

多雪地域の凝灰角礫岩山地源流域における基岩内地下水位の変化

北海道大学大学院農学院 ○吉野孝彦
北海道大学大学院農学研究院 桂真也

1. 背景

山地源流域で今日まで行われた水文観測により、従来は不透水層として扱われてきた基岩にも雨水が浸透し、基岩内地下水を形成・貯留し、その後土層や溪流水に流出することで土層内の地下水位変動や溪流水の量・質に影響を与えることが報告されてきた^[1]。こうした結果を受け、現在では世界各地様々な地質のもとで基岩内地下水位の計測事例が増えつつあり、様々な地質、そして気候条件において基岩内地下水が降雨流出過程に与える影響を解明・評価することは非常に重要である。

北海道のような多雪地域では、土層内の地下水位が高い状態が1ヶ月以上継続する融雪期は、基岩への浸透・貯留が最も卓越する時期であると考えられる。また基岩内地下水の長い滞留時間を考えれば^[2]、融雪期に貯留された基岩内地下水は融雪期終了後も流域の降雨流出過程に影響を与えると推察される。しかしながら、多雪地域において基岩内地下水位を観測した事例は乏しく、多雪地域において一年を通じ基岩内地下水位がどのような変化をしているかは分かっていない。そこで本研究では、多雪地域の山地源流域において基岩内地下水が降雨流出過程に与える影響を解明する第一歩として、多雪地域の凝灰角礫岩山地源流域における基岩内地下水位の変化を観測した。

2. 調査地・方法

調査地は、北海道大学雨龍研究林内の母子里試験流域(3.78 ha)である(図 1a)。母子里試験流域の最寄りのアメダス朱鞠内によると、過去10年の年最大積雪深の平均は237.4 cmであり、豪雪地帯であることが分かる。基岩地質は凝灰角礫岩であり、基岩の上には基岩の風化物である難透水性シルトが分厚く堆積する(4~5 m程度)。これまで母子里試験流域で行われた研究によると、地表面から70 cmと170 cmから採取された土サンプルの飽和透水係数は、それぞれ 6.48×10^{-6} cm/sec, 3.72×10^{-6} cm/secである^[3]。母子里試験流域では2020年に調査ボーリングが行われ、その際に掘削されたボーリング孔(MB1, MB2)を利用して基岩内地下水位・水温を温度計付き圧力式水位計により1時間間隔で計測している。ボーリング孔の掘削深度はMB1, MB2 それぞれ 35 m, 25 m であり、土層からの水が孔内に入らないように、地表面から深度5 mまでは無孔区間となっている(図 1b)。

テンシオメータを四か所に三深度(おおよそ40, 90, 230 cm)設置し、圧力水頭を1時間間隔で計測している。積雪初期、融雪期間中も観測を継続して行うために、テンシオメータ内部の水が凍結しないように、テンシオメータ本体は完全に土層に埋めた。積雪期間中も流域内に足を運び、データ回収を行った。本研究では融雪水量も考慮するため、地表面に供給される全水量である地表面到達水量MRを、アメダス朱鞠内の気象データを用いて以下のように計算した。まず、日平均気温が2°C以上の日の降水は降雨、2°C未満の日の降水は降雪と判断した。降雨は直ちに地表面に到達するものとし、降

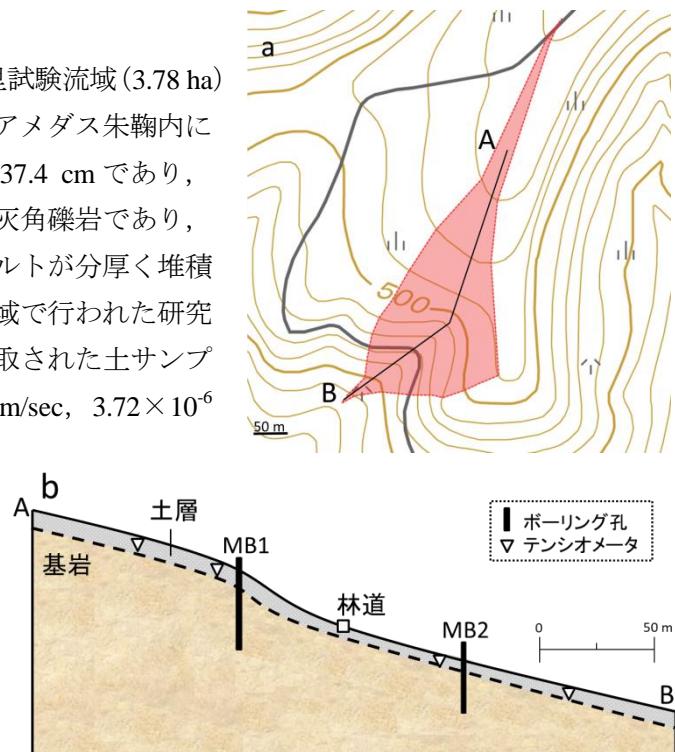


図 1：母子里試験流域の(a) 地形図、(b) 断面図

雪は地表面に積雪層を形成する。積雪層は気温上昇時等に溶けて直ちに地表面に到達するものとする。融雪水量は積算暖度法に基づき、日平均気温がプラスの日の気温に融雪係数を乗じて求めた。融雪係数は $6 \text{ mm}^{\circ}\text{C}/\text{day}$ とした。融雪水量に降雨を加えたものを MR (mm/day) とした。アメダス朱鞠内で 1 ヶ月以上にわたって継続的に積雪が観測された期間の初日 (2020 年 11 月 22 日) を根雪初日とした。

3. 結果・考察

図 2 は MR, MB1 と MB2 の基岩内地下水位・水温, MB2 近傍の土層の圧力水頭の経時変化である。MB1 は全体的に、MR に対しての応答が MB2 よりも早く大きい。水温は降雨に対して大きな反応を示さず、圧力水頭も恒常に負の値を示しており、特に最深部は -230 cm 程度と非常に低い値を示しており、土層内の水移動が非常に小さいことが示唆される。しかし 11 月 20 日の MR 55.1 mm に反応して MB1, MB2 ともに地下水水面が土層に達するほど基岩内地下水位が大きく上昇した際、MB1 がピークを観測した 1 時間後に MB2 がピークを示し、またその 1 時間後に最深部 (227.4 cm) の圧力水頭が他の深度と比較して著しい上昇を示した。こうした難透水性シルトが厚く堆積しているにもかかわらず、深部の圧力水頭が鋭敏な反応を示すことは過去の研究^[3]でも報告されており、土層深部に卓越する水の流れがあることや、基岩から土層内へと復帰してきた水の影響が示唆される。また、他地点の圧力水頭との比較が必要ではあるが、今回計測された圧力水頭の経時変化および過去の研究の飽和透水係数を考えれば、降雨時であっても土層内で生じるマトリクス流は非常に小さなものである可能性が高い。そのため、母子里試験流域ではバイパス流等の選択流が基岩内地下水位の上昇に大きな影響を与えている可能性がある。

積雪期に入ると、MB1, MB2 ともに水位が低下していく。朱鞠内のアメダスを基に計算した MR では表現できていないが、母子里では 3 月初頭から徐々に融雪が進んでおり、基岩内地下水位が少しづつ上昇し始めている。同様の変化は圧力水頭でも見られる。融雪最盛期に向け基岩内地下水位および土層の圧力水頭は、更に上昇していくと考えられる。基岩内地下水温は降雨に対して反応を示さないが、11 月初めから徐々に低下し始め、MB1 では観測を開始した 10 月末から 2 月までに 2°C 近く低下した。この大きな水温低下の原因は不明であるが、土層内の深度ごとの地温の観測も今後並行して実施することでその影響も検討する。

4. 今後の展望

今後も継続的に、観測設備を増やしながら観測していくとともに、土層サンプルとボーリングコアを成形した基岩サンプルを用いて水分特性を計測することで、更に詳細な解析を進めていく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたって、北海道大学雨龍研究林のスタッフの皆様に多大なご協力を頂いた。なお本研究は JSPS 科研費 JP19H02392 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] Uchida et al., (2003) *Water Resour. Res.*, 39 (1), doi: 10.1029/2002WR001298. [2] Asano et al., (2002), *J. Hydrol.*, 261, 173-192 [3] 石井・小林 (1995) 低温科学. 物理篇, 53, 23-34

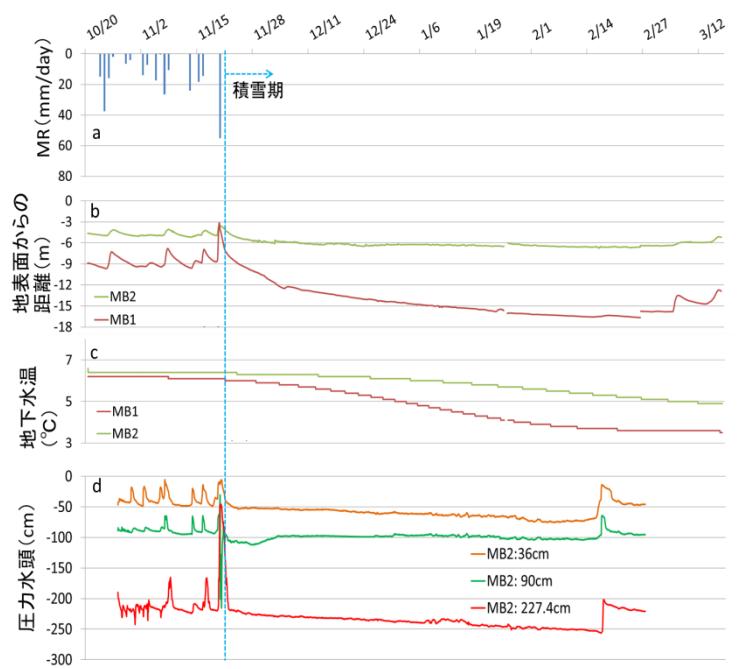


図 2 : (a) 地表面到達水量 MR, (b) 基岩内地下水位, (c) 基岩内地下水温, (d) 圧力水頭の経時変化