

7 富山市打出遺跡・平岡遺跡における竪穴住居跡の屋根土・貼床土・周堤土・地山土壤の鉱物科学的研究—特に土壌の役割について—

清水正明・中島真美・小黒智久

1. はじめに

1.1. 打出遺跡・平岡遺跡の概要

打出遺跡は、富山市倉垣地区（標高約 2 m の海岸部、旧神通川沿いの自然堤防上）に位置する弥生時代後期～古墳時代前期・古代・中世・近世の複合遺跡である（富山市教育委員会，2006 ほか）。2004 年に富山市教育委員会によって発掘調査され、成果は 2006 年に「富山市打出遺跡発掘調査報告書—一般県道四方新中茶屋線住宅基盤事業に伴う発掘調査報告書—」として報告されている。史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議での検討に資するため、竪穴住居跡 SI01（図 1）から採取された各種土壌試料を鉱物科学的に研究した。

富山市教育委員会（2006）によれば、SI01 は床面出土土器から弥生時代終末期と推定される竪穴住居跡（発掘調査時点で規模は長軸 8.4m、短軸 7.6m、深さ 0.6m の隅丸方形）である。この竪穴住居跡は発掘調査の際、元来は屋根材であった炭化材の直上に相当量の焼土が確認されたため、火災により焼失したと考えられていて、全国的にも遺存状態が良い（屋根倒

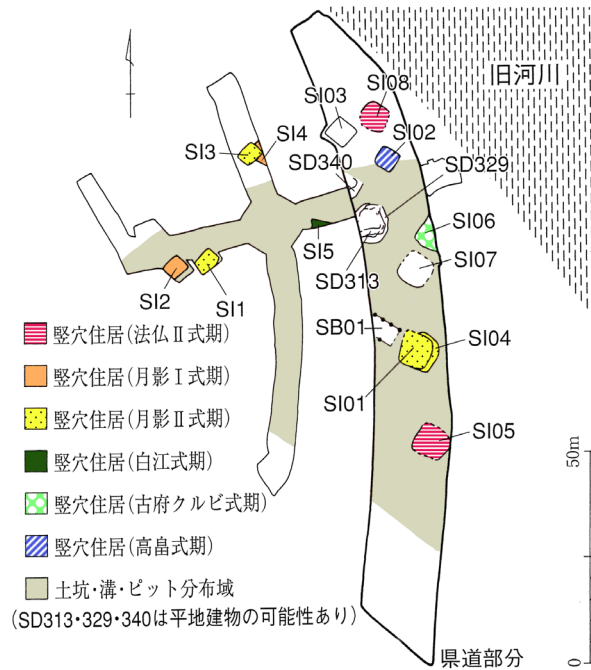


図 1 打出遺跡 SI01 の位置図
(小黒 2005 図 2 より一部改変)

SI01 平行投影 (オルソ) 写真図



テクスチャマッピング (三次元解析データへの写真画像貼付け) による三次元鳥瞰図

図 2 打出遺跡 SI01 の発掘調査状況 (富山市教育委員会 2006)

壊過程がほぼ判明) 焼失住居 (= 土屋根住居。考古学では焼失としているが、実態は意図的焼却と考えられている) である (図 2)。

旧地表面を約 70 cm 掘り込んだと推定された床には、地山に類似した土壌からなる貼床 (土間) が床面積 (壁溝内側) 44.9 m² のほぼ全面に厚さ約 5 cm で施工されていた。そのなかには、弥生土器の小破片が意図的に混ぜられていた。SI01 の床は叩いて締め固められ (貼られ)、貼床となっている。周りに土が盛られ、周堤が形成されている。屋根は、隅以外で垂木が密に配置され、その上に茅がまず横方向に、次に縦方向に葺かれ、さらに、その上に土が被せてあった。屋根土は少なくとも越屋根 (本書の小屋根に相当) の下付近から周堤まで被せられ、周堤近くの屋根土の厚さは約 30 cm である。焼土化していない屋根土と判断された土壌の特徴は厚さ 8~10 cm で、黄褐色・灰黄褐色主体部分と黒褐色・暗褐灰色主体部分に二大別され、竪穴の中央部分に黒褐色・暗褐灰色主体の屋根土が、竪穴壁面付近には、黄褐色・灰黄褐色主体の屋根土が平面分布する傾向が確認されている。

なお、復元された住居構造は、出土土器の系譜源流と同様に山陰のものに近い (全体構造、地下水対策としての中央ピット) が、山陰での発掘調査例と比較すると、雪対策として垂木間隔が狭く、太い材を使用するなどの差異も認められた。

平岡遺跡は、富山市池多地区に位置する縄文時代前期の集落遺跡である ((公財) 富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所, 2013)。富山県土木部道路課の了解の下、2012 年 12 月 13 日に 3・7・8 号竪穴建物跡の土壌試料を採取した (図 9)。

1.2. 土壌

1.2.1. 概説

打出遺跡や平岡遺跡における地山は、黒ボク土 (火山灰土) と呼ばれる土壌から構成される。一般に、黒ボク土は火山灰に覆われた地域に分布し、見かけから黒ボク土 (厚く、腐植含量の高い表層土) と淡色黒ボク土 (下層土) に分けられる。土工学では、黒ボク土は腐植質 (あるいは有機質) 黒色の火山灰土、淡色黒ボク土は褐色の火山灰土あるいは火山灰質粘性土とも呼ばれる。

土壌の色が青灰色~灰色の場合は還元的 (鉄は Fe²⁺ 卓越) 環境を、赤褐色~黄褐色の場合は比較的酸化的 (鉄は Fe³⁺ 卓越) 環境で水が移動しやすいか、空中の酸素と反応しやすい場合が多い。一般に、黒ボク土の主要構成鉱物はアロフェンであるが、2:1 型粘土鉱物の場合も知られている。黒ボク土の特徴は主要鉱物に強く影響されるため、含まれるアロフェンや粘土鉱物を調べるのが重要である。

	乾燥密度	自然含水比	比重
黒ボク土	0.4-0.6 g/cm ³	100-200 %	2.2-2.5
淡色黒ボク土	0.6-0.9	80-180	2.7-2.9

黒ボク土や淡色黒ボク土の一般的な特徴は、乾燥密度が小さく、自然含水比が大きく、

保水性や透水性がよいことである。透水性は 10^{-2} – 10^{-3} cm/sec 程度で、透水性がよいための安定した間隙がある。したがって、屋根土は腐植含量が大きいほど含水比や水分量が大きくなるが、根が深い草等は不適である。風化が進むと粘土化が進み、一般に、透水性が低下する。

1.2.2. 土壌を構成する粘土鉱物

土壌中の粘土鉱物は、結晶性粘土鉱物と非晶質物質・鉱物に大別される。さらに、結晶性粘土鉱物は 1:1 型 (例, カオリナイト)、2:1:1 型 (例, 緑泥石)、2:1 型 (例, スメクタイト) に細分される。これらのうち、2:1 型は OH を取り込む特性があり、湿度調節に関与することが期待される。非晶質物質・鉱物には火山ガラス、アロフェンなどがある。アロフェンやイモゴライトは比表面積が大きいいため、保水性や吸着水分量が大きい (Kitagawa, 1971; Wada and Wada, 1977) ことが知られている。なお、これらの化学組成と結晶系は、それぞれ以下のとおりである。

allophane	$\sim 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	非晶質
imogolite	$\text{Al}_2\text{SiO}_3(\text{OH})_4$	擬六方
montmorillonite	$(\text{Na}, \text{Ca})_{1/3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	単斜
baidellite	$(\text{Na}, \text{Ca})_{1/3}\text{Al}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	単斜
nontronite	$\text{Na}_{1/3}\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	単斜
vermiculite	$\text{Mg}_{1-x}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	単斜

2. 研究目的

本研究の目的は、弥生時代終末期の竪穴住居跡である打出遺跡 SI01 から採取された屋根土・貼床土・周堤土について、地山土壌と比較しながらそれぞれの土壌の鉱物組成 (とそれらの量比) や用途上の特色を鉱物科学的に明らかにすることである。あわせて、縄文時代前期の竪穴住居跡である平岡遺跡 3・7・8 号竪穴建物跡から採取した貼床土も鉱物科学的に研究し、異なる時代の竪穴住居における貼床の意味を考察したい。

3. 土壌試料

試料は、打出遺跡の発掘調査時 (2004 年 7 月～11 月) に採取され、富山市教育委員会で保管されていた土壌 (ポリエチレン製で厚さ 18 ミクロンの荷くずれ防止用ストレッチフィルムで柱状を損ねないように保持し、収蔵庫で保管) である。打出遺跡 SI01 の北西-南東方向および南西-北東方向のそれぞれ 2 本ずつの断面に沿って 12 ヶ所で採取された厚さ約 15 cm の試料を実験に使用した (図 3・4)。平岡遺跡からも保存状態のよい貼床土を採取した。

4. X 線粉末回析実験方法

X 線粉末回折法 (XRD) とは、X 線の回折現象を利用して結晶物質の内部構造を調べる方

法である。メノウ乳鉢中で、土壌試料を指先で触れて滑らかになるまで擦りつぶして粉にする。粉末状になった試料を試料板にセットし、X線粉末回折装置（株）リガク製 MiniFlexII のゴニオメータ中に入れ、X線を照射する。測定条件はCu管球、シンチレーション検出器、発散スリット1.25°、散乱スリット1.25°、受光スリット0.3mm、モノクロ受光スリット0.8mmを用い、30kV、15mAで、3~60°の範囲で測定した。

5. 実験結果

上記断面に沿った土壌試料のうち、地山土壤8ヶ所から18試料、貼床土6ヶ所から21試料、周堤土6ヶ所から21試料、屋根土7ヶ所から24試料を測定した(中島2013)。

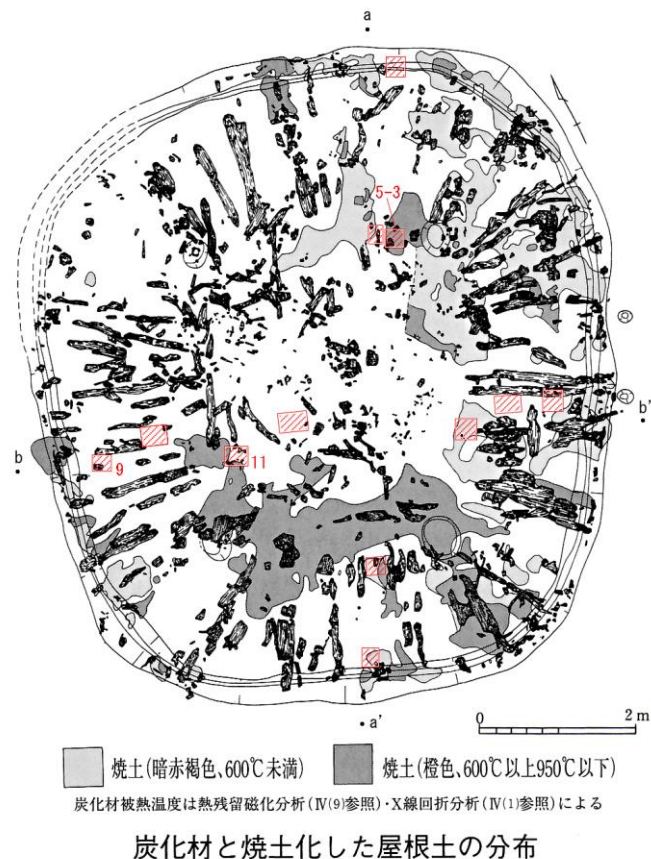


図3 打出遺跡 SI01 土壌試料の平面位置 (赤)
(富山市教育委員会 2006 第20図3を改変作図)

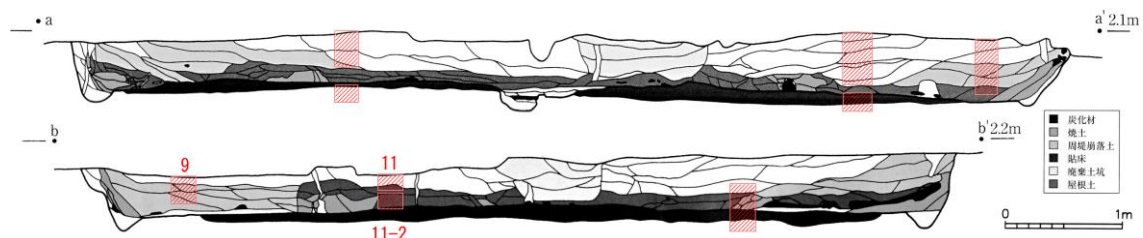


図4 打出遺跡 SI01 土壌試料の断面位置 (赤, 各断面ライン上の位置のみ表示)
(富山市教育委員会 2006 第19図を改変作図)

5.1. 打出遺跡

5.1.1. 地山土壤

代表的な測定結果を図5に示す。構成鉱物は、一般に、含有量の多い順に石英、斜長石、緑泥石、イライト、角閃石である。ただし、18試料のうち、少なくとも2試料はそれぞれのピークの比較から斜長石量が石英量を上回ると考えられる。また、いずれの試料もバックグラウンドが $2\theta = 20\sim 40^\circ$ と高くなっており、非晶質物質（おそらくアロフェン）を

含んでいる。

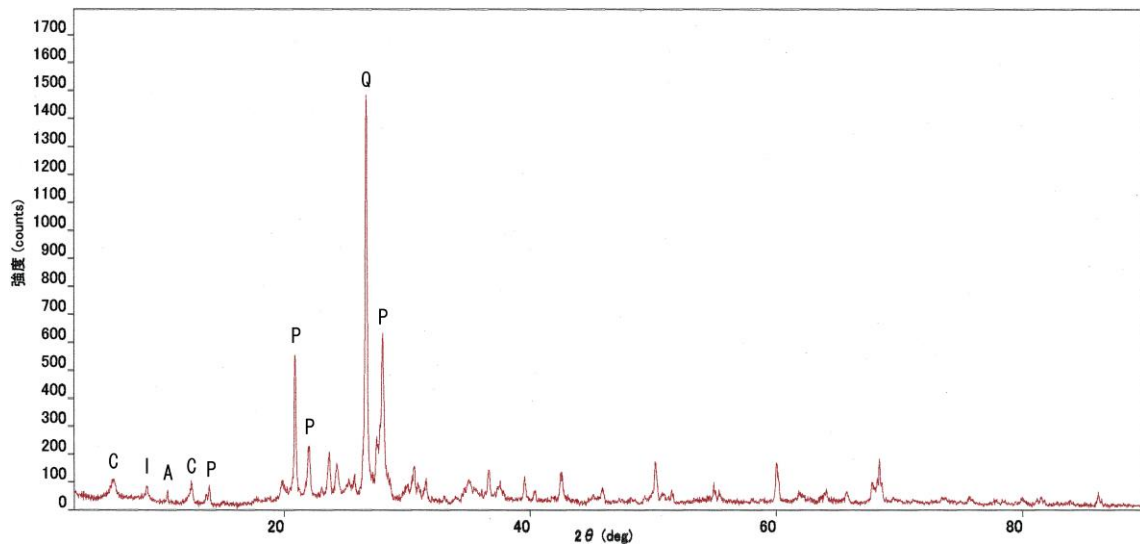


図5 打出遺跡 SI01 における地山土壌の代表的 XRD 実験結果 (試料No. 5-3 上部)
凡例 Q:石英 P:斜長石 C:緑泥石 I:イライト A:角閃石

5.1.2. 貼床土

測定結果を図6に示す。構成鉱物は、一般に、含有量の多い順に石英、斜長石、緑泥石、イライト、角閃石である。ただし、21 試料のうち、少なくとも1 試料は斜長石量が石英量を上回ると考えられる。また、多くの試料でバックグラウンドが $2\theta = 20\sim 40^\circ$ で高くなっており、非晶質物質 (おそらくアロフェン) を含んでいると考えられるが、2 試料ではバックグラウンドがほとんど変化しなかった。

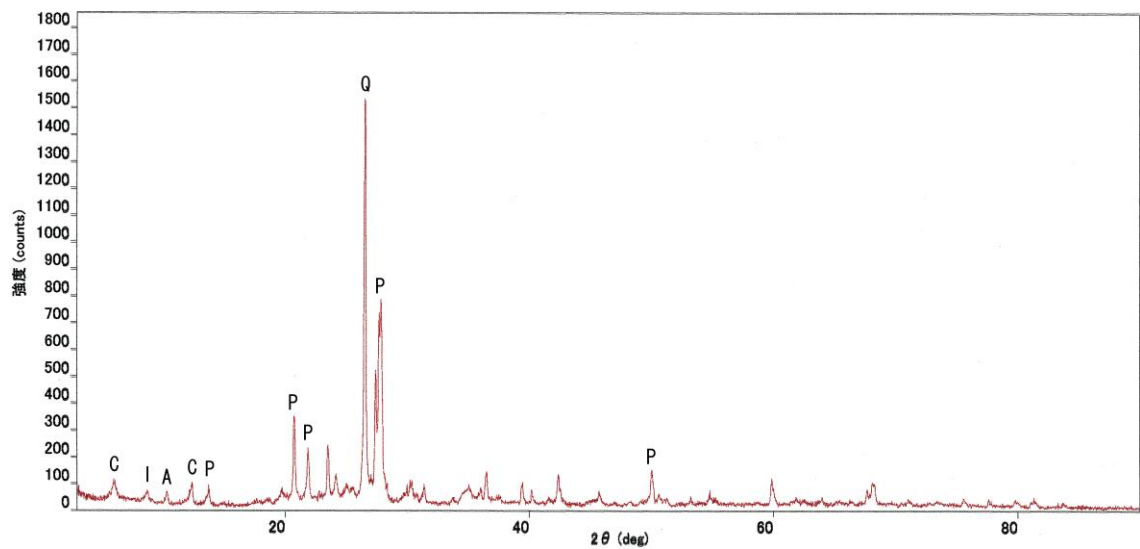


図6 打出遺跡 SI01 における貼床土の代表的 XRD 実験結果 (試料No. 11 下部 L4)
凡例 Q:石英 P:斜長石 C:緑泥石 I:イライト A:角閃石

5.1.3. 周堤土

測定結果を図7に示す。構成鉱物は、一般に、含有量の多い順に石英、斜長石、緑泥石、イライト、角閃石である。多くの試料でバックグラウンドが $2\theta = 20\sim 40^\circ$ で高くなっており、非晶質物質（おそらくアロフェン）を含んでいると考えられるが、6試料ではバックグラウンドがほとんど変化しなかった。

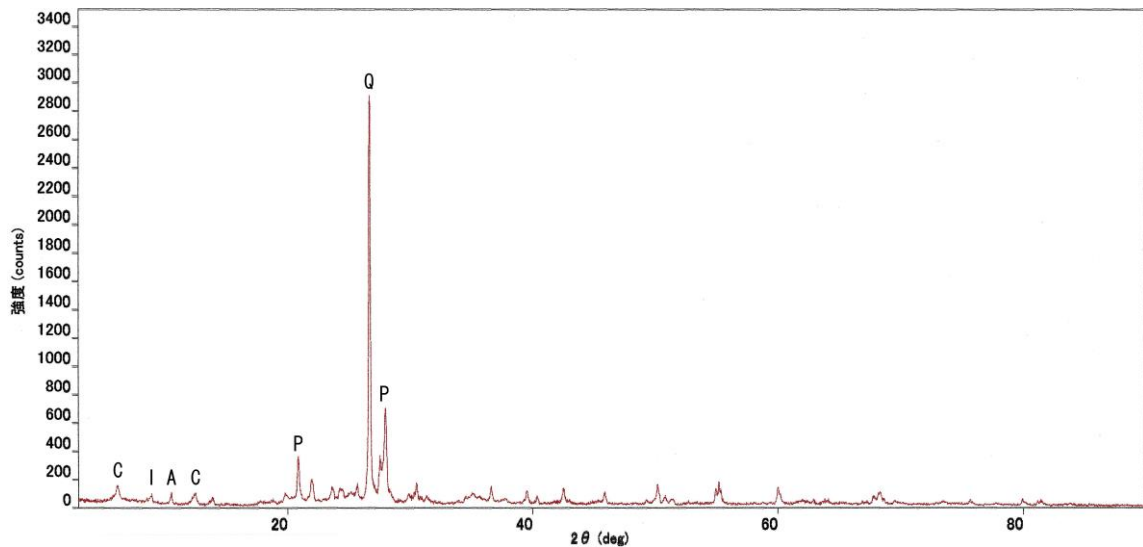


図7 打出遺跡 SI01 における周堤土の代表的 XRD 実験結果（試料No. 9 中部）
凡例 Q:石英 P:斜長石 C:緑泥石 I:イライト A:角閃石

5.1.4. 屋根土

測定結果を図8に示す。構成鉱物は、一般に、含有量の多い順に石英、斜長石、緑泥石、

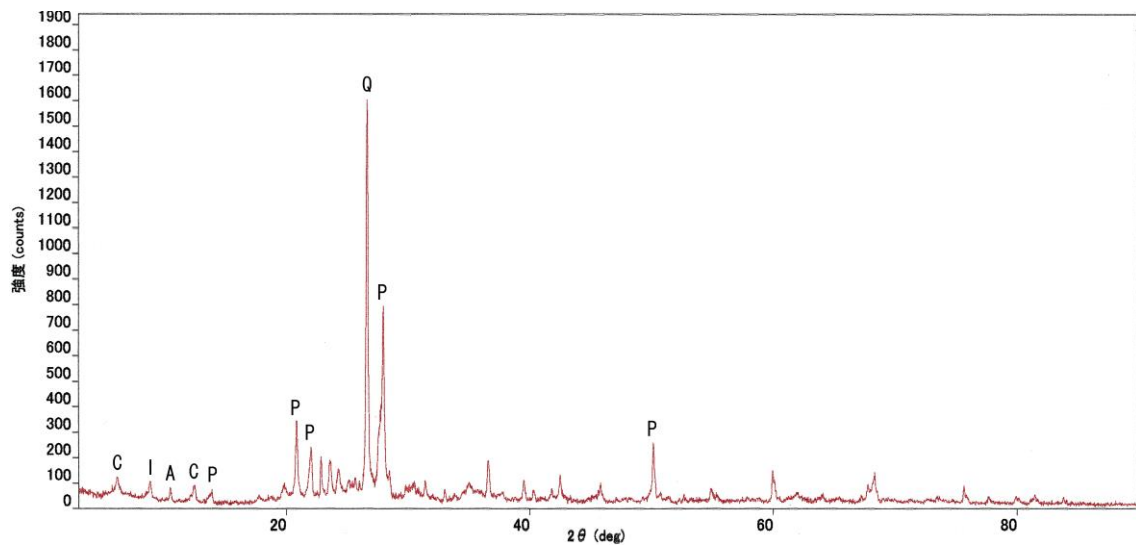


図8 打出遺跡 SI01 における屋根土の代表的 XRD 実験結果（試料No. 11-2）
凡例 Q:石英 P:斜長石 C:緑泥石 I:イライト A:角閃石

イライト、角閃石である。ただし、24 試料のうち、少なくとも 1 試料で斜長石量が石英量を上回ると考えられる。また、多くの資料でバックグラウンドが $2\theta = 20\sim 40^\circ$ で高くなっており、非晶質物質（おそらくアロフェン）を含んでいると考えられるが、2 試料ではバックグラウンドがほとんど変化しなかった。

5.1.5. 測定結果のまとめ

打出遺跡 SI01 下の地山土壌 8 ヶ所からの 18 試料、貼床土 6 ヶ所からの 21 試料、周堤土 6 ヶ所からの 21 試料、屋根土 7 ヶ所からの 24 試料の測定結果は、これら各種土壌の構成鉱物が含有量の多い順にほぼ石英、斜長石、緑泥石、イライト、角閃石およびアロフェンであり、なかには石英よりも斜長石の割合が多い場合もある。モンモリロナイト（スメクタイト）とバーミキュライトはほとんど検出されなかった。

緑泥石の最大ピークを 1 としたときの石英の最大ピークを求めたところ、地山土壌では 12~57、貼床土では 11~33、屋根土では 11~31、周堤土では 24~34 とほぼ同様であったが、貼床土・周堤土・屋根土では地山より石英や斜長石がやや少ない傾向があった。

5-2. 平岡遺跡

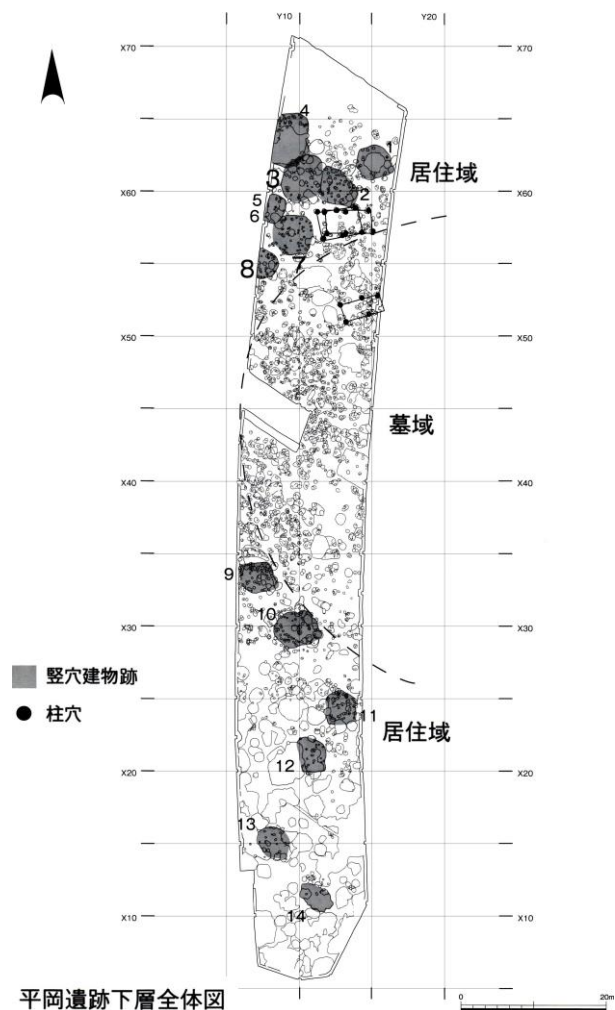
5.2.1. 貼床土

4 ヶ所から採取した試料を測定した結果、構成鉱物は含有量の多い順に石英、斜長石、緑泥石、イライトであり、いずれも石英が圧倒的に多かった（図 10）。斜長石は、灰長石成分に乏しい斜長石である。いずれの試料でもバックグラウンドが $2\theta = 20\sim 40^\circ$ と高くなっており、非晶質物質（おそらくアロフェン）を含んでいると考えられる。

打出遺跡の場合と同様に、モンモリロナイト（スメクタイト）とバーミキュライトは検出されなかった。

5.2.2. 測定結果のまとめ

構成鉱物として、石英・斜長石・緑泥石・イライト・アロフェンが確認された。打出遺跡とは角閃石の有無が異



平岡遺跡下層全体図

図9 平岡遺跡における土壌試料の採取位置
(公財)富山県文振財団埋文調査事務所 2013 を改変)

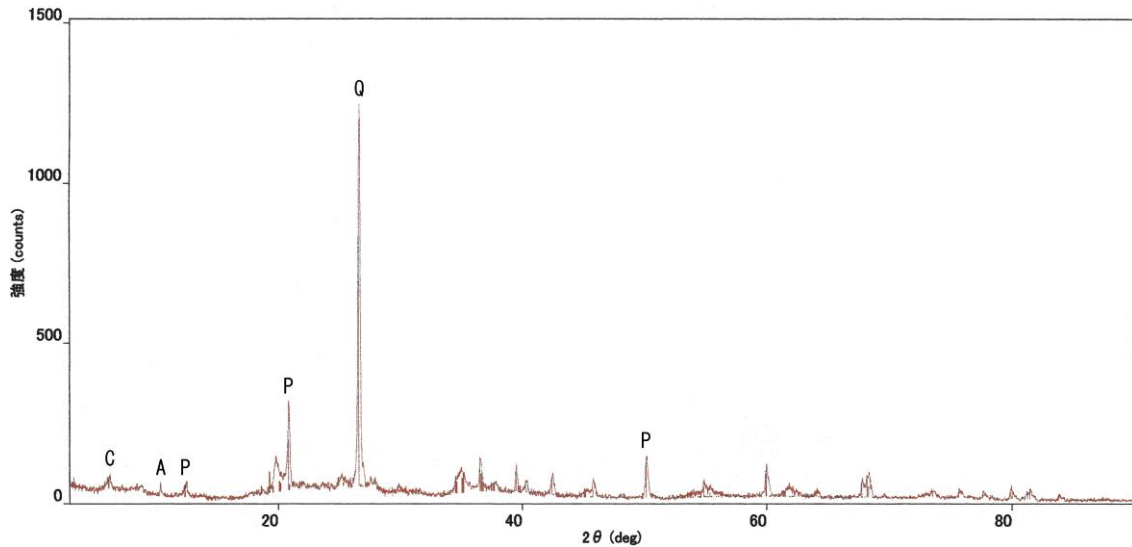


図 10 平岡遺跡における貼床土の代表的 XRD 実験結果
凡例 Q:石英 P:斜長石 C:緑泥石 A:角閃石

なり、斜長石の含有量が石英を上回ることもない。地山土壌と想定して採取した試料は貼床土と同様の結果が得られたものの、被覆土の可能性も考えらるため、今回は省いた。緑泥石の最大ピークを1としたときの石英の最大ピークを求めたところ、3号竪穴建物跡では31・43、7号竪穴建物跡では26・33、8号竪穴建物跡（試料1）では20・24、8号竪穴建物跡（試料2）では30・31であった。

6. 考察とまとめ

X線粉末回折法（XRD）により、打出遺跡 SI01 から採取された屋根土（24 試料）・貼床土（21 試料）・周堤土（21 試料）を地山土壌（18 試料）と比較しながら調べた結果、鉱物組成上の相違はほとんどないことが判明した。しかし、地山土壌と屋根土・貼床土・周堤土とを詳細に比較解析すると、地山土壌では石英や斜長石がやや多い傾向が認められる。すなわち、屋根土・貼床土・周堤土では粘土鉱物の量がやや多い傾向が認められ、地山土壌を雨ざらしして（おそらく、風化作用や手選などで）、石英・斜長石の一部を取り去ってから使ったのではないかと思われる。地山土壌を掘ってから、しばらく寝かせたことが予想される。また、発掘調査所見では頂部付近の屋根土は黒色であった。このことは、手が届く範囲では除草管理され、届かない頂部では植生のために黒色化したのではないかと推定できる。

「床を叩いて締め固める（床を貼る）」と、アロフェンの比表面積が小さくなったり、粘土鉱物とその構造と平行な無機な配列をしたりするため、保水性や透水性は低下する（前田・相馬，1979）ことが知られている。一般に、土壌は含水比が60～80%程度で密度が最大値となるため、床を叩いて締め固める（床を貼る）ことの効果（突き固め効果）は粒径

が小さい場合に大きくなると考えられる。つまり、大部分の土壌試料にアロフェンが含まれていると考えられるため、地山土壌を叩いて締め固め、床を貼ることによって保水性や透水性が低下し、防水・防湿効果が期待される。

縄文時代前期の竪穴住居跡である平岡遺跡 3・7・8 号竪穴建物跡から採取された貼床土・地山土壌は試料数が少ないものの、鉱物科学的特徴は打出遺跡 SI01 の測定結果とほぼ同様である。貼床の意味もほぼ同様であろう。

引用・参考文献

- 小黒智久 (2005), 日本の遺跡・世界の遺跡 富山県打出遺跡, 考古学研究, 205, 108-111.
(公財)富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所 (2013), 平成 24 年度埋蔵文化財年報
富山市教育委員会 (2006), 富山市打出遺跡発掘調査報告書 — 一般県道四方新中茶屋線住宅基盤事業に伴う発掘調査報告書 —, 富山市埋蔵文化財調査報告 7, 富山市教育委員会
中島真美 (2013), ペルー, パコパンパ遺跡で行われた銅製錬についての研究および富山市打出遺跡, 竪穴住居における土壌の鉱物学的研究. 富山大学大学院理工学教育部修士課程地球科学専攻修士論文 (手記)
前田 隆・相馬尅之 (1979), 有機火山灰土 (黒ボク土) の水分特性—加圧板法と遠心法比較、農土論集, 84, 61-67
Kitagawa, Y. (1971), The “unit particle” of allophane. Amer. Mineral., 56, 465-475
Wada, S. and Wada, K. (1977), Density and structure of allophane. Clay Mineral., 12, 189-198

8 復原建物1の土間タタキ試験とその評価

宮野秋彦・古川知明

1. 復原建物1の土間タタキ試験に至る経緯と施工

1.1. 平成13年度土間タタキ試験

復原建物1は、平成11年3月に伝統的工法で復元した。その後2年経過した平成13年1月、土間面に水が溜まる、あるいは湿潤が常態化してきたことから、復元整備時の関係者が参集して対策を検討した。その結果、①壁面への調湿建材埋込み、②土間の改良という提案がなされ、①から着手した。

平成13年4月、調湿建材ヒューミライト（日本インシュレーション製）に柿渋を塗布した改良品が提供され、表面を削った腰壁面に養生シートを敷き、調湿建材を敷き並べ、茅のむしろで目隠しとした（写真1）。



写真1 むしろ下の調湿建材

次に②に着手した。土間は旧畑地表土の黒ボク土をベースに施工され、それ自体排水等機能を持たない。このため、一般的な土間タタキが適当とされた。現代資材におけるタタキは縄文時代に存在しなかったことから、発掘調査で検出した床面土、すなわち洪積層火山灰由来の赤土や、入手可能な砂・木炭等を使用することとし、混合比などは試験により最適なデータを求めて決定することとした。比較試験のため母材土として従来の黒ボク土も使用した。試験には株式会社ヨーケン村田豊社長の協力を得た。その結果、赤土：砂：消石灰：木炭=62：10：25：3とし、そこに24%加水する提案がなされた。これに基づき平成13年7月に試験施工を行った。なお、施工にあたっては、重量比に基づく配合を行った。この間数度の浸水のため、壁面のヒューミライトは劣化し、表面のむしろにはカビが発生したが、そのまま自然乾燥を繰り返し、平成14年12月にむしろを撤去した。ヒューミライトは、平成15年の上屋解体修繕（市単独修繕）まで設置した。

平成13年12月に試験施工した土間からサンプルを切り取り、宮野が吸放湿特性を計測した。その結果、良好な結果を得たため、この配合比を基礎として本施工した。

1.2. 平成19年度土間タタキ試験

復原建物1では、その後も雨漏りや土間の湿潤等による腐朽が進行したため、平成15年に上屋解体修繕を行った（市単独修繕）。その際、屋根内部に反射断熱性を持った防水シートおよび板状調湿建材を施工した。修理後、土屋根からの漏水による瑕疵は解決したが、土間の湿潤によると考えられる屋内の高湿現象はなお続いていた。

そこで、平成19年の8月から12月の間に、3回に分けて床を叩いて締め固めた。施工に

は、火山灰由来の赤土（富山市北押川 B 遺跡の火山灰土）をベースに、消石灰、砂、木炭を配合した材料（重量比で、赤土：消石灰：砂：木炭 = 63：27：9.8：0.1 とし、そこに 25%加水）によって、厚さ約 5cm のタタキとした。施工にあたっては、最初は薄い層で、その後何回かに分けて叩いて締め固めた。（宮野・古川）

2. 試験結果とその評価

図 1～3 に、土間タタキ前、1 年後および 2 年後の内外の日平均相対湿度の相関を示した。

試験では復原建物 1 の近傍にあって同様に南に入口を持ち、土間を叩いて締め固めていない復原建物 2 との内部温湿度の比較測定を行った。なお、復原建物 2 は、小屋根の換気口面積が復原建物 1 よりやや大きい。図 4 には、以上の測定結果に基づいて、土間タタキ前および 2 年後における復原建物 1 と外気の日平均相対湿度の相関を求めた結果を示す。

図 5～7 に、復原建物 1 の土間タタキ前、1 年後および 2 年後の、いずれも夏の晴天日（日照時間約 12 時間）の復原建物 1 と復原建物 2 の屋内の気温、相対湿度および絶対湿度の日変動の比較を示す。図 5 によると、土間タタキ前の両復原建物の相対湿度はほぼ同様だったが、復原建物 1 の気温が復原建物 2 よりやや高いため、絶対湿度がわずかに高くなっている。図 6 の土間タタキ 1 年後の最初の夏では、両復原建物の屋内相対湿度はほぼ同様で土間タタキによる効果はまだ認められず、復原建物 1 の絶対湿度もタタキ前と同様に復原建物 2 よりわずかに高くなっている。図 7 から、土間タタキ 2 年後の夏には、復原建物 1 の相対湿度が復原建物 2 より晴天日の相対湿度で約 10% 低くなっており、絶対湿度では 1～2g/m³ 程度も低くなっていることがわかる。雨天日でも相対湿度で 5%、絶対湿度で 0.5～1g/m³ 程度低くなっている。図 8 には、土間タタキ 2 年後の夏期約 2 ヶ月間の復原建物 1 と復原建物 2 の温湿度の比較を示す。（宮野）

3. タタキ土間の特質

縄文時代竪穴建物跡の床面は、表面数 cm が硬化していることが多い。考古学では、このような構造の床面を「貼床」と呼称してきた。床部分を一旦深く掘り込み、粘土質の土を敷き、叩いて締め固めるといった過程が示されている。富山市開ヶ丘狐谷Ⅲ遺跡の竪穴建物跡 SI01 の土間の分析結果は、遺跡より一段低い段丘面産の粘土成分を示し、それを裏付けた（パリノ・サーヴェイ(株)2003）。建築学ではこれを「たたき土間」と呼び、花崗岩の風化した真砂土・消石灰・にがりを混和した「三和土」の字を充てる。富山の竪穴建物跡の土間構成土は、丘陵地・段丘面に堆積する黄色火山灰の再堆積土であり、立山火山に由来する。この火山灰土を叩いて締め固めた場合、硬化とともに吸放湿特性の向上が認められ、土間としての特性の高い性質を持つことになる。よって、土間の敷設は、床下からの湿気を防ぎ、屋内の湿度を吸放出して快適な湿度を保つため効果を有していたと評価される。

以上から、本書では貼床とせず「土間（タタキ）」と呼称するものである。（古川）

引用文献

パリノ・サーヴェイ(株) 2003 「開ヶ丘中山Ⅲ・開ヶ丘狐谷Ⅲ遺跡・開ヶ丘ヤシキダ遺跡の自然科学分析」『富山市開ヶ丘中山Ⅲ・開ヶ丘狐谷Ⅲ遺跡・開ヶ丘ヤシキダ遺跡発掘調査報告書』富山市教育委員会

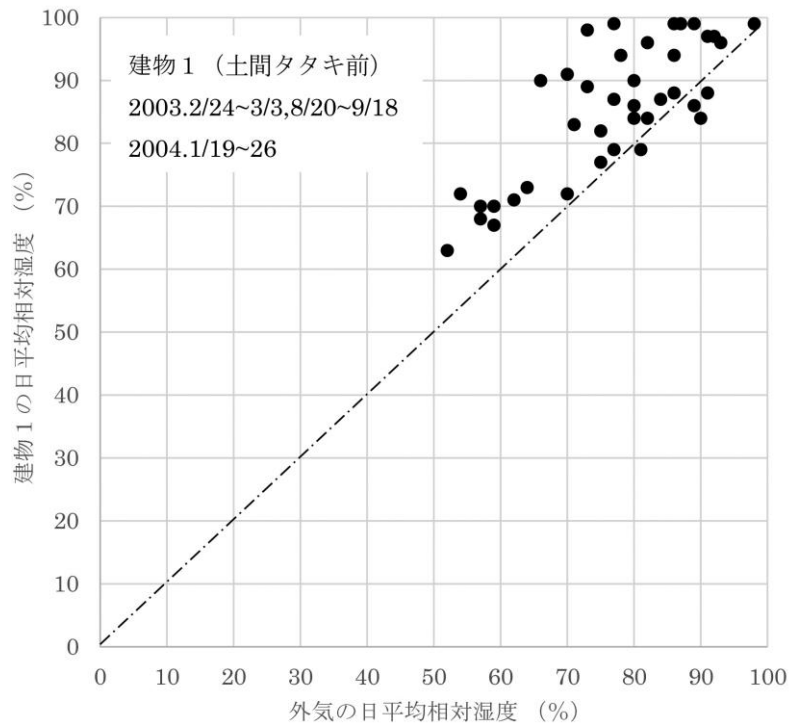


図1 復原建物1内外の日平均相対湿度の関係（土間タタキ前）

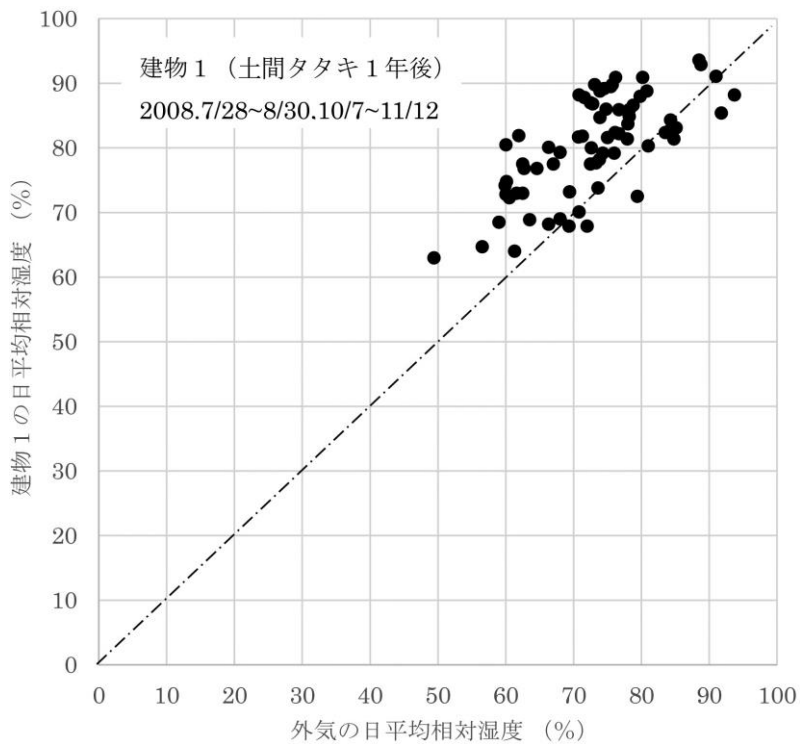


図2 復原建物1内外の日平均相対湿度の関係（土間タタキ1年後）

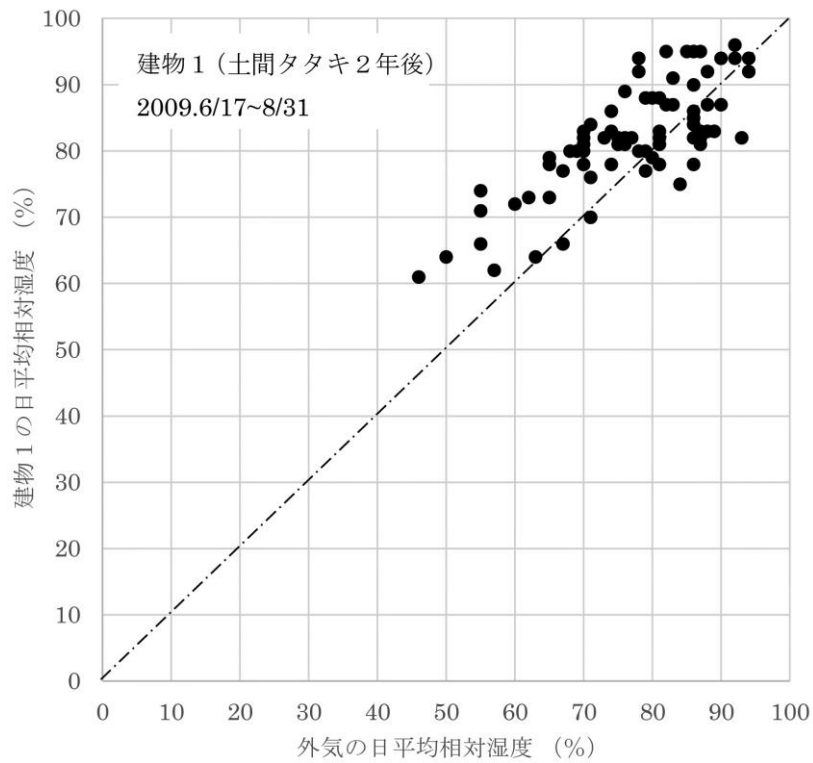
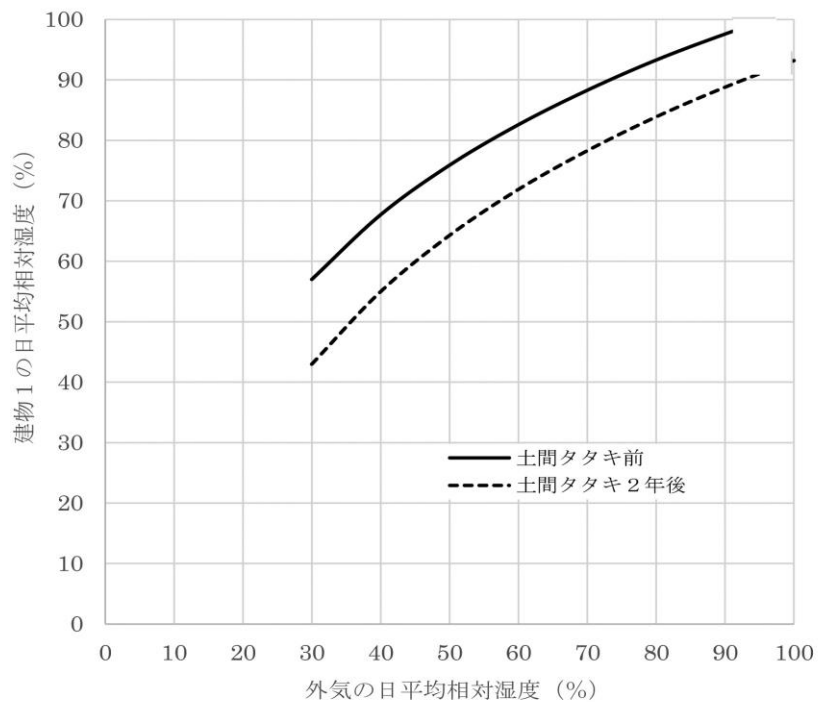


図3 復原建物1内外の日平均相対湿度の関係 (土間タタキ2年後)



土間叩き前 $Y = 36.9 \ln(X) - 68.6 \quad R^2 = 0.72$

土間叩き2年後 $Y = 41.7 \ln(X) - 98.7 \quad R^2 = 0.64$

Y = 建物1の日平均相対湿度 (%), X = 外気の日平均相対湿度 (%)

図4 復原建物1と外気の日平均相対湿度の相関

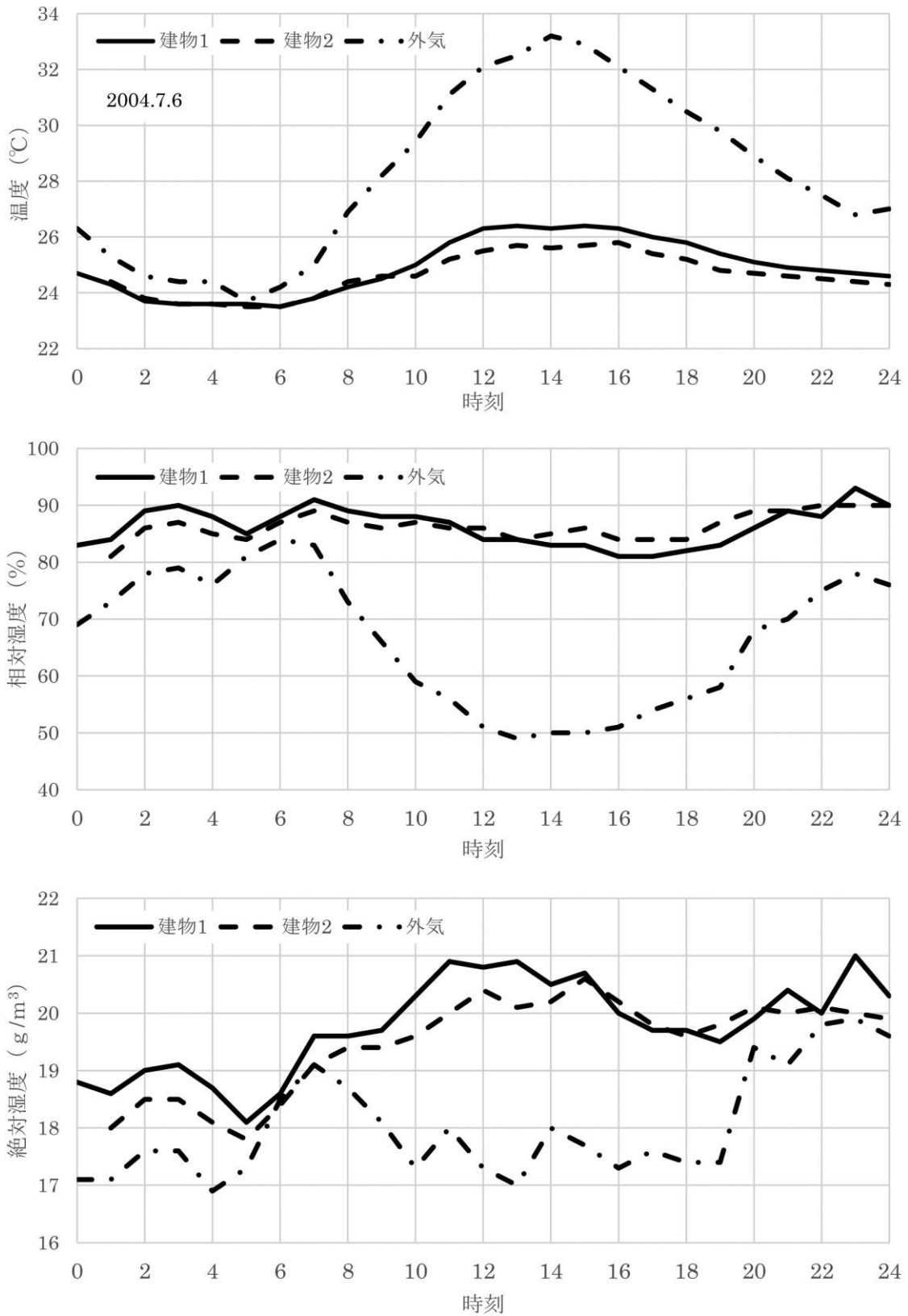


図5 復原建物1の土間タタキ前における復原建物1・2の温湿度の日変動
(快晴, 日照時間 11.7 時間)

復原建物1の土間タタキ試験とその評価

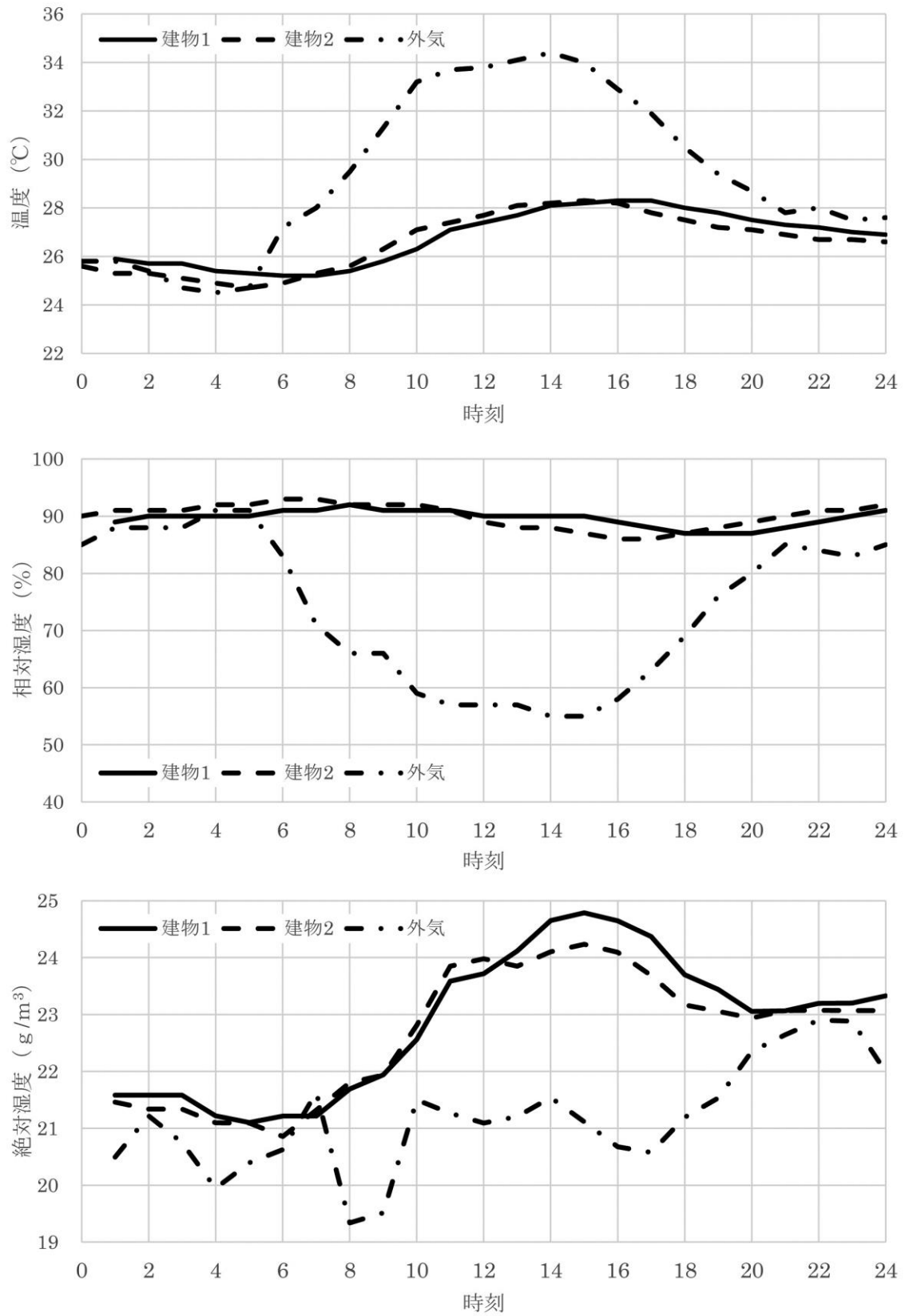


図6 復原建物1の土間タタキ1年後における復原建物1・2の温湿度の日変動
(快晴, 日照時間12.5時間)

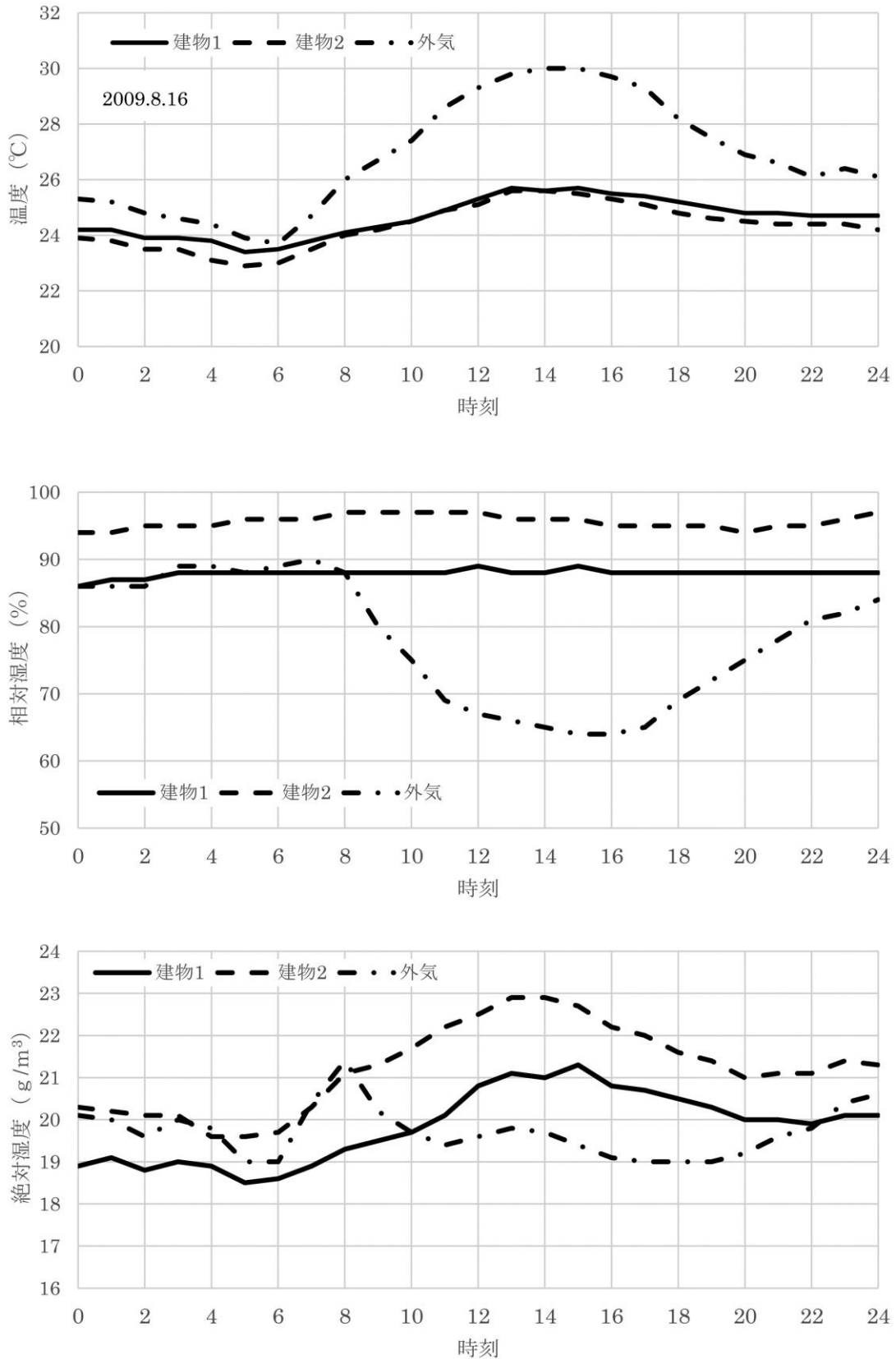


図7 復原建物1の土間タタキ2年後における復原建物1・2の温湿度の日変動
 (晴, 日照時間11.9時間)

復原建物1の土間タタキ試験とその評価

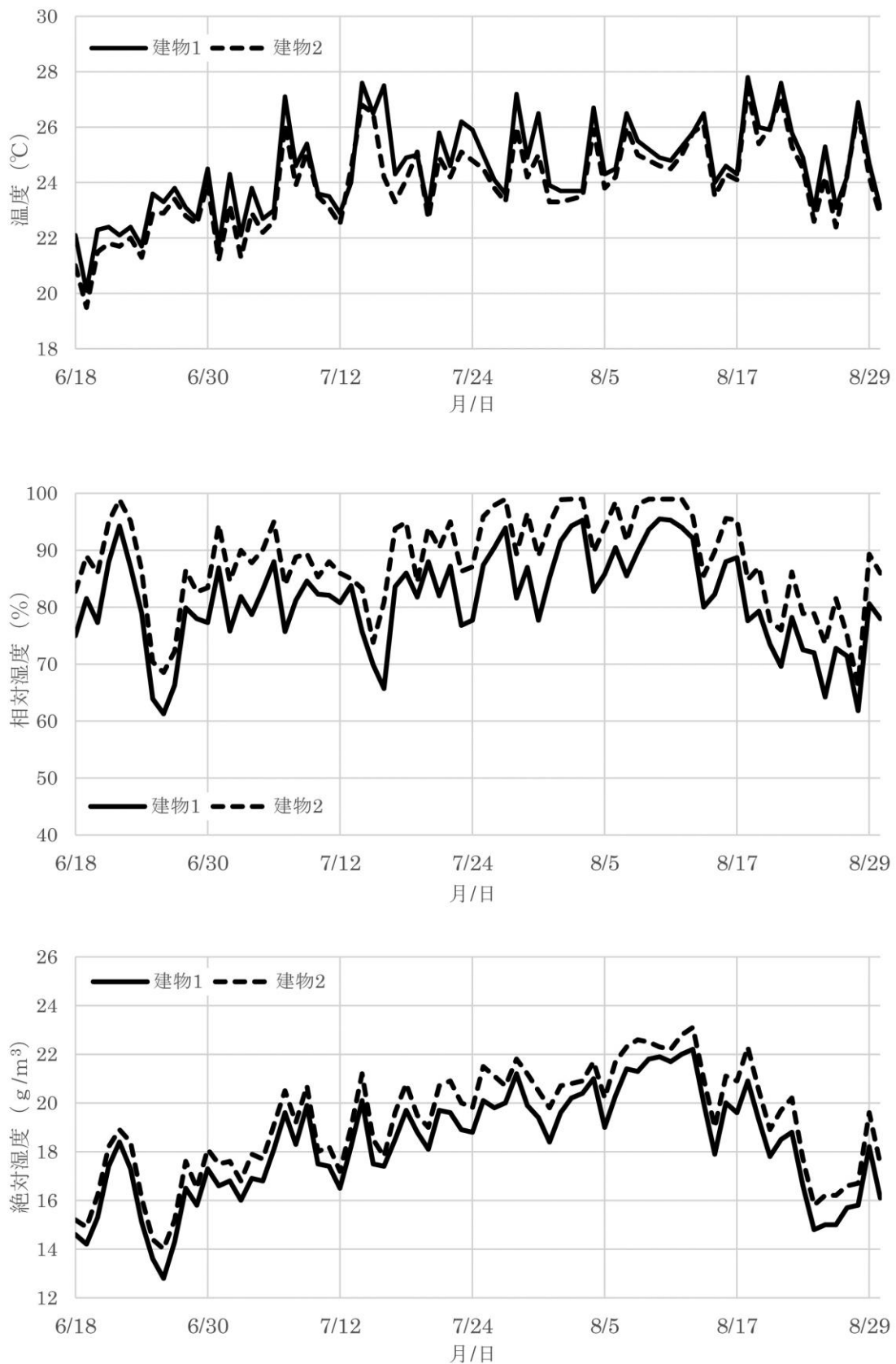


図8 土間タタキ2年後の夏期3ヶ月間における復原建物1・2の温湿度変化

9 復原建物5の復元に向けた土間タタキ試験とその評価、腰壁へのゼオブレースの施工試験

宮野秋彦・小黒智久

1. 土間タタキ試験の実施に至る経緯

建築環境工学・鉱物科学・考古学を専門分野とする委員3名の出席を得て、平成23年4月25日に実施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）において、当該年度に実施する復原建物5の修理工事（前年度に解体した土屋根の復元）を行うための詳細設計ほかを検討した。

専門家会議事務局（埋蔵文化財センター）としては、同一構造の復原建物2の市単独修繕で取り入れた工法に準じ、土間タタキを行い、屋根への防水シートの敷設範囲を垂木尻から透水管まで増やし、小屋根等の樹皮の葺き方を変更する方針で、腰壁等の湿気対策は屋根検討部会での検討を踏まえて一定程度変更可能と判断していた。

土間タタキの資材および配合比は前節で詳述した、平成19年度に復原建物1で実施したものを想定していたが、屋根検討部会ではそれを変更する必要性の有無を検討した。その検討結果を踏まえ、専門家会議委員の宮野の依頼により、土間タタキ試験を島根県松江市のカナツ技建工業(株)（以下、試験協力会社と略記）の協力を得て実施することとした。

2. 土間タタキ試験（予備試験）

2.1. 予備試験の経過

平成23年5～8月

予備試験（目的は次の2点）

- ①平成19年度復原建物1土間タタキ施工実績（C区画 火山灰土：消石灰：砂＝57：24：19）の詳細な検討（性能試験）
- ②地元の火山灰土を用いて土間タタキを行う場合の改良案の検討

2.2. 予備試験の結果（平成23年8月4日 試料作製）

平成19年度に復原建物1で実施した土間タタキを再現し、これを基礎として、専門家会議事務局と試験協力会社との間で協議を重ね、本試験に備えた。

表1 平成19年度の土間タタキ（復原建物1）の再現結果

項目	火山灰土 富山市北押川B遺跡 (地山土)	消石灰 市場 流通品	川砂 常願寺川産 (立山町西大森地先)	水 (PL比)
配合比	57.0 %	24.0%	19.0 %	30.0%

3. 土間タタキ試験（本試験）

3.1. 本試験の条件と資材選定

本再整備事業では、今後の北代縄文広場における復原建物修理の標準となる設計・仕様の立案も目指していた。当該設計・仕様の一部を再整備事業報告書に掲載することで、復原建物の長寿命化を目指す復元整備／再整備に取り組もうとする地方公共団体等の参考になることを期待したものであった。

タタキ（粘土・砂・消石灰）の母材となる粘土は、必要量の安定的確保という観点から復原建物1の土間タタキのように遺跡の発掘調査地で採取した地山土とせず、県内産赤土（粘土）とした。縄文人は集落の近傍でさまざまな用途に適した粘土を調達・管理していたと考えられ、歴史性を踏まえた復元という観点からは可能な限り近傍で粘土を調達することが望ましい。各地で粘土は採取できようが、粘性や粒径分布、夾雑物の程度はさまざまであり、タタキに適した粘土の調達には一定の調達範囲を許容する必要がある。

専門家会議事務局は、土木など工事現場で用いる各種赤土のサンプルを事前調査したものの、夾雑物が多く、除去する施工手間（混合・均し・転圧）などの観点から本試験の材料として採用することは難しいと判断していた。その後、復原建物5修理工事の施工会社によって富山県小矢部市産赤土（瓦用粘土）および富山県朝日町産赤土が候補として選ばれ、同工事現場代理人と同工事設計監理会社の監理技術者、および市監督員の協議により当該試料を本試験のサンプルとして選定し、試験協力会社に送付した。同様に、砂についても県内産川砂とした。試験協力会社によれば、性能上は川砂よりも山砂の方が適しているとのことだが、全国的にも調達が容易と考えられる汎用性の高い川砂を用いることとした。本試験では、常願寺川産の川砂を選定し、試験協力会社に送付した。

富山市域の縄文時代や弥生時代の遺跡で確認された竪穴住居の貼床（土間）土壌を分析したところ、カルシウム分はないと理解できる（Ⅶ－7参照）が、性能向上の観点から消石灰を採用することとし、試験協力会社が調達した。

3.2. 本試験の目的

平成15年度に土屋根を解体し、修繕した復原建物1・2は、平成23年度時点で建物の強度上の重大な劣化は生じていなかった。屋内の湿度環境にも改善が認められていたため（Ⅶ－6参照）、本再整備事業で土屋根を解体修理する復原建物5・6の耐用年数は15年とすることを検討していた（平成23年9月28日の第3回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議で正式決定し、平成24年8月31日の第4回会議での検討を踏まえて20年に再設定した）。

このため、本試験での目標を次のように設定した。

- ①復原建物（竪穴住居）の耐用年数（15年）程度の耐久性の実現を目指す。
- ②可能な限り、平成19年度に復原建物1で施工した土間よりも性能を向上させ、施工性と両立させることを目指す。

復原建物5の復元に向けた土間タタキ試験とその評価、腰壁へのゼオブレースの施工試験

表2 本試験のサンプル内訳とその配合比、圧壊硬度測定試験の結果

作成日 H23.11.25
 測定日 H23.10.11月 ①成形1週間後 気乾養生
 H23.10.11月 ②成形2週間後 気乾養生
 H23.10.11月 ③成形2週間後 浸水(24H)養生

測定場所 産業技術センター 環境技術グループ内
 試料条件 材料を混練成形後気乾養生、およびサンプルを所定期間水浸漬したものを使用した。
 木屋式デジタル硬度計/WP/HT-20N(測定範囲 Max:20kg,Min:0.05kg)を用いて計測した。
 実施者 長島

サンプル内訳	No.	赤土 (富山)	川砂 (富山)	鹿沼土	消石灰	固体 total (プレミックス)	にがり	水
①赤土:川砂=40:20 (にがりなし)	量(g)	80	40	40	40	200		67.5
	率(%)	40.0%	20.0%	20.0%	20.0%	100.0%	0.0%	33.8%
②赤土:川砂=30:30 (にがりなし)	量(g)	60	60	40	40	200		67.5
	率(%)	30.0%	30.0%	20.0%	20.0%	100.0%	0.0%	33.8%
③赤土:川砂=20:40 (にがりなし)	量(g)	40	80	40	40	200		75
	率(%)	20.0%	40.0%	20.0%	20.0%	100.0%	0.0%	37.5%
④赤土:川砂=40:40 (にがりなし,鹿沼土なし)	量(g)	80	80	0	40	200		67.5
	率(%)	40.0%	40.0%	0.0%	20.0%	100.0%	0.0%	33.8%
⑤赤土:川砂=40:20 (にがりあり)	量(g)	80	40	40	40	200	10	72.5
	率(%)	40.0%	20.0%	20.0%	20.0%	100.0%	5.0%	36.3%
⑥赤土:川砂=30:30 (にがりあり)	量(g)	60	60	40	40	200	10	70
	率(%)	30.0%	30.0%	20.0%	20.0%	100.0%	5.0%	35.0%
⑦赤土:川砂=20:40 (にがりあり)	量(g)	40	80	40	40	200	10	70
	率(%)	20.0%	40.0%	20.0%	20.0%	100.0%	5.0%	35.0%
⑧赤土:川砂=40:40 (にがりあり,鹿沼土なし)	量(g)	80	80	0	40	200	10	55
	率(%)	40.0%	40.0%	0.0%	20.0%	100.0%	5.0%	27.5%
⑨赤土:川砂=30:30 (にがりあり(2%))	量(g)	60	60	40	40	200	4	70
	率(%)	30.0%	30.0%	20.0%	20.0%	100.0%	2.0%	35.0%
⑩赤土:川砂=40:20 (にがりなし,消石灰25%)	量(g)	80	40	30	50	200		70
	率(%)	40.0%	20.0%	15.0%	25.0%	100.0%	0.0%	35.0%
⑪赤土:川砂=40:20 (にがりあり,消石灰25%)	量(g)	80	40	30	50	200	10	70
	率(%)	40.0%	20.0%	15.0%	25.0%	100.0%	5.0%	35.0%
⑫赤土:川砂=55:20 (H19北代相当,消石灰25%)	量(g)	110	40	0	50	200	0	62
	率(%)	55.0%	20.0%	0.0%	25.0%	100.0%	0.0%	31.0%
⑬赤土:川砂=45:30 (⑫改良,消石灰25%)	量(g)	90	60	0	50	200	0	60
	率(%)	45.0%	30.0%	0.0%	25.0%	100.0%	0.0%	30.0%
⑭赤土:川砂=60:20 (⑫改良,消石灰20%)	量(g)	120	40	0	40	200	0	60
	率(%)	60.0%	20.0%	0.0%	20.0%	100.0%	0.0%	30.0%
⑮赤土:川砂=50:30 (⑫改良,消石灰20%)	量(g)	100	60	0	40	200	0	60
	率(%)	50.0%	30.0%	0.0%	20.0%	100.0%	0.0%	30.0%
⑯赤土:川砂=50:20 (⑫改良,消石灰25%)	量(g)	100	40	10	50	200		55
	率(%)	50%	20%	5%	25%	100%	0%	27.5%
⑰赤土:川砂=50:20 (⑫改良,消石灰20%)	量(g)	100	40	20	40	200		55
	率(%)	50%	20%	10%	20%	100%	0%	27.5%

【圧壊硬度測定結果】

①成形1週間後 気乾養生

測定日:H23.10.11月

Run.	サンプルNo.																
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17
1	11.00	11.40	10.05	8.80	20.35	13.35	15.40	5.35	9.80	13.75	13.40	21.00	17.30	21.00	15.85	18.25	14.25
2	13.75	13.85	9.50	8.55	14.45	11.40	12.95	3.70	11.90	17.60	13.15	21.00	17.80	21.00	16.00	21.00	15.45
3	9.95	8.15	9.15	9.05	18.15	13.90	9.85	4.55	11.20	13.40	15.35	21.00	11.85	21.00	14.60	17.50	14.10
4	9.70	12.60	6.70	10.55	17.90	11.20	13.40	4.95	10.05	14.85	16.55	21.00	14.65	21.00	14.05	20.00	14.05
5	9.60	10.80	7.75	6.50	17.50	11.30	13.15	5.25	15.05	9.80	11.10	21.00	16.40	21.00	16.15	18.90	14.00

※ 21→20kgとする。

②成形2週間後 気乾養生

測定日:H23.10.11月

Run.	サンプルNo.																
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17
1	13.70	10.00	9.35	8.30	11.85	13.90	10.75	5.05	10.9	12.8	10.3	21	17.2	21	21	20.40	13.45
2	12.95	15.45	8.85	10.85	21.00	15.30	10.15	5.25	14.4	14.45	20.05	21	21	21	19.9	17.95	16.05
3	10.90	14.45	10.35	10.25	21.00	12.20	17.20	5.50	13.65	14.4	13.1	21	15.25	20.05	17.7	19.75	11.95
4	14.10	16.25	11.10	9.65	19.75	13.65	13.80	5.60	14.35	15.1	19.9	21	18.65	21	15.2	21.00	15.30
5	14.60	18.25	7.75	9.40	17.85	14.15	11.40	5.70	14.9	13.05	14.4	21	21	21	18.45		

※ 21→20kgとする。

【圧壊硬度測定結果】

③成形2週間後 浸水(24H)養生

測定日:H23.10.11月

Run.	サンプルNo.																
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17
1	11.65	8.70	7.25	5.15	4.60	5.85	6.35	1.90	7.6	9.4	5.05	20.35	11.8	15.85	10.55	10.85	9.40
2	9.35	9.80	6.40	6.05	6.25	5.00	7.75	2.75	8.55	8.55	4.1	19.45	12.85	19.05	11	10.50	9.00
3	8.95	10.50	4.75	6.40	7.90	7.30	7.35	2.20	6.35	10.1	8.4	16.75	10.85	17.55	11.9	11.30	9.70
4	10.05	9.35	5.80	5.90	6.55	5.50	5.00	1.85	7.95	11.95	6.7	21	9.4	19.15	11.7	11.55	9.35
5	11.80	10.60	7.50	6.10	6.20	5.00	6.30	2.55	8.1	9.25	5.5	20.4	12.3	15.45	10.55	12.50	9.25

※ 21→20kgとする。



写真1 圧壊硬度測定試験の試料



写真2 圧壊硬度測定試験

タタキの母材は粘土（赤土）であり、縄文時代には使われていなかったと考えられる資材を混和しても色調等に大きな変化は生じないため、必要に応じて鹿沼土やゼオライトなどの副資材を混和することも検討することとした。すでに復原建物5の修理工事を発注済で試験期間を十分確保できないため、平成23年度の本試験は暫定的なものとして位置づけて実施することとした。本試験を踏まえて選定した資材・配合比・手順に基づいて施工し、そ

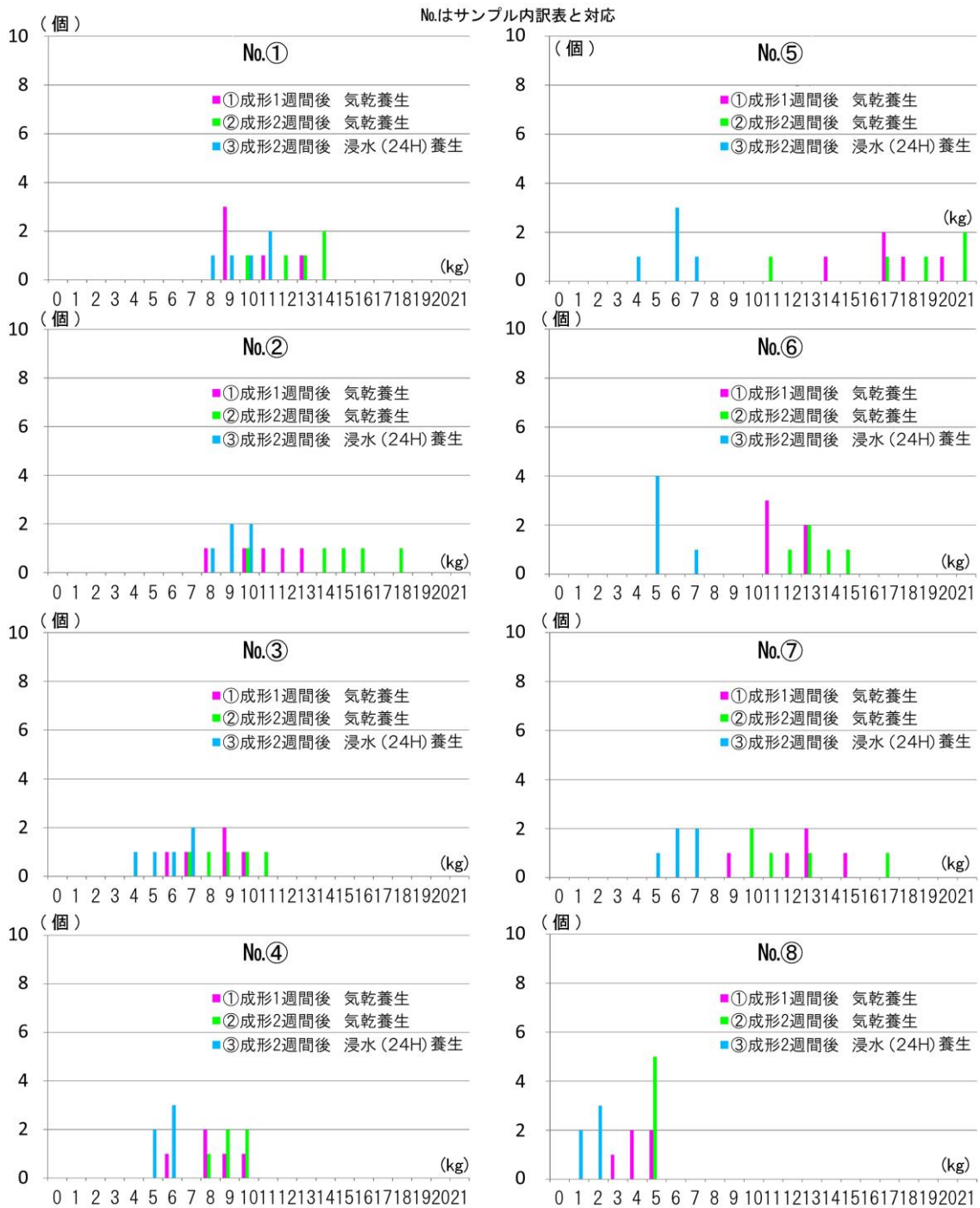


図1 圧壊硬度測定試験の結果(1)

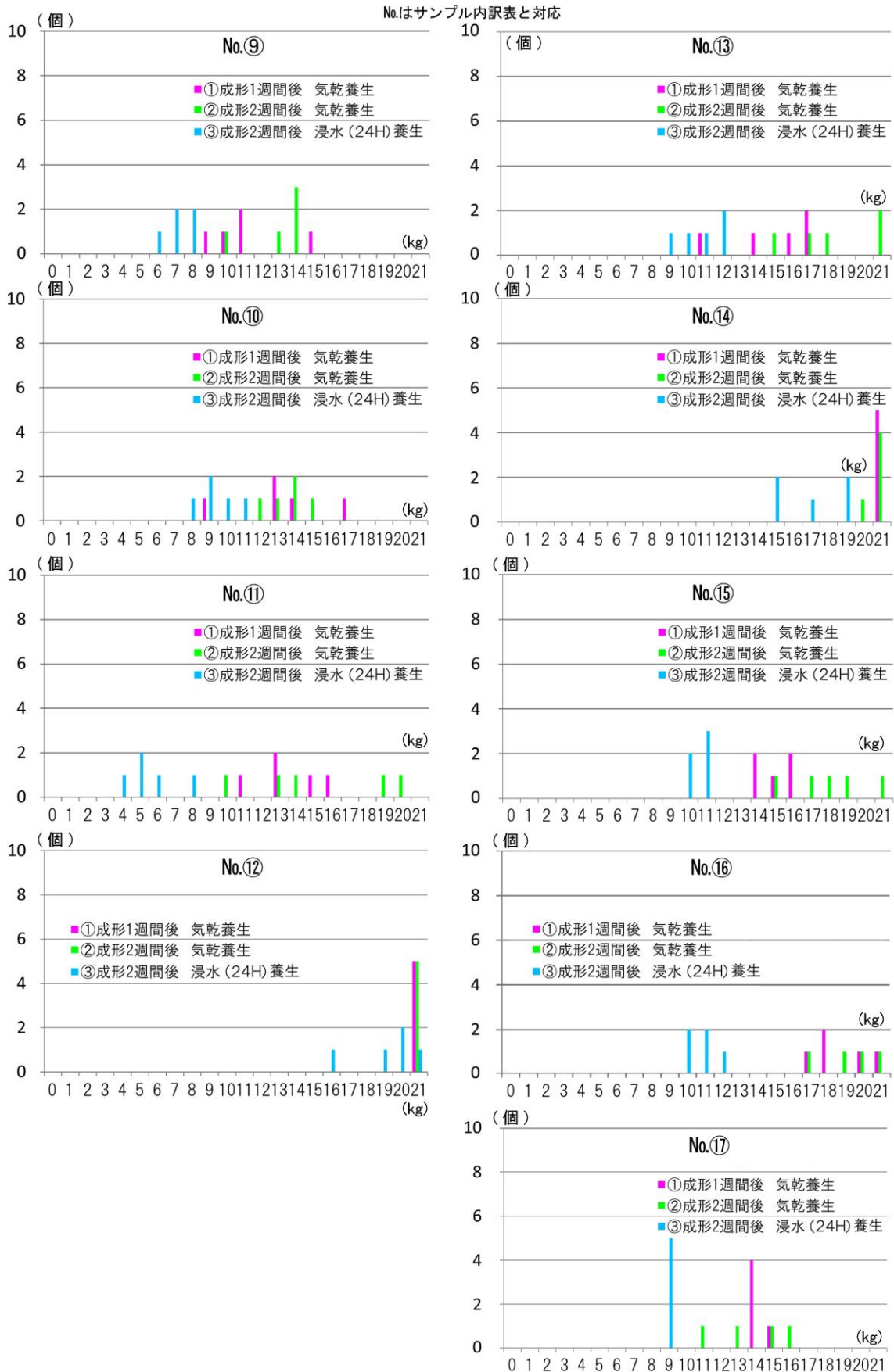


図2 圧壊硬度測定試験の結果(2)

の後の経過観察結果を踏まえ、追加試験の必要性の有無を検討することとした。

3.3. 本試験の経過

平成 23 年 10～11 月 修理工事の施工会社から送付された富山県小矢部市産赤土（瓦用粘土）・富山県朝日町産赤土に適度な水を加え、沈殿分離の状況を確認し、母材として適切な資材を選定した。沈殿分離しにくい（粘土分が多い）材料は、小矢部市産赤土だった。なお、朝日町産赤土は粘土分が少ないため、小矢部市産赤土に比べて可塑性に乏しいことがわかった。沈殿分離の状況や可塑性を確認して、タタキに適した赤土を選定することが重要である。そのうえで、小矢部市産赤土・県内産川砂を母材として 15 種の配合に絞り込み、圧壊硬度や凍害など各種試験を実施した。



写真3 可塑性の検討



写真4 絞り込んだ配合（右上）と赤土（右下）、消石灰

4. 本試験の結果（平成 23 年 11 月 11 日 試料作製）

本試験では、まず消石灰の配合率を 20%に固定し、赤土と川砂の配合比を変えつつ、にがりの有無が強度（硬度）に与える影響を検討した。最終的には消石灰の配合比率を 25%に確定して 2 種に絞り、改良を重ねて最適と判断される配合比を決定した。全体で、17 種のサンプル試験を行ったことになる。4 種の材料を混合したプレミックス（PL）に対する加

表3 最終段階の検討過程（小矢部市産赤土）

No.		赤土 (富山)	川砂 (富山)	鹿沼土	消石灰	固体 total (プレミックス)	水
⑫赤土:川砂=55:20 (H19北代相当、消石灰25%)	量(g)	110	40	0	50	200	62
	率(%)	55.0%	20.0%	0.0%	25.0%	100.0%	31.0%
⑯赤土:川砂=50:20 (⑫改良、消石灰25%)	量(g)	100	40	10	50	200	55
	率(%)	50.0%	20.0%	5.0%	25.0%	100.0%	27.5%

表4 最適と判断された配合比

項目	赤土 小矢部市産 (瓦用粘土)	川砂 常願寺川産	消石灰 市場 流通品	鹿沼土 市場 流通品	水 (PL比)
配合比	50.0%	20.0%	25.0%	5.0%	27.5%

平成19年度土間タタキ(復原建物1)の再現

火山灰土 富山市北押川B遺跡 (地山土)	消石灰 市場 流通品	川砂 常願寺川産 (立山町西大森地先)	水
57.0%	24.0%	19.0%	30.0%



平成23年度土間タタキ試験(最適配合比)

赤土 小矢部市産 (瓦用粘土)	川砂 常願寺川産	消石灰	鹿沼土	水
50.0%	20.0%	25.0%	5.0%	27.5%



図3 圧壊硬度測定結果からみた平成23年度土間タタキ試験結果の品質向上

水比も同時に検討した。

各種試験の結果、最適と判断された配合比は表4のとおりである。平成19年度の土間タタキ(復原建物1)の再現結果と比べて、強度(硬度)は4倍程度に向上した(図3)。最適配合比を決定したうえで、施工方法(材料の加工、各材料の量り方、割増率、混合手順、加水手順、転圧方法)の検討を行い、図4のとおり定めた。

4. 復原建物5土間タタキ施工後の評価、検討

平成23年度の復原建物5修理工事は12月27日に完成し、平成24年1月11日から次の仕様で屋内温湿度の毎時測定を開始した。

測定機器 米国 CEM 社製 DT-171
設置位置 支柱側面(出入口から最奥部)、センサー高はFL+90cm

土間タタキの施工写真および経過観察記録(目視所見・木材表面含水率)、温湿度グラフ等を定期的に



写真5 温湿度データロガー設置状態



図4 決定された最適配合比と施工方法の検証試験

試験協力会社へ送付し、平成24年1月～平成25年11月に史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（第4～7回会議、屋根検討部会）を含めて検討を重ねた。平成23年度は最深積雪が5年ぶりに70cmを超え、寒冷な冬だったこともあってか、出入口階段のタタキで顕著な凍害が発生し、表層の剥離が繰り返された。この原因分析が当面の課題となった。なお、翌年以降は当該部を含めて凍害が発生していない。

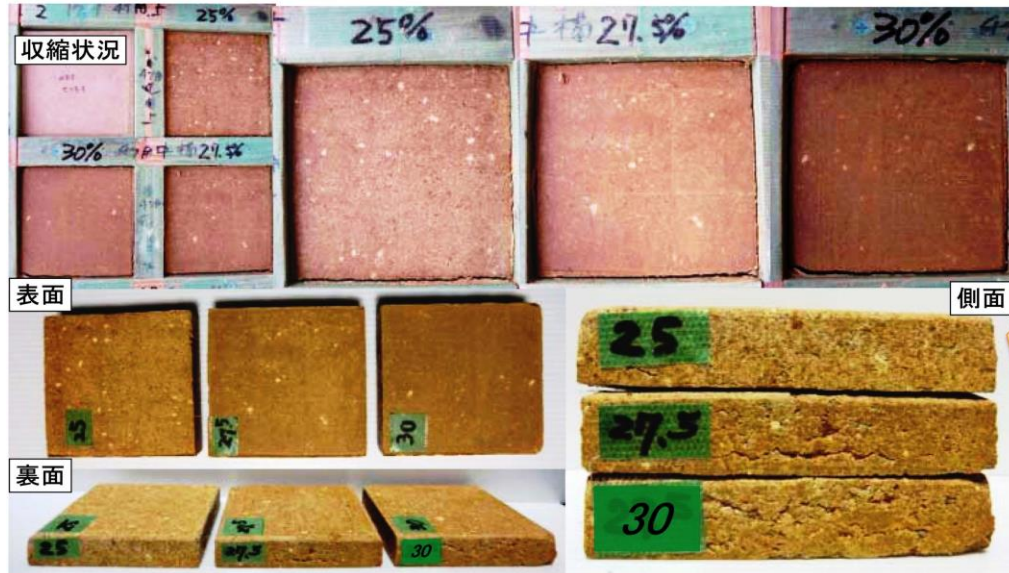
長期にわたる経過観察の結果、出入口樹皮屋根からの融雪水が跳ね返って階段に流入したり、出入口（山砂機械転圧）から地下に浸透した雨水等が地下防水対策（モルタル止水壁）を越えて流入したりすることで、出入口階段のタタキに浸透した水分が凍結融解することに伴って剥離が生じたと判断された。

土間や棚の表面には亀裂や剥離が発生しておらず、強度（硬度）上の問題も発生していなかったため、問題となった表層剥離の原因は材料の配合比によるものではないと評価した。今後、同様の問題を防止するには、雨水等の水分が頻繁に接触しないよう施工環境に対策を講じるといった工夫、また施工時に締め固めを強くするなどの剥離原因となった凍害等を防ぐ施工上の工夫が必要と考えている。

復原建物1の土間タタキ前後の湿度変化から、土間が吸放湿性能を発揮するには施工後2年程度かかることが判明していた（VII-8参照）ものの、母材となる県内産赤土に関して、小矢部市産（瓦用粘土）よりも吸放湿性能を高める材料が存在するかどうかを検討することとした。黒部市産赤土や富山市婦中町産赤土等を試験協力会社に送付し、適否の検討を加えたが、小矢部市産赤土（瓦用粘土）が最適との結論に至り、暫定的に決定された最適

試験の結果、今回の原料においては
最も収縮率・重量変化の少ない加水比率が25%と判明した

- * プレミックス:各300gにそれぞれ水:25%(+75g)、27.5%(+82.5g)、30%(+90g)で仕上がり具合の比較
- * 重量変化(脱枠時(4日後)):25%(375→326.2:87.0%)、27.5%(382.5→331.6:86.7%)、30%(390→336.5:86.3)
- * 仕上がり寸法≒100*100*20:PL比重1.5t/m³(=300/200)

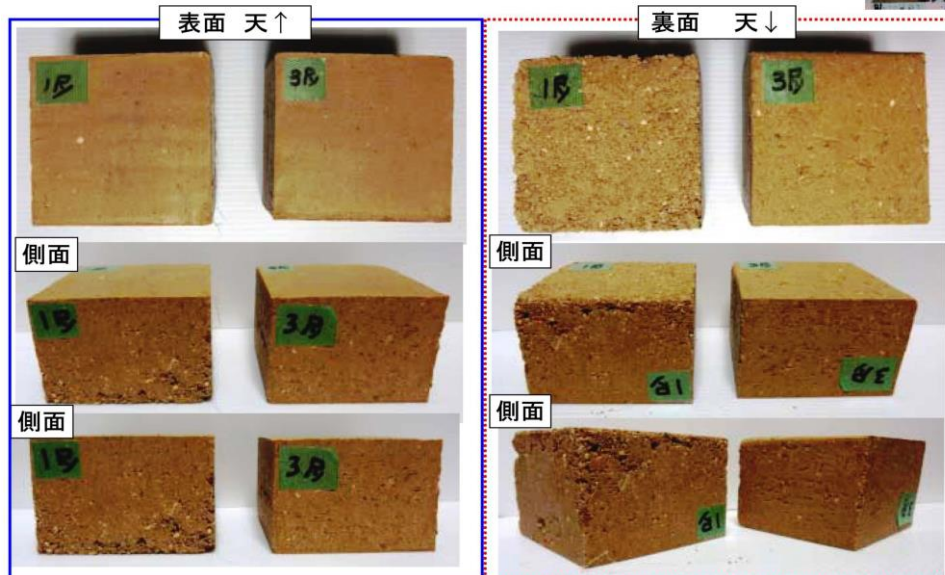


最も緻密に締め固めることができています

図5 収縮率・重量変化の検証試験

試験の結果、3層に分けて締め固めると緻密に仕上がる事が判明した

- * プレミックス:各1000gにそれぞれ水:25%(+250g)で突き固めの違い(1層&3層)による締め具合の比較
- * 重量変化(脱枠時(4日後)):1層(1250→1190:95.2%)、3層(1250→1208.2:96.7%)
- * 仕上がり寸法≒100*100*70:PL比重1.43t/m³(=1000/700)



縦穴住居の土間は厚さ5センチとするため、2層に分けて締め固めることにした



図6 施工方法の検証試験

復原建物5の復元に向けた土間タタキ試験とその評価、腰壁へのゼオブレースの施工試験

ゼオブレース施工要領書



〔北代遺跡復元用=木毛セメント板面への塗布〕(以下、木毛セメント板を木毛板と略記)

<p>A、準備 1、屋根部 (腰壁部)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 木毛板に塗りつける際乾燥により反りを防止するため適切な間隔で固定してから塗ることをお勧めします。(このたびのようにある程度の細切れの寸法に刻んでからの塗りつけ時、縦横比、形状、大きさによっては特に注意する必要があります。) 木毛板の塗りつけ面は、サンダーが掛けてないほうへ塗るよう統一願います。(下塗りが繊維分へ入り込み易いため)
<p>B、下地処理 2、下地処理材</p>	<ul style="list-style-type: none"> 木毛板へのZB塗りの場合下地処理材は、不要です。 (ZBを塗る際に2層(下塗、上塗)に分けて塗りますが、1層目の繊維分の隙間にすり込むように薄く塗ることで下地処理材の役目も兼ねます。) ホートの継ぎ目処理:ファイバーグラスメッシュ等を張り付け、ジョイント部にZBを塗り込ませます。
<p>C、材料 1、材料練り</p> <p>塗り面 裏面</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ZB材料の攪拌は、仕上げ塗りの前日に良く練り混ぜて(3分攪拌)、出来る限り密閉状態で一晩(8H以上)寝かせて下さい。 このたびの木毛板への塗り込み量は、プレミックス状態で5.7Kg/m²(2.2m²/袋(12.5kg入り/袋)) (木毛板はメーカーによりかさ密度・木質繊維分の形状・質等により異なり、ZBの塗り込み量も異なってきます。) (基板が石膏ボードの場合ZBの塗布は、1袋(12.5kg)で、3.3m²(3.8kg/m²)程度の施工が可能です。) (このたびの木毛板への塗り込み量は、プレミックス状態で通常の1.5倍とし、5.7Kg/m²として算出しております。) 水はZB1袋(12.5kg)に対し55重量パーセント(6.9ℓ)とします。 攪拌用の桶又はバケツに、水(6.9ℓ)を先に入れ、その中にZB材料を少しずつ入れながら攪拌して下さい。 かき仕上げの場合は、専用調色液(0.4ℓ)を水(6.5ℓ)に混ぜて全体で55重量パーセント(6.9ℓ)にしておいてから攪拌して下さい。また、色調を同じにするため、専用調色液のボトルはよく振ってから開封し、追加する水(6.5ℓ)でボトルに付着した調色液も一緒に洗い出してください。 <p>*攪拌機は、羽形状がスクルー型の物を使用してください。(繊維分が塊状になりません)</p> 
<p>D、仕上げ塗り 1、ZB塗り</p>	<ul style="list-style-type: none"> 前日練り置きした本品を開封したら、塗り作業に入る前に、もう一度良く攪拌を行って下さい。(≒1分) *一晩練り置き時、気温が30度を超える時等、翌日硬くなっている場合があります。その場合は60重量パーセント(+0.6ℓ/袋)を上原に加えて練り混ぜてください。 塗厚は3mmとし、塗厚の確認は針等で所々行います。(木毛板の場合は難しいと思います。)(T=3mmの場合、ZBは、3.8kg/m²(粉体重量)が石膏ボード基板で標準使用量です。) 一度に塗厚3mm以上を塗り仕上げする事は難しいですので、下塗りをを行い、下塗りが乾かない内に順次上塗り仕上げをして下さい。
<p>2、パターン付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> 表面を平滑に整え、水分が多少引いたら、状況を見ながらパターン付けを行います。
<p>E、片付け・養生</p>	<ul style="list-style-type: none"> 養生テープ等は、壁に傷を付けない様、十分注意しながら取り除いて下さい。 施工後は、急激な乾燥及び直射日光を避け、除湿機等でゆっくりと乾燥させて下さい。 季節により若干の変動がありますが、施工直後3日ぐらいはかなりの量を放湿します。室内結露を防止するため除湿器・エアコン(除湿)による乾燥をお勧めします。 塗り面が乾くまでは立入禁止とします。 乾きに要する日数は、概ね1週間~10日を見込んで下さい。 上記の乾燥する日数の間凍結が予想される場合は加温等により塗材自体の水分が凍結しないよう養生願います。

※その他、施工にあたって不明な点がございましたらお問い合わせ下さい。

カナツ技建工業株式会社・株式会社仲興サンライズ

練り混ぜ、練り置き再練り状況参考写真

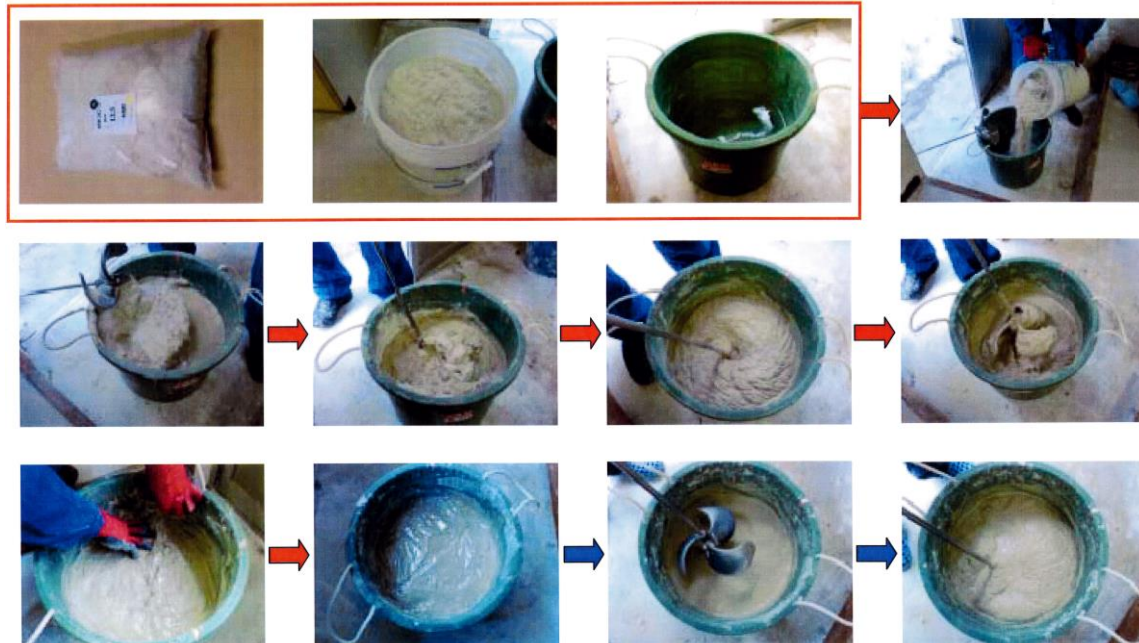


図7 ゼオブレースの施工要領書

実際の施工現場では、本施工要領書を基に資材等の実情に応じて施工法を定めた

配合比を本決定とした。ちなみに、富山市婦中町産赤土が不適と判断された要因は、①小矢部市産赤土（瓦用粘土）と比べて収縮率が大きく、それは亀裂発生の危険性を高めること、②消石灰との相性が悪く、それは硬化を弱めることにつながることであった。

なお、本再整備事業では地下の防湿・防水対策を講じ、屋根や腰壁にも吸放湿性能を有する内装仕上用天然ゼオライト塗壁材（ゼオブレース）を塗布するので、経済性の観点も考慮し、土間にゼオライトを混和させる必要はないと判断した。

5. 内装仕上用天然ゼオライト塗壁材（ゼオブレース）の施工試験

5.1. 施工試験の実施に至る経緯とその目的

屋根検討部会および第3回会議での検討により、復原建物（竪穴住居）の土間・腰壁下に防水・防湿シートを敷設して防水・防湿対策を講じたうえで、土間を叩いて締め固め、腰壁と屋根下地層にゼオブレースを塗布した木毛セメント板を敷設することが決定された。これは、降雨や地下水等の影響を極力低減させ、出入口等から屋内に流入した湿気は可能な限りコントロールして、屋内の部材（樹皮や麻縄、丸太材等）の腐朽を遅らせ、復原建物の長寿命化を実現させることを目的とした決定だった。腰壁への調湿材の応用という観点から塗壁材を選定したが、ゼオブレースは平成15・18年度に実施した市単独修繕で用いた調湿建材よりも吸放湿性能が優れており、屋根下地材にもゼオブレースを採用することとした。

復原建物への採用は全国初のことであり、施工法も確立していなかったため、宮野の依頼により本再整備事業用の施工試験を試験協力会社等の協力を得て実施することとなった。復原建物5修理工事で使用する木毛セメント板を試験協力会社に送付し、最適な施工法の確立を目的とした施工試験を行った。製品メーカー（㈱伸興サンライズ）からはゼオブレース10袋（33.3㎡分）と腰壁用専用調色液10個（33.3㎡分：9L）の提供を受けた。

5.2. 施工試験の結果

試験をとおして施工法を確立させることができた（図7）。また、本決定した最適配合比による土間タタキと同様の発色を目指した腰壁用専用調色液の開発の協力も得た。

6. 謝辞

各試験の実施にあたり、長島晴治氏をはじめとするカナツ技建工業㈱文化財用土間製作プロジェクトチームの皆様から多大なご配慮をいただきました。また、長島氏には試験結果をとりまとめいただき、各種データ（写真5を除くすべての図表）も整備いただきました。

末筆ながら、プロジェクトチームの皆様から心から感謝申し上げます。

10 復原建物6の復元に向けた土屋根試験とその評価、土屋根の詳細設計

小黒智久・郷藤正夫

1. 土屋根試験に至る経緯

平成24年8月31日の第5回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（以下、第〇回会議と略記）において、平成23年度に上屋を解体し、平成26年度に上屋を復元する予定の復原建物6について、史跡北代遺跡第70号住居跡の発掘調査成果に基づき、屋根土を従来の黒ボク土（赤土混和）ではなく、赤土主体に変更することが決定された。必要資材や適切な配合比、施工法は試験などをおして検討することになった。なお、平成22年12月22日の第1回会議で定めた修理方法の基本方針の一つ【考古学から推定・復元される仕上材の下に現代資材を施工して長寿命化を図りつつ、推定される縄文人の生活に近づける】に基づき、可視部分である土屋根には自然素材（土）を用いることにこだわった。

平成25年3月6日の第6回会議において、平成25年度に赤土を主体とした屋根試験体を設置し、その暴露試験の経過観察結果等を基に、資材・配合比・施工法を決定することとした。その仕様決定に向けた検討にあたって、次の2点に留意することの重要性を指摘された。①試験の目的を明確化し、設定を最適化させなければ、結果を有効活用できなくなる恐れがあり、また評価方法の設定も必要である。②屋根土の被せ方について条件を設定しないと、他の地方公共団体等が参考とする普遍的資料にはならない。

平成25年6月28日の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）において屋根試験体の構造を検討し、その結果を試験体製作の仕様に反映させた。（小黒）

2. 土屋根試験の目的と屋根試験体の製作仕様

2.1. 土屋根試験の目的

北代縄文広場では黒ボク土主体の土屋根竪穴住居を復元してきたが、赤土主体の復元実績はない。このため、必要資材や適切な配合比、施工法の検討を目的に屋根試験体を設置し、秋雨・降雪・積雪・凍結・融解・融雪等の気象変化がどのような影響を及ぼすかを暴露試験によって検証し、実現可能性や改善点の有無を判断することを目的とした。

弥生時代終末期の焼却竪穴住居跡（富山市打出遺跡 SI01）の検討から、居住者は手が届く範囲で土屋根の除草を行ったと判断された（Ⅶ-7参照）。非透水性粉塵飛散防止剤の散布で撥水できるか、植物繁茂や亀裂発生を抑制できるかを検証することも目的とした。

2.2. 屋根試験体の製作仕様

60cmの積雪や暴風に耐えられる堅固な基礎構造（合板・金物等使用）の屋根試験体を製作し、復原建物6の近傍地で秋雨期以前に設置することとした。屋根試験体の製作および経過観察・評価は、建築コンサルタント（有）郷藤正夫設計室に委託し、市監督員（小黒）

が業務監理した。製作は下請の(有)宮崎工務店・(有)福沢左官工業所が担当した。屋根試験体は、試験時点の当該地で最も多い南西風の影響を検証することができ、かつ台風の直撃時に近隣住宅への被害を及ぼさない向きに屋根面を向け、安全確保を最優先とする仕様とした。なお、資材の一部は製品メーカーから提供を受けた。提供資材は次のとおりである。

- ・ハニカム型フレキシブル型枠（テラセル T-50SP/T-100SP） 東京インキ株式会社
- ・ジオネット入り長繊維不織布（トレップ TT-3S） 東京インキ株式会社
- ・非透水性粉塵飛散防止剤（ダストシャット） テクニカ合同株式会社

製作した屋根試験体の仕様は次のとおりである（図1・写真1～6参照）。

試験体の区分（赤土2種、型枠高2種、赤土調整2種、合計6試験体）

基礎構造 合板と角材で製作し、屋根合板の角度は35°とした。規格は次のとおり。

斜 面 幅1m×長さ1.8m（各試験体の間には仕切板設置）

水平面 幅1m×長さ1m（水平面の下には崩落土受板を設置して、崩落土量を記録した）

屋 根 土 市場流通品の県内産赤土2種（富山県小矢部市産・富山市婦中町産）を使用した。大形礫や根などの夾雑物を除去し、富山県神通川水系産川砂、宮崎県都城市産軽石（ひゅうが土 大粒φ12～25mm）を混和した。赤土の共通仕様は次のとおりである。

- A. 品質 粒子が細かく、粘性が強いもの。φ1～2cm以上の塊を含むもの（調達後に母材調整：大形礫などを除去）。
- B. 厚さ 全体で15cm。上層土の敷設後、表面での軽石と赤土の馴染みが悪く、軽石が浮く状態となったため、厚さ2cmの表層土を設けた。
- C. 調整 上層土・下層土の調整（軽石・川砂混和）は次の2種とした。
 - a. 赤土：軽石：川砂＝5：3：2
 - b. 赤土：軽石：川砂＝4：3：3
- D. 手順 次の手順で屋根土を葺いた（成人男性がやや軽めに転圧した）。
 - ア. 排水性向上および軽量化を目的とした下層土敷設の実現可能性を検証するため、部分または全面に軽石層を設けた。
 - イ. 半から練りの下層土を型枠に充填し、人力転圧。転圧面円形（φ10cm）の木製工具で同一箇所3回を目安。
 - ウ. 半から練りの上層土を塗り付け、人力転圧。転圧面方形（30×20cm）の木製工具で同一箇所3回を目安。
 - エ. 表層土（赤土・川砂混和）を厚さ2cmで上塗りした（配合比率は図1のとおり）。

保 持 材 屋根土の保持材として、型枠（ハニカム型フレキシブル型枠）・不織布（ジオネット入り長繊維不織布）を使用した。屋根下葺材（ポリエチレン樹脂製防水シート REV03）とあわせ、金物で合板と結束させた。型枠の一部は、地際部で切断または切り込みを入れ、ずれの有無を検証することとした。

試験体 各試験体の片側半分（幅 50cm）の屋根土表面に粉塵飛散防止剤を散布した。

- ①富山県小矢部市産赤土、T-50SP、調整 a 種、下層土厚 4cm
- ②富山県小矢部市産赤土、T-100SP、調整 a 種、下層土厚 8cm
- ③富山県小矢部市産赤土、T-100SP、調整 b 種、下層土厚 8cm
- ④富山市婦中町産赤土、T-50SP、調整 a 種、下層土厚 4cm
- ⑤富山市婦中町産赤土、T-100SP、調整 a 種、下層土厚 8cm
- ⑥富山市婦中町産赤土、T-100SP、調整 b 種、下層土厚 8cm

屋根試験体製作（平成 25 年 9 月 1 日～11 月 1 日）



写真 1 屋根下葺材敷設段階
防水シート重ね幅 30cm、突起列は天地方向



写真 2 不織布・アンカーピン敷設
屋根試験体は左端から①→⑥



写真 3 型枠敷設



写真 4 下層土転圧（工具転圧面 ϕ 10cm）



写真 5 上層土転圧（工具転圧面 30×20cm）

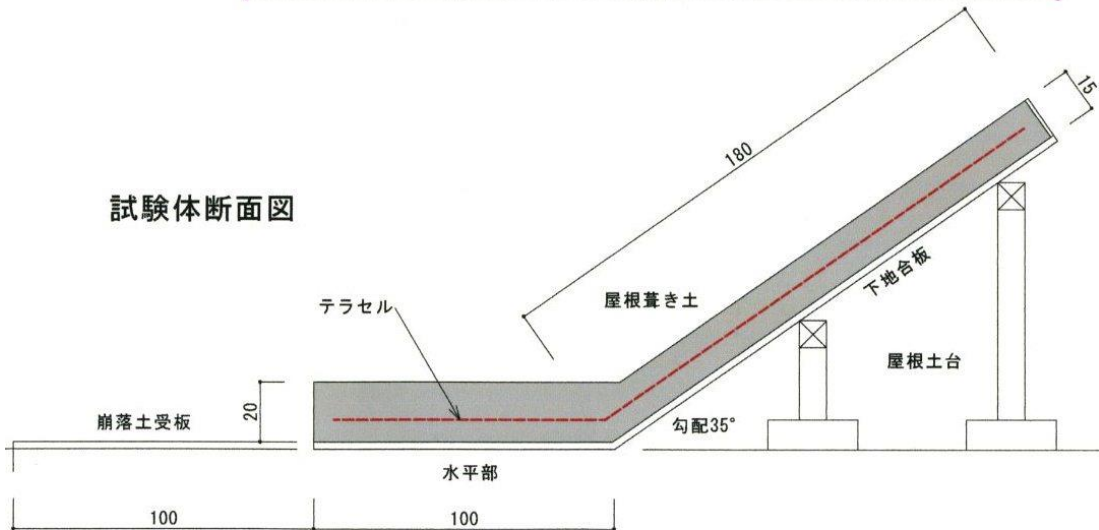


写真 6 表層土仕上げ・上層土転圧後

試験体平面図

列	①	②	③	④	⑤	⑥
斜面 (35°) 長さ1.8m						
地際部						
水平面 長さ1.0m						
崩落土受板 長さ1.0m						
テラセル高さ及び 地際部での処理	50 切断	100 部分カット	100 連続	50 連続	100 部分カット	100 連続
上塗り土の 配合比率 (土:砂)	2:1	2:1	1:1	2:1	2:1	1:1
備考	軽石暗渠部分 ①~④は30cm×100cm厚さ5cm程度敷きつめ ⑤~⑥はテラセルに囲まれた部分全面に厚さ2~3cm程度敷きつめ 各列の左半分には、粉塵飛散防止剤 (1kg/m ²) を塗布					
	100	100	100	100	100	100
	600					

試験体断面図



試験体構成材料概要

- 葺土 t150 (仕上塗、上層、下層) 配合調整は別紙による
- 粉塵飛散防止材 (ダストヤット) を部分塗布
- 土留め型枠 テラセル (H=50、H=100)
- 不織布 (トレップTT-3S)
- 防水シート
- 下地合板 t24
- 屋根土台組み (木造)

図1 製作した屋根試験体の構造模式図

2.3. 屋根試験体の経過観察

秋雨後および融雪後の2回にわたり、建築コンサルタントと市監督員の合同で、屋根試験体の現況観察を行った。それぞれ別途観察を行った結果を踏まえ、意見交換した。

2.3.1. 第1回観察 秋雨後（平成25年12月25日） 粉塵飛散防止剤散布後55日経過

A. 表層土表面の状態（写真7・8）

全体的に亀裂が入り、表層土に発生した亀裂から部分的な土砂の崩落が認められた。土砂の崩落は表層土のみで、上層土には及んでいない。亀裂の発生状態は屋根試験体の製作直後と大きく変化していない。これは、秋雨により表層土の乾燥が進まなかったことによると推定された。

B. 基礎構造への漏れ

合板の裏面はまったくの乾燥状態であり、雨漏りの痕跡は認められなかった。これは、型枠の排水孔や軽石の空隙、ジオネット入り不織布により、屋根土層に浸透した雨水が効率よく排水できていること、不織布の下に敷設した屋根下葺材（ポリエチレン樹脂製防水シート）が防水性を発揮していることによると判断された。

C. 崩落土量

斜面からの崩落土量を耐久性の判断指標とし、地際部の崩落土を計量した。

表1 第1回観察時の崩落土量

屋根試験体	①	②	③	④	⑤	⑥
崩落土量 (%) ()は推定	(0.5)	0.65	0.90	0.40	0.50	1.00

試験体③・⑥の崩落土量が多いのは、表層土における川砂の配合量が多いことによる。

各試験体地際部の崩落土堆積範囲および厚さに顕著な差はなく、本案件の場合は散布効果が得られないと判断された。合成樹脂を主成分とする粉塵飛散防止剤は、希釈散布液が乾燥する際に土壌等の粒子を結合させて一定期間粉塵の飛散防止を果たすものだが、乾燥により屋根土に亀裂が生じようとする力には対応できない。ただ、亀裂によって裂かれても被膜自体は一定期間効果が持続するので、当該部分への種子の定着抑制効果や降雨時の撥水効果は一定程度期待される。観察後、粉塵飛散防止剤を再散布した。



写真7 崩落土堆積状態



写真8 亀裂発生状態

2.3.2. 第2回観察 融雪後（平成26年3月12日）

粉塵飛散防止剤散布後77日（初回から132日）経過

A. 表層土の状態（写真9・10）

表層土表面が全体的に洗い流され、試験体上端部は上層土上面（軽石）も少し崩落していた。粉塵飛散防止剤の効果がわずかに残り、試験体上端部の表層土が小島のように残っていた。全面的に、露出面は15～20mm程度の厚さで柔らかくなっていた。これは、冬期に凍結融解を繰り返したことで、空気を含んだことによると判断された。

B. 基礎構造への漏れ

合板の裏面はまったくの乾燥状態であり、雨漏りの痕跡は認められなかった。

C. 崩落土量

斜面からの崩落土量を耐久性の判断指標とし、地際部の崩落土を計量した。

表2 第2回観察時の崩落土量

屋根試験体	①		②		③		④		⑤		⑥	
	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
粉塵飛散防止剤	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
崩落土量 (kg)	0.5	0.35	0.4	0.5	0.35	0.55	0.75	0.55	0.8	0.8	1.15	1.05
合計	0.85		0.90		0.90		1.30		1.60		2.20	
第1回との合計 ()内は推定	(1.35)		1.55		1.80		1.70		2.10		3.20	

試験体⑥の屋根面は小動物によって少し荒らされていたものの、試験体①～③（富山県小矢部市産）の崩落土量は試験体④・⑤（富山市婦中町産）に比べて総じて少ない。

D. 上層土の状態（写真11）

試験体①・④の右側（粉塵飛散防止剤未散布部、幅50cm）について厚さ15mm程度を除去し、さらにその右端半分（幅25cm）は上層土上面が露出するまで表層土を除去した。試験体①・④とも上層土上面は固く安定していることを確認した。屋根土製作時は半から練り（屋根土資材の容積に対して水分量が少ない状態で攪拌すること）状態だったが、木製工具（ばんば）でしっかり叩き締めた結果と判断された。

観察後、粉塵飛散防止剤を再散布した。



写真9 試験体①～③



写真10 試験体④～⑥



写真11 飛散防止剤散布後
（①・④右端は上層土上面）

E. 資材の評価

- a. **赤土** 崩落土量の結果から、富山県小矢部市産赤土（瓦用粘土）の方が適していると判断された。
- b. **上層土・下層土の調整** a種・b種の間で、施工性および耐久性に際立った差は認められないと判断された。
- c. **表層土の調整** 崩落土量の結果から、赤土：川砂=2：1の方が適していると判断された。
- d. **保持材** 土や軽石の固定には高さ 50mm・100mm の型枠のいずれでも問題ないと判断された。また、基礎構造への漏れがまったく認められないため、排水性能や防水性能が十分発揮されていると判断された。さらに、地際部の型枠のずれ（型枠の反発）はなく、切断・切り込みの有無、状態によって顕著に異なることもなかった。施工性を重視して、地際部で処理を加えず連続して用いるべきと判断された。
- e. **軽石** 土屋根の軽量化および排水性の向上のため、下層には軽石を全面に敷設することが望ましいと判断された。
- f. **粉塵飛散防止剤** 土屋根表面の乾燥状態が長く続けば、亀裂部分を除いて被膜は一定期間維持され、当該部分への種子の定着抑制効果や降雨時の撥水効果は一定程度期待される。しかし、亀裂発生を抑えることはできない。降雨・降雪期間が長いこと、霜柱が発生する冬期に凍結・融解を繰り返すことで被膜が完全に破壊されることから、当地においては、非透水性粉塵飛散防止剤の散布効果はあまり期待できないと判断された。

F. 総合所見

屋根試験体の構造に準拠して赤土主体で施工することにより、復原建物6の土屋根は耐久性を一定程度確保できることを確認できた。

なお、屋根試験体は業務委託期間終了後も現地に据え置き、斜面の崩落や植物の生育状態の確認を目的に、斜面の除草管理を行わずに放置し（平成27年度まで非透水性粉塵飛散防止剤を定期散布）、本事業期間終了後一定期間が過ぎるまで施工した復原建物6の比較対象として保存することとした。（郷藤・小黒）

3. 土屋根試験の課題とその後の検討過程、詳細設計

3.1. 土屋根試験の課題

- A. **軽石の粒径** 屋根試験体の製作時には、軽石（大粒φ12～25mm）と赤土の馴染みが悪く、軽石が浮く状態となった。これは仕上がりだけでなく、施工性にもつながる問題であることから、混和する軽石の粒径の選定が検討課題の一つとして浮かび上がった。

B. 表層土の凍結・融解 あまり考慮していなかったが、非透水性粉塵飛散防止剤の散布の有無に関わらず、表層土（厚さ 2cm 程度）が冬期の凍結・融解（霜柱）によって破壊されることが明確になった。

C. 試験期間中の気象 富山地方気象台（北緯 36 度 42 分 5 秒、東経 137 度 12 分 1 秒、標高 8.6m、北代縄文広場は標高約 18m）の観測結果から、北代縄文広場が開場した平成 11～24 年の 11～3 月までの 5 ヶ月間平均は平均降水量が 7.6mm、平均最低気温が 2.5℃、平均最深積雪は 12.4cm だった（図 2）。これに対し、平成 25 年 11 月～26 年 3 月の平均降水量は 7.8mm、平均最低気温は 2.2℃、平均最深積雪は 3.7cm と積雪量が大幅に少なかったため、土屋根試験の結果を評価するには気象変化が不十分と判断された。

D. 保持材固定の詳細設計 垂木・小舞による栗丸太材の小屋組に保持材を固定する方法は、土屋根試験以前から検討していたが、土屋根試験の結果を踏まえ、資材選定のほか確実に固定するための詳細な施工工法の検討を行う必要が残されていた。

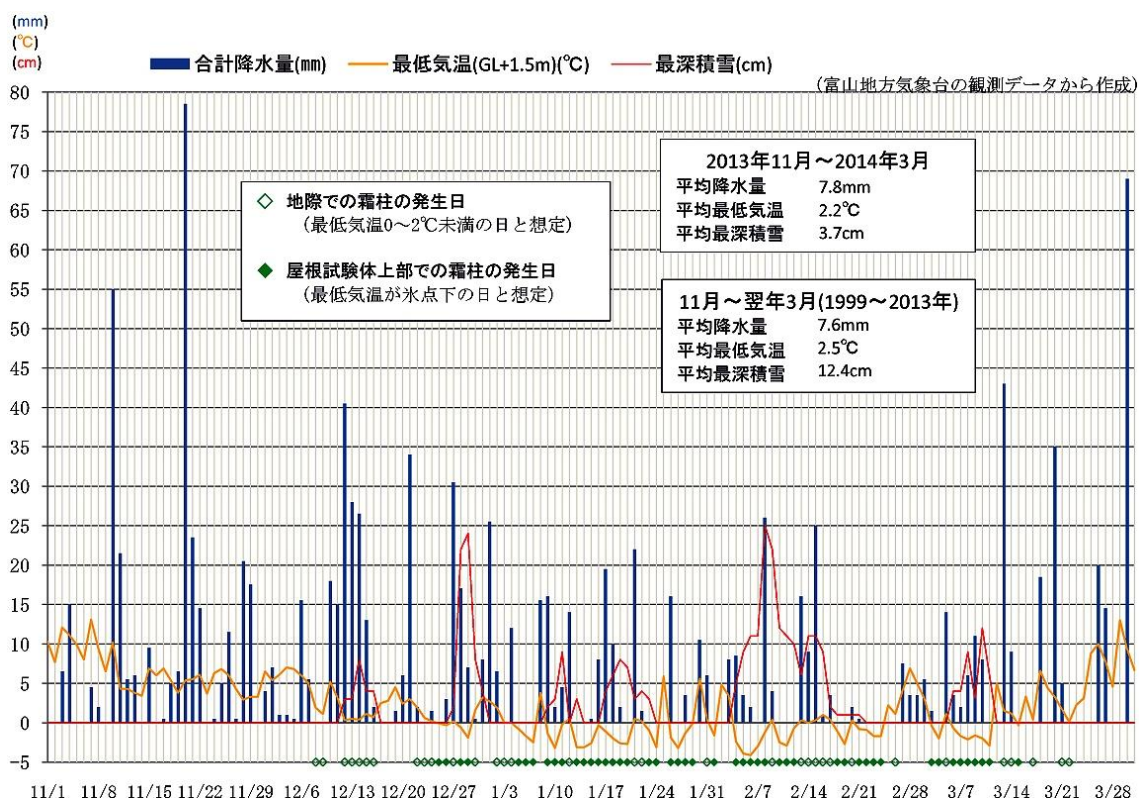


図 2 土屋根試験期間（晩秋～冬期）における気象の推移

3.2. 課題を踏まえた検討

3.1.C の課題を踏まえ、赤土を主体とした土屋根での復元の妥当性を専門家会議事務局

(埋蔵文化財センター)が平成25年度内に判断することは避け、平成26年5月までの経過観察を踏まえ、平成26年6月13日の第8回専門家会議で方針決定することとした。なお、修理工事は従来どおりの黒ボク土(赤土混和)の仕様で平成26年度当初に発注し、会議での結論を踏まえ、必要に応じ、設計変更で対応することとした。文化庁文化財部記念物課文化財調査官同席の下で実施した会議では、建築コンサルタントによる評価、5月までの経過観察結果を踏まえた次の事務局所見を提示した。

A. 屋根表層土の崩壊過程 第1段階は乾燥による亀裂発生、第2段階はそれに加えて粉塵飛散防止剤の被膜からも雨水が浸透し、霜柱の生成によって崩壊する。上層土に浸透した雨水の大部分は排水され、浸透は屋根土(上層土・下層土)や木質(樹皮・丸太材)に大きな影響を与えないと判断できる。冬期の凍結・融解を防止することは困難で、表層土の崩落代を一定程度確保して残存量が少なくなった時点で補修を行うことが、経済性および展示物としての許容範囲を両立できる方法と判断される。実際の施工(人力転圧)時は屋根構造の特性から、試験体製作時よりも表層土の遮水効果が得られない見込みである。

B. 屋根排水・防水設備 型枠・不織布・防水シートは機能する。上層土に若干残る水分(湿気)による屋内への影響は、屋内空間(屋根下地層・腰壁・土間)全体での吸放湿作用でコントロールする。

会議では、委員から軽量化に資するだけでなく、保水性等もある軽石を表層土に混和する砂と代替し、また深度により混和する軽石の粒径に差をつけながら屋根土を調整することで、施工性の問題も解決しつつ、総体として目標とする耐用年数(次の本格的解体修理まで20年)の実現は可能だろうとの判断に至った。ただ、亀裂が発生したら直ちに補修する必要があるとの指摘を受けた。軽石の粒径などの各論部分は、事務局を中心としてさらに検討を加えることとした。

なお、文化財調査官からは、日常の維持管理をどこまでできるかが問題で、それによって修理工事の段階でどこまで配慮すべきかが変わるのではないかと指摘を受けた。

3.3. 復原建物6土屋根の詳細設計

平成26年7月に事務局の判断で、次の方針および詳細設計を決定し、国庫補助事業の計画変更承認を経て、工事の変更契約を行い(平成26年9月)、赤土屋根として施工した。

A. 専門家会議事務局の方針

- a. 展示物としての機能と経済性を両立させるため、点検・保守(補修・修繕)をこまめに行い、土屋根を維持管理する。
- b. 目標とする建物の耐用年数(次の本格的解体修理までの期間)を20年とし、屋根表層土層の強度(耐用年数)はそこまで求めない(随時補修を行い、5~10年を目処に

- 必要に応じて屋根表層土層を中心とした修繕を行う)。
- c. 雨水および亀裂による屋根表層土層への悪影響を完全防備することは求めず、崩落を前提に維持管理して建物の耐用年数を実現させる。
 - d. 屋根表層土層の保護は表面排水（遮水）を基本とする。人力転圧および非透水性粉塵飛散防止剤の効果（表面撥水）はあまり期待できないとの前提で、浸透水の排水機能をもった屋根構造を決定する。
 - e. 崩落を許容する屋根表層土層（表面）での撥水を第1段階、屋根土上層土での浸透水の排水を第2段階、屋根土下層土での浸透水の排水を第3段階とした排水対策（三重のバリアー）を講じる。
 - f. 土屋根は厚さ15cmを基本（第70号住居跡発掘調査での厚さ8cmは、薄くなった状態の屋根土層が崩落したとの解釈により、倍増程度におさえる）とする。

B. 詳細設計

決定した詳細設計の主要項目は表3のとおりである。資料1の設計図（施工手順書）は屋根試験体製作にあたって型枠・不織布の提供を受けた製品メーカーと共に、平成25年上半期に立案したもので、第7回会議（平成25年9月27日）および第8回会議で審

表3 復原建物6土屋根の主要項目の詳細設計と決定理由

	詳細設計	決定理由
型枠	a. 高さ10cm	a. 型枠より上の屋根表層土が全層崩壊した場合の崩落土量の軽減
表層土	a. 表層土に砂と全量代替させた細粒軽石（ひゅうが土φ2～3mm）を混和 b. 厚さ6cmの混合土（小矢部産赤土6割＋細粒軽石4割） c. 表面には非透水性粉塵飛散防止剤を散布	a. 非透水性粉塵飛散防止剤による被膜破損部分からの浸透水が、細粒軽石の空隙に保水され、亀裂の進行を遅らせることを期待 b. 表面は人力転圧による雨水の遮水効果を期待 c. 竣工直後の表面の撥水と固化、種子定着防止の効果を期待
屋根土	a. 下層土は大粒軽石（ひゅうが土φ12～25mm）10割で厚さ4cm b. 上層土は厚さ5cmの混合土とし、小矢部産赤土5割＋中粒軽石（ひゅうが土φ6～12mm）5割	a. 型枠排水穴（φ10mm）からの流出防止を重視して屋根面が陥没する危険性を減らし、軽石下の不織布層と共に強固な排水層を確保 b. 軽量化と型枠排水穴から流出する危険性を軽減し、表層土崩落時に上層土表面の軽石を目立たせないこと、および人力転圧により上層土表面で浸透水を極力排水させることを両立

議し、委員の承認を得たものである。設計時点での屋根重量は表4のとおりである。

資料1 検討段階のテラセル施工手順書

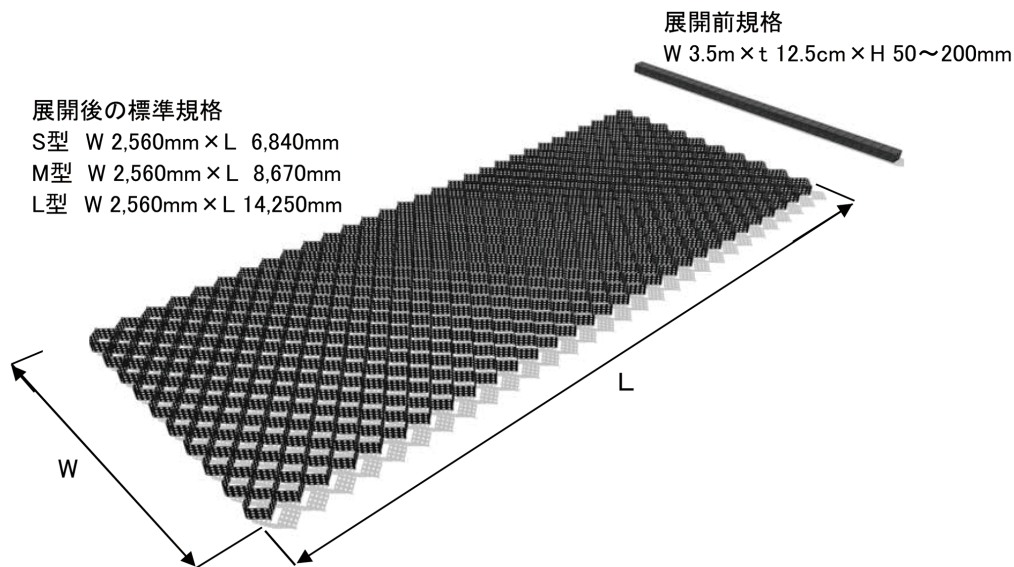
テラセル 施工手順書

ハニカム型土壌安定システム

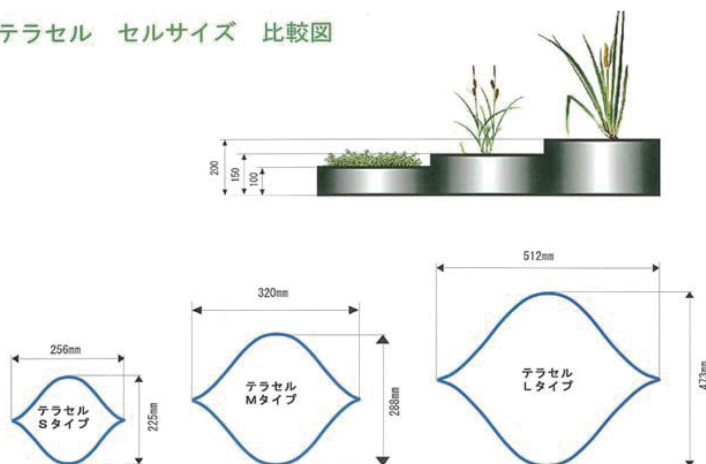
平成25年 9月 作成



● テラセルの仕様及び規格



テラセル セルサイズ 比較図



◆のり面用 穴あきタイプ

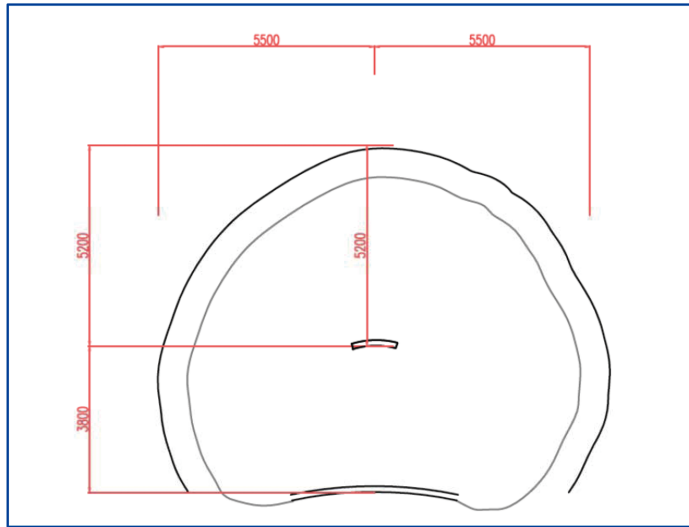
セルサイズ	型式	標準展開寸法 (H×W×L)	重量	展開面積
S型 穴あき	セルサイズ22.8cm×25.6cm			
	T-50SP	50mm×2.56m×6.84m	約11kg	1.0枚当り
	T-100SP	100mm×2.56m×6.84m	約23kg	17.51m ²
	T-150SP	150mm×2.56m×6.84m	約34kg	
	T-200SP	200mm×2.56m×6.84m	約46kg	
M型 穴あき	セルサイズ28.9cm×32.0cm			
	T-100MP	100mm×2.56m×8.67m	約23kg	1.0枚当り
	T-150MP	150mm×2.56m×8.67m	約34kg	22.19m ²
	T-200MP	200mm×2.56m×8.67m	約46kg	
L型 穴あき	セルサイズ47.3cm×51.2cm			
	T-100LP	100mm×2.56m×14.25m	約23kg	1.0枚当り
	T-150LP	150mm×2.56m×14.25m	約34kg	36.48m ²
	T-200LP	200mm×2.56m×14.25m	約46kg	

● テラセル施工手順

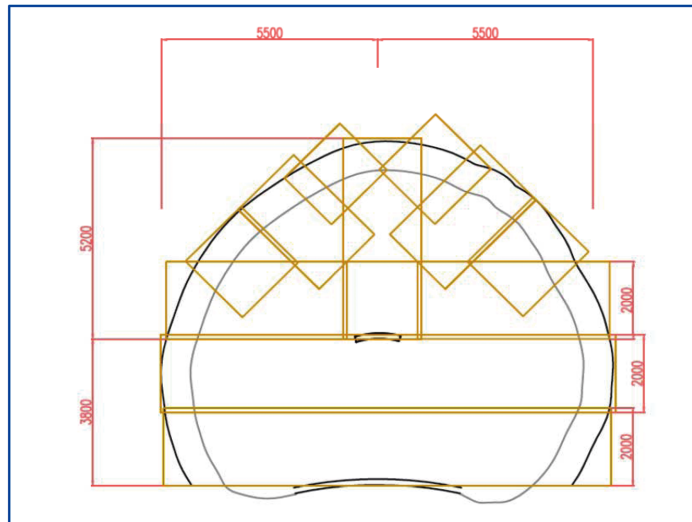
排水・保護マット敷設

- ・ 屋根防水シートの保護及び排水の目的でネット入り長繊維不織布t3mm (TT-300S)を敷設します。
- ・ マットは有効幅W2,000は100mmの重ね代が有り実質寸法はW2,100です。最低100mm以上の重ねをとり施工します。
- ・ 取付はタッカー止めとします。4ヶ所/1.0m²(縦・横50cm間隔)を目安に止めていきます。

屋根展開図



排水・保護マット(TT-300S)敷設計画図

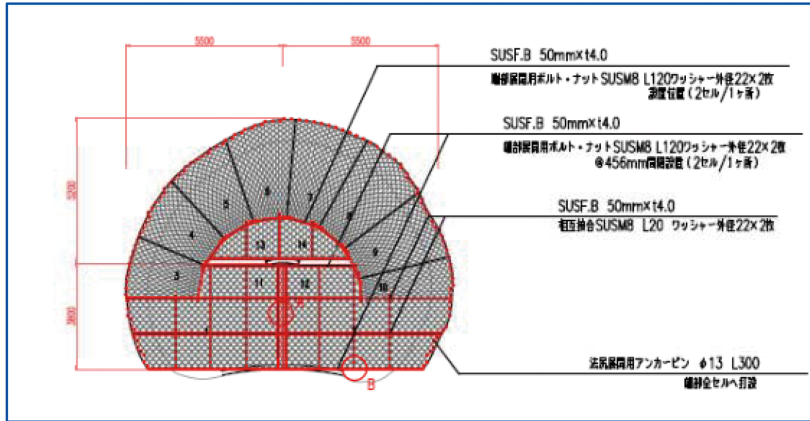


- ・ TT-300S(規格:W2,000×50m/巻)を事前に作成された割付図および実測値から裁断を行い敷設します。
(裁断作業はカッター・ハサミ等を使用するため防水シート上での作業は基本的には行わないようにします)

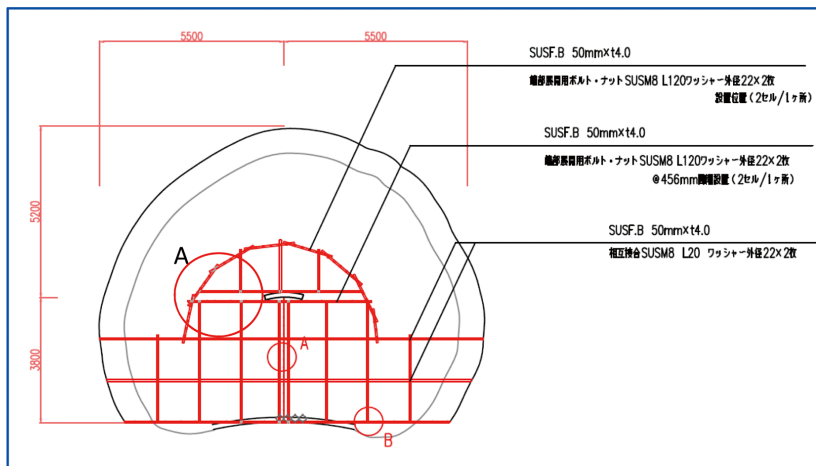
テラセル固定用
フラットバー設置

- ・テラセルを展開するためにフラットバーを使い骨組みを作ります。
- ・フラットバーは事前に割付図及び現地実測値から切断・穴あけしてテラセルの展開用ボルトを取付けておきます。

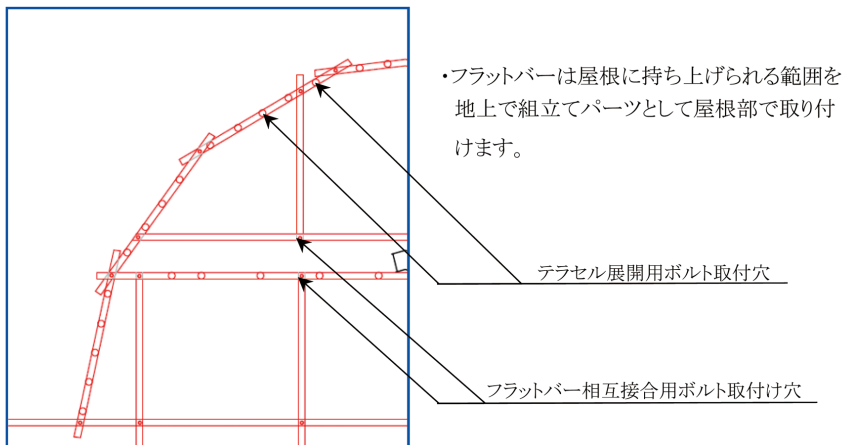
フラットバー・テラセル敷設図



フラットバー敷設図



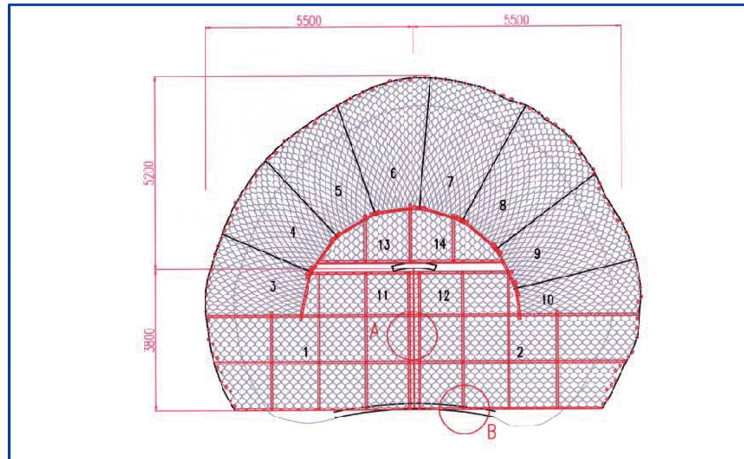
A部分詳細



テラセル敷設棟部

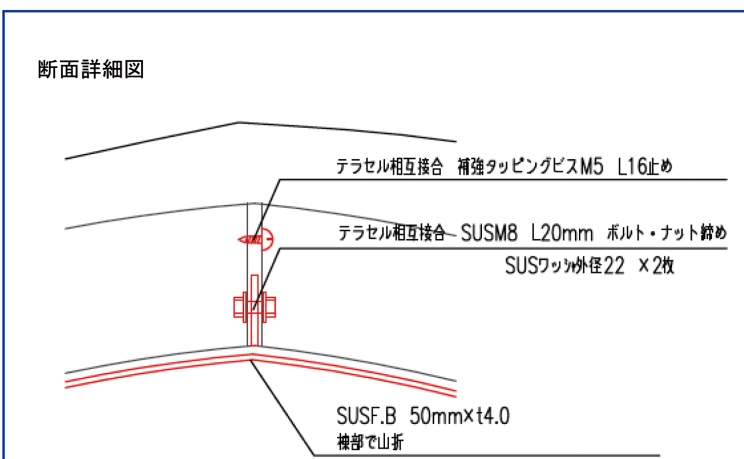
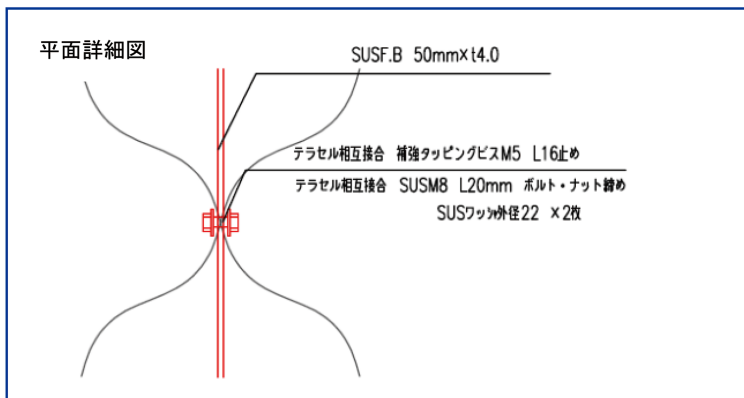
- ・テラセルの展開は上下及び両端部の固定が必要です。
- ・テラセルは法尻に本体を置きロープ等を使い引き上げ展開します。重量が23kg程あり本体を棟部まで持ち運ぶことなく敷設できます。

テラセル敷設図



- ・テラセルの棟部はテラセルを相互に付き合わせ間にフラットバーを入れボルトで締付け一体化させます。フラットバーの掛らない部分はタッピングビスで接合します。

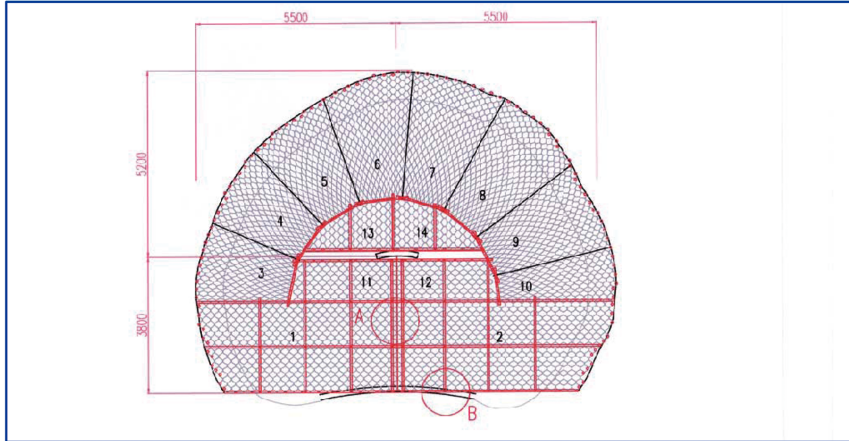
A部分詳細



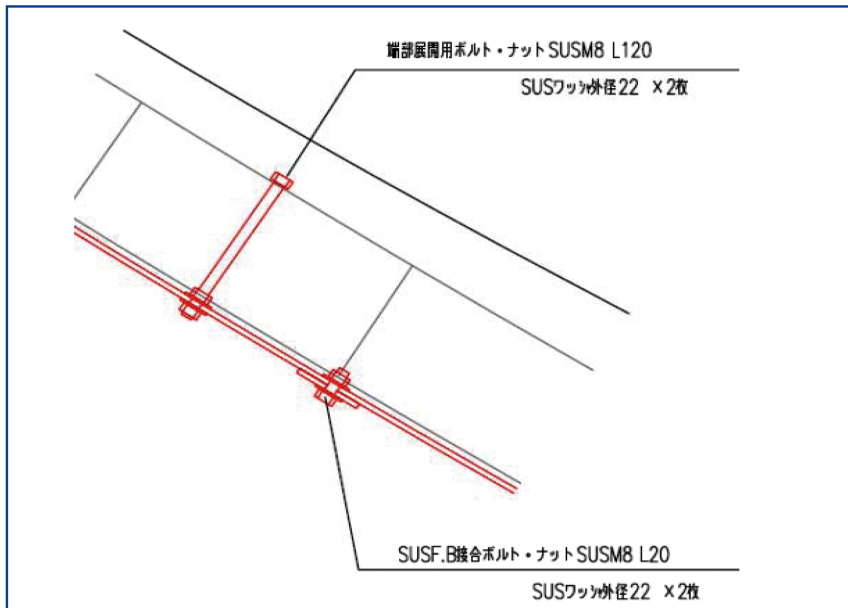
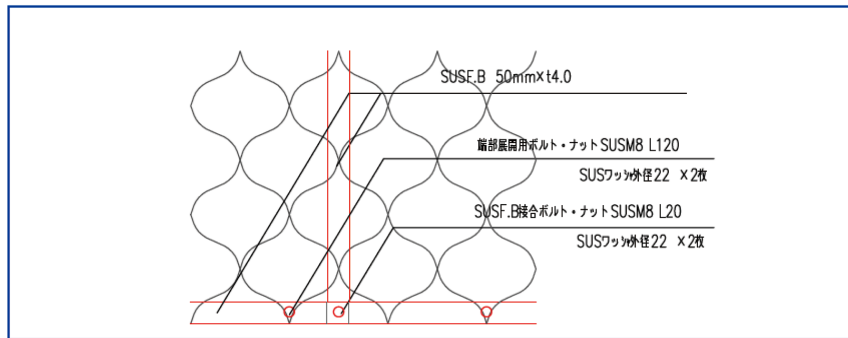
テラセル敷設
端部

- ・ 端部は予めテラセルの展開長さからセルの形状寸法から取付ボルトの位置出しを行いフラットバーに取り付け後、テラセルの端部を掛けます。(垂木方向(縦)は2セルに1ヶ所の取付・施工となります。)

テラセル敷設図

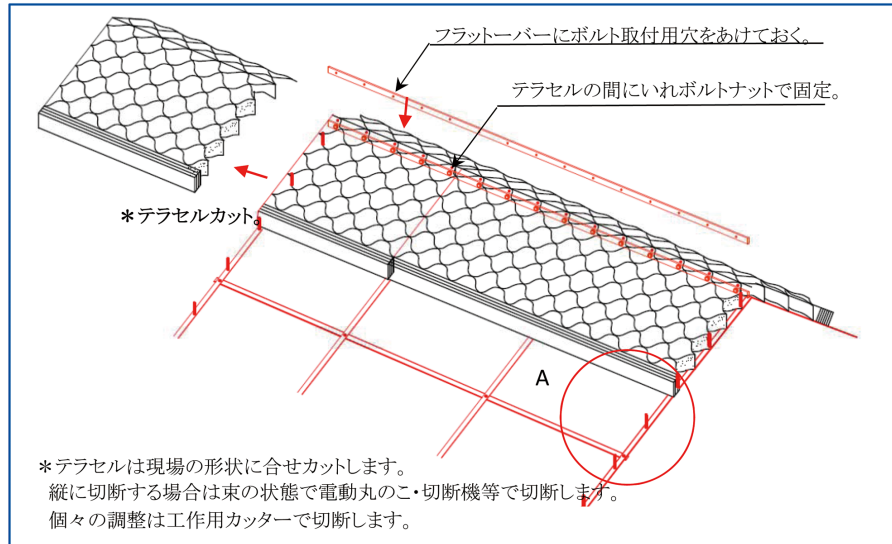


B部分詳細

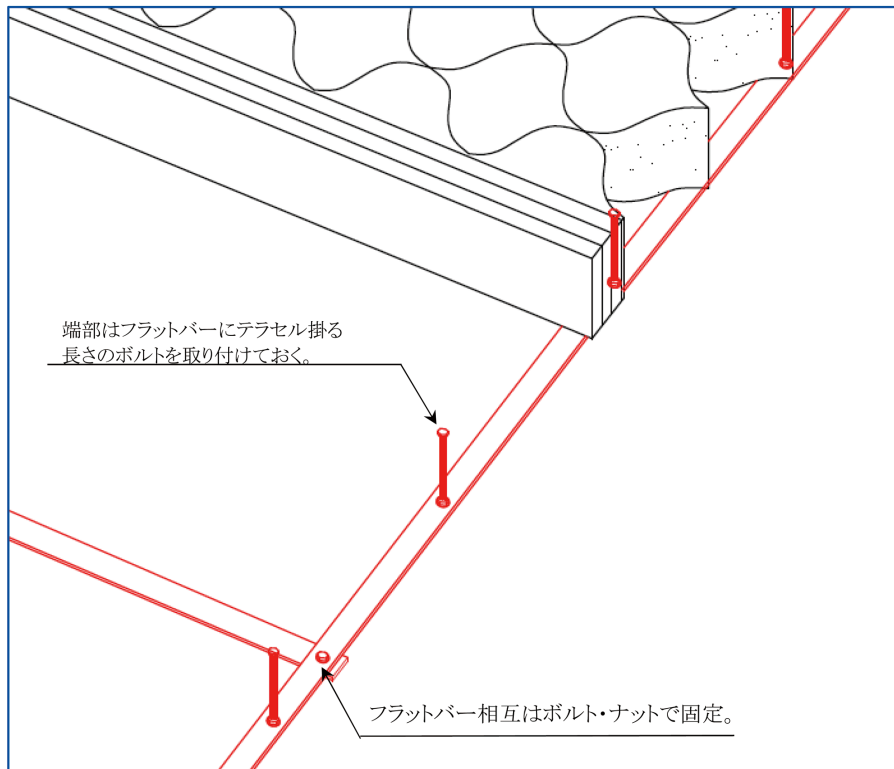


テラセル敷設
棟部・端部処理

- ・テラセル棟部はテラセルを相互に接合します。
- ・予めフラットバーにセルの形状に合せボルト取付用の穴をあけておきます。テラセルにも1セルごとに穴をあけフラットバーを間に入れてボルトで締付けテラセルを一体化させます。補強でタッピングスも使い接合します。

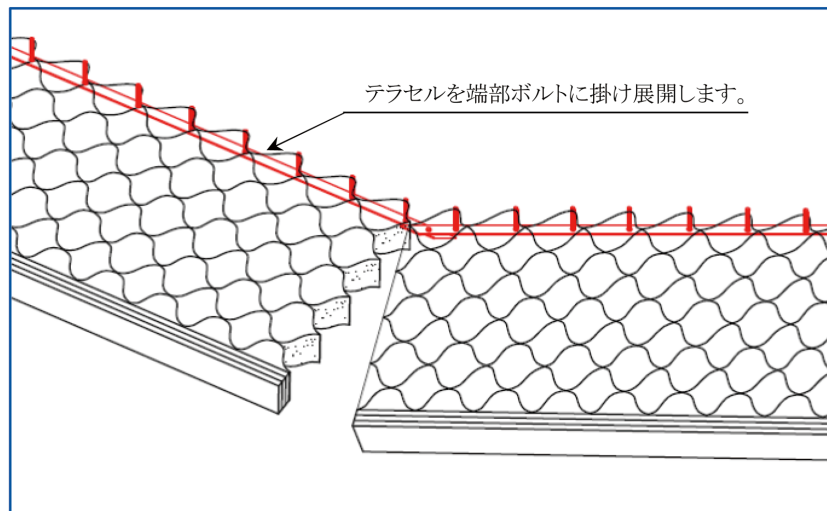
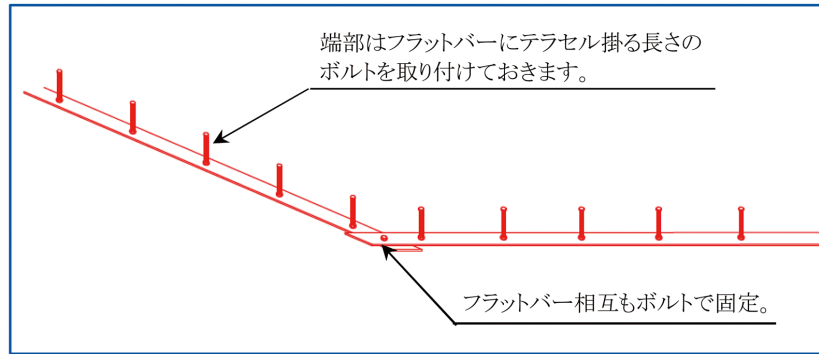


A部分詳細



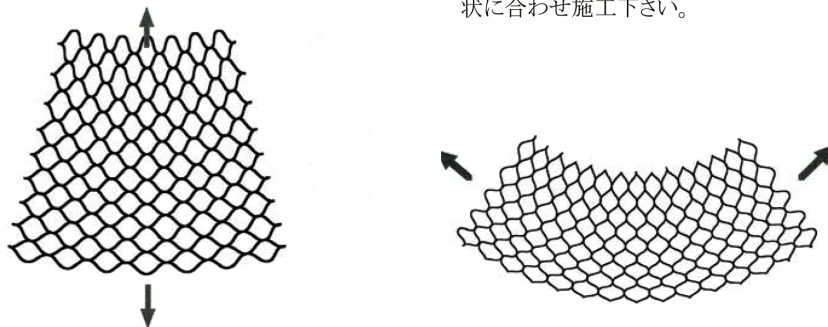
テラセル敷設
吹出し部

- ・フラットバーに展開用のボルトを取り付けます。
(フラットバー相互もボルトで連結しておきます。)



テラセルのカーブ敷設方法

- 展開は広げる力を調整することで現場に順応した施工が可能です。法尻に仮止めのアンカーピンを打ち敷地形状に合わせて施工下さい。



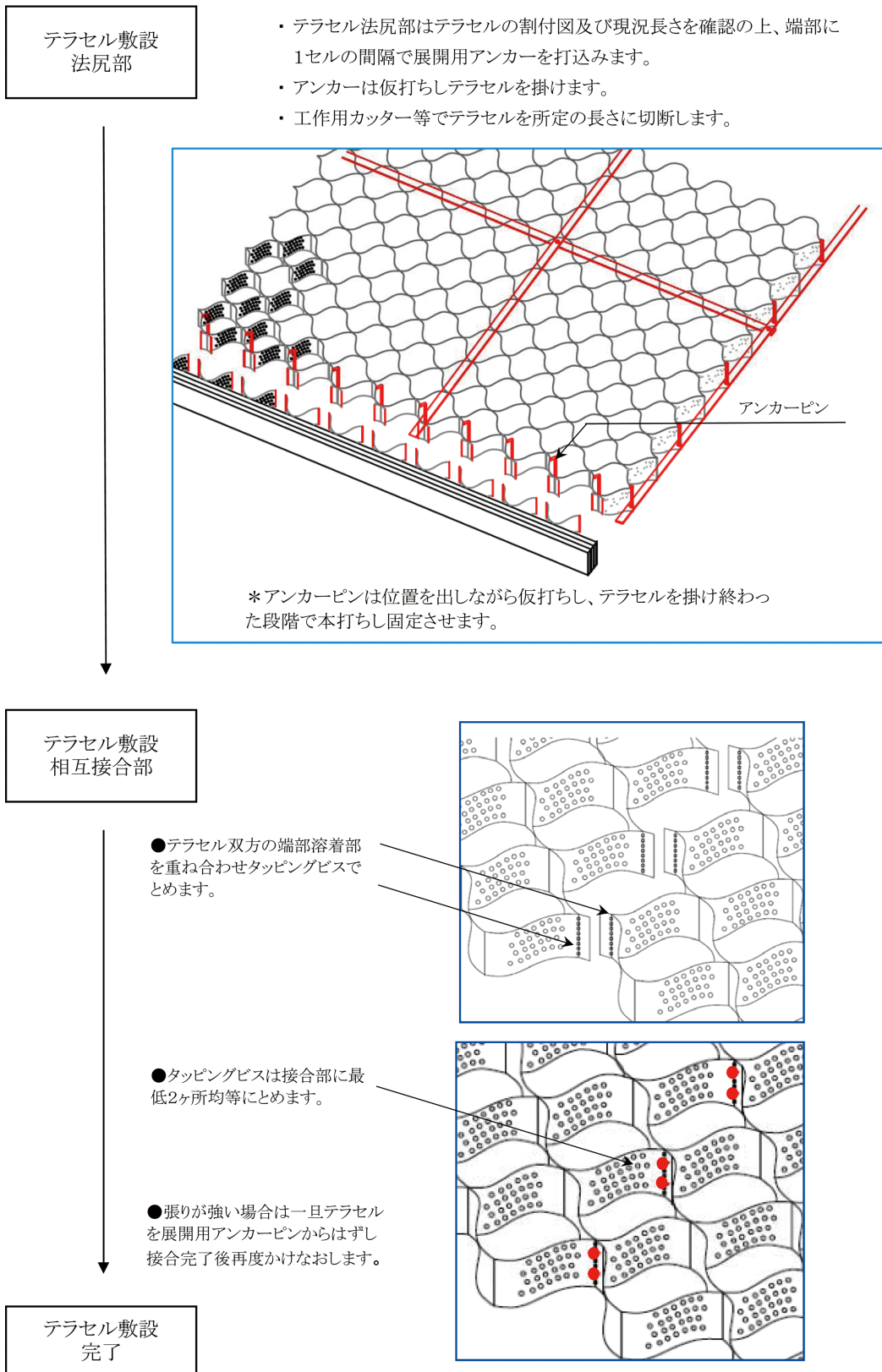


表4 復原建物6屋根資材重量の試算（平成25年8月検討段階）

86.0 m²当り

使用資材	数量	単位	単位重量	重量 (kg)	備考
ジネット入り長繊維不織布 TT-3S W1,000mm×50m	150	m ²	0.45	67.50	
不織布取付金具等	1	式		1.00	暫定
ハカム型フレキシブル型枠 T-100SP W2,560×L6,840mm セル数 228×256	122.57	m ²	1.26	154.44	≒ 22.0kg / 枚 ×7枚
展開用ボルト・ナット SUS M8 L120mm ワッシャ外径 22×2枚	90	組	0.08	7.2	
展開固定L型アンカーピンφ13mm L300mm	110	本	0.36	39.6	
固定用フラットバー SUS W50×t4mm L2,750	39	本	4.50	175.50	
固定用ボルト・ナット SUS M8 L20mm ワッシャ外径 22×2枚	65	組	0.03	1.95	
型枠相互連結タッピングビス・フラット バー小屋組取付金具等	1	式		1.00	暫定
資材総重量				448.19	5.2kg / m ²

屋根土および屋根下地材（ポリエチレン樹脂製防水シート・樹皮）、丸太材を除く

4. 屋根試験体の経過

経過観察を継続した屋根試験体は、復原建物6とは屋根土（特に表層土）の調整や混和した軽石の粒径に差があるものの、1年ほど暴露期間が長い。斜面および水平面は除草管理や補修を行わず、小動物による破壊もそのままとした。これらを踏まえ、評価項目を崩落土量から試験体上端部の崩落深度に替え、経年変化を観察した。完成から3年が経過した段階の屋根試験体の状態は写真12のとおりである。全試験体で厚さ2cmの表層土は流出し、試験体④～⑥は上層土が試験体①～③の約2倍（最大8cm）流出していた。小矢部市産赤土の方が高性能と確定した。（小黒）



写真12 平成28年11月1日の屋根試験体
屋根試験体は左端から①～⑥

11 復原建物5の茅葺実験

堀沢祐一

1. はじめに

北代縄文広場では、土葺と茅葺という屋根形態の異なる建物が復元されており、雨天時の状況を観察すると土屋根竪穴住居に雨漏りがみられたが、茅葺高床倉庫にはほとんど雨漏りがみられない状況であった。

また、群馬県渋川市（旧子持村）の黒井峯遺跡（古墳時代）では、竪穴住居の屋根構造が垂木の上に茅を葺いて、土、さらに茅を葺く構造であることがわかっている。なお、この遺跡の調査成果を踏まえて、山梨県北杜市（旧大泉村）の金生遺跡（縄文時代晩期）では「茅・土・茅」の屋根構造で建物が復元されている。

以上から、茅が雨水に対して何らかの役割を果たす可能性を考え、平成17年5月に、復原建物5の土屋根の上に茅を敷き、雨水を防ぐことができるかどうか検証実験を行った。

2. 黒井峯遺跡の竪穴住居の屋根構造

本遺跡では、古墳時代の竪穴住居跡5棟、平地住居跡36棟、高床建物跡8棟などが検出されている。竪穴住居（C-75号）の平面形は東西5m、南北5.1mのほぼ正方形で、深さは1.3mである。周囲には幅約4m、高さ30~50cmの周堤帯がつくられる。屋根は寄棟造で、棟の長さは2.3m、屋根の高さは約2mと推定されている。屋根は垂木と小舞で小屋組をつくり、その上に茅を薄く敷き、黒土に細かく砕いた赤土を混ぜ込んで、6~9cmの厚さで屋根全体に土を葺く。さらにその上に土押えの茅を葺く構造である。

3. 金生遺跡の復原建物の屋根構造

本遺跡では、縄文時代晩期前半の住居3棟が復元されている。床面周囲を礫で囲む平地住居跡が検出されたが、支柱穴等は検出されていない。群馬県榛東村の茅野遺跡（縄文時代後期）や黒井峯遺跡の発掘調査事例に基づき「壁立式・土葺の上部構造で復元を行う」とされている。また、復原建物の屋根構造は、「垂木の内側に粗朶下地を密に配し、垂木間に茅を詰め、その上に5~10cm厚の土を塗り、さらに茅で薄く仕上げるものである。この外側の茅は雨水による流土・流出を防ぐためのものと考えられている。（中略）外側の茅を10cm程度の厚さとして、逆葺工法によって行うとした。」と報告されている（山梨県北巨摩郡大泉村1991）。なお、屋根勾配は30°前後である。

本遺跡の復原建物は、平成3年に竣工しており、25



写真1 金生遺跡の復原建物
（筆者撮影 平成28年7月）

年経過しているが、担当者に確認したところ雨漏り等はないとのことであった。また、現在の復原建物は、土屋根の上にモルタルを塗っており、その効果によって遮水している可能性が高いが、モルタルを塗る以前も雨漏りはしていないそうである。

4. 復原建物5の茅葺実験の方法と課題

まずは、復原建物5の土屋根の下部に崩落土が堆積していたため、その堆積土を少し削り取り、棟から下部にかけて屋根折れがないように直線的に調整した。その後、下から茅を3段に積み上げた。茅を縄で軽く縛って直径約20cmの茅束を作った。下地調整した地面から1段目に約120束、2段目に約60束、3段目は約30束積み上げた。全体で約210束の茅束を使用した。なお、茅は平成16年度の市単独修繕で撤去した復原建物4の旧材である。

結論から言うと、土屋根の上に設置した茅束では雨水の浸入を防ぐことができなかった。その原因としては、屋根勾配が緩いこと、茅束層の厚さが約30cmと薄かったことが考えられる。雨漏りしていない金生遺跡の復原建物の土部分は、粘土と砂質土の配合を変え、3回に渡って塗っており、ある程度固く締まった状態であることが、雨水の浸入を防いでいると考えられる。ただし、北代縄文広場の場合は、土をあまり叩き締めずに葺いた構造であり、その上に茅を設置しても土の状態が変わっていないために、茅のみでは雨水を遮断するための機能が果たせなかったと思われる。実験により、屋根勾配と屋根土の性質、屋根土自体の層構造や締め固めの程度が、遮水の実現にとって重要な要素ではないかと考えられた。

なお、復原建物5に葺いた茅束は、少なくとも1年程度は設置していたが、雨水の浸入を防ぐことができなかったため平成20年度以前には撤去した。



写真2 茅束設置前の状況



写真3 茅束設置状況



写真4 土屋根下部の土の削り取り

引用・参考文献

- 石井克己・梅沢重昭 1994 『日本の古代遺跡を掘る 4 黒井峯遺跡－日本のポンペイ』 読売新聞社
- 山梨県北巨摩郡大泉村 1991 『史跡金生遺跡保存整備事業報告書』