

山地流域河川の低水流出特性

愛媛大学工学部 正員 豊国永次 正員 渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 伊藤孝雄 学生員 石水浩臣

北四国における山地流域河川の低水流出特性について研究を進めているが、本報告では特定の調査流域を対象として、その治水特性、ならびに低水の流出特性を表示する統計的単位図について、実用上の立場から検討を加えた。得られた結果について以下に述べる。

1. 治水特性

図1に示す山地流域河川(流域面積54.6km², 本川流路延長12.6km, 地質は中生層)を調査対象に選んだ。流域内に6ヶ所雨量観測所があるが、今回解析には測定期間が長く、流域代表性の高い基観測所の資料を用いた。流量資料は流域下流端における日流量資料と、蒸発量は計器蒸発量とを基に推算して用いた。

まず、治水の統計的性質と、竹内らが提案している日降水量の移動平均の年最小値という水文量を用いて調べた。図2は移動平均日数 m をパラメータとして、年最小 m 日移動平均降水量をWeibull確率紙にプロットしたもので、 $m \geq 30$ についてはそれらの確率分布がほぼ直線状になっている。図3は移動平均日数が増えるにつれて年最小移動平均日降水量がいかにかつていくかを各年について示したもので、明らかに移動平均日数が増えれば平均降水量は傾向として増大していることが分る。図4は非超過確率(計器以下しか降水がない確率で危険率とも呼ぶ)をパラメータとした治水持続曲線である。これらの曲線は危険率が30~70%の所で直で、 $m=50 \sim 300$ 日付近では直線に近い性状を示している。治水計画として一般に用いられる非超過確率10%に着目して各年の状況とみる。 $m=50$ 日まででは、昭和44, 45, 49年が、50~100日

では、昭和44, 49年が、150日より長期間になると、昭和45年が、大方非超過確率10%以下となっており、特に昭和49年は各移動平均日数を通して10~20%の非超過確率となっている。

2. 低水流出特性に関する検討

さて、これらの移動平均降水量とその末日に発生する流量との相関、また年最小移動平均降水量と各種流量(低水流量、治水流量、年最小流量)との相関を調べたが、余り高い相関が得られない。そこで実用上簡便な単位図を用いて低水流出シミュレーションの方法について検討を行い、これを基に低水流出に関する特性を把握しようとした。

(1) 単位図法による低水解析：周知のように、流出現象は非線形流出と線形流出とからなり、こうした降雨・流出システムを重回帰モデルを用いて表わすと、次式のようになる。

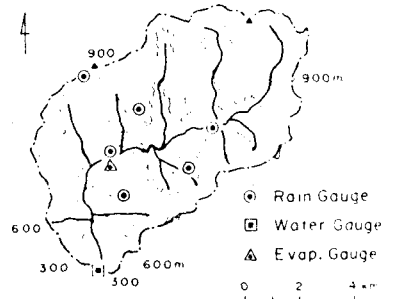


図1 調査対象流域

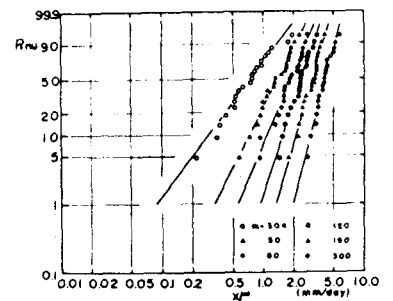


図2 年最小移動平均降水量の確率分布

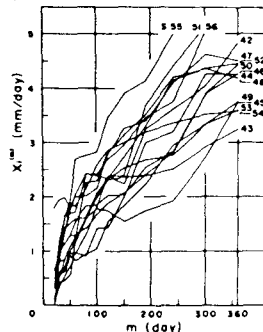
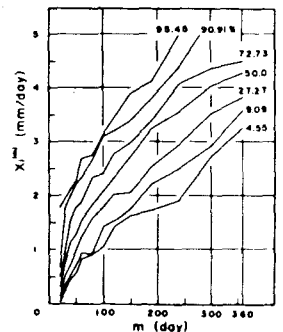
図3 m と $X_p(m)$ との関係

図4 治水持続曲線

$$y_t = u + \sum_{j=0}^k a_j X_{t-j} + \sum_{j=0}^n b_{jn} X_{t-j} X_{t-n} \quad (1)$$

ここに、 y_t :日平均流量、 X_t :日雨量、 u, a_j, b_{jn} は定数で、 a_j, b_{jn} のグラフが天々線形、非線形な単位図となる。

本解析では低水流出に着目して線形流出を対象として線形偏帰係数と重回帰法によって定めることになり、特に

非線形流出する降雨分と降雨デーから分離し、合せてFMD(Fixed max. discharge)を設つた段階に設定してこれを超える流量を分離して、流量(流況)別の単位図を抽出することを試みた。

(2) 統計的単位図の同定: 同定期間(昭45年11月12日~46年10月17日)の雨量、流量データをもとに、まず年間を通して流量(流況)別の統計的単位図を同定する。FMDを10, 5, 4, 3 mm/dayに設定し、分離降雨量として次々30, 50, 70, 100, ∞ mm/dayを与えて最適な分離降雨に対する単位図を求めた(図5)。この図から次の特性が指摘される。i) FMDを小さくするにつれて単位図のピーク値が次第に小さく、ピーク発生時刻も遅れたhydroとなる。ii) FMDが減少するにつれ、偏帰係数 $C_n > 0$ と満す項数を次第に増加し、地下水流出分の比率が増す。特にFMDが3 mm/dayの場合、単位図の頂部が $n=8 \sim 17$ の長期間にわたって現われ、全体に偏平化した地下水流出の特性をもつ単位図となっている。iii) 基底流量を表わす C_0 値が2 mm/day程度となっており、実用上からは C_0 値をもつと小さい範囲に亘って検討する必要がある。

(3) 低水流出特性の再現性: まず流量別の単位図を用いて同定期間に対する流出シミュレーション結果と観測流量と対比して図6に示す。FMD 10 mm/dayの単位図による流出シミュレーション結果は、6, 7月の洪水流出時に流量ピークが5 mm/day前後に達し、流出hydroの形状より中間流出分を含む特性がみられる。FMDが5, 4, 3 mm/dayと小さくなるにつれて流量ピークがそれぞれ4, 3.5, 3 mm/dayへと低下し、流出hydroの遙遠の小さい地下水流出の特性を示すようになる。これらの再現性を相対誤差の形で評価すると、FMDが10, 5, 4, 3 mm/dayに対してそれぞれ20, 28, 26, 24%となり、FMD 3 mm/dayの単位図を使って流出計算を行えば、低水流出(およそ平水以下流量)を20数%の誤差の範囲内で推算できることを示している。

次に検証期間(昭49年1月~52年11月及び昭53年12月~56年10月)を選んで、低水流出に着目した流出シミュレーションを行い、実測流量と対比した。全般的にみて、流出シミュレーション結果の再現性は各年多少の差異があるものの、平均的には20~30%程度の相対誤差で、比較的良好な結果を得ている。終りに貴重な資料と見せて頂いた建設省四国地建、松山工事事務所、ならびに松山気象台に感謝の意を表す。

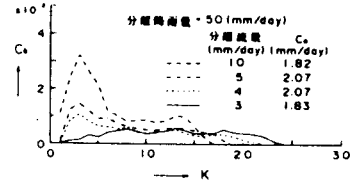


図5 統計的単位図

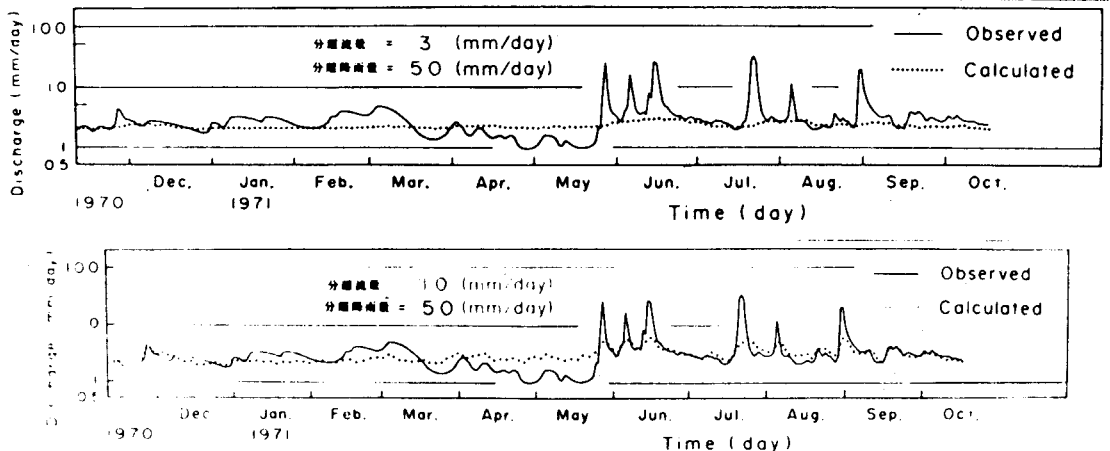


図6 流出シミュレーション結果(同定期間)