

さきたま史跡の博物館特別収蔵庫の資料保存環境について

野中 仁

はじめに

さきたま史跡の博物館は、埼玉稲荷山古墳から出土した金錯銘鉄剣をはじめとする国宝「武蔵埼玉稲荷山古墳出土品」を保管、展示公開している。国宝指定された同古墳出土品の多くは、国宝展示室に常設展示され、一般公開されているが、その一部や、他の古墳から出土した金属製品を中心とした資料は、特別収蔵庫に保管されている。

さきたま史跡の博物館には、収蔵庫が2つあり、古墳出土の金属製品を中心とした資料を特別収蔵庫、土器、埴輪、石製品等はもう一つの考古資料収蔵庫に保管されている。考古資料収蔵庫は64.66㎡で、空調設備は無い。特別収蔵庫は、25.62㎡で、13.42㎡の前室を挟んで考古資料収蔵庫と隣接している。特別収蔵庫は壁面を杉板貼りとした木質内装で、恒温恒湿の空調設備が平成20年に整備導入された。

特別収蔵庫の現在の空調機運転は、湿度が高くなる6月から9月までの4か月間の運転で、その間は24時間運転である。年間を通して空調機運転としていないのは、使用電力量の増大等が理由の一つとなっている。

ここでは、年間4か月間の空調機運転を前提としつつ、その設定温湿度を定め、資料の保存上適切かどうかを温湿度の推移、空気環境、有害虫について検証する。そして特別収蔵庫の環境管理についての指針を示すこととしたい。

1 特別収蔵庫の構造と空調機運転の実際

特別収蔵庫は、博物館の1階にあり、前述のとおり25.62㎡、内部は床をナラ材のフローリングとし、他は全面杉板貼りで杉材の木製棚が造り付けられている。出入り口は鉄扉で、その内側は板扉となる二重扉である。空調機は隣接の機械室に設置されていて、空調された空気はダクトを通じて収蔵庫内に送り込まれる。空調の吹出し口は天井に2箇所、吸込み口は下方の四隅に4箇所ある。なお、空調機に有害物質等を取り除くケミカルフィルターは設置されていない。消火設備はハロン1301消火設備で、吹出し口は上部に1箇所設置されている。



実際の空調機運転については、6月から9月までの運転とし、その間は24時間運転としている。設定温度は資料の出し入れ時の急激な温度変化の回避や空調機への負荷低減等を考慮し、今回は稼働月によって4段階に変温させることとした。相対湿度は、収蔵資料が金属製品を中心とする資料であることから、50%に設定することとした。温湿度の設定は次のとおりである。

表1 特別収蔵庫の設定温湿度

	6月	7月	8月	9月
温度	23℃	24℃	25℃	24℃
相対湿度	50%			

2 温湿度

空調機運転期間とその前後の温湿度状況をみるため、データロガー⁽¹⁾による温湿度の測定を行った。また、比較のため、前室を経て隣接する空調設備のない考古資料収蔵庫の測定も行った。測定期間は、空調機運転1か月前の5月1日から運転終了後1か月の10月31日までである。なお、データロガーの測点は30分間隔。測定終了後、特別収蔵庫及び考古資料収蔵庫設置のデータロガーを同一環境内に24時間置き、その計測値をもとに機器間の計測値補正⁽²⁾を行った。

測定結果を表2及び図1に示す。

表2 収蔵庫の温湿度(2017年5月1日~10月31日)

 空調機運転期間

特別収蔵庫		5月	6月	7月	8月	9月	10月
温度(℃)	最大値	25.71	25.51	23.87	25.61	24.64	24.74
	最小値	19.57	20.90	22.24	23.48	23.39	17.09
	平均値	22.64	22.73	23.11	24.60	23.72	21.07
	月較差	6.14	4.61	1.63	2.13	1.25	7.64
相対湿度(%)	最大値	50.31	52.81	51.29	50.39	45.69	50.02
	最小値	40.56	39.11	44.44	43.65	44.01	43.13
	平均値	45.72	45.27	45.54	44.88	44.62	46.33
	月較差	9.75	13.70	6.85	6.74	1.68	6.89
考古資料収蔵庫		5月	6月	7月	8月	9月	10月
温度(℃)	最大値	28.06	27.96	32.60	30.66	28.75	25.32
	最小値	19.38	23.77	25.51	25.81	24.35	15.95
	平均値	23.86	26.22	29.90	28.81	26.54	21.20
	月較差	8.68	4.19	7.09	4.85	4.40	9.37
相対湿度(%)	最大値	55.00	55.97	42.98	42.20	46.78	73.64
	最小値	31.42	30.59	31.11	34.95	34.91	35.11
	平均値	47.13	39.95	34.41	37.73	40.09	52.84
	月較差	23.58	25.38	11.87	7.25	11.87	38.53

表2は、特別収蔵庫及び考古資料収蔵庫における5月~10月までの各月の温湿度の最大値、最小値、平均値及びその月における最大値と最小値の差を月較差で表している。特別収蔵庫の温度は、各月の平均値21℃~24℃台で推移し、空調機運転期間にはほぼ設定どおりに推移している。一方考古資料収蔵庫は、30℃を超える時もあり月較差も大きい。相対湿度は、月平均44%~46%程度で推移し、空調機運転期間前後の5月、10月であっても50%台前半を超えることはない。また、空調機運転期間内は職員の入室や作業等による湿度上昇が一時的に起こるが、全体として湿度較差は少なく、図1のグラフに見るように安定した状態である。考古資料収蔵庫は、湿度は大きく変動するものの、特別収蔵庫空調機運転期間では30%~40%台のこの時期としてはやや低い湿度で推移している。これは、特別収蔵庫の空調運転が何らかのかたちで影響しているように思えるが、原因はよく分からない。

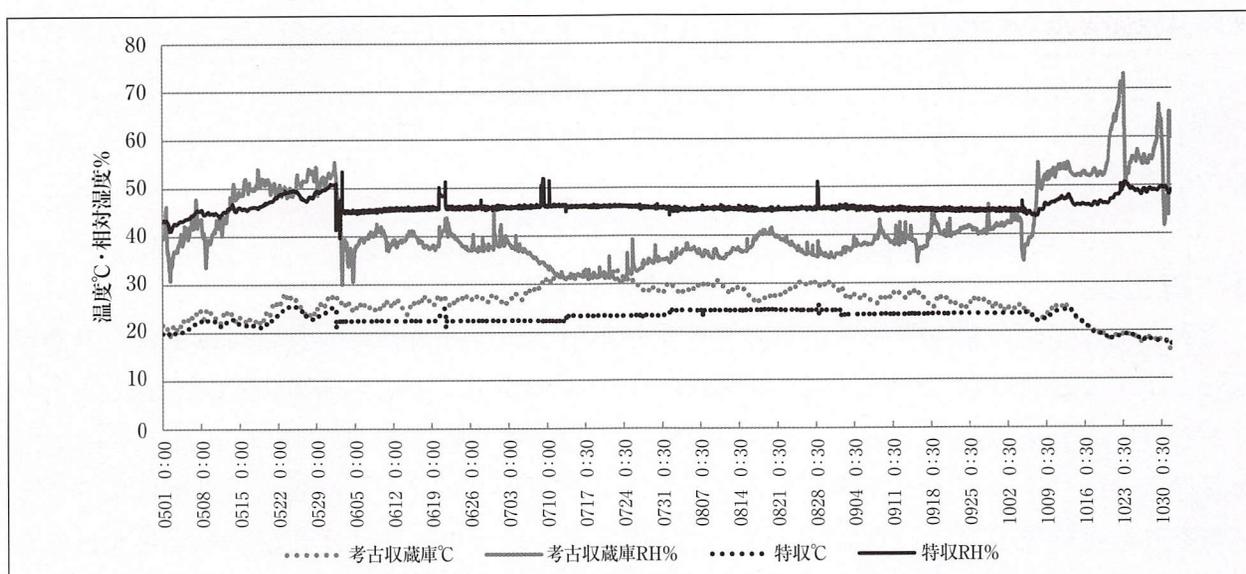


図1 収蔵庫の温湿度推移(2017年5月1日~10月31日)

3 空気環境

特別収蔵庫は木質の内装であることから、木材から金属製品に悪影響を及ぼす酸性物質等が放散、滞留している可能性があるため、パッシブインジケータ⁽³⁾で確認を行った。パッシブインジケータは、アンモニア用と有機酸用があり、対象空間内に一定期間放置しておき、インジケータの色変化を目視で判断するもので、資料への危険度を知ることができるものである。測定は、空調機運転期間内の9月と運転停止期間の1月、さらに運転直前の5月と運転直後の6月に実施した。これは、温度が高ければ、有害物質等の放散は多いことが予想されることや、空調機運転時の空気が循環している間とそうでない時期では放散物質の滞留に違いが予想されるためである。判定方法はアンモニア用が4日間、有機酸用が7日間暴露した時点で目視により判定した。判定基準は表3の指標⁽⁴⁾によった(佐野・吉田・石崎2006)。

調査結果は表4のとおりである。

表3 パッシブインジケータの指標(文献(1)による)

指標	変色状況	汚染状況
—	まったく変色なし	検出限界以下
(+)	わずかに変色した粒がある	検出されるが微量
+	あきらかに色味がまざっている状態	微量
++	わずかに元の色が残る	汚染
+++	すべて変色	要対策

表4 特別収蔵庫内のパッシブインジケータによる調査結果

対象ガス	1月	5月	6月	9月
アンモニア	—	—	—	—
有機酸	—	+++	(+)	(+)

調査の結果、アンモニアについては、全期間を通じて検出されなかった。有機酸については、空調停止期間の1月(1月12日~19日)では検出されないものの、空調機運転開始直前の5月(5月19日~26日)では高いレベルでの有機酸が検出された。これは、温度の上昇に伴って木質

の内装材からの有機酸が増加したものと考えられる。そして空調機運転開始直後(6月2日～9日)の測定では、有機酸は大きく減少しており、空調機運転による空気循環(外気導入と排気)の効果と考えられる。また、空調機運転中の9月(9月15日～22日)の測定では、有機酸がわずかに検出される結果であった。

4 有害虫

年間を通して、収蔵庫内の数か所に捕虫用粘着トラップを設置し、文化財害虫の有無を確認した。平成28年10月から翌29年9月までの四半期ごとの結果は表5のとおりである。

トラップの設置場所は、特別収蔵庫が出入口付近と奥、考古資料収蔵庫が出入口付近、奥、前室は1か所である。表の数値は、各部屋の四半期ごとの数値で、複数設置場所は1トラップあたりの平均値である。文化財害虫はすべてチャテムシである。文化財害虫以外では、ハエ目及びクモ目が捕獲された。チャテムシは湿度の高い場所を好むため、空気が淀み湿気がたまりやすい場所があることを意味している。考古資料収蔵庫の奥や前室などでチャテムシが捕獲されており、これらを意識した定期清掃等を実施する必要がある。

なお、当館では毎年6月に、生物防除作業として、忌避剤(シフェノトリン炭酸ガス製剤)の噴霧処理及び有害虫モニタリングを実施している。また、2か月に1回程度IPMに基づく収蔵庫の清掃と資料点検を実施している。

表5 トラップ捕獲状況(複数設置場所は平均値)

室名	区分	2016	2017	2017	2017
		10月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月
考古資料収蔵庫	文化財害虫(捕獲数)	0	0	1	9
	その他(捕獲数)	1	1	4	25
前室	文化財害虫(捕獲数)	0	1	2	16
	その他(捕獲数)	0	0	2	4
特別収蔵庫	文化財害虫(捕獲数)	0	0	0	0
	その他(捕獲数)	0.5	0	0	0

5 まとめ

平成20年度に特別収蔵庫に空調設備が整ったが、その運用方針は特に定められたものがなかった。そこで、従来の6月～9月の空調機運転を継承しつつ、設定温湿度等、空調運用の方針を定めることを目的として、温湿度、空気環境、有害虫について検証を行った。

その結果、温湿度では、高湿度になる6月～9月までの間の空調機運転で、金属製品の保存に適切な45%程度の相対湿度を維持できることを確認した。また、空調機運転期間以外は過去のデータから、平均45%～51%程度で推移することが分かっており⁽⁵⁾、年間を通じて金属製品を保管するにはほぼ適切な環境であることが確認できた。

空気環境では、木質内装のため、金属に悪影響を与える有機酸の放散が問題となってくる。気温の低い冬季では検出されなかったものの、気温が上昇してくる5月頃に有機酸の滞留が認められた。しかし、6月からの空調機運転を開始すると外気を取り入れた空気の循環によって有機酸は大きく減少した。空調機運転期間でも微量の有機酸は検出されたが、問題になる

レベルではないと考えている。有機酸の放散を意識する期間は空調機運転期間前後の比較的
温度が高い時期である。この期間は、短期間でも空調機運転を適宜行うことで解消されるも
のと思われる。庫内の有機酸の滞留を防ぐためにも空調機運転は有効である。

有害虫調査では、特別収蔵庫における文化財害虫の捕獲はなかった。ただし、隣接する前
室ではチャタテムシが捕獲されていることから、扉の開閉時の注意や定期的な清掃など、職
員への意識づけが重要となる。

なお、特別収蔵庫に保管されている資料は、多くが古墳から出土した金属製品が主体であ
るため、腐食の進行を防ぐため、ハイバリアフィルムに脱酸素剤（三菱ガス製RP-Aタイプ）
と共に密閉して保管している。その他、行田市八幡山古墳出土の漆棺の断片が保管されてお
り、素材の性質上、金属製品を意識した設定湿度では低いと思われるため、デシケーターに
相対湿度60%調湿の調湿剤とともに保管している。

以上のことから、特別収蔵庫の環境管理方針は次のようになる。

- ・空調機の運転は、6月～9月までの4か月間とする。
- ・設定湿度は50%とし、温度は資料の出し入れの際の急激な温度変化を避けるため、段階的
に変化させることが望ましい。（例：6月23℃、7月24℃、8月25℃、9月24℃）
- ・有機酸の放散は空調機運転期間の前後の比較的湿度が高い時期（4月～5月、10月）に注意
が必要で、空調機運転期間以外であっても、適宜空調機を運転させ換気することが望ましい。
- ・金属製品以外の有機質素材の資料については、調湿剤をうまく利用した個別保管とする。
- ・温湿度測定、空気環境調査、有害虫調査は継続的に行い、常に環境の把握に努める。

おわりに

博物館施設では、空調機器の老朽化や運営予算の削減等により運転を制限されたことで、
カビの発生等が問題になることがある。予算がないという理由で安易に運転を制限するとい
うことはあってはならないことであって、もしそうなった場合の原因の一つは我々資料を保
存管理する者が資料の保存環境を把握できていないからである。保存環境を常に把握してい
れば、空調の必要性を合理的に説明できるはずである。例えば空調設備が完備され年間を通し
た24時間空調が実現したとしても、保管されている資料はなにか、その保存環境がどうなっ
ているのかを常に把握しておくことが肝心である。その上で省エネを念頭に置いた空調運用
が可能かどうかを模索していく段階となろう。

ここでは、年間4か月間の空調機稼働による収蔵庫環境の一例として温湿度、空気環境、
有害虫という3つの視点から検証し、大きな問題はないと判断した。これを基に特別収蔵庫
の空調機運転を含む環境管理の方針を示した。ただし、この報告はあくまで同館特別収蔵庫
の状況であって、他所すべてに適用できるものではない。まずは、収蔵環境を把握するた
めの基礎的なデータを根気よく収集することが重要である。そして、実測データに基づいた環
境管理の方針を定めておくことが、組織内での継続性と予算確保には欠かせないと考えてい
る。

《註》

- (1) オンセット社製HOBO U12-013 精度：温度 $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ ($0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$)、湿度 $\pm 2.5\% \text{RH}$ ($10\% \sim 90\% \text{RH}$)
- (2) 同一環境内における2計器の測定値の平均値から偏差を求め補正值とした。
- (3) 文化財保存分野向けに開発されたインジケータ（製造：(株)ガステック）で、径24mm、高さ8mmの円柱形をしている。有機酸用CID-80とアンモニア用CID-3の2種があり、当該物質を検知するとその濃度によって有機酸用は青から緑に、アンモニア用はピンクから黄色に指示薬が変色する。
- (4) パッシブインジケータの指標は、文献(1)によるものを使用し、表3は同文献の表を一部改変したものである。
- (5) 空調機停止期間の温湿度も継続的に計測しており、特別収蔵庫の状況は次のとおりである。

計測期間	温度最大値 ($^{\circ}\text{C}$)	温度最小値 ($^{\circ}\text{C}$)	温度平均値 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度最大値 (% RH)	湿度最小値 (% RH)	湿度平均値 (% RH)
20161007 ~ 1201	24.6	12.9	18.7	56.2	38.1	50.8
20161201 ~ 20170114	16.8	9.6	12.2	52.1	43.4	49.6
20170114 ~ 0131	16.8	9.2	10.3	48.4	40.9	47.2
20170201 ~ 0309	13.9	9.8	11.5	46.6	40.6	44.5
20170309 ~ 0403	15.8	12.3	13.9	46.0	43.5	44.7
20170403 ~ 0424	19.9	14.9	17.9	52.5	37.7	47.9

《参考文献》

- (1) 佐野千絵・吉田直人・石崎武志「文化財公開施設の空気環境評価における変色試験紙法の再評価—パッシブインジケータとの相関—」『保存科学』45号 東京文化財研究所2006