

線刻画石材の表面保存処理について

— 県指定史跡甲府城跡の事例から —

上 原 健 弥

1. はじめに
2. 文化財保存処理の歴史
3. 石材劣化と保存処理の事例
4. 甲府城跡における線刻画石材の保存処理について
5. まとめ

1. はじめに

県指定史跡甲府城跡は、一条小山と呼ばれる小丘上に築かれた平山城で、歴史資料や発掘による出土品などから浅野長政・幸長親子が甲斐を支配していた 1590 年代に築城が完成したと考えられている。明治維新後の廃城・建物の払い下げ・周辺の市街地化によって、現在も石垣が残る甲府城跡の範囲は築城当時の 1/3 (6ha) ほどになっているが、現存範囲は山梨県指定史跡に登録され、史跡内には築城期の野面積み石垣が残っている。この安山岩で築かれた石垣石材には、これまでに線刻画と呼ばれる石材表面に描かれた記号やモチーフが数多くみつまっている。しかし、石垣石材であるため原位置からの移動が難しく、保存処理が施されないまま雨風にさらされ、風化が進んでいる。しかし、平成 18 年度の石垣整備工事で新たな線刻画がみつかり、風化防止の保存処理をおこなうこととなった。本稿では、この時実施した保存処理を紹介するとともに、過去の石材保存処理事例を取り上げ、線刻画石材保存処理の課題について述べたい¹⁾。

2. 文化財保存処理の歴史

持病によりボストン美術館より帰国した岡倉天心は、1913 年（大正 2）8 月に文部省の古社寺保存会の会議に出席し、法隆寺の壁画保存のために調査研究が必要であると訴え「法隆寺金堂壁画保存計画に関する建議案」を提出している。その後「法隆寺壁画保存方法調査委員会」が設置され、この委員会が進めた保存調査によって、壁画面にみられる黒色斑点の原因や壁面保存方法等についての研究報告がまとめられる（吉村 2004）。様々な分野の科学者が関わり総合的な科学的調査が実施されたこの事業は、文化財の調査や保存修復のために自然科学的方法が用いられた日本における初めての事例だとされている（沢田 1997）。岡倉天心自身は同年 9 月に 52 歳で亡くなるが、法隆寺大修理を導いた功績に加え、日本美術院を創設し仏像修復活動にも貢献するなど、日本における保存科学の基礎に大きく貢献している（沢田 2002）。法隆寺では、1934 年から 22

年間に渡って昭和の大修理が実施されることになるが、自然科学分野の研究者をまじえた一大修復事業は保存修復者の組織化など日本における保存科学誕生の契機となった。また、この事業の途中に起きた壁画の火事は、文化財保護法制定のきっかけにもなっている（沢田 1997）。

現在では、文化財の保存処理においてアクリル樹脂やエポキシ樹脂などが頻繁に使用されているが、こうした合成樹脂の本格的な利用が文化財修復分野で試みられたのは、1945 年（昭和 20）、東大寺三月堂にある脱乾漆の金剛力士像が修復された時である²⁾。この修理では、漆との整合がうまくいかずに合成樹脂の使用が取り止められてしまったこともあり、1950 年代半頃までは日本の伝統的な材料と技法が駆使されていた。こうした状況のなか、1954 年（昭和 29）におこなわれた薬師寺の月光菩薩像修復で、合成樹脂が用いられた。この工事では、当時工業的にも使用実績の少なかったエポキシ樹脂が破断した指の接合に使用されている（沢田 2002）。

日本における石造物の石材強化を実施した事例として、奈良県明日香村の旧檜隅寺跡に建つ美阿志神社石塔婆がある。高さ約 5 m の凝灰岩でつくられた平安後期の石塔婆は、風化が進んでいたことから 1969 年（昭和 44）に奈良県教育委員会によって石材強化処置が施された。使用されたのは、エチルシリケート（シリコン・エステル）系の強化剤で、軟質石材への強化処置の一例となり、翌年には石川県明泉寺で砂岩製の石塔にも同様の処置が施されている（樋口 1977）。

3. 石材劣化と保存処理の事例

(1) 石造物の石材

石材で造られた文化財は、特にヨーロッパに多いことが知られているが、日本でも石垣・古墳の石室や石棺・石塔・墓石・景石・礎石・石橋・磨崖仏など多くの石造物が残されている。こうした石造物の多くには、花崗岩や凝灰岩などが利用されている。マグマが冷却され団結して形成される火成岩の一つである花崗岩は、比較的緻密な岩質である。

しかし、堆積岩である凝灰岩は、加工が比較的容易であるために多くの石造物にみられる一方で、石材の団結度が低く風化に弱いことが知られている（沢田 1997）。

甲府城跡の石垣石材である安山岩は、火成岩の中でもマグマが急激に冷却されることで形成された火山岩の一つに位置づけられる。火山岩は、一般には主成分であるSiO₂（二酸化ケイ素）の含有量で分類されるが、安山岩はこの割合が53%～63%程度のものを指す。日本では最も豊富に産出する火山岩で、比較的緻密な岩質である。安山岩製石造物では、神奈川県足柄下郡箱根町にある鎌倉時代後期の箱根山五輪塔（神奈川県箱根町）・箱根山宝印塔・箱根山磨崖仏などある（星野 2005）。また、安山岩にはそれほど緻密ではないものや顕著な板状摂理を示すものがあり、こうした安山岩は磨崖仏や石塔、古墳の石室などに利用されることがある（朽津 2003）。

(2) 石材劣化の被害と劣化要因

石造物は、木製品などの脆弱な素材で造られた文化財に比べ風化に強く安定した物質である。特に、小形の石器など屋内に保管することができる石造物は、保存環境の改善が可能であり、風化を防ぐことができる。しかし、そうした小形のものを除くと、物理的あるいはその石造物がもつ文化財的価値を損なわずに保存する観点から、屋外から動かすことは困難であり、極めて過酷な保存環境下にあることが多い。また、屋外の石造物は、石材強化剤などの含浸作業も困難であることから、十分な効果が得られない可能性もある（樋口 1977）。甲府城跡でみつまっている線刻画石材は、石垣改修工事によって新補石材と交換されたものを除き、現在も石垣に利用されている。そのため、風化が年々進んでいる。

石材劣化の原因には、大きく分けて物理的要因・科学的要因・生物学的要因の3つがあり、実際にはこれらの要因が複数重なって石造物の劣化が起きる（星野 2005）。劣化の状態としては、石材の破碎・表面剥離・石材表面の溶解が挙げられるが、原因は水に関わるものであることが多い。

物理的要因では、水の凍結・融解の繰り返し（水の氷結によって約9%体積が膨張する）、直射日光や火災による被熱（熱膨張と収縮）、地震などの振動や植物の樹根による圧力がある（沢田 1997）。被熱に関しては、温度による石材劣化のデータとして8℃温度が上昇すると劣化速度は約2倍になり、逆に8℃下がると半分になる（8℃則）ことがわかっている（登石 1990）。こうした温度変化に伴う凍結・融解によってもたらされる石材劣化への対応策として、覆屋が有効であることが大谷磨崖仏での実験を通して明らかにされた（三浦他 1982）。

科学的要因には、岩石中の水に含まれる塩類が乾燥し岩石表面に析出・結晶化する塩類風化、硫酸・硝酸を含んだ酸性雨による石材の溶解がある。岩石中の鉱物自体には塩類が含まれており、結晶によって石材表面が破碎され粉状化してしまうことがある。また、海岸沿いなど海水によ

る浸食を受ける石造物でも塩害の被害が発生することがある。こうした塩害の代表的な例に、大分県元町磨崖仏やモヘンジョダロ遺跡（パキスタン）がある（沢田 1997）。また、石造物の多いヨーロッパでは、大気汚染によって石造物が劣化の被害を受けている。例えば、人口や工場が集中しているギリシャ・アテネ市内のパルテノン神殿は、大気汚染によって大理石でできた神殿の柱や破風の彫刻が硫酸カルシウムに変化し剥離したり、石材表面が溶けてしまうなどの劣化がみられている。また、日本でも鹿谷寺跡に遺る凝灰岩を彫って造られた磨崖仏や十三重層塔の表面が同様の被害を受けている（西山 2002）。

生物学的要因には、主に苔類・地衣類・微生物が挙げられる。こうしたものが石材表面に生育すると、変色・石材剥離・亀裂を生じさせ石材の劣化を招いてしまう（木川 2004）。こうした劣化を防止するには、微生物などが成育に必要な日光と水を遮断し温度を低く保てば可能であるが、甲府城跡のように屋外にある石造物ではこうした処置は困難である。

(3) 石造文化財保存処理の事例

ここでは石材保存処理の事例をいくつか紹介したい。また、各事例については表1にまとめた。

国指定史跡柏谷横穴群（写真1）

静岡県にある柏谷横穴は、箱根山から西方に伸びる丘陵の最南端で、崖面が露頭した標高20～30m付近に造られている。7～8世紀におけるこの地域の墓制の特徴を示す遺跡として1976年に国の指定を受けるが、一時は土地開発によって遺跡の存続が危ぶまれていた。しかし、史跡指定とともに遺跡保存のための整備が1983年～1985年にかけて実施された。凝灰岩でできた柏谷横穴は、風化が激しく雨水によって解けた凝灰岩中のCaSO₄（硬石膏）が化合して膜状となり、横穴内の天井や壁面の崩落を招いていた。膜状に変化した部分は非常に脆いことから、出来るだけ負荷のかからないスプレーによる薬剤の吹付けが実施された。また、風化の原因となっている水の処理として、横穴外に排水溝を設置するなどしている。さらに、風化が著しく将来的に崩壊による消滅が予想された一部の横穴については、埋蔵保存の措置もとられている（長野 1991）。

文永寺：国宝石室・国宝五輪塔（写真2）

長野県飯田市にある文永寺には、国宝指定となっている鎌倉期（1283年）の切妻造りの石室と、石室内に安置されている五輪塔がある。花崗岩で造られたこれらの文化財は、1979年の大規模地震対策特別措置法の規定に基づく東海地震防災強化地域指定を受けたことをきっかけに、緊急保護対策が講じられることとなる。1986年（昭和61）に解体修理が実施されると、凍害防止の目的から石材表面には防水剤SS101がスプレー塗布された（岸 1987）。

玉手山古墳群 割竹形石棺（写真3）

大阪府柏原市にある安福寺は、玉手山古墳群の一角にあり、境内の参道には凝灰岩製の割竹形石棺蓋が野ざらし

遺跡名等	対象	主な石材	強化剤	施工方法	実施年	所在地
於美阿志神社	石塔婆	凝灰岩	エチルシリケート		1969 (S44)	奈良県明日香村旧檜隈寺跡
明泉寺	石塔	石灰質細粒砂岩	エチルシリケート		1970 (S45)	石川県穴水町
史跡柏谷横穴群	横穴内の壁面	凝灰岩	ポリマー系シリコン樹脂	スプレー	1983-85 (S58-S60)	静岡県田方郡函南町
文永寺	国宝石室・国宝五輪塔	花崗岩	SS101(メルトリエキシラン)	スプレー	1986 (S61)	長野県飯田市
安福寺境内	割竹形石棺	凝灰岩	OH100	スプレー・点滴	1993 (H5)	大阪府柏原市玉手町7-21
横山古墳	石室・羨道・玄室	石灰岩・安山岩	OH100, 撥水剤 280	スプレー・浸漬法	1993 年 (H5)	熊本県鹿本郡鹿央町岩原字塚原 3186-1
国史跡元寇防塁(生の松原地区)	石塁	ペグマタイト・花崗岩・砂岩・玄武岩	珪酸エチルエステル・シラン系浸透性吸水防止剤	湿布浸透・刷毛塗り	1997-98 (H10-11)	福岡市西区小戸 5-1752-2
高野山町石	町石(30 番)	花崗岩	OH100, 撥水剤 280	スプレー	1995 (H7)	和歌山県伊都郡高野町高野山花坂
県指定文化財 向田野浦地蔵磨崖仏	磨崖和霊石地蔵	花崗岩	イソシアネート系樹脂(PS201)			広島県三原市鷺浦町向田野浦
国史跡臼杵磨崖仏	磨崖仏	凝灰岩	メルトリエキシラン・テトラエキシラン・アルキルエチルシリケート		1980-1993 (S55-H5)	大分県臼杵市
国指定史跡 大分元町石仏	磨崖仏	凝灰岩	珪酸エステル(アルキルアルコキシポリシリケート・OH100・SS101)		1986・1988・1991-92(S61・S63・H3-H4)	大分市大字大分字元町 4612-5
県指定史跡岩屋寺石仏(円寿寺)	磨崖仏	凝灰岩	珪酸エステル	スプレー・点滴	1998-99 (H10-H11)	大分県大分市大字古国府

* 保存処理剤の項目については、製品名がわかるものについては製品名を記載した。また、文献内で確認できなかった項目については空欄とした。

表 1 本稿記載の補強事例一覧

にされていた。石棺の法量は、およそ長さ 2.56 m・幅 0.9 m・高さ 0.45 m である。また、古墳時代前期に位置づけられる石棺蓋の縁には、直線紋が線刻されている。石面には、苔や蘚が増殖し、線刻が薄れるなどの風化が進んでいることから石材強化の処理が施された。まず、EDTA 剤を高吸水性樹脂にしみこませて湿布し、石面のクリーニングをおこなう。次に OH100 で吹付による仮補強、そして点滴方式によって強化処理が実施されている。また、覆屋の新設をおこなうことで、環境改善も図られている(北野 1997)。

横山古墳(写真 4)

熊本県北部にあたる菊池川流域の小丘陵端部に位置していた横山古墳は、九州自動車道建設に伴う発掘調査によって 1968 年(昭和 43)に発見された装飾をもつ前方後円墳遺跡で、古墳時代後期に位置づけられる。発掘された石室部材を利用して、1993 年(平成 5)に肥後古代の森敷地内へ移築復元された際、石材補強が実施された。石材強化には OH100 を、撥水处理には撥水剤 280 が用いられている。この時おこなわれた含浸テストでは、OH100 塗布後も気孔が塞がれず、石質変化も起きていないことが報告されている(熊本県教育委員会編 1994 ②)。

上記のほか、熊本県では肥後古代の森整備事業にともない国指定史跡塚坊主古墳石室や清水原石棺では凝灰岩の石材強化処理が実施されている(熊本県教育委員会編 1994 ①)。

国指定史跡元寇防塁(生の松原地区)(写真 7)

元寇防塁は、文永の役(1274)後の建治 2 年(1276)に蒙古の再襲来に備えて鎌倉幕府が九州の各国に築かせたもので、総延長約 20 km にわたる。このうち、福岡市西部に位置する「生の松原」地区は、東を十郎川に、西を海岸に突出した丘陵の自然地形によって制約された砂丘状に築かれた範囲を指すものである。1968 年(昭和 43)の発掘調査成果から、この地区の防塁はほぼ全域にわたって遺存していることが確認され、砂丘状に築かれた幅 27 m、長さ 1.6 km が国指定史跡になっている。この地区の周辺には、砂岩・花崗岩・国指定天然記念物であるペグマタイトの岩脈があり、「生の松原」地区の防塁は、これらの石材を主体としている(荒牧 2001)。

生の松原防塁は、日照・風雨・水分の凍結・塩害・松の樹根による風化や破壊が起きており、1968 年に合成樹脂の吹付けによる石材強化が施されている。しかし、強化剤の効果の消失とともに劣化が再び進み、1997 年から 1998 年(平成 10-11)の復元整備に伴い、再び石材強化及び撥水处理が実施された。この際使用された薬剤は、珪酸エチルエステル(テトラキシラン)とシラン系浸透性吸水防止剤である。なお、強化剤は施工場所で樹脂濃度が変えられており、石材をスポンジとシートで覆っておこなう湿布含浸法と刷毛塗りの両方が用いられている(南里 2001)。

高野山町石(30 番町石)

和歌山県九度山町の慈尊院から高野山までの約 24 km の参道には、1 町(約 109 m)ごとに石製の五輪卒塔婆が立ち並べられている。しかし、この信仰の道も近代化によ

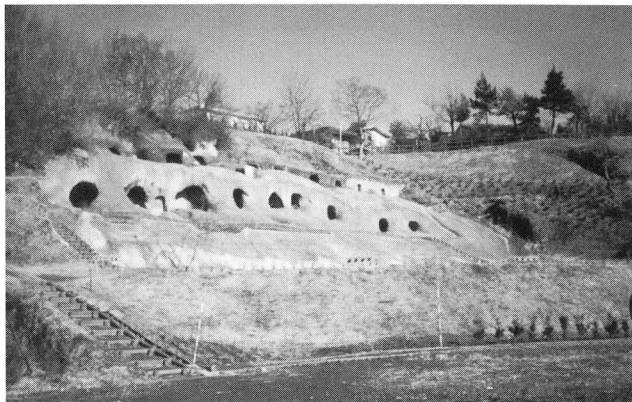


写真 1 史跡柏谷横穴群（整備後の状況）



写真 2 文永寺の石室と五輪塔（整備後の状況）



写真 3 玉手山古墳群の割竹形石棺蓋（整備後の状況）

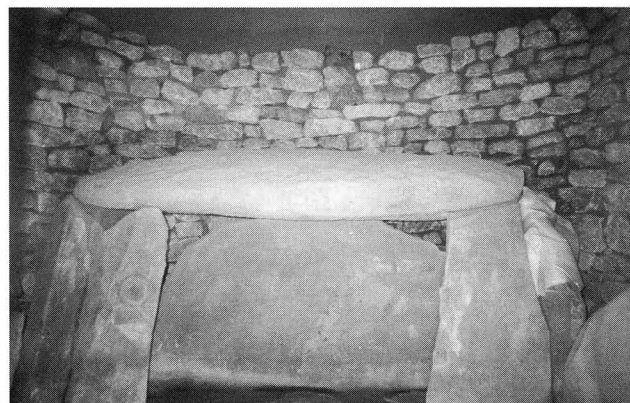


写真 4 横山古墳の石室内（整備後の状況）

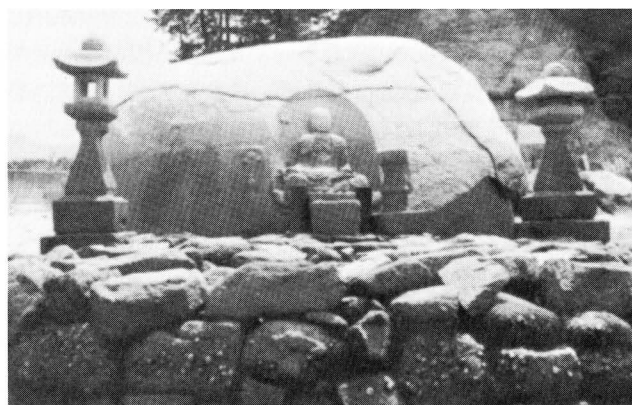


写真 5 県指定文化財向田野浦地藏磨崖仏（整備後の状況）

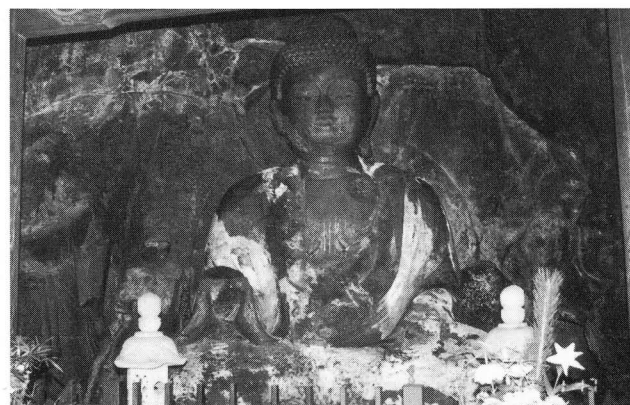


写真 6 国指定史跡大分元町石仏（薬師如来座像）

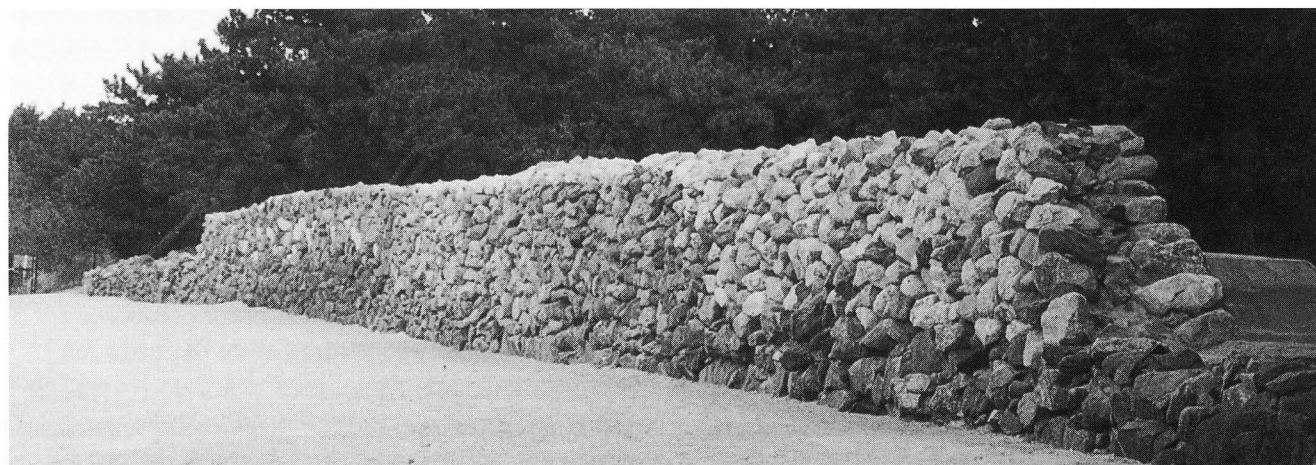


写真 7 国史跡元寇防塁〈生の松原地区〉（整備後の状況）

る交通機関の発達で人の往来が減り、一部廃道となり通行できない状態になっていた。この歴史的な町石道の整備は1986年から13年かけて実施され、傷みの激しかった石材(町石30番)には、石材強化が施された。作業では、まず苔・地衣類をブラシ等で水洗いし、次に強化剤OH100と撥水剤280が塗布された。なお、水洗いでは、石材への影響を考え洗浄剤が用いられていない。また、強化剤と撥水剤はスプレーで塗布されている(倉本1999)³⁾。

県指定文化財 向田野浦地藏磨崖仏(写真5)

幅4m・高さ2.8m・奥行き5.5mの花崗岩に高さ1.7m・幅1.5mの石仏が彫られている。海岸沿いにあるため満潮時には肩付近まで水没してしまう⁴⁾。石材表面には、風化による亀裂・剥落がみられていたため、イソシアネート系樹脂(PS201)で強化処理が施されている(保存科学研究会編)。

国指定特別史跡臼杵磨崖仏

大分県臼杵市にある磨崖仏は、凝灰岩に80体の石仏が彫られたもので、そのほとんどが平安時代後期に位置づけられている。木彫りのように丸彫りされているのが特徴で、国宝にも指定されている。

昭和30年代に、排水施設の設置など保存修復が実施されるが、未解決となっていた課題もあった。そのため、昭和55年からは、ボーリング調査・環境調査を経て14年間にわたる本格的な修復整備事業がおこなわれた。臼杵磨崖仏の劣化の主な原因が水であることから、排水施設と覆屋の設置による環境改善を図り、石材強化の処理がおこなわれた。凝集力回復のため、撥水性が必要な箇所にはメチルトリエトキシシランを、撥水効果がない方がよい場所にはテトラエトキシシランを使い分けている(西浦1999)。

国指定史跡 大分元町石仏(写真6)

昭和9年国指定史跡に登録された大分元町石仏は、凝灰岩に彫造された磨崖仏で平安時代後期に位置づけられる。この磨崖仏は、昭和6年に石仏を守るために建てられた堂内にある薬師如来座像・毘沙門天立像・不動明王像の三尊像と堂外の三尊像との二組からなる。

像高約307cmの薬師如来座像は、全体に風化が激しく、亀裂や剥落に加え析出物もみられていたため、1986年(昭和61)・1988年(昭和63)に応急処置が実施されている。1991-1992年(平成3・4)の石材強化修理では、薬師如来像・毘沙門天像・不動明王像の上部にバインダーSS101が、下部にOH100が使用されている。また、塩害風化防止のために石仏背後に排水用トンネルや覆屋が新たに建設されている(秦1996)。しかし、排水処理施設建設後の1996年には、薬師如来像の肩や膝上部分に新たな析出物や劣化による土壌化が観察されている(山田2005)。

岩屋寺石仏

大分元町石仏から南へ200mほどいった上野台地の南側に彫造されている。高さ2.5m・幅10.5mほどの整形された崖面に、18軀の石仏がある。覆屋が設けられていたが、最右の十一面観音立像のみが全体の像容を残している

状態で、どれも剥落など欠損が激しい。劣化で大きくへこんだ壁面は著しい乾燥が進み、わずかな接触で砂粒状に剥落してしまうほど脆弱化していた。保存修理は、1998年と1999年に実施されている。剥落部分には吹付けで、へこみ部分には点滴式で珪酸エステルの含浸がおこなわれたが、吹付け処置部分ではその後も剥落が生じている。また、壁面の黒ずみや塩害も確認されている(山田2005)。

4. 甲府城跡における線刻画石材の保存処理について

(1) 線刻画と石材の風化状況(写真8・9)

県指定史跡甲府城跡は、築城から400年以上が経過していたことや、石垣の維持管理が明治以降に実施されていなかったことから詰石の欠落や石垣の孕み出しなどの傷みがみられていた。こうした状況もあり、城内の防災・復元・保護を目的として平成2年より発掘調査と石垣改修工事を中心とした整備事業が着手された。平成9年度の改修工事や発掘調査によって、城内に残る石切場の岩脈や放置された石材に甲府城跡では初めて線刻画が確認され、平成13年から翌14年に実施された稲荷櫓台の石垣改修工事でも相次いで発見されるなど、これまでに100点を超える線刻画がみつまっている(宮里学2003)。甲府城跡でみつまっている線刻画は、「△」・「#」・「×」などの記号や鳥・魚などのモチーフで(写真8)、安山岩の自然面に刃先の鋭い道具で細く引っ掻くように描かれている。この線刻画の線は意外に深く、僅かながらではあるが1~2mmほどの厚さがある自然面直下の部分にまで到達している。しかし、400年以上も雨風にさらされていたために自然面が剥落するなど状態が悪化し、線刻画の識別は年々困難になってきている。



写真8 甲府城でみつかった線刻画(△)

甲府城跡の石材の表面には、苔類・地衣類が生育し、石材表面は黒く変色している。この状態は、雨を直接受けている部分と、城壁の庇など雨が直接当たりにくい部分では色調が大きく異なり、同じ石垣面でも上下でくっきりと色が分かれている（写真9）。これと同様に、向かい合う石垣面でも北向きは南向きの石垣に比べより黒く変色している。推測ではあるが、北向きの石垣は日照時間が南に比べて短く、石材に苔類・地衣類が生育するのに適度な湿度が保たれているのではないだろうか。

(2) 保存処理のテスト施工について（写真10～12）

甲府城跡では、石垣整備の一環として石垣の維持・管理を目的とした修繕工事を平成17年度から実施している。平成18年度の工事で、稲荷櫓台改修工事以来となる線刻画がみつかったことが契機となり、線刻画石材の風化を抑え保護する目的で保存処理を施すことになった。しかし、これまでに線刻画の保存処理を実施した実績がなかったことから、線刻画を傷めずに処理するための溶剤及び施工方法を検討する目的でテスト施工を先行して実施し、その成果を基に本施工をおこなった。

甲府城の石材である安山岩は、比較的堅く丈夫な石質である。しかし、線刻画の描かれた自然面は非常に脆く剥離しやすいことから、洗浄にはブラシ等を使用することが難しい状態であった。そのためテスト施工では、まず苔類・地衣類をブラシなしで除去するための薬剤と方法を検討した。選択した洗浄剤は、墓石処理など石材に対する使用実績のあるものを中心とした4種類（a～d）である。また、洗浄処理後には3種類（e～g）の保護処理剤を使用してテスト施工を実施した（表2）。

洗浄処理テストでは、2石の安山岩（写真10）を任意で縦に分割し、洗浄剤の塗布を実施した。作業工程は、①石材を湿らす、②洗浄剤を刷毛で塗布する、③15～30程

置く、④水で洗い流す、⑤自然乾燥である。以上の作業後、1週間を空けて保護処理剤のテスト施工を実施した。この作業では、洗浄剤との相性や石材への影響を確認するため、洗浄した石材を任意に横方向に分割しておこなった。作業工程は、①刷毛で乾かないうちに3度重ね塗りをする、②自然乾燥である。この時、薬剤fについては、泡立ちが目立ったため上半分を布で拭き取り、拭き取らずに放置した場合との違いを観察した（写真11）。

以上のテストから、最も高い洗浄力を発揮したのは「a」と「c」であることがわかった。しかし、「c」については洗浄直後から石材の変色が確認されたことから、本施工では「a」を使用することとした。保護処理剤については、どの溶剤も施工後数日間に渡り濡れ色に変色していたが、乾燥が進むにしたがって施工前の色調に戻っていった。中でも「g」や泡痕が懸念された「f」は、ほぼ施工前の色調になっており、石材への影響は確認できなかった（写真12）。また「e」については、乾燥後も若干濡れ色の色調を残すものの、それほど周囲の石材に対して違和感を与えるような結果ではなかった（表2）。このことから、テストを実施した3種類（e～g）全ての保護処理剤を本施工でも使用し、その効果を判断することとした。

(3) 保存処理の本施工について（写真13・14）

合計7石の線刻画石材に対して、3種類の薬剤を使い分けて施工した（表3）。石材自然面にみられた黒ずみ等は洗浄剤の塗布で消えたが、石材表面の苔は色が抜けるだけで付着したままであった。しかし、全体に線刻画の視認も容易になり、また脆弱化し剥落しそうであった自然面も硬化されたことから、保存処理によって一定の効果があったと考えられる。ただし、薬剤による石材強化や撥水といった効果がどの程度の期間有効なのか不明であることから、今後長期的に効果を見守る必要がある。

洗浄用

名 称	種 類	用途・効能	洗 浄 力		備 考
			塗布のみ	塗布後こする	
a 家庭用漂白剤	アルカリ性	除菌・漂白	○	◎	—
b クリンネス	アルカリ性	石材用カビ取り	○	○	若干の色調変化
c タイカット	酸性	タイル目地クリーナー	◎	◎	赤く変色
d スーパーミクロン	アルカリ性	油汚れ石材クリーナー	△	△	—

保護処理用

名 称	種 類	用途・効能	石材・洗浄剤との相性（変色等）		備 考
			塗布直後	乾燥後	
e ストーンパワー New	液体（透明）	風化・劣化防止剤	○	○	濡れ色に変色
f クリアコートスーパー	液体（透明）	吸水防止剤	△	◎	塗布直後は白い斑状の跡
g OH100	液体（透明）	風化・劣化防止剤	○	◎	濡れ色に変色

表2 テスト施工に使用した薬剤とテスト結果

実施日	1月29日・30日（洗浄）、2月2日（保存処理溶剤塗布）				
対象石材	石材	場所	石垣番号	使用溶剤（洗浄）	使用溶剤（保存処理）
	①	二の丸	N 44	アルカリ性洗浄液	クリアコートスーパー
	②	稲荷曲輪	I 14	アルカリ性洗浄液	O H 100
	③	稲荷曲輪	I 80	アルカリ性洗浄液	クリアコートスーパー
	④	稲荷曲輪	I 80	アルカリ性洗浄液	クリアコートスーパー
	⑤	稲荷曲輪	I 80	アルカリ性洗浄液	ストーンパワーNew
	⑥	稲荷曲輪	I 80	アルカリ性洗浄液	ストーンパワーNew
	⑦	稲荷曲輪	I 81	アルカリ性洗浄液	ストーンパワーNew
性能目標	洗浄による線刻画の明示、又、薬品による長期風化防止、石材表面強化				
仕様	洗浄剤	アルカリ性洗浄液 成分：次亜塩素酸ナトリウム・界面活性剤・水酸化ナトリウム 効能：除菌・漂白・除臭			
	石材強化剤	ストーンパワーNew 成分：ケイ素化合物 効能：石材内部に浸透し、強固な結晶を形成することで石材表面の風化・劣化を防止する。また耐酸性、耐アルカリ性に優れ、被膜を形成しないため、通気性を損ねずに撥水効果を発揮する。			
		O H 100 成分：珪酸エチル 効能：石材内部に浸透し、触媒作用により空気中の水蒸気や石材中の水分と反応し最終的には強固な珪酸ゲルとなり、石材表面の風化・劣化を防止する。			
	吸水防止剤	クリアコートスーパー 成分：フッ素樹脂と特殊複合シリコン化合物の混合体 効能：石材内部に深く浸透して、厚く強力な吸水防水層を形成することにより劣化を防止する。 仕上がりにムラや艶がない。			

施工手順	作業内容
調査・診断	石材の風化程度、表面の強度や汚れ具合、足場の状況を調査する
↓	
予備洗浄	薬品流出による変色を防ぐため、洗浄する石材及び周辺の石材を十分に水洗いする
↓	
薬品洗浄	洗浄液を原液のまま全面に塗布する（汚れ、カビ等がなくなるまで数回繰り返す） ・表面の劣化が激しいため、ブラシ等で擦らずに溶剤を刷毛で塗布する
↓	
水洗い	洗浄液の泡がなくなるまで十分に水をかけ流す
↓	
乾燥	雨水等がかからないようにし、数日放置し十分に乾燥させる
↓	
保存処理剤塗布	柔らかいほうき等で石材表面のちりやほこりをはらい、溶剤を塗布する ・柔らかいハケ等を使用し極力石材を傷めないようにする ・色むら等の出ないよう2～4回繰り返し塗布する
↓	
養生	溶剤塗布後は、急激な乾燥を避け、6時間以上は水がかからないように養生する

表3 線刻画保存処理の実施状況と手順



写真9 数寄屋曲輪石垣東面

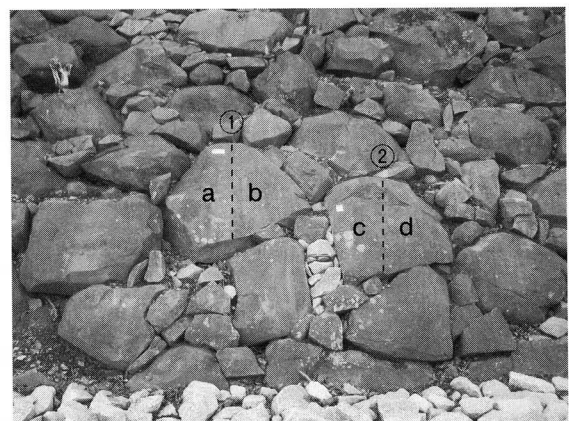


写真10 テスト施工前の石材

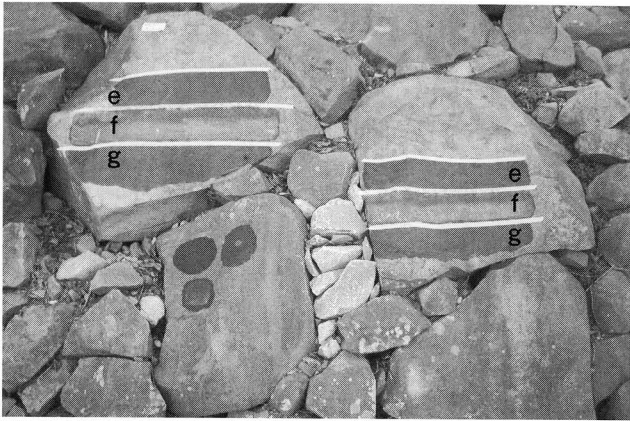


写真 11 薬剤塗布直後の状況



写真 12 乾燥後の状況



写真 13 洗浄前の状況



写真 14 薬剤塗布から7日後の状況



写真 15 保存処理から8ヶ月後の状況

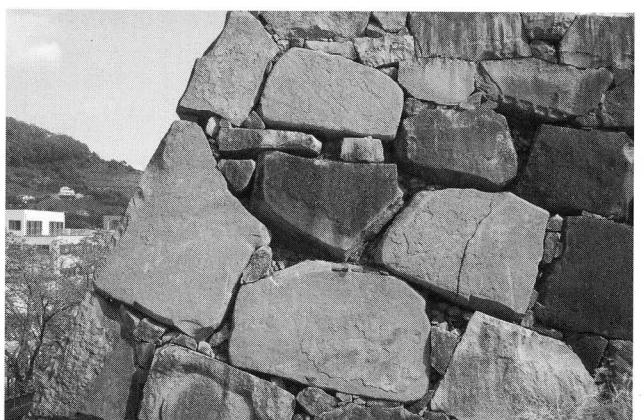


写真 16 テスト施工の石材②



写真 17 乾燥状態の石材⑦



写真 18 表面が湿っている石材（石材⑦左側の石材）

(4) 施工後の経過観測について（写真 15～18）

線刻画石材の保存処理から 8 ヶ月近く経った 10 月 10 日、保存処理効果について簡単な経過観測を実施した。対象とした石材は、テスト施工を実施した稲荷曲輪北面石垣の 2 石と、本施工対象石材のうち石材②～⑦である（写真 15）。観測方法は、①保存処理を施した石材に水を垂らして撥水効果を確認し、②次に石材全体を水で湿らせ、保存処理した石材同士あるいは保存処理をしていない石材との乾きの速さを確認した。

テスト施工地点の石材で水を垂らすと、クリアコートスーパを塗布した範囲では、水の垂れた幅が極端に狭くなっている（写真 16）。これは、撥水効果により水が弾かれているためであろう。次に、本施工地点において石材の乾きの速さを比較した。計測機器を使用せず詳細な観測を実施していないため、薬剤を使用した石材同士の比較には至らなかった。しかし、薬剤を塗布した石材②～⑦は、表面を湿らせてから 2 時間で乾いていたにもかかわらず、保存処理をしていない石材では乾いていなかった（写真 17・18）。この結果から、未だ薬剤の効果が持続していることが確認された。また、保存処理がされている石材では乾燥のスピードが速いことから、未処理の石材に比べ苔類・地衣類の生育を抑える環境が作られていると考えられる。その他の観察結果としては、保存処理の実施から新たな苔類・地衣類の生育や自然面の剥落といった石材の劣化を示す状況は確認されなかった。また、ストーンパワー New 塗布時の暗色化は、ほぼ解消されていた⁵⁾。

5. まとめ

甲府城跡のように覆屋がなく風雨や日光を直接受ける環境下に置かれている文化財では、強化剤の効果がいつまで持続しているのか慎重な経過観察が重要である。また、石材劣化が認められた場合には、石材を守るうえで新たな強化剤の塗布が必要となることから、こういった施工方法が効果的であるのか施工事例の情報を集めていくことも重要になる。そういったことから、本稿で紹介した事例を中心に情報収集をしたが、実際にはここでは紹介できなかった多くの事例があった。報告書等の原本にあたる時間がなく、詳細について確認できなかった事例については割愛している。また、事例収集の中で、保存処理の詳細や施工後の現状について幾つかの市町村に問い合わせをおこなった。しかし、一部を除き施工後の状況を報告した事例が少なく、経過観測が重要な保存処理において、施工後の状況を把握することが困難であった。今後は、施工内容とともにその後の経過についての情報を集めることが課題といえる。

今回紹介した事例のほとんどが、凝灰岩質あるいは花崗岩質の石造物であった。甲府城跡の石材と同じ安山岩質の事例では、唯一熊本県の横山古墳について紹介したが、屋内設置であることから甲府城跡とは環境が異なっている。今後は、箱根など安山岩産出地周辺での事例収集を進め、薬剤・施工方法などの検討材料としたい。

甲府城跡では、まだ多くの線刻画石材が保存処理も施されないまま風雨にさらされており、線刻画の識別が困難になるほど日々風化が進んでいる。また現在進められている石垣修繕工事では、二年続けて線刻画石材が見つかり、本稿で紹介した方法で平成 19 年度も保存処理を実施している。こうしたことから、より安価で効果的な方法を見つけ出し、残された線刻画石材の保存処理を施していくことが文化財保護のために望まれる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、文化庁文化財部美術学芸課の建石徹氏、石橋茂登氏、和歌山県高野町教育委員会の中上氏、山梨県埋蔵文化財センターの野代幸和氏、山梨県学術文化財課の宮里学氏の各氏にはご助言を頂いた。また、保存処理を実施した際には、帝京大学山梨文化財研究所の畑大介氏に薬剤の提供やご指導を賜った。記して感謝申し上げます。

註

- 1) 甲府城では線刻画石材保存処理の他に、石垣整備事業のなかで工業製品を利用した破損石材のボンド・ボルト補強を実施している。しかし、本稿ではこうした接着剤による補強事例については触れず、線刻画石材の風化防止や撥水処理に限定している。
- 2) エポキシ樹脂は 1920 年の終わり頃に発明された製品で、1945 年頃から接着剤として工業的な利用が始められている（沢出 1990）。
- 3) 高野町教育委員会の中上氏によると、石材強化処理後も屋外に露出展示されているが、明らかな風化や破損はみられていないとのことである。
- 4) 参考文献（保存科学研究会編）には、石仏の所在地が岡山県三原市とあったが、広島県三原市の可能性がある。
- 5) 甲府城跡で使用した薬剤とは異なるが、シラン溶液（SS-101）の含浸試験から、時間の経過にともない石材の暗色化が軽減されても防水効果が維持されていることが指摘されている（西浦 1986）。

引用・参考文献

- 荒牧宏行 2001 「はじめに」『国史跡元寇防塁（生の松原地区）復元・修理報告書』1-6 頁 福岡市埋蔵文化財調査報告第 694 集、福岡市教育委員会
- 一志和彦・上原健弥 2007 「第 10 章 2 節 線刻画保存処理」『県指定史跡甲府城跡平成 18 年度調査・整備報告書』80-85 頁 山梨県埋蔵文化財センター調査報告書第 243 集
- 一志和彦・上原健弥 2008 「第 7 章 2 節 線刻画保存処理」『県指定史跡甲府城跡平成 19 年度調査・整備報告書』61 頁 山梨県埋蔵文化財センター調査報告書第 250 集
- 木川りか 2004 「[概説] 文化財の生物劣化における材質と加害生物の関係」『文化財保存修復学会誌』48,

114-124 頁 文化財保存修復学会
 岸茂 1987「第2章 工事内容」『重要文化財 文永寺石室・五輪塔修理工事報告書』4-14 頁 財団法人 文化財建造物保存技術協会
 北野重 1997「第3章 石棺の保存整備」『重要文化財安福寺石棺保存整備事業報告』5-6 頁 柏原市文化財概報 1996-Ⅲ、柏原市教育委員会
 朽津信明 2003「II. 材料からみた文化財(3) 岩石」『文化財科学の事典』90-99 頁 朝倉書店
 熊本県教育委員会編 1994①「第4章 施工」『国指定史跡塚坊主古墳』17-33 頁 熊本県文化財整備報告第1集、熊本県教育委員会
 熊本県教育委員会編 1994②「第4章 施工」『横山古墳』14-16 頁 熊本県文化財整備報告第2集、熊本県教育委員会
 倉本文和 1999「第2章 修理工事の概要」『国指定史跡高野山町石 保存修理報告書』10-25 頁 高野町文化財調査報告書第1集、和歌山県高野町教育委員会
 沢出稔 1990「原爆ドーム エポキシ樹脂補修による20年後の現状」『建築保全』1. No.63 71-78 頁
 沢田正昭 1997「第1章 保存科学の黎明」・「第6章 石造文化財の保存修復」『文化財保存科学ノート』9-32 頁・167-197 頁 近未来社
 沢田正昭 2002「第1章 保存科学の歴史」『文化財のための保存科学入門』6-19 頁 角川書店
 登石健三 1990「第I章 気候と文化財」『文化財・保存科学の原理』30-54 頁 丹青社
 長野康敏 1991「第1章 柏谷横穴郡の立地と環境・第3章 年度別事業内容」『史跡柏谷横穴群 保存修理事業報告書』1-63 頁 函南町教育委員会
 西浦忠輝 1999「国宝臼杵磨崖仏の保存修復」『文化財の保存と修復 何をどう残すのか?』73-86 頁 株式会社クバプロ
 西浦忠輝 1986「シラン含浸処理に伴う石材の変色に関する研究(第1報)」『古文化財の科学』31、41-50 頁 古文化財科学研究会
 西山要一 2002「第5章 館外の文化財環境—屋外文化財の大気汚染と被害と保存」『文化財のための保存科学入門』300-313 頁 角川書店
 秦政博ほか 1996「Ⅱ-3 保存修理工事の内容—保存修理工事—」『国指定史跡大分元町石仏保存修理事業報告書』44-54 頁 大分市教育委員会
 樋口清治 1977「石造文化財の保存と修理」『月刊文化財』161、4-13 頁
 文化庁文化財部記念物課監修 2005「第3章 復旧に関わる技術」『史跡整備のてびき—保存と活用のために—Ⅲ 技術編 同成社
 星野玲子 2005「石の劣化と保存処理」『文化財学雑誌』創刊号、23-27 頁 鶴見大学文化財学会
 保存科学研究会編「和霊石地藏補修・補強工事」『保存科

学研究会調査及び工事報告書 概要集 第一集』23 頁 保存科学研究会
 三浦定俊・富沢威・石川陸郎 1982「石造文化財の凍結・融解による破壊に対する覆屋の効果—大谷磨崖仏における測定例」『古文化財の科学』27、38-43 頁 古文化財科学研究会
 南里勇人 2001「復元・修理施工内容」『国史跡元寇防塁(生の松原地区) 復元・修理報告書』35-48 頁 福岡市埋蔵文化財調査報告第694集、福岡市教育委員会
 宮里学 2003「第5章8節 線刻画調査」『県指定史跡甲府城跡稲荷櫓台石垣改修工事報告書』121-124 頁 山梨県埋蔵文化財センター調査報告書第208集
 山田拓伸 2005「磨崖仏の保存処理後の経過—大分元町石仏と岩屋寺石仏について—」『文化財保存修復学会誌』49、108-117 頁 古文化財科学研究会
 吉村佐紀恵 2004「埋蔵文化財と微生物」『元興寺文化財研究』No.84、33-34 頁 財団法人 元興寺文化財研究所

写真・図版の出典

写真1：長野 1991「竣工(芝生広場南側・1)」PLATE67 中段
 写真2：岸 1987「竣工正測面(南西面)」図版4
 写真3：北野 1997「安福寺石棺蓋(東側から)」口絵2 ページ目 上段
 写真4：熊本県教育委員会編 1994「17 復元された石屋形」39 頁 中段
 写真5：保存科学研究会編「和霊石地藏」41 頁 下段
 写真6：秦政博ほか 1996「平成6年1月17日 析出物の状況」67 頁 上段
 写真7：荒牧 2001「復元・修理完了後」巻頭図版 上段
 写真8：宮里 2003「図5-8-1 線刻画の事例3」122 頁
 表3：一志・上原 2007「線刻画保存処理の手順」84 頁