

国宝キトラ古墳壁画修理報告書



文化庁

独立行政法人国立文化財機構
東京文化財研究所

2022

国宝キトラ古墳壁画修理報告書

文化庁

独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所

序

キトラ古墳は、昭和 58 年 11 月のファイバースコープを用いた石室内部調査により玄武像の壁画が発見され、その後の調査を経て平成 12 年 7 月に史跡、同年 11 月に特別史跡に指定されました。7 世紀末から 8 世紀初め頃に築かれたと考えられるキトラ古墳は、石室内の壁面に青龍・朱雀・白虎・玄武の四神すべてが現存し、その下に獣頭人身の十二支が、天井には天文図・日像・月像が描かれています。

キトラ古墳壁画は、東壁・西壁において漆喰層が石材表面から剥がれるなど保存上大きな問題を抱えていました。文化庁が設置した「特別史跡キトラ古墳の保存活用に関する調査研究委員会」における議論の結果、墳丘、石室など史跡としての古墳の価値を構成する重要な要素の現状を保ちつつ、貴重な壁画の恒久的な保存を両立させる措置として、壁画をすべて取り外した後、保存修理を行うこととなりました。

関係各位のご尽力のもと、平成 16 年から平成 22 年にかけてすべての壁画を取り外し、平成 28 年までに保存修理を完了することができました。保存修理を終えたあとは、同年国営飛鳥歴史公園キトラ古墳周辺地区に新たに建設されたキトラ古墳壁画保存管理施設に壁画を移動しました。その後、平成 30 年 10 月に重要文化財、令和元年 7 月に国宝に指定されました。

修理を終えた壁画は順次、奈良文化財研究所飛鳥資料館にて特別展示が行われ、平成 26 年には東京国立博物館において特別展『キトラ古墳壁画』を開催しました。現在は、キトラ古墳壁画保存管理施設で年数回の公開を行い、多くの方々にご覧いただいております。

本書は、キトラ古墳壁画の保存修理のうち、取り外しおよび再構成についてまとめた報告書です。我が国に 2 例しかない極彩色の古墳壁画を保護するため、取り外しに使用する材料や道具の開発は何度も室内実験を行いながら慎重に検討されました。また、多数の壁画片の再構成に活用された取り外し時の正確な記録も収録しております。

最後になりましたが、壁画の保存修理にあたって多大なる御協力をいただいた独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所および奈良文化財研究所、国宝修理装演師連盟、奈良県、明日香村、そしてご指導・ご助言を頂いた皆様、関係諸機関に厚く御礼申し上げます。

令和 4 年 3 月
文化庁長官
都倉 俊一

刊行にあたって

キトラ古墳は、奈良県高市郡明日香村阿部山に所在する直径 14 メートルほどの小さな円墳で、その築造は 7 世紀末から 8 世紀初頭頃と考えられています。昭和 58 年、ファイバースコープを用いたはじめての石室内視調査により玄武の凶像が確認されたことを契機として、高松塚古墳と同じような大陸風の極彩色壁画をもつ古墳であることが明らかとなり、世間の耳目を大いに集めました。

石室内部は床面を含む 6 面すべてに漆喰が塗られ、天井には天文図・日月像が、壁面には青龍・朱雀・白虎・玄武の四神像、さらにその下方には獸頭人身の十二支像が描かれており、歴史的・美術的・学術的に極めて高い価値を有することが明らかになりました。

数度にわたる石室内視調査の結果、壁画の内容が明らかになる一方、壁画が描かれた漆喰が著しく剝離している等、その保存状態が深刻な状況であることも明らかとなり、さらにこのままでは石室内の生物環境が悪化することも予想されました。そのため、苦渋の選択ではありましたが、平成 16 年から 22 年にかけて、余白部分を含む天井・壁面すべての壁画面を取り外し、平成 28 年まで修理作業を実施いたしました。本事業では、装潢をはじめとする美術工芸品等を対象とした長年にわたる調査研究および臨床で培った修理の技術・材料・生物対策等を総合的に適用しつつ、遂行いたしました。

本書は、キトラ古墳の保存対策の一環として平成 16 年より実施された壁画の取り外し及び修理に関する報告書です。一連の作業により、キトラ古墳壁画は無事に修理を終え、平成 28 年に供用開始された国営飛鳥歴史公園キトラ古墳周辺地区内の「キトラ古墳壁画体験館 四神の館」において保存管理・展示活用されています。壁画の取り外し及び修理では、当該文化財と修理技術者いずれも事故無くすべての工程を終えることができました。関係者の真摯な努力と匠の技術に、心より敬意を表する次第です。

本事業の成果は、時期的にも内容的にも並行して実施された高松塚古墳の保存対策事業とともに、両古墳にかかる保存・活用だけではなく、他の文化財にも広く応用できる内容が多々含まれるものと考えます。これらの成果が、わが国のみならず内外の多くの文化財の保存・活用に供されることを期待しています。

最後になりますが、本事業にあたり多大なご尽力を賜りました一般社団法人国宝修理装潢師連盟・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、ご指導・ご助言を頂いた文化庁はじめ、国土交通省・奈良県・明日香村、関係諸機関・皆様に厚く御礼申し上げます。

令和 4 年 3 月
国立文化財機構 東京文化財研究所長
齊藤 孝正

本事業について―壁画の保存修理に至る流れ―

キトラ古墳壁画は、高松塚古墳壁画の発見により本格化・過熱化した「飛鳥ブーム」の到来と、それへの対応でもある明日香法の制定の渦中であった昭和 58 年（1983）に発見された。本稿ではキトラ古墳の取り外し・修理（以下、「本事業」とよぶ場合がある）に至る経緯について、特に平成 16 年（2004）の石室内発掘調査までの動向を中心に整理する（以降の動向は第 2 章参照）。あわせて文末に本事業の成果の概要を記す。

1. 「飛鳥ブーム」の到来とマルコ山古墳の発掘調査

昭和 47 年（1972）の高松塚古墳における壁画発見は空前の「飛鳥ブーム」を巻き起こし、昭和 50 年代にはそのピークを迎えていた。この頃、人口 7000 人弱の明日香村に訪れる観光客は、年間 180 万人を超えた。1 億 2050 万枚というわが国の記念切手史上最高の発行枚数を誇る「高松塚寄附金つき記念切手」（正式名は「飛鳥地方における歴史的風土および文化財の保存等に必要な資金に充てるための寄附金つき郵便切手」）による寄附金を主な原資として、高松塚古墳隣地に古都飛鳥保存財団により設置された「高松塚壁画館」（昭和 51 年 [1976] 開館）では守屋多々志ら当代一流の日本画家による精巧な模写が公開されており好評を得ていたものの、高松塚古墳現地を訪れた観光客の中には、その石室・壁画の実物が非公開であることに落胆の声をあげる方も多かったらしい。

このような中、地元では高松塚古墳に次ぐ「第二の壁画古墳」の発見に大きな期待が寄せられていた。昭和 53 年（1978）には高松塚古墳とよく似ると言われていたマルコ山古墳が発掘調査された。明日香村・奈良県立橿原考古学研究所・奈良国立文化財研究所による発掘調査の結果、この古墳は高松塚古墳とよく似た石室構造をもち、その内法には漆喰が塗られていたものの、壁画が描かれた形跡は認められなかったことが明らかとなった [Fig. 1]。石室の構造は高松塚古墳と酷似しているのに、石室の内法には漆喰も塗られているのに、なぜ壁画が描かれなかったのか。マルコ山古墳の発掘はさらなる謎を生んだ。

2. 明日香法の制定

高松塚古墳壁画の発見とその後起きた「飛鳥ブーム」は、昭和 55 年（1980）の明日香法の制定にも大きな影響を与えた。明日香法とは、「明日香村における歴史的風土の保存及び生活環境の整備等に関する特別措置法」の通称で、明日香村が古都保存法の指定地域の中でも全村が歴史的風土として保存されるべき特別の地域であるとされ、その保存計画や整備計画、国の助成や整備基金に関して規定する法律である。歴史的風土を保存するために古都保存法に特例を定めた部分と、住民生活の生活向上を定めた部分により構成される。

たとえば、建築に関しては、高さ 10 m 以下（古都法第 2 種の場合。同法第 1 種の場合は 5m 以下）、屋根の形状は切妻、入母屋、寄棟、方形、差掛け等の勾配屋根、屋根には和型瓦、わら、桧皮、銅板、木材その他これらに類似する外観を有する材料をふき、和型瓦の場合はいぶし瓦とする。外壁の表面は土、漆喰、木板、その他これらに類似する外観を有する材料で仕



Fig. 1 マルコ山古墳の石室内（明日香村教育委員会提供）

上げられたものとする等々、厳しい規制がなされ、現在に至っている。住民の生活向上に関しては、国により策定された整備計画に基づき、それを実現するための基金の創設や補助金の交付等が行われている。

明日香法制定当時は、基本的にはあらゆる開発行為を認めない所謂「凍結的保存」が目指されたが、これにより同村は急激な人口減や経済活動の衰退等が顕著となり、1999年の歴史的風土審議会答申において「歴史的風土の創造的活用による地域活性化の必要性」が盛り込まれた。

3. キトラ古墳壁画の発見

このような前史を背景として、昭和58年(1983)にキトラ古墳壁画が発見された。

キトラ古墳は奈良県高市郡明日香村大字阿部山字ウエヤマ136-1に所在する。高松塚古墳が江戸時代の『山稜記録』(元禄10年[1697])等の文献にも記され、古墳として古くから知られていたのに対し、キトラ古墳の小山が古墳であると認識されたのは比較的最近になってからのことである。昭和20～30年代に墳丘南西側の斜面を削り、道路(村道阿部山6号線)を広げた。このときに礫詰め暗渠排水溝の一部が確認されたが、当時はこれをあまり気にする人はいなかったという。その後、これが古墳として学界に紹介されたのは昭和56年(1981)のことであった。

キトラ古墳の壁画発見は、飛鳥古京顕彰会がNHKの協力を得て、当時開発途上にあつたファイバースコープによる石室内視調査を実施したことが契機となった。ファイバースコープによる石室内視調査はこれが初めてではなく、昭和53年(1978)のマルコ山古墳の調査に続くものであつた。

昭和58年11月7日、ファイバースコープ(3万画素)による石室内視調査が実施され、古墳横に設置されたモニターには、石室内の様子映し出された[Fig. 2]。その結果、墳丘内には高松塚古墳・マルコ山古墳とよく類似した石室があることが確認され、その床面には土砂が堆積していること、天井には屋根型の彫り込みがあること(これは天井内法が平坦な高松塚古墳とは異なる)、壁面に漆喰が塗られていること、北壁に玄武と思しき「Q」字状の図像が存在すること等が判明した。この調査により、キトラ古墳は高松塚古墳に次ぐ、わが国2例目の大陸風壁画を有する古墳であることが明らかとなった。キトラ古墳の小山は地元ではこれ以前より「キトラ」の音で呼ばれていたが、これを機に「亀虎(きとら)古墳」と漢字で命名された。

4. 壁画発見後の調査の進展 — 特別史跡指定へ —

昭和58年当時、本古墳が所在する阿部山集落に向かう道路は狭く、対向車をかわすのにも苦勞する状態であつた。大陸風の壁画を有する極めて重要な遺跡であることが判明した本古墳周辺が高松塚古墳の壁画発見後のような騒ぎになれば大混乱することは必至であつた。このために周辺の迂回路(村道阿部山23号線)を整備する等の準備期間を経て、平成6年(1994)に明日香村の文化財保護委員会においてその取扱いが諮問され、本古墳の保存活用に関する議論が開始された。同年には明日香村を含む近畿地方周辺を大きく揺らした兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)が発生していたが、石室・壁画の安否は確認できないままであつた。事柄の重要性とその困難さから、審議はその後にも継続されることとなり、また「亀虎」の漢字を使用する根拠に乏しいという理由から、今後は「キトラ古墳」と片仮名で古墳の名を表記



Fig. 2 ファイバースコープによる石室内視調査。「玄武」発見の瞬間。(文化庁他、『特別展 キトラ古墳壁画』、2014、p.65より転載)

することが示された。翌年の同村文化財保護委員会でも審議が継続され、本古墳の保存等に係る専門委員会を設置することが答申された。平成8年（1996）には明日香村に「キトラ古墳保存対策検討委員会」が設置された。

キトラ古墳の墳丘及び周辺の測量調査は、昭和57年（1982）の関西大学による調査、平成9年（1997）の明日香村教育委員会による調査等がある。平成8年（1996）には墳丘の一部が発掘調査され、墳形とその規模が判明した。

平成10年（1998）、明日香村教育委員会によりファイバースコープ（40万画素）を用いた2度目の石室内視調査が実施され、玄武のほかに、天井には天文図、東壁には青龍、西壁には白虎の図像が存在することが明らかとなった。さらに平成13年（2001）には小型CCDカメラ（334万画素）を用いた3度目の石室内視調査が実施され、南壁には朱雀、各壁面に人物らしき図像（十二支）が存在することが判明した。

これらの重要性に鑑み、キトラ古墳は、平成12年（2000）には史跡、同年11月には特別史跡に指定された。

キトラ古墳が特別史跡に指定されたことを機として、高松古墳の壁画発見時と同様に寄附金つき記念切手（正式名は「特別史跡キトラ古墳寄附金付郵便切手」）が発行された [Fig. 4]。この切手の販売期間は平成15年（2003）10月15日から同年11月14日。朱雀と白虎（いずれも部分）の意匠が描かれた。発行枚数は2000万枚であった。

5. 壁画保存環境の深刻な状況の判明

— 壁画の取り外しへ —

3度にわたる石室内視調査はデジタルカメラの技術の進展とも連動し、回を重ねるごとに壁画の内容が詳細に明らかとなった。しかしこれら調査の過程では、石室内への雨水の流入や乾燥による壁面の汚染や剝離の状況も明らかとなり、緊急に処置を行う必要性が指摘された。そのための発掘調査や壁画の保存修理は国が行うことが適当とされ、平成13年（2001）には文化庁に「特別史跡キトラ古墳の保存・活用に関する調査研究委員会」が設置された。

平成15年（2003）、石室内環境の保全や石室内における調査・保存措置等を安全に実施するため、石室周辺を覆う形で墳丘上に仮設保護覆屋が設置された。この施設の中で平成16年（2004）に行われた石室内視調査の結果、東壁の青龍周辺、西壁の白虎周辺は、厚さ3～5mm程度の漆喰層が石室の石面から最大3cm程度浮き

上がっているところがあり、非常に危険な状態であることが判明した。また漆喰の裏面には、剝落した漆喰片や木根等が多数入り込み、剝離した漆喰層をそのまま石面に貼り戻すことは不可能であることも明らかとなった。こうした状況から、平成16年（2004）9月14日に開催された「第7回特別史跡キトラ古墳の保存・活用に関する調査研究委員会」において、余白部分を含むすべての壁画（天井・壁面）を取り外す方針が決定された。

この決定の直後より壁画の取り外し作業が開始され、図像部分の取り外しを平成20年（2008）11月に終え、すべての壁画の取り外しを平成22年（2010）11月に終了した。壁画の修理作業は取り外し開始と同時に始められ、平成28年（2016）8月に終了した。修理を終えた本壁画は、同年9月24日に開館した「キトラ古墳壁画体験館 四神の館」において保存管理・展示活用されている。

キトラ古墳壁画の取り外し・修理作業は、文化庁の指導・助言のもと、国立文化財機構内に置かれた古墳壁画プロジェクトチーム [Fig. 5] と国宝修理装演師連盟により実施された。

6. 高松塚古墳の恒久保存対策と同時並行で行われた本事業

本事業の大半は、高松塚古墳の恒久保存対策事業と同時並行で実施された。高松塚古墳では平成13年（2001）に実施された石室南側の小空間（取合部）の天井崩落止め工事の際のカビ対策が不十分であったことを直接のきっかけとして、取合部および石室内に大量のカビが発生する等、この頃より従来とは異なる保存対策の必要性が論じ出されてきた。高松塚古墳壁画の劣化は平成16年（2004）の報道機関によるスクープ記事を契機に大きな社会問題となり、平成17年（2005）6月27日の文化庁「国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会（第4回）」において、高松塚古墳壁画



Fig. 4 特別史跡キトラ古墳寄附金付郵便切手

は石室石材とともに古墳の外に取り出し保存修理する方針が決定された。この決定の後、準備期間を経て、平成19年（2007）4月に石室石材・壁画の取り出し作業が開始され、同年9月にこの作業は終了、同年3月に国営飛鳥歴史公園（高松塚周辺地区）内に設置された「国宝高松塚古墳壁画仮設修理施設」において修理が開始された（この修理は令和2年〔2020〕3月末日に終了）。

キトラ古墳壁画の修理作業は当初は古墳現地（仮設保護覆屋）及び奈良文化財研究所埋蔵文化財センター保存修復科学研究室（奈良市二条町）で行われたが、「国宝高松塚古墳壁画仮設修理施設」が開館した後はこの施設に一元化された。

キトラ古墳・高松塚古墳の保存・活用事業は共通する課題も多く、両古墳の事業にまたがる担当者も多かった。両古墳における多様な課題を相互に共有しながら個々に最適な施策を実現することが有効との判断から、高松塚古墳の石室・壁画の取り出しが完了し、修理が開始された平成20年（2008）には、「特別史跡キトラ古墳の保存・活用に関する調査研究委員会」と「国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会」が統合され、「古墳壁画保存活用検討会」が発足、平成22年（2010）より「古墳壁画の保存活用に関する検討会」に継承され、現在に至っている。

7. 本事業の成果の概要

壁画の取り出し・修理を無事に終えたキトラ古墳壁画は、当分の間、石室内の厳しい保存環境を離れ、安全な「キトラ古墳壁画体験館 四神の館」において保存管理・展示活用がなされる。ここまでの事業を安全に実現できたことが本事業の一義的な成果であるが、本事業の中で開発またははじめて本格導入された様々な保存・修理に係る技法・材料・考え方が本事業で十分に機能した上、さらにその多くが現在は他の文化財の保存・修理にも用いられていることは、本事業の大きな副次的成果といえる。現在では脆弱な文化財の表面保護・養生の際、当たり前

に用いられるポリエステル紙・レーヨン紙をセルロース誘導体を用いて仮どめする方法は本事業ではじめて本格的に導入され、鍛えられたものであったし、壁画取り外しの際、油画制作用ヘラやメリネックス[®]が用いられたことは、装潢と油画修理の技法・材料の融合の一端を示すものであった。酵素を用いた修理の技術やハニカム構造体によるバッキングの技術等も同様である。カビ等生物被害への対応についても、アルコール等の薬剤を用いた処置には限界があり、湿度等の環境を制御することの重要性を再認識させられたのも、本事業及び並行して進んでいた高松塚古墳壁画事業の過程においてであった。画像部分の取り外しを終え、余白部分のみが残る石室内で紫外線照射により石室内の生物被害を抑制することに成功したことは、「紫外線は悪」という従来の私たちの「常識」を覆し奏功したものであった。これらを代表、一端として、本事業により開発あるいははじめて本格導入された保存・修理に係る様々な技法・材料・考え方が、その後、他の文化財の保存・修理に活用されていることは本事業の重要な成果であり、今後、さらなる発展・革新がなされることを期待したい。

本事業では国宝修理装潢師連盟に多大なご尽力を賜った。本来はライバル会社としてのしごを削りあう連盟加盟工房各社から本事業に集められた技術者皆さんが、そのもてる技術を出し惜しみすることなく、また壁面の各所において仕事のむら（出来栄の違い）があることも一切なく、完璧に事業を遂行されたことに対し、衷心より御礼申し上げ、敬意を表する次第である。本連盟は従来より工房間の技術・情報の共有やそれらの公開に努められてきたが、本事業がそれを加速化したことは間違いなく、これによりわが国の文化財修理技術・研究が格段に向上したことも本事業の大きな成果といえるであろう。

令和4年1月
東京文化財研究所 保存科学研究センター長
建石 徹

発掘調査班	修復班	生物環境班	材料調査班	事務・連絡役
奈良文化財研究所	東京文化財研究所 奈良文化財研究所	東京文化財研究所	奈良文化財研究所 東京文化財研究所	国立文化財機構本部 奈良文化財研究所 東京文化財研究所

* 奈良文化財研究所長を本部長、東京文化財研究所長を副本部長とする

Fig. 5 国立文化財機構古墳壁画対策プロジェクトチーム（壁画取り外し時の班構成）

執筆者

- 第1章 文化庁 古墳壁画室
- 第2～5章 東京文化財研究所 保存科学研究センター長
建石 徹
- 東京文化財研究所 名誉研究員
川野邊 渉
- 東京文化財研究所 保存科学研究センター 修復材料研究室長
早川 典子
- 一般社団法人 国宝修理装演師連盟 代表理事
山本 記子
- 一般社団法人 国宝修理装演師連盟 技師長
亀井 亮子
- 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 保存修復科学研究室 客員研究員
辻本 與志一
- 第6章 京都国立博物館 学芸部 保存科学室長
降幡 順子
- 東京文化財研究所 保存科学研究センター 分析科学研究室長
犬塚 将英
- 東京文化財研究所 保存科学研究センター 修復材料研究室 研究員
倉島 玲央

(所属は令和3年度現在)

目 次

序	2
刊行にあたって	3
本事業について—壁画の保存修理に至る流れ—	4
第1章 指定の概要	12
第2章 壁画取り外しに至る経緯	16
1. 発掘前の状況・処置	16
1.1 発掘前までの壁面の状況（平成16年〔2004〕5月31日以前）	16
1.2 発掘前の応急処置	20
1.2.1 表面の保護（平成16年〔2004〕5月31日～6月3日）	20
1.2.2 カビ処置	21
1.3 発掘終了後の壁面の状況（平成16年〔2004〕7月）	21
2. 調査研究委員会での検討と壁画保存についての基本的方針	26
3. 壁画取り外しに伴う問題点と対策	27
第3章 壁画の取り外し作業の工程	28
1. 作業期間中の石室内環境の維持管理	28
2. 初期の壁画の取り外し—ヘラを用いた取り外し—	28
2.1 壁画取り外しの工程（平成16年〔2004〕）	28
2.2 ヘラの作製	38
2.3 石室内の各壁面の状況（平成16年〔2004〕9月頃）	40
2.4 絵画面の処置について	41
3. 午の発見（平成17年〔2005〕6月）	41
4. 壁画の取り外し方法の検討—新規技術の開発—	45
5. ダイヤモンドワイヤーソーによる壁画の取り外し—朱雀・寅等—	45
6. 天井の取り外し （平成19年〔2007〕7月～平成20年〔2008〕11月）	52
7. その他の漆喰の取り外し（平成22年〔2010〕11月まで）	55
8. 取り外した漆喰片の状態	55
9. 石室の保存	55

第4章	取り外し後の壁画の再構成と保存	59
1.	取り外した壁画の再構成	59
1.1	漆喰の強化と補強	59
1.2	漆喰層全体の支持	61
1.3	漆喰の位置確認	64
1.4	漆喰片の空隙の充填	64
1.5	辰・巳・申・午の保管について	67
2.	クリーニング	67
2.1	バイオフィルムの状況	67
2.2	クリーニング方法	68
2.2.1	紫外線使用の検討	68
2.2.2	溶菌酵素使用の検討	68
第5章	再構成終了以前の壁画公開	70
1.	壁画の公開記録	70
2.	公開時の額装	70
2.1	額装の構造	70
2.2	額装の解体	72
第6章	壁画調査記録	74
1.	蛍光X線分析	74
2.	X線撮影	75
3.	蛍光X線分析による泥に覆われた図像の調査	79
関連資料		81
1.	画像記録	82
1.1	取り外し前の壁画	82
1.2	取り外し後の石室内	87
1.3	修理完了後の壁画	93
2.	図面	98
2.1	初期損傷図面	98
2.2	漆喰片取り外し図面	103
3.	修理作業工程表	109
4.	参考文献目録	115
附図 (A3版)		
1.	取り外し前の壁画	
2.	修理完了後の壁画	
3.	漆喰片取り外し図面	

第1章 指定の概要

特別史跡指定の概要

1. 名称

キトラ古墳

2. 指定の履歴

平成12年(2000)7月31日(史跡指定)

平成12年(2000)11月24日(特別史跡指定)

3. 指定基準

史跡の一部(古墳)

4. 所在地

奈良県高市郡明日香村大字阿部山

5. 指定面積

4,381.08 m²

6. 管理団体

明日香村

7. 説明

キトラ古墳は、奈良県明日香村の西南部、檜前の地に築造された、7世紀末から8世紀初頭頃の終末期古墳である。周辺には天武・持統合葬陵や特別史跡高松塚古墳を初めとする終末期古墳が集中し、天武・持統朝から文武朝の皇族や高官の墓域とする説がある。昭和58年(1983)にNHKにより、墳丘の電磁波探査とファイバースコープを用いた石室の調査が実施され、壁画古墳であることが判明した。以上の調査は、古墳内部の調査に、自然科学的手法を初めて本格的に用いたものである。明日香村では、平成9年(1997)に墳丘の調査を行い規模等を確認し、平成10年(1998)には超小型カメラにより再度石室内部調査を実施し、石室・壁画の概要を明らかにした。これらの成果を受け、平成12年(2000)7月に史跡に指定された。

キトラ古墳は、低丘陵の南斜面に立地する、径約14m、高さ約3mの二段築成の円墳で凝灰岩切石組の横口式石室を主体部とする。石室の奥壁・側壁・天井の全面に漆喰が塗られ、そこに四神図と天文図が極めて具象的に描かれる。四神図・天文図いずれも唐墓や高句麗墓に見

られ、大陸の影響を直接受けたものである。全容がほぼ明らかになった玄武・白虎図には、高松塚古墳壁画と近似した表現が見られ、両者が同じような原図に基づいて描かれたことが分かる。天文図は、内規・赤道・外規・黄道が描かれ、二十八宿以外の星座や星が配されるなど、高松塚古墳の星宿図より本格的なものである。当時の中国や朝鮮半島で用いられた原図を忠実に写したものと考えられ、東アジア全体でも現存する最古の精密な星図である。これらの壁画の内容は、当時の東アジアとの交流を考える上で重要であり、美術史・天文学的にも貴重である。

キトラ古墳は、古墳の位置や石室の構造などから見て、天武・持統朝から文武朝の皇族や高官の墓であると推定され、その歴史的価値は極めて高い。また、飛鳥地域の同時期の古墳の中でも、壁画が描かれたのは同古墳と高松塚古墳に限られている。そして、天井の天文図には高松塚古墳にも見られない特色が有り、その学術的価値は高松塚古墳壁画と遜色ない。よって、特別史跡に指定するものである。

国宝指定の概要

1. 名称

キトラ古墳壁画

2. 員数

5面

3. 所有者

国(文部科学省所管)

4. 指定の履歴

平成30年(2018)10月31日(重要文化財指定)

令和元年(2019)7月23日(国宝指定)

5. 指定番号

絵国第162号

6. 指定基準

重要文化財のうち製作が極めて優れ、かつ、文化史的

意義の特に深いもの

7. 寸法

東壁	縦 112.1 cm	横 203.7 cm
南壁	縦 95.7 cm	横 72.8 cm
西壁	縦 112.8 cm	横 204.2 cm
北壁	縦 112.2 cm	横 105.7 cm
天井	縦 105.8 cm	横 169.3 cm

8. 品質形状

2段築成の円墳の墳丘内部に凝灰岩の切石を組んで造られた石室内の壁画である。

石室はほぼ南面し、まず切石4枚を床に据え、その上に東は切石4枚、西は3枚、北は2枚で壁を組み上げ、壁石の上にゆるやかな屋根形を呈する切石4枚を載せ、最後に切石1枚を南に据えて閉塞する。石室の内寸は幅104 cm、高さ124 cm、奥行240 cmである。なお、南壁の西側上部には盗掘孔(幅48 cm、高さ65 cm)がある。

石室の内壁は平滑に仕上げられ、表面は漆喰で塗り込められる。漆喰の厚さは0.3～0.7 cm(天井の傾斜部分等にはより厚い部分がある)。漆喰表面は緻密かつ平滑である。これを下地として四方の壁および天井に絵が描かれる。

色料としては黄、赤、緑、青、白、黒を認めることができる。部分的な調査にとどまっているが、このうちの赤色部からは水銀、緑色・青色部からは銅が検出された。黄色部については、黄土の可視分光スペクトルと高い類似性を示している。また、図像の周囲では鉛が検出される一方、余白から鉛はほとんど検出されていない。

各所に凹み線(刻線)が認められる。凹み線には赤い色料を伴う箇所と伴わない箇所がある。墨による仕上げの描線はこの刻線と一致しない箇所も多く、凹み線は図像の配置を決める際や描画の際の「あたり」として用いられた可能性が高い。

四神

四方壁の中央には青龍・朱雀・白虎・玄武の四神が描かれる。

東壁の青龍は表面が泥土で覆われており、図像の主要な部分は判然としないものの、南を向いた頭部の先端、前に長く伸びた舌、前方に突き出した両前脚の先端を確認できる。後脚と尾の一部も辛うじて判別でき、尾が後脚に絡まってから真上に跳ね上がる形式であることが分かる。

南壁の朱雀は、左翼の一部を除いてほぼ完全な姿を確認できる。西を向いて、首を上げて大きく翼をひろげ、尾をなびかせ、左足を前方に踏み出し、右足を後方に蹴り流す姿である。

西壁の白虎は北向きで、胴体が長く、首を折り曲げて口を開けて前方をにらみ、両前脚を突き出し、後脚は前後に大きく開く。青龍同様に尾が後脚に絡まってから真上に跳ね上がる形式である。

北壁の玄武は西に体を向けた亀に蛇が巻きつき、甲羅の上で互いに睨み合う姿にあらわされる。亀には耳がある。

十二支

四神の下方に獣頭人身の十二支が描かれる。北壁中央の子を起点として北壁西寄りの亥まで、各壁の下辺に3体ずつ右回りに配される。

子は北壁の下辺中央に描かれる。損傷が激しく、図様に不明な点が多いが、黒い袍をまもって右手に武具を持つ姿にあらわされる。なお、全般的に袍のあわせが右前か左前かは判然としない。

丑は北壁の下辺東寄りに描かれる。子と同様の姿にあらわされる。顔は不鮮明だが、衣文線と襟・袖・裾の赤い縁取り、縦に長い赤色の武具がよく識別できる。

寅は東壁の下辺北寄りに描かれる。青い袍を着て、右手に房飾りのついた槍状の武具を持つ姿にあらわされる。比較的遺存状態がよく、細部の表現をうかがうことができるが、現在遺っているのは大部分が下描きと考えられる凹み線で、これと仕上げの線がすべて一致するかは定かではない。

午は南壁下辺中央の泥に覆われていた部分を取り外したところ、崩れかけた漆喰下地の向こう側、すなわち泥の側にその姿が現れた。漆喰地に描かれていた絵が泥に覆われ、色料が泥側に付着する一方で漆喰地から剥離したものとみられる。泥の面に盛り上がった状態で凹み線の痕跡も認められる。取り外しの際に泥の面に転写された情報を保存するために漆喰地を除去せざるを得なかったため、この部分の漆喰下地はほぼ失われている。赤い袍を着て、右手には房飾りのついた槍状の武具を持つ姿にあらわされる。

西壁の下辺北寄りに描かれる戌と、北壁の下辺西寄りに描かれる亥は、いずれも赤い色料等が認められるが、遺存状態が極めて悪く、具体的な図柄はほとんどわからない。

東壁南寄りの辰、南壁東寄りの巳、西壁南寄りの申に

については、漆喰層が全面泥に覆われていて図像を確認することはできない。ただ午同様に泥と漆喰の間に何かが残存している可能性がある。

東壁中央の卯、南壁西寄りの未、西壁中央の酉については、該当箇所付近で切石表面が露出しており、すでに漆喰層ごと失われたものと判断する。

天文図・日月像

天井の中央には天文図、東西の側壁との間の傾斜部分中央には東に日像、西に月像が描かれる。

天文図には内規（径 16.8 cm 前後。一年中地平線下に没しない北天の星の範囲）・天の赤道（径 40.3 cm 前後。地球の赤道面を天球まで延長して天球上交わってできる円）・外規（径 60.6 cm 前後。観測点における南天の観測限界の範囲）が同心円で、黄道（径 40.5 cm 前後。一年間の太陽の軌道）が中心を北西にずらしてそれぞれ朱線であらわされる。円の中心にはコンパスのような道具を用いたと思われる小孔が確認できる。これらの中に紫微宮を構成する北極五星、北斗七星、二十八宿等、350 個以上の星、74 個以上の星座を配する。星座は朱線で結ばれ、星には直径 0.6 ～ 0.9 cm の丸い金の薄片が貼られる。

天文図に接して、東西に日像・月像が描かれる。東側の太陽には金の薄片、西側の月には銀の薄片が貼られる。いずれも直径約 5.3 cm。日月像の下方には朱線で平行線が引き重ねられ、その上に山岳文が配される。

壁画の取り外し

壁画は、昭和 58 年（1983）のファイバースコープを用いた石室内調査で玄武が確認されたことから、その存在が明らかとなった。その後、平成 6 年（1994）に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）を受けて調査が継続的に実施され、平成 10 年（1998）の 2 度目のファイバースコープによる調査で青龍・白虎・天文図が発見された。平成 13 年（2001）の 3 度目の調査では新たに朱雀が発見されると同時に、漆喰の剝離や汚染等も確認された。平成 15 年（2003）に壁画の保護を図るため、空調施設等を備えた仮設保護覆屋を設置した。

平成 16 年（2004）に行われた石室内調査の結果、青龍、白虎の周辺をはじめとして、漆喰層が石材表面から数 cm 程度浮き上がっている箇所があり、崩落寸前であることが判明した。また、漆喰層と石材両面との間には、剝落した漆喰片や植物の根等が多数入り込み、そのまま漆喰層を石材表面に貼り戻すことは不可能であった。一方、

漆喰層そのものは高松塚古墳よりも健全な状態であった。こうした状況から、当面の間の措置として、つまり特別史跡の構成要素という点は維持しつつ、余白部分を含むすべての壁画を取り外す方針を決定した。この内容については平成 16 年（2004）9 月 14 日の第 7 回委員会において方針・手法が了承されたあと、第 38 回文化審議会文化財分科会（平成 16 年 9 月 17 日）において現状変更の許可答申がなされた。

壁画の取り外し作業は平成 16 年（2004）に開始し、平成 22 年（2010）に終了した。1000 片以上のピースに分けて取り外した壁画片は最終的に国宝高松塚古墳壁画仮設修理施設に運び、天井、東壁、南壁、西壁、北壁の各面単位で再構成した。この際、脆弱な漆喰層を複数層の裏打紙で強化し、その上で取り出し前の高精度画像をもとに位置を確定して強度のある材料の上に固定し、漆喰片の間の空隙を充填して補彩を施した。この間に壁画表面の黴等の除去、絵具層の強化と剝落止め、漆喰層の補強などの安定化処置を並行して行った。

再構成と安定化処置を終えた壁画は、古墳のそばに整備されたキトラ古墳壁画保存管理施設に移し、平成 28 年（2016）9 月から一般公開を開始した。現在はこの施設内で引き続き点検とメンテナンス作業を行っている。

ただし、十二支のうち午については表面を覆った泥の側に色料等が残っており、そのまま原位置に戻すことは困難な状況である。辰・巳・申についても午と同様の状況である可能性が残ることから、あわせて別置している。これは原位置に復することが可能になるまでの暫定的な措置である。

また、盗掘時に崩れ落ちた南壁石材の断片にもわずかに漆喰地が付着している。これは天井から落下したとみられる金の薄片とともに、考古資料として「奈良県キトラ古墳出土品」（平成 30・10・31 指定）の附に含まれている。

9. 概要

奈良県高市郡明日香村所在のキトラ古墳（平成 12・11・24 特別史跡指定）は、7 世紀末から 8 世紀初頭に築造されたと考えられる円墳である。石室の天井が高松塚古墳（昭和 48・4・23 特別史跡指定）よりも古様な形状であることから、高松塚古墳を若干さかのぼる時期のものと考えられている。

その石室内部の天井と四方の壁には、天文図、日月像、四神、十二支が描かれる。それぞれは陰陽五行説等にもとづき、相互に緊密な関係をもって計画的に整然と配置

され、この当時の人の世界観をよく示すものとなっている。

四神のうち、白虎は左右反転して小ぶりであるほかは「高松塚古墳壁画」（昭和49・4・17 国宝指定）の白虎の図像とよく一致し、青龍や玄武の比較可能な箇所も全体的に小ぶりであるほかは図像の特徴はよく一致する。朱雀については判断する材料はないが、両古墳ともに同系統の図像をもとにしたと考えられる。

十二支が獣頭人身の形姿であらわされることは中国大陸で隋唐以降行われ、たとえば湖北省武漢市馬房山墓出土の陶俑等がある。手に武具を持つ形姿は、新羅の金庾信墓等で確認された仏教的色彩の濃い十二支像浮彫等にしばしばみられる。四神の下に配された獣頭人身の十二支の図像的な源泉については、直接対象となる現存作品をあげることはできないが、中国大陸あるいは朝鮮半島から渡来した図像を参照したと推察する。高松塚古墳ではこの位置に男女の群像が配され、この違いに当時の文化的背景を想像することができるかもしれない。

四神や十二支の描線は一見すると素朴であるが、単に輪郭をくくるだけでなく、概して的確で力強い。骨の通った墨線の走りが朱雀のスピード感の表出につながっており、白虎の毛の柔らかさと歯牙や爪の鋭さを墨の濃淡と肥瘦に変化をつけて描き分けている。彩色面では、朱雀で朱色を片量していること等の絵画表現が目される。そこに絵画史的な意義を見出すことは可能である。

天井の天文図については、高松塚古墳では図式化された星宿図となっているのに対し、キトラ古墳ではおおむね精密な観測結果にもとづく原図が写されたと思しき精緻な図となっている。天文学的な解析によれば、原図の観測年代は4世紀あるいはそれ以前という説が有力で、説によって年代観にばらつきがあるのは、いくつかの時期の観測結果が合成された結果とみられる。

日像・月像の意匠は高松塚古墳とよく似るが、山岳文は、高松塚古墳が明瞭な三山状を呈するのに対し、キトラ古墳のそれは琴柱に近い。これは雲気文が山岳文に変遷する過渡期の様相を示すと考えられる。

以上のように本壁画は、全体像の分かる古代の本格的な古墳壁画として貴重な遺例である。近い時期の類作である「高松塚古墳壁画」と共鳴して、遺作のごく限られた我が国の古代絵画史を豊かにする点で極めて価値が高い。とくに高松塚古墳では失われている朱雀が良好な状態で残っていることが特筆される。絵画表現にも古代絵画史を考える上で貴重な要素が認められる。各所に下描き時につけられたと考えられる凹み線が明瞭に認められる点も、絵画技法の研究上、意義深い。天文図も東アジア

アにおける現存最古例に位置づけられる貴重なものであり、全体として我が国の古代絵画史ひいては文化史を考える上で不可欠な作例として、とくに高く評価すべきものである。

第2章 壁画取り外しに至る経緯

1. 発掘前の状況・処置

平成13年(2001)6月、文化庁は「特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会」(以下「委員会」という。)を設置し、以後は委員会において、キトラ古墳の保存、公開の在り方について検討を進めてきた。平成15年(2003)8月に特別史跡キトラ古墳仮設保護覆屋竣工の後、石室内発掘調査の準備段階で東壁・西壁における石材表面からの漆喰層の剥離など保存上緊急性の高い問題が確認され、機動的な対応ができるよう委員会の下にワーキンググループを設けた。本章では、平成16年(2004)5月に実施された修復担当者による石室内目視調査及び壁面応急措置作業から、既に剥離している青龍、白虎、十二支像の戌、亥の取り外し(平成16年7月第6回委員会)、および修理のためすべての壁画の取り外しの方針決定(平成16年9月第7回委員会)までを報告する。

1.1 発掘前までの壁面の状況

(平成16年[2004]5月31日以前)

平成16年(2004)2月より奈良文化財研究所によるキトラ古墳の発掘調査[Fig.2-1]が行われる以前の壁画状態の観察は、盗掘口から石室内部に照明を当て覗きこんで行っていた[Fig.2-2]。この場合、複数の観察者が

同時に観察を行えないこと、カメラなどによる記録が写角の関係で十分に行えないこと、石室内の温度上昇を避けるために十分な照明を行えないことなどから、十分な事前調査を行うことはできなかった。しかし、そのような状況下でも次のことを観察することができた。

東壁は、盗掘口から斜めに覗くことができたため、青龍が描かれた漆喰は石材表面から大きく剥離し、その部分が上端と下端で辛うじて支えられていること、東壁の南側には流入した泥により厚く覆われた部分が存在すること、十二支の寅の足元部分が剥離しそうになっていることなどが観察された[Fig.2-4]。西壁は、盗掘口から見る位置が西壁の真横となり十分な観察は難しかったが、白虎があると思われる中央部分のほとんどが膨らんでいて剥離が推定され、東壁同様に手前の南側は大きく泥に覆われている様子が見られた[Fig.2-5]。南側の壁面は、観察するために大きく身を乗り出す必要があり、内部の養生もできない状態であったので、写真撮影によって朱雀の存在を確認した。また真横からの観察では、大きな壁面の浮きがなさそうであると判断した。北壁は正面からの観察であるために、従来得られていた写真撮影による情報と同様の所見を得ることができた。天井部分は、見上げる角度が小さいために、星宿の全体像を把握することはできなかった。しかし、天井から垂れ下がる木の根に結露が見ら



Fig. 2-1 発掘調査中のキトラ古墳(奈良文化財研究所 提供)



Fig. 2-2 盗掘口(外側)

れ、いくつか剥がれ落ちそうな金箔の存在が照明により確認できた [Fig. 2-6]。また、手前側の天井面は漆喰層全体が膨らんで脆弱化しているように見受けられ、重力方向に逆らった強化などの処置が困難であると予想された。

以上のような盗掘口からの観察では、北壁と南壁は特に緊急性が認められない一方、東西の漆喰は崩落の危険が極めて高いこと、天井部分は、全体像が把握できな

いまでも金箔などの剥落止めが急を要することなど深刻な状況を確認することができた。

石室の発掘のために、石室内への進入装置が設けられた平成 16 年（2004）5 月以降は、調査のための状況は大きく改善し、壁画を正面から観察することが可能となった [Fig. 2-12]。その結果、斜光を用いた観察も行えるようになり、当初の予想以上に各壁面の傷みが激しいだ

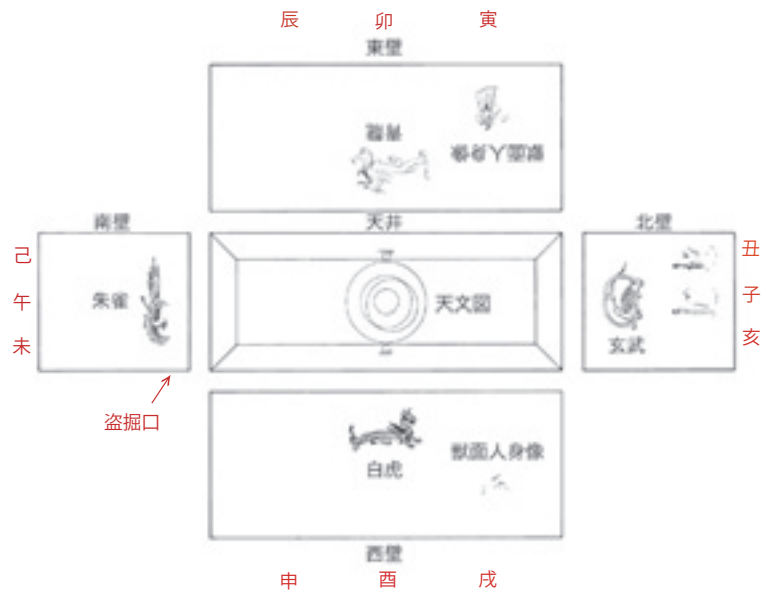


Fig. 2-3 キトラ古墳壁画のイメージ展開図（奈良文化財研究所による図に赤字を記入）



Fig. 2-4 盗掘口から覗いた東側の様子



Fig. 2-5 盗掘口から覗いた西側の様子



Fig. 2-6 天井から剥がれ落ちそうな金箔



Fig. 2-7 仮設覆屋（南東から）

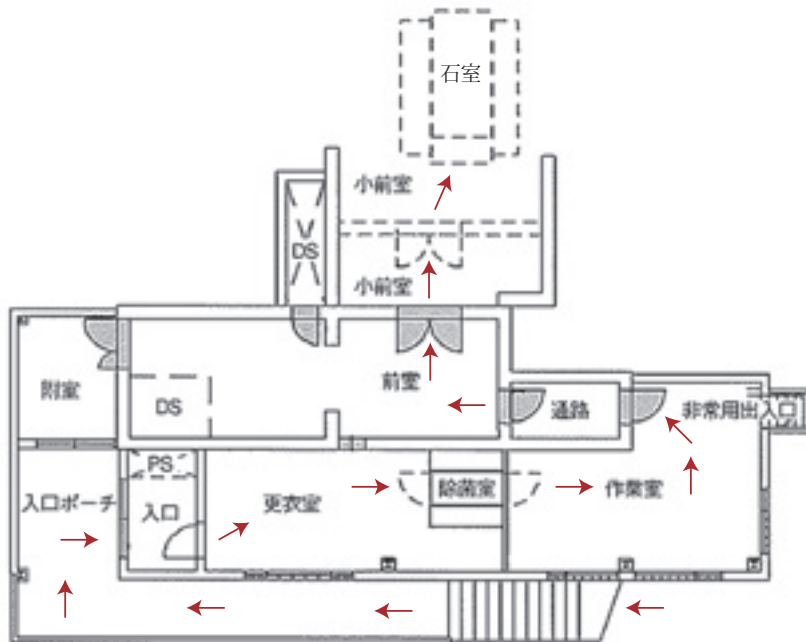


Fig. 2-8 仮設覆屋平面図(『月刊文化財』494号 / 平成16年、p.7より引用し加工して使用)



Fig. 2-9 仮設覆屋 前室扉



Fig. 2-10 仮設覆屋 前室

けでなく、各壁面で損傷状態が大きく異なることなどが観察され、それぞれの症状に応じた材料と処置方法が必要であることが明らかとなった。また、青龍や白虎の大部分で確認されたように、すでに漆喰層が剥離した部分では [Fig. 2-13]、絵画が描かれたときに比べて少なくとも上下方向の長さが膨張していること、一部が石材表面に付いていて、周囲が剥がれている場合には、その周辺に力がかかって歪んでいることなどが正面からの詳細な調査で明らかになった。ファイバースコープを用いた漆喰層と石材の間の調査では、剥がれた漆喰層と石材との間に崩れ落ちた漆喰、泥、虫の卵、木の根など多くのもの

が存在することも明らかになった。

この時点では、剥離した壁画をいかに安全に貼り戻すかということが検討の中心であった。しかし、調査の結果、剥がれている漆喰層をそのまま石材表面に貼り戻すと、これらの介在物によって漆喰層を傷める恐れのあること、湿度 100% の環境下で石材表面に結露が観察されるような条件下で貼り戻すことは、技術的に非常に困難を伴うことが予想された（また、石材から剥離した漆喰片は膨張しており、剥離した空隙部分には収まらないことが後の調査で明らかとなった）。

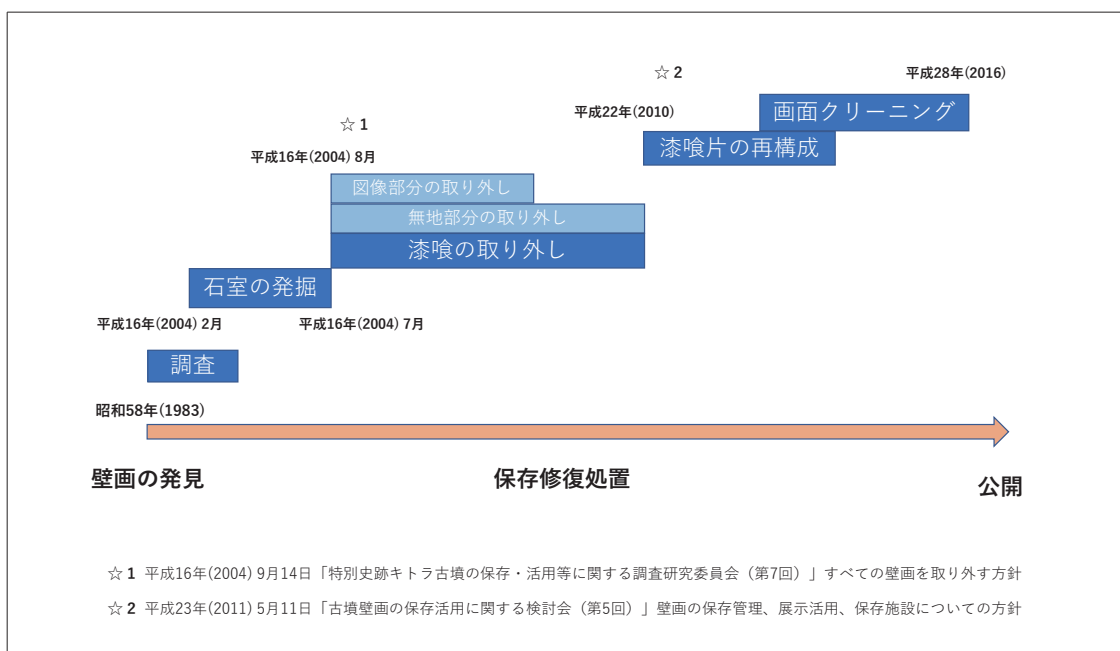


Fig. 2-11 キトラ古墳壁画の保存修復処置の工程



Fig. 2-12 進入装置



Fig. 2-13 石材表面からの漆喰層の剥離

1.2 発掘前の応急処置

1.2.1 表面の保護

(平成 16 年 [2004] 5 月 31 日～6 月 3 日)

石室内の床面の発掘に際して、発掘中に壁に接触して壁画を損傷することを防ぐために、石室内の内部に保護のためのフェンスのような装置を取り付けた [Fig. 2-14]。また、発掘時の石室内への人の出入りによって、石室内の温度と湿度が変化し、壁面の一部が剥がれ落ちることを避けるために、危険な状況にあると判断した部分については最低限度の応急処置を施すこととした。処置を最低限度にとどめた理由は、この時点において、壁画の修理と保存の方針が定められていなかったため、将来的に方針が変わっても壁画を迅速に現状通りに戻すことができるようにするためである。

この時点での石室内の環境は湿度 100% であり、表面に結露する状況であったので、絵画の修理に通常用いられる材料や手法を採用することはできなかった。使用する材料は、必要に応じてほぼ完全に取り除くことができること、発掘作業中に予想される温度・湿度の変化、振動などに耐えること、カビなどの生物被害を受けにくいことなどを考慮して選ぶこととした。

当時、接着しようとする表面に結露のあるような条件下で、軟弱な漆喰層を物理的に安定させる手法は知られていなかった。また、工業的に水中で用いられるような接着剤などでは、必要に応じて除去することが不可能である上、漆喰の強度が不十分なため、用いることはできなかった。そのため、青龍や白虎など剥離している部分の安定化には、漆喰層と石材表面との間にあらかじめヒドロキシプロピルセルロース (以下、HPC) [Fig. 2-15]

の溶液を絡ませたポリエステル繊維を綿状にしたものを挟み込む手法を用いた。また、割れ目にはレーヨンの繊維から抄紙された不織布 (以下、レーヨン紙) に HPC を塗布したもの (以下、HPC シート) [Fig. 2-16] をテープ状にして貼り付けることで割れ目の動きをおさえようとした [Fig. 2-17]。さらに、このテープ状の HPC シートを漆喰と石材とをつないで使用したが、その際には、石側の接着剤としてはエチルセルロース (以下、EC) のアセトン溶液を用いた。

HPC と EC については、事前に各種の接着剤と比較検討を行った。比較した材料は、フノリ、牛膠、パラロイド™ B72、プライマル™ AC3444、HPC (Mw: 10 万)、HPC (Mw: 100 万)、メチルセルロース (以下、MC) (400 cps)、MC (4000 cps)、EC (4 cps) である。HPC については、エタノール溶液と水溶液の双方の 2% 溶液を試料とした。これらに関して、炭酸カルシウムと混合した場合の圧縮強度、炭酸カルシウム下地への浸透程度、使用前後の色差、カビ抵抗性試験の 4 つの観点から試験を行った。その結果、HPC は相対湿度 50% rh ではフノリと同様の高い圧縮強度を示す一方、相対湿度 100% rh では著しく圧縮強度が低下することが明らかになり、この性質を利用して、再剥離が必要な今回の手法として採用することとした。カビ抵抗性試験において、フノリや膠に比較してカビが発生しにくいことが明瞭になったことも、使用した理由の 1 つである。また、EC は HPC よりも高湿度下で強度が発現することから、石と HPC シートを接着する際のごく限定的な箇所に使用した。これら接着剤の物性に関する詳細は、文化財保存修復学会誌 53 号「絵画表面に用いる修復材料の基礎的研究 ―壁

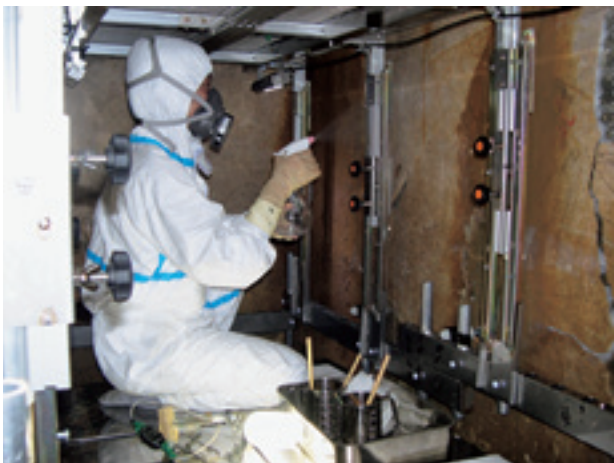


Fig. 2-14 保護枠の中での作業

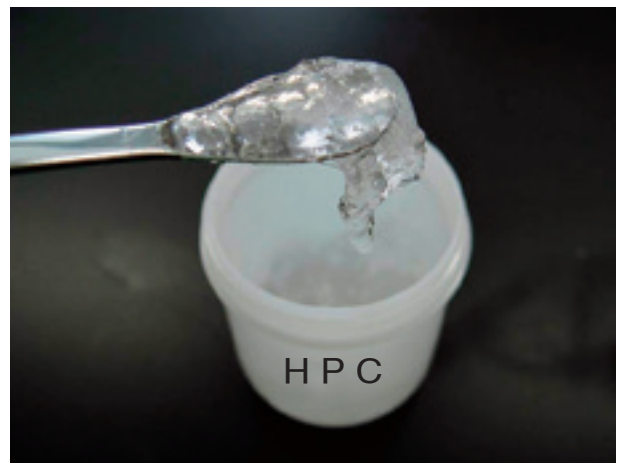


Fig. 2-15 HPC エタノール 3% 溶液
このようなゼリー状の形状で HPC を作業に使用した。

画修復を中心に」に報告している²⁻¹。

HPC は、木材や紙を構成する成分であるセルロースの分子構造の一部を化学反応で変えて、水やアルコールなどの有機溶媒に溶けやすくしたものである。HPC を使うことで、狭い石室内で健康に悪影響を与える有機溶媒を用いる作業量を軽減することを目的とした。

HPC の使用方法については、湿度 100% 下でもある程度の粘着性を発揮させるために、あらかじめレーヨン紙 (12 g/m²) に塗布し乾燥させた HPC シートを作製し、石室内にて直接貼付し、壁面の水分によって膨潤させることを計画した。実際に壁面に処置したところ、壁面の状況によって数日から半月程度の期間後に粘着性が安定することが観察された。これにより、すでに漆喰層が石材表面より剥がれて浮き上がっている状態である青龍や白虎の表打ちや割れ目の拡大や変形防止に用いることが可能であると判断した。発掘前に壁面保護のために使用した HPC シート (5 cm × 3 cm 程度) は数百枚を数えた。

註

2-1. 早川典子, 中右恵理子, 木川りか, 沖本明子, 川野邊渉: 絵画表面に用いる修復材料の基礎的研究—壁面修復を中心に—, 文化財保存修復学会誌 53, pp.1-16 (2008)

1.2.2 カビ処置

この時期にすでに、石室外のみならず石室内でもしばしばカビが発生した。発生が確認されていたのは、白色綿状のカビ (白カビ) であった。初期の頃、漆喰面に発生した場合は消毒用エタノールを含ませたキムタオル®等を局所的に貼り付け、1 時間以上静置した上で除去していた (2 日以上は放置しない)。その後も同様に消毒

用エタノールを用いて処置を行っていたが、目地など水分を多く含む箇所に発生した場合は、90%エタノール水溶液も用いて処置を行った。

石室内のカビは、3 月、4 月は西壁に緑色の *Trichoderma sp.* (主に 2 種類) や *Penicillium sp.* (薄い色のもの) が発生する傾向であったが、その後、4 月以降は西壁以外にも南壁、東壁、天井石の隙間、流入土などにも発生した。絵画面にカビが発生した 6 月と 7 月にパラホルムアルデヒド燻蒸を行った (平成 16 年 [2004] 6 月 15 日、7 月 3 日)。

1.3 発掘終了後の壁面の状況

(平成 16 年 [2004] 7 月)

発掘調査後の石室内の壁面は、平成 16 年 (2004) 当初の状況と比べて、石室内の湿度や温度はほぼ一定だったにもかかわらず変化が生じていた。この原因については、石室内の流入土除去によって、漆喰層へ供給される水分が減ったことなどが考えられる。石室内では、流入土や漆喰が調湿剤の役割を果たしていたと推定され、石の背後から供給されていた水分は、これらの材料がバッファーとなり揮発していたが、この調湿効果が減少したと考えられた。

以下に、発掘終了後の平成 16 年 (2004) 7 月 8 日における各壁面の状況を記す。巻末に掲載する初期損傷図面は、約 2 ヶ月後の 9 月 14 日時点の状態を記録したものである。



Fig. 2-16 HPC シートの作製 (レーヨン紙への HPC 塗布)



Fig. 2-17 HPC シートによる表面保護 (応急処置)

東壁

東壁に残存する漆喰層の約40%が石材表面より剥がれて浮き上がっており、さらに30%程度が同じような状況であると疑われた。当初から最も崩落の危険性が高かった青龍の描かれている部分は、天井直下より十二支の存在する可能性がある部分まで幅45～50cm程度がほぼ全面的に剥離し、最大で石材表面より3～5mmほど剥がれて浮き上がり、わずかに天井付近と下部のみで支えられている状況であった[Fig. 2-18]。ファイバースコープを用いた調査によって、漆喰層と石材の間には水の流れた跡があり、粘土や漆喰屑、木の根、虫の死骸や卵が存在していることが認められた。東壁で唯一、目視確認されている十二支の寅は、足元にある漆喰の割れ目を境に下部の漆喰層が石材表面より剥がれて浮き上がっていることが確認された。この足元の割れ目より上の部分は比較的良く石材表面に付いており、墨線も良く締まり、漆喰が塗られた当時のへら跡も良く残っていた。

この時点で東壁の漆喰層は厚さが2～5mm程度であり、大部分は柔軟性はあるもののわずかな力で割れて崩れ落ちそうな「酒粕」状とも言える状態であった。また、当初確認されていたよりも多くの漆喰の割れ目があることが確認された。特に、青龍のある部分の石材は中央部分で水平に継ぎ足されているが、その継ぎ目に沿って顕著な割れ目が存在していた。また、青龍は前部分の一部を除き厚く粘土層に覆われ、その下の状態は観察できなかった。

発掘調査後は、石材表面より剥がれて浮き上がっている青龍部分の漆喰層が、やや薄くなり硬くなった印象があった。また、青龍の南側に隣接する部分は、石材表面より剥がれて浮き上がりつつあるように感じられた。十二支の寅周辺でも、いくつかの箇所が石材表面より剥がれて浮き上がりつつあるように推察された。

西壁

西壁では、残存する漆喰層の約50%が剥離していた。中央の白虎本体の周辺は、東壁の青龍部分と同様に漆喰層が石材表面から剥がれて浮き上がっていた[Fig. 2-19]。特に白虎の頭部の右側には大きく割れ目が開き、浮き上がった漆喰層全体が落下する危険があった。しかし、白虎の両前足を中心とした直径約20cmの範囲は石材表面によく付いていた。石材から浮き上がった箇所は、青龍の部分と同様に、漆喰層がやや薄く、硬くなっている印象を受けた。白虎の前足部分は、浮き上がった箇所と比べて漆喰が柔らかくそうに見え、絵を描く前に下

描きとしてつけられたと考えられるへらの跡が良く残っていることが観察された。

白虎本体の上部の漆喰は大きく剥離しており、その部分の重量の過半は、白虎本体部分の漆喰にかかっているように見られた。この剥がれて浮き上がっている部分[Fig. 2-20]は、西壁の中で最も落下の危険が懸念されている箇所であり、周囲の漆喰層の断面とのわずかな摩擦で支えられ落ちずにいるような状態であった。また、白虎の本体部分と前足部分の漆喰の境には複雑に割れ目が入り、その上に位置する本体部分の漆喰の重さがそこにかかることによって、境目の漆喰が山形に盛り上がってきているように見えた。これらの状況から、白虎本体の周辺の漆喰は、極めて微妙なバランスによって保たれていると推測された。後日、白虎の本体部分が自重で下がり、前足部分との境目の亀裂に変化が生じ始めたため、石材から浮き上がっている本体部分の漆喰を、前足部分より先に取り外すことにした。



Fig. 2-18 東壁の漆喰層の剥離（応急処置後）

白虎の北側下方部分には、十二支の戌が確認されていたが、こちらもその大部分は漆喰層がすでに石材表面から剥がれて浮き上がっている状態であると思われ、緊急の保存処置が求められた。戌のある北壁に近い漆喰層

は厚みがあり、表面はなめらかであったが、内部には空隙が多く、層としてやや脆いように感じられた。漆喰層に見られる割れ目の多くは北側寄りの部分に見られ、白虎の描かれている中央部分では少なく思われた。



Fig. 2-19 西壁の漆喰層の剥離（白虎像周辺）



Fig. 2-20 西壁の漆喰層の剥離（白虎像右上）

東壁の青龍部分と同様に、浮き上がった漆喰層の裏側と石材の間には、土や砕けた漆喰などが入っていることが確認された。白虎下方の漆喰層は剥がれ落ち、石材の表面が広く露出していた。そこから観察できる中央部の石材は東面と異なり1枚で構成されていた。

南壁

南壁は平滑で亀裂もほとんど見られず、残存する漆喰層における剥離部分は約20%程度と想定された。平成16年(2004)当初の漆喰層は、東西壁では表面のごく薄い層だけがぱりっと硬い印象であるのに対して、南壁は漆喰層全体が非常に柔らかく水分も多く、言わば「バタークリーム」のように均質であるように感じられた。唯一認められる漆喰層の割れ目は、朱雀の下方にあるものだけであった。壁面の汚れは、朱雀中央に認められる水の流入痕と推定される茶色の跡だけであった。残存状態はすべての壁面の中で最も良く、漆喰は軟弱化しているが、今後の急激な湿度変化がなければ、剥落の危険はなかった[Fig. 2-21]。

しかし、発掘直後の調査時には非常に柔軟であった漆喰層が、時間の経過による乾燥のためか、非常に硬く石材表面に付いているようであった。特に割れ目が増えたり、

伸びたりすることはなく良好な状態であると判断された。

北壁

北壁は他の垂直な壁面とは異なり、漆喰層は全体にやや厚みがあり、空隙も多く、すかすかした状態であると見受けられた。十二支は薄れてはいるが、3体とも顔料が確認できた。中でも亥[Fig. 2-22]は残存状態が悪く、この像の周辺は漆喰層が石材表面から剥がれて浮き上がっている部分が多く、危険な状態にあった[Fig. 2-23]。北壁の中心を通り、縦方向に天井から床まで大きな割れ目が走り、割れ目の周辺には、石材表面より剥がれて浮き上がっていると感じられるところが多かった。この割れ目は、漆喰層の基礎となっている石材が、この部分で継ぎ合わせてあるためにできたと考えられた。実際にこの割れ目が床に接する部分では、石材に空洞が観察された。玄武の上部には、大きな損傷が2つ存在した[Fig. 2-24]。丑は剥離が激しく、緊急の処置が求められた。

乾燥に伴い変化が生じたのか、発掘後は壁面全体が前回調査時よりも脆い印象であった。発掘前に他の壁に比べて漆喰層が厚いように考えられたのは、漆喰が流入した水分によって膨らんでいたためと推定される。発掘



Fig. 2-21 南壁の汚れ(朱雀像周辺)



Fig. 2-22 北壁の十二支像



Fig. 2-23 亥像の周りの漆喰層の浮き上がり

に伴う湿度変化により、漆喰層がそのまま乾燥したため脆弱化したと考えられた。

天井

平成16年(2004)当初は、天井の漆喰層は半分近くが非常に傷んだ状態にあった。天文図には2つの大きな割れ目が走っていた。漆喰層の状態は、ほとんどの漆喰層が失われ石材表面の状態が透けて見えるようなごく薄い状況の部分、漆喰表面だけが残りその下の漆喰層が粗放化して強度が残っていないと思われる部分、および割れてはいるが漆喰層の残りが比較的良好な部分の3種類に分けることができた。漆喰層が痩せたために、朱線や金箔部分の漆喰表面だけが残り、周囲の漆喰が失われているような深刻な状況の部分が多く、緊急に保存のための処置が必要と考えられた。

発掘調査後は、全面的に漆喰層の柔軟性が低下し、天文図の約30%では、金箔と朱線の下の漆喰層が失われ、非常に危険な状態であった。

漆喰層は発掘直後の調査時よりもさらに乾燥し、全体が粉状化して皮膜状になった部分も生じており [Fig. 2-25]、天文図の保存のためには抜本的な処置が急がれた。

2. 調査研究委員会での検討と壁画保存についての基本的方針

上記の状態をふまえ、「特別史跡キトラ古墳の保存・活用に関する調査研究委員会」において以下のような観点から保存の方向が検討された。

- 1) 何もしない
- 2) 剝離部分を現在の位置にそのまま貼り戻す
- 3) 剝離部分を取り外して保存処置する
- 4) 剝離部分を支持体の切石ごと解体して保存する



Fig. 2-24 北壁(玄武像上部)の損傷

上記それぞれの場合について、修理技術上からの問題点と利点は次の通りであった。

- 1) そのままの状態に放置した場合には、おそらく数年以内に多くの壁面の剝離落下が生じると思われた。特に天井部分はこの時点でも粉状化によって、速やかに失われると懸念された。
- 2) 当時の環境条件(湿度100%)では、用いることのできる接着手法は極めて限られていた。水中で用いられるエポキシ樹脂など工業的な手法が考えられたが、このような接着手法を用いた場合、将来的に壁面への影響や、不十分な接着による剝落の危険もあった。また、再修理が求められた時には、使用した接着材料を除去できないため、その修理技法が極めて限られたものとなると考えられた。
- 3) 剝離部分を外すことにより、絵画面を水平状態にして、より安定した環境で時間をかけて修理を行うことができると考えられた。また、非常に困難な時間を伴うが、一部の壁面については付着した粘土をクリーニングすることによって、画像の鮮明化と図像の発見を期待できるとも考えられた。
- 4) 適切な保護処置を講じることができれば、最低限の処置によって、壁画の修理を行うことができると考えられた。しかし、この場合、脆弱化した天井部分の剝落を避けることはできないため、全面にわたる思い切った強化処置ないしは、事前の天井漆喰層の全面的な取り外しが必要であると考えられた。



Fig. 2-25 天井の漆喰の粉状化(天文図、北西付近)

検討の結果、以下のような理由で、漆喰を段階的に取り外すこと、最終的には石室全面（床を除く）の漆喰を取り外すこと、取り外した漆喰は、石室外の然るべき施設で保存処置を行い管理することが適切であるとの結論に達した。

1) 東壁、西壁のすでに剥離した部分については、湿度と接着剤の関係および漆喰裏側の状態から判断して、そのまま戻し貼り付けることは困難であり、取り外して保存処置を施すのが妥当と考えられること。

2) 取り外した漆喰片は、石室外の然るべき環境の施設に移し、乾燥させて安定させるのが最も適切であろうと考えられること。

3) 上記漆喰片に保存処置を行った後、裏面や石材表面を清掃して、石室内に戻し貼り付ける選択肢もあるが、好ましくないと考えられること。

その理由は、確実に貼り戻すためには石材表面を同じ条件の乾燥状態にする必要があり、古墳そのものの大改造と破壊を伴うことになるため。また、仮にそれが実現したとしても、その後の状態が万全となる保証はないため。

4) 現在付着しているように見える漆喰も万全の状態ではなく、いずれ剥離落下の可能性が十分に考えられるため、石室内の残された漆喰についても、同様にすべて取り外し、石室外の然るべき保存施設で安定的に管理し保存することが適切であること。

また、当時の状態のままでは保存すれば、半永久的にカビ発生の対策に追われることとなり、高松塚古墳壁画の例を考えると、現地で保存することに大きな利点が見い出せないこと。逆に、保存施設での管理下に置けば、様々な事態に対する対処が容易で、将来の取り扱いについての選択肢も広くなると考えられること。

5) 漆喰を石材ごと取り外すことについても検討したが、以下のような理由で適切でない判断した。

- ・壁面を安全な状態にして石室を解体することが、極めて困難であること。
- ・古墳の全面解体をしなければならないこと。
- ・これらの事前調査や作業に予算措置等を含めてまた数年を要することが考えられ、その間の東壁、西壁の落下の可能性に対する対策、社会的コンセンサス等、新たに克服すべき問題が生じること。

3. 壁画取り外しに伴う問題点と対策

以上より壁画の取り外しの方針が定められたが、次の懸念が示された。

- 1) 古墳石室壁画の取り外しについては、日本では経験がなく、技術的に不安がある。
- 2) 完璧な取り外しは難しい。仮に取り外しの処置が成功したとしても、多少の部分的な破損等の危険は免れない。
- 3) 壁画をもつ特別史跡としての価値との兼ね合いが生じる。

技術的な課題である1) および2) については、下記のとおり対策が示された。

- 1) 事前に模擬漆喰壁における取り外しの実験で技術を確認することも検討されたが、現実には実際の壁面と同質の試料を用意できないため、壁面に差し障りのない部分から取り外すことで技術の確保を図る。
- 2) 取り外しによる部分的な破損と原位置保存による経年劣化についてリスクを比較した結果、取り外しのほうが軽微であるとする。極力完璧な取り外しに近づけるため、事前に正確な記録写真を撮影するなどの対応を徹底する。

その後、3) の問題も含めて第7回委員会において壁画保存の考え方を議論した結果、「墳丘、石室など史跡としての古墳の価値を構成する重要な要素の現状を保持しつつ、貴重な壁画の恒久的な保存を両立させる措置」として壁画をすべて取り外した後、十分な保存修理を行うことが決定された。

第3章 壁画の取り外し作業の工程

1. 作業期間中の石室内環境の維持管理

壁画は平成16年(2004)の9月の段階で床以外の全面取り外しが決定されたが、その後取り外し作業が完了するまで6年以上を要した。その間、酢酸菌による漆喰の溶解や微生物の複合要因によるバイオフィーム(ゲル状物質)の発生など、壁面の劣化の進行も確認された。それに対し、壁面の劣化をできる限り抑制するために、様々な対策と処置が行われた。本来であれば、湿度を低下させればこれら微生物の発生は抑制できると考えられたが、石室内部は100%に近い相対湿度の環境であり、この湿度を急激に下げると漆喰層が乾燥収縮や剥離を起こす懸念があった。そのため、この温湿度環境を維持することとなり、石室内部の温湿度のモニタリングを常時行った。

ただし、この温湿度下では微生物の発生が懸念されたため、入室時には、エアシャワーの通過、防塵服・マスクの着用、消毒などを義務付けた。また、修理技術者による壁画表面の点検と微生物処置を、取り外し作業期間は毎日の作業の前と後、取り外し作業のない時期は毎週1回行った。

作業時には石室内の温度が過度に上がらないよう、作業時間を20分程度毎にとどめ、作業時間と同程度の間を空けて石室内を冷却し、また作業に入るというサイクルを繰り返しつつ取り外し作業を行った。石室内での作

業人数は基本的に2人、白虎・青龍の取り外しや、ワイヤーソーによる取り外しのように、扱う漆喰片が大きい場合は最大で3人が石室内で作業を行った。石室の入口付近には常に1人が待機し、石室内での作業内容の記録や外部控室との連絡、作業の補助等を行った。

2. 初期の壁画の取り外し

—ヘラを用いた取り外し—

2.1 壁画取り外しの工程(平成16年[2004])

発掘調査後に再び壁面の調査を行い、特に取り外しが決定された東西壁面の状態を検討した。その結果、Fig. 3-1に示すように基本的にヒドロキシプロピルセルロース(HPC)を接着剤として表面を保護する計画で取り外しを進めることができると判断した。

いずれの壁面でも作業と材料はほぼ等しいが、漆喰層の状況、漆喰と石材表面との接着の状況、亀裂の性質と数などによって、HPCの濃度、用いる表面保護の材料の数・種類などを変化させそれぞれの壁面に対応した。これらの材料と技法を選択した大きな理由は、状況が逼迫している中で将来における壁面の保存・活用条件が不明なことに加え、さらに将来予定される修理において可能な選択肢を残すためであり、漆喰層を容易にオリジナルの状態に戻せるもの、オリジナルの風合いをできるだけ損ねないものを選んだ。そのため、表面保護においても漆喰層の強化

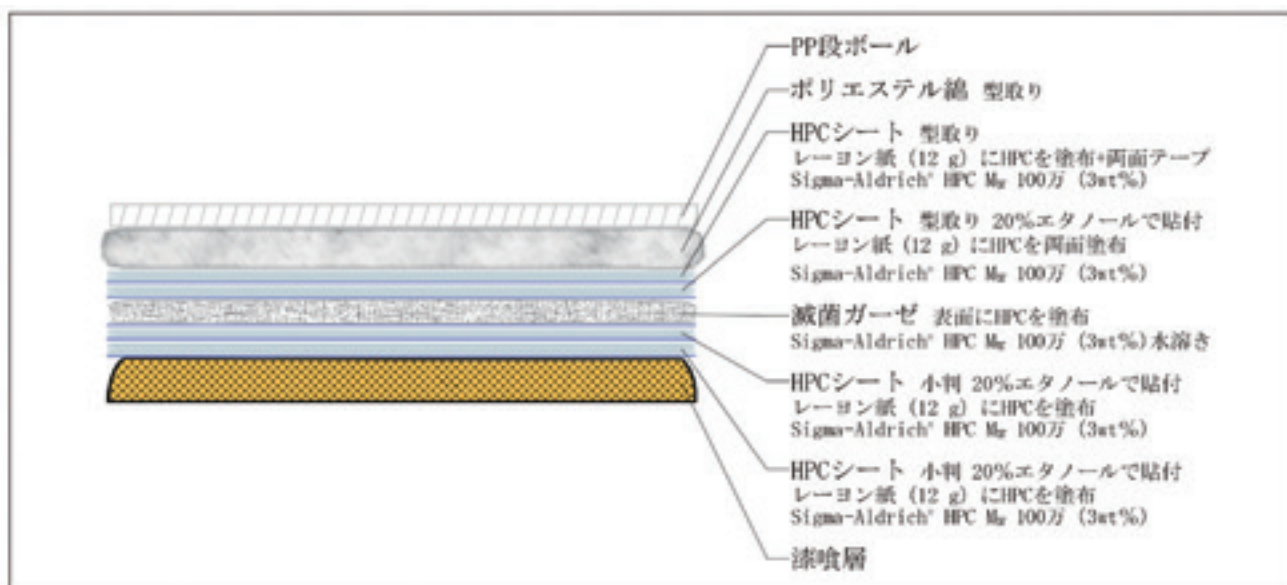


Fig. 3-1 取り外し作業における表面保護の構造図解

においても最大強度が出るものではなく、安全な除去が可能な材料の中で必要最低限の強さと安定性を持った材料を選択した。以下に作業手順を示す。

1) 壁面の点検・調整

着手前に壁面の状態の詳細な調査記録を行った [Fig. 3-2]。

木の根などの表面付着物を可能な限り除去した。

絵具層の状態を観察し、必要があればメチルセルロース (MC) による剥落止めを行った。

2) 取り外す箇所と形の決定

最初に、取り外す漆喰の範囲と形を決定した [Fig. 3-3]。対象とする範囲の漆喰の状況、浮きやおおよその硬さ、表面の傷や亀裂などを観察・記録し、

取り外す形を決定していった。漆喰の浮きについては、打音検査のように表面を細い棒状のもので軽く叩き、その音を聞くことで判断を行った。硬さと厚みについては、取り外す形を決定する際に利用する亀裂や傷部分に、歯科用具である極細のリーマーを刺してみることで確認した [Fig. 3-4]。

おおよその形を決めた後、漆喰の表面に極薄の Melinex[®] (DuPont Teijin Films 製、ポリエステルフィルム) (以下、メリネックス[®]とする) を当て、外すと決めた形を描き込んだ。範囲として、10 ~ 15 cm 四方ほどのシートに取り外し予定箇所の形を描き込んだ (型取り)。これは、作業を行う際に使用する複数層の表面保護を事前に用意しておくための準備として行った。



Fig. 3-2 壁面の状態の調査記録を行った。



Fig. 3-3 取り外す箇所を検討した。



Fig. 3-4 リーマー (歯科用具) により漆喰の硬さと厚さを確認した。



Fig. 3-5 取り外す壁面と同じ形に、表面保護の材料を切り抜いた。

3) 表面保護の準備

石室外での作業として、石室内で決めた形に合わせて切り出した HPC シート、メリネックス® シート、大きな漆喰を外す場合には、表面に当てるポリプロピレン (PP) 製段ボール (以下、PP 段ボール) などを準備した [Fig. 3-5]。

4) 取り外し

取り外しを決めた箇所に 20% エタノール水溶液を塗布し HPC シートを貼り付けた [Fig. 3-6]。

HPC が十分安定して粘着性を発揮していることを確認した (壁面状態により 2~7 日間)。これを滅菌ガーゼなどで補強した [Fig. 3-7]。

取り外し部分と同じ形のアクリル綿や PP 段ボールなどを HPC シートの上に取り付けた [Fig. 3-1]。

漆喰片を取り外す毎に HPC シート等を貼り付

け、その後決めた形通りにメスで切り込みを入れ、ヘラを差し込んで取り外していった。漆喰が浮いている箇所がある場合は、そこを優先的に取り外した [Fig. 3-8 ~ 3-11]。

5) 仮裏打ち

石室から搬出した漆喰片は、裏面のカビや木の根を除去した。必要に応じて裏面から MC にて補強処置を行った。HPC シートを裏面に貼り付け後、HPC (Mw: 100 万) 3% エタノール水溶液を塗布し、レーヨン紙を複数層貼り付け、さらに滅菌ガーゼを貼り込んだ。

6) 表面保護の除去

漆喰片を PP 段ボールで挟み込み、裏返して、表面保護を順序に従って 1 層ずつ除去した [Fig. 3-12、3-13]。

なお、作業期の後半は、経験的に作業の安全性



Fig. 3-6 取り外し箇所に HPC シートを貼り付けた。



Fig. 3-7 滅菌ガーゼにより補強した。



Fig. 3-8 取り外し部分と同じ形に切り抜いたポリエステル綿と PP 段ボールを、表面保護を施した壁面に貼り付けた。

が確認されたため、5) と 6) の工程は行っていない。

7) 仮保存処置

表面保護の除去を行った後、漆喰片を点検し、異常がないことを確認した上で亀裂の養生など必要な処置を行った。

漆喰片を PP 段ボールにレーヨン紙のベルトなどで固定し、さらにプラスチックトレイに納め、周辺を固定した。

プラスチックトレイに透明 PP 板パンチングボードで蓋をし [Fig. 3-14]、トレイごと高バリア性透明袋 (エスカル® : 三菱ガス化学株式会社製) に脱酸素剤 (RP 剤 K タイプ® : 三菱ガス科学株式会社製水分中立型脱酸素剤 [当時]) とともに入れ、窒素封入を行い密閉した [Fig. 3-15]。そして、石室内の温度と同程度 (17 ~ 18℃) の恒温装置内に保存した [Fig. 3-16]。

<使用した材料>

A. HPC シート (小判)

HPC : Sigma-Aldrich® 製、Mw : 100 万、3%エタノール溶液

レーヨン紙 : 12 g/m²

20% エタノール水溶液で接着

B. HPC シート (小判)

A とは繊維方向を変える

C. 滅菌ガーゼ

HPC (Mw : 100 万) 3%水溶液で接着

D. HPC シート (型取り)

HPC : Sigma-Aldrich® 製、Mw : 100 万、3%エタノール溶液

レーヨン紙 : 12 g/m²

E. HPC シート (型取り)

片面 (上側) に両面テープを付けたもの

F. ポリエステル綿 (型取り)

G. PP 段ボール (型取り)



Fig. 3-9 接着部分を切り離し、壁面を取り外した。



Fig. 3-10 漆喰を取り外した。



Fig. 3-11 取り外した漆喰片は、PP 段ボールにより受け止め、トレイに納めた。取り外した漆喰は、保護した面を下にした状態で、そのままトレイに乗せた。四神や十二支など図像のある箇所を取り外した場合には、すぐに仮の裏打ちを施し、漆喰を表に向けて状態の確認を行った。



Fig. 3-12 表面保護を順に取り外した。PP 段ボールを取り外した後、アクリル綿を切断して取り外した。



Fig. 3-13 表面保護の HPC シートを除去した。

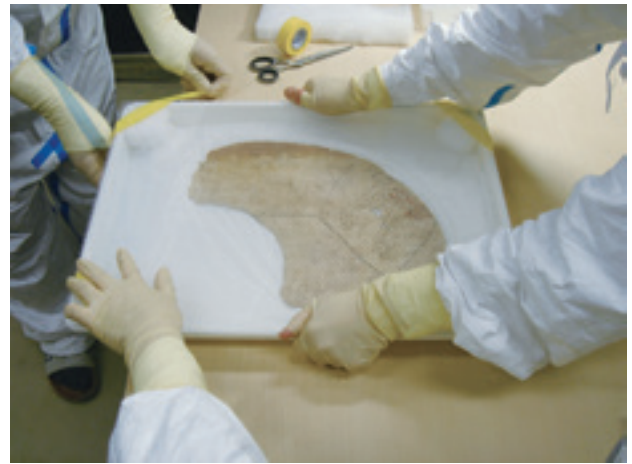


Fig. 3-14 漆喰片を入れたトレイに、透明 PP 板パンチングボードで蓋をした。



Fig. 3-15 漆喰片を入れたトレイを、高バリア性透明袋に収めた。



Fig. 3-16 封入した漆喰片を 17 ~ 18°C の恒温装置内に保存した。

【取り外し作業における画面保護の構造図解—白虎—】

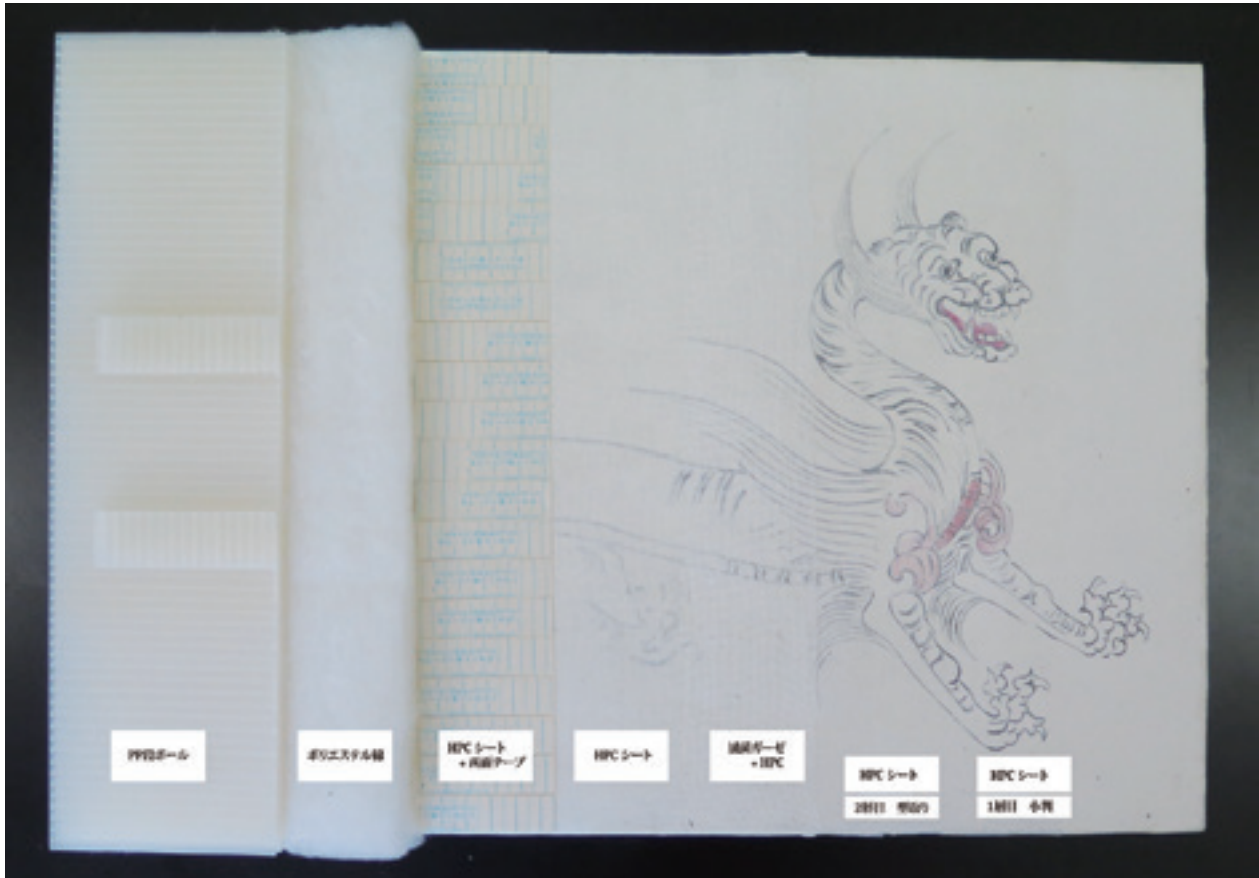


Fig. 3-17 取り外し作業における壁画表面養生の構造模型（白虎）

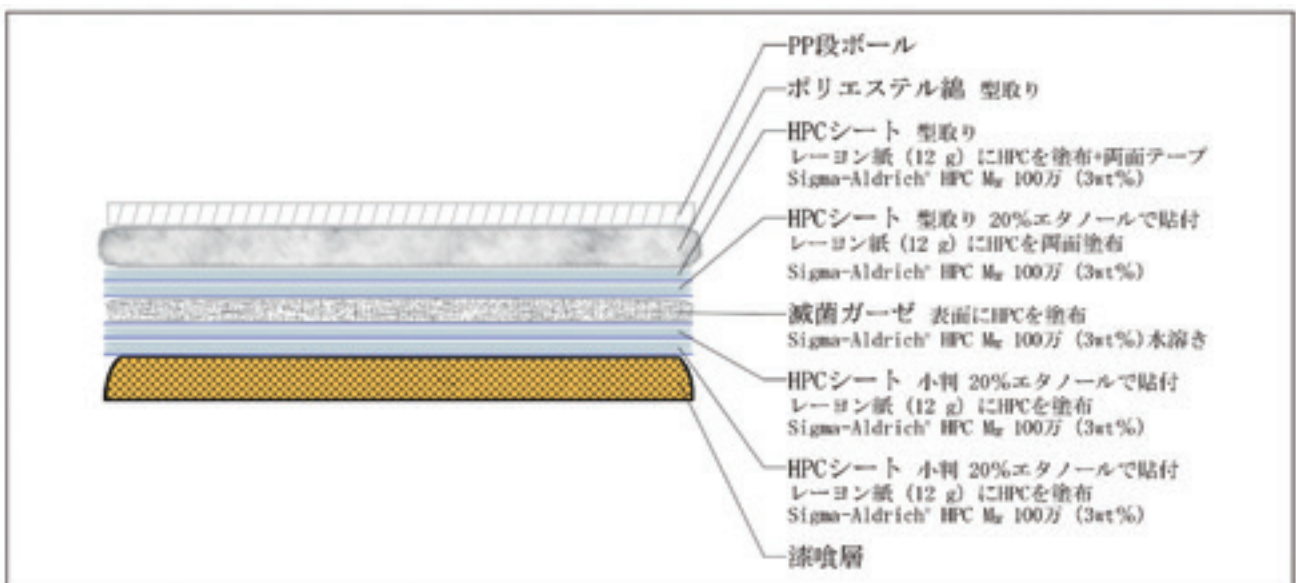


Fig. 3-18 取り外し作業における表面保護の構造図解（白虎）(Fig. 3-1 再掲)

【取り外した漆喰の写真記録】

西壁



Fig. 3-19 白虎の前足部分の取り外し作業



Fig. 3-20 白虎の体部分（表面）



Fig. 3-21 白虎の体部分（裏面）

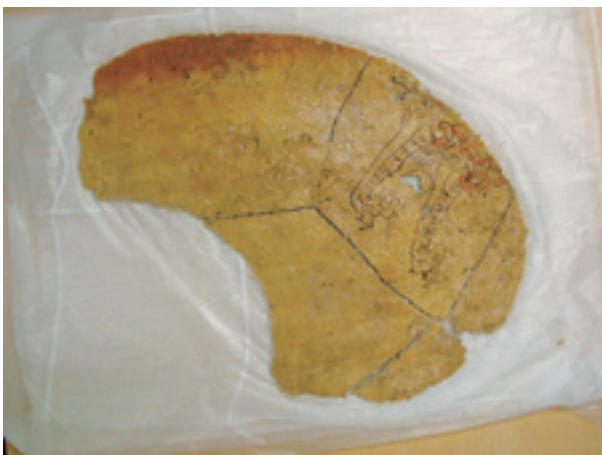


Fig. 3-22 白虎の前足部分（表面）



Fig. 3-23 白虎の前足部分（裏面）

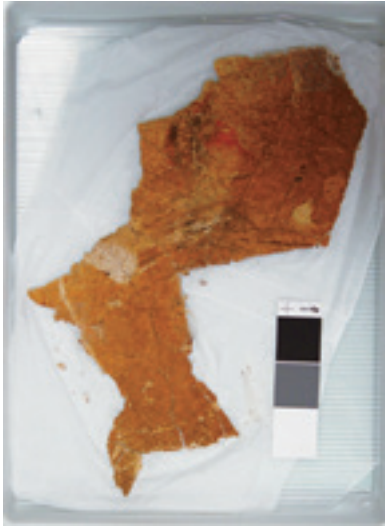


Fig. 3-24 戊 (表面)

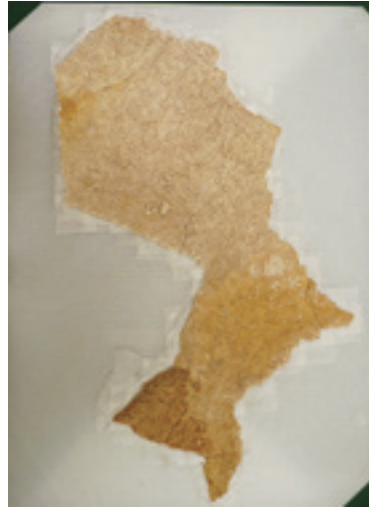


Fig. 3-25 戊 (裏面)

東壁

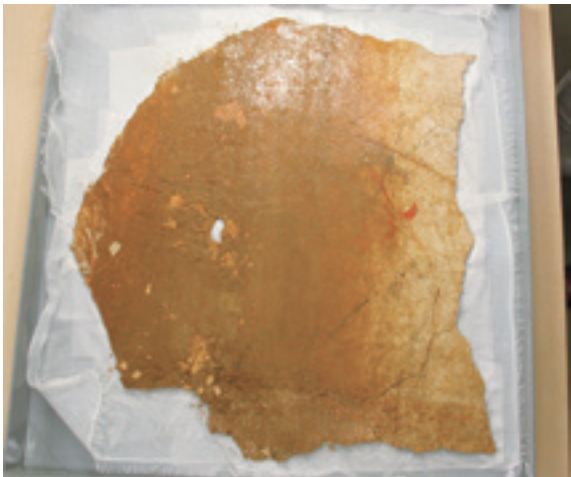


Fig. 3-26 青龍 (表面)



Fig. 3-27 青龍 (裏面)



Fig. 3-28 青龍 (取り外した後の石材表面に、カビの発生が認められた。)



Fig. 3-29 寅 (表面)



Fig. 3-30 寅 (裏面)

北壁



Fig. 3-31 玄武 (表面)



Fig. 3-33 玄武 (裏面 2)



Fig. 3-32 玄武 (裏面 1)



Fig. 3-34 玄武 (裏面 3)



Fig. 3-35 玄武の取り外し作業

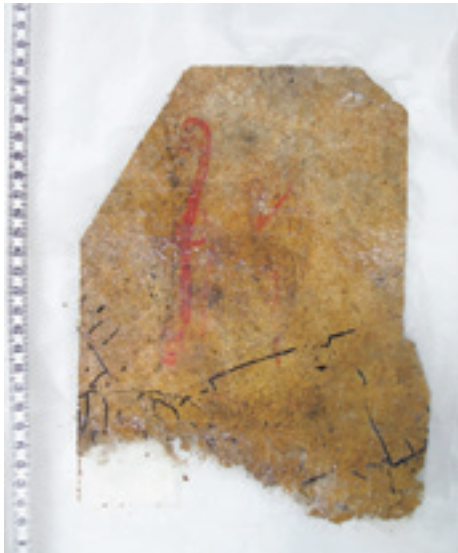


Fig. 3-36 丑 (表面)



Fig. 3-37 丑 (裏面)



Fig. 3-38 亥 (表面)



Fig. 3-39 亥 (裏面)

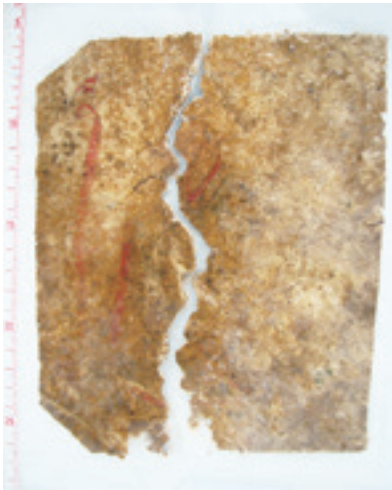


Fig. 3-40 子 (表面)



Fig. 3-41 子 (裏面1)



Fig. 3-42 子 (裏面2)

2.2 ヘラの作製

漆喰層を石材表面から取り外すために用いるヘラや亀裂を探るための刃物は、既製の道具では今回の作業に適さなかったため、オリジナルの道具を作製し、使用する壁面ごとに異なる寸法を用意した。中でも大きな画面を取り外すのに用いるヘラは、長さ 30 ~ 50 cm 程度、幅 2 cm で手元が厚く、手元から離れるに従って徐々に薄くしていき、先端は滑り止めに非常に細かい刃を付けるというものであった。

最初は、ステンレスの板材を切り抜き、研いでいくことで厚みの調整を行った。ところが修理技術者によると、厚みの減少率が一定に近いものでは、手元で先端の感触が掴めないとのことであった。手元の操作でヘラの先端を自由

に動かし、漆喰を取り外していく際には、漆喰の硬さや軟らかさ、石材表面の粗密、石材と漆喰の密着度合いなど実に様々な情報を手元で感じて作業をしているが、その感覚を感じにくいということであった。そこで、ヘラの厚みの減らし方を様々に変化させることで、その性能の違いを検討した。その結果、ある程度の長さまでは厚さを残すことで手の力や動きを先端近くまでそのまま届けることができ、その上でその先を何段階かで薄くして最後は 0.2 mm 程度まで薄くすることで切れを良くできることが判明した。十分な性能に至るまで、ヘラの作製を様々な企業に依頼し、その作製方法も放電加工やレーザー加工を組み合わせたものへと高度化していった。また、材質もステンレスからバネ用の鋼鉄と変化させ最終的な形とした [Fig. 3-43 ~ 3-46]。

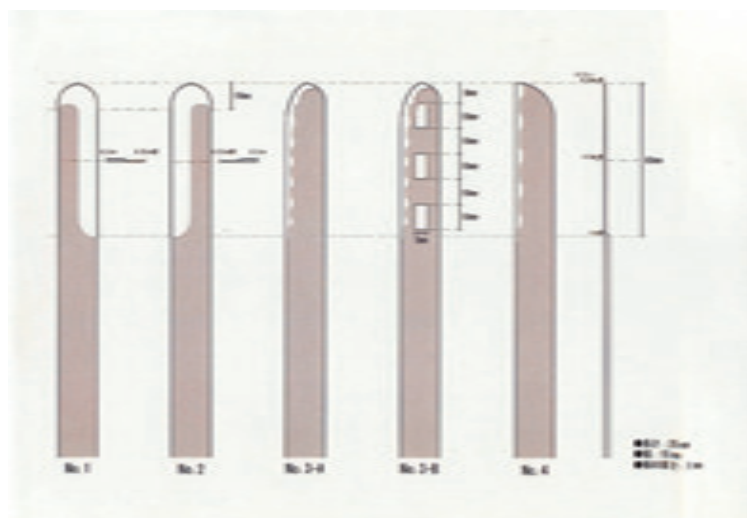


Fig. 3-43 長いヘラの刃先の加工図面 (Fig. 3-46 下方の 2 本の長いヘラに該当)



Fig. 3-44 天井の壁画取り外しに使用した道具
(四神の館における展示)

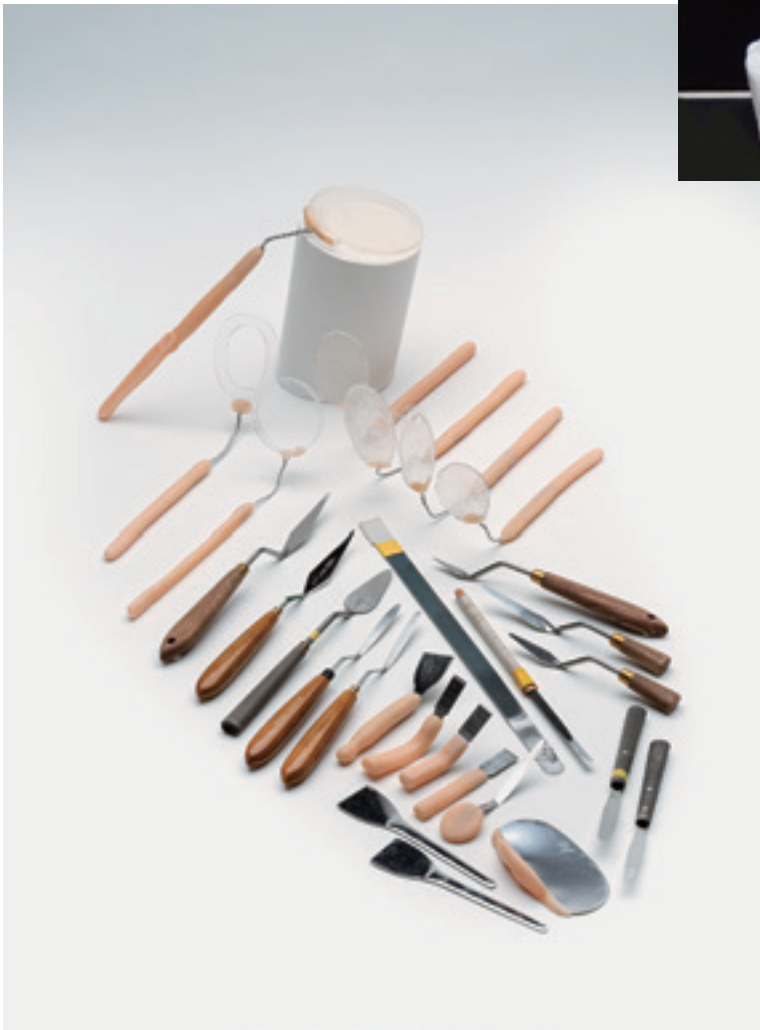


Fig. 3-45 取り外しに使用した道具類
(奈良文化財研究所 提供)



Fig. 3-46 取り外しに使用した道具類

2.3 石室内の各壁面の状況

(平成 16 年 [2004] 9 月頃)

東壁

平成 16 年 (2004) 8 月 11 日に、青龍およびその下部に位置する卵が存在すると思われる部分の壁画を取り外した。東壁で残っている図像は、十二支の寅だけとなった。

青龍を取り外した部分の南側の漆喰層は、石材表面から剥がれ浮き上がった範囲が拡大していた。寅の像の上部の漆喰層の割れ目からその両側の漆喰層が浮き上がっていたが、その範囲も広がっていた。寅の足元にある漆喰層の割れ目より下の部分は、さらに浮き上がりが大きくなっているようであった。漆喰層の乾燥が進み非常に脆く硬くなっていたため、取り外しなどの作業は非常に慎重に進めた。

西壁

白虎の右上部分が非常に不安定な状況であったので、最初に取り外しを行った。ついで戌の部分を取り外した(いずれも平成 16 年 [2004] 8 月 4 日)。当初、この部分も全面的に石材表面から漆喰層が剥がれて浮いていると予想していたが、取り外してみるとなめらかで非常に薄く脆い漆喰層の下には、多くの小豆粒くらいの大きさの硬い漆喰の粒が、ほとんど粉状になった非常に脆い漆喰層中に埋まっているという状態であった。取り外しの際には、この「小豆粒」が障害となった。

前足を安全に取り外す準備として、表面保護の強さや取り外すための様々な道具の使い勝手などを確認するために、似たような状態である前足右下の絵のない部分を取り外した。この時点で漆喰層は非常に脆く硬くなっており、東壁で用いたような材料と表面保護の強度では、表面保護をしてあるにもかかわらず、取り外し自体も難しいだけでなく多くの割れ目が開いてしまい、取り外し後の修理にも非常に手間がかかることがわかった。このため、前足部分のように石材表面によく付いている部分に関しては、取り外しに先行して漆喰層の強化を十分行い、次いで強めの表面保護を行った後に取り外すべきであると判断した。

その後、白虎本体の取り外しに向けて、白虎本体の下から左部分の取り外しを進める中で、漆喰層の強化と養生の強度の関係も徐々に明らかになり、安全な前足の取り外しのための技術的環境は整ったと思われた。白虎本体の右上、左、下の剥離部分を外した後、白虎本体の調査を行ったところ、尾の付け根と胴体の一部に、漆喰層が浮いておらず石材表面に付いている部分があることが

確認された。そのために、この部分は特別に作製したヘラ数種と極小の針、メスなどを準備し、慎重に取り外しを行った。本体の取り外しにおいては、本体部分の荷重がかかることで前足部分に山折れの亀裂が入り、その下には、漆喰の表層だけを残して複雑に劣化の進んだ幅広い部分が存在していた。このために、絵画に影響の少ない亀裂を活かしながら、少しずつ取り外しの割れ目を選定し、10cm に 1 時間以上もかけ非常に慎重にヘラを差し込む作業を進めていった。すべての周囲の割れ目の選定を終え、割れ目を保護して動かないようにしておいた表面保護の HPC シートを外し、無事に白虎本体の取り外しを完了することができた。

南壁

水分が非常に多く「バタークリーム」のように軟らかかった漆喰層は、乾燥に伴い厚みが薄くなり、非常に脆く硬くなってきており、左上から少しずつ石材表面から剥がれ浮き上がっていた。朱雀像の範囲まで剥がれてきているわけではなかったが、その現象は進んできているようであった。また、南壁の漆喰層は、流入土が覆っていた部分が失われて石材表面が露出していたが、それ以外の部分の漆喰層は健全に残っていた。このため、他の面のように HPC シートを用いて漆喰層を石材表面に直接固定して落下を防ぐ手法をとることができないので、こまめな点検など厳重な注意を払う必要があった。

北壁

乾燥の進行に伴い、多くの壁面で漆喰層は脆く弱くなっているようであった。特に、右下の玄周辺の石材表面から剥がれ浮き上がる部分が増えており、緊急の強化処置が求められた。また、玄武を分断している割れ目や玄武の周りの亀裂も広がったり、伸びたりしているようであった。北壁の漆喰層は他の 3 面とは異なり、過去に漆喰層が膨潤して厚くなったと思われる様相を呈していた。他の面では漆喰層表面の非常に薄い部分は硬く脆くはあるけれども、平らな面として残っていることが多かったが、この面の漆喰層表面は非常に荒れていて、数 mm 程度の凹凸が全面に生じていた。また、割れ目などから観察すると、漆喰層内部も非常に細かな隙間が無数に入り、指で触るなどするとぼろぼろと粉になって落ちてしまいそうであった。これらの漆喰層は何らかの材料を染みこませて一体化して、漆喰層として取り扱える強さまで強化する処置を行わなければ、取り外すことは難しいと考えられた。

天井

天井では乾燥がさらに進行し、いくつかの剥がれかかった金箔がかるうじてぶら下がっている状況であった。また、朱線部分の半分近くにおいてその基盤となる漆喰層そのものが弱く脆いために、朱線自体を強化しようにも強化して貼り付ける対象がないという深刻な事態であった。強化作業は上向きの作業となるので薬剤も浸透させにくく、作業時間が長くとれないため、非常に困難な作業が予想された。

2.4 絵画面の処置について

基本方針として、全面的に漆喰層を取り外して石室外で保存するという方針が決定された（平成 16 年 [2004] 9 月）。取り外しが完了した青龍と白虎、戊は石材表面から漆喰層が剥がれて浮いた状態であったが、漆喰層の乾燥のため、朱雀のように漆喰が薄くなりヘラでの取り外しが困難となったものもあり、新規技術の開発が必要であった（第 3 章「4. 壁画の取り外し方法の検討—新規技術の開発—」および「5. ダイヤモンドワイヤーソーによる壁画の取り外し—朱雀・寅等—」）。難易度が最も高い天井部に関しては、強化処置そのものが非常に困難であるとともに長い時間が必要とされた。これまでにを行った作業の中でも、取り外し以前の推測と実際の漆喰の状況は多くの部分で異なっていた。このような状況にも柔軟に応じられる壁画の処置方法を開発し、十分な準備を行い、安全な取り外しを行う必要があるため検討を行った（第 3 章「6. 天井の取り外し」参照）。

3. 午の発見（平成 17 年 [2005] 6 月）

午の位置は事前に推定できたが、像自体は北壁の亥・子・丑の 3 体のように長年の雨水の浸入によって洗い流されて、残っていないか、残存していてもその一部だろうと予想していた。この段階では泥の下に絵があるか否かは不明であったが、南壁の漆喰の取り外しに際しては、泥の下には己や午が残っている可能性を考慮し、北面の亥・子・丑の位置を参考に十二支の推定位置を避ける形で取り外す箇所を決定し、安全に取り出せる大きさを定めた。

朱雀の下の漆喰は、朱雀の取り外しに際して障害となることから、先行して取り外しを行うことにした。十二支の存在が推定できる部分は、分断しないように留意して作業を行った。作業は通常のように、南壁全体に 0.8% MC（400 cps）水溶液を塗布し強化した上で、HPC シートとガーゼを表面に貼りつけ、さらにそれを安定的に支持するための PP 段ボールを最表面に接着させ、ヘラを壁と漆喰の隙間に差し入れ、表面の泥と漆喰を一体化させた状態で取り外した [Fig. 3-47 ~ 3-49]。取り外すために漆喰層と石材の間にヘラを入れたところ、厚い泥の下の漆喰壁が予想以上に劣化が激しく乾いた海綿のような状態となっていたために、最初に入れたヘラの厚みで泥の下にあった漆喰壁の一部が崩れて、数個の小さな破片が落下した。その破片に赤色の絵具が確認できたことから午が存在していることが明らかになり、その後は像があることをより意識しながら取り外し作業を継続した。

注意深くその後の作業を進めたが、漆喰層が非常に脆く取り外しが難航し、一部の漆喰を壁に残したまま取り外しを行った。その過程で漆喰が外れた隙間から見えた粘土層に極めて鮮やかな赤色が確認できた。取り外した



Fig. 3-47 午像のある漆喰部分の取り外し作業

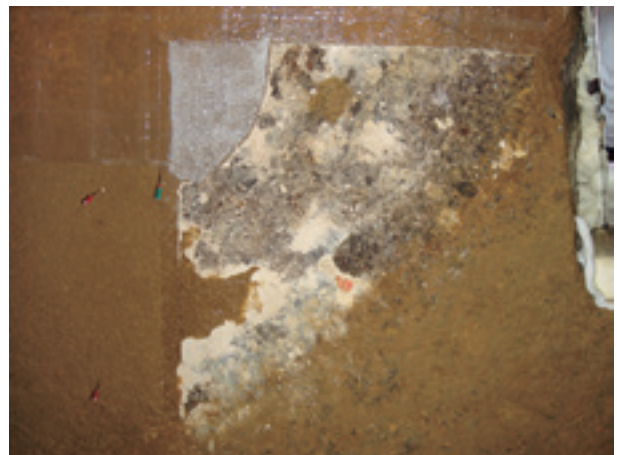


Fig. 3-48 午像のある漆喰部分を取り外した後の石材面

漆喰層もそれに付着している粘土層も極めて脆く、さらに取り出したことによって生じた水分の蒸発でみるみるひび割れが生じていった。取り外した漆喰片は、現場で高バリア性透明袋（エスカル[®]：三菱ガス化学株式会社製、以下、同製品）に脱酸素剤（RP 剤 K タイプ[®]：三菱ガス科学株式会社製水分中立型脱酸素剤 [当時]、以下、同製品）とともに入れ、窒素封入を行い密閉した上で、顔料が付着している泥の取り扱いについて検討を待つこととした。翌日に封入後の内部に結露が生じたため一旦開封し、結露した水滴の漆喰面への落下防止のためにパンチングボードの一部を裁断し、フィルムを膨らませて再封入した。

漆喰層の状態の変化が著しく早いことから文化庁は緊急性が高いと判断し、ワーキンググループ委員を含む専

門家による協議を至急行った。協議の結果、乾燥が進むことによる亀裂発生や泥（粘土）層と漆喰層の剥離がより困難になることで、午像全体の把握ができなくなることが十分に考えられたため、速やかに粘土層と漆喰層を分離することとした。同時に文化庁から委員会各委員あてに協議内容および判断を伝達し、委員への周知理解に努めた。また、一連の作業報告はその後の委員会において行った。

その結果、残留している顔料の大部分は、反転した像ではあるが粘土層に吸着したまま観察が可能となった。この脆弱な泥の上に乗っている顔料をどのように強化し保存していくのかは、令和4年（2022）現在でも極めて大きな課題である。

具体的な処置方法を以下に記す。

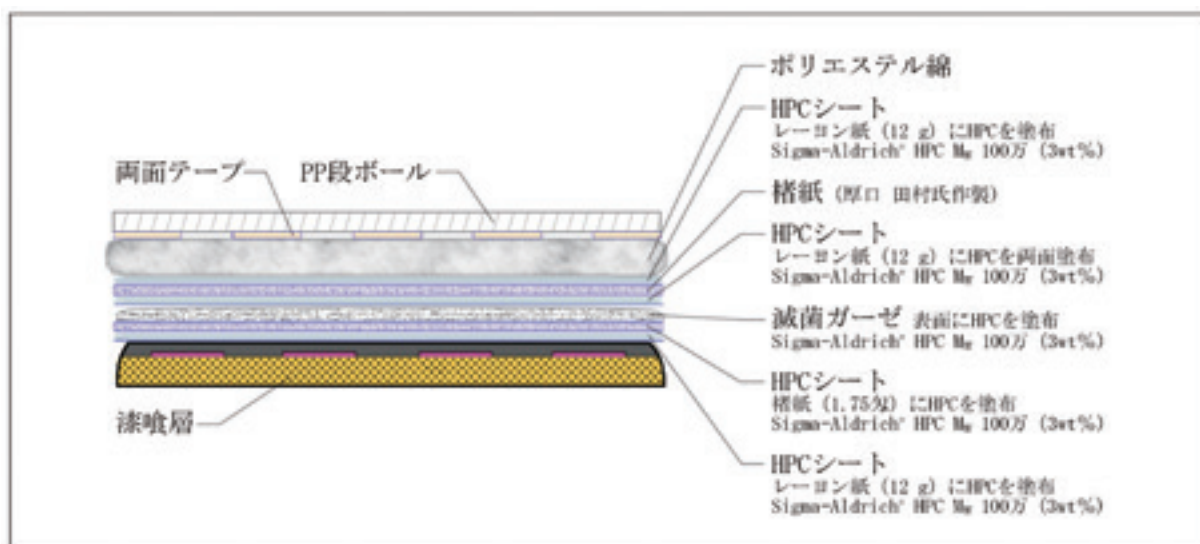


Fig. 3-49 取り外し作業における表面保護の構造図解（午）



Fig. 3-50 午像の漆喰層の取り外し作業（泥 [粘土層] に絵具が転写されている）



Fig. 3-51 午像の写真の上で、顔料が残る漆喰片を原位置に近く並べ保管

○平成 17 年（2005）6 月 21 日

「午」（漆喰片番号 050614）をキトラ古墳現地から奈良文化財研究所に搬入した。

○平成 17 年（2005）7 月 5、6 日 漆喰層の取り外し
超音波研磨機ハンドピース（ミニター株式会社製）の先端に手術用メスを取り付けた治具を使用した [Fig. 3-50]。用意した形状の違う何種類かのメスの中から、小さいメスを用いて漆喰層を砕くように切り、泥に転写された絵具層を可能な限り傷めないように外した。

外した漆喰の表面には薄っすらと顔料の付着があった。外した漆喰は、令和 4 年（2022）現在、国宝高松塚古墳壁画仮設修理施設内で保管している [Fig. 3-51]。

○平成 17 年（2005）9 月 2 日 漆喰層取り外し後の午の漆喰片に行った処置は以下の通り。

1. 表面保護の除去

壁画取り出しの際に泥面（表面）に施した表面保護の第 1 層目の HPC シートのみを残して、5 層目から 2 層目の HPC シート・滅菌ガーゼ・楮紙を除去した [Fig. 3-52]。

2. 漆喰片の切断

転写面（裏面）から、午像周辺の漆喰層（泥付き）を切断した [Fig. 3-53]。乾燥にともなって、漆喰の残っている箇所と泥のみの箇所のバランスが保てず、反りや亀裂の発生が懸念されたため、午の漆喰片を安全に保管することが可能な上での、最大の大きさに切断した。

3. 補強

泥面（表面）に残した HPC シートの上に、レーヨン紙 18 g/m² を、水のみにて貼り付け、次にポリエステル紙を接着剤無しで重ねて当てる養生を施し補強とした [Fig. 3-54]。



Fig. 3-52 表面保護の HPC シートの除去

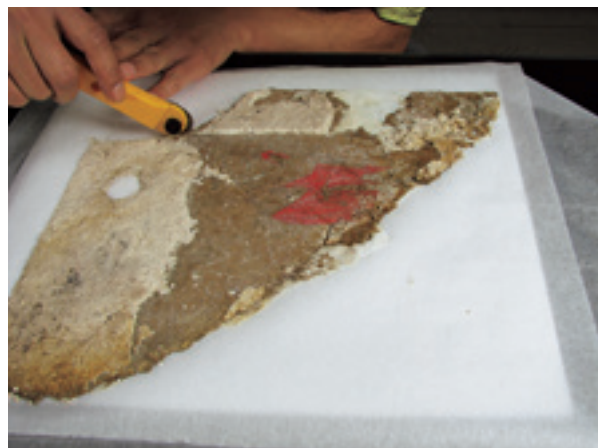


Fig. 3-53 午像の漆喰片が安全に保管できる形状に調整

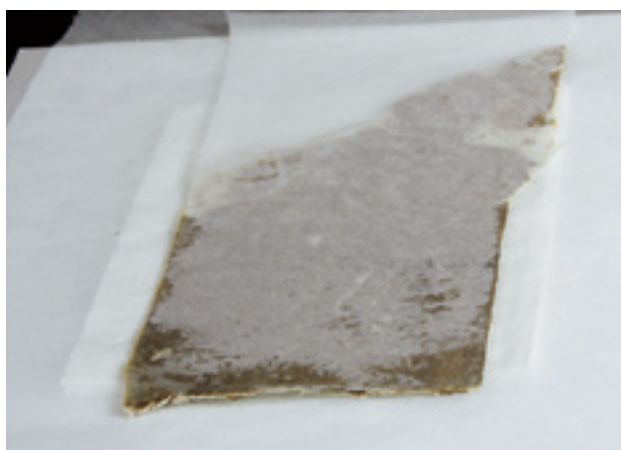


Fig. 3-54 ポリエステル紙による補強

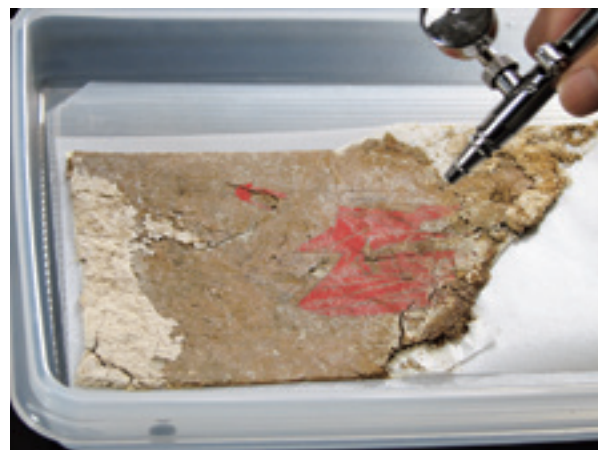


Fig. 3-55 湿度を保ち乾燥を防ぐために、エア・ブラシにより定期的に水分を与えるなどの処置を施し保管

4. 封入

トレイに入れた午の漆喰片を、高バリア性透明袋（エスカル[®]）に脱酸素剤（RP 剤 K タイプ[®]）とともに入れて窒素封入を行い密閉した。

○令和 4 年（2022）現在までの「午」の状況

状態を観察し必要に応じて開封し、湿度を保ち乾燥を防ぐため、エア・ブラシにより定期的に水分を与えるなどの処置を施し保管（現在に至る）[Fig. 3-55]。

平成 22 年（2010）1 月 28 日に、当初からある泥の小さな亀裂の裏から、転写面へ透明なゲル状のもの（表面保護の接着剤の HPC か？）が滲み出ていたため、転写図を傷めないように滲み出ている分を転写面より拭き取った。

切断した周囲のうち、漆喰層のある 050902-1 は、本体（本壁）の再構成時に南壁本壁パネルに戻した。残り 3 片 050902-2、050902-3、050902-4 は、泥層の保存と泥層上の色材の保存のテストに使用し保存している。



Fig. 3-56 泥層の上に転写された午像（漆喰層の除去後）



Fig. 3-57 泥層の上に転写された午像（拡大）

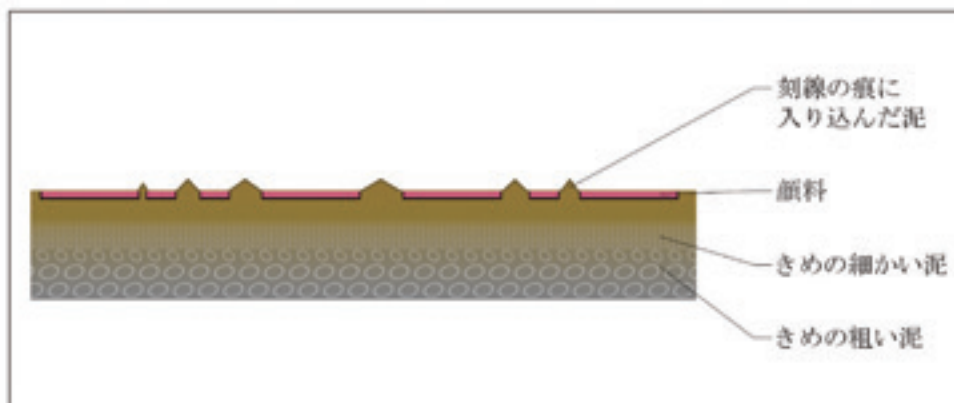


Fig. 3-58 泥層に転写された午像の断面模式図 午像の下描きである刻線の凹みに泥が入り込んだため、漆喰層の取り外し後は、刻線のあった部分は、泥の盛り上がった線として残っている。

4. 壁画の取り外し方法の検討—新規技術の開発—

南壁で午が見出された時からすでに現場では、薄く硬い漆喰層を従来のように大きくヘラで外していくことには限界があることが認識されていた。なぜなら、漆喰層をヘラで外す場合には、漆喰層と石との間にヘラを入れていくため、剝離した漆喰層は石から離れる方向に曲げられ、亀裂が生じやすくなると考えられたからである。また、厚みのあるナイフが壁の漆喰に入ることにより、漆喰層が薄く脆い場合には漆喰が崩れることが懸念された。画面の損傷を避けるためにはヘラでの作業には限界があるなど、これまでの作業を通じた懸念が委員会に伝えられ、第8回委員会（平成17年〔2005〕11月）以降検討されることとなった。

また、ヘラを用いた取り外し作業でのもう1つの問題は、取り外した漆喰層の厚みが不均質であるということであった。これによって、裏打ち作業と壁面の厚みの調整も難しくなり、最終的な仕上がりを均質にする上でも時間がかかることが予想された。ヘラを用いた作業が難しい箇所への対応として、漆喰層を平滑に取り外す手法を検討した。当時最も急がれていたのは、朱雀の取り外しであった。南壁をそのままの状態つまり垂直な状態で取り外すのか、それとも南壁を倒して水平にして取り出すのかということも委員会では検討されたが、下記のダイヤモンドワイヤーソーの開発により垂直面のままの取り外しが可能となり、この手法を採用した。

石材の切断方法で最も一般的なものは、ダイヤモンドカッターを用いるものだが、円盤形のこの工具を使う場合、切断する長さ以上の半径を有する円盤が必要となり、機械の重さも何トンにもなることから、キトラ古墳の狭い施設内では使えないと判断された。次に検討したのは、石材切断用ワイヤーソーであった。これは、ゴム被覆したワイヤーの所々にダイヤモンドの粒を埋め込んだリングを取り付けたもので、このワイヤーを石に巻き付けて動かすことで石を切るものである。株式会社アライドマテリアルによるプレジジョンワイヤーソー(PWS)という、非常に細いピアノ線にダイヤモンド砥粒を固着させた材料を用いて検討を開始した。メーカー側からは、この材料は磁性材料やシリコンウェハーなどを専用の機械の中で切断するためのもので、壁画の取り外しのための使用は難しいと言われたが、この極細ワイヤーは人造サファイヤなど非常に硬いものの切断にも実績があるため、キトラ古墳の石室を構成している凝灰岩の切断も可能だろうと考え、切断実験を行った。石材の切断試験では、石質が軟らかいためか水分が不足しているためか、切り出

した石の粉がうまく排出されずに切断できなかった。しかし、漆喰層と石材の間であれば、比較的容易に切り進むことができることが判明した。機械工学を専攻していた修理技術者の1人が、現場の要望を次々と取り入れ、作業用機械の開発と実際の作業を行う方向で、以下のダイヤモンドワイヤーソーによる壁画の取り外しを行った。

5. ダイヤモンドワイヤーソーによる壁画の取り外し—朱雀・寅等—

ワイヤーソーを用いて壁画を取り外す手法は事例がなく、慎重な検討を要した。様々な条件で漆喰層のサンプルを作製して、石室内での取り外しに障害となった粘りや部分的な硬さの再現も試みた。試験環境も結露する条件から博物館環境に近い条件まで準備し、ワイヤーソーで漆喰層を石材表面から安全に取り外すことを目的に実験を続けた[Fig. 3-59～3-61]。平成18年(2006)9月になって、南壁における石材切断とワイヤーソーを用いる方法との比較検討が、特別史跡キトラ古墳の保存・活用等に関する調査研究委員会ワーキンググループに依頼された。この検討を経て、11月の委員会では、ワイヤーソーの使用許可が得られた。11月から12月にかけて3回、無地部分の取り外しをワイヤーソーで行い、石室内での作業をもとに多くの改良を加えた上で、12月13日に寅を取り外した。次いで、年明け平成19年(2007)の1月に南壁の余白の取り外しと機械の準備を行い、2月14日に朱雀の取り外しを行った[Fig. 3-62、3-63]。これで、粘土層の下に存在が推定されている十二支を除き、目視で確認できる側壁の像はすべて取り外しが完了した。

ダイヤモンドワイヤーソーによる取り外し作業は、漆喰壁の無地部分についても、できうる限り大きな範囲で取り外していくという点について有効であると判断され、朱雀の取り外し以降も、無地部分を含めて引き続き可能な限りダイヤモンドワイヤーソーによる取り外しを行った。この時の使用条件は、下記の通りである。ワイヤーの速度は3 m/minから8 m/min程度、走行時間は朱雀で2時間、寅で30分程度だった。切り取り速度は、5 cm/min以下であったと考えられる。ワイヤー径は、電着ワイヤー(旭ダイヤモンド工業株式会社製)がφ0.3 mmとφ0.23 mmの2種類であった(使用済みワイヤーの実測値)。手持ちの使用済みボンドタイプ(株式会社アライドマテリアル製)もφ0.3 mmとφ0.23 mmの2種類だった。

しかし、ワイヤーソーの構造上、ワイヤー左右のリール部分が当たって漆喰が損傷するのを避けるために、事前に道筋をつくるように漆喰を取り外しておく必要があ

り、その部分についてはこれまでと同様ヘラを用いての手作業による取り外しを行った。

以下に、ワイヤーソーを用いた場合の作業手順を示す。始めに、ワイヤーソーで取り外しが可能な範囲の選定を行った。ワイヤーソーの幅で取り外すことのできる最大限の大きさを決め、左右の漆喰をどれぐらい取り外しておくかを決めた。漆喰と石の間が浮いている場合、ヘラによる取り外しは格段に容易となるため、リールを通すためのヘラによる漆喰取り外し箇所を選ぶ際には、漆喰の状態も重要な要素となった。

次に、ワイヤーソーで取り外す場所の周りの漆喰を、ヘラを用いて取り外した。この工程は、ヘラによる漆喰の取り外しと同様である。ただ、リールの道をつくるという目的があるため、一定の幅である程度まっすぐ道ができるように取り外していく必要があった。このため、ほぼ一方からのアプローチしかできないことが多く、漆喰が硬い箇所などについては取り外しが難航することもあった。

その後、ワイヤーソーで取り外す箇所の表面保護を行

った。他の箇所と同様に、エタノールを用いて HPC シートを 2 層貼り付けた後、薄いメリネックス®のシートを、HPC シートの粘着を利用して貼り付けた。これらより上の層は、ワイヤーソーで取り外す箇所については、他と少し異なる表面保護の方法をとった。ワイヤーソーで取り外すことのできる漆喰の面積は大きく、それを取り外す作業から取り外した漆喰片をトレーに載せるまで、人が手で支えて動かすことのできる形状であることが必要であったため、強度のある表面保護の材料が必要であった。加えて、ワイヤーソーを用いる場合は、取り外しを行っている間に、ワイヤーが表に出そうになることにいち早く気づくためなど、漆喰の表面の状況を作業中に視認する必要があるため、表面保護の材料にはある程度の透明性も必要であった。

漆喰下の石材表面は加工が施されており、ほぼ平らな状態ではあったが、現在の工業規格のような平面ではなく、多少の凹凸は存在していた。ワイヤーソーが通る面積は大きく、取り外す対象の漆喰の層は大変薄いため、石材の表面がリールの通る部分よりも少しでも盛り上がっている場合、それがミリ単位でも真っ直ぐに通る



Fig. 3-59 ワイヤーソーの実験



Fig. 3-60 朱雀の取り外しを想定したワイヤーソーの実験



Fig. 3-61 天井の漆喰の取り外し方法の検討

ワイヤーが傾いて漆喰表面に出てしまうことはあり得た。これらのことから、薄いメリネックス®の上から部分的にMCを使ってポリスチレン板を貼り付け、その上から再度両面テープを使ってポリカーボネート板で枠を作った。この際、ヘラを用いた作業で使用してきたポリプロピレンではなくポリカーボネートを用いたのは、より強度の高い材料が必要だったためである。両面テープは、後に表面保護を除去する際、エタノールを使って容

易に外すことができると考えられたため採用した [Fig. 3-64]。

ワイヤーソーを使用して大きな漆喰を取り外しても、人の手で受けるということや、石室の中でトレーに入れて石室外に出すという工程は変わらないので、その作業・材料・道具に見合い、且つできるだけ大きい単位で取り外せるような範囲を選定し、ワイヤーソーによる無地部分の取り外しを行った。

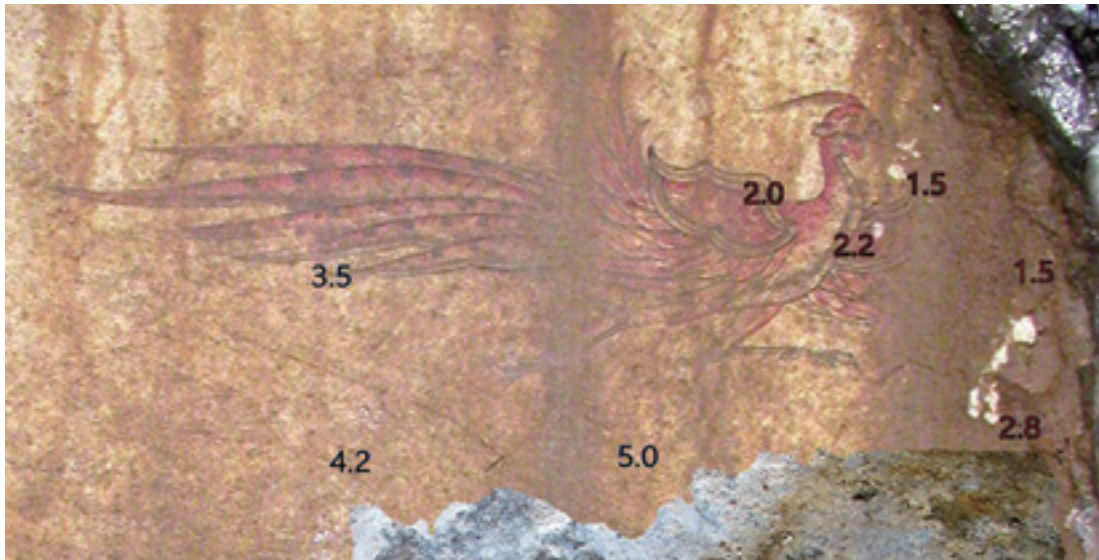


Fig. 3-62 南壁の朱雀が描かれている周囲の漆喰の厚さ (単位は mm)



Fig. 3-63 ダイヤモンドワイヤーソーによる朱雀の取り外し

【取り外し作業における画面保護の構造図解—朱雀—】



Fig. 3-64 取り外し作業における画面保護の構造模型（朱雀）

取り外し後に表面保護を外す際、5層重ねたメリネックス®の各層を識別しやすいよう、層の間に上から順に青、緑、黄、赤色の糸を挟んで入れた（左上）。作業後に表面保護を外しやすくする工夫として、メリネックス®は10 cm幅、ポリスチレン板は8 cmもしくは7.8 cm幅の縦長の形に切り並べて貼り付けた。

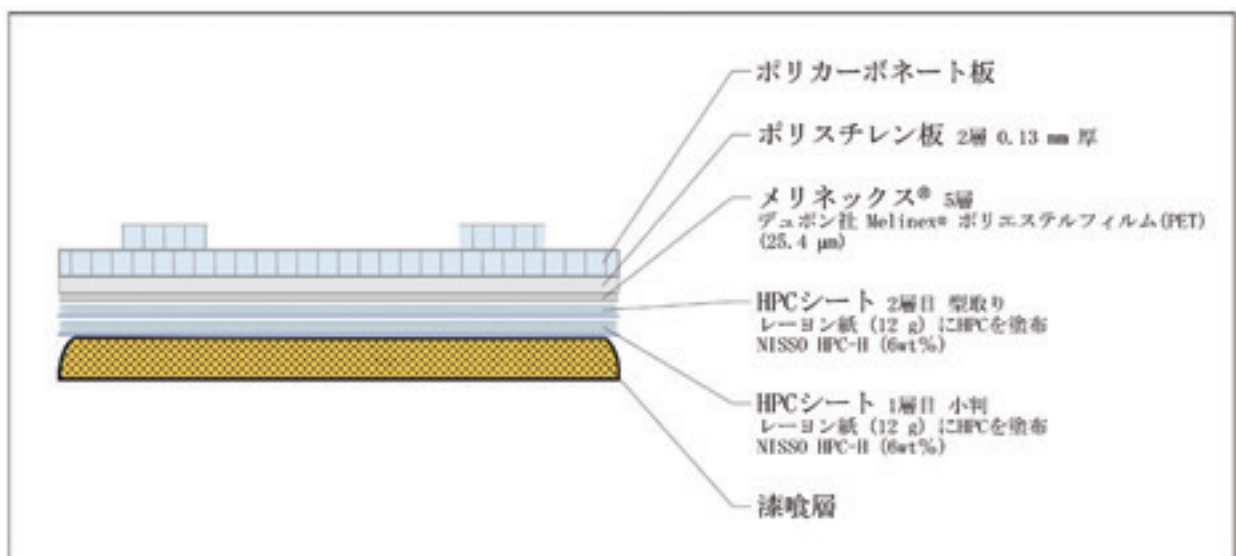


Fig. 3-65 取り外し作業における表面保護の構造図解（朱雀）



Fig. 3-66 朱雀（取り外し前）



Fig. 3-67 朱雀（表面）



Fig. 3-68 朱雀（裏面）

【ダイヤモンドワイヤーソーの開発】



Fig. 3-69 ワイヤソー 1号機（フレームにベアリングのみを付けたテスト機）



Fig. 3-70
ワイヤソー 1号機の試験を行った。

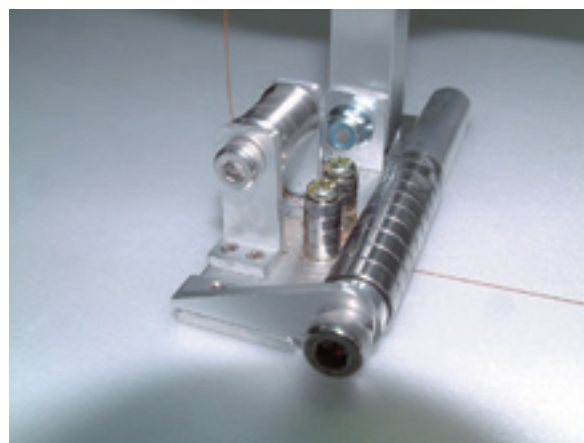


Fig. 3-71
1号機の成功を受け開発を本格化した。
壁画面との接地部分には、硬くてすぐに入手できるベアリングを使用した。

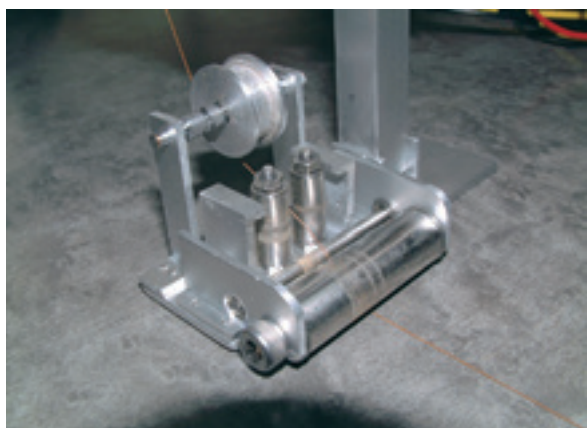


Fig. 3-72
ベアリングとベアリングの間にワイヤーが食い込むため、ベアリングからベアリング入りステンレス製パイプに変更した。
ワイヤーがローラーとの間で滑るため、漆喰層を取り外している時、同時にローラーもワイヤソーで切断される現象が生じ課題となった。

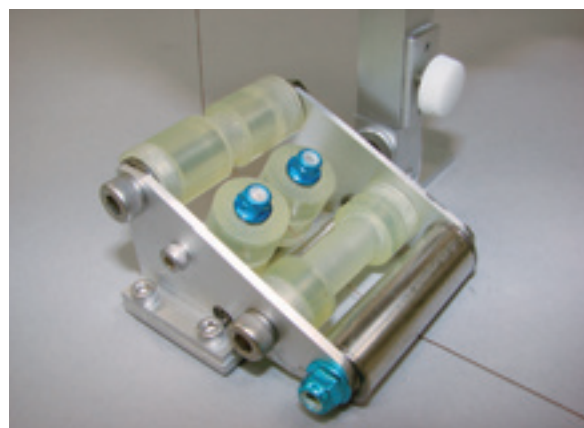


Fig. 3-73
ワイヤーとローラー間の滑りを解消するために、ステンレス製パイプからウレタン製パイプに変更した。
滑りは少なくなったが、滑ると一気にパイプが切れてしまう現象が起こった。



Fig. 3-74

ワイヤーソーの種類をボンド接着タイプ（株式会社アライドマテリアル製）（上）から電着（メッキ）タイプ（旭ダイヤモンド工業株式会社製）（下）に変更した。
ワイヤー上のダイヤモンドの突起が鋭く、ワイヤーとローラー間の滑りが大幅に改善した。
ただし、切れ味も良く従来のローラー等が使えなくなった。

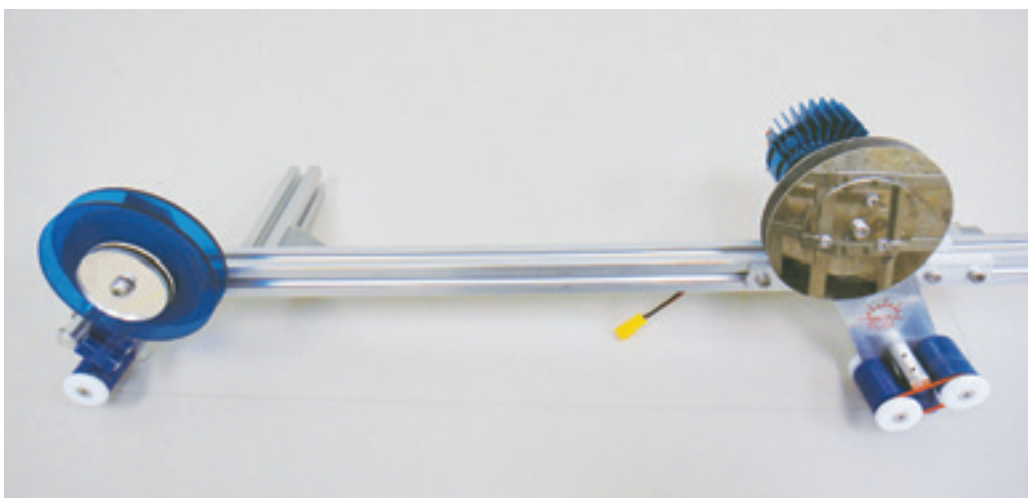


Fig. 3-75 最終型のワイヤーソー

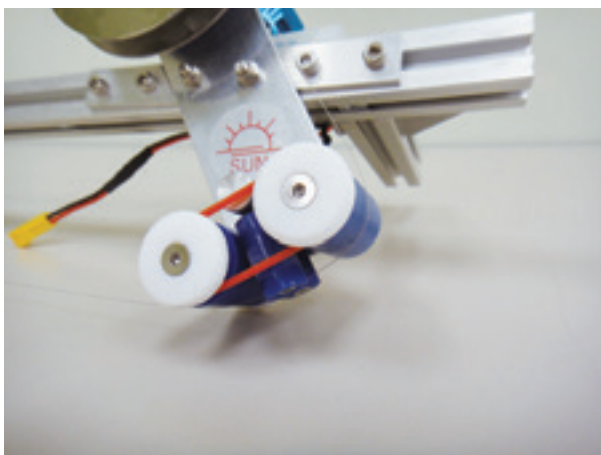


Fig. 3-76

最終型 ワイヤーソーのローラー部分
ローラーの材質を MC ナイロンに変更した。
回転を確実に伝えるために2つのローラーをベルトで同期させた。
壁面に接触する部品を出来るだけ少なくした。
これらによりローラーとワイヤー間の滑りが無くなり、ローラーが切断されることがほぼ無くなった。

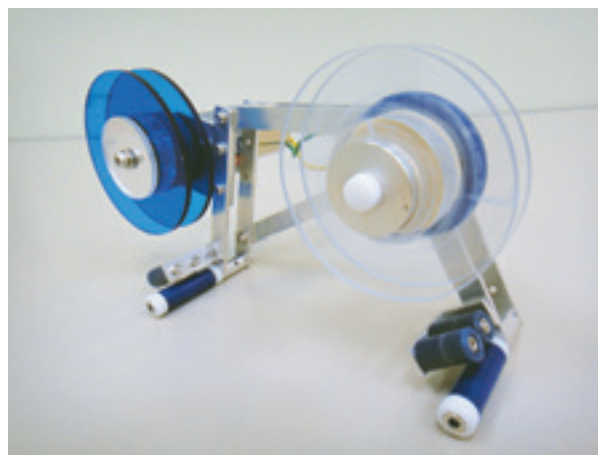


Fig. 3-77

別のテスト機の一例

6. 天井の取り外し（平成 19 年 [2007] 7 月～平成 20 年 [2008] 11 月）

平成 16 年（2004）当初の観察時から、天文図は側壁の漆喰取り外しとは異なる技術が必要であると予想されていた。天文図の当時の状態 [Fig. 3-78] は、周囲の漆喰が失われ朱線と金箔の裏だけに漆喰が残っている部分、漆喰の最表面だけが硬化し内部の密度が低い部分、そして脆弱ながら漆喰層が残存している部分に分けられた。

それぞれの部分は、単に残っている漆喰層を取り外すだけでも技術的に非常に難しいが、天井面であるために、常に上を向いての作業が強られること、強化作業によって漆喰層の重量が増すと自重で落ちかねないこと、天文図が縦横 50 cm 以上と大きいこと、天井の形状が高松塚古墳の石室と異なり東西が傾斜して下がっており、その部分にも天文図がかかっていることなど多くの難題が存在していた [Fig. 3-79]。さらに、状態が大きく異なるこれらの部分を取り外したとして、これらを再構成するのはどのような形態が望ましいのかなどという問題もあった。また、石室内の環境変化により、入口に近い箇所から酢酸菌が代謝した酸による漆喰の変形（収縮）や褐変も見られるようになり³¹、影響が中心の天文図に及ぶ前に急ぎ優先して天井の漆喰を取り外す必要が生じていた。この理由から、取り外す順番については天文図部分を最優先することとなった。

1) 光硬化型樹脂シートの取り外しテスト

上向きの作業で表面を保護するためにシクロドデカンの蒸気で表面保護を行うことも検討したが、漆喰が水分を含んでいるため、十分に表面と接着できないことが明らかになった。また、ネブライザを用いて蒸気にてフノリや MC を浸透させることも検討したが、どちらも十分な強度は得られなかった。その結果、次のような検討を

行い、何層かの表面保護を施す方法を採用することにした。

天井壁画の傾斜部分の取り外しの際、ガラス繊維を含む光硬化型樹脂シート（商品名：光速シートTM、三菱ケミカル株式会社）を表面保護に使用することを念頭に、漆喰強化処置後に予定されるこの樹脂の除去に関して事前に模擬漆喰を用いたテストを行った [Fig. 3-80～3-83]。

光速シートTMは、細長く切って格子状に組んで用いた。このシートのより安全な除去の方法、シートを取り外した後も漆喰が傾斜面のオリジナルの形状を保ち続けることに問題がないかどうかの 2 点から検証を行った。模擬漆喰は水酸化カルシウム主体ではなく、十分に炭酸化している状況の再現を目的に、炭酸カルシウムに接着剤や充填剤を添加して質感が実資料と近いことを優先して作製した。実際の漆喰に近い厚みのものを作製し、実際と同じ強化処置を施したものをテストに使用した。

テストの結果、硬化した光速シートTMを安全に除去するには、格子の重なった部分の一方向の光速シートTMを超音波メスで切断することにより、下層のポリエステルフィルムと一体化させた状態で容易に除去できることが確認できた。また、MC、パラロイドTMB72 の含浸強化、パラロイドTMB72 ポリアリレート繊維シート（第 4 章 1.1 参照）の裏打ち処置を行った模擬漆喰では、光速シートTMの除去後も形状の安定性に変化は認められなかった。テストにより作業の安全性は確認されたが、実際の作業ではより脆弱な状態の漆喰を扱うことが予想されるため、慎重に作業を進めることが求められた。

註

3-1. Rika Kigawa, Chie Sano, Miyuki Nishijima, Nozomi Tazato, Tomohiko Kiyuna, Noriko Hayakawa, Wataru Kawanobe, Shigemasa Udagawa, Toru Tateishi & Junta Sugiyama: Investigation of acetic acid bacteria isolated from the Kitora tumulus in Japan and their involvement in the deterioration of the plaster of the mural paintings, *Studies in Conservation*, 58(1), pp.30-40(2013)



Fig. 3-78 天文図部分の漆喰の状態



Fig. 3-79 天井の傾斜面の取り外し作業

2) 天井の取り外し方法

天井の漆喰の取り外しは、単独で存在している小さな漆喰から始めた。

取り外しがごく小さい箇所であった初期は、漆喰の表面に他の壁の漆喰の取り外しにも使用している HPC シートを貼り付け、その上に薄いメリネックス®を添えて、修理技術者が天井石部分から小さなヘラで外し、天井にできるだけ近い所でもう 1 人の修理技術者がシャーレで受けるという形で取り外しを行っていた。当初、天井の漆喰の層には空隙があり、押すと陥没するくらい軟らかいのではないかと予想していたが、小さな箇所から取り外しを行っていくにつれ、考えていたよりも漆喰が詰まっており比較的健全であることがわかってきた。そこで、天井も基本的に壁面と同じような考え方で取り外しを行っていくこととした。しかし、上を向いて作業を行うことに関しては、壁面と異なる方法や道具が必要になるため、東京文化財研究所と修理技術者間で打ち合わせを重ね、少しずつ使用する道具を改善しながら作業を進めて

いった。この際に油彩画用のペインティングナイフの使用の他、手で押さえるかわりの支持道具を、取り外す箇所に合わせて現場で作製するなどの工夫を行った。

取り外す方法としては、壁面と同じく石材と漆喰の間にヘラを差し入れて行うことを決めたが、ある程度石材表面から漆喰が切り離されてくると、取り外し対象の漆喰が作業中に自重で落下してしまう危険性があった。そのため、取り外す作業が終了するまで、その場で漆喰を支える必要があった。また、使用するヘラよりも大きい漆喰を取り外す際、石と漆喰の間が硬く、差し込んだヘラの先が漆喰の表面に上がる（突き出る）可能性が考えられた。そのため作業箇所（ヘラを差し込んでいる箇所の漆喰の様子）を見ながら作業を行わなければならなかった。そこで、歯科用シリコン型取り材と針金を組み合わせて、見通しよく漆喰を押さえる道具を現場で作製し、適宜調整しながら作業に使用した [Fig. 3-84]。

丸い形の金の箔片で表された星を朱線で繋いで表現した星座を取り外す際、1つの星座は分断することなく1つ

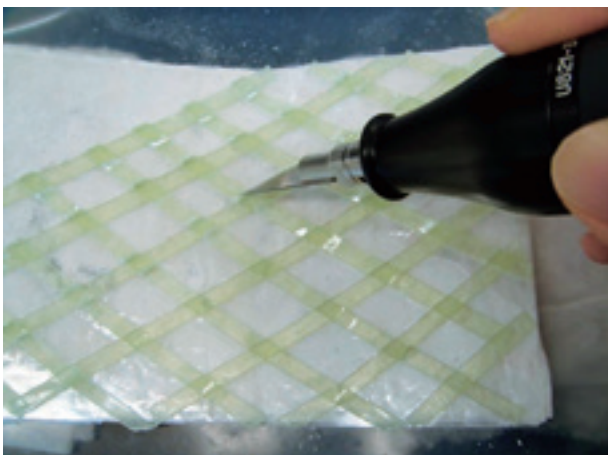


Fig. 3-80 超音波メスによる切断

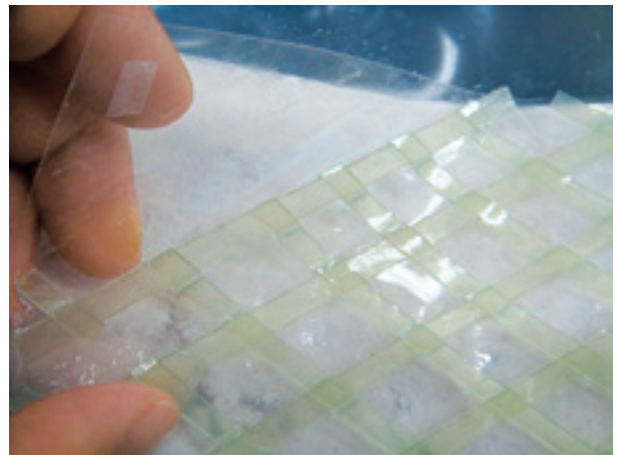


Fig. 3-81 シートを一方向からめくり上げる

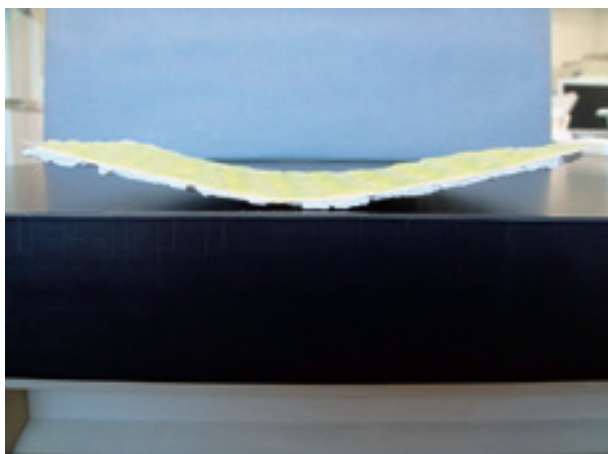


Fig. 3-82 光速シート™ 除去前



Fig. 3-83 光速シート™ 除去後

のまとまりとして外すことを心掛けた。そのため、取り外す準備を行う際には、他の部分と同じく傷や亀裂を利用すると共に、星座の形を重視して取り外す形を決定した。

天井の傾斜部分に描かれた日像・月像の取り外しについては、天文図の星座部分とは異なる難しさがあった。取り外す前の漆喰の形のみを見ると、日像・月像のある天井角の部分はなだらかなアーチ状になっているが、漆喰下の石は直線で切り出されており、その上に漆喰でなだらかな傾斜を形成しているため、この部分は漆喰が非常に厚く硬かった。このため、ヘラを入れて取り外そうとした際、石に沿って取り外すことはできなかった。したがって像の描かれた表面を重視し、漆喰の層の間で取り外すこととした。日像部分は特に問題なく取り外すことができたが、月像部分については、天井全体の漆喰取り外しの中でも最も困難な作業となった。月像部分の漆喰の中には硬い礫のようなものが存在し、ヘラが入りづらかった。角度のついた角部分に位置するため、石材面にリールを沿わせて使用する形式のワイヤーソーも使う

ことができなかった。結果的には、周りを先に取り外し、あらゆる角度から少しずつヘラを打ち込むという地道な方法で時間をかけて取り外すことができたが、ヘラを使って手で取り外した漆喰の中でこの部分が最も厚く硬かった。

天井の傾斜部分については、取り外した漆喰が再構成する前に変形しないよう、表面保護の際に前述した光速シート™を使用した。HPCシート、メリネックス®を貼り付けた後、細く切った光速シート™を格子状に対象箇所には貼り付け、紫外線を当てて硬化させた後に取り外しを行った [Fig. 3-85、3-86]。その後トレイに入れて保存する際も、硬化した光速シート™の補助をつけたままにしたため、元の形を維持してゆっくりと乾燥させることができた。

天文図をすべてヘラを使って外し終えた後、無地の部分については、壁面と同様にワイヤーソーによる取り外しも行った [Fig. 3-87]。ただ、ワイヤーソーの性質上、使用は下地の石にリールを沿わせることができる箇所に



Fig. 3-84 歯科用シリコン型取り材、針金とシリコンシートを組み合わせ、見通しよく漆喰を押さえる道具を作製して使用した。

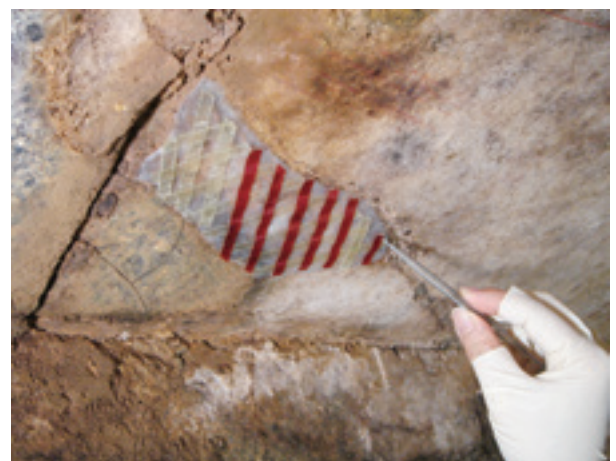


Fig. 3-85 天井の傾斜部分の取り外しには、光速シート™を使用した。(貼り付け後に保護の赤いシートを除去)



Fig. 3-86 光速シート™に紫外線を当てて硬化させた。



Fig. 3-87 ワイヤーソーによる無地部分の漆喰層取り外し。

限られた。上を向いて取り外すことは変わらないが、大きな面積で外すことになるため、石室内の作業は3人で行った。これは石室内で作業できる最大の人数であった。

7. その他の漆喰の取り外し

(平成22年〔2010〕11月まで)

文化庁は、高松塚古墳とキトラ古墳の保存活用を一体的に行うため平成20年(2008)5月に古墳壁画保存活用検討会を発足し、委員会での議論は古墳壁画保存活用検討会およびキトラ古墳の保存・活用に関する保存技術ワーキンググループで行うこととなった。第2回古墳壁画保存活用検討会(平成20年8月)において、十二支の辰・巳・申像の存在が推定される部分については、壁面から泥も含めて取り外すとの方針が示されたことにより、ダイヤモンドワイヤソーによる取り外しを行った。

図像部分の取り外し完了後は、石室内には色材が存在しないことから、微生物の抑制のために、作業時以外は1日に2回、30分ずつ石室内を紫外線で照射した。発生する微生物の中には漆喰を溶解する酢酸菌もあることが確認されており³¹、残りの漆喰の取り外しが終了するまでこの照射を行った[Fig. 3-88]。

また、この無地部分の漆喰取り外しは、ダイヤモンドワイヤソー使用のための外周をヘラを用いてつくりつつ、大きく取り外せる箇所は大きく取り外す方針で行った。平成22年(2010)11月に、全漆喰面の取り外しを終了した。

8. 取り外した漆喰片の状態

取り外した漆喰片は、初期の頃はすぐに表面のHPCシートを20%エタノール水溶液によって除去し、表に返して状況を確認していた。取り外し回数が増えて漆喰片の状況が予想できるようになった後は、高バリア性透明袋(エスカル[®])に脱酸素剤(RP剤Kタイプ[®])とともに入れ、窒素封入を行い密閉し、石室内温度とほぼ同様の17~18℃で保存することで微生物の発生を防ぐこととした。その後、取り外した漆喰片の経過観察をし、壁画の安定性を高める目的で、表面のレーヨン紙は再構成の工程が開始されるまではそのままにして保管することとした。

取り外した壁画は、状態によって大きく2つに分けることができた。1つは、白虎のように、徐々に乾燥させながら、強化処置とクリーニングによって博物館環境下でほぼ安定な状態にできるものである。このようなものには先に挙げた白虎に加えて、西壁の戌、北壁の玄武、亥、子、丑があげられる。このうち、北壁の像はバイオフィ

ルムに覆われていることから、その汚れをどの程度までクリーニングできるかが仕上がりに影響すると考えられた。将来における収蔵・展示環境が確定するまでは、最低限のクリーニングにより安定化させることとした。そのため、乾燥により残留したバイオフィルムの色が濃くなり、やや褐色を帯びた状況となっていた。東壁の寅もバイオフィルムの影響を受けてやや褐色化が進行しており、これにも漆喰層の強化と軽いクリーニングを行った。

2つ目は、適切な処置を検討しながら強化と乾燥を行わなければならないグループである。このグループは、最も初期に取り出された青龍、朱雀、泥に転写されていた午であり、絵画上に粘土の層が存在するという共通する問題点を抱えていた。漆喰層と異なり目の細かい粘土は、わずかな水分含有量の変化によって、簡単にひび割れたり反り返ったりしてしまう。青龍のほぼ全面と朱雀の中央部分は、このような粘土の層をいかに安定化させるかが課題であり、できうるなら少しでも取り除こうという試みを慎重に繰り返していかねばならなかった。拙速に行うことで絵画を傷つけることは許されないの、処置には時間がかかり、新たな工夫も求められた。粘土に転写されている午については、この状況は更に厳しく、粘土の層そのものを強化・安定化させる必要がある。

9. 石室の保存

平成22年(2010)11月に石室内すべての漆喰面の取り外しが終了したため、古墳の埋め戻しと整備を行った。埋め戻し前の平成25年(2013)8月18~28日に石室の一般公開を行い、その後、埋め戻し作業に入った。



Fig. 3-88 石室内に設置した紫外線照射装置

【取り外し作業における画面保護の構造図解—天井—】

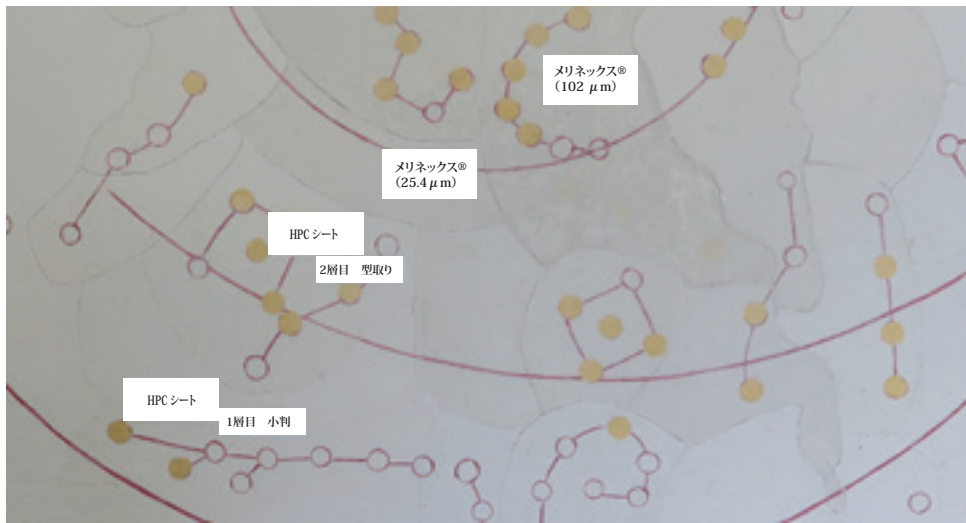


Fig. 3-89 取り外し作業における表面保護の構造模型（天井）部分



Fig. 3-90 取り外し作業における表面保護の構造模型（天井）全体

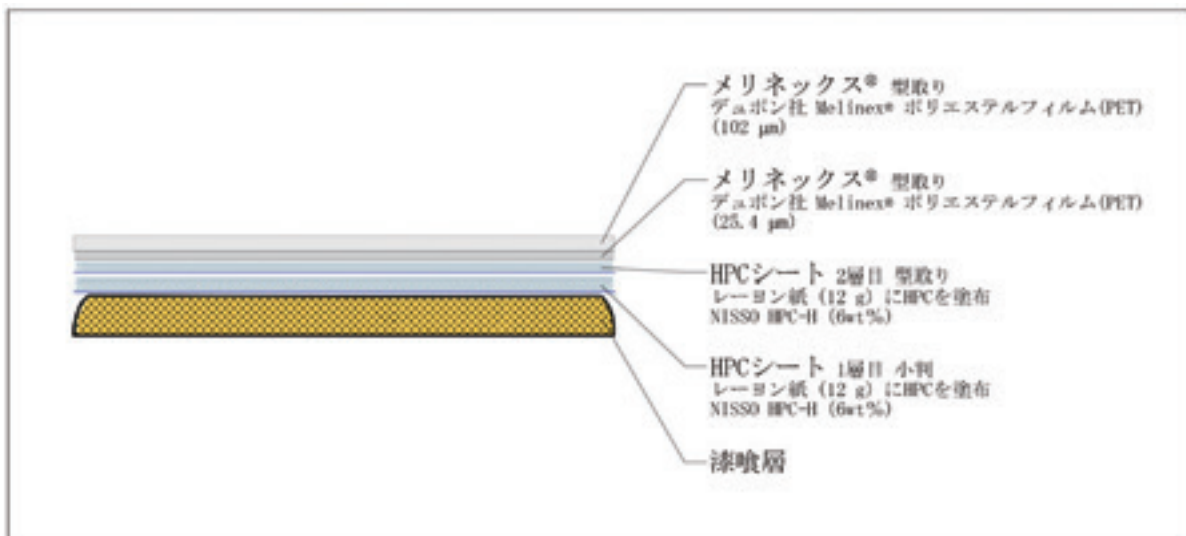


Fig. 3-91 取り外し作業における表面保護の構造図解（天井）

【取り外し作業における画面保護の構造図解—天井の傾斜部分—】

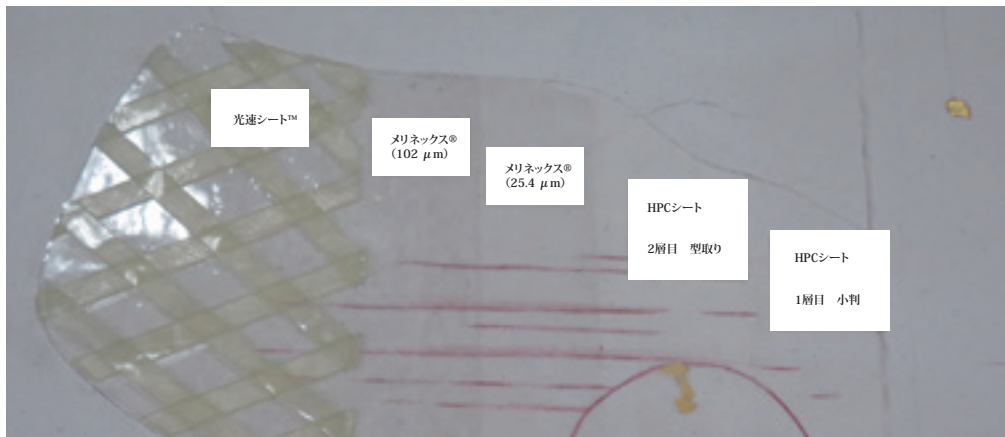


Fig. 3-92 取り外し作業における表面保護の構造模型（天井の傾斜部分）部分



Fig. 3-93 取り外し作業における表面保護の構造模型（天井の傾斜部分）全体

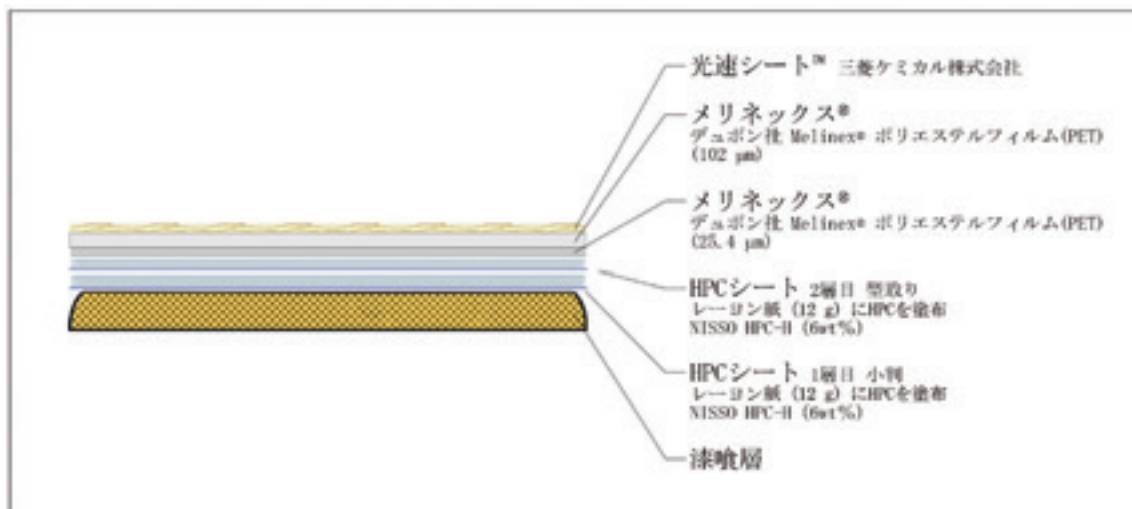


Fig. 3-94 取り外し作業における表面保護の構造図解（天井の傾斜部分）

〈キトラ古墳壁画と高松塚古墳壁画の保存処置から見た違い〉

キトラ古墳壁画の保存処置に関して、高松塚古墳壁画との類似性が指摘されることが多かった。キトラ古墳壁画を取り外せるなら、高松塚古墳壁画も同様の処置ができるに違いない、などである。しかし、修理技術の立場から見るとこの2つの古墳壁画の現状には極めて大きな違いがある。

高松塚古墳壁画は、石室に付帯した状態で未来永劫保存していこうという決断の元に様々な努力がすでに積み重ねられてきている。材料も手法もその時々を担当者が、漆喰層をより強固にし、より石材表面に強く接着するようなものを選び施工してきたのである。従って、漆喰そのものの強度よりも強い接着部分が生じている上、その中で状況が各所によって異なると想定される。また、発見当初以来多くのカビをはじめとする生物による被害や物理的変化を経

て現在に至っている。

これに対して、キトラ古墳壁画は、発見当初の状態を取り外しが決断され、漆喰層に付け加えられた材料はなく、カビなどの被害もほとんど受けていない状態で処置が開始されている。キトラ古墳壁画の取り外しを可能にしたものは、漆喰層の十分な強化処置と十分な強さの表面保護の養生技術の2点に集約できる。

高松塚古墳壁画は、万が一取り外しが今求められたとすると、それぞれの壁面に用いられた技術と材料の特定と評価、さらにそれらの現時点での状況評価を元として、全く新たな漆喰層強化と取り外し技術を開発し、実資料に近いものでの試験を繰り返した上で、実作業を行わなければならないと考えられる。この点で、高松塚古墳壁画を取り外すとすると、キトラ古墳壁画の取り外しとは根本的に異なる材料技法の開発が必要となる。

第4章 取り外し後の壁画の再構成と保存

平成22年(2010)11月、石室内のすべての漆喰層の取り外しが終了した。取り外した壁画は順次、委員会および古墳壁画保存活用検討会に諮りながら漆喰の強化や補強、支持体の装着や空隙補填を実施した。本章では、取り外した漆喰の強化と補強、再構成について報告する。

1. 取り外した壁画の再構成

壁画は1000片以上に分割し取り外されたため、その再構成を行った。取り外し直後の漆喰片は保存修理上の強度が懸念されたため、裏に複数層の保護強化処置を施し、その上で石室内のフォトマップ画像と作業前の写真記録をもとに位置を確定し、漆喰片の間の空隙を充填し、さらに強度のある材料の上に固定することで再構成を行った。再構成のために漆喰片に施した処置については、漆喰片ごとにカルテを作成して記録した。

1.1 漆喰の強化と補強

漆喰片の最表面にある保護層のHPCシート(ヒドロキシプロピルセルロース[HPC]+レーヨン紙)をエタノール水溶液を用いて除去した。この際、急速な乾燥による漆喰層の歪みや表面の剝離を避けるため、徐々に乾燥を進めた。この作業中は、漆喰片を脱酸素剤(RP剤Kタイプ[®])を用いて高バリア性透明袋(エスカル[®])に封入し、温度も石室内と同程度に維持するなど、安定的な保管を行った[Fig. 4-1]。保護層の除去と乾燥は必ずしも単一工

程ではなく、乾燥を先行させる場合もあった。

漆喰の強化はメチルセルロース(MC)水溶液を裏面から筆で塗布することで行い、さらにパラロイド[™]B57を塗布した上で、ポリアリレート繊維をパラロイド[™]B72溶液で固定して作製したシート数層で補強した。このシートの接着効果を向上させるためにMC強化後の漆喰にパラロイド[™]B72溶液を若干含浸させた上で、シートを貼付した。シートは酢酸エチルを塗布した上で漆喰に貼付し、十分に乾燥させた[Fig. 4-2]。

各工程の詳細は以下の通りである。

【ポリアリレート繊維シートの作製手順】

1 層目用

- ①ポリアリレート繊維を適当な長さにカットし、ブラシで繊維をほぐす[Fig. 4-3]。
- ②①を10mm、20mmにカットする。繊維が特殊であるため、専用の鋏を使用する。
- ③それぞれ束が残らないようにほぐし、混合する。
- ④ポリプロピレン(PP)製トレイにパラロイド[™]B72(酢酸エチル溶媒、10%)3ccを流し込み、乾燥させる[Fig. 4-4]。
- ⑤③を0.02gをほぐしながら、④の上に均一に散らして置く。
- ⑥置いた繊維の上から酢酸エチルをスプレーし、繊維を固定する[Fig. 4-5]。
- ⑦⑥が乾燥したらシートを一度トレイから外す(シートA)。
- ⑧別のトレイにパラロイド[™]B72(酢酸エチル溶

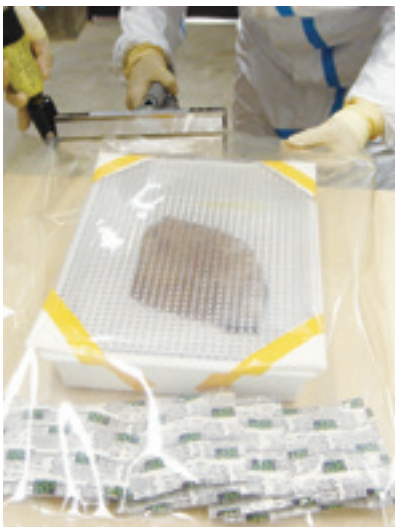


Fig. 4-1 RPシステム[®]にて封入。温度を維持しつつ脱酸素状態で保管し、強化処置を行う。



Fig. 4-2 漆喰裏面からの強化処置手順



Fig. 4-3 ポリアリレート繊維をほぐす。

媒 10%) 3 cc を流し込み、乾燥しないうちにシート A の繊維を置いた面を下向きにして上に置く。シートとの間に隙間ができないように筆等で押さえる。

⑨乾燥後、トレイから外して形を整える [Fig. 4-6]。樹脂を流し込み始めてから乾燥期間を取りすぎるとトレイから外しにくくなるので、①から⑨の工程は1週間の内に行った。

2 層目用

①ポリプロピレン (PP) シート (黒) を付けた土台 (220 × 300 mm) を準備する。

②7 mm 幅で虫ピンを打ち、1 束を 16 分割したポリアリレート繊維を格子状に組んだ枠を用意する [Fig. 4-7]。

③土台にパラロイド™B72 (トルエン溶媒、40%) 35 g (45 g の時もあり) を流し、パレットナイフ等を使って端まで均一に延ばす。

④ポリアリレート繊維を格子状に組んだ枠を被せる。

⑤1 週間程して溶媒が揮発したら、枠から外す。



Fig. 4-4 乾燥したパラロイド™B72 シート上にポリアリレート繊維を均一に置いた。

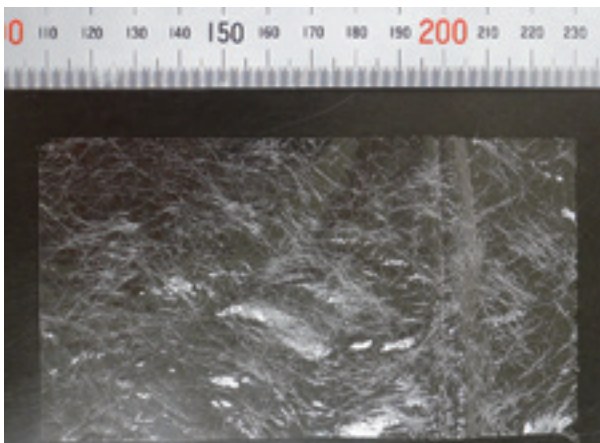


Fig. 4-6 完成したパラロイド™B72 ポリアリレート繊維シート (1 層目)

【漆喰層の強化】

(裏面から塗布して含浸させ、表の面からは基本的に処置しない。)

1) MC 400 cps 0.5% の塗布

塗布回数は、漆喰片によって異なる。漆喰片の厚みが薄ければ回数は少なく (1 mm 厚のようにとても薄ければ 1 回の場合もある)、逆に漆喰が厚いと、例えば 3 回塗布しても足りない場合もあり、そのような場合は 4 回目から濃度を 1% に上げて塗布した。塗布時の MC の入り方、塗布後の漆喰の様子から塗布回数の過不足の判断を行った。なお、1 回目から浸透しにくい時には、エタノールを予め先に塗布して表面張力を弱めた。それぞれの漆喰片に対する塗布回数は、カルテに記載しており、MC の浸透量の目安になるよう、塗布後漆喰片の重量を量った結果も記録した。

2) パラロイド™B72 (酢酸エチル溶媒、単位：重量%) の含浸

1 回目 3% / 2 回目 5% / 3 回目 10%

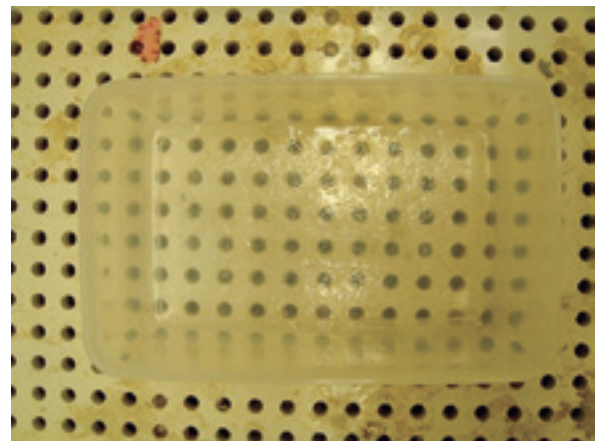


Fig. 4-5 溶剤を噴霧してパラロイド™B72 シートにポリアリレート繊維を接着した。



Fig. 4-7 ポリアリレート繊維シートの作製作業 (2 層目)

濃度の薄いものは、より奥まで浸透させ、濃いものは、表面近傍を強化する目的で含浸させた。MC と異なり、含浸しすぎないように塗布した。特に 10% 溶液を用いた 3 回目については、漆喰の中も含浸させて強化する目的ではなく、最表面の強化を主な目的とした。この作業についても、パラロイド™ B72 が入った分量の目安を把握するため、塗布後に漆喰片の重量をはかり、カルテに記載した。

3) ポリアリレート繊維シート（1 層目）の貼り付け

ポリアリレート繊維シート 1 層目用 (P.59 参照) を酢酸エチルを用いて貼りつけて、漆喰片の裏からの繊維による強化を行った。作業を行う際は、ドラフトチャ

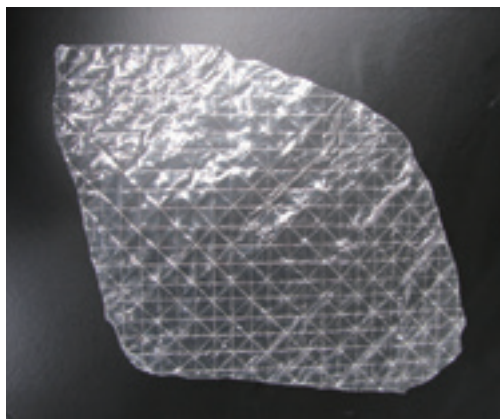


Fig. 4-8 ポリアリレート繊維を一定間隔で張ったものに、パラロイド™ B72 溶液で固定して作製した裏打ち用シート（2 層目）

ンバーや局所排気装置を使用した。

4) ポリアリレート繊維シート（2 層目）の貼り付け

1 層目と同じく酢酸エチルを使用して、ポリアリレート繊維 2 層目用 (P.60 参照) を貼りつけた [Fig. 4-8、4-9]。2 層目に、1 層目よりも少し厚みのある縦横と斜めに繊維の通ったシートを貼り付けることにより、漆喰片を一塊のものとしてより安定させることができた。裏面からの強化が終了した時点で漆喰片を表に返し、表面保護の除去を行った。

ポリアリレート繊維の層はパラロイド™ B72 で接着しているため、再修理の際は溶剤を使ってパラロイド™ B72 を溶かし、繊維を取り除くことが可能である。



Fig. 4-9 ポリアリレート繊維シートによる裏面の補強（2 層目）

1.2 漆喰層全体の支持

ポリアリレート繊維とパラロイド™ B72 のシートで補強された漆喰はポリメタクリルイミド発泡体 (Rohm 社製 Rohacell®, 以下、ロハセル®) にて裏側を支持し、それをカーボンファイバーを用いたハニカムボード (炭素繊維アルミハニカム複合材) の上に固定することで安定させた [Fig. 4-13 ~ 4-16]。ロハセル® 同士の接着には、シリコン接着剤 (信越シリコン KE45W) を用いた。漆喰片同士の空隙は濾紙粉と HPC との混合物で充填した。

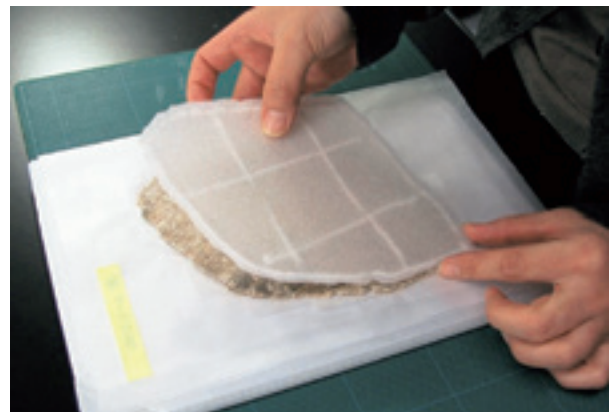


Fig. 4-13 ロハセル® による補強

＜朱雀の左羽部分の処置＞

朱雀が前方に出している左羽（向かって右）の部分は、表側から観察したところ、泥に覆われ完全に見えなくなっており、盗掘口も近いことから、羽の先部分は泥化して失われていたと考えていた。しかし、漆喰層強化を行うために朱雀を裏返してみたところ、午と同様に泥の層に絵具が転写されて、羽が先まで完全に残っていた [Fig. 4-10]。漆

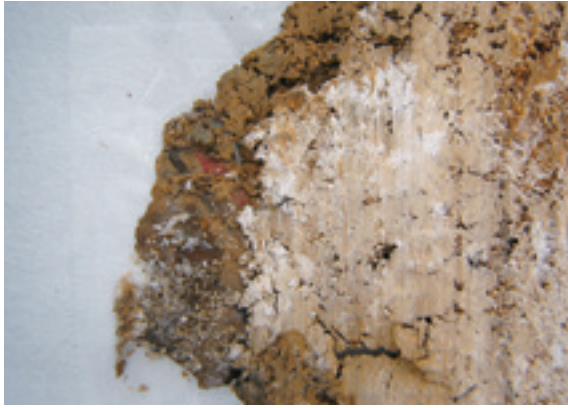


Fig. 4-10 朱雀の裏面側から見ると、前方に出した左羽の絵具が泥の下に残っている様子が分かる。

喰に他の部分と同じように処置を行い再構成をしてしまうと全く見えなくなってしまうため、将来的に観察することが可能になるように、左羽とその周辺には通常の漆喰層強化とは異なる処置を行った。手順は以下の通りである。

1. 羽の残っている箇所、周辺の漆喰にパラロイド™B72（1%）を塗布し、強化を行った。
2. 羽の残っている泥部分に典具帖紙（5 g/m²）を沈糊（小麦澱粉糊）を用いて貼り付けた。
3. 羽のある泥だけの部分は、他の漆喰が残っている部分と高さが異なるので、泥のみの部分に充填材をのせて漆喰層が残る部分との高さを合わせた。使った充填材は濾紙粉 1g + HPC 3%エタノール溶液 1gである。
4. 充填材を足した部分に浸み込まないようにしながら、パラロイド™B72の10%を塗布した。

その後、通常通り MC とパラロイド™B72 にて強化処置をした漆喰層部分と同じように、ポリアリレート繊維シートを貼り付けた。使用した材料は将来、水、エタノール等や切削により除去することが可能と考えられる。

＜紙による漆喰片の補強（典具帖紙による裏打ち）＞

注：一部、天井漆喰の必要部分のみ

漆喰の層が極端に薄いもの（1～3mm程度）、または漆喰が空いた状態になっているところ、単独では強度が足りないと思われる部分には、極薄の楮紙である典具帖紙（ひだか和紙製、機械抄きの土佐典具帖紙）の裏打ちによる強化を行った。手順は以下の通りである。

1. 典具帖紙を喰い裂きして、小判の薄片を作った。
2. 喰い裂き部分に糊をつけて必要部分に貼り付けていった。
 - ・接着剤として小麦澱粉糊を使用した。
 - ・裏打ちは2回行った。1層目には典具帖紙の3g/m²を、2層目には同紙の5g/m²を使用した。

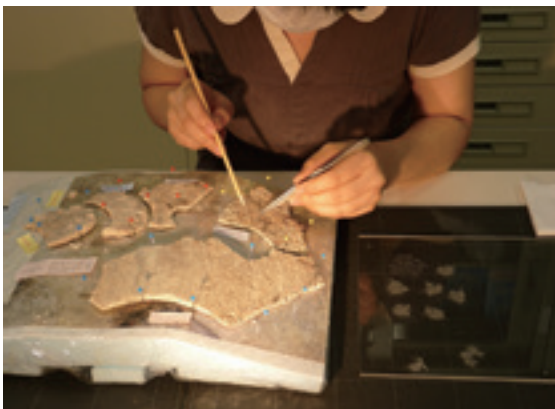


Fig. 4-11 紙による漆喰片の補強

- ・糊の濃度は水で薄めて調整した。使用する際、厚い“糊の層”ができないように気をつけた。
- ・紙の薄片を貼り合わせる際、喰い裂き同士が掛かるように貼り合わせていった。
- ・漆喰の凹凸に繊維が添うように、小さい筆で丁寧に押し込むように貼り付けた。
- ・典具帖紙を貼り付けた後、紙の部分にパラロイド™B72の10%を塗布した（次作業のポリアリレート繊維シート貼り付け作業を行いやすくするため）。

パラロイド™B72 10%塗布後、ポリアリレート繊維シートの貼り付け以降の工程は他の漆喰と同じように扱った。



Fig. 4-12 非常に薄い漆喰片を紙で補強した

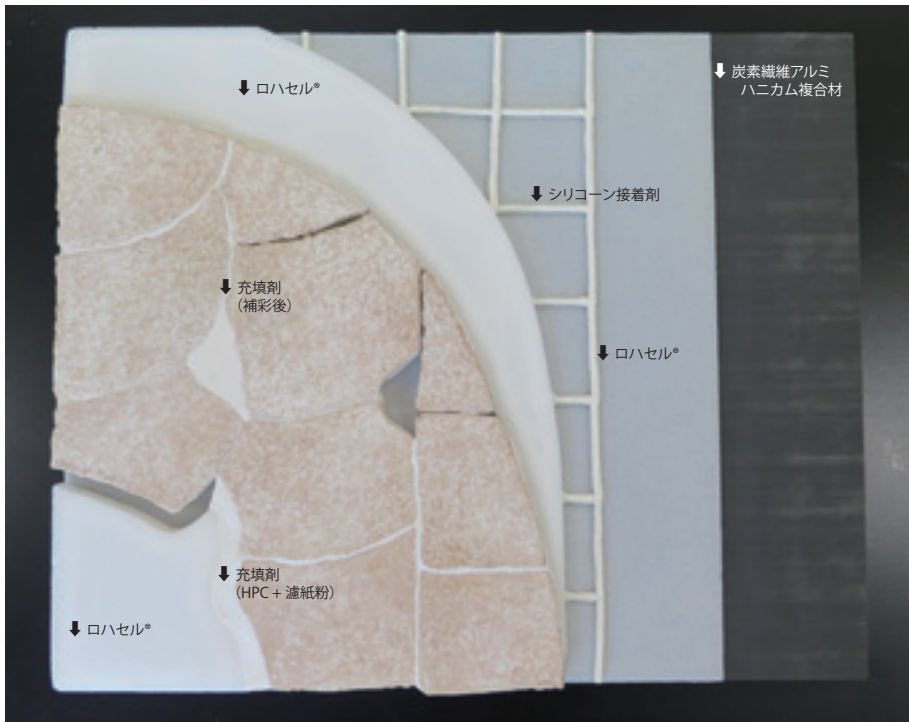


Fig. 4-14 再構成の構造モデル

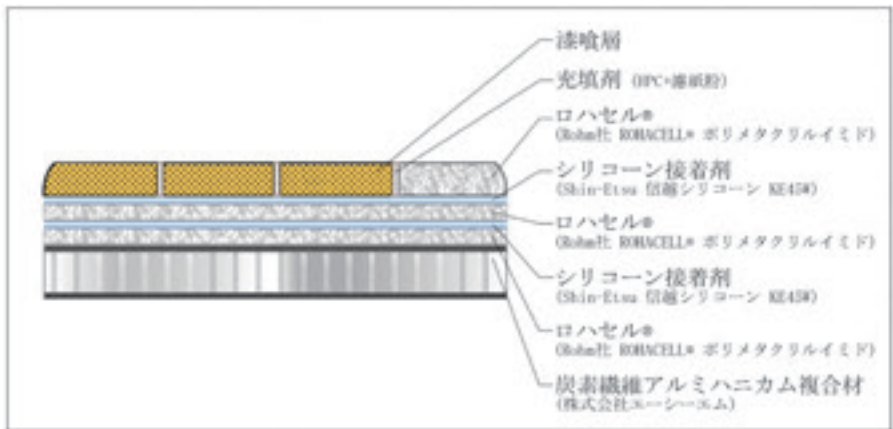


Fig. 4-15 漆喰層を支持する構造図解

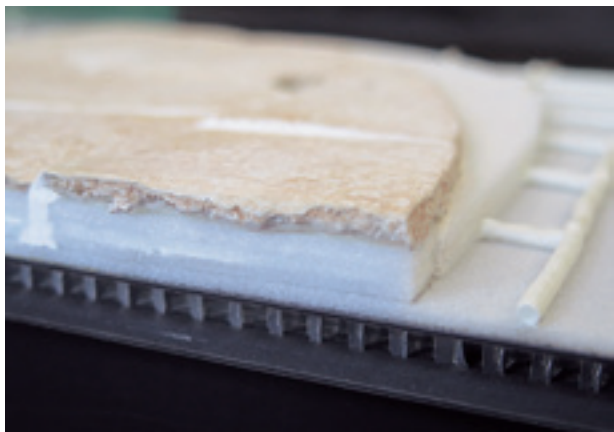


Fig. 4-16 再構成の構造モデルの断面

1.3 漆喰の位置確認

再構成の作業では、漆喰片を本来の位置に戻す必要があった。この位置確認については、奈良文化財研究所が撮影した発掘直後のフォトマップを活用した。原寸大に打ち出したフォトマップの画面上に、取り外した漆喰の形状と取り外し番号を描き込んでいき最初の記録とした。次いで、この図面をモニターに表示して反転させた図面を作成した。天文図については、この図面を透明な作業台の下に敷き、表面保護層を残した漆喰を裏返して位置を確定した [Fig. 4-17、4-18]。天井の天文図以外の部分と東西南北の壁については、貼り付けるハニカムボード（炭素繊維アルミハニカム複合材）の上に原寸大の図面を広げ、その上に実際に漆喰片を置いて位置決めをした。漆喰はそれぞれ厚みが異なるため、ロハセル®を用いて高さの調整をし、位置が確定した後に表を向け、ハニカムボード上に固定した [Fig. 4-19、4-20]。ハニカムボードへの最下層のロハセル®の接着は、専門業者に加工を依頼した [Fig. 4-21]。



Fig. 4-17 フォトマップを使用し漆喰位置を確定した（天文図）。

1.4 漆喰片の空隙の充填

取り外した漆喰の再構成後に生じる空隙の充填処置に使用する材料について、安定性や作業性などの面からより適切な材料選択を行うために、試料を作製して検討を行った [Fig.4-22、4-23]。

充填剤の材料としては、濾紙粉末（ADVANTEC 製）と MC の混合物、濾紙粉末と HPC の混合物をそれぞれ作製して試料とした。濾紙粉末は粉末の大きさ A（100～200 メッシュ）、B（200～300 メッシュ）、C（300 メッシュ以上）、D（40～100 メッシュ）、E（200 メッシュ以上）の 5 種類、MC は分子量の異なる 400cps と 4000cps、HPC は分子量の異なる H と M をそれぞれ試料の作製に用いて比較した。これら大きさの異なる粉末の組み合わせと MC、HPC の粘度や濃度の組み合わせを変え、さらに比較検討を行った。

濾紙粉末では、最も粉末が大きい E を加えることにより、乾燥後の収縮などが抑えられる結果が得られた。また、D、A、E（比例順）の組み合わせなど粉末の粒子径の分散が大きくなるほど収縮が抑制されることが認め

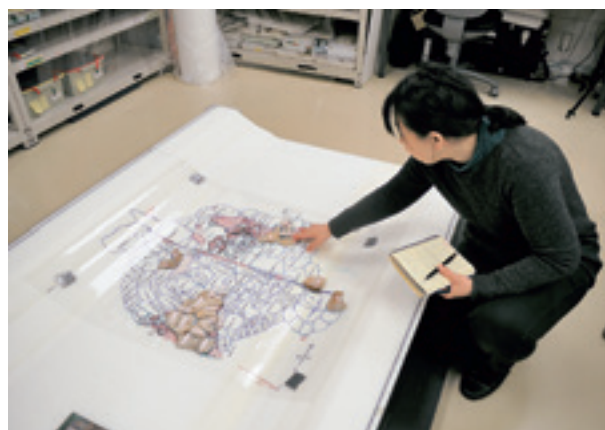


Fig. 4-18 フォトマップ上である程度のもまに組み立てたものを、原寸大の取り外し図面上に並べて確認を行った。



Fig. 4-19 ハニカムボード上に原寸大の図面を置き、強化処置の終了した漆喰片をすべて実際に並べて位置を確認した。



Fig. 4-20 ハニカムボードの上に位置の決まった漆喰片を固定した。

られた。MC では濃度 2% で使用した場合、粘度の高い 4000 cps の試料では収縮が大きく、HPC では濃度 2% で使用した場合、粘度の低い M の試料により H を用いると収縮が大きかった。以上の検討の結果、濾紙粉 A : D : E = 2 : 1 : 1 の配合で使用することを決定した。これに HPC 3wt% (溶媒はエタノール : 水 = 3 : 1、重量比) の比率で混合した。

漆喰を取り外す過程で新たに生じさせざるをえなかった空隙については、前述の濾紙粉末と HPC の混合物で充填したのち、黄土・白土等をベースに透明水彩絵具を用いて目立たないように色調を整えた。これらの充填および補彩は、将来的に必要な場合には安全に除去が可能な材料を用いている [Fig. 4-24、4-25]。

この処置は文化財 (絵画) 修理としては例外的な処置

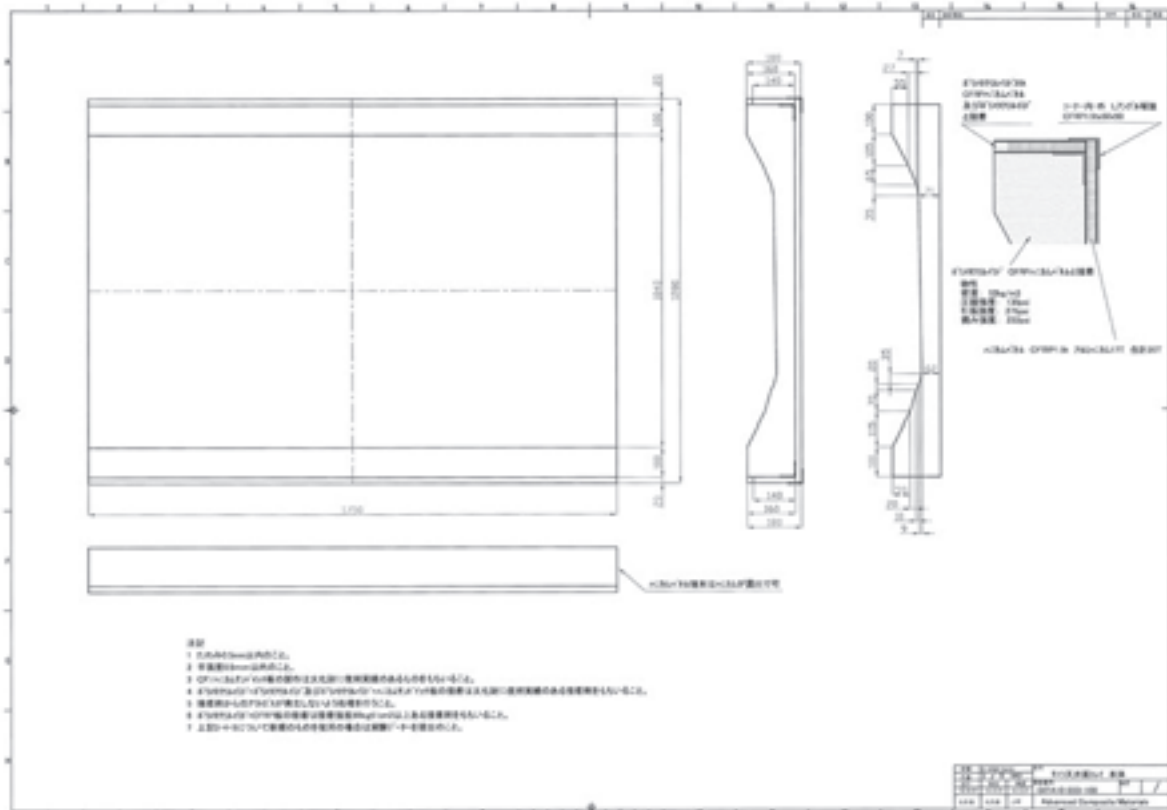


Fig. 4-21 漆喰片の再構成の土台となるハニカムボードの図面 (天井)

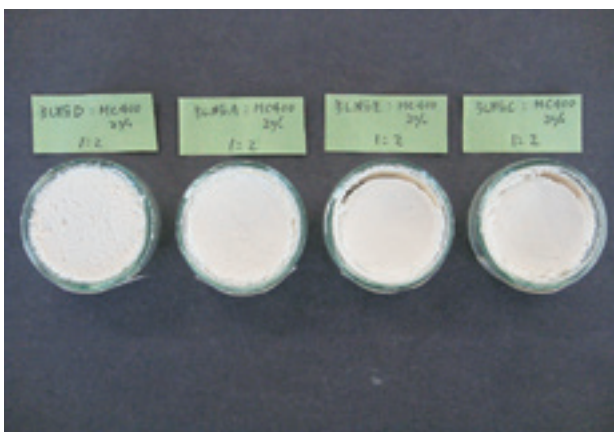


Fig. 4-22 粉末の大きさの違いによる試料の収縮比較



Fig. 4-23 充填剤のヘラによる塗布とシリンジによる絞り出し

で、特別史跡の構成要素としての価値に鑑み、取り外し直前の見え方から極端に離れないように特段の配慮をして採用された方針である。

漆喰片の再構成模式図を Fig. 4-26 に示す。漆喰片部分の裏打ち支持方法については同章 1.1 ～ 1.3 を参照されたい。

辰・巳・申・午の該当箇所については別置保存しており（1.5 辰・巳・申・午の保管についてを参照）、再構成せず取り外し前の壁面を写真に印刷しはめ込んだ。印刷紙には株式会社 FL トクヤマ製フレスコジクレTMを用

いて、株式会社堀内カラーが印刷を行った。この印刷紙は表面に漆喰（水酸化カルシウム）が塗布されているため、質感が漆喰片と近いのみならず、徐々に炭酸化して、現在の漆喰片と近い物質になると予想されたため採用した。

漆喰片については、ロハセル[®]との接着はシリコン接着剤で行ったが、その際に、再修理時に容易に解体できるよう、接着剤は点状に施した。また、漆喰下地ごと欠失していた箇所（石材表面が露出していた箇所）についてはロハセル[®]で補填し、表面は黄土・白土等を用いて一定の色調に整えた。それが漆喰下地の本来の色味に近



Fig. 4-24 再構成した天文図 補彩前

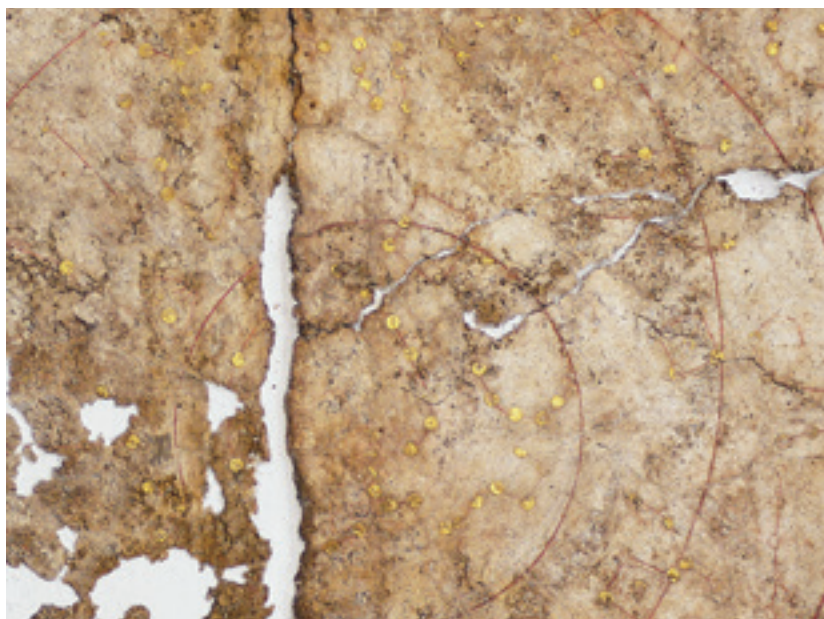


Fig. 4-25 再構成した天文図 補彩後

く、文化財（絵画）修理における一般的な補彩の方針と齟齬をきたさないためである。これら漆喰の欠失箇所にあたる補填および補彩も、将来的に必要な場合には安全に除去が可能である。

この一連の補彩は、壁画が絵画の国指定を受ける前の作業であったが、実施にあたっては文化庁絵画部門の調査官も含め関係者間で慎重に検討を行った。

1.5 辰・巳・申・午の保管について

十二支のうち、図像が確認されているのは当初発見された子・丑・寅・戌・亥と、作業中に発見された泥に転写した午の6体である。残りの6体のうち、卯・未・酉の3体の該当箇所は漆喰ごと石材上から失われている。残る3体の辰・巳・申の該当箇所の漆喰は残存しているものの表面は粘土層に覆われており、図像の有無は分からない。この3箇所の漆喰については再構成には含めず、別置保存しており、令和4年（2022）現在、調査を行っている。また、泥に反転した午についても、欠損部分と鏡像になっているために原位置にはめ込むことができず、別置保存中である。

2. クリーニング

漆喰の取り外し完了までに6年以上を要したため、漆喰の表面には微生物による汚損が生じていた。中でも

漆喰表面に発生したバイオフィームにより、乾燥後の漆喰表面が収縮し、壁画表面に新たな損傷を引き起こしていた。バイオフィームは細菌を主体とする微生物が自身の産生する粘液などとともに作る膜状の集合体で、粘性があり、透明でない部分も含む物質である。これらが存在し続けることによる保存上の悪影響を軽減する目的でバイオフィームの除去を行った。

2.1 バイオフィームの状況

キトラ古墳壁画のバイオフィームの状況は、下記の種類に分けられる。

南壁：透明～茶褐色のバイオフィーム。透明～茶褐色の粒状のバイオフィーム。0.5～1 mm 径の赤色汚れ（バイオフィームより厚みの少ない色素主体の汚れ）。

東壁：透明～茶褐色のバイオフィーム。0.5～1 mm 径の赤色～茶褐色汚れ（バイオフィームより厚みの少ない色素主体の汚れ）。白色～緑色微粉末状の付着物（バイオフィームと共存）。

西壁：透明～茶褐色のバイオフィーム。0.5～1 mm 径の赤色～茶褐色汚れ（バイオフィームより厚みの少ない色素主体の汚れ）。白濁バイオフィーム。

北壁：透明～茶褐色のバイオフィーム。白濁バイオフィーム。

天井：透明～茶褐色のバイオフィーム。赤紫色・茶褐

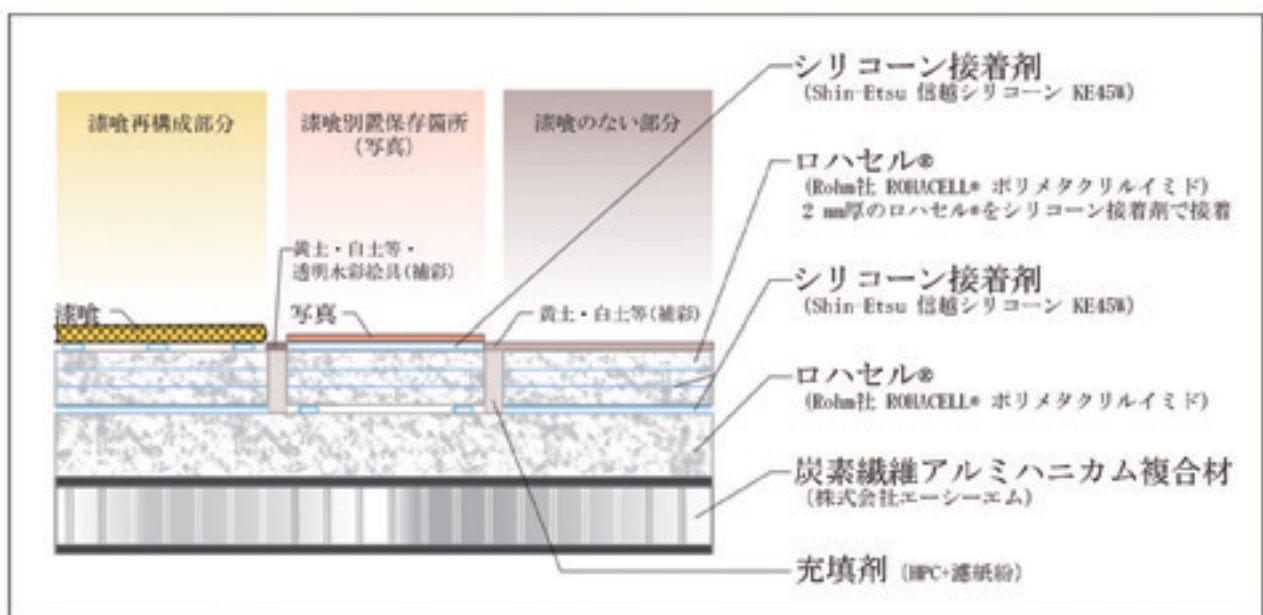


Fig. 4-26 漆喰片の再構成の構造模式図 左からオリジナルの漆喰片、オリジナルの漆喰片が別置保存されているため代替の写真を使用した箇所、漆喰片が存在しない部分の断面を表す。

色・黒色汚れ（バイオフィームより厚みの少ない色素主体の汚れ）。

特に、南壁を中心に広がる茶褐色のバイオフィームについて除去方法を検討した。この部分には朱雀が存在しており、バイオフィームがその図像の識別を妨げていること、また、漆喰の剝離を発生させていることなどから、バイオフィームの除去が強く必要と判断された。

主に粒状ゲルのバイオフィームをクリーニングの対象としたが、それ以外にもカビの孢子様の物質も存在していたことから、その除去についても併せて検討した。

2.2 クリーニング方法

2.2.1 紫外線使用の検討

バイオフィームの除去方法として、高松塚古墳壁画では紫外線照射法と溶菌酵素による処置を併用している。キトラ古墳壁画においても、この方法を転用した。

紫外線照射は、その処置を行う前に3%の過酸化水素水を塗布して照射を行う。使用した装置はオムロン、UV-LED照射器コントローラ ZUV-C30H であり、照射ヘッドはスパイラル（ジェフコム株式会社、EFD23-SSBK）とピンポイント照射装置（ヘッド：ZUV-H20M、レンズ：ZUV-10H）の2種類を用いた。

スパイラルを用いる場合は事前に目的の箇所以外にはアルミホイルで保護し、その上で過酸化水素水を塗布、そして15分の照射を1～2回を行う。照射後は翌日に照射した箇所を確認し、足りない場合は追加の照射をした。

ピンポイント照射の場合も事前に過酸化水素水を塗布し、その後、3 mm～1 cmの照射径で1～3分程度照射した。図像のある範囲は紫外線照射を避け、無地の漆

喰部分のみこの作業で処置した [Fig. 4-27]。また、箇所によって補助的に次亜塩素酸ナトリウム1%水溶液を塗布した。

2.2.2 溶菌酵素使用の検討

溶菌酵素は、高松塚古墳壁画でも効果が確認されていた耐熱性酵素研究所製の Enzyme Mixture CTB-1（エンザイムミクスチャー CTB1）（コード名：EMCTB-01）（以下、EMCTB-1）を中心に用いた。この酵素については修理材料、顔料に影響のないことを確認していた⁴⁻¹。

酵素液は、それぞれ1%濃度に希釈し、60℃に設定した恒温器で温めながら使用した。

1) 方法

酵素液を筆で滴下後、60℃の水を滴下し、バイオフィームが膨潤するまで静置後、針や筆で除去した [Fig. 4-28]。

2) 結果

キトラ古墳壁画に表面に生成しているバイオフィームについては、EMCTB-1で除去が可能であった。

溶菌酵素 EMCTB-1 は、細胞壁の構成成分である β -1,3 グルカンとキチンを分解することで、バイオフィームを分解する。フノリ、MC には影響はないことが明らかになっている。特に南壁に多い茶褐色のバイオフィームは、EMCTB-1 が非常に効果的であった [Fig. 4-29～4-36]。

註

4-1. 佐藤嘉則, 木川りか, 貴田啓子, 川野邊渉, 早川典子: 高松塚・キトラ古墳壁画上の微生物汚れの除去 — 酵素の選抜とその諸性質 —, 保存科学 57, pp.11-21(2018)



Fig. 4-27 紫外線照射により色素を分解し、酵素を使用してバイオフィームを物理的に除去



Fig. 4-28 顕微鏡下でのクリーニング処置作業



Fig. 4-29 クリーニング処置前（バイオフィームに引っ張られて表面が剝離し、下層の白い漆喰が見えている。）



Fig. 4-30 クリーニング処置後（バイオフィームの除去と同時に、剥落止めを行った。）

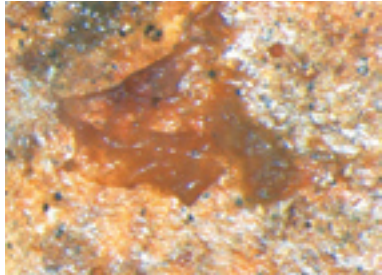


Fig. 4-31 クリーニング処置中 エンザイムミクスチャーの原液を塗布（バイオフィームのゲル層と漆喰層の間にしみこみ、ゲル層が膨潤している様子。）

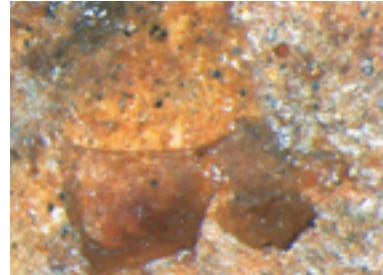


Fig. 4-32 クリーニング処置中（バイオフィームのゲル層を針・筆でめくり上げた様子。）



Fig. 4-33 朱雀の羽部分、クリーニング処置前



Fig. 4-34 朱雀の羽部分、クリーニング処置後



Fig. 4-35 朱雀の頭部、クリーニング処置前



Fig. 4-36 朱雀の頭部、クリーニング処置後

第5章 再構成終了以前の壁画公開

1. 壁画の公開記録

修復中の壁画の一部は、仮額装の形態で7回展示された。以下が展示の記録である。

展覧会名	期間	開催場所	展示内容
春季特別展「キトラ古墳と発掘された壁画たち」	平成18年(2006) 5月12日～28日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	四神「白虎」
春季特別展「キトラ古墳壁画 四神 玄武」	平成19年(2007) 5月11日～27日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	四神「玄武」
春季特別展「キトラ古墳壁画 十二支 一子・丑・寅」	平成20年(2008) 5月9日～25日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	十二支像「子」「丑」「寅」、 復元大刀ほか
春季特別展「キトラ古墳壁画 四神 一青龍 白虎」	平成21年(2009) 4月17日～6月21日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	四神「青龍」「白虎」
春季特別展 「キトラ古墳壁画 四神」	平成22年(2010) 5月15日～6月13日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	四神「朱雀」「青龍」 「白虎」「玄武」
「発見30周年記念 キトラ古墳壁画特別公開」	平成26年(2014) 1月17日～26日	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所飛鳥資料館	四神「白虎」「玄武」、壁画 撮影に使用した機材、壁画取 り外しに使用した道具など
特別展「キトラ古墳壁画」	平成26年(2014) 4月22日～5月18日	独立行政法人国立文化財機構 東京国立博物館本館特別5室	四神「朱雀」「白虎」「玄武」、 十二支「子」「丑」副葬品等

2. 公開時の額装

取り外した壁画のうち青龍・白虎・朱雀・玄武の四神と、十二支の子・丑・寅については、仮額装をし、展示が可能な状態とした。

2.1. 額装の構造

基本の構造は、再構成と同様に4章1.1にある漆喰の強化(MC、パラロイドTMB72)とポリアリレート繊維による補強まで終了したものをロハセル[®]とカーボンファイバーのハニカムボードに貼付するという処置から成り、これを額内に収めた。額は桜材を使用した。また、漆喰片の周辺は解体時にメスが入る程度の空隙を保ち、ロハセル[®]をマット材として使用した。

この装丁は白虎をはじめとして、展示される対象となったものすべてに行った。



Fig. 5-1 青龍の額装された状態



Fig. 5-2 白虎の額装された状態



Fig. 5-3 朱雀の額装された状態



Fig. 5-4 玄武の額装された状態



Fig. 5-5 子の額装された状態



Fig. 5-6 丑の額装された状態



Fig. 5-7 寅の額装された状態

2.2. 額装の解体

平成 26 年（2014）6 月 3 日、5 日にすべての額装の解体を行った。解体方法を以下に示す [Fig. 5-8～5-11]。解体後の漆喰片は、すべて再構成した。額装の構造は、

基本的に再構成で用いた台と同じである。ここに記す額装の解体方法は、将来的に再構成した壁画を再修理する際に解体することが必要になった場合にも有効である。

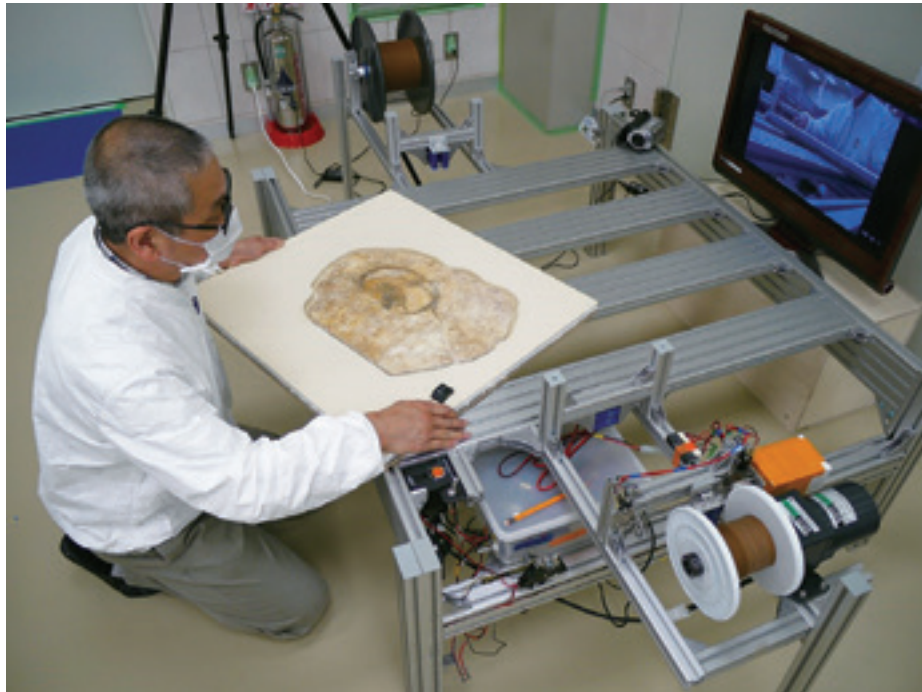


Fig. 5-8

① 額装の木枠から壁画を貼り付けたハニカムボードを外し、今回の作業のために作製した台に設置した。



Fig. 5-9

② 壁画の下に貼り付けたロハセル®の層にダイヤモンドワイヤーを通すことで、ハニカムボードから切り離れた（事前に安全な高さを計り、ワイヤーを固定している）。

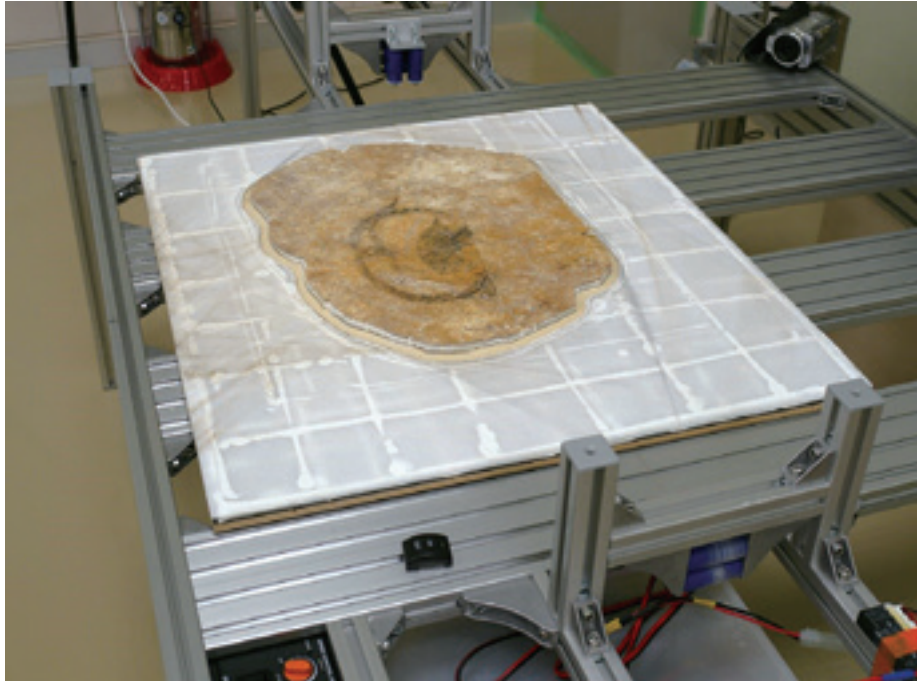


Fig. 5-10

③ 壁画周辺の無地部分を取り外したところ（この時点で壁画とハニカムボードの間にもワイヤーが通り、下地から外れている）。

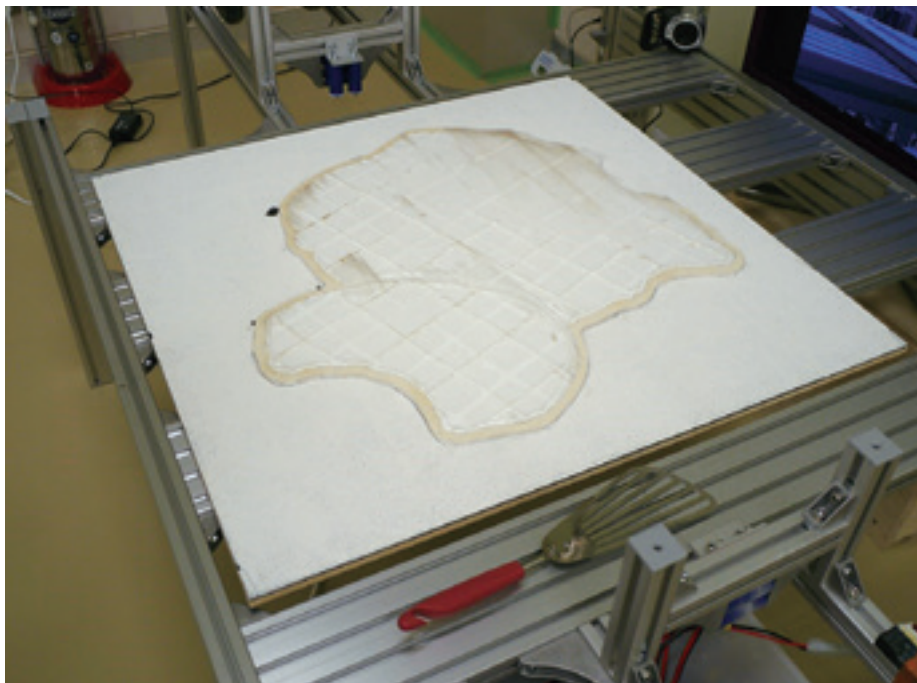


Fig. 5-11

④ 壁画を額装するために裏に貼り付けていたハニカムボードを外したもの（白虎）。白虎の裏には、西壁壁画の一部として再構成する際に、改めて他の壁画片と高さを合わせた新しい口ハセル[®]を貼りつけている。

第6章 壁画調査記録

キトラ古墳壁画の取り外し後から再構成までに行われた主な分析科学調査の記録を、以下に簡潔に記載する。

1. 蛍光X線分析

調査の概要

キトラ古墳壁画再構成前の蛍光X線分析では、図像周辺の鉛分布状況を高松塚古墳壁画と比較するために、壁画面をメッシュ状に測定した。

分析条件

携帯型成分分析計（Rigaku社製、NITON XLt-500）を用いて、以下の表の条件で蛍光X線分析を行った。分析機器の操作はすべて測定フレームの外から行い、壁画面上での作業を行うことなく安全に測定できるように工夫した。

対象壁画	調査日	管電圧 (kV)	管電流 (mA)	照射時間 (秒)	照射径 (mm)	照射距離 (mm)	測定点数	測定間隔
白虎	平成24年(2012) 2月27日	40	Auto	60	10	7	85	5.0 cm ピッチ
青龍	平成24年(2012) 2月28日	40	Auto	60	10	7	83	5.0 cm ピッチ
玄武	平成24年(2012) 9月11日	40	Auto	60	10	7	66	5.0 cm ピッチ
十二支寅	平成25年(2013) 3月13日	40	Auto	60	10	7	51	2.5 cm ピッチ
朱雀	平成25年(2013) 9月9日	40	Auto	60	10	7	178	2.5 cm ピッチ

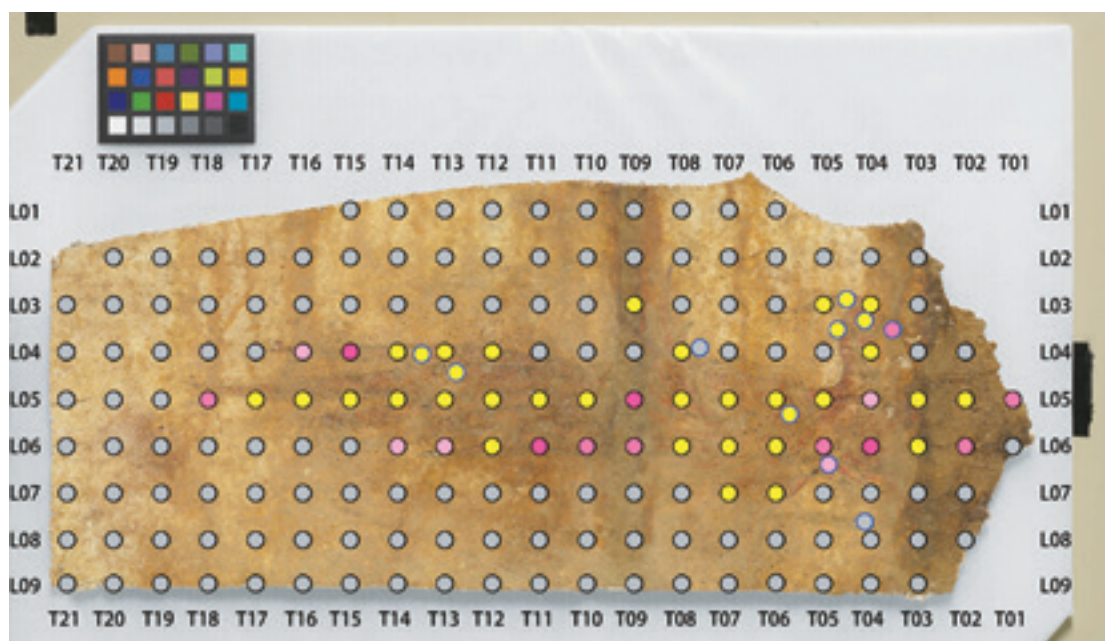


Fig. 6-1 朱雀：測定箇所と水銀（Hg）の検出強度の一例

2. X線撮影

調査の概要

泥に転写された午の構造調査と、泥に覆われている可能性のある辰・巳・申の凶像の存否を確認するため、X線撮影による調査を実施した。また、これらの撮影結果との比較を行うために、泥に覆われていない戌のX線撮影も実施した。

分析条件

X線照射装置（ソフテックス社製、可搬型X線管球「K-II」）を用いて、管電圧30 kV、管電流3 mA、照射時間30秒、照射距離120cmの条件で撮影を行った。富士フイルム社製のイメージングプレート（43.0 cm × 35.4 cm）で撮影を行い、現像装置（FCRシステム）を用いて現像した。このようにして、ピクセルサイズが100 μm × 100 μmのX線画像として記録した。

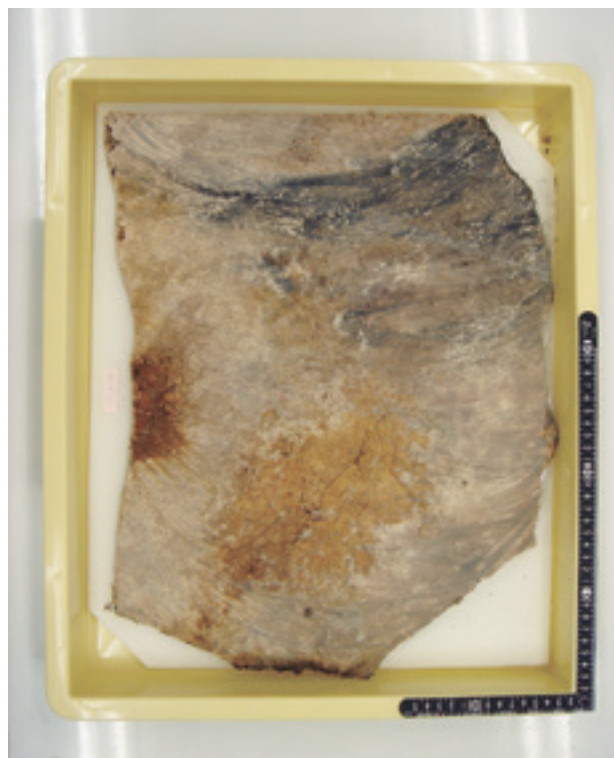


Fig. 6-2 (a) 全体像（裏側、スケール入り）



Fig. 6-2 (b) X線透過撮影を行った部分の可視画像

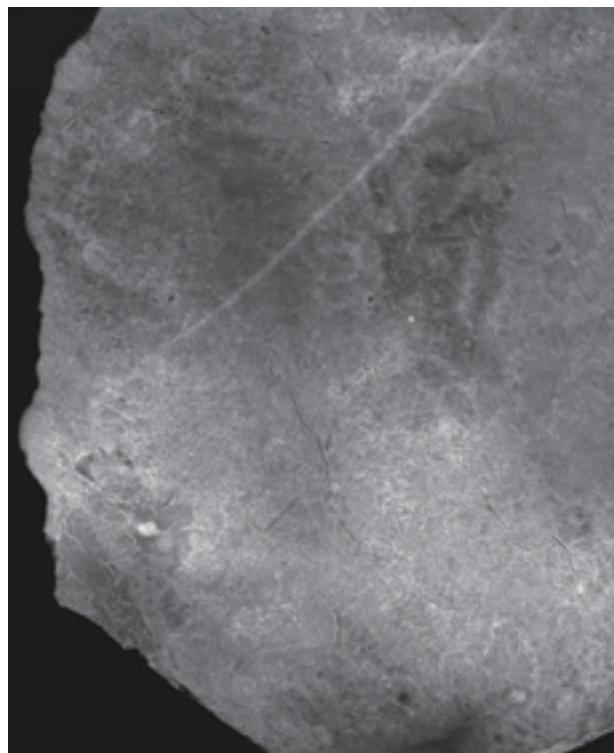


Fig. 6-2 (c) X線透過画像

Fig. 6-2 辰が残存している可能性のある漆喰片（平成22年 [2010] 12月3日撮影）



Fig. 6-3 (a) 全体像（裏側、スケール入り）



Fig. 6-3 (b) X線透過撮影を行った部分の可視画像

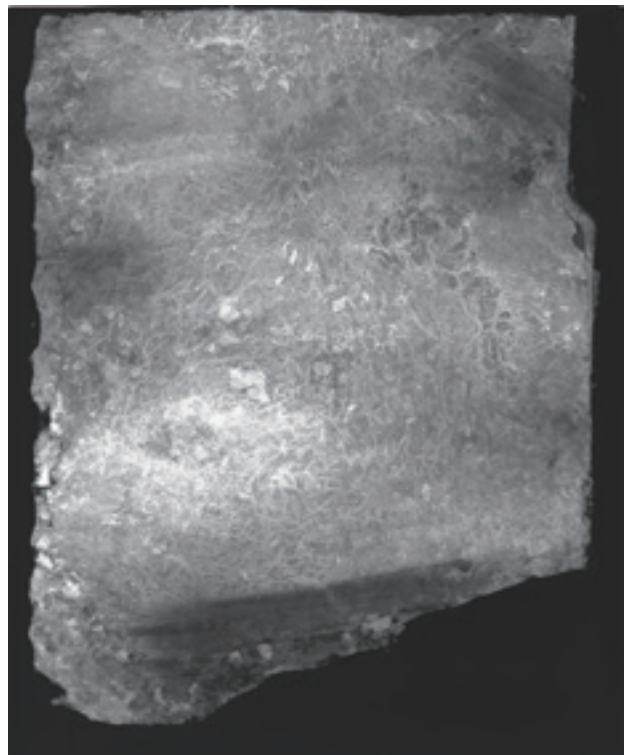


Fig. 6-3 (c) X線透過画像

Fig. 6-3 巳が残存している可能性のある漆喰片（平成22年〔2010〕12月3日撮影）

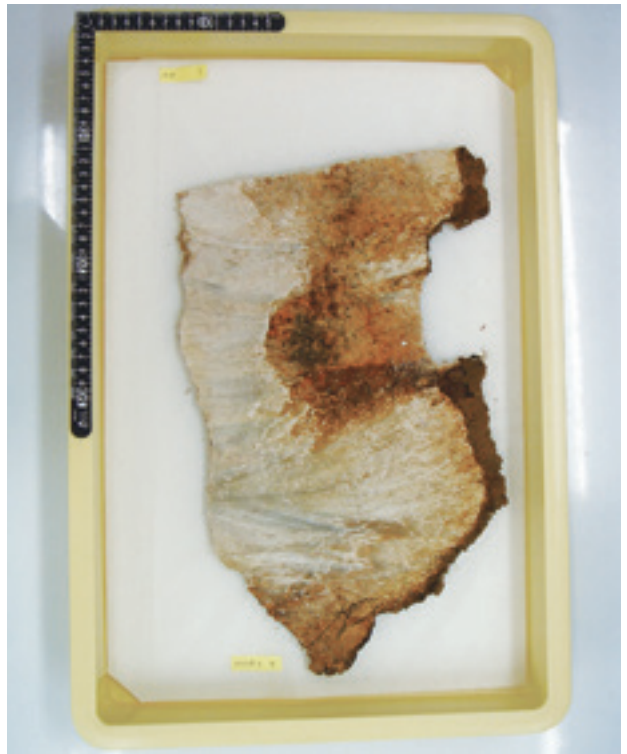


Fig. 6-4 (a) 全体像（裏側、スケール入り）



Fig. 6-4 (b) X線透過撮影を行った部分の可視画像

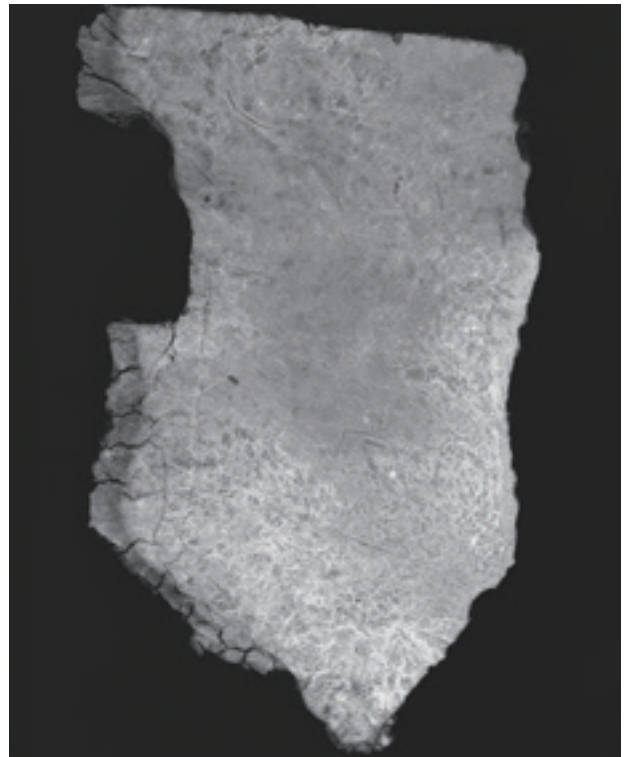


Fig. 6-4 (c) X線透過画像

Fig. 6-4 申が残存している可能性のある漆喰片（平成22年〔2010〕12月3日撮影）



Fig. 6-5 (a) 可視画像

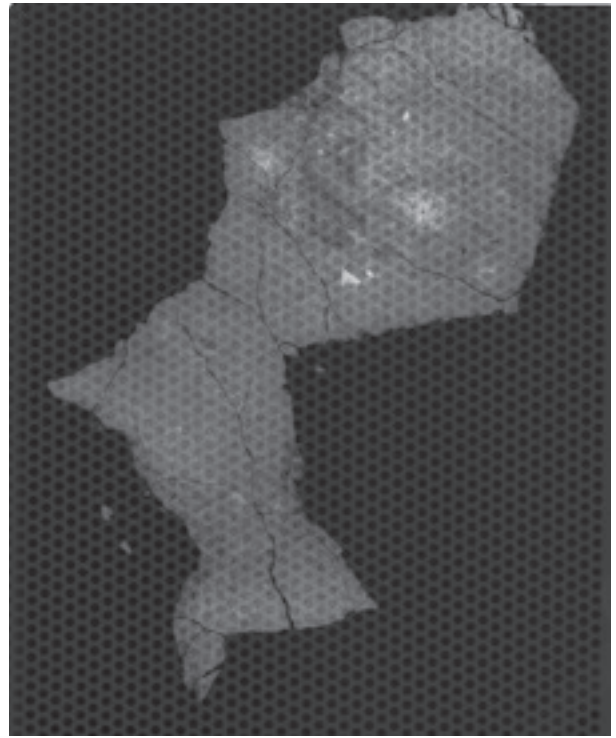


Fig. 6-5 (b) X線透過画像

Fig. 6-5 漆喰上で確認できる戌像（平成 22 年 [2010] 11 月 11 日撮影）



Fig. 6-6 (a) 可視画像

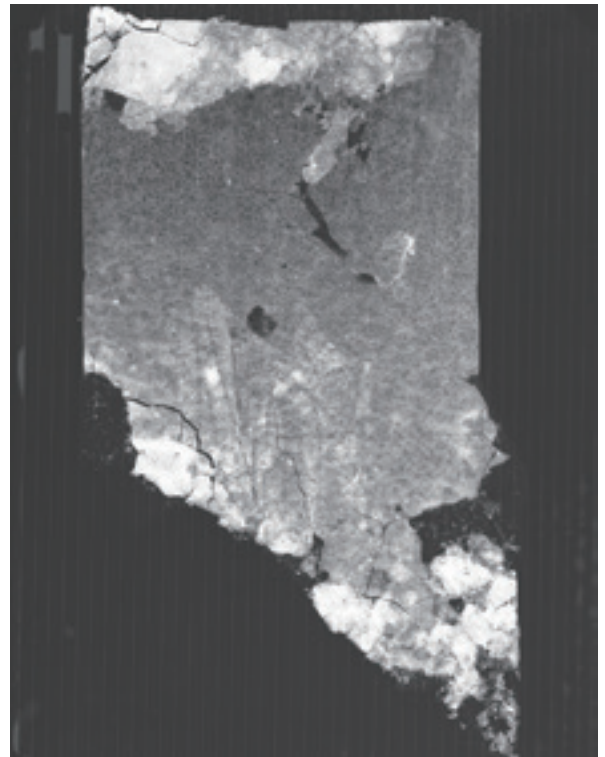


Fig. 6-6 (b) X線透過画像

Fig. 6-6 泥に転写された午像（平成 22 年 [2010] 12 月 3 日撮影）

3. 蛍光 X 線分析による泥に覆われた図像の調査

調査の概要

キトラ古墳壁画の十二支像のうち、泥に覆われている可能性のある辰・巳・申の図像の存否を確認するために、蛍光 X 線分析による調査を実施した。

分析条件

辰と申が描かれている可能性のある漆喰片については令和 2 年（2020）12 月 17 日に、巳が描かれている可能性のある壁画片については令和 3 年（2021）8 月 11 日に分析調査を実施した。BRUKER 社製ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置（Tracer5i）を用いて、図像が描かれていると推定される位置を中心に、縦横 2 cm 間隔で分析箇所を設定した。分析条件は以下の通りである。

- 管電圧・管電流：40 kV・20 μ A
- X 線照射径： ϕ 8 mm
- 測定時間：120 秒
- 測定ヘッド：壁画間距離：約 5 mm

結果

Fig. 6-7 に辰における Hg が検出されなかった箇所と検出された箇所を得られた典型的な蛍光 X 線スペクトルを示す。これらのスペクトルからバックグラウンドを考慮し、Hg の信号強度を算出した。このようにして得られた信号強度の大きさに応じて色分けをして、辰・申・巳についてそれぞれ Fig. 6-8 (a)、(b)、(c) に信号強度の分布を示す。

辰では Hg に帰属する強い信号が 2 ヶ所から検出された。申では、辰の 2 ヶ所と同レベルの信号強度を示す箇所は無かったが、Hg が検出された箇所は辰よりも広く分布していた。

巳では約 10 cm 四方の広がりを持って強度が高い Hg の信号が検出された。以上の結果から、辰・巳・申について図像の存在の可能性が示された。

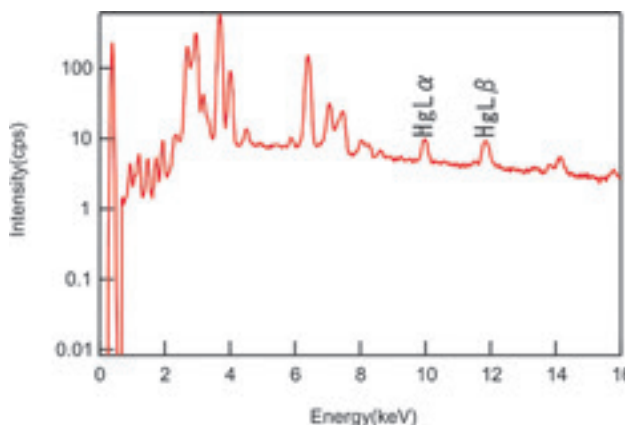


Fig. 6-7 (a) Hg が検出されなかった箇所（1）のスペクトル

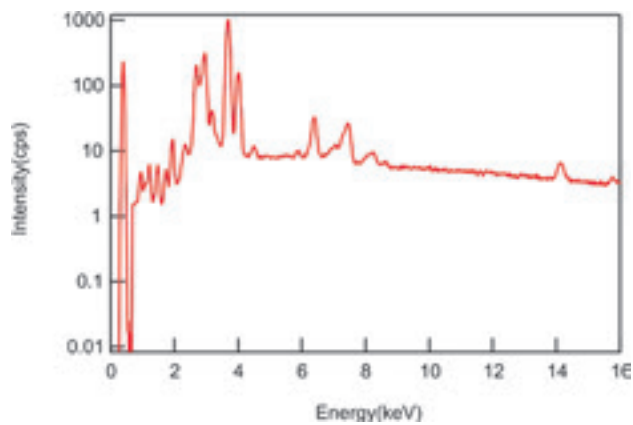


Fig. 6-7 (b) Hg が検出された箇所（7）の典型的なスペクトル

Fig. 6-7 蛍光 X 線スペクトルの例



Fig. 6-8 (a) 辰



Fig. 6-8 (b) 中

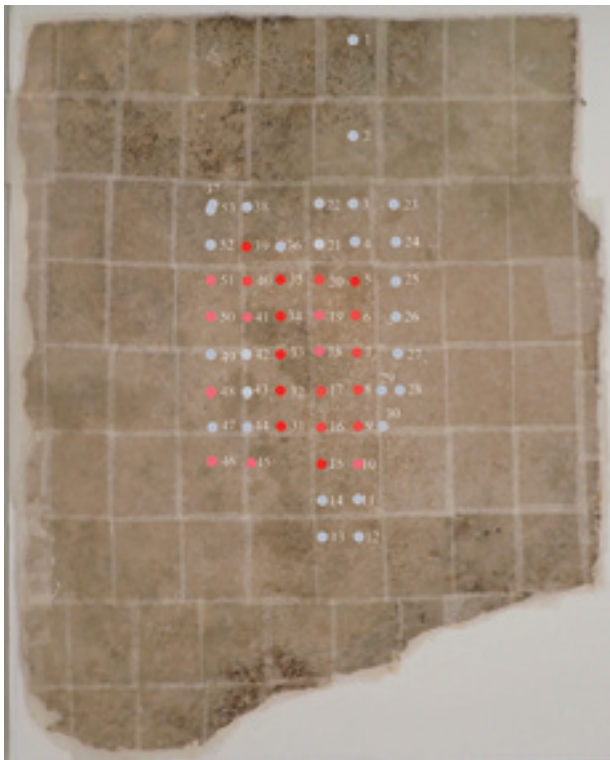


Fig. 6-8 (c) 巳

Fig. 6-8 十二支が描かれている可能性のある壁画片でのHgによる信号強度の分布



関 連 資 料

1. 画像記録
 - 1.1 取り外し前の壁面
 - 1.2 取り外し後の石室内
 - 1.3 修理完了後の壁画
2. 図面
 - 2.1 初期損傷図面
 - 2.2 漆喰片取り外し図面
3. 修理作業工程表
4. 参考文献目録

1. 画像記録

1-1. 取り外し前の壁面



東壁



西壁



南壁



北壁

(東)



(西)

天井 (他壁と比較して画像サイズ90%縮小)

1-2. 取り外し後の石室内



(天井)

(床)

東壁

(天井)



(床)

西壁



(東)

(西)

南壁

(西)



(東)

北壁

(東)



(西)

天井 (他壁と比較して画像サイズ90%縮小)

(西)



(東)

床面 (他壁と比較して画像サイズ90%縮小)

1-3. 修理完了後の壁画



東壁 治具内寸：縦 1170 mm × 横 2430 mm × 厚さ 65 mm



西壁 治具内寸：縦 1170 mm × 横 2430 mm × 厚さ 65 mm



南壁 治具内寸：縦 1170 mm × 横 1070 mm × 厚さ 65 mm



北壁 治具内寸：縦 1170 mm × 横 1070 mm × 厚さ 65 mm

(東)



(西)

天井 治具内寸：縦 1240 mm × 横 1750 mm × 厚さ 160 mm

2. 図面

2-1. 初期損傷図面



東壁

凡例（東西南北の壁）

青色の実線：粉状化している部分

桃色：平成16年（2004）7月8日に剥離が確認された部分、または剥離が疑われた部分

黄色：同年9月14日に剥離が確認された部分

赤色：同年7月8日に剥離が疑われ、9月14日に剥離が確認された部分



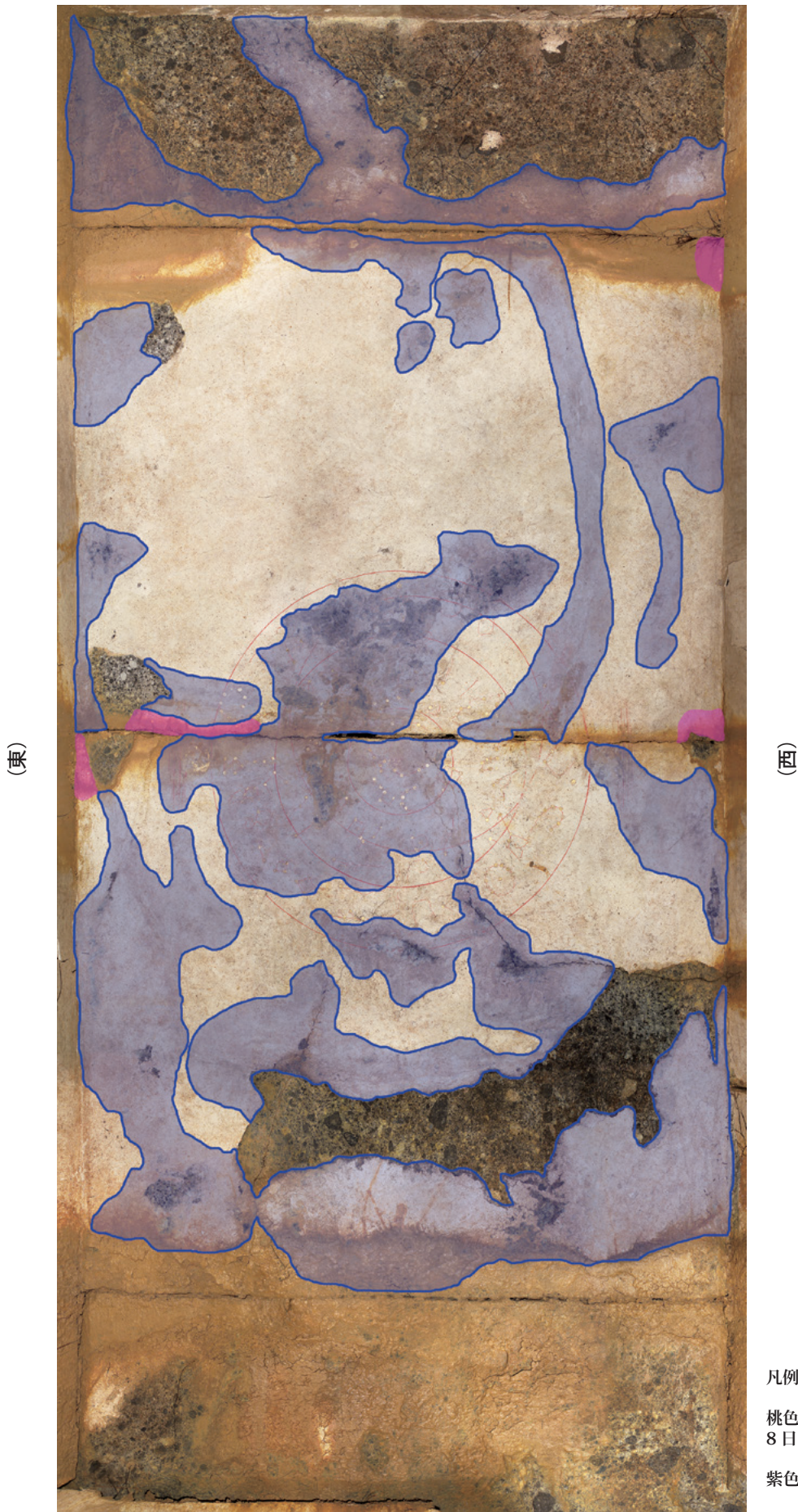
西壁



南壁



北壁



(東)

(西)

凡例 (天井)

桃色: 平成 16 年 (2004) 7 月
8 日に剝離が確認された部分

紫色: 粉状化している部分

天井 (他壁と比較して画像サイズ 90%縮小)

2-2. 漆喰片取り外し図面



東壁



西壁



南壁

※ 漆喰片 050614 (午) の周囲の漆喰片 4 点、050902-1、050902-2、050902-3、050902-4 は壁からの取り外しの後、分割した。破線は分割の線を示す。



北壁

(東)



(西)

天井

(東)



(西)

- | | |
|--------------|------------|
| ① 070063 | ⑩ 071106-4 |
| ② 070066-1 | ⑪ 071106-5 |
| ③ 070809-3 | ⑫ 071107-1 |
| ④ 070809-4 | ⑬ 071107-3 |
| ⑤ 070809-5 | ⑭ 071107-4 |
| ⑥ 070809-6 | ⑮ 071107-5 |
| ⑦ 070826-1 | ⑯ 071107-6 |
| ⑧ 070826-2 | ⑰ 071107-7 |
| ⑨ 070826-3 | ⑱ 071107-8 |
| ⑩ 070826-4 | ⑲ 071107-9 |
| ⑪ 070827-3 | ⑳ 071126-1 |
| ⑫ 070827-4 | ㉑ 071126-2 |
| ⑬ 070827-5 | ㉒ 071126-3 |
| ⑭ 070827-6-1 | ㉓ 071127-1 |
| ⑮ 070827-6-2 | ㉔ 071127-4 |
| ⑯ 070827-7 | ㉕ 080408-1 |
| ⑰ 070827-8 | ㉖ 080625-8 |
| ⑱ 071106-1 | ㉗ 080627-3 |
| ㉒ 071106-2 | |
| ㉓ 071106-3 | |

- | | |
|------------|-------------|
| ㉔ 070809-1 | ㉕ 080627-4 |
| ㉖ 070809-2 | ㉗ 080602-1 |
| ㉘ 070827-2 | ㉙ 080602-4 |
| ㉚ 071024-1 | ㉛ 080602-5 |
| ㉜ 071024-2 | ㉝ 080625-2 |
| ㉞ 071024-3 | ㉟ 080625-5 |
| ㊱ 071024-4 | ㊲ 080625-7 |
| ㊳ 071024-5 | ㊴ 080625-9 |
| ㊵ 071024-6 | ㊶ 080625-10 |
| ㊷ 071024-7 | ㊸ 080625-2 |
| ㊹ 071024-8 | ㊺ 081030-1 |
| ㊻ 080424-1 | ㊼ 081030-2 |
| ㊽ 080611-3 | ㊾ 081030-3 |
| ㊿ 080612-1 | ㋀ 081030-4 |
| ㋁ 080612-7 | ㋂ 081030-6 |
| ㋃ 080710-1 | ㋄ 081030-7 |
| ㋅ 080710-4 | ㋆ 081030-8 |
| ㋇ 080711-1 | ㋈ 081030-9 |
| ㋉ 080721-2 | ㋊ 081031-1 |
| ㋋ 080721-5 | ㋌ 081031-2 |
| ㋍ 080721-6 | ㋎ 081031-3 |
| ㋏ 080721-9 | ㋐ 081125-1 |
| ㋑ 080821-3 | ㋒ 081125-1 |

天井（中央部分 天文図）

※ 漆喰片が小さく番号が記入できないものは、北側に□番号を、南側に○番号をふった。

3. 修理事業工程表

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 14 年度 2002 年度	8 月	キトラ古墳仮設保護覆屋 竣工					
		調査					
平成 15 年度 2003 年度	1 月	保存環境調査					
	2 月	壁画保存調査					
	3 月	壁画保存調査、カビ点検・ 処置					
平成 16 年度 2004 年度	4 月	壁画保存調査、カビ点検・ 処置					
	5 月	壁画保存調査 進入口設置					
	6 月	応急処置（壁画養生）、 カビ点検・処置 防護壁設置／発掘					
	7 月	応急処置（壁画養生）、 カビ点検・処置					
	8 月	青龍・戌：取り外し		青龍：取り外し (11日)	戌：取り外し (4日)		
	9 月	白虎：取り外し			白虎：取り外し (7日)		
	10 月				無地部分：取り 外し		
	11 月	カビの定期点検開始					
	12 月						
	1 月						
	2 月					無地部分：取り 外し	
	3 月	石室外面加工痕型取り			無地部分：取り 外し		

凡例

	図像が含まれる漆喰片の取り外しを行った月は、赤色のセルとする。
	無地部分の漆喰片の取り外しを行った月は、紫色のセルとする。 (図像が含まれる漆喰片の取り外しを同月に行った場合は、赤色のセルとする。)

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 17 年度 2005 年度	4 月	HPC シート作製（東京文化財研究所にて）			無地部分：取り外し		
	5 月	白虎前足：取り外し			白虎前足：取り外し（24 日）		
	6 月	南壁下部（午）：取り外し、奈良文化財研究所にて、取り外し漆喰片の安定化処置開始				南壁下部（午）：取り外し（14 日）	
	7 月	午漆喰片：除去処置			無地部分：取り外し	午漆喰片：除去処置	
	8 月				無地部分：安定化処置開始		
	9 月	奈良文化財研究所にて、安定化処置開始		無地部分：安定化処置開始	白虎：安定化処置開始		
	10 月	丑：取り外し 亥：取り外し		無地部分：取り外し			亥：取り外し（28 日） 丑：取り外し（31 日）
	11 月	子・亥・玄武：取り外し					子：取り外し（9、10 日） 玄武：取り外し（28、29 日） 亥：取り外し（30 日）
	12 月			無地部分：取り外し			
	1 月	ワイヤーソー作製開始		無地部分：取り外し			
	2 月						
	3 月			青龍：安定化処置開始			
平成 18 年度 2006 年度	4 月				白虎：公開準備 無地部分：取り外し		
	5 月	白虎：初公開			白虎：初公開		
	6 月	模擬漆喰・ワイヤーソー実験					無地部分：安定化処置開始
	7 月	模擬漆喰・ワイヤーソー実験					
	8 月	模擬漆喰・ワイヤーソー実験					
	9 月	透明画面養生作製					玄武：安定化処置開始
	10 月	透明画面養生作製					
	11 月	ワイヤーソー使用開始		無地部分：取り外し			
	12 月	寅：取り外し		寅：取り外し（13 日）		無地部分：取り外し	
	1 月					無地部分：取り外し	
	2 月					朱雀：取り外し（14 日）	
	3 月						

※ 平成 26 年 4 月に東京国立博物館で開催された展覧会「特別展 キトラ古墳壁画」を除くすべての壁画公開は、飛鳥資料館にて行われた。
 ※ 平成 17 年から平成 22 年度の間、取り外した後の漆喰片には続いて安定化処置を施した（表中記載省略）。

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 19 年度 2007 年度	4 月			無地部分：取り外し			玄武：額装
	5 月	玄武：初公開		無地部分：取り外し	無地部分：取り外し		玄武：初公開
	6 月			無地部分：取り外し			
	7 月	天井：取り外し開始	天文図：取り外し				
	8 月	東京文化財研究所ロビー展示	天文図：取り外し				無地部分：取り外し
	9 月		天文図：取り外し	寅：安定化処置開始			子・丑：安定化処置開始
	10 月		天文図：取り外し			朱雀：安定化処置開始	
	11 月		天文図：取り外し				
	12 月	漆喰片を現地から奈良文化財研究所へ輸送（18 日）	無地部分：取り外し		無地部分：取り外し		
	1 月		日像・天文図：取り外し			無地部分：取り外し	
	2 月	漆喰片を現地から奈良文化財研究所へ輸送（13 日）	月像周辺：取り外し				
	3 月		天文図：取り外し				
平成 20 年度 2008 年度	4 月	漆喰片の保管場所を奈良文化財研究所から高松塚古墳壁画仮設修理施設へ変更し、すべての漆喰片を移動（16 日）	月像・天文図：取り外し	寅：額装			子・丑：額装
	5 月	子・丑・寅：初公開		寅：初公開			子・丑：初公開 無地部分：取り外し
	6 月		天文図：取り外し				
	7 月		天文図：取り外し				
	8 月		天文図：取り外し				
	9 月		天文図：取り外し			無地部分：安定化処置開始	
	10 月		天文図：取り外し				
	11 月		天文図：取り外し完了（26 日）				
	12 月		無地部分：取り外し				
	1 月		無地部分：取り外し				
	2 月	漆喰片を現地から高松塚古墳壁画仮設修理施設へ輸送（6 日）	無地部分：取り外し				
	3 月	(UV 殺菌灯使用開始)	無地部分：取り外し				

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 21 年度 2009 年度	4 月			青龍：額装			
	5 月	集中取り外し 青龍：初公開	無地部分：取り 外し	青龍：初公開	無地部分：取り 外し		
	6 月	集中取り外し	無地部分：取り 外し				
	7 月						
	8 月	漆喰片を現地から高松塚 古墳壁画仮設修理施設へ 輸送（26 日）					
	9 月						
	10 月	集中取り外し	無地部分：取り 外し				
	11 月	集中取り外し	無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し		無地部分：取り 外し
	12 月	集中取り外し		無地部分：取り 外し			無地部分：取り 外し
	1 月						
	2 月	漆喰片を現地から高松塚 古墳壁画仮設修理施設へ 輸送（6 日）					
	3 月						
	平成 22 年度 2010 年度	4 月	集中取り外し		無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	朱雀：額装
5 月		集中取り外し 朱雀：初公開		無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	朱雀：初公開	
6 月							
7 月							
8 月			無地部分：安定 化処置開始				
9 月							
10 月		集中取り外し（～11 月）	無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	無地部分：取り 外し	北壁漆喰片：取り 外し完了（28 日）
11 月		取り外し作業完了 漆喰片を現地から高松塚 古墳壁画仮設修理施設へ 輸送（23 日）	天井漆喰片：取り 外し完了（22 日）	東壁漆喰片：取り 外し完了（18 日）	西壁漆喰片：取り 外し完了（22 日）	南壁漆喰片：取り 外し完了（22 日）	
12 月							
1 月							
2 月							
3 月			天井保存台作製				
平成 23 年度 2011 年度		4 月	漆喰片安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	5 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	6 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	7 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	8 月		天文図：安定化 処置開始	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	9 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	10 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	11 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	12 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	1 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	2 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	3 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 24 年度 2012 年度	4 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	5 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	6 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	7 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	8 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	9 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	10 月		安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	11 月		安定化処置、保 存台上での再構 成開始	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	12 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	1 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	2 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	3 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
平成 25 年度 2013 年度	4 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	5 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	6 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	7 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	8 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	9 月		安定化処置、再 構成	安定化処置 青龍：額装解体	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	10 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	11 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	12 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置	安定化処置	安定化処置
	1 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置		
	2 月		安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置		
	3 月	特別展準備、壁画搬出	安定化処置、再 構成	安定化処置	安定化処置		
	平成 26 年度 2014 年度	4 月	特別展 キトラ古墳壁画 (東京国立博物館)	安定化処置、再 構成	安定化処置、保 存治具上再構成 開始		
5 月			安定化処置、再 構成	安定化処置、再 構成	白虎：点検	朱雀：点検	玄武・子・丑： 点検
6 月			再構成	再構成			
7 月			再構成	再構成			
8 月			再構成	再構成	保存治具上再構 成開始		
9 月				再構成	安定化処置、再 構成		安定化処置、保存 治具上再構成開始
10 月				再構成	再構成		再構成
11 月				再構成	再構成		再構成
12 月					再構成		再構成
1 月				再構成	再構成		再構成
2 月					再構成		再構成
3 月					再構成	朱雀：点検、 剥落止め	再構成

年	月	全体	天井	東壁	西壁	南壁	北壁
平成 27 年度 2015 年度	4 月		UV クリーニング	再構成		安定化処置、保存 治具上再構成開始	再構成、酵素ク リーニング
	5 月		UV クリーニング	酵素クリーニング		安定化処置、再 構成	再構成、酵素ク リーニング
	6 月		UV、次亜塩素酸 クリーニング			再構成	再構成、酵素ク リーニング
	7 月		次亜塩素酸 クリーニング	酵素クリーニング		再構成	酵素クリーニング
	8 月		次亜塩素酸 クリーニング	酵素クリーニング		再構成	酵素クリーニング
	9 月		次亜塩素酸 クリーニング	酵素クリーニング		再構成	酵素クリーニング
	10 月			酵素クリーニング		再構成	酵素クリーニング
	11 月			酵素クリーニング		朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング
	12 月			酵素クリーニング		朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング
	1 月			酵素クリーニング		朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング
	2 月			酵素クリーニング	酵素クリーニング	朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング
	3 月			酵素クリーニング	酵素クリーニング	朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング
	平成 28 年度 2016 年度	4 月		補彩	酵素クリーニング UV クリーニング 次亜塩素酸クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング 次亜塩素酸クリ ーニング	朱雀：酵素クリ ーニング
5 月			補彩	酵素クリーニング UV クリーニング 次亜塩素酸クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング	朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング
6 月			UV クリーニング 補彩	酵素クリーニング UV クリーニング 補彩	酵素クリーニング UV クリーニング 補彩	朱雀：酵素クリ ーニング	酵素クリーニング UV クリーニング
7 月			補彩	酵素クリーニング 補彩	補彩	再構成（朱雀の 貼り込み）、朱雀： 酵素クリーニング 、補彩	酵素クリーニング 補彩
8 月		壁画の保管場所を高松塚 古墳壁画仮設修理施設か ら四神の館に変更し、再 構成の完了した壁画を移 動（24 日）	補彩、壁画移動	酵素クリーニング 補彩	補彩、壁画移動	UV クリーニング 補彩、壁画移動	酵素クリーニング 補彩
9 月		四神の館 開館（24 日）		メンテナンス			メンテナンス
10 月				メンテナンス			メンテナンス
11 月				メンテナンス			メンテナンス
12 月		壁画移動（7 日）		壁画移動			壁画移動
1 月		一般公開					
2 月							
3 月							

4. 参考文献目録

(著者、記事名、書籍名、号数、頁、出版社、発行年)

1. 書籍・図録、2. 報告書、3. 定期刊行物、4. 学術論文、5. 学会発表、6. リーフレット

1. 書籍・図録

- ・梶谷亮治、キトラ古墳、高松塚古墳の壁画、飛鳥むかしむかし 飛鳥誕生編、朝日選書 949、朝日新聞出版、2016
- ・キトラ古墳と天の科学、飛鳥資料館開館 40 周年記念 平成 27 年度秋期特別展「キトラ古墳と天の科学」、飛鳥資料館図録第 63 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2015
- ・文化庁、東京国立博物館、奈良文化財研究所、朝日新聞社編集、特別展 キトラ古墳壁画、朝日新聞社、2014
- ・キトラ古墳壁画四神、飛鳥資料館図録第 52 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2010
- ・キトラ古墳壁画四神—青龍白虎—、飛鳥資料館図録第 50 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2009
- ・キトラ古墳壁画十二支—子・丑・寅—、飛鳥資料館図録第 48 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2008
- ・キトラ古墳壁画四神玄武、飛鳥資料館図録第 46 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2007
- ・キトラ古墳と発掘された壁画たち、飛鳥資料館図録第 45 冊、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所飛鳥資料館、2006
- ・明日香村教育委員会文化財課編集、飛鳥の古墳～飛鳥の黄泉の世界～飛鳥の考古学図録②、明日香村教育委員会文化財課、2004

2. 報告書

- ・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所編、特別史跡キトラ古墳環境整備事業報告書、文化庁 独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2019
- ・奈良文化財研究所編、キトラ古墳天文図星座写真資料、奈良文化財研究所研究報告第 16 冊、文化庁、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2016
- ・奈良文化財研究所編、キトラ古墳壁画フォトマップ資料、文化庁、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2011
- ・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所編、特別史跡 キトラ古墳発掘調査報告、文化庁、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、奈良県立橿原考古学研究所、明日香村教育委員会、2008
- ・三浦定俊、古墳壁画の保存環境に関する研究 研究課題番号 17206060 基盤研究 (A) 研究成果報告書、2008
- ・三浦定俊編、古墳壁画の保存環境に関する研究、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2006
- ・独立行政法人文化財研究所、奈良文化財研究所、保存科学研究集会 2005 保存科学における諸問題—キトラ・高松塚古墳壁画の保存科学と修理—、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所埋蔵文化財センター・保存修復科学研究室、2005
- ・独立行政法人文化財研究所 東京文化財研究所保存科学部、古墳や洞窟内の水分の影響と保存対策、平成 15 年度、文化財保存修復研究協議会、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2005

3. 定期刊行物

3-1. 月刊文化財

- ・文化庁、口絵解説 文部科学省 情報ひろば 文化展示室 風景、

- 月刊文化財、663、pp.1-2、第一法規株式会社、2018
- ・建石徹、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 特集にあたって、月刊文化財、649、pp.4-6、第一法規株式会社、2017
- ・早川典子、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 キトラ古墳壁画の保存修復報告、月刊文化財、649、pp.7-10、第一法規株式会社、2017
- ・石橋茂登・宇田川滋正、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 「キトラ古墳壁画体験館 四神の館」の開館とその後の活動、月刊文化財、649、pp.11-14、第一法規株式会社、2017
- ・脇谷草一郎・和田浩、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 コラムキトラ古墳壁画の輸送、月刊文化財、649、pp.15-16、第一法規株式会社、2017
- ・青木達司、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 特別史跡キトラ古墳の整備、月刊文化財、649、pp.17-18、第一法規株式会社、2017
- ・内田和伸、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 コラム 乾拓板を利用したキトラ古墳の活用、月刊文化財、649、p.19、第一法規株式会社、2017
- ・松本浩、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 飛鳥地域における国営公園の歴史的風土の保存・活用に関する取り組み—キトラ古墳周辺地区の開園を事例として—、月刊文化財、649、p.20-21、第一法規株式会社、2017
- ・文化庁古墳壁画室、特集 古墳壁画の保存と活用 2017 高松塚古墳・キトラ古墳に関する保存・活用事業の進捗状況について、月刊文化財、649、pp.35-37、第一法規株式会社、2017
- ・若杉智宏、表紙解説 キトラ古墳天文図、月刊文化財、649、p.60、第一法規株式会社、2017
- ・文化庁古墳壁画室、平成二十八年度 特別公開 キトラ古墳壁画について、月刊文化財、637、p.41、第一法規株式会社、2016
- ・文化庁美術学芸課、奈良文化財研究所 飛鳥資料館開館四〇周年記念 特別展「キトラ古墳と天の科学」の開催について、月刊文化財、624、p.56、第一法規株式会社、2015
- ・石橋茂登、飛鳥資料館四〇周年 飛鳥資料館 開館四〇年の活動、月刊文化財、625、pp.38-40、第一法規株式会社、2015
- ・建石徹、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 特集にあたって、月刊文化財、613、pp.4-5、第一法規株式会社、2014
- ・石橋茂登、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 飛鳥資料館「発見 30 周年記念 キトラ古墳壁画特別公開」、月刊文化財、613、pp.19-20、第一法規株式会社、2014
- ・宇田川滋正・白井克也・川野邊渉、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 東京国立博物館における特別展「キトラ古墳壁画」、月刊文化財、613、pp.21-26、第一法規株式会社、2014
- ・高妻洋成・神庭信幸・荒木臣紀・川野邊渉・建石徹、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 特別展「キトラ古墳壁画」における輸送と展示のモニタリング、月刊文化財、613、pp.27-30、第一法規株式会社、2014
- ・文化庁古墳壁画室、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 高松塚古墳・キトラ古墳に関する保存・活用事業の進捗状況について、月刊文化財、613、pp.31-35、第一法規株式会社、2014
- ・宇田川滋正・林正憲・田村朋美・宮下孝晴、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 日伊文化財保護協力事業にかかる専門家ワークショップ・国立フィレンツェ修復研究所等の視察概要報告、月刊文化財、613、pp.36-39、第一法規株式会社、2014
- ・筒井忠仁、特集 古墳壁画の保存と活用 2014 表紙解説 キトラ古墳壁画 朱雀(原寸大)、月刊文化財、613、p.50、第一法規株式会社、2014

- ・文化庁古墳壁画室、特集 高松塚古墳壁画の劣化原因調査 高松塚古墳・キトラ古墳に関する保存・活用事業の進捗状況について、月刊文化財、563、pp.42-45、第一法規株式会社、2010
 - ・山本記子・小笠原具子・亀井亮子、特集 高松塚古墳壁画の劣化原因調査 連載・文化財を記録する？ 高松塚・キトラ古墳壁画の修理記録、月刊文化財、563、pp.50-51、第一法規株式会社、2010
 - ・藤本強・永井順國・青柳正規・毛利和雄、特集 古墳壁画の保存と活用 座談会 古墳壁画が現代の私たちに語りかけるもの、月刊文化財、547、pp.4-11、第一法規株式会社、2009
 - ・文化庁古墳壁画室、特集 古墳壁画の保存と活用 特集にあたって、月刊文化財、547、pp.12-15、第一法規株式会社、2009
 - ・文化庁古墳壁画室、特集 古墳壁画の保存と活用 高松塚古墳・キトラ古墳に関する保存・活用事業の進捗状況について、月刊文化財、547、pp.16-23、第一法規株式会社、2009
 - ・川野邊渉、特集 古墳壁画の保存と活用 コラム キトラ古墳壁画天文図の取り外しについて、月刊文化財、547、pp.20-21、第一法規株式会社、2009
 - ・藤野健一、特集 古墳壁画の保存と活用 キトラ古墳周辺地区の国営公園化計画、月刊文化財、547、pp.42-44、第一法規株式会社、2009
 - ・加藤真二、文化財だより 奈良文化財研究所飛鳥資料館 平成21年度春期特別展 キトラ古墳壁画四神—青龍白虎—、月刊文化財、547、p.51、第一法規株式会社、2009
 - ・相原嘉之、特集 高松塚古墳レポート—石室の解体作業— コラム 飛鳥の奥津城、月刊文化財、532、p.9、第一法規株式会社、2008
 - ・増記隆介、特集 高松塚古墳レポート—石室の解体作業— 壁画に関する二、三の新知見、月刊文化財、532、pp.46-49、第一法規株式会社、2008
 - ・山崎秀保、特集 高松塚古墳レポート—石室の解体作業— 壁画保存に向けての組織再編について、月刊文化財、532、pp.53-54、第一法規株式会社、2008
 - ・渡辺丈彦、特集 キトラ古墳壁画の保存と公開 キトラ古墳調査のあゆみと公開活用への展望、月刊文化財、524、pp.4-7、第一法規株式会社、2007
 - ・川野邊渉、特集 キトラ古墳壁画の保存と公開 キトラ古墳壁画の取り外しと保存処置、月刊文化財、524、pp.8-13、第一法規株式会社、2007
 - ・加藤真二、特集 キトラ古墳壁画の保存と公開 キトラ展と飛鳥資料館の取り組み、月刊文化財、524、pp.14-17、第一法規株式会社、2007
 - ・川野邊渉、特集 キトラ古墳壁画の保存と公開 口絵解説 キトラ古墳壁画 朱雀、月刊文化財、524、pp.1-2、第一法規株式会社、2007
 - ・川野邊渉、特集 キトラ古墳壁画の保存と公開 表紙解説 ダイヤモンドワイヤー・ソーを用いて取り外し中のキトラ古墳東壁寅像、月刊文化財、524、p.50、第一法規株式会社、2007
 - ・玉田芳英、特集 キトラ古墳の現状 概説 キトラ古墳の調査と保存、月刊文化財、494、pp.4-9、第一法規株式会社、2004
 - ・相原嘉之、特集 キトラ古墳の現状 キトラ古墳の発見から調査に至る経緯と経過—明日香村の調査を中心に—、月刊文化財、494、pp.10-14、第一法規株式会社、2004
 - ・花谷浩、特集 キトラ古墳の現状 墓道部と石室内の調査、月刊文化財、494、pp.15-20、第一法規株式会社、2004
 - ・井上直夫、特集 キトラ古墳の現状 キトラ古墳の壁画撮影、月刊文化財、494、pp.21-27、第一法規株式会社、2004
 - ・林温、特集 キトラ古墳の現状 キトラ古墳壁画の内容—絵画史の視点から—、月刊文化財、494、pp.28-35、第一法規株式会社、2004
 - ・川野邊渉、特集 キトラ古墳の現状 壁画の現況と保存処理、月刊文化財、494、pp.36-45、第一法規株式会社、2004
 - ・玉田芳英、特集 キトラ古墳の現状 表紙解説 キトラ古墳東壁獣頭人身像、月刊文化財、494、p.58、第一法規株式会社、2004
 - ・玉田芳英、特集 キトラ古墳の現状 口絵解説 キトラ古墳 天文図、月刊文化財、494、pp.1-2、第一法規株式会社、2004
- ### 3-2. 東文研ニュース
- ・早川典子、キトラ古墳壁画展示のための作品輸送、TOBUNKEN NEWS、No.63、p.3、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2017
 - ・早川典子、キトラ古墳の壁画 取り外し作業終了、TOBUNKEN NEWS、No.44、p.1、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2011
 - ・早川典子、キトラ古墳の漆喰 集中取り外し作業終了、TOBUNKEN NEWS、No.40、p.1、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2010
 - ・坪倉早智子、キトラ古墳天井天文図の取外し終了、TOBUNKEN NEWS、No.36、p.1、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2009
 - ・坪倉早智子、キトラ古墳壁画の漆喰取外し、TOBUNKEN NEWS、No.38、p.4、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2009
 - ・森井順之、特別史跡・キトラ古墳壁画の保存修復、TOBUNKEN NEWS、No.34、p.3、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2008
 - ・森井順之、加藤雅人、特別史跡・キトラ古墳壁画の保存修復、TOBUNKEN NEWS、No.31、p.7、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2007
 - ・川野邊渉、キトラ古墳壁画午像の保存処置について、TOBUNKEN NEWS、No.22、pp.2-3、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2005
- ### 3-3. 東文研ニュース (英語版)
- ・HAYAKAWA Noriko, Completion of the restoration works for the mural paintings in the Kitora Tumulus, TOBUNKENNEWS DIGEST, no.63, p.3, "National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo", 2017
 - ・HAYAKAWA Noriko, Completed Removal of the Wall Paintings in Kitora Tumulus, TOBUNKENNEWS DIGEST, no.9, p.1, "National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo", 2011
 - ・HAYAKAWA Noriko, Completing Continuous Removal of the Kitora Tumulus Plaster, TOBUNKENNEWS DIGEST, no.7, p.1, "National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo", 2010
 - ・TSUBOKURA Sachiko, Detaching the Mural Paintings of Kitora Tumulus, TOBUNKENNEWS DIGEST, no.6, p.4, "National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo", 2009
 - ・MORII Masayuki, "Conservation of the Wall Paintings of Kitora Tumulus, a Special Historic Site", TOBUNKENNEWS DIGEST, no.4, pp.6-7, "National Research Institute for Cultural Properties,

- Tokyo", 2008
- MORII Masayuki and KATO Masato, "Conservation of the Wall Paintings of Kitora Tumulus, a Special Historic Site", TOBUNKENNEWS DIGEST, no.3, pp.4-5, "National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo", 2007

3-4. 奈文研ニュース

- 吉田万智、日本天文遺産「キトラ古墳天井壁画」の公開活用、奈文研ニュース、No.79、p.7、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2020
- 内田和伸、キトラ古墳整備報告書の刊行、奈文研ニュース、No.73、p.1、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2019
- 中田愛乃、キトラ古墳壁画が国宝へ、奈文研ニュース、No.73、p.7、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2019
- 石橋茂登・荻山琴美・吉田万智、国宝となったキトラ古墳壁画の活用、奈文研ニュース、No.75、p.1、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2019
- 吉田万智・荻山琴美、奈文研ギャラリー（67）魅力の詰まったキトラ古墳の四神たち—白虎—、奈文研ニュース、No.75、pp.4-5、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2019
- 石橋茂登、キトラ古墳壁画保存管理施設の公開へむけて、奈文研ニュース、No.61、p.1、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2016
- 玉田芳英、キトラ古墳壁画体験館四神の館（キトラ古墳壁画保存管理施設）の開館、奈文研ニュース、No.62、p.1、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2016
- 西田紀子、奈文研ギャラリー（50）キトラ古墳 金箔・銀箔を復元した天文図、奈文研ニュース、No.58、pp.4-5、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2015
- 石橋茂登・西田紀子、飛鳥資料館開館40周年記念 秋期特別展「キトラ古墳と天の科学」、奈文研ニュース、No.58、p.8、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2015
- 成田聖、奈文研ギャラリー（44）キトラ古墳壁画白虎、奈文研ニュース、No.52、pp.4-5、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2014
- 若杉智宏、発掘調査の概要 キトラ古墳の調査（飛鳥藤原大173 - 8次調査）、奈文研ニュース、No.49、p.2、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2013
- 玉田芳英、キトラ古墳との30年、奈文研ニュース、No.51、p.1、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2013
- 成田聖、飛鳥資料館「発見30周年記念 キトラ古墳壁画特別公開」、奈文研ニュース、No.51、p.8、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2013
- 岡田愛、「キトラ古墳壁画フォトマップ資料」、奈文研ニュース、No.41、p.7、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2011
- 若杉智宏、発掘調査の概要 キトラ古墳石室内の調査（飛鳥藤原170次）、奈文研ニュース、No.42、p.2、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2011
- 成田聖、奈文研ギャラリー（29）キトラ古墳壁画陶板模型、奈文研ニュース、No.37、pp.4-5、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2010
- 成田聖、キトラ古墳壁画四神特別展示閉幕、奈文研ニュース、No.37、p.6、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2010
- 成田聖、キトラ古墳壁画展の展示室、奈文研ニュース、No.37、p.8、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2010
- 加藤真二、飛鳥資料館春期特別展から「キトラ古墳壁画四神—青龍白虎—」平成21年4月17日（金）～6月21日（日）、奈文研ニュース、No.32、p.12、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2009
- 豊島直博、奈文研ギャラリー（22）キトラ古墳出土銀装大刀の復元品、奈文研ニュース、No.30、pp.4-5、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、2008
- 清永洋平、飛鳥資料館春期特別展のご紹介「キトラ古墳壁画四神玄武」平成19年4月20日（金）～6月24日（日）、奈文研ニュース、No.24、p.8、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2007
- 清永洋平、キトラ古墳と発掘された壁画たち、奈文研ニュース、No.20、p.8、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2006
- 杉山洋、白虎特別展示の回顧、奈文研ニュース、No.22、p.1、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2006
- 加藤真二、奈文研ギャラリー（15）キトラ古墳の玄武、奈文研ニュース、No.23、pp.4-5、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2006
- 西山和弘、飛鳥資料館のみどころ（8）春期特別展示「飛鳥の奥津城—キトラ・カラト・マルコ・高松塚—」、奈文研ニュース、No.16、p.8、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2005
- 花谷浩、奈文研ギャラリー（11）キトラ古墳石室内の朱雀、奈文研ニュース、No.19、pp.4-5、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2005
- 花谷浩、キトラ古墳の調査（飛鳥藤原第130次）、奈文研ニュース、No.13、p.2、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2004
- 西山和宏、特設コーナー「キトラ古墳壁画」の新設、奈文研ニュース、No.13、p.8、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2004
- 花谷浩、キトラ古墳の調査（飛鳥藤原第135次）、奈文研ニュース、No.14、p.7、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2004
- 奈文研ギャラリー（7）キトラ古墳の石室天井に描かれた天文図、奈文研ニュース、No.15、pp.4-5、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2004
- 飛鳥資料館、速報展示「キトラ古墳壁画」、奈文研ニュース、No.4、p.5、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2002
- 飛鳥藤原宮跡発掘調査部、特別史跡キトラ古墳 墓道部の調査、奈文研ニュース、No.5、pp.3-4、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2002

3-5. その他

- 独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所編、特別史跡 キトラ古墳発掘調査報告、文化庁、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所、奈良県立橿原考古学研究所、明日香村教育委員会、2008
- 百橋明穂、キトラ古墳壁画の美術史的位置、佛教藝術、290、pp.33-42、毎日新聞社、2007 川野邊渉、キトラ古墳壁画の保存と修復、特集 高松塚・キトラ古墳壁画、佛教藝術、290、pp.65-68、毎日新聞社、2007
- 沢田正昭、古墳壁画保存を考える—壁体構造と修復素材—、特集

- 高松塚・キトラ古墳壁画、佛教藝術、291、pp.77-81、毎日新聞社、2007
- ・三浦定俊、古墳壁画の保存と課題、特集 高松塚・キトラ古墳壁画、佛教藝術、292、pp.82-86、毎日新聞社、2007
 - ・岡岩太郎、日本における壁画の修理、特集 高松塚・キトラ古墳壁画、佛教藝術、293、pp.87-90、毎日新聞社、2007
 - ・林温、高松塚古墳とキトラ古墳の壁画について、佛教藝術、330、pp.9-27、4-5、毎日新聞社、2013
 - ・特集 七つの謎でめぐる飛鳥、芸術新潮、2006年9月号、pp.14-90、新潮社、2006
 - ・佐野千絵、キトラ古墳の保存と管理、歴博、No.130、pp.10-14、国立歴史民俗博物館、2005
 - ・大塚茂夫、保存 キトラの壁画取り外しに伝統の技、ナショナルジオグラフィック日本版、2004年9月号(第10巻第9号通巻114号)、p.23、日経ナショナルジオグラフィック社、2004
- #### 4. 学術論文
- ##### 4-1. 保存科学
- ・犬塚将英・早川典子・大場詩野子・早川泰弘・高妻洋成、〔報告〕X線透過撮影による泥に覆われたキトラ古墳壁画の調査、保存科学、59、pp.103-114、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2019
 - ・佐藤嘉則・木川りか・貴田啓子・川野邊渉・早川典子、〔報告〕高松塚・キトラ古墳壁画上の微生物汚れの除去—酵素の選抜とその諸性質—、保存科学、57、pp.11-21、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2017
 - ・西島美由紀・安光得・富田順子・喜友名朝彦・佐藤嘉則・木川りか・佐野千絵・宇田川滋正・建石徹・杉山純多、〔報告〕分子生物学的手法による高松塚古墳・キトラ古墳の微生物群集構造解析、保存科学、57、pp.23-47、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2017
 - ・喜友名朝彦・安光得・佐藤嘉則・木川りか・佐野千絵・杉山純多、〔報告〕高松塚・キトラ両古墳の *Penicillium* 属分離株の分子系統学的帰属および *Penicillium* sp. 2 の分類学的記載と生物劣化問題へのかかわり、保存科学、57、pp.49-66、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2017
 - ・半田 豊・立里 臨・佐藤嘉則・木川りか・佐野千絵・杉山純多、〔報告〕高松塚・キトラ両古墳からの主要細菌分離株: *Bacillus*・*Ochrobactrum* 両属分離株の分子系統学的位置、保存科学、56、pp.33-48、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2016
 - ・佐藤嘉則、木川りか、喜友名朝彦、立里臨、西島美由紀、杉山純多、〔報告〕パイロシーケンスによるキトラ古墳石室内の微生物群集構造解析、保存科学、54、pp.111-120、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2015
 - ・木川りか、喜友名朝彦、立里臨、佐藤嘉則、佐野千絵、杉山純多、〔報告〕キトラ古墳の微生物調査報告(2012年~2013年)および2004年から2013年までの微生物調査結果概要、保存科学、54、pp.83-109、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2015
 - ・木川りか、喜友名朝彦、立里臨、佐藤嘉則、杉山純多、〔報告〕キトラ古墳から分離された微生物の紫外線(UV)耐性試験結果について、保存科学、52、pp.91-105、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2013
 - ・佐藤嘉則、木川りか、喜友名朝彦、立里臨、西島美由紀、杉山純多、〔報文〕非培養法によるキトラ古墳の細菌調査、保存科学、52、pp.1-10、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2013
 - ・貴田啓子、早川典子、佐藤嘉則、大河原典子、和田朋子、五十嵐圭日子、木川りか、川野邊渉、〔報文〕壁画修復に用いる接着材料の分子量および強度の変化に及ぼす酵素の影響、保存科学、52、pp.11-26、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2013
 - ・木川りか・喜友名朝彦・立里臨・佐藤嘉則・佐野千絵・杉山純多、〔報告〕キトラ古墳の微生物調査報告(2012年~2013年)および2004年から2013年までの微生物調査結果概要、保存科学、53、pp.83-109、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2013
 - ・木川りか、佐野千絵、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、早川典子、川野邊渉、〔報告〕キトラ古墳から分離された細菌や酵母の修復用高分子材料に対する資化性試験、保存科学、51、pp.157-166、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2012
 - ・木川りか、佐藤嘉則、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、早川典子、川野邊渉、〔報告〕キトラ古墳の微生物調査報告(2011)、保存科学、51、pp.167-171、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2012
 - ・木川りか、佐野千絵、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、早川典子、川野邊渉、〔報告〕キトラ古墳の微生物調査報告(2010)、保存科学、50、pp.191-195、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2011
 - ・木川りか、佐野千絵、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、高島浩介、久米田裕子、森井順之、早川典子、川野邊渉、〔報告〕キトラ古墳の微生物調査結果と微生物対策について(2009)、保存科学、49、pp.253-264、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2010
 - ・木川りか、佐野千絵、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、〔報告〕高松塚古墳・キトラ古墳石室内の微生物分離株のアルコール系殺菌剤資化性試験、保存科学、49、pp.231-238、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2010
 - ・木川りか、佐野千絵、間瀬創、喜友名朝彦、立里臨、西島美由紀、杉山純多、〔報告〕キトラ古墳の微生物等の状況報告(2008)、保存科学、48、pp.167-174、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2009
 - ・森井順之、犬塚将英、佐野千絵、石崎武志、〔報告〕キトラ古墳保護覆屋内の環境について(4)一周辺風環境の解析および覆屋内環境監視一、保存科学、48、pp.159-165、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2009
 - ・木川りか、間瀬創、佐野千絵、三浦定俊、〔報告〕キトラ古墳の微生物等の状況報告(2007)、保存科学、47、pp.129-134、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2008
 - ・佐野千絵、犬塚将英、間瀬創、木川りか、吉田直人、森井順之、加藤雅人、降幡順子、石崎武志、三浦定俊、〔報告〕キトラ古墳保護覆屋内の環境について(3)一カビ点検報告記録の解析一、保存科学、47、pp.135-171、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2008
 - ・木川りか、〔報文〕古墳壁画の取り外し片等の保管時に使用する仮止めテープのカビ耐性簡易スクリーニング試験について、保存科学、46、pp.21-25、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2007
 - ・佐野千絵、犬塚将英、間瀬創、木川りか、吉田直人、森井順之、加藤雅人、降幡順子、石崎武志、三浦定俊、〔報告〕キトラ古墳保護覆屋内の環境について(2)一土壌水分推移と環境管理一、

保存科学、46、pp.235-242、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2007

- ・木川りか、佐野千絵、間瀬創、三浦定俊、〔報告〕キトラ古墳における菌類等生物調査報告(3)、保存科学、46、pp.227-233、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2007
- ・木川りか、佐野千絵、立里臨、喜友名朝彦、小出知己、杉山純多、〔報文〕キトラ古墳のバイオフィルムから分離されたバクテリア・菌類に対するケーソンCG相当品(抗菌剤)の効果、保存科学、46、pp.39-50、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2007
- ・間瀬創、佐野千絵、〔報文〕浮遊真菌調査を用いた動的な室内環境評価法の検討—特別史跡キトラ古墳仮設保護覆屋をモデルとして—、保存科学、46、pp.27-37、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2007
- ・木川りか、間瀬創、佐野千絵、三浦定俊、キトラ古墳における菌類等生物調査報告(2)、保存科学、45、pp.93-106、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2006
- ・佐野千絵、犬塚将英、吉田直人、森井順之、加藤雅人、村上隆、高妻洋成、降幡順子、肥塚隆保、石崎武志、三浦定俊、キトラ古墳保護覆屋内の環境について—温度・湿度と炭酸ガス濃度—、保存科学、45、pp.77-92、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2006
- ・木川りか、佐野千絵、間瀬創、三浦定俊、キトラ古墳の前室および石室における菌類調査報告、保存科学、44、pp.165-172、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2005
- ・佐野千絵、間瀬創、三浦定俊、キトラ古墳開封前の石室内空気環境調査報告、保存科学、44、pp.157-164、独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所、2005

4-2. 文化財保存修復学会誌

- ・早川典子、中右恵理子、木川りか、沖本明子、川野邊渉、絵画表面に用いる修復材料の基礎的研究—壁画修復を中心に—、文化財保存修復学会誌、53、pp.1-16、2008

4-3. Studies in Conservation

- ・Rika Kigawa, Chie Sano, Miyuki Nishijima, Nozomi Tazato, Tomohiko Kiyuna, Noriko Hayakawa, Wataru Kawanobe, Shigemasa Udagawa, Toru Tateishi, Junta Sugiyama, Investigation of acetic acid bacteria isolated from the Kitora tumulus in Japan and their involvement in the deterioration of the plaster of the mural paintings, Studies in Conservation, 58(1), pp.30-40, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 2013

4-4. 学位論文

- ・李永輝、発掘時における古墳壁画の保存環境に関する研究、京都大学、2010

4-5. インターネット掲載論文

- ・早川典子、<https://www.nippon.com/ja/currents/d00270/>、キトラ古墳壁画の保存と修復、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、2016

5. 学会発表

5-1. 文化財保存修復学会(口頭発表)

- ・和田浩、高妻洋成、脇谷草一郎、宇田川滋正、建石徹、キトラ古墳壁画輸送時に発生した加速度の解析、文化財保存修復学会第

39回大会研究発表要旨集、pp.84-85、2017年7月1日~7月2日(金沢)

5-2. 文化財保存修復学会(ポスター発表)

- ・佐藤嘉則、木川りか、貴田啓子、川野邊渉、早川典子、高松塚・キトラ両古墳壁画の微生物汚れを除去する酵素、文化財保存修復学会第41回大会研究発表要旨集、pp.296-297、2019年6月22日~23日(東京)
- ・犬塚将英、大迫美月、結露が古墳壁画に及ぼす影響に関する基礎実験、文化財保存修復学会第40回大会研究発表要旨集、pp.178-179、2018年6月16日~6月17日(高知)
- ・早川典子、川野邊渉、辻本与志一、山本記子、亀井亮子、宇田川滋正、建石徹、キトラ古墳壁画の修復、文化財保存修復学会第39回大会研究発表要旨集、pp.178-179、2017年7月1日~7月3日(金沢)
- ・木川りか、喜友名朝彦、立里臨、佐藤嘉則、杉山純多、キトラ古墳石室における微生物制御：石室から分離された微生物の紫外線(UV)、文化財保存修復学会第35回大会研究発表要旨集、pp.184-185、2013年7月20日~21日(宮城)
- ・貴田啓子、早川典子、佐藤嘉則、大河原典子、和田朋子、五十嵐圭日子、木川りか、川野邊渉、修復材料処置に用いる接着材料への酵素の影響、文化財保存修復学会第35回大会研究発表要旨集、pp.268-269、2013年7月20日~21日(宮城)
- ・木川りか、佐野千絵、立里臨、喜友名朝彦、小出知己、杉山純多、キトラ古墳のバイオフィルムから分離されたバクテリア・菌類に対するケーソンCG相当品(抗菌剤)の効果、文化財保存修復学会第29回大会研究発表要旨集、pp.240-241、2007年6月16日~17日(静岡)
- ・早川典子、中右恵理子、木川りか、川野邊渉、沖本明子、絵画表面に用いる修復材料の基礎的研究—壁画修復を中心に—、文化財保存修復学会第29回大会研究発表要旨集、pp.298-299、2007年6月16日-17日(静岡)

5-3. 日本文化財科学会(口頭発表)

- ・木川りか、喜友名朝彦、立里臨、佐藤嘉則、佐野千絵、杉山純多、宇田川滋正、建石徹、キトラ古墳の微生物調査結果：発掘直後から埋戻しに至る期間(2004年~2013年)の微生物相と考察、日本文化財科学会第32回大会研究発表要旨集、pp.94-95、日本文化財科学会、2015年7月11日~12日(東京)
- ・高妻洋成、降幡順子、脇谷草一郎、田村朋美、赤田昌倫、辻本与志一、岡田健、佐野千絵、早川泰弘、朽津信明、吉田直人、早川典子、建石徹、宇田川滋正、福永香、碓智文、キトラ古墳壁画の材料調査1—白虎と青龍の調査—、日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集、pp.36-37、日本文化財科学会、2012年6月23日~24日(京都)

5-4. 日本文化財科学会(ポスター発表)

- ・犬塚将英、早川典子、大場詩野子、早川泰弘、高妻洋成、X線透過撮影による泥に覆われたキトラ古墳壁画の調査、日本文化財科学会第37回大会研究発表要旨集、pp.200-201、日本文化財科学会、2020年9月5日~13日
- ・犬塚将英、大迫美月、佐藤嘉則、稲田健一、谷口陽子、矢島國雄、結露が古墳壁画に及ぼす影響に関する基礎実験、日本文化財科学会第36回大会研究発表要旨集、pp.148-149、日本文化財科学会、2019年6月1日~2日(東京)
- ・降幡順子、辻本与志一、金旻貞、高妻洋成、早川泰弘、建石徹、

- 宇田川滋正、キトラ古墳天井・星宿図の蛍光X線元素分析調査、日本文化財科学会第35回大会研究発表要旨集、pp.290-291、日本文化財科学会、2018年7月7日～8日(奈良)
- ・脇谷草一郎、高妻洋成、柳田明進、金旻貞、和田浩、建石徹、宇田川滋正、キトラ古墳壁画搬送時の熱・水分環境評価、日本文化財科学会第34回大会研究発表要旨集、pp.250-251、日本文化財科学会、2017年6月10日～11日(山形)
 - ・吉田直人、赤田昌倫、辻本与志一、降幡順子、早川泰弘、早川典子、脇谷草一郎、田村朋美、朽津信明、岡田健、高妻洋成、宇田川滋正、建石徹、観察手法によるキトラ古墳壁画表面の調査結果報告、日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集、pp.288-289、日本文化財科学会、2014年7月5日～6日(奈良)
 - ・脇谷草一郎、小椋大輔、高妻洋成、墳丘の被覆条件が石室内の温熱環境に与える影響に関する検討、日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集、pp.302-303、日本文化財科学会、2014年7月5日～6日(奈良)
 - ・赤田昌倫、吉田直人、高妻洋成、早川泰弘、降幡順子、脇谷草一郎、田村朋美、辻本与志一、岡田健、朽津信明、江村知子、早川典子、宇田川滋正、建石徹、キトラ古墳壁画の材料調査2—玄武像の可視分光分析調査—、日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集、pp.242-243、日本文化財科学会、2013年7月6日～7日(青森)
 - ・犬塚将英、古墳壁画表面における含水量の非接触測定システムの開発、日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集、pp.306-307、日本文化財科学会、2013年7月6日～7日(青森)
 - ・木川りか、佐野千絵、喜友名朝彦、立里臨、杉山純多、早川典子、川野邊渉、キトラ古墳から分離された細菌や酵母の修復用高分子材料に関する資化性試験、日本文化財科学会第28回大会研究発表要旨集、pp.276-277、日本文化財科学会、2011年6月11日-12日(茨城)
 - ・木川りか、佐野千絵、高鳥浩介、久米田裕子、杉山純多、森井順之、早川典子、川野邊渉、石崎武志、宇田川滋正、建石徹、キトラ古墳の新たな微生物対策：紫外線照射について、日本文化財科学会第27回大会研究発表要旨集、pp.312-313、日本文化財科学会、2010年6月26日～27日(大阪)
 - ・佐野千絵、木川りか、三浦定俊、喜友名朝彦、安光得、杉山純多、高松塚古墳・キトラ古墳壁画の生物劣化に係わる微生物について—石室内菌類相の変化と主要な菌類の正体—、日本文化財科学会第25回大会研究発表要旨集、pp.348-349、日本文化財科学会、2008年6月14日～15日(鹿児島)
 - ・佐野千絵、犬塚将英、間瀬創、木川りか、吉田直人、森井順之、加藤雅人、降幡順子、石崎武志、三浦定俊、キトラ古墳保護覆屋内の環境について(2)—土壌水分量推移と環境管理—、日本文化財科学会第24回大会研究発表要旨集、pp.290-291、日本文化財科学会、2007年6月2日～3日(奈良)
 - ・佐野千絵、木川りか、間瀬創、三浦定俊、喜友名朝彦、小出知己、杉山純多、高松塚古墳・キトラ古墳における微生物調査、日本文化財科学会第23回大会研究発表要旨集、pp.274-275、日本文化財科学会、2006年6月17日～18日(東京)
 - ・三浦定俊、佐野千絵、犬塚将英、吉田直人、木川りか、石崎武志、森井順之、山本記子、加藤雅人、早川典子、川野邊渉、青木繁夫、村上隆、高妻洋成、降幡順子、肥塚隆保、「特別史跡キトラ古墳」壁画の保存と管理—仮設保護覆屋の設置と環境モニタリング、日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集、pp.296-297、日本文化財科学会、2005年7月9日～10日(北海道)
 - ・佐野千絵、木川りか、吉田直人、犬塚将英、山本記子、加藤雅人、早川典子、青木繁夫、村上隆、高妻洋成、降幡順子、肥塚隆保、三浦定俊、「特別史跡キトラ古墳」壁画の保存と管理—キトラ古墳石室等における生物被害とその対処、日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集、pp.298-299、日本文化財科学会、2005年7月9日～10日(北海道)
 - ・犬塚将英、石崎武志、古墳石室内における温度・湿度制御のための基礎研究、日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集、pp.300-301、日本文化財科学会、2005年7月9日～10日(北海道)
 - ・木川りか、早川典子、山本記子、川野邊渉、佐野千絵、青木繁夫、遺跡等で使用する樹脂のカビへの抵抗性について、日本文化財科学会第21回大会研究発表要旨集、pp.152-153、日本文化財科学会、2004年5月15日～16日(京都)
- #### 5-5. 室内環境学会
- ・佐野千絵、木川りか、間瀬創、三浦定俊、古墳壁画の保存と労働環境—高松塚古墳、キトラ古墳—、室内環境学会総会・研究発表会講演集、pp.240-241、室内環境学会、2005年11月20日～21日(福岡)
- #### 6. リーフレット
- ・奈良文化財研究所飛鳥藤原宮跡発掘調査部編(花谷浩、井上直夫、岡田愛)、キトラ古墳、独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所、2005
 - ・独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所、高松塚古墳壁画・キトラ古墳壁画の保存修復、2019

報告書抄録

書名	国宝キトラ古墳壁画修理報告書
編集機関	独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
所在地	〒110-8713 東京都台東区上野公園 13 番 43 号
発行者	文化庁、東京文化財研究所
所在地	〒100-8959 東京都千代田区霞ヶ関 3 丁目 2 番 2 号 〒110-8713 東京都台東区上野公園 13 番 43 号
発行年月日	2022 年 3 月 25 日

【本事業担当者一覧】

文化庁

(省略)

東京文化財研究所

渡邊明義 鈴木規夫 亀井伸雄 齊藤孝正 三浦定俊 青木繁夫 西浦忠輝 石崎武志
川野邊涉 岡田健 佐野千絵 北野信彦 森井順之
早川泰弘 木川りか 建石徹 加藤雅人 吉田直人 犬塚将英 秋山純子
早川典子 佐藤嘉則 芳賀文絵 水谷悦子 倉島玲央

安部倫子 宇高健太郎 大河原典子 大場詩野子 坪倉早智子 中右恵理子 間瀬創
小峰幸夫 嶋原由美 鳥海秀実 藤井佑果
内田優花 紀芝蓮 佐藤円香 中村恵里花 濱田翠 平戸杜飛 山田くりか 山府木碧

奈良文化財研究所

田辺征夫 松村恵司 本中眞 肥塚隆保 井上直夫 村上隆 花谷浩 杉山洋
高妻洋成 加藤真二 降幡順子 中村一郎 石橋茂登 岡田愛 栗山雅夫 脇谷草一郎
田村朋美 若杉智宏 柳田明進 飯田ゆりあ 松田和貴

辻本與志一

荻山琴美 菊地智慧 金旻貞 黒澤ひかり 中田愛乃 濱松佳生 松野美由樹
吉田万智

発掘調査

奈良県立橿原考古学研究所：宮原晋一

明日香村教育委員会：相原嘉之

一般社団法人 国宝修理装演師連盟

青木龍介 市宮景子 宇和川史彦 大根綾 小笠原具子 小川礼 沖本明子
亀井亮子 北川優羽 清水綾子 新海直 高瀬亜津子 田中梨絵 星育子
山本記子 横堀篤代 和田明日香

荒木臣紀 李賢眞 釘宮理加 楠京子 黒江将太 白井啓太 菅原由梨
高木佐知子 長野晃子 林菜穂子 福原凡香 古澤由理子 増井栄佳 宮林志帆
山下和也

(所属は事業に関わった当時)

<編集>早川典子・鳥海秀実

<表紙>描き起こし図：大河原典子・綿引はるな、デザイン：中村恵里花

国宝キトラ古墳壁画修理報告書

2022年3月25日 発行

発行 文化庁
独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
編集 独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
〒110-8713 東京都台東区上野公園 13-43
TEL 03-3823-2241 (番号案内)
FAX 03-3823-4835
URL <http://www.tobunken.go.jp/>
印刷・製本 能登印刷株式会社

© 文化庁、東京文化財研究所 2022 Printed in Japan

※本書の無断転載を禁じます。

