

樹木根系の存在が花崗岩地域での雨水の挙動に及ぼす影響に関する現象論的研究

信州大学農学部（現 長野県伊那建設事務所） ○夏目 明歩
 信州大学学術研究院農学系 平松 晋也

1. はじめに

山腹斜面を構成する表層土は、表層崩壊の発生源として位置づけられ、その内部には樹木根系や大小の孔隙（パイプ）、礫、クラック等の不均一要素が多数存在している。表層崩壊の予測精度向上のためには、これらの不均一要素が土壌内部での水移動に及ぼす影響を定量的に把握する必要がある。しかし、森林土層内で最も一般的かつ多量に存在する「樹木の根系」が土層内部の水移動に及ぼす影響を明らかにしようとした研究事例は、変成岩地域を対象とした宮前（2004）の研究を除いてほとんどみられないというのが現状である。本研究では、変成岩とは異なり高い透水性を有する花崗岩地域内に生育する樹木の根系が土層内部で生じる雨水の挙動に及ぼす影響を定量的に把握することを目的として現地散水実験を行った。

2. 試験地の概要と現地散水実験

研究対象地は、長野県上伊那郡飯島町に位置する与田切川流域内の小流域（流域面積 1.33ha）の尾根付近で、地質は花崗岩である。実験装置は、散水装置とトレンチ断面（深さ 100cm×幅 160cm）に設置した採水装置及び土壌水分計とテンシオメータにより構成される（図-1）。図-2に示すトレンチ断面には、樹木根系周辺からの流出量を計測するため、深度 20, 25, 30, 35, 70cm の 5 深度に存在する根系（活性根（7 箇所）と腐朽根（2 箇所））に採水装置を設置した。さらに、樹木根系周辺からの流出量との比較のため、深度 25, 30, 35, 40, 50（2 箇所）、70（2 箇所）cm の 6 深度のマトリックス部（8 箇所）にも同様の採水装置を設置した。採水部からの流出水は、流出量の比較的多い箇所については 1 転倒 4cc の転倒マスを用いて自動計測し、それ以外の箇所についてはポリビンを用いて手で計測した。散水強度としては、目標散水強度を 25, 45, 75, 95mm/hr の 4 パターン設定し、1 散水強度に対して 2 回の散水実験を行った。また、散水区域への総供給水量が同量（530L）となるように散水強度に応じて 3.7～15 時間と散水時間を変化させた。

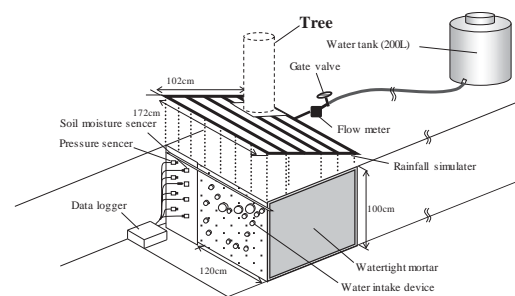


図-1 散水実験装置の概要

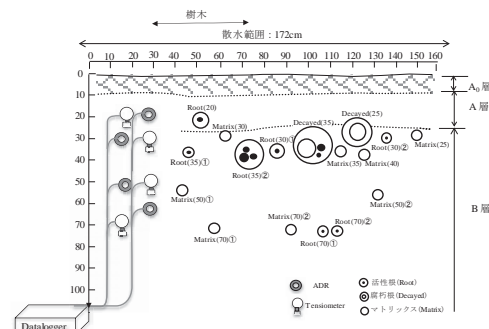


図-2 土層断面の採水装置と計測機器の設置状況

3. 実験結果

各採水部からの流出量の経時変化について、Case.75-1 を一例として図-3 に示す。各採水部からの流出開始後 10～60 分で定常状態に到達していることがわかる。また、流出開始から定常状態までの流出量の上昇度合いは、マトリックス部より根系周辺部の方が大きいという傾向が認められる。

25cm 深度の Decayed (25), Matrix (25) と 70cm 深度の Root (70) ②, Matrix (70) ②からの流出開始時間と散水強度との関係を図-4 に示す。樹木根系の存在の有・無にかかわらず、散水強度の増加とともに流出開始時間が早くなることがわかる。この傾向は、ほぼすべての深度において確認され、流出開始時間は散水強度に依存する事実が確認された。また、深度 70cm 地点では散水強度が 22, 25mm/hr と弱い場合において、マトリックス部では土層断面が湿っているものの流出までには至らなかったのに対し、根系周辺部では流出がみられ、マトリックス部より根系周辺部からの流出開始時間の方が早いという事実が確認された。この興味深い事実は、透水性の高い花崗岩地域での根系周辺部を選択的に流れ

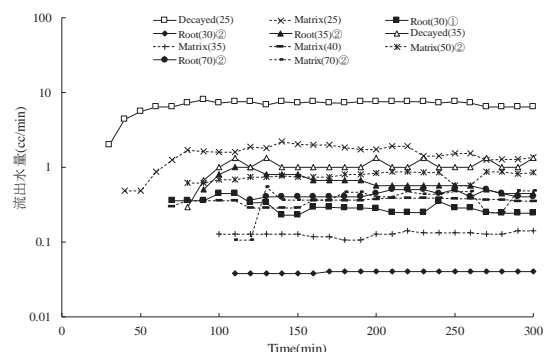


図-3 採水部からの流出量の経時変化 (Case.75-1)

る水路の存在を示唆するものである。

各採水部からの定常状態時の流出水量と深度との関係について Case.95-2 (散水強度 96.95 mm/hr) を一例として図-5 に示す。最も流出水量が多い深度 25cm に位置する腐朽根周辺部からの流出水量は 13.07cc/min と、同一深度のマトリックス部 (流出水量 0.21cc/min) に比べて 2 オーダー程度大きいことがわかる。また、深度 35cm に位置する根系 (活性根・腐朽根) からの流出水量も同一深度のマトリックス部の値を大きく上回り、この傾向は全実験ケースにおいて確認することができた。

4. 樹木根系の存在が雨水の挙動に及ぼす影響

樹木根系の存在による断面からの流出水量の増加量 (以下、根系流量: Δq_R と呼ぶ) は、定常状態時における根系部周辺からの流出水量: Q_R と同一深度の定常状態時におけるマトリックス部からの流出水量: Q_M を用いて (1) 式により求められる。

$$\Delta q_R = [Q_R - \{Q_M \cdot (A_1 - A_R) / A_2\}] \cdot \dots \cdot (1)$$

ここに、 A_1 : 樹木根系が存在する採水部の断面積 (cm^2), A_2 : マトリックスのみの採水部の断面積 (cm^2), A_R : 採水部内に存在する根系の総断面積 (cm^2) である。

(1) 式により得られた Δq_R は、「散水強度: R 」, 「根系の出現深度: Z 」, 「根系の円周長: S 」, 「散水実験開始時の飽和度: S_r 」を用いて (2) 式で表すことが可能となり、同様に、宮前 (2004) による変成岩地域での現地散水実験結果を基に (1) 式を用いて得られた Δq_R も (3) 式で表すことができる。

$$\text{花崗岩地域: } \Delta q_R = 1.530 \times 10^1 \times R^{0.738} \times Z^{-1.559} \times S^{1.041} \times S_r^{1.753} \dots \dots (2)$$

$$\text{変成岩地域: } \Delta q_R = 1.492 \times 10^{15} \times R^{2.113} \times Z^{10.270} \times S^{2.793} \times S_r^{13.784} \dots \dots (3)$$

花崗岩地域、変成岩地域ともに説明変数 (R , Z , S , S_r) の係数は、 $|S_r| > |Z| > |S| > |R|$ の順となり、地質の違いにかかわらず、根系流量: Δq_R には、散水実験開始時の飽和度が最も大きな影響を及ぼし、次いで根系の出現深度 \Rightarrow 根系の円周長 \Rightarrow 散水強度の順となることがわかる。また、両地域間での各要素が根系流量に及ぼす影響度合いを比較した図-5 より、 Δq_R に対する寄与度合は、散水強度、根系の出現深度、根系の円周長ともに、変成岩地域よりも高い透水性を示す花崗岩地域の方が大きいことがわかる。以上の結果より、異なる透水性を示す花崗岩地域と変成岩地域での根系流量に対する「散水強度」、「根系の出現深度」、「根系の円周長」、「散水実験開始時の飽和度」の影響度合いは異なり、特に、散水強度と根系の円周長による影響度合いは、花崗岩や変成岩といった地質の違いにより大きく変化するという事実が明らかになった。

5. おわりに

本研究で使用した散水装置では樹幹流を再現することが不可能であり、土層断面に設けた数箇所の採水部からの流出が確認できないという不具合が生じた。このため、今後は、散水装置を改良するとともに散水方法を改善し、自然条件に即した自然降雨の再現が可能となる現地散水実験を行うことにより取得サンプル数を増やし、根系流量再現式の精度向上を図る必要がある。また、同試験斜面地で行われている自然降雨を対象とした現地水文観測結果に対して本研究で提示した根系流量予測式を適用することにより、同式の妥当性及び汎用性について検討を加える必要がある。将来的には、本研究で得られた知見を基に、不均一性要素を考慮した表層崩壊発生予測モデルを構築し予知・予測精度の向上を目指す予定である。

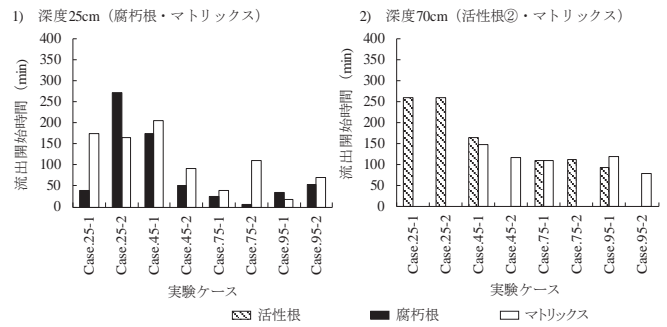


図4 散水強度と流出開始時間との関係

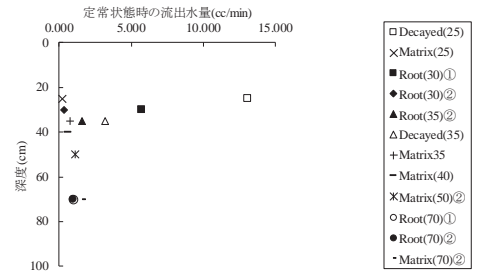


図5 各採水部からの定常状態時の流出水量 (Case.95-2)

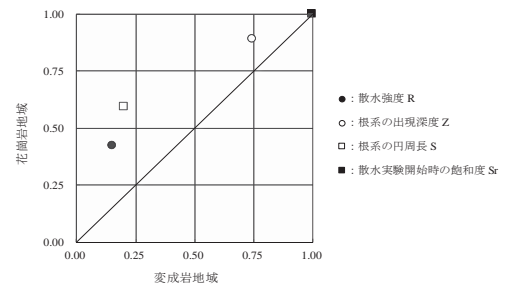


図6 根系流量再現式 (花崗岩地域・変成岩地域) の累乗係数比の比較