

全国の山地流域における降雨流出特性の実態

株式会社 気象工学研究所 ○佐藤 悠、友村光秀
国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田太郎、鈴木拓郎、岡本 敦

1. はじめに

砂防計画の立案、天然ダム形成時の危機管理技術向上のためには、山地流域の降雨流出特性の把握および予測技術の向上が重要である。しかしながら、山地流域の水文観測データは必ずしも多くはなく、多くの流域の水文観測結果を統一的手法で解析した例はほとんど見られないのが現状である。特に、豪雨時の流出特性に関する検討は極めて限られている。そこで本研究では、全国の山地流域の既往水文観測結果を整理し、統一的手法で流出解析を実施し、降雨流出特性における流域面積や降雨規模の影響の分析を行った。

2. データ整理

本研究の実施にあたり、全国の国土交通省で実施されている水文観測結果を国土交通省・水文水質データベース等を活用し収集した。また、気象庁アメダスから雨量データの取得を行った。図1に流量および雨量観測地点の整理結果を示す。流量は90流域で、地域別に分類すると、北海道20、東北34、関東3、北陸15、中部4、近畿2、中国8、九州4である。地質別に分類すると、火山岩33、花崗岩31、古生層8、第三紀層18である。解析対象流域近傍の雨量観測所は1205地点であった。なお、データは全て1時間値とし、流量は流域面積で除すことで流出高に、雨量はティーセン法により流域平均雨量とした。その上で、それぞれの解析対象流域におけるひと雨雨量別の流出率を算出した。

$$\text{流出率} = \text{積算流出高} / \text{ひとあめ雨量}$$

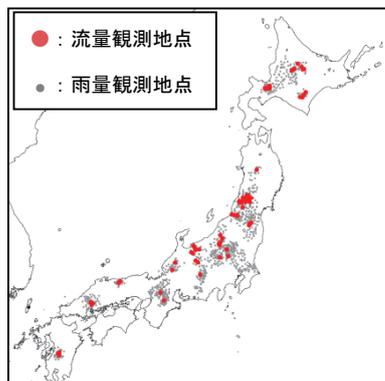


図1 流量および雨量観測地点

なお、積算流出高は降雨開始から降雨終了後24時間までの初期流出高以上の積算値とした。降雨事例はデータが存在する年の5/1-10/31の期間の中から、24時間無降雨をひと雨として抽出を行った。

3. 結果

3.1 流出率と流域面積の関係

図2にひと雨雨量別の流出率と流域面積の関係を示す。それぞれの流域における流出率の平均を、地質別のマークでプロットとし、95%信頼区間をバーで示した。

$$95\% \text{信頼区間} = \text{標本平均} \pm \alpha \times \text{標準誤差}$$

なお、 α はt分布を仮定し、標本数に応じた値を用いた。

図2より、ひと雨雨量が大きくなるに従い流出率が大きくなる傾向は確認できるものの、地質による明瞭な違いや傾向は見られなかった。また、同じ地質、流域面積、降雨規模であっても場所もしくは降雨によって、流出率が大きくばらつくことがわかる。また、流域面積が30km²以下の地点では、流出率が小さくなる傾向にあった。流域面積が30km²以上の地点では、流域面積が大きくなるにつれ、流出率が減少する傾向が見られた。

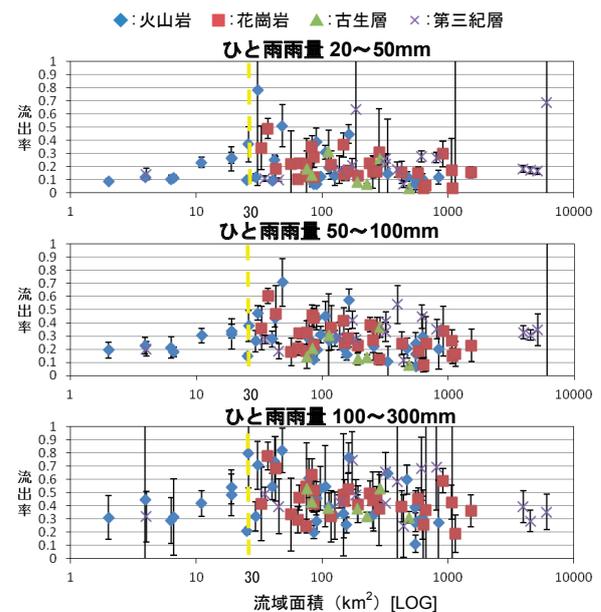


図2 流出率と流域面積の関係

表 1 流出解析用試行パラメータ

No	パラメータ	菅原(1972)※1		火山岩		花崗岩		古生層		第三紀層		備考
		小葉竹他(1983)※2	試行ケース	小葉竹他(1983)※2	試行ケース	小葉竹他(1983)※2	試行ケース	小葉竹他(1983)※2	試行ケース	小葉竹他(1983)※2	試行ケース	
1	A11	0.03~0.50	0.5~0.6	0.4,0.5,0.6	0.5~0.6	0.4,0.5,0.6	0.5~0.6	0.4,0.5,0.6	0.5~0.6	0.4,0.5,0.6	0.5~0.6	A11≧A12
2	A12	0.02~0.15	0.15	0.05,0.10,0.15	0.15	0.05,0.10,0.15	0.15	0.05,0.10,0.15	0.15	0.05,0.10,0.15	0.15	A12≧A13
3	A13	0.01~0.15	0.10	0.05,0.10,0.15	0.10	0.05,0.10,0.15	0.10	0.05,0.10,0.15	0.10	0.05,0.10,0.15	0.10	
4	B1	0.03~0.15	0.12	0.07,0.12,0.17	0.12	0.07,0.12,0.17	0.12	0.07,0.12,0.17	0.12	0.07,0.12,0.17	0.12	
5	Z11	Z12 + 10~60	20 + 50~60	45,50,55,60	20 + 50~60	45,50,55,60	20 + 50~60	45,50,55,60	20 + 50~60	45,50,55,60	45,50,55,60	
6	Z12	15~80	60~75	55,60,65,70,75,80	60	55,60,65	75	70,75,80	40	35,40,45	15	Z12>Z13
7	Z13	0~20	30~40	25,30,35,40	15	10,15,20	30	25,30,35	15	10,15,20	15	
8	A2	0.01~0.06	0.05	0.04,0.05,0.06	0.05	0.04,0.05,0.06	0.05	0.04,0.05,0.06	0.05	0.04,0.05,0.06	0.05	0.04,0.05,0.06
9	B2	0.005~0.060	0.08	0.04,0.06,0.08	0.05	0.03,0.05,0.07	0.04	0.02,0.04,0.06	0.04	0.02,0.04,0.06	0.04	0.02,0.04,0.06
10	Z2	5~20	15	10,15,20	15	10,15,20	5	5,10	5	5,10	5	5,10
11	A3	0.002~0.018	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02
12	B3	0.002~0.015	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02	0.01	0.005,0.01,0.02
13	Z3	10~15	15	10,15	15	10,15	15	10,15	15	10,15	15	10,15

※1 菅原：流出解析法(1972)に掲載の全国の時間タンクモデルの例を集計

※2 小葉竹・石原：タンクモデルおよび集中面積図を利用した洪水流出モデルの総合化，土木学会論文報告集，第337号，1983：地質とタンクモデルパラメータの関係による

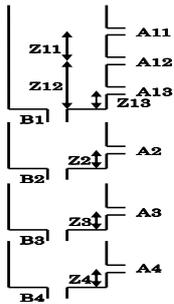


図 3 タンクモデルの構造

3.2 タンクパラメータと流域面積の関係

解析対象の90流域それぞれにおける、タンクモデルの最適パラメータの同定を行った。タンクモデルの構造を図3に示す。3.1で抽出された降雨事例の中から、ひと雨雨量50mm以下、50~100mm、100~200mm、200mm以上の4区分を目安に各3事例、合計12の降雨事例を任意に抽出した。これらの事例に対して、表1に示した既往研究よりまとめた適合性が良くなる可能性が高いと考えられる地質別パラメータ(No.1~13)の範囲の全ての組み合わせで、タンクモデルによる流出解析を行った。全12事例における観測流量と計算流量の平方誤差が最も小さくなった組み合わせによるパラメータを最適パラメータとして、90流域それぞれにおけるタンクパラメータの同定を行った。

$$\text{平方誤差} = \sqrt{\sum (\text{観測流量} - \text{計算流量})^2 / \text{データ数}}$$

同定されたパラメータを図4に示す。A11+A12+A13について、流域面積30km²以上では、流域面積の増加と共に値が小さくなる傾向が見られた。B1について、流域面積30km²以下における火山岩のパラメータは0.07と、試行パラメータの中で最も小さな値となった。流出孔の高さ(Z12、Z13、Z2、Z3)について、火山岩、花崗岩に関しては目立った特徴は見られなかった。古生層に関しては、Z2では10mm、Z3では15mmのパラメータが多かった。第三紀層に関しては、Z12では45mm、Z13では20mm、Z2では10mm、Z3では15mmとなる流域が多かった。第三紀層では流域面積に関わらず、同一のパラメータが選択される傾向にあった。

4. まとめ

本研究では、全国90山地流域の降雨流出特性を把握した。また、タンクモデルによる統一的な手法で流出解析を実施し、流域面積や地質(降雨特性)などの影響を分析した。今後は、砂防基本計画の検討、天然ダム形成時の危機管理技術の向上につながるよう、より定量的な評価を進めていく必要がある。

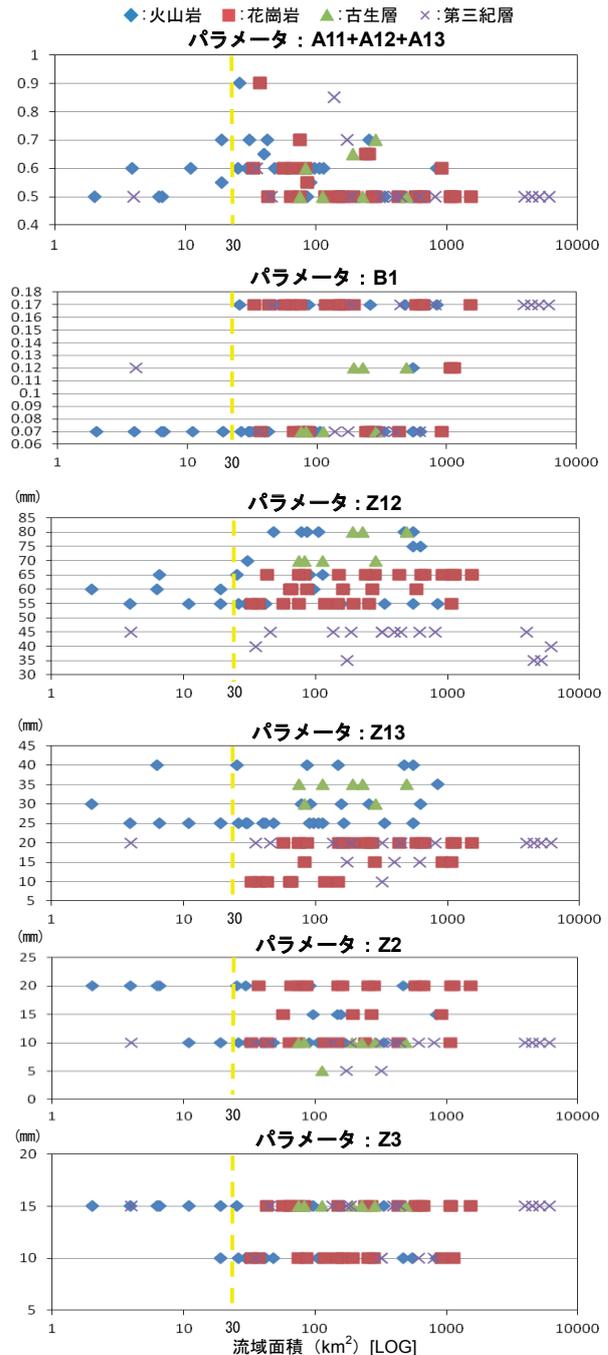


図4 タンクパラメータと流域面積の関係