

特別史跡

# 一乗谷朝倉氏遺跡46

平成27年度環境整備事業概報

福井県教育庁埋蔵文化財調査センター



西山光照寺跡整備工事（北より）



西山光照寺跡整備工事（南より）



含水率の測定（蒸留水による含水）



X線解析の試験体

特別史跡

# 一乗谷朝倉氏遺跡46

平成27年度環境整備事業概報

福井県教育庁埋蔵文化財調査センター

## 序 文

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡の発掘調査・環境整備・保存修理事業は、平成24年度の機構改革による資料館の教育庁から知事部局観光営業部への移管に伴い、教育庁埋蔵文化財調査センターが引き継ぐことになりました。現在は、教育庁と観光営業部が連携し、文化政策の強化および拡充を図っています。

平成23年度には従来の計画を見直して、整備基本計画を改定した新たな発掘・整備基本計画を策定しています。環境整備では、既に発掘調査を完了した調査区の整備工事に加え、既整備地の主要遺構の露出展示に伴う劣化への対応事業が新たに加われました。

平成27年度の環境整備は、特別史跡指定地の北端に位置する西山光照寺跡の復元整備、そして劣化対応事業を実施しました。西山光照寺跡の復元整備は2年目で、前年度施工分とあわせて延長約100mにおよぶ石垣跡の復元工を終えたほか、外郭の舗装工の一部などを終わりました。劣化対応事業では、遺跡内の環境データの収集のほか、石製遺構に施工する接着剤や施工方法を決定するための試験等を継続して実施しました。また今年度は、緊急的に対応が必要と判断された礎石等の石製遺構について緊急接着を実施しました。劣化対応事業は平成24年度より事業を開始しており、より慎重な対応を行うために、平成29年度までを朝倉館跡における調査・研究期間に設定しています。

諸事業の実施にあたりまして、ご支援・ご協力をいただきました文化庁ならびに地元の皆様をはじめとする関係各位に感謝申し上げますとともに、今後とも、より一層のご指導、ご鞭撻のほどお願いいたします。

平成29年3月

福井県教育庁埋蔵文化財調査センター

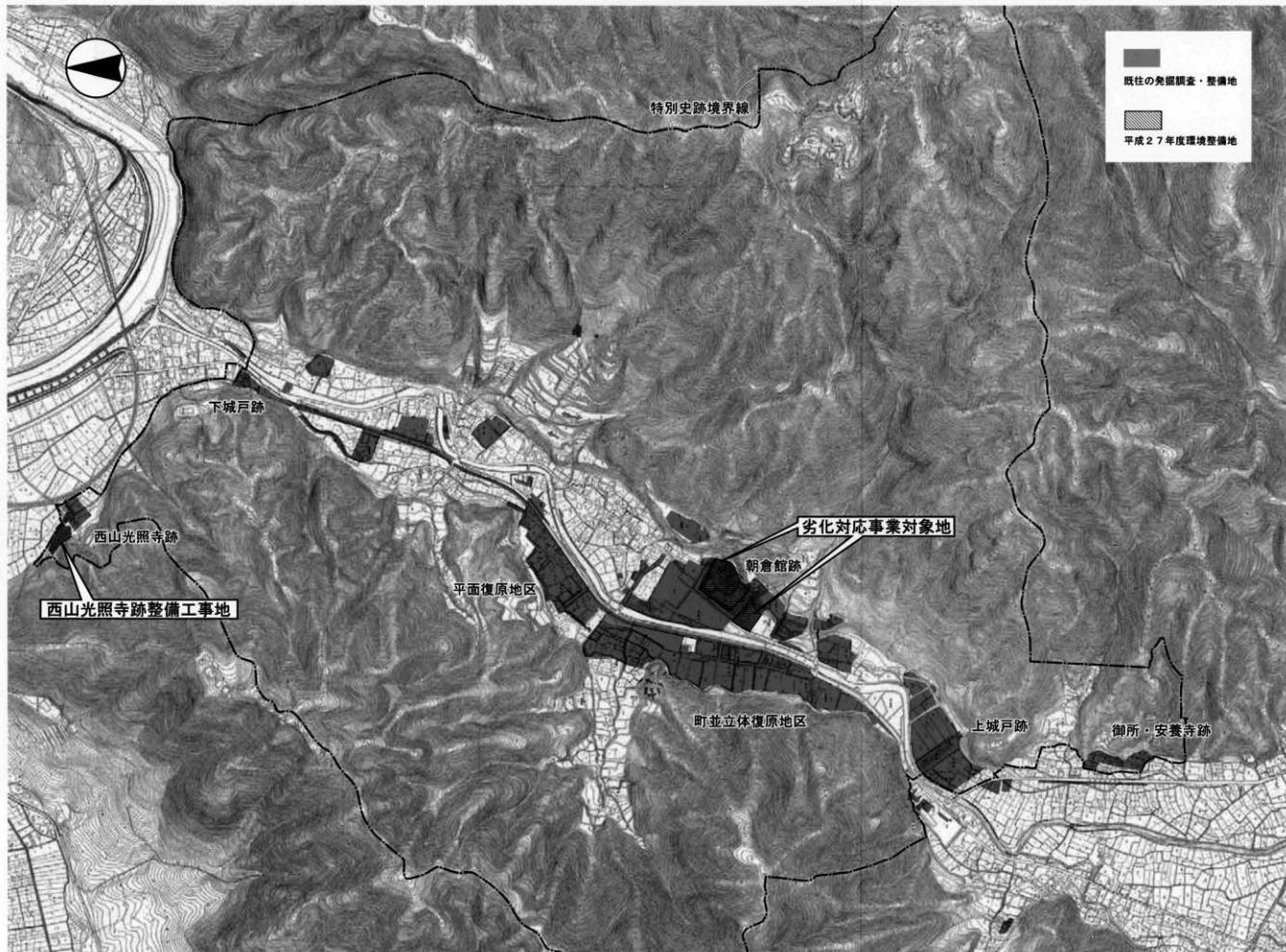
所 長 工 藤 俊 樹

# 例 言

1. 本書は、福井県教育庁埋蔵文化財調査センターが平成27年度に実施した、国庫補助事業による環境整備事業の概要報告書である。
2. 本書の作成にあたっては、福井県教育庁埋蔵文化財調査センター職員の事業担当者が各項目を執筆し、項目末に文責を記した。
3. 遺構番号の頭に付した略記号は以下のとおりである。  
SB：建物、SD：溝・濠、SE：井戸、SF：石積施設、SV：石垣、SX：その他

# 目 次

1. 平成27年度の事業概要	3
2. 西山光照寺跡整備工事	6
整備工事	6
試掘調査	11
3. 劣化対応事業	12
事業概要	12
硬度試験	14
含水率の計測	17
緊急接着	18
X線解析試験	20
挿図目次	
第1図 平成27年度環境整備位置図	1
第2図 西山光照寺跡整備工事位置図	4
第3図 劣化対応事業対象地位置図	5
第4図 西山光照寺跡整備工事平面図	8
第5図 石垣復元工 立面図	9
第6図 水路復元工 立面図	9
第7図 石垣復元工 標準断面図	10
第8図 水路復元工 標準断面図	10
第9図 舗装工 標準断面図	10
第10図 排水工 U字側溝構造図	10
第11図 排水工 集水溝構造図	10
第12図 試掘トレンチ位置図	11
第13図 試掘トレンチ断面図	11
第14図 硬度試験結果1	15
第15図 硬度試験結果2	15
第16図 硬度試験結果3	16
第17図 硬度試験結果4	16
第18図 緊急接着例1	19
第19図 緊急接着例2	19
第20図 粒度分布の測定結果2	21
第21図 ふるい試験結果2	22
第22図 試験体の作製1	23
第23図 試験体の作製2	23
第24図 試験体の完成品	23
第25図 透過試験状況1	24
第26図 透過試験状況2	24
第27図 X線解析結果1	25
第28図 X線解析結果3	26
第29図 X線解析結果4	27
第30図 X線解析結果5	28
表目次	
表1 平成27年度事業概要一覧	3
表2 平成27年度劣化対応事業項目	13
表3 含水率の測定結果	17
表4 粒度分布の測定結果1	21
表5 ふるい試験結果1	22
表6 X線解析結果2	25
写真図版	
西山光照寺跡整備工事	PL. 1～3
西山光照寺跡整備工事（試掘調査）	PL. 4
劣化対応事業	PL. 5



第1図 平成27年度環境整備位置図 (S=1/8,000)

## 1. 平成27年度の事業概要（第1～3図）

一乗谷朝倉氏遺跡では、昭和42年度以来継続的に発掘調査・環境整備を実施しており、昭和46年の特別史跡指定を機に史跡公園化構想・基本計画を策定し、これに基づいて計画的に事業を実施してきた。平成24年度からは、平成23年度に改定した基本計画に基づいて事業を実施している。平成27年度は表1のように、環境整備工事1件と劣化対応事業を実施した。

環境整備1事は、前年度に引き続き、特別史跡指定地の北端に位置する西山光照寺跡の復元整備を実施した。平成22・23・25年度に実施した発掘調査（第132・135・144次調査）地を対象に、寺院跡の主要部を区画する石垣遺構の復元整備を主に実施し、前年度施工分とあわせて延長約100mにおよぶ石垣遺構の復元工が完了した。また、西山光照寺跡の造成時期の根拠となる遺構の確認のために、試掘調査を実施し、下層遺構面および南北の造成の時期差を確認した。

劣化対応事業は、平成24年度より引き続き、修理方針を決定するための調査と研究事業を実施した。気象観測等の環境調査および含水率計測に加え、今年度から硬度試験を開始し、緊急的に対応が必要と判断された礎石等の石製遺構について緊急接着を実施した。また前年度から開始している接着剤試験では、過去に施工された接着剤の再現を目的としたX線試験を実施した。

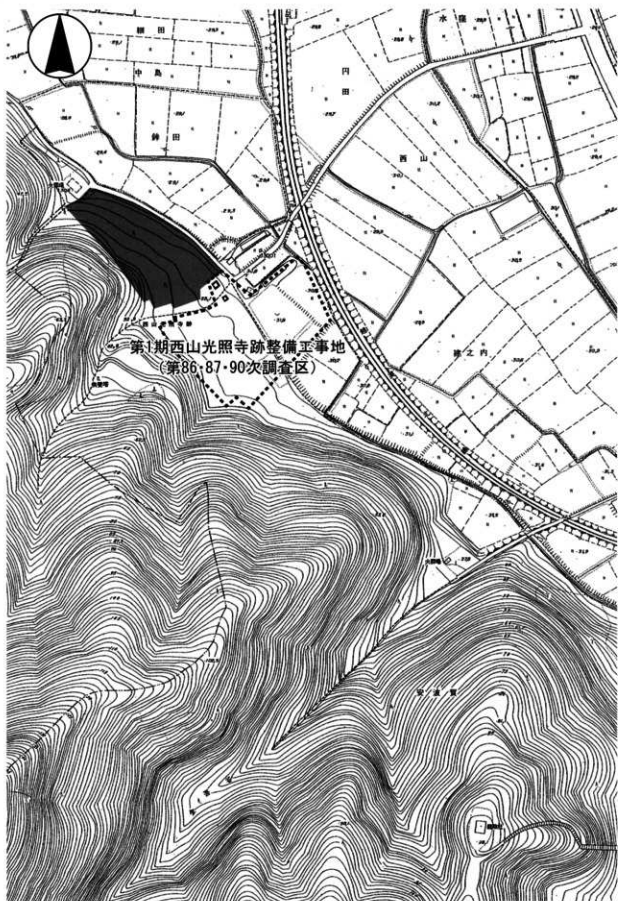
なお、これら文化庁の国庫補助事業とは別に、今年度の発掘調査として福井県土木事務所の一乗谷川河川改修事業に伴う発掘調査を1件実施した。河川改修事業に伴う発掘調査の詳細は、当センター発行の『福井県埋蔵文化財調査センター年報31』を参照いただきたい。

表1 平成27年度事業概要一覧

工事名	環境整備箇所	整備期間	面積	整備事由
西山光照寺跡整備工事	福井市安波賀中島町 字赤旗ノ式	平成27年7月10日～ 平成28年3月22日	2,000㎡	基本計画に基づく
劣化対応事業	福井市城戸ノ内町 朝倉館跡等	平成27年5月1日～ 平成28年3月31日	—	保存管理計画・基本計画に基づく
環境整備の計画に伴う試掘調査	福井市安波賀中島町 字水旗ノ式	平成27年8月24日～ 9月1日	6㎡	環境整備に基づく

調査回数	発掘調査箇所	調査期間	面積	調査事由
第147次	福井市城戸ノ内町 字出雲谷ノ弁兵衛	平成27年6月24日～ 7月13日	33㎡	河川改修事業に伴う発掘調査 『年報31』に掲載





第2図 西山光照寺跡整備工事位置図 (S=1/2,000)



第3図 劣化対応事業対象位置図 (S=1/2,000)

## 2. 西山光照寺跡整備工事（第4～13図、P.L. 1～4）

### 1) 整備工事

特別史跡指定地の北端に位置する西山光照寺跡は、遺跡導入部の重要なエリアである。平成22・23・25年度に発掘調査を実施した第132・135・144次調査区（西山光照寺跡北区）は、面積2,300㎡を測り、北に集落墓地、東に農道を挟んで水田が広がっている。そして、西は御耳山麓の木調査地、南に既存の赤道を挟んで平成6・7年度に発掘調査を実施した第86・87・90次調査区（西山光照寺跡南区）が隣接する。この面積3,400㎡を測る南区を対象とした環境整備は平成10年度に既に完了しており、平成26年度より実施している北区を対象とした今回の環境整備は、「第2期」の西山光照寺跡整備工事に位置づけられる。

北区の発掘調査では、敷地を上段・下段に区画する石垣、そして上段面を南北に区画する石組溝等を検出した。建物跡は礎石等の遺構の遺存状況が悪く、全体の形状は明確に出来なかった。しかし、大きく2棟の礎石建物の配置を確認した（『発掘調査報告書11』参照）。今回の整備工事では、これら検出された遺構について、保存管理計画および基本計画に基づいて露出展示・復元展示を行う計画である。

工事1年目にあたる平成26年度には、主に敷地北半を対象として、石垣復元工、舗装工、そして排水工を実施した（前報『概報45』参照）。工事2年目にあたる平成27年度は、以下に報告するとおり、26年度施工分とあわせて延長約100mにおよぶ石垣の復元工を完了させ、このほか、敷地南半を対象として水路復元工、舗装工、排水工を実施した。

**石垣復元工** 今年度に復元した石垣の延長は42.6mで、昨年度に復元した石垣48.5mと連なり、西山光照寺跡の景観の大部分を形成する長大なものである。石垣は、発掘結果により上下段の比高差約2.3mを測るが残存高は約0.8m～1.6mであり、今回の整備で大部分を復元した。

復元工の基本方針は昨年度を踏襲した。1つめの方針は、復元する石垣の高さは、戦国期に積まれていたと推定される上段平坦面までとし、一乗谷の有力寺院の屋敷構えとしての役割を顕在化する。2つめの方針は、石垣の折れ点に立石が据えられている点や、裏込めの構造として拳大から人頭大の礫層が部分的に残存している点など、石垣遺構の外観および内部構造の特徴に留意する。3つめの方針は、新補材は既整備地で使用実績があり、且つ同一の岩質のものを使用し、そして既整備地での整備実績のある石工職人の手による在来工法で復旧する。基本的にはこの3つの方針によって石垣復元工を行った。

今年度区間は、遺構検出時の形態を基準として、①昨年度区間から直線状に連なる石垣（SV6447）、②方形の石垣突出部（SX6446）、③通路状遺構（SX6522）の3つの区間に分かれる。区間①の昨年度と異なる点は、石垣を構成する個々の石が小さいという遺構の外観上の特徴である。このため復元にあたっては昨年度よりも小さい石を主体とした。またそれが昨年度区間との断絶感や違和感を生じさせないように、大きい石の使用を徐々に低減するなどして一連の石垣としての連続性に留意し、遺構と整備の調和的な両立をはかった。石垣遺構の残存状況が比較的良好であった区間②については、石垣の上端面を揃える程度の石の補充にとどめた。これは『発掘調査報告書11』で述べたとおり石垣上端が検出されていると推定されることに加え、比較的小さな石で構成されている石垣遺構への負荷を低減するためである。したがって突出部の石垣高さは、他の石垣の高さより50cm程度低くなっており、次年度以降における上段面の仕上げ工程では、勾配を設けて段差が生じないように取り合いを調整する計画である。区間③は、区間②と同様に石垣遺構の残存状況が比較的良好であり、石垣の上端面を揃える程度の石の

補充にとどめた。

大部分を復元した区間①については、石垣の安定を図るため、昨年度と同様に裏込め部分にはφ150mm内外の栗石を詰めただけ、予定している植栽工のための防根シートを布設した。区間②と③については、残存状況が比較的良好であったことから、裏込め部に復元を要しなかったため、山土を充填するのみとした。また比高差も小さい区間②と③は、遺構保護のために植栽工を行わない計画であり、防根シートも布設していない。

今年度を実施した石垣復元工の箇所は第5図に示すとおりであり、説明板でも明示する計画である。  
**水路復元工** 石垣南端に位置する東西に走る溝遺構（SD6523）の北壁と南壁の石積みを復元した。大きな石で構成される水路北壁は天端の高さが不明であったが、倒れていた1石を復旧したところ、前述の通路状遺構（SX6522）とほぼ同様の高さになったため、通路状遺構の高さにあわせて復元した。水路南壁については、検山されている遺構の高さと南区の整備面の高さの齟齬により大きな段差が生じていたため、修景的な石積みを行った。修景にあたっては、今年度復元対象とした隣接する石垣遺構を参考にした。上段平坦面からの排水を受ける西側の石組は、取水の構造が不明であったため、暗渠の吐水口として修景した。水路底舗装は、下流で接続する既存水路の高さを基準としてソイルセメント（厚50mm）を布設した。今年度を実施した水路復元工の石積みの箇所・範囲は第6図に示すとおりである。

なお、復元水路の排水を受ける集水柵を設置するために、一部の道路アスファルトおよび既存水路を撤去したところ、溝遺構（SD6523）の続きが検出された。遺構の保存を万全とするために、不織布を布設したほか、集水柵の深さを浅く設計変更している。

**舗装工** 昨年度と同様、石垣の前面にあたる下段平坦面の路盤全体に砕石（100mm厚）を布設した。次年度以降に山土（100mm厚）で仕上げる計画である。最終的な舗装面の高さは、周辺環境との関係性を考慮し、隣接するアスファルト道路を基準としている。このため、それより低い溝などの遺構は露出展示せず埋設した。露頭する石垣を持つ円弧上の高まりの遺構（SX6452）は、性格不明であることから復元的な整備は行わず、最終年度に設置予定の説明板で補足説明をする計画である。

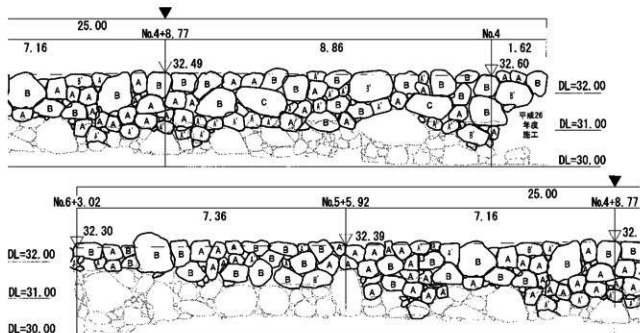
**排水工** 発掘調査時の素掘り溝を利用して、U字溝（11m）ならびに集水柵（3基）を設置した。敷地西側の谷あい集まる表流水の一部排水を目的としたものである。今年度施工したのはU字溝全長の約1/4にあたり、水路復元工との兼ね合いから下流から施工した。排水先である復元水路には、暗渠（塩ビ管φ150mm）で接続する形とした。これは、前述のとおり、復元水路の上段面からの取水の構造が不明であったためである。U字溝については、西山光照寺跡の中心を横断する排水経路であることから、材質面で景観への配慮および強度面で見学者の往来を考慮し、次年度以降に施工する舗装材と同様の玉砂利で化粧した鍍鉄製蓋とした。重量が重い管理時に外すことが困難にならないよう、玉砂利の固定はしないこととした。

次年度以降の工事では、主に上段平坦面を対象とした礎石建物、溝、井戸などの露出展示を行うほか、石垣からの転落防止を目的とした植栽工を実施し、最終年度に説明板の設置を行って整備を完了させる計画である。

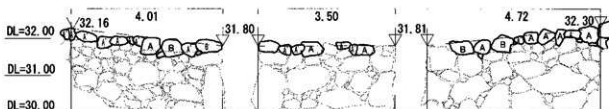
なお、今年度の整備工事にあわせて、西山光照寺跡の東に面する農道の水路修理工事が行われたが、特別史跡指定地の地境にあたるため、福井市の・乗谷朝倉氏遺跡管理事務所が市単費で修理を実施した。

（熊谷 透）



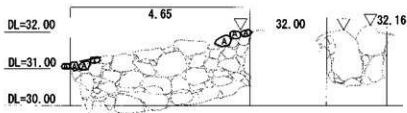


区間①石垣(SV6447南半) No.4 ~



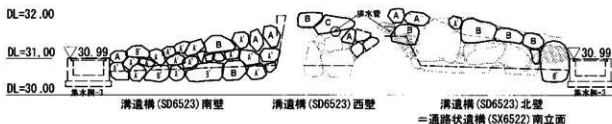
区間②方形の石垣突出部(SX6446) No.6+3.02 ~

記号の凡例		
石の大きさ (mm内外)	据直し・ 転石利用	購入石 (新補材)
400~500	A'	A
600~800	B'	B
1,000~1,200	C'	C

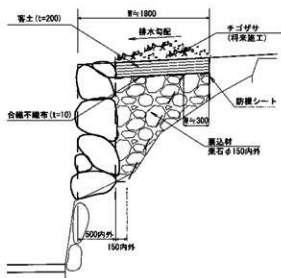


区間③通路状遺構(SX6522) ~No.7

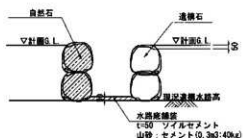
第5図 石垣復元上.立立面図 (S=1/100)



第6図 水路復元上.立立面図 (S=1/100)



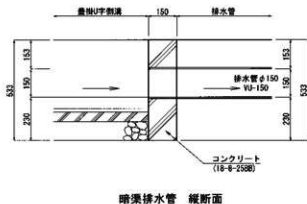
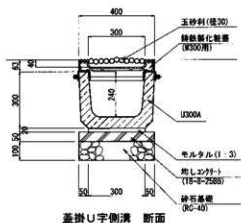
第7図 石垣復元工 標準断面図 (S=1/50)



第8図 水路復元工 標準断面図 (S=1/50)



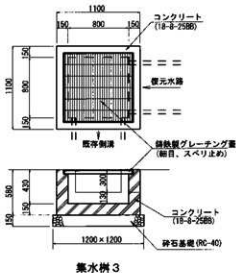
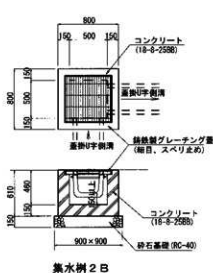
第9図 舗装工 標準断面図 (S=1/20)



蓋掛U字側溝 断面

暗渠排水管 縦断面

第10図 排水工 U字側溝構造図 (S=1/20)



集水樹 2 B

集水樹 3

第11図 排水工 集水樹構造図 (S=1/50)

## 2) 試掘調査

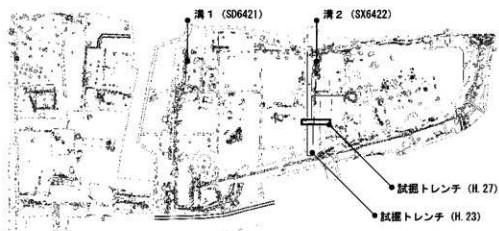
西山光照寺跡において、整備事業に伴う試掘調査を実施した。

これまでに溝2 (SX6442) を境に造成時期が異なると推定されており、その根拠となる遺構の確認が調査の目的である。遺構の断面を確認できる位置に試掘トレンチ(長さ6m×幅1m)を設定した。(※説明で用いる方位は実際の方位と異なり、西山光照寺跡山際を南北の軸とする)

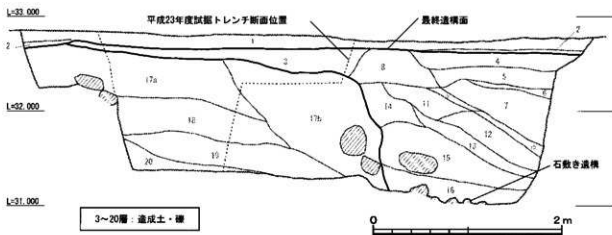
トレンチ内では地表面から標高最大31.0mまで造成上・礫が堆積し、北端ではその下に10cm前後の玉石で敷いた石敷き遺構を確認した。また、北端から中央にかけて、造成の落ち込みを確認した。なお、南端は平成23年度発掘調査(第135次調査)における東西方向の試掘トレンチによる埋め戻し土が堆積しており、その試掘では地表面から標高30.5mまで造成土が堆積していることを確認している。

出土遺物はトレンチ北端の造成上から16世紀前半を中心とする土師質皿が出土した。中央～南端の造成土でも同時期の土師質皿が出土している(平成23年度試掘トレンチ)。

以上の成果から、下層の遺構面があること、そして、トレンチの北端と中央～南端とは、造成の時期が異なることを確認した。上記からの推定として、中央～南端の造成土は裏込め状の礫層であるため石積みをして崩落留めをしていた可能性がある。(松本泰典)



第12図 試掘トレンチ位置図



第13図 試掘トレンチ断面図



### 3. 劣化対応事業（第14～30図、P L. 5）

#### 事業概要

本事業は、特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡の保存管理計画（平成22年度改定）ならびに発掘・整備基本計画（平成23年度改定）にて、既整備地の劣化を環境整備事業の課題として挙げたことを受け、平成24年度より開始した事業である。

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡の魅力の一つとして、都市化されずに残された土地景観と集落景観、露出展示を始めとする環境整備によってつくりあげた史跡景観の重なりを挙げるができる。そのため劣化対応事業では、今後とも露出展示による史跡景観を持続的に公開することを目指し、その具体的な対応手法を検討している。事業の計画立案にあたっては、既整備地の劣化状況を踏査し、当主の居館跡である「朝倉館跡」内の露出展示遺構の劣化に優先的に取り組み、その中でも特に特別名勝庭園を含み、かつ露出展示の骨格を成す、石製遺構の劣化への対応が最優先であると判断した。

事業の実施においては、石製遺構の劣化対応を中心に検討するワーキンググループ（以下、WG）を設置し、保存科学と地質学を専門とする委員に指導を仰いでいる。劣化対応事業は、劣化の原因を調査して対応策を検討する「調査・研究」と、調査・研究の成果に基づき実施する「修理」に分かれる。平成24年度から平成29年度までを調査・研究期間として計画し、朝倉館跡における修理の日標年度は平成30年度に設定した。

これまでにWGの指導のもと、環境条件の調査を継続的に実施し、特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡において、少なくとも過去3年間の気候においては、凍結融解によって石製遺構の劣化を進行させるような環境にはないことが明らかになった。また、昭和45年度に施工されたエポキシ系接着剤の化学分析を行い、接着剤の劣化は表面の1mm内外におさまっており、現在も健全な状況にあることを確認した。しかし一方で、昭和45年度の施工方法の詳細が不明であり、その再現をもって基準となる試験体を作製し、接着剤試験の実施によって、より良い接着方法を検討することが課題としてWGにて指摘されていた。

それらの指導を受けて、平成27年度に実施した事業は表2のとおりである。環境条件の調査などの継続項目のほか、新たに石製遺構の劣化状況の数値化を目的とした硬度試験、強風等で紛失の恐れがある剥離した小石片（以下、「剥離片」とする）の緊急的な接着の実施、接着剤試験において基準となる試験体を作製するためのX線解析などを実施した。

平成27年度の事業により、剥離片に対する緊急措置の手法を具体的に決定し、さらに接着剤試験にて基準となる試験体の作製方法が決定され、本格的な施工における接着方法の決定に向けた、平成28年度以降の接着剤試験の方針を決定することができた。以下、平成27年度より新たに実施した項目の報告を基本とする<sup>(1)</sup>。

註1：昨年度には、事業の中間報告として『特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡45 平成26年度環境整備事業概報・劣化対応事業中間報告』（福井県教育庁埋蔵文化財調査センター・平成28年）を刊行しており、事業開始の経緯やこれまでに実施した事業項目の概要などは、これを参照いただきたい。

表2 平成27年度 劣化対応事業項目

項目		内容		備考	
1	調査・研究	環境条件	気象観測	代表地点の気温、相対湿度、湿度、風向・風速、降水量、H射量、地温の観測	
2			積雪深計測	代表地点の積雪深計による計測	
3			積雪状況の定点撮影	代表地点・朝倉館跡のセンサーカメラによる定点撮影	
4			温度計測	朝倉館跡における石製遺構の表面（代表石）、3種類の舗装表面の温度計測	川側と山側にて計測
5			冬季養生時の温度計測	朝倉館跡庭園の庭石に車型・巻き付け型の養生を施し、積雪期の表面温度を計測	冬季養生の効果を確認
6		石製遺構	含水率計測	朝倉館跡の石製遺構の見かけの含水率を非破壊の方法で計測	1回/1か月
7			含水率測定	朝倉館跡の石製遺構の含水率（吸水率）を非破壊の方法で測定	
8			定点撮影	朝倉館跡庭園・湯殿跡庭園・石仏群等、劣化の進行を確認するために撮影	1回/3か月
9			硬度試験	朝倉館跡の石製遺構の硬さを非破壊の方法で測定	
10		接着剤	接着剤試験	昭和45年度の施工方法の再現等を目的としたX線解析試験	
11		資料調査	遺構劣化台帳作成（遺構毎）	現況の写真撮影ならびに台帳の記入を実施	朝倉館跡から順に作成
12		修理	緊急接着	強風等で紛失の恐れがある剝離片を、昭和45年時の接着方法に準じて実施	朝倉館跡が対象

## 硬度試験（エコーチップ硬度試験）

### 1) 目的と対象

本事業のこれまでの調査・研究では、石製遺構の劣化を評価する方法として、発掘調査時などの過去の写真と現況の比較（視認）や打音調査といった方法によってきたが、WGにて数値化による劣化状況の把握の必要性が指摘され、新たに硬度試験を追加することとなった。

平成27年度の試験対象は、上に緊急接着を実施する石製遺構とし、硬度を数値化することによって劣化状況の指標として、緊急接着にあたって剥離片ならびに石材本体の剥離面の強化処置の必要性などを検討する基礎データとした。あわせて、将来的に劣化の進行を評価する際の比較データとすることも試験目的の一つとした。

### 2) 方法

試験方法は、石製遺構そのものを用いて試験を行うため、非破壊の手法が前提とされた。そこで、WGでの指導により、実質的に非破壊にて石材の強度試験を行うことが可能であり、文化財の石材評価にも有効な方法とされている、「エコーチップ硬度試験」を選択した。

使用機器はエコーチップ3（プロセック社製）であり、リース契約により借用し、当センター職員が朝倉館跡にて試験を行った。計測は朽津（2007）を参考に、1石あたり5か所を選定した。なお、5か所の選定にあたっては、①平滑面とすること、②稜部を避けること、③計測箇所を集中させないこと、以上の3点に留意した。1か所あたりの連打回数は、朽津（2007）において10回目以降の数値に収束傾向が認められたことが指摘されていることから、15回連打して計測する連打法を基本とした。

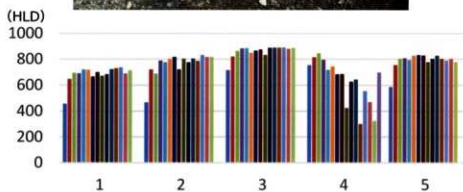
### 3) 試験結果

第14～17図のとおり、基本的には1回目の計測値が最も低い値を示しているが、これは、単打法と呼ばれる1回の打撃による試験方法の結果と同様に考えることができ、石材本体の表面の硬さとして評価される。言い換えれば、緊急接着の対象となる剥離片の硬度に近い計測値となる。5回前後以降の安定した計測値からは石材本体の内部の硬さが読み取れ、2回から4回前後の計測値が表層の風化を示していると考えられた。この表層の風化は、今後、石材本体の強化処置を検討する場合に、強化処置後に内部の硬さと読み取れる数値まで上昇するかが、強化処置の効果を検証するうえで一つの目安になるとも考えられた。

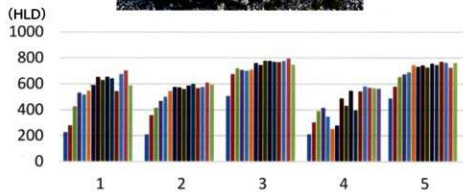
岩種別に結果を見ると、安山岩質の石製遺構（仮531・仮550）は、800前後まで数値が上昇している箇所が認められる（第14・15図）。ただし、仮531は視認上も朝倉館跡内において最も劣化が進行している石製遺構であるため、仮550に比べて全体的に数値が低い傾向を示している。一方、凝灰岩質の石製遺構（仮535・仮541）は、最大の数値が600前後であるが、400前後の数値を示す箇所も多く見られた（第16・17図）。なお、数値のパラつきが見られる箇所は、測定方法によるノイズであるのか、石材内部に劣化が及んでいるのかは今後の検討課題である。なお、次年度以降は朝倉館跡において本施工が必要と考えられる石製遺構を優先し、硬度試験を実施する計画である。

### 参考文献

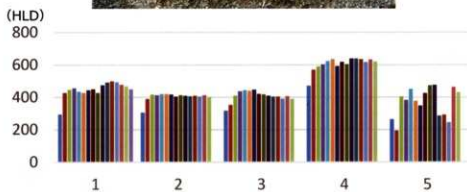
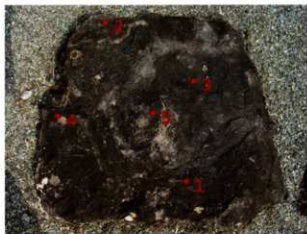
朽津信明（2007）「エコーチップ試験による文化財石材の硬さに関する研究」『保存科学』6. 46 東京文化財研究所



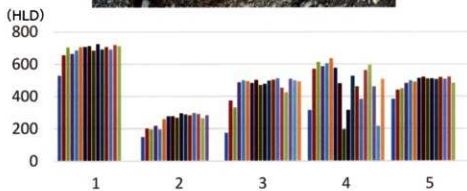
第14圖 硬度試驗結果 1 (仮550・玄武岩質安山岩)



第15圖 硬度試驗結果 2 (仮531・變質安山岩)



第16圖 硬度試驗結果 3 (仮541・凝灰角礫岩)



第17圖 硬度試驗結果 4 (仮535・凝灰角礫岩)

## 含水率の測定

### 1) 目的と対象

緊急接着を実施するにあたり、剥離片の強化処置の有無を判断する必要性がWGにて指摘されていた。そこで、強化処置の必要性の有無を判断する基準値の決定を目的に、非破壊の方法で体積あたりの含水率の測定を行った。なお、含水率の測定は、奈良文化財研究所の指導のもと、当センター職員が奈良文化財研究所にて実施した。測定対象は緊急接着を予定していた石製遺構の剥離片とし、測定対象の岩種と重量は表3のとおりである。なお、枝番を付けた剥離片は、一つの剥離箇所において採集した複数の剥離片を指す。

### 2) 方法

含水率の測定にあたり、まず恒温器（ESPEC社製）の105℃の設定環境にて、24時間乾燥させ、乾燥重量を求めた<sup>(2)</sup>。次に含水重量を求めるため、真空状態で24時間、蒸留水を剥離片に含水させた。続いて電子上皿天秤（METTLER TOLEDO社製）を用いて含水重量を求め、含水重量から見かけの体積ならびに密度、重量あたりの含水率を算出した。続いて水の密度を0.997490 g/cm<sup>3</sup>（水温23℃）とし、体積あたりの含水率を求めた。

### 3) 結果

表3のとおり、仮550を除けば含水率はいずれも高い数値を示した。緊急接着は石上面の剥離片を対象としており、接着後に重力などの外力の影響が低いことから、含水率10%以上を基準として強化処置の有無を決定した。以上のことから、表3のとおり、仮550を除く剥離片には強化処置が必要であると判断された。

強化処置後の剥離片については、再度、含水率の測定を行い、含水率が10%未満になっていることを確認のうえ、緊急接着を実施することとした。強化処置方法などの詳細は、次項の「緊急接着」に記載する。

註2：仮550において乾燥前の重量よりも乾燥重量の方が重いのは、乾燥前の重量の計測ミスによるものであるが、いずれの剥離片も乾燥前の重量と乾燥重量との差がわずかであるため、含水率の測定上、支障はないと判断して測定を継続した。

表3 含水率の測定結果

剥離片名	岩種	乾燥前重量(g)	乾燥重量(g)	含水重量(g)	重量あたりの含水率(%)	体積あたりの含水率(%)
仮472	不明	0.9942	0.9929	1.0349	4.2300	10.6061
仮550	玄武岩質安山岩	33.2099	33.2797	34.0325	2.2620	5.9302
仮531	安山岩	3.0087	2.9742	3.3061	11.1593	23.6656
仮541-1	凝灰角礫岩	8.4182	8.3527	8.7166	4.3567	10.5166
仮541-2		8.6440	8.5646	9.0611	5.7971	13.5054
仮535-1	凝灰角礫岩	2.0991	2.0867	2.1862	4.7683	11.1704
仮535-2		1.0341	1.0269	1.0957	6.6998	15.2193
仮535-3		3.3679	3.3452	3.5569	6.3285	14.5426

# 緊急接着

## 1) 目的と対象

乗谷朝倉氏遺跡では、石製遺構の劣化としてひび割れや剥離がみられ、剥離片の採取を平成24年度より続けている。採取に当たっては、デジタル撮影によって採取前後の状況を簡易に記録化している。しかし、特に小さな剥離片は、現地に残る石材本体の剥離面の劣化が進行すると、剥離片の採取直後には可能な接着が難しくなることから、一部については緊急的な対応として、緊急接着する方針とした。

本事業では、昭和45年度に施工された接着剤の効果が継続していることが、平成26年度に実施した接着剤分析によって認められているが、より良い接着剤と接着手法によって対応方法を決定することを目指しており、緊急接着はあくまでも緊急的な措置として限定的に行うこととしている。具体的には、剥離片の大きさを強風等で粉砕の恐れのあるような小さなものに限定し、さらに重力がかかるような側面の剥離片は対象とせず、石上面の剥離片を対象としている。また、平成29年度までは朝倉館跡を主な対象地としているが、特別名勝庭園は別途、保存活用計画の策定において検討することとしているので、庭石ではなく礎石の剥離片を主な対象とした。

## 2) 方法

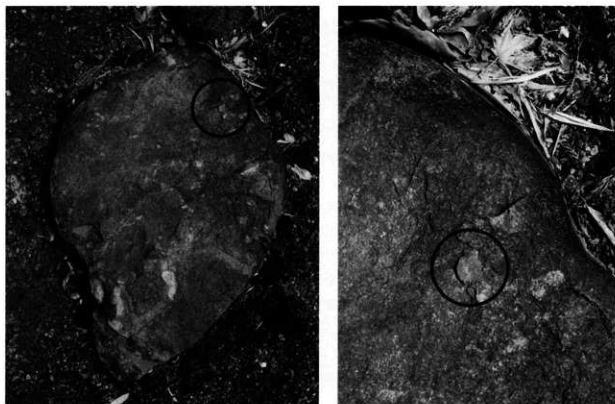
緊急接着にあたっては、剥離片の強化ならびに、石材本体の剥離面の強化が必要となる。強化の程度は、石材本体の健全な部分、すなわち石材内部の強度に合わせるべきであるが、剥離片や石材本体の剥離面の風化の程度によって、強化処置の効果は様々であることが予想され、強化処置の具体的な方法を定めることは、緊急的な対応においては困難であると判断された。

剥離片の散逸を防ぐという緊急接着の目的を鑑み、昭和45年に施工された接着手法の効果の持続性が平成26年度までの接着剤分析によって認められたことから、接着手法は昭和45年時の手法に準拠することとした。あわせて、剥離片の脆弱性を考慮し、剥離片に有機ケイ酸エステル（商品名：OM-25）への24時間含浸処置を行い、石材本体の剥離面に対しては同強化剤を塗布する処置を行った。

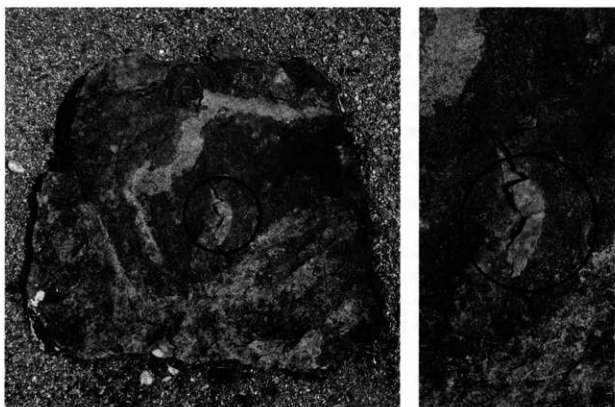
まず、剥離片の強化処置においては、剥離片をOM-25に24時間浸漬したのち、剥離片を取り出し、2週間放置して硬化させた。次に石材本体の剥離面の強化処置においては、筆を用いて剥離面にOM-25を塗布した。塗布の日安としては、塗布した薬剤が石材により吸収されなくなる程度とし、最大で5回を日塗とした。OM-25塗布後は雨水が当たらないように雨除けを施し、最低2週間放置して硬化させた。最後に剥離片の接着においては、接着剤（エポキシ系樹脂：昭和45年度使用の「Araldite106」の同等品として「Araldite2011WP」を使用）に砂を配合せずに塗布し、接着後は、石材本体の剥離面の強化処置と同様に雨除けを施した。

## 3) 今後の展望

強化剤塗布回数と表面強度の関係を明らかにすることを目的に、室内実験を行う。具体的には、OM-25を塗布1回塗布し、1か月後にエコーチップを用いた試験により、石材表面の所定箇所強度を測定する。これを10回繰り返す。石材を複数選定し、種類別に強化剤塗布回数と表面強度の関係を明らかにすることも検討課題とする。



第18图 緊急接着例1 (板472・左:全体写真、右:部分拡大写真)



第19图 緊急接着例2 (板541・左:全体写真、右:部分拡大写真)



## X線解析試験

### 1) 目的

平成26年度までの化学分析の結果から、約45年前に施工されたエポキシ接着剤が、現在もほぼ健全な状態を保持していることが明らかになっており、その要因は接着剤に混合された石粉（接着対象の石と同質の岩石を砕いたもの）であることが、WGにて仮説として指摘されていた。そのため、接着剤試験では、石粉の配合率を変えた複数種の試験体を作製し、耐候性や接着力に与える石粉の影響を確認する必要があり、さらに試験体の作製にあたっては、昭和45年度施工の接着剤と石粉の配合率等を近似させた試験体を基準資料とすることが望ましいと考えられた。

昨年度には、顕微鏡観察によって昭和45年度に施工された接着剤の再現を試みたが、より精度の高い方法を用いた再現の必要性がWGにて指導されていた。そこで、今年度は昭和45年度に施工された接着剤と石粉の配合率等を近似させた試験体の作製を目的とし、奈良文化財研究所の協力のもと、X線解析を用いた試験を実施した。また、あわせて石粉量を変えた複数種の試験体を作製し、X線の透過量の違いも確認した。

### 2) 試験体の作製方法

昭和45年度の石粉量と粒度を確認するため、昭和45年度施工の接着剤の一部をろつぽに入れ、ガスバーナーによって焼成した。火災が収まったのち、電気炉に入れて600℃で1時間加熱した。その灰分を天秤にて秤量し、石粉の混合量とした。続いてこの灰分をJIS A 1102の骨材のふるい分け試験方法に準拠し、粒度分布を求めた。なお、用いたふるいの目開きは、75 $\mu$ m、100 $\mu$ m、150 $\mu$ m、300 $\mu$ m、600 $\mu$ m、1.18mm、2.36mmである。

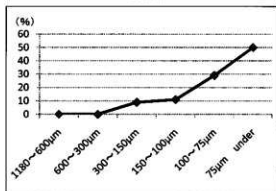
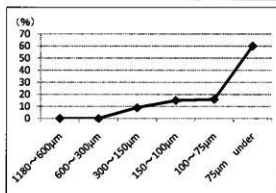
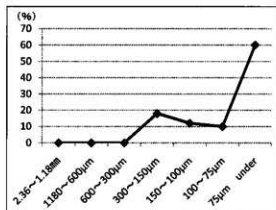
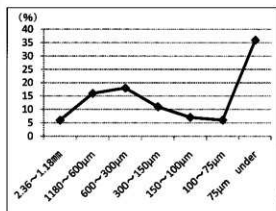
次に、新たに作製する試験体に配合する石粉（豊浦標準砂<sup>(3)</sup>）の粒度調整を行った。豊浦標準砂を超硬製粉砕容器に入れ、粉砕の回転数と時間の条件を変えて粉砕を行った。この粒度分布を上記と同様に試験して求め、併せて粉砕前の豊浦標準砂についても同様に測定した（表4・第20図）。第20図のとおり、1200rpmで3分間粉砕した標準砂は、昭和45年度施工の接着剤に含まれる石粉の粒度100 $\mu$ m以下の領域と近似しているが、一方で粒度の粗い領域では乖離が大きかった。そこで、粉砕前の豊浦標準砂と本粉砕砂を混合することとし、表5ならびに第21図のとおり、昭和45年度の接着剤の粒度分布と近似する豊浦標準砂：本粉砕砂＝1：9の割合とした。なお、昭和45年度の接着剤の粒度分布は、比較を容易にするため、300 $\mu$ m以下の領域で100%ノーマライズしたグラフである。これは、昭和45年度の施工時において、施工現場にて岩石を砕いて石粉を作製しており、石粉の粒度や分布に関しては作為性が低いと判断したためである。

以上の配合量ならびに粒度分布の検討結果をもとに、試験体を作製した。試験体の作製に当たっては、「あわとり練太郎」にて攪拌・脱泡した硬化前の接着剤を球状のポリ容器に注入して密封し、硬化するまで回転混合を行った。次に10mm×5mm×5mmの大きさに切断し、さらに10mm×5mmの対向二面を研磨して奥行きが $5 \pm 0.5$ mmとなるよう調整した。昭和45年度施工の接着剤も同様の形状に加工した（第22～24図）。

註3：石粉は、昨年度に引き続き、粒度等の条件のバラつきを減らすため、市販の標準砂を用い、標準砂の選定に当たっては、昭和45年度施工の接着剤の分析結果から、珪砂（石英砂）である豊浦標準砂とした。

表4 粒度分布の測定結果1

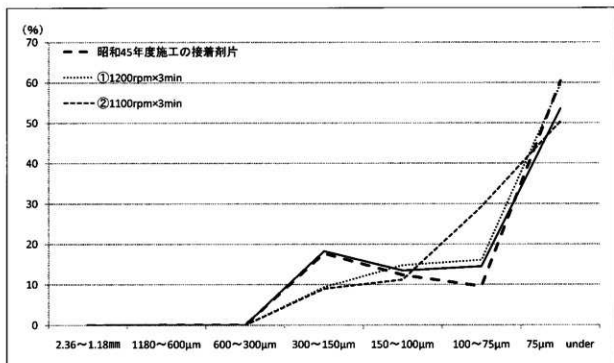
資料名	ふるい目の 開き	粒度分布 (%)	ふるい試験 重量 (mg)
昭和45年度 施工の接着剤片	2.36mm <	—	328.44
	2.36~1.18mm	6	49.94
	1180~600 $\mu$ m	16	129.27
	600~300 $\mu$ m	18	142.75
	300~150 $\mu$ m	11	83.24
	150~100 $\mu$ m	7	58.1
	100~75 $\mu$ m	6	44.98
	75 $\mu$ m under	36	283.97
	100	792.25	
昭和45年度 施工の接着剤片 (300 $\mu$ m以上の 粒度カット)	2.36~1.18mm	0	0
	1180~600 $\mu$ m	0	0
	600~300 $\mu$ m	0	0
	300~150 $\mu$ m	18	83.24
	150~100 $\mu$ m	12	58.1
	100~75 $\mu$ m	10	44.98
	75 $\mu$ m under	60	283.97
	100	470.29	
粉砕条件-1 100g, 1200rpm, 3min	2.36~1.18mm	—	—
	1180~600 $\mu$ m	0	4.73
	600~300 $\mu$ m	0	9.78
	300~150 $\mu$ m	9	477.53
	150~100 $\mu$ m	15	752.52
	100~75 $\mu$ m	16	820.21
	75 $\mu$ m under	60	3036.56
	100	5101.33	
粉砕条件-2 100g, 1100rpm, 3min	2.36~1.18mm	—	—
	1180~600 $\mu$ m	0	5.05
	600~300 $\mu$ m	0	2.73
	300~150 $\mu$ m	9	486.6
	150~100 $\mu$ m	11	607.17
	100~75 $\mu$ m	29	1588.32
	75 $\mu$ m under	50	2730.22
	100	5420.09	



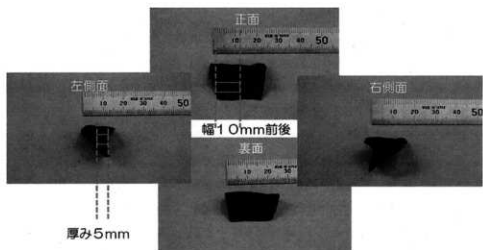
第20図 粒度分布の測定結果2

表5 ふるい試験結果 1

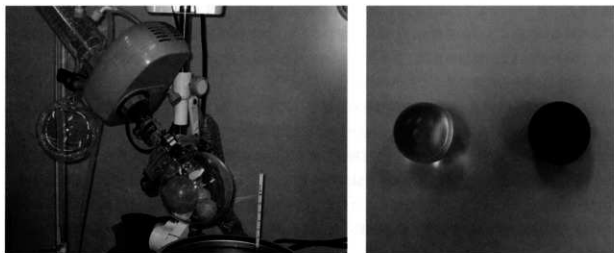
ふるい目の開き	昭和45年度施工の 接着剤片 (%)	①1200rpm×3min (%)	②1100rpm×3min (%)	標準砂:①=1:9 (%)
2.36~1.18mm	0	0	0	0
1180~600 $\mu$ m	0	0	0	0
600~300 $\mu$ m	0	0	0	0
300~150 $\mu$ m	17.7	9.36	8.98	18.25
150~100 $\mu$ m	12.35	14.75	11.2	13.44
100~75 $\mu$ m	9.56	16.08	29.3	14.48
75 $\mu$ m under	60.38	59.52	50.37	53.57
	100	100	100	100



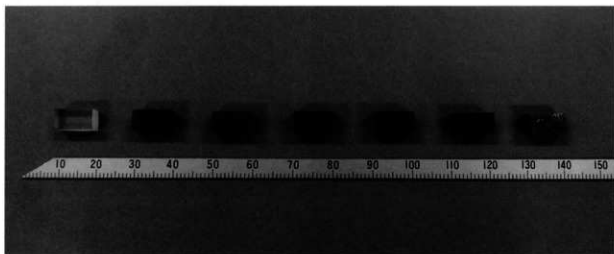
第21図 ふるい試験結果 2



第22図 試験体の作製1 (昭和45年度施工の接着剤の切断・加工)



第23図 試験体の作製2 (左:回転混合、右:混合後)



第24図 試験体の完成品

### 3) 試験方法

作製した試験体は、昭和45年度施工の接着剤の焼成により得られた石粉量と、ふるい試験によって得られた粒度分布から決定した基準量の試験体 (No. 4) を基準とし、石粉0g (No. 1)、基準量の1/4 (No. 2)、基準量の1/2 (No. 3)、基準量の2倍 (No. 5)、基準量の4倍 (No. 6)、そして昭和45年度施工の接着剤を加工した試験体 (No. 7) の計7点である。

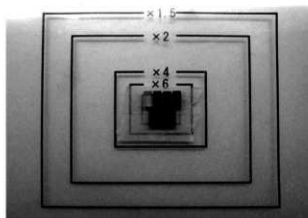
昭和45年度に施工された接着剤が、石粉の混合によって健全さを保持したと推定されていたことから、紫外線を透過させる試験の実施も検討された。しかしその場合には、試験体の厚みを薄くする必要があり、必然的に石粉量が減少してしまう。そのため、昭和45年度施工の接着剤の再現を目的とした本試験には不適当であると判断し、奈良文化財研究所の指導のもと、X線を用いた透過試験を実施した。透過試験の撮影条件は、40kV・50 $\mu$ A・60sec・6倍拡大とした。

### 4) 結果と考察

X線の透過量を示すPSL/㎟の数値から、試験体作製時に昭和45年度施工の接着剤に近似させて作製した基準量の試験体 (No. 4) と、昭和45年度施工の接着剤 (No. 7) との間に若干の差異があることが確認できた (表6)。そこで、より正確に昭和45年度施工の接着剤の透過量を再現した試験体を、次年度以降の接着剤試験にて「新基準量」として作製するため、第28図のとおり、PSL/㎟と石粉量の三次式を用いて解析を行った。解析の結果、基準量 (No. 4) の石粉量に対して、昭和45年度施工の接着剤 (No. 7) は約1.21倍の石粉量であることが判明した。

さらに、X線の透過量と石粉量の相関性を確認する試験では、第29図のとおり、試験体1点あたり、5本の線上のPSL値を測定した。PSL値が高いほど、X線が透過していることになるので、最大値を示した付近は石粉量が少ないことになるが、昭和45年度施工の接着剤について全てのグラフの中でPSL値の最大値を示したのが第30図であり、その数値は10.9であった。第30図において最大値は「基準量の1/4」の試験体の数値に近似しており、他の4本のグラフのうち、3本のグラフにおいても最大値は「基準量の1/4」の試験体の数値に近似する結果であった。以上のことから、次年度以降の接着剤試験において石粉量を変えた複数の試験体を作製する際に、最低量の石粉量を「基準量の1/4」とすることとした。

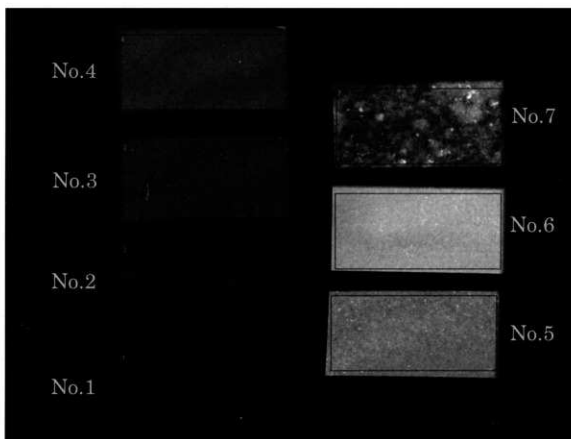
(藤田若菜)



第25図 透過試験状況 1



第26図 透過試験状況 2

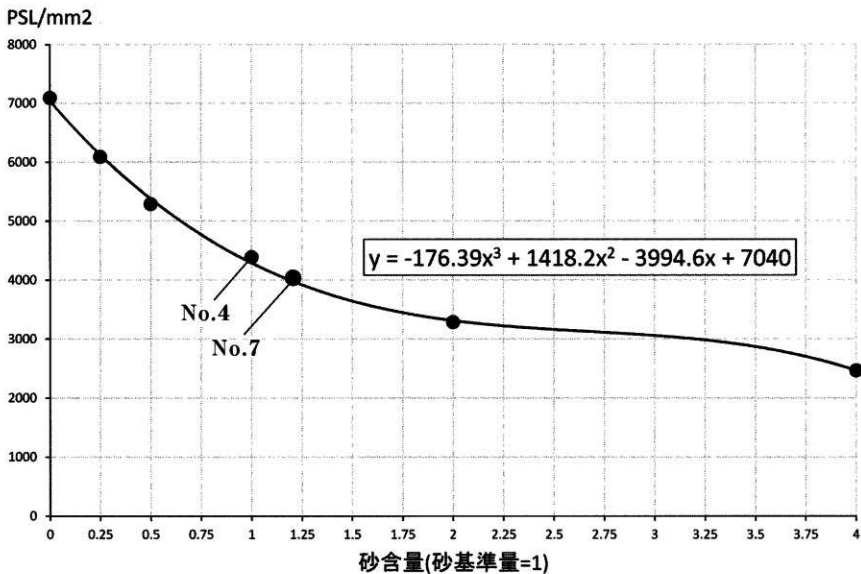


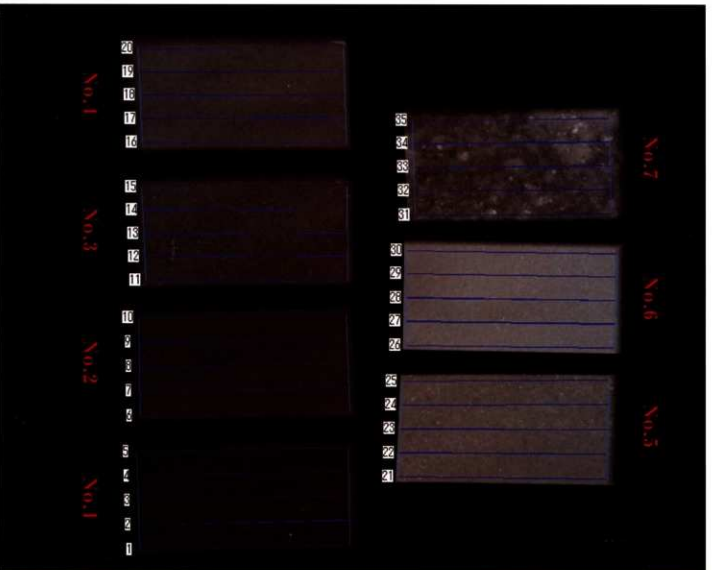
第27図 X線解析結果 1

表 6 X線解析結果 2

No.	PSL	Area (mm <sup>2</sup> )	PSL/mm <sup>2</sup>
1	10651190. 63	1533. 31	6946. 53
2	9483096. 66	1533. 31	6184. 72
3	8181829. 57	1533. 31	5336. 05
4	7148313. 97	1533. 31	4662. 01
5	5001623. 24	1533. 31	3261. 98
6	4031569. 29	1533. 31	2629. 32
7	6628102. 29	1533. 31	4322. 74

第28圖 X線解析結果3

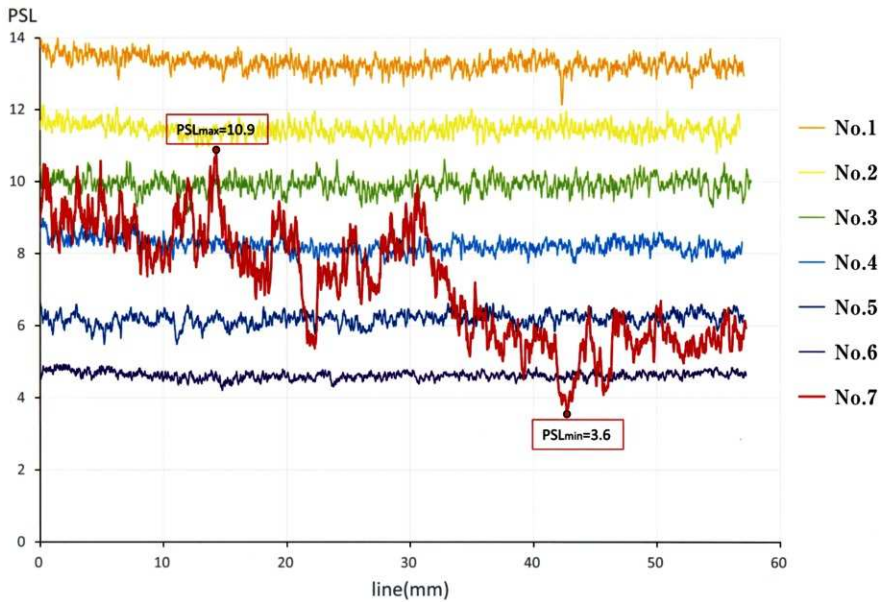




第29圖 X線解析結果 4



第30圖 X線解析結果5





全景（北より）



全景（南より）



石垣復元工（突出部）



水路復元工



石垣復元工（天端仕上げ）



排水工



石敷き遺構



試掘トレンチ西壁



含水率の測定



含水率の測定 2



含水率の測定 3

## 報 告 書 抄 録

ふりがな	とくべつしせきいちじょうだにあさくらしいせき
書名	特別史跡・乗谷朝倉氏遺跡46
副書名	平成27年度環境整備事業概報
シリーズ番号	46
編者名	熊谷透(編) 藤田若菜 松本泰典
編集機関	福井県教育庁埋蔵文化財調査センター
所在地	〒910-2152 福井県福井市安波賀町4-10 TEL. 0776-41-3644
発行年月日	平成29年3月17日

調査地区	所在地	コード		北緯 ° / ′	東経 ° / ′	調査期間	調査面積	調査原因
		市町村	遺跡番号					
西山 光照寺跡	福井市安波賀中島町 字赤旗ノ式	18210	史-31	36° 0′ 44″	136° 17′ 50″	—	—	—

調査地区	種別	主な時代	主な遺構	主な遺物	特記事項
西山光照寺跡	城下町	室町・戦国	石垣	—	—
要約	<p>本書は環境整備事業の概要報告である。</p> <p>特別史跡・乗谷朝倉氏遺跡の北端に位置する西山光照寺跡において環境整備を実施した。対象範囲は第132・135・144次の発掘調査区で、保存管理計画ならびに基本計画に基づく露出展示・復元展示を基本的な整備方針とした。</p> <p>平成27年度は整備工事全体の2年目にあたり、寺院跡の主要部を区画する石垣遺構の復元整備を主に実施し、前年度施工分とあわせて延長約100mにおよぶ石垣遺構の復元工が完了した。このほか、舗装工ならびに排水工の一部施工を実施した。</p> <p>なお、上段面を対象とした露出展示工および植栽工、そして説明板設置工は次年度以降に施工する計画である。</p>				

特別史跡

## 一乗谷朝倉氏遺跡 46

平成27年度環境整備事業概報

発行年月日	平成29年3月17日
編集・発行	福井県教育庁埋蔵文化財調査センター
印刷	白崎印刷株式会社