

II-62

谷頭部における降雨・浸透・流出過程へのタンクモデルの適用

○東北大学大学院理学研究科 学生員 古田智弘
東北大学大学院工学研究科 正会員 後藤光亀

1. はじめに

0 次谷～1 次谷の集水域である谷頭部には、谷壁から集水される水が流出する起点が存在する。その流出起点付近では土層が不均一であることなどが影響してパイプ流が形成される。本研究では、パイプ流の形成している谷頭部で土層ごとの水文観測を行い、流出観測結果に簡単なモデルを用いて、その適用性を評価した。

2. 調査地点および調査方法

調査地点(図1)は「仙台市太白山自然観察の森」内にある。この一帯の地質は新第三紀層であり、主に泥岩で構成されている。調査地点の流域面積は1,000m²である。谷頭部の傾斜は20度程度だが、一部に谷頭凹地と呼ばれる傾斜の緩やかな部分が存在する。

谷頭部は尾根部ではコナラを主体とした落葉広葉樹の2次林であり、谷部では杉の植林地である。流出発生点での断面は、O層(リター)厚さ0-5cm、A層(腐植の多い部分)厚さ2-20cm、B層(やや腐植した部分)約25cm、C層(風化した泥岩)約35cmの4層に分けられ、その下に泥岩の基岩が存在する。観測点から上流に数メートルの範囲内にある4地点(P₁～P₄)から、主なパイプ流出が観察されている(図2)。

調査項目は、O層、A層、B層、C層からの流出量、林外雨、林内雨、樹幹流及び気象項目として林内の気温、湿度、地温などである。また、地点WL₁では地下水位計を、地点T₁、T₂ではテンシオメータを設置した(図3)。観測期間は平成16年7月から10月の4ヶ月間で、各データを10分毎に記録した。

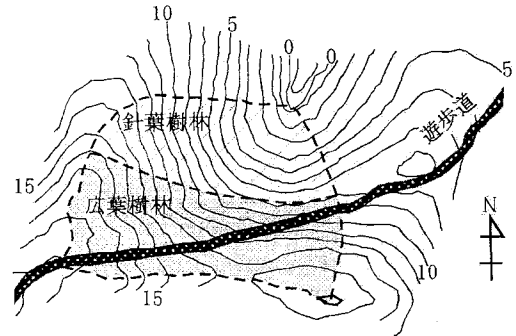
3. 観測結果

3.1 降雨が林床に達するまでの過程

観測期間を流出発生状況から3つに区分した。期間Ⅰ(梅雨期)は7月1日から8月4日、期間Ⅱ(夏季)は8月5日から9月23日、期間Ⅲ(秋雨期)は9月24日から10月31日である。4ヶ月間に観測された林内雨量は、谷部の広葉樹下の観測点で林外雨の84%、谷部の針葉樹下で53%、尾根部の広葉樹下で55%であった。樹幹流は最も多かったイヌブナで林外雨の3%であった。

3.2 土層中の水分状況と流出

地点T₂において、8月15日にテンシオメータの負圧が最大(最も乾燥した状態)に達した。このときテンシオメータ上流1mの深さ5cmの土層(A層)の含水率は44%であった。地点WL₁に設置した水位計の観測結果(図4)によると、10cm以浅



数値は流出観測点を0mとする。0 10m

図1 観測地域(加藤(1999)を改変)

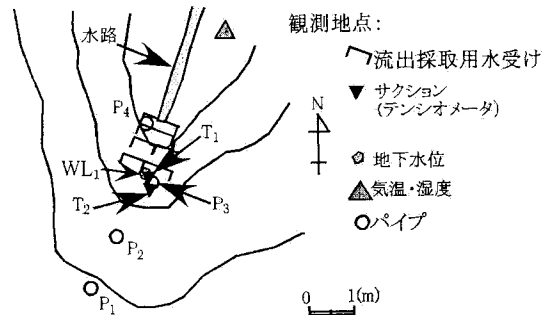


図2 谷頭部の調査地点とパイプの位置

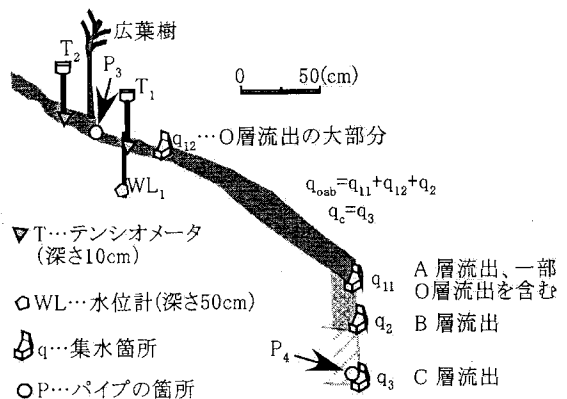


図3 観測点付近の縦断面図

に地下水位が上昇した場合に流出 q が生じた。O層からC層まで統合した流出率は期間Ⅰで39%、期間Ⅱで0%、期間Ⅲでは35%程度であった。

谷頭内の谷筋に、パイプ $P_1 \sim P_4$ が観察された。最も上流の P_1 では、平成14年7月の台風襲来時にのみ、流出発生が確認できた。 P_2 では、16年度の観測期間のうち、期間Ⅰ中の7月6日から17日にかけてと、期間Ⅲ中の10月8日と19日の降雨イベント時に流出が発生した。 P_3 では、観測期間中に降雨1イベントの降水が10mmを超える7つの降雨で流出が発生し、降雨終了後も流出が数日間続くことが多かった。流出観測点のC層中にある P_4 からは、B層よりも多い流出が確認され、流出ピークが明瞭に観測された。つまり、B層を通過するパイプ流の存在が確認された。

4. タンクモデルでの検証

タンクモデルは図5に示すように、もっとも単純な1段とした。降雨は林外雨を用い、蒸発散は考慮していない。浸透孔は1つとし、流出孔はモデルⅠ)1流出孔、Ⅱ)2流出孔、Ⅲ)2流出孔・パイプ孔の3通りで計算した。図6にO, A, B層からの流出量 q_{oab} およびC層からの流出量 q_c を示す。パラメータは全降水量に対する全流出量割合と、計算値と実測値の残差平方和が最小となるよう設定した。モデルⅢでは、 q_{oab} と、 q_c に分け、それぞれ計算流量の Q_{12} と $Q_{11}+Q_p$ に対応させた。 Q_p はパイプ流量で、C層内で存在しているパイプ流量を模擬した。モデルⅢではさらに、林外雨量 P に対し $\Sigma q_{oab}/\Sigma P$ 、 $\Sigma q_c/\Sigma P$ 、 $\Sigma q_{oab}/\Sigma q_c$ に対応する計算値の比率が実測値に近くなるようにパラメータを決定した。

1段1流出のモデルⅠでは、流出ピークが過小評価される。1段2流出のモデルⅡの場合、流出ピークが1段1流出より改善されたが、まだ過小評価である。1段2流出のモデルにパイプを加えたモデルⅢでは、 α_{11} 、 β_1 、 L_{11} 、 L_{12} はモデルⅡと同様とし、 α_{12} 、 α_p 、 L_p の値を求めた。その結果、 α_{12} は0.04から0.03へ減少し、 $\alpha_p=0.01$ 、 $L_p=8\text{mm}$ となった(図7)。モデルⅡの $L_{12}=10\text{mm}$ であり、 L_{12} と L_p との差はわずかであった。モデルⅢにより、流量ピークへの対応が改善されたが、減衰期は α_{11} が同一なので、ほとんど変化はない。このとき、 q_c に対応するパイプからの流出 Q_p と、減衰流出に対応する Q_{11} の比については、 $Q_{11}:Q_p=2:1$ であった。図8に示す S_1 の減衰は、地下水位の減衰(図4)より速かった。降雨が弱まってからも、OA境界より10cm以浅の高い地下水位が数日間維持されることがあった。この原因として、集水域内で斜面に沿った谷部への水の移動が長く続いたことが考えられる。

5. おわりに

谷頭部で土層の水分状況と流出を土層別に計測した事例は少なく、基礎データの集積を現在も行っている。今後は、モデルの構造も含めて、さらに検討していく予定である。

参考文献:加藤仁美(1999):「丘陵地谷頭部斜面における降雨・流出反応特性の比較」, 東北大学修士論文。

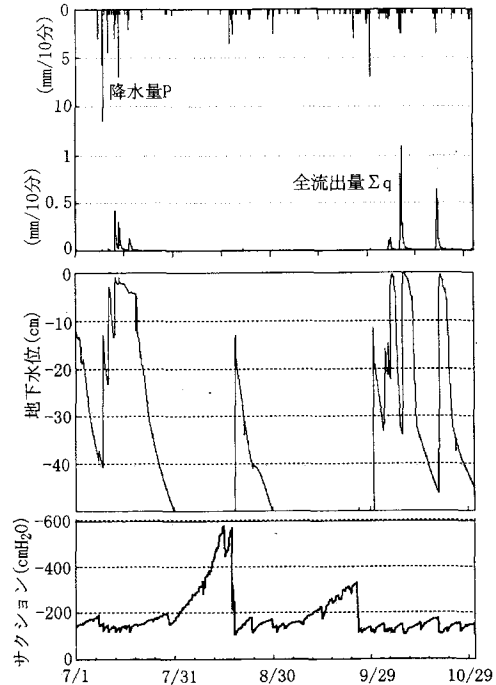


図4 降雨・流出状況と地下水位・サクションの関係(2004年)
(地下水位はOA層境界を0cmとする)

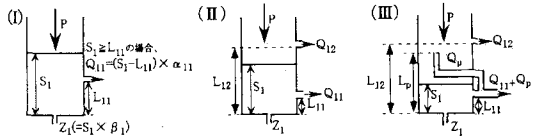


図5 タンクモデルの概念図

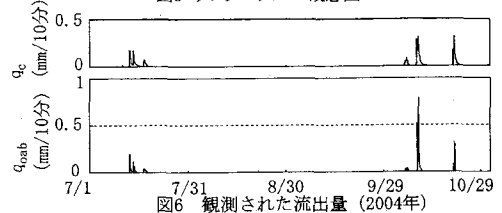


図6 観測された流出量(2004年)

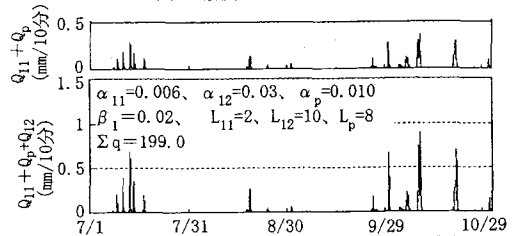


図7 モデルⅢによる計算流出量(2004年)

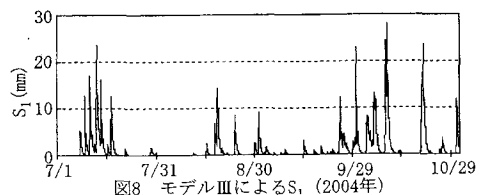


図8 モデルⅢによる S_1 (2004年)