

東京大学農学部 ○溝口 勝, 中野政詩, 白井清恒

1. はじめに

土の凍結に伴う水・熱移動は、土中水の相変化を介する複雑な現象である。そこで、初期水分量および凍結温度を達した凍結実験を行ない、水分分布、土中水の電気伝導度分布、地温分布を測定し、この実態を把握することとした。

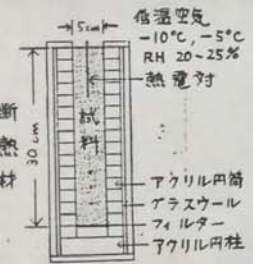
2. 試料および実験方法

試料は砂壤土で、粒性は2mm以下、粘土含有量は10%である。これを、直径5cm、高さ30cmの円筒容器に乾燥密度1.15 g/cm³で充填し、同円筒を断熱し、-10°C、-5°Cのチャンバー内で表面から所定の時間凍結した。試料の初期含水比はw_i=43% (PF1.7)とw_i=21% (PF3.7)とした。初期土中水濃度は、電気伝導度5 mS/cmに揃えた。実験装置の概略をFig.1に示す。

水分分布は凍結後、試料を2cmごとに切断して各々の含水比を測定して求めた。ただし、凍土中の含水比はFig.1実験装置氷を求めた値である。

土中水の電気伝導度分布は、試料に純水を加えて振とうした後、上澄液の電気伝導度を逐々測定し、乾土重量:土中水重量=1:1の値に換算して求めた。

地温分布は、熱電対E(クロコルコンスタント)を試料中央に埋設し、凍結開始時より連続測定して求めた。



なお、凍結前線の位置(f.f)は、試料を切断する際に観察される亀裂発生位置とした。

3. 実験結果および考察

(1)水分分布: 水分分布の一例をFig.2, Fig.3に示す。含水比は、凍結前線直下で最小となり、時間経過に伴って凍土中で増加、未凍土中で減少する。これは、凍結に伴って凍結前線直下の水分が凍土上部へ、未凍土下部の水分が凍結前線直下へ移動することを示唆している。w_i=21%では、w_i=43%に比べて含水比の変化幅が小さく、水分移動量が少ないことがわかる。なお、-5°Cの凍結では、-10°Cに比べて表面付近の含水比が低下する。

(2)電気伝導度分布: 電気伝導度分布の一例をFig.4, Fig.5に示す。w_i=43%では、電気伝導度が含水比と相似の変化をする。これは、溶質が水分と同時に未凍土下部から凍土上部へ移動することを示している。したがって、この場合の水分移動は液状で起きていると考えられる。一方、w_i=21%では、電気伝導度分布がほとんど一様であることから、水蒸気状の水分移動が支配的であると思われる。なお、-5°Cの凍結でもこれらの分布は同様の傾向を示す。

(3)地温分布: 地温分布の一例をFig.6, Fig.7に示す。w_i=43%では、凍土・凍結前線付近、未凍土の3領域で地温勾配が異なる。特に、凍結前線付近の領域では、一定地温-0.2°Cである。この領域

域は、土の凍結に特有のもので、土中水の相変化に伴う潜熱発生によるものと考えられる。

また、-0.2°Cは溶質の存在による土中水の凝固点降下であろう。一方、w_i=21%では、凍結前線の進行が速い。また、-0.5°Cで一定地温領域が現れるが、その領域は極めて短い。これは、土中水の相変化量が少ないためである。また、この場合の凝固点降下は溶質の他に、マトリックスポテンシャル低下が原因して大きくなる、まいると考えられる。なお、-5°Cの凍結では、w_i=21%でも地温一定領域が明確に現れ、w_i=43%においては、この領域がより長くなる。しかし、凝固点降下度は変わらない。

4. まとめ

土の凍結に伴う水・熱移動は、初期水分、凍結温度の違いにより、実態が異なる。その特徴は、凍土・凍結前線付近、未凍土の3領域に分けると理解し易い。

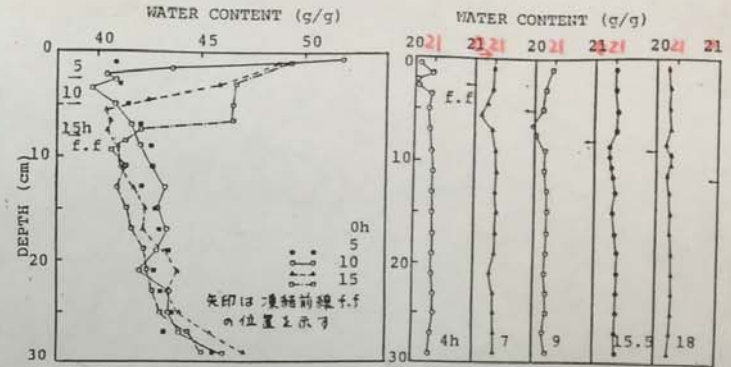


Fig.2 WATER CONTENT PROFILE (43%, -10°C)

Fig.3 WATER CONTENT PROFILE (21%, -10°C)

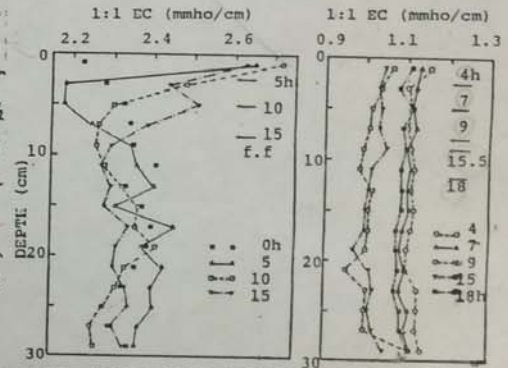


Fig.4 ELECTRICAL CONDUCTIVITY PROFILE (43%, -10°C)

Fig.5 EC PROFILE (21%, -10°C)

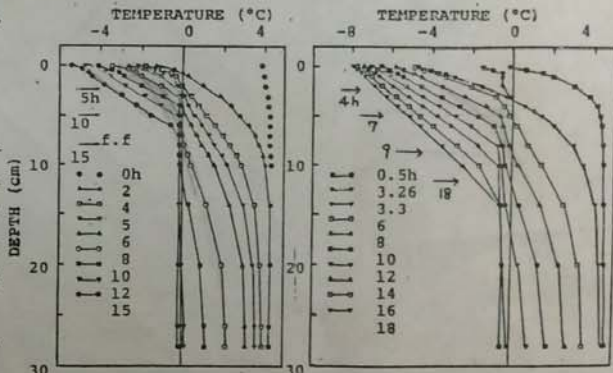


Fig.6 TEMPERATURE PROFILE (43%, -10°C)

Fig.7 TEMPERATURE PROFILE (21%, -10°C)