

貯留関数法における $s \sim q$ 曲線の形状に関する検討

宮崎大学大学院 正員 今山 清
宮崎大学工学部 正員 杉尾 哲

1. はじめに

貯留関数法における流域貯留高 s と流出高 q の関係では、流路延長 L が大きいと $s \sim q$ 曲線の増水部と減水部の曲線が異なって曲線はループを描き、 L が小さいと曲線は一致すると考えられている。本検討で扱った山地小流域の $s \sim q$ 曲線には、増水部と減水部の曲線が一致する出水だけでなく形状が異なる出水も観察された。 $s \sim q$ 曲線の形状の相違から、流出形態について考察した。また、この相違は、出水前の土壤水分状態が関係しているものと考え、 $s \sim q$ 曲線の形状と先行降雨指数 API の関係を検討した。

2. 対象流域及び出水データ

対象とする流域は、大分川の二次支川・一の瀬川の流出試験地内に位置する山地流域と都市流域の2つの小流域である。表-1に諸元を示した。雨量、流量データは、本格的な観測が行われた昭和47年～昭和57年を対象とし、10分毎の値を用いた。

表-1 流域の諸元

流域諸元		自然流域	都市流域
		(km ²)	(km ²)
	流域面積 (km ²)	0.255	0.146
	流路延長 (km)	1.02	0.57
	平均流路勾配	1/10	1/23
土地利用	山地	0.162(64%)	0
	果樹園	0.072(28%)	0
	水田	0.017(7%)	0
	宅地	0	0.120(82%)
	池	0	0.008(6%)
	その他	0.004(1%)	0.018(12%)

3. $s \sim q$ 曲線の特性検討①. $s \sim q$ 曲線にみられる流出形態の変化

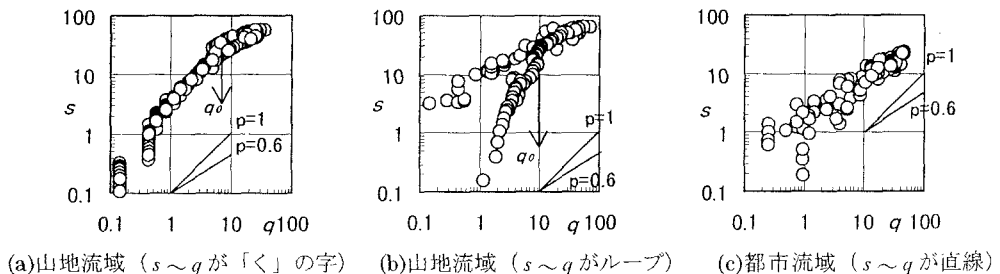
山地流域の流出形態を検討するために、都市流域の $s \sim q$ 曲線との比較を行うこととした。流域貯留高 s を(1)式で求めて、 $s \sim q$ 曲線の形状を調べると、図-1(a)～(c)

に示すようにいくつかの典型的な曲線が観察された。流出形態は、 $s \sim q$ 曲線の勾配を表す貯留指数 p で表現されることが分っている。増水部と減水部の曲線の形状が一致しているとみられる山地流域(a)図と

$$s = \Sigma r_e - \Sigma q \quad (1)$$

r_e : 一定量損失差引法による有効雨量 q : 勾配急変点法で分離した直接流出高

都市流域(c)図を比較してみる。山地流域の p はピーク付近では小さく、立上がり部や減水部では大きくなっているのに対し、都市流域では p は概ね一定の値を示し、山地流域でのような変化は示していない。しかし、ピーク付近の p の値は山地流域と都市流域でほぼ同じ値を示している。都市流域では不透水面積が80%以上を占めていることから、雨水は降雨初期の段階から表面流となって流出しているものと推定される。一方、山地流域においては、 $s \sim q$ 関係の「く」の字の変化点を境に山腹斜面上の流出の形態が異なっているものと推定される。すなわち変化点より大きい流量の流出は都市流域と同一の流出形態である表面

図-2 $s \sim q$ 曲線の形状

キーワード 貯留関数法, $s \sim q$ 曲線, 土壤水分, API

〒889-2192 宮崎市学園木花台1丁目1番地 TEL 0985-58-2811 FAX 0985-58-1673

流出が卓越し、変化点より小さい流量の流出は中間流出が卓越しているものとみなすことができる。(b) 図は、増水部と減水部で曲線の形状が異なっているが、この山地流域の流路延長 L は短かいため、遅滞時間 TI が相違の原因であるとは考えにくい。減水部の $s \sim q$ 曲線は「く」の字になっていて、(a) 図と同一の形状を示していると考えられ、表面流出の卓越から中間流出の卓越へと流出形態の移行をみることができる。それに対し、同一流出高に対する貯留高を比較すると、増水部の途中までは減水部より大きく、これは流域の土壌水分状態の違いや凹地貯留等の影響が流出に関係しているものと考えられる。

②山地小流域の $s \sim q$ 曲線の形状と API

$s \sim q$ 曲線の形状の相違は、出水前の土壌水分量が主な原因であると考え、土壌水分の 1 指標である先行降雨指数 API を用いて、 $s \sim q$ 曲線の形状との関係を検討した。

増水部と減水部の $s \sim q$ 曲線の形状の相違については、増水部が土壌水分等の影響を受けていると考えられる。そこで、減水部の観測データから最小自乗法で曲線式を求め、(2) 式に示す増水部での観測値と曲線式の計算値の差 E の大小で $s \sim q$ 曲線の形状の相違を表現することとした。なお $s \sim q$ 曲線の変化点 (q_0 , s_0) は目視により決定した。また対象出水は、流出率が 1 以下でかつ比流量が 1 以上の 31 出水とした。比流量が 1 以下の小出水は、 E が流量規模の影響を受けることを考慮して除いた。先行降雨指数 API は(3)式により求めた。(3)式において、 $P_0 = 0$, $K = 0.9$, $n = 30$ とした。山地流域の E と API の関係は、図-2 に示すように負の相関がみられ、 API が 50mm~100mm 以上であれば E は小さくなり、それ以下では E は大きくなる傾向にある。

$$E = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \sqrt{\{q_i - (s_i/k)^{1/p}\}^2} \quad (2) \quad API = P_0 + KP_1 + K^2P_2 + \dots + K^n P_n \quad (3)$$

l : 増水部のデータ数 k, p : 最小自乗法による中間流出又は表面流出のパラメータ API : 先行降雨指数 (mm) P_0 : 直接流出開始前 1 日間の雨量 (mm) P_n : 直接流出開始から n 日前の日雨量 (mm)
 K : 低減係数 n : 直接流出開始からさかのぼる日数 (日)

③変化点流出高 q_0 と API

山地流域の $s \sim q$ 曲線においては、中間流出と表面流出が卓越し q_0 が確認出来るものと、中間流出のみが卓越して q_0 が確認できないものの 2 種類の出水が示された。 q_0 の発生の有無においても、出水前の土壌水分量の違いが関係しているものと考えられることから、 $s \sim q$ 曲線が「く」の字を示す 22 出水を対象に q_0 と API との関係を調べて図-3 に示した。両者の間に負の相関が認められ、 API が小だと q_0 は大きく、逆に API が大だと q_0 は小さくなる傾向にある。

以上の検討結果により、一定値以上の土壌水分があれば、 $s \sim q$ 曲線の増水部と減水部の形状は一致することが多く、またその時の土壌水分の大小によっては流出形態が変化することが分かる。

4. 終わりに

山地小流域の $s \sim q$ 曲線の形状には、出水により相違がみられ増水部と減水部の曲線が一致するものと異なるものがみられた。前者の曲線からは、中間流出または表面流出の流出形態の相違が認められた。後者からは、土壌水分が流出に関与していることが示唆され $s \sim q$ 曲線から計算される誤差 E と API の間に相関がみられた。

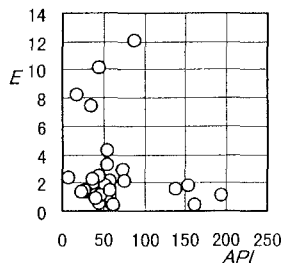


図-2 E と API

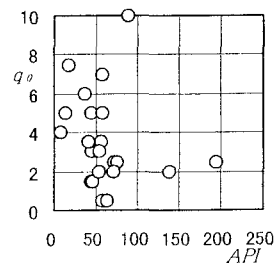


図-3 q_0 と API

謝辞：本研究を進めるにあたり建設省大分工事事務所には、一の瀬川流出試験地水文資料の提供を頂いた。ここに、記して謝意を表します。

参考文献：1) 今山清, 杉尾哲：中間流出と表面流出の相違を考慮した貯留関数モデルの適用性, 水文・水資源学会 1998 年要旨集, pp.26~27, 1998 2) K.Imayama.and S.Sugio : Difference of Discharge from Natural Watershed and Urban Watershed, Proc. 11th APD IAHR vol.1, pp.59~66, 1998 3) 篠原謹彌：河川工学, pp.74~76, 1975