

高松塚古墳壁画の劣化原因に関する検討の経過の概要（骨子）

1. 物の劣化に関する基本的な理解について

(1) 基本的な考え方

- 生体を除くあらゆる物質の変化は不可逆な過程で生ずるものである。
不可逆過程における文化財の劣化を定量的に把握することが必要である。

(2) 高松塚古墳壁画の場合

- 現在の視点からみれば、壁画発見当時の劣化状態の把握・認識は不十分であったと考えられる。
- 壁画発見時には、築造当時と比べ、既にかかなり劣化していた。

2. 現地保存を決定した経緯

○ 現地保存方針決定への過程

昭和 47 年 4 月 5 日～6 日 第 1 回 高松塚古墳応急保存対策調査会

（座長・関野克東京国立文化財研究所長）

昭和 47 年 7 月 19 日 第 4 回 高松塚古墳応急保存対策調査会

『高松塚古墳応急保存対策調査会 中間報告』提出

「墳丘、石室等の諸条件が、壁画の保存にとって、きわめて好適なものであったということができる。」

昭和 47 年 10 月 13 日 総合学術調査会による現地調査(9 月 30 日～10 月 10 日)終了後の Y.M. フロワードボー氏と J. フォション氏(いずれもフランス人専門家)のコメント

「この壁画は諸作業の振動で剥落し破壊される危険が多分にある。したがって、何よりもまず壁画をはずして必要作業の完成まで収蔵しておくべきであろう。」

『国宝高松塚古墳壁画—保存と修理—』(以下、『保存と修理』)より(P45)

昭和 47 年 11 月 29 日 第 6 回 高松塚古墳応急保存対策調査会

『高松塚古墳応急保存対策調査会調査報告』提出 閉会

「高松塚古墳の保存では、壁画の保存を第一義としなければならない。このためには、石室環境の安定化を計り、壁画の検査を可能にする施設等を設ける必要がある。」『保存と修理』より(P42)

昭和 47 年 12 月 18 日 第 1 回 高松塚古墳保存対策調査会

(会長・関野克東京国立文化財研究所長)

「壁画の保存状況、史跡としての現状変更等の観点からみて、現地で保存していくことを原則とした。」『保存と修理』より(P46)

*この調査会の中には、保存施設部会・壁画修復部会が設けられた。

○現地保存方針の決定

昭和 48 年 10 月 14 日 第 4 回壁画修復部会

P.モーラ氏(イタリア人専門家)から調査報告と保存方針について見解を聴取した後検討に入り、次のような結論を得た。

(1)壁画は歴史上・芸術上・保存上の観点から、現地保存とする。

(2)保存施設工事前に緊急必要な部分の応急補強処置を行う。

(3)保存施設工事完了後に、本格的修復作業を行う。

(4)応急補強処置と本格的修復は同一方法によって行う。

(5)修復作業に際して、必要な箇所のクリーニングを行う。

(6)壁画を良好に保存するための温湿度、炭酸ガスに対する適切な対策を講じる。

(7)壁画修復のための合成樹脂の使用及びクリーニングは、濃度等に十分留意する。

『保存と修理』より(P117)

(二重下線は事務局で付した)

3. 高松塚古墳壁画の技法・材料

(1) 絵画技法の調査

(2) 漆喰の調査

○ 非破壊分析調査

○ サンプル分析調査

(3) 顔料・描線等の調査

○ 非破壊分析調査

4. 高松塚古墳壁画の劣化・損傷の具体的な内容について

(1) 漆喰層・石材の劣化

○ 壁画発見以降のさらなる粗鬆化等

- 暗色化（漆喰の強化に用いた接着剤との関係）
- カビの痕跡とみられる汚れ

（2）壁画（顔料・描線等）の劣化

- 白虎などにおいて、描線が表面から消失した（近接撮影）。
- 壁画発見後の状態は、色材部分を含む表面にカルサイト層が新たに形成されたことが推定される（近接撮影・顕微鏡観察・電子線マイクロアナライザ（以下、EPMA））。
- 壁画面を構成する漆喰には鉛が含まれ、画像近傍では特に高い値が示されたが、白虎の背中周辺等ではその傾向が弱くなっている（蛍光X線分析）。
- 表面の汚れと荒れ（玄武等）
- 漆喰の剥落（東壁男子群像等）

（3）壁画の損傷

- 西壁男子群像の損傷事故（平成14年）
- 東壁女子群像の損傷事故（平成20年）

5. 高松塚古墳発見時の状況について

- 昭和47年7月の『高松塚古墳応急保存対策調査会中間報告』によれば、「東西両壁では、南に高く、北側に低く、楔形に、損傷と汚染が生じている。とくに顕著なところでは、酒粕状に石灰層が剥離している」等の記載がある。
- 昭和48年3月の『高松塚古墳壁画調査報告書』によれば、「天井と側壁の切石の接合部分の一部から下辺にかけて鉄分を含んだ水の滲出による赤褐色の汚染があり、このため東西両壁の男子群像および青龍の一部が著しく不鮮明となっている」等の記載がある。
- 昭和52年5月の『国宝・高松塚古墳壁画修理報告書（中間報告）』によれば、「漆喰層の表層が浮き上り、表層と共に剥落する恐れのある部分がある」等の記載がある。
- 壁画発見時から、壁面は築造当時と比べかなり劣化していたと考えられる。
- 壁画発見時の状態は、漆喰層に空隙ができており、漆喰の強度が低下していた（顕微鏡観察・EPMA）。色材部分を含む表面にカルサイト層が形成されていた（近接撮影・顕微鏡観察・EPMA）。画像を見え

にくくしている一方、保護膜となって色材が保護されていた。

6. 温湿度等の環境変動について

(1) 高松塚古墳石室内の温湿度について

- 石室内温度は、外気温と比較して3~4ヶ月遅れて連動している。昭和55年頃から外気温が1℃程度上昇している。
- 石室内の相対湿度はほぼ100%程度であり、石室内に人が立ち入ると90%程度に低下した。

(2) 石室の温湿度解析モデルを使用したシミュレーション結果について

①高松塚古墳発掘から保存施設の稼働までの期間における仮保護施設の影響について

- 発掘前は、石室内相対湿度は年間を通じて100%近くであり、石室内表面も同様と考えられる。
- 発掘後の仮保護施設が設けられた状況で、石室内温度は発掘前より振幅がやや大きくなり、湿度は100%に近い値から若干低下したと考えられる。
- 発掘後の仮保護施設が設けられた状況で、石室の南壁とその近くの天井付近で夏期に室内側表面の湿度が100%に近い値から低下した可能性がある。
- 調査時以外に設置された石室南側の覆土は、湿度低下を抑制する効果があったと考えられる。

②保存施設の稼働から石室解体前までの期間における気象条件の影響

- 保存施設稼働後の約30年間の気象条件の変化は、この間の石室内の温度上昇の主要な原因の一つといえるが、それだけでは温度上昇を説明することはできない。

③墳丘の被覆状況の変化が石室内温度変動に与える影響

- 平成16年末頃の石室内の温度上昇の要因の一つとして、平成15年9月に、竹林を伐採し防水シートを設置したことが影響している可能性が高い。
- 平成16年9月の仮設覆屋の設置は、防水シート設置のみの状態を継続するより石室内の温度を低くしたと考えられる。
- 保存施設稼働時の(年)平均的な石室の温度上昇は、気象条件の影響

や被覆条件の変化だけでは十分説明できない。

④送水冷水温度の影響

- 冷水パイプへの送水温度測定値を用いた解析による石室温度は、平成14～16年を除いて測定値とかなり良く一致する。すなわち、保存施設稼働後の約30年間の石室温度の上昇は、この間の気象条件の変化と冷水温度の変化を考慮すると大略説明できる。
- 平成14～16年の石室温度の急激な上昇は、以上の解析でも十分説明できない。

⑤入室の影響

- 石室温度、入室人数とカビの繁殖との間には相関がある可能性がある。
- 連続した入室があった後には、石室温度はやや高めに推移する。石室の高温化の要因の一つと考えられる。

⑥機械室温度の影響

- 冷却開始後一年間の測定値からの判断であるが、機械室の温度は年間を通して高い。それが過去30年間近くについても同様であったとすると、長期間にわたる影響で準備室に近い地盤の温度が上昇した可能性がある。今後検討が必要である。
- 準備室の高温化にも機械室室温が影響している可能性は考えられる。

⑦保存施設の躯体における熱移動の影響

- 準備室の温度は年間を通して前室より高温となっており、これには準備室南面に当たる日射が大きく影響していると考えられる。従って、保存施設の躯体を通しての熱移動が、保存施設の温熱環境に影響していると考えられる。

(3) 石室内の温湿度と壁面の劣化との関係

- 温湿度は、壁面の劣化に直接の影響は少ないと思われるが、壁面に付着したカビやゲル等の生育環境に影響を及ぼしたものと考えられる。温度の上昇はカビ等の生育環境を良好にし、湿度が高いことによってカビ等の恒常的な生育環境をつくり出すこととなった。

7. 地震等の石室への影響について

平成16年度（平成16年10月～平成17年3月）及び平成18・19年度（平成18年10月～平成19年9月）に発掘調査が行われた。これら発掘調査において判明した調査成果のうち、壁画の劣化に深く関わると考えられる成果は以下のとおりである。

（1）平成16年度発掘調査の主な調査成果

- 地震に伴う墳丘の亀裂や断層が多数発見され、これまで版築の堰板痕跡と想定されてきた（昭和47・49年発見）墓道部の溝状遺構（土層陥没）も、地震による断層と推定できるようになった。これらの地震痕跡は、過去に周期的に発生した南海地震等の痕跡と見られ、地震に伴う亀裂や断層が墳丘の各所に存在する可能性が高いものと考えられる。
- 墳丘部にはモチノキの木株が3カ所に存在し、現在も墳丘内に深く根を張る。植物は、軟質土の充てんされた地震痕跡の亀裂にそって、根を張る状況が確認されており、こうした亀裂が雨水の浸透や、石室内への虫の侵入経路となっている可能性が高いものと考えられる。
- 平成16年度の発掘調査によって、古墳墳丘内部に地震由来と考えられる多くの亀裂や地割れが認められており、これらに対し動的解析を行った。その結果、高松塚古墳は繰り返し地震の影響を受け、発掘調査に見られるような亀裂や地割れが広がったと考えられる。

など

（2）平成18・19年度発掘調査の主な調査結果

- 墳丘の損傷が具体的に確認された。
地震による版築層の亀裂（南海地震等の影響）、石室石材間の隙間
など
- 墳丘版築の亀裂、石室石材隙間等で生物被害が確認された。
墳丘版築層内の亀裂と草木根、石室周囲から発見されたムシ、旧調査区・取合部のカビ、石室外面で確認したカビ、石室石材接合面のカビ
など

8. カビ等の微生物被害について

（1）基本的な考え方

- 高松塚古墳の「現地保存」は、ほぼ100%RHの高湿度条件での保存が前提であり、微生物対策は、高湿度のもと、自然の均衡を保つという方針で行われた。

- 均衡は、きわめて微妙なバランスのうえに立っているものであり、一度崩れると、カビなどの微生物が直ちに繁殖する。

(2) 微生物等の被害について

- 昭和 53 年からの第 2 次修理では、主に東壁・西壁でカビの発生が認められ、昭和 56 年 1 月にはカビが石室内の広域に発生。
- 昭和 56 年からの第 3 次修理では、石室内各面にカビが認められた。

- 平成 13 年 2 月の取合部の崩落止め工事後、取合部に大量のカビが発生。

(3) 殺菌処置と薬剤

- 微生物対策としては、昭和 47 年より石室内作業終了時に、パラホルムアルデヒドを布置した。
- 昭和 53 年頃から石室内に布置したパラホルムアルデヒドが結露水によって溶け、気化しない状況となった。これに呼応するかのようカビの発生量が増加傾向を示した。
- 昭和 55 年には、樹脂溶液を注入した箇所、剥落止めに用いたうす紙にもカビは発生した。これらのカビに対する処置としては、ホルマリンとエタノールの溶液で滅菌したが、この処置部分に白色粒上のカビが発生したので、トリクロルエチレンで除去した。
- 平成 13 年の取合部に大量に発生したカビ被害については、消毒用エタノール、パラホルムアルデヒド燻蒸などを実施した。
- パラホルムアルデヒド燻蒸は昭和 50 年代から高松塚古墳石室で実施され、当時大発生した *Doratomyces sp.* のカビの対策として一定の効果をあげたと考えられる。しかし、一方ではパラホルムアルデヒド燻蒸を行っても、分厚いコロニーが生じているような箇所では、コロニー内部までは効果が十分ではないことが知られており、分厚いコロニーが発生しているような場合は、物理的に殺菌しつつ、取り除くこととした。
- 絵画への影響が少なく、毒性が比較的低く、残留しにくいという点で、このようなカビのコロニーの殺菌と除去という用途にはアルコール系のものが候補となり、主にエタノールを使用して処置が行われた。
- 一方エタノールなどのアルコール系の殺菌剤がうすまった際には、微生物の炭素源（栄養源）として使用される可能性が指摘された。この可能性を検討した結果、エタノールが殺菌濃度からおよそ 70 倍-100 倍程度にうすまり、1%程度の低濃度になると、高松塚古墳から分離されたカビ、バクテリアや酵母などの炭素源になりうることを示された。
- エタノールなどのアルコール系に限らず、パラホルムアルデヒドも、

キトラ古墳でバイオフィルムの構成微生物の増殖抑制に効果があったため部分的に使用されたイソチアゾリンなどについても、有機系の殺菌剤、抗菌剤である以上、それらが分解されたときには、有機物として微生物の栄養源になる可能性が指摘された。

- ある殺菌剤の継続的使用による、微生物の慣れ（馴化）の可能性について、TBZ、エタノール、イソプロピルアルコール、ホルマリンなどの薬剤について検討が行われた結果、TBZのような抗カビ剤に比較すると、アルコール系の殺菌剤は現在のところあまり明らかな馴化傾向は観察されていない。

(4) 点検と人の出入り

- 「高松塚古墳壁画の劣化原因に関わる事項の整理について」より、石室内にほとんど人が入る必要がなかった時期には、カビの発生は少ないことがわかっている。
- 人の出入りなどに伴う、石室内温度の上昇は、石室内のカビなどの発生のしやすさに間接的に影響を及ぼしていると考えられ、また人が入ることによっての呼気などに含まれる有機物のもちこみなども微生物の生育のしやすさに影響する可能性がある。
- 点検などに伴う光の照射と、カビの暗色系の色素形成に関係があるのかどうかについて、暗色系の *Acremonium* 属 2 株についてのみ予備的に検討したところ、高松塚分離株 1 株については、光照射があったときのほうが若干、色素産生が多い傾向がみられたものの、キトラ分離株 1 株については、蛍光灯の照射の有無と色素生産の多少については相関はみられていない。

(5) 微生物の漆喰、絵画への影響

- 平成 13 年以降は、エタノール及びパラフォルムアルデヒド燻蒸を行い、平成 17 年には、これに併せてイソプロパノールを使用した。
- 高松塚古墳より分離されたいくつかの微生物については、壁画の劣化に関わる可能性のある有機酸である酢酸を多量に生成するものが存在し、pH の低下も引き起こす可能性が示された。さらにエタノールを単一の炭素源としたときの酢酸生成量についても、いくつかの微生物において、酢酸生成量が増加し、pH の低下を引き起こす可能性があることがわかった。
- 高松塚古墳より分離されたいくつかの微生物については、低温下で生育することによって色調が暗色化することが明らかとなった。また、カビから分泌される代謝物にも暗色系の色素が含まれることが確認された。

(6) 平成 14 年石室壁面で発生した黒い汚れと対応

- 平成 14 年 10 月の下旬の点検時に、青龍、東壁女子群像の近くで粘性のある黒い汚れ（シミ）が現れているのが発見された。よく調査すると、この黒い汚れは、前年カビが発生した位置とほぼ一致することがわかった。
- このような激しい汚損を避けるには、頻繁に点検を行い、わずかでも変化があった時点で対応する方向性と、逆にあまり人が出入りしないようにする方向性の間で対策を選択する必要があったが、結局、除去できるかどうかわからない黒い汚れなどによる劣化の進行を放置するわけにはいかないということから、以前よりも多くの点検を実施することとなった。

(7) ダニや虫などの小動物、植物などの根

- 高松塚古墳石室内では、ダニ、ムカデのほか、ワラジムシなども頻繁に目撃されており、解体・発掘作業中でも同様にこれらの小動物が頻繁に観察されている。植物性のものを餌とするワラジムシなどの侵入を考えると、墳丘から石室の石材のすきまへと入り込む植物の根などを通じて、これらが入ってきていたことが推測され、これらの小動物もカビなどの散布や、石室と周囲との物質や微生物のやりとりに深く関わっていたと考えられる。

(8) 石室内の微生物の由来

- 平成 16 年以降の、石室内や取り合い部、解体・発掘に伴う石材間、石材付近の土、墳丘などの詳細な微生物種調査を行ったところ、種レベルの微生物の同定結果に基づき、文献調査によってそれらの微生物種の由来を調べた結果、ほとんどの微生物が「土壌由来」、「植物由来」、「空気由来」、「昆虫由来」とみられるものであった。
- 石室、取合部などから分離された微生物は、石室周囲の土（発掘中の畦）、墳丘などから分離された微生物種と共通するものも多く、おそらく周囲の土壌から、雨水やダニ、虫類などの小動物、植物の根、人の出入りなどを介して、侵入したものと推測される。ただし、石室には石室内の特徴的な環境により適応しやすかったとみられる種が主に繁殖したと考えられる。
- *Fusarium solani* species complex（以下 FSSC と略記）の詳細な遺伝子解析結果より、石室内での遺伝的多様性がきわめて大きいことが示された。これは、単一の機会に侵入したカビが全域に広がったということ

ではなく、一般に微生物の侵入の機会が非常に多いなかで、そのつど異なった遺伝的背景をもつFSSCが侵入して定着してきたことを示唆している。

- 漆喰などへの影響が大きい酢酸菌については、これまで高松塚由来の試料からは培養法による分離では検出されていないが、培養しにくい微生物の存在を検出する方法である DGGE 解析を行ったところ、高松塚古墳の壁石間や取合部土壌などのいくつかの試料で酢酸菌が優占種のひとつとして検出された。そのため、分離手法を変えて集積培養法による分離を試みた。その結果、DGGE 解析でバンドが確認された試料のほとんどから、酢酸菌が純粋分離された。このことから、高松塚古墳の壁石間や取合部土壌などには少なくとも酢酸菌が存在していたと考えられる。一方、石室内部の試料からは、培養法による分離および DGGE 解析ともに酢酸菌は検出されていない。

9. 保存管理上の諸問題について

(1) 旧保存施設による制御

①旧保存施設

- 旧保存施設は、昭和 51 年 3 月に、修理・点検等の石室内作業を安定的環境の下で行うために設置されたものである。作業者が石室内に出入りする際、外気の影響が石室内に及ぶことを出来る限り少なくするため、3 つの前室を経て石室入口に到達する構造となっている。
- この施設の機能は、前室の温度を石室周辺の土中温度と調和させるため、銅管パネルに常時温水（冷水）を流す「パネル系」と、前室に入室する場合に石室と同じ温度の風を前室に送風する「空調機制御系」の 2 系統の空調設備で保存環境を維持しようとしていた。
- 取合部とは、旧保存施設と石室をつなぐ空間である。旧保存施設の建設に際し、石室の天井石に土圧をかけずに埋め戻す方法として、旧保存施設の天井を庇状に延ばし、取合部を設けた。また、取合部は、前室から石室に入る前の作業空間の役割も果たした。取合部の壁面は、昭和 47・49 年の発掘調査時の版築土が露出していた。

②旧保存施設の不具合

- 旧保存施設の稼働時からパネル系の不具合が指摘されており、改善策の必要性が指摘されていた。
- また、制御の基準としている温度センサーが、石室より外界の影響を

受けやすい取合部土中の浅い場所に埋められているため、より深い位置に埋め直すよう、指摘を受けていた（昭和 62 年：高松塚古墳壁画―保存と管理―）が、改善が図られてこなかった。

- 石室内温度の上昇勾配は外気温の上昇勾配よりも大きいことが判明した。その要因として旧保存施設のパネル系施設に何らかの問題があったのではないか。

（2）石室内の人の出入りの状況

- 高松塚古墳保存対策調査会第 5 回会議（昭和 50 年）において、当面旧保存施設の開閉については次のような場合に限ることとされていた。
 - i. 壁画修理事業のとき。
 - ii. 地震・大雨等の自然災害の事後点検のとき。
 - iii. 空調機器運転にともなう点検・調査のとき。
 - iv. カビ等に対する定期的な点検のとき。
- 人の出入りが多い時期とカビ等の被害の時期は重なっている。
- 最初のピークとしては、昭和 50 年代の第 1 次～第 3 次の修理時、次のピークは、平成 13 年 9 月から石室解体まで続くカビ処置等の生物対策時である。

（3）漆喰の強化に用いた接着剤による影響

- 昭和 48 年から昭和 50 年代にかけて、高松塚古墳壁画の剥落止め処置を実施した。漆喰の強化に用いた接着剤は、アクリル樹脂「パラロイド B72」である。
- この樹脂は、当時の壁画保存の世界的権威であった、イタリア中央修復研究所パウロ・モーラ氏から漆喰層の修理に有効との助言を得て使用されていたものである（昭和 52 年）。
- このアクリル樹脂を使用して剥落止めした箇所には、カビ等の生物被害が生じており、少なくとも昭和 55 年前半から現場ではこれらに相関関係がある可能性が意識されていた。

（アクリル樹脂「パラロイド B72」のカビへの影響）

- 遺構や壁画の強化、剥落止め等において樹脂を使用することがあるが、多湿な環境におかれている日本の文化財の場合、処置後にカビの被害が問題になる場合がある。
- 「パラロイド B72」等の樹脂を対象としたカビ抵抗性試験によれば、「パラロイド B72」については、概ねカビ発生との因果関係を示唆する結果が得られている。

- ただし、「パラロイド B72」の成分に直接微生物の栄養分になるものが含まれているわけではなく、カビが生える理由は必ずしも明らかではない。可能性として、不純物の影響、また、カビが樹脂そのものを資化（微生物の体内に取り込んで体の一部とすること）すること、樹脂表面の水分がカビに利用されやすい状態にあること等が考えられる。
- 高湿度環境においては壁画の剥落止めに昭和 50 年代に使用されたパラロイド B72 に、高松塚古墳から分離されたカビが生育することが示されたが、パラロイド B72 を固化させたのちエタノールを噴霧し、再び乾燥させたものは、もとのパラロイド B72 よりもさらにカビが発生しやすくなることが明らかとなった。

(4) 取合部天井の崩落止め工事

①取合部天井の崩落止め工事

- 昭和 59 年頃から、取合部天井の崩落に関する記録が、当時の写真や日誌等に残されている。
- 崩落止めの工事は平成 13 年 2 月から 3 月にかけて実施されたが、その工事では、カビ対策を適切に施さなかった。
- 工事直後（平成 13 年 3 月）に取合部に大量のカビが発生した。

②取合部工事と取合部のカビの相関

- 直接の因果関係の立証は困難であるが、工事がきっかけとなった可能性が高いと推測される。
- その根拠としては、
 - ・わずかな期間で大量のカビが発生したこと
 - ・発生要因として、工事方法、温湿度、外気、作業等による環境変化が考えられること
 - ・平成 13 年に大量に発生したカビは、既に同環境内に定着した常在カビの可能性が高い。
- 平成 13 年取合部の崩落止め工事に使用された樹脂のうち、現在入手可能なもの（アラルダイトなど）について、試験を行ったところ、崩落止め工事に用いられた樹脂の一部には、高松塚古墳から主に分離されたカビのいくつかの分離株が樹脂上に生育することがわかった。

③取合部のカビと石室内のカビの相関

- 平成 13 年当時、取合部に発生したカビが培養株として現存しないか、現存しても僅少のため、広範囲の詳細かつ高い精度の比較検討ができない。また、その当時はカビの種レベルの菌類相の比較という視点での調

査が行われていないため、直接の因果関係の立証は困難であるが、以下の状況や可能性を指摘することができる。

- その状況・可能性とは、
 - ・ 平成13年3月当時のカビの同定結果（属レベル）をみる限り、取合部で大発生したカビは、例年石室で検出されるものとほぼ同様のものが多かったが、平成13年以前の数年の間には石室内で認められなかったカビなども含まれていた。また、平成13年9月と12月の石室内に発生したカビの調査では、石室と取合部のカビの構成（菌類相の属レベルでの構成）に大きな違いはみられなかった。
 - ・ 石室解体に伴う発掘調査の結果等から、石室は完全に密閉されている状態ではなく、外部の亀裂などからカビの「運び屋」となりうるダニやムシなどが容易に石室内へ移動できる可能性が高いことが明らかになった。

など

（5）壁画の損傷事故

①西壁男子群像の損傷事故

平成14年1月に室内灯の接触等によって石室西壁の男子群像下方部及び同群像胸部に損傷事故が発生した。

②東壁女子群像の損傷事故

平成20年11月に東壁女子群像について可視分光分析を行った際、機器の先端が誤って壁面に接触し、壁面の損傷事故が発生した。

（6）壁画の劣化に関する諸要因に係る当時のチェック体制

10. まとめ

11. 今後の課題

(参考) 国内外の(古墳)壁画の状況について

①国内の装飾古墳の保存管理について

- 我が国には、高松塚古墳・キトラ古墳以外に、約 600 基の装飾古墳と呼ばれる一連の壁画を持つ古墳が存在する。これらには、高松塚古墳・キトラ古墳と所在する地域や築造年代等において異なる点があるものの、保存管理の観点からは、一体的に議論すべき点も多い。
- 装飾古墳は、①主体部等に保存施設を設置、②覆屋を設置、③開口部・入口等に扉等を設置する等の方法で保存している。
- 装飾古墳は、壁画(装飾部)は常時公開から非公開まで千差万別の公開方法である。

②海外の壁画の保存管理について

- イタリアの古墳壁画の修復・保存について
- フランスのラスコー洞窟壁画の保存について

高松塚古墳壁画の劣化原因に関する検討の経過の概要（骨子）抜粋

1. 物の劣化に関する基本的な理解について（第3回）
 - （1）基本的な考え方
 - （2）高松塚古墳壁画の場合

2. 現地保存を決定した経緯（第4・11回）

3. 高松塚古墳壁画の技法・材料（第2・3・5・6・8・10回）
 - （1）絵画技法の調査
 - （2）漆喰の調査
 - （3）顔料・描線等の調査

4. 高松塚古墳の劣化・損傷の具体的な内容について（第4・5・8・10・12回）
 - （1）漆喰層・石材の劣化
 - （2）壁画（顔料・描線等）の劣化
 - （3）壁画の損傷

5. 高松塚古墳壁画発見時の状況について（第4回）

6. 温湿度等の環境変動について（第4・5・10・12回）
 - （1）高松塚古墳石室内の温湿度について
 - （2）石室の温湿度解析モデルを使用したシミュレーション結果について
 - （3）石室内の温湿度と壁面の劣化との関係

7. 地震等の石室への影響について（第2・4・9回）
 - （1）平成16年度発掘調査の主な調査成果
 - （2）平成18・19年度発掘調査の主な調査成果

8. カビ等の微生物被害について（第2・3・4・6・10・12回）

- （1）基本的な考え方
- （2）微生物等の被害について
- （3）殺菌処置と薬剤
- （4）点検と人の出入り
- （5）微生物の漆喰、絵画への影響
- （6）平成16年石室壁面で発生した黒い汚れと対応
- （7）ダニや虫などの小動物、植物などの根
- （8）石室内の微生物の由来

9. 保存管理上の諸問題について（第3・5・7・8・9・12回）

- （1）旧保存施設による制御
- （2）石室内の人の出入りの状況
- （3）漆喰の強化に用いた接着剤による影響
- （4）取合部天井の崩落止め工事
- （5）壁画の損傷事故
- （6）壁画の劣化に関する諸要因に係る当時のチェック体制

10. まとめ

11. 今後の課題

（参考）国内外の（古墳）壁画の状況について（第5・6・8回）

- ①国内の装飾古墳の保存管理について
- ②海外の壁画の保存管理について