平城宮いざない館における木樋の展示環境について

1　はじめに

平成30年（2018）３月、国営平城宮歴史公園開園にともなって朱雀門ひろばに開館した平城宮いざない館では、展示室４において奈文研の発掘調査で出土した資料を展示し、奈文研が長年蓄積してきた平城宮・京に関する調査研究の成果を紹介している。展示室４における最初の展示コーナーは平城宮の造営をテーマとし、その展示スペースの中央に露出展示しているのが本論で扱う「木樋」である。この木樋は、藤原宮の大垣で使用されていた柱を再加工し、平城宮で排水管として再利用されたことが明らかなもので、まさに藤原宮から平城宮への遷都を象徴する資料として観覧客を迎えている。

近年、この木樋表面から木片や木粉が剥離し落下する事象が続いた。この事象を受け、平城宮いざない館を管理する国土交通省 国営飛鳥歴史公園事務所および平城宮跡管理センターと連携しつつ、当研究所の展示企画室（現 展示公開活用研究室）および保存修復科学研究室・都城発掘調査部 考古第一研究室とで実施した協議を踏まえ、2023年３月に筆者である岩戸晶子（展示企画室長、当時）・下山千尋（同 アソシエイトフェロー、当時。以下AFと表記）、脇谷草一郎（保存修復科学研究室長）・荘 旺璋（京都大学大学院）とで協同してモニタリング調査を実施することとした。データの整理・分析については脇谷・荘が担当し、検討には小原俊行（展示公開活用研究室研究員）・吉野綾子（展示企画室 AF、当時）も従事した。本稿はその結果について報告するものである。

図78　展示室４における木樋の展示風景

2　木樋の現状と展示環境

展示中の木樋は昭和42年（1967）の平城第41次調査において、第一次大極殿院東面築地回廊下で出土した（『平城報告 XI』）。全長約7.5m、直径約40㎝の木材を刳り抜き、排水管としたものである。

木製遺物は、土中において主成分であるセルロースが分解され、強度が著しく低下して出土する。その一方で、木材内部の空隙に土中の水分が浸透することによって形状を維持しているため、出土した遺物をそのまま乾燥させてしまうと、蒸発にともなって水分が移動する。その際に水分は木材表面を引き付けながら移動することから、木材は著しく不可逆的な収縮を生じてしまう。そこで、一般には１）適度な加熱と適切な溶媒によって溶液を得ることができ、２）常温では固体となる薬剤を用いて、これを木材内部に浸透させることで、常温で乾燥させた際に木材の収縮を引き起こす力に抵抗する強度を与える処理を実施する。ポリエチレングリコール（以下、PEGと表記）を強化剤として用いた保存処理もその一つで、PEGによる木材の保存処理はこれまでも大型木製品を中心におこなわれてきた一般的な方法である。しかし、木材中の水分の置換に適した水溶性・親水性という性質を備えるPEGは、その性質故に空気中に含まれる水分を木質内に吸脱着する性向を持つ。

この木樋は全長７ｍを超す大型資料であることから、開館時よりケースには入れずに周囲を高さ63㎝のガラス板で仕切り、天端は開放した露出展示としてきた。開館時のみ空調を稼働させている平城宮いざない館では、稼働時と未稼働時の温湿度の変化および外気の影響を受けやすく、常に相対湿度の変化が生じる状況にある。今回、

図79　測定機器の設置

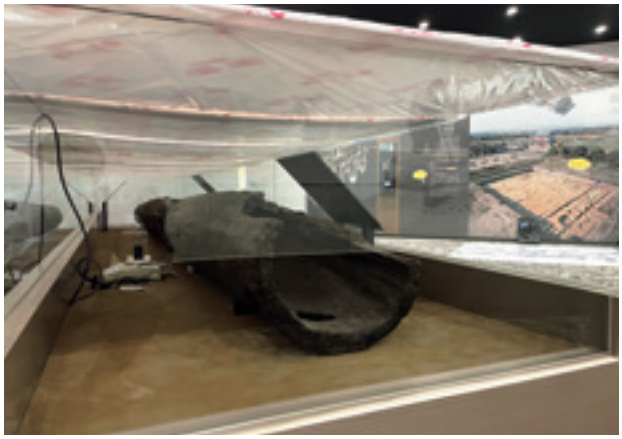

図80　天端を閉塞した状態の測定風景

この木樋が露出展示であることから、相対湿度の変化の影響をより受けやすく、その結果として木片や木粉の剥離が生じている可能性を推定した。

3　調査方法

前項で述べた推定をもとに、現在の展示環境下においてPEGによる保存処理を受けた木材が相対湿度変化に対してどれほど吸放湿しているのかを確認するべく、PEGで保存処理を施した試験片を用いて重量変化を測定することとした。同時に、異なる条件下でも測定し、今後の状況改良の根拠を模索することとした。

測定方法は以下の通りである。

①木樋周辺の展示環境下での温湿度の把握のため、木樋の近傍域にOnset社製 温湿度計MX1101（精度±0.21℃（@0～50℃）、±2%RH@25 ℃、±20～80RH）を設置し、記録間隔を5分と設定した。

②相対湿度の変化によって生じる木質の吸放湿の度合いを測定するべく、同じく木樋の近傍域にA&D社製 電子天秤FZ-500iを設置し、その電子天秤上にPEGで処理された出土木材の試験片を置き、重量測定をおこなうこととした。記録間隔の設定は5分とした。

なお、この木材試験片はアカガシ亜属の出土自然木からなり、PEG60%水溶液まで含浸処理が施されたものである。

以上の測定は2023年3月6日から24日までの19日間、展示室4の平城宮造営コーナーのうち木樋展示スペースを封鎖して[1)]実施した。前半の3月6日から16日までの11日間（期間A）は周囲のみガラスが巡り、天端は閉塞していない現状の露出展示の状態で、3月16日から24日までの9日間（期間B）は天端を簡易的に閉塞し、露出展示ではなくケース内に収めて展示した状態を復元してそれぞれ測定することとした。　**（岩戸晶子**／奈良大学）

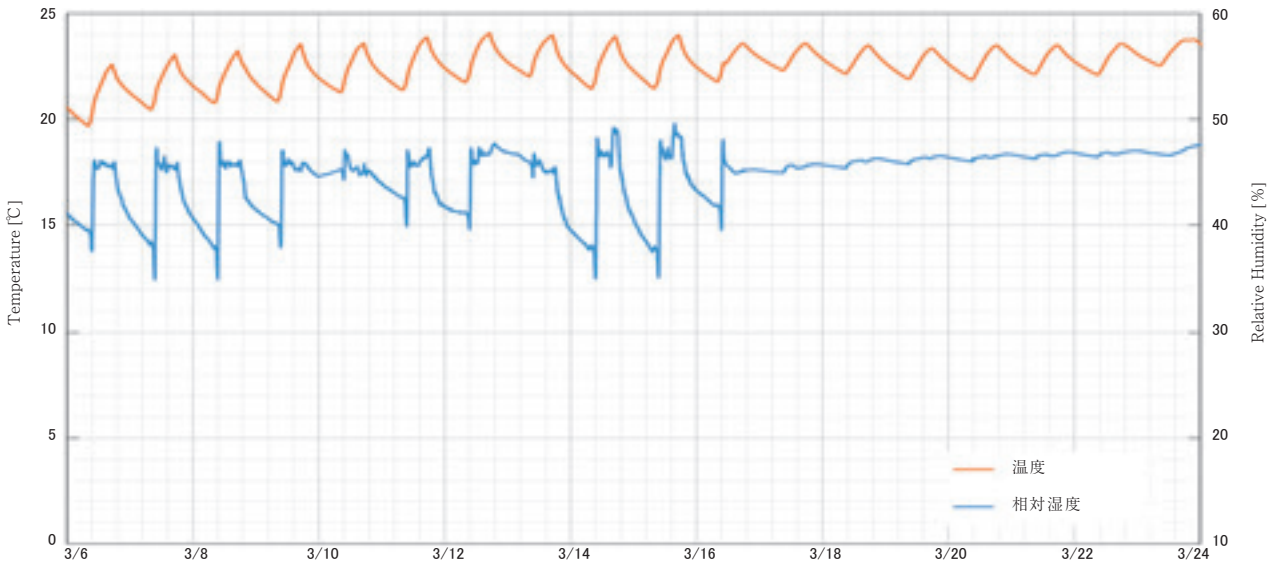

図81　調査全期間の温湿度データ

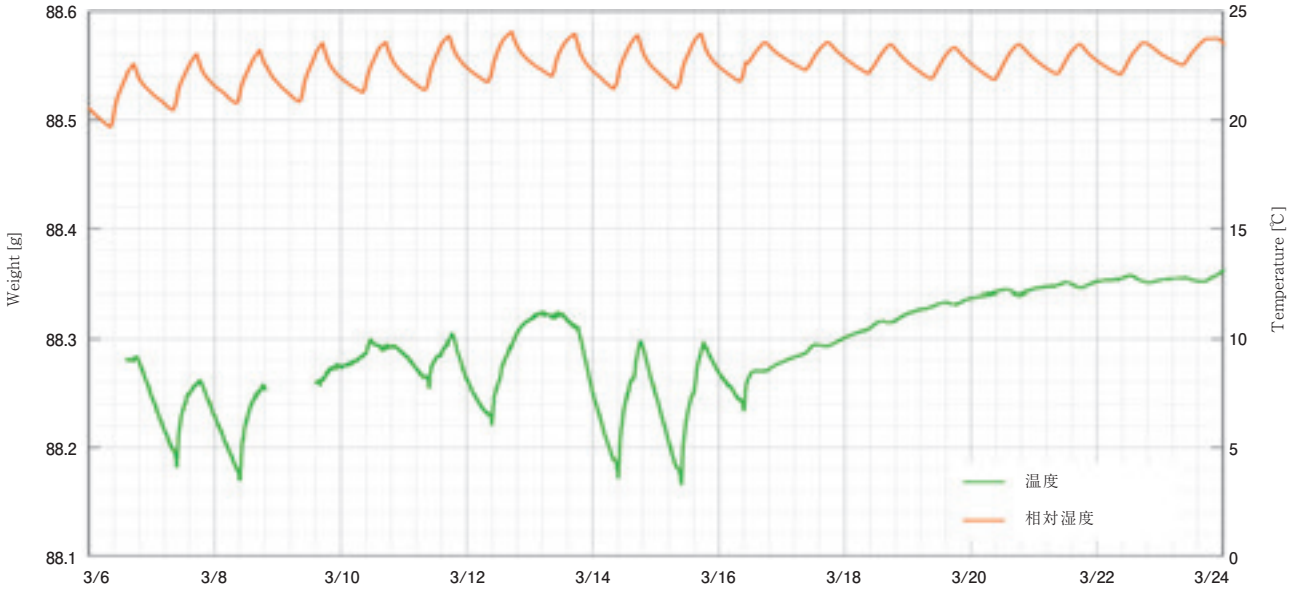

図82　温度と重量変化の関係

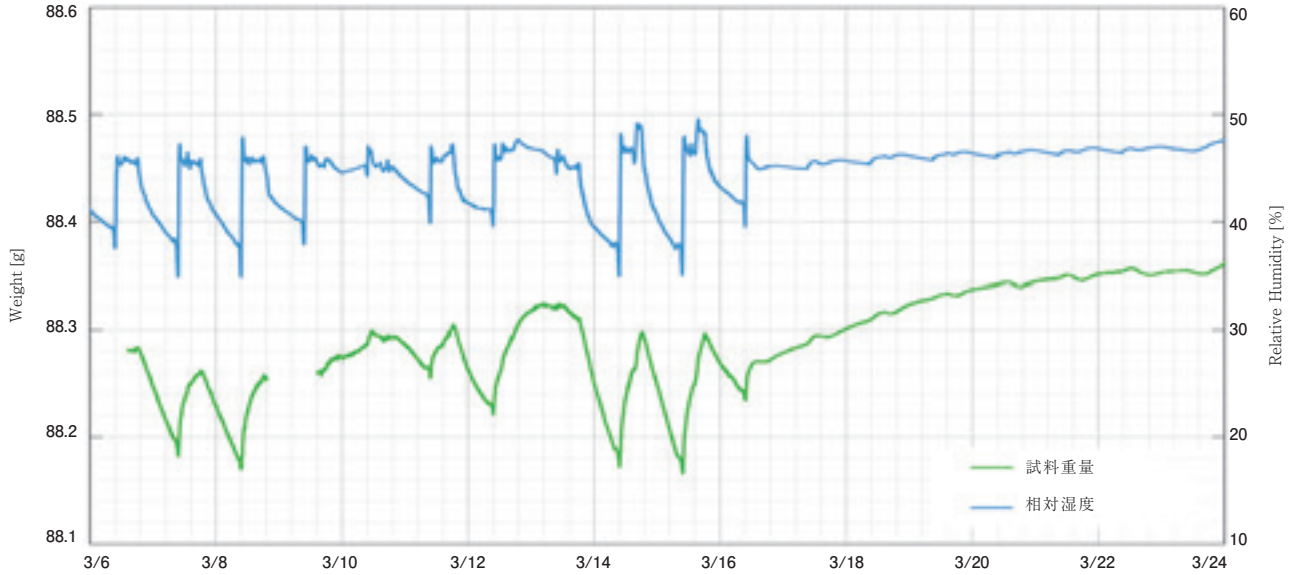

図83　相対湿度と重量変化の関係

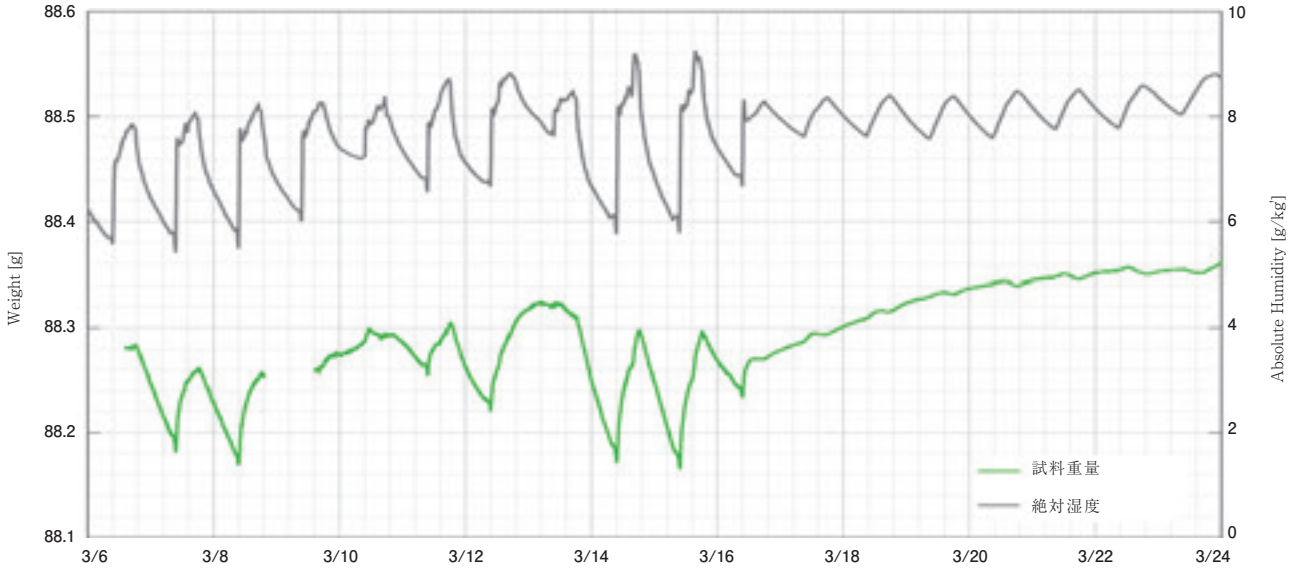

図84　絶対湿度と重量変化の関係

4　測定結果

測定データをまとめたものが図81～84である。

期間A　前述したとおり、平城宮いざない館は開館時のみ空調機器を稼働しているため、期間Aにおいてはその影響が大きい。すなわち、図81に示すように開館時の空調稼働開始にともない、展示空間では急激な温度上昇が生じ、閉館時には逆に温度低下が生じ、夜間は緩やかな温度低下が続く。日較差は約２℃であった。この測定時には冬季の乾燥対策のため加湿器も運用されていたが、開館時の加湿器稼働時にヒーティングよりも加湿器がわずかに遅れて稼働するため、一時的ながら相対湿度の急激な低下が認められた。空調稼働後は相対湿度は急激に上昇し、開館中は46～50%RHの間を推移している。しかし、閉館後は相対湿度は低下し、最低値は約35%RHであった。相対湿度の日較差は比較的大きく、15%前後の変化が日々生じていることがあきらかとなった。

こうした展示環境下において、木材試験片は相対温度の変化に追従した重量変化を示し、日中は吸湿によって重量増加を、反対に夜間には放湿による重量減少を示した（図82・83）。日較差は0.1ｇで、木材試験片全体の重量88.8ｇに占める割合は小さいともいえるが、吸放湿が試験片の比表面積（単位質量当たりの表面積）に影響されることを考慮すれば、表面に起伏や凹凸に富む木樋をはじめとする木製遺物においてはさらに活発な吸放湿が日々繰り返されると考えられ、遺物に対しての相応の負荷が生じていると推察できる。

期間B　期間Ａで見られた空調機器の運転・停止にともなう日ごとの温度変化の振幅がわずかに低減した。さらに相対湿度変化においては同様の振幅が劇的に低減し、日較差は約1.5%RHに収まるまでになった。それにともない、木材試験片の日ごとの重量変化はほぼ消失し、測定期間を通して緩やかな増加を示した。

以上から、木材試験片の重量変化のデータは木材試験片表面からの吸放湿の結果によるものと捉えることができる。吸湿時には材料表面において局所的な体積膨張を、反対に放湿時には体積収縮を引き起こす方向に力が生じる一方で、木材内部の含水状態は表面に比較すると安定しているため、その寸法変化を抑制する方向に力が作用すると考えられる。　**（脇谷草一郎）**

5　おわりに

今回報告したモニタリングから得られたデータによって、展示中のPEG処理を受けた木製品が展示環境下の相対湿度の変化にともなって吸放湿を繰り返し、それによって木質の表面と内部の吸放湿の度合いの多寡によって歪みが生じ、結果として表面が剥離したりひびが進行したりして木片が落下するという一連の作用をあきらかにできた。一方で、密閉ではなく、簡便な蓋であっても閉塞状況でさえあれば、木質の吸放湿は著しく抑制され、劇的に状況が改善することもわかった。このことは、空調を間欠運転で稼働する展示室空間において、相対湿度に敏感な木製等の資料は露出展示ではなく、簡易な形であっても閉塞空間に収めることが、日ごと・季節ごとの外気の変化を遮断し、木質の体積変化を安定化させること、ひいては剥離やひびの進行を抑制するためにある程度有効な手段であるということを示している[2)]。

昨今、美術館・博物館などの多くの展示施設では光熱費の高騰や予算縮減のため、24時間空調から間欠運転への変更を検討せざるを得ない局面に直面している。資料の材質など条件によっては24時間空調が絶対不可欠とも言えず、昨今の社会状況下では空調の効果的かつ効率的な運用が求められている。そうした状況で、間欠運転を採用しようとする際には、そこで生じうる相対湿度の変化を予測し、あらかじめ有効な手段をもって対処に努めることでより安定的な展示環境の確保を志向するべきだろう。本論がその一助となれば幸いである。　**（岩戸）**

謝辞

木樋のモニタリングに関しては、国土交通省 国営飛鳥歴史公園事務所および平城宮跡管理センター各位のご理解・ご協力を賜りました。作業時には、特に、平城宮跡管理センター 奥村典康平城分室長（当時）、橋本英樹業務係長からさまざまにご協力いただきました。その後も、展示環境の保持・管理に関して、国営飛鳥歴史公園事務所平城分室 田中元洋工務第二課長、平城宮跡管理センター 櫛島 豊業務課長をはじめ各位にご尽力いただいております。最後になりましたが、心より感謝申し上げます。

註

1）人の出入りによる環境影響を可能な限り排除するべく木樋周辺を隔絶した。

2）2024年７月に木樋にはアクリル製蓋が設置された。