

TOHOKU UNIVERSITY OF ART AND DESIGN
Bulletin of Institute for Conservation of Cultural Property

平成27年度 東北芸術工科大学

文化財保存修復研究センター紀要

TOHOKU UNIVERSITY OF ART AND DESIGN

Bulletin of Institute for Conservation of Cultural Property

平成27年度 文化財保存修復研究センター紀要

東北芸術工科大学
文化財保存修復研究センター



はじめに

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター
センター長 澤田正昭

山形では、キャンパスの北方から吹きおろす蔵王連峰の冷たい風が心地よく頬をなでる、やや遅めの春を迎えたところでございます。日頃より東北芸術工科大学・文化財保存修復研究センターのために格別のご高配・ご支援を賜りまして厚く御礼を申し上げます。

当センターにおきましては、地域の活性化や地域社会への貢献に力点を置いた文化財を通じての活動をおこなっておりますが、特に地域の方々との会話、公開講演会やイベントなどによる地域交流の場で地域のニーズを引き出し、それに応えてまいりました。このことは、文部科学省が進める「地（知）の拠点大学による地方創世推進事業」の活動にも及ばずながらつなげていると考えております。

このたび、センターの主要な事業である文化財保存修復の受託研究や一昨年新規に興した寒冷地域における文化財保存の特別プロジェクトの調査研究、さらには文化財保存修復の意義を広く市民のみなさんに知っていただくための活動内容を「平成27年度 文化財保存修復研究センター紀要」にご報告させていただきました。さらに、センター研究員らによる最新の研究成果3編を「論文」の項に併せて上梓させていただきました。

なお、昨年度までは研究報告を主体にした「紀要」と受託研究等のセンター事業報告を「年報」として別々に発行しておりましたが、今年度よりこれらを合わせまして「文化財保存修復研究センター紀要」として、新しく定期的に刊行することといたしました。ご高覧いただきまして、ご叱正、ご指導を賜わることができれば幸甚に存じます。

平成28年4月

目次

はじめに	03
------------	----

【論文】

I ハギア・ソフィア大聖堂内壁修復に伴う北西エクセドラと北ティンパヌムの壁材および修復履歴の調査

佐々木淑美、小椋 大輔、安福 勝、水谷 悦子、石崎 武志

はじめに	08
第1章 ハギア・ソフィアでみとめられる劣化	09
第2章 北ティンパヌムの修復と壁画材料調査	12
第3章 まとめ	16

II 真菌の膠分解能と保存環境の関係性

—山形県白鷹町塩田行屋より分離された真菌の影響—

山内 れい、米村 祥央

はじめに	19
第1章 山形県白鷹町塩田行屋概要	19
第2章 環境・事例調査	19
第3章 発生真菌の生物学的調査	22
第4章 被害実証実験	23
第5章 総合考察	25
第6章 まとめ	27

III 千足古墳石障石材の乾燥過程のシミュレーション解析

石崎 武志、佐々木淑美、西田 和浩

1 はじめに	28
2 石障周囲の環境	28
3 砂岩の物性値	29
4 乾燥実験によるモデルの検証	30
5 計算方法	31
6 計算結果	31
7 まとめ	32

【受託事業報告書】

I 保存修復受託研究活動

平成27年度修復・調査研究一覧	34
-----------------	----

II 保存修復受託研究事例

酒田市 酒田山龍巖寺所蔵天井画「草花図」の保存修復	35
石巻市 石巻文化センター書画作品①「北上河畔」の保存修復	39
石巻市 石巻文化センター書画作品②「猛虎図」の保存修復	42
山形美術館所蔵 作者不詳《ナイアガラ瀑布図》の保存修復	45
山形美術館所蔵 桜井浜江《赤い風景(人物)》の保存修復	47
釜石市郷土資料館所蔵 小笠原久松《艦砲の跡》の保存修復	49
宮城県丸森町 青葉山神社所蔵「眷属 狼像」の保存修復	51
山形市個人蔵「衣装箆笥」の保存修復	55
米沢市上杉博物館所蔵 阿部誠「バスの中で」の保存修復	58
平成27年度三内丸山遺跡「北盛土」保存処理	60

研究員一覧	62
-------	----

【文化財保存修復研究事業】

I 『寒冷地における文化財の保存修復に関する研究』

●平成27年度 活動報告	64
●専門家会議『積雪寒冷地域における屋外展示の諸問題と対策』	68
「寒冷地における歴史的木造建築物の保存にむけてー旧開拓使工業局庁舎を例にー」 杉山 智昭・北海道博物館	69
「北海道開拓の村の歴史的建造物を取り巻く環境と凍結による劣化」 石崎 武志・東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター	73
「アルテピアッツァ美唄の屋外展示の諸問題について」 濱田 暁生・アルテピアッツァびばい	77
●シンポジウム『寒冷地における遺跡保存の現状と課題』	83
「北海道小樽の歴史的建造物、史跡の現状と課題」 石神 敏・小樽市教育委員会生涯学習課	84
「環状列石の石材保存について」 藤井 安正・鹿角市教育委員会	89

「小牧野遺跡、伊勢堂岱遺跡の保存修復処理について」	
庄司 岳央・株式会社トリアド工房	92
「妻木晩田遺跡の保存・整備・活用の現状と課題」	
濱田 竜彦・鳥取県立むさぼんだ史跡公園	97
Ⅱ センター公開講座	
平成27年度 文化財保存修復研究センター公開講座一覧	107
著者略歴	109

ICCP-Bulletin 2015

論文



I ハギア・ソフィア大聖堂内壁修復に伴う北西エクセドラと北ティンパヌムの壁材および修復履歴の調査

佐々木淑美 SASAKI, Juni／関西大学国際文化財・文化研究センター・PD

小椋大輔 OGURA, Daisuke／京都大学大学院工学研究科・准教授

安福勝 ABUKU, Masaru／近畿大学建築学部・准教授

水谷悦子 MIZUTANI, Etsuko／京都大学大学院工学研究科・大学院生

石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi／東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター研究員・教授

はじめに

ハギア・ソフィア大聖堂（図1、2、現アヤ・ソフィア博物館、以後「ハギア・ソフィア」と略記）は、537年に東ローマ帝国の総主教座聖堂として皇帝ユスティニアヌス1世（Justinian I, 在位527-565）によって献堂された^{（注1）}。1453年にオスマン・トルコによってコンスタンティノープル（現イスタンブール）が占拠されると、ハギア・ソフィアはスルタン・メフメット2世（Fatih Mehmed II, 在位1444-1446, 1451-1481）によってイスラム教のモスクへと改変された。

1923年の革命によってトルコは共和制国家となり、ハギア・ソフィアもムスタファ・ケマル・アタトゥルク（Mustafa Kemal Atatürk, 1881-1938, 在任1923-1938）によって1934年には世俗化され、翌1935年から現在まで国営の博物館として管理・公開されている。年間約300万人の観光客が訪れるこの歴史的建築物は、1985年にユネスコの世界文化遺産にも登録されており、トルコ随一の観光スポットである。

直径約31mにおよぶ大ドームは、これまでに地震による大規模な崩落を3度経験しており^{（注2）}、それを支える南北ティンパヌム壁と東西大アーチにも自重による歪みがみてとれる。創建から約

1500年の間、この大聖堂は、天災だけでなく宗教的ならびに政治的な意図をもっておこなわれた改変や修復によっても変化してきた。

ビザンティン時代から少なからずの修復が実施されていた可能性もあるが、多くの修復はオスマン・トルコ時代および共和国となって以降に実施された。モスクとしてのハギア・ソフィアへの修復はその多くが機能の追加やキリスト教的表現の削除および隠匿であった。共和国になってからは、もっぱら構造補強や壁面の修復を目的としていたようである。いずれの時代の修復も十分な記録がなく、現在私たちがみとめる修復の痕跡は大規模かつ重複しているため把握することさえ困難な状況にある。

筆者らは2010年からハギア・ソフィアの保存環境調査を実施するなかで、これらの修復履歴の把握と今後の保存修復に向けた現状の記録および評価が重要であると強く感じている。特に、壁面の修復は内壁外壁ともに複数回実施されてきたが、継続的な劣化と十分な検討を経ずにおこなわれた作業であったため、依然として最善の状態には至っていない。建築の印象を決める外壁の仕上げについては、宗教的かつ政治的な判断が影響しており、内壁においては急場しのぎであるために記



図1. ハギア・ソフィア外観

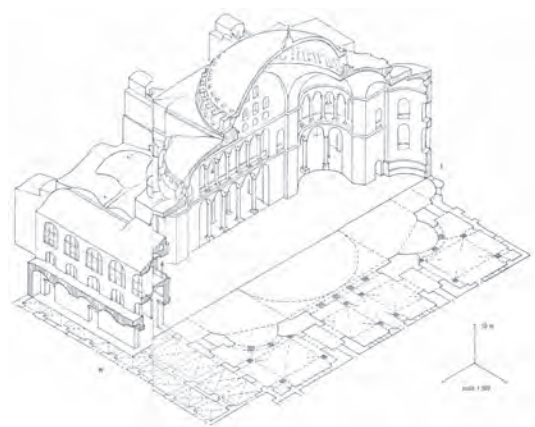


図2. ハギア・ソフィア平立断面図（Mainstone, 1988より引用）

録も残っておらず、またそれらの修復自体が劣化をさらに促進していると指摘できる。

そこで、本稿ではこれまでの劣化の経緯とそれに対する修復履歴の整理をおこない、ハギア・ソフィアが抱える継続的な劣化箇所の特定を試みる。また、2015年5～6月の現地調査によって得た内壁修復に関する情報と調査の成果をまとめ、今後のハギア・ソフィアの内壁修復をより効果的に進めていくための予備調査として報告する。この内壁修復事業は、近年の急速な劣化進行を受けて2014年から内壁の全面を対象に計画、実施されている。第一段階として、北ティンパヌム西半面での作業が開始され、2015年6月に壁面表層の除去が完了した。

第一章 ハギア・ソフィアでみとめられる劣化

ハギア・ソフィアでは、塩類析出やクラック、モルタルやペイントの剥離・剥落、植被が保存管理上の問題として挙げられる。なかでも、内壁の剥離・剥落は常に生じてきた劣化であり、また美観を損ねることから修復の対象として認識されてきた。

ハギア・ソフィアはレンガとモルタルによる組積造であり、その内外表面にはモルタルによる仕上げが施されている。雨水の浸透はかねてより少なからず確認されていたが、2008年に外壁表面モルタルを除去したことで大量の雨水が浸透し、内壁面での塩類析出およびモルタルの剥離・剥落を引き起こした。筆者らは、これまでに析出塩類と壁材の関係を考察するとともに、外壁のモルタル除去の影響を評価し、対策を提案してきた^(注3)。そして、2014年度からは内壁での塩類析出の制御と保存方策および修復への提言を目的とし調査に取り組んでいる。

2015年度は、まず内壁の劣化および修復履歴を整理するために、過去の写真記録と博物館の管理記録を整理し、これまでに継続的に確認されてきた劣化箇所とその変遷を明らかにした。

1-1. 劣化継続箇所と修復履歴

ハギア・ソフィアにおいて、最も劣化の進行が顕著かつ深刻な場所として北西エクセドラ内壁面(図3, 4)が挙げられる。ギャラリー階よりさらに一段上に位置する第二コーニスレベルの東西南北四隅に設けられたエクセドラ部は、中央ドームから東西半ドームへ、そして地上階へと降りるピ

アへの接続部としての機能を果たしている。いずれのエクセドラ内壁においても、塩類析出とそれに伴う表層ペイントおよび表層モルタルの剥離・剥落がみとめられ、特に北西エクセドラでは他に比べ著しい進行がみとめられる。

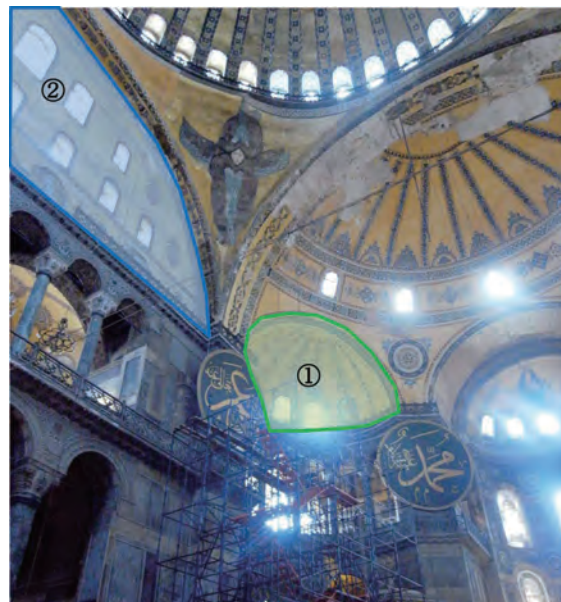


図3. エクセドラ(図中①)とティンパヌム(図中②)

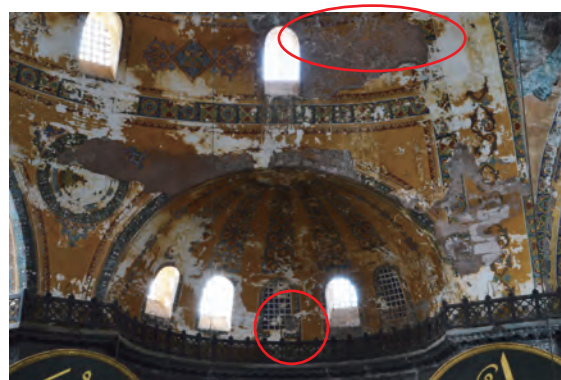


図4. 北西エクセドラ(2012年8月筆者撮影)

この北西エクセドラの著しい劣化進行の要因として、筆者らは2008年に実施された西外壁の仕上げモルタルの除去を指摘してきた^(注4)。暴露状態となった躯体は、雨水が浸透しやすい状態にあり、またレンガとレンガの間の接合モルタルは風雨によって削られさらに脆弱な状態となっている。内壁表面近傍での塩類析出は表層ペイントおよびモルタルの剥落を促進し、美観をおおいに損ねたため、外壁の再被覆が検討されはじめた。筆者らは、外壁の再被覆を推奨するとともに、躯体内部の水分量が少なくなる5月に再被覆作業を開始するよう提言し^(注5)、2013年に外壁は再度モルタルで被

覆された。

以上に述べた通り、北西エクセドラの劣化は、外壁モルタル除去を起因として2008年以降急速に進行したと言える。ただし、それ以前の劣化状況についてはこれまで十分に把握できていなかった。そこで、今回手に入れた写真記録および博物館の管理記録から修復以前の状況を復元する。

図5から図8に、過去に撮影され先行研究に掲載された写真群のうちから北西エクセドラのみを抜粋した。まず、1907年にAntoniadesが著書^(注6)に掲載した写真(図5)では、現在に比べて全体的に表層ペイントが鮮明に残っていることがわかる。エクセドラと同様に西大アーチも健全な状態を維持している。ペイントおよびモルタルの剥離・剥落は、壁面中央部とエクセドラ上部の東窓脇にのみ生じており、これらの箇所には現在、赤色モルタルが充填されている。エクセドラ上部の東窓からエクセドラにかけて、流水によるペイント剥離の兆候がみとめられることから、当時すでに窓からの雨水の侵入があったと推察される。

次に、1939年にSchneiderが著書^(注7)に掲載した写真(図6)では、1907年にエクセドラ上部の

窓脇でみとめられたペイントおよびモルタルの剥離・剥落が軽減しているように見える。写真の画質の違いによるものかもしれないが、壁面中央部の劣化も同様に軽減されているように見えることから、この期間にエクセドラに対する補修がおこなわれた可能性を指摘できるかもしれない。これまでに、1926年から1931年の期間にワクフ総局が堂内にて修復を実施したこと^(注8)、そして1931年からはビザンティン研究所が堂内にて調査および保存修復作業を実施していたこと^(注9)がわかっている。エクセドラに対して、これらの時期に表層ペイントへの補彩あるいはモルタルの充填が実施された可能性は高い。

この時のモルタル充填が十分でなかったのか、あるいは劣化が再度進行したのか、1958年にHurlimannが著書^(注10)に掲載した写真(図7)では、エクセドラ上部の窓脇で剥落により躯体が露出しているのがはっきりと確認できる。北西エクセドラの東側において1939年から1958年の間に劣化が進行したことは、隣接するペンデンティブのペイントの剥離・剥落からも明らかである。ペンデンティブに描かれているセラフィムは、1939

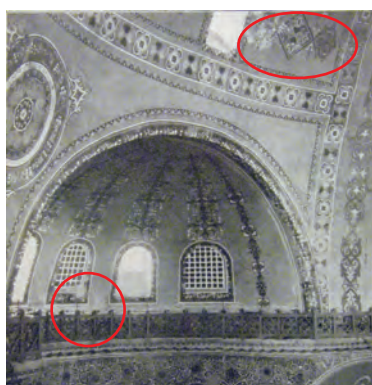


図5. 1907年Antoniades掲載の北西エクセドラ



図7. 1958年Hurlimann掲載の北西エクセドラ

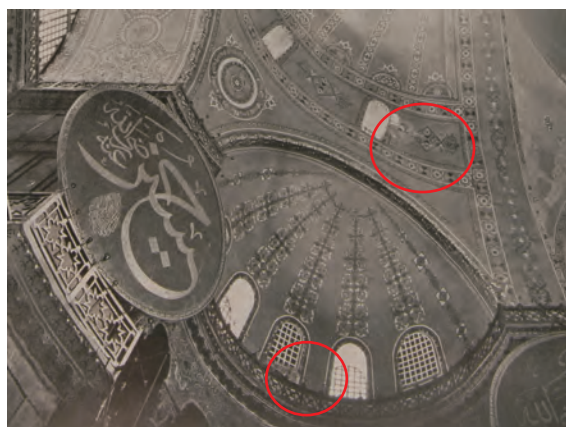


図6. 1939年Schneider掲載の北西エクセドラ

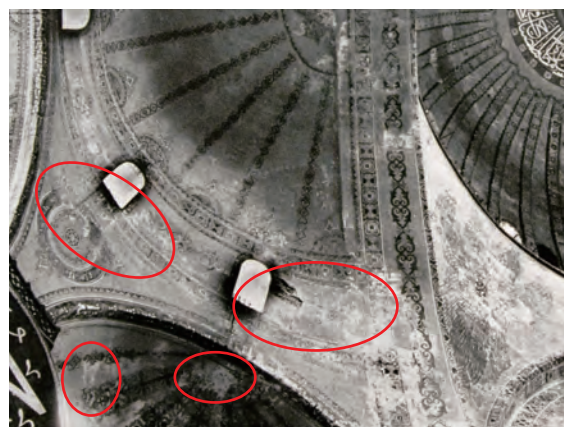


図8. 1967年Kahler掲載の北西エクセドラ

年の時点では比較的健全な状態であったが、1958年には上部においてペイントの剥離・剥落が進行している。

そして、1967年にKahlerが著書^(注11)に掲載した写真(図8)では、このペンデンティブの図像は下翼を残して剥離がさらに進行している様子がわかる。この状態は、2002年にユネスコによるドーム保存修復プロジェクトの一環として北西ペンデンティブが修復されるまで続いた^(注12)。

エクセドラについても、再びそれまでと同様の箇所では表層ペイントおよびモルタルの剥離・剥落が生じていることが確認できる。加えて、この時すでに中央窓付近までペイントの剥離が進んでいることがわかる。現在これと同じ箇所には、過去の修復による赤色モルタルが充填されている。さらに、エクセドラの壁面上部でもペイントが剥離し白色の下地モルタルが散見されるなど、劣化が進行している。なお、この時期の修復に関する記録は残っていない。ビザンティン研究所による調査は1960年代まで継続していたが、調査の大半はモザイクの保存修復作業に注力したことが記録から窺える。したがって、壁面ペイントへの修復は前半(1930～1940年代)にのみ実施され、1960～1970年代にエクセドラへの修復は実施されなかったと推測できる。

記録ではこの後、1980年代に入ってロレベによる修復が実施されたとある^(注13)。その実施内容や範囲については明らかでないが、今回の写真群の比較から、現在のエクセドラで散見される赤色モルタルが、このロレベによる修復において充填されたものである可能性を指摘できる。以上のように過去の写真記録から北西エクセドラにおける劣化継続箇所とその進行程度、そして修復履歴を推断することができた。

1-2. 劣化への注視と修復計画

現在までにわかっている修復と劣化事象を整理すると表1の通りである。2010年2月に北西エクセドラの真下に位置する地上階床面に、モルタル片が落下した。観光客のいない夜間の出来事だったため、幸いにも怪我人や大きな騒ぎにつながることはなかった。その後も、北東ペンデンティブや北東エクセドラなどから雨水やモルタルの落下が相次いだため、博物館は内壁の劣化を注視し始めた。

表1. ハギア・ソフィアにおける修復と劣化の履歴

1572年	ミマール・シナンによる修復
1847-1849年	フォッカーティ兄弟による修復
1894-1908年	ワクフによる修復
1910年頃	ワクフによる南ティンパヌムの修復
1926-1931年	ワクフ総局による修復
1931-1960年代	ビザンティン研究所による修復
1980年代	ロレベによる修復
1988-1991年	ロレベによる修復
1992-2010年	ユネスコによるドーム保存修復プロジェクト
2010年2月3日	北西エクセドラ下にモルタル落下
2010年10月14日	北西エクセドラ窓から雨水
2010年12月20日	北東ペンデンティブからモルタル落下
2010年12月23日	北東エクセドラからモルタル落下
2011年1月24日	1階南東隅西側柱上部からモルタル落下
2011年6月某日	北西エクセドラからモルタル落下
2012年4月17日	北ギャラリー一階北西アーチ基部からモルタル落下
2014年5月3日	北西エクセドラからモルタル落下
2015年1月21日	北西エクセドラからモルタル落下

特に2011年6月には、最大約15×30cmもの大きさのモルタルが北西エクセドラから大量に落下したことで、内壁の劣化が深刻化していることに危機感をおぼえた博物館は、筆者らに現状評価を依頼し、その結果が前述の外壁再被覆の提案へとつながったのである。外壁の修復が開始されて以降は、博物館が認知し記録した2回のみモルタル片の落下が確認されている。しかし、筆者らの観察によれば、大小さまざまなモルタル片が落下し続けており、また剥離・剥落も継続していることから今後も再度落下してくる危険性があるとして、博物館には引き続き十分注意を払うよう促している。

ここで注目したいのは、劣化、特にモルタルの剥離・剥落とそれらモルタル片の落下が、主として建築のエクセドラおよびペンデンティブ周辺に集中している点である。筆者らの調査でも、全エクセドラにおいて劣化が進行していることを確認した。つまり、モルタル片の落下が未だ確認されていない箇所についても、今後同様に落下が発生する可能性があるということである。

こうした経緯から、博物館は内壁の全面修復を計画するに至った。主な対象は北西エクセドラであるが、外壁の再被覆が完了してまだ完全な乾燥状態になっていないとの判断から、北西エクセドラに隣接する北ティンパヌムの西半面から試験的に修復を開始し、その結果と経過、そして評価をふまえて北ティンパヌム完了後に北西エクセドラあるいは北東エクセドラの修復へと進める予定となっている。落下による観光客への被害と美観の損失を食い止めることが当初の目的であったが、現在進められている北ティンパヌム西半面での作業は、堂内各所で一時期の修復において使用されたセメントの除去が最優先課題となっている。

第二章 北ティンパヌムの修復と壁画材料調査

2-1. 北ティンパヌムの概要と修復計画

ティンパヌムとは、ハギア・ソフィアの中央ドームを南北で支える大アーチ内側の半円形壁面を指す。南北ティンパヌムは、表面全体に黄色のペイントが施されており、リュネットや窓脇には花幾何学文様が、アーチには幾何学文様帯が描かれている。リュネットやアーチ下部からはモザイクも発見されており、北ティンパヌムのリュネットでは教父モザイク3体が保存されている（図9）。

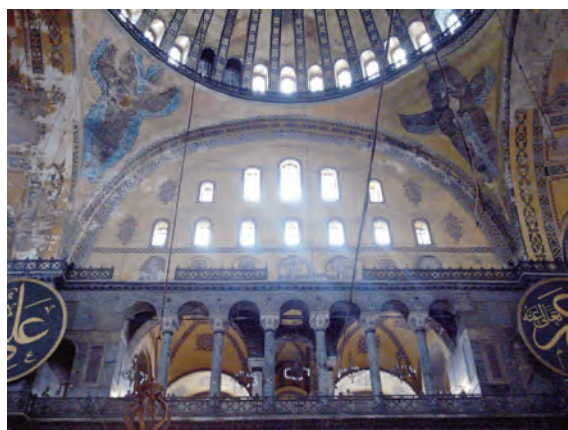


図9. 北ティンパヌム

ティンパヌムの修復履歴は十分な記録が残されていないことから判然としない。1910年頃にワクフによって南ティンパヌムの修復が実施されたのに対して、北ティンパヌムの修復に関する記録はこれまで確認されていない。1980～1990年代にロレベによって表面にペイントが再塗布されたと言われているが、記録として残っておらず、作業の内容や使用された材料を知ることもできない。

筆者らは、南北ティンパヌムの壁材や保存状況を確認・評価する必要性を感じ、これまでに南北ティンパヌムにおいて表面ペイントおよび壁材の調査を実施した。その結果、1930年以降のトルコでは使用が禁止されてきた鉛を含む黄色顔料が北ティンパヌムの表層ペイントにおいて使用されていることを確認し、1930年以前に同壁面に対して修復が実施された可能性を指摘することができた（注14）。また、この結果を博物館に報告し、2015年3月に始まった内壁全面修復において壁面表層を除去する際に粉塵飛散への対策を講じるよう促した。

北ティンパヌム西半面の修復では、①壁面表層を除去し、躯体を補強するとともに、②過去の修復で追加されたセメントをオリジナルに依拠した

モルタルに置換し、③再彩色を実施する。壁面表層には白色の下地層が約1～4mmの厚さで塗布され、その上にペイントが施されている。彩色が消失している箇所も散見されるが、下地層あるいは中間層のセメントが粉状化あるいは剥離・剥落している箇所は少なく、比較的健全に見えた。しかし、紫色（灰色みのくすんだ茶色）を呈しているセメント（図10）^{（注15）}は海砂を含んでいることから、内壁表面での劣化、つまり壁画の剥落と塩類析出に大きく影響しているとの現地専門家らの意見に従い、これらの健全な壁面を表層に伴う場所においても、セメントの除去が優先されることとなった。



図10. 北ティンパヌムのセメント

また、同様に海砂を含むセメントは、北西ペンデンティブにおいても使用されている（図11）。



図11. 北西ペンデンティブのセメント

ここでは紫色ではなく赤色を呈しており、北ティンパヌムに比べて粒度が粗く粉状化が顕著に進んでいることから、2015年5月に急遽これら赤色モルタルの除去も追加決定された。北西ペンデンティブは2002～2006年に一度、ユネスコによる

ドーム・モザイク修復事業の一環で構造補強と表面ペイントの再彩色が実施されている^(注16)が、再び塩類析出による彩色の消失が進行したため、今回のセメント除去の決定に至った。ただし、1847～1849年のフォッサーティらによる修復で追加されたと言われている植物片を多く含む白色モルタル（図12）が、かなり脆く粉状化も進んでいるとの懸念もあるものの、今回の修復事業ではこのフォッサーティによるモルタルの除去をおこなわないこととなっている。



図12. フォッサーティ修復モルタル

現在作業中の北ティンパヌム西半面では、表面のほぼ8割でセメントが使用されており、2015年6月24日の時点でそれらの除去は完了した。作業は、異なる壁材、おそらくセメント塗布以前の壁材が残存している箇所（図13）があればそのまま残し、また壁内からモザイク断片（図14）が発見された場合には補強しそれ以上のセメント除去をせず残すなど、注意深くおこなわれたと言える。また今回の修復によって、これまで一度も確認されてこなかったティンパヌム壁面の構造が明らかになったことは、学術的に意義があると言える。特に壁に打ち込まれた木材や銅の補強材（図15, 16）の存在は、その目的と効果を評価・検討する必要がある。



図13. 窓の修復以前の壁材が残存している箇所



図14. 新たに発見されたモザイク断片



図15. 木材の補強材



図16. 銅材の補強材



図17.北ティンパヌム西半面 分析サンプル採取箇所

2-1. 北ティンパヌムの壁材および壁画材料

筆者らは前述のとおり、2013年と2014年の2度にわたり、修復前の北ティンパヌムにおいて壁面付着物および壁材、壁画材料のサンプル合計47点を採取し、その組成と分布を明らかにしている。調査の結果、北ティンパヌムでは、表層ペイントに使用されている黄色顔料が鉛を含んでおり、白色の下地層の多くは炭酸カルシウム（カルサイト（ CaCO_3 ））であることがわかった。そして、表層ペイントでは上塗りも散見され、それらの上塗りペイント層で鉛がより強く検知された^(注17)。2015年6月に実施した調査では、暴露状態となっていた躯体の接合モルタルをはじめとし、中間層モルタル、表層モルタルおよびペイントを北ティンパヌム西半面全域から採取し、その組成と鉛の有無を確認した。分析は、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターにておこない、蛍光X線分析法による元素検出から鉛の有無を、X線回折分析法による結晶相の同定から組成を求めた。使用した機器は次のとおりである。

蛍光X線分析法（XRF）
可搬型蛍光X線分析装置 α -4000SL（Innov-X Systems 社）
X線管球：タングステン（W）
管電圧・管電流：35kV・2 μ A
測定領域： ϕ 14mm 測定時間：60秒
測定雰囲気：Air

X線回折分析法（XRD）
X線回折装置D8 DISCOVER with GADDS（BRUKER AXS社）
X線管球：コバルト（Co）
管電圧・管電流：35kV・40mA
測定領域：0.5mm ϕ
走査範囲：回折角 $20^\circ \leq 2\text{-Theta} \leq 80^\circ$ 、測定時間：300秒

分析の結果、接合モルタルは石灰と砂、レンガを混合したモルタルであり、ほとんどが鉛を含んでいないことがわかった（表2）。これに対して、同様の組成をもつ中間層モルタルは、表面に直接ペイントが施されているものについては鉛の含有を確認することができた（表3）。これは、使用された顔料に鉛の由来があることを示している。また、直接ペイントを施された中間層モルタルの多くは窓近傍に集中していることから、窓の縮小工事が実施された際に使用された顔料に鉛が含まれていた可能性を指摘できるかもしれない。この窓の縮小はミマール・シナンによる1573年の修復

の際に実施されたと言われている^(注18)が、窓を埋めた材料にいくらか違いがみとめられることから、複数回にわたって縮小工事がおこなわれ、それらの工事はシナン以降1930年以前であり、その際にも鉛を含む顔料が使用されたと考えるのが妥当である。

表2. 接合モルタルの組成と鉛の有無

Sample No.	Predicted salts by XRD	Existence of lead by XRF
2~4	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
6, 8	CaCO_3	
11~14, 18	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
16	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
20, 22, 26, 28, 29	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
30, 31	$\text{CaCO}_3 + \alpha$	
32	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2 + \alpha$	
33~35	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
38	CaCO_3	
47	CaCO_3	
48	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
51	$\text{CaCO}_3 + \alpha$	
52, 53	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
55, 59	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
61	$\text{SiO}_2 + \alpha$	
62	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
64, 67	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	(Pb)
69	CaCO_3	(Pb)
71	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
72	CaCO_3	×
73	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
74, 75	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
76	CaCO_3	×
77, 78	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
80	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
86	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
87	$\text{CaCO}_3, (\text{SiO}_2)$	×
88	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2 + \alpha$	×
89	CaCO_3	×
92, 94, 95	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
99	$\text{CaCO}_3, \text{CaO}$	×
100, 101, 103	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
110	CaCO_3	
112, 115~117, 119, 120, 122, 123	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
124, 125	CaCO_3	
128	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
129	$\text{CaCO}_3, \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
131	CaCO_3	
133	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, (\text{PbO})$	×
137	CaCO_3	
143	CaCO_3	

表3. 中間層モルタルの組成と鉛の有無

Sample No.	Type	Predicted salts by XRD	Existence of lead by XRF
7		$\text{CaCO}_3 + \alpha$	
10		CaCO_3	
23	表面灰色	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2 + \alpha$	×
39	表層白下地	$\text{CaCO}_3 + \alpha, (\text{Pb}_3\text{O}_4)$	Pb
36, 43, 56		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2 + \alpha$	
66	表面黄色	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
82	表層白下地	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{PbO}_2$	Pb
87		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	×
97	表面黄色	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb
98, 102	表層白下地	CaCO_3	
105		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
106, 109		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
118	表面青色	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{Ca}_2\text{O}_4$	Pb
	表面赤色	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$	Pb
	表層白下地	CaCO_3	
127, 135		CaCO_3	
134		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$	
138		$\text{CaCO}_3, \text{Fe}_2(\text{Pb}_3\text{O}_4)$	Pb
142, 144, 146		CaCO_3	Pb

表4. 表層モルタルおよびペイントの組成と鉛の有無

Sample No.	Type	Predicted salts by XRD	Existence of lead by XRF
1	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	
5	表面青色	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
9	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{PbO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 (\text{Fe}_2\text{O}_4)$	
19	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{Pb}_2\text{O}_3$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
24	表面灰色	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	
	表面赤色	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	
	表層白下地	CaOCl_2	
25	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
	表面濃黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{Pb}_2\text{O}_3$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
27	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 (\text{FeS})$	Pb
	表面濃黄色	$\text{PbO}_2 (\text{Fe}_2\text{O}_4)$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
40		$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	
41	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
42	表面黄色(赤色)	$\text{CaOCl}_2 (\text{PbO})$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
44, 45		$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	
46	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb (鉛白($\text{PbS}(\text{OoS})2(\text{OH})2$))
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	
57	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb
	表面緑色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{CuO}$	
	表層白下地	CaOCl_2	
60	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 (\text{Pb}_2\text{O}_3)$	Pb
	表面緑色	$\text{CaOCl}_2, \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \alpha$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	
68		CaOCl_2	×
81		$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	×
83	表面上塗り黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	Pb
	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 (\text{Pb}_2\text{O}_3)$	Pb
84		CaOCl_2	Pb
90	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	(Pb)
91	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{PbO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	
93	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 + \alpha$	Pb
	表面青色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 (\text{SiO}_2)$	
104	表面青色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{CaOCl}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	
107		$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb
108	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
113	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{PbO}$	Pb
114	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{PbO}$	Pb
	表面赤色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$	Pb
	表面青色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2 + \alpha$	Pb
	表面緑色	$\text{CaOCl}_2, \text{Cu}_2\text{O}$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
121	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 (\text{Pb}_2\text{O}_3)$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 (\text{Pb}_2\text{O}_3)$	Pb
126	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2 (\text{Fe}_2\text{O}_4)$	
130	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	
132	表面赤色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_4 + \alpha$	Pb
	表面青色	$\text{CaOCl}_2 (\text{CaOCl}_2)$	Pb
	表層白下地	CaOCl_2	
136	表面赤色	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{PbO})$	Pb
	表面黄色	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_4$	Pb
	表層白下地	$\text{CaOCl}_2, \text{SiO}_2$	
140		$\text{CaOCl}_2, \text{Fe} (\text{Pb}_2\text{O}_3)$	Pb
141		CaOCl_2	
145		CaOCl_2	
147	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 (\text{Ca}_2(\text{SO}_3)_2)$	Pb
148	表面黄色	$\text{CaOCl}_2 (\text{PbO})$	Pb
	表面黄色	$\text{CaOCl}_2, \text{Fe} (\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4)$	Pb
	表面赤色	$\text{CaOCl}_2, \text{FeS}$	Pb

表層モルタルおよびペイントについては、これまでの調査と同様に、表層ペイントから鉛が検出され、白色下地層はもっぱら鉛を含まない炭酸カルシウムであった(表4)。ペイントは、主として黄色部分から鉛が顕著に検出されたが、上塗りに関してはほぼ鉛を含んでいることを確認することができた。そして、鉛を含む顔料の使用が窓近傍と北西ペンデンティブに集中していることもわかった。このこともまた、窓の縮小工事の際に使用された顔料に鉛が含まれていたことを示唆している。この窓の縮小工事がいつ実施されたのかを明らかにすることで鉛顔料の使用歴も判然とするかもしれない。今後は、窓近傍で採取したモルタルおよび同時に挿入された可能性が高い木材補強材の年代測定を実施し、修復時期の特定を進めていく必要がある。

なお、表には示さなかったが、銅製補強材から白緑色の析出物が大量にみとめられ、これらを分析すると塩基性塩化銅(アタカマイト($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$))であることを確認した。モルタルからの塩類析出はあまり顕著ではないが、硫酸ナトリウム(テナルダイト(Na_2SO_4))や硫酸カルシウム(ジブサム($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$))が北西ペンデンティブで集中して析出していた。また、計10か所で確認することのできた木製補強材はかなり腐朽しており、特に北西ペンデンティブおよびその付近に挿入されている木材は、ティンパヌム壁中央部等のものに比べ腐朽が進み、補強材としての機能を果たしているとは言い難い^(注19)。

第三章 まとめ

ハギア・ソフィアの北西エクセドラでは、1907年の写真からもわかるように、常に剥離・剥落が生じていた。そして、2008年の西外壁表面モルタルの除去は、これらの劣化箇所のみならず北西エクセドラ全域における劣化を進行させ、度重なるモルタル片の落下へとつながった。現在実施されている北ティンパヌムの修復は、内壁の劣化の進行を起因とし計画されたが、今後は予防的保存方を講じる必要があり、修復履歴や材料分布の調査・記録の実施が急務である。

本稿では、先行研究と博物館の管理記録から、劣化箇所の特定と修復履歴の検討を試み、北西エクセドラならびに北西ペンデンティブで散見される赤色モルタルが1980年代にロレベによって追加された修復材である可能性を指摘した。また、北

ティンパヌムの壁材および壁画材料の組成とその分布から、窓近傍と北西ペンデンティブ付近において鉛を含む顔料の使用が集中していることを明らかにした。これらの窓は、1573年にミマール・シナンによる修復の一環で縮小されたと言われており、鉛を含む顔料を使用した北ティンパヌムへの修復が、1573年以降である可能性を示唆する結果と言える。

本調査成果は、引き続き実施される北ティンパヌム東半面での修復にとって参考となる基礎的資料であり、博物館と協議し適切な修復の実施につながるよう今後も調査を継続していく予定である。また、今回の修復作業の中で、壁体に木製および銅製の補強材が挿入されていることも明らかとなった。この木製補強材の年代測定の実施と、修復完了後、つまり新たなモルタルで被覆された壁面の経過観察および劣化予防対策の検討が今後の課題である。

最後に、本研究は、科学研究費若手研究B(26870897)の助成を受けたものである。分析にあたっては東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターならびに東京文化財研究所にご協力いただいた。また、本調査はハギア・ソフィアの館長、学芸員の方々ならびにハギア・ソフィア学術調査団代表日高健一郎教授の理解と協力を得て実施することができた。ここに記して感謝申し上げます。

注

1. 現在のハギア・ソフィアは、532年に再建された第三次聖堂である。コンスタンティウス2世(Constantius II, 在位337-361)によって建造された第1次聖堂(360年2月15日献堂)は、404年に起きた暴動で部分的に焼失したため、テオドシウス2世(Theodosius II, 在位408-450)が415年10月10日に第2次聖堂を再献堂した。しかし、この第2次聖堂も532年に起きたニカの乱によって焼失し、第3次聖堂である現在の建築が、これら第1次、第2次聖堂の上(南方)に建立された。
2. 第3次聖堂創建当初のドームは、558年の地震によりドームの東側と東メイン・アーチおよび東半ドームとともに崩落した。したがって今日の構造は562年に小イシドロス(Isidorus Younger)によって再建されたものである。その後、989年の地震でドームの西側3分の1と支持構造体、1346年の地震でドームの東側3分

の1と支持構造体が崩落し、その都度再建された(William Emerson, Robert L. van Nice, "Hagia Sophia, Istanbul: Preliminary Report of a Recent Examination of the Structure", *American Journal of Archaeology*, Vol.47, No.4, pp.403-436 (pp.423-425 発行1943))。

3. 佐々木淑美, 吉田直人, 小椋大輔, 石崎武志, 日高健一郎「ハギア・ソフィア大聖堂外壁の劣化とその要因に関する調査」(pp.167-180『保存科学52』発行2013)
4. 前掲注3, pp.167-169による。
5. 小椋大輔, 石崎武志, 安福勝, 小泉圭吾, 佐々木淑美, 日高健一郎, 早瀬礼子「ハギア・ソフィア大聖堂の屋内外環境と劣化状態(2) - 熱画像・含水率分布調査およびレンガ造壁体の熱水分移動解析 -」(pp.27-42『保存科学52』発行2013)
6. Eugène Michel Antoniades, *Ekphrasis tis Hagias Sophias* (発行1907)
7. Alfons Maria Schneider, *Die Hagia Sophia zu Konstantinopel* (発行1939)
8. 1931年12月26日付けの新聞から、ワクフ総局によるハギア・ソフィア修復があったことがわかっている(Hagia Sophia Dome Mosaics Conservation Project, First Preliminary Report on the Conservation of Hagia Sophia 1992 (p.2, Unpublished, 1992))。
9. Thomas Whittemore, *The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. Preliminary Report on the First Year's Work, 1931-1932, The Mosaics of the Narthex* (pp.7-8, 発行1933)
10. Martin Hürlimann, *Istanbul* (発行1958)
11. Heinz Kahler, *Hagia Sophia* (発行1967)
12. Hagia Sophia Dome Mosaics Conservation Project, *Hagia Sophia, Istanbul, Turkey The Conservation of the Dome Mosaics the Northwest Quarter Report on the Conservation of the Seraphim Carried out during the Period 30 July to 30 November 2002* (p.2, 3, 14, Unpublished, 2002)
13. Hagia Sophia Dome Mosaics Conservation Project, *The Hagia Sophia, Istanbul Dome Mosaics Conservation Project The North West Quarter September-October 2000, Interim Report on the Current Conservation Treatments, Future Proposals, Aims and*

Objectives (p.5, 8, Unpublished, 2000)

14. 佐々木淑美, 吉田直人, 小椋大輔, 安福勝, 水谷悦子, 石崎武志「ハギア・ソフィア大聖堂をはじめとした歴史的建築物の内壁の劣化と材料に関する調査」(pp.217-219『保存科学54』発行2015)
15. 接合モルタルには細骨材としてレンガ小片が含まれており、全体的に赤色を呈している。
16. 前掲注12、p.2による。
17. 佐々木淑美, 吉田直人, 小椋大輔, 安福勝, 水谷悦子, 石崎武志「ハギア・ソフィア大聖堂の南北ティンパヌム壁画材料に関する調査」(pp.252-253『日本文化財科学会第32回大会(東京)発表要旨集』発行2015)
18. Cyril A. Mango, Materials for the Study of the Mosaics of St. Sophia at Istanbul (p.49, 発行1962)
19. 北ティンパヌムの修復以前に計測した壁体含水率(TDR水分計TRIME-RM:IMKOを使用、除去前の表層ペイントおよびモルタル層表面で計測)は、2011年から2015年までの5年間、ほぼ5Vol%と低い含水率であることを確認している。これに対して、北西エクセドラや北東エクセドラでは、常に10Vol%以上の含水率があり、場所によっては20Vol%を超えている。

参考文献

- 1) Rowland J. Mainstone, *Hagia Sophia : architecture, structure, and liturgy of Justinian's great church*, Thames and Hudson, London, 1988.
- 2) Rowland J. Mainstone, "Justinian's Church of St Sophia, Istanbul: Recent Studies of Its Construction and First Partial Reconstruction", *Architectural History*, Vol.12, pp.39-107, 1969.
- 3) Cyril Mango, Ernest J. W. Hawkins, "The Mosaics of St. Sophia at Istanbul. The Church Fathers in the North Tympanum", *Dumbarton Oaks Papers*, No.26, 1972.
- 4) Rowland J. Mainstone, "The Reconstruction of the Tympana of St. Sophia at Istanbul", *Dumbarton Oaks Papers*, No.23-24, pp.353-368, 1969.
- 5) Hasan Fırat Diker, "2006-2010 Yılları arasında Ayasofya'da yapılan restorasyon çalışmalarında ortaya çıkartılan yeni bulgular",

Ayasofya Müzesi Yıllığı, No.13, pp.271-286, 2010.

- 6) Revza Ozil, *The conservation of the dome mosaics of Hagia Sophia*, Congress held from 10 to 12 September 2001, 2001.
- 7) Natalia B. Teteriatnikov, *Mosaics of Hagia Sophia, Istanbul : The Fossati Restoration and the Work of the Byzantine Institute*, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, 1998.

Ⅱ 真菌の膠分解能と保存環境の関係性

—山形県白鷹町塩田行屋より分離された真菌の影響—

山内れい YAMAUCHI, Rei／那珂川町馬頭広重美術館

米村祥央 YONEMURA, Sachio／文化財保存修復研究センター専任研究員・准教授

はじめに

膠を使用した彩色面や接着面に真菌が発生した場合、その接着力が低下して顔料・部材の剥落等劣化が生じる。この現象は難分解性の素材（無機顔料や木材等）と膠が存在する状態に真菌が生長すると易分解性のタンパク質である膠が選択的に真菌の栄養分として利用（分解）される為発生すると論じられてきた¹⁾。この問題に対し高湿度環境を避ける等、真菌を発生させない予防処置をとる事が第一に挙げられるが、東北地方の山林中の寺社仏閣は低温高湿環境であることが多く、理想とされる環境条件を満たしにくい。この為真菌発生と膠の劣化現象がしばしば確認されている。

本研究は以上のような要因を抱えている文化財保存施設でもある寺社仏閣を対象とし、建物内部の被害発生状態と保管環境を調査した。また、現場から採取した真菌の膠分解能力と保管環境の関係を検証実験し、真菌が膠を劣化しやすい環境条件を考察した。加えてこれらの調査・実験より、真菌由来の劣化実証と、厳しい保管環境下における劣化予防対策に繋がる基礎データの構築も研究目的とした。

第一章 山形県白鷹町塩田行屋概要

山形県白鷹町十王の山林に位置する塩田行屋は、湯殿山修験者の明寿海によって明治10年代に建立され、四代にわたって周辺地域の信者に信仰されてきた。四代目智妙海が同行屋を昭和5年頃に去った後宗教活動は停止し、現在は同地区の地域住民によって管理されている。御沢仏とは湯殿山参詣に関係した仏像群であり、本堂内には現存25点の仏像群が安置されている（Fig.1）。仏像群は明治12年（1879）に仏師新海宗慶、新海竹太郎（当時12歳）らによって制作されたことが明らかになり、近年、学術調査及び保護活動において注目されている²⁾。



Fig.1 塩田行屋本堂内部

第二章 環境・事例調査

本調査は、真菌発生に影響すると考えられた堂内環境、真菌発生状況、建物内への動物が侵入した痕跡、生物由来の被害を中心に実施した。温湿度については、データロガーを用いて年間の変動を測定した。現地での立ち入り調査は、2013年3月から2014年12月までに全6回実施した。ただし、冬季は積雪の為、立ち入り調査をすることが出来なかった。また、環境調査において有害生物の発生が多く確認されたが、トラップによる虫害調査は大量の有害生物が侵入しやすい半屋外環境である事から実施していない。有害生物の被害把握は発生痕及び目視確認にとどめた。

2-1. 環境調査

塩田行屋周囲の樹木はスギ科が殆どであり、冬季でも落葉しない為ほぼ一年中日照が届きづらい環境である。また周囲の土壌は保水しやすい腐葉土状であるためか、植物が繁茂しやすい傾向がみられた。また倒木も周囲に点在し、冬季までキノコ等菌類が多く確認された。

本堂は二重構造の木造で御像を安置している部屋を囲むように回廊がある。御像を安置する部屋には窓が無く、入口は正面（南向き）と東側面の2箇所、回廊は正面のみである。堂内の真菌以外の生物被害調査では小動物（ネズミ、コウモリ、ハクビシン）の侵入による食害及び物理的被害と

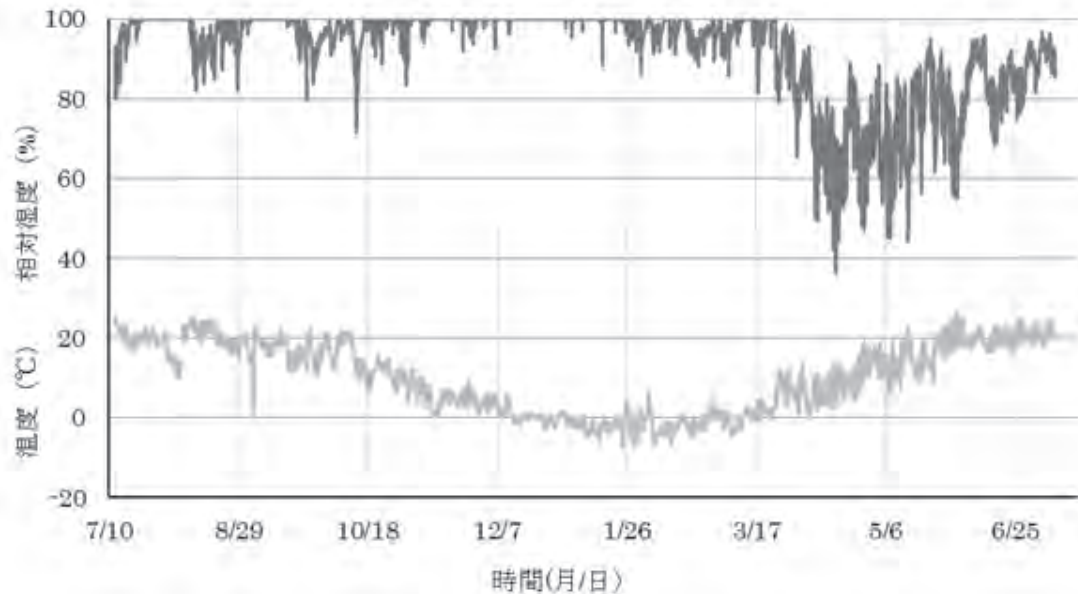


Fig.2 年間温湿度（2013年7月から1年間）

御像の虫害が確認された。また後述の微生物調査において真菌の発生が確認されたが、その真菌も土壌菌が多く屋外から慢性的に持ち込まれている可能性がある。このことから室内では真菌、虫、小動物とある程度の生態系が成り立っていると判断できる。

2-2. 室内温湿度調査

2-2-1. 室内温湿度調査方法

2013年7月より一年間堂内須弥壇1段目左右にデータロガーを設置し、1時間毎の温湿度を計測した（Fig.2）。また、測定結果より温湿度全点散布図を作成し、文化財有害生物の発生温湿度領域³⁾と比較した（Fig.3）。

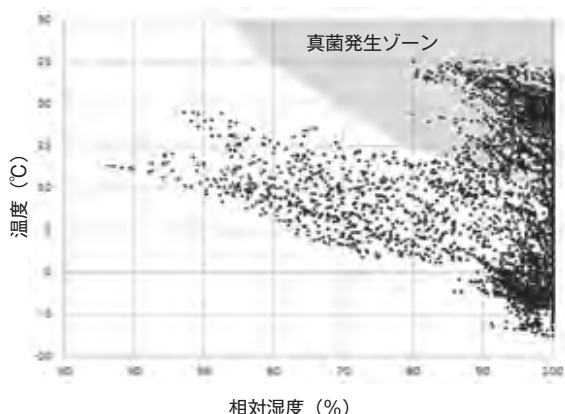


Fig.3 温湿度全点散布図

2-2-2. 室内温湿度調査結果

Fig.2より、4・5月以外の相対湿度が70%を下る記録はなく、凡そ湿度80～100%を維持した高湿度環境である事が分かった。また、温湿度全点分布図より、文化財有害生物の発生温湿度領域と比較した結果、真菌が発生しやすい環境である事が示唆された。

気象庁が報告した2013年の山形県全体の夏季降水量は集中豪雨もあった事から例年に比べ非常に多く^{4)・5)}、今回の測定に影響したとも考えられる。その反面、記録的な猛暑が続いた8月でも25℃以上を記録せず、夏季にしては温度が低い環境である事が判明した。2月（冬季）の記録においても降雪量が多い地域である事から湿度90～100%を示したと考えられた。一方4月（春季）の環境は温度、湿度共に一日の変動が大きく、一年間の内最も低湿度環境になりやすい事が判明した。この比較的低湿度である環境は6月の中旬より崩れはじめ、7月に向け徐々に高湿度環境へ戻っていく傾向があった。

2-3. 剥落片顕微鏡観察

2-3-1. 剥落片顕微鏡観察方法

目視観察下で文化財表面に真菌が確認される事例は多いが、発生した際どのように被害を及ぼしているのかはミクロレベルで観察しないと明確に判別できない。また、本観察では採取した剥落・劣化膠片に真菌が発生しているか、発生している場合の被害状態を把握する事を目的とした。

御前護身仏剥落片（彩色面）・木造如来立像接着剤片（黒色）・七瀧大聖不動明王火焰光背剥落片（彩色面）より採取できた剥落・接着剤片を対象に、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて表面状態を観察した。使用機器は日本電子社製の走査型電子顕微鏡JSM-6390Aを使用した。

2-3-1. 剥落片顕微鏡観察結果

SEM観察によりほとんどの剥落片・接着剤片に真菌菌糸と胞子を確認することができた。この菌糸発生状態は大きく二つに大別する事ができ、表面を這うように菌糸を伸ばした状態（Ⅰ型）と顔料粒子または大きなクラックの隙間に菌糸が潜り込んだ状態（Ⅱ型）に分けられた。観察結果によりⅠ型に分類されたのはFig.5、6、7、9となり、Ⅱ型に分類されたのはFig.4と8である。

Ⅰ型の接着剤片と剥落片の表面状態で共通するのは平滑な点である。御像制作当時の接着剤（膠）と推測された木造如来立像接着剤片（黒色）はクラックが生じているものの、深部まで入り込んだ菌糸は多くは見られなかった。Fig.8は彩色層ではあるが滑面状であり、ひび割れ（約 $3\mu\text{m}$ 幅）以外クラックが無い部分は顔料粒子がかなり小さい。粒子同士密な状態で顔料層を形成している為、菌糸は潜り込めず、根付いた状態を確認できなかった。他方、木造如来立像にみられた接着剤片（黒色）や御前護身仏表面からの剥落片の表面には菌糸が根付いたような状態で発生しているのが確認できた。

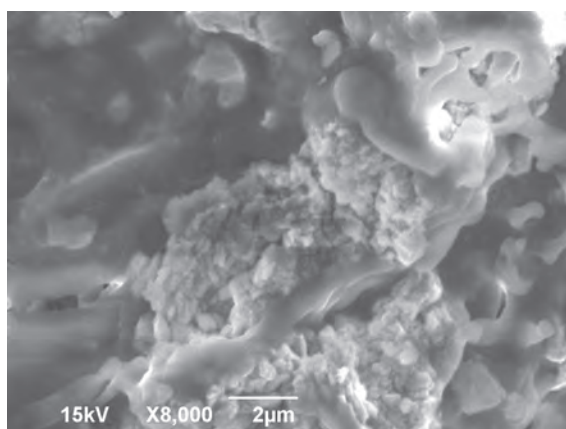


Fig.4 七瀧大聖不動明王火焰光背剥落片（彩色面）のSEM画像

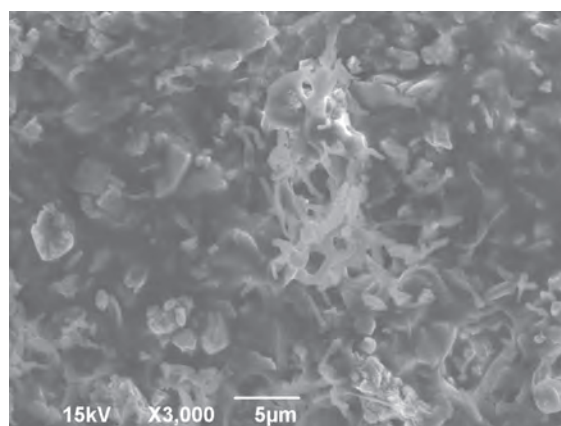


Fig.5 七瀧大聖不動明王火焰光背剥落片（彩色面）のSEM画像

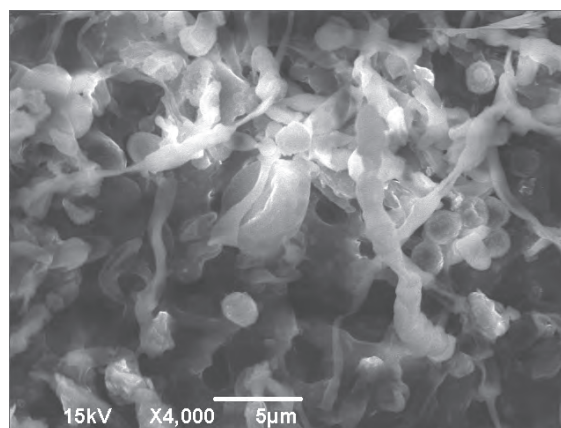


Fig.6 木造如来立像接着剤片（黒色）のSEM画像

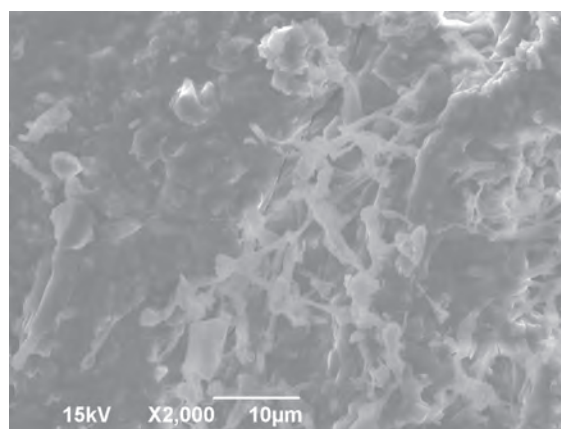


Fig.7 木造如来立像接着剤片（黒色）のSEM画像

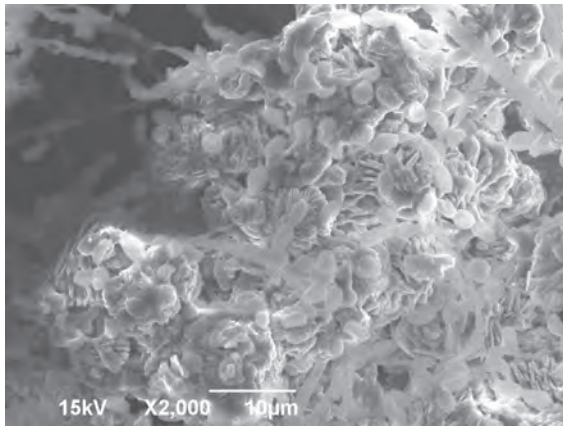


Fig.8 御前護身仏剥落片（彩色面）のSEM画像

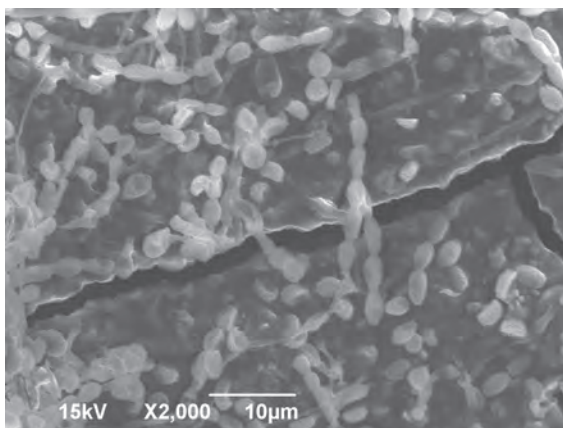


Fig.9 御前護身仏剥落片（彩色面）のSEM画像

Ⅱ型に分類されたFig4の七瀧大聖不動明王火焰光背剥落片（彩色面）の顔料粒子は比較的大きい（粒子径1～5 μm）傾向があった。これら、Ⅰ型とⅡ型の特徴から、菌糸の深部への生長は顔料粒子の大きさに依存しており、顔料粒子が大きいほど粒子同士の接着力が低下して隙間が生じやすくなり、粒子が小さい場合は深部へ入り込むことができないと考えられる。一方、顔料が混合されておらず接着剤として使用された接着剤片（特に黒色化した膠）には菌糸が根付いている傾向があった。根付いた周囲に小さな穴が生じていることから観察で多く確認されたクラックの原因の一つでもあると考えられた。また、この小さな穴は菌糸が生長する際に産生すると考えられている分解酵素由来であると考えられた。この穴の大きさは様々であり、大きくなるにつれてクラックに発展していくと考えられる。しかし、クラックへの発展理由は真菌が産生させた分解酵素のみであるとは判断しがたい。データロガーの温湿度測定結果から、温湿度も大きな要因として働いていること

も考慮する必要がある。現段階では、クラック発生は真菌による分解酵素と周囲の温湿度環境が重なって発生した複合的な劣化であると考えられる。

第三章 発生真菌の生物学的調査

SEM観察の結果、現場より採取した顔料剥落片及び膠片表面に菌糸の存在が確認できたため、真菌被害が発生していると判断した。真菌は菌種によって性質が異なる為、膠への影響を考察するには菌種の情報が必要であるが、観察調査だけでは菌種の特定は困難である。

本実験では採取した真菌を被害主要菌と仮定し、発生している真菌の分離と純粋培養から形態・生理的特徴を観察した。実験結果を実際の被害状況と比較しながら現象を検討することを目的とした。

3-1. 発生真菌の培養と菌種同定

3-1-1. 発生真菌の培養と菌種同定方法

資料の被害状況を調査する為、重度な微生物被害を受けていると判断した『御前護身仏』、『三宝荒神』の顔料剥落片からPDA培地（Difco、組成：ポテトエキス4.0 g/L、グルコース20.0 g/L、寒天15.0 g/L）を用いて分離培養し、その結果11種の真菌（菌株番号A-K）が分離された。

純粋培養させた各コロニーより少量を採取し、DNAを抽出させた。DNA抽出にはDNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) を使用した。PCRさせる為に、1サンプルにつき滅菌水25.75 μL、×10 Buffer 5.0 μL、dNTP 4.0 μL、Ex Taq 0.1 μLを分注した。1サンプルにつき2種類（ITS1、ITS4）のプライマーを5.0 μL分注した。抽出した各サンプルのDNAを5.0 μL入れ、混和させた後に95℃ 3分保持、95℃ 30秒→51℃ 30秒→72℃ 1.5分の反応を35サイクルの後、72℃ 5℃保持に設定し、サーマルサイクラーC-1000（バイオ・ラッド社）でPCRさせた。尚、それぞれのプライマー配列は表1の通りである。

表1 本研究で用いたプライマー配列

プライマー	塩基配列
ITS 1	5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'
ITS 4	5'-TCCTCCGCTTATTGATATG-3'

得られた塩基配列をウェブサイト上のBLAST (The Basic Local Alignment Search Tool) でホモロジー検索し、形態観察結果と共に菌種を同定した^{6・7)}。

3-1-2. 発生真菌の培養と菌種同定結果

DNA塩基配列を解析しホモロジー検索をした結果、全7株（菌株番号I除く分離菌全株）について種レベルで同定できた。尚、塩基配列解析が出来なかった3株は光学顕微鏡観察において全てPenicillium属菌特有のペニシリ（ホウキ状孢子形成）の産生が確認された為、属レベルの同定に留めた。

表2 主要被害真菌の菌種同定結果

菌株番号	菌種同定結果
A	<i>Penicillium</i> sp.
B	<i>Aspergillus versicolor</i>
C	<i>Coprinellus xanthothrix</i>
D	<i>Aspergillus tennesseensis</i>
E	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
F	<i>Penicillium citreonigrum</i>
G	<i>Penicillium brocae</i>
H	<i>Penicillium brocae</i>
J	<i>Penicillium</i> sp.
K	<i>Penicillium</i> sp.

同定できた菌種を総合して考察すると、ほとんどが外気及び土壌由来のものである事が推測される。また大気中より多く孢子が分離される真菌としてAspergillus属、Penicillium属、Alternaria属、Cladosporium属が挙げられるが、本菌種同定ではAlternaria属以外が検出されていた。またCoprinellus xanthothrix（菌株C）のように担子菌類の検出もあったが、分離源である御沢仏は山林中の堂内にある事と山林中に倒木が多く存在していた事から孢子が付着していたと考えられる。一般的に土壌1g中に真菌の菌糸は200~500μmが生息しているとされ、土壌の存在と土壌を持ち運ぶ生物（小動物・虫等）が大きく真菌の発生に関連していると考えられた⁸⁾。よって菌種同定と2章の環境調査の結果より、ほとんどの真菌は外部から持ち込まれた可能性が非常に高い事が言える。しかしながら、これら全てが御沢仏に付着し接着剤である膠に影響を及ぼしていたとは断言できない。分離の際はPDA培地のみしか使用しておらず栄養条件が一つに限られている為、他に多くの真菌種が存在・影響を及ぼしている事が予想された。

3-2. 温度別分離菌培養実験

3-2-1. 温度別分離菌培養実験方法

剥落片から分離された真菌（10株）の生長しや

すい温度領域を推測する為、夏季の温度を想定し17、22、27℃下でPDA培地と膠培地（飛鳥製三千本膠200g/L、粉末寒天15g/L）で培養実験した。14日間培養した後コロニー密度が高く、より菌糸を長く生長させた条件を、最も生長しやすい温度領域と推測した。また、コロニーが薄く、孢子産生を早期にさせた（粉状コロニーの形成）場合、適していない温度領域とした⁷⁾。

3-2-2. 温度別分離菌培養実験結果

実験の結果、全ての菌株が膠を栄養源として生長できる事が確認できた。Aspergillus属とCladosporium属と同定された菌株以外は、最も活発な生長をした温度が27℃であった。以上の3株は22℃と27℃において生長差が大きくなかった為、22℃以上で良好な生長が可能であると考えられた。

第四章 被害実証実験

4-1. 砥の粉下地層における真菌発生の検証

4-1-1. 砥の粉下地層真菌発生検証方法

膠が接着剤として機能している状態で真菌が発生・生長する可能性の有無、かつその生長状態が温度によって異なるかを明らかにするために検証実験をした。

また、本実験ではSEM観察によって確認できた剥落片の表面状態を再現可能かについても検討した。採取できた剥落片を蛍光X線（XRF）で元素分析した結果、全ての剥落片から鉄が検出されたことから砥の粉下地であると判断し、実験でも砥の粉下地を再現した。砥の粉（アサヒペン製）を20%三千本膠（飛鳥製）水溶液で溶き、ヒノキ木片に均一に塗り砥の粉下地層を再現した。砥の粉下地を滅菌済みのシャーレ内に設置し、御沢仏剥落片より分離した真菌（全菌株10株）を接種した。各温湿度条件は夏季温湿度調査を参考とし、シャーレ内を相対湿度100%・温度27℃、相対湿度100%・温度22℃条件に設定した。これによって各環境下における真菌の発生状態を再現した。シャーレ内の相対湿度は100%になるよう、各シャーレ内に滅菌水1.0mLを入れて調節した。接種後シャーレをパラフィルムで密閉し、恒温器内で1週間培養し、マイクロスコープによって膠表面における菌糸の発生有無と状態を観察した。

4-1-2. 砥の粉下地層真菌発生検証実験結果

各菌株から分離した真菌の22℃と27℃における成長状態を表3にまとめた。ただし、菌株Iは培養において生長が不安定であった為、結果の表から除外した。

表3 各温度下の生長状態

菌株	22℃		27℃	
	菌糸	孢子	菌糸	孢子
A	+	++	×	×
B	++	++	++	+
C	×	×	++	—
D	+	+	++	+
E	+	+	+	++
F	+	+	+	++
G	+	+	+	+
H	+	+	++	+
J	×	×	+	+
K	+	+	×	×

+: 確認、++: 多く確認、-: 確認なし、×: 生育せず

結果より、菌糸生長と孢子産生は温度によって切り替えがあり、この切り替えは相対湿度100%下の接着剤状態で可能である事が分かった。一般に、孢子産生即ち菌が繁殖を始める事はその菌種にとって生長環境が適していない事を示す⁷⁾。菌株B (*A. versicolor*)・菌株D (*A. tennensis*)・菌株E (*C. cladosporioides*)は27℃が生長しやすい温度であり、*Penicillium*属と同定された菌株(A・F・G・H・J・K)は22℃が生長しやすい温度である事から、菌種によって差があることが分かった。夏季室内温度は一日の中で約15℃～25℃の変動があり、22℃と27℃をまたいでいる。少なくとも分離菌3属間で温度によって交代するように菌糸生長(膠の分解)と孢子産生を繰り返している事が予想される。真菌の生長の流れ上、一度孢子産生状態にシフトした菌体は菌糸生長状態へ戻る事はない。しかし真菌の孢子産生は大量であり飛散する為、建物内の湿度環境下であればこのサイクルは可能であると考えられる。以上の結果より室内で示唆される危険性は第一に菌糸生長時の膠分解であるが、被験菌10株のうち高いタンパク質分解性を同属で持つ菌株B・D (*A. versicolor*・*A. tennensis*)は特に注意すべき菌種であると推測された。

本報告の砥の粉下地層真菌発生検証実験では下地層基盤に木材を使用しているが、実験中木材が吸湿している状態が確認された上、木材成分の影

響を考慮していない点が問題として挙げられる。また、本実験では温度条件22℃、および27℃についてのみ実施しており、特に22℃以下の条件のもとでどのような生長状態を示すのかも検証する必要がある。

4-2. 膠・ゼラチンの液化試験

4-2-1. 膠・ゼラチン液化試験方法

真菌(10株)の膠への各温度下の影響を検証する為、膠・ゼラチン液化試験をした⁹⁾。旭陽化学工業株式会社製三千本和膠(飛鳥)を主成分とした液化試験用膠培地(glucose 20 g/L、pepton 5 g/L、飛鳥製三千本膠200 g/L)と、比較とするゼラチン培地(glucose 20 g/L、pepton 5 g/L、粉末ゼラチン200 g/L)をオートクレーブで滅菌後、試験管に5 mL分注し、10種の菌株をそれぞれ接種した。各培地を静置培養した後、菌体より下層の膠又はゼラチン部分を1.0 mL採取し、固化温度を4℃、27℃の条件下で液化状態をみた。培養条件は各菌の分解スピードと分解しやすい温度を確認する為、①27℃・30日間、②22℃・30日間、③17℃・30日間の3パターンに分けた。尚、温度条件はPDA培養における温度設定より5℃おきに設定した。

4-2-2. 膠・ゼラチン液化試験結果

各菌株から分離した真菌を22℃と27℃で培養後に4℃と27℃で固化試験をした結果を表4(三千本膠)、表5(ゼラチン)にまとめた。ただし、菌株Iは培養において生長が不安定であった為、結果の表から除外した。

表4 三千本膠培地総合結果

培養条件 (℃)	27		22		17	
	4	27	4	27	4	27
固化温度 (℃)						
A	○	○	○	○	—	—
B	○	○	○	○	—	—
C	×	△	○	○	○	○
D	○	○	○	○	△	×
E	○	○	○	○	—	—
F	×	△	×	△	×	△
G	×	○	×	○	×	○
H	×	○	×	○	—	—
J	×	○	×	○	○	○
K	×	△	○	○	—	—

○: 液状、△: ゲル状、×: 固体状

表5 ゼラチン培地総合結果

培養温度 (℃)	27		22		17	
固化温度 (℃)	4	27	4	27	4	27
A	×	×	×	×	×	○
B	△	○	×	○	×	○
C	×	×	×	○	△	○
D	○	○	×	△	×	○
E	×	×	×	×	—	—
F	×	×	×	×	×	○
G	×	×	×	△	△	○
H	×	×	×	○	×	○
J	×	×	×	△	×	○
K	×	×	—	—	—	—

液化試験より、温度によって分解能が左右されることが推定される。また、分解に適した温度は菌株によって異なり、大きく3つのタイプに分類する事が出来た。尚、本実験では5℃毎に分けて行った為、分解に適した温度は培養温度付近領域とした。22～27℃付近において分解が可能な菌株をタイプⅠ、22℃付近が最も分解しやすい菌株をタイプⅡ、17℃付近が最も分解しやすい菌株をタイプⅢに分類した。

表6 分解最適温度領域による分類

タイプ	タイプ概要	菌株
Ⅰ	22～27℃付近で分解が可能	B、D、E
Ⅱ	22℃付近が最も分解しやすい	A、G、H、K
Ⅲ	17℃付近が最も分解しやすい	C、F、J

上記より27℃付近を最も分解しやすい温度領域とする菌株は、本実験では見受けられなかった事

が言える。しかしながら、ほとんどの菌株はPDA培地27℃下培養において良好な生長状態を示していた。つまり、液化試験結果と培養実験結果より生長状態の良好さと分解能力は比例していない事が示唆された。

第五章 総合考察

5-1. 生長及び膠分解に適した温度領域

各実験結果より生長及び膠分解に適した温度領域について考察した。

真菌の生長状態において菌糸生長段階が最も発達している状態が優良な生育温度（環境）である。よって3-2の培養実験で菌糸を長く生長させたコロニー（密度の高いコロニー）を優良生育温度下で生長したコロニーと捉え、その温度領域を生長に適した温度領域とした。

また、4-2の液化試験より最も膠を液化（分解）させた温度領域を膠分解に適した温度領域と仮定した。それぞれ総合的に考察する事を目的に、それぞれの結果を表7にまとめた。

表7の生長及び膠分解に適した温度領域より、生長に適した温度領域と膠の分解に適した温度領域は異なるといえる。しかし、他の株より分解能が高い傾向があった菌株B (*Aspergillus versicolor*)、D (*Aspergillus tennesseensis*)、E (*Cladosporium cladosporioides*) は、幅広い温度領域で膠を分解している為、生長段階とあまり関係なしに膠を分解できる菌種であると判断した。以上の3株以外で生長段階と膠分解能の関係性を考察すると、菌糸生長段階が発達した温度領域では活発に膠分解せず、胞子産生段階が早期であった温度領域では活発に膠分解をした。この事から膠分解は胞子産生段階が早期であり、生長優良環境下ではない場

表7 生長及び膠分解に適した温度領域

菌株	菌種同定結果	生長に適した温度領域	膠分解に適した温度領域
A	<i>Penicillium sp.</i>	27℃付近	22℃付近
B	<i>Aspergillus versicolor</i>	27℃付近	22～27℃付近
C	<i>Coprinellus xanthothrix</i>	27℃付近	17℃付近
D	<i>Aspergillus tennesseensis</i>	27℃付近	22～27℃付近
E	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	22～27℃付近	22～27℃付近
F	<i>Penicillium citreonigrum</i>	22℃付近	17℃付近
G	<i>Penicillium brocae</i>	27℃付近	22℃付近
H	<i>Penicillium brocae</i>	22℃付近	22℃付近
J	<i>Penicillium sp.</i>	22℃付近	17℃付近
K	<i>Penicillium sp.</i>	22～27℃付近	22℃付近

合に活発になると考えられる。

真菌の生長は、栄養源（基質）より栄養を摂取し生長する栄養相（trophophase）と、二次代謝及び繁殖（孢子産生）をする特殊相（idiophase）のように、生長段階で二つの相に分けられる。また、基本的に真菌の生長段階は一方方向であり、菌糸生長段階（栄養相）から孢子産生段階（特殊相）に移り変わることはあるが、その逆はない⁷⁾。孢子産生直前に活発に栄養を摂取（栄養源の分解）し、次世代（子）への貢献度を最大化するため、投入する物質・努力量を最大化する現象が生じていると考えられる。上記の孢子産生前の栄養摂取（分解）の活発化は各実験結果に表れており、実験結果と文献調査によって以下の内容が推測できる。第一に、孢子産生段階直前に膠分解が活発化する。第二に、菌糸生長に適した温度ではないと早期に膠分解が始まる。第三に、各菌株で膠液化の差が見られたのはシフトするタイミングが違う為であった。以上のことから孢子産生が早期であった温度は比較的膠分解能が高いと結論付けられた。

5-2. 膠分解酵素の考察

液化試験において膠・ゼラチンが液化したのは、真菌が菌体外に放出する分解酵素が原因であり、膠がコラーゲン由来のタンパク質であることから、タンパク分解酵素（プロテアーゼ）が働いたと判断できる¹⁰⁾。プロテアーゼはタンパク質加水分解の触媒を担う分解酵素である。真菌はプロテアーゼを菌体外へ放出する事によって対象であるタンパク質をペプチドレベルまで分解し、吸収する。

また真菌を含む微生物のタンパク質（天然高分子）の分解は末端から生じる事は少なく、ランダムに近い結合の切断をする事によって分解する¹¹⁾。よって、本研究で確認された液化状態でも結合の切断がプロテアーゼによってなされていたといえるが、その切断に法則性はなかったと考えられる。ただし、この切断はペプチド結合のCOOH炭素原子に対する求核攻撃をする事が先行研究において判明している¹²⁾。また、本研究における分解酵素の詳細は酵素同定を行っていない為、推測の域を出ない。更に菌株ごとにプロテアーゼの種類が異なる事から各温度下で分解能が異なった事も考えられた。本研究で結論付けた分解最適温度領域はプロテアーゼを多く産生するのに適しているのか、もしくはプロテアーゼが加水分解反応を促進させやすい温度であるのかは判断できない。

5-3. 事例環境下における膠劣化

温度によって生長段階のシフトが左右され、ある一定期間の膠分解能が温度によって変化する事は実験結果だけでなく文献からもいえるが、文化財保存現場においてその現象の関与・影響はどの程度であるか不明である。各実験の結果を総合的にまとめると、凡その菌株は22℃下で高い分解能を発揮する傾向があるといえる。そこで第2章のデータロガーによる堂内の年間温湿度測定結果に着目してみると、最も気温が上昇する夏季でも25℃以上に上昇せず、堂内の7、8月の平均温度はそれぞれ20.2℃・19.4℃であり外気の影響を大きく受けていなかった。この点から液化試験対象の菌株の大半にとって堂内の環境がかえって膠分

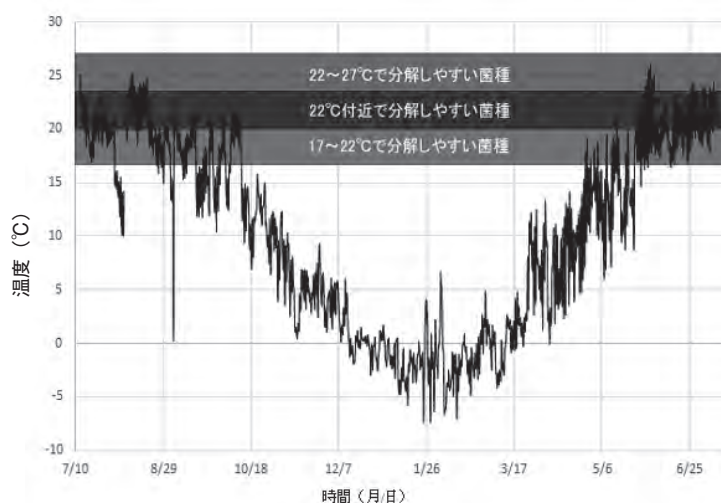


Fig.10 塩田行屋内年間温度（2013年7月から1年間）と菌種による分解しやすい温度領域

解を助長していたと考察できる。また、比較的高い分解能を示した菌株B (*Aspergillus versicolor*)、D (*Aspergillus tennesseensis*)、E (*Cladosporium cladosporioides*) の計3株は長期に渡って現場において膠を分解していた事が予想された。各実験から得られた最も分解しやすい温度領域と年間温度結果を重ねるとFig.10のようになった。

Fig.10より各菌株の分解しやすい温度領域が年間の半分(5月～10月ごろ)を占めている事が分かった。22～27℃温度領域に値する測定結果は他の温度領域に比べ少ないが、大半の菌株生長に適している17、22℃付近に値する測定結果は多い傾向にある。この事から大半の菌株が長期間膠を分解しやすい温度下で生息していたといえる。また、データロガーの結果より、年間のほとんどは湿度が90%以上あり、唯一90%から低下したのは春季の4～5月の間であった。砥の粉下地層真菌発生検証実験より湿度100%下において真菌の生育が可能である事が判明しており、液化試験で見られた著しい液化状態には短期間で達することはないが長期間であれば接着剤としての機能を低下させる劣化(分解)は可能であると考えられる。

第六章 まとめ

本研究により、塩田行屋本道内の環境についてその特徴を明らかにすることが出来た。室内は4月から6月中旬を除いて湿度が高く、本堂内の環境調査及び実験結果から本研究で分離できた菌種が膠に影響を与えていた事が示唆される。しかしながら、その影響に関する検討は、所要期間が長期にわたることとなる。尚且つ、通常の接着状態にある場合に比べて高湿度の室内環境における膠の含有水分量は明らかに多くなっているため、具体的に考察する事は困難である。ただし、接着剤片のSEM観察では発生真菌周囲に小さな穴が多く生じていた点から、ミクロスケールで真菌の分解酵素が膠を分解させていたともいえる。また、高湿度環境である点と侵入生物が多様で個体数が多い点から、微生物による劣化が物理的な劣化の一因となっているとも考えられる。真菌によって生じた小さな穴は直ちに膠の接着力に影響を与えないが、物理的障害が発生した際、大きなひび割れを誘引しやすいと判断できる。

分解酵素の各温度下の挙動及び現場(接着剤状態の膠)に対する影響、実際の接着力低下と分子量の低下に関する情報は不足しているため、これ

らの問題点を今後の課題としたい。

最後に、本研究の事例調査は所有者様のご協力があったからこそ実現出来た調査です。また、DNA塩基配列による菌種同定実験は山形大学の横山潤教授のご指導の下実施しました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 1) C. V.Horie, 『Materials for conservation -Organic consolidants, adhesives and coatings-』, 1999, pp. 142-144.
- 2) 岡田靖, 宮本晶朗, “新海宗慶(宗松)および少年期の新海竹太郎の造形的特徴における新知見—神仏分離に伴う古仏修理から得られた造形理解に関する考察—”, 『平成24年度東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター紀要 No.3』, 東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター, 2013, pp. 45-62.
- 3) 三浦定俊・佐野千絵・木川りか, 『文化財保存環境学』, 朝倉書店, p. 24.
- 4) 山形地方気象台, 『2013年7～12月の天候(山形県)』, 2013年
- 5) 山形地方気象台, 『2014年1～7月の天候(山形県)』, 2014年
- 6) 中村和憲・関口勇地, 『微生物相解析技術—目に見えない微生物を遺伝子で解析する—』, 米田出版, 2009年, p. 97.
- 7) D.H.ジェニックス・G.リゼック, 『菌類の生物学』, 京都大学学術出版会, 2011年, p. 129, pp. 149-150.
- 8) 文化財虫害研究所, 『文化財の虫菌害防除と安全の知識』, 2014年, p. 27.
- 9) 佐藤嘉則・森井順之・木川りか・太田英一・中別府良啓・中山俊介・川野邊渉, “霧島神宮の塗装部部位から分離された糸状菌の諸性質”, 『保存科学第51号』, 東京国立文化財研究所保存科学部, 2012年
- 10) 虎谷哲夫・北爪智哉・吉村徹・世良貴史・蒲池利章, 『改訂酵素 - 科学と工学』, 講談社, 2012年
- 11) 当山清善・石原昌信・与那覇和雄, “酵素による生甘藷組織の分解”, 『琉球大学農学部学術報告 第35号』, 1988年
- 12) 中江裕子・辻孝三, “高分子の微生物分解”, 『高分子vol.22 No.258』, 1973

Ⅲ 千足古墳石障石材の乾燥過程のシミュレーション解析

石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi／東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター研究員・教授

佐々木淑美 SASAKI, Juni／関西大学国際文化財・文化研究センター・PD

西田和宏 NISHIDA, Kazuhiro／岡山市埋蔵文化財センター・主任

1. はじめに

史跡造山古墳第五古墳（千足古墳）は、岡山市北区新庄下に所在し、墳長が350mにも達する巨大古墳である造山古墳の西側にまとまって存在する6基の中規模墳の1つである。発掘調査などの成果により、5世紀前半に造山古墳が築かれ、相前後して6基の中規模古墳が築かれていったと考えられる¹⁾。史跡造山古墳第五古墳は、5世紀前半の時期と推測される。

史跡造山古墳第五古墳は、径約63mの円墳の範囲が指定されているが、地形や水田地割りから、全長が81m前後の、前方部の長さが短い帆立貝形の前方後円墳である¹⁾。



図1. 千足古墳内の石障直弧文の写真（上：1936年梅原末治らにより撮影、下：2009年新納らにより撮影）

史跡造山古墳第五古墳の石障は、2009年10月の岡山大学の調査の際に表面の直弧文の劣化が確認されたため、史跡造山古墳（第五古墳）保存整備委員会が設置され、保存対策について検討された。千足古墳石障の直弧文の写真を図1に示す。左の写真は、1936年に梅原末治らにより撮影されたもので、右の写真は、2009年に、新納らにより撮影されたものである。右の写真では、直弧文の下部に剥離が見られる²⁾。そして、2011年6月に開催された保存整備委員会にて、石障保存のために石障を千足古墳より岡山市埋蔵文化財センターの保管庫まで移動し修理することが決定された。石障の移動は、2011年12月12日に行われた。

著者らは、高松塚古墳石室石材（凝灰角礫岩）の乾燥過程に関して、ドレスデン工科大学で開発した熱水分移動解析ソフト（Delphin 5）³⁾を用いて壁石内の水分量の変化を解析した⁴⁾。これは壁画修復のために、石室を解体し、石室を構成するすべての石材が、2007年8月までに、仮設修理施設に運ばれ、石材を取り巻く湿度環境が大きく変化し、その変化過程を見積もる必要があったためである。解析結果から、石室解体時の体積含水率20%から、仮設修理施設へ移された後、壁石の周囲から徐々に乾燥が進み、壁石の移設から3年後までに、石材中心部まで、ほぼ体積含水率が5%（相対湿度60%に対応する平衡含水率）に近くなり、壁石全体で体積含水率が一樣になることが計算された。

ここでは、石障に使われたものと類似した下浦石（天草砂岩）の水分特性、不飽和透水係数などの物性値を測定し、熱水分移動解析ソフト（Delphin 5）を用いて、保管庫内に置かれた石障の乾燥過程に関するシミュレーション解析を行ったので以下に報告する。

2. 石障周囲の環境

2009年に石障の損傷が発見される以前は、石室開口部まで水がたまった状態であった。石室の見

学時にポンプで水を排水することを行って来た。2009年以前は、1989年頃に水を抜いたのが最後で、最近では排水して見学することはなかった¹⁾。

千足古墳内の石障の写真を図2に示す。石障の前面の床部分が雨水の浸透水で覆われている様子がわかる。そのため、古墳内の石障と平衡する周囲の湿度は、ほぼ100%であったことが推察される。



図2. 千足古墳内の石障の様子

石障は、岡山市埋蔵文化財センターの保管庫に移動され保管されている(図3)。保管庫の湿度は、40%~60%の範囲で変化をしている。この周囲の湿度環境の変化により、石障内の水分量が大きく変化するので、その変化過程の解析を行った。



図3. 保管庫内の石障の様子

3. 砂岩の物性値

多孔質体の水分移動解析を行うためには、試料の水分特性曲線、平衡含水率曲線、不飽和透水係数などの物性値が必要である。水分特性曲線は、加圧版法、飽和塩法で求めた⁵⁾。実験には、千足古墳石障に使われている砂岩と組成の類似している下浦石(天草砂岩)を用いた。試料の乾燥密度、比熱、熱伝導率、全空隙率(total porosity)、毛

管空隙率(capillary saturation)、ドライカップ値(dry cup value)、吸水係数(water uptake coefficient)を表1に示す。表には、記号、単位、平均値、標準偏差、最小値、最大値を示している。ここで、ドライカップ値とは、試料の両端面に湿度の低い領域で異なる湿度を与え(5%および34%)、その湿度差により動く水蒸気量を測定することにより求めた試料内の水蒸気透過係数を示す物性値である⁶⁾。また、吸水係数は、乾燥した試料の片端面を水に浸し、その毛管上昇を測定することにより求めた毛管上昇速度を示す物性値である。

表1 砂岩試料の基本的物性値

項目	記号	単位	平均値	標準偏差	最小値	最大値
乾燥密度	ρ	[kg/m ³]	2385.4	307.3	2180.9	2415
比熱	c	[J/kgK]	770	16.7	742	794
熱伝導率	λ dry	[W/mK]	2.255	0.0414	2.22	2.35
全空隙率	Opor	[m ³ /m ³]	0.11	0.014	0.089	0.112
毛管空隙率	Ocap	[m ³ /m ³]	0.0773	0.0036	0.0763	0.0848
ドライカップ値	μ dry	[--]	101.46	4.97	97.94	104.98
吸水係数	Aw	[kg/m ² s ^{0.5}]	0.0102	0.0003	0.0097	0.0105

加圧版法は、圧力が30、300、2,000 hPaで試験を行い、体積含水率が安定した後、体積含水率と圧力との関係を求めた。圧力が高い条件では、平衡となるまで、ほぼ30日を要した。試料数はそれぞれ6個で、測定値の平均値を求めた。これを表2に示す。表には、圧力、温度、体積含水率の平均値、標準偏差、最小値および最大値を示している。飽和塩法では、飽和水蒸気圧の異なる次の8種類の飽和塩を用い試験を行った。MgCl₂・6H₂O、K₂CO₃・2H₂O、NaBr、NaCl、KCl、BaCl、KH₂PO₄、K₂SO₄試料数はそれぞれ10個で、それらの平均値を求めた。これを表3に示す。表には、湿度、温度、体積含水率、標準偏差、最小値、最大値を示している。湿度は、それぞれの飽和塩の試験を行った温度での平衡相対湿度を示している。

表2 砂岩試料の水分特性(加圧版法による)

圧力	温度	体積含水率 平均値	標準偏差	最小値	最大値
pc [hPa]	T [°C]	θ [%]	[%]	θ [%]	θ [%]
30	20.6	10.44	3.51	5.87	16.77
300	20.6	10.31	0.19	10.13	10.54
2000	20.9	9.31	0.09	9.18	9.45

表3 砂岩試料の水分特性（飽和塩法による）

項目	温度	体積含水率 の平均値	標準偏差	最小値	最大値
φ [%]	T [°C]	θ [%]	[%]	θ [%]	θ [%]
97.4	19.5	4.87	0.117	4.67	5.03
96	21.9	4.44	0.128	4.22	4.58
90	22	3.51	0.106	3.25	3.6
84.7	19.5	3.1	0.059	2.99	3.16
75.4	21.9	2.5	0.072	2.35	2.56
58.2	18	1.98	0.093	1.89	2.19
43.2	19.5	1.68	0.073	1.62	1.86
32.9	21	1.4	0.093	1.33	1.64

得られた水分特性曲線と平衡含水率曲線をそれぞれ、図4、図5に示す。図4において、横軸には水圧 (Pa) で示した水分ポテンシャルの値、縦軸には体積含水率を示している。ここで、水圧とは、一般的に、不飽和状態の多孔質体内の水分の圧力は負圧になるので、その圧力をPa単位で示したものである。図5に平衡含水率曲線を示す。ここでは、表2に示した圧力を、水の圧力と平衡する相対湿度の関係式を用いて相対湿度に変換している⁵⁾。横軸は相対湿度、縦軸は体積含水率である。相対湿度が100%近くでは、湿度の上昇と共に、体積含水率が急激に増加するのが分かる。また、相対湿度が60%の時、平衡する体積含水率はほぼ2%になっている。図6には、試料の間隙構造から毛細管モデルを作成し計算した透水係数と体積含水率の関係を示す。横軸は体積含水率、縦軸は透水係数を示している。

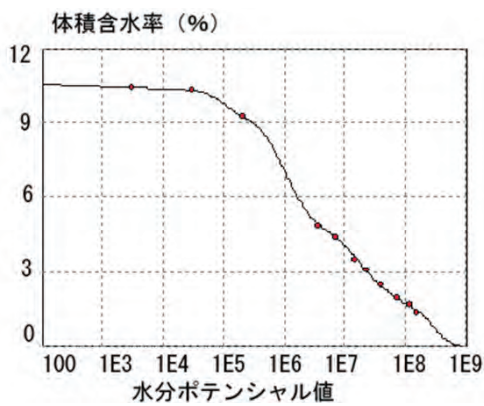


図4. 砂岩の水分特性曲線

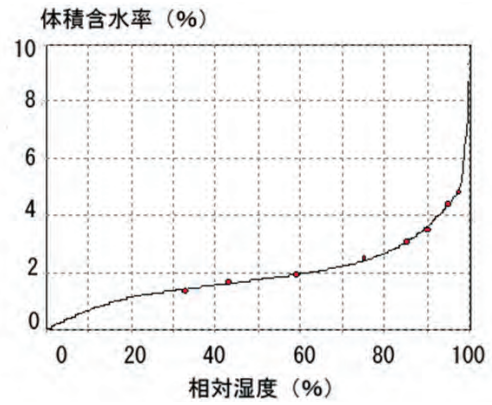


図5. 砂岩の平衡含水率曲線

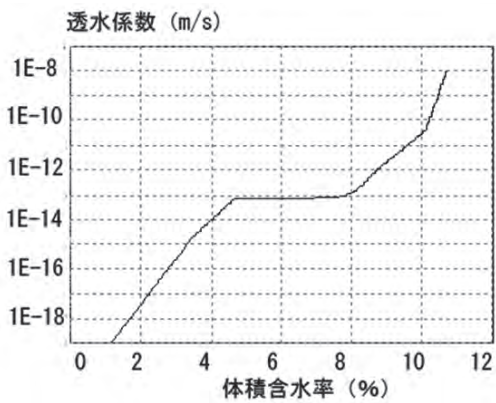


図6. 砂岩の透水係数

4. 乾燥実験によるモデルの検証

毛細管モデルにより求めた透水係数等、物性値の妥当性は、試料の吸水実験や乾燥実験によって評価することができる。本報告では、乾燥実験の結果と、上記物性値を用いて計算した結果を図7に示す。横軸に時間、縦軸に乾燥による水分量減少に伴う試料の重量変化を示している。曲線が計算結果であるが、実測結果にほぼ対応しており、モデルから求めた透水係数等の物性値の妥当性が確認された。

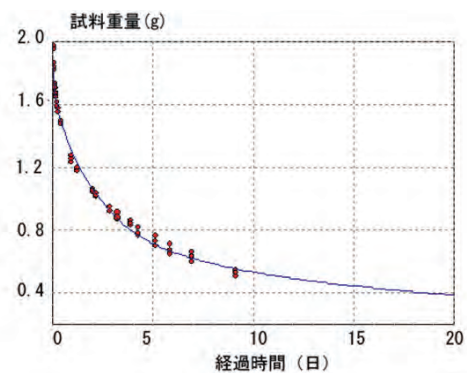


図7. 水分重量の測定値と計算値

5. 計算方法

千足古墳内に置かれていた石障が、修復のため保管庫に移動されたので、外気の温湿度変化に伴う水分量の変化に関して、千足古墳石障に類似した砂岩の物性値を用いて、熱水分移動解析プログラム（Delphin 5）により解析を行った⁷⁾。石障周囲の境界条件としては、石障が千足古墳内にあったときは、周囲湿度が100%、岡山市埋蔵文化財センターへ移された後は、室内の湿度の測定結果から60%として、石材周囲からの石材の乾燥過程に関して解析を行った。石材の大きさは、縦、横、厚さが、55cm、162cm、13cmである。なお、石障は台の上に置かれているので、石障上面および周囲から乾燥するとした。試験に用いた砂岩の飽和体積含水率は、11%であった。そのため本解析では、飽和体積含水率として11%の値を用いた。

6. 計算結果

図8a～8fに、岡山市埋蔵文化財センターの保管庫に移設した1日後、7日後、30日後、100日後、1年後、2年後の石材内の体積含水率分布を示す。それぞれ表面と示したのは、直弧文のある石障面、裏面と示したのは、直弧文のある面の反対側の石材表面である。石材の初期含水率は、体積含水率で11%であり、石材周囲の湿度が60%に変化した後、7日で石材周囲部分は体積含水率が2%になっているのが分かる（図8a～8b）。石材の平衡含水率曲線（図5）に示される様に、この体積含水率2%は、相対湿度60%に対応している。100日後は、さらに石材周囲部分の体積含水率が低下しているのが分かる（図8d）。1年後（図8e）の計算結果を見ると、石材周囲の体積含水率3%以下の部分の領域は、全体に広がり平衡含水率との差が1%以下になっていることが分かる。2年後（図8f）には、石材全体でほぼ体積含水率が一定になっているのが分かる。

実際には、試験に用いた砂岩の物性は、石障の砂岩の物性値とは、若干異なると考えられる。この点は、今後検討が必要と考えられるが、1年経過後は、石障全体でほぼ周囲の湿度に対応した平衡含水率に近くなり、石材内の水分移動が非常に小さくなることが予測される。

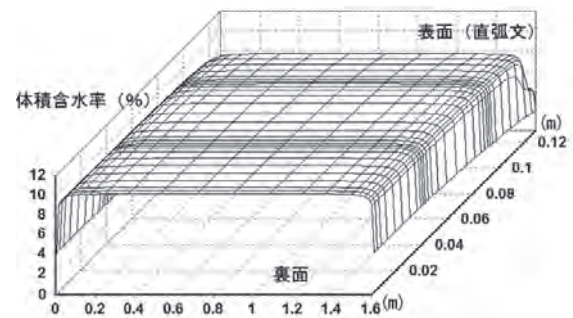


図8a. 体積含水率分布（1日後）

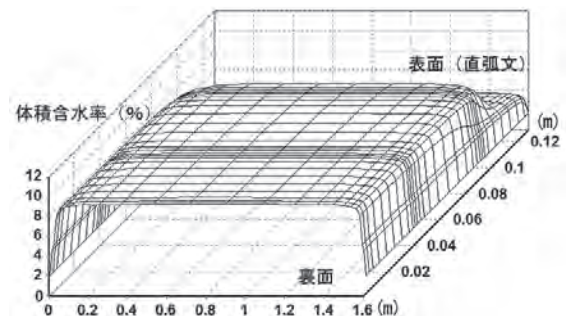


図8b. 体積含水率分布（7日後）

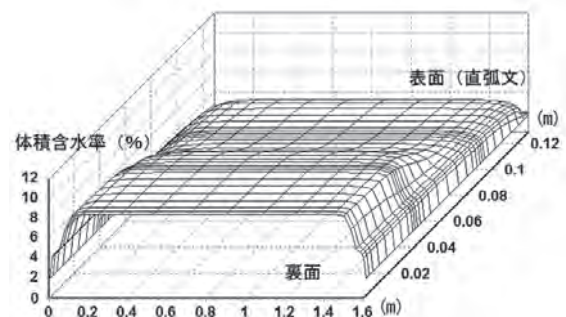


図8c. 体積含水率分布（30日後）

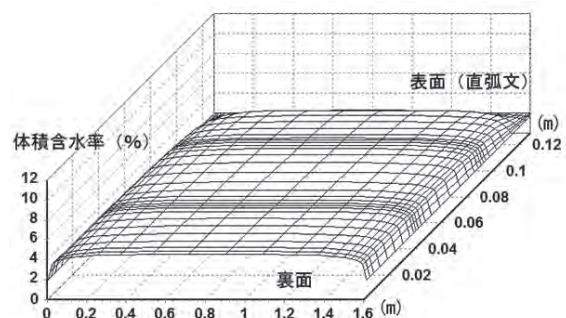


図8d. 体積含水率分布（100日後）

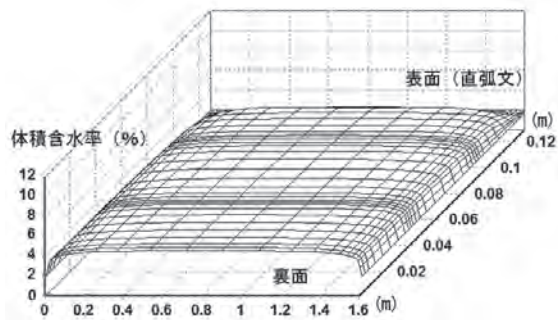


図8e. 体積含水率分布 (1年後)

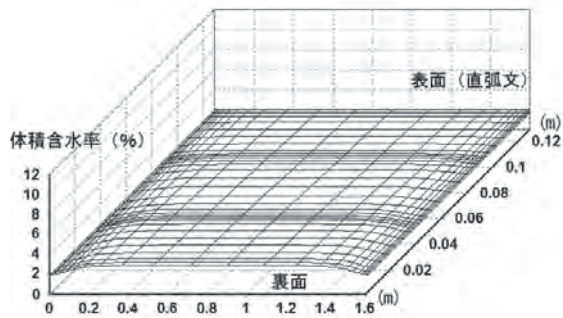


図8f. 体積含水率分布 (2年後)

7. まとめ

史跡造山古墳第五古墳の石障は、2009年10月の岡山大学の調査の際に表面の直弧文の劣化が確認されたため、史跡造山古墳（第五古墳）保存整備委員会が設置され、保存対策について検討された。2011年6月に開催された保存整備委員会にて、石障保存のために石障を千足古墳より岡山市埋蔵文化財センターの保管庫まで移動し修理することが決定された。石障の移動は、2011年12月12日に行われた。この移動のため、石障周囲の環境は、湿度が100%の状態から60%程度まで急激に下がり、それに伴い砂岩の含水率の変化も予測されたため、含水率の変化過程を熱水分移動解析ソフト (Delphin 5) により解析を行った。解析には、石障と類似した組成の下浦石 (天草砂岩) の水分特性、不飽和透水係数などの測定値を用いた。解析結果から、石障の移設から1年経過後は、石障全体ではほぼ周囲湿度に対応した平衡含水率に近くなり、ポテンシャル勾配も小さくなることから、水分移動が非常に小さくなることが予測された。実際には、試験に用いた砂岩の物性値は石障砂岩の物性値とは、若干異なると考えられるので、今後は、石障砂岩の物性値を何らかの方法で測定し、より予測精度を上げていくことを検討したいと考えている。

謝辞

本研究は、史跡造山古墳（第五古墳）保存整備委員会の調査の一環として行ったものである。石障と類似した組成を持つ下浦石 (天草砂岩) の提供をしていただいた岡山市教育委員会文化財課の草原孝典氏や現地調査で協力いただいた奈良文化財研究所高妻洋成氏、脇谷草一郎氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 岡山市教育委員会：千束古墳 第1～第4次発掘調査報告書、pp. 168. (2015)
- 2) 新納泉：岡山市千足古墳調査速報、巨大古墳の世界、岡山大学創立60周年記念シンポジウム予稿集、p. 13. (2009)
- 3) Nicolai A., J. Grunewald, R. Plagge & Scheffler G.: An Efficient Numerical Solution Method and Implementation for Coupled Heat, Moisture and Salt Transport: The Delphin Program, Research Report on Priority Program DFG SPP 1122, eds. L. Franke, G. Deckelmann & R. Espinosa-Marzal, Cuilliver Verlag, ISBN 978-3-86727-902-4, S.p.85-100 (2008)
- 4) Plagge R., T. Ishizaki and M. Inuzuka: Simulation Analysis on the Drying Process of Tuff Breccia Stone Composing the Stone Chamber of Takamatsuzuka Tumulus, p. 35-41, 保存科学, 50, (2011)
- 5) Khalil M. and T. Ishizaki: Moisture Characteristic Curves of Tuff Breccia Stone, p.11-19, 保存科学, 47, (2008)
- 6) International Standard ISO 12572 Hygrothermal performance of building materials and products Determination of water vapour transmission properties p.32 (2001)

キーワード：千足古墳 (Senzoku Tumulus)；石障 (stone wall)；湿度 (relative Humidity)；劣化 (deterioration)；水分移動解析 (simulation of moisture flow)；体積含水率 (volumetric water content)

ICCP-Bulletin 2015

受託事業報告書



平成27年度修復・調査研究

受託名	委託者	期 限	担当者
善寶寺五百羅漢像保存修復業務	宗教法人 善寶寺	平成27年5月1日 ～平成28年3月31日	藤原 徹
石巻文化センターの書画修復業務	全国美術館会議	平成27年5月1日 ～平成28年3月31日	大山 龍顕
龍巖寺天井画修理	酒田山龍巖寺	平成27年5月1日 ～平成28年3月31日	大山 龍顕
山形美術館絵画修復業務	公益財団法人山形美術館	平成27年6月1日 ～平成28年3月31日	中右恵理子 長峯 朱里
小笠原久松《艦砲の跡》保存修復 処置業務	釜石市	平成27年6月2日 ～平成28年3月31日	中右恵理子 長峯 朱里
斉藤求作『阿蘇中岳』修復業務	株式会社庄内銀行	平成27年9月1日 ～平成28年6月30日	中右恵理子 長峯 朱里
大理石像及び飛行機模型の修復業 務	個人	平成27年10月1日 ～平成28年3月31日	藤原 徹
屋外設置彫刻作品（佐藤忠良「あ ぐら」）の修復業務	宮城県立宮城県美術館	平成27年10月25日 ～平成28年3月25日	藤原 徹
南陽市唐越遺跡出土木製品の保存 修復処理業務	南陽市教育委員会	平成27年12月25日 ～平成28年3月15日	米村 祥央
佐藤広紀作『コスモス』及び『女 性図』の修復研究業務	酒田市松山文化伝承館	平成27年12月1日 ～平成28年3月18日	大山 龍顕
三内丸山遺跡北盛土保存処理	青森県教育委員会	平成28年2月1日 ～平成28年3月20日	石崎 武志 米村 祥央 澤田 正昭
ジャン＝フランソワ・ミレー作「バ ター作りの女」の光学調査業務	吉野石膏美術振興財団	平成28年2月1日 ～平成27年3月20日	米村 祥央

酒田市 酒田山龍巖寺所蔵天井画「草花図」の保存修復

大山龍顕 TATSUAKI, Oyama／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

森田早織 SAORI, Morita／文化財保存修復研究センター常勤嘱託研究員



図1 修理前¹



図2 修理後

はじめに

酒田山龍巖寺は酒田市の真言宗の古拙である。かつては酒田藩主の祈願所であり、庄内唯一の「談義所」として学問の中心でもあった^{文1}。

画題である草花図を描いた天井画は博物学的な興味から江戸時代中頃より描かれるようになり、山形でも西川町金山神社などに作例を見ることができる^{文2}。本作品の制作時期は本紙の共通性などから、年代表記のある明治6年頃の可能性がある。だとすれば、必ずしも古くはないが、180面と数が多く寺格にふさわしい規模となっている。

設置されていた間は「聖天の間」と呼ばれ位牌堂に隣接した蔵の内部にある。修繕されている為、近年損傷が大きく進行した形跡はなかったが、天井画の損傷は著しく修復することとなった。

修復は平成26年度～27年度に掛けて行った。

第一章 作品概要

- 作品名：天井画「草花図」（一部に花鳥図）
- 員数：180
- 法量：30.0cm×28.7cm（一面）
- 形状：格天井180面
- 材質技法：紙本着色
- 制作年：明治6年（1873）／「一聲」筆

昭和16（1941）／花鳥図2面²

詳細不明／「蘭汀」筆

○所蔵先：酒田山龍巖寺

○墨書：「贈 昭和十六、八 清修堂 尚信筆
（描印「藤原」）」³

「贈 昭和十六、八松雲堂」⁴

「贈 清修堂」⁵

「蘭汀」（約82面に同一銘あり）

「明治六西十二月 一聲」（図1）

第二章 損傷状態

天井画全体に経年の汚れや塵埃の付着が著しく、全体的に本紙が支持板から浮き上がり、縦横に波打っていた。

東側の外壁付近（配置図向かって左側）では温湿度変化が著しいためか、黒変や汚れが著しく図様の確認が困難な面も見られた。

損傷が少なく見えた面でも波うちと周辺部の虫損が確認されほぼ全部の面に及んでいた。

本紙が破損して剥離しているものもあり、大きく垂れ下がっている状態も見られた。

天井自体は昭和50年頃に修繕しているが、天井画はほぼそのままとみられ現状のままでは作品の劣化が進み、損傷する危険があった（図3）。



図3 修復前の状態

第三章 処置方針

損傷の状態を踏まえて、以下の方針とした。

- ・ 作品全体を天井から外して解体し裏打ち紙を交換する本格修理を行う。
- ・ 修復期間は2箇年とし、全ての天井画が修復を終えた後、天井に戻す。
- ・ 画面上の汚れや水シミ箇所については本紙に無理のない程度にクリーニングを行う。
- ・ 損傷が著しい箇所には表打ちを行い保護する。
- ・ 欠損部に地色合わせの補彩を行う。
- ・ 支持板材は原則再使用とし、割れや損傷は補強する。使用不能な状態の板については新調する。
- ・ 修復材料は本紙に対する今後の影響も考慮し、再修理可能な伝統材料を使用する。
- ・ 修復期間はベニヤ材の仮板を用意して設置し、違和感のないようにする。

第四章 修復処置

1. 天井画を格天井から外し仮板を設置した。
2. 裏面の塵埃を刷毛で除去し薄様でくるんでセンターに移送した^{文3}。
3. 修理前の損傷箇所の調書を作成し、写真撮影により状態を記録した。
4. 表面の塵埃を極柔らかい刷毛で撫でミュージアムクリーナーにより吸引して除去した。
5. 彩色箇所に剥落止めとして、粉状の彩色には蒸気吸入器を用いて霧状にした膠を噴霧し乾燥させた。その後、膠水溶液（牛膠3%）を筆で塗布して定着させた。剥落止めは彩色の状態に応じて複数回行った（鹿膠3%）。
6. 粉消しゴムを本紙表面に散布し刷毛で動かし、表面のドライクリーニングを行った。
7. 損傷、剥離していた本紙をレーヨン紙をフノリ抽出液（重量比1%）で接着させ表打ちによ

る養生を行い保護した。

8. 本紙の上にポリエステル紙とゴアテックスを重ね、吸水紙をさらに重ねて上から全体に湿りを与え、本紙周囲の糊を軟化させた後、ヘラを用いて慎重に板から解体した（図4）。



図4 支持板からの解体

9. 本紙の組成に近い紙を天然染料の矢車で染め補修紙を作成した。
10. ライトテーブル上で本紙を吸水紙とポリエステル紙の上に置き、噴霧器を用いて水を与え、画面のウェットクリーニングを行った。
11. ウェットクリーニングの後、ライトテーブル上に敷いたポリエステル紙の上に本紙を裏返して寝かせた。透過光や斜光を用いて裏打ち紙と本紙の状態を確認しながら、ピンセットを用いて旧裏打ち紙を除去した（図5）。



図5 旧肌裏紙の除去

12. 損傷を透過光で確認しながら補修紙を小麦澱粉糊（以下、新糊）で接着し補紙を行った。
13. 手漉きの楮紙（五箇山紙2.5匁）を新糊で接着させた後、撫ぜ刷毛でよく撫ぜ（肌裏打ち）、さらに楮紙（石州紙4.5匁）を重ねて裏打ちした後、仮張りに張り込み乾燥させた（図6）。

表打ちのレーヨン紙は慎重に除去した。



図6 裏打ち（肌裏後に裏打ちを重ねた）

14. 補紙の箇所にはドーサ液（牛膠1%水溶液、明礬0.1%）を塗布しにじみ止めを行った。その後、浸透の度合いを見ながら複数回行った。
15. 旧支持板をクリーニングし、表面に付着した塵埃や鉄釘を除去した。支持板は釘跡や虫損による損傷が多く、木材用パテ（sculpwood）などにより補修した。破損が著しく再使用が困難な板は新調した。
16. 楮紙を板材の周囲に新糊で接着させ、さらに下張り（下袋掛け：石州紙3.5匁、上袋掛け：石州紙4.5匁）を行った。
17. 本紙を仮張りから剥がし寸法を確認後、周囲を断ち合わせた。
18. 本紙を支持板に張り込んだ。



図7 補彩

19. 補紙の箇所に棒絵具を用いて地色合わせの補彩を行い、損傷箇所と全体の調和を図った（図7）。
20. 完成後の記録撮影を行った。
21. 修理報告書を作成した。
22. 天井に天井画を設置した。

第五章 まとめ

総数180面に及ぶ天井画は2箇年計画ということもあり、研究員だけでなく多くの学生が修復処置に参加をした。作品を移動するだけでも数が多く、傷んだ作品を梱包する方法なども工夫し、卒業研究の対象とした学生の成果ともなった^{文3}。

本稿では全画面を比較することはできないが、修復前と修復後を比較すると、クリーニングにより汚れが緩和され、虫損などにより傷み支持板から剥がれていた本紙も、裏打紙を交換したことにより補強され安定した状態となった。本紙の色調も各面ごとに汚れや褪色などにより異なっていたため、各面ごとに補彩を行い、色調の調和を図った。全体の鑑賞性が向上し描かれた図様が明瞭になったことが分かる（図1、2）。

今後も長く保存継承されることを願うばかりである。

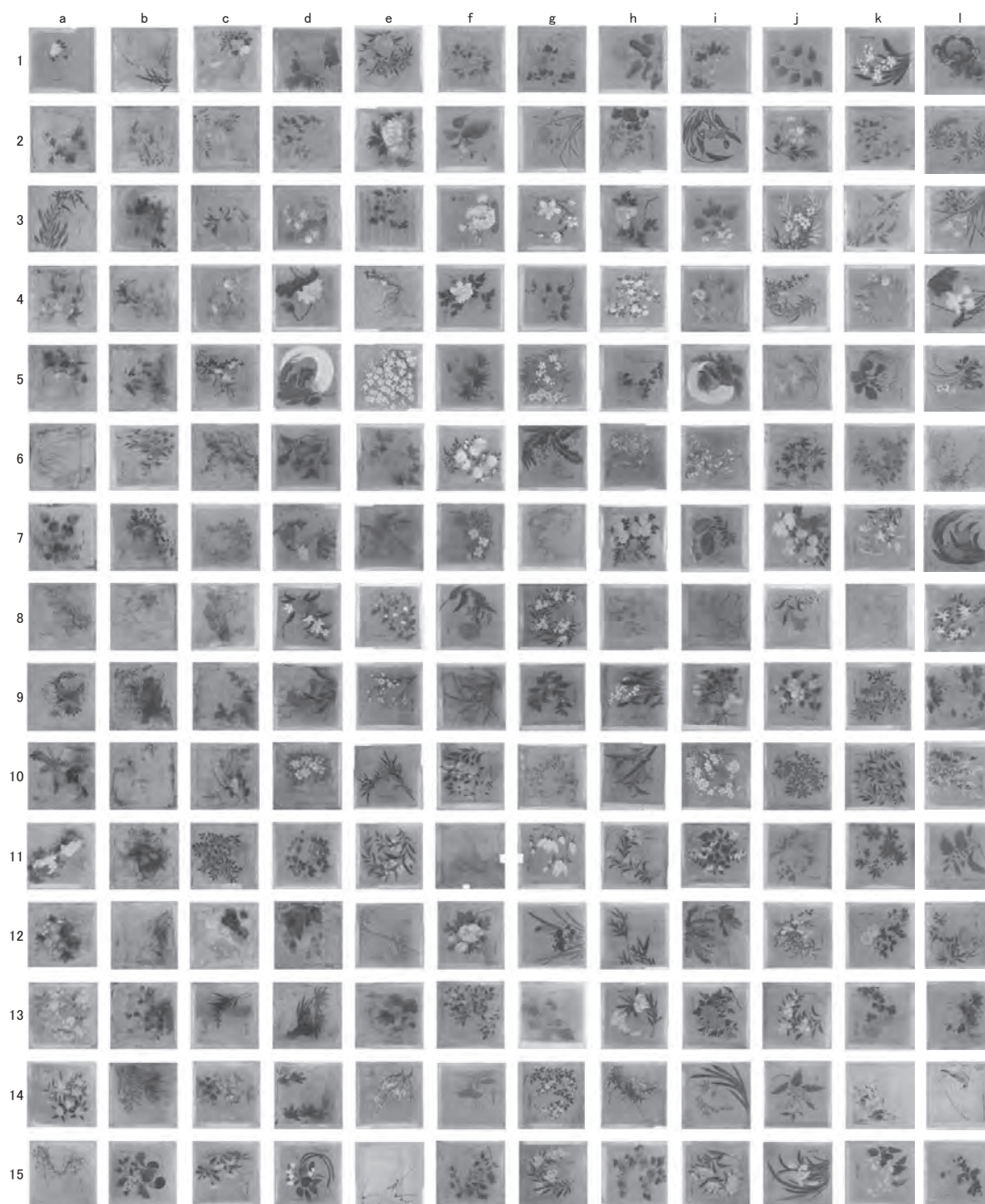


図8 天井画配置図

注)

- 1 「明治六西十二月 一聲」(図8 天井画配置図、4-a)
- 2 図8 天井画配置図、14-k、14-l
- 3 図8 天井画配置図、14-k
- 4 図8 天井画配置図、14-l
- 5 図8 天井画配置図、15-e

参考文献

- 1) 『酒田市史』酒田市役所、1954
- 2) 山田 烈「西川町内社寺の天井画」『平成25年度 文化財保存修復研究センター 研究成果報告書』pp. 73-79. 東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター、2014
- 3) 2014年度卒業論文 庄子奈津枝「龍巖寺 天井画「草花図」の調査と修復及び「文化財の梱包」について」

石巻市 石巻文化センター書画作品①「北上河畔」の保存修復

大山龍顕 TATSUAKI, Oyama／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

森田早織 SAORI, Morita／文化財保存修復研究センター常勤研究員



図1. 修復前（センター預かり時）



図2. 修復後

はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災による津波により様々な文化財も被災した。被災文化財等救援委員会による「文化財レスキュー事業」により救済されたそれらの作品は、各分野の専門機関に分けて一時保管が行われた。石巻文化センター所蔵の被災した書画作品はこれまで東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターにおいて保管を続けてきた。一時保管後の処置の進捗状況は保管した各機関における「応急処置」の解釈の違いからその後の処置と対応にはかなりの差異が生じている。

震災から復興が進む中であって、被災作品をいかにして再び石巻市に戻ることができるかは最終的な課題となっている。当センターでは全国美術館会議と協議し、石巻文化センターの書画作品を石巻市へと返還するために2箇年計画により修復を行うこととなった。

第一章 作品概要

○作品名：北上河畔

○作者：小松鬼志雄

○員数：1

○寸法：修復前：額込み：縦119.4cm×横152.8cm

見込み（厚み）3.2cm

本紙：112.2cm×横145.5cm

修復後：額込み：縦119.4cm×横152.8cm

見込み（厚み）3.2cm

本紙：112.2cm×横145.5cm

○形状：額装

○材質技法：紙本着色

○制作年：昭和55年（1980）

○備考：裏面に付箋があり画歴とともに「昭和五十五年度河北美術展河北賞」とある。

第二章 損傷状態

全体にパルプ屑と植物の付着が点在していた。

本紙は太鼓状に張り切っており、ベニヤパネルが裏面側に湾曲するまで力が掛かっていた。本紙には角皺が生じていた。本紙の右下端、左下端の絵具には剥落があった。左下部には黴痕があった（図3）。

裏面はパルプ屑の付着が下部に集中していた。擦れ、汚れの付着、釘の錆痕がみられた。

裏面に貼られた附箋はテープの変色が著しかった。額縁には塗料の亀裂と剥落があった。釘や金具には錆が析出していた。



図3 画面左下の角皺とカビ痕

第三章 処置方針

- ・本紙を解体し、裏打ち紙を交換し再額装を行う。
- ・額縁、パネル、添付されている付箋は可能な限り再使用する。
(パネルについては当初、新調を検討したが、解体後、本紙裏面に変色などは見られず、パネルの裏面に作者の住所や展覧会の出品記録などがあることから、再利用することとした。)
- ・金具等金属部分については交換する。
- ・修復材料は再修理可能な伝統材料を使用する

第四章 修復処置

以下の処置を行った。1～3については一時保管時に実施した。

1. 修理前の記録。損傷箇所の調書などを取り、写真撮影を実施。
2. 額から本紙パネルを外した。
3. 表面の付着物、パネル屑についてピンセットなどを用いてドライクリーニングによる除去を行った。
4. 額からパネルを外しパネル周囲に筆で湿りを与えて本紙をはがした(図4)。



図4 本紙裏面

5. 本紙には旧肌裏紙が二層重ねられていた。厚手の楮紙とみられたが、不均等に貼られ本紙に柔軟さが失われていた。裏面には水染みのあとも見られたことから、旧裏打ち紙の除去を行った。

本紙全体に噴霧器などにより湿りを与え、ピンセットを用いて慎重に除去した(図5)。

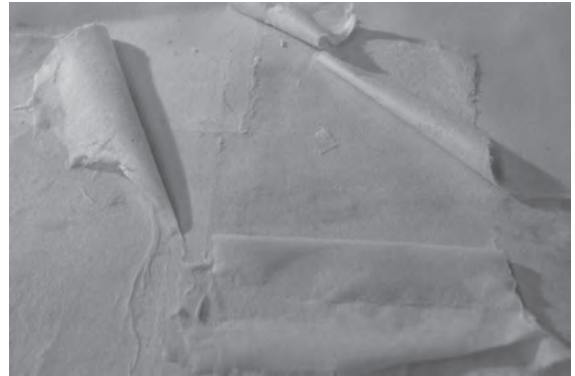


図5 裏面の旧裏打ち除去

6. 本紙裏面に手漉き和紙(五箇山紙3.6匁)を小麦澱粉糊(以下、新糊)により接着し撫ぜ刷毛でよく撫ぜ、肌裏打ちを行った。
7. 肌裏打紙の上に手漉き和紙(石州紙4.5匁)により増裏打ちを重ねて行った。仮張りに貼りこんで乾燥させた。
8. パネルに打ち込まれていた旧釘は全て除去した。画面側のベニヤの上にシナベニヤ(厚1.6mm)を中性ボンドにより接着し、木ねじにより固定した。旧パネルは作者の手作りとみられ、周辺部にベニヤの突出などが見られたため、シナベニヤを設置した後、小刀などを用いて整えた。調整により寸法の変った周辺部には中性紙ボードを設置した。
9. パネルの周囲に手漉き楮紙(石州紙4.5匁)を小麦澱粉糊(以下、新糊)により接着し、表面を手漉き和紙(石州紙)による下張りを行った(下袋掛:石州紙3.5匁、上袋掛:石州紙4.0匁)(図6)。

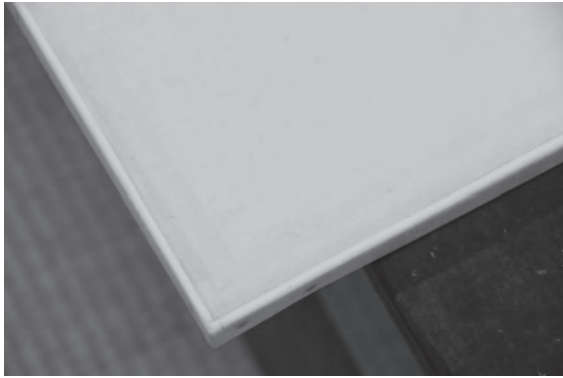


図6 旧パネルに行った補強

10. 下張りしたパネルに増し裏打ちをした本紙を張り込んだ。
11. 額の損傷箇所の補修を行った。額は表面の損傷箇所を補填（リキテックス、モデリングペースト）した後、全体に再塗装を行った。金具は腐食が進んでいたため、全て除去し交換した。
12. 額装裏面をドライクリーニングなどにより洗浄した。テープ痕はアセトンにより吸着させて洗浄を行い、テープ痕の状態を緩和させた。付箋の設置個所についてはベニヤにパラロイドB72を塗布して乾燥した後、手漉き楮紙により下張りを行った。
13. 2枚の付箋についてはテープ痕をアセトンを塗布して吸水紙に吸着させて緩和させた。その後、手漉き楮紙（五箇山紙2.5匁）による裏打ちを行い、当初の位置に接着した。
14. 顔料の剥落個所は剥落止めを行った後損傷箇所の補填、補彩を行い周囲との調和を図った。
15. 完成後の記録撮影を行った。
16. 修理報告書の作成を行った。

第五章 まとめ

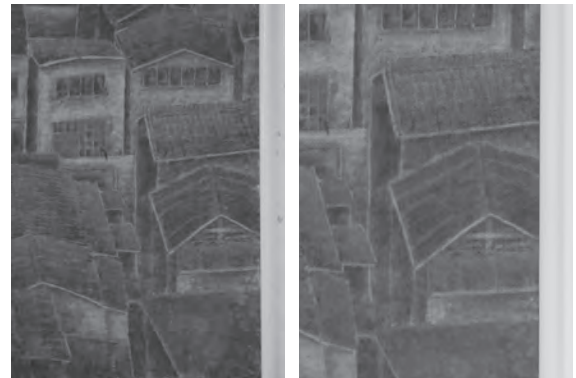


図7 左：修復前 右：修復後

本作品は文化財と呼ぶには時代が新しい作品である。素材技法としても現代の日本画の手法となっている。石巻市在住の作者の創作活動の一端であるが、現代の日本画制作活動の記録でもある。

修復前後を確認すると大きな損傷などもなかったことから全体ではあまり違いを確認することはできないかもしれない。しかし、細部を見ると、石巻文化センター近くにあった製紙工場から流出して付着したパルプや砂などが除去され、ディテールが明瞭になったことが分かる。

パネルから本紙を剥がすまで裏打ち紙の状況は確認できなかったもののカビなどの痕跡も見られたため、交換を行い安定した状態となった。

パネルに始まり、裏打ち紙や額縁と作者が手作りをしている箇所が多く、全体の印象や構成要素を変えないことで地域での創作活動の実際の状態に近い形で作品が保存されることになればと考えた。

参考文献

- 1) 報道発表「東北地方太平洋沖地震被災文化財等救援委員会（文化財レスキュー事業）について」文化庁、2011.3.31

石巻市 石巻文化センター書画作品②「猛虎図」の保存修復

大山龍顕 TATSUAKI, Oyama／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

森田早織 SAORI, Morita／文化財保存修復研究センター常勤嘱託研究員



図1 修復前



図2. 修復後¹

はじめに

本作品は東日本大震災における津波により被災した石巻文化センター書画作品の内の一点である。文化財レスキュー事業により救済後、当センターにおいて一時保管を行っていた。石巻市への返還に向けて修復することとなった。

第一章 作品概要

○作品名：猛虎図

○作者：駒井源琦カ

○員数：1

○寸法：修復前／全体：縦198.0cm 横62.0cm

本紙：縦113.9cm 横49.6cm

修復後²／全体：縦204.2cm 横61.8cm

本紙：縦113.9cm 横49.6cm

○形状：掛軸装（三段大和表具）

修復前／天地：萌黄地無地

中廻し：縹地草花紋二丁杼緞子

一文字：茶地小花唐草紋金襴

軸首：角軸

修復後／天地：萌黄地魚子地無地

中廻し：変更なし

一文字：萌黄地小花唐草紋金襴

軸首：変更なし

○材質技法：絹本着色

○制作年：不明

第二章 損傷状態

全体に経年の塵埃による汚れや本紙絹地の変色、表装裂の褪色、波打ちがある状態になっている。横折れや皺が生じ、裏打ち紙の糊離れによる浮きといった掛軸に頻繁に見られる損傷がある。中廻しは金糸の影響で裏面の紙が焼けて変色している。幸い、描写の状態は比較的良好だが、虎の牙、爪の胡粉が剥落している。津波に起因する顕著な損傷は黴痕である。特に掛軸上方、裏面上部に多く、本紙上部のカビ痕も鑑賞を妨げていた（図3）。



図3 表装裂に出たカビ痕

印籠箱にも黴痕が著しい。箱書きの墨が滲んで染みが生じていた。

第三章 処置方針

- ・黴の危険性が高いため燻蒸を行った（処置済み）。
- ・表具を解体して本格修理を行う。
- ・表装裂はカビ痕のある天地については新調する。
- ・絵具層の接着を補強するため剥落止めを行う。
- ・本紙の汚れ、カビ痕は可能な範囲で除去を行う。
- ・保存箱は新調し、桐製太巻き印籠箱と外箱を使用する
- ・修復材料は再修理可能な伝統的材料を使用する。

第四章 修復処置

修理方針に則り以下の処置を行った。

1. 修理前の写真撮影を行い、調書を作成した。
2. 柔らかい刷毛とミュージアムクリーナーを用いて、表面のドライクリーニングを行った。
3. 顔料の定着を補強をするため、薄い膠液（牛膠1%、3%を彩色箇所ごとに適宜使用）を用いて剥落止めを行った。
4. 旧表具を解体し、総裏紙を除去した。
5. 薄美濃紙（2.5匁）を天然染料（矢車）により染め、新たな肌裏紙を作成した。
6. 増裏打紙の残った本紙を吸水紙とポリエステル紙上に寝かせ、上から噴霧器でイオン交換水を与え、ウェットクリーニングを行った。
7. サクションテーブル上に吸水紙とポリエステル紙を重ねた上に本紙を寝かせ、水、過酸化水素水（3%）を用いてカビ痕の洗浄を行った。洗浄の程度は鑑賞の妨げとならない状態までとした。
8. 薄美濃紙を天然染料（矢車）で染めて古色付を行い、肌裏紙を用意した。（薄美濃紙2.5匁）
9. ライトテーブル上に敷いたポリエステル紙上に本紙を裏返しておき、全体に湿りを与え、旧増し裏打ち紙を除去し、肌裏紙についても除去した（図4）。
10. 作成した肌裏紙に小麦澱粉糊（新糊）を塗布して本紙裏面に接着し、撫ぜ刷毛で撫ぜて密着させ、肌裏紙を交換した。
11. 上下の新調に伴い、表具全体の調和を図るため、一文字と風袋の裂も交換した。再使用する中廻しはウェットクリーニングを行った後、ライトテーブル上で旧肌裏紙を除去し裏打ちを行った。（五箇山紙2.5匁）
12. 肌裏打ち後の裂と本紙の固さなどに応じて美栖紙の厚みなどを変えて全体の調和を図った（吉野美栖紙2.9g～3.7g）。
13. 本紙を裏返して置き、全体に湿りを与えて伸ばし、長期間熟成した小麦澱粉糊（古糊）を塗布した美栖紙を接着させ、撫ぜ刷毛でよく撫ぜた。打ち刷毛を入れた後仮張りに貼り込み乾燥させた。
14. 各裂の寸法を確認し断ち合わせた。旧表具の寸法を基準に整えた。
15. 各表装裂を新糊により接着させ、本紙、裂を切り継いだ（図5）。

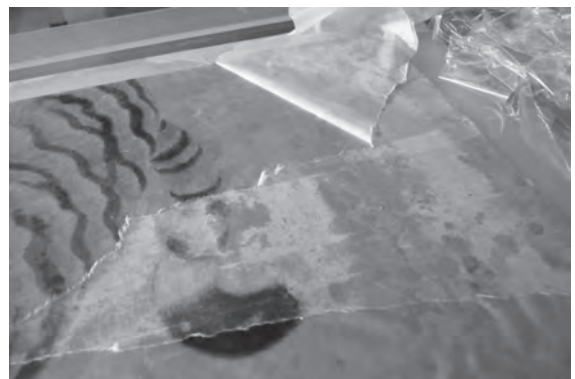


図4 旧肌裏紙の除去



図5 本紙と裂を切り継ぐ

16. 切り継いだ表具全体の裏面に中裏打ちを行い、一度乾いたのち再度湿りを入れて仮張りに張り込んだ（吉野美栖紙4.3g）（図6）。
17. 元の表具寸法を基準に耳折りをを行い、周囲に張り手付けを行った。
18. 宇陀紙（宇陀紙中肉）を長期間熟成させた小麦澱粉糊により裏打ちを行い、打刷毛で叩いて密着させる総裏打ちを行った。敷干しによる乾燥後再度湿りを入れて張り込んだ。



図6 中裏打ち

19. 風帯を縫って作成し、軸棒、八双を用意した。
20. 仮張りから剥がして裏面にイボタ臘をまぶした後、数珠で擦り裏摺りを行った。再度仮張りに貼り込み掛け軸全体の調和を図った。
21. 仮張りから剥がした後、張り手を除去し、耳鋤きを行い、軸棒、八双、座金、環、紐といった部材を取り付けた。
22. 完成後の記録撮影。
23. 桐材太巻き、桐箱、羽二重包み裂を新調して収納した。
24. 修理報告書を作成した。

第五章 まとめ

石巻文化センターの被災した書画作品のうち、損傷が著しかった掛軸で、特にカビ痕が画面上部に拡がって鑑賞の妨げとなっていた。修復処置により、大部分は洗浄で除去されて緩和された。鑑賞の妨げとなるほどではなくなったのではないかと考えている。

石巻文化センターの書画作品の修復については平成28年度も継続する。石巻市に再び作品を届け少しでも被災からの復興に繋がれば幸いである。

注)

- 1 中裏打ち後仮張り張込み時に撮影。
- 2 前掲注1時に計測。

山形美術館所蔵 作者不詳《ナイアガラ瀑布図》の保存修復

中右恵理子 NAKAU, Eriko／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

長峯朱里 NAGAMINE, Akari／文化財保存修復研究センター嘱託研究員



図1. 修復前



図2. 修復後

はじめに

明治5年から明治18年にかけて明治天皇が地方の実情をご覧になる六大巡幸が行われ、明治14年には第5回目となる北海道山形秋田巡幸が行われた。その際に山形の行在所にて陳列され、展覧されたとされているのが本作である。アメリカとカナダの国境に位置するナイアガラ瀑布を、滝の全体を眺望できるカナダ側から見て描かれている。有識者の見解によると、おおよそ1855-60年に制作されたものと推考されている。当時アメリカでは、自国の風景を絵画の主題として描く美術運動（ハドソン・リヴァー派）が広まっており、本作もその内の一点と考えられる。画面左下に「O.C.」の署名があるが、作者は不明である。美術史的観点からは、アメリカで制作され、日本に持ち込まれたと考えられるが、山形県に入った経緯や、明治14年の明治天皇巡幸時に陳列された背景などは明らかになっていない。

第一章 作品概要

- 作 者：不詳
- 作品名：ナイアガラ瀑布図
- 制作年：1855-60年と推定
- 寸 法：額 縦1104×横1407mm
作品 縦767×横1073mm
- 材質技法：油彩 / 画布

○署 名：画面左下に赤褐色の絵具で「O.C.」

○所蔵先：山形美術館

第二章 損傷状態

本作は、絵具層や地塗り層の固着状態が良く、額擦れによる剥落が画面の縁に若干みられる程度である。張り直しや修復の痕跡は見られず、描いた当初の状態で保管されていると考えられる。木枠には中棧がなく、経年により木枠にやや歪みが生じているが、作品の張りの状態は良く、制作から150年を経過している作品としては全体に良好な保存状態を保っている。作品にはワニスが塗布されているが、空や滝の一部にワニスの黄化が著しく、画面の調和を損ねている。また、黄化とともに虫糞や濃褐色のしみ状の付着物が多数見られる。画面、裏面とも経年による埃汚れの付着が著しい。木枠と作品の間に埃や異物が入り込み、画面側の周縁部に凸状の変形を生じている箇所がある。

木枠には、四つ角に楔が取り付けられているが、厚みや形状が不均一で、楔を打ち込んだ部分に木枠の変形が生じている。裏面から見て左上角の木枠の内側は部分的に欠損しており、楔も紛失している。楔を打ち込んだ後に破損し、紛失したと考えられる。また、同左上角は木枠に画布を固定している釘が数本脱落しており、画布の張りにやや

緩みが生じている。本作は、木枠を貫通して釘で額に固定されていたことから、木枠に釘穴が生じている。額にも埃汚れが付着し、レリーフ部分に欠損や剥落が生じていたほか、裏面の泥足の一部が欠損していた。

第三章 処置方針

作品の状態などの観察から、以下の処置方針を立てた。

- ・本作は、制作後から修復処置などの手がほとんど入っておらず、使用された木枠や釘なども含めて制作当時の材料が変更なく残されている点で貴重と考えられる。
- ・ワニスの黄化などにより画面の調和が損なわれている以外は、保存状態としてはほぼ良好な状態を保っている。今回の修復作業では、作品の鑑賞上、保存上の必要最低限の処置のみ行うこととし、作品に使用されている材料は出来る限りそのままの形で保管する。
- ・画面の汚れを洗浄し、ワニスの黄化の強い部分に対しては必要最低限の軽減処置を行い、画面の調和を回復する。
- ・裏面の清掃を行い、画布の変形の要因となっている支持体と木枠の間に入り込んだ異物などは出来る限り除去する。
- ・木枠に支持体を固定している釘表面の錆を除去し、錆予防の処置を施す。
- ・木枠は中棧がなくやや不安定ではあるが、張りの状態が良好なことから、現状のままとし、裏面左上角部分のみ補強処置を行う。
- ・額のレリーフの剥落部分などの美観を整えるとともに、裏面に泥足を追加し、裏蓋を取り付けることにより、裏面への埃の侵入や湿度の影響から作品を保護する。

第四章 修復処置

処置方針を踏まえ、以下の処置を行った。

1. 修復前の状態調査を行い、調書を作成した。
2. 画面に付着した埃や汚れを蒸留水を用いて除去し、中糞や褐色の付着物をメスを用いて除去した。
3. 裏面に堆積した埃をミュージウムクリーナーとケミカルスポンジを使い清掃し、木枠の内側に入り込んだ異物などをヘラで除去した。
4. 木枠裏面左上角をステンレス製L字金具で補強し、脱落していた釘を補った。
5. 木枠に支持体を固定している釘表面の錆をメスとアセトンで除去し、パラロイドB72を塗布した。
6. ワニスの黄化の強い部分にエタノール：ミネラルスピリット1:4の混合溶液を使用し、軽減処置を行った。
7. ワニスの黄化が除去しきれなかった箇所や画面周縁部の剥落箇所を修復用樹脂絵具で補彩した。
8. ダンマルワニス7%を噴霧し、全体の光沢を整えた。
9. 額の清掃を行い、レリーフの欠損部を充填・整形後、水彩絵具と樹脂絵具で補彩した。
10. 額裏面の泥足欠損部に合わせて木片を補填した後、作品の厚みに合わせ泥足を追加加工した。
11. ステンレス製T字金具で作品を額に固定後、ポリカーボネート板を裏蓋として取り付けた。
12. 修復後の状態を記録した。

第五章 まとめ

本作は作者や来歴などに不明な点が多く残されており、今後とも調査が必要とされる。作品の状態の良好さは、使用された絵画材料や技法によるところが大きいと考えられ、ある程度描き慣れた画家の手が感じられる。

参考文献

明治天皇百年祭記念 第二回明治天皇六大巡幸
霞会館 2013

山形美術館所蔵 桜井浜江《赤い風景(人物)》の保存修復

中右恵理子 NAKAU, Eriko／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

長峯朱里 NAGAMINE, Akari／文化財保存修復研究センター嘱託研究員



図1. 修復前



図2. 修復後

はじめに

当センターでは山形美術館が所蔵する山形出身の女流画家、桜井浜江の作品を平成21年度から断続的に預かり、これまで「臥像」、「壺」、「象」等の保存修復処置を行っている。本年度は、独立美術協会の初入選から約10年を経過し、阿佐ヶ谷から三鷹市に住居を移して間もない1940年の作品《赤い風景（人物）》の修復処置を行った。桜井の作品では初期のグループに属し、当時の制作手法を知る上でも貴重な作品である。

第一章 作品概要

- 作 者：桜井浜江
- 作品名：赤い風景（人物）
- 制作年：1940年
- 寸 法：額 縦1010×横1410mm
作品 縦894×横1303mm
- 材質技法：油彩 / 画布
- 署 名：画面左下に白色の絵具で「H.Sakurai」
- 裏 書：裏面中央上部に黒色の絵具で「桜井浜江」、白チョークで「152」、「3521」「123（?）」、「桜井浜江・三鷹」と書かれている。
- 所蔵先：山形美術館

第二章 損傷状態

支持体には、画面右下横方向に約46mm、中央人物の腕部分縦方向に約14mm、同裾部分縦方向に約10mmの破れが生じている。46mmの破れには裏面からセロハンテープが応急処置として貼られている。画面全体に縦方向の亀裂が入っているが、絵具の固着は良く、剥落は破れ箇所周囲と周縁部の額擦れによるものが殆どである。また、支持体には所々に変形が生じており、とくに4辺の周縁部分は内側に入り込むように変形している。

画面・裏面とも埃汚れが付着している。とくに裏面の汚れが著しく、また、全体に油染みが生じていた。支持体は釘で木枠に固定されているが、張りしろに複数個所の釘穴が見られ、過去に張り直された形跡がある。釘には全体に錆が生じている。額のかかりが少なく、画面周縁部が変形しているため、額の内側に張りしろ部分が見える状態となっている。

第三章 処置方針

作品の状態・耐溶剤テストから、以下の処置方針を立てた。

- ・本作品は作者の意向により美的な修復は望まれていない。そのため修復処置は作品の保存上または鑑賞上必要最低限のものとする。
- ・耐溶剤テストの結果、絵具層は水を使用すると色に変化してしまうため、水溶性の接着剤は使

用せず、合成樹脂系の接着剤を使用する。

- ・画面には汚れの付着が見られるが、見た目に変化与えない程度の軽度のドライクリーニングに留める。
- ・支持体の破れ箇所を補修し、強化する。
- ・支持体の変形が鑑賞上の妨げとなっていることから、変形修正を行った上で作品を再度張り込む。
- ・額装の状態を改善し、鑑賞面と保存面での安定化を図る。

第四章 修復処置

処置方針を踏まえ、以下の処置を行った。

1. 修復前の状態調査を行い、調書を作成した。
2. 絵具層及び地塗り層の浮き上がり、剥落箇所をパラロイドB72を用いて接着強化した。
3. 画面に付着した埃汚れを、プラスチック消しゴムを粉状にして吸着し軽減した。(図1)。



図1. ドライクリーニングの様子

4. 木枠から作品を取り外し、裏面に堆積した埃をミュージアムクリーナーとケミカルスポンジを使い除去した。
5. 支持体の変形部分に、ゴアテックスを用いた加湿やプレスを行い、変形を修正した。
6. 作品の破れ箇所を麻糸と膠水溶液によるかけはぎ接着で補修した(図2)。
7. 支持体の四辺にホットメルト型接着フィルム(BEVA371)を使用して麻布を接着し補強した。

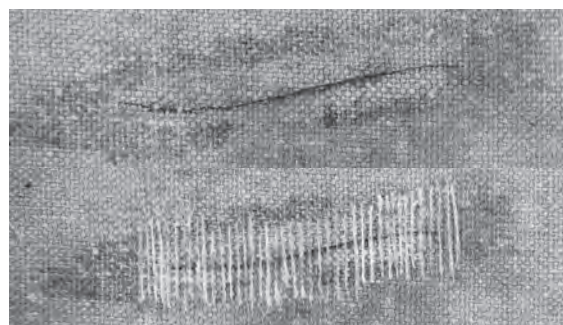


図2. かけはぎ接着前(上) 接着後(下)

8. 可動式の木枠に作品を仮張りし、支持体全体の歪みを修正した。
9. 木枠を解体し清掃後、楔を加工し、木枠を組み立てて作品を張り込んだ。
10. 画面寸法に合わせて額のかかりに面金を入れ、鑑賞性を高めた。裏面には作品の厚みに合わせて泥足を付け足し、作品をステンレス製T字金具で固定し、安定的に保管できるようにした。
11. 修復後の状態を記録した。

第五章 まとめ

桜井浜江は作品の保存について美的な修復を望んでおらず、その中で比較的損傷の大きな本作品を修復するにあたり、様々な検討を行った。従来多くの処置方法が行われている破れ箇所の補修については、本学の学生が研究課題として検証実験を行い、本作に適した補修の材料や方法を選択した。作者が自作の修復に関して何らかの意図を伝えていることは珍しく、作者の意向と作品の保存や美術館での鑑賞という必要性との間で、難しい面を多々感じた。本作に限らず、作品それぞれの背景を重視し、必要な保存処置について今後も考えたい。

釜石市郷土資料館所蔵 小笠原久松《艦砲の跡》の保存修復

中右恵理子 NAKAU, Eriko／文化財保存修復研究センター専任研究員・講師

長峯朱里 NAGAMINE, Akari／文化財保存修復研究センター嘱託研究員



図1. 修復前



図2. 修復後

はじめに

昭和20（1945）年、太平洋戦争が終局へと向かう中、全国主要都市は度重なる空襲を受け、地方都市までその猛攻が迫っていた。そんな中、釜石の大橋地区は鉄鉱資源を有し、国内では唯一自給のできる製鉄所を持つ工業都市であった。その中で「日本の重要産業を破壊し、輸送を混乱させ、日本国民の戦意を低下させるため」として、同年7月14日に三隻の快速戦艦、二隻の重巡、九隻の駆逐艦により艦砲射撃を受け、さらに、同年8月9日に三隻の快速戦艦、四隻の重巡、十隻の駆逐艦により、二度目の艦砲射撃を受けている。本作はその艦砲射撃によって釜石市の被害状況を描いた作品である。

2011年3月11日に発生した東日本大震災により作品に物が当たり一部が損壊し、本年まで保管されていたが、当センターにて修復を行うこととなった。

第一章 作品概要

○作 者：小笠原久松

○作品名：艦砲の跡

○制作年：1945（昭和20）年と推定

○寸 法：額 縦886×横766mm

作品 縦605×横727mm

○材質技法：油彩 / 画布

○裏 書：裏面中央に黒色の絵具で「艦砲の跡」
「小笠原久松」と書かれている。

○所蔵先：釜石市郷土資料館

第二章 損傷状態

本作品は張りしろに旧絵具層が見られ、過去に大きな別作品を描いた後現在のキャンバスサイズに切り取り、張り直した上で描かれたものと推測される。東日本大震災による損傷として画面中央に天地方向の破れが13センチほど生じており、破れの周囲には地塗り・絵具層の浮き上がり、剥落が多く生じている。また支持体は破れ時の衝撃により破れ箇所付近が大きく変形しており、破れた部分の繊維が画面に露出している。その他の絵具層の固着は比較的良好だが、張りしろ部分に旧絵具層の浮き上がり、亀裂、剥落が散見される。

作品を張り込んでいる木枠の構造は打ち付け接ぎで、木材は杉と思われる。画面側には支持体が接触しないための傾斜がついておらず、板を組んで角を釘で固定した手製と考えられる。打ち付けた釘が画面側に出ており、作品に凸状の変形を生じさせている。

第三章 処置方針

作品の状態などの観察から、以下の処置方針を立てた。

- ・画面中央の破れにかけはぎ接着を行い、破れ部分の補修及び強度を回復させる。
- ・中央の破れ箇所及び絵具層・地塗り層の欠失箇所が本作品の美観を損なっている。これらの損傷箇所が目立たないようにするため最小限の補彩を行い、美観を回復させる。
- ・本作には裏書に作者が書いたと思われる作品名とサインが見られる。作品構造の強化として張り込み時にルースライニングを行うが、薄手のものを使用し裏書を確認できるものを選択する。
- ・木枠は打ち付け接ぎで形状的に不安定であり、作品の保管に最適ではないため、新調した木枠に作品を張り直し構造の安定化を図る。本作は旧絵具層が張りしろにまで及んでいるため、張り込み時に絵具層を傷つけない為に旧釘穴を再利用する。残った旧木枠は清掃を行い、資料として釜石市郷土資料館で保管する。
- ・額の表側は部分的な欠損や塗装の剥落が見られるため欠損部分に充填と補彩を行い、形態を整える。
- ・作品を額に入れた際に2-5mmの隙間が見られ、また泥足の不足・作品固定方法の改善が必要と考えられた。よって額裏面は保管に適した形へと改良を行う。

第四章 修復処置

修復方針を踏まえ、以下の処置を行った。

1. 修復前の状態調査を行い、調書を作成した。
2. 絵具層及び地塗り層の浮き上がり、剥落箇所を5%と10%の膠水溶液で接着強化した。
3. 画面表面に付着した埃などを蒸留水で湿らせた綿棒を用いて洗浄した。
4. 木枠から作品を取り外し、裏面に付着した埃などを取り除いた。
5. 支持体の変形部分に、ゴアテックスを用いた加湿やプレスを行い、変形を修正した。
6. 作品の破れ部分に麻糸と膠水溶液5%でかけはぎ接着を行った(図3)。

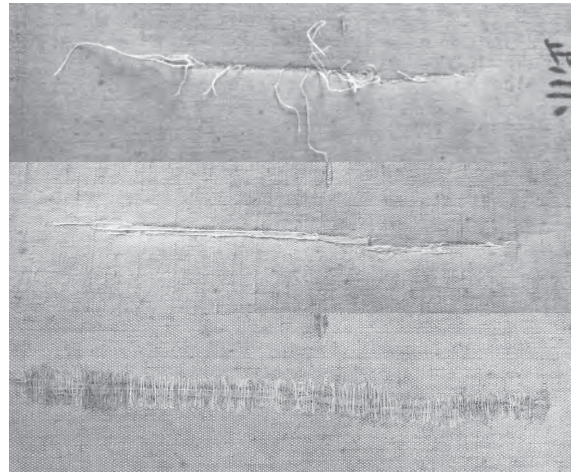


図3. 経糸接着前(上) 経糸接着後(中) かけはぎ接着後(下)

7. 支持体の四辺にホットメルト型接着フィルム(BEVA371)を使用して麻布を接着し、張りしろを補強した。
8. 新規木枠にポリエステル布を張り込んだ後、ステンレス製タックスで作品を張り込んだ。
9. 絵具層及び地塗り層の欠損部に石膏と膠を合わせたペーストを充填し、整形を行った上で補彩した。
10. 額構造の改良を外部業者に委託し、作品の保存環境を向上させた。さらに額縁の清掃および欠損部分の充填整形、補彩を行うことで美観を回復させた。
11. 修復後の状態を記録した。

第五章 まとめ

本作の損傷は画面中央の破れが主として見られる。今回の処置はこれ以上の劣化の進行を防ぎ、鑑賞性を向上させることを目的として行った。加えて、作品裏面にルースライニングを行うことで、脆弱化した支持体の保管や取扱いの際の安全性を確保した。処置の終えた本作が釜石市郷土資料館において、歴史や文化の大事な資料として末永く保存・展示され多くの方に愛されることを願う。

立体作品(1)

宮城県丸森町 青葉山神神社所蔵「眷属 狼像」の保存修復

藤原 徹 FUJIWARA, Toru／文化財保存修復研究センター研究員・教授

高橋 梓 TAKAHASHI, Azusa／美術・文化財保存修復学科保存修復コース立体修復専攻4年



図1. 青葉山神神社での様子



図2. 1号処置前



図3. 2号処置前



図4. 3号処置前



図5. 1号処置後



図6. 2号処置後



図7. 3号処置後

はじめに

東北芸術工科大学文化財保存修復センターで、宮城県伊具郡丸森町の青葉山神社に所蔵されている狼の姿を模した木彫像を3体お預かりした。

青葉山神社は丸森町大内字青葉西の車道脇の小高い場所に鎮座している。社殿内は傷み、狼像も目視でもわかるほどに、木材腐朽や虫害によって損傷を受けていることが分かった。

狼像を発見した村田町の歴史みらい館の学芸員である石黒伸一郎氏の先行研究に則り、像をそれぞれ1号、2号、3号と区別し、それぞれに修復処置を行った。

第一章 作品概要

作家名) 不明 (後藤銭冶¹か?)

制作年代) 不明 (江戸終わり頃²か?)

材料) 針葉樹

技法) 一木造り

所蔵) 宮城県伊具郡丸森町 青葉山神社

寸法) ①: H52.2×W15.6×D26.0 (cm)

②: H52.8×W13.0×D32.0 (cm)

③: H55.5×W14.0×D29.5 (cm)

重量) ①: 5.00kg

②: 4.98kg

③: 4.64kg

第二章 損傷状態

木材腐朽による早材の粉状化による欠失によって、表面の欠落や内部の空洞化が進み、持ち上げたり触れたりした際に表面が軽く沈み込むような状態であった。

3体とも同じ環境下に置かれていたためか、目視観察から得られた損傷状態には共通点が見られた。目視観察で得られた各像の損傷状態は以下の通りである。

(共通の損傷状態は●、共通ではない損傷は○で示す。)

- 木材の日焼け
- 木材腐朽による脱落、欠損、粉状化
- 害虫による虫食孔、虫糞、虫巣、卵の付着
- 干割れと亀裂
- 像底に異物や砂、虫糞などの付着物
- 右耳後ろの付着物 ①
- 上吻部の欠失 ①
- 茶色い付着物 ③
- 後補痕と思われる別材の接合 ③

○植物の付着 ③

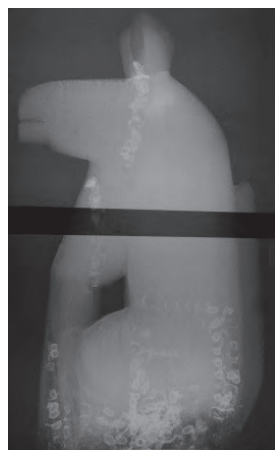


図8. ③の内部に見られる虫害

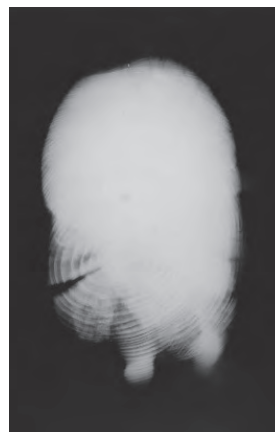


図9. 木芯の位置



図10. 発見したヤマトシミ



図11. 発見したクサギカメムシ



図12. トゲアシベッコウバチ

第三章 処置方針

作品の状態から、以下の処置方針を立てた。

1. 害虫の駆除
2. 早材木材腐朽による粉状化の強度回復
3. 虫害、木材腐朽による内部の空洞化

第四章 処置実験

修復処置をする上で、下記の実験を行った。

1. 含浸材選定実験
2. 充填剤選定実験

含浸するための樹脂を選定するためにテストピースを作成し、実験を行った。

①10種類の含浸液を20mlずつ作成した。

A. パラロイド B72 10%アセトン

B. パラロイド B72 10%アセトン・エタノー

ル（５：５）

C. パラロイド B72 10%エタノール・蒸留水（１：９）

D. パラロイド B72 15%トルエン

E. パラロイド B72 10%キシレン

F. トレハロース30パーセント溶液

G. PSNY6

- ②テストピースとして、腐朽木材の大きさを統一して切り取った。木材を乾燥させるために重量が変わらなくなるまでドライヤーで乾燥させた。
- ③エコーチップを使用し、それぞれのテストピースの強度を測定した。
- ④サンプルボトルに入れた含浸液に、木口面を下にして入れ蓋を閉じて密閉した。
- ⑤24時間含浸させた。
- ⑥24時間後、テストピースをサンプルボトルから取り出し、更に24時間排気ダクトで排気しながら乾燥させた。
- ⑦乾燥させたのち、エコーチップで強度を測定した。

○結果

テストピースの重量と強度の変化は表1のとおりである。

表1. 含浸材選定実験結果

No	重量				強度	
	実験前 (g)	実験後 (g)	増加量 (g)	浸透率	実験前	実験後
A	2.43	2.74	0.31	0.11	265	256.5
B	3.21	4.32	1.11	0.35	184	301.8
C	2.26	2.53	0.27	0.12	251	267.2
D	2.73	3.22	0.49	0.18	251	252.9
E	2.04	2.10	0.06	0.03	235	290.1
F	1.82	2.98	1.16	0.64	218	274.5
G	2.95	3.80	0.85	0.29	273	285

表1のような結果が得られた。強度と濡れ色に関して、実際に手で触れた際の触感を参考とし、再度選定を行った。

表2. 含浸材選定実験結果

	A	B	C	D	E	F	G
強度	×	◎	○	○	◎	◎	○
濡れ色	○	◎	○	△	△	○	△

以上の結果、BのパラロイドB72の10%アセトン・エタノール（５：５）とGのPSNY6が浸透率、

強度ともに良好であった。

しかし、PSNY6は今回使用した含浸材の中で比較的高価であり、作品を含浸させるために必要な含浸液の量を得ることは難しいと判断した。また、PSNY6は作品を完全に乾燥させることが必要であったため、浸透率、強度、濡れ色の点すべて良好と判断したパラロイド B72の10%アセトン・エタノール（５：５）を修復処置を行うために使用する事とした。



図13. 含浸テスト



図14. エコーチップ

・充填材選定実験

充填を行う充填材の選定するために以下の実験を行った。

実験試料・道具

- ・セメダイン Cウッドシール
- ・コニシ 木部シール
- ・コニシ ボンドウッドパテ
- ・コニシ ボンドウッドエポキシ
- ・セレクトナイン人工木材（補修用人工木材 エポキシレジン）
- ・EPOXY RESIN AW106 Hardewer HV953U
- ・砥の粉
- ・木粉（桐・杉）
- ・パラロイドB72

実験方法

- ①木材に直径1cmの穴をあけ、以下の木工パテを充填した。
 - A. セメダイン Cウッドシール
 - B. コニシ 木部シール
 - C. コニシ ボンドウッドパテ
 - D. コニシ ボンドウッドエポキシ
 - E. セレクトナイン人工木材（補修用人工木材 エポキシレジン）
 - F. EPOXY RESIN AW106 Hardewer HV953U+ 木粉（杉）
 - G. パラロイドB72 20%アセトン+砥の粉
 - H. パラロイドB72 15%アセトン+砥の粉
 - I. パラロイドB72 20%アセトン+木粉（桐）

- J. パラロイドB72 15%アセトン+木粉(桐)
 K. パラロイドB72 40%アセトン+砥の粉
 ②24時間硬化させた。
 ③それぞれの硬化前と硬化後の充填材の減り、強度、柔軟性、作業効率について比較し、選定を行った。

表3. 充填材選定実験評価結果

充填材	減り	強度	柔軟性	作業効率
A. セメダインCウッドシール	×	○	◎	○
B. コニシ木部シール	×	○	◎	○
C. コニシボンドウッドパテ	○	○	○	◎
D. コニシボンドエポキシ	○	◎	×	○
E. セレクトナイン人工木材	◎	◎	×	◎
F. EPOXY RESIN AW106 Hardewer HV953U	◎	◎	×	×
G. パラロイドB72 アセトン20%+砥の粉	○	○	△	△
H. パラロイドB72 アセトン15%+砥の粉	○	○	△	△
I. パラロイドB72 アセトン20%+木粉	○	○	△	△
J. パラロイドB72 アセトン15%+木粉	○	○	△	△
K. パラロイドB72 アセトン40%+砥の粉	○	◎	△	×

処置を行う箇所は、像底面という地面との接触の多い部分であり、十分な強度が必要である。また、本作は像重心が傾いているため、像が平行になるように充填成形する必要があった。その問題に対して、充填材のセレクトナイン人工木材は硬化後の成形が可能なため、作業効率の面から考え、修復処置に使用することとした。

第五章 修復処置

2つの選定実験の結果を踏え、以下の処置を行った。

1. 低酸素濃度殺虫処理。
2. 修理前記録をとり調書を作成。
3. ドライクリーニング。
4. 低圧樹脂含侵
5. 充填



図15. 低圧樹脂含侵の作業中

- ・含浸後の重量
 1号：6.10kg (+1.10kg)
 2号：5.06kg (+0.06kg)
 3号：5.44kg (+0.68kg)

第六章 まとめ

狼信仰は日本の多くの場所で見受けられるが、その歴史と実態は系統立てられていない。この狼像は博物館ではなく、害虫の多い元の神社に戻されることを考慮して合成樹脂を使用して修復を行ったが、後世において修理部分が明確に判別できることと、害虫の被害を少なくするよう心がけて処置を行った。

注

- 1 2号の展示を村田町歴史みらい館で行った際、自分の祖父が制作したという証言に基づく。丸森町出身の造園業を行い、自主制作で動物をモチーフとした作品を神社などに奉納していた人物である。
- 2 脚注1と同様、証言に基づく。

参考文献

- 1) 『文化財害虫辞典』 東京文化財研究所 技報堂、2001
- 2) 『伝統的修復材料及び合成樹脂に関する調査報告書』 国立文化財機構東京文化財研究所、2009
- 3) 石黒伸一郎『宮城県南部の狼信仰』 東北民俗第48輯、2014
- 4) 栗栖健『日本人とオオカミ：世界でも特異なその関係と歴史』 雄山閣、2015

山形市個人蔵「衣装箆笥」の保存修復

藤原 徹 FUJIWARA, Toru／文化財保存修復研究センター研究員・教授

吉田彩乃 YOSHIDA, Ayano／美術・文化財保存修復学科保存修復コース立体修復専攻4年



図1. 処置前



図2. 処置後



図3. 処置前

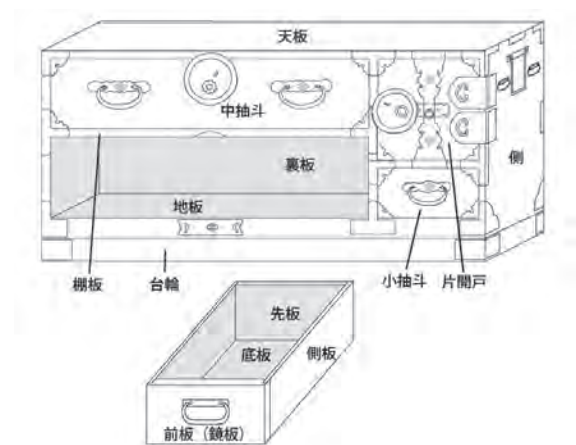


図4. 箆笥各部の名称

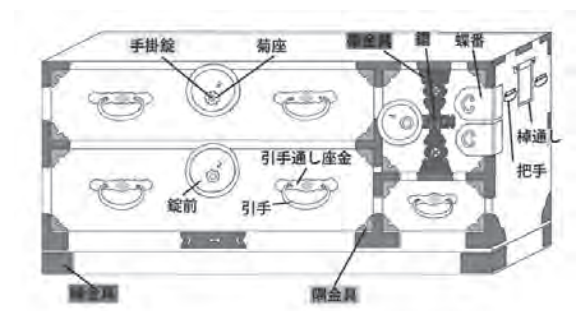


図5. 箆笥の金具各部の名称

はじめに

この箆笥は個人蔵のものであったが祖母の思いでの品であり、どうしても修復してほしいと懇願されお預りすることとなった。博物館の所蔵品ばかりではなく市井の方の思い出になる品から学生共々学べることが多いと判断し、修復処置を行った。

第一章 作品概要

- 名 称：箆笥（衣装箆笥）
- 寸 法：高さ 51.1cm（約1尺7寸）
横 幅 106.0cm（約3尺5寸）
奥 行 43.6cm（約1尺4寸）
- 材 料：木材（針葉樹、広葉樹）、鉄、漆
- 製作年代：不明
- 製作者：不明
- 所 蔵：個人蔵

第二章 損傷状態

・外面で確認できた損傷

一見大きな破損は見受けられないが、細かく観察していくと、100年ほど使い込まれた家具だけあって多くの損傷が見られた。金具は錆び、多くの打痕、引っ掻き傷、木材の収縮による隙間、鍵の破損で引戸が閉まらない、落書き、透き漆の日

焼け等の問題が生じていた。修復処置を行う際に処置作業が多岐にわたると予想されたため、処置手順を検討する必要があった。

正面	・塗膜の剥離・欠損・打痕・擦れ金具の腐食・塗膜の変色
背面	・塗膜の剥離・亀裂・欠損・割れ・打痕・擦れ・金具の腐食・付着物（埃、虫の繭、薄黄色の付着物）・木材の歪み・塗膜の変色
上面	・塗膜の剥離・亀裂・欠損・割れ・打痕・擦れ・塗膜の変色
底面	・付着物（埃、蜘蛛の巣、虫の繭）
右側面	・塗膜の剥離・打痕・擦れ・金具の腐食・付着物（薄黄色の付着物）・塗膜の汚れ
左側面	・塗膜の剥離・亀裂・欠損・打痕・擦れ・金具の腐食・落書き・金具の歪み・塗膜の変色

・内面で確認できた損傷

小抽斗上段	・染み（紺色、紫色、褐色） ・付着物（劣化した輪ゴム）
小抽斗中段	・染み（茶色）
小抽斗下段	・染み（黒色、紺色）
中抽斗上段	・亀裂・欠損・割れ
中抽斗下段	・亀裂・割れ

第三章 処置方針

本資料は、美術品ではなく長年一般家庭で使用、保管され今後も使用される予定の家具である。このことから、本修復においては以下の3項目に重点をおき処置方針を検討した。

1点目は、箆筒として十分機能できる状態にすることである。箆筒とは物を収納し、保管するためのものである。本来の用途を為さなければ意味がない。使用を続けることは難しいであろう。しかし、本資料は現段階では箆筒として使用するには好ましくない状態であると考ええる。例えば、裏板の割れは主たる原因である。乾燥収縮によると思われる割れによって背面には最大で幅5mm弱もの隙間が生じている。そのため害虫や埃などの物の保管の妨げとなる要因が容易に侵入可能な状態となっている。実際に資料の内部からヒメマルカツオブシムシの抜け殻が発見されているが、これが割れから侵入したかは定かではない。しかし、

今後ヒメマルカツオブシムシという害虫が生息する場所で使用するのならば、隙間を埋めることが必要である。中抽斗にも割れがあるが、こちらは収納物に直接触れられる位置ということでより丁寧に処置が必要と考えられる。

2点目は美観を整えることである。箆筒としての機能に問題がなかったとしても、依頼者が「生活空間に置いておきたくない」というような思いをもってしまうような外観であれば、依頼者の意向に沿うことができたとはいえない。また、漆塗りの箆筒が一般家庭で放置されれば、劣化や損傷の進行が懸念される。そのため、文化財修復の原則であるオリジナリティの保護からは逸脱することになるが本資料の美観を整えるために塗装の塗り直しなどを行うこととした。ただし、元々の塗膜を全て除去し、塗り直しをして新品同様に完全に綺麗にすることはしない。それでは修復ではなく修理になってしまうためだ。美観を整えつつ、なるべくオリジナリティを残すことに留意した。これは、3点目の重要な考え方につながる。

3点目は必要以上に介入しないということである。これは最も大切なことで文化財の修復分野では当たり前のことである。これまで、本資料は家具であるという考え方で修復方針を述べたが、安易な気持ちで処置を施すのではなく、資料のオリジナリティに手を加える際には一歩踏み止まって、その必要性を再考しながら慎重に処置を行うことが重要であると考えた。



図5. 金属部の腐食



図6. 漆塗膜の劣化

・分光測色計による観察

分光測色計によって、本資料の塗膜に露出していた箇所と金具によって露出していなかった箇所の色を計測し、紫外線によって漆がどのように変色するのかを確認した。

分光測色計は平面上でなければ計測ができないため、中抽斗上段と小抽斗中段を、前板が上になるよう立て、大気中に露出していた箇所と錠前によって隠れていた箇所を測定した。また、得られた数値から、それぞれの色差を計算した。

結果

結果は以下の表の通りである。

表 1. 測色結果

測定箇所	L *	a *	b *
中抽斗前板 露出部分	26.99	+2.80	+1.67
中抽斗前板 非露出部分	32.09	+12.31	+8.77
小抽斗前板 露出部分	27.38	+4.69	+2.48
小抽斗前板 非露出部分	29.62	+7.41	+4.69

中抽斗内での色差 $\Delta E^*ab = 12.92$

小抽斗内での色差 $\Delta E^*ab = 4.16$

考察

中抽斗も小抽斗も、すべての数値において非露出部分の数値の方が大きく、露出部分よりも明るく鮮やかな色であることがわかった。また、中抽斗と小抽斗では色差に大きな差があり、小抽斗の方が露出部と非露出部の色差が小さかった。この色差の数値の違いは、小抽斗が片開き戸によって紫外線に当たる機会が少なかったことが関係していると考えられる。

以上のことから、紫外線のあたる時間が長いほど変色が進み、くすんだ暗い色へと変化することが確認できた。

第五章 修復処置

処置方針を踏まえ、以下の処置を行った。

1. 低酸素濃度殺虫処理。
2. 修理前の記録調書の作成。
3. 金具の取り外し。
4. 清掃、付着物の除去
5. 裏板の取り外しと割れ部の接着。
6. 干割れと亀裂を木片により埋める。
7. 釘穴の補強と欠損部の充填。
8. 表面の再塗装と補彩（木地呂漆）
9. 金具の漆の焼付け塗装
10. 再組立て。

第六章 まとめ

この箆箆を修復するにあたり、江戸時代中期から普及が始まり明治時代において飛躍的に発展した歴史が見えてきた。現在では建築自体に収納スペースを設けるようになり、生産は衰退している。しかし、その文化や形体には今だノスタルジックな趣が残り、若者にも少なからず好まれている。修復するにあたりその趣性と実用性を考慮しながら

ら処置を行うこととなった。

参考文献

- 1) 稲葉政満・村本聡子・土屋順子・増田勝彦「アルカリ溶液による緑青焼けの防止」『文化財保存修復学会』, No.42, pp. 35-40. 1998
- 2) 軽部早苗「椿貞雄作《菊子遊戯之図》（山形大学附属博物館像）をめぐって」『山形大学大学院社会文化システム研究科紀要3』、2006

立体作品(3)

米沢市上杉博物館所蔵 阿部誠「バスの中で」の保存修復

藤原 徹 FUJIWARA,Toru／東北芸術工科大学教授

金澤 馨 KANAZAWA,Kaoru／美術・文化財保存修復コース 立体修復専攻4年



図1. 処置前

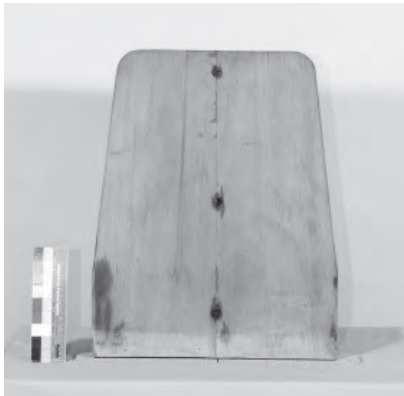


図2. 処置前



図3. 処置後

はじめに

阿部誠は1932年に山形県長井市生まれの彫刻家であり、1963年から1980年にかけて精力的に作品発表した作家である。特に彫刻家集団SASに参加し国画展に数多く出品しているが、現在はあまり注目されていない。しかし郷土の芸術振興においては桜井祐一や新海竹蔵とともに日本の現代彫刻の系譜において記憶に留めなければならない作家である。

第一章 作品概要

- 作品名：バスの中で（椅子部分）
- 作 者：阿部誠
- 分 類：木彫
- 制作年：1980年
- 構 成：椅子、人物、鞆、手摺・右手
- 材 質：木材（ヒノキ科）、鉄材
- 所蔵先：米沢市上杉博物館

第二章 損傷状態

支持体の劣化について

檜で制作された椅子部は背もたれが分解しており、亀裂や割れ、黒染みが多く見られた。脚部の鉄材と釘、鋸はひどく腐食し一部欠損する状態までになっていた。その他に木材の接合に使用された接着剤が黄変していた。



図4. 「バスの中で」記録写真

第三章 処置方針

作品は分解し原形を保持できない状態であり、処置は作品の構造に対し問題のある損傷を優先し、次いで著しく鑑賞の妨げとなる損傷を処置対象とする。損傷は確認されるが作者の技法に関わり、構造的な問題を有していないものは損傷の対象外とする。観察により発見された各損傷に対し、事前試験を参考に有効な処置を提案する。以下実験項目と選定使用したものを記す。

1. 木材表面の洗浄剤選定実験（イオン交換水、トリトンX-100 0.04%）
2. 残留接着剤の溶解実験（エタノールにて膨潤）
3. ヨードホウ酸水呈色実験（接着剤はPVAcと思われる）
4. 鉄汚染テストピースの制作（檜、鉄、塩化第二鉄溶液）
5. 染みの漂白選定実験（リン酸3%）
6. 充填剤選定実験（パラロイドB-72、エポキシ系接着剤）
7. 接着剤使用濃度選定実験（アセトン50%）
8. 錆除去方法選定実験（クルミブラスト洗浄）
9. 金属保護膜作成実験
10. 樹脂同定（檜）

第四章 修復処置

修復処置方針をもとに以下の処置を行った。

1. 燻蒸処置
2. ドライクリーニング
3. 残留接着剤の除去
4. 鉄汚染染みの除去
5. 錆びた釘、鏝の除去
6. 釘除去後の充填
7. 亀裂の接着
8. 補彩



図5. 突起部の層状腐食



図6. クルミブラスト処置

第五章 まとめ

処置に入る前に介入限界を定め、そのための実験を多くの材料、技術を試してみた。すべてを記述することは字面上困難であるが薄板の橋を渡るように遂行した。その甲斐あってか、次年度はいよいよ本丸である同作品の人体と付属部分へと進行することとなった。より先進的な手法、技法を実験をもとに開発、発見していきたい。

参考文献

- 1) HH. ユーリック・R. W. レヴィー『腐食反応とその制御』岡本剛監修、松田精吾・松島巖共訳 産業図書、1968
- 2) 峯村伸哉・梅原勝雄「色戻りのない木材の鉄汚染の除去方法」林産試月報 3、1981
- 3) 「防錆防食技術マニュアル」日本規格協会、1984
- 4) 下平三郎「腐食・防食の材料科学」アグネ技術センター、1995

平成27年度三内丸山遺跡「北盛土」保存処理

石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi／文化財保存修復研究センター研究員・教授

第1章 現場の状況

三内丸山遺跡は、縄文時代前期～中期（約5,500～4,000前）の大規模な集落跡である。平成9年3月に、国史跡に指定され、さらに平成12年11月には国特別史跡に指定されている。この北盛土は、たくさんの土器や石器が土と一緒に捨てられた場所である。

平成28年3月8日の、三内丸山遺跡「北盛土」の全景を写真1に示す。写真左上部分の遺構面は、水で濡れている。布きれ等に水を吸収させても、また水が湧いてくる状況である。遺構面にある土器が土埃、白色の析出物、カビなどで汚れている状況が見られた。

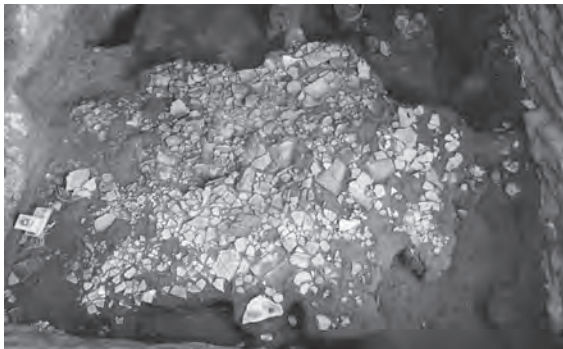


写真1. 北盛土の全景写真

第2章 遺構面の清掃

遺物（土器）、特に遺物と異物感の隙間部分の刷毛、ブラシ等による清掃を行った。また、カビ・藻類の生息する箇所について、歯ブラシ等を用いて清掃を行った。作業は、タイベックス（防護服）を着用し、白い作業靴を履いて行った。除去した塩類を含む土壌は、脱塩した後、遺構面の外観調整のため使用する。



写真2. 遺構面の清掃状況

次に、写真3に示すように、作業区分を便宜上10分割し、それぞれの部分を清掃し、清掃に関して漏れが無いように、十分注意して実施した。



写真3. 遺構面を区分して、清掃する様子

第3章 遺構面のアルコール消毒作業

清掃後、アルコール消毒液（エチルアルコール）を遺構の前面にいきわたるように噴霧し、ビニールシートで覆いをし、1昼夜放置する作業を行った。



写真4. 遺構面にアルコール消毒液を散布する様子

第4章 強化・修復処置

遺構面の脆弱な部分について、強化処置をおこなう。強化剤には、珪酸（ SiO_2 ）の微結晶を隙間に生成させることと、遺構面に適度の保水状態を保持するためにアクリルシリコン樹脂を含む強化剤（便宜上、サイトSX-RO／ASと呼称）を、洗浄瓶等を用いて含浸した。



写真5. ケイ酸エステル系薬剤を洗浄瓶に移している様子



写真6. ケイ酸エステル系薬剤を遺構面に注入している様子

「1. 清掃」の際に必要と判断したひび割れや欠損部を補填すべく擬土を薄く、層状に貼り付ける。そこには、工事に入る前に、黒色系土壌を遺跡周辺から採取し、十分に乾燥させてほぐし、2

mm以下に粒径を調整しておいた土壌を利用する。すなわち、上記の強化剤と混合し、重量比で、強化剤1部に対して強化剤4～6部の擬土を作成する。ここでは、土、2,000グラムに対して、強化剤、1,300グラムの割合で、混合し擬土を作成した。



写真7. 作成した擬土を用いて、遺構側面の欠損部分に塗布

第5章 仕上げ処理

遺構側面の欠損部に塗布した擬土の表面を、ヘラ等で整形した。



写真8. 遺構側面の欠損部に塗布した擬土表面の平滑化

研究員一覧

○センター長

澤田 正昭 教授／文化財保存修復研究センター／保存科学

○センター研究員

藤原 徹 教授／文化財保存修復学科兼任／立体作品修復

石崎 武志 教授／文化財保存修復研究センター／保存科学

北野 博司 教授／歴史遺産学科兼任／日本考古学

米村 祥央 准教授／文化財保存修復学科兼任／保存科学

杉山 恵助 准教授／文化財保存修復学科兼任／東洋絵画修復

中右恵理子 専任講師／文化財保存修復学科兼任／西洋絵画修復

大山 龍顕 専任講師／文化財保存修復研究センター／東洋絵画修復

森田 早織 嘱託研究員／文化財保存修復研究センター／東洋絵画修復

長峯 朱里 嘱託研究員／文化財保存修復研究センター／西洋絵画修復

○文化財保存修復研究センター客員研究員

和田 浩 Wada Hiroshi（東京国立博物館学芸研究部保存修復課環境保存室長）

脇谷草一郎 Wakiya Soichiro（奈良文化財研究所埋蔵文化財センター保存修復科学研究室研究員）

河崎 衣美 Kawasaki Emi（筑波大学芸術系研究員）

佐々木淑美 Sasaki Juni（関西大学国際文化財・文化研究センターPD）

文化財保存修復研究事業



I 平成27年度「寒冷地域における文化財の保存修復に関する研究」 ●活動報告

石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi／文化財保存修復研究センター研究員・教授

平成27年度「寒冷地域における文化財の保存修復に関する研究」の活動として、平成27年9月1日（火）、2日（水）の日程で、専門家会議「積雪寒冷地域における屋外展示の諸問題と対策」を、北海道開拓の村、北海道博物館、札幌芸術の森美術館で開催した。次に、平成28年1月9日（土）に公開講演会「寒冷地における遺跡保存の現状と課題」を東北芸術工科大学で開催した。遺跡調査に関しては、北海道のモヨロ貝塚（網走市）、北海道開拓の村（札幌市）、鷲ノ木遺跡（森町）、大船遺跡（網走市）、青森県の三内丸山遺跡（青森市）、秋田県の伊勢堂岱遺跡（北秋田市）、大湯環状列石（鹿角市）、岩手県の史跡志波城跡（盛岡市）、山形県の元木の石鳥居（山形市）等で、観測機器を設置し、冬季の環境調査および劣化調査を行った。それぞれの活動について以下に報告する。

1. 専門家会議『積雪寒冷地域における屋外展示の諸問題と対策』

主 催：東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター
共 催：北海道博物館
協 力：北海道開拓の村、札幌芸術の森美術館
開催日：平成27年9月1日（火曜日）10：00～9月2日（水曜日）12：00
会 場：北海道開拓の村、北海道博物館、札幌芸術の森美術館

プログラム

9月1日（火曜日）
10：00～12：00 北海道開拓の村の屋外展示物の劣化状況調査および保存対策についての専門家討論（北海道開拓の村にて）
12：00～13：30 昼食
13：30～13：40 研究会開会挨拶（澤田正昭・東北芸術工科大学）
13：40～14：10 講演1：北海道開拓の村の歴史的建造物の屋外展示の諸問題について（杉山智昭・北海道博物館）

14：10～14：40 講演2：北海道開拓の村の歴史的建造物を取り巻く環境（石崎武志・東北芸術工科大学）
14：40～15：00 休憩
15：00～15：30 講演3：屋外展示の諸問題と対策（藤原徹・東北芸術工科大学）
15：30～16：00 講演4：美唄の彫刻公園の屋外展示の諸問題について（濱田暁生・認定NPO法人アルテピアッツァびばい）
16：00～17：30 総合討議
話題提供「中国における文化財・遺跡の屋外展示に関する問題点」（杜曉帆、復旦大学）
話題提供「韓国における文化財・遺跡の屋外展示に関する問題点」（李午憲、韓国文化財保存科学会名誉会長）
17：30 閉会挨拶

9月2日（水曜日）
10：00～12：00 札幌芸術の森美術館の屋外展示物の劣化状況調査および保存対策に関する専門家討論（札幌芸術の森美術館にて）

9月1日（火）は、午前中に、まず一般財団法人北海道開拓の村事業本部長の中島宏一氏から、「北海道開拓の村」の屋外展示物の概要および保存状況などの話を聞いた後に、実際に、「北海道開拓の村」の屋外展示物の見学を行った。北海道開拓の村は、54ヘクタールを占める丘陵地に、約60棟の建物が移築復元されている。写真1は、小樽市祝津町から移築された旧青山家魚家住宅の内部を見学している様子を示している。歴史的な石造建造物は、冬季の凍害による劣化が見られ、また、木造建造物に関しては、腐朽菌による被害が見られるとのことであった。屋外の見学の後、北海道博物館学芸員杉山智昭氏の案内で、平成27年4月にリニューアルした北海道博物館の展示を見

学した（写真2）。



写真1. 歴史的建造物内部の見学の様子



写真2. 北海道博物館展示室で、展示についての説明を受けている

午後の専門家会議では、まず、本学文化財保存修復研究センター澤田正明センター長より、開会の挨拶があった。ここでは、本学の特別プロジェクトとして進めている「寒冷地域における文化財の保存修復に関する研究」の概要説明がなされた。また、今回、韓国より、専門家として招聘した韓国文化財保存科学会名誉会長の李午憲氏、中国、復旦大学教授の杜曉帆氏の紹介がなされた。

次に、北海道博物館の杉山智昭氏より「寒冷地における歴史的木造建造物の保存にむけて－旧開拓使工業局庁舎を例に－」というテーマで報告が行われた。ここでは、歴史的木造建造物を構成する木材に関して、光学顕微鏡による木材組織の観察、走査型電子顕微鏡（SEM）による木材組織の観察、遺伝子分析による木材腐朽菌の検出を行うことにより、詳細な劣化要因とその特徴を的確に把握し、早期に適切な措置を講じることが重要であることが説明された（写真3）。

次に、本学文化財保存修復センターの石崎より「北海道開拓の村の歴史的建造物を取り巻く環境と凍結による劣化」というテーマで報告がなされ



写真3. 専門家委員会の会場の様子

た。寒冷地の歴史的建造物の劣化に、冬季の凍結現象が大きな影響を与えていると考えられるため、冬季の特徴を示す指標として、最低温度、積雪量、最大積雪深などについて気象庁のデータをもとに検討を行った。また、石造建造物の石材の劣化に関して、凍結融解の回数が影響を与えていることを、壁面の温度変化の観測データから検討した結果等を報告した。

次に、本学文化財保存修復研究センター藤原徹副センター長から「屋外展示の諸問題と対策」というテーマで、藤原教授が現在までに行ってきた屋外彫刻の劣化調査、その劣化原因の特定、修復手法などについて詳しい報告がなされた。

次に、認定NPO法人アルテピアッツァ美唄の濱田暁生氏より「美唄の彫刻公園の屋外展示の諸問題について」というテーマで報告を行った。アルテピアッツァ美唄は、かつて日本有数の炭鉱都市だった北海道美唄市の山間にある彫刻公園であり、地元出身で国際的に知られているイタリア在住の彫刻家安田侃氏と美唄市によって1991年以来整備が進められていて、現在、施設内外には大理石やブロンズの作品が40点あまり展示されているとのことである。大理石に関しては、水分の影響を受けて微生物の侵入の影響や、凍結融解の影響が見られ、今後の彫刻作品の保全の対応が大きな課題になっているとのことであった。

次に、総合討論の所で、中国、復旦大学教授の杜曉帆氏は、「中国における文化財・遺跡の屋外展示に関する問題点」というテーマで、杜曉帆氏が関わってきた、中国での事例に関して詳しく説明を行った（写真4）。また、韓国文化財保存科学会名誉会長の李午憲氏は、「韓国における文化財・遺跡の屋外展示に関する問題点」というテーマで、李午憲氏が現在までに関わってきた事例に

ついて詳しく説明を行った（写真5）。



写真4. 中国、復旦大学教授の杜曉帆氏



写真5. 韓国文化財保存科学会名誉会長の李年憲氏

9月2日は、札幌市南区にある札幌芸術の森美術館で、屋外展示物の劣化状況調査および保存対策に関する専門家の意見交換を行った。当日は、あいにくの雨であったが、札幌芸術の森美術館の宮城加奈子氏より、彫刻についての説明をしていただいた（写真6）。



写真6. 札幌芸術の森美術館での見学の様子

2. 公開講演会『寒冷地における遺跡保存の現状と課題』

主 催：東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター

共 催：北海道・東北保存科学研究会

開催日：平成28年1月9日（土曜日）13:30～17:00
会 場：東北芸術工科大学本館301講義室

プログラム

総合司会（石崎武志・東北芸術工科大学）

13:30～13:40 開会挨拶（澤田正昭・東北芸術工科大学）

13:40～14:10 講演1；北海道小樽の歴史的建造物、史跡の現状と課題（石神敏・小樽市教育委員会）

14:10～14:40 講演2；環状列石の石材保存について（藤井安正・秋田県鹿角市教育委員会）

14:40～15:00 休憩

15:00～15:30 講演3；小牧野遺跡、伊勢堂岱遺跡の保存修復処理（庄司岳央・株式会社トリアド工房）

15:30～16:00 講演4；妻木晩田遺跡の保存・整備・活用の現状と課題（浜田竜彦・むきばんだ史跡公園）

16:00～17:00 総合討論

17:00 閉会

山形のある東北地方、その北に位置する北海道では、冬季に気温が零度以下になり、また降雪もあり、屋外の遺跡や石造文化財は、凍結・融解の繰り返しによる劣化現象が起こる。東北・北海道地域における文化財の保存は、過酷な環境条件に対応する保存材料や技術の開発が重要な課題となっている。本学文化財保存修復研究センターでは、これらの地域の文化財保存の担当者と共同で、寒冷地域における文化財の保存対策の構築に取り組んでいる。本年度は、寒冷地域の遺跡等での問題点について、各地域の現場を訪問し、現地調査とともに、現地担当者との情報交換を中心に研究を進めて来た。ここでは、積雪寒冷地域での、歴史的建造物、史跡等の保存に関わっておられる専門家を招聘し、公開講演会を企画した。

まず、本学文化財保存修復研究センター澤田正明センター長より、開会の挨拶があった。次に、小樽市教育委員会の石神敏氏が「北海道小樽の歴史的建造物、史跡の現状と課題」というテーマで報告を行った（写真7）。ここでは、小樽市西部の手宮後援崖下に所在する国指定史跡「手宮洞窟」の整備活用の概要、史跡の周辺環境の変化並びに印刷面を巡る問題等についての説明があった。この手宮洞窟には、1,600～1,700年前（縄文時代



写真7. 小樽市教育委員会の石神敏氏

中期)の絵画的な彫刻がある。この印刻面をカプセルで覆い、保存と後悔をすることが決まり、平成元年から平成7年まで工事が行われ、同年4月より「手宮洞窟保存館」として公開されている。ここでは、印刻面と洞窟を構成している基盤岩体からの地下水の流入と凍結融解現象がまだ問題となっており、今後の課題であるとのことであった。

次に、鹿角市教育委員会の藤井安正氏が、「環状列石の石材保存について」というテーマで、藤井氏が長く関わってきた大湯環状列石の石材の保存処置を中心に報告を行った(写真8)。この遺跡は、万座と野中堂環状列石を主体とした縄文後期時代の記念物であり、1956年に特別史跡に指定されている。保存処理の工程としては、石材の水洗い、修復処置、強化剤と防かび剤の塗布、撥水剤の塗布などを行い、処理後の経過を観察したところ、数年は薬剤の効果もあり洗浄当時の状況を保っていたが、その後は地衣類が発生し始めたとのことである。露出展示を行うためには、定期的な保存処理が必要であるが、財政的な問題も課題である旨報告された。



写真8. 秋田県鹿角市教育委員会の藤井安正氏

次に、株式会社トリアド工房、庄司岳央氏が、「小牧野遺跡、伊勢堂岱遺跡の保存修復処理について」

というテーマで報告を行った(写真9)。小牧野遺跡は青森空港に近い、青森市野沢字小牧野にある縄文時代後期前半につくられた環状列石を有する史跡公園である。また、伊勢堂岱遺跡は大館能代空港に近い北秋田市脇神字伊勢堂岱に位置する縄文時代後期前半につくられた環状列石を有する史跡公園である。ここでは、環状列石のクリーニングおよび保存処理、遺構面の保護処理について具体的な薬剤名などを示した説明がなされ、寒冷地での遺跡保存に関わる関係者にとって大変参考になる報告であった。



写真9. 株式会社トリアド工房の庄司岳央氏

次に、鳥取県立むきばんだ史跡公園の浜田竜彦氏が「妻木晩田遺跡の保存・整備・活用の現状と課題」というテーマで報告を行った(写真10)。妻木晩田遺跡は中国地方の最高峰・大山の北麓の丘陵上にある縄文時代から中世にいたる複合遺産である。ここでは、遺跡の発見から、史跡の整備状況について説明がなされた。史跡整備の課題としては、墳丘墓の露出展示に関して、擬土の収縮が原因と考えられるひび割れや、冬期間、石材のひび割れや剥離が進行したことなどがあげられた。また、活用事例としては、年間を通じた様々なイベントや講座が企画運営されていることが紹介された。



写真10. 鳥取県むきばんだ史跡公園の浜田竜彦氏

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター

●専門家会議『積雪寒冷地域における屋外展示の諸問題と対策』

主 催：東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター

共 催：北海道博物館

協 力：北海道開拓の村、札幌芸術の森美術館

開催日：平成27年9月1日（火曜日）10：00～9月2日（水曜日）12：00

会 場：北海道開拓の村、北海道博物館、札幌芸術の森美術館

実施要項

9月1日（火曜日）

10：00～12：00 北海道開拓の村の屋外展示物の劣化状況調査および保存対策についての専門家討論（北海道開拓の村にて）

12：00～13：30 昼食

13：30～13：40 研究会開会挨拶（澤田正昭・東北芸術工科大学）

13：40～14：10 講演1；寒冷地における歴史的木造建築物の保存にむけて－旧開拓使工業局庁舎を例に－（杉山智昭・北海道博物館）

14：10～14：40 講演2；北海道開拓の村の歴史的建造物を取り巻く環境（石崎武志・東北芸術工科大学）

14：40～15：00 休憩

15：00～15：30 講演3；屋外展示の諸問題と対策（藤原徹・東北芸術工科大学）

15：30～16：00 講演4；美唄の彫刻公園の屋外展示の諸問題について（濱田暁生・認定NPO法人アルテピアッツァびばい）

16：00～17：30 総合討議

17：30 閉会挨拶

9月2日（水曜日）

10：00～12：00 札幌芸術の森美術館の屋外展示物の劣化状況調査および保存対策についての専門家討論（札幌芸術の森美術館にて）

寒冷地における歴史的木造建築物の保存にむけて —旧開拓使工業局庁舎を例に—

杉山智昭 SUGIYAMA, Tomoaki／北海道博物館 博物館研究G 学芸員（保存科学）

1：はじめに

北海道のような積雪寒冷地域における木造建築物の優位性として、レンガや石造の建築物に観察されるような凍上現象¹⁾による物理的劣化の影響が小さいことが挙げられる。

その反面、この地域においては、結露の発生等による部材への水分供給により、木材の生物劣化（木材腐朽菌による腐朽）が発生しやすい環境にある。また、木材腐朽菌の一部の種については、劣化開始の初期段階で木材組織に大きな強度低下を引き起こすことが知られている²⁾。したがって、積雪による荷重など厳しい環境条件に対して、この地域に遺されている貴重な木造建築物を保存していくためには、腐朽が拡大する前に木材腐朽菌の部材への侵入を的確に把握し、適切な処置を施すことが重要となる。

しかし、木材の腐朽に対する検査・診断技術については、いまだ目視や触診など感覚に依存する部分が大きく、被害がある程度進行した後でなければ木材腐朽菌の侵入を確認することができない³⁾。また、貴重な木造建築物に関しては、可能なかぎり創建時のオリジナル部材を残しての保存が望ましいが、従来の技術では、メンテナンス時に部材のどの部分までを交換・薬剤処理すれば良いのかについて、客観的基準を提供することが困難である。

本稿では、積雪寒冷地域における木造建築物の保存対策に資する知見を得ることを目的とし、野外展示されている歴史的木造建築物部材の組織観察および遺伝子分析を行った結果について報告する。

2：調査対象および分析手法

2.1 調査対象

明治10年（1877年）に建設され、現在、野外博物館「北海道開拓の村（札幌市厚別区厚別町小野幌50-1）」に移築・復元されている旧開拓使工業局庁舎（国指定重要文化財：2013年指定）について調査を行った（写真1）。当該庁舎は道内における著名な洋風木造建築である旧札幌農学校演武



写真1 旧開拓使工業局庁舎（1877年創建）



写真2 積雪下の工業局庁舎（2012年2月）

場（明治11（1878）年竣工）、豊平館（明治13（1880）年竣工）に先立つ歴史を有するとともに、明治6（1873）年に建設された開拓使札幌本庁舎が焼失、現存しない中、開拓使時代に建設・使用された事務所建築として現存する唯一の遺構である⁴⁾。

本調査では経年劣化が報告される当該庁舎に対して、平成21（2009）年に実施された補修工事に伴い、腐朽部位を含んだ部材をサンプルとして収集し（図1）、木材組織の観察、遺伝子分析による木材腐朽菌（担子菌）の検出を試みた。

2.2 供試試料の調製

収集した木材サンプルの一部をメスにより切り出したもの（窓台）、あるいは木材サンプルを直径6mmの木工用ドリルで穿孔し得られた切削物（隅柱）を木材組織観察および遺伝子分析に供した。

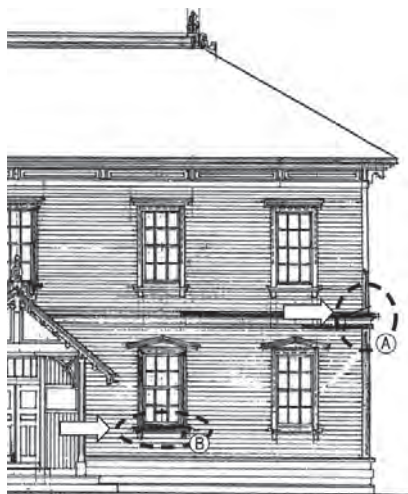


図1 木材サンプル収集部位
凡例 A：隅柱，B：窓台

2.3 木材組織の観察

供試試料について光学顕微鏡（BH-2 オリンパス光学工業株式会社）および走査型電子顕微鏡（JSM-5200 日本電子株式会社、以下SEM）を使用して木材組織の観察を行った。

2.4 遺伝子分析による木材腐朽菌の検出

供試試料0.05～0.1 g よりDNA抽出操作を行い、スピнкаラムを用いてDNAを精製した。

供試試料（木材）中に含まれる少量の木材腐朽菌（担子菌）を検出するため、ゲノム内でコピー数の多いrDNA領域（18Sおよび28SrRNA遺伝子間）をPCR増幅の標的として選択しPCR増幅を試みた⁵⁾。

さらに木材サンプルに侵入している木材腐朽菌の種を同定するため、PCR増幅産物のDNA塩基配列解析を行った。

3：結果および考察

3.1 木材サンプルの劣化診断

収集した木材サンプルについて、目視、打診、触診による劣化部位の診断を行った結果、典型的な褐色腐朽菌による劣化（褐色腐朽）が確認された。特に隅柱の下部と窓台の上部においては、材色の褐変、弾力性の欠如とともに、縦横に発生した大きな亀裂による木材組織の崩壊が観察された（写真3、4）。

一般的に、木材腐朽菌は含水率が繊維飽和点（25～35%、平均28%）以上に達している木材に対して腐朽活動を開始する⁶⁾（一部の乾腐菌を除く）。



写真3 隅柱の褐色腐朽



写真4 窓台の褐色腐朽

当該建築において隅柱下部と窓台上部は、壁からの張り出し構造（隅柱：胴蛇腹、窓台：窓枠）に近接しているため、降雨や雪による水分が滞留しやすい構造となっている。今回、上記部位で大きな腐朽が認められたのは、外部より供給された水分が張り出し構造によって滞留し、木材の含水率が上昇したことに起因するものと考えられる。

3.2 光学顕微鏡による木材組織の観察

光学顕微鏡を用いて木材組織を観察した結果、隅柱、窓台の腐朽部位から得られた試料については担子菌特有のクランプ（かすがい連結）を有する菌糸が広範に認められた（写真5）。

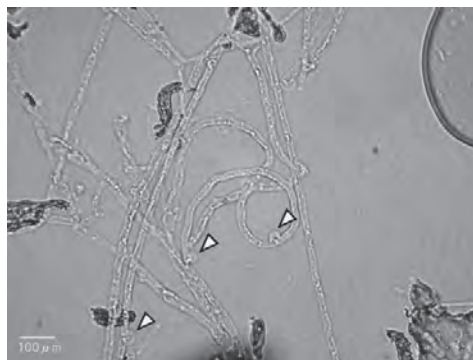


写真5 劣化部位の光学顕微鏡観察例（隅柱）
注）矢頭：担子菌のクランプ

また、目視・打診・触診によって明確な劣化が認められなかった健全部位から得られた試料の一部についても、組織内に侵入している木材腐朽菌の菌糸が確認された（写真6）。

一般的に腐朽の初期状態においては、木材の外観に大きな変化が認められないため、健全な部位と腐朽部位を判別することは困難とされている。今回の結果は既報³⁾と同様、木材腐朽菌による生物劣化部位の把握に対する従来の劣化診断法（目視・打診・触診）の限界を示唆するものであった。

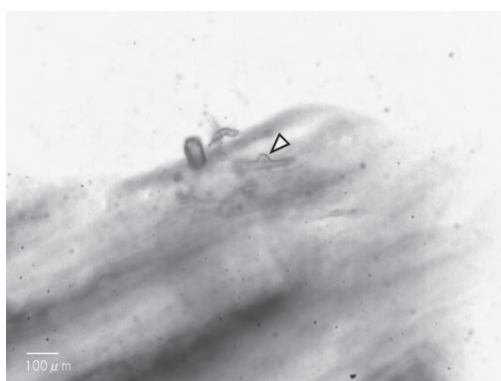


写真6 健全部位（目視・打診・触診による）の光学顕微鏡観察例（窓台）
注）矢頭：担子菌のクランプ

3.3 走査型電子顕微鏡（SEM）による木材組織の観察

隅柱、窓台から得られた試料についてSEM観察を行った結果、腐朽部位に関しては、木材組織内に高密度で分布する菌糸がすべての試料において観察された（写真7）。

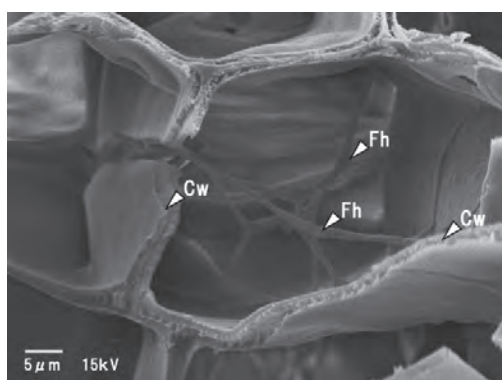


写真7 劣化部位のSEM観察例（窓台）
凡例）Fh：菌糸 Cw：木材細胞壁

また、光学顕微鏡観察によって菌糸が観察されたが、目視・打診・触診によっては明確な劣化が認められなかった健全部位の試料についても、菌糸の侵入を確認した（写真8）。

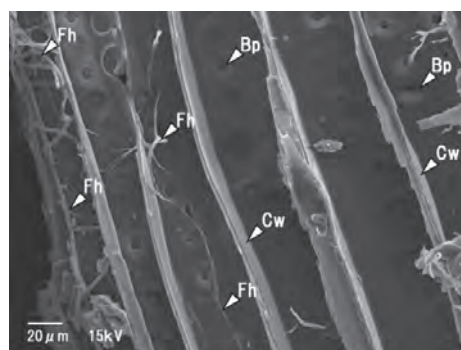


写真8 健全部位（目視・打診・触診による）のSEM観察例（隅柱）
凡例）Fh：菌糸 Cw：木材細胞壁 Bp：有縁壁孔

さらに、健全部位のうち光学顕微鏡観察で菌糸が確認されなかった供試試料の一部についても明瞭な菌糸の侵入が生じていることが明らかとなった（写真9）。

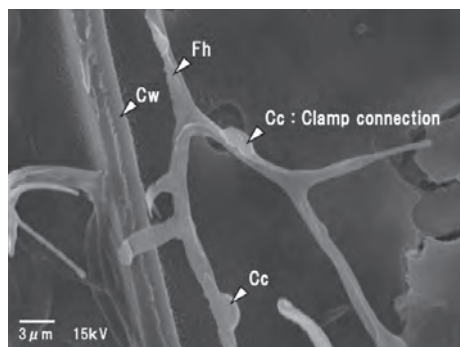


写真9 健全部位（光学顕微鏡観察による）のSEM観察例（窓台）
凡例）Fh：菌糸 Cc：クランプ Cw：木材細胞壁

3.4 遺伝子分析による木材腐朽菌の検出

腐朽部位と健全部位からDNA抽出操作を行い、得られた極少量のDNAに対し、木材腐朽菌（担子菌）に特異性の高いプライマーを用いてPCR増幅を行った結果の例を図2および図3に示す。

本研究においては、従来法（目視、打診、触診）によって腐朽部位と診断された木材試料のすべてから、木材腐朽菌由来と考えられるDNA（サイズ：600～700bp）がPCR反応によって増幅された。

また、従来法では明確な劣化が認められないが、光学顕微鏡やSEMによる観察によって菌糸の侵入が観察された試料についても同様に、PCRによって木材腐朽菌由来のDNA増幅が確認された（図2）。さらに、従来法、光学顕微鏡・SEM観察によっても明確な劣化や菌糸の侵入が把握できなかった健全部位試料 についても一部、木材腐朽菌由来のDNA増幅が確認されている（図3）。

上記の結果より、従来法、光学顕微鏡・SEM観察と比較し、PCRを応用した遺伝子分析が木材腐朽菌（担子菌）の高感度検出にとって有効な手

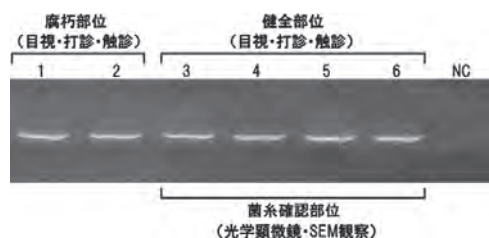


図2 腐朽部位と健全部位（目視・打診・触診による）からの木材腐朽菌（担子菌）検出例（隅柱）
凡例）1～2：腐朽部位 3～6：健全部位
NC：Negative control

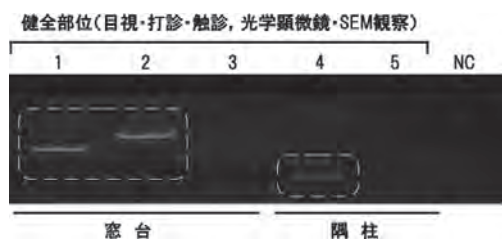


図3 健全部位（目視・打診・触診、光学顕微鏡・SEM観察による）からの木材腐朽菌（担子菌）検出例

段となりうるということが明らかとなった。

また、今回の遺伝子分析においては、複数のサイズの異なるDNA増幅が得られており（図3）、その内の1つは表面に付着している菌糸より抽出したDNAのPCR増幅産物とサイズが一致した。これらの結果は今回供試した木材サンプルに対して複数種の担子菌が侵入し、木材の分解に関与していることを示唆するものと考えられる。

文化財の部材に侵入している木材腐朽菌種を同定することは、以降の被害拡大パターンを予測するとともに、適切な処理方法（木部のみ、あるいは土壌を加えた処理の実施、薬剤の選択・使用法など）を計画する上で重要な情報となる。

今回得られた複数のPCR産物についてDNA塩基配列解析を実施し、部材に侵入している木材腐朽菌の遺伝学的同定を試みた結果、窓台の部材については*Gloeophyllum trabeum*（キチリメンタケ）、*Sistotrema brinkmannii*、*Coniophora puteana*（イドタケ）の3種の褐色腐朽菌の侵入が確認された。

また、隅柱の部材については日本国内では、報告例の少ない褐色腐朽菌の1種である*Fibroporia gossypium*の侵入が確認された。さらに隅柱腐朽部位の表面に付着している菌糸より抽出したDNAについて調査を行ったところ、隅柱の木材試料と同一の塩基配列情報が得られた。したがって、調査時における当該部材の腐朽劣化には*Fibroporia gossypium*が大きく関与していることが示唆された。

本調査において、窓台と隅柱で異なる菌相（種）が認められたことは、屋外における木造文化財の腐朽による劣化過程に複数の木材腐朽菌が多層的

に関与していることを実際に示すものである。この現象は各部材の構成や設置されている環境の履歴と密接な関連があるものと推測される。従って各部材に発生する菌相の継続的なモニタリングは、実施したメンテナンスによる改善効果およびその持続性を確認する上で有益な情報を提供するものと考えられる。

4：まとめ

木材腐朽菌によって劣化し大幅に強度が低下した木材部位を適宜、撤去・交換することは地震や風雨、積雪による倒壊、人身事故を防ぐためにも必要な作業である。しかし現在では、年輪や放射性同位体の測定などの科学的な手法によって建築部材からも有用な情報が得られるようになってきている。そのため、部材の安易な交換は文化財に隠されている貴重な「情報」を失うことにもつながりかねない。このような損失を避けるためにも、積雪寒冷地において、屋外の厳しい環境にさらされている木造文化財の保存にあたっては可能な限りオリジナルの部材を健全な状態で残していくことが望まれる。この目標を達成するには文化財における進行性の劣化要因とその特徴を的確に把握し、早期に適切な措置を講じることが要求される。本稿で検討した遺伝子分析を交えた木造建築物の劣化診断は、上記の要求に添えていく上で有用性が高いものと考えられる。

引用・参考文献

- 1) 石崎武志, 高見雅三: 北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査, 日本文化財科学会第19回大会研究発表要旨集, pp. 108-109. 2002
- 2) Richards, D. B. Physical changes in decaying wood, *Journal of Forestry*, p. 52, pp. 260-265. 1954
- 3) (社) 日本木材保存協会: 「実務者のための住宅の腐朽・虫害の診断マニュアル」, pp. 12-13, 108-109. 2007
- 4) 北海道開拓記念館: 「旧開拓使工業局庁舎復元修理工事報告書」, pp. 1-99. 1992
- 5) Gardes, M. and Bruns, T. D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes - application to the identification of mycorrhizae and rusts, *Molecular Ecology* 2, pp. 113-118. 1993
- 6) (社) 日本木材保存協会: 「木材保存学入門 改訂6版」, pp. 65-68. 2001

北海道開拓の村の歴史的建造物を取り巻く環境と凍結による劣化

石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi／東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター研究員・教授

1：札幌の冬季の気象環境

寒冷地の歴史的建造物の劣化に、冬季の凍結現象が大きな影響を受けていると考えられるため、冬季の特徴を表す指標として、最低温度、積雪量、最大積雪深などについて、気象庁のデータをもとに検討をおこなった¹⁾。図1には、1879年から2014年までの冬季間の最低温度の変化を示す。

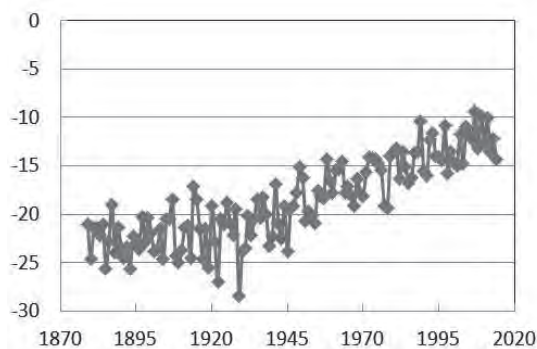


図1. 札幌市の最低気温の変化

ここでは、1900年頃、最低気温は、 -20°C から、 -25°C 程度までの範囲で推移していたが、現在は、 -10°C から -15°C 程度になっているのが分かる。図2には、札幌市の年間平均気温の変化を示す。

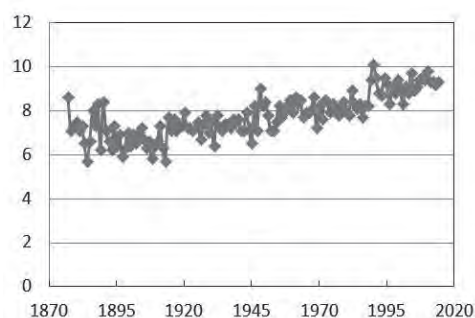


図2. 札幌市の年間平均気温の変化

ここでは、1900年頃、年間平均気温が 7°C 程度であったものが、現在 9°C 程度まで上昇しているのが分かる。IPCCの報告²⁾では、過去100年間で、約 0.74°C の温度上昇があったと報告されているが、ここでは、 2°C 程度の上昇が見られる。これは、札幌市の都市化による影響も考えられる。図3には、1954年から2014年までの降雪量の変化を示している。

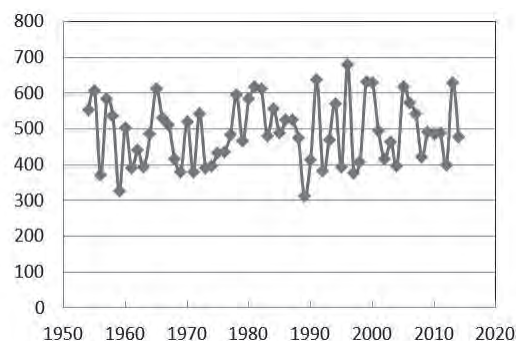


図3. 札幌市の年間降雪量の変化

年間降雪量の変化に関しては、現在まで約60年間は、大きな変化の傾向は見られない。

比較のため2000年から2014年までの山形市の最低気温の変化を図4に示す。

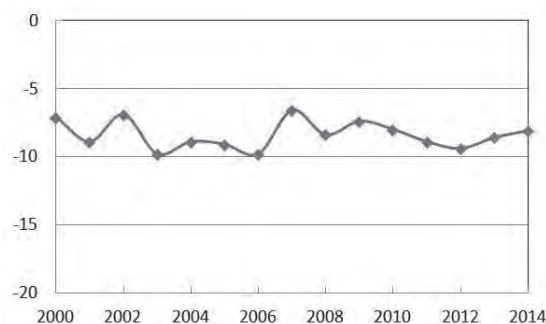


図4. 山形市の最低気温の変化

ここ15年間では、 -9.4°C から -6.6°C の範囲内であった。

また、比較のため、大湯環状列石のある秋田県鹿角市の最低気温の変化を図5に示す。

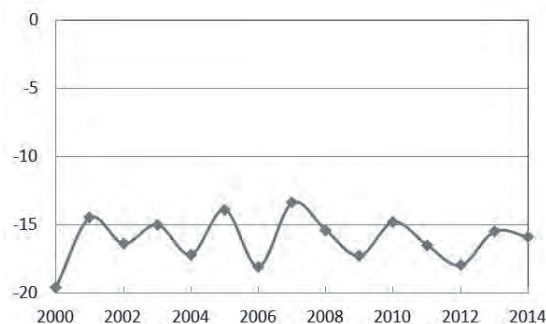


図5. 秋田県鹿角市の最低気温の変化

ここ15年間では、 -19.6°C から -13.4°C の範囲内であった。

2：「開拓の村」の歴史的建造物の劣化

「北海道開拓の村」は、昭和58年4月16日に、明治・大正の北海道の建造物を保存、展示し永く後世に伝えるとともに、開拓の歴史を体験的に学ぶことのできる野外博物館として開村されている。ここの歴史的建造物の漆喰壁には図6に示したような劣化が見られる。



図6. 開拓の村にある剥落した漆喰壁の建造物

この劣化の原因は、壁面の凍結・融解の際の凍上現象によると考えられる。一般にその劣化の要因は、水、温度、材質の3つである。水（雪）や温度（寒さ）については、北海道は寒冷環境下であり、また物質については、土壁であることから凍上しやすい材料であるため、上記の3つの条件は整っていると言える。

まず、劣化の現況を把握するため、石造及び漆喰土壁の建造物劣化の現況調査を行い、次に、石造建造物の旧小樽新聞社周辺で温湿度・風速・日射量などの微気象観測を開始した。旧小樽新聞社の壁面においては、全方位（東西南北面）の壁面温度を連続測定した。

福田ら³⁾は、凝灰岩の凍結－破碎実験から -4°C 以下、 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上の変動幅が、岩石の凍結破碎に寄与することを示した。石崎ら⁴⁾は、2000年秋～2001年春の観測結果から旧小樽新聞社の凍結－融解の繰り返し回数を算出した。この結果、南壁面の回数は他の壁面と比べて多いこと、春先に南壁面のみ着雪が目視観測されたこと、建材が空隙率の高い凝灰岩であることなどから、南壁面は凍結破碎を引き起こす3条件が充分整っていると報告した。また、一度劣化し、剥落した壁表面は凹凸となるため、着雪しやすくなることから、これが相乗効果として南壁面の劣化をさらに

進行させていると結論づけた。

その後、南面の凍結－融解の繰り返しを算出した結果を表1に示す。これまでの結果と同様に南壁面での出現回数は多く、剥落状況調査結果（図7）と一致している。

表1. -4°C 以下 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上の変動幅の出現回数

シーズン	南壁面	東壁面	北壁面	西壁面
2000/11-2001/3	64	14	12	24
2001/11-2002/3	22	0	2	15
2002/11-2003/3	27	5	3	8
2003/11-2004/3	33	13	9	11
計	146	32	26	58

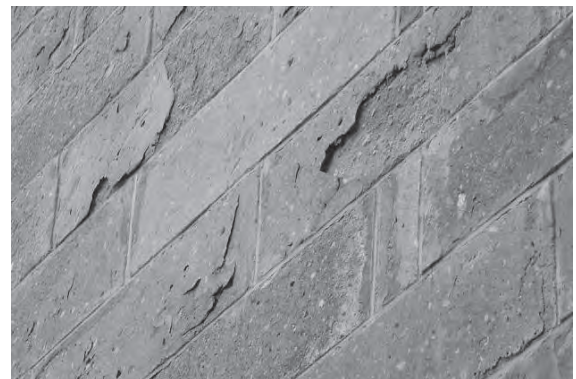


図7. 旧小樽新聞社南面の劣化状況（修復前の状況）

漆喰土壁の建造物においても、石造建造物の劣化のメカニズムと同様に南面の凍結－融解サイクルの出現回数に関与していると推測されるが、日光や雨を防ぐための庇があること、漆喰そのものは、透水性は低くかつ非凍上性材料であり、また土壁そのものの含水率も低いことが予測されるなど、石造建造物のように凍結破碎を引き起こす3条件が充分整っているとはいえない。

開拓の村内で漆喰建造物（渡邊商店）の補修工事が行われていることに着目し、土壁、漆喰土壁中の水分移動、冬季における水分の凍結、それらに伴う表面の劣化のメカニズムを明らかにするために、補修現場内で、同質の材料・同様の施工法による試験土壁（以下、試験壁）を作製し、施工毎にどのように水分が土壁内部に浸透・乾燥するか、その過程をTDR(Time Domain Reflectometry)による土壌水分測定装置により自動計測した（図8）。その結果、ソフトウェアDelphin4によるシミュレーション結果と実測結果が良く対応することを報告した（Ishizaki et. al.）⁵⁾。

その後、試験壁を野外に設置し、土壁内の水分量の把握とともに、劣化との関連について、定量的に検討したので、以下に報告する。



図8. 試験土壁の作成状況



図9. 屋根を付けて屋外に再設置した試験壁と計測機器の外観

3：試験壁の構造

試験壁の木枠の外形は、長さ108cm×幅15cm×厚さ4cm×2枚の木板と長さ100cm×幅15cm×厚さ4cm×2枚の木板で1辺108cmの正方形の大きさである。

内部構造は、木枠の内側（1辺100cmの正方形）にφ1cm程度の根曲がり竹を縦4本、横5本を骨組みの芯として、外枠内側の切り込みに固定させたのち、芯の間にφ5mm程度の葎を2本ペアとして約3cm×3cm程度の格子状になるように縦21組、横17組を麻ひもで固定した。土壁の基礎となる骨組みは、表（おもて）面となる木枠面からほぼ9cm、裏面となる木枠面からほぼ5cmの位置に設置した。

試験壁は、製作工程の呼び名は、施工業者に準じ、だんご付け（下塗り）、大むら直し（中塗り）、小むら直し（中塗り）、仕上げ（上塗り）の4工程で作成した。試験壁の厚さ方向と水平方向の水分分布を把握するために、TDRセンサーは施工毎に試験壁面のほぼ中央と下部に埋め込んだ。まず、骨組みの中央部）と下部にセンサーを固定し、次にだんご付け（下塗り）し、だんご付けの仕上げ表面にセンサーをそれぞれ埋め込んだ。同様に、大むら直し（中塗り）を行い、その仕上げ表面にセンサーを埋め込み、最後に小むら直し（中塗り）後の仕上げ表面にセンサーを埋め込んだ。最終表面仕上げ（上塗り）には漆喰を用いた。通常1～2mmと薄いため、漆喰にはセンサーを埋め込んでいない。

試験壁は2002年8月2日に屋外へ移動し、一般的な屋根勾配でかつ一般的な長さの底からなる屋根を取り付け、背面には、補修された渡邊商店に用いた、表面を焼いた雪害用の木質板を取り付けた（図9）。

4：試験壁の観測結果

4.1 温湿度機器と測定結果

図9に示すように試験壁は薄く十分な室内空間はないが、本来室内側となる壁の内側の空間の温湿度（以下、試験壁内の温湿度）環境、と試験壁周辺の外気の温湿度（以下、外気の温湿度）環境を比較するため、それぞれ温湿度計を設置した。前者の温湿度測定記録計には、コーナシステム（株）製のKADEC-HTVを、湿度センサーには、湿度感知素子に湿度変化に対してその電気的特性を変化させる静電容量式高分子箔体センサーを、温度センサーには、温度感知素子にPt100Ω白金抵抗を用いたKDC-S2-Vを使用した。また、後者の測定器には、Onset製の野外用ロガーホボH8プロを用い、直接雨風が当たらないよう、シェルターに入れ、試験壁の側面（東面）に設置した。

図10に外気の温湿度の測定結果を示す。外気温の最低温度は、冬季に-20℃近くにも達しているのが分かる。

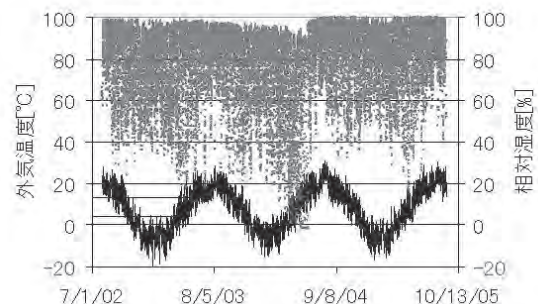


図10. 温湿度計測結果（試験壁周辺の外気の温湿度）

4.2 体積含水率の測定結果

試験漆喰壁中の水分量の変化を、試験壁作成時から小型のTDR水分測定装置により継続的に測定を行った。測定結果を図11に示す。

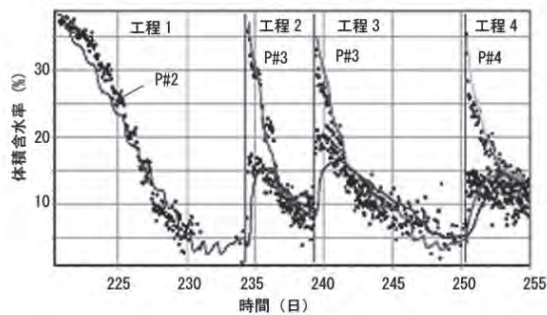


図11. 体積含水率の測定値と計算値（工程1～4）

土壁の下塗り、中塗り、上塗りの段階で、それぞれ水分測定センサーを土壁内に埋め込んで計測を行った。初めは、土は水で飽和状態にあるので体積含水率は、40%程度であるが、10日ほど経つと、土壁が乾燥して5%程度になることが分かる。この過程に関して、土の水分特性曲線、不飽和透水係数などを測定し、ドレスデン工科大学で開発した、熱水分移動解析ソフト（Delphin4）を用いて解析を行った⁵⁾。解析結果と、測定結果は良く対応している。また、2015年に、漆喰壁の体積含水率をTDR水分測定装置（TRIME-FM）で測定したところ、6.6%～6.9%の値の範囲内であった。一部に、劣化は見られたものの、漆喰壁の凍結・融解による劣化は見られなかった。これは、漆喰壁の体積含水率が6%程度と低いため、土壁の凍結温度が低くなり、凍結劣化のリスクが低減したためと考えられる。

5：まとめ

北海道開拓の村の歴史的建造物に関して、劣化調査を行った。北海道では、冬季の気温が -20°C 近くにもなることがあり、漆喰壁が凍上現象により劣化することが分かった。旧小樽新聞社の南壁面が北壁面より剥落が顕著である原因は、南壁面の -4°C 以下、 4°C 以上の出現頻度が、冬季に南面で顕著に大きいことによることが主な原因になっていることが分かった。漆喰壁の南面での剥落が顕著であるのも同様の理由によると考えられる。

漆喰壁の凍結劣化と凍結温度の関係を明らかにするために、モデル漆喰壁を作成し、含水率の変化を測定した。漆喰壁作成時の含水率は高かったが、時間が経つにつれて、含水率は低くなり、周囲環境と平衡状態にほぼ達した時は、体積含水率がほぼ6%程度になり、雨水の浸透がなければ凍結劣化のリスクの小さいことが分かった。

謝辞

調査にあたっては、北海道開拓記念館の小林幸雄氏、小林孝二氏、杉山智昭氏、北海道開拓の村事業本部長の中島宏一氏には協力を頂いた。ここに、記して謝意を表します。

引用・参考文献

- 1) 気象庁：過去の気象データ検索 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>). 2015
- 2) 環境省：IPCC第4 治評価報告書、統合報告書、概要、2007年12月17日 version. 2007
- 3) 福田正己：小樽手宮洞窟壁面遺跡の凍結破砕防止に係わる基礎的研究、低温科学物理編、43、pp. 171-180. 1984
- 4) 石崎武志・高見雅三：北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査、日本文化財科学会第19回大会研究発表会要旨集、pp. 108-109. 2002.
- 5) Ishizaki, T., Takami, T., Grunewald, J., Plagge, R. and Fechner, H.: Deterioration mechanism of stone and earthen wall in Historical Village of Hokkaido, Proceeding of the 2nd International Conference on Building Physics, pp. 283-290. 2004

アルテピアッツァ美唄の屋外展示の諸問題について

濱田暁生 HAMADA, Akio／認定NPO法人 アルテピアッツァびばい

1：はじめに

アルテピアッツァ美唄はかつて日本有数の炭鉱都市だった北海道美唄市の山間にある野外彫刻公園です。地元出身で国際的に知られるイタリア在住の彫刻家安田侃と美唄市によって、1991年以来整備が進められ、現在も創り続けられている施設の内外には、大理石やブロンズの作品40余点が展示されています。

閉山になった炭鉱の小学校跡地とその周りの炭鉱住宅街跡に蘇った山々の自然に囲まれた環境の中で、眩しい新緑、盛夏の深い緑、燃えるような紅葉、雪に覆われた一面の銀世界、豊かな雪解け水を湛える川の流れ、などの四季の移り変わりが満喫できます。

木造2階建の旧小学校舎は数十年前の標準的建築様式で、地域の人々のみならず訪れた人々の郷愁を誘います。木造校舎の1階部分は市立幼稚園として現在も使用され、彫刻と将来を担う子どもたちが共存しています。2階部分は当時の面影を残す教室に彫刻が展示され、一部は様々な企画の展覧会が開かれる市民ギャラリーになっています。旧体育館に増改築の手が加えられたアートスペースや丘のふもとにある大理石の屋外ステージでは、コンサートや舞踏、講演会などが開かれます。工房ストゥディオアルテでは「こころを彫る授業」が開催され、カフェアルテでは、香り高い珈琲とともにゆったりした時間を過ごすことができます。

イタリア語で芸術広場を意味するアルテピアッツァ。そこでは現代彫刻が自然と深く調和し、人々を魅了します。自然と人、地域と人、人と人、そして過去と現在、未来を結ぶ場として、アルテピアッツァ美唄は、自然、人、芸術の新しいあり方を提示してきました。

それは人々の中に、あらためて自分を見つめる時間と空間を息づかせるという、芸術の本質を呈する安田侃の作品によって実現されています。

このかけがえのない空間を確かに支え、揺るぎなく次世代に伝えていくために地域の枠を超えた新しい絆を結ぶコミュニティとして組織された「アルテ市民ボポロ」とともに、認定NPO法人アルテピアッツァびばいが、この野外彫刻公園の

運営・維持・管理を担っています。



写真1：彫刻公園として蘇った廃校



写真2：緑豊かな環境の中の抽象彫刻作品

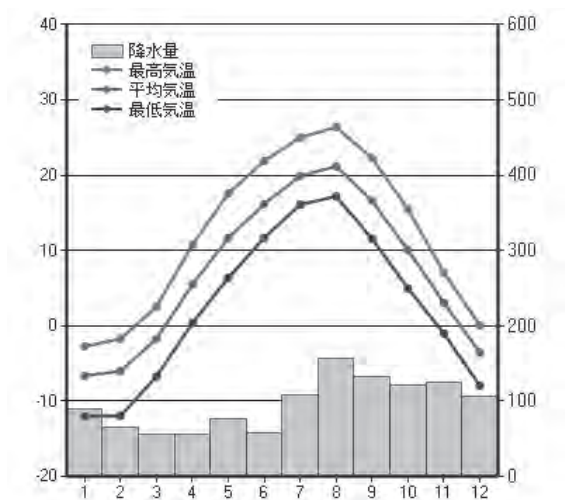
アルテピアッツァ美唄は、20年以上の時を重ねて来ましたが、積雪寒冷地における野外彫刻公園の屋外展示の面では、様々な課題に対して試行錯誤で取り組んで来ましたが、幾つかの課題も抱えています。

今回の専門家会議に際して、永年、文化財保全に携わって来られた専門家・研究者の皆様から、アルテピアッツァ美唄における、特に屋外彫刻作品の今後の保全対策に対する御示唆・御指導を頂ける機会として参加させて頂き、専門外の立場ではありますが実践現場の立場から、屋外展示の現状と課題に関する報告をさせていただきます。

2：美唄市の気候条件

アルテピアッツァ美唄がある美唄市は、空知地方の中央部に位置し、石狩平野にある西部と夕張山地に続く丘陵山岳地の東部からなっていますが、気候条件は下記の通りです。

月別の平均気温、降水量等	
最高気温	26.4℃（8月）
最低気温	-12.9℃（1月）
降水量	1156.5mm（年間）
観測史上の値	
日最高気温	34.7℃（2007/8/13）
日最低気温	-26.2℃（2012/1/28）
日最大風速	25.2m/s（2010/4/14）
最多年間降水量	1700mm（1981）
最少年間降雨量	770mm（1984）
最多年間日照時間	1835時間（2014）
月最深積雪	167cm（2012/2/17）



図表1：美唄市の気象（気象庁美唄観測所）
（統計期間 1981～2010）

これらのデータによるとアルテピアッツァ美唄に設置されている屋外彫刻作品は、年間を通じて40度から60度以上の温度差に曝され、770～1,700mmの雨に濡れ、1,835時間の太陽光を浴び、130mm～160mm以上の積雪に埋もれる状態となっていることが示されています。積雪寒冷地としてのかなり厳しい気候条件下にあると言えますが、アルテピアッツァ美唄は、上記のデータの観測地点よりやや東の、市街地から離れた山地の麓にありますので、これまでの経験によりますと、実際の気象に関してはより厳しい条件になっているものと思われます。

上記のデータ以外の影響要因として考えられる大気汚染に関するデータは、現時点では把握されていません。

3：アルテピアッツァ美唄特有の影響条件

彫刻公園としてのアルテピアッツァ美唄の作品の置かれる環境はレベル分け的には、室内展示を

除いたほとんどの作品がレベル0（文献1）で、まったくの屋外環境で、遮断するものがまったく存在しない状況です。

したがって、ほとんどの屋外設置作品は、直射日光や雨水、積雪、凍結・融解、大気汚染等の気候条件からの影響だけでなく、生物被害による影響、さらには人為的損傷による影響まで、様々な劣化要因・因子に曝された状態にあります。

一方では、彫刻公園としてのアルテピアッツァ美唄は、その成り立ちの上で、かなり特殊な条件下にあります。

作家：安田侃の強い意志によって、作品は誰でも、自由に、触れることが出来る状態にあります。特に子どもたちは素直な感性で、彫刻作品に登ったり、頬ずりしたり、抱きついたりします。幼稚園の玄関にある「天翔」は、世界で最も触れられる安田侃彫刻作品といっても過言ではなく、通園する園児たちの手だけではなくお尻によって毎日磨かれて来ました。贅沢なことにこの幼稚園の園児たちは、世界的彫刻家の作品の上でお弁当を食べることもありますし、暑い夏には存分に水遊びし、冬には彫刻の傍の斜面でソリ滑りなどを楽しみます。夢中で遊んでいて、時によっては、“お漏らし”をすることもあります。気をつけてはいても履き物やカバンの金具、衣服のボタン等で、作品が引掻き傷を被る例もない訳ではありません。



写真3：世界的彫刻家の作品の中で贅沢な水遊び

さらには、入場無料で、塀や柵もなく、屋外環境は24時間開放されていますので、悪意があれば悪戯出来る状態にあるともいえますが、幸いなことに、1991年のオープン以来今まで、作品が意図的に傷つけられた例は皆無です。静謐な空間にありながら優しく確かな存在感を発する安田侃の作品に対する敬意がその大きな理由であると思いますが、来場者のモラルの高さや市民の愛着の表れ

でもあると思います。また、管理にあたるスタッフの日々の弛まない営為によって保たれた環境の醸し出す、清らかで容易に侵しがたい雰囲気も、柔らかな抑止力として作用しているのではないかと推察しているところです。

文化財保存修復の研究テーマからは幾分外れますが、アルテピアッツァでは、彫刻作品の屋外展示に伴う直接的課題としての作品の保全への対応とともに、大規模な屋外展示環境であるが故の切実な課題への対策も必要とされています。

アルテピアッツァは、石狩平野から夕張山地に連なる丘陵地にあることから、豊かな自然に囲まれており、閉山に伴って原生化した森林に隣接した立地となっています。そのことによって、来場者は自然の恩恵を充分に享受出来ますが、反面では公園内外に棲息している動物の密度も濃厚で、昆虫や鳥類はもとより、ヤチネズミ、エゾリスやキタキツネ、タヌキなどの小動物から、エゾシカ、ヒグマ等の大型動物まで身近に、結構頻繁に出没します。特に道外からの来訪者にとっては、思い掛けない貴重な体験として、むしろ好評を博していると言えます。季節に応じて虫よけ対策の推奨を行い、危険性の伴う熊の出没時には、関係機関と連携した安全確保対策をとっていますが、基本的方針としては、駆除型、排除型の対策ではなく、野生生物のテリトリーに近づいた人間側が十分な注意を払い、不用意な遭遇とならない様な手立てを講じつつ、約7haの広大な敷地内に点在する作品を鑑賞できる環境とし、野生生物との共存を図る考え方で、それに向けての勉強会や意識啓発活動も実施しています。

しかしながら、今後に向けては、これまでの性善説的な楽観論だけでは通用しない事態もあり得ることも意識して、アルテピアッツァ全体の施設環境の維持・保全とも関連した危機管理の視点からの総合的対応も必要とされると考えています。



写真4：広々とした緑の中の白い石の彫刻

4：作品の材質と関連する様々な課題

アルテピアッツァ美唄に現在設置されている屋外彫刻作品は、イタリアと日本にある安田侃の活動拠点：アトリエで制作されていますが、材質的には、そのほとんどがイタリア産大理石とイタリアと日本（富山県高岡市）で鑄造されたブロンズ（ホワイトブロンズを含む）となっています。

積雪寒冷地における彫刻公園として20年以上にわたる屋外展示の実績の積み重ねの中から得られた問題意識として、大理石とブロンズ、それぞれの抱える以下のような課題が挙げられます。

（1）素材の耐候性・耐久性：

①大理石：

◆温度・湿度・水分による影響

- ～冬期の吸水&凍結の繰返しによる凍害
- ～温度差収縮による剥離、亀裂等
- ～泥水の浸透などによる変色

◆大気汚染による影響

- ～酸性雨（湿性沈着）による溶解
（本体だけでなく目地材含む影響）

◆生物被害：

- ～虫や鳥の糞による着色、汚物付着等
- ～微生物滲潤、藻類・苔の付着・繁殖等

◆人為的損傷

- ～不可抗力によるもの（擦過、付着物等）
- ～悪意による意図的なもの（切削破断等）

②ブロンズ：

◆温度・湿度・水分による影響

- ～錆、変色、退色等
- ～温度差による膨張、収縮、変形等
- ～水分の影響による塵埃の沈着

◆大気汚染による影響

- ～酸性雨（湿性沈着）による腐食
- ～硫黄酸化物による乾性沈着腐食
- ～その他の硫黄化合物による乾性沈着腐食
- ～二次汚染物質の光化学反応による腐食

◆生物被害：

- ～虫や鳥の糞による着色、汚物付着等

◆人為的損傷

- ～不可抗力によるもの（擦過、付着物等）
- ～悪意による意図的なもの（切削破断等）

このほか、アート作品の保存に関連する条件として、太陽光による影響が挙げられる場合がありますが、アルテピアッツァの彫刻作品の場合は、材質の条件から紫外線や赤外線による劣化はなく、太陽光が問題となるのは、音質変化や生物学的作用等と関連した複合要因に対する対策になるものと考えています。

5：作品保全対策の現状

1991年のオープン以来、アルテピアッツァ美唄では、作品の保全に関しては、作家：安田侃の考え方に沿って対応されて来ました。開設当初は美唄市の建設課が、2006年からは美唄市から委託された指定管理者としてNPO法人が運営維持管理を担って来ました。が、前述の作品の保全に関する課題に関しては、日常的な作品の清掃、状態の点検をはじめとして、NPO法人の管理スタッフが作家の監修指導に沿って対応しています。

主な取組みとしては、水の広場の流路、池の大理石の定期的洗浄（毎月1回、夏の最盛期には月2回程度状況に応じて）による地道なメンテナンスを実施しています。

気温・水温の高い夏季に特に顕著に出現する藻類の付着現象は、見た目の印象とともに子どもたちの水遊び場としての水質・清潔性の保全の面からも不可欠の作業です。丁寧に、一つ一つの石をひっくり返しながら、高圧洗浄を掛けて綺麗にして行くという、暑い最中の過酷な作業ですが、管理担当以外のスタッフやボランティアのサポートにも支えられながら、“アルテの心意気”として、美しさと清潔さを保つ努力を惜しまず継続しています。



写真5：夏期の流路の藻類付着対策の高圧洗浄

また、1997年開設以来、厳しい使用条件、気候条件に曝されて年数を経て来た大理石の石舞台は、汚れや損傷が目立って来たことから、専門事業者に現況調査と対応策の提案を受けて、限られた予算の中で、必要な手立てを施しています。

積雪寒冷地における彫刻公園の屋外展示の最大限の課題は、大理石作品の凍結劣化対策です。要因的には、大理石の吸水が問題になるのですが、安田侃作品の主な素材：ピアンコ・カラーラの場合は、吸水率は0.10%程度といわれていますが、大理石の本場：イタリアでの状況を参考にしつつ、安田侃氏の経験と作家としての素材に対する見識に基づいた対応策として、アルテピアッツァでは、冬期には、合成樹脂製の防水シートで作品にカバーを掛けています。



写真6：冬期の凍結劣化対策の作品保護カバー

作品を覆うカバーが掛けられることによって、石に穿たれた作家の鑿跡のテクスチャーや丁寧に磨き抜かれた滑々の面の繊細な手触り、得も言われぬ形態の輪郭の美しさ等は失われますが、冬にも訪れるアルテファン、安田侃信奉者の多くの方達は、カバーが掛かっている作品の傍まで行かれます。そこには、カバーの無い季節とは、一味違う鑑賞態度があるように感じます。

むしろ、カバーが掛かっていることを楽しむ姿の中には、演劇における開演前の幕の存在の意識や、普段見慣れている作品の隠れた姿：カバーの下に内包された形態への想像力、春先の雪解け時には待ち焦がれた作品の再登場の予感、自然界における樹木の落葉にも通じる、寒さや雪に耐える対応策としての生命体的姿などを愛でる態度に通じるものと私には感じられます。

さらには、カバーの上から触れることによって、中に存在する大理石の表面に安田侃の手によって穿たれた鑿跡をより敏感に感じることもカバーの下に存在する作品の量塊を想像しつつ作品と向か

い合う——というような鑑賞の姿勢もあり得ると思います。完全に無着衣の女性の裸体よりは、むしろ、微妙なボディラインが感じられる衣裳を纏った姿の方が“色っぽい”と感じられることもあるという現象に通じるのかも知れません。



写真7：カバーが掛かっていても…

この辺りは、幾つかの現代アートの作家が提起するテーマに共通する意識が内包されている様にも思います。現在、安田侃を中心にアルテピアッツァ美唄で模索し続けている“これからの美術館の新しい在り方”とも通底する興味深いテーマです。

そのような冬の来訪者の存在を尊重する意味からも、アルテピアッツァでは、冬も、彫刻公園内の主な作品に通じる園路に関しては、一筋だけですが歩いて作品の傍に行けるように除雪しています。



写真8：冬期来訪者のために除雪されている園路

一方、ブロンズ作品に関しては、一部のごく平坦な作品（天秘）を除いては、ほとんど冬期の保護対応策をとっていません。

黒いブロンズは、むしろ、白い雪との対比で、余計なものが隠された広い雪面の中で、夏以上に鮮やかな姿を見せます。吹きつけた激しい吹雪の跡や積雪に埋もれた柔らかい姿、時折起こる積もった雪が滑り落ちて中から黒い彫刻がまるで生

命の誕生のように出現する不思議な現象など、カメラマンを中心に結構冬を楽しむ愛好者が確実にいらっしやいます。

これらの熱心な鑑賞者は、冬期の深い雪の中でも、長靴だけでなく、カンジキやスノーシューなども駆使して、雪の中の彫刻を存分に楽しまれています。



写真9：冬のブロンズ作品の不思議な魅力

6：今後に向けての課題

これまでアルテピアッツァ美唄における彫刻作品の保全への対応は、作家本人の監修を受けながら、その意向に沿った手法で実施して来ましたが、現実的にとり得る最善の策を心掛けながらも、幾つかの限界も感じ来しました。

ブロンズに関しては、耐候性の高い素材としての長い歴史もあり、完全ではありませんが、鑄造の原型の保持等によって万一の場合の救済の道も残されていますので、一定の保全が保障されているともいえます。

一方、大理石に関しては、彫刻素材としての優れた資質：色合い、テクスチャー、彫琢切削加工のし易さ（花崗岩などの硬い石に較べて）等々がありますが、半面の弱点も有しています。ヨーロッパの長い歴史の中でも、屋外に曝される大理石は、様々な劣化が避けられませんが、現役の建物建築物・歴史的建物・遺跡などでは定期的な補修をしながら保全されている例も多いようですが、芸術作品の場合は、補修による保全は現実的ではないようです。貴重な美術作品はほとんどが屋内の展示で、屋外展示の場合は精巧なレプリカが展示されている例が多いようです。

翻って、アルテピアッツァ美唄の安田侃作品の屋外展示の場合は、その作風、巨大なスケール、

重量などからレプリカはあり得ません。今のところは、一定の限界はある中で、最善の方策で保全しながら、出来る限りの延命を図るという方針です。100年単位の遠い将来、朽ちて遺跡状態になっても価値は残るのか？ 札幌芸術の森の砂澤ビッキ作品のように、朽ちて行くプロセスまでもが作品のテーマであり、作家の表現行為である！と考えるのか？ 作家の思いは確実にあることとは思いますが、現在、施設環境の運営・維持・保全を担っているNPO法人の立場としては、より永い間、来訪者に楽しんで貰えるように作品の質を保ちながら周辺環境を含めた保全に向けての模索を続けている状態です。

現在、私達が抱えている課題としては、「水の広場」の大理石の石舞台の保全があります。斜面に連なる敷地周辺や基礎基盤の土壌から浸透して来る地下水の水分の影響を受けて薄い茶色の染みや微生物の侵入の影響が散見されるほか、凍結融解の影響や強い地震による揺れの影響からか、亀裂が生じて来る部分もあります。現在では入手し難いポリウレタンの石材であることやイタリアから専門職人も招致されて制作された経緯から、国内の技術での修復はかなり困難だと思われ、専門業者からの技術提案もありますが、予算の問題もあって、現実的に可能性のある決定的な方法には到達できておりません。

石舞台以外の作品に関しては、冬期のカバーによる保護以外の、いわゆる長寿命化の方策も模索中の部分があります。作品の持ち味を損なわない範囲での表面処理が必要なのかもしれません。現在は、やむを得ない傷、汚れなどは作家自ら処置をしていますが、永久に可能な方法ではありません。

最小限の磨きをかけてコーティングを掛けるなどの技術提案もありますが、“触って感じる”という安田侃彫刻の一番大事なあり方が損なわれないことが大前提になりますので、未だ、万全といえる方策は見えておりません。

以上、彫刻公園としてのアルテピアッツァ美唄における彫刻作品の屋外展示における諸問題に関する報告とさせていただきます。

長々となりましたが、アルテピアッツァ美唄はの本質は彫刻公園ですので、単に先品自体の保全対策上の課題だけではなく、屋外に展示された作品を鑑賞する場としての在り方：アルテピアッツァの置かれている新しい彫刻美術館の模索の過

程での認識をも含めた内容とさせていただきました。

永年、作家とともに、このかけがえのない空間を次世代に引き継ぐための活動を実践して来た私達ですが、文化財の保存修復に関しては素人集団でしかありません。今回、この貴重な専門家会議に参加させて頂いた機会に、今後のアルテピアッツァ美唄の作品の保全の方向性に向けて、専門家・研究者の皆様からの御示唆・御指導を頂ければ幸いです。

引用・参考文献

- 1) (図表1) 気象庁 美唄観測所データ
- 2) (文献1) 「文化財の保全環境」：独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所 編 P. 110. 2011

写真撮影者

- 1) 写真1, 2, 3, 4, 5：濱田暁生
- 2) 写真6, 7, 8, 9：小島啓二

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター ●公開講演会『寒冷地における遺跡保存の現状と課題』

山形のある東北地方、その北に位置する北海道では、冬季に気温が零度以下になり、また降雪もあり、屋外の遺跡や石造文化財は、凍結・融解の繰り返しによる劣化現象が起こります。東北・北海道地域における文化財の保存は、過酷な環境条件に対応する保存材料や技術の開発が重要な課題となっております。当センターでは、これらの地域の文化財保存の担当者と共同で、寒冷地域における文化財の保存対策の構築に取り組んでいます。本年度は、寒冷地域の遺跡等での問題点について、各地域の現場を訪問し、現地調査とともに、現地担当者との情報交換を中心に研究を進めております。この度は、積雪寒冷地域での、歴史的建造物、史跡等の保存に関わっておられる専門家を招聘し、公開講演会を企画いたしました。

主 催：東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター

共 催：北海道・東北保存科学研究会

開催日：平成28年1月9日（土曜日）13：30～17：00 参加無料

会 場：東北芸術工科大学本館301講義室（山形市上桜田三丁目4番5号）

実施要項

総合司会（石崎武志・東北芸術工科大学）

13：30－13：40 開会挨拶（澤田正昭・東北芸術工科大学）

13：40－14：10 講演1：北海道小樽の歴史的建造物、史跡の現状と課題（石神 敏・小樽市教育委員会）

14：10－14：40 講演2：環状列石の石材保存について（藤井安正・秋田県鹿角市教育委員会）

14：40－15：00 休憩

15：00－15：30 講演3：小牧野遺跡、伊勢堂岱遺跡の保存修復処理（庄司岳央・株式会社トリアド工房）

15：30－16：00 講演4：妻木晩田遺跡の保存・整備・活用の現状と課題（濱田竜彦・むきばんだ史跡公園）

16：00－17：00 総合討論

17：00 閉会

北海道小樽の歴史的建造物、史跡の現状と課題

石神 敏 ISHIGAMI, Satoshi／小樽市教育委員会 生涯学習課 主査

1. 手宮洞窟の整備と公開

1) 国指定史跡「手宮洞窟」の概要

手宮洞窟は、小樽市西部の手宮公園崖下東端部を通る道路（海岸高島線）沿いに所在し、岩壁に彫刻（陰刻画）があることで広く知られている。洞窟並びに陰刻画の発見は、慶応2（1866）年に小田原出身の出稼ぎ石工「長兵衛」の石材探索中によるものである。

洞窟の壁面は発見時以降に大部分が石材採掘によって失われ、陰刻画のある奥壁が露出した状態になってしまったことから、本来の洞窟にかわって陰刻画を保存するための木造「覆屋」が設けられ、その後、鉄骨コンクリート造で空調設備付きのもの（手宮洞窟保存館）が整備されて今日に至っている。

なお、陰刻画についてはその解釈を巡って様々な説が展開されたが、北東アジアにおける岩壁画との比較研究と、手宮洞窟保存館建設に先立って実施された発掘調査の成果から、およそ1600～1700年前（縄文時代中期）の絵画的な彫刻と考えられ、鳥獣の姿に仮装した人物（シャーマン）を表現したものとみられている。



写真1：陰刻画実測図

手宮洞窟はその希少性と学術的価値から、大正10（1921）年に当時の史跡名勝天然記念物保護法によって史跡指定された。

2) 整備活用の概要

整備活用に関しては、昭和58（1983）年から昭和59年の2年間にわたり、保存工事に係る基礎調査を実施し、昭和61年に保存修理調査委員会を設置して調査工事の内容等を検討した。この検討結

果に基づいて各種調査が実施され、総合的な保存対策が検討された。

昭和63年には保存修理工事の設計が行われるとともに、改めて手宮洞窟保存整備委員会が設置された。保存整備に関する工事は、現存する構築物を撤去したうえで陰刻画のある壁面と周囲に覆屋を設置し、併せて陰刻画をカプセルで覆い、保存と公開に供することとした。既存の構築物を撤去した後、覆屋の前庭部の発掘調査を実施するなど、平成元（1989）年から平成7年3月末までの期間で施工され、同年4月14日より「手宮洞窟保存館」として公開されている。



写真2：手宮洞窟保存館（外観）

3) 史跡の周辺環境の変化並びに陰刻画を巡る問題

手宮洞窟は、かつて海岸線の直近に位置していたが、明治初期から行われた埋め立て工事により内陸化した。



写真3：明治13年の手宮洞窟附近

また、北海道開拓の進展にともなって建築材料としての石材需要が高まったことなどから、洞窟

とその周囲で石材の切り出しが行われた結果、陰刻画のある奥壁が露出するに至った。さらに洞窟前方の埋め立て地には鉄道施設が相次いで建設されるとともに、洞窟の所在する崖の中腹には明治末期に石炭積み出しのための鉄道線路が敷設されるなど、幕末の発見当初とは洞窟の周辺を含めた環境に著しい変貌が見られる。



写真4：明治17年の手宮洞窟附近と鉄道施設



写真5：手宮洞窟前面の鉄道線路（明治末～大正）

さらに、洞窟及び陰刻画のある壁面の地質は通称「軟石」と呼ばれる火山性の堆積物で、振動や浸透する地下水の影響等により、陰刻画のある面は劣化しやすい状態にある。

手宮洞窟の発見は慶応2年のことであるが、イギリス人の地質学者ジョン・ミルンによって明治13（1880）年に「小樽及び函館出土の石製品についてのノート—日本の先史時代遺跡に関する若干の見解」と題された論文に記載されたのが、洞窟と陰刻画について文献に記載された最初である。また、日本人による報告としては、明治19年「人類学会報告」に掲載された渡瀬莊三郎によるものが最初であった。この後、陰刻画が「偽刻」であるとする説や「古代文字」として捉える説が発表された。偽刻説については、昭和戦前期に小樽在

住の研究者による詳細な調査成果と、昭和25（1950）年に余市町で発見されたフゴッペ洞窟の陰刻画により否定されるに至ったが、古代文字説については中央の学界よりも地元での関心が非常に高く、文字としての「解説」に関する文献等が地元で比較的多数出版されている。このため、今日では陰刻画に関する研究に一定の成果が得られているものの、小樽では「古代文字」の呼称が払拭されたとは言い難い。



写真6：昭和30～40年代の手宮洞窟

4）整備事業の目的と手法

手宮洞窟は発見以来、洞窟本体及び周辺環境の著しい変化と経年劣化とにより、露出している陰刻画の表面の劣化が進行しつつあった。洞窟の基盤岩は新生代第三紀中新世に起こった海底火山の活動に伴う火成岩により成り立つとされている。これは堆積の過程で多くの揮発性ガスを含み、岩石中に多くの隙間が存在するもので、ここへ水分が浸透することにより基盤岩の劣化が進行する。加えて小樽の寒冷な環境の下では、隙間が多く、劣化した岩石が水を含んだ状態で凍結と融解を繰り返すことにより容易に破碎されることから、極めて劣化しやすい特徴を持っている。

保存策の立案に当たっては、今後の劣化の進行を停止させることが最大の目標となった。このため現地での観測を含めた長期にわたる検討作業を実施し、劣化に関わる外的な要素を抽出して、技術的にこれらの要因を取り除くことについて検討が重ねられた。その結果、劣化の進行を停止させるには、劣化を促す要因を人為的に除去する方策を講じる必要があるとの考えに至った。

洞窟と陰刻画を構成している基盤岩体と周辺地域において、劣化の進行に大きく影響する地下水の拡散と流出過程の把握が肝要であったが、現地における長期観測結果から冬期間に5～10回程度

の凍上現象が起こり、基盤岩体が破碎される可能性が示唆された。また、大量の雪解け水が融雪期に洞窟背後の斜面から基盤へ浸透し、壁面に滲み出すことが観測された。さらに、その後は水に溶けだした塩類の表面析出力により基盤表面が剥落することが室内実験によっても確認された。

手宮洞窟保存修理調査委員会及び手宮洞窟整備委員会によって調査と検討が重ねられた結果、陰刻面の長期保存策としては周辺岩体を含む地域での水の制御が重要であるとの結論に至った。具体的には、洞窟背後面に達する長さでボーリング孔を通して洞窟壁面への水分供給を遮断することとしたが、この方法が有効であることが確認されている。

洞窟の置かれている寒冷な環境が洞窟壁面に及ぼす影響については、数年にわたる気温、湿度、岩体温度の変動等の観測と記録を行い、データを収集するとともに、保存工事開始後も工事中に発生する振動及び衝撃に関する観測を継続して影響評価を行った。

以上により、手宮洞窟については人為的に洞窟の入口が閉塞されていた状況を作り出すために史跡全体を覆屋で覆い、さらに内部の陰刻面についてもガラス張りとしたカプセルの内部に封じ込めて外界の影響を遮断し、温度と水分の変動を人為的に制御する装置を付帯して保存と公開を行い、貴重な文化遺産を後世に引き継ぐための施設としている。

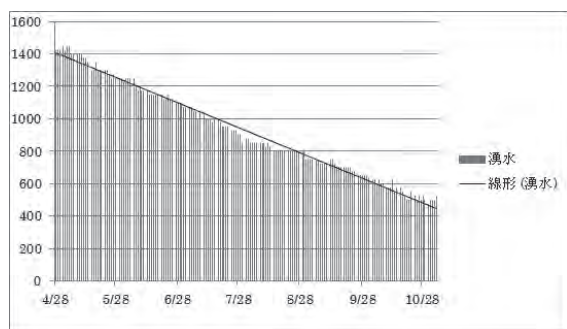


図1：4～11月の平均的湧水量グラフ

なお、図1に4月から11月までの平均的な湧水量をグラフ化して示したが、湧水量は概ね1月で最低となり、2月から上昇に転じる傾向にある。

引用・参考文献

小樽市：国指定史跡手宮洞窟保存修理事業報告書（1995）

2. 重要文化財 旧日本郵船株小樽支店の現状と課題

1) 保存の経緯

建物は、明治39（1906）年に日本郵船株式会社小樽支店として竣工した。同支店は昭和29（1954）年まで日本郵船が所有し支店業務を行っていたが移転したことから、昭和30年に小樽市が買い受け、昭和31年より同59年まで「小樽市博物館」として再利用されていた。

昭和44年に重要文化財の指定を受けたが、昭和53～54年に屋根の葺き替え工事を実施した。その後、昭和58年には保存修理工事のための調査工事を実施して、昭和59～62年にかけて部分修理工事を実施した。



写真1：旧日本郵船株式会社小樽支店外観

部分修理工事終了後は、「重要文化財旧日本郵船株式会社小樽支店」として公開され、今日に至っている。

2) 建物の概要

この建物は明治37（1904）年に着工し、同39年に竣工した。設計者は佐立七次郎（工部大学校造家学科第一回卒業生）。近世ヨーロッパ復興様式の石造2階建てで、小樽産のいわゆる「軟石」が使われている。建物は街路に面した正面の表玄関を中心に左右対象であり、内装にはアメリカ製のスチールシャッター、スプリングシェイドローラー等が用いられ、暖房は地下にボイラー室を設けて蒸気暖房としている。

1階は客溜まりと営業室が高いカウンターで仕切られ、金庫室や支店長室、応接室などが機能的に配置されている。また、渡り廊下によって本館後方の付属舎が結ばれ、遊技室やトイレなどがここに配置されている。

2階は、寄せ木造りの床、空色漆喰の天井、菊紋内摺りセードシャンデリア、菊模様の金唐草紙

の壁、深紅のカーテン、鏡付き大理石暖炉などで彩られた貴賓室と、柱の無い釣り天井の広々とした会議室が1階の営業部分とは異なる華麗さがみられる。なお、竣工直後の明治39年11月には、この会議室で樺太の国境線を画定するための会議が行われた。



写真2：2階大会議室

3) 現状と課題

前回の部分修理工事から、およそ30年が経過することから、小規模な保存修理（屋根葺き替えを含む）の時期に達している。近年、石材の表層剥離が進行しており、屋根葺き材の腐食と関連して、石材内部に水が浸透している。



写真3：石材の表層剥離

このため2階貴賓室の金唐草紙に剥離脱落がみられ、その範囲も拡大しつつある。さらに、積雪期の2月中旬～3月上旬には小屋裏における結露の発生によって生じた水が、躯体石材と壁面に塗られた漆喰の隙間を通じて流れ出し、一部は1階

の壁面にまで達している。



写真4：1階天井の漏水状況

こうした水による悪影響は、小屋組みの木部の一部に不朽箇所を発生させるに至っており、小屋組みのトラス構造及び2階吊天井にも深刻な影響が及ぶ恐れがある。



写真5：小屋裏木部の腐朽

石材の表層剥離については、昭和62年の保存修理工事に際して塗布された撥水強化剤が浸透した部分と、浸透が至らなかった部分の境界（約10mm前後）で発生していることが判明した。

応急の措置として、腐朽の著しい軒先部分に亜鉛鉄板を貼り付けるとともに、軒樋と縦樋の接続部分を補修したが、平成25（2013）年度～同26年度にかけ、地盤調査、石材コア抜き、採取試験体体力確認調査、内壁下地確認調査、外壁劣化度調査を行い、構造基礎診断並びに構造補強案の作成等、保存修理工事のための諸調査工事を実施した。



写真6：躯体石材のコア抜き



写真7：屋内小階段室の躯体石材コア抜き

引用・参考文献

小樽市：国指定史跡手宮洞窟保存修理事業報告書.
1995

環状列石の石材保存について

藤井安正 FUJII, Yasutaka／鹿角市教育委員会

1：鹿角市の位置と自然環境

鹿角市は秋田県の北東部、北東北三県のはほぼ中央に位置する。南に八幡平、北に十和田湖があり自然豊かな土地である。

ケッペンの気候区分では亜寒帯に近い温帯多雨気候に属する。

年間降水量	1,998mm (2013年)
積雪	130cm (2015年/2/15)
最高気温	37℃ (2000年/7/31)
最低気温	-22.4℃ (1977年/1/27)

2：大湯環状列石の概要

1931（昭和6）年、耕地整理の際に発見された。1951（昭和26）年・1952（昭和27）年の文化財保護委員会による発掘調査を経て1956（昭和31）年に特別史跡に指定された。

遺跡は、万座と野中堂環状列石を主体とする縄文時代後期の記念物である。環状列石は十数個の川原石を方形や楕円形等に組み合わせた組石遺構の集合体で、特殊な形をしたものを「日時計状組石」と呼んでいる。遺跡の範囲は約25haで、二つの環状列石のほか多種の遺構や遺物が発見されている。これまでの調査から環状列石は集団墓、それを取り囲むように葬送儀礼や自然への畏敬の念を表わす場が広がっている。



写真1：環状列石俯瞰（北側上空から）

3：環状列石の石材保存

小学校低学年（1965年）のころ、大湯環状列石

は遠足のコースに組み込まれていた。また、卒論を書くため遺跡に足を何度も運んでいるが、その当時はコケも地衣類もはびこっていなかった記憶がある。

列石に使用されている河原石が黒ずみ始めたのは1978（昭和53・写真8）年以降という記憶が残っている。それが顕著となったのは1985（昭和60）年頃であろうか。当時、酸性雨やアスファルト粉塵によるものと思い分析を行ったが、いずれも主要原因でないことが判明した。

1998（平成10）年から遺跡環境整備事業を行うことになり「列石を当時の色合いに戻したい、露出展示を継続していきたい」との考えから、澤田正昭氏の協力を得て、黒ずみの原因究明、各種データの収集や各種実験を行いながら、2002（平成14）年に保存処理を行った。

そのスケジュールは下記のとおりである。

1998年	原因究明、環境調査、洗浄剤の開発と洗浄方法の検討・実験
1999年	強化処理剤の開発と実験、防カビ剤の経過観察、破損石材の接着と修復実験
2000年・2001年	経過観察
2002年	石材保存処理の実施。

4：保存処理工程

①水洗

下洗いをを行い、その後、洗浄剤を使用して洗浄する。小さな窪みなどに入っている地衣類などは竹串を使いほじくり出しながら、根気よく。必要によっては二度洗い・三度洗いをを行う。

洗浄剤は環境に優しく、生分解が良好で、経口毒性の低いことを基準に、ポリエチレンアルキルエーテル及び高級アルキルエーテル硫酸エステル塩の界面活性剤を選択した。これを5：1で混合した溶液を使用した。この溶液を浸透させるため、溶液を浸み込ませたペーパーを湿布し、十数分放置。汚れが浮きだったところで、水をかけながらブラッシングを行う。汚水は紙おむつに吸わせ、土壌への汚染を防いだ。



写真2：水洗浄



写真3：基準液の湿布



写真4：洗浄

②修復処理

転倒により破損したものについては接着。

また、隙間からの水分の浸透を防ぎ、浸透した水分が凍結したことによる破損を防ぐため樹脂を充填した。



写真5：接着作業

接着剤の選定については耐久性、耐水性を考慮し、エポキシ樹脂接着剤を採用した。エポキシ樹脂と石の色合いが違うことから、溶剤型アクリルウレタン樹脂塗料を塗布した。

③強化剤と防カビ剤の塗布

列石に使われている石英閃緑玢岩は硬質であるが、これよりも硬度が低いものがあることから強化するためSilicate #3を塗布。この際作業工程短縮のため防カビ剤2%（環状窒素イオン系 サンニット #600）を混入したものを塗布した。



写真6：強化剤と防カビ剤の塗布

④撥水剤の塗布

冬期の凍結による破損、塗布した薬品の効果を持続させるため、撥水剤を塗布した。液剤としてシランモノマー系のNH40Sを使用した。なお、溶液乾燥時の雨を避けるためブルーシートで養生した。

水洗浄化から撥水剤塗布終了までの期間は約6ヶ月。小学生の頃に見た環状列石の様子となったが……。



写真7 澤田先生の現地指導

5：処理後の経過と現況

保存処理から2～3年程は薬品の効果もあり洗浄当時の状況を保っていた。

しかし、降雨や融雪により薬品が流れ出し、その効果が薄れていくと同時に、地衣類が発生しはじめた。発生箇所は小さな窪み周辺、乾燥しにくい石の北側面から広がりだした。

また、露頭時間（写真11）の短いものほど、保存処理後に地衣類が発生しにくいことがわかった。



写真8 1978（昭和53）年当時



写真9 2002（平成14）年洗浄後



写真10 2017（平成27）年現在



写真11 万座環状列石外帯と環状配石遺構

6：再発生の原因と適切な保存処理の時期

◆再発生の原因として◆

- ①石のくぼみに込んだ地衣類などを完全に除去できなかった。
- ②土壌と接する部分の洗浄が不十分であった。
- ③周辺に繁茂していた地衣類やコケを除去できなかった。

◆保存処理の適切な時期◆

- ①表面の劣化が進んでいない時。
- ③地衣類の付着が少ない時。

自然環境下に晒されている以上は、地衣類等の繁殖は止められない。露出展示を継続していく条件として定期的に保存処理を繰り返すこと。しかし、財源的に厳しい状況下では…。



写真12 雪景色

引用・参考文献

鹿角市教育委員会『特別史跡大湯環状列石環境整備事業報告書』pp. 95-121. 2003

写真撮影者

鹿角市教育委員会

小牧野遺跡、伊勢堂岱遺跡の保存修復処理について

庄司岳央 SHOJI, Takeo／株式会社トリアド工房

1：はじめに 2つの遺跡について

小牧野遺跡と伊勢堂岱遺跡の2つの環状列石について説明いたします。

小牧野遺跡は青森空港にほど近い、青森市野沢字小牧野にある縄文時代後期前半につくられた環状列石を有する史跡公園です。平成7年に国指定史跡に制定されました。列石の数は約2900個を数え、また小牧野式と呼ばれる楕円形の石を縦に置きその間に平らな石を積み重ねた特徴的な形状となっています。

伊勢堂岱遺跡は大館能代空港に程近い北秋田市脇神字伊勢堂岱に位置する縄文時代後期前半につくられた4つの環状列石を有し、平成13年に国の史跡に指定されています。

環状列石Aは約1300個、列石C・D合わせて約1800個の列石を有します。小牧野遺跡とは異なり様々な種類の石材にて環状列石を作っています。環状列石Bについては列石の取り上げを行っており、平成26年に復元配置を行っています。

両遺跡は互いに付近に空港が隣接し、また立地、気象条件も似ています。施工時には両遺跡では霧の発生が非常に多く、苦しめられました。以下に気象条件を記します。

表1 小牧野遺跡周辺の気象条件

小牧野周辺（青森県大谷）の気象条件（2014年）	
最低気温	-17.6℃（1月）
最高気温	26.5℃（8月）
降水量（年合計）	1223.5mm

表2 伊勢堂岱周辺の気象条件

伊勢堂岱周辺（秋田県脇神）の気象条件（2014）	
最低気温	-15.8℃（1月）
最高気温	32.4℃
降水量（年合計）	1788mm

2：保存修理の流れ 小牧野遺跡

これまでの小牧野遺跡の保存修理の流れについて説明します。今回記載する、流れについては以下のとおりです。

平成17年度に保存修理のための検討事業が開始され石材の保存方法と遺構面の保護方法について

検討が行われました。検討の結果、平成18年度から平成20年度までの3年度にわたり列石のクリーニングと遺構面の保護処置を行いました。

3. 保存修理の流れ 伊勢堂岱遺跡

これまでの伊勢堂岱伊勢の保存修理の流れについて説明します。今回記載するながれについては以下の通りです。

平成20年に石材用強化剤と撥水剤の検討が行われ、平成24年に環状列石Aの状態調査を筑波大学と行いました。同年度に状態の悪い列石を中心にクリーニング及び強化撥水と接合作業を行なった上で次年度行うクリーニング準備としてコレトレールの塗布と遺構面保護の検討実験を行いました。

平成25年には遺構面の改良土による保護と列石のクリーニング及び強化撥水と接合をおこないました。平成26年には環状列石Bの復元をおこない、本年度では環状列石C・Dの列石の強化撥水処理と接合を行いました。



図1 列石の調査状況

4. 石材の保存修理について 小牧野遺跡

平成20年度における小牧野遺跡の列石の保存修理について説明します。小牧野遺跡では商品名シロスケ（主成分水酸化ナトリウム0.15%アルカリ性溶液）を洗浄液として用いてブラッシングと高圧洗浄機を用いてのクリーニングを行いました。

クリーニング作業完了後に乾燥期間を2週間程度設け、乾燥後に撥水剤290（アクト）をはけ塗りにより2～3回に分けて塗布を行いました。



図2 小牧野遺跡 シロスケ噴霧状況



図3 小牧野遺跡 シロスケ湿布状況



図4 小牧野遺跡 高圧洗浄状況



図5 小牧野遺跡 拭き取り状況

表3 洗浄剤と撥水剤

	商品名	主成分
洗浄剤	シロスケ	水酸化ナトリウム0.15%
撥水剤	290	アルコキシシロサン

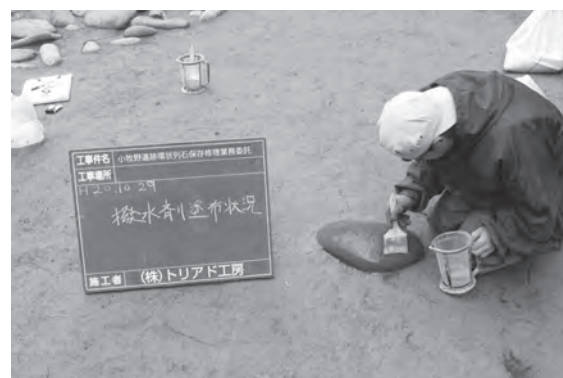


図6 小牧野遺跡 撥水剤塗布



図7 小牧野遺跡 着工前



図8 小牧野遺跡 完成

5：石材の保存修理の流れ 伊勢堂岱遺跡

平成24年度からの伊勢堂岱遺跡における列石の保存修理の流れについて以下に説明します。平成24年に筑波大学と共同で環状列石Aの状態調査を行い、状態の悪い200個程度を先行してクリーニング及び強化撥水と接合を行いました。

先行する200個程度にはAC322法と呼ばれるクリーニング法と次亜鉛酸ナトリウムを洗浄剤とし

て用いてブラッシングによるクリーニングを行いました。AC322方はイタリアで考案された石造文化財クリーニング方でアルカリ性物質と漂白成分をジェル状にした洗浄剤を塗布するものです。また先行しない残りの列石についてはコレトレールの塗布を行いました。石材の強化には平成20年度に行われた保存修理検討実験から、ISEDou-A（エチルシリケートモノマー ポリマー混合）の塗布含浸を行いました。この強化剤は浸透性をよくするためモノマーよりの比率設定となっています。塗布方法は刷毛やスプレーによる塗布と、湿布式による含浸と一部石材についてはどぶ漬け含浸を行いました。接合ができないクラック等にはポリマー寄りのシリケート樹脂（OM20～50）注入を行いました。

撥水処理についても平成20年度に実験を行った撥水剤の中から、撥水性能と色味変化の少ないOBH（メチルトリエトキシシランのモノマー）を刷毛塗り及びスプレーにより30分程度のインターバルを置き3回程度塗布を行いました。現在、平成24年度に施工した部分については撥水剤の効果は持続しています。

列石の接合については石材用エポキシ接着剤及びアクリル接着剤により接着を行いました。クラック等の空隙部分には石材用水性エポキシ（サイトFX）を用いて擬岩処置を施しました。

平成26年度に環状列石Bの復元を行い、本年度は環状列石C・Dのクリーニングと強化撥水と接合を行いました。基本的な処置については前記の通りになります。



図9 伊勢堂岱遺跡 クリーニング状況



図10 伊勢堂岱遺跡 強化剤含浸状況



図11 伊勢堂岱遺跡 反応養生

6：遺構面の保護について

小牧野遺跡と伊勢堂岱遺跡の遺構面の保護処理は酸化マグネシウムを主成分とする固化剤（ジオベスト）を用いて遺構面保護層を作り遺構面を直接大気中に暴露させず、温度変化や風雨から遺構面を守ることを目的としています。詳細については以下に記します。

遺構面に直接保護層を施工せず、2 cm程度の山砂（洗い）による縁切り層の上に平均厚さ55mmの保護層を作ります。

保護層に用いる粘性土はそれぞれの遺跡の特徴に合わせて選定を行いました。小牧野遺跡では青森市内にて物性の似たローム土の掘削を行い、その土の5 mmの篩い目に掛けた後に十分な乾燥を行い、その後トンパックにつめて現場に搬入を行いました。その後は雨に濡れないよう管理を行い、品質管理を行いました。伊勢堂岱遺跡で黒色の粘性土（以下黒土）を小牧野遺跡同様に篩いと乾燥を行いました。伊勢堂岱遺跡の黒土はとても色が黒いため近い黒土を確保するのに苦慮しました。

それぞれの保護層改良土の配合比については事前に検討試験を行い配合比の決定を行いました。配合比の選定は乾燥時の粘性土の体積比と質量に

対して山砂とジオベストの配合比パターンを設定し、一軸圧縮強度と硬度貫入試験を行いました。実験結果としてはジオベストの添加量が多いほど強度が上がる傾向が見られます。実験結果から導きだした配合比で施工を行うのですが、気温や材料の状態により含水比が変化するため、一回ずつ計測しての改良土の製作は実業務としては適していないため、一定の配合比パターンを用いて改良土の製作を行いました。また実験的にはよい含水比でも、転圧に適さない粘度になる場合があるため40%程度の含水比を目安として適宜添加する水の量を調整して施工を行いました。

改良土の転圧については全て人力にて行っています。機械式ランマー転圧では遺構面と列石に物理的影響が大きいため、タコとゴムハンマーを用いての施工を行いました。列石間の細部については木の丸棒やへらを用いて転圧を行いました。

表4 伊勢堂岱遺跡 改良土混合割合実験パターン

	混合土割合		固化材
	黒色土	細砂	固化材
配合1	70	30	20%
配合2	70	30	10%
配合3	90	10	20%
配合4	90	10	10%

表5 伊勢堂岱遺跡 改良土実験結果

	材令29日 平均 (kN/m ²)	凍結融解 平均値 (kN/m ²)	現場試験 貫入硬度 (kg/cm ²)	貫入試験 (kg/cm ²)
配合1	821	298	119	100.3
配合2	577	254	12.6	29.6
配合3	904	464	96.6	107.3
配合4	347	171	14.1	25.4

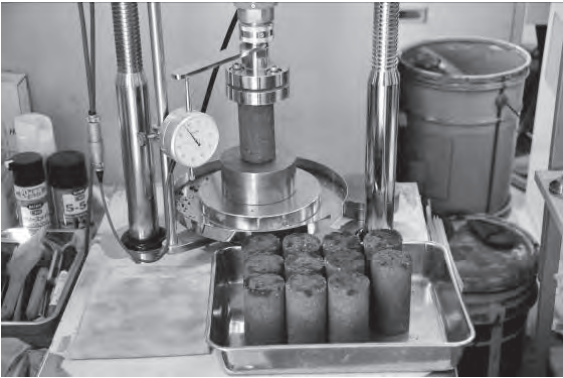


図12 伊勢堂岱遺跡 1軸圧縮強度試験

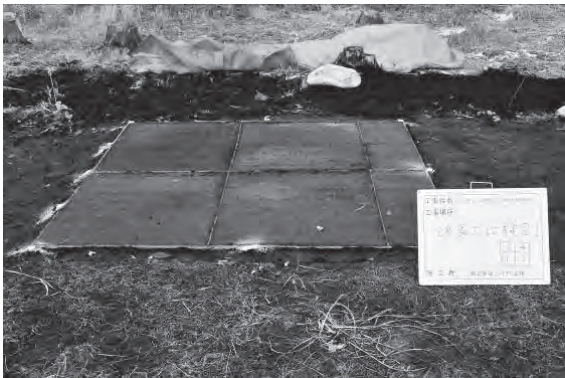


図13 伊勢堂岱遺跡現地試験

表6 施工における配合比

	粘性土	山砂	ジオベスト
小牧野遺跡	70	30	10%
伊勢堂岱遺跡	70	30	20%

表7 施工時における配合量

	粘性土	山砂	ジオベスト
小牧野遺跡	30ℓ	10ℓ	2.5kg
伊勢堂岱遺跡	30ℓ	10ℓ	2.3kg



図14 伊勢堂岱遺跡 改良土練り混ぜ



図15 伊勢堂岱遺跡 改良土転圧



図16 伊勢堂岱遺跡 施工前

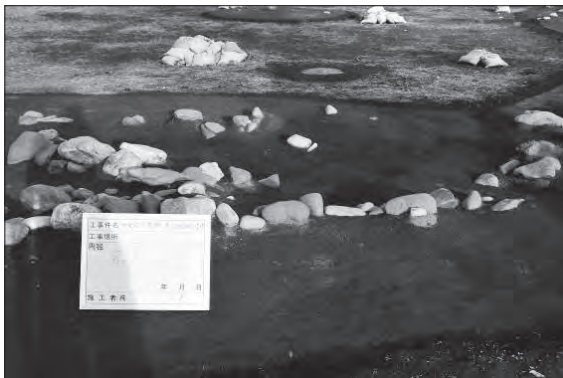


図17 伊勢堂岱遺跡 完成

7：管理とメンテナンス

現状では小牧野遺跡と伊勢堂岱遺跡では冬季期間中は防水シートをかけて養生を行っています。現在のところ両遺跡においても改良土については大きな欠損は見られません。細部のクラックや表面の細かい剥がれは発生していますが、表層に粒状になった粘性土に覆われるため、そこまで目立つものではありません。また改良土のアルカリ化と一定以上の硬度のため雑草がはびこることもありません。また改良土の耐用年数は現状では不明ですが、冬季の養生を行えば10年程度はもつと考えられます。

伊勢堂岱遺跡の撥水材の効果は4年経過した部分も効果は継続しています。

撥水剤の効果持続期間は環境等により変わりますが、5～7年程度を見積もっています。理想としては6年目に予算化を行い、7年目に撥水处理を行うことができれば理想と考えています。

撥水剤の効果が切れると凍結融解や汚れや着生生物が発生するため、もとに戻すのに大きなコストが発生してしまいます。そのためコンスタントなメンテナンスが必要になると思われます。



図18 伊勢堂岱遺跡 冬季養生

引用・参考文献

- 1) 表1 気象庁 青森県大谷観測点
- 2) 表2 気象庁 秋田県脇谷観測点
- 3) 表4 平成24年度伊勢堂岱遺跡環状列石保存修理報告書 P. 8. 表8
- 4) 表5 平成24年度伊勢堂岱遺跡環状列石保存修理報告書 P. 35. 表22
- 5) 図1 撮影トリアド工房
- 6) 図2～8 平成20年小牧野遺跡環状列石保存修理報告書
- 7) 図9～18 平成24年度伊勢堂岱遺跡環状列石保存修理写真台帳

妻木晩田遺跡の保存・整備・活用の現状と課題

濱田竜彦 HAMADA, Tatsuhiko／鳥取県立むきばんだ史跡公園

1：はじめに

妻木晩田遺跡は中国地方の最高峰・大山の北麓に派生する丘陵上にある。鳥取県の西部、米子市と西伯郡大山町にまたがる縄文時代～中世にいたる複合遺跡で、弥生時代中期後葉（前1世紀頃）～古墳時代前期前葉（3世紀末頃）に大規模な集落が営まれていた（写真1）。「国家形成への歩みを始める古墳時代の前史となる弥生後期の社会を考える上で（中略）、全国的にきわめて重要な事例」として¹⁾、国の史跡に指定された約152haを保存、整備し、公開、活用を進めている（写真2）。

さて、妻木晩田遺跡のある鳥取県は中国地方の日本海側（通称、山陰）に位置している。海岸線の出入りは少ないが、山地が海岸まで迫り地形の起伏は大きい。気候は日本海型に属し、冬期には積雪がある。

鳥取地方気象台による瀬戸内海側（山陽）の岡山市と鳥取市との比較では、鳥取の年平均気温の平年値は14.9℃で、1.3℃ほど低い。年間の日照時間は1677.7時間で、岡山の約80%となるという。つまり、瀬戸内海側に比べ、明らかに寒く、日照量が少ない。一方、降水量は年を通じて多く、総量は1897.7mmで、岡山の約170%となっている。岡山の年間降水量の極値が1993年の1646.5mmであり、鳥取の30年間平均はそれを上回る²⁾。

なお、妻木晩田遺跡は海岸線から約3kmの距離にあり、指定地内の標高90～180mである。そのため海岸線より積雪が多い（写真3）。ただし、長期にわたる根雪になることは少ない。以下、こうした環境下にある遺跡の保存・整備・活用の現状と課題を報告する。

2：遺跡の発見

泡沫景気に沸いた20世紀の終わりに誘致されたゴルフ場の開発を契機に、地元2町が組織した調査体制による発掘調査が行われ、前1世紀から3世紀頃に営まれていた大規模な集落の存在が明らかになった。

調査が行われたのは平成7～9年度である。丘陵尾根部約15.5haが発掘され、約400棟の竪穴住居跡や約500棟の掘立柱建物跡、環濠、墳丘墓群



写真1：埋め戻し前の遺跡



写真2：むきばんだ史跡公園の景観



写真3：積雪時の妻木晩田遺跡（妻木山地区）



図1：史跡整備全体図

などが発見された。そして、遺跡の重要性が認識されるにつれて、遺跡の保存を望む気運が高まっていたのである。

果たしてゴルフ場を建設するのか。後世に伝えて、活用するのか。様々な議論がなされた結果、平成11年4月に遺跡の全面保存が決定すると、同年12月に異例のスピードで国の史跡に指定された。

その後、平成12年4月に鳥取県教育委員会文化財課内に「妻木晩田遺跡整備室」が設けられ、史跡内の遺構保護と土地公有化を進めるとともに、遺跡の内容確認を目的とした継続的な発掘調査や、整備を実施、平成24年4月から「鳥取県立むきばんだ史跡公園」として、既整備地区を公開、活用している。

3：集落像

弥生時代集落の営みは、中期後葉（前1世紀頃）にはじまり、古墳時代前期前葉（4世紀にさしかかる頃）に終わる。最初は小規模な集落だったが、墳丘墓の造営が開始される1世紀後半から2世紀にかけて堅穴住居跡の数が急増している。墳丘墓

に象徴される首長層の台頭と、集落・集団規模の拡大が軌を一にしている様子がうかがわれる。そして、2世紀後半に集落は最盛期をむかえる。妻木晩田遺跡では、5棟前後の堅穴住居が群をなすように分布しており、2世紀後半には、こうした居住の単位が20以上も存在していた。

妻木晩田遺跡は雄大な日本海を一望する立地にあり（写真2下段）、中国の歴史書『三国志』の一節、通称「魏志倭人伝」の冒頭に記された「山島によりて国邑をなす」という一文を彷彿とさせる。史跡整備は平成12年度にスタートして今にいたる。「甦る弥生の国邑」をテーマに、「弥生のフィールドミュージアム」を目指して、最盛期（2世紀後半）の集落景観を復元・整備している。

4：史跡整備

妻木晩田遺跡内は谷地形によって分けられる6地区（洞ノ原、妻木山、仙谷、妻木新山、松尾頭、松尾城地区）からなる（図1）。現在、一般に公開しているのは、後述する初期整備と第1期整備を実施した洞ノ原地区、妻木山地区、妻木新山地

区、仙谷地区の一部である。洞ノ原地区では集落景観（居住域、墳丘墓群、埋没した環濠など）、妻木山地区では集落景観（居住域）、遺構展示館（竪穴住居跡）、発掘体感ひろば、妻木新山地区では弥生の森、仙谷地区では墳丘墓の一部を整備している。

（１）予備的な整備—平成11年度—

史跡の整備では、一般に、基本構想→基本計画→基本設計→実施設計→施工の手続きを踏む。ところが、妻木晩田遺跡では、保存決定後から現地公開の要望が相次ぎ、可能な限り早期公開を実現する必要があった。そのため、平成11年度に調査後の遺構を応急的に埋め戻した後に、洞ノ原地区と妻木山地区に見学対象を設ける予備的な整備を実施している。主な内容は、洞ノ原地区東側丘陵における洞ノ原墳丘墓群の一部と、妻木山地区における竪穴住居跡3棟を露出展示する試みである。

（２）初期整備—平成12～15年度—

居住域、墳丘墓、環濠があり、日本海を一望する遺跡随一のビュースポットとして人気の高い洞ノ原地区を対象に「初期整備」を実施することとなった（写真2①・写真4）。そして、この間に「基本構想」と「基本計画」を作成し、平成16年以降の整備事業に備えることにした。



写真4：洞ノ原地区東側丘陵

整備内容は洞ノ原地区東側丘陵における墓域と集落景観、同西側丘陵における埋没した環濠と集落景観の復元である。また、1999年度には、出土品の展示などを行うために、事務所と展示室などを備えた仮設ガイダンス棟を建設した。

さて、先の理由により「初期整備」は「基本構想」「基本計画」の策定に先行する。そのため、①「基本計画」に左右されない整備を念頭に、②

全体の整備が進行する間、見学者の要望に最低限応えるため、表現手法を固定しない網羅的な整備を行うこととした。

ただし、最終的には「基本計画」を基に完成をみる整備地区の一部となる。そこで、「初期整備」を進める前提として、復元の対象時期を集落の最盛期である2世紀後半に絞り込み、この時期設定を「基本計画」にも反映することにした。そして、表現手法を固定しない「初期整備」が、後の整備手法を考える試行となることをこころがけ、平成12年度には「基本構想」を検討する保存活用検討委員会、平成13～15年度には「基本計画」を検討する整備活用基本計画策定検討委員会に初期整備の状況を報告し、適宜、指導、助言を受けながら事業を実施した。

（３）第1期整備—平成17～23年度—

平成13年度に「基本構想」、平成15年度に「基本計画」を策定し、平成17年度から第1期整備に着手した。内容は、体験学習や便益機能を強化するための施設、弥生の村を体感する集落景観、弥生時代の人びとと自然との関わりを考える場としての森林の整備などである。

整備対象とした地区は妻木山地区、妻木新山地区、仙谷地区である。このうち展示施設を備えたガイダンス施設（平成22年度公開）に近接する妻木山地区には2世紀後半の集落景観を復元し（写真2②、写真13）、遺構展示館（写真7）、発掘体感ひろば（写真11）、テーマ林として「道具の森」などを整備した。一方、ガイダンスから距離のある妻木新山地区には休憩舎を建設し、既存の森を「弥生の森」として散策道を敷設（写真12）、テーマ林として「木の実の森」「虫の森」を設けた。また、仙谷地区にも遊歩道を設け、2世紀前半に築造された墳丘墓を盛土で保護し、貼り芝による表示を行った。仙谷地区では今年度まで発掘調査を実施しており、現在、整備は未完の状態である。

なお、第2期整備の対象となる松尾頭地区、松尾城地区は遺構保護のための埋め戻しと整地工事を終え、管理用道路を設置している。また、平成29年度から第2期整備に関する本格的な検討をスタートする予定である。

5：整備の課題

保存、整備事業を進める最中にも様々な問題、課題に直面し、その都度、検討、改善を行ってきた。

また、整備後は、整備前には想定していなかった経年変化など、新たな課題が発生している。ここでは、保存、整備後にみえてきた課題を概略する。

（１）実物遺構の露出展示

復元を主体とする整備は、往時の集落像を可視化し、そのイメージをわかりやすく伝えることに優れている。しかし、考古学による仮説を現地に表現したものであるので、真実性については常に課題をとまなう。

一方、実物遺構の露出展示は、遺構の保護や公開の方法に課題が多く、実施は容易ではないが、遺構の特徴や魅力を直接表現するのに効果的な手法である。実際に「本物を見たい」「見せるべきだ」という要望は少なくない。

妻木晩田遺跡では、当初、全体の整備が進行するまでの見学要望に応えるための予備的な整備において、露出展示を試みた。



写真5：洞ノ原8号墓露出展示

①四隅突出型墳丘墓の露出展示

25基の墳墓からなる洞ノ原墳丘墓群にある中型の四隅突出型墳丘墓、洞ノ原7号墓、同8号墓の実物を展示するため、平成11年度の冬期に保存処理を施した（写真5）。四隅突出型墳丘墓は山陰

地方に特有の墳丘墓で、当史跡のシンボルマークにもなっている。

実物遺構の状態を維持しつつ、公開するため、墳丘に透水性の樹脂（サイトFX）と土を混ぜた擬土を吹き付け、貼石の表面に撥水材を塗布した。墳丘は土の質感を保ち、乾燥時には乾いた状態、雨に濡れた後は湿った濡れ色となる自然な仕上がりを目指し、石材については実物を見学の対象とし、平成12年4月から公開をはじめた。

ところが、平成13年の夏頃から擬土の収縮が原因とみられるひび割れが目立つようになった。収縮原因は特定できていないが、冬期施工との関係性がうかがわれる。その後、ひび割れを補修し、劣化を防止するため、濃度を高めた樹脂を吹き付けたが、当初目指していた土の自然な質感は失われ、硬質的で、湿ったような濡色の光沢を帯びてしまった（写真5①）。また、冬期間に石材にひび割れや剥離が進行した。石材の表面に施した撥水効果が薄れて、内面に浸透した水分が、冬期に凍結と乾燥を繰り返したことが原因とみられる（写真5②）。



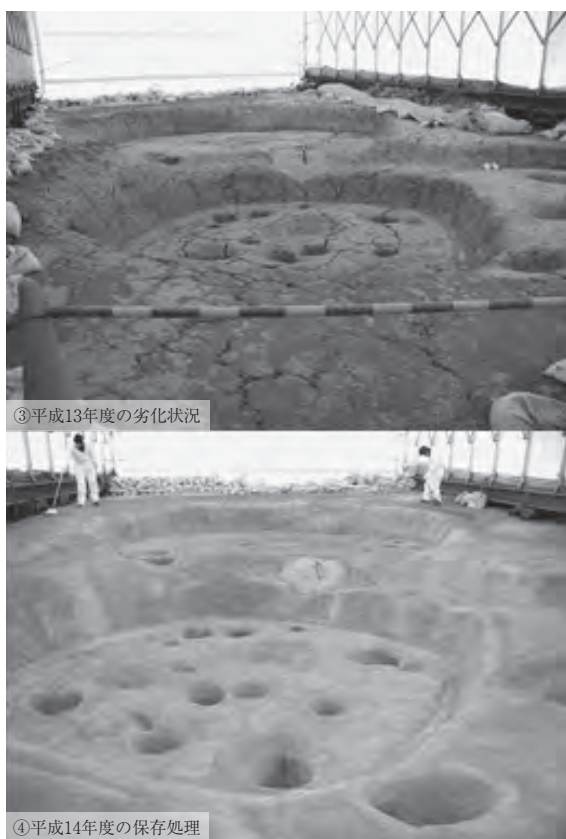


写真6： 竪穴住居露出展示

結局、対症療法的に新たな処理を施しても洞ノ原7号墓、8号墓の劣化は止まらないと判断し、墳丘墓の露出展示を断念した。平成17年度に埋め戻しを行い、現在はその直上に墳丘と貼石を復元している。

②竪穴住居跡の露出展示

第1期整備において遺構展示館を建設し、現在、公開活用している妻木山地区の竪穴住居跡3棟を予備整備～初期整備中に露出展示していた（写真6）。

当初、仮設覆屋による展示方法を選択した。平成12年4月からの公開にあわせて、平成11年度に公開対象となる竪穴住居跡を大型の蛇腹式テントで覆い、風雨を防ぎ、状態を維持することとした（写真6①）。

しかし、遺構には何も保存処理を施していなかった（写真6②）。すると、公開から1年ほどで竪穴住居の壁面や床面にひび割れが生じた（写真6③）。入口が設けられていた北側は、吹き込む風によって乾燥が進むが、遮蔽された南側は湿度が高くなる。そうした乾湿の影響がひび割れの原因となったようだ。

本物の竪穴住居跡の見学はたいへん好評だったが、遺構の崩落が懸念されたため、公開を中止し、平成13年度に保存処理の方法を検討した。検討内容は、保存処理剤として使用する樹脂の濃度である。遺構の基盤と同じ土を用いて、濃度の異なるブロック状の試験体をつくり、露天での経年変化を観測した。

その後、試験体の検討結果に基づき、平成14年度に保存処理を行った。まず、遺跡調査の際に排出された廃土を用いて、ひび割れを埋め、遺構表面を強化するため、空気中や土中の水分と反応してゲルガラス結晶を生成するシリカケイト#3を塗布した。また、竪穴や柱穴の壁面には樹脂（サイトFX）と土を混合した擬土を張り付けた（写真6④）。

なお、あわせてテントの構造も改善した。緩傾斜地にあるため、見学者の視線に配慮して、斜面の下部にあたる北側を入口としていたが、再公開時に入口を南側に改めた。また、テントの南側や西側からの水の浸入を防ぐため、周囲に土嚢を設置して、著しい乾湿が生じないように配慮した。この改修によりテント内の温度は上昇したが、保存処理を終えた遺構に大きな変化はなかった。

③遺構展示館の建設

蛇腹式テントによる露出展示の経験を踏まえて、平成15年度に策定した基本計画では、密閉式の覆屋建物を避けて、開放的な施設で遺構を保護、管理、展示公開することとした。

そして、第1期整備において新たな覆屋を新設する際、遺構の保存に適した室内環境について検討した。着目したのは、覆屋内外の温湿度変化や降水量と、劣化原因と考えられる土壌表層の含水比との関係である。

その結果、平成14年度に保存処理を施してからは、温湿度、降水量、季節の変化に対し、覆屋内の含水比は安定していることがわかった。遺構の表面が安定した状態を保てる適度な水分が基盤層から供給されていると推定されることから、新設する覆屋では、温湿度を空調機器で管理する必要性は低いと判断した。ただし、仮設テントと新設覆屋は気密・断熱性能が異なるため、換気窓や換気扇を設置して、環境を整えることとした。



写真7：遺構展示館

こうした検討を経て、周辺空間との調和をはかりつつ、遺構の保存に適した環境をつくることなどに留意しながら、県産材を使用した木造平屋（延べ面積268.56㎡）の覆屋を建設した（写真7①）。細部の仕様は省略するが、遺構保護を目的とした主な設備として、遺構面から発生する湿気を調整するために換気ファンなどを屋内の上・下部に配置してある。換気ファンは予め設定した湿度を感知して自動的に稼働する仕組みである。また、遺構面の損傷原因となる結露や滴下を防ぐため、湿気が付着しにくい木材を構造材として使用した（写真7②）。

なお、ボーリング調査によって覆屋下部の地下

水位は地表面から9.5mよりも深いことを確認している。新設覆屋内には径5cm、深さ5mの観測孔を設置し、異常時には地下水位の変化を追加観測できるようにしてある。また、日差しによる急激な温度の上昇を防ぐため、窓ガラスには遮熱塗装を施してある。

公開に先立ち、平成23年2月に再度保存処理を施し（平成14年度に実施した方法を踏襲）、平成24年4月から一般公開をはじめた。現在、標高の低い側の遺構面に水の染み出し、壁際の一部に地衣類の発生がみられる。水の染み出しは、遺構面を保護するため覆屋建物の周囲に遮水壁を打ち込んでいないことによる。地衣類も水分の多いところに発生しているようだ。表面に塗った擬土が浮いて隙間ができている部分もあるが、今のところ大きな問題はないので、しばらく経過を観測する予定である。

また、通常は遺構内への立ち入りを禁止しているが、平成27年度は「むきばんだジュニアファンクラブ（弥生時代の衣食住を体験する会員制の年間講座）」の小学生会員が中に入って竪穴住居跡を観察したり、遺構展示館でコンサートを開催し、竪穴住居跡をステージにみたと、演奏を行った（写真7③）。本格的な遺構展示はむきばんだ史跡公園ならではのものであり、注目度も高い。遺構の劣化を及ぼすような過度な使用は避けつつ、「本物」を効果的に利活用していきたいと考えている。

（2）復元建物

初期整備で洞ノ原地区東側丘陵に竪穴住居と高床倉庫を各1棟、同西側丘陵に竪穴住居と高床倉庫を各2棟、第1期整備で妻木山地区に竪穴住居を6棟と高床倉庫を3棟の復元を行った（写真8・9）。





写真8：復元した竪穴住居

竪穴住居は、焼失住居跡の調査成果をもとに、1/40スケールの模型を製作して、構造を検討し、炭化材として最も多く確認されているクリを部材に使用している。また、茅の上に土を載せた土屋根と、土を載せない草屋根の住居を復元している。一方、高床倉庫は、鳥取県東部にある鳥取市青谷上寺地遺跡から出土した弥生時代の建築部材を参考にしながら復元を行った。

竣工後、それぞれの建物に大小様々な課題がみえてくるが、復元建物の構造にも関わるものとして、竪穴住居については雨水の侵入や高湿度の問題、高床倉庫については積雪、強風による痛みなどがある。現在、維持管理担当職員による温湿度

の把握、燻蒸、挿し茅などを行いながら状態を維持している。また、概ね築10年を経過した建物の屋根を順番に葺き替えたり、必要に応じて解体修理を実施している。

①竪穴住居

妻木晩田遺跡では、2世紀後半に特徴的な型式の土器を出土する竪穴住居跡を選んで、埋め戻しされた直上部に、同規模の建物を復元している(写真8①②)。半地下式の構造のため当然ながら湿度が高くなりがちである。立地、入口を設ける位置によって、大雨のさいには雨水が浸透、侵入する事例もある。また、屋根の構造（主には入口に設けた造り出しの取り付け部）の不具合や、土屋根に関しては、屋上の植生の影響により雨漏りが生ずることがある。

特に湿度が高い状態が長く続くと、建築材などに地衣類が発生したり、屋根の下地が痛んで雨漏りの原因となる。そこで、現在、竪穴住居全棟に温湿度計を設置し、毎日朝夕の温湿度を計測、記録しながら、1棟につき週1・2回の頻度で燻蒸を行っている(写真8③)。また、内外面を目視で観察し、軽微な劣化については維持管理作業の範疇で補修を繰り返している(写真8④)。

なお、過去に1棟の竪穴住居が燻蒸時に焼失したことがある。幸い見学者もなく、大きな事故とはならなかったが、二度とこのようなことがあってはならない。そこで、以後は消防署の指導をもとに燻蒸作業の見直しを行い、常に複数体制を組んで、直接炎が上がらない方法によって燻蒸を行っている。また、朝の計測時に湿度が60%を下回っている竪穴住居は燻蒸を中止している。

主な活用としては、見学の他に、妻木山地区に復元した6棟の竪穴住居を利用して宿泊体験を行っている。時期は8月中下旬、「なりきり弥生人生活！」と題する一泊二日の宿泊型体験イベントである。2日間で12組の家族（グループ）が竪穴住居に宿泊し、弥生時代の生活を体感する。たいへん好評で、観光サイドからは定期的な実施の要望もあるが、職員配置などの体制的問題もあって、年一度の特別イベントとしている。

②高床倉庫

高床倉庫(写真9①)は竪穴住居のように湿度を厳密に管理する必要はない。ただし、円錐形をした竪穴住居に比べ、風の影響を受けやすい。

一つは、屋根の形状が切り妻のため、妻側から風を強く受けると、屋根に吹いた茅が乱れやすい。さらに、立方体かつ高床なので、側面から強い風を受けたり、床下から風が吹き込むと、軸組がねじれたり、小屋組が浮き上がる。

そのため、復元した高床倉庫の小屋組みには、ネットまたは交差するようにわたしたロープで茅を抑えている。それでも茅や棟の貼った杉皮などがずれる。特に冬場には積雪もあり、屋根が傷むので、春には補修が必要となる。また、建物の6カ所にアンカーを備え、6本のワイヤーでねじれ・浮き上がりの防止をしている（写真9①）。実際、強風によって、倒壊した高床倉庫もある（写真9②）。



写真9：復元した高床倉庫

（3）墳丘墓

現在、洞ノ原地区東側丘陵と仙谷地区で墳丘墓群の整備を行っている。整備途上にある仙谷墳丘墓群は一部を盛土で表現するにとどまるが、洞ノ原墳丘墓群では、埋め戻した墳丘墓直上に同寸の墳丘をつくり、貼石を施して墳丘墓の復元を行っている（写真10①）。

洞ノ原墳丘墓群では、原則、発掘調査で明らかになった状態を表現している。そのため、貼石を伴う墳丘については、欠落した礫を復元するので

はなく、検出時の状態を再現するにとどめ、貼石の残りが悪い墳丘墓については盛土による表示にとどめた。また、発掘調査時の状態を表現した墳丘墓については、土の露出を表現するために透水性真砂土舗装で仕上げを行い、表面を土色に塗装した。施工直後は塗装した色に違和感があったが、1年余りですべてが剥落、退色してしまった。

現在、整備後10年以上を経て、真砂土舗装の強度が失われ、周囲に貼った芝が真砂土舗装部にも侵入しているが、思いの外、自然な感じを受ける（写真10②）。初期整備段階では、事前に使用する舗装材、塗料の経年変化について検討できなかったが、再整備の機会には、表現方法を再考し、舗装材を使用するのであれば、事前の試験による仕上がりや経年変化に関する検討が必要である。



写真10：洞ノ原墳丘墓群の整備

（4）発掘体感ひろば

第1期整備において、妻木山地区の遺構展示館の傍に発掘調査を体験学習するための広場を整備した（写真11①）。発掘調査の過程を表現するため、遺構の検出状況、土層断面を残した発掘中の竪穴住居などが復元してある。また、3ヶ所に発掘体験用の竪穴住居をつくった（写真11②）。発掘体験用の竪穴住居には「大山おにさび砂」「南国砂」という2種の砂と樹脂ペレットによる「擬砂」を

入れた。種類を変えたのは、掘り出す難易度に差をつけるためである。



写真11：発掘体感ひろば

さて、発掘体感広場は平成23年度に施工され、現在、4年が経過した。ハード面、ソフト面にそれぞれ課題がある。

ハード面では、予想以上に早い経年劣化が問題となっている。竪穴住居跡を造形用コンクリートで仕上げ、表面を着色した後、発掘の過程を表現した竪穴住居にはアクリル樹脂、発掘体験用の竪穴住居や手足洗い場には摩耗に強いとされるポリウエー樹脂を塗布している。ところが、2年目には、樹脂がひび割れ、剥がれはじめた。また、樹脂が剥がれた場所では退色も進んでいる（写真11③）。施工時期の問題があるのかもしれないが、やはり、屋外整備に使用する素材については、数年かけて耐久試験を行うか、確実な実績が認められる素材を使用するのが望ましい。

ソフト面では、発掘現場に再現された遺構の意

味することが、見学者にわかりやすく伝わっていない。広場には、竪穴部を四分する土層断面が表現されているのだが、説明を受けなければ、多くの見学者が「弥生時代の竪穴住居には屋内を仕切る十字の壁があった」と思うようだ。発掘調査で生じる排土の山が再現してあるのだが、「古墳があるのですね」と尋ねられる。どちらも近くに解説板があるけれど、それに気づき、熟読する見学者は少ない。発掘体感ひろばのコンセプトは悪くない。しかし、埋蔵文化財の担当者には当たり前のことでも、日頃、発掘調査に縁のない見学者に真意は伝わらない。さらには遺跡の理解に誤解を与えていることには注意が必要である。

6：活用事例

第1期整備地区の主要な整備を終え、平成24年4月にグランドオープンした鳥取県立むきばんだ史跡公園では、現在、年間を通じて、様々なイベントや講座を企画、運営している。ここでは、整備地区を活用した代表的な取り組みを紹介する。

（1）弥生の森講座

妻木山地区に整備した「弥生の森」を活用した自然系の講座。「春の自然を味わおう」「夜の昆虫観察会」「昆虫採集」などを行っている（写真12）。親子参加型の親しみやすい講座に参加することで、妻木晩田遺跡を身近に感じてもらうことができればと考えている。



写真12：弥生の森で昆虫採集

（2）むきばんだジュニアファンクラブ

会員制の体験講座である。対象は小学4年生から中学生、年9回の活動を通じて、妻木晩田遺跡の四季を感じながら弥生の暮らし（衣食住）を体験する。弥生時代の生活文化を学びながら、アワ

やキビなどの穀物を栽培したり、カイコを育て、採取した絹を紡いだり、自作の石包丁で作物を収穫したりする（写真13）。将来的には当史跡公園の看板事業としたい講座である。



写真13：ジュニアファンクラブの活動

（3）なりきり弥生人生活

地元の市町教育委員会や観光部局と組織する「妻木晩田遺跡活用実行委員会」が8月に主催する一泊二日の宿泊体験イベントである。一度に6組の家族を受け入れ、堅穴住居に寝泊まりしてもらう。薪割り、火をおこし、弥生土器（復元品）を使って炊飯する。家族で力を合わせて、弥生時代の生活を体感する人気企画である。

（4）むきばんだまつり

9月秋分の日に開催する史跡公園最大のイベント。地元の方々やジュニアファンクラブの協力を得て、秋の収穫祭をイメージしたセレモニーで開会する。妻木山地区に整備した居住域をメイン会場に、ステージイベント、様々な古代体験や古代食の試食会などを行っている。平成27年度は県内外から約3,800人が訪れた。

7：おわりに

史跡妻木晩田遺跡は、山陰地方を代表する大規模な弥生集落として、文化財の関係者や歴史ファンに周知されている。しかし、この貴重な遺跡を守り伝えていくためには、日頃は遺跡に興味がないという方々にも遺跡の存在を知ってもらい、その価値を共有することが課題となろう。実施しているイベントの多くは、これまで遺跡に接点なかった方々に一人でも多く来園いただくことを目的としたものである。史跡公園に来園するきっかけとなるものを増やすことで、妻木晩田遺跡に興

味をもってもらえるのではないかと考えている。特に地域の学校などには、子どもたちがふるさとの歴史文化に親しむ教材として、積極的に妻木晩田遺跡を活用してほしい。そのためにも、初期整備や第1期整備からみえてきた課題を、将来の第2期整備に活かしていきたい。

註

1) 文化庁 国指定史跡データベース

<http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/maindetails.asp>

2) 鳥取県地方気象台ホームページ＞鳥取県の地勢

<http://www.jma-net.go.jp/tottori/geoinfo.htm>

引用・参考文献

1) 妻木晩田・青谷上寺地遺跡整備室：国史跡妻木晩田遺跡整備活用基本計画、鳥取県教育委員会. 2003

2) 高田健一・中原斉・濱田竜彦ほか：史跡妻木晩田遺跡整備事業報告書 2000-2004、鳥取県教育委員会. 2005

3) 小口英一郎・岡野雅則：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. 2012

4) 濱田竜彦：弥生の村・妻木晩田遺跡を活かす、地域づくり8, pp. 22-23. 2014

5) むきばんだ史跡公園ホームページ
<http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=41862>

Ⅱ センター公開講座

平成27年度文化財保存修復研究センター 連続公開講座「みんなで守っぺ！おらだの文化財」

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターでは、地域の文化財をいかに守り、その活用の技術的課題について地域の方々とともに考え、語り合う場として、「連続公開講座」を開講しています。地域の生活・文化を守り、地域とともに歩むことを目指して、地域に根差した文化財の保存・活用について考えます。

平成27年度では、研究センターの研究員が様々な分野について全7回の講座を開催いたしました。

公開講座一覧

回	講演日	題目	演者
第1回	平成27年4月28日（火）	中国における文化遺産の保存活用	教授 杜 暁帆
第2回	平成27年6月24日（水）	あなたにもできる文化遺産保護 ～日常管理マニュアルから実践へ～	講師 大山龍頭
第3回	平成27年7月18日（土）	センターと文化財教育 ①和紙から辿る文化財保存 ②世界遺産の保存と活用 ③保存修復センターと学生教育の連携	①講師 大山龍頭 ②センター長 澤田正昭 ③准教授 米村祥央
第4回	平成27年10月21日（水）	考古遺物の科学的保存処理法	准教授 米村祥央
第5回	平成27年11月25日（水）	絹に描かれた文化財 ～東洋絵画の伝統的材料と技法～	研究員 森田早織
第6回	平成27年12月16日（水）	被災文化財のその後	教授 藤原 徹
第7回	平成28年1月20日（水）	水・糊・紙―日本の表装技術 ～西洋におけるその活用～	准教授 杉山恵助



第1回講演会 講演会の様子 杜 暁帆教授

● 第1回 平成27年4月28日(火)
「中国における文化遺産の保存活用」

教授 杜 曉帆

中国における世界遺産という概念は1985年に入ってきた。2014年までに世界遺産は47件登録され、学術的な注目度を得るまでに至った。本講演では、数多くある世界遺産の一部を例に挙げ、中国国内の世界遺産の保存と活用、その上での問題点について解説を行った。

● 第2回 平成27年6月24日(水)
「あなたにもできる文化遺産保護～日常管理マニュアルから実践へ～」

講師 大山龍顕

文化財保存修復研究センターは地域文化遺産の保存と修復に取り組み、現地で作品を保護する方法を模索してきた。その取り組みをもとに、実際に所有者の方が文化遺産を守る入り口になればと日常管理マニュアルを作成した。今回の講演では各分野での取り組みを交えながら、マニュアル作成の経緯と実践方法について紹介した。

● 第3回 平成27年7月18日(土)
「センターと文化財教育」

第3回目は本学文化財保存修復研究センター長、澤田教授から『世界遺産の保存と活用』を、米村准教授からは『保存修復センターと学生教育の連携について』、大山講師からは『和紙から辿る文化財保存(シルクロードと地域の素材)』と3本立による講演を行った。

①和紙から辿る文化財保存 講師 大山龍顕

「和紙」は日本の伝統的な素材であり、2015年にはユネスコの無形文化遺産に3件登録された。多くの和紙がある中で、絵画に使われる和紙や文化財の修理に使用する和紙などの違い、古代の紙と現代の紙の違いを様々な視点から述べた。

②世界遺産の保存と活用 センター長 澤田正昭

世界遺産とは。世界の国が望む世界遺産の登録の制度とは。なぜ世界遺産なのかを説明し、遺産を保護することで、観光資源、教育、さらには地域との連携と活性化の可能性について講演した。

③保存修復センターと学生教育の連携

准教授 米村祥央

センターが進める文化財の修復事業や地域に根

ざした研究活動に、文化財保存修復学科や歴史遺産学科の学生が参加することで“本物”に触れて学ぶことのできる教育効果について紹介した。

● 第4回 平成27年10月21日(水)
「考古遺物の科学的保存処理法」

准教授 米村祥央

はじめに文化財保存修復研究センターの教育活動・研究活動について案内した。次いで、博物館で展示されている出土木製品や金属製品がどのような過程で保存処理されているか、保存処置後の資料のケアの重要性について調査・研究事例を挙げて解説した。

● 第5回 平成27年11月25日(水)

「絹に描かれた文化財～東洋絵画の伝統的材料と技法～」

研究員 森田早織

東洋絵画は、さまざまな基底材に描かれている。本講演では、そのなかでも古より使用されている「絹」について着目し、山形の絹の歴史から製糸製織技術について説明した。更に、「絹」に描かれた作品を取り上げ、伝統的な技法や材料、表現方法などを解説した。

● 第6回 平成27年12月16日(水)

「被災文化財のその後」

教授 藤原 徹

東日本大震災の津波によって塩害や泥被り、流されて傷だらけになってしまった作品が数多くあった。当時、作品の一時保管所として宮城県美術館に運び込まれ、様々な損傷や傷が発生してしまった作品の応急処置や修復の例を挙げて紹介した。また、被災してしまった作品の課題や今後の経過観察、資料の保存継承について質疑応答などの意見を交わした。

● 第7回 平成28年1月20日(水)

「水・糊・紙—日本の表装技術～西洋におけるその活用～」

准教授 杉山恵助

日本の表装技術は水・糊・紙という大変シンプルな材料が使用され、絵画や書籍の修理に欠かせない技術である。この表装技術はどのようなものか、またその可逆性という特質のために広く海外での保存修復に活用されていることに注目し、どのようにして日本の表装技術が学ばれ、また活用されているか紹介した。

著者略歴

佐々木淑美 Juni Sasaki

現職／関西大学国際文化財・文化研究センターPD・東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター（役職）
客員研究員

学歴／筑波大学大学院 人間総合科学研究科 博士後期課程 世界文化遺産学専攻 修了 博士（世界遺産学）

専門／西洋建築史 文化財科学

著書・論文／

「ハギア・ソフィア大聖堂のペンデンティブに残るモザイクおよび壁画に関する調査」『The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture, Volume 3 (2015)』関西大学国際文化財・文化研究センター紀要、2016年、pp.137-148.

「ハギア・ソフィア大聖堂モザイクの金テッセラの分析—色彩と組成からの制作年代の推定—」『保存科学』東京文化財研究所（共著）、2015年、pp.227-239.

"Deterioration of Wall of Hagia Sophia, Istanbul", Proceedings of PROHITECH 2014, 2nd International Conference on Protection of Historical Constructions, Turkey - Antalya, May 2014, pp.605-609.

山内れい Rei Yamauchi

現職／那珂川町馬頭広重美術館・学芸員

学歴／東北芸術工科大学大学院 芸術工学研究科 芸術文化専攻 保存修復領域 修了

専門／文化財保存科学

著書・論文／

「真菌の膠劣化と保存環境の関係性—山形県白鷹町塩田行屋御沢仏より分離された真菌が膠に与える影響—」（修士論文）、東北芸術工科大学大学院、2015年

石崎武志 Takeshi Ishizaki

現職／文化財保存修復研究センター研究員・教授

学歴／北海道大学地球物理学科修士卒業 理学博士

専門／保存科学、文化財科学、地盤工学

著書・論文／

「博物館資料保存論」講談社 2012

Deterioration of wall of historical stone building in cold region and its protective measures. Proc. 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Torino, 2015

Deterioration of Cultural Properties with Earthen Materials and their protective measures, pp.26-29, Proc 2015 International Symposium on Conservation of East Asia Cultural Heritage in Nara, 2015.

杉山 智昭 Tomoaki Sugiyama

現職／北海道博物館 学芸主査

学歴／弘前大学大学院 理学部 生物学科 生物学専攻 修了 学位 修士

専門／保存科学

著書・論文／「アイヌ民族文化財のX線CTによる現況調査（Ⅱ）」『北海道博物館紀要』2016

「ボストン美術館におけるコレクションの保存修復活動について」『北海道開拓記念館 北方文化共同研究事業報告書』2015

“Deterioration and degradation diagnosis for the preventive conservation of historical wooden buildings in a cold region”『東アジア文化遺産保存シンポジウムin奈良発表要旨集』2015

「分子生物学的手法を用いた歴史的木造建築物の生物劣化調査（その2）—DNA塩基配列解析による木材腐朽菌の同定について—」『北海道開拓記念館紀要』2012

濱田 暁生 Akio Hamada

現職／(株)シー・アイ・エス計画研究所 代表取締役会長

学歴／北海道大学大学院 工学部 建築工学科 建築計画専攻 修士課程修了 工学修士

専門／分野 建築・都市計画 景観まちづくり

著書・論文／「ほろむい七草にかける夢～失われた湿原植生の再生・保全・活用をめざして」『北海道の自然 2016 No.54』一般社団法人 北海道自然保護協会

「北海道の農村風景とフットパスづくり」『日本建築学会 農村計画部門研究協議会報告』2013年

「地域の隠れた宝さがしから交流が生れる」『開発こうほう No.621 2015年4月号』一般社団法人 北海道開発協会

「防塞的集落の展開と機能」『弥生時代の考古学 6 弥生時代のハードウェア』同成社、2009年

石神 敏 Satoshi Ishigami

現職／小樽市教育委員会 教育部主幹（文化財担当）

学歴／札幌学院大学人文学部人間科学科（考古学）

専門／考古学・文化財保護

著書／『重要文化財 旧手宮鉄道施設（機関車庫三号ほか）保存修理工事報告書』（共著）平成22（2010）年
『重要文化財 旧手宮鉄道施設』（編集・小樽市総合博物館）平成22（2010）年

『近代化遺産としての鉄道施設—旧手宮鉄道施設「機関車庫三号」の保存修理—』（月間文化財596号 第一法規株式会社）

藤井 安正 Yasumasa Fujii

現職／鹿角市教育委員会生涯学習課文化財班主任

学歴／大正大学 文学部史学科 卒

専門／考古学

著書／2003年「特別史跡大湯環状列石の保存と活用」『日本歴史』第661号

2010年「大湯環状列石」『世界遺産縄文遺跡』同成社

2013年「大湯環状列石」『別冊太陽 縄文の力』平凡社

庄司 岳央 Takeo Shouji

現職／株式会社トリアド工房

学歴／東北芸術工科大学 芸術学部 歴史遺産学科 保存科学研究室 卒業 学士

専門／文化財保存修復

濱田 竜彦 Tatsuhiko Hamada

現職／鳥取県埋蔵文化財センター・係長

学歴／関西大学大学院 文学研究科史学専攻博士課程前期課程 修了

専門／考古学

著書・論文／「山陰地方における弥生時代集落の立地と動態」『古代文化』第58巻第Ⅱ号、古代学協会、2006年

「山陰地方の弥生集落像」『国立歴史民俗博物館研究報告』第149集、国立歴史民俗博物館、2009年

平成27年度
東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター紀要

平成28年5月31日発行

東北芸術工科大学
文化財保存修復研究センター

〒990-9530 山形県山形市上桜田三丁目4番5号

TEL 023-627-2204

FAX 023-627-2303

E-mail iccp@aga.tuad.ac.jp

ホームページ <http://www.iccp.jp>

Bulletin of Institute for
Conservation of Cultural Property 2015



TOHOKU UNIVERSITY OF
ART AND DESIGN