

高松塚古墳壁画劣化原因調査報告書に記載された 壁画の現地保存に関する指摘について

「高松塚古墳壁画劣化原因調査報告書」では当該古墳壁画の劣化原因に関する多くの知見が取りまとめられ、総合的な考察が行われた。ここでは、これまでの壁画の現地保存に係る情報を抜き出して整理し、当該古墳壁画の今後の取り扱いの議論に資する。

以下、主に本報告書「11. まとめ (1) 高松塚古墳壁画の劣化の経緯と原因」(78～83 ページ) の内容を引用する。

①壁画発見以前(昭和47年以前)

「壁画は、長年にわたり相対湿度100%近い環境で保存されたことにより、カルシウム成分等が溶出し、漆喰は粗鬆化し内部に空隙ができるとともに、亀裂や剥落等の劣化が進行した。色材部分を含む表面には薄いカルサイトの再結晶層が形成され、図像を見えにくくする一方、それが保護膜となり色材や図像が保護された部分もあったと考えられる。」

参考

(11 ページ) 3. 高松塚古墳壁画の技法・材料

(2) 漆喰の科学調査

(22 ページ) 5. 高松塚古墳壁画の劣化の具体的な内容

(1) 漆喰層・石材の劣化

→高湿度での保存を継続する場合、壁画表面に薄いカルサイトの再結晶層が形成され、図像を見えにくくする可能性がある。

②壁画の発見と生物被害に対する認識(昭和47年)

「ムシ等の侵入経路であることが判明する地震による墳丘の損傷も一部は既に確認されていた。しかし、地震考古学の研究が発達するのは主に平成以降となっており、当時は地震による古墳の被害に対する認識は薄かった。」

参考

(46 ページ) 8. 地震等の石室への影響

(1) 平成16年度発掘調査の主な調査成果

→版築等の工法で墳丘整備を行った場合、今後想定される地震によって墳丘に損傷が発生する可能性があり、再びムシ等の侵入経路が生じる可能性もある。

③現地保存方針の決定と保存施設の設置（昭和 47～51 年）

「アクリル樹脂がカビにより資化されることが明らかとなり、また、保存施設の温度制御に係る設計等が石室内温度上昇の主要な要因であることが明らかとなるが、この段階ではこれらのことは認識されていなかった。」

参考

- (2 ページ) 1. 高松塚古墳の概要と保存管理の経緯
 - 現地保存方針の決定と保存施設の設置
- (44 ページ) 7. 温湿度等の環境変動
 - (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
 - ⑥保存施設機械室温度の影響
 - ⑦保存施設の躯体における熱移動の影響
- (49 ページ) 9. カビ等の微生物被害
 - (1) 基本的な考え方
- (70 ページ) 10. 保存管理上の諸問題
 - (3) 壁画の修理（剥落止め）

→高湿度下においてアクリル樹脂がカビにより資化される可能性がある。

また、保存施設の機械室の熱が土中を伝わり、石室内温度上昇に影響を与える可能性がある。

④本格的な修理作業の開始（昭和 51～54 年）

「アクリル樹脂に対しトリクレンを溶剤として用い、注射器で注入する方法が採用された。また、当初は防カビ処置としてパラホルムアルデヒドを床面に布置し、それを常温で気化させる方法がとられた。しかし、昭和 53 年頃にこれが結露水によって溶け、気化しなくなった。」

参考

(65 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(3) 壁画の修理 (剥落止め)

→トリクレン (トリクロロエチレン) は発がん性の恐れ等のある物質である。

また、パラホルムアルデヒドは高湿度下においては気化しにくいことが明らかとなっている。

⑤昭和のカビの大発生と白虎の描線の退色 (昭和 55～59 年)

「アクリル樹脂による処置を施した箇所にしばらくするとカビが発生すること、あるいはそれが日を追うごとに短期間でカビが繁殖する傾向が現場では認識されていた。」

「修理作業 (後半は生物被害への対応が中心) の際には、おのずと石室内への人の出入りが多く、そうした環境の変化も生物被害の要因の一つになったと考えられる。」

「アクリル樹脂の溶剤として用いられてきたトリクレンを単独で使用し、「筆にて拭払う」などの処置がとられてきた。トリクレンは強い溶解作用をもつ特性があり、これにより漆喰表層に定着していた白虎の描線がにじんだ可能性が否定できない。」

参考

(2 ページ) 1. 高松塚古墳の概要と保存管理の経緯

○壁画の修理作業と昭和のカビの大発生

(52 ページ) 9. カビ等の微生物被害

(4) 点検と人の出入り

(57 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(2) 石室内への人の出入りの状況

(63 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(3) 壁画の修理 (剥落止め)

(70 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(3) 壁画の修理 (剥落止め)

→高湿度下においてアクリル樹脂がカビにより資化される可能性がある。

石室を再構築した後に修理作業が発生した場合、狭い石室内の環境コントロールが困難になることが想定される。

トリクレンの特性により、白虎の描線がにじんだ可能性が否定できない。

⑥「かりそめの安定した時期」（昭和 60～平成 12 年）

「昭和 63 年頃からは、保存施設の温度調整機能が十分に働かなくなったこと等により、石室内温度が外気温より大きな勾配で上昇するようになった。」

参考

（44 ページ） 7. 温湿度等の環境変動

（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

⑥保存施設機械室温度の影響

→保存施設の構造・位置によっては、機械室の熱が土中を伝わり、石室内温度上昇に影響を与える可能性がある。

⑦平成のカビの大発生と損傷事故（平成 13～14 年）

「墳丘上から石室周辺への雨水の浸入を防ぐために、平成 15 年度に墳丘上の植栽を伐採し、防水シートを設置した。これにより石室周辺への雨水の浸入は抑えられたものの、これが墳丘及び石室の温度上昇の一因となったことが後に明らかとなる。」

参考

（44 ページ） 7. 温湿度等の環境変動

（3）石室内の温湿度等の変動と生物被害との関係

→墳丘盛土の厚さや墳丘上の植生等について、石室内環境へ影響がないか十分な検討が必要である。

⑧石室の解体修理の決定とその後のカビの被害（平成 15～18 年）

覆屋を設置したことにより墳丘への直射日光や雨水等を避けることができ、冷却管を設置して石室内温度を下げたことにより当時壁面に影響を与えていたカビやゲル状物質が大枠で抑制され、所期の目的は概ね達成された。しかし、その一方で、低温に適応したカビの発生や低温でカビが変色すること等を抑えることはできず、低温化による生物対策が恒久対策とはなりえないことが改めて示される形となった。

参考

(51 ページ) 9. カビ等の微生物被害

(2) 微生物等の被害

(52 ページ) (5) 微生物の漆喰、絵画への影響

→カビの発生を抑えるために石室内の低温化は一定の効果が認められるが、恒久的な対策にはならない。

⑨石室の解体と発掘調査による新たな知見（平成 18～19 年）

「墳丘に過去の地震の影響による多数の亀裂や土層のずれが確認できたことで、墳丘の一部は地すべりにより崩落していることも分かった。石室の天井石や床石を南北に縦断する亀裂の存在や、石室全体がねじれて歪んでいることも地震の影響であることが明らかになった。また、取合部天井が断続的に崩落していたことも地震による墳丘の損傷に起因することが明らかになった。墳丘に刻まれた亀裂を経路として、雨水・木根等が石室・壁画周辺まで及んだことが予想され、地震で緩んだ版築と石室の間や石材の接合面には多くのカビ等が確認された。

（中略） 壁画発見後の石室内への頻繁な人の出入りや、石室内での諸々の作業、あるいは取合部天井の崩落止め工事等の機会が、カビ等の生物被害の拡大を促す前提条件となった可能性が高い。」

参考

(3 ページ) 1. 高松塚古墳の概要と保存管理の経緯

○平成のカビの大発生

(46 ページ) 8. 地震等の石室への影響

(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

(52 ページ) 9. カビ等の微生物被害

(4) 点検と人の出入り

(57 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(2) 石室内への人の出入りの状況

(71 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(4) 取合部天井の崩落止め工事

③取合部のカビと石室内のカビの相関

→版築等の工法で墳丘整備を行った場合、今後想定される地震によって墳丘に損傷が発生する可能性があり、再びムシ等の侵入経路が生じる可能性もある。
石室内への頻繁な人の出入り等が、カビ等の生物被害の拡大を促す可能性が高い。

⑩複合的な因子による壁画の劣化

「生物被害が大きく進行した二つの時期（昭和のカビの大発生、平成のカビの大発生）に焦点をあてれば、前者は石室内の湿度環境の変化、修理作業における樹脂や薬剤の選択、度重なる石室内への人の出入り等が複合して起こった可能性が高く、おそらくその対応中に白虎の図像が退色したと考えられる。後者はさらに保存施設の温度調整機能が十分に働かなくなったこと等による石室内の温度上昇、取合部天井の崩落による微生物（常在菌）を多く含む土層の露出等の条件が加わった上で、不十分な生物対策により実施された工事が直接の引き金となった可能性が高い。その後の度重なる石室内への人の出入りも生物被害を拡大させる要因の一つとなったと考えられる。」

参考

(52 ページ) 9. カビ等の微生物被害

(3) 殺菌処置と薬剤

(5) 微生物の漆喰、絵画への影響

(57 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(2) 石室内への人の出入りの状況

→高湿度下において使用する樹脂等がカビにより資化される可能性がある。また、保存施設の機械室の熱が土中を伝わり、石室内温度上昇に影響を与える可能性がある。石室内での修理作業が発生した場合、さらに狭い石室内の環境コントロールが困難になることが想定される。

⑪チェック体制の不備

『高松塚古墳応急保存対策調査会』とそれに続く『高松塚古墳保存対策調査会』により多角的な議論が行われた。これにより、現地保存の方針が示された。その際、壁画修理の方法と保存施設の設計内容等が決定されたが、保存施設のしゅん工（昭和 51 年

3月)以降、この調査会及びその作業部会は、解散こそされてはいなかったものの、開催されることはなく、有名無実化し、保存修理作業が現場任せとなった。

(中略)保存施設がしゅん工してよいよ本格的に修理作業が始まり、未知の領域に突入し前進する、本来であれば大変重要な段階であったが、多角的な視点からのチェックを担うべき調査会が機能しなくなり、文化庁等の担当機関による組織的な取組が行われなくなった。」

参考

(75 ページ) 10. 保存管理上の諸問題

(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

→保存管理に係るチェック体制を整備することが必須である。

高松塚古墳壁画劣化原因調査報告書に記載された壁画の現地保存に関する指摘

「まとめ」の見出し	壁画の現地保存に関する指摘（要約）
壁画発見以前 （壁画の保存環境）	○ 高湿度での保存を継続する場合、壁画表面に薄いカルサイトの再結晶層が形成され、凶像を見えにくくする可能性がある。
壁画の発見と生物被害に対する認識	○ 版築等の工法で墳丘整備を行った場合、今後想定される地震によって墳丘に損傷が発生する可能性があり、再びムシ等の侵入経路が生じる可能性もある。
本格的な修理作業の開始	○ トリクレン（トリクロロエチレン）は発がん性の恐れ等のある物質である。 ○ パラホルムアルデヒドは高湿度下においては気化しにくいことが明らかとなっている。
昭和のカビの大発生と白虎の描線の退色	○ 高湿度下においてアクリル樹脂がカビにより資化される可能性がある。 ○ 石室を再構築した後に修理作業が発生した場合、狭い石室内の環境コントロールが困難になることが想定される。 ○ トリクレンの特性により、白虎の描線がにじんだ可能性が否定できない。
「かりそめの安定した時期」	○ 保存施設の構造・位置によっては、機械室の熱が土中を伝わり、石室内温度上昇に影響を与える可能性がある。
平成のカビの大発生と損傷事故	○ 墳丘盛土の厚さや墳丘上の植生等について、石室内環境へ影響がないか十分な検討が必要である。
石室の解体修理の決定とその後のカビの被害	○ カビの発生を抑えるために石室内の低温化は一定の効果が認められるが、恒久的な対策にはならない。
石室の解体と発掘調査による新たな知見	○ 版築等の工法で墳丘整備を行った場合、今後想定される地震によって墳丘に損傷が発生する可能性があり、再びムシ等の侵入経路が生じる可能性もある。 ○ 石室内への頻繁な人の出入り等が、カビ等の生物被害の拡大を促す可能性が高い。