

## 2層斜面における飽和一不飽和流

金沢大学工学部 学生員○村田 康裕  
 同上 正員 高瀬 信忠  
 同上 正員 宇治橋康行

### 1. はじめに

雨水流出現象の素過程の物理現象に関する研究は、Kirkbyの成書に見られるように、古くから行われ多くの事実が発見説明されてきた。Partial Source Area, パイプ流, 雨水のピストン流動, Capillary Fringe Effect 等である。しかし、複雑な流域での雨水の挙動には未だ、不明な点も多い。そこで本研究では2層斜面を用いた降雨流出実験により新水, 古水の挙動について実験的に検討した。

### 2. 実験装置および実験条件

2.1 実験装置 実験は長さ2 m, 幅40 cm, 深さ60 cmの水路に後述のような特性を持つ2種類の砂をそれぞれ上層20 cm, 下層40 cmの厚さに充てんし, 上方から降雨装置により雨水を供給した。降雨装置は直径10 mmのビニールパイプに5 cm間隔に小孔を開けたものを6本平行に並べ高水槽より水を供給して雨を降らせた。雨滴による侵食防止と降雨の一様化のために砂層の上方に金網のスクリーンを置いた。砂層内の水分変化の測定には容量式水分計を用い, 斜面下流端から50 cm間隔の各断面の中央で砂層表面から5 cm, 砂層境界面上, 境界面より下方10 cm, 30 cmの各点で土壌水分を測定した。砂層内の地下水面および境界面上の宙水面はピエゾメータを用いて測った。流出量は, 斜面末端に集水桶を設け, 上層, 下層および表面流出量をメスシリンダーで測定した。実験装置の概要を図-1に示す。

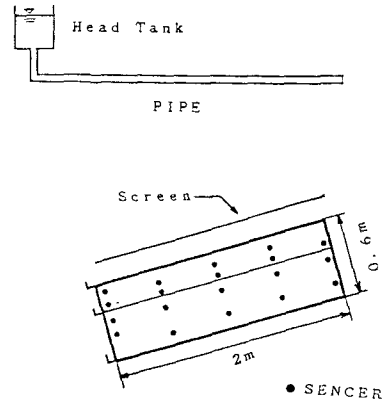


図-1 実験装置概要

2.2 実験砂の特性 実験に用いた2種類の砂の粒度分布および物理特性をそれぞれ図-2, 表-1に示す。粗い砂(A砂)を上層に, 細かい砂(B砂)を下層に表-1に示す間隙比で充てんした。両砂の水分特性曲線は図-3に示すようである。

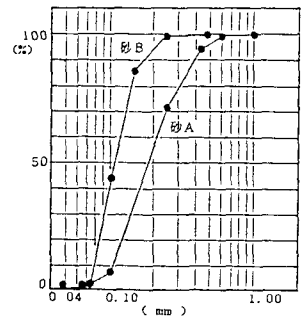


図-2 実験砂の粒度分布

2.3 実験条件 実験は, 気乾状態の砂を充てんした後表面流が発生するまで降雨を供給し, その後7~10日間自然排水させる予備実験を3回繰り返した後本実験を行った。本実験では, 流出に占める新水と古水の割合を知るために濃度0.1%の塩水を77.2 mm/h<sub>r</sub>の強度で165分間与え, 5分間隔で流出量, 流出水の電気伝導度, 含水率分布, ピエゾ水頭を測定した。なお, 実験時の斜面勾配は14.5°とし, 斜面下流端で10 cmの地下水位を与えた。新水と古水の割合は, 電気伝導度が塩分濃度に比例するとすれば, 次式より求められる。

$$Q = Q_n + Q_o \quad (1)$$

$$C Q_T = C_n + C_o Q_o \quad (2)$$

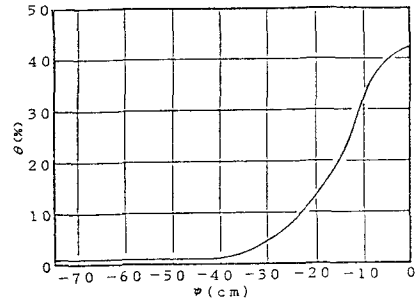
ここに, Qは全流出量, Q<sub>n</sub>は新水の流出量, Q<sub>o</sub>は古水の流出量, C, C<sub>n</sub>, C<sub>o</sub>はそれぞれ, 流出水, 新水, 古水の電気伝導度である。

表-1 実験砂の物理特性

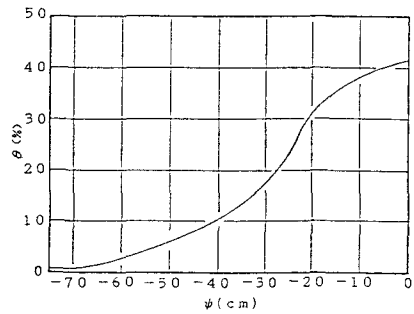
	砂 A	砂 B
間隙比	0.74	0.71
飽和透水係数 (cm/s)	1.3 × 10 <sup>-2</sup>	9.9 × 10 <sup>-3</sup>
比重	2.56	2.56

3. 実験結果と考察

今回の実験では前述のように77.2mm/hrの降雨と165分間与えたが、表面流出は発生せず、流出の大部分は下層からの流出であった。上、下層からの流出量、各層からの流出量に占める新水、古水量および流出水の電気伝導度の変化を図-4に示す。また、図-5(a)~(e)に初期および実験開始後25分、110分、160分、690分の斜面内の含水率分布および地下水面形を示す。下層からの流出は降雨開始30分頃から始まり、ピークは降雨停止時刻と一致し、降雨終了後急速に減衰し、実験開始270分頃から減衰が緩やかになる。流出開始から約1時間までは流出成分は古水のみであり、1時間を経過した頃から新水の流出成分が急速に増大し、降雨開始110分頃(上層からの流出開始時刻にほぼ一致する)から新水の流出量は古水の流出量を上回り全流出に占める割合は降雨停止直前からほぼ一定の約70%となり、その後流出量が減少しても成分比率に変化はなく全流出成分が新水となることはなかった。また、上層からの流出は降雨開始110分頃から始まるが、新水の割合は流出当初から約90%近く、流出開始後約40分で全流出成分が新水となる。これは上層の古水がこの時間までにほとんど下層に押し出されているためであると思われる。上層からの流出は図-5によれば砂層境界面上の宙水からの側方流出であると考えられる。結果の詳細および他の実験ケースについては講演時に述べる。



(a) A砂



(b) B砂

図-3 実験砂の水理特性曲線

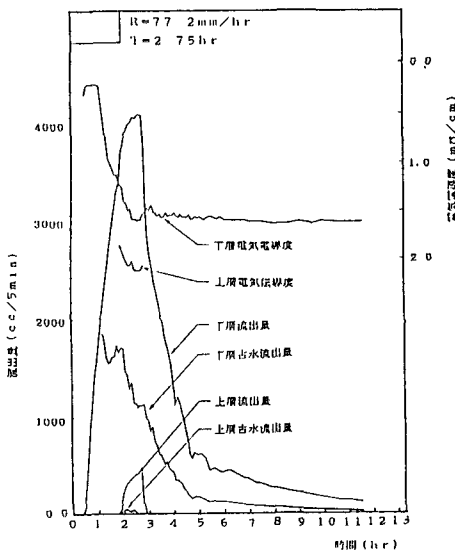


図-4 各流出成分のヒドログラフ

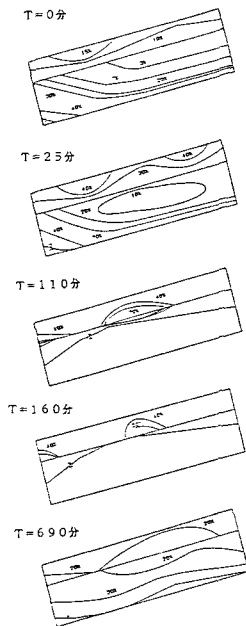


図-5 斜面内の水分分布

参考文献

M. J. Kirkby edited: Hillslope Hydrology, JOHN WILEY & SONS, 1978.