

大山二の沢・白水川の流出解析

㈱ダイヤコンサルタント 正会員 ○井戸俊介
筑波大学農林工学系 正会員 宮本邦明

鳥取大学 フェロー 道上正規
鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治
鳥取大学大学院 学生員 蔦谷栄一

1. はじめに

白水川は大山の南西部に位置しており、大山の中腹部に源を発し山あい流れ、日野川へと注いでいる。日野川流域の整備に関していえば、昭和36年から直轄河川改修事業として着手し、また、流域一貫として昭和49年から直轄砂防工事に着手している。これらにより、日野川への流入土砂量を抑制し、河床の上昇を抑え洪水に備え、また、山間部における土石流や崩壊による災害を防いできた。一方、こうした事業が進むにつれ、日野川の河口に広がる皆生海岸では、広範囲で海岸の浸食が進み、その結果、汀線の後退が起り、砂浜の消滅ひいては後背地の波浪災害などが起きている。こうしたなか、現在、日野川流域における土砂管理の必要性が強く求められており、土砂の生産流出機構の解明が望まれている。そこで本研究では、日野川の支川の一つで、多くの土砂を供給している白水川の土砂の流出機構の検討を行うために、白水川流域において雨水流出解析を行う。流出解析に用いる数値計算モデルは、地下水、表面水、河道水の流出を評価でき、低水時および洪水時の流出状況を得ることができるものとする。さらに、地形・土地利用・降水などの空間分布情報を組み込むことができ、流域内部のさまざまな地点での水移動を再現・予測できる分布型の流出モデルとする。

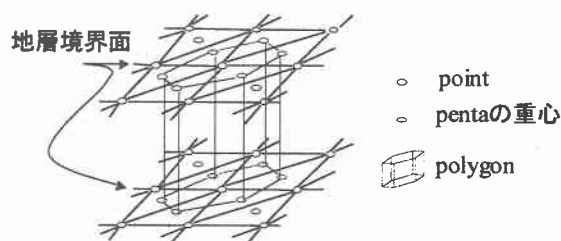


図1 地形モデル

2. 流出解析法

・ 地形モデル

本研究では、地表面を不定三角形メッシュ(以下 penta とする)を用いて表現することで地形モデルを構築する。penta はそれぞれに固有の番号を与え、また penta を構成する点(以下 point とする)に平面的な位置と標高値を与えることで認識する (point にも固有の番号を与える)。地下構造については地層境界面を地表面と同じ penta を用いることで、同一の point に対する標高の違いとして認識する。各 point の占有空間 (コントロールボリューム) は図1に示すように、その point を共有する penta の重心を結んだ多角形 (以下 polygon とする) と上下の地表境界面の polygon によってできる空間とし、point と同一の番号で認識する。以上のように地形モデルを作成することで、地形をより正確に表現でき、また流出に関わる諸量の空間的な分布を penta に与えることにより表現できる。河道は、下流方向から i 番目の河道上の point No. とその上流側の point No. を得ることで認識する。

・ 流出モデル

流域を地下空間、地表面、河道の3つのブロックに分け、それぞれに対して流出モデルを構築し、各ブロックの境界面での

・ 準三次元地下水流出モデル

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\lambda u_x h) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda u_y h) = q \quad (1)$$

$$u = -kI \quad (2)$$

・ 二次元地表水流出モデル

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u_x h) + \frac{\partial}{\partial y}(u_y h) = q \quad (3)$$

$$u = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

・ 一次元河川水流出モデル

$$\frac{\partial hB}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uBh) = q \quad (5)$$

$$u = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

ここに、 h : 水深、 u : 流速 ($u = (u_x, u_y)$)、

λ : 間隙率、 k : 透水係数、 I : 動水勾配、

q : 単位面積あたりの流入量、 n : 粗度係数、

R : 径深である。

図2 基礎方程式

水収支を考えることで地下を含めた流域全体の流出解析を行う。まず地下水流については準三次元的に扱う。地下水流の流れの状態には土壤中の間隙が水で満たされている飽和浸透流と間隙中に水と空気が存在する不飽和浸透流があるが、現段階においては地下水流はすべて飽和浸透流であるとしてモデル化を行う。地表流に関しては二次元的に、河川流に関しては一次的に流出モデルを構築する。これらの水の流れは、連続式と運動方程式からなる基礎方程式に基づくが、各項の水理量の時間的、場所的变化は緩やかであると考えられるので、流出モデルは *Kinematic wave* 理論を用いて構築する。図 2 に本研究で用いた基礎方程式を示す。

3. 白水川流域への適用

流域の概観を図 3 に示す。また、表層地質図に記載されている地質柱状図をもとに、kriging という補間方法を用いて作成した地下構造を図 4 に示す。図に示されるように、地層は基岩を合わせて 4 層とし、表 1 の諸係数を与えた。流出計算は、1987 年 6 月 1 日から 7 月 30 日の 2 ヶ月間（1440 時間）に対して行った。その間の降雨を図 5 に示す。なお、初期水深については、地下を飽和させた状態で流出計算を行い、下流端での流量が基底流量となったときの水深分布を初期水深とした。計算結果を図 6 に示す。計算値は、計算により得られた流量を流域面積で割ったもの（流出高）である。図 6 からは計算結果に降雨に対する反応は見られるが、観測値に比べ流量が小さくなっていることが分かる。これを改善するためには貯留に関わる項および流出に関わる項両方の再検討が必要である。

4. まとめ

白水川流域の雨水流出特性の解明を目的に、分布型流出モデルを作成し白水川流域に適用し流出解析を行った。流出に関わる諸量を同定するまでにいたらなかったが、地下水、表面水および河道水を同時に表現できるモデルであり、今後物質移動を含めて検討する予定である。

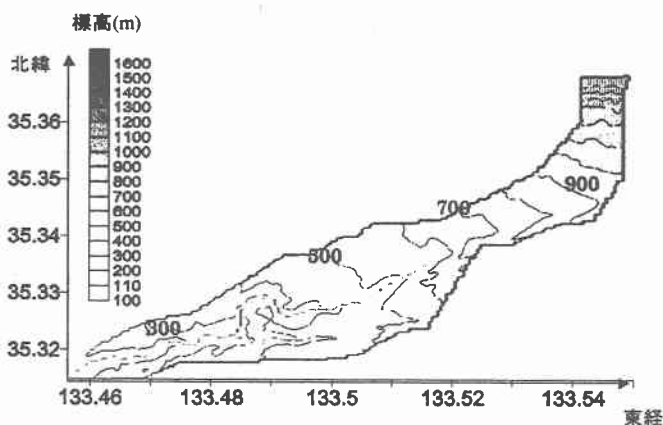


図 3 流域概観

表 1 諸係数

マンニングの粗度係数
 地表面 0.05
 河道 0.04

水平方向透水係数
 第1層 0.360 m/h
 第2層 0.090 m/h
 第3層 0.045 m/h
 第4層 0.000 m/h

鉛直方向透水係数
 第1層 0.036 m/h
 第2層 0.018 m/h
 第3層 0.009 m/h
 第4層 0.000 m/h

間隙率

第1層 0.35
 第2層 0.30
 第3層 0.25
 第4層 0.00

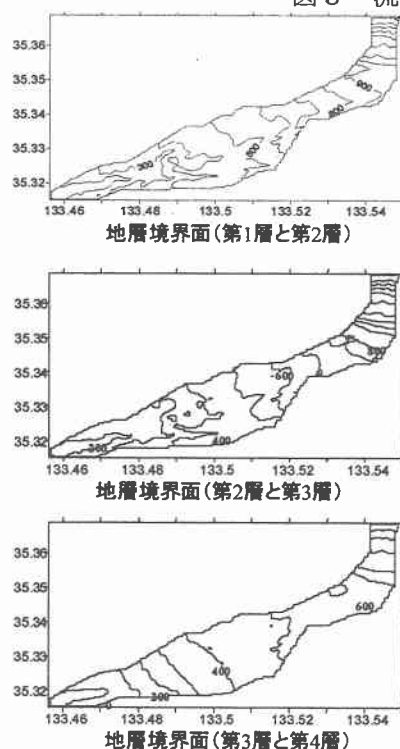


図 4 地下構造

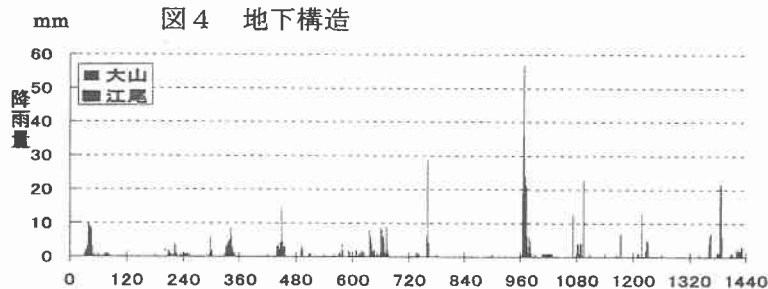


図 5 1987 年 6 月と 7 月の降雨量

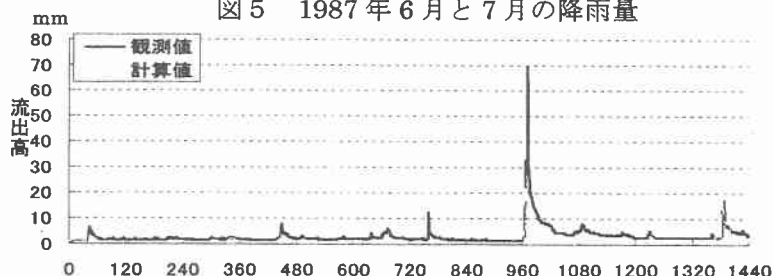


図 6 計算結果