

II-353 雨水の浸透と地下水流出実験

国立防災科学技術センター 正員 木下 武雄
国立防災科学技術センター 富 永 雅 樹

1. まえがき

地表に達した雨量から地中へ浸透する成分を引いたものが短期的には表面流出となるわけで、浸透水の挙動は地下水への供給という面ばかりではなく、表面流出の発生という観点からも重要である。本研究は特別研究促進調整費：地下水の水収支解析手法に関する総合研究の一環として国立防災科学技術センター大型降雨実験施設で実施した浸透実験のうち、応答の速い四電極法による水分移動の追跡と地下水流出との関係について述べたものである。

2. 全体計画

この研究は熊本市東部の阿蘇山麓をモデル地区として地下水の挙動とその収支を明らかにし、地下水管理の手法の開発を目的とし、水文地質学的現地調査・現地浸透実験・構内実験・数値計算より構成され、農林水産省・建設省・科学技術庁・通産省・筑波大学・熊本県が共同して行った研究のうちの構内実験である。本実験では浸透水が風化火山灰などの層を不飽和浸透降下して行く様相の解明を直接の目的としているが、一般的にも浸透現象の解明をも目的としている。

3. 実験装置

大型降雨実験施設内に図1のような2.4 m立方の実験用土槽4個を作り、それに砂・ローム・鹿沼土(軽石)を入れて上から人工的に雨を降らせ、実験をした。土槽上面は水平で、土層表面も水平で、ほとんどの場合表面に湛水していない。土槽下部には碎石を40 cm 厚に敷き、排水管は中央から引き出し土槽下面より70 cm もろ上げて転倒槽流量計へ導いた。供試土は表1、測定項目と手法は図2に示す。

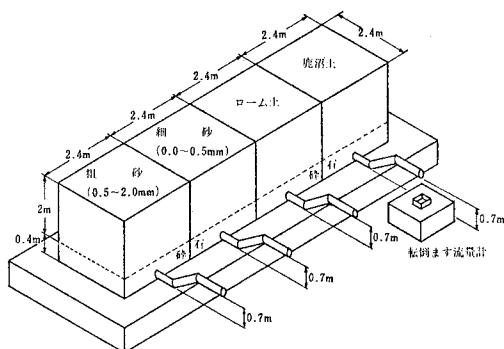


図1 実験用土槽

4. 降雨入力

同施設は降雨を15~200 mm/hの範囲で自由に発生できる。これは定常状態・単純な過渡状態を作って基本的な現象の解明に役立てられるのみならず、任意の状態も作れるので、実降雨では解明できない現象の解明に資することができる。ここでは次のような降雨波形を入力とした。ステップ状(時定数、定常状態)、インパルス状(インパルス応答)、階段状、矩形波(非線形性)。

5. 測定方法

多くの測定項目があるので、個々の解釈と相互比較が必要であるが、ここでは四電極法による浸透水の追跡と地下水流出との関係に重点をおく。

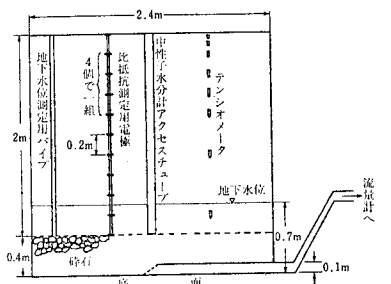


図2 計測器配置図

a. 四電極法とは、土層の電気抵抗が水分量の関数であり、その応答が速いことを利用した水分量の相対的な測定方法である。方法自体は電気探査と類似しているが、鉛直に20cm毎に

砂1	粗砂0.5~2.0 mm	ローム1	腐植土性20cm 每足ぶみ
砂2	細砂0.0~0.5 mm	ローム2	20cm 每プレート
関東ローム	20cm 每足ぶみ	ローム3	20cm 每足ぶみ
鹿沼土		ローム4	下180cm 鹿沼土, 足ぶみ

表1 供試土一覧

並べた電極を4個づつ組にして、外側2個を電圧を加える極、内側2個を測定電極として、順次スイッチで切換える。加える電圧は34Hz交流である。従って測られる抵抗とはある広がりを持った空間の平均的抵抗である。電極の設置条件などによる誤差をさける意味で、初期抵抗で割った値を用いる。

6. 実験結果

(a). 降雨強度が強いほど飽和浸透降下の速度が速い。等比抵抗線からみると、雨15mm/時で0.4cm/分、50mm/時で1~2cm/分と2~3倍ぐらいに増す。図3~図4比較。

(b). 本実験だけでは最終浸透能はわからないが、定常状態で降雨強度>地下水流出となった例(図7など)から推定すると、ローム土で40~50mm/時つまり0.06~0.08cm/分となって、(a)より1桁小さい。

(c). 降雨開始時に地表を登った等比抵抗線が、170cm深に達した頃から定常の地下水流出が現れる。図4~図6比較。

(d). 地下水流出の開始は150~170cm深の比抵抗が下がりはじめた頃である。鹿沼土は早く、ロームも一般に早い。降雨強度が強いほど早く始まる。図5~図6比較。雨50mm/時で60分後に流出開始の例もあるから1.7m/時となる。

(e). 比抵抗が時間とともに減った後、雨が続いていっても拘らず、再び増すことがある。図3~図4、浸透前線のすぐ後(上)側に空気が集まっているのではないかと思われる。

(f). 降雨を停止すると全層ですぐに比抵抗の増加すなわち水分の減少が現れる。影響の伝播が極めて速いことを示している。

(g). インパルス状・矩形波などでは浸透中に平均化されてしまう。100mm/時X0.5時と50mm/時X1時との比較では地下水流出に若干の相違があるのみである。

7. 結論

浸透降下を実験的に調べると、降雨が浸透により地下水へ影響するのは定常浸透から推定される速さより極めて速い。四電極法は今は定量的とは言いかねるが速い応答から不飽和帯の水分追跡には有力な手法である。

参考：富永雅樹：地下水涵養量推定のための水理実験(1) 防災センター研究報告No.20, Nov. 1978

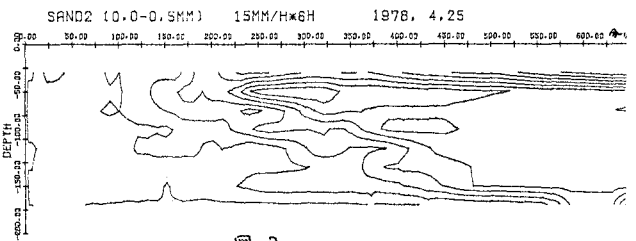


図 3

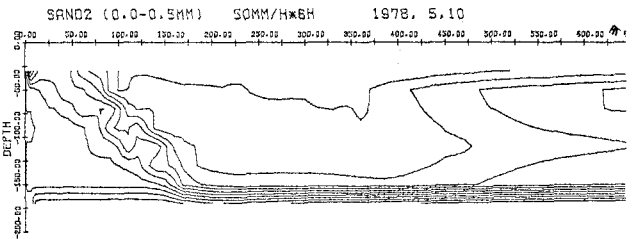


図 4

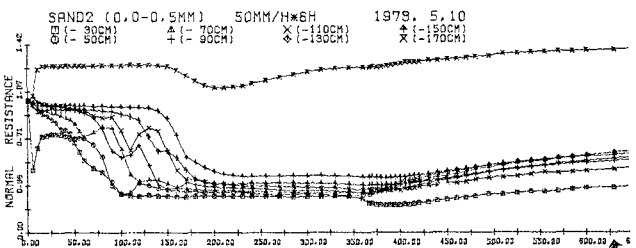


図 5

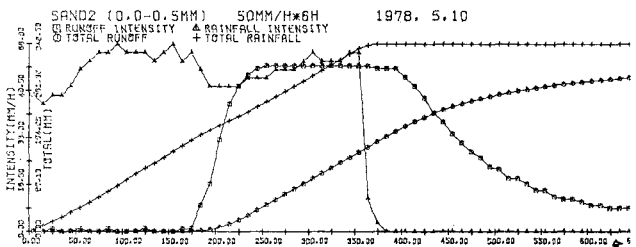


図 6

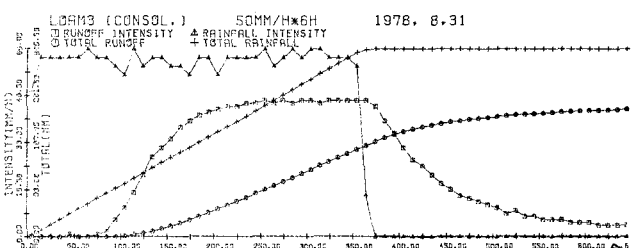


図 7