

## 〔報告〕 高松塚古墳解体時のための観測システム

犬塚 将英・石崎 武志

### 1. 緒言

2005年6月27日に行われた「第4回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会」<sup>1)</sup>により、壁画保存のために、石室を取り外して解体修理を行うことが決定された。そして、2005年9月2日から、恒久対策の実現までの生物被害拡大の抑制を目的として、冷却管を用いた墳丘部全体の冷却を行っており、石室内の温度と相対湿度はそれぞれ約10°C, 97% RHに保たれている<sup>2,3)</sup>。2006年10月からは、墳丘上部の冷却管を撤去した後に、解体修理に向けた墳丘部の発掘調査が開始され現在に至っている。

上部冷却管撤去後の発掘調査および石室取り外し時における壁画面の急激な温湿度の変化や結露への対策として、「第5回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会」では、断熱覆屋の建設と断熱覆屋内の空調方法に関する検討も行われた<sup>4)</sup>。

実際の高松塚古墳石室解体における発掘現場を推定により再現した第二実験場が京都府加茂町に建設された。ここでは、石室取り外しのための吊り上げ実験や安全性の検証が2006年10月まで行われた<sup>5)</sup>。第二実験場には断熱覆屋も合わせて建設されて、石材の吊り上げ実験に加えて、空調システムの試験も行われた。スクラバやファンコイルで構成される空調システムの詳細については、「保存科学」本号の別報を参照していただきたい<sup>6)</sup>。

温湿度環境については、制御するための空調システムに加えて、その成果を検証するための観測システムも重要である。次節以降では、第二実験場に設置をした観測システムとその試験結果について報告する。

### 2. 気象観測装置と測定項目

#### 2-1. 気象観測装置

図1(a)に示されているように、第二実験場に建設された断熱覆屋の外側に、気象観測装置を設置した。三脚に収納ボックスを固定した構造となっており(図1(b))、観測装置の本体は

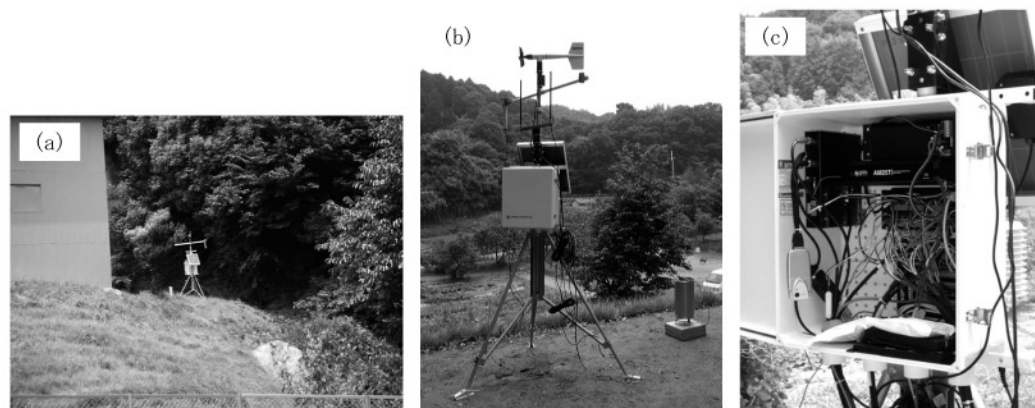


図1 気象観測装置

キャンベル社製データロガー (CRI10X), 16/32chアナログマルチプレクサ, 熱電対用マルチプレクサ, 12V電源, 携帯電話通信モジュールから構成されている (図1 (c))。気象観測装置周辺に設置した屋外気象観測用の測定器, および断熱覆屋内に設置したセンサー (2-2を参照) からのアナログ信号はデータロガーとマルチプレクサに転送され, データロガー上のメモリーに定時毎に記録される。気象観測装置への電力の供給方法は, ソーラーパネルを用いた方法とAC100Vから供給する方法の2通りを試験した。これらによって供給する電力は, 収納ボックス内の12V電源によってDC12Vに変換されて, データロガーに供給する。図1 (c)に見られるように, データロガーは通信モジュールを介して携帯電話と接続をされており, 遠隔地においても電話回線を介してデータ回収ができるようにした。

## 2-2. 測定項目

気象観測装置本体の周辺には, 屋外の環境を測定するために, 風力・風向計, 雨量計, 日射計, 温湿度計, 熱電対温度計を設置し測定を開始した (図1 (b))。

断熱覆屋は石室を含んだ空間Aと, 外界と空間Aとの間に位置して緩衝領域となる空間Bとで構成されている。空調システムによる吹き出し口と吸い込み口は, それぞれ断熱覆屋の東壁側と西壁側に設置された (ここで方角は, 石室の盗掘口の面を南側と定義する)。断熱覆屋内にはVaisala社製温湿度プローブ (6本), 含水率測定用TDR (2本), 断熱覆屋の天井裏に日射計 (1個), 銅・コンスタンタン熱電対 (4本) を設置した。

断熱覆屋内の温湿度プローブの設置箇所は図2中の小さな○で示した。設置箇所は石室内 (1), 石室を構成する側石近辺 (2), 空間Aの奥行き方向の中心で, 吹き出し口と吸い込み口のの高さに位置する西側 (3) と東側 (4), 空間A内で同じ高さではあるが, 空間Bとの境界近辺 (5), 空間B内で空間Aとの境界近辺 (6) である。9月26日から10月13日までの空調システム試験期間においては, センサー3, 4, 5の位置を変更した (センサー3→空調システム吸い込み口, センサー4→空調システム吹き出し口, センサー5→空間A内西側の天井付近)。

含水率測定用TDRは図2中の大きな○で示した箇所を設置したが, 接続したデータロガーの

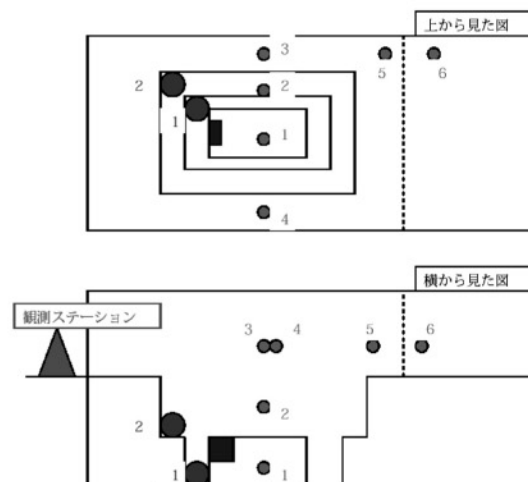


図2 断熱覆屋内の温湿度センサーとTDRの設置箇所  
点線より左側と右側がそれぞれ空間Aと空間Bである

該当端子の不良のために、今回はデータを取ることができなかった。

断熱覆屋は外光を取り入れるために、透明なアクリルでできた窓が天井に取り付けられた。空調システムの熱的効率を計算する上で、断熱覆屋内に取り込まれる日射量を測定する必要がある。このため、断熱覆屋の天井裏に日射計を1個設置した。

銅・コンスタンタン熱電対は西、南、東側の版築面の温度測定のために3本、予備のために1本を設置した。また、断熱覆屋の外に設置した空調機を構成するスクラバの水温を測定するために、10月4日に5本の熱電対を追加した。

### 3. 測定結果

#### 3-1. 測定データ

図3に7月1日から9月20日までの観測結果の例を示した。図3(a)は屋外と石室内の温度

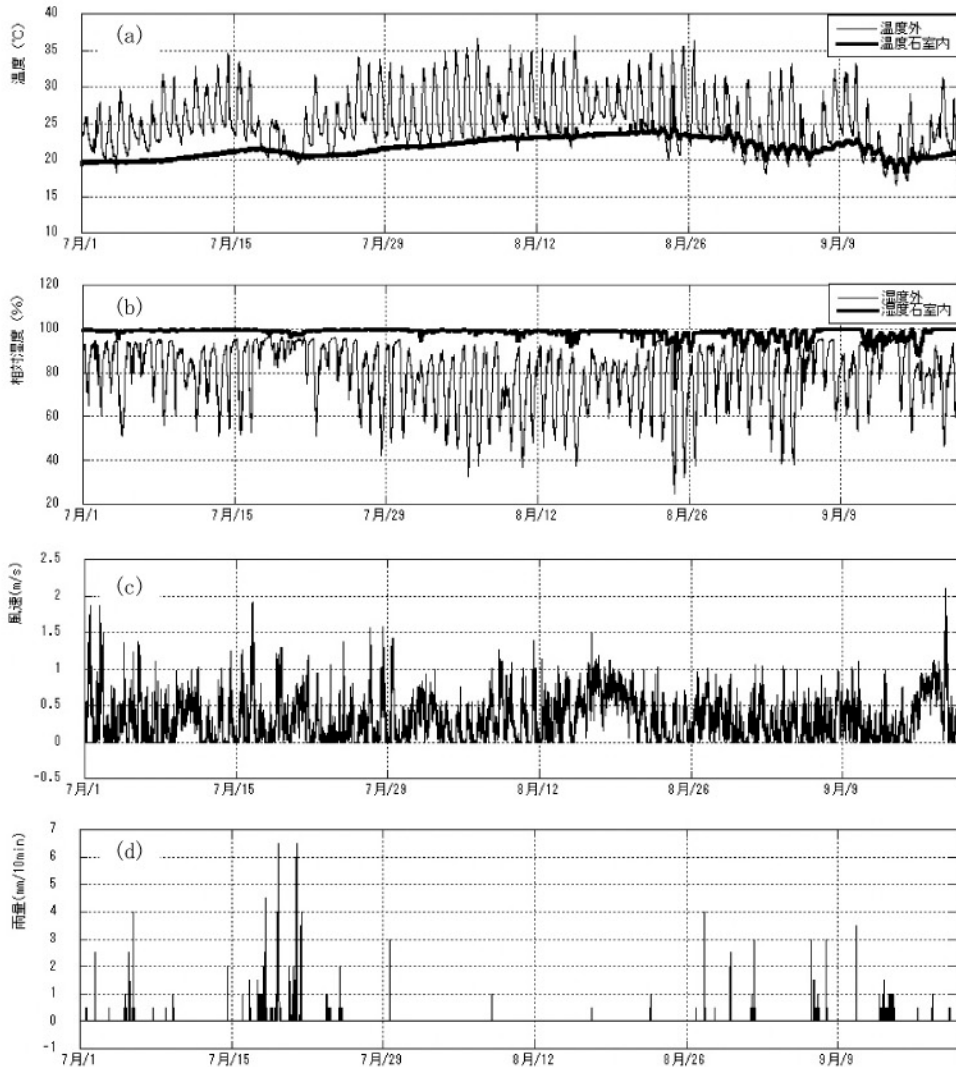


図3 2006年7月1日から9月20日までの観測結果  
(a)屋外と石室内の温度, (b)屋外と石室内の相対湿度, (c)風速, (d)雨量

の比較, 図 3 (b) は屋外と石室内の相対湿度の比較, 図 3 (c) は風速, 図 3 (d) は10分毎の雨量(mm)の観測結果である。自動計測とデータの記録が, 約3ヶ月間に渡り中断することなく継続できたことを確認した。

### 3-2. 空調システム試験期間のデータ

9月26日から10月13日までの空調システム試験期間中で, 10月4日から6日までにかけて空調システムの連続運転が行われた<sup>6)</sup>。図4には10月3日から6日までの観測結果の例を示した。図4 (a) は屋外, 断熱覆屋内の吹き出し口, 吸い込み口, 石室内の温度の比較, 図4 (b) は相対湿度の比較, 図4 (c) は屋外と覆屋内の日射量の比較, 図4 (d) はスクラバの水温をモニターするために10月4日に追加した5本の熱電対による温度測定の結果である。参考文献6) で詳細

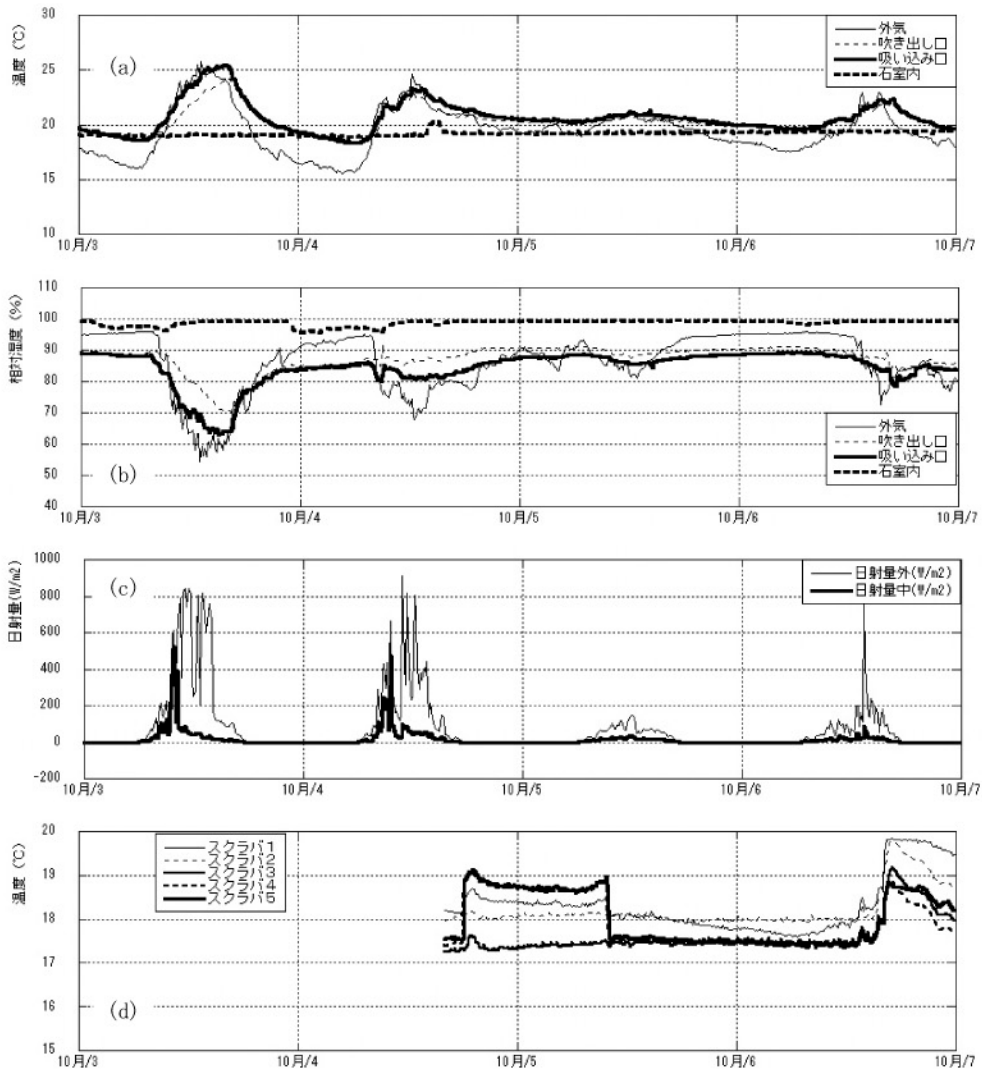


図4 10月3日から10月6日までの観測結果

(a) 外気, 吹き出し口, 吸い込み口, 石室内の温度, (b) 外気, 吹き出し口, 吸い込み口, 石室内の相対湿度, (c) 屋外, 覆屋内の日射量, (d) スクラバ水温

に説明されている通り、主に連続運転期間中の測定結果から空調システムの性能評価が行われた。この性能評価のための基礎データを今回設置した観測システムから提供することができた。

#### 4. まとめ

高松塚古墳の石室取り外し作業と空調システムの試験などを目的として、実際の発掘現場を推定により再現した第二実験場（京都府加茂町）に断熱覆屋が建設された。そして、高松塚古墳解体時のための気象観測装置を設置し、正常に動作することを確認した。さらに測定項目等について検討を重ねた上で、同気象観測装置を用いて、高松塚古墳解体時に環境測定を行う予定である。

#### 謝辞

気象観測装置を用いた測定項目、測定箇所に関する検討を行う段階で、京都大学・銚井修一教授、小椋大輔氏、トータルシステム研究所・北原博幸氏から有益なご助言をいただきました。第二実験場にて観測装置を設置するにあたっては、飛鳥建設株式会社・左野勝司氏、奈良文化財研究所・肥塚隆保室長、高妻洋成主任研究員、降幡順子研究員、辻本与志一氏、脇谷草一郎氏、山下雅己氏、山田広幸氏から多大なご協力をいただきました。測定装置の選定、データ取得プログラムの作成などでは、太陽計器株式会社・梅谷知弘氏、藤田親亮氏にご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 第5回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会 資料1 (2006)
- 2) 第5回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会 資料4 (2006)
- 3) 第6回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会 資料5-1 (2006)
- 4) 第5回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会 資料9-2 (2006)
- 5) 第6回国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討会 資料6-5 (2006)
- 6) 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: 高松塚古墳石室解体時の空調方法の検討, 保存科学, 46, 1-12, (2007)

キーワード: 高松塚古墳 (Takamatuzuka tumulus), 石室 (stone chamber),  
空調システム (air-conditioning system), 気象観測装置 (weather station),  
環境測定 (environmental measurement)

## **Environmental Measurement for Dismantling the Stone Chamber of Takamatsuzuka Tumulus**

Masahide INUZUKA and Takeshi ISHIZAKI

For the conservation of the wall paintings of Takamatsuzuka Tumulus, it was decided by a committee to take the stone chamber out for restoration. In order to confirm the dismantling procedure and air-conditioning system, a full-scale site was constructed in Kamo town in Kyoto. At that site, a weather station for environmental measurement to be used during dismantling of the stone chamber was also constructed. This article summarizes the details of this device and shows some typical results of measurements obtained at the laboratory site.