

国立防災科学技術センター 正員 岸井徳雄
同 大倉 博

はじめに

表面流出の発生は、降雨特性（強度、総雨量、前期雨量等）により変化するとされている。さらに降雨を受ける小傾斜面の表層土壌内の水分量の状態も表面流出の発生に影響を及ぼすと考えられる。よって実際の小傾斜面でこれを研究することは大いに重要であるが実作業としては大へん困難である。

そこで、本報告では斜面表層土壌における水分量と表面流出量との関係について調べるため実験を行ったのでその結果を述べる。もちろん、実際の小傾斜面と実験斜面では、斜面の表層土壌の特性（空隙率、透水性等、植生等）が全く同一という条件ではないので、雨水の浸透、流下に対して水理学的的相似性は期待し難いが本実験では、実験斜面上の表面流出現象を定性的に理解する第一歩として、実験斜面における表面流出と表層土壌の水分量との関係を調べたものである。

実験方法

実験斜面は当センターの大型降雨実験装置内に作られ、巾4m、長さ13.8m、傾斜面10度で、土壌は関東ロームでその厚さは50cmであり2年間養生し、できるだけ自然状態の斜面に近付けた。土壌の特性として粒径は0.054mmから0.84mmのものが大半で、含水比70%、比重2.7、透水係数は $5.2 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ である。表面流出量の測定は、斜面下端において表面から5cmの深さにトタン板を押し込み、その上を流下してくる雨水を三角ゼキで受け行なった。従って本実験において表面流とは、表面下5cmより浅い土壌内および地表面を流下してきた雨水を言う。さらに斜面の土壌内における水分量を測定するため、図1に示すように斜面の下部（斜面下端から0.7m）、中央部（同じく0.5m）、上部（同じく0.9m）の位置に表面から5cm、25cm、の深さに計6ヶ所の水分計（テンションメータ）を埋設した。斜面の下部には深さ40cmの所にも1ヶ所埋設してあり、統計7ヶ所の

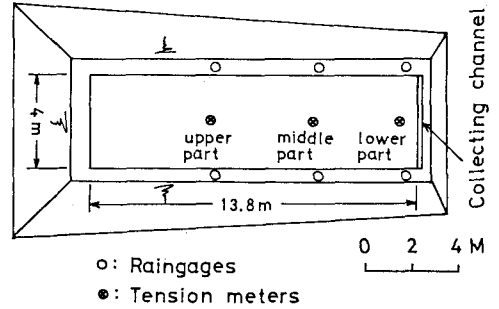


図1 実験斜面および土壌水分計の位置

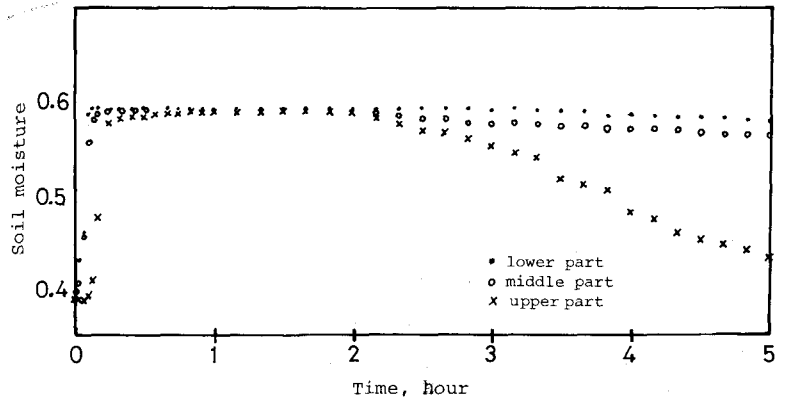


図2 斜面の表層土壌の水分変化

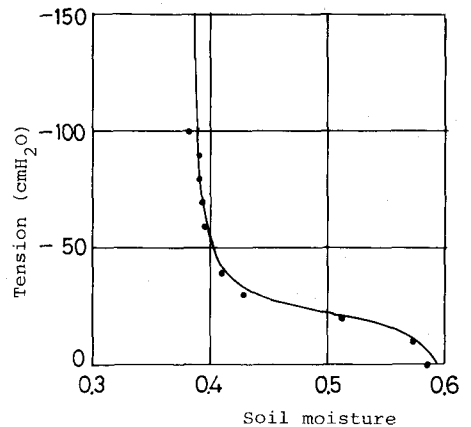


図3 土壌水分特性曲線

水分計を埋設した。各部における水分計の平面位置をテーセン分割し、各水分計の取眼面積を求めると斜面全面積(1)に対して斜面の下部は0.188, 中央部は0.301, 上部は0.511である。なお、水分計の精度は圧力と水頭に変換した値で $\pm 1\text{cm}$ である。

表面流出と土壌水分

表面流出と関連が深い表層土壌の土壌水分特性曲線を図3に示す。この図は、実験斜面の表層土壌のサンプルを種々の圧力下に置き、単位体積の土壌の水の容積、即ち、体積含水率(無次元)を測定し、その両者の関係をプロットしたものである。実験はこの圧力(ψ :cm)と体積含水率(θ)の関係を逆正接($\tan^{-1}$)と仮定し、最小二乗法により求めた。その関係式を

$$\theta = 0.075 \tan^{-1}(0.128\psi + 2.88) + 0.50$$

と表わす。

この関係式を用いて、水分計により得られた測定値(ψ :cm)から土壌水分(体積含水率)を知ることができ、図2は降雨強度 50mm/hr 、継続時間 2.0hr の降雨の場合の斜面表層土壌(深さ 5cm)の土壌水分の変化を示したものである。この図においては降雨開始後40分から2時間までの中央部と上部における土壌水分の値はほぼ同値(最大差で 0.004)、中央部の土壌水分の値のプロットは省略してある。

図2から本実験の降雨条件のもとでは降雨開始後土壌水分の値が一定に達する時間は、斜面の下部、中央部、上部の順で早く、斜面の下部が中央部に比べて早く飽和していること、降雨開始直後における土壌水分の増加率(立ち上りの勾配)は、斜面の下部、中央部、上部の順に大きいこと、降雨終了(降雨開始から2時間後)においては、斜面の下方程土壌水分の減少が小さいこと等から、表面流出の発生は、まず斜面の下部での土壌水分の変動に密接に関連していることが推測される。

そこで表面流出発生時までの斜面下部における水分量の増加を算出してみる。降雨開始から表面流出発生時までの時間は表面流出量の測定結果から7分間である。この時間内の斜面の下部において表面から 5cm までの表層土壌の水分量の増加は 9mm であり、一方、同時間内の降雨量は 5.8mm である。即ち、表面流出発生時までの収支を考えると降雨以外に斜面上方から下部に向って水分(雨水)の供給がなければならぬ。同時間内における斜面全面における表層土壌内の水分量の増加は 45mm であった。

次に、表面流出量(総量)と斜面の表層が飽和している区域上の降雨量との比較を行ってみる。斜面下部において土壌が飽和するのは降雨開始後10分であり、中央部では同じく30分後である。上部では飽和に達しない。飽和後降雨終了時までの斜面下部及び中央部における降雨量はそれぞれ 9.6mm 、 74.9mm である。これらの値に前述したテーセン分割によって得たウエイトをそれぞれ乗じて、斜面全面での平均雨量を求めると 39.8mm である。一方降雨開始後からほぼ表面流出が終了した時点(降雨終了後10分)までの表面流出総量は 37.4mm である。即ち、表面流出量は表層土壌が飽和している区域に降った雨水によって満たされると考えられる。

表層土壌からさらに下層の土壌への浸透量を計算する。まず降雨開始から表面流出終了時までの斜面各部の表層土壌の水分量の増加は斜面の下部で 29mm 、中央部 8.2mm 、上部 2.3mm であり、斜面全面に対して 5mm となる。本実験では総雨量が 99.9mm であるから 94.8mm は表面流出と下層の土壌への浸透量とされる。その内表面流出総量は 37.4mm であるから、残量の 57.4mm が下層の土壌へ浸透したことになる。

おわりに

種々の降雨条件の下での実験を総合した上で結論を述べねばならないが、①表面流出発生時までの降雨量と斜面下部での表層土壌の水分量の増加と比べると斜面下部より上方からの水分(雨水)の補給が推測される。②表面流出総量と斜面の表層土壌が飽和している区域に降った雨量とはほぼ等しい。③降雨終了後、斜面の上方短時間で水分が減少する。降雨終了後、表層土壌中にある水分量は総雨量に比し僅かである。以上。