

(株)建設技術研究所 正員 蛭間 豊春

(株)建設技術研究所 正員 佐橋 義仁

1. 損失のモデル化における課題

洪水時の損失は、流出率で表わすことができる。貯留関数法で降雨の継続に伴っていずれはすべての降雨が流出するとして、 R_{sa} (累加雨量が R_{sa} になるまで流出率が関与する)を導入している。貯留関数法は、流出に伴う非線型性が表現でき、実測値(雨量、流量)があれば容易に定数解析ができるため、流出量の推定にあたっては広く適用されている。 R_{sa} および f は、雨量および流量の実測値より逆算してもとめることができるが、このようにしてもとめた R_{sa} は、実測雨量規模の範囲で利用できるもので引き伸ばし雨量に対する流出量の予測には信頼性を欠くものである。本研究では、実績を越える雨量に対し流出量を推定する場合、いくらの損失を見込めばよいか、あるいは損失をどのように考えるかを主テーマに検討を行った。さらに図-1に示すような流域に適用する場合、基準地点のみならず各小流域における流量推定値の精度を向上させるため、小流域毎に損失量を変化させることを試みた。

2. R_{sa} 回帰式

引き伸ばし雨量に対する流出量を予測するためには、降雨特性と損失雨量の定量的関係を設定しておく必要がある。そこで、総雨量(R_m)、時間分布指数(l)、地域分布係数(k)、前期雨量(R_{B3} (3日)、 R_{B5} (5日)、 R_{B7} (7日))を説明変数とし、実績流量より逆算された R_{sa} を目的変数とする回帰式の作成を試みた。これらの変数(表-1)は基準地点M(図-1)において作成した。さらに R_{sa} と各説明変数の関係を設定し、異常データの削除を行った後、重回帰分析を実施した。すべての説明変数を用いた場合、

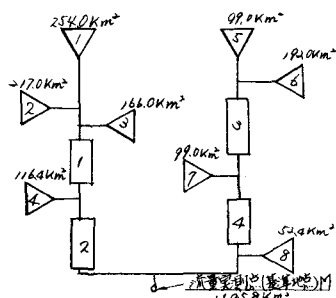
$$R_{sa} = -30.68 + 0.52 R_m + 2.25 l + 104.53 k + 0.37 R_{B3} + 0.79 R_{B5} - 0.70 R_{B7}$$

となり、 R_{B3} と R_{B5} が逆の傾向(前期雨量の増大につれ R_{sa} が増大する)を示した。このため前期雨量(R_{B3} 、 R_{B5} 、 R_{B7})と、寄与率の低い k を説明変数から除き、 R_m と l のみによって R_{sa} の説明を試みると

$$R_{sa} = 29.32 + 0.38 R_m + 5.92 l \quad (t=0.91, \text{寄与率 } R_m:0.9, l:0.1)$$

となった。上式によって回帰した R_{sa} を用いて当河川の4球水を対象にシミュレーション流量を求め、実績ピーク流量との相関係数を算出したが、 R_{sa} を固定した場合(対し明らかに良い値を示した。データ数が少ないという問題点が残るが、同様の検討を隣接の河川で行った結果も、 R_{sa} は R_m と l で回帰されており(いずれも $t \geq 0.9$) R_{sa} を固定した場合より実績(ピーク流量、波形)に近い値を示した。

図-1 流域モデル

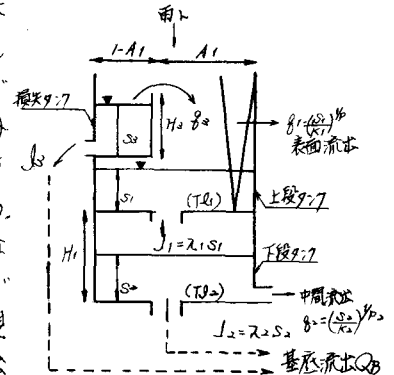
表-1. R_{sa} 回帰式作成のためのデータと回帰値

流況名	R_{sa}	R_m	l	k	R_{B3}	R_{B5}	R_{B7}	回帰値
1	34.8/13	100	466.6	1.933	0.57	116.7	119.3	119.3
2	34.9/27	230	349.5	4.345	0.51	0.3	0.3	13.1
3	35.8/13	300	421.9	1.930	0.61	0.3	11.0	11.0
4	36.6/27	250	369.6	1.301	0.51	17.3	19.3	24.3
5	37.6/10	70	144.1	4.726	0.61	50.6	61.6	180.9
6	39.9/25	140	199.3	3.104	0.59	32.7	34.7	34.7
7	40.9/15	170	514.2	4.016	0.63	56.6	178.6	208.3
8	42.10/28	160	163.1	4.352	0.55	39.6	39.6	39.6
9	46.8/31	150	273.7	4.255	0.42	0.0	2.3	16.0
10	47.9/17	130	299.2	3.302	0.47	7.7	112.0	207.3

3 損失孔モデル

貯留関数法によって流出量を推定する場合に、不確定要素として残されている Rsa を使わずに、貯留関数法が特性を生かす方法として、図-2に示すような2段タンクと貯留関数法の運動方程式を組み合わせたモデルを作成した。このモデルは、洪水時の損失を雨の修正 (Rsa による $re=f \cdot t$) によって表現するモデルに対し、損失機構を流出モデルに取り込んだ他、流出成分の分離によりハイドログラフの精度を向上させ、水収支をとることにより長期流出との結合も可能にするものである。当モデルにおいては、上段タンクから下段タンクへの孔の係数 λ_1 によって洪水流出量を制御し、洪水期間中の実質上の損失を表現するものである。さらに、上段タンクの上部に損失タンクを設けることにより大規模洪水やダム等による初期損失を考慮している。上段タンクからの流出は、貯留関数法の運動方程式に従った流いでよくシミュレートされており、下段タンクからの流出を $p=1.0$ とした場合、 $\lambda_1 = 0.05 \sim 0.10$ 、 $\lambda_2 = 0.05$ くらいで計算値は実績ハイドログラフによくあっている。損失タンクは $10^6 m^3$ 以上の容量を持つダムのみ考慮したが、 $10^6 m^3$ は $100 km^2$ の流域で $10 mm$ の雨量に相当する。降雨がダムによって初期貯留される地域の面積は集水面積の半分をとり、貯留高は (ダム容量 / 集水面積) より求めた。また、上、下段タンクは結合させない方がハイドログラフの精度がよいので、 H_1 に1日総雨量より大きな値を与えている。基準地点Mにおける定数解析より λ_1 を求めたが、定数として扱うことができると考えられる。図-2に示すモデルを用いて流出量を推定した結果を図-3に示すが、特に2山洪水の場合、 Rsa モデルよりハイドログラフの形を実績に合わせる点で有効であった。

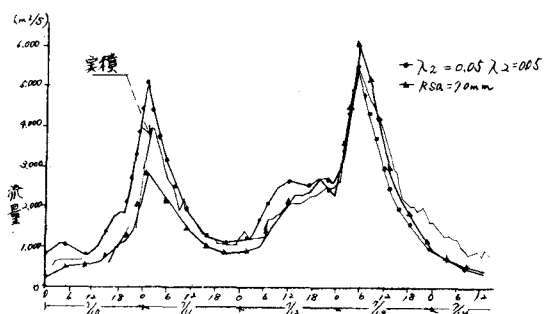
図-2 損失孔モデル



4 おわりに

以上の検討より引き伸ばし降雨に対する基準地点の流出量推定値の信頼性を増したか、 Rsa 回帰式より求まる Rsa と、損失孔モデルにおける λ_1 は、基準地点における値であり、上流の小流域における流出量の信頼性を増すためには、流域別 Rsa あるいは λ_1 を設定することが望まれる。このため、利水ダム等の実績流量データを用い、流域別降雨特性から Rsa 回帰式を作成すると共に、 λ_1 についても流域特性 (傾斜度、山地率、植生自然度) から λ_1 回帰式を作成した。しかし、これら回帰式より求まる小流域別 Rsa および λ_1 を用いて算出された基準地点における流量は、利水ダムの流量データの誤差等のため精度の悪いものであった。

図-3 損失孔モデルと Rsa モデルの比較



本研究によって得られた成果は

- (1) 降雨特性より Rsa 回帰式を作成し、引き伸ばし降雨に対する Rsa を求めた。
- (2) 損失機構を流出モデルに組み込み、 Rsa を用いず損失を表現した。

等であり基本高水流量の検討等に適用できるものと考ええる。今後、基準地点上流の河道、ダム計画のための地点流量を把握するために、小流域別損失モデルの検討を行っていくたい。