

石室解体に向けた実験(案)

— 治具等の開発・製作および実験予定計画 —

1. はじめに

高松塚石室解体の実施にあたっては、綿密な実験によって安全性が確保され、また安全性が検証される必要がある。本実験にあたっては、2ヶ所に実験場を設けることによって、目的を達成するものである。ここでは便宜的に第1実験場と第2実験場と称する(図1)。

第1実験場は石室石材を吊り上げる治具の開発と改良等に関する基礎研究と基礎実験を目的として設置したものである。

第2実験場は、実際の高松塚古墳の石室解体における発掘現場を再現したもので、実際に予定される遺構検出時の様子、そして同時に現段階で推定される石室模型を遺構内に設置した状態の遺構模型を予定している。当実験場では、実際の解体プログラムにしたがった実験が実施される予定で、当実験場で使用した機材もそのまま高松塚石室解体実施作業に使用する予定である。つまり、当実験場において実施された実験結果をもって、さらに第1実験場で機材・装置の細部にわたる改良を加えた後、さらに第2実験場で安全性に関する検証を加えて完成度の高い状態で、実施作業に取り組むことを計画した。

これまで、石室石材の取り上げ方法に関する数回におよぶ予備実験の結果については、2005年6月に開催された検討会で公表をおこなっている(図2)。その後、予備実験の結果について検討を重ねた結果、天井石の吊り上げ治具における両側面からの均等な荷重を加える方法に問題(人力で同時に荷重の均衡バランスをとることが難しいことなど)があることが判明し、それを改良する方向で検討を重ねた結果、コンピュータ制御による方法を採用することで解決することなどが明らかになってきた。

実験を進めるにあたって、これまでの調査において判明している石室石材の劣化・損傷状態



図2. 第1実験場で実施された天井石(南1)の吊り上げ・移動・梱包・回転に関する実験



図3-1. 石室内部の石材劣化・損傷箇所

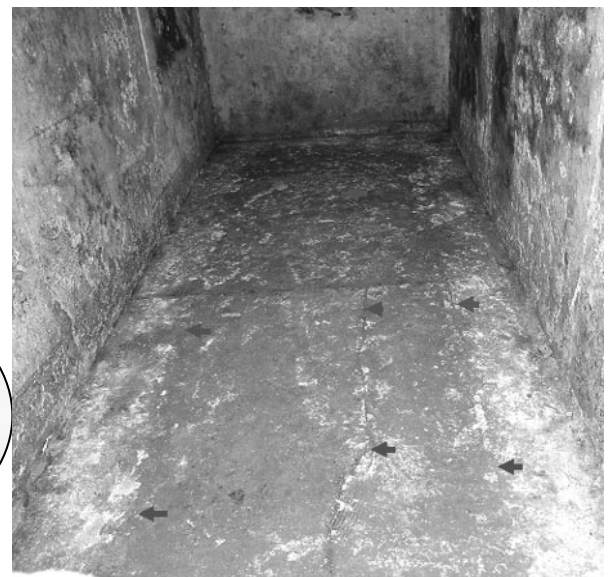


図3-2. 石室内部(床石)の劣化・損傷状況

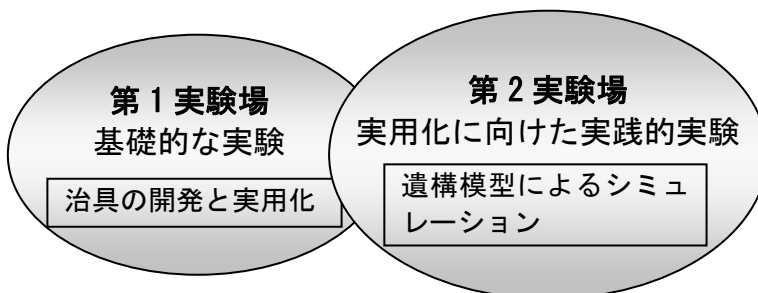


図1. 第1実験場と第2実験場の性格

の整理（図3参照）、石室の石材間の相欠き状態（図4）などを加えた精密な石室の図面（推定図）の製作などを進めており、さらに、1/10模型を製作して、石材解体にともなう吊り上げ法や移動法について机上での再検討をおこなう予定である。また、現在及びこれから実施が予定される各種装置機材等の開発と実験に関する主なものについて、以下に示した。

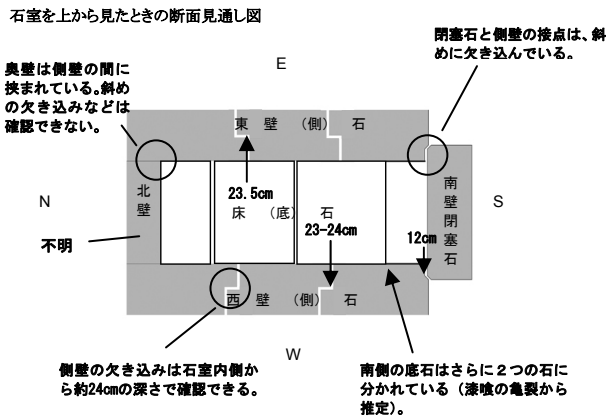


図4. 石室石材の相欠き状態を示す推定図

2. 治具および石材の固定用器具の開発

吊り上げ用治具の開発と製作：石材を吊り上げる治具については、天井石用、側石（壁石）用である。天井石用についてはその形状と状態など考慮すると1種類で4個体の天井石に適用できると考えている。一方、側石（壁石）については北壁および南壁の各個体に1種類ずつの計2種類と東西壁に共用して適用する1種類が必要と考えている。

天井石に用いる治具は両側面から挟み込むように力を加える方式であるが、片側を予め固定してから、片側からコンピュータ制御で少しずつ力を加えてバランスをとる方式を予定している。もちろん岩石力学調査結果をふまえて、破壊強度以下の力（天井石： 5.6MN/m^2 、側石： $7\text{--}7.5\text{MN/m}^2$ ）で挟み込んで吊り上げる必要がある。

南側石（壁石）、北側石についても天井石と同様に両側面から挟み込む方式であるが、南側石については両側面が観察できるので問題ないが、北側石については推定の域をでるものではなく、発掘後に明らかになるので若干問題は

のこる。東西の側石（壁石）については従来から提示しているL型治具を用いて、少し移動したのち底部にスペーサーもしくはバンドを挿入して底部、側面を挟み込んで吊り上げる方式である。いずれも、これらの治具については前回の作業部会および検討会で提示したものと基本的には変わらないものである（図5参照）。

取り上げ石材の梱包・固定特殊フレームの開発と製作：石材を取り出した後における壁画面を上に向けるための回転操作、輸送のための固定、処理前の保管中における安定性を考慮したケースの開発が必要である。各操作における安全性を考慮して固定した石材の状態が観察できるもので、かつできるだけ軽量で、取り付けや取り外しが簡単な操作で可能なもの、摩擦抵抗の大きな特殊ウレタンゴム等を圧着してフレキシブルに固定できるものが望ましく、このような目的に沿ったものの開発及び製作を予定している。網籠の真ん中に石材が中空にある状態をイメージしていただきたい。これらが製作できた後に実物大の模型石材を用いて、回転等による安定性についての試験を実施し、改良を加えた後、第2実験場において検証する予定である。

3. 実験

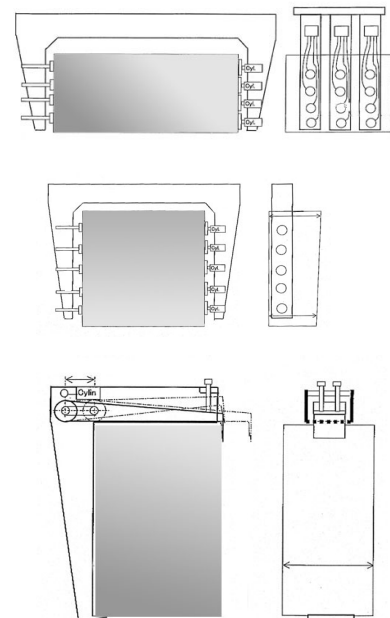


図5. 石室の解体に用いる各種の治具のイメージ図（上から天井石、南北側石、東西側石用）

第1実験場：第1実験場は2005年6月までに整備を終了して天井石の取り上げ実験について公開した（便宜的にこの時点の実験までを予備実験と称している）。現在、第1実験場には3個体の床石、東西各2個体の計4個体の側石（壁石）と南から2個体の天井石が設置された状態である。公開実験（予備実験）の後、記録映像や若干の実験を繰り返して検討した結果、吊り上げ治具をはじめ、梱包用ケース、無軌条クレーン、チェーンブロック等の改良点を整理し、解体実施作業のための各装置の開発・製作を予定にしている。

各装置の製造が完了した時点では、工場内実験研究室内で試験を実施し、改良と調整を行った後、第1実験場（野外）において基礎実験を実施して、装置の調整を終了する。第1実験場では、主として吊り上げ治具（天井石用、南北側石用、東西側石用）の調整等の試験を実施する予定である。つまり、第1実験場では石材の吊り上げ手法に関する基礎実験から実用化までに関する部分を完了するものである。

第2実験場：本実験場は高松塚古墳の石室遺構の発掘調査が終了して、床石が検出された時点での状態を想定したもので、規模や環境条件においても実験場と実施にあたる高松塚古墳石室と極めて同じ状態にしたものを予定している。また、当実験場で使用する解体に関する機材・装置から石室補強、土留め等に至る材料はすべて実験と実施作業においては同じものを用いることを前提条件とした実験である。

実験場の概観：まず、実験場の整備に当たっては、発掘予定寸法等が確定する必要があるため、これに併せて製図面を作成し、機材の位置等（無軌条クレーンの設置足場の確保、作業スペースの確保）の確認と検討がなされた後に、実験場作りが開始される。実験場は実際の発掘サイズにあわせるため、現在想定されるところでは、墳頂よりほぼ2.5mの深さ（天井石よりやや上方）方向の位置に幅約1.0m程度のテラスを周囲に作り、さらにこれより掘削して床石上面の深さ（テラスより約2.5m程度）に達するものである（図6）。底面は当初、床石よりほぼ80cmの幅を予定していたが、南側取り合い部は、実質的に60cmしか確保できないことや、安全性を考慮して土留めおよび断熱材の使用等も

考慮すると東西北80cm幅、南60cm幅では土留め材料+断熱材料+人+機材+機材調整スペースの確保が不可能で、南60cmは保存施設があることから不変であるので、東西北で1mは確保しておかなければならないことが判明した。第2実験場においても東西北については床石端より1m確保する予定である。

実験のための材料・機材の整備など：実験場の整備と同時に実物大石室製造のための石材の採取→整形→加工もおこない、あらかじめ第1実験場などにおいて石室として組み立てて調整した後、分解して第2実験場へ輸送して、頂よりほぼ5m深さの位置において、各部材を組み立てる必要がある。

いっぽう、これらの実験を実施するには、石材を吊り上げる4種類の治具の開発と製造、取り外した石材を回転して輸送するため固定するための特殊フレームの開発と製造、無軌条クレーン（実際の取り上げ作業にも使用する）の設計と製造も先行して進める必要がある。つまり、第2実験場の建設と同時にこれらの開発した装置で、まず石室を組み立てることからはじめられ、石室が完成した後に、解体実験が開始される予定である。

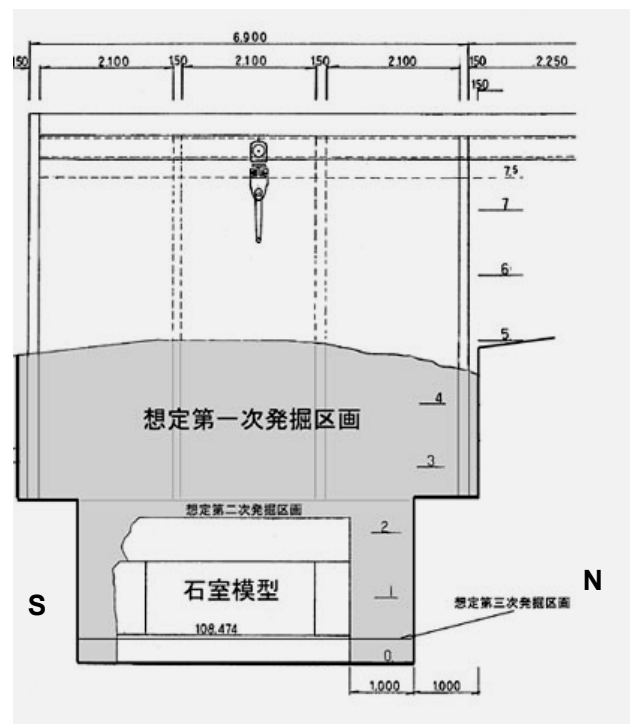


図6. 第2実験場のイメージ図（発掘調査予定寸法にあわせて実験場が整備される。また、各機材も設置され、実施計画にそった実験が開始される。）

また、第2実験場では、結露対策といった新たな問題にも対応できるように断熱性材料を用いた仮設ルームの検討、空調設備の検討、石室解体作業スペースにおける微気象観測システムの設置など実施作業とまったく同じ作業を進めて、より安全性の高い実施作業をおこなうための実験と位置づけている。

解体実験：石室解体のための実験は、実際の高松塚古墳で実施する作業とまったく同じ手法・順序で実施する予定である。理想的には寒い時期にも実験を行うことが望ましいと考えている。

実験では天井石の吊り上げに関する安全性の確保、移動に関する安全性、回転に対する安全性について検討が加えられる。側石については、現在のところ南側石（壁石）の閉塞石のみが観察できる状態である。南側石は盗掘時に大きく孔が開けられており石材の東側面上部は強度的に注意を要するところで、吊り上げ時における挟み込む位置と石材の重心のバランスに注意した吊り上げ実験を予定している。もちろん移動・梱包・輸送まで実施する。東西の壁石は、石材の形状については推定の域を出ないが、考案しているL型治具を用いて石材にベルトをかけることに関して大きな問題が出てこないと考えているが、石材の破損状況によっては、壁画の安全性を考慮して石材にピンを差し込む方法などの実験も予定している。

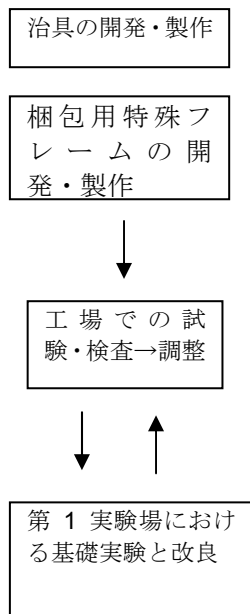


図7. 第1実験場における作業内容フローチャート

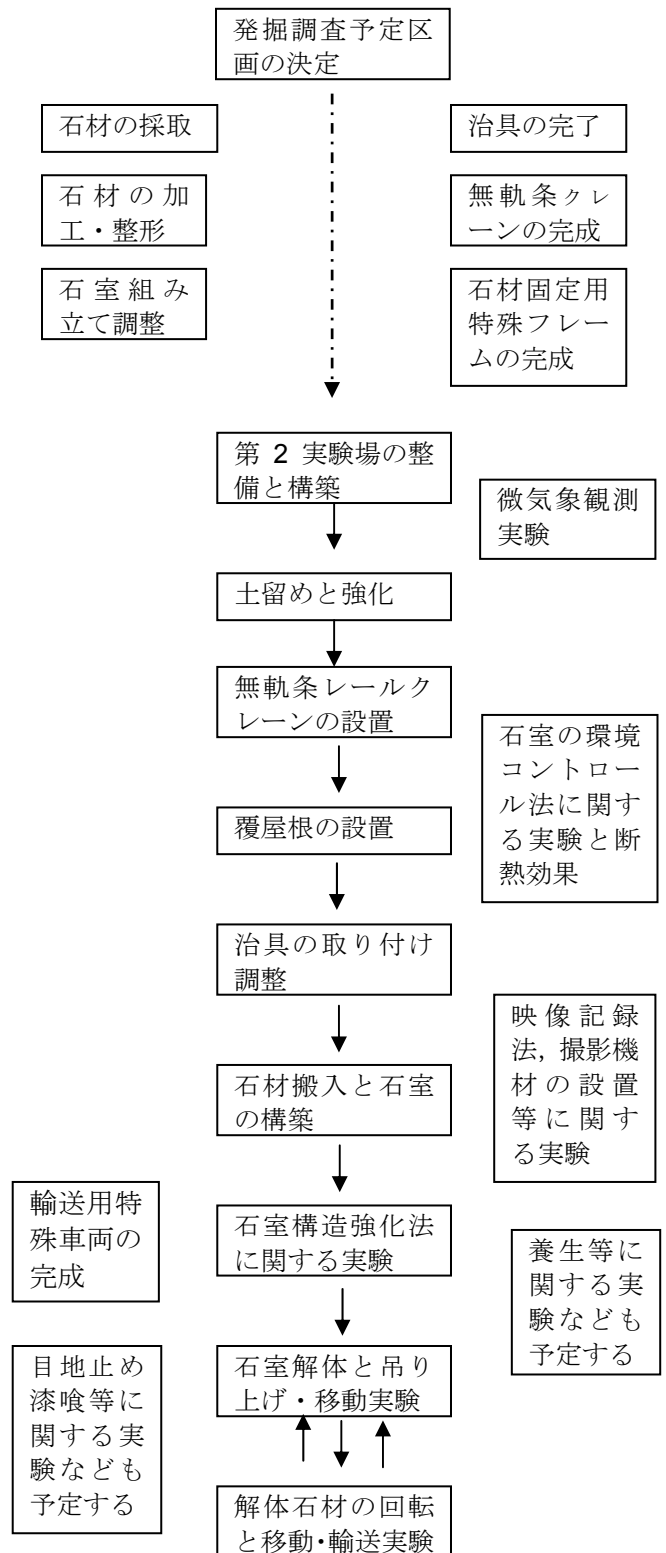


図8. 第2実験場における作業内容フローチャート