

取合部の構造と保存環境

石室解体事業に伴う発掘調査で判明した壁画の保存環境の劣化原因に関する事項については、平成20年10月20日開催の第4回高松塚古墳壁画劣化原因調査検討会において、「これまでの発掘調査で判明した壁画の劣化原因に関する事項」として報告したところである。しかし報告の内容が多岐にわたり、主に巨大地震による墳丘や石室の損傷に焦点をあてたため、劣化原因究明の重要な柱となる取合部の天井の崩落に関する事項の報告が不十分に終わった。そこで改めて取合部の発掘調査結果を取り上げてここに報告する。

1：取合部の構造

取合部とは昭和51年に竣工した保存施設（幅2m、高さ2.9m、全長6.3m）と石室を繋ぐ空間部分である。保存施設の2階部分は、昭和47・49年の発掘調査時の墓道部分に収まるように設計・施工されたが、保存施設と石室の連結部に、幅2.9m、高さ3m、長さ約1mの発掘空間を取合部として残した。取合部の壁面には墳丘版築土が発掘された状態で露出する。すなわち取合部東壁は墓道の東壁にあたり、西壁は墓道埋土（版築土）の発掘壁面にあたる。取合部に面した保存施設の扉から石室閉塞石までは0.5m。

取合部を設けた理由は不明ながら、保存施設の建設に際して懸案となったのが、発掘調査部分の埋め戻し方法であったと考えられる。石室天井石には南北に走る亀裂があり、天井石に土圧をかけずに埋め戻す方法として、保存施設の天井と一体となった「PC版底」を発掘区壁面まで延ばし、埋土を受ける底面とした。また不整形な発掘区の形状に合わせて、「ふさぎPC版」をPC版底の基部に直交して設置し、取合部の天井とした。

2：取合部天井の崩落と崩落止め工事

取合部の天井の崩落の経緯は、平成18年にまとめられた「高松塚古墳取合部天井の崩落止め工事及び石室西壁の損傷事故に関する調査報告書」に詳しく、平成13年の崩落止め工事がカビの大量発生の契機となったとされる。

取合部天井の崩落の初見は、昭和62年刊行の『国宝高松塚古墳壁画―保存と修理』によると、昭和55年の集中豪雨時のことで、30×20×30cm大の土塊が天井側面から落下しているのを確認した、とある。以後、平成2年には石材が落下、平成4年以降は毎年崩落土が修理日誌に記されるなど崩落が継続しており、平成13年に至って初めて崩落止め工事が実施された。その工事内容は、壁面の補強のため樹脂（エマルジョンタイプのエポキシ系樹脂）を吹きつけ、その保

護のためにステンレス製の枠で固定し、空隙を発泡スチロール材で充填。ステンレス枠には土を混ぜた合成樹脂を塗布し、さらに発泡スチロールを充填した空隙部にも同じ合成樹脂を充填した（『高松塚古墳取合部天井の崩落止め工事及び石室西壁の損傷事故に関する調査報告書』）。この工事後に取合部でカビが大発生したため、カビの処置作業を行うとともに、平成15年11・12月に取合部の再工事を実施した。再工事では、平成13年の工事部分を全面的に撤去し、天井部は土を剥き出しにして親水性シリコンをしみこませ、空隙部を発泡ウレタンで充填した。

3：発掘調査で確認した取合部のカビ

A：旧発掘区の埋め戻しとP C版の設置状況

昭和47年調査区を再発掘したところ、埋め戻し土の下位で、発掘壁に沿う隙間や亀裂を発見。隙間からは冷気やエタノール臭が漏れる。検出したP C版底の周囲は、旧発掘区壁面との間に凝灰岩切石（ふさぎ用凝灰岩）を並べ、さらに隙間を粘土で塞いでいたが、粘土は乾燥によってひび割れ、凝灰岩切石の直下は黒いカビで覆われていた。底に直交するふさぎP C版を撤去すると、天井の崩落止めに充填された発泡ウレタンが現れ、天井の崩落部分を特定することができた。また、P C版底を切断・撤去したところ、旧発掘区壁面にも黒色のカビが認められ、P C版底の周囲に生息するクモ、ヤスデ、ゴミムシなどが現れた。旧発掘区の埋め戻し土と墳丘封土の性状や収縮率の違いが隙間や亀裂を生じ、虫の侵入経路になったものと推測される。P C版底の土かぶりは、ふさぎ用凝灰岩部分で1.5mであった。なお取合部天井の崩落は、地震による版築層の地割れが、水の影響で崩落した可能性が高く、地中に浸透した雨水が、P C版底やふさぎP C版部分で浸透を阻まれて滞水し、P C版脇の隙間から取合部に浸水した状況が推測された。

B：保存施設裏ごめの取合部への流出状況

保存施設は墓道部分に収まるように建設され、外壁と墓道部の隙間（30～40cm）を土で埋め戻し、取合部に接する部分を凝灰岩切石積み擁壁で塞いでいた。発掘で確認された切石積み擁壁の背後に充填された発泡ウレタンから、この部分にも空隙が生じ、取合部に土砂が流出した状況が判明した。防水処置が施された（外面を糊付けネオプレンゴムシートで包む）保存施設の天井を伝って裏込め部分に雨水が浸透し、取合部の切石擁壁の脇から、土砂が取合部に流入したものと推測される。この切石擁壁の取合部側露出部は平成15年の工事によって擬土で被覆されていたが、切石擁壁の背面や側面にはウレタンや擬土の下に黒いカビの痕跡が明瞭に認められた。

C：取合部床面の埋没状況

取合部の床面には、天井の崩落土や流入土が20cmほどの厚さで堆積していた。この土砂を掘り下げたところ、P C版と小砂利を敷いた建設時の床面が現れた。P C版の床は幅2m、長さ37cm、厚さ21cmで、墓道の床面を掘り込んで設置されている。堆積土に埋もれた凝灰岩切石積み擁壁の表面や、床面設置時の掘削面、東西壁石の小口下端部には黒いカビが密生していた。また取合部の床面では、昭和49年に床石の厚さ確認するために入れた小トレンチ（幅22cm、深さ50cm、長さ20cm）を検出した。トレンチの埋め戻しは不完全で、壁面に黒いカビが発生し、内部にムカデやクモが生息していた。

D：取合部に接した墳丘内部の状況

取合部の西壁の背後に残された墓道西壁を検出したところ、墓道を埋める版築層の層理面に黒いカビが認められ、層理面を通して墓道の西壁にカビが広がる状況を確認した。また、取合部に顔を出す壁石の小口はカビの処置がなされ、焦茶色に変色していたが、黒いカビは封土内の壁石外面に及び、わずかな隙間を通して封土内へカビが拡散する状況が観察された。

E：取合部と石室

閉塞石と東西壁石1の接合部に厚く塗られた漆喰が取合部に露出する。この漆喰を取り外したところ、漆喰の接着面に黒いカビが濃密に分布する状況を確認した。特に閉塞石の東側の漆喰は接着が緩んで剥がれかかっており、石材表面のカビの発生は西側よりも顕著であった。この目地留め漆喰の存在により、これまで石室は密閉されていると考えられてきたが、完全に密閉された状態ではなかったことが明らかになった。

F：盗掘口とプロテクター

盗掘口を保護する合成樹脂製のプロテクターを外したところ、閉塞石に密着する面が黒いカビで覆われていた。カビは盗掘口の石材表面に及ぶ。プロテクターは、開口部の型取りを行い、型なりに合成樹脂製の覆枠を作り、それに断熱材入りの閉塞材を嵌め込んだ構造のものである。カビの生えた石の表面をエタノール洗浄したところ、石の表面に土（盗掘後の流入土）が薄く付着しており、発掘後の盗掘口表面が十分に洗浄されないまま、プロテクターで覆われたことが判明した。

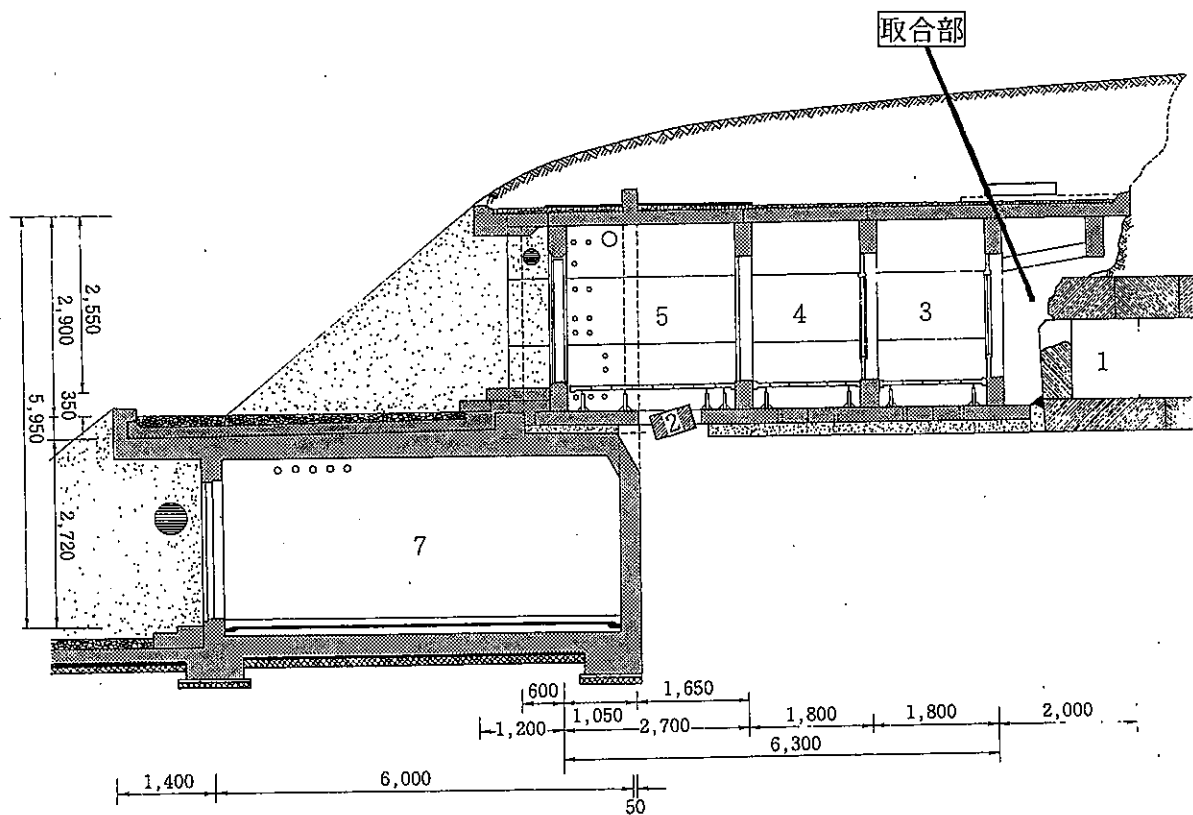
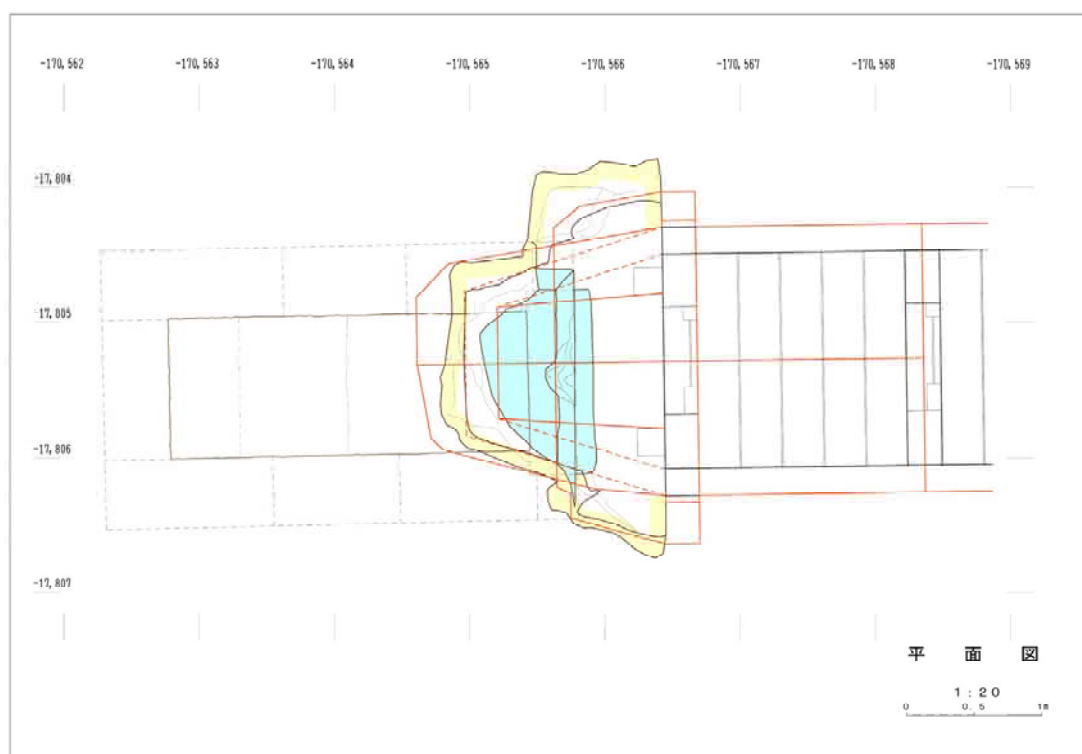


図 保存施設断面図

(1. 石室 2. 切石 (床下) 3. 前室A 4. 前室B
5. 準備室 7. 機械室)

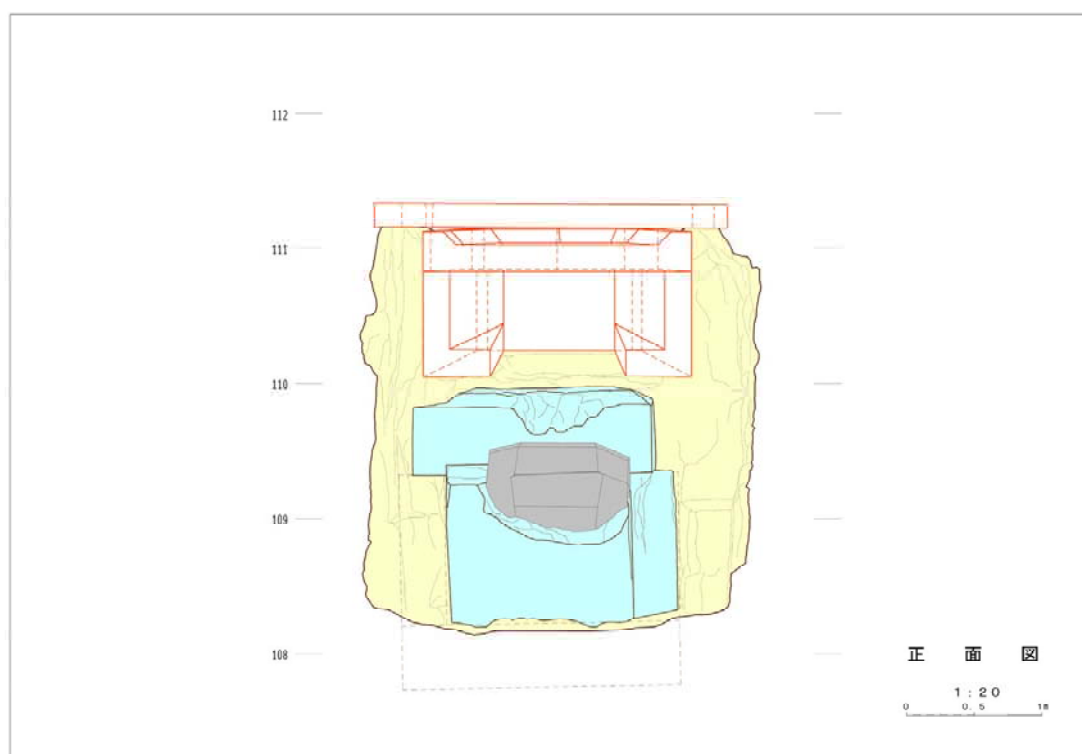
(文化庁編『国宝高松塚古墳壁画－保存と修理－』P.78 より加筆)



石室解体に伴う発掘調査の際に行った3D測量による平面図



石室解体に伴う発掘調査の際に行った3D測量による側面図



石室解体に伴う発掘調査の際に行った3D測量による側面図

取合部の構造と保存環境

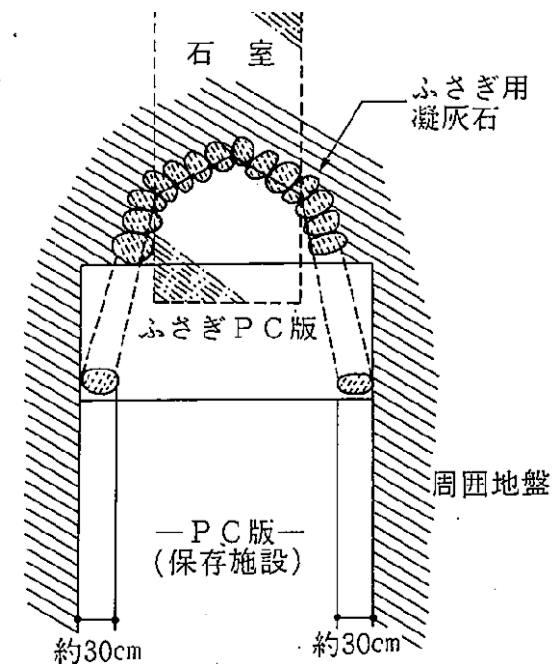
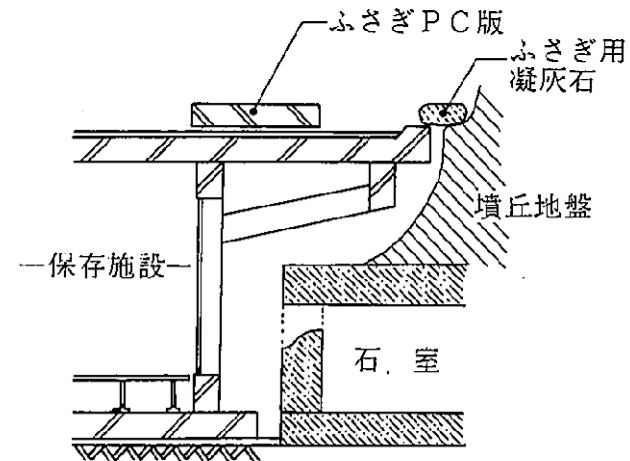
取合部から石室盗掘口のプロテクターを外して石室内を観察



取合部の全景（P C版底切断撤去後）



左：P C版庇の全形（昭和49年工事前の仮組立）
右：旧発掘区とP C版の位置関係



取合部実測図

平面図

石室

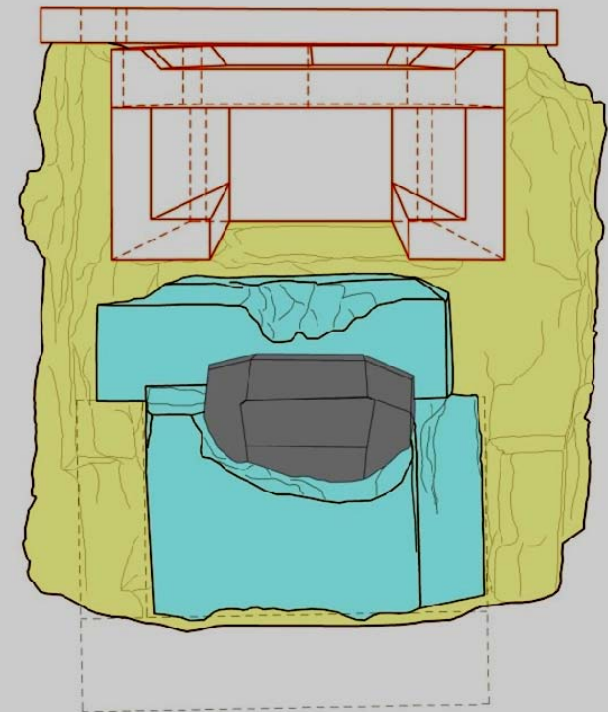
保存施設

側面図

石室

保存施設

立面図



発掘前の取合部西側天井



発掘前の取合部東天井



昭和47年調査区の再発掘



PC版の検出状況（昭和47年調査区）



P C版の設置状況(取合部上面)



PC版の目地留め粘土とふさぎ用凝灰岩





ふさぎPC版の撤去

取合部天井の崩落止めウレタンとカビ





PC版底の切断撤去



PC版底背面の旧発掘区壁面



保存施設西脇の凝灰岩切石積み擁壁と崩落止め状況



保存施設東脇の凝灰岩切石積み擁壁と崩落止め状況



凝灰岩切石積み擁壁背面のカビ（左：東側、右：西側）



墳丘版築の地割れ



取合部東側の地割れ



地割れの崩落部分に充填されたウレタンと
流出止めに塗られた樹脂



PC版底撤去後の取合部と石室



取合部床面の調査



建設当初の取合部の床



保存施設建設時の取合部床面



取合部床面の埋没状況



取合部床の埋没部分



閉塞石周囲のカビ



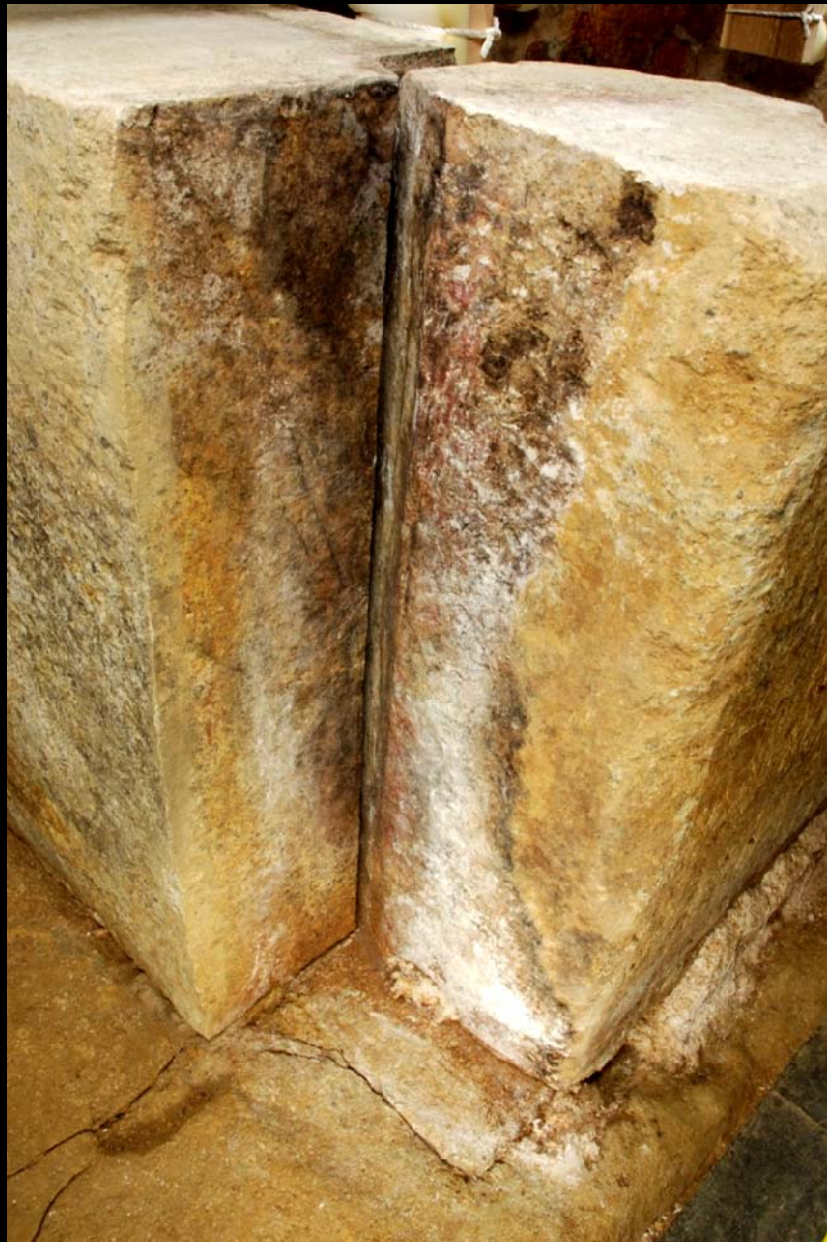
閉塞石周囲のカビ



閉塞石目地留め漆喰の除去



閉塞石西側漆喰下のカビと墓道西壁



盗掘口プロテクター裏面のカビ



プロテクター撤去後の盗掘口

