



令和2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

TOHOKU UNIVERSITY OF ART AND DESIGN

Bulletin of Institute for Conservation of Cultural Property

令和 2 年度
文化財保存修復研究センター紀要



ごあいさつ

2020年10月、澤田正昭前センター長の退任にともないまして、文化財保存修復研究センター長に就任致しました。後任として、その責任の重さを深く感じております。澤田先生は在任期間中、常に未来の文化財の姿を見据え、様々な研究プロジェクトを立ち上げてくださり、当センターの活動も、より活発なものとなりました。特に、海外研究機関や学術機関との研究交流では、中国・韓国などアジアの文化財の保存修復技術や文化財を取り巻く環境について、研究員は元より、学生同士も交流を深め、地域の皆さまにも公開講演会として、文化財修復への理解と深化をより広く図ることが出来ました。国内の活動では、東北・北海道地区を主に、行政・法人・個人などからの受託事業を通じ、地域との連携や文化財を活用した地域活性化など、新たな保存修復の形を見出して参りました。また、当センターの様々な活動は連続公開講座という形で、市民・学生へ無料開放され、より多くの皆さまにお届けして参りました。2021年度は2001年のセンター設立から20周年の節目の年となります。これまでの実績を踏まえ、これからも更に活動・研究を充実させるべく尽力して参る所存でございます。

さて、2020年度を振り返りますと、感染症蔓延防止措置として、従来での公開講演会および専門家会議等を行うことが出来ませんでした。しかし連続公開講座に関しましては、オンライン開催という新しい取り組みを開始致しました。このオンライン講座では北海道から沖縄まで、全国各地の多くの皆さまにご参加をいただき、対面講座でのデメリットであります時間や場所の制約無しに学びを共有できるメリットを感じたところです。今後もオンラインでの連続公開講座を継続し、当センターホームページなどで動画アーカイブとして記録して参ります。

そしてこの度、2020年度の研究成果・事業報告をまとめ刊行する運びとなりました。コロナ禍、地域での活動が制約される中でも、受託事業の件数・受託額を緩い角度ながら右肩上がり確保して参りましたのは、歴代センター長並びに研究員、運営や活動にご尽力くださいました全ての皆さまのお力添えによるものと感謝致しております。三内丸山遺跡での遺跡保存、善寶寺五百羅漢修復プロジェクト、東洋・西洋部門に関しましては地域の美術館や博物館、個人・法人の所蔵文化財の調査・修復、考古学研究分野での文化財調査など、当センターの受託事業につきましては、単に修復事業ということのみならず、本学の学生の調査・研究活動などの学びの「要」となってきました。

こうした諸々の成果と共に地域貢献に関する活動もまとめて掲載しております。ご高覧いただきましてご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。併せまして、文化財保存修復研究センターの今後のあり方につきましても様々な声を反映して参りたいと存じます。お気づきの点がございましたらご教示いただければ幸いです。

令和3年5月1日

文化財保存修復研究センター
センター長 石崎 武志

目次

ごあいさつ	9
-------------	---

【論文】

土質遺構の含水率分布図から検討した塩類析出と熱解析を利用した藻類のスチーム処置について 栗原典子、米村祥央、石崎武志	
---	--

1. 緒言.....	14
2. 含水率の測定.....	14
3. 析出塩類の同定.....	14
4. 藻類のスチーム処置の適正時間.....	15
5. 結言.....	16

考古遺物の保存処理に使用される PEG の低分子化に対する金属イオンの影響 鷺津未来、米村祥央	
--	--

1. はじめに.....	20
2. 遺物の埋没環境.....	20
3. PEG による保存処理	20
4. 保存処理後の問題.....	21
5. 実験.....	22
6. 実験 I 結果と考察	23
7. 実験 II 結果と考察	25
8. 実験 I、II の考察.....	28
9. まとめ.....	28

「チャン」についての考察 —西洋における樹脂活用との関係—

中右恵理子、武田恵理

はじめに.....	30
1. 「チャン」についての先行研究	30
2. 「チャン」という呼称の由来について	30
3. 西洋における樹脂、ピッチ、瀝青の区別と用途の違い.....	32
4. 「チャン」とは何かの再考	34
5. 日本における「チャン」の処方と用途について.....	35
6. 西洋における樹脂の活用について.....	36
7. 塗料の作成と比較.....	39
おわりに.....	42

石垣秘伝書にみる勾配の視覚化と相互比較

北野博司

1. はじめに	44
2. 石垣秘伝書をめぐる研究略史	44
3. 秘伝書の勾配の検討	46
4. 考察	50
5. まとめ	53

巨大噴火・津波の痕跡を軸とした17世紀アイヌ文化と環境に関する学際的研究 1

添田雄二、永谷幸人、三谷智広、宮田佳樹、大坂 拓、青野友哉、菅野修広
片山弘喜、松田宏介、小林孝二、渋谷綾子、甲能直樹、表 溪太、菅頭明日香
泉 吉紀、宮地 鼓、田村将人

はじめに	55
1. カムイタブコブ下遺跡の発掘調査	55
2. ホタテガイ殻製灯明皿の残存脂質分析	60
3. 「刀帯」の ¹⁴ C年代測定について	62
おわりに	63

【受託事業報告書】

I 保存修復受託研究活動

令和2年度修復・調査研究一覧	66
----------------	----

II 保存修復受託研究事例

三内丸山遺跡南盛土保存処理	68
毛越寺庭園遺水周辺環境に関する調査	71
重要文化財「鳥居」に係る石材強化処理実験	74
大阪府富田林土木事務所 狭山池博物館木製棹工堤体保守点検	77
善寶寺五百羅漢像保存修復業務 2020年度事業報告	80
山形市指定文化財現況確認調査 2020年度事業報告	96
服部興野 船玉神社・稻荷神社所蔵「船絵馬」調査報告	98
酒田市美術館収蔵 佐藤昌祐《画室の午後》《鵜原風景》の保存処置	116
東根市収蔵 柏倉清助作品9点の保存処置	121

【文化財保存修復研究事業】

I 令和2年度「文化遺産の保存・活用に関する研究」活動報告	130
II センター公開講座	131
III 著者略歴	132
IV 研究員一覧	134

ICCP-Bulletin 2020

論 文



土質遺構の含水率分布図から検討した塩類析出と熱解析を利用した藻類のスチーム処置について

栗原典子 KURIHARA, Noriko / 東北芸術工科大学 芸術工学研究科 芸術文化専攻 保存修復領域 修士2年
米村祥央 YONEMURA, Sachio / 文化財保存修復研究センター研究員・准教授
石崎武志 ISHIZAKI, Takeshi / 文化財保存修復研究センター長・教授

1. 緒言

地底の森ミュージアム(仙台市富沢遺跡保存館)の地下展示室では、旧石器時代の森やたき火跡等が残る遺跡を露出展示している。地下水の浸入を防ぐため地下20mの外壁と排水ポンプが設置されているが、開館当初から遺構面に塩類が析出し、特に樹木を支える土への影響が深刻である。2007年の調査では硫酸マグネシウムと硫酸カルシウムの析出が確認され、地下水位を上昇させ高湿度環境にすることで析出を抑制している。以前より改善されたものの、現在も標高が高いため乾燥している場所(北側から遺構中央)で析出が多いと考えられている。またこの塩類対策によって一部に藻類やカビが発生し問題視されている。藻類に対してはスチーム処置で一定の効果を得ているが、凹凸等によってスチーム機が土と密着しにくい場所は再発が続いている。

本研究では地下水位を上昇させて塩類析出を抑制する処置が実施され12年が経過した現在、改めて遺構の現状を把握するため、遺構全体の含水率の測定と析出塩類を同定した。またスチーム処置の効果を高めるため、各含水率における処置時間を熱解析から求め、その結果をもとに処置を行った。

2. 含水率の測定

同ミュージアムで問題とされている塩類析出と藻類の発生には、水分が関与している。またスチーム処置の熱伝導は土中の水分量によって異なるため含水率を測定した。

2-1. 方法

現地にてTDR水分測定装置(ドイツイムコ社製)を用いて遺構表面全体の含水率を2ヶ月に一度、計5回測定した。測定箇所は北側の一部と樹木部分を除いた範囲内、310~333箇所である。

2-2. 結果と考察

本遺構表面の含水率の最小値は10月の8.9%、最大値は8月の41.1%であった。測定結果を相対評価するためにSurfer®(等高線図作成ソフト)を用いて含水率分布図を作成した(図2~6)。

含水率は年間を通して全面的に一定の値を示さず、6月から12月にかけて全体が乾燥していることがわかった。また北側から遺構中央までの範囲は変動が大きく塩類析出が多い範囲でもあることから、含水率の変動と塩類析出の関係があると考えられる。遺構中央の南側部分は12月になるにつれてやや乾燥しているものの湿潤状態を保っており、藻類が発生している場所と一致する。

また各測定箇所の含水率に対して標高値をプロットした散布図(図7)より、両者には相関関係はないと判断でき、含水率は標高ではなく換気口や樹脂(ポリシロキサン系薬剤「シリコンコポリマー」)等が関与していると考えられる。

3. 析出塩類の同定

塩類の同定は2007年にも調査されたが、現在析出している塩類を調べるため再調査した。

3-1. 方法

塩類の分析には走査型電子顕微鏡エネルギー分散型X線分析装置(日本電子製分析電子顕微鏡SEM-EDS)を使用し、測定試料は過去の調査と同じ22箇所より採取した(図8)。本来であればX線回折を用いて結晶構造を同定するべきであるが、今回は元素分析のみの結果となる。

3-2. 結果と考察

元素分析の結果(表1)より、Ca、S、Oの検出から全体的に硫酸カルシウムが析出していると推定した。主に遺構の北側ではCa、S、Oに加えてMgとNaも検出したことから、硫酸マグネシウムと

硫酸ナトリウムが析出していると考えられる。展示室の壁面に析出していた塩からはCa、O、C、Naが検出しており、炭酸カルシウムと硫酸ナトリウムであると推定した。本調査では過去の報告にはない硫酸ナトリウムが析出している可能性がある。地下水位を上昇させたことで目視では塩類析出が軽減したと思われたが、水分の供給により土壌や地下水に含まれた塩が析出しやすくなり前回の調査よりも多様な種類の塩が析出したと考えられる。

含水率と析出塩類の関係を考察すると、硫酸マグネシウムと硫酸ナトリウムは比較的水分量が少なく、含水率の変動が大きい北側部分に多く析出している。反対に硫酸カルシウムは含水率の変動が少ない遺構中央から南側に多く析出している。これは硫酸マグネシウムや硫酸ナトリウムが可溶性塩類であり含水率の変動と共に変化し、含水率が高い時は土中の水分に溶け、含水率が下がり乾燥するときに析出すると考えられる。硫酸カルシウムは難溶性であるため含水率が高く変動が少ない場所で析出している傾向があり、北側の含水率の変動が大きい場所に析出している硫酸カルシウムは一度析出し、析出したままの状態であると考えられる。

4. 藻類のスチーム処置の適正時間

これまで藻類には100℃のスチームを10秒ほど当てる処置で一定の効果を得てきたが、遺構表面の凹凸等によってスチーム機が土に密着できない場合は効果が小さかった。この問題を解決するためにスチーム処置の適正時間について熱解析を用いてシミュレーションを実施し、その結果を元に現場実験を行った。土中の水分量によって熱伝導率が異なるため、シミュレーションで得られた適正時間と含水率分布図を照らし合わせて処置をすることでより高い効果が期待できると想定した。

4-1. 熱解析によるシミュレーション

4-1-1. 方法

シミュレーションをするために同ミュージアムで実際に使用しているスチーム機と遺構の土を用いて深さごとの温度変化と熱伝導率を測定し、その結果を元に熱解析ソフト(GEO-SLOPE 社 TEMP/W)を用いて土中の温度変化について熱解析を実施した。熱解析の結果が深さごとの温度変化の結果と類似するように調整し、それを同ミュージアムの条件(土中平均温度 22.2℃、土中の最低温度

17.0℃、含水率 10~45%)に合わせてシミュレーションを行った。そのシミュレーションを元に、実際に遺構に処置をするための各含水率に対するスチームの噴霧時間を検討した。

スチームを当てた時の表面温度は、土とスチーム機の距離が0cm、2cm、3cmの3種類を深さごとの温度変化測定の実験と同法で求めた。

また藻類の生育上限温度は60℃であり、加熱水蒸気処置の先行研究から死滅には表面温度 60℃以上で 20 秒噴霧が必要であること、藻類の大きさは最大0.1cm であるため、表面から0.1cmの深さで60℃以上が20秒維持されることを、藻類除去の条件とした。

4-1-2. 深さごとの温度変化の測定

温度計(TECHNOL SEVEN 社 1/100 高精度サーミスタ温度計 D642)を用いて、特定の含水率における深さごとの温度変化と表面温度を測定した。

含水率 33%の土にスチーム機を密着させて 60秒噴霧した場合、深さ0.6cm地点が60秒後に46℃になった(図9)。スチームを当てる前の土中温度の平均は25.61℃、最低温度は25.59℃だった。

また土とスチーム機の距離が0cmの時、表面の平均温度は80.25℃だった。土とスチーム機の距離が2cmの時は70.19℃、3cmの時は65.36℃だった。

4-1-3. 熱伝導率の測定

熱伝導率は含水率によって変化するため、熱特性分析装置(DECAGON 社 Thermal properties analyzer KD2)を用いて、含水率ごとの熱伝導率を測定した。

含水率7%、10%、15%、20%、27%、33%の熱伝導率を測定した結果、含水率が上がると熱伝導率も上昇した。測定結果から散布図(図10)を作成し回帰直線式を求めたところ、相関関係があった。シミュレーションでは散布図で得られた数式($y=0.023x+0.074$)から熱伝導率を求めた値を使用した。

4-1-4. 結果

スチーム機と土の距離が0cm、2cm、3cmの時の表面温度で、含水率10%から45%のスチーム処置に必要な時間を求めることができた(表2)。

遺構土壌深さ0.1cmで60℃を超える条件は、スチーム機と土を密着させた表面温度80℃で含水

率45%の時に最短であり6.5秒であった(図11)。よって処置時間は26.5秒となる。表面温度80°Cでの最長時間は含水率10%の21秒で処置時間は41秒である(図12)。表面温度が70°C(スチーム機と土の距離が2cm)の場合、含水率45%では18秒で60°Cに達した(図13)。含水率10%では58.5秒掛かった。表面温度65°C(スチーム機と土の距離が3cm)では含水率45%の時に56秒で60°Cを超えた(図14)。含水率10%では192秒であり全ての中で最も遅かった。

4-2. 現場実験

4-2-1. 方法

含水率分布図とシミュレーションを元に、実際に遺構面でスチーム処置を実施した。実施箇所はA:土とスチーム機が密着する箇所とB:凹凸があるため密着できず土から2cm離れた箇所、どちらも含水率は30%である。

4-2-2. 結果

Aを熱解析によって求めたスチームの処置時間29秒で噴霧したところ、余熱により表面の乾燥が確認され土壌処理材への影響が懸念されたため、10秒と20秒の処置で比較した。処置時間10秒部分は、17日後の目視観察で藻類が半分程度残留していたが、20秒噴霧部分は残留が認められなかった。Bの熱解析によって求めた処置時間は45.5秒であり、実際に噴霧したところ効果が確認された。

以上の結果から含水率30%の箇所で土とスチーム機を密着させて処置する場合は20秒、土とスチーム機の距離が離れる場合は熱解析によって得られた処置時間を元にスチームを噴霧することが有効と判断した。

5. 結言

遺構の含水率分布に着目し、同ミュージアムにおいて問題視されていた塩類析出と藻類のスチーム処置について検討した。

遺構の含水率は8.9%~41.1%であり、結果を含水率分布図で可視化した。

現状の析出塩類の把握のため元素分析をしたところ、全体的に硫酸カルシウムが析出していると推測し、含水率の変動が大きい遺構北側では硫酸マグネシウムと硫酸ナトリウムが析出していると考えられた。今回の析出塩類の同定から、過去の報告にはない硫酸ナトリウムが析出している可能

性がある。

同ミュージアムにおける藻類のスチーム処置について、文献調査より除去の条件を土中の深さ0.1cm地点において60°C以上を20秒間噴霧することを設定した。以上の条件に当てはまる処置時間を求めるために熱解析を用いたシミュレーションを実施し、含水率ごとに有効なスチームの処置時間を得ることができた。現場実験では余熱なども考慮し、状況に応じた処置時間の設定が必要とされた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、地底の森ミュージアムの平塚幸人様、株式会社C&P研究所の遊垣誠宏様をはじめ仙台市教育委員会や地底の森ミュージアムの皆様には多大なるご協力を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

仙台市教育委員会「仙台市富沢遺跡保存館研究報告9」(2006)p.19-22

仙台市教育委員会「仙台市富沢遺跡保存館研究報告10」(2007)p.30-31

仙台市教育委員会「地底の森ミュージアム・縄文の森広場研究報告2011」p.13

仙台市教育委員会『地底の森ミュージアム・縄文の森広場 研究報告2015』(2016)p.19-23

仙台市教育委員会「地底の森ミュージアム・縄文の森広場 研究報告2018」(2019)p.24

浅井元朗「蒸気処理による作物収穫後地表面の雑草種子駆除技術」農研機構

https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2012/152d0_03_11.html (最終閲覧2019年10月)



図1 遺構全景
(仙台市教育委員会「仙台市富沢遺跡保存館研究報告10」)



図2 2019年6月の含水率分布図
最大値 40.9% 最小値 15.7%



図3 2019年8月の含水率分布図
最大値 41.1% 最小値 12.4%

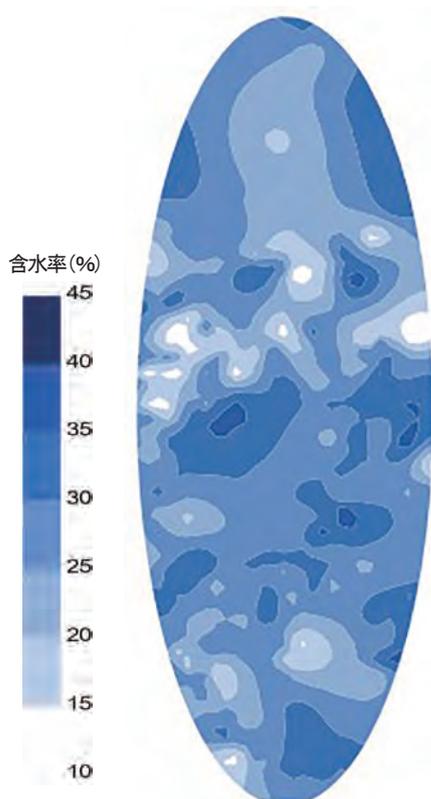


図4 2019年10月の含水率分布図
最大値 39.6% 最小値 8.9%



図5 2019年12月の含水率分布図
最大値 38.8% 最小値 9.8%



図6 2019年2月の含水率分布図
最大値 38.0% 最小値 14.2%

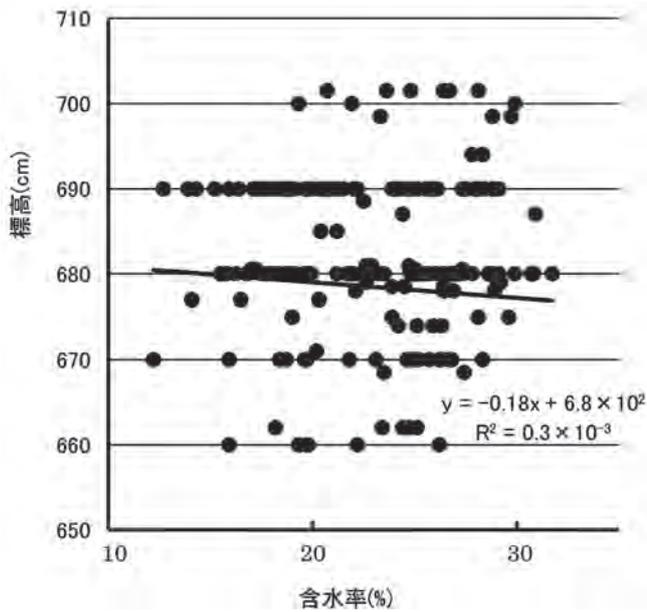


図7 勾配傾向と含水率の関係



図8 塩類の採取地点

(仙台市教育委員会「仙台市富沢遺跡保存館研究報告10」に加筆)

表1 元素分析の結果

地点	検出元素	推定化合物	2007年の調査
A	O, S, Ca, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂	MgSO ₄ ・H ₂ O
B	O, S, Ca, Na, Mg, Si, Al	CaSO ₄ , MgSO ₄ , Na ₂ SO ₄	MgSO ₄ ・H ₂ O
C	Mg, S, O	MgSO ₄	—
D	Ca, S, O, Si, Na, Mg, K	CaSO ₄ , SiO ₂ , MgSO ₄ , Na ₂ SO ₄ , K ₂ O	—
E	S, O, Si, Na, Ca, Al, Mg	SiO ₂ , CaSO ₄ , Na ₂ SO ₄ , MgSO ₄	SiO ₂ , CaSO ₃
F	O, S, Ca	CaSO ₄	CaSO ₃ ?
G	Ca, S, O, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂	CaSO ₃ ?
H	O, S, Ca, Si, Mg	CaSO ₄ , SiO ₂ , MgSO ₄	CaSO ₃ ?
I	Ca, S, O, Si, Al, Na	CaSO ₄ , SiO ₂ , Na ₂ SO ₄	CaSO ₃ ?
J	Ca, S, O	CaSO ₄	—
K	O, S, Ca, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂	—
L	O, S, Ca, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂	—
M	O, S, Ca, Si	CaSO ₄ , SiO ₂	CaSO ₃ ?
N	S, O, Ca, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂	CaSO ₄
O	S, O, Ca	CaSO ₄	—
P	S, O, Ca, Si	CaSO ₄ , SiO ₂	—
Q	Ca, S, O	CaSO ₄	—
R	Ca, S, O, Si, Al, Na	CaSO ₄ , SiO ₂ , Na ₂ SO ₄	—
Y	O, S, Ca, Mg, Si, Al	CaSO ₄ , SiO ₂ , MgSO ₄	CaSO ₃ ?
Z	O, S, Ca	CaSO ₄	SiO ₂
壁1	Ca, O, C, Na	CaCO ₃ , Na ₂ CO ₃	CaCO ₃
壁2	Ca, O, C, Na	CaCO ₃ , Na ₂ CO ₃	CaCO ₃

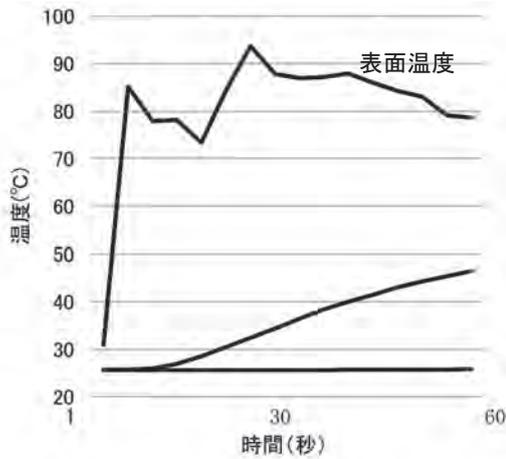


図9 含水率33%の時の深さごとの温度変化

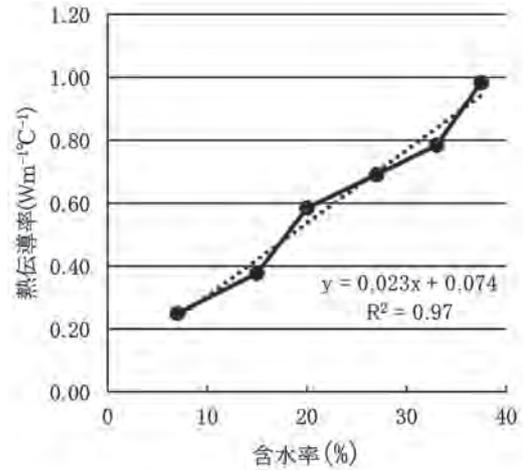


図10 含水率と熱伝導率の関係

表2 スチームの処置時間(秒)

含水率(%)	土と密着		
	80°C	70°C	65°C
45	26.5	38	76
40	27	39.5	84
35	28	42.5	92
30	29	45.5	100
25	31	48.5	112
20	33	54.5	132
15	36	63.5	160
10	41	78.5	212

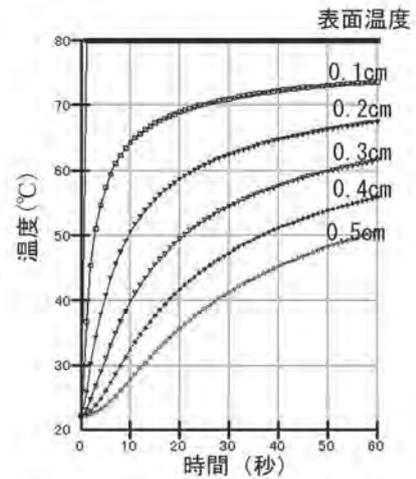


図11 表面温度80°C・
含水率45%の時の熱解析の結果

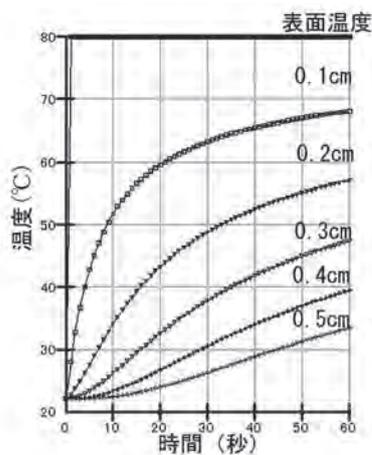


図12 表面温度80°C・
含水率10%の時の熱解析の結果

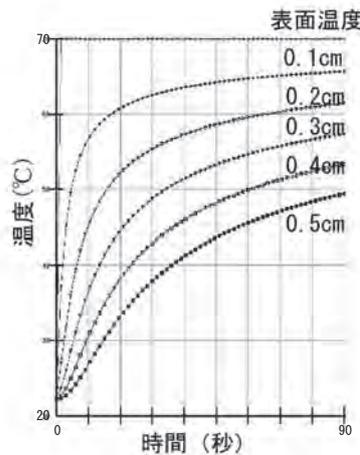


図13 表面温度70°C・
含水率45%の時の熱解析の結果

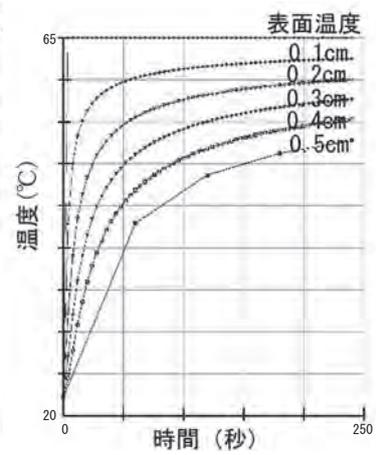


図14 表面温度65°C・
含水率45%の時の熱解析の結果

考古遺物の保存処理に使用される PEG の 低分子化に対する金属イオンの影響

鷲津未来 WSHIZU, Miku / 東北芸術工科大学 芸術工学研究科 芸術文化専攻 保存修復領域 修士2年
米村祥央 YONEMURA, Sachio / 文化財保存修復研究センター研究員・准教授

1. はじめに

木製遺物の保存処理方法として、1970年頃から採用された方法がポリエチレングリコール(PEG)含浸法である。国内において保存処理された木製遺物は、PEGによるものが最も事例が多く、安定した状態を保ってきた。しかし近年、一部の遺物に、木胎の軟化やPEGの染み出し等の問題が報告されている¹⁾²⁾³⁾。これらはPEGが低分子化したことによるものであり、保管環境が大きな要因とされているが、詳細な研究は少ないのが現状である。

既に報告されている保存処理を想定した実験の結果では、温湿度や水分量等とPEGの低分子化との関係性が挙げられている⁴⁾。また、高分子材料の劣化要因として一般的に挙げられる金属イオンについては、未だ詳細な研究は報告されていないが、Feイオンについては、影響度に関し詳細な研究事例がないものの、問題を引き起こす要因として報告されている⁵⁾。しかし、遺物が埋没している土壌には、Feイオン以外の様々な金属イオンが含まれるだけでなく、金属を伴った遺物を保存処理している事例があること、遺構面をPEGで保存処理している事例があることから、Feイオン以外の金属イオンについても、PEGの低分子化に対する影響を調査すべきである。

そこで本研究では、土壌の構成成分として比較的含有量の高いAl、Fe、Caイオンを対象とし、加速劣化試験によって劣化サンプルを作製、分析することでPEGの低分子化に対する影響を検討した。

2. 遺物の埋没環境

日本の土壌は酸性土壌が多い。しかし、多雨な気候であるため、低湿地などの嫌気性環境が多く存在する。そのような地では、酸素や菌類等の攻撃を受けにくく、木製遺物が比較的残りやすい環境となる。

土壌はケイ素、Al、Ca等様々な元素で構成されている⁶⁾。木製遺物の保存処理分野ではこれまでも土壌中のFeイオンの影響が注目されている。南京博物館の調査では、出土木材サンプルと遺跡

の土壌中の微量元素含有量では、双方のFeイオンの含有量が比較的近いことが報告されている⁷⁾。よって、Feイオンに限らず様々な金属イオンが木製遺物内に浸み込んでいることが考えられる。

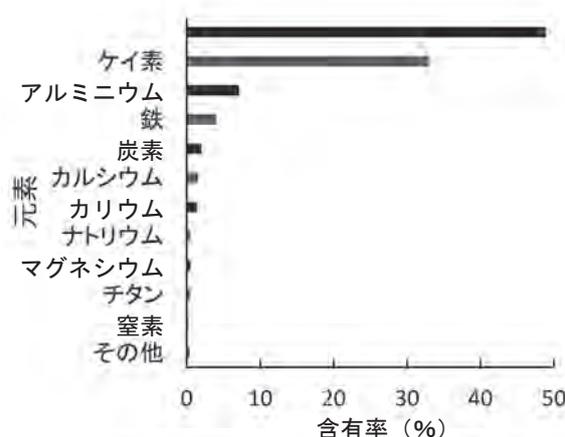


図1. 『図説日本の土壌』より、土壌の元素組成

3. PEGによる保存処理

PEGは化粧品や医薬品等様々な分野で使用される高分子材料である。PEGは平均分子量に伴って、常温下での形状が異なり、分子量が低いほど液体を呈し、高いほど固体を呈する。現在一般に保存処理で使用されているPEGはPEG4000と呼ばれるもので、平均分子量が3000程度、常温で固体(白色フレーク状)を呈する(表1)。

出土木製遺物の保存処理では、遺物内の水分を徐々に置換させることでPEGを浸漬させ、最終的に100%近くまで濃度を上げる。常温下において木材内でPEGが蠟のように固まることで強度を保つことができる。凝固点は55°Cで吸湿性はほとんどないことから、現在に至るまで木製遺物を中心に様々な考古遺物の保存処理に使用されてきた。

表1. 各種PEG(日本油脂(株)、PEGカタログ2000年より抜粋)

PEG	600	2000	4000
外観	液体	固体	フレーク状
平均分子量	570-630	1850-2150	3040
凝固点	20.3	51.1	55
粘度(mm ² /S)	10.78	42.1	79.1
比重	1.127	—	—

4. 保存処理後の問題

PEG で保存処理された遺物の保存処理後に見られる問題を確認するため、A、B 館にご協力いただき、調査を行った。調査では、PEG による保存処理を経た遺物を見せていただき、担当の方への聞き取り調査を合わせて行った。

4-1. A 館

A 館は関東に位置し、遺物の保管や資料の貸し出し等を行う郷土資料館である。遺物が保管されているのはプレハブを利用した施設で、温湿度管理は特に行っていない。

遺物は薄葉紙、タッパー、シーラーを用いて梱包し、ロッカー内に保管していた。シーラーに関しては比較的新しく保存処理した遺物に用いていた。保存処理は外部に委託していた。

A 館では問題のある遺物は見られず、安定した状態を保っていた(図2)。

4-2. B 館

B 館は東北に位置し、展示と保管を行っている。遺物は近年新設された収蔵庫に保管されており、以前は温湿度管理が徹底されていない旧収蔵施設に仮置きされていた。収蔵庫内では、薄葉紙に包みダンボールに入れた状態でステンレス製の棚に保管されていた。

いくつかの遺物に PEG の低分子化による問題が大きく分けて 2 パターン確認された(図3)。一つ

は遺物表面の白色粉体の付着物である。これは遺物内の PEG が低分子化したことで染み出し、遺物表面で凝固したものと考えられる。確認したもう一つの問題は、遺物表面のべたつきである。これは、上記と同様に PEG が低分子化し、染み出し、表面で凝固しなかったものと考えられる。また、べたつきに伴い、薄葉紙にシミが確認された。

4-3. A、B 館から考えられる低分子化の要因

A 館では遺物の問題は確認できなかったものの、B 館では、明らかな遺物の問題が確認できた。B 館の旧収蔵施設では温湿度管理が徹底されていなかったことから、保管環境による要因も考えられたが、同様に温湿度管理が徹底されていない A 館では問題が確認されなかった。本調査では双方の保管場所の温湿度等の環境については詳細が分かっていないが、各館が位置する地域の気候から、B 館の方が多湿な環境であったことが推察できる。これにより、低分子化の一要因として保管環境が考えられた。

また、A 館の保存処理報告書から、PEG による保存処理の前後にキレート剤による処理や表面処理が行われていたことから、前後処理の有無による差も要因の一つとして考えられた。

調査から、PEG の低分子化の要因として考えられている保管環境が一要因として考えられたが、保存処理後だけでなく、保存処理方法の違いからも低分子化への影響があるものと推察された。



図2. 左、中央：A 館所蔵遺物の例 右：A 館所蔵、シーラーを用いた保管例



図3. 左：B 館所蔵遺物 白色粉体の付着物 中央：B 館所蔵遺物 表面のべたつき 右：保管棚

5. 実験

各金属イオンの影響を調査するため、加速劣化させた PEG から劣化サンプルを採取し、分析を行った。本研究では、サンプル数や加速劣化時間を変更し2回実験を行った。

5-1. 実験方法

PEG に対し、Al、Ca、Fe 標準液を 5、10、15、20wt%になるよう調節した(表2)。対照として PEG のみのサンプルも作製した。それぞれを 75°Cに設定した恒温器で加速劣化させ、得られた劣化サンプルを目視観察による評価付け及び分析機器によって分析した。

実験 I では、本学でも保存処理に使用し酸化防止剤を含む PEG4000S (三洋化成)を選定し、サンプル数は各3個、加速劣化時間は約1年に設定した。

実験 II では、PEG4000S に加え標準となる試薬の PEG4000 (富士フィルム和光純薬)を選択し、サンプル数は各5個、加速劣化時間は約半年に設定した。

表2. 使用薬剤

名称	濃度	製造元
Al 標準液	Al・HNO ₃ (0.5 mol/L)溶液	関東化学
Ca 標準液	CaCO ₃ ・HNO ₃ (0.1mol/L)溶液	富士フィルム 和光純薬
Fe 標準液	Fe・HNO ₃ (0.1 mol/L)溶液	関東化学

なお、劣化サンプルに対し、実験 I、II 共に目視観察による評価付けを行い、実験 I では FT-IR 分析、実験 II では、pH 測定、ゲルパーミエーション・クロマトグラフィー(GPC)分析を行った。

5-2. 目視観察 方法

「3. PEG による保存処理」にて述べたが、PEG は平均分子量ごとに常温下での形状が異なる。そのため、加速劣化試験終了後の常温下での PEG の形状から、おおよその低分子化の有無を判断できると考え、評価基準を用いた評価付けを行った。なお、評価基準は独自に設定したものであるため、大まかな低分子化の度合いを把握することが前提である。評価基準は以下の通りである(表 3、4)。

また、実験 II のみ、加速劣化時間約1ヶ月ごとに写真撮影し、経時観察を行った。

表3. 評価基準

評価	基準
1	瓶を倒しても液垂れせず、全体的に凝固している
2	瓶を倒すとわずかに液垂れするが、ほとんど凝固している
3	瓶を倒すと5秒以内に液が瓶の半分以上液垂れする
4	やや粘度があり、瓶を倒すとすぐに液垂れする
5	粘度があまりなく、瓶を倒すとすぐに液垂れする

表4. 評価別の状態

		
評価1	評価2	評価3
		
評価4	評価5	

5-3. 分析方法 FT-IR 分析

FT-IR 分析では、劣化前後の分子構造の変化を確認した。分析には、KBr カードを使用し、サンプルの濃度は 10wt%、スキャン回数は 64 回に設定した。

5-4. 分析方法 pH 測定

pH測定には、HORIBA LAQUAtion (pH) シリーズコンパクト型水質計を使用し、サンプルの濃度は 25wt%に調節した。加速劣化時間約 2 ヶ月時から約 1 ヶ月ごとのサンプルを測定した。

5-5. 分析方法 GPC 分析

GPC 分析では劣化前後の分子量分布の変化から、低分子化の度合いを検討した。分析条件は表 5 の通りである。サンプルの濃度は 1wt%に調節した。また、分析機器の不調により、PEG のピークの後に不明なピークが検出されたため、不明なピークの手前で切り、グラフを作成した。これにより、サンプルごとに分析の終了時間が異なる。

表 5. GPC 分析条件

WATERS 社製 GPC システム	
装置	1515+2414
溶離液	メタノール：蒸留水=3：2 shodex®昭和電工(株)社製
カラム	OHpak SB-802.5HQ
カラム温度	40°C
送液速度	1mL/min

6. 実験 I 結果と考察

6-1. 目視観察

目視観察の結果は以下の通りである(図 4)。全体の半数以上が評価は 4、5 に位置しており、見た目の粘度に差はあるが、液体を呈していた。

Ca 標準液を添加したサンプルでは、PEG4000S のみのサンプルとの大きな差異は見られず、PEG の低分子化に対する Ca イオンの影響は確認できな

かった。Al 標準液を添加したサンプルでは、全ての中で最も固体を呈するサンプルが多く、PEG4000S のみのサンプルと比較してもより固体を呈していた。また、Fe 標準液を添加したサンプルでは、全てのサンプルの中で最も液体を呈するサンプルが多く、PEG のみのサンプルと比較してもより液体を呈していた。PEG4000S は、未処理時では常温で固体を呈することから、Al イオンが PEG の低分子化を抑制させる作用を持つ可能性が見込めた。さらに、Fe イオンが PEG の低分子化を促進させる作用を持つ可能性が示唆された。

6-2. FT-IR 分析

金属イオンの有無に関係なく、劣化したサンプルのスペクトルでは 1700cm⁻¹、1200cm⁻¹ 付近のピークが検出された(図 5)。1700cm⁻¹ 付近のピークは C=O 伸縮振動を示している。PEG は分子鎖が切れる際に有機酸を発生させる性質を持つことから、有機酸に由来するカルボニル基が検出されたものと考えられる。また、1200cm⁻¹ 付近のピークは C-C-O 伸縮振動を示している。カルボニル基が検出されたことを踏まえ、生成された有機酸が酢酸であることが示唆された。また、分子鎖が切れる際の有機酸が検出されたことから、PEG の分子鎖が切れていることは明らかであり、低分子化が起きていることが確認できた。

O-H 伸縮振動を示す 3400cm⁻¹ 付近のピークと C=C 伸縮振動を示す 1640cm⁻¹ 付近のピークに関して、Fe、Ca 標準液を添加させたサンプルでは、各金属イオンの濃度が高いほど減少していた。一方、Al 標準液を添加したサンプルでは、濃度が低い場合では未処理の PEG4000S のピークと比較すると減少しているものの、濃度 20wt%では未処理の PEG4000S と比較的近かった(図 6)。原因として、生成された酢酸と Al イオンが錯体を形成したことや縮合反応による重合等が考えられるが、現段階ではどちらも推測の域を出ない。

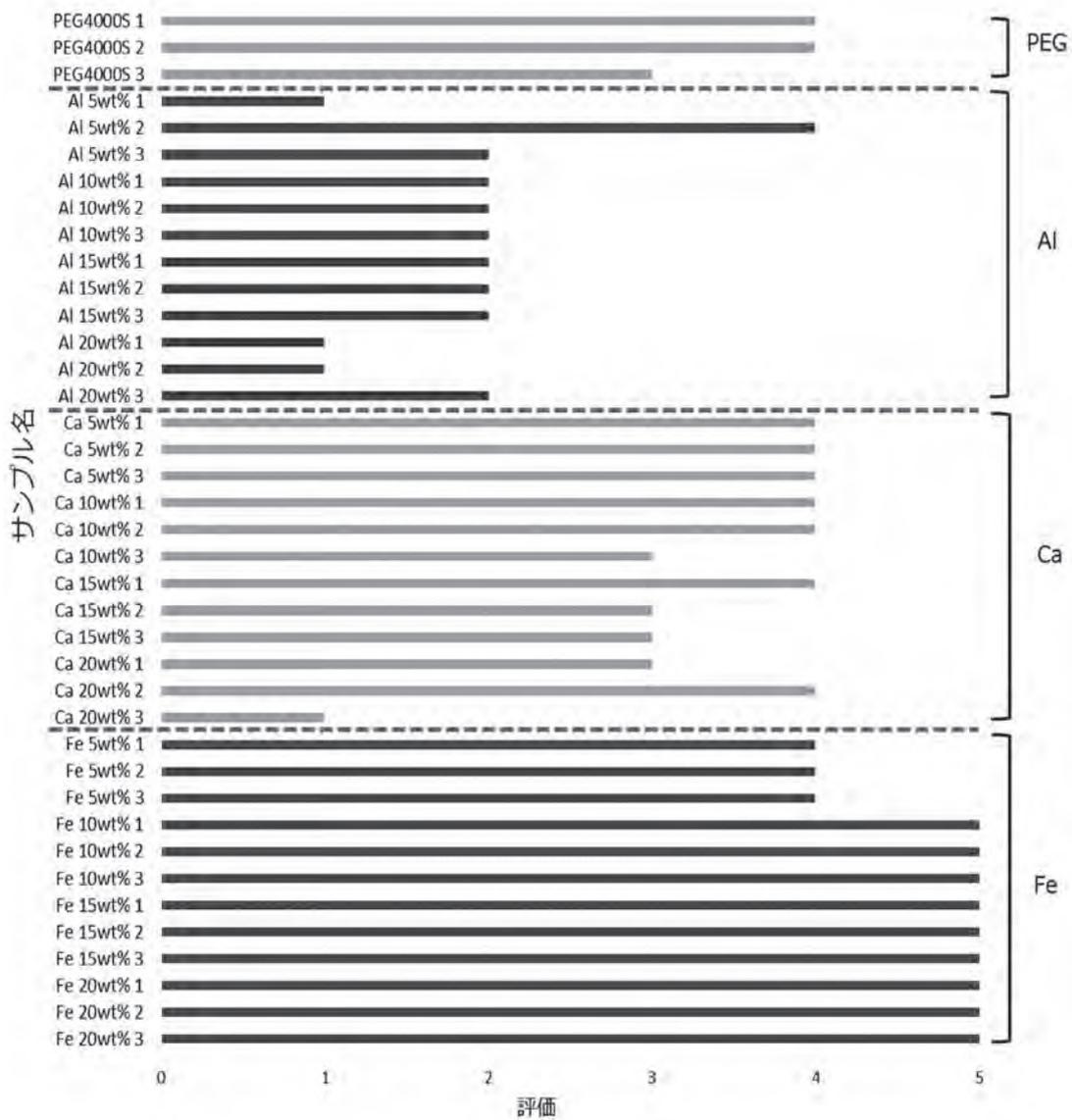


図4. 実験I 目視観察 サンプル別の評価

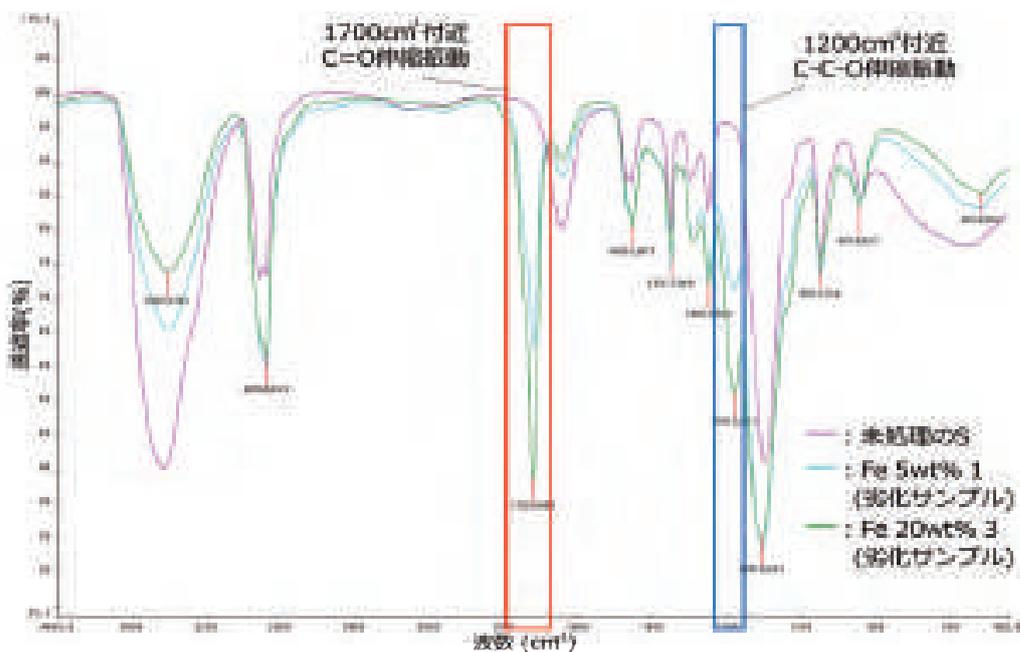


図5. 実験I 劣化したサンプルのFT-IR スペクトル

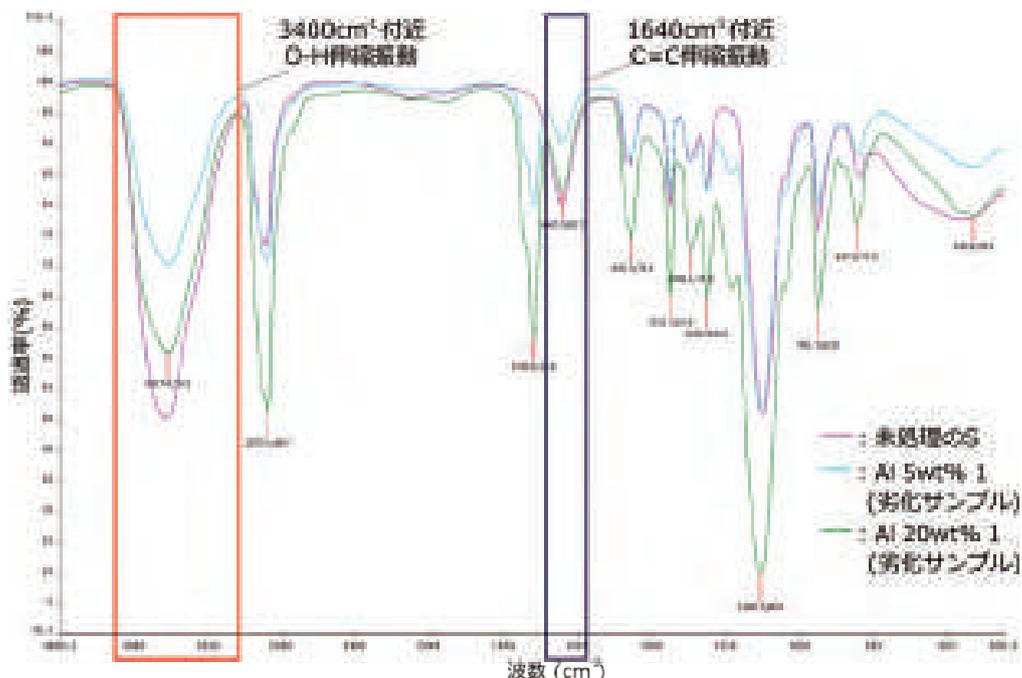


図 6. 実験 I Al 標準液を添加したサンプルの FT-IR スペクトル

7. 実験 II 結果と考察

7-1. 目視観察

目視観察の結果は以下の通りである(図 7)。PEG の種類に関係なく、ほぼ全てのサンプルが固体を呈しており、明らかな低分子化の特徴は見られなかった。しかし、PEG4000、PEG4000S どちらも Fe 標準液 10wt%以上では液体を呈するサンプルが確認された。このことから、Fe イオンの影響度は大きく、加速劣化時間半年以内に常温環境下で固体を呈することができなくなるほどの低分子化が起ることが確認された。

経時観察では、金属イオンを添加したサンプルに沈殿物が生成されていることが確認された(表 6)。各金属イオンの水酸化物が生成されたことが考えられる。特に Fe イオンでは、緑色沈殿物のみが生成されたもの、褐色沈殿物のみが生成されたもの、両方の沈殿物が生成されたものの 3 パターンが確認された。緑色沈殿物は 2 価の水酸化鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、褐色沈殿物は 3 価の水酸化鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ であることが考えられる。

7-2. pH 測定

未処理の PEG4000S は pH 値が 6.7 であったのに対し、加速劣化時間約 2 ヶ月の時点では、PEG4000 は 3.0、PEG4000S は 3.4 であった。金属イオンを添加したサンプルでも pH 値は 3 前後であり、加速劣化時間約 2 ヶ月以降は大きな pH 値の低下は見られなかった。このことから、加速劣化時間約 2 ヶ月の間に急速に pH 値が低下したことが考えられる。

PEG4000 及び PEG4000S のみのサンプルでは、PEG4000 の方が pH 値は低かったのに対し、金属イオンを添加したサンプルでは、双方の pH 値に大きな差は見られず、pH 値の変化に傾向は見られなかった。各金属イオンを添加したサンプルについて、含有量が多いほど加速劣化時間が増すに従って pH 値が低下すると予想していたが、加速劣化時間に依存は見られず、W 型に変化するものや、逆 N 型に変化するものなどが見られた(図 8、9)。本分析で使用した計測機器が簡易的なものであること、pH 値の変化が 1 以下の範囲であることを考慮し、pH 値は加速劣化時間 2 ヶ月以内に急激に低下した後、加速劣化時間 6 ヶ月程度では大きな pH 値の変化は見られない、もしくは緩やかに変化するものと考えられる。

7-3. GPC 分析

PEG4000S のみのサンプルでは、分子量分布が大きく変化しないもの(パターン 1)、徐々にテーリングが見られるもの(パターン 2)の 2 つのパターンが見られた(図 10)。一方、PEG4000 のみのサンプルでは、分子量分布の変動に規則性が見られなかった。

Ca 標準液を添加したサンプルでは大きな低分子化は確認できず、PEG4000S のみのサンプルと類似したピークの変化傾向を確認した。そのため、Ca イオンが PEG4000S に含まれる酸化防止剤と同様の働きをしたものと考えられる。PEG4000、PEG4000S のみのサンプルと Al 標準液を添加したサンプルでは、Al 標準液を添加したサンプルの方が比較的にブロードもテーリングも小さい傾向が見

られた。しかし、大きく低分子化を抑制するような働きも見られなかった(図11)。また、Fe標準液を添加したサンプルでは加速劣化時間が増すに従

い、ピークが顕著にブロード、テーリングしていることが確認された(図12)。

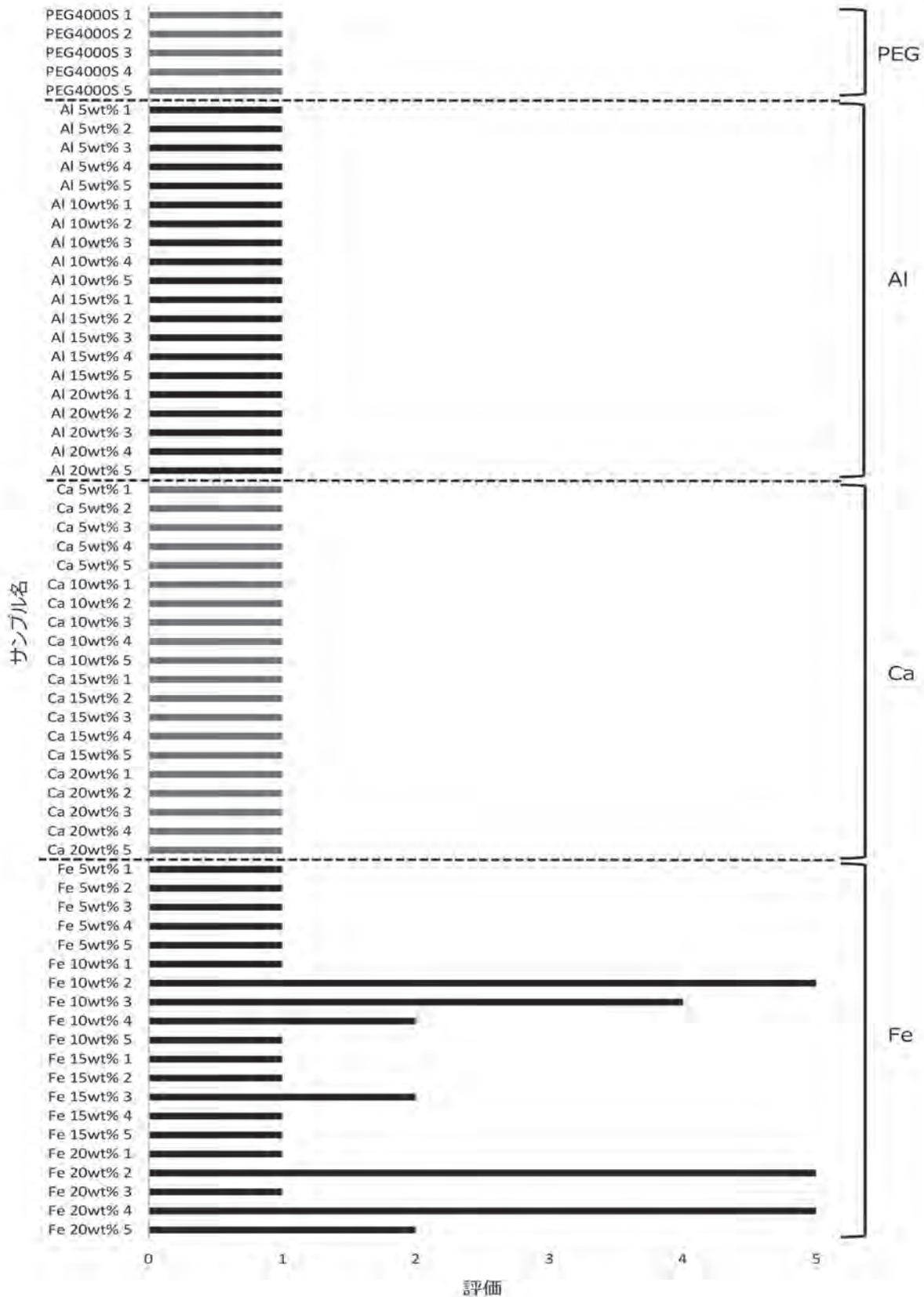
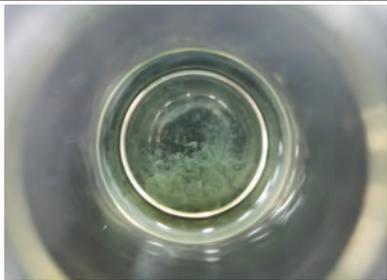


図7. 実験II 目視観察 PEG4000S サンプル別の評価

表6. 経時観察 各金属イオン別沈殿物

		
Al イオン 白色沈殿物	Ca イオン 白色沈殿物	
		
Fe イオン 緑色沈殿物	Fe イオン 緑色+褐色沈殿物	Fe イオン 褐色沈殿物

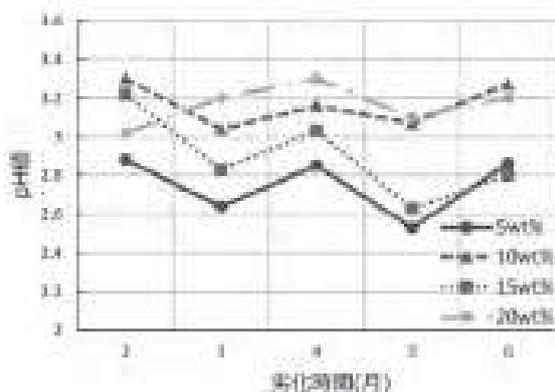


図8. W型変化の例 PEG4000+Ca 標準液

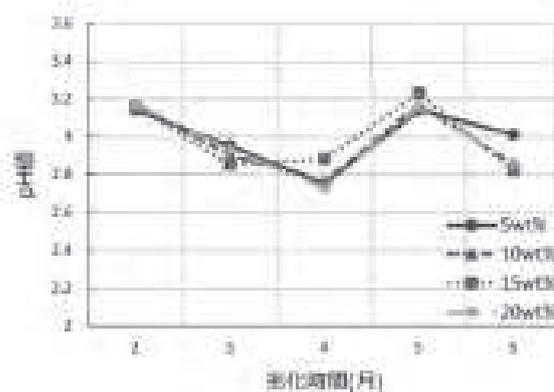


図9. 逆N型変化の例 PEG4000+Al 標準液

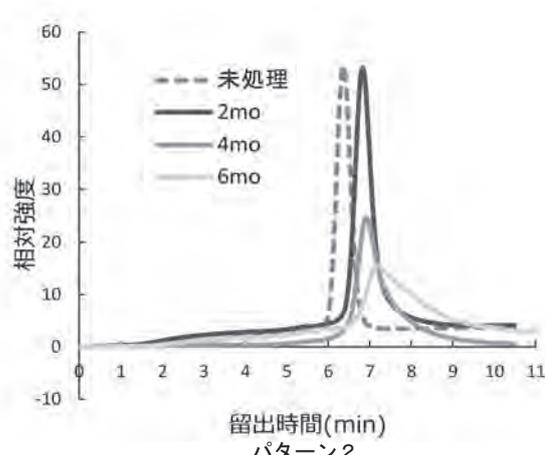
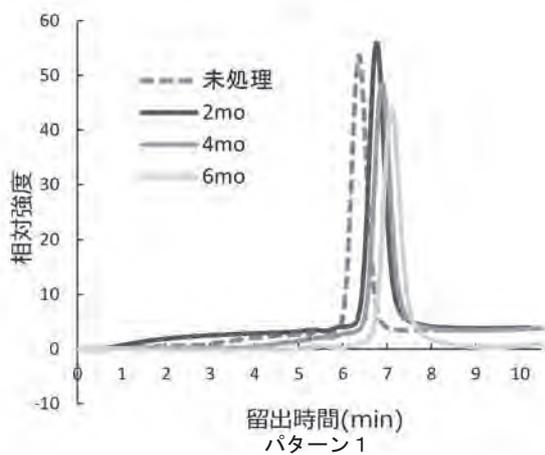


図10. GPCクロマトグラムの例 (mo= 加速劣化時間 (month))

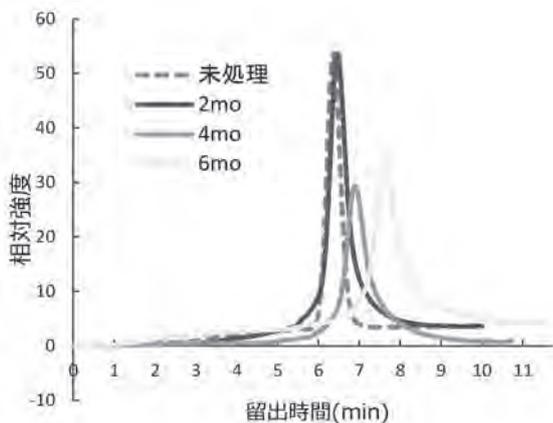


図 11. PEG4000S+Al 標準液 分子量分布の変動
(mo=加速劣化時間(month))

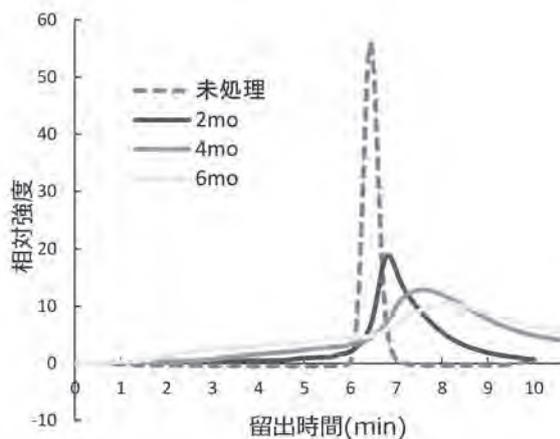


図 12. PEG4000+Fe 標準液 分子量分布の変動
(mo=加速劣化時間(month))

8. 実験 I、II の考察

加速劣化時間約 1 年の実験 I では半数以上のサンプルが液体を呈し、低分子化の影響が顕著だったのに対し、加速劣化時間約半年の実験 II ではほとんどのサンプルで固体を呈していた。しかし、Fe 標準液を添加したサンプルでのみ液体を呈するサンプルが見られたことから、Fe イオンの影響が大きいことは明らかである。

経時観察で Fe 標準液を添加したサンプルで沈殿物が見られたことに関し、低分子化の特徴が顕著なサンプルでは緑色沈殿物が生成されていることが確認された。緑色沈殿物が生成されたサンプルの GPC 分析の結果からも、明らかに分子量分布の幅が大きくなり、低分子化が顕著であることが確認されている。さらに、Fe 標準液を添加したサンプルの FT-IR 分析の結果では、Fe 標準液の含有量が多いほど水素結合を示す O-H 伸縮振動と PEG の構造に起因する C=C 伸縮振動のピークが減少していた。このことから、水酸化鉄の生成に伴う加水分解が低分子化を促す可能性が考えられた。

pH 値はどのサンプルも、加速劣化時間約 2 ヶ月時点で 3 前後まで低下しており、強い酸性を示していた。これは木材組織の一つであるセルロースを分解しやすい環境である。また、金属イオンはレドックス反応の触媒的作用を担うことが知られており、対象によって影響が大きい金属イオンは異なるものの、Fe イオンは比較的影響が大きい金属イオンとして挙げられる。pH 値 3 前後では、Fe イオンの反応が活発になる環境である。さらに、経時観察から水酸化鉄の生成が確認されていることから、種々の反応が起こっていることは明ら

かであり、Fe イオンの酸化促進作用が活発化しやすい条件が重なり、PEG の低分子化が促進していることがうかがえた。

加速劣化時間約 1 年の実験 I では、Al 標準液を添加したサンプルは最も固体を呈するサンプルが多く、PEG と何らかの反応が起こっていることが考えられた。しかし、加速劣化時間約半年の実験 II の GPC 分析では、低分子化を大きく抑制する作用は見られず、Al イオンの PEG に対する反応機構は不明であった。PEG に対する Al イオンの反応は、半年以上 1 年未満で急速に起こる、もしくは他の金属イオンと比較して緩やかに起こることが考えられた。反応に関し、現時点ではその作用が明確でないため、言及は避ける。

9. まとめ

本実験から、特に Al、Fe イオンにそれぞれ特徴的な反応が見られた。

兼ねてから注目されていた Fe イオンは特に影響度が大きく、PEG の低分子化を促進させることが示唆されたため、保存処理時に遺物の状態を確認しつつ、積極的に除去するべきだと考える。

また、現段階では反応の詳細が分かっていないものの、Al イオンの PEG の低分子化に対する抑制作用が見込める可能性が見出された。今後、追加の実験や分析を行い、実際に PEG の低分子化の抑制作用が認められた場合、PEG による保存処理により安定性を持たせることができるだけでなく、保存処理後の問題が確認された遺物への再処理に適用できることが期待できる。

近年一部の遺物に問題が報告されているが、保

存処理時または、保存処理後にその要因があると考えられる。保管環境については、増え続ける遺物の保管場所が問題となっており、温湿度管理が難しい状況がうかがえる。これは、今後も直面する問題であり、こうした制限された環境の中でも安定して保管できるような環境改善策や保存処理方法の再案が必要である。

近年トレハロース法等の新たな保存処理方法が開発され、実用化されているが、依然として PEG を使用する場合も多い。保存処理方法の種類が増えれば、その分選択の幅が広がり、それぞれの遺物の状態や保存処理後の保管環境に適した保存処理方法を選択することができるようになる。本研究で行った各金属イオンの影響の調査結果において、上記のような遺物の保存処理分野で挙げられる問題の解決策を講じるための一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) Gunnar Almkvist et al. 「Degradation of polyethylene glycol and hemicellulose in the Vasa」 (2008) 『Holzforschung, Vol. 62』 pp64-70
- 2) 澤田正昭編集・監修 (2003) 『遺物の保存と調査』
- 3) 増澤文武ら 「室内保管したポリエチレングリコール含浸出土木材の 30 年の経年変化」 (2003) 『考古学と自然科学 第 47 号』 pp13-33
- 4) 米村祥央 「分子量分布の変動から捉えた出土木製品保存処理薬剤の劣化—ポリエチレングリコールの低分子化とその要因—」 (2008) 『歴史遺産研究 No. 4/2008』 pp27-33
- 5) Gunnar Almkvist et al. 「Fenton-induced degradation of polyethylene glycol and oak holocellulose. A model experiment in comparison to changes observed in conserved waterlogged wood」 (2008) 『Holzforschung, Vol. 62』 pp704-708
- 6) 岡崎正規ら共著 朝倉書店発行 (2010) 『[図説]日本の土壌』
- 7) 張金萍ら 「中国江蘇省・泗水王陵発見の水浸出土遺物の現状と保存」 (2009) 『水浸木製文物の保存科学的研究—中国江蘇省泗水王陵出土文物保存に関する共同研究—』 pp65-67
- 8) 酒井温子ら 「水浸出土木材の埋没環境」 (1994) 『考古学と自然科学 第 30 号』 pp1-10
- 9) 伊藤隆夫ら編 海青社発行 (2012) 『木の考古学出土木製品用材データベース』
- 10) 伊藤幸司ら 「ラクチトールからトレハロースへ

- 糖類含浸法の新展開—」 (2013) 『考古学と自然科学 (65)』 pp1-13
- 11) 三沢俊平ら 「水溶液中における酸化鉄、オキシ水酸化鉄の生成と物性」 (1970) 『材料 第 19 巻 第 201 号』 pp537-542
- 12) 三沢俊平 「鉄さび生成の現状と未解明点」 (1983) 『防食技術, 32』 pp657-667
- 13) 井上勝也 「鉄酸化物の種々相—自然の鉄酸化物と人工の酸化物—」 (1983) 『日本金属学会会報 第 22 巻 第 11 号』 pp939-943
- 14) 佐藤太一 「水酸化アルミニウムとアルミナについて」 (1989) 『鉱物学雑誌 第 19 巻 第 1 号』 pp21-41
- 15) 越川(金尾)昌美ら 「土壌—河川—湖沼系におけるアルミニウムの動態と化学」 (2004) 『地球環境 Vol. 9 No. 1』 pp83-91

「チャン」についての考察

—西洋における樹脂活用との関係—

中右恵理子 NAKAU, Eriko / 文化財保存修復研究センター客員研究員

武田恵理 TAKEDA, Eri / 東洋美術学校非常勤講師

はじめに

近年の研究により、社寺建築の分野で「チャン塗」と呼ばれる塗装技法が行われたことが明らかとなっている。筆者らは、日光東照宮陽明門で描かれた「唐油蒔絵」と呼ばれる油彩技法による壁画の修理に携わったことを機に、日本と西洋を結ぶ絵画材料や絵画技法の交流に興味を持ち研究を行ってきた。本誌においても「日光東照宮陽明門唐油蒔絵の制作についての考察」を発表し、おもに「唐油蒔絵」の制作背景や使用された乾性油についての考察を行った¹。東照宮で社寺建築の修理を行う技術者らとの交流から、「チャン塗」と呼ばれる技法にも関心が生まれ、「チャン」というカタカナ標記の名称への疑問から、西洋との関連を軸に調査を開始した。その結果、西洋における樹脂の活用の歴史や日本への流入を調べる過程の中で、「チャン」を表す樹脂やその用法について、西洋と日本との認識の違いに関するいくつかの知見が得られた。本稿では、西洋における塗料への樹脂活用との比較において、これまでの「チャン」についての研究では見えてこなかった視点から考察を加えたい。

1. 「チャン」についての先行研究

チャン塗の技法研究としては、平成 17 年(2005)に窪寺氏が日本建築学会において「古建築における木地色付け技法の研究—チャン塗技法の史的考察」を発表している²。この中で同氏は、江戸時代に刊行された『大和本草』や『萬金産業袋』のチャン塗に関する記載を紹介するとともに建築塗装に用いられたチャン塗の事例を挙げ、「チャン塗」技法についての考察を行っている。同氏はチャン塗について、「油性塗料の概念に含まれるもの」とし、「近代に入りペンキ塗やワニス塗に移行し、次第にその活躍の場を失った」と想定している。同氏はまた 2012 年には「チャン塗」に関するさらに詳細な研究報告を行っている³。

2011 年には文化財保存修復学会において談山神社の調査結果が報告されている⁴。それによれば、権殿の部材に鉛を含む油性塗料が検出され、この油性塗料は修理記録に記された「荏油(荏胡麻油)と唐土(鉛白)などを使用したチャン塗」と判断された。さらにチャン塗は外装部材に多く用いられ、享保・寛政の修理期に使用されたことが指摘されている。

また、社寺建築以外でも名古屋城大天守の宝暦大修理において「外部銅板の保護塗装として」チャン塗が多用されていたことが麓氏らの論文に報告されている⁵。麓氏らは名古屋城大天守宝暦大修理に関する史料のうち、修理全体の詳細な仕様書である『仕様の大法』の記述から、窓子や引き上げ戸(銅板が張られた)、屋根の千鳥破風の木連格子や唐破風の軒下(銅板包に変更された)に黒チャン塗が施されたことを確認している。『仕様の大法』には「黒長塗」と記載され、「チャン」には長の字が当てられている。

銅板の保護にチャン塗が施された事例は出雲大社でも確認された。これまでの調査からは、チャン塗は建築物の木材や銅板の外部塗装として施され、1700 年代以降に多く用いられた時期があるがその後技術が廃れたことが推測される。

2. 「チャン」という呼称の由来について

2-1. 「チャン」は松脂を意味するという従来の見解

チャン塗についてはその名称から「チャン」が外来であることが推測されるが、詳しい由来については不明な点が多い。史料調査や材料分析から確認されたチャン塗の材料には、乾性油や樹脂の使用が推測され、西洋の油性ワニスとの共通点が感じられる。また、江戸時代後期に多く残されている洋風画の油絵具の処方には「チャン塗」の材料との共通性が見られる。そこで「チャン」という呼称の由来や材料について、西洋との関係を軸に考察を行いたい。

窪寺氏によれば「チャン」を辞書で引くと、「瀝青」と漢字表記され、①松脂、油、密陀僧などから作られる防腐塗料、②アスファルトやピッチの別称の2つの意味があるという⁶。また「チャン」という名に関しては「キオス島の」(Chian)がその由来であるとの通説がある⁷。南蛮医学の時代にテレメンチナ(ポルトガル語の terebenthina)などの名がみられるが、紅毛・蘭学時代にはこれが「チャン」と呼ばれ「瀝青」の訳語がつけられたということである。エーゲ海キオス(Chios)島はテレメンチナの産地として知られ、そこで採れたテレピン樹脂が往時輸入されたことから上述の説となっているのではないかという。とすれば「チャン」の呼び名は江戸時代以降であっても、もともとの材料である「テレメンチナ」は南蛮時代には知られていたと考えられる。

建築塗装における「チャン」の意味は前述の①であるが、なぜ「チャン」は「瀝青」と訳され、①と②の二つの意味があるのでしょうか。この点については吉野氏の研究が詳しい⁸。同氏によれば、漢籍(『本草綱目』や『二如亭群芳譜』)には「瀝青」は松脂の一名として現れる。中国清代において旧約聖書の漢訳作業を行った時に、中国語にアスファルトを意味する文字がなかったため(ノアの方舟にはアスファルトが塗られたなどの記述が聖書にある)、似た物を示す「瀝青」を用いた。日本で読まれたのも漢訳聖書であり、当初は「瀝青」を旧来の松脂の意味に理解していた。しかし、明治期に興った近代鉱物学において、原油から摂れるアスファルトなどを指す言葉がなく、「土瀝青」や「地瀝青」などの言葉が考えられた。

一方、明治11年(1878)から明治34年(1901)に和訳された旧約聖書中「チャン」と音読みする漢字の表記には「石漆」、「地瀝青」、「瀝青」が見られる。「石漆」は、漢訳聖書においては石油の別名とのことであるが、李時珍の『本草綱目』には「石漆」は墨の材料、接着剤としても用いられたとある。墨の材料としては松脂の意味にもとれる。旧約聖書には「コールタール、アスファルト、ピッチ」などが現れる箇所が4箇所あり、創世記6章13・14節のノアの方舟に関する箇所では「瀝青」の表記が継続して見られる。出エジプト記2章3節には「アスファルトとピッチ」という併記があり、その箇所の訳として明治21年(1888)と22

年(1889)には「瀝青と樹脂^{ちやん やに}」と表記されている。アスファルトを瀝青、ピッチを樹脂と訳して、土系と植物系に分類して解釈している様子がわかり興味深い。

吉野氏も「チャン」は「chian(キオスChios島産の) turpentine」の略と考えられるとし、「チャン」の語は江戸時代にも多くの用例が見られ、すべて松脂を材料としたものと述べている。以下、吉野氏の引用した史料の抜粋である。

①: 延宝4年(1676) 高瀬梅盛『俳諧類船集』
「ちやんをぬるは黒船か。空泣のなみだには墨をぬれり」

②: 天和3年(1683) 岡西惟中『一時隨筆』
「橄欖といふ木あり。(中略)この木の脂皮、葉とおなじく煎じて汁を取に飴の如し。舟に用いて漆灰とするに、かたき事うるしのごとく、水につきてひとへにかはくものなり。これかのちやんといふ物成べし」

③: 宝永5年(1708) 西川如見『増補華夷通商考』
「チャン 松脂と油とねり合わせたる者也。船の諸具を塗て水に朽ざるため也。又外科の膏薬に入る」

④: 寛延3年(1750) 頃 山口幸充『嘉良喜隨筆』
「松ヤニニフルイ土ヲ三分一入テネリテヌル。是チャンヌリ也」(卷之一)
「チャンハ松脂ヲ粉ニシテ、赤土ノフルイ土等分ニテ練ラスル也。水舟ノモリヲモトムル也」(卷之五)

⑤: 文政6年(1823) 志賀忍『理齋隨筆』
「チャンの拵様は松脂一斤、油三合ほど、黒砂糖小茶碗に半分ほど、右を合わせてよく煮たて引くなり」

③の西川如見は江戸時代中期の天文学者、地理学者で、元禄8年(1695)に『華夷通商考』、宝永5年(1708)に『増補華夷通商考』を出版した。チャンについての記述のある巻四ではオランダなどの西洋諸国について述べられている。原書をあた

って見たところ、③に見られるチャンについての記述は「ズヘイテ」の土産の項目にあり、次項に「デイヌマルカ」や「ノウルイキ」が続くところから「ズヘイテ」はスウェーデンを指すと考えられる。紀井利臣氏の『ワニス《Varnish》概論—天然樹脂と技法』には、「17世紀末からテレピン油の生産はスウェーデン、フランス、ドイツを中心に発達した」とある⁹。テレピン油は松から得られる樹脂（生松脂）を蒸留して得られ、その残留物が固形樹脂の松脂である。また、同書の巻四の最終頁には「紅毛舟」の画と説明があり、「舟黒ミノ分ハ皆チャンヌリ（中略）舟具網等悉クチャンヲ塗タリチャンは松脂ト油ヲ煉合タル者也」とある。

これら①から⑤の江戸時代の史料からは、「チャン」の材料には松脂が記載されていることが共通している。一方、「チャン」の用途としては船の防水に用いられるという記載も共通して見られる。船の防水塗料としては、聖書にも見られるアスファルトの可能性も考えられるが、これらの史料からは、日本で「チャン」と呼ばれたものは、松脂を材料に含むものを指すことが明確である。

2-2. 「チャン」はマスティックに由来する？

日本では「チャン塗」に松脂が用いられたことは史料から明らかであるが、本研究の過程において、「チャン」の名の元になった樹脂の種類に混乱があることが確認できた。その点について指摘しておきたい。キオス島を指すとされる「チャン」であるが、紀元1世紀の博物学者であったプリニウス（紀元23～79年）は、キオス島で採れる樹脂はマスティックとしている¹⁰。マスティックには数種類あり、インドやアラビアからもたらされるとげのある木から採れるもの、アジアやギリシアからもたらされる葉が根元から生えている草のリングに似たとげのある実から採れるもの、キオス島のレンティスクスから採れものがあり、中でもキオス島の白いマスティック樹脂は最も品質が良く高価であると記している。プリニウスのいうキオス島のレンティスクスとは、ピスタチオ科の植物 *Pistacia Lentiscus* Var. *Chia*（レンティスクス）である¹¹。レンティスクスと同じピスタチオ科のよく似た木に *Pistacia terebinthus*（テレピンサス）がある。元来テレピンはこのテレピンサスから採取されるものであった。しかし現在では松の仲間である Maritime Pine *Pinus pinaster* フラ

ンス海岸松、Aleppo Pine *Pinus halepensis* アレップ松、Masson's Pine *Pinus massoniana* 黒松、Sumatran Pine *Pinus merkusii* スマトラメルクシ松、Longleaf Pine *Pinus palustris* 大王松、Loblolly Pine *Pinus taeda* テーダ松、Ponderosa Pine *Pinus ponderosa* ポンデロサ松¹²から採取される。ピスタチオ科のテレピンサスから採取される樹脂や樹液は現在 Chian、Schio、Cyprian turpentine と呼ばれているが、厳密には chian はキオス島産のレンティスクスから採取される Chian を指す。同じピスタチオ科でも、レンティスクスは地中海の温暖な海岸地域に生息し、テレピンサスは山や内陸部に多い特徴がある。しかしピスタチオは雌雄異株で、生育域の接触ゾーンで交雑種が発生しやすい。この二種の判別の困難さも chian の特定を阻む要因となったといえよう。ただキオス島では現在でも島の南部でレンティスクスが栽培され純粋なマスティックが生産されている。この島で採取されるマスティックはいつの時代も純粋で質が良かったことから、高価格で取引できる質の良い樹脂を指す代名詞として「チャン」という言葉が定着していったものとも考えられるのではないだろうか。

3. 西洋における樹脂、ピッチ、瀝青の区別と用途の違い

2-1 で述べたように、日本では聖書を介して松脂とアスファルト、ピッチの混同が行われた経緯が推測されるが、本研究の過程でイタリアの文献を調べていたところ、同様に松脂と石油生成物の混同があることがわかった。イタリアの文献に見られるワニスの古い処方の中に pece という樹脂がある。この pece を現代のイタリアの辞書で引くと日本と同様に石油生成物と樹脂の2通りの意味があり、樹脂を意味する場合はとくに pece greca と呼んで区別している。pece greca は別名 colofonia（コロホニウム）である。一方英語では pece は pitch であるが、やはり石油生成物と樹脂の両方の意味があり、樹脂の場合は rosin（ロジン）と呼ばれる。ロジン、コロホニウムは日本では松脂である。聖書でノアの箱舟に塗られたのはイタリア語では pece、英語では pitch である。聖書に現れる様々な物質について現在の科学的な視点から紹介した『聖書の中の科学』では「石油」の項が設けられ、その中でノアの箱舟に塗られたのは「アスファルト」と記載されている¹³。聖書に

は他にパピルスのかごに bitume と pece を塗る（英語では tar と pitch）という箇所があり、同書では「アスファルトと樹脂」と掲載されている。この部分は前述の明治 21 年、22 年の漢訳聖書では「瀝青と樹脂」と表記されていた。アスファルトには天然に産出されるものと石油精製の過程で得られるものがあり、天然アスファルトは日本でも縄文時代には接着剤として使用されたそうである。アスファルトと松脂の混用は日本だけではないようである。そこで西洋における古典的な百科事典とも呼べるプリニウスの『博物誌』に記載された樹脂などの事項について以下に述べておきたい¹⁴。

・ピッチと樹脂について

「樹液の出る木のうち、オリエントとヨーロッパのいくつかのある地域では、ピッチと樹脂を産する木がある。それらの地域の中間にあるアジア（小アジア）でも、両種のいくつかのものを産出する。オリエントで最も混じり気のない樹脂を出すのは、テレピンノキである。次はマスティックと呼ばれるレンティスクス、そのあとにくるイトスギは非常にピリッとした樹脂を出す。」とあり、樹脂とピッチは別々のものを指しているようである。テレピンノキについては同書にシリアに産する樹木で、雄雌株があり、樹皮などから樹脂状のねばねばした液が滲み出るとある。ピッチについては葡萄酒の風味付けに用いる方法について多く述べられている。その場合、葡萄酒に直接混ぜ合わせる方法と容器に塗る方法があり、容器用としてイタリアではピケア（おもにオウシュトウヒ）の樹脂から作られるブルッティウム産のものが最も推賞された。「かなり念入りな人たちは、黒いマスティックを混ぜる。これはポントス産のもので、アスファルトに似ている。」とある。黒色の樹脂をアスファルトに似たものと形容しているが、ピッチは樹液から産するものでアスファルトとは区別されている。葡萄酒の樽にピッチを塗ることが薦められてはいるが、内容からは木材の防腐というよりは風味付けが目的のようである。当時樹脂は薬剤としても用途が広がったことから殺菌という役目もあったと思われる。間接的には防腐剤という役割を果たしていたと考えられる。

「樹脂の取れる木」という項には様々な種類の樹木についての記載がある。「マツやモミなどの植物性ピッチの取れる木はすべてローマ近郊にはな

かったので、当時は外来のものと思われていた。（中略）植物性ピッチは、ヨーロッパでは同じ仲間六種の木から取れる。」とあり、「カイガンマツ」、「ピケアとモミ」、「カラマツ」、「タエダ」などのおもにマツ科の樹木が挙げられている。植物性ピッチという言葉から、アスファルトなどの土性のもについてもピッチと呼ぶ場合があったことが推測される。

・木タールとピッチについて

「ヨーロッパでは、木タールはタエダ（松の類）に加熱処理を施して得られる。これは船舶用の索具を強化するために塗りつけたり、その他多くの用途をもっている。タエダの木材を切り刻んで蒸し焼き用のかまどに入れ、外から四方八方を火で取り囲んで強く熱する。最初の産出液は管を通して水のように流れてくる。この液をシリアではケドリウムと呼ぶ。その作用は非常に強力で、エジプトでは人の死体を保存するためにこれを全体に塗りつけるほどである。」木タールについては『プリニウス博物誌 植物篇』に以下のような注釈が付けられている。「ピクス (pix) はピッチであるが、植物についていう場合、樹脂を熱処理したものや木材を蒸し焼きにして得られるものなどの総称として用いる。ここではとくに pix liquida（液体のピッチ）とあるので、木タールを指すのであろう。」これらの記載から、植物性ピッチにも船舶の防水・防腐の役割があったことがわかる。また樹脂は樹木から取れた生のものを指し、ピッチは熱処理などの加工を行ったものを指すことが推測される。

さらに「ピッチの製法」という項目が続き、「その後の産出液はもっと濃厚で、ここでようやく木タールになるものが出てくる。これを集めて銅製の大鍋に入れ、濃化剤として酢を加えて濃縮する。これはブルティアという別名を得ており、せいぜい樽やその他の容器に塗りつけるのに役立つだけである。（中略）またピケアの樹脂から作られるピッチもある。この樹脂を頑丈なロブドで作った桶の中に入れて、赤熱した石で加熱するのである。桶がなければ、炭を作るときのように細長く切った木材を積み重ねて作る。」これらの記載から、最初の産出液はいわゆる木酢液と考えられ、木タールをさらに加工したものをピッチと呼んでいるように推測される。

・瀝青について¹⁵

瀝青については以下のような記載が見られる。「また硫黄の性質に近いものは瀝青である。それはある所では粘質物であり、他の所では土である。すでに言ったように粘質瀝青はユダヤの湖水<死海>から湧き出るし、土質のものはシリアの海岸町シドンの近郊にある。これら種類のどちらも濃縮され、がっちりとした堅い固体になる。しかしまた液状の瀝青もある。たとえばザキントゥスのものやバビロンから輸入されたものなどがそれだ。また、バビロンでは白色をしたものも産する。アポロニア産の瀝青も液体である。そしてこういう種類のものはギリシア人によってピッサスパルトンと呼ばれている。それが植物性のピッチや瀝青に似ているからだ。また油くらいの濃度の油性瀝青がシチリアにある。(中略) 良質な瀝青の目安は、ひじょうに明るい焰をあげて燃えること、がっちりしまっていること、重苦しい匂いを放つことである。真黒であると焰はたいして明るくない。それは普通樹脂の混ぜ物がしてあるから。その医療的効能は硫黄と同じで、収斂性、拡散性、収縮性、接合性がある。(中略) それで銅や青銅の器に上塗りしておくとも火に会っても損じない。われわれはすでにまたそれを銅や青銅に塗ったり、彫像に上塗りするのに用いる習慣があったことも述べた。またそれは石灰の代用品としても用いられた。バビロンの城壁はそれで接着されていた。鍛冶屋の仕事場でも、鉄や釘の頭に上塗りをしたり、その他多くの用途に愛用される。」「死海の唯一の産物は瀝青であって、そのギリシア語がこの湖にアスファルティテスというギリシア名を与えている。」

・薬剤の用途としての樹脂について

2-1 で述べたように、日本では南蛮医学の時代に薬用としてテレメンチナが知られていた。プリニウスの『博物誌』においても昔は樹脂が薬剤として重視され、様々な用途に用いられていた記載が見られる。主要な樹脂は二種類で、乾燥樹脂と流動樹脂があり、「乾燥樹脂はマツとピケアからでき、流動樹脂はテレピンノキ、カラマツ、レンティスクス、イトスギからできる。」とある。好まれて用いられたのはテレピン樹脂で、「創傷に対して用いる場合とパップ剤にする場合は油で溶かし、服用するときには苦扁桃油(ビターアーモンド油)に溶かす。(中略) またテレピン樹脂は胸部の疾患

により、この樹脂を加熱したものは手足の痛みに対する塗り薬としても用いる。(中略) テレピン樹脂につぐ地位を占めるのは、マスティック樹脂である。これには収斂作用があり、他の樹脂よりも排尿を促す力が強い。」と記載されている。またピッチには「固形ピッチと液状ピッチ(木タール)の二種類」があり、「固形ピッチのなかで医薬として最も役に立つのはブルッティウム産のピッチである。」とあり、さらに液状ピッチの使用法にも触れている。「医者は流動樹脂をめったに使用せず(中略) 他の樹脂は加熱処理をしてからでないとい用いられない。」などの記述から、樹脂を加熱処理したピッチの状態でも薬剤に用いられていたことがわかる。

4. 「チャン」とは何かの再考

ここでプリニウスの『博物誌』に記載されていた数種の樹脂の中で、チャンを考察する上で気になるものについて植物学上の分類を整理しておきたい。

- ・タエダ：マツ科マツ属の *Pinus cembra* (スイスマツ)
- ・レンティスクス：ウルシ科ピスタキア属の *Pistacia lentiscus* (マスティック)
- ・ピケア：マツ科トウヒ属の *Picea abies* (オウシュウトウヒ)
- ・テレピンノキ：ウルシ科ピスタキア属の *Pistacia terebinthus*

宗田一著『渡来薬の文化誌』によれば、外科医の嵐山浦安(1633-1693)は寛文2年(1662)に「テレピンチナ(生松脂)はオランダで最上の樹脂としてほとんどの膏薬に配合されているが、日本にはない。」と書き留めている¹⁶。浦安は同行していた蘭館医が「虎モミの木」をテレピンチナの木と言ったとも記録している。「虎モミの木」は「トラノオモミ」ではないかと推測され、トラノオモミはトウヒの別称である。さらに同書には「テレピン油を採るテレピンチナ(生松脂)はマツ属(*Pinus*)、モミ属(*Abies*)、カラマツ属(*Larix*)、トウヒ属(*Picea*)の諸属から得られるが、上記のように蘭館医やオランダの本草書からの知識で、テレピンチナを得る木をデンネボーム(*denneboom*)としモミ(樅)の木と認識していた」とある¹⁷。プリニウスの『博物誌』にあったテレピンノキから採れる樹脂がもともと「テレピンチナ(生松脂)」の由来と考えられるが、浦安が記録を残した江戸

時代では、マツ、モミ、トウヒなどの多くの樹種から得られた樹脂が「テレピンチナ（生松脂）」と呼ばれていた。プリニウスの時代からからすでに150年以上が経過して「テレピンチナ」は日本で知られるようになり、当初は薬剤として用いられた。

「チャン」が「テレピンチナ（生松脂）」から派生した名であるとすればチャンに用いられる材料は生松脂なのであろうか。千野良岱の『和蘭制剂』（1805年）に「瀝青は松脂を煎煉して作る。蛮人呼んでヒシス・ナハリスとなす。又ペッキと呼びチャムと呼ぶ」とあり、宗田氏によればヒシス・ナハリスはラテン語のPix navalis、ペッキはオランダ語のPek とのことである。これらはピッチと同義語であると考え。また、宇田川玄真・榕菴の『増訂和蘭薬鏡』（1830年）にはその作り方として「テールを鍋に入れて火に上せ手を止めずに住めず攪せ煮て凝固せしむ」とあり、宗田氏はテールを木タールと解している。江戸時代に記されたこのチャンの製法は前述のプリニウスの記した木タールからピッチを製する方法とそれほど変化がないことに驚かされる。

これらの製法は「チャン」がピッチを指すものと解釈でき、松脂と油を練り合わせた油性塗料という解釈とは異なる。社寺建築の分野で使用された「チャン」は油性塗料を指すが、ピッチもまた「チャン」と呼ばれていたことがこれらの史料から推測される。松脂に関しては、樹木から直接採取される生松脂、生松脂を蒸留して得られるテレピン油、蒸留後に残る固形物（ロジン）などの異なる状態の樹脂由来物がある。さらに木タールやピッチは加熱などの加工を通して得られるものである。日本で「チャン」と呼ばれるものが松脂に由来することは明らかであるが、どの材料を用い、どのような用途に使用されたかについてはさらに調査研究が必要ではないかと考える。

5. 日本における「チャン」の処方と用途について

5-1. 「チャン」を製する方法

「チャン」に関するものとして日光東照宮に残された古文書¹⁸に以下のような記載がある。

一 チャンの取方の訳

松のひでを薪の如く割候て束子烟り不立様上を灰にて覆高き木口へ火を置候得共段々もえ下り候に随い低き

木口よりチャンへ流出候是へ生の松やに土を加え候て用申候右取様の候所紅毛人チャンと引入遣い方等少々違無御座候

天明二寅年

十月

松平伊豆守

天明2年は西暦1782年である。松平伊豆守は書かれた年代から三河吉田藩の3代藩主松平信明と推される。松平信明は幕府の要職を務めた人物である。紅毛人は江戸時代のオランダ人の呼び名であり、チャンについての知識はオランダ人からもたらされたことが推察される。これはチャンを得る方法を説明していると考えられるが、松を燃やして得られる「チャン」に「生の松やに」を加えるとあり、松の幹に傷をつけて得られる「生松脂」とは区別されている。松の木を燃焼させて得られることから木材の乾留による木タールを示すものではないかと推測する。この古文書からも江戸時代に「チャン」と呼ばれたものは、木タールから製するものも含まれていたと考えられる。この文書には生松脂や土を加えるとあるが、土を加える処方については、2-1で引用した史料④『嘉良喜随筆』にも「松ヤニフルイ土ヲ三分一入テネリテヌル。是チャンヌリ也」（巻之一）、「チャンハ松脂ヲ粉ニシテ、赤土ノフルイ土等分ニテ練ラヌル也。水舟ノモリヲモトムル也」（巻之五）との記載がある。

5-2. 「チャン」または油絵具の処方

チャンの処方について、2-1で引用した史料よりも具体的に述べた文献として『大和本草』（宝永6年：1709）と『萬金産業袋』（享保17年：1732）がある。『大和本草』には以下の記述がある。

チャン 異邦ヨリ来ル。松脂ト他ノ油ト練合タル物也。船ノ諸具ニヌリテ水ニ入テ朽ズ、又外治ノ膏薬ニ加ヘ用ユ

○日本ニテ作ルチャンノ法ハ

松脂一升胡麻ノ油三合是ハ綱ニヌルニ宜シ
松脂一升胡麻ノ油二合是ハ木ニヌルニ宜シ
松脂一升胡麻ノ油一合是ハ鉄ニヌルニ宜シ

冒頭部分は2-1 史料③『増補華夷通商考』に近似している。この中で松脂は必要量が「一升」と体積を示す単位が用いられていることから液状の

ものを指す可能性も考えられる。

『萬金産業袋』には「白ちやん」「黄ちやん」「赤ちやん」などの色ごとの塗りがあり、それらは「陰光塗」の製法油にて塗るとある。「陰光塗」の油の製法は、荏油一升に対し密陀僧を三匁入れ炭火にかけるといふもので、松脂は記載されていない。

一方、江戸時代には蘭学を通して洋画の技法が日本にもたらされ、司馬江漢などにより油絵が制作された。日本人が油絵具の製法として記した文献にもチャンに似た乾性油と松脂を用いた処方が見られる。神戸市立美術館が所蔵する『阿蘭陀油絵の方』と題された写本には12種類の処方があり、その中に以下の2つがある¹⁹。

(七) 唐漆ノ方： 荏ノ油 二升、クンロク 五両、スイヒ松脂 五両、唐土 五両

(九) チャン塗ノ法 門倉権兵衛伝： 荏ノ油 一合、チャン 十匁、密陀草 五匁、花石 四匁

この冊子の奥書には「元文六辛酉二月廿五日出来 小室玄庵応次(花押)」と記されており、元文六年は西暦1741年である。(七)の「スイヒ松脂」は、「スイヒ」を「水干」とすると、水で精製した後乾燥させた状態のものを指すと考えられ、ロジンに近いと推測する。(九)の材料中のチャンは松脂を指すと考えられる。この2つの文献では、松脂の必要量は両や匁などの重量を表す単位が用いられていることから固形物と考えられる。

松脂とは異なる樹脂を用いた処方として、佐竹曙山(1748年 - 1785年)は『画図理解、丹青部』(安永7年:1778)に「絵油の法」として、次のような処方を記している²⁰。

荏油 九十六匁、金密陀 八匁、金琥珀 見合油
コキハ多ク入、油ウスキハ少シ入ル。

琥珀(表1-j)は化石化した樹脂で非常に硬く、かなりの高温で樹脂を融解させなければならない。佐竹曙山は秋田蘭画と称される洋風画を開拓した人物として知られるが、絵画材料に乾性油や樹脂を用いた具体的な事例は確認されていない。一方、平賀源内とも交流を持ち、西洋の書物から多くの知識を得ていたことから、ここに記された処方は当時入手した蘭書関係の書物に記されていた処方

と推測する。このように日本における「チャン」の処方には松脂が樹脂として用いられ、荏油などの乾性油と混ぜられているものが基本となっている。西洋にも樹脂と乾性油を混ぜた油性ワニスが昔から用いられてきたが、その処方には松脂以外の様々な樹脂の名が見られる。

6. 西洋における樹脂の活用について

6-1. 西洋の文献に見られる乾性油と樹脂の処方

江戸時代のチャン塗に見られるような、乾性油と樹脂を混ぜた塗料は、油性ワニスとして西洋の技法書の中に見ることが出来る。しかし、日本ではチャン塗の処方に用いられる樹脂は松脂のみであるのに対し、油性ワニスには松脂以外に、マスティック、サンダラック、コーバル、アンバーなどの様々な種類の樹脂が用いられてきた。それらの中からいくつかの例を以下に挙げる。

・Lucca Manuscript の処方(814年)²¹

「亜麻仁油、テレピン油、ガルバナム、ラーチ樹脂、フランキンセンス、ミルラ、マスティック、コハク、あるいはサンダラック、チェリーガム、アーモンドガム、もみの樹脂(Fir resin)。以上の乾いた材料(樹脂)を粉末にし、ふるいにかける。そしてブロンズ(青銅)の容器に入れ、かまどで炎に当てないように火にかける。その成分を煮過ぎないようにする。リネン(綿)を使って濾過し、割合が薄ければ濃くなるように再び煮る。この混合物は絵画や彫刻など、色々な仕事にワニスとして使用できる。仕事をすする上に置いてワニスは太陽であたためる。」

・テオフィルススの記した処方(11-12世紀)²²

「亜麻仁油を小さな新しい壺に入れ、fornis と呼ばれる樹脂を極めて細かく磨って加えよ。…それを汝が炭火の上にかけたならば、沸騰しないように入念に、三分の一が蒸発するまで煮よ。」

・バチカン使徒文書館所蔵 Bolognetti 文庫 297 手稿に見られるワニスの処方(17世紀)²³

亜麻仁油8リブレを銅製の鍋で煮る。ペン(羽ペン?)を入れてすぐに焦げるまで煮て冷ます。冷めたら粉状に磨ったサンダラック8リブレと pegola spagna 1リブレを加えて火にかけ、サンダラックが全て溶けるまで煮る。pegola soagna は pece の別名である。

・ボローニャ手稿 (15 世紀)²⁴

vernice liquida (液状のワニス) の作り方として、亜麻仁油とサンダラックを用いる処方や、亜麻仁油、香木、明礬、鉛丹を加熱する処方が述べられている。

・イタリア、アレクシス・Piedmontese(1550 年)²⁵

「ヴァイオリン及び絵画用ワニス: ホワイトレジジン1リブレ、チェリーガム2オンス、ベネチアンテレピン1オンス、リンシードオイル2オンス」

・Stalker & Parker, A Treatise of Japaning²⁶ and Varnishing (1688)²⁷

「最高の白ワニス: 最白のサンダラック1ポンド、最白のマスチック1オンス、最も透明なベネチアンテレピン3オンス、コーパル1 1/2、エレミ1/2オンス、最も透明なベンゾイン(安息香)1/2オンス、最も透明なアニメ1/2オンス、白ロジン1/2オンス。4本の瓶に入れた酒精(エタノール)で下記の樹脂を別々に溶かし混合する。

1. サンダラック、マスチック1 1/2パイント、
2. コーパル、ロジン1/2パイント、
3. ベンゾイン、アニメ、ベネチアンテレピン1/2パイント、
4. エレミ1/4パイント」

「金箔下地 (Gold Size): アニメ1オンス、アスファルタム1オンス、金リサージ(一酸化鉛)1/2オンス、鉛丹1/2オンス、ブラウンアンバー(茶褐色土性顔料)1/2オンス、リンシードオイル1/4パイント、乾性油1/2パイント」

・Dossie(1758)²⁸

「金箔下地 (Gold Size): アニメ1オンス、アスファルタム1オンス、鉛丹1 1/2オンス、金リサージ(一酸化鉛)1 1/2オンス、アンバー(茶褐色土性顔料)1 1/2オンス、リンシードオイル1ポンド。火にかけて全部の材料を混ぜ溶かし、濃いタール状になるまで煮詰める。少し冷めてから布で濾す。」

6-2. ワニスに用いられる樹脂について

絵具の展色剤やワニス、接着剤には様々な天然物質が使用される。主にフィルム状の形態をなすものが、それぞれの接着性や粘度、可塑性、光沢具合や透明感などを考慮して使用目的に応じて選択される。L. Masschelein-Kleiner はフィルム状形成物質を以下の5種類に分類している²⁹。

1. 脂質、脂肪
2. 炭水化物、スクロース
3. テルペン樹脂
4. テルペン以外の樹脂物質
5. タールやピチューメンなどの焦臭性物質

ワニスの材料としては3のテルペン樹脂が一般的に用いられ、4のテルペン樹脂以外の樹脂も使用される。テルペン樹脂は植物界で最も広く見られる物質「イソプレン isoprene」で構成され、樹脂、バルサム、エッセンス、テルペンを含む多様な物質形態をとる。

イソプレン単位によってテルペンは変化し、以下のように分類される。

- ・モノテルペン: 2 イソプレン単位 (テレピン油、バラ油、アスピック [スパイク油] など)
- ・セスキテルペン: 3 イソプレン単位 (ターペンタイン油、ヴェチヴェール、ベルガモット、パチョリ、シトロネラ油、シェラックなど)
- ・ディテルペン: 4 イソプレン単位 (ロジン、サンダラック、コーパルなど)
- ・トリテルペン: 6 イソプレン単位 (マスティック、ダンマル、エレミなど)
- ・ゴム: n イソプレン単位

ディテルペンは主に針葉樹や多くのマメ科植物、ジャケツイバラ科の植物から生産され、トリテルペンはおもに被子植物から生産される。

樹脂は史前から薬や船のコーキング剤、容器のシーリング材などに用いられ古代にはミイラの防腐や形態保持にも使われた。一世紀初期のギリシアではすでに画用のワニスとして光沢を出すため黒みを帯びたニスが画面に薄く塗布されたという³⁰。

中世になると絵画や彫刻用のワニスとしての需要が増えた。このころには樹脂の強度や接着性、融点をあげるために油やろうと混合された様々なワニスを作られた。このほか、イタリアルネッサンス時代のブロンズ像や19から20世紀のトレーシングペーパーなどからも樹脂が検出されている。以下に主な樹脂を紹介する。

【マスティック】Mastic (表1-a)

トリテルペン樹脂。薄黄色で涙状の粒型。ロール状や不整形もあるが涙状が最良品とされる。地中海沿岸に広く植生するピスタチオの仲間の木から採取され、古代からキオス島が主要な産地であった。エーテル、クロロホルム、ベンゼンなど

の芳香族炭化水素によく溶解する。アルコールに溶解すると、ダンマルに似て 15~20%の老分が沈殿するが、加熱すれば完全に溶解する。上品な光沢と柔軟性があるが、強度はなく家具には向かない。劣化すると褐色になる。18世紀末に商品化されて問題となった「メギルプ」は、マスティックとテレピンの溶液にベネチアテレピンやコパイババルサムを添加した展色剤であった。これを用いた作品は、乾燥後に絵具の光沢が失われ、極度の品質低下が起きて問題となった。「ガムシオン」は19世紀に流行したジェルで、リンシードオイルとマスティック樹脂、酸化鉛の混合物であった。これは絵具の暗色化を招き、亀裂の原因となったことで知られている³¹。

【ダンマル】 Dammar (表 1-b)

トリテルペン樹脂。薄黄色で円形の塊状。樹齢50年以上の木からしか採取できず、成長の間も虫害が多いため採取が困難という³²。大きさによって等級があり、鳩の卵大のものからパウダー状のものまである。ホワイトスピリット、芳香族系溶剤、テレピンに溶解する。冷えた溶剤よりも微温にしたものの方が透明に溶ける。溶液が曇った場合は、メタノールを少量添加すると透明になる。アルコールに溶解すると、15~20%の蠟分が沈殿する。この蠟分がダンマルの優れた接着特性を生むともいえる。ダンマルは、ディテルペン樹脂の中でも比較的黄色みが少なく酸性度も低い。また粘度が高く接着性があることから、絵画用ワニスとして良質な樹脂とされる。ただし軟質で耐久性が低いことから汚れやすく、経年により黄変して溶解度が低くなるといった欠点もある。

【サンダラック】 Sandarac (表 1-c)

ディテルペン樹脂。主に北アフリカに生える *Tetraclinis articulata* という針葉樹から採れる淡黄色の粒状で透明な樹脂。高級品は木から直接採取され、長く伸びた涙状で淡黄色、下級品は地面に溜まったブロック状の塊で、不純物を含み暗色である。前述のように12世紀のテオフィルスや15世紀のストラズブル写本など、多くの書物に処方が残る。他の多くの樹脂と同様の欠点はあるが、暗色化する傾向が比較的少ないとされる。組成中のピマラディエン酸とサンダロコピマリク酸は経年後も多く残存する。エタノールに溶解した場合の塗膜は弱いので、家具用には向かない。

【ロジン】 Rosin

ディテルペン樹脂。松の木から得られる樹脂でコロホニウムともいう。抽出方法によりガムロジン、ウッドロジン、トールロジンの3種類が作られる³³。ロジンを絵画に用いるには多くの欠点がある。例えば低融点であることや、酸化鉛と使用すると急速に暗色化しチョーキングを起こすこと、酸性度が高いこと、溶剤保有性があるため乾燥速度が遅く長期間べとつくことなどがある。しかし商業的には安価なため一時的な仮ワニスなどとして使用される。西ヨーロッパでは使用例が多く、ワニスとしての検出例も多い。

【アニメ樹脂】 Anime

*Hymenaea courbaril*からの滲出物で西インド産のものはアニメオクシンタリス、東インド産のものはアニメオリエンタリスという³⁴。コーパルに似ているため混乱も多い。加温されたアルコールやベンジンには溶解するが、低温のアルコールには溶けにくい。

【シェラック】 Shellac (表 1-d)

セスキテルペンを含む樹脂素材。おもにインド、タイ、その他東アジアの *Butea frondosa* など諸種の樹木の枝に寄生する5mm程のラックカイガラ虫 *Coccus lacca* (*Lakshadia chinensis*, *Lakshadia communis*, *Kerria lacca*, *Laccifer lacca* Kerr または *Tachardia lacca*) が分泌する樹脂状の物質である。樹木に付着したままの状態の棒状のラックをスティックラック、これを粉砕したものがグレインラック、洗浄したものがシードラック、それを精製加工したものがシェラックである。洗浄するときに採れる赤い色素はラックダイと呼ばれ染料として利用される。ラックの語源はヒンズー語などで10の5乗、つまり数の多さを表し、多くのカイガラ虫から成ることを意味する。スティックラックから色素を取り出す過程で様々な色の種類の樹脂が用途に応じて作られ、ボタンシェラック、ルビンシェラック、オレンジシェラック、ホワイトシェラックなどがある。アルコールやホウ砂の様なアルカリ、炭酸ナトリウム、アンモニア、蟻酸、酢酸、乳酸の水溶液やピリジンに溶解する。またシェラックの塗膜は、光沢や柔軟性はあるが水に敏感で、高温化ではブルーミングを起こす。ヴァイオリンのワニスとしてストラディヴァリウスやグアルネリウスに使用されたことも知られる。

1919(大正5)年のみづゑには、溶解ラックの作り方を問う読者に、「洋チャン」にアルコールを注ぎ、24時間置いて上部の褐色の上澄みを用いるようにとの返答が記載されており、シェラックが「洋チャン」と呼ばれたことが判る³⁵。

7. 塗料の作成と比較

社寺建築の塗装に用いられた「チャン」については、これまでの調査から、西洋からもたらされた材料・技法であること、日本ではその処方に松脂や乾性油(おもに荏油)が用いられたことが明らかである一方、松脂に関しては、生松脂、そこからテレピン油を蒸留した後に得られる松脂(ロジン)、木タールから製する方法など、文献からもいくつかの異なる状態が考えられた。実際に江戸時代にどのような材料を用いてチャンを作っていたのか、まだ明らかになっていない部分が多い。そこで、今回は最も入手が簡単なロジンを用いていくつかの処方を参考に塗料を作成し、その作成過程や出来上がった塗料の状態を比較することとした。さらに西洋の文献に見られる松脂以外の樹脂を用いた処方による作成も行い、チャンとの比較を試みた。

7-1. 塗料の作成に用いた処方

本稿に引用した文献のうち、以下の⑦~⑩の処方を参考とした。

【⑦】『大和本草』より

松脂一升胡麻ノ油二合是ハ木ニスルニ宜シ

【⑧】『阿蘭陀油絵の方』より

(七) 唐漆ノ方： 荏ノ油 二升、クンロク 五両、スイヒ松脂 五両、唐土 五両

【⑨】同上

(九) チャン塗ノ法 門倉権兵衛伝： 荏ノ油 一合、チャン 十匁、密陀草 五匁、花石 四匁

【⑩】バチカン使徒文書館所蔵 Bolognetti 文庫 297 手稿より

亜麻仁油 8 リブレを銅製の鍋で煮る。ペン(羽ペン?)を入れてすぐに焦げるまで煮て冷ます。冷めたら粉状に磨ったサンダラック 8 リブレと pegola spagna 1 リブレを加えて火にかけ、サンダラックが全て溶けるまで煮る。

【⑪】テオフィルススの記した処方より

「亜麻仁油を小さな新しい壺に入れ、fornis と呼ばれる樹脂を極めて細かく磨って加えよ。…そ

れを汝が炭火の上にかけたならば、沸騰しないように入念に、三分の一が蒸発するまで煮よ。」

7-2. 作成条件

作成にあたっては文献に記載された処方をもとに作りやすい分量に調整した。また松脂はすべて固形で市販されているロジン(表 1-e)を使用した。それぞれの作成条件は以下の通りである。

【⑦】松脂を細かく砕き 90ml の容量とした。文献に胡麻油とあるが、胡麻油は半乾性油であり、完全に乾燥固化するか疑問である。そこで他の文献に多く見られる荏油を用いたものも作成し比較することとし、胡麻油と荏油の両方(各 18ml)を使用して 2 種類作成した。材料を鍋に入れ同時に加熱した(図 1、2)。

【⑧】荏油 90ml、薫陸(表 1-f) 4.7g、松脂 4.7g、鉛白 4.7g を鍋に入れ同時に加熱した(図 3)。

【⑨】荏油 90ml、松脂 18g、密陀僧 9g、タルク 7g を鍋に入れ同時に加熱した(図 4)。

【⑩】亜麻仁油 24g を 200℃まで加熱し、50℃に冷ましてサンダラック(表 1-g) 24g、コロホニウム(表 1-h) 3g を加え加熱(図 5)。

【⑪】亜麻仁油 20g、コーパル³⁶(表 1-i) 10g を鍋に入れ同時に加熱した(図 6)。

鍋は土鍋を使用し、電熱コンロを用いて加熱した。安全性を考慮し温度が 220℃を上回らないよう調節し、3 時間加熱後、温度が下がってから膠で目止めを施した板に塗布した。

【使用材料】松脂(Pine Rosin)、コロホニウム、サンダラック、コーパル(Copal Manila) = 日本リノキシシン、薫陸 = 大師陀羅尼製薬、密陀僧 = ナカガワ胡粉絵具、タルク = 生活の木、荏油、亜麻仁油 = 山中商店

7-3. 結果と考察

チャンの処方と記載されているのは⑦と⑩であるが、⑦には密陀僧は含まれず、⑩には密陀僧が含まれる。密陀僧(酸化鉛)は乾燥促進剤として油性塗料に加えられるもので、鉛白も同様の作用がある。⑦~⑩では、これらを含む⑧と⑨は乾燥が早く、10 日程で表面が乾燥した。⑦は油に対して樹脂の量が多く、加熱した状態では液状であったが、温度が下がるにつれて樹脂が固化し始め、ヘラでこすりつけてようやく塗り広げられる粘度の高いものとなった。胡麻油を加えた試料は表面乾燥に 20 日程かかったが強い光沢感があるのに

対し、荏油を加えた試料は時間の経過とともにざらついた状態に変化した。胡麻油を用いて作成した試料は完全に硬化した状態になるのに時間がかかったが、5か月後には硬化が感じられた。

①は薫陸の溶解に時間がかかったが最終的には全て溶解した。ややさらっとしすぎていて塗布した際に少しはじかれて塗りにくかった。②は今回作成した中で材料の分量比が最も適当と思われ、塗りやすく光沢感もあった。③はサンダラックがなかなか溶解せず、より高温の条件が必要と考えられた。今回の作成方法ではゴム状に残り、塗布面がざらついた状態となったが、表面乾燥は最も早かった。④はコーパルが最終的に全て溶解せず、黒くなって溶け残った。樹脂を先に加熱し、熱した油と混ぜる方法が推奨されているが、今回は油が高温となる中で樹脂が焦げて溶解しにくくなった印象を受けた。溶け残った樹脂を濾して塗布したが、ややとろみのある塗料となり光沢感もあった。10日程で表面乾燥した。今回、荏油と亜麻仁油では亜麻仁油を用いたほうが乾燥が早かった。

試料の塗布から9か月後にそれぞれの塗面を比較すると、乾燥に時間がかかった⑦の胡麻油を加えた試料は、光沢の強いしっかりした硬さのある塗面であるのに対し、荏油を加えた塗面は著しく収縮し、表面に細かな縮緬じわが形成されて触るとべたつく状態である。①と②はともに滑らかで光沢感があり、⑦の胡麻油の塗膜よりもやや色が濃い。①と②は両方とも⑦の胡麻油の塗膜よりもやや軟らかく、②のほうが①よりも塗膜が硬い。③は表面がざらざらしたままであるが作成した中では最も塗面が硬い。④は光沢はあるがやや不均一な塗面で硬さは①と②の間くらいである(図7)。

作成手順が示されていた⑤以外は材料を混ぜて同時に加熱するという同じ方法で作成を試みたが、松脂は融点が低く、すぐに溶け始めるのに対し、サンダラックやコーパルはより高い温度が求められることが確認できた。松脂を樹脂に用いれば作成は比較的容易であるが、西洋で用いられた融点が高い樹脂ではより高度な設備が必要となり、作成も難しくなると感じられた。



図1. 試料⑦(胡麻油)作成後(塗布前)



図2. 試料⑦(荏油)作成後(塗布前)



図3. 試料④作成後(塗布前)



図4. 試料⑤作成後(塗布前)



図5. 試料①作成後(塗布前)



図6. 試料㊦作成後（塗布前）



図7. 塗布9か月後、左から試料㊦胡麻油、芥油、試料㊦、試料㊦、試料㊦、試料㊦

表1. 本稿で触れた樹脂の写真一覧

			
a マスティック	b ダンマル	c サンダラック	d レモンシェラック
			
e ロジン	f 薫陸	g サンダラック	h コロホニウム
		※同じ名の樹脂でも武田所蔵のサンダラックと実験に使用した市販のサンダラックではかなり形状が異なる。樹脂の産地によってかなり質の違うものとなる。(a、b、c、d、j：武田所蔵)	
i コーパル	j 琥珀		

おわりに

社寺建築の分野で、松脂と乾性油を混ぜた塗料とされる「チャン」について、江戸時代に「チャン」について記載された文献をもとに西洋での樹脂活用との比較を通して研究を行った。その結果いくつかの疑問が明らかとなった。南蛮時代に医学分野で知られた「テレメンチナ（生松脂）」が江戸時代には「チャン」と呼ばれるようになったという説については、テレメンチナ (*Pistacia terebinthus*) の産地として知られた「キオス島の (Chian)」からの名をとったという説には誤解があることがわかった。キオス島に産するのはマスティック (*Pistacia lentiscus*) であり、両者の学名が似ていることなどから混同されたと考えられる。マスティックは西洋では広くワニスなどに用いられた樹脂であることを考えると、日本に伝わった樹脂と乾性油の塗料は本来マスティックを用いたものであったかもしれない。しかし、江戸時代の史料によれば「チャン」が松脂に関わるものであることは明らかである。また、史料には松脂と油を混ぜる処方以外に木タールからピッチを製するものも「チャン」として記載されていた。松脂についても生松脂を使用したのかそれを蒸留後に得られる松脂（ロジン）を使用したのかなどの疑問が残る。今回はロジンを使用して実際に作成を試みた結果、ロジンを使用した場合、融点が低く作成が容易で、光沢感や硬さのある塗膜が得られることが確認できた。塗料としては 1700 年代～1800 年代にかけて多く使用されたようであるが、その用途は防水・防腐を目的とした外部塗装が主で、西洋の船の塗装材料との共通点が見られる。江戸時代の史料に見られるように黒船の船体に塗られた塗料が「チャン」と共通するものであれば、その塗料はタールやピッチである可能性もある。また、乾性油と樹脂による保護塗料としては西洋の油性ワニスとの共通性がある。西洋では松脂の他、様々な樹脂を用いる処方があるが、日本では「チャン」は松脂に限定されている。「チャン」の材料が具体的に何かについては、今回課題にあがった他の材料についても調査研究を継続していきたい。さらに、西洋の船に用いられた塗料について、また油性ワニスの種類・用途についても研究を深めたいと考える。

参考文献

- 1) 中右恵理子「日光東照宮陽明門唐油蒔絵の制作についての考察」『令和元年度 東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター紀要』東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター、2020、pp. 17-36
- 2) 窪寺茂「古建築における木地色付け技法の研究—チャン塗技法の史的考察」『学術講演梗概集 F-2, 建築歴史・意匠』日本建築学会、2005、pp. 39-40
- 3) 窪寺茂「伝統的な塗料の再認識—17, 18 世紀台頭のチャン塗技法研究—」『建築文化財における塗装材料の調査と修理』東京文化財研究所、2012、pp. 15-31
- 4) 赤田昌倫、金旻貞、佐藤昌憲、高妻洋成、館俊秀、大林潤、渡邊緩子、降旗順子、脇谷草一郎、田村朋美「文化財建造物塗装材料の分析 (1)～談山神社塗装の FT-IR 分析～」『文化財保存修復学会 第 33 回大会研究発表要旨集』文化財保存修復学会第 33 回大会実行委員会、2011、pp. 46-47
- 5) 麓和善、加藤由香「名古屋城大天守宝暦大修理における各部修理について」『日本建築学会計画系論文集 第 75 巻 第 653 号』日本建築学会、2010、pp. 1745-1750
- 6) 文献 3 に同じ。P. 27
- 7) 宗田一『渡来薬の文化誌—オランダ船が運んだ洋薬—』、八坂書房、1993
- 8) 吉野野政治「瀝青の語誌—聖書漢訳と近代鉱物学による語義の拡大—」『同志社女子大学 総合文化研究所紀要 第 32 巻』、2015、pp. 1-12
- 9) 紀井利臣『ワニス《Varnish》概論—天然樹脂と技法—』研究紀要第 42 号別冊 お茶の水女子大学、1996、p. 42
- 10) 大槻真一郎編『プリニウス博物誌植物篇』八坂書房、1994、p. 28
- 11) 文献 10 に同じ。p. 29
- 12) 北川美穂“A TREATISE OF JAPANING AND VARNISHING…” (1688 年 John Stalker, George Parker 著) 日本語訳と復元方法の解説、2008、2007 年度山本文次郎漆科学研究助成
- 13) 中島路可『聖書の中の科学』、裳華房、1999
- 14) 訳本として植物名の注釈などが詳しい大槻真一郎編『プリニウス博物誌 植物篇』『プリニウス博物誌 植物薬劑篇』(八坂書房、1994 年) を参考とした。
- 15) 瀝青についての記載は、中野定雄・中野里美・中野美代訳『プリニウスの博物誌』(雄山閣出版、1986 年) を参考とした。

- 16) 文献7に同じ。P. 67
- 17) 文献7に同じ。P. 68
- 18) 寛政九年正月改塗師方本途値段を原本とし、各修理時期のたび書き写しが行われたらしく、村上という人物が文久に書き写した「日光方諸方本途 村上」に記載されている。
- 19) 広瀬誠一「阿蘭陀油絵の方—江戸時代の色材史の史料—」『色材協会誌 29 卷3号』、1956、pp. 87-88
- 20) 平福百穂『日本洋画の曙光』、岩波書店、2011
- 21) 文献9に同じ。 p. 2
- 22) テオフィルス著、森洋訳『さまざまの技能について』、中央公論美術出版、1996
- 23) Enlico Flaiani “Il manoscritto 297 del Fondo Bolognetti dell’ Archivio Segreto Vaticano, Un ricettario del XVII secolo seconda parte” KERMES 54, 2004, p. 67
- 24) Mary Philadelphia Merrifield, *Original Treatises, Dating from the XIIth to the XVIIIth Centuries, [o]n the Arts of Painting*, John Murray, Albemarle Street, 1849
- 25) 文献9に同じ。 p. 7
- 26) Japaning(n は一つ) という表現を最初に使った
- 27) 北川美穂「イギリスの二種類のジャパニング技法」『文化財保存修復学会誌 48』文化財保存修復学会、2004、pp. 90-91
- 28) 文献27に同じ。 p. 92
- 29) 武田恵理「油画に使用される天然樹脂ワニスの紫外線蛍光反応と経年劣化」『文化財保存修復学会誌 54』文化財保存修復学会、2009、pp. 67-70
- 30) 中野定雄、中野里美、中野美代訳「ギリシアの画家たち アペレスの優れた技倆と作品」『プリニウスの博物誌Ⅲ』、雄山閣出版、1986、pp. 1425-1427 [97]
- 31) 文献29に同じ、 p. 70
- 32) L. Masschelein-Kleiner, *Ancient binding media, Varnishes and adhesives*, 1995, ICCROM, Rome, p. 70
- 33) 文献9に同じ。 pp. 56-57
- 34) 文献9に同じ。 p. 14
- 35) 大下藤次郎編『みづゑ 134(4月号)』春鳥会、1919、p. 40
- 36) fornix が何の樹脂かは明らかではないが、今回はテオフィルスの処方を用いたグレユザメルが用いたコーパルを使用することとした。参考：グザヴィエ・ド・ラングレ著、黒江光彦訳『油彩画の技術』、美術出版、1992

石垣秘伝書にみる勾配の視覚化と相互比較

北野博司 KITANO, Hiroshi / 文化財保存修復研究センター研究員・教授

1. はじめに

文化財石垣の修理では、現況測量に基づいた基準勾配の検討が不可欠である。近年は測量技術の発達によって詳細な平面図、立面図、断面図、変形量の可視化図などが作成され、勾配の設計にも活かされている（図1）。しかし、その石垣が築造された時代に遡って遺構がどのような設計勾配で築造されたのかを検討している例は少ない。

現存する石垣の勾配を考察するには、江戸期の築城技術を伝えるいわゆる秘伝書類の解釈が必要となるため、本稿ではその基礎作業として、各秘伝書から石垣の勾配設計、施工に関する記述を抜き出し、各秘伝書の勾配理論の特徴を見出していくことを目的とする。

2. 石垣秘伝書をめぐる研究略史

江戸期の石垣勾配については、北垣聰一郎氏の秘伝書類や現存遺構をはじめとした石垣築造技術の総合的な研究のなかで早い段階から注目されてきた（北垣1987）。北垣氏は熊本藩穴太・北川家に伝わった『石垣秘伝之書』と、加賀藩穴太・後藤家に伝わった『唯子一人伝』の勾配設計にかかる記述から、石垣に反りを付けていく方法に、石垣基部から一間ずつノリ（矩・底辺）を低減させていく「ノリ返し」と、下1/3を直線とし、中上部の矩を「規合」によって低減させていく二つの方法があったことを指摘した。前者を「熊本型」、後者を「金沢型」⁽¹⁾と仮称している（北垣1999）。

北垣氏は次いで丸亀城築造に関わった公儀穴太堀金出雲の技術書『石垣築様目録』（北垣1985・86）や、岩国藩穴太湯浅家が公儀穴太戸波駿河から相伝した技術を記した『石墻書』を検討し、これらに共通するノリ返し勾配が高知城や甲府城等でも使用された、少なくとも慶長期には公儀穴太やその系譜に連なる諸国の穴太家に相伝された技術であったと述べている（北垣2003）。

石川県金沢城調査研究所は石垣構築技術に関する比較研究事業を実施する中で、先述の石垣秘伝書を北垣氏らが改めて翻刻、一部現代語訳をし、内容と成立事情について詳しい解説を加えている



図1 現代の石垣修理工事における丁張り（史跡小峰城跡）

（石川県金沢城調査研究所2008・11）。一般にはわかりにくい往時の専門用語や石積み技術の解説は史料価値を広く周知させるとともに、秘伝書を伝えた各藩穴太家の系譜や書写の経緯は、勾配理論成立の背景や実際の運用についての理解を深めることとなった。

一方、秘伝書（『唯子一人伝』『石垣秘伝之書』『石墻書』）の勾配を数式で表示し、設計勾配の違いや現存遺構との対比により採用勾配の特定を試みた研究もある（西田ほか2003）。工学的な研究からは、現存石垣の断面曲線が構造上の安定の指標となる「示力線」と類似していることが指摘（桑原1984、八尾ほか2001）されており、秘伝書が説く伝統技術にも関心が寄せられている。

基部からのノリ返し勾配を説く『石垣秘伝之書』、『石垣築様目録』、『石墻書』の三書においても、実際に例示される勾配には差がある。本稿では先行研究に学びながら、これら秘伝書の勾配を再検討し、勾配図を使いながらその差異と実際の施工方法について若干の考察を加えてみたい。

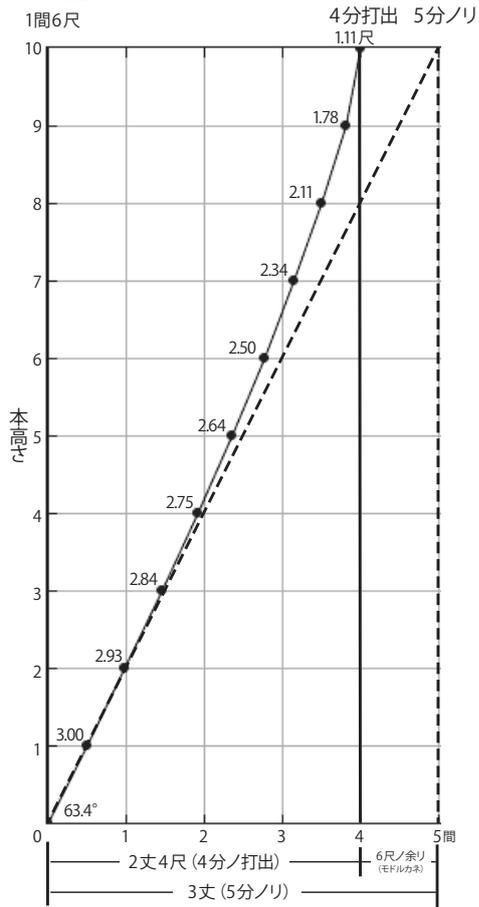


図2 石垣秘伝之書「のりそり割方之事」
(原図：北垣1987)

表1 石垣秘伝之書による打出とノリの関係
(高10間、1間6.5尺)

打出 (分)	ノリ (分)	余り (尺)	1間目のノリ			打出 (尺)
			ノリ(尺)	ノリ/余	勾配(度)	
1.5	2.0	3.25	1.30	0.40	78.7	9.75
2.0	2.5	6.50	1.95	0.30	73.3	13.00
2.5	3.0	3.25	1.95	0.60	73.3	16.25
3.0	3.5	3.25	2.28	0.70	70.7	19.50
3.0	4.0	6.50	2.60	0.40	68.2	19.50
4.0	5.0	6.50	3.25	0.50	63.4	26.00
4.0	6.0	13.00	3.90	0.30	59.0	26.00
5.0	6.0	6.50	3.90	0.60	59.0	32.50
5.0	7.0	13.00	4.55	0.35	55.0	32.50
6.0	7.0	6.50	4.55	0.70	55.0	39.00
6.0	8.0	13.00	5.20	0.40	51.3	39.00
7.0	8.0	6.50	5.20	0.80	51.3	45.50
7.0	9.0	13.00	5.85	0.45	48.0	45.50
8.0	9.0	6.50	5.85	0.90	48.0	52.00
8.0	10.0	13.00	6.50	0.50	45.0	52.00
9.0	10.0	6.50	6.50	1.00	45.0	58.50
9.0	11.0	13.00	7.15	0.55	42.3	58.50
10.0	11.0	6.50	7.15	1.10	42.3	65.00
10.0	12.0	13.00	7.80	0.60	39.8	65.00
11.0	12.0	6.50	7.80	1.20	39.8	71.50
11.0	13.0	13.00	8.45	0.65	37.6	71.50

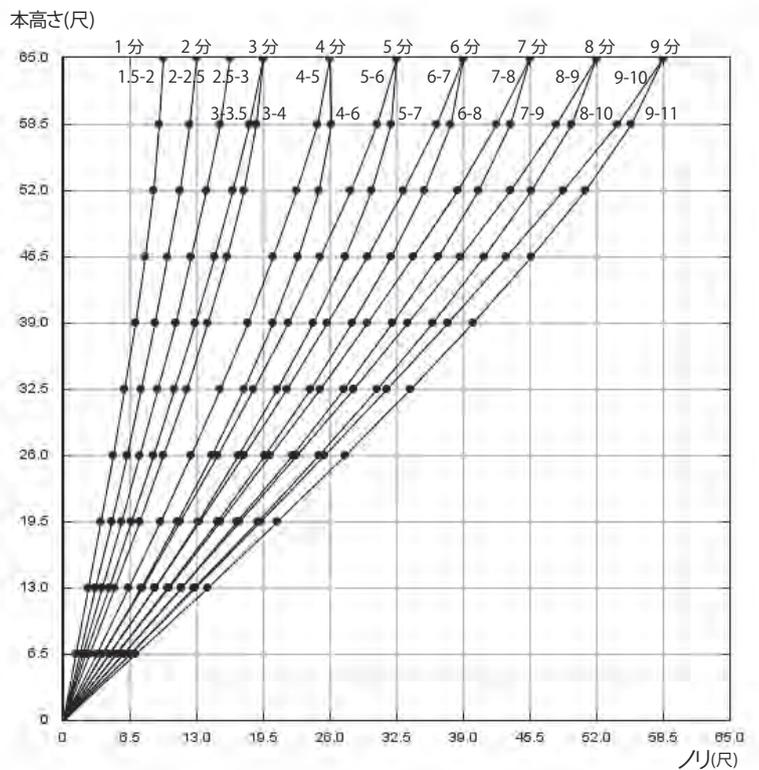
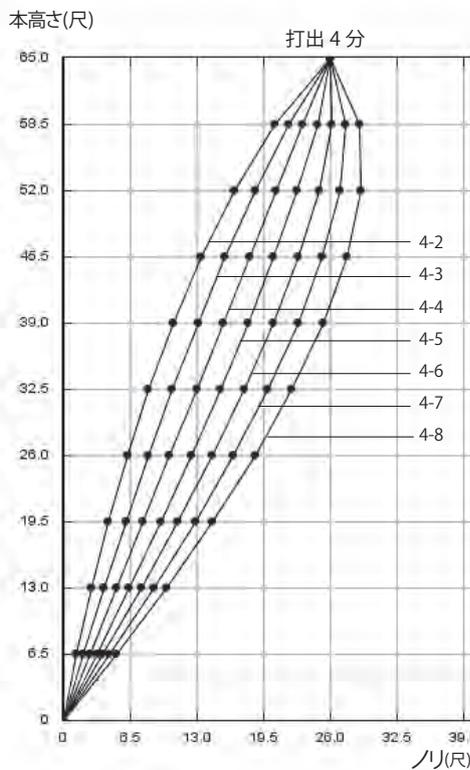


図3 石垣秘伝之書における勾配 (本高さ10間 打出一ノリ)

3. 秘伝書の勾配の検討

以下では、『金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』（石川県金沢城調査研究所2011）の翻刻をもとに技術内容を検討していく。

(1) 『石垣秘伝之書』

この秘伝書には野口本（野口・秘伝之書）、北川本（北川・秘伝之書）、上妻文庫本（上妻・秘伝之書）の三冊が知られている（北垣2003、石川県金沢城調査研究所2011）。内容は大きく変わらないので、ここでは『金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』に翻刻された野口本を用いる。野口本は熊本藩の穴太役を務めた野口家で伝授された原本で、延宝八年（1680）の年記をもつ。北垣氏、木越氏の考証により、本書は熊本藩細川家の穴太野口小次右衛門が儀助に伝授する目的で作成されたことが明らかとなっている。野口小次右衛門は、加藤家改易後、細川家に仕えた近江坂本系穴太である戸波儀太夫、北川本の伝授者である北川作兵衛らとともに万治の江戸城普請に参加しており、公儀普請の経験を踏まえて藩穴太の立場から書かれている点に注目すべきとしている。

木越氏が指摘するように、『石垣秘伝之書』が加藤家が築城した熊本城石垣の技術書とするには慎重な史料批判と現地石垣との照合が不可欠である（木越2011）。本書が示す技術内容が、清正時代の技術に直接連なるものなのか、近江坂本系穴太、公儀穴太らによって体系化されていった技術なのか。また、混在するとすれば識別できるのか。本稿はその課題に向かう基礎作業でもある。

29項目の一つ書きから、石垣勾配に関する項目5の「打出大ガ子ノ事」と項目7の「のりそり割方之事」を取り上げる。前者は石垣の高さごとに打出（石垣全体の総ノリ。石垣基部と天端の水平距離）とノリ（1間目のノリ）の割合を高さ3間～10間までとそれ以上に分けて10の組み合わせとして例示する。世にはこの「大ガネ十段」に合わない例もあるが、（まず本高さ＝鉛直高を知り）、打出とノリを決め、割方を計算すればどんな石垣でも築くことができるとしている。なお、3間未満の低石垣は1間に1尺～6寸と別にノリを定めるとしており、枅形等では80°前後の急な勾配にする。

割方の計算方法を示したのが項目7の「のりそり割方之事」である（図2）。打出は全体の石垣の勾配を決めるものなのでこの数値が大きいと石垣は緩く、小さければ急になる（図3）。ノリは1間目の高さに対する底辺幅なので、ノリが大きければ基部の傾斜が緩く、根は安定化に向かう（図3右）。一定の打出幅に対してノリが大きくなれば、石垣の反りが強くなる（図3左）。本書が例示する打出4分、ノリ5分を基準に見ると、ノリの割合が大きくなれば上部の反りが強くなり、垂直から前倒れに移行する。小さくなれば中央が膨らむ不安定な勾配になってしまう。打出の割合によってふさわしいノリの割合があるので組み合わせの数は限られてくる。本高さ10間モデル（図3右）では2-3、3-5、4-6は最上部が前倒れになる。1間目の傾斜は1.5-2が約79°、9-11が42°となっている（表1）。本書ではあらかじめ本高さ3

表2 石垣築様目録の勾配

(尺)

本高さ(尺)	総仰(尺)	総仰/高	基部勾配(度)	1間	2間	3間	4間	5間	6間	7間	8間	9間	10間	11間	12間	13間	14間	15間	16間	17間	18間	19間	20間	
1間6.5尺																								
2間	13.0	1.10	0.08	83.9	0.70	0.40																		
3間	19.5	2.40	0.12	80.4	1.10	0.80	0.50																	
3間	19.5	2.70	0.14	79.5	1.20	0.90	0.60																	
4間	26.0	4.80	0.18	76.2	1.60	1.40	1.10	0.70																
5間	32.5	7.50	0.23	72.9	2.00	1.80	1.60	1.30	0.80															
6間	39.0	10.80	0.28	69.7	2.40	2.30	2.10	1.80	1.40	0.80														
7間	45.5	14.70	0.32	66.7	2.80	2.70	2.55	2.35	2.05	1.55	0.70													
8間	52.0	17.92	0.34	65.4	2.98	2.86	2.76	2.61	2.41	2.06	1.51	0.73												
9間	58.5	21.44	0.37	64.5	3.10	3.03	2.96	2.85	2.70	2.45	2.00	1.55	0.80											
10間	65.0	25.01	0.38	63.1	3.30	3.22	3.17	3.07	2.92	2.72	2.42	1.97	1.42	0.80										
11間	71.5	27.83	0.39	62.6	3.37	3.29	3.24	3.14	2.99	2.79	2.54	2.24	1.89	1.47	0.87									
12間	78.0	30.13	0.39	62.0	3.45	3.33	3.28	3.22	3.05	2.85	2.65	2.40	2.10	1.75	1.35	0.70								
13間	84.5	35.35	0.42	61.0	3.60	3.50	3.45	3.40	3.30	3.20	3.05	2.85	2.60	2.30	1.90	1.40	0.80							
14間	91.0	43.12	0.47	57.8	4.10	4.00	3.95	3.90	3.80	3.70	3.55	3.35	3.10	2.80	2.45	2.05	1.55	0.82						
15間	97.5	49.35	0.51	55.8	4.41	4.31	4.26	4.21	4.11	4.01	3.86	3.71	3.51	3.26	2.96	2.56	2.06	1.41	0.71					
16間	104.0	55.35	0.53	54.4	4.65	4.55	4.50	4.45	4.35	4.25	4.10	3.95	3.75	3.50	3.25	2.95	2.60	2.15	1.60	0.75				
17間	110.5	61.10	0.55	53.0	4.90	4.80	4.75	4.70	4.60	4.50	4.40	4.25	4.05	3.85	3.60	3.30	2.95	2.50	1.95	1.30	0.70			
18間	117.0	68.41	0.58	51.6	5.16	5.06	5.01	4.96	4.86	4.75	4.66	4.51	4.36	4.16	3.96	3.71	3.40	3.05	2.60	2.05	1.45	0.70		
19間	123.5	76.62	0.62	50.1	5.43	5.33	5.28	5.23	5.15	5.05	4.95	4.85	4.70	4.55	4.35	4.15	3.90	3.60	3.20	2.70	2.10	1.40	0.70	
20間	130.0	85.04	0.65	48.2	5.81	5.71	5.66	5.61	5.55	5.45	5.35	5.25	5.15	5.00	4.80	4.55	4.25	3.90	3.50	3.05	2.55	1.95	1.25	0.70

～10間までは打出6分まで、11間以上と高くなると打出は7分以上とする目安を定めている。打出を何分とするかは、本高さと地盤条件等により穴太が選択するのである。

本書の特徴は、概略の勾配を決める打出と反りの強さを決めるノリの選択に幅があることと、それに応じたノリの低減率がいつでも計算できる点にある。5分ノリを例示した項目7の末尾には「此外四分ノカネ、六分ノカネ云事有」と、必ずしも「大ガネ十段」が固定的なものでないことも注記している。地形や地盤、高さによって応用が利く技術内容といえる。

(2) 『石垣築様目録』

承応四年（1655）の年記を持つ秘伝書で、公儀穴太の堀金出雲と石積み技能者野崎氏3名（代）の署名がある。写本そのものは18世紀に下るとみられるが、署名や技術内容（切石積み石垣等）からみて堀金出雲から野崎善右衛門に秘伝が伝授されたのは承応四年頃とみられている（木越2011）。本書には丸亀城の「高サ拾五、六間」の石垣作りに携わったことが書かれており、現地では城内で最も高い三ノ丸北側の石垣が比定される。石垣の年代観や絵図等からは、万治元年（1658）に京極氏が入る以前の山崎氏時代に築かれたものとみられ、本書はその築造に公儀穴太が関わったことを示している。野崎氏がどこの藩所属の穴太かは今のところ不明である⁽²⁾。

内容は35項目の一つ書きからなる（北垣1985・86、李ほか1994）。勾配に関しては、末尾に書か

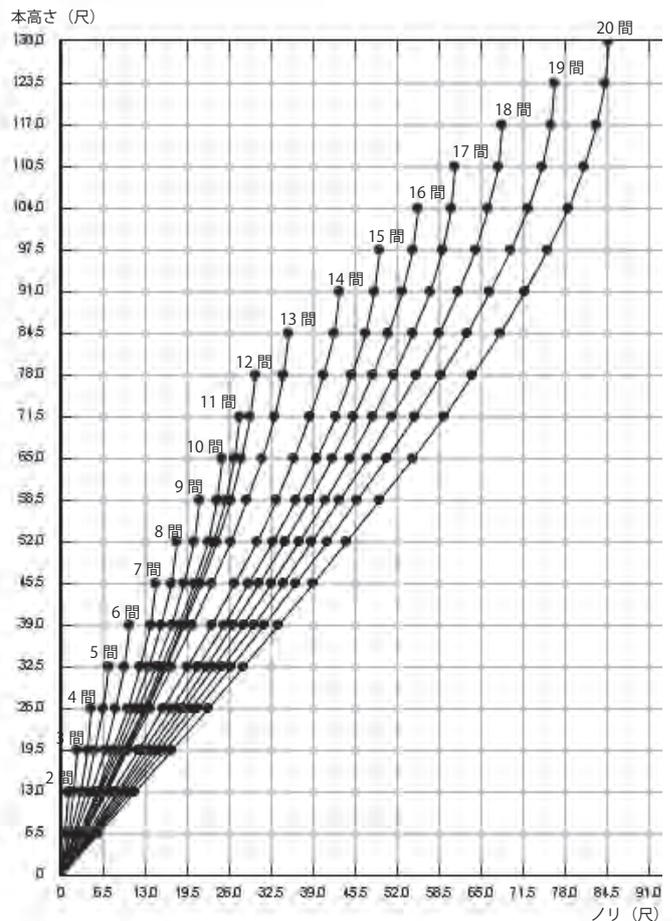


図4 『石垣築様目録』の勾配

れた漢数字の羅列を仰と解釈し（山地2004）、丸亀城跡の現存石垣と対比する研究がなされてきた（山地ほか2017）が、数値には不明な点が残っていた。しかし、近年、和田行雄氏が本高さ2～20間の1間ごとの仰として明快に読み解いた⁽³⁾。

まず、項目7～9、32により、高さに応じた「定

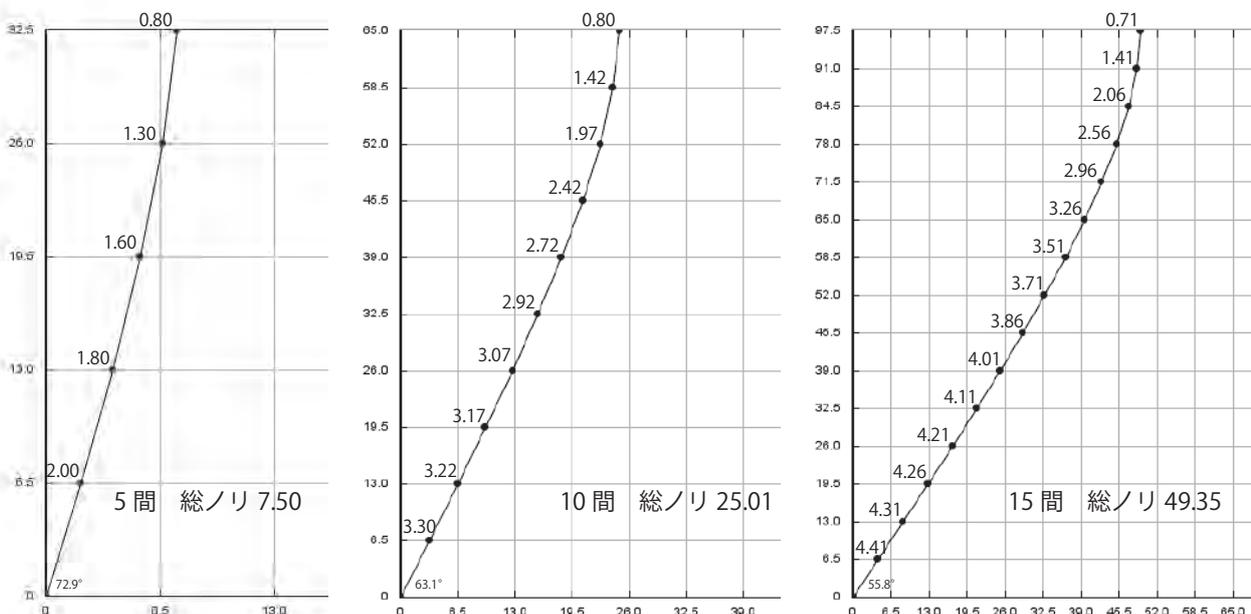


図5 『石垣築様目録』のノリ（本高さ5間・10間・15間）

リノ仰」があることが分かる(表2)。基礎地盤の良いところでは定まりの仰を用いるが、条件によっては「ヨケ」(仰を割り増し)を入れて安定化を図るとし、また「又其手クセニヨリ増、仰ノ分別可有」として、慣習的に仰を増すこともある

が、その道理をわきまえておくようにとも記す。「定リノ仰」という原則を示し、あとは技能者の見極め(口伝)次第という、秘伝特有の形態をとっている。項目33では枡形は「平石垣ヨリカネニ築物也」としており、実際に高さ2間、3間の石垣では1間目の勾配が約80°と急になっている。項目34では、施工にあたって1間(6尺5寸)ごとに勾配をみる「仰板(丈木)」について記述しており、これは『石垣秘伝之書』がいう「定バン(板)」と同じである(図11)。

図4・5は仰相表を勾配図にしたものである⁽⁴⁾。

表3 石塙書「隅大抵仰形方」の勾配

(尺)

本高さ(尺)	総ノリ(尺)	総ノリノ高	基部勾配(度)	1間	2間	3間	4間	5間	6間	7間	8間	9間	10間	
1間6.5尺														
2間	13.0	1.80	0.14	80.4	1.10	0.70								
3間	19.5	3.50	0.18	77.4	1.45	1.25	0.80							
4間	26.0	4.50	0.17	77.0	1.50	1.35	1.05	0.60						
5間	32.5	6.50	0.20	74.5	1.80	1.65	1.40	1.05	0.60					
6間	39.0	9.00	0.23	72.9	2.00	1.95	1.70	1.45	1.15	0.75				
7間	45.5	12.00	0.26	70.5	2.30	2.20	2.05	1.85	1.60	1.20	0.80			
8間	52.0	13.50	0.26	69.0	2.50	2.40	2.25	2.05	1.70	1.30	0.90	0.40		
9間	58.5	15.00	0.26	68.2	2.60	2.50	2.30	2.10	1.80	1.50	1.10	0.75	0.35	
10間	65.0	18.00	0.28	68.2	2.60	2.55	2.45	2.30	2.10	1.85	1.60	1.30	0.85	0.40

高さに応じて総仰が大きくなり、勾配が緩やかになっている。次に仰の低減の仕方を見ると、2~6間では分の位はすべて0となっており、7間、13間、17間では末尾がすべて0分か5分となっている(表2)。総じてそのような傾向がみられ、一定の低減率により仰を定めているとみられるが、寸法には切りの良い整数値を使用している。例示された勾配以外、すなわち地盤等により初期勾配を大きくした場合の設計法については定かでない。

(3) 『石塙書』

本書は宝暦五年(1755)の年記をもつ岩国藩穴太方の湯浅家に伝わった秘伝書である。延宝四年(1676)、湯浅七右衛門らは錦帯橋の橋台修理のため、藩命により近江坂本の戸波駿河のもとに派遣され、石垣秘伝を授かり、帰国後工事を完成させた(北垣2003、木越2011)。52箇条からなるが、

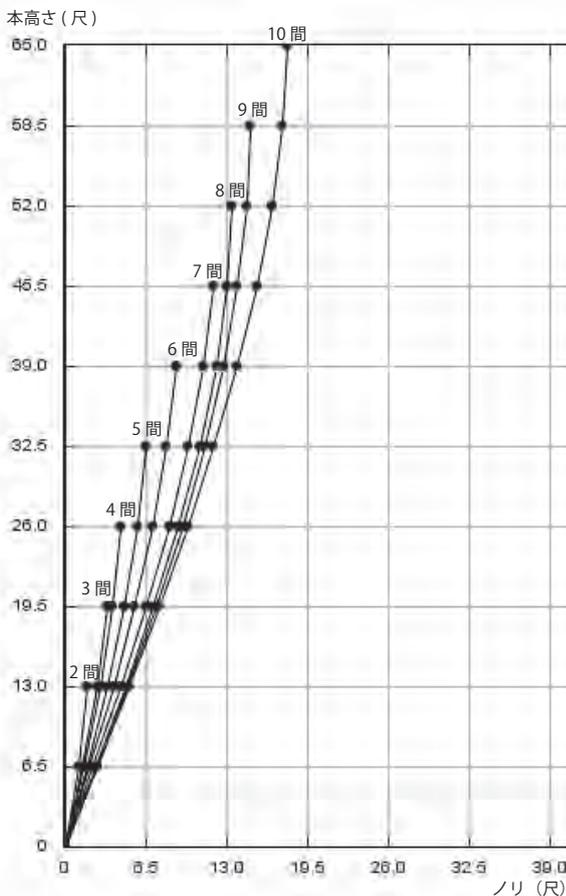


図6 石塙書における勾配

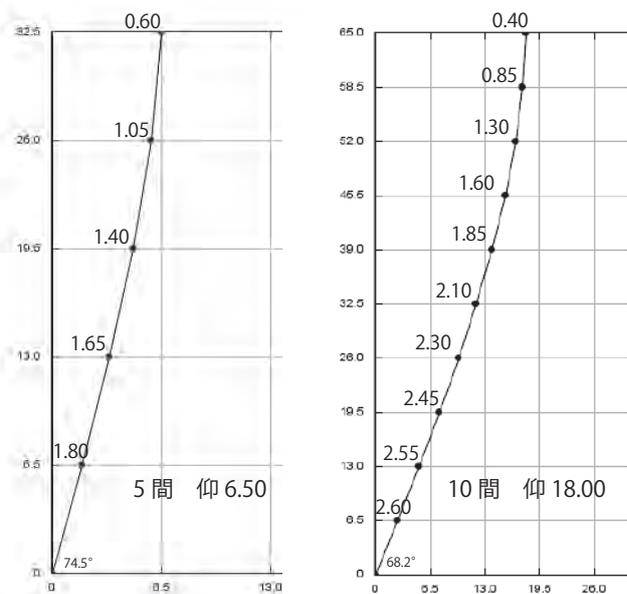


図7 石塙書における勾配(本高さ5間・10間)

表4 『石垣書』『方々石垣規矩手鑑』の諸城石垣の勾配

(尺)

公儀城郭等	高さ	法	1間	2間	3間	4間	5間	6間	7間	8間	9間	10間	11間	12間	13間	14間	15間	16間	17間
江戸城枡形	3間	2.30	0.95	0.80	0.55														
江戸城小天守台	4間	6.60	2.00	1.80	1.55	1.25													
大坂城小天守台	5間	7.03	1.86	1.71	1.55	1.21	0.70												
江戸城天守台	6間	13.80	2.90	2.70	2.50	2.20	1.90	1.60											
二条城二ノ丸	6.5間	11.70	2.80	2.60	2.20	1.75	1.20	0.85	*0.3										
金沢城	6.5間	11.70	2.40	2.30	2.15	1.85	1.50	1.10	*0.4										
江戸城中天守台	7間	14.00	2.75	2.50	2.25	2.00	1.75	1.50	1.25										
大坂城天守台	7間	13.76	2.61	2.55	2.35	2.15	1.85	1.45	0.80										
江戸城旧小天守台	7.5間	13.59	2.55	2.30	2.14	1.98	1.77	1.49	1.10	*0.26									
二条城本丸	8間	16.11	2.75	2.68	2.55	2.35	2.10	1.73	1.25	0.70									
二条城天守台	10間	23.30	3.30	3.05	2.95	2.80	2.53	2.43	2.18	1.83	1.43	0.80							
江戸城旧天守台	11間	25.30	3.25	3.10	3.00	2.90	2.75	2.55	2.30	2.00	1.65	1.20	0.60						
江戸城	12間	30.85	3.70	3.65	3.45	3.25	3.05	2.80	2.55	2.30	2.05	1.75	1.40	0.90					
大坂城	17間	57.06	4.50	4.40	4.35	4.30	4.25	4.15	4.05	3.95	3.80	3.55	3.45	3.15	2.80	2.40	1.90	1.30	0.76

*は半間分の仰

そのうち19の項目は「口伝」としている。

15箇条目の「隅大抵仰形方」は石垣勾配に関する記述で、高さ2間～10間までの総仰（ノリ）と1間毎の仰が例示されている（表3、図6）。各高さによって自然なノリ返し勾配に見えるが、総仰の数値が2間を除いて5寸単位であることや、『石垣築様目録』同様、仰の低減値が1寸ないしは5分単位の切りの良い数値を使用する例が多い。なお、高さ3間以下の枡形石垣は8寸ノリ、9寸ノリと勾配を急にするとしており、ほかの二書と共通する。なお、本書のノリの低減率を数式で表現し、勾配曲線を3次関数として示す研究（西田ほか2003）があるが、例示する勾配以外の設計法については定かでない。

末尾の52には「方々石垣規矩手鑑」として、江戸城、大坂城、二条城など公儀城郭の石垣勾配の法（総ノリ）と1間毎の仰が列記される（表4）。このような情報は公儀穴太しか知りえない情報であり、本書が戸波駿河から伝授されたことを裏付けている（北垣2003）。公儀城郭に混じって金沢城が入っているのは、戸波駿河が加賀藩からも知行を得て、寛永～元禄期に金沢城の築城に関

わったためである（木越2011）。

図8に示した通り、これらの勾配は高さに応じて緩くなっており、曲線の反り具合がよく似てい

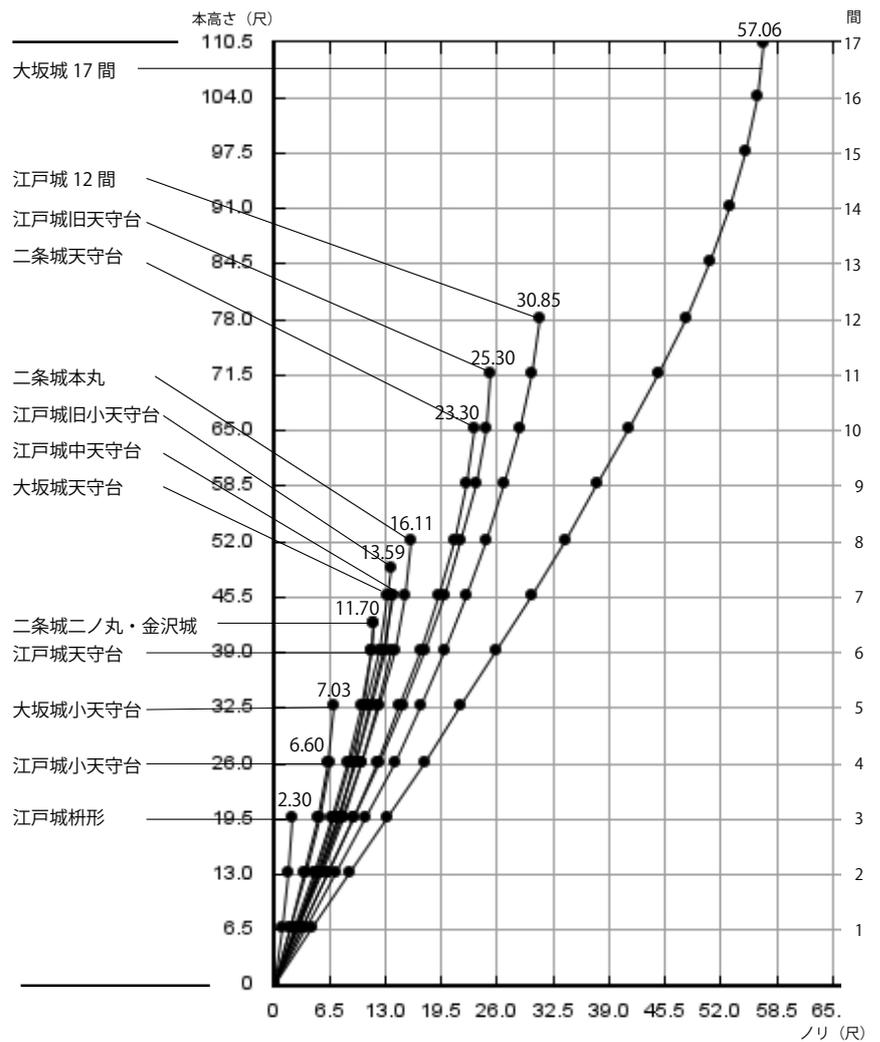


図8 石垣書「方々石垣規矩手鑑」の石垣勾配

る。本高さ10、11間の江戸城旧天守台と二条城天守台、7、8間の二条城本丸、江戸城旧小天守台、同中天守台、大坂城天守台の4例は勾配が類似しているのがわかる。二条城二ノ丸6.5間と金沢城6.5間の石垣は総法が同じ数値となっている。設計値か、実測値かにより評価も異なるが、公儀の城郭では類似したノリ返し勾配が用いられたといえよう。

4. 考察

(1) 三冊の秘伝書が記す勾配の比較

三冊の秘伝書の勾配を本高さ10間の石垣と比較したのが図9である。『石垣築様目録』と『石墻書』がそれぞれ例示する勾配では打出1分の差があり、前者の勾配が緩く、後者が強い。1間の寸法が(a)6尺か、(b)6尺5寸か明確でないので、ここでは両者の勾配図を作成した。(a)では『石墻書』と『石垣秘伝之書』打出3分ノリ4分の勾配とよく合う。石垣築様目録』は打出4分ノリ5分に近い。(b)においても整数値では前者と同じであろう⁽⁵⁾。

これらから三冊の秘伝書は勾配に関しては相互に近い関係を持つといえる。『石垣築様目録』と『石墻書』の勾配が、汎用性のある『石垣秘伝之書』の「大ガネ十段」から一つの組み合わせを例示したものとみることができよう。ただし、『石垣築様目録』、『石墻書』とも『石垣秘伝之書』「大ガネ十段」の組み合わせに対して上部の反りが強く、後者が反りの弱い直線的な勾配である点は注意しておきたい。

このように、三書は2間目からノリを徐々に低減させ、反りを持たせていくノリ返し勾配を採用する点で共通してい

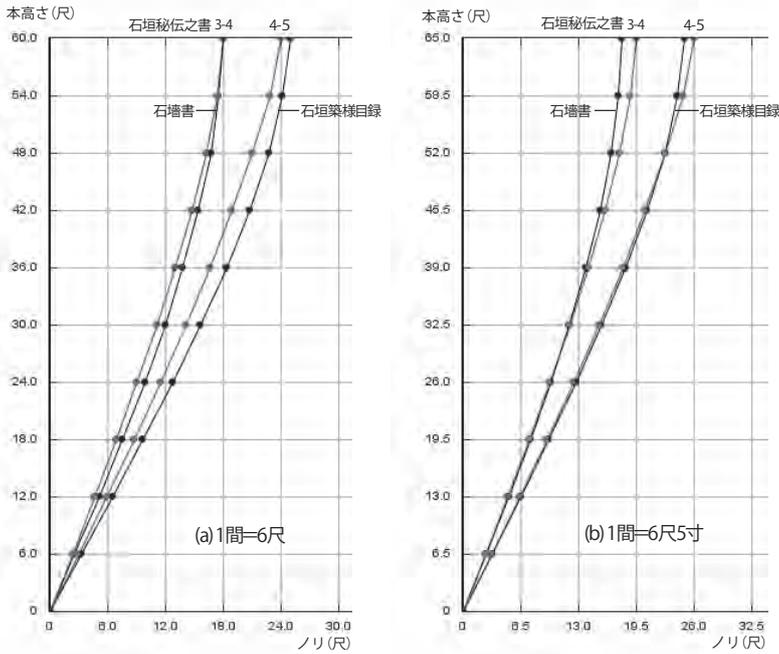


図9 秘伝書三冊の勾配の比較

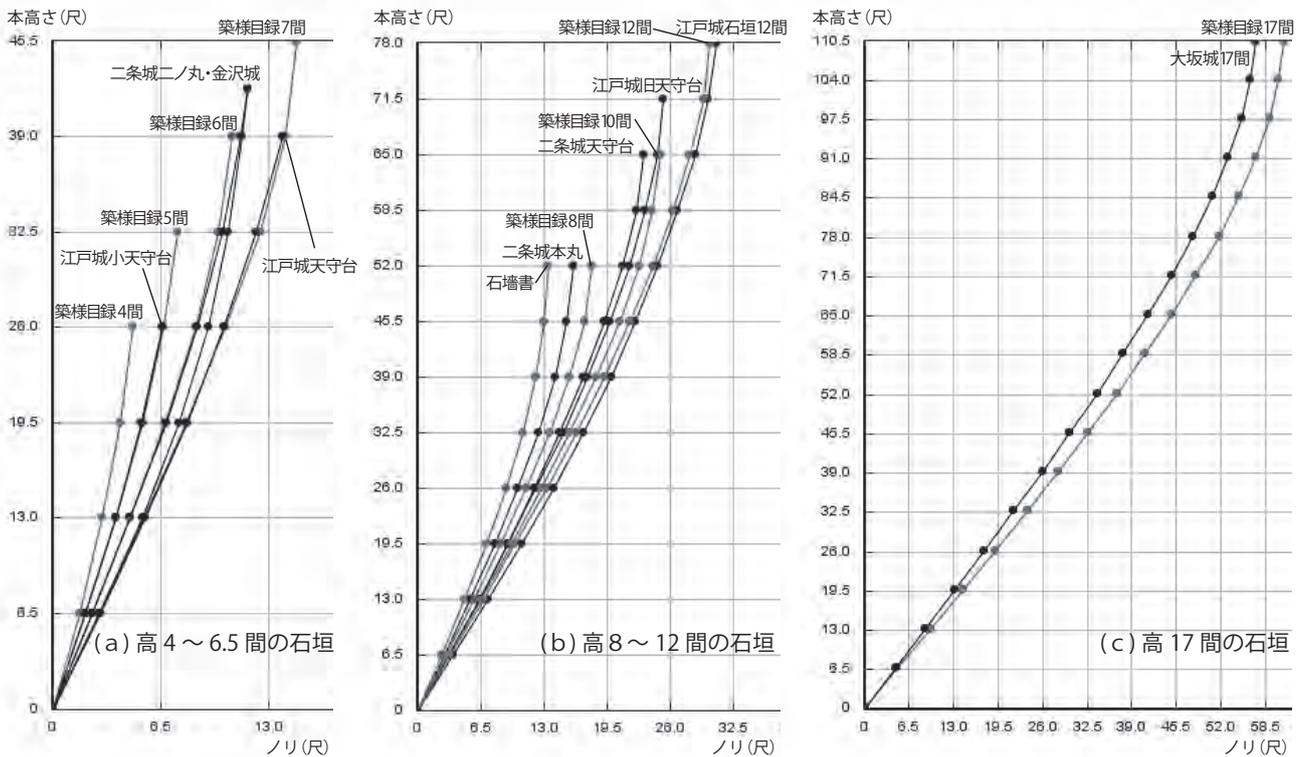


図10 公儀城郭と石垣築様目録の勾配の比較

る。しかし、上述のとおり例示された勾配には違いがあった⁽⁶⁾。また、『石垣築様目録』と『石墻書』が各段の具体的なノリを数値で例示するのに対し、打出とノリの組み合わせで多様な勾配が選択できる形式をとり、計算式で具体的なノリの値を知ることができる『石垣秘伝之書』では違いがあることも事実である。前者が現場の実践経験の中から生まれてきたもので、後者がそれらを作事の規矩法などを参考に体系化したようにも受け取れるが、この点は後考を待ちたい。

次いで『石墻書』「方々石墻規矩手鑑」が示す公儀城郭を3つの高さ群（4～6.5間、8～12間、17間）に分けて『石垣築様目録』の勾配と比較したのが図10である。(a)では『石垣築様目録』の5～7間にそれぞれ重なる遺構のあることが分かる。ただし、高さは同じでない。金沢城などが『石垣築様目録』6間の勾配と類似する。(b)では江戸城旧天守台、二条城天守台、二条城本丸のような寛永期の石垣が『石垣築様目録』の勾配と類似しており、江戸城12間石垣ではほぼ重なる。(c)では大坂城の17間石垣と『石垣築様目録』17間の勾配を比べてみると総ノリに若干の違い（大坂城57.06尺と61.10尺）はあるが、曲線は近似する。遺構の勾配が実測値か否かは重ね方が変わってくるので看過できない問題である。今後、現地の遺構との照合が必須となるが、これらの例示勾配が実際の石垣普請に用いられた可能性は十分あろう。

石積みの際に1間ごとに勾配を計測する道具を『石垣秘伝之書』では「定バン（板）」（長6尺5寸、幅5～6寸）、『石垣築様目録』では「仰板」「仰木」「丈木」（長1間、幅5～6寸）と呼ぶ（図11）。前者は1間ずつ勾配が変わると、板面を削り墨を打ち直すというが、後者では「丈木」幅に切った紙にあらかじめ勾配線を墨書きしておき、それを張り替えるという。『石墻書』では「仰木」（長9尺、幅3尺5寸、厚6分）と呼んでいる。呼び名はジョウギ、ジョウバン、ノリギ、ノリイタと定まっていないが、共通した道具と使い方があったことが分かる。

そのほか、三書は本高さ2～3間の桁形石垣の勾配を特記する点も共通していた。これら秘伝書に書かれた勾配に関する情報が近江坂本出身の公儀穴太家が有した技術（北垣2003、木越2011）とすることについて異論はない。

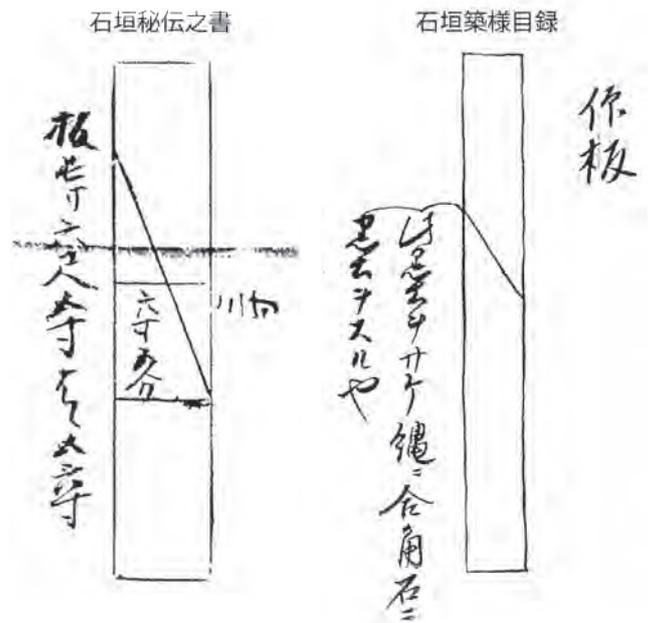
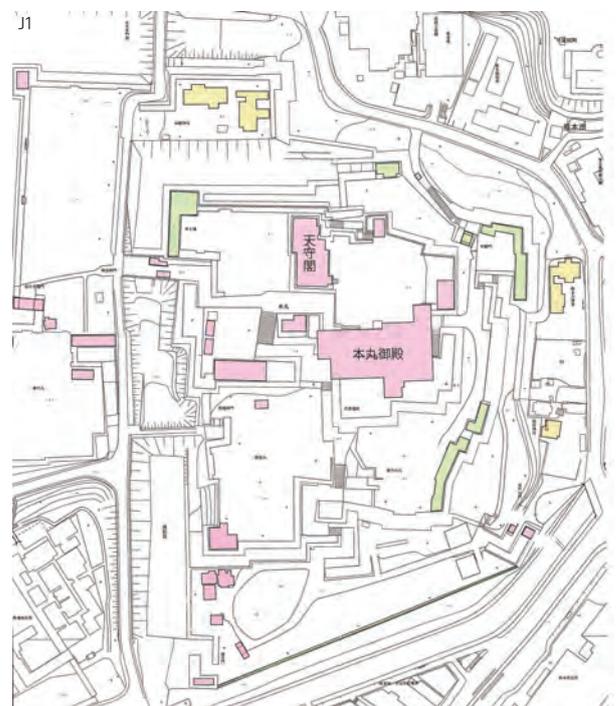


図11 秘伝書が描く勾配計測道具（石川県金沢城調査研究所2011）



原図：熊本市 2016

図12 熊本城石垣断面の位置（桑原1984）

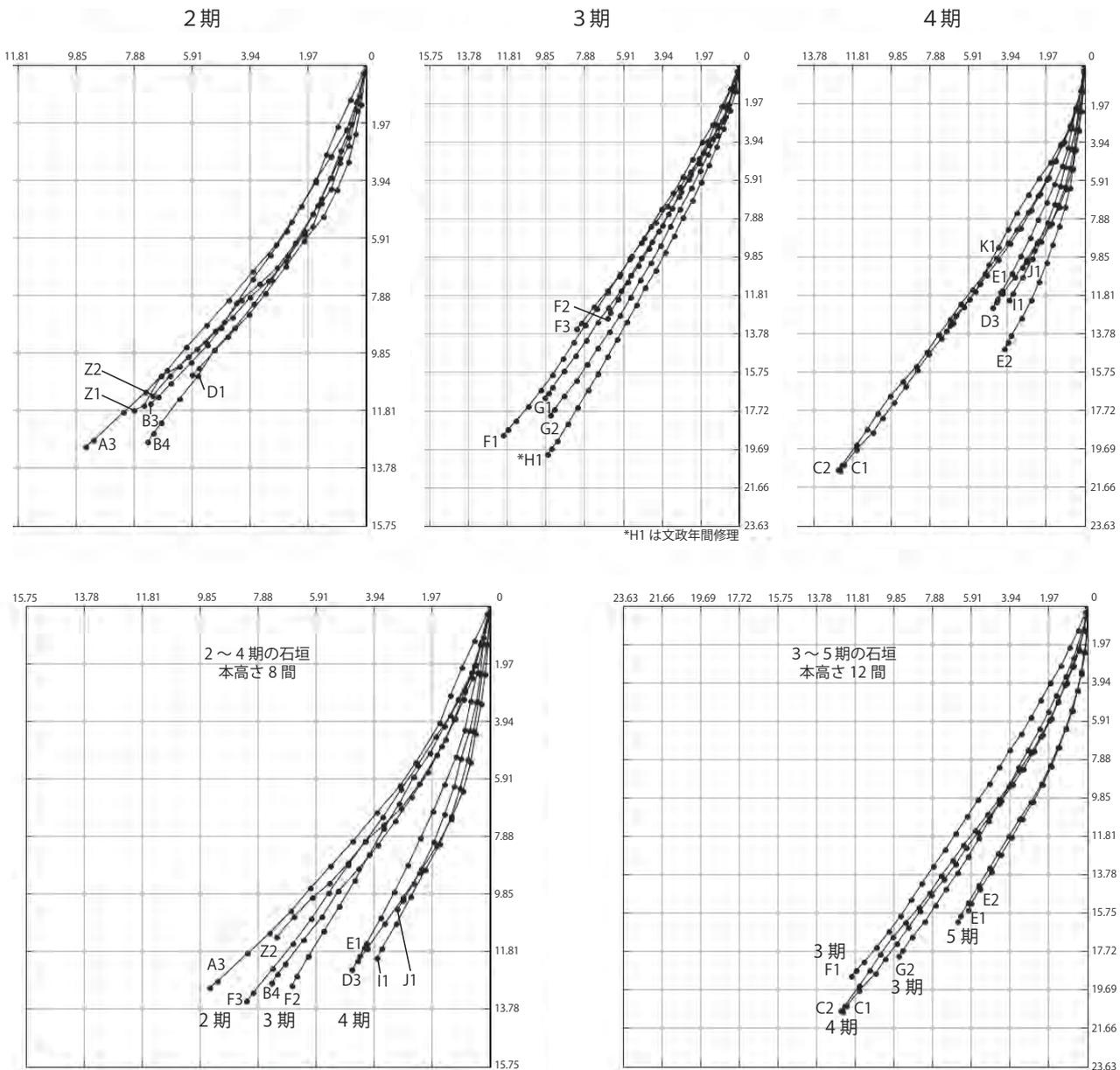


図13 熊本城跡の石垣の時期別勾配（桑原1984データ）縦軸：天端からの垂直距離（m）、横軸：天端からの水平距離（m）

(2) 熊本城跡の石垣の勾配

熊本城跡では平成26年4月の熊本地震により多くの石垣が被災した。復旧工事に先立つ石垣調査で詳細な実測図が作成されつつあるが、まだ未公開のためここでは震災前に測量された勾配データ（桑原1984）を用いて検討を進めたい（図12）。

石垣の年代は調査報告書に従い、2期を慶長4～5年頃、3期を慶長11～12年頃、4期を慶長16～元和、5期を寛永2～9年頃としておく（熊本市2020）。2期は本丸・飯田丸を中心とする熊本城の築城段階、3期は東側の東竹之丸が拡張整備された段階、4期は2期にできた本丸等及び、西側の西出丸や奉行丸が拡張整備された段階である。

桑原論文の計測データから勾配図を作成し、時期別に示したのが図13の上段である。下段には本高さ8間クラスと12間クラスに分け、時期ごとの勾配の違いをみている。5期は類例が少ないのと、本丸上段南西側の拡張石垣であるため、ここでは検討の対象にしない。

まず、8間クラスの石垣でみていくと地表面から天端までの傾斜は2期が最も緩く、4期が強い。これは2期の石垣が『石垣秘伝之書』にいう打出が大きく、4期の石垣は小さいことを示す。大天守台⁽⁷⁾を除く2期の打出は7～8分の勾配で、「大ガネ十段」が10間以下の石垣に用いると説く6分以下にはなっていない。2期と3期では打出は重

なるが、2期の石垣が大きく反る（ノリが大きい）のに対し、3期は反りが小さい。4期は打出と反りからみると『石垣築様目録』が例示する勾配に近い。

12間クラスでは3期、4期で打出に差はないが、8間クラスと同様に4期が中上部で弓なりに反るのに対し、3期は直線的である。これは4期に比べて3期の勾配はノリが小さいことを示す。この点は先にみたように、三冊の秘伝書のなかでは中上部の反りが弱い『石垣秘伝之書』との関係が問題となろう。遺構の断面図と秘伝書勾配との照合は、測量図の公開を待つとともに、場による勾配の使い分けの検討も行いながら進めることとしたい。ここでは、時期によって異なる勾配の基準があった可能性を指摘するにとどめたい。

5. まとめ

本稿ではノリ返し勾配を採用する三冊の秘伝書からそれぞれ勾配図を作成し、相互の比較を試みた。本高さ10間では例示された勾配に『石垣書』と『石垣築様目録』では総ノリ（打出）でほぼ1分の違いがあり、『石垣秘伝之書』の「大ガネ十段」の勾配は相対的に反りが小さい。後者は打出とノリの組み合わせ、各段のノリ値が計算できる汎用性のある伝授形式をとっている点に特徴があった。

一方で基部から徐々に勾配を起こしていく曲線勾配の設計法や、桁形石垣に関する特記、施工時の勾配計測道具などからは共通した技術基盤の存在が想起された。『石垣築様目録』の勾配は公儀城郭の現存遺構とも類似点があり、これらが公儀穴太の間で伝承された石垣技術とする理解に異議はない。例示された勾配等の違いに関わらず、実際には穴太らが環境条件の見立てによって一定の可変的な技術（口伝）であったと思われる。

熊本城跡の慶長～寛永期の石垣勾配を時期別に検討した結果、2期、3期、4期でそれぞれ異なる勾配基準があった可能性を指摘した。しかし、それらが具体的にどのような勾配で設計・施工されたのか、秘伝書との比較については、今後の検討となる。

本稿では秘伝書の勾配を視覚的に表現できる勾配図を作成して、相互の違い、遺構との異同を検討してみたが、曲線の重なりやズレの認識は主観的な面があり、類似度や適用の可否を評価するのは難しい。秘伝書の史料的検討を進めつつ、公儀

穴太が関わった城跡等でできれば根石まで発掘された石垣遺構を中心に勾配の検討を続けていくことが必要となろう。

本研究は日本学術振興会学術研究助成基金助成金（基盤研究（C））「災害に備える文化財石垣の保存管理と修理技術に関する研究」（平成30年度～32年度）の成果の一部である。

本論の執筆にあたり下記の方々にお世話になりました。記して感謝申し上げます。

東信男、木越隆三、北垣聰一郎、山中稔、和田行雄

注

（1）熊本城跡や金沢城跡の石垣が両藩に伝わった秘伝書の勾配で築造されたかどうかは検討すべき課題であり、これはあくまでも秘伝書の勾配設計法を指したものである。文化年間に修理された金沢城跡の石垣（石川門櫓台下、橋爪門櫓台ほか）の勾配は「指図絵図」（後藤文庫）では「ノリ返し」であることが指摘されている（北垣1999）。

（2）今のところ丸亀藩の中に野崎氏の存在は確認できない。丸亀市教育委員会東信男氏の御教示による。

（3）和田行雄氏からのご教示による。

（4）尺寸分を小数点以下2位で表し、「2.85」であれば、2尺8寸5分を表す。

（5）本高さ10間では『石垣築様目録』の勾配は、『石垣秘伝之書』の打出3.9ーノリ5.1、『石垣書』の勾配は打出2.8ーノリ3.9でほぼ重なる。整数値でなければ反りを強くすることができる。

（6）『石垣書』が示す勾配の例示が『石垣築様目録』に比べて急なのは、湯浅らが近江坂本へ石垣稽古に出かけたのが、錦帯橋の橋台修理など、河川工事に重きを置いていたことが反映しているのかもしれない。

（7）傾斜が緩く上部で大きく反る大天守台石垣の勾配は「扇の勾配」として熊本城跡の代名詞のように言われることがあるが、本稿で示したとおりこれは2期に限定される。高さ7～8間の大天守台南面、西面石垣は打出7分、ノリ9～11分で築かれているとみられるが、上部と下部でノリを変えている可能性がある。

参考文献

石川県金沢城調査研究所2008『金沢城石垣構築技術史料Ⅰ』

石川県金沢城調査研究所2011『金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』

木越隆三2011「〔解説〕 全国に残る石垣秘伝書」『金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』石川県金沢城調査研究所

北垣聰一郎1985「史料紹介『石垣築様目録』」『大阪城天守閣紀要』第13号

北垣聰一郎1986「史料紹介『石垣築様目録』」『大阪城天守閣紀要』第14号

北垣聰一郎1987『石垣普請』法政大学出版局

北垣聰一郎1999「伝統的積み技法の成立とその変遷—穴太積みの意味するもの—」『考古学論攷』（橿原考古学研究所紀要）第22冊 橿原考古学研究所

北垣聰一郎2003「伝統技術からみた城郭石垣の勾配について」『考古学論叢』関西大学考古学研究室開設五十周年記念

北垣聰一郎2003『石垣秘傳之書 北川作兵衛』佐賀県肥前名護屋城博物館編

熊本市2020『特別史跡熊本城跡総括報告書』調査研究編

熊本市2016『特別史跡熊本城跡総括報告書』整備事業編

桑原文夫1984「熊本城の石垣勾配」『日本工業大学研究報告』第14巻第2号

西田一彦・西形達明・玉野富雄・森本浩行2003「城郭石垣断面形状の設計法とその数式表示に関する考察」『土木学会論文集』No.750/Ⅲ-65 土木学会

八尾眞太郎・伊藤淳志・榊井健2001「城石垣の構造安定性に関する基礎的研究—その2 石垣の構造安全率 構造Ⅰ」『日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）』日本建築学会

山地茂2004「私説丸亀城石垣物語」『まるがめ資料館だより』第7号 丸亀市立資料館

山地茂・山中稔・渡邊蒔也2017「石垣築様目録の漢数字表の解説と丸亀城石垣形状との比較検証」『土木史研究講演集』vol. 37 土木学会土木史研究委員会

李建河・内藤昌・仙田満1994「『石垣築様目録』における石垣構築技術設計体系に関する研究」『日本建築学会計画系論文集』第459号 日本建築学会

巨大噴火・津波の痕跡を軸とした17世紀アイヌ文化と

環境に関する学際的研究1

添田雄二	SOEDA, Yuji / 文化財保存修復研究センター客員研究員 / 幕別町教育委員会
永谷幸人	NAGAYA, Yukihiro / 伊達市教育委員会
三谷智広	MITANI, Tomohiro / 株式会社パレオ・ラボ
宮田佳樹	MIYATA, Yoshiki / 東京大学総合研究博物館
大坂 拓	OSAKA, Taku / 北海道博物館アイヌ民族文化研究センター
青野友哉	AONO, Tomoya / 文化財保存修復研究センター研究員・准教授
菅野修広	KANNO, Nobuhiro / 登別市教育委員会
片山弘喜	KATAYAMA, Hiroki / 森町教育委員会
松田宏介	MATSUDA, Kousuke / 室蘭市教育委員会
小林孝二	KOBAYASHI, Koji / 歴史的地域資産研究機構 れきけん
渋谷綾子	SHIBUTANI, Ayako / 東京大学史料編纂所
甲能直樹	KOHNO, Naoki / 国立科学博物館
表 溪太	OMOTE, Keita / 北海道博物館
菅頭明日香	KANTO, Asuka / 青山学院大学
泉 吉紀	IZUMI, Yoshinori / サレジオ工業高等専門学校
宮地 鼓	MIYAJI, Tsuzumi / 国立アイヌ民族博物館
田村将人	TAMURA, Masato / 国立アイヌ民族博物館

はじめに

14世紀頃から20世紀初頭までは、小氷期(Little Ice Age)と呼ばれる世界的な寒冷期で(例えば, Esper et al 2005)、特に寒冷であった17、19世紀は天候不順によって凶作や飢饉が起り、北半球を中心に数十万~数百万人が死亡したとされている(宮原 2014)。一方、17世紀の北海道では巨大噴火・津波が頻発しており(添田ほか 2004; 添田 2012)、松前藩関連の古文書(例えば、『松前年々記』)からは蝦夷地においてアイヌ民族に多数の死者が出ていたことが読み取れる。しかし、これらの記録は断片的なもので、また、当時のアイヌ民族は文字を使用しなかったため、小氷期や地震・津波の具体的な影響、被害を把握することができない。そこで我々は、これら巨大噴火・津波の痕跡が残る遺跡を発掘して当時の生活を明らかにすると同時に、遺構・遺物などを用いた複数の科学分析から古環境(小氷期と巨大噴火・津波の実態)を復元し、それらがアイヌ民族へ与えた影響を明らかにすることを目的とする研究「巨大噴火・津波の痕跡を軸とした17世紀アイヌ文化と環境に関する学際的研究(JSPS 科研費19H01352、2019~2022年度)」を実施している。

主体となる調査地としては、北海道南西部の内浦湾(通称:噴火湾)北東岸に位置する伊達市有珠地区を選定した。ここには、17世紀に発生した巨大噴火や津波の痕跡が広く分布し(例えば、西村・宮地 1998、中村・平川 2002)、アイヌ文化期の遺跡も集中している(有珠4遺跡、ボンマ遺跡、有珠オヤコツ遺跡など)。本稿では、そのうちカムイタプコブ下遺跡を対象として行った、2019~2020年度の発掘調査結果について概要を報告する。また、本研究では、出土遺物や博物館収蔵資料を用いて、アイヌ民族の「衣食住」に関する新たなデータを蓄積することもサブテーマとして、関連分析を行っている。したがって本稿では、その結果(ホタテ貝殻製灯明皿の残存脂質分析、民具の形態分類と年代測定に基づく年代学的検討)についても速報する。

1. カムイタプコブ下遺跡の発掘調査

1-1. カムイタプコブ下遺跡

本遺跡は、2010年に実施した地質調査(1640年の駒ヶ岳噴火津波の痕跡調査)の際に発見した遺跡で、有珠湾の南南東約150mにある流れ山間の低地(標高3.27~4.01m)に位置する(図1)。

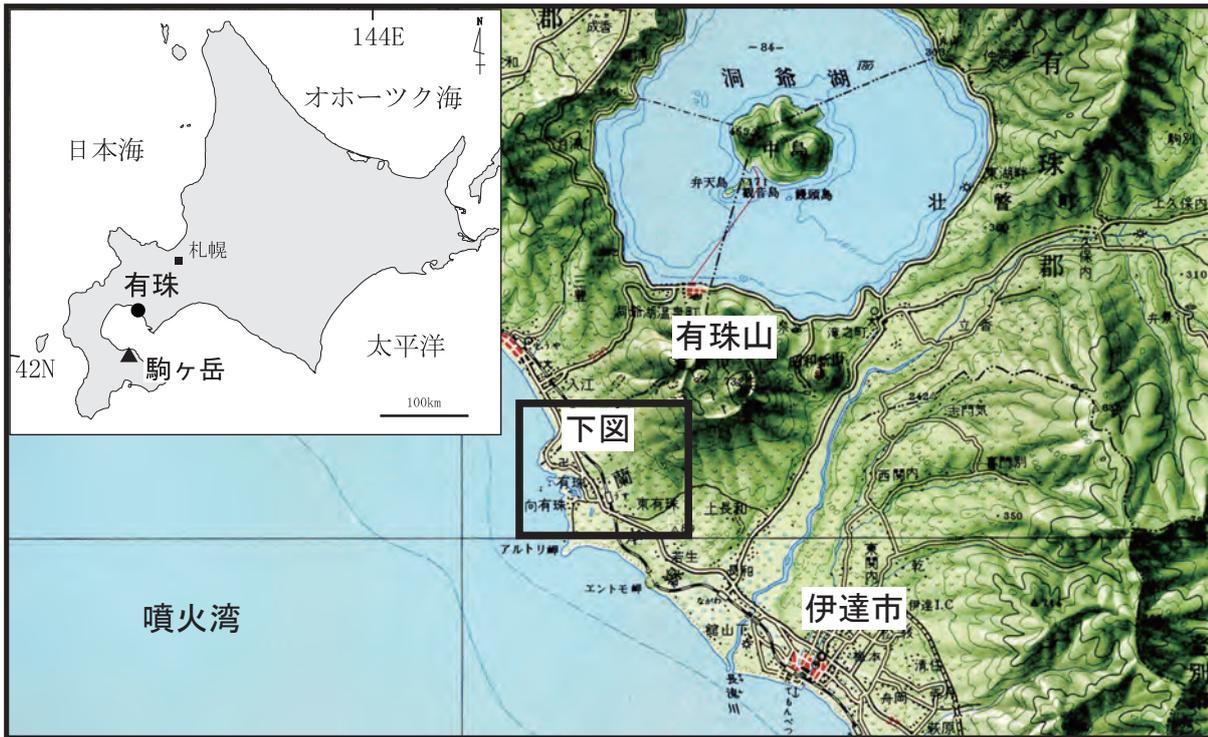


図1. 調査位置図（上図は国土地理院発行 200000 分の 1 地勢図「室蘭」の一部を、下図は 25000 分の 1 地形図「虹田」の一部を、それぞれ基図として使用）

本遺跡で見られる基本的な地質層序は以下の通りである (図2)。

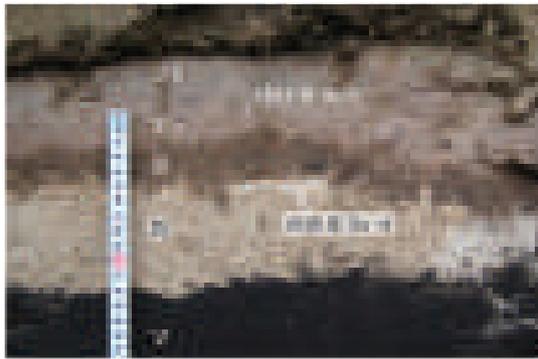


図2. 地質層序の一部 (II~V層)

I層: 表土、現代の耕作土。層厚約35cm。

II層: 1663年の有珠山噴火火山灰 (Us-b)。層厚最大約25cm。色調、堆積構造等から上部 (IIa: 暗オリーブ色) と下部 (IIb: 桃色) に区分。

III層: 黒褐色有機質土壌 (砂質シルト)。層厚約3cm。

IV層: 1640年の駒ヶ岳噴火火山灰 (Ko-d、白色) および細粒~中粒砂からなる津波堆積物。層厚は最大12cmで、Ko-dは最上位にレンズ上に堆積。

V層: 黒色~黒褐色有機質土壌 (砂質シルト)。層厚約20cm。下部に10世紀中頃の白頭山苦小牧火山灰 (B-Tm) がレンズ状に堆積。

VI層: 明褐色中粒砂 (10世紀以前に形成された砂丘)。

このうち、II・V層は発生年代が明らかになっている火山性イベントによる堆積物であることから、これらとの層位関係によって遺構の年代を①1640年以前、②1640~1663年、③1663年以降に細分することができる。このため、遺構の時間幅を絞り込んだ分析や検討が可能であり、人々の営みや災害との関わりを具体的に探ることができる。

カムイタプコブ下遺跡は、本研究の前身であるJSPS 科研費23720391 (2011~2013年度) およびJSPS 科研費15H03272 (2015~2018年度) によ

て継続的に発掘調査を実施してきており、これまでの調査では、噴火湾沿岸域で初となる1640年以前のアイヌ民族の住居跡や、1640~1663年の複数の柱穴や貝塚、1663年以降の墓址などを確認し、また、アイヌ文様が彫られた動物骨製の銚頭の破片が出土するなど、この地にアイヌ民族の集落が存在していたことを明らかにした (添田ほか2019)。さらに、1640~1663年の畑跡では球状の作物痕跡を複数確認し、周辺土壌の残存デンプン粒分析や現代の畑を利用した作物の放置実験により、根菜類が栽培されていた可能性を明らかにした (青野ほか2021)。

1-2. 発掘調査成果

2019年度と2020年度の発掘調査は、新型コロナウイルスの感染対策のため、最小限の人数で範囲を限定して行う結果となった。

2019年度の調査では、幅30cm、深さ数十cm、長さ数mのトレンチを南北方向に数本掘り、遺構の分布を確認するまでを目的とした。結果、貝塚 (SM005) の一部と1640年~1663年の畑跡を確認し、遺構全体の把握は翌年に実施することとしたが、SM005の一部を掘り下げて断面観察を行ったところ、貝層の直上にIV層の津波堆積物が確認され、その形成時期が1640年以前であることが判明した。さらに年代を絞り込むため、貝塚の最下部層から採取した炭化材1点についてAMS法による¹⁴C年代測定を実施した (測定機器: コンパクトAMS NEC製1.5SDH、測定: 株式会社パレオ・ラボ)。得られた¹⁴C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C年代と暦年代を算出した。暦年較正にはOxCal4.4 (較正曲線データ: IntCal20) を使用した。

測定および暦年較正の結果は、15世紀後半~17世紀初頭を示した (表1)。したがって、津波堆積物との層位関係から、SM005は15世紀後半~1640年の間に形成されたと推定される。なお、2枚貝類の殻に有機質 (タンパク質) の蝶番靱帯

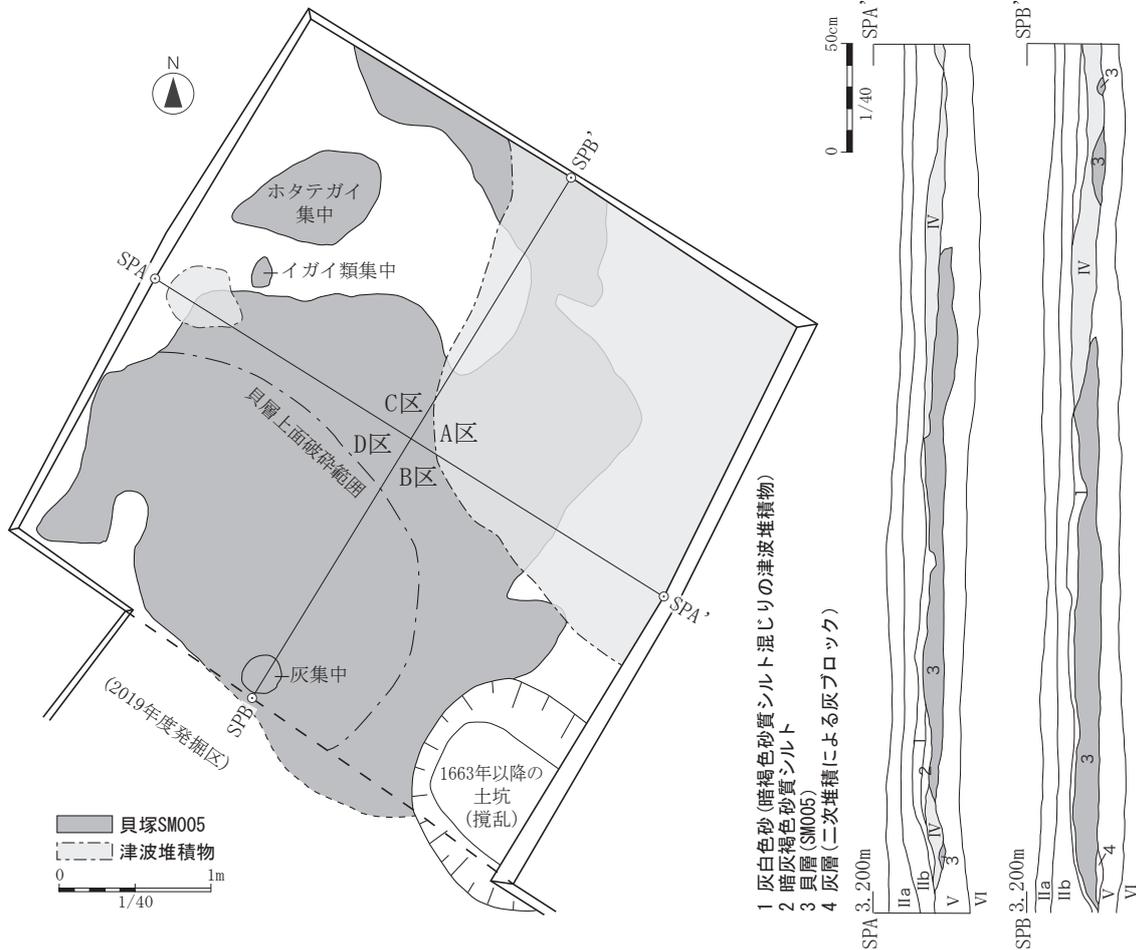
表1. 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	¹⁴ C年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	¹⁴ C年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-39784 試料: 炭化材	-28.88 \pm 0.20	373 \pm 19	375 \pm 20	1460-1465 cal AD (4.77%) 1467-1504 cal AD (42.18%) 1597-1617 cal AD (21.32%)	1455-1522 cal AD (61.42%) 1575-1624 cal AD (33.85%) 1627-1628 cal AD (0.18%)

Post-bomb NH1 curve: Hua et al 2013, Reimer et al 2020

が残されている個体や、左右の殻が靱帯で連結した状態の個体も確認されたことから、貝塚が形成後に比較的短時間で津波が発生した（靱帯が風化や分解等で消失する前に津波堆積物が上位に堆積し貝塚が保存された）可能性も窺える。

2020年度は、前年度の発掘成果をふまえ、遺構の全体把握のため広範囲を発掘する予定であったが、新型コロナウイルス感染症対策のため、SM005のみを発掘することにした(図3)。まず、SM005の規模や堆積状況を詳細に把握するため、検土杖調



SM005全景



セクションラインBの壁面(最上位はII層1663年Us-b火山灰) ※遺物取り上げ後に撮影



IV層1640年津波堆積物に覆われた貝層(A区)



貝層上面の破碎貝類(D区)



ホタテガイ集中(C区、中央)

図3. 貝塚SM005の検出状況(2020年度発掘)

査によって貝塚の分布が想定された4m×4m(調査面積16㎡)の調査区を設定し、さらに2m四方の4区画(A~D区)に分割して、区画ごとに遺構・遺物の有無や堆積状況を確認しながら貝塚の上面まで掘り下げ、写真撮影や記録を終えた後に全ての動物遺存体と人工遺物の取り上げを行った。

検出されたSM005の面積は約10㎡で、貝層の厚さは最大約15cmであった。貝層はB区が最も厚く、北側に向けて徐々に厚みを減じ、調査区北西壁付近では散在的な分布になる。IV層の津波堆積物は、調査区東側を中心に貝層を覆い、A区では貝層上に約10cmの厚さで堆積し貝殻間の隙間にも入り込んでいた。一方、D区とC区の一部では津波堆積物の一次堆積は薄く、二次堆積の灰白色砂(1層)が2cm程貝層を覆っていたが、D区の大部分では津波堆積物・灰白色砂ともにほとんど認められなかった。これは、調査区周辺の地形が西側の丘(カムイタプコブ)から緩やかに傾斜していることによると考えられる。津波堆積物が確認された標高は最高で3.08mであった。

津波堆積物で覆われた範囲の貝層はアサリを主体とする完形の貝殻が大半を占めるが、D区の貝層上層部約1cmの貝殻は細かく割れていた(図3)。これは1640年の津波後もこの地で生活を継続した人々の活動で、一部地表に露出していた貝層上面が破碎したためと考えられる。貝層の最下層には、ホタテガイ・イガイ類・ウチムラサキガイ等の大型貝類が多くみられ、その上にウニ・魚骨を主体とする層が5mm程堆積するという傾向が認められた。これは、特にB区で顕著であった。また、貝種ごとにブロック状に集中する箇所が確認され、C区では長径約1m、短径約0.6mの楕円形の範囲にホタテガイが集中していた(図3)。

人工遺物については、骨角器片や鉄製品の一部などが確認された。また、貝塚南西端部において径約25cm、厚さ約3cmの灰集中が確認された。この灰集中は焼土を伴わないことから、外部から持ち込まれたもので、本貝塚の「送り場」的な性格を示していると考えられる。(文責：永谷)

1-3. 動物遺存体

貝塚は、動物遺存体を定量的に把握するため、貝層を全量採取し、5mm・3mm・1mm・0.5mmのフルイを用いて水洗選別を行った。現時点で出土が確認されている動物遺存体は、以下の通りである。

斧足綱：アサリ、ヌノメアサリ、マガキ、ウチムラサキガイ、ウバガイ、イガイ、エゾヒバリガイ、ホタテガイ、オオノガイ、シオフキガイ

腹足綱：ツメタガイ、ヒメエゾボラ、エゾチヂミボラ、オオウヨウラクガイ、タマキビ、ウミニナ、クボガイ

ウニ綱：キタムラサキウニ

軟骨魚綱：ツノザメ属

硬骨魚綱：ニシン科、カレイ科、メバル科、アイナメ属、マダラ、ヒラメ、マグロ属、タウエガジ科

鳥綱：種不明の鳥類

爬虫綱：オサガメ

哺乳綱：キタオットセイ、マイルカ上科

なお、発掘現場では、アサリが密に堆積する中で、ツメタガイがまとまって出土する箇所も散見された。魚類ではニシン科やカレイ科、メバル科が多く、中でもニシン科の椎骨が多い。5mmほどの椎骨が多く見られたため、春に沿岸域を産卵回遊する大型の個体を利用したとみられる。メバル科では、椎骨をはじめ鰓蓋骨など頭部の骨が多くみられた。体長は小型の個体(約20cm)から大型の個体(約40cm)も見られた。哺乳類では、キタオットセイの上腕骨やマイルカ上科の椎骨、鹿角の破片などが見られたが、出土量は多くない。キタオットセイは、冬~春にかけて噴火湾沿岸を回遊する個体と思われる。哺乳類のほか、鳥類と思われる骨やオサガメの左肩甲骨も出土したが、やはりこれらの出土量も少ない。

カムイタプコブ下遺跡では5基の貝塚が検出されており、これまでにSM002(1640年以前)およびSM004(1640年~1663年)の同定に着手してきた。今回調査されたSM005も含めて、アサリが中心となること、ニシン科やカレイ科、メバル科などの魚類が多く含まれ、さらにキタオットセイを中心とした哺乳類が出土するという共通点があるが、貝塚によってそれぞれの出土の割合が異なることも分かってきた。特にSM002ではキタオットセイの骨が多量に含まれており、こうした出土量の違いが何に起因するのか調べる必要がある。今後、より詳細な動物遺存体の同定及び集計を行うとともに、サンプリングした試料の貝殻成長線分析等を実施し、貝塚の季節性も含めて、当時の生業活動を詳細に把握する予定である。(文責：三谷)

2. ホタテガイ殻製灯明皿の残存脂質分析

2-1. はじめに

古代人の食生活を検討する手段の一つに、人々が使用した土器に残存している食材の主要成分である有機物質、特に脂質を分析する手法が知られている。古代人の食材は、年月を経ると土壤中の微生物や酸性土壌によって分解され、炭化物になったものや土器に痕跡として残されたもの以外は残らないとされていた。しかし、たとえば土器で調理した場合、土器胎土内部に浸透した食材中の有機物は、水に溶けにくいため、雨などに洗い流されることなく周辺の環境から守られて、現代まで残っていることがわかってきた(宮田ほか 2013、2015、Miyata et al 2009、2016)。不安定な不飽和脂肪酸やグリセリドなどは分解されやすいが、安定に残存する脂質やその分解生成物も多く、特定の食材を調理した際の痕跡を示すバイオマーカーとして利用できる物質もある。

ここでは、カムイタブコブ下遺跡出土のホタテガイ殻製灯明皿(ラッチャコ)を試料とし(写真1)、付着炭化物に残存する脂質組成をガスクロマトグラフ質量分析法(GC-MS)で測定してバイオマーカー分析を行うと同時に、主要な脂肪酸であるパルミチン酸、ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成($\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$)を燃焼炉付ガスクロマトグラフ質量分析法(GC-C-MS)で分析し、灯明皿で利用された燃料の起源推定を行った。



写真1. カムイタブコブ下遺跡出土のホタテガイ殻製灯明皿

2-2. 試料と分析方法

このホタテガイ殻製灯明皿は、1640年津波堆積物の下位で検出された住居跡の床面から出土したもので、炉跡で採取した炭化物(アワと材)を用いた ^{14}C 年代測定値から、この住居は15世紀後半から16世紀まで使用されていたと推定されている(添田ほか 2019)。

灯明皿に付着した炭化物(HKDT 1)の脂質の抽

出にあたっては、Correa-Ascencio and Evershed (2014)とPapakosta et al. (2015)を参考に改良した直接メチル化脂質抽出分析法を用いた。測定までの手順は以下の通りである。

【直接メチル化脂質抽出分析法】

1. 炭化物試料粉末を試験管に入れ、メタノール2mLを加え、超音波洗浄機で15分振とう後、さらに200 μL の硫酸を加え、70 $^{\circ}\text{C}$ で4時間加温する。
2. メタノール溶液中の脂質をn-ヘキサン溶液で抽出し、ヘキサン層を新たな試験管に分離する。この操作を3回繰り返す。
3. ヘキサン溶液に固体炭酸カリウムを加え、中和する。
4. 中和したヘキサン溶液を、窒素気流中でおだやかに蒸発乾固させ、残存脂質を得る。
5. 抽出した脂質に、内部標準として C_{34} アルカンを加え、測定前に*N,N*-Bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) 溶液でトリメチルシリル化(TMS)化し、試料溶液とする。
6. 水素炎イオン化型検出器(FID)付ガスクロマトグラフ分析装置で脂質組成と含有量を確認する。
7. ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)で、脂質組成を測定する。
8. 燃焼炉付ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-C-IRMS)で、パルミチン酸、ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成($\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ (‰)、 $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ (‰))を測定する。

測定は東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室(MALT)に設置した分析装置を用いた。使用した分析装置と標準試料は以下の通り。

【分析装置】

FID付ガスクロマトグラフ分析装置(GC)；GC-2014(島津社製)、ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)；Thermo ISQ LT GC-MS(Thermo Fisher Scientific社製)、燃焼炉付ガスクロマトグラフ同位体比質量分析装置(GC-C-IRMS)；ガスクロマトグラフ/Agilent7890B(Agilent Technologies社製)・燃焼炉/GC5(Elementar UK社製)・質量分析計/Isoprime(Micromass社製)、元素分析計安定同位体比質量分析装置(EA-IRMS)；元素分析計/EuroEA 3028-HT(Eurovector UK社製)・質量分析計/IsoPrime(Micromass社製)

【標準試料】

脂肪酸エステル 8 種混合ヘキサン溶液 F8-2
(Indiana 大学)

2-3. 結果と考察

カムイタプコブ下遺跡出土ホタテガイ殻製灯明皿 (ラッチャコ; HDDT-1) の付着物に含まれる脂質中の主要脂肪酸であるパルミチン酸、ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成 ($\delta^{13}C_{16:0}$ (‰), $\delta^{13}C_{18:0}$ (‰)) を表 2 に記す。

図 4 はその抽出したパルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成を、現生日本産生物データのそれと比較して示したものである。

表 2. パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成

HDDT	$\delta^{13}C_{16:0}$	$\delta^{13}C_{18:0}$
-#	‰	‰
1	-26.7	-25.8

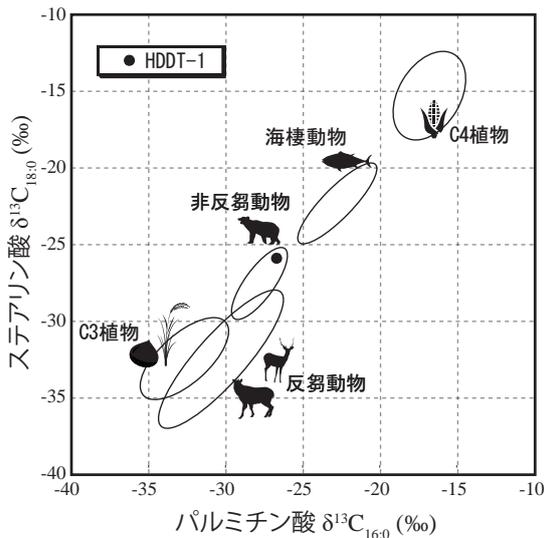


図 4. パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成と現生日本産生物データとの比較

HDDT-1 から抽出したパルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成は、現生の非反芻

動物 (エゾシカ以外の陸獣類) の端成分領域にプロットされた。したがって、分子レベル炭素同位体組成からみると炭化物に含まれていた脂質は、陸獣を主体とする脂質と考えられる。次に、脂質組成からバイオマーカー分析を行った (表 3)。

$C_{15:0} \sim C_{30:0}$ の直鎖飽和脂肪酸とともに、僅かながらコレステロールなどの動物性ステロール類を含んでいる。また、水棲動物のマーカーであるプリスタン酸、フィタン酸、TMD などのイソプレノイド類や APAA という環状脂肪酸も検出されないため、魚などの水棲動物を煮炊きした痕跡ではなさそうである。APAA は天然にはほとんど存在しないが、不飽和脂肪酸が 270°C ないし 300°C 以上に加熱されると、生成する有機物である。したがって、APAA という化合物が炭化物中に存在しないということは、ホタテガイ殻製灯明皿に含まれる油脂類が、通常の調理とは異なり、あまり高温まで加熱されていないことを示唆しているのかもしれない。したがって、ホタテガイ殻製灯明皿 (HDDT-1) のバイオマーカー分析の結果は、陸獣を主体とする脂質という分子レベル炭素同位体分析の結果と整合的である。

2-4. まとめ

分析の結果、燃料として利用された油脂の起源は、海獣類やニシン・イワシなどの海産魚類などを起源とするのではなく、クマやタヌキなどの陸獣を主体とするものと推定された。

近世の日本 (蝦夷地を除く) で灯明皿に使用されていた油は、菜種油や綿実油、海獣類や海産魚類の油などが知られ、当時の蝦夷地を統治していた松前藩や和人地においても、同様であったと推定される。例えば、福山城下町遺跡から出土した灯明皿の残存脂質分析では、海産魚類の油が使われていた可能性が報告されている (関根ほか 2020)。一方、これまで近世のアイヌ民族が灯明皿 (ラッチャコ) に使用していた油については、遺跡から出土したラッチャコを用いた分析などの研究例は無かった。有珠湾周辺のコタンでは主に海

表 3. 脂質組成

Sample No.	長鎖炭化水素	飽和脂肪酸	不飽和脂肪酸	グリセリド	長鎖アルコール	イソプレノイド類	ヒドロキシ脂肪酸	ジアシッド	芳香族を含む脂肪酸 (APAA)	mid chain ketone	ステロール類	コメント
HDDT 1	-	$C_{15:0}, C_{16:0}, C_{16:0br}, C_{17:0}, C_{17:0br}, C_{18:0}, C_{18:0TMS}, C_{20:0}, C_{22:0}, C_{24:0}, C_{26:0}, C_{28:0}, C_{30:0}$	$C_{16:1}, C_{18:1}$	-	-	-	-	-	-	-	コレステロール (vvs)	SiO, Tributylphosphate, $C_{15:0}$ と $C_{20:0}$ はvvs

br = branched

獣類や海産魚類の油を使用していたと推定されるが、今回の分析によって陸獣起源の油も使用していた可能性が明らかとなった。

今後、同一や周辺地域、文化や時期、時代の異なる灯明皿の分析事例を増やし、遺跡立地や出土遺物の検討など考古学的な制約条件なども加えることにより、より具体的に燃料を特定できるように検討していきたい。(文責：宮田)

3. 「刀帯」の¹⁴C年代測定について

3-1. はじめに

アイヌ民族に関する研究は、一部の骨角器や漆器を除けば、遺跡からの出土資料と現存する民具資料の議論が個別に進められている。そのため、伝世する民具資料の中に、製作年代が出土資料と重なるものが含まれる可能性を確かめる必要がある。例えば、アイヌ民族の物質文化のうち「民具」にカテゴリ化される伝世品については、近年になって主に形態に基づいた分類が進んでいるものの、各分類群間の年代学的関係は十分な検討が加えられているとは言い難い。そこで今回は、北海道博物館が所蔵する刀帯3点から剥落した靱皮繊維の糸について AMS 法による¹⁴C年代測定を実施した。刀帯(写真2)を選択したのは、伝統的に宝物として扱われてきたために相対的に古いものが



写真2. 刀帯 (北海道博物館所蔵：収蔵番号 106008)

含まれている可能性があること、木本の樹皮及び一年生草本の表皮を素材とするため製作年代に近い数値が期待できることによる。なお、¹⁴C年代測定機器や暦年校正の手法などは、1章第2節(出土炭化材の年代測定)で記したそれと同様である。

3-2. 資料の型式学的位置付け

刀帯は文様部分の緯糸に木綿糸を使用しないグループ(I b2 類)→木綿糸と靱皮糸を併用するタイプ(I b4 類)→木綿糸のみを使用するグループ(I b4 類)の変遷が考えられている(大坂 2017)。

今回分析対象としたのは、I b2 群 1 点、I b4 群 2 点である(表 4)。

表 4. 分析対象資料

収蔵番号	分類	収集年	収集地
23111	I b2 類	不明	不明
27147	I b4 類	1942 年以前	平取町カ
106008	I b4 類	1930 年	平取町二風谷

3-3. 測定結果と若干の考察

3 点ともに測定結果は較正曲線に存在する 17 世紀以降の平坦部にかかり、17 世紀後半から 20 世紀中盤の複数の暦年代が示されている(表 5)。

No. 106008(写真 2)は 1930 年に収集され、収集時点で既に破損が進んでいたこと、型式学的に後続する I b5 類の製作過程にある資料が 1900 年代以降に複数収集されていることから、1 σ 暦年代範囲 1940~1954cal AD、2 σ 暦年代範囲 1926~1954cal AD の範囲を除外し、1 σ 暦年代範囲 1665~1800cal AD、2 σ 暦年代範囲 1661~1806cal AD の間に製作されたものと考えられる。

No. 27147 は 1942 年以前に収集されているため、2 σ 暦年代範囲 1954~1955cal AD の範囲は除外し、1 σ 暦年代範囲 1698~1908cal AD、2 σ 暦年代範囲 1694~1917cal AD の間に製作されたものと考えられる。

No. 23111 は型式学的には上記 2 点よりも古く位置付けられるものの、暦年代範囲の山は広い範囲にまたがっている。

今回の分析結果は、I b2~I b4 類の製作年代が 17 世紀後半から 20 世紀初頭の間にあることを示す。今後は、較正曲線の平坦部を抜け、小氷期中頃に相当するような、より古い年代を示す I b2 類の存非を確認することが課題である。(文責：大坂)

表5. 放射性炭素年代測定および暦年較正の結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
PLD-40619 試料No. 1 遺物No. 23111	-25.70 \pm 0.20	160 \pm 19	160 \pm 20	1672-1690 cal AD (13.04%) 1728-1744 cal AD (11.95%) 1745-1746 cal AD (0.90%) 1747-1766 cal AD (14.07%) 1772-1778 cal AD (3.70%) 1798-1809 cal AD (8.23%) 1921-1943 cal AD (16.37%)	1667-1697 cal AD (16.58%) 1723-1782 cal AD (36.77%) 1796-1813 cal AD (10.12%) 1836-1880 cal AD (10.39%) 1912-1950 cal AD (21.13%) 1952-1954 cal AD (0.46%)
PLD-40620 試料No. 2 遺物No. 27147	-27.41 \pm 0.25	89 \pm 20	90 \pm 20	1698-1722 cal AD (23.80%) 1814-1834 cal AD (21.71%) 1882-1884 cal AD (1.25%) 1888-1908 cal AD (21.52%)	1694-1726 cal AD (27.34%) 1811-1840 cal AD (25.36%) 1841-1863 cal AD (7.51%) 1865-1873 cal AD (2.71%) 1877-1917 cal AD (32.38%) 1954-1955 cal AD (0.15%)
PLD-40621 試料No. 3 遺物No. 106008	-23.94 \pm 0.19	189 \pm 18	190 \pm 20	1665-1681 cal AD (14.95%) 1740-1753 cal AD (12.70%) 1762-1784 cal AD (21.79%) 1795-1800 cal AD (4.91%) 1940-1954 cal AD (13.91%)	1661-1686 cal AD (19.76%) 1731-1789 cal AD (45.94%) 1792-1806 cal AD (8.92%) 1926-1954 cal AD (20.84%)

Post-bomb NH1 curve: Hua et al 2013, Reimer et al 2020

4. おわりに

以上、2019～2020年度に実施したカムイタプコプ下遺跡の発掘調査概要と関連分析について速報した。

貝塚SM005については、全ての動物遺存体をサンプリングしたことにより、大型の二枚貝（ウバガイ）の殻を複数採取できた。これまで本遺跡では、貝塚出土アサリを用いた成長線解析と安定同位体分析（古環境復元）によって、当時は現在より冬が長かった可能性を示すデータが得られており（添田ほか 2019）、今後はアサリよりも長寿命のウバガイを用いて分析することで、さらに長期間の古環境復元が可能となる。これにより、当時の環境への人々の対応が検討可能となっていく。例えば、本遺跡の畑跡に関する研究では、1640～1663年当時、根菜類（カブ）を栽培していた可能性を明らかにしたが（青野ほか 2021）、1823年に著された『蝦夷生計図説』には、寒い北海道でもヒエとアタネ（カブ）がよく育ちアイヌ民族を助けていたと記載があり、17世紀においてもアイヌ民族が小氷期という自然災害に対応し、寒さに強い作物を主体として農耕をしていたことが窺える。

また、当時のアイヌ民族の住居に関する研究として、現在、カムイタプコプ下遺跡で検出された

柱穴を元に住居の復元に関する研究も進めており、2020年度は、比較検討用の資料として、千歳市美々8遺跡から出土した、17世紀の柱材のレプリカを作製するなど、小氷期（寒冷環境）に対応した住居の可能性（構造）について検討を進めている。

2021年度以降は、（1）遺跡の直上を覆う1663年有珠山噴火の火砕サージ（高温・高速で山体を流下してくる火山噴出物）の残留磁化を測定して温度を推定し、当時の噴火が人々へ与えた影響を探る、（2）有珠地区や噴火湾沿岸の遺跡から出土するラッコ骨（千島ラッコ：現在は噴火湾に生息せず、より寒冷な千島列島で繁殖・分布）の年代測定と同位体分析、および古代DNA分析を行ってかつての生息域を検討し、環境およびアイヌ民族の生業との関係を探る、（3）噴火で埋没した畑跡の地中レーダー探査による検出を試みる、などの調査・分析を計画している。これらの成果と遺跡の発掘調査によって、当時の生活環境に関する新たな考古学的データを蓄積しつつ、人々が自然災害（巨大噴火や津波、小氷期）にどのように対応していたのかを明らかにしていく所存である。

謝辞

現地調査と関連分析の実施ならびに成果公表にあたっては、カムイタプコブ下遺跡の土地所有者である矢内順一氏、伊達アイヌ協会の木村国夫会長、伊達市教育委員会の山根一志課長(当時)、伊達市噴火湾文化研究所の櫛田太郎所長(当時)、西本豊弘噴火湾文化専門委員、国立科学博物館動物研究部脊椎動物研究グループの川田伸一郎研究主幹、東北芸術工科大学歴史遺産学科3年の武田寛成氏、北海道博物館アイヌ民族文化研究センターの小川正人センター長、亀丸由紀子学芸員、北海道埋蔵文化財センターの立田 理氏、田口 尚氏、伊達市健康福祉部社会福祉課の戸ノ崎郁美氏、石田組土建株式会社にご多大なご協力を頂いた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究はJSPS 科研費 19H01352 の助成を受けて行われた。

引用文献

青野友哉・渋谷綾子・添田雄二・永谷幸人 2021 「作物痕跡の形状解析による栽培作物同定と残存デンプン粒分析との照合の試み」『文化財科学』82 : pp. 1-20.

Correa-Ascencio, M. and Evershed RP. (2014) High throughput screening of organic residues in archaeological potsherds using direct acidified methanol extraction. *Analytical Method* 6, 1330-1340.

Esper, J., Wilson, R. J. S., Frank, D. C., Moberg, A., Wanner, H. and Luterbacher, J., 2005, Climate: past ranges and future changes. *Quaternary Science Reviews* 24: 2164-2166.

宮原ひろ子 2014 『地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか』化学同人。

Miyata, Y., Horiuchi, A., Kondo, M., Onbe, S., Yoshida, K., Nagao, S., Paleo Labo AMS Dating Group and Nishimoto, T. (2016) Marine reservoir effects deduced from 14C dates on pottery residues, bones, and molluscan shells from the Hamanaka 2 archaeological site, Rebun Island, Hokkaido, Japan. *Radiocarbon* 58, 755-770.

宮田佳樹・堀内晶子・Lucy Cramp・南雅代・中村俊夫・Richard Evershed 2013 「礼文島浜中2遺跡出土土器の脂質分析」『日本文化財科学会第30回大会要旨集』: pp. 334-335.

Miyata, Y., Horiuchi, A. Paleo Labo AMS Dating Group and Nishimoto, T. (2009) Trace

of sea mammals on pottery from the Hamanaka 2 archaeological site, Rebun Island, Japan: Implications from sterols, stable isotopes, and radiocarbon dating. *Researches in Organic Geochemistry* 25, 15-27.

宮田佳樹・堀内晶子・高田秀樹・中村俊夫 2015 「土器胎土脂質分析による海獣資源利用の評価—礼文島浜中2遺跡、真脇遺跡出土土器など—」『日本文化財科学会第32回大会要旨集』: pp. 40-41.

中村有吾・平川一臣 2002 「有珠山1663年噴火と有珠bテフラに関する新知見」『歴史地震』18 : pp. 123-126.

西村裕一・宮地直道 1998 「北海道駒ヶ岳噴火津波(1640年)の波高分布について」『火山』43(4) : pp. 239-242.

大坂 拓 2017 「アイヌ民族の刀帯一分類群の共時的分布と通時的変化—」『北海道博物館アイヌ民族文化研究センター研究紀要』2 : pp. 1-32.

Papakosta, V., Smittenberg RH., Gibbs Kevin., Jordan P., Isaksson S. (2015) Extraction and derivatization of absorbed lipid residues from very small and very old samples of ceramic potsherds for molecular analysis by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and single compound stable carbon isotope analysis by gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry (GC-C-IRMS). *Microchemical Journal* 123, 196-200.

関根達人・米田 穰・宮田佳樹・宮内信雄・堀内晶子・吉田邦夫 2020 「福山城下町遺跡の地鎮に使われた灯明皿とその油種」『北海道考古学』56 : pp. 71-78.

添田雄二 2012 「地中に残された先史時代以降の巨大津波痕跡—」『北海道・東北地方の研究例-北海道・東北史研究』8 : pp. 8-17.

添田雄二・青野友哉・永谷幸人編 2019 『伊達市カムイタプコブ下遺跡発掘調査報告書—近世アイヌ文化期の集落—』北海道博物館・伊達市噴火湾文化研究所。

添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・石井正之 2004 「北海道東部太平洋沿岸域、史跡国泰寺跡および汐見川低地において認定された先史時代の巨大津波イベント—津波堆積物認定の際の堆積学的解析と珪藻遺骸分析併用の重要性—」『地質学論集』58 : pp. 63-75.

ICCP-Bulletin 2020

受託事業報告書



令和2年度 修復・調査研究一覧

受託名	委託者	期間	担当者
善寶寺五百羅漢像保存修復業務	宗教法人善寶寺	2020.04.01～2023.03.31	柿田喜則 笹岡直美 井戸博章
要行寺 一搭両尊像一式修復	宗教法人要行寺	2019.04.01～2020.12.31	笹岡直美
法音寺東洋絵画修復業務	宗教法人八海山法音寺	2019.06.07～2021.03.20	杉山恵助 元 喜載
大林寺礼拝堂襖絵保存修理業務	守屋木材株式会社	2019.12.23～2022.03.31	杉山恵助 元 喜載
大林寺礼拝堂襖絵複製品製作業務	守屋木材株式会社	2020.01.20～2020.06.30	杉山恵助 元 喜載
「米沢城鳥瞰図」応急修理業務	公益財団法人米沢 上杉文化振興財団	2020.04.17～2020.07.20	杉山恵助 元 喜載
重要文化財「鳥居」に係る石材 強化処理実験等業務委託	山形県山形市	2020.04.21～2021.03.31	石崎武志
花巻城跡出土木製品保存処理業務	岩手県花巻市	2020.05.01～2020.10.31	米村祥央
上杉博物館館蔵資料修理業務	公益財団法人米沢 上杉文化振興財団	2020.06.01～2021.03.31	杉山恵助 元 喜載
大日如来堂欄間彫刻・蟬股彫刻 の保存修復業務	大日如来堂	2020.06.01～2022.03.31	笹岡直美
令和2年度 遊佐町船絵馬作品 調査事業	山形県遊佐町	2020.07.01～2021.03.19	杉山恵助 元 喜載
お掛け絵「聖母子」複製品製作事業	特定非営利活動法人世界 遺産長崎チャーチトラスト	2020.08.01～2020.10.31	杉山恵助 元 喜載
ド・ロ版画の作品調査及び「最 後の審判」本格解体修理	特定非営利活動法人世界 遺産長崎チャーチトラスト	2020.10.01～2021.09.30	杉山恵助 元 喜載
金山氏所蔵木彫彩色像3体の修 復業務	個人	2020.08.01～2021.03.15	藤原 徹
新潟市北区郷土博物館資料調査	新潟県新潟市	2020.08.25～2021.03.31	米村祥央
酒田市所蔵作品修復業務	山形県酒田市	2020.08.18～2020.10.31	米田奈美子
三内丸山遺跡南盛土保存処理業務	三内丸山遺跡センター	2020.08.24～2021.01.29	石崎武志 米村祥央
令和2年度特別史跡毛越寺境内 附鎮守社跡保存修理事業遣水景 石の凍結破壊防止のための樹脂 材料の調査及び遣水周辺環境に 関する調査	宗教法人毛越寺	2020.04.25～2021.03.31	石崎武志
東根市所蔵作品保存修復業務委託	山形県東根市	2020.08.27～2021.03.31	米田奈美子
十字字天満神社御神体修復事業	宗教法人天満神社	2020.10.01～2023.03.31	杉山恵助 元 喜載
令和2年度山形市指定文化財現 況調査業務委託	山形県山形市	2020.11.01～2021.03.26	青野友哉

受託名	委託者	期間	担当者
大阪府立狭山池博物館 木製枠工及び堤体等保守点検業務	大阪府富田林土木事務所	2020.12.08～2021.03.18	米村祥央 石崎武志
十文字天満神社宮殿型厨子修復	宗教法人天満神社	2020.11.01～2023.03.31	笹岡直美 井戸博章
服部興野船絵馬修理業務	山形県遊佐町	2020.07.09～2020.12.10	杉山恵助 元 喜載
令和2年度花巻市博物館所蔵花巻人形彩色調査研究業務	岩手県花巻市	2020.12.11～2021.03.25	米村祥央
「大名行列絵図（秋元氏山形入部）」応急修理業務委託	山形県山形市	2021.02.15～2021.03.31	杉山恵助 元 喜載

三内丸山遺跡南盛土保存処理

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

1. 現場の状況

令和2年9月1日の、三内丸山遺跡「南盛土」の露出展示の全景を写真1に示す。遺構面にある土器が土埃、白色の析出物などで汚れている状況が見られた。また、遺構面にも、塩類の析出が見られた。今回は、全体的に昨年より乾燥した状況であった。



写真1. 南盛土の全景写真

2. 遺構面の清掃

遺構面の塩類の析出している箇所について、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。



写真2. 遺構面の清掃状況

遺構面の土器での塩類の発生および土の堆積状況を、写真3に示す。



写真3. 遺構面に析出した塩類および土の堆積状況

遺構面の土器に影響を与えないように、十分注意しながら、ブラシ等で、土および塩類の除去を行った。塩類および土除去後の状況を写真4に示す。

3. 遺構の剥落部分の修復作業

遺構に剥落が見られた。剥落部分には、発注者から提供された黒色系土壌を粉砕し、適度の水を加えて補填した。写真5は、土の準備状況を示している。また、写真6は、剥落部分に土を貼り付ける作業を示している。



写真5. 修復に使う土の準備状況



写真6. 遺構面の修復作業を行っている様子



写真7. 強化剤を遺構壁面に噴霧している様子

4. 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ためにシリコン樹脂を含む強化剤 (wackerOH100) を、刷毛、および噴霧器等を用いて塗布した。遺構面に強化剤を噴霧している様子を、写真7に示す。

5. 南盛土遺構面の三次元計測

1. 現場の状況に関して、より定量的に現状を把握するため、カメラを用いたSFM (Structure From Motion) という方法で、遺構面の三次元測量を行った。この結果を図1、図2、図3に示す。図1は、南盛土遺構面を通路側上方から見た状況を示している。また、図2は、図1の左側遺構面の合成画像、図3は図1の右側断面の合成画像である。



図1. 南盛土遺構面を通路側上方から見た状況 (図上が西方向)



図2. 南盛土遺構面の通路側から左側の面の合成写真（遺構面は北向き）



図3. 南盛土遺構面の通路側から右側の面の合成写真（遺構面は南向き）

毛越寺庭園遣水周辺環境に関する調査

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

1. 調査の概要

平成27年11月3日(月)に、毛越寺庭園遣水の景石周囲の気温、湿度を測定するためのデータロガーを設置し現在も継続して計測を行っている。また、景石の表面および、地表面を、遣水下流部分、遣水上流部分でも同様に測定を継続している。測定間隔は30分である。本年度も11月27日より、タイムラプスカメラを設置し、1日に一回、遣水上流部分の積雪状況を観察した。

2. 観測結果

2-1. 気温測定結果

2020年11月1日から2021年3月11日の測定期間での日平均気温の測定結果を図1に示す。実線は、現地での測定結果、破線は、一関市(岩手県)の気象庁のアメダス地点の測定結果である。一関のアメダス地点は、現地よりほぼ7kmの距離にある。現地の測定結果とアメダス地点の測定結果とはほぼ対応している。

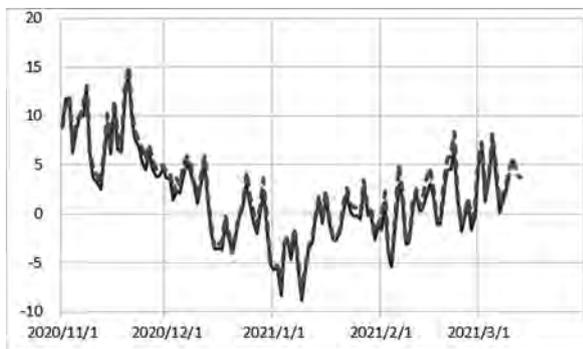


図1. 日平均気温の測定結果(実線)、一関アメダス地点の測定結果(破線)(2020年11月1日から2021年3月11日)

また、図2には、30分ごとの気温データを示している。測定結果から、最低気温は、1月9日(土)早朝6:00に記録された -15.1°C である。

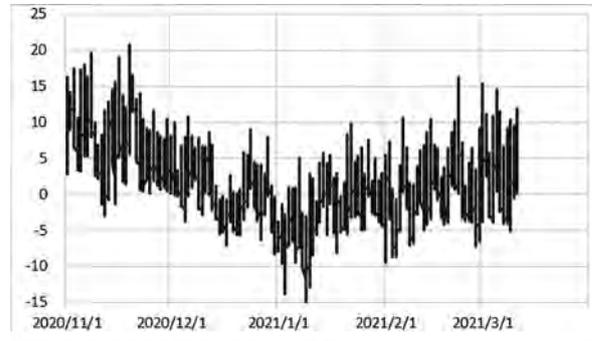


図2. 気温の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

2-2. 積雪量測定結果

2020年11月1日から2021年3月11日の測定期間での一関の気象庁のアメダス地点の積雪測定結果を図3に示す。この間の降雪量の冬期間の積算値は、211cmであり、昨年の冬期間の積算値47cmの4倍程度になっている。また、最大積雪深(45cm)は昨年(11cm)より大きくなっている。

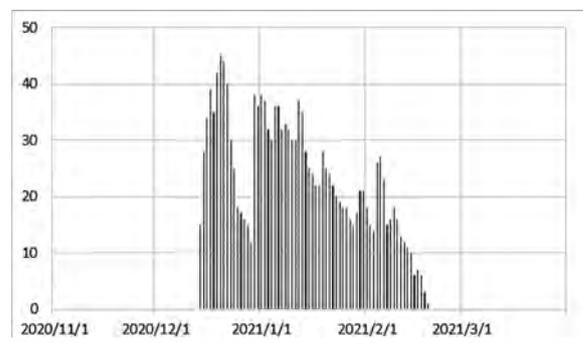


図3. 積雪深の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

2-3. 遣水下流部分での景石の表面および、地表面温度測定結果

2020年11月1日から2021年3月11日の測定期間での景石の表面温度の測定結果を図4に示す。測定結果から、最低温度は、2月1日(月)早朝7:00に記録された -7.6°C である。

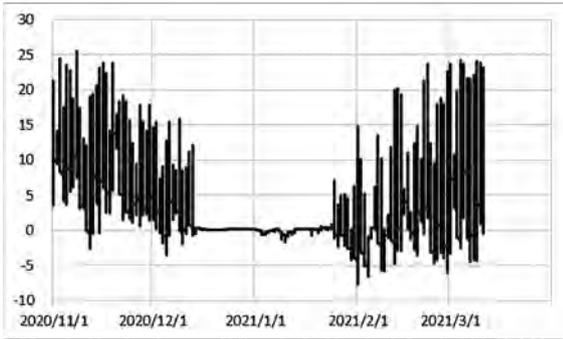


図4. 景石の表面温度の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

また、地表面温度の測定結果を図5に示す。
また、日平均温度を、図6に示す。

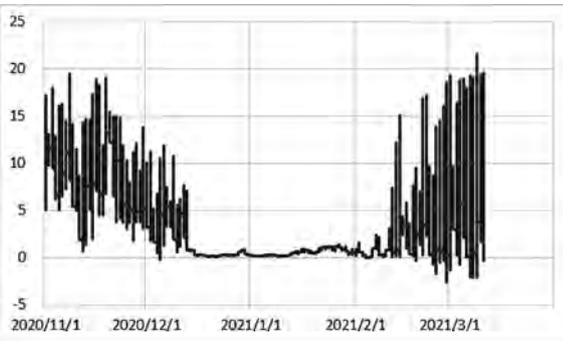


図5. 地表面温度の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

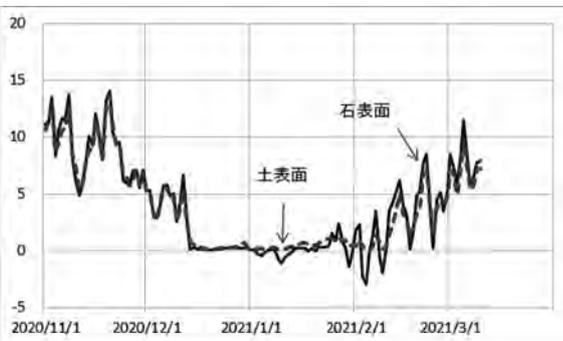


図6. 景石の表面温度（実線）および地表面温度（破線）の
日平均温度の測定結果（2020年11月1日から2021年3月11日）

2-4. 遣水上流部分での景石の表面および、 地表面温度測定結果

2020年11月1日から2021年3月11日の測定期間での景石の表面温度の測定結果を図7、地表面温度の測定結果を図8に示す。また、日平均温度を、図9に示す。景石表面での最低温度は、 -5°C 程度になっているので、遣水上流部分の方が、遣水下流部分より若干高くなっていると考えられる。これは、上流部の背後に、木があ

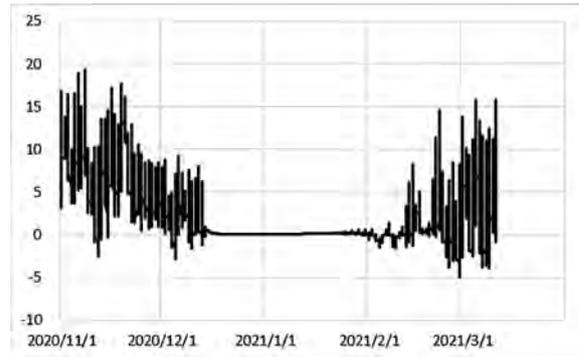


図7. 景石の表面温度の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

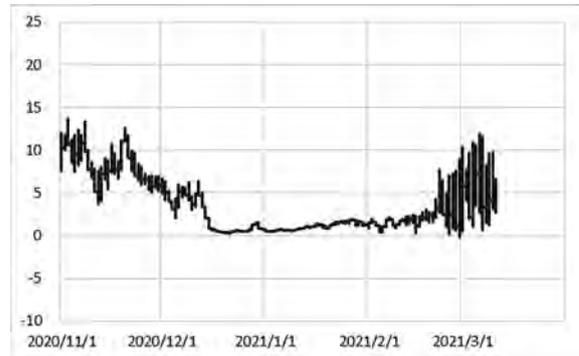


図8. 地表面温度の測定結果
(2020年11月1日から2021年3月11日)

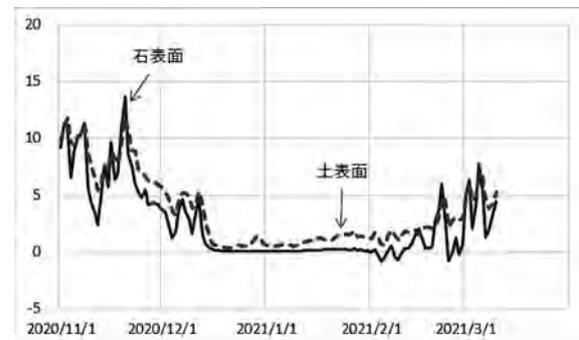


図9. 景石の表面温度（実線）および地表面温度（破線）の
日平均温度の測定結果（2020年11月1日から2021年3月11日）

り、放射冷却しにくい状況になっているためと考えられる。

3. タイムラプスカメラによる画像

11月27日にタイムラプスカメラの撮影を開始した。12月13日～15日までおよび2月27日の様子を図10～図13までに示す。遣水上流部での積雪の様子がよく分かる。

なお、タイムラプスカメラの画像から、積雪の状況が分かったのは、12月14日～2月27日までの合計76日であった。昨年は、21日であった



図10. 遣水上流部の様子（12月13日）



図11. 遣水上流部の様子（12月14日）



図12. 遣水上流部の様子（12月15日）



図13. 遣水上流部の様子（2月27日）

ので、今年は3倍以上となった。この結果は、一関の気象庁のアメダス地点の降雪観測状況と対応している。

4. まとめ

昨年度の観測データと大きく異なる点は、本年度の積雪量が昨年度の4倍程度大きかったことである。そのため、景石の温度は、12月中旬から1月後半まで、ほとんど0℃に近くなり、大きな温度低下は見られなかった。しかし、積雪深が浅くなった2月初旬には、気温が低下し、それに伴い、遣水下流部分の景石温度が、-7.6℃まで低下した、その際に、上流部分の景石温度は低下していないが、これは、積雪深さが、上流部分の方が下流部分より大きかったためと考えられる。

重要文化財「鳥居」に係る石材強化処理実験

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

1. 調査の概要

令和2年度に山形市より、重要文化財「鳥居」に係る石材強化処理実験に関する受託を受けた。調査目的としては、重要文化財「鳥居」の保存修理方針検討のため、石材強化処理法の調査である。現在、石造文化財の強化剤として広く使われているのがテトラエトキシシラン系のワッカー OM100である。テトラエトキシシラン系の強化剤は浸透性と処置後の岩石の透水性維持に優れており、紫外線、熱、酸化による劣化が起きにくいという特徴がある。また、土壌の強化に使われている OM50は OH100にメトキシ変成メチルシリコンオリゴマーを配合しており処置後の強度も向上し撥水効果もある。これらの配合比を変えた OM25は石造文化財の強化剤としても用いられている。強化剤を浸透させる方法として塗布、浸漬、減圧含浸の3種類がある。基本的に石造文化財は屋外にあり不動産のものが多いため、塗布処理する事が多い傾向にある。重要文化財「鳥居」（以下、「石鳥居」という。）も冬季養生する際に石材表面が剥落しないように表面強度を上昇させる事を目的としており、解体も難しいことから塗布処理が適している。強化剤を塗布する際の浸透速度は岩石の種類や劣化度合いだけでなく塗布する方向によっても変わってくると考えられる。したがって、本研究では以上の目的を達成するためにワッカー OH100および OM25を対象に強化剤の効果や現場作業を想定した強化剤の浸透に着目して実験を行った。

2. 石質強化剤処理効果の検証

2-1. 劣化していない岩石を用いた強化処理前後の強度および色差の把握

2-1-1. 実験方法

まず、本実験では劣化していない岩石試料を用いて強化処理を行い処理前後の強度および色差の測定を行った。実験試料は石鳥居の部材として使われていると推定されている成沢累層凝灰岩を用いた。成沢累層凝灰岩は過去の材料分析の結果から全体的に火山碎屑物の一種である

軽石で構成されており、X線回折分析の結果から石英、ゼオライト、ス멕タイトが含まれている事が明らかとなっている。本実験では成沢累層凝灰岩を直径5.2cm、高さ1.0cmの円柱形に加工して12個の試料を作成し、強化処理前後に針貫入試験（丸東製作所 軟岩ペネトロ計 SH-70）および分光色差計（日本電色工業 ハンディ型分光色差計 NF555）による試料の色彩を測定した。成沢累層凝灰岩は軽石やゼオライトだけでなく岩片も含まれており、単一色でないことから測定箇所によって強度や色彩が異なる。そのため、測定箇所は1箇所ではなく針貫入試験および分光色差計での測定地点を各3箇所設けた。今回は塗布回数による強度の違いや色差を把握するために、OH100および OM25を1回、5回、10回と各試料に塗布し、21日間反応させて測定を行った。

2-1-2. 針貫入試験の結果

針貫入試験の結果から、試料および測定地点によってばらつきはみられるものの OH100より OM25で処理した試料の方が、強度が上昇している傾向にあった。また、強化処理をしても針貫入勾配が変わらない箇所や低下している箇所に関しては今回、劣化していない試料で実験を行ったためであると考えられる。劣化している試料であれば処理前の針貫入勾配の値が低いいため、強化処理をすることによって強化剤の違いによる強度の向上を比較する事ができる。しかし、劣化していない試料であると処理前から針貫入勾配の値がそれなりに高いため強化剤および塗布回数の違いによる強度の向上を比較することは難しい。それでも、OM25を5回塗布した 25-A5や25-B5は比較的強度が上昇した結果を示した。また、この岩石の特徴として主に軽石で構成されておりゼオライトなども含まれていることから劣化していない状態でも測定地点によって針貫入勾配は大きく異なる。そのため、できる限り均一に劣化した状態の試料を作成し、各強化剤の効果を定量的に評価する必要がある。

2-1-3. 色差の結果

分析結果によると、OH100で処理した試料の処理前後のL*値の差をみると10回塗布するあたりから少し変化が見られる。一方でOM25は1回塗布してもほとんど色の変化は見られないが塗布回数が増えるごとにL*値が大きな差を示した。特に、OM25の5回および10回塗布した試料に関しては肉眼でも色の変化がわかり処理前と比べて茶色の部分が濃くなっていることがわかる。以上のことからOM25は塗布回数を増すごとにL*値が低下して色が少し暗くなることが明らかとなった。

3. 強化剤の浸透および塗布回数の検討

3-1. 強化剤を塗布した場合の浸透度の把握

3-1-1. 実験方法

水を塗布した実験では礫が多く含まれている試料で浸透量のばらつきが少なく、礫が少ない試料では浸透量のばらつきがみられた。また、塗布回数は上から塗布する方が比較的少ない傾向にあった。これらの結果を踏まえて強化剤ではどのように浸透するのか検証した。今回、用いた強化剤はOH100およびOM25を使用した。水を塗布した実験と同じように塗布方法は上、横、下から強化剤を塗布し、実験前と10分、20分後に重量測定および写真撮影を行い塗布した回数の記録も行った。

3-1-2. 実験結果

浸透量および塗布回数に関する分析結果から、表面が劣化していない試料はOM25と比べてOH100の方がやや浸透しやすい傾向が見られた。また、塗布方向による浸透量の違いもそれほど大きな差は見られなかった。10分と20分の浸透量の違いからどちらの強化剤も10分を超えると浸透速度が低下したことがわかる。表面が劣化していない試料の塗布回数でOH100は下や横から塗布させる方が回数が増える傾向がみられた。これに関しては水を浸透させた時の実験と同様に上面の場合、塗布すると水膜が下方と比べて厚くなるが、下方は厚くなればなるほど下に水が垂れ落ちるため、塗布回数が増えたと考えられる。一方でOM25はどちらの方向もそれほど塗布回数が変わらなかった。

表面が劣化している試料に関しては劣化していない試料よりも強化剤が多く浸透された。浸

透量はOH100の方がやや浸透しやすいがG1を除いてそれほど大きな差は見られなかった。こちらの試料も劣化していない試料と同様に10分と20分の浸透量の違いからどちらの強化剤も10分を超えると浸透速度は低下したことがわかる。塗布回数に関してはOH100とOM25でそれほど大きな差は見られなかった。

これまでの実験結果を簡単にまとめるとOH100よりOM25の方が強度向上の効果を示し、表面が劣化している試料に関してはどちらの強化剤もそれほど浸透量が変わらないということが明らかとなった。しかし、OM25の問題点として処置後に濡れ色が生じるということである。

4. メトキシ変成メチルシリコンオリゴマー 配合比の違いによる色差調査

4-1. 実験方法

強化および浸透の面でOM25は優れていたが強化処理後に濡れ色が残るという問題点があった。これらの問題を解決するため、メトキシ変成メチルシリコンオリゴマーの配合比率によって強化処理前後でどのくらい色彩が変化するのか把握した。本実験では成沢累層凝灰岩を直径5.2cm、高さ1.0cmの円柱形に加工して12個の試料を作成し、分光色差計（日本電色工業ハンディ型分光色差計 NF555）による試料の色彩を測定した。測定箇所は各3箇所設定し、OH100, OM10, OM15, OM20, OM25を1回、5回、10回と各試料に塗布し、21日間反応させて処理前後の重量を計測してから色差の測定を行った。

4-2. 実験結果

H100で処理した試料の処理前後のL*値の差をみるとほとんど見られず目視でも色の変化は特に見られない。OM10は10回塗布した試料でL*値の差がやや大きく目視でも少し濡れ色になっているのが確認されたがそれほど大きな色の変化は起こらなかった。OM15はほとんど色に変化はなく、OM20はやや濡れ色になったがそれほど大きな変化は見られなかった。しかし、OM25の5回および10回塗布した試料に関しては肉眼でも色の変化がわかり処理前と比べて茶色の部分が濃くなっていることが分かった。

5. まとめ

本研究では石鳥居を対象に適切な強化処理を行うため成沢累層凝灰岩を用いて様々な実験を行い強化剤の効果および浸透について把握する事ができた。砂の粒度以下であれば OM25 で処置することによって鉱物間の凝集力を回復させる事ができた一方で、濡れ色が残るといった問題点も明らかとなった。しかし、メトキシ変成メチルシリコンオリゴマーの配合比率を少し変えた OM20 はそれほど濡れ色が残らないことから石鳥居の強化処理に適していると考えられる。できる限り石材に強化剤を浸透させるため、表面に着生している地衣類などの生物除去も行わなければならない。また、石鳥居では大きな剥離なども部分的に観察され、石造文化財の保存処理でも一般的に行われている損傷状態に適した粘性のエポキシ樹脂で保存処置を行う必要があると考えられる。

大阪府富田林土木事務所 狭山池博物館木製枠工堤体保守点検

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

1. 狭山池博物館と本業務について

狭山池（大阪府大阪狭山市）は飛鳥時代（西暦616年頃）に築造されて以来、幾度も改修を重ねて現代まで利用されてきた農業用水のため池である。日本最古のため池として国史跡に指定されており、歴史ある地域の景観を特徴づけている。

狭山池に隣接する大阪府立狭山池博物館は、保存処理した池の堤体の断面を展示しており、改修の痕跡も明確に確認することができる。また、“木樋”や土留の“木製枠工”などの遺物も展示され、日本が古くから高い土木技術を持っていたことを伝える、珍しい博物館である。

ポリエチレングリコール(PEG)を含浸して保存処理された堤体の移築保存は世界で最初の保存処理技術(特許)開発によるものであり、土製の大型遺構の移築保存としては他に類のない資料である。堤体は1500mm×3000mm×500mm(斜面部は1/2の大きさである)に切り出された101体のブロックごとに保存処理され、鉄骨の架台にはめ込まれ再構築されている。

同博物館では以上のような特色により、開館以来当時の工事事業者を中心に保存状態が点検されてきた。点検は平成14年から年1回実施され、資料の変化の状況は時間経過をふまえて判断・記録され、必要に応じては応急処理も実施されてきた。ここ数年、堤体ブロックに生じていたひび割れに大きな変化は確認されておらず、外観的に安定した状態であると判断されている。その一方で、含浸させたPEGの劣化の有無や、堤体ブロック内部の薬剤含浸状況についての情報は得られていなかった。

世界で唯一の堤体保存の場合は、文化遺産保存の学術的な情報を発信する責務もあり、総合的な判断から、平成30年度より本点検業務を東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターが請負った。本稿では本センターによる3回目の点検となる令和2年度の実施内容を報告する。

2. 点検業務内容概要

2-1. 実施期間

博物館内作業は令和3年2月15日(月)～令和

3年2月18日(木)に実施した。

2-2. 業務内容

(1) 温度・湿度調査

堤体ブロック展示場に同館が設置したデータロガーの温度・湿度測定をまとめた(令和2年1月1日～令和2年12月31日の1年間)。また、新たにデータロガーを設置し、堤体等資料付近の温度、湿度の調査を開始した。(図1)



図1. 設置したデータロガー

(2) 堤体ブロック展示面の点検

保存堤体の29ブロックを対象に変状を観察した。昨年度までの成果から、近接目視による測定と同等の精度が得られるものと判断し、堤体ブロックのひび割れ計測をクモノスコープレーションによるひび割れ計測システムにて実施した。剝離や浮きなどは、博物館内に設置された高所作業用ゴンドラ上から点検した(図2)。



図2. ゴンドラからの堤体表面調査

(3) 堤体転写展示面の点検

転写面は表のブロックとは異なり、表面を専用の接着剤を用いて薄く剥ぎ取り、パネルに貼り付け展示しているものである。この裏側転写面について、本年度は24ブロックを対象に、目視点検と写真撮影を行った。目視点検は、下段は歩廊から、上段4段についてはゴンドラを使用し、転写面の剥離や接合状況、レキの接着状況に注目して近接目視により詳細に点検を行った。

(4) 転写面離脱試験

平成21年度に設置した5か所の離脱試験装置について、粒径観察と重量測定を行った。

(5) 展示架台点検

各堤体ブロックは鉄骨の架台に設置されており、展示架台の内側から構造の点検が可能となっている。今年度は37ブロックを対象として、堤体ブロックを固定しているアンカーボルトの緩み・抜けを点検した。

(6) 免震装置の点検

本年は竣工から20年目の節目にあたる。それを受けて、免震装置の定期点検を行った。点検内容は鉛直水平変位計測と外観目視点検を実施した。また、別置き試験体の性能試験を行い、等価水平剛性、等価減衰定数ともに初期値からの変動率は許容範囲内に収まっており、性能上問題がないことが確認された。

(7) 保存手法の検討

堤体をはじめとする資料の保存を多角的に検討するため、昨年度に立ち上げた項目“保存手法の



図3. 館内に展示されている試験体

検討”を、引き続き実施した。同館には、堤体保存処理当時に、採取、運搬、含浸・乾燥、目地の仕上げ方法などを検討、確認するため、奈良時代の堤体から採取し保存処理した『試験体』ブロックも展示されている(図3)。

試験体ブロックは堤体と同様に PEG で保存処理されており、今後の保存手法を検討するうえで、実際の堤体では難しい調査を代用して実施することが可能である。昨年度に引き続き堤体の強度を評価する目的で、この試験体ブロックを対象として、針貫入試験機による表面の強度分布を測定した。

試験体ブロックの表面に確認できる各時代の層は物性が異なる土質と考えられる。これらの強度分布を針貫入試験により測定した。針貫入試験には、丸東制作所軟岩ペネトロ計 SH-70を用いた(図4)。



図4. 試験体の強度試験

また、試験体に含浸させた PEG の劣化検査を行った。試験体より得たサンプルから、PEG を抽出することで、分子分布量の測定が可能である。試験体内に含浸した PEG の分子量分布は、正常な PEG の分子量分布と同様の分布を示したことから、現段階として試験体に含浸した PEG の劣化は進んでいないと考えられる。今後は展示された堤体の PEG の測定も試みたい。

さらに、転写面に使用されている接着剤の劣化状態について、剥落片を用いて調査を始めたところ、接着剤に柔軟性が維持されていたことから、通常実験室で実施している分析方法が困難であった。今後はほかの分析方法を検討したい。

3. 本年度業務結果のまとめと今後の展望

今年度の点検結果から、ひび割れ等の発生・拡幅はほぼ確認されていない。乾燥収縮も収束状態に入っているものと思われ、直ちに補修を必要とする変化はないものと判断できる。

針貫入試験では、場所によって一軸圧縮強度が異なっていることが分かった。この一軸圧縮強度の違いは、土ブロックを構成している土質が不均一であることが主な要因として挙げられるが、PEG等の劣化による要因も考えられるため、今後も強度測定を継続していく予定である。

その他、堤体ブロック本体のPEGの劣化や、転写面の接着剤の劣化について、検討していくことが今後の課題である。

狭山池博物館での受託業務は、過去に保存処理された資料の継続的な状態調査だけでなく、薬剤寿命や保存環境など文化財保存修復で課題となる様々な要素を含んでいる。遺構だけでなく、近年では断層のような記念物においても、土壌を対象とした保存事例がある。本業務の成果が、維持管理に対し多角的かつ有用な情報を提供できるよう、また新たな情報の発信を目指し、当該分野に貢献していきたい。

善寶寺五百羅漢像保存修復業務 2020 年度事業報告

柿田喜則 KAKITA, Yoshinori / 文化財保存修復研究センター研究員・教授

笹岡直美 SASAOKA, Naomi / 文化財保存修復研究センター研究員・准教授

井戸博章 IDO, Hiroaki / 文化財保存修復研究センター常勤嘱託研究員

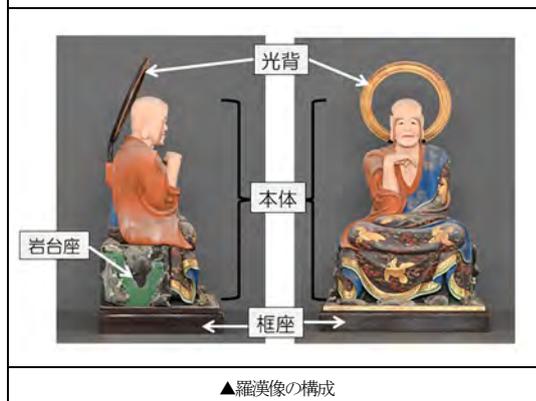
1. 善寶寺五百羅漢像保存修復事業について

本事業は龍澤山善寶寺（山形県鶴岡市）五百羅漢堂内安置の500体を超える仏像群に対する保存修復事業で、宗教法人善寶寺（第42世五十嵐卓三住職）からの委託として2015年度より開始し、2035年の完了を目指している。

2015～16年度は、堂内の保存環境、仏像の現状と損傷状況調査、2体の修復を完了した。2017年度からは現体制に担当者が変更し、12体の修復を完了した。併せて東北芸術工科大学全体の協力を得て事業の推進と周知を進めた。2018年度は16体の修復を完了し、制作者名が明らかになった。2019年度は、修復工程の検討と五百羅漢堂内の拡大調査・床下調査を実施し20体の修復を完了した。

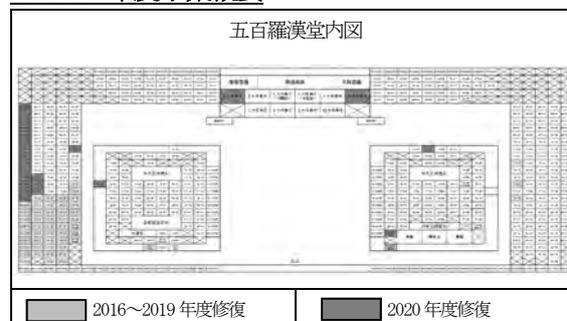


▲五百羅漢堂内



▲羅漢像の構成

2. 2020 年度事業概要



2020年度の修復数は23体（21体羅漢像・2体十大弟子像）で、主に五百羅漢堂内入口より向かって左面の天井に近い高所エリアに安置する像および中央須弥壇（十大弟子像の一部）を対象とした。

4月	◇2019年度修復像の安置 ◇2020年度修復像の搬出 ◇詳細調査・X線撮影・以降修復作業
10月	◇類例調査の実施(X線撮影)
3月	◇外部専門家による調査(色材) ◇修復後撮影・記録 ◇修復完了像搬入

3. 修復概要

2020年度からは作業効率の向上を目的とし、事業を複数年度計画（3カ年設計）とした。

前年度までの修復および調査から、羅漢像の頭部に発見されている「錐点」（X線画像で確認できる小穴）について着目し、詳細調査を進めた。色材調査については、外部専門家（国立歴史民俗博物館准教授・島津美子氏）との合同調査を行った。

4. 教育活用

本事業には本学文化財保存修復学科立体修復コースの修士学生および4・3年生の学生を、修復に関する事前授業を受講した上で参加させ、修復現場の体験教育としている。2020年度は新型コロナウイルス感染症対策から、善寶寺内の宿泊を伴う

調査等は中止し、実習作業のみをセンター内にて行った。



2020年度は4年生(3名)、修士2年(2名)が修復事業に関連する研究と成果発表を行った。また修士1年(1名)が関連研究を継続している。

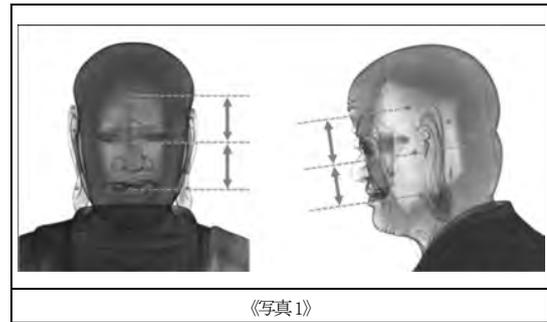
◆2020年度文化財保存修復学科/芸術工学研究科
善寶寺関連の修士・卒業論文一覧

「五百羅漢像の着衣にみる善寶寺龍神信仰の一考察」 立休作品修復4年 工藤日夏莉
「善寶寺五百羅漢像の頭部錐点についての考察」 立休作品修復4年 佐藤真依
「山形県鶴岡市善寶寺五百羅漢像に使用される青色色材の分析と考察」 保存科学4年 戸田晶
「龍澤山善寶寺五百羅漢像【22-30】模刻制作から見る造像技法の一考察」 芸術文化専攻保存修復領域修士1年 門田真実
「文化財保存修復における模刻の意義とその活用について—龍澤山善寶寺所蔵賓頭盧尊者坐像を通じて—」 芸術文化専攻保存修復領域修士2年 鈴木花子
「善寶寺五百羅漢および花卷人形から検討する近世末期から近代明治期における色材の共通性に関する研究」 芸術文化専攻保存修復領域修士2年 佐藤純一

5. 修復から判明した造像技法

これまでのX線調査から、羅漢像の造仏の規則性を見いだせる技法が判明している。《写真1》のように羅漢像頭部には点で示した位置に小穴が確認できる。これを「錐点」といい、群像表現に統一性を保つための造仏技法の一種であると考えられる。2020年度までに修復した羅漢像のうち22体の頭部に明瞭な錐点を確認し、点の位置の間隔が一定であることが判明した。このことは髮際〜口間を一つとし、像全体の各部割付の基準とした「造像比例法」における基準点であると指摘できる。

仏師・仏所間には、「造像比例法」と呼ばれる独



自の仏像の造形法則がある。「造像比例法」とは、仏像の身体各部の比例関係を定めたものであり、仏像を設計する際に用いられる。仏像の像高を決定した後、頭部、手足の長さ、目、鼻、口の配置などを、この法則に従って決定する。この造像比例法の実態を記した数少ない資料として、明治期の彫刻家・高村光雲が発表した「仏師木寄法」がある。(山崎隆之「仏像の造像比例法—高村光雲「仏師木寄法」について」『愛知県立芸術大学研究紀要15』1985 p. 9-12)「造像比例法」は平安時代後期には確立され、江戸時代には法則として成立したとされる。

「錐点」は「造像比例法」に則り、調達した木材に予め深く錐で穴を開けておくことで彫刻しても消えることのない目印として用いられた。(錐点に関する先行研究としては山崎隆之「仏像の造像比例法—錐点について」『愛知県立芸術大学研究紀要16』1986 p. 23-44が挙げられる。)

善寶寺の場合は短期間(およそ10年間と推定)で500を超える仏像群を制作している。おそらく制作を受注した仏師の下で、複数仏師(工房単位か)が関わっていることが予想され、その場合は群像表現に一定の統一感をもつ造形性を担保するために、技法の規則性がなければ制作は不可能であると考えられる。

6. 類例調査

善寶寺五百羅漢像と類似した像について調査を行った。

調査は金澤山青陽院・十六羅漢像について実施した。青陽院は鶴岡市に隣接する三川町に在所で、善寶寺同様の曹洞宗寺院である。

2019年度には青陽院内で目視調査を実施しており、外見や造形とともに、本体・台座・光背の構成の類似性を確認していたが、制作者を示す銘文等は発見できなかった。ただし十六羅漢像と共に、清水平三郎像(善寶寺五百羅漢堂発願主寄付

者)が安置されていることから、青陽院像の制作に善寶寺や北前船との関連が推測できた。

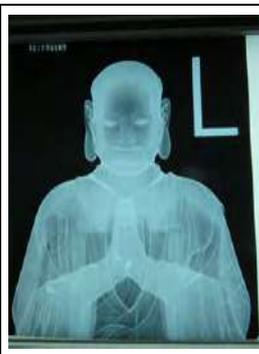
2020年度は十六羅漢像3体と清水像をセンターへ移送し、X線による調査を実施した。調査から、頭部に善寶寺像と同様の錐点を確認した。錐点同士の間隔の比率が、善寶寺像のそれと類似することが判明した。



▲青陽院十六羅漢堂内



▲2019年調査風景



▲X線調査



The Hall of The Five Hundred Arhats (Gohyaku Rakan-do) was built during the end of the Edo period, just before the Meiji era.



▲プロモーションビデオ

7. プロモーション映像の制作

善寶寺と東北芸術工科大学の共同出資による「善寶寺五百羅漢修復プロジェクト」プロモーションビデオを制作した。善寶寺は、北前船や日本の漁業の発展を支えた人々の信仰が集約された場所であることから、その歴史は日本文化の宝として将来に亘り継承していくべき場所である。そこで①本事業を単に地域文化財修復事業に留めず「善寶寺五百羅漢修復プロジェクト」として全国的な周知につなげ、特に次世代を担う若者たちに自国の文化の魅力を伝えること、②プロジェクトに参加するスタッフならびに文化財保存修復を学ぶ本学生への応援映像になること、を目的とし文化財保存修復の社会的意義をもう一度考え、誇りを持つことができる映像作品を制作した。【監督：今村直樹氏（2020年度まで映像学科教授在任）・音楽：ハルカナカムラ氏】

8. 2020 年度修復報告

8-1 羅漢像【15-31】

総高（框地付～光背）76.1cm
 岩台座高 18.8cm 岩台座幅 36.8cm 岩台座奥 17.9cm
 框座高 7.2cm 框座幅 47.2cm 框座奥 33.4cm



▲修復前【15-31】



▲修復後【15-31】



▲X線調査【15-31】

本体「四百四十五」、光背「四百四十五」、岩台座・框座「四百四十五」「イ」「右むきの（之）／かし（志）やう」と記される。

8-2 羅漢像【16-31】

総高（框地付～光背）77.4cm
 岩台座高 16.8cm 岩台座幅 37.0cm 岩台座奥 18.5cm
 框座高 6.9cm 框座幅 47.3cm 框座奥 33.1cm



▲修復前【16-31】



▲修復後【16-31】



▲X線調査【16-31】

本体「九十三」「九十三尊」、光背「九十三」「鉄古ろ口（炎？）出」、岩台座・框座「九十三」「り」と記される。

8-3 羅漢像【17-31】

総高（框地付～光背）73.8cm
 岩台座高16.6cm 岩台座幅36.4cm 岩台座奥18.2cm
 框座高8.4cm 框座幅47.1cm 框座奥33.5cm



▲修復前【17-31】



▲修復後【17-31】



▲X線調査【17-31】

本体「四百七十五」、岩台座・框座「四百七十五」「み」「みゝかき」と記される。
 光背「百四十八番」は17-32 本体銘文と一致したことから、入れ替えを行った。修復後、本像には17-32 の光背を、17-32 には17-31 光背を設置。17-32 光背は銘文なし。

8-4 羅漢像【05-32】

総高（裳先～光背）65.8cm 框座・岩台座無し



▲修復前【05-32】



▲修復後【05-32】



▲X線調査【05-32】

本体「二百三七（三七の下に口九）」「二百三七（三七は何か文字を塗りつぶして書く）」「二百三七（七の下に九）」「△（三角の記号）」、光背「百九十六番」と記される。台座は無く、堂内では板材で箱状に組んだ段に座す。本体と光背の附番は一致しないが現状のままとした。

8-5 羅漢像【06-32】

総高（足裏～光背）67.8cm 梱座・岩台座無し



▲修復前【06-32】



▲修復後【06-32】



▲X線調査【06-32】

本体「二百二十六」と記される。
羅漢像【07-32】光背「二百二十六／ばん」と本体附番が一致したため、入れ替えを行った。
台座は無く、堂内では板材で箱状に組んだ段に座す。

8-6 羅漢像【07-32】

総高（裳先～光背）66.2cm 梱座・岩台座無し



▲修復前【07-32】



▲修復後【07-32】



▲X線調査【07-32】

本体「二百四十六」と記される。
光背「二百二十六／ばん」は羅漢像【06-32】本体附番と一致したため、入れ替えを行った。修復後は【06-32】光背を設置した。右手先を欠失するが、今後の調査修復で発見される可能性があるため、現状のままとした。
台座は無く、堂内では板材で箱状に組んだ段に座す。

8-7 羅漢像【08-32】

総高（左足下～光背）62.0cm 框座・岩台座無し



▲修復前【08-32】



▲修復後【08-32】



▲X線調査【08-32】

本体「百七十六ばん」、光背「百／七〇（十？）六ばん」と記される。台座は無く、堂内では板材で箱状に組んだ段に座す。

◎羅漢の安置について

羅漢像は通常、本体と台座で構成されているが、羅漢像【05-32】【06-32】【07-32】【08-32】の4体は本体のみが安置されていた。

修復に際し堂内から搬出するときに、4体が板を箱状に組んだ長いベンチのようなものに設置されていることが判明した。4体は天井近くの棚に安置され、同じ列の羅漢像は岩台座に座す。直下の雛壇の羅漢像には框座があるが、天井棚の羅漢像はすべてに框座が付属しない。

4体が元から本体のみ（台座なし）で設置されたかどうかについては不明であるが、これまでも、堂内の柱に合わせて框座が切り取られた羅漢像【21-31】（2018年度修復）も確認しており、羅漢像制作当初の搬入時、堂内環境に合わせて調整をした（台座を切り取る、框座を設置しない等）ことが伺える。



▲羅漢像【05-32】～【08-32】



▲4体を安置する箱椅子



▲羅漢像【21-31】框座

堂内の柱を避けるため、鋸で切断されていた部分

8-8 羅漢像【09-32】

総高（裳先～光背）67.4cm

岩台座高 17.8cm 岩台座幅 37.0cm 岩台座奥 18.6cm



▲修復前【09-32】



▲修復後【09-32】



▲X線調査【09-32】

本体「四百八十式」「四百八十式尊」、光背「口(百)・・」、
岩台座・框座「四百八十二」「に」と記される。
本体・岩台座と光背の附番は一致しないが、現状のまま
とした。

8-9 羅漢像【10-32】

総高（岩台座地付～光背）67.8cm

岩台座高 16.6cm 岩台座幅 36.5cm 岩台座奥 18.8cm



▲修復前【10-32】



▲修復後【10-32】



▲X線調査【10-32】

本体「百八十四」、光背銘文なし。
岩台座は羅漢像【15-32】岩台座「百八十四」「よ」「百八
十四 山口(丞?)」と本像の本体銘文が一致したため、
入れ替えをおこなった。
修復後【10-32】本体に【15-32】岩台座、【15-32】本体
に【10-32】岩台座を設置。

8-10 羅漢像【11-32】

総高（岩台座地付～光背）62.3cm
岩台座高16.8cm 岩台座幅36.6cm 岩台座奥18.7cm



▲修復前【11-32】



▲修復後【11-32】



▲X線調査【11-32】

本体「百六十七ばん」「百六十七番」、光背「百六十七」、
岩台座「百九十七番」「三」と記される。

8-11 羅漢像【12-32】

総高（岩台座地付～光背）66.3cm
岩台座高16.7cm 岩台座幅36.8cm 岩台座奥19.5cm



▲修復前【12-32】



▲修復後【12-32】



▲X線調査【12-32】

本体「三百三十二」、光背銘文なし、岩台座「三百三十二」「○（丸の記号）」と記される。

8-12 羅漢像【13-32】

総高（岩台座地付～光背）67.9cm
 岩台座高 16.6cm 岩台座幅 36.7cm 岩台座奥 19.2cm



▲修復前【13-32】



▲修復後【13-32】



▲X線調査【13-32】

本体「百七十二」「百七十弐」、光背銘文なし、岩台座「百七十二」「百七十弐」と記される。

8-13 羅漢像【14-32】

総高（岩台座地付～光背）63.2cm
 岩台座高 16.7cm 岩台座幅 36.5cm 岩台座奥 19.1cm



▲修復前【14-32】



▲修復後【14-32】



▲X線調査【14-32】

本体「四十八番」、光背「四十／四ばん」、岩台座「四十八番」「を」と記される。

2019年度修復羅漢像【22-30】本体・岩台座・框座の附番「四十四番」、光背「四十八番」であったことから、本像の光背と入れ替えた。

8-14 羅漢像【15-32】

総高（岩台座地付～光背）67.2cm
 岩台座高16.9cm 岩台座幅36.6cm 岩台座奥18.9cm



▲修復前【15-32】



▲修復後【15-32】



▲X線調査【15-32】

本体「百四十四」、光背銘文なし。
 岩台座は羅漢像【10-32】本体銘文と一致したため、入れ替えをおこなった。【10-32】岩台座「百七十四」「□（専？）
 □（清？瀬？）」
 修復後【15-32】本体には【10-32】岩台座を設置、本体と岩台座の附番は異なる。

8-15 羅漢像【16-32/16-26】

総高（岩台座地付～光背）70.7cm
 岩台座高18.2cm 岩台座幅34.2cm 岩台座奥19.7cm



▲修復前【16-32】台座・光背



▲修復前【16-26】本体



▲修復後【16-32/16-26】

本体・光背・岩台座銘文なし。



▲X線調査【16-26】

羅漢像【16-32】と【16-26】は離れた場所に安置されていた。【16-32】は台座・光背のみで堂内高所に、【16-26】は【16-32】安置場所の直下付近に置かれていた。【16-26】は両手先が外れ、裳先が矧ぎ目ではない位置で割れており、また頭部が体部へ、ややめり込んでいた（挿首が胎内へ落ちている）。これは外部からの強い物理的な圧力によるとみられ、高所から頭部を下にして落下したと推測する。

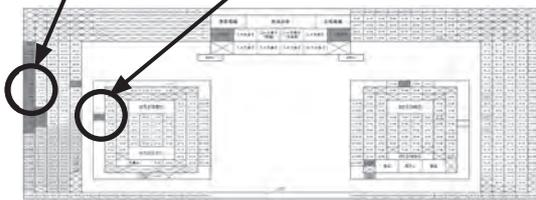
【16-32】【16-26】は共に銘文はなく、双方が一具である確証はないものの、他像と構造や造形性が異なっているという点が共通しており、座高と頭光位置が合致することからも、本修復で組み合わせて安置とした（位置は【16-32】）。【16-32】【16-26】は他の羅漢像と比較して、制作時期や作者の違いを検討する必要がある。



▲16-32 修復前安置



▲16-26 修復前安置



▲堂内での位置

8-16 羅漢像【17-32】

総高（岩台座地付～光背）68.2cm

岩台座高 16.9cm 岩台座幅 36.8cm 岩台座奥 18.5cm



▲修復前【17-32】



▲修復後【17-32】



▲X線調査【17-32】

本体「百四十八番」、岩台座「二百十九」「十八」と記される。

光背は羅漢像【17-31】光背「百四十八番」と【17-32】本体銘文が一致したことから、入れ替えを行った。修復後、本像には【17-31】光背を、【17-31】本体には【17-32】光背を設置。

8-17 羅漢像【18-32】

総高（岩台座地付～光背）67.3cm
 岩台座高16.5cm 岩台座幅36.6cm 岩台座奥18.6cm



▲修復前【18-32】



▲修復後【18-32】



▲X線調査【18-32】

本体「百三十八番」、光背「百三十／八番」、岩台座・框座「百三十八ばん」「□（蘆？）□（為？）」「十六」と記される。

8-18 羅漢像【11-28】

総高（框地付～頭頂）66.9cm
 岩台座高16.5cm 岩台座幅36.7cm 岩台座奥18.4cm
 框座高7.2cm 框座幅47.2cm 框座奥33.8cm



▲修復前【11-28】本体



▲修復前【11-28】台座



▲修復後【11-28】

本体「二百五十八」、光背「二百八十七」、岩台座「三百二十七」、框座「五十九番」「□（古？左？）□（つ？）□□（た多？）□／ひさに□（お？）く」「ろ」と記される。

本体・光背・台座の附番が揃わない。光背は附番違いと部材不足のため、修復を保留し別保管とした。本体と台座は附番違いであるが、現状のままとした。

8-19 羅漢像【11-05】

像高（裳先～頭頂） 57.7cm



▲修復前【11-05】



▲修復後【11-05】



▲X線調査【11-05】

本体「ほ」「三百四十八」、光背「三百／四十八」と記される。本体のみが堂内で安置され、台座は確認できていない。光背は部材不足のため現状のままとした。本像も【16-26】と同様、頭部が体部に入り込んでおり、落下による押圧が予想され、台座が高所に存在する可能性が高い。

8-20 羅漢像【25-02】

総高（框地付～頭頂） 63.7cm

像高（像地付～頭頂） 42.8cm

椅子高 50.0cm 椅子幅 46.5cm 椅子奥 38.5cm



▲修復前【25-02】



▲修復後【25-02】



▲X線調査【25-02】

本体・椅子銘文なし
本像は寶頭盧尊者像として安置される。

8-21 十大弟子像 1

総高（框地付～頭頂）120.6cm

台座高23.9cm 台座幅55.6cm 台座奥37.5cm



▲修復前 十大弟子1



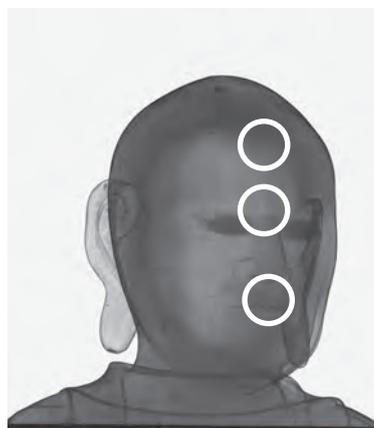
▲修復後 十大弟子1



▲X線調査 十大弟子1

本体・台座銘文なし、光背「舍利弗」
光背は部材不足のため、修復を保留した。

十大弟子像は10体一式で五百羅漢堂内の中央須弥壇上に安置される。本年度は2体を修復した。X線調査から、羅漢像同様に頭部に錐点を確認している。また、十大弟子像1は像底から胎内を確認することができ、板材を箱状に組んだ寄木構造がわかる。



▲十大弟子1 頭部正面 錐点 X線



▲十大弟子1 胎内

8-22 十大弟子像 6

総高（框地付～光背）135.0cm

台座高 24.5cm 台座幅 56.1cm 台座奥 37.3cm



▲修復前 十大弟子6



▲修復後 十大弟子6



▲X線調査 十大弟子6

本体ホゾ「・・・つ（川）し（志）やう」（※上部は胎内で見えない）、光背「須菩提尊」、台座「かつ（川）し（志）やう」

7.まとめ

2020年度からは、修復事業を複数年度（3カ年）で設計し、修復効率の向上をはかった。

本年度の修復作業においても、前年度同様に羅漢像の本体や台座の入れ替えを数体確認することができ、入れ替わりの法則として近い距離にある像同士に見られた。しかし、附番に修正や切り取りがあることも前年度同様で、複数年度設計の中で調整する必要がある。

これまでの修復と調査から、五百羅漢像の造像技法の一端について明らかになってきた。X線調査から、羅漢像頭部（面部正中線上、両耳上と耳朶の左右対称の位置）に「錐点」を確認できており、それらが一定間隔であることが判明した。羅漢像の制作が京都仏師・畑次郎右衛門によることはこれまでの調査で判明している。畑を主とした仏師らが500体を越える群像彫刻を10年程で作していることが予想され（堂内木札には弘化3年（1846）創立・安政2年（1855）落成と明記される）、「錐点」が群像表現における造形統一性の担保となり、また大量生産による作業の分業性効率の向上に大きく関わっていることが推測される。今後は、錐点と併せて羅漢像の木寄せ構造との関連を調査し、また他寺院の類例調査を進めながら、江戸期の世相を背景として展開した造仏技法の基礎研究を目指す。

山形市指定文化財現況確認調査 2020 年度事業報告

青野友哉 AONO, Tomoya / 文化財保存修復研究センター研究員・歴史遺産学科准教授

1. 事業の概要

本事業は、山形市指定文化財の保存状態や周辺環境及び活用などの現況を確認する調査事業として、山形市教育委員会（以下、山形市）からの委託を受けて当センターが実施したものである。

山形市指定文化財は 2020 年 11 月現在で 90 件あり、種別は史跡、名勝、天然記念物、有形文化財（建造物・絵画・書跡・典籍・古文書・彫刻・工芸品・考古資料・歴史資料）、有形民俗文化財、無形民俗文化財と多岐にわたる。文化財の所有者は約 8 割が寺社であり、その他が山形市、山形大学、個人である。

事業の目的はこれら指定文化財の、①現況及び環境・所在、②破損状況、③防災・防犯対策状況、④申請・届出等の状況、⑤活用に関する取り組み等を把握することにある。その上で、文化財の破損等の課題がある場合には、講ずるべき措置の提案や専門の見地からのアドバイスを記した報告書を作成することとなっている。

調査は 1 年に 20 件程度行い、4～5 年間ですべての指定文化財の調査を終える予定である。

2. 2020 年度の調査対象と方法

2020 年度の調査対象は、山形市が所管する最上義光歴史館と山寺芭蕉記念館に保管されている文化財を中心に、有形民俗文化財の「なかたち石」、天然記念物の「霞城の桜」を加えた 20 件とした。

今回、寺社や個人所有の文化財を対象としなかった理由は、新型コロナウイルス感染症が拡大する中で多くの方々の接触機会を極力避けたいと考えたためである。



写真 1 最上義光歴史館での調査風景

そのため、本来は点在する文化財を所有者の日程に合わせて数日間かけて調査するところ、2 施設を中心に 2 日間（11 月 29 日、12 月 20 日）で調査を終えることができた。

調査員は考古学を専門とする筆者と文献史学を専門とする竹原万雄（東北芸工大歴史遺産学科准教授）が担当し、本学学生を調査補助員として同行させた。調査方法は、最上義光歴史館では揚妻昭一郎主幹・学芸員に、山寺芭蕉記念館では相原一士主幹・学芸員に文化財の開封をしていただいたのち、史料の観察・写真撮影を青野と竹原が行った。また、保管・活用状況についての管理者からの聞き取りと調査票への記入は学生が行った。

3. 調査結果

今回調査した文化財の大半は、温度・湿度の管理が徹底された展示室・収蔵庫を有する博物館で保管されていたため、資料の損傷・劣化もなく、保管・活用の状況も良好であった。「最上義光銘鉄鉢」や義光公所用の「三十八間総覆輪筋兜」は鉄製品でありながら保存状態が良く、展示公開もされていた。また、「最上家関係書状」や「芭蕉会式懐紙」、「蛙合短冊（芭蕉「ふる池や」発句）」などの書画類は期間限定で公開するなど、資料保存への配慮がなされていた。いずれも来歴の確かな貴重な歴史資料として細心の配慮により保存管理と活用がなされている。

一方、天然記念物「霞城の桜」については老木である桜の木が腐朽しつつあり、将来的な樹木の保護措置と見学者・通行人の安全対策が課題としてあげられた。



写真 2 山寺芭蕉記念館の展示室

4. まとめ

本事業は山形市としても当センターとしても初めての試みである。山形市の指定文化財の数は、国指定24件、県指定86件、市指定90件、登録有形文化財21件と非常に多い。国・県指定の文化財については、毎年山形県が実施する文化財パトロール(国庫補助事業)が行われ、これに山形市の文化財担当者が同行することで現況の確認が可能である。しかし、これとほぼ同数の市指定文化財を抱える山形市では、2005年～2015年まで毎年直営で行っていた現況調査の方式を見直し、本年度から委託事業として実施することとなった。

一方、受託者である当センターは文化財の保存・修復による社会的な貢献が使命であるとともに、文化財の専門職を目指す学生に対して実践的な教育を行う機関でもある。その点、本事業では山形市のご配慮により調査補助員として学生の同行が許されており、上記の使命と目標にかなうものとなっている。

特に今年度は博物館活動を実践する揚妻学芸員と相原学芸員に直接解説いただき、資料の取り扱い方法を間近で見せていただけたことは、学生にとって現況確認調査の方法を学んだ以上の収穫であったに違いない。

次年度以降は所有者である市民の方々のご協力を得つつ、文化財の保護と人材育成を兼ねた本事業を充実させていきたい。

調査補助員(2020年度)

歴史遺産学科1年:石川 楓、2年:
加藤彩花・土井愛夕美・福田清香、
3年:片桐颯太・安田楓加

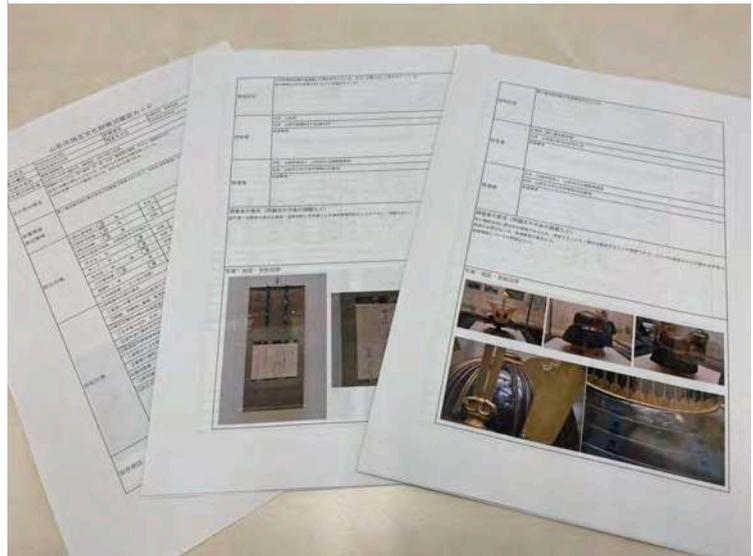


写真3 成果物として提出した現況確認カード(両面)

山形市指定文化財現況確認カード*

確認年月日	令和 年 月 日	記載者名		
指定の種別		指定年月日	年 月 日	
文化財の名称				
文化財の所在地	〔番地先〕			
文化財の現況	※建物にあっては、特に屋根・柱・壁・土台・腰板等の破損、ゆがみ、継ぎ等の状況			
保管環境 周辺環境				
防災対策	1)防火管理書(有・無)	氏名		
	2)自動消防隊(有・無)	人数		
	3)防火訓練(有・無)	回数	回/年	
	4)防火施設の有無、点検回数及び作動状況			
	貯水池(有・無)	点検	回/年	作動状況(良・不良)
	ポンプ(有・無)	点検	回/年	作動状況(良・不良)
	放水銃(有・無)	点検	回/年	作動状況(良・不良)
	火災報知器(有・無)	点検	回/年	作動状況(良・不良)
避難計(有・無)	点検	回/年	作動状況(良・不良)	
その他設備	点検	回/年	作動状況(良・不良)	
防犯対策	1)常時陳列公開の場合			
	①監視人を置き常時巡回監視を行っているか		はい・いいえ	
	②開館、閉館時に警備、監視を行っているか		はい・いいえ	
	2)陳列公開はしないが見学者がある場合			
	①見学者の住所、氏名、人数等を記録しているか		はい・いいえ	
②見学者に案内を付けているか		はい・いいえ		
3)無居住の社寺または常時居住場所と文化財が離れている場合				
①常時または定期的に出入口警備の異常を監視、点検しているか		はい・いいえ		
②警備に随時パトロール等を依頼しているか		はい・いいえ		
4)施設整備				
③防犯施設が実績に応じて適切に設置されているか		はい・いいえ		
5)防犯対策の問題点に関する所感				
保存施設	1)顕像・標柱(有・無)			
	2)案内板(有・無)			
	3)説明板(有・無)			
	4)境界標(有・無)			

図1 現況確認カードの様式(表面):国の文化財パトロール事業にならったもの

服部興野 船玉神社・稲荷神社所蔵 「船絵馬」 調査報告

杉山恵助 SUGIYAMA, Keisuke / 文化財保存修復研究センター研究員・准教授

元 喜載 WON, Heejae / 文化財保存修復研究センター研究員・講師

第一書 作品概要

- 名称：遊佐町 船絵馬 調査
- 所蔵：服部興野 船玉神社 32面
山形県飽海郡遊佐町比子字服部興野 51番
- 製作年度：江戸末期～明治時代
- 品質・形状：奉納額・板本彩色、紙本彩色
- 工期：令和2年7月6日～令和2年11月6日

第二書 修理概要

2-1. 損傷状態

- ・ 経年の塵埃、汚れなどが全体に付着していた。
- ・ 絵具層は定着が弱くなっていた。ほぼ全ての絵具に粉状化、または剥離、剥落が著しく生じていた。なお、絵具の褪色が見られた。
- ・ 本紙の紙が剥離してめくれている箇所が多かった。
- ・ 水シミのようなシミ跡のある作品も多数確認できた。
- ・ 支持体は板材のものが大半で、船の箇所のみ版本による紙が貼られていた。
- ・ 経年劣化により板材が割れと共に本紙の破れが生じていた。
- ・ 金具は錆が著しく、紐は絵馬の大きさに比べ細いものが多かった。

2-2. 修理方針

経年劣化及び保存環境により、絵具は剥離・剥落が著しく、本紙が下地から一部外れた状態であった。そのため、現段階の作品の状況の把握と適切な保存対策を検討することを目的として処置を行った。まず、1回目の現地での処置では神社から作品を撤去し梱包したうえで服部興野自治会館に移動、もう一度状態を確認した。作業に入る前に状態を記録するために写真撮影を行った後、損傷の状態に応じて、分類分けた。作品は支持体(板)に直接絵具で描かれているもの、版木で摺った絵(船のみ)を切り取り板に貼り付け彩色を施した

もの、板全体に紙を覆いその上から船絵を描いたものなど、作品の製作方法がさまざまであった。その製作方法によって損傷状態も異なるため、数段階に分類したうえで処置を行った。本紙処置としては、絵馬全体のドライクリーニング、糊浮き箇所に対しての糊止め、本紙および絵具の剥落止めなどの処置を行った。

2回目の現地作業では、主に絵具の剥離止めを行った。なお、保管場所が海岸の近い場所にあるため、潮風により金具の劣化が著しく金具および紐の交換を行った。その後、修理後の写真撮影を行った後、梱包し各神社に再設置した。

第三書 修理工程および実施処置

以上の修理方針に則り、以下の処置を行った。

- ① 作品の撤去および移動
各神社から作品を撤去、梱包および作業場(服部興野自治会館)への移動を行った。
- ② 写真撮影・採寸
記録用の採寸および修理前の写真撮影を行った。
- ③ ドライクリーニング
額及び表裏面の汚れに対して、先の柔らかい筆とミュージアムクリーナーを用いて、本紙表面に付着している埃を除去した。なお、水分を含ませて硬く絞った布で縁を拭き取り汚れを除去した。
- ④ 糊止め
本紙が支持体(板)から剥離している箇所はメチルセルロース(以下、MC)¹1500_4.5%を用いてできる範囲の再接着を行った。まず、剥落の箇所が小さい場合は、マイラー®フィルムシートにMCを塗布し剥落した小口に差し込み再接

¹ methylcellulose

着をさせた。大きく剥落した箇所に対しては、本紙表面に直接MC (1500_1%) を塗布し、その上にポリエステル紙とケイドライ順に重ねプレス乾燥させた。

⑤ 剥落止め

絵具が著しく粉状化し取り扱いに混乱な箇所は、本紙表面にポリエステル紙を置いてその上からMC (1500_1%) を塗布し乾燥させた。乾燥後、ポリエステル紙を除去した。

⑥ 脱酸処理 (センターの預かり品のみ)

⑦ 縁修理

木枠を固定している紙が外れている箇所に対しては、竹ダボと虫ピンを使用して打ち付けた。なお、縁が無くなっている箇所には、新しく制

作した木枠を取り付け、アクリル絵の具を使用して彩色を施した。現状と調和するよう色を調整し、処置部を注視すると補彩が判別できるように行った。

⑧ 金具、紐の取り替え

額縁の裏面に付いている金具 (壁への固定用) が著しく錆びが生じていて紐も劣化していたため、新しく取り替えた。

⑨ 修理後写真撮影

修理後の記録撮影を行った。

⑩ 再設置

薄葉紙で梱包し、神社へ移動、元に場所に再設置を行った。

第四書 船絵馬調査票

展示番号	表題 (船名)	奉納年月日	願主	旧法量 (縦×横) cm	新法量 (縦×横) cm
東1	清徳丸 清徳丸	明治14年7月1日	居村 加藤寅治	47.0×67.0	47.0×67.0
東2	日吉丸	明治15年	居村 斉藤勘次郎	29.5×45.0	29.2×44.7
東3	長福丸	明治16年8月15日	土門氏	42.0×58.0	41.6×57.7
東4	福市丸 吉徳丸		梅津□ 阿部□ 金内□	35.5×54.5	35.5×54.5
東5	栄福丸	明治15年7月	斉藤勘治朗	29.5×44.0	29.8×45.5
南1	観音丸	明治15年7月	綱淵善光 佐藤清吉 綱淵惣右エ門 今野作十良	31.5×44.0	31.5×44.0
南2	宝呂丸		土門治助	31.0×44.0	31.2×44.5
南3	長寿丸	明治21年7月	当村 土門石五郎	31.0×44.0	31.0×45.0
南4	子月丸	明治15年7月	斉藤氏	29.5×45.0	29.6×44.5
南5	神徳丸		不詳	19.0×25.0	19.0×25.2
南6	孝善丸	明治9年7月	居村 土門口助	23.0×34.0	23.5×34.0
南7	観音丸		綱淵善光	20.0×26.0	20.3×26.2
南8	永寿丸	安政5年6月15日	不詳	19.0×25.0	20.5×26.2
南9	宝寿丸	万延元年6月15日	綱淵	14.5×21.0	14.5×21.0
南10	不詳 入船		梅津喜八	25.0×19.0	25.5×18.7
南11	宝市丸		不詳	19.0×25.0	19.3×25.5
南12	大福丸	文久2年7月	土門弥平治倅	21.0×26.0	20.1×25.6
南13	寿永丸	明治7年7月	土門氏	23.0×35.0	23.8×34.2
南14	宝福丸	明治38年 旧8月15日	服部興野 佐藤氏	24.0×34.0	22.8×34.7
南15	幸福丸 幸福丸		大宮団次郎	23.0×35.0	24.0×34.8

南 16	不詳	明治 32 年 旧 5 月 15 日	高橋三治郎	22.5×34.0	22.5×34.5
南 17	永福丸	明治 2 年丑 6 月	佐藤弥吉	23.0×34.0	23.5×34.9
南 18	長久丸	明治 11 年 7 月 15 日	当村 土門石五郎	31.0×44.0	31.3×44.3
南 19	永徳丸	明治 26 年己 旧 7 月 15 日	綱淵氏	24.0×34.0	24.0×34.6
南 20	寿永丸	文久 4 年 7 月 1 日	梅津氏	23.0×34.0	23.5×34.0
西 1	海宝丸	大正元年 旧 11 月 14 日	不詳	27.5×43.0	27.5×43.0
西 2	武者絵			未計測	未計測
西 3	(仮称) 船玉神社遷座祭図	明治三拾三年 旧九月十四日	海上安全大漁満足 諸願成就主 佐藤 菊 治 綱淵□藏 綱淵喜代助 □藤 留治 梅津留次郎	未計測	未計測
北西	天岩戸	明治三十一年 旧十月朔日	佐藤寅蔵	未計測	未計測
北東	二十四孝「郭巨」			未計測	未計測
稲荷 1	清神丸		不詳	19.0×25.0	19.3×25.5
稲荷 2	神徳丸		不詳	19.0×25.0	20.2×26.8
稲荷 3	大福丸		土門籐四郎	15.5×23.0	19.3×25.5
神蔵 1	清徳丸	明治 14 年 7 月 1 日	居村 加藤○○○門	31.0×43.5	31.5×43.7
神蔵 2	寿永丸	明治 7 年戊 7 月 25 日	土門氏	23.0×34.0	23.0×34.5
神蔵 3	永福丸	明治 20 年丑 6 月	佐藤弥吉	19.0×25.0	23.9×34.3
神蔵 4	不詳	明治亥年 7 月	不詳	23.0×34.0	23.0×34.0
神蔵 5	箱入り (船絵)	不詳	不詳	12.6×29.0	19.0×25.0
神蔵 6	箱入り (船絵)				14.0×20.8
神蔵 7	箱入り (武者)				未計測
神蔵 8	箱入り (武者)				未計測
神蔵 9	箱入り (犬)				未計測
神蔵 10	箱入り (馬)				未計測
神蔵 11	箱入り (馬)				未計測
神蔵 12	箱入り (キツネ)				未計測
神蔵 13	箱入り (キツネ)				未計測

第五書 作品写真

全図

船絵馬ではないため、修理後の写真撮影は行っていない。

修理前



図1. 虚空蔵様画題不詳_北



図2. 船玉神社_祭礼図



図3. 船玉神社_天岩戸



图 4. 船玉神社 _ 武者絵 _ 南



图 5. 神庫 7 (箱入り)



图 6. 神庫 8 (箱入り)



図7. 神庫9 (箱入り)



図8. 神庫10 (箱入り)



図9. 神庫11 (箱入り)



図 10. 神庫 12 (箱入り)



図 11. 神庫 13 (箱入り)

全図

修理前



修理後



図 12, 13. 東 1



图 14, 15. 東 2



图 16, 17. 東 3



图 18, 19. 東 4



图 20, 21. 東 5



图 22, 23. 船玉神社 西 1



图 24, 25. 船玉神社 南 1



图 26, 27. 船玉神社 南 2



图 28, 29. 船玉神社 南 3



图 30, 31. 船玉神社 南 4



图 32, 33. 船玉神社 南 5



图 34, 35. 船玉神社 南 6



图 36, 37. 船玉神社 南 7



图 38, 39. 船玉神社 南 8



图 40, 41. 船玉神社 南 9

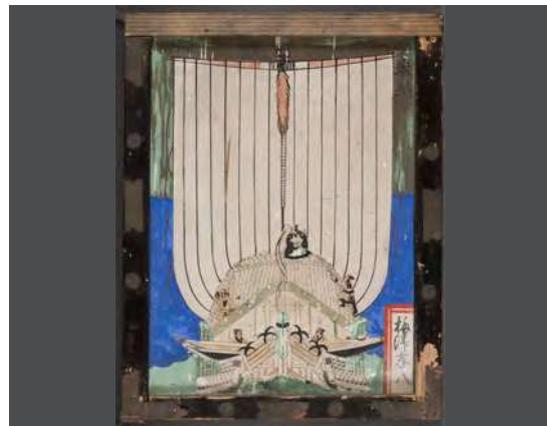
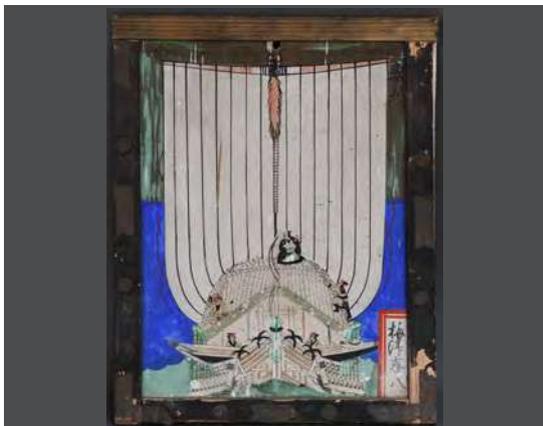


图 42, 43. 船玉神社 南 10



图 44, 45. 船玉神社 南 11



图 46, 47. 船玉神社 南 12



图 48, 49. 船玉神社 南 13



图 50, 51. 船玉神社 南 14



图 52, 53. 船玉神社 南 15



图 54, 55. 船玉神社 南 16

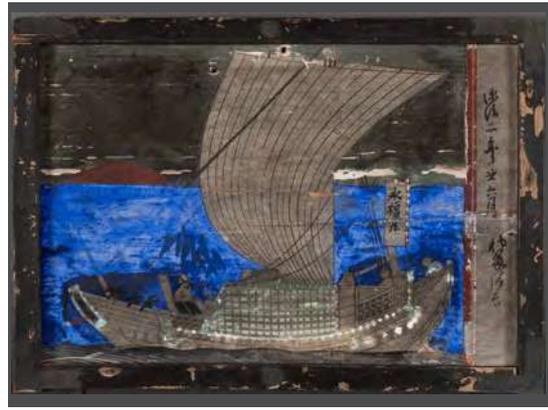
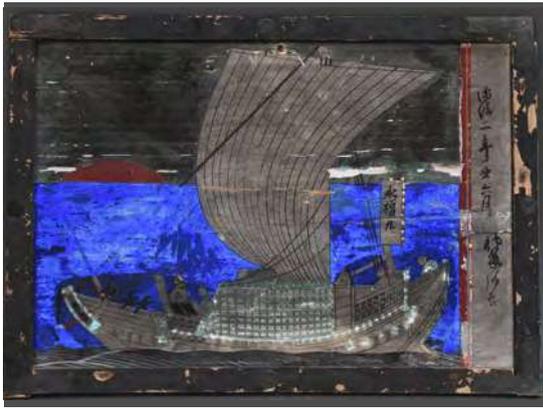


图 56, 57. 船玉神社 南 17



图 58, 59. 船玉神社 南 18



图 60, 61. 船玉神社 南 19



图 62, 63. 船玉神社 南 20



图 64, 65. 神庫 1 清徳丸



图 66, 67. 神庫 2 寿永丸



图 68, 69. 神庫 3 永福丸



图 70, 71. 神庫 4 不詳



图 72, 73. 神庫 5 箱入



图 74, 75. 神庫 6 箱入

損傷写真

修理前

修理後



図 76, 77. 埃



図 78, 79. 絵具の剥離



図 80, 81. 絵具の剥離

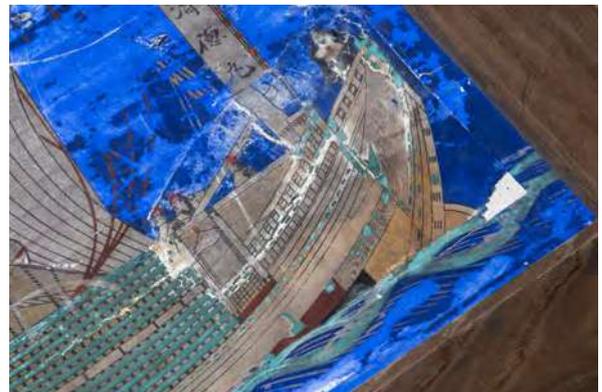


図 82, 83. 本紙の剥離



図 84, 85. (東1) 本紙の剥離



図 86, 87. (東4) 本紙の剥離

工程写真



図 88. 現場から梱包および移動



図 89. 本紙のドライクリーニング



図 90. 縁のクリーニング



図 91. 本紙の剥落止め



図 92. 絵具の剥落止め



図 93. 木枠のピン留め



図 94. 金具交換



図 95. 紐交換



図 96. 再設置

酒田市美術館収蔵

佐藤昌祐 《画室の午後》《鶴原風景》の保存処置

米田奈美子 YONEDA, Namiko / 文化財保存修復研究センター研究員・専任講師



図1. 《画室の午後》修復前、画面、額付き
ノーマル写真



図2. 《鶴原風景》修復前、画面、額付き、
ノーマル写真



図3. 《画室の午後》修復後、裏面、
額なし、ノーマル写真



図4. 《鶴原風景》修復後、裏面、
額なし、ノーマル写真

1. はじめに

今回報告する保存処置実施作品2点は、ともに酒田市美術館に収蔵されている、佐藤昌祐により描かれたF80サイズの油彩画である。画家の妻の居るアトリエ風景を描いた《画室の午後》は1991年（平成3年）に、そして千葉県南東部に位置する鶴原理想郷を描いた《鶴原風景》は1997年（平成9年）に描かれた作品である。制作後30年弱の年月を経る中で、両作品に共通して、似通った絵画層の亀裂や浮き上がりが発生していた。

今回はこれら2作品が、今後も安全に展示・移送・保存ができるよう、保存処置を実施したため、本稿ではその処置内容を報告する。

2. 作品概要

作品1

- 作者 : 佐藤昌祐
- 作品名 : 画室の午後
- 製作年 : 1991年（平成3年）
- 寸法 :
作品基底材 : 1,456mm × 1,121mm × 厚30mm
（日本サイズのF80号）
額寸法 : 1,725mm × 1,391mm × 厚91mm
入れ子寸法 : 1,460mm × 1,126mm × 深34mm
額の窓寸法 : 1,445mm × 1,108mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- 署名 : 作品左下に有り
- 収蔵 : 酒田市美術館

作品2

- 作者 : 佐藤昌祐
- 作品名 : 鶴原風景
- 製作年 : 1997年（平成9年）
- 寸法 :
作品基底材 : 1,455mm × 1,121mm × 厚20,7mm
（日本サイズのF80号）
額入れ子寸法 : 1,461mm × 1,127mm × 深23,4mm
額の窓寸法 : 1,442mm × 1,109mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- 署名 : 作品左下に有り
- 収蔵 : 酒田市美術館

《画室の午後》は「蒼騎展」に、そして《鶴原風景》も展覧会出展のために制作された作品であると考えられ、おそらく制作時より、額縁に入れられていた作品であると推察する。

《鶴原風景》は二本の平行する中棧のある丈夫な木枠をもつのにに対し（参照：図4）、《画室の午後》はカタカナの「キ」の字型の3本の中棧がついた（参照：図3）、より変形しにくい木枠が使用されている。これらの木枠に市販の白色下地のついたキャンバスを張られている。

白色の下地のうえに、有色の絵の具の下塗りを塗布し、その上に更に不透明な油絵具を筆で塗り重ねることによって、両作品の表現はなされている。チューブから搾った絵具をそのまま、あるいはそれにごく少量の結合材を混ぜ合わせ、絵の具の粘性を十分保たせたまま、わずかに筆跡が残る程度に塗布している。このようにして出来上がる絵画層はいずれも比較的一様な塗りがなされており、場所による著しい絵画層の厚みの違いや、激しいマチエールなどは存在しない。具象的な描き方をしているが、モチーフを単純化して、よりボリュームと空間を意識したような表現をしている。大胆な色彩配置や対比から、色彩構成的な印象を受けるが、その実ヴァールなどは的確に捉えており、繊細な色彩の調子が表現されている。色彩的に暗い箇所であっても殆ど黒色は用いていない点に由来して、両作品の明度が比較的高い状態にあると推察する。

両作品の絵画層における相違を述べるとすれば、《鶴原風景》においては、一度作品が「仕上がった」と認識される域まで描かれた上で、画家の手によりルソーセなどのリタッチワニスが塗布され、部分的に手が増えられた可能性が考えられる点である。

画面保護を目的とするワニスの塗布は、両作品ともない。



図5. 《鶴原風景》、作品上部に液体を垂らした痕跡が見られる

現在両作品は前述のとおり額装されている。

《画室の午後》の額にはグレージングと裏蓋があるが、《鶴原風景》の額にはそれらはない。先の木枠の相違に加え、額の違いからも、《画室の午後》は、より作品の付属物が作品保存にとり、よいものを使用されている傾向がある。

反面、両作品の木枠に残る額装の痕跡と、現額縁に残る額装痕が一致しないことから、両作品にとり、現額縁はオリジナルの額ではない可能性がある。しかしながら現段階では、いつ、誰の意思により現額縁に額装されたのかについては明確ではない。

3. 作品の状態

両作品の全体的な状態は比較的良好である。

しかしながら両作品ともに、絵画層上に亀裂・浮き上がりそして剥離・剥落が観察されるため、適正な展示や作品の保存のために、これらに対する保存的処置が求められた。これら両作品に観察される絵画層の損傷は、作品の保存環境に基づく損傷というよりもむしろ、画家の技法材料をはじめ複数の要因によって発生したものと考えられる。

絵画層の亀裂や浮き上がりが、画家の技法材料に関わる例としては、両作品にみられる亀裂が「浅割れ目」であることや、一定の色彩の上に亀裂が見られたことから、ひとつめに絵の具に結合材が必要含量含有されていない可能性や、過剰に乾燥材などが使用されている可能性が考えられる（参照：図7）。また、絵画層同士の固着が悪く、上層の絵画層が下層の絵画層からややカール気味にめくれ上がっているような状態が観察されることから（参照：図6）、制作時に下層の絵画層が十分すぎるほど乾燥した状態の上に、上層の絵画層を塗布するようなことを行った可能性が考えられる。



図6. 《画室の午後》、画面、部分、絵画層の浮き上がり



図7. 《鶴原風景》、画面、部分、絵画層の亀裂および浮き上がり

他、作品画面の縁が額縁の入れ子に当たることによって生じる「額当たり」や、支持体であるキャンバスがわずかながらたたるみ、支持体を支える木枠にキャンバスが当たってしまうことで生じる「木枠当たり」。加えて支持体であるキャンバス自体のたるみで絵画層に生じる亀裂などが観察できる。これらは経年とともに生じる損傷であるために、逃れることが難しい損傷でもある。

ただし、《画室の午後》のメインモチーフである人物の頭部に観察できる同心円状の亀裂は、作品画面、あるいは裏面よりピンポイントに尖った何かがぶつかったことによって生じたものであると推察できる。さらに特徴的なことには、この同心円状の亀裂に対して、おそらく画家の手と思われる上塗りや油絵具を用いて行われていることである。この上塗りは「画家の意思」によるものを考えるため、「オリジナルの絵画層」と認識し、除去の対象とはしない。

また、同じく《画室の午後》の支持体裏面左上に大きな油染みが観察できるが、これに関する原因については現状不明である。

4. 修復方針

当修復は酒田市美術館内で実施でき、かつ短い処置時間内で、という場所と時間の条件が限定されていることが前提で、以下の処置方針を立てた。

- ・当修復は保存的処置を最優先とする
- ・作品の安全な展示・移動・保存を目的に、絵画層の亀裂・浮き上がり、剥離の接着強化を実施する
- ・両作品には「加筆」「上塗り」のようなものが認められるが、いずれも画家の意思によるものと認識し、これらを除去や処置の対象とはしない
- ・修復処置には可逆性のある材料を用いる

5. 修復処置

修復方針を踏まえ、以下の処置を実施した。

1. 修復前に簡易的に作品の状態調査および写真記録をとり、調書を作成した
2. 作品を額縁から取り外す前に、絵画層が剥離・損失しないよう、事前に絵画層の浮き上がりの激しい箇所に、膠と典具帖を用いて部分的に表打ちを施し、損傷箇所を保護した



図8. 《鶴原風景》、修復前、部分、損傷箇所の保護

3. 作品を額縁から外した上で、作品の絵画層の亀裂・浮き上がり、剥離箇所に牛膠（5%濃度）を含ませ、電気コテで加熱・加圧することで、絵画層の接着強化処置を行った



図9. 《画室の午後》、部分、絵画層の浮き上がりの接着後

4. 接着強化処置による膠の残滓の除去のため、絵画層の亀裂・浮き上がり周辺を、軽く精製水で湿らせた綿棒で洗浄した
5. 柔らかい刷毛で作品表面を軽く払うことで、ドライクリーニングを行い、作品を額の内れ子に入れなおす
6. 《鶴原風景》にのみ、作品を額に留め置く際の留釘の補助金具として、額の内れ子の上下に2個ずつ、計4個T字金具を設置した



図10. 《鶴原風景》、額の留釘の補助金具として新規で設置したT字金具

7. 修復後の状態の撮影および記録を行った

6. まとめ

両作品の状態は概ね良好であった。その上で、画家の技法材料に起因するものをはじめとした絵画層の亀裂・浮き上がり、剥離が生じており、これらが作品の安全な展示や移動・保存を妨げる要因となっていたため、処置の実施が必要となった。

両作品は制作されてから30年弱の年月しか経っていない。絵の具の使い方や、塗布された絵画層の厚みによって、絵の具の重合反応速度は変わるため一概にはいえないが、一般的には油絵具の重合にはある程度の年数を要することから、あくまでも可能性として、まだ当作品の絵の具が完全重合しきっていない場合には、同様の理由からなる亀裂や浮き上がりが他所にて発生する危険性が残る。よって、特に制作後24年程度しか経過していない《鶴原風景》においては、絵の具の重合度合いが《画室の午後》よりも低い場合があるため、今後とも館内の方による日常の観察という、「人の力」が重要になる。

反面、今後さらなる年月を経ることによって、絵画層が重合反応を終え、柔軟性がなくなっていくと、今後はより安定した保存環境、とくに湿度変化の少ない環境での保存が重要になると考える。

今回処置をさせていただいた両作品の収蔵先である酒田市美術館においては、常に館内の人の目によって、注意深く作品の状態や保存環境がチェックされている。この人の力によるきめ細やかな対応によって、作品の損傷が重篤化する前に対応することが可能になっていると考える。作品を適正に保存・活用するには、こういった現場の人の力が非常に重要であるため、今後も酒田市美術館の方々との信頼と

協力を重ねていき、より作品が安心できる形で保存されていくよう努めたい。

参考文献等

佐藤昌祐 作品 | 酒田市美術館/Sakata City Museum of Art (sakata-art-museum.jp) (2020年3月28日閲覧)



図1.1. 《画室の午後》、修復後、画面、全体、額有り



図1.2. 《鶴原風景》、修復後、画面、全体、額有り



図1.3. 《画室の午後》、修復後、裏面、全体、額有り、裏蓋有り、写真左側が作品上辺



図1.4. 《鶴原風景》、修復後、裏面、全体、額有り、もともと裏蓋無し

東根市収蔵 柏倉清助作品 9 点の保存処置

米田奈美子 YONEDA, Namiko / 文化財保存修復研究センター研究員・専任講師



図1. 《裸婦》修復前、画面、額付き、ノーマル写真



図2. 《裸婦》修復前、裏面、額付き、ノーマル写真



図3. 《花・あねもね》修復前、画面、額あり
ノーマル写真



図4. 《花・あねもね》修復前、裏面、額あり
ノーマル写真



図5. 《ニース公園にて》、修復前、画面、額付き、
ノーマル写真

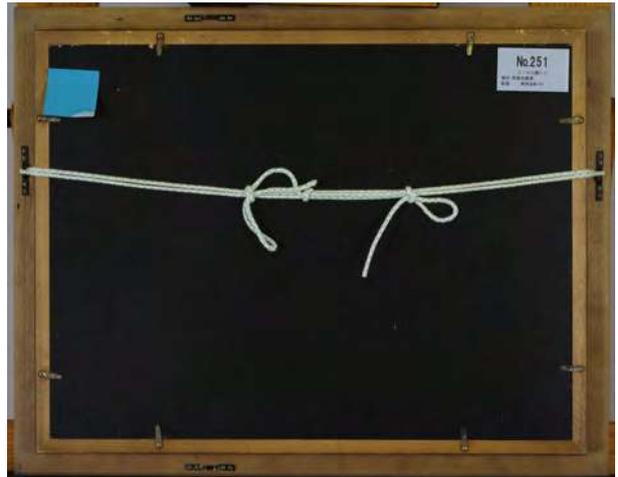


図6. 《ニース公園にて》、修復前、裏面、額付き、
ノーマル写真



図7. 《橋の上から セーヌ》、修復前、画面、
額つき、ノーマル写真

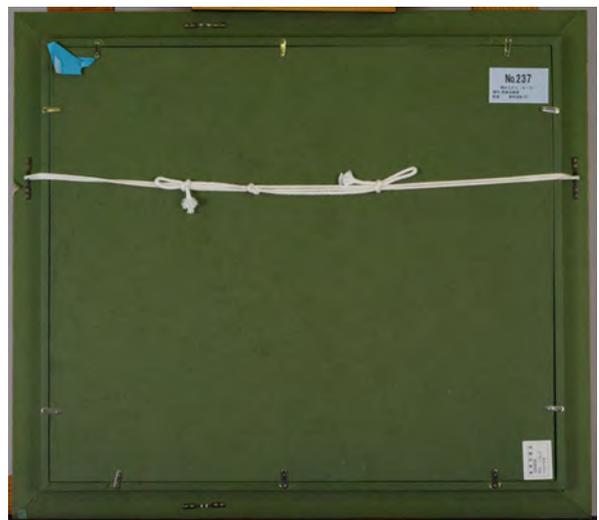


図8. 《橋の上から セーヌ》、修復前、裏面、
額付き、ノーマル写真



図9. 《長瀬の河(最上川)》、修復前、画面、
額つき、ノーマル写真



図10. 《長瀬の河(最上川)》、修復前、裏面、
額つき、ノーマル写真

1. はじめに

今回報告する作品9点は、東根市に収蔵されている柏倉清助作品群の一部である。これらは新規収蔵庫設立まで、暫定的な場所に保存されていたが、その保存環境の影響から、作品にカビが発生した。

現在、環境が適正に整った新規収蔵庫ができあがり、作品群を移送・保存することが必須となっている。しかしカビごと作品を収蔵することは他の収蔵作品への懸念があるため、カビなどの不安を取り除くことが最重要事項とされた。ほか、これら作品には絵画層に亀裂や浮き上がり・剥離が発生していることをはじめ、作品を適正保存する上での問題がいくつかあり、これらに対処することでより安全に展示・移送、保存ができることを目指すこととなった。

本稿では9作品に対し実施した、保存処置に関し報告する。

2. 作品概要

9作品全て、作者は柏倉清助、東根市所蔵である。

作品1

- 作品名 : 裸婦 (参照: 図1, 2)
- 製作年 : 1966年 (おそらく在仏時)
- 寸法 :
作品基底材: 606mm × 455mm × 厚22mm
(日本サイズのP12号)
額寸法 : 768mm × 618mm × 厚59mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- その他 : 仏で制作後、一度仏規格の木枠から支持体を外し、ロール状に巻いた後、日本規格のF10号の木枠に再張り込み、さらにそこから現木枠に張り込み直している

作品2

- 作品名 : 花・あねもね (参照: 図3, 4)
- 製作年 : 1970年 (おそらく在仏時)
- 寸法 :
作品基底材: 411mm × 319mm × 厚21mm
(日本サイズのF6号)
額寸法 : 572mm × 479mm × 厚52, 1mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- その他 : 仏で制作後、仏規格の木枠から日本規格の木枠に支持体を再張り

込み。作品サイズと画面サイズ間に相違あり。

作品3

- 作品名 : ニース公園にて (参照: 図5, 6)
- 製作年 : 1975年 (おそらく在仏時)
- 寸法 :
作品基底材: 334mm × 455mm × 厚23, 5mm
(日本サイズのP8号)
額寸法 : 473mm × 596mm × 厚46, 8mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- その他 : 仏で制作後、仏規格の木枠から日本規格の木枠に支持体を張り直しているため、作品サイズと画面サイズ間に相違あり、加筆あり

作品4

- 作品名 : 橋の上から セーヌ (参照: 図7, 8)
- 製作年 : 1975年 (おそらく在仏時)
- 寸法 :
作品基底材: 457mm × 529mm × 厚22, 6mm
(日本サイズのF10号)
額寸法 : 617mm × 692mm × 厚56, 6mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩
- その他 : 作品制作後、おそらく一度木枠から支持体を外し、現木枠に張り直している

作品5

- 作品名 : 温身平にて 残雪
- 製作年 : 1982年
- 寸法 :
作品基底材: 606mm × 727mm × 厚23mm
(日本サイズのF20号)
額寸法 : 768mm × 899mm × 厚52mm
- 技法材料 : キャンバスに油彩

作品6

- 作品名 : 川前にて (大石田)
- 製作年 : 1985年
- 寸法 :
作品基底材: 530mm × 727mm × 厚24mm

(日本サイズのP20号)

額寸法 : 691,5 mm × 889 mm × 厚 52,4mm

○技法材料 : キャンバスに油彩

作品7

○ 作品名 : 長瀬の河(最上川)(参照:図9, 10)

○ 製作年 : 1987年

○ 寸法 :

作品基底材 : 606 mm × 909 mm × 厚 27,7mm
(日本サイズのM30号)

額寸法 : 743 mm × 1,050 mm × 厚 68mm

○技法材料 : キャンバスに油彩

作品8

○ 作品名 : 春の飯豊

○ 製作年 : 1987年

○ 寸法 :

作品基底材 : 606 mm × 727 mm × 厚 20,8mm
(日本サイズのF20号)

額寸法 : 767 mm × 888 mm × 厚 55,45mm

○技法材料 : キャンバスに油彩

作品9

○ 作品名 : 静物

○ 製作年 : 不明

○ 寸法 :

作品基底材 : 332 mm × 243 mm × 厚 22,2mm
(日本サイズのF4号)

額寸法 : 495 mm × 403 mm × 厚 52,2mm

○技法材料 : キャンバスに油彩

9作品中4作品、《裸婦》《花・あねもね》《ニース公園にて》《橋の上から セーヌ》は、その製作年などからおそらくフランスで制作した作品である。対して、他4作品は日本で制作されたと考えられる。《静物》に関しては製作年・制作地ともに詳細不明。

どの作品も、支持体である白い既成下地付きキャンバスが、木枠にタックスで張られている上に、油彩で描くことで美的表現がなされている。しかしフランスで描かれたと考えられる4作品に関し、おそらく木枠はオリジナルではない。フランスから日本へ作品を移送する際、画家がフランスでオリジナル

の木枠を放棄したと考えられる。これはフランスと日本の既成木枠サイズが僅かながら異なることに立脚するが、フランスで描かれた4作品に関しては、画面サイズが現在の木枠サイズよりもむしろフランスサイズと一致すること、張り代に古いタックス痕があること、加えてこのタックス痕が現木枠には存在しないことなど、現木枠との不一致が見られる(参照:図11)。ちなみに《静物》の木枠の製造販売国は不明だが、他8作品の現木枠は、フランスで描かれたと考えられる4作品も加え、日本製と考えられる。



図11. 《花・あねもね》、作品左辺、張り代に絵画層が観察できる

絵画層は不透明な油絵具を用い、ナイフは用いず豚毛の筆で制作している。白色の下地のすぐ上に、作品のベースとなる有色の不透明の色彩を一面に塗布した上に、ときにはそのベースを塗り残して視認できるままにしつつ、色彩を塗り重ねている。制作年代が古いものほど絵画層の厚みは比較的薄く、筆跡によるマチエールが画面上にあまり出ないような描き方をしている傾向がある。ただし、描いているメインモチーフが川や水面ではなく、山や木々である場合、樹皮や葉の生い茂りなどを絵具の物理的凸凹によって表現していることが多い。モチーフを細部まで描き込むというよりも、あたかも風景を楽しむように、作品に対して距離をもって鑑賞することを前提にして描かれている作品群のようである。技法材料上、適正な描き方をしていると推察する。

ちなみに《裸婦》の絵画層上にある古いタックス痕上や、《ニース公園にて》の画面上辺に加筆が見られるが、画家自身の手によるものと考えられる(参照:図12、13)。



図12. 《裸婦》、画面、部分、過去のタックス痕跡上に加筆することで、タックス痕跡を埋めようとしている



図13. 《ニース公園にて》、画面、部分、上辺に新規木枠にキャンバス張り込み後になされた加筆が観察できる

保護を目的とするワニスは存在しないが、9 作品全て、グレージングのある額縁に額装されていることから、作品表面は保護された状態にある。

うち7 作品の額は、その美観および形式が一様であることから、作品に合わせて作られた額縁というよりも、いかなる画題・美観の作品にも合わせられる、くせのない見目の額縁が採用されていると考える。よって、これら7 点の額縁は、柏倉作品群が東根市所蔵になる際に、まとめて額装されたと推察するが、詳細は不明である。額の構造は、画面側にグレージング、裏面に裏蓋のある密閉型となっている。

これに対して《ニース公園にて》の額縁も同様に、グレージングと裏蓋をもつ密閉型である。しかし、入れ子内部がプラスチックである他、額の美観や、裏蓋の素材の相違などの違いがある。

また、《長瀬の河（最上川）》の額縁は全体的に金属主体であり、その素材からして異なる。加えて裏蓋を持たないが、グレージングと作品画面間で密閉空間ができる仕組みになっており、作品画面においては密閉型で保護力のある額縁といえることができる。

3. 作品の状態

今回処置を施した9 作品すべての全体的な状態は比較的良好であった。元来画家の制作材料や技法には破綻的な面は殆どなく、作品の適正保存に努めた場合、一般的に緩やかに経年による損傷が生じていくタイプの作品群であると考えられる。

その上で、当9 作品においては、額のグレージングの表裏及び作品の絵画層、作品によっては作品裏面にカビが発生、あるいはその懸念があったことから、作品の安全を考え、緊急的にこのカビの除去・殺菌を行う必要性があった。このカビの発生は、当

作品群を一時的保管していた場所の湿度環境に由来する。さらに9 作品全ての額縁が密閉タイプのものであったことから、額内部における通気性のなさも、このカビ問題を助長することとなったと考える。

また一部作品においては、キャンバスを木枠に留めるためのタックスが酸化、あるいは特異な変質を起こしており、タックス自体の脆弱化は勿論、タックスの酸化に伴うキャンバスの張り代の早急な脆弱化の恐れがあった（参照：図14～16）。加えて、タックスの縁に沿って張り代が破れ始めており、何らかの処置が必要と考えられた。

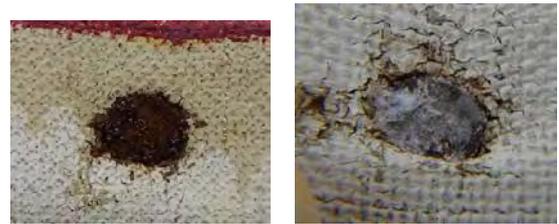


図14, 15. 左《裸婦》、右《花・あねもね》のタックス
左は過度に酸化している様子が、右はタックスが特異な変容をしている様子が観察できる



図16. 《川前にて（大石田）》のタックス箇所の張り代の様子、タックスの錆が張り代に影響を与えている

さらに一部の作品において絵画層の亀裂や浮き上がり、剥離が観察され、作品の保存的および美観的な問題が考えられた。特に《裸婦》は、おそらくある程度の期間、作品基底材をロール状に丸めて保存していたと考えられ、それに由来する絵画層の問題が見られた。また同作品には、過去に絵画層にタックスを打ち込んだことによる絵画層の亀裂もあった。

他、作品を安全に展示・保存する上で額縁の状態は重要な要素である。グレージングや入れ子内部でのカビの発生や汚れへの対処や、入れ子サイズと作品サイズなどの誤差の軽減、より安全性の高い吊り金具や吊り紐の選択など、細かなことで作品の損傷発生や進行速度を緩和することが可能となる。

このように今回処置を要した9 作品においては、

主に保存環境や誤った取り扱いなど、諸問題の積み重ねを要因として問題が発生したと推察する。

4. 修復方針

- ・当修復は保存的処置を最優先とする
- ・全9作品に発生しているカビに対し、これらの除去・殺菌、清掃することが処置として重要である
- ・作品の安全な展示・移動・保存を目的に、絵画層の亀裂・浮き上がり、剥離の接着強化を実施する
- ・長期的に作品が安全に保存されていくために、額周辺の手入れを行うことで、保存環境を改善する
- ・修復処置には可逆性のある材料を用いる

5. 修復処置

修復方針を踏まえ、以下の処置を実施した。

1. 修復前に簡易的に作品の状態調査および写真記録をとり、調書を作成した。
2. 外部業者による「エキヒューム S」を用いた燻蒸により、カビを殺菌した。
3. 額の外側の埃などをミュージアムクリーナーでドライクリーニングした。
4. 《裸婦》《ニース公園》《温身平にて 残雪》《橋の上から セーヌ》の絵画層に亀裂や浮き上がりが観察されたため、5%濃度の牛膠を用い、剥離接着強化を行った。
5. 《ニース公園にて》《橋の上から セーヌ》《長瀬の河（最上川）》《川前にて（大石田）》には虫の死骸や虫糞ほか、付着物が確認されたため、これらを、水を含ませた綿棒、メスや異物針を用いて洗浄・除去作業を行った。
6. 作品裏面に対し、ミュージアムクリーナーでドライクリーニングを行った。
7. 作品画面を、精製水を含む綿棒で洗浄した。
8. ごく少量エタノールを含ませたウエスで作品裏面を拭き、殺菌した。
9. タックスが変質している作品や、タックスによって張り代に破れが生じている作品に対し、タックスの酸化・変質状態によっては錆止めした新規のタックスに交換した上、タックスとキャンバスの間に中性紙をかませた。



図17. 《静物》、修復後、張り代箇所、キャンバスとタックスの間に中性紙をかませている

10. 額のグレージングに発生したカビが保存上および美観的にも適正ではなかったため、エタノールを含ませたウエスでグレージングを洗浄・殺菌した。中には合成接着剤のようなものが付着していたため、適正溶剤にて除去した。
11. 入れ子内部がカビや埃で汚れていた額縁をまず洗浄した。さらに、額のカカリ箇所には緩衝材、額内部にバルサによるスペーサーを設置し、作品や入れ子が額内で遊ばないように処置することで、額当たりの要因の軽減を図った。
12. 額の裏蓋がいくつか変形していたため、額の入れ子の背にバルサで緩衝材を入れ、これ以上裏蓋が変形しないよう、圧力軽減処置をした。
13. 裏板の裏板を留める金具の下に任意の厚みの木片を敷き、すでに反っている額の裏板に対し金具が無理なく留まるよう処置した。
14. 額の、留金具に由来する古いねじ穴を一旦充填した後、錆止めした留金具を設置した上で作品を額装した。
15. 《長瀬にて（最上川）》以外、額縁の吊り金具の小ささから、より安全な展示を求め、適正サイズの吊り金具及び十分な長さの吊り紐に交換。
16. 修復後の様子を、ノーマル写真にて記録した。

6. まとめ

9作品は、同じ画家に描かれながらも、制昨年、制作地、制最後の取り扱いなど、個々それぞれの異なる経過を辿った姿を見せている。しかしながらそのいずれにおいても、画家の技法材料の適正さから比較的丈夫な部類の作品に類すると考える。

実際、今回9作品に共通する、最も重要な損傷が、保存環境に由来するカビであることに鑑みても、今回、このように適正にカビに対する処置をしたうえで、適正環境にある収蔵庫で保存されていく限りは、同様の問題は起こらないだろうことが推察される。

反面、いくつかの作品のタックスに見られた特異な変質に関しては、その変質現象および発生理由について明確にするには至らなかった。こういった損傷原因や理由を明確にすることが、当作品群をより適正に理解し、より保存状況をよくする1歩に近づくことになると考え、引き続きその発生原因などについて考えていく必要がある。

東根市によると、柏倉作品群に関しては、まだ処置を要する作品が残っているとのこと。今後とも継続的に作品に関わっていくことにより作品への理解

を深め、作品に沿った処置ができるよう努めたい。



図18. 《裸婦》、修復後、画面、額付き、全体、ノーマル写真



図19. 《裸婦》、修復後、裏面、額付き、全体、ノーマル写真



図20. 《花・あねもね》、修復後、画面、額付き、全体、ノーマル写真



図21. 《花・あねもね》、修復後、裏面、額付き、全体、ノーマル写真



図22. 《ニース公園にて》、修復後、画面、額付き、全体、
ノーマル写真

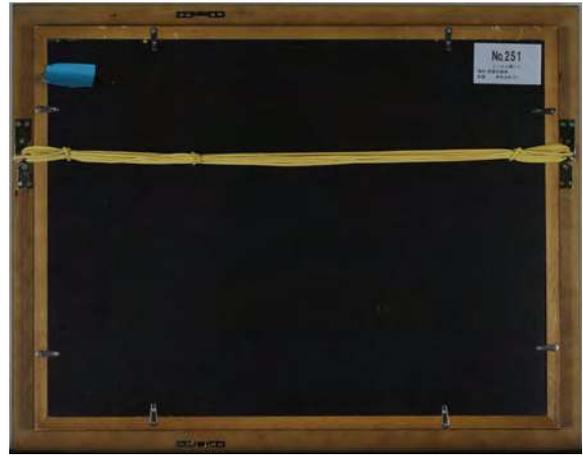


図23. 《ニース公園にて》、修復後、裏面、額付き、全体、
ノーマル写真



図24. 《橋の上から セーヌ》、修復後、画面、額付き、全体、
ノーマル写真

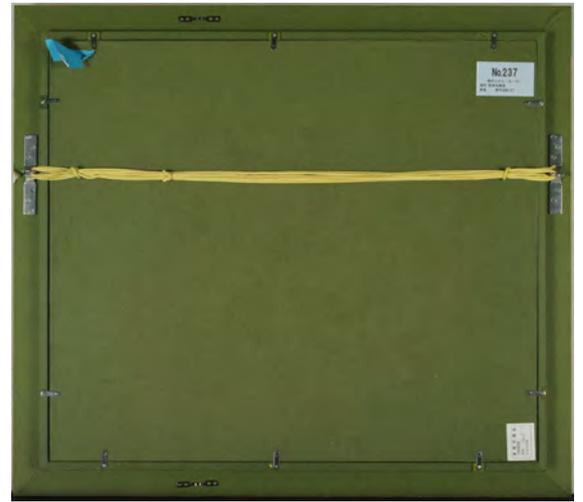


図25. 《橋の上から セーヌ》、修復後、裏面、額付き、全体、
ノーマル写真

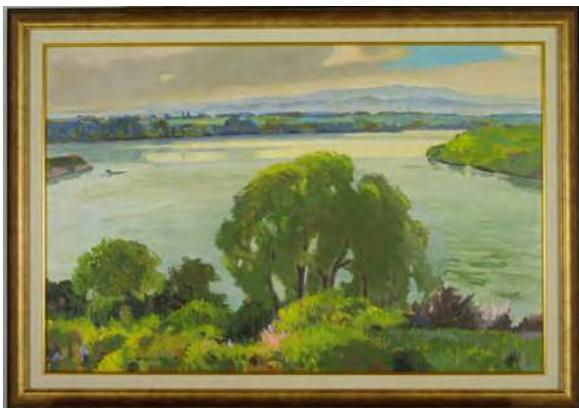


図26. 《長瀨の河 (最上川)》、修復後、画面、額付き、全体、
ノーマル写真



図27. 《長瀨の河 (最上川)》、修復後、裏面、額付き、全体、
ノーマル写真

文化財保存修復研究事業



I 令和2年度「文化遺産の保存・活用に関する研究」 活動報告

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

令和2年度「文化遺産の保存・活用に関する研究」の活動として、令和3年3月6日(土)に連続公開講座「文化財の劣化要因と保存対策－博物館から遺跡まで－」を山形県立博物館と共催で、オンラインで開催した。

これまで、連続公開講座は対面の形で開催してきたが、新型コロナウイルス感染症対策により、対面の開催が難しかったため、オンラインでの開催となった。

遺跡調査に関しては、大船遺跡(函館市)、三内丸山遺跡(青森市)、毛越寺(平泉町)、元木の石鳥居(山形市)、狭山池博物館(大阪狭山市)等で、環境調査および劣化調査を行った。

連続公開講座「文化財の劣化要因と保存対策－博物館から遺跡まで－」

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：山形県立博物館

開催日：令和3年3月6日(土曜日) 14:00～15:30

開催方法：オンライン配信(WEB会議システム ZOOM)

プログラム

14:00-15:30 講演；文化財の劣化要因と保存対策－博物館から遺跡まで－

(石崎武志、文化財保存修復研究センター長・教授)

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターでは、これまで30回の連続公開講座を開催してきた。内容は、当センター研究員の個人研究テーマや受託に関する研究報告、また文化財の保存修復に関する国内外の専門家を招聘して講演を行った。今回は、新型コロナウイルス感染症対策により、対面の開催が難しかったため、新しい取組としてWEB会議システムZoomを利用し、石崎が、前職である東京文化財研究所で行った博物館、美術館の展示室、収蔵庫等の温湿度、空気環境など文化財の保存環境に関する調査研究、また、高松塚古墳やキトラ古墳の壁画の劣化調査、東日本大震災の時の文化財レスキュー、海外の遺

跡の保存修復など様々な事業での経験をもとに、文化財の保存修復の概略に関して説明を行った。今後の公開講座等で、それぞれのプロジェクトに関しては、改めて紹介する予定である。

参加者は、122名と多くの方に参加頂いた。北海道から沖縄県までの多くの地域から参加となり、オンラインによる講座のメリットも感じる事ができた。但し、途中でシステムの不具合があり10分ほど中断したので、今後は、配信システムの改善をして、連続公開講座を開催していく予定である。



オンライン連続公開講座配信会場の様子

II センター公開講座

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続け、その活用と保存・修復の技術的課題について、地域の方々と共に考え語り合う場として「連続公開講座」を開設し、これまで30回開講してきました。しかし、新型コロナウイルス感染症により、従前のように対面開催することが難しい状況となりました。

そこで令和2年度からは、より多くの皆様に文化財を身近に感じていただき、専門的な知見の共有を目指して、オンライン公開講座として再開しました。配信にはWEB会議システムZoomを利用し、聴講希望者は事前申し込みで参加いただきました。

公開講座一覧

回	講演日	題目	演者
第31回	令和3年3月6日(土)	文化財の劣化要因と保存対策 —博物館から遺跡まで—	センター長・教授 石崎武志



参加無料
事前申込

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター
連続公開講座 第31回 オンライン開催

文化財の劣化要因と保存対策 —博物館から遺跡まで—

講師：石崎武志教授（文化財保存修復研究センター長）
2021.3.6(土) 14:00～15:30

受講方法 オンライン会議システム「Zoom」にてリアルタイム配信致します。当日は30分前より入室可能です。予めご参加いただける機材をご準備の上、ご参加ください。
当日のURLは、申込まいただいたメールアドレスへ前日までにメールにてお知らせします。
申込方法 参加希望者は必要事項（①氏名、②ふりがな、③メールアドレス）を明記の上、
iccp@tuad@gmail.com（申込専用）までメールにてお知らせください。
申込締切 3/1（月）まで

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：山形県立博物館

問い合わせ先
担当者：石井、井戸
TEL：023-627-2204 MAIL：iccp@aga.tuad.ac.jp URL：http://www.iccp.co.jp



告知資料 1



配信風景 1

東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター
連続公開講座 第31回 オンライン開催

文化財の劣化要因と保存対策 —博物館から遺跡まで—

2021.3.6(土) 14:00～15:30
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：山形県立博物館

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターでは、これまで30回の連続公開講座を開催してきました。しかし、2020年、COVID-19 新型コロナウイルス感染症により、これまでのように、対面開催することが難しい状況となり、開催を断念することが出来ませんでした。より多くの皆様は文化財を身近に感じていただける様、また専門的な知見の共有を目指し、オンライン公開講座として再開致します。

今回は2020年10月、当センターのセンター長に就任された石崎武志教授が、これまでの研究で携わった博物館・美術館の保存環境や、屋外遺構の劣化調査・保存修復、被災文化財のレスキューなど、国内外様々な文化財に対する保存対策をお話致します。

【講演者紹介】
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長。東北芸術工科大学教授。北海道大学理学部地球物理学科卒業。理学博士。2014年より東北芸術工科大学に勤務。専門は、文化財保存科学、文化財科学、地盤工学。現在は、東北や北海道など寒冷地の遺跡や石造文化財の保存に関する研究を行っている。

前職では、東京文化財研究所で文化財の保存に関する研究。海外の遺跡や建造物の保存に関する調査、博物館・美術館の環境調査等を18年間行ってきた。在任中、全国の博物館・美術館の保存担当学芸員研修を行っており、その内容をもとに、「博物館資料保存論」(講談社)をまとめ、本書を始めとした学芸員研修のテキストとして使用されている。

2011年の東日本大震災時は、東京文化財研究所の保存修復科学センターのセンター長として、文化庁を中心に立ち上げた被災文化財レスキュー事業の事務局長を務めた。

現在は、国際記念物遺跡会議 (ICOMOS) の石造文化財の保存に関する科学委員会 (ISCS) の委員長を務めている。

問い合わせ先
担当：石井、井戸
TEL：023-627-2204 MAIL：iccp@aga.tuad.ac.jp URL：http://www.iccp.co.jp



告知資料 2



配信風景 2

Ⅲ 著者略歴

令和3年4月1日現在

中右恵理子 NAKAU, Eriko

現職／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／東京藝術大学大学院 美術研究科 博士後期課程 文化財保存学保存修復油画
修了 博士（文化財）

専門／西洋絵画保存修復

著書・論文／

中右恵理子 2012 「第7章 油彩画の構造と修復」、『文化財保存学入門—感じとる智慧・つながる記憶』、丸善プラネット、pp. 129-149、

中右恵理子、長峯朱里 2019 「高橋由一作《鮭図》の絵画材料および技法について」、『平成30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』、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター、pp. 15-28、

中右恵理子 2020 「日光東照宮陽明門唐油蒔絵の制作についての考察」、『令和元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』、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター、pp. 17-36

栗原典子 KURIHARA, Noriko

現職／月形町役場 企画振興課商工観光係 地域おこし協力隊 学芸員

学歴／東北芸術工科大学 芸術工学研究科修士課程芸術文化専攻修了

専門／文化財保存科学、立体作品保存修復

著書・論文／

栗原典子 2020 「土質遺構の含水率分布図から検討した塩類析出と熱解析を利用した藻類の熱処理に関する研究」（修士論文）、東北芸術工科大学大学院

鷺津未来 WASHIZU, Miku

現職／備前市役所 教育委員会教育部 文化振興課文化財係主事補

学歴／東北芸術工科大学 芸術工学研究科 芸術文化専攻 修士課程修了

専門／保存科学

著書・論文／

鷺津未来 2021 「考古遺物の保存処理に使用される PEG の低分子化に金属イオンが及ぼす影響に関する研究」（修士論文）東北芸術工科大学

添田雄二 SOEDA, Yuji

現職／幕別町教育委員会

東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター 客員研究員

学歴／北海道教育大学卒業 理学博士（鹿児島大学大学院理工学研究科 論文博士）

専門／第四紀環境復元

著書・論文／

添田雄二・赤松守雄 2001「北海道東部サロマ湖周辺域における 10～17 世紀の海水準変動」, 第四紀研究, 40 : pp. 423-430.

添田雄二・青野友哉・永谷幸人編 2019「伊達市カムイタプコプ下遺跡発掘調査報告書ー近世アイヌ文化期の集落ー」, 北海道博物館・伊達市噴火湾文化研究所.

青野友哉・渋谷綾子・添田雄二・永谷幸人 2021「作物痕跡の形状解析による栽培作物同定と残存デンプン粒分析との照合の試み」, 文化財科学, 82 : pp. 1-20.

北野博司 KITANO, Hiroshi

現職／東北芸術工科大学 歴史遺産学科 教授, 文化財保存修復研究センター研究員

学歴／富山大学人文学部（考古学専攻）卒業

専門／考古学、文化財マネジメント

著書・論文／

北野博司 2017「石垣修理における補強の理念と実践」『石造文化財の保存修理』全国遺跡環境整備会議

北野博司 2018「災害と向き合う石垣の保存管理」『第 15 回全国城跡等石垣整備調査研究会』文化庁・白河市

IV 研究員一覧

令和3年4月1日現在

○センター長

石崎武志 教授／保存科学

○センター研究員

北野博司 教授／歴史遺産学科兼任／日本考古学
柿田喜則 教授／文化財保存修復学科兼任／古典彫刻修復
杉山恵助 准教授／文化財保存修復学科兼任／東洋絵画修復
青野友哉 准教授／歴史遺産学科兼任／考古学
笹岡直美 准教授／古典彫刻修復
米田奈美子 講師／文化財保存修復学科兼任／西洋絵画修復
元 喜載 講師／東洋絵画修復

井戸博章 嘱託研究員／古典彫刻修復

石井皓子 嘱託研究員／西洋絵画修復

○客員研究員

岡本篤志 大手前大学／文化財三次元計測
河崎衣美 橿原考古学研究所／保存科学
佐々木淑美 保存科学
添田雄二 幕別町教育委員会／地質学
高見雅三 道総研地質研究所／物理探査
中右恵理子 西洋絵画修復
長峯朱里 西洋絵画修復
藤原 徹 立体作品修復
脇谷草一郎 奈良文化財研究所埋蔵文化財センター／保存科学
和田 浩 東京国立博物館／保存科学

○客員教授

澤田正昭 保存科学

成瀬正和 保存科学

令和2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

令和3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>



TOHOKU UNIVERSITY
OF ART & DESIGN

Bulletin of Institute for
Conservation of Cultural Property2020



TOHOKU UNIVERSITY OF
ART AND DESIGN

Bulletin of Institute for
Conservation of Cultural Property