散する菌数は変動し、10～80/平板（10分間開放）であった。
- ・空中カビ数の変動要因はペニシリウムにあった。
- ・ペニシリウムは、解体初期は1種程度であったが、解体が進むにつれて2～5種と広範な菌種分布になった
- ・暗色系アクレモニウムは、ときおり検出されたが飛散量としては少なかった。
- ・解体が進むに連れ、クラドスポリウム、赤色酵母など次第と屋外環境と似た分布に変化した。
- ・放線菌の飛散は、解体の状況により差がみられた。
- ・飛散しているカビや放線菌の多くは、壁石解体作業によって発生したも

のと考えられる。

- 空中にペニシリウムが多いことは、石室周辺環境に依然と多量の孢子が飛散しており、マスクや作業着着用で労働衛生に配慮した対策が取られていた。

2) 前室及び修理施設

- 前室及び修理施設の空中カビ調査を6月に2回実施した。2回とも10分間開放により前室は1～5/平板、修理施設は0/平板であり、著しく少なかった。
- 前室のカビは外気に由来するものであり、壁石等に由来しなかった。
- 修理施設でのカビは検出されず、清浄な環境にあった。

図4. 高松塚石室石材小口面で検出されたカビ 概略図 (2008年2月25日報告)

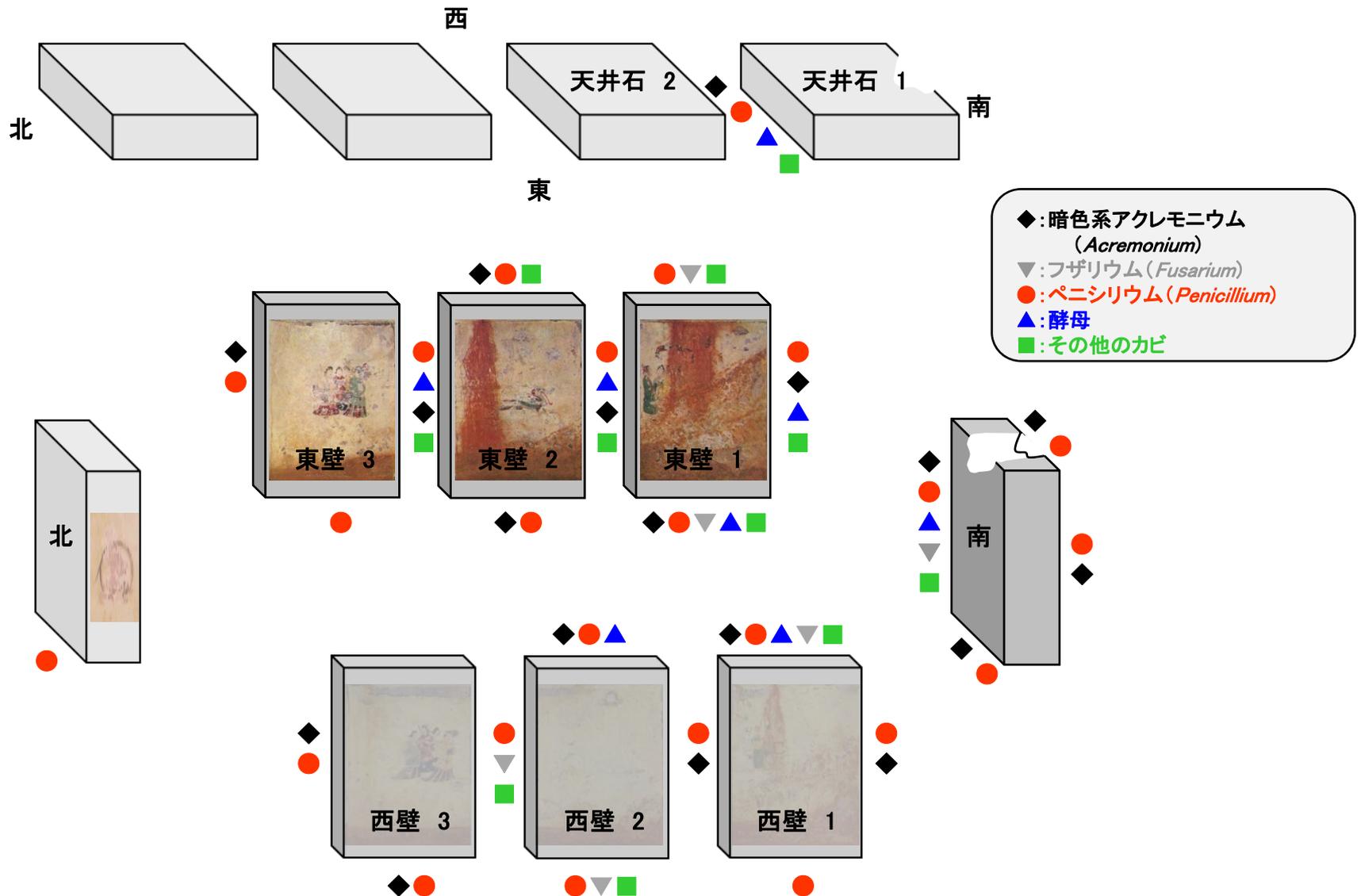


図5. 高松塚石室石材小口面の暗色で湿っぽい部位の汚染カビ 概略図 (2008年2月25日報告)

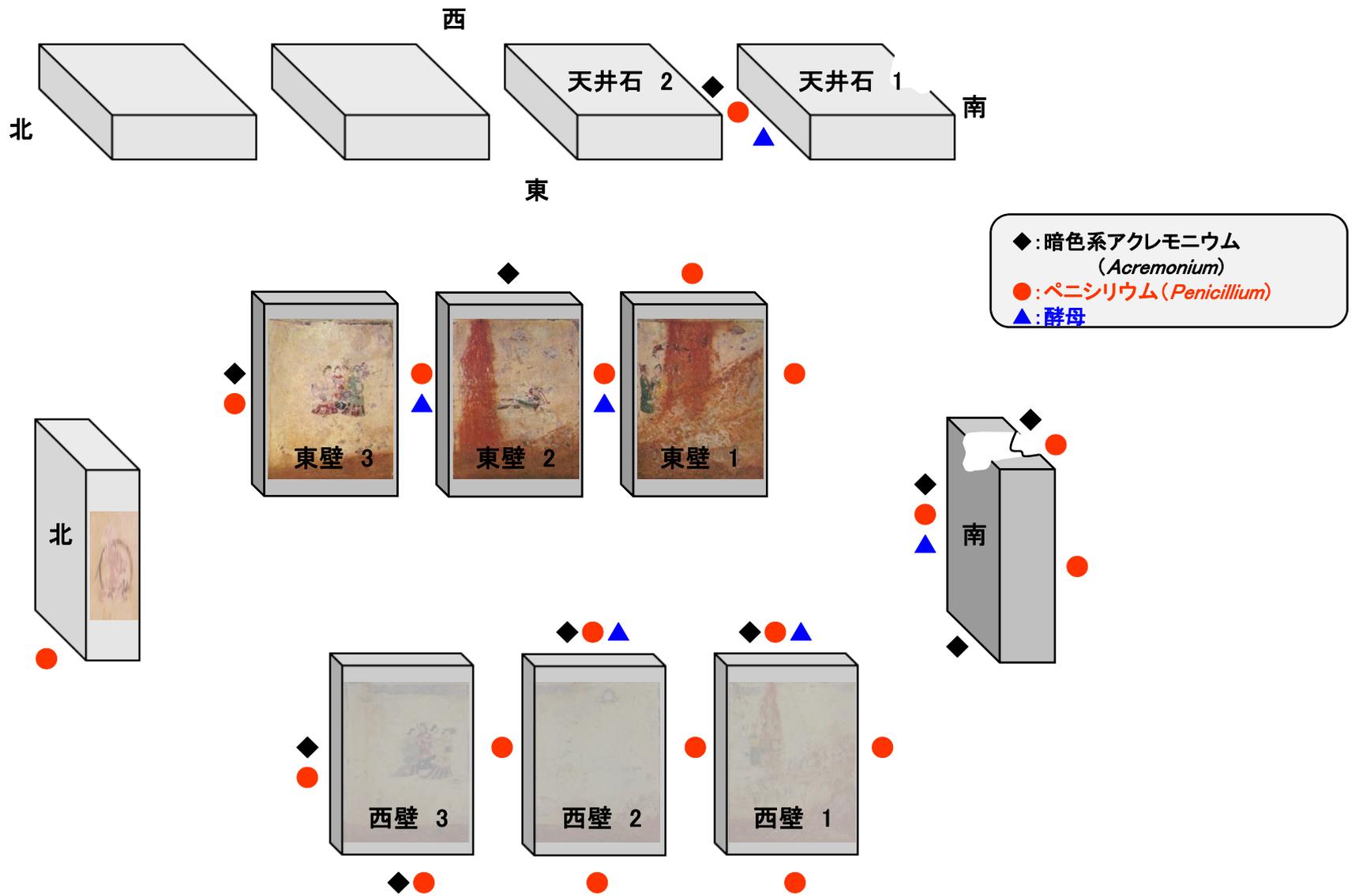


表3 高松塚古墳石室解体時の空中カビ

調査月日	5/17(東3)	5/28(天2)	5/30(天1)	6/7(東2)	6/14(西2)	6/15(南)	6/22(東1)	6/26(西1)
菌数	6~10	30~50	18~40	10~20	15~20	12~55	10~30	50~80
多い	<i>Penicillium</i> (1種)	<i>Penicillium</i> (3~5種)	<i>Penicillium</i> (4種)	<i>Penicillium</i> (2~3種)	<i>Penicillium</i> (2~3種)	<i>Penicillium</i> (3種)	<i>Penicillium</i> (2~3種)	<i>Penicillium</i> (2~3種)
やや多い		<i>Acremonium</i> (暗色系) <i>A.versicolor</i> <i>Cladosporium</i> <i>Fusarium</i> 酵母	<i>Acremonium</i> (暗色系) <i>Cladosporium</i> <i>Rhodotorula</i>	<i>Aureobasidium</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>A.versicolor</i> <i>Cladosporium</i> <i>Fusarium</i> 酵母	<i>A.versicolor</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Aureobasidium</i> <i>Cladosporium</i> 酵母 放線菌

<修理施設の空中カビ>

調査月日	6/22	6/26
菌数	0~5	0~5

高松塚古墳石室周辺カビ調査

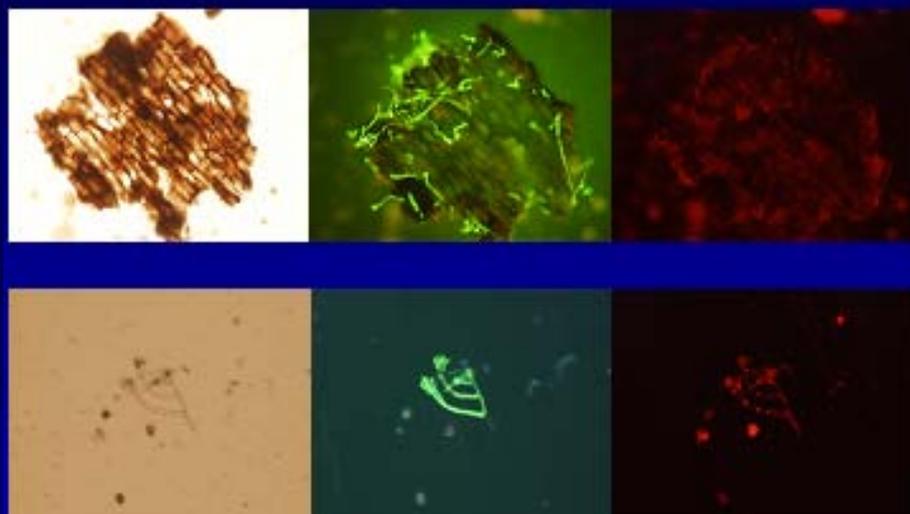
080225 資料

— 現在までの調査と今後の問題点 —

高鳥浩介（東農大）

1. カビの分布と汚染（石室周辺）
2. カビの活性・不活性
3. 石室壁画面の暗色化現象
4. 主要汚染カビの水分活性差による発育
5. 発育温度と二形成
6. カビによるバイオフィルム形成機序
7. 低温発育と汚染
8. 生物学的特性
9. 薬剤抵抗性と馴化

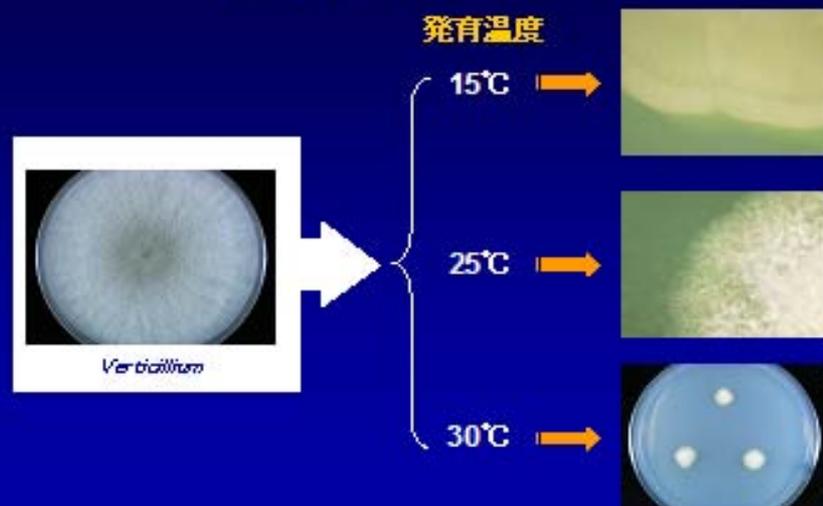
石室カビの活性・不活性



高松塚古墳石室壁画の暗色化現象



発育温度と二形成



高松塚古墳石壁のバイオフィルム

