

(Ⅱ-35) 自然林地斜面域における不飽和帯水分の移動機構について

法政大学工学部 正員 岡 泰道
東京大学生産技術研究所 正員 虫明功臣
〃 正員 小池雅洋

1. はじめに

本研究では豪雨時の斜面域での不飽和帯水分挙動、ならびに出水系に及ぼす効果を土壤特性との関連で捉えることを目的としており、ここでは林地斜面を対象とした不飽和帯水分挙動の解析結果を述べる。

2. 対象流域の概要

対象とした長池試験流域の概要を図1に示す。流域の地層は各年代のローム層から構成されている。W6-L地点付近の土質試験結果¹⁾によれば、ローム層下部の火山灰質粘土層では透水係数が 10^{-6} cm/secのオーダーを示すものもあり、これが不透水性基盤となり、その上部に不圧地下水が存在している。地下水位は地表面下4~15m程度の範囲で季節的に変動し、かつ雨に対する水位の反応が敏感である。粘土層は、尾根から谷地さらに長池の底部にかけて連続的に分布しており、池の形成条件となるとともに、長池はこの層から上部の不圧地下水によって涵養されている。

自然林地斜面における土層の水分保持特性の分布を把握するため、図1に示した谷型斜面(G~I)と尾根型斜面(J~L)の高、中、低位部においてサンプリングを実施した。試料採取深度は25, 75, 125, 200cmの4深度である。35個の採取試料を用いた室内試験結果から求めた深度方向の三相分布(図2)をみると、表層30~50cmまでは腐葉土層、その下部は関東ローム層となっている。前者では気相(pF0~2に相当する間隙率)が30~40%、後者では10%前後の値を示している。斜面の地形上の位置による水分特性曲線の相違はあまり大きくない。斜面部位による相違はある程度みられ、尾根部から谷地部に向って粗大間隙(pF2.0以下に相当)が減少する傾向にある。飽和透水係数は、谷型斜面の中・底位部II、Iと尾根型斜面の底位部Lの深度200cm付近で 10^{-5} cm/secオーダーを示すが、尾根を含めた斜面中位より上では、深度50cm以深では 10^{-3} ~ 10^{-4} cm/sec、深度25cm付近では 10^{-2} ~ 10^{-3} cm/secとなっている。したがって、谷地部はやや透水性の低い土壌により構成されていると言える。

3. 二次元モデルによる豪雨時の流出機構の評価

a. モデル化の方法：解析の基礎式としてはRichards式を用いたが、本研究の目的は数値解析手法の開発ではなく、土壤の物理的特性に着目した数値シミュレーションであるため、解析の前提となるパラメータ群を土壤の水分特性曲線を基礎として決定したうえで数値解析に組込む²⁾³⁾。

図1のJ-K-Lの線に沿う斜面を対象とし、図3に示すような三角形要素に分割した。土壤特性が深度により異なることを考慮し、パラメータは深度方向に4~7層に分割して用いている。斜面中腹部より上位の深度方向の飽和透水係数の分布は図4のように設定した。境界条件はDE、EAが不透水境界、ABは浸潤面で浸潤点に水位を与えるという条件で、浸潤点は地下水位の上昇とともに上方に移動する。BD面には降雨をフラックスとして与える。初期条件は、不飽和帯部分については、降雨直前の尾根部のテンシオメータ記録を参考にしたが、初期条件が地下水位および流出寄与域の変動に与える影響をみるために、湿潤条件(表層不飽和帯部で-100cmH₂O)と既往最大に近い乾燥条件とを用いた。また、地下水帯部分については、この斜面に沿う測線上の尾根付近と谷地部にある地下水位観測井の記録、および電気探査法による推定地下水面形状¹⁾に基づいて規定した。

b. 豪雨時の斜面内部での不飽和帯水分の挙動：シミュレーションの対象とした降雨を図5に示す。まず、地下水位の変動がやや大きい結果となる湿潤条件下での結果を述べる。図6には、降雨開始前と降雨強度がピークとなる17時間後の、斜面全体の吸引圧分布を示している。斜面のいずれの部位においても地表に近い部分は降雨に対する反応がきわめて速く吸引圧の急激な低下が見られる。一方、その下層から地下水

面までの不飽和帯部分は吸引圧の変化はあまりなく、伝達帯の役割を果たしていると考えられる。地下水位の変化も若干みられるが、初期条件の与え方による影響が混在している部分もあったようである。また、斜面中腹より上流側は鉛直浸透が卓越し、下流側では地下水位の上昇、流出寄与域の拡大の影響が顕著に表れていることがわかる。湿潤条件の場合と直接には比較できないが、乾燥条件では中腹より上の変化がかなり遅れるのに対して、斜面下位では同程度の変化が生じている。これは、乾燥時においても、下流域では地下水位が浅く、不飽和帯への地下水からの水分供給があるためと考えられる。

引用文献：1) 虫明ら(1978)：生産研究，30巻，11号，pp.30-33. 2) Musiak et al.(1988)：J.of Hydrology, Vol.102, pp.179-200. 3) 岡ら(1989)：水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集，pp.119-122.

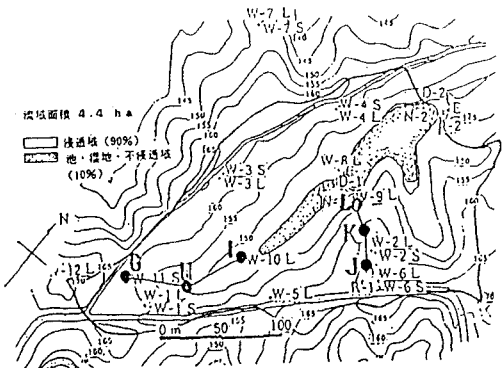


図1 長池試験流域（自然林地）の概要

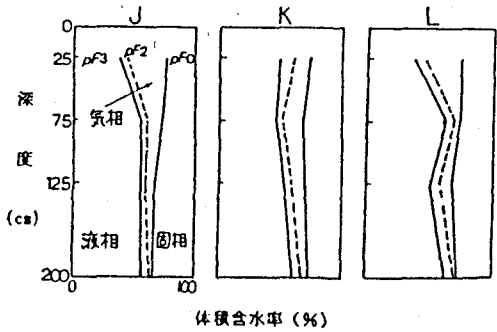


図2 自然林地斜面の深度方向の三相分布

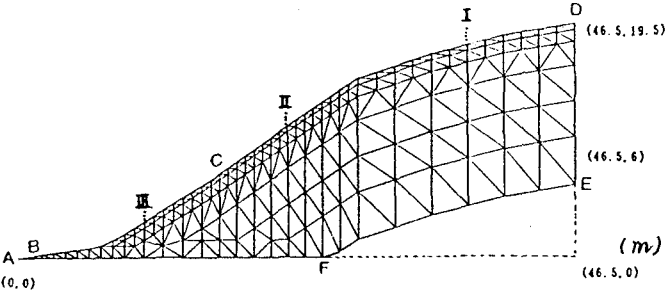


図3 自然林地斜面のモデルとメッシュの設定状況

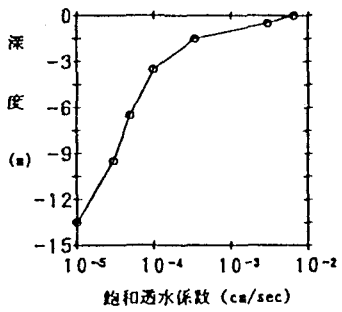


図4 飽和透水係数の深度方向分布

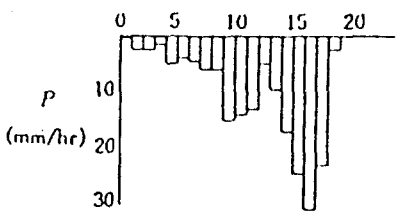


図5 対象降雨

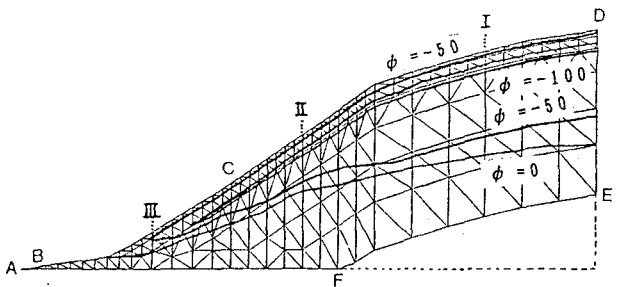


図6 斜面内の不飽和帯吸引圧分布（17時間後、湿潤条件）