

斜面土層内の雨水流出に関する現象論的考察

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、斜面の不均一性を構成する要素のうち、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、自然斜面に比べ不確定要因を排除可能なライシメータを用いて、樹木根系が雨水の浸透過程に及ぼす影響について定量的評価を試みた。

2. ライシメータによる自然降雨観測の概要

ライシメータとは、周囲から分離された土柱体をつくり、水収支測定を行えるようにした装置のことである。本研究では、長野県伊那市西箕輪中条の環境防災研究所内に既設の2基のライシメータを用いて自然降雨時の流出量観測を行った。図-1に示すライシメータAは裸地であり、ライシメータBはアカマツによって被覆されている。ライシメータの斜面形状と構造は、図-2に示すように、斜面長5.0m、幅3.0m、傾斜30°であり、周囲と底面がコンクリート壁で密閉されている。斜面下流端の壁には、縦方向に約35cm間隔で4段（上から0cm、35cm、70cm、105cm深度）、横方向に約30cm間隔で9列の合計36箇所の流出孔（パイプ：内径6.0cm）が設置され、流出水を捕捉可能な構造となっている。流出量は深度毎に1転倒3.75ccの転倒マス型雨量計を用いて自動計測した。斜面には、最深部から表層に向かって碎石、礫、川砂、土砂（花崗岩）が充填されている。降雨量はライシメータB近傍に既設の1転倒0.5mmの転倒マス型雨量計を用いて計測した。

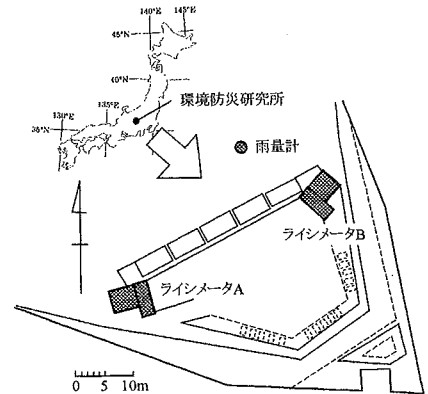


図-1 ライシメータの位置

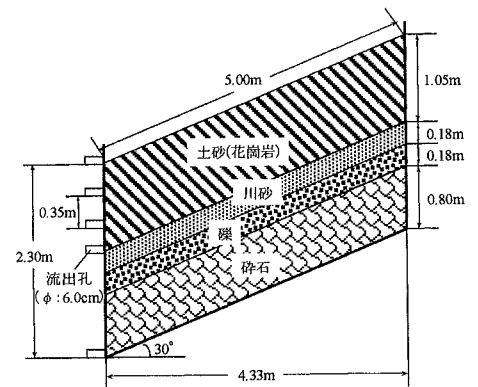


図-2 ライシメータの概要（縦断面図）

3. 観測結果

本研究では、観測開始から積雪が認められるまでの2007年4月20日～2008年1月30日の期間を解析対象とした。

ライシメータからの流出量は、0cm深度における観測期間の総流出量がライシメータA；Bでそれぞれ0.110mm；0.175mmと他の深度に比べ極端に少量であったため、ここでは35cm、70cm、105cm深度からの流出量を解析対象とした。ライシメータA、Bでの流出量（代表として最表層部：35cm深度、最深部：105cm深度）の経時変化を図-3に示す。降雨ピークに対する流出ピークの遅れ時間を指標とし、ライシメータA（裸地）、B（アカマツ）の降雨に対する反応を比較すると、両者に顕著な差は認められなかった。一方、降雨に対するライシメータの深度毎の反応を比較すると、表層から深部に向かって遅れ時間が長くなる。この遅れ時間は前期降雨からの期間が短く斜面土層内が湿潤な場合は10分程度であるが、期間が長くなり斜面土層内が乾燥している場合は最大で12時間程度も要する結果となった。各降雨イベントに対してライシメータA（裸地）、B（アカマツ）の流出量を深度毎に比較すると、最表層部である35cm深度と70cm深度ではライシメータAの方がBより大きな値となったのに対し、最深部

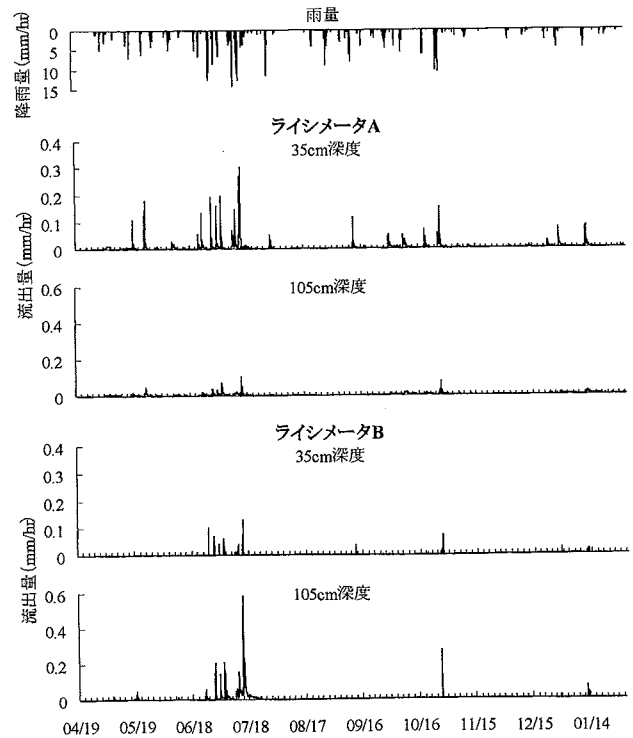


図-3 降雨量とライシメータA、Bでの流出量（35cm, 105cm深度）

である 105cm 深度では逆にライシメータ B の方が A よりも大きな値を示す結果となった。これらの結果は「樹木根系が雨水の降下浸透を促進させる」という事実を示唆するものである。

4. 基岩面に対する根系の影響

ライシメータ A, B の各深度からの累加流出量の経時変化を図-4 に、ライシメータ A と B の流出量の差 (A-B) の累加量の経時変化を図-5 に示す。ライシメータ A (裸地) では 70cm 深度からの流出量が最も多く、最深部である 105cm 深度からの流出量が最も少なかった。一方、ライシメータ B (アカマツ) では、最表層部である 35cm 深度からの流出量が最も少なく、深度の増加とともに流出量も増加し、最深部である 105cm 深度からの流出量が最も多いという結果となった。35cm, 70cm, 105cm 深度の各流出量の合計に対する各深度からの流出量の比率は、ライシメータ A では最大の流出量を示した 70cm 深度でも 47% 程度であったのに対して、ライシメータ B では最大の流出量を示した 105cm 深度では 80% 程度と、他の深度に比べ極端に大きな値を示した。また、累加雨量と各深度からの累加流出量との関係を眺めると、ライシメータ A では概ね類似した増加パターンを示すのに対して、ライシメータ B では降雨と流出量の波型にほとんど類似性は認められず、流出量が大きく増加した 7 月中旬以降は流出量が極端に減少する結果となった。

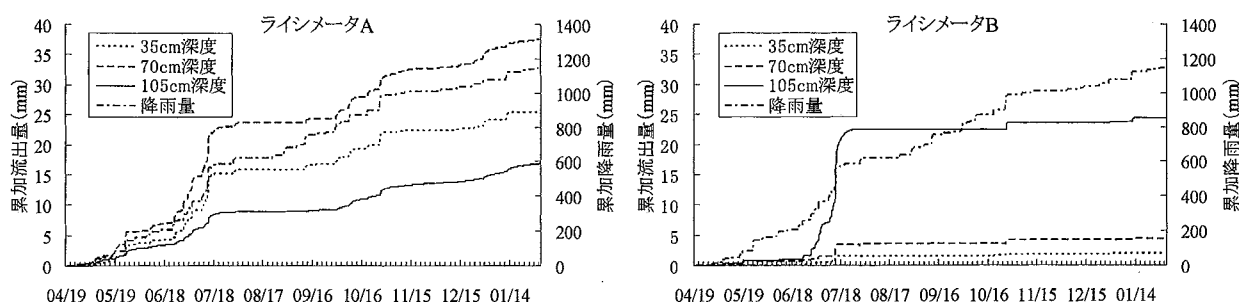


図4 累加降雨量とライシメータ A, B の各深度からの累加流出量

図-5 より 70cm までの浅い深度では、ライシメータ B (アカマツ) より A (裸地) の方が流出量が多いのに対し、105cm 以深の深い深度では、逆にライシメータ A より B の方が大きな流出量を示した。これらの結果より「樹木根系が雨水の降下浸透を促進させる」という事実が確認された。

降雨イベント毎のライシメータ A, B の降下浸透量と総降雨量との関係を図-6 に示す。本研究では、降下浸透量とはライシメータへの土砂 (花崗岩) の充填厚である 105cm 以深への雨水の到達水量と定義し、自然斜面での基岩面への到達水量と同義に取り扱った。ライシメータの構造上、降下浸透量を直接計測することができないため、降雨イベント毎に以下の式を用いて降下浸透量を求めた。

$$I = R - (D_0 + D_{35} + D_{70})$$

ここに、I: 降下浸透量 (mm); R: 総降雨量 (mm); D_0 , D_{35} , D_{70} : それぞれ 0cm, 35cm, 70cm 深度からの流出量 (mm) である。図-6 より、全ての降雨イベントに対してライシメータ A (裸地) より B (アカマツ) の方が大きな降下浸透量を示した。またライシメータ A と B の降下浸透量の差は、総降雨量 30mm 程度までは 1~2mm 程度であったが、30mm 以上の降雨イベントでは 3~8mm 程度と大きくなり、総降雨量の増加とともに降下浸透量の差は大きくなることがわかる。ライシメータ A と B の降下浸透量の差は、ライシメータ B に樹木根系が存在するために発生したものである。以上の結果より「樹木根系が雨水の降下浸透を促進させる」効果は、総降雨量の増加とともに顕著になることが明らかになった。

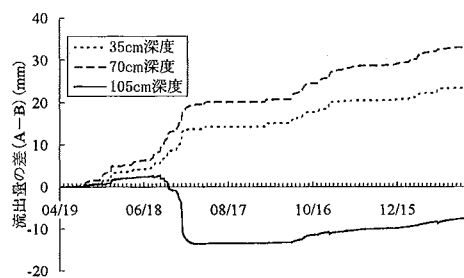


図5 ライシメータ流出量の差 (A-B) の累加量

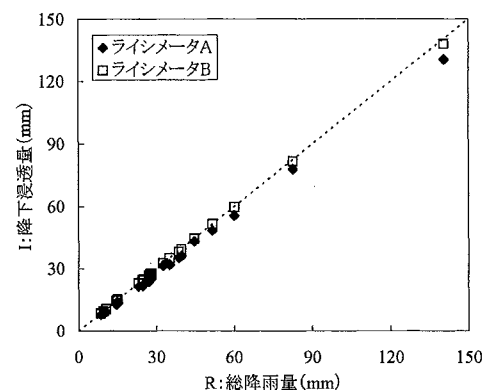


図6 ライシメータ A, B の降下浸透量と総降雨量との関係

5. まとめ

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、植生の異なる 2 基のライシメータを用いて自然降雨観測を行った。その結果、樹木根系の存在が雨水の降下浸透を促進させ、その効果は総降雨量の増加とともに顕著になることが明らかになった。

当ライシメータでの自然降雨観測は現在も継続中であり、今後はさらにデータを蓄積することにより樹木根系が斜面内部での水循環に及ぼす影響について、総合的に考察を加えていく予定である。