

高松塚古墳壁画劣化原因調査検討会（第10回）議事要旨

1. 日 時 平成21年9月1日（火）13:30～16:30
2. 場 所 文部科学省東館3F2特別会議室
3. 出席者 （検討会委員）
永井座長、北田副座長、青柳、佐野、杉山、高鳥、和田の各委員、
藤本古墳壁画保存活用検討会座長、三輪古墳壁画保存活用検討会副
座長
（報告者）
京都大学防災研究所・三村准教授（古墳壁画保存活用検討会委員）
京都大学大学院工学研究科・小椋助教（古墳壁画保存活用検討会保
存技術ワーキンググループ委員）
（東京文化財研究所）
石崎保存修復科学センター長、川野邊保存修復科学センター副セン
ター長、木川生物科学研究室長
（奈良文化財研究所）
肥塚副所長、深澤都城発掘調査部副部長、高妻埋蔵文化財センター
保存科学研究室長
（文化庁）
関文化財部長、松村文化財鑑査官、栗原古墳壁画室長、串田記念物
課長、鬼原主任文化財調査官、建石古墳壁面对策調査官ほか関係官

4. 概 要

（1）議事

①考古学的な視点からみた高松塚古墳について

和田委員から資料2に基づき「高松塚古墳について」発表が行われた。

②高松塚古墳壁画の劣化原因に関する検討について

石崎センター長と小椋助教から資料3-1、3-2に基づき「墳丘部表面の植生等の変化が石室内環境に与えた影響」ならびに「墳丘部表面の植生等の変化が石室内温度変動に与えた影響の解析」について説明がなされた後、以下の質疑応答が行われた。

青柳委員：グラフの測定値と解析値に2～3度の温度差があるが、これは解析の際に必要な何らかの条件がまだ入っていないからか。

小椋助教：そうだと考えている。

青柳委員：防水シートの設置や竹林の伐採、覆屋建設の前に、なぜ温度上昇のことが想定できなかったのか。

石崎センター長：高松塚古墳壁画緊急保存対策検討会で検討し、表面の植生を変えることによって温度が上昇するということは想定されていたと思うが、墳丘内部への浸水の影響を止めることを優先的に考えていたと思う。

永井座長：それは理解できるが、青柳委員の指摘のように、ある種の副作用というものを計算した上で対策を講じたのかどうか。そのようなことを議論した形跡とか、議事録などは存在しているのか。

建石調査官：資料が残されているものと残されていないものがある。あるものについて整理し、近々御報告したい。

高鳥委員：植生が変わるということで石室内温度が上昇するであろうという情報は、竹林を伐採する前にあったのか。

石崎センター長：墳丘に植生のない状況にすると石室内温度が上昇するということは、一般的に知られていると思う。今回の解析で詳細に検討して、やはり少し温度が上がるということは明らかになっている。

小椋助教：補足として、植生の変化以外（①前室・準備室の温度制御、②保存施設の駆体熱移動、③機会室内の温度変動、④石室への入室）の影響について、引き続き検討を進めているので、機会があれば報告したい。

北田副座長：最初に石室内にカビが大発生し、緊急対策として竹林を伐採し、防水シートを設置したという一連の流れがあるが、最初のカビの大発生と水の因果関係は、その時点ではっきりしていたのか。

石崎センター長：緊急対策検討会の報告書にも記載があるが、カビの発生の原因について緊急的に調査し、温度の上昇と水の影響が基本的な要因だという結論に至った。それらへの対策として、まず水の浸透を防ぐことが優先されたと思う。

和田委員：資料3-1の2ページ目と3ページ目のグラフにある温度と湿度の変化について、平成19年1月の墳丘部の断熱覆屋完成の後、温度は急激に上昇し、湿度は急激に下降しているが、どういうことか。

石崎センター長：この頃は、既に石室を解体しており床石のみの状態であったため、作業性を考慮して温度を上げたものである。

続いて、石崎センター長及び三村准教授から、資料4に基づき「高松塚古墳墳丘と石室の破損の要因分析～動的解析による地震の寄与についての基礎的検討～」について説明がなされた後、以下の質疑応答が行われた。

青柳委員：計算では墳丘を一体として考えているが、実際には墳丘の中に石室や保存施設など、物理的性質が異なるものが存在している。そうすると、例えば振動が起きたときに、墳丘だけの場合と、施設等がある場合とでは条件が異なるのではないか。

三村准教授：今回の計算は、1972年の発見時の状態ということで考えている。従って、石室の存在は計算の中に入っているが、保存施設については想定していない。例えば1辺が20センチぐらいの土の塊が山状に積み重なっている。それぞれの接点で力のやりとりを行うという計算になっているので、1つのものを置いて揺らしているというのではなく、いわゆる粒状のものをなるべく効率的にモデル化したもの、角砂糖の山のような形にしたものを揺らしているというふうにお考えいただきたい。

青柳委員：保存施設は恐らく鉄筋コンクリートでできていると思うが、この部分の振動率と土の部分のそれとでは違いがあるとすれば、この鉄筋コンクリートの部分が過剰反応して土の部分に悪影響を与えるような、あるいはその逆もあり得るのではないか。

三村准教授：同じものでつくられている構造物のほうが安定しており、異物があると揺れ方が違ってくるので、そういう意味では中に石室があると有利には働かないと思う。とはいえ石室はもともとあるものなので、石室があるという状態で今回は計算をしている。もし必要性があれば保存施設を入れた条件で計算はできるが、今回の場合は既往の歴史地震の中でどのような壊れ方をしてきたのかということを解くような要望に応えた。

青柳委員：地震によって生じた亀裂の時期の識別はできるのか。

三村准教授：過去には何度も、少なくとも南海地震には8回か9回遭っているが、いつの地震でどのような影響を受けたかという識別は難しいと思う。

続いて、木川室長及び高鳥委員から、資料5-1, 5-2に基づき「高松塚古墳の劣化や汚染に関与した微生物について」「高松塚古墳より分離された主要な微生物の酢酸生成能調査結果」について説明がなされた後、以下の質疑応答が行われた。

杉山委員：実験について、温度の変化は見ているが、湿度のほうは成り行きということか。

高鳥委員：通常、シャーレを用いた実験の際にはかなり通気性がある状態で行うので、湿度を九十数%で維持していてもやはり培地が乾燥する。今回は長期的な実験であったので、かなり密閉するような状況で、高湿度の状態にした。

杉山委員：6種類のカビを使っているが、この中には例えば*Fusarium solani*や暗色系*Acremonium*など、かなり湿度に敏感なものが含まれている。4カ月とか8カ月といった長期間で、湿度を制御していないときには、表面あるいはシャーレの空間がかなり乾燥しているのではないかと思う。湿度がかなり飽和状態の場合は、時間がたつとオートリシス（自己分解）を起こす。菌体の一部から死んでゆく可能性があるのではないか。

高鳥委員：そのとおりで、シャーレはかなり気密性の高いものの、それでも酸素はある程度は入る。4カ月から8カ月という長期間となると、本当は実験としてはかなり無理があるとうのは承知の上である。また、培地をどうするかということを我々としては非常に問題視し、やや厚目にしている。

杉山委員：培地は栄養分が高い条件のものを使用したのか。

高鳥委員：この条件についても基礎培地にすべきか、ある程度富栄養にすべきかを考え、その中間的な培地を使うこととした。

北田副座長：木川室長の報告に関して、漆喰が酢酸によって侵されるという話であるが、そのほかの顔料でも酢酸の影響を受けやすいものはあるのか。

木川室長：今回は、漆喰と言っても直接漆喰を使ったわけではなくて、炭酸カルシウムでしか見ていない。顔料に関しては当然あるかとは思いますが、今回はそこまでの検討はしていない。

肥塚副所長：酢酸であれば、恐らく炭酸塩の顔料はすべて関係するのではないかと考える。また、顔料には金属が入っているので、やはり何らかの影響は受けるのではないかと思う。したがって、それについても今後検討したほうが良いのではないかと思う。

北田副座長：ブランク培地のもともとのpHはどのくらいか。

杉山委員：資料1ページ目にあるとおり、カビと酵母用の培地はpH6.5で、バクテリア用の培地はpH7.0に調整している。

青柳委員：石室におけるカビにとっての栄養分としては何が想定されるか。

杉山委員：主要なものは幾つか考えられる。例えば一番単純なグルコースだとか、微生物生産物の多糖類なども分解され、そして菌体に取り込まれて栄養分になる。それから、エタノールもいわゆる薬剤として使用した場合、それを利用して成長した菌体が死ぬとそのまま栄養分になる。微小動物の死体もすべて栄養分になる。したがって、石室の中に蓄積している有機物

すべてが栄養源となる。また、植物基質そのものも栄養源となる。例えば草木の根等はセルロース系の炭素源で、それを分解する固有のカビもいる。

木川室長：補足として、杉山委員の御発言のように、過去にカビが生えた場所があれば、そこには有機物が残っている。また、カビが生えたところにダニとか小動物が入ってくるので、そこでカビを食べて、さらに排せつ物や死骸が残ると、そこからさらにカビが生えやすくなるというような連鎖反応が起こる。また、最初発掘されたときには、根などの植物木質のものもたくさん入っていたということで、それらが残っているということもある。虫の死骸が石室内に入っている場合は、それを足がかりにカビが生えているということはよく目撃されている。最後に、有機系の殺菌剤等を使用すると、例えばエタノールが薄まった状態では一部の微生物に資化されるということもわかっているし。パラホルムアルデヒドという殺菌剤であったとしても、それが分解された際には、やはり何らかの有機物と化すのでこれらがすべて栄養分になり得ると考えられる。

青柳委員：一番最後の、殺菌剤等も100%の濃度のときには殺菌・殺虫作用があるが、それが薄まると、逆に栄養素にもなり得るという点について、石室のような湿度100%の環境下では、100%の濃度で薬剤を使用したとしても、それが希釈化される状況は当然生まれてくると思う。したがって、薬剤が10%、1%になったらどうなるのかということを検証する必要があるのではないか。

杉山委員：実験的にはいろいろ濃度を変えて調べればいいわけであるが、今回は単純なモデルとして、データを示したものである。

高鳥委員：我々が生活している範囲に存在する栄養素が菌の発生するきっかけになっている。そこに温度の変化があり、相対湿度が変化したことが菌が発生した原因ではないかと考えている。

青柳委員：高松塚古墳がつくられてから発見されるまでの約1,200年間はかなり安定した状態にあり、発見後に急激に状態が悪化している。石室温度の傾向としては上昇しており、その原因が一体何なのかというところに環境変動だけではない、人為的な影響が及んでいるのではないかと考えざるを得ない。

高鳥委員：人が石室内に入ることによって環境のバランスが崩れるということは、菌にとって都合のいい状態になるということだと思う。あるときに急に温度差が生じ、付加的に湿度に変化が生じるということがどこかで起きているのかもしれない。

③その他

肥塚奈良文化財研究所副所長から、資料7に基づき「高松塚古墳壁画のサンプリング調査実施について」報告がなされた後、以下の質疑応答が行われた。

青柳委員：サンプルが少し多孔質化しているとのことであるが、昭和47年の発見当時に既に多孔質化していたと考えてよろしいか。

肥塚副所長：他のサンプルの状況はかなりよかった。試料をとってから変化があるというのは考えにくいので、あのようなサンプルだったと思う。

続いて、栗原古墳壁画室長から、資料8に基づき「第4回国宝高松塚古墳壁画修理作業室の公開について」、ならびに、高松塚古墳壁画仮設修理施設内におけるムカデの発生について報告がなされた。

次回の検討会は9月30日（水）に開催することを確認し、第10回会合は終了した。

以 上