

平成 23～26 年度科学研究費（学術研究助成金（若手研究B））

研究成果報告書（課題番号：23720396）

## 三次元計測による飛鳥時代の石工技術の復元的研究

2015 年 3 月

研究代表者 廣瀬 覚

（独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所 主任研究員）

奈良文化財研究所



## 例　言

1. 本書は科学研究費（学術研究助成金（若手研究B））の交付を受けて実施した「三次元計測による飛鳥時代の石工技術の復元的研究」（課題番号：23720396）に関する研究成果報告書である。

2.	研究経費	平成 23 年度	直接経費	475,961 円	間接経費	240,000 円
		平成 24 年度	直接経費	1,039,782 円	間接経費	240,000 円
		平成 25 年度	直接経費	371,873 円	間接経費	210,000 円
		平成 26 年度	直接経費	1,012,384 円	間接経費	180,000 円
	合　　計	2,900,000 円			870,000 円	

3. 研究成果　　本書（下記4の発表論文のうち、一部は本書と重複する部分がある）

4. 研究発表　廣瀬 覚 2011 「石櫛構築技術からみた高松塚古墳」奈良文化財研究所第 108 回公開講演会（口頭発表）

廣瀬 覚 2012 a 「香芝市平野塚穴山古墳石櫛の 3 次元レーザー測量調査」『奈良文化財研究所紀要 2012』

廣瀬 覚 2012 b 「構築技術からみた高松塚古墳の横口式石櫛」『文化財論叢 IV』奈良文化財研究所学報第 92 冊

廣瀬 覚 2013 「飛鳥藤原地域出土基壙外装石の三次元計測」『奈良文化財研究所紀要 2013』

廣瀬 覚 2014 「飛鳥時代の石工技術と高松塚古墳」第 236 回「あすか塾」セミナー（口頭発表）

5. 本研究に関わる三次元レーザー計測は、（株）共和の協力を得て実施した。

6. 本書における石材加工技法の名称は、和田晴吾 1991 「石工技術」『古墳時代の研究』第 5 卷 雄山閣に準拠する。

7. 本研究遂行にあたっては、下記の方々および関係機関から多大なるご協力を賜った。記して感謝の意を表します。

相原嘉之、有井宏子、伊藤聖浩、河内一浩、西光慎治、下大迫幹洋、高野　学、西口壽生、野口眞戒、明日香村教育委員会、大阪府教育委員会、香芝市教育委員会、財務省近畿財務局奈良財務事務所、野中寺、羽曳野市教育委員会（敬称略、五十音順）



# 三次元計測による飛鳥時代の石工技術の復元的研究

## 目 次

第1章 研究の目的と経過 .....	1
第2章 香芝市平野塚穴山古墳の三次元レーザー測量 .....	3
第3章 羽曳野市ヒチンジョ池西古墳石槨の三次元レーザー測量 .....	8
第4章 飛鳥藤原地域出土の基壇外装石等の三次元レーザー計測 .....	13
第5章 明日香村牽牛子塚古墳石槨外周石材の三次元レーザー計測 .....	17
第6章 三次元画像化による飛鳥時代の石材加工痕跡の検討 .....	20
第7章 二上山凝灰岩製横口式石槨の変遷過程 .....	24
第8章 今後の課題と展望 .....	33
引用・参考文献 .....	34



## 第1章 研究の目的と経過

国宝高松塚古墳壁画の劣化が深刻な状態となり、2006年10月から2007年9月にかけて、壁画を古墳から取り出して修理するための石椁の解体事業が実施された。本研究の代表者である廣瀬は、文化庁から委託を受けて奈良文化財研究所が実施したこの事業に伴う発掘調査に、担当者の一人として従事した。石椁解体の代償としてではあるが、その調査で得られた考古学的情報は極めて多岐に及び、とりわけ、飛鳥時代の土木技術や終末期古墳の構築技術の理解に再検討を促す重要な知見を数多くもたらした。しかしながら、関連する遺跡や遺構との比較により学術的検討を深め、高松塚古墳の調査成果を歴史的に評価する作業は今後に委ねられている部分が少なくない。

そうした残された課題の一つに、石椁石材の加工技術の分析があげられる。高松塚古墳の埋葬施設は、奈良県と大阪府の境界に位置する二上山で産出する白色角礫凝灰岩（以下、二上山凝灰岩）16枚を組み合わせて構築された横口式石椁で、「切石」とよばれる各面を平坦に加工した石材が使用されている。石材表面にはノミやチョウナといった鉄製工具による加工痕跡が無数に残る。石椁解体のために石椁背後の土を取り除いたことにより、通常は土に埋もれていて観察できない部分も含めて、個々の石材の加工状況を詳細かつ網羅的に把握することができた。また加工に先立って赤色顔料で割付線を施すなど、高度な技術の存在も明らかになっている。これら一連の成果は、これまでの飛鳥時代の石工技術に関する先行研究に再考を迫る内容を有していると言える。

古代国家の確立期にあたる飛鳥時代は、仏教や律令といった外来的宗教や政治制度とともに、それを支えるための手工業や土木、建築に関する新たな知識や技術が中国や朝鮮半島から受容されたことが知られている。石工技術についても、古墳時代までは人工的な加工が困難であった花崗岩などの硬質石材を精緻に加工するための技術が、飛鳥時代に至って新たに朝鮮半島から受容された可能性が指摘されている。高松塚古墳の石椁石材のあり方は、そうした硬質石材を通じて受容された新來の技術が、古墳時代から伝統的に用いられてきた軟質の凝灰岩の加工へも応用されていった様子を強く示唆する。

二上山凝灰岩は、古墳のみならず、寺院や宮殿、官衙などで建築部材として大量に消費されており、奈良時代の文献にも「大坂白石」の名称で登場する。二上山凝灰岩を扱う石工集団は、高松塚古墳が築造された飛鳥時代末には一定の専業化を果たしていたものとみられるが、その背景には消費量の増大とともに、石工技術の統合や工人集団の再編成といった政治的・社会的変化が存在した可能性が見込まれる。こうした見通しを考古学的手法により、資料の実態に基づいて究明することが本研究の目標である。高松塚古墳の石椁石材の分析を足がかりとしつつ、古墳時代から飛鳥・奈良時代にかけての関連資料を体系的に分析することにより、石工技術やそれを担う集団の存在形態、製品の生産・流通過程を通してかつ実証的に跡付けることが可能になり、古代国家の確立過程と手工業生産との関わりを解明する手がかりが得られるものと期待できる。

ところで、高松塚古墳の石室解体に伴う発掘調査では、考古学的情報を細大漏らさず収集する上で、通常の考古学的な記録作業を合わせて、三次元レーザー測量を併用した。そこでは、墳丘内の遺構や層理面、石椁の形状などを主な対象として三次元情報の記録・収集に務めた。石椁石材については、発掘

調査で露出した全ての面を対象に拓本（温拓）による加工痕跡の収集を実施したが、現地で拓本が採取できなかつた面については、壁面および石材への影響を考慮して、石材取上げ後は拓本は実施せず、三次元レーザー計測による加工痕跡の記録を行つた。以上で得られた高松塚古墳の石櫛の形状、および石材加工痕跡の三次元情報を当該期の石工技術の研究資料として位置づけるには、言うまでもなく、さらなる比較のための三次元情報の蓄積が不可欠である。

石材加工に限らず、考古資料に残された技法や工具痕跡の記録・分析は、これまで、拓本によって陰影を写し取る方法が基本となっており、それを媒介に資料間の比較や合照が進められてきた。近年では、デジタルカメラの普及により、写真測量を用いる方法も主流となりつつあるが、本研究が対象とする石材の加工痕跡は、石材表面に対してあらゆる方向から工具が打ち込まれているため、一定方向からのみの陰影による写真記録では工具痕跡の全てを拾いきることが困難である。換言すれば、拓本、写真ともに二次元での記録化であり、工具痕跡が本来有する立体的な情報量を半減させてしまつてはいるのが現状と言える。

以上の問題意識を踏まえて、本研究では、従来から高松塚古墳石櫛との類似性が指摘されてきた香芝市平野塚穴山古墳、羽曳野市ヒチンジョ池西古墳の2基の横口式石櫛を対象に三次元レーザー測量を実施した。また、横口式石櫛とそれ以外の二上山白色凝灰岩の加工技術との比較を行うことを念頭に、飛鳥藤原地域出土の二上山凝灰岩製基壇外装石の三次元レーザー計測を行つた。そこでは、基本的な形状の記録とともに、加工痕跡の細部計測も実施した。その調査成果を、本書第2～4章に掲載する。

ところで、飛鳥時代に流通した石材は二上山凝灰岩の他にも、飛鳥地域で産出する石英閃綠岩（飛鳥石）や二上山麓で産出する石英安山岩（寺山石）、奈良県室生火山岩（棟原石）、兵庫県加古川下流右岸で産出する流紋岩質溶結凝灰岩（竜山石）などの硬質石材があり、また軟質の石材には奈良県天理市豊田産出の凝灰岩質砂岩（天理砂岩）などがある。当初はこれらの各種石材の加工技術と、高松塚古墳石櫛石材に代表される二上山凝灰岩のそれを比較し、その差異や共通性を明らかにすることも検討課題として掲げたが、この点については、本研究の実施期間内に十分な資料の蓄積を進めることができなかつた。本書では、断片的ながら期間内に実施することができた明日香村牽牛子塚古墳石櫛周囲の石英安山岩製方形切石、同飛鳥寺出土竜山石製不明石造物の計測成果を第4・5章に付載する。

以上を踏まえて、第6章では、本研究期間中に蓄積した石材加工痕跡の三次元画像を標本化し、それに基づいて二上山凝灰岩を中心とする飛鳥時代の石工技術を復元する。その際、まず、高松塚古墳の石櫛石材の検討に基づいて、同古墳の築造された7世紀末から8世紀初頭にかけての二上山凝灰岩の加工技術を把握する。その上で、本研究において計測対象とした7世紀後半階の二上山凝灰岩製品、および断片的ではあるが寺山石や竜山石の加工技術との比較を行い、二上山凝灰岩製品内における石工技術の時間的変化や共通性を検討するとともに、異なる石材間における技術の異同についても見通しを述べることにしたい。結論的には、二上山凝灰岩製品は一貫して同一の技術系譜に即して展開したと考えるが、そうした理解を補強する目的で、第7章では、同石材を用いた横口式石櫛の構造や加工のあり方を再検討し、その変遷過程と背景を明らかにしたいと考える。さらに第8章で今後の課題と展望を述べて総括とする。

## 第2章 香芝市平野塚穴山古墳の三次元レーザー測量

### (1) 調査の経緯

史跡平野塚穴山古墳は、香芝市平野字塚ノ段に所在する終末期古墳である。1972年に生じた石櫛の摸乱行為に際して発掘調査が実施され、古墳の構築過程や石櫛の構造が明らかにされている（泉森他 1977）。本古墳の石櫛は、二上山凝灰岩の切石を組み合わせる構造や使用尺度から、かねてより高松塚古墳石櫛との類似性が指摘されてきた。本研究では、高松塚古墳石櫛との詳細な比較、および飛鳥時代の石工技術の解明にむけた基礎的作業として、同古墳の石櫛にたいして三次元レーザースキャニングの手法を用いて測量調査を実施することとした。また、合わせて墳丘の現状についてもレーザー測量で記録した。

現地調査は、土地管理者の財務省近畿財務局奈良財務事務所の快諾を得て、香芝市教育委員会、(株)共和の協力のもと 2011 年 11 月 30 日に実施した。計測機器はライカ社製 ScanStation C10 で、データの取得と変換にはライカ社製専用ソフト Cyclone を使用した。

### (2) 調査の成果

図 1 は、計測データをポリゴン化し、さらに陰影処理した上で、従来の実測図と同様に正射投影図として出力したものである。本石櫛は、1972 年の調査時には天井石と北西側の壁石背面が露出しており、さらにトレンチ調査により、石櫛南端および北西部では床石の外端の位置が確認されている。その後、石櫛外面は埋め戻され、漢道の床石南端も土で覆われている。図 1 では、現在、土で覆われている部分を報告書掲載の旧実測図から復元し、破線および灰色の網掛けで表現している。

本石櫛の構造については、既に報告書において詳述されている。磚状の切石を敷き詰めた床面上に壁石および天井石を配置し、南端の天井石および東・西壁石の北側に高さ約 10 cm、幅約 58 cm の段を削りだして玄門部とする。床面は漢道部に幅約 168 cm、奥行約 145 cm、玄門部に幅 120 cm 以上、奥行約 60 cm の切石を置いた後、後者と石櫛部南端の床面の一部を深さ 12 cm ほど削り込み、そこに幅 119.2 cm、奥行 56 cm、厚さ 31.5 cm の方形切石を落としこんで、石櫛部と漢道の仕切とする。

今回の計測成果と 1972 年時の調査成果を比較すると、大きな齟齬は見当たらない。とりわけ、各石材や石櫛各部の寸法は、報告書に「JIS 1 級のスチールテープを用い、3 度以上、同一地点を計測した」とあることからも、公表されている数値と今回の計測結果とでほとんど相異がない。しかしながら微細な部分では、人力とレーザースキャナによる精度の差を見て取ることができる。たとえば、旧実測図では石櫛部内法長が実際の計測数値（東側で 305.0 cm、西側で 304.0 cm）よりもやや長く表現されており、実測ないしは製図段階において何らかの要因により南北に間延びしたものと考えられる。

また、今回のレーザー測量では、石櫛部が南向きに 2 度前後で傾斜している点が新たに明らかとなつた。縦断面を見ると、漢道部分がほぼ水平であるのにたいし、北壁・天井・床が一定の角度で南に傾斜していることがはつきりと見て取れる。この点は、旧実測図では認識が困難であり、レーザー測量ならではの調査成果と言える。石櫛内壁が南にわずかに傾斜する状況は、高松塚古墳やキトラ古墳の石櫛でも確認されており、排水を目的とした意図的な造作と推測される。

石櫛内壁は極めて平滑に加工されている。風化により仕上げ技法の内容を明確にすることは困難であ

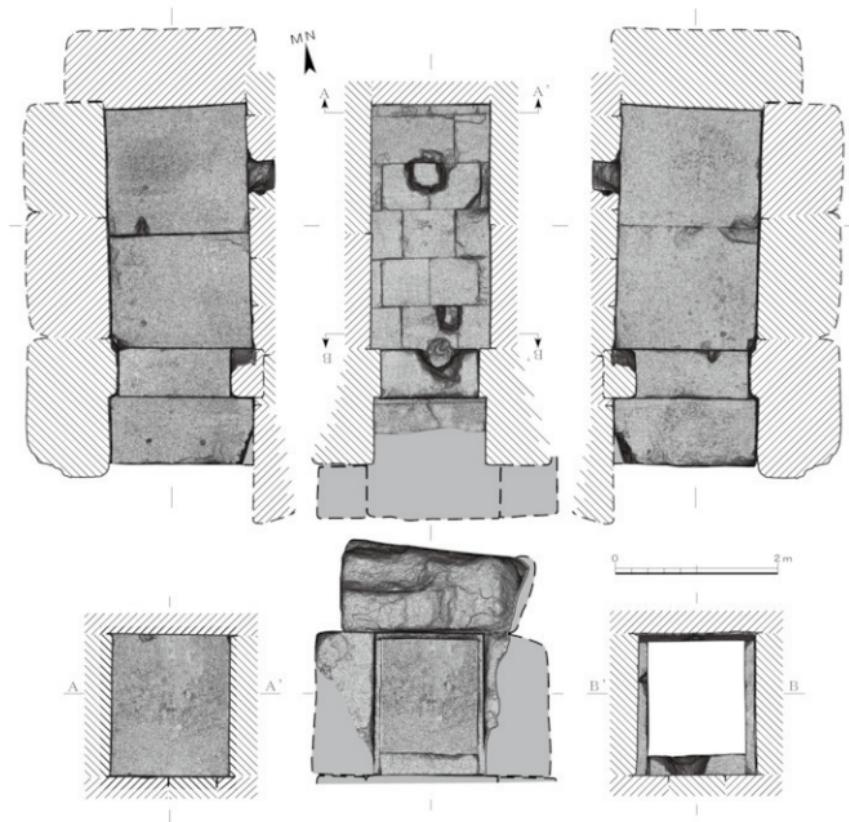


図1 平野塚穴山古墳石燈三次元レーザー測量図 1:60

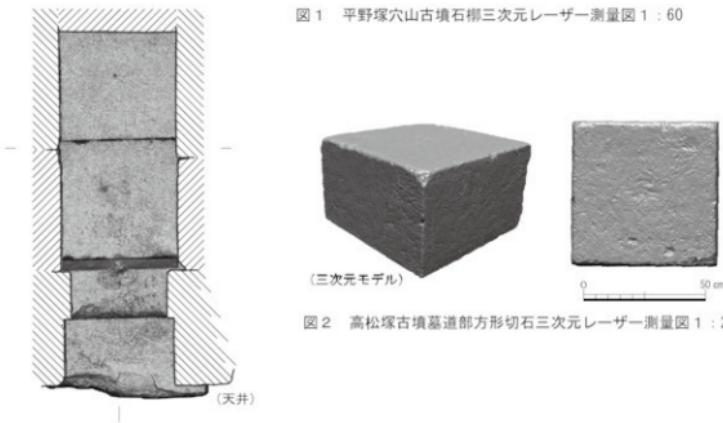
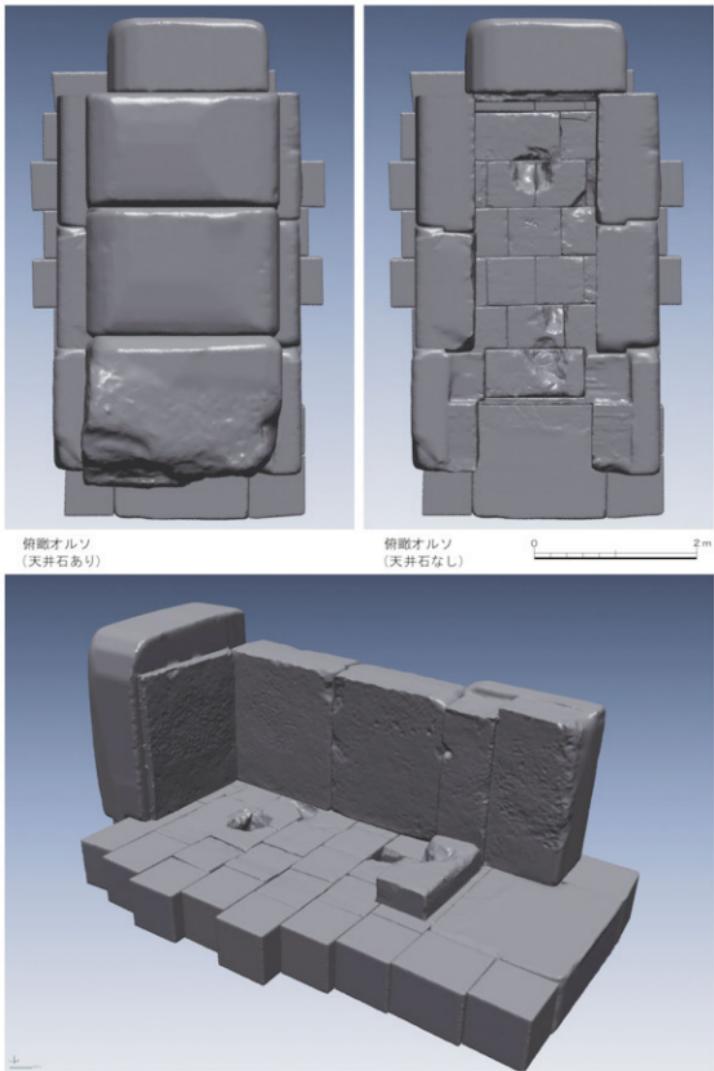
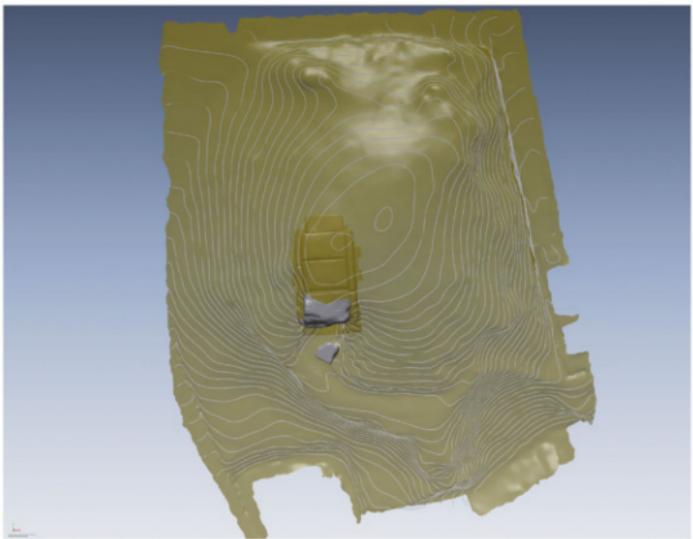


図2 高松塚古墳墓道部方形切石三次元レーザー測量図 1:20



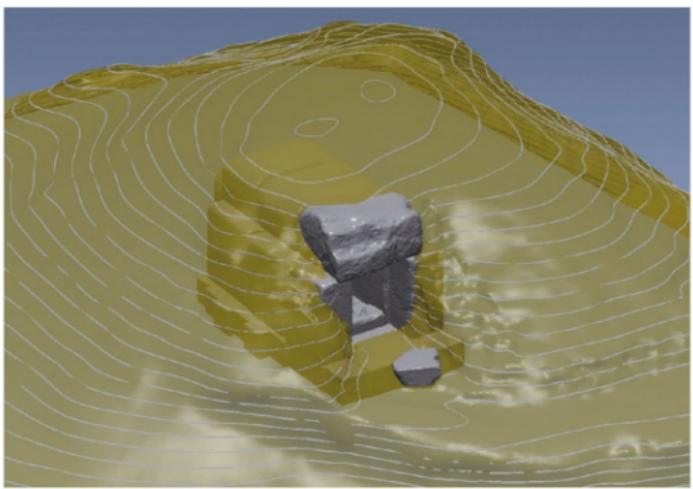
3 D モデルによる内部構造の画像化

図 3 平野塚穴山古墳石槨の復元モデル



現墳丘と石槨の三次元レーザー測量（オルソ画像）

0 10m



透過による現墳丘と石槨の位置関係の表示（3Dモデル）

図4 三次元レーザー測量による現墳丘と石槨の位置関係の画像化

るが、漢道部東・西壁には最終仕上げに先行するとみられるチョウナ削り・チョウナ叩き技法の痕跡を散見できる。陰影処理した画像からは、削りないしは磨き技法により平滑に仕上げられた切石の質感がリアルに再現されている。加えて、後世の搅乱や石材の損傷状況等も正確に記録されており、従来の線画図では十分に伝達し得なかつた内容をスムーズに表現できていると言える。

### (3) 本石櫛の基本設計

本石櫛の使用尺度については、報告書において 1 尺 30 cm 前後の単位尺の存在が指摘されており、内法寸法は石櫛部長 10 尺、同幅 5 尺とみる点で異論がない。興味深いのは、個々の石材の切出しにも同一尺の使用が見出される点である。すなわち、壁石・天井石の内面は幅 5 尺を基本単位に切出されており、多少の細部はあるものの、概ね全ての面で東西方向の目地が揃う。壁石および天井石の配石は、石櫛部 2 枚、漢道部 1 枚の計 3 枚構成であるが、それぞれの石材がほぼ南北長 5 尺で切出されており、漢道まで含めた石櫛の全長は 15 尺に規格化されていると見てよい。個々の石材の切出し単位と石櫛全体の設計が完全に連動しており、巨石を使用しつつも表面仕上げが徹底されている状況と合わせて、本石櫛の構築技術の高さが窺われる。

一方、石櫛部床面に使用された磚状の石材については、平面形が長方形と正方形の 2 種がある。これらの石材は一部を除いて高さが不明だが、平面正方形のものは、上面が一辻 29.5 尺前後 × 2 尺となる規格性が認められる。高松塚古墳墓道部に置かれていた方形切石の上面寸法は、これと完全に一致している(図 2)。高松塚古墳の石櫛は、当古墳と同じく二上山凝灰岩製の組合式横口石櫛であり、今回、加工技術にも共通性が認められたことから、同じ技術系統に属する石工集団の関与が推測されよう。

### (4) 石櫛全体像の復元

現在、本石櫛の外側は、漢道部分の天井石および壁石の南端を除いて土中に埋もれているが、前述のように報告書掲載の実測図には、当時露出していた外側の情報が記録されている。図 3 は同図を用いて外側部分を復元し、石櫛全体をモデル化したものである。図 3 から明らかのように、北壁石上部には天井石底面を受けるための深い段が存在する。こうした石材を相互に重ね合わせるための仕口は、本石櫛の至るところに設けられていたと推測される。そのような視点で玄門部を見ると、同部分の天井石は眉石状に一段低く垂下し、東・西壁石もこれに呼応して一段低く削り出されていることに気づいた。図 3 の天井石を外したモデルでは、その状況を推測的に視覚化した。画像のように東・西ともに一石からなる漢道部の壁石は、玄門部分のみ上面を一段低く掘り廻めていたものと考えられる。

このほか、天井石の接合部では、図 1 の東西断面に見るように、レーザースキャニングからの内面部分と旧実測図から復元した外側部分とで目地の位置に数 cm ほどのズレが認められる。この点は、後述する羽曳野市ヒチンジョ池西古墳や高松塚古墳の石櫛と同様に、天井石の南北面に合欠が設けられていることを示しているのであろう。合欠は東・西壁石についても設けられていたとみてよからう。

また図 4 には、石櫛の測量と合わせて実施した墳丘の測量結果を画像化した。ここでは、内外面の構造を復元した石櫛モデルを封土中に埋め込み、かつ透過して画像化することで、墳丘と石櫛の位置関係をビジュアルに示すことができた。本古墳の墳丘は先述のように、オリジナルな墳丘形態を留めていないことが残念であるが、こうした三次元レーザー測量の成果に基づく墳丘と埋葬施設の関係の視覚化は、今後の研究や公開・活用において極めて有効な手法となろう。

## 第3章 羽曳野市ヒチンジョ池西古墳石槨の三次元レーザー測量

### (1) 調査の経緯

ヒチンジョ池西古墳は、羽曳野市はびきの3丁目にかつて所在した終末期古墳である。終戦後間もない1946年3月、開墾により横口式石槨が露出し、森浩一により緊急調査が実施された。その際、内部からコウヤマキの付着した銅釘が出土し、釘式の木棺が納められていたものと考えられている（森1984）。内部からは黒漆膜も採取されたとの情報もあり、木棺は漆塗であった可能性もある（北野1994）。その後、石槨は野中寺境内に移設され、大阪府の文化財指定を受け、現在も同地で保存、公開されている。

高松塚古墳壁画発見直後、本古墳の石槨は、高松塚古墳石槨に最も類似する石槨として取り上げられた（森1972）。その後の横口式石槨の分類、編年においても両石槨は、二上山凝灰岩製の組合式の横口式石槨として、平野塚穴山古墳石槨などともに同一系統上で位置づけが検討されてきた（山本1988、和田1989、広瀬1995など）。また本石槨は、不慮の掘削により古墳外部に取り出され、外面の観察・記録が可能な点でも、高松塚古墳との共通性がある。高松塚古墳と同様に三次元レーザースキャニングでデータ収集を実施することで、より詳細な比較・分析が可能となることが期待された。

ところで本石槨は、1994年から1996年にかけて解体修理が実施されている。その際、石材の洗浄、強化、破損箇所の接合、復元等が実施され、また現地への再設置にあたり、石槨内部には倒壊防止のためのステンレス製のフレームが構築された（伊藤2005）。本研究では、当初、本石槨の内外面を一体的に計測し、高松塚古墳との各石材単位での詳細な比較を行う計画であったが、現地視察の結果、閉塞石である南壁石と内部のフレームの安全な取り外しおよび現状回復は、時間的にも予算的にも困難と判断するに至り、外面から照射が可能な範囲に限定してレーザー測量を実施する方針に改めた。

幸い、石槨内部の情報については、解体修理時に個々の石材の実測図が作成されていることを羽曳野市教育委員会よりご教示いただいた。そこで、石槨内部については、同図を借用して三次元モデルを作成し、外面を中心とするレーザー測量によるデータに挿入することとした。

現地における調査・測量は、大阪府教育委員会、野中寺の快諾を得て羽曳野市教育委員会、（株）共和の協力のもと2013年1月23日に実施した。測量はライカ社製 ScanStation C10 で全体形状をスキャニングし、加工痕跡や梃子穴等の細部についてはコニカミノルタ YVID910 で計測を行った。取得した点群については、編集ソフト Rapidform XOR3 を使用して画像化した。

### (2) 石槨の構造

当古墳の石槨に関する図面は、森浩一によって作成された外面を対象とした実測図があるのみで（森1972）、長らく内部の構造については不明であった。その後、解体修理の報告に際して、伊藤聖浩によつて天井と床面の復元図が公表され（伊藤2005）、また、近年では河内一浩によって内部の構造を示す概略図が提示されている（河内2008）。これらによって、本石槨のおおよその構造は判明するものの、従来の図面では各石材の細部形状や寸法、石槨全体の基本設計などを把握することは困難であった。

これにたいして、今回の調査では、三次元レーザー測量により、石槨外面の形状や構造については詳細かつ高精度のデータを取得できた。また、直接、スキャニングができなかつた内部の状況についても、

接合部の隙間を利用してできるだけ内面に近い部分のデータを外面から連続的に収集した上で、修理前に作成された個々の石材の実測図から復元的に作成したモデルを挿入することで、比較的精度の高い図面を作成することができた。図5は、その成果を実測図状に正射投影図として画像化したもので、上段には外面の平・立面、下段には、内面の見通しと断面を図示した。

本石櫛の基本構造は、天井石と床石に各2枚、壁石は東西に各2枚、南北に各1枚の計10枚の切石を使用し、全体を箱形に組み上げたものである。ここでは、高松塚古墳における石材の呼称方法（松村ほか2008）に従い、天井石1、2、東壁石1、2といったように南側から順に算用数字を振り、南北の小口の石材については、それぞれ南壁石、北壁石と呼ぶことにする。

各石材の接合面には、相互に鉤の手形の合欠が設けられており、天井石底面にも、壁石上面の段差とは厳密には噛み合わないものの、中央にわずかかな段が削り出されている。高松塚古墳では、壁石の上面や天井石底面には仕口は一切設けられておらず、また、東・西壁石3の北面も平坦なままで、玄武が描かれた北壁石南面の左右の一段低い部分に、平坦な東・西壁石3の北面がそのまま接合される。こうした高松塚古墳のあり方と比較すると、当古墳石櫛の構造が非常に丁寧で精巧な作りとなっている点が理解できる。なお、鉤の手形の合欠の向きは、天井石では北面で上側、南面では下側が突出するが、床石ではその逆となっている。また、壁石では、北面で外側側、南面では内側側が突出する。これにより石材は床石では南から北へ、壁石・天井石では北から南へと接合されたことが判明する。

一方、床面には床石1・2に跨がって中央に幅3cm、深さ1.5cmの南北方向の溝が彫り込まれている。高松塚古墳や平野塚穴山古墳など、二上山凝灰岩製の石櫛では、いずれも床面がわずかに南に傾斜するように設置されていることからすると、本石櫛も構築時には床面が若干南に傾斜していた可能性がある。すなわち、床面中央の溝は排水機能を期待して彫り込まれたものと推測できよう。なお、発見当初は、天井石1・2の上面の目地を覆うように細長い断面山形の石材が載せられていたとされ、森浩一作成の実測図には同石材がはっきりと図示されているが、現在、この石材の所在は不明である。

さらに、本石櫛には、從来から天井石側面や南壁石南面下部に一辺60～70cm、深さ50cm前後の用途不明の穴が存在することが知られてきた。森浩一は、この穴を当初「円穴の飾り」と呼んだ（森1972）。その後の論文中では、穴に「木栓をさしこんで、石の運搬や組立てに使ったとみることができるけれども」としながらも、依然として「儀具痕」の可能性も示唆し、天井石の穴について「おそらく木栓を櫛内におさめてからさし込んだのであろう」と明言はしないものの「儀具痕」の範疇での理解を示す。一方、南壁石の穴については、穿たれた位置が低いことから「儀具痕とみるよりも石材の組立て用とみてよかろう」とも述べ、特定の用途に限定することを避けた（森1984）。

このように、「飾り」や「儀具痕」、或いは「石材の組立て用」などの説が併存し、用途が絞り込めなかつた同古墳石櫛の外面の穴にたいして、これに再考を促す発見があった。高松塚古墳の石櫛解体に伴う発掘調査で、同古墳の天井石2～4、および南・北壁石の東西側面下端において蒲鉾形の穴が発見されたのである。高松塚古墳石櫛の外面で発見された穴については、構築時に目地留の漆喰で完全に覆い隠されていたことからも、裝飾用として穿たれたものとは考えがたい。一方で、穴の上辺には棒を挿入した際の破損や磨滅の跡が残っていたことからも、梃子棒を挿入して石材の設置位置を調整した梃子穴と推定されるに至った（松村ほか2009）。ヒンチジョイ池西古墳石櫛の穴についても、少なくとも天井石

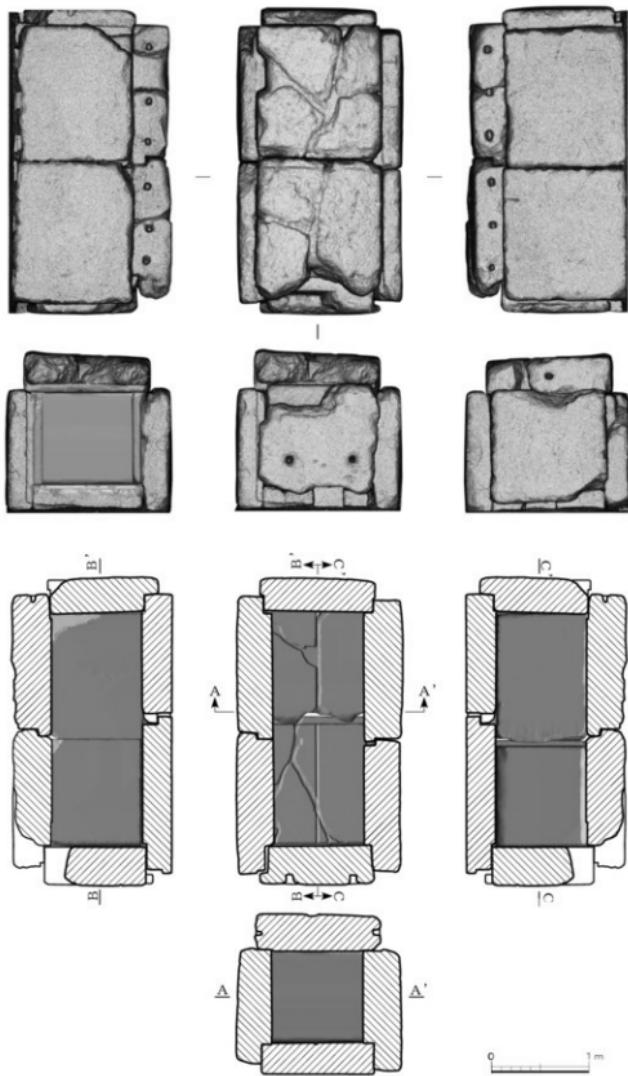


図5 三次元レーザー測量によるヒチンジョ池西古墳石棺平・断面図 1 : 50

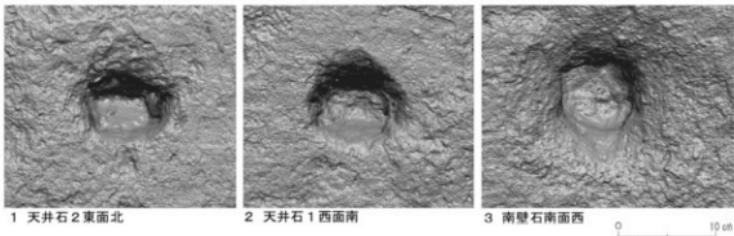


図6 ヒチnjyō池西古墳石櫛挺子穴細部三次元画像 1:5

の東・西・北面については埋葬時には土中に埋もれていたとみられる。また、表面にはある程度風化が及んでいるものの、やはり各穴とも上辺が磨滅している状況が確認できる。これらの穴にたいして詳細な三次元計測を実施した結果、そうした穴周辺の使用痕を画像でも明瞭に映し出すことができた(図6)。ヒチnjyō池西古墳石櫛外面の穴についても、高松塚古墳石櫛同様に梃子穴と理解してよかろう。

ただし、当古墳の梃子穴は、高松塚古墳のように石材側面の下端に鋸鉢形状に穿たれるのではなく、石材下端よりもやや高い位置に、方形ないしは円形の穴が彫り込まれる点で相異がある。この相異は、梃子棒を挿入して石材を持ち上げる際の支点の位置にも大きく影響したと考えられる。実際に当古墳の梃子穴には、高松塚古墳とは異なり、下側にも摩滅痕が存在するものがある(図6-2・3)。むしろ、この点は、彫り込み位置の相異に起因して使用痕が下辺側にも生じた状況を明瞭に物語るもので、当古墳の梃子穴が実際に石材位置の移動や調整に使用されたことを裏付けていると言える。

なお、石材表面は全体的に風化が及んでいるが、所々に当初の加工面が残る範囲がある。いずれもチョウナ削り技法の痕跡であり(第5章)、土中に埋もれる部分のやや粗い仕上げに伴うものである。

### (3) 石櫛の基本設計

本石櫛各部の計測値については、森論文(森1984)において以下ようなデータが提示されている。

外法 全長 313cm 壁石部全長 277cm 天井部全長 286cm

内法 全長約 240cm 幅約 110cm(移設後のデータ) 高さ約 100cm

これにたいして、今回の計測値は以下の通りである。

外法 全長 314cm 壁石部全長(東) 280cm(西) 285cm 天井部残存長 281cm 床石部全長 280cm

内法 全長 240cm 幅 93cm 高さ 93cm

両者を比較すると、外法、内法とも全長はほぼ等しい値を示す。壁石、天井部の全長もほぼ近似値となっており、計測部位による変異、若干の欠損を見込むとほぼ数値はほぼ一致しているとみてよかろう。前述のように、内法については、厳密にはレーザースキャナーによるデータではないが、石材の隙間から接合部の合矢や段差をできるかぎり測り込み、手測の実測図からのデータを合成した成果の妥当性が、発見当初の内法長との一致により検証されていると言えよう。

ただし、その一方で、内法の幅や高さについては、森論文の数値と今回の値とで10cm前後の相異が存在することが明らかとなった。110cmとされる幅については、発見当初のデータがなく、移設後のデータ

タであることが論文中に明記されている。したがって、移設先で組み直した際に一定のズレが生じた可能性も考慮されよう。高さについても、当時、南壁石が閉塞された状態でどれほど正確な計測がなされたかどうかは定かではない。むしろ、その他の値の一致は、今回の計測データの信頼性、および解体修理時の石材の接合や組み上げが極めて正確になされたことを示すものと考える。したがって、将来、内部の再計測を実施する必要はあるものの、内法の幅、高さについては今回の計測結果から 93cm 前後が本来の値である蓋然性が高いと判断する。すなわち、本石櫓の内法寸法は 30cm 前後の令小尺で長さ 8 尺、幅・高さは 3 尺で設計されていたものと理解できる。

一方、外法については、南・北壁石の外端までの全長で 314 cm (10.5 尺)、天井石・壁石・床石部分の全長で 280 cm 前後 (9.3 尺) であり、令小尺での換算では整数値が得られない。キトラ古墳や石のカラト古墳では、南・北壁石の外端と天井石および床石の外端が一致しているが、本石櫓では南・北壁石が天井石や床石よりも外側に突出していることからも、外法長については尺度で明確には規格づけられていなかつた可能性が高い。ただし、天井石・壁石・床石部分の全長は、いざれも 280 cm 前後で揃えられており、小口部分を除く石櫓外法長については 280 cm 前後で規格化されていたとみてよかろう。

次にこの基本設計の値と、各石材の寸法との関係をみていく。まず、天井石および東・西壁石の 6 枚については、ほぼ 140~145cm 前後に加工されており、この値が本石櫓石材の南北長の基本的な規格であったとみるができる。上述のように、小口部分を除く石櫓外法長については 280 cm 前後で規格化されていたとすると、天井石や東・西壁石はちょうどその半分の値で切り出されたことになる。それぞれ均等の長さの石材 2 枚ずつを接合して 280 cm 前後の全長を得ることが予め計画されていたのであろう。

これにたいして、天井石、東・西壁石の 3 面の石櫓内面にあたる部分の南北長については、いざれも南側の石材の南北長が 110cm 前後、北側が 130cm 前後となっている。南側の石材には分厚い南壁石が挟み込まれる分、内面の南北長が北側よりも 20cm ほど短縮されたとみることができよう。いざれにしても、3 面の石材目地はほぼ一致しており、こうした数値の振り分けが高い計画性に沿ったものであることを窺わせる。

これにたいして床石は、床石 1 の南北長が 160cm、床石 2 が 138cm と不均等となっている。ただし、両者を接合した際の床石全体の南北長は、合欠で重複する部分を差し引くとやはり 280cm 前後となり、接合時の値は他の 3 面の南北長とほぼ等しい。一方で、石櫓内の床面となる部分の南北長は、床石 1・2 ともに 120cm 前後となっており、8 尺で設計された内法長 240 cm を 2 枚で均等に分割するかたちとなっている。こうした状況からすると、床石 1・2 にみる長さの不均等も、当初からの設計である蓋然性が高い。厚みや重量のある南壁石が載ることになる床石 1 の方を長く切り出すことで、石櫓全体を安定的に構築することが念頭に置かれていた可能性が考えられよう。

以上のように当古墳の石櫓は、規格的に加工された天井石、東・西壁石、床石をそれぞれ 2 枚接合して全長 280 cm 前後の櫓本体を構築した上で、その全長内に内法長 240 cm (8 尺) を確保つつ、南・北の壁石を安定的に組み込むことが予め設計されていたとみてよい。ただし、床石および天井石の全長に南・北壁石を含む壁石の全長を一致させ、完全な箱形に組み上げるキトラ古墳や石のカラト古墳の石櫓と比較すると、設計の完成度が若干劣る点は否めない。結果的に櫓本体を南北方向に二分する目地の位置が床面とその他の面で不一致となっている点は、そうした設計上の無理に起因するものと考えられる。

## 第4章 飛鳥藤原地域出土の基壇外装石等の三次元レーザー計測

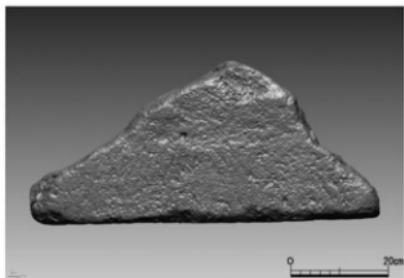
### (1) 調査の経緯

奈良文化財研究所都城発掘調査部では、飛鳥藤原地域から出土した礎石や基壇外装石等の加工石材を一定量所蔵している。ここでは、本研究所が有する飛鳥時代の加工石材のうち、形状や部位が判明する資料を中心に実施した三次元レーザー計測の成果を報告する。対象資料は、高松塙古墳石櫛石材との比較において重要となる二上山凝灰岩製の基壇外装石で、遺存状態が良好で、かつ飛鳥時代の基壇外装石の用法・加工技術を理解する上で重要な3石を抽出し、観察および計測をおこなった。また、一石のみではあるが、竜山石の加工技術との比較のために、飛鳥寺出土の用途不明の竜山石製石造物の計測も補足的に実施した。計測作業は（株）共和の協力を得て、コニカミノルタ製VIVID910を使用し、取得した点群については、編集ソフトRapidform XOR3を使用して画像化した。

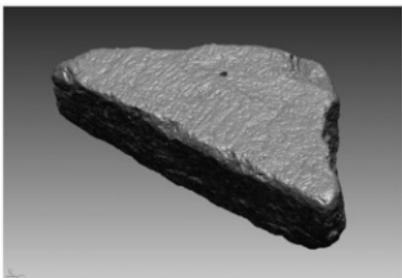
### (2) 二上山凝灰岩製基壇外装石の計測（図7）

1は、大官大寺第6次調査時に講堂SB500の基壇北縁から出土したものである（奈良国立文化財研究所1980）。現状は平面三角形形状を呈するが、1左端には側面から直角に折れ曲がる平坦面がわずかに残存しており、本来は方形に加工された切石と判断できる。残存幅は72cm、同奥行は33cmで、厚さは67.5cmを測る。各面の加工は、上面が平滑であるにたいして、側・下面では粗作り時の凹凸が残存する。上面は全体的に磨滅を受けるものの、部分的にチョウナ叩き技法による筋状の痕跡が残存しており、同技法を密に施して直線的な形状を作り出した様子がみてとれる。なお上面には、側面から約16cm奥に橙褐色土が帯状にこびり付いた部分があり、同部分を挟んで前後で土による変色具合が大きく異なる。使用時には、汚れの目立たない奥（基壇）側には上部に別の石材が載せられ、変色が顕著な見付側は地上に露出していたものと推測される。地覆石ないしは延石に該当すると考えられるが、地覆石の場合、通常、上面に羽目石を受けるための段を設ける。それがみられないことから、本例は延石として使用された蓋然性が高い。すなわち、大官大寺講堂基壇は延石を備えた壇上積基壇であったと推測される。

2は、豊浦寺第3次調査に際して、講堂と目される礎石建物SB400をめぐる石組溝SD405に伴って検出されたものである。厳密には石組溝SD405を区画する石列SX404に転用されていたもので、転用された基壇外装石の存在や下層出土土器の年代から、SD405は奈良時代以降の付設と判断されている（奈良国立文化財研究所1986）。石材の現状は、直角二等辺三角形を呈し、直交する二辺の長さは39～40cm、斜辺の長さ55cm、厚さは15cmを測る。直交する二辺の縁に沿って一方の面にのみ幅約3cmの段が巡る。概報が記す「基壇隅に用いた地覆石と思われるもの」にあたるとみられる。そのようにみた場合、外縁の幅3cmの段は田辺征夫の切石積基壇分類におけるC類（田辺1978）の地覆石見付部分にみられる装飾的な段に相当することになろう。ただし、地覆石見付部分の段は深さ3cm程度が通例であるにたいし、本例は後世の掘削を被ってもなお段底面からの高さが11cm以上残存するため、地覆石とみることは困難と考える。一方で、直交する二面に斜交するもう一方の面は、後世の掘削痕がまったく及んでおらず、使用時の面をとどめている可能性が高い。すなわち、側面三角形を呈する本例は階段羽目石とみるのが妥当であろう。斜面部分が磨滅や風化で丸みを帯びている点もそうした見方を傍証する。



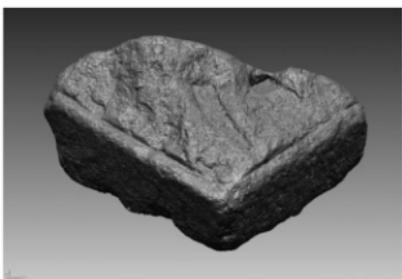
1 大官大寺講堂S-B500基壇北縁出土石材



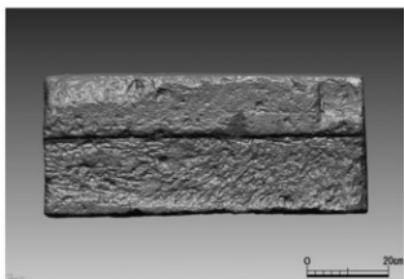
2 1の鳥瞰図



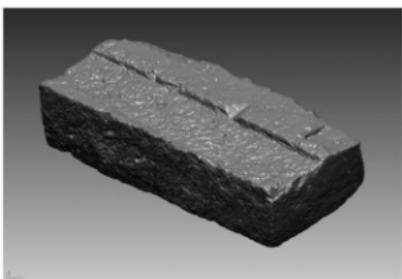
3 豊満寺石組溝S-D405出土石材



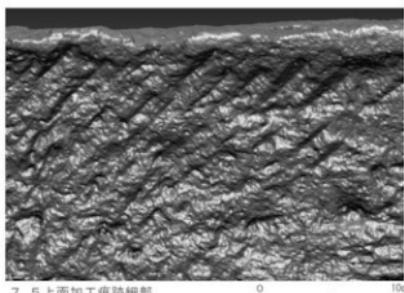
4 3の鳥瞰図



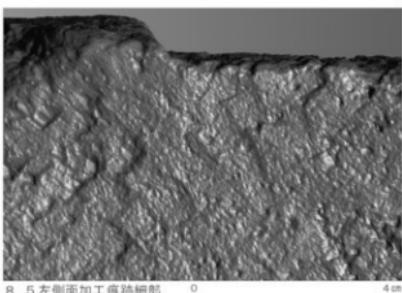
5 飛鳥藤原地域出土土地覆石



6 5の鳥瞰図



7 5上面加工痕跡細部



8 5左側面加工痕跡細部

図7 飛鳥藤原地域出土基壇外装石三次元レーザー計測画像

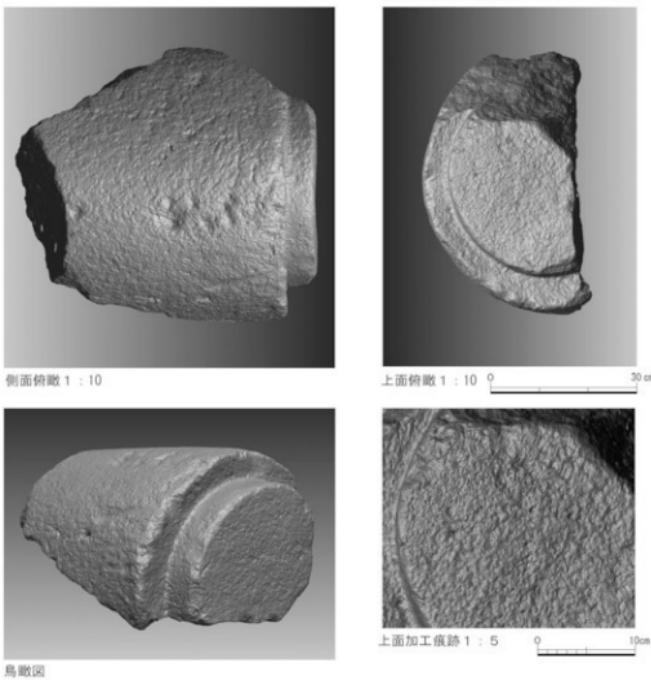


図8 飛鳥寺出土竜山石製不明石造物三次元レーザー計測画像

その場合、外縁の段は、隣接する階段羽目石、同地覆石との結合にともなうものとなろう。地覆石、階段羽目石のいずれにしても、外縁に装飾ないしは結合のための段を作出する本例は、豊浦寺創建時にさかのぼるものではなく、奈良時代以降の補修時のものと考えられる。

5は、本研究所飛鳥藤原地区収蔵庫に保管されているほぼ完形の地覆石である。幅80.5cm、奥行34cm、高さ18cmを測る。上面基壇側には奥行19cm、深さ1.5cmの羽目石を受ける段を彫り込み、見付側右端にはこれに直交する向きに幅10.5cm、奥行9.5cm、深さ1.5cmの階段羽目石を受けるための段を設ける。残念ながら出土地は不明であるが、本薬師寺金堂基壇例（奈良国立文化財研究所1993）と同様に見付に装飾的な段をもたないことから、7世紀後半のものとみて問題ない。

なお本例は、表面の遺存状態が良く、加工痕跡が明瞭に残る。7は5上面の段内部に残るチョウナ叩き技法、6は側面のチョウナ削り技法の痕跡である。地面上に接することになる底面は仕上げが不徹底で粗作り時の凹凸が残るが、その他の面はチョウナ削り技法によって平滑に仕上げられている。これにたいして、上面段作出時のチョウナ叩き技法は施し方が不徹底で、基壇側の端部にはチョウナがほとんど

接触せず、当初の仕上げ面が残る部分がある。一方、左右端の加工は、外部へと敲打の単位が連続しており、設置後に隣接する地覆石と一体で上面の段が削り出された様子が窺われる。

### (3) 飛鳥寺出土竜山石製用途不明石造物の計測

図8の石材は、元本研究所所員の西口壽生氏が飛鳥藤原宮跡発掘調査部在籍中に、飛鳥寺回廊跡北東隅に隣接する民家の庭に置かれていた同石材の存在に気づき、所有者の許可を得て長らく当研究所で保管してきたものである。過去の水路改修に伴って出土したもののように、旧飛鳥寺の寺域内から出土したことは確かとみられるが、どのような遺構と関わるものなのかについては不明である。

石材は、兵庫県加古川下流右岸で産出するいわゆる竜山石（流紋岩質溶結凝灰岩）で、直径約60cm、残存長58cmの円柱状を呈し、上面に直径48cm、高さ6cmの柱座状の段を削り出す。ただし、必要以上の高さと側面の加工の丁寧さからみて、本例を通常の礎石とみることは困難である。飛鳥寺では、中金堂日本尊の台座が竜山石製であることが知られており（奈良国立文化財研究所 1984）、あるいは本例もこれに関わる何らかの製品である可能性も考えられるが、実際の用途は不明と言わざるを得ない。

ただし、本例は表面の遺存状態が良好で、上面、側面とも一様にノミ小叩き技法による仕上げの痕跡が残る。とりわけ上面の円形段部分では同技法による凹凸が明瞭に残り、図7右下の画像ではその状況を鮮明に見て取ることができる。ノミ小叩き技法は、飛鳥時代の硬質石材に頻繁に用いられる仕上げ技法で、竜山石製品では水泥古墳2号棺など家形石棺での使用が確認されている（和田 1991）。本例は用途不明ながら何らかの建築部材とみられ、石棺以外の竜山石製品においても同技法の使用が確認できる点において、貴重な資料と言える。

## 第5章 明日香村牽牛子塚古墳石櫛外周石材の三次元レーザー計測

### (1) 調査の経緯

明日香村越に所在する牽牛子塚古墳は、二上山凝灰岩製の剝抜式横口式石櫛を埋葬施設とする終末期古墳で、2009～2010年の発掘調査により、墳丘を二上山凝灰岩で外装した対辺長22mを測る八角墳であることが判明した（西光編 2013）。発掘調査報告書に提示された拓本や写真により、当古墳の剝抜式石櫛および墳丘外装石には、チョウナ叩き技法で平坦面を作出する高松塚古墳と同様の加工のあり方が見て取れる。発掘調査時に現地を訪れた際にも、その点を実見により確認させていただくことができた。

一方、当古墳の石櫛外周には、羽曳野市寺山周辺で産出する石英安山岩製の大型の方形切石が擁壁状に積み上げられている。本石櫛の構築年代については諸説あるものの、規模の差を問わなければ、二上山凝灰岩の剝抜式横口式石櫛の周辺施設に寺山石が使用される例は、羽曳野市小口山古墳にも認められることから、その組合せを時系列上のひとつのまとまりとして捉えることができよう。その上で、二上山凝灰岩の剝抜式横口式石櫛と7世紀末から8世紀初頭にかけて盛行する同組合式横口式石櫛とを比較すると、両者には加工技法において顕著な相異が認められず、基本的には同一の石工集団の産物と考えられる一方で、組合式のものは相対的に構築技術の合理化が進んでいると評価できる（第6章）。よって、剝抜式の本石櫛はそれらよりも先行する7世紀後半でも中頃に近い所産とみるのが自然と考える。

そうした年代の問題もさておきながら、本石櫛外周の寺山石には加工痕跡が明瞭に残る部分がある。同一古墳の一体的な石造物において、産出地の異なる石材が併用されている事例はそう多くはなく、本石櫛は二上山凝灰岩と寺山石の加工技術を同時代的に比較できる貴重な遺構と言える。そこで外周石のうち、現在、露出し、かつ表面の遺存状況の良好な2石にたいして、三次元レーザー計測を実施することにした。現地調査は、明日香村教育委員会の快諾を得て、（株）共和の協力のもと 2014年11月18日に実施した。コニカミノルタ製VIVID910で計測し、編集ソフトRapidform XOR3を用いて画像化した。

### (2) 石櫛外周石英安山岩の加工痕跡

計測を実施した石材は、図9に示したように、石櫛開口部の東西に正対する寺山石の方形切石2石である。開口部西側に控える石材1の東面は、高さ101cm、幅60cmを測る。東面の表面はやや風化が進行しており、痕跡の細部は不鮮明であるが、全面にわたって筋状の工具痕が観察できる。後述する石材2の状況から、その筋状の工具痕は、チョウナ叩き技法によるものと判断でき、計測石材1の東面は最終的に同技法によって平坦に仕上げられたものと理解できる。

一方、石材1東面の北辺および下辺北隅には、曲刃の工具によって表面が打ち割られた痕跡が残る。後世の擾乱時の痕跡の可能性も疑ったが、これらの痕跡のすぐ脇には石櫛本体との間を充填する漆喰が迫っており、それらを壊すことなく構築後に工具を打ち込むことは困難である。したがって、本石材の形状を整えるべく粗加工した際の痕跡と判断できる。刃幅は、北辺上辺で15cm以上、下辺北隅のもので10cm以上を測り、それぞれ形状がやや異なることから2種類以上の工具が使用されたものとみられる。

寺山産出の石英安山岩を使用して構築された羽曳野市觀音塚古墳石櫛では、天井石の加工痕跡の一部が拓本で提示されているが（笠井・山本編 1981）、それによると土中に埋もれる石櫛外面では曲刃の工



図9 牽牛子塚古墳石槨外周石材計測位置（写真は西光編 2013より）

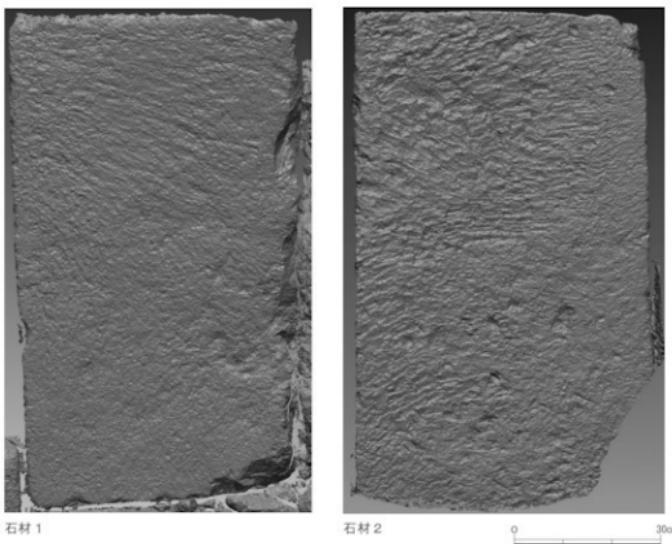


図10 牽牛子塚古墳石槨外周石材加工痕跡三次元計測 1:10

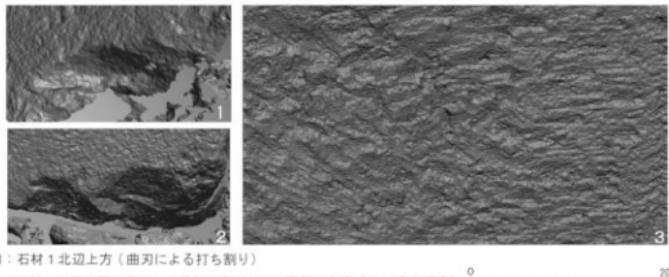


図 11 牽牛子塚古墳石櫛外周石材加工痕跡 1 : 5  
1: 石材 1 北辺上方（曲刃による打ち割り）  
2: 石材 1 下辺北隅（曲刃による打ち割り） 3: 石材 2 上半（チョウナ叩き） 0 20cm

具によるとみられる打ち割り痕、内面には何らかの工具による細かい敲打痕が残る。観音塚古墳石櫛では、別の部位の仕上げの技法として明瞭なチョウナ叩き技法の痕跡が確認されており（和田 1983）、牽牛子塚古墳石櫛の外周石材と同一の加工技術が用いられたものと理解できる。よって石材 1 にみる曲刃工具による打ち割りも、寺山石の粗作り段階に普遍的な技法とみることができよう。

一方、開口部東側に控える石材 2 は、高さは下部を漆喰で覆われたため不明であるが、幅は石材 1 と同様 60 cm を測る。石材 1 のような粗加工の痕跡は残さないが、西面全面にチョウナ叩き技法の痕跡が明瞭に残る。使用された工具は幅 5 ~ 6 cm を有する直刃のもので、刃先は 0.5 cm 前後とやや厚み有する。大部分は石材にたいしてほぼ垂直に打ち下ろされているが、部分的にはやや角度をもって削り状の加工となっている範囲もある。上述の観音塚古墳のあり方からも、寺山石では、チョウナ叩き技法によって直線的な形状を作り出す工程が広く普及していたものと考えられる。

### (3)まとめ

以上、2 石 2 面の計測からではあるが、寺山産出の石英安山岩の加工技法に関する重要な知見を得ることができた。寺山石は、相対的に二上山凝灰岩よりも硬度が高いこともあり、粗造り（成形）時には、力強い打撃で石材を大きく剥ぎ取っていく作業が求められたものと推測される。石材 1 にみるような打ち割り痕跡は、稀に二上山凝灰岩でも散見され、成形の初期段階では二上山凝灰岩でもそうした技法が用いられた可能性があるが、そうした痕跡が石材 1 のように仕上げの施された面に近接して残されることはほとんどない。寺山石では、素材の硬度に規定されてノミないしはチョウナによる打ち割りが用いられる点で、チョウナ削り技法を多用する二上山凝灰岩の成形とは技術的な相異が存在するとみられる。

一方で、今回、寺山石の仕上げにチョウナ叩き技法が駆使されている状況が確認できたことにより、寺山石と二上山凝灰岩とで、仕上げの技法に関しては親密な関係があつたことが理解できるようになった。一般的に、石英閃緑岩（飛鳥石）や竜山石などの硬質石材の仕上げにはノミ小叩き技法が多用されるが、敲打により平坦面を作出する点ではノミ小叩き技法とチョウナ叩き技法には元来、共通性があると言える。その上で、一体的な遺構において二上山凝灰岩と寺山石の両者にチョウナ叩き技法が確認できる牽牛子塚古墳のあり方は、消費地での異なる石材の併用によって同技法の共有が引き起こされていった状況を示唆するものとして注目されよう。

## 第6章 三次元画像化による飛鳥時代の石材加工痕跡の検討

### (1) 本章の目的

第1章で述べたように、本研究は高松塚古墳の石室解体に伴う発掘調査を出発点とし、そこで得られた二上山凝灰岩の加工技術に関する理解を同時代の他の資料との比較の中で相対化し、飛鳥時代における石工技術にたいする基本的認識を深めることを目標とする。当初は、同時代の他の石材も踏まえて、飛鳥時代の石工技術を通時に検討することを目標に掲げていたが、様々な制約の中で、結果的に二上山凝灰岩に特化した研究となってしまった点は否めない。それでも、高松塚古墳以外の組合式横口式石槨、さらには基壇外装石にたいする資料化を進めることで、異なる遺跡および製品間において加工技術の異同を検討するための環境を整えることができ、また断片的ながら竜山石や寺山石についても比較資料を得ることができたと考える。その上で、本章では、加工痕跡そのものの三次元画像を活用しながら、改めて二上山凝灰岩の加工技術の特徴を整理しおきたい。

### (2) 飛鳥時代後半における二上山凝灰岩の加工技術

まず、高松塚古墳での調査成果に基づいて、7世紀末から8世紀初頭にかけての二上山凝灰岩の加工技術のあり方を確認しておく。古代の石材の加工工程は、①産地で石材を岩盤から取り出す「山取り」、②おおまかな形状を作り出す「粗作り」、③最終段階に表面を平滑に整える「仕上げ」の3つの段階に区分され、用いられる技法も石材の硬軟や工程の差に応じて相異が存在する（和田 1983、1991）。ただし、実際の石材から確認できる技法の多くは、③の「仕上げ」ないしは②の「粗作り」段階のもので、石工技術の全体像を明らかにするのは容易ではない。しかしながら、高松塚古墳では、石槨解体の代償ではあるが、石槨背後の版築を取り除いた結果、通常は土中にあって目にすることのできない部分の観察と記録が可能となり、以下の点が明らかとなった（廣瀬 2012）。

- ① 同一石材中においても部位によって加工の精粗が大きく異なっている。版築内に埋もれることになる部分ほど粗く、石槨内面となる部分や隣り合う石材相互の接合面、墓道に面する部分は特に丁寧に加工される傾向にある。すなわち、石工たちは石槨の構築過程を熟知した上で、加工の精粗を使い分けている。
- ② その加工の精粗は、工程の段階差を反映したものである。すなわち、粗作り（ノミ叩き技法・チョウナ削り技法）→仕上げのための下地作り（粗いチョウナ叩き技法）→最終仕上げ（丁寧なチョウナ叩き技法・チョウナ削り技法・磨き技法）といった一連の工程のなかで、どこで作業を終えたかによって加工に精粗の差が生じることになる。
- ③ それらの技法のうち、石材の平坦面の作出において重要な役割を果たしたのがチョウナ叩き技法である。しばしば「凝灰岩切石」と表現されるあたかも切断機を使用したかのような直線的な形状は、ベンガラによる割付線（朱線）に沿って石材を削り、最終的にチョウナ叩き技法を密に施すことによって得られたものである。

ところで、二上山凝灰岩の開発は6世紀にさかのぼり、当初は主に家形石棺の素材として消費されたが、7世紀以降は、寺院・宮殿建築における礎石、心礎、基段外装にも用途が拡大し、建築部材として

の使用が定着する（和田 2006）。とりわけ 7 世紀中頃の山田寺や川原寺以降は、寺院主要殿舎の基壇外装として多用され、さらに 7 世紀後半以降は古墳の墳丘外装や横口式石櫓にも用いられていくという経過を辿る。複数の部材を組み合わせて全体を構築する上で、接合面の仕口の形状を整えやすい凝灰岩は重宝されたものと考えられる。高松塚古墳の調査成果からは、そうした凝灰岩における直線加工、いわゆる「切石」の生産を可能にしたのが、③で述べたような朱線による割付とチョウナによる駆使という堅実な作業の積み重ねであったことが理解できるようになったのである。

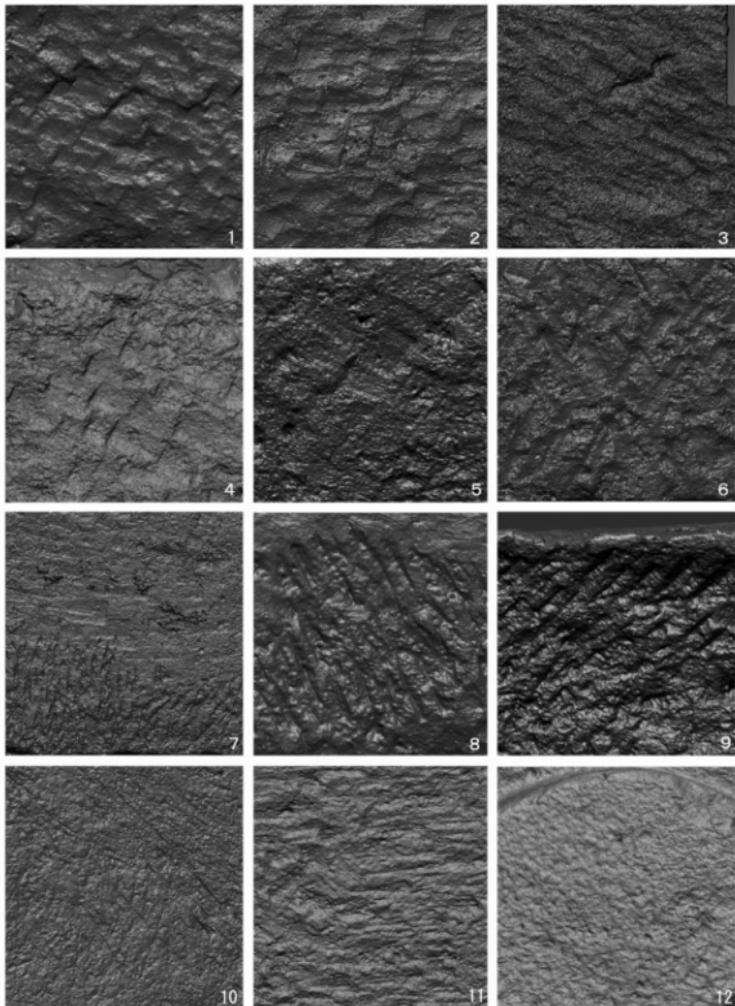
結論を先に述べると、石櫓石材のみならず、同時期の他の二上山凝灰岩製品でも同様の技術で切石の加工がなされていたと考えられる。第 4 章では、飛鳥藤原地域出土の二上山凝灰岩製の基壇外装石 3 点を紹介したが、その加工のあり方は、高松塚古墳と同様に、使用時に視覚的に隠れることになる部分の加工が相対的に粗く、その部分を通じて粗造りの段階の加工がチョウナ削り技法を中心としていたことがみてとれる。一方で、最終的に平坦面を作り出していく段階ではチョウナ叩き技法が駆使されている状況が確認できる。屋外に長時間露出することになる基壇外装石では、元来、割付線の遺存は見込めないが、その形状の仕上がりから推測すると、高松塚古墳やキトラ古墳の石櫓石材と同様に朱線による割付がなされていたとみてよかろう。

注目されるのは、図 7-5 の地覆石上面において、羽目石を受けるための段を作り出すにあたって施されたチョウナ叩き技法のあり方である。同石材の羽目石を受ける部分は、通常の地覆石よりも段の彫り込みが浅く、端部付近が中央部よりも高く彫り残されるなど総じて加工が粗いが、それに伴うチョウナ叩き技法で使用された工具の刃先は 0.5cm 前後の厚みがあり、図 7-2 の大官大寺出土延石の上面のチョウナ叩き技法にみる細筋の工具痕とは明らかに様相が異なる。こうしたチョウナ叩き技法における工具の刃先の厚薄は、同技法によって平坦面を作り出する際のさらに細かい時間的な段階差を反映したものであると推測される。

同じチョウナ叩き技法であっても加工の段階に応じて工具を取り替えていく状況は、高松塚古墳の石櫓石材にも認められる。すなわち、高松塚古墳では同一石材中においても、仕上げが徹底されていない部分では、厚みのある刃で力強く叩いて平坦面を作り出すまで加工を終えているが（図 12-6・8）、仕上げが徹底されている部分では、刃先の薄いチョウナで丁寧に叩いて表面をより平滑に仕上げる加工が施されているのである（図 12-10）。前者の粗い加工痕跡と上述の図 7-5 のそれとを三次元画像で比較すると、両者の痕跡が酷似しているが一目瞭然である（図 12-8・9）。

この他、図 12 の上半では、チョウナ削り技法についても画像を集成し、比較を行っている。チョウナ削り技法にも、刃先が彎曲した工具で加工痕が鱗状に産むように削る粗い加工のものと（1～3）、直刃の工具で薄く平滑に削る二者があり（4・5・7）、後者にはチョウナ叩き技法の後に重複して施されたことが明らかなものもある（7）。したがって、前者は粗作りの工程において多用される技法であり、後者については、徹底した平滑面を得るために最終段階の仕上げ技法としての性格が強いと言えよう。

以上のように、二上山凝灰岩製の石櫓石材と基壇外装石では、割付線に沿ってチョウナ叩き技法で平坦面を作り出していくという点のみならず、チョウナ叩き、チョウナ削り技法とともに、段階に応じて工具を取り替えていく点なども共通しており、製作技術の全体像が細部に至るまで一致する状況が看取できる。言い換えれば、7 世紀後半～8 世紀初頭の二上山凝灰岩は、基本的には同一の石工集団によっ



1 : 高松塚北壁石西面（チョウナ削り）2 : 高松塚床石3 西面（チョウナ削り）3 : 高松塚床石3 東面（チョウナ削り）4 : ヒチンジョ池西壁1 西面（チョウナ削り）5 : 飛鳥藤原出土地不明石材底面（チョウナ削り）6 : 高松塚天井石4 西面（チョウナ叩き）7 : 高松塚床石3 上面（チョウナ叩き→チョウナ削り）8 : 北壁石底面（チョウナ叩き）9 : 飛鳥藤原出土地不明石材上面（チョウナ叩き）10 : 高松塚天井石4 北面（チョウナ叩き）11 : 犀牛子塚石碑外周寺山石（チョウナ叩き）12 : 飛鳥寺出土不明龜山石製品（ノミ小叩き）

図 12 飛鳥時代の石材加工痕跡の三次元計測画像 1 : 4

て加工がなされており、石榔石材や基壇・墳丘の外装石といった様々な製品が生産されて、奈良盆地南部や南河内といった当時の政治的中心地とその周辺一帯に流通していたものと理解できるのである。

### (3) その他の石材の加工技術との比較

本章の冒頭で述べたように、本研究では二上山凝灰岩以外の加工技術については、十分な検討ができていない。ここでは、第4、5章で断片的にとりあげた竜山石（流紋岩質溶結凝灰岩）と寺山石（石英安山岩）製品の観察を通じて、その内容について見通し的に述べておきたい。

まず、図8の用途不明竜山石製品については、比較的表面の遺存状況が良く、前述のように仕上げ技法としてノミ小叩き技法が駆使されている状況が確認できる（図12-12）。ノミ小叩き技法は、一般的に硬質石材の仕上げ技法とされ（和田1991）、花崗岩や石英閃綠岩（飛鳥石）などにおいて頻繁に觀察される。飛鳥時代の竜山石製品では、他に水泥古墳2号棺や西宮古墳石棺においても同技法の使用が確認されており（和田1983）、それらとともに本例は、飛鳥時代の竜山石製品全般が、同時期の飛鳥石などの硬質石材と同様の技法で加工されていた状況を示すものとして改めて評価することができよう。

一方、寺山石については、牽牛子塚古墳石榔外周石材の検討によって、加工工程の概要が推測できるようになつた。すなわち、刃先がハマグリ刃状に彎曲した工具を打ち当てて表面をハツリ取り、大まかな形狀を整えたのち、チョウナ叩き技法で平坦に仕上げていく工程を復元できる。力強い敲打により表面をハツリ取っていく粗作り（成形）のあり方は、同時代の他の硬質石材にも共通するものである可能性があろう。この点は、軟質の二上山凝灰岩の成形とは異なるが、平坦面の作出にチョウナ叩き技法を駆使する点（図12-11）は、二上山凝灰岩の加工と同じである。

むしろ、飛鳥時代のチョウナ叩き技法については、従来は竜山石や寺山石といった相対的に硬質に位置づけられる石材の仕上げ技法としての性格が与えられてきた（和田1983、1991）。たしかに、二上山凝灰岩におけるチョウナ叩き技法の使用は、石棺等ではほとんど確認できることからすると、飛鳥時代でも後半以降、いわゆる「切石」としての加工が同石材において発達する過程で顕在化してきている公算が高い。硬質石材における仕上げ技法としてのチョウナ叩き技法の位置づけは、飛鳥時代後半以降の良好な二上山凝灰岩製品、およびその觀察結果が十分提示されていなかった段階の評価であり、飛鳥時代前半段階に限定すれば現状においても妥当なものと言える。これにたいして、二上山凝灰岩における平坦面の作出が線引きとチョウナ叩き技法の産物とみる本研究の成果は、当初は、硬質石材を中心としていた敲打法による「切石」技術が、飛鳥時代後半以降、軟質石材へと応用されていく過程を新資料を用いて明らかにし得たものと評価することができよう。

その際、主体となった敲打法がノミ小叩き技法ではなく、チョウナ叩き技法であった点は、軟質石材では必ずしも先端が尖った工具でなくとも敲打で石材を減していくことが可能であり、むしろチョウナのような幅広の工具の方が広い面積の平坦加工に適していたことがその理由としてあげられよう。現状では、飛鳥時代の同技法は、竜山石（伸墓古墳石棺・和田1983）、寺山石、二上山凝灰岩の三者での使用が確認される。飛鳥時代後半における政治的中心地での「切石」の大規模消費が、異なる石材間での技法共有を促していった可能性が示唆される。今後は、同技法の伝達・共有過程を具体的に追究することで、当該期の「切石」生産の実態を解明する作業が重要な検討課題となろう。

## 第7章 二上山凝灰岩製横口式石槨の変遷過程

### (1) はじめに

高松塚古墳の横口式石槨には、他に兄弟石槨とも呼ばれる3基の酷似する横口式石槨がある。本研究の遂行過程では、「構築技術からみた高松塚古墳の横口式石槨」と題する論文を発表し（廣瀬 2012、以下前稿と呼ぶ）、和田晴吾分類（和田 1989）の高松塚型に該当するこの4基の二上山凝灰岩製石槨の変遷過程を、同石材の石工技術の実態、各石槨の基本設計と個々の石材の規格化のあり方を踏まえて検討した。4基の石槨には細部で変異も存在するが、それらも同一の集団が継続的に石槨製作にあたる中で生じた変化であり、前稿ではそれに基づいて、同一の石工集団が先行する石槨の構築技術や規格を継承しながら、技術改良や工夫を加えつつ、石材加工を行っていった状況を明らかにできたと考えている。

現状では、前稿の内容について変更の必要はないと考えているが、その後、本研究を進める中で、高松塚古墳石槨と関連の深い平野塚穴山古墳、ヒチンジョ池西古墳の2基の石槨（和田分類の塚穴山型）について三次元レーザー測量を実施し、両石槨の基本構造・設計について基礎的な検討を加えた（第2・3章）。本章では、その成果を踏まえて、二上山凝灰岩製横口式石槨の全体的な変遷過程を再検討し、そこから改めて同石材の加工技術の発達過程を追究することにしたい。

### (2) 高松塚型石槨の変遷過程

以下では、高松塚型石槨の変遷過程に関する前稿の論旨を要約的に示しておく。なお、ここでも各石材の部分名称は、高松塚古墳石室解体調査での用法に従い、天井石、東・西壁石、床石については南から順に算用数字を付し、南・北小口の壁石は、南壁石、北壁石と呼ぶ。

高松塚型の横口式石槨4基は、天井石・床石各4枚、東・西壁石各3枚、南・北壁石各1枚の計16枚の石材を使用し、全体を箱形に組み上げる点を基本構造とする。マルコ山古墳、キトラ古墳では、北壁石が東西2枚に、キトラ古墳では、東壁中央の東壁石2枚が上下に2枚に分割される点で相異もあるが、その他の配石はよく一致している。そもそもこれらの4基の石槨では、天井石1枚の外側の上端に屋根形の面取りを施す点で高い共通性が認められる。また、石材間には合欠等の仕口を設けるが、その合欠の向きも天井石・床石ではいずれも北面で下側、南面では上側が突出する点で一致する。さらには、キトラ古墳、石のカラト古墳、高松塚古墳では石槨の幅が103cm前後で揃う点、石材の加工技術にも顕著な相異が認められないことを踏まえると、その構築には同一の石工集団の関与があったことがほぼ疑いない。

その上で、これらの石槨では各石材の南北長が令小尺の3尺を基準に切り出されるという特徴が認められる。その最も典型的なものが石のカラト古墳石槨であり、南・北壁石以外の各石材は88cm前後（1尺29.5cm×3）、南・北壁石は厚さが45cm前後（1.5尺）で切り揃えられている。その結果、接合時のそれぞれの全長は、天井石・床石では4枚×3尺=12尺、東・西壁石では3枚×3尺=9尺となり、さらに南・北壁石（2枚×厚さ1.5尺=3尺）を含めた壁石部の全長は天井石・床石のそれと等しく12尺となる。こうした個々の石材の規格化と緻密な構築設計により、完成時の石のカラト石槨は、内外面の石材端部や目地が揃い、外法長12尺、内法長9尺を測る完全な箱形の形状が実現されているのである。

これにたいして、キトラ古墳や高松塚古墳では、使用石材に南北長3尺から逸脱する石材が含まれる

が、このうち、キトラ古墳では内法長を8尺に縮小したために全体の設計に齟齬が生じたことに理由が求められる。むしろ、それに応じて各石材長を調整し、内外面の接合位置を一致させている点で、石のカラト古墳と同様に緻密な構築設計の存在が窺われる。これにたいして、高松塚古墳では、完成時の外法・内法長については、石のカラト古墳の設計尺度をほぼそのまま踏襲する一方で、一部に長さ3尺を上回る、或いは下回る石材を組合せ、接合時の全長の中で誤差を解消する合理的な方法が用いられていることが明らかとなった。

以上を踏まえると、高松塚型石櫛は内法長9尺での構築を念頭に創出されたもので、それに対応すべく南北長3尺の石材が多用されたものと理解できる。すなわち9尺の約数である3尺を壁石の南北長とすることで、内法長を壁石に均等に配分する設計であったと考えられる。天井石・床石の全長と壁石のそれを一致させ精緻な箱形に構築すべく、外法長も3尺の倍数である12尺が設計基準とされたが、高松塚古墳の天井石ではそれが完全に放棄されていることからすると、設計の上で最も重視されたのは内法長であったと考えられよう。

こうした理解に基づいて、これら4基の石櫛の変遷順序は、以下のように整理できる。まず、上記3基の中では尺度管理の合理化が著しい高松塚古墳石櫛が最も新しく位置づけられる。かねてから指摘があるように、高松塚古墳石櫛のみ天井内の屋根形の刺り込みが省略されている（白石 1998）ことからも、同石櫛を最も新しくみる点に異論はなかろう。その上で、高松塚古墳と基本設計が同一である石のカラト古墳石櫛は、高松塚古墳石櫛の直前段階に位置づけるのが妥当と考える。石のカラト古墳と高松塚古墳では、前者の屋根形刺り込み部まで含めた内法高が後者の壁石高にそのまま受け継がれる点も、そうした理解を傍証するものと考える。

一方、キトラ古墳石櫛は刺り込み部まで含めた内法高が最も高く、3基の中では相対的に古く位置づけられる。同古墳石櫛の壁石高がそのまま石のカラト古墳石櫛の内法高に引き継がれる点からも、石のカラト古墳よりも先行すると見ることができるが、同石櫛の内法長は8尺であり、同古墳を最も古く位置づけることは、内法長9尺で高松塚型の石櫛が創出されたとする上述の前提と矛盾をきたすことになる。結論的には、詳細は明らかにされていないものの、マルコ山古墳の石櫛がキトラ古墳石櫛の前段階に位置する蓋然性が高いと考える。

マルコ山古墳石櫛の内法寸法は、長さ 271.3cm、幅 128.4cm、高さ 135.3cm とされ（相原 2008）、幅、高さは他の3基よりも明らかに大きな値となっているが、長さについては、1尺 30cm 強とみれば9尺として把握可能である。石材の配置については、天井石・床石各4枚、東・西壁石各3枚、南壁石1枚となる点で高松塚型の石櫛の基本構造を満たしている。ただし、前述のように北壁石に相当する部分については、中軸を境に2枚の石材を組み合わせて用いており、この点はキトラ古墳石櫛と同じ構造となっている。北壁に2枚の石材を配する理由については、他の3基よりも内法幅が広い点に起因する可能性を考えるが、いずれにしてもそれがキトラ古墳のみに継承されている点は、マルコ山古墳に統いてキトラ古墳が築造されたとする図式に整合的である。キトラ古墳のみがなぜ内法長を9尺から1尺縮小したのかという問題は残るもの、その他の点では4基の石櫛の変遷は矛盾なく説明できると言える。

以上をまとめると、高松塚型の石櫛は、1枚3尺を基本単位として切り出した壁石を南北に3枚を接合して、内法長9尺とすることを基本設計とする石櫛であったと理解できる。それに規定されて、天井

石と床石については、その3枚の壁石と南・北壁石を正確に覆うことを念頭に全長12尺の4枚構成で設計がなされたものと考えられる。このように高松塚型石槨は、全体設計に基づいて個々の石材までが緻密に規格化された、極めて合理的な構築技術に基づく横口式石槨だったのである。

### (3) 塚穴山型石槨の特徴および高松塚型石槨との比較

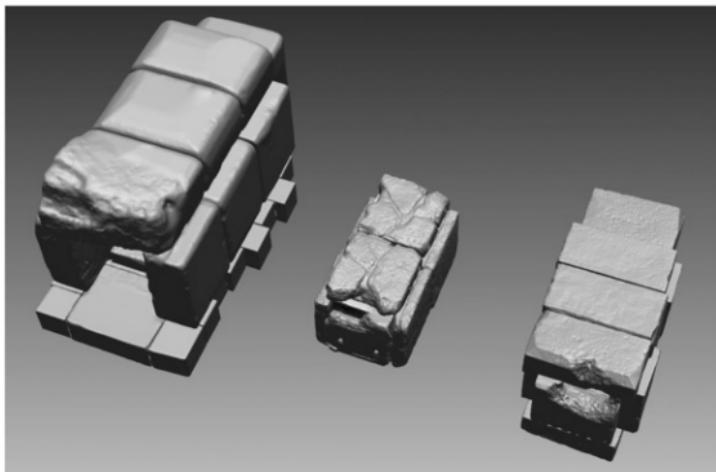
以上の高松塚型石槨の構造、および変遷過程を念頭に塚穴山型石槨の特徴を再検討すると、興味深い事実が浮かび上がる。

まず、平野塚穴山古墳石槨とヒチソジョ池西古墳石槨では、前者が石槨部と同規格の切石による羨道を設けるのにたいし、後者ではそれを持たない点において、前者が後者に先行するとみることに異論はない。その上で、石槨部に限定して配石のあり方に着目すると、平野塚穴山古墳、ヒチソジョ池西古墳ともに、天井石・壁石がいずれも2枚構成であることに気づく。平野塚穴山古墳については、床石は碑状の切石ブロックであるが、ヒチソジョ池西古墳では床石も2枚構成となる。報告書の図面からの検討であるが、塚穴山型の範疇で捉えられる葛城市兵家古墳も、天井石・壁石・床石がそれぞれ2枚で構成されている（堀田他 1978）。このように塚穴山型の石槨の基本的特徴として、天井石・壁石・床石の各面が2枚構成となる点を指摘することができる。

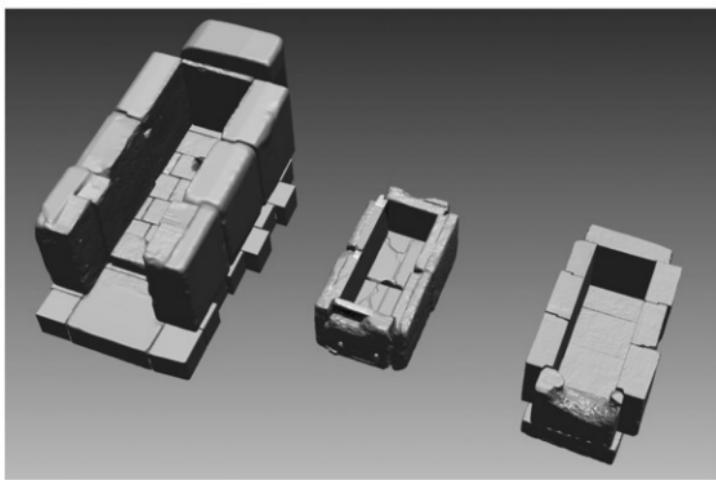
さらに注目できるのが、両石槨の内法長である。すなわち、令小尺で平野塚穴山古墳が10尺、ヒチソジョ池西古墳が8尺といずれも偶数尺となっており、この点には塚穴山型石槨の各石材が2枚構成となっていることと密接な関係があることが推測される。実際に、平野塚穴山古墳石槨では、壁石や天井石の長さが5尺前後で切り出されており、各部の内法長10尺を二等分するように各面の石材が組合わされている。また、ヒチソジョ池西古墳では、第3章で詳述したように南・北壁石の厚さを含めた石槨外法長が天井石や床石の全長の設計に組み込まれておらず、その分、壁石や天井石の目地は内法の中心からはやや南に逸れるが、床石については2枚の目地が内法長を二等分する位置に置かれており、内法長と石材配置とが一定の関係性をもって設計されていた状況を読み取ることができる。

ただし、小規模の兵家古墳石槨では内法長は5尺であり、上記のような指摘は該当しない。そもそも、2枚構成の壁面では、目地の位置は計算で比較的容易に変更が可能である。とは言え、平野塚穴山古墳やヒチソジョ池古墳のあり方には、明らかに槨部分の長さを2枚の石材にできるだけ均等に配分しようとする設計意図が存在することは明らかである。一方で、3枚の壁面構成をとる高松塚型では、キトラ古墳石槨がそうであるように、内法長を偶数尺とした場合、個々の石材の規格を細かく、かつ不均等に調整する必要が生じるため、非合理的な構築を強いられることになる。改めて、高松塚型の石槨が、内法長9尺を基本設計として創出された状況が示唆されよう。

その他に、塚穴山型と高松塚型では、仕口として設けられた合欠の方向についても相異がある。壁石部分の合欠については、形状が判明するのはヒチソジョ池西古墳と高松塚古墳のみであり、両者とも北面で外側、南面では内側が突出する形状をとる。一方、天井石については、前述のように高松塚型が北面では下側、南面では上側が突出するにたいし、ヒチソジョ池西古墳石槨ではその逆となっている。平野塚穴山古墳の天井石でも、内外面の目地にズレが生じており、その方向から、合欠の向きはヒチソジョ池西古墳と同様に復元される。こうした合欠の形状の相異は、天井石を接合していく順序の相異に置き換えられる。すなわち、高松塚型では、その形状から天井石を南から北へと接合していくことが



天井石あり



天井石なし

左：平野塚穴山古墳 中：ヒチンジョ池西古墳 右：高松塚古墳

図13 三次元画像による二上山疑灰岩製石燈の構造比較

疑いないので、塚穴山型ではその逆に北から南へと接合していったことになる。

こうした接合方向の相異については、壁石上面、とりわけ北壁石上面の構造に要因が求められる。すなわち、平野塚穴山古墳石槨の北壁石は、高さが東西の壁石を 25cm ほど上回っており、その分、北端の天井石 3 を受けるための深い彫り込みを有するが、南から天井石を接合してきた場合、少しでも不具合が生じると、北壁石の深い彫り込みに天井石 3 の北端を一致させることができなくなるのである。ヒンジョ池西古墳石槨の場合、壁石上面の段差は平野塚穴山古墳石槨ほどの深さを失っているが、合欠の向きは平野塚穴山古墳と一定しており、同じ型の先行する石槨のそれが継承されたものと推測される。

これにたいして高松塚型の石槨では、平天井の高松塚古墳例を除くと、天井石の北・南端と壁石のそれとが構築時に一致するように設計がなされており、構造上はどちらから天井石を架設しても最終的に整然とした箱形に組み上げることができる。その上で高松塚型では、南端の天井石 1 外面上端に屋根形の面取りが設けられ、天井石南面を墓道側にむけて見せる意識が明確化する。こうした全体の構造上の変化に応じて、高松塚型成立時に天井石の架設方向は南から北へ変更されたのであろう。

このようにみると、高松塚型石槨は、塚穴山型石槨の内容を引き継ぎつつ、その一部改めながら成立したとする推測が成り立ってくる。その前提として、両者は同じ二上山凝灰岩製であり、その加工技術にも顕著な相異がなく、同一の石工集団による製品であるとの見通しがある点は言うまでもない。そうした推測をさらに傍証するものとして、最後に梃子穴の問題を取り上げることにしたい。

高松塚古墳石槨の調査では、南・北壁石、天井石 2 ~ 4 の目地留めの漆喰の下から蒲鉾形の梃子穴が発見され、上辺に残る使用痕から梃子棒を挿入して石材設置位置の調整に使用された梃子穴と理解されるに至った（松村ほか 2009）。第 3 章で述べたように、ヒンジョ池西古墳石槨の天井石や南壁石外側の穴も、同様に使用痕の存在から梃子穴と理解される。ただし、両者には明確な相異も存在する。ひとつには、ヒンジョ池古墳の梃子穴は形状が幅 60cm 程の方形、ないしは円形であるのにたいし、高松塚古墳のものは幅 11cm、高さ 6cm 前後の蒲鉾形を呈する。また穿たれる位置も、ヒンジョ池西古墳のものは石材底面から 15cm 前後上方に穿たれるのにたいし、高松塚古墳のものはいずれも底面に接するよう

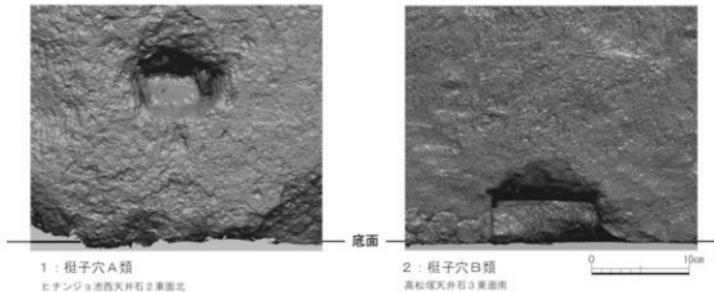
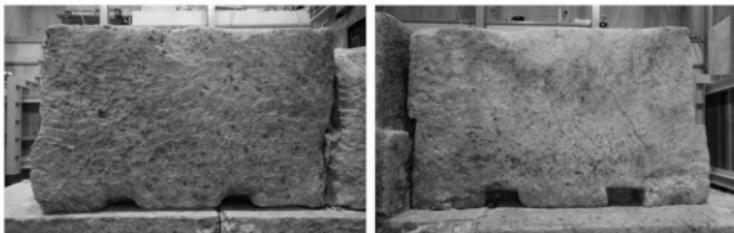


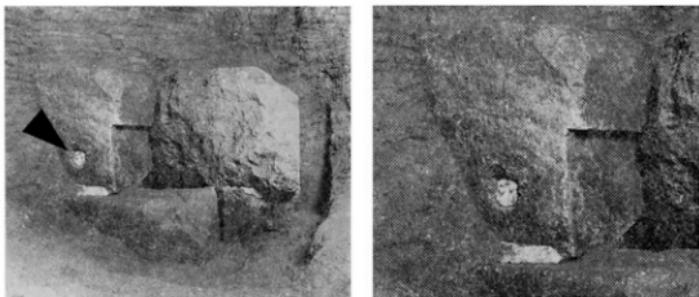
図 14 三次元画像による梃子穴形状および穿孔位置の比較



1 天井石2 西面

2 天井石3 東面

図 15 高松塚古墳石燈の梃子穴



矢印部分に内部に漆喰が詰まっている梃子穴A類が見える

左の写真的拡大

図 16 マルコ山古墳石燈の梃子穴（猪熊 1989 第4図-2より）

に穿たれる。そこで以下では、前者を梃子穴A類、後者を梃子穴B類と呼ぶことにする（図14）。

まず、梃子穴B類については、高松塚古墳の他にはキトラ古墳石燈の天井石1東・西面で確認できる（若杉・廣瀬 2012）。キトラ古墳石燈の他の石材、およびキトラ古墳石燈と高松塚古墳石燈の間に位置する石のカラト古墳石燈では、梃子穴が穿たれるべき部位が土中にあるが、梃子穴が高松塚古墳で多用されるあり方や、わずかに露出したキトラ古墳天井石1でそれが発見されている事実を踏まえると、キトラ古墳、石のカラト古墳ともに梃子穴B類が石燈全体にわたって設けられていたとみてよかろう。

一方、梃子穴A類については、ヒンジョ池西古墳でその存在が確かなものの、先行する平野塚穴山古墳石燈では、やはり該当場所が土中にありその有無を確認できない。両石燈間のその他の特徴のあり方からみて、平野塚穴山古墳石燈にも梃子穴A類が存在する蓋然性は高いだろう。注目すべきは、高松塚型石燈の最古段階に位置づけたマルコ山古墳石燈において、梃子穴A類が確認できる点である。断片的に公表された写真には、不鮮明ながら天井石2の西面南側において典型的な梃子穴A類が内部に目地漆喰を詰められた状態で写し込まれているのである（図16）。このマルコ山古墳における梃子穴A類の存在は、第一には、塚穴山型石燈から高松塚型石燈への系統的な変遷過程が梃子穴A類の共有によ

って追認される点において、極めて重要な意味をもつ。また第二として、高松塚型のマルコ山古墳とキトラ古墳の間で樋子穴A類から樋子穴B類への変化が生じたと理解できることになり、これによりマルコ山古墳を最古段階に位置づけた前述の高松塚型石槨の変遷過程が別の角度からも傍証されたと言える。

#### (4) 二上山白色凝灰岩製横口式石槨の変遷からみた石工技術の発達過程

ただし、塚穴山型と高松塚型では、前者が単純な平天井であるのにたいし、後者では天井石の内外に屋根形の表現が施される点で外観上の相異が横たわっており、前者から後者への移行はさほど単純なものではなかったとみられる。高松塚型成立の背景には、塚穴山型からの技術的影響以上に、上部が屋根状に傾斜する東明神古墳石槨等からのデザイン的な影響があったことが見込まれる。また、塚穴山型についても、ヒチンジョ池西古墳石槨以後、完全に消滅するのではなく衰退しつつも、兵家古墳石槨や実態不明であるが平野3号墳石槨など小型のものが継続して構築された可能性がある。

以上を踏まえて、現状では、塚穴山型と高松塚型の年代的な関係については、塚穴山型新相のヒチンジョ池西古墳石槧と高松塚型最古相のマルコ山古墳石槧を、樋子穴A類の共有をもってほぼ同時期に位置づけておくのが妥当と考える。高松塚型は、その後のキトラ古墳石槧の段階で内法幅が103cm前後に定まり、かつ樋子穴B類が出現して定型化を遂げることになる。高松塚古墳の墳丘下整地土から出土した土器のうち最新のものが飛鳥Vであることからも、キトラ古墳石槧以降の高松塚型の3基の年代は、藤原京の時期と同じかそれよりも下ることが確実である。平野塚穴山古墳やヒチンジョ池西古墳、マルコ山古墳の石槧の年代はそれよりもやや古い段階に位置づけられよう。

一方、塚穴山型以前の削抜式の二上山凝灰岩製横口式石槧については、やはり家形石棺からの系譜的発展として捉えるのが妥当であり、「お龜石型・仏陀寺型・牽牛子塚は相対的な時期差と推定され、これら全体で一つの『型』を構成する可能性」を指摘する和田晴吾の見解（和田 1989）が的を射ていると考える。その上で、手間暇を要して大型石材の内部を削り抜く方法は、柔らかく加工は容易であるが破損する危険性もある二上山凝灰岩ではリスクが大きいと言える。これにしたいして、加工時に失敗等が生じても1枚単位で組み替えが可能な組合式石槧の方が構築技術上、はるかに合理的であることは明らかである。したがって、年代的には組合式が遅れることは疑いなく、かつ平野塚穴山古墳石槧に百濟・陵山里1号墳からの影響が指摘されているように（猪熊 1976）、塚穴山型や高松塚型は新たなデザインやエッセンスを付加されて成立したものと考えられる。

しかしながら、組合式の塚穴山型の出現段階で、二上山凝灰岩を扱う石工集団が根本的に入れ替わるような事態は想定し難いと考える。その根拠として注目するは、削抜式石槧でも新相の段階で既にチョウナ叩き技法の採用が認められる点である。同技法は、本書で明らかにしてきたように、いわゆる切石における平坦面の作出においてベンガラによる線引きとともに重要な役割を果たす技法であり、牽牛子塚古墳では同技法が寺山石とともに二上山凝灰岩にも併用されていた点は第5章で述べた通りである。同技法を採用する寺山石や竜山石との関係解明が課題であるが、いずれにしてもチョウナ叩き技法は削抜式石槧の最終段階には二上山凝灰岩の加工に採用され、その後の組合式石槧へと発展的に継承されていったものと理解できる。

こうした二上山凝灰岩にみる加工技術の革新は、石槧石材の生産のみならず、寺院造営において多用される建築部材のそれとも密接に関わっていたことがほぼ間違いない。寺院や宮殿で大量消費される基

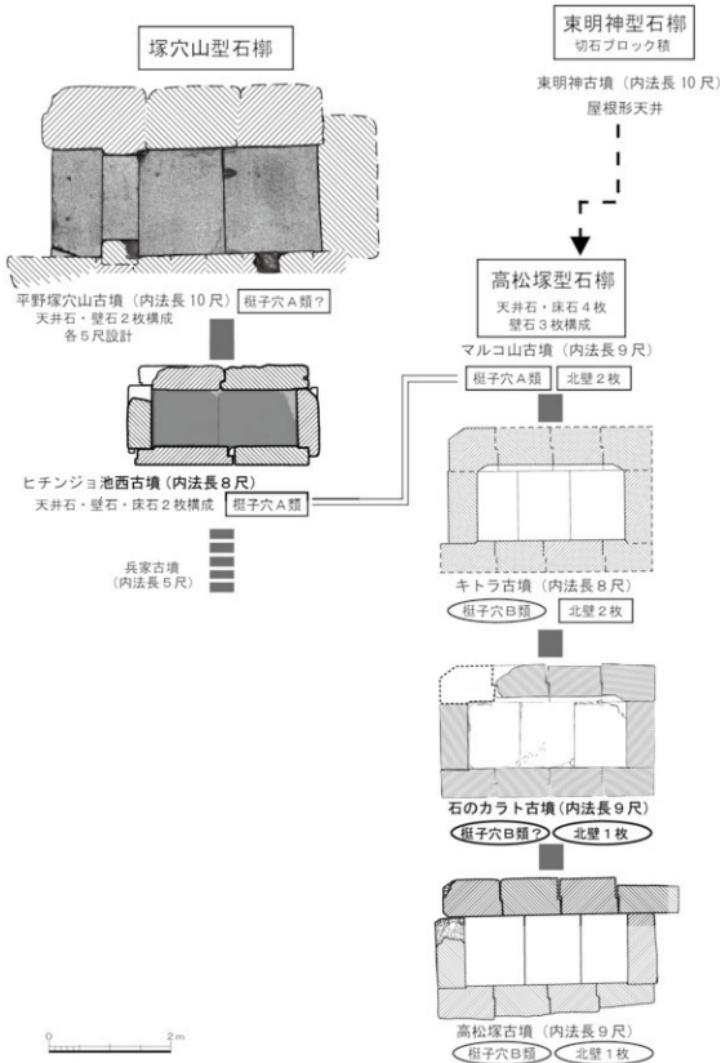


図17 二上山凝灰岩製組合式横口式石室の変遷（1:80）

壇外装石は、土中に埋設される石櫛石材と比べて相対的に遺存状況が悪く、その全体像を把握するのが困難であるが、本書第4章で部分的に検討したように、少なくとも7世紀後半以降の二上山凝灰岩製の石櫛石材と基壇外装石では加工技術において顕著な相異は確認できず、加工工程に応じた工具の取り替えなど、細部の手法レベルでの共通性が確認できる点は、両者の生産が同一の石工集団のもとに体系的になされていた様子を示唆する。

むしろ古墳にみる凝灰岩加工の展開は、当該期の二上山凝灰岩製品全般の加工技術の発達過程を端的に示しているとみるべきであろう。高取町東明神古墳の石櫛は、類例がなく型として孤立するため石櫛そのものから相対的な新古を議論することが困難であるが、部分的に仕口を設けた小型の切石を多用して全体を組み上げていく点は、近年、実能が明らかにされた野口王墓の墳丘外装石（福尾 2013）とともに、寺院・宮殿の基壇外装石の加工のあり方を彷彿させるに十分である。両古墳の石材は、7世紀末に二上山凝灰岩の切石加工がピークに達した段階の産物とみてよかろう。

さらにそうした7世紀末以降の二上山凝灰岩の生産拡大を示す事実として、高松塚古墳石櫛における天井石4のあり方が注目される。前稿（廣瀬 2012）指摘したように、高松塚古墳の天井石北端に使用された天井石4は、明らかに他の天井石3枚とは規格・形状が異なり、かつ土中に埋もれることになる上面、東面、西面、北面の中で、外側を向く北面にのみ必要以上に丁寧な加工が施されていた（図12-6・10）。このことから、本来、別部位での使用を念頭に加工された石材が何らかの理由で天井石に転用されたことが明らかであるが、重要なのは、こうした転用が可能となる前提として、当該期の二上山凝灰岩の加工では、部材種別単位での加工がおこなわれており、ほぼ完成の域にまで仕上げられた石材が場合によっては生産地から出荷されずストックされるような状況があったことが読み取れる点である。

このように、7世紀後半以降、二上山凝灰岩の加工が急速に発達を遂げたことは、様々な角度から傍証される。そしてよく知られているように、その後の奈良時代の二上山凝灰岩の生産・流通のあり方は、天平寶字3年（759）から翌年にかけての法華寺阿弥陀淨土院造営に関する帳簿類（「造金堂所解案」『正倉院文書』16）に「大坂白石」の名で書き留められることになる（福山 1943）。そこでは、「土台石」「壁石」「柱石」などに呼び分けられた13種類の基壇外装石が「山作」、すなわち二上山の石切場で加工され、消費地である法華寺に運搬されたことが記されている。ここで重要なのは、石切場での加工において13種類に識別可能なまでに石材の形状が整えられていたことが読み取れる点である。「壁石」「東石」といった表現は、それが現地での最終調整を残してほぼ完成品の域にまで達していたことを物語っている。

上述の高松塚古墳の天井石4のあり方は、既にこの8世紀中頃の「大坂白石」の生産状況が現出した姿とみて大過なかろう。高松塚古墳の築造年代は、近年では8世紀に下げて考えるのが一般的であり、7世紀末から8世紀初頭に位置づけられる高松塚型の中でも、最も新しく位置づけられる高松塚古墳の石櫛は、平城遷都後に降るとする意見すらある（白石 1998など）。とすれば、上記の「造金堂所解案」との年代差をさほど考慮する必要もなくなる。むしろ、ここでの検討成果からは、両者の質的差異がほとんどなかった可能性を積極的に見込むべきであろう。

ただし、本研究では、8世紀代の資料的検討は十分ではないのも事実である。今後は、奈良時代の資料も広く取り上げ、こうした石工技術や製品流通のあり方をより詳細に解明していく必要がある。

## 第8章 今後の課題と展望

以上、本研究では三次元計測という新たな手法を用いて、飛鳥時代の石工技術にたいするマクロ、ミクロなデータを収集し、それを基礎資料として飛鳥時代の石工技術の実態や発達過程について検討してきた。しかしながら4年間の研究過程では、7世紀後半から8世紀初頭にかけての二上山凝灰岩の生産・流通過程についてはかなり鮮明になってきたものの、依然として以下の点が課題として残された。

- ①6～8世紀を通じた二上山凝灰岩の加工技術の全体像の解明
- ②同時代における二上山凝灰岩以外の石材の加工技術と流通過程
- ③7世紀の新技术導入に際して影響が想定される朝鮮半島の石工技術の内容や受容の実態

これら①～③の解明にはさらに多くの分析を積み重ねる必要があり、結論を得るのは決して容易ではない。しかしながら、いずれも我が国の律令国家形成期の石工技術の展開を理解する上では避けては通れない課題である。とりわけ、③の点は、技術系譜の問題だけにとどまらず、我が国と同様に律令国家形成過程において切石の生産・流通が発達する百濟、新羅の状況と比較しながら研究を進めることで、我が国古代の石工技術の特質を一層明らかにできるものと考える。

繰り返しになるが、本研究では7世紀後半から8世紀初頭にかけての二上山凝灰岩の生産・流通過程の検討が中心となったが、そもそも同時期の朝鮮半島では専ら花崗岩製品のみが生産・消費されており、石材選択において根本的な相異が存在する。このことは、それを扱う技術自体にも差異が生じていることを容易に想像させるが、我が国でも切石加工が始まった6世紀末から7世紀初頭の段階では、硬質の花崗岩類が頻繁に加工、消費されていることを踏まえると、朝鮮半島からの技術的影響は、そうした初期段階において顕著であった可能性が高い。

このように考えてみると、重要なのは7世紀後半以降、我が国の石材加工が、凝灰岩の大量生産・消費にシフトしていくことの歴史的背景である。当該期は、我が国が律令国家としての体制を急速に整えていくとともに、政治・宗教的施設の造営が大きく進展していく段階に相当する。こうした政治的、社会的な情勢を十分に念頭におきながら、手工業生産としての石工技術の発達過程を丁寧に跡づける必要があろう。

このように、7・8世紀の石工技術の展開および石材の生産・流通過程の解明を目指す本研究は、單に当該期の手工業生産の実態を掘り下げるにとどまらず、律令国家の政治的動態を追究する研究へ昇華、発展していくことが大いに期待できよう。まずは、朝鮮半島も含めて、当該期の石工技術に関する基礎データの収集に務め、研究基盤を拡大させていくことが翌年の課題と言える。

## 引用・参考文献

- 明日香村教育委員会 1978 『真弓マルコ山古墳』
- 明日香村教育委員会 1999 『キトラ古墳学術調査報告書』 明日香村文化財調査報告書第3集
- 相原嘉之 2008 「終末期古墳の石室構造の比較」 玉田・高橋編 2008 所収
- 泉森 貞他 1977 『竜田御坊山古墳 付・平野塚穴山古墳』 奈良県史跡名勝天然記念物調査報告第32冊  
奈良県立橿原考古学研究所
- 伊藤聖浩 2005 「ヒチングジョ池西古墳の『石棺』修理」 『羽曳野市内遺跡調査報告書一平成14年度一』  
羽曳野市教育委員会
- 井上和人 2000 「平城宮造営尺長について」 『奈良国立文化財研究所年報2000-3』
- 井上和人 2004 『古代都城制条里制の実証的研究』 学生社
- 猪熊兼勝 1975 「特別史跡高松塚古墳壁画保存施設建設に伴う発掘調査」 『月刊文化財』 134号
- 猪熊兼勝 1976 「飛鳥時代墓室の系譜」 『研究論集』 III 奈良国立文化財研究所学報第28冊
- 猪熊兼勝 1989 「マルコ山古墳」 『シンボジウム 青銅器の生産 終末期古墳の諸問題』 学生社
- 笠井敏光・山本 彰編 1981 『羽曳野の終末期古墳』 羽曳野市教育委員会
- 河上邦彦 1985 「凝灰岩使用の古墳」 『木永雅雄先生米寿記念献呈論集』
- 河内一浩 2008 「ヒチングジョ池西古墳の墳丘にかかる覺書」 『近畿地方における大型古墳群の基礎的研究』 平成17年度～19年度科学研究費補助金（基盤研究（A））研究成果報告書
- 北垣聰一朗 1994 「『播磨風土記』にみる石作りについて」 『風土記の考古学』 2 同成社
- 北野耕平 1975 「日本における壇上積基壇の成立と初期の新羅系要素」 『新羅と飛鳥・白鳳の仏教文化』  
吉川弘文館
- 北野耕平 1994 『ヒチングジョ池西古墳』 『羽曳野市史』 第3巻 史料編1 羽曳野市
- 西光慎治 2004 「マルコ山古墳の調査」 『明日香村発掘調査報告会2004』 明日香村教育委員会
- 西光慎治編 2013 『牽牛子塚古墳発掘調査報告書』 明日香村教育委員会
- 下大迫幹洋編 2005 『平野2号墳』 香芝市文化財調査報告書第6集 香芝市教育委員会
- 白石太一郎 1998 「キトラ古墳と高松塚古墳」 『歴史読本』 1998年9月号 新人物往来社（「奈良時代の古墳」と改題の上『古墳と古墳群の研究』 塗書房 2000年に再録）
- 高橋克壽編 2005 『奈良山発掘調査報告I』 奈良文化財研究所学報第72冊
- 田辺征夫 1978 「古代寺院の基壇」 『原始古代社会研究』 4 校倉書房
- 玉田芳英・高橋克壽編 2008 『特別史跡キトラ古墳発掘調査報告』 文化庁・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
- 奈良国立文化財研究所 1980 「大官大寺第6次（講堂・東面回廊）の調査」 『飛鳥・藤原宮発掘調査概報』 10
- 奈良国立文化財研究所 1986 「豊浦寺第3次調査」 『飛鳥・藤原宮発掘調査概報』 16
- 奈良国立文化財研究所 1984 「飛鳥旧本尊台座の調査」 『奈良国立文化財研究所年報』 1984
- 奈良国立文化財研究所 1993 「本菴寺の調査（1991-1次）」 『飛鳥・藤原宮発掘調査概報』 23
- 奈良県立橿原考古学研究所編 1972 『壁画古墳高松塚 中間報告』
- 奈良県立橿原考古学研究所編 1999 『東明神古墳の研究』 高取町教育委員会

- 羽曳野市教育委員会編 1998『河内飛鳥と終末期古墳』吉川弘文館
- 林 紀昭 1972「七世紀中葉の使用尺度について—高松塚古墳研究の参考として—」『日本史研究』第 126 号
- 広瀬和雄 1995「横口式石槨の編年と系譜」『考古学雑誌』第 80 卷第 4 号
- 廣瀬 覚 2012「構築技術からみた高松塚古墳の横口式石槨」『文化財論叢IV』奈良文化財研究所創立 60 周年記念論文集 奈良文化財研究所学報 92 冊
- 福尾正彦 2013「八角墳の墳丘構造—押坂陵・山科陵・檜隈大内陵を中心に—」西光編 2013 所収
- 福山敏男 1943「奈良時代における法華寺の造営」『日本建築史の研究』桑名文星道
- 堀田啓一他 1978『兵家古墳群』奈良県史跡名勝天然記念物調査報告第 37 冊 奈良県立橿原考古学研究所
- 松村恵司・廣瀬 覚 2008「高松塚古墳の調査—第 147 次」『奈良文化財研究所紀要 2008』
- 松村恵司・廣瀬 覚・岡林孝作・相原嘉之 2009「高松塚古墳の石室解体に伴う発掘調査」『日本考古学』第 27 号
- 森 浩一 1972「奈良・大阪における横口式石槨の系譜」奈良県立橿原考古学研究所編 1972 所収
- 森 浩一 1984「横口系石槨の木棺資料—ヒチンジョ池西古墳の場合—」『橿原考古学研究所論集』第六
- 山本 彰 1988「終末期古墳の編年—大阪南部の古墳を中心に—」『網干善教先生華甲記念考古学論集』
- 若杉智宏・廣瀬 覚 2012「キトラ古墳の調査—第 170 次」『奈良文化財研究所紀要 2012』
- 和田晴吾 1983「古墳時代の石工とその技術」『北陸の考古学』石川考古学研究会々誌第 26 号
- 和田晴吾 1989「畿内横口式石槨の諸類型」『立命館史学』10 号
- 和田晴吾 1991「石工技術」『古墳時代の研究』第 5 卷 雄山閣
- 和田晴吾 2006「石造物と石工」『列島の古代史 5』専門技能と技術 岩波書店



---

## 三次元計測による飛鳥時代の石工技術の復元的研究

平成 23～26 年度科学研究費（学術研究助成金（若手研究B））

研究成果報告書（課題番号：23720396）

発行年月 2015 年 3 月

編集執筆 廣瀬 覚

発 行 独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所

〒630-8577 奈良市佐紀町 247-1 TEL0742-30-6733（代）

印 刷 岡村印刷工業株式会社

〒635-0143 奈良県高市郡高取町車木 215 TEL0745-62-2701

---

