

補給能モデルを用いた長期間流出に関する検討

愛媛大学工学部 正員 豊國永次, 渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 西山 智, 橋本龍延
(株)エイトコンサルタント 正員 〇戒田博之

河川流域における長期間流出の研究は、水資源の問題に関連してますますその重要度を増している。本報告では、低水流出解析の有用な物理モデルである補給能モデルを調査流域に適用して検討し、次いで、補給能モデルに表面流出モデルを組み入れた長・短期流出シミュレーションについても検討を進めた。

1. 調査対象流域と解析資料

図1に示す河川流域を調査対象流域に選んだ。本流域は、1,000m級の急峻な山々に囲まれた山地流域で、本川の流路こう配は1/10～1/25と急である。流域内には雨量(6地点)、流量(流域下流端)および蒸発量(1地点)の各観測所があり、それぞれ時間雨量、時間流量および日蒸発量を観測されている。これらの資料の中から、本解析では、昭和45～47年(同定期間)および昭和48～51年(検証期間)の各資料を用いた。なお流域平均雨量は、流域を代表する基地観測所(3地点)の資料をもとに、ティーン法により算定した。

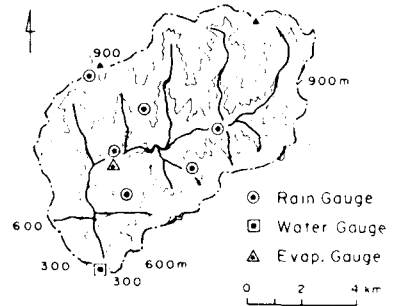


図1 調査対象流域

2. 低水流出解析(補給能モデル)

補給能モデルは、雨水浸入による補給能の減少、土中水の地下水補給による地下水流量の増加、土中水の降下浸透と蒸発散による補給能の回復に関する3つのサブモデルから構成され、次式を用いて解析される。

$$\text{補給能の減少 (図3)}: f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-bt} \quad (1)$$

$$\text{地下水流出量}: g = g_0 e^{-Mt} + f_g(1 - e^{-Mt}) \quad (2)$$

$$\text{補給能の回復 (図4)}: \begin{cases} f = f_c + b(Ep + f_c)t, & (w \geq w_c) \\ f = f_u - (f_u - f_c)e^{-Ct}, & (w < w_c) \end{cases} \quad (3, 4)$$

ここに、 f : 補給能、 f_0 : 初期補給能、 f_c : 最終補給能、 b : 減少係数、 g : 地下水流出量、 g_0 : $t=0$ の地下水流出量、 M : 地下水流出の減少係数、 f_g : 地下水補給量、 f_c : 降雨終了時の補給能、 Ep : 蒸発散量、 f_u : 上限補給能、 w : 表層土壌の含水比、 w_c : その毛管飽和含水比、 f_k : w_c に対応する補給能、 C : 補給能の回復に関する定数、 T : $f = f_k$ 以後の時間、 t : 時間。

3. 長・短期流出シミュレーション

補給能モデルによる低水流出シミュレーション結果に、その有効降雨を用いた表面流出モデル(Kinematic waveモデルを使用)を組み入れて、長・短期両用の流出シミュレーションを試みる。

4. 調査流域に対する適用結果

上述した流出シミュレーション法を調査流域に適用し、こうし

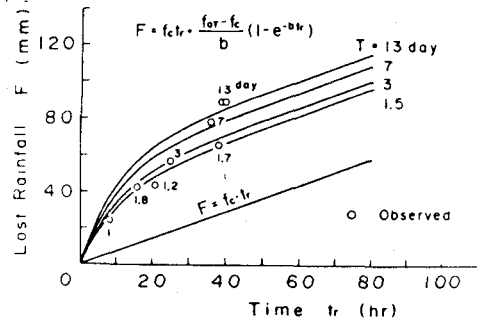


図2 F~tr 曲線群

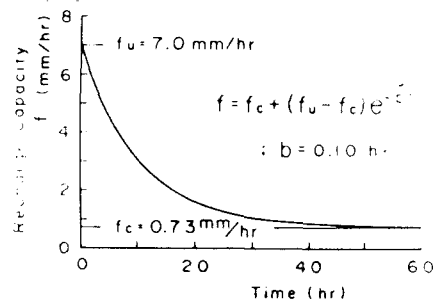


図3 標準補給能曲線

に解析法の適用性を調べた。

モデル・パラメータの同定； i)地下水での減衰係数：求量ハイドログラフの減衰部を調べ、求量別に、 $M=0.144, 0.072, 0.024/\text{day}$ の値を採用した。 ii)補給能に関するパラメータ：各出水の損失降雨量 F 、降雨強度時間 t および前期無降雨日数 T をもとに描いた $F \sim t$ 曲線群（図2）より、数次の計算の便、図3、4に示す結果を得た。 iii)表面流に関するパラメータ：調査流域のモデリングを図5のように行った。等価短度は、数次の求出計算を行った後、 $N=0.90 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$ を採用した。

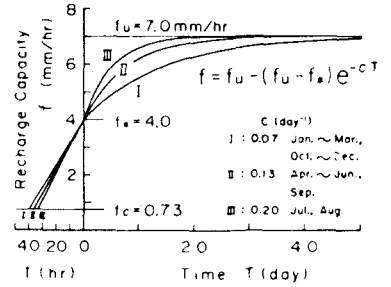


図4 補給能回復曲線

低水（長期）求出に関する検討；上述した各モデル・パラメータと補給能モデルを用い、低水求出の解析を行った（図6、7）。計算結果を実測求量ハイドログラフの低水求出部分と対比すると、計算値がやや小さ目に現われる傾向が見受けられるが、全般的には、実測結果にみられる低水求出の変動の特性をよく再現している。

長・短期求出に関する検討；表面流モデルを組み入れた求出シミュレーションによる解析結果の1例を図8、9に示す。まず比較的煩雑の大きい出水に対する検討結果についてみると（図8）、出水初期に計算値がやや大きく現われる傾向がみられるが、これを過ぎると、求水求出の全体をよく再現する結果が得られている。次に中小出水についてみると（図9）、計算求量ピークは実測結果に比べて大きく、かつ早く現われ、流出定数の遅いハイドログラフとなっている。これは、直接求出分を全て表面求出として取扱ったことによるためと考えられ、さらに中間求モデルを組み入れる必要のあることを示唆している。

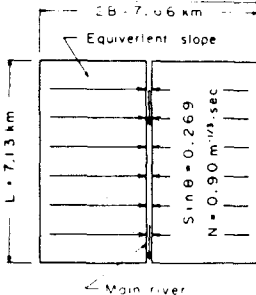


図5 調査流域の等価流域モデル

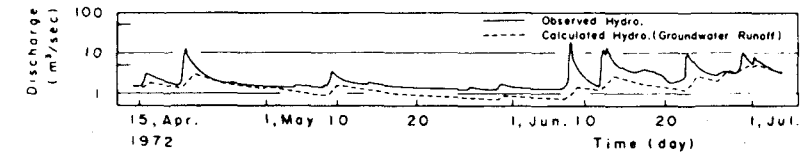


図6 低水求出シミュレーション（同定期間）

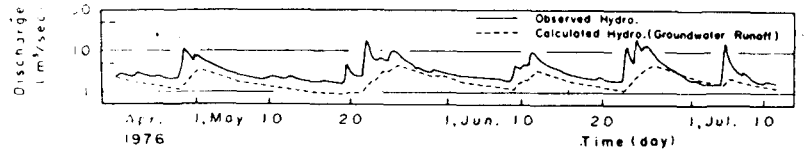


図7 低水求出シミュレーション（検証期間）

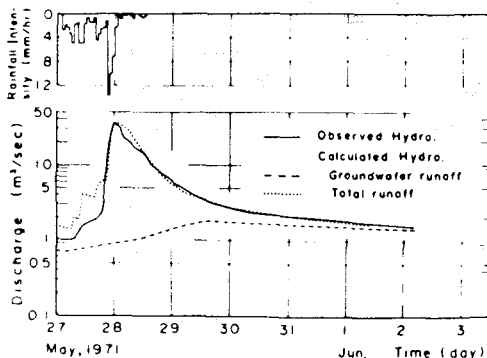


図8 長・短期求出シミュレーション（洪水時）

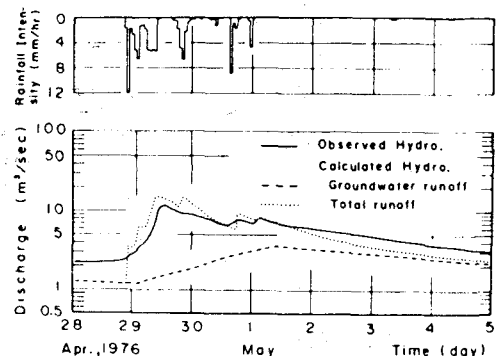


図9 長・短期求出シミュレーション（中小出水時）