

土の凍結に及ぼす水分分布と凍結方向の異方性の影響

511146 伴 俊和 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに 地表付近の地盤は地下水面へと向かう水分分布をもつ。土を凍結して地盤改良や遮水壁に利用する際、この水分分布と凍結方向が異なることが多い。こうした土の二次元凍結の理解は、水分分布と同方向に凍結する一次元凍結に比べ遅れている。そこで本研究では、二次元凍結過程にある不飽和土中の温度と水分分布を観察し、水分分布と凍結方向の異方性が凍土の造成に与える影響を調べることを目的とした。

試料と方法 鳥取砂丘砂を幅 49×奥行 10×高 30 cm、乾燥密度 1.67g/cm³ になるようにアクリル容器に充填した。片端から 35 cm の位置に U 字型のステンレス製凍結管を試料上部から底まで鉛直に埋設した。試料側面に熱電対と TDR センサ、土中水圧計をそれぞれ 4 列×6 行、3 列×5 行、1 列×3 行、5 cm 間隔で設置した。試料の初期水分条件は 15 cm 深の体積含水率 θ_{15} で 0.35, 0.25 あるいは 0.17 とした。 $\theta_{15} = 0.35$ は全層飽和であり、0.25 と 0.17 は上下に重力水分分布をなす。試料の初期温度は 2°C とした。ここで、凍結管に -5°C あるいは -15°C の不凍液を循環し、試料を横方向に凍結した。

結果と考察 図 1 に、凍結管に -5°C の不凍液を循環した際の凍土の発達過程を示す。凍土が凍結管の周囲から時間と共に発達し、400 分で約 9 cm 厚まで成長した。凍土の厚さは θ_{15} が高い程厚くなった。この時、土中に水分移動は見られなかった。図 2 に、 $\theta_{15} = 0.25$ の実験で凍結管から 9 cm 離れた地点の温度と水分の (液状水) 分布を示す。凍結開始時の温度は 2°C で均一だった。凍結開始から 500 分後には、地温が全層で 0°C 近くとなった。1000 分後には、この地点の温度は -1.8°C まで低下した。凍結後の温度の低下速度は凍結前の温度低下速度よりも遅かった。これは土中水の凍結潜熱による。凍結開始時の水分分布は重力分布を形成しており底部では飽和に近かった。含水率が異なる 15 cm 深と 25 cm 深では熱拡散係数が異なるが、500 分後の温度分布に水分分布の違いは見られなかった。熱流が二次元的に混合していると思われる。全層が 0°C 近くになった 500 分後、土中水の凍結が始まり液状水量が低下した。このときの液状水量分布は“>”字型となった。潜熱の分散が抑えられ試料中央付近の深さの凍結が遅れたためと思われる。1000 分後には全層は一様に凍結し、液状水量 θ は 0.1 となった。

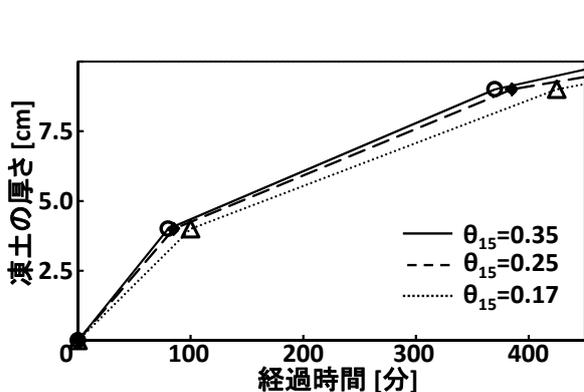


図 1 凍土の厚さの経時変化

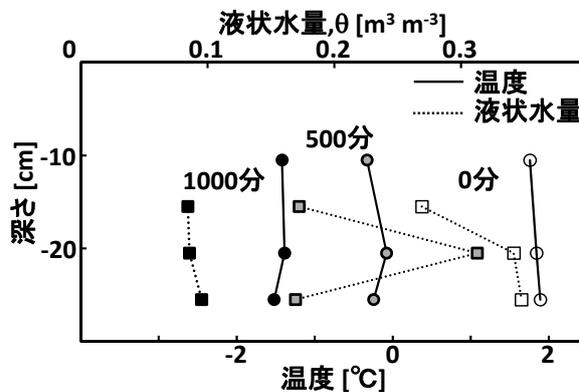


図 2-温度分布と水分分布の時間変化