

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣・埋蔵文化財部会(第 39 回)

日時：令和 2 年 12 月 17 日（木） 13:00～15:30

場所：名古屋市公館 レセプションホール

会 議 次 第

1 開会

2 あいさつ

3 報告

(1) 天守台北面石垣における石材片及びモルタル片の落下について <資料 1>

(2) 本丸内堀発掘調査について <資料 2>

4 議事

(1) 本丸搦手馬出周辺石垣の修復について <資料 3>

(2) 天守台ボーリング調査について <資料 4>

5 閉会

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣・埋蔵文化財部会（第39回）

出席者名簿

日時：令和2年12月17日（木）13:00～15:30

場所：名古屋市公館 レセプションホール

■構成員

（敬称略）

氏名	所属	備考
北垣 聡一郎	石川県金沢城調査研究所名誉所長	座長
赤羽 一郎	前名古屋市文化財調査委員会委員長・ 元愛知淑徳大学非常勤講師	副座長
宮武 正登	佐賀大学教授	
西形 達明	関西大学名誉教授	
梶原 義実	名古屋大学大学院准教授	

■オブザーバー

（敬称略）

氏名	所属
洲崎 和宏	愛知県県民文化局文化部文化芸術課文化財室室長補佐



## 天守台北面石垣における石材片及びモルタル片の落下について

### 1 石垣石材片落下の概要

#### (1) 発生日時

令和 2 年 1 0 月 9 日～1 0 月 1 1 日の間

#### (2) 発生場所

名古屋城本丸 大天守台北面石垣

#### (3) 状況

- ・石垣面より剥落したと思われる石材片（3 0 cm×2 0 cm×1 0 cm）を確認。
- ・石垣面を確認し、堀底から高さ 7 m 程の地点で、石垣が剥落したとみられる痕跡を発見し、石材片が剥落したものと判断。
- ・石材片落下発見後は、文化財保護室学芸員に報告するなど、「特別史跡名古屋城跡における遺構のき損事故再発防止対策」（以下「再発防止対策」）に準じた対応を行った

#### (4) 経緯

日 時	内 容
1 0 月 9 日 午後	現場確認。異常は認められず
1 0 月 1 2 日 午前 8 時	業者の作業員が落下した石材片を発見し、名古屋城調査研究センター（以下「調査研究センター」）学芸員へ報告
1 0 月 1 3 日	教育委員会事務局文化財保護室（以下「文化財保護室」）へ報告。同室よりき損届作成の指示
1 0 月 2 0 日	観光文化交流局長へ報告
1 1 月 2 日	き損届（案）を文化財保護室へ提出。
1 1 月 6 日	文化財保護室より修正の指示
1 1 月 1 3 日	文化財保護室よりき損届及びき損届遅延に係る顛末書の早急な提出の指示
1 1 月 1 6 日	文化財保護室長が文化庁主任文化財調査官へ電話報告
1 1 月 1 7 日	文化財保護室へき損届及び顛末書を提出
1 1 月 2 4 日	名古屋城総合事務所長及び文化財保護室長等が文化庁を訪問。き損の状況及びき損届の遅延を報告

(5) 状況写真

写真 1 落下した石材片の本来の位置



写真 2 石材片落下後の状況



写真 3 落下した石材片



2 モルタル片落下の概要

(1) 発生日時

令和 2 年 1 0 月 1 4 日 午後 3 時 3 8 分

(2) 発生場所

名古屋城本丸 大天守台北面石垣

## (3) 状況

- ・調査研究センター学芸員立会いのもと、レーダー探査を実施していたところ、落下音を確認。堀底にモルタル片（約8cm角）を発見
- ・石垣面を確認し、堀底から高さ3m程の地点で、モルタルが破損したとみられる痕跡を発見
- ・レーダー探査装置のアンテナ又はケーブルなどが、石垣面より突出したモルタルに当たり、モルタルが破損、落下したものと判断
- ・モルタル片の落下発生後は、再発防止対策に従い、文化財保護室に連絡し、同室学芸員と協議を行った
- ・なお、レーダー探査は、再発防止対策に従い、計画段階より必要な打ち合わせを行い、機材搬入及び探査の実施にあたっては学芸員が立会った

## (4) 経緯

日 時	内 容
10月14日 午後3時38分	レーダー探査中にモルタル片が落下。 モルタル片は回収し、レーダー探査を続行
午後5時	立会担当学芸員が調査研究センター副所長へ報告。 現地確認するも、モルタル片の付着場所は確認できず 名古屋城総合事務所長、保存整備室及びレーダー探査等の 契約先である竹中工務店へ連絡 施工業者より作業状況を聞き取り
10月15日 午前9時	モルタル片の付着場所を特定、文化財保護室へ連絡。 竹中工務店に対し、現地作業の一時中止を指示
午後	文化財保護室が現地確認。同室よりき損届作成の指示
10月16日	文化財保護室が、石垣面保護のための対策、作業手順等 を確認した後、現地作業再開。
10月20日	観光文化交流局長へ報告
10月23日	き損届（案）を文化財保護室へ提出、同室より修正の指示
11月 6日	き損届（案）を文化財保護室へ再提出、同室より再修正の 指示
11月11日	き損届を文化財保護室へ提出、同室よりき損届遅延に係 る顛末書の提出指示
11月16日	文化財保護室長が文化庁主任文化財調査官へ電話報告
11月17日	顛末書を文化財保護室へ提出
11月24日	名古屋城総合事務所長及び文化財保護室長等が文化庁を 訪問。き損の状況及びき損届の遅延を報告

(5) 状況写真

写真1 モルタル片が付着していた位置 (大天守台東半)



写真2 モルタル片の付着状況



写真3 落下したモルタル片



## 3 き損届の遅延理由

- ・これまでの慣例に従い、き損届を作成するとした。しかしながら、文化財保護法に定められた期日を遵守するという意識が希薄であった
- ・同時期にほぼ同じ場所で、原因の異なる石材片の落下とモルタル片の落下が発生したことから、き損届の作成主体が、調査研究センターであるか、あるいは保存整備室であるか、混乱が生じた
- ・文化庁への提出書類であるため、慎重に事務を行うことを重視した結果、名古屋城内の複数部署間の調整に時間を要した
- ・き損届作成の進捗状況を適切に管理できなかった

## 4 き損届に係る文化庁の見解

- ・文化財にき損が生じたかどうかは本質であって、史跡の範囲内で起きた物の破損がすべてき損届の対象になるわけではない。
- ・き損届自体は、その事実を知った日から十日以内に届け出るべきもの。
- ・名古屋市が提出したものは受理するが、き損届自体がそれを受けて文化庁として即何か対応を求めるという趣旨のものではない。

## (参考) 文化財保護法 (抜粋)

## 第三章 有形文化財

## 第一節 重要文化財

## 第二款 管理 (第三十条—第三十四条)

## (滅失、き損等)

第三十三条 重要文化財の全部又は一部が滅失し、若しくはき損し、又はこれを亡失し、若しくは盗み取られたときは、所有者(管理責任者又は管理団体がある場合は、その者)は、文部科学省令の定める事項を記載した書面をもつて、その事実を知った日から十日以内に文化庁長官に届け出なければならない。

## 第七章 史跡名勝天然記念物 (第九十九条—第一百三十三条の四)

第一百八条 管理団体が行う管理には、第三十条、第三十一条第一項及び第三十三条の規定を、管理団体が行う管理及び復旧には、第三十五条及び第四十七条の規定を、管理団体が指定され、又はその指定が解除された場合には、第五十六条第三項の規定を準用する。

## 5 今後の方針

- ・特別史跡名古屋城跡は国民の貴重な財産であり、これを名古屋城総合事務所が国に成り代わって管理していることを改めて深く自覚し、その根拠法となる文化財保護法を熟知するとともに、「再発防止対策」に従って、史跡全体の適切かつ厳格な保存を最優先にしつつ、慎重に整備・活用を図っていくことを再認識する
- ・上記 4 の文化庁の見解を踏まえ、史跡内での物の破損・き損について文化財保護法第 118 条に基づく、き損届が必要な事象を明確化し、必要な場合とそうでない場合の対応方針を具体的に定める
- ・史跡内で石垣等の破損・き損が起きた場合には、速やかに観光文化交流局長に報告すること及び前記のとおり定めた具体的な対応方針を「再発防止対策」に追記する。なお、対応方針の運用について判断しかねる場合は、文化庁に速やかに一報を入れ、協議する
- ・届出の期限を守れるよう、必要な作業の進行管理を適切に行う
- ・特別史跡名古屋城跡の石垣の劣化が相当進んでいる現状に鑑み、できるだけ早く石垣カルテの作成を進めるとともに、その劣化状況を的確に把握し、まずは来年度の早い段階で天守台石垣の保存方針、引き続き城内石垣の保存方針を有識者の理解を得て作成し、継続的に対策を図っていく

## 本丸内堀発掘調査について

本丸内堀内において、堀底部の堆積状況及び地下遺構の残存状況、石垣裾部においては、石垣根石周辺の現況を調査し、その安定性を確認する調査を行ってきた。

本調査は、その一環として令和元年度に実施した地中レーダー探査において強い反応を示した部分について、地下遺構の状況を確認するために実施するものである。あわせて、レーダー探査の強い反応部分と、天守台及び内堀御深井丸側石垣との接点の状況を確認することも目的としている。

**調査期間** 令和2年11月13日～現在実施中

**調査地点** 本丸内堀内4地点（W～Zトレンチ、別紙資料2-2参照）

**調査面積** 各地点21㎡ 合計84㎡

**調査経過** W～Zの4トレンチのそれぞれにおいて、南北方向のトレンチの掘削を行った。その際に、各トレンチにおいて、近世包含層掘削中に、石垣の築石の可能性が考えられる大型の石材が並んでいる状況（石列と仮称）が確認された。各石材は、W及びXトレンチのものは北側に、Y及びZトレンチのものは南側に面を持っている。また、その石列の周辺で、礫群が認められた。南北方向のトレンチでは、石列・礫群の状況が明確に確認できるところまで掘り下げた。

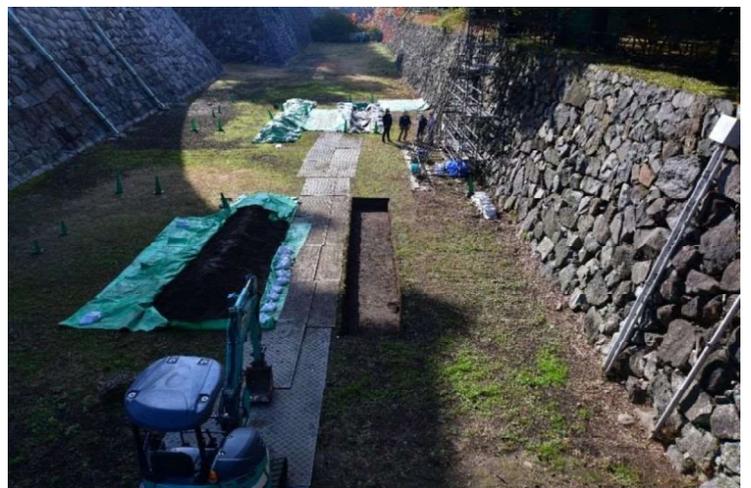
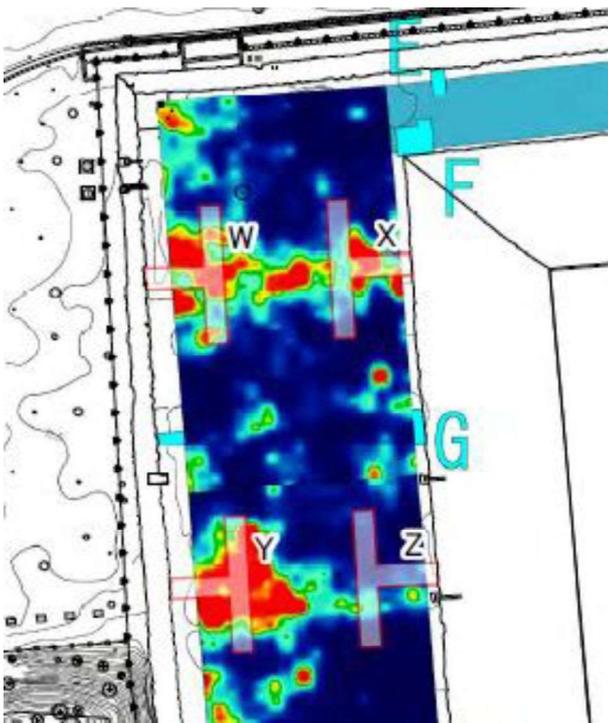
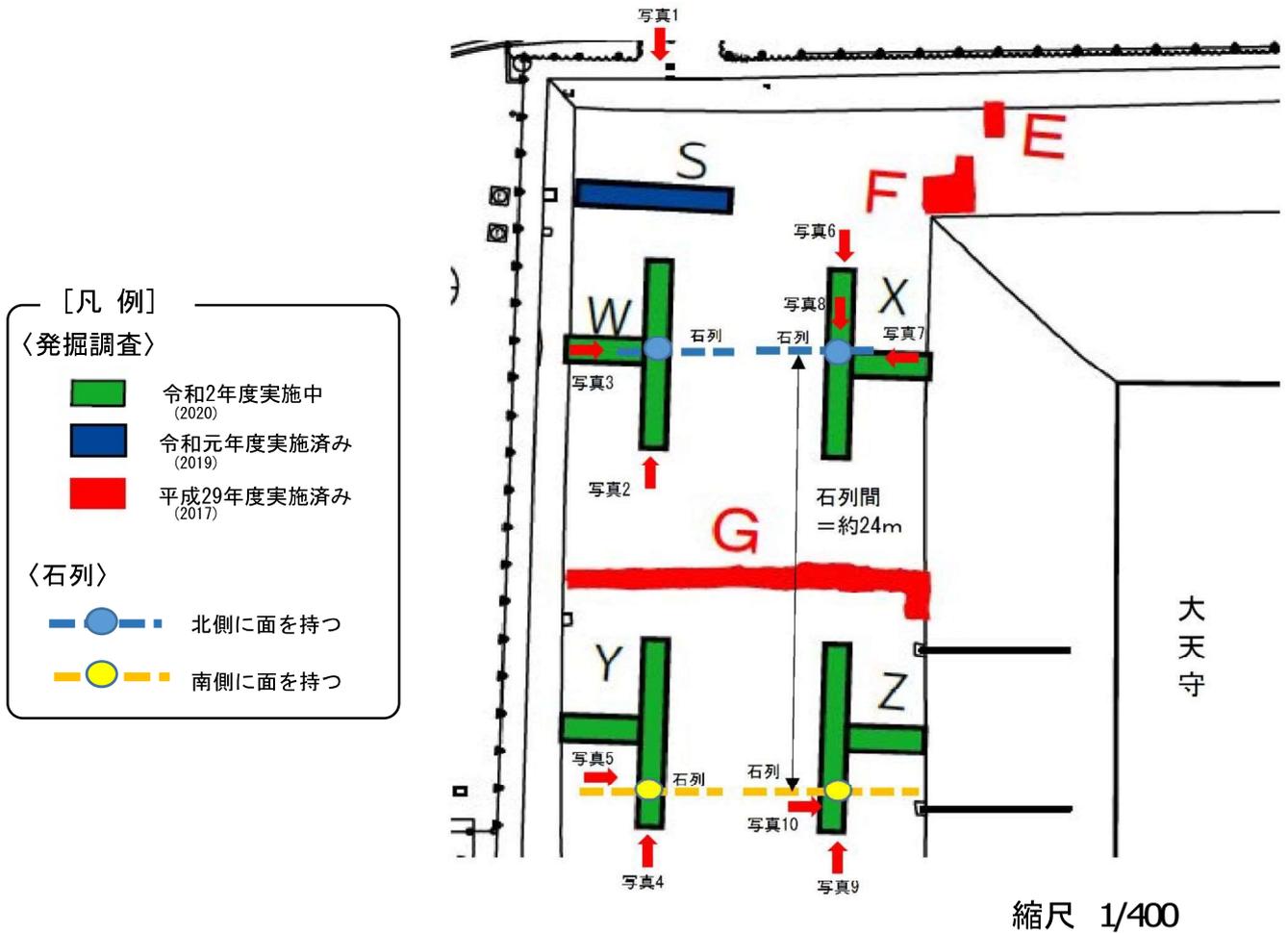
W地点においては、検出された石列の延長上に東西方向のトレンチを計画していたため、その広がりを確認するために、東西方向トレンチの掘削を進めている。

**調査の概要** 資料2-3及び2-4参照

**今後の課題** 石列及び礫群の東西方向の広がりの確認。  
検出された石列及び礫群の下位の状況の確認の必要性検討。  
天守台石垣、内堀御深井丸側石垣と、石列・礫群との関係（接点の状況）の検討。  
遺構及び攪乱とレーダーの反応の対応の検討。



調査区及び検出以降位置図



地中レーダー探査結果（地表から1.2m）とトレンチ位置  
約1/600

写真1 内堀発掘調査 調査区全景(北から)

## Wトレンチ

### 資料2-3

○Wトレンチでは、現地表面から深さ約90cmの地点の近世埋土（包含層）中から礫群が検出された。礫群はトレンチ全体に広がっている。レーダーの反応が強い部分はこの礫群の範囲の可能性が考えられる。  
○トレンチ中央付近で、天守台石垣の石材と比べるとやや小さめの石材2個が並んで検出された。何れも北に面を向け、南に控えをとっているように見え、何らかの石列となる可能性が高い。  
○東西方向のトレンチは、この石列の延長上に位置するため、石列の広がりを確認するため掘削をはじめた。



←写真2 Wトレンチ/GL-90cm付近 (南から)



写真3 Wトレンチ/GL-90cm付近 石列検出状況(西から)

## Yトレンチ

○近世埋土（包含層）中から礫群、石列状に並ぶ石材2個を検出した。石列はトレンチ南端から約1.6mの位置である。  
○石材は、Wトレンチのものと比べるとやや小さめである。控えが長く、南側に面を持つ。Wトレンチの石列との距離は約24mである。



←写真4 Yトレンチ/GL-80cm付近 (南から)



写真5 Yトレンチ/GL-80cm付近 石列?検出 (西から)

○Xトレンチでは、南北方向のトレンチの東半分を先行して掘削した。その部分で、近世埋土（包含層）中から、礫群と一辺70～80cmの大型石材が発見された。大型石材は北向きに面を向けており、Wトレンチと同様な石列をなす可能性が高い。



←写真6 Xトレンチ/GL-80cm付近  
礫群検出全景（北から）



写真7 Xトレンチ/中央付近 GL-  
80cm付近 大型石材検出（東から）



写真8 Xトレンチ/大型石材  
北面（攪乱土を除去した状態）

## Zトレンチ

○Xトレンチでは、北半で戦災後の整地の際の廃棄土坑が現地表から90cmの深さまで掘り込まれていた。

南半では、地表下20cm～50cmの深さで大小の礫の集中が認められた。この面で精査したが、礫群は近代の埋土（包含層）中にあると推定できたため、記録を取り掘り下げることとした。

○トレンチの西側半分を掘削したところ、南端から1.6mほどの地点の地表下80cmの深さでやや大きめの石材が発見された。Yトレンチと同様、南側に面を持っており、石列をなすものと思われる。なおXトレンチの石列との距離は約24mである。



←写真9 Zトレンチ/GL-80cm付近 礫群検出調査風景（南から）



写真10 Zトレンチ/南から約1.6m、GL-80cm付近 石材検出（西から）

### まとめ

○4トレンチすべてにおいて、主に亜円礫から成る礫群を検出した。

○礫群中からは、石垣の築石に類する石材が、各トレンチで1箇所検出された。

○これらの石材は、ほぼ東西方向に並んでおり、北側のW及びXトレンチでは北に、南側のY及びZトレンチでは南に面を向けているように観察される。現時点では、断積みは確認できていない。

○石材は、花崗閃緑岩が主であり、大型の矢穴が確認できるものもある。

## ○本丸搦手馬出石垣修復に関する課題一覧

灰色 : 前回までに議論したもの

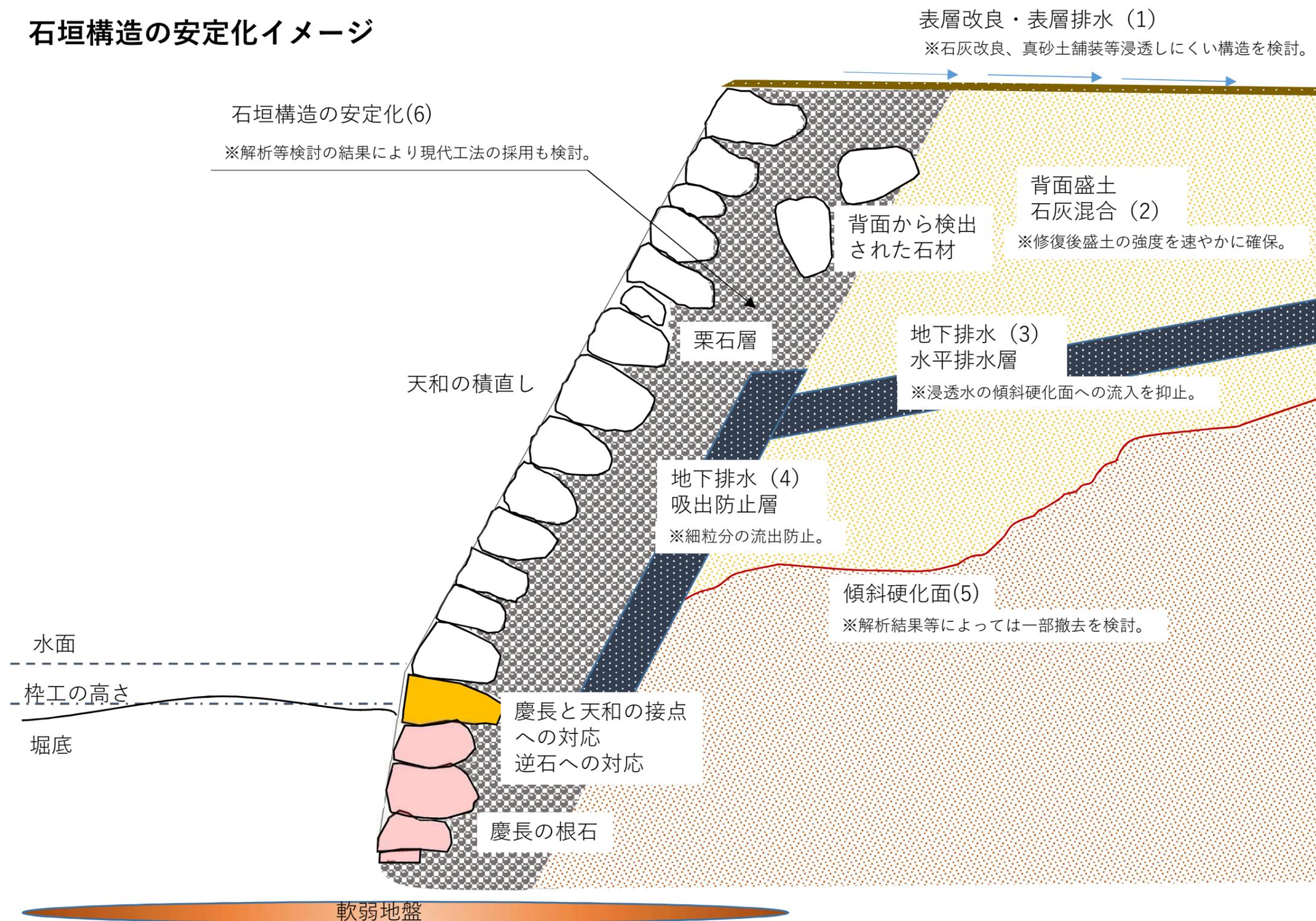
橙色 : 引き続き検討を要するもの

赤色 : 今回議論するもの

	項目	検討状況	今後の検討	資料 No.	
全体計画	解体からの経緯	・別表に整理			
	整備の全体計画	・平成17年度作成の全体計画書では、平成16年度から石垣の解体を開始、平成26年度に解体終了、平成27年度から積み直しを開始。平成30・31年度に元御春屋門跡西側の石垣 (No.9) を解体し、平成32年度に元御春屋門跡西側石垣及び元御春屋門跡石垣 (No.7~9) の修復を行い、事業を完了させる計画	・東面及び北面、櫓台石垣 (No.1~6) の積み直しを第1期として先行して行き、元御春屋門周辺の修復は第2期として、修復の方針も含めて別途検討する。 ・第2期分としたNo.9は、現時点で石垣前面をpushさせており、応急的な処置をしている。		
	石垣修復の基本的な考え方(コンセプト)	・積み出しを戻し、積み出す以前の姿(天和期の修理後の姿を想定)に戻す ・解体に際して行った調査の成果をできる限り反映させる ・石垣の安定性、安全性を重視して積み直す ・石材はできる限り再利用する	・部会に諮り、合意形成のうえ、基本的な考え方を決定する。 ・その考え方に則して、個別の検討事項を判断する		
積み直しに向けた検討事項	これまでの調査の成果	・報告書は一部を除き未作成。 ・部会資料等で整理。	・現時点では、年度ごとの調査概要を整理した段階 ・これまでの調査成果の概要一覧を作成したうえ、積み直しに関連する遺構を中心に概要を整理する。 ・中期的に報告書を刊行。		
	石垣の構造	背面盛土 <調査の成果> ・盛土はI層(慶長期の盛土)、II層(天和期の盛土)、III層(上部構造の盛土)に大別され、3種類の土層がさらに細分される。 ・No.6石垣の南側のくるみ林周辺ではIV層(近現代の盛土)が確認されている。 ・No.1石垣及びNo.2石垣の背面盛土については平成25年度までの調査成果をもとに土層投影図を作成している。 <積み直しのための検討> ・H24年度に石垣背面盛土の施工検討、H25年度に背面地盤改良試験を行っている。背面盛土の石灰改良については新たに掘削するのではなく、現状の排土のみに行うとしている。	・背面盛土は一度掘削すると攪乱されるため再度盛土してもすぐには元々の強度に戻らない。よって、修復後の盛土について速やかに強度を上げるために石灰混合等の措置を検討。 ・試験結果等から、実際の配合量を決定する。混合範囲はFEM解析等により照査。 ・現在、3種類に大別される盛土の取り扱いについて、1種類に統一する方針で検討。	資料3-3	
		栗石	・H23, H25, H30年度に栗石調査を実施している。その結果、慶長期の栗石は石垣加工の残材を利用したとみられる河戸石(砂岩)の大ぶりの亜角礫であり、天和期の栗石は庄内川水系から搬入されたと考えられる河川礫で小ぶりの亜円礫を用いていることが確認された。	・H30年度第29回石垣部会において、両者の接点をどう安定させるか検討するように指摘を受けている。 ・基本的には天和の修復時にも慶長期の栗石を再利用して混合して使用している状況が確認されていることから、基本的に栗石は区別せずに粒度を調整しながら再利用する方針。	
		根石の状況・土台木	・根石調査はH22, H24, H25, H26, H27年度に実施された。H24, H26年度はNo.1石垣、H25, H27年度はNo.2石垣の根石調査を行っており、調査区は一部重複する。H26年度調査で土台木が確認された。 ・調査の結果、根石には変状がないことが確認されたため、根石までの取り外しは行わず、地盤を改良するために枠工を施工した。	・土台木の標高の差、土台木がない部分のことをどう考えるかを検討していく必要がある。天和期以前の修築(H26年度現地視察時の部会構成員発言)の可能性も含めて検討。	
		傾斜硬化面・平坦面など	・傾斜硬化面の平面位置について、模式図を作成した。 ・積み出し要因の検討の結果、石垣の変状要因の1つと結論付けられた。	・傾斜硬化面がどの程度石垣の変状に寄与していたかをFEM解析により分析し、結果によっては傾斜硬化面を部分的に撤去することも検討。	資料3-3
		地下排水	・第29回石垣部会において、厚さ50cmほどの水平排水層を慶長と天和の盛土の境界面(みずみち)に設ける案を提示。	・傾斜硬化面に浸透水が流れることを防ぐために背面土中に水平排水層(砂質層)を設けることを検討。 ・細粒分の流出防止のために吸出防止層の設置を検討	資料3-3
		背面から検出された石材	・平成22年度の出土状況平面図を一例として提示する。 ・抑え石の時期としては、H25年度に確認された抑え石が斜路状遺構面に据え置かれているため、天和期に設置されたものと考えられる。 ・出土位置などに、一定の傾向が指摘できる	・栗石層と背面土の境界付近のものを抽出して着色する方針で分布図を作成中。 ・この石材が人為的に設置されたものか、また安定性に寄与しているかについて検討。	
		敷金	・他城郭の事例の聞き取り調査を行った。 ・復元に際して、実物は遺物として保存し、現地にはできるだけオリジナルに近い素材の複製品を戻す方針。	・積み直しにあたり、隅角石の角度調整のために使用する。従前の敷金は遺物として保存し、レプリカを作成。 ・敷金の科学分析を行い、オリジナルの素材の確認を行う。また規格および耐久性の検討をするために、オリジナルになるべく近い成分で試作品の製作を行う。	資料3-4

	石垣の構造	表層改良・表層排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>第29回石垣部会において、表面に石灰改良を行い、不透水層とするか、不透水マットを敷いて石垣面と反対側で雨水処理を行うかとする案を提示し。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完成後の水勾配を平面図・鳥瞰図を用いて検討。</li> <li>表層の石灰改良、真砂土舗装など浸透しにくい構造を検討。</li> </ul>	資料3-3 資料3-5 資料3-6
		暗渠	<ul style="list-style-type: none"> <li>北面石垣の中央中段部で暗渠排水口確認。暗渠全長14.9m、南端と開口部の比高さは約1m。</li> <li>暗渠は積み直しに際し、復元する方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遺構として形状復元。</li> <li>排水機能については、塩化ビニルパイプ等を内部に挿入して回復させることを検討。</li> </ul>	資料3-5 資料3-6
		櫓台	<ul style="list-style-type: none"> <li>櫓台内部の「栗石層」となっている箇所について、礫混じり土なのか、栗石のみなのかを確認した。結果、栗石の層であると確認した。</li> <li>櫓台の上部は土であるが、現代と思われる遺物がでているので、元々は総栗であった可能性がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定性の面から修復構造を検討。</li> <li>櫓台を総栗で復旧するか背面土を入れるかどうか工学的な解析を含めて検討。</li> </ul>	資料3-7
		孕み出し原因の推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回、孕み出し原因と対策についての検討を行った。</li> <li>平成30年度の解体時に栗石層にかなり泥が混じっていたことから、斜路状遺構上を水が流れ、栗石内に細粒分が流出したと考えた。</li> </ul>		
		慶長期石垣と天和期石垣の接点の安定化(逆石への対応)	<ul style="list-style-type: none"> <li>前回(9月11日開催)の部会では対応策として5案(新補石材へ変更、逆石補強工法、前面に押え盛土)を提示。市では③・④案の折衷案で検討を進める方針。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>孕み出し要因の検討の結果、逆石が石垣の変状要因の1つであることが明らかになった。</li> <li>現況の状態について石工とよく議論した上で、角度補正が可能なものは角度補正を行い逆石状態を解消し(③案)、角度補正が不可能なものについては新補石材に交換する(④案)方針。</li> <li>今年度逆石の下側の石を揚重し、調査を行うことにより対策設計の精度を高める。</li> </ul>	資料3-8 資料3-9
		石垣構造の安定化	<ul style="list-style-type: none"> <li>天和期の積み直しにより栗石幅が広がっており、これが地震時に不安定要因になる可能性がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>円弧すべり解析は搦手馬出石垣の高さ、形状では安全率が1.0を大きく下回るなど、本石垣に適合しない解析方法と考えられる。したがって、FEM解析により安全性・安定性を照査。</li> <li>修復後の栗石幅については、従前の幅に戻すことも原則としつつ、安定性を検討した上で決定する。</li> <li>FEM解析等の結果、地震時に従前の栗石幅が不安定要因となる場合は史跡への影響が小さい範囲において現代工法等を補助的に用いることも検討。</li> </ul>	資料3-10
	石垣の勾配	復元勾配の決定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>孕み出しの生じていないと考えられる健全な部分の勾配(孕み出しが認められない範囲で、その地点の勾配を他地点に適用できる可能性が高い部分と判断される断面)を基準とする方針は確定。</li> <li>東面はNo.38断面を、北面は櫓台部はNo.1断面、櫓台の西側はNo.16断面を修復勾配とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回、天和期に積み替えが行われたNo.38断面と慶長期の勾配が残るとみられるNo.47断面、現在丁張をたててあるNo.48断面の勾配比較を行った。1-14ではNo.38断面に2つの断面を重ねた。1-15ではそれぞれの断面のノリを計算するとともに、大天守台石垣の宝暦修理時の図面である「御石垣屋形図」の勾配理論で復元した勾配と比較した。結果として、現況には即さなかった。</li> <li>東面石垣の勾配が東北隅に向かって立っていくことが確認されている。この箇所の修復勾配をNo.38断面を用いて決定するために行った作業について、1-16の図面を作成した。</li> </ul>	
		北面及び東面の勾配検討	<p>(令和1年8月部会)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>東面の復元勾配38断面は、上位が天和期の積み替え、下位が慶長期。下から4間は仰が直線的な規勾配(仰が3.5尺程度)で、上位が反りを持つ。孕み出しのある部分も、矩勾配として復元すると、概ね仰が3.5尺前後となり、No.38断面が適用できると判断した。孕み出し部分についてはNo.38の勾配を復元に用い、変状がない上部については解体前勾配をそのまま用いる。孕み出しを修正したことによる天端高さの上昇については、別途検討する。</li> <li>北面櫓台部復元勾配No.1は天和の積み替え部分であるが、下が直線的な規勾配、上位が反りを持つ。</li> <li>櫓台ではない部分は、ほぼ直線的な規勾配。No.16を修復断面とする。</li> </ul>		
		学術的検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>これらの勾配について「石垣秘伝之書」、名古屋城天守の宝暦大修理に伴う「御石垣遣り形図」に示された勾配付け方との比較を行ったが、整合する結果は得られていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>勾配について、「石垣秘伝之書」「御石垣遣り方図」に示された勾配との関係について検討。</li> </ul>	
	石材	新補石材調達方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>築城期の石切場である幡豆、養老、尾鷲では控えの長い石材の切り出しが難しくなっている。そのため、H25年度の現地視察時に恵那の花崗岩を調達する方針を示している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原則的に石質が同一のものを選定。</li> <li>入手が困難な場合は別途検討。</li> </ul>	
		調査カード	<ul style="list-style-type: none"> <li>石材カード、刻印カード、墨書カード等個別に作成。</li> <li>再利用判定をカードに反映していく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積み直しに必要な情報を整理。</li> <li>破損した石材の再利用方法検討。</li> </ul>	
スケジュール			<ul style="list-style-type: none"> <li>設計に関する進め方について整理。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今年度の工事及び調査について準備中。</li> <li>詳細は別紙の通り。</li> </ul>	

# 石垣構造の安定化イメージ



## 敷金の科学分析について

## 1. 名古屋城の敷金の現状（一例）



図1 H21年度検出敷金



図2 H21年度検出敷金（破片）

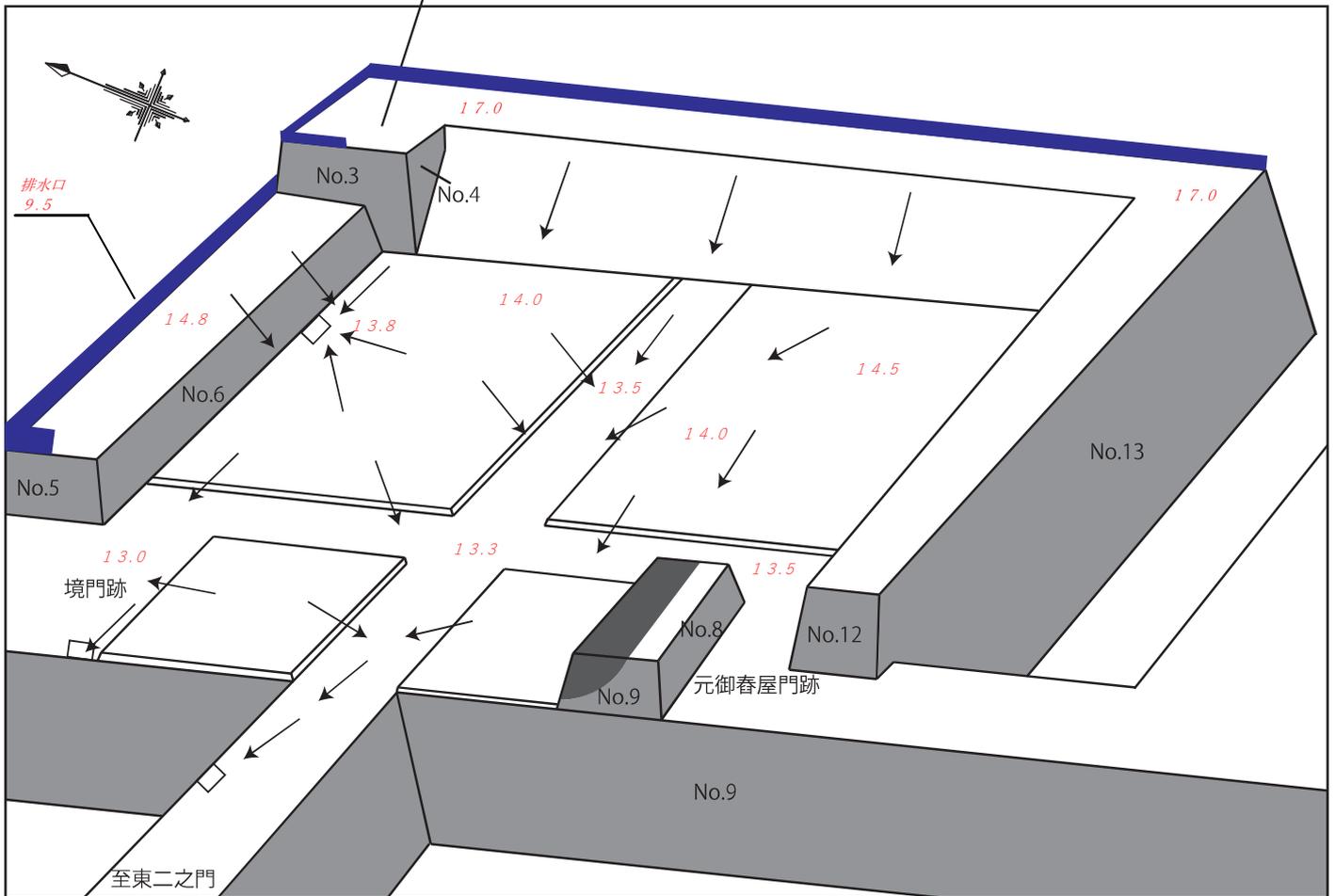
搦手馬出で敷金は87点ほど確認されている。ほぼ完全な形のものも残存していたが、原形の形状が推定できないほど残存状況が不良なものも存在する。いずれの場合も錆が付着している。大きさは平均で長さ8.8cm、幅8.9cm、最大厚2.0cm、最小厚0.7cmほどである。

## 2. 分析方法

分析方法については、顕微鏡組織観察を行う。

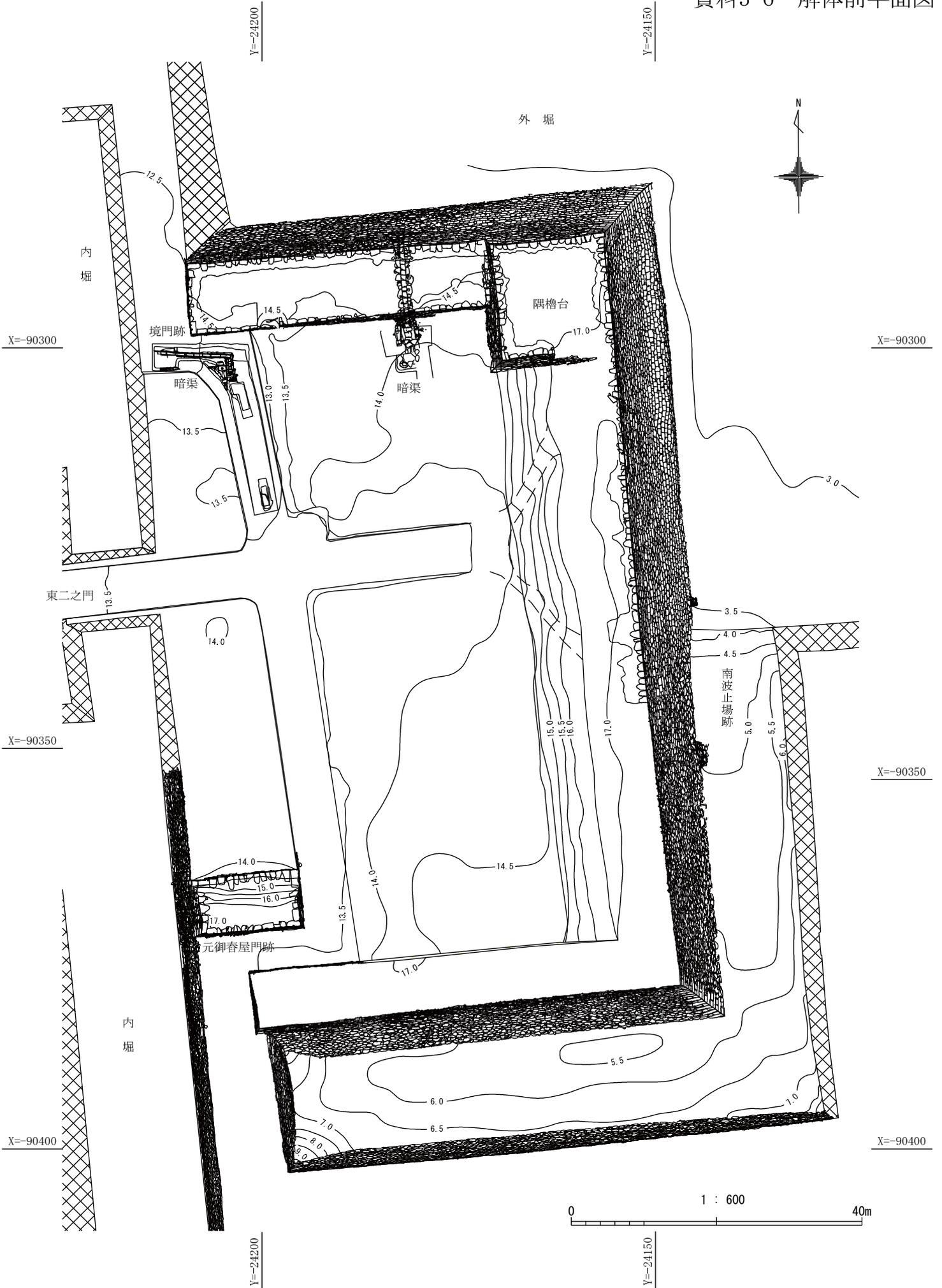
## 3. 参考事例

- ・金沢城ではクサビとカスガイを各1点ずつ供試材とし、マクロ組織観察、顕微鏡観察、ビッカース断面硬度測定、CMA (Computer Aided X-ray Micro Analyzer) 調査、化学組成分析（燃焼容量法、燃焼赤外吸収法、誘導結合プラズマ発光分光分析）を行った。
- ・仙台城では重量測定、外観の観察と写真撮影に加え、X線透過撮影、マクロ組織写真、化学組成分析（燃焼赤外線吸収法、ICP発光分光分析法、原子吸光法）、顕微鏡組織写真、硬さ試験（マイクロビッカース試験機）、EPMA (X線マイクロアナライザー) による観察を行った。

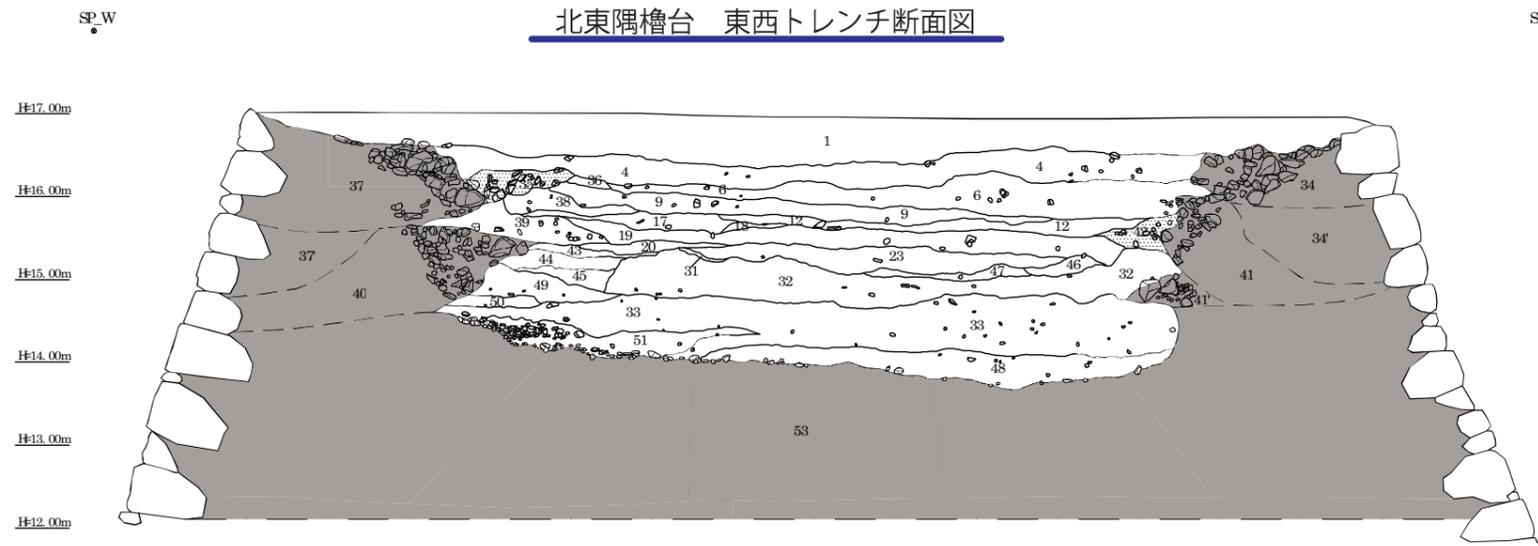


- 水勾配
- 排水溝
- 石垣面
- 解体前から現存せず
- 復旧予定柵

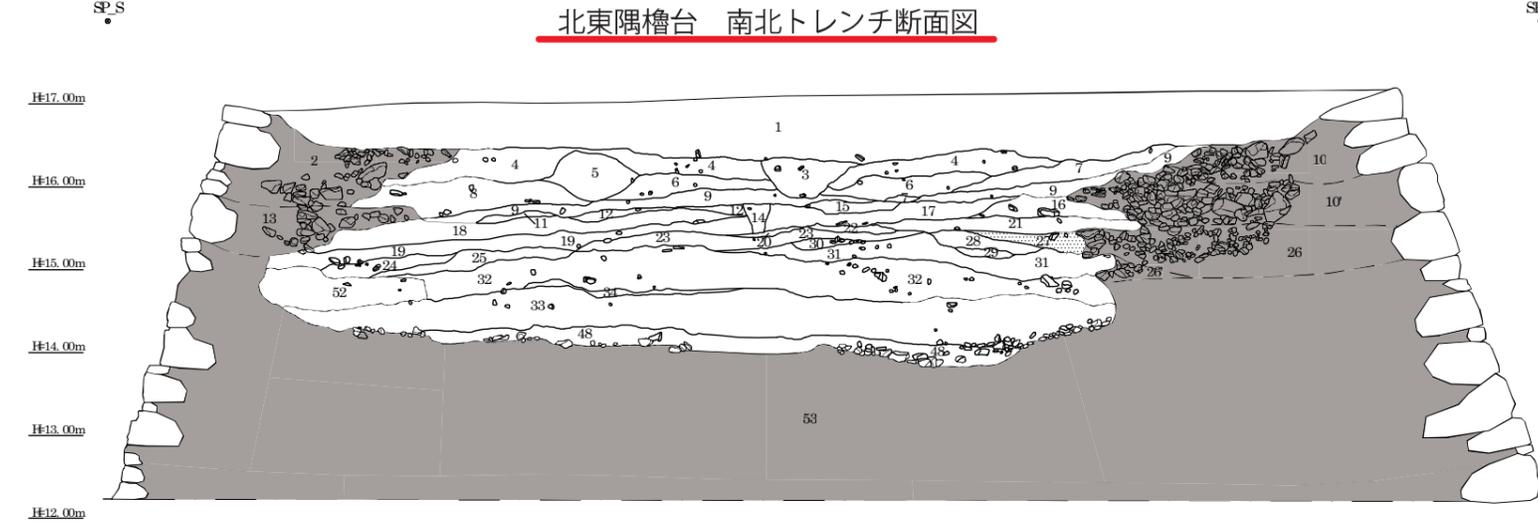
※標高は T.P. 値で表記



北東隅櫓台 東西トレンチ断面図



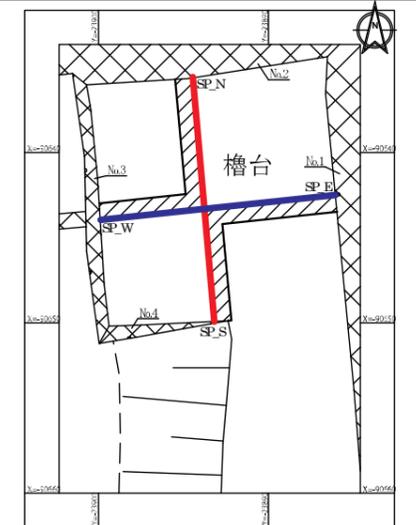
北東隅櫓台 南北トレンチ断面図



1. 10YR4/3 にぶい黄褐色土	表土、しまりない。
2. 裏栗石	直径10～30cm大の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台南面石垣の裏栗。瓦片含む。
3. 4層と6層の斑土	直径3cm大の礫を少し含む。
4. 10YR4/2 灰黄褐色砂質土	直径1～5cm大の黄・黒色シルトブロックを含む。瓦片・礫含む。
5. 10YR4/2 灰黄褐色砂質土	直径1～2cm大の褐・黄色シルトブロックを少し含む。
6. 10YR5/2 灰黄褐色砂質土	直径1～2cm大の褐色シルトブロックを多く含む。
7. 10YR5/2 灰黄褐色砂質土	直径1～2cm大の褐色シルトブロックを多く含む。
8. 10YR4/2 灰黄褐色砂質土	直径5～10cm大の黄・黒色シルトブロックを少し含む。しまりあり。
9. 10YR4/1 褐灰色粘質土	しまりよい。直径1～5cm大の黄色シルトブロックを少し含む。瓦片含む。
10. 裏栗石	直径10～30cm大の礫からなる。櫓台北面石垣の裏栗。
10'. 裏栗石	直径20～30cm大の礫からなる。櫓台北面石垣の裏栗。
11. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径5mm大の白・黄・褐色シルトブロックを多く含む。マーブル状に近い。赤化がまじる。しまりあり。
12. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径5mm大の白・黄・褐色シルトブロックを多く含む。マーブル状に近い。しまりあり。
13. 10YR4/3 にぶい黄褐色砂質土	直径10cm前後大の礫を多く含む。櫓台南面石垣の裏栗。
14. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径3cm大の褐色シルトブロックを多く含む。しまりあり。
15. 10YR6/2 灰黄褐色土	直径1～2cm大の褐・白色シルトブロックを含む。小礫含む。しまりあり。
16. 10YR6/1 褐灰色土	直径1～2cm大の褐・白・黄色シルトブロックをマーブル状に含む。小礫含む。しまりあり。
17. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径3cm大の褐色シルトブロックを多く含む。しまりあり。
18. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径5mm大の白・黄色シルトブロックを少し含む。しまりあり。
19. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径1～5cm大の白・黄・褐色シルトブロックをマーブル状に含む。しまりあり。
20. 10YR5/2 灰黄褐色土	白・褐色シルトブロックをマーブル状に含む。しまりあり。
21. 10YR6/2 灰黄褐色砂質土	しまりあり。
22. 10YR7/1 灰白色砂質土	しまりあり。
23. 10YR5/1 褐灰色土	直径3～5cm大の褐色シルトブロックと直径1～2cm大の白・黄シルトブロックをマーブル状に多く含む。しまりあり。
24. 10YR5/2 灰黄褐色土	直径5mm大の砂粒ブロックを含む。小礫・瓦片、鉄分を含む。しまりあり。
25. 10YR6/2 灰黄褐色砂質土	小礫・瓦片を含む。しまりあり。
26. 裏栗石	直径5～10cm大の礫からなる。櫓台北面石垣の裏栗。
26'. 裏栗石	直径5～10cm大の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台北面石垣の裏栗。
27. 10YR6/1 褐灰色土	白・黄・褐色シルトブロックをマーブル状に含む。しまりあり。
28. 10YR6/2 灰黄褐色土	白・黄・褐色シルトブロックを少し含む。しまりあり。
29. 7.5YR5/6 明褐色土	赤化する。しまりあり。
30. 10YR5/1 砂質土	直径1～2cm大の白・黄シルトブロックを多く含む。砂粒を含む。しまりあり。
31. 10YR7/1 灰白色土	直径1～2cm大の白・褐色シルトブロックをマーブル状に少し含む。しまりあり。
32. 10YR6/1 褐灰色土	直径5mm大の白・黄・褐色シルトブロックをマーブル状に多く含む。しまりあり。
33. 10YR7/1 灰白色土	白・黄・褐色シルトブロックがマーブル状に入る。しまりあり。
34. 裏栗石	直径10～30cm大の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台東面石垣の裏栗。
34'. 裏栗石	直径20cm前後の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台東面石垣の裏栗。
35. 10YR4/3 にぶい黄褐色砂質土	直径10～20cm大の礫を含む。櫓台西面石垣の裏栗。
36. 10YR5/2 灰黄褐色砂質土	直径1～5cm大の黄・黒色シルトブロックを含む。
37. 裏栗石	直径10～30cm大の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台西面石垣の裏栗。
37'. 裏栗石	直径10～20cm大の礫からなる。10YR4/3にぶい黄褐色砂質土を含む。櫓台西面石垣の裏栗。
38. 10YR4/1 褐灰色土	直径1cm大の褐色シルトブロック、直径5mm大の白・黄色シルトブロックをマーブル状に含む。
39. 10YR4/1 褐灰色土	直径5cm前後大の円礫を多く含む。櫓台西面石垣の裏栗。
40. 裏栗石	直径10cm前後大の礫からなる。櫓台西面石垣の裏栗。
41. 裏栗石	直径5cmと20cm前後大の礫からなる。櫓台東面石垣の裏栗。
41'. 裏栗石	直径5cm前後の礫を主体とし、直径30cm大の礫を含む。櫓台東面石垣の裏栗。
42. 10YR6/1 褐灰色土	直径5～10cm大の礫を多く含む。櫓台東面石垣の裏栗。
43. 7.5YR5/6 明褐色土	赤化する。しまりあり。
44. 10YR6/1 褐灰色土	褐色シルトブロックを多く含む。しまりあり。
45. 10YR7/2 にぶい黄褐色土	白色シルトブロックを多く含む。しまりあり。
46. 7.5YR5/6 明褐色土	赤化する。しまりあり。
47. 10YR7/1 灰白色砂質土	しまりあり。
48. 10YR3/2 黒褐色土	直径2～3cm大の白・褐色シルトブロックをマーブル状に含む。
49. 10YR6/4 にぶい黄褐色土	植物の根により、しまりはない。
50. 10YR6/4 にぶい黄褐色土	直径10cm大の礫を主体とする。
51. 10YR3/2 黒褐色土	直径2～3cm大の白・褐色シルトブロックをマーブル状に含む。部分的に直径5cm大の褐色シルトブロックが混入する。
52. 10YR7/3 にぶい黄褐色土	砂質でしまりあり。直径2～3cm大の白色シルトブロックを多く含む。
53. 裏栗石	直径2～20cmの礫からなる。礫には黄褐色土が混じる。

凡 例

- 裏栗層
- 掘削範囲



## ○今年度調査について

## 現場調査

## ・逆石調査

逆石の据わり方や下側の石の状況を調査し、より効果的な対策を設計するための資料とする。逆石又は逆石に近い石の下側の石材を一時撤去して形状を調査する。取外しを行う石材は3石程度とする。一時撤去する石材周辺の栗石も一時撤去する。また、該当部分周辺の排水を行う。

- ・石材補修工（試験施工：ひび割れ注入）
- ・石材養生工（保管石材に対するシート養生）
- ・仮設工（敷鉄板）
- ・準備工（除草・清掃）
- ・地中変位観測
- ・測量観測
- ・石材劣化調査

## 修復勾配・平面図作成

- ・修復勾配検討・断面図作成
- ・基準線設定（現地測量を行い、立面図・断面図に座標を持たせた上で、解体前の断面図と合わせた基準線を設定する。）
- ・平面図・鳥瞰図作成（表面の仕上がり高さを検討する。）
- ・表面排水検討

## 解析検討

- ・有限要素法（F E M）による解析（解体前、修復後の各断面）
- ・標準横断面図作成

## 調査分析

- ・敷金成分分析

●現場調査は2月中旬～下旬頃に行う予定。

Y=-23900

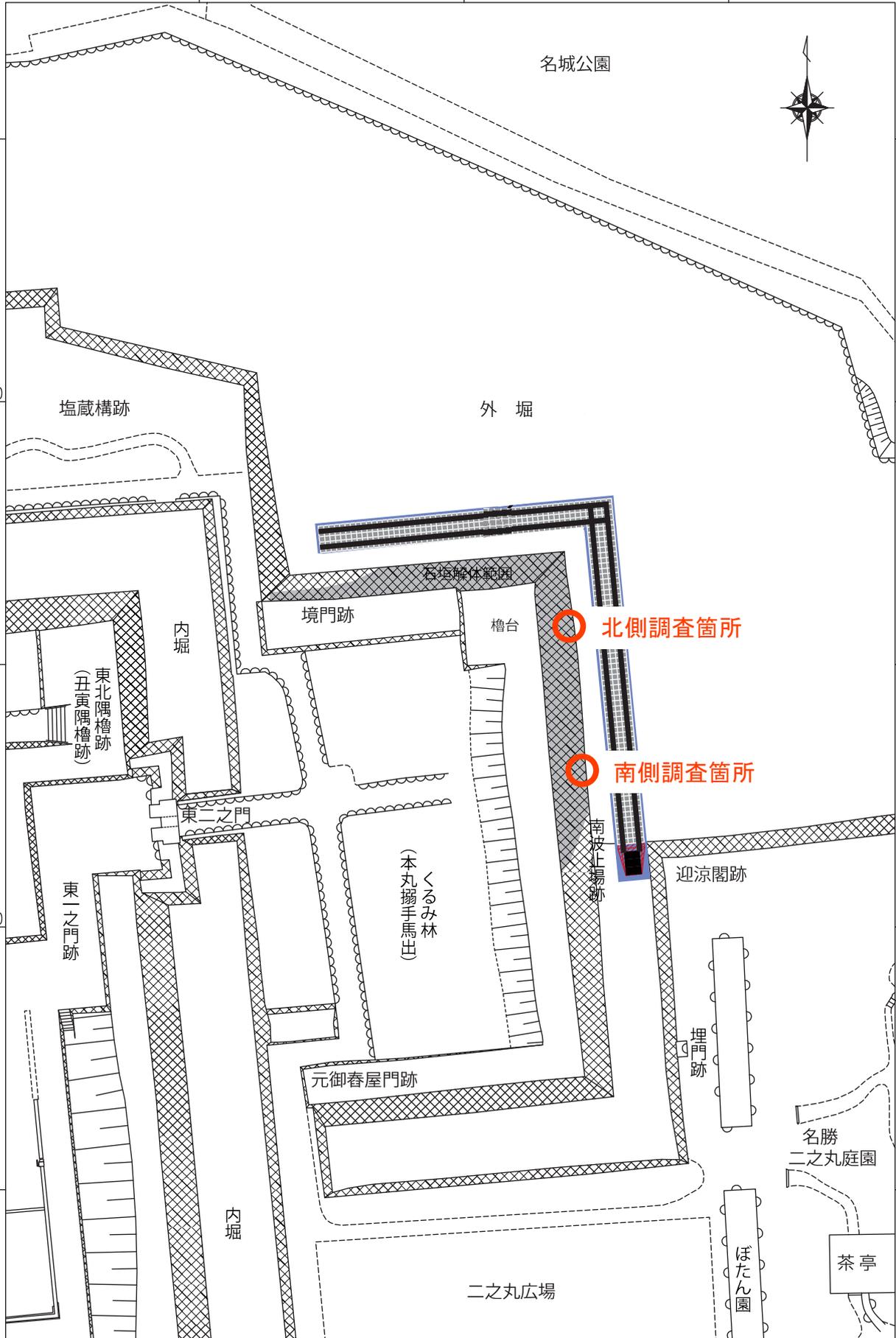
X=-90600

X=-90600

X=-90700

X=-90700

Y=-23900



名城公園



 逆石調査箇所

0 (S=1:1000) 50m

## ○石垣構造の安定化

	傾斜硬化面	地震
不安定要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浸透水が硬化面の上を通ることによる細粒分の栗石層への集出。</li> <li>・背面の土塊の挙動が変化することに伴う土圧の集中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・栗石層が揺すられることにより変形し、崩壊の要因となる。</li> </ul>
対策	<p>① 浸透水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地表面の構造から石垣の背面に雨水が溜まりやすいため、雨水等の浸透を抑止する対策を検討。 <ul style="list-style-type: none"> <li>i)表面排水工：資料 3-3(1)</li> <li>ii)中間排水層：資料 3-3(3)</li> <li>iii)吸出防止層：資料 3-3(4)</li> </ul> </li> </ul> <p>② 土圧集中</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発生土を石灰により土壌改良して短期的に強度を向上させる。添加率等については土質試験結果等を検討。</li> <li>・FEM解析により傾斜硬化面の影響を的確に示し、不安定となる要因であると認められる場合は部分的に撤去することも検討。</li> </ul>	<p>① 石垣構造の最適化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・FEM解析等の検討結果によっては地震時に不安定要因となり得る栗石層厚や背面土形状について最適化するために変更を行うことを検討。</li> <li>・栗石密度を最適化することにより地震時における変形を抑制する。修復時の密度については密度試験等により検討。</li> </ul> <p>② 現代工法等の採用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・FEM解析等の検討結果によっては栗石層に対して層状にジオテキスタイルを設置。</li> <li>・ジオテキスタイルは栗石層に敷込む工法であり、築石や栗石など構成要素に変更を加える工法ではない。</li> </ul>

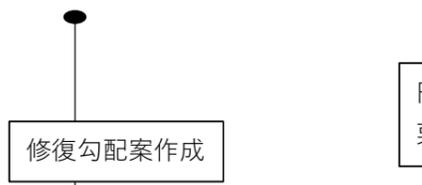
※不安定要因として推測した項目のうち、軟弱地盤及び逆石の影響については本資料では割愛した。

: 令和2年度中に検討予定

  : 令和2年度検討し令和3年度に設計予定

  : 令和3年度設計予定

■勾配設計



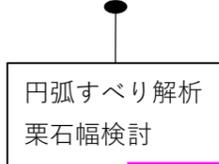
○元々の勾配に戻していく  
・現状は沈下しているか？  
・孕みを修正したら上に伸びる？  
・孕み出しをどのように修正？  
(段差で補正するか？)  
・平面図に落とし込む



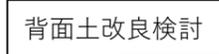
○丁張がかけられる平面図を作る  
・解体前立面との整合チェック  
(現状の平面で解体後残っている箇所を測定して座標を戻す)  
(精度は求めない)  
・断面と平面を見比べながら検討

目標  
・復元勾配図(横断)  
・平面図  
・コンター図  
・世界測地系  
・立面図との整合

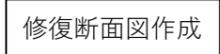
■背面設計



○安定する背面構造の検討  
・円弧すべり解析  
解体前：孕み出し要因の確認  
修復後：背面地盤安定の確認  
→解体前の結果、すべり面が栗石層に入る。背面地盤強度は十分と確認できるが、条件設定の再検討→円弧すべり解析は搦手馬出石垣に適合していない。  
○FEM解析による検討  
解体前：孕み出し要因の確認  
修復後：背面地盤安定の確認

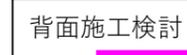


○背面地盤に改良が必要か  
・新たな掘削はせず、埋戻土を改良  
・改良により安定するかFEM解析  
・埋戻土改良の試験は過去に実施  
(H25年度土質試験で2%改良)



○安定性は確保できているか  
・FEM解析により検討

目標  
・標準断面図  
・背面構造の対策を表記



○背面構造を安定させるための施工  
・斜路状硬化面の取扱い  
硬化面の位置、高さの把握  
FEM解析による確認  
→硬化面があることで不安定？  
→硬化面除去は現実的か？  
・硬化面に水が浸透しないような構造  
地下排水層  
表面排水  
・掘削面安定のための段切りを行うか  
・背面から検出された石材をどのように戻すか



○表面の雨水が浸透して硬化面を流れないように対策  
・排水勾配  
元々の図面、配管図などを確認  
・表面の構造  
浸透防止  
・暗渠排水の機能について検討

目標  
・排水計画図  
・排水計画を表記

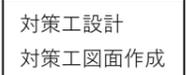
■逆石検討



○逆石をモデル化した試験を行い、不安定性を示した



○逆石の不安定性を解消する対応を検討  
・最下段の逆石についてどの範囲かを確定  
土工との意識合わせ  
・現代工法や抑え盛土による対策をせずに対応可能か  
・逆石の下側の石の据わり方を調査しより詳細に現状を把握することにより、対策の精度を高める。



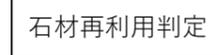
目標  
・対策図等  
逆石に対する対応方針を表記



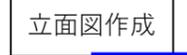
目標  
・施工計画図等  
・仕様書作成  
・工事費算出



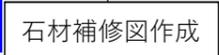
■石材補修



○再利用判定を行い、立面図に示した

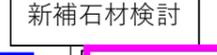


○再利用判定(修正)を行い立面図に示した  
・土工への説明を行い、ヒアリングする  
・再利用判定は損傷した旧石材の補修が前提にあるので、足りていない視点がある  
→刻印、墨書のある石材への対応  
→割れていても2つの石として積む可能性  
・上記の視点でもう一度再利用検討を行う  
・再利用不可の石材についての取扱い



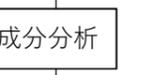
○どの石材に対してどのような補修を行うか、損傷区分と補修法のリンク  
・できる限り旧石材を利用するが、積みなおしたときに安定するように留意する。

目標  
・再利用立面図  
・石材補修図  
どの石材をどのように補修するか表記  
再利用不可の石材の取扱いを表記

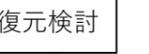


○再利用不可の石材について新補石  
・石材の産地について検討  
→現在も稼働している石切場があるか(H31調査の結果では、条件的に非常に厳しい)  
・他城郭においてどのような考え方がか？  
→内部での検討を行う必要がある

■敷金検討



○元々どのようなものであったか  
・分析にあたりどのような手法を用いるか



○どのように戻すか  
・レプリカとするか  
・戻した場合でも安定して積めるか

目標  
・新補石材調達図  
新補石材の産地を表記  
新補石材調達に伴う仮設計画等を表記

目標  
・敷金復元図  
・施工図等  
どのような材質のものをどの位置に入れるのか表記

1 文化庁からの指摘事項への対応

○現天守閣解体の現状変更許可申請における天守台石垣への影響の工学的検討

- ・内堀の軽量盛土による埋め戻し、仮設構台、重機の設置、現天守閣を解体した際の上部荷重の除荷により、地盤が浮き上がる現象（リバウンド）について、天守台石垣への影響を工学的解析により検討・評価
- ・これまでの解析は、本丸御殿復元時のボーリング調査に基づく地盤データを利用して実施

○文化庁からの指摘事項

- ・石垣等遺構に近接する地点で行う大規模工事の計画となることから、考古学的視点からの調査・検討と、工学的視点からの検討とを突き合わせ、総合的な視点から特別史跡の石垣等遺構への影響評価を行い、当該各種調査・検討結果を踏まえて適切な解体・仮設物設置計画を策定すべき

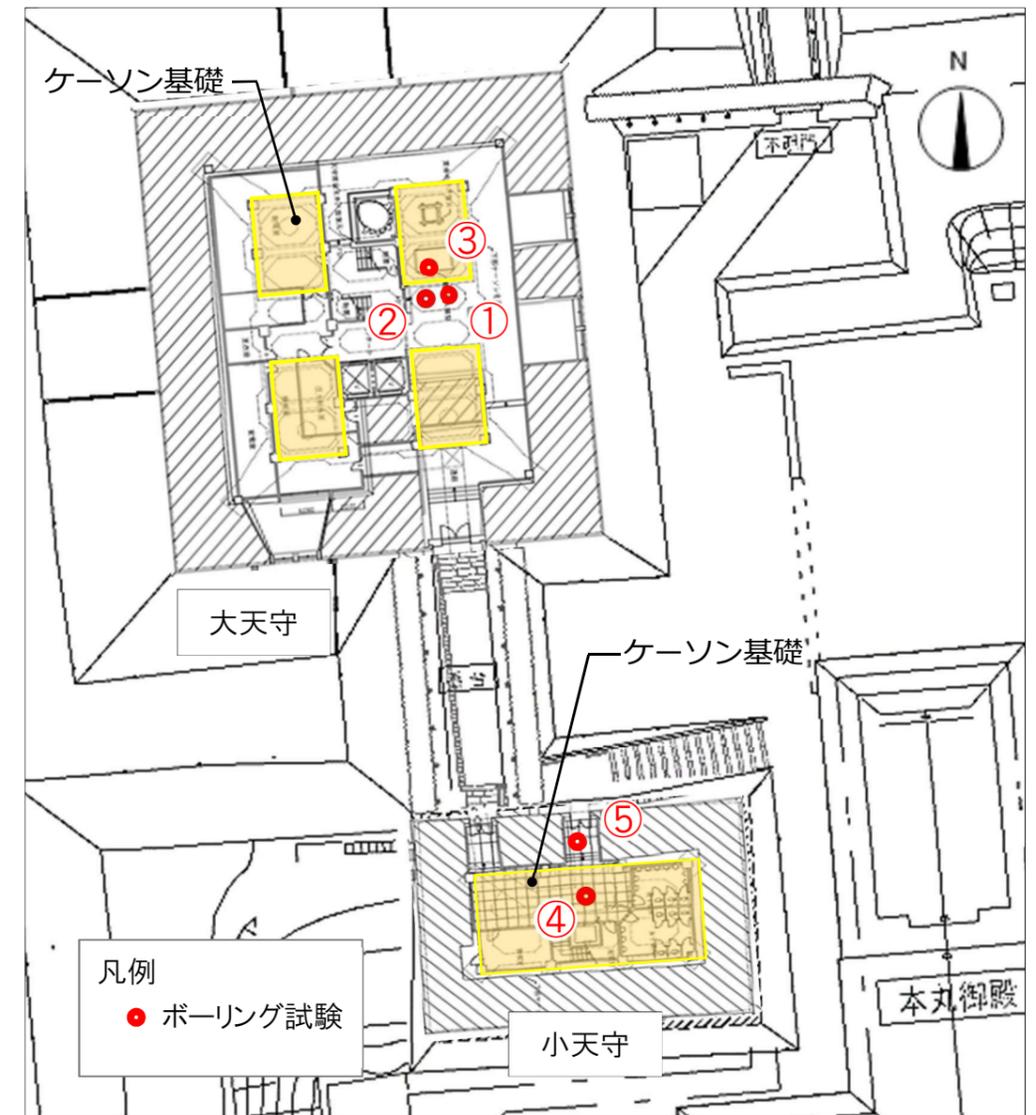
○工学的解析の精度を向上

- ・工学的解析の精度を向上させるため、天守台直下でのボーリング調査を行う



図-1 本丸御殿復元時のボーリング位置図

調査位置図



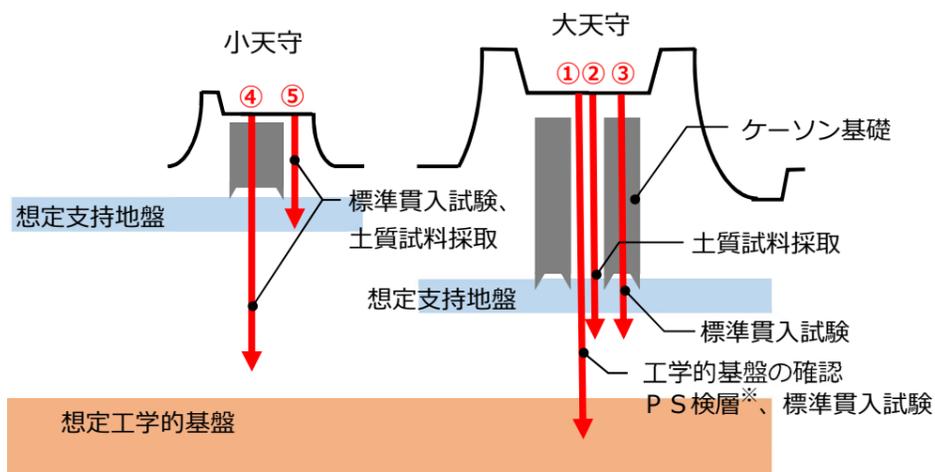
2 ボーリング調査の目的

次の工学的解析に用いるデータを取得する

- (1) 天守台周辺に設置する仮設の影響、現天守閣を解体した際の上部荷重の除荷により、地盤が浮き上がる現象（リバウンド）の影響
- (2) 天守台の地震時における挙動及び天守台内部に存する構造物（ケーソン基礎）による石垣への影響
- (3) 地震時における天守台の工学的解析を行う際の地震波の作成（この地震波は、木造天守の耐震性能の構造解析にも使用）

3 調査内容

- ケーソン外部でのP S 検層※、標準貫入試験、土質試料の採取。
- ケーソン内部の状況及びケーソン直下の支持地盤の確認。



【ボーリング調査イメージ】

※P S 検層  
ボーリング孔を利用して地盤内を伝播する弾性波(P波・S波)の深さ方向の速度分布を測定し、石垣の工学的解析及び構造物の工学的解析に必要な地質構造や地盤特性の情報を取得するもの。

調査一覧表

番号	調査場所	孔径	ボーリング長	主な内容
①	大天守（ケーソン外部）	φ 86 mm	90m	・工学的基盤の確認 ・P S 検層 ・標準貫入試験
②	大天守（ケーソン外部）	φ 116 mm	45m	・土質試料採取
③	大天守（ケーソン内部）	φ 66 mm	45m	・ケーソン基礎内部と直下の支持地盤の確認
④	小天守（ケーソン内部）	φ 116 mm	60m	・ケーソン基礎内部と直下の支持地盤の確認 ・土質試料採取
⑤	小天守（ケーソン外部）	φ 116 mm	20m	・標準貫入試験 ・土質試料採取

## ◆ 番号③ボーリングの必要性について

下図(1)(2)(3)を確認し、天守台石垣の構造検討に反映する

現天守閣再建時の設計図面からケーソン部分を抜粋

