

受託事業
「装飾古墳の保存に関する調査研究事業」
(平成25年6月～平成26年2月)の概要

東京文化財研究所
奈良文化財研究所

事業の趣旨・目的

- 古墳壁画の保存活用に関する検討会装飾古墳ワーキンググループ(以下「ワーキンググループ」という。)で検討が進められている、装飾古墳の保存活用の在り方やその方針を検討するに当たって必要となる技術的な調査を行う。
- 装飾古墳の保存状態は、古墳の特性や管理状況に応じてさまざまであり、装飾部分の劣化の態様も様々である。
- 本事業において、将来にわたる装飾古墳の保存管理の在り方や保存活用の方針を検討するために必要となる情報を整理し、また必要に応じて現地調査を実施し、それらの調査結果をまとめて資料を提供する。

事業の内容

① これまでの文献や資料等に基づく体系的な調査

- 古墳や装飾に関するこれまでの調査結果に関する公表された文献や資料を整理し、装飾古墳の保存活用に関する情報の体系的な調査を行う。
- 国史跡として指定されている73基の装飾古墳に関連する論文、文献、公表されているデータなどについては、必要に応じ文化庁を通じて各自治体へ依頼し、回収された資料を整理し、分析する。
- 装飾古墳以外の史跡や、指定されていない古墳についても、装飾古墳全般の保存管理や保存活用を考えるうえできわめて参考になる文献や資料があれば収集し、結果を整理・分析して提供する。
- 国内ではまだ知見が多いとはいえない古墳環境の生物被害やその対策に関する情報については、海外の文献などからも重要なものを収集、選定する。それらの要旨をトピックスごとに日本語にまとめたものを作成し、今後の生物被害対策の議論に資する。
- 奈良文化財研究所で保有している国内の古墳関連文献の中から、装飾古墳の保存活用方法を検討する上で重要となる資料、図面類を収集し、保存管理と密接にかかわる発掘調査の所見、保存公開施設や遺跡整備のあり方について整理・分析する。

② 装飾古墳の今後の保存活用を考えるうえで重要と考えられる現場の調査

保存と活用という観点から、装飾古墳のおかれている状況の全体像の把握を目指すことを目的として、

- 外部空間に装飾がある場合（装飾部や彩色部などに風雨が当たる場合）
- 内部空間に装飾がある場合
ただし、この範疇には、
「おおわれているが密閉性はよくない場合」
「ガラスなどで区切られ、密閉されている」
「本来の位置から石をうかすなどの処置がとられているもの」
など、いくつかの場合が想定される。
- 本来の位置から移設されて、博物館等の環境にあるもの
- 埋戻しされたもの

という、カテゴリーにより調査を実施する。

調査項目

○ 環境調査

気象観測、温湿度の計測、壁面等の表面温度や含水率の測定。

○ 石室を取り巻く墳丘や石材の状況調査

石室等の装飾を保護している墳丘や石材について、その構造や物性、劣化状態などの状況調査。→奈良文化財研究所が担当（再委託）。

○ 塩類等の調査

目視観察により、析出状況について調査を行う。

○ 装飾部の状況調査

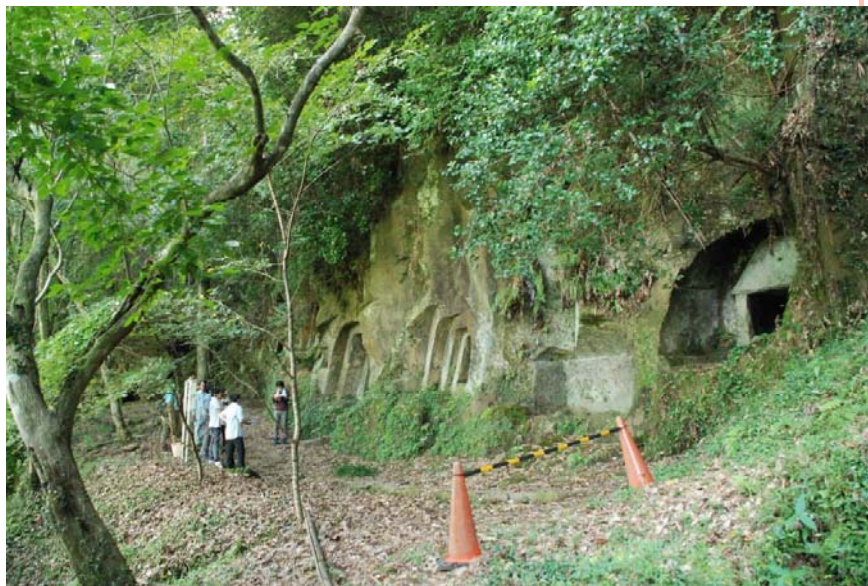
装飾部について、剥落などの劣化状況を調査する。

○ 生物調査

目視観察により、生物被害の発生箇所および範囲を記録する。

○ 保存施設等の調査

保存施設を有する装飾古墳については、保存施設の性能および問題点について明らかにする。



石貫ナギノ横穴群(熊本県玉名市)



石貫ナギノ横穴群(熊本県玉名市)・・・外部空間／内部空間に装飾



鍋田横穴(熊本県山鹿市)



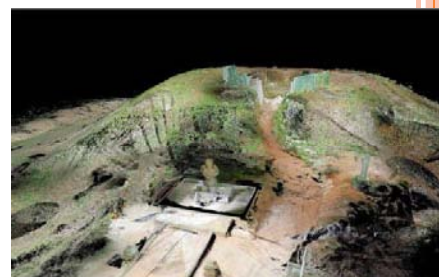
鍋田横穴(熊本県山鹿市)・・・外部空間に装飾



石人山古墳(福岡県広川町)



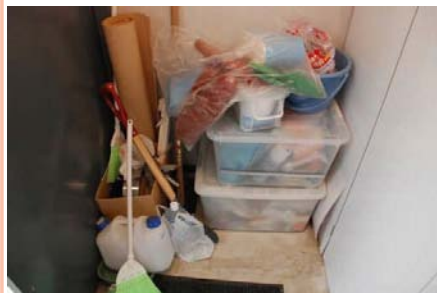
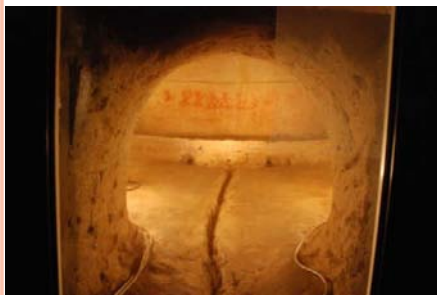
石人山古墳(福岡県広川町)・・・石棺に着生する植物に関する調査



石人山古墳(福岡県広川町)・・・墳頂部周辺の三次元計測(奈良文化財研究所)



泉崎横穴(福島県泉崎村)



泉崎横穴(福島県泉崎村)・・・内部空間に装飾

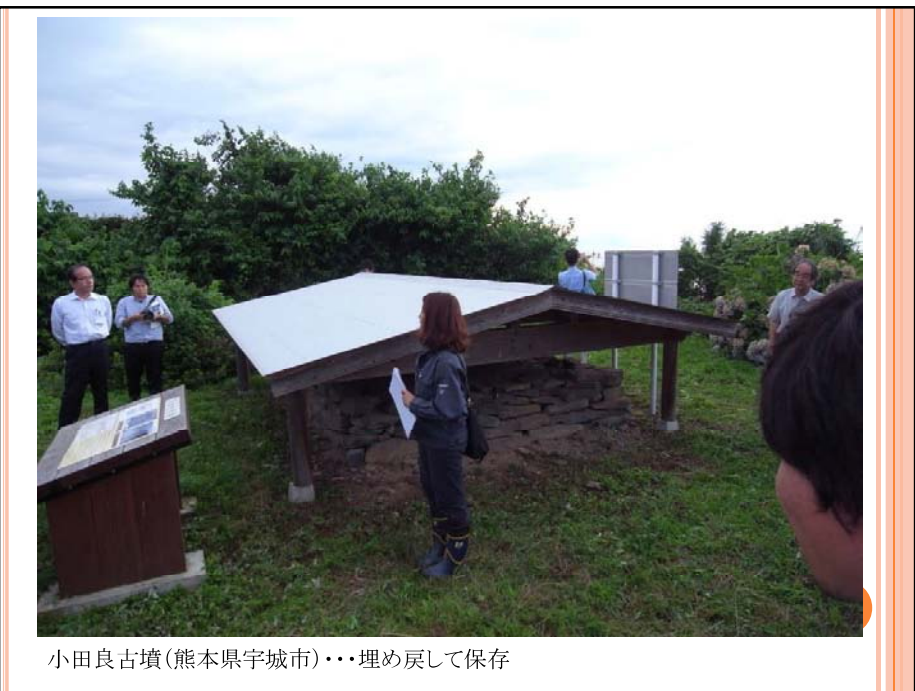


竹原古墳(福岡県宮若市)



屋形古墳群、珍塚古墳(福岡県うきは市) 墳丘は現存せず、奥石だけが残る





参加研究者

本事業は、東京文化財研究所保存修復科学センターおよび奈良文化財研究所都城発掘調査部・埋蔵文化財センターにより実施する。

- 岡田 健 (東京文化財研究所 保存修復科学センター長)
- 朽津信明 (東京文化財研究所 保存修復科学センター修復材料研究室長)
- 木川りか (東京文化財研究所 保存修復科学センター生物科学研究室長)
- 犬塚将英 (東京文化財研究所 保存修復科学センター主任研究員)
- 森井順之 (東京文化財研究所 保存修復科学センター主任研究員)
- 佐藤嘉則 (東京文化財研究所 保存修復科学センター生物科学研究室研究員)

- 玉田芳英 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部副部長)
- 高妻洋成 (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長)
- 降幡順子 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部主任研究員)
- 脇谷草一郎 (奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター保存修復研究室研究員)
- 田村朋美 (奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター保存修復研究室研究員)
- 赤田昌倫 (奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター保存修復研究室アシエイトフェロー)
- 廣瀬 覚 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部考古第一研究室研究員)
- 青木 敬 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部考古第二研究室研究員)
- 若杉智宏 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部考古第二研究室研究員)
- 荒田敬介 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部考古第二研究室アシエイトフェロー)
- 南部裕樹 (奈良文化財研究所 都城発掘調査部考古第三研究室アシエイトフェロー)

装飾古墳の生物被害

東京文化財研究所
保存修復科学センター生物科学研究室
& 岡田健

1. 装飾古墳の生物被害

装飾古墳を構成する石材や顔料の劣化

- * 人為的要因による劣化
- * 「化学風化」「物理風化」作用による構成材料自体の劣化
☆ 様々な要因＝地殻変動、気象現象

これらとは別に...

- * 生物自体の作用メカニズムによって引き起こされる
「化学風化」
「物理風化」 ➡ 生物劣化

装飾古墳を構成する石材や顔料の 生物劣化の作用メカニズム

- ① 基材に付着した状態で、代謝産物を生成し、直接もしくは間接的に材質を劣化させる
- ② 基材に付着した状態で、菌糸などを伸長させ、物理的に材質を劣化させる
- ③ 基材表面上で発育して美的価値を減少させる(単に表面を覆うだけの状態)

(Warscheid and Braams, 2000)

装飾古墳の生物劣化に関与する生物種

藻類, 地衣類, 草本類, 樹木(木本類), 昆虫類, 小動物,
微生物など

★人体に危害を加えたり病原体となるような動物や微生物の存在

➡公開活用の妨げとなる



2. 生物受容性(bioreceptivity)の問題

生物受容性(bioreceptivity)

= 基材が生物を受容する潜在的な能力

- * 装飾古墳の構成材料は無機物主体
- * 大部分の生物は無機物を栄養源として利用することが出来ない
- * 生物被害が起こる条件=
生物と水分や栄養素が‘表面’部分に付着し、保持されることが必須



表面状態の異なる石材における生物の発育状況。同じ環境に置かれても石材の種類や表面状態が異なると生物の発育状況(生物受容性)も異なってくる。

写真 (a) 緑藻類: J. Izco Sevillano, (b) コケ類と草本類: G. Caneva (Caneva and Ceschin, 2008)。



表面がより多孔性で、生物や水分が保持されやすい状態であると、同じ環境条件であっても生物がより発育する。

- ▶ 石材表面を傷つけるような生物の除去作業を行うと、それまでより生物受容性が高まり、かえって生物劣化を受け易くなることがある。
 - ▶ 一方、藻類やコケ類の繁茂によって石材表面の物理化学的風化が促進されることが知られている。
- ➡ 藻類やコケ類の除去を行う際は、物理的な除去作業と同時に、そのような生物が再発しないような‘環境条件’を整えたうえで行うことが望ましい。

▶ 古墳内環境が受容する生物種

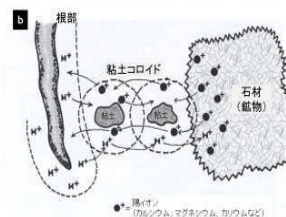
コウモリ: 古墳内部での排泄物は直接的・間接的に石材や顔料に影響を及ぼす

➡ 外部環境から侵入する生物種の侵入経路を物理的に遮断する処置が効果的

3. 光合成生物による劣化の現象とメカニズム

* 光と水分の存在

➡ 石材表面では藻類や地衣類などが発育する



横穴墓の石材表面に発育したコケ類・草本類(a)と根による石材の化学風化モデル(b). 植物根による物理的な損傷だけでなく化学的な風化作用も起こる。(b, Pinna and Salvadori, 2008)

- ▶ 藻類や地衣類は、有機酸を生産するため石材の種類によっては著しい化学風化を引き起こす。
- ▶ 藻類や地衣類の発育により、有機物と水分が保持されるため他の微生物を呼び込み、さらなる有機酸の生成が起こる。
- ▶ 生物を殺滅させても石材の風化は進むものの、生物が存在しているとさらに風化が加速する。
- ▶ 地衣類は、表面から微細な空隙に菌糸を伸長させるため物理的な破壊を引き起こす。
- ▶ 藻類や地衣類の発生は、次の遷移(コケ類や草本類)の‘土壌’となる場合がある。
- ▶ 保存すべき対象(彩色や線刻など)と地衣類の分布を正確に捉えた上で対策を講じる

4. 微生物による劣化の現象とメカニズム

- * 石室の内部など自然光が到達しない環境で、微生物による劣化が起こる
 - ▶ 微生物の中には硫黄やアンモニアといった無機物を利用して増殖し、代謝産物として硫酸や硝酸を生成する種も存在する。
 - ▶ 多くの微生物がシュウ酸、クエン酸、酢酸などの有機酸を生成して、石材の化学風化を促進させる。
- * 酸化鉄を還元し呼吸する微生物によって顔料に影響が出る
＝顔料の変退色に微生物が関与する可能性がある

自然光が到達しない石室内の環境では、このような微生物による劣化は、極めて緩やかに進行する

- ▶ 微生物の発育を支える有機物の供給が非常に限られているから、短い期間で著しい変化が起こるような微生物の発育は起こり難い。

微生物の栄養源となる有機物の流入を減らしながら、適切な保存・活用を行っていくことが重要



5. 微生物の発育を助長する有機物

- * 石室内部への有機物の流入
空気中のガス、塵埃などの乾性降下物、降雨や浸透水からの供給
- * その流入は非常に限られており、常在する微生物によって分解を受け消失していくため、著しい変化が起こるような微生物の発育は起こり難い。
- * むしろ、人為的な要因で大きな変化が起こる場合がある。

- ▶ 石室内部での継続した過剰な照明等によって光合成生物の発育が起こる場合
- ▶ 生物制御のために用いられた薬剤や有機物を含有する修復材料が微生物の栄養源になる可能性
- ▶ ラスコー洞窟壁画：現在では局所的な殺菌剤の使用と物理的な微生物の除去に切り替わっているが、被害の拡大を食い止めているに過ぎず、物理的な除去作業も、壁画表面が脆弱なため限定的に行われている (Pallot-Frossard, 2009)。
- ▶ アルタミラ洞窟壁画：こうしたラスコーでの事例を踏まえて、大規模殺菌を行わず、窟内へ流入する有機物を減らす管理と監視を徹底するという体制で保存している。アルタミラ洞窟壁画では、一部でカビの発生は認められるものの大規模な発生はなく、いくつかの実験から拮抗する微生物によって一部の微生物の大発生が制御されている (Lasheras et al, 2009)。

保存管理のあり方

- 現状で薬剤による殺菌処理を行っている場合は、処理作業を突如止めるとかえって大規模に微生物が発生する可能性がある
- ▶ 微生物の殺菌処理をする際は、死菌体の物理的な除去もあわせて行う必要がある。
- ▶ 殺菌処置が必ずしも安定した良好状態を作るとは限らないため、処置前後の注意深い監視や記録を継続していくことが重要である。

6. 今後の課題

- * 装飾古墳の現状：数多くの装飾古墳の保存状態は古墳の形態、出土後の歴史環境、現在の管理状況によって様々に異なり、劣化の状態も様々。
- * 一様でない現状において、どのような生物種が問題になるかは、把握することが困難である。

➡ 保存管理の視点に基づいた分類が有効

保存管理の視点に基づいた分類

- ▶ 外部空間に装飾がある場合（装飾部や彩色部などに風雨が当たる場合）
- ▶ 内部空間に装飾がある場合
 - ただし、この範疇には
 - 「おおわれているが密閉性はよくない場合」
 - 「ガラスなどで区切られ、密閉されている」
 - 「本来の位置から石をうかすなどの処置がとられているもの」
 - など、いくつかの場合が想定される。
- ▶ 本来の位置から移設されて、博物館等の環境にあるもの
- ▶ 埋め戻されたもの

➡ 保存すべき対象とその生物劣化の原因となる生物種がより明確化される