

遺物の保存環境

和田 浩

●キーワード：環境 (environment), 展示 (exhibition), 収蔵 (storage), 輸送 (transportation), 予防保存 (preventive conservation)

1. 遺物と環境

遺物は文化財として人の目に触れる状態になるまでの間、多様な埋蔵環境下で保存されている。例えば、土中、水中、あるいは墳墓の石室内といった埋蔵環境は、博物館等の収蔵・展示施設環境と比較すると極めて特殊な環境であると言える。長い年月そうした埋蔵環境内で遺物が現地で保存されてきたことを考えると、現状を維持するという選択肢が適切である場合もある。しかし一旦発掘されると遺物がこれまで接触しなかった空気質や微生物等の影響で急激に劣化が進行する危険性もあるし、出土遺物を整理した上で研究対象として調査を行うためには、各種の保存処理を施した後にしかるべき施設での収蔵を要する。そうした施設では恒久的に遺物を保存するために環境を保全しながら、研究成果を例えば展示とい

う形で公開し、社会へ還元するといった活動を継続して行う。遺物の保存環境を保全することは、最終的には遺物を安全に活用することにつながるのである。

2. 収蔵・展示施設における保存環境

2.1 収蔵・展示施設における遺物の動きと保存環境の類型

遺物の最終的な受入れ施設である博物館等の収蔵・展示施設における保存環境とはいかなるものであるか、保全する対象である環境について考えてみる。収蔵・展示施設における保存環境とはそこで遺物が接している周囲のことである。従って、保存環境を具体的に考える場合は、収蔵・展示施設における遺物の動きを追うと捉えやすい。多くの遺物はきわめて長い期間収蔵庫に保管されており、時々必要に応じて展示室へ移動して陳列される。



写真1 収蔵環境中の遺物
Photo 1 Archaeological objects in storage environment.



写真2 展示環境中の遺物
Photo 2 Archaeological objects in exhibition environment.



写真3 輸送環境中の遺物
Photo 3 Archaeological objects in transport environment.

特別観覧、調査研究、修復といった特殊な事情がない限りは、収蔵・展示施設内での遺物はほぼ、収蔵庫と展示室との間を往復する運動を続けている。巡回展のように、ある展示室で展示された後に別の施設の展示室で展示されることもあるが、最終的には元の収蔵庫に戻る。展示が展示ケース内なのか、展示ケース外なのかで状況は異なるが、このような往復を続けるということであれば収蔵庫の環境（収蔵環境）と展示室の環境（展示環境）をいかに整えるかということがまず重要である。さらに、収蔵庫と展示室を結ぶ移動や輸送中の環境（輸送環境）を加えると、収蔵・展示施設における保存環境はその種別毎に、収蔵環境（写真1）、展示環境（写真2）、輸送環境（写真3）の3つに分類できる。

2.2 各保存環境の特徴

上記3環境はそれぞれに特徴がある。まず、遺物が接する時間は長い順に、収蔵環境、展示環境、輸送環境となる。このことは、収蔵環境では長期間かけてゆっくりと進行する劣化が起りやすいことを意味する。例えば環境中の温湿度にほんの僅かな変動が存在していた場合、その環境と短期間接触しただけでは劣化現象として現れにくい、長期間接触していると徐々にその変動が物理的なストレスとして遺物に蓄積し、数十年後に大きな損傷となって現れてしまう。従って、これから新しい収蔵庫を建設する場合にはこのような微妙な変動もできるだけ制御できるような設計をし、適切な素材を選択する必要があるため、遺物を搬入する前段階での準備に相当の

労力を投入することになる。

展示環境では遺物が来館者の鑑賞対象になるため、最も価値ある重要な部位や普段は隠れている面を露出し、そこが照明光の照射を受ける点が他の環境と大きく異なる特徴である。収納も梱包もされていないため、遺物の状態としては、収蔵環境や輸送環境よりも無防備であり、光照射を積極的に受けねばならない唯一の環境である。安全な光源の選択、照度の調整、展示ケースの設計等、展示環境の保全においても考えるべきことは多い。

輸送環境では梱包材で保護されているとはいえ、遺物はほぼ常時動いており、動的な不安定状態にある。例えば輸送中に遺物が落下した場合は、1秒にも満たない時間内で甚大な損傷を生じかねない。つまり、輸送環境中では短時間で程度の大きい損傷が発生しやすい。従って、輸送中の振動や衝撃を如何に緩和して遺物へ直接的に影響しない工夫ができるか、という梱包設計やトラック等輸送媒体の性能向上が輸送環境の安全性向上と密接に関連する。収蔵・展示施設では以上のような各環境の特徴を踏まえた上で適切な保全を図ることになる。

2.3 環境因子

上記でも登場した「温湿度」「振動」「衝撃」「照度」は環境の構成要素であり、環境因子と呼ばれる。環境とは環境因子の集合体であり、環境因子を遺物にとって安全な範囲に制御できれば、当然その環境は安全だという評価になる。物理量を計測できる対象は全て環境因子となりうるが、収蔵・展示施設の環境保全を目的とする場合は、各環境と密接に関連する環境因子がそれぞれ存在するため、どの環境を対象としているのかによって、制御すべき環境因子の優先順位は変わる（和田ら2006）。従って以下、各環境に関する研究動向を見ながら将来展望についても言及する上で、各環境因子についての研究動向等は、それがより密接な関係性を持つ環境の項目に含めて取り扱うこととする。

3. 遺物の収蔵環境

3.1 温湿度

収蔵庫の温湿度は収蔵庫を構成する建材の選択とそれを制御する空調機器の性能が、安定化に大きな影響を及



写真4 特定の吹出し口を設けず、空調機からの送風を広範囲で均一化するソックダクト

Photo 4 Sox duct that can blow wide range uniform air from an air conditioner, instead of providing a specific blow-out port.

ぼす（写真4）。例えば正倉院正倉の温湿度調査結果からは、木製の唐櫃内における年間の湿度変動幅が木材の調湿能力によって極めて小さくなっていることが判明しており（成瀬 2002）、現在でも収蔵庫の建材として木材を多用することがある。調湿建材は、木質系（木材、木繊維系など）、土質系（珪藻土系、火山灰系、粘土系、漆喰系など）、石質系（ゼオライト系、ケイ酸カルシウム系、セラミック系など）のように材質による分類ができ、原材料としては天然のものが主体である（黒木 2005）。調湿剤による湿度調整は、電力に依存することなく環境を安定化できるという手法や考え方にも繋がるものであり、将来のエネルギー問題への取組みにつながる点において今後も重要である（神庭 2009）。収蔵・展示施設の環境評価に関しては、既存建物評価ソフトCASBEEを用いた建築物環境総合性能評価システムによって、地球環境や周辺環境にいかにか配慮しているか、ランニングコストに無駄がないか等々を評価する手法がある（佐野ら 2010）。遺物のみならず周辺環境にも配慮した施設を目指す時代でもある。

収蔵・展示施設で現在一般的に設置されている計測機器は、自記温湿度計、データロガー、空調センサーである。この他、自記温湿度計の校正や特定場所の瞬間値計測のために、デジタル温湿度計が用いられることが多い。データロガーは小型かつ軽量であり、設置場所の自由度が高いことが大きな特徴である（写真5）。収蔵庫、展示ケー



写真5 収蔵庫に設置したデータロガー
Photo 5 Data logger that was set in storage.

ス、梱包箱等様々な空間内へ設置し、その温湿度環境を把握できる利点は大きい（神庭 2000）。通常、データロガーは通信ケーブルでパソコンと接続してデータを回収するが、データロガーに触れることなく遠隔地から操作できれば、データ回収のために設置場所を解放する必要もなくなるため、環境を乱さずに済む。こうした観点から、無線LANを応用した通信システムが導入された事例がある（和田ら 2003）。当初は無線受信機が1台のデータロガーに対してその都度通信を行う手法であったため、無線受信機とデータロガーとの間に障害物が多いと通信できなくなるといった課題があった。無線通信技術の発展に伴い、センサーネットワークと呼ばれる通信技術が確立されると、データロガー自身が無線の中継機としての役割を担うシステムが登場し（谷口ら 2011）、厚い金属扉等で遮蔽されない限り、収蔵・展示施設全域での通信は可能となった。こうした無線通信機器の小型化・電池の長寿命化（星野ら 2006）がさらに進み、複数年耐用性のあるシステムや非接触方式による電力供給を実現・応用できるかどうか注視したい。湿度計測に関する研究については実測データとの比較を行いながら、熱・換気回路網計算プログラムによるコンピュータシミュレーションで温湿度解析を行った研究（犬塚ら 2008）に代表されるように、実地での計測およびその結果についての計算処理とシミュレーションによる解析を複合させたもの（小椋ら 2007, 小椋ら 2008, 小椋ら 2009）が一つの新しい基本形になると思われる。



写真6 取蔵庫内の空気汚染物質調査
Photo 6 Investigation of air pollution in storage.



写真7 中性紙で作製した保存箱
Photo 7 Preservation box that was made by neutral paper.

3.2 空気汚染

有機酸、アルデヒド類、アンモニアといった空気汚染物質は、外気の流入や建物躯体・内装材からの揮発によって取蔵庫内に侵入・滞留する。これらは遺物の素材と反応して各種の劣化を引き起こしかねない危険性を持っており、長期的に遺物を保存する上では取蔵庫から排除せねばならない対象となる。各種のモニタリング手法を用いた、コンクリート、木材、クロス材、接着剤から揮発する汚染物質濃度の計測や計測手法とその対策と評価についての研究報告が継続的に存在する（佐野 1999, 及川ら 2002, 佐野ら 2003, 呂ら 2011, 古田嶋ら 2012）。各物質の濃度基準について国や学会は設定しておらず、博物館等や研究機関が個別に指標を持つ段階である（佐野 2000, 神庭ら 2008, 神庭ら 2010, 佐野ら 2010）。取蔵現場の日安となるような具体的研究事例として、接着剤を使用した遺物等の保存箱が製作直後から1月程度の乾燥期間を経れば揮発物質が安全なレベルまで到達するという報告（米倉ら 2012）のように、何をどのように使えばよいのか、その具体的指針に関する調査研究は今後も進むものと思われる。現状ではモニタリング（写真6）とその評価および改善についての研究の蓄積は見られるが、取蔵・展示施設では具体的にどの製品を用いるべきか、放散量データベースが無いものが多く、その都度取蔵・展示施設で簡易試験を行う必要性が依然として高い（呂 2010）。製品開発などに関してはまだ研究事例が少なく、今後の進展に期待したい。

特殊環境下での空気汚染物質調査として、東北地方太

平洋沖地震で被災した資料が一時保管施設へ救出された後にその空間内における空気質に関する研究が存在する。一時保管施設においては上述したようないわゆる取蔵・展示施設でモニタリング対象とする物質以外のものが多く検出され、海水損によって資料に吸着した物質が一時保管施設内で脱着したのではないかと推定されている（松井ら 2012, 松井ら 2013, 松井ら 2014）。こうしたメカニズムを解明し、その成果から取蔵資料危機レベルを算定し、資料と施設の安定化ならびに適切な資料保全を目指す研究が進められている（松井ら 2014）。

3.3 その他

取蔵環境において遺物をどのように収納するかは重要な課題である。様々な形態の遺物が存在する中で取蔵空間を効果的に利用し、遺物にとって安全な収納方法が求められる。近年、軽量かつ安定した品質の供給が可能な中性紙を素材として用いた様々な保存箱や収納方法が考案されている。これらは現時点では主に美術工芸品を対象としているが、多様な素材、形状に対応した実例が豊富であり（写真7, 鈴木ら 2009, 米倉ら 2009, 米倉ら 2010, 鈴木ら 2011）、収納から展示まで幅広い用途に対応できることから、出土遺物への応用が期待できる。また、埋蔵文化財を取蔵する際に多く用いられる樹脂製の箱と木製の箱のいずれが火災に強いのかを検証した結果、燃焼中の箱内の温度や、燃焼後の始末といった点において木製の箱の方が有効であるという興味深い報告がなされている（小林ら 2006）。収納に用いる素材や収納方法に

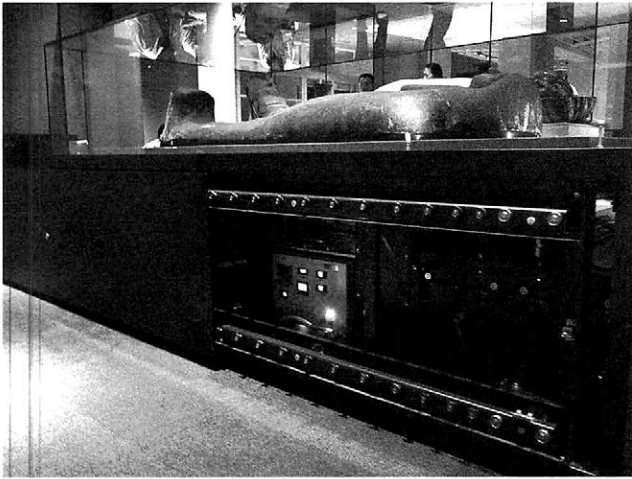


写真8 ミイラの展示ケース下部に設置した酸素吸着システム
Photo 8 Oxygen absorbing system that was set under the show case of mummy.

関しても日常的な取扱いから防災に至るまで様々な観点からの研究を期待する。

4. 遺物の展示環境

4.1 展示ケース

展示ケースに求める機能、性能がそのまま展示ケースに関する研究テーマとなる。東京国立博物館では展示ケースに求める性能を十箇条にまとめて公表している(神庭2011)。展示ケース内の温湿度をより安定化させようとすると、当然高い気密性が求められる。展示ケースの気密性能を評価する手法としてはトレーサースガスに炭酸ガスを用いる方法(橋本ら2000)、窒素ガスを用いる方法(犬塚ら2005)などが研究されている。そうした方法によって各種展示ケースの気密性能が評価され、現在では高气密性であることを示す一つの尺度として、空気交換率0.1回/日以下という数値が特記仕様書などで取り扱われている(矢野2012)。ただし、気密性が高まったということは展示ケース内で揮発等により有害物質が発生した場合、容易に濃度が低下しないことを意味する。従って、展示ケースに用いる材料の安全性を事前に確認することの重要性が高まる(佐野ら2002, 古田嶋ら2013, 呂ら2013, 呂ら2014)。一般的に展示ケースは展示物の定期的な展示替えを前提としたものであるが、脱酸素剤による低酸素濃度化した空間に恒久的にミイラを展示しながら保存を続ける方式の展示ケース(写真8, 神庭ら2013)や、ほぼ同様な考え方で窒素を封入し低酸素

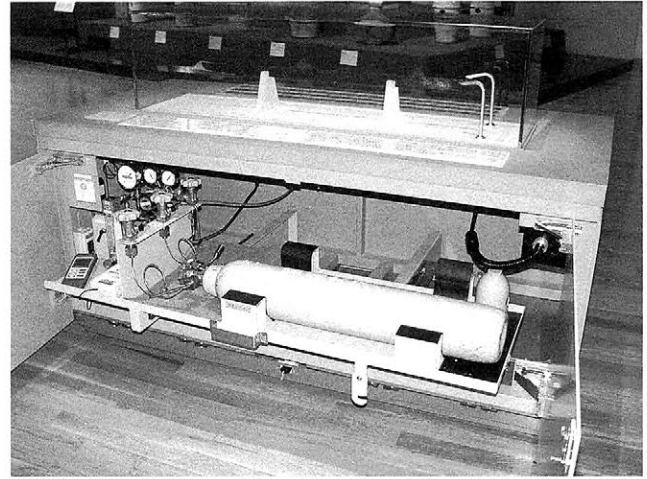


写真9 銀象嵌太刀の展示ケースに窒素を注入するシステム
Photo 9 Nitrogen pouring system for the show case of the steel sword with silver inlay.

濃度を維持する方式の展示ケース(写真9, 神庭ら2002)のように非常に特殊な事例もある。

展示ケース内の湿度を安定的に維持するためには調湿剤が用いられるが、効率的に調湿するためには展示ケース内に送風ファンを設置し、風量を適切に調整するとより効果的である。この場合にどのような気流や湿度勾配が発生しているのかは実測とシミュレーションの併用で正確なモデルを構築することができる(間瀬ら2014)。一方、大型の展示ケースには相応に大量の調湿剤を設置せねばならず、設置に費やす人的労力も大きいことから、調湿装置による安定化も一つの選択肢となりうる(神庭ら2006)。展示ケース内の温度制御については、展示室の温度制御に依存するのがほとんどであるが、厳密に温湿度条件を順守せねばならない展示物への対応として、恒温恒湿調整機能を持たせた展示ケースの事例も存在する(日高ら2004)。

4.2 照明器具

従来、蛍光灯とハロゲンランプが展示用の光源として大多数を占めていたが、現在改修等行っている収蔵・展示施設を見るとそのほとんどが光源をLEDに替えている。これは省エネルギーという観点以上に、長寿命という性質や従来型照明器具の将来的な生産体制(縮小や廃止)などが大きく影響していると考えられる。また、照射する光をほぼ自在に作ることができるという点でLEDは機能性の高い照明器具である。しかし、従来の

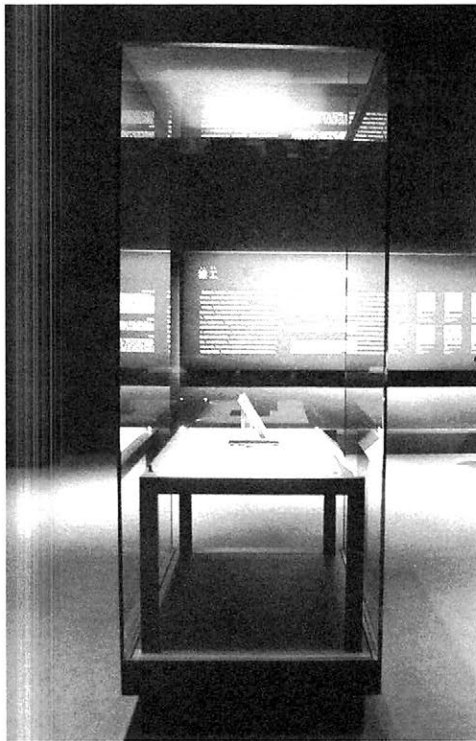


写真10 LED照明器具内蔵型展示台と一体で製作した展示ケース

Photo 10 Show case with pedestal that was equipped with a LED illumination unit inside.

光源をLEDに交換しただけではそうしたLEDの特性を十分に発揮できず、コストだけかかるといった結果にもなりかねない。色材劣化の危険性（石井ら2007）、配光設計、排熱設計（和田2012）、演色性や分光スペクトルの確認、など従来型照明器具でも踏まえた基本的事項について総合的に改めて調査・分析した上で適切な使用方法を検討する必要がある（和田ら2014）。特性を活かして展示に導入すれば従来では得られなかった高い演出効果で展示を実現できることは確実である（豊久2010、矢野2012、写真10・11）。現在、市場には多種多様なLEDが出ており、器具ごとに分光スペクトルが異なるといっても過言ではない。また技術進歩が速く、次々に新たな製品が生まれている。従って、LEDと一言で括ることはできず、例えば厳密には光照射と素材劣化の関係性に関してはその都度実験を行う必要性はあるものの、それはあまり現実的ではない。分光スペクトルが多様ということは、従来通り、照度計で光量を確認するだけでよいのかどうかも再考せねばならない。遺物の照明に用いるLED照明器具として何らかの新たな基準のようなものを考える時期である。

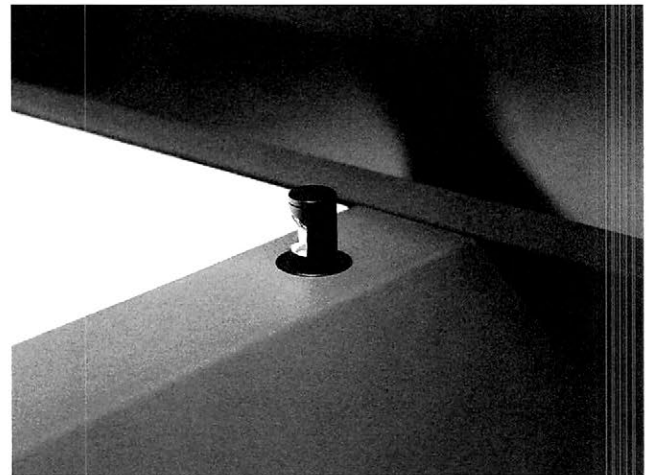


写真11 展示台に設置されたLED照明器具

Photo 11 LED illumination unit that was set on pedestal.

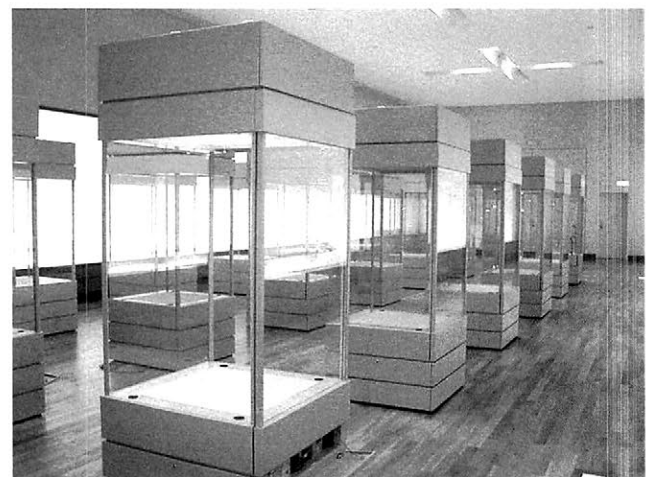


写真12 底部ハバキ内に免震装置を内蔵した独立型展示ケース

Photo 12 Show case that has seismic isolator at its bottom.

4.3 地震対策

1995年に発生した兵庫県南部沖地震以降、収蔵・展示施設における地震対策がより重要視されるようになり、各種の免震装置が全国的に普及する契機となった（三浦2001）。展示室では底部に免震装置が設置されている独立型の展示ケースをよく見かける（写真12）。従来から免震装置は偏心ローラー（上田ら2005）や、ボールベアリング（青木ら2007）が曲面を滑る摩擦を応用して揺れを減衰するタイプが多く使われてきたが、近年表面に特殊加工を施した金属製平板を重ねるタイプのものが登場し、応用されている（佐藤ら2010）。前者は免震装置が作動した後に元の位置へ自動的に復帰するが、振幅に制限があるため想定外に大きな揺れが起きたときは振り切れてしまう。一方、後者は装置全体が薄いため意匠性に優れる。また、その構造から振幅に制限はない

が、装置作動後には元の位置へ復帰する作業が生じる。それぞれの特性を事前に踏まえて展示ケース等へ導入することになる。いずれのタイプも二次元免震すなわち横揺れにのみ対応する装置である。縦揺れにも対応する三次元免震装置の場合、現状では厚みがかかなり大きくなってしまいうため、意匠への影響が最も検討すべき点であろう。

免震装置の性能に関しては、兵庫県南部沖地震の際に観測された加速度（水平方向）818galをほぼ100gal以下に減衰させるという仕様が現在よく用いられている。このことからまず注意せねばならないのは、免震装置上でもある程度の加速度が生じうるということである。従って積載する遺物の転倒加速度が小さい場合、免震装置を用いたとしても転倒し損傷する危険性がある。遺物の転倒加速度を計算あるいはシミュレートするソフト（野澤ほか2009）などを用いて算出し、振動に対して脆弱であると判断した場合は支持具やテグス等で免震装置上にしっかりと固定する必要がある（神庭2007）。近年目覚ましい発展を見せる3D計測技術と3Dプリンター技術により、遺物を正確に固定する支持具の設計など、展示の現場に直結した研究が進展するものと期待される。

5. 遺物の輸送環境

5.1 梱包

未梱包の遺物が損傷を受ける限界の加速度（図1の“A”）よりも高い加速度（図1の“B”）が輸送中に発生した場合、輸送によって遺物は破損してしまう。そこで遺物を梱包し（写真13）強化すると、損傷を受け

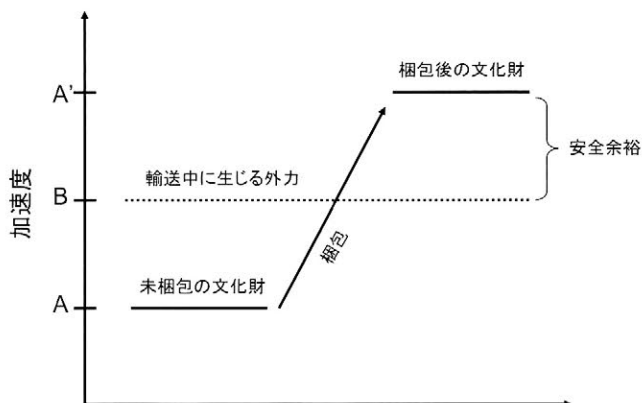


図1 遺物を梱包することによる効果
Fig.1 Effectiveness of packaging objects.

る限界の加速度（図1の“A”）は輸送中に発生する加速度よりも高くなり、理論的には輸送によって破損しない。遺物を梱包する根本的な意味はここにある。工業製品の場合は全く同ものを量産できるため、どれくらいの衝撃（加速度）を与えれば破損するのかを落下試験等で検証を試みることができる（斎藤2003, 長谷川2008）。過剰な梱包は製品のコストを上げてしまうため、その実証データを基に、安全を保ちながら最小限度の梱包を設計することになる。しかし、遺物は唯一無二の存在であり、落下試験などできようもないため、過剰な梱包を行わざるを得ない。過剰な梱包は例えば梱包資材の重量が増すため、遺物への負担もそれだけ増大する等の影響があり、必ずしも良いとは限らない。梱包対象とする遺物がどれだけの強度を持っているのかが明確でない部分が研究の困難性を高めていると思われる。巨大で重量のある文化財（神庭ら2005）や構造が複雑な文化財（神庭ら2010）などに見られる事例は、特殊な梱包事例ではあるが一般的な梱包に応用できる情報を多く含んでいる。今後こうした研究が蓄積されると全体的に梱包の安全性が高まることにつながる。また、輸送する遺物を予めCTスキャナーで撮影し内部構造の3Dモデルを形成した上で、劣化した素材毎の強度に関する物理量を3Dモデル各部位に入力し、梱包・輸送のシミュレーションを自在に行えるようになる可能性もある。実計測に関しても、例えば遺物の固有振動数を非接触で計測できる技術が開発されれば、輸送中の共振現象を回避するための梱包設計を正確に行えるようになる。現在は遺物の強度（図1の“A”）を求める手法が不足しているため不明

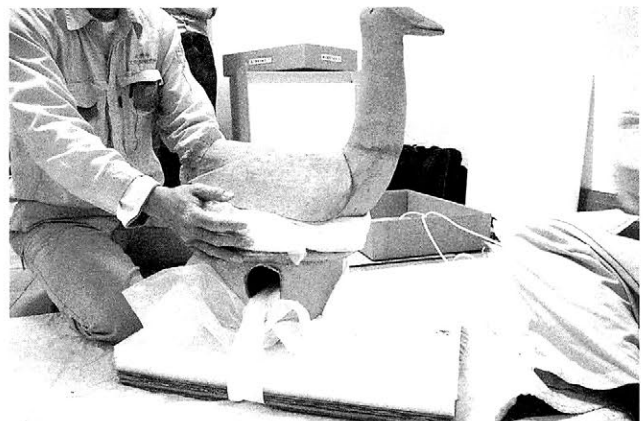


写真13 埴輪を梱包する様子
Photo 13 Packaging HANIWA object.

海外輸送中に計測されたピーク加速度

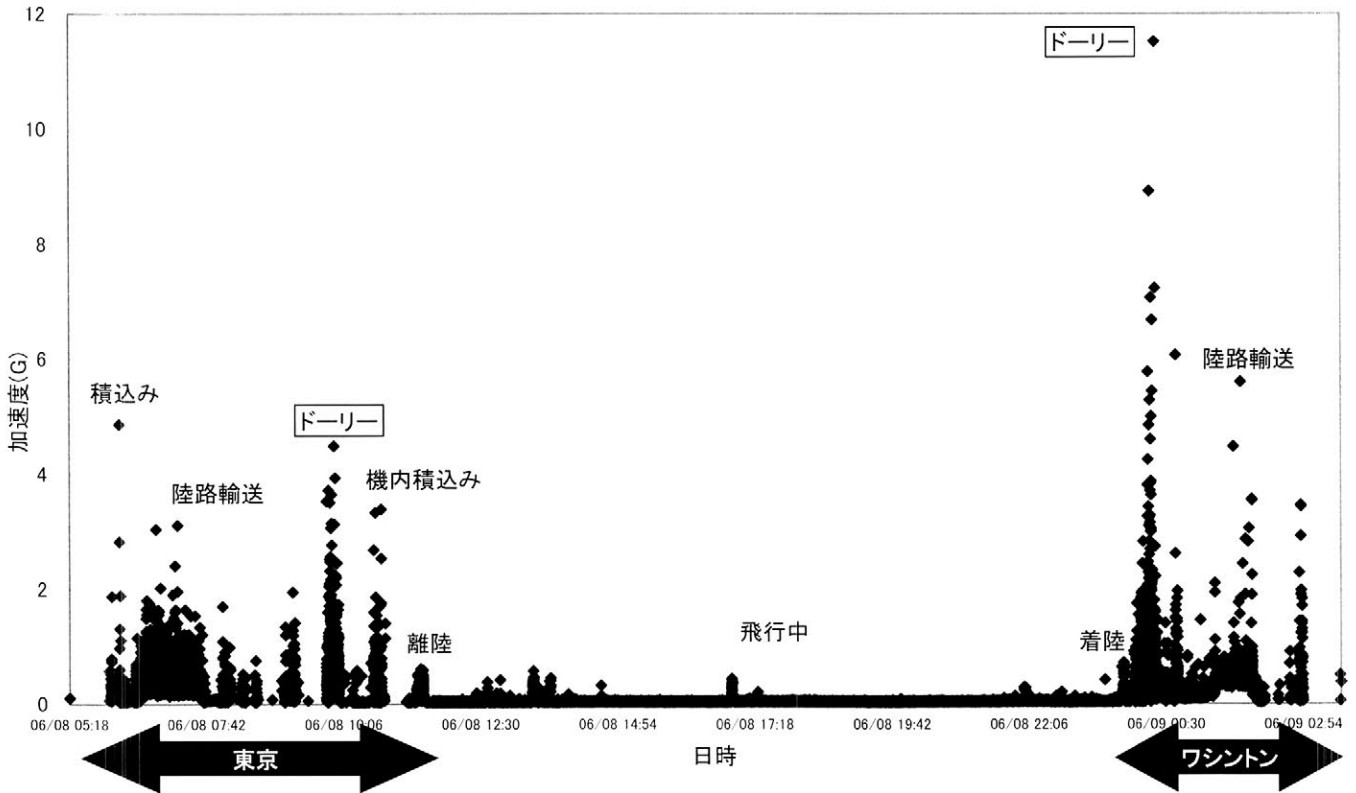


図2 海外輸送中に計測された加速度。ドーリーによる作業工程上で高い加速度が計測された。着陸時の加速度は相対的に非常に低いことが分かる。

Fig. 2 Acceleration that was detected during international transportation. High acceleration level was detected during transport with Dolly at airport. Acceleration of airplane landing is lower relatively.



写真14 空港内で貨物を航空機まで牽引するドーリー
Photo 14 Package boxes are transported to airplane by Dolly.

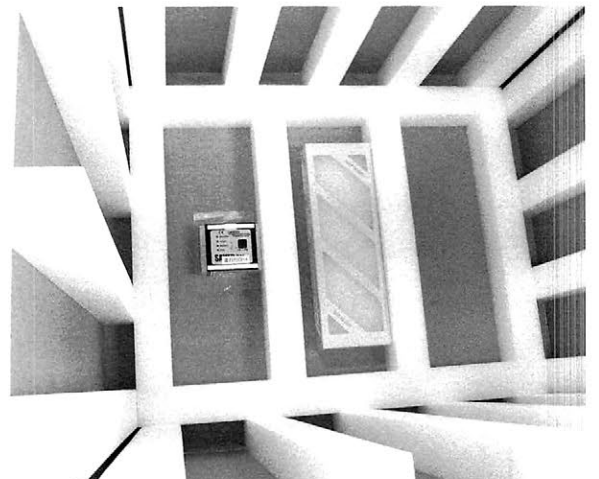


写真15 梱包箱底部に設置した振動計（左）と調湿剤（右）
Photo 15 Shock and vibration recorder (left) that is set on the bottom of package box and humidity control devices (right).

確な点は多いが、輸送中に生じる加速度（図1の“B”）がどのレベルであるのかが徐々に判明してきたという段階であり、これについては事項で述べる。

5.2 輸送

輸送を工程により分類すると、館内輸送、国内輸送、

海外輸送に分けられる。国内輸送は館内輸送を経ねばならず、海外輸送には国内輸送工程が含まれる。従って、輸送を俯瞰的に把握するには、全ての要素が含まれる海外輸送を対象にするとよい。海外輸送では、人の手や台車によってまず梱包箱をトラックに積載する部分まで行

われる。次に空港までトラックで陸路を輸送する。空港に到着すると航空機材へ積載するためのパレットへ梱包箱を固定し、ドーリー（写真 14）によって航空機まで牽引する。そこからは航空機によって輸送され、着陸後は離陸までの工程の逆順を辿ることになる。遺物を輸送する際に梱包箱に振動計を設置して（写真 15）、輸送中に発生する振動・衝撃を計測し、GPS や添乗する担当者による記録と照合することで、どの輸送工程でどれだけのリスクが存在するのかが明確になる（神庭ら 2006）。振動計による計測から、海外輸送においては、空港内作業時に極めて大きい加速度が発生することが判明している（神庭ら 2010）。また飛行機の着陸時に発生する加速度は輸送全体で見るとかなり小さく、トラックによる陸路輸送も比較的安定した状態にある（図 2）。これらは空港、航空会社、使用車両、路面状況などの組み合わせによる差異があるのかもしれない、さらなる計測事例の蓄積が必要である。そして、空港という非常に特殊な領域内での作業や使用器材の改善・改良をどのように実現できるかが今後の大きな課題である。遺物など脆弱な貨物を運送する車両は美術品専用車両などと呼ばれるが、そうした車両の荷室に免震装置を備えた車両も開発されている（塚本ら 2011）。高松塚古墳石室の解体した石材の輸送では、輸送車両に GPS、加速度計のほかに遺物の微細な破壊音を感知するアコースティックエミッション

等を設置し、それらによるモニタリングを行いながら時速 5km 以下の低速で搬送された（肥塚ら 2008）。輸送は時に遺物へ非常に大きなダメージを与えかねないものであり、現場のニーズとしても高いテーマであるが、近年の輸送環境についての研究事例は他の環境に関するものと比較して非常に少ない。

6. おわりに

本稿は収蔵・展示施設の現場という視点で、遺物の保存環境に関する最近 10 年程度の研究動向を中心に、現状かかえている課題や将来的展望なども含めて論じたものである。保存環境の研究は現場のニーズが極めて高い分野である。冒頭述べたように、収蔵・展示施設の現場は遺物を安全に収蔵する義務と適切に公開する義務の両方を抱えながら活動している。環境次第ではそうした活動が全く機能しなくなる、すなわち施設の存在意義が失われる場合も生じうる。また、遺物が適切な環境で保存されないと、遺物に関する研究も遂行することができなくなる。従って、学術研究的な興味というよりは、現場での必要性が研究の発生源になることが保存環境に関する研究の大半を占める。決して華々しい成果が続出することはなく、長期的に地道な研究が主体となるが、現場と直結した一体感こそがこの分野の醍醐味であると考えられる。今後もさらなる研究の進展を願う。

引用文献

- 青木 繁・中西佑二・西村惟之・富永一利・大高武士・稲垣光義・金澤光雄・川口澄夫・古田智基 2007 「摩擦軸受を利用した機械構造物の地震応答低減装置の開発」東京都立産業技術高等専門学校研究紀要 1 pp.1-4
- 石井美恵・森山巖興・戸田雅宏・河本康太郎・齊藤昌子 2007 「白色 LED ランプに対する天然染料染色布とブルースケールの変退色挙動：美術・博物館用照明としての適正検証」照明学会誌 91 (2) pp.78-86
- 犬塚将英・鳥越俊行・石崎武志・本田光子 2005 「九州国立博物館の壁付展示ケースにおける換気回数、温度、相対湿度の測定」保存科学 44 pp.83-96
- 犬塚将英・龍泉寺由佳・石崎武志 2008 「石水博物館千歳文庫内の温湿度解析」保存科学 47 pp.69-78
- 上田智士・秋元将男・榎本孝雄・藤田隆史 2005 「美術品用転がり形免震装置の研究」日本機械学会論文集 (C 編) 71 (703) pp.43-48
- 及川 規・手塚 均・松井敏也・松田泰典 2002 「ベイスギ (*Thuja plicata*) を内装材に用いた収蔵庫

- の空気環境とその揮発成分の文化財材質への影響」文化財保存修復学会誌 46 pp.58-65
- 大釜敏正・則元 京 2002「文化財収蔵のための空間を構成する材料の調湿効果」国立歴史民俗博物館研究報告 第97集 pp.7-17
- 小椋大輔・石崎武志・銚井修一・北原博幸・犬塚将英・多羅間次郎・木下舞子 2007「高松塚古墳石室解体時の空調方法の検討」保存科学 46 pp.1-11
- 小椋大輔・犬塚将英・銚井修一・石崎武志・北原博幸・多羅間次郎 2008「高松塚古墳石室解体時の壁画保存のための温湿度環境の制御」保存科学 47 pp.1-9
- 小椋大輔・銚井修一・李 永輝・石崎武志・三浦定俊 2009「過去の高松塚古墳石室内の温湿度変動解析—保存施設稼働時の気象条件の影響と、発掘直後の仮保護施設の影響—」保存科学 48 pp.1-11
- 神庭信幸 2000「[総説]梱包ケース, 保存箱, 展示ケースにおける小空間内の相対湿度の特性」文化財保存修復学会誌 44 pp.80-90
- 神庭信幸・和田 浩・望月幹夫・古谷 毅 2002「窒素封入型展示ケースを用いた展示-設計-活用の実例-」『日本文化財科学会第19回大会研究発表要旨集』 pp.126-127
- 神庭信幸・和田 浩・岩佐光晴・今北 憲・高木雅広・梅沢弘久 2005「大型脱活乾漆像の梱包輸送と振動・衝撃対策」文化財保存修復学会第27回大会研究発表要旨集 pp.42-43
- 神庭信幸・塚田全彦・和田 浩・今北 憲・朝地真人・高木雅広 2006「文化財輸送の安全性向上システムの開発」文化財保存修復学会第28回大会研究発表要旨集 pp.44-45
- 神庭信幸・和田 浩・塚田全彦・塩澤秀樹・細田 勉 2006「小型湿度調整装置による展示ケース内の相対湿度の安定化」文化財保存修復学会第28回大会研究発表要旨集 pp.222-223
- 神庭信幸 2007「地震対策としての免震装置の適切な利用法に関する検討」『私たちの文化財を救え!!』クバプロ pp.44-46
- 神庭信幸・塚田全彦・和田 浩・市川佐織・金 鐘旭 2008「収蔵庫内の空気成分に関する長期的なモニタリング」文化財保存修復学会第30回記念大会研究発表要旨集 p.40-41
- 神庭信幸 2009「低炭素社会と共存する文化遺産の保存—東京国立博物館の取組み」文化財保存修復学会第31回大会研究発表要旨集 pp.36-37
- 神庭信幸・和田 浩・荒木臣紀・西邑雅未・中村恵子 2010「収蔵庫内の空気汚染物質に対する濃度指針の検討」文化財保存修復学会第32回大会研究発表要旨集 p.20-21
- 神庭信幸・和田 浩・高木雅広・今北 憲 2010「空港内のドーリー搬送工程で発生する振動と衝撃-文化財の国際輸送環境調査より-」包装技術 48(3) pp.1-5
- 神庭信幸・和田 浩・金子啓明・丸山士郎 2010「阿修羅立像の梱包技術」文化財保存修復学会第32回大会研究発表要旨集 pp.304-305
- 神庭信幸 2011「文化財を守る—展示の工夫」月刊文化財 571 pp.16-17
- 神庭信幸・和田浩・矢野賀一・吉川辰巳・久保知・佐藤孝典 2013「低酸素環境維持機能を持つミイラ展示用ケースの開発」文化財保存修復学会第35回大会研究発表要旨集 pp.24-25
- 黒木勝一 2005「調湿性の測定方法と規格」建築技術 660 pp.128-131
- 肥塚隆保・高妻洋成・降幡順子 2008「石室解体と輸送」月刊文化財 532 pp.22-37
- 古田嶋智子・呂 俊民・佐野千絵 2012「展示収蔵環境で用いられる内装材料の放散ガス試験法」保存科学 51 pp.271-279
- 古田嶋智子・呂 俊民・林 良典・佐野千絵 2013「展示収蔵施設に用いられる木質材料の放散ガス試験」

保存科学 52 pp.197-205

小林 啓・栗本康司・松井敏也 2006「木製箱と樹脂箱—遺物収納における温故知新—」考古学ジャーナル 522 pp.25-30

斎藤勝彦 2003「緩衝包装分野の海外研究動向」日本包装学会誌 12 (2) pp.87-91

佐藤孝典・下村祥一 2010「敷き詰めるだけの免震装置「ミューソレーター」」『美術・博物館コレクションの地震対策』J.P.ゲッティ美術館・国立西洋美術館編 pp.109-111

佐野武仁・山口温・上村真央・土屋尚子 2010「博物館建物・出雲大社神祇殿の温熱環境とCASBEEによる建築物の総合環境性能評価に関する研究」学苑 837 pp.12-22

佐野千絵 1999「博物館等施設の室内空気汚染—酢酸・ギ酸濃度—」保存科学 38 pp.23-30

佐野千絵 2000「美術館・博物館の空気質の現状と望ましいレベル・対策」空気清浄 38 (1) pp.20-26

佐野千絵・早川泰弘・三浦定俊 2002「展示使用材料から発生する汚染物質とその対策[事例報告]—展示用ディスプレイと展示室改修の影響—」保存科学 41 pp.89-97

佐野千絵・日下光彦・三輪嘉六・三浦定俊 2003「文化財収蔵庫用建築材として使用される国産杉材の試験法に関する検討」保存科学 42 pp.63-70

佐野千絵 2010「汚染物質の性状とその影響—基準値と管理目標値」『博物館資料保存論—文化財と空気汚染』みみずく舎 pp.39-41

鈴木晴彦・本多 聡・米倉乙世・神庭信幸・土屋裕子・松田麻美 2009「『簡易万能型太巻芯』を活用した対症修理への新しい取り組み」文化財保存修復学会誌 54 pp.52-65

鈴木晴彦・米倉乙世・沖本明子・神庭信幸・土屋裕子・松田麻美 2011「『簡易万能型太巻芯』の利用と展開—博物館における対症修理—」文化財保存修復学会第33回大会研究発表要旨集 pp.302-303

谷口耕生・内藤 栄・小泉圭吾・中村力也・成瀬正和 2011「奈良国立博物館における無線LAN温湿度モニタリングシステム・新展示ケース導入の経緯と成果」文化財保存修復学会第33回大会研究発表要旨集 pp.30-31

塚本敏夫・雨宮久晃・植田直美・滝沢英明 2011「環境適応型文化財輸送診断車（シバラII号）の開発」日本文化財科学会第28回研究発表要旨集 pp.26-27

豊久将三 2010「展示作品の光と波長」此君 2 pp.89-97

成瀬正和 2002「正倉院北倉の温湿度環境」文化財保存修復学会誌 46 pp.66-75

日高真吾・園田直子・小川兼・河合康知 2004「展示ケース用の可搬型空気循環式恒温恒湿システム」特許出願番号：2004-260088（出願人：大学共同利用機関法人 人間文化研究機構）

星野就俊・田中隆・麦生田徹・小池定充・川上靖洋・安田英司 2006「温湿度管理のための小型・長寿命の無線センサ」松下電工技報 54 (2) pp.31-36

松井敏也・及川 規・川崎衣美・跡見洋祐・増田竜司・中島文男・新沼仁・芳賀英実 2012「津波により被災した博物館の空気質調査—石巻文化センターの事例—」文化財保存修復学会第34回大会研究発表要旨集 pp.36-37

野澤亮太・尾崎 潤・長嶋文雄 2009「展示文化財の転倒安全性簡易評価システムと転倒防止対策の検討例」土木工学会地震工学論文集 30 pp.645-654

橋本修左・井上晴久・竹氏宏和・神庭信幸 2000「展示ケースの気密性評価方法に関する検討」文化財保存修復学会誌 44 pp.41-51

長谷川淳英 2008「包装貨物試験」『輸送包装の基礎と実務』幸書房 pp.131-161

- 松井敏也・及川 規・川崎衣美・増田竜司・中島文男・新沼 仁・佐々木淳・芳賀英実 2013「津波により被災した博物館と資料の空気質調査 (2)～石巻文化センターとその資料の 17 か月後～」文化財保存修復学会第 35 回大会研究発表要旨集 pp.50-51
- 松井敏也・及川 規・川崎衣美・増田竜司・中島文男・佐々木淳・芳賀英実・伏見拓朗・松本治樹 2014「津波により被災した博物館と一時保管施設の空気質調査」文化財保存修復学会第 36 回大会研究発表要旨集 pp.42-43
- 松井敏也 2014「被災博物館等の汚染ガスからみた資料と環境の安定化およびその評価手法の研究」科学研究費基盤研究 (A) (26242021)
- 間瀬 創・犬塚将英 2014「気流解析と実測による LED 照明を用いた展示ケース内の温湿度分布の調査」文化財保存修復学会第 36 回大会研究発表要旨集 pp.296-297
- 三浦定俊 2001「収納展示機器の地震対策」文化財保存修復学会誌 45 pp.128-140
- 矢野賀一 2012「東京国立博物館本館漆工展示室の改修プロセス—展示ケースの設計・監理を中心に—」MUSEUM 637 pp.39-61
- 米倉乙世・貴田啓子・和田 浩・荒木臣紀・鈴木晴彦・土屋裕子・神庭信幸・杉崎佐保恵・李壇・稲葉政満 2012「博物館における中性紙製保存箱の活用および使用する中性接着剤の揮発性実験結果」文化財保存修復学会第 34 回大会研究発表要旨集 p.66-67
- 米倉乙世・鈴木晴彦・本多 聡・神庭信幸・土屋裕子 2009「和装本の保存方法における新案—平置き、縦置きに対応する保存箱の活用」文化財保存修復学会第 31 回大会研究発表要旨集 pp.204-205
- 米倉乙世・鈴木晴彦・沖本明子・神庭信幸・土屋裕子 2010「書見台の新案と活用例—安全に展示するための工夫」文化財保存修復学会第 32 回大会研究発表要旨集 pp.302-303
- 呂 俊民 2010「汚染物質の制御—博物館・美術館で行う簡易試験」『博物館資料保存論—文化財と空気汚染』みみずく舎 pp.71-72
- 呂 俊民・佐野千絵・加藤和歳 2011「内装材料の異なる収蔵庫の空気環境の比較」保存科学 50 pp.91-99
- 呂 俊民・古田嶋智子・林 良典・佐野千絵 2013「展示空間に用いるクロス材の放散ガスの測定と評価」保存科学 52 pp.207-216
- 呂 俊民・古田嶋智子・佐野千絵 2014「展示ケース内有機酸濃度のギ酸/酢酸比」保存科学 53 pp.205-213
- 和田 浩・神庭信幸 2003「東京国立博物館の環境保全計画--無線通信と LAN の併用による温湿度計測システムの開発」MUSEUM 584 pp.25-35
- 和田 浩・神庭信幸 2006「博物館環境のリスクアセスメント」MUSEUM 600 pp.93-106
- 和田 浩 2012「博物館展示環境における LED 照明と排熱設計」女子美術大学研究紀要 42 pp.134-138
- 和田 浩・松嶋雅人・矢野賀一・土屋貴裕 2014「次世代型展示用照明器具の評価法に関する研究」文化財保存修復学会第 36 回大会研究発表要旨集 pp.306-307

(2014 年 7 月 2 日受付, 2016 年 2 月 22 日受理)

Conservation Environment of Excavated Objects

Hiroshi WADA

Tokyo National Museum, 13-9 Ueno Park, Taito-ku, Tokyo 110-8712, Japan

Before being excavated and exhibited, many cultural properties remain in their original location — in environments such as underground, underwater, and in stone coffins — for a very long time. Such locations have very special environmental conditions, comparable to storage rooms and exhibition rooms in museums. Considering that these objects remain preserved in their on-site environment for a very long time, in many cases, it would be ideal for the excavated objects to be kept in similar environmental conditions. Once the objects are excavated, they come into contact with the outside air for the first time in a long time, aging and being influenced by external microorganisms. Therefore, conservation treatment and preservation in suitable facilities must be initiated before any subsequent scientific investigation. These facilities are intended to preserve the objects indefinitely and sometimes make the results of investigation open to the public in exhibitions. Management of the preservation environment of these objects ultimately leads to their safe use.

The environment in storage and exhibition facilities can be classified into three types: storage, exhibition, and transport. Each environment has a different duration of contact with the objects; storage is the longest, exhibition medium, and transport shortest. Therefore, wear that proceeds slowly tends to occur in a storage environment, for example, stains on paper as a result of temperature and humidity fluctuation over many years. Conversely, fast wear tends to occur in transport, for example, cracking of ceramic due to a few seconds of shock and vibration. We must strive to comprehend the characteristics of each environment, and if problems are noted, offer solutions while continuing to monitor the environment.

Studies on the environment of excavated objects have evolved alongside techniques of monitoring, evaluating, improving, and simulating of their environment. These are very long-term studies with findings and results that are only visible over long time frames, but they are especially necessary to the safe utilization of excavated objects as cultural properties.