

# 花崗岩地域における雨水の鉛直浸透過程に及ぼす樹木根系の影響

信州大学農学部 ○佐伯 響一・平松 晋也

## 1. はじめに

地表面に到達した雨水の移動の場である森林土壌中には、樹木根系やその腐朽、地中の小動物の活動や雨水の集中により形成される大小の孔隙（パイプ）、土層中に点在する礫（転石）、地震に起因したクラック等が多数存在するため、土壌構造の不均一性は極めて大きい。このため、土層内の水移動を正確に把握し水循環や崩壊発生の予知・予測問題へと展開していくためには、これらの土壌の不均一性が土壌内部での雨水の挙動に及ぼす影響を定量的に把握する必要がある。

本研究では、このような森林土壌の取り扱いに起因した水移動過程や崩壊予測問題に関する現状を踏まえ、斜面の不均一性を構成する「パイプ」、「樹木の根系」、「転石（礫）」、「亀裂」等の要素のうち、森林土壌内で最も一般的かつ多量に見られる「樹木の根系」に着目し、擬似根系を用いた室内鉛直浸透実験を実施することにより、樹木根系が雨水の鉛直浸透過程に及ぼす影響について定量的評価を試みた。

## 2. 鉛直浸透実験

実験装置は、図-1に示すように、内径20cm、高さ30cmの塩化ビニルの円筒、散水装置、貯水タンク、貯水タンクから供試体へと給水するための微量定量ポンプ、流出量計測用の電子天秤及びデータロガー（パソコン）から構成される。供試体として、信州大学農学部附属AFC手良沢山演習林の現地土壌（花崗岩）を現場密度で充填したものと、現地土壌との比較対象として、豊浦標準砂と8号径砂の混合試料（質量比3:2で配合）の2種類を用いた。微量定量ポンプを用いて供試体上部に与えられた雨水は、供試体内部を浸透し、下端部に設置した三角堰の越流量として電子天秤により10秒間隔で自動計測される。現地土壌と混合試料に対して擬似根系の断面積とその形態（活性根・腐朽根）をそれぞれ変化させた場合に対し

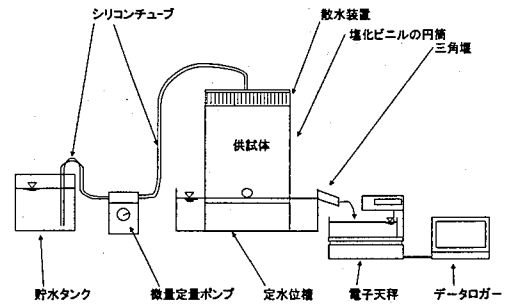


図-1 鉛直浸透実験の概要

て散水強度10mm/hr～90mm/hrの範囲内で散水実験を実施した。供試体内部に埋設する擬似根系としては、長さ27cmで直径1cm～3cmの木の棒を擬似活性根として使用し、また同直径の中空のアルミパイプに上部から13.5cmまで1cm間隔で直径5mmの穴を二方向に開けたものを擬似腐朽根として使用した。

散水強度75mm/hr（現地土壌）と散水強度60mm/hr（混合試料）を与えた場合を例として、擬似根系の断面積と形態をそれぞれ変化させた場合の供試体下端部からの地下水流出量の経時変化を図-2と図-3に示す。擬似根系の断面積（円周）の増加とともに地下水流出開始時間や地下水流出量が定常状態に達するまでに要する時間が短縮され、また活性根よりも腐朽根においてその傾向が顕著となっていることがわかる。他の散水強度においても同様の傾向が認められた。

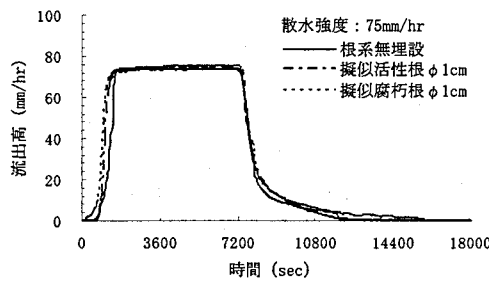


図-2 擬似根系の断面積と形態を変化させた場合の地下水流出量の経時変化（現地土壌）

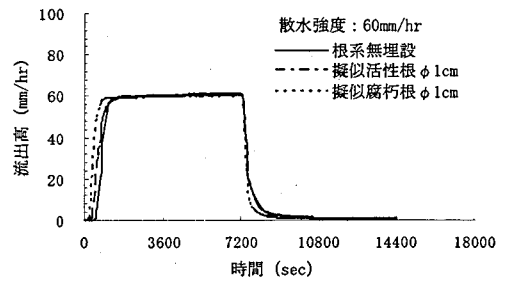


図-3 擬似根系の断面積と形態を変化させた場合の地下水流出量の経時変化（混合試料）

## 3. 考察

### 3.1 樹木根系が土層内部での雨水の鉛直浸透に及ぼす影響

現地土壌、混合試料ともに擬似根系の円周長の増加とともに地下水流出開始時間が短縮される傾向が認められ、この傾向は散水強度の増加とともに顕著に現れている。流出開始時間:  $T_a$  (sec) は「擬似根系の円周長:  $S$  (cm)」と「散水強度:  $R$  (mm/hr)」を用いて(1)式（現地土壌：活性根）、(2)式（現地土壌：腐朽根）及び(3)式（混合試料：活性根）、(4)式（混合試料：腐朽根）でそれぞれ累乗近似可能となる。

$$T_a = e^{(-0.126 \cdot S + 9.148)} \cdot R^{-0.594} \dots\dots (1)$$

$$T_a = e^{(-0.403 \cdot S + 11.682)} \cdot R^{-1.210} \dots\dots (2)$$

$$T_a = e^{(-0.074 \cdot S + 9.145)} \cdot R^{-0.789} \dots\dots (3)$$

$$T_a = e^{(-0.280 \cdot S + 8.846)} \cdot R^{-0.685} \dots\dots (4)$$

(1)~(4)式による計算値と実測値との関係を示す図-4より、(1)~(4)式の再現精度の高さが確認された。(1)~(4)式中の係数を相互に比較すると、(1)、(2)式(現地土壌)では(3)、(4)式(混合試料)に比べ円周長:Sの係数が2~3倍大きく、現地土壌は混合試料よりも地下水流出開始時間に根系の影響を強く受けることが明らかになった。また、根系の形態の相異に着目すると、擬似腐朽根を埋設した場合の(2)、(4)式の円周長:Sの係数は、擬似活性根を埋設した場合の(1)、(3)式よりも2倍程度大きくなっていることより、活性根よりも腐朽根の方が地下水流出開始時間に大きな影響を及ぼすことが確認された。

### 3.2 樹木根系が地下水流出量に及ぼす影響

擬似根系の埋設にともなう地下水流出量の増加量と擬似根系の円周長との関係を図-5に示す。地下水流出量の増加量:ΔQ(cc)は、擬似根系を埋設した場合と埋設しない場合の供試体下端部からの地下水流出量の差の累加値として(5)式より算出した。

$$\Delta Q = \sum_{n=1}^{te} \left\{ \frac{Q_R(t) - Q_0(t)}{60 \times 60 \times 10^3} \right\} \times A \times 10 \dots\dots\dots (5)$$

ここに、ΔQ:地下水流出量の増加量(cc)、 $Q_R(t)$ :擬似根系がある場合のt時の地下水流出高(mm/hr)、 $Q_0(t)$ :擬似根系がない場合のt時の地下水流出高(mm/hr)、 $t_e$ :擬似根系がある場合と無い場合の供試体下端部からの地下水流出量の差がなくなるまでの時間、A:供試体の断面積(cm<sup>2</sup>)である。擬似根系の埋設に伴う地下水流出量の増加量は、擬似根系の円周長の増加とともに増加し、この傾向は散水強度の増加とともにより顕著になる。直径1cmの擬似活性根を埋設した場合の地下水流出量の増加量と散水強度との関係を図-6に示す。混合試料を用いた場合、根系の形態の如何に関わらず地下水流出量の増加量と散水強度の間には正の相関関係が認められる。これに対して現地土壌を用いた場合、60mm/hr程度の散水強度までは散水強度の増加とともに地下水流出量の増加量も増加するものの、この値を境に地下水流出量の増加量は減少傾向を示すようになる。

### 3.3 根系周辺部での雨水の挙動

擬似根系を埋設した場合の供試体下端部からの地下水流出量から擬似根系を埋設していない場合の地下水流出量を差し引いたハイドログラフを「擬似根系周辺部での雨水の挙動」と定義し、散水強度75mm/hr(現地土壌)と散水強度60mm/hr(混合試料)を与えた場合を例として図-7、図-8に示す。混合試料では、擬似根系の円周長に比例して地下水流出量のピーク流量が増加している。この傾向は現地土壌の場合にも概ね同様に認められるものの、根系による影響が現れ始める時間は現地土壌より混合試料の方が早くなっている。同一直径の擬似活性根埋設時と擬似腐朽根埋設時における流量の差は、現地土壌に比べ混合試料の方が大きい。しかし、これは現地土壌において擬似腐朽根埋設時の流量が小さいというより、擬似活性根埋設時の流量がより大きい事実起因するものである。この事実は現地土壌の場合、埋設された擬似根系の形態の差異よりも、擬似根系の埋設の有無の方が土層内部での雨水の挙動により大きく影響を及ぼすことを示唆するものである。

## 4. おわりに

本研究では樹木根系の存在が土層内での水移動に及ぼす影響を定量的に把握するとともに、将来的には崩壊予測問題へと展開することを目的とし、「花崗岩地域の現地土壌」と「豊浦標準砂と8号径砂の混合試料」を用いて室内鉛直浸透実験を実施した。その結果、樹木根系の存在が土層内での雨水の挙動に多大な影響を及ぼすことが明らかになった。しかし、これらの結果は、疑似根系に対して実験室内で得られた結果であるため、今後は本研究で得られた結果の現地斜面での確認が必要となる。

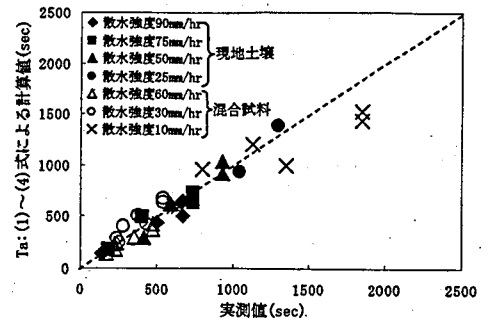


図-4 地下水流出開始時間の計算値と実測値との比較

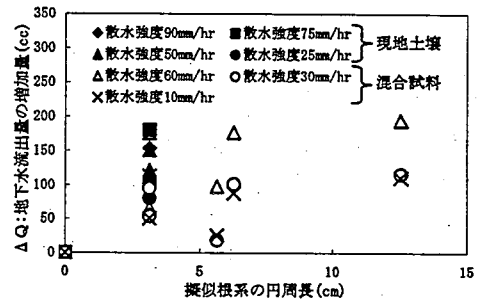


図-5 地下水流出量の増加量と擬似根系の円周長との関係

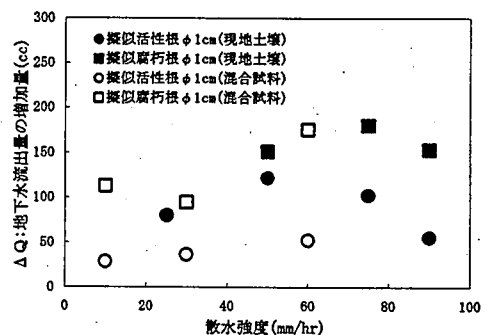


図-6 地下水流出量の増加量と散水強度との関係

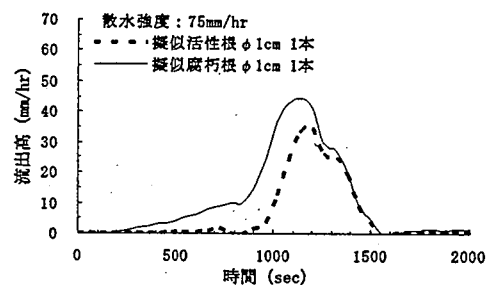


図-7 擬似根系周辺部の雨水の挙動 (現地土壌)

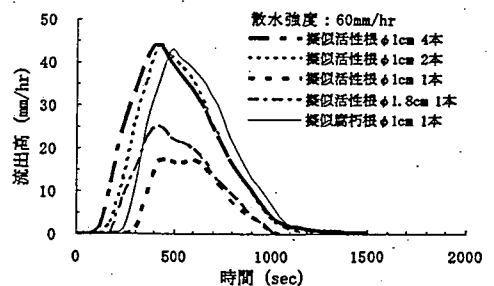


図-8 擬似根系周辺部の雨水の挙動 (混合試料)