

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300326

研究課題名(和文)茨城県ひたちなか市虎塚壁画古墳の保存に関する総合的研究

研究課題名(英文)Conservation studies on the painted chamber of the Toraduka Tumulus in Ibaraki Prefecture

研究代表者

矢島 國雄(Yajima, Kunio)

明治大学・文学部・教授

研究者番号：70130838

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円、(間接経費) 3,930,000円

研究成果の概要(和文)：虎塚古墳壁画の劣化現象の進行を確認し、その原因究明のための各種調査を実施した。具体的には、過去の石室内温度・湿度の変化について蓄積されたデータを解析、過去の壁画を撮影した写真を編年的に整理し、壁画の劣化現象の進行を確認、壁画の劣化原因としては、壁画面における水分移動が最も可能性の高いものであることから、石室壁体の含水量を定期的に測定し、分析、壁画テストピースを作成し劣化原因究明の実験を行う。石室内部および観察室における浮遊菌、カビなどの調査を行い、観察室については除殺菌の上徹底清掃、石室内部に侵入する植物根の同定調査を行った。劣化原因の調査は完了していないが、今後も調査を継続する。

研究成果の概要(英文)：We have confirmed the bad change of the paintings of the Toraduka Tumulus. The red pigment of that were condensed partially, so the images of them were blurred. We thought that the main cause of that should be the water circumstance of the stone wall of the chamber. So we examine the water conditions of the wall at several parts. And also, we have been trying to reappear that phenomenon experimentally using by some test-pieces. And we killed the moulds and bacteriums by UV lights, and cleaning up the conservation facility. Our researches and experimentations are not finished. We will continue them in next year. And also we continue to sterilize and cleaning the facility.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：古墳壁画 ペンガラ 白土 顔料凝集化現象 壁画構造 壁面含水量 生物劣化 真菌類

### 1. 研究開始当初の背景

虎塚古墳壁画は保存公開施設の完成した1980年より今日まで定期的な公開を続けてきた。この間、若干の問題はあったがおおむね発見時の状況を保ち続けてきた。しかし、近年赤色彩色の一部に顔料が凝集化して、全体に画像のシャープさが失われるという劣化が懸念される事態が生じてきたこともあり、また土中生物の侵入など生物劣化が進行する恐れも出てきた。また、観察室におけるカビ、真菌の繁殖も懸念された。

このようなことから、最新の各種分析技術によって、壁画自体の構造的な分析を改めて実施し、壁画の物理化学的な特性を確認することや、生物劣化要因を詳細に調査し、その排除法を見出すことなど、将来にわたる保存にとって必要な情報を集積することや保存のための技術の開発に資することを考えるべき状況と認識された。

### 2. 研究の目的

虎塚古墳壁画の保存科学的な研究は、発見時に体系的に行われたばかりは、時々の問題に対処する限定的なことしか行われてこなかった。このため、発見から40年を経た今日、最新の技術を駆使して、再度体系的な分析調査を行うことが必要であり、また意義あることと考えた。保存公開施設完成後は継続的に石室内温湿度の計測が行われてきたが、30年以上にわたって蓄積されている温湿度データは、十分な整理もされないまま蓄積されていたが、これを開析することにより、発見時以降の経年の変化を明らかにすること、近年確認された壁画顔料の凝集化ともいえる現象の原因とメカニズムを追及すること、観察室及び石室の生物劣化を抑える方法と技術を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

明治大学が所蔵する石室壁体の断片を利用し、石室の壁画の構造解析を行うとともに、顔料・白土・石室壁体の再分析を行う。

壁画の顔料凝集化の詳細な状況を、過去に撮影された写真を開析して進行状況を確認すること、デジタルマイクロスコープにより、定点で壁画の顔料凝集化現象の詳細を継続観察すること、同様に定点で壁面含水量の継続的な測定をする。壁画構造の解析をもとにテストピースを作成し、壁画の顔料や白土のどのような条件によって、どのような劣化現象が引き起こされるのかを実験的に検証する。

観察室のカビ、真菌の採取・同定を行い、その除菌・殺菌方法を検討し、実施する。

石室内に侵入する植物根の同定を行い、また侵入する土中生物の捕獲・同定を進める。

### 4. 研究成果

石室壁体については、発掘時の観察所見から部田野石とされていたが、今回、明治大学所蔵の石室壁体断片を利用した河西学の岩石学的な分析により、地元の凝灰岩である部田野石であることが同定された。

壁画構造については、谷口陽子を中心として実態顕微鏡、偏光顕微鏡を用いた高額の、岩石学的調査に加え、顔料粒子のデイスパション観察、クロスセクション観察、蛍光X線分析装置付き走査型電子顕微鏡、粉末X線回折分析装置、フーリエ変換型赤外分光分析装置、ガスクロマトグラフ/質量分析装置による機器分析による無機物質、有機物質の分析を行った。その結果、白土・顔料ともに何らかの接着剤を使用した痕跡は見いだせなかった。顔料のベンガラについては、上條朝宏、本田光子、志賀智史により、改めてパイプ状部ベンガラであることが確認された。白土に関しては、谷口らの分析により、風化した部田野石を母材とする白色モルタル状のペーストであることが確認され、かつて考えられたような白色の粘土とは異なることが判明した。

定点で継続的に計測した壁面含水量の調査からは、石室壁体には部分的に含水量の偏りが認められることが明らかとなったが、これは過去の観察から経験的に認識していた降雨後に濡れが広がる部分とそうでない部分にほぼ対応しており、顔料や白土の凝集化が起きている部分が、この濡れの広がる部分に近接した濡れが比較的早く収まる部分に対応する様子が確認できた。このことは、壁画顔料等の凝集化現象が、壁画表面の水分移動によって引き起こされていることを示すものと理解できた。しかしながら、具体的なメカニズムについては、実験を継続中であるが、現時点では明確な結果は得られていない。

過去の石室の温湿度データの解析からは、墳丘を被覆する植生が乏しい条件下で石室内温度が上昇したことが確認され、また、墳丘を被覆する植栽によって、石室内の温度上昇を止め、度中温に近くなるような温度低下を実現したことを確認した。

観察室のカビ・真菌については、これまで消毒剤の使用で対処してきたが、これは長期的には分解生成物が土中生物などの餌となる危険性が考えられるとの結果がでたことから、UV照射による殺菌に全面的に切り替えることとした。観察室内の壁面、展示してある閉塞石などから採取した試料を培養したところ、25種の細菌類が確認されたが、主要なものは *Pseudoxanthomonas* 属、*Azotobacter* 属、*Sphingomonas* 属で、カビには *Exophiala angulospora* と *Clodophialophora* 属であった。特に *Exophiala* 属については人に対して病原性を持つ種を含む黒色真菌であるため、浮遊菌保存施設内の全体を殺菌したうえで、次亜塩素酸と水を用いて徹底的な除菌・清掃を実施した。このことから、以後の公開などに際しては、因子の持ち込みを可能な限り排除しながら行うためのマニュアルを作成し、2013年秋の公開から入室者の土足での観察室への案内を取りやめ、入り口でスリッパに履き替えるよう変更した。また、観察室については、公開中は定期的なUV照射による殺菌を

行うこととした。石室内については、現状でカビ等の被害がないことから、積極的な殺菌・除菌処理は行わず、様子を継続観察することとした。

石室内に侵入する植物根についての同定結果は、ササ類が最も顕著であった。墳丘からササ類を選択的に排除する方法の検討を進めることとした。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

谷口陽子・犬塚将英・矢島國雄・河西学・高嶋美穂・Joy Mazurek・稲田健一 2012「虎塚古墳壁画断片資料を用いた技法材料調査」『文化財保存修復学会第 34 回大会』

矢島國雄・本田光子・犬塚将英・谷口陽子・木川りか・佐藤嘉則・忽那敬三・稲田健一 2014「ひたちなか市虎塚古墳の保存科学的調査」『文化財保存修復学会第 36 回大会』

中村賢介・谷口陽子・犬塚将英・稲田健一・矢島國雄 2014「虎塚古墳壁画表面の凝集化に関する検討」『文化財保存修復学会第 36 回大会』

犬塚将英・忽那敬三・稲田健一・谷口陽子・矢島國雄 2014「虎塚古墳石室内の温湿度と壁面含水量の調査結果」『文化財保存修復学会第 36 回大会』

〔図書〕(計 2 件)

矢島國雄編 2014『虎塚古墳の保存科学的研究』平成 23 年度～平成 25 年度日本学術振興会科学研究費補助金研究成果報告書 明治大学

矢島國雄編 2014『虎塚古墳の保存科学的研究 補遺』平成 23 年度～平成 25 年度日本学術振興会科学研究費補助金研究成果報告書 明治大学

上記 2 報告書の所収論文

矢島國雄・犬塚将英・谷口陽子・忽那敬三・稲田健一・中村賢介「虎塚古墳壁画の劣化現象について」、志賀智史・本田光子「虎塚古墳出土の赤色顔料について」、谷口陽子・犬塚将英・矢島國雄・高嶋美穂・島津美子・Joy Mazurek・稲田健一「虎塚古墳壁画の制作技法と材料：断片資料の分析から」、中村賢介・谷口陽子・犬塚将英・稲田健一・矢島國雄「虎塚古墳壁画の表面の凝集化とみられる現象に関する検討」、犬塚将英「虎塚古墳石室内における壁面含水量の測定」、佐藤嘉則・木川りか「虎塚古墳における生物調査」、森井順之「虎塚古墳閉塞石への殺菌紫外線照射」、矢島國雄・犬塚将英「虎塚古墳石室内温湿度の変化について」、パリオサーヴェイ株式会社「国指定史跡虎塚古墳出土部石室内に侵入した根茎の由来調査」、河西学「虎塚古墳壁画構成石材の岩石学的調査」、上條朝宏「虎塚古墳石室内粘土と赤色顔料等について」

〔産業財産権〕  
出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

矢島國雄(明治大学文学部)

研究者番号：70130838

##### (2) 研究分担者

犬塚将英(独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所)

研究者番号：00392548

谷口陽子(筑波大学人文社会科学研究科)

研究者番号：40392550

本田光子(独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館)

研究者番号：60289642

##### (3) 連携研究者

石崎武志(独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所)

研究者番号：80212877

木川りか(独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所)

研究者番号：40261119

黒澤浩(南山大学人文学部)

研究者番号：50387742

佐々木健一（明治大学文学部）

研究者番号：20318661