

凝灰角礫岩山地源流域における風化基岩層の透水性・保水性の計測

北海道大学農学部 ○鈴木優子
 北海道大学大学院農学研究院 桂真也
 北海道大学大学院農学院 吉野孝彦

1. はじめに

近年の研究により、従来は不透水と考えられてきた基岩にも、雨水が浸透・流出して溪流の流量や水質、崩壊発生に影響を与えていることが指摘されている。こうした基岩の役割を理解するためには、基岩内部での水の流動プロセスを明らかにする必要がある。そのためには水の流動を特徴づける基岩の透水性・保水性を把握する必要があるが、計測が困難なため計測事例が乏しいのが現状である。本研究では、基岩を介した水の流動を解析するための第一歩として、基岩の透水性・保水性を計測することを目的とした。

2. 研究方法

研究対象地は北海道大学雨龍研究林内の家内流域(3.28ha)である(図1)。基岩地質は凝灰角礫岩で、5m程度のシルト質土層が基岩を覆っている。断面図を図2に示す。シルト質土層の不攪乱サンプルは、流域内に掘削したトレンチの深度30~295cmから7個採取した。

家内流域で2020年に得られた2本のボーリングコア(斜面上部に深さ35mのMB1孔、斜面下部に深さ25mのMB2孔)を亀裂の頻度・状態も参考に3つの風化区分(強風化層、中風化層、弱風化層)に分類した。Katsura *et al.* (2009)の手法を参考に、亀裂を含まないマトリクス部を選んでのこぎりで5~10cm程度に切断し、塩ビパイプに入れたのち周囲を不透水のシリコンで埋め、サンプルとした。作成したサンプルは、強風化層で5個、中風化層で5個、弱風化層で8個である。その後それぞれのサンプルに対してpF試験と飽和透水試験を実施し、土層および基岩のマトリクス部の水分特性曲線と飽和透水係数を得た。このうち、水分特性曲線については、以下の式(1)(Kosugi, 1996)によりモデル化した。

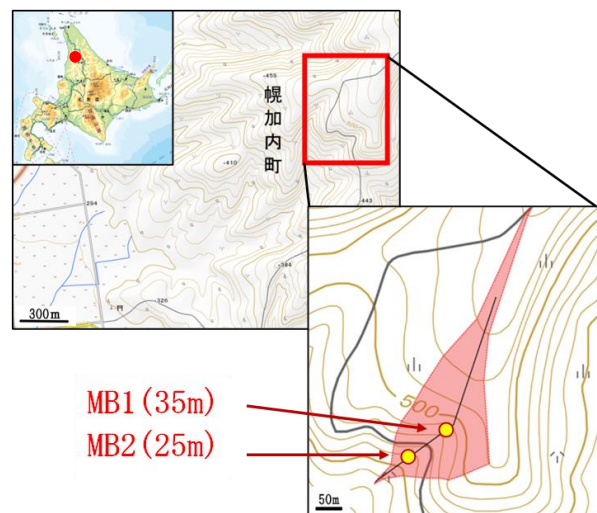


図1 雨龍研究林内 家内流域



図2 家内流域断面図

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = Q \left(\frac{\ln(\psi/\psi_m)}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 S_e : 有効飽和度、 θ : 体積含水率、 θ_r : 残留体積含水率、 θ_s : 飽和体積含水率、 ψ : 圧力水頭、 ψ_m : $S_e=0.5$ のときの圧力水頭、 σ : 水分特性曲線の湾曲度の特徴づけるパラメータである。

式(1)の各パラメータおよび飽和透水係数について、各風化区分と土層間でt検定を行い、それぞれについて有意差があるかどうかを調べた。また、飽和透水係数については、亀裂の影響を評価するため、

調査ボーリング実施時に現場透水試験で得られた透水係数と比較した。

3. 結果・考察

図3に風化区分ごとの平均的なパラメータを用いて求めた平均的な水分特性曲線を示す。

強風化層では圧力水頭0~-200cm程度まで含水率の変化があることから、比較的大きな空隙が多いことが推察される。飽和透水係数は $3.1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ と例外的に高い値を示すサンプルもあったが、それ以外は $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s} \sim 4.1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ であった。これは土層下部（地表から深さ295cm）の値（ $7.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ）と近い。t検定によっても、土層—強風化層間で有意な差が見られなかった（ $p > 0.05$ ）。土層—強風化層間では θ_s 、 θ_e は土層の方が有意に大きかったため、飽和体積含水率と圧力水頭変化時に移動する重力水・毛管水の量については基岩—土層で差があるといえるが、風化が進んでマトリクス部が土層に近い性質を持つようになっていると思われる。

中風化層では、圧力水頭0cmから-50cmにおける体積含水率の変化が小さく、それ以下で体積含水率がほぼ変化しないことから、マトリクス部の空隙が少ないことが分かる。飽和透水係数は $2.5 \times 10^{-8} \text{cm/s} \sim 6.9 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ と小さく、マトリクス部における水の流動はごくわずかであると考えられる。中風化層の現場透水係数の値は $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ であり、マトリクス部の飽和透水係数よりも大きい。このことから中風化層における地下水流動に亀裂が寄与していることが推測できる。

弱風化層では中風化層と似た特徴を持つ水分特性曲線を得た。飽和透水係数は $6.7 \times 10^{-9} \text{cm/s} \sim 4.0 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ と非常に小さかったが弱風化層の現場透水係数の値は $2.9 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ であり、中風化層に比べて両者の差が大きく中風化層以上に地下水流動に亀裂が寄与していると考えられる。

水分特性曲線パラメータのt検定では、 θ_e で強風化層が弱風化層より有意に大きく、 ϕ_m で有意に小さかったが、その他のパラメータ、風化区分間では有意差が見られなかった。図3に示した水分特性曲線からも、水移動を規定する比水分容量は3つの風化区分では大きな差がないといえる。飽和透水係数のt検定では、風化区分間の全ての組み合わせで、風化が進んだ層の方が有意に大きいという結果になった。透水性に関しては、今回用いた基岩の分類方法がよく当てはまっていると考えられる。

以上より、基岩マトリクス部の保水性・透水性は低く地下水流動にはほとんど関与していないと思われるが、風化の進んだ上部で保水性・透水性が比較的高く、風化の進んでいない基岩下部ほど水の流動に亀裂が大きく関与しているということが推測できる。

4. おわりに

本研究では基岩の透水性・保水性を計測し、その特徴を明らかにすることができた。今後は得られた透水性・保水性を用いて本流域における基岩を含めた水の流動を解析していく必要がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費JP19H02392、国土地理協会学術研究助成、クリタ水・環境科学振興財団国内研究助成を受けて実施した。

参考文献

- Katsura et al. (2009) : Vadose Zone J. Vol. 8, Issue 3, pp. 557-573
Kosugi (1996) : Water Resour. Res. Vol. 32, pp. 2697-2703

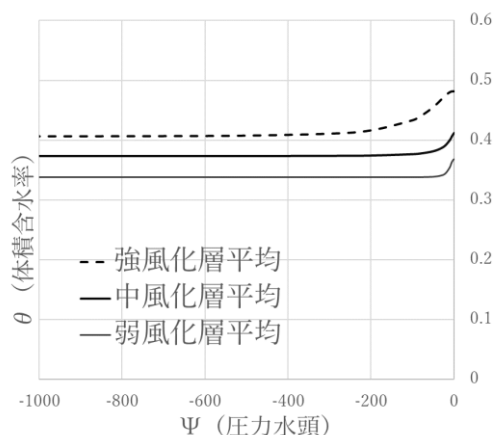


図3 風化区分ごとの水分特性曲線