

山地流域の流出特性と地形の関係

国土技術政策総合研究所 ○内田太郎・蒲原潤一
 気象工学研究所 友村光秀・佐藤 悠
 東京大学 浅野友子

1. はじめに

山地流域の流出特性を把握することは、砂防計画の立案、総合土砂管理、天然ダム等の危機管理などの上で、極めて重要である(千葉・水山、2013)。しかしながら、山地流域の流出機構は様々な流出経路、流出機構が影響を及ぼすため、各種の流出モデル、流出解析手法が提案・構築されているにもかかわらず、山地流域の流量を降雨量から精度良く予測することは依然として難しい。そこで、山地流域の降雨流出応答の把握については、詳細な斜面、小流域観測に加えて(内田、2004)、比較水文学的なアプローチが用いられてきた(例えば、虫明ら、1981)。しかし、これまでの比較水文学的な研究の多くは、流況、水収支に着目したものが多く、降雨時の応答について比較検討したものは必ずしも多くない。そこで、著者らは、全国の山地流域の降雨、流量データを収集し、豪雨時の降雨に対する流出率に着目し、山地流域の流出率の実態、山地流域の流出率をコントロールする要因、について分析行ってきた(内田ら、2013)。

流出解析手法は、集中型のモデルから分布型のモデルまで幅広く提案されてきている。ただし、いずれの手法を用いた場合であっても、当該流域の観測データを基に、パラメータの同定を行うことが予測の精度を確保する意味で必要不可欠である。一方で、①流出解析に用いるパラメータのとりうる範囲をある程度限定する、②パラメータと地形量、地質等の関係を把握することができれば、天然ダム形成時など十分な観測データがない場合であっても、ある程度の精度で流出率等の予測が可能となる可能性がある。そこで、著者らは、タンクモデルや千葉・水山(2013)で示された手法を用いて、パラメータの範囲やパラメータと地形量、地質の関係に関する検討を行った。ここでは、そのうち、タンクモデルを用いた検討結果を報告する。

2. データと方法

2.1 対象とした流域

本研究では、国土交通省水文水質データベース中に流量データがある流域および国土交通省の直轄砂防事務所取得された流量データがある流域を対象とした。その上で、流量データが2年以上揃っており、流域に市街地が広く含まれておらず、流域内にダムがない流域で、流域面積が100km²以下の流域を対象とした。その結果、対象とする流域は164となった。

2.2 降雨流出特性の解析手法

雨量データは水文水質データベースおよびアメダスの観測点から抽出し、計1017地点のデータを収集した。その上で、ティーセン法により、各流域に対して流域平均雨量を算出した。その上で、24時間の無降雨期間がある場合、独立した降雨イベントとして整理した。降雨イベントごとに、総雨量、総流出量を算出した。洪水継続時間は一律、降雨終了後24時間とした。

2.3 パラメータの同定・検証

本検討では、図2に示す直列4段のタンクモデルを用いた。図に示すとおり、同タンクモデルを用いる場合、16個のパラメータの同定が必要である。パラメータの同定はタンクモデルパラメータの同定にあたって有効性が確認されているSCE-UA法を用いた(田中丸、2000)。パラメータの同定にあたっては、ひと降雨量200mm以上、100~200mm、50~100mm、50mm以下の各降雨規模を目安に、各3例程度抽出(4降雨規模×3例=12事例)した。その上で、検証用の独立データを各規模1例の計4例を抽出し、再現性の検証を行った。さらに、パラメータの影響評価を行い、影響の大きかったパラメータについて、地形量との相関性を分析した。

3. 結果と考察

3.1 流出率

図2に観測データから求めた流出率の頻度分布を示す。図に示すように、流出率のばらつきが大きく、標準偏差は、30~40%程度あった。

3.2 タンクモデルによる予測結果

図3に、流域ごとに同定したパラメータを用いて算出した流出率と実測の流出率を比較した。その結果、相関係数は0.822、RMSEは0.185となり、かなり良好に流出率を予測できることが分かった。一方、図4には、全国平均のパラメータの値を用い、1つのタンクモデルで全流域の計算を行った結果を示す。各流域で同定したパラメータの平均値を用いた場合、相関係数は0.749、RMSEは0.22となった。すなわち、全国一律のパラメータを用いることにより、相関係数は、

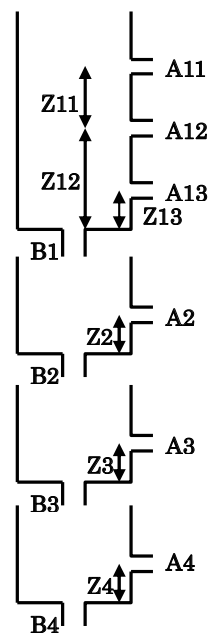


図1 タンクモデル

流域ごとにパラメータを設定した場合に比べて、小さくなったが、誤差はある程度の範囲でおさまっていることが分かる。

3.3 タンクモデルのパラメータの地形量の相関

図4に流出率への影響が大きいパラメータのうち、1段目のタンクのパラメータと地形量の単相関係数を示す。一般的に相関係数は小さく、気候値、地形量から決定論的にパラメータの値を決めることは現時点では困難であると考えられる。詳しく見ると、A11は、気候値とほとんど相関がないのに対し、A12、A13は、年最大日雨量等と比較的強い相関がある。A11は、様々な地形量と相関がある。A12、A13は、斜面と河道の平均経路長など限られた地形量とのみしか相関がない。

4. まとめ

今後の検討が必要ではあるが、現時点で得られた成果は以下の通りである。

- ① 流出率のばらつきは大きく、流量観測データがない箇所では、流出率を予測しようとした場合30~40%程度の誤差を含んでいる可能性がある。
- ② タンクモデルを用いることにより、観測データがない場合でも、誤差は20%程度に抑えることができる可能性がある。

- ③ タンクモデルのパラメータと地形量、気候値の相関性は概して小さく、気候値、地形量から決定論的にパラメータの値を決めることは困難である。

④ 【参考文献】

千葉・水山 (2013) : 砂防学会誌, Vol.65, No.5, pp. 50-55
 内田 (2004) : 砂防学会誌, Vol.57, No.2, pp. 58-64
 虫明ら (1981) 土木学会論文集 Vol.309, pp.51-62
 内田ら (2013) 砂防学会概要集
 中田中丸 (2000) : 河川流出、土木工学における逆問題入門、土木学会、pp.105-117

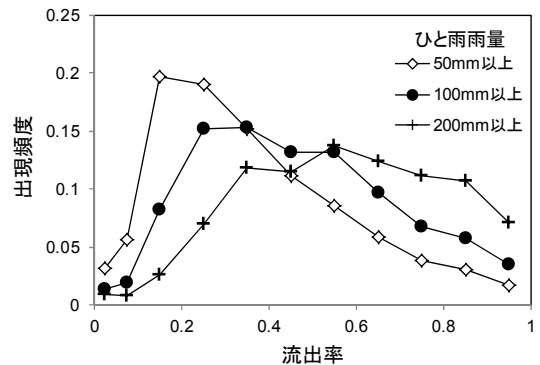


図2 流出率の頻度分布

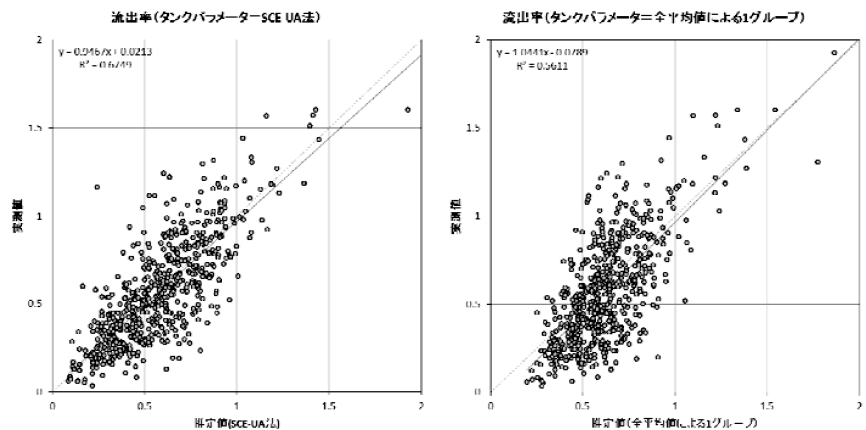


図3 流出率の予測値と実測値の比較 (左:流域ごと、右:全国一律)

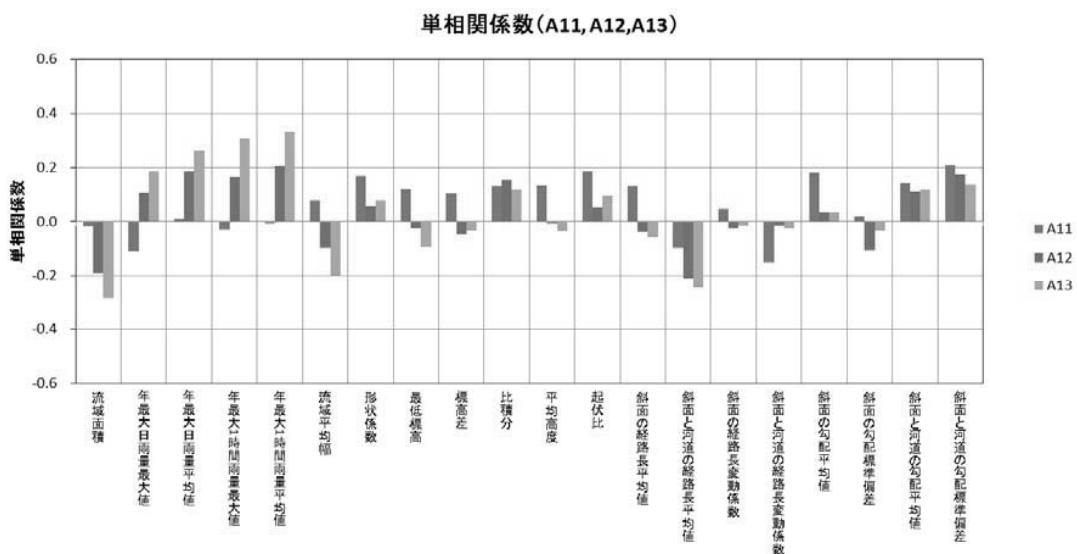


図4 タンクモデルのパラメータと気候値、地形量の相関関係