

カッパドキア岩窟壁の凍結破砕メカニズムの解明と保護剤の検証

510159 三輪 睦実 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに 温度差や凍結により、世界遺産カッパドキア岩窟遺跡の風化が進行している。岩石は寒冷環境下で適度に水分を含むと凍結破砕するが、遺跡壁面の温度環境や水分供給メカニズムは明らかではない。遺跡壁の強化や防水には保護剤が塗布されることがある。従来の保護剤には、有機溶剤による環境汚染や発色性による景観損失などの問題がある。ところで近年、無機系の含浸封孔剤（パーミエイト）が開発、実用化されている。そこで本研究では、遺跡壁面の凍結破砕メカニズムと、パーミエイトの保護効果を検討する。

試料と方法 試料にカッパドキア凝灰岩、阿蘇凝灰岩、軽石、砂とシルトを混合し700°Cで素焼きした石を用いた。試料を4 cm 四方、2~4 cm 厚に整形し、底面にパーミエイトを、残りの面に防水剤を塗布した。パーミエイトは試料細孔内に浸透し硬化するポリマーで、水蒸気を透過するが液状水を透過しない保護剤である。上下2層の箱の仕切りを貫いた4 cm 四方の穴に試料を設置した。試料底面と距離が2 cm になるように水を張りヒーターで任意の水温を維持した。冷却パネルで上層の気温を上下し、試料に温度サイクルを与えた(4h 昇温、20h 冷却)。その際、試料の温度と質量を測定し、試料の飽和度を算出した。

結果と考察 上層に-9~3°Cの温度サイクルを与えたときのカッパドキア凝灰岩の飽和度の変化を図1に示す。水温を35°Cに保つと試料の水分量が徐々に増加した。パーミエイトを塗布していない試料は、飽和度が昇温時に0.45 d⁻¹で、冷却時に0.16 d⁻¹で増加した。4.5サイクルの飽和度の増加速度は昇温時に0.1 d⁻¹、冷却時に0.03 d⁻¹と1~3サイクルより低下した。昇温時は結露の浸透により、冷却時は水蒸気移動により試料の含水率が増加したと考えられる。飽和度が0.7に達すると氷の析出により試料にひびが生じた。パーミエイトを塗布した試料は、飽和度が昇温時に0.2 d⁻¹で、冷却時に0.04 d⁻¹で増加し温度サイクルによる違いはなかった。5サイクル終了時の飽和度は0.33となり凍結破砕は生じなかった。パーミエイトを塗布した試料の飽和度の増加は水蒸気移動と、パーミエイトと試料の隙間からの液状水の浸入によると考えられる。水温を0°Cに保つとパーミエイトの有無に関わらず試料の飽和度が冷却時に0.03 d⁻¹で増加し、昇温時に0.1 d⁻¹で減少した。これは着霜と霜の昇華による。飽和度は0.1程度となり凍結破砕は生じなかった。岩質によって異なるものの、カッパドキア凝灰岩の凍結破砕には0.7以上の飽和度が必要であること、水蒸気浸入だけでは凍結破砕に必要な水分量は供給されず、結露や融雪に伴う液状水の流入が必要であることがわかった。パーミエイトは液状水の流入防止に有効であるが、凹凸の多い現場の岩に均等に塗布する技術開発が必要である。今後はパーミエイトの耐久性の現場での検証も必要であろう。

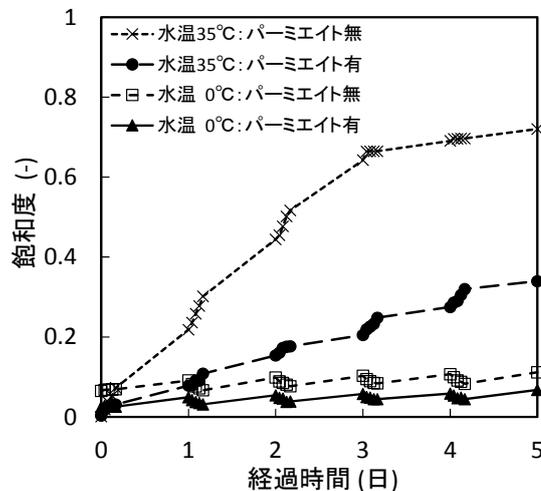


図1 カッパドキア凝灰岩の飽和度の変化