

京都大学 防災研究所 正・岡 太郎
同 上 正 角屋 睦

1. まえがき これまで土壌水分の消長を考慮した流出モデルについて吟味検討を重ねてきたが、^(1,2)今回は浸透能試験結果を考慮してさらに改良を試みた結果を報告する。

2. 浸透能試験 雨水の浸入過程の実態を把握するため下鈴川上流域(図1)において、約200mm/hrの人工降雨による浸透能試験を行った。図2にその結果得られた浸透能曲線を示す。降雨開始後7~8分で最終浸透能に達しているが、この値は試験区の土壌が粘土成分に豊んでいることを考慮すると過大とみられる。そこで試験終了後表土を掘起したところ多数の亀裂が発見され、流出モデルに亀裂内の流れを無視できないことが判明した。

3. 流出モデル 流出モデルの概要を図3に示す。丘陵地斜面は中間流の生じする良透水性枯葉層の下に土壌水分変動の大きい表層部(Layer I)と変動の小さい下層部(Layer II)及び不透層よりなるものとする。斜面に到達した雨水は土層浸透成分とその他の流出成分とに分離され、前者の一部はLayer Iに貯留される向に蒸発するが、残部は土壌水分として土壌層を降下し、地下水帯に達し地下水流出(1)として河道へ流出する。後者の雨水は直接流出成分と亀裂内を流下する成分に分離され、直接流出成分は中間流・表面流として流下する。亀裂中を流下する成分は早い速度で地下水帯に達し地下水流出(2)として流出する。

3.1. 浸透成分の分離 表面流生起直後の浸透能は図4に示すように一本の曲線で表し得ないが、ここでは表面流生起直後の複雑な関係は無視し、一本の浸透能曲線で近似することとし、Philipの浸透能曲線式(1)をLayer Iの土壌水分量(θ_z)条件を考慮するため(2)式の形で適用する⁽²⁾。なお図4の下段には $T\theta_z$ 曲線が上段のそれをの浸透能曲線について併示されている。 $I = At^{\frac{1}{2}} + B \cdots (1)$ $I = A[t + T(\theta_z)]^{\frac{1}{2}} + B \cdots (2)$ ここで I : 浸透能, A, B : 定数, t : 降雨開始後の時向, $T(\theta_z)$: 土湿条件を考慮するための修正時向。

3.2. 土壌水分の消長と地下水流動の解析 Layer I, IIの土壌水分量(θ_z, θ_{z2})は、図5に示すように β_1, β_2 をそれぞれ指数曲線で

近似し、連続式(3)を併用して算出する⁽¹⁾。地下水流動は主として亀裂中で生ずるものとするが、この解析には(4)式を適用し、数値的に行う。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial \theta}{\partial z} \cdots (3) \quad \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{H}{\lambda} \frac{\partial}{\partial x} \left\{ (H-G) \frac{\partial H}{\partial x} \right\} + \frac{G\pi}{\lambda} \cdots (4)$$

3.3. 亀裂浸入成分の分離

観測ハイドログラフ(図6)から地下水流出(1)成分を除き地下水流出(2)の低減部を取り出しまとめると図7を得る。これより地下水流出(2)の低減曲線はほぼ一本の指数曲線で近似でき、この曲線式から(4)式を(5)式の形で書き表した場合の諸係数が求められ、モデル定数を決定する場合の基礎としよう。 $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{KH_0}{\lambda} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \cdots (5)$ さて地下水流出(1)成分を除いたハイドログラフにおいて、まず上述の低減曲線を

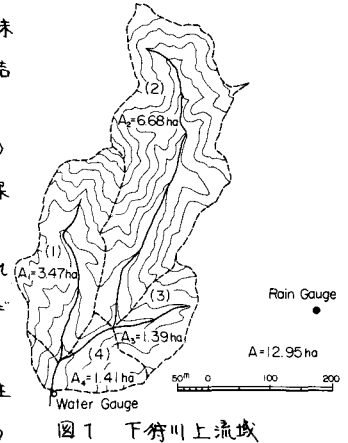


図1 下鈴川上流域

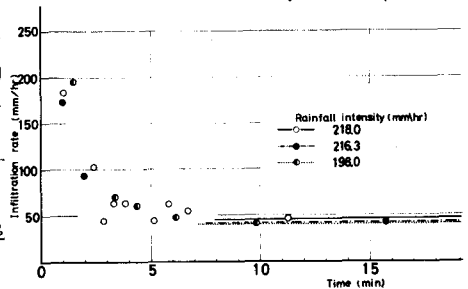


図2 浸透能試験結果

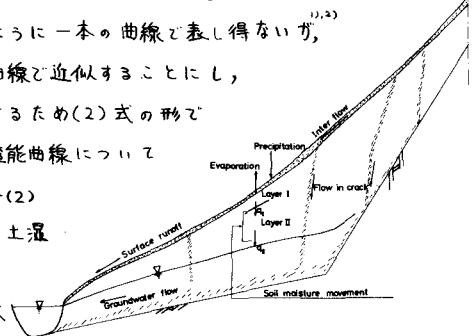


図3 流出モデルのスケッチ

考慮して降雨終了後の地下水流出(2)成分の分離を行い、次に降雨開始時のハイドログラフ上と降雨終了時の低減曲線上の2点を結び降雨時の分離を行う。このようにして分離された地下水流出(2)成分の流出高を土層浸透成分を分離した降雨量から差し引くことにより直接流出成分が求められる。

3.4. 直接流出の解析 中間流には(4)式を適用し、表面流・河道流には Kinematic wave 法を適用して流出解析を進める。

4. 適用結果 上述の流出モデルを京都市西部に所在する下竹川上流域(1295 ha)に適用する。

4.1. 流域の分割 地下水流出については全流域を一つの長方形ブロックに置換した斜面で、直接流出については図1に示す4ブロックに分割して解析を進めた。4.2. モデル定数の決定 この流出モデルでは図4・5に示す関係をまず決める必要がある。ここでは土質試験より図5に併示するように不飽和透水系数 K_I, K_{II} を推定し、毛管水分曲線を仮定し、不飽和浸透流の基礎式を4月7日から20日間の降雨・蒸発条件のもとに解析し、(4)式と併用して図6に示すように地下水流出(1)の低減部を再現するまで試算を繰返し、モデル定数を決定した。図4に示す5本の浸透能曲線および $T(\theta_z)$ 曲線はこの計算期間中に直接流出が認められた際のものである。なおここでは太実線で示す浸透能 $T(\theta_z)$ 曲線を採用している。図5の q_{IC}, q_{IIC} 曲線はこの計算結果を整理・抽出して求めた各層の貯留量(θ_z, θ_{II})と流下量(q_z, q_{II})の関係を示しているが、ここでは q_z, q_{II} で示すそれぞれ1本の指数曲線で近似し適用した。解析に用いた他の定数のうち Layer I, II の厚さは 0.25, 2.5 m, 平均斜面長は 58 m, また図7の低減曲線より $KH_0/\lambda = 0.0096 \text{ m/sec}$ である。

4.3. 計算結果 図6.8に計算結果を例示するが、観測値と計算値はかなり良く一致している。ただモデル定数の決定が煩雑で検討すべき問題点は少ないが、このモデルの有用性は十分認められる。なお図6.8に見られる地下水流出(1)における不飽和浸透流理論を適用した計算結果とこのモデルの計算結果との向の不一致は q_{IC}, q_{IIC} がグループを描きまた浸透能および $T(\theta_z)$ 曲線は必ずしも1本の曲線ではないが、これらをそれぞれ1本の曲線で近似したためであり、こういった近似を用いる場合にやむをえないところである。

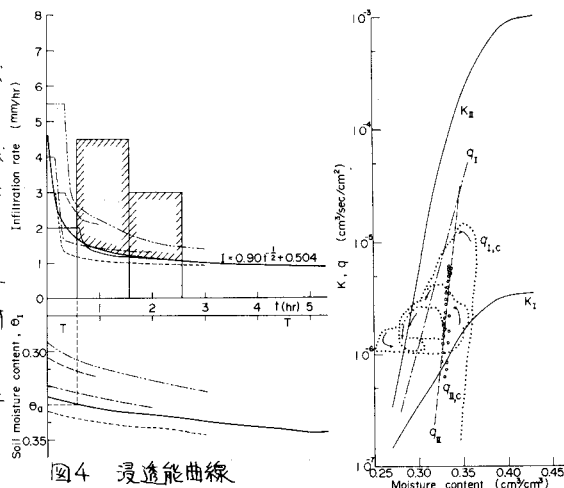


図4 浸透能曲線

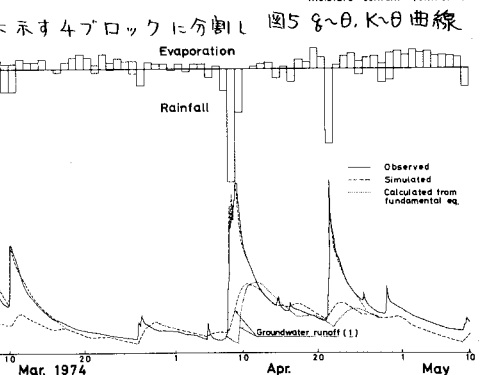


図5 $q \sim \theta, K \sim \theta$ 曲線

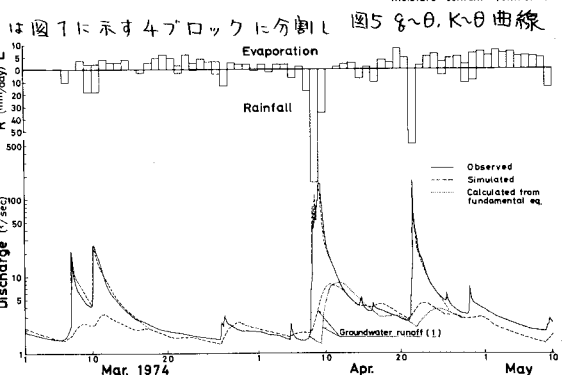


図6 観測結果と計算結果

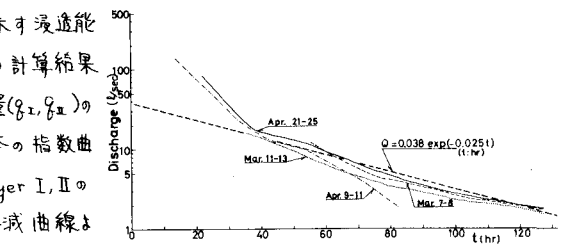


図7 地下水流出(2)の低減

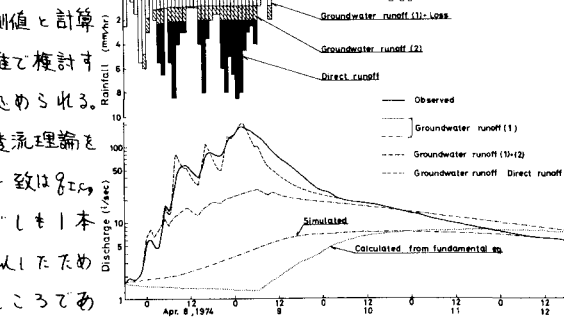


図8 計算結果

1)岡・角屋：裸地斜面域における雨水の浸入と地下水流出(1)(2) 京都大学防災研究所年報 17 B.

2)岡・角屋：丘陵地域における雨水の浸入と動態 利国災害科学シンポジウム 論文集