

## 石室調査と石室解体準備の実施状況について

### (1) 石室内部からの調査と石室解体における対策

石室内部の状態観察については、過去の検討会において報告してきた。また、石室解体のための事前調査として石材強度や推定される構造、劣化状態についても報告してきた。いっぽう、従来から、出版等による詳細な写真、最近ではフォトマップ、HDV による公開もおこなわれているのでここでは詳細についてはふれず、石室解体時における危険箇所等についてまとめた。

天井石 1 は、従来から指摘されているように大きな亀裂が南北方向に約 20 度の傾斜（東）で走行している。その中央付近には細長いブロック状を呈する遊離した石材が挟まれたように存在する（図 1.1）。また、亀裂が始まる南側の西端付近には、三角錐状のブロック片（図 1.2）、東側上端付近には破砕小片が多数が散在する。特にこの付近は、石材の破壊による劣化が進んでおり、強度的にも問題があると推定される。また、この天井石 1 の東西に二分する亀裂は、上下方向にも最大で 7mm 前後の上下のズレがある。外部からの観察では、上部の亀裂は閉じた状態で、内部で大きく開いた状態にあり、南北亀裂から二分して落下しようとしているのは明らかである。

天井石 1 の取り上げに際しては、①この上下のズレを直してから石材を拘束して取り上げるのか、②現状のままで東西からの拘束力でもって取り上げるのかのいずれかである。現状を観察した結果、この天井石は破断してからかなり時間を経過しており、現状で亀裂部がかみ合って安定した状態を保っていることなどから判断すると、現状での釣り合いを重視して、そのまま東西からの水平圧縮力を作用させて取り上げる②の方法がよいと考えられる。また、破断面は破壊されて、土砂が充填していると予想され、土砂を取り除かずに当初の状態に戻して石材を拘束して取り上げると、かみ合いがなくなり、さらに石材どうしの摩擦力が低下して、スベリの危険を伴うと考えられる。石材の解体・取り上げにあたっては①の方法は採択せず、この状態で吊り上げる②の方法によって実施する予定である。また、よりリスクの低減をはかるため、東西方向からの把持に加えて二分するブロックを補助的に固定する方法として、南北方向からも拘束することを計画した。いっぽう、Bゾーンに石材を移送した後に石材を二分して、断面のクリーニングをおこなって、天井の漆喰面のズレを修正したのち、仮設修理施設へ輸送した方が、後におこなう修理が容易くなるので、Bゾーン



図 1.1 天井石 1 の南北に走る亀裂の中央北部分で、細長いブロック状の複雑に割れた破砕片が挟まれた状態にある。この近辺では、層状を呈する剥離も起こっており、地震によりもまれた痕跡を示しているのかもしれない。

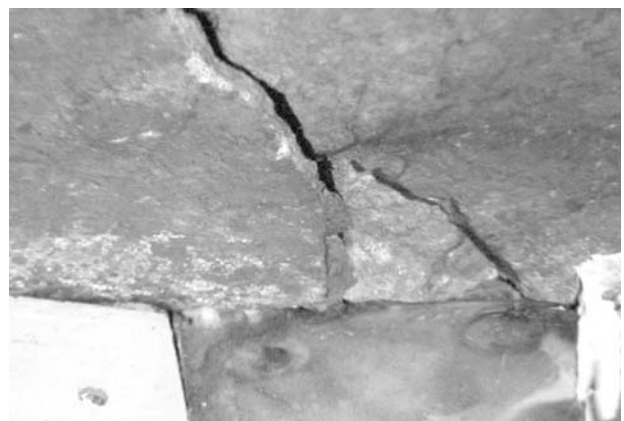


図 1.2 天井石 1 の南北亀裂の南端部では、三角錐状のブロック片が遊離した状態に観察される。天井石東側は下がっており、西側はそれより 7mm 前後上がっている。石材片には修理のため、何かが充填されたようにも見える

において、石材を修正をすることもありうるが、状況を判断して修理施設に搬送した後に石材のクリーニングと位置の修正を実施することもある。

天井石 1 の取り上げ（拘束）、移動、梱包等の各過程において、破砕部分に存在する石材片ブロックが脱落する可能性は十分に考えられる。現状においてこれらのブロック片を取り除くことは不可能で、吊り上げた状態で取り除くことも考えられるが、大きな人的リスクを伴うことになる。

漆喰の状態については、他の壁石や天井石と同様であるが、劣化が進行し、石材から遊離している箇所も多く、わずかな振動においても剥落の危険は否定できず非常に不安定な状態にある。特にブロック状や鱗片状を呈する部分は、粘土（水分を含んだ軟らかい状態）が急激に乾燥した状態と酷似しており、スサはすでに消失して、その効果はなくなっていると推定される。石材を動かしたときに幾分かの小片は脱落する可能性も考慮して、可能な限りの養生処置と慎重な取り上げ作業によりリスクを小さくする。

天井石 2（南より第二石）は、南北方向から異なる亀裂が、走行しており中央付近で交差することなく平行した状態を呈する。この二本の亀裂は中央付近を通過したあたりで止まっている（図 1.3）。亀裂の状態は天井石 1 に比較すると安定しているように観察できるので、天井石 2 の吊り上げ時に東西のブロックが脱落するようなことは考えにくい。しかし、いっぽうでは西壁 1 と西壁 2 に接する上部の天井石付近において、東方向に走行する亀裂と考えられる痕跡が観察される（図 1.4）。この亀裂の痕跡に沿うように鉄分の染み出しも顕著に観察されるので、石材ブロックの亀裂に近いものとも考えられる。石材取り上げ時の、破断と小片落下に関するリスクの低減対策として、東西からの把持力に加えて、南北方向からのサポートと、さらに、バンディング（ベルト状の拘束）法により、取り上げを予定している。

漆喰は、前述のように大小のブロック状ないし、モザイク状を呈し、石材への固着力は小さく状態は悪い。同時に漆喰に付着する金箔も安定したものとは考えられず、養生措置等による安全対策が実施される予定である。

また、天井石と東壁、西壁が接する上部は隙間が少なく、漆喰の切断と剥ぎ取りには注意を要する（石材間の漆喰は完全に切断できていないと、接する石材の漆喰を大きく損傷する危険がある）。

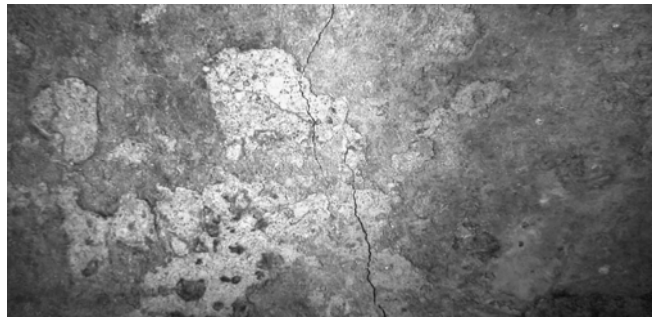


図 1.3 天井石 2 の中央付近では、南北からのひび割れが平行する二重のひび割れが観察される。この部分では、微細な複雑な亀裂の痕跡が見られる。石材の拘束時には、漆喰小片の剥落も考慮しておく必要がある。

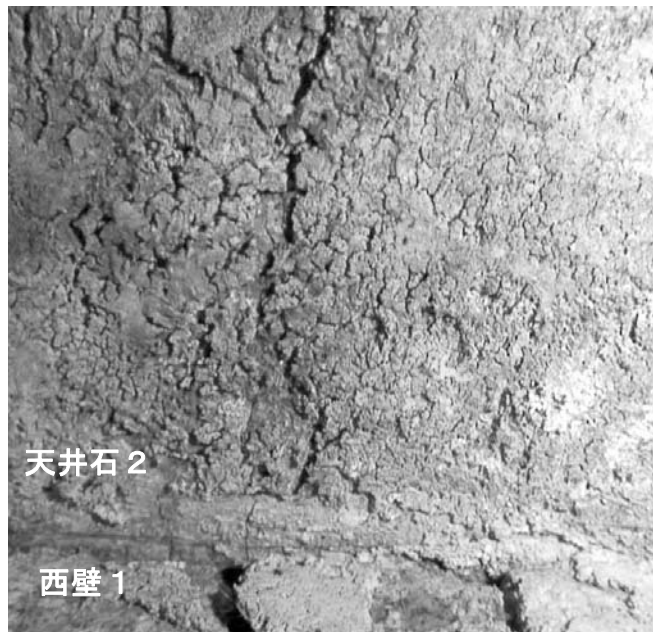


図 1.4 西壁石の上部ひび割れに連続するかのように見られる、天井石 2 のクラック状の痕跡。西端から南北のひび割れに達するようなクラック状の痕跡にそって、漆喰が剥離したり、隙間が見られる。付近は鉄分の染み出しが顕著である。

天井石3については、漆喰に覆われている部分が多く、現状では石材の亀裂の有無は不明である。漆喰の亀裂状態の観察などから考慮すると天井石1, 2に見られるような大きな連続する亀裂は存在せず、石材そのものは比較的保存状態は良好と見られる。いっぽう、北東隅部分に三角形を呈するブロック状の割れが認められる(図1.5)。この部分は漆喰に覆われているので漆喰のひび割れから推定すると、亀裂は東側に延長し、東側面を下部から上部へ延長すると推定され、北端は垂直方向に石材の合わせ面に沿って上部に延長していると考えられる。推定ではブロック状の破壊が起こっている可能性がある。このブロック部分は、天井石4(北側の天井石)および天井石3を取り上げる際に、脱落する可能性は否定できないので、リスクの低減対策としては、より慎重に検討下結果、バンディング法による対策を予定している。

いっぽう、天井石3の取り上げ時において、東壁上部の南隅で見られる石材の破碎は複雑で、上部の荷重が開放された時点で脱落する可能性も考慮され、細かな碎片になることも予想される。従来からの修理で、接着剤が注入されている可能性もあり、現状で、これらの石材を取り去ることはできない。天井石3の取り上げ時には、クッション材を設置するなどの落下対策を講じる必要がある(図1.6)。また、落下時には破片は飛び散って壁面を損傷することもありうるので、内部から監視すると同時にできるだけ静かに石材を吊り上げる対策をとる。

漆喰の保存状態は、他の壁面同様にして悪い。特に漆喰が膨潤して丸く垂れ下がって、大きく脱落してアバタ状(隕石孔や噴火口のような形)を呈する部分が随所で観察される(図1.7)。凝灰岩を通してきた水分の影響が考えられ、もちろんこのような様相を呈することは、残存する漆喰と石材が完全に固着しておらず、一部の固着により漆喰の脱落が止まっているように推定される。これらの部分は、周辺部をはじめ、最悪の場合は、残存する大きな面積で脱落する危険も考えられるので、漆喰剥落止めの養生処置を十分おこない、脱落しても復元可能な対策が予定される。



図 1.5 天井石4と東壁石3が接する部分にブロック状の緩やかなカーブを描く割れが見られる。北側はやや高く、天井石3はやや低い。



図 1.6 天井石3の取り上げに際して、東壁3、東壁2の上部にまたがる石材のブロック状の複雑な割れについても、落下の危険はある。ただし、漆喰はすでに落下していて残存しない状態にある。

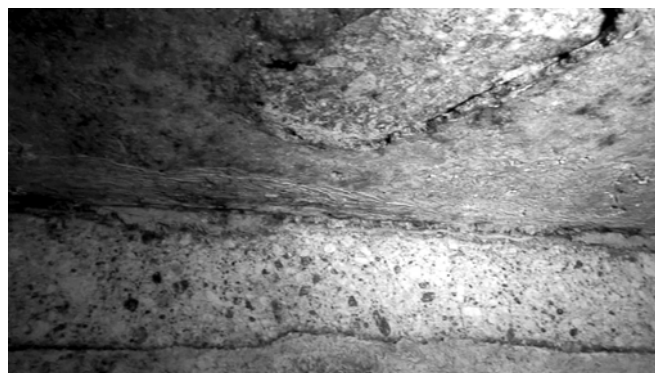


図 1.7 天井石3に見られる典型的な漆喰の劣化。火口のような形状を呈し、残存する周辺部分は、石材と剥離・遊離した状態にある。

天井石4は、観察できるのは一部のみである。観察可能な範囲内では石材の保存状態には問題はない。漆喰の残存は少ないが、剥落した痕跡が多く、箇所で観察され、さらに碎片が剥落する危険は大きい。石材間にオーバーハングする漆喰はすでに養生処置として剥ぎ取られている。

東壁石1（南側から1.2.3）は、石材の大きな損傷については存在しないように観察できるが、漆喰に覆われているので、亀裂の有無は不明。北上端部の漆喰が衝撃等により剥がれ落ちており、石材のブロック状の亀裂の存在が推定される。

壁石下部の漆喰が大きく脱落している（図1.8）。壁石中央付近の漆喰の保存状態は悪く、ブロック状もしくは鱗片状の剥離が顕著で（図1.9）、養生処置が必要である。他の壁石と同様に床石漆喰との切断を要する。東壁石2に近接する漆喰のオーバーハング部分は、石室解体前に実施する養生処置により剥ぎ取りが予定される。

東壁石2は、石材の大きな損傷については存在しないように観察できるが、漆喰に覆われているので、亀裂の有無は不明。東壁2と東壁3の石材の境界上端部コーナにおいて複雑なブロック状の亀裂が存在する（図1.6）。天井石3を取り除くときに脱落する危険性がある。対策については前述のとおりである。残存している場合は、天井石を取り除いた後に、取り外すことが可能であれば、状態から判断して取り外すこともある。

中央部付近から上部付近にかけて漆喰の剥落が顕著。また、天井石2と天井石3の隙間から水分の流入にともなう鉄分の沈着による漆喰への影響が大きく、大小のブロック状の亀裂が顕著である（図1.9）。これらの部分については、養生処置による対策がとられる予定である。また、他の壁石と同様に壁石と床石漆喰との切断を実施する。

東壁石3も同様に、石材の大きな損傷は存在しないように観察できるが、漆喰に覆われているので、亀裂の有無は不明。東壁石2と接する上端コーナ部分に複雑に遊離した小さな三角状ブロック片がある（図1.6）。現状で取り除くことは困難であり、前述のように天井石を取り外す際に脱落の危険も考えられるので、脱落しても石材片が破壊しないように、床面にクッション

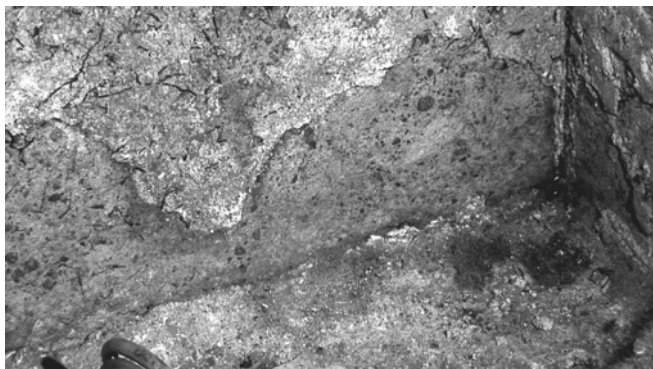


図 1.8 壁石の下部は漆喰がすでに脱落している部分が多く、残存していてもきわめて保存状態は悪い。



図 1.9 漆喰はブロック状、モザイク状を呈し、剥落寸前の状態にある。わずかな振動によっても大きく剥落する危険性がある。

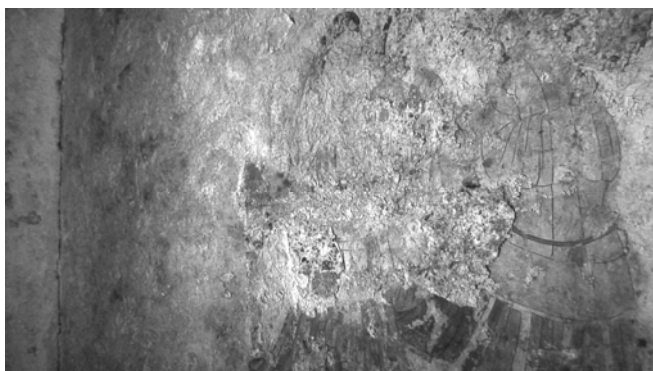


図 1.10 東壁石3の女子群像については、漆喰が大きく損傷して石材そのものが見えている部分が大きい。

ョン材などを設置して、天井石の取り外しを実施することを計画すが、できるだけ静かに天井石を持ち上げることによって落下防止をはかる。なお、小片が落下した場合、絵画面を損傷する可能性も否定できないので、養生処置（フェーシング）による損傷の軽減をはかる。

他の壁石と同様に東壁と接する上部、北壁、床石漆喰との切り離し、剥ぎ取り処置を実施する。

女子群像の絵画部分は、漆喰が脱落して、凝灰岩が露出している部分があるので慎重な養生処置が予定される。（図 1.10）

西壁石 1（南壁側から 1.2.3）は、石材の大きな損傷については存在しないように観察できるが、漆喰に覆われているので、亀裂の有無は不明。西壁 2 と接する上端部コーナ（天井石 2 の鉄分の染み出しがある部分に）接する付近に、石材が破砕して細長くやや大きなブロック状となっている

（図 1.11）。天井石の取り外しの際にも、石材が落下する危険性があるので、脱落しても石材片が破壊しないように、床面にフトン状のクッション材などを設置してから、天井石の取り外しを実施する予定である。いっぽう、落下時に壁面を損傷する可能性も否定できないので、むき出した石材面を利用したテーピング等による脱落防止も検討している。もちろん、絵画面の損傷防止のための養生も同時に実施して対策を講じる。また、破砕した石材表面には樹脂状光沢らしきものが観察される（図 1.12）ので、接着されているのかもしれない。

石材上部の漆喰は北側で大きく剥離し、南側でも連続した剥落が見られるので、適切な養生処置も実施される予定である。

下部の漆喰は劣化が著しく、損傷部分も多くある。他の壁石と同様に西壁と接する床石の漆喰とは切り離しが必要である。また、西壁 2 に接する中央部分付近から下部にかけての間隙は少なく（石材が押し合っているようにも観察される）、確実に切り目をいれて、漆喰の縁切りを行なっておく必要がある。漆喰がオーバーハングしている部分は少ない。



図 1.11 西壁 1（南壁石側）の上部北端に見られる細長いブロック状の割れ。ほぼ遊離した状態にあると観察される。



図 1.12 樹脂光沢が残存している（図 1.11 拡大）。



図 1.13 西壁石 1 と 2 が接する下部において、漆喰が大きく、三角を呈する形で剥落し、石材の損傷も考えられるが、土砂などが妨害して詳細は不明。石材の取り上げに際しては、注意を要する部分である。

西壁石2についても、同様に漆喰に覆われているので、石材の損傷に関しては内部観察からだけでは、発見されていない。

西壁石1に接する下部付近において漆喰が剥離している部分で、石材の一部が破損しているように観察できる（図1.13）ので、この部分に応力がかからないようにして取り上げる予定である。また、上部天井石3と、西壁石3に接する付近では連続する大きな漆喰の剥落が観察されるが、現在のところ亀裂は発見されていない。漆喰は剥落した部分の石材の汚染は少ない。

西壁3の漆喰の一部が西壁2に大きくオーバハンクしているので、これらの部分は剥ぎ取る予定である。他の壁石と同様に西壁と接する床石の漆喰とは切り離す予定である。

西壁石2は全体的に北側の漆喰（天井石2と天井石3が接する部分を垂直に降ろした線上より北）が多く剥落している傾向が認められる。

西壁石3は、同様に漆喰に覆われているので、内部からの観察によって石材の損傷状態は推測の域をでないが、石材そのものの保存状態は比較的良好とも考えられる。

西壁石2に接する下部に漆喰の微細なひび割れが生じており、石材も同様に割れている可能性も考えられるので、取り上げ時には応力がかからないように安全策を講じる。西壁2の上部に連続する大きな漆喰の剥落部分が存在する。その上部、天井石3に接する部分にわずかに漆喰が残存する。この部分については状態を検討して、漆喰を剥ぎ取るか、もしくは切断を実施する。他の壁石と同様に西壁と接する床石の漆喰とは切り離しをおこなう。

絵画部分の漆喰の状態は一見、安定しているようにも見えるが、拡大観察すると極めて崩落、剥落の危険の大きいことは明らかである。他の壁石と同様に、ブロック状ないし、モザイク状の割れに加えて、漆喰の断面は微細な破砕片、いわゆる粉状を呈しており、わずかな振動によっても崩落する危険は大きい（図1.14）ので十分な



図1.14 絵画部分のブロック状、モザイク状の漆喰が崩落した跡は、粉状の漆喰が内部から観察されている。石材に接する漆喰の接着効果はほとんどないかもしれない。

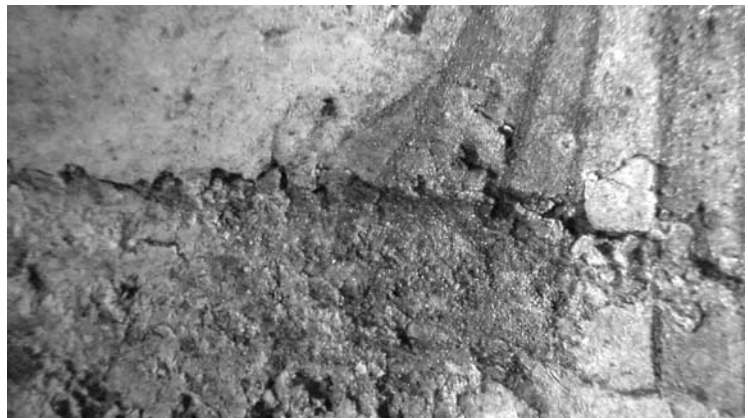


図1.15 絵画部分は粒状を呈し、かつ強い光沢を有しており、樹脂状物質で処置されているのかもしれない。表層のごく薄い層は固化しているが、内部の粉状を呈する漆喰は固化しておらず、きわめて脆い状態にあると考えられた。



図1.16 南壁石を内部から見ると、東西の隅部分が大きく劣化している。

養生処置をおこなう。また、図 1.15 に示すように、絵画部には粒状を呈する微粒子に伴い強い光沢を有する樹脂状物が観察され、表層を固化しているようであるが、内部の粉状部分は固化されず、脆い状態にあるように観察された。十分な養生処置を要する箇所でもある。

北壁石については、石材の大きな損傷は、内部からの観察では発見されない。天井石 4 との隙間は大きい。東西の壁石の漆喰は、取り上げる際には切り離しておく必要があるが、すでに実施されている。同様に床石の漆喰とは切り離しが必要であるが、同様に処置されている。この北壁については、大きな問題はない。比較的漆喰の状態は良好にも見える。

南壁石は、漆喰の残存状況はきわめて悪く、汚損した状態である。また、石材自身の保存状態も他の石材に比べて悪い状態にある。特に上部の東西部分の劣化は問題が大きく（図 1.16）、石材の取り上げ時においては、東西方向からの応力がかからないように実施するため、 $\Pi$ シングル型治具により中央から下部に応力をかける予定である。

## (2) 石室外からの調査 (2007. 03. 08 現在) と石室解体における対策

石室の外からの調査は、石室解体に必要とする情報の収集を目的として、以下の項目に重点をおいて実施した (表 2.1)。

表 2.1 石室調査

①	寸法と形状
②	石室の構造
③	石材の表面状態
④	石材の強度と劣化状態

①については石材を取り上げる治具および石材の回転、移送、保存修理施設に設置する台車に固定するなどの目的で使用する特殊フレームの形状や寸法に係わる重要な情報で、推定された寸法と形状が許容範囲外であれば、迅速に設計・製作からやり直す必要が生じる。②については石室を解体して取り出す石材の順を決定する上では重要となる。③は石材表面の凹凸や出っ張り、つまり加工の仕上げ状態を意味しており、治具に取り付けられる把持用のパッドの性能に関与したり、凹凸があまりにも大きいラフな仕上げの場合、石材を固定する特殊フレームの設計を変更する必要がある。個々の正確な実測図面が必要となることもありうる。④については治具の調整、つまり石材の取り上げ時における石材のすべり安全率や石材の圧縮安全率に係わる重要な部分である。新たな亀裂をはじめとする重要な劣化や重ね合わせ部分の劣化・損傷が発見された場合は、取り上げ方法から再検討する必要が生じてくる。

現在、発掘調査により寸法等の情報がしだいに明らかになってきた。寸法については (2007. 03. 01 現在において) 天井石 1, 2, 3 と東西の 1, 2, 3 壁石、南壁石は、推定されていた許容範囲内にあることがほぼ確実にようになってきた (東西の壁石については全容が明らかになっているわけではない)。これらの石材の解体については予定されている治具を用いた方法でほぼ問題は解決できそうである (天井石 1、南壁石は従来から判明している) と考えていた。しかし、発掘調査が進むにつれて、内部にみられていた割れが、かなり大きくなっていることが明らかになりつつある。

天井石 2 において内部で観察されていたクラックは (図 1.4)、確実に西側側面に現れており、側面下場からほぼ 70 度前後の傾斜で上部に向かっていているようである (図 2.2)。取り上げ時には、ブロックの落下に対応する必要も新たに生じてきた。いっぽう、天井石 3 の東コーナー部の三角形のブロック (図 1.5) は、天井石 3 の東側面北側付近に 1mm 前後の亀裂となって表れてきた。このひび割れは天井上部表面付近に達している (図 2.3) こと

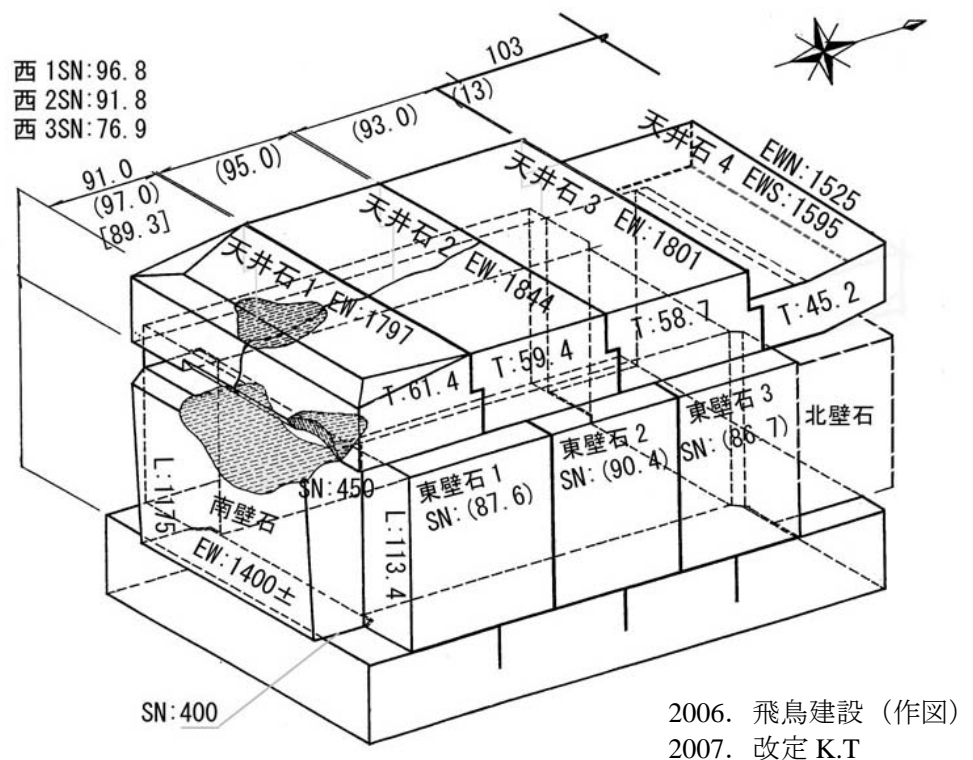


図 2.1 石室構造と推定寸法 (2007. 03. 01 現在)



もしだいに明らかになっており、新たな検討が必要となってきた。しかし、現状では、全容が見えているわけではないが、ある程度推定ができるので、取り上げ時における安全対策についても検討をはじめており、対策が立てられている。また、内部から一部しか見えていない天井石4は、従来から他の天井石より南北方向で短く、東西幅や厚さはほぼ同じと推定していた。ところが、推定に反して南北方向に最も長く、幅はやや狭く。石材の厚さは42cm前後と天井石ではもっとも長く、幅は最も狭いことが明らかになってきた(図2.1)。検討した結果、従来から開発している天井石用治具に加えて、補助具などで対応する予定にしている。

北壁石については、寸法をはじめ、石材の組み合わせなど取り上げに最も重要となる情報が次第に明らかになりつつあり対応できる見通しを得ている。

石室の構造についても、石材の組み合わせ方に関する情報は、しだいに明らかとなっており、天井石については、寸法等から組み合わせ方を推定すると、従来から考えている石材の組み方でほぼ間違いないと考えられる。以上のことなどから、現状では石室解体方法の最終的な方法、順序については、従来の計画と方針で実施する予定であるが、今後の情報によっては変更もありうる。

石材の風化状態については、南壁石や天井石1の一部のように長期間大気中にある場合と異なり、天井石2,3,4の表面は湿気を帯びており、石材の表面は土と一体となって軟らかく粘土化が進んでいるように見られるが、表層部分のみで石室解体に影響するものではない。表面をクリーニングした後の状態を観察すると、石材自身の保存状態は悪くはない。クリーニングされた後の天井石1,2,3,4を観察したところ、パミスや熔結凝灰岩礫以外にも、流紋岩礫?も認められることから二上層群下部ドンズルボー層のものでない可能性もでてきた(中部、上部の可能性も検討する必要がある)。他の石材もクリーニングを終了したのちに精査する必要がある。



図 2.2 天井石2の西側面に検出された亀裂

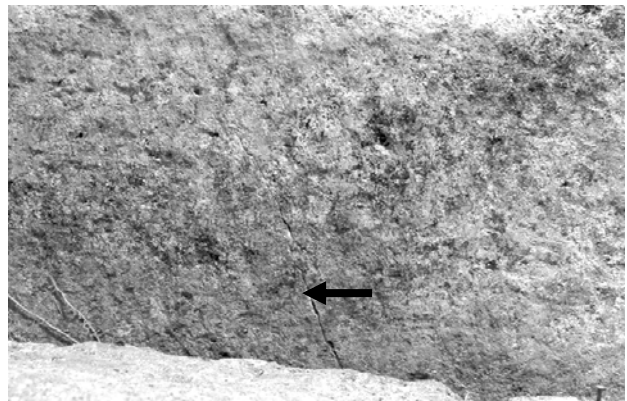


図 2.3 天井石3の東側面に検出された亀裂

石室石材の強度と石材の吊り上げ安全性について検討するため、石室外部からの石材強度について調査した。石室石材の強度については、取合部のシールドを解体した段階（2007/2/15）で、また、天井石が検出された段階（2007.03.01）で、軟岩ペネトロメータを用いた測定を実施した。いずれも、2005年5月に測定した結果と一致した値を示した。今回測定したのは、前回と同様の南天井石（南側面）、南壁石（南側面）、東壁石（南側面）をはじめ、新たに検出した天井石2,3,4である。その結果、一軸圧縮強度は、40kgf/cm<sup>2</sup>から80kgf/cm<sup>2</sup>であり（図2.2）、従来の報告と同様である。

これらの測定値にもとづいて、天井石の吊り上げ時における治具にかかる一次圧（油圧）を3MPaに設定した場合（把持する二次シリンダ出力を求めてさらに、把持パッドにかかる出力圧とボルト反力を求める；摩擦係数実測値：0.81）の、天井石のすべり安全率は4、天井石圧縮安全率は6～7にも達するもので、門型治具（ⅡⅢ型）のみでも石材の取り上げは十分に安全性を有するものである。しかし、ひび割れが発生している天井石4に関しては、さらに安全性を高めるため、（3：石室解体準備状況）補助装置を併用する予定で、さらに落下防止装置の装着も考慮している。天井石3についても同様な手法を検討している。

南壁石については、シングルチャンネル門型（ⅡⅠ型）治具を用いた場合のすべり安全率は4、圧縮安全率は2.8であり問題はないが、さらなる安全性を向上するため、拘束パッドを増加するためのダブルタイプの門型治具の使用も考慮したが、作業スペース等の問題もあり作業上のリスクを考慮して、この使用は断念し、かわりに落下防止のための保護処置を予定する。

東西壁石については、さまざまな治具（ⅠⅠ型、ⅠⅡ型、補助ⅡⅠ型）を用いて取り上げを予定している。ⅠⅠ型の場合、上部の横受け刃部安全率は12から16、下部の縦受け刃部安全率は2.2から2.4であり、問題はないが、より安全性を高めるためⅠⅡ型、およびⅡⅠ型などの治具の使用を予定する。具体的な方法等については、次の（3）、（4）を参照されたい。

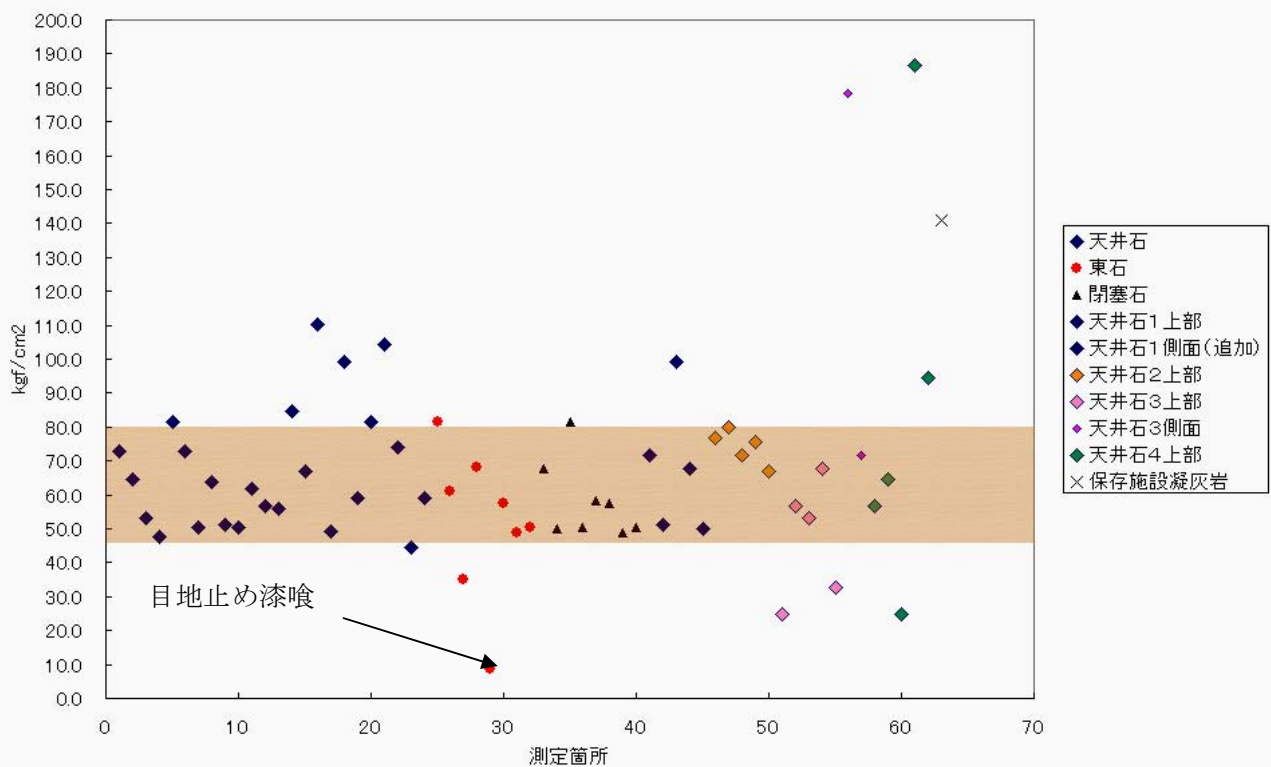


図 2.2 石室石材の針貫入試験による一軸圧縮強度の推定

### (3) 石室解体準備状況

2006年9月末をもって、実験場において予定された石室解体に関するすべての実験を無事終了した。これらの実験の総括として、石材の取り上げから、梱包、輸送、そして断熱覆屋内における環境制御に至る一連の過程について、実験場（京都府加茂町）において公開した（2006年10月20日）。その後、実験場は閉鎖されたが、実験結果にもとづいて、より安全性を向上させることを目的に、取り上げ治具など機材の改良や実験を重ねてきた（図3.2）。今回の石室解体にあたっては、石材の取り上げに用いる治具の安全性が最も重要であり、石室解体まで日々検討が加えられ、現在なお、推定の範囲を超える石材が検出した場合には、新しい情報にもとづく改良を予定している。

天井石取り上げ用治具は、 $\Pi$ Ⅲ型（東西方向から拘束）に加えて新たに安全性を向上させるため、二機の補助用 $\Pi$ Ⅰ型治具（南北方向から拘束）を加え、より安全性を高めた装置の開発をおこなった。いずれの治具にも底部に、落下に備えた下面支持のための保護装置を取り付ける予定である。

天井石1,2,3については、従来から推定していた寸法、形状において問題はないが、天井石4においては、南北方向においてほぼ103cmと長く、東西方向において他の天井石よりやや短くなるようである。これに対応するため $\Pi$ Ⅲ型治具を応用した補助器具を用いた取り上げを予定する。

東西の壁石（側石）用治具は、従来の $\Gamma$ Ⅰ型に加えて、安全性を向上するため、重心のバランス調整や下部にかかる応力を軽減するため、ダブルチャンネルもしくは双方向の両用治具 $\Gamma$ Ⅱ型（石材への取り付け法は従来型を改善）の開発を実施して、石材の状態に対応できるようにした。いっぽう、 $\Gamma$ 型治具の先端工具の挿入を補助するための補助装置に取り付ける先端スペーサを、従来の金属製から特殊合成高分子材料に変更した装置の開発をおこない、石材へのスペーサの進入を容易くして、石材への損傷に考慮したより安全性の高い補助装置を完成した。東西壁石の取り上げに際

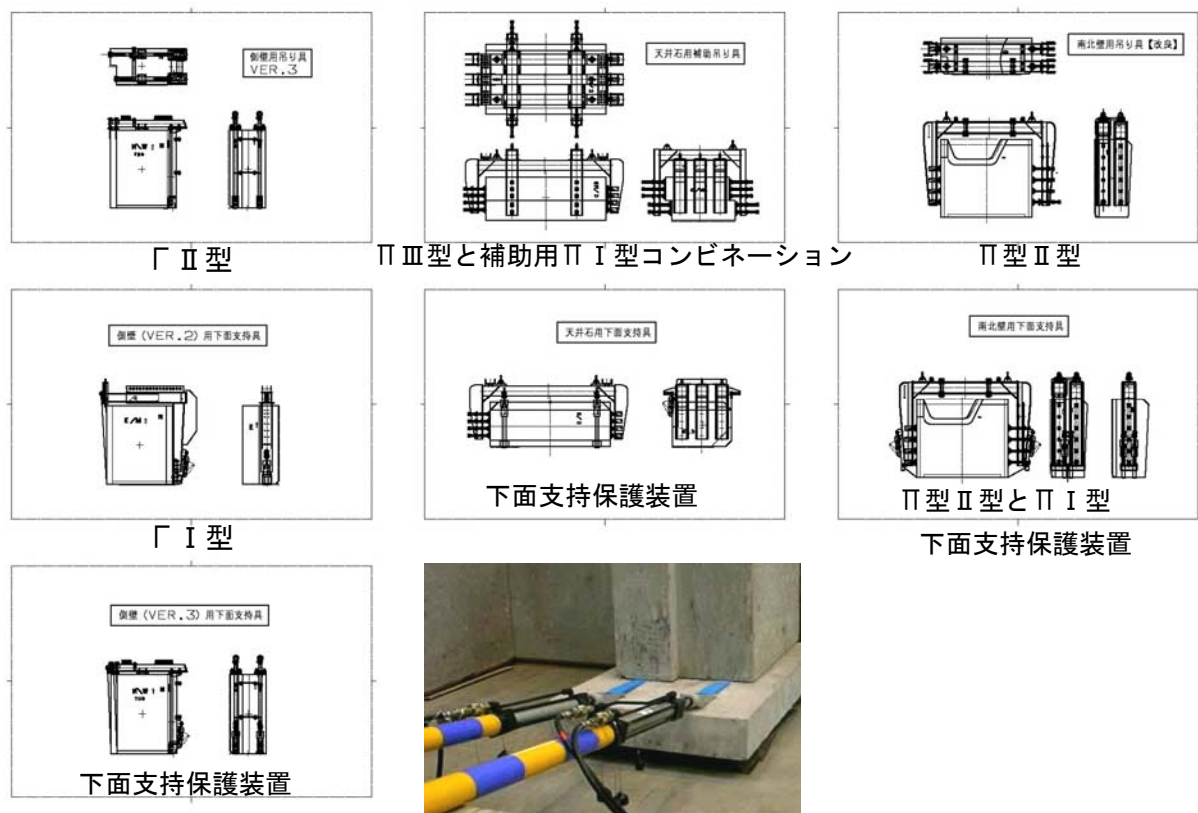


図3.1. 新たに開発された石室解体用治具の一覧（協力：株式会社タダノ技術研究所）

しては、すべてΓ型治具を用いるのではなく、その状況にあわせて安全性確保のため、Π I 型治具を用いた取り上げも実施する。いずれの治具にも底部に、万一の落下に備えた保護装置を取り付ける予定である。現在、東西壁石 1、については推定されている範囲が大きく異なることはないので問題ないが、東西壁石 2,3 においては、その幅（厚さ）が 10 数 cm 狭くなるような推定がなされているが、治具の許容範囲にあるので大きな問題とならない。

南北の壁石（側石）用治具は、石材の大きさに合わせたΠ I 型治具を使用する予定であるが、図 3.1 に示すΠ II 型治具を新たに設計して、その使用についても検討した。南、北壁石の実際の取り出しに際しては、作業スペースが極めて少なくなることが予想される。これら治具の取り付け作業性等も含めた総合的な判断の結果、Π I 型治具を適用する方がより安全であるとする結論に至った。南壁石については、寸法、形状や劣化状態にあわせた装置が以前から開発されていて、問題はない。北壁についても、Π I 型を予定しているが、把持できる部分が確保できるのかなどの石組み構造について不明な点もあるが対応できる状態である。いずれにしてもそれぞれの治具の底部に、万一の落下に備えた保護装置を取り付ける。

大きなひび割れが発生している石材については、安全性を考慮して、各種の方法を検討した結果、取り上げ用治具を取り付ける前後のいずれかで、固定用ベルト状の保護を取り付けてから、各石材を取り上げる予定である。いずれも、石材の状況にあわせてとりつける方法で対応する。これは、仮設保存修理施設内でも石材の修理が終了するまで取り付ける予定である。

梱包用特殊フレームについては、実験で用いたものと基本的に同型のものを用いる。台車に載せるパレット部分はステンレス製で、石材を受けるウレタンパッドも 10 年間程度は劣化しない最高品質のものに変更している。寸法については石材の大きさや形状にあわせて変更する必要がある。石材を取り上げたのち、A ゾーンおよび B ゾーンでおこなう梱包と回転、輸送には不可欠であるが、現在、南壁石と天井石以外の石材の表面凹凸状態が明らかでないので、梱包用フレームについては製作できない状態にある（石材を受けるフレームについては、石材下部を受ける部分が凹凸であれば、石材にあわせて製作する必要がある）。従来から指摘しているとおり、石室がある程度見えてから製作する必要があるので、準備に時間を要する。石室解体作業の開始時期に間に合うように対策しているが、影響してくる可能性も否定できない。つまり、保存修理施設で使用する石材を載せる台車の製作とも連携するものである。



図 3.2. 安全性を高めるための装置改良等の実験が実施されている（協力：タダノ技術研究所）

#### (4) 石室解体法（各部材ごとの手順）の予定

石室の解体は、従来からの実験により安全性が検証された方法によって実施する。また、解体に必要な石材の寸法、形状、構造（石組み）、劣化、損傷状況がすべて明らかになり、発掘調査班によるすべての調査が終了した後に実施する。

天井石については、(3) で示した石材の状態にあわせた治具を用いて以下の手順で実施を予定している（図 4.1）。天井石の取り上げは、天井石 4 から実施を計画している。石材を取り上げる前には、各ホイストの吊り具にロードセル、治具に歪計、石材にAEセンサーやCMセンサーなどの計測機器を取り付けて、吊り上げ時や移動時などの異常を検知する。準備が完了した時点で、治具を取り付けて把持が開始され、異常が検出されなかったら、少し吊り下げて安定させる。石材重量はこの時点で測定する。また、吊り上げや移動時の落下に対する安全確保のため、漆喰に影響しない部分に下面支持のための保護装置を装着したのち、石材を吊り上げて、さらに水平移動する。AゾーンからBゾーンへは、一旦停止して、断熱カーテンを上げて、石材の垂直・水平移動によりBゾーンへ運び込む。Bゾーンでは予め設置してある特殊フレームの台に石材が設置される。なお、天井石 3 および天井石 4 においては、石材の亀裂が存在するため、フレームに設置したのち、治具の把持を開放するとき石材が大きく口をあける心配があるので、これらの石材については、あらかじめ、治具で石材を把持した段階で、全周を固定する金具で縛るようにする。もちろん、亀裂のある天井石には補助装置を備えた門型治具の使用や石材ブロック片の落下対策として、バンディング法を併用した取り上げ法を予定している。

フレーム台に設置された石材は、各フレームのパーツを組み立て、石材が動かないようにすべての面を固定したのち、ホイストや精密なチェンブロックを用いて、壁画面が上面になるように回転操作をおこなう。回転操作が終了した時点で、状態の点検等をおこなったのち、Cゾーンへの移動準備にかかる。Cゾーンでは、輸送車両と積載用補助装置が接続された状態で待機している。こ

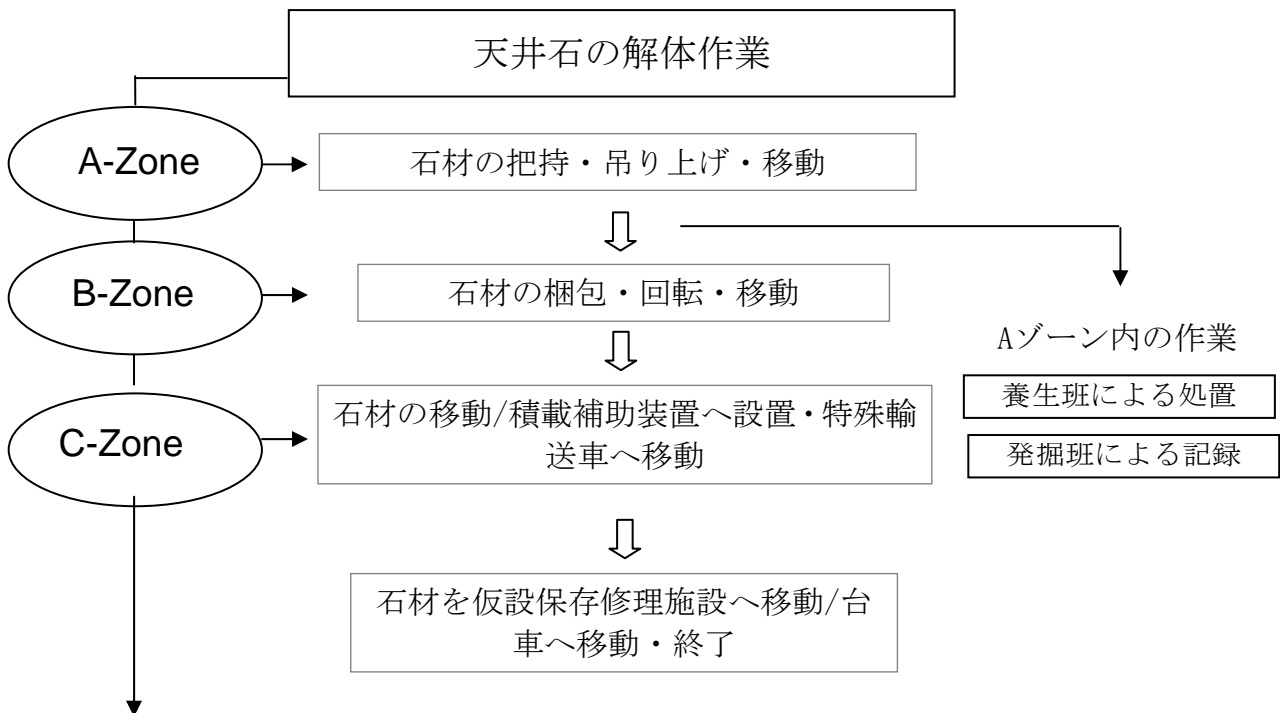


図 4.1. 天井石の解体手順

これらの準備が完了したのちに、Cゾーンの扉が開けられ、特殊フレームに梱包された石材が吊り上げられ、移動して、積載補助装置の台車に設置される。設置して安定した状態で、しずかにレール上を移動させて、輸送車両内へ台車ごと設置・固定する。なお、石材がAゾーンからBゾーンへ移動すると同時に、次の石材の取り上げ準備として、考古班による記録、さらに養生班による壁画漆喰の養生作業が開始される。

東・西の壁石についても基本操作は同様であるが、石材の取り上げに用いる治具の種類が異なる(図 3.1 参照)。取り上げ順序や、壁石にあわせて前述のように3種類の治具の使用を予定する。Aゾーンにおいては、石材を取り上げる前に、ホイストの吊り具にロードセル、治具に各種のセンサーなどの計測機器が取り付け、吊り上げ時や移動時などの異常を検知する。また、準備段階では壁石と壁石の上部間隙に特殊スペーサを差し込んだり、床石と取り上げる壁石の底部にスペーサを差し込んでΓ型治具の先端工具を挿入するスペースをつくる。これらの準備が完了した時点で、石材に治具を装着する。いずれにしても壁石の取り上げには、壁石と壁石の間に残存する目地止め漆喰を完全に除去しておくことが重要である。

石材に治具を装着するにあたっては、石材の重心位置が重要であり、治具の位置調整をおこなったのち、少し吊り上げて重量の計測をおこなう。石材を10数cm吊り上げたのちに、底部に特殊フレームの底部を設置した状態で取り上げたり、状況に応じて石材全体を梱包してから取り上げて移動する予定である。しかし、地耐力に問題が生じたため、土留め補強鋼材が大きくなり、安全な梱包作業スペースを確保することが出来ない場合は、Aゾーンにおける梱包を実施するかわり、より安全なΠ I型治具を用いて取り上げることも予定している。いずれの場合でも石材の吊り上げ、移動に対する安全策として、石材下部に落下防止保護装置を装着して安全を確保する。

以下、AゾーンからBゾーンへ移動したのち、天井石と同じ作業が実施される予定である(図 4.2.)。

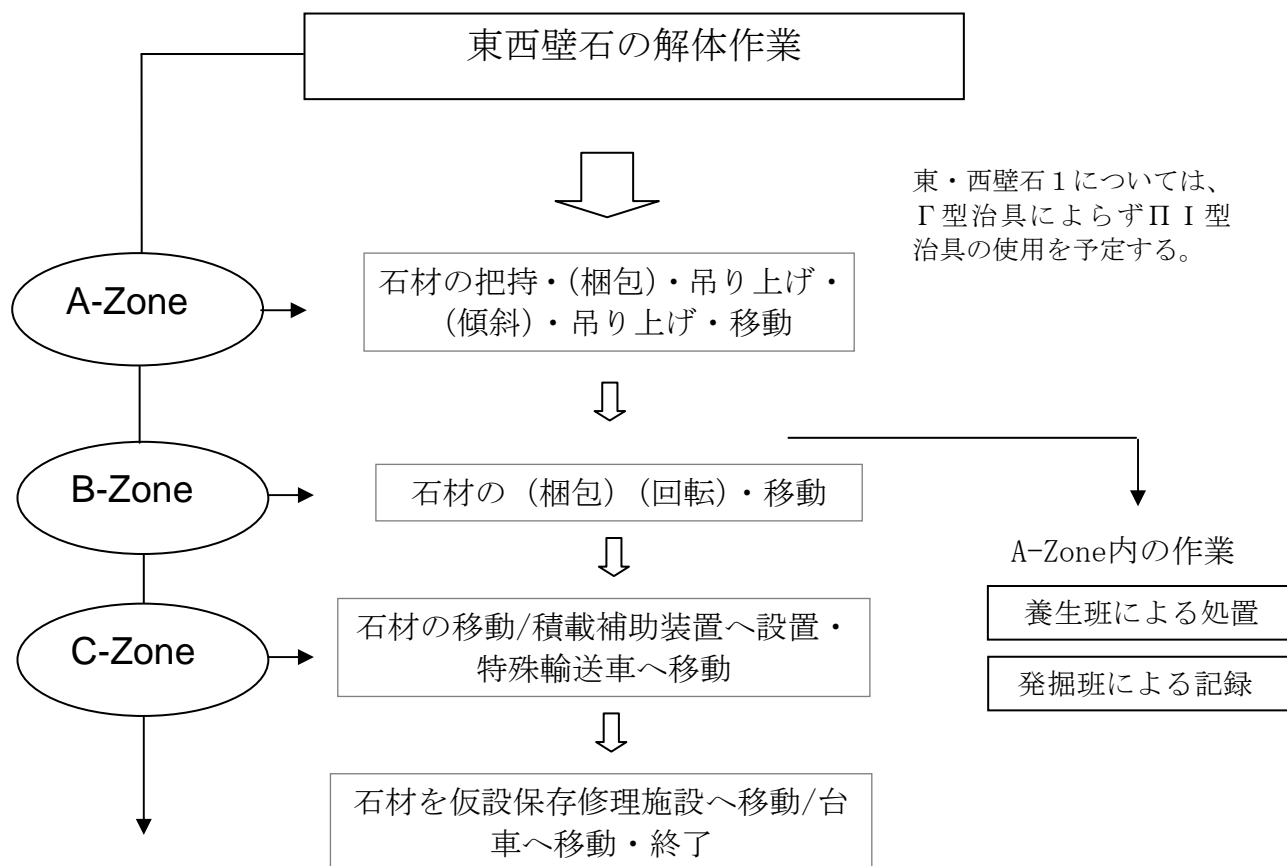


図 4.2. 東西壁石の解体手順 (梱包・回転はBゾーンで実施する可能性がある)

北・南の壁石については、情報が明確な南壁石の場合、上部は盗掘時に破砕され強度的には問題があるので、上部を把持できない。しかし、全体の形状等については比較的単純で大きな問題はない。Aゾーンにおいて、少し吊り上げた状態で特殊フレーム枠の設置・梱包が可能であれば、梱包してから吊り上げて石材の取り上げを実施する予定であるが、作業スペースが確保できない場合は、ⅡⅠ型治具で把持した状態でBゾーンへの移動もありうる。いっぽう、現時点では北壁石についても比較的単純な形状を想定しており、ⅡⅠ型で少し吊り上げて石材下部に落下防止保護装置を装着して(図4.3.)、Bゾーンまで移動する予定であるが、下部にフレーム台を設置できれば、梱包して安全を確保してから取り上げることもありうる。しかし、現状では北壁石を目視しているわけではないので、予断はゆるされない。

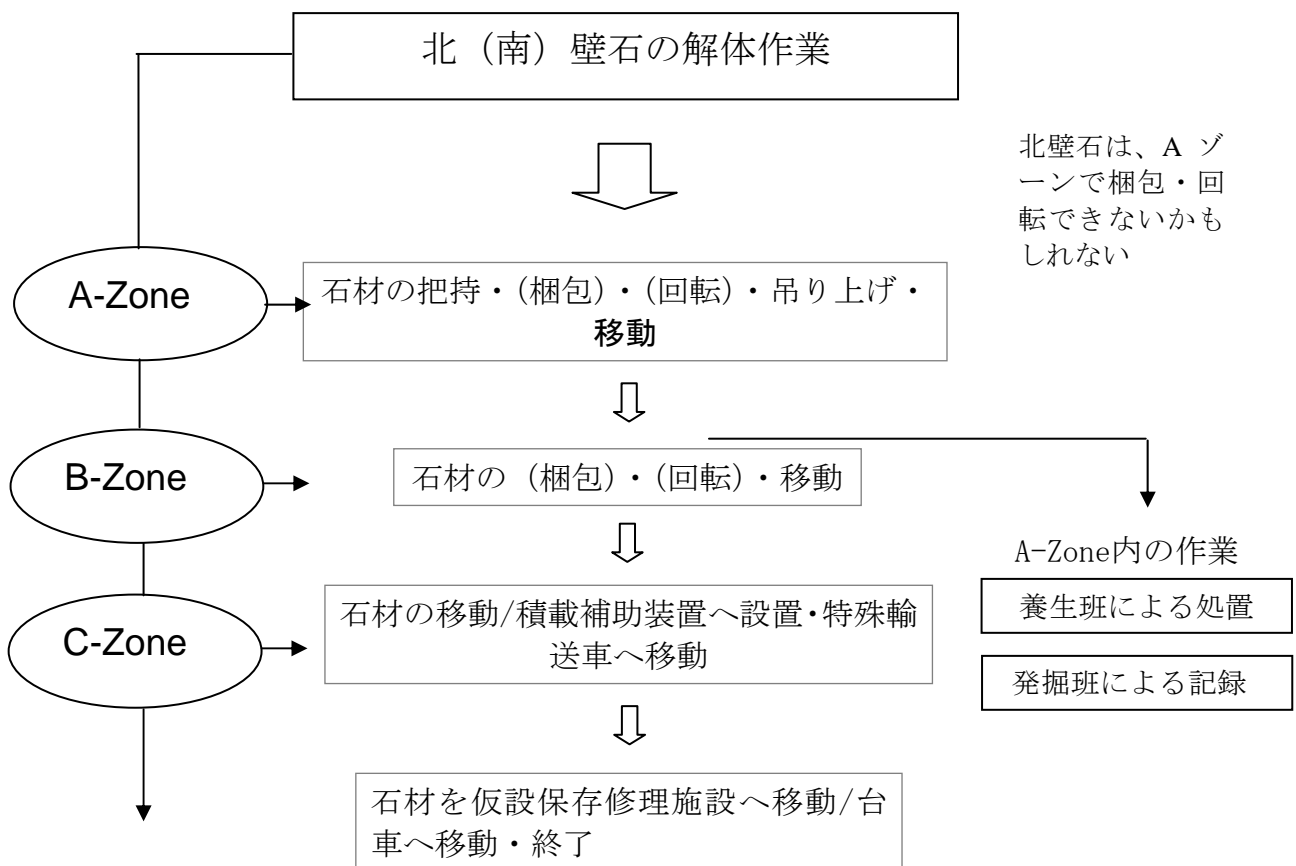


図 4.3. 北壁石の解体手順 (梱包・回転はBゾーンで実施する可能性大)

### (5) 取り上げ順序

石室石材の取り上げ順序は、石材の組み方にもとづいて以下の順序（図 5.1）で実施する予定である。なお、側石（各東西の壁石）については、天井石を取り除いた石材の状態に応じて東側、西側の順序を適宜判断することになる。なお、この順序は、順調に作業が進んだことを前提にしたもので、状況に応じて変わることもある。

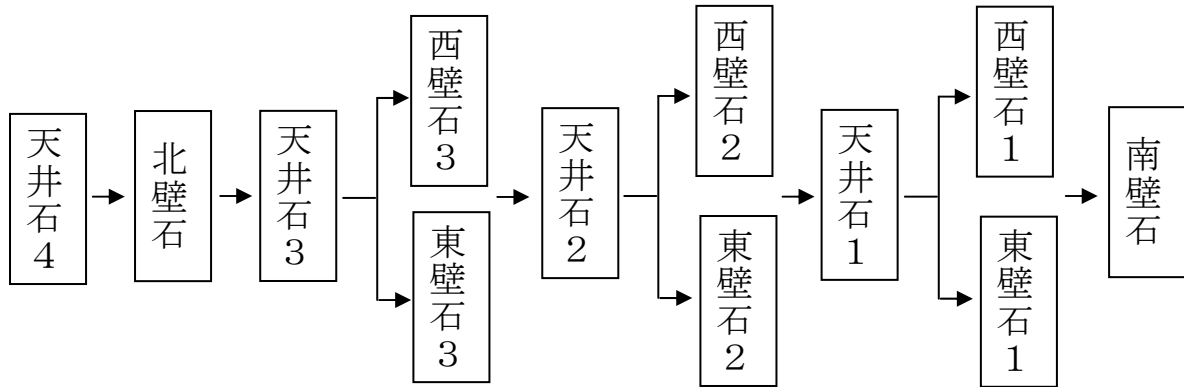


図 5.1 石室の解体における各石材の取り上げ順序（東西壁石の順序は、確定していない）

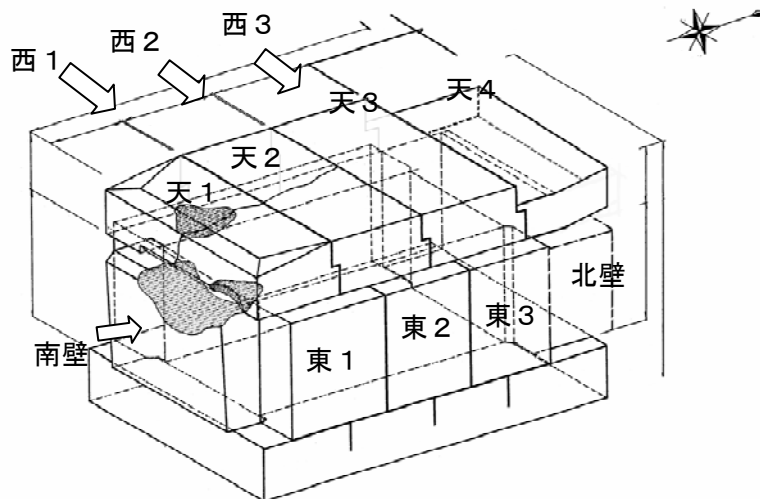


図 5.2 図中に出てくる石材の番号（仮名称）