

史跡ガランドヤ古墳における水の挙動に関する調査研究 2

はじめに 日田市に位置する史跡ガランドヤ古墳は3基からなる装飾古墳群である。このうち1号墳では装飾が描かれた奥壁表層に殻状の風化層が形成され、一部剥離が進行している。このような石材の風化が進行する要因のひとつとして、結露によって石材表面に生じる液状水の存在が挙げられる。したがって、1号墳の保存整備施設の仕様の策定においては、石材表面における結露への対策を中心とした検討がおこなわれている。

石室内において結露が発生する原因としては、1) 石材表面温度が石室内大気の露点温度を下回ること、2) 石室内大気の湿度が高いこと、以上の2点が挙げられる。そこで上記1)への対策として、復元される墳丘に高い断熱性を付与することが検討されている。2)の石室内大気中の水分は、蒸気状水として外気と共に石室内へ流入するものだけでなく、石室内大気と接する土壤からの蒸発による寄与も大きい。そしてその蒸発量には降雨時における石室周辺土壤の含水状態が大きく影響する。

石室周辺土壤中の雨水の浸潤過程については、京都大学防災研究所の三村氏の調査により、雨水は盛土層には滞留せずに、下方へと速やかに浸透することが示されている。したがって、石室周辺への雨水の供給を断つことにより、石室周辺土壤の含水率は緩やかに減少するものと推察される。そこで本研究では、1号墳に仮設の覆屋を設置して、外気の石室内への流入と雨水の石室周辺土壤への浸透を抑制することにより、石室周辺土壤の含水率を低下させ、その結果として石室内の湿度を減少させることが可能であるか検討をおこなった。

調査方法 1号墳は地上部の石室石材のほとんどが露出した状態にあり、石室の規模は全長約10.4m、幅約5.0

mである。これに対して、外寸18.0m×12.6mの覆屋を2010年7月に設置した。覆屋の主たる目的は石室周辺土壤への雨水の浸潤を防ぐことであるため、外壁はトタン板製のものを使用しており、その断熱性は乏しい。長辺方向の外壁の最上部ではトタン板が設置されておらず、その直下に換気扇が設置され、強制換気がおこなわれている。

この覆屋設置による石室および石室周辺の環境変化を調査するために2010年11月中旬から下記の項目について測定を開始した。なお、1年間の季節変動を調査するために、現在も測定を継続して実施している。

1) 気象：外気温湿度、大気圧、降水量、日射量。ただし降水量は2010年12月30日から実施した。

2) 石室：石室内大気温湿度（石室床面から高さ2.5mおよび0.5mの2点）、石室床面の土壤温度、土壤含水率および土中水のマトリックポテンシャル、玄室天井石の表面温度（覆屋内大気と接する外側と玄室内の内側）

3) 覆屋：覆屋内大気温湿度（地表面から高さ0.4mおよび5.0mの2点）

4) 石室周辺土壤：土壤含水率および土壤温度（覆屋の内外2地点においてGL-0.1m、-0.3m、-0.5m、-0.7m、-1.0m、-2.0mの6深度）、土中水のマトリックポテンシャル（覆屋内における土壤含水率の測定地点と同一地点でGL-0.1m、-0.3m、-0.5m、-0.7m、-1.0m、-1.5mの6深度）。なお、石室内大気温湿度の測定にはVaisala社製HMP155を使用した。本センサは高湿度環境下でも測定誤差が小さく、確度の高い結果が得られるものである。土中水マトリックポテンシャルの測定にはDecagon devices社製MPS-1を使用した。本センサの測定範囲は-10～-500kPaであり、乾燥した土壤でも測定が可能である。

調査結果および考察 降水量と覆屋内および石室床面の土中水のマトリックポテンシャルを測定した結果を図85

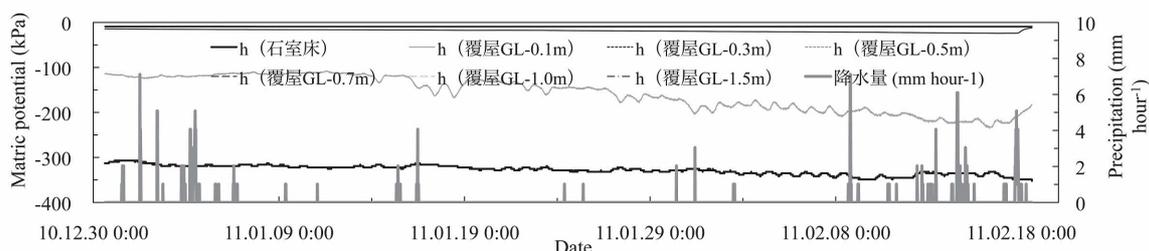


図85 石室周辺の土中水マトリックポテンシャル

に、覆屋内土壌のその鉛直分布を図86に示す。図85の結果から、覆屋内土壌および石室床面では、降雨時においても含水率の増加は全く認められなかった。したがって、雨水は表層盛土層において滞留することなく、鉛直下方へと移動することが示唆され、先述の三村氏による調査結果と一致する結果を得た。覆屋内土壌についてGL-0.3m以深では、土中水マトリックポテンシャルが常に-10kPa程度の値を示した。ここでの測定値は測定範囲外にあったと推察されるものの、含水率が高い状態に維持されていることを示唆するものである。いっぽう、図86の結果から、表層のGL-0.1mではマトリックポテンシャルの値は緩やかに減少し続けており、石室周辺土壌は表層から緩やかに乾燥が進行していることが示唆された。また石室床面では測定開始時から既に含水率が低い状態にあったが、非常に緩やかにマトリックポテンシャルが減少し続けていることから（図85）、さらに乾燥が進行していることが示唆された。石室内大気の相対湿度は概ね95%以下の値で推移したが、この時の水蒸気

のポテンシャルはおよそ-6940kPaである。いっぽうで、現在の石室床面の土中水マトリックポテンシャルはおよそ-350kPaである。したがって、石室床面から水は蒸発し続け、今後も緩やかに土壌の乾燥が進行し続けるものと推察される。

図87に外気、覆屋内大気および石室内大気の絶対湿度を示す。なお、絶対湿度とは乾燥空気1kg中の水蒸気量(kg)である。図87から、降雨時に外気および覆屋内大気の湿度が増加する場合を除いて、通常は石室内大気の湿度が他と比較して高い値を示すことが示唆された。ここでの測定結果は冬期のもので外気の絶対湿度が低下していること、および先述の通り、石室周辺土壌から水分が蒸発し続けていることから、石室内大気と他の大気中の水分の差異は、主に周辺土壌からの水分蒸発によるものと推察される。図88に石室内大気の露点温度と、玄室天井石内側の表面温度の測定結果を示す。天井石表面温度と石室内大気の露点温度は非常に近い値で推移しており、概ね毎日夕方から夜間にかけて石材表面温度が露点をわずかに下回る時間帯が存在することが示唆された。

今回の調査結果では、石室石材表面で結露が発生する可能性があることが示唆された。しかし、覆屋の断熱性が乏しいこと、ならびに石室周辺土壌の含水率が減少し続けた場合、石室内大気の露点温度が低下する可能性があることから、今後結露の危険性は低下していくことが予見される。
(脇谷草一郎・高妻洋成)

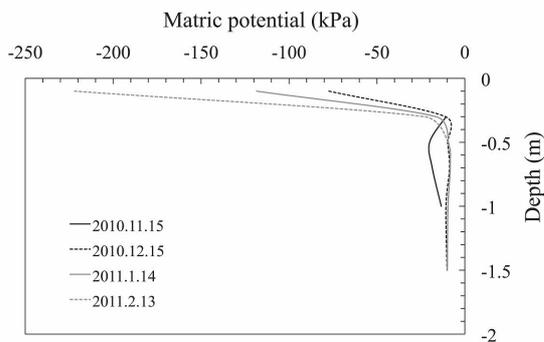


図86 覆屋内土壌マトリックポテンシャル

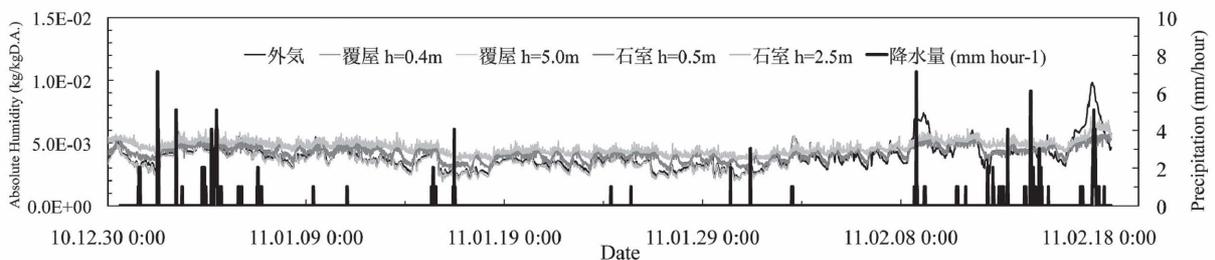


図87 絶対湿度

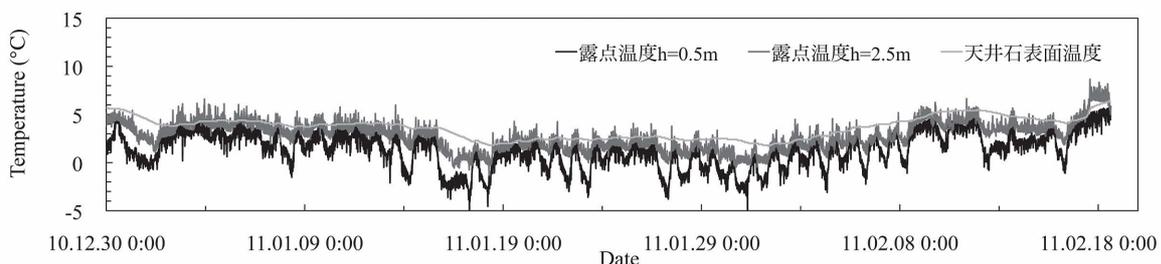


図88 露点温度と石材表面温度