

(Ⅱ-74) 裏筑波流出試験地における 先行降雨と土壌吸引圧の関係について

建設省土木研究所 正員 松浦 達郎
建設省土木研究所 正員 寺川 陽

1. はじめに

従来、降雨流出現象は入力としての降雨と出力としての流量との関係として解析され、河川計画等に利用されてきた。しかし実際の流出現象では、降雨以外の影響を受けているが、それらを考慮していない。降雨は一旦流域土壌を通過した後、流出に変換される。そのため、流域土壌条件が変化すれば、降雨-流出関係も変化することになる。そこで、より信頼性の高い流出予測のためには、流域土壌条件を考慮に入れた降雨流出予測を行う必要がある。本研究は、将来土壌水分量観測値を流出モデルに組み込むことを念頭に置き、裏筑波流出試験地での観測結果等に基づいて、土壌吸引圧の予測の検討を行った。

2. 調査対象流域の概要

裏筑波流出試験地祖父ヶ峰流域は利根川左支川山口川の最上流部、筑波山麓北側斜面に位置する山地森林流域である。流域面積は0.158km²、流域平均勾配は25°、流域の地質は花崗岩質である。流域図を図-1に示す。ここでは降雨量、河川流量、土壌吸引圧等水文データの継続的な観測を行っている。図-2に観測機器の設置状況を示す。

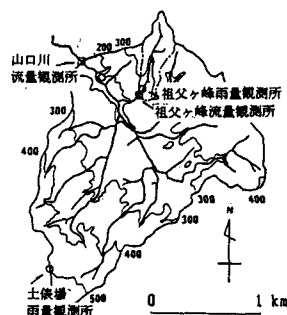


図-1 流域平面図

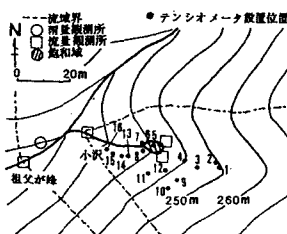


図-2 観測機器設置位置

3. 調査方法及び調査結果

3-1 調査方法

本流域における降雨・土壌水分・流出関係について詳細に調べるために、1994年中で比較的降雨量が多かった1994年9月11日0:00~18日2:00間での期間について、観測データに基づく解析を行った。

3-2 土壌吸引圧と降雨流出の変化

図-3に本期間における土壌吸引圧と降雨流出の変化を示す。この

図はNo.6、9、14の土壌吸引圧の変化を示したものである。1994年は全国的に少雨でその影響が本流域にも現れている。9月11日0:00の流域土壌の状態は少雨の影響により非常に乾いている。このときの降雨(A)ではほとんど流出が起らず、土壌吸引圧にもほとんど変化は見られない。しかしB以降の降雨により、流域土壌は次第に湿り始め、それに伴い流出量も大きくなっている。ここで、土壌が乾いた状態の時の降雨(B:18mm)による流出(ピーク流出高:0.02mm)と土壌が湿

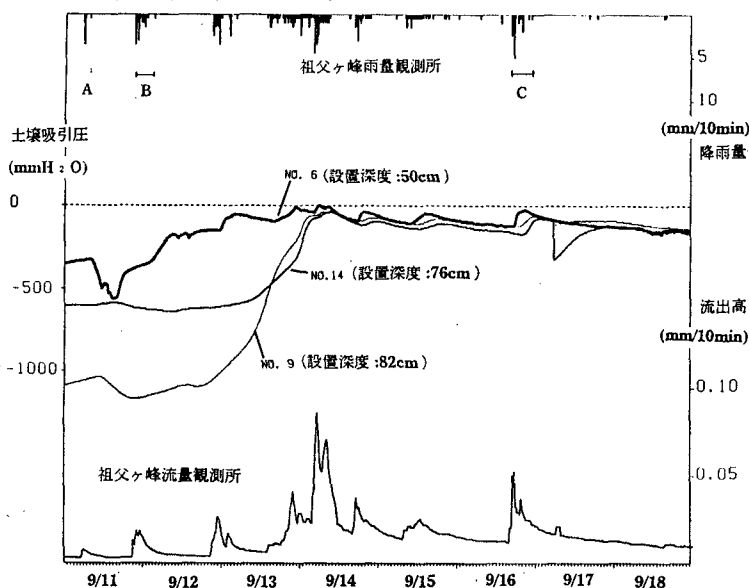
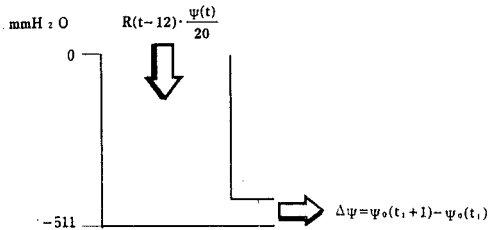


図-3 土壌吸引圧と降雨流出の変化

(C:16mm)による流出(ピーク流出高:0.05mm)を比較してみる。すると、どちらも同程度の降雨量に関わらず、明らかにBよりもCの方が流出量が大きくなっているのがわかる。以上のことからこのケースでは流出量は降雨前の土壌水分状態によって大きな影響を受けていることがわかる。

3-3 モデルの作成

上述したように、流域の土壌水分状態は降雨流出関係を規定する重要なパラメータであるが、面的に連続観測を行うのは容易ではない。そこで、流域の土壌水分状態を表す指標を降雨の関数として簡易に表現する事を検討した。今回は、No.6における土壌吸引圧を流域の乾湿を示す代表的な指標とし、右図に示すようなタンク型のモデルで表すことにした。観測結果によれば、降雨終了後の土壌吸引圧は指数関数的に減少し、一定値に漸近する。No.6についてこれを近似的に表したのが式①である。ここで t_1 は降雨終了後の経過時間(hr)を表す。無降雨時のある時点での Ψ の減少量 $\Delta\Psi$ は、 Ψ の関数になっている。したがって、ある時点での Ψ に対応する t_1 を求め(式②)、1時間ステップ先までの Ψ の減少量を式③によって評価することにした。一方、降雨があると Ψ が増加するが、その増加量は Ψ に比例し、かつ降雨量 R に比例すると考えた。ただし、実測データによる検証に基づき、比例定数として1/20を、降雨については2時間前のものを入力とした。



以上をまとめると、式④のようになる。これを用いると Ψ の初期値を実測値に基づいて設定すれば、時々刻々の Ψ の値が降雨量 R の関数として順次計算できることになる。

$$\Psi(t_1) = -511 + 231 \cdot \exp(-0.072t_1) \quad \dots \dots \textcircled{1} \quad t_1 = -\frac{1}{0.072} \cdot \log_e \left(\frac{\Psi + 511}{231} \right) \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

$$\Delta\Psi = \Psi(t_1 + 1) - \Psi(t_1) = 231 \cdot [\exp(-0.072(t_1 + 1)) - \exp(-0.072t_1)] \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

$$\Psi(t+1) = \Psi(t) + R(t-2) \cdot \frac{\Psi(t)}{20} + \Delta\Psi(\Psi(t)) \quad \dots \dots \textcircled{4}$$

3-4 計算結果

図-4に本モデルによる年間を通じてのシミュレーション計算結果を示す。計算は10分単位で行った。太線が計算値、細線が観測値である。7月及び8月の欠測期間直後の異常に大きな吸引圧が観測された期間を除き、年間の土壌吸引圧の変化の様子は、概ね再現されているのがみてとれる。

4. まとめ

裏筑波流出試験地における降雨・流出・土壌吸引圧データにより、降雨流出現象において土壌水分の変化が流出に大きな影響を及ぼしていることがわかった。そこで、降雨による土壌吸引圧の変化を表現することのできる簡易なモデルを作成した。その結果、欠測した期間の直後に、異常に大きな吸引圧が観測されている期間を除いては、年間の土壌吸引圧の変化を概ね再現することができた。

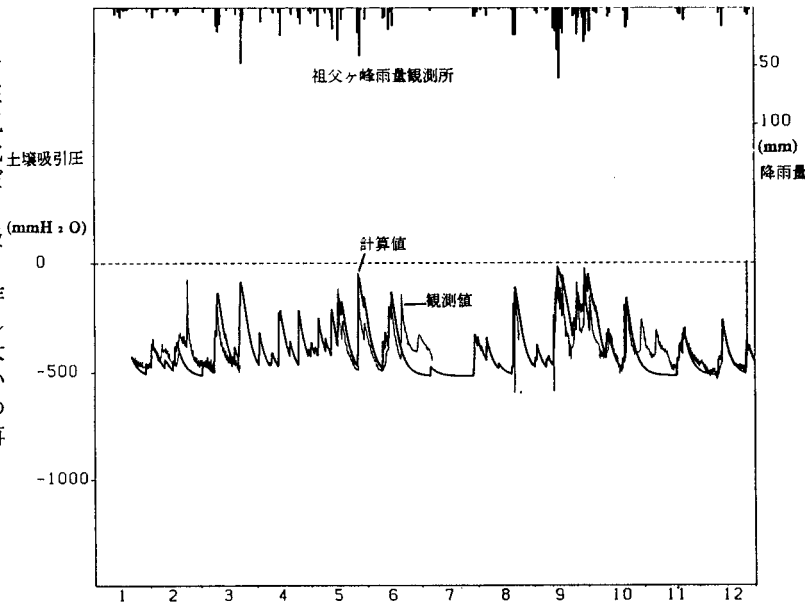


図-4 モデルによる年間シミュレーション結果