

積雪・土壌凍結地帯の火山灰土圃場における土壌水分移動の把握

Water movement in volcanic ash soil fields during freezing and snow covered environment

岩田幸良, 広田知良, 林正貴

Yukiyoshi Iwata, Tomoyoshi Hirota, Masaki Hayashi

1. はじめに

積雪・土壌凍結地帯における土壌水分移動の把握は、秋まき小麦圃場における窒素肥料の移動や土壌浸食程度を把握する場合などに必要であるが、野外観測データの不足等によりその詳細はほとんど明らかにされていない。そこで、日本の代表的な土壌凍結地帯である十勝地域に広く分布する火山灰土（黒ボク土）圃場で凍土層下の非凍結土壌の圧力水頭や地温等を観測し、その結果から土壌要因が凍土層下の非凍結土壌の水移動に与える影響を考察した。

2. 試験地の概要

北海道十勝平野の芽室町内の乾性火山灰土と湿性火山灰土の畑圃場に観測地点を設けた。乾性火山灰土圃場（以下、**乾性圃場**）は北海道農業研究センター畑作研究部内に、湿性火山灰土圃場（以下、**湿性圃場**）は芽室町報国地区農家圃場に位置する。乾性圃場は約1mから砂レキ層が出る排水性の良好な土壌である。湿性圃場は87cmからグライ層が出る排水性の不良な土壌である。一方、両圃場ともに90cmより浅い層の飽和透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ と大きく、飽和透水性は良好である。両圃場の距離は6.8kmである。

3. 観測項目と観測期間

(1) 観測項目 **乾性圃場のみ**：体積含水率（Campbell CS615; 5, 10, 20, ..., 100cm深）、地温（熱電対; 0, 2, 5, 10, 20, ..., 100cm深）。**乾性・湿性圃場**：圧力水頭（テンシオメータ¹⁾; 5, 0, 60, 70 cm深）、積雪深、積雪水量、凍土深。

(2) 解析期間 2002年11月～2003年4月。

4. 解析方法

(1) 乾性・湿性圃場の土壌水分移動の特徴の把握 土壌の圧力水頭や凍土深等の変化を乾性・湿性圃場で比較し、両圃場における土壌水分移動の特徴を把握した。

(2) 下層から凍土層に移動した土壌水分量の概算 乾性圃場において、1mより下からの土壌水分供給量は無視できる程度であると仮定し、深さ50～70cmのフラックスが鉛直上向きな期間（12月8日～1月3日）の凍土層より下から1m深までの土壌水分の減少量から土壌凍結発達過程の凍土層への水の供給水量を概算した。下層のフラックスが鉛直下向きの際の凍土層への水の供給量は、凍土層の発達程度を考慮して8日以降のデータから推定した。

(3) 積雪による断熱後に凍土層から下層に放出された水分量の概算 乾性圃場において、積雪による断熱後に凍土層に蓄積された熱量から凍土層の氷の融解量を推定し、融雪期の前に凍結面から凍土層の下に供給された水の量を概算した。

(4) 乾性・湿性圃場の水移動の数値シミュレーション 乾性・湿性圃場の特徴をふまえ、コンピュータソフトウェアHydrus1Dにより数値シミュレーションをおこない、凍土層の発達・融凍過程における凍土層下の非凍結部分の土壌水分移動に影響を与える要因のを調べた。

5. 結果と考察

(1) 2002-2003年の土壌凍結期間の土壌凍結と土壌水分移動の特徴 2002年11月から2003年4月の最大凍土深は、乾性圃場が17cm、湿性

圃場が23cmであった。両圃場とも1月4日の降雪で積雪深が50cm以上になり、この日から凍土層のゆっくりとした連続的な融凍が始まり、凍土層下の非凍結土壌の圧力水頭もゆっくりと上昇を開始した。深さ50,60cm間の水移動の方向は、乾性圃場が3月上旬でも鉛直上向きのみであったのに対し、湿性圃場では1月下旬に鉛直下向きに転じた。両区ともに3月24日と27日の間に積雪水量が大きく減少しており、深さ50cmの圧力水頭は3月26日(乾性:0時頃,湿性:22時頃)に大幅な上昇を開始し、深さ10cmの含水率も乾性圃場は3月24日に、湿性圃場は3月25日に段階的に変化したことから、3月25日か26日から融雪期が始まったと考えられる。

(2) 下層から凍土層に貯留された土壌水分量

土壌凍結が発達しているときの乾性圃場における凍土層下の土壌水分量は、土壌凍結が最も発達した12月中旬に大幅に減少し、2~4mm/dayであった。30cm以上の積雪により凍土層が若干後退すると下層土の増減は無くなったが、その後の凍土層の若干の増加により、再び1mm/day程度減少した。下層砂礫層からの水分供給を無視できると仮定すると、凍土層の発達に伴い下層から凍土層に貯留された土壌水分量の総量は72mmと考えられた。

(3) 凍土層の融凍に伴う下層への融凍水の移動量

雪による断熱による連続的な融凍が開始された1月5日から融雪期が始まる直前の3月24日までに凍土層から下層に移動した土壌水分量は、0~3mm/dayと日格差が大きいものの季節的な変動傾向は顕著では無く、この期間を通して平均0.15mm/day程度であった。この期間の土壌水分の増加量の平均は0.18mm/dayであり、計算した値と近かった。計算した値を用いて融雪期前までの凍土層からの融凍水量を推定すると11.8mmとなり、凍土層の発達により蓄積された土水分量の1/6程度であった。

(4) 数値シミュレーションによる土壌水の移動に関する土壌要因の把握

乾性・湿性圃

場ともに上記(2)と(3)のフラックスを上端面の境界条件とし、下端面の境界条件を圧力水頭を一定として、各圃場に適当な初期条件を設けて数値シミュレーションをおこなった。

乾性圃場の深さ50,60,70cmの圧力水頭の推移の傾向は実測値とほぼ一致した。しかし、フラックスの向きは実測値では3月上旬まで鉛直上向きだったのに対し、シミュレーション結果では2月下旬に鉛直下向きに転じた。この原因として、下層の水分供給量を過小評価していることが考えられる。実際、(3)の凍土層下端から供給される水量と深さ1mまでの非凍結部分の土壌水分の増加量との差である0.03mm/dayを下層からの水分供給量として計算すると、フラックスの向きが逆転する時期は10日ほど遅れた。

一方、湿性圃場では、深さ50cmの圧力水頭の最大値の実測値との差は乾性圃場より小さかったが、雪による断熱後の深さ50cmの圧力水頭は実測値では断熱後3日で上昇に転じたのに対し、シミュレーション結果では10日後でもまだ上昇しなかった。シミュレーションでは深さ40~60cmの透水性が低く、凍土層からの融凍水の浸透が抑制されていることが原因と考えられた。

その他、条件を変えてシミュレーションをおこなった結果、土壌凍結の発達・融凍過程における土壌水分移動は、下層土の状態や地下水位、初期水分量、凍土層の発達程度よりは土壌の物理性、特に不飽和透水係数に強く影響されており、不飽和における土壌の透水性を正しく把握することが土壌凍結地帯の水移動を把握する上で非常に重要であることが示唆された。

6. おわりに

本研究の実施にあたりご協力をいただいた北大 長谷川周一氏、芽室町農家 遠藤優彰氏、十勝農試 三木直倫氏、北海道農研 奥野林太郎氏に感謝いたします。

引用文献

1)Y. Iwataほか:Hydrological Processes (in press)