

流域水循環モデルの構築と実流域への適用

Development of catchment-scale hydrologic model and its application

工藤 亮治・永井 明博・近森 秀高

KUDO Ryoji, NAGAI Akihiro, CHIKAMORI Hidetaka

1.はじめに 近年、森林の伐採や農地の耕作放棄等による流域環境の変化により流域の健全な水循環が問題視されている。この問題の解決のためには、流域の水循環を定量的に把握する必要がある。そこで本研究では、山地からの雨水の流出、河道内の流れ及び地下水の流動を統合した流域水循環モデルを構築し、実流域に適用してモデルの適応性の検討を行った。

2.対象流域と解析資料 対象流域は図 1 に示す、岡山県の高梁川上流に位置する小阪部川ダム流域 (136km²) である。解析には 1999 年～2003 年の 5 年間の雨量と流量を用いた。解析は 1 時間毎に行うため、ピーク流量が 100m³/s 以上の出水時は 1 時間毎に観測された雨量、流量を、出水時以外は日単位の観測データから 1 時間毎に補間した雨量、流量を用いた。なお、小阪部川ダム流域の上流部には大佐ダム流域 (49.5km²) がある。

3.流域水循環モデルの構成 流域水循環モデルは山地からの流出量を計算する流出モデル、河道内の流れを追跡する水理モデル、地下水流動解析の 3 つから構成される。山地からの流出量の解析には長短期流出両用モデルを、河道流には(1)式の不定流モデルを、地下水流動解析には(2)式を用いる。

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial(Qv)}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - i + S_f = 0 \quad (1)$$

$$T \left(\frac{\partial^2 h_g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h_g}{\partial y^2} \right) + q = S \frac{\partial h_g}{\partial t} \quad (2)$$

ここに、A:流水断面積、v:流速、Q:流量、g:重力加速度、h:水深、i:河床勾配、S_f:摩擦勾配、T:透水量係数、h_g:地下水位、S:貯留係数 q:涵養量、x,y:距離、t:時間。

(1)式の解法には差分法を、(2)式の解法には有限要素法を用いる。

モデルの概要を図 2 に示す。まず小阪部川ダム流域を大佐ダム流域とそれ以外の残流域に分け、それぞれの流域で長短期流出両用モデルを適用し流出解析を行う。大佐ダムからの流出量は、河道の上流端境界条件となる。残流域の長短期流出両用モデルの第 1 段タンクの流量は横流入量となり河川へ流出し、第 2,3 段タンクの流量は地下水涵養量となり地下水帯水層へ流出する。地下

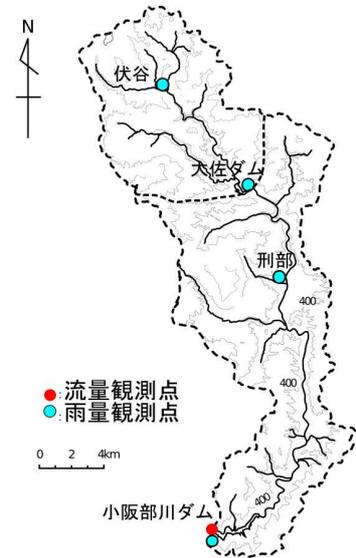


図 1.小阪部川ダム流域

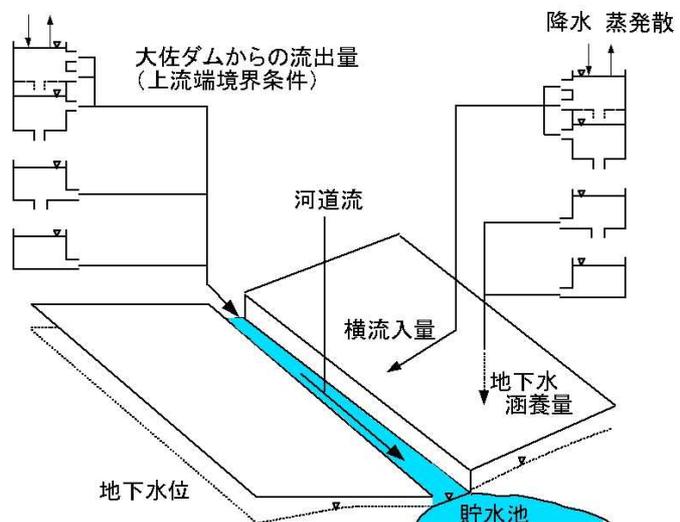


図 2.流域水循環モデルの概念図

水帯水層と河川の境界では地下水位と河川水位との差に応じて河川と帯水層間の流入量・流出量を計算する。なお、小阪部川ダム流域は大部分が山地であるため、地下水流動解析は流域中央部の平地部分 (2.96 km²) のみで行う。

4.計算結果 長短期流出両用モデルのパラメータは2000年から2002年までの3年間の日流量とこの間の2出水を対象として求めた。 **河川流量**：流域水循環モデルの5年間の日流量の再現性は

相対誤差で28.6%、洪水流量の再現性は相対誤差で16.7%と良好な結果が得られた。日流量と洪水流量の再現例を図3、図4に示す。長短期流出両用モデル単独で解析した場合の再現性は日流量、洪水流量で相対誤差が30.1%、13.4%であり、流域水循環モデルは従来用いられている流出モデルと遜色のない良好な結果が得られている。 **河川水深**：図5に河道上流端から6km地点の洪水時の水深を示す。この地点の堤防の高さは約4mであり、この付近では氾濫は起こらなかったと考えられる。 **地下水**：図6に地下水位を示す。図内の数字が大きいほど上流側の節点である。図を見ると上流ほど地下水位が高く、上流から下流に向かって地下水が流動し最終的に河川へ流入している。 **帯水層の水収支**：図7は今回シミュレーション的に行った計算結果から得られた、地下水流動解析の計算領域の水収支の概要である。期間中の帯水層への流入量は5760万m³、流出量は5683万m³であり、帯水層の収支は約+77万m³となり、ほぼ収支がとれていることがわかる。

5.まとめ 以上のように流域水循環モデルでは下流端流量のみではなく、流域内の河川水位や地下水位などの計算結果を同時に得ることができ、流域の水循環を定量的に把握できる。今後地下水の実測値のある流域で更にモデルの適応性の検討を行う必要がある。

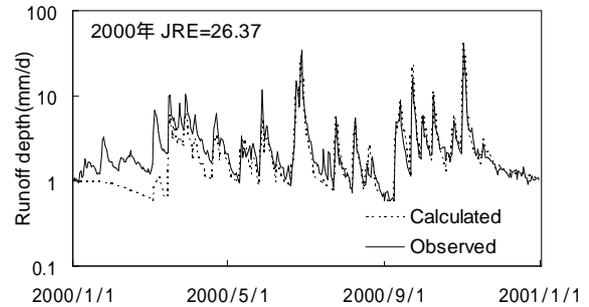


図 3.日流量の再現例 (2000年)

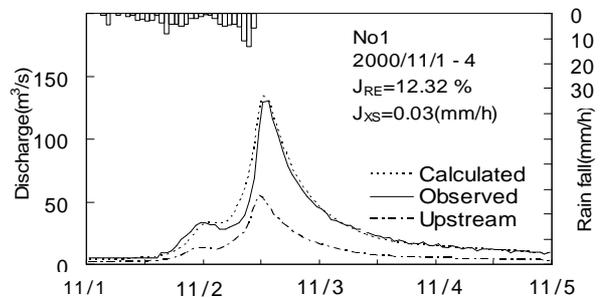


図 4.洪水流量の再現例

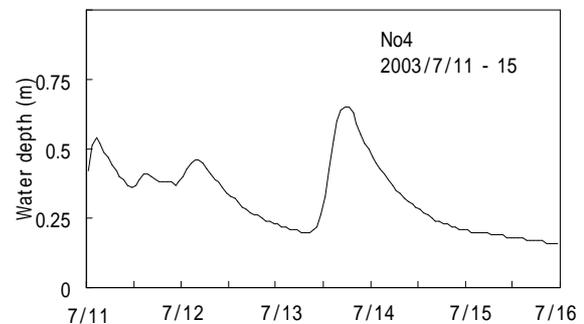


図 5.洪水時の河川水深の変化

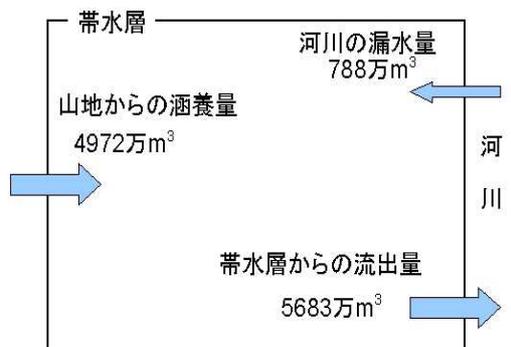


図 7.帯水層の水循環

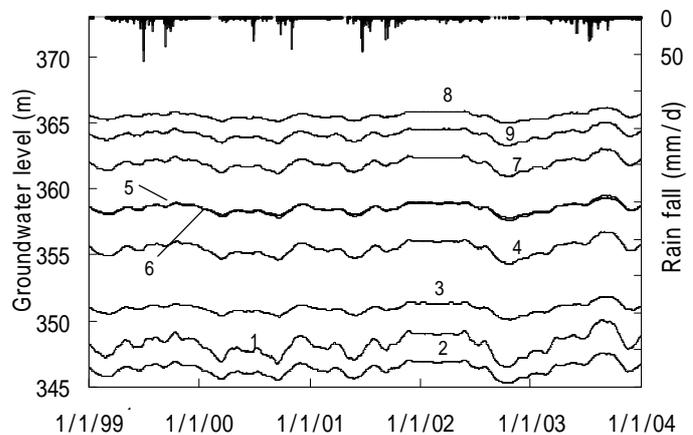


図 6.地下水位の変化