

土壤凍結の発達が弱いときの融雪水の浸透

Snowmelt infiltration at slight soil freezing and snow accumulated farmland

岩田幸良*, 広田知良*, 林正貴**, 鈴木伸治*

Yukiyoshi Iwata*, Tomoyoshi Hirota*, Masaki Hayashi**, Shinji Suzuki*

1. はじめに

土壤凍結が発達した畑の融雪水の浸透は、凍土層が不凍水層として機能し、土壤浸食や水資源の枯渇の原因となる場合がある。そのため、土壤凍結が発達した場合の融雪水の浸透モデルがカナダのプレーリー平野に対して構築された。しかし、このモデルは経験的側面が強く、土壤凍結が非常に発達する地域には同様の手法を適用できるかもしれないが、十勝平野や北ヨーロッパ、ロシア西部等、土壤凍結の発達程度の年次変動が大きく、土壤凍結の発達も比較的弱い地域の融雪期の水文現象の把握にはこの手法の適用には限界があり、より精度の高い手法の開発が必要であると考えられる。

Hirotaら¹⁾は、十勝平野の冬季水文現象を把握するための総合的な観測サイトを設置し、2001年11月から観測を開始した。本報では、このデータを利用し、土壤凍結の発達が弱い場合の融雪水の浸透を明らかにする。

2. 試験地の概要

北海道十勝平野の芽室町の北海道農業研究センター畑作研究部試験圃場に試験区を設置した。乾性火山灰土で約1mから砂レキ層が出現し、地下水位が10m以深の排水性の良い土壤である。

3. 観測項目と観測期間

(1) 観測項目 圧力水頭(テンシオメータ; 50, 60, 70cm深)、体積含水率(Campbell CS615; 5, 60, 70cm深)、地温(熱電対; 0, 5, 30cm深)、気温(Vaisala, HMP45A)、積雪深(超音波積雪深計)、積雪水量(採雪筒+積雪重量計)、降水量(雨量計)、凍土深(メチレンブルー凍土深計)。

(2) 解析期間 2001年11月~2005年4月。

4. 解析方法

(1) 融雪水の下層への到達時期の検討 融雪期前後の気温、地温、土壤水分、圧力水頭の推移から、融雪水が下層に浸透する時期を検討した。

(2) 融雪期後期の下層における浸透量 融雪期のデータから65cm深の不飽和透水係数を計算し、これと深さ60・70cmの圧力水頭から計算される同深度の動水勾配を用いて下層の浸透水量を計算し、融雪水量と比較した。

5. 結果と考察

(1) 融雪水の下層への進入時期 観測期間中、2001-2002年と2002-2003年は最大凍土深が20cm程度で融雪期にも10cm程度の凍土層が存在した。2003年の融雪期において、日平均気温がプラスに転じた3月24日に5cm深の地温と土壤水分量が上昇し、それから1~2日後に30cm深の地温が減少し、50cm深の圧力水頭が上昇した(図1)。2002年の融雪期も同様に、表層の土壤水分が上昇してから1日程度で50cm深の圧力水頭が急激な上昇を開始した(図省略)。一方、土壤凍結の発達がみられなかった2004・2005年の融雪期には表層の土壤水分の上昇とほとんど同じ日に50cm深の圧力水頭の急激な上昇が確認された(図省略)。下層の土壤水分は凍土層の融凍に伴ってゆっくりと上昇するが、深さ50cmの急激な圧力水頭の上昇は、融雪水の下層への浸透に起因していると考えられる。これらの結果から、最大凍土深が20cm程度で融雪期に数cm程度の凍土深が存在する場合は、融雪水の下層への進入時期は凍土層が発達していない場合とほとんど変わらないと結論される。

*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 **カルガリー大学 University of Calgary 土壤凍結, 水分移動, 融雪期

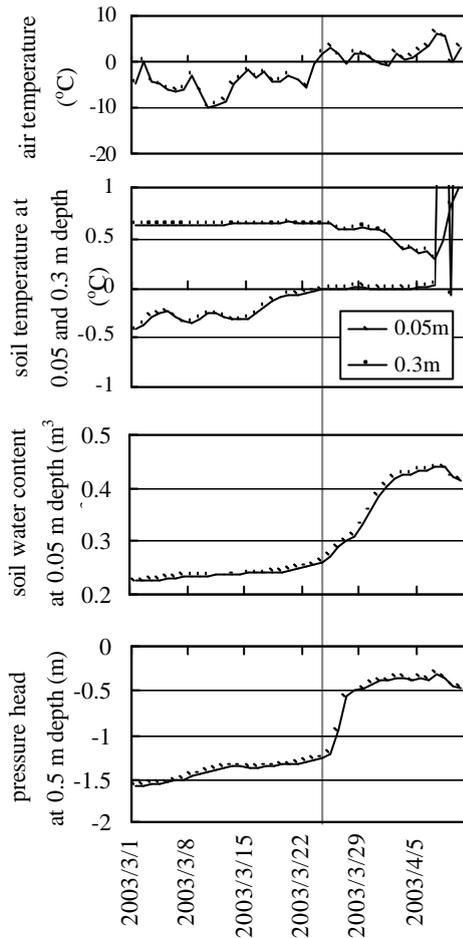


図1 凍土層が発達したときの融雪期初期の地温と土壤水分の推移(2003年)

Fig.1 Time series of soil temperatures and soil water conditions at frozen year.

(2) 融雪期後期の下層における浸透量 融雪期に凍土層が存在しなかった2004・2005年は、融雪期後期における60・70cm深の圧力水頭と土壤水分量がほぼ一定で、動水勾配 1の期間が1週間程度続いた。そこで、この期間の融雪水量、降水量、65cm深の動水勾配、深さ65cmまでの土壤水分の増減から、下記の式により65cm深の透水係数を算出した。

$$k = (S_m - \quad) / d$$

k: 水収支から計算された透水係数、 S_m : 融雪水量、 \quad : 深さ0.65mまでの土壤水分増加量、 d : 0.65m深の動水勾配。 S_m は積雪水量と降水量から、 \quad は深さ0.6mまでの土壤水分量の変化

から、 d は60・70cm深の圧力水頭から算出した。

計算された透水係数を各年毎に平均した結果、2004年が 1.58×10^{-7} 、2005年が $1.86 \times 10^{-7} \text{m/s}$ とほぼ同じ値を示した。長谷川²⁾はつくばの乾性火山灰土裸地圃場において10mm/h以上の降雨強度で表面流出が生じていたことを報告しているが、積雪重量計と採雪筒から計算した試験区の融雪速度は最大4.1mm/hとこれよりも小さく、表面流出はほとんど生じなかったと考えられる。さらに、両年の融雪期後期の圧力水頭と土壤水分量はほぼ等しいことから、計算した透水係数は融雪期後期の水分状態における65cm深の不飽和透水係数を示すと考えられる。

融雪期に凍土層が存在した2002・2003年の融雪期後期における圧力水頭と土壤水分量も、土壤凍結が発達しなかった2004・2005年とほぼ同じ値であった。そこで、2004・2005年の不飽和透水係数を平均した値と2002・2003年動水勾配の実測値から土壤凍結が発達した年の融雪期後期の65cm深における下方浸透量を計算した。その結果、2002年は融雪水量99mmに対して浸透量118mm(1.18倍)、2003年は融雪水量98mmに対して浸透量104mm(1.06倍)と融雪水量と下層の浸透量がほぼ等しいことから、わずかに残った凍土層が融雪水進入の抵抗としてはほとんど機能していなかったと考えられる。

6. おわりに

以上の結果から、最大凍土深が20cm程度で融雪期に数cm程度の凍土層が残る場合には融雪水の浸透は凍土層が無い場合とほぼ同等と見なせることが明らかになった。今後、融雪水の浸透を妨げる場合と妨げない場合の指標となるような凍土の状態量の特定をおこないたい。

本研究の実施にあたりご協力をいただいた北海道大学の長谷川周一氏、農業環境技術研究所の井上聡氏に感謝いたします。

引用文献

- 1)Hirotaら:J. Agric. Meteorol. (2005)
- 2)Hasegawa:Hydrol. Earth Sys. Sci. (1997)