

空調機が稼働していない木質系内装材収蔵庫の湿度特性

—湿る収蔵庫・乾く収蔵庫—

及川 規・芳賀 文 絵・森 谷 朱(東北歴史博物館)

1.はじめに

2. 空調が稼働していない木質系内装材収蔵庫における湿度対策と温湿度・含水量の関係

3. 木質材料の含水量の年間取支

4.まとめ

1.はじめに

全国的に文化財保管空間は逼迫しており、人が常駐せざるを得ない場合が多くなっている。そのような場所では、除湿器などは、排水処理などの労力的な問題に加え、漏電による火災リスクの懸念もあることから、その使用はできるだけ避けたい。

そのため筆者らは、収蔵材料自体の性能を活かしてエネルギーと維持コストをできるだけ抑制した(低エネルギー・低成本 = 低エコ)持続可能な文化財保管空間の構築について検討している。

その一つが、木質系収蔵材料に着目し、それをうまく循環的に運用することによる低エコな環境構築である¹⁾。これは自館および他機関の保存環境調査を行う中で、無人施設でも木質系内装材を用いた収蔵庫は、多くは高湿度だが非常に安定している、長期間除湿を継続すると年々除湿量が減少する等の知見を得たことから構想した。

今回、実際の収蔵空間について、収蔵材料等が保

持する対象空間の水分量(含水量)を指標に、1)無人施設の木質系収蔵庫の湿度対策の経過と含水量の関係、2)無人施設と、人が常駐し業務を行っている施設(厳密な温湿度管理は行っておらず高溫低湿高湿低湿期があるが適宜暖房や冷房を使用している空間、以下「有人施設」)における木質材料の含水量の差異などの調査に基づく、低エコな循環型環境構築の実現可能性と課題点について報告する。

2. 空調が稼働していない木質系内装材収蔵庫における湿度対策と温湿度・含水量の関係

東北歴史博物館(東歴博)は、本館のほかに、離れた場所に位置する施設(旧東北歴史資料館、以下別館)でも多くの考古資料や民俗資料を収蔵している。別館は東歴博新設(1999年)以降、職員は常駐しておらず、空調は停止した状態で収蔵庫として使用されている。別館の1室(容積=260m³、内装材=木質、繊維系資料を保管、以下「木質庫」)を対象



図1 木質庫の温湿度 除湿対策前(2009年8月)(上段=温度、下段=湿度、毛髮式温湿度計の記録紙を加工表示)

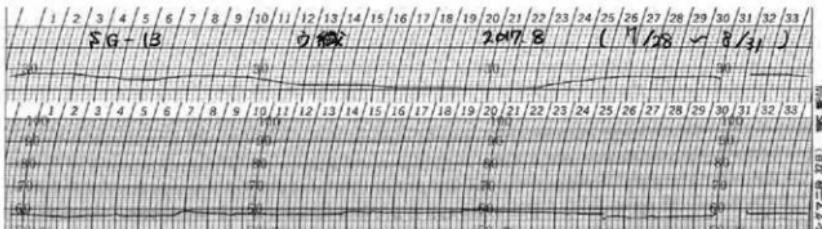


図2 木質庫の温湿度 連続除湿(2017年8月)(上段=温度、下段=湿度、毛髮式温湿度計の記録紙を加工表示)

表1 木質庫(木)と仙台地方(仙)の毎年8月の温湿度^{*1}

年 ^{*2}	温度		湿度		絶対湿度 ^{*3}		除湿 ^{*4}
	木	仙	木	仙	木	仙	
2000	29	25.3	70	78	17.7	15.9	なし
2001	26	21.8	67	83	14.2	13.6	
2002	28	24.4	65	77	15.5	14.8	
2003	29	22.2	70	87	17.7	14.6	
2007	28	25.6	77	77	18.4	15.9	
2008	25	23.1	75	86	15.0	15.3	
2009	30	22.9	77	82	20.7	14.4	
2010	30	27.2	70	77	18.8	17.6	満水
2011	29	24.9	57	82	14.4	16.3	停止
2012	29	26.2	53	80	13.3	17.2	
2013	29	25.6	51	76	12.8	15.7	
2014	30	24.6	51	85	13.6	16.6	
2015	30	24.3	57	79	15.2	15.1	連続
2016	30	25.7	56	78	15.0	16.2	
2017	27	23.0	59	87	13.2	15.4	
2018	29	24.9	62	81	15.6	16.1	停止
2019	29	26.2	66	82	16.7	17.6	

*1 木質庫は毛髪式温湿度計の記録紙の日割値、仙台は仙台地方の気象庁のデータによる月平均値。*2 2004-2006年は木質庫のデータ欠損で不記載。*3 重量絶対湿度(g/kgDA)*4 満水停止=湿度設定なし 連続=設定湿度 60%以下では自動停止

2.1 湿度対策の経過と温湿度

空調停止後、木質庫の湿度は増減を繰り返しながら緩やかな上昇傾向を示した。その間、小型の家庭用の除湿器を外気の状況に応じて随时稼働したが、高湿化は抑制されずピーク時は75%超に達した(図1)。2010年度以降は、大型除湿器(除湿性能15.5L/日)を導入し、夏季(年によって異なるが、概ね6月から9月)に毎日稼働した。当初は除湿水を内蔵タンクに排水していたため、半日程度で満水停止

となり、そのたびに湿度の変動が認められたが、年を経るごとに徐々に除湿量が減少し、2013年以降は満水停止はまれになった。2015年度からは排水ドレンの設置により連続排水が可能となり、一定湿度を維持した(設定湿度60%、図2)。

2.2 絶対湿度の推移

除湿量の減少と含水量の関係について検討するため、木質庫の絶対湿度(g/kgDA)を仙台地方の外気(対象施設近傍の外気の温湿度データがないため、気象庁統計データを便宜的に用いた)と比較した(表1)。空調停止当初は、木質庫の相対湿度は外気よりも低いにも関わらず、絶対湿度は概ね外気より高く、木質庫の含水量が増大している(湿っている)ことが示唆された。その状態は大型除湿器稼働1年目は変わらなかったが、2年目以降は逆転した。継続した除湿により木質庫の含水量が低下した(乾いた)と考えられ、含水量の減少と除湿量の減少は連動することが示唆された。

2.3 除湿停止下における温湿度の経過

除湿量が減少したことは除湿の必要性が低下したことを意味する。そこで含水量が減少した木質庫について、除湿を停止した状態での温湿度の経過を調査した。

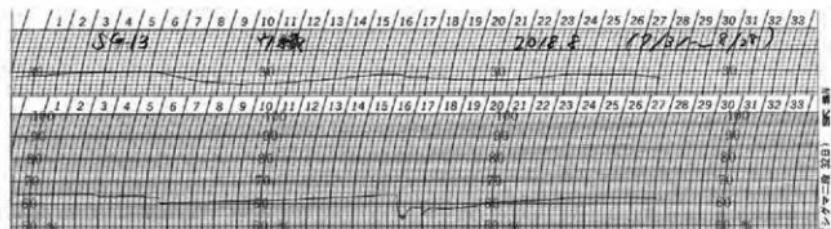


図3 木質庫の温湿度 除湿停止(2018年8月)(上段=温度、下段=湿度、毛髮式温湿度計の記録紙を加工表示)

表2 無人施設と有人施設における木質サンプル重量変化の比較(3片の平均値、単位=g)

樹種	無人Eに設置			有人Xに設置		
	初期値	1年後重量	初期値との差	初期値	1年後重量	初期値との差
スギ	6.90	7.18	0.28	7.01	6.90	-0.11
スプルース	8.89	9.17	0.28	8.99	8.85	-0.14
キリ	5.05	5.29	0.23	5.22	5.22	0.00
ベイスギ	6.31	6.51	0.20	6.52	6.52	0.00

除湿停止1年目は最大湿度64%程度(図3)で、カビ抑制の一つの目安とされる湿度65%以下を維持できた。

2年目となる2019年は猛暑(仙台地方の8月平均温湿度は26.2°C、82%)の影響か、最大湿度は67%まで達した。しかし2年目でも絶対湿度は外気より低く、除湿実施前の状態と比較すると、空間としてはまだ水分を吸収する余地はあると推定される。それにもかかわらず前年より高湿化しており、その理由と対策が今後の課題の一つである。

3. 木質材料の含水量の年間収支

1) 実際の無人施設における宮城県多賀城地方(施設所在地)の気候下での木質材料の含水量の挙動と、2) 濡潤化した木質系材料の含水量を特段の乾燥処置を講じなくても(すなわち低エコで)低下させることができるとかを検証するため、木質材料の1年間の含水量の変化について無人施設と有人施設で比較した。無人施設は別館のエントランス(無人E)、有人施設は東博の調査室(有人X)を対象とし、木質材料サンプル(以下 木サンプル)の重量変化で調査した。木サンプルはスギ、スプルース、キリ、

ベイスギの4樹種を用いた(大きさ=10×2×1cm、3片)。

結果を表2に示した。無人Eでは重量が増加し、1年間で水分が蓄積され含水量が増加する傾向が確認された。増加量はスギ>スプルース>キリ>ベイスギで、樹種により差異が認められた。

一方有人Xでは、わずかな減少(スギ、スプルース)または変化なし(キリ、ベイスギ)で、含水量に大きな変化はなかった。

次に無人Eで濡潤化した木サンプルを有人Xに移設し、1年間の重量変化を測定した。有人Xに設置していた木サンプルは同じ場所に継続して設置した(表3)。

濡潤化した木サンプルはいずれも初期値の重量より減少した。重量の到達点はやはり樹種により異なり、スプルース>スギ>キリ>ベイスギだった。到達点は有人Xに継続して設置されていた場合とほぼ同じ値になった。すなわち減少量が一定なのではなく、樹種の特性に応じて当該空間の湿度環境に対応した含水量に到達することが確認された。樹種による吸放湿挙動の相違が実環境の湿度維持にどのように作用するかについて今後精査する必要がある。

表3 無人施設で湿润した木質サンプルを有人施設に移設した場合と、有人施設に継続して設置していた場合の重量変化の比較
(3片の平均値、単位=g)

樹種	無人Eで湿润したサンプルを有人Xに設置			有人Xに継続して設置		
	初期値	1年後重量 ^{*1}	初期値との差	初期値	2年後重量 ^{*2}	初期値との差
スギ	6.90	6.74	-0.16	7.01	6.84	-0.16
スブルース	8.89	8.69	-0.20	8.99	8.77	-0.22
キリ	5.05	5.02	-0.03	5.22	5.20	-0.02
ペイスギ	6.31	6.27	-0.03	6.52	6.49	-0.03

*1 有人Xに移設後1年（無人Eに1年、有人Xに1年=通算2年） *2 通算2年

4.まとめ

今回の調査により

- 1)無人施設の高湿化した木質庫の含水量は増大しているが、除湿の継続で減少できる。
- 2)収蔵空間の含水量が減少すれば一定期間は高湿化を抑制できる。
- 3)多賀城地域の気候下では、無人施設の木質材料の含水量は増加するが、それを有人施設に放置するだけで含水量を減少（乾燥）させることができる。
- 4)吸放湿量は樹種により差があり、含水量の到達点は樹種に依存する。

などの知見を得た。

以上から、低エコで収蔵材料循環型の保存環境構築は可能と考えるが、課題も多い。

適湿環境を実現し、それを維持するための収蔵材料の調製条件（設定含水量、使用量、形状、樹種など）に加え、許容湿度（空間の含水量によりカビ発生リスクが変化する可能性がある）や現実的な運営方法など実務面についても検討する必要がある。

本研究は、既存施設の環境改善を念頭に行っているものであるが、施設を新設する場合も、低エコで持続可能な運営方法を考慮した設計・構造が強く望まれる。

【註】

- 1) a) 芳賀文絵、及川規「低コスト・低エネルギー型収蔵環境構築について-木質収蔵庫及び木材調湿性についての基礎調査-」『東北歴史博物館研究紀要18』(2017) p.77など
b) 芳賀文絵、及川規、森谷朱「低コスト・低エネルギー型収蔵環境構築について-木材設置による一般室の湿度環境変化についての基礎調査-」『東北歴史博物館研究紀要20』(2019) p.69
c) 芳賀文絵、及川規、森谷朱「低コスト・低エネルギー型収蔵環境構築について-木材による収蔵室湿度環境改善のための基礎調査-」『東北歴史博物館研究紀要19』(2018) p.89

など

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金（基盤C）〔課題番号16K01185〕により行われた。