

カッパドキア岩窟遺跡の風化への凍結・融解作用の影響

511163 山戸未佳 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに 世界遺産カッパドキアの岩窟遺跡は風化の危機にさらされている。中でも凍結・融解による岩窟の破碎や脆弱化が重要視されているが、現地の微気象や水分環境が不明のため、実際にどの程度凍結・融解作用が風化に影響しているかは分かっていない。そこで本研究では現地調査に基づき現場の温度・水分環境を明らかにし、現場の凍結環境を再現した実験により凍結・融解作用が岩窟の風化に与える影響を検証することを目的とする。

現地調査 2014年9月、カッパドキア岩窟遺跡のウズムル教会に気象観測タワー（放射・風向風速・温湿度・降水量）と、土壌観測サイト（5,10,30 cm 地温・水分量・吸引圧）を設置した。11～12月に岩窟表面が凍結する機会は6日あり、温度低下速度は平均0.88°C/hだった。図1に12月20日の気温低下を示す。土壌は比較的乾燥しており、期間中の水分フラックスは概ね下向きだった。9～12月の降水量は116 mmだった。11月から数mmの降雪がしばしば見られたが、積雪は数日以内に融解していたと考えられる。そこで、岩窟表面への給水は主に融雪水によるものであり、凍結サイクルは1日単位と推定された。

実験方法 現地の岩窟は15分の浸水で崩れる脆い凝灰岩からなる。この凝灰岩を採取し、4 cm 四方に切断し試料とした。対比のため凍上性に富む藤森シルト焼結石も試料とした。試料表面以外を断熱し、表面に5 mmの給水・冷却・昇温のサイクルを繰り返し与えた。冷却速度は現場に近い0.4°C/h (①) とそれより急な10°C/h (②) とした。試料表面から0.8 cm 毎に熱電対を設置し、各温度を計測した。冷却前後の試料の重量差から、各時点の飽和度 S_e を算出した。冷却後に試料を1 cm 毎に切断し、各深さの S_e も求めた。

結果と考察 ①と②の表面温度はそれぞれ12～-0.6°C、12～-9°Cで変動し、温度勾配は0.3、2°C/cm だった (図1)。図2に各試料の飽和度 S_e を示す。試料全体の S_e はサイクルを繰り返す度に増加した。焼結石は6サイクル後0.8、カッパドキア凝灰岩は4サイクル後0.95に達した。表面は過飽和になった。凍結破碎の基準は $S_e > 0.8$ とされるが、この時のカッパドキア凝灰岩は浸水していた底面が崩れることがあっても、凍結により破碎することはなかった。焼結石では②の条件で6回の冷却により破碎した。カッパドキアの岩窟の風化には凍結・融解による劣化よりも、水食の影響が大きいと考えられる。

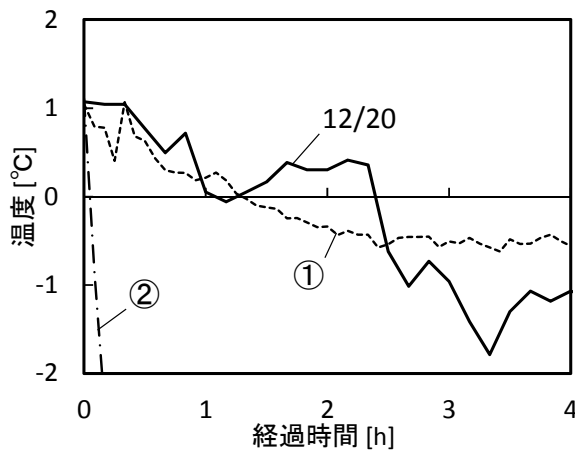


図1 現地・実験の地表温度低下

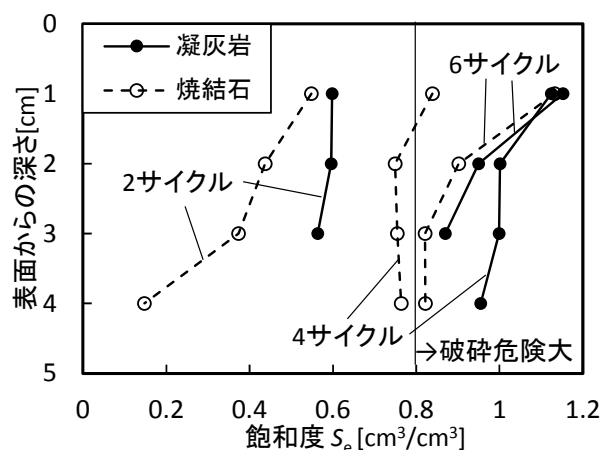


図2 試料各深さの飽和度変化