

## 〔報告〕 熊本城「細川家舟屋形」の保存環境調査

犬塚 将英・福西 大輔\*・石崎 武志

### 1. 緒言

文化財を保存するための温度と相対湿度の条件として、IIC, ICOM, ICCROM などでは約 20℃, 60% RH を基準値として定めており, さらに温度と相対湿度の履歴も考慮すべきだとしている<sup>1)</sup>。しかし, 美術館, 博物館, 神社や仏閣など文化財の展示・収蔵を行う施設では, 空調設備が無い場合や, 設置するのが困難な場合もある。熊本城「細川家舟屋形」の展示ケースでは, 湿度の変動を抑える目的で, 調湿建材を追加設置する改修工事が2005年に行われた。ここでは, 実測データをもとに, 改修工事前後における展示ケース内の相対湿度の安定性の比較を行った。

重要文化財「細川家舟屋形」波奈之丸は1963年に熊本城小天守閣1階に移設されてから, 熊本市立博物館分館の展示資料として活用されてきた。移設当初はむき出しの展示であったが, ハトの被害を防ぐ目的で, 1988年に舟屋形全体をガラスケースで覆う工事が行われた。図1に「細川家舟屋形」を収納している展示ケースの断面図を示した。舟屋形が置かれている小天守閣の1階は来館者の動線となっており, 夏季のみ冷房が行われている。しかし, 2002年11月から2003年11月までに行われた測定の結果によると, 湿度が高い時には80% RH に達する場合もあり, さらに年間を通してみると40% RH から80% RH までの範囲で変動していたことがわかった<sup>2)</sup>。

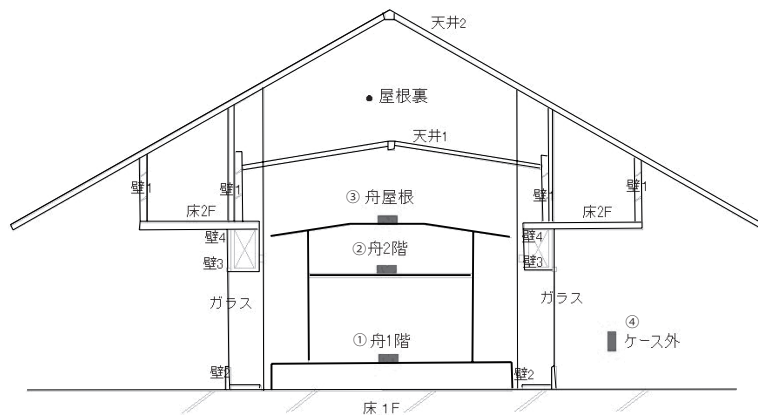


図1 展示ケース断面図。図中の①から④はデータロガー設置個所である。

展示ケース内の湿度環境を改善する目的で, 調湿建材を追加設置する改修工事が2005年4月に行われた<sup>3, 4)</sup>。図1中に示されている壁1, 壁3, 壁4, 床1F, 天井1の個所などに3種類の調湿建材が追加で設置された<sup>3)</sup>。これらの部材の熱物性値や湿気物性値は引用文献3に示されている通りである。

調湿建材の導入効果を調べた報告が幾つか既になされている。石崎, 白石ら<sup>3)</sup>は熱・換気回路網計算プログラム (NETS)<sup>5)</sup>を用いて, 2004年2月から2005年9月までの実測データを

再現した上で、同プログラムを用いて調湿建材の導入効果を定量的に示した。また、宮野らは改修工事前後の日平均相対湿度を比較することにより、展示ケース内の湿度環境の安定性についての検討を行っている<sup>4)</sup>。

ここでは、筆者らが2002年11月から2008年9月までに行ってきた温湿度測定の実データをもとに、改修工事前後における展示ケース内の相対湿度の日変動、季節変動の比較に関する調査結果を報告する。

## 2. 温湿度測定概要

「細川家舟屋形」を取り巻く温度と湿度の安定性を調べるために、オンセット社製温湿度データロガー（ホボH8プロ）を用いて測定を行った。データロガーの設置箇所は①舟屋形内1階、②舟屋形内2階、③舟屋形の屋根の上、④展示ケースの外側、⑤屋外の5ヶ所であり、①から④は図1中に示した通りである。データの記録は2002年11月から2008年9月までの期間中に30分間隔で行った（測定期間、測定箇所によっては15分間隔の場合も有）。

測定期間中には、データロガーの故障等が生じて、一部のデータは欠損してしまった。今回の報告では、改修工事前後の比較を行うために、2004年（改修工事前）と2007年（改修工事後）のデータを解析に用いた。また、①、②、③のデータロガーから得られた測定値の間には大きな差異が見られなかったため、今回の解析では①のデータを④のデータと比較することにより、展示ケース内の湿度環境の安定性を調べることにした。

## 3. 測定結果と考察

測定期間中の展示ケース外における相対湿度を調べてみると、例年、3月と4月の日変動が大きいことがわかった（図4参照）。そこで、舟屋形内と展示ケース外の温度（図2）と相対湿度（図3）の30分毎の測定値を2004年と2007年とで比較した。改修工事前後のいずれの場合も、展示ケース外で見られた温度変動は舟屋形内では小さく抑えられており、典型的な日変動の大きさは1℃程度だった。一方、相対湿度に関しては、改修工事前後で違いが見られた。2004年では展示ケース外で30% RH程度の大きな日変動があった場合、舟屋形内でも10% RH程度の日変動が観測された。しかし、2007年では展示ケース外で30% RH程度の日変動があった場合でも、舟屋形内では5% RH以下に抑えられていることが多かった。

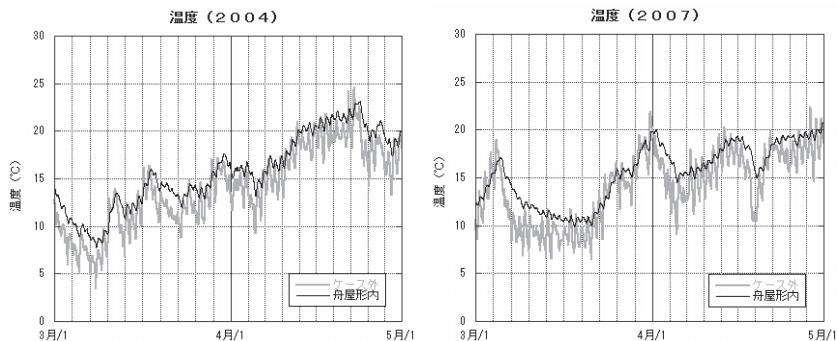


図2 舟屋形内と展示ケース外の温度（2004年3～4月（左）と2007年3～4月（右））

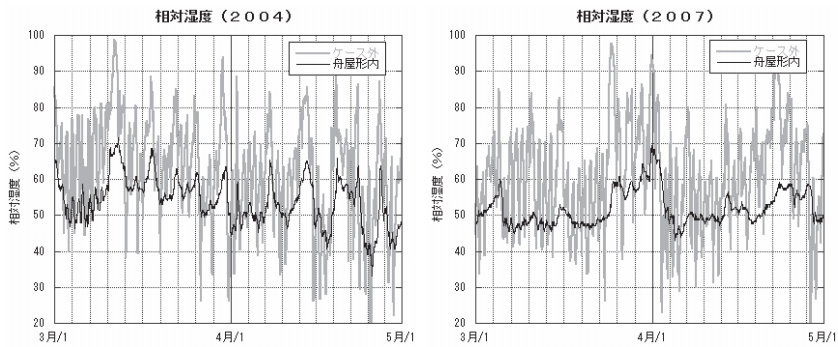


図3 舟屋形内と展示ケース外の湿度（2004年3 - 4月（左）と2007年3 - 4月（右））

相対湿度の日変動を定量的に調べるために、1日の測定値中の最大値と最小値の差を「相対湿度の日変動」と定義し、日毎にプロットしたのが図4である。2004年では、展示ケース外の日変動が30% RHを超える日などは、舟屋形内の相対日変動も10% RHを超える日も多く見られた。しかし2007年では、舟屋形内の相対湿度の日変動は年間を通じて概ね5% RH以下に抑えられていることがわかった。展示ケース外で相対湿度が急激に変化をしている場合でも、2005年に設置された調湿建材によって、ケース内での相対湿度の変動が緩和されており、湿度環境が改善されたことが明らかになった。

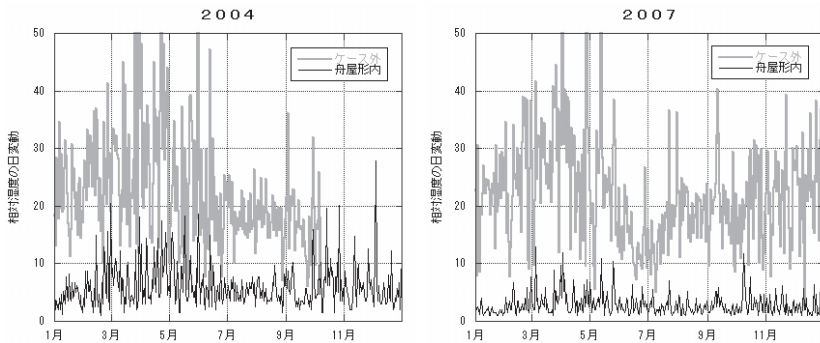


図4 舟屋形内と展示ケース外の相対湿度の日変動（2004年（左）と2007年（右））

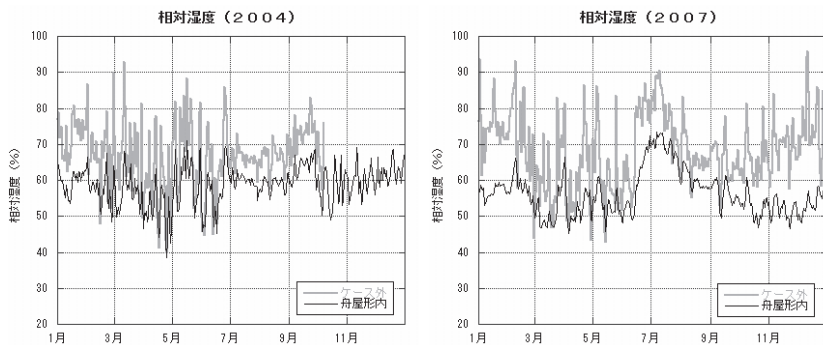


図5 舟屋形内と展示ケース外の相対湿度の日平均（2004年（左）と2007年（右））

図5では2004年と2007年における相対湿度の平均値を日毎にプロットした。2007年では、図4で見られた日変動のみならず、数日を単位とした期間内における変動も2004年と比較すると緩和されており、湿度環境が改善されたことがわかる。しかし、改修工事後においても、2007年7月のように展示ケース外において高湿度の状態が月単位の期間で続いた場合には、ケース内の相対湿度への影響が見られた。

季節変動を調べるために、温度と相対湿度の月平均値を算出し、2004年と2007年におけるクリモグラフを比較した(図6)。どちらの年も、比較的高湿度である展示ケース外と比べると、舟屋形内の相対湿度は概ね65% RH よりも低く抑えられているが、展示ケース外の季節変動の影響は受けている。これらの結果から、改修工事によって展示ケース内の季節変動を緩和できた、という証拠は得られなかった。宮野らも指摘している通り<sup>4)</sup>、展示ケース内の湿度の季節変動をより低く抑えるためには、展示ケースの気密性等も改善する必要があると考えられる。

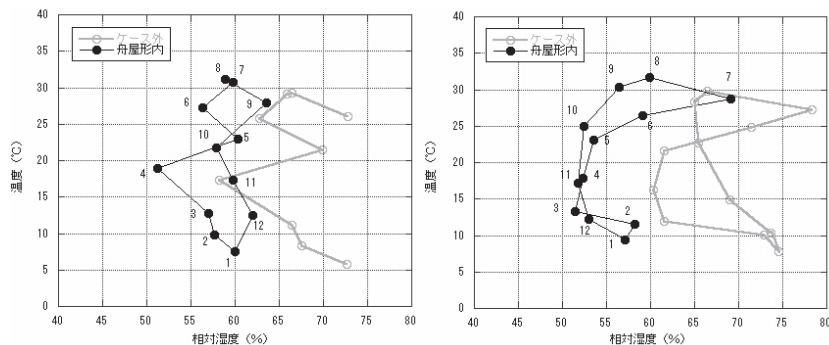


図6 舟屋形内と展示ケース外のクリモグラフ (2004年(左)と2007年(右))

#### 4. まとめ

熊本城「細川家舟屋形」が置かれている展示ケース内の湿度環境を改善するために、調湿建材を追加設置する改修工事が2005年4月に行われた。2002年11月から2008年9月まで行ってきた温湿度測定の結果をもとに、改修工事前後における展示ケース内の相対湿度の日変動と季節変動を解析して、調湿建材を導入した効果を調べた。解析の結果、改修工事後では展示ケース内の相対湿度の日変動は年間を通じて典型的には5% RH以下に抑えられていることがわかった。さらに季節変動を抑えるためには、展示ケースの気密性の改善等も必要と考えられる。

#### 謝辞

熊本城「細川家舟屋形」を取り巻く温湿度測定及び研究にあたって、熊本市立熊本博物館の石原健矩氏と名古屋工業大学の宮野秋彦名誉教授からは多大なご協力とご助言をいただきました。ここに記して感謝致します。

#### 引用文献

- 1) G. de Guichen: Climate in Museums, ICCROM, 1988
- 2) 石崎武志: 重要文化財「細川家波奈之丸舟屋形」の保存環境調査, 保存科学, 43, 107-112 (2004)
- 3) 石崎武志, 白石靖幸, 肥塚祐美子: 熊本城「細川家舟屋形」の保存環境に関する研究, 保存科学,

45, 227-240 (2006)

- 4) 宮野秋彦, 石原健矩, 福西大輔, 若木和雄, 御厨秀俊, 村田豊, 寺村敏史: 細川家船屋形保存展示ケースの温湿度環境の改修結果, 日本文化財科学会第24回大会研究発表要旨, 298-299 (2007)
- 5) 奥山博康: 熱・換気回路網計算プログラム NETS, 伝熱 WG シンポジウム「最近の建築伝熱シミュレーションと設計ツール」日本建築学会・熱循環小委員会・伝熱ワーキンググループ, 63-70 (1998)

キーワード: 熊本城 (Kumamoto Castle); 温湿度 (temperature and humidity); 調湿建材 (humidity buffer board)

## Measurement of Environmental Condition around the Cabin of the Hosokawa Family's Ship in Kumamoto Castle

Masahide INUZUKA, Daisuke FUKUNISHI\* and Takeshi ISHIZAKI

A cabin of the Hosokawa Family's ship is exhibited in the Kumamoto Castle. In order to minimize the humidity change around the cabin, humidity buffer boards were installed inside the showcase in April 2005.

We have measured the temperature and humidity around the cabin since November 2002. By analyzing the data obtained from these measurements, we found that the daily change of humidity inside the showcase was reduced to 5%RH after installing the humidity buffer boards. However, drastic improvements were not observed in the seasonal change, which can possibly be reduced by increasing air tightness of the showcase.