

# 凍土中への 水分・溶質浸透メカニズム



三重大学 大学院生物資源学研究科 准教授  
**渡辺 晋生**

## 研究の背景

地表が0℃以下に冷やされると、難透水性の凍結層が地表から地中へ発達します。この凍結層が融け残っている間は、降雨や融雪水の全ては地中に浸透することができず、一部が地表上を流出します(図1)。凍結層の発達や凍土への浸透は、土中の水分と肥料の再分布や、温室効果ガスの発生を担う微生物活動に影響を及ぼします。表面流出水は、農地の土壌侵食や河川の増水、水質汚濁を引き起こします。そこで、凍結層を持つ土中へ水が浸潤するメカニズムと、その際に運ばれる窒素の動態を把握することに取り組みました。

## 研究の成果

凍土中には0℃以下においても凍結しない水(不凍水)が存在します。わたしたちはミニチュア露点計を応用することで、水分移動の駆動力である不凍水圧の直接測定に成功しました。また、実験室に現場を模した凍土を再現し、土中の温度や不凍水量、溶質濃度分布をモニターすることで、凍土への水の浸潤が土中の水量分布に応じた三つのステージを経ること、これらのステージの浸潤速度や継続期間が凍結前の水分量に依存することを明らかにしました(図2)。そして、不凍水量と圧力の同時測定に基づく凍土の透水モデルを提案し、物理的に妥当な土の凍結過程の数値計算を可能としました。

## 今後の展望

凍土は水を未凍土から引き寄せるだけでなく、地表からの空気の流入も制限するため、凍結層下の土を嫌氣的にします。こうした土中の窒素・炭素動態や微生物活性を水の流れと同時に解析することで、凍土環境の物質循環をより総合的に評価できるようになります。また、土の凍結・融解の不均一な進行や動植物由来の粗間隙の影響を調べることも、より現実的なスケールの凍土現象を考える上で重要でしょう。こうした土の凍結メカニズムの理解を、寒冷圏の有効利用や水・熱循環の解析、あるいは燃料電池や冷凍食品など凍結をともなう多孔質体を扱う様々な分野に応用することが期待されます。

## 関連する科研費

平成20-22年度 基盤研究(C)「不飽和土の凍結と凍土への浸潤にともなう土中の水・熱・物質移動機構の解明」  
平成23-25年度 基盤研究(C)「土壌凍結層の発達・融解浸潤にともなう土中の水分・窒素移動の解明と予測」

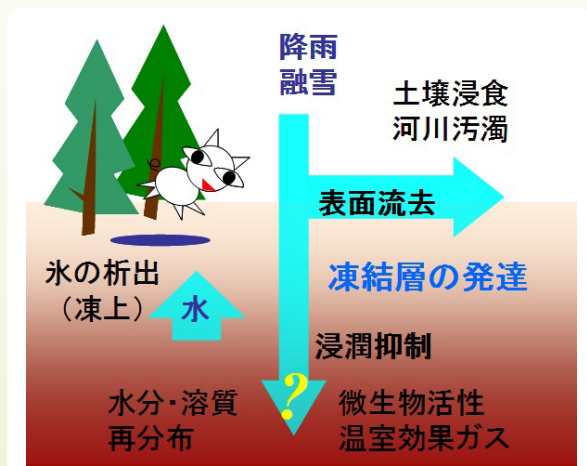


図1 凍結をともなう土壌圏の水循環の概念図

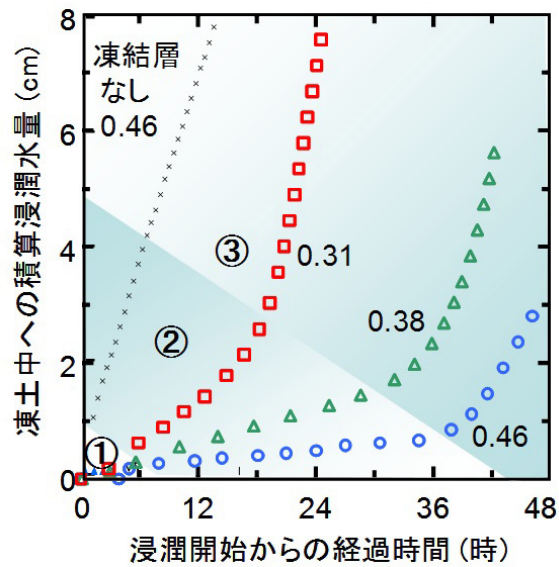


図2 土中への浸潤水量  
凍結層を持つ土への水の浸潤は、①再凍結による浸潤停止期間、②浸潤前線が凍土内を進行する抑制期間、③浸潤前線が凍土下に到達し浸潤速度が回復する期間の三つのステージを経る。また、それぞれのステージの浸潤速度は凍結前の水分量(0.31, 0.38, 0.46 cm³/cm³)で異なる。

(記事制作協力:科学コミュニケーター 上田 裕美子)