

文化財の生物劣化の現象解明と対策に関する研究(ホ01)

目 的 文化財の生物劣化現象は、自然災害あるいは日常の保存環境において生物の発育を促進する因子が存在すると起こるが、その因子は文化財を取り巻く保存環境と複雑かつ密接に関連している。保存環境と生物劣化現象について、記述を重視した基礎研究を実施するとともに、様々な生物劣化に対して、適切で効果的な対処方法を検討する応用研究を実施することを目的としている。

- 成 果**
1. 虫害のある歴史的建造物について環境低負荷型の「温風殺虫処置方法」について研究を進めた。特に、殺虫処理効果を判定するために処置前の害虫生息調査を日光山内の社寺において実施した。その際、従来の粘性トラップ調査に加えて、飛翔性昆虫を衝突させて捕獲するフライト・インターセプション・トラップ (FIT) を新たに適用し、現地での実証実験を行った。
 2. FITによって捕獲した木材害虫について、生態解明と殺虫試験利用のための個体数確保を目的とした人工飼育系の確立に向けた試験を行った。
 3. 石人山古墳にある石棺表面に繁茂する緑色着生生物について、次世代シーケンス解析を用いて藻類・菌類・細菌類の群集構造を同一採取試料で解析を行い、成果は学術雑誌を通して発信した。緑色着生生物の制御方法を検討するための基礎情報になることが期待される。
 4. 微生物被害痕跡の修復に際して、酵素を用いたクリーニングを実施するため、各酵素の基礎的な性状分析(夾雑活性など)を行い、酵素の利用可能性について評価を行った。
 5. 浮遊菌を簡易・迅速に測定できる機器を用いて、博物館での現地調査研究を通して実用性の検証を行い、得られた調査結果を学術雑誌に報告した。
 6. 津波被災文化財等の生物劣化現象の記述と初期対応に関する基礎研究を実施した。特に、木製の民俗資料に発生したカビについて、紙や木材の分解の指標となるセルロース分解能や海水への適応能力の指標となる耐塩性などの生理生化学的な性状分析を行った。津波による文化財の微生物劣化現象については、国際的にも研究報告がほとんどないため、今年度得られた成果は、国際的な学術雑誌への成果発信を行う予定である。
 7. 文化財の生物劣化に関する対策方法について、これまでに得られた研究成果や新しい機器の導入や考え方を整理して、研修や講義・講演会などを通して教育・普及活動を行った。



日光山内の社寺に設置した FIT の写真

- 論 文**・佐藤嘉則ほか：「石人山古墳装飾石棺表面に形成した着生生物群集の構造解析」『保存科学』56 pp.1-14 17.3
- 報 告**・小峰幸夫ほか：「日光の歴史的木造建造物における新たな害虫モニタリング手法の実用性の検討」『保存科学』56 pp.77-88 17.3
- ・間淵創、佐藤嘉則：「バイオエアロゾル測定を用いた博物館施設におけるゾーニングについて」『保存科学』56 pp.89-98 17.3
 - ・竹口彩、藤原裕子、藤井義久ほか：「湿度制御した温風処理による漆仕上げ材の表面ひずみの測定」『保存科学』56 pp.165-174 17.3
- 発 表**・佐藤嘉則：「文化財の微生物劣化」日本防菌防黴学会第43回年次大会シンポジウム 16.9.27 ほか4件

研究組織 ○佐藤嘉則、小峰幸夫、犬塚将英、森井順之、早川典子、朽津信明、吉田直人、岡田健(以上、保存科学研究センター)、佐野千絵(文化財情報資料部)、藤井義久、間淵創、三浦定俊(以上、客員研究員)

保存と活用のための展示環境の研究(ホ02)

目 的 開発と導入が進む白色LED、有機EL光源の文化財展示照明としての「保存と活用の両立」の観点から、保存に与える影響、及び展示照明としての評価方法を検討する基礎研究を実施し、照明に関する新たな基準作成に資する。また文化財に影響を与える展示ケース内汚染物質の軽減方法に関して検討を行い、文化財施設向けの空気清浄化マニュアルの完成を目指し普及を図る。

成 果

1. 保存担当学芸員研修修了者の所属館に対し、白色LED導入状況や効果等を把握するためのアンケート調査を行った。集計の結果、およそ6割の施設が展示照明に白色LEDを導入していること、従来照明との色の見え方の違いなどを認識することが少なくないことなどが判明した。
2. 光源のLEDへの転換に伴う展示効果の相違を科学的に検証するための実験システムを構築し、複数の照射角と観察角の組み合わせにおける、直管形白色LEDと蛍光灯照射時の彩色手板表面における光拡散の比較を行った。両光源ともに、照射角と観察角の違いによって拡散状態に変化が生じることを示唆する結果を得た。一方、同じ照射角と観察角では両光源間の相違は認められなかった。
3. 有機ELによる展示照明を試験的に行っている施設の視察を行い、展示効果等を調査した。特に赤系色が鮮やかに見えることや、角度によって光色がやや変化する現象が一部の照明で起こることなどを認識した。
4. 展示ケース内のガス濃度評価方法、またこれを軽減するための吸着剤による効果を上げるためのファンの使用、展示台の遮蔽方法などに関する検討を行った。
5. 展示・収蔵空間における空気環境改善マニュアルを作成した。今後、具体的な公開方法について検討するものである。
6. 「保存と活用のための展示環境」に関する研究会「次世代の美術館・博物館照明指針を考える—LED・有機EL照明の活用に向けて—」を2017(平成29)年2月20日に開催した(参加者152名)。従来のハロゲンランプや蛍光灯からの転換が必然となりつつある白色LEDや有機EL照明の展示照明としてのあり方について、演色性や配光、グレアなどの観点から解説を行った。参加者からは、現場の学芸員にもわかりやすい指針を提示してほしいなどの要望があった。

報 告・吉田直人ほか：「彩色材料への直管形蛍光灯と白色LED光照射時における反射スペクトルの比較」『保存科学』56 pp.143-153 17.3

発 表・呂俊民ほか：「実験用実大展示ケースを用いたケース内空気環境の研究—展示ケースのガス濃度評価方法の提案—」文化財保存修復学会第38回大会 16.6.25 ほか4件

研究組織 ○吉田直人、石井恭子、佐藤嘉則、小峰幸夫(以上、保存科学研究センター)、佐野千絵(文化財情報資料部)、呂俊民、山内泰樹、吉澤望、北原博幸、石崎武志(以上、客員研究員)、古田嶋智子(日本学術振興会特別研究員)

文化財の材質・構造・状態調査に関する研究(ホ03)

目 的 各種の可搬型分析機器を用いた文化財の材質・構造に関する調査方法を確立し、日本絵画における顔料の変遷についての研究を進めるとともに、金工品等における黄銅（真鍮）材料の利用実態を明らかにする。新たに導入した可搬型X線回折装置、小型FCR現像機をその場分析へ適用し、各種文化財の保存状態等に関する調査研究を進める。

成 果

1. 可搬型分析装置を用いたその場分析
 - ・可搬型蛍光X線分析装置による材料調査として、絵画や建造物の彩色材料、さらには工芸品や金銅仏などの調査を実施した。琉球絵画における白色、青色、緑色顔料等の利用の特徴を明らかにすることができ、同時代の日本絵画との比較も行った。また、金属製品の調査では、鎌倉時代における真鍮の利用例を明らかにするとともに、金銅仏の地金・腐食生成物の高精度分析を検討した。
 - ・東京文化財研究所で新たに導入した可搬型X線回折分析装置を用いて、その場分析調査を実施した。煉瓦造建造物（INAXライブミュージアム）に析出している塩類の分析を行い、塩類の種類と保存環境との関連性を明らかにした。また、この分析結果と据置型分析装置を用いて分析した結果とを比較することにより、可搬型X線回折分析装置を用いたその場分析の有用性の評価を行った。
 - ・小型FCR現像機を用いて、高解像度X線透過撮影及び定量的な計測に関する検討を行った。
2. 検出器開発
 - ・可搬型X線回折装置への適用を目標として、2次元イメージング検出器の開発を行った。新しい信号増幅機構（ガス電子増幅フォイル）と新しい信号読出し法を実現する信号読取基板を搭載した検出器を用いて基礎実験を行った。その結果、この検出器を用いることにより、粉末試料にX線を照射した時の回折像を捕えることに成功した。

報 告・早川泰弘ほか：「国宝慈光寺経における真鍮泥の利用について」『保存科学』56 pp.49-63 17.3
 ・犬塚将英ほか：「文化財の材質調査のための2次元イメージング検出器の開発」『保存科学』56 pp.135-142 17.3
 ・佐々木淑美ほか：「煉瓦造文化財の保存環境と塩類析出に関する調査－INAXライブミュージアム「窯のある資料館」を事例に－」『保存科学』56 pp.175-187 17.3
発 表・早川泰弘ほか：「サントリー美術館所蔵 重要文化財四季花鳥図屏風の彩色材料調査」日本文化財科学会第33回大会 16.6.4-5
刊行物・『琉球絵画 光学調査報告書』東京文化財研究所 17.3

研究組織 ○犬塚将英、早川泰弘、岡田健、佐藤嘉則、吉田直人（以上、保存科学研究センター）、三浦定俊（客員研究員）、城野誠治（文化財情報資料部）

屋外文化財の劣化要因と保存対策に関する調査研究(ホ04)

目 的 屋外に所在する石造・木質文化財を対象に、覆屋の機能・遺構の露出展示に関する課題として、周辺環境等の劣化要因の究明及び修復材料・技術に関する研究を行う。また、石塔など石造文化財の災害事例及び災害対策に関する基礎的調査を行う。また、現在一時保管場所での長期的な保管を余儀なくされている被災文化財に関して、その保存・修復方法に関する研究を進める。

成 果 屋外に位置する美術工芸品や文化財建造物等の劣化要因となる周辺環境の変化について、以下の通り調査研究を進めた。

1. 覆屋の劣化軽減機能に関する調査研究では、石塔にかかる覆屋を対象に、覆屋が開放している場合(東根供養塔)、覆屋に壁がある場合(関戸宝塔)、覆屋の壁がポリカーボネートの場合(山上多重塔)で、石塔にあたる照度および紫外線強度の長期連続観測を2016(平成28)年12月まで実施し比較検討を行った。
2. 遺構の露出展示に関する調査研究では、遺跡だけではなく自然史資料にも範囲を拡大し、劣化状況に焦点を当て、劣化原因を究明し、それを取り除く方法を検討することを目的に調査を行った。主な調査地は、地震痕跡：丹那断層、郷村断層、千屋断層、木戸山西方断層活断層露頭、旧相模川橋脚、地震動の擦痕、ほかにも剥ぎ取りもしくは切り取り展示された地震痕跡資料等の保存状態調査を行った。また、地層大切断面(大島町)や牧島アンモナイト館では、地層や化石の劣化状態に関する調査を開始した。
3. 石塔の地震対策に関する調査研究では、2016(平成28)年度は熊本地震で倒壊した石塔を対象に現地調査を行い、倒壊の方向性や破損箇所の傾向について解析を行った。
4. 過去に修復された屋外文化財の保存状態評価では、園比屋武御嶽石門、天女橋など石造文化財の調査を行うとともに、今後経過観察を継続するうえで必要な項目について修復関係者からの聞き取りから得た。また、2015(平成27)年度に保存修理を実施した鎌倉大仏では、損傷記録データの整理を行うとともに、大仏内での地震計測を実施するための準備として研究所内で地震観測を行い、来年度実際に設置する上での要改善点などが確認できた。
5. 現在旧石巻市立湊第二小学校舎内に保管されている石巻文化センター被災資料を対象に、2020(平成32)年度に新しい施設ができるまでの長期間保存ができる体制づくりのため、温湿度および虫害管理に関する技術の石巻市への移転を東北歴史博物館と共同で行った。

論 文・朽津信明、森井順之：「保存科学から見た被災遺構の保存・活用の歴史」『保存科学』56 pp.15-32
17.3

・M. Morii, N. Kuchitsu, et al.: Conservation of Wareishi-jizo statue carved on granite cliff on the seashore, Science and Art: A Future for Stone, pp.1211-1218, 16.11

発 表・朽津信明、森井順之、渡邊尚恵、佐多麻美：「透明な覆屋の文化財保護効果に関する検討」文化財保存修復学会第38回大会 16.6.25

・朽津信明、森井順之、西山賢一：「風化形態の違いによる砂岩の侵蝕速度の違い」日本応用地質学会平成28年度研究発表会 16.10.26-27

研究組織 ○朽津信明、森井順之、宋苑瑞(以上、保存科学研究センター)

文化財修復材料と伝統技法に関する調査研究(ホ05)

目 的 美術工芸品や建造物等の修復に貢献するため、伝統的な修復材料・技法についての科学的調査を行い、その安定性についての評価を行う。伝統的に使用されており、科学的な解明が必要とされる材料についての化学的調査を行い、修復現場での明確な適用を検討する。伝統的な技法についての記録やその効果についての科学的解明を行う。また旧来の材料・技法では施工が困難とされてきたものについて、新規の材料・技法の開発に関する調査研究を行う。

成 果

1. 文化財の修復材料に関する調査
 - ・屋外環境に使用する建造物修理材料の検討
 厳島神社大鳥居の修復に使用する建造物修理材料を開発し、各種条件での耐候性を検討した。本年度は大鳥居西袖柱に実際の修復工事を施工したが、その際に開発材料を適用した。
 - ・染織品に関する調査
 藍染めを中心に本年度の調査を行った。江戸期の資料において、薄い水色の再現が問題とされていることから、生葉で染めた資料と、一般的に使用される染(すくも)などの還元建て技法の資料を作成し、分光スペクトルを用いて比較した。布の種類、布の前処理の種類、染色回数を変化させて試料を作成し、可視分光分析により測定し、基礎データとした。
2. 文化財の修復技法に関する研究
 - ・緑青焼けに関する研究
 緑青焼けと言われる現象は、緑青や群青など銅系の顔料を使用した箇所の支持体(紙・絹・木材等)が劣化する現象である。この現象は未だにメカニズムが明らかでなく、抑制方法も不明であるため、銅イオン濃度に着目し、そのメカニズムの解明を行っている。本年度は緑青の種類により異なる銅イオン濃度が生じることから、それによる緑青焼けの発生状態への影響の差異を確認した。
 - ・粘着剤の除去に関する調査
 文書資料の修理などに安易に使用されていたセロファンテープ等の粘着剤テープについて、劣化・変質により文化財を傷め、修理の難しさが指摘されており、この課題を解決するため、有機溶媒を用いた除去方法と強制劣化による劣化状態を基礎調査した。今年度はアーカイバルテープと呼ばれる美術館博物館用のテープも含めて強制劣化試験を行った。
 - ・汚れクリーニングのための酵素の適用条件の検討
 ポリビニルアルコール分解酵素を使用するにあたり、酵素による接着剤と顔料への影響、接着剤と顔料の酵素に与える影響について検討し、成果を論文にまとめた。

論 文・貴田啓子、岡泰央、稲葉政満、早川典子：「緑青焼け絹本絵画における裏打紙の劣化現象」『マテリアルライフ学会誌』 28(2) pp.41-48 16.5

報 告・早川典子：「平等院鳳凰堂東面中央扉に使用した剝落止め材料について」『鳳翔学叢』 pp.1-5 17.3

発 表・内田優花、早川典子：「紙に付着した粘着テープの劣化ー有機溶媒を用いた粘着テープおよびテープ痕除去方法の検討ー」文化財保存修復学会第38回大会 16.6.26 ほか6件

刊行物・Studies on the Restoration of Coating and Polychromy on Heritage Architecture, 16.3

研究組織 ○早川典子、森井順之、岡田健、佐藤嘉則、國元麻里奈(以上、保存科学研究センター)、本多貴之、酒井清文、貴田啓子(以上、客員研究員)、中山俊介、加藤雅人(文化遺産国際協力センター)、菊池理予(無形文化遺産部)

近代の文化遺産の保存修復に関する調査研究(ホ06)

目 的 近代の文化遺産は、絵画、彫刻、木造建造物等の従来の文化財とは、規模、材質、製造方法等が大きく異なり、その保存修復方法や材料にも大きな違いがある。本研究では、近代の文化遺産の保存修復を行う上で必要とされる材料と技術について調査研究を行う。具体的には、大型建造物の劣化機構の解明とその修復方法の究明、航空機、船舶、鉄道車両等の保存修復上の問題点とその解決方法の究明を目指している。

- 成 果**
1. 煉瓦造建造物の保存と修復に関する研究：煉瓦造建造物の保存と修復に関する現状の課題を踏まえ、4つの研究テーマ(1.煉瓦材料の差し替え・積み直し、2.目地材料のオーセンティシティー、3.耐震補強、4.防水・防湿対策)を抽出した上で、国内外に所在する約40件の歴史的な煉瓦造建造物(シャトーカミヤ旧醸造場施設、ギリシャ国ダフニ教会等)の現地調査を行い、実態把握と事例収集等を行った。研究テーマの一つである耐震補強では、欧米で先進的な取り組みを行っているイタリアの専門家を招き、国内専門家と共に研究会を行った。その結果、鉄筋コンクリートを用いた補強の留意点や、日伊で想定する地震の規模と性質の違い等の新たな知見・情報が得ることができた。
これら一連の研究を踏まえ、トヨタ産業技術記念館等において、煉瓦の劣化原因の特定、構造安定性と落下危険性の検討等を行い、劣化した煉瓦の安易な差し替え・積み直しを行わない修復方法について助言を行った。
 2. 近代文化遺産の活用に関する研究：近現代建造物の保存と活用の在り方に関する協力者会議委員、全国近代化遺産活用連絡協議会協力者会議委員等として、近代文化遺産の活用に関する包括的な検討を行った。具体的には、供用下にある遺産の円滑な活用や、地域活性化を念頭に置いた活用構想の段階的な実現手段としての保存活用計画の可能性等について検討を行った。
 3. 屋外展示物の防錆対策の研究：屋外展示されている大型建造物、鉄道車両、航空機等の文化財の防錆対策を検討するため、国内6ヶ所で試験片を使った屋外暴露試験を行い、塗装の劣化と屋外環境の相関について調査研究を行った。
 4. 報告書の刊行：「近代文化遺産の保存理念と修復理念」を主題とした2015(平成27)年度の研究会の成果を報告書にまとめた。旧来の文化遺産とは規模、材料等が異なり、修復事例にも乏しい近代文化遺産の今後の保存・修復の検討に資するよう、基本的考え方について考察を行った。

報 告・石田真弥：「群馬県内における煉瓦の基準寸法に関する一考察―煉瓦建造物の保存活用に関する研究―11」『日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)』 pp.681-682 16.7

・石田真弥：「明治・大正期の博覧会出品煉瓦の寸法変遷に関する考察―煉瓦建造物の保存・活用に関する研究-13」『2016年度日本建築学会関東支部研究報告集II』 pp.611-614 17.2

・石田真弥：「内国勸業博覧会出品煉瓦の寸法変遷に関する考察―煉瓦建造物の保存・活用に関する研究―12」『日本建築学会研究報告 九州支部』56 pp.513-516 17.3

発 表・石田真弥：「事例報告：前橋市を中心とした絹遺産の煉瓦建造物」シルクロードネットワーク新庄フォーラム2016 16.6

・北河大次郎：「近代水道遺産の活用に向けて」全国近代化遺産活用連絡協議会水道部会 16.10

・石田真弥：「前橋市内に残る歴史的建造物について「まちの宝を活かしたまちづくり」」赤レンガネットワーク第26回全国大会2016半田大会 16.11 ほかに2件

刊行物・『近代文化遺産の保存理念と修復理念』東京文化財研究所 17.3

・『Conservation and Restoration of Western Paper』東京文化財研究所 17.3

研究組織 ○北河大次郎、石田真弥、山府木碧(以上、保存科学研究センター)、中山俊介(文化遺産国際協力センター)、小堀信幸、横山晋太郎、長島宏行、堤一郎(以上、客員研究員)

高松塚古墳・キトラ古墳の恒久的保存に関する調査研究(ホ)

目 的 キトラ古墳壁画の彩色及び漆喰の状態調査並びに展示環境の制御とモニタリング方法の調査研究を行う。また、文化庁が行う高松塚古墳・キトラ古墳の壁画の調査及び保存・活用に関して技術的に協力する。

成 果 高松塚古墳壁画に関しては、2016(平成28)年度も修理施設内での害虫等生息調査、浮遊菌・付着菌量調査、温湿度推移のモニタリングを継続し、安全な保存空間の維持に努めた。また、空調制御プロセスの解析を、構築した計測システムによって行った。

修復作業に関連する調査研究としては、壁画表面のクリーニング方法に関する検討を行った。特に以前に使用された修理材料が漆喰中に存在する中での汚れの除去方法に焦点を当てて、漆喰の強度を保ちつつクリーニングを行う方法を検討した。

キトラ古墳壁画に関しては、取り外した漆喰の再構成が終了し、2016(平成28)年8月に天井・南壁・西壁、2016(平成28)年12月に北壁・東壁を四神の館に搬送した。再構成にあたっては、使用する材料の検討とクリーニング方法の検討を行い、適用した。また、搬送に伴う壁画の状態の確認を行い、四神の館における現在の壁画状態についても継続的に観察を行っている。

奈良文化財研究所との共同により、高松塚古墳壁画の材料に関する分析調査を継続的に実施した。具体的には、テラヘルツ分光分析により、下地を形成している漆喰層の状態の調査を行った。これらの研究成果をまとめ、学術誌への投稿を行った。また、キトラ古墳の材料に関する調査を継続的に実施している。

論 文・半田豊、立里臨、佐藤嘉則、木川りか、佐野千絵、杉山純多：「高松塚・キトラ両古墳からの主要細菌分離株：Bacillus・Ochrobactrum両属分離株の分子系統学的位置」『保存科学』56 pp.1-14 17.3

・Y. Nagatsuka et al.: *Yamadazyma kitorensis* f.a., sp. nov. and *Zygoascus biomembranicola* f.a., sp. nov., novel yeasts from the stone chamber interior of the Kitora tumulus, and five novel combinations in *Yamadazyma* and *Zygoascus* for species of *Candida* International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 66 pp.1692-1704 16.4 ほか3件

研究組織 ○岡田健、早川泰弘、吉田直人、朽津信明、森井順之、佐藤嘉則、犬塚将英、早川典子、小峰幸夫、嶋原由美、藤井佑果(以上、保存科学研究センター)、加藤雅人(文化遺産国際協力センター)、佐野千絵(文化財情報資料部)、川野邊渉(特任研究員)、大場詩野子(客員研究員)、木川りか(九州国立博物館)