

除雪処理による土壤凍結層の発達が下層の土壤水分移動に与えた影響

Snow removing effect to the soil water flux below frozen layer

○岩田幸良¹⁾, 長谷川周一²⁾, 有馬純一²⁾, 鈴木伸治³⁾, 桑尾和伸²⁾, 広田知良¹⁾
Yukiyoshi Iwata¹⁾, Shuichi Hasegawa²⁾, Junichi Arima³⁾, Kazunobu Kuwao²⁾
Shinji Suzuki⁴⁾, Tomoyoshi Hirota¹⁾

1. はじめに

凍結すると土壤中の液状水量が低下し、水ポテンシャルが低下するため、下層から凍結層に向かって土壤水分が移動することが知られている。土壤凍結が発達する地域では凍結層の発達に伴って多量の土壤水分や肥料成分が表層付近に移動したという報告がある。一方、北海道の十勝地域では近年、土壤凍結深の顕著な減少が報告されている。土壤凍結深の減少は世界各地で報告されているため、気候変動に伴って冬期の土壤水分や肥料成分の移動が変化している可能性がある。しかし、異なる土壤凍結条件で土壤水分移動量を定量的に評価した事例は少なく、その詳細は不明な点が多い。そこで、断熱材の役割をする雪を取り除いて土壤凍結深を発達させた試験区（以下、除雪区）と自然積雪状態の試験区（以下、対照区）を設置し、各試験区で土壤水分移動の定量的な観測をおこなうことで、凍結層が発達するときの下層における鉛直上向きの水分移動量が凍結深の違いによってどの程度異なるかを明らかにした。

2. 材料と方法

北海道十勝平野の芽室町に位置する北海道農業研究センター内の試験圃場に試験区を設置した。土壤は乾性火山灰土で約1mから砂レキ層が出現する。地下水位は約8mである。

土壤水分センサーを深さ5cm～105cmまで水平方向に10cm間隔で埋設し、土壤水分量（凍結層の場合は不凍水量）を測定した。地上部と凍結

層の部分を断熱し、わずかな熱を加えることで測器内の水の凍結を防止したテンシオメータを深さ90cmと100cmに設置した。熱電対を深さ0cm～100cmまで2cm～10cm間隔で埋設し、凍結層の地温を測定した。これらのデータは10分間隔でデータロガーに記録した。長尺により積雪深を1週間に2度程度観測した。また、地温が0℃以下の地点を凍土として、地温から凍結深を求めた。観測期間は2005年11月1日～2006年2月28日である。

深さ95cm付近から土壤を採取し、圧力水頭が0～140cmまでを定常法により、140～1000cmまでをOneStep法により不飽和透水係数を測定した。90cmと100cmの観測データ（それぞれ、 ϕ_{90} と ϕ_{100} ）を平均することで深さ95cmの圧力水頭（ ϕ_{95} ）を求め、その値から不飽和透水係数（ $k(\phi_{95})$ ）を推定し、ダルシー則によって深さ95cmの水フラックス（ q_{95} ）を推定した。

$$q_{95} = -k(\phi_{95}) \times (\phi_{90} - \phi_{100} + L) / L \quad (1)$$

ここに、Lは圧力水頭観測地点間の距離(10cm)である。

凍結層より下の任意の深さから深さ95cmまでの水分貯留量の増加（ ΔS_{z-95} ）と q_{95} とから、水収支式により任意の深さの水フラックス（ q_z ）を計算した。

$$q_z = q_{95} - \Delta S_{z-95} \quad (2)$$

3. 結果と考察

(1) 積雪深と土壤凍結深、土壤水分量の変化

積雪深、土壤凍結深、深さ45cmの土壤水分

¹⁾ 農業技術研究機構 北海道農業研究センター National Agricultural Research Center for Hokkaido Region ²⁾ 北海道大学 Hokkaido University ³⁾ 東京農業大学 Tokyo University of Agriculture 水分移動, 凍上・凍結, 気候変動

量の推移を図1に示す。対照区では12月中旬に積雪深が30cmを超えたため、凍結深の増加は停止した。一方、除雪区では12月中旬から1月中旬まで除雪をすることで凍結深が顕著に増加し、下層の土壌水分量も大きく低下した。過去の平均的な土壌凍結深である40cmに除雪区の凍結深が到達してから人工的に積雪を載せた結果、除雪区の凍結深の発達が悪くなり、深さ45cmの土壌水分量の低下も弱まった。最大凍結深は対照区の11cmに対して除雪区では43cm、深さ45cmの土壌水分量の最小値は対照区の $0.48\text{m}^3\text{m}^{-3}$ に対して除雪区では $0.41\text{m}^3\text{m}^{-3}$ となり、両試験区に明瞭な差がみられた。なお、2月下旬の対照区における凍結層の融解と土壌水分量の急激な増加は、2/26の降雨により引き起こされたと考えられる。

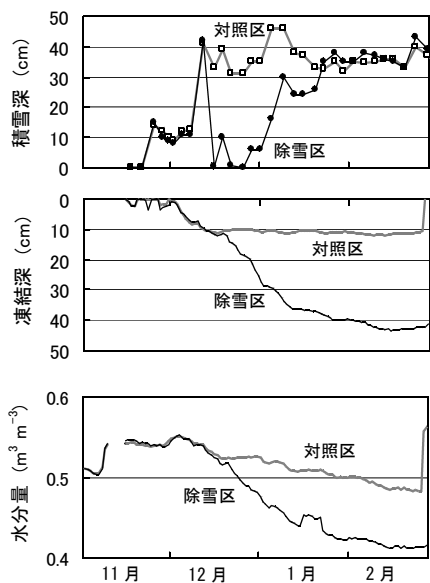


図1 積雪深、土壌凍結深、深さ45cmの土壌水分量の推移

Fig.1 Time series of thickness of snow cover, frost depth, and soil water content at the depth of 45 cm.

(2) 凍結層が発達するときに凍結面に向かう土壌水分量 除雪区と対照区の最大凍結深に相当する深さ40cmと深さ10cmの水フラックスについて、除雪処理をおこなう以前の11/29~12/19と、除雪区で除雪処理をおこなった12/20~1

/13と、除雪区に雪を積んで両試験区の積雪深を同じにした1/14から融雪期の直前の2/25までの各期間の積算値を図2に示す。両試験区の積算フラックスの差は除雪区で除雪処理をした期間のみで顕著であり、その他の期間は積雪状態が同じなため、両試験区で顕著な差は生じなかった。この結果は、積雪層の有無が下層の水フラックスの多少に大きな影響を与えていることを示している。

除雪区と対照区における各期間の水フラックスの鉛直分布を図3に示す。凍結層付近のフラックスは大きいですが、特に1m付近では下方浸透が卓越した12月上旬を除き、土壌水分がほとんど移動しておらず、凍結層が発達した除雪区でも凍結層が発達した11月29日から2月25日の期間に深さ95cmを鉛直上向きに移動した水分量はずか0.3mmであったことから、40cm程度の土壌凍結層の発達では1m以深から表層付近に水分や肥料成分が移動することは無いと考えられる。

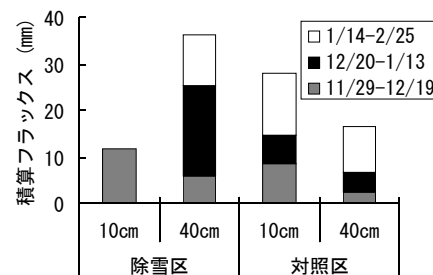


図2 各深さの積算フラックス

Fig.2 Total flux at 10 and 40 cm depths.

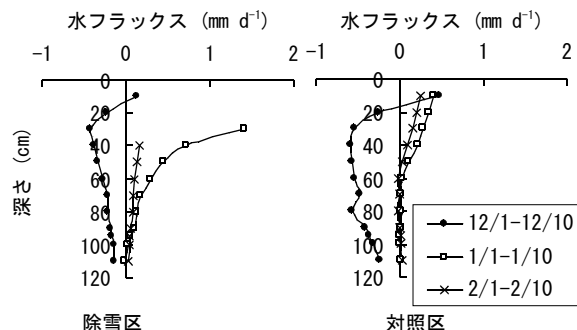


図3 各期間の水フラックスの平均値

Fig. 3 Water flux profiles during three periods.