

岐阜県中津川支溪における異なる地質の流出特性

三重大学大学院生物資源学研究所 ○近藤観慈
 岐阜大学応用生物科学部 木村正信
 名古屋大学大学院生命農学研究科 田中隆文
 国土交通省多治見砂防国道事務所 岡本 敦

1. はじめに

洪水到達時間は流域特性を表す重要な因子であり、地質により異なることが知られている。本研究では、岐阜県中津川流域において、地質が異なる複数の隣接した小溪流を選定することにより、降雨条件をほぼ等しくして水位観測を行い、主に地質の違いによる洪水到達時間の特徴を検討した。

2. 調査対象溪流と対象降雨

調査対象溪流は、木曾川の左支川中津川の中流部に流入する図-1に示す5つの小支溪である。流域の主な地質は西側の2溪流(中津川左支川：滝ヶ沢、黒血ヶ洞)が流紋岩、東側の3溪流が(右支川：根津沢、松尾谷、車洞)が花崗岩である。各溪流の流域面積 A 、流路長 L 、流域最遠点から観測点までの平均勾配 S を表-1に示す。観測期間中に流出した砂礫の粒径は流紋岩の溪流で大きく50%粒径で滝ヶ沢19cm、花崗岩の根津沢で1.5cmであった。

各溪流出口付近の水位を水圧式水位計により1分間隔で計測を行った。同時に5溪流の所で雨量観測を行った。2005年夏から2006年秋までの降雨のうち、表-2に示す時間雨量が20mm以上、あるいは最大時間雨量発生時までの累加雨量(最大時間雨量を含む)が50mm以上の8つの降雨イベントを対象に検討を行った。

3. 各溪流における水位変化の特徴

降雨イベントの代表例(V・VI, VII)を図-2に示す。図のa)は3時間隔てて15mm/10minと10.5mm/10minの強雨が発生し、明確な2つの水位ピークが確認できる記録である。各溪流で断面形状等が異なるため水位により溪流毎の比較はできないが、花崗岩流域の3つの溪流では第1波の水位が第2波より高いのに対して、流紋岩流域の2つの溪流では第2波の水位の方が高い。流紋岩流域に相対的に高い流域貯留機能があることを示唆している。また、水位ピークの降雨ピークに対する遅れ時間が流紋岩の溪流で大きいことが読み取れる。次に、図のb)は1~3mm/10min程度の弱い降雨が約23時間の間に次第に強くなったときの記録である。黒血ヶ洞では降雨量のわずかな変化に対する水位応答が見られず、一様に水位が上昇していることがわかる。黒血ヶ洞では、流水が谷の出口付近で土石円錐の砂礫(平均径35cm)の間から流出している。流水が主に砂礫内の浸透水で構成されているため、このような応答を示すと考えられる。

4. 各溪流の洪水到達時間

洪水到達時間 t_p は水位変化の波形から図-3に示す石原・高棹(1959)の方法に準じて読み取った。洪水到達時間 t_p (min)の推定式として次の

土研式(自然流域) : $t_p = 0.1 \cdot (L/\sqrt{S})^{0.7}$

角屋・福島の式 : $t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$ [C=290(丘陵山林地流域)] (2)

土研式と角屋・福島(1976)の式が知られている。ここに、 r_e は平均有効降雨強度(mm/h)である。これらの式は地形条件である A や L 、 S によって洪水到達時間が変化することを示している。調査対象溪流はそれぞれに表-1に示した特徴をもつ。そこで、読み取った洪水到達時間を土研式の地形因子 $(L/\sqrt{S})^{0.7}$ で除して土研式の地形条件を

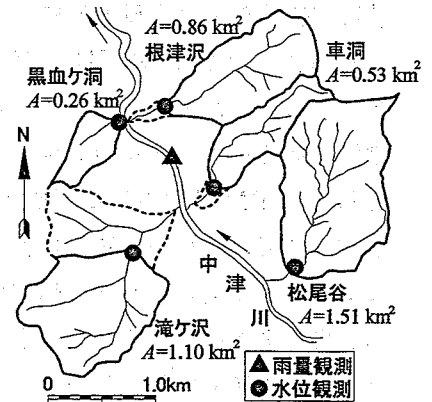


図-1 調査対象溪流

表-1 5つの支溪の特徴

溪流名	主な地質	流域面積 A (km ²)	流路長 L (m)	勾配 S
滝ヶ沢	流紋岩	1.10	1,400	1/4.67
黒血ヶ洞	流紋岩	0.26	690	1/1.47
根津沢	花崗	0.86	1,740	1/3.87
松尾谷	花崗	1.51	1,650	1/2.46
車洞	花崗	0.53	1,600	1/4.10

*流域最遠点から観測点までの平均勾配

表-2 検討対象降雨イベント

番号	発生日	最大時間雨量 mm/h	累加雨量 ^{b)} mm
I	2005/8/30	25.0	34.0
	2005/9/5	12.5	62.0
III	2006/5/20	13.5	54.0
	2006/6/15-16	12.0	56.5
V	2006/7/2	21.0	64.5
VI	2006/7/2	18.0	83.0
VII	2006/7/18-19	12.0	220.0
VIII	2006/8/20-21	50.0	53.5

1) 最大時間雨量発生時までの累加雨量(最大時間雨量を含む)
 2) 12mmを記録後に11, 10mm/hが継続 この合計21mmは累加に含む。

無くした洪水到達時間の指数 I_{td} と、同様に角屋・福島の地形因子である $A^{0.22}$ で除して求めた I_{tk} を各降雨イベント毎に図-4に示す。この図において全体に流紋岩流域の指数が花崗岩流域のそれより大きい。洪水到達時間がこれらの式の地形因子を考慮しても流紋岩流域で大きいことがわかる。また、同一地質の流域においても異なる洪水到達時間を示している。

5. 洪水到達時間の推定

洪水到達時間は式(2)が示すように降雨強度によって変化すると考えられる。そこで、式(2)を基本に洪水到達時間の推定(内挿)を試みる。式(2)中の r_e の算定には流量データが必要であるが、今回の観測では得られていない。いま、10分間降雨量から求めた洪水到達時間内平均降雨強度 r を用いて $[r_e = f \cdot r]$ とおく。ここに、 f はピーク流出係数である。 f も容易には求められないが、 $[f = k \cdot R_b^p]$ が成立すると仮定し、式(2)の式型を用いると次式の関係を得る。

$$\ln(t_p) = K_1 + K_2 \cdot \ln(R_b) + K_3 \cdot \ln(r) \quad (3)$$

$$K_1 = \ln(C) + a \cdot \ln(A) + b \cdot \ln(k), \quad K_2 = b \cdot p, \quad K_3 = b$$

ここに、 R_b は洪水到達開始時間前の 24 時間以上の無降雨のない累加雨量(前期雨量)、 a, b, k, p は係数である。式(2)とは $a=0.22, b=-0.35$ が対応する。 t_p が決まれば、式(3)の R_b と r は降雨データから求められ、式(3)を用いて内挿すれば係数 $K_1 \sim K_3$ が求められる。

求められた内挿式の相関係数は滝ヶ沢で0.5程度にとどまったが、他の溪流では0.9程度が得られた。式(3)により内挿した洪水到達時間と読み取った値との関係を図-5に示す。この図から r と R_b により t_p の推定がある程度可能であると推察される。式(3)において b の値 (K_3) として、流紋岩の 2 流域の平均で -0.67 、花崗岩の 3 流域の平均で -0.79 が得られ、両者とも式(2)の値 (-0.35) よりかなり小さい。各流域の b と K_2 の値から求めた p は $0.11 \sim 0.50$ (平均 0.31) であるが、地質による特徴は見られなかった。 C と k は同時に求められないが、 $a=0.22$ を用い $k=0.1$ とすると、流紋岩の 2 流域では平均で 444 、花崗岩では平均で 277 が得られ、流紋岩流域の係数は洪水到達時間を相対的に大きくする値を示した。

本稿は「平成 16 ~ 18 年度砂防技術研究会共同研究」の一部を取りまとめたものである。

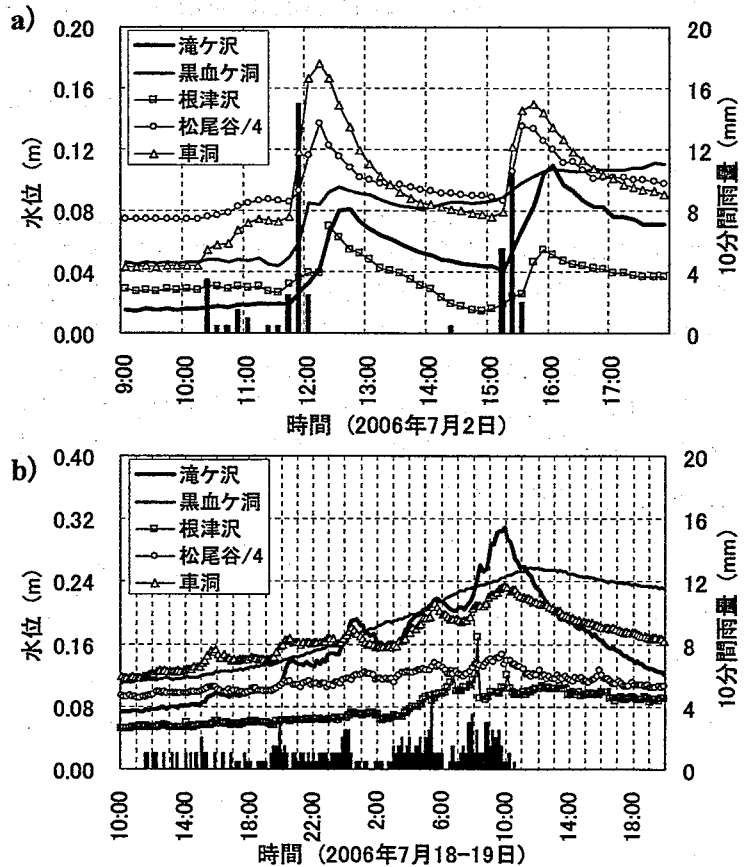


図-2 各溪流における水位変化の代表例

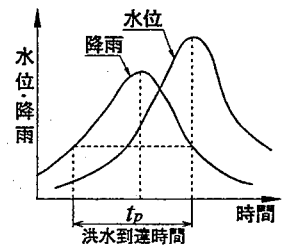


図-3 t_p の読み取り方法

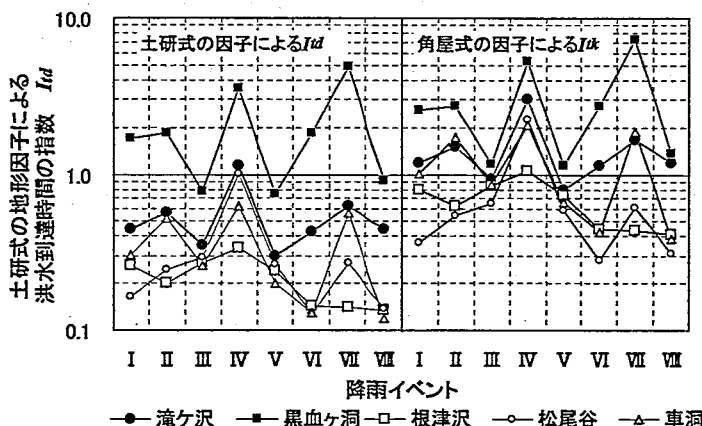


図-4 土研式と角屋・福島の式の地形因子を用いて求めた洪水到達時間の指数

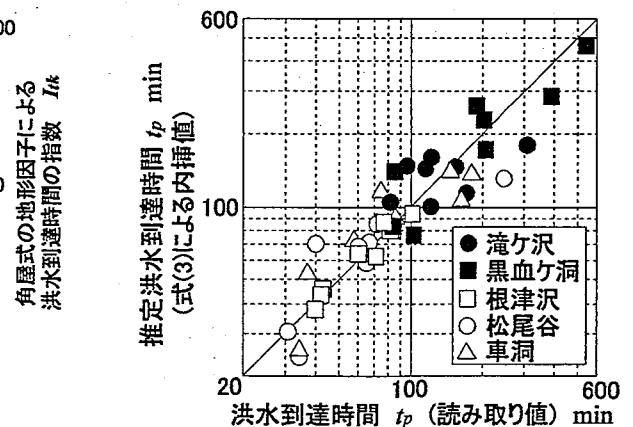


図-5 洪水到達時間 t_p の内挿値との比較