

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月30日現在

機関番号：84604

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700850

研究課題名（和文） 土質遺構保存のための基礎的研究-動水勾配を利用した塩類析出抑制法の開発-

研究課題名（英文） Basic Research on preservation of openly exhibited soil structural remains -Development of environmental controlling methods to reduce salt precipitation-

研究代表者

脇谷 草一郎 (WAKIYA SOICHIRO)

独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所・埋蔵文化財センター・研究員

研究者番号：80416411

研究成果の概要（和文）：土質遺構の主な劣化要因には、乾燥による土壌の崩落、および塩類析出による遺構表層の剥落が挙げられ、これらは遺構表層で土中水分が蒸発し続けることによって引き起こされる。本研究では、遺構土壌の水分移動特性に関する試験、現地の気象と遺構保護施設内の環境について実測調査をおこない、得られた結果に基づいて、遺構土壌と施設内空気における熱水分移動解析をおこなった。解析結果から、遺構表層における水分蒸発を抑制し、遺構土壌を安定に維持し得る、施設内環境の適切な制御法について検討した。

研究成果の概要（英文）：The main degradation factors of the soil structural remains are collapse of soil due to drying and flaking of surface soil due to precipitation of salts, which are caused by soil moisture continues to evaporate at the surface of remains. In this study, some tests on the hydraulic properties of the remains soil and survey of the local weather and the environment inside the ruins shelter were conducted. Based on the results, heat and moisture transfer in the remains soil were simulated to examine the appropriate environmental controlling methods to reduce evaporation in the surface of remains.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 2011年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2012年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 1,600,000 | 480,000 | 2,080,000 |

研究分野：文化財科学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：土質遺構・露出展示保存・熱水分同時移動・塩析出・脱塩・覆屋・換気回数

1. 研究開始当初の背景

近年、文化財の保存と公開・活用が求められる中、遺跡の存在と臨場感や価値を伝えるのに最も効果的な手法として、発掘された状態の遺構を公開する“遺構の露出展示保存”を採用する例が散見される。しかし、遺構はそれを取り巻く固有の環境と不可分のものであるため、遺跡ごとに様々な劣化原因を内

包しており、画一的な現地保存法が存在しないことが現地保存を困難なものとしている。

土質遺構の露出展示保存法が実践された初期のものでは、遺構表層をアクリル樹脂などで硬化して形状の安定を図るものが主であった。しかし、遺構表面では水分蒸発が引き続き生じるため、塩類の析出などによって樹脂浸透層のみが剥離する例などが認めら

れた。その後、水分蒸発を抑制する親水性ポリマーが開発され、乾燥による遺構の劣化や地衣類・蘚苔類の繁茂を抑制することには一定の成果が認められる。しかし、ポリマーが遺構土中を拡散するのに伴い、その効果が低下するため、定期的な再処理を必要とすること、そしてその客観的な判断が困難であると言わざるを得ない。また、一般に遺構の露出展示保存をおこなう場合は、遺構を保存する施設として覆屋が設けられ、その中で露出展示がおこなわれる。したがって、それまでの埋蔵環境とは全く異なった環境にさらされることになり、その環境の変化は文化財保存の大原則である可逆性に乏しいと言える。

以上のことから、本研究の背景に存在する問題点は下記の点に集約され得る。

- (1) 遺構の露出展示をおこなった場合の水分移動の変化、それに伴う土壌の含水状態の変化について定量的な検討がなされていない。
- (2) 遺構表層が水分の蒸発面となる以上、塩の析出は避けられないが、それを除去する方法が検討されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、上記の課題2点に対して検討をおこなうものである。すなわち、

- (1) 露出展示された環境下における遺構内熱水分移動解析をおこない、含水状態の変化について予測をおこなう。さらに数値解析から、遺構表層からの水分蒸発量を抑制し得る、環境の制御法について検討をおこなう。
- (2) 遺構表面に和紙などの多孔質材料を貼付し、塩を多孔質材料へ移動させることで、遺構表層に濃集する塩の除去法について検討する。

3. 研究の方法

本研究では、実際に土質遺構の露出展示保存の実施を検討している福島市に所在の宮畑遺跡を主たる研究対象として実施する。その他に遺跡における熱水分移動解析の研究として、日田市に所在のガランドヤ1号墳、ベトナムハノイ市のタンロン皇城遺跡を対象として調査・研究を実施した。また、析出する塩類の除去方法については、大分市所在の元町石仏を対象に調査・研究をおこなった。

宮畑遺跡、タンロン皇城遺跡における研究では、遺構土壌の不攪乱試料を採取し、室内試験から水分移動特性に関する知見を得た。また現地における実測調査では、外界気象条件の観測と遺構土壌の含水状態に関する調査を実施した。また、宮畑遺跡では覆屋内の温熱環境調査についても調査を実施した。得られた物性値に基づき、露出遺構の含水状態変化について数値解析をおこない、実測値と

の比較から解析モデルの妥当性について検討した。次に得られたモデルから、覆屋内空気の換気回数などを変化させた場合について数値解析をおこない、遺構を安定に維持し得る環境の制御方法について検討した。塩析出による劣化が進行する大分市元町石仏では、その表面にフェイシング材料として和紙を貼付し、石仏表面に析出する塩を除去することで脱塩および塩類風化の回避を試みた。貼付した和紙は回収し、再度抽出することで、和紙への塩の移動量について検討した。

4. 研究成果

4.1. 宮畑遺跡における研究

4.1.1. 研究方法

福島市に位置する宮畑遺跡は、阿武隈川の氾濫原が堆積した段丘面の端部に位置する縄文時代の遺構である。土で構成される遺構面には多数の土器を見ることができ、ここでは、この土遺構の露出展示保存法を検討した。

$$\psi(\mu) = (\psi_{\text{sat}} - \psi_r) / [1 + |\alpha\mu/g|^n]^m + \psi_r \quad (1)$$

$$\lambda'_{\mu}(\psi) = K_{\text{sat}} \times \frac{\rho_w}{g} \times S_e \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^2 \right] \quad (2)$$

表1 熱水分移動解析にもちいた基礎式

土壌中の熱収支式

$$(c\rho)_{\text{sp}} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[(\lambda + r\lambda'_{Tg}) \frac{\partial T}{\partial x} + r\lambda'_{\mu g} \frac{\partial \mu}{\partial x} \right] \quad (3)$$

土壌中の水分収支

$$\rho_w \frac{\partial \psi}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda'_{\mu} \left(\frac{\partial \mu}{\partial x} - gn \right) + \lambda'_{T} \frac{\partial T}{\partial x} \right] \quad (4)$$

室空気の熱収支式

$$(c\gamma)V_b \frac{\partial T_b}{\partial t} = S_e \alpha_b (T_s - T_b) + (c\gamma)V_s (T_s - T_b) \quad (5)$$

室空気の水分収支式

$$c'V_b \frac{\partial P_b}{\partial t} = S_e \alpha'_m (P_s - P_b) + c'V_s (P_s - P_b) \quad (6)$$

遺構表面の熱流

$$\begin{aligned} & (\alpha_b + r\alpha'_T)(T_b - T_s) + r\alpha'_{\mu}(\mu_b - \mu_s) + q \\ & = -(\lambda + r\lambda'_{Tg}) \frac{\partial T}{\partial x} - r\lambda'_{\mu g} \frac{\partial \mu}{\partial x} \end{aligned} \quad (7)$$

遺構表面の水分流

$$\begin{aligned} & \alpha'_{\mu}(\mu_b - \mu_s) + \alpha'_T(T_b - T_s) \\ & = -\lambda'_{\mu} \left(\frac{\partial \mu}{\partial x} - gn \right) - \lambda'_{T} \frac{\partial T}{\partial x} \end{aligned} \quad (8)$$

遺構土壌の供試体を露出展示遺構の近傍から採取し、透水試験および液性限界・塑性限界試験に供した。土壌の不飽和液相水分移動特性を表す関数、すなわち水分化学ポテンシャルと体積含水率の関数（水分特性曲線）、および体積含水率と水分化学ポテンシャル勾配に関する液相水分伝導率の関数には van Genuchten-Mualem モデルを採用した（式 (1)、(2)）。モデル式中のパラメータを推定するために、湿潤領域では蒸発法、乾燥領域では蒸気圧法（相対湿度：0.95、0.85、0.75、0.59、0.33 の 5 種類）による保水性試験をおこなった。

遺構土壌における熱水分移動解析は表 1 に示した基礎式をもちいて、鉛直一次元についておこなった (x は鉛直上向き正)。遺構面境界の熱収支は、覆屋内室空気との熱伝達、蒸発潜熱、覆屋屋根および壁体を貫流する日射と長波長放射を考慮し、水分収支は覆屋内室空気との水分伝達、遺構面からの水分蒸発を考慮する。覆屋内室空気は 1 質点で代表させ、遺構面境界の熱伝達と水分伝達、および換気による外気からの熱輸送および水蒸気輸送を考慮する。なお、覆屋屋根および壁体は断湿とし、熱容量をもたないものとして扱い、したがって定常伝熱状態が実現するものと仮定する。

上記 (3) から (8) 式に対して、宮畑遺跡において 2008 年 8 月から測定した 1 年間の外気温湿度、降水量、日射量を外界気象条件として繰り返し与えて、遺構面を露出させた 2011 年 8 月下旬からの土壌含水率および覆屋内室空気について解析をおこなった。なお、日射量については測定された水平面全天日射量をもとに水平面（屋根）および各壁面に供

表 2 土質試験結果

| | |
|------------------------------------|---------|
| 飽和体積含水率 ψ_{sat} [m^3/m^3] | 0.524 |
| 液性限界 [%] | 51.6 |
| 塑性限界 [%] | 25.2 |
| 飽和液相水分伝導率 K_s [m/sec] | 7.4E-08 |

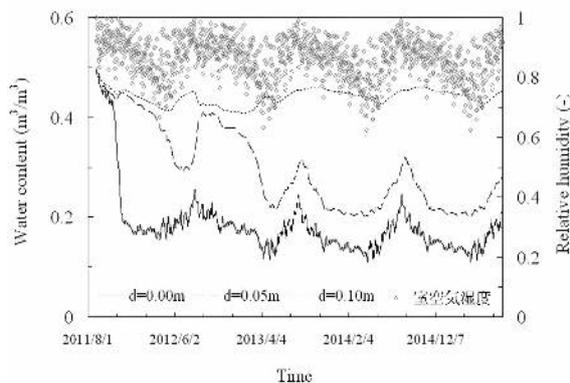


図 1 土壌含水率および覆屋内室空気相対湿度

給される日射量を算出した。

4.1.2. 調査および実験結果

各試験結果を表 2 に示す。飽和体積含水率は粘性土としては低い値を示し、遺構土壌は圧密の程度が高く、空隙が少ない構造を有することが示唆された。また、飽和状態の液相水分伝導率は非常に低い値を示した。

遺構表面を露出させて以降の遺構土壌含水率、および覆屋内室空気の相対湿度について解析をおこなった結果を図 1 に示す。図 1 より遺構表面（以下 $d=0.00m$ と表記。その他の深度も同様に表記）の含水率は露出すると同時に顕著な減少を示し、その後は 2 月頃から 5 月頃にかけて極小値を示し、8 月頃に極大値を示す周期的な変化を示すことが示唆された。 $d=0.05m$ では、 $d=0.00m$ と比較して含水率の周期的変化にわずかな位相の遅れがあるものの、おおむね同様の傾向を示すことが示唆された。 $d=0.10m$ 以深では含水率変化の振幅が大幅に減衰して、常に $0.40 m^3/m^3$ 以上を維持して変化することが示唆された。乾燥にともなう土壌の体積変化が生じないと仮定すると、表 2 に示した塑性限界は体積含水率で $0.32 [m^3/m^3]$ である。したがって、 $d=0.10m$ 以深では含水率が塑性限界より高い値を維持する一方で、 $d=0.10m$ 以浅の表層に対して、遺構を安定した状態で露出展示するために土の塑性を維持するための対策が必要であると考えられる。

覆屋内室空気の相対湿度は 8 月頃から 1 月頃にかけておおむね 0.9 以上で推移する一方で、4 月頃から 6 月頃にかけて約 0.7 まで低下することが示唆された。地下水の溶存成分に関する既往の調査結果を考慮すると、相対湿度が低下する春期には、ナトリウムやマグネシウムの硫酸塩が析出する可能性が示唆される。これらの塩は多孔質体の風化に与える影響が大きいことが指摘されていることから、その対策を今後検討する予定である。

4.2. 元町石仏における研究

大分市に位置する元町石仏は凝灰岩の露頭、段丘崖に彫刻された磨崖仏である。お堂様の覆屋内で保存が図られているが、その表面からは多量の塩が析出しており、石仏表層の粉状化、剥離の進行が甚だしく、塩析出への対策が喫緊の課題である。ここでは、塩析出による石仏の劣化を回避する方法、さらに石仏表面に濃集していると思われる塩を除去する方法について検討した。

4.2.1. 研究方法

実験に供したフェイシング材料は、元町石仏中の制多迦童子と多聞天表面に貼付された和紙である。これに対して、固液比約 $0.003 g\text{-solid} / g\text{-water}$ となるように超純水を加え、室温で 72 時間振とうした。その後、孔径 $0.2 \mu m$ のヌクレポアフィルターでろ過をおこ

ない、得られたろ液は陰イオン測定用と陽イオン測定用のものに二分した。陰イオン測定用についてはる過後速やかに測定をおこない、陽イオン測定用のものは硝酸（ウルトラピュア）を添加して、0.1 mM 硝酸酸性溶液として保管し測定に供した。

また、塩の起源を含むと考えられる、石仏直下の表層水についても分析をおこなった。塩酸で洗浄したプラスチックボトルをもちいて、石仏前面の集水孔から採水をおこない、上記と同様に分析をおこなった。

4.2.2. 調査および実験結果

各石仏に添付された和紙からの抽出成分、および表層水中成分を表3（陽イオン）と表4（陰イオン）に示す。単位はいずれも [ppm]。

表3、6の結果から、制多迦童子ではカルシウムイオンを除いて、多量の溶出成分が検出された。また、多聞天ではマグネシウムイオンと硫酸イオンを除き、制多迦童子と比較して、フェイシング材料からの溶出量が少ない結果を得た。

多聞天において溶出量が顕著に少なかった溶存成分は、ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン、および硝酸イオンである。

- 1) ここで、検出されたイオン種からは、たとえば塩化ナトリウムや塩化カリウムなどのように、主として可溶性の塩類が形成される。
- 2) 多聞天では石仏表面を硫酸カルシウム（Gypsum）が覆う。この塩は水への溶解度が非常に低く、したがって、塩の溶解による蒸気圧降下は殆ど生じない。すなわち、岩石の含水率が飽和状態を下回ると、即座に析出する塩と考えられる。
- 3) このような塩が多聞天の表面を覆っていることから、多聞天では表面の含水率が常に高い状態にあると推察される。また、既往の調査結果から石仏表面を液相水が流下する様子も認められている。

以上の点から、多聞天では、フェイシング材

表3 和紙からの抽出量と表層水中の成分

| | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ |
|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| 制多迦童子 | 79.26 | 17.90 | 8.652 | 6.096 |
| 多聞天 | 21.82 | 1.668 | 11.83 | 3.775 |
| 表層水 | 25.61 | 10.18 | 8.995 | 21.27 |

料に移動した塩類のうち可溶性の塩類は、表

表4 和紙からの抽出量と表層水中の成分

| | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ |
|-------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 制多迦童子 | 79.26 | 17.90 | 8.652 |
| 多聞天 | 21.82 | 1.668 | 11.83 |
| 表層水 | 25.61 | 10.18 | 8.995 |

流水によって溶脱（リーチング）され、フェイシング材料中に残留したナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン、および硝酸イオンの濃度が低い値を示したと推察される。

次に、石仏の劣化において最も大きな影響をおよぼしている、硫酸ナトリウムについて検討する。

- 1) ここで検出されたイオン種では、いずれの陽イオンとも硫酸塩が形成され得る。
 - 2) 仮に硫酸カルシウムが形成された場合でも、不溶性のためフェイシング材料から抽出し得ないと考えられる。
 - 3) 塩化物イオンおよび硝酸イオン量と比較して、ナトリウムイオンおよびマグネシウムイオン濃度が有意に高い。
- したがって、ナトリウムイオンおよびマグネシウムイオンの一部は、硫酸塩を形成しており、これらも効果的にフェイシング材料に移動していると考えられる。

次に表3、表4の結果をモル等量に換算した結果を表5（陽イオン）、表6（陰イオン）に示す。表5、表6の結果から、制多迦童子と多聞天いずれにおいても、陽イオン合計量と比較して、陰イオン合計量は少ない結果を示した。この差異は、イオンクロマトグラフでは測定できない、炭酸（CO₃²⁻）に主に由来すると考えられ、したがって、フェイシング材料中の塩には、炭酸塩も含まれていると推察される。

- 1) 石材表面が高含水状態にあると推察される多聞天において、わずかながらカルシウムイオンが検出された。
 - 2) カルシウムの塩化物塩などは、かなり低い相対湿度環境においてのみ析出し得る。
 - 3) 硫酸カルシウムは殆ど水に不溶性だが、一方で炭酸カルシウムは溶解度が低いながらもわずかに溶解する。
- 以上のことから、わずかに検出されたカルシウムの一部は炭酸カルシウム由来と考えられるが、制多迦童子から検出されるカルシウムについては今後も検討を要する。

以上の結果から、フェイシング材料に様々

表5 和紙からの抽出量（モル等量）

| | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | 合計 |
|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-------|
| 制多迦童子 | 3.45 | 0.458 | 0.712 | 0.304 | 4.92 |
| 多聞天 | 0.949 | 0.043 | 0.973 | 0.188 | 2.153 |

表6 和紙からの抽出量（モル等量）

| | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | 合計 |
|-------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| 制多迦童子 | 1.68 | 1.33 | 0.932 | 6.096 |
| 多聞天 | 0.281 | 0.190 | 1.334 | 3.775 |

な塩が効果的に移動しており、和紙のフェイシングによる脱塩は効果的と考える。

4.3. タンロン皇城遺跡における研究

ハノイ市に位置するタンロン皇城遺跡は約1000年前の王宮跡で、発掘調査がおこなわれた現在も土遺構が簡易な屋根の下で露出展示されている。遺構の一部では乾燥によるクラックの発達、あるいは塩析出によるレンガ表層の剥離が認められる。ここでは砂質土による埋め戻し保存法について、実測調査および数値実験による検討をおこなった。

4.3.1. 研究方法

タンロン皇城遺跡内で測定した気象データを外界気象条件として、遺構を露出展示した場合、および遺構の保護のため、遺構表面を厚さ20 cmの砂質土で覆った場合、それぞれの場合における遺構土壌の温度変化、含水率変化、水分化学ポテンシャル変化について数値実験をおこなった。解析に用いた基礎方程式は、多孔質材料中の熱と水分の移動を表す下記の熱水分同時移動方程式で、表1中の(3)式、(4)式、(7)式、(8)式である。地表面境界の熱収支は、外気との熱伝達、日射、夜間放射、蒸発潜熱と下層土壌との熱伝導を考慮した。また、水分収支は外気との水分伝達、下層土壌との水分移動を考慮し、簡易ではあるが屋根があるため、降雨は考慮しないものとした。外界の気象条件には2010年から2012年にかけて測定された3年間分の外気温度、湿度、大気圧、全天日射量をもちいて、これを繰り返しあたえ、合計15年間分(3年の気象条件を5サイクル)の計算をおこない、周期的定常状態となったものを解析結果とした。地下水の変動については情報が得られていないため、遺構表面下1 mで一定とし、遺構表面下5 mの土壌温度は外気の年間平均気温16.98℃で一定とした。詳細は割愛するが、夜間輻射はBrunt式から算出し、雲量補正をおこない計算にもちいた。

4.3.2. 調査および実験結果

遺構表面を露出した場合(1層モデル)の遺構表層の水分化学ポテンシャルについて、3年間の変化を絶対値で図2に示す。図2の結果から、遺構表面から10 cm以深では含水率は殆ど変化を示さず、常に高い含水状態を維持し得ることが示唆された。一方、遺構表面(d=0.0 m)および深さ3 cmでは1月から4月にかけて、外界の気象条件の影響を受けて、水分ポテンシャルが減少しており、遺構表面においては含水率が低下することが示唆された。以上の結果から、地下水位がGL-1 mで一定の条件のもとで、遺構表面を露出した場合、遺構表層から10 cm以深では概ね高い含水状態を維持し得るものの、表層では急激に含水率が低下して土は塑性を失い、クラックなどの劣化が生じるものと推察される。

次に、遺構表面を深さ20 cmの砂質土で覆った場合(2層モデル)の水分化学ポテンシャル変化を絶対値で図3に示す。図には遺構を覆う砂質土の表面と深さ3 cmの箇所、および砂質土で覆われた遺構土表面(d=21 cm)の3箇所における水分ポテンシャルを示した。遺構土壌を露出した場合とは明らかに異なり、砂質土表面に限らず、深さ3 cmの箇所においても1月から4月にかけて変動を示すものの、その他の期間は土壌含水率は極めて低い値で推移することが示唆された。一方で、オリジナルの遺構土表面は周期的な変動が認められず、常に高含水状態を維持し得ることが示唆された。

これは先述の通り、保水性に乏しい砂質土の含水率が減少するのにもない、透水性状が大幅に減少するため、オリジナルの遺構土壌から上方への水分移動がきわめて緩慢となるためと考えられる。以上の結果から、遺構土壌を砂質土で覆うことにより、オリジナルの遺構土壌を高含水状態に維持することが可能となり、クラックの発生など、含水状態の低下に起因する劣化を抑制し得ることが示唆された。

タンロン皇城遺跡ではレンガを中心に白色の塩類が析出しており、一部ではレンガ表層の剥離が認められ、塩類風化への対策も重要な検討事項と考えられる。そこで、大局的には水分蒸発量が多いほど、塩の析出量は多いと考えられることから、砂質土による埋め戻しの有無による、オリジナルの遺構土壌表面

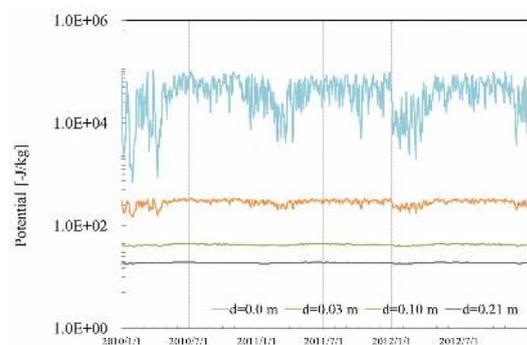


図2 水分化学ポテンシャル変化(1層モデル)

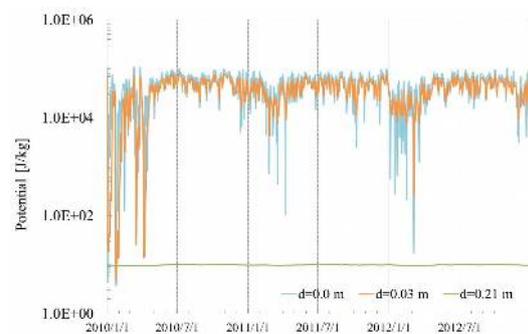


図3 水分化学ポテンシャル変化(2層モデル)

における水分蒸発量変化から、塩類風化の危険性について検討した。

図4には遺構土壌を露出した場合(1 layer)の遺構表面における水分蒸発量、遺構表面を砂質土で埋め戻した場合(2 layers)砂質土表面とオリジナルの遺構土壌表面における水分蒸発量を示した。なお、ここでは蒸発量は負の値で与えており、絶対値が大きい場合ほど蒸発量が多いことを示す。

図4の結果から、土壌表面における水分蒸発量を比較すると、砂質土で埋め戻した場合に比べて、オリジナルの遺構土壌を露出した場合において水分蒸発量が多いことが示唆された。遺構土壌の保水性は比較的高いため、含水率の低下が緩慢であり、したがって、透水性状の低下も緩慢であることによると考えられる。さらに、砂質土で埋め戻した場合におけるオリジナル遺構土壌表面の水分蒸発量はきわめて少量であることが示唆され、したがって砂質土の埋め戻しによって、塩類析出による遺構の劣化を大きく抑制し得ることが示唆された。

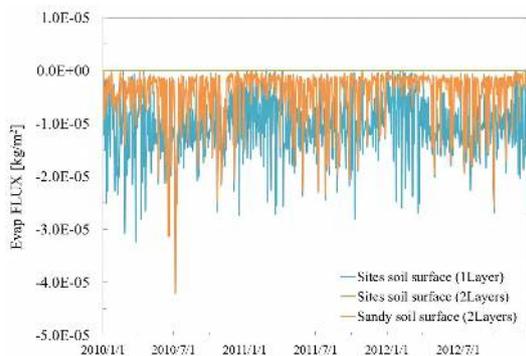


図4 各土層における水分蒸発量

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

①脇谷草一郎、「史跡ガランドヤ古墳の保存に関する研究-石室保護施設の設置による結露性状変化の検討」、『奈良文化財研究所紀要2013』、pp.72-73、2013年、査読無。

②脇谷草一郎、「土質遺構露出展示保存のための基礎的研究-宮畑遺跡における土壌水分変動解析-」、『奈良文化財研究所創立60周年記念論文集』、pp.1423-1434、2013年、査読無。

③Soichiro WAKIYA, Study of preserving the carved stone in burial mound using numerical analysis of heat and moisture simultaneous transfer, Proceedings of the 5th International Building Physics Conference, 2012, 査読有, pp.1323-1330

④脇谷草一郎、「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3」、『奈良文化財研究所紀要2012』、pp.46-47、2012年、査読無。

⑤脇谷草一郎、「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」、『奈良文化財研究所紀要2011』、査読無、2011年、pp.68-69

⑥脇谷草一郎、「保存科学調査の成果」、『西トップ遺跡調査報告-アンコール文化遺産保護共同研究報告書-』、査読無、2011年、pp.145-164

⑦脇谷草一郎、「環境調査」、『史跡ガランドヤ古墳-史跡ガランドヤ古墳の保存整備に伴う調査報告書-』、査読無、2010年、pp.49-61

⑧脇谷草一郎、「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」、『奈良文化財研究所紀要2010』、査読無、2010年、pp.20-21

[学会発表] (計7件)

①脇谷草一郎、田熊石畑遺跡における青銅器埋蔵環境の変遷に関する研究、日本文化財科学会、弘前大学、2013年07月06日~2013年07月07日

②桑原範好、平城宮遺構展示館における露出展示遺構の劣化に関する研究、日本建築学会近畿支部、大阪工業技術専門学校、2013年06月15日~2013年06月16日

③高妻 洋成、木製遺物を包含する土壌環境、日本木材学会、岩手大学、2013年03月27日~2013年03月29日

④Soichiro WAKIYA, Study of preserving the carved stone in burial mound using numerical analysis of heat and moisture simultaneous transfer, the 5th International Building Physics Conference, 2012年05月28日~2012年05月30日、京都大学

⑤脇谷草一郎、土質遺構露出展示状態の宮畑遺跡における水分移動解析、日本文化財科学会、2012年06月23日~2012年06月24日、京都大学

⑥脇谷草一郎、千足古墳における水分移動解析、日本文化財科学会、2011年06月11日、筑波大学

⑦脇谷草一郎、遺跡保存を目的とした水の挙動に関する解析-日田市ガランドヤ古墳における調査事例-、日本文化財科学会、2010年06月26日~2010年06月27日、関西大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

脇谷 草一郎 (Wakiya Soichiro)

独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所・埋蔵文化財センター・研究員

研究者番号：80416411