

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 三石正一

我が国では 1960 年頃から高度経済成長に伴う大規模な国土開発が展開された。その結果、発掘調査件数が一気に跳ね上がり、数多くの遺跡が発掘された。それらの中には日本の歴史を研究する上で価値の高い遺跡も多く、発掘した遺跡の公園化や遺跡の一部である遺構を露出展示する事例が増えてきた。しかし、遺構の露出展示時には、乾燥による崩壊、塩類の析出、地衣類繁茂等という問題が発生し、これらの防止がきわめて重要となった。その防止方法として、土壤にポリマーを散布して水分蒸発と乾燥を抑制する方法が普及しつつあるが、防止メカニズムや効果の詳細は明らかにされていない。

本研究の目的は、代表的な 2 種類の親水性ポリマーであるポリシロキサン・ポリオキシアルキレンオリゴマーとポリエチレングリコールを選び、それらが遺構における土壤中の水分移動に与える影響を明らかにし、これらの親水性ポリマー散布後の蒸発乾燥の抑制効果を理論的に予測することとした。

本論文は、9 章で構成されている。第 1 章では、文化財保存という学術分野を概観し、特に都市開発の進展に伴って発掘調査件数が一気に跳ね上がり、またそれらの中で歴史的文化的価値が際立って高いものも含まれていることを指摘した。それにも関わらず、遺跡保存技術においては経験則に依拠するものが多く、科学的な根拠を有する遺構保存技術の必要性が高いこと、土壤物理学がその有効な手法となりうることを述べた。

第 2 章では、供試土壤と供試ポリマーの物性値について詳細な測定データを示した。供試土壤には東京都西東京市東京大学田無農場から採取した立川ロームを使用した。また供試親水性ポリマーには、ポリシロキサン・ポリオキシアルキレンオリゴマー (SAO ; 分子量 700) とポリエチレングリコール (PEG ; 分子量 400) を用いた。SAO も PEG も溶液の水蒸気圧を低下させる効果を持つが、SAO より PEG のほうが蒸気圧を低下させるので、PEG を土壤に散布すると SAO より水分蒸発量が減少することが予測された。

第 3 章では、供試ポリマー散布後の土壤中の水分移動を実験的に調べ、土壤水のマトリックポテンシャル低下効果を確認したところ、最も著しく低下したのは対照試料 (ポリマー無散布) 次に PEG 散布試料、SAO 散布試料の順番であり、蒸発抑制効果は SAO が最も大きかった。これは、第 2 章の予測と逆の結果となった。

第 4 章では、ポリマー散布による蒸発抑制効果の違いが現れる原因を調べるため、供試ポリマー浸透深さの測定を、WP4-T (Decagon Device, Inc) を用いて行った。その結果、散布ポリマーの浸透深さは、SAO が 1cm、PEG は 1.5cm であることがわかった。

第 5 章では、供試ポリマーが土壤の保水性に与える影響を調べ、土壤に PEG を混入させると SAO より保水性が高まることがあきらかとなった。

第6章では、供試ポリマー浸透層中の水分移動を計算して比較した。土壌中のポリマー浸透層における水分は、水ポテンシャル勾配に比例して移動する。これは、通常の土壌水分移動がマトリックポテンシャル勾配に比例して移動するのとは異なる。そのため、水移動係数も、不飽和透水係数ではなく、水通過抵抗係数と定義する必要がある。この点が、従来の土壌物理学だけでは問題が処理できない理由となっていることを指摘し、親水ポリマーによって水ポテンシャルが低下した場合の水分移動の解析法を提示した。その結果、SAO混合試料の水通過抵抗係数は $1 \times 10^{-13} \text{cm s}^{-1}$ 、PEG混合試料は $1 \times 10^{-12} \text{cm s}^{-1}$ となった。

第7章では、土壌面蒸発速度の予測を次式、

$$E = \frac{\rho^*(T_E) - \rho_a}{\frac{1}{k_E} + \frac{Z_d}{D_{pv}}}$$

によって行った。ここでEは蒸発速度、 $\rho^*(T)$ は温度Tにおける飽和水蒸気濃度、 ρ_a は基準高度における空気中の水蒸気濃度、 T_E は蒸発が起きている位置の温度、 k_E は地表面と基準高度間の水蒸気輸送係数、 Z_d はポリマーが浸透している深さ、 D_{pv} はポリマー浸透層中の水蒸気拡散係数である。その結果、対照資料（無散布）では、予測値と実測値は良く一致したが、ポリマー散布試料については予測値が実測値を大きく下回った。その理由として、ポリマー浸透層の水蒸気と液状水の挙動が予測と異なるためであるとし、親水性ポリマーを含む土壌水移動には未解決の問題があることを示唆した。

第8章では、総合考察を行い、SAOは界面活性機能をするので、SAOを散布した土壌では親水基が水を吸着してミセルを形成し、そのミセルが土壌間隙をふさぐので土壌中の水分移動速度が低下すると結論した。

以上要するに、本論文は室内実験、理論的解析を通じて、遺構保存用の親水性ポリマーが土壌中の水分移動に及ぼす影響を明らかにし、それが遺構の乾燥劣化、表面の塩分集積などの防止に寄与するメカニズムを明らかにしたものであり、学術応用上寄与するところが大きい。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。