７　復原建物３（土屋根竪穴住居）の修理工事

（１）整備（竣工）から修理工事までの経過と課題

復原建物３について、整備から平成 24・28 年度修理工事までの主な経過等は第 13 表のとおりである。本建物は、整備段階（環境整備委員会）の議論で発掘調査所見に対する民俗建築学・建築考古学的視点が重視され、他の土屋根竪穴住居と異なり、集落内の広場の反対方向（谷側）に開口している。このため、他の復原建物よりも出入口から雨水が流入する危険性は小さい。また、建物の規模は北代縄文広場で最大となり、堰板と丸太梯子による階段が設けられた。

復原建物３周囲の造成盛土厚は 0.5～0.8＋α　mである（第６図）。史跡保護を優先し、透水管を土間面より高い位置に設けて整備された。表土（畑耕作土）を漉き取ることなく、そのまま砂質土（富山県氷見市産：山土砂）を盛り、造成された。復原建物１・２と同様の透水管の問題があったものの、当該建物のように石組炉底面や腰壁下部の亀裂から地下水が浸み出して浸水するような状況は発生していない。ただ、堰板や杈首尻・垂木尻などは腐朽しており、浸水に至らないまでも雨漏りや地下水の影響等を被っていたと判断される。これらが堰板などの木材や樹皮、麻縄の腐朽につながる根本原因と考えられた。

Ⅵ－１に記した市単独修繕を平成 18 年度に実施した。防水シートの施工法や施工範囲の問題もあって、防水シート末端を経た浸透水はシートが敷設されていない竪穴内へと還流する過程で杈首尻・垂木尻や堰板に浸潤し、木材腐朽菌の作用で腐朽し、そこに木材加害昆虫による食害も加わった。市単独修繕後も雨漏りが発生し、屋内でも一部の樹皮が腐朽して、防水シートが内側から見える状態になっていた。腐朽によって生じた堰板間の隙間

第 13 表　復原建物３の平成 28 年度修理工事に至るまでの主な経過と対応

復原建物３の主な経過	市単独修繕等の内容、課題
①H11．３　**整備（竣工）** 雨漏り・小屋組材腐朽 杈首等折損 屋根陥没（屋根土落下）	
②H15．６～12　**薬剤（エキボン）燻蒸**	
③H18．５～７　**市単独修繕** 屋根修繕（樹皮屋根込） 出入口草壁取替 雨漏り・小屋組材腐朽	③小屋組材を更新（既存垂木は母屋桁・小舞に転用、桁・梁は継続使用、杈首・垂木・樹皮は新規調達材に更新）し、土屋根内部に防水シートを敷設した。特に屋根尻付近の屋根土量を減らした。樹皮屋根下にも防水シートを敷設した。
④H24．12～H25．３　**再整備** 透水管周囲補修	④市単独修繕で屋根尻まで敷設した防水シート末端から浸透水が屋内に還流することを防ぐため、防水シートの下に防水・防湿シートを追加して浸透水を透水管まで誘導する措置を講じた。また、透水管の保護砂を除去して砂利と入換え、目詰まりを改善させた。
⑤H25．１　木材劣化診断 （一次・二次診断）	⑤市単独修繕で敷設した防水シートの施工不具合によると判断される雨漏りを確認した。
⑥H26～　季節限定公開	⑥腐朽した堰板列のはらみが顕著になったため、梅雨や秋雨など降水量が多い時期を中心に公開を停止した（堰板列の倒壊による事故防止のため）。

からも背後の土が土間面に流入したり、背後からの土圧によって堰板が内傾したりと、小屋組材や堰板の劣化が進行することになった。復原建物１・２と異なり、復原建物３の市単独修繕では屋根土下の樹皮層間に調湿建材が敷設されなかったこともあって、雨漏り等で棚の土壌が湿潤状態になると共に、屋内に充満した湿気が市単独修繕以後も梃首・母屋桁・垂木・小舞・堰板・丸太刻み梯子の基部の腐朽をさらに促進させたと考えられる。

木材劣化診断によって、復原建物２と比べて部分的に明確な棚の湿潤が認められることから、防水シートの不具合による雨水の浸入が考えられ、防水シートの再施工が望まれた（Ⅶ－３参照）。これを踏まえ、第５回史跡北代遺跡復原物修理検討専門家会議（以下、第○回専門家会議と略記）でａ.表面排水能力向上、ｂ.建物周辺の地下水の排出能力向上、ｃ.屋根土内に浸透した雨水の排水能力向上（竪穴内への還流防止）を目的とした透水管周囲の改修を実施することを、第８回専門家会議でｄ.復原建物２・５・６と同様の土間・堰板下の防水・防湿対策を実施すること、平成 27 年９月９日に開催した第 11 回専門家会議でｅ.土屋根の雨漏り対策を実施することについて承諾を得た。ａ～ｃは平成 24 年 12 月 25 日～平成 25 年３月 15 日に、ｄ・ｅは平成 28 年６月 27 日～11 月 14 日に実施した。

なお、平成 28 年度修理工事で屋根土と防水シートを除去して小屋組の状態を調査したことにより、雨漏りが生じた理由を推定することができたので後述する。

（２）復原建物３修理工事の改良点

①a～c の改良（写真 144～147）　復原建物１の平成 24 年度修理工事と同じ資材・施工法で行ったため、工事の詳細はあらためて記さない。透水管（φ100㎜）は延長 40.0ｍで、透水管周囲補修にかかる砂利の使用量は 10.0 ㎥だった。防水・防湿シートを敷設した後で放射状に常願寺川産砂利による暗渠列（幅 50㎝・厚さ５㎝・長さ２～３ｍ）を約２ｍ間隔で設け（15 ヶ所）、浸透水を直ちに透水管へと誘導する構造とした。暗渠列敷設にかかる砂利の使用量は 1.0 ㎥だった。

平成 24 年度修理工事の試掘で、既設防水シート末端は屋根土表面下 60㎝に位置することが判明し、透水管上部も地表下 60㎝ の位置で検出した。樹皮屋根の両端部付近などの屋根土は若干崩落しているだろうが､整備および市単独修繕段階では平均厚 25㎝ほどとされた当初仕様を大幅に超える屋根土を葺いたことになる。これが、梃首・垂木など栗丸太

写真 142　平成 24 年度修理工事前（正面）
写真左側は試掘箇所（屋根土の厚さを確認）

写真 143　同左（側面）、奥は復原建物２

写真 144　復原建物２（左）との取り合い

写真 145　防水・防湿シート追加敷設状態

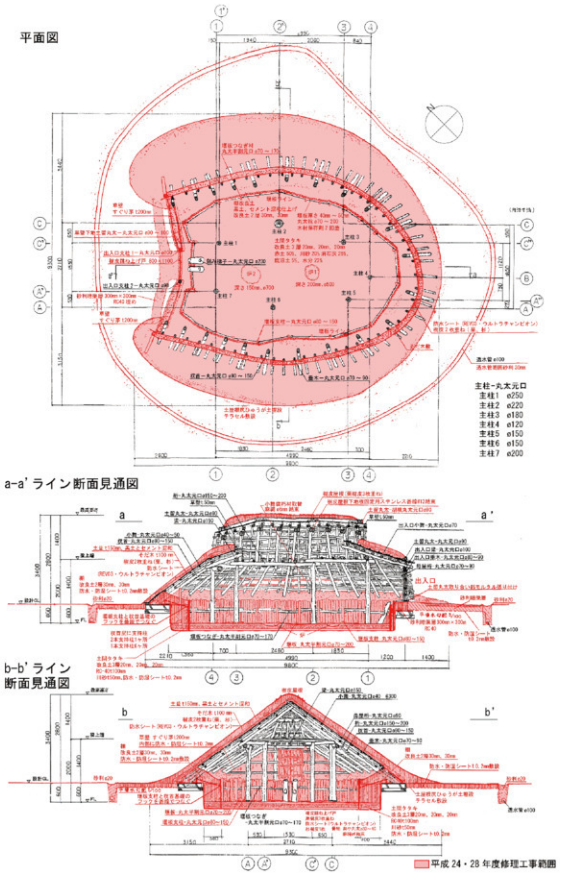
写真 146　平成 24 年度修理工事竣工（外観）

写真 147　同左（内観）

材の折損、樹皮層を含む土屋根の陥没の根本原因である。市単独修繕では、雨漏り対策（防水シート敷設）のほかは復原建物１・２と同じく土屋根の原状回復という方針で修繕しており、小屋組材への荷重という点では整備段階から大きく改善される状況になかった。

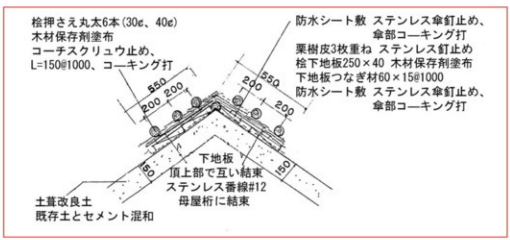
②土間下・堰板背後への防水・防湿対策　市監督員（埋蔵文化財センター学芸員）の立会いの下で、復原建物２と同様に掘削部分がすべて造成盛土内に収まることを確認しながら土屋根を解体せずに土間面を 20cm 掘削した（写真 153・154）。その後、気密性のある厚さ 0.2mm の防水・防湿シート（バリアエース 200W：透湿抵抗 358×10^{3} m²・s・Pa/ng）を敷設（重ね幅は 30cm とし、繋ぎ目は両面とも片面粘着のブチルゴム系気密防水テープ：ブチル K テープ 5011 による袋張り）した。復原建物２では棚から土間に向かって敷設したのに対して、復原建物３では土間から棚に向かって建物主軸と直交するように奥側から敷設した（写真 170）。防水・防湿シートは最大で三重になる部分がある。なお、主柱部分は別途増設して水や湿気の流入を防いだ（写真 171）。建物周囲の基礎コンクリート隅角で防水・防湿シートが破けることを避けるため、スポンジを当該部に貼り付けた（写真 175）。土間下に敷設した防水・防湿シート上には保護砂（厚さ 50mm）、再生砕石（RC40：厚さ 100mm）の順で敷設し、土間タタキの下地層とした（写真 172・173）。

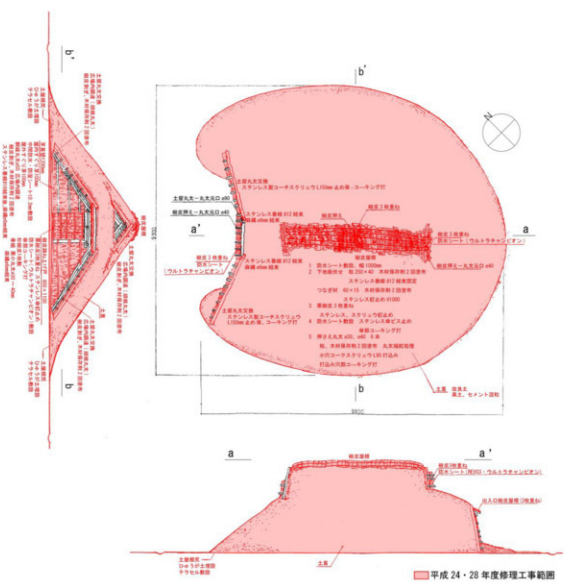
③主柱の劣化状態と木部の保護対策　主柱を据える基礎コンクリートまで掘り下げた



第 29 図　復原建物３竪工図(1)　平面図・断面見通図：1/120

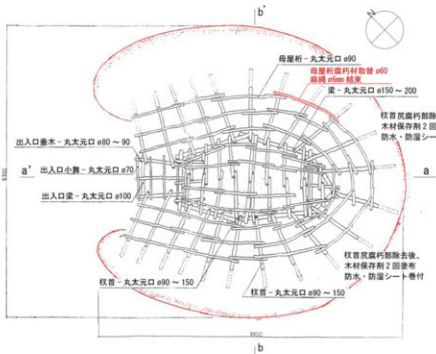
樹皮屋根詳細図



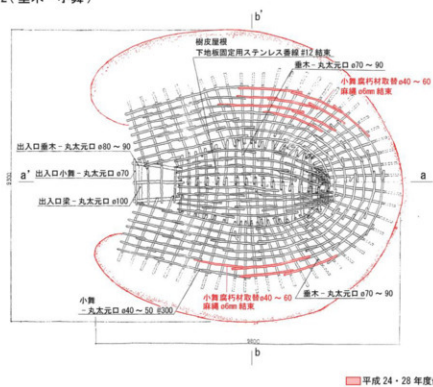


第 30 図　復原建物３竣工図（2）　樹皮屋根詳細図、屋根伏図・立面図（正面・側面）：1/120

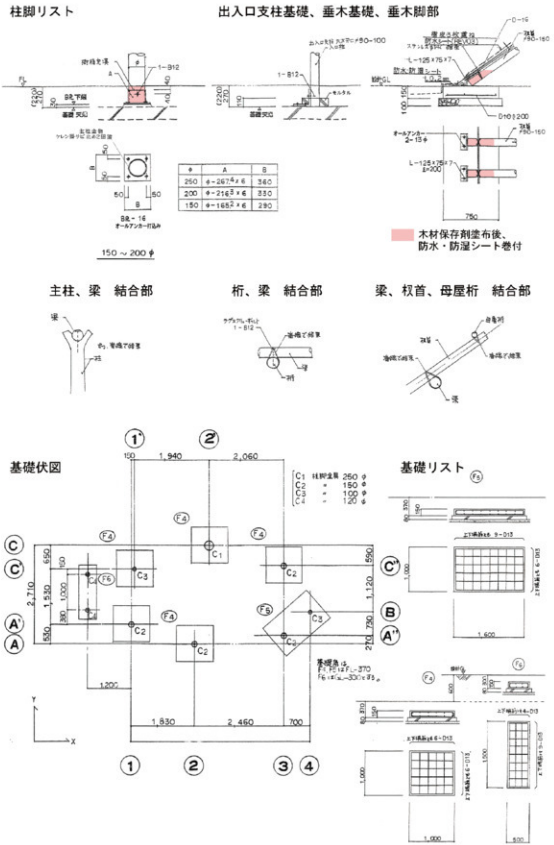
小屋伏図１（杈首・母屋桁）



小屋伏図２（垂木・小舞）



第 31 図　復原建物３竣工図(3)　小屋伏図（杈首・母屋桁、垂木・小舞）：1/120



第 32 図　復原建物３竣工図(4)　柱脚リスト、主柱・梁結合部、桁・梁結合部、梁・杈首・母屋桁結合部：1/40、出入口支柱基礎、垂木基礎・垂木脚部：1/50、基礎伏図：1/100、基礎リスト：1/80

第 14 表　専門家会議での検討課題と復原建物３修理工事での対応

	検討課題 （第４・６・８・10・11 回専門家会議）	平成 24・28 年度修理工事での対応
屋根	①防水シート末端から建物周囲の透水管まで防水・防湿シートを敷設し、浸透水を早期に排水させることの検討。 ②防水・防湿シート上の盛土の選定が検討課題。施工時期にもよるが、黒ボク土で盛土すると、保水要因となり得る。造成盛土と類似した山土砂を使用すべきか。 ③木材劣化診断結果（Ⅷ－３参照）を踏まえ、防水シートの再敷設（縦葺→横葺）による雨漏り防止対策を講じると共に、屋根荷重を軽減するために屋根土を薄く均一にすることの検討。	①H24　厚さ 0.2㎜の防水・防湿シートを水勾配３％で追加敷設し、浸透水を透水管経由で早期に排水させる構造を設けた。 ②H24　屋根土の支持材としての強度を確保するため、屋根末端から透水管上部の平坦面まで既存の黒ボク土を再利用し、水勾配を設けながら厳重に機械転圧して、不透水層とした。 ③H28　新規調達材（REV03）と既存材（ウルトラチャンピオン）を併用して、防水シートを再敷設（横葺）すると共に、防水シート上にそだ木の束を順葺して、厚さ 15㎝均一を基本として屋根土（ポルトランドセメント改良した黒ボク土）を表面に凹凸が生じないよう留意して締固めた。小屋組段階の凹凸に起因して、部分的には厚さ 20㎝程度になった。 ④H28　出入口側の土留丸太はキシラデコールを２回塗布して腐朽防止対策を講じた。
壁面	①屋根尻から竪穴内へと還流した雨水によって、堰板（板状半割丸太材）が腐朽や木材加害昆虫の食害により劣化し、背後の壁土の土圧に耐えられなくなりつつあることから、堰板を更新することの検討。 ②地下の防水・防湿対策の有効性を確認できたことから、壁面・土間下に防水・防湿シートを追加し、雨水および地下水の浸み出し防止対策を講じることの検討。	①H28　堰板・堰板支柱を更新（堰板つなぎ材は継続使用）した。新規調達材はキシラモントラッドを２回塗布、出入口の丸太刻み梯子は腐朽した基部を切除後、キシラデコールを２回塗布して固定し、継続使用した。 ②H28　壁面・土間下に防水・防湿シートを追加し、雨水および地下水の浸み出し防止対策を講じた。
土間	①復原建物５の修理効果（土間タタキの評価）を踏まえ、同様の改修を行うことの検討。	①H28　経過観察により、復原建物５の屋内吸放湿能力向上を確認したため、同様の改修を実施した。土間の厚さについては、他建物（５㎝）と異なり、６㎝として２㎝ずつを３層に分け、機械で叩いて締め固めた。
透水管	①透水管の保護砂を除去し、砂利と入換えることの検討。 ②透水管上の砂利層表面を浅く窪ませることの検討。	①H24　透水管の保護砂を除去し、砂利（常願寺川産、φ20mm）と入換えた。 ②H24　透水管上の砂利層表面を浅く窪ませて、集水機能を向上させた。

出入口		①H24　地表面の土留丸太接点等にモルタルで止水措置を講じて外部からの雨水流入を防止したうえで、既存の黒ボク土を厳重に機械転圧して、不透水層とした。 ②H28　草壁はすぐり茅（富山県南砺市五箇山産）を用い、厚さ 15cm から 20cm に加増して葺き直した。中間には防水・防湿シートを敷設して、雨水が屋内に浸入しない構造を設けた。草壁層に浸入した水が出入口土間下に敷設された防水・防湿シート経由で透水管に流れる構造である。 ③H28　草壁上の樹皮屋根からの雨水落下地点に砂利による砂利暗渠層を設け、当該層から直交方向で建物周囲の透水管に伸びる砂利暗渠列を土間下に増設することで、出入口土間に水滴による水の通り道ができない（屋内へ流入する危険性を低減させる）構造を設けた。

ことで、主柱基部（土中埋設部分）の劣化状態を確認することができた。隣接する復原建物２の主柱基部と比べて全体的に腐朽は軽度だった（写真 166～168）が、柱脚金具を用いず、枌首尻を当てるＬ字金具に番線で添えられていた主柱４の基部はやや腐朽が進行していた（写真 169）。雨水の還流が堰板で食い止められたことで、主柱の腐朽が軽減したと考えられる。主柱４の固定は脆弱と判断できることから、次の本格的修理では柱脚金具を製作して基礎コンクリートに固定する必要がある。主柱７の基礎コンクリート上にはＬ字金具が設置され、丸太材は当てられていなかった。本工事でもそのまま埋め戻した。

復原建物２と同じく、本建物の柱脚金具の基礎コンクリートへの固定方法はＬ字型アンカーボルトのダブルナット締めでなく、主柱４を除いてオールアンカー（φ９㎜）であり、打込みも不十分であることが判明した（写真 168）。主柱を取替えない本工事では小屋組材への悪影響を避けるためにそのまま継続使用することとしたが、次の本格的修理の際は復原建物２の主柱５で採った工法（第 26 図）を用いるなどして耐久性を高める必要がある。腐朽により柱脚金具との間で生じた隙間にはコーキング剤を充填した。柱脚金具はケレン掛け（写真 166）の後で、エポキシ系錆止剤を塗布し（写真 167）、主柱の土中埋設部分には防水・防湿シートを柱脚金具ごと巻付けた（写真 171）。

④小屋組材の腐朽と木部の保護対策　防水・防湿対策を講じるため、堰板背後および棚の既存土を除去した際、平成 28 年度修理工事発注前には確認できなかった土中埋設部分の枌首尻・垂木尻の腐朽や折損、消滅が主に建物奥部で確認された（写真 154～163）。市単独修繕では、垂木すべて（φ７～９cm）と枌首の大部分（φ10～15cm）が新材に取替えられたが、建物奥部では継続使用が可能と判断された枌首（φ９cm）がそのまま使用された。母屋桁・小舞は枌首・垂木の旧材が転用された（写真 36～40）。これらは、復原建

物１・２の市単独修繕と異なり、土中埋設部分に防水シート巻付による保護対策が講じられなかった。従って、継続使用された杈首・主柱・堰板は、17 年間にわたって木部の保護対策なしで土中に埋設され、地下水や雨水の影響を被っていたことになる。堰板は、平成 24 年度の木材劣化診断で菌糸や子実体が認められていた（Ⅶ－３参照）ことからも明らかな

写真 148　平成 28 年度修理工事前（正面）

写真 149　同左（樹皮屋根破損状態）

写真 150　平成 28 年度修理工事前（屋内）

写真 151　同左（丸太刻み梯子・堰板劣化）
土中埋設部分の腐朽により、傾いている

写真 152　堰板（土中埋設部分）腐朽状態
腐朽して細くなり（堰板 29 ほか）、消滅して浮いた状態（堰板 28 ほか）の材もあった

写真 153　既存土間掘削事前試掘（FL-20cm）

写真 154　既存土間掘削完了状態
黒色ケーブルは電気配線、ステンレス番線は堰板固定用

写真 155　杈首尻腐朽部分除去
腐朽部をワイヤーブラシである程度強めに削ぎ落とした（杈首背後の垂木尻も同様）

写真 156　腐朽部分除去後の杈首 2
顕著な雨漏り箇所ではなかったため、腐朽は比較的軽度だった（市単独修繕での取替材）

写真 157　腐朽部分除去後の杈首 9 と母屋桁
杈首尻のステンレス番線直径が市単独修繕時の直径を、母屋桁等の腐朽状態が雨漏りの影響を示す

写真 158　腐朽部分除去後の杈首 11
整備段階の杈首尻は完全に消滅していた

写真 159　腐朽部分除去後の杈首 12
雨漏りの影響を受ける建物奥部では市単独修繕で取替えた材もほぼ消滅しかけていた

ように腐朽が著しく、堰板支柱を含めて土中埋設部分が消滅して沈降もしくは浮いた状態にあったり、材の端部間から土砂が流入したりしていた（写真 152）。

権首尻・垂木尻の腐朽は複数の要因が複合することで進行したと考えられる。第１点は

写真 160　腐朽部分除去後の権首 18

整備段階の権首を多く継続使用した建物奥部では、それらの強度低下に伴い、市単独修繕で取替えた材に負荷がかかり、折損していた

写真 161　腐朽部分除去後の権首 22

雨漏りの影響が甚大な箇所では、小舞や母屋桁の腐朽や折損、消滅のほか、栗・杉樹皮の腐朽により防水シートが露出していた

写真 162　腐朽部分除去後の権首 16～18

右端が権首 16、左端が権首 18

写真 163　腐朽部分除去後の権首 18～21

右端が権首 18、左端が権首 21

写真 164　土間掘削終了後の機械転圧

写真 165　出入口支柱腐朽・虫害状態

雨漏りの発生、第２点は土中埋設部分に防水シート巻付による木部の保護対策が講じられなかったこと、第３点は棚や堰板背後が保水性の高い黒ボク土だったため常に湿潤状態だったことである。新材でも垂木の土中埋設部分は 10 年以内に消滅した。北代縄文広場で

写真 166　柱脚金具ケレン掛け
ガムテープ下端は土間面の高さを示す

写真 167　錆止剤塗布、主柱腐朽部分除去

写真 168　柱脚金具のオールアンカー固定
主柱４以外はすべてこの固定方法による

写真 169　主柱基部の腐朽状態（除去後）
最も腐朽していた主柱４でも、芯材は健全だった

写真 170　防水・防湿シート敷設
重ね幅は 30cm 以上とし、気密防水テープで両面袋張りとした

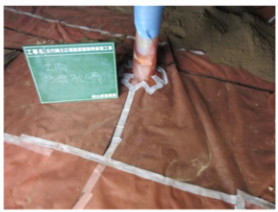


写真 171　同左
主柱部分は、気密防水テープを片面張りした

は平成23年度から小舞に見立てた木材試験体（栗丸太材：φ７cm）の暴露試験を行ってきた（Ⅶ－５参照）が、本建物の杈首尻・垂木尻の腐朽状態からみて、保護対策がないφ10cm程度の栗丸太材は土中で早期に腐朽することがわかる。北代縄文広場ではすべての栗丸太材を芯持材で調達してきた。辺材部と比べて耐久性のある芯材部を有していてもこの程度

写真 172　保護砂敷設（厚さ 5cm）

写真 173　再生砕石（RC40）敷設（厚さ 10cm）

写真 174　杈首尻等腐朽部分への木材保存剤塗布
キシラモントラッドを２回塗布した

写真 175　垂木尻根固めと基礎ｺﾝｸﾘｰﾄ隅角養生
腐朽による強度低下が認められた垂木尻を礫で根固めしたほか、ｺﾝｸﾘｰﾄ隅角にｽﾎﾟﾝｼﾞを接着して防水・防湿ｼｰﾄの破損防止対策とした

写真 176　杈首尻防水・防湿シート巻付

写真 177　防水・防湿シート敷設状態

の耐用年数しか得られないので、辺材部分を素材として製材された丸太材を使用することは避け、防水・防湿シート等による木部の保護対策が必須であることを平成 28 年度修理工事から学んだ。旧材を継続使用するかどうかは設置部位や経過年数を考慮して、腐朽状態を慎重に見極める必要がある。

写真 178　杈首尻支持柱用礎石敷設
再生砕石層に平石を礎石として据えた

写真 179　杈首尻支持柱木材保存剤塗布
調整部分に木材保存剤を２回塗布した

写真 180　杈首尻支持柱設置状態（1）

写真 181　コーチスクリュー打込み固定

写真 182　杈首尻支持柱設置状態（2）
転用可能な股木を最大限活用した

写真 183　杈首尻支持柱設置状態（3）
掻込み部分からｺｰﾁｽｸﾘｭｰを打込み、麻縄結束した

杈首尻・垂木尻の腐朽部分はワイヤーブラシである程度強めに削ぎ落とした(写真 155)。現場代理人・監理技術者（建築コンサルタント）・市監督員の協議により、全 29 本の杈首尻のうち、９本に補強対策が必要と判断した。市単独修繕では、小屋組材の交差部分でボルト留めして、土屋根全体で総持ちさせる構造だったため、垂木尻の腐朽には拘泥しない

写真 184　堰板背後の既存土セメント改良
普通ポルトランドセメント 10kg／㎥程度混和

写真 185　バイブレーター転圧

写真 186　堰板設置 (1)

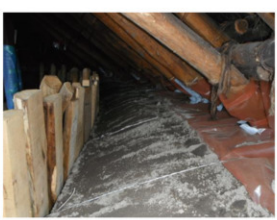


写真 187　堰板設置 (2)
基礎ｺﾝｸﾘｰﾄのﾌｯｸからｽﾃﾝﾚｽ番線を伸ばす

写真 188　堰板設置 (3)
堰板支柱等にﾌｯｸを打込み、ｽﾃﾝﾚｽ番線を結束

写真 189　堰板設置 (4)
堰板つなぎ材は整備段階のものを継続使用

こととした。本建物の修理工事は劣化材取替の方針で発注していたため、史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議の指導の下、事務局（埋蔵文化財センター）は次の方針を決定した。第1点として上屋解体を伴う次の本格的修理を少しでも先送りさせるため（整備段階から継続使用している主柱等を考慮して今後10年の耐用年数を目処とする）、耐久性が

写真190　出入口支柱の固定方法
他の竪穴住居と異なり、基礎コンクリートに固定されたL字金具をさらに固定していた

写真191　出入口支柱の取替え

写真192　樹皮屋根解体（1）
樹皮屋根の下地板と防水シート

写真193　樹皮屋根解体（2）

写真194　棟部（下部）の防水シート

写真195　屋根土除去

低下した杈首（主に継続使用材）の劣化を遅らせて屋根土の支持力を維持させるために可能な範囲で補強対策を講じる。第２点としてすべての杈首尻・垂木尻の腐朽部分に木材保存剤（キシラモントラッド）を２回塗布し（写真 174）、十分乾燥させたうえで防水・防湿シート（バリアエース 200W）巻付による木部の保護対策を講じる（写真 176・177）。第

写真 196　屋根土の厚さ（1）

写真 197　屋根土の厚さ（2）

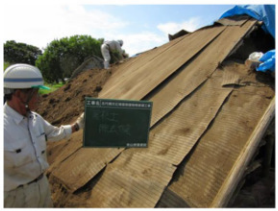


写真 198　防水シート露出作業

敷設状態は写真 42 を参照

写真 199　屋根尻部分の菌叢

24 年度に追加した防水・防湿シート下で菌叢が生じた

写真 200　杉樹皮露出状態（東面）

左上中程の位置から雨漏りが発生した

写真 201　雨漏り箇所アップ（1）

雨漏りは建物奥部に集中する（東面）

3点として補強対策を必要と判断した9本の杈首尻について、下端部に支持柱を立てて（場所によっては横材を掛け渡して）、たわみが拡大しないようにする（写真178～183）。なお、たわみを原状の位置までは戻さず、あくまで現状維持とすることとした。これは、ボ

写真202　杉樹皮露出状態（西面）
西面奥部の雨漏り箇所（状態は東面と類似）

写真203　樹皮傘釘押さえ
傘釘の緩衝材を除去して、密着性を高めた

写真204　雨漏り箇所アップ(2)
雨漏りは建物奥部に集中する（西面）

写真205　棟部の樹皮
棟部の樹皮自体は健全だった

写真206　小舞取替・樹皮葺替作業
腐朽が著しい小舞のみ取替え、当該部付近ほかの樹皮を葺替えた

写真207　防水シート敷設（1）
小屋組材の腐朽が進行した屋根下半部はREV03を敷設し、上半部はｳﾙﾄﾗﾁｬﾝﾋﾟｵﾝを再敷設した

写真 208　防水シート敷設（2）

建物奥部では REV03 を絞りながら横方向に葺いた

写真 209　防水シート敷設（3）

緩衝材を取り外した傘釘を強く打込み、傘部にコーキング処理を施した

写真 210　型枠敷設

屋根尻に敷設した型枠内に土留丸太材を挿し、ずれ防止対策にすると共に排水性の高い軽石を型枠下部に充填した

写真 211　そだ木敷設

防水シート上にそだ木を順葺した

写真 212　屋根土敷設

人力転圧と機械（ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀｰ）転圧を併用して屋根土（厚さ 15cm を基本）を敷設した

写真 213　棟部水平確認と樹皮屋根固定用番線出し

棟部の土屋根表面を可能な限り水平にして雨水が特定箇所に集りにくいようにした

写真 214　土屋根完成（東面）
棟部南側の屋根土を厚さ 20㎝ 程度として、可能な限り棟部の水勾配を緩くした

写真 215　土屋根完成（奥部）
土留丸太は木材保存剤を塗布して継続使用

写真 216　樹皮屋根下地の下部構造
檜下地板の下には防水ｼｰﾄを二重敷きした。屋根土下を含め、三重の防水ｼｰﾄ敷き構造

写真 217　樹皮屋根下地板敷設
屋内上部の母屋桁材から伸ばしたｽﾃﾝﾚｽ番線で檜下地板を固定した

写真 218　樹皮屋根下地の高さ調整
樹皮屋根下地板をｽﾃﾝﾚｽ番線で固定する際、可能な限り水平になるよう高さを調整した

写真 219　樹皮屋根と樹皮屋根棟木
栗樹皮を傘釘で押さえ、棟木を設置して、当該部に平坦面が生じないようにした

写真 220　樹皮屋根の傘釘コーキング処理
防水ｼｰﾄ（ｳﾙﾄﾗﾁｬﾝﾋﾟｵﾝ）は継続使用した

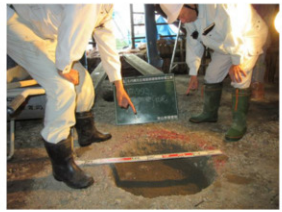


写真 221　土間下地の不陸調整と炉穴掘削

写真 222　棚タタキ１層目（厚さ 3cm）
調達材料による配合試験で決定した加水量でタタキを行い、一定の自然乾燥期間を設けた

写真 223　土間タタキ１層目（厚さ 2cm）

写真 224　土間ﾀﾀｷ２層目（厚さ 2cm）機械転圧
ﾀﾀｷを終えた棚には麻ｺﾞﾓを敷き、水を含ませながら養生し、急激な乾燥を避け、徐々に水分が抜けるように管理した（土間も同様に管理）

写真 225　出入口のﾀﾀｷと丸太刻み梯子の設置
梯子材上端付近の板材は仮押さえ用

ルトに圧力が加わることで、木部に亀裂が発生することを避けるための判断である。
本工事では、腐朽した小舞や樹皮を取替え（写真 206）、既設の防水シートを取り外し

写真 226　砂利暗渠層敷設
屋根からの雨水の落下地点に砂利暗渠層を設けた

写真 227　草壁敷設
すぐり茅（富山県南砺市五箇山産）の束を使用

写真 228　樹皮跳ね上げ戸解体補修

写真 229　平成 28 年度修理工事完成写真（外観）

写真 230　平成 28 年度修理工事完成写真（内観）
主柱の案内板には地震発生時の早期退出を明記（復原建物１～４に設置）

写真 231　平成 28 年度修理工事完成写真（内観）
杈首尻支持柱（復原建物６出入口主柱・垂木旧材転用）の設置状態

て再度防水対策を講じ（写真 207～209）、屋根土は厚さ 15cm 均一を基本として軽量化させることとしていた（写真 212～215）。また、地下の防水・防湿シート敷設もあわせ、水・湿気対策が万全になるように配慮し、土間や棚も赤土主体のタタキ仕上げとすることとしていた。以上から、第１～３点の方針に基づいて対策を講じた場合、適正に維持管理できれば目処とする耐用年数 10 年以上は実現できると判断した。ただし、次の本格的修理では平成 28 年度修理工事で更新していない主柱など、すべての材を取替えることが前提となる。

消滅等により強度が低下した杈首尻を支える支持柱の材料として、平成 26 年度の復原建物６修理工事後に屋外保管していた旧主柱・旧出入口支柱・旧垂木を活用し、腐朽箇所を除去して転用することとした。支持柱は大部分が堰板背後のセメント改良土の中に埋設されることになるので、当該部には防水・防湿シート巻付による保護対策を講じた。そのうえで、土間下の再生砕石（RC40）層上部に平石を礎石として置き、支持柱を立てた。支持柱すべてを股木とすることはできなかったので、旧垂木を転用した箇所では支持材天端付近の両端を欠き込んで杈首にピス留めし、麻縄で結束した（写真 180・183）。杈首背後の垂木尻については、礫を根固め石として材の下に置き、セメント改良土とあわせて固定した（写真 175）。

⑤堰板・丸太刻み梯子改修　堰板および堰板支柱を新材に更新した。キシラモントラッドを２回塗布して、腐朽防止対策を講じた。堰板つなぎ材は整備段階のものを継続使用した。堰板（全 163 枚）および堰板支柱（全 26 本）の一部には復原建物６修理工事残材などを用い、煤が付着した材には木材保存剤を塗布していない。

整備段階では、建物周囲の基礎コンクリートに固定されたフックに巻付けたステンレス番線と堰板支柱の背面に打込んだフックから伸びるステンレス番線を結線していた。平成 28 年度修理工事でも同じ施工法を採用し、堰板支柱や堰板つなぎ材に打込むステンレス製フックは更新した。背後の既存土は、土質を勘案のうえ、普通ポルトランドセメントを 10kg／㎥程度混和して安定化処理し、土圧により堰板がはらむことを防止する対策とした（写真 186～189）。

堰板の解体前に堰板の設置位置を計測して、解体後に復元できるように準備したつもりだったが、墨出しの誤りや施工監理の不備等によって当初の位置に復元することができず、建物の長軸方向に対して出入口付近が直交方向に広がり、奥部が平行方向に広がった。堰板および堰板支柱等を番線結束しながら据えつける最終段階になって、当初準備した数量では部材が不足することに気付き、当初よりも広めに復元していることを把握できた。杈首尻・垂木尻の腐朽に伴う仕様変更によって追加作業を行っていたこともあり、本来よりも広めに復元された部分の修正は断念した。

丸太刻み梯子は土中埋設部分が腐朽し、当該部がやや傾いていた（写真 151）。その他の部分には強度の低下が認められなかったため、腐朽部分を切断して不可視部分で別の材を接ぎ、高さを整え、木材保存剤（キシラデコール）を２回塗布した。そのうえで、再生砕石層を掘り窪めて接いだ材の基礎を据え、モルタルで固めてずれを防止すると共に、耐久性を向上させた（写真 225）。

⑥土間・棚改修　平成 28 年９月９日に開催した第 12 回専門家会議において、復原建物２の土間で亀裂が顕著に生じている要因を検討した。その際、１回あたりのタタキの層が

厚くなると表面は締め固まるものの、下部まで十分締め固めることは難しくなり、タタキが低密度になると亀裂発生の遠因になるとの指導を受けた。これを踏まえ、復原建物２・５・６と異なり、本建物では土間タタキの１回あたりの層の厚さを従来の 2.5cm から 2.0cmに薄くし、かつタタキ層全体の厚さを従来の５cmから６cmにすることとした。工程数は増えるが、３層構造にすることとしたのである。棚部のタタキは全体で厚さ６cm とし、２層（3.0cm・3.0cm）仕上げにすることとした。

この仕様に基づいて、復原建物２修理工事と同様に、調達資材を用いた基本配合比（Ⅶ－９参照）の検証試験を行った。各資材を混和したプレミックスに対し、加水率を 22.5%・25.0%・27.5%の３種で試験体を製作し、現場代理人・監理技術者・監督員の協議により 22.0%で加水することとした。プレミックスの配合比率は復原建物２と同じである。赤土は富山県小矢部市産瓦用粘土だが、採取地は復原建物２・５・６と異なる。

棚・土間ともに１層目のタタキを施工した後、休工期間を１週間程度確保し、自然乾燥で発生した亀裂を埋めるように２層目を施工した。土間は念入りに機械転圧し、ムラが生じないよう留意した。積雪期に土間タタキを施工した復原建物５では亀裂が発生しなかったことを踏まえ、棚部では水を湿らせた麻ゴザを敷き、毎日麻ゴザに水を含ませながら、時間をかけてゆっくりと棚の水分が抜けていくように管理した（写真 222～225）。土間タタキ３層目の終了後も、麻ゴザによる養生を行い、時間をかけてゆっくりと土間の水分が抜けるように管理した。それでも、麻ゴザを外してから１ヶ月程度で棚・土間とも徐々に亀裂が生じた。

⑦屋根土の軽量化、崩落防止対策　市単独修繕以前に生じた杈首の折損など、小屋組材の折損を避けるためには、小屋組材にかかる荷重を少なくすることが重要になる。復原建物３では防水シートの再敷設を行うために屋根土を除去する必要性があったことから、復旧させる屋根土の厚さは 15cm 均一を基本とした。これは、史跡北代遺跡の第 70 号住居跡の発掘調査で厚さ約 10cm の屋根土が検出されていることを根拠とした設定である。第 70 号住居跡の廃絶後、屋根土が屋内に落下するまでに流出して痩せた分を想定して 15cmとした。これにより、屋根土を従来の平均厚 25cm という設計（実際は最大厚 70cm）よりも大幅に軽量化することができた。なお、平成 26 年度に復原建物６を赤土主体で復元したが、修理工事後の経過観察期間が短く赤土主体の土屋根の経年変化を十分把握できていないことから、復原建物３では既存の黒ボク土主体の屋根土を再利用することとした。

既存の土留丸太（出入口側）は土屋根との接地面の腐朽が著しかったことから、継続使用は困難と判断し、北代縄文広場の立木（胡桃）を伐採し、樹皮を剥いで使用した。土留丸太は杈首尻のように末端部がＬ字金具で固定されていない。腐朽により当該材の土中埋設部分の強度が低下すると、屋根土が出入口側に崩落しかねないため、土留丸太に木材保存剤（キシラデコール）を２回塗布したうえで、材下端部付近にハニカム型フレキシブル型枠（テラセル T-100SP の高さを半分の５cmに切断したもの）を設置し（写真 210）、そのなかに材下端部を設置した。後述する復原建物６の修理工事で、屋根土（赤土）のずれを防止する目的で用いた型枠の残材である。屋根尻から建物周囲の透水管までの間の平坦面の土壌がずれることを軽減させることで、土留丸太が腐朽した際に生じるずれを少なくすることが目的である。

⑧雨漏りの原因と防水・排水対策　木材劣化診断の結果（Ⅶ－３参照）に加え、土屋根

の解体調査で屋根下地層（栗・杉樹皮・そだ木）や小屋組（小舞）材の腐朽状態、小屋組の構造を確認し、市単独修繕以降に生じた雨漏りの原因を推定することができた。本建物は垂木・小舞の内側に桁首・母屋桁をもつ構造だが、整備段階から棟木は通されていない。大型住居であるがゆえに、小屋組の段階で棟部分を水平に保つことが困難で、出入口側からみて奥側に強く下る勾配が形成され（ただし、設計でこのように意図されていた）、また竪穴住居奥部の曲面部分でも凹凸が生じた。垂木・小舞の取合いによって凹凸を極力生じさせないように配慮されてはいたが、それでも限界があった。屋根下地層や防水シートを敷設しても凹凸を吸収できなかったことで、屋根土内に浸透した雨水が特定の箇所に集まることとなった（写真 200・202）。曲面部分での凹凸は復原建物１・２でも生じたと考えられる。実際に、復原建物２では平成 27 年度修理工事中に雨漏りを確認した。大型で複雑な小屋組構造をもつ復原建物３では復原建物１・２よりも凹凸が大きくなり、Ⅵ－１で詳述した市単独修繕における防水シートの敷設方向の問題も重なって雨漏りが顕著に生じたと判断される。

雨漏りという点では、本建物は５棟の竪穴住居で最も厳しい環境にあったことが明らかとなった。しかし、本建物の小屋組材の腐朽状態のほか、復原建物１・２の市単独修繕後の経過等との比較から、本再整備事業で取り入れた長寿命化対策で実現できる効果を見ておすことができ、目標とする耐用年数の実現は十分可能との印象をもつに至った。

復原建物３の市単独修繕では、防水シートの押さえ板が棟付近から垂木尻付近まで上下４段にわたって敷設されていた（写真 41～43）。これは防水シートのずれ防止が主目的で、製材された押さえ板に沿って溜まった浸透水を排水するよう板材間の切れ目や水勾配が確保された。浸透水は、防水シート表面と押さえ板の隙間に生じた凹凸部分から流れ落ち、防水シートの突起列に沿って横方向へと移動して、防水シートの重ね部分から樹皮層に浸潤し、屋内を高湿度環境に至らしめ、その結果として防水シートの内側で屋根下地層や麻縄、小屋組材の腐朽を進行させたと考えられる。なお、平成 28 年度修理工事時点で、押さえ板は完全に腐朽し、痕跡も残っていなかった。

以上から、屋根土の下に防水シートを敷設して雨漏り対策を講じる場合には次の２つの留意点があることに気づく。第１点は小屋組段階での凹凸を極力少なくし、かつ棟木を極力水平に設置できるように努めること、第２点は防水シートの上端部を絞りながら横方向に葺くことで突起列が縦方向になるようにすることである。市単独修繕では、竪穴奥部の曲面がきついことに鑑み、凹凸を極力発生させないようにするために防水シートを縦方向に敷設し、復原建物１・２ではある程度の効果が認められていた。小屋組が複雑だったことで、復原建物３では不具合が生じたと考えられる。

平成 28 年度修理工事では、市単独修繕で用いた防水シート（ウルトラチャンピオン）を一部で再利用しつつ、小屋組材の腐朽が進行しやすい屋根下半部を中心に新品（REVO３，１ｍ×延 40ｍ）と更新した。ウルトラチャンピオンの旧釘穴はブチル K テープ 5011 で塞いだ。防水シートは上端部を絞りつつ、上下の重ね幅 30㎝ で横葺し、横端部の重ね部分が直線状にならないようにして雨漏り防止対策とした。屋根土に覆われた防水シートは日射等の影響を直接受けないため、釘穴部分から破れない限り、長期使用は可能である。

防水シートの下端部は桁首・垂木を据えるための基礎コンクリートに沿わせ、平成 24 年度修理工事で敷設した防水・防湿シート上に重ねた（写真 207～209）。基礎コンクリー

ト端部付近には軽石（ひゅうが土，復原建物6修理工事残材）を敷設した。ここに集めた浸透水を、平成 24 年度修理工事で防水・防湿シート上に敷設した砂利暗渠列経由で本建物周囲の透水管へと早期に排水することを目的としたものである。

腐朽が著しい杈首・垂木を継続使用する必要性が生じた本建物では、雨漏りを完全に防止することが長寿命化の必須条件となった。このため、本修理工事では防水シートの敷設金具にも配慮した。釘に沿って雨水が内部へと浸入することを防止するため、ステンレス製傘釘（コーススレッド）を用いた。点としてではなく、面として防水シートを押さえる力を強くするため、傘部の下にある緩衝材を除去してステンレス部分が直接防水シートに接するように改良した。また、傘釘の使用は、土葺作業などで圧力がかかった際に釘穴が広がることを軽減させることにもつながる。これらは、樹皮葺でも同じである（写真 203）。浸透水に接する防水シートでは傘釘の傘部を覆い尽くすようにコーキング処理して、防水対策に万全を期した（写真 209）。

⑨土葺と樹皮屋根　整備および市単独修繕では土葺前にそだ木の束を葺き、その上に黒ボク土主体の屋根土が葺かれた。屋根土に生える草が腐朽して生産される多糖類は屋根土のつなぎとなり、良い補強材料になると専門家会議で判断された（Ⅷ－２参照）ことを踏まえ、平成 28 年度修理工事でもそだ木の束を葺いた（写真 211）。そだ木は樹木剪定を兼ね、北代縄文広場内で調達した。そだ木は徐々に腐朽し、数年で完全に消滅して、部分的には屋根土が若干陥没することも想定される。生産された多糖類は屋根土の間のつなぎ材になり得る（Ⅷ－２参照）が、雨漏りを完全に防止するための対策の一つとして、屋根土を普通ポルトランドセメント改良（８kg／㎡混和）してそだ木ごと可能な限り押さえつけた。屋根土を安定化処理することでそだ木消滅時の陥没防止、かつ当該部から雨漏りが発生する危険性を減らすと共に、若干の防水効果を期待したものである。屋根土はバイブレーターによる機械転圧のほか、転圧面方形（30×20cm）の木製工具で人力転圧した（写真 212）。

復原建物１・６と同様、本建物は棟部まで屋根土が葺かれているものの、大型建物ゆえ棟部に樹皮屋根が据えつけられている点が異なる。整備段階では土屋根の棟部に板材を片面２段、計４段で金具結束して、土屋根棟部に添えた。板材に杉樹皮を横葺した後に栗樹皮を縦葺し、樹皮押さえ用の栗丸太を各面上下２段で麻縄結束した。そのうえで、樹皮屋根上部に巡らせた垂木を母屋桁から土屋根を貫通して伸ばした垂木と結線し、固定した。市単独修繕では事前に栗樹皮を縦葺した板材を片面１段で土屋根棟部に添えた。板材を添える部分には防水シート（ウルトラチャンピオン）を事前に敷き、雨漏り対策が講じられた（写真 192～194）。板材の固定後、板材を合わせる棟部に防水シートを敷き、当該シートと板材を覆うように栗樹皮を再度縦葺した。そのうえで、樹皮押さえ用の栗丸太を各面上下２段で板材にビス留めした。樹皮屋根上部に巡らせた垂木を小屋組材から土屋根を貫通させて伸ばした垂木と結線し、固定した。市単独修繕では、防水シートの敷設により、整備段階よりも雨漏りと板材が腐朽する危険性を減らすことができた。

平成 28 年度修理工事では市単独修繕段階の結合方法に準拠しつつ、本建物の現状を踏まえて雨漏り防止と樹皮屋根（栗樹皮）の長寿命化を目的に若干の改良を加えた。雨水はすべてが栗樹皮表面を伝って下方に排水されるのではなく、一部は栗樹皮に浸潤する。それによって栗樹皮は腐朽し、強度が低下すると強風で破損しやすくなる。棟頂部付近では

腐朽と共に栗樹皮がたわんで水勾配が緩くなることで、表面排水機能が損なわれて水が周辺に留まりやすくなり、また斜面部の栗樹皮の腐朽進行の要因ともなる。平成 24 年度末段階で樹皮屋根棟部の防水シートが一部露出し、平成 27 年度末段階では当該防水シートが完全に露出していた（写真 149）。この点を踏まえ、本工事では市単独修繕と異なり、当該防水シート上に栗樹皮を再度敷設しないこととし、次のように工夫した。

第１点としては、事前に栗樹皮を縦葺した檜下地材（延幅 50㎝×厚さ４㎝）を片面１段で土屋根棟部に添える際、中間に複数の棟木丸太を一直線に通すことで棟頂部に追加敷設する防水シートの頂部が平坦にならないようにしたことである。なお、小屋組段階では棟部が水平にならないため、土葺段階で可能な限り棟部の土屋根を水平にすべく部分的に厚さ 20㎝（普通ポルトランドセメント 15 ㎏／㎥混和）としたが、限界があった（写真 214・215）。そのため、檜下地材を敷設する段階で高さ調整用の丸太材・板材を土屋根の上に置き、檜下地材を敷設する段階で棟部の水平を確保した（写真 216～218）。これにより、雨水は特定箇所に集中せず、均等に下方へと排水されることとなった。

第２点としては、棟頂部に追加敷設する防水シート（ウルトラチャンピオン継続使用）は、地上の見学者の視野に入る部分のみ栗樹皮が見えるようにしたことである。追加敷設し、露出させた防水シートは屋根面の上側３分の１程度に留めた。栗樹皮よりも排水性が優れた防水シートを棟頂部で露出させることにより、頂部付近から雨水を早期に樹皮屋根斜面経由で排水し、樹皮屋根下部への浸潤量を少なくすることを意図した。屋根土下を含め、本修理工事では雨漏り対策に万全を期したので、樹皮屋根は化粧のなものとして捉え、栗樹皮（三重葺）のみに留めた（写真 219）。なお、防水シートや栗樹皮、樹皮押さえ丸太の固定にはステンレス製傘釘を用い、屋根土に近い色調でコーキング処理した。風圧や栗樹皮の破損への耐性は従来よりも向上したと考えられる。樹皮屋根上の防水シート（写真 220）は今後、日射等の影響を被るため、次の修理工事では更新する必要がある。

（３）維持管理上の課題等

平成 24・28 年度修理工事では、劣化材取替という方針で復原建物の長寿命化改修を行った。目視観察による限り、主柱基部の腐朽は軽度と考えられたため、腐朽部分を削り取ったうえで木材保存剤を塗布し、防水・防湿シート巻付による木部の保護対策のみとした。ただ、17 年間にわたって土中埋設部分の保護対策が講じられていなかったため、木材劣化診断士等の専門家による診断を定期的に行う必要がある。

桁首尻・垂木尻の劣化が著しい部分については、桁首尻の支持柱を追加するなど屋根荷重に対する補強対策を講じたが、今回は当該対策を講じる必要性を認めなかった桁首ほかについて、日常管理を念入りに行い、劣化の兆候を早期につかむよう努力することが必要である。腐朽の進行状況に応じて木材劣化診断士等の専門家の診断を仰ぐ必要がある。

屋根土を薄くすることで大幅に屋根荷重を軽減し、雨漏り・地下水対策にも万全を期し、腐朽が著しい小舞なども可能な限り取替えたが、本建物の小屋組材はすでに劣化したものが多いことを念頭に置いて管理する必要がある。屋内の湿度環境が悪化し、それが長期間続くことになれば、木材腐朽菌はすぐに発芽し、木材への悪影響を及ぼすだろう。それは、復原建物の耐久性にも直結する問題である。復原建物３は、復原建物１と共に維持管理の重要度が高い建物である。

８　復原建物４（茅葺高床倉庫）の修理工事

（１）整備（竣工）から修理工事までの経過と課題

復原建物４について、整備から平成 23・24 年度修理工事までの主な経過等は第 15 表のとおりである。本建物は６棟の復原建物のなかで４番目に低い位置にある。民俗建築学・建築考古学的視点から、上屋構造や刻み梯子の位置が定められた。なお、発掘調査では、梯子の掘付穴や土間（貼床）は確認されていない。

復原建物４周囲の造成盛土厚は 0.5～0.7m である（第６図）。表土（畑耕作土）を漉き取らずに砂質土（富山県水見市産：山土砂）を盛り、造成された。主柱や刻み梯子は暴露状態なので傷みが生じたり、木材加害昆虫（甲虫）の食害が生じたりするものの、地際付近を除いて強度上の大きな問題は生じにくい。主柱の地際付近が、周辺の地下水等によって水を含み、木材腐朽菌の作用によって腐朽しやすいことは竪穴住居と同じである。柱脚金具の天端から地表までの主柱材は、土と直接触れることになる。当該部分に木部の保護対策が講じられなかったこと、および土間に黒ボク土と赤土の混合土を用いたことが腐朽の促進につながった。すなわち、造成盛土（砂質土）の上に保水性の高い黒ボク土が敷設され、その水分が主柱の辺材部分の腐朽を促進することになったと考えられる。

床材下面などを観察するため、あるいは急な降雨に際しての雨宿りなどのため、見学者は床下に立ち入ることが多い。それが度重なると、土間が靴で削られることになる。生じた窪地には吹込んだ雨水が溜まることになり、土間中央から外方に向けた表面排水が十分機能せず、土間層に浸透した水が主柱材・刻み梯子材に悪影響を及ぼすこととなった。積雪期には主柱下部が雪に覆われ、融雪時には主柱の土中埋設部分が水に晒されやすい状況にあることも影響していると考えられる。

刻み梯子材は樹皮が付いたままの状態で造成盛土内に埋め込まれ、柱脚金具など基部の固定設備もなく、木部の保護対策も講じられなかった。刻み梯子の足掛かり部分に雨水が溜まり、それが樹皮に浸み込んで腐朽を促進させることとなった。復原建物１～３と同様の透水管の問題から地下水を早期に排水できなかったこと、造成盛土表面の土壌化の進行によって雨水や融雪水が滞水したこ

第 15 表　復原建物４の主な経過と対応

復原建物４の主な経過	市単独修繕等の内容、課題
①H11. 3　**整備（竣工）** 雨漏り・小屋組材等腐朽 山茅落下 木材加害昆虫の食害 （主柱・床・刻み梯子）	①平成 11 年８月の台風で屋根が約 30cm 南に傾き、樹皮眺ね上げ戸も破損したため、屋根を牽引して原状回復させ、整備段階の設計事務所との協議や環境整備委員の指導を受け、あくまで工作物（展示物）の安全確保措置として筋交い（自然木）を追加した。
②H16. 6～12　**市単独修繕** 山茅葺替（屋根・妻壁） 主柱４取替	②主柱４取替（土中埋設部分の木材保護対策なし）、山茅葺替（逆葺を基本とし、軒の下層のみ順葺。山茅はすべて穂先あり）、棟には茅層と樹皮層の間に防水シート（ウルトラチャンピオン）を追加。
③H22. 11　木材劣化診断 （一次・二次診断）	
④H23. 5　屋根部分補修	④暴風雨で痩せ細った茅束が多く抜け落ちるなどの劣化が生じたため、当該部分に茅束を追加（差し茅が難しい構造のため、新しい茅束を被せた）。

とも加わって、材の腐朽が進んだ。

整備段階では、縄文時代の茅葺として、穂先を残した山茅をそのまま屋根材として二重に逆葺した（写真 232）。ただし、軒の下層（長さ約２m）は順葺で、この茅束も穂先を落とさずに用いられた。穂先を残した以上、順葺ではなく逆葺とする必要があったのである。それは、屋根面を流れ落ちる雨水が穂先部分に浸潤することで付近の茅が傷むことを軽減するための選択だった。

写真 232　整備段階の茅葺過程

ただ、油分を含まない穂先部分は耐久性に劣る。穂先や余分な葉を落とすすぐり作業を行っていないことや大振りの茅束を麻縄のみで小屋組に結束したことも、耐久性の問題に直結することとなった。すなわち、穂先や茎が風雨等によって痩せて細くなることで、束から脱落しやすくなる。脱落には至らなくても、痩せによって生じた隙間は雨漏りを誘発する。雨漏りによって屋内へと浸入した雨水は茅束と小屋組を結束する麻縄にも浸潤し、腐朽した麻縄は小舞や垂木といった小屋組材自体の腐朽を誘発することにもつながった。穂先を除去した山茅を順葺部分に差し茅することで屋根下半の下層を補修することはできるかもしれないが、それでも棟部から屋根上半にかけて雨漏りを防止することは不可能である。また、逆葺部分に差し茅することは不可能である。穂先を残した山茅を用いることで、整備段階での資材価格を低減させることにはなったが、逆葺せざるを得ないことで補修が難しく、全面的な葺替が早期に必要となる構造だった。

市単独修繕では棟部に防水シート（ウルトラチャンピオン）を敷設したことで、当該部からの雨漏りは防止できたものの、資材の状態や茅葺法の問題によって他からの雨漏りを防止することは不可能だった。本質的には整備段階と同じ課題があり、同様の経過を辿って劣化した。年月を重ねるごとに茅が痩せ細って抜け落ちることが目立つようになった平成 23 年春、暴風雨で屋根西面の茅束が大規模に抜け落ちたため、同年５月、当該部分にのみ茅束を追加した。差し茅が難しい構造のため、新しい茅束を被せるに留まった。これまでの経過から、整備・市単独修繕の山茅の状態や茅葺法では、約６年で屋根・妻壁の全面葺替が必要になることが明らかになった。また、主柱等の腐朽も進行しており、今後は大規模改修が必要になることが予想された。茅の全面葺替に加えて主柱１本を取替えた市単独修繕では 1,344 千円（消費税５％込）の経費がかかり、約６年ごとに同等程度（実際は修繕の回数を重ねる度に取替対象材が多くなるので同等以上）の経費を要すことが判明した。これを踏まえ、平成 23･24 年度に開催した第３～５回史跡北代縄文広場復原建物修理検討専門家会議で長寿命化改修の方法を検討した。

（２）復原建物４修理工事の改良点

木材劣化診断の結果、早急な補修の必要性を指摘された刻み梯子の取替を平成 23 年 12 月 26 日～平成 24 年３月 16 日に行った。また、主柱３・６の取替、茅の全面葺替を平成 24 年６月 20 日～平成 25 年３月８日に行った。主な改良点は第 16 表のとおりである。

①刻み梯子の取替　腐朽の進行が著しいことを指摘された刻み梯子について、新材（福

第 16 表　平成 10 年度整備段階の状況と経過、復原建物４修理工事での対応

	整備の状況とその後の経過	平成 23・24 年度修理工事での対応
屋根	①竣工５年３ヶ月後（平成 16 年度）に屋根ほかの修理（市単独修繕）。市単独修繕で、棟部の樹皮層下に防水ｼｰﾄ（ｳﾚﾄﾗﾁｬﾝﾋﾞｵﾝ）を敷設した。 ②市単独修繕（平成 16 年度）から６年 11 ヶ月後（平成 23 年度）に茅束が大規模に抜け落ち、茅束の押え鉾も露出したため、屋根面全面に新しい茅束（すぐり作業なし）を被せた。屋根茅束交換時期は約６年ごと。 ③整備段階の設計屋根厚は平均 30cm、設計妻壁厚は平均 15cm。 ④屋根茅束は二重葺（長さ 1.2m以上、軒先のみ順葺、その他は逆葺）。 →後に差し茅できない葺き方 ⑤雨漏りによって屋内に浸入した雨水が小屋組の麻縄結束部分に浸潤し、腐朽を誘発した。 ⑥表面に押え鉾が露出した。	①全面にすぐり茅（富山県小矢部市産：縄結束部直径 30cm／束、棟茅を含め合計 175 束）を使用。茅の抜け防止のため、茅は高密度で結束した。茅束層内部に押え（割竹・栗丸太）を多用し、茅束の抜け防止策とした。 下部　小屋組の上に細身の長茅（φ５mm・長さ 180cm；上部使用材より高地に生育）を厚さ 5cm で化粧葺（順葺）し、軒付茅は押え鉾をし、約 50cm 毎（小舞１段飛ばし間隔）に割竹で押え、横幅 30cm 毎にｽﾃﾝﾚｽ番線で結束。0.8 束／㎡使用。 上部　厚さ 25cm で化粧葺の上に太身の山茅（上段部：φ５mm・長さ 180cm、中～下段部：φ７mm・長さ 150～180cm）をφ25cm／束で段葺（葺足 23cm 前後）し、約 50cm 毎（小舞１段飛ばし間隔）に栗丸太（φ2.5cm）で押え、横幅 30cm 毎にｽﾃﾝﾚｽ番線で結束。4.2 束／㎡使用。 ②上部茅葺の上段部表層について、笄丸太からの雨水落下地点を段切りして雨水を分散させる構造とした。 ③上部茅葺内の押え鉾を隠し仕上げすることで、押え鉾とすぐり茅の劣化防止策とした。 ④棟の収まりは、上部茅葺の上に屋根方向で元と穂先を交互に重ねて棟茅葺（φ５mm・長さ 180cm・厚さ 10cm）を行った後、棟方向に下地調整茅葺（φ７mm・長さ 180cm・厚さ３cm）、下地材（既設材継続使用）、防水ｼｰﾄ（ｳﾚﾄﾗﾁｬﾝﾋﾞｵﾝ）、杉樹皮・栗樹皮葺し、棟押え丸太と笄丸太のｽﾃﾝﾚｽ番線結束により固定。蔓（山芋）で化粧。 ⑤屋根茅葺は軽微な管理で 10 年は維持でき、茅の経年劣化（痩細りによる抜け）には劣化した茅の交換（差し茅）で対応し、15 年耐用を目指す。 ※富山県南砺市の世界遺産五箇山の合掌屋根も約８年で部分修理。
妻壁	①設計妻壁厚は平均 15cm。	①設計妻壁厚（すぐり茅：縄結束部分の直径 20cm／束）は平均 20cm（φ20cm／束で順葺）。５束／㎡使用。

妻壁		②妻壁の登り梁と垂木の隙間は目戸茅（φ３mm）葺とした。 ③押え鉈は継続使用。ｽﾃﾝﾚｽ番線を用いて横幅 30cm 間隔で結束し、落下防止策とした。また、壁を厚くすることによる長寿命化を図った。
床板	①半割丸太材の隙間が目立つ。	①半割丸太材の隙間は現状維持とし、稲藁むしろ（８枚）を敷いた。
刻み梯子	①樹皮あり材を使用した。	①樹皮剥ぎ材を使用（足掛かり部分の水勾配確保）。梯子材の基礎構造として RC40 を敷設した。 ②梯子材基部（土中埋設部分）は防水ｼｰﾄ（ｳﾙﾄﾗﾁｬﾝﾋﾟｵﾝ）を巾着袋状に巻付け、保護対策（排水孔確保）とした。ｼｰﾄ上端はｺｰｷﾝｸﾞ処理を行った。 ③梯子材の周囲埋戻しは既存造成盛土を再利用。土壌化した盛土表層は山砂（小矢部市石動産）と入換えた。
丸太材防腐処理	①防腐処理（木材保存剤２回塗布）は主柱と雨掛かり材のみ実施した。	①継続使用材を含むすべての材に木材保存剤を２回塗布した。
主柱基部	①柱脚金具上端から床面までの間で土と直接触れていた。	①既設柱脚金具はｸﾚｿﾝ掛け後に防錆剤を塗布して、継続使用した。 ②取替主柱基部（柱脚金具部分）は防水・防湿ｼｰﾄ（厚さ 0.2mm）を巾着袋状に巻付けてから柱脚金具にﾎﾞﾙﾄ固定し、ｼｰﾄ上端はｺｰｷﾝｸﾞ処理した。設計 GL−２cm の位置に銅板を巻付け、抗菌効果（銅ｲｵﾝ）を期待した。 ③設計 GL−２cm から柱脚金具ﾎﾞﾙﾄまでｺﾞﾑｱｽﾙｰﾌｨﾝｸﾞ（SE ﾀｯｸ）を巻付け、地際付近の防水による防腐・防虫対策とした。 ④主柱周囲は既存土を除去し、山砂（小矢部市安楽寺産）で埋戻した。
透水管	①透水管はφ10cm。周囲はφ２mm 程度の砂で、GL まで埋戻した。 ②建物周囲の土壌化および床下土壌の性質により、機能が低下した。 ④四周に敷設する整備設計だったが、３方のみ敷設（農道下は未敷設）。	①透水管の周囲を砂から砂利（φ25mm）に変更した（竪穴住居修理工事に準じた）。 ②透水管上の砂利層表面を浅く窪ませた（竪穴住居修理工事に準じた）。
床下土間	①黒ﾎﾞｸ土２：赤土１の混合土を使用し、GL−10cm まで埋戻した後、突固め水締め。 ②①上に混練した材料を盛り、叩いて締め固めた。 ③平成 24 年度修理工事前の段階では、刻み梯子付近を含め、周辺よりも低くなっていた（＝滞水要因）。	①建物周囲の GL と比べて、床下土間（小矢部市安楽寺産の山砂表面に塩化ﾅﾄﾘｳﾑ・塩化ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ散布）を中央部で 15cm 高く、四方に水勾配を設けながら機械転圧。山砂下にはｸﾗｯｼｬｰﾗﾝ（40mm 未満）による基礎を敷設した（厚さ 10cm）。
周辺地形	①刻み梯子付近が窪み、滞水し易い（材劣化の一因）。	①刻み梯子付近の窪地について、表土除去後に山砂を充填した。

井県池田町産栗材、樹齢23年）と取替えた。整備段階からの改良点は、①樹皮を剥ぐことで雨水等の速やかな表面排水を実現すると共に腐朽する危険性を低減させたこと、②土中埋設部分に防水シート巻付による保護対策を講じたこと、③材の基礎に再生砕石層を設けて刻み梯子材の沈下を防止したことである。これらにより、見学者の安全性と材の耐久性を向上させた。

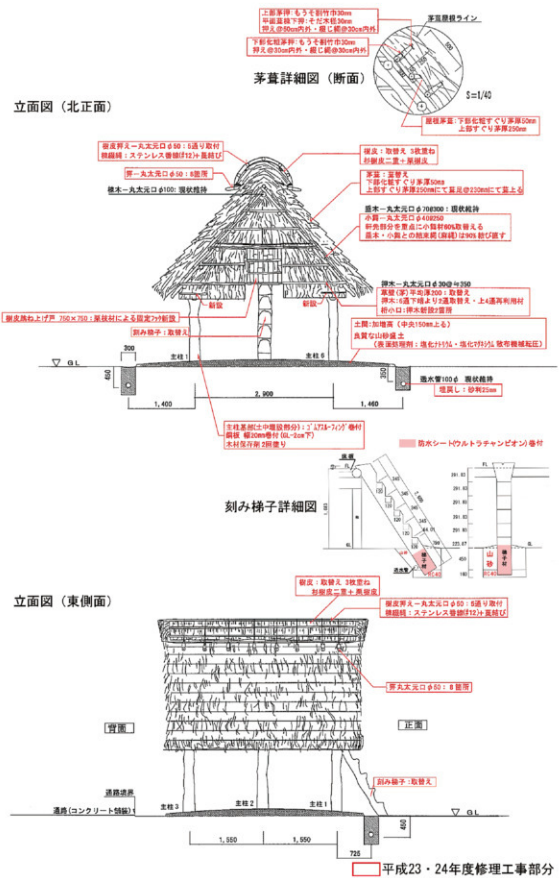
写真233　屋根面でのハチの営巣
アシナガバチ類（平成14年8月）

なお、旧材の土中埋設部分は通水性のある造成盛土（富山県氷見市産砂質土）と接していたため、ほぼ腐朽しておらず、樹皮も遺存した。これは、木材が地下水に保護され、酸素の供給もなかったために木材腐朽菌の作用が抑えられたことによると判断された。他の復原建物（竪穴住居）では黒ボク土主体の屋根土内に据えられた杈首尻・垂木尻が腐朽によって先細りしたり、消滅したりしており、状態は大きく異なった。木部が触れる土質や水分量がこのような差につながったと考えられる。

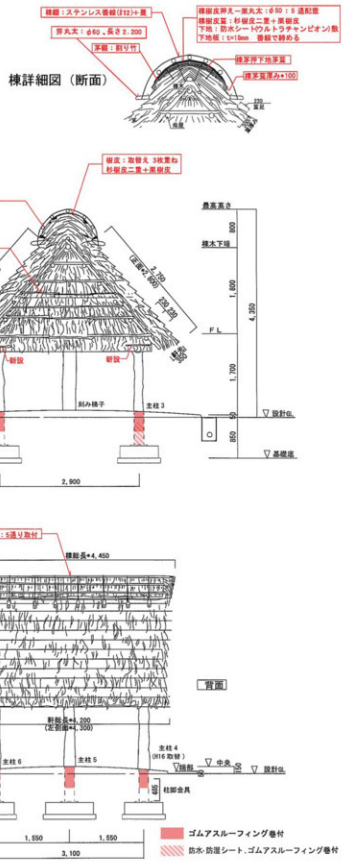
②屋根・妻壁の茅葺法選定に至る経過と施工　整備・市単独修繕と同じく、すぐり作業を行わずに刈り取ったまま状態で茅葺すると維持管理（補修）は困難で、痩せ細った茅が抜け落ちていくことを眺めることしかできないのが現実である。劣化による自然落下や強風・落雪時の落下に加えて、人や鳥により意図的に引き抜かれることもあった。穂先があることで高密度の茅束を作ることができず、隙間はハチが営巣する適所にもなった（写真233）。穂先があるために茅束が低密度に結束された屋根面で営巣されると、巣を発見することは容易でなく、見学者がハチに刺される事故が発生しかねない。これは、来場者の安全・安心の確保という観点でも憂慮すべき事態であり、本再整備事業では維持管理が可能な茅葺法とすることを最優先に検討した。

市単独修繕では棟部に敷設した防水シートが効果を発揮し、棟部からの雨漏りは防止することができた。これを踏まえ、平成24年度修理工事は屋根面の茅束層内部にも防水シート（ウルトラチャンピオン）を全面的に敷設する方針で発注した。これは、鳥取県立むきばんだ史跡公園（妻木晩田遺跡）第150竪穴住居で土屋根下の茅葺層上面に防水シートが敷設された事例（鳥取県教育委員会2012）があることにヒントを得たものである。しかし、受注業者との協議のなかで、当該部への防水シートの敷設は取りやめ、茅束層の押え材を多く用いることとした。それは、防水シートの重量（625g／㎡）に加え、その上部に葺いた茅の保水量が増すことによる悪影響を考慮し、維持管理（差し茅）が容易にできることを最重要視したことによる。なお、軽量の防水・防湿シートを用いる場合でも防水・防湿シート上部に葺いた茅の保水量が増すことは同じである。

屋根・妻壁の長寿命化に向けた最大の改良点は、穂先や余分な葉を落とした従来の約3倍となる量のすぐり茅（山茅）を用い、高密度に結束した茅束を段葺（順葺）して、茅束層内で割竹や栗丸太で押さえて抜け落ちることを防ぐ対策を講じたことである（写真265）。順葺によって、差し茅が可能になる。風雨等で表層の茅束が痩せ始めた頃に結束に用いたステンレス番線と麻縄をきつく締め直すことで、抜け落ちをさらに防止できる。小屋組材は、雨漏りによる木材腐朽菌の作用や木材加害昆虫の食害で著しく劣化した材のみ新材と取替えたほか、すべての材について汚れを落としたうえでステンレス番線と麻縄で再結束

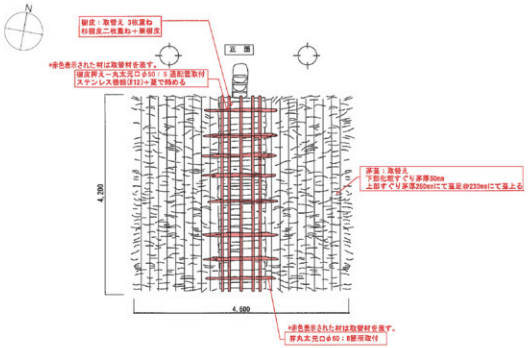


第 33 図　復原建物４竣工図(1)　立面図（北正面・東側面）：1/80

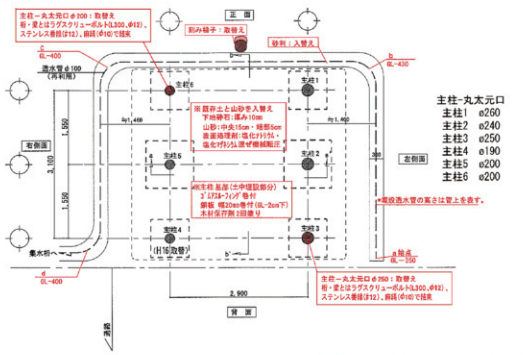


第 34 図　復原建物４竣工図(2)　立面図（背面・西側面）：1/80

屋根伏図

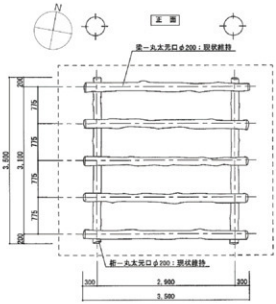


下階平面図

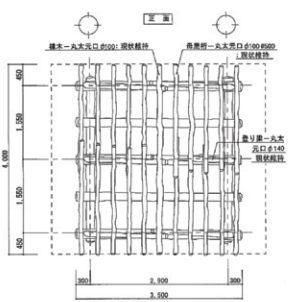


第 35 図　復原建物４竣工図(3)　屋根伏図・下階平面図：1/80

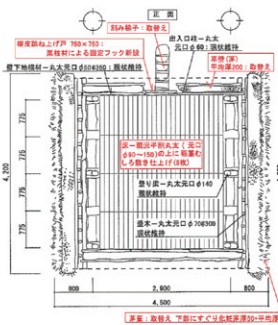
梁伏図



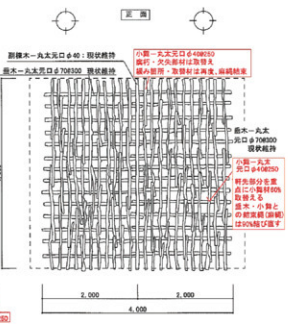
小屋伏図（登り梁、母屋）



上階平面図



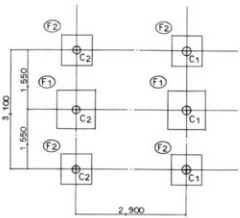
小屋伏図（垂木、小舞）



平成23・24年度修理工事部分

第 36 図　復原建物４竣工図(4)　梁伏図・小屋伏図・上階平面図：1/80

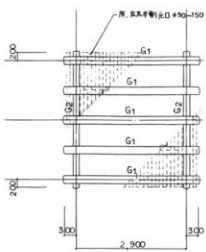
基礎伏図（1階床伏図）



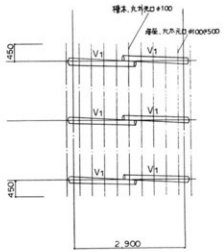
柱脚金具
C1　ベースプレート460×460
　　柱脚外径216、内径204、高485

C2　ベースプレート460×460
　　柱脚外径267、内径253、高485

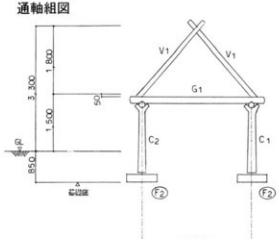
（2階床伏図）

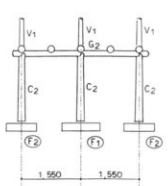


屋根伏図

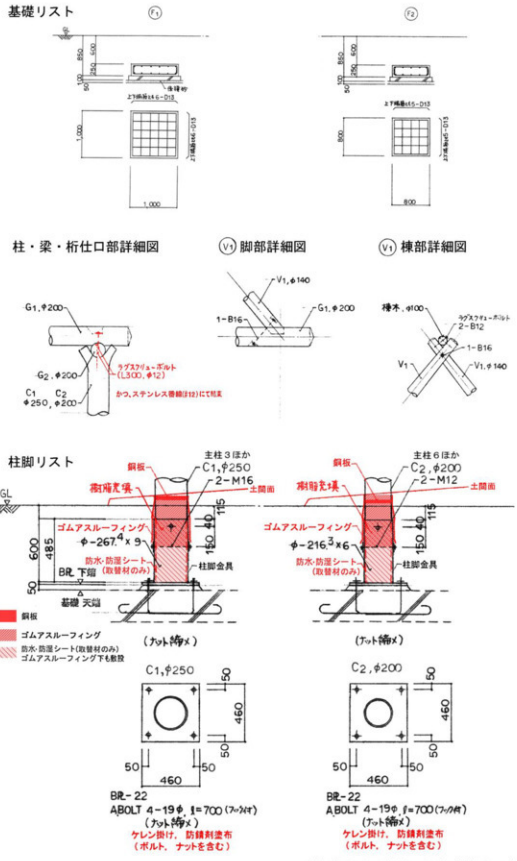


通軸組図





第 37 図　復原建物４竣工図(5)　基礎伏図・屋根伏図・通軸組図：1/100



第 38 図　復原建物４竣工図(6)　基礎リスト：1/80、各部詳細図：1/40、柱脚リスト：1/30

写真 234　梯子（旧材）の腐朽状態（平成 23 年度）

写真 235　土中埋設部分（砂質土のため樹皮も遺存）
整備段階では基部を 50cm 埋設して上端部を床材に立てかけて固定（地上部分の樹皮は消失）した

写真 236　梯子裏側の腐朽・虫害状態

写真 237　足掛かり部分の加工

写真 238　新旧梯子材（ｷｼﾗﾓﾝﾄﾗｯﾄﾞ２回塗布）

写真 239　基礎砕石（RC40、最大厚 16cm）と透水管

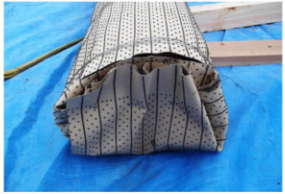


写真 240　梯子材基部防水シート養生（排水溝造作）

写真 241　ｳﾙﾄﾗﾁｬﾝﾋﾞｵﾝ上端部防水措置

写真 242　平成 24 年度修理工事着工前（梯子は平成 23 年度に取替えたもの）

屋根西面は 23 年５月に茅束を追加した　　屋根は両面とも茅束の押え鉢が露出している

写真 243　主柱３の腐朽状態

写真 244　同左アップ

工事設計監理業者（監理技術者）の確認調査で、腐朽部分を若干除去した後の状態

写真 245　主柱６の腐朽状態

基部表面の変色は油類塗布痕（塗膜による木材加害昆虫の虫害［食害・産卵］予防策）

写真 246　主柱６腐朽部分アップ

し、木材保存剤（キシラモントラッド）を２回塗布した。塗布範囲は整備段階と比べて大幅に増やした。また、棟部の栗樹皮を整備段階や市単独修繕段階、本再整備事業での竪穴住居の栗樹皮と比べて２倍以上に厚くした。栗樹皮はしわが多い分、風圧で割れやすいこ

写真 247　主柱３・６柱脚金具　現況

写真 248　柱脚金具　ケレン掛け後

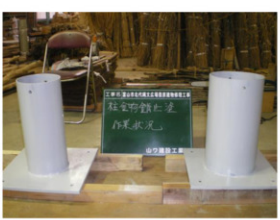


写真 249　柱脚金具　防錆剤塗布後
サビカット２回塗布

写真 250　新規調達主柱３木材保存剤塗布
キシラモントラッド

写真 251　新規調達主柱6防水・防湿シート巻付
厚さ0.2㎜のポリエチレンフィルムを巾着袋状に巻付け、ステンレス番線で密着させた

写真 252　継続使用主柱　柱脚金具防錆剤塗布
アンカーボルト・ナットを含めて、ケレン掛け後にサビカットを２回塗布した

とに加え、高床倉庫の棟部は竪穴住居の棟部や小屋根よりも高い位置にあり、風の影響を強く受ける。樹皮を可能な限り平面的に厚く剥ぐことができれば、栗樹皮自体の耐久性を向上させることにつながることから、平成 24 年度修理工事では樹齢 100 年を超える太い幹

写真 253　茅除去後

写真 254　継続使用主柱腐朽箇所
火炎滅菌後、ガソリン塗布による防腐処置

写真 255　ｶﾞｿﾘﾝ塗布後の目地埋め、銅板巻付
水滴が銅板に触れた際に発生した銅イオンが発揮する抗菌効果を期待した措置

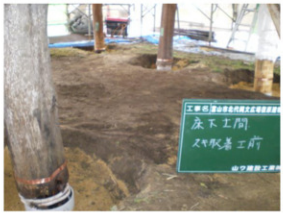


写真 256　主柱周囲埋戻し（小矢部市安楽寺産山砂）
主柱周囲の排水性向上を目的として山砂を採用した

写真 257　主柱ｺﾞﾑｱｽﾙｰﾌｨﾝｸﾞ巻付
粘着面が木材表面に密着し、防水性を発揮する

写真 258　既存黒ボク土除去
茶褐色層は造成盛土層上面

から平面的に厚さ１cm以上で剥ぎ取った（写真271）。適切に敷設できれば、下部の杉樹皮層の保護にもつながり、破損によって美観が損なわれることも少なくなるからである。実際、平成28年４月17日の強風（最大風速18.2m・瞬間最大風速30.0m）で棟端部の栗樹皮の一部が吹き飛んだ以外は、平成29年２月時点で大きな損傷は認められない。

なお、風による茅の劣化を軽減するため、建物から５～６m離れた地点に数本植樹する

写真259　劣化材取替え

写真260　再結束（ステンレス番線・麻縄）

写真261　屋根下部　化粧長茅葺（順葺）

写真262　同左　笄丸太（割竹押え、番線縫い）

写真263　屋根上部　茅葺（順葺）

写真264　同左　番線縫い

ことも検討した。しかし、候補地の造成盛土は薄い部分で30cm程度しかないため、史跡保護の観点から植樹による暴風対策を講じることは断念した。

③主柱基部の保護対策選定に至る経過と施工　高床倉庫の主柱は竪穴住居と異なり、暴露状態なので、吹込んだ雨水や融雪水は必ず主柱に沿って下半部から土中に滴り落ちる。

写真 265　屋根上部　段葺状態

写真 266　屋根棟部　下地茅葺（折曲）状態

写真 267　屋根棟部　下地調整茅葺

写真 268　屋根棟部 下地板（既存材）取付

写真 269　防水シート（ウルトラチャンピオン）敷設

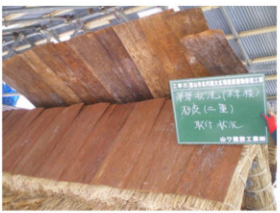


写真 270　杉樹皮葺（二重葺）

整備段階で、黒ボク土と赤土の混合土を用いて保水性が高い土間を敷設したことで草が繁茂し、さらに雨水等が根に沿って地下に浸透しやすくなった。以上の要因によって、高床倉庫の主柱・刻み梯子は竪穴住居の主柱よりも腐朽が進行しやすい環境になった。木材劣化診断（一・二次診断）では刻み梯子のほかに主柱６の交換が必要と判断されたが、このような状況を考慮して平成 24 年度修理工事発注前に、同工事設計監理業者（修理工事監理

写真 271　栗樹皮葺

写真 272　屋根棟部　妻壁側

写真 273　屋根棟部　側面

写真 274　屋根棟部　完成

写真 275　妻壁　押え鉾縫い

写真 276　妻壁厚 20cm

技術者）によるすべての主柱の確認調査を市監督員立会いの下で実施した。

その結果、整備段階の施工法を含め、主柱の土中埋設部分の腐朽状態を目視・触診で確認することができた。柱脚金具に挿入するために主柱基部を抉った部分はコーキング材、もしくはコーキング時に芯材として巻付けたビニール紐が接し、土壌に直接触れてはいなかった。これに対し、抉っていない部分は土壌に直接触れていたことが判明した。コーキング材やビニール紐は総じて劣化していた。木部の腐朽状態から、主柱３・６の２本を新規調達材と取替え、その他の主柱は保護対策を講じて継続使用することとした。

新規調達材はいずれも富山県小矢部市産栗材で、主柱３が樹齢60年、主柱６は樹齢40年である。木材保存剤（キシラモントラッド）を２回塗布した（写真250）うえで基部に厚さ0.2㎜の防水・防湿シート（建築用ポリエチレンフィルム）を巾着袋状に巻付け（写真251）、柱脚金具内に挿入し、十字方向に貫通させた２本の六角ボルトで固定した。柱脚金具の天端にはコーキング材で防水対策を講じた。柱脚金具より上部はGL－２cmのところに抗菌効果を期待して銅板（厚さ0.3㎜、幅２cm、銅釘留め）を巻付けた後（写真255）、柱脚金具まで厚さ1.0㎜のゴムアスルーフィング（屋根下葺防水材：SE タック）を接着して防水対策とした（写真257）。ゴムアスルーフィングの上端部にもコーキング材で防水対策を講じた。また、継続使用材は主柱周囲の土壌を取り除いて腐朽部分等の除去、および火炎滅菌・防腐対策を講じた後、主柱３・６と同様に銅板巻付等の措置を講じた（写真254～258）。

すべての柱脚金具を露出させる過程で、柱脚金具（ベースプレート）の固定方法が整備段階の設計と異なり、Ｌ字型アンカーボルト（ABOLT）で基礎コンクリートと固定してダブルナットで締めるのではなく、シングルナット締めであることが判明した。これまでシングルナット締めでも問題が生じていないことを勘案し、アンカーボルトとナットもケレン掛けして防錆剤（サビカット）を２回塗布し、継続使用した。なお、主柱３・６と桁・梁との結束はラグスクリューボルト（L300㎜・φ12㎜、込栓打込み）・ステンレス番線（＃12）・麻縄（φ10㎜）による。

④土間および透水管周囲の改修策の選定に至る経過と施工　整備以降の経過や専門家会議での検討をとおして、①土間層の耐久性（形状保持）と表面排水能力の向上、②透水管の排水能力向上が主柱・刻み梯子材の土中埋設部分の耐久性向上に不可欠であることが明らかになった。①の実現には赤土主体の土間タタキで仕上げることも一案だが、発掘調査で土間（貼床）が検出されなかったことを重視して、赤土主体で土間タタキを実施しないこととした。竪穴住居のように、土間層に防水・防湿シートを敷設して浸透水を透水管に誘導する構造を設けることも検討したが、最終的には次のように改修した。

既存土間除去後の造成盛土上面（写真258）を機械転圧し、厚さ10cmでクラッシャーラン（40㎜未満）を敷設して機械転圧した。そのうえで小矢部市安楽寺産山砂を敷設（中央部厚15cm、端部厚５cm）し、表面処理剤として融雪剤（主成分は塩化ナトリウム・塩化マグネシウム）を散布して機械転圧した。これにより、土間面の水勾配による表面排水を基本としつつ、浸透水は砂利層を経由して透水管に排出される構造を設けることができた。

透水管（φ100㎜）は整備段階のものを継続使用することとし、透水管上の保護砂を除去して小矢部産砂利と入換えた。南側の妻壁部分を除いた３方に敷設された透水管の延長は約17mである。透水管の耐用年数を考慮すると、次の本格的修理では更新する必要がある。保護砂を除去する段階で透水管の水勾配を可能な限り調整し、集水桝へと排水しやすいよ

うにしたが、砂利層自体が暗渠の役割を果たす。

（３）維持管理上の課題等

①屋根・妻壁　茅および茅束を少しでも長持ちさせるための茅葺法として、平成 24 年度修理工事では すぐり茅による順葺（段葺）を採用した。これは、劣化した表層に差し茅することで、部分補修を可能にするものであった。段葺部分の状態変化を把握して部分補修を適時適切に行うことが、長期的には茅の全面葺替や上屋解体を伴う本格的修理工事の間隔を延ばすこと、すなわち維持管理経費の節減につながる。再整備または補修段階ですぐったとしても、山茅は時間の経過とともに劣化する。山茅は川茅より強度があるものの、麻縄を含めて劣化を防ぐことは不可能で、定期的に取替えることが欠かせない。劣化によって茅束の結束が緩み、それは茅束自体の結束が緩むことにもつながるのである。

高床建物という構造上、茅や小屋組材が風雨や日射といった自然的要因からの影響を強く受けることはやむを得ない。北代縄文広場で風の影響を強く受ける西面（屋根面）は、茅も痩せやすい。暴露状態にあることで、茅や小屋組材が濡れても乾きやすいという利点はあるものの、北面（妻壁）など日射量が少ない部分は山茅が劣化しやすく、カビも発生しやすい。実際に、平成 28 年度秋には北面の茅や麻縄、刻み梯子で緑色のカビが発生した。茅や麻縄のカビを削り落とすことは資材への悪影響も生じるため、現実的には対応が難しい。経過観察を励行し、小屋組材などへの影響が大きくなることを裂けるため、適切な時期に補修（定期的な差し茅のなかでの取替え）を行うことが重要になる。

見学者の安心・安全の確保のため、ハチの巣の確認も励行する必要がある。再整備後、屋根面での営巣は確認されていないが、南側の妻壁上部でのフタモンアシナガバチの営巣が多く、確認する度に除去している。また、丸太材（桁）に穴をあけて営巣するハチもおり、巣穴入口をコーキング材で埋めて対応した。

②小屋組材　高床建物の強度維持の要は、主柱材・刻み梯子材の基部（地際付近：GL+15㎝ 程度まで）の強度である。地表付近の水分が木材表面の含水量を増やし、木材腐朽菌の作用によって木材加害昆虫の食害を被り、木材の強度を低下させる。ゆえに、地際付近の木部保護対策と共に地表付近の排水能力維持が肝要である。見学等に伴い、土間が削られることで主柱付近の地表の水勾配は失われていくため、定期的に水勾配を原状復旧する必要がある。草が生い茂ると土壌の保水性も高まるので、除草と並行して叩いて締め固めることが必要である。地下水の排水能力維持のためには、透水管上の砂利層の点検も欠かせない。目詰まりしていれば、取り除く必要がある。これらによって、傷みやすい地際付近の木部の乾燥を促進することができる。

地際付近では濡れを完全に防ぐことが困難であり、木部の腐朽や湿材害虫による食害・産卵を抑制するため、含浸性のある塗布型の木材保存剤を定期的（産卵時期前）に塗布し、被膜を形成することが現実的な対応と考えられる。高床倉庫では燻煙作業を行っていないため、木材加害昆虫が容易に近づく。実際に主柱や桁、梁、床材などは産卵を目的とした乾材害虫による食害が目立ち、今後も被害は拡大することが予想される。これら乾材害虫による上部の食害穴には、ノズルを用いて殺虫剤を注入する対応が必要だろう。ただし、地際付近を除いて、建物の強度に顕著な支障を及ぼさない。地際付近の木部の劣化を少しでも遅らせることが、茅の維持による雨漏り防止と共に重要である。

９　復原建物５（土屋根竪穴住居）の修理工事

（１）整備（竣工）から修理工事までの経過

復原建物５は、集落景観を復元するために、昭和 53 年度の範囲確認調査で検出された第 32 号住居跡付近（第３図）に、復原建物２（第 13 号住居跡）の複製として設置された。周囲の造成盛土厚は 0.6ｍである（第６図）。復原建物６と共に最も高い位置にあり（第３図）、地下水の影響は他の復原建物と比べて軽微と考えられるが、皆無ではなかった。整備から平成 22～24 年度修理工事までの主な経過等は第 17 表のとおりである。主に雨漏りよって主柱材や小屋組材の腐朽が進行し、建物の劣化が進行したと考えられる。

（２）復原建物５修理工事の改良点

①当初の修理意図と改良の目的　当初は市単独修繕の従来工法で修理する方針で、１年目として建物の解体調査と小屋組材の調達、粗加工・防腐処理等を行う修理工事を平成 22 年７月５日～平成 23 年３月 18 日に行った。２年目の上屋復元を行う修理（改築）工事は平成 23 年６月 15 日～12 月 27 日に行った。その後、小屋根の煙出し窓からの雨・雪の吹込み防止対策を行う修理工事を平成 24 年 12 月 25 日～平成 25 年３月 15 日に行った。

１年目の修理工事では、解体調査において、面的に土と触れていた材（小屋根下の土留丸太、出入口樹皮壁下の土留丸太、出入口屋根の土留丸太、階段の足掛かり材）や腐朽が著しい材（出入口支柱、小舞）は廃棄処分とした。再利用または転用できると判断したものは、主柱・桁・梁・出入口梁・垂木・出入口小舞だった。主柱のほか、垂木等の大部分は腐朽部分を切除して転用可能と判断した。この他、新規調達材に加え、市単独修繕での

第 17 表　復原建物５の主な経過と対応

復原建物５の主な経過	市単独修繕等の内容、課題
①H11. 3　**整備（竣工）** 雨漏り・小屋組材等腐朽 屋根陥没（屋根土落下）	
②H15. 6～12　**薬剤（エキボン）燻蒸**	
③H16. 7　土屋根部分補修 （平成 20･21 年とあわせ、同様の補修を計５回行った）	③中学２年生の就業体験で腐朽した小舞と樹皮を除去し、新たに樹皮とそだ木を敷設した後、土葺した。以後の補修ではベニヤ板や波板等を追加し、雨漏りの軽減や土屋根の耐久性向上を目指した。
④H16. 10　**出入口屋根修繕** （写真 47・48・50）	④腐朽した樹皮や小舞を新材に更新し、中間に防水シート（ウルトラチャンピオン）を敷設した。シート上に樹皮屋根を設け、土屋根部分はそだ木の敷設後に周囲とあわせて土葺した。屋根土留丸太は新材に更新した。
⑤H16. 12～H17. 3　**小屋根等修繕** 小屋根葺替 土屋根陥没箇所補修 （写真 46・49）	⑤腐朽した小屋根の梁丸太材を新材に更新し、調達した栗・杉樹皮葺後に防水シート（ウルトラチャンピオン）を敷設したうえで再度栗・杉樹皮葺した。また、土屋根の陥没箇所（全体の約１割）の小舞材を新材に更新し、小屋根と同じ手順で樹皮・防水シート葺し、そだ木の敷設後に屋根土を葺いて補修した。
⑥H21. 10　**台風被害・土屋根補強** （写真 51） **屋内公開停止**	⑥部分補強の繰返しでは土屋根を維持できないと判断した。事故防止の観点から、下半部の屋根土を除去してコンパネを小屋組材に当て（腐朽した小舞に替えて板材を追加）、防水・防湿シートを敷設して屋根土を被せたうえで、屋内を公開停止とした。

残材（栗丸太材・そだ木）もあわせて粗加工や防腐処理等を行った。残材の直径（φ12～20cm）に加え、腐れ代（腐朽・虫害に備えた部分）の確保が復原建物の長寿命化に資するとの判断を継続し、垂木材はφ12cm 相当（コーナー部分など耐久性が求められる部分はφ17cm 相当）、主柱（股木）はφ18cm 相当、小舞はφ６cm 相当の栗丸太材として発注した。すべてのそだ木・樹皮について、専用薫蒸庫内（ガス濃度０.５%）で 48 時間の文化財虫菌害防除作業主任者（公益財団法人文化財虫害研究所認定資格）の監理の下で薬品薫蒸（殺虫処理）を行った。使用薬品はエキヒューム S（酸化エチレン 15%製剤）である。

平成 23 年３月１日に開催した第２回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（以下、第○回専門家会議と略記）、同年４月 25 日に開催した史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（屋根検討部会）ほかでの検討結果を踏まえ、平成 23 年度修理工事の目的を a. 表面排水能力の向上、b. 建物周辺の地下水の排水能力向上、c. 土屋根に浸透した雨水の排水能力向上（竪穴内への還流防止）、d. 土間および腰壁下への防水・防湿対策、e. 屋内吸放湿能力の向上、f. 小屋根煙出し窓からの吹込み防止対策、g. 主柱ほか小屋組材の更新とした。目的 a～f とその手段は同一構造の復原建物２修理工事と同様である。改修工事とした復原建物２修理工事になかった g が加わったのは、復原建物５が改築工事だったことによる。

以下では、整備段階の施工実態と比較しながら記述する。必要に応じて復原建物２の施工実態とも比較する際、復原建物２の修理工事報告（Ⅵ－６）と重複する内容は詳述せず、異なる点を中心に記述する。詳細は第 18 表のとおりである。

②土屋根および透水管付近での排水対策　土屋根、および垂木尻から透水管までの範囲を改良することで、工事目的 a～c の実現を目指した。透水管はほぼ健全だったため、透水管直上から砂利を敷設した（写真 310）。一部のメッシュ部分が破れていたため、当該部を直管継手で補修して、継続使用した。透水管の耐用年数を考慮すると、次の本格的修理工事では透水管を更新する必要がある。屋根に敷設した防水シート（REV03）の下端部から透水管までの平坦面に敷設した防水・防湿シートには、厚さ０.２㎜の土間コンシートを選定した。なお、復原建物１・３と異なり、平坦面上に砂利暗渠列は設けていない。

屋根の防水シートにはポリエチレン樹脂を主原料とした屋根下葺材（REV03）を選定し、小屋組後に栗・杉樹皮を葺いた後の屋根面で横方向に敷設した（写真 306）。同製品には毛細管現象を防ぐために高さ３㎜の突起が多数設けられ、雨水の横走りを防ぐための高さ３㎜の突起列も 60㎜ 間隔で設けられている。防水シートを屋根面で横方向に敷設することで、突起列を屋根面の縦方向に配置することができる。縦・横とも防水シートの重ね幅 15cm 以上を確保しつつ、横方向に敷設した。なお、メーカー（南チャンピオン化成）からは REV03 10 本（200 ㎡分）の提供を受けた。その後、杉樹皮を葺き（小屋根付近は杉樹皮の上に栗樹皮も葺き）、そだ木を逆葺きすることで排水性を向上させた（写真 307～309）。そだ木や杉樹皮は徐々に腐朽し、分解されていずれは消滅することになるが、杉樹皮は腐朽したそだ木や屋根土が沈降してくる際にある程度面的に支える構造物としての役割を一定期間果たし、最終的に防水シート表面まで浸透してきた雨水が毛細管現象を来たすことがないよう、突起列による空間を一定期間保持することを目的として敷設した。

屋根土には既存の黒ボク土を再利用した。黒ボク土は保水性が高く、排水性が悪い。土屋根の復元にあたって、平成 23 年 11 月 30 日に専門家会議委員の宮野秋彦氏の参加を得て、現場代理人、監理技術者、市監督員で、解体時に草の根を取り除いて保管しておいた黒ボ

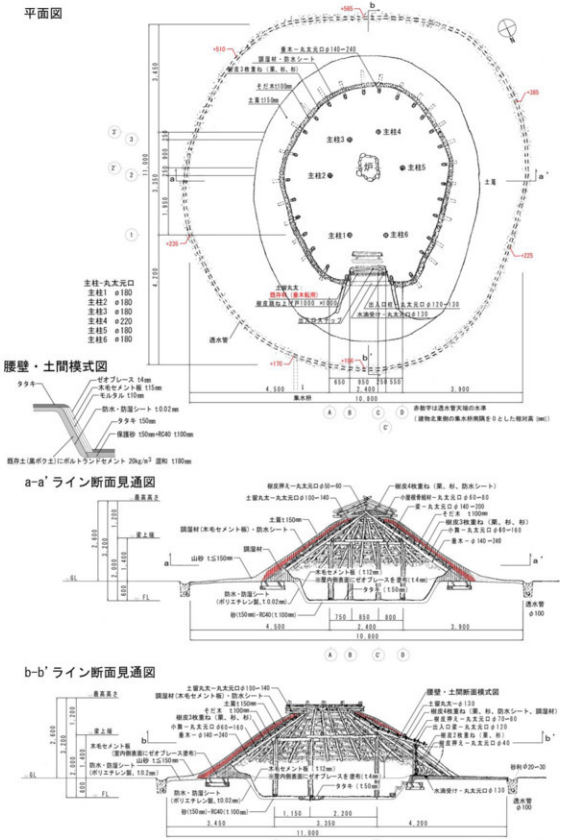
第 18 表　平成 10 年度整備段階の状況と経過、復原建物５修理工事での対応

	整備の状況と経過	平成 22～24 年度修理工事での対応
屋根土	①平均厚 25cm の仕様だったが、表面の硬化までの浸水が危惧され、黒ボク土を厚さ 50cm 以上で施工した。	①厚さ 15cm 均一を基本とし、下層は改良土（細粒化させた既存土約６㎥に対し、木粉約２㎥を混和）を叩いて締め固め、上層は細粒化させた既存土約３㎥を叩いて締め固めた。既存の黒ボク土が粘土分を多く含み、締め固めが困難なため、腐朽消滅後に生じる空隙を介して排水性を高める目的で下層に木粉を混和した。当初は籾殻を混和することを検討したが、意思決定した時期が遅かったために調達できず、次善の策として木粉を選定した。
屋　根	①樹皮（栗・杉）、そだ木、葦、黒ボク土を使用した。 ②小舞上に樹皮を３重（不可視部分には一部で杉樹皮を使用）に葺いた。 ③樹皮の上にそだ木の束を敷設し、その上に屋根土を葺いた（屋根土が食込むようにそだ木の束を順葺したことで、浸透水の排水不良が生じ、雨漏りを誘発する一因となった）。 参考　市単独修繕では、樹皮葺後に追加敷設（縦葺）した防水シート（ウルトラチャンピオン）上にそだ木の束を敷設した。また、樹皮層内に調湿建材（ヒューミライト）を敷設した。	①樹皮（栗・杉）、そだ木、防水シート、ゼオブレースを片面に塗布した木毛セメント板、黒ボク土（細粒化させた既存土に木粉混和）を使用した。 ②防水シートは REV03 を選定し、屋根上端から垂木尻まで横葺した。防水シート上に杉樹皮を葺き（小屋根付近のみ栗樹皮も追加）、そだ木を敷設（逆葺）した。 ③防水シート下端部の下から透水管まで厚さ 0.2mm の防水・防湿シート（土間コンシート）を敷設し、浸透水を透水管に直接排水させる構造を設けた。防水・防湿シート上には水勾配を設けながら山土砂（富山県内産）を機械転圧し、従来の黒ボク土よりも浸透水の排水性を高めた。 ④樹皮層内にゼオブレースを厚さ４mm で塗布した木毛セメント板を敷設して、土屋根の断熱性能と耐久性、屋内吸放湿性能を向上させた。
小屋根	①最上部の栗樹皮を横方向に葺く際、木表が上側（上側が凸面）となるように葺いた。 参考　平成 16 年３月の修繕時に、防水シート（ウルトラチャンピオン）を樹皮層内に追加した。	①最上層の栗樹皮を縦方向に葺く際、表面排水能力の向上を意図して木表が下側（上側が凹面）となるように葺いた。また、横材の追加による風対策、草壁の増設による吹込み防止対策を講じた。樹皮はすべて新材に更新した。
腰　壁	①黒ボク土２：赤土１の混合土を腰壁（土壁）の材料とし、厚さ 10cm で叩いて締め固めた。	①既存土を除去し、造成盛土に沿わせて厚さ 0.02mm の防水・防湿シートで壁・床を覆い、防水・防湿対策の一つとした。 ②既存土を普通ポルトランドセメント改良（20kg／㎥混和）し、防水・防湿シート上で叩いて締め固めた。 ③断熱性能・屋内吸放湿性能向上のため、木毛セメント板を腰壁下地材として改良土に固定し、ゼオブレース（特注色：土間色）を塗布した。
土　間	①黒ボク土２：赤土１の混合土を土間材料とし、設計 FL-20～25cm まで掘削して埋戻した後、突固め水締めを行った。その上に混練した混合土を盛り、叩いて締め固めた。	①既存の土間改良土内で、下から防水・防湿シート→保護砂（厚さ５cm）→再生砕石（RC40：厚さ 10cm）→タタキ（厚さ５cm）の順にプレートで転圧し、防水・防湿性能、屋内吸放湿性能を向上させた。

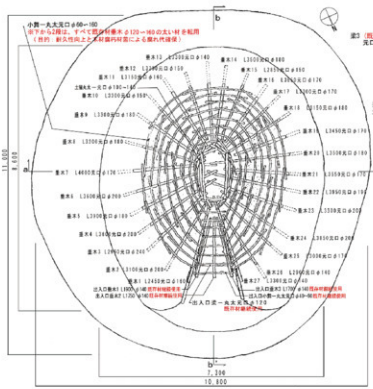
土　間	②竪穴を囲むように布基礎を回して地下水の浸入を防ぐ計画だったが、基礎底盤の下を経由して土間面に水が浸み出すこととなった。	②タタキには富山県小矢部市産瓦用粘土（赤土）、常願寺川産砂、鹿沼土、消石灰を混和し、土間・棚に厚さ５㎝で施工した。
主柱材および小屋組材	①主柱は、柱脚金具上端から土間面までの土中埋設部分で土と触れていた。 ②垂木は土中埋設部分で土と触れていた。 ③小舞には樹皮を残したままの薪材を使用した。 ④防腐処理（木材保存剤２回塗布）は足元に土が被る部分と雨掛かり材のみ実施した。	①主柱基部（土中埋設部分）には厚さ０.２㎜の防水・防湿シートを巾着袋状に巻付け、ステンレス番線で密着させてから柱脚金具に固定し、防水・防湿シート上端はタッカー留め後にコーキング処理した。防水・防湿シート上端付近から木部にかけてゼオプレースを塗布した。これらにより、木部が土と触れないようにした。 ②垂木尻（土中埋設部分）は防水シートを巾着袋状に巻付け、ステンレス番線で密着させたうえでＬ字金具・鉄筋に固定し、防水シート上端はタッカー留め後にコーキング処理した。防水シート上端付近から木部にかけてゼオプレースを塗布した。木部が土と触れない構造を重視した。 ③樹皮を剥いだ栗丸太材を小舞に用いた。 ④防腐処理は丸太材すべてに、整備時と同じ資材を用いて実施した。 ⑤強度が低下（水平方向の亀裂）した梁は新材に更新し、その他は継続使用した。
透水管	①透水管はφ10㎝で、φ２㎜程度の保護砂をGLまで埋戻した。 ②透水管の設置水準には40㎝の高低差があった。 ③透水管上の保護砂の土壌化により、透水管の位置がわからなくなって透水管上の保護砂を維持管理できなくなった。	①部分補修（直管継手）して継続使用する透水管の保護砂を除去し、φ20～30㎜の砂利（富山市婦中町産）と入換えた。 ※土地改良事業計画設計基準ではφ20～40㎜程度の砕石などと規定されていること、および既設透水管の孔径からφ20㎜以上が必要と判断した。 ②透水管上の砂利層上面を浅く窪ませ、雨水が集まりやすい構造とした。
周辺地形	①芝張り、種子吹付けを実施した。 ②地表層の土壌化、屋根土の流出・被覆により、造成盛土上に５～20㎝の土壌が堆積し、透水抵抗が高まった。	①透水管外方の表層土壌を盛取って建物外方に向けた水勾配を設け、表面排水能力の向上を図った。 ②既存屋根土の残土（復原建物５・６で約20㎥）は、北代縄文広場内の保護盛土等に転用した。

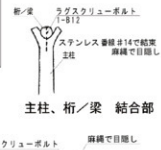
ク土を詳細に検討した。その結果、大きな塊になっている黒ボク土を細粒化させる必要があること、粘土分が多いために排水性を向上させる手段として下層には籾殻または木粉を混和する必要があるとの判断に至った（写真311）。木粉の腐朽により生じる空隙を介して、下層に浸透した雨水を排水することを意図したものである。上層には細粒化させた黒ボク土を用い、屋根土は全体で厚さ15㎝均一を基本として人力転圧により施工した。

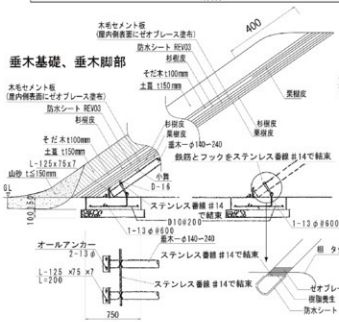
③土間および腰壁下の防水・防湿対策、屋内吸放湿能力の向上対策　竪穴部分を改良し、小屋組内部を含めて現代資材を応用することで、工事目的ｄ・ｅの実現を目指した。市監督員（埋蔵文化財センター学芸員）の立会いの下で、既存の腰壁と土間を20㎝ずつ掘削した（写真284）。既存の腰壁（土壁）は厚さ約10㎝で、土間面の水準は厚さ60㎝の造成盛土

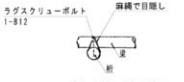


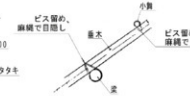
第 39 図　復原建物５竣工図(1)　平面図・断面見通図：1/120、腰壁・土間模式図

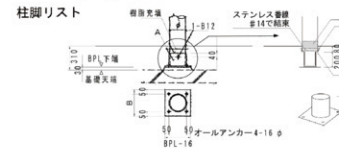




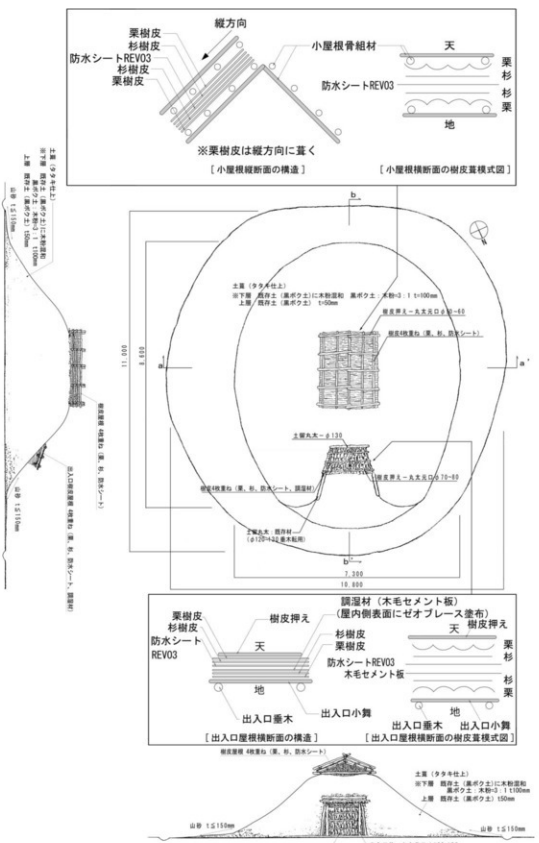




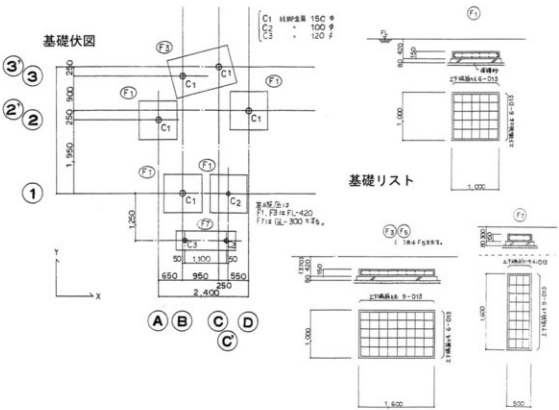




第 40 図　復原建物５竣工図 (2)　小屋伏図：1/120、柱脚リスト：1/50、桁・梁模式図、垂木基礎・垂木脚部、柱・梁結合部、桁・梁結合部、梁・垂木・小舞結合部



第 41 図　復原建物５竣工図(3)　屋根伏図・立面図：1/120



第 42 図　復原建物５竪工図(4)　基礎伏図：1/100、基礎リスト：1/80

の下面に相当した。また、整備段階では、設計 FL からおよそ 20～25 ㎝掘削（最大深度は不明）し、黒ボク土・赤土混合土を複数層にわたって叩いて締め固めていた。本工事での掘削はごく一部を除いて既存改良土内に留まった。垂直に掘削した出入口部分の基礎コンクリート沿いでは造成盛土下の表土を最大 20 ㎝ほど掘り下げたが、史跡への影響はない（写真 285）。土間掘削後、レベルで掘削面の水準を確認しつつ、水平を確保しながら機械（プレート）で転圧したうえで、厚さ 0.02 ㎜の防水・防湿シート（土間コンシート、透湿度 16～4.6 g/㎡/24h：製品仕様では厚さ 0.2 ㎜の製品と同じ透湿性能）を重ね幅 30 ㎝で両面袋張りして垂木尻を当てる基礎コンクリートを覆い隠すように敷設した（写真 286）。袋張りには気密防水テープ（アクリル系粘着剤：エースクロス SBW 両面テープ）を用いた。なお、本建物のみ透水管に至るまでの範囲の出入口土間下の全面に防水・防湿シートを敷設していない。これは、専門家会議において、出入口土間は機械で叩いて締め固めて不透水層にすれば、敷設する必要はないと判断されたことによる。

これらの作業後に、既存腰壁土のセメント改良土（20kg／㎥混和）を腰壁の下地材として厚さ 18㎝で敷設した。復原建物２と異なり、上屋解体済の復原建物５では袋張りした防水・防湿シートを大きな１枚に広げて敷設することができ、腰壁沿いの防水・防湿シートにセメント改良土を敷設する際にはバックホウの平爪バケットで堅固に転圧することができ、腰壁の下地層としてのセメント改良土を締め固めることができた（写真 290）。小屋組および樹皮葺を終えた後、短冊状に裁断した厚さ 15㎜の木毛セメント板を硬化した腰壁下地層に固定した。再生砕石層を５㎝ほど掘り窪めて木毛セメント板をセメント改良土に添

え、コンクリートアンカープラグ（⇄7×100㎜）の当たり部分のセメント改良土にφ20～30㎜程度の穴をあけてモルタルを充填し、かつセメント改良土の表面にもモルタルを塗り、乾かないうちに木毛セメント板を貼付け、アンカープラグで固定した（写真304）。木毛セメント板の目地の修正やずれ防止、接合部の補強のためにステンレス製ラスを全面にタッカー留めした。鉄製ではなく、ステンレス製ラスを採用したのは、出入口からの流入

写真277　平成22年度修理工事着工前
土留丸太が腐朽し、樹皮壁も崩れている

写真278　台風で傷んだ小屋根
栗樹皮を縦葺後に横葺していた（ｽﾃﾝﾚｽ製釘留め）

写真279　小屋根撤去後の状態
薫煙で乾燥する小屋根付近はそだ木・樹皮が遺存した

写真280　屋根土撤去後の状態
ｺﾝﾊﾟﾈ（平成21年度敷設）と防水ｼｰﾄ下の樹皮

写真281　樹皮除去後の状態
ｺﾝﾊﾟﾈ敷設時に劣化していた小舞は除去した

写真282　垂木尻の折損
折損した垂木尻が数ヶ所認められた

水が腰壁に浸み込んだ際に、鉄錆が浮き出るなどの事態を避けることが目的である。復原建物２・６と異なり、ラス留め後にモルタル施工は行っていない。

予定した土間の色調に合わせた内装仕上用天然ゼオライト塗壁材（ゼオプレース）を、ラス補強した木毛セメント板に厚さ４㎜で塗布した。これは、同製品がもつ特性により屋

写真 283　垂木尻の腐朽
大部分の垂木尻は先端が消滅していた

写真 284　腰壁・土間掘削作業
市監督員が立会い、史跡保護を前提に行った

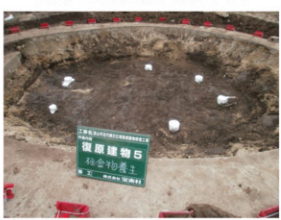


写真 285　腰壁・土間掘削後の状態
プレートで叩いて締め固めながら高さを調整した

写真 286　防水・防湿シート敷設
重ね幅 30cm で袋張りしたシートを敷設した

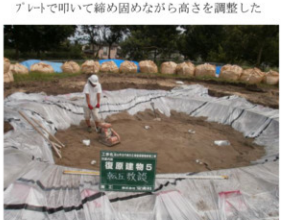


写真 287　保護砂転圧作業
常願寺川産砂、厚さ５cm

写真 288　再生砕石（RC40）敷設
厚さ 10cm、防水・防湿シート沿いは保護砂敷設

内の湿気を可能な限りコントロールすることを意図した選択だった（Ⅶ－９参照）。復原建物の公開に伴って土間は汚れ、腰壁の色調とは異なるように変化した。土間の色調と調和するように腰壁の専用調色液を調合することは難しく、経年変化も生じるため、色調差は許容する必要がある。出入口から屋内への雨水の流入等はあったが、竣工から５年以上が

写真 289　透水管の通水試験、水準測定

排水が適正であることから、継続使用を決定した

写真 290　セメント改良土機械転圧・人力調整

普通ポルトランドセメントを 20kg／㎥混和した

写真 291　垂木尻曲面加工・木材保存剤塗布

写真 292　柱脚金具ｹﾚﾝ掛け・防錆剤塗布

鉛・ｸﾛﾑﾌﾘｰの変性ｴﾎﾟｷｼﾘﾝ酸ｱﾙﾐﾆｳﾑ錆止め塗料

写真 293　垂木尻のＬ字金具の更新

同型品を同じ固定法（ｵｰﾙｱﾝｶｰ）で取替えた

写真 294　出入口支柱のＬ字金具の更新

同型品を同じ固定法（ｵｰﾙｱﾝｶｰ）で取替えた

経過した平成 29 年２月時点でゼオプレースに亀裂や染みは発生していない。

土屋根内部の防水シートの下にもゼオプレース（白色）を厚さ４㎜で片面に塗布した木毛セメント板（厚さ 15㎜）を敷設した。1.8m×0.9mの長方形の木毛セメント板にゼオプレースを塗布し、乾燥後に短冊形や長三角形などに現場で加工して小屋組段階で生じた凹

写真 295　既存桁２　荷重試験（負荷なし）
固定位置間の中点に荷重をかけてたわみを検討

写真 296　既存桁２　荷重試験（負荷あり）
たわみ 55㎜（20㎜以上の材は使用しなかった）

写真 297　主柱・桁・梁の仮組
継続使用が困難と判断された桁は新材と取替えた

写真 298　出入口部分の旧材転用
支柱・梁・垂木とも旧主柱・旧垂木を転用した

写真 299　段階確認での指摘事項補修
継続使用材の腐朽箇所切削加工ほかを行った

写真 300　小屋組完成
小舞の下から２段目までは旧垂木を転用した

凸を吸収すべく配置し、ゼオブレース塗布面を屋内側に向けてビス留めした（写真 303・306）。これによって、小屋組段階の凹凸を最終的になくすことができ、木毛セメント板の上に敷設された防水シートが、浸透した雨水を下方へと適切に排水できるようになった。なお、木毛セメント板は杉樹皮・栗樹皮によって隠され、その存在を認識することなく見

写真 301　栗樹皮敷設
下から順に樹皮を小屋組材にビス留めした

写真 302　杉樹皮敷設
光が差込まない（REV03 が見えない）ことを確認

写真 303　木毛セメント板仮置（屋根）
ゼオブレース塗布面を杉樹皮側に向けた

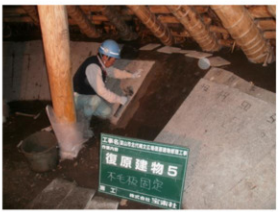


写真 304　木毛セメント板敷設（腰壁）
ｺﾝｸﾘｰﾄｱﾝｶｰﾌﾞﾗｸﾞとﾓﾙﾀﾙで腰壁基盤土に固定した

写真 305　ラス補強と主柱基部ｺｰｷﾝｸﾞ処理
防水・防湿シート上端はｺｰｷﾝｸﾞで結露水の流入防止

写真 306　防水シート敷設
重ね幅 15cm 以上で横葺して固定した

学できる。屋内に流入した湿気を、腰壁と土屋根内部のゼオプレース、後述する土間と棚のタタキによって屋内全体で調整することを第一義に資材選定した。

木毛セメント板はゼオプレースを塗布する下地材としての機能が第一義だが、ほかに断熱機能や補強機能、結露防止効果も期待して選定した。地下に位置する腰壁背後のセメン

写真 307　杉樹皮敷設

写真 308　栗樹皮敷設
上部のみ杉樹皮上に栗樹皮を化粧葺した

写真 309　そだ木敷設
浸透水の排水性を重視してそだ木を逆葺した

写真 310　防水・防湿シート敷設
防水シートの下に防水・防湿シートを差込んだ

写真 311　屋根土への木粉混和
黒ボク土３：木粉１の屋根土を下層にのみ敷設した

写真 312　屋根土の機械転圧
バケット転圧後に人力転圧で厚さ等を調整した

ト改良土からは冷気が伝わる。腰壁のゼオプレース塗布面との間に位置する木毛セメント板が断熱性能を果たすことで、日中に屋内へと流入した暖気は冷えたゼオプレース塗布面で結露しにくくなる。同様に、土屋根内部に敷設された木毛セメント板が断熱性能を果たすことで、屋根土からの熱を屋内へと伝えにくくなる。これらによって屋内の温度変化が

写真 313　屋根土葺の完成と周辺の整地
既存屋根土の残土は広場内の保護盛土に転用した

写真 314　小屋根製作段階の確認
最上層の栗樹皮の葺き方を変更し、横材を追加した

写真 315　小屋根・出入口樹皮壁の確認

写真 316　棚タタキ作業
垂木尻にゼオプレースを塗布した後、人力転圧した

写真 317　土間下地の不陸調整
主柱基部にゼオプレースを塗布した後、プレート転圧した

写真 318　土間タタキ（１層目）
配合したタタキを人力と機械で叩いて締め固めた

軽減され、樹皮や木材等の表面で結露する危険性を低減させることにつながる。

北代縄文広場では土屋根に登ることを禁止しているものの、管理人の目が届きにくい死角部分では時折、人や小動物が駆け上がる。このような時、防水シートの下に木毛セメント板が存在することで、土屋根の陥没はほぼ生じないと考えられる。

写真 319　土間タタキ（２層目）

タタキは各層とも 25 ㎜で、足元は１層目の上面

写真 320　土間タタキ完成

腰壁に吸上げられたﾀﾀｷの水分は後に放出された

写真 321　竣工（平成 23 年 12 月）

写真 322　屋根尻ほかの補修（平成 24 年４月）

黒ﾎﾞｸ土を山土砂と取替え、ﾌﾟﾚｰﾄで転圧した

写真 323　出入口梁上下の樹皮壁増設

樹皮壁を増設して開口面積を減らした（H24.4）

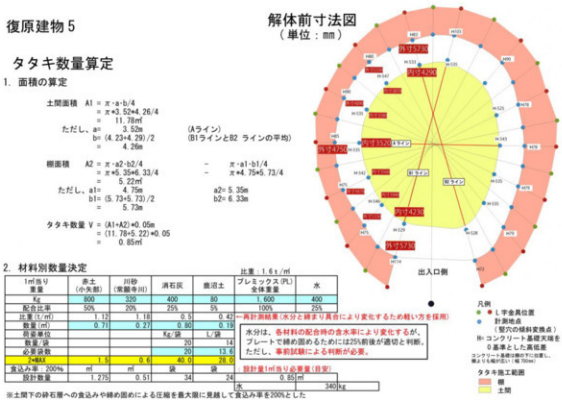
写真 324　小屋根内倒し窓増設ほか

平成 24 年度修理工事

小屋根の据付を含め、土屋根が完成した後に棚と土間のタタキを行った。受注者の倉庫内で、調達した赤土（富山県小矢部市産瓦用粘土）に含まれるを夾雑物を除去し、鹿沼土と共に十分乾燥させて細粒化を図る材料調整を事前に行ったうえで、第 43 図によりながら、必要数量を算出し、配合した。棚からタタキに着手し、木槌で叩いて締め固めた（写真 316）。土間は再生砕石層の水準を確認しながら再度プレートで転圧（不陰調整）し（写真 317）、人力とプレートで叩いて締め固めた（写真 318・319）。平成 23 年度の冬は本再整備事業期間で最も降雪・積雪量が多かった。土間タタキを行った４棟の竪穴住居のなかで、積雪環境下で当該作業を実施したのは、本建物が唯一である。タタキの仕上りは４棟のなかで最高の出来栄えとなった。竣工後、５年２ヶ月が経過した平成 29 年２月時点で、土間・棚とも亀裂は生じていない。高湿度環境下で作業が行われ、完成後も積雪環境にあったことなどが影響したと考えられる。積雪環境にあることで、タタキからの急激な水分蒸発が抑制され、結果として亀裂を発生させずに水分が徐々に蒸発したと考えられる。

④小屋根煙出し窓からの吹込み防止対策　平成 24 年度修理工事で追加敷設した。復原建物２と同じ資材、施工法で対策を講じたが、草壁の葺き足は復原建物５の方が半分弱ほど短い。それでも、雨水や雪の吹込みは大幅に軽減された。

⑤主柱および小屋組材の更新　主柱および大部分の小屋組材を更新し、腐朽部分を除去した旧材も転用した。旧主柱材の腐朽部分（土中埋設部分など）を除去して短くし、かつ材自体を細く削り込んで股部分も調整したうえで出入口支柱に転用した（写真 298）。また、旧垂木材の土中埋設部分を除去して小舞（写真 300）や各種土留丸太（写真 315）、階段の



第 43 図　復原建物５のタタキ数量の算出

足掛かり材に転用した。他方、曲げ力がかかる桁・梁材（計７本）のうち、横方向に大きな割れが認められ、材の強度低下が著しいと判断された２本の桁材は新材に更新した（写真 297）。残り５本の梁にはφ120㎜程度の細めの材が含まれつつも、今回は旧材を継続使用した。当該材は経過観察を十分に行うと共に、次の本格的修理では垂木や主柱の直径とのバランスや劣化状態を踏まえ、梁材の直径を再検討する必要もあるだろう。

復原建物２～６の修理工事において、小屋組材の継続使用や転用を重視した理由は次のとおりである。縄文時代の遺跡の発掘調査成果によれば、当時の人びとは破損した道具を修理して使ったり、小型化して再度使用したり、別用途のものに転用したりと、資源を最大限に有効活用していたことがうかがわれる。北代縄文広場では、ボランティアによる広場の案内や展示品の解説時にこのような旨の説明を加えている。資源の有効活用は道具に限らず、建物を含むあらゆる場面で取り組まれていたと想像される。それゆえ、復原建物の修理工事でもすべてを新しい材料で建直すのではなく、資源を最大限有効活用して見学者に少しでも当時の人びとの暮らしぶりをイメージしやすい形で解説できることを重視した。薫煙に伴って煤が付着している材も多く、十分に乾燥しており、木材加害昆虫が近寄りにくくなる可能性がある点で利点もある。本建物では梁を継続使用したほか、出入口支柱や出入口梁・出入口垂木・小舞に旧垂木材を転用し、出入口小舞は市単独修繕で更新した材を継続使用したことで、旧材の使用量がおよそ３割と、上記５棟で最大になった。

桁・梁材の継続使用の可否にかかる検討に際しては、建築基準法施行令第 41 条のほか、『木質構造設計基準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－』（日本建築学会、1973 年制定・2006 年改訂）の「601.8　接合部における木材の割裂の検定」を踏まえ、割れが認められた２本の桁材を含む長めの材（桁１・２、梁２）の継続使用の可否を検討するにあたって、荷重試験を行った。具体的には、これら３本を対象に両端部付近のラグスクリューボルト打込み位置を基準として、その中点の位置に重さ約 1.1ｔ（90cm×90cm×60cm）の重石（コンクリートブロック）をワイヤーで吊下げ、たわみを確認した（写真 295・296）。

その結果、たわみは桁１が 22㎜、桁２が 55㎜、梁２は 17㎜だった。『木構造設計基準・同解説』（日本建築学会、1973 年改訂）では、梁の弾性変形における最大たわみはスパンの 1/300 以下、かつ 20㎜ 以下とされている（表 L. 6.2　曲げ材の剛性）こと、梁２には垂木材が直接かからないことから、継続使用することとした。桁１・２は最大たわみが 20㎜を超えており、旧材をそのまま継続使用することは取りやめた。なお、荷重試験を行う際に何度も負荷をかけると、本来は継続使用が可能なたわみに収まる材でも亀裂が広がったりするなどの悪影響が生じかねないので、その点は留意する必要がある。新材の直径を検討する参考として（建築基準法に基づく確認ではない）、Ⅷ－３に記した構造計算を行い、その結果も踏まえつつ、安全側に立って直径 180㎜ 以上の新材を用いた。

本建物では、垂木尻を固定するＬ字金具の３ヶ所、出入口支柱を固定するＬ字金具２ヶ所が歪んでいたため、同型品（亜鉛メッキ）を製作して取替え、当初の位置から若干ずらしてオールアンカー（φ12㎜）で基礎コンクリートに固定した（写真 293・294）。他の復原建物で行われた市単独修繕と異なり、本工事では垂木尻を丸く加工した（写真 291）。丸太材を切断した状態のままだと、Ｌ字金具と基礎コンクリートに接するのは点になる。これに対し、丸く加工すると設する面が多くなり、荷重をある程度の面として支えることができるようになる。この判断に基づき、本建物では垂木尻を丸く加工したうえで、防水

シートを巾着袋状に巻付けてステンレス番線で密着させ（写真 293）、小屋組後に上端部の高さを揃えてコーキング処理した。

棚のタタキ作業の前に、コーキングを隠すように棚表面付近の木部にも腰壁用ゼオプレースを試行的に塗布した（写真316）。これは、ゼオプレースの硬化成分（消石灰）が炭化するまで強アルカリ性を示すため、塗布範囲は抗菌性が若干あることで木材腐朽菌等が作用しにくい環境にあると判断されたことによる。土間・棚の地際付近の主柱・出入口支柱にも同様に塗布した（写真 317・318）。（3）で記すように、竣工後の経過観察から、雨水等が流入する危険性がある出入口階段・土間に接する出入口支柱・主柱へのゼオプレース塗布は避けるべきと判断した。それは、ゼオプレースが水を吸い上げることで、木材表面が湿潤状態に陥ることを避けるためである。水分を含むと、主柱や出入口支柱のゼオプレースは上端部から徐々に剥離した。平成 29 年２月時点で雨漏りが生じていないため、垂木尻のゼオプレースに問題は生じておらず、定着している。主柱や出入口支柱でゼオプレースが剥離した部分でも腐朽が進行する状況にはないが、当該部への塗布は推奨しない。

⑥屋根尻ほかの補修　平成 24 年３月６日に開催した第４回専門家会議での議事の一つとして、復原建物５の改築結果を評価した。そのなかで土屋根・出入口土間の補修の必要性などが指摘され、平成 24 年４月に受注者の協力の下で補修を実施した。具体的には、土屋根では全体的に生じた亀裂や小屋根から滴り落ちた雨水によって生じた穴への対策が必要とされ、屋根土の補充と増締めで対応した。春以降、徐々に生えてきた草の根による屋根土の安定化もあって、この課題はその後も大きな影響を及ぼすことなく、推移している。

出入口土間については、出入口樹皮屋根から滴り落ちた雨水によって生じた穴から屋内への水の通り道ができたことへの対策が求められ、出入口から透水管までの平坦面に敷設していた黒ボク土を山土砂に入換えて水勾配をきつくしたほか、出入口樹皮屋根からの落下地点に天端を平滑に加工した栗丸太材（旧垂木材の転用材）を水滴受けとして敷設した（写真 322）。これらにより、屋内への雨水流入を避けることを意図した。しかしながら、天端は平滑にしても（透水管方向に向かって天端に若干の水勾配を設けても）丸太材という特性上、出入口樹皮壁の土留丸太と水滴受けの接点付近にはどうしても隙間が生じ、その隙間から屋内方向へと雨水が移動することは避けられなかった。

なお、屋根土の厚さを大幅に薄くしたことにより、本建物では屋根尻と透水管までの間に平坦面が形成されることとなった。当初は土屋根と同じく黒ボク土をプレートで叩いて締め固めて不透水層としていた（写真 321）が、黒ボク土のもつ保水性が建物に及ぼす悪影響も危惧され、出入口土間を山土砂に入換えるのとあわせて、他の部分も同様に入換えたことで、本建物では山土砂が全周することになった（写真 322）。水勾配をきつくしたことで表面排水能力は向上したものの、豪雨の際などは透水管上の砂利層に土砂が流入しやすいことにもなった。山土砂層でも徐々に草が生え、定着性は一定程度向上したものの、砂利層の目詰まりが発生しやすくなった。

（3）竣工後の経過観察

復原建物５の竣工直後は経過観察を特に頻繁に行った。平成 24 年１～２月は本再整備事業期間内で最も積雪量が多く、厳しい環境にあったことで、初めての修理工事を終えた復原建物に想定外の不具合が生じることを懸念したためである。以下では、冬季（積雪期）

の維持管理の留意事項を示すことを目的に、目視観察部分のいくつかについて経過観察結果（第４回専門家会議資料からの抜粋）を掲載する。

①竣工後の復原建物の経過観察項目

土間・棚・階段：目視（タタキの色調や亀裂発生有無、剥離状態など）
腰壁、主柱・垂木尻ほか：目視（ゼオブレースの色調や亀裂発生有無、剥離状態など）
木材表面（主柱・桁・梁・垂木ほか）：接触型木材水分計による計測（表面含水率）
屋内外温湿度：データロガーで毎時計測

②経過観察結果（一般公開開始日：平成 24 年１月 21 日）

第 19 表　土間・棚の状態と推定される要因

年月日	タタキの状態	推定される要因
H24．1．6	①土間・棚とも点として（指で）は柔軟性や水分をわずかに感じるが、面としては硬い。 ②表面の色調は石組炉内を含めて均質で、表面に亀裂や剥離は認められない。乾燥が進むと白みが増す予定だが、腰壁表面とは濃淡差が顕著で、タタキ表面の方が濃い。なお、棚の方がタタキへの加水量が 10%ほど多い。	①乾燥不十分。 ②冬季の温湿度環境。
H24．2．3	①表面に亀裂や剥離は認められない。 ②石組炉付近が水滴で濡れている（地下から浸み出したものではない）が、それによる軟化は生じていない。 ③主に出入口付近が黒く汚れつつあるが、窪みなどは生じていない。	②小屋根の煙出し窓から吹込んだ雪が溶けて濡れた。 ③見学者の靴底に付着した北代縄文広場の土壌がもたらされた。
H24．2．22	①点として（指で）わずかに感じていた柔軟性や水分が、なくなった。 ②気温変化により、材に結露が生じている可能性がある（やや濡れている感のある主柱が一部認められた）ものの、水滴が土間までは達していないと考えられる。ただし、土間と接するゼオブレースまでは到達している可能性がある。 ③融雪後まで公開停止とした。	①2/3～2/22 までの間にある程度乾燥が進んだ（完全ではない）。

写真 325　公開前の状態（1/6）

写真 326　石組炉周辺の水濡れ（2/3）

第 20 表　階段の状態と推定される要因

年月日	タタキの状態	推定される要因
H24．1．6	①点として（指で）は柔軟性や水分をわずかに感じるが、面としては硬い。 ②表面の色調は均質で、表面に亀裂や剥離は認められない。乾燥が進むと白みが増す予定だが、腰壁とは濃淡差が顕著で、タタキの方が濃い。	①乾燥不十分。 ②冬季の温湿度環境。

H24．1．6	③出入口付近の地表面にある土留丸太付近から、水滴が屋内に流入している。 ④土留丸太の接点付近で地表面が窪んでいる。	③落下した水滴が丸太の湾曲部分で屋内側に跳ねている。 ④土留丸太の隙間から屋内へと続く水の通り道ができている。
H24．1．11	①階段の足掛かり材（特に上から１段目）が結露している可能性大（屋内側の末端から筋状の流水痕跡あり）。 ②水滴（屋外からの流入水・結露水）が階段の足掛かり材に溜まりやすい（特に上から１段目）ので、階段壁面のタタキや丸太材の劣化が危惧される。	①気温変化（晴天日→降雪日）。 ②出入口付近の地表面の緩勾配と保水性が高い黒ボク土が原因のため、山土砂と入替えて水勾配を確保し、１段目の足掛かり材上面（現状は曲面）を平坦にして、屋外方向に降下させる。
H24．1．12	①出入口支柱と同心円状に水染みが広がっており、結露水がタタキに浸透した可能性大（当該支柱下端のゼオプレースは材との定着性が当初から悪く、剥離が進んでいたことで結露水がタタキに浸透した）。浸透箇所に軟化・亀裂・剥離は生じていない。	①気温変化が大きいと、鉛直方向に自立し、麻縄結束がない木材（出入口支柱・主柱）は結露水がタタキに影響を及ぼし易い。
H24．1．20	①1/6・1/12 とほぼ同様。 ②出入口樹皮壁の土留丸太上部の樹皮葺を補修し（鉛直葺→斜葺）、出入口土間補修後に経過観察開始予定。	①1/6・1/12 とほぼ同様。
H24．2．3	①出入口からの融雪水の流入（階段端部を経由して腰壁に浸透）。 ②階段の足掛かり材からの結露水の流入増加。 ③階段部分のタタキ表面の凍害（剥離・崩落）。	①積雪量・融雪量の増加。 ②気温変化大。 ③浸透した水分の凍結・融解。
H24．2．22	①タタキ表面の凍害の進行。上から１段目は表面の 80％程度が剥離。 ②融雪後まで公開停止とした。	①～③同上

写真 327　水滴の流入（1/6）
水滴が土留丸太経由で屋内に流入

写真 328　補修後（1/20）
栗樹皮で土留丸太を覆った

写真 329　結露水等の流入（1/11）
階段の足掛かり材から結露水等が流入

写真 330　靴底からの融雪水（1/12）
靴底に付着した雪が土間に水分を供給

写真 331　出入口支柱付近（1/12）
同心円状に水染みが広がっている

写真 332　水染み（2/3）
出入口支柱と階段の足掛かり材との隙間から融雪水等が流入した

写真 333　融雪水等の流入（2/3）
融雪量が多いと、流入量が増す

写真 334　凍害状態（2/3）
ﾀﾀｷに浸み込んだ水分が凍害を誘発

写真 335　凍害による剥離（2/3）
タタキ表面が剥落していく

写真 336　凍害による剥離（2/22）
剥落は足掛かり材直下にまで及ぶ

第 21 表　腰壁の状態と推定される要因

年月日	ゼオブレースの状態	推定される要因
H24．1．6	①上端および下端（幅 1/3～1/2）に水染みが発生して、当該部分のみ濃く変色した。出入口付近は全面が濃く変色した。中央部は乾燥した。 ②表面に亀裂・剥離は認められない。 ③ゼオブレース下の補強材（亜鉛メッキ処理済ステンレス製ラス）由来の染みも生じていない。	①上端は棚のタタキに含まれる水分が吸収され、下端は土間のタタキに含まれる水分が吸収された。出入口付近は流入した水分が吸収された。
H24．1．20	①～③同上（水染みは幅 1/4～1/2 程度）	①同上
H24．2．3	①同上（水染みは幅 1/4 程度）だが、全体的な傾向として出入口側の乾燥が進みつつある。 ②出入口から融雪水が流入し、階段を経由して腰壁に浸透した。	①出入口側は奥半部に比べて通風による乾燥が進みやすい。 ②出入口付近は融雪水の流入による影響が大きい。
H24．2．22	①水染みは奥半部が幅 1/6 程度、出入口側が幅 1/12 程度とさらに乾燥した。 ②出入口側では、上端の水染みがなくなった。 ③融雪後まで公開停止とした。	①通風によって乾燥が進展した。 ②当該部付近のタタキに含まれる水分が抜けた。

写真 337　奥半部の水染み（1/6）

写真 338　奥半部の水染み（1/20）

写真 339　奥半部の水染み（2/22）

写真 340　出入口付近の水染み（2/22）

第 22 表　主柱・出入口支柱基部、垂木尻の状態と推定される要因

年月日	ゼオプレースの状態	推定される要因
H24．1．6	①大きな剥離等は新たに生じていない。出入口支柱は施工中から定着せずに剥離した。 ※ゼオプレースを主柱基部・出入口支柱・垂木尻に直塗り。本来は下地材が必要。 ※主柱・出入口支柱は防水・防湿シート、コーキング材、木部の上にゼオプレースを直塗り。 ※垂木尻は防水シート、コーキング材、木部の上にゼオプレースを直塗り。	
H24．1．11	①ゼオプレースに大きな変化はない。 ②出入口支柱のゼオプレースに屋外からの流入水や階段の足掛かり材の結露水が浸透した。これにより、当該部のゼオプレースの強度が低下している可能性あり。	②出入口支柱が階段の足掛かり材と接し、屋外の土留丸太と階段の足掛かり材の間からの流入水の通り道に位置する。
H24．1．12	①垂木尻に大きな変化はない。 ②主柱の結露水がゼオプレースに浸透し、木部に水染みが生じた。 ③出入口支柱も結露水が浸透している可能性あり（木部に水染み発生）。	②主柱は鉛直方向に自立し、麻縄がないことから結露水がゼオプレースに到達しやすい。 ③屋外に面しているので主柱より結露しやすく、麻縄があってもゼオプレースまで結露水が到達しやすい。
H24．2．3	①垂木尻に大きな変化はない。 ②主柱の結露水がゼオプレースに浸透し、木部に水染みが生じると共に、ゼオプレース上端がわずかに反りつつある。若干剥離した箇所も認められる。	②結露水の浸透量増加。

H24．2．22	①垂木尻のゼオプレースに大きな剥離は認められないが、屋内側で粉状に剥離したゼオプレースを確認した。 ②融雪後まで公開停止とした。	①結露水が集まりやすい屋内側で影響が出つつあるか。

写真 341　主柱・垂木尻の状態（1/12）

写真 342　主柱木部の濡れ（1/12）

写真 343　主柱木部の濡れ（2/3）

写真 344　主柱ｾﾞｵﾌﾟﾚｰｽ上端の反り（2/22）

（４）維持管理上の課題等

北代縄文広場で卓越する北北東の風雨の際、復原建物５の出入口はほぼ直撃を被る（Ⅶ－１図６）ため、出入口樹皮壁や出入口跳ね上げ戸は破損することが多い。このことは、竣工後の維持管理の過程で明らかになったことではあるが、この経過観察所見を基に他の復原建物の修理工事では出入口跳ね上げ戸の樹皮層内に防水シートを挟み込み、同一構造の復原建物２修理工事では出入口樹皮壁層内に木毛セメント板（屋内側にゼオプレース塗布）を敷設した。前者は防水性能と共に風圧への耐久性の向上を、後者は屋内吸放湿性能と共に風圧への耐久性の向上を目指した対策である。

なお、他の竪穴住居と異なり、復原建物５は出入口土間の下に防水・防湿シートが敷設されていないことで屋内へ雨水等が流入する危険性は高い。竣工後の維持管理のなかで、暴風雨が予報された場合は事前に出入口付近にブルーシートを張り、風雨の影響を被らないように注力してきた。復原建物５の出入口付近は構造上の弱点があることを十分認識し、暴風雨が予報された場合等は同様の対策を講じる必要がある。また、出入口土間を含む屋根尻部分が山土砂のために透水管上の砂利層が目詰まりする危険性も高いことを留意し、維持管理する必要がある。

長寿命化対策の要の一つとして、地下に防水・防湿シートを敷設した。シートを折った部分にはどうしても空気が残るため、シート下面でカビが発生する可能性はある。史跡の保護層は確保してあるものの、将来の本格的修理で土間下を再度改良する必要性を認めた場合は、カビの発生状況や史跡への影響の有無の検証も行う必要があるだろう。

10　復原建物６（土屋根竪穴住居）の修理工事

（１）整備（竣工）から修理工事までの経過

復原建物６は、集落景観を復元するために、昭和 53 年度の範囲確認調査で検出された第 28 号住居跡付近（第３図）に、復原建物１（第１号住居跡）の複製として設置された。構造は復原建物１と同一である。地下水の影響は他の復原建物と比べて軽微と考えられるが、皆無ではなかった。周囲の造成盛土厚は 0.4～0.6ｍである（第６図）。整備から平成 23・25・26 年度修理工事までの主な経過等は第 23 表のとおりである。主に雨漏りよって主柱材や小屋組材の腐朽が徐々に進行し、建物の劣化が進行したと考えられる。

（２）復原建物６修理工事の改良点

①当初の修理意図と経過、改良の目的　復原建物６は、本再整備事業の改築工事（全２棟）のうち、先行して改築した復原建物５の経過観察結果を踏まえて長寿命化対策を講じた。専門家会議事務局（埋蔵文化財センター）としては当初、復原建物５と同様に黒ボク土主体の土屋根竪穴住居として改築することを意図していた。復原建物５で採った長寿命化対策を若干改良した工事設計図書を平成 24 年度に完成させ、平成 25 年度に栗丸太材調達・加工ほか、平成 26 年度に黒ボク土主体の土屋根を復元する全体計画を立てていた。

第２回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（以下、第○回専門家会議と略記）において腐植質の多い黒ボク土は屋根土に不向きと判断されていたことに加え、第５回専門家会議において第 70 号住居跡の発掘調査成果（赤土主体の屋根土を検出）を尊重した復元を目指すべきと判断され、そのように再整備する方向性を決定した。赤土主体の土屋根の実現可能性の検討と栗丸太材調達・加工に向けた設計、および土屋根試験（Ⅶ－10 参照）に向けた仕様の検討を平成 24 年度から開始し、土屋根試験の結果を踏まえた実現可否の判断を平成 25 年度に行うこととした。各種の検討や土屋根試験と並行し、１年目の修理工事として平成 25 年６月 17 日から平成 26 年３月７日まで栗丸太材、栗・杉樹皮の調達、丸太材加工、木材保存剤塗布、樹皮薫蒸ほかを行った。

栗丸太材の調達にあたって、垂木材をφ12cm 相当、主柱材（胴木）をφ15cm 相当（うち１本のみφ20cm 相当）、小舞材をφ６cm 相当として発注した。垂木材は、復原建物５と比べてやや細身となる。これは、平成 23 年９月 28 日に開催した第３回専門家会議において、外見上かなり傷んでいるように見える丸太材も強度上はそれほど傷んでおらず、劣化対策が適切に講じられていれば腐れ代の確保にこだわる必要はないとの指摘を受けたことによ

第 23 表　復原建物６の主な経過と対応

復原建物６の主な経過	市単独修繕等の内容、課題
①H11. 3　**整備（竣工）** 雨漏り・小屋組材等腐朽 屋根陥没（屋根土落下） ②H15. 6～12　**薬剤（エキボン）燻蒸** ③H21. 10　**台風被害・土屋根補強** （写真 51） **屋内公開停止**	③平成 21 年 10 月の台風 18 号で陥没した土屋根の補強と来場者の事故防止の観点から、下半部の屋根土を除去してコンパネを小屋組材に当て（劣化した小舞に替えて板材を追加）、防水・防湿シートを敷設して屋根土を被せたうえで、屋内を公開停止とした。

る判断である。なお、主柱の直径は発掘調査成果に基づいたものである。

復原建物５と同様に、すべての樹皮について、専用薫蒸庫内（ガス濃度 1.0%）で 48 時間の文化財虫菌害防除作業主任者（公益財団法人文化財虫害研究所認定資格）の監理の下で薬品薫蒸を行った。使用薬品はエキヒュームＳ（酸化エチレン製剤）である。

Ⅶ－10 で詳述するように、土屋根試験期間中の気象条件が試験に適さなかったため、最終的には赤土主体の土屋根の可否を平成 26 年度に判断することとした。2 年目の修理工事として、上屋復元を平成 26 年６月 12 日から平成 27 年３月 12 日まで行った。当初は黒ボク土主体の土屋根として復元する仕様で発注した。第８回専門家会議で富山県小矢部市産赤土（瓦用粘土）を主体とした土屋根を復元できるとの判断が下され、同年９月１日付で事業計画の変更承認の決定（26 庁財第 211 号）がなされたことを受け、同年９月 10 日付で建設工事変更請負契約書を取り交わした。仕様変更に伴って資材や工程が追加されたことで、工事経費は 1,485 千円の増額となった。

既存建物の解体調査では、復原建物５と同様に垂木尻の折損や著しい腐朽が確認された。基部（主に土中埋設部分）が腐朽し、木材加害昆虫による食害で細くなった主柱４が屋根荷重に耐えられずに折損し、滑落していたことも判明した。折損面が土間面で偶然にも鉛直に刺さり、安定的に主柱を支えることができ、主柱材と小屋組材すべてで屋根荷重を総持ちさせる構造でもあったことで、たまたま倒壊を免れたと考えられた（写真 347）。

面的に土と触れていた材（出入口草壁下の土留丸太、出入口屋根の土留丸太、階段の足掛かり材）や腐朽が著しい小舞は廃棄処分した。再利用できると判断したものは桁・梁・出入口梁で、腐朽部分を切除した残りの部分が転用可能と判断したのは主柱・出入口支柱・垂木だった。再利用または転用可能と判断した材について、腐朽（菌糸・菌叢）部分を火炎滅菌（写真 348）したうえで屋内保管した。

第５回専門家会議や平成 26 年３月６日に開催した第６回専門家会議ほかでの検討結果を踏まえ、平成 26 年度修理工事の目的を a. 表面排水能力の向上、b. 建物周辺の地下水の排水能力向上、c. 土屋根に浸透した雨水の排水能力向上（竪穴内への還流防止）、d. 土間および腰壁下への防水・防湿対策、e. 屋内吸放湿能力の向上、f. 主柱材および小屋組材の更新、g. 赤土主体での土屋根の復元、h. 機械換気設備および排気管の除却とした。a～f は復原建物５修理工事と同じであり、目的を実現するための手段も同様である。g は、史跡北代遺跡第 70 号住居跡の発掘調査成果に基づき、来場者により真実性が高い状態で史跡北代遺跡に関する学習機会を提供することを目指して加えた。h は、第５回専門家会議で使用を避けるべきとの判断が下されたことによる。以下では、復原建物５の施工実態と比較しながら記述することを基本とし、必要に応じて整備段階の施工実態とも比較する。復原建物５の修理工事報告（Ⅵ－９）と重複する内容は写真を含めて詳述せず、異なる点を中心に報告する。詳細は第 24 表のとおりである。

②土屋根および透水管付近での排水対策、施工法の選定に至る経過　土屋根および垂木尻から透水管までの範囲を改良することで、工事目的 a～c の実現を目指した。透水管の敷設水準は集水桝側が最も低く、竪穴住居南側が最も高く（第 48 図）、通水試験で適正に排水されることを確認した。透水管（延長 35.8m）は一部のメッシュ部分が破れていたため、当該部を直管継手で補修して、継続使用した。透水管の耐用年数を考慮すると、次の本格的修理工事では透水管を更新する必要がある。本建物では透水管の上に保護砂（神通川水

第 24 表　専門家会議での検討課題と復原建物６修理工事での対応

	第５・６回専門家会議での検討課題	平成 25・26 年度修理工事での対応
屋根土	①史跡北代遺跡第 70 号住居跡の発掘調査成果（屋根土に厚さ５～10cm の地山土使用：厚さは住居廃絶後に痩せた結果と解釈）に基づき、主たる材料に赤土を使用することの検討。 ②屋外保管の地山土（野ざらしの赤土：風化による透水性低下）を使用するかの検討。 ③赤土の乾燥により生じる亀裂への対策（赤土施工時の亀裂防止に効果がある混和材はあるか）の検討。 ④土屋根の下層に高密度（砂少量混和）の赤土、上層に低密度（砂多量混和）の赤土を用い、下層施工後に乾燥期間を設け、亀裂を生じさせてから、上層を施工することの検討。 ⑤垂木尻から透水管までの範囲の復原建物５の屋根改修の評価（復原建物５に準じ、山土砂を用いる方向性の検討）。	①土屋根試験の結果（Ⅶ－10 参照）を第８回専門家会議で評価し、富山県小矢部市産赤土（瓦用粘土）を主たる材料として使用することとした。 ②施工性を重視し、調達後の赤土を野ざらしにはしなかった（屋根・壁があり、通風のある屋外施設で保管された赤土を使用した）。 ③赤土の亀裂発生を防ぐことは物理的に不可能と判断した。 ④土屋根の下層に軽石（ひゅうが土大粒）10 割、上層に赤土５割・軽石（同中粒）５割の混合土、表層に赤土７割・軽石（同細粒）３割の混合土を型枠内で充填し、木製工具で叩いて締め固めた。各層とも施工後に２日休工したが、冬季で上層土に亀裂は生じなかった。 ⑤透水管まで型枠を敷設した後、土屋根から連続して屋根土を充填し、木製工具で叩いて締め固めた。
屋　根	①復原建物５の屋根改修の評価（復原建物５に準じて改修する方向性の検討）。 ②復原建物５の施工法・使用材料等に修正点があれば、その内容の検討。 ③周堤内で垂木痕跡が検出された新潟県上越市和泉Ａ遺跡（縄文時代）の発掘調査成果から、垂木角度 35° という設計はほぼ妥当と判断されるため、当該角度で定着する赤土やその施工法を選定する土屋根試験を行うことの検討。	①復原建物５の屋根改修の有効性を確認し、赤土を主体とした土屋根として復元した。 ②型枠を敷設するため、小屋組段階での凹凸発生を極力防止することに注力した。 ③土屋根試験は垂木角度 35° として実施し、整備段階の垂木角度で復元すべく、主柱の高さや垂木尻の位置を変えず、桁・梁も継続使用して施工した。竣工後の計測機器による測定により、復原建物５の垂木角度は整備段階から約 53° だったことが判明した。
腰　壁	①壁面角度は現状が考古学的所見に近く、現状維持の方向性の検討。 ②復原建物５の屋内吸放出性能の評価（復原建物５に準じた改修を行う方向性の検討）。	①整備段階の壁面角度で復元した。 ②復原建物５の腰壁改修の有効性を確認し、同様の改修を実施した（施工法は若干異なる）。
土　間	①縄文時代貼床土壌の鉱物学的組成の評価とそれに基づく復原建物５のタタキの材料や配合比率等の評価。 ②改修後の復原建物５と復原建物１（H19 土間タタキ施工済）の屋内吸放湿性能を比較したうえで、タタキの材料や配合比率等の検討。 ③復原建物５に準じた床下改修を行う方向性の検討。	①復原建物５の土間改修の有効性を確認し、同一材料・同一配合比率でタタキ施工した。 ②復原建物５の土間の強度（硬度）は復原建物１の４倍程度に向上し、施工後に亀裂等の不具合が生じておらず、小矢部市産赤土（瓦用粘土）が最適と判断された（Ⅶ－９参照）。 ③不具合がないことから、復原建物５と同様の床下改修を行った（ただし、防水・防湿シートの厚さが 10 倍の製品を選定した）。
出入口階　段	①コンクリート基礎上に防水・防湿シートを直接敷設し、その上に棚（タタキ）を施工した復原建物５において、結露発生の危険性の検討。 ②足掛かり部分（タタキ）以外に木毛セメント板を細かく敷設して、断熱（結露防止）効果をもたせる方向性の検討。	①棚のタタキ表面における結露は確認されておらず、今後も発生する危険性は少ないと判断し、復原建物５と同様に施工した（防水・防湿シートは土間と同じ製品を用いた）。 ②足掛かり部分（タタキ）以外に木毛セメント板を細かく敷設して、断熱（結露防止）効果をもたせた。

出入口	①防水・防湿シート敷設の検討。	①復原建物５と異なり、出入口土間下にも防水・防湿シートを全面に敷設した。
主柱材および小屋組材	①新規調達材（主柱）は考古学的所見（富山県小矢部市桜町遺跡出土部材）から栗材を選定し、直径は史跡北代遺跡第１号住居跡の発掘調査成果から元口φ20cmを１本、元口φ15cmを４本とすることの検討。 ②既存桁・梁材（元口φ10・15cm）の強度評価方法（継続使用を前提）の検討。 ③考古学的所見から垂木間隔を設定できるかの検討。 ④垂木は、a)積雪期の屋根荷重の推定、b)１本あたりの軸力の推定、c)栗の繊維方向圧縮強度×断面積×安全係数がbより小さくならないよう断面積（元口φ）を決定することの検討（前提条件：水平荷重を考慮しない）。 ⑤設定した太さ（主柱・垂木材）を踏まえ、耐用年数経過後に目標とする土中埋設部分の木材の断面欠損率設定の検討。	①桜町遺跡出土部材の樹種を重視し、復原建物５と同じく栗材を選定した。主柱（胴木）材調達の都合上、元口φ20cm が１本、元口φ18cmが２本、元口φ16cmが１本、元口φ15cmが１本となった。 ②亀裂拡大を避けるため、復原建物５修理工事で実施した荷重試験は取りやめ、「製材の日本農林規格」に準拠して判断した。 ③垂木尻の痕跡が検出された例（和泉Ａ遺跡）からある程度想定することは可能だが、史跡北代遺跡では情報が得られていことから、整備段階での垂木間隔を踏襲した。 ④積雪期の屋根荷重は、垂木勾配 35°（黒ボク土の厚さ15cm）かつ積雪100cmの場合、材の自重も含めて 530kg／㎡と想定したが、他の項目の設定が困難のために断念し、復原建物５修理工事の設計（元口φ12cm）に準拠し、元口φ12～17cmの材（復原建物５修理工事の調達残材を含む）を組上げた。 ⑤小屋組（＋現代資材）等の上屋骨格部分が展示物として公開可能な強度を保持しつつ、耐用年数を超えれば事業効果ありと判断し、個別の指標は設けないこととした。
そだ木等代替材	①防水シート上で毛細管現象を生じさせないための空間を確保しつつ、屋根土を定着させることができる代替材の検討。 ②亜鉛メッキ済のエキスパンドメタルなどの無機質素材を選定することで、次の本格的修理工事での継続使用による経済的合理性確保の検討。 参考　これまでの改修で用いたそだ木や樹皮は、小屋根付近以外は数年で消滅し、沈降した屋根土が防水シート上の空間を埋めることで、排水機能を徐々に低減させる。	①ジオテキスタイルのジオネット入り長繊維不織布の上に敷設した型枠内に屋根土を叩いて締め固めることで、不織布と防水シートの間に空間を確保した。 ②防水シート（ポリエチレン）・不織布（ポリエステル）・型枠（ポリエチレン）・フラットバー（ステンレス）による土屋根の基礎構造は破損しない限り半永久的に継続使用できるため、経済的合理性を確保できる（ただし、不織布は目詰まりした粘土鉱物を水で洗い流して機能を回復させる必要が、防水シートは旧釘穴を気密防水テープ等で養生する必要がある）。
透水管	①復原建物５改修の評価（砂利粒径・敷設範囲、透水管上の砂利層表面の窪ませ方）。 ②復原建物５改修に準じて、透水管の保護砂を砂利と入替える方向性の検討。 ③復原建物５改修に準じて、透水管上の砂利層表面を浅く窪ませ、雨水が集まりやすい構造とすることの検討。	①復原建物５改修の有効性を確認したが、透水管の劣化に備えるため、復原建物５と異なり、保護砂を入れた（砂は更新した）。 ②更新した保護砂の上に砂利層を敷設した。 ③透水管上の砂利層表面を浅く窪ませ、雨水が集まりやすい構造とした。
換気設備	①今回の修理工事後に稼動させると、かえって悪影響を及ぼす危険性があることから、除却する方向性の検討。	①排気管とあわせ、機械換気設備を除却した。
周辺地形	①復原建物５改修に準じて、透水管より外側の表層土壌を選取って水勾配を設ける方向性の検討。	①透水管外方の表層土壌を選取って建物外方に向けた水勾配を設け、表面排水能力の向上を図った。

系）を敷設したうえで砂利を敷設し、屋根からの雨水を集めやすい構造とした。屋根に敷設した防水シート（REVO3）の下端部から透水管までの平坦面に敷設した防水・防湿シート

には、復原建物5と同じく厚さ0.2㎜の土間コンシートを選定した。復原建物5と異なり、出入口土間下の全面に防水・防湿シートを敷設した。なお、出入口樹皮屋根から滴り落ちる雨水を効率的に排水するため、草壁や出入口に沿って砂利暗渠列（幅 20㎝）を設けた。砂利暗渠列に落下した水滴は、防水・防湿シート経由で透水管へと排水される。

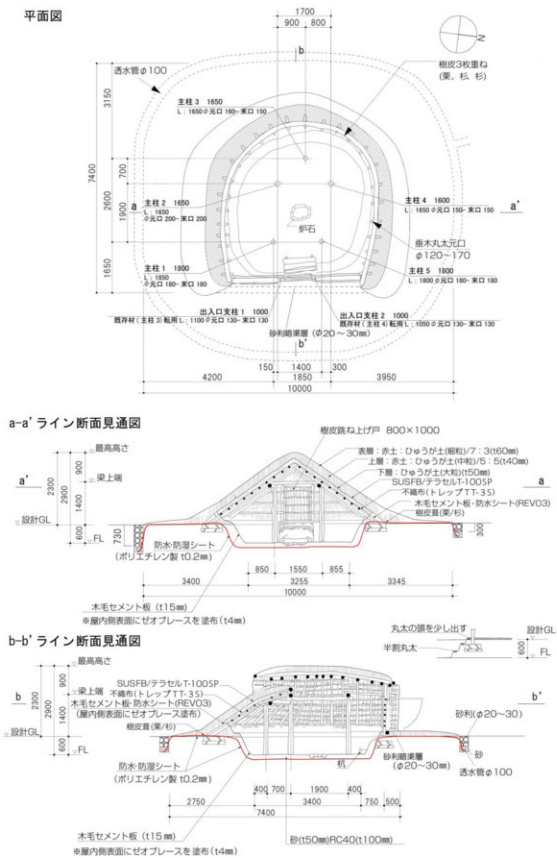
小屋組後に栗・杉樹皮、木毛セメント板を葺いた後の屋根面で防水シートを横方向に敷設した。雨漏り防止に万全を期すため、重ね幅は縦・横とも復原建物5の倍増となる 30㎝とした。防水シートの敷設後、ジオネット（補強ネット）入り長繊維不織布（トレップ TT-3S）を敷設し、その上に高耐候性・高耐薬品性の高密度ポリエチレン製ハニカム型フレキシブル型枠（テラセル T-100SP：高さ 10㎝）を敷設した（写真 360）。出入口土間下には高さが半分の T-50SP を敷設した。型枠の敷設には特注のステンレス製フラットバー（第 47 図）を用い、土屋根下端部の地中にアンカーピンを打込みながら型枠を固定した（写真 365・366）。REV03 の突起列が支柱の役割を果たすことで、不織布と REV03 との間に堅固な排水空間を確保できる。また、フラットバーや型枠、屋根土などの荷重に対しても耐久性があり、屋根土から沈降してきた粘土鉱物による目詰まりにもある程度の耐久性があると判断して TT-3S を選定した。なお、型枠自体にも排水孔（φ 1 ㎝）が多数設けられている。

以上の構造を採ることにより、防水シートの重ね幅を広げて雨漏りの危険性をほぼ皆無にしたうえで、土屋根から早期に浸透水を透水管経由で排出することによって屋根土に含まれる水分量を可能な限り減らし、それにより屋内への透湿量を減らすことを目指したのである。土木工事現場で用いられているテラセル法面保護工法の応用例と言えるだろう。

この構造を選定するまでには多くの検討を要した。当初は亜鉛メッキしたエキスパンドメタルや高密度ポリエチレン製土木用ネットなどを多重に敷設する施工法を検討したが、屋根土の保持力や資材の固定法に難があると判断し、テラセルのメーカーとの意見交換を含めて専門家会議事務局で検討を重ね、素案を専門家会議に提示し、会議のなかで練り上げた。その経緯や土屋根試験の詳細は Ⅶ－10 で詳述するものの、ここでは防水シート上に自然素材（樹皮・そだ木）ではなく、現代資材を敷設するとの判断に至った経過を記す。

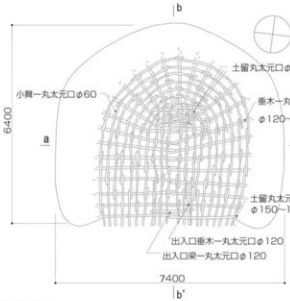
復原建物5などのように、防水シート上に敷設された樹皮・そだ木は屋根土に覆われているため、竣工後数年でほぼ腐朽する。復原建物2・5のように小屋根をもつ構造であれば、通風や薫煙作業時の熱風が屋根土の乾燥を促進することで、小屋根直下付近に位置する土屋根内の樹皮・そだ木は 10 年以上保護される。しかし、復原建物6では整備段階で敷設されたそだ木が完全に腐朽していた。平成 25 年6月 28 日に開催した史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（屋根検討部会）で、事務局は設計上 128 千円（施工費を除く、消費税抜き）を要するそだ木が数年で消滅することの是非を検討課題の一つとした。黒ボク土主体で復元した土屋根表面に生えた草花が腐朽して生産される多糖類は屋根土のつなぎ（補強材料）になる（Ⅷ－2参照）ものの、佐野千絵氏のご教示によれば、それは土が親水性表面をもち、多孔質ゆえに多糖類を保持することができるからだという。防水シートは親水性表面をもたないため、そだ木などが腐朽して生産される多糖類は屋根土のつなぎにはなりえても、防水シートと屋根土のつなぎにはならないという。

そだ木は、竣工直後から数年は屋根土を保持し、土屋根表面や周辺の地表に草花が繁茂するまでの間の屋根土の定着性を高める効果がある。しかし、復原建物6修理工事では腐植質が乏しいために草花が繁茂しにくい赤土を主体とした土屋根の復元が目指されていた



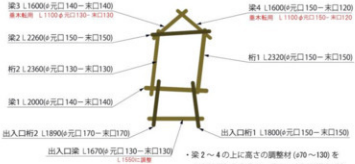
第 44 図　復原建物６竣工図(1)　平面図・断面見通図：1/120

小屋伏図

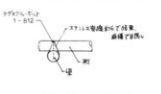


主柱、梁　結合部

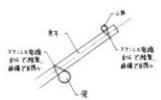
桁・梁模式図



・梁２～４の上に高さの調整材（φ70～130）を
６本架構したうえで、垂木・小舞を組上げた
・赤表記以外は全て既存材使用

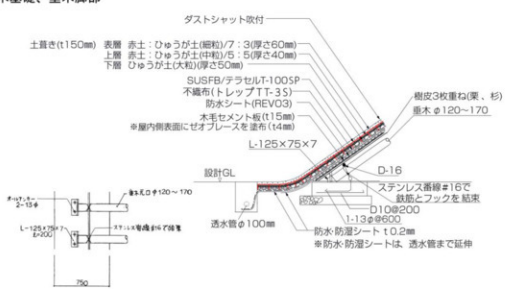


桁、梁　結合部



梁、垂木、小舞　結合部

垂木基礎、垂木脚部

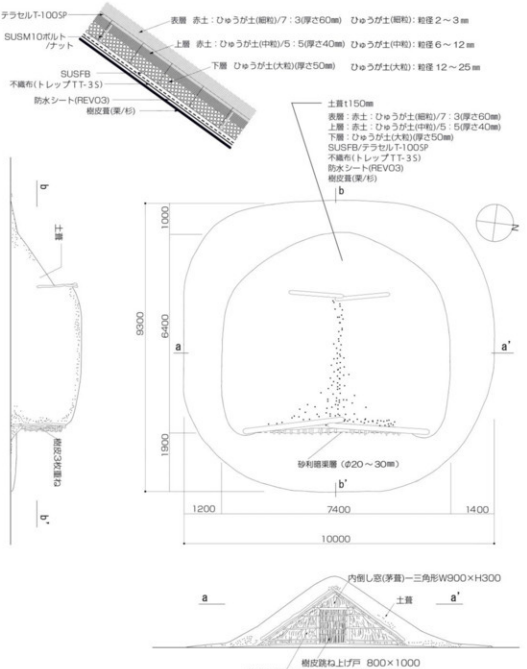


第 45 図　復原建物６竣工図(2)　小屋伏図：1/120、垂木基礎・垂木脚部、桁・梁結合部、梁・垂木・小舞結合部：1/50、桁・梁模式図

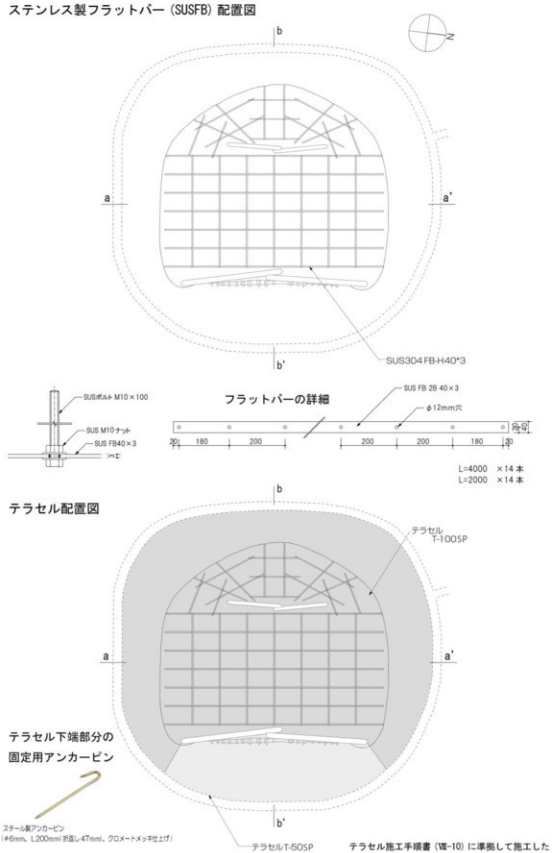
ことから、草花の根による保持力が期待できないなか、そだ木等の腐朽後に赤土主体の屋根土を保持できる見込みが乏しいことは明白だった。このため、そだ木等の代替材を検討する必要性が生じたのである。

復原建物６の土屋根の側面積を 86 ㎡（斜距離 5.5m×半径 5m×π）と設定し、検討の基礎とした。この段階では、テラセルをセルサイズM型（28.9×32.0cm）・高さ 15cm（排水孔あり）の T-150MP とし、トレップ TT-3S と共に用いるという前提で検討した。

なお、テラセル T-150MP は施工時に選定した型枠よりも大型品であり、実際に使用した



第 46 図　復原建物６竣工図(3)　屋根伏図・立面図：1/120



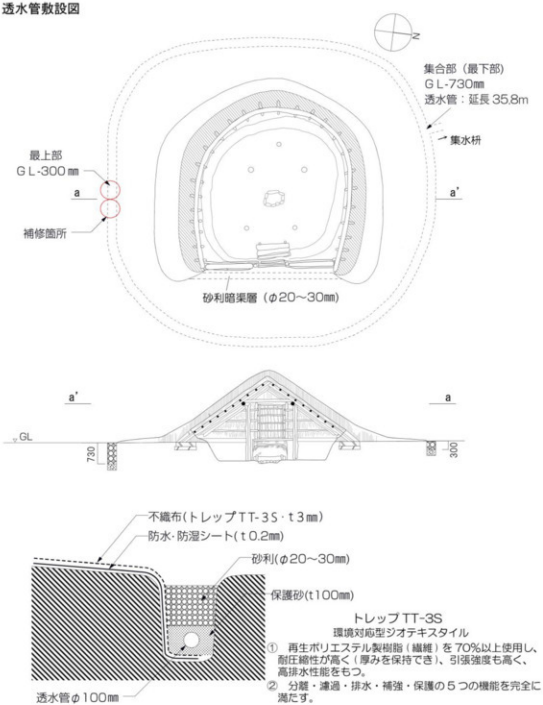
第 47 図　復原建物６竣工図(4)　フラットバー・テラセル配置図：1/120

ものは若干低価格になる。数量に余裕をもたせて試算した必要経費（テラセルの固定にかかる資材費を除く、消費税抜き）は次のとおりである。

テラセル T-150MP	1 シート（約 22 ㎡）	88 千円×５シート＝440 千円
トレップ TT-3S	1 本（50 ㎡）	44 千円×２本 ＝ 88 千円
合　計		528 千円（消費税抜き）

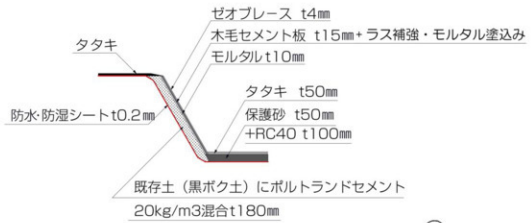
試算結果は、そだ木の設計価格の 412.5%となった。トレップ TT-3S の上に土木用ネッ

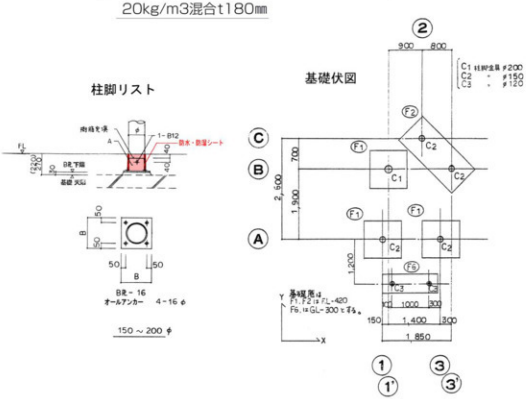
透水管敷設図



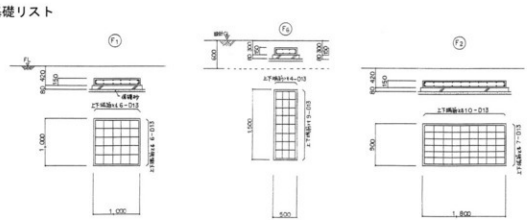
第 48 図　復原建物６竣工図(5)　透水管敷設図：1/120、断面模式図

腰壁・土間模式図





基礎リスト



第 49 図　復原建物６竣工図(6)　腰壁・土間模式図、柱脚リスト：1/40、基礎伏図：1/100、基礎リスト：1/80

トを多重に敷設する場合はそだ木の設計価格の約 284%と試算された。資材価格としては型枠よりも土木用ネットの方が安価と試算されたものの、屋根土の保持力が高いことに加え、浸透水によって屋根土が流出する危険性が少ない点でも型枠の優位性を認めた。

また、土木用ネットでは屋根土層の全層崩壊を防止する対策を講じることが難しいと判

写真 345　垂木下半部の劣化状態（H23）
燻煙作業による煙が届く上半部は健全だった

写真 346　垂木尻の折損・腐朽状態
右奥部は排気管で、膝壁には亀裂が生じていた

写真 347　主柱４の腐朽・折損
腐朽・食害等で折損した材が屋根荷重で滑落した

写真 348　旧材腐朽箇所火炎滅菌処理
廃棄処分しないすべての材の腐朽箇所を滅菌した

写真 349　土間掘削立会い（H26）
市監督員（学芸員）の監理下で掘削した

写真 350　防水・防湿シート（厚さ 0.2㎜）敷設
出入口基礎コンクリートでは毛氈を破れ防止対策とした

断した。そだ木等が2年で完全に腐朽すると仮定して案分した場合、そだ木等を利用した在来工法のそだ木資材費は1年あたり64千円となる。復原建物6で目標としている20年の耐用年数を実現した場合、テラセルとトレップによる新工法の資材調達費は1年あたり26千円となり、20年後の本格的修理（上屋解体修理）でもテラセルとトレップをさらに20

写真351　機械換気設備除却後の電気配線
GL-30cmの掘削に留め、史跡保護に万全を期した

写真352　出入口から見て奥側の架構状態
煙出し窓草葺敷設用の高さ調整材（2本）敷設前

写真353　棟部分の水平確認
極力、棟部分が水平にまっすぐ通るよう注力した

写真354　奥側の架構状態（高さ調整完了後）
極力、奥側の曲面で凹凸が生じないよう注力した

写真355　小屋組（ﾋﾞｽ留め、番線・麻縄結束）
垂木尻は防水・防湿シート（厚さ0.2㎜）巻付

写真356　栗・杉樹皮葺後の木毛ｾﾒﾝﾄ板仮組
木毛ｾﾒﾝﾄ板の屋内側にはｾﾞｵﾗｲﾄが塗布される

年間継続使用（トレップは水洗により目詰まりを解消する）した場合、新工法の資材調達費は１年あたり 13 千円となる。単純化したうえでの試算だったが、そだ木等の上に赤土主体の屋根土をそのまま葺き、全層崩壊等に伴う修繕を繰り返すことを考えれば、半永久的に使用できる型枠などを使用した新工法を開発する意義はあるとの判断に至り、土屋根試

写真 358　煙出し窓部分の細部構造
見学者が木毛ｾﾒﾝﾄ板を視認できないよう留意した

写真 359　防水・防湿シートの敷設
木毛ｾﾒﾝﾄ板下端部に防水・防湿ｼｰﾄを敷設した

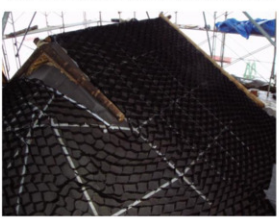


写真 360　防水ｼｰﾄ・不織布・ﾌﾗｯﾄﾊﾞｰ・型枠敷設
見学者が型枠を視認できないよう留意した

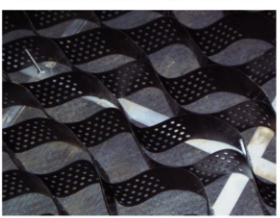


写真 361　屋根面での型枠固定
屋根面ではﾌﾗｯﾄﾊﾞｰから伸びるﾎﾞﾙﾄに引っ掛けた

写真 362　土階段側面への木毛ｾﾒﾝﾄ板敷設
腰壁ではラス上にモルタルを塗布した

写真 363　土間タタキ（１層目、厚さ 25㎜）
人力およびランマーで転圧した

験を実施することになった。Ⅶ－10で詳述するとおり、屋根土層自体の軽量化と排水性を重視し、3層構造の屋根土層として下層の向上という視点ほど軽石の粒径を大きくした。

③土間および腰壁下の防水・防湿対策、屋内吸放湿能力の向上対策　竪穴部分を改良し、小屋組内部を含めて現代資材を採用することで、工事目的d・eの実現を目指した。市監督

写真363　土間タタキ（2層目、厚さ25㎜）
人力およびプレートで転圧した

写真364　透水管とシート、不織布の関係
排水性を高め、土留丸太尻は型枠内で固定した

写真365　下層土（軽石・大粒）の人力転圧
木製工具を用いて型枠内で叩いて締め固めた

写真366　下層土敷設状態
土留丸太付近はT-100SPが届かず、T-50SPを固定

写真367　上層土敷設状態
赤土：軽石（中粒）＝5：5の混合土を用いた

写真368　上層土と表層土の境界面
表層土下部が型枠内に1㎝食込むようにした

員(埋蔵文化財センター学芸員)の立会いの下で、既存の腰壁と土間を 20cm ずつ掘削した。既存の腰壁（土壁）の厚さは 20cm 以上あることが確認され、整備段階の土間面の水準は厚さ 40～60cm の造成盛土内、もしくは造成盛土下面に位置することが判明した。平成 26 年度修理工事では 20cm までの土間掘削に留めたため、整備段階での最大掘削深度は不明だが、

写真 369　表層土転圧作業
赤土：軽石（細粒）＝7：3の混合土を用いた

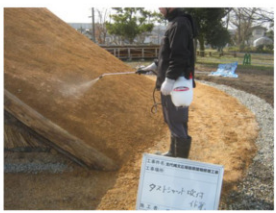


写真 370　粉塵飛散防止剤散布
竣工直後の不具合を避けるために散布した

写真 371　屋根表層の崩壊と亀裂（H27.5.13）
凍結・融解で浮いた表面が降雨等で崩落した

写真 372　亀裂の発生状態（H27.5.20）
施工時の土葺単位に即し、右側に亀裂が集中した

写真 373　補修用表層土の調合（H27.8.1）
赤土と軽石を修理工事と同じ配合比率で調合した

写真 374　亀裂周辺への屋根土充填
表層土を亀裂の奥まで指で押し込んだ

写真 375　亀裂の補修と増締め(1)
亀裂周辺に充填した表層土を叩いて締め固めた

写真 376　亀裂の補修と増締め(2)
シャワー散水後に再度叩いて締め固めた

造成盛土下の表土層を掘り下げたことは確かである。その後、設計 FL-10cm まで黒ボク土で埋戻した後、黒ボク土と赤土の混合土、および黒ボク土を叩いて締め固めていた。

土間掘削後の防水・防湿シート敷設および腰壁基盤土のセメント改良の使用資機材・施工法は復原建物５と同様だが、土間コンシートの厚さを 0.2㎜に厚くしたことが異なる。小屋組後、樹皮葺の大部分が終了した段階から、短冊状に裁断した厚さ 15㎜の木毛セメント板を硬化した腰壁下地層に固定した。木毛セメント板の背面にモルタルを塗り、乾かないうちに木毛セメント板をセメント改良土に添えて接着させたうえで、木毛セメント板の目地の修正やずれ防止、接合部の補強のためにステンレス製ラスを全面にタッカー留めした。その後、ラスごとモルタルで塗込んだ（写真 362）ことが復原建物５と異なる。

屋根（木毛セメント板・防水シート敷設）と屋根周辺（防水・防湿シート敷設）の施工後、予定した土間の色調に合わせた内装仕上用天然ゼオライト塗壁材（ゼオプレース）を、厚さ４㎜で塗布した。復原建物５の経過観察結果を踏まえ、公開後に汚れる土間の色調を想定して、それと調和するように腰壁の専用調色液を調合し、施工した。北代縄文広場における各年の最多風向（Ⅶ－１図６参照）も関係してか、復原建物５と異なり、出入口から屋内への雨水の流入等は皆無である。竣工からほぼ２年が経過した平成 29 年２月時点で、ゼオプレースに亀裂や染みは発生していない。

防水シートの下にもゼオプレース（白色）を厚さ４㎜で屋内側に塗布した木毛セメント板（厚さ 15㎜）を敷設した。既製の木毛セメント板をそのまま利用できる部分は事前にゼオプレースを塗布して乾燥させ、曲面部分などは短冊形や長三角形などに現場で加工・仮組して敷設位置を確定させた（写真 356）後にゼオプレースを塗布・乾燥させた。これらを復原建物５と同様に樹皮上に敷設し、小屋組段階で生じた凹凸を最終的に吸収した。

②で述べた屋根の排水対策（不織布・型枠）を講じて降水等の影響を被らない状態にした後、復原建物５で施工した左官職人が同じ資機材を用いて同じ施工法で棚と土間のタタキを行った。施工時期は両建物ともほぼ同じだが、復原建物６の施工時期は積雪がほぼなかった。また、降雪するなかで施工したのではなく、施工後の降雪量・積雪量も復原建物５の方が多かった。復原建物６では竣工直後からタタキに亀裂が生じたものの、その要因を明確にすることは難しい。しかし、あえて想定するなら、調達した赤土の保水量が多く、倉庫内での乾燥がやや不十分だったことで加水後の水分量が多くなり、施工時および施工

後の降雪量・積雪量が少なかったことも加わって、復原建物５よりも乾燥が早く進んだ際に亀裂が発生した可能性はあるだろう。

④主柱材および小屋組材の更新　本修理工事では、主柱材および大部分の小屋組材を更新した。復原建物５修理工事で調達した残材を使用したほか、腐朽部分を除去した旧材も転用した。具体的には、旧主柱材の腐朽部分（土中埋設部分など）を除去して短くし、かつ材自体を細く削り込んで股部分も調整したうえで出入口支柱に転用した。また、旧垂木材の腐朽部分（土中埋設部分）を除去して各種土留丸太や階段の足掛かり材に転用した。本建物では型枠を設置する必要性があったことから、小舞にはすべて新材を使用することとした。直径が太い旧垂木を転用すると、屋根尻付近で型枠の傾斜がわずかに変わり、それは土屋根表面の勾配にも反映することになるので、雨水の表面排水に悪影響を及ぼしかねない。また、防水シート下の木毛セメント板と小屋組材の間にも隙間が生じることになるので、木毛セメント板の耐久性にも悪影響が生じかねない。以上の危険性を回避するため、小舞には新材を用いて小屋組段階での凹凸を少なくすることを重視した（写真 355）。これにより、復原建物５と比べて、本建物における旧材の使用量は減った。

主柱設置後、桁・梁の仮組を終えた段階で、ケレン掛け後の柱脚金具の内側と外側の上端部にのみ防錆材が塗布されたことを市監督員が確認した。工程の都合等の諸事情により、ベースプレートやオールアンカーを含めた外側に防錆材を塗布できなかったのである。目標とする耐用年数を実現するうえで、柱脚金具の腐食が与える危険性を監理技術者（建築コンサルタント）と市監督員の間で検討した。錆の要因の一つは水と酸素であり、鉄は相対湿度が 60%以上になると表面が水に覆われることで錆が発生し、水中では溶存酸素量が多いと錆が発生する。この場合、水と酸素のどちらかがなければ錆びない。平成 26 年度修理工事時点では全体の２割程度に表面錆が出た程度で、深さも１㎜に満たず、錆びる条件に至った回数も少なかったと考えられたため、耐用年数を超えても問題ないと判断した。もう一つの錆びの要因として、電気伝導度がある。電気伝導が高いほど腐食しやすいものの、錆びの状態からは電気伝導によって錆が進行したとは考えにくいと判断した。以上から、そのまま工事を続行した。なお、柱脚内底面には排水孔が２ヶ所穿たれている。

桁・梁材のうち、梁３・４は旧垂木材と取替えた。これは、主柱の曲がり具合によって、既存梁では寸法が足りなくなったことによる。復原建物５と異なり、既存桁・梁材の荷重試験は行わなかったが、「製材の日本農林規格」（平成 19 年８月 29 日制定、農林水産省告示第 1083 号）の「構造用Ⅱ」（甲種構造材のうち、木口の短辺が 36㎜ 以上で、かつ、木口の長辺が 90㎜ 以上のもの）に準拠して材の状態を検討した。材の貫通割れの状態は３級相当の規格（木口：木口長辺の寸法の 2.0 倍以下であること、材面：材長の 1/3 以下）以内であり、元口直径も整備段階の設計図で指定された φ120㎜ を超えていることを重視した。なお、出入口側から見て奥側の梁２～４の上で、小屋組の段差解消と煙出し窓の草壁敷設のために高さ調整材（φ70～130㎜）を６本追加した。小舞を敷設する際にも高さ調整材を追加し、小屋組の段階でその上面が極力曲面となるように工夫した。

タタキ作業後、若干の抗菌効果を期待して棚表面付近の垂木尻にゼオプレース（平成 23 年度復原建物５修理工事で用いた専用調色液の残材で調合）を塗布した。復原建物５の経過観察結果から、主柱・出入口支柱には塗布しなかった。

⑤赤土主体での土屋根の復元　土屋根試験（Ⅶ－10 参照）では、タタキに用いた赤土（富

山県小矢部市産瓦用粘土）と富山市婦中町産赤土（瓦用粘土）の2種に絞り込んで実施した。この選定に至る前に専門家会議事務局でいくつかのサンプルを検討し、最終的に2種に絞り込んだ。土屋根試験の結果、崩落土量を重視して赤土は小矢部市産瓦用粘土（市場流通品）を選定した。タタキの母材と同じ赤土である。軽石はいくつかのサンプルから、ひゅうが土を選定した。遠隔地の市場流通品ではあるが、排水性能を重視した。

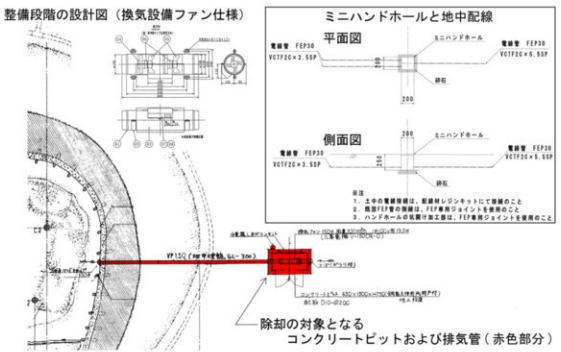
土屋根試験をとおして凍結・融解による表層土の崩壊を防ぐことは不可能と判断した。これは、最低気温が氷点下になる地域はすべて当てはまる。また、屋根土への亀裂発生を防止することも困難と判断した。屋根土に浸透した雨水が蒸発する際には必ず亀裂が発生する。屋根土表面を維持するために特別な資機材を用いて（経費をかけて）も、凍結・融解によって崩壊して傷んだ表層を人や小動物が駆け上がれば、ひとたまりもない。圧力の程度によっては、その下部にまで影響が及ぶ。表層土は崩壊するものとして理解し、崩落した表層土を再利用するなどして適時補修を行うことが重要になる。

屋根土は下層土・上層土・表層土の3層構造とし、前二者は型枠内で完全に収まる。型枠自体が屋根の棟部分に掛け渡されているため、小屋組が崩壊しない限り、型枠および型枠内の屋根土が崩落する危険性はない。表層土の下端部は型枠の上端に食い込ませながら叩いて締め固めており、当該層の結合が保持されていれば、上層土との境界面で表層崩壊する危険性は少ないと判断し、第46図に示した断面構造および赤土と軽石の配合比率で土屋根を敷設した（写真365～369）。上層になるにつれて軽石の配合量を少なくし、粒径も小さくしたのは、表層崩壊によって軽石が露出した際の違和感を軽減することが目的である。軽石の空隙は水の通り道になるだけでなく、水滴や湿気を保持する空間にもなる。このことから、表層土には細粒の軽石を3割ほど配合し、雨水やシャワー散水時の水滴を一定程度保持することで表層土の保水量を少しでも多くすることを目指した。3層とも土屋根試験で用いた木製工具を用いて人力で念入りに転圧し（写真365・369）、可能な限り表面排水できるよう高密度に締め固めた。高密度であれば、粘土鉱物が沈降しにくくなり、不織布の目詰まりを遅らせることにつながるからである。

竣工直後に草花の種子が付着して土屋根に根を下ろしたり、土屋根の安定前に雨水等が屋根土層に浸透したりすることを避け、想定外の不具合が生じる危険性を少なくするため、土屋根の敷設後にダストシャットを散布した（写真370）。

⑥機械換気設備および排気管の除却　除却に先立ち、史跡の現状変更にかかる文化財保護法上の手続きを適正に行った。機械換気設備が設置されたコンクリートピット（分電盤を含む）および排気管の除却作業は市監督員の立会いの下で実施し、史跡の保護に万全を期した。竣工後も復原建物内部での電源利用を可能とするため、史跡の保護を前提に掘削制限を30㎝に設定して樹脂製ミニハンドホールを復原建物6屋外の地下に埋設し、ハンドホール内で地中ケーブルを結線した（第50図）。なお、地中配線にあたっては、JIS C 3653「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」、および『電気通信設備工事共通仕様書』（平成23年、国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室）に準拠して施工した。

⑦土屋根（表層土）の補修　平成27年7月3日に開催した第10回専門家会議での議事の一つとして、竣工後の経過観察結果を踏まえて復原建物6の改築結果を評価した。専門家会議事務局から、降雨により表層土の流出が顕著であること（写真371）、屋根面積の6分の1程度の範囲で発生した大きな亀裂（最大幅2㎝）が拡大傾向である（その他は許



第 50 図　復原建物６竣工図 (7)　ミニハンドホール敷設と地中配線

容範囲である）こと（写真 372・374）、大きな亀裂を中心に表層土を充填して増締めする予定であることを報告し、了承を得た。

平成 27 年８月に、受注者の協力の下で土屋根の補修を実施した（写真 373～376）。補修後、大きな亀裂は発生しなくなった。その後も表層土の崩壊や小さな亀裂は発生しているが、竣工から約２年が経過した平成 29 年２月時点で大きな不具合はない。日常的な維持管理（屋根土の補充と増締め）で対応できる程度に抑えることができている。

（4）維持管理上の課題等

型枠内の屋根土は堅固に保持できている。型枠の露出を避けつつ、屋根土の保持力を一定程度確保するため、土留丸太と T-100SP 端部との間に切断した T-50SP を増設（土留丸太と T-100SP にビス留め）した（写真 366）。当該部の耐久性は他の部分よりも劣り、型枠より上の屋根土が厚さ 10cm あることで当該部付近は表層土の崩落が早い。これは、屋根土の補充と増締めという日常管理で対応すべき課題であり、今後も継続する必要がある。

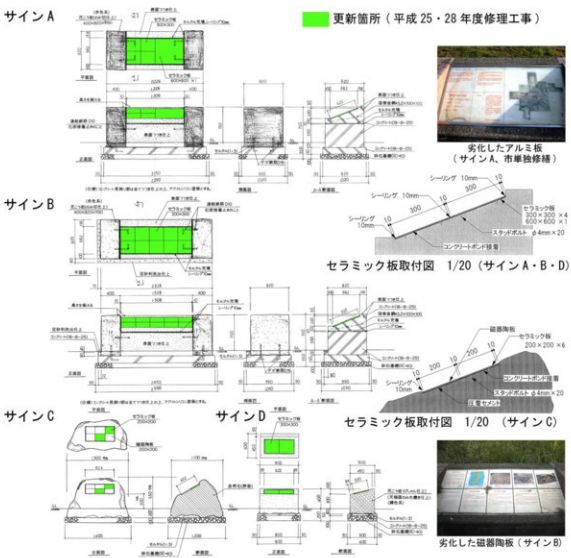
排水対策および地下の防水・防湿対策、屋内吸放湿対策が功を奏し、復原建物６は土屋根竪穴住居のなかで屋内の月平均相対湿度を最も低く抑えることができており、秋～冬季は茅葺高床倉庫の屋内や外気よりも下回る（Ⅷ－１図２）。隣接する復原建物５や建物形態が同一の復原建物１よりも大幅に（復原建物１と比べて最大 13%）低い。これは、土屋根の排水構造や土質の優位性、具体的には土屋根層における不織布や軽石の存在、撥水性が高く保水性が乏しいことに加えて草花が生えないことから日射や風で乾きやすい赤土の特性、さらには開口方向、すなわち最多風向との関係によって出入口からの雨水の吹込みがないことなども関係していようが、何よりも資材選定や各種長寿命化対策が妥当だったことを示す具体的成果と考えられる。

11　広場案内サイン、広場金網柵・木柵の修理工事

（1）広場案内サインの修理工事（第 51・53 図）

広場案内サインは、東の広場に３ヶ所（サインＡ・Ｂ・Ｄ）、西の広場に１ヶ所（サインＣ）設置された。整備段階では磁器陶板で製作されたものの、傘の先端で突いて穴をあける等の悪戯や目地に充填したコーキング材の劣化によって浸み込んだ雨水が冬季に凍結して亀裂を発生させるなどの凍害が生じたことから、本再整備事業では耐久性を高めるため、セラミック（ステンレスホーロー）板（サスミック・ノア）を選定した。

同製品は耐触性のある特殊ステンレス鋼（ホーロー加工あり）に無機質（鉱物）顔料を高温焼成しており、表面のフッ素系コーティングが撥水・撥油性を発揮して表面の光沢を損なわない。全体として耐久性が高く、防汚性・耐薬品性・耐熱性・耐磨耗性・耐候性も優れている。同製品は、約 10ｍの積雪や地獄谷から吹出る亜硫酸ガスという過酷な環境下にある富山県の立山（室堂）に設置された案内サインでも損傷のない施工実績があることから、本再整備事業でも選定した。

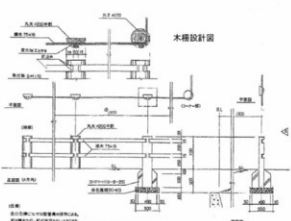


第 51 図　広場案内サイン竣工図：1/80

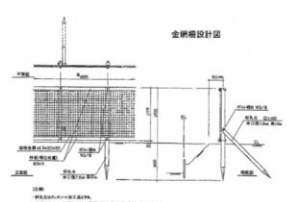
（2）広場金網柵・木柵の修理工事（第 52～54 図）

金網柵は東の広場南端に、木柵は東の広場と西の広場を隔てる市道に沿って、それぞれ設置された。整備段階では、富山県小矢部市桜町遺跡の出土木材を参考に木柵の意匠が決定された。金網柵の支柱を含め、木部は木材加害昆虫の食害を被り、倒壊あるいは強度低下が徐々に進行した。特に木柵は市道に接し、車両の通行も多い。来場者が木柵の強度低下部分に寄りかかった場合、市道に落下する大事故が起きる危険性も想定された。

本再整備事業では、耐久性・安全性を高めるため、すべてを金属柵に更新することとした。柵自体の長寿命化という観点から、金網柵は積雪地用ネットフェンスを、木柵は横断防止柵を採用し、高さは整備段階の柵に準拠した。色調は環境色（ダークブラウン）で統一した。既存柵の除却および金属柵の新設に先立ち、史跡の現状変更にかかる文化財保護法上の手続きを適正に行った。柵支柱の基礎となるコンクリートブロックの除却および新設に伴う掘削作業は市監督員（埋蔵文化財センター学芸員）の立会いの下で実施し、史跡の保護に万全を期した。なお、金網柵の修理工事（延長 37.29m）は平成 25 年 12 月 4 日～平成 26 年 3 月 7 日に、木柵の修理工事（総延長 125.11m）は平成 25 年 12 月 4 日～平成 26 年 3 月 7 日（延長 21.0m）、平成 27 年 8 月 10 日～10 月 21 日（50.06m）、平成 28 年 8 月 3 日～10 月 17 日（54.05m）の 3 年に分けて行った。

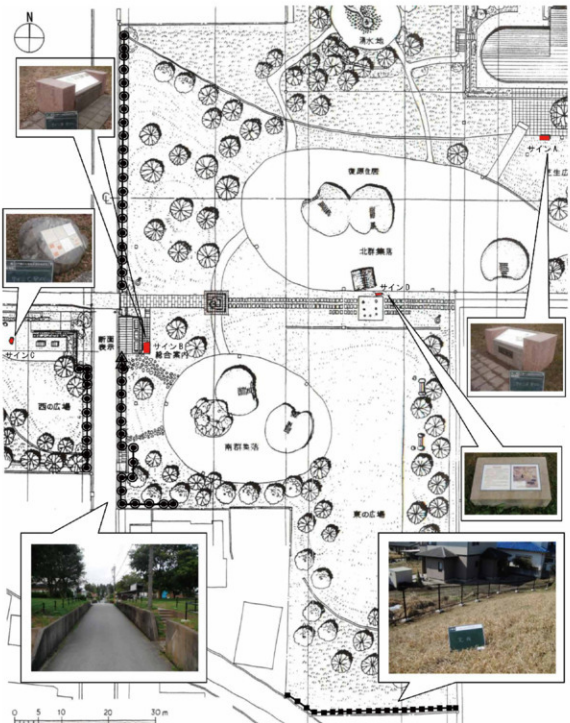


修理工事前（平成 25 年 12 月）



修理工事前（平成 25 年 12 月）

第 52 図　木柵・金網柵の設計図と修理工事前の劣化状態



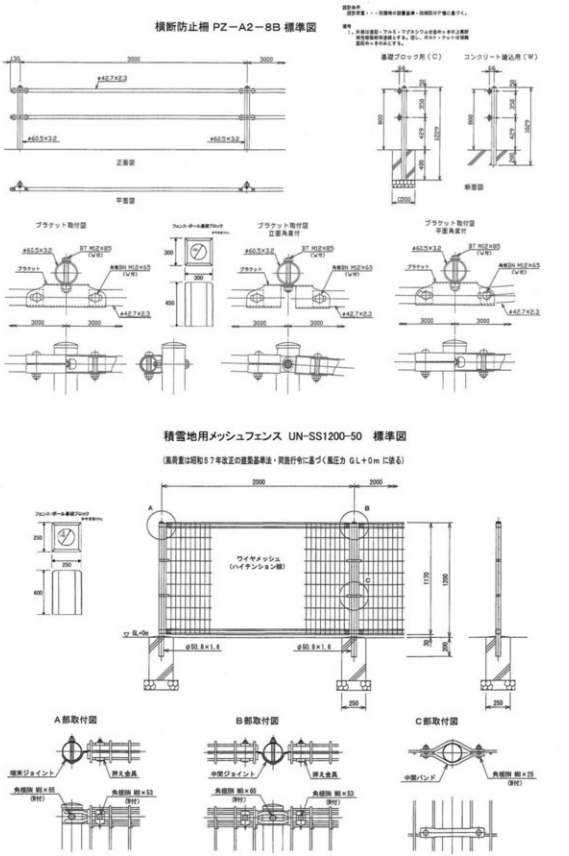
積雪地用メッシュフェンス（■基礎ブロック設置）

横断防止柵（◉基礎ブロック設置 ・ ▲重力式コンクリート擁壁建込）

広場案内サイン

第 53 図　積雪地用メッシュフェンス・横断防止柵・広場案内サイン配置図：1/800

（富山市教育委員会 1999　第 32 図を改変）



第 54 図　横断防止柵・積雪地用メッシュフェンス竣工図

横断防止柵　平面図・正面図 1:50、取付図 1:10　メッシュフェンス　正面図 1:40、取付図 1:10

引用・参考文献（Ⅰ～Ⅵ、50音順）

浅川滋男　1999　「縄文時代の遺跡で発掘された建物とその復元　竪穴住居と高床式建物」『古代住居・寺社・城郭を探る』　国土社
斎藤　隆　1981　「北代遺跡と吉田文俊」『富山市考古資料館報』№.5　富山市考古資料館
坂口諒子　2011　「北代縄文館展示室における有害生物生息調査」『富山市の遺跡物語』第12号　富山市教育委員会埋蔵文化財センター
鳥取県立むきばんだ史跡公園　2012　『国史跡　妻木晩田遺跡整備事業報告書2005-2012』　鳥取県教育委員会
富山県教育委員会　1972　『富山県埋蔵文化財調査報告Ⅱ』
富山県埋蔵文化財センター　2007　『早川荏作遺集品目録』
富山市教育委員会　1979　『北代遺跡試掘調査報告書』
富山市教育委員会　1980　『今市遺跡・北代遺跡』
富山市教育委員会　1981　『北代遺跡』
富山市教育委員会　1986　『史跡北代遺跡環境整備基本計画書』
富山市教育委員会　1997　『史跡北代遺跡発掘調査概要』
富山市教育委員会　1998　『史跡北代遺跡発掘調査概要Ⅱ』
富山市教育委員会　1999　『史跡北代遺跡ふるさと歴史の広場整備事業報告書』
富山市教育委員会　2003　『Ⅲ　北代遺跡』『富山市内遺跡発掘調査概要Ⅴ』
富山市教育委員会　2009　『富山市百塚住吉遺跡・百塚住吉Ｂ遺跡・百塚遺跡発掘調査報告書』
富山市史編さん委員会　1987　『富山市史　通史<上巻>』富山市
西井龍儀・藤田富士夫　1976　「呉羽山丘陵周辺の先土器・縄文時代草創期の遺跡について」『大境』第6号　富山考古学会
橋本　正　1972　「三、縄文草・前期」『富山県史　考古編』　富山県
早川荏作　1926　『越中石器時代民族遺跡遺物』　中田書店
早川荏作　1936　『越中史前文化』　中田書店
早川荏作　1962　『富山県の石器と土器』　清明堂
古川知明　1998　「富山市北代遺跡（縄文中期）掘立柱建物の柱穴から出土した鯨椎骨」『日本セトロジー研究』第9号　日本セトロジー研究会
古川知明　1999　「最近の史跡整備事例２　北代遺跡ー富山市北代縄文広場ー」『月刊文化財』434号　第一法規出版
古川知明　2000　「富山市北代縄文広場」『奈文研ニュース』9４　奈良国立文化財研究所
古川知明　2001a　「富山の古代の家」『藝文とやま』第29号　（社）富山県芸術文化協会
古川知明　2001b　「富山市北代遺跡の史跡整備」『第32回文化財保存全国協議会佐賀大会資料集』　文化財保存全国協議会
古川知明　2002　「富山市北代遺跡の史跡整備」『明日への文化財』48号　文化財保存全国協議会
古川知明　2005　「縄文中期タカラガイ形土製品について」『富山市日本海文化研究所報』第35号　富山市日本海文化研究所
古川知明　2012　「竪穴建物の床の呼称について」『富山考古学会連絡紙』227　富山考古学会
古川知明・宮野秋彦　2003　「復元竪穴住居の保存環境に関する調査研究（第１報）　富山市北代遺跡その１」『日本文化財科学会第20回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会
古川知明・宮野秋彦　2004　「復元竪穴住居の保存環境に関する研究（第２報）　富山市北代遺跡その２」『日本文化財科学会第21回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会
古川知明・宮野秋彦　2012　「復元竪穴住居の保存環境に関する研究（第３報）　富山市北代遺跡（その３）」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会
堀沢祐一　2005　「富山市北代縄文広場復元建物の維持と活用」『遺跡学研究』第２号　日本遺跡学会
湊　晨　1935　「越中に於ける陸奥式土器」『考古学』第６巻第２号　東京考古学会
宮野秋彦　2000　『屋根の物理学』　日本屋根経済新聞社
宮野秋彦・西尾信廣・堀沢祐一　2004　「北代縄文広場竪穴住居の修繕について」『富山市考古資料館報』No.41　富山市考古資料館
宮野則彦・古川知明・宮野秋彦　2007　「縄文期高床倉の温湿度環境に関する実験的研究（第１報）～富山市北代遺跡の復元高床建物について～」『日本文化財科学会第24回大会研究発表要旨集』　日本文化財科学会
森　秀雄　1952　『大昔の富山県　日本の大昔』　清明堂書店
吉田文俊　1917　「日本海方面の貝塚（三月例会講演）」『人類学雑誌』第32巻第４号