

Title	平城宮跡遺構展示館における露出展示遺構の保存環境に関する研究(Abstract_要旨)
Author(s)	脇谷, 草一郎
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2016-03-23
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.r13012
Right	許諾条件により本文は2017-03-01に公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士（工学）	氏名	脇谷草一郎
論文題目	平城宮跡遺構展示館における露出展示遺構の保存環境に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は平城宮跡遺構展示館の露出展示遺構で生じている遺構の劣化について整理し、周辺環境がそれらの発生・進行におよぼす影響を明らかにするとともに、塩析出による遺構の破壊および含水酸化鉄沈殿による遺構の汚損の2点に着目し、それらのメカニズムを明らかにし、劣化抑制策を提案することを目的としている。そのために遺構の劣化の実態調査、展示館内の温熱環境、周辺地盤の含水状態などの環境調査を行うとともに、これらの調査結果に基づき遺構展示館内の温熱環境、遺構周辺地盤における熱水分移動、および地盤内部での酸化還元状態をモデル化し、その妥当性を検証した結果をまとめたものであり、11章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、既往研究、および研究目的について述べている。</p> <p>第2章では平城宮の概略と周辺の地理的条件と気象条件、および本研究で対象とする平城宮跡遺構展示館の概要を述べている。</p> <p>第3章では遺構の劣化状態調査の結果を述べている。遺構面における土壌粒子の崩落やクラックの発生、豪雨時の法面土壌の浸食を確認している。また、土壌表面には蘚苔類が繁茂しているが、開口部が少ない北棟では照明による照度を抑制することで蘚苔類の繁茂を抑制し得ることを示している。南北棟ともに通年析出している塩はGypsumで、南棟ではさらに磚や石材、および遺構面土壌から硫酸ナトリウムが冬季のみ析出して材料表面の剥落を引き起こしている。また南棟では含水酸化鉄沈殿によって遺構の汚損が生じている。</p> <p>第4章では周辺地盤の含水状態と水質、および館内の温熱環境について実測調査をおこない、遺構の劣化に対して周辺の環境がおよぼす影響を検討している。調査の結果、周辺地盤の地下水位は秋季から翌年の春季にかけて遺構面よりも高い位置で推移するため、この期間は埋戻し土と遺構面の層境界から地下水が浸入する一方で、盛土と埋戻し土の層境界からは降雨時に雨水の一部が流入することを明らかにしている。地盤の酸化還元環境について検討した結果、遺構面へ浸入する地下水は還元状態のため溶存態の鉄を含んでおり、これらの鉄が遺構面で酸化沈殿することで汚損が生じることを示している。また、地下水の成分分析の結果は遺構面で観察された塩の種類と対応しており、地下水が塩の供給源となっていることを示している。遺構展示館内の温熱環境は南北棟で大きく異なり、南棟の温湿度は外気と概ね同様の挙動を示すため、溶解度の温度依存性が高い硫酸ナトリウムが冬期に析出することを明らかにしている。</p> <p>第5章では、遺構展示館周辺地盤および館内の熱水分性状の解析に用いる基礎式を提示している。また、地盤内部での酸素と鉄の移動、および両者の酸化還元反応を考慮して地盤内部の酸化還元状態を推定するモデルを提示している。</p>			

第6章では、解析に用いる外界気象条件と、地盤や建築壁体の熱水分移動に関する物性値を示している。

第7章では、南北棟館内および周辺地盤の熱水分移動解析モデルの概要と計算方法を示し、次にこのモデルを用いて南北棟館内の温湿度環境について解析した結果と実測値との比較検討を行っている。解析結果は実測値と概ね一致し、解析モデルの妥当性が示された。さらに、解析モデルを用いて遺構周辺土壌の含水状態を検討した結果、館内法面表層は常に低い含水率を示すが、屋外地表面から浸透する雨水の影響によって法面内部では常に高い含水状態が維持されており、これらの水分が法面表面で塩析出を引き起こす要因となっていること、さらに塩析出を抑制するためには屋外地表面で雨水の浸透を遮断することが効果的であることを明らかにしている。

第8章では、南棟館内での定点観測に基づき、遺構面での水の浸み出し、および含水酸化鉄沈殿の消長について検討している。地下水位が南棟遺構面よりも上方に位置する秋季から春季には、埋戻し土と遺構面の層境界から遺構面への地下水の浸み出しが生じるため含水酸化鉄沈殿が蓄積されることを明らかにしている。さらに、夏季の豪雨時には遺構面に流入した雨水や地下水によって含水酸化鉄沈殿が移動し排水ポンプにより排出されており、含水酸化鉄沈殿による遺構の汚損を抑制するためには、遺構面に一定の水分流を作り出し含水酸化鉄沈殿を排出する手法が効果的であることを示している。

第9章では、含水酸化鉄沈殿の生成過程を明らかにするため、地盤の酸化還元状態を記述するモデルについて検討している。地盤の酸化還元状態は地下水位変化に支配されるため、まず周辺地盤の地下水位を求めるモデルを作成した。そのモデルによる解析結果は観測孔 No. 5 の地下水位実測値に良く一致したことから、水分移動に加えて溶存酸素と鉄の移動を合わせて計算し、地盤の酸化還元状態について検討した。解析結果は含水酸化鉄沈殿生成の観察結果と定性的に一致しており、作成したモデルにより地盤の酸化還元状態の変化や含水酸化鉄沈殿の生成過程を説明可能と言える。

第10章では、温湿度解析モデルを用いて南棟の遺構面における塩析出を抑制する手法について検討している。1) 南側屋外地表面への雨水の浸透を抑制する手法、2) 外気との換気を抑制する手法、3) 周辺の盛土層を難透水性の土壌に替える手法、および4) 南側開口部からの日射の侵入を抑制する手法について検討し、いずれの手法も遺構面と南側法面からの年間積算水分蒸発量の削減に有効であることを明らかにしている。特に、2) の手法は年間積算水分蒸発量を減ずるのみならず、硫酸ナトリウムの相変化に起因する材料の劣化を抑制するものである。

第11章は結論であり、本論文で得られた成果と今後の検討課題を記述している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、平城宮跡遺構展示館を対象として、遺構で生じている劣化現象を把握し、それらに対して周辺環境条件がおよぼす影響を明らかにするとともに、塩析出による遺構の破壊および含水酸化鉄沈殿による遺構の汚損の2点に着目し、それらのメカニズムを明らかにし、劣化抑制策を提案することを目的としている。得られた主な成果は次のとおりである。

1. 遺構展示館で生じている劣化は、1) 遺構土壌の崩落とクラックの発生、2) 遺構土壌の浸食、3) 蘚苔類の繁茂、4) 塩析出、5) 含水酸化鉄沈殿による汚損が主たるものである。北棟では照明設備の運用により蘚苔類が繁茂する可能性を明らかにしている。
2. 秋季から春季にかけて、遺構面には埋め戻し土-遺構面の層境界から地下水が浸入する一方、降雨時には盛土-埋め戻し土の層境界から雨水を起源とする水分が流入していると考えられる。含水酸化鉄沈殿は地下水中の溶存鉄に由来するため、秋季から春季にかけて沈殿は増加する。一方で、夏季の豪雨時に発生した遺構面の水分流によって沈殿は屋外へ排出されており、このような水分流を人為的に作り出すことで沈殿による汚損を軽減し得ると考えられる。
3. 空調設備の有無と換気量の差異から、北棟では館内の温湿度変化の振幅が小さいが、南棟では外気と概ね同じ挙動を示した。冬季の南棟の気温低下が硫酸ナトリウムの析出に大きく影響をおよぼしており、気温低下を抑制することでその析出を抑制し得ると考えられる。
4. 南棟における塩析出による遺構劣化を抑制する手法として、1) 南側屋外地表面への雨水の浸透を抑制する手法、2) 外気との換気を抑制する手法、3) 遺構展示館周辺の盛土を難透水性の土壌にする手法、4) 南側開口部からの日射の侵入を抑制する手法が考えられる。各手法の効果を熱水分移動計算により検討し、いずれの手法も遺構面と法面からの積算水分蒸発量を減ずることに効果的であり、特に、2)の手法は積算水分蒸発量を減ずるのみならず、硫酸ナトリウムの相変化に起因する材料の劣化を抑制する効果を有していることを明らかにした。
5. 地盤の酸化還元状態は、地盤内の水分移動とそれに伴い移動する溶存酸素の濃度分布に支配される。そこで、周辺地盤の水分移動を求めるモデルを作成し、地下水位変化を解析したところ、実際の変化傾向に良く対応する結果を与えた。このモデルによる水分移動と合わせて溶存酸素や鉄の移動を計算することにより、地盤の酸化還元状態を推定することが可能となる。

以上のように、本論文は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。